

カンボジア国
プノンペン水道公社 (PPWSA)

カンボジア国
プノンペン上水道開発に係る
情報収集・確認調査

最終報告書

2022年2月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 日水コン
株式会社 TECインターナショナル
株式会社 建設技研インターナショナル

環境
JR
22-032

カンボジア国
プノンペン上水道開発に係る
情報収集・確認調査
最終報告書

目 次

目 次.....	i
プロジェクト位置図.....	xiv
図表リスト.....	xv
略 語 表.....	xxx
第1章 業務の概要.....	1-1
1-1 調査の背景.....	1-1
1-2 調査の概要.....	1-1
1-2-1 本調査の目的と内容.....	1-2
1-2-2 調査協力機関.....	1-2
1-2-3 報告書の構成.....	1-3
1-3 目標年と給水対象地域.....	1-3
1-3-1 目標年.....	1-3
1-3-2 給水対象地域.....	1-3
第2章 首都プノンペンの自然社会経済状況及び開発計画・関連法規.....	2-1
2-1 自然社会経済状況.....	2-1
2-1-1 自然状況.....	2-1
2-1-1-1 気象.....	2-1
2-1-1-2 地勢.....	2-1
2-1-1-3 地質・土壌.....	2-3
2-1-2 社会状況.....	2-4
2-1-2-1 人口.....	2-4
2-1-2-2 行政区画.....	2-5
2-1-3 経済状況.....	2-7
2-2 開発計画・関連法規.....	2-9
2-2-1 開発計画.....	2-9
2-2-1-1 国家開発計画.....	2-9
2-2-1-1-1 四辺形戦略.....	2-9
2-2-1-1-2 国家戦略開発計画.....	2-9
2-2-1-2 都市開発計画.....	2-9
2-2-1-2-1 土地利用計画.....	2-9
2-2-1-2-2 首都プノンペンの開発計画.....	2-10
2-2-1-2-3 道路開発計画.....	2-11

2-2-2	関連法規.....	2-13
2-2-2-1	関連法規.....	2-13
2-2-2-2	水資源管理.....	2-14
2-2-2-3	水道料金設定や改訂.....	2-14
2-2-2-4	飲料水水質基準.....	2-14
2-2-2-5	環境社会配慮.....	2-15
2-3	PPWSA の現状.....	2-16
2-3-1	PPWSA	2-16
2-3-2	ODA 案件の援助実績.....	2-17
2-3-3	実施中及び計画案件.....	2-18
第3章	第三次上水道マスタープランのレビュー	3-1
3-1	マスタープランの概要.....	3-1
3-2	水需要予測のレビュー.....	3-3
3-2-1	これまでに実施された水需要予測.....	3-3
3-2-1-1	これまでに実施された水需要予測の比較.....	3-3
3-2-1-2	浄水場における浄水量.....	3-4
3-2-2	過去に適用された水需要予測手法.....	3-8
3-2-2-1	過去に適用された水需要予測手法の概要.....	3-8
3-2-2-2	過去に適用された水需要予測手法.....	3-9
3-2-2-2-1	第二次マスタープラン (M/P2006)	3-9
3-2-2-2-2	第二次マスタープランの見直し (M/P2013)	3-11
3-2-2-2-3	第三次マスタープラン (M/P2017)	3-12
3-2-3	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測結果と実際の水需要との比較.....	3-13
3-2-3-1	Sangkat 単位での比較.....	3-13
3-2-3-2	Khan 単位での比較.....	3-15
3-2-3-3	水道給水区域全体での比較.....	3-16
3-2-3-4	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値の比較結果.....	3-17
3-2-4	水需要予測に関する第三次マスタープラン (M/P2017) の評価.....	3-17
3-3	水源.....	3-19
3-3-1	水源の選択肢.....	3-19
3-3-1-1	東部水源.....	3-19
3-3-1-2	西部水源.....	3-20
3-3-1-3	地下水水源.....	3-22
3-3-2	将来開発のための水源選定.....	3-23
3-3-3	水源に関する第三次マスタープラン (M/P2017) の評価.....	3-25
3-4	取水・浄水施設.....	3-26
3-4-1	取水施設.....	3-26
3-4-2	浄水施設.....	3-26
3-4-2-1	第三次マスタープラン (M/P2017) 後の開発.....	3-26
3-4-2-2	今後の浄水施設開発.....	3-31
3-4-2-2-1	Phum Prek 浄水場.....	3-31

3-4-2-2	Bakheng 浄水場	3-31
3-4-2-3	Ta Khmao 浄水場	3-33
3-4-3	取水・浄水施設に関する第三次マスタープラン (M/P2017) の評価	3-34
3-4-3-1	取水施設	3-34
3-4-3-2	浄水施設	3-34
3-5	送配水施設	3-35
3-5-1	送水施設	3-35
3-5-1-1	送水の整備方針	3-35
3-5-1-2	送水管の段階的整備	3-36
3-5-1-2-1	Phase 分け	3-36
3-5-1-2-2	送水管の段階的整備計画の概要	3-37
3-5-1-2-3	Phase 別整備内容	3-38
3-5-1-3	配水区域の整備	3-40
3-5-1-3-1	各浄水場の全水頭	3-40
3-5-1-3-2	各浄水場の配水区域の再編	3-40
3-5-1-3-3	最小水圧	3-42
3-5-1-4	マスタープランと現状の比較	3-43
3-5-2	配水施設	3-45
3-5-2-1	年間布設量	3-45
3-5-2-2	配水ネットワーク改善	3-46
3-5-2-3	DMA の構築	3-47
3-5-2-4	マスタープランと現状の比較	3-48
3-5-3	送・配水施設に関する第三次マスタープラン (M/P2017) の評価	3-48
3-5-3-1	送水施設	3-48
3-5-3-2	配水施設	3-48
3-6	組織開発	3-49
3-6-1	組織外環境	3-49
3-6-2	組織開発計画	3-49
第4章	水需要予測	4-1
4-1	人口データと水道料金データ	4-1
4-1-1	人口データ	4-1
4-1-1-1	人口関連データ	4-1
4-1-1-2	都市化の状況	4-2
4-1-1-3	人口データおよびプノンペンの人口に関するまとめ	4-3
4-1-2	水道料金データ	4-3
4-2	水需要予測手法	4-5
4-2-1	水需要予測手法	4-5
4-2-1-1	水需要予測に用いるデータ	4-5
4-2-1-2	水需要予測実施手法	4-5
4-2-2	トレンド式	4-6
4-3	水需要予測	4-8

4-3-1	接続密度.....	4-8
4-3-2	Domestic カテゴリーの顧客数の割合.....	4-15
4-3-3	1 栓当たりの使用水量.....	4-18
4-3-3-1	1 栓当たりの使用水量予測に関する基本的な考え方.....	4-21
4-3-3-2	1 栓当たりの使用水量 (Domestic カテゴリー)	4-22
4-3-3-3	1 栓当たりの使用水量 (Non-domestic カテゴリー)	4-25
4-3-4	無収水率.....	4-28
4-3-5	日最大配水量係数.....	4-30
4-3-6	水需要予測結果 (大規模開発計画分を除く)	4-32
4-3-7	水需要予測 (大規模開発計画)	4-35
4-3-7-1	大規模開発計画等の分類.....	4-35
4-3-7-2	水需要 (Group1)	4-36
4-3-7-2-1	Group1 の概要	4-36
4-3-7-2-2	ING City (No.1-1).....	4-37
4-3-7-2-3	OCIC & Okide Villa (No.1-2).....	4-37
4-3-7-2-4	Kos Norea Project (No.1-3)	4-38
4-3-7-2-5	Boeng Kak (No.1-4).....	4-38
4-3-7-2-6	Okide Villa (No.1-5)	4-39
4-3-7-2-7	New Airport City (No.1-6).....	4-40
4-3-7-2-8	Booyoung Town (No.1-7)	4-40
4-3-7-2-9	Grand Phnom Penh International City (No. 1-8)	4-41
4-3-7-2-10	水需要のまとめ (Group 1)	4-41
4-3-7-2-11	段階的水需要 (Group 1)	4-42
4-3-7-3	水需要 (Group 2)	4-44
4-3-7-3-1	Group 2 の概要	4-44
4-3-7-3-2	水需要 (Group 2)	4-45
4-3-7-4	水需要 (Group 3)	4-45
4-3-7-4-1	Group 3 の概要	4-45
4-3-7-4-2	水需要 (Group 3)	4-46
4-3-7-5	大規模開発計画等による水需要予測結果.....	4-47
4-3-8	COVID-19による水需要への影響検討.....	4-47
4-3-9	水需要予測結果.....	4-50
第5章	水源.....	5-1
5-1	現状.....	5-1
5-1-1	全体概要.....	5-1
5-1-2	水源候補の特性.....	5-4
5-1-2-1	Mekong 川	5-4
5-1-2-1-1	Mekong 川の水位	5-4
5-1-2-1-2	Mekong 川の流量	5-7
5-1-2-1-3	Mekong 川の水質	5-8
5-1-2-2	Sap 川.....	5-15

5-1-2-2-1	Sap 川の水位.....	5-15
5-1-2-2-2	Sap 川の流量.....	5-16
5-1-2-2-3	Sap 川の水質.....	5-17
5-1-2-3	Bassac 川	5-20
5-1-2-3-1	Bassac 川の水位.....	5-20
5-1-2-3-2	Bassac 川の流量.....	5-22
5-1-2-3-3	Bassac 川の水質.....	5-24
5-1-2-4	Prek Thnot 川.....	5-28
5-1-2-4-1	Prek Thnot 川の水位.....	5-28
5-1-2-4-2	Prek Thnot 川の流量.....	5-29
5-1-2-4-3	Prek Thnot 川の水質.....	5-30
5-1-2-5	ダムおよび貯水施設.....	5-30
5-1-2-5-1	Prek Thnot 川流域の降雨特性.....	5-30
5-1-2-5-2	既存および計画ダムと貯水施設.....	5-32
5-1-2-6	地下水.....	5-34
5-1-3	水源候補の特性整理と一次評価.....	5-35
5-2	水源の評価と選定.....	5-36
5-2-1	新規取水施設のための水源候補地点.....	5-36
5-2-2	水質調査.....	5-38
5-2-3	水源の持続性.....	5-43
5-2-3-1	Mekong 川上流部の水力発電ダムと気候変動による影響.....	5-43
5-2-3-2	河川の水位低下.....	5-44
5-2-3-3	水質変化.....	5-45
5-2-3-3-1	都市排水による影響.....	5-45
5-2-3-3-2	将来的な水質変動.....	5-48
5-2-4	地理的および地形的条件.....	5-49
5-2-4-1	標高差および距離.....	5-49
5-2-4-2	護岸.....	5-49
5-2-4-3	河川埋め立てによる影響.....	5-52
5-2-4-4	取水に関わる制度と規制.....	5-53
5-3	水源に関する結論.....	5-53
第6章	取水・導水・浄水施設.....	6-1
6-1	既存の取水・導水・浄水施設.....	6-1
6-1-1	取水施設.....	6-1
6-1-1-1	Phum Prek 浄水場の取水施設.....	6-1
6-1-1-1-1	全体概要.....	6-1
6-1-1-1-2	運転維持管理の状況.....	6-4
6-1-1-1-3	直面している問題点、課題等.....	6-4
6-1-1-2	Chroy Changvar 浄水場の取水施設.....	6-5
6-1-1-2-1	全体概要.....	6-5
6-1-1-2-2	運転維持管理の状況.....	6-8

6-1-1-2-3	直面している問題点、課題等.....	6-9
6-1-1-3	Nirodh 浄水場の取水施設	6-9
6-1-1-3-1	全体概要.....	6-9
6-1-1-3-2	運転維持管理の状況.....	6-12
6-1-1-3-3	直面している問題点、課題等.....	6-12
6-1-1-4	Chamcar Mon 浄水場の取水施設.....	6-13
6-1-1-4-1	全体概要.....	6-13
6-1-1-4-2	運転維持管理の状況.....	6-16
6-1-1-4-3	直面している問題点、課題等.....	6-16
6-1-2	導水施設・浄水施設.....	6-17
6-1-2-1	導水施設・浄水施設の概要.....	6-17
6-1-2-1-1	概況.....	6-17
6-1-2-1-2	エネルギー効率.....	6-18
6-1-2-1-3	浄水処理能力.....	6-22
6-1-2-1-4	薬品使用量.....	6-23
6-1-2-1-5	運転費.....	6-24
6-1-2-2	Phum Prek 浄水場.....	6-25
6-1-2-2-1	原水導水管.....	6-25
6-1-2-2-2	浄水場.....	6-27
6-1-2-3	Chroy Changvar 浄水場.....	6-33
6-1-2-3-1	原水導水管.....	6-33
6-1-2-3-2	浄水場.....	6-35
6-1-2-4	Nirodh 浄水場.....	6-42
6-1-2-4-1	原水導水管.....	6-42
6-1-2-4-2	浄水場.....	6-44
6-1-2-5	Chamcar Mon 浄水場.....	6-50
6-1-2-5-1	原水導水管.....	6-50
6-1-2-5-2	浄水場.....	6-52
6-2	新設の取水・導水・浄水施設の提案.....	6-57
6-2-1	取水施設.....	6-57
6-2-1-1	取水施設の場所.....	6-58
6-2-1-1-1	Bakheng Phase III 取水施設.....	6-58
6-2-1-1-2	Nirodh および Koh Norea 取水施設.....	6-59
6-2-1-1-3	Ta Mouk 取水施設.....	6-59
6-2-1-1-4	Khsach Kandal 取水施設.....	6-61
6-2-1-1-5	New Airport City 取水施設.....	6-62
6-2-1-2	取水方式の比較.....	6-63
6-2-1-3	取水地点の護岸・河床保護.....	6-66
6-2-1-3-1	Bakheng Phase III 取水施設.....	6-66
6-2-1-3-2	Nirodh および Koh Norea 取水施設.....	6-67
6-2-1-3-3	Ta Mouk 取水施設.....	6-69

6-2-1-3-4	Khsach Kandal 取水施設	6-71
6-2-1-3-5	New Airport City 取水施設	6-71
6-2-1-4	取水施設の諸元	6-72
6-2-1-4-1	Bakheng Phase III 取水施設	6-72
6-2-1-4-2	Nirodh および Koh Norea 取水施設	6-73
6-2-1-4-3	Ta Mouk 取水施設	6-73
6-2-1-4-4	Khsach Kandal 取水施設	6-73
6-2-1-4-5	New Airport City 取水施設	6-74
6-2-1-5	取水施設の課題への対応	6-74
6-2-1-6	取水施設に関する提案	6-77
6-2-2	導水管施設	6-78
6-2-2-1	導水管敷設ルートと導水管口径	6-79
6-2-2-2	導水管の口径・管種	6-80
6-2-2-2-1	導水管の口径選定	6-80
6-2-2-2-2	管材質の選定	6-80
6-2-3	浄水施設	6-81
6-2-3-1	浄水施設の計画方針	6-81
6-2-3-2	浄水施設予定地	6-81
6-2-3-3	浄水施設規模	6-82
6-2-3-4	浄水施設の浄水・汚泥処理方式	6-83
6-2-3-4-1	浄水設備	6-83
6-2-3-4-2	排水・汚泥処理	6-87
6-2-3-5	浄水施設の施設計画	6-89
6-2-3-6	浄水施設・汚泥処理施設の諸元	6-93
6-2-3-6-1	Bakheng 浄水場 Phase III	6-93
6-2-3-6-2	Niroth 浄水場 Phase III	6-95
6-2-3-6-3	Koh Norea 浄水場	6-97
6-2-3-6-4	Ta Mouk 浄水場 Phase I、Phase II	6-99
6-2-3-6-5	Khsach Kandal 浄水場	6-101
6-2-3-6-6	New Airport City 浄水場	6-103
6-2-3-7	浄水施設の配置計画	6-105
6-2-3-7-1	Bakheng 浄水場 Phase III	6-105
6-2-3-7-2	Niroth 浄水場 Phase III	6-106
6-2-3-7-3	Koh Norea 浄水場	6-107
6-2-3-7-4	Ta Mouk 浄水場	6-108
6-2-3-7-5	New Airport City 浄水場	6-109
6-2-3-7-6	Khsach Kandal 浄水場	6-110
6-2-3-8	Phum Prek 浄水場改築計画	6-111
6-2-3-8-1	建て替え方法の検討	6-111
6-2-3-8-2	調査・設計期間・工事準備期間	6-121
6-2-3-8-3	工事工程の整理	6-122

6-2-3-8-4	設計方針（処理方式等）	6-122
6-2-3-8-5	利用可能な既存資料・データ	6-122
6-2-3-8-6	再建設時に留意するべき点	6-122
第7章	送配水ネットワーク	7-1
7-1	既存の送配水ネットワーク	7-1
7-1-1	送水管ネットワーク	7-1
7-1-1-1	送水管	7-1
7-1-1-2	高架水槽	7-3
7-1-1-2-1	高架水槽の概要	7-3
7-1-1-2-2	高架水槽の水位と水圧	7-3
7-1-1-3	配水池と送水ポンプ	7-5
7-1-1-3-1	配水池の概要	7-5
7-1-1-3-2	送水ポンプの概要	7-5
7-1-1-3-3	配水池からの送水量と水圧	7-6
7-1-1-4	給水区域	7-7
7-1-1-5	DMA	7-8
7-1-1-5-1	DMA 区画	7-8
7-1-1-5-2	DMA の水量と水圧	7-10
7-1-2	配水管ネットワーク	7-15
7-1-2-1	配水管	7-15
7-1-2-2	民間水道からの移管区域	7-16
7-1-2-3	大口需要者	7-17
7-1-2-4	配水管水圧	7-19
7-1-2-5	給水栓水質	7-20
7-1-3	送水配水管の維持管理	7-20
7-1-3-1	送配水管の維持管理体制と業務内容	7-20
7-1-3-1-1	計画・プロジェクト部	7-20
7-1-3-1-2	浄水・送配水部	7-20
7-1-3-1-3	上下水道支社	7-20
7-1-3-2	維持管理における標準手順書の活用	7-20
7-1-3-3	漏水発生状況	7-21
7-1-3-4	年間維持管理計画	7-21
7-1-4	民間事業者による上水道施設	7-22
7-2	送配水ネットワークの整備計画	7-24
7-2-1	送水管ネットワークの整備計画	7-24
7-2-1-1	給水対象区域	7-24
7-2-1-2	将来の需要分布	7-25
7-2-1-3	浄水場の整備	7-27
7-2-1-4	PPWSA による年次整備計画	7-28
7-2-1-5	送水管ネットワークの整備計画	7-29
7-2-1-5-1	送水管ネットワークの整備計画の整備方針	7-29

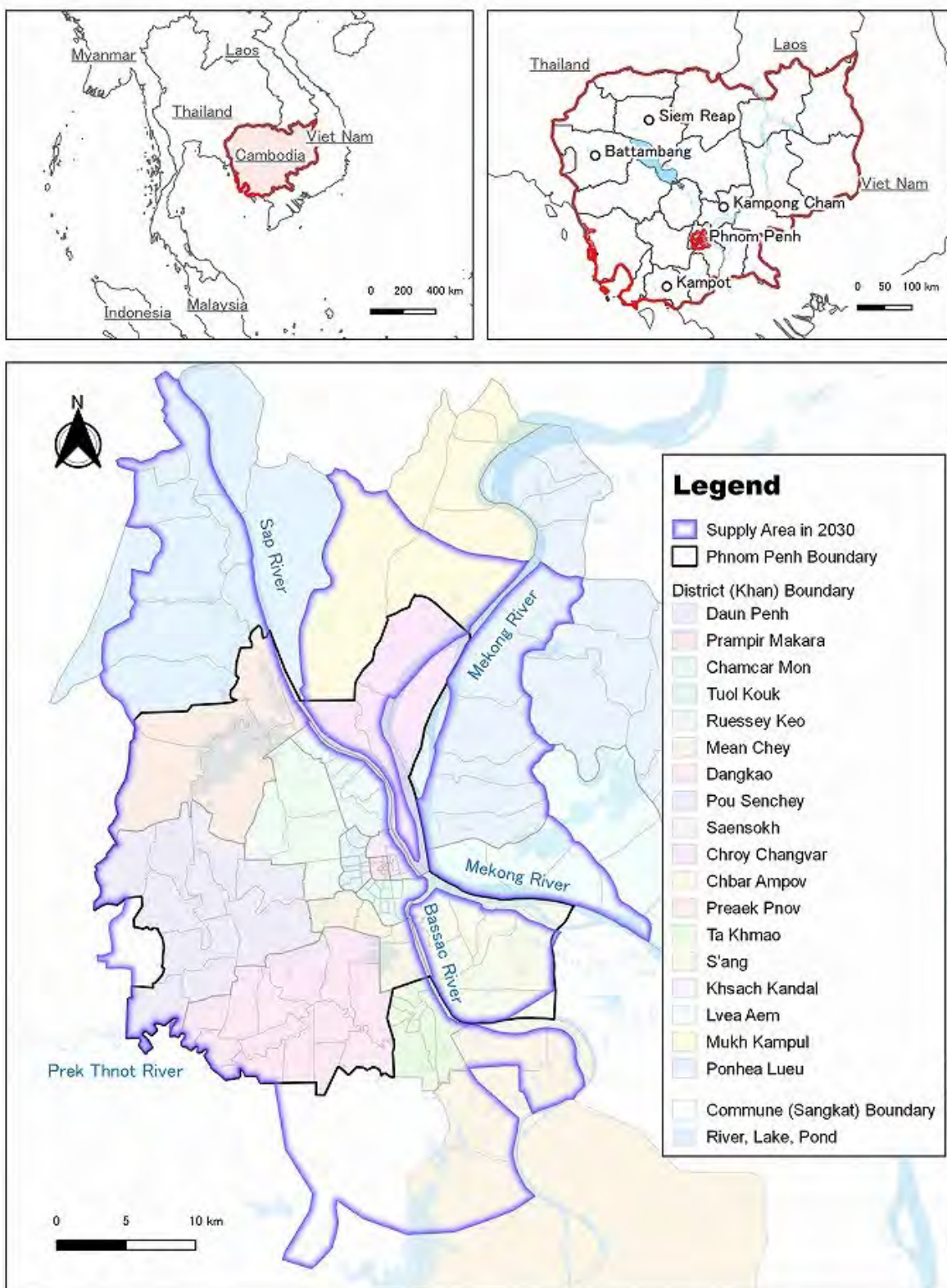
7-2-1-5-2	送水管ネットワークの整備計画の整備概要	7-33
7-2-1-6	送水管ネットワークの段階的整備計画	7-43
7-2-1-6-1	送水管ネットワークの整備段階	7-43
7-2-1-6-2	送水管ネットワークの段階的整備計画	7-44
7-2-1-6-3	効率化のための将来における浄水場ごとの配水区域	7-47
7-2-1-7	送水管ネットワークの整備のケース	7-49
7-2-1-7-1	ケース 1	7-50
7-2-1-7-2	ケース 2	7-50
7-2-1-7-3	ケース 3	7-51
7-2-1-7-4	ケース 4	7-52
7-2-1-7-1	ケース 5	7-53
7-2-1-7-2	ケース 6	7-54
7-2-2	配水管ネットワークの整備計画	7-56
7-2-2-1	配水管ネットワークの整備計画	7-56
7-2-2-1-1	配水管ネットワークの整備計画の整備方針	7-56
7-2-2-2	配水本管の能力強化	7-58
7-2-2-3	配水管の能力改善	7-59
7-2-2-3-1	配水管のループ化	7-59
7-2-2-3-2	経年管等の更新	7-60
7-2-2-3-3	配水管の改善にかかる整備	7-61
7-2-2-3-4	顧客メータの計画的な更新	7-62
7-2-3	送配水ネットワークに関する運用管理の改善	7-62
第 8 章	段階的施設整備計画	8-1
8-1	段階的施設整備及び実施工程	8-1
8-1-1	全体施設整備計画	8-1
8-1-2	IMMEDIATE PERIOD	8-9
8-1-2-1	Stage 1	8-9
8-1-2-1-1	Bakheng Phase I	8-9
8-1-2-1-2	Bakheng Phase II	8-10
8-1-2-2	Stage 2	8-10
8-1-2-2-1	Ta Khmao	8-10
8-1-3	INTERMEDIATE PERIOD	8-11
8-1-3-1	Stage 1	8-11
8-1-3-1-1	Phum Prek Phase III	8-11
8-1-3-2	Stage 2	8-12
8-1-3-2-1	Bakheng Phase III	8-12
8-1-3-2-2	Chroy Changvar 浄水場の機器更新	8-12
8-1-4	ULTIMATE PERIOD	8-13
8-1-4-1	Stage 1	8-13
8-1-4-1-1	Nirodh Phase III	8-13
8-1-4-1-2	Koh Norea	8-14

8-1-4-1-3	Reconstruction of Phum Prek Phase I.....	8-15
8-1-4-2	Stage 2.....	8-16
8-1-4-2-1	Ta Mouk Phase I.....	8-16
8-1-4-2-2	Khsach Kanda.....	8-16
8-1-4-2-3	Reconstruction of Phum Prek Phase I.....	8-18
8-1-4-2-4	New Airport City.....	8-18
8-1-5	2031年以降の整備計画.....	8-19
8-1-5-1	Ta Mouk Phase II.....	8-19
8-1-5-2	Reconstruction of Phum Prek Phase I.....	8-20
8-2	次期プノンペン都給水基本計画（第四次マスタープラン）.....	8-21
第9章	組織運営開発.....	9-1
9-1	組織の現状.....	9-1
9-1-1	SWOT分析.....	9-2
9-1-2	成熟度評価.....	9-3
9-2	方針.....	9-5
9-3	主な対策.....	9-6
9-3-1	計画・プロジェクト.....	9-6
9-3-1-1	技術統括機能の強化.....	9-6
9-3-1-1-1	現状と課題.....	9-6
9-3-1-1-2	2030年に向けた提言.....	9-7
9-3-1-2	その他の対策.....	9-9
9-3-2	浄水・送配水.....	9-10
9-3-2-1	無収水管理.....	9-10
9-3-2-1-1	現状.....	9-10
9-3-2-1-2	2030年に向けた提言.....	9-11
9-3-2-2	水質管理・水質分析、水安全計画.....	9-12
9-3-2-2-1	現状.....	9-12
9-3-2-2-2	2030年に向けた提言.....	9-13
9-3-2-3	水運用とエネルギー効率.....	9-15
9-3-2-3-1	現状.....	9-15
9-3-2-3-2	2030年に向けた提言.....	9-16
9-3-2-4	機材の維持管理、アセットマネジメント.....	9-17
9-3-2-4-1	現状.....	9-17
9-3-2-4-2	2030年に向けた提言.....	9-18
9-3-2-5	埋設資機材のデータ管理.....	9-19
9-3-2-5-1	現状.....	9-19
9-3-2-5-2	2030年に向けた提言.....	9-20
9-3-2-6	その他の対策.....	9-20
9-3-3	営業・顧客サービス.....	9-21
9-3-3-1	顧客関係と広報.....	9-21
9-3-3-1-1	現状.....	9-21

9-3-3-1-2	2030年に向けた提言.....	9-22
9-3-4	財務.....	9-23
9-3-4-1	水道料金.....	9-23
9-3-4-1-1	現状.....	9-23
9-3-4-1-2	2030年に向けた提言.....	9-26
9-3-4-2	その他の対策.....	9-27
9-3-4-2-1	財務計画の更新の迅速化.....	9-27
9-3-5	総務・人事.....	9-27
9-3-5-1	職員数管理.....	9-27
9-3-5-1-2	2030年に向けた提言.....	9-28
9-3-5-2	人事管理.....	9-31
9-3-5-2-1	現状.....	9-31
9-3-5-2-2	2030年に向けた提言.....	9-32
9-3-5-2-3	その他の対策.....	9-33
9-3-6	組織体制.....	9-33
9-3-6-1	経営レベルの組織体制.....	9-33
9-3-6-1-1	現状.....	9-33
9-3-6-1-2	2030年に向けた提言.....	9-35
9-3-6-2	リスク管理と緊急対応.....	9-35
9-3-6-2-1	現状.....	9-35
9-3-6-2-2	2030年に向けた提言.....	9-36
9-3-6-3	他事業体への貢献.....	9-37
9-3-6-3-1	現状.....	9-37
9-3-6-3-2	2030年に向けた提言.....	9-38
第10章	人材育成.....	10-1
10-1	人材育成.....	10-1
10-1-1	ビジョンと将来像.....	10-1
10-2	人材育成における現状認識.....	10-2
10-2-1	人材育成のニーズ把握.....	10-4
10-2-1-1	成熟度評価.....	10-4
10-2-1-2	人材確保が困難な分野.....	10-4
10-3	人材育成戦略.....	10-6
10-4	人材育成計画.....	10-7
10-4-1	研修プログラム.....	10-7
10-4-1-1	階層別研修.....	10-7
10-4-1-2	スキル研修.....	10-8
10-4-1-3	職務別専門研修.....	10-9
10-4-2	OJTの促進.....	10-13
10-4-3	内部勉強会の活用.....	10-14
10-4-4	自己啓発の促進.....	10-14
10-4-5	幹部育成に向けた集中的な対策.....	10-15

10-4-5-1	継承計画の策定・活用	10-15
10-4-5-2	下位職への権限の委譲	10-15
10-4-5-3	専門性の明確化と専門分野ごとの職員の確保	10-16
10-4-5-4	専門職制度の導入	10-17
10-5	実施体制	10-18
10-5-1	関係者と役割分担	10-18
10-5-1-1	人材育成に関わる関係者と役割分担	10-18
10-5-2	実施体制の強化	10-18
10-5-2-1	人材育成課の強化	10-18
10-5-2-2	アクションプランの作成	10-19
10-5-3	実施計画	10-19
10-5-3-1	研修コース	10-19
10-5-3-1-1	研修計画と実施	10-19
10-5-3-1-2	定期研修	10-20
10-5-3-1-3	外部研修（不定期実施）	10-22
10-5-3-2	その他の施策	10-24
10-5-4	人材育成の効果とモニタリング	10-24
第11章	概算事業費	11-1
11-1	概算事業費の算定	11-1
11-1-1	概算事業費の算定条件	11-1
11-1-2	建設費の算定	11-1
11-1-2-1	取水・浄水施設	11-1
11-1-2-1-1	過去の建設工事費の整理	11-1
11-1-2-1-2	取水・浄水施設建設工事費	11-3
11-1-2-2	送水管及び配水管	11-5
11-1-2-2-1	送水管及び配水管の建設単価	11-5
11-1-2-2-2	送水管及び配水管の建設工事費	11-5
11-2	概算事業費	11-8
11-2-1	Phum Prek Phase III プロジェクト	11-8
11-2-2	Bakheng Phase III プロジェクト	11-8
11-2-3	Chroy Changvar 浄水場の機器更新	11-8
11-2-4	Nirodh Phase III プロジェクト	11-9
11-2-5	Koh Norea プロジェクト	11-9
11-2-6	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクト	11-9
11-2-7	Ta Mouk Phase I プロジェクト	11-10
11-2-8	Khsach Kanda プロジェクト	11-10
11-2-9	New Airport City プロジェクト	11-10
11-2-10	Ta Mouk Phase II プロジェクト	11-11
11-3	概算事業費のまとめ	11-12
第12章	財務分析	12-1
12-1	分析の背景と目的	12-1

12-2	第三次マスタープラン（M/P2017）における財務分析の要点	12-1
12-3	最新の長期財務計画の要点	12-3
12-4	本調査における財務分析の前提条件	12-4
12-5	各プロジェクトの財務評価	12-6
12-5-1	Net present cost of water	12-6
12-5-2	Financial internal rate of return	12-7
12-6	ファイナンスの選択肢	12-7
12-6-1	内部資金	12-7
12-6-2	無償資金協力	12-8
12-6-3	有償資金協力	12-8
12-6-4	エクイティファイナンス	12-9
12-6-5	コーポレートファイナンス	12-9
12-6-6	プロジェクトファイナンス	12-10
12-6-7	Public-Private Partnership	12-11
12-6-8	結論と提案	12-12
12-7	PPWSA の財務への影響評価	12-13
12-7-1	基本ケース	12-13
12-7-2	理想ケース	12-15
12-7-3	PPP ケース	12-16
12-7-4	ベストエフォートケース	12-17
12-7-5	推奨ケース	12-18
12-7-6	推奨ケース（機械式汚泥処理施設なし）	12-19
12-7-7	スケールダウンケース	12-20
12-7-8	結論と提言	12-21



プロジェクト位置図

図表リスト

図 1-3.1	給水対象地域.....	1-4
図 2-1.1	カンボジア国の月平均降水量及び月平均気温.....	2-1
図 2-1.2	首都プノンペン周辺の河川.....	2-2
図 2-1.3	プノンペンの標高.....	2-3
図 2-1.4	カンボジア国における人口推移.....	2-4
図 2-1.5	2019年における各都市の人口.....	2-4
図 2-1.6	カンボジア国の行政区画.....	2-5
図 2-1.7	首都プノンペン及びその近郊の行政区画.....	2-6
図 2-1.8	一人当たり名目 GDP と実質 GDP 成長率の推移.....	2-7
図 2-1.9	産業別の GDP 構成比.....	2-8
図 2-2.1	首都プノンペンの大規模開発計画の概要.....	2-10
図 2-2.2	2035年における道路開発計画の概要.....	2-11
図 2-2.3	橋の建設予定位置.....	2-12
図 2-3.1	PPWSA の水道システムの概要.....	2-16
図 2-3.2	無償及び借款を合わせた PPWSA への援助実績の開発援助機関の割合.....	2-18
図 3-1.1	上水道マスタープランにおける調査対象エリア.....	3-2
図 3-2.1	過去に実施された水需要予測と浄水量実績の比較.....	3-3
図 3-2.2	各浄水場における浄水量及びその合計値.....	3-4
図 3-2.3	Phum Prek 浄水場の浄水量.....	3-5
図 3-2.4	Nirodh 浄水場の浄水量.....	3-5
図 3-2.5	Chroy Changvar 浄水場における浄水量.....	3-5
図 3-2.6	Chamcar Mon 浄水場における浄水量.....	3-6
図 3-2.7	4つの浄水場の総浄水量と総施設能力.....	3-7
図 3-2.8	4つの浄水場の稼働率と総施設能力.....	3-7
図 3-2.9	第二次マスタープラン (M/P2006) における水道普及率に関する計画.....	3-10
図 3-2.10	第二次マスタープランの見直し (M/P2013) で実施された水需要予測手法.....	3-12
図 3-2.11	第二次マスタープランの見直し (M/P2013) で用いられた水需要予測手法.....	3-12
図 3-2.12	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測実施手法.....	3-13
図 3-2.13	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値との比較 (接続密度 : connection/ha).....	3-14
図 3-2.14	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値との比較 (Khan Ta Khmao).....	3-15
図 3-2.15	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値における各パラメータの比較 (水道給水区域全体).....	3-16
図 3-3.1	Mekong 川上流および支川の発電ダムによる Mekong 川のハイドログラフの変化特性.....	3-20
図 3-3.2	検討対象地の既設ダムとダム建設候補地 (第三次マスタープラン (M/P2017) による調査).....	3-21
図 3-3.3	首都プノンペン北部地域における将来水源の選択肢.....	3-23

図 3-4.1	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要と施設能力	3-27
図 3-4.2	2010 年から 2020 年の浄水量と浄水場規模の推移	3-28
図 3-4.3	2015 年、2018 年、2020 年の 4 浄水場の 1 年間の浄水量の変化	3-29
図 3-4.4	2010 年から 2020 年の原水濁度と処理水濁度の推移	3-29
図 3-4.5	2015 年、2018 年、2020 年の原水濁度と処理水濁度	3-30
図 3-4.6	Bakheng 浄水場のプロセス図	3-32
図 3-4.7	Ta Khmao 浄水場 配置案	3-33
図 3-4.8	Ta Khmao 浄水場 処理プロセス	3-33
図 3-5.1	送水管の整備計画の概要	3-36
図 3-5.2	送水主管の段階的整備計画の概要	3-37
図 3-5.3	送水管の整備内容 (Phase I)	3-38
図 3-5.4	送水管の整備内容 (Phase II) (1)	3-38
図 3-5.5	送水管の整備内容 (Phase II) (2)	3-39
図 3-5.6	送水管の整備内容 (Phase III)	3-39
図 3-5.7	将来の各浄水場の配水区域	3-41
図 3-5.8	2030 年に想定される最小水圧の分布	3-42
図 3-5.9	チャンカーモン浄水場プロジェクトにおける送水管整備の概要	3-43
図 3-5.10	送水管の整備計画見直しの概要	3-44
図 3-5.11	配水管の年間布設延長	3-45
図 3-5.12	配水主管の整備方針	3-46
図 3-5.13	2030 年の DMA の概要	3-47
図 4-1.1	人口データ (予測含む) の比較	4-1
図 4-1.2	都市人口割合 (%) と一人当たり GDP の関係 (2014 年)	4-3
図 4-1.3	使用水量 (2010~2020 年、水道料金データ)	4-4
図 4-3.1	トレンド式選定の際に直近の傾向を考慮する必要性	4-9
図 4-3.2	首都プノンペンの土地利用計画 (2035 年)	4-9
図 4-3.3	開発状況の検討例	4-10
図 4-3.4	Khan Mean Chey の接続密度に関するトレンド式の検討結果	4-12
図 4-3.5	接続密度の将来予測結果 (1)	4-13
図 4-3.6	接続密度の将来予測結果 (2)	4-14
図 4-3.7	Khan Mean Chey の Domestic カテゴリーの顧客数の割合に関するトレンド式の検討結果	4-16
図 4-3.8	将来予測結果 (Domestic カテゴリーの顧客数の割合) (1)	4-17
図 4-3.9	将来予測結果 (Domestic カテゴリーの顧客数の割合) (2)	4-18
図 4-3.10	1 栓当たりの使用水量 (2010~2020 年)	4-19
図 4-3.11	1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数の比較	4-20
図 4-3.12	1 栓当たりの水使用量 (Domestic カテゴリー)	4-21
図 4-3.13	1 栓当たりの使用水量 (Non-domestic カテゴリー)	4-22
図 4-3.14	Khan Mean Chey の 1 栓当たりの使用水量 (Domestic カテゴリー) に関するトレンド式の検討結果	4-23
図 4-3.15	将来予測結果 (1 栓当たりの使用水量 : Domestic カテゴリー) (1)	4-24

図 4-3.16	将来予測結果（1 栓当たりの使用水量：Domestic カテゴリー）（2）	4-25
図 4-3.17	Khan Mean Chey の 1 栓当たりの使用水量（Non-domestic カテゴリー）に関するトレンド式の検討結果	4-26
図 4-3.18	将来予測結果（1 栓当たりの使用水量：Non-domestic カテゴリー）（1）	4-27
図 4-3.19	将来予測結果（1 栓当たりの使用水量：Non-domestic カテゴリー）（2）	4-28
図 4-3.20	過去の水需要予測で適用された無収水率と実際の無収水率（PI 値）の比較	4-29
図 4-3.21	日最大配水量係数	4-30
図 4-3.22	日最大配水量係数の範囲（1980～2010 年の日本の水道事業者における実績値）	4-31
図 4-3.23	水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）（1）	4-33
図 4-3.24	水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）（2）	4-34
図 4-3.25	大規模開発計画（Group1,2,3）の位置図	4-35
図 4-3.26	大規模開発計画（Group1）の位置図	4-36
図 4-3.27	水使用量の算出エリア	4-38
図 4-3.28	対象エリア位置図（Group 2）	4-44
図 4-3.29	対象エリア位置図（Group 3）	4-46
図 4-3.30	給水量の急激な減少	4-48
図 4-3.31	水需要に対する COVID-19 による影響の検討ケース	4-48
図 4-3.32	COVID-19 の影響を考慮した水需要予測シナリオ	4-49
図 4-3.33	水需要予測結果	4-50
図 5-1.1	水源候補の対象地域全体図	5-1
図 5-1.2	首都プノンペンの水源候補位置図	5-2
図 5-1.3	Chroy Changvar 観測所における Mekong 川の水位（1960-2017 年の平均値）	5-5
図 5-1.4	Chroy Changvar 観測所における水位の頻度	5-5
図 5-1.5	Kampong Cham 観測所における年最大水位・年最小水位の変動（1960-2020 年）	5-6
図 5-1.6	Kampong Cham 観測所における Mekong 川水位の経年変化（乾季のみ、1960-2020 年）	5-7
図 5-1.7	Chroy Changvar 観測所における Mekong 川の流量（1960-2017 年の月平均値）	5-8
図 5-1.8	Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質（pH）	5-10
図 5-1.9	Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質（Turbidity）	5-10
図 5-1.10	Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質（Total Hardness）	5-11
図 5-1.11	Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質（Organic substance）	5-11
図 5-1.12	Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質（Aluminum）	5-11
図 5-1.13	Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質（Fecal Coliform）	5-12
図 5-1.14	Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質（pH）	5-12
図 5-1.15	Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質（Turbidity）	5-13
図 5-1.16	Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質（Total Hardness）	5-13
図 5-1.17	Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質（Organic substance）	5-13
図 5-1.18	Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質（Aluminum）	5-14
図 5-1.19	Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質（Fecal Coliform）	5-14
図 5-1.20	Phnom Penh Port 観測所における Sap 川の水位（1996-2017 年の平均値）	5-15
図 5-1.21	Phnom Penh Port 観測所における水位の頻度	5-15

図 5-1.22	Prek Kdam 観測所における Sap 川の流量 (月平均値)	5-16
図 5-1.23	Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (pH)	5-18
図 5-1.24	Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Turbidity)	5-18
図 5-1.25	Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Total Hardness)	5-19
図 5-1.26	Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Organic substance)	5-19
図 5-1.27	Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Aluminum)	5-19
図 5-1.28	Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Fecal Coliform)	5-20
図 5-1.29	Chaktomuk 観測所における Bassac 川の水位 (1996-2020 年の平均値)	5-21
図 5-1.30	Chaktomuk 観測所における水位の頻度	5-21
図 5-1.31	推定される Bassac 川の水量構成	5-23
図 5-1.32	Chaktomuk 観測所における Bassac 川の流量 (月平均値)	5-24
図 5-1.33	Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (pH)	5-25
図 5-1.34	Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Turbidity)	5-26
図 5-1.35	Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Total Hardness)	5-26
図 5-1.36	Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Organic substance)	5-26
図 5-1.37	Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Aluminum)	5-27
図 5-1.38	Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Fecal Coliform)	5-27
図 5-1.39	Peam Khley 観測所における Prek Thnot 川の水位 (1996-2020 年の平均値)	5-28
図 5-1.40	Peam Khley 観測所における水位の頻度	5-28
図 5-1.41	Peam Khley 観測所における Prek Thnot 川の流量 (月平均値)	5-29
図 5-1.42	Prek Thnot 川流域周辺の降雨観測所位置および等雨量線図 (年降雨量)	5-31
図 5-1.43	Pochentong 観測所における年間降水量の長期変動 (1901-2020)	5-31
図 5-1.44	Prek Thnot 川流域における既存および計画ダム位置図	5-33
図 5-1.45	鉄濃度が高い井戸の分布	5-34
図 5-1.46	ヒ素濃度が高い井戸の分布	5-35
図 5-2.1	水源候補地および水質調査地点位置図	5-37
図 5-2.2	ダムおよび気候変動の影響を考慮した将来の最低水位予測 (Chroy Changvar 地点)	5-44
図 5-2.3	Sap 川における年間水位変動 (Prek Kdam)	5-45
図 5-2.4	Sap 川における乾季の水位変動 (11 月～5 月、Prek Kdam)	5-45
図 5-2.5	排水処理計画における河川への排水地点	5-47
図 5-2.6	都市周辺の水域開発状況	5-48
図 5-2.7	Mekong 川および Bassac 川における河岸浸食と護岸整備状況	5-50
図 5-2.8	Sap 川取水候補地点の河岸整備状況	5-51
図 5-2.9	Koh Norea の立地と造成計画	5-52
図 5-2.10	Koh Norea における Mekong 川の河道横断面と河岸浸食、河床洗堀の可能性	5-52
図 6-1.1	Phum Prek 取水塔の位置	6-2
図 6-1.2	Phum Prek 取水塔の一般図	6-3
図 6-1.3	Chroy Changvar 取水塔の位置	6-6
図 6-1.4	Chroy Changvar 取水塔の一般図	6-7
図 6-1.5	Nirodh 取水施設の取水塔の位置	6-10

図 6-1.6	Nirodh 取水塔の一般図	6-11
図 6-1.7	Nirodh 取水施設付近の埋立計画図	6-13
図 6-1.8	Chamcar Mon 取水塔の位置	6-14
図 6-1.9	Chamcar Mon 取水塔の一般図	6-15
図 6-1.10	浄水量推移 (2010 年から 2020 年)	6-17
図 6-1.11	浄水場ごとの日平均浄水量と 1 m ³ あたり電気使用量	6-18
図 6-1.12	4 つの浄水場の日平均浄水量と 1 m ³ あたり電気使用量	6-19
図 6-1.13	2020 年の浄水場ごとの取水場・浄水場別の浄水 1 m ³ あたり電気使用量	6-20
図 6-1.14	2020 年 最大、中央値、最小配水量 流量・水圧変動	6-21
図 6-1.15	2010 年から 2020 年の月平均原水・処理水濁度の推移	6-22
図 6-1.16	4 浄水場処理プロセスごとの濁度変化	6-23
図 6-1.17	Phum Prek 取水場、原水導水管、および浄水場	6-25
図 6-1.18	Phum Prek 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-26
図 6-1.19	Phum Prek 浄水場 位置図	6-28
図 6-1.20	Phum Prek 浄水場 水位高低図	6-29
図 6-1.21	Chroy Changvar 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-33
図 6-1.22	Chroy Changvar 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-34
図 6-1.23	Chroy Changvar 浄水場 配置図	6-36
図 6-1.24	Chroy Changvar 浄水場 プロセスおよび水位高低図	6-37
図 6-1.25	Chroy Changvar 浄水場 主要施設・仕様	6-38
図 6-1.26	Nirodh 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-42
図 6-1.27	Nirodh 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-43
図 6-1.28	Nirodh 浄水場 配置図	6-45
図 6-1.29	Nirodh 浄水場プロセス・フロー、水位高低図	6-46
図 6-1.30	Chamcar Mon 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-50
図 6-1.31	Chamcar Mon 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図	6-51
図 6-1.32	Chamcar Mon 浄水場 配置図	6-53
図 6-1.33	Chamcar Mon 浄水場 処理フロー、水位高低図	6-54
図 6-2.1	浄水場と取水施設候補地の位置関係 (Bakheng Phase III)	6-58
図 6-2.2	Bakheng Phase III 取水施設の候補地外観	6-58
図 6-2.3	Nirodh 取水施設の移設後位置と Koh Norea 取水施設想定位置	6-59
図 6-2.4	浄水場と取水施設候補地の位置関係 (Ta Mouk)	6-60
図 6-2.5	Ta Mouk 取水施設の候補地外観	6-60
図 6-2.6	浄水場と取水施設候補地の位置関係 (Khsach Kandal)	6-61
図 6-2.7	Khsach Kandal 取水施設の候補地外観	6-61
図 6-2.8	浄水場と取水施設候補地の位置関係 (New Airport City)	6-62
図 6-2.9	New Airport City 取水施設の候補地外観 (Option 1)	6-62
図 6-2.10	取水候補地点の河岸状況	6-66
図 6-2.11	取水候補地点の護岸・河床保護の概略案 (平面、Bakheng Phase III)	6-66
図 6-2.12	取水施設における護岸・河床保護の概略案 (断面、Bakheng Phase III)	6-67
図 6-2.13	取水候補地点の護岸・河床保護の概略案 (平面、Nirodh Phase III および Koh Norea)	

.....	6-68
図 6-2.14 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（断面、Nirodh Phase III および Koh Norea）	6-68
.....	6-69
図 6-2.15 埋立以前の Mekong 川河道断面の状況	6-69
図 6-2.16 取水候補地点の河岸状況（Ta Mouk）	6-70
図 6-2.17 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（平面、Ta Mouk）	6-70
図 6-2.18 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（断面、Ta Mouk）	6-71
図 6-2.19 Nirodh 取水施設の堅坑内に固着していた貝類	6-75
図 6-2.20 カワヒバリガイの生活史概略（日本での場合）	6-76
図 6-2.21 浄水場施設計画位置図	6-82
図 6-2.22 浄水処理プロセス	6-83
図 6-2.23 Bakheng 浄水場 配置図	6-105
図 6-2.24 Nirotdh 浄水場 第3期 配置図	6-106
図 6-2.25 Koh Norea 浄水場 配置図	6-107
図 6-2.26 Ta Mouk 浄水場 配置図	6-108
図 6-2.27 New Airport City 浄水場 配置図	6-109
図 6-2.28 Khsach Kandal 浄水場 配置図	6-110
図 6-2.29 Step1 撤去1	6-113
図 6-2.30 Step2 浄水場建設	6-115
図 6-2.31 Step3 撤去2	6-117
図 6-2.32 Step4 配水池建設	6-119
図 6-2.33 Step5 排水処理施設建設	6-121
図 7-1.1 送水管の概要	7-1
図 7-1.2 送水管の布設延長の概要	7-2
図 7-1.3 高架水槽の位置図	7-3
図 7-1.4 高架水槽の年間の平均水位と平均水圧の時間変動	7-4
図 7-1.5 配水池からの送水量と水圧の変動	7-6
図 7-1.6 2020年における PPWSA の給水区域	7-7
図 7-1.7 DMA の位置図（1）	7-8
図 7-1.8 DMA の位置図（2）	7-9
図 7-1.9 DMA メータの測定箇所	7-10
図 7-1.10 DMA での水量・水圧分布	7-12
図 7-1.11 各 DMA の水圧の時間変動	7-13
図 7-1.12 各 DMA の水量の時間変動	7-14
図 7-1.13 配水システムの概要	7-15
図 7-1.14 管種別の布設延長	7-16
図 7-1.15 2018年に民間企業（Anco社）より PPWSA へ移管された配水管	7-16
図 7-1.16 大口需要者の位置図	7-17
図 7-1.17 配水枝管における水圧測定箇所	7-19
図 7-1.18 漏水の発生状況の概要	7-21
図 7-1.19 民間事業者の上水道施設の概要	7-22

図 7-2.1	給水区域の概要.....	7-24
図 7-2.2	2030 年における水需要予測の分布の比較.....	7-26
図 7-2.3	浄水場の概要.....	7-27
図 7-2.4	PPWSA による送水管ネットワークの整備計画の概要.....	7-28
図 7-2.5	送水管ネットワークの整備計画の方針の概要.....	7-29
図 7-2.6	送水管ネットワークの整備計画における計画諸元の概要.....	7-32
図 7-2.7	2030 年までの送水管整備計画の整備概要.....	7-33
図 7-2.8	口径選定の検討結果.....	7-34
図 7-2.9	河川横断を要する施工箇所.....	7-35
図 7-2.10	軌道横断を要する施工箇所.....	7-37
図 7-2.11	道路横断を要する施工箇所.....	7-39
図 7-2.12	2030 年における DMA の再編案 (1)	7-39
図 7-2.13	2030 年における DMA の再編案 (2)	7-40
図 7-2.14	2030 年における DMA 再編の概要	7-41
図 7-2.15	2030 年における水圧分布.....	7-42
図 7-2.16	2020 年、2025 年、2030 年の水圧分布の比較.....	7-42
図 7-2.17	送水管ネットワークの段階的整備計画の概要案.....	7-44
図 7-2.18	2030 年における浄水場ごとの配水区域.....	7-47
図 7-2.19	将来の浄水場ごとの配水区域.....	7-48
図 7-2.20	送水管ネットワークの整備計画のケース分け.....	7-50
図 7-2.21	送水管ネットワークの整備計画のケース 1.....	7-50
図 7-2.22	送水管ネットワークの整備計画のケース 2.....	7-51
図 7-2.23	送水管ネットワークの整備計画のケース 3.....	7-52
図 7-2.24	送水管ネットワークの整備計画のケース 4.....	7-53
図 7-2.25	送水管ネットワークの整備計画のケース 5.....	7-54
図 7-2.26	送水管ネットワークの整備計画のケース 6.....	7-55
図 7-2.27	配水管ネットワークの整備計画の概要.....	7-57
図 7-2.28	DMA (0101) の確認結果	7-58
図 7-2.29	配水管のループ化の概要.....	7-59
図 7-2.30	2030 年における経年配管の分布.....	7-60
図 7-2.31	2030 年における経年管の延長.....	7-60
図 7-2.32	漏水管の発生密度.....	7-61
図 7-2.33	配水管の計画整備延長案.....	7-62
図 7-2.34	顧客メータの更新計画.....	7-62
図 8-1.1	大規模開発計画 (Group1,2,3) の位置図.....	8-2
図 8-1.2	水需要予測に合わせた段階的施設整備計画.....	8-4
図 8-1.3	水需要予測に合わせた段階的施設整備計画 (ベーシック水需要と G-1 グループの水需 要のみを考慮した場合)	8-5
図 8-1.4	水需要予測に合わせた段階的施設整備計画 (ベーシック水需要と G-1 および G-2 グル ープの水需要のみを考慮した場合)	8-6
図 8-1.5	水需要予測に合わせた段階的施設整備計画 (ベーシック水需要と G-1 および G-3 グル	

ープの水需要のみを考慮した場合)	8-7
図 8-2.1 Phnom Penh City Development Plan for 2035	8-21
図 9-1.1 PPWSA 組織図	9-1
図 9-3.1 計画・プロジェクト部 水運用課の組織構成と主な業務	9-6
図 9-3.2 水運用課の新組織と主な業務	9-8
図 9-3.3 NRW 率の変化 (2003 年-2020 年)	9-10
図 9-3.4 家庭用接続顧客の使用水量別の請求額比率 (2015 年 5 月から 6 月)	9-25
図 9-3.5 家庭用接続顧客の使用水量別の請求額比率 (2020 年 5 月から 6 月)	9-25
図 9-3.6 顧客類別 請求水量 (2019 年から 2020 年)	9-26
図 9-3.7 接続数及び職員数 計画 (2030 年)	9-30
図 9-3.8 PPWSA 組織図 (再掲)	9-34
図 9-3.9 幹部層 組織改編案	9-35
図 10-2.1 職員の学歴別の年齢分布 (2021)	10-3
図 10-3.1 必要な人材育成の領域と効果的な方策	10-7
図 12-2.1 Bakheng 浄水場と Chamcar Mon 浄水場の給水原価 (Net present cost of water)	12-1
図 12-2.2 Bakheng 浄水場と Chamcar Mon 浄水場の事業採算性 (Financial internal rate of return)	12-2
図 12-5.1 各プロジェクトの給水原価 (Net present cost of water)	12-6
図 12-5.2 各プロジェクトの事業採算性 (Financial internal rate of return)	12-7
図 12-6.1 内部資金概略図	12-8
図 12-6.2 無償資金協力概略図	12-8
図 12-6.3 有償資金協力概略図	12-9
図 12-6.4 エクイティファイナンス概略図	12-9
図 12-6.5 コーポレートファイナンス概略図	12-10
図 12-6.6 プロジェクトファイナンス概略図	12-10
図 12-6.7 PPP 概略図	12-11
図 12-7.1 財務分析の前提条件 (基本ケース)	12-13
表 1-2.1 本調査の目的と範囲	1-2
表 1-2.2 本調査の内容	1-2
表 1-2.3 調査協力機関	1-2
表 1-3.1 給水区域に加わる大規模開発及び周辺区域	1-4
表 2-1.1 行政区画の変遷	2-5
表 2-1.2 近隣諸国及びアジア主要国の一人当たり GDP の比較	2-7
表 2-1.3 世帯当り月所得	2-8
表 2-2.1 首都プノンペンの大規模開発計画の概要	2-10
表 2-2.2 上水道分野に係る関連法規	2-13
表 2-2.3 水資源管理及び取水に係る法律及び規制	2-14
表 2-2.4 水道料金設定や改訂の方法	2-14
表 2-2.5 カンボジア国の飲料水水質基準	2-15

表 2-3.1	PPWSA の業務指標	2-16
表 2-3.2	ODA 案件の実績	2-17
表 2-3.3	実施中及び計画案件の概要 (1)	2-18
表 2-3.4	実施中及び計画案件の概要 (2)	2-19
表 3-2.1	過去に実施された水需要予測手法の概要	3-8
表 3-2.2	第二次マスタープラン (M/P2006) における人口予測結果の概要	3-9
表 3-2.3	第二次マスタープラン (M/P2006) における生活系原単位の増加率設定シナリオ	3-10
表 3-2.4	non-domestic カテゴリーによる使用水量 (2004 年)	3-11
表 3-2.5	第二次マスタープラン (M/P2006) における non-domestic カテゴリーの水需要	3-11
表 3-2.6	第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値の比較結果概要	3-17
表 3-3.1	メコン川上流ダム群による水文・土砂輸送への影響	3-19
表 3-3.2	気候変動による水文への影響	3-20
表 3-3.3	候補ダムの評価結果	3-21
表 3-3.4	プノンペン周辺の地下水の特性	3-22
表 3-3.5	観測されたプノンペンの揚水特性	3-23
表 3-3.6	観測された首都プノンペンの揚水特性	3-24
表 3-3.7	Sap 川と Mekong 川の水質比較	3-24
表 3-4.1	既存浄水場の一覧	3-26
表 3-4.2	浄水場開発計画	3-27
表 3-4.3	Bakheng 浄水場の施設概要	3-31
表 3-5.1	送水管の整備の方針の概要	3-35
表 3-5.2	送水管の段階的整備に係る Phase 分け	3-36
表 3-5.3	各浄水場の全水頭	3-40
表 3-5.4	配水区域の概要	3-40
表 3-5.5	Bakheng 浄水場プロジェクトにおける送水管計画と第三次マスタープラン (M/P2017) の比較	3-44
表 3-6.1	第三次マスタープラン (M/P2017) で確認された主な課題と現状	3-49
表 3-6.2	第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗	3-50
表 4-1.1	人口データのリスト及び概要	4-1
表 4-1.2	東南アジア諸国の都市化の状況	4-2
表 4-1.3	使用水量 (2010~2020 年、水道料金データ)	4-4
表 4-2.1	トレンド式の概要	4-6
表 4-2.2	トレンド式の選定時に考慮する事項	4-8
表 4-3.1	トレンド式の選定時に考慮する事項 (接続密度)	4-8
表 4-3.2	Khan Mean Chey における開発の限界レベル	4-11
表 4-3.3	各 Khan の開発状況に応じた分類	4-11
表 4-3.4	関連する Khan の開発の限界レベル検討結果	4-11
表 4-3.5	トレンド式の選定時に考慮する事項 (生活系顧客数の割合)	4-15
表 4-3.6	1 栓当たりの使用水量の比較 (Domestic カテゴリー)	4-18
表 4-3.7	1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数の比較	4-19
表 4-3.8	トレンド式の選定時に考慮する事項 (Domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量)	

.....	4-22
表 4-3.9 過去の水需要予測で適用された無収水率.....	4-29
表 4-3.10 PPWSA の業務指標の無収水率.....	4-29
表 4-3.11 過去の水需要予測で採用された日最大配水量係数.....	4-30
表 4-3.12 日最大配水量係数.....	4-30
表 4-3.13 水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）.....	4-32
表 4-3.14 大規模開発計画等のグループ化.....	4-35
表 4-3.15 大規模開発計画リスト（Group1）.....	4-36
表 4-3.16 ING City に関する水需要計画概要.....	4-37
表 4-3.17 水需要（OCIC & Okide Villa）.....	4-37
表 4-3.18 給水栓数及び水使用量.....	4-38
表 4-3.19 水需要（Boeng Kak）.....	4-39
表 4-3.20 水需要（Okide Villa）.....	4-39
表 4-3.21 水需要（New Airport City）.....	4-40
表 4-3.22 水需要（Booyoung Town）.....	4-40
表 4-3.23 水需要（Grand Phnom Penh International City）.....	4-41
表 4-3.24 水需要のまとめ（Group 1）.....	4-41
表 4-3.25 大規模開発計画エリア（Group 1）における段階的水需要の計算条件.....	4-43
表 4-3.26 大規模開発エリア（Group 1）における段階的水需要.....	4-43
表 4-3.27 対象エリアリスト（Group 2）.....	4-44
表 4-3.28 水需要（Group 2）.....	4-45
表 4-3.29 対象エリアリスト（Group 3）.....	4-45
表 4-3.30 水需要（Group 3）.....	4-46
表 4-3.31 水需要（No.3-1）.....	4-47
表 4-3.32 大規模開発計画等による水需要を含めた水需要予測結果.....	4-47
表 4-3.33 COVID-19 による影響の考え方.....	4-48
表 4-3.34 COVID-19 の影響を考慮した水需要予測シナリオ.....	4-49
表 4-3.35 水需要予測結果.....	4-50
表 5-1.1 上水水源となりうる河川および流域.....	5-2
表 5-1.2 現在の取水量.....	5-3
表 5-1.3 取水地点の河川水位.....	5-3
表 5-1.4 原水の一般的水質特性.....	5-3
表 5-1.5 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質.....	5-8
表 5-1.6 Nirodh 取水地点における Mekong 川の水質.....	5-9
表 5-1.7 Chroy Changvar 取水地点の水質の傾向.....	5-12
表 5-1.8 Nirodh 取水地点の水質の傾向.....	5-14
表 5-1.9 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質.....	5-17
表 5-1.10 Phum Prek 取水地点の水質の傾向.....	5-20
表 5-1.11 Chaktomuk 地点で観測される河川流の年間パターン（1）.....	5-22
表 5-1.12 Chaktomuk 地点で観測される河川流の年間パターン（2）.....	5-23
表 5-1.13 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質.....	5-24

表 5-1.14	Chamcar Mon 取水地点の水質の傾向	5-27
表 5-1.15	Prek Thnot 川の水収支	5-29
表 5-1.16	Ta Khmao Bridge 観測所における Prek Thnot 川の水質	5-30
表 5-1.17	Pochentong 観測所（プノンペン）における降水量（1901-2020）	5-31
表 5-1.18	Prek Thnot 川流域周辺の雨量観測所	5-32
表 5-1.19	Prek Thnot 川流域における既存および計画ダム、貯水施設の状況	5-33
表 5-1.20	首都プノンペン周辺における井戸の鉄、ヒ素による汚染状況	5-34
表 5-1.21	水源候補の評価結果	5-35
表 5-2.1	調査対象となる水源候補	5-36
表 5-2.2	浄水場の立地	5-37
表 5-2.3	水質調査地点	5-38
表 5-2.4	乾季の水質調査結果（2020年5月）	5-39
表 5-2.5	乾季の水質調査結果（2020年9月）	5-40
表 5-2.6	水源候補地点の水質比較（主要項目のみ）	5-41
表 5-2.7	ダム建設および気候変動による Mekong 川の水文要素への影響（Kratie 地点、2007年との比）	5-43
表 5-2.8	下水道施設の整備・運用による汚濁負荷削減効果	5-47
表 5-2.9	将来的な水質に対する懸念事項	5-48
表 5-2.10	水源候補地と浄水場候補地との位置関係	5-49
表 5-2.11	許可申請に要する情報	5-53
表 5-3.1	水源候補地の評価結果	5-54
表 6-1.1	Phum Prek 取水施設の主要なコンポーネント	6-3
表 6-1.2	Phum Prek 取水施設の運転維持管理状況	6-4
表 6-1.3	Chroy Changvar 取水施設の主要なコンポーネント	6-8
表 6-1.4	Chroy Changvar 取水施設の運転維持管理状況	6-8
表 6-1.5	Nirodh 取水施設の主要なコンポーネント	6-11
表 6-1.6	Nirodh 取水施設の運転維持管理状況	6-12
表 6-1.7	Chamcar Mon 取水施設の主要なコンポーネント	6-15
表 6-1.8	Chamcar Mon 取水施設の運転維持管理状況	6-16
表 6-1.9	既存浄水場の一覧	6-17
表 6-1.10	既存4浄水場浄水量の変化	6-18
表 6-1.11	2020年の浄水1m ³ あたり電気使用量	6-19
表 6-1.12	4つの浄水場の電気使用量、薬品使用量	6-24
表 6-1.13	4つの浄水場の電気、薬品コスト	6-24
表 6-1.14	Phum Prek 原水導水管の概要	6-25
表 6-1.15	Phum Prek 浄水場の主要設備	6-30
表 6-1.16	Chroy Changvar 原水導水管の概要	6-33
表 6-1.17	Chroy Changvar 浄水場の主要設備	6-39
表 6-1.18	Nirodh 原水導水管の概要	6-42
表 6-1.19	Nirodh 浄水場の主要設備	6-47
表 6-1.20	Chamcar Mon 原水導水管の概要	6-50

表 6-1.21	Chamcar Mon 浄水場の主要設備	6-55
表 6-2.1	新設取水施設の立地概要	6-57
表 6-2.2	取水方式の特徴整理 (1)	6-63
表 6-2.3	取水方式の特徴整理 (2)	6-64
表 6-2.4	推奨される取水方式	6-65
表 6-2.5	新規取水施設 (Bakheng Phase III) の主要なコンポーネント案	6-72
表 6-2.6	新規取水施設 (Koh Norea) の主要なコンポーネント案	6-73
表 6-2.7	新規取水施設 (Ta Mouk) の主要なコンポーネント案	6-73
表 6-2.8	新規取水施設 (Khsach Kandal) の主要なコンポーネント案	6-74
表 6-2.9	新規取水施設 (New Airport City) の主要なコンポーネント案	6-74
表 6-2.10	カワヒバリガイの特性まとめ	6-75
表 6-2.11	貝類の固着場所	6-76
表 6-2.12	固着貝類の防除手法	6-77
表 6-2.13	取水施設に関する提案概要	6-77
表 6-2.14	増設・新規水源/取水場と浄水施設との一覧	6-78
表 6-2.15	導水施設の一覧	6-78
表 6-2.16	導水管敷設ルート	6-79
表 6-2.17	管材質の比較	6-80
表 6-2.18	増設・新規浄水施設の一覧	6-82
表 6-2.19	塩素消毒に使用する薬品	6-87
表 6-2.20	汚泥処理の比較	6-89
表 6-2.21	浄水施設の施設計画	6-90
表 6-2.22	建て替えの手順	6-111
表 6-2.23	Phum Prek – Reconstruction	6-114
表 6-2.24	配水池の容量	6-118
表 6-2.25	設備要項	6-120
表 6-2.26	概略工事工程	6-122
表 7-1.1	送水管の布設延長の概要	7-2
表 7-1.2	高架水槽の概要	7-3
表 7-1.3	既存浄水場の配水池の諸元	7-5
表 7-1.4	既存浄水場の送水ポンプの諸元の概要	7-5
表 7-1.5	各行政区画の給水区域面積	7-7
表 7-1.6	DMA メータ測定状況の概要	7-11
表 7-1.7	配水管の布設延長の概要	7-15
表 7-1.8	大口需要者の一覧	7-17
表 7-1.9	配水枝管における水圧測定結果	7-19
表 7-1.10	送配水管の年間維持管理計画の概要	7-21
表 7-1.11	大規模開発と民間事業者の上水道施設の関係	7-22
表 7-2.1	給水区域に加わる大規模開発及び周辺区域	7-24
表 7-2.2	2030 年における水需要予測の分布	7-25
表 7-2.3	浄水場の計画浄水能力と送水ポンプ揚程	7-27

表 7-2.4	送水管整備計画の方針の概要.....	7-30
表 7-2.5	送水管の整備の方針の比較.....	7-30
表 7-2.6	送水管ネットワークの整備計画における計画諸元.....	7-32
表 7-2.7	口径選定の条件.....	7-33
表 7-2.8	河川横断工法の選定案.....	7-36
表 7-2.9	送水管ネットワークの整備計画の段階案.....	7-43
表 7-2.10	送水管ネットワークの段階的整備量案.....	7-44
表 7-2.11	送水管ネットワークの整備計画のケース分け.....	7-49
表 7-2.12	配水本管の整備計画の方針.....	7-56
表 7-2.13	配水管ネットワークの整備計画における計画諸元.....	7-57
表 7-2.14	配水本管の整備計画の一覧.....	7-58
表 8-1.1	浄水場の計画浄水量と水需要予測結果.....	8-1
表 8-1.2	大規模開発計画等のグループ化.....	8-2
表 8-1.3	Bakheng Phase I プロジェクトの整備内容.....	8-9
表 8-1.4	Bakheng Phase I プロジェクトの実施工程.....	8-9
表 8-1.5	Bakheng Phase II プロジェクトの整備内容.....	8-10
表 8-1.6	Bakheng Phase II プロジェクトの実施工程.....	8-10
表 8-1.7	Ta Khmao プロジェクトの整備内容.....	8-10
表 8-1.8	Ta Khmao プロジェクトの実施工程.....	8-11
表 8-1.9	Phum Prek Phase III プロジェクトの整備内容.....	8-11
表 8-1.10	Phum Prek Phase III プロジェクトの実施工程.....	8-11
表 8-1.11	Bakheng Phase III プロジェクトの整備内容.....	8-12
表 8-1.12	Bakheng Phase III の実施工程.....	8-12
表 8-1.13	Chroy Changvar プロジェクトの整備内容.....	8-13
表 8-1.14	Chroy Changvar の実施工程.....	8-13
表 8-1.15	Nirodh Phase III プロジェクトの整備内容.....	8-14
表 8-1.16	Nirodh Phase III プロジェクトの実施工程案.....	8-14
表 8-1.17	Koh Norea プロジェクトの整備内容.....	8-14
表 8-1.18	Koh Norea プロジェクトの実施工程案.....	8-15
表 8-1.19	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの整備内容.....	8-15
表 8-1.20	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案.....	8-15
表 8-1.21	Ta Mouk Phase I プロジェクトの整備内容.....	8-16
表 8-1.22	Ta Mouk Phase I プロジェクトの実施工程案.....	8-16
表 8-1.23	Khsach Kanda プロジェクトの整備内容.....	8-16
表 8-1.24	Khsach Kanda プロジェクトの実施工程案.....	8-17
表 8-1.25	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの整備内容.....	8-18
表 8-1.26	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案.....	8-18
表 8-1.27	New Airport City プロジェクトの整備内容.....	8-18
表 8-1.28	New Airport City プロジェクトの実施工程案.....	8-19
表 8-1.29	Ta Mouk Phase II の整備内容.....	8-19
表 8-1.30	Ta Mouk Phase II プロジェクトの実施工程案.....	8-19

表 8-1.31	Reconstruction of Phum Prek Phase I の整備内容	8-20
表 8-1.32	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案	8-20
表 8-2.1	次期第四次マスタープランの実施概要	8-22
表 9-1.1	事業運営に影響する要因に関する SWOT 分析結果	9-2
表 9-1.2	PPWSA の分野別成熟度スコア（2017 年）と主な改善分野	9-3
表 9-2.1	組織運営改善の項目	9-5
表 9-3.1	改善施策（技術統括機能の強化）	9-9
表 9-3.2	改善施策（無収水管理）	9-11
表 9-3.3	改善施策（水質管理・水質分析、水安全計画）	9-15
表 9-3.4	改善施策（水運用とエネルギー効率）	9-17
表 9-3.5	改善施策（機材の維持管理、アセットマネジメント）	9-19
表 9-3.6	改善施策（埋設資機材のデータ管理）	9-20
表 9-3.7	顧客サービス関連業務の支所への移行状況	9-21
表 9-3.8	改善施策（顧客関係と広報）	9-23
表 9-3.9	水道料金改定推移（2001-2020）	9-24
表 9-3.10	職員数の推移（2011 年から 2021 年）	9-27
表 9-3.11	職員数の近隣事業体との比較	9-28
表 9-3.12	職員数予測（2021-2030）	9-29
表 9-3.13	部署別 職員数 計画	9-30
表 9-3.14	改善施策（人事管理）	9-32
表 9-3.15	改善施策（経営レベルの組織体制）	9-35
表 9-3.16	改善施策（リスク管理と緊急対応）	9-37
表 9-3.17	改善施策（他事業体への貢献）	9-38
表 10-1.1	PPWSA のビジョン	10-1
表 10-1.2	人材育成ビジョンと目指す職員像	10-1
表 10-2.1	人材育成に関する SWOT 分析結果	10-2
表 10-4.1	若手スキル研修の分野と研修コース	10-8
表 10-4.2	職務別研修の科目と対象部署、優先度	10-9
表 10-4.3	優先的に整備事業に技術支援プログラムに含める研修分野	10-12
表 10-5.1	人材育成計画 各施策の実施・モニタリング体制	10-18
表 10-5.2	人材育成課の業務内容	10-19
表 10-5.3	研修コース実施実績	10-20
表 10-5.4	定期研修実施スケジュール	10-21
表 10-5.5	外部研修の対象科目と実施スケジュール	10-22
表 10-5.6	その他の施策と実施スケジュール	10-24
表 10-5.7	人材育成施策のモニタリングと指標	10-25
表 11-1.1	概算事業費の算定	11-1
表 11-1.2	取水・浄水施設建設工事費	11-1
表 11-1.3	排水池・排泥池の建設コスト計算例	11-2
表 11-1.4	取水・浄水施設の建設工事費	11-3
表 11-1.5	送水管及び配水管の建設単価の算定条件	11-5

表 11-1.6	送水管及び配水管の建設工事費	11-5
表 11-2.1	Phum Prek Phase III プロジェクトの概算事業費	11-8
表 11-2.2	Bakheng Phase III の概算事業費	11-8
表 11-2.3	Chroy Changvar 浄水場の機器更新に係る概算事業費	11-8
表 11-2.4	Nirodh Phase III プロジェクトの概算事業費	11-9
表 11-2.5	Koh Norea プロジェクトの概算事業費	11-9
表 11-2.6	Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの概算事業費	11-9
表 11-2.7	Ta Mouk Phase I プロジェクトの概算事業費	11-10
表 11-2.8	Khsach Kanda プロジェクトの概算事業費	11-10
表 11-2.9	New Airport City プロジェクトの概算事業費	11-10
表 11-2.10	Ta Mouk Phase II プロジェクトの概算事業費	11-11
表 11-3.1	概算事業費のまとめ	11-12
表 11-3.2	概算事業費のまとめ	11-12
表 11-3.3	配水ポンプの必要電力のまとめ	11-13
表 12-3.1	PPWSA の財務計画概要	12-3
表 12-4.1	財務分析の前提条件	12-5
表 12-6.1	ファイナンス手法の比較	12-12
表 12-7.1	主要財務指標（基本ケース）	12-14
表 12-7.2	主要財務指標（理想ケース）	12-15
表 12-7.3	主要財務指標（PPP ケース）	12-16
表 12-7.4	主要財務指標（ベストエフォートケース）	12-18
表 12-7.5	主要財務指標（推奨ケース）	12-19
表 12-7.6	主要財務指標（推奨ケース（機械式汚泥処理施設なし））	12-20
表 12-7.7	主要財務指標（スケールダウンケース）	12-21

略 語 表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AfD	Agence Française de Développement (French Development Agency)	フランス開発庁
AIMF	Association Internationale des Maires Francophones	フランコフォニー市長国際協会
AMR	Automated Meter Reading	自動検針
AMSL	Above Mean Sea Level	海拔メートル
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
BAU	Bureau of Urban Affairs	都市局
BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画
CAPEX	Capital Expenditure	初期投資コスト
CDB	Commune data base	コミュニンデータベース
CDS	City Development Strategy	都市開発戦略
CMMS	Computerized Maintenance Management Software	設備保全管理システム
CNMC	Cambodia National Mekong Committee	カンボジア国メコン委員会
COVID-19	Coronavirus disease 2019	新型コロナウイルス感染症
CSES	Cambodia Socio-Economic Survey	社会経済調査
DMA	District Metered Area	配水管理区画
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
EPC	Environmental Protection Contract	環境保護契約
EU	European Union	欧州連合
FIDIC	International Federation of Consulting Engineers	国際コンサルティング連盟
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務内部収益率
F/S	Feasible Study	フィージビリティ・スタディ調査
GDP	Gross Domestic Product Per Capita	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GOJ	Government of Japan	日本国政府
GPCC	General Population Census of Cambodia	人口統計調査
HDPE	High Density PolyEthylene Pipe	高密度ポリエチレン管
HR	Human Resource	人材
IEIA	Initial Environmental Impact Assessment	初期環境影響評価
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
IWA	International Water Association	国際水協会
IT	Information Technology	情報技術
ITC	Institute of Technology of CAMBODIA	カンボジア工科大学
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KIS	Knowledge Information System	GIS ベースのマッピングシステム
KPI	Key Performance Indicators	重要業績評価指標
LDC	Least Developed Country	後発開発途上国
LIMS	Laboratory Information Management System	ラボ情報管理システム
MEF	Ministry of Economy and Finance	経済財政省
MISTI	Ministry of Industry, Science, Technology, and Innovation	工業科学技術革新省
MOWRAM	Ministry of Water Resources and Meteorology	水資源気象省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
MRC	Cambodia National Mekong Committee	メコン川委員会
MRD	Ministry of Rural Development	村落開発省
NDWQS	National Drinking Water Quality Standards	飲料水水質基準
NIS	National Institute of Statistics Ministry of Planning	カンボジア計画省統計局
NPC	Net Present Cost	正味現在価値
NR	National Road	国道
NSDP	National Strategic Development Plan	国家戦略開発計画
O&M	Operation & Maintenance	オペレーション&メンテナンス
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On-the-Job Training	現任訓練
OPEX	Operating Expenditure	運営・維持管理コスト
PFI	Private Finance Initiative	プライベート・ファイナンス・イニシアティブ

PDCA	Plan-Do-Check-Act Cycle	PDCA サイクル
PI	Performance Indicator	業務指標
PPP	Public-Private Partnership	パブリック・プライベート・パートナーシップ
PPUTMP	Phnom Penh Urban Transportation Master Plan	都市交通マスタープラン
PPWSA	Phnom Penh Water Supply Authority	プノンペン水道公社
PSP	Private Sector Participation	民間セクター参加
RGC	Royal Government of Cambodia	カンボジア国政府
RR	Ring Road	環状道路
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御装置
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SOP	Standard Operating Procedures	標準業務手順書
SPC	Special Purpose Company	特別目的会社
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VGf	Viability Gap Funding	事業性補填資金
VSD	Variable Speed Drive	可変速駆動装置
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WTO	World Trade Organization	世界貿易機関
WTP	Water Treatment Plant	浄水場

第1章 業務の概要

1-1 調査の背景

カンボジア王国政府は上水道セクターに係る国家方針として、2003年2月に「National Policy on Water Supply and Sanitation」を発表し、「カンボジア国民が安全な水の供給を受け、衛生施設を有し、安全で衛生的かつ環境に適応した生活環境を享受する」ことを目的に上水道セクターの整備を行っている。また、カンボジア王国政府は、国家戦略開発計画（National Strategic Development Plan (NSDP)）により、2015年までに都市部人口の80%に対して、また、2025年までに都市部人口の100%に対して安全な水へのアクセスを確保するという目標を掲げ、上水道セクターの整備に取り組んでいる。

首都プノンペンでは、内戦終結後、1993年に国際協力機構（以下「JICA」）の支援により策定された「プノンペン市上水道整備計画」に基づき、我が国及び他ドナーが連携して、浄水場や送配水管網の建設及び改修、運転維持管理にかかる技術支援等が実施されてきた結果、24時間給水を実現し、現在の給水率は90%以上に達している。

首都プノンペンの水道事業を担うプノンペン水道公社（Phnom Penh Water Supply Authority、以下「PPWSA」）は、現在フランスの援助により策定された第三次上水道マスタープラン（2016-2030）（Third Water Supply Master Plan (2016-2030)、以下「第三次マスタープラン（M/P2017）」）に従い、新規浄水場の建設等による給水能力の拡張を進めているが、首都プノンペンの人口及び商業施設の増加は著しく、第三次マスタープラン（M/P2017）における水需要予測を上回っている。また、一部の配水区域ではビルや大規模商業施設の建設などに伴う集中的な水需要の発生等により、朝晩の水需要のピーク時を中心に水圧低下が発生している。そのため、利用者は各建物にポンプを設置して配水管から吸引を行うなどの対応を行っており、このことが配水管内を負圧にすることによって引き起こされる水質悪化の危険性を高めている。加えて、第三次マスタープラン（M/P2017）では、将来の上水道開発計画が策定されていないエリアがPPWSA給水エリアに複数あり、将来の上水道開発を検討する上で、第三次マスタープラン（M/P2017）を補う情報収集・検討が必要な状況にある。

1-2 調査の概要

本調査は、首都プノンペン及びその近郊を対象にPPWSAが給水している地域において発生している水不足を鑑み、第三次マスタープラン（M/P2017）で予測された目標年までの水需要の見直し、並びに都市の開発計画を踏まえ、これらに対する情報収集、分析等を通じて、将来の上水道開発の方向性を整理するものである。

1-2-1 本調査の目的と内容

本調査の目的及び範囲を表 1-2.1 に、本調査の内容を表 1-2.2 に示す。

表 1-2.1 本調査の目的と範囲

目的	近年の首都プノンペンにおける人口及び商業施設の増加に伴い、PPWSA が有する第三次マスタープラン (M/P2017) と水需要の予測と実際の需要に乖離が生じていること、また将来の都市の開発計画を踏まえた整理ができていないことを踏まえ、これらに対する情報収集、分析等を通じて、首都プノンペンの上水道開発の方向性を整理すること。
範囲	上記の目的を達成するために、表 1-2.2 に示す内容の調査を行い、報告書等を作成し PPWSA に対し説明・協議の上、提出するものとする。

出典：調査団作成

表 1-2.2 本調査の内容

業務の内容	
1)	既存文献調査
2)	インセプションレポートの作成、説明
3)	現況に係る情報収集
4)	目標年、給水対象地域の確認
5)	新規水源候補の特定及び水質調査
6)	水道事業における課題の特定
7)	インテリムレポートの作成、説明
8)	水源開発計画及び取水施設計画
9)	浄水場計画
10)	送水管の水理解析
11)	送配水ネットワークプラン
12)	段階別施設整備計画
13)	人材育成計画
14)	組織運営改善計画
15)	財務分析
16)	ドラフトファイナルレポートの作成、説明
17)	ファイナルレポートの作成・製本印刷

出典：調査団作成

1-2-2 調査協力機関

調査協力機関を表 1-2.3 に示す。

表 1-2.3 調査協力機関

項目	内容
調査協力機関	実施機関(主管官庁)：PPWSA 事業実施機関(水道事業実施機関)：PPWSA

出典：調査団作成

1-2-3 報告書の構成

本調査結果は、次のとおり報告書に取りまとめを行う。

- Chapter 1 Introduction
- Chapter 2 Condition in Phnom Penh City / Related Plans and Policies
- Chapter 3 Review of the Third Master plan
- Chapter 4 Water Demand Projection
- Chapter 5 Water Resources
- Chapter 6 Water Production Facilities
- Chapter 7 Transmission and Distribution Network
- Chapter 8 Proposed Implementation Plan
- Chapter 9 Institutional Improvement
- Chapter 10 Human Resources Development
- Chapter 11 Project Cost
- Chapter 12 Financial Study

1-3 目標年と給水対象地域

1-3-1 目標年

本調査は第三次マスタープラン（M/P2017）の現状に則した見直しを主眼としていることから、水需要予測の目標年は第三次マスタープラン（M/P2017）と同様の2030年とした。

1-3-2 給水対象地域

本調査の給水対象地域を図 1-3.1 に示す。PPWSA の給水対象地域は、首都プノンペン及び首都プノンペンの南部に隣接するカンダール州タクマウ市及び大規模開発地域等が含まれる。図 1-3.1 において、大規模開発地域及び周辺地域は、表 1-3.1 に基づき、地域名称（No.）及び給水区域に含まれる計画年（year）を示す。給水区域の色分けは、2021年、2025年、2030年までに給水区域に含まれる範囲を示す。

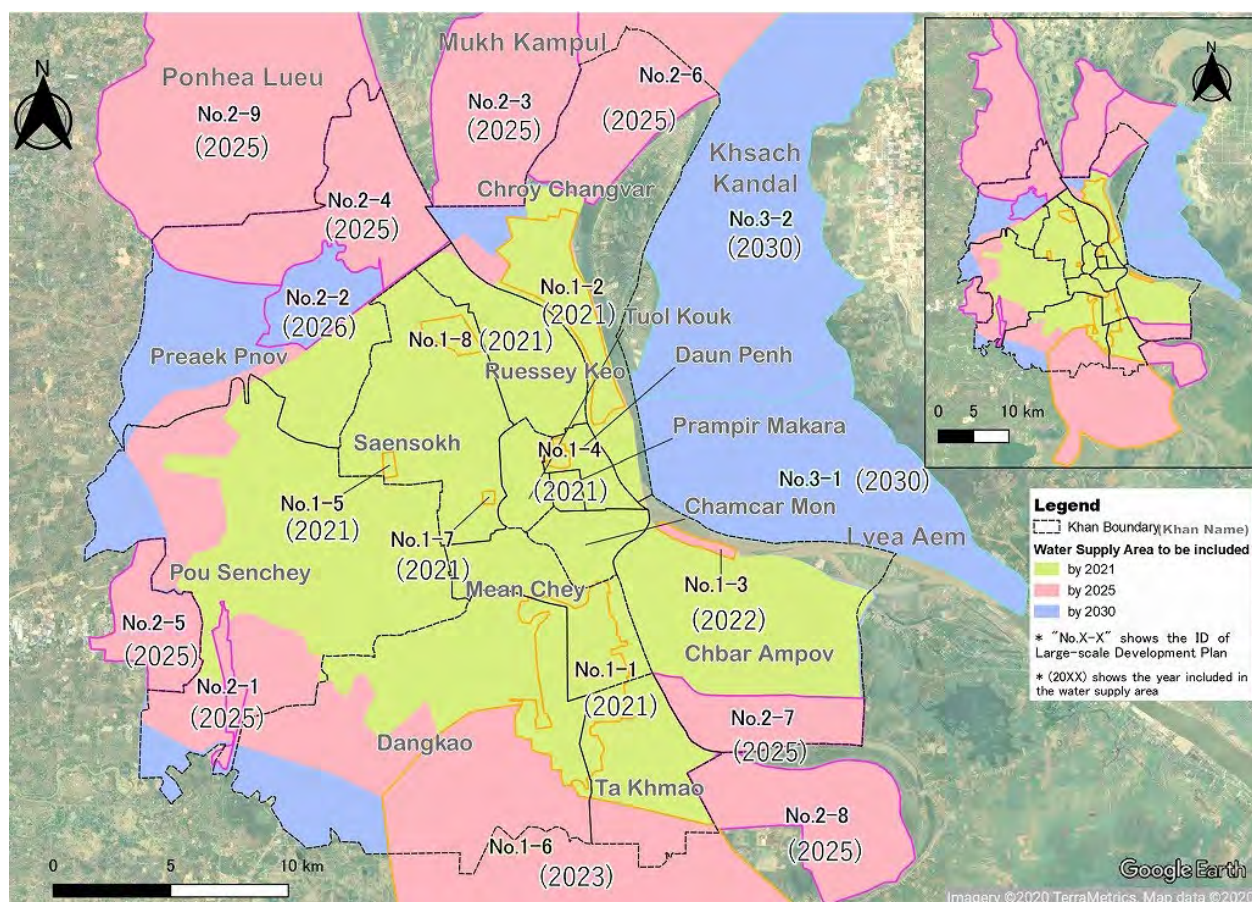


図 1-3.1 給水対象地域

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

表 1-3.1 給水区域に加わる大規模開発及び周辺区域

No	Name	Target Supply Year
1-1	ING City	2021
1-2	OCIC & Okide Villa	2021
1-3	Kos Norea Project	2022
1-4	Boeng Kak	2021
1-5	Okide Villa	2021
1-6	New Phnom Penh Airport City	2023
1-7	Booyoung Town	2021
1-8	Grand Phnom Penh international City	2021
2-1	Special Economic Zone (SEZ)	2025
2-2	Ta Mouk Lake	2026
2-3	private utilities	2025
2-4	Prek Pnov (private)	2025
2-5	Bek Chan (private)	2025
2-6	North of Chroy Changvar	2025
2-7	private utilities	2025
2-8	private utilities	2025
2-9	Preaek Ta Teaen, Vihear Luong, Ponhea Lueu, Phsar Daek, Kampong Luong, Chhveang, Phnum Bat, Chrey Loas	2025
3-1	Arey Khsat & Leva Aem commune (private)	2030
3-2	Preaek Luong, Preaek Takov, Svay Chrum, Preaek Ta Mak, Preaek Ampil, Puk Russei	2030

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

第2章 首都プノンペンの自然社会経済状況及び開発計画・関連法規

2-1 自然社会経済状況

2-1-1 自然状況

2-1-1-1 気象

カンボジア国は、熱帯性モンスーン気候であり、モンスーンによる雨季（6月から12月）と乾季（1月から5月）の2つの異なる季節がある。雨季には、南西風が雲と湿気をもたらし、雨季における降水量は国の年間降水量の80%から90%をしめる。平均気温は、全国で比較的均一であり、2月から4月は酷暑となり、日中気温が35℃から40℃となる。カンボジア国における月の平均気温及び平均降水量を図2-1.1に示す。

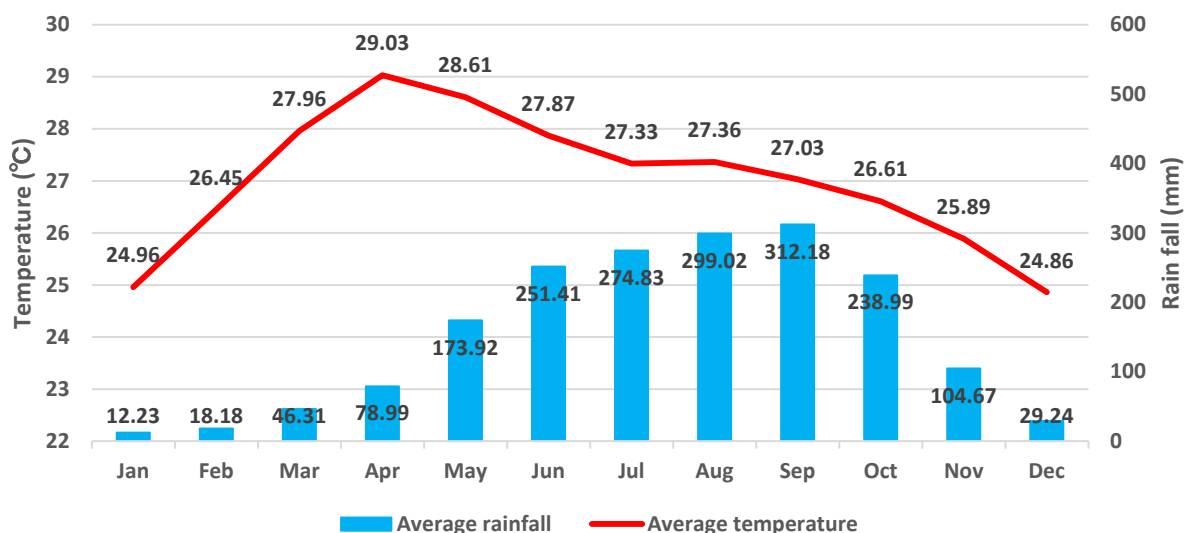


図 2-1.1 カンボジア国の月平均降水量及び月平均気温

* 1901年から2016年までの平均値

出典：Climate Change Knowledge Portal、World Bank

2-1-1-2 地勢

カンボジア国は、国土面積18万1,035 km²（日本の約2分の1弱）を有する¹。国土の大部分は低地であるが、東北部、北部、北東部には山脈が存在する。また、ベトナム国、ラオス国と国境を接する北部、北東部は深い森林に覆われ、野生動物や原生林の宝庫となっている。

首都プノンペンの河川状況を図2-1.2に示す。北部ラオスから国際河川であるメコン川が南に流れており、中央平原にはSap湖が存在する。Sap湖からはSap川が流れ、首都プノンペンでMekong川と合流している。Mekong川はBassac川に分岐し、Bassac川はプノンペン南部でPrek Thnot川と合流

¹ National Institute of Statistics Ministry of Planning (NIS): General Population Census of the Kingdom of Cambodia 2019 National Report on Final Census Results

している。首都プノンペンの北部には Tamok 湖、南部には Cheung Aek 湖があり、近年は、近郊の都市化に伴い、小規模の湖や湿地の埋め立てが進められている。各河川の詳細については、「第 5 章」に記載する。

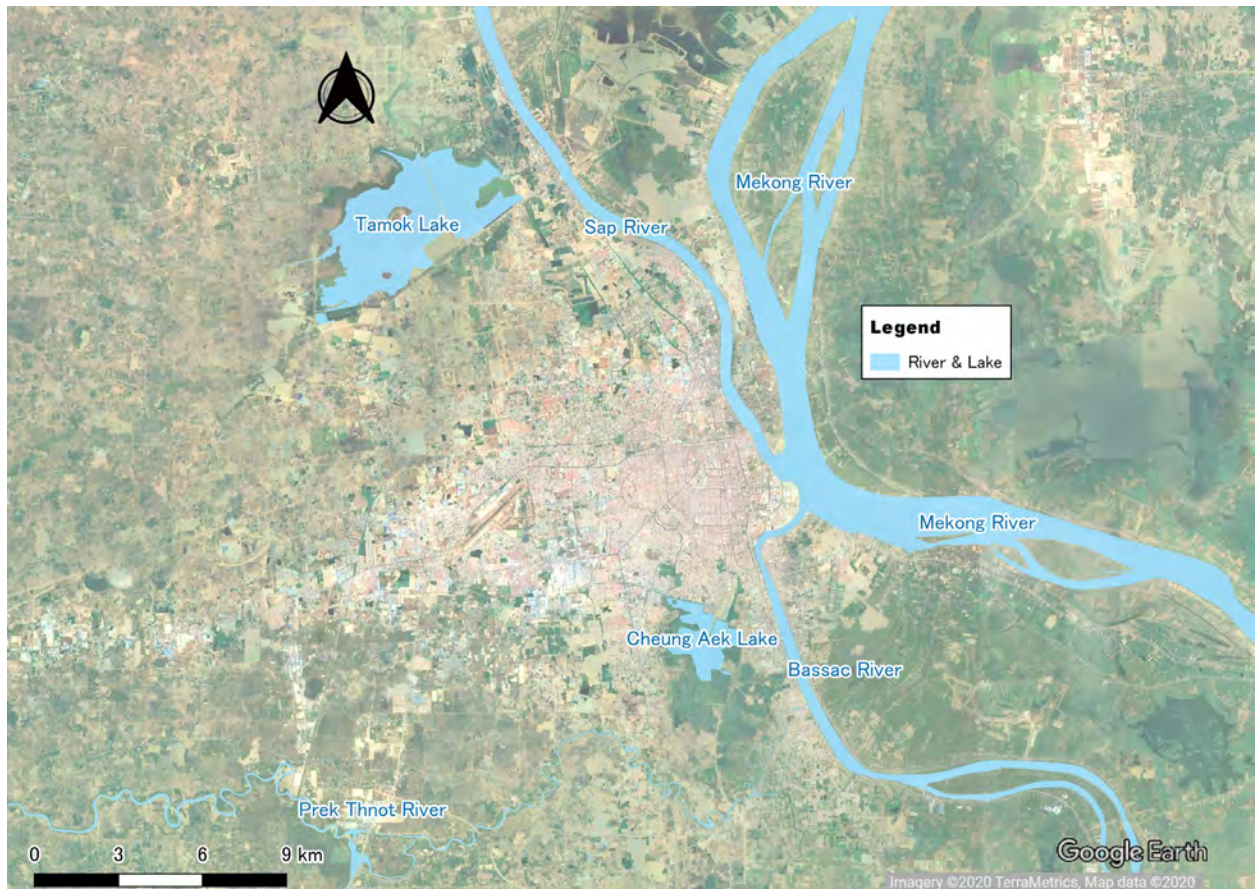


図 2-1.2 首都プノンペン周辺の河川

出典：調査団作成

首都プノンペンは比較的平坦であり、標高値は 10 m AMSL²から 15 m AMSL である。標高値が Mekong 川の最高水位より低い場所もあり、首都プノンペンの市街地及び郊外は、典型的な洪水氾濫原地域である。首都プノンペン及び近郊の標高値を図 2-1.3 に示す。

²海抜メートル (Metres Above Mean Sea Level)

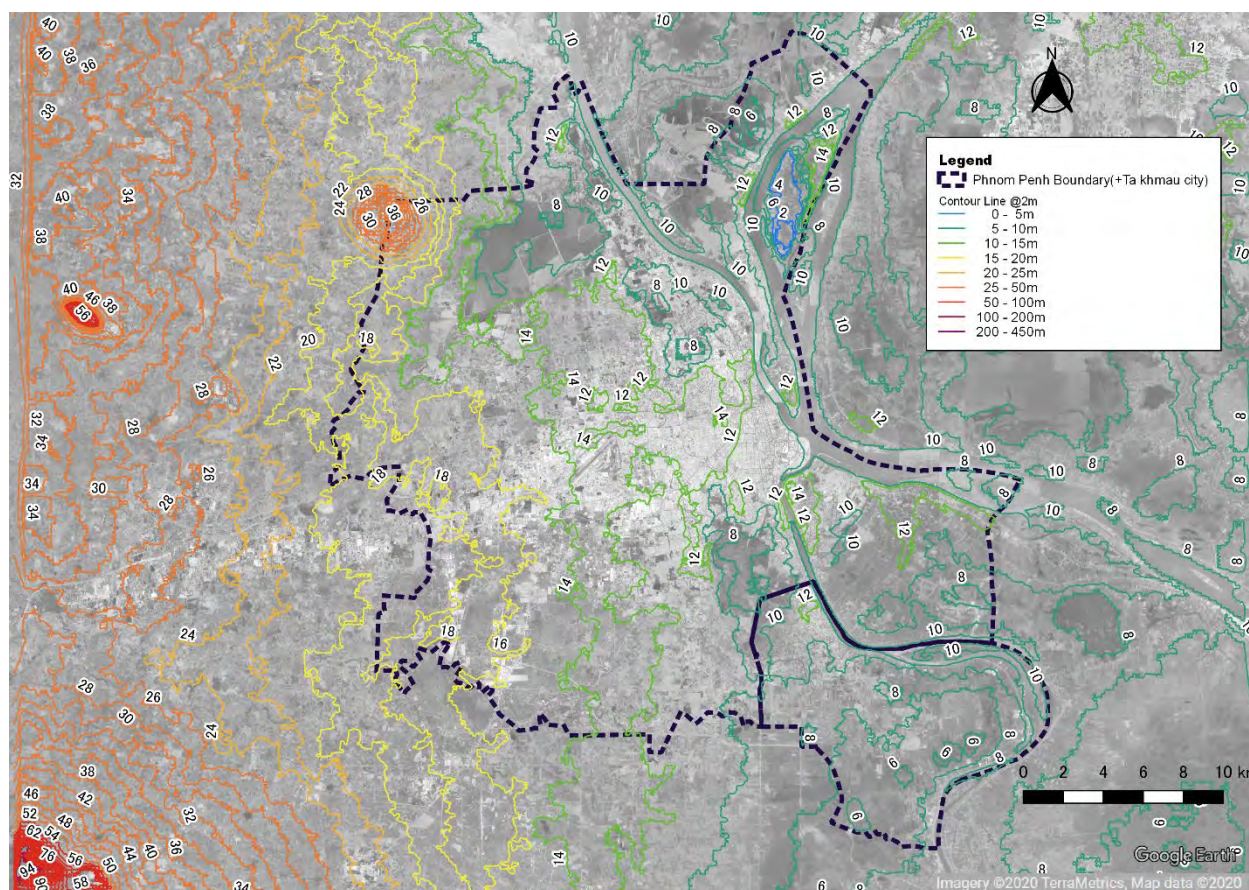


図 2-1.3 プノンペンの標高

出典：PPWSA 提供測量データ（Khan Daun Penh、Khan 7 Makara、Khan Chamcar Mon）及び GPS Visualizer データを基に調査団作成

2-1-1-3 地質・土壌

カンボジア国の地質は、第四紀堆積岩や未固結堆積物等の比較的新しい層から構成される。また、東北部では上部ジュラ紀から白亜紀の堆積物、また南西部では下部ジュラ紀中期堆積物等の比較的古い土壌もみられる。プノンペン都の地質は、主に第四紀堆積岩で構成されている。

Mekong Delta 地域の地質は先カンブリア紀から完新世の時期に形成された。旧沖積層は、鮮新世と更新世の間に、Mekong 川とその支流によって三角州状に形成され、その後完新世の三角州状沖積層が形成された。広いレンズ状の砂を伴った未固結性の泥と粘土からなる完新世沖積層が全体的に三角州をおおっている。首都プノンペンの完新世沖積層の層は一般的に 25 m 以下の厚さである。完新世沖積層はラテライトを伴わずより細かい肌目で比較的多くの貝や亜炭の層を有することで旧沖積層と異なる。

首都プノンペンの表面の地質は、部分的な軟性の粘土とともに西から東に傾斜した基礎地盤の上を砂質の泥が覆っている状況にある。

2-1-2 社会状況

2-1-2-1 人口

カンボジア国では、2019年に人口統計調査（General Population Census of Cambodia 2019、以下「GPCC 2019」）が実施された。カンボジア国における人口推移を図 2-1.4 に示す。

GPCC 2019 より、2019年のカンボジア国の総人口は約 15.6 百万人である。

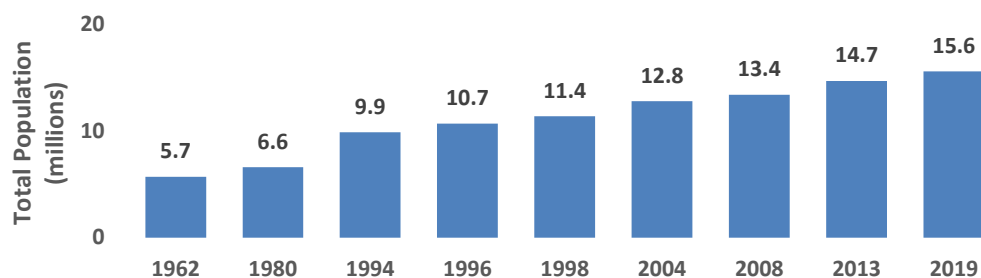


図 2-1.4 カンボジア国における人口推移

出典：General Population Census of the Kingdom of Cambodia 2019 National Report on Final Census Results、National Institute of Statistics Ministry of Planning を基に調査団作成

2019年における各都市の人口を図 2-1.5 に示す。GPCC 2019 では、首都プノンペンが 2,281,951 人で全人口に対する割合が 14.7%、人口密度が 3,361 人/km² を占め、2008年の人口統計調査の 1,327,615 人（9.9%）と比較して、近年の 10 年間で首都プノンペンへの人口集中及び人口増加が生じている。

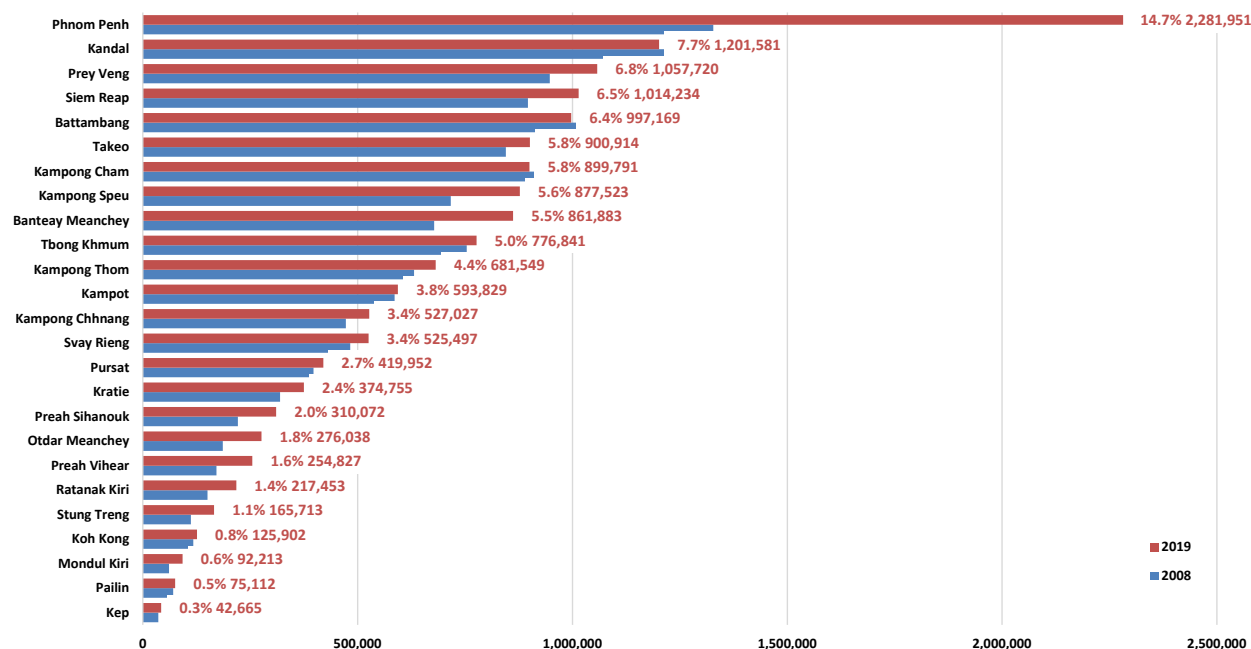


図 2-1.5 2019年における各都市の人口

* 図中の数値は 2019 年の調査結果を記載

出典：General Population Census of the Kingdom of Cambodia 2019 National Report on Final Census Results、National Institute of Statistics Ministry of Planning を基に調査団作成

次いで隣接するカンダール州が 1,201,581 人で 7.7% を占めており、首都プノンペンに隣接するタクマウ市の人口は 75,629 人である³。首都プノンペンの人口については、「第 4 章」に記載する。

2-1-2-2 行政区画

カンボジア国における行政区画を図 2-1.6 に示す。カンボジア国は、地方行政法⁴に基づき、2009 年より、首都プノンペンと 24 の地方都市からなる州で構成されている。

首都プノンペンは、区（カーン、以下「Khan」）と地区（サンカット、以下「Sangkat」）に区分される。州は、市（シティ（City））と郡（ソック（Srok））に別れ、市は Sangkat、郡は町（Khum）で構成される。

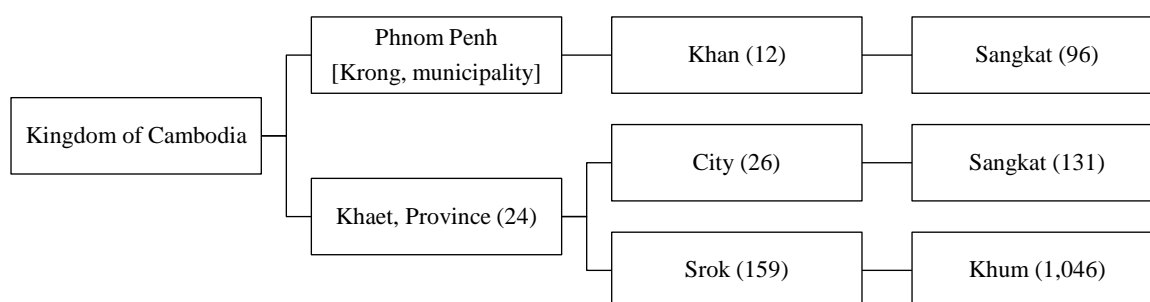


図 2-1.6 カンボジア国の行政区画

* ()内は行政区画数

出典：カンボジア王国 地方行政法運用のための首都と州レベルの能力開発プロジェクト詳細計画策定調査・実施協議報告書を元に調査団作成

本調査対象である首都プノンペン及び首都プノンペン周辺のカンダール州の行政界の変遷を表 2-1.1 に示す。

表 2-1.1 行政区画の変遷

YEAR	CONTENTS
2010	Khan Russei Keo was split to create Khan Sen Sok
2011	Khan Dangkao was split to create Khan Por Sen Chey
2012	Twenty (20) communes of the Kandal province were integrated into Phnom Penh Municipality, representing an additional 304 km ² and a population of 170,000
2013	Three (3) new Khans were created: Khan Mean Chey was split to create Khan Chbar Ampov Khans Sen Sok and Por Sen Chey were split to create Khan Prek Pnov Khan Russei Keo was split to create Khan Chroy Changvar
2018	Khan Chamkar Mon was split to create Khan Chamkar Mon and Khan Boeng Kengkang Khan Boeng Kengkang was established by the sub-decree issued on 8 Jan 2019. It is comprised of 7 Sangkat of Khan Chamkar Mon: 1- Boeng Kengkang Ti Muoy, 2- Boeng Kengkang Ti Pir, 3- Boeng Kengkang Ti Bei, 4- Olympic, 5- Tumnob Tuek, 6- Tuol Svay Prey Ti Muoy, 7- Tuol Svay Prey Ti Pir Khan Pour Saenchey was split to create Khan Pour Saenchey and Khan Kambol and Khan Dangkao was split to create Khan Dangkao and Khan Kambol

³ National Institute of Statistics Ministry of Planning: General Population Census of the Kingdom of Cambodia 2019 National Report on Final Census Results

⁴ The Law on Administrative Management of the Capital, Provinces, Municipalities, Districts and Khans, 2008

YEAR	CONTENTS
	Khan Kambol which was established by the sub-decree issued on 8 Jan 2019, is comprised of 6 Sangkat from Khan Pur Senchey and 1 Sangkat from Khan Dangkao; 1- Kamboul, 2- Kantouk, 3- Ovlaok, 4- Snaor, 5- Phleung Chheh Roteh, 6- Boeng Thum, 7- Prateah Lang (from Dangkao Khan)
2019	Four (4) sangkat included in Ta Khmao city (Svay Rolum, Kaoh Anlong Chen, Setbou, and Roka Khpuos)
	After the completion of the Chroy Chongva-Akreiy Ksatr Bridge, a part of the Lvea Aem district of Kandal Province is planned to be integrated into the Phnom Penh Capital City.

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）及びPPWSA ヒアリングにより調査団作成

2018年に首都プノンペンの中心部の行政区画が改編されたが、PPWSAの料金徴収や維持管理においては、2018年以前の行政区画を用いて運営が行われている。そのため、本調査ではPPWSAの行政区画にて整理する。PPWSAの行政区画を図2-1.7に示す。

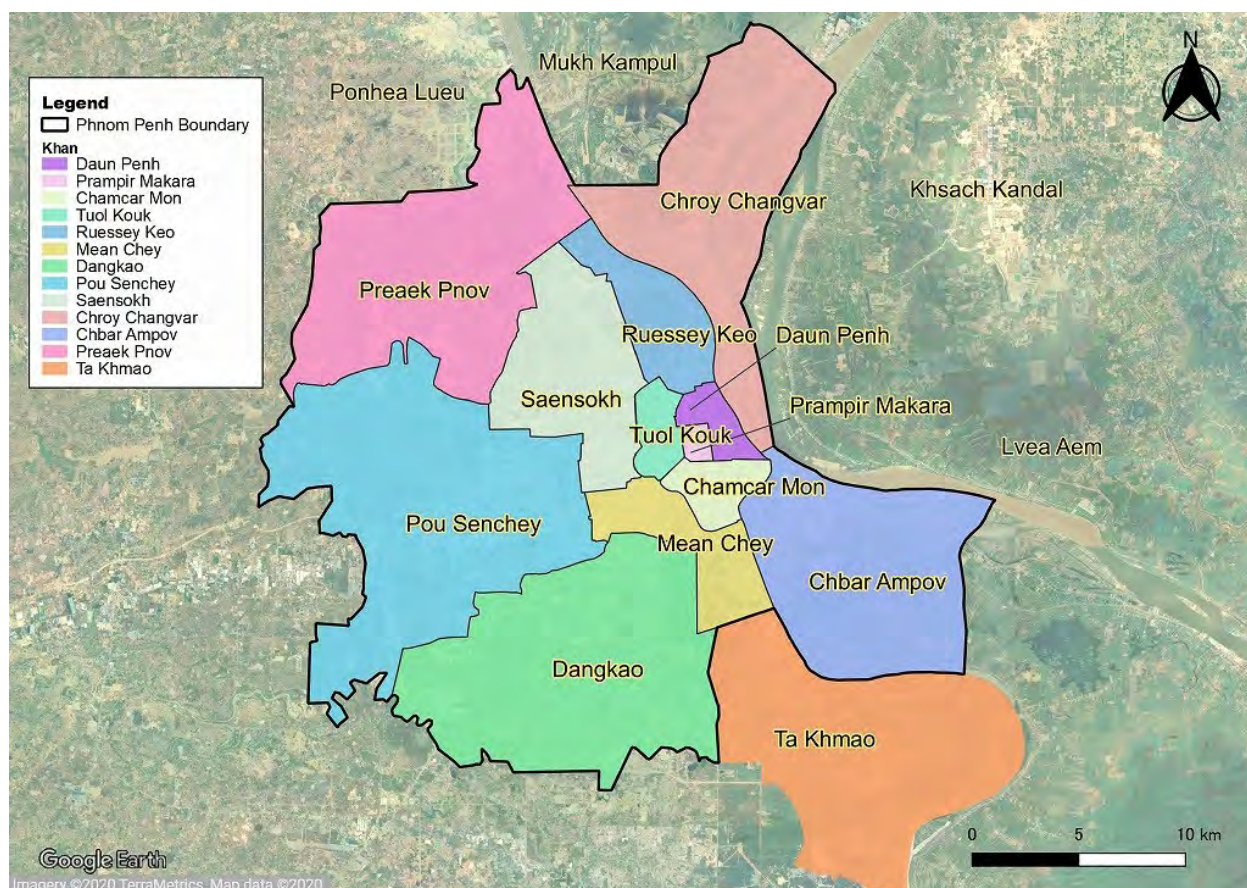


図 2-1.7 首都プノンペン及びその近郊の行政区画

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）及びPPWSA ヒアリングを基に調査団作成

2-1-3 経済状況

カンボジア国の一人当たり名目国内総生産（Gross Domestic Product Per Capita、以下「GDP」）は約 USD 1,607⁵である。近隣諸国及びアジア主要国の一人当たり GDP を表 2-1.2 に示す。カンボジア国の GDP は、近隣諸国に比べても低く、また、後発開発途上国（Least Developed Country（LDC））に含まれている。

表 2-1.2 近隣諸国及びアジア主要国の一人当たり GDP の比較

Country	Cambodia	China	Hong Kong	India	Indonesia	Japan	Lao P.D.R.
Gross domestic product per capita, current prices (USD)	1,607	10,511	46,657	1,930	3,922	40,089	2,587
Country	Malaysia	Myanmar	Philippines	Singapore	Taiwan	Thailand	Vietnam
Gross domestic product per capita, current prices (USD)	10,231	1,527	3,323	59,795	28,358	7,188	3,523

出典：IMF, World Economic Outlook Database, October 2021 を基に調査団作成

カンボジア国の一人当たり名目 GDP と実質 GDP 成長率の推移を図 2-1.8 に示す。

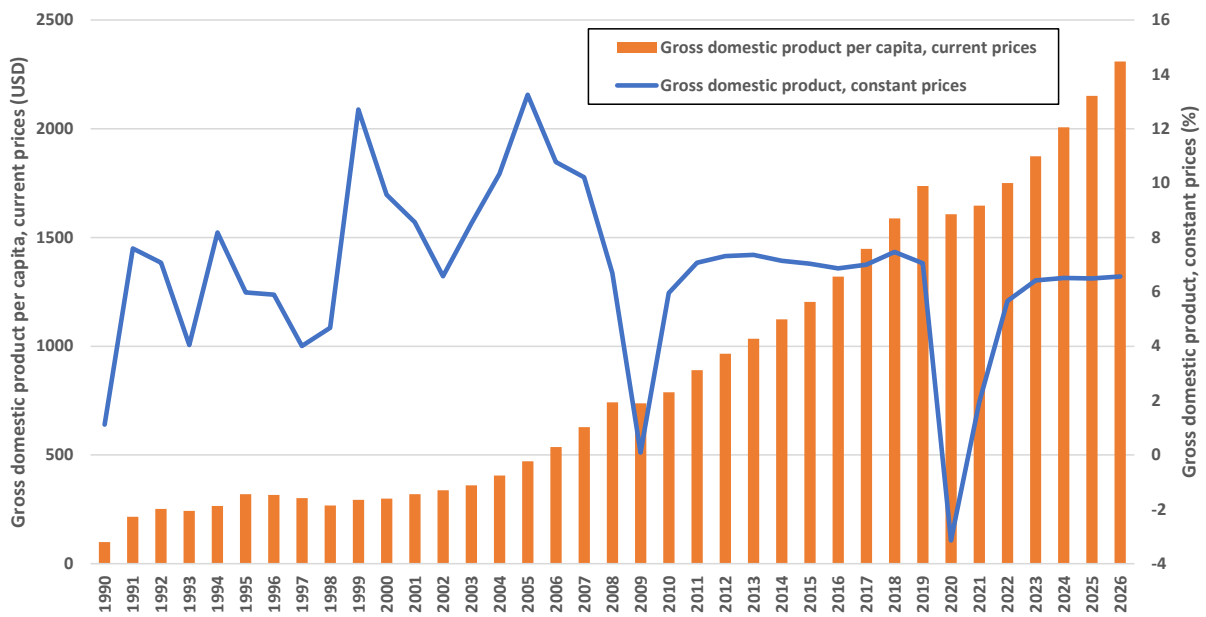


図 2-1.8 一人当たり名目 GDP と実質 GDP 成長率の推移

* 2018 年以降は予測値

出典：IMF, World Economic Outlook Database, October 2021 を基に調査団作成

近年は、比較的安定した政治状況を保っており、2004 年から 2007 年には平均国内総生産成長率が 4 年連続して 10%を超える著しい経済成長を果たしていたが、2008 年に入ってから原油・食糧価格の高騰、特に 2009 年は世界金融危機の影響により 2009 年の経済成長率は、0.1%にまで急低下した。しかしながら 2010 年は 6.0%まで急回復し、2011 年以降は、ほぼ 7.0%を維持し続けている。国際通貨基金（International Monetary Fund、以下「IMF」）によると、2020 年に新型コロナウイルス感染症（Coronavirus disease 2019（以下、「COVID-19」））流行の影響により、成長率が急低下するもの

⁵ IMF, World Economic Outlook Database, October 2021

の、2022年以降は回復し、今後も6%から7%の成長が続くと予想している。また、カンボジア国は、1990年代初頭の内戦終結後に、経済関連の国際機関に加盟し、1999年の東南アジア諸国連合（ASEAN）加盟、2004年の世界貿易機関（WTO）加盟など、地域経済及び世界経済との統合を強化している。

産業別GDP構成比を図2-1.9に示す。2020年の産業別GDP構成比は農業が22.9%、工業が37.8%、サービス業が39.4%である⁶。2010年と比較すると農業が経済に占める割合は低下している一方で、インフラ需要や都市開発に伴い、建設業が大きく成長しており、同分野は今後も拡大が見込まれている。

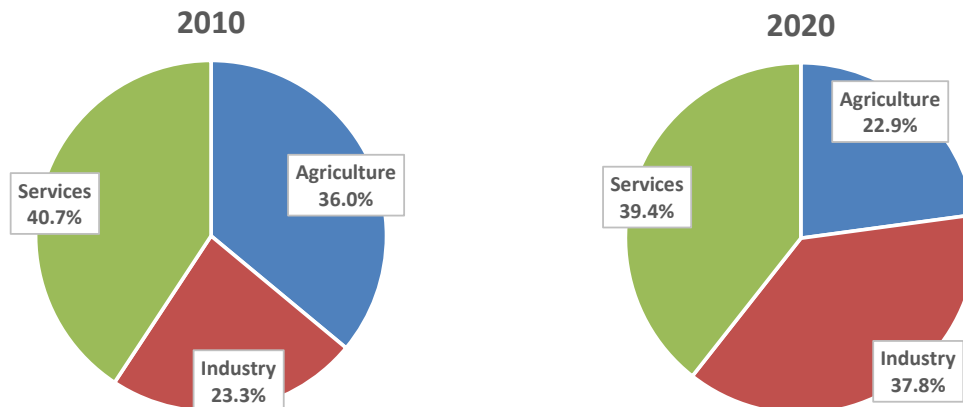


図 2-1.9 産業別の GDP 構成比

出典：Asian Development Bank (ADB)、Key Indicators for Asia and the Pacific 2021

カンボジア国では、社会経済調査（Cambodia Socio-Economic Survey (CSES)）が2013年から2017年に実施された。世帯当り月所得を表2-1.3に示す。

表 2-1.3 世帯当り月所得

Income per Month (Thousand Riel)	2013	2014	2015	2016	2017
Cambodia	1,236	1,434	1,619	1,777	1,960
Phnom Penh	2,517	2,856	2,938	2,907	2,853
Other urban	2,112	1,872	2,250	2,461	2,498
Other rural	931	1,163	1,329	1,517	1,760

出典：Cambodia Socio-Economic Survey (CSES) 2017

世帯当り月所得は、年々上昇しており、首都プノンペンと地方の差は年々減少しているものの2017年の首都プノンペンと地方（Other rural）には約1.6倍の差がある。

カンボジア国の貧困層は、2004年には50%を超えていたが、2018年には約12%⁷まで大幅に低下した。しかし、貧困の削減はカンボジア国の重要課題であり、貧困削減のためには、産業構造の多様化と生産性の向上に基づく包括的な成長が欠かせないとしている。

⁶ Asian Development Bank (ADB) : Key Indicators for Asia and the Pacific 2020

⁷ Asian Development Bank (ADB) : Poverty Data Cambodia

2-2 開発計画・関連法規

2-2-1 開発計画

2-2-1-1 国家開発計画

2-2-1-1-1 四辺形戦略

四辺形戦略（Rectangular Strategy Phase IV）とは、2004年7月16日の第三次政権成立後の初閣議においてフン・セン首相が表明した国家開発戦略で、戦略の四辺に①農業分野の強化、②インフラの復興と建設、③民間セクター開発と雇用創出、④能力構築と人材開発を掲げ、その中心部に「良き統治（グッドガバナンス）」を置いている。「良き統治」の内容としては、汚職撲滅、法・司法改革、行財政改革及び国軍改革を優先課題としている。

2-2-1-1-2 国家戦略開発計画

国家戦略開発計画 2019～2023年（National Strategic Development Plan（NSDP））は、カンボジア国の国家戦略である「四辺形戦略」を実施するためのアクションプランとして位置付けられている。水道分野については、目標値として2018年までに都市部の85%が水道システムへのアクセスを得ること、2025年に都市部での安全な水にアクセスできる人の割合を100%にすることとしている。また、都市給水の優先課題を下記のように示している。

- 法制度（水道法等）の整備
- 中央省庁による経済的技術的な規制の下での地方分権の推進
- 地方水道局の国営企業としての自立（公社化）
- 資金調達の増加（開発戦略・ビジネスプラン等の策定、プライベートセクターの活用、“Water for All” programの実施等）
- 業績及び水道普及の改善（既存施設の更新、課題の抽出と解決、人材育成、水道協会設立、PPWSAの有効活用、適切な水質管理システム等）
- 水源保全

2-2-1-2 都市開発計画

2-2-1-2-1 土地利用計画

首都プノンペンの土地利用計画は、当時の国家戦略開発計画（2014～2018年）を踏まえた上で、2015年を目標年とする都市開発戦略（City Development Strategy、以下「CDS」）を2005年に策定した。CDSでは、今後の首都プノンペンの発展と市民生活の向上を目的とした開発計画構想における5つの重点分野として「①土地利用と住宅」、「②環境と天然資源」、「③社会資本整備と交通」、「④社会福祉」、「⑤経済発展」を挙げている。

CDSに基づき、フランス政府及びパリ市の支援により、2020年を目標年としたプノンペン都の総合都市開発計画（White Book on Development and Planning of Phnom Penh, 2015、以下「White Book」）

を2007年に策定した。その後、目標年次を2035年に延伸し、王令により設立された土地管理都市計画国家委員会による可決を経て、2015年12月23日付の政令（Sub-decree）の発出により承認された。総合都市開発計画では、首都プノンペンへの一極集中を防ぐための郊外の開発と都市圏の拡大、住宅・土地開発における官民連携の促進、景観・環境都市としてのアイデンティティの確立等の計画が提案されている。White Bookにおける土地利用計画については「第4章」に記載する。

2-2-1-2-2 首都プノンペンの開発計画

首都プノンペン及び周辺部で実施中の主要な大規模開発計画を図2-2.1及び表2-2.1に示す。大規模開発計画の需要予測への反映については、第4章に記載する。

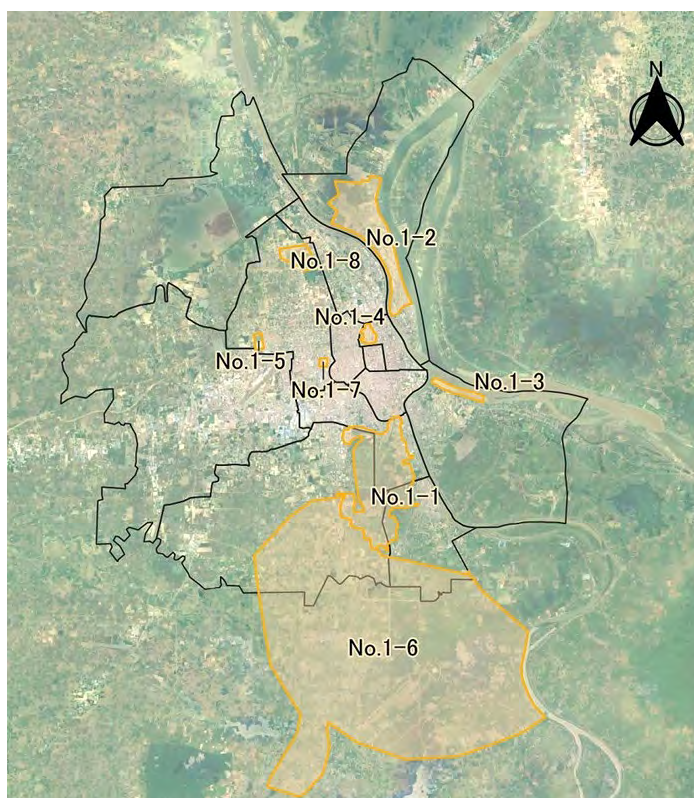


図 2-2.1 首都プノンペンの大規模開発計画の概要

出典：PPWSA 提供資料及びヒアリングを基に調査団作成

表 2-2.1 首都プノンペンの大規模開発計画の概要

No	Name	Area	Description
1-1	ING City	2,572 ha	4 stages, 5 year/stage, 2 stages are assumed to be completed until 2030
1-2	OCIC & Okide Villa	1,300 ha	Condominium, resident area
1-3	Kos Norea Project	124 ha	30,000m ³ /day by Master Plan, backfilling is finished in next 2 years, Commercial, business, high-rise buildings for residence
1-4	Boeng Kak	80 ha	Business area
1-5	Okide Villa	50 ha	Villa, few condominium, business center, commercial area
1-6	New Airport City	2,600 ha	New International Airport and New Airport City
1-7	Booyoung Town	27 ha	40 apartments and 7 complexes,
1-8	Grand Phnom Penh International City	150 ha	Golf course and housing area

出典：PPWSA 提供資料及びヒアリングを基に調査団作成

2-2-1-2-3 道路開発計画

2035年を目標年次とする首都プノンペンにおける総合都市交通計画として、都市交通マスタープラン（The Phnom Penh Urban Transportation Master Plan、以下「PPUTMP」）が策定された。PPUTMPの中で、道路開発計画が整理されている。

道路開発計画の概要を図 2-2.2 に示す。首都プノンペンの主要幹線道路は、環状道路（Ring Road 以下、「RR」）と国道（National Road、以下「NR」）で構成されている。PPUTMPでは、RR1からRR4までの4つの環状道路及び中心部より伸びるNR1からNR6までの6つの国道で道路網を整備する計画である。

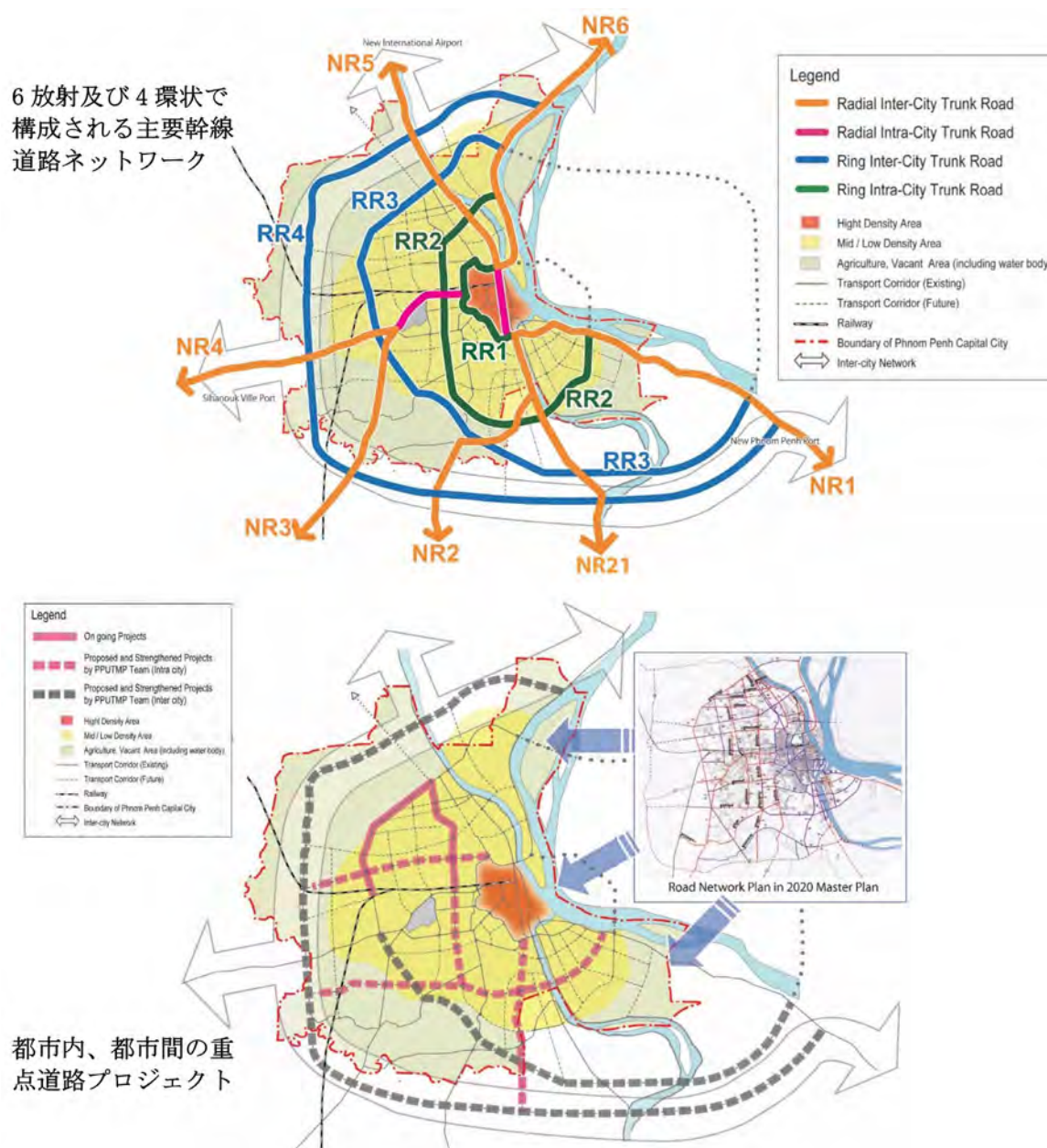


図 2-2.2 2035年における道路開発計画の概要

出典：The Phnom Penh Urban Transportation Master Plan

将来 PPUTMP により、主要幹線道路が整備されること、主要道路等について公共交通の導入等が予定されており、送配水管の整備や維持管理において影響があることについても留意する。

また、首都プノンペンの Khan Chrouy Changvar とカンダール州の District Lvea Aem を結び Mekong 川を横断する橋（Changvar-Svay Chrum 橋）の建設が計画されている。橋の建設予定地を図 2-2.3 に示す。橋の建設は、2019 年から 2023 年の韓国の援助プログラムの中で優先プロジェクトとしてあげられた。加えて、首都プノンペンの Khan Chbar Ampov とカンダール州の Khsach village を結ぶ Areiy Ksatr – KdeyTakoy 橋のフィージビリティ・スタディ調査（以下、「F/S」）が実施されている。橋の建設後に、現カンダール州の Svay Chrum や Areiy Ksatr が首都プノンペンに属することが予定されており、都市圏の拡大及び一層の発展が予想される。

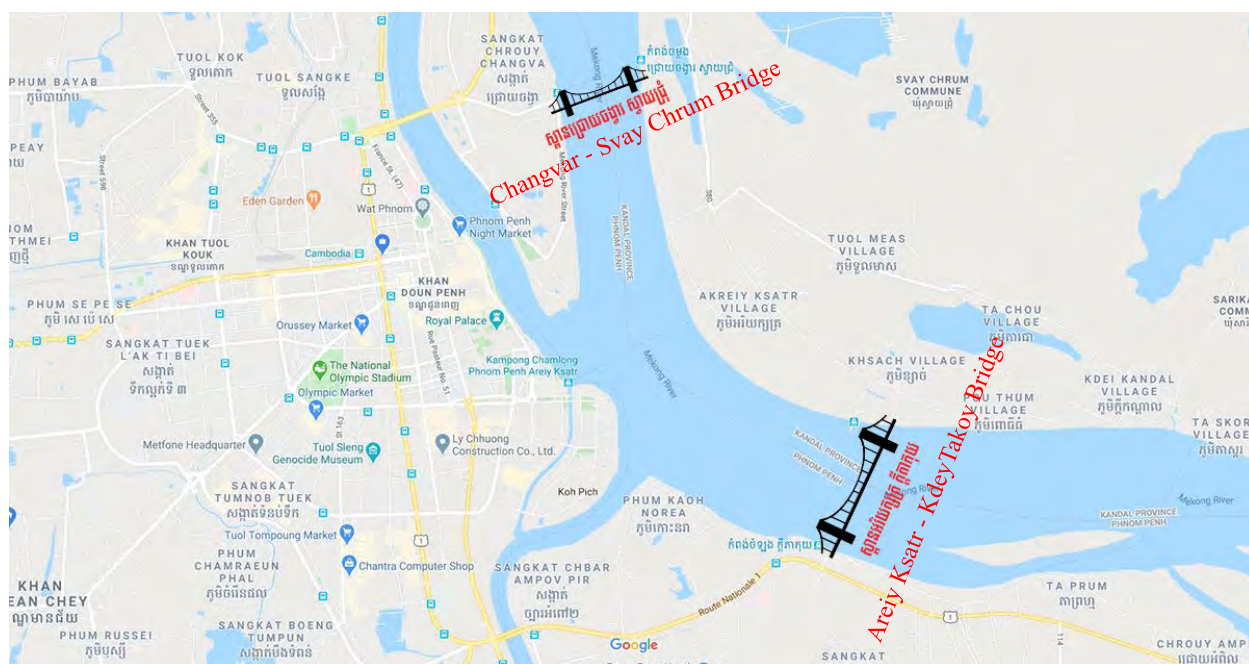


図 2-2.3 橋の建設予定位置

出典：the Cambodia Constructors Association

2-2-2 関連法規

2-2-2-1 関連法規

カンボジア国の上水道分野に係る関連法規を表 2-2.2 に示す。

表 2-2.2 上水道分野に係る関連法規

	Description	Year	Authority
Law	Law on Water Resources Management of the Kingdom of Cambodia	2007	RGC
	Law on Water Supply and Sanitation Regulatory Law (draft)	2005	RGC
Sub-decree	Creation of Phnom Penh Autonomous Water Supply Authority	1996	RGC
	Sub-Decree on Build Operate Transfer Contract	1998	RGC
	Sub-Decree on Establishment of Siem Reap Water Authority as Public Economic Establishment	2007	RGC
	Sub-Decree on Water Licensing (draft)	2011	RGC
	Sub-Decree on Water Quality (draft)	2010	RGC
	Sub-Decree on the Organization and Functioning of MIH	2014	MIH
	Sub-Decree on the Organizing and Functioning of General Department of Portable Water Supply	2016	RGC
Prakas	Prakas on Procedure for Issuing, Revising, Suspending and Revoking Permit for Water Supply Business	2014	MIH
	Prakas on Establishment of Evaluation Committee for Issuing the Licensing the Water Operator	2014	MIH
	Prakas on the Organizing and Functioning of Department of Portable Water Supply	2014	MIH
	Prakas on National Drinking Water Quality Standards	2015	MIH
	Prakas on Providing Licenses for Operating in Water Supply	2015	MIH
	Prakas on Transferring Coverage Areas and Water Supply Production	2015	MIH
	Prakas on Determination of Depreciation Rate for Production Facilities and Distribution Network in Urban Water Supply Sector	2016	MIH
	Prakas on Procedure for Water Tariff Setting that the Water Supply Operators Have Right to Charge from Served Customers	2016	MIH
	Prakas on Benchmarking/the Setting of Performance Indicator for Evaluation	2016	MIH
	Prakas on Providing Permanent Permit for Water Supply Operators	2016	MIH
	Prakas on Organizational and Functioning of Department of Information and Documentation	2017	MIH
	Prakas on Organizational and Functioning of Department of Planning and Data Management	2017	MIH
	Prakas on Organizational and Functioning of Department of Water Policy	2017	MIH
	Prakas on Organizational and Functioning of Department of Technical and Project Management	2017	MIH
	Prakas on Organizational and Functioning of Department of Water Regulation	2017	MIH
Policy/ Strategy	MIME's Action Plan for Urban Water Supply Sector	2010	MIME
	Water and Sanitation Sector Financing Strategy for Cambodia	2010	MIME
	Rural Water Supply, Sanitation and Hygiene Strategy, 2011-2025	2011	MRD
	National Policy on Water Supply and Sanitation	2003	RGC
	MoU between MIME and MRD on the water supply (pipe network)	2005	MIME/MRD
	National Strategic Development Plan 2014 -2018	2014	MIME
	National Strategic Development Plan 2019 -2023	2019	RGC
Standard	Drinking Water Quality Standards (DWS)	2004	MIME
	National Drinking Water Quality Standards (NDWQS)	2015	MIH

*RGC (Royal Government of Cambodia)、MRD (Ministry of Rural Development) 村落開発省、MIME (Ministry of Industry, Mines and Energy) 鉱工業エネルギー省及び MIH (Ministry of Industry and Handicraft) 工業手工芸省は発行当時の組織名称を記載しており、2020年3月に MISTI (Ministry of Industry, Science, Technology and Innovation) 工業・科学・技術・革新省に名称変更をした

出典：カンボジア国水道行政管理能力向上プロジェクト詳細計画策定調査報告書を基に調査団作成

2-2-2-2 水資源管理

カンボジア国における水資源管理に係る法律及び規制は表 2-2.3 のとおりである。水資源の流用や開発、取水においては、カンボジア水資源省（Ministry of Water Resources and Meteorology、以下「MOWRAM」）の承認が必要となる。

表 2-2.3 水資源管理及び取水に係る法律及び規制

NO.	法律・規制	内容
1	Law on Environmental Protection and Natural Resource Management (1996)	環境保護に関する主要な法律として、国の環境政策、国及び地域の環境計画、プロジェクトおよび活動の環境への影響の評価、天然資源の管理、監視等を規定。
2	Sub-decree No. 27 on Water Pollution Control (1999)	人間の健康の保護と生物多様性の保全の確保、良好な水質維持のため、公共水域で汚染を引き起こす活動を規制
3	Law on Water Resources Management (2007)	資源管理と水配分に関し、MOWRAM に対する責任を与える。

出典：調査団作成

2-2-2-3 水道料金設定や改訂

カンボジア国の水道料金設定や改訂に関する省令は、「Prakas on Procedure for Water Tariff Setting that the Water Supply Operators Have Right to Charge from Served Customers」にて規定されている。水道料金設定や改訂は、表 2-2.4 に示す 2 つの方法があげられる。

表 2-2.4 水道料金設定や改訂の方法

	Contents
Method 1	Cash Flow Method - This method is used to calculate converting the cash flow of the water service provider into real value (basic year) to determine the water tariff. This provision refers to water service supplier type “A”, which supplies water to more than 2,001 connections.
Method 2	Annuity Method - This method is to set the average water tariff equal to the income of the water service provider, divided by the amount of planned water sold. This provision refers to water service supplier type “B”, which supplies water to equal or less than 2,000 connections.

出典：Prakas on Procedure for Water Tariff Setting that the Water Supply Operators Have Right to Charge from Served Customers

カンボジア国における水道料金の改訂プロセスは、まず水道公社において上記改訂の試算方法で料金改定案が作成されたものが MISTI に提出される。この料金改定案は MISTI 内で検討され、その後 National Committee にて財務計画に照らした料金設定の妥当性が精査され、最終的には首相の承認によって決定される。National Committee の精査では、水道公社の財務状況だけでなく、料金改定によるマクロ経済への影響も勘案されるため、水道公社から提出される改定料金が調整される場合もある。

なお、PPWSA は、2017 年と 2020 年に料金改定を実施しており、上記 Method 2 の試算を基に料金設定を検討した。（PPWSA の料金改定の詳細は、9-3-4-1 参照。）

2-2-2-4 飲料水水質基準

カンボジア国の飲料水水質基準（National Drinking Water Quality Standards、以下「NDWQS」）を表 2-2.5 に示す。

表 2-2.5 カンボジア国の飲料水水質基準

NO.	PARAMETER	UNIT	PERMISSIBLE LIMIT	MONITORING FREQUENCY	EXCEPTION
PHYSICAL					
1	Colour	TCU	5.0	Daily	
2	pH	-	6.5-8.5	Daily	
3	TDS or Conductivity	mg/l or $\mu\text{S}/\text{cm}$	800 or 1600	Daily	
4	Turbidity	NTU/FTU	5.0	Daily	
5	Taste and Odour	-	Acceptable	Daily	
MICROBIAL					
6	E.Coli or Thermotolerant	CFU or MPN/100ml	0	Quarterly	
CHEMICAL					
7	Aluminium (Al)	mg/L	0.2	Quarterly	in the case that alum is used
8	Ammonia (NH ₃)	mg/L	1.5	Quarterly	
9	Arsenic (As)	mg/L	0.05	Annually	for the case of groundwater source
10	Barium (Ba)		0.7	Annually	
11	Cadmium (Cd)	mg/L	0.003	Annually	
12	Chloride (Cl ⁻)	mg/L	250	Quarterly	for the case of using chlorine for disinfectant
13	Chlorine Cl ₂ (Free Residual)	mg/L	0.1 - 1.0	Daily	
14	Chromium (Cr)	mg/L	0.05	Annually	
15	Copper (Cu)	mg/L	1	Annually	for the case that household plumbing uses copper pipes
16	Fluoride (F)	mg/L	1.5	Annually	for the case of groundwater source
17	Total hardness as CaCO ₃	mg/L	300	Quarterly	for the case of groundwater source
18	Iron (Fe)	mg/L	0.3	Quarterly	for the case of groundwater source
19	Lead (Pb)	mg/L	0.01	Annually	
20	Mercury (Hg)	mg/L	0.001	Annually	
21	Manganese (Mn)	mg/L	0.1	Quarterly	for the case of groundwater source
22	Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	Quarterly	
23	Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/L	3	Quarterly	
24	Sodium (Na)	mg/L	250	Annually	case at coastal areas
25	Sulphate Ion SO ₄ ²⁻	mg/L	250	Quarterly	
26	Zinc (Zn)	mg/L	3	Annually	

出典：National Drinking Water Quality Standards (NDWQS)

2-2-2-5 環境社会配慮

カンボジア国では、2020年2月3日付けの環境省令 PrakasNo.21「開発事業の環境影響評価に係る区分 (Classification of Environmental Impact Assessment of Development Project)」が施行された。

これまでは、開発事業については予想される環境社会影響の大きさにより EIA、IEIA または環境保護契約 ((Environmental Protection Contract、以下「EPC」) のいずれかを実施するが、その区分が曖昧だったところ、上記省令により事業の種類と規模の大きさにより明確に区分された。なお、同省令により、EPC 取得には EMP (環境管理計画 (Environmental Management Plan)) の提出が求められ、すべての浄水場及び配水システム事業は EPC の対象となった。

2-3 PPWSA の現状

2-3-1 PPWSA

PPWSA は、1997 年に公社として設立され、首都プノンペンの水供給及び水インフラ整備を行っている。現在、首都プノンペンは、24 時間給水を実施し、無収水率は約 10% である。PPWSA の水道システムの概要を図 2-3.1 に、PPWSA の業務指標 (PI 値) を表 2-3.1 に示す。

表 2-3.1 PPWSA の業務指標

Indicator	Unit	1993	2004	2015	2019
Production Capacity	m ³ /day	65,000	235,000	430,000	540,000
Distribution Network	km	280	1,084	2,460	3,353
Supply Duration	h/day	10	24	24	24
Collection Ratio	%	50	99.9	99.9	99.9
NRW Ratio	%	72	15	8.5	10

出典：第三次マスタープラン及び PPWSA 提供の PI 値より調査団作成

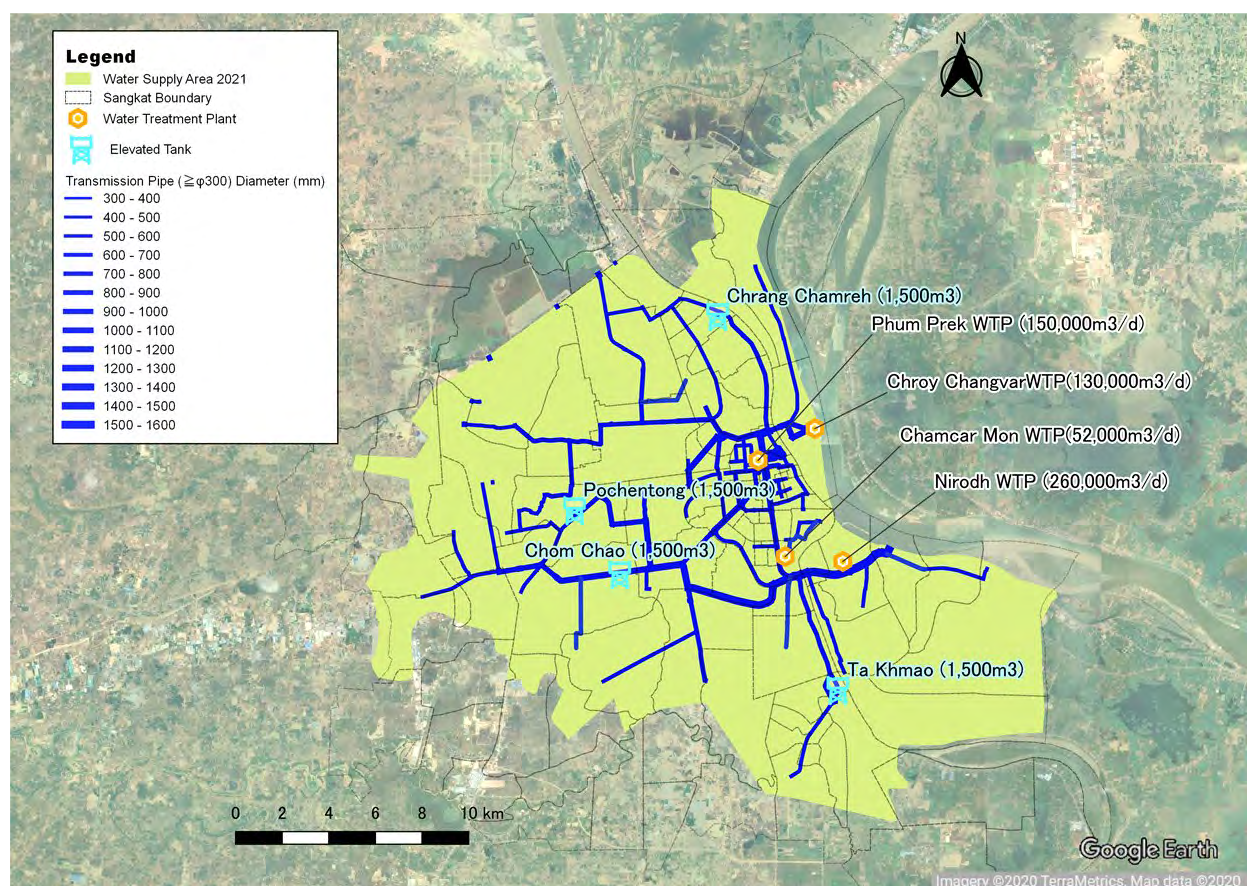


図 2-3.1 PPWSA の水道システムの概要

出典：第三次マスタープラン (M/P2017) 及び PPWSA のヒアリングを基に調査団作成

2-3-2 ODA 案件の援助実績

PPWSA の ODA 案件の実績を表 2-3.2 に、無償及び借款を合わせた PPWSA への援助実績の開発援助機関の割合を図 2-3.2 に示す。

表 2-3.2 ODA 案件の実績

NO.	DESCRIPTION	PROJECT NAME	LOAN & GRANT NO.	AMOUNT	AMOUNT EQUIVALENCE LOAN & GRANT		TOTAL USD	
					EX.RATE	USD	USD	%
	WB						\$36,956,990.42	7.34%
1	Grant UNDP/WB 1993-1994	-Improvement of customer surveys and record keeping		\$2,803,001.00		\$2,803,001.00	\$2,803,001.00	
2	Loan 1998-2004	Urban Water Supply Project	3041-KH	\$23,966,507.00			\$23,966,507.00	
3	Loan 2003-2008	Provincial and Peri-Urban Water and Sanitation Project	3746-KH	SDR8,030,892.70	1SDR=1.467	\$9,398,417.11	\$9,398,417.11	
	Grant		H034-KH	SDR500,000		\$789,065.31	\$789,065.31	
	ADB						\$12,745,194.00	2.53%
4	Loan 1997-2003	Phnom Penh Water Supply and Drainage Project	1468-CAM(SF)	\$12,745,194.00			\$12,745,194.00	
	Japan Govt/JICA			¥12,100,716,801.00			\$118,030,790.02	23.44%
5	Grant JP Govt1993-1994	-Master Plan-Target 2010						
		-Repair Phum Prek Treatment Plant, increasing the Capacity from 50,000m3/d to 100,000m3/d (Phase 1)						
		-Replacement of supply networks, 52km, in 7 Makara and part of Tuol Kork district (Phase 2)						
	Grant 2001-2003	-Expansion of Phum Prek Treatment Plant, capacity reached 150,000m3/day						
	Grant 2004-2006	-Remaster Plan- Target 2020						
Grant 2003-2006	-Capacity Building for Water Supply System in Cambodia							
6	Grant JICA 2010-2013	Project for Introduction of Clean Energy by Solar Electricity Generation System	No.0962090	¥720,000,000.00	90USD	\$8,000,000.00	\$8,000,000.00	
7	Loan 2009-2013	Niroth Water Supply Project -Phase I (Part B)	No.CP-P9	¥3,492,716,801.00	109USD	\$40,837,807.57	\$40,837,807.57	
	France Govt						\$14,770,607.98	2.93%
8	Grant 1995-1998	Phum Prek Reservoir Restoration & Filter Backwash Equip. replacement, and Expansion of Chamcarmon Treatment Plant		Fr. 79,200,000.00	5.75/USD	\$14,770,607.98	\$14,770,607.98	
	ADM France						\$514,957.24	0.10%
9	Grant 2006-2007	Agreement for funding and assistance for Project Implementation (S&D of HDPE fitting and Valves for Sen Sok Community)		200,000.00 €	1.5/EUR	\$300,000.00	\$300,000.00	
10	Grant 2009	Supply and Delivery of HDPE and DI Pipes & Fittings Project for Phum Trapeang Achanh & Phum Ondoung		163,000.00 €		\$214,957.24	\$214,957.24	
	Marie de Paris						\$200,085.81	0.04%
11	Grant 2007-2010	Clean Water for all Project (Household connection)		150,000.00 €		\$200,085.81	\$200,085.81	
	AFD						\$205,263,167.31	40.78%
12	Grant 2003-2008	The Extension of Phnom Penh Suburb Water Supply System	CKH 1055 01M	4,000,000.00 €	1.5/EUR	\$6,000,000.00	\$6,000,000.00	
13	Grant 2009(4M)	Feasibility Study of the South Branch of Phnom Penh Transmission Main	CKH 3007 01L CKH 1089 01V	\$100,000.00			\$100,000.00	
14	Grant 2012	Extension of Water Supply System to the Greater PP (GPPWSS)	FERC CKH 111	250,322.00 €	1.4/EUR	\$350,450.80	\$350,450.80	
15	Loan 2007-2009	The Extension of Chrouy Changwar Water Treatment Plant (PhaseII)	CKH6000 01G	10,765,265.75 €	1.5/EUR	\$16,147,898.63	\$16,147,898.63	
16	Loan 2009-2013	Niroth Water Supply Project (Phase 1)	CKH 1075 03S					
		Raw Intake Station and Raw Water Transmission Mains		15,982,922.32 €	1.5/EUR	\$23,974,383.48	\$23,974,383.48	
17	Loan 2013-2017	Niroth Water Supply Project (Phase 2) include Feasibility below	CKH 1121 01F	30,000,000.00 €	1.25/EUR	\$37,500,000.00	\$37,500,000.00	
18	Grant 2015	Feasibility Study for Northern-Western Resource and Technical Assistance for Zoning Activities Implementation (share from FA SEP) - (money withdraw from Loan 1121 01F by Add No.1 on Contract Safege)		318,245.00 €	1.12/EUR	\$356,434.40	\$356,434.40	
19	Loan 2017-2020	The Extension of Chamcar Mon Water Production Facilities and Distribution System	No.1174 01P	30,000,000.00 €	1.19/EUR	\$35,934,000.00	\$35,934,000.00	
20	Loan 2018-2022	Bakheng Water Supply Project	CKH 1176 01S	77,300,000.00 €	1.09/EUR	\$85,000,000.00	\$85,000,000.00	
	EIB						\$115,000,000.00	22.84%
21	Loan 2018-2022	Bakheng Water Supply Project - A	FIN*89008			\$100,000,000.00	\$100,000,000.00	
22	Grant EU	Bakheng Water Supply Project - A				\$15,000,000.00	\$15,000,000.00	
		Total Grant and Loan					\$503,581,792.78	100.00%

* Afd (Agence Française de Développement、フランス開発庁)、EU (欧州連合)、EIB (European Investment Bank、欧州投資銀行)、AIMF (Association Internationale des Maires Francophones、フランコフォニー市長国際協会)
出典：PPWSA

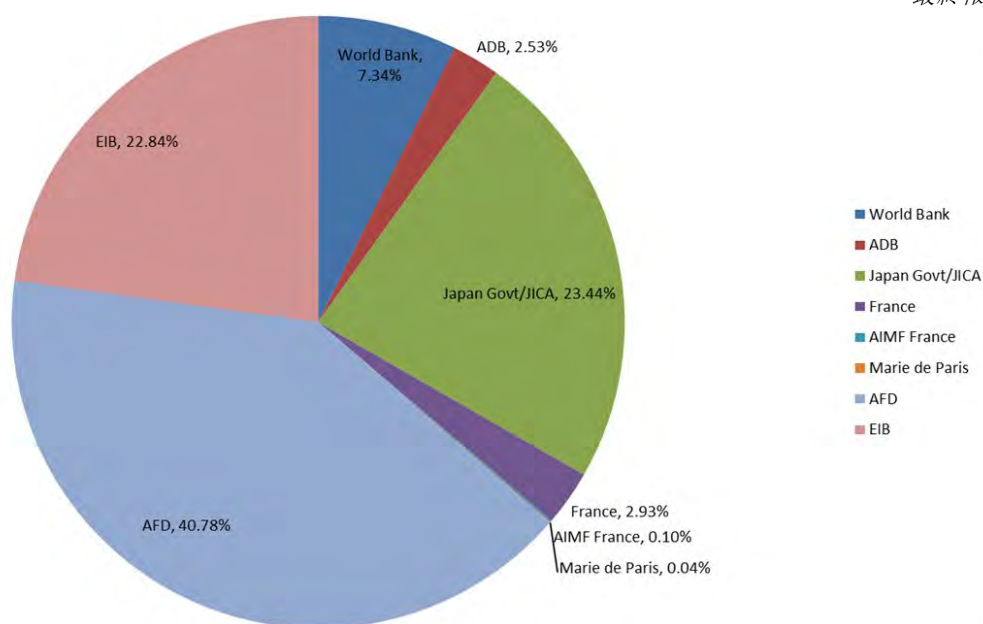


図 2-3.2 無償及び借款を合わせた PPWSA への援助実績の開発援助機関の割合

出典：PPWSA

2-3-3 実施中及び計画案件

PPWSA の実施中及び計画案件の概要を表 2-3.3 に示す。

表 2-3.3 実施中及び計画案件の概要 (1)

ITEM	DESCRIPTION
Project title	The Project for Construction of Water Treatment Plant in Bakheng Phase I
Target year of commencing operation	Construction (2018-2023), Operation (2023)
Finance source	AfD (Loan), EIB (Loan and grant), PPWSA
Project component	Component 1: Construction of the Bakheng Water Production Facility (180,000 m ³ /day) Component 2: Reinforcement and extension works of the network Component 3: Technical assistance
Project cost	USD 247,000,000
Project status	Under construction
Project title	Bakheng Water Supply Project Phase I
Target year of commencing operation	Construction (2020-2024)
Finance source	EU (Grant)
Project component	The Supply and Delivery of distribution systems for Low Income Household
Project cost	USD 15,000,000
Project status	Under preparation
Project title	The Project for Construction of Water Treatment Plant in Bakheng Phase II
Target year of commencing operation	Construction (2022-2023), Operation (2023)
Finance source	AfD (Loan)
Project component	Component 1: Water Production Facility (195,000 m ³ /day) Component 2: Network extension Component 3: Engineering and water supply improvement
Project cost	USD 134,400,000
Project status	Under construction

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

表 2-3.4 実施中及び計画案件の概要 (2)

ITEM	DESCRIPTION
Project title	The Project for the Expansion of Water Supply System in Ta Khmau
Target year of commencing operation	Construction (2022-2024), Operation (2024)
Finance source	Japan Govt/JICA (Grant)
Project component	Construction of the Ta Khmau Water Treatment Plant (30,000 m ³ /day)
Project cost	-
Project status	Under bidding
Project title	The Project for the Expansion of Phum Prek Water Supply System
Target year of commencing operation	Construction (2026), Operation (2026)
Finance source	Japan Govt/JICA (Grant)
Project component	Expansion of Phum Prek Water Treatment System from 150,000 m ³ /day to 195,000 m ³ /day
Project cost	-
Project status	Under planning

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

第3章 第三次上水道マスタープランのレビュー

3-1 マスタープランの概要

首都プノンペンにおける上水道整備に係る上水道マスタープランの概要は次のとおり。

① 第一次マスタープラン (M/P1993)

カンボジア国の水道システムは、1991年に終戦した影響により適切な運営維持管理が実施されなかったことから、断続的な給水や漏水の発生、盗水被害等が生じていた。当時の施設能力は、63,000 m³/日 (Phum Prek 浄水場 (56,000 m³/日)、Chamcar Mon 浄水場 (7,000 m³/日)) であった。このような状況を踏まえ、「カンボジア国 プノンペン市上水道整備計画調査」にて、2010年を目標とした第一次マスタープラン (M/P1993) が計画された。第一次マスタープラン (M/P1993) では、Phum Prek 浄水場 (150,000 m³/日)、Chamcar Mon 浄水場 (20,000 m³/日)、Chroy Changvar 浄水場 (第一期 65,000 m³/日、第二期 65,000 m³/日) 及び送配水管が計画された。これらの整備により、2004年には、施設能力 235,000 m³/日、約 80 万人に給水し、無収水率の大幅な削減及び財政改善が実施された。

② 第二次マスタープラン (M/P2006)

水需要の増加に伴い、2004年に、「カンボジア国 プノンペン市上水道整備計画調査 (フェーズ 2)」にて、2005年から2020年を対象とした第二次マスタープラン (M/P2006) が計画された。第二次マスタープラン (M/P2006) では、Chroy Changvar 浄水場 (第二期 65,000 m³/日)、Nirodh 浄水場 (第一期 100,000 m³/日、第二期 100,000 m³/日) による施設能力の増加及び送配水管が計画された。2015年には、施設能力 430,000 m³/日、無収水率 10%未滿を維持していた。

③ 第二次マスタープランの見直し (France2008) 及び (M/P2013)

2008年に第二次マスタープランにて予想された水需要よりも遥かに早い需要の増加が見込まれたため、フランスの援助により、第二次マスタープランの見直し (France2008) を行った。第二次マスタープランの見直し (France2008) では、2020年までの需要予測を見直すとともに、Nirodh 浄水場 (第一期 130,000 m³/日、第二期 130,000 m³/日) の施設能力の見直し及び送配水管の見直しが実施された。また、2011年の行政区画の改編に伴い、20箇所 (Sangkat) が PPWSA の給水区域に加わったことから、2013年に第二次マスタープランの見直し (M/P 2013) (「Extension of Water Supply System to the Greater Phnom Penh (GPPWSS) Master Plan Update」) を計画し、給水区域の拡張に伴う送配水管の見直しを行った。

④ 第三次マスタープラン (M/P2017)

プノンペン都市圏の水道普及率 100%を達成するために、2015年にフランスの援助により、2016年から2030年を対象とした第三次マスタープラン (M/P2017) (「Greater Phnom Penh Water Supply System Third Master Plan – Period 2016-2030」) が策定された。第三次マスタープラン (M/P2017) では、Chamcar Mon 浄水場 (52,000 m³/日)、Bakheng 浄水場 (第一期 195,000 m³/日、第二期 195,000 m³/日)、Ta Khmao 浄水場 (30,000 m³/日)、Phum Prek 浄水場 (改修及び増設にて施設能力 195,000 m³/日) 及び送配水管

が計画され、2030年に総施設能力を1,057,000 m³/日とすることが計画されている。また、運営維持管理の向上のため、組織改善計画が立案されている。また、2017年にフランスの援助による Chamcar Mon 浄水場の詳細設計にて計画の一部を更新し、第三次マスタープラン（M/P2017）が策定された。

上水道マスタープランにおける調査対象エリアを図 3-1.1 に示す。

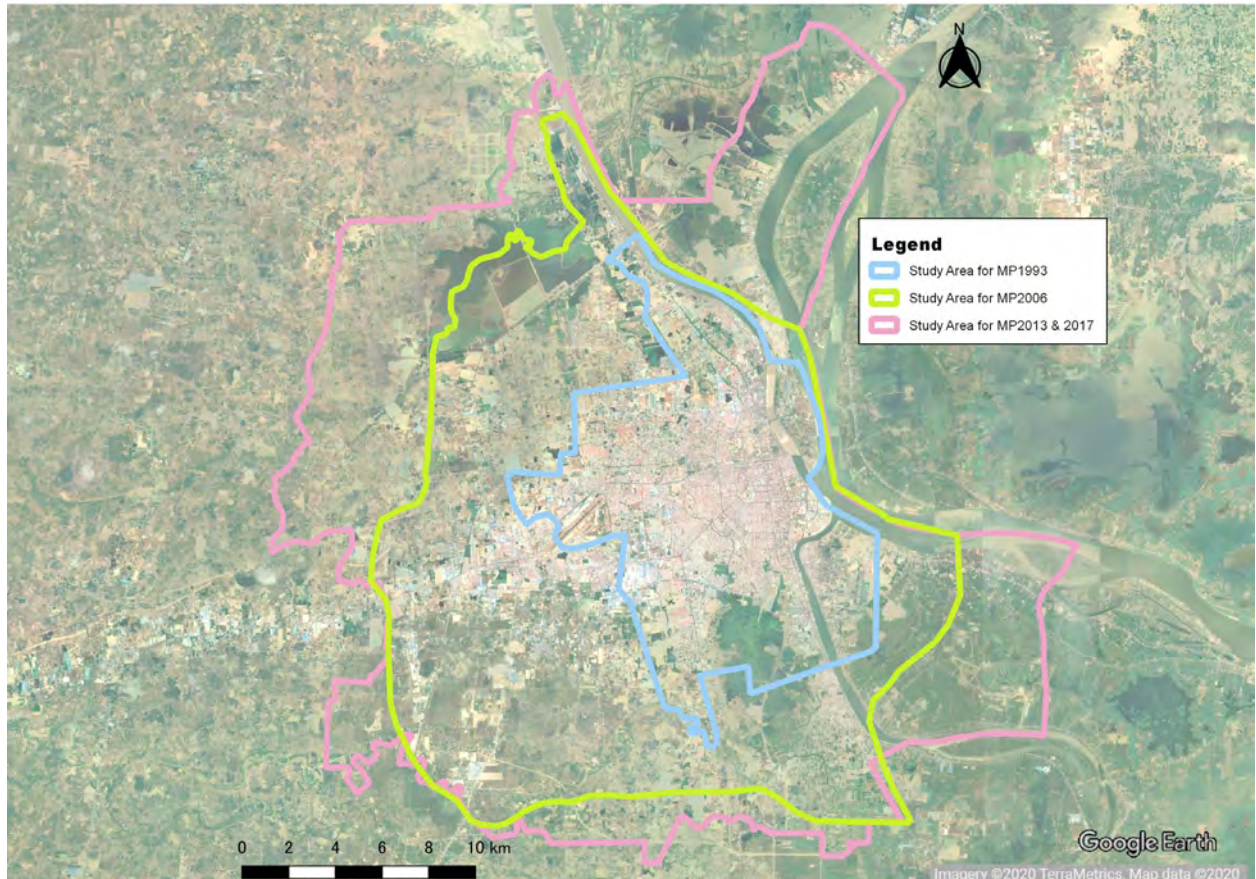


図 3-1.1 上水道マスタープランにおける調査対象エリア

出典：第一次マスタープラン（M/P1993）、第二次マスタープラン（M/P2006）、第二次マスタープランの見直し（France2008）、第二次マスタープランの見直し（M/P2013）、第三次マスタープラン（M/P2017）に基づき調査団作成

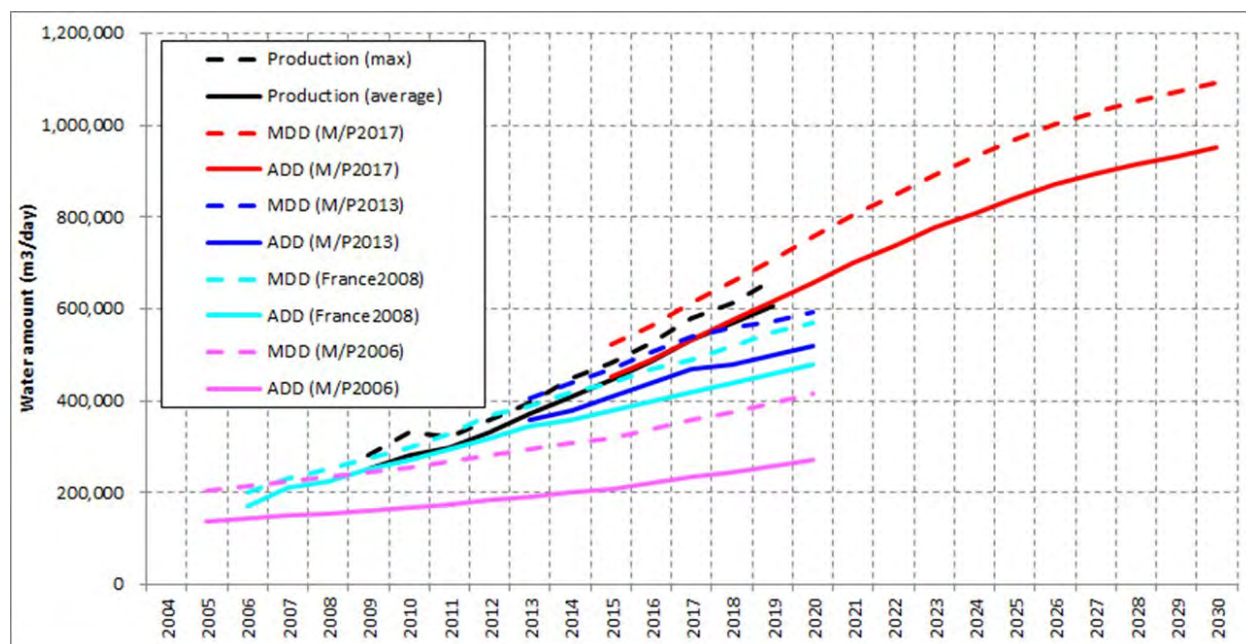
3-2 水需要予測のレビュー

3-2-1 これまでに実施された水需要予測

3-2-1-1 これまでに実施された水需要予測の比較

浄水場による浄水量と過去に実施された水需要予測を図 3-2.1 に示す。第三次マスタープラン (M/P2017) では、それまでに実施された水需要予測についてレビューを行い、その結果として下記の内容が記述されている。

- ・人口予測に基づいて実施された第二次マスタープラン (M/P2006) の水需要予測は、後年における実際の状況と大きな乖離が生じた。
- ・フランス政府の支援によって実施された第二次マスタープランの見直し (France2008) の水需要予測は、予測当初 4~5 年間は正確であったが、その後の水需要は予測を上回る結果となった。
- ・第二次マスタープランの見直し (M/P2013) による水需要予測は、上記第二次マスタープランの見直し (France2008) で予測された需要よりも大きかったが、それでもなお予測された水需要が過小であった結果となった。また、2017 年以降は、過少に予測された水需要と実際の水需要との乖離がさらに大きくなると想定される。



*MDD: Maximum Day Demand (日最大需要量)、ADD: Average Day Demand (日平均需要量)

図 3-2.1 過去に実施された水需要予測と浄水量実績の比較

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

図 3-2.1 より、第三次マスタープラン (M/P2017) による水需要予測結果と全浄水場の浄水量の合

計値（図 3-2.1 の黒線と赤線）が概ね同じように見えるが、第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測が妥当であったということではない。実際には、以下の理由により第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測は実際の水需要よりも小さかった。

- ・ 近年、全ての浄水場が過負荷状態で稼働しており、浄水場の処理能力が十分ではない。
- ・ 現状の水道料金データに基づく水使用量は、浄水場の処理能力が十分ではない状況下のものであるため、実際の水需要を反映していない。
- ・ 浄水場に十分な処理能力がある場合、水使用量の実績は第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測結果より大きくなっていたと考えられる。

3-2-1-2 浄水場における浄水量

各浄水場の浄水量データを図 3-2.2 から図 3-2.6 に示す。図 3-2.2 には、各浄水場の浄水量及びその合計値を示している。

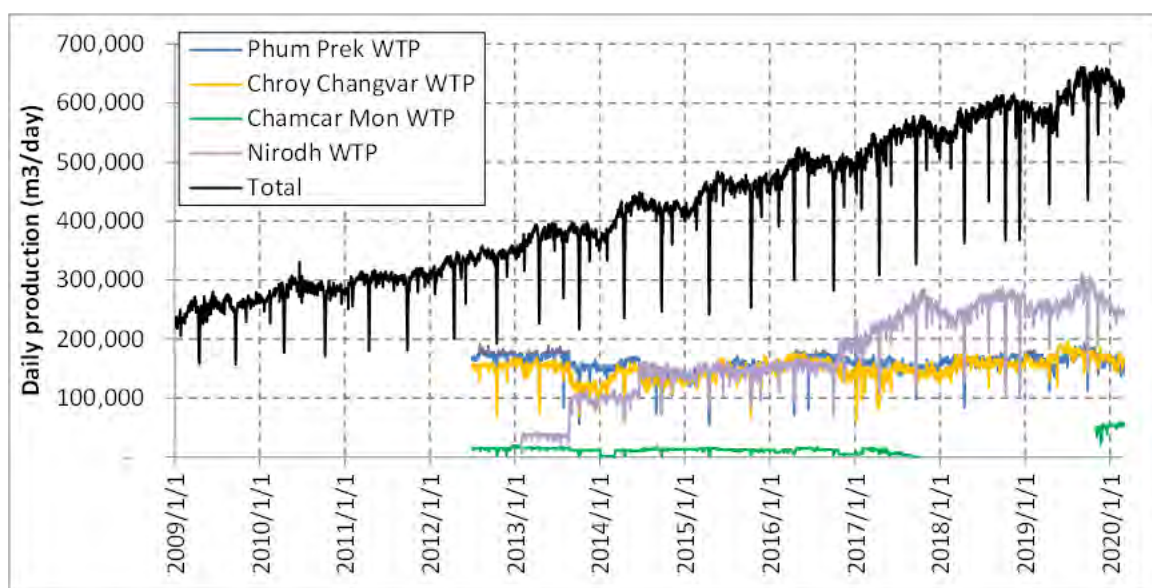


図 3-2.2 各浄水場における浄水量及びその合計値

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

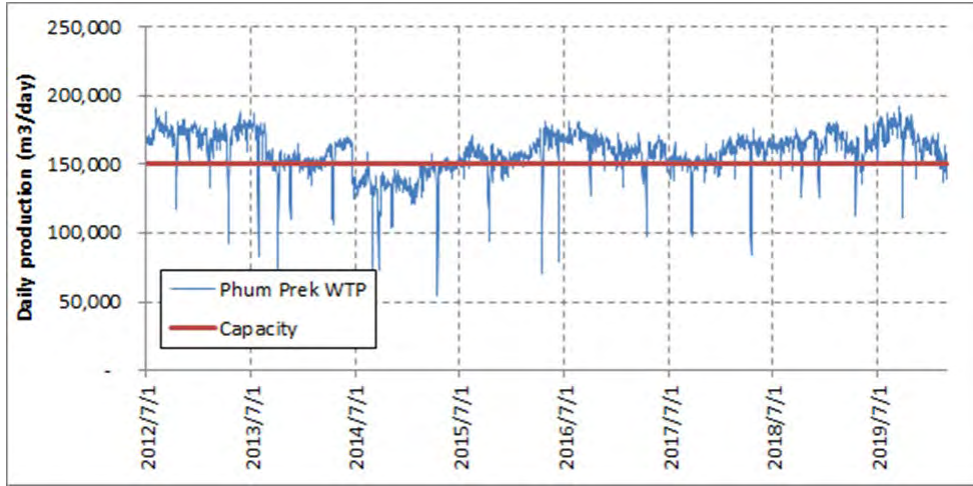


図 3-2.3 Phum Prek 浄水場の浄水量

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

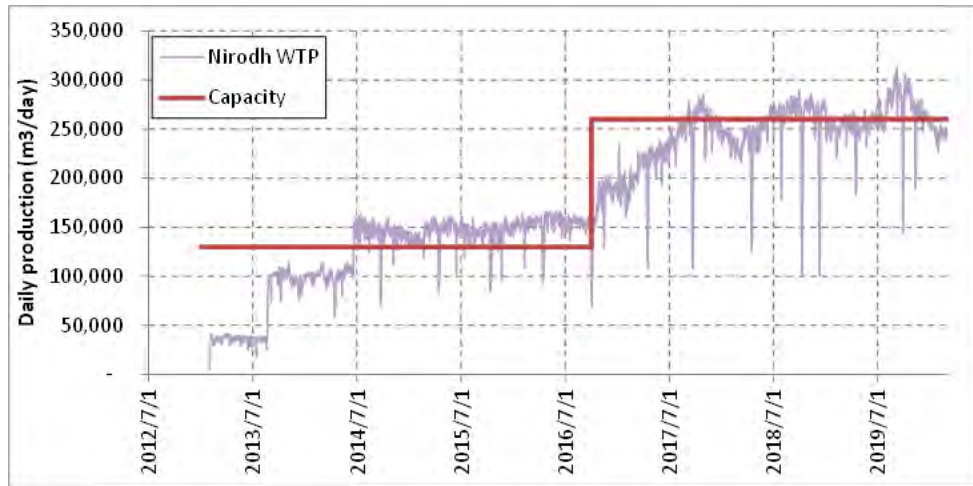


図 3-2.4 Nirodh 浄水場の浄水量

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

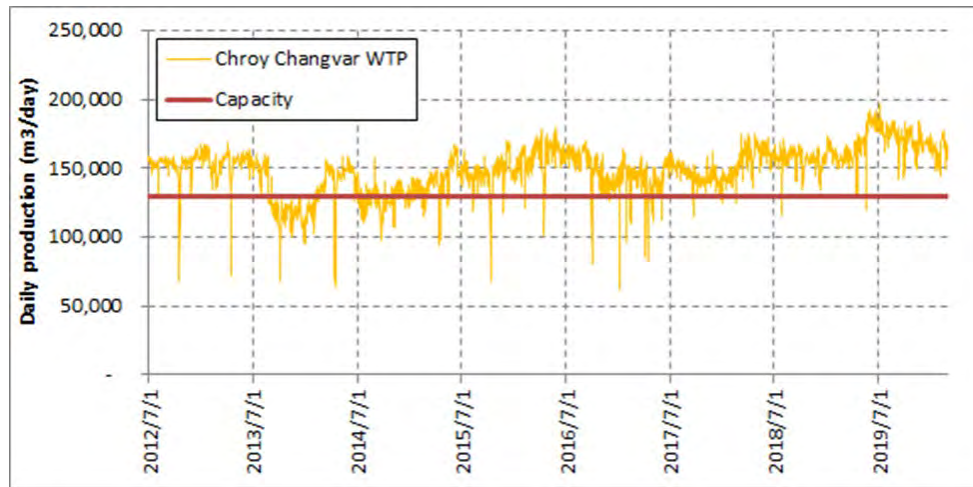


図 3-2.5 Chroy Changvar 浄水場における浄水量

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

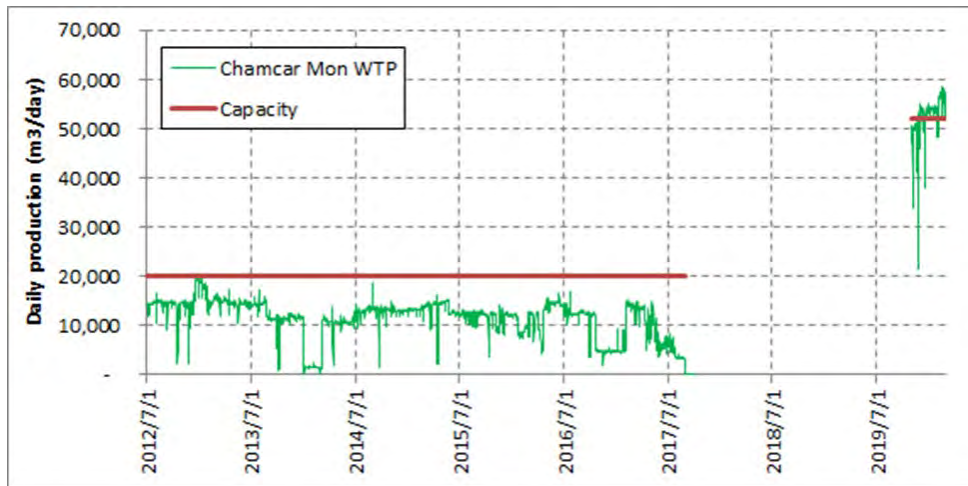


図 3-2.6 Chamcar Mon 浄水場における浄水量

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

これらの浄水量実績からわかる事項を以下に示す。

- ・ Phum Prek 浄水場は、一部期間を除き常に過負荷の状態で開催されている。2012 年から 2020 年までの平均稼働率¹は 106%であった。
- ・ Nirodh 浄水場は、2016 年と 2017 年の一部を除き過負荷の状態で開催されている。2013 年から 2020 年までの平均稼働率は 100%であった。
- ・ Chroy Changvar 浄水場は、一部期間を除き常に過負荷の状態で開催されている。2012 年から 2020 年までの平均稼働率は 114%であった。
- ・ Chamcar Mon 浄水場は、2019 年 11 月に拡張工事が完了し運転が再開された。

PPWSA が運転維持管理している 4 つの浄水場の総浄水量と総施設能力を図 3-2.7 に示す。また、4 つの浄水場の稼働率と総施設能力を図 3-2.8 に示す。

¹ ※稼働率は次の式にて算出する。稼働率＝浄水量/施設能力

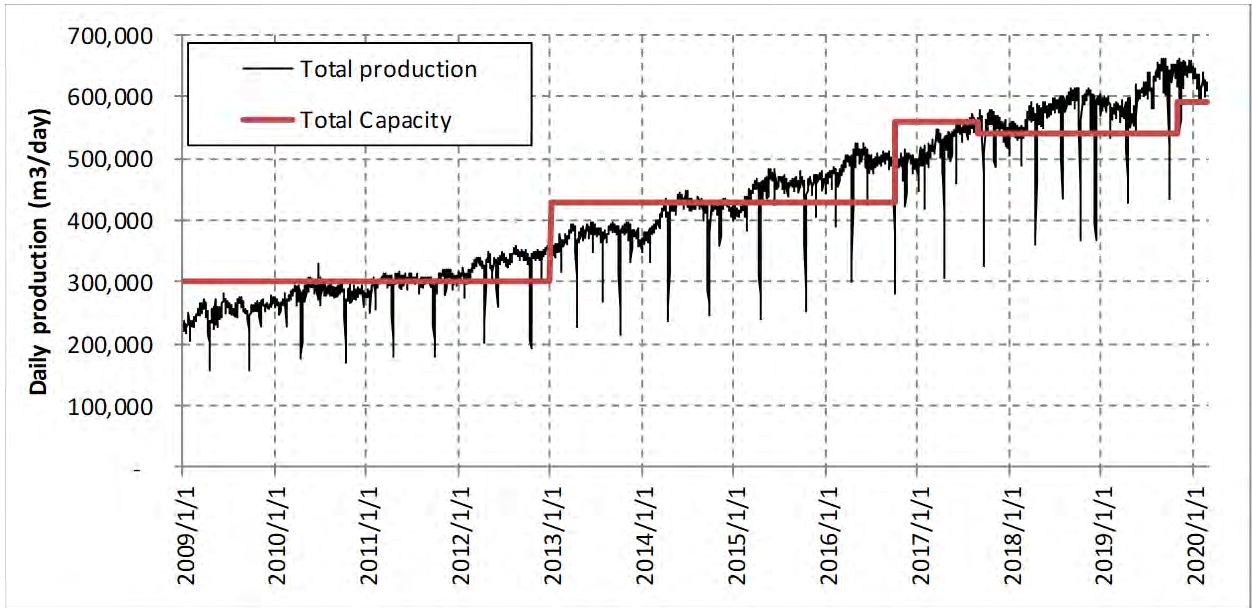


図 3-2.7 4つの浄水場の総浄水量と総施設能力

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

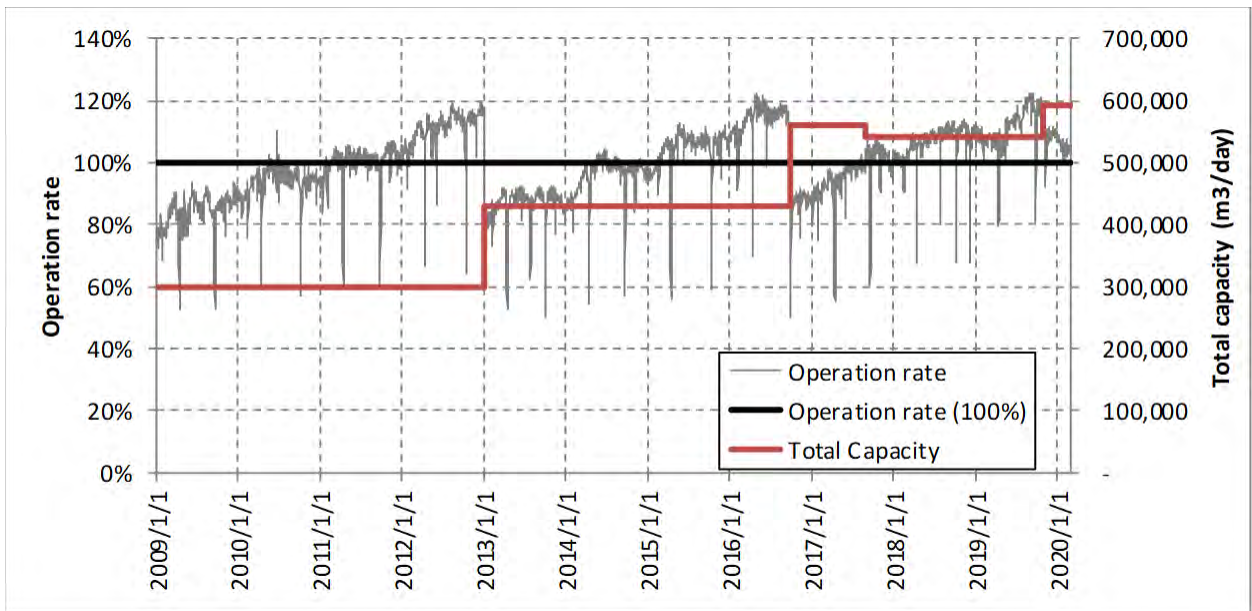


図 3-2.8 4つの浄水場の稼働率と総施設能力

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

図 3-2.7 および図 3-2.8 から分かる事項を以下に示す。

- ・ 2014 年までは、2011 年から 2013 年の 2 年間を除いて総施設能力は総浄水量よりも大きかった。
- ・ 2015 年以降は、基本的に総浄水量が総施設能力を上回っている。

上記の通り、2015 年以降は特に過負荷な運転状況が続いており、水需要予測を実施する際に考慮

する必要がある。つまり、浄水場の施設能力が不足しているために、本来の水需要は実際の販売水量や浄水量を上回っていることに留意する必要がある。

3-2-2 過去に適用された水需要予測手法

3-2-2-1 過去に適用された水需要予測手法の概要

過去に実施された水需要予測手法の概要を表 3-2.1 に示す。

表 3-2.1 過去に実施された水需要予測手法の概要

STUDY	SUMMARY OF METHOD
M/P2006	Forecast period: 2005-2020 Projection was carried out mainly based on the following parameter for each district (total: 7 districts and Kandal province). - Population forecast - Consumption per person (domestic) - Water supply coverage - Consumption for non-domestic category
M/P2013	Forecast period: 2013-2020 Projection was carried out mainly based on the following parameter for each district. - Pipe length (km) - Connection/pipe length (km) - Consumption per connection (domestic, non-domestic, administrative) - Proportion of connection (domestic, non-domestic, administrative)
M/P2017	Forecast period: 2015-2030 Projection was carried out mainly based on the following parameter for each Sangkat (total: 92). - Connection density (connection/ha) - Proportion of connection (domestic, non-domestic) - Consumption per connection (domestic, non-domestic)

出典：第二次マスタープラン（M/P2006）、第二次マスタープランの見直し（M/P2013）、第三次マスタープラン（M/P2017）

第二次マスタープラン（M/P2006）および第二次マスタープランの見直し（M/P2013）で水需要予測が結果的に過小であった理由について、第三次マスタープラン（M/P2017）では下記の通り整理している。

第二次マスタープラン（M/P2006）では、人口予測に基づく水需要予測が実施されたが、下記についての課題があった。

- ・ 当時の人口の伸び率からは、現在の急激な人口の伸びを予測できなかった。
- ・ 出稼ぎ労働者やプノンペンに登録されていない人口による水使用を考慮できなかった。

第二次マスタープランの見直し（M/P2013）では、人口予測に基づく水需要予測を実施したが、下記について課題があった。

- ・ 10年から15年の長期にわたって布設される管路延長を正確に予測することが困難であった。そのため、管路延長を予測する手法は、当初5年間の予測に適用され、その後の需要の伸びは人口予測に基づいて実施された。当初5年間の予測は概ね良好な結果であったが、それ以降の

需要予測は、結果として過小評価となった。

- ・ 送配水管の水理解析を実施するためには、水需要予測を Sangkat 単位で実施することが望ましい。しかしながら、Sangkat 単位で布設される管路延長を毎年正確に予測することは難しかった。
- ・ 予測のカテゴリーを、domestic、non-domestic、administrative の 3 カテゴリーで実施したが、administrative は顧客数が非常に少なく、その少ない数の動態から将来の傾向を予測することが難しかった。(そのため、第三次マスタープラン (M/P2017) では、administrative を non-domestic に分類し、domestic と non-domestic の 2 つのカテゴリーで水需要予測を実施した。)

3-2-2-2 過去に適用された水需要予測手法

3-2-2-2-1 第二次マスタープラン (M/P2006)

第二次マスタープラン (M/P2006) の水需要予測では、以下のパラメータが用いられた。

- ・ 人口予測 (人)
- ・ 一人一日使用水量 (domestic カテゴリー)
- ・ 水道普及率 (%)
- ・ non-domestic カテゴリーによる使用水量

これらのパラメータに関する予測方法の概要を以下に示す。

(1) 人口予測

- ・ 1998 年の人口統計調査から得られた Sangkat 別の人口と世帯数のデータを使用した。
- ・ 2005 年から 2020 年までの各 Sangkat の人口は、2020 年の目標人口密度に達するように設定した。
- ・ 目標人口密度または計画人口密度は、首都プノンペンの都市局 (Bureau of Urban Affairs (BAU)) から得られた値に基づいて設定した。

上記に基づき実施された人口予測結果の概要を表 3-2.2 に示す。

表 3-2.2 第二次マスタープラン (M/P2006) における人口予測結果の概要

(単位 : m³/日)

Year	2005	2010	2015	2020
Municipality of Phnom Penh	1,334,892	1,551,479	1,776,646	2,006,009
Phnom Penh Central 4 Districts	715,532	704,810	694,088	683,360
Phnom Penh Suburb 3 Districts	619,360	846,669	1,082,558	1,322,649
Kandal Province	195,107	223,412	258,222	297,817
Study Area Total	1,529,999	1,774,891	2,034,868	2,303,826

出典 : 第二次マスタープラン (M/P2006)

(2) 一人一日使用水量の推定

2004年の一人一日使用水量に基づき2020年の一人一日使用水量を5つのレベルに分けて設定した(表 3-2.3)。

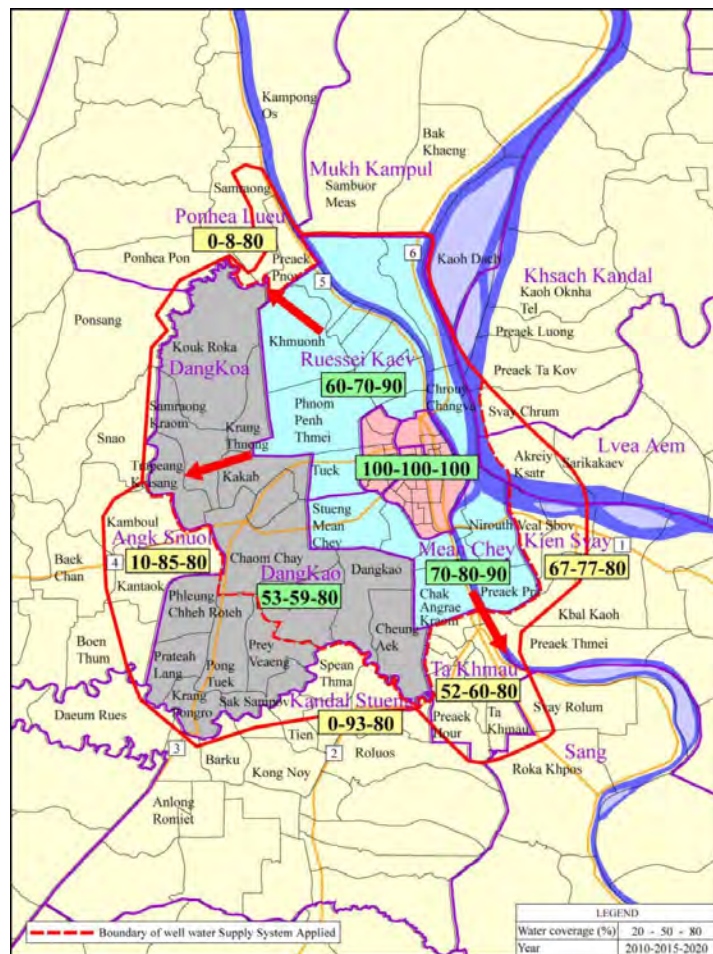
表 3-2.3 第二次マスタープラン (M/P2006) における生活系原単位の増加率設定シナリオ

Classification	2005	2010	2015	2020
Scenario A: 1% growth				
High consumption areas	80	85	90	95
Low consumption areas	70	80	85	90
Scenario B: 2% growth				
High consumption areas	80	90	100	110
Low consumption areas	70	80	90	100
Scenario C: 3% growth				
High consumption areas	80	95	110	130
Low consumption areas	70	80	95	110

出典：第二次マスタープラン (M/P2006)

(3) 水道普及率

水道普及率は、図 3-2.9 に示す内容が計画された。



* □内は、2010年-2015年-2020年の水道普及率(%)を示す。

図 3-2.9 第二次マスタープラン (M/P2006) における水道普及率に関する計画

出典：第二次マスタープラン (M/P2006)

(4) non-domestic カテゴリーによる使用水量の推定

non-domestic カテゴリーによる将来の使用水量は、表 3-2.4 の 2004 年における non-domestic カテゴリーによる使用水量実績に基づき算出している。

表 3-2.4 non-domestic カテゴリーによる使用水量 (2004 年)

(単位：m³/日)

	Commercial	Administrative	Others	Total
Chamkar Mon	7,939	2,562	55	10,556
Doun Penh	7,974	4,883	271	13,128
7 Meakkara	4,019	1,194	119	5,332
Tuol Kouk	6,427	1,234	10	7,671
Dangkao	4,025	232	0	4,257
Mean Chey	4,690	128	2	4,820
Ruessei Kaev	4,268	413	12	4,692
Kandal	216	55	0	271
Total	39,377	10,654	458	50,490

出典：第二次マスタープラン (M/P2006)

2004 年の non-domestic カテゴリーによる使用水量実績に基づき、次式により将来の使用水量を算出した。使用水量の予測結果は、表 3-2.5 に示すとおり。

$$y = y_0(1+r)^x$$

y : 基準年 (2004 年) から x 年後の非生活系水使用量
 y_0 : 基準年 (2004 年) の水使用量
 r : 年平均増加率
 x : 基準年 (2004 年) からの経過年数

表 3-2.5 第二次マスタープラン (M/P2006) における non-domestic カテゴリーの水需要

(日平均使用水量：m³/日)

Year	2005	2010	2015	2020
Scenario A				
Commercial	39,558	45,305	50,021	55,227
Administrative	10,700	11,400	11,982	12,593
Others	468	525	552	580
Total for Scenario A	50,726	57,230	62,554	68,400
Scenario B				
Commercial	39,558	47,976	55,618	64,476
Administrative	10,700	11,400	11,982	12,593
Others	468	525	552	580
Total for Scenario B	50,726	59,901	68,151	77,649
Scenario C				
Commercial	39,558	50,780	61,782	75,167
Administrative	10,700	11,400	11,982	12,593
Others	468	525	552	580
Total for Scenario C	50,726	62,705	74,315	88,340

出典：第二次マスタープラン (M/P2006)

3-2-2-2 第二次マスタープランの見直し (M/P2013)

第二次マスタープラン (M/P2006) で実施された水需要予測は実際よりも過小な結果となったため、第二次マスタープランの見直し (M/P2013) では異なる手法が採用された。その内容を以下に示す。

- ・ 配水管延長と 1km 当たりの顧客数を想定することで、配水管延長から顧客数が算出される。
- ・ domestic、non-domestic、administrative カテゴリーの顧客数の割合を想定し、これらに全顧客数を掛けることにより、各カテゴリーの顧客数が算出される。
- ・ 各カテゴリー別の水使用原単位を想定し、それに各カテゴリーの顧客数を掛けると、各カテゴリーの水使用量が算出される。
- ・ 各カテゴリーの水使用量の合計値と、想定する無収水率により、水需要量が算出される。

上記手法を整理したものを図 3-2.10 に示す。推定されるパラメータについては橙色で、その推定値から算出されるものは青色で表示されている。図 3-2.11 についても、同様に上記手法を示したものである。

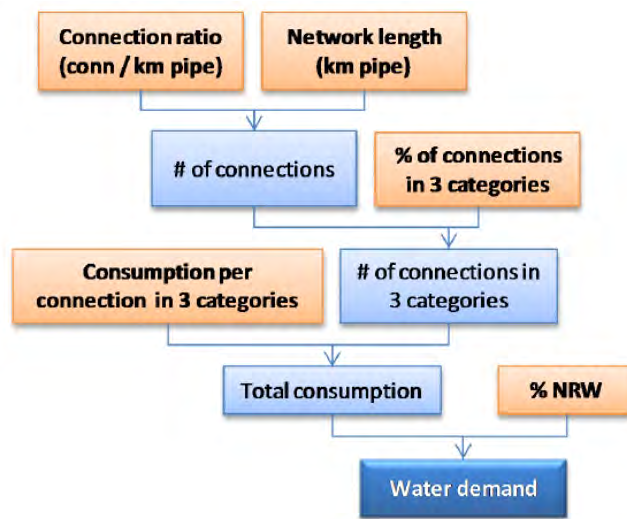


図 3-2.10 第二次マスタープランの見直し (M/P2013) で実施された水需要予測手法

出典：第二次マスタープランの見直し (M/P2013)

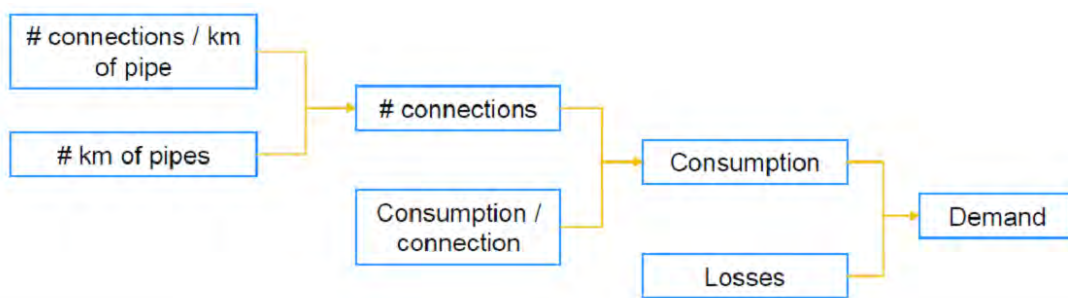


図 3-2.11 第二次マスタープランの見直し (M/P2013) で用いられた水需要予測手法

出典：第二次マスタープランの見直し (M/P2013)

3-2-2-2-3 第三次マスタープラン (M/P2017)

水需要予測の精度を上げるために、第三次マスタープラン (M/P2017) は異なる手法を採用した。採用した手法は、第二次マスタープランの見直し (M/P2013) で採用された配水管延長及び配水管延

長に基づく接続率ではなく、接続密度を用いた。予測手法を変更した理由を以下に示す。

接続密度は各 Sangkat の特徴に関係すると考えることが可能である。都市の拡大が中心部から郊外に広がるにつれて、中心部の都市拡大の速度等に基づいて、郊外の人口増加等の予測が可能になる。布設される配水管延長や 1km 当たりの接続数とは異なり、接続密度を採用することの方が、Sangkat ごとに異なる人口増加の特性や接続の傾向が反映され現実的な予測が可能になると考えられる。

水需要予測は、各 Sangkat について以下のパラメータを予測することにより行われる。

- ・ 接続密度 (connection/ha)
- ・ domestic カテゴリーの顧客数の割合 (%)
- ・ domestic カテゴリー1 栓当たりの使用水量
- ・ non-domestic カテゴリー1 栓当たりの使用水量

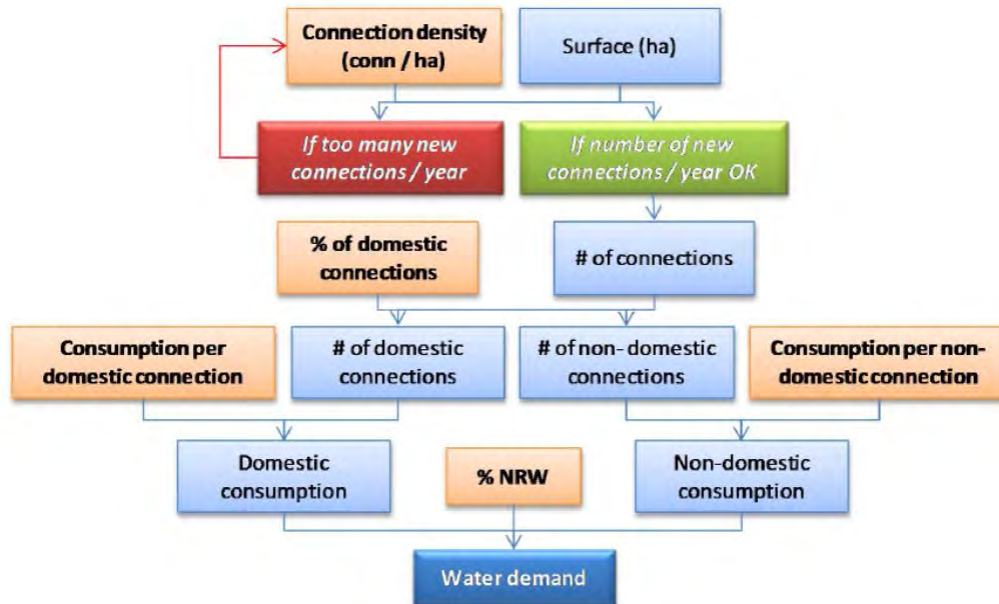


図 3-2.12 第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測実施手法

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

3-2-3 第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測結果と実際の水需要との比較

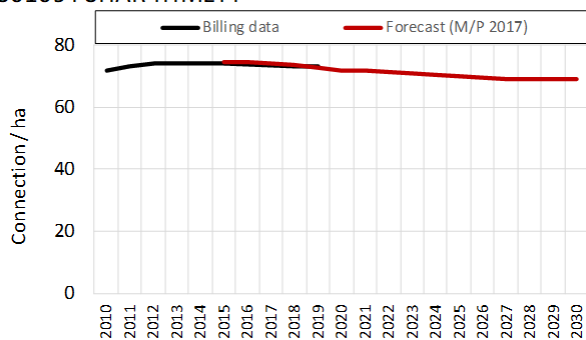
3-2-3-1 Sangkat 単位での比較

第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測結果と実際の水需要の比較について、Sangkat 単位で接続密度を比較したものを図 3-2.13 に示す。なお、実際の水需要に関する情報は、水道料金データに基づく水使用量の実績値から整理されたものである。また、図 3-2.13 に示したものは、結果の一例であるものの、典型的な比較例を示している。その他の比較結果については資料に示す。

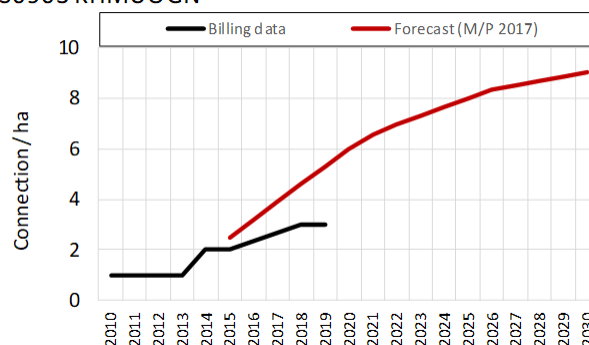
< 顧客数が多い Sangkat の例 >

< 顧客数が少ない Sangkat の例 >

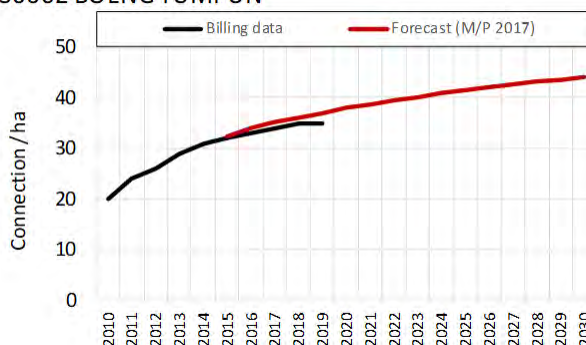
S0109 PSHAR THMEYI



S0903 KHMUOGN



S0602 BOENG TUMPUN



S1001 CHROUY CHANG VAR

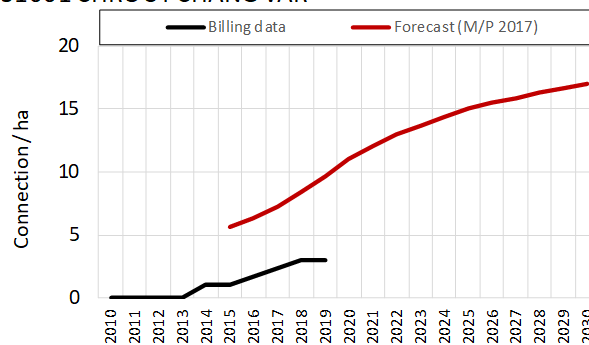


図 3-2.13 第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値との比較 (接続密度: connection/ha)

出典: 水道料金データ及び第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成

Sangkat 単位で第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と水道料金データに基づく実績値を比較したところ、以下の特徴が見られた。

- ・ 第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測結果は、実績値 (2015 年から 2019 年) と概ね同じ傾向であった。
- ・ しかしながら、一部の予測結果は実績値 (2015 年から 2019 年) と異なっていた。
- ・ 接続数の多い Sangkat の場合、図 3-2.13 の左側に示すように、水需要予測は実績値と同じ傾向になる傾向がある。
- ・ 接続数が少ない Sangkat の場合、図 3-2.13 の右側に示すように、水需要予測は実績値と異なる傾向がある。

上記の比較結果より、水需要予測を実施する際には以下の点に留意する必要がある。

- ・ 接続数の多い Sangkat の場合、サンプル数が多いためにそれまでの傾向が明確であり、予測の信頼性が高い傾向がある。
- ・ 接続数が少ない Sangkat の場合、サンプル数が少ないためにそれまでの傾向が不明確であり、予測の信頼性が低い傾向がある。

3-2-3-2 Khan 単位での比較

第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測結果と実際の水需要の比較について、Khan 単位での接続密度の比較を図 3-2.14 に示す。なお、実際の水需要に関する情報は、水道料金データに基づく実績値から整理されたものである。図 3-2.14 は、Ta Khmao について、接続密度（Connection/ha）、domestic の顧客数の割合、1 栓当たりの使用水量（domestic、non-domestic）を一例として示したものである。その他の Khan の比較結果については資料に示す。

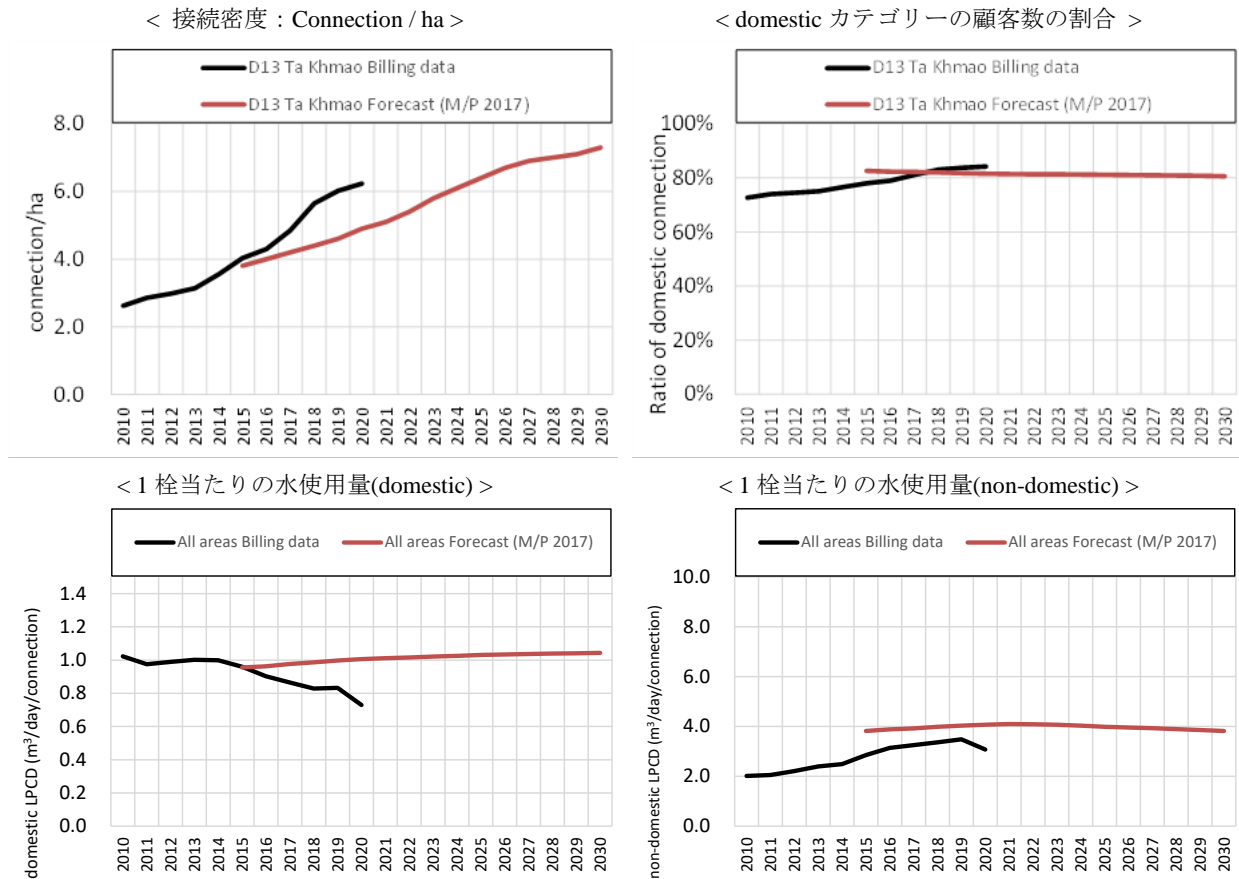


図 3-2.14 第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と実績値との比較（Khan Ta Khmao）

出典：水道料金データ及び第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

Khan 単位で第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と水道料金データに基づく実績値を比較したところ、以下の特徴が見られた。

- ・ 接続数の少ない Sakgkat を含む Khan は、第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測結果と実績値が異なる傾向がある。
- ・ 接続数の少ない Sangkat がない Khan は、第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測結果と実績値が概ね同じになる傾向がある。

3-2-3-3 水道給水区域全体での比較

水道給水区域全体における比較結果を図 3-2.15 に示す。

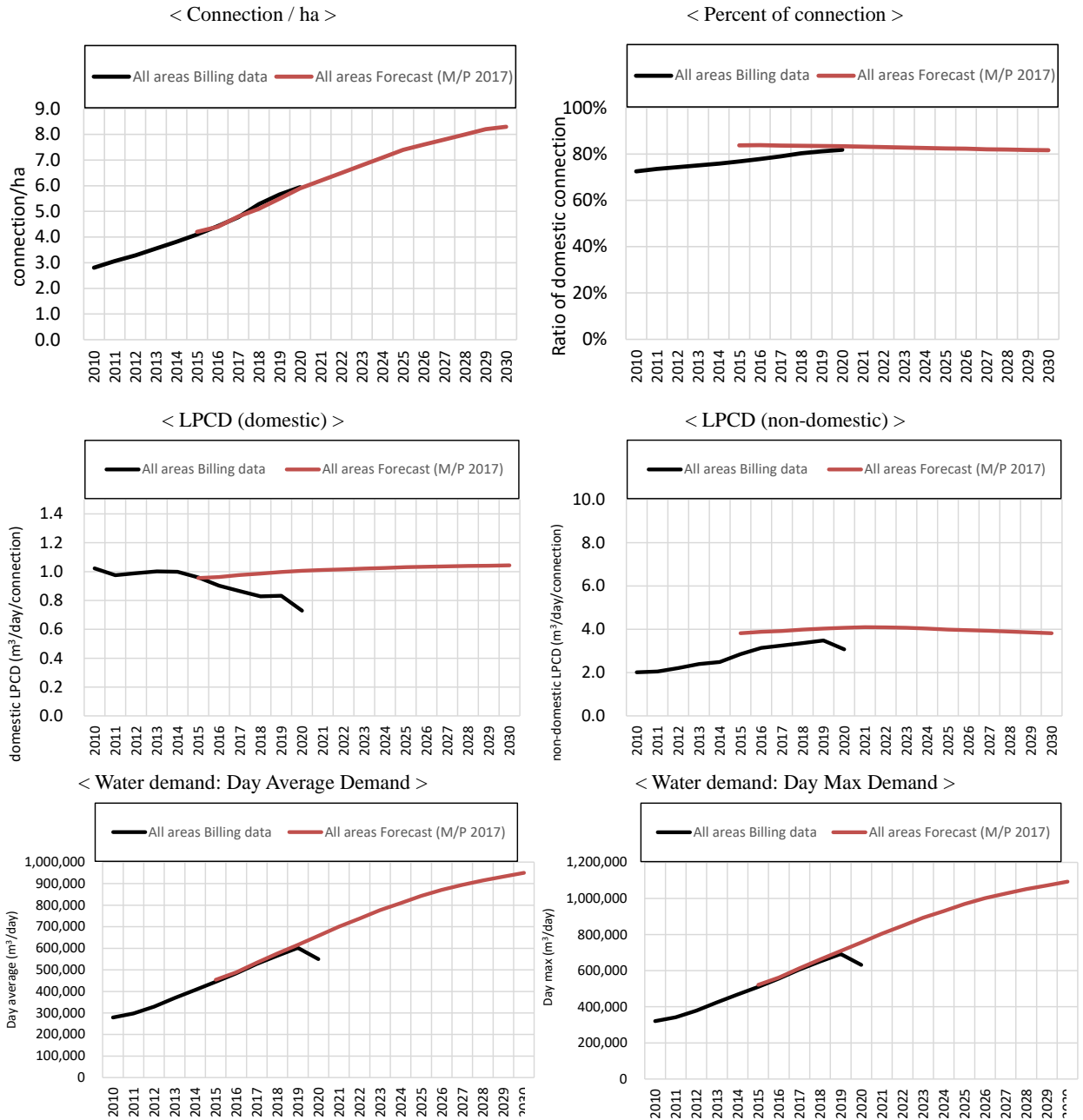


図 3-2.15 第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と実績値における各パラメータの比較
(水道給水区域全体)

出典：水道料金データ及び第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成

水道給水区域全体で第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測と水道料金データに基づく実績値を比較したところ、以下の特徴が見られた。

- ・ 顧客数や1 栓当たりの水使用量については、第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要予測

と実績値で異なっている。

- ・ その他の項目については、第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と実績値で概ね同じ結果である。

上記の通り、第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と実績値は概ね同じ結果であるものの、以下の理由から、第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測結果は過少であったと考えることが妥当である。

- ・ 「3-2-1-2 浄水場における浄水量」に示したように、近年、全ての浄水場が過負荷状態で稼働しており、浄水場の処理能力が十分ではない。
- ・ 現状の水道料金データに基づく水使用量は、浄水場の処理能力が十分ではない状況下のものであるため、実際の水需要を反映していない。
- ・ 浄水場に十分な処理能力がある場合、水使用量の実績は第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測結果より大きくなっていたと考えられる。

3-2-3-4 第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と実績値の比較結果

第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と実績値を比較した結果概要を表 3-2.6 に示す。

表 3-2.6 第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測と実績値の比較結果概要

Item	Contents
Sangkat	<ul style="list-style-type: none"> - In case of Sangkats with a large number of connections, forecasts tend to be reliable due to clear trends based on the large number of samples. - In case of Sangkats with a small number of connections, forecasts tend to be unreliable due to unclear trends based on the small number of samples.
Khan	<ul style="list-style-type: none"> - Khans that include Sangkats with small numbers of connections tend to show slight differences between the billing data and forecast by M/P 2017. - Khans that include Sangkats with large numbers of connections tend to be better forecast.
Entire area	<ul style="list-style-type: none"> - Some items such as number of connections and LPCD are bit different between the water demand forecast of the Third Master Plan (M/P 2017) and billing data. - Other items are almost same between the water demand forecast of the Third Master Plan (M/P 2017) and billing data. - In terms of lack of the WTPs' capacity, billing data does not show the actual water demand. Therefore, the water demand forecast should be higher than the current forecast by M/P 2017.

出典：水道料金データ及び第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

3-2-4 水需要予測に関する第三次マスタープラン（M/P2017）の評価

以上のレビュー結果より、第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測結果は以下の通り評価される。

- ・ 第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測は 2030 年を目標年度として実施しているが、予測結果は過少であったと考えられる。その理由としては以下が挙げられる。
- ・ 「3-2-1-2 浄水場における浄水量」に示したように、近年、全ての浄水場が過負荷状態で稼働

働しており、浄水場の処理能力が十分ではない。

- ・ 現状の水道料金データに基づく水使用量は、浄水場の処理能力が十分ではない状況下のものであるため、実際の水需要を反映していない。
- ・ 浄水場に十分な処理能力がある場合、水使用量の実績は第三次マスタープラン（M/P2017）による水需要予測結果より大きくなっていたと考えられる。
- ・ 水需要予測結果が過少となった要因としては以下が挙げられる。
 - ・ **Sangkat** 単位で予測を実施していたために、水需要予測時に水道があまり普及しておらず、接続数が少ない **Sangkat** については、少ないデータから当該 **Sangkat** の将来の水需要を予測していたことにより予測の精度が良くなかった。
 - ・ 上記のような予測の精度が良くない **Sangkat** が複数あり、それらの合計により結果として水需要予測結果が過少評価されてしまった。

3-3 水源

3-3-1 水源の選択肢

2030年までに首都プノンペンにおいて、さらに400,000 m³/日から500,000 m³/日の水供給量を確保するため、東部、西部および地下水を水源とする調査が行われ、持続可能性と経済的な効率の比較評価がなされた。PPWSAの浄水場の水源の選択肢としてMekong川、Sap川、Bassac川およびPrek Thnot川の4河川が挙げられた。これらの将来的な水源候補に対して地理的条件、水量および水質の観点から評価がなされた。

3-3-1-1 東部水源

首都プノンペン東部に位置するMekong川、Sap川およびBassac川は、水量が豊富であり、上水の水源として適している。現在、PPWSAの取水・浄水施設は以下の4つの水源に位置している。

- ・ Mekong川上流（Chroy Changvar 浄水場）
- ・ Sap川（Phum Prek 浄水場）
- ・ Bassac川（Chamcar Mon 浄水場）
- ・ Mekong川下流（Nirodh 浄水場）

第三次マスタープラン（M/P2017）においては、東部水源は2030年まで、またそれ以降の首都プノンペンの水需要をカバーするのに十分な量（推定された水需要量（1,000,000 m³/日）はMekong川の最小流量の0.44%、平均流量の0.08%、最大流量の0.03%に相当）があり、かつ河川水質は良質で安定しており、特にMekong川では水道水源として適切であると評価されている。

気候変動による影響と同様、Mekong川上流域に位置する既設あるいは建設計画中の水力発電ダムによる影響が調べられている。それらの定量的な影響はメコン川委員会（Mekong River Commission、以下「MRC」）により調査されており、その内容は表3-3.1及び出典：MRC(2010)

表3-3.2にそれぞれ示すとおりである。また、ダム群による流量ハイドログラフの変化特性を図3-3.1に示す。ダム群は水文過程と土砂輸送に対して影響があり、特に河川堤防や護岸の不安定性につながるものが懸念されている。しかしながら、水道水源としての量的、質的な大きな問題は生じないと予想されている。上流ダム群と気候変動が及ぼす影響に関する最新の調査結果（MRC, 2019）によると、その定性的・定量的評価はこれまでの調査結果を更新するものではなく、マスタープラン策定時における影響想定に大きな変更は必要ないと考えられる。

表 3-3.1 メコン川上流ダム群による水文・土砂輸送への影響

項目	影響
流れの強さ	ピーク時の流れの強さが10%から30%減少 地形形成過程(土砂輸送、河川の淵の季節循環、海洋環境への土砂流出)の効率低下
水位の変化	最大水位の低下、最低水位の上昇(図3-3.1) 急激な水位変動の発生と規模の増大(ダム操作と中国のダムの下流域での流量調整施設の効率に依存)

項目	影響
	300,000 ha の氾濫原の消失(氾濫水位 3 m 以上の地域の大半) Sap 湖の水域面積の 5-10%の減少 Sap 湖への流入あるいは湖からの流出時の水頭勾配の減少 乾季の湖面積の 5%から 8%の増加 雨季の湖面積の 3%から 5%の減少 洪水水位への影響については不明確
土砂輸送	粗粒分の土砂供給量の減少、中粒径の土砂成分の浸食の増加(現状での河岸材料) クラティエと首都プノンペン間で今後 15 年から 30 年にわたり河岸が不安定 Mekong 川上流域で細粒分の土砂供給が 20%の減少、クラティエの下流域では 50%の減少

出典：MRC (2010)

表 3-3.2 気候変動による水文への影響

項目	影響
年間降雨量	15%から 21%の増加
河川流量	9%から 22%の増加
極端事象	発生数の増加と期間の拡大
水位	未知

出典：MRC (2010)

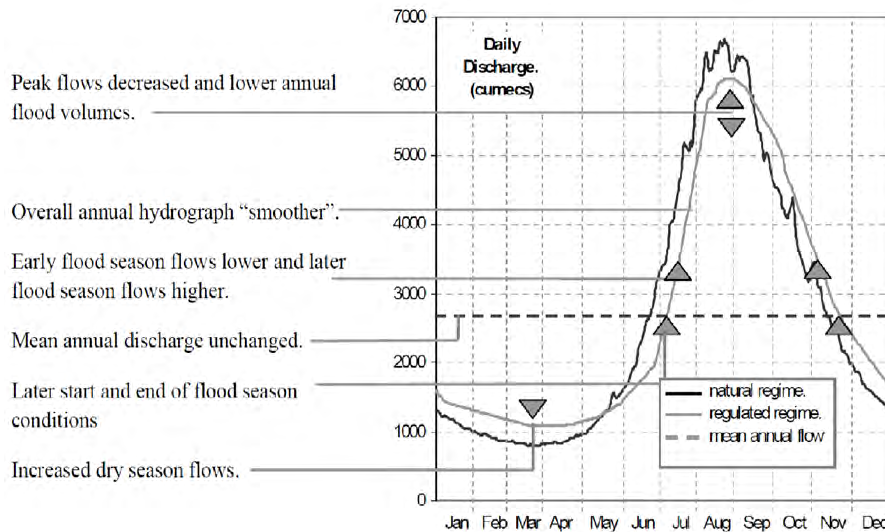


図 3-3.1 Mekong 川上流および支川の発電ダムによる Mekong 川のハイドログラフの変化特性

出典：MRC, 2010

3-3-1-2 西部水源

西部水源の候補として、特に Preak Thnoat 川流域が検討されたが、水源ポテンシャルは限定的であり、50,000 m³/日が限度であると評価されている。

Preak Thnoat 川の流量と様々な水利用者による必要取水量（主にかんがい用水）の間の水収支は、乾季である 1 月～4 月にかけて不足するという結果となっている。

第三次マスタープラン（M/P2017）策定時の調査によれば、Preak Thnoat 川下流域において乾季と雨季に非常に大きな流量の変動があり、乾季には 3 m³/秒から 4 m³/秒を常に下回り、しばしば 1 m³/

秒以下となることもある。この傾向は第三次マスタープラン（M/P2017）策定後の 2020 年までの期間においても同等である。

首都プノンペンの水需要量が予測よりも早く増加した場合、西部水源も供給量の逼迫を緩和する手段になり得るとしている。上流域のダム の供給ポテンシャルについても調べられており、**図 3-3.2** に示すように、既存ダムおよび建設候補地のダムによる供給可能量と首都プノンペン周辺に設置される浄水場地点までの導水可能性について評価がなされている。評価の結果（**表 3-3.3**）、2つのダム地点が有望とされた。

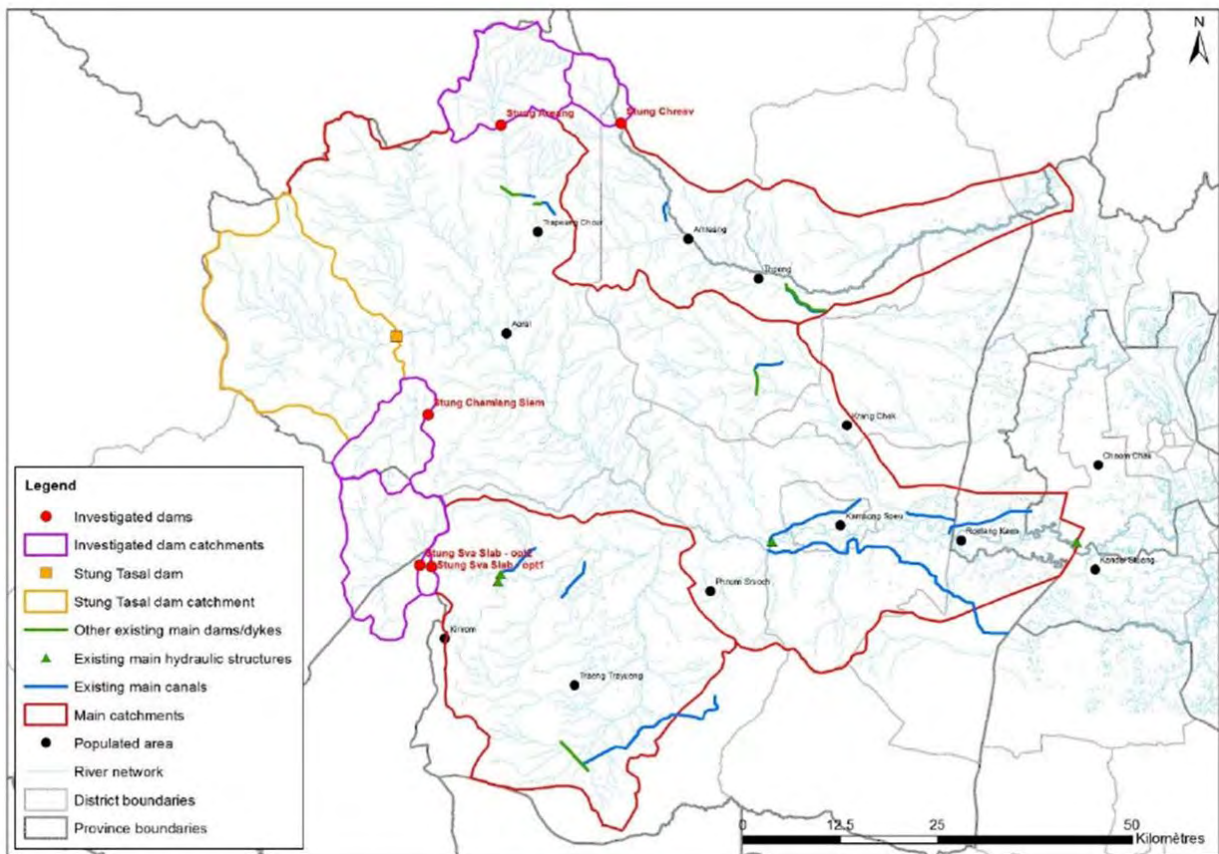


図 3-3.2 検討対象地の既設ダムとダム建設候補地（第三次マスタープラン（M/P2017）による調査）

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

表 3-3.3 候補ダムの評価結果

水源候補ダム	状況	評価結果
Stung Tasal Dam	既設(インド政府による支援)	実現性は低い(かんがい用水へ全て割り当て済みであり、それ以外への供給は不可)
Stung Chreav	マスタープラン調査における設定	実現困難(少雨の年に雨季にダムが満水にできない恐れがあり、持続的な送水が困難なため)
Stung Areang	ダム建設計画あり(韓国政府による支援)	ポテンシャルあり
Stung Chamlang Sien	マスタープラン調査における設定	実現困難(ダム・浄水場地点間にポンプ揚水が必要となり、非効率となるため)
Stung Sva Slab 1	マスタープラン調査における設定	実現困難(貯水量が不足し、必要な送水量を確保できない恐れがあるため)

水源候補ダム	状況	評価結果
Stung Sva Slab 2	建設計画提出済(インド政府)	ポテンシャルあり、最も可能性が高い地点

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団が作成

しかしながら、下記の二つの点から短期および中期的には、これらのダム水源を利用することは非常に困難であると結論付けられており、長期的な水源確保の観点から PPWSA が MOWRAM や水利利用者などの関係者との協議の場において、上水水源への割り当てに関する交渉を継続的に実施していく必要があるとしている。

- ・ 既設ダムでは全ての水利用の割り当てが完了しており、新たな用途へ割り当てる余地がない。また、建設計画ダムにおいても目的は農業かんがい用水である。
- ・ ダム建設や水資源管理は PPWSA の主管業務ではなく、多目的ダムとして位置付けるためには管理者や水利利用者との事前の交渉が必須であり、非常に長い期間を要する。

3-3-1-3 地下水水源

地下水は、第二次マスタープラン（M/P2006）においても水道水源としての可能性はないと評価されており、第二次マスタープランの見直し（France2008）及び（M/P2013）でも評価は同様である。首都プノンペン周辺の地下水は、乾季には浅井戸は涸渇し、深井戸は水があるが鉄含有量が多いという特性がある（表 3-3.4）。

平均的揚水量（26l/分）は 1.6 m³/時あるいは 37 m³/日に相当する（表 3-3.5）。これは、必要な水需要量を満たすために数千に及ぶ井戸を掘削しなければならないことを意味しており、このような多数の井戸による揚水を行うと水源としての持続性が維持できなくなるので、地下水の水源利用は不可能である。

水理地質的条件は数十年程度の短期間では変化しないため、現時点においても地下水を水源とする選択はないと判断される。

表 3-3.4 プノンペン周辺の地下水の特性

井戸のタイプ	井戸の深さ（直径）	帯水層のタイプ	地質	水質
手掘り浅井戸	< 7m (1-1.5m)	不圧 (乾季には涸渇)	シルト層、粘土層	有機物汚染 高い塩素、TDS
浅い管井戸	< 30m (10-15cm)	不圧あるいは被圧	シルト層、粘土層 砂・砂礫層	汚染程度は低い 鉄、塩素、TDS が高い
深い管井戸	> 30m	被圧	シルト層、粘土層 砂・砂礫層	高い鉄含有量
深い管井戸	> 30m (10-15cm)	被圧	シルト層、粘土層 風化層・破碎層	高い鉄含有量

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

表 3-3.5 観測されたプノンペンの揚水特性

帯水層	井戸数	静水位		安定揚水量 (l/分)		
		乾季	雨季	平均	最大	最小
沖積層	48	12.12	11.86	20	40	8
沖積層 (裂か 水)	26	8.47	5.56	28	103	10
裂か帯	91	9.38	7.66	29	210	8
平均総量	165	9.90	8.80	26	210	8

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

3-3-2 将来開発のための水源選定

第三次マスタープラン (M/P2017) では、将来的な水需要量を満たすため、400,000 m³/日から 500,000 m³/日相当の水量の確保には、PPWSA は東部水源に頼るしかないと結論付けている。首都プノンペン周辺での Mekong 川下流域では、PPWSA の給水能力のおよそ半分を担う Nirodh 浄水場が稼働しており、浄水施設や送水管等の設備も含めて占有できる場所がない飽和状態であること、水の消費拡大の中心は市北部であることから、大規模浄水施設の開発は取水源を Sap 川あるいは Mekong 川のいずれかとした都北部地域で検討すべきであるとされた。

図 3-3.3 に示す市内北部地域 (Sap 川左岸および Mekong 川右岸) での取水施設と浄水場の立地に関して、表 3-3.6 に示される項目の評価結果に基づき両者の比較検討がなされた。

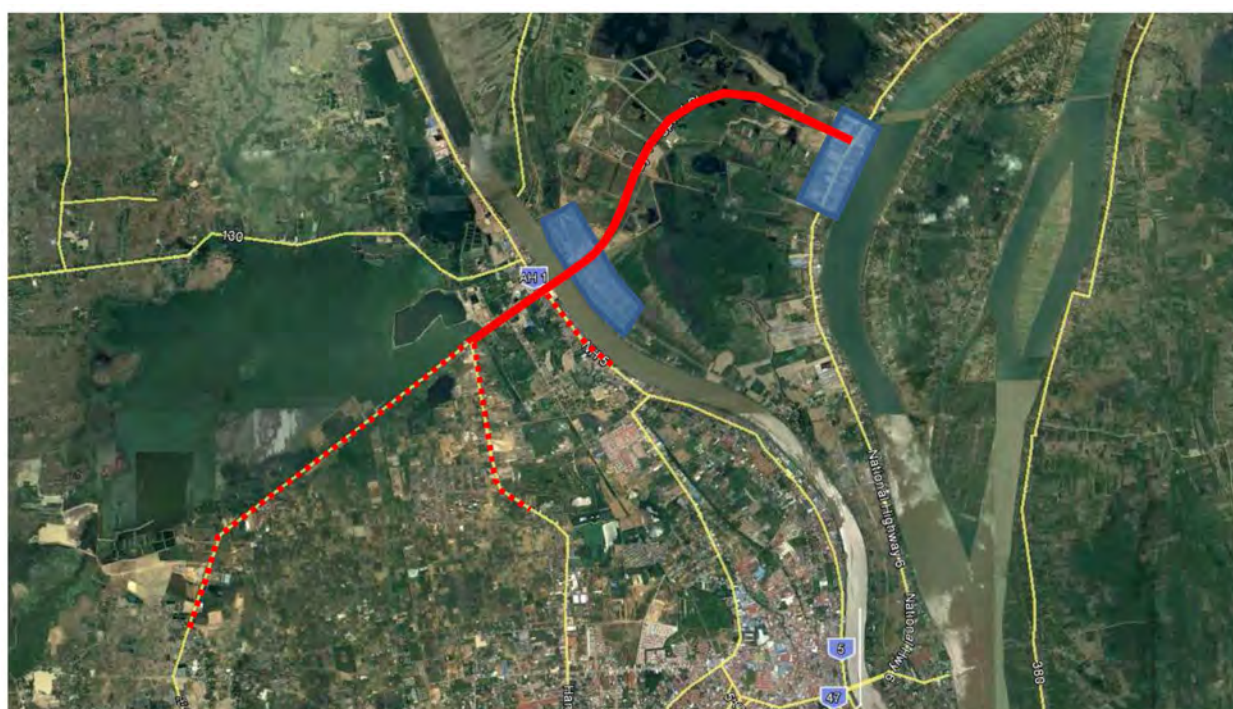


図 3-3.3 首都プノンペン北部地域における将来水源の選択肢

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

表 3-3.6 観測された首都プノンペンの揚水特性

分類	評価項目	Sap 川	Mekong 川
水量および水質	原水の量	Good	Excellent
	原水の質	Fair	Good
	浄水処理の複雑さ	Fair	Good
	水質変化の見込み	Poor	Good
地理的条件	立地	Fair	Poor
	人口	Low	Low
	導水管の河川横断	Sap 川	Sap 川
コスト	処理への追加コスト	\$13.2M	-
	管路への追加コスト	-	\$24.7M
	用地費用	\$30M	\$15M
	コストの差	+\$3.5M	

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

Sap 川は、水需要に対応できるだけの流量が年間を通じて確保可能であるものの、都市排水等を要因として水質汚染リスクを抱えているため水質面での評価が低い。表 3-3.7 に示された物理的因子、無機成分、化学物質、微生物の 4 つのカテゴリについて、浄水処理等において重要と考えられる要素に対し、年間、乾季、雨季それぞれの観測結果に基づいた評価がなされている。

表 3-3.7 Sap 川と Mekong 川の水質比較

		Overall		Dry season		Rainy season	
		Mekong	Tonle Sap	Mekong	Tonle Sap	Mekong	Tonle Sap
Physical	Temperature	28.7 (22.4 - 32.6)	28.8 (23.8 - 32.8)	28.4	28.6	29.1	29
	pH	7.8 (6.8 - 8.6) [increasing trend]	7.2 (6.6 - 8.4)	8	7.1	7.6	7.3
	Turbidity	113 (9 - 913)	111 (8 - 1003)	32	78	205	150
	DO	6.8 (4 - 9.4)	5.3 (0.7 - 8.1)	7.2	4.9	6.4	5.8
	Colour	26 (0 - 132)	43 (5 - 264)	10	42	45	44
Mineral	Conductivity	148 (60 - 226)	106 (61 - 233)	170	92	121	123
	Total hardness	60 (24 - 96)	40 (16 - 88)	69	33	51	48
	Mg hardness	19 (3 - 56)	14 (4 - 36)	21	13	16	14
Chemical	Organic matter	10 (0.8 - 57)	18 (4 - 42) [increasing trend]	7	21	14	16
	Ammonia	0.13 (0 - 0.48)	0.37 (0 - 1.63)				
	Iron	0.26 (0 - 3.4) [increasing trend]	0.6 (0 - 6.4) [increasing trend]				
	Manganese	0.02 (0 - 0.2?)	0.03 (0 - 0.12)				
Bacterio	Faecal Coliforms	7.10 ² (0 - 3.10 ⁴)	7.10 ³ (20 - 2.10 ⁵)	581	4800 ≈ 1000 at intake site	755	9800 ≈ 13 000 at intake site

* 青いセルは同等の特性、緑および赤いセルはどちらの水源が浄水処理において好ましい、もしくは好ましくないかを示す。
出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

要素の評価結果は次のとおりである。

- ・ Mekong 川は水源として適切な水質であり、乾季に pH が高く適切な凝集を期待できる。また、濁度が低い、酸素供給も良い、微生物量も少ないという利点がある。
- ・ 乾季は Sap 川の水質が非常に悪い。浄水処理でデメリットとなる要素として pH が低い、無機成分量が低い、有機物量が高い、微生物量が 10 倍大きいなどが挙げられる。
- ・ 雨季の間は、両水源はよく似た水質特性を持つ（Mekong 川の水が Sap 川を逆流するため）。た

だし、Sap 川は微生物量が高い。

- ・ 両水源共に化学物質の汚染は低レベルである。
- ・ 首都プノンペン北部 Sap 川沿いに下水道処理場建設が計画されており、処理済み水放流による河川水質悪化の懸念がある。そのため中長期的には大きな影響を受ける可能性があり、必要な浄水プロセスに関して不確実性が高い。

本調査においても下水道整備計画等を確認し、水源候補地に対する将来的な影響を評価しておく必要がある。なおこの点に関して、水質面への影響の可能性について後述（5-2-3）している。

また、コストの観点での初期評価を実施しており、Sap 川ではオゾンによる前処理、Mekong 川では送水施設設置が追加的な費用であるとして、それらにそれぞれの用地費用を加えてコストを積算・比較している。Sap 川を水源とする場合の方が 3.5 百万 USD 割高となるという結果が得られており、用地費用の差が評価を分ける大きな要因となっていることが示されている。

これらの評価に基づき、現在 AfD の資金を活用した Bahkeng 浄水場の建設が進められている。

3-3-3 水源に関する第三次マスタープラン（M/P2017）の評価

現時点での水源評価は 5 章で後述するが、Mekong 川が水量、水質、立地に関連して必要となる追加コストの面からみて、最も優れた水源であることに変化はない。効率性、経済性、時間的な制約等を考慮して、地下水および西部水源のダム貯水池を水源とすることが候補から除外していることも妥当である。比較的短期での水源確保が必要となる M/P2017 においては適切な評価結果であったと考えられる。

3-4 取水・浄水施設

3-4-1 取水施設

第三次マスタープラン（M/P2017）では、既存の取水施設に特化した言及はされていない。

3-4-2 浄水施設

3-4-2-1 第三次マスタープラン（M/P2017）後の開発

2021年3月現在の運転中の浄水場を表 3-4.1 に示す。

表 3-4.1 既存浄水場の一覧

浄水場	期	竣工年	設計浄水量	処理方式	状況
Phum Prek	Phase I	1965/88/95	100,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	老朽化進行
	Phase II	2003	50,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	一部老朽化進行
Chroy Changvar	Phase I	2003	65,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	一部老朽化進行
	Phase II	2009	65,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	良好
Nirodh	Phase I	2013	130,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	良好
	Phase II	2016	130,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	良好
Chamcar Mon	---	2019	52,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	新設・良好
合計			592,000 m ³ /日		

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

第三次マスタープラン（M/P2017）では、図 3-4.1 が示され、第三次マスタープラン（M/P2017）が策定された時点では Nirodh 浄水場第 2 期の建設が完了することで、施設能力が水需要を超える可能性があることが示されていた。

第二次マスタープラン（M/P2006）の水需要は、実際に発生した水需要を大幅に上回った。第二次マスタープランの見直し（M/P2013）では、Chroy Changvar 浄水場第 2 期、Nirodh 浄水場第 1 期、第 2 期などの浄水場の建設が計画され、事業の実施が進められてきた。第三次マスタープラン（M/P2017）の策定段階では、水需要に見合う浄水量を生産できると想定されていた（図 3-4.1）。

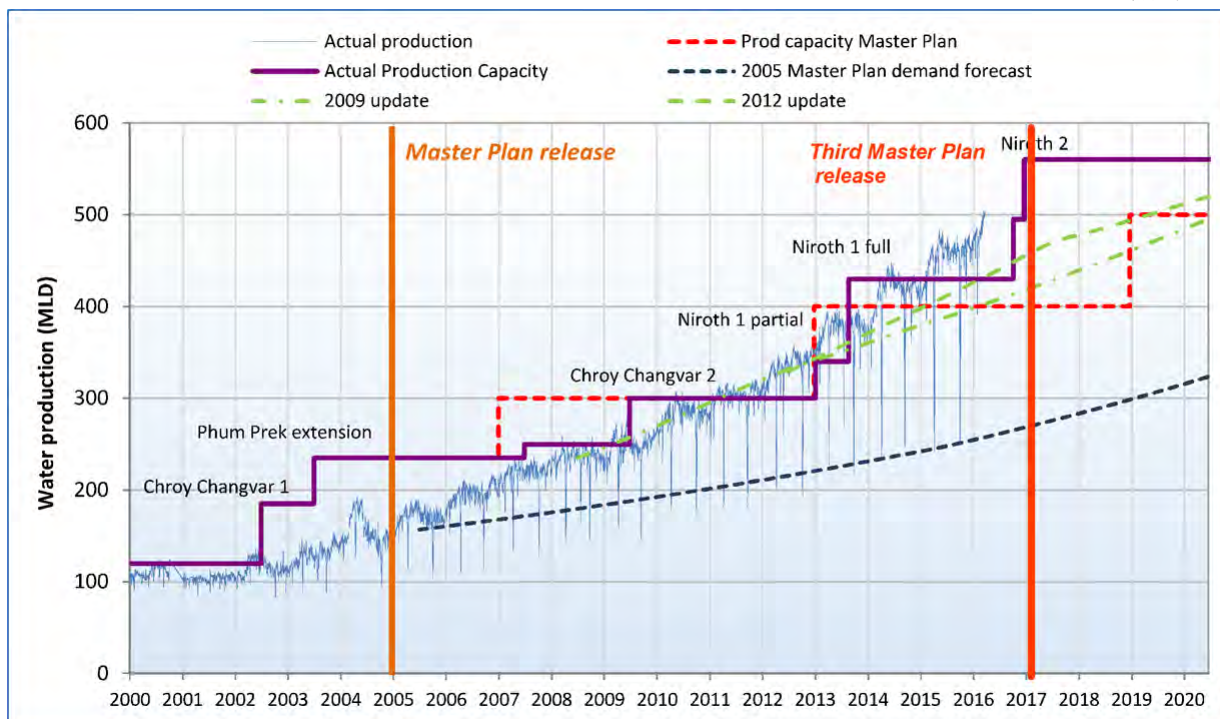


図 3-4.1 第三次マスタープラン (M/P2017) の水需要と施設能力

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

また、第二次マスタープランの見直し (M/P2013) では、表 3-4.2 に示す浄水場建設が計画されており、現在も進行中である。

表 3-4.2 浄水場開発計画

浄水場	建設	浄水量 (m ³ /日)	浄水量 (m ³ /日)	完成予定年	完成予定年
		平均	最大	提案	実施
Chamcar Mon	New	52,000	55,000	2019	2019
Ta Khmao	New	30,000	-	2021	入札手続き中
Phum Prek	Expansion	45,000	-	2026	計画中
Bakheng I	New	195,000	224,000-	2022	建設中
Bakheng II	New	195,000	224,000-	2024	計画中

出典：第三次マスタープラン (M/P2017) を基に JICA 調査団作成

しかし、実際には 2017 年以降、水需要は急激に増加しており、2017 年の Nirodh 浄水場第 2 期完成時には水需要は施設能力を上回り、さらに、2019 年 12 月の Chamcar Mon 浄水場の完成による施設能力拡大をもってしても、水需要を満たすことができなかった。それ以降、水需要の増加と水不足が続いている。現状、Ta Khmao 浄水場新設および Phum Prek 浄水場増設、さらに、Bakheng I 事業は概ね予定どおりの完成が予想されているが、この 3 事業が完了するまで、水不足は継続するものと想定される。

次に、2010 年から 2020 年の浄水量と浄水場規模の推移を図 3-4.2 に示す。

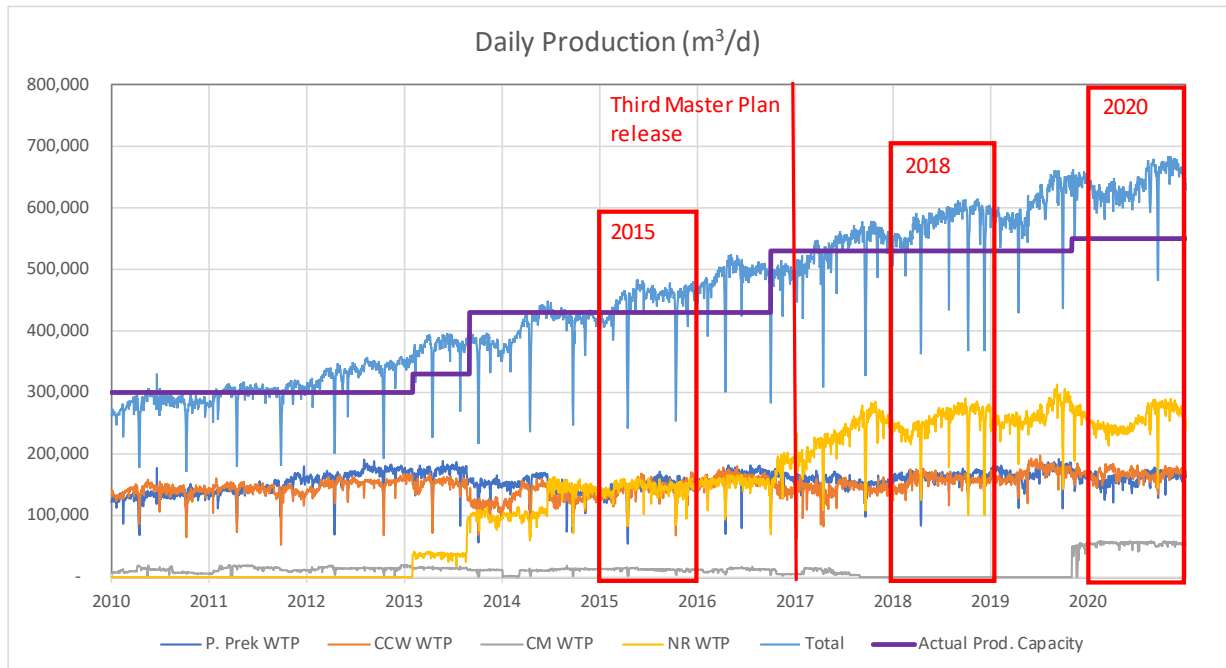


図 3-4.2 2010 年から 2020 年の浄水量と浄水場規模の推移

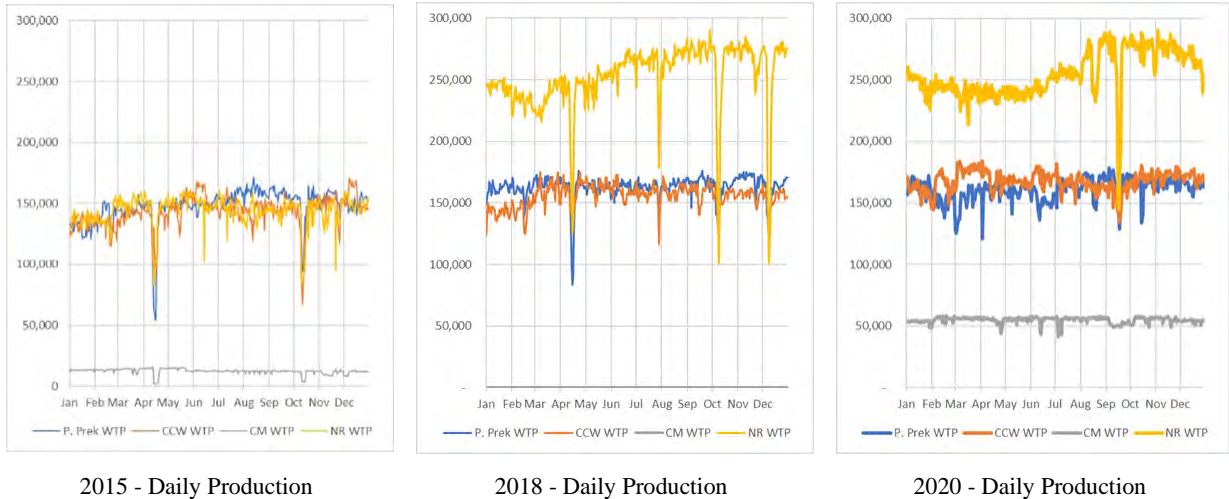
出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

ここで、第三次マスタープラン（M/P2017）策定前の 2015 年と策定後 2018 年、2020 年の運転状況の比較を図 3-4.3 に示す。

2015 年には Phum Prek 浄水場、Chroy Changvar 浄水場、Chamcar Mon 浄水場、Nirodh 浄水場の 4 つの浄水場が運転を行っていた。Phum Prek 浄水場、Chroy Changvar 浄水場、Nirodh 浄水場は約 15 万 m³/日、Chamcar Mon 浄水場は、1.2 万 m³/日を生産していた。

2018 年には、Chamcar Mon 浄水場は再建工事の実施に伴い 2019 年 11 月まで一時運転を停止した。一方、Nirodh 浄水場が第 2 期の建設工事を終え 26 万 m³/日を生産できるようになった。Phum Prek 浄水場、Chroy Changvar 浄水場は本来の施設能力を超え、約 16 万 m³/日で運転していた。

さらに、2020 年には Chamcar Mon 浄水場の再建工事が終わり、5.5 m³/日浄水していたが、水需要にできるだけこたえるため、他の 3 つの浄水場は過負荷の状態での運転を継続せざるをえなかった。



2015 - Daily Production 2018 - Daily Production 2020 - Daily Production
図 3-4.3 2015年、2018年、2020年の4浄水場の1年間の浄水量の変化

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

次に、浄水性能を原水水質、処理水水質の観点から検討する。2010年から2020年の月平均原水および処理水濁度を図 3-4.4 に示す。

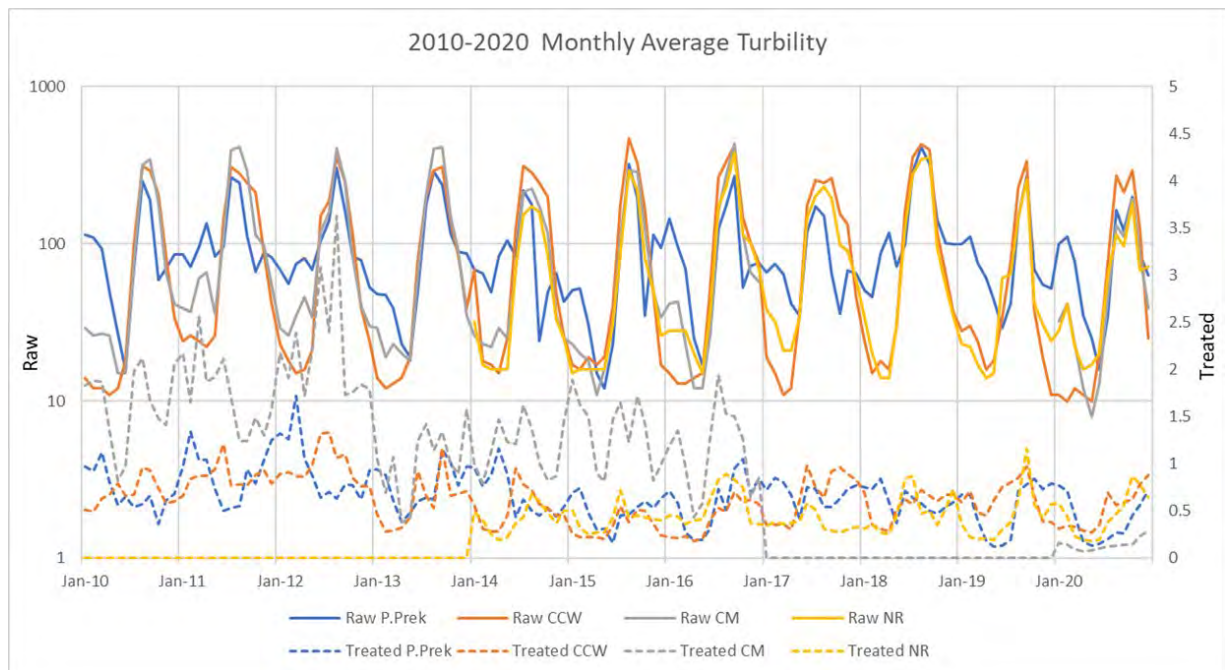


図 3-4.4 2010年から2020年の原水濁度と処理水濁度の推移

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

原水の濁度は、季節や河川水位等に影響され定期的に変化している。一方、処理水濁度は原水濁度の変化に応じ、変化しているが概ね 1 NTU 以下を達成している。

第三次マスタープラン (M/P2017) 策定前の 2015 年と策定後の 2018 年、2020 年の月平均原水および処理水濁度の比較を図 3-4.5 に示す。

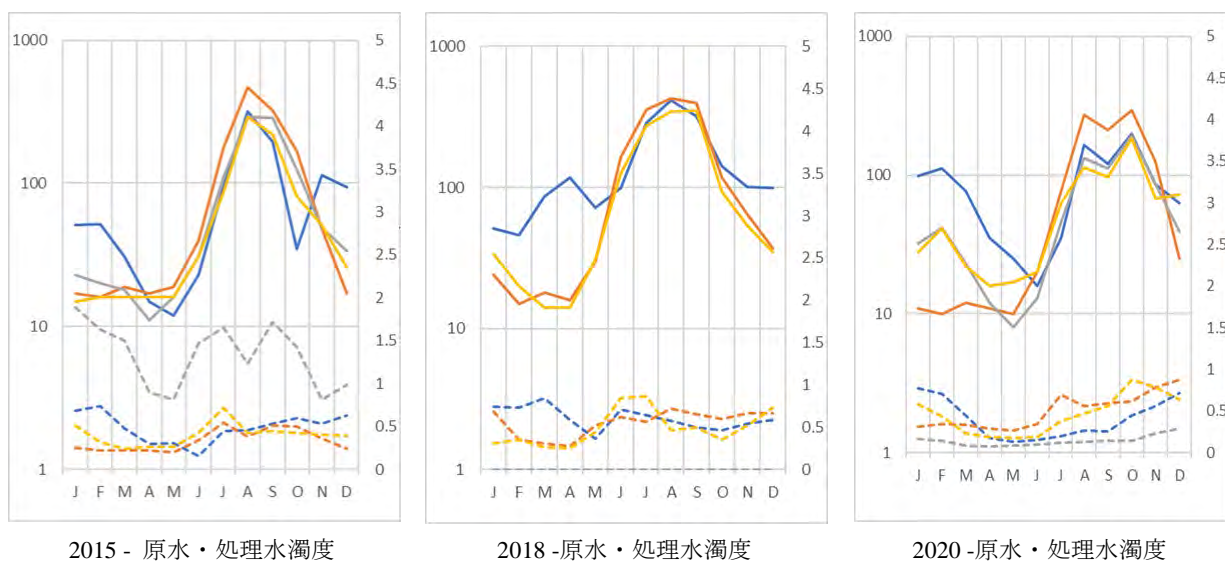


図 3-4.5 2015 年、2018 年、2020 年の原水濁度と処理水濁度

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

原水濁度は、いずれの年も概ね同じような変動である。一方、処理水は 2015 年の Chamcar Mon 浄水場の 1 NTU を上回り 2 NTU 近くに達していたが、2020 年の再建後は、4 つの浄水場の中で 0.5 NTU を下回る非常に良好な水質となっている。その他の浄水場の処理水もすべて 1 NTU を下回って良好な運転を行っている。

3-4-2-2 今後の浄水施設開発

3-4-2-2-1 Phum Prek 浄水場

Phum Prek 浄水場は、日本の新制度、事業・運営権対応型無償資金協力により拡張が計画されており、2026年を目標に150,000 m³/日から195,000 m³/日に拡張される予定となっている。

3-4-2-2-2 Bakheng 浄水場

現在、2023年内の完成を目指して、195,000 m³/日の Phase I 施設が建設中である。Bakheng Phase II の浄水場建設は、AfD 融資事業として、2025年を目標として195,000 m³/日の施設能力の追加を計画していたが、現在は2023年度中の完成へと計画が変更されようとしている。さらに、Phase III 施設の建設に備えて7ヘクタールの用地が敷地内に確保されている。

表 3-4.3 Bakheng 浄水場の施設概要

項目		数量・型式	内容	備考
Bakheng I	Flow Distribution Chamber	1	395,000 m ³ /d	Sized for Bakheng I and II
	Flash Mixer	3*2 series	1-2 min	
	Flocculation Tank	9*2 series	20-30 min	Mechanical type (vane stirrer)
	Sedimentation Tank	9*2 series	64 min	Lamella settling, turbidity<5 NTU
	Rapid Sand Filer	9*2 series	192 m/d (ave.) 220 m/d (max)	Filter area: 64 m ² /each filter Backwash: air and water
	Treated Water Tank	2	22,500 m ³	5.5 hours of the WTP capacity
	Backwash Pumping Station	1		Sized for Bakheng I and II
	Pumping Station	1	395,000 m ³ /d	Sized for Bakheng I and II
	Treated Water Pump	6+1	2,600 m ³ /h, 69m	Variable speed
	Coagulant	PAC	12 (max 30) mg/L	
	pH Adjustment	Lime	10 (max 40) mg/L	Probably not applied.
	Pre-chlorination	NaClO	1.5 (max 2.5) mg/L	On-site preparation
	Post-chlorination	NaClO	1 (max 1.5) mg/L	On-site preparation
	Building for Chlorination	1		Sized for Bakheng I and II
Building for Lime and PAC	1			
Bakheng II	Flow Distribution Chamber	-	-	Constructed during Bakheng I
	Flash Mixer	3*2 series	1-2 min	
	Flocculation Tank	9*2 series	20-30 min	Mechanical type (vane stirrer)
	Sedimentation Tank	9*2 series	64 min	Lamella settling, turbidity<5 NTU
	Rapid Sand Filer	9*2 series	192 m/d (ave.) 220 m/d (max)	Filter area: 64 m ² /each filter Backwash: air and water
	Treated Water Tank	2	22,500 m ³	5.5 hours of the WTP capacity
	Pumping Station	-	-	Constructed during Bakheng I
	Treated Water Pump	6+1	2,600 m ³ /h, 69m	Variable speed
	Coagulant	PAC	12 (max 30) mg/L	
	pH Adjustment	Lime	10 (max 40) mg/L	Probably not applied.
	Pre-chlorination	NaClO	1.5 (max 2.5) mg/L	On-site preparation
	Post-chlorination	NaClO	1 - 1.5 mg/L	On-site preparation
	Building for Chlorination	-	-	Constructed during Bakheng I
	Building for lime and PAC	1		

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

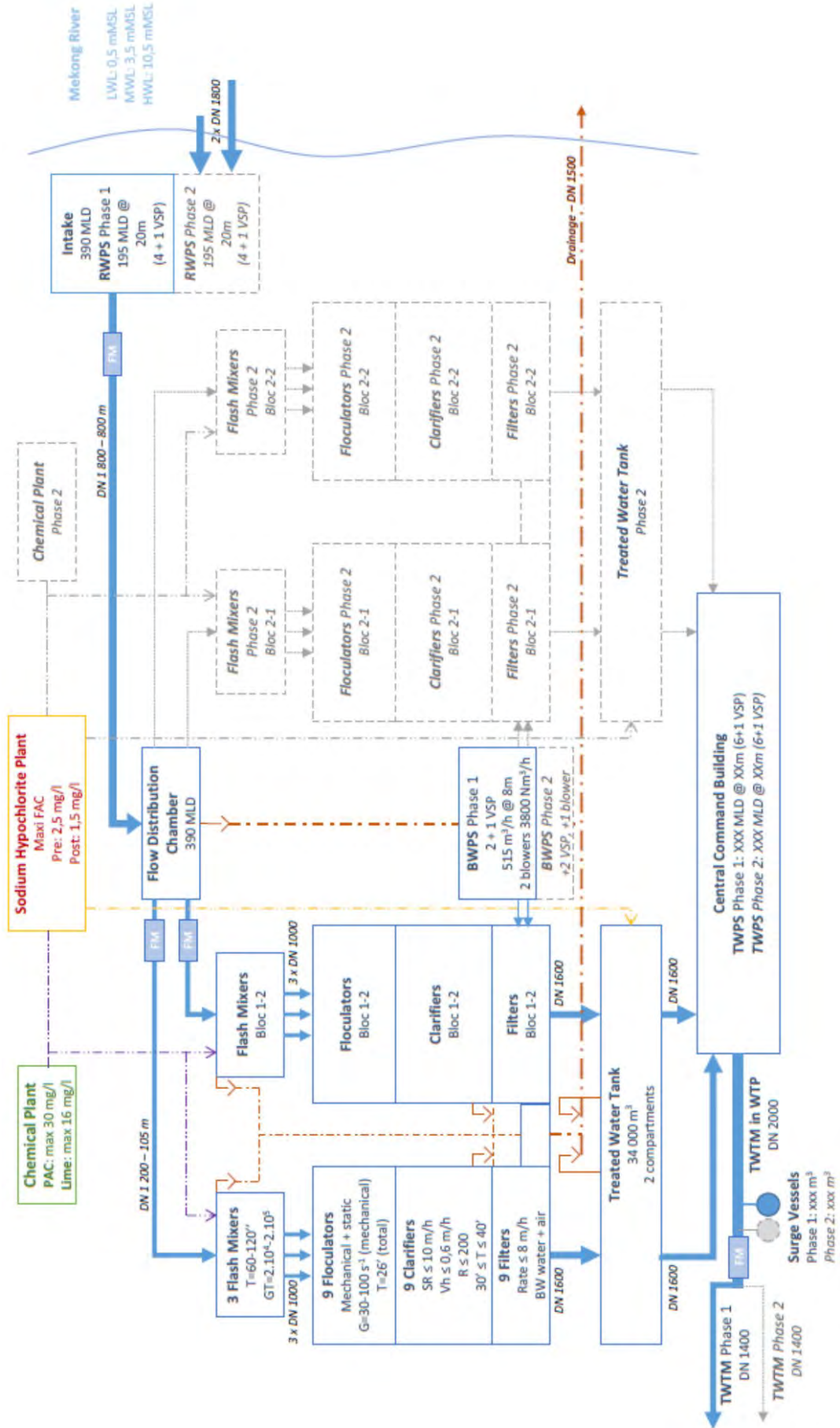


図 3-4.6 Bakheng 浄水場のプロセス図

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

3-4-2-2-3 Ta Khmao 浄水場

Ta Khmao 浄水場は、日本の新制度、事業・運営権対応型無償資金協力により、30,000 m³/日の施設が 2024 年末までに建設される予定である。建設は設計施工一体型契約で行われ、最終的な設計は設計施工期間中に行われる。JICA によって実施された準備調査時の施設配置図と断面図を参考として 図 3-4.7 及び図 3-4.8 に示す。

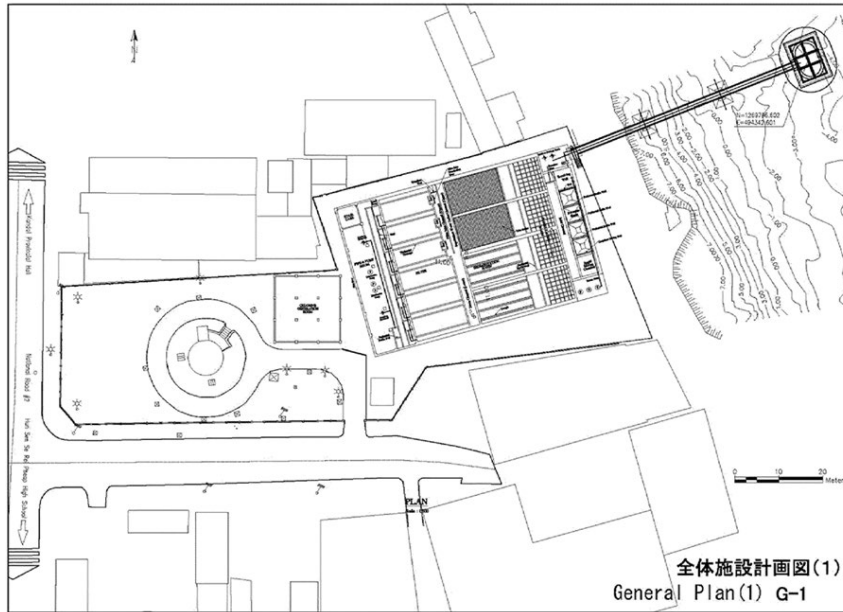


図 3-4.7 Ta Khmao 浄水場 配置案

出典：JICA

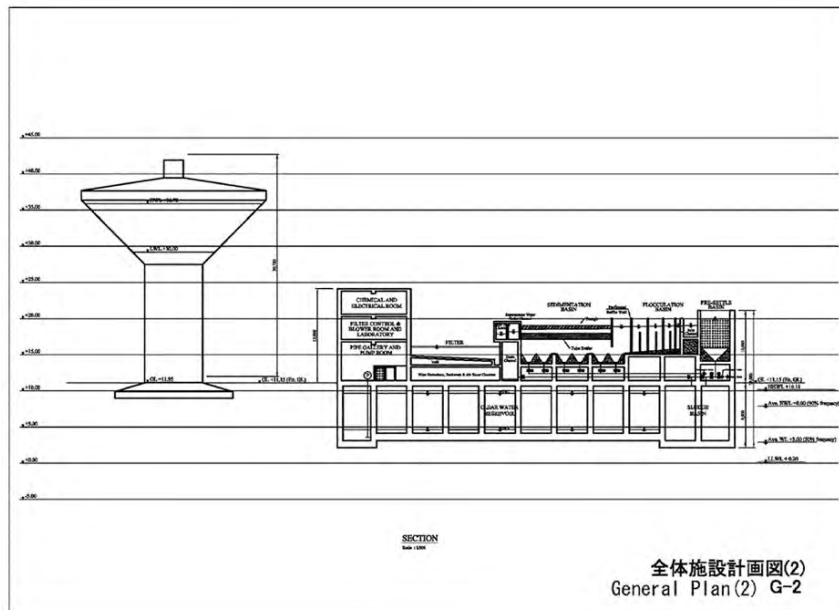


図 3-4.8 Ta Khmao 浄水場 処理プロセス

出典：JICA

3-4-3 取水・浄水施設に関する第三次マスタープラン（M/P2017）の評価

3-4-3-1 取水施設

第三次マスタープラン（M/P2017）では、既存の取水施設に特化した言及はされていないが、将来的な水源の候補を地理的条件や水質リスクの観点から評価している。

3-4-3-2 浄水施設

第三次マスタープラン（M/P2017）策定前の 2015 年と策定後 2018 年、2020 年の運転状況を浄水量、処理水水質の点から比較したが、浄水量の点からは、実際の水需要が浄水場計画水量を大きく上回ってしまったため、浄水場は計画浄水量を上回る過負荷運転を強いられている。一方、処理水水質はこのような運転状況にもかかわらず、原水濁度が高い雨季にも濁度 1 NTU を下回る良好な処理が行えている。

このような運転状況も、計画した浄水場建設を着実に進めてきたことが大きく寄与したものであり、今後とも引き続き浄水場建設が求められる。

3-5 送配水施設

3-5-1 送水施設

3-5-1-1 送水の整備方針

第三次マスタープラン（M/P2017）の送水管整備は、浄水場拡張に伴う供給水量の増加と既存配管の改善を目的に計画された。第三次マスタープラン（M/P2017）における送水管の整備方針を表 3-5.1 に示す。

表 3-5.1 送水管の整備の方針の概要

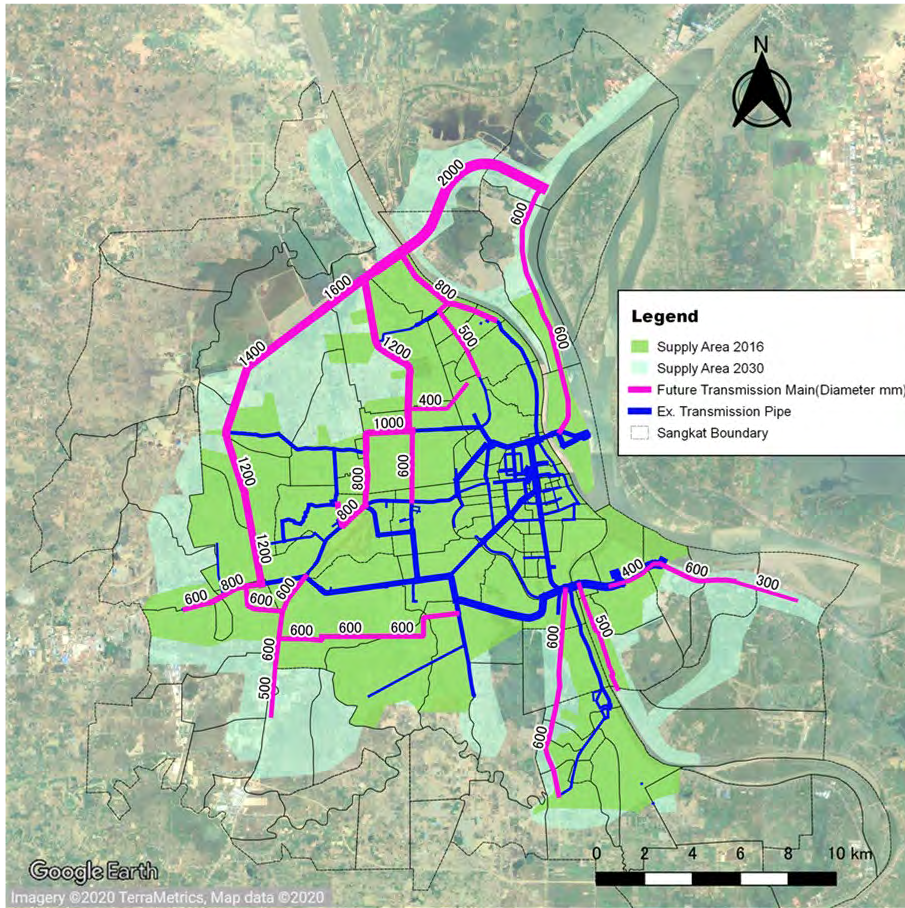
	概要
各浄水場の配水区域と配水圧	(Phase I) 既存の4つの浄水場からポンプ圧送による送配水を行い、各浄水場の配水区域を限定せず相互接続により配水圧を確保する。 (Phase II) Ta Khmao 浄水場の建設後、Ta Khmao city は浄水場を有する配水区域として独立する。首都プノンペンの配水は Phase I における相互接続を継続する。 (Phase III) Bakheng 浄水場の建設後は、既存の配管とループ化を図り、各浄水場の配水区域を限定せず相互接続により配水圧を確保する。
送水管のループ化	首都プノンペンの現況のシステムは南と東から北と西に送水しており、Bakkkheng 浄水場は北から南へ送水するため、環状配管にて既設管と接続し、送水管のループ化を図る。
配水区域のゾーニング	配水区域は、配水管理区画(District Metered Area、以下 DMA)にて管理することを基本原則とし、送水管は DMA の構築を配慮し、計画する。

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

上記の整備方針に基づく送水管の整備計画の概要を図 3-5.1 に示す。

第三次マスタープラン（M/P2017）では、2030年を目標年をとし、送水主管は既存送水管の113kmに加えて、図 3-5.1 に示す約106kmの整備が計画された。

PPWSAでは、送水管の口径400mm以上を送水主管(Primary Transmission)、口径250mm、300mm、350mmを送水枝管(Secondary Transmission)と定義している。送水枝管は約90km、年間布設延長に換算すると毎年約15kmの整備が計画された。



Diameter (mm)	Length (m)
400	5,800
500	10,300
600	44,200
800	10,400
1,000	2,600
1,200	13,800
1,400	6,700
1,600	2,300
1,800	1,700
2,000	7,900
Total	105,700

図 3-5.1 送水管の整備計画の概要

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

3-5-1-2 送水管の段階的整備

3-5-1-2-1 Phase 分け

第三次マスタープラン（M/P2017）では、送水管整備は、表 3-5.2 に示す各浄水場の整備計画に合わせた Phase 分けが実施された。Phase 分けは、首都プノンペンの急激な需要の伸びに施設整備も対応できるように、段階的な整備及び各段階での見直しを前提としたためである。

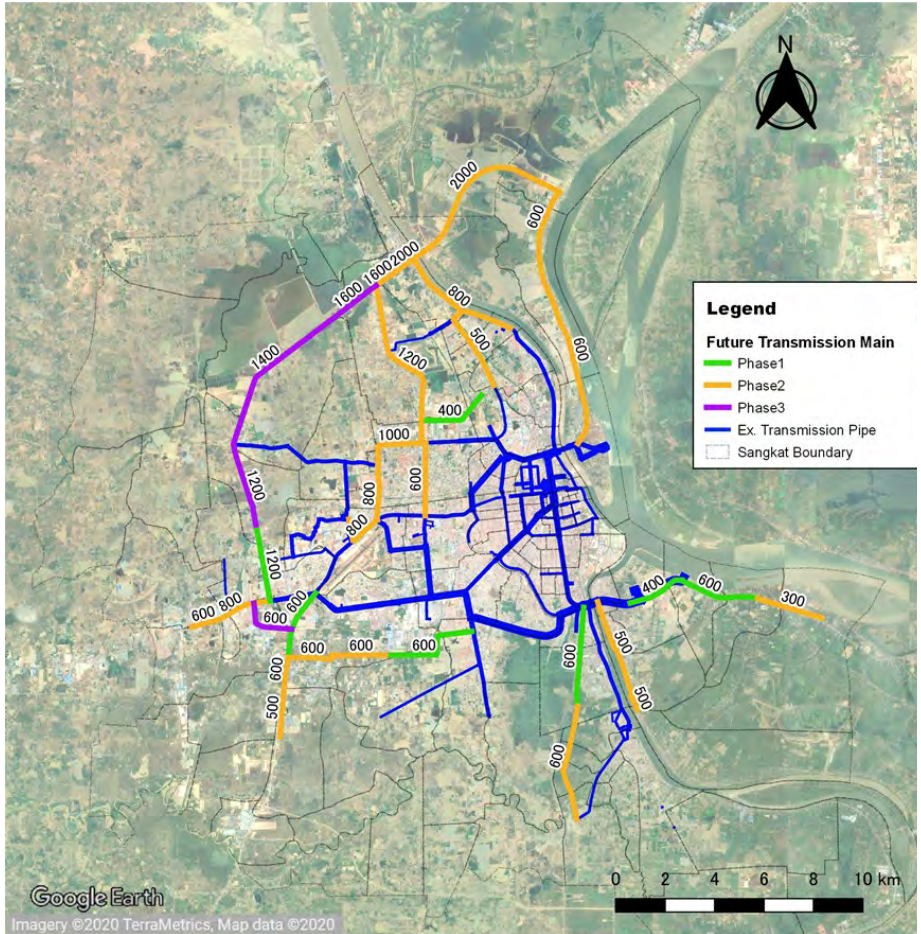
表 3-5.2 送水管の段階的整備に係る Phase 分け

Phase	WTP Expansion Project	
Phase I	Construction of Chamcar Mon WTP	(2017-2018)
Phase II	Construction of Bakheng I WTP	(2019-2022)
Phase III	Construction of Bakheng II WTP	(2023-2024)

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

3-5-1-2-2 送水管の段階的整備計画の概要

送水管の整備について、図 3-5.1 の整備内容を表 3-5.2 に示す Phase 分けに従い、段階的整備計画を作成している。送水管の段階的整備計画の概要を図 3-5.2 に示す。



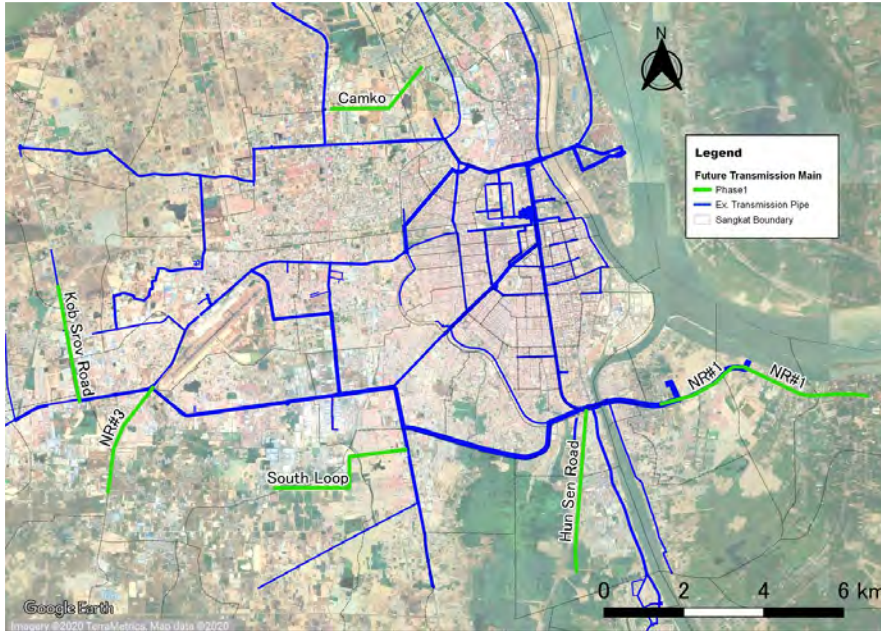
Primary Transmission Mains	
Phase I 2016-2018	20.9 km
Phase II 2019-2022	69.5 km
Phase III 2023-2024	15.2 km
Total	105.6 km
Secondary Transmission Mains	
Phase I	15 km of
Phase II	DN300 mm
Phase III	per year
Total	90 km

図 3-5.2 送水主管の段階的整備計画の概要

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

3-5-1-2-3 Phase 別整備内容

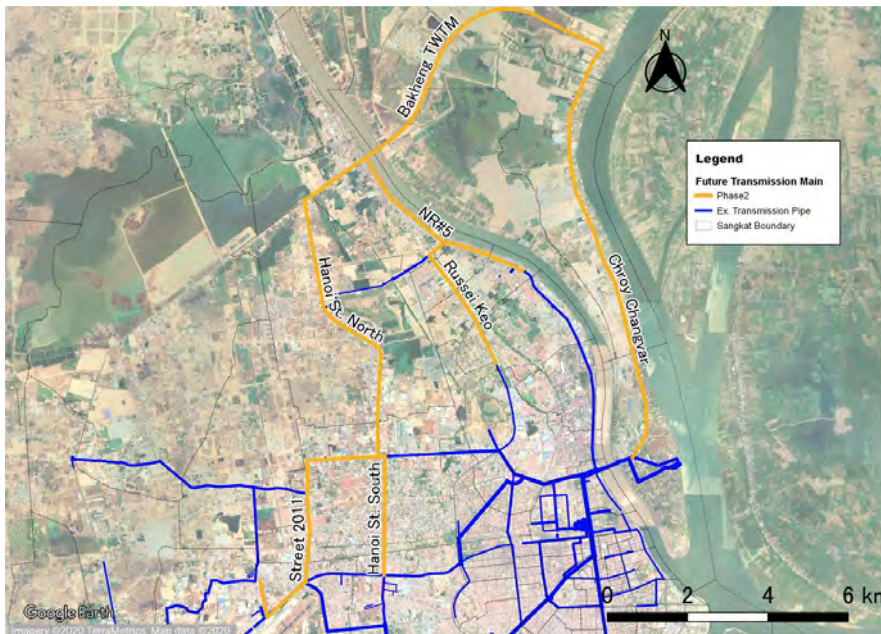
Phase 別の整備内容の詳細を図 3-5.3 から図 3-5.6 に示す。



Road	Dia-meter (mm)	Length (m)
Camko	400	1,300
Hun Sen	600	4,100
Kob Srov	1,200	2,900
NR1	600	3,200
NR1	400	2,500
NR3	800	1,200
NR3	600	1,800
South Loop Pipe	600	3,900
Total		20,900

図 3-5.3 送水管の整備内容 (Phase I)

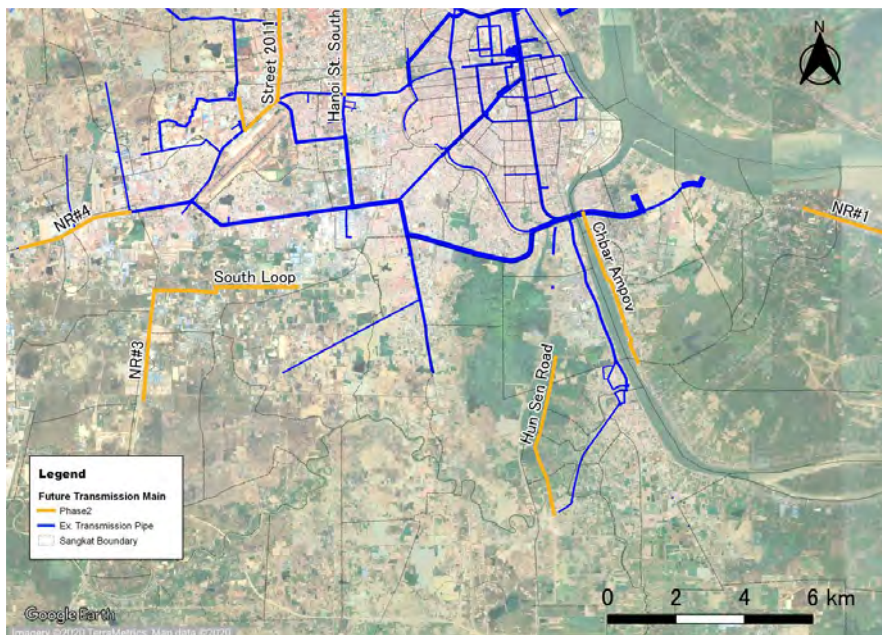
出典：第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成



Road	Dia-meter (mm)	Length (m)
Chroy Changvar	600	11,200
Chbar Ampov	500	4,700
St 2011	1,000	1,800
St 2011	800	800
St 2011	600	2,200
Hanoi St North	1,200	7,200
Hanoi St North	800	1,500
Hanoi St North	600	1,400
Hun Sen	600	4,800
Kob Srov	1,800	1,700
NR1	600	2,600

図 3-5.4 送水管の整備内容 (Phase II) (1)

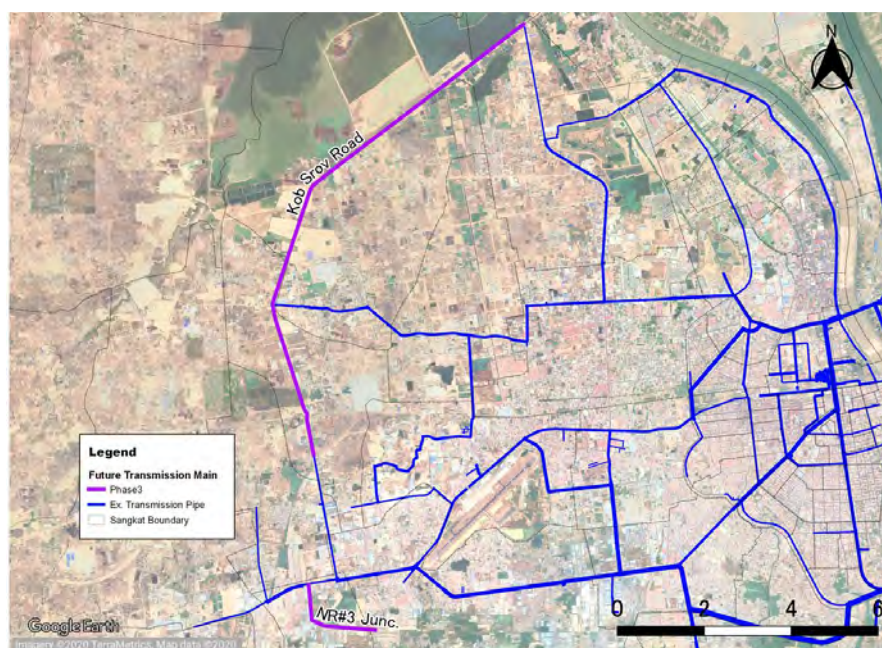
出典：第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成



Road	Dia-meter (mm)	Length (m)
NR3	500	2,000
NR3	400	1,300
NR4	1,000	800
NR4	600	2,700
NR5	800	3,000
NR5	600	1,900
Russei Keo	500	3,600
Russian Blvd	800	1,300
North airport	400	700
South Loop Pipe	600	4,400
TWTM Bakheng	2,000	7,900
Total		69,500

図 3-5.5 送水管の整備内容 (Phase II) (2)

出典：第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成



Road	Dia-meter (mm)	Length (m)
Kob Srov	1,600	2,300
Kob Srov	1,400	6,700
Kob Srov	1,200	3,700
NR3 Junction	800	2,500
Total		15,200

図 3-5.6 送水管の整備内容 (Phase III)

出典：第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成

3-5-1-3 配水区域の整備

3-5-1-3-1 各浄水場の全水頭

第三次マスタープラン（M/P2017）における Phase 別の各浄水場の全水頭を表 3-5.3 に示す。

表 3-5.3 各浄水場の全水頭

WTP	Total Head (m AMSL)			
	Current (2017)	Phase I (Construction of Chamcar Mon WTP (2017-2018))	Phase II (Construction of Bakheng I WTP (2019-2022))	Phase III (Construction of Bakheng II WTP (2023-2024))
Bakheng WTP	-	-	62	72
Nirodh WTP	56	60	61	62
Phum Prek WTP	56	56	58	53
Chroy Changvar WTP	61	61	61	56
Chamcar Mon WTP	50	57	58	53
Ta Khmao WTP	-	45	45	45

* m AMSL 海拔メートル (Metres above mean sea level)

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

第三次マスタープラン（M/P2017）では、浄水場における全水頭は表 3-5.1 に示す各 Phase の配水区域の方針に基づき、配水管末端圧 1 bar（100 kPa）以上を確保するために送水管末端圧を 3 bar が確保できるように管網計算を実施し、管網計算結果に基づき設定されたものである。

3-5-1-3-2 各浄水場の配水区域の再編

第三次マスタープラン（M/P2017）では、Phase III 以降に、Bakheng 浄水場から首都プノンペン西部へ適切な水圧を確保し、送水することを計画しており、浄水場の全水頭は、表 3-5.3 に示すように Nirodh 浄水場及び Bakheng 浄水場は他の浄水場と比較して高い。

しかしながら、送水システムの水圧均衡を保つために、Nirodh 浄水場と Bakheng 浄水場の送水管ネットワーク、Phum Prek 浄水場、Chamcar Mon 浄水場、Chroy Changvar 浄水場の送水管ネットワークを分け、配水区域を分けることが望ましい。このように、水圧に応じて各浄水場の配水区域を再編することでポンプのエネルギーの削減を図ることが可能となる。

配水区域の概要を図 3-5.7 及び表 3-5.4 に示す。

表 3-5.4 配水区域の概要

Area	The objectives
A central area supplied by Chroy Changvar, Phum Prek and Chamcar Mon WTPs	That will allow reducing the pumping head in the three central WTPs by at least 0,5 bar and therefore save energy. The boundary between both pressure floors can be adjusted according to the demand and production capacity in each area.
A peripheral area supplied only by Nirodh and Bakheng WTP	Supply to western and south area

出典：マスタープラン（2017年改訂版）を基に調査団作成

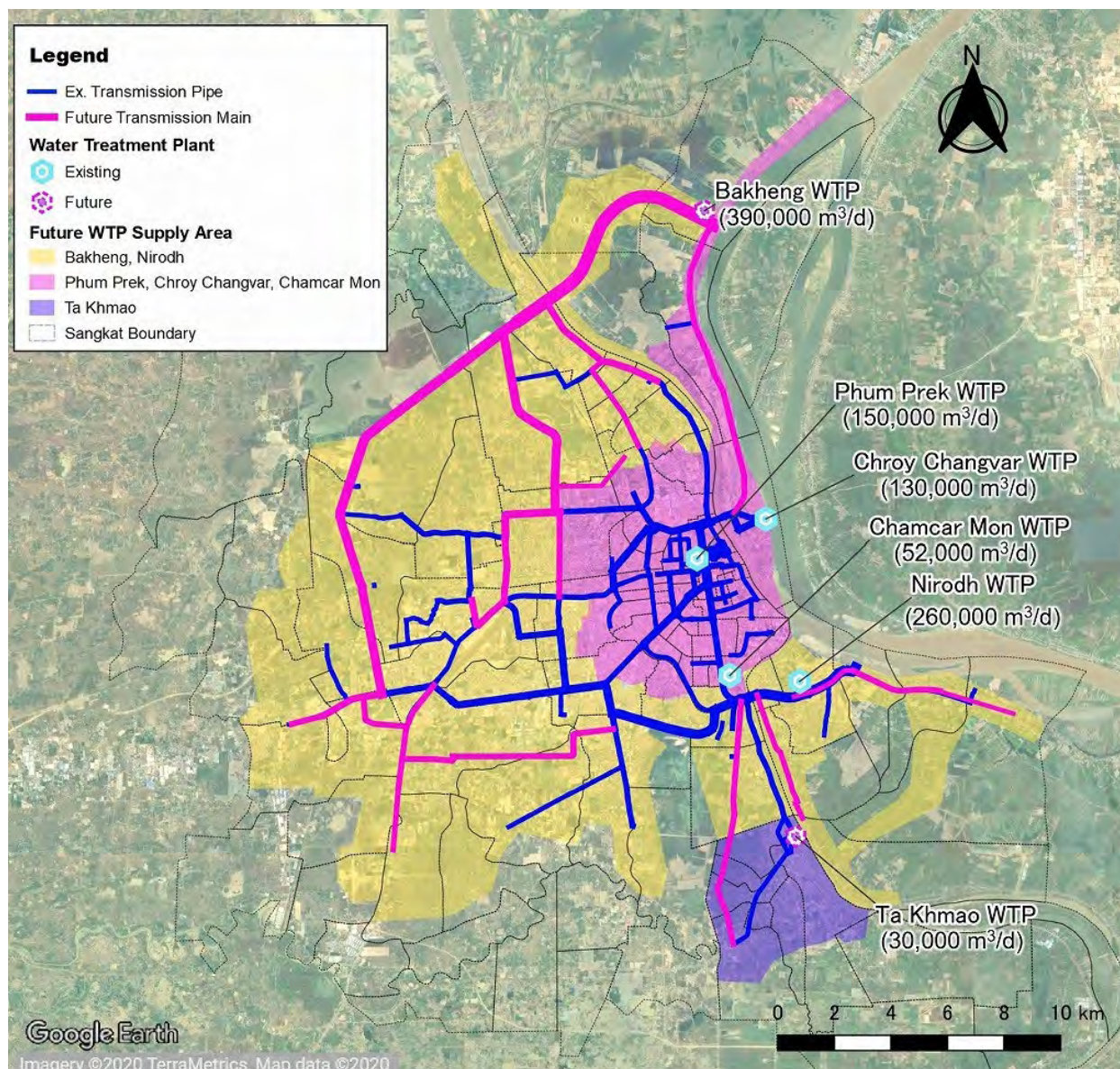


図 3-5.7 将来の各浄水場の配水区域

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

図 3-5.7 に示すように各浄水場の配水区域を再編すると、Phum Prek 浄水場、Chamcar Mon 浄水場、Chroy Changvar 浄水場の配水区域は、各浄水場の施設能力及び必要となる需要水量に応じて決定される。また、Nirodh 浄水場と Bakheng 浄水場の配水区域は、外環送水管（Outer Ring）を整備し、首都プノンペンの外環地域が配水区域となる。

3-5-1-3-3 最小水圧

第三次マスタープラン（M/P2017）における 2030 年の送水管の日平均水量時における水圧の分布を図 3-5.8 に示す。

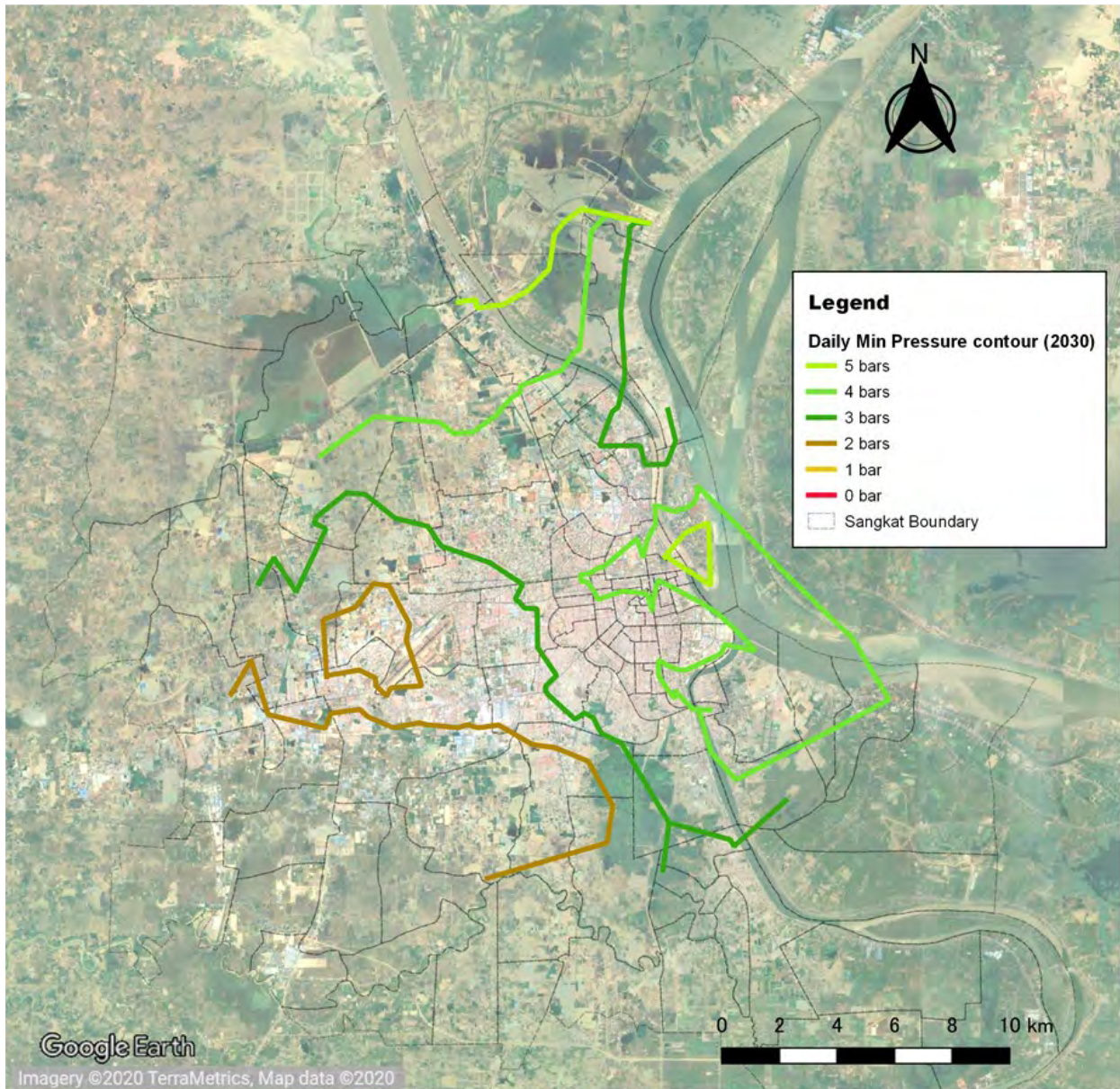


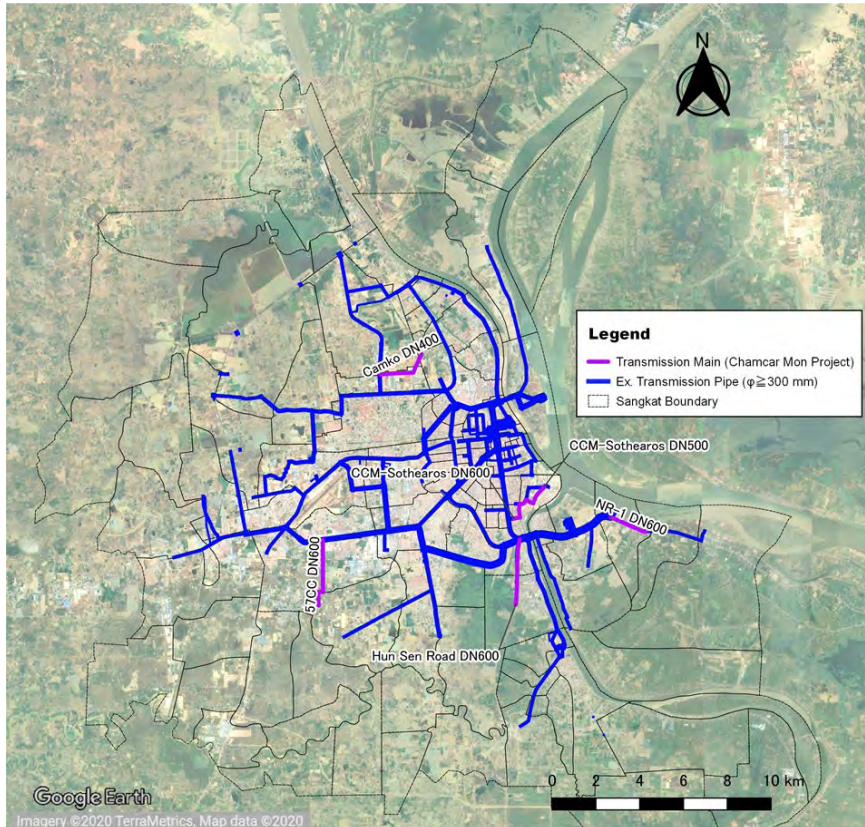
図 3-5.8 2030 年に想定される最小水圧の分布

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

水圧分布では、首都プノンペンの南西部（空港北部から国道 4 号線沿い）において 2 bar の水圧となる。水圧の不足は適切な口径や延長の送水管が不足しているためであり、これらの課題を解決するために、Bakheng 浄水場の建設完了までに送水計画の見直しが必要である。

3-5-1-4 マスタープランと現状の比較

第三次マスタープラン（M/P2017）では、首都プノンペンの急激な需要の伸びに施設整備も対応できるように、各段階において送水計画の見直しを実施することが計画されていた。そのため、Chamcar Mon 浄水場プロジェクト（Phase I）及び Bakheng 浄水場プロジェクト（Phase II）において、送水管計画の見直しが実施された。Chamcar Mon 浄水場プロジェクトで実施された送水管整備の概要を図 3-5.9 に示す。



Road	Dia-meter (mm)	Length (m)
CCM - Sothearos	500	1,000
Hun Sen Road (1/3)	600	3,000
57CC	600	3,230
NR1	600	1,745
Camko	400	2,450
Total of Transmission Mains of Chamcar Mon project		11,425

図 3-5.9 チャンカーモン浄水場プロジェクトにおける送水管整備の概要

出典：PPWSA のヒアリング及び Bakheng Water Supply Project Report を基に調査団作成

第三次マスタープラン（M/P2017）では、20.9 km の布設が計画されていたものの（図 3-5.3）、実際には Chamcar Mon 浄水場プロジェクト（Phase I）では、約 11.4 km の布設延長にとどまっている。

Bakheng 浄水場プロジェクト（Phase II）において、Chamcar Mon 浄水場プロジェクト（Phase I）からの繰り越し分及び全体の口径ごとの布設延長の見直しを実施した。

送水管計画見直しの概要を図 3-5.10 に、第三次マスタープラン（M/P2017）と Bakheng 浄水場プロジェクト（Phase II）における見直し結果を表 3-5.5 に示す。

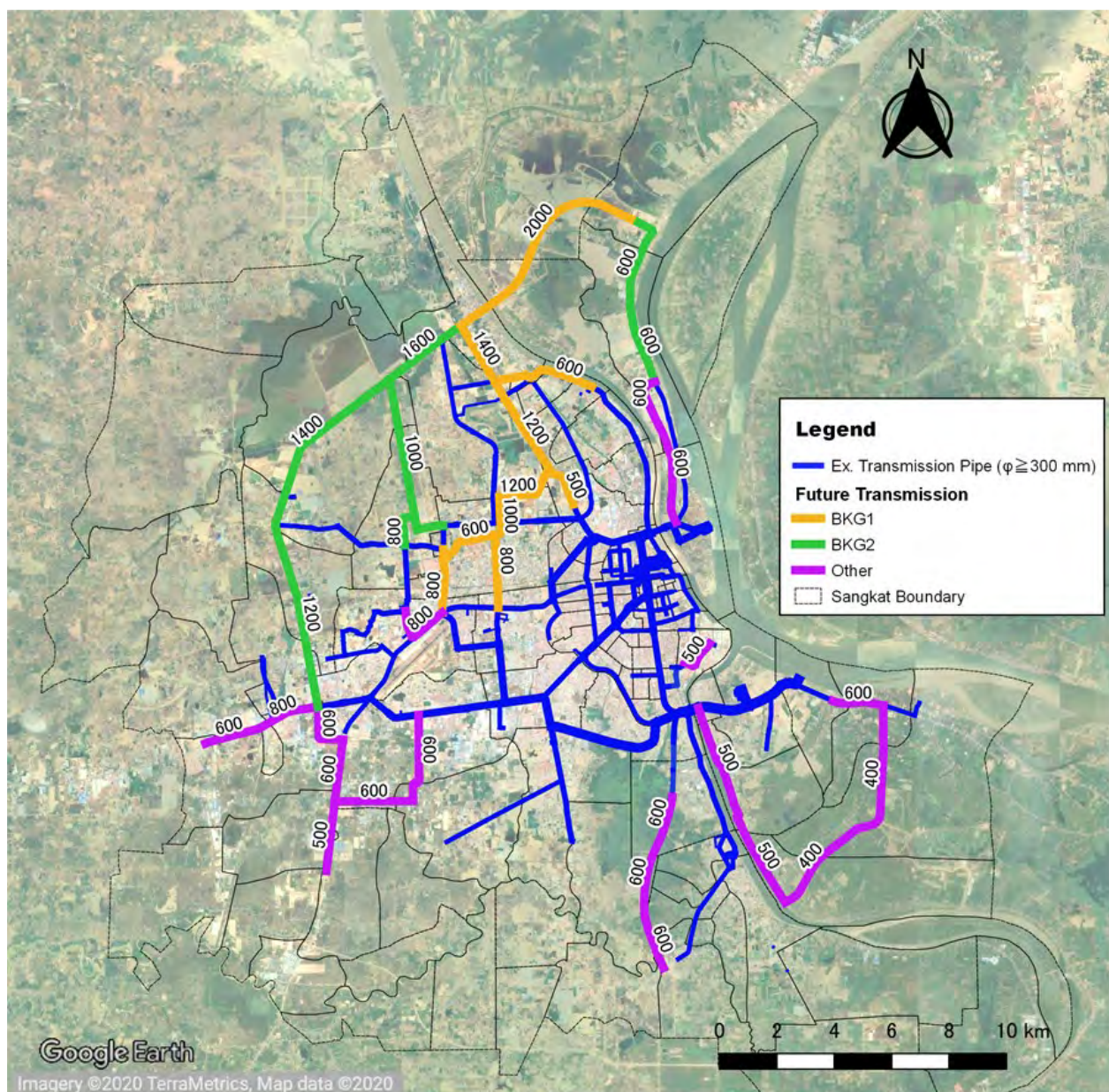


図 3-5.10 送水管の整備計画見直しの概要

* 凡例の整備計画のうち、BKG1 は Phase II プロジェクト、BKG2 は Phase III プロジェクト、other はその他プロジェクトによる実施を示す。

出典：Bakheng Water Supply Project Report

表 3-5.5 Bakheng 浄水場プロジェクトにおける送水管計画と第三次マスタープラン (M/P2017) の比較

Diameter (mm)	Third Master Plan Length (m)	Updated Plan (CCM+BKG) Length (m)	Difference Length (m) (Updated Plan - Third Master Plan)
400	5,800	10,900	5,100
500	10,300	16,210	5,910
600	44,200	42,385	-1,815
800	10,300	8,550	-1,750
1,000	2,600	6,410	3,810
1,200	13,800	12,380	-1,420
1,400	6,700	9,050	2,350
1,600	2,300	3,120	820

Diameter (mm)	Third Master Plan Length (m)	Updated Plan (CCM+BKG) Length (m)	Difference Length (m) (Updated Plan - Third Master Plan)
1,800	1,700	0	-1,700
2,000	7,900	8,800	900
Total	105,600	117,815	13,355

* Updated Plan は、Chamcar Mon 浄水場プロジェクト (Phase I) 及び Bakheng 浄水場プロジェクト (Phase II) にて実施された見直し計画

出典：Bakheng Water Supply Project Report

送水管の整備計画の見直しにより、第三次マスタープラン (M/P2017) で計画された布設延長の約 106 km に対して約 13 km の追加延長が必要となった。

3-5-2 配水施設

配水管整備は、都市の開発状況や未給水区域の給水接続の要望に応じて PPWSA により計画・施工及び管理することを前提としており、第三次マスタープラン (M/P2017) の計画内容には含まれていない。第三次マスタープラン (M/P2017) では、年間布設量、配水ネットワークの改善、DMA の構築について次の提言を行っている。

3-5-2-1 年間布設量

第三次マスタープラン (M/P2017) では、2016 年の 20,000 世帯の新規接続及び約 180 km の配水管布設を実施した実績から、**図 3-5.11** に示すように今後の年間布設量を提言している。

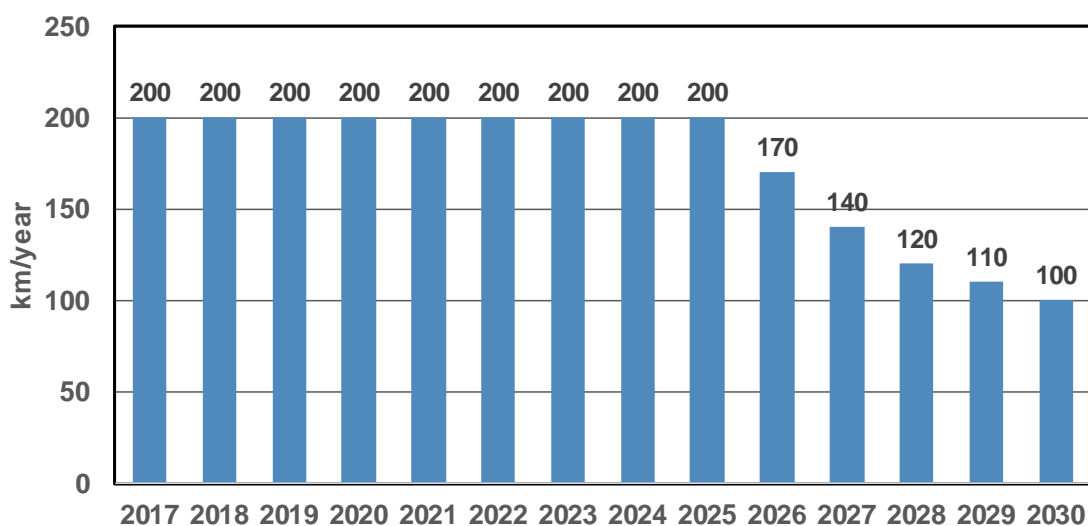


図 3-5.11 配水管の年間布設延長

出典：第三次マスタープラン (M/P2017) を基に調査団作成

3-5-2-2 配水ネットワーク改善

配水ネットワークは、**図 3-5.12** に示すように需要の必要に応じて枝状に配管を整備したため、環状にネットワークが機能していない箇所がある。そのため、配水管末端部での水圧の不足が生じており、第三次上水道マスタープランでは、2030年までの10年間で配水管末端部を改善し環状にメッシュ化する整備により水圧不足の改善を提言している。

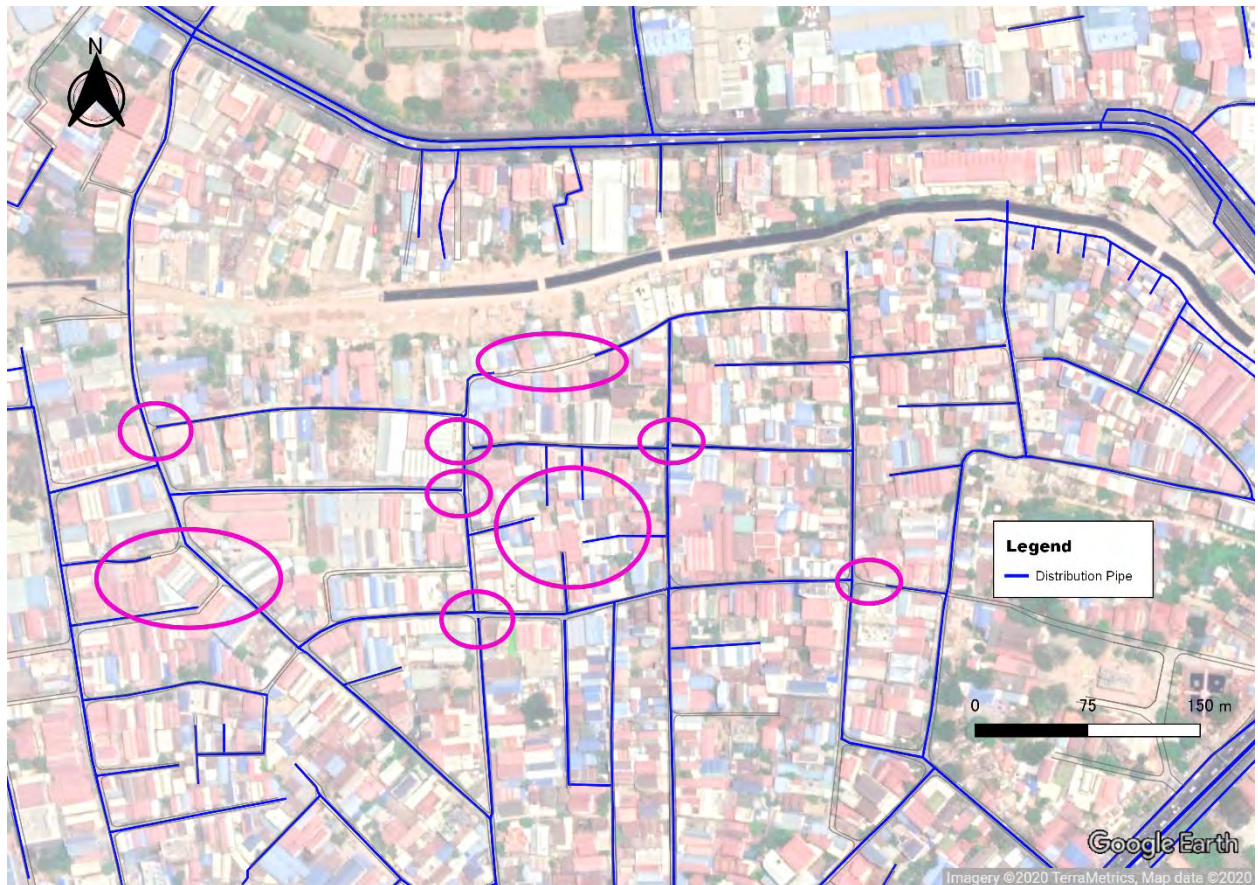


図 3-5.12 配水主管の整備方針

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

3-5-2-3 DMA の構築

第三次マスタープラン（M/P2017）では、2030 年における DMA は、既存の DMA を活かしつつ、建設プロジェクト、自然条件等を考慮しながら、173 箇所の DMA の構築を提言している。2030 年における DMA の概要を図 3-5.13 に示す。

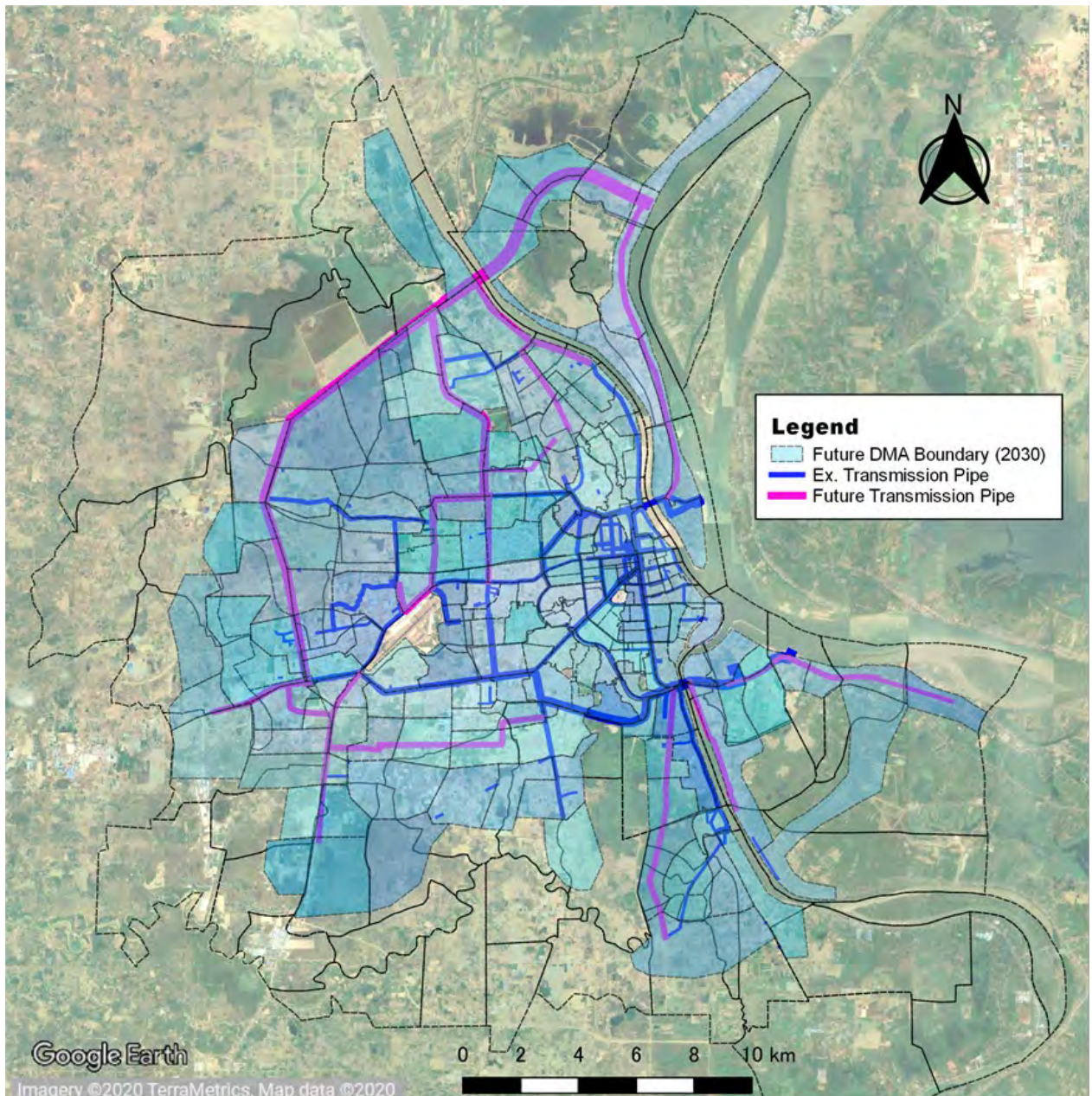


図 3-5.13 2030 年の DMA の概要

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

将来の DMA については、都市の開発状況や給水接続の要望に応じて適切な大きさで構築する必要があると提言している。

3-5-2-4 マスタープランと現状の比較

現状（2021年時点）の配水管整備は、都市の開発状況や給水接続の要望等に応じて整備を実施する計画であり、PPWSAの現状の配水管整備は、新設管及び更新管の布設延長として、年間200kmから250kmの配水管整備（2017年実績205km、2018年実績212km、2019年実績224km）を計画している。

また、DMAも同様に、都市の開発状況や給水接続の要望等に応じて構築しており、2017年以降（第三次マスタープラン（M/P2017））は、配水管やバルブの布設状況にあわせたDMA境界の調整を実施しているのみであり、Bakheng浄水場からの送水管の布設に合わせて、Khan Sensokh及びKhan Pou Sencheyに新たにDMAの構築を計画している。

3-5-3 送・配水施設に関する第三次マスタープラン（M/P2017）の評価

3-5-3-1 送水施設

第三次マスタープラン（M/P2017）の送水施設計画は、浄水場拡張に伴う供給水量の増加に対する送水管整備、既存送水配管のループ化による水圧の改善を送水管の整備の目的としている。首都プノンペンの開発状況や給水接続の要望が流動的であるため、第三次マスタープラン（M/P2017）で計画された整備内容は、Bakhengプロジェクトの詳細設計において、布設口径や布設ルート等、適宜見直しを実施され、計画の妥当性が検討されている。ただし、第三次マスタープラン（M/P2017）の送水施設計画の課題としてあげられているように、Bakhengプロジェクトの送水管の布設後においても、**図 3-5.8**に示すように西部（Khan Pou Senchey等）で水圧不足が想定されることから、今後の改善が必要となる。

3-5-3-2 配水施設

配水管整備は、第三次マスタープラン（M/P2017）では、都市の開発状況や未給水区域の給水接続の要望に応じてPPWSAにより計画・施工及び管理することを前提としており、第三次マスタープラン（M/P2017）の計画内容には含まれておらず、配水管整備方針の提言（年間布設量、配水ネットワークの改善、DMAの構築）のみであった。PPWSAは、配水管整備の計画や施工に関する十分な能力を有しており、2017年から第三次マスタープラン（M/P2017）の提言に基づき、配水管整備を実施している。

3-6 組織開発

3-6-1 組織外環境

第三次マスタープラン（M/P2017）では、PPWSA に大きな影響を与えうる外部要因を整理した。本調査では、第三次マスタープラン（M/P2017）での整理を踏襲し、課題を表 3-6.1 のように整理し、今後 PPWSA の運営・財務状況に影響する可能性のある要因を中心に分析を行った。

表 3-6.1 第三次マスタープラン（M/P2017）で確認された主な課題と現状

課題	第三次マスタープラン（M/P2017）で確認された PPWSA との関係と課題	本調査で確認すべき点
法的枠組みと PPWSA の独立性	(記載なし)	<ul style="list-style-type: none"> - 水道サービスや水道事業運営について、最近大きな法的枠組みの変更は認められない。 - PPWSA は政治的に過度な干渉は受けず、独立性を保持しているとみられる。株主、理事会の構造・メンバーに変更はなく、水量料金も予定通り 2 度改定された。
PPWSA の国内における役割	全国の水道の改善に PPWSA の知見を活かす方法	<ul style="list-style-type: none"> - PPWSA は地方水道局を対象に現地での技術研修コースを実施している。また「知識共有」として、大学生対象のプログラムも実施。 - PPWSA 等の知見を民間水道事業者を含む全国の水道事業体に広げていくための研修センターの設立が MISTI 主導で検討中。 - 地方水道の運営が PPWSA に移譲された。 - PPWSA の一部門である上下水支部として、地方水道のプロジェクトの実施支援を展開。建設工事請負だけでなく、コンサルタントとして調査、設計、入札図書作成へと拡大。
下水・衛生	PPWSA が最終的に下水排水処理分野に取り込まれる可能性。計画の強化や他の関係者との連携がより必要となる	<ul style="list-style-type: none"> - 大きな変更なし。 - 水道と衛生に関する法率は採択されていない。 - 水道と衛生の所管省庁が別である。
民営化(コンセッションなど)	PPWSA が部分的な民営化/民間セクター参加(PSP)に関与する可能性。	<ul style="list-style-type: none"> - PSP はこれまでの間実施されていない。 - 現在、PPWSA で事業権無償による浄水場の拡張・維持管理プロジェクトの調査が実施中。

出典：調査団作成

3-6-2 組織開発計画

第三次マスタープラン（M/P2017）では、PPWSA の組織能力を分析し、PPWSA が「適切に組織化され」、「すでに国際水準で運営されている」とした上で、PPWSA のサービスが数年内に 2 倍に拡大すると予測される中で、業績を維持・改善するためのロードマップとして下の 10 の主要な対策を提案した。

1. 水道料金
2. 人事・人材方針
3. 技術部
4. 支部
5. 検針
6. 水質管理
7. 維持管理
8. 機材更新管理

9. 配水運用とエネルギー効率
10. 脆弱性&緊急対応

上記の 10 項目の対策について、提言内容、及び現在までの進捗の概要を表 3-6.2 に示す。各項目の現状と課題の分析を第 9 章に、人材育成に関しては第 10 章に記載する。

表 3-6.2 第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗			
1. 水道料金			
[目的]	水道料金の引き上げによって、十分な収益性を維持し、プロジェクトの実施に必要な資金を確保する一方で、貧困層顧客が利用できる水道料金を維持する		
[全体進捗]	2017 年と 2020 年に料金を改定 特に商業用で平均水道料金の上昇に効果 収入増に大きく貢献しているものの、ターゲットとしていた水準まで平均料金が上がっていない		
[レビュー]	料金改定の必要性は非常に高く、提言の内容は妥当である。PPWSA でも必要性が認識され、施策が実施されている。		
[各項目進捗]	活動	現状・進捗	
	Phase I (2016-2018)		
	平均料金を 1,500 KHR/m ³ 程度に引き上げるための料金計算方法を変更する(できるだけ早期に)	料金算定方法の変更は認められなかった	
	詳細な顧客調査と水道料金の調査を実施する	未実施 料金の検討は、Chamkar Mon と Bakheng プロジェクトの財務予測に基づいて行われた	
	2025 年時点での水道料金の望ましい目標を定める	前項の水道料金調査を通じて完了 3 年から 5 年ごとなど随時見直される予定 本調査でも料金のレビューを含む	
	事前に料金値上のスケジュール、理由を周知し、世論に備える	実施 値上実施前に TV、新聞 Facebook や他メディアを通じて、情報公開した	
	Phase II (2018-2022)		
	定められた目標水準に合わせ料金を上げる	2017 年と 2020 年に改定。目標平均料金は 1,700 KHR/m ³ であったが、実際は家庭用で 1,052 KHR/m ³ 、商業用で 1,743 KHR/m ³ (2020 年実績) となった。理由は感染症の影響で、需要量が想定よりも低かったことである	
追加の料金値上の必要性を予想するシミュレーションモデルを使用する	未実施 特別なソフトウェアは用いず、エクセルを利用		
2. 人材方針			
[目的]	5 つの柱に基づいた包括的な人材方針を定めること 適正な人材の発掘、採用、研修、動機付け、年代の入れ替え		
[全体進捗]	若手技術職の離職対策が改善された 将来の幹部候補・コア人材の育成、次世代への技術・知見の継承に課題。		
[提言の評価]	人材方針の強化の必要性は比重が高く、様々な対策が示されたことは PPWSA にとって有益である。対策の中には、PPWSA の実態に即してないため、現在までの間に実施が不要と判断されるものがある。		
[各項目進捗]	活動	現状・進捗	
	Phase I (2016-2018)		
	発掘	優秀な学生を発掘するため、大学(カンボジア工科大学: Institute of Technology of Cambodi 等)との戦略的パートナーシップを構築する	未実施
		可能性のある学生の発掘と、部門責任者からのニーズを調整する(必要なスキルを含む年間採用計画の策定)	継続実施 採用数は年間計画で規定
	採用に値する学生を見極めるために、(単なる観察ではなく)指名された監督者	実施済	

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗			
		の下で明確な業務を行うインターンシップ提供を強化する	
採用		新卒者にとって PPWSA をより魅力的なものにする(初任給の改善)	実施済
		新卒者を惹きつけるための適切な職務記述書の作成と実施	採用は複数の職員を同時採用して割り当てるため、職務記述書を志願者に示すことは難しく、未実施
		標準的なオリエンテーションを定めることで、新入職員の職場への統合を促進する(例: 人事・IT を含む持ち回り紹介、全部門の訪問、メンターの任命、四半期ごとの新人セミナーなど)	継続的に実施
研修		職員カテゴリーごとに、研修人日数の目標(社内、国内、海外)、予算を定める	実施済
		研修に当てる予算を大幅に増やす(10倍)	内部研修が多く費用がかからないため、現時点で対応不要
		研修ニーズ評価の概念について各部門長を研修する	未実施
		社内研修の標準的なカタログの作成	実施済
		外部(特に海外)の研修機関との戦略的パートナーシップの検討と準備(例: IWA)	継続実施
意欲づけ		報酬制度(賞与/ペナルティ)の強化	実施済
		ハイレベル人材の初期給与の引き上げ(「採用」参照)	技術職新卒を対象に実施済
		経験豊富な上級スタッフの給与を大幅に増額し、より良い視点の提供を計画する	上級スタッフはモチベーションが高く、離職も課題となっていないため対応不要。
入れ替え		今後 10 年から 15 年の間に退職する予定の幹部職員のバックアップ計画を正式に策定する	正式な策定は未実施
Phase II (2018-2022)			
発掘		水管理に関連する特別コースやプログラムを設立し、PPWSA 職員を講師として派遣することで、研修教育機関との協力関係を強化する。(例: ITC は現在、海外の大学と提携して「水」プログラムを立ち上げようとしている)	未実施
採用		技術系大学の卒業生を対象とした「新卒」プログラムを実施し、1~2 年の間、様々な職種(工事、浄水、メンテナンス、エンジニアリングなど)で働いた後、本格業務に配置する。	未実施
研修		各部門における年 1 回の体系的な研修ニーズ評価の実施(短・長期)	継続的に実施中
		職種ごとに、体系的に構成された一連の研修を用意する	未実施
		e-learning の開発	未実施
		認定コース(修士号、MBA)による研修の開発	実施中
		研修実施後の評価を体系化し、それに応じて研修方針を調整する	実施中
動機づけ		ハイレベル職員の給与改善	実施済
		職員の年次業績評価の開発	実施済
		職員のスキルアップを記録し、その過程(グレード、職位、給与)を研修の成果と業績評価に結びつける	実施済
入れ替		将来の幹部候補生を対象とした研修の強	実施中

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗			
	え	化、特に認定コースの設置	
		職務の委任を促進し、組織的に段階的な責任の移転を進める	未実施
	Phase III (2022-2030)		
	研修	他の水道事業体との交流プログラムを設定し、職員が数週間から数カ月間、他の場所で現場を見学できるようにする	未実施
		定年退職したシニア職員の経験を生かして、特別研修のコンサルタントとして雇用し、知識の継承を図る	準備中
	動機づけ	ハイレベル職員の給与を民間企業に合わせる	実施済
入れ替え	退職する職員の補充	実施済	
3. Engineering Office の設置と Technical Departments の再編			
[目的]	技術に関連する計画・プロジェクト部と浄水配水部の2つの部の協業を深め、2部門にまたがる技術について、統括する部署と責任を明確にすること		
[全体進捗]	計画・プロジェクト部の下に水運用課が新設済		
[提言の評価]	提案された領域の強化の必要性は高い。施設や業務が拡大、複雑化が進むに応じて、継続的に最適な組織体制を検討していく必要がある。		
[各項目進捗]	活動		現状・進捗
	Phase I (2016-2018)		
	将来の組織を決定し、変更に向けて適切な措置を講じる(特に将来の Standard Operating Procedures 以下「SOP」、手順、職員の任命)		実施済 第三次マスタープラン(M/P2017)で提言された業務に沿って整理
	新組織に移行するまでの間、遠隔監視システム(水損失監視)の使用とメンテナンスに関する一時的な SOP の作成		実施済
	独立した GIS 室の設立と SOP の運用強化		実施済
	新設されるエンジニアリング部門の人事面でのニーズを把握し、採用を開始する		今後の職員配置も含め継続実施
	Phase II (2018-2022)		
	新しい組織を手順に沿って完全に設立する		実施済
	プロジェクトの検証のために水理モデルを体系的に使用する		多機能システム「WaterGems」を調達中。水理モデルを用いて需要に基づいた設計、モニタリングなどの機能を持つ。これら機能の研修もパッケージ
	送配水網の性能評価と、既存の管網改善のための水理モデルの利用		同上
「技術インテリジェンス」とイノベーションを担当するチームや職員を任命し、市場にある、または他の事業体で採用されているツールや技術について情報収集し、PPWSA への適用を検証する		検討中。本調査で検討	
4. 本部の顧客サービス関連部署の業務・人員の支所への移管			
[目的]	サービス地域が拡大する中で、職員の効率性と顧客サービスの向上を推進する		
[全体進捗]	営業系:Khan Chbar Ampov を含む 6 か所の支所への業務移管が完了 対象業務は検針・料金徴収、顧客サービス今後、メーター管理も検討。Bakheng 浄水場完成後は Khan Por Sen Chey 及び Khan Dangkao に支所設置を検討		
[提言の評価]	サービス地域の拡大が加速する中で、提案内容は妥当であり、顧客サービスの向上の面からも重要。		
[各項目進捗]	活動		現状・進捗
	Phase I (2016-2018)		
	今後、業務移管するサービスを検討し、移管のためのロードマップを準備する		完了
	設備やインフラの準備と手順を定める		実施済
	支所長の決定と育成		SOP に基づいて実施済
	本部及び将来の支所からの距離に基づいた職員再編成の準備		実施済

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗		
	作業チーム(維持管理、建設)のための施設を設置し、現地拠点として利用開始する	実施済
	Phase II (2018-2022)	
	チームと業務責任の移譲により、業務移管を段階的に実行する	
	1. 料金回収と収入課	実施済
	2. 全ての顧客サービス業務	実施済
	3. 給水接続チーム	未実施。経験のある職員数が限られていること、また在庫を多く抱えないため。
	4. 配水管メンテナンス・漏水探知チーム	実施済
5. 検針		
[目的]	一連の検針業務を効率化し、特に大規模顧客において、検針の信頼性を向上する	
[全体進捗]	2017年5月に全検針員に Handy terminal を装備完了 検針等のエラーが減少し、回収サイクルを短縮できた。検針員数の削減や、期日内支払いの増加にもつながっている 大規模顧客に対しては電磁流量計を設置し、毎月検診に切り替え完了 自動検針の試行中	
[提言の評価]	人件費の削減、エラー削減の観点からも即時に大きなインパクトが期待できる提言であり、PPWSA の優先順位も高い。	
[各項目進捗]	活動	現状・進捗
	Phase I (2016-2018)	
	検針員に Handy terminal を装備	2017年5月に完了
	データ検証ソフトの定義、調達、導入	実施完了、SOP を策定済
	戦略的顧客を対象に毎月検針への切り替え	実施済
	Phase II (2018-2022)	
	戦略的顧客への自動検針(AMR)の導入	一部の顧客を対象にテスト運用中
	全ての戦略顧客を毎月検針に切り替え	実施済
6. 水質モニタリングの強化		
[目的]	水質モニタリングの手法と体制を見直し、分析結果を利用して処理水質を改善するとともに原水水質の変化を予想する	
[全体進捗]	モニタリング項目・頻度に変更なし。2020年5項目で ISO17025 認証(試験所・校正機関の能力) 分析機器の校正・予防保全、年1回の国外でのサンプル分析を開始	
[提言の評価]	能力強化の必要性は非常に高く、中長期的な取り組みが必要。様々な対策が示されているものの、組織横断的、あるいは上層部のイニシアティブが必要な対策の道筋が見えにくい。	
[各項目進捗]	活動	現状・進捗
	Phase I (2016-2018)	
	厳格な水質基準の設定	未実施。現状は、国及び WHO の基準に沿っており不要と考える
	すべての分析手順を見直し、その内容が正しく、PPWSA の目的に合致していることを確認する (ISO17025 認証の準備がこのプロセスに有益)	水質分析の5項目で ISO17025 認証を取得。データ管理、品質管理についてマニュアル・SOP で策定
	現在測定されていない分析項目のモニタリングを開始	未実施。測定項目を増やすことを検討。2018年からは毎年、浄水場処理水のサンプルを160項目についてシンガポールで分析している
	原水が汚染された場合に従うべき緊急手順を定め、その実施について職員を訓練する	未実施。異常時の対応を検討済であるが、文書化されていない
	すべての機器の適切な維持管理と構成を確実にを行うための手順を作成し、担当職員を定める	分析機材は、香港・ベトナムに送り、順次校正を進めており、2022年に完了予定 また、機電課と共同でラボ機材の維持管理チームを新たに立ち上げ、メンテナンス項目やスケジュール等を定めた
	水質の理解を深めるため、配水地域内の水質分析の結果を GIS に含める	浄水量・配水量管理に使用しているソフトで、将来的には残留塩素もモニタリング予定
	Phase II (2018-2022)	
	ラボ職員が、批判的な視点で分析を行い、品質の変化を予測できるように水質の専門家として強化する	未実施。通常業務が多忙で、職員数を増やす必要がある。能力を高めるためには、上層部や外部

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗		
		からの支援が必要
	(浄水場、また配水地域で) 処理水質が基準に適合しない場合に実施する厳格な手順を準備し、実施する	未実施 水質悪化した場合でも、現状は水不足のため浄水システムの停止など、浄水量減少につながる措置をとることは難しい
	水道施設の重要地点における塩素濃度の継続的なモニタリングの実施	検討中 今後、配水網の水質が悪化する地点(10 か所以上)で、定期的に水質検査をする予定 現在、DMA 入口では流量と水圧を測定しているが、残塩・濁度・pH、電気伝導度を含めることを検討
	高度な生物分析を行う能力の開発	藻類の問題は、現在は Phum Prek で雨季の一部時期だけ起こる。能力向上が必要であるが、外部からの支援が必要
	ラボ情報管理システム(LIMS)を導入し、全ての浄水場ラボから中央管理システムに接続する	計画中。浄水場及び配水網内でのモニタリングが全て監視制御装置(以下、「SCADA」)でできるようになる想定
Phase III (2022-2030)		
	定期的な河川堆積物分析の実施	MOWRAM の担当業務。将来的には必要と考えるが、実際は河川局とデータの相互融通できることがのぞましい
	飲料水の品質に関する ISO22000 認証の申請	未実施。水安全計画を実施している
	実験室管理に関する ISO17025 認証の申請	2020 年 12 月 Nirodh のラボで 5 項目が認証獲得。今後は対象の分析項目を増やすと同時に、他ラボへの認証も進める予定
7. 維持管理の体系化		
[目的]	手順とツールを改善し、監査室を設置することで、維持管理が確実に実施されるような態勢を整える	
[全体進捗]	組織上は変更なし Inspection Office が各職場での SOP の順守度をモニタリングしている 維持管理体制には、ほとんど変更なし	
[提言の評価]	施設拡張が続く PPWSA において、維持管理の重要性を明確にした重要な提案であるが、PPWSA 内で優先度が共有されていない。	
[各項目進捗]	活動	現状・進捗
	Phase I (2016-2018)	
	浄水配水部内にメンテナンス監査室を設置する。この部署の役割は、各浄水場及び送配水網上の機器の状態を四半期ごとに検査し、併せて維持管理スケジュールの遵守状況を確認すること	変更なし。全部署を対象に、Inspection Office が、業務上 SOP が遵守されているか確認検査を定期的実施している
	浄水場の清掃について、より厳格な手順を導入する	変更なし
	定期的(2年に1度)に浄水池/配水池の清掃を実施し、分析のために沈殿物を水質検査室に送る	未実施(現在は不要と判断)
	自動化及び計測機器のメンテナンスのため職員を教育し、配置する	未実施
	不具合のある機器に対するゼロ・トレランスの厳格な方針を実施する(事後保全)	未実施
	メーカーの推奨事項に基づき、すべての機器のメンテナンス・スケジュールを改訂する(予防保全)	未実施
	全てのメンテナンス作業を追跡できるよう維持管理記録簿を作成する	未実施
	バルブ操作と管内洗浄のプログラムを定める 実施のための職員を配置する(予防保全)	呼び径 50mm から 250mm の配水管の実施 送水管の実施も検討する
	Phase II (2018-2022)	
	機器の重要度分析の調査結果に基づいて、メンテナンススケジュールを修正する	SOP に基づいて実施 SOP は毎年見直しされている
	ポンプの効率を測定するため電気技術者を訓練する。定期的な測定を実施する(各ポンプについて少な	必要性を認識しているものの未実施

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗		
	くとも2年に1度)	
	機器のメンテナンス状況を追跡し、必要なアクションについてのリマインダーを出す Computerized Maintenance Management Software (CMMS)を導入する	未実施 今後、SCADA システムに統合することを検討
	CMMS を使用して、重要な機器の性能と稼働率に関する重要業績評価指標 (KPI) を算定し、メンテナンス監査室で活用可能とする	未実施
	資産管理システムに関する ISO55001 認証の申請	未実施
8. 機材更新管理		
[目的]	埋設管の体系的なデータ収集を行うことで、配水管の更新の際に必要な十分なデータを蓄積する	
[全体進捗]	資産管理システムに、漏水地点、メーターやパイプの情報、移設の情報を集約。漏水修理の際、修理記録に合わせて埋設管の腐食等の状況を観察し記録を開始	
[提言の評価]	送配水管の情報管理は、無収水管理の観点からも重要性が高く、PPWSA でも認識されているものの、管材データ蓄積等は必要性と実現性が低いと評価される。	
[各項目進捗]	活動	現状・進捗
	Phase I (2016-2018)	
	管切断の際、管内部の体系的な評価を実施	実施 2016年、資産管理のソフト KIS を運用開始、漏水修理記録、メーターやバルブの情報、配管の移設情報を含む
	管の掘削の際、管厚の体系的な非破壊分析を実施する	未実施
	Phase II (2018-2022)	
	HDPE のサンプル分析のための実験施設を設置する	未実施 不要と判断した
	漏水修理時、HDPE の実験室分析のための体系的なサンプリングを実施	未実施
	ダクタイル鋳鉄管の体系的な腐食分析を実施	未実施
9. 配水運用とエネルギー効率		
[目的]	浄水量及び配水量をリアルタイムで管理する中央水運用室を設置し、送水量を最適化することで省エネルギーを実現する	
[全体進捗]	各浄水場は SCADA で運転されており、その状況をオンラインで相互に確認することができる。しかし各浄水場からの送配水系統が区切られていないため、浄水場からの送水量の制御だけで水運用を調整することは難しい状況 Bakheng プロジェクトで全体の SCADA の統合が検討されている	
[提言の評価]	M/P が策定された時点よりも、今後、複数の浄水場が運用されるタイミングで重要になる。M/P で前もって提言が示されたことで、適時に対応が実施されている。	
[各項目進捗]	活動	現状・進捗
	Phase I (2016-2018)	
	電磁電極を使用し、送水管上にリアルタイム測定点(流量と水圧)を追加する。この情報を既存の中央管理システムに接続する	未実施 流量と水圧は浄水場出口と高架水槽で継続的にモニタリングしている。全ての DMA 入り口でも毎分モニタリングし、本部に毎日伝送している
	本部で計画されている新ビルの設計に、将来の Control & Dispatch Office(水運用管理室)の要件を含め、それに合わせて IT インフラを準備する	不要
	水運用業務に従事する職員の募集・育成開始(主に外部研修)	実施済 時折、若手職員に専門研修が実施されている
	Phase II (2018-2022)	
	Bakheng Phase I 浄水場の完成後に水運用管理ユニットを作る	未実施(実施予定)
	ポンプ運用管理のための最適化ツールの導入に関する F/S の実施	未実施だが、本調査にて検討
	Phase III (2022-2030)	
	ポンプ運用管理にリアルタイムの最適化ツールを導入	未実施

第三次マスタープラン (M/P2017) で示された対応策・目的・活動と各進捗		
	入する(省エネが可能であれば)	Bakheng プロジェクト完了後
10. 脆弱性と緊急対応の強化		
[目的]	内外の課題に対する脆弱性を緩和するため、危機シナリオを検討し、危機管理手順を明確にすること	
[全体進捗]	担当部署が定まっておらず、未実施	
[提言の評価]	都市が発展するにつれ、水道サービス継続への期待は高くなるため、段階的に緊急対応を強化することは非常に重要。COVID-19 拡大下でその必要性が改めて認識された。	
[各項目進捗]	活動	現状・進捗
	Phase I (2016-2018)	塩素事故や大型漏水などの一部業務について、SOP で緊急時対応が定められているものの、組織全体の緊急対応は、担当部署が定まっておらず、未実施。
	脆弱性調査を実施し、危機シナリオを定め、危機管理のための手順を準備する	
	Phase II (2018-2022)	
	危機管理のための手順の実施	
	定期的な研修と危機シミュレーション演習の実施	
	Phase III (2022-2030)	
危機管理のための本格的な設備 (situation room: 危機管理室) の導入		
24 時間 365 日の緊急オンコールサービスの導入		

出典：調査団作成

第4章 水需要予測

4-1 人口データと水道料金データ

4-1-1 人口データ

4-1-1-1 人口関連データ

収集した人口データのリスト及び概要を表 4-1.1 に、人口データ(予測含む)を図 4-1.1 に示す。

表 4-1.1 人口データのリスト及び概要

Item	Publisher	Year	Description
Census	NIS	2008, 2019	Available in Sangkat level only in 2019
CDB	NIS	2010-2017	Available in Sangkat level. CDB includes only permanent residence.
Population projection	DoP Phnom Penh	2020	Population projection based on GPCC 2019
	United Nations	2019	World Urbanization Prospects - United Nations population estimates and projections of major Urban Agglomerations
		2014	Ditto Utilized in “World Bank, Urban development in Phnom Penh (Dec. 2017)”
	JICA	2014	Studied in “The Project For Comprehensive Urban Transport Plan In Phnom Penh Capital City”

*National Institute of Statistics (NIS)、DoP Phnom Penh、Commune data base (CDB)、General Population Census of Cambodia 2019 (GPCC 2019)

出典：調査団作成

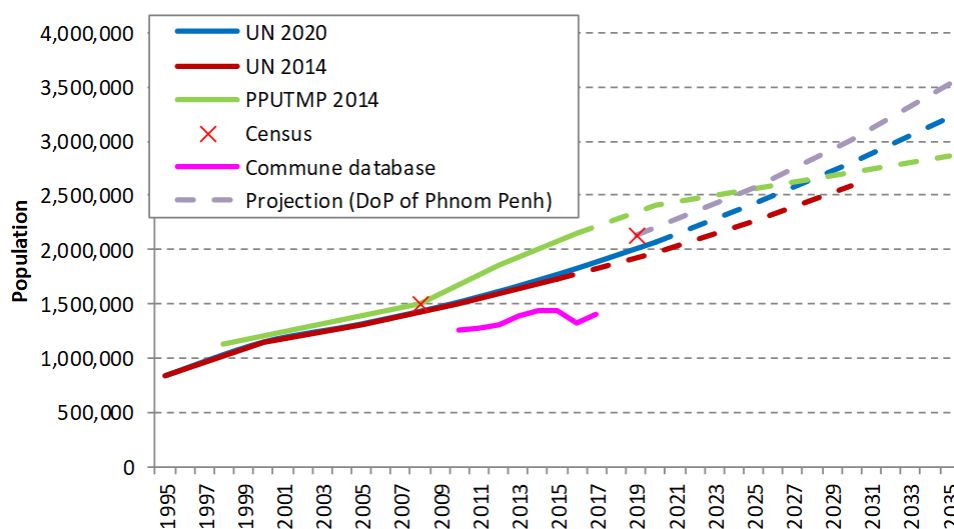


図 4-1.1 人口データ (予測含む) の比較

出典：人口データに基づき調査団作成

収集した人口データについて、データの特徴について整理した結果を以下に示す。

- ・ Sangkat 単位で整理されている人口データは、GPCC 2019 と Commune data base (以下、「CDB」) データのみである。
- ・ CDB データには、首都プノンペンの外から来ている学生や出稼ぎ労働者等は含まれていない。したがって、CDB データは首都プノンペンの実際の人口の現況を示していない。
- ・ PPWSA によると、人口統計調査データも実際の人口を示していないということであった。人口統計調査によっても、一部の人口が含まれていないとのことである。

上記の通り、人口データの状況を考えると、首都プノンペンの実際の人口を示すようなデータは、現在のところない状況である。

また、図 4-1.1 に示すように、United Nations 等により最近実施された人口予測では、今後さらに人口が増加することが予想されている。

4-1-1-2 都市化の状況

世界銀行が 2017 年に作成した「Urban Development in Phnom Penh」によると、表 4-1.2 に示すように、カンボジア国の 2017 年時点の都市化のレベルは 21%と推計されている。同報告書「Urban Development in Phnom Penh」は、カンボジア国の都市化のレベルが 21%となっていることについて、一人当たり GDP のレベルに基づいて予測される都市化率と比べると、カンボジア国の都市化率 21%はまだかなり低い水準にあると指摘している。図 4-1.2 は、一人当たり GDP と都市人口割合の関係を示しており、他国と比べて、カンボジアは都市の人口割合が低いことが分かる。したがって、カンボジア国は今後もさらなる都市化（都市への人口流入）が予想され、首都プノンペンのさらなる人口増加が予想される。

表 4-1.2 東南アジア諸国の都市化の状況

MAJOR AREA, REGION, AND COUNTRY	POPULATION (THOUSANDS)			PERCENTAGE URBAN
	Population in Urban Areas	Population in Rural Areas	Total	
South-Eastern Asia	294,409	331,573	625,982	47
Brunei Darussalam	325	98	423	77
Cambodia	3,161	12,247	15,408	21
Indonesia	133,999	118,813	252,812	53
Lao People's Democratic Republic	2,589	4,305	6,894	38
Malaysia	22,342	7,846	30,188	74
Myanmar	18,023	35,696	53,719	34
Philippines	44,531	55,566	100,096	44
Singapore	5,517	-	5,517	100
Thailand	33,056	34,167	67,223	49
Timor-Leste	370	782	1,152	32
Viet Nam	30,495	62,053	92,548	33

出典：World Development Indicators 2014 (World Bank, Urban development in Phnom Penh, Dec. 2017)

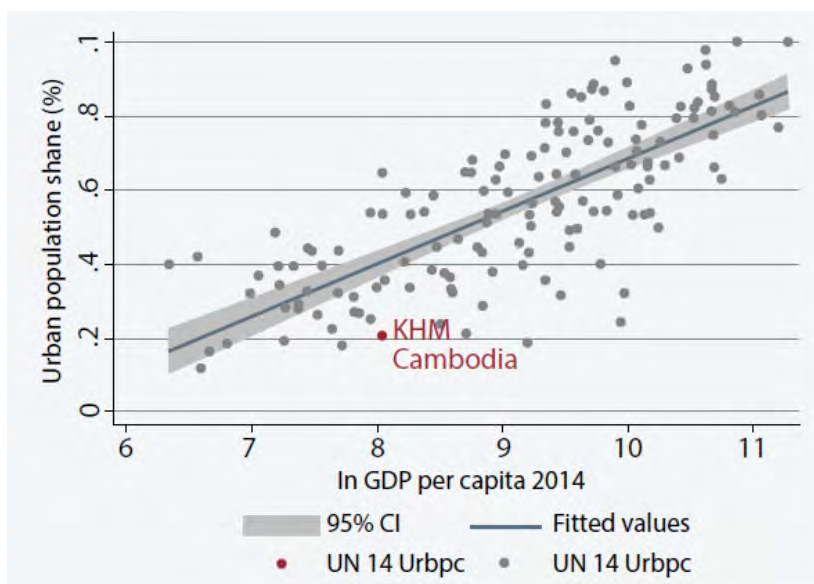


図 4-1.2 都市人口割合 (%)と一人当たり GDP の関係 (2014 年)

出典：World Development Indicators 2014 (World Bank, Urban development in Phnom Penh, Dec. 2017)

4-1-1-3 人口データおよびプノンペンの人口に関するまとめ

人口データと首都プノンペンの人口に関するまとめを以下に示す。

- ・ 人口データはあるものの、首都プノンペンの実際の人口を示すデータは現在のところない。
- ・ 首都プノンペンでは、今後も継続的な人口増加が予想されている。

人口データの状況を考慮すると、水需要予測を実施するために人口データを用いて人口予測を実施することは困難であると考えられる。しかしながら、首都プノンペンは経済の発展やインフラの充実により今後も人口増加が続くことが予想され、水需要予測の実施において留意する必要がある。

4-1-2 水道料金データ

水道料金データを基に Khan 単位で集計した使用水量の概要を表 4-1.3 及び図 4-1.3 に示す。この集計結果から分かる事項を以下に示す。

- ・ 2020 年の使用水量は大幅に減少している。これは、COVID-19 の影響により、外国人の渡航者が減少したことや、首都プノンペンに出稼ぎに来ていた労働者等が地方に戻った影響等が考えられる。
- ・ 2017 年の水使用量が 2018 年の使用量より大きくなっている。この主な理由は、Chamcar Mon 浄水場が 2017 年 8 月に停止され、2019 年 11 月に再開されたことが挙げられる。
- ・ 上記の 2020 年及び 2018 年の状況を除くと、各 Khan での使用水量は一定の傾向（小さい上昇傾向、大きい上昇傾向等）が見られる。

表 4-1.3 使用水量 (2010~2020 年、水道料金データ)

unit: m³/day

Khan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
01 Daun Penh	31,442	30,591	31,572	32,675	33,096	33,319	34,064	36,667	33,430	35,188	28,372
02 Prampir Makara	18,178	17,890	18,122	18,750	18,579	18,578	19,151	20,819	19,003	19,611	15,926
03 Chamkar Mon	43,443	43,571	45,677	47,543	50,397	52,374	54,482	63,142	56,575	59,855	49,425
04 Tuol Kouk	35,392	35,674	36,529	38,597	39,679	40,997	41,743	45,769	41,696	42,280	35,942
05 Ruessey Keo	20,117	22,529	25,727	29,383	33,588	38,015	41,045	46,546	47,111	49,088	47,113
06 Mean Chey	33,060	36,053	40,490	44,985	49,350	54,054	57,587	63,704	57,915	61,151	53,820
07 Dangkao	2,154	3,114	4,950	7,267	9,494	11,730	15,818	23,698	24,291	27,935	30,504
08 Pou Senchey	33,422	38,426	46,543	54,748	59,238	69,900	76,664	90,955	92,605	99,714	92,807
09 Saensokh	22,492	25,532	30,652	36,498	41,559	48,624	53,973	65,199	64,659	70,200	65,007
10 Chrouy Changvar	5,210	5,574	6,116	6,913	7,957	9,552	9,943	11,366	13,226	14,232	15,344
11 Chbar Ampov	6,150	7,174	9,273	12,046	13,781	16,603	18,863	20,920	27,559	33,178	31,648
12 Preaek Pnov	66	229	487	767	934	1,232	1,664	2,369	3,348	4,555	4,997
13 Ta Khmao	6,620	6,925	7,493	8,558	10,226	11,443	13,588	15,678	15,377	16,282	15,582
Total	257,746	273,282	303,631	338,730	367,878	406,421	438,585	506,832	496,795	533,269	486,487

出典：水道料金データを基に調査団作成

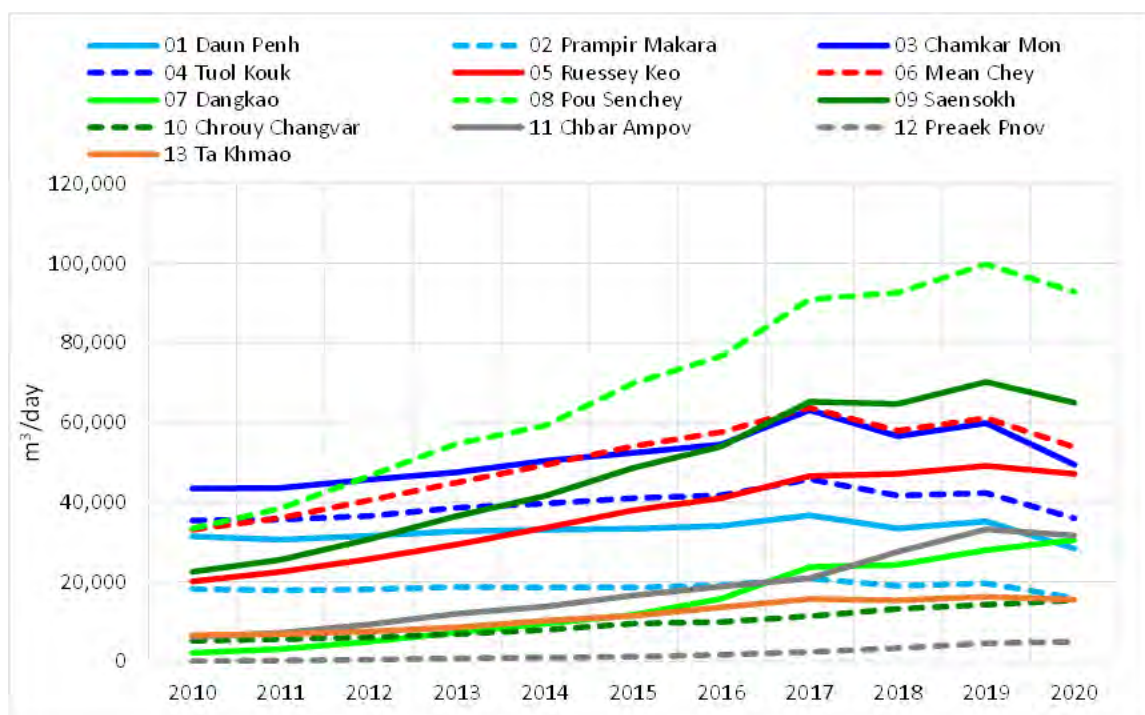


図 4-1.3 使用水量 (2010~2020 年、水道料金データ)

出典：水道料金データを基に調査団作成

水道料金データは実際の使用水量を示しており、使用水量には上述した通り一定の傾向がみられるため、水道料金データは水需要予測に活用できると考えられる。ただし、近年、浄水場の施設能力が不足しているため、水道利用者が使用したい水量を十分に使用できていないという状況に留意して、水道料金データを活用する必要がある。

4-2 水需要予測手法

4-2-1 水需要予測手法

4-2-1-1 水需要予測に用いるデータ

首都プノンペンの水需要予測手法を検討する際には、下記事項を考慮する必要がある。

- ・ 首都プノンペンには、実際の人口を示すデータがない。
- ・ 首都プノンペンでは、さらなる人口増加が継続すると予想されている。
- ・ 水道料金データは、水道利用者による実際の使用水量を示している。ただし、浄水施設能力が不足しているため、水道料金データに基づく使用水量は本来の水需要を示しているわけではない。
- ・ 「4-1-2 水道料金データ」で示したように、水道料金データの整理結果から、各 Khan の使用水量は一定の傾向にあることが確認された。そのため、水道料金データに基づく使用水量を用いて将来の需要量を予測することは可能と考えられる。

上記より、以下に基づき水需要予測を実施する。

- ・ 人口データの信頼性が低いため、人口予測に基づいた水需要予測は行わない。(人口予測は実施しない。)
- ・ 水道料金データは、各 Khan の使用水量と一定の使用水量の傾向を示しているため、水道料金データに基づいて水需要予測を行う。

したがって、本検討の水需要予測には水道料金データを用いる。ただし、首都プノンペンの浄水施設能力が近年十分ではないため、使用したい分の水道水が使用できない状況を踏まえて潜在的水需要として考慮し、水需要予測を実施する。

4-2-1-2 水需要予測実施手法

水道料金データを水需要予測に使用するため、第三次マスタープラン（M/P2017）で用いられた水需要予測の適用を検討する。第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測をレビューした結果、以下の特徴及び課題が確認された。

- ・ 水需要予測結果の多くは、水道料金データに基づく実績値と概ね同じ結果及び傾向であった。
- ・ しかしながら、一部の需要予測結果は、実績値と異なっていた。
- ・ 接続数の多い Sangkat の場合、サンプル数が多いためにそれまでの傾向が明確であり、予測の信頼性が高い傾向があった。
- ・ 接続数が少ない Sangkat の場合、サンプル数が少ないためにそれまでの傾向が不明確であ

り、予測の信頼性が低い傾向があった。

上記を考慮すると、接続数が少ない Sangkat における課題が解決できる場合は、同じ手法が有効であると考えられる。この課題を解決するためには、検討する地域範囲に十分な数の顧客数があることが重要である。そのためには、第三次マスタープラン (M/P2017) で実施した Sangkat 単位での検討ではなく、Khan 単位での検討が適切であると考えられる。したがって、本検討における水需要予測は、Khan 単位で各パラメータを推定することとし、手法としては、第三次マスタープラン (M/P2017) と同じ方法を用いて実施する。なお、第三次マスタープラン (M/P2017) では、大規模開発計画による特別な水需要は考慮していなかったが、大規模開発による水需要は水需要予測で考慮する要素として地域的並びに水量的な影響が大きいいため、本水需要予測では検討項目の一つとする。

4-2-2 トレンド式

水需要予測では、第三次マスタープラン (M/P2017) と同様に以下のパラメータを使用する。

- ・ 接続密度 (connection/ha)
- ・ Domestic カテゴリの顧客数の割合 (%)
- ・ Domestic カテゴリ1 栓当たりの使用水量
- ・ Non-domestic カテゴリ1 栓当たりの使用水量

これらパラメータに関する将来予測は、過去の傾向に基づいて予測する必要がある。本調査では、日本水道協会 (2012 年)「水道施設設計指針」に示されているトレンド式を用いて、将来予測を実施する。トレンド式の概要を表 4-2.1 に示す。

表 4-2.1 トレンド式の概要

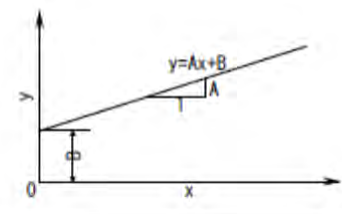
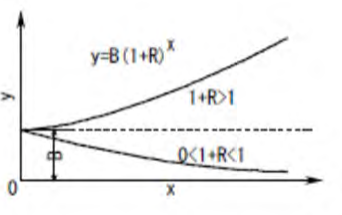
No	Item	Description	Schematic
1	Name of Formula	Annual average increase/decrease formula	
	Formula	$y = Ax + B$	
	Characteristics	Increase / decrease in same	
	Application case	Increase / decrease in a linear manner	
2	Name of Formula	Annual average rate of increase / decrease formula	
	Formula	$y = B(1 + R)^x$	
	Characteristics	Same Increase / decrease ratio is continued	
	Application case	Same increase / decrease ratio is continued for a long period	

表 4-2.1 トレンド式の概要

No	Item	Description	Schematic
3	Name of Formula	Modified exponential curve formula	
	Formula	$y = K - AB^x$	
	Characteristics	Upward asymptote toward saturation value K	
	Application case	In case of increase trend	
4	Name of Formula	Inverse modified exponential curve formula	
	Formula	$y = K + AB^x$	
	Characteristics	Downward asymptote toward saturation value K	
	Application case	In case of decrease trend	
5	Name of Formula	Power curve formula	
	Formula	$y = C + Bx^A$	
	Characteristics	Continuous increase Rate of change is increased over time	
	Application case	In case of continuous increase and rate of change is increased continuously	
6	Name of Formula	Modified power curve formula	
	Formula	$y = Cx^A$	
	Characteristics	Continuous increase / decrease Rate of change is increased / decreased over time	
	Application case	In case of continuous increase / decrease and rate of change is increased / decreased continuously	
7	Name of Formula	Logistic curve formula	
	Formula	$y = \frac{K}{1 + e^{A-Bx}}$	
	Characteristics	Gradual increase Intermediate increase ratio is highest, then the increase ratio is down Saturation after infinite year	
	Application case	In case of increase trend	
8	Name of Formula	Inverse logistic curve formula	
	Formula	$y = C - \frac{C - K}{1 + e^{A-Bx}}$	
	Characteristics	Gradual decrease Intermediate decrease ratio is highest, then the decrease ratio is down Saturation after infinite year	
	Application case	In case of decrease trend	

出典：日本水道協会（2012年）「水道施設設計指針」を基に調査団作成

各パラメータについてトレンド式の検討を行う際に、どのトレンド式を採用するかは、主に表 4-2.2 に示す項目を基に検討する。これら項目について総合的に検討したうえで採用するトレンド式の選定を行う。

表 4-2.2 トренд式の選定時に考慮する事項

Item	Description
Correlation coefficient	When correlation coefficient is more than 0.7, there are correlated relations between past data and forecasted data.
Recent trend	There are 11 years of data, from 2010 to 2020. Based on these data, future trends are forecasted. The trend is no consistent during the 11 years. For example, the first 5-6 years show high increase and the latter 5-6 years show low increases. In such cases, the trend observed in the latter 5 years should be prioritized.
Situation of development	The future trends depend on the remaining area for future development. Therefore, the areas for future development were studied and are shown below.
Expected changes in future	Considering the trend especially for the latter 5 years, future changes would be expected. If there is any other important information to forecast future trend, such information will also be considered.
Others	If there is any other information to forecast future situations, necessary information will be considered.

出典：調査団作成

4-3 水需要予測

4-3-1 接続密度

接続密度（Connection/ha）の将来予測は、表 4-3.1 及び図 4-3.1 に示す事項を総合的に考慮して実施する。

表 4-3.1 トренд式の選定時に考慮する事項（接続密度）

No	Item	Description
a	Correlation coefficient	When correlation coefficient is more than 0.7, there are correlated relations between past data and forecasted data.
b	Recent trend	There are data from 2010 to 2020. Based on these data, future trends are forecasted. The trend is not consistent during the 11 years. For example, the first 5-6 years show high increase and the latter 5-6 years show low increases. In such cases, the trend observed in the latter 5 years should be prioritized.
c	Situation of development	The future trends depend on the remaining area for future development. Therefore, the areas for future development were studied and are shown below
d	Expected changes in future	Considering the trend especially for the latter 5 years, future changes would be expected. If there is any other important information to forecast future trend, such information will also be considered.
e	Others	If there is any other information to forecast future situations, necessary information will be considered.

注)表 4-2.2 と同じ内容である。

出典：調査団作成

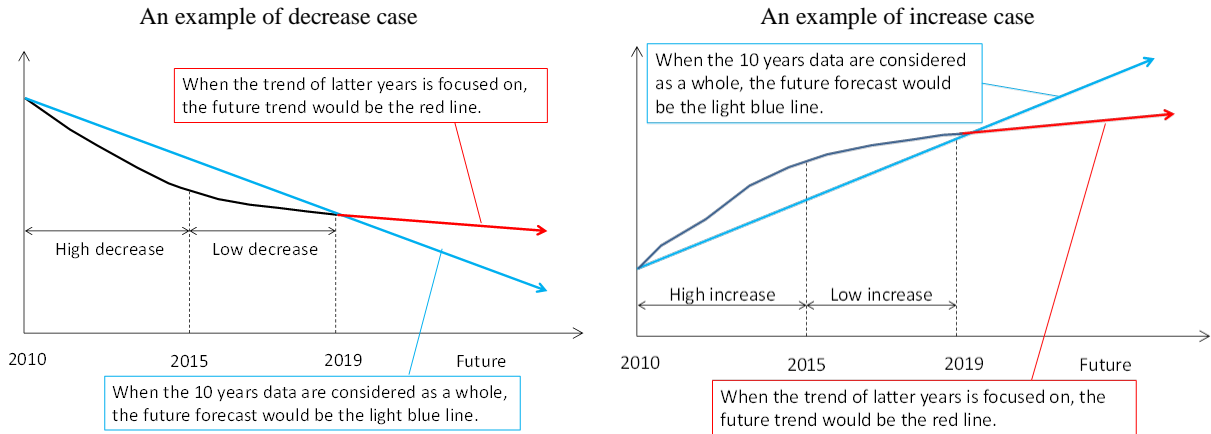


図 4-3.1 トレンド式選定の際に直近の傾向を考慮する必要性

出典：調査団作成

将来の開発状況の予測については、White Book で計画された土地利用計画（図 4-3.2）と現在の開発状況も考慮した上で検討する。一例として、Khan Mean Chey の現在の開発状況を図 4-3.3 に示す。

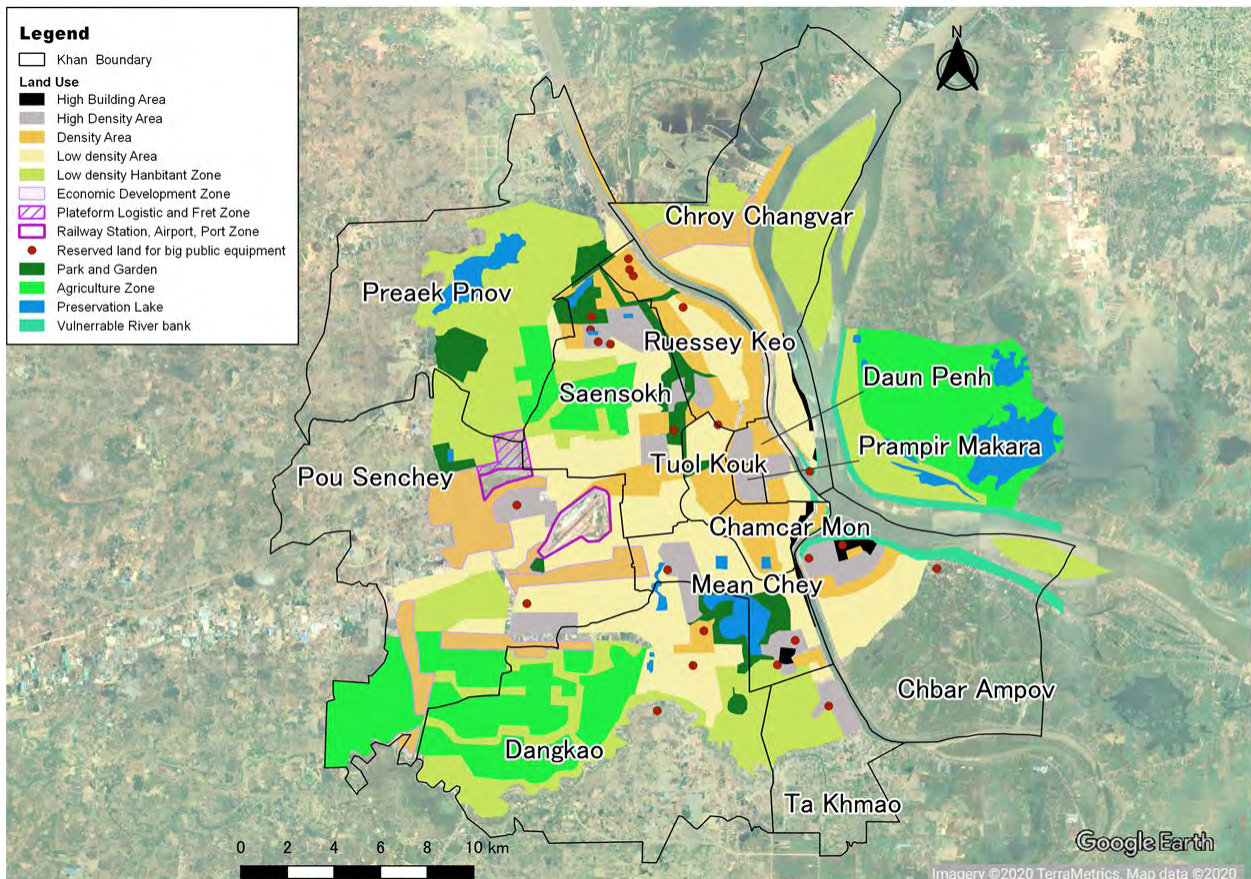


図 4-3.2 首都プノンペンの土地利用計画（2035年）

出典：Land Use Master Plan of Phnom Penh City 2035 を基に調査団作成

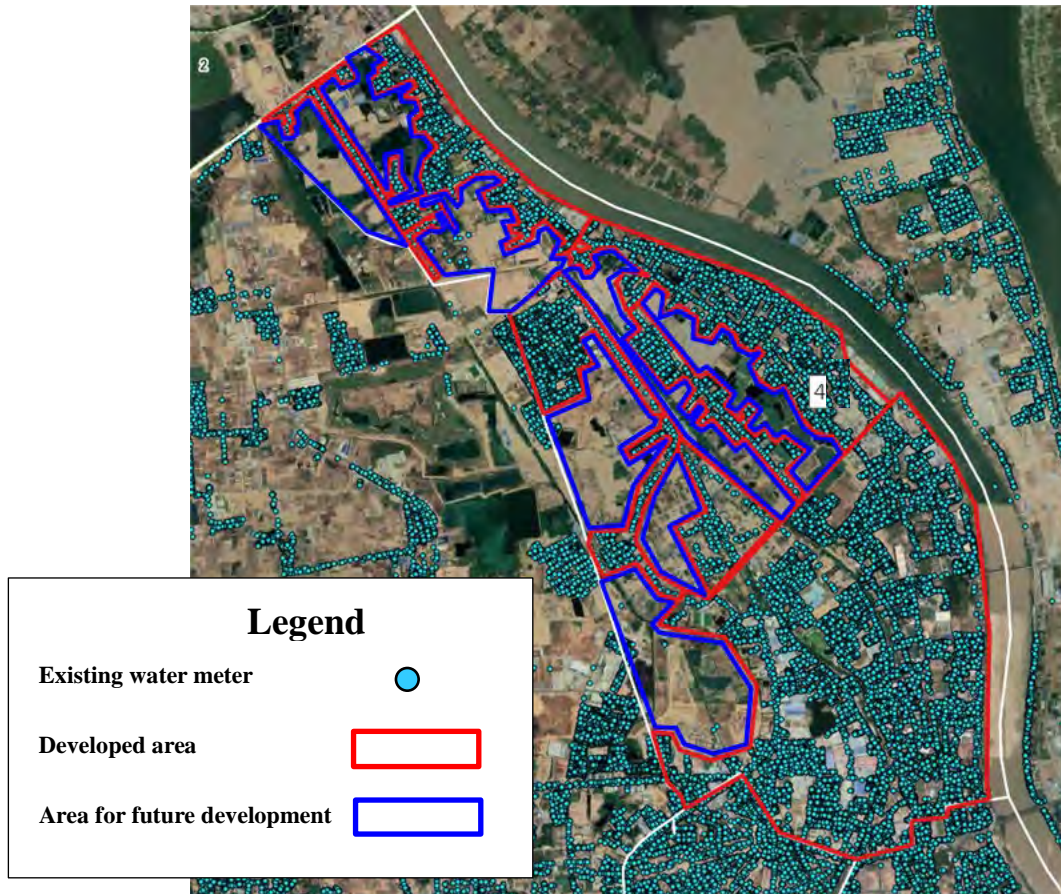


図 4-3.3 開発状況の検討例

出典：Google map 及び PPWSA 提供 GIS データを基に調査団作成

図 4-3.3 に示すように、Khan Mean Chey では開発可能なエリアが限られていることが分かる。このような場合、開発の限界レベルを検討する必要がある。本検討の場合、接続密度の観点から見た開発の限界レベルを検討する必要がある。開発の限界レベルを検討した結果を表 4-3.2 に示す。

その他の Khan についても、今後 10 年間の土地の利用可能性を考慮して、開発限界について検討する必要がある。しかしながら、まだ十分に開発可能な土地を有する Khan もあるため、本検討では、各 Khan を「Developed area」、「Developing area with limited future area」、「Developing area with enough future area」の 3 つに分類した(表 4-3.3)。この分類に基づき、Khan Ressey Keo、Mean Chey、Saensokh については開発の限界レベルを考慮する必要がある。これら 3 つの Khan の開発の限界レベルの検討結果を表 4-3.4 に示す。

表 4-3.2 Khan Mean Chey における開発の限界レベル

No	Item	Unit	How to calculate	Mean Chey
1	Current connection / ha (Developed area)	Connection/ha	From GIS data	27.9
2	Area for future development	ha	From GIS data	500
3	Connection / ha (Area for future development)	Connection/ha	Same condition with No.1	27.9
4	Maximum connection number (Area for future development)	Connection	No.2 x No.3	13,950
5	Connection number (Developed area)	Connection	From billing data	44,595
6	Maximum connection number in target Khans	Connection	No.4 + No.5	58,545
7	Entire area (target Khan)	ha	From GIS data	1,598
8	Assumed connection / ha	Connection/ha	No.6 ÷ No.7	23.3
9	Maximum connection / ha	Connection/ha	No.8 x 1.1	25.6

出典：調査団作成

表 4-3.3 各 Khan の開発状況に応じた分類

Group	Description	Target Khans
Developed area	The areas have already been developed and there is no area for future development. However, redevelopment is possible.	Daun Penh, Prampir Makara, Chamkar Mon, Tuol Kouk
Developing area with limited future area	All areas claimed for development and there is limited area for future development in the next 10 years. Development limit should be considered.	Russey Keo, Mean Chey, Saensokh
Developing area with enough future area	The areas are under development and there are enough areas for future development. It is no need to consider the development limit.	Dangkao, Pou Senchey, Chrouy Changvar, Chbar Ampov, Preaek Pnov, Ta Khmao

出典：調査団作成

表 4-3.4 関連する Khan の開発の限界レベル検討結果

No	Item	Unit	Khan Russey Keo	Khan Mean Chey	Khan Saensokh
1	Current connection / ha (Developed area)	Connection/ha	22.6	27.9	16.9
2	Area for future development	ha	636	500	1,192
3	Connection / ha (Area for future development)	Connection/ha	22.6	27.9	16.9
4	Maximum connection number (Area for future development)	Connection	14,362	13,950	20,132
5	Connection number (Developed area)	Connection	34,442	44,595	49,077
6	Maximum connection number in target Khans	Connection	48,804	58,545	69,209
7	Entire area (target Khan)	ha	2,481	1,598	5,173
8	Assumed connection / ha	Connection/ha	19.7	23.3	13.4
9	Maximum connection / ha	Connection/ha	21.6	25.6	14.7

出典：調査団作成

ここでは、Khan Mean Chey を例としたトレンド式の検討及び選定結果を図 4-3.4 に示す。その他の Khan については資料に示す。

06 Mean Chey

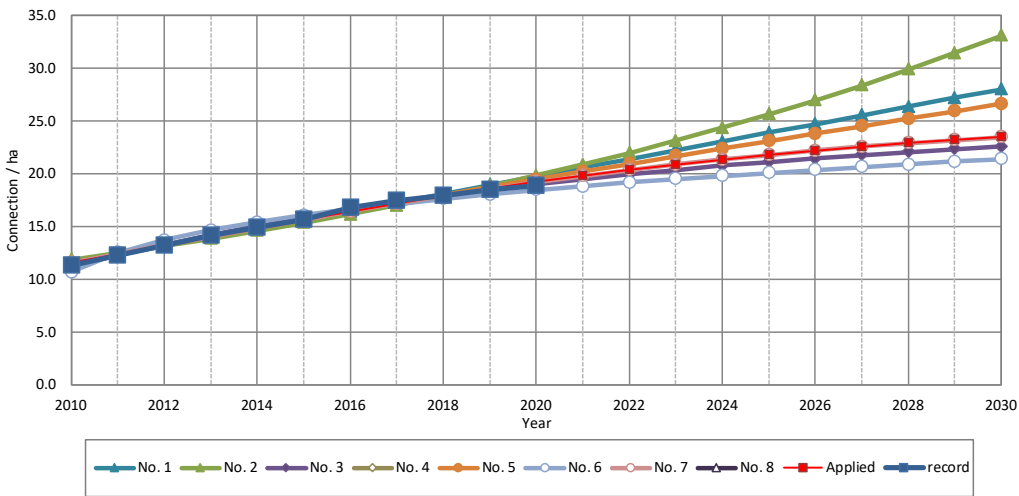
Unit : Connection / ha

Year	Actual record	Formula*								Application No. 7
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
2010	11.34	11.52	11.89	11.22	N/A	11.34	10.70	11.59	N/A	11.59
2011	12.30	12.34	12.52	12.30	N/A	12.35	12.53	12.42	N/A	12.42
2012	13.24	13.17	13.18	13.30	N/A	13.23	13.74	13.24	N/A	13.24
2013	14.13	13.99	13.87	14.23	N/A	14.07	14.67	14.07	N/A	14.07
2014	14.97	14.82	14.60	15.08	N/A	14.88	15.43	14.88	N/A	14.88
2015	15.72	15.65	15.37	15.87	N/A	15.68	16.09	15.68	N/A	15.68
2016	16.78	16.47	16.17	16.60	N/A	16.46	16.66	16.45	N/A	16.45
2017	17.45	17.30	17.02	17.28	N/A	17.23	17.17	17.20	N/A	17.20
2018	17.94	18.12	17.92	17.90	N/A	17.99	17.64	17.91	N/A	17.91
2019	18.55	18.95	18.86	18.48	N/A	18.74	18.07	18.59	N/A	18.59
2020	18.86	19.78	19.85	19.02	N/A	19.49	18.47	19.22	N/A	19.22
2021		20.60	20.90	19.51	N/A	20.22	18.84	19.82	N/A	19.82
2022		21.43	21.99	19.97	N/A	20.95	19.18	20.38	N/A	20.38
2023		22.26	23.15	20.39	N/A	21.68	19.51	20.90	N/A	20.90
2024		23.08	24.37	20.78	N/A	22.40	19.82	21.37	N/A	21.37
2025		23.91	25.65	21.14	N/A	23.11	20.11	21.81	N/A	21.81
2026		24.73	27.00	21.48	N/A	23.83	20.39	22.21	N/A	22.21
2027		25.56	28.41	21.79	N/A	24.53	20.66	22.57	N/A	22.57
2028		26.39	29.91	22.08	N/A	25.24	20.91	22.90	N/A	22.90
2029		27.21	31.48	22.34	N/A	25.93	21.16	23.20	N/A	23.20
2030		28.04	33.13	22.59	N/A	26.63	21.40	23.47	N/A	23.47

Coefficient	A	1	—	16	N/A	0.909	0.228	0.319	N/A
	B	11	11	0.925	N/A	1.005	—	0.129	N/A
	C	—	—	—	—	11	10.7	—	N/A
	R	—	0.053	—	—	—	—	—	—
	K	—	—	25.60	N/A	—	—	25.60	N/A
Correlation coefficient		0.99269	0.98320	0.9988	N/A	0.9962	0.98630	0.9970	N/A

Saturation value (K)

Formula No	Calculation	Validity	Applied	Reason
3	47.91	NG	25.60	Based on the development limit
7	25.14	-	25.60	Based on the development limit



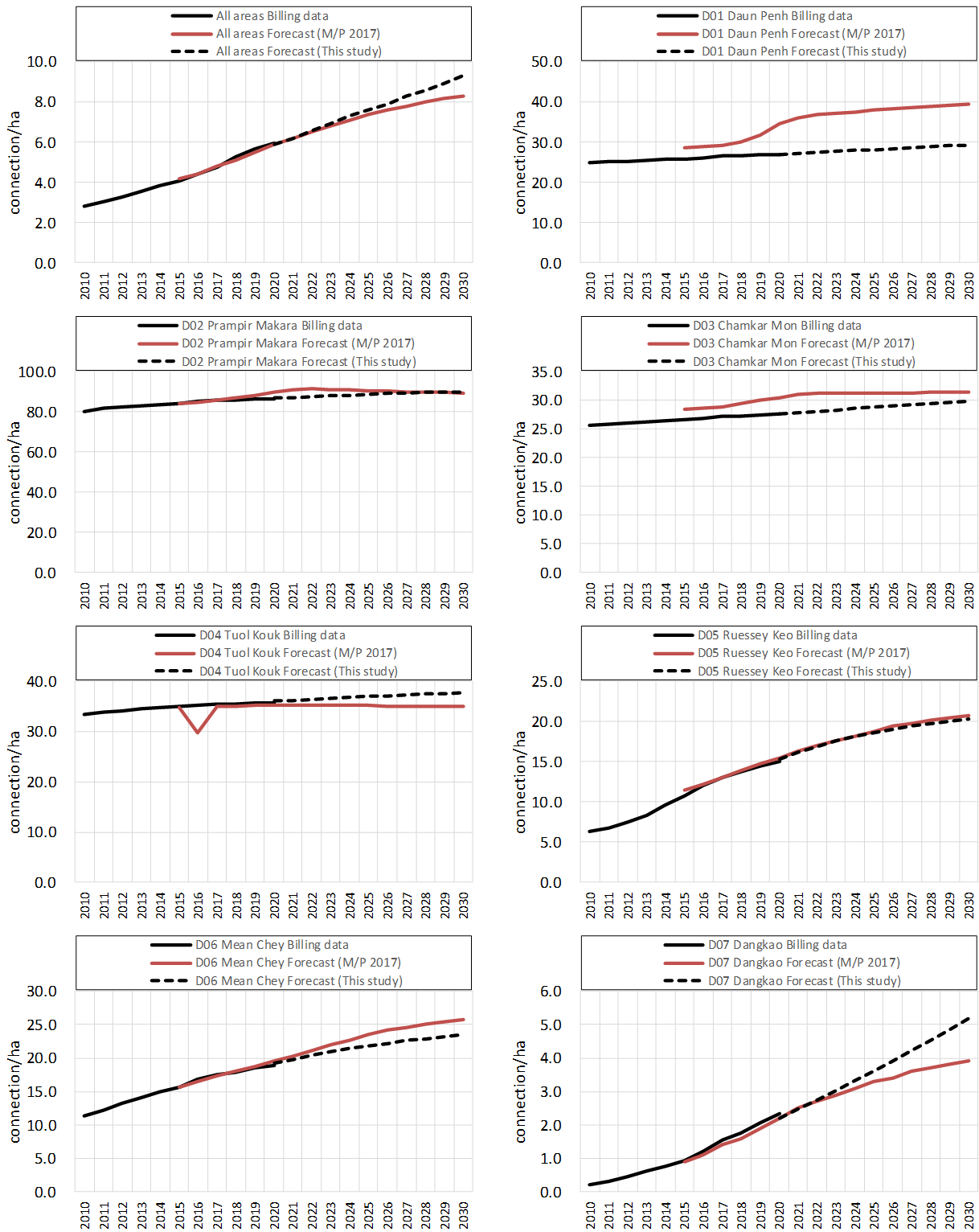
No	Item	Description	Applicable formula
a	Correlation coefficient: 0.70 or more	-	No. 1,2,3,5,6,7
b	Recent trend	Increasing	No. 1,2,3,6,7
c	Situation of development	The current connection / ha is approx. 18 and the maximum value was estimated as 25.6 connection / ha.	-
d	Expected changes in future	The development limit (25.6 connection / ha) should be considered.	No. 3,6,7
e	Others	-	-

Applied formula	Reason	Remarks
No. 7	Connection / ha would reach the saturation around 25.6 connection / ha. Therefore, No.7 is appropriate.	-

図 4-3.4 Khan Mean Chey の接続密度に関するトレンド式の検討結果

出典：調査団作成

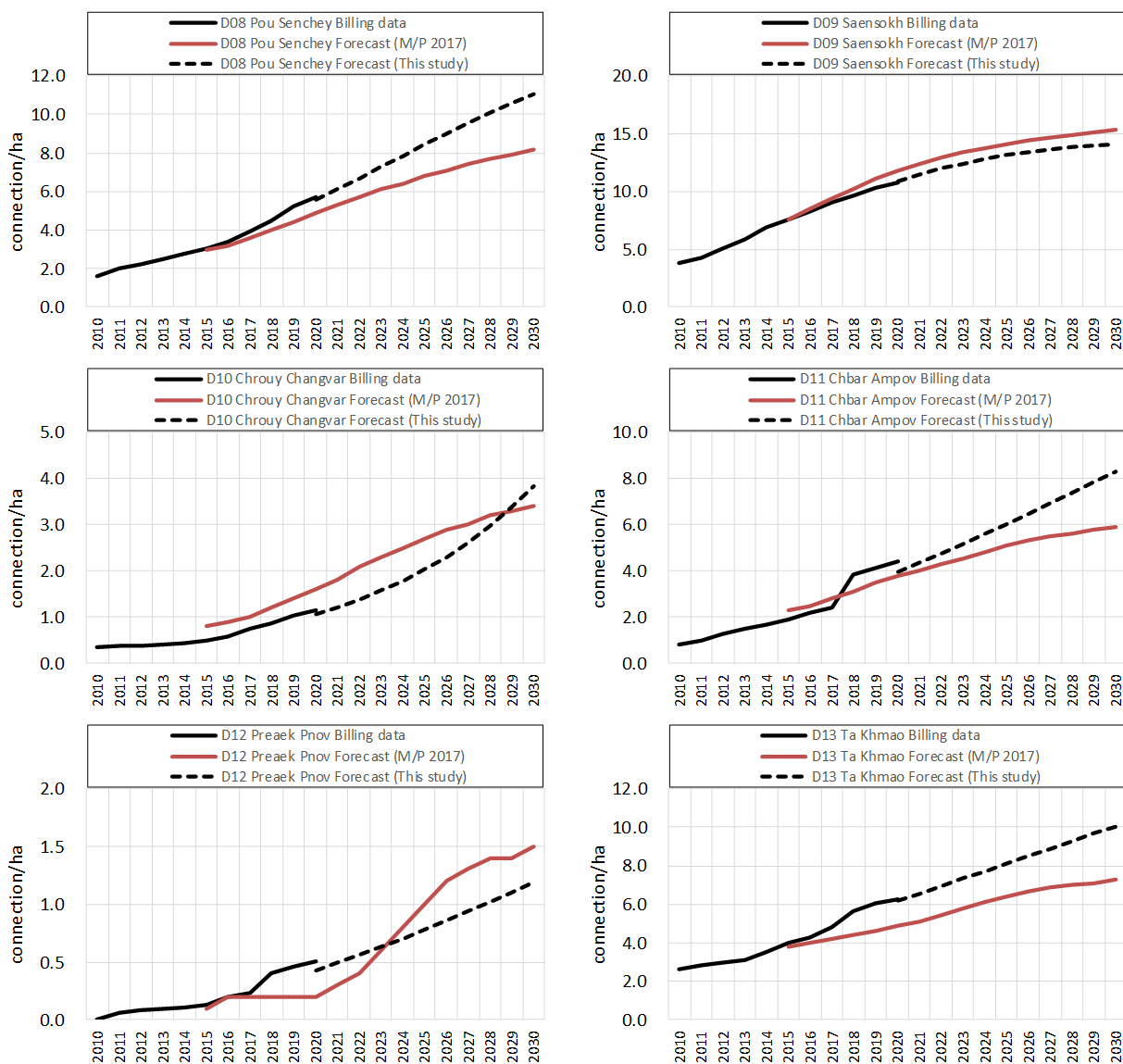
トレンド式の選定に基づき推定した接続密度の将来予測結果を図 4-3.5 及び図 4-3.6 以下に示す。



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.5 接続密度の将来予測結果 (1)

出典：調査団作成



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.6 接続密度の将来予測結果 (2)

出典：調査団作成

4-3-2 Domestic カテゴリーの顧客数の割合

Domestic カテゴリーの顧客数の割合の将来予測は、表 4-3.5 に示す項目を総合的に考慮して実施する。

表 4-3.5 トレンド式の選定時に考慮する事項（生活系顧客数の割合）

No	Item	Description
a	Correlation coefficient	When correlation coefficient is more than 0.7, there are correlated relations between past data and forecasted data.
b	Recent trend	There are past ten years data from 2010 to 2019. Based on these data, future trends are forecasted. The trend is not consistent during the 11 years. For example, the first 5-6 years show high increase and the latter 5-6 years show low increases. In such cases, the trend observed in the latter 5 years should be prioritized.
c	Expected changes in future	Considering the trend especially for the latter 5 years, future changes would be expected. If there is any other important information to forecast future trend, such information will also be considered.
d	Others	If there is any other information to forecast future situations, necessary information will be considered.

注)表 4-2.2 と同じ内容である。ただし、表 4-2.2 に示す「Situation of Development」は考慮しない。

出典：調査団作成

ここでは、Khan Mean Chey を例としたトレンド式の検討及び選定結果を図 4-3.7 に示す。その他の Khan については、資料に示す。

06 Mean Chey

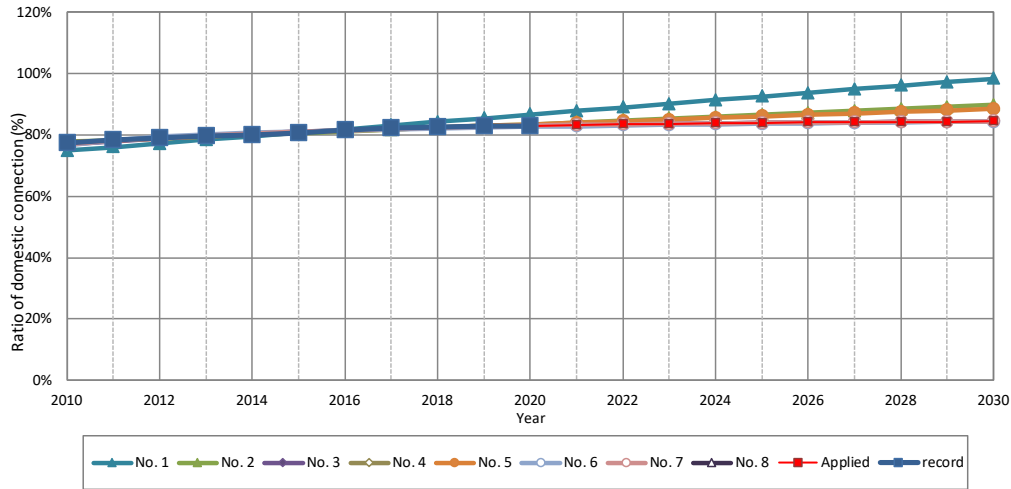
Unit : Ratio of domestic connection

Year	Actual record	Formula*								Application
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 7
2010	0.774	0.748	0.778	0.770	N/A	0.774	0.767	0.770	N/A	0.770
2011	0.782	0.760	0.783	0.780	N/A	0.782	0.783	0.780	N/A	0.780
2012	0.789	0.772	0.789	0.789	N/A	0.789	0.793	0.789	N/A	0.789
2013	0.795	0.783	0.794	0.797	N/A	0.795	0.801	0.797	N/A	0.797
2014	0.801	0.795	0.800	0.804	N/A	0.801	0.806	0.804	N/A	0.804
2015	0.807	0.807	0.806	0.810	N/A	0.807	0.811	0.810	N/A	0.810
2016	0.816	0.819	0.812	0.815	N/A	0.813	0.815	0.815	N/A	0.815
2017	0.821	0.831	0.817	0.820	N/A	0.818	0.818	0.820	N/A	0.820
2018	0.824	0.842	0.823	0.824	N/A	0.824	0.821	0.824	N/A	0.824
2019	0.828	0.854	0.829	0.827	N/A	0.829	0.824	0.827	N/A	0.827
2020	0.829	0.866	0.835	0.830	N/A	0.834	0.826	0.830	N/A	0.830
2021		0.878	0.841	0.832	N/A	0.840	0.829	0.832	N/A	0.832
2022		0.890	0.847	0.834	N/A	0.845	0.831	0.834	N/A	0.834
2023		0.901	0.853	0.836	N/A	0.850	0.833	0.836	N/A	0.836
2024		0.913	0.859	0.838	N/A	0.855	0.834	0.838	N/A	0.838
2025		0.925	0.865	0.839	N/A	0.860	0.836	0.839	N/A	0.839
2026		0.937	0.872	0.840	N/A	0.865	0.838	0.840	N/A	0.840
2027		0.949	0.878	0.841	N/A	0.870	0.839	0.841	N/A	0.841
2028		0.960	0.884	0.842	N/A	0.874	0.841	0.842	N/A	0.842
2029		0.972	0.890	0.843	N/A	0.879	0.842	0.843	N/A	0.843
2030		0.984	0.897	0.844	N/A	0.884	0.843	0.843	N/A	0.843

Coefficient	A	0	—	0	N/A	0.868	0.031	-2.145	N/A
	B	1	1	0.865	N/A	0.008	—	0.157	N/A
	C	—	—	—	—	1	0.8	—	N/A
	R	—	0.007	—	—	—	—	—	—
	K	—	—	0.848	N/A	—	—	0.847	N/A
Correlation coefficient		0.98783	0.98803	0.9936	N/A	0.9939	0.97387	0.9942	N/A

Saturation value (K)

Formula No	Calculation	Validity	Applied	Reason
3	0.848	OK	0.848	
7	0.847	OK	0.847	



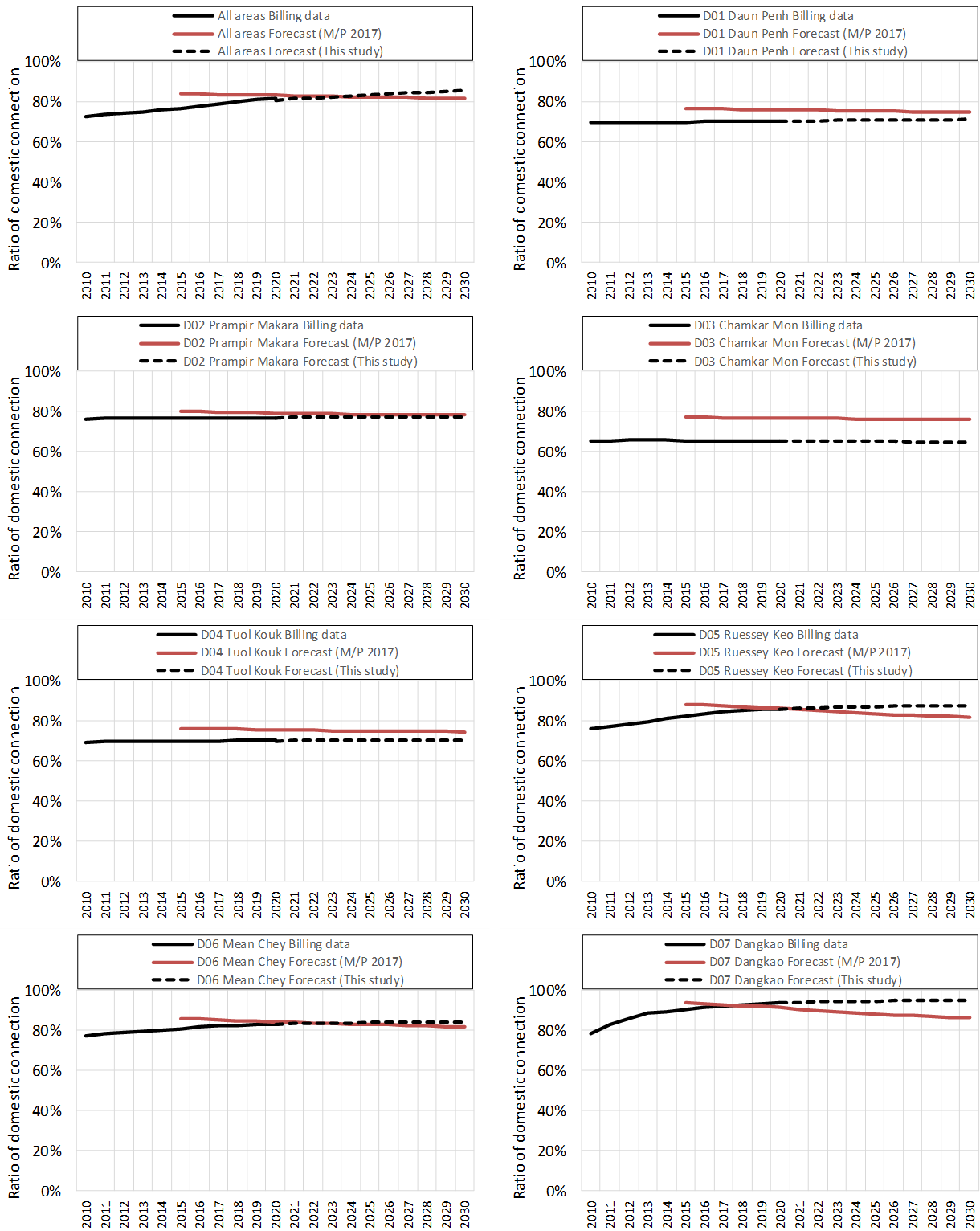
No	Item	Description	Applicable formula
a	Correlation coefficient: 0.70 or more	-	No. 1,2,3,5,6,7
b	Recent trend	Increasing from 2010 to 2018, and almost constant from 2018 to 2020	No. 3,6,7
c	Expected changes in future	The trend is in a stable in recently. The stable situation would be continued.	No. 3,6,7
d	Others	-	-

Applied formula	Reason	Remarks
No.7	No.3,6,7 are almost same. No.7 is selected, since the correlation coefficient is the highest.	-

図 4-3.7 Khan Mean Chey の Domestic カテゴリーの顧客数の割合に関するトレンド式の検討結果

出典：調査団作成

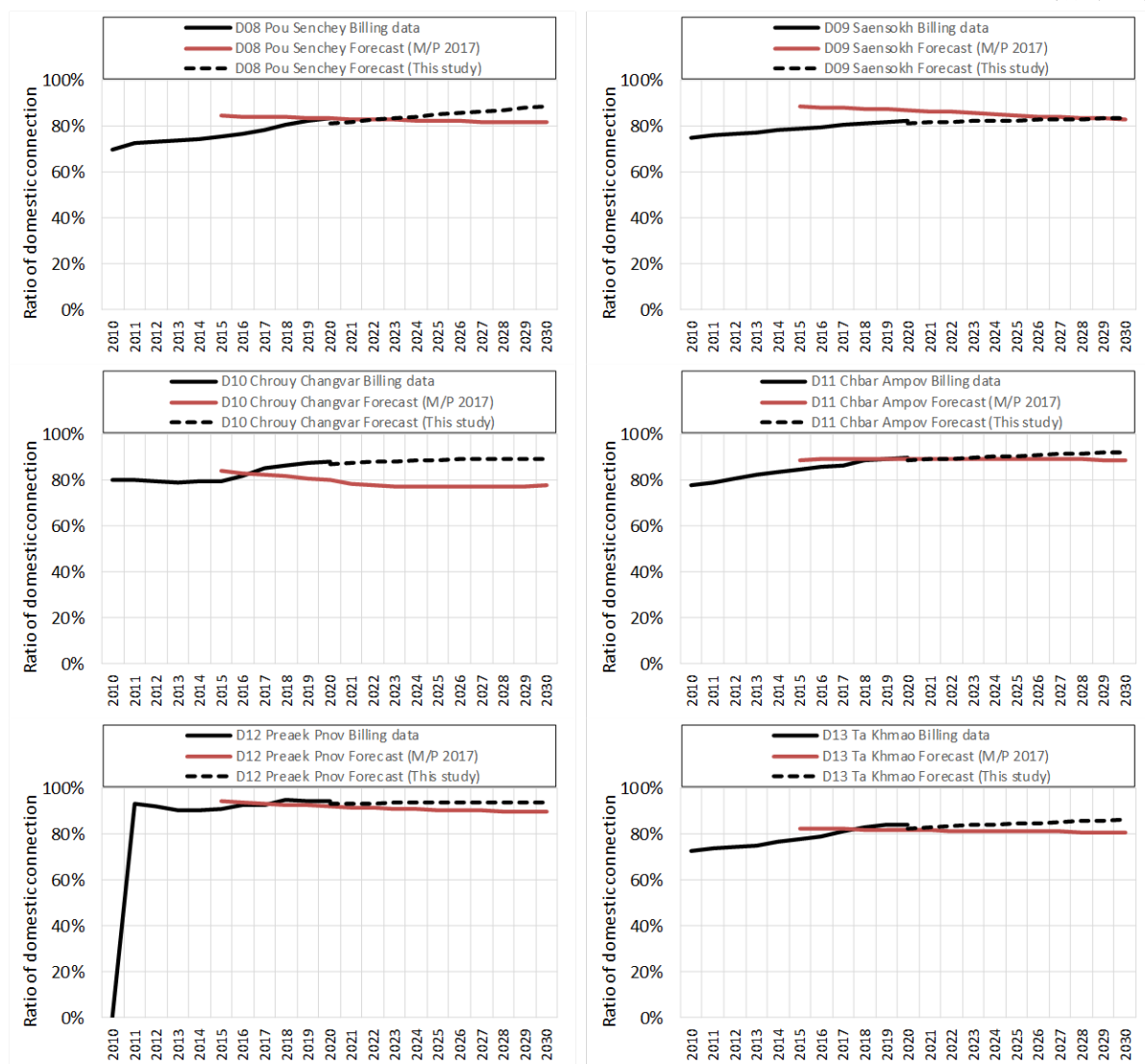
トレンド式の選定に基づき推定した Domestic カテゴリの顧客数の割合の将来予測結果を図 4-3.8 及び図 4-3.9 に示す。



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.8 将来予測結果 (Domestic カテゴリの顧客数の割合) (1)

出典：調査団作成



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.9 将来予測結果 (Domestic カテゴリーの顧客数の割合) (2)

出典：調査団作成

4-3-3 1 栓当たりの使用水量

過去のマスタープランで適用された 1 栓当たりの使用水量を表 4-3.6 に示す。なお、第二次マスタープラン (M/P2006) では、一人一日当たり使用水量が検討されていたため、平均世帯人員を乗じて 1 栓当たりの水使用量に換算している。マスタープランの更新の度に 1 栓当たりの使用水量が増加している状況が分かる。

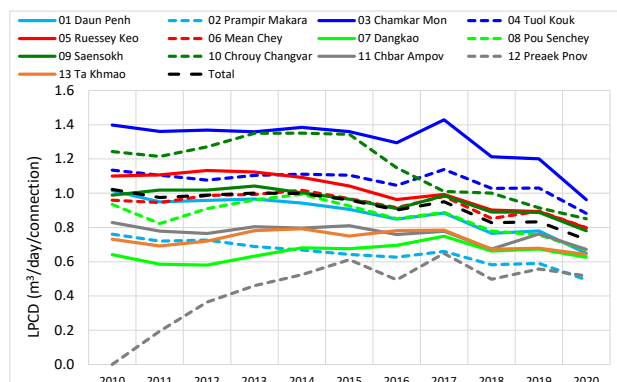
表 4-3.6 1 栓当たりの使用水量の比較 (Domestic カテゴリー)

M/P	2005	2010	2012	2015	2018	2020	2030
2006M/P	0.45	0.48	0.50	0.53	0.56	0.58	-
2013M/P	-	-	0.91	-	0.91	-	-
2017M/P	-	-	-	0.95	0.976	0.994	1.03

出典：調査団作成

水道料金データに基づく使用水量から算出した 1 栓当たりの使用水量（2010～2020 年）を図 4-3.10 に示す。

Domestic



Non-domestic

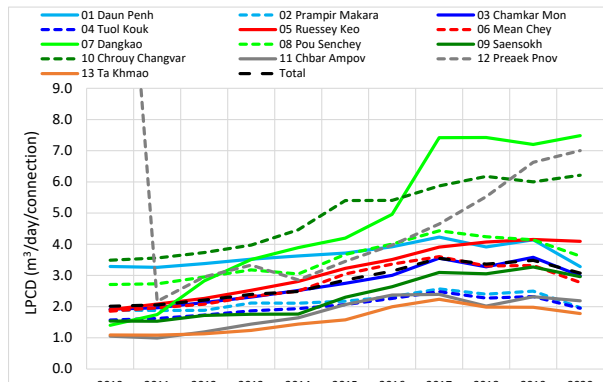


図 4-3.10 1 栓当たりの使用水量（2010～2020 年）

出典：調査団作成

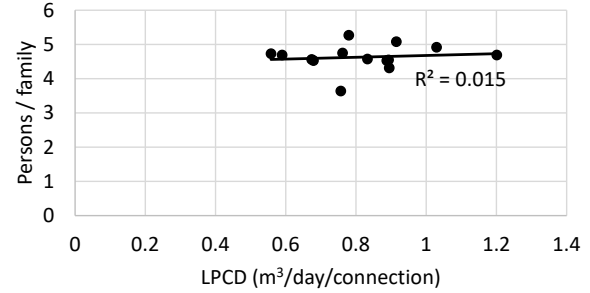
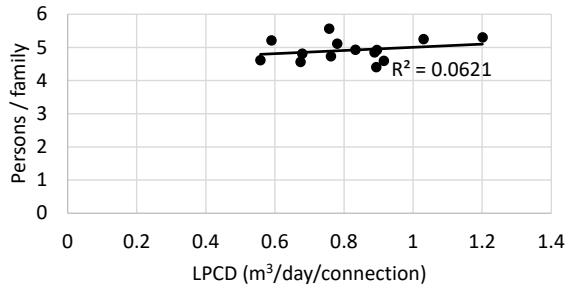
図 4-3.10 より、各 Khan において 1 栓当たりの使用水量に大きな違いがあることが分かる。Domestic カテゴリーの顧客の場合、この違いは世帯平均人数の違いによるものと想定される。そのため、1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数を比較した（表 4-3.7 及び図 4-3.11 参照）。

表 4-3.7 1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数の比較

Khan	LPCD (2019) ¹⁾ m ³ /day/connection	Persons per family ²⁾	Persons per family ³⁾
01 Doun Penh	0.780	5.11	5.27
02 Prampir Meakkakra	0.590	5.21	4.69
03 Chamkar Mon	1.201	5.30	4.69
04 Tuol Kouk	1.030	5.25	4.92
05 Ruessei Kaev	0.893	4.40	4.55
06 Mean Chey	0.895	4.92	4.31
07 Dangkao	0.674	4.56	4.56
08 Pou Saenchey	0.757	5.56	3.64
09 Saensokh	0.888	4.85	4.53
10 Chrouy Changvar	0.915	4.59	5.08
11 Chhbar Ampov	0.762	4.73	4.75
12 Preaek Phnov	0.558	4.61	4.73
13 Ta Khmau	0.679	4.81	4.53
Total	0.833	4.93	4.57

* 1) 水道料金データ、2) Commune data base (CDB)、3) GPCC 2019

出典：調査団作成



出典:CDB 及び水道料金データを基に調査団作成

出典: GPCC 2019 及び水道料金データを基に調査団作成

図 4-3.11 1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数の比較

1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数の比較より分かった事項を以下に示す。

- ・ 1 栓当たりの使用水量と世帯平均人数の間には明確な関係性は確認されなかった。

上記について PPWSA に確認したところ、1 栓当たりの使用水量と平均世帯人数の間に明確な関係性がないことを裏付けることとして、下記事項が挙げられた。

- ・ 1 つのアパートや家で多くの人が 1 つの給水メータを使用する場合がある。
- ・ 1 世帯の実際の人数が人口データに反映されていない場合があり得る。

上記の情報より、人口データによる世帯平均人数から 1 栓当たりの使用水量を検討することは現実的ではないことが分かる。よって、本検討では 1 栓当たりの使用水量について、各 Khan の傾向に基づき推定することとする。これは、Domestic カテゴリーだけでなく Non-domestic カテゴリーについても同様の手法とする。したがって、1 栓当たりの使用水量は、過去の実績値を基にトレンド式を適用して将来予測を実施する。

4-3-3-1 1 栓当たりの使用水量予測に関する基本的な考え方

1 栓当たりの使用水量（Domestic カテゴリー）を図 4-3.12 に示す。

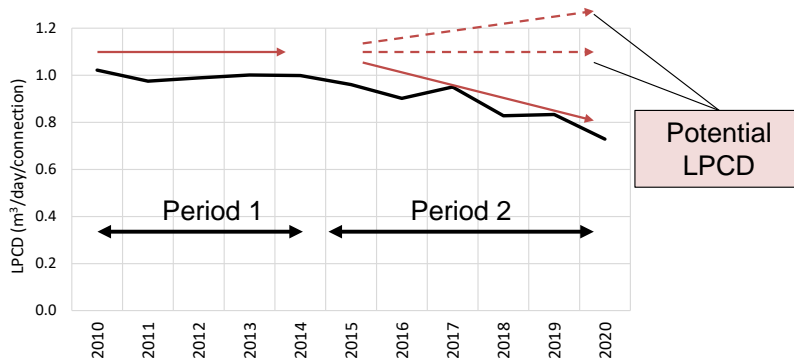


図 4-3.12 1 栓当たりの水使用量 (Domestic カテゴリー)

出典：調査団作成

Domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量は、2014 年までは安定しているものの、2014 年以降大幅に減少している。この大幅の減少の理由としては、浄水場の施設能力が不足していることが挙げられる。図 4-3.12 の「Period 1」の浄水場の稼働率は 100% 未満であり、「Period 2」では稼働率が 100% を超えていたことを踏まえると、下記の状況が想定できる。

- ・ 「Period 1」では、水道利用者は使用したい分の水を使用することができた。
- ・ 「Period 2」では、水道利用者は使用したい分の水を使用することができなかった。

浄水場の施設能力が十分にある場合は、図 4-3.12 に示した赤点線で示すように、1 栓当たりの使用水量は、横ばい、若しくは上昇し、これが本来の水需要であることが想定できる。したがって、本水需要予測の検討では、この潜在的な水需要を考慮する必要がある。

Non-domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量を図 4-3.13 に示す。2014 年以降、浄水場の施設能力が不足しているのにも関わらず、Non-domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量は 2020 年を除き増加傾向である。2020 年の減少は前述したように COVID-19 による影響である。浄水場の施設能力が不足している状況にも関わらず、Non-domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量が増加している要因としては、現地状況及び PPWSA へのヒアリングから以下の状況が想定される。

- ・ Non-domestic カテゴリーの顧客は、水を有効に利用するためにサクションポンプや大容量の貯水タンクを備えているところが多い。
- ・ それらの設備を用いて、昼間に水を使用するだけでなく、夜間に水を備蓄する等することにより、使用水量を確保している。

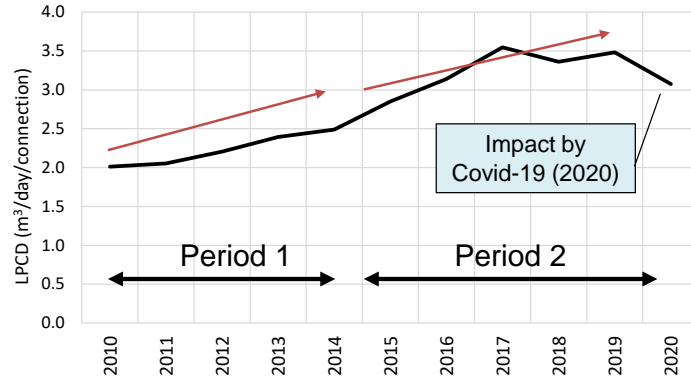


図 4-3.13 1 栓当たりの使用水量 (Non-domestic カテゴリー)

出典：調査団作成

4-3-3-2 1 栓当たりの使用水量 (Domestic カテゴリー)

1 栓当たりの使用水量 (Domestic カテゴリー) の将来予測は、表 4-3.8 に示す項目を総合的に考慮して実施する。

表 4-3.8 トレンド式の選定時に考慮する事項 (Domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量)

No	Item	Description
a	Correlation coefficient	When correlation coefficient is more than 0.7, there are correlated relations between past data and forecasted data. This item is one.
b	Trend (2010-2014, Period 1)	Trend from 2010 to 2014 are confirmed.
c	Trend (2014-2019, Period 2)	Trend from 2014 to 2019 are confirmed.
d	Expected changes in future	The expected changes in future are described mainly based on the trend of the Period 1 and Period 2. If there is any other important information to forecast future trend, such information also will be considered.
e	Others	If there is any other information to forecast future situations, necessary information will be considered.

出典：調査団作成

ここでは、Khan Daun Penh を例としたトレンド式の検討及び選定結果を図 4-3.14 に示す。その他の Khan については、資料に示す。

01 Daun Penh

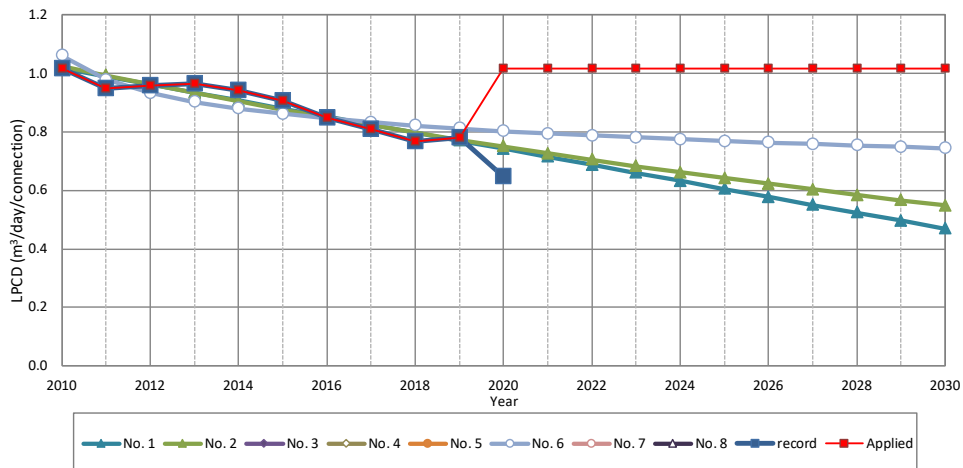
Unit : LPCD domestic (m³/day/connection)

Year	Actual record	Formula*								Application
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
2010	1.015	1.018	1.024	N/A	N/A	1.015	1.061	N/A	N/A	1.015
2011	0.949	0.990	0.993	N/A	N/A	N/A	0.979	N/A	N/A	0.949
2012	0.958	0.963	0.962	N/A	N/A	N/A	0.934	N/A	N/A	0.958
2013	0.966	0.935	0.933	N/A	N/A	N/A	0.903	N/A	N/A	0.966
2014	0.942	0.908	0.904	N/A	N/A	N/A	0.880	N/A	N/A	0.942
2015	0.906	0.880	0.876	N/A	N/A	N/A	0.861	N/A	N/A	0.906
2016	0.849	0.853	0.849	N/A	N/A	N/A	0.846	N/A	N/A	0.849
2017	0.808	0.825	0.823	N/A	N/A	N/A	0.833	N/A	N/A	0.808
2018	0.766	0.798	0.798	N/A	N/A	N/A	0.822	N/A	N/A	0.766
2019	0.780	0.770	0.773	N/A	N/A	N/A	0.811	N/A	N/A	0.780
2020	0.649	0.743	0.750	N/A	N/A	N/A	0.803	N/A	N/A	1.015
2021		0.715	0.727	N/A	N/A	N/A	0.794	N/A	N/A	1.015
2022		0.688	0.704	N/A	N/A	N/A	0.787	N/A	N/A	1.015
2023		0.660	0.683	N/A	N/A	N/A	0.780	N/A	N/A	1.015
2024		0.633	0.662	N/A	N/A	N/A	0.774	N/A	N/A	1.015
2025		0.605	0.641	N/A	N/A	N/A	0.768	N/A	N/A	1.015
2026		0.578	0.622	N/A	N/A	N/A	0.763	N/A	N/A	1.015
2027		0.550	0.603	N/A	N/A	N/A	0.758	N/A	N/A	1.015
2028		0.523	0.584	N/A	N/A	N/A	0.753	N/A	N/A	1.015
2029		0.496	0.566	N/A	N/A	N/A	0.748	N/A	N/A	1.015
2030		0.468	0.549	N/A	N/A	N/A	0.744	N/A	N/A	1.015

Coefficient	A	0	—	N/A	N/A	N/A	-0.117	N/A	N/A
	B	1	1	N/A	N/A	N/A	—	N/A	N/A
	C	—	—	—	—	—	1.1	—	N/A
	R	—	-0.031	—	—	—	—	—	—
	K	—	—	N/A	N/A	—	—	N/A	N/A
Correlation coefficient		0.95555	0.94944	N/A	N/A	N/A	0.85795	N/A	N/A

Satulation value (K)

Formula No	Calculation	Validity	Applied	Reason
3	0.988	NG	N/A	
7	0.984	NG	N/A	



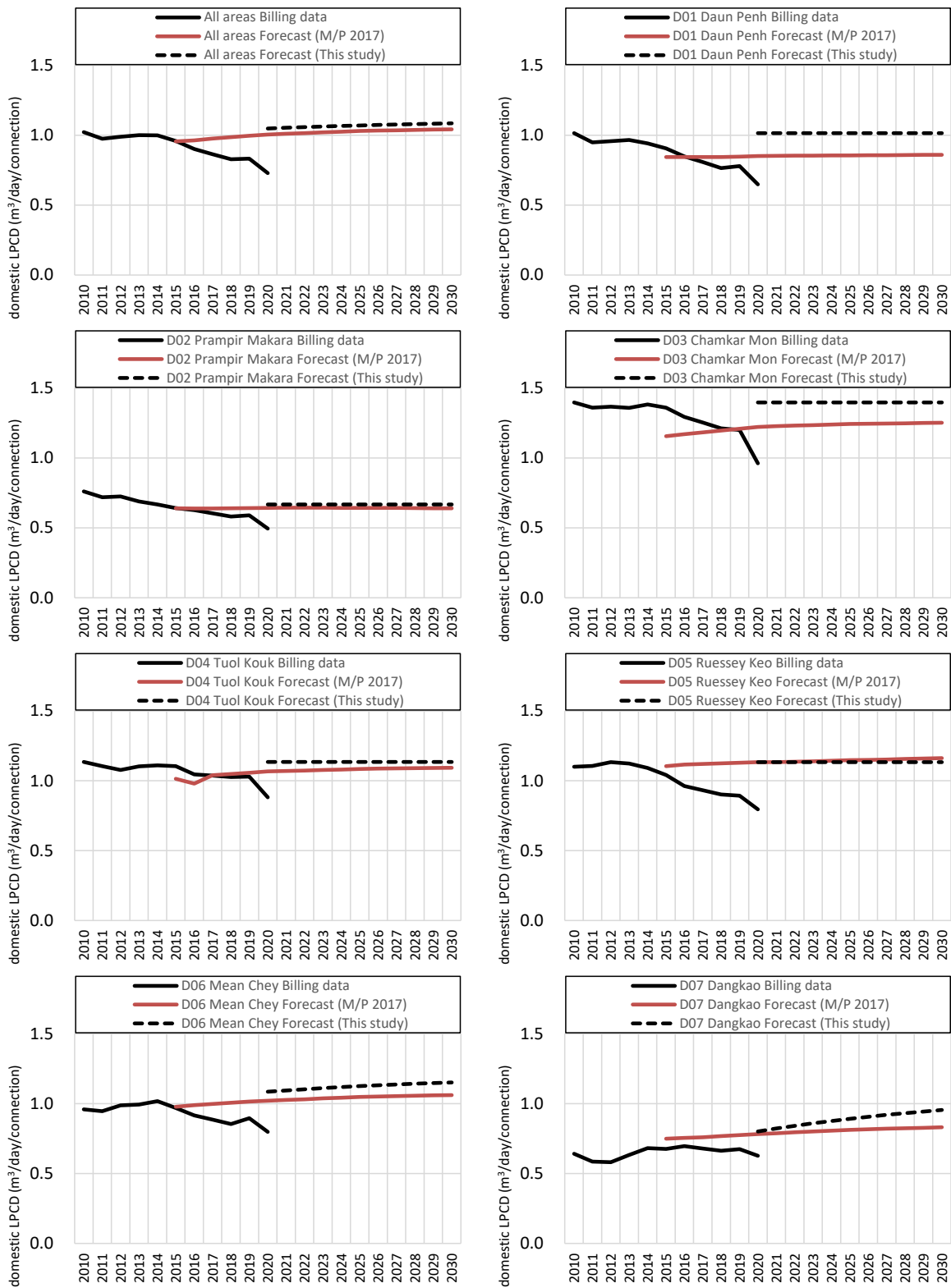
No	Item	Description	Applicable formula
a	Correlation coefficient: 0.70 or more	-	No.1,2,6
b	Trend (2010 - 2014, Period 1)	Stable	-
c	Trend (2014 - 2019, Period 2)	Decreasing; The decreasing trend is supposed to be coming from lack of water supply.	-
d	Expected changes in future	The trend should be considered from the situation of Period 1. The maximum value in the Period 1 seems to be appropriate, since the situation has been stable in the Period 1.	1.015
e	Others	-	-

Applied formula	Reason	Remarks
1.015	Same as the above "No. d"	-

図 4-3.14 Khan Mean Chey の 1 栓当たりの使用水量 (Domestic カテゴリー) に関するトレンド式の検討結果

出典：調査団作成

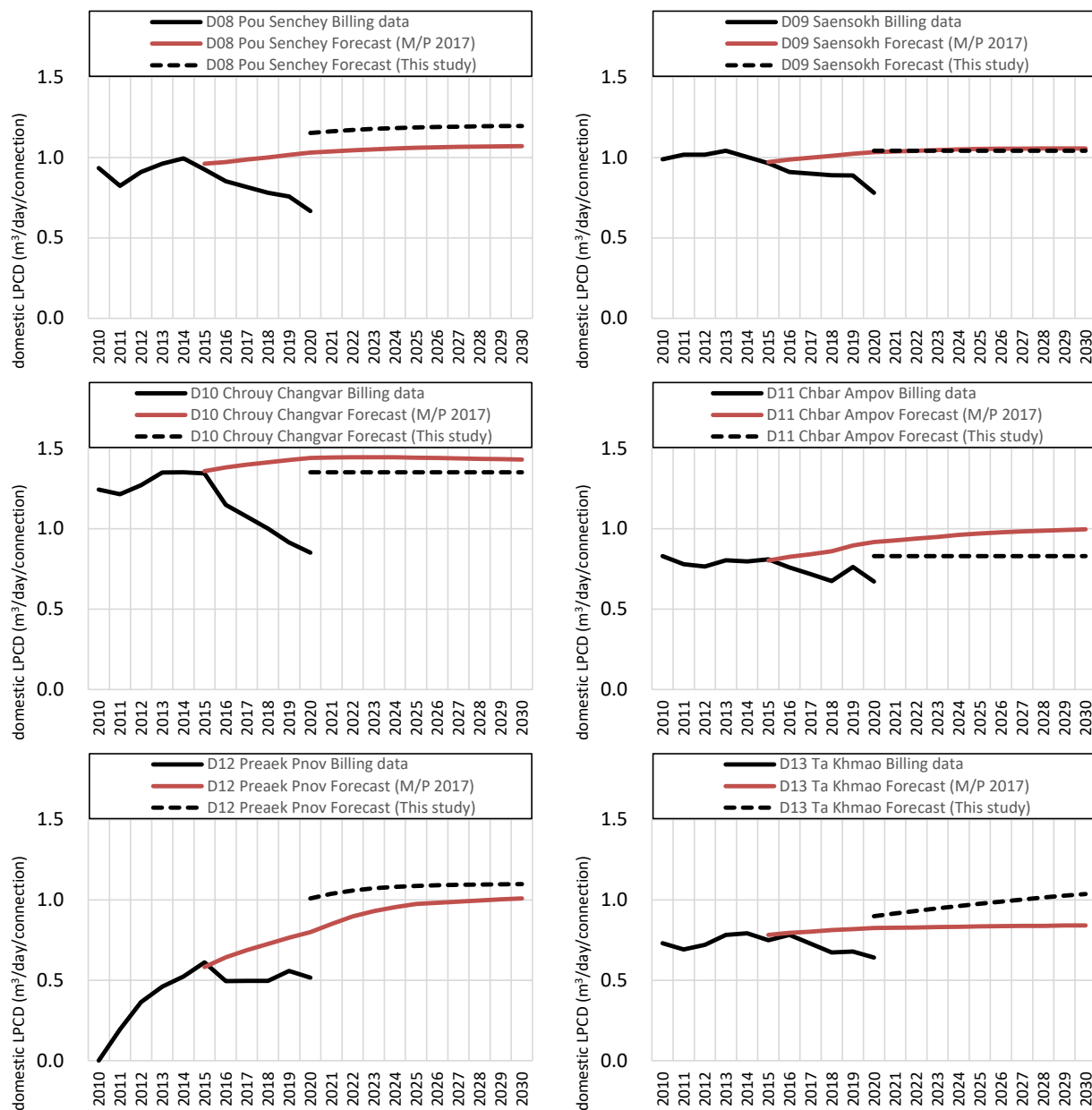
トレンド式の選定に基づき推定した Domestic カテゴリの 1 栓当たりの使用水量の将来予測結果を図 4-3.15 及び図 4-3.16 に示す。



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.15 将来予測結果 (1 栓当たりの使用水量 : Domestic カテゴリ) (1)

出典 : 調査団作成



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.16 将来予測結果 (1 栓当たりの使用水量 : Domestic カテゴリー) (2)

出典 : 調査団作成

4-3-3-3 1 栓当たりの使用水量 (Non-domestic カテゴリー)

1 栓当たりの使用水量 (Non-domestic カテゴリー) の将来予測は、Domestic カテゴリーと同様に表 4-3.8 に示す項目を総合的に考慮して実施する。

ここでは、Khan Daun Penh を例としたトレンド式の検討及び選定結果を図 4-3.17 に示す。その他の Khan については、資料に示す。

01 Daun Penh

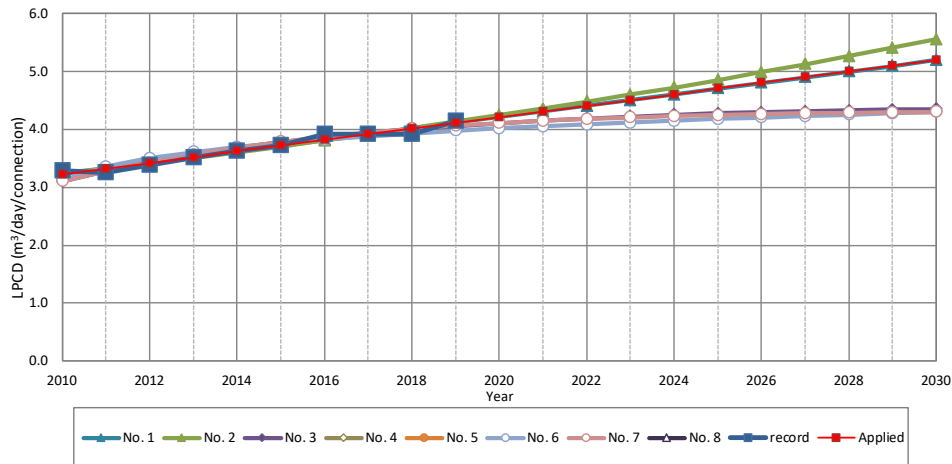
Unit : LPCD non-domestic (m³/day/connection)

Year	Actual record	Formula*								Application
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
2010	3.287	3.224	3.238	3.094	N/A	3.287	3.117	3.104	N/A	3.224
2011	3.259	3.322	3.327	3.273	N/A	N/A	3.354	3.272	N/A	3.322
2012	3.377	3.421	3.418	3.427	N/A	N/A	3.500	3.423	N/A	3.421
2013	3.521	3.520	3.511	3.561	N/A	N/A	3.609	3.558	N/A	3.520
2014	3.622	3.618	3.607	3.677	N/A	N/A	3.695	3.677	N/A	3.618
2015	3.717	3.717	3.706	3.778	N/A	N/A	3.767	3.780	N/A	3.717
2016	3.920	3.816	3.807	3.865	N/A	N/A	3.828	3.869	N/A	3.816
2017	3.916	3.914	3.911	3.940	N/A	N/A	3.883	3.945	N/A	3.914
2018	3.912	4.013	4.018	4.006	N/A	N/A	3.931	4.010	N/A	4.013
2019	4.145	4.112	4.128	4.062	N/A	N/A	3.975	4.064	N/A	4.112
2020	3.279	4.210	4.241	4.111	N/A	N/A	4.016	4.110	N/A	4.210
2021		4.309	4.357	4.154	N/A	N/A	4.053	4.148	N/A	4.309
2022		4.408	4.477	4.191	N/A	N/A	4.087	4.180	N/A	4.408
2023		4.506	4.599	4.223	N/A	N/A	4.119	4.206	N/A	4.506
2024		4.605	4.725	4.250	N/A	N/A	4.150	4.228	N/A	4.605
2025		4.704	4.854	4.274	N/A	N/A	4.178	4.246	N/A	4.704
2026		4.802	4.987	4.295	N/A	N/A	4.205	4.261	N/A	4.802
2027		4.901	5.124	4.313	N/A	N/A	4.230	4.273	N/A	4.901
2028		5.000	5.264	4.329	N/A	N/A	4.255	4.284	N/A	5.000
2029		5.098	5.408	4.342	N/A	N/A	4.278	4.292	N/A	5.098
2030		5.197	5.556	4.354	N/A	N/A	4.300	4.299	N/A	5.197

Coefficient	A	0	—	2	N/A	N/A	0.106	-0.730	N/A
	B	3	3	0.866	N/A	N/A	—	0.200	N/A
	C	—	—	—	—	—	3	3.1	N/A
	R	—	—	0.027	—	—	—	—	—
	K	—	—	4.430	N/A	—	—	4.330	N/A
Correlation coefficient		0.98055	0.97981	0.9642	N/A	N/A	0.93419	0.9664	N/A

Saturation value (K)

Formula No	Calculation	Validity	Applied	Reason
3	4.430	OK	4.430	
7	4.330	OK	4.330	



No	Item	Description	Applicable formula
a	Correlation coefficient: 0.70 or more	-	No.1,2,3,6,7
b	Trend (2010 - 2014, Period 1)	Increasing	No.1,2,3,6,7
c	Trend (2014 - 2019, Period 2)	Increasing	No.1,2,3,6,7
d	Expected changes in future	Increase trend is continued, since same kind of development seems to be predicted in this Khan.	No.1,2,3,6,7
e	Others	-	-

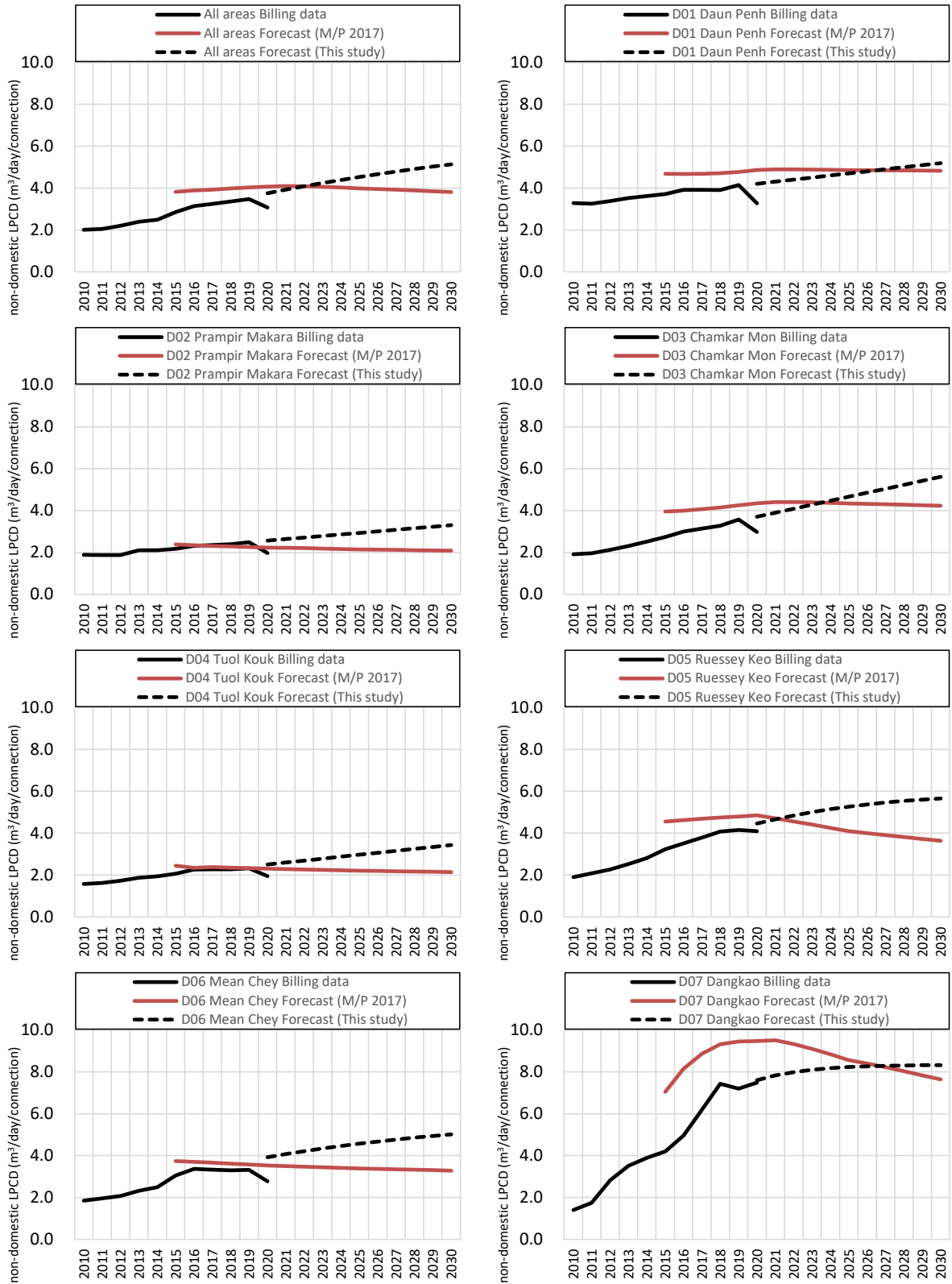
Applied formula	Reason	Remarks
No.1	The increase trend from 2010 to 2020 is linear. Same increase trend is assumed in future. So, No.1 is selected, since the formula No.1 has the characteristic of linear.	-

図 4-3.17 Khan Mean Chey の 1 栓当たりの使用水量 (Non-domestic カテゴリー) に関するトレンド式の検討結果

出典：調査団作成

トレンド式の選定に基づき推定した Non-domestic カテゴリーの 1 栓当たりの使用水量の将来予

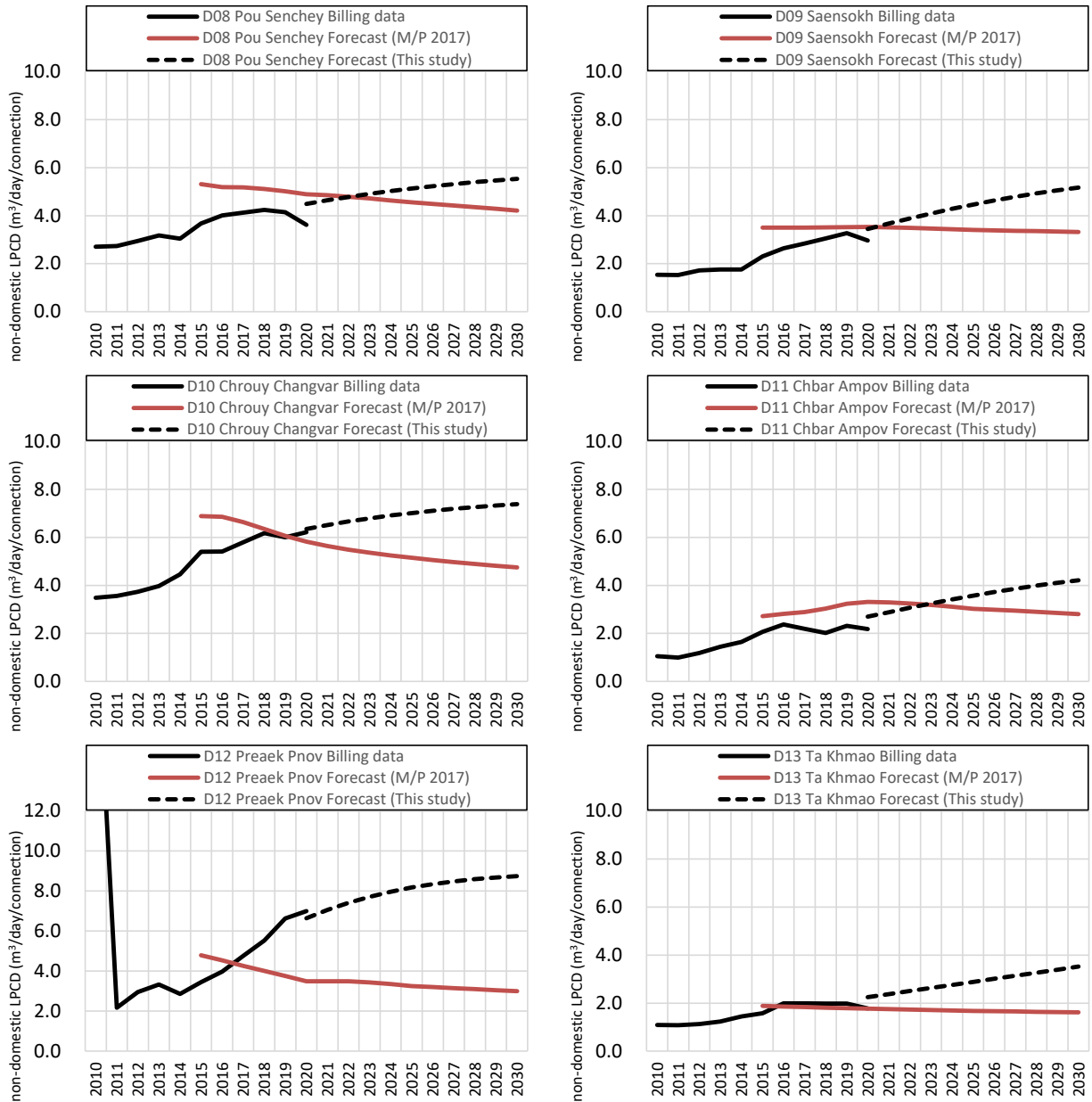
測結果を図 4-3.18 及び図 4-3.19 に示す。



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.18 将来予測結果 (1 栓当たりの使用水量 : Non-domestic カテゴリー) (1)

出典 : 調査団作成



* 第三次マスタープラン(M/P2017)M/P(2017)による予測結果を併記

図 4-3.19 将来予測結果 (1 栓当たりの使用水量: Non-domestic カテゴリー) (2)

出典: 調査団作成

4-3-4 無収水率

過去の水需要予測で適用された無収水率を表 4-3.9 に示す。また、PPWSA が集計している業務指標 (Performance Indicator、以下「PI 値」) で報告されている実際の無収水率を表 4-3.10 に示す。過去の水需要予測で適用された無収水率と PI 値による実際の無収水率を図 4-3.20 に示す。

表 4-3.9 過去の水需要予測で適用された無収水率

STUDY	DESCRIPTION
M/P 2006	2005-2020: 15%
M/P 2013	Water losses 6.7-7.0%
M/P 2017	2015-2017: 8%、2018-2019: 9%、2020-2030: 10%

出典：第二次マスタープラン（M/P2006）、第二次マスタープランの見直し（M/P2013）、第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

表 4-3.10 PPWSA の業務指標の無収水率

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
NRW ratio	6.2	6.2	5.9	5.8	6.7	6.6	7.7	8.1	8.4	9.0	9.9	10.0	10.0

Unit: %

出典：PPWSA の業務指標（PI 値）を基に調査団作成

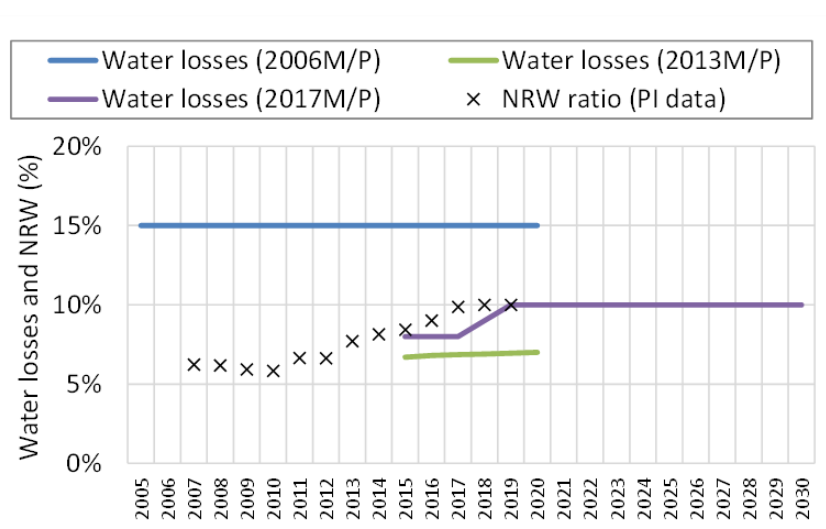


図 4-3.20 過去の水需要予測で適用された無収水率と実際の無収水率（PI 値）の比較

出典：第二次マスタープラン（M/P2006）、第二次マスタープランの見直し（M/P2013）、第三次マスタープラン（M/P2017）、PPWSA の業務指標（PI 値）を基に調査団作成

PPWSA との協議に基づき、下記を考慮して 2030 年までの無収水率は 10%を適用する。

- ・ PPWSA は、無収水率を 10%に維持する計画としている。
- ・ PPWSA は、無収水率を維持/低下させるために以下の活動を行っている。
- ・ 老朽管の更新
- ・ 水道メータの更新（11 年毎）
- ・ 水道メータの校正
- ・ 漏水探知
- ・ 漏水修理
- ・ フェイスブック等を利用した広報活動 等

4-3-5 日最大配水量係数

過去に実施された水需要予測で適用された日最大配水量係数と適用に至った理由を表 4-3.11 に示す。また、表 4-3.12 及び図 4-3.21 には、2009～2020 年の浄水量データから算出された日最大配水量係数を示す。

表 4-3.11 過去の水需要予測で採用された日最大配水量係数

STUDY	PEAK FACTOR	REMARKS
M/P 2006	1.30	-
M/P 2013	1.15	The peak factor in 2009 was 1.14 when the production capacity was sufficient.
M/P 2017	1.15	The peak factor from 2002 to 2004 was big and decreased to 1.1 from 2005 to 2009. During those periods, production capacity was sufficient. From 2010 to 2013, the production capacity was insufficient. The production capacity was enough in 2014, since Nirodh1 was completed. However, the peak factor was 1.096 Considering the above, the peak factor 1.15 was valid.

出典：調査団作成

表 4-3.12 日最大配水量係数

Year	Production (m ³ /day)		Peak Factor
	Average	Max	
2009	252,116	280,630	1.11
2010	280,078	330,531	1.18
2011	299,388	320,438	1.07
2012	330,896	358,405	1.08
2013	371,289	397,261	1.07
2014	409,732	449,030	1.10
2015	446,984	483,488	1.08
2016	486,978	524,799	1.08
2017	531,610	578,632	1.09
2018	570,742	614,916	1.08
2019	607,278	662,537	1.09
2020	621,576	644,565	1.04

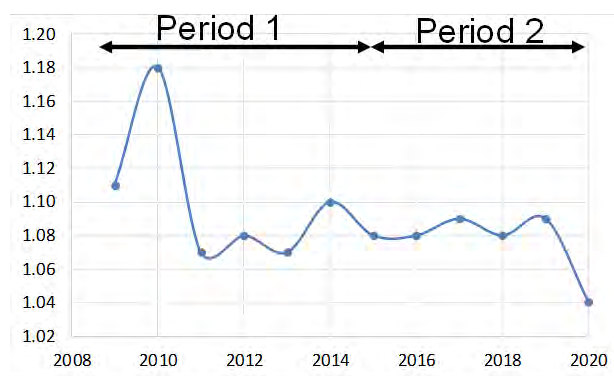


図 4-3.21 日最大配水量係数

出典：調査団作成

出典：調査団作成

ここでは、過去の水需要予測に適用された日最大配水量係数と、表 4-3.12 および図 4-3.21 に示されている直近の日最大配水量係数の実測値に基づいて、水需要予測に適用する日最大配水量係数を検討する。

日最大配水量を議論する際には、「3.2.1(2) 浄水場における浄水量」に示したように、現在の浄水場施設能力が十分ではないことに留意する必要がある。具体的には、下記事項に留意して設定する必要がある。

- ・ 全浄水場の稼働率は、図 4-3.21 に示す「Period 1」において、100%を下回っている。
- ・ 全浄水場の稼働率は、図 4-3.21 に示す「Period 2」において、100%を超過している。

上記の状況を踏まえると、「Period 2」のデータを用いて日最大配水量係数を設定することは適切ではない。よって、「Period 1」のデータに基づいて日最大配水量係数を設定することが妥当である。「Period 1」の日最大配水量係数は1.10～1.18であり、2010年の日最大配水量係数は他と比較して著しく高い。そのため、2010年は特異値として除外することが適切と考えられる。下記状況を踏まえると、日最大配水量係数は1.15が妥当と考えられる。

- ・ 日最大配水量係数は、2010年を除く「Period 1」では1.07～1.11の範囲内にある。
- ・ 2010年を除く「Period 1」の日最大配水量係数の最大値は1.11である。将来、日最大配水量係数に多少の変動があることも想定される。
- ・ 直近の水需要予測で適用されている日最大配水量係数は1.15である。

図 4-3.22 は、過去 30 年間の日本の水道事業体の実績データに基づき、給水人口規模別に日最大配水量係数の範囲を示したものである。PPWSA と同様の 100 万人以上に給水している水道事業体の場合、日最大配水量係数は 1.11～1.25 の範囲にある。よって、1.15 と設定された日最大配水量係数は妥当と考えられる。

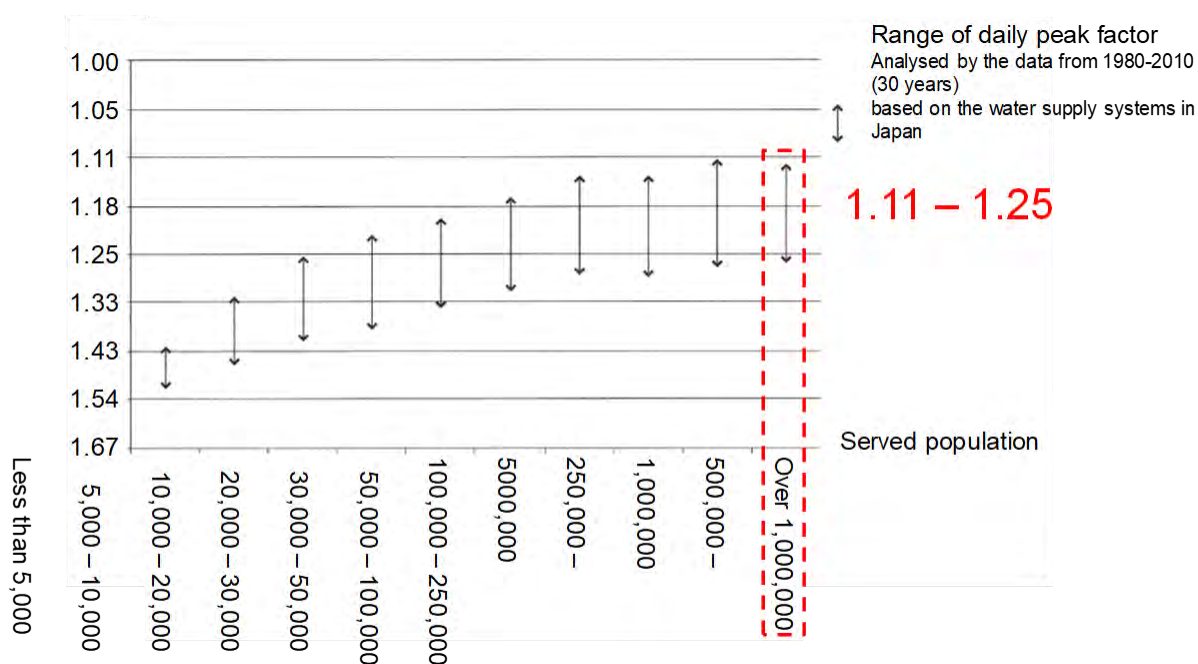


図 4-3.22 日最大配水量係数の範囲 (1980～2010年の日本の水道事業体における実績値)

出典：日本水道協会 (2012年)「水道施設設計指針」を基に調査団作成

4-3-6 水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）

水需要予測結果を表 4-3.13 に示す。ここに示している水需要予測には、大規模開発計画による水需要は含まれていない。そのため、大規模開発計画による水需要が表 4-3.13 の結果に加算され、最終的な水需要予測結果となる。図 4-3.24 に各項目の予測結果を示す。尚、各 Khan で整理した同様の図については資料に示す。

表 4-3.13 水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）

Item	Unit	Actual record											
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Connection	domestic	Connection	144,469	159,573	173,313	188,695	205,545	223,041	244,636	267,711	300,899	325,734	345,002
	non-domestic	Connection	54,693	57,349	59,959	62,639	65,294	67,418	69,426	71,213	73,667	75,262	76,372
	total	Connection	199,162	216,922	233,272	251,334	270,839	290,459	314,062	338,924	374,566	400,996	421,374
Connection / ha	Connection / ha	2.81	3.06	3.29	3.55	3.82	4.1	4.43	4.78	5.28	5.66	5.94	
Percent of domestic connection	%	72.5%	73.6%	74.3%	75.1%	75.9%	76.8%	77.9%	79.0%	80.3%	81.2%	81.9%	
LPCD	domestic	m ³ /day/connection	1.022	0.975	0.989	1.001	0.999	0.96	0.902	0.865	0.828	0.833	0.729
	non-domestic	m ³ /day/connection	2.013	2.053	2.206	2.394	2.488	2.851	3.139	3.251	3.362	3.482	3.076
Consumption	domestic	m ³ /day	147,673	155,526	171,371	188,801	205,431	214,215	220,633	234,886	249,139	271,234	251,567
	non-domestic	m ³ /day	110,073	117,756	132,257	149,929	162,446	192,208	217,952	232,804	247,656	262,035	234,921
	total	m ³ /day	257,746	273,282	303,628	338,730	367,877	406,423	438,585	467,690	496,795	533,269	486,488
NRW ratio	%	5.8%	6.7%	6.6%	7.7%	8.1%	8.4%	9.0%	9.9%	10.0%	10.0%	10.0%	
Daily peak factor	-	1.18	1.07	1.08	1.07	1.1	1.08	1.08	1.09	1.08	1.09	1.04	
Daily average water supply amount	m ³ /day	278,604	297,665	329,096	369,140	406,969	444,307	483,784	527,392	565,861	602,393	549,549	
Daily maximum water supply amount	m ³ /day	320,395	342,315	378,460	424,511	468,014	510,953	556,352	606,501	650,740	692,752	631,981	

Item	Unit	Forecast										
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Connection	domestic	Connection	359,251	381,912	404,650	427,413	450,151	472,846	495,476	518,044	540,566	563,074
	non-domestic	Connection	81,610	83,689	85,619	87,389	88,996	90,438	91,718	92,844	93,826	94,682
	total	Connection	440,861	465,601	490,269	514,802	539,147	563,284	587,194	610,888	634,392	657,756
Connection / ha	Connection / ha	6.20	6.60	6.90	7.30	7.60	7.90	8.30	8.60	8.90	9.30	
Percent of domestic connection	%	81.5%	82.0%	82.5%	83.0%	83.5%	83.9%	84.4%	84.8%	85.2%	85.6%	
LPCD	domestic	m ³ /day/connection	1.054	1.058	1.063	1.067	1.07	1.074	1.077	1.08	1.083	1.086
	non-domestic	m ³ /day/connection	3.924	4.087	4.243	4.391	4.532	4.665	4.792	4.911	5.025	5.134
Consumption	domestic	m ³ /day	378,557	404,209	430,024	455,935	481,881	507,833	533,762	559,671	585,578	611,524
	non-domestic	m ³ /day	320,208	342,043	363,280	383,748	403,331	421,918	439,480	455,993	471,514	486,116
	total	m ³ /day	698,765	746,252	793,304	839,683	885,212	929,751	973,242	1,015,664	1,057,092	1,097,640
NRW ratio	%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	
Daily peak factor	-	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	
Daily average water supply amount	m ³ /day	776,406	829,169	881,448	932,982	983,568	1,033,058	1,081,380	1,128,515	1,174,549	1,219,600	
Daily maximum water supply amount	m ³ /day	892,866	953,545	1,013,665	1,072,931	1,131,104	1,188,018	1,243,590	1,297,793	1,350,732	1,402,540	

出典：調査団作成

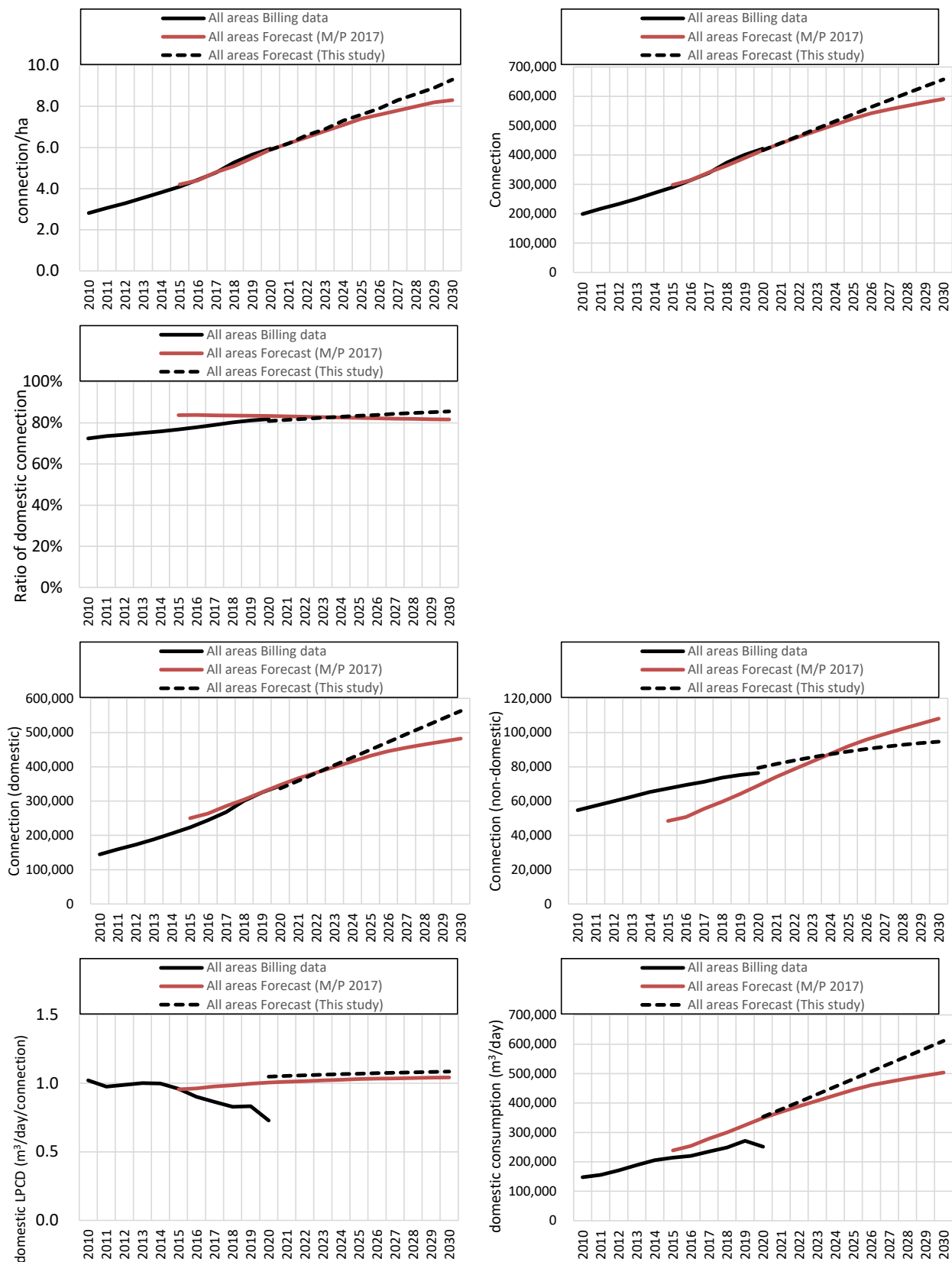


図 4-3.23 水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）(1)

出典：調査団作成

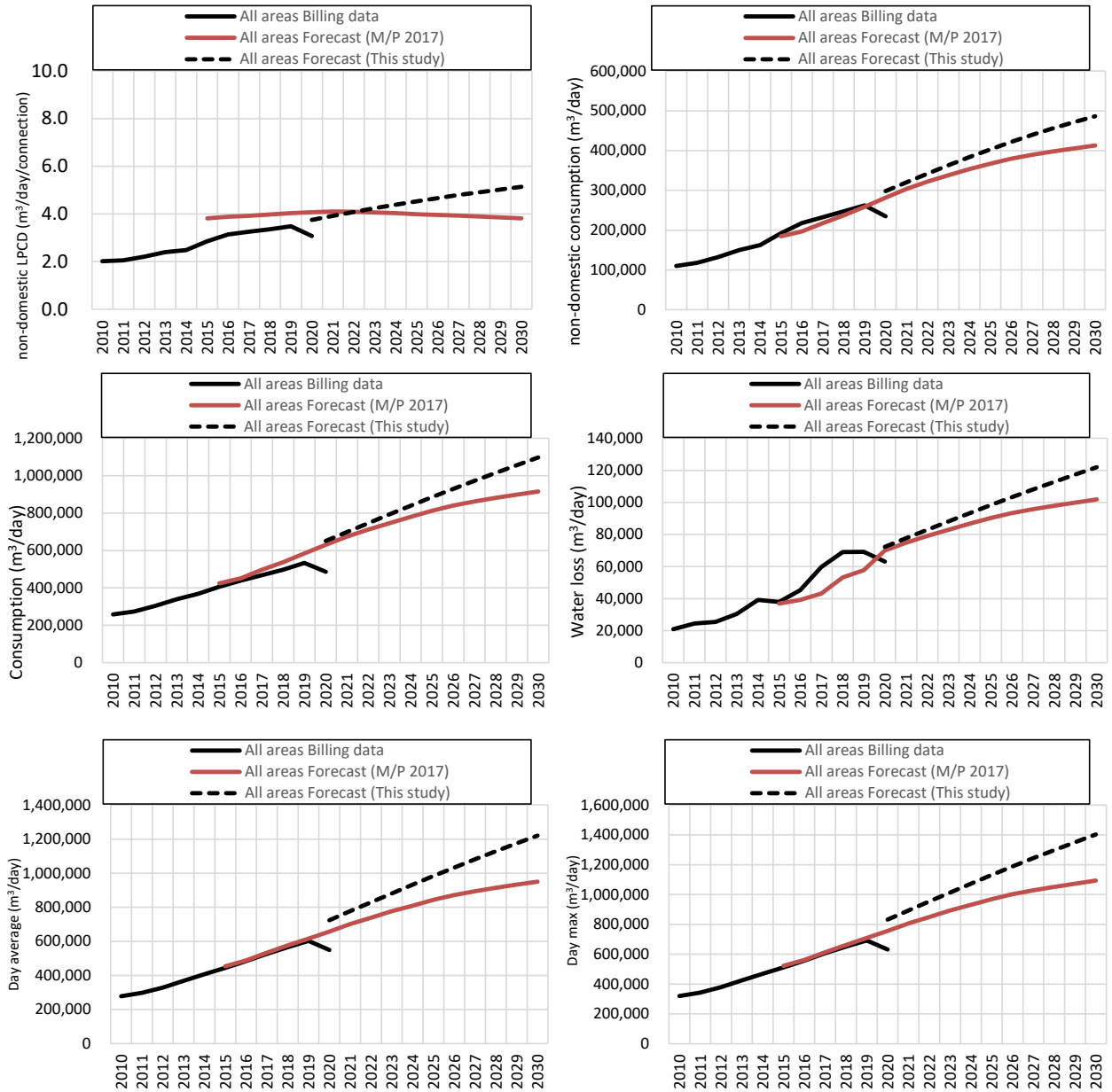


図 4.3.24 水需要予測結果（大規模開発計画分を除く）（2）

出典：調査団作成

4-3-7 水需要予測（大規模開発計画）

4-3-7-1 大規模開発計画等の分類

大規模開発計画等の水需要予測にあたり、各計画の実現性や Mekong 川の西側・東側を考慮するためにグループ化を行った。大規模開発計画等のグループ化の方法を表 4-3.14 に示す。大規模開発計画（Group1,2,3）の位置図を図 4-3.25 に示す。なお、現在民間事業者が水道供給を実施しているエリアについて、将来 PPWSA が水道供給することも検討されているため、それらの地域の水需要についても考慮している。

表 4-3.14 大規模開発計画等のグループ化

Group	Description
Group 1	Large-scale development plans - which have been already started - which will be started soon
Group 2	Large-scale development plans and areas currently supplied by private utilities - they are located in the west side of the Mekong River There are uncertainties - whether the project would be carried out or not - supplied by the private utilities continuously or supplied by PPWSA in future
Group 3	Areas currently supplied by private utilities - they are located in the east side of the Mekong River There are uncertainties - supplied by the private utilities continuously or supplied by PPWSA in future

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

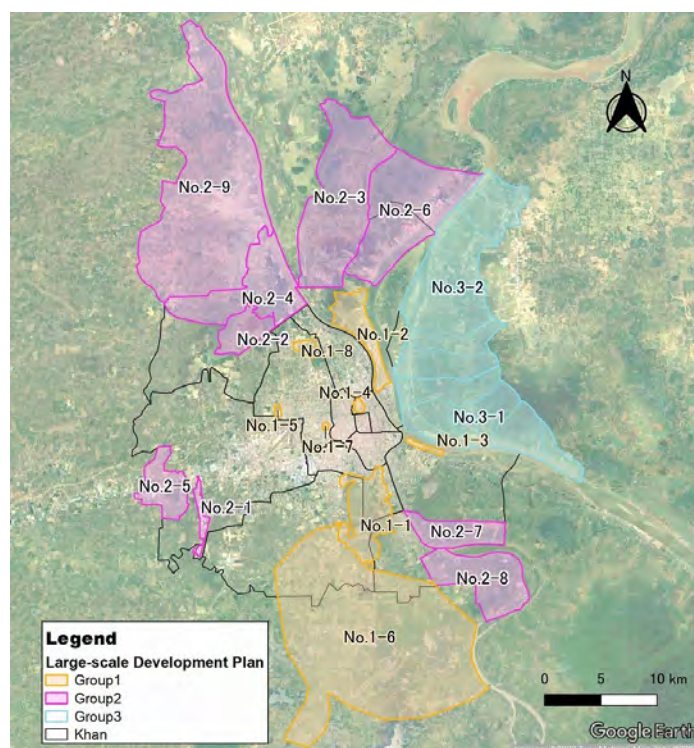


図 4-3.25 大規模開発計画（Group1,2,3）の位置図

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

4-3-7-2 水需要 (Group1)

4-3-7-2-1 Group1 の概要

Group1 に属する大規模開発計画のリストを表 4-3.15 に、大規模開発計画 (Group1) の位置図を図 4-3.26 に示す。

表 4-3.15 大規模開発計画リスト (Group1)

No	Name	Area	Khan	Schedule	Description
1-1	ING City	2,572 ha	Mean Chey Dangkao	2020-2040	4 stages, 5 year/stage, 2 stages are assumed to be completed until 2030
1-2	OCIC & Okide Villa	1,300 ha	Chrouy Changvar	Around 2028 complete	Mainly Condominium and resident area
1-3	Kos Norea Project	124 ha	Chbar Ampov	Around 2028 complete	Water demand is 30,000 m ³ /day by the project plan. Backfilling is finished in next 2 years, construction finishes in 2028, Commercial, business, high-rise buildings for residence
1-4	Boeng Kak	80 ha	Daun Penh	Around 2026 complete	Business area, to be completed within 5 years
1-5	Okide Villa	50 ha	Pou Senchey	Around 2025 complete	Villa, few condominiums, business center, commercial area, Construction has already started.
1-6	New Airport City	2,600 ha	Outside	Stage 1 ends in 2023 Stage 2 ends in 2030	Water demand 1,000m ³ /day during construction
1-7	Booyoung Town	27 ha	Saensokh	Around 2026	40 apartments and 7 complexes, 17,760 units?
1-8	Grand Phnom Penh International City	150 ha	Saensokh	Around 2030	Golf course and housing area

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成



図 4-3.26 大規模開発計画 (Group1) の位置図

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

4-3-7-2-2 ING City (No.1-1)

ING City の完成時における全体の水需要は表 4-3.16 に示すように、97,764 m³/日と計画されている。この水需要は使用水量であるため、日平均及び日最大給水量はこの使用水量から計算することが可能である。

表 4-3.16 ING City に関する水需要計画概要

Land Use	Water Demand (m ³ /d)	Sewerage Flow (m ³ /d)	Electric Demand (MW)
Residential	20,657	16,526	248
Mixed Use	15,093	12,074	507
CBD	9,117	7,294	357
Civic Institution	794	635	52
Hotel	699	559	33
Sports & Recreations	49,148	5,066	13
Educational Institutes	1,610	1,288	75
Social & Public Facilities	250	200	8
Industrial	397	317	49
Grand Total	97,764	43,959	1,341

出典：Development Project for ING City 2,572 Ha Cheung Aek Reservoir Area, 2014

4-3-7-2-3 OCIC & Okide Villa (No.1-2)

当該開発エリアは約 1,300 ヘクタールあり、現在、整地及び住宅建設が進行中である。主な土地利用は住宅地であり、完成時には密集した住宅エリアになることが想定されている。現況の Khan Daun Penh や Khan Chamkar Mon、Khan Tuol Kout と同程度の給水栓密度（25～28 給水栓/ヘクタール）が想定されるため、完成時の当該開発エリアの給水栓密度を 25 給水栓/ヘクタールと想定する。この給水栓密度を基に算出した水需要を表 4-3.17 に示す。

表 4-3.17 水需要 (OCIC & Okide Villa)

Item	Unit	Condition	Remarks
(1) Area	ha	1,300	Target area
(2) Connection/ha	connection/ha	25	High dense area
(3) % of domestic connection	%	95	Residence area
(4) Connection	(4-1) Domestic	number	30,875 (4-3) X (3)
	(4-2) Non-domestic	number	1,625 (4-3) - (4-1)
	(4-3) Sub-total	number	32,500 (1) X (2)
(5) LPCD	(5-1) Domestic	m ³ /day/connection	1.351 Chrouy Changvar in 2030
	(5-2) Non-domestic	m ³ /day/connection	7.382 Chrouy Changvar in 2030
(6) Consumption	(6-1) Domestic	m ³ /day	41,712 (4-1) X (5-1)
	(6-2) Non-domestic	m ³ /day	11,996 (4-2) X (5-2)
	(6-3) Sub-total	m ³ /day	53,708 (6-1) + (6-2)
(7) NRW	%	10	Chrouy Changvar in 2030
(8) Day Average Demand	m ³ /day	59,676	(6-3) / (1-(7))
(9) Day Maximum Demand	m ³ /day	68,627	(8) X 1.15

出典：調査団作成

4-3-7-2-4 Kos Norea Project (No. 1-3)

PPWSA の提供情報に基づき当該エリアの水需要として 30,000 m³/日(日最大水量)を採用する。

4-3-7-2-5 Boeng Kak (No. 1-4)

当該開発エリアは約 80 ヘクタールあり、現在建設中である。主な用途は商業エリアである。当該エリアの水需要を算出するために、首都プノンペンの他の同様の商業エリア（図 4-3.27）の水使用量を整理し表 4-3.18 に示す。表 4-3.18 に示す条件を基に当該エリアの水需要を算出した結果を表 4-3.19 に示す。

表 4-3.18 給水栓数及び水使用量

Name	Connection 2020	Area (ha)	Connection /ha	Consumption ¹⁾	
				m ³ /day	m ³ /day/ha
Business Zone	343	78.3	4.4	5,603	71.6
Center 1	85	6.3	13.5	171	27.1
Center 2	3	6.6	0.5	145	22
North	7	26.7	0.3	4	0.1
South	316	71	4.5	733	10.3
west side	4,029	205.2	19.6	9,282	45.2
Total	4,783	394	12.1	15,939	40.5

1) Consumption in Sep. and Oct. in 2019

出典：PPWSA の水道料金データを基に調査団作成



図 4-3.27 水使用量の算出エリア

出典：Google Map

表 4-3.19 水需要 (Boeng Kak)

Item	Unit	Condition	Remarks
(1) Area	ha	80	Target area
(2) Connection/ha	connection/ha	5	Consideration of business zone
(3) % of domestic connection	%	20	Consideration of business zone
(4) Connection	(4-1) Domestic	number	80 (4-3) X (3)
	(4-2) Non-domestic	number	320 (4-3) - (4-1)
	(4-3) Sub-total	number	400 (1) X (2)
(5) LPCD	(5-1) Domestic	m ³ /day/connection	1,015 Daun Penh in 2030
	(5-2) Non-domestic	m ³ /day/connection	18 Consideration of business zone
(6) Consumption	(6-1) Domestic	m ³ /day	81 (4-1) X (5-1)
	(6-2) Non-domestic	m ³ /day	5,760 (4-2) X (5-2)
	(6-3) Sub-total	m ³ /day	5,841 (6-1) + (6-2)
(7) NRW	%	10	Daun Penh in 2030
(8) Day Average Demand	m ³ /day	6,490	(6-3) / (1-(7))
(9) Day Maximum Demand	m ³ /day	7,464	(8) X 1.15
Ref. consumption/ha	m ³ /day/ha	73.0	(6-3) / (1)

出典：調査団作成

4-3-7-2-6 Okide Villa (No. 1-5)

当該開発エリアは約 50 ヘクタールあり、現在、整地を実施しているところである。主な土地利用は住宅地であり、完成時には密集した住宅エリアになることが想定されている。Khan Daun Penh や Chamkar Mon、Tuol Kout と同程度の人口密度 (25~28 給水栓/ヘクタール) が想定されるため、完成時の当該開発エリアの給水栓密度を 25 給水栓/ヘクタールと想定する。この給水栓密度を基に算出した水需要を表 4-3.20 に示す。

表 4-3.20 水需要 (Okide Villa)

Item	Unit	Condition	Remarks
(1) Area	ha	50	Target area
(2) Connection/ha	connection/ha	25	Consideration of high density zones
(3) % of domestic connection	%	90	Residence zone
(4) Connection	(4-1) Domestic	number	1,125 (4-3) X (3)
	(4-2) Non-domestic	number	125 (4-3) - (4-1)
	(4-3) Sub-total	number	1,250 (1) X (2)
(5) LPCD	(5-1) Domestic	m ³ /day/connection	1.196 Pou Senchey in 2030
	(5-2) Non-domestic	m ³ /day/connection	5.529 Pou Senchey in 2030
(6) Consumption	(6-1) Domestic	m ³ /day	1,346 (4-1) X (5-1)
	(6-2) Non-domestic	m ³ /day	691 (4-2) X (5-2)
	(6-3) Sub-total	m ³ /day	2,037 (6-1) + (6-2)
(7) NRW	%	10	Pou Senchey in 2030
(8) Day Average Demand	m ³ /day	2,263	(6-3) / (1-(7))
(9) Day Maximum Demand	m ³ /day	2,602	(8) X 1.15

出典：調査団作成

4-3-7-2-7 New Airport City (No.1-6)

New Phnom Penh 空港とその周辺地域の水需要は、PPWSA からの提供情報（表 4-3.21）により 2030 年に 23,100 m³/日とする。

表 4-3.21 水需要 (New Airport City)

Year	Water demand (m ³ /day)
2022	5,500
2023	7,700
2024	9,900
2025	12,100
2026	14,300
2027	16,500
2028	18,700
2029	20,900
2030	23,100

出典：PPWSA

4-3-7-2-8 Booyoung Town (No.1-7)

当該開発エリアは約 27 ヘクタールあり、現在工事中の段階である。主な土地利用は住宅であり、一部商業エリアも含まれており、多くの高層アパートが建設中である。完成時には 1,474 戸が計画されているため非常に密集したエリアになると想定される。1,474 戸の住宅ができる場合、約 250 給水栓/ヘクタールとなり、これを基に算出した水需要を表 4-3.22 に示す。

表 4-3.22 水需要 (Booyoung Town)

Item	Unit	Condition	Remarks
(1) Area	ha	22	Target area
(2) Connection/ha	connection/ha	250	Consideration of high density zones
(3) % of domestic connection	%	85	Residence and commercial zone
(4) Connection	(4-1) Domestic	number	4,675 (4-3) X (3)
	(4-2) Non-domestic	number	825 (4-3) - (4-1)
	(4-3) Sub-total	number	5,500 (1) X (2)
(5) LPCD	(5-1) Domestic	m ³ /day/connection	1.042 Saensokh in 2030
	(5-2) Non-domestic	m ³ /day/connection	5.173 Saensokh in 2030
(6) Consumption	(6-1) Domestic	m ³ /day	4,871 (4-1) X (5-1)
	(6-2) Non-domestic	m ³ /day	4,268 (4-2) X (5-2)
	(6-3) Sub-total	m ³ /day	9,139 (6-1) + (6-2)
(7) NRW	%	10	Pou Senchey in 2030
(8) Day Average Demand	m ³ /day	10,154	(6-3) / (1-(7))
(9) Day Maximum Demand	m ³ /day	11,677	(8) X 1.15

出典：調査団作成

4-3-7-2-9 Grand Phnom Penh International City (No. 1-8)

当該開発エリアは約 50 ヘクタールあり、現在建設中の段階である。当該エリアの中心部にはゴルフ場があり、その周辺に住宅が計画されている。ゴルフ場がある分、他の開発エリアと比べて人口密度は低いことが想定される。それを踏まえて算出した水需要を表 4-3.23 に示す。

表 4-3.23 水需要 (Grand Phnom Penh International City)

Item	Unit	Condition	Remarks
(1) Area	ha	150	Target area
(2) Connection/ha	connection/ha	15	Consideration of low density
(3) % of domestic connection	%	80	Golf course and resident
(4) Connection	(4-1) Domestic	number	1,800 (4-3) X (3)
	(4-2) Non-domestic	number	450 (4-3) - (4-1)
	(4-3) Sub-total	number	2,250 (1) X (2)
(5) LPCD	(5-1) Domestic	m ³ /day/connection	1.042 Saensokh in 2030
	(5-2) Non-domestic	m ³ /day/connection	5.173 Saensokh in 2030
(6) Consumption	(6-1) Domestic	m ³ /day	1,876 (4-1) X (5-1)
	(6-2) Non-domestic	m ³ /day	2,328 (4-2) X (5-2)
	(6-3) Sub-total	m ³ /day	4,204 (6-1) + (6-2)
(7) NRW	%	10	Saensokh in 2030
(8) Day Average Demand	m ³ /day	4,671	(6-3) / (1-(7))
(9) Day Maximum Demand	m ³ /day	5,372	(8) X 1.15

出典：調査団作成

4-3-7-2-10 水需要のまとめ (Group 1)

Group 1 に属する大規模開発計画の水需要の合計を表 4-3.24 に示す。日平均及び日最大配水量は以下の条件で算出している。

- ・ 無収水率： 10%
- ・ 日最大配水量係数: 1.15

表 4-3.24 水需要のまとめ (Group 1)

No	1. Development project	Area (ha)	Consumption (m ³ /day)	Day average (m ³ /day)	Day max (m ³ /day)
1-1	ING city	2,572	97,765	108,628	124,922
1-2	OCIC & Okide Villa	1,300	53,708	59,676	68,627
1-3	Kos Norea Project	124	23,478	26,087	30,000
1-4	Boeng Kak	80	5,841	6,490	7,464
1-5	Okide Villa	50	2,037	2,263	2,603
1-6	New Phnom Penh Airport	2,600	18,078	20,087	23,100
1-7	Booyoung Town	27	9,139	10,154	11,678
1-8	Grand Phnom Penh international City	150	4,204	4,671	5,372
Total		6,903	214,250	238,056	273,766

出典：調査団作成

4-3-7-2-11 段階的水需要 (Group 1)

Group 1に属する大規模開発計画の2030年までの段階的な水需要は以下に示す方法で算出する。

- ・ 大規模開発エリアが工事中の場合、工事用に水が使用されている。当該エリアにおいて水道料金データがある場合、水道料金データから工事期間中の水使用量を確認する。水道料金データがない場合、工事期間中の水使用量は他のエリアの情報等から想定する。
- ・ 工事期間終了後、当該エリアへは徐々に住民や企業が移ってくるため、水需要についても徐々に上昇するものと想定する。
- ・ 工事期間終了後、一定期間は徐々に水需要が上昇し、一定期間経過後に想定している水需要に到達すると想定する。

上記の考えに基づき設定した詳細な計算条件を表 4-3.25 に示し、それを基に算出した段階的な水需要を表 4-3.26 に示す。

表 4-3.25 大規模開発計画エリア (Group 1) における段階的水需要の計算条件

No	Project	Area (ha)	Day max (m ³ /day)	Completion year	Construction period ¹⁾		Project period ²⁾		Until full demand ³⁾		Water use during construction m ³ /day	Water demand progress of each project (%) ⁵⁾										
					Year	Year	Year	Year	Year	Year		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040
1-1	ING city	2,572	124,922	2040	3	20	0	20	0	20	1,038	-	-	5%	8%	10%	15%	20%	25%	35%	50%	100%
1-2	OCIC+Okide Villa	1,300	68,627	2028	3	10	2	10	2	10	2,313	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	50%	75%	100%	100%
1-3	Kos Norea Project	124	30,000	2028	4	10	2	10	2	500	-	-	-	-	-	5%	10%	15%	30%	45%	100%	100%
1-4	Boeng Kak	80	7,464	2026	2	6	2	6	2	1,109	-	-	10%	20%	30%	50%	70%	100%	100%	100%	100%	100%
1-5	Okide Villa	50	2,603	2025	0	5	1	5	1	87	10%	20%	30%	50%	70%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1-6	New Phnom Penh Airport	2,600	23,100	2030	1	10	9	10	9	1,000	-	24%	33%	43%	52%	62%	71%	81%	100%	100%	100%	100%
1-7	Booyoung Town	27	11,678	2026	0	6	2	6	2	604	15%	20%	30%	40%	50%	65%	80%	100%	100%	100%	100%	100%
1-8	Grand Phnom Penh international City	150	5,372	2028	0	10	2	10	2	2,238	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	90%	100%	100%
Total		6,903	273,766	-	-	-	-	-	-	8,889	3.9%	6.4%	10.8%	15.0%	19.5%	26.0%	32.2%	43.7%	57.0%	77.2%	100.0%	100.0%

1) Years to use water only by construction from year 2021

2) Years until completion of project from year 2021

3) Years until reaching to full demand after completion of each project

4) Water use amount during construction calculated from billed amount

5) Hyphen in the table means construction period without use by residence

表 4-3.26 大規模開発エリア (Group 1) における段階的水需要

No	Project	Area (ha)	Day max (m ³ /day)	Completion year	Construction period ¹⁾		Project period ²⁾		Until full demand ³⁾		Water use ⁴⁾ during construction m ³ /day	Water demand (m ³ /day)									
					Year	Year	Year	Year	Year	Year		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1-1	ING city	2,572	124,922	2040	3	20	0	20	0	20	1,038	1,038	6,246	9,369	12,492	18,738	24,984	31,231	43,723	62,461	124,922
1-2	OCIC+Okide Villa	1,300	68,627	2028	1	10	2	10	2	10	2,313	3,431	6,863	10,294	13,725	17,157	20,588	34,314	51,470	68,627	68,627
1-3	Kos Norea Project	124	30,000	2028	4	10	2	10	2	500	500	500	500	500	1,500	3,000	4,500	9,000	13,500	30,000	30,000
1-4	Boeng Kak	80	7,464	2026	2	6	2	6	2	1,109	1,109	1,109	746	1,493	2,239	3,732	5,225	7,464	7,464	7,464	7,464
1-5	Okide Villa	50	2,603	2025	0	5	1	5	1	87	260	521	781	1,302	1,822	2,603	2,603	2,603	2,603	2,603	2,603
1-6	New Phnom Penh Airport	2,600	23,100	2030	1	10	9	10	9	1,000	1,000	7,700	7,700	9,900	12,100	14,300	16,500	18,700	20,900	23,100	23,100
1-7	Booyoung Town	27	11,678	2026	0	6	2	6	2	604	1,752	2,336	3,503	4,671	5,839	7,591	9,342	11,678	11,678	11,678	11,678
1-8	Grand Phnom Penh international City	150	5,372	2028	0	10	2	10	2	2,238	2,686	2,955	3,223	3,492	3,760	4,029	4,298	4,566	4,835	5,372	5,372
Total		6,903	273,766	-	-	-	-	-	-	8,889	10,658	17,389	29,563	41,021	53,478	71,150	88,040	119,555	156,173	211,305	273,766

1) Years to use water only by construction from year 2021

2) Years until completion of project from year 2021

3) Years until reaching to full demand after completion of each project

4) Water use amount during construction calculated from billed amount

4-3-7-3 水需要 (Group 2)

4-3-7-3-1 Group 2 の概要

Group 2 に関する計画のリストを表 4-3.27 に、位置図を図 4-3.28 に示す。なお、表 4-3.27 に示す No.2-1 は SEZ 自身の浄水場により給水が行われており、No.2-3～2-8 については、現状民間事業者により給水事業が実施されているが、将来は PPWSA が給水事業を実施することも検討されている。

表 4-3.27 対象エリアリスト (Group 2)

No	Name	Current water supply
2-1	Special Economic Zone (SEZ)	5,300 m ³ /day (SEZ's own WTP)
2-2	Tamok Lake	None
2-3	Arey Khsat & Leva Aem commune	4,800 m ³ /day
2-4	Prek Pnov	14,400 m ³ /day
2-5	Bek Chan	10,800 m ³ /day
2-6	North of Chrouy Changvar	7,200 m ³ /day
2-7	South of Chbar Ampov	2,400 m ³ /day
2-8	East of Ta Khmao	500 m ³ /day
2-9	Private utility area	6,172 m ³ /day

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

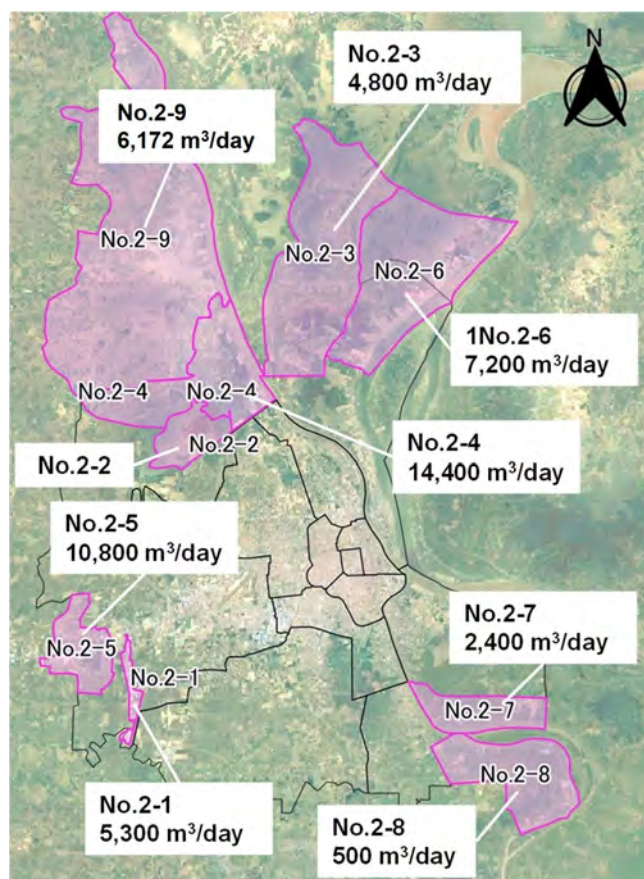


図 4-3.28 対象エリア位置図 (Group 2)

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

4-3-7-3-2 水需要 (Group 2)

PPWSA との協議より、Group 2 に属する開発エリアについては水需要を算出するための情報が非常に限られていることが分かっている。そのため、水需要を算出するために以下の係数を用いる。

$$(2030 \text{ 年の水需要※}) \div (2019 \text{ 年の水需要※}) = 1,402,540/692,752 \approx 2.0$$

※大規模開発計画エリアを除く水需要 (表 4-3.13)

上記より、現状の配水能力に対して、2030 年は 2 倍の水需要があると想定し、水需要を算出した (表 4-3.28)。

表 4-3.28 水需要 (Group 2)

No	Name	Khan	Current capacity	Water demand in 2030
2-1	Special Economic Zone (SEZ)	Pou Senchey	5,300 m ³ /day (SEZ's own WTP)	10,600 m ³ /day (SEZ; 5,300, PPWSA; 5,300)
2-2	Tamok Lake	Preaek Pnov	None	8,108 m ³ /day
2-3	Arey Khsat & Leva Aem commune	Kandal Province	4,800 m ³ /day	9,600 m ³ /day
2-4	Prek Pnov	Preaek Pnov	14,400 m ³ /day	28,800 m ³ /day
2-5	Bek Chan	Kandal Province	10,800 m ³ /day	21,600 m ³ /day
2-6	North of Chrouy Changvar	Chrouy Changvar	7,200 m ³ /day	14,400 m ³ /day
2-7	South of Chbar Ampov	Chbar Ampov	2,400 m ³ /day	4,800 m ³ /day
2-8	East of Ta Khmao	Ta Khmao	500 m ³ /day	1,000 m ³ /day
2-9	Private utility area	Ponhea Lueu	6,172 m ³ /day	8,451 m ³ /day*1)
Total			45,400 m ³ /day	107,359 m ³ /day (PPWSA; 102,059, SEZ; 5,300)

1) PPWSA による提供情報

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

4-3-7-4 水需要 (Group 3)

4-3-7-4-1 Group 3 の概要

Group 3 に関する対象エリアリストを表 4-3.29 に、位置図を図 4-3.29 に示す。当該エリアは、現状、民間事業者により給水が実施されているが、Group 2 と同様に、将来は PPWSA が給水事業を実施することが検討されている。

表 4-3.29 対象エリアリスト (Group 3)

No	Name	Khan	Current water supply
3-1	Arey Khsat & Leva Aem commune (private)	Pou Senchey	2,400 m ³ /day
3-2	Preaek Luong, Preaek Takov, Svay Chrum, Preaek Ta Mak, Preaek Ampil, Puk Russei	Preaek Pnov	11,880 m ³ /day

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

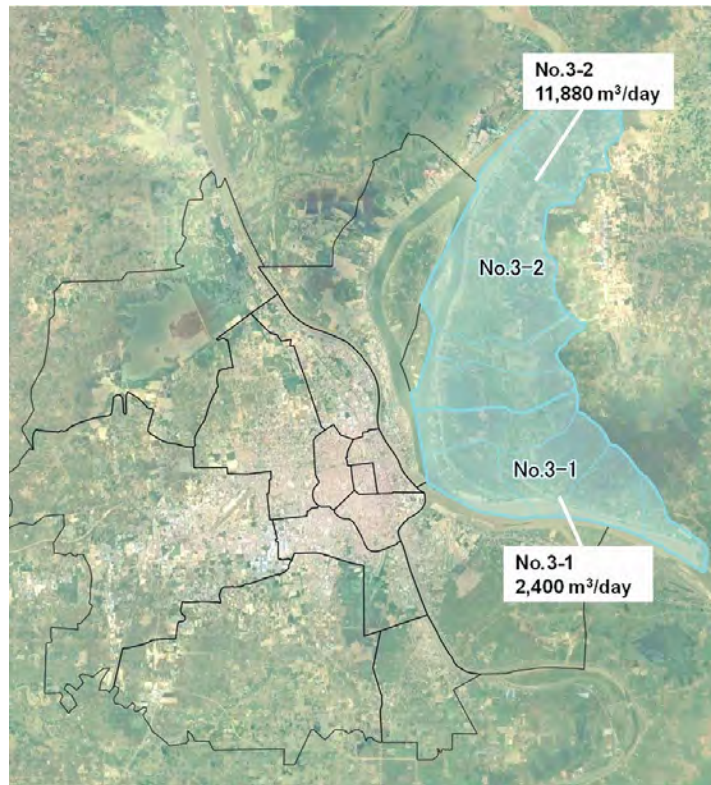


図 4-3.29 対象エリア位置図 (Group 3)

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

4-3-7-4-2 水需要 (Group 3)

Group 3 の対象エリアについても、Group 2 と同様の手法により水需要を予測し、その結果を表 4-3.32 に示す。ただし、No.3-1 については、メコン川に橋が計画されており、それにより、「OCIC & Okide Villa (No.1-2)」と同等の開発が見込まれているため、表 4-3.31 に示す需要を見込む。

表 4-3.30 水需要 (Group 3)

No	Name	Khan	Current capacity	Water demand in 2030
3-1	Arey Khsat & Leva Aem commune (private)	Pou Senchey	2,400 m ³ /day	73,907 m ³ /day
3-2	Preaek Luong, Preaek Takov, Svay Chrum, Preaek Ta Mak, Preaek Ampil, Puk Russei	Preaek Pnov	11,880 m ³ /day	23,760 m ³ /day
Total			14,280 m ³ /day	97,667 m ³ /day

出典：調査団作成

表 4-3.31 水需要 (No.3-1)

Item	Unit	Condition	Remarks	
(1) Area	ha	1,400		
(2) Connection/ha	connection/ha	25		
(3) % of domestic connection	%	95	Residential area	
(4) Connection	(4-1) Domestic	number	33,250	
	(4-2) Non-domestic	number	1,750	
	(4-3) Sub-total	number	35,000	
(5) LPCD	(5-1) Domestic	m ³ /day/connection	1.351	Average in 2030
	(5-2) Non-domestic	m ³ /day/connection	7.382	Average in 2030
(6) Consumption	(6-1) Domestic	m ³ /day	44,921	
	(6-2) Non-domestic	m ³ /day	12,919	
	(6-3) Sub-total	m ³ /day	57,840	
(7) NRW	%	10	Average in 2030	
(8) Day Average Demand	m ³ /day	64,267	(6-3) / (1-(7))	
(9) Day Maximum Demand	m ³ /day	73,907	(8) X 1.15	

出典：調査団作成

4-3-7-5 大規模開発計画等による水需要予測結果

上述した Group 1、2、及び3の大規模開発計画等による水需要予測結果を表 4-3.32 に示す。

表 4-3.32 大規模開発計画等による水需要を含めた水需要予測結果

Item		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ADD	1. M/P 2017	700,587	738,288	776,568	809,187	843,056	871,408	893,869	914,618	932,470	950,478
	2. This study (Basic)	776,406	829,169	881,448	932,982	983,568	1,033,058	1,081,380	1,128,515	1,174,549	1,219,600
	3. This study (Group 1)	9,547	11,684	20,075	35,734	46,503	61,867	76,554	103,959	135,798	183,739
	4. This study (Group 2)	0	0	0	0	62,558	67,564	72,570	77,570	82,576	88,748
	5. This study (Group 3)	0	0	0	0	63,696	67,942	72,188	76,436	80,681	84,928
	6. This study (Total)	786,000	841,000	902,000	969,000	1,157,000	1,231,000	1,303,000	1,387,000	1,474,000	1,578,000
MDD	1. M/P 2017	805,676	849,032	893,053	930,565	969,514	1,002,119	1,027,949	1,051,810	1,072,340	1,093,050
	2. This study (Basic)	892,866	953,545	1,013,665	1,072,931	1,131,104	1,188,018	1,243,590	1,297,793	1,350,732	1,402,540
	3. This study (Group 1)	10,978	13,437	23,086	41,095	53,481	71,146	88,036	119,554	156,168	211,305
	4. This study (Group 2)	0	0	0	0	71,937	77,691	83,450	89,200	94,958	102,059
	5. This study (Group 3)	0	0	0	0	73,250	78,133	83,016	87,901	92,783	97,667
	6. This study (Total)	904,000	967,000	1,037,000	1,115,000	1,330,000	1,415,000	1,499,000	1,595,000	1,695,000	1,814,000

出典：調査団作成

4-3-8 COVID-19による水需要への影響検討

図 4-3.30 に示すように、2020年に給水量が急激に減少していることが確認されている。これは、COVID-19による影響より、建設投資の一時中断や旅行者の減少等により水需要が減少したと想定される。給水量の減少幅が大きいため、水需要予測において COVID-19による影響を考慮することが妥当と考えられる。

大規模開発計画等に属する Group 1、2、及び3については、今後数年後に水需要が伸びるエリアであり、COVID-19による影響は限定的若しくはほとんどないと考えられる。そのため、

COVID-19 による影響は大規模開発計画等を除く水需要について考慮することが妥当と考えられる (表 4-3.33)。

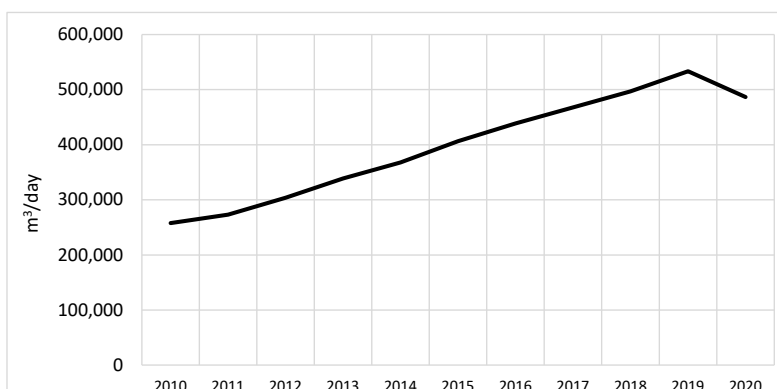


図 4-3.30 給水量の急激な減少

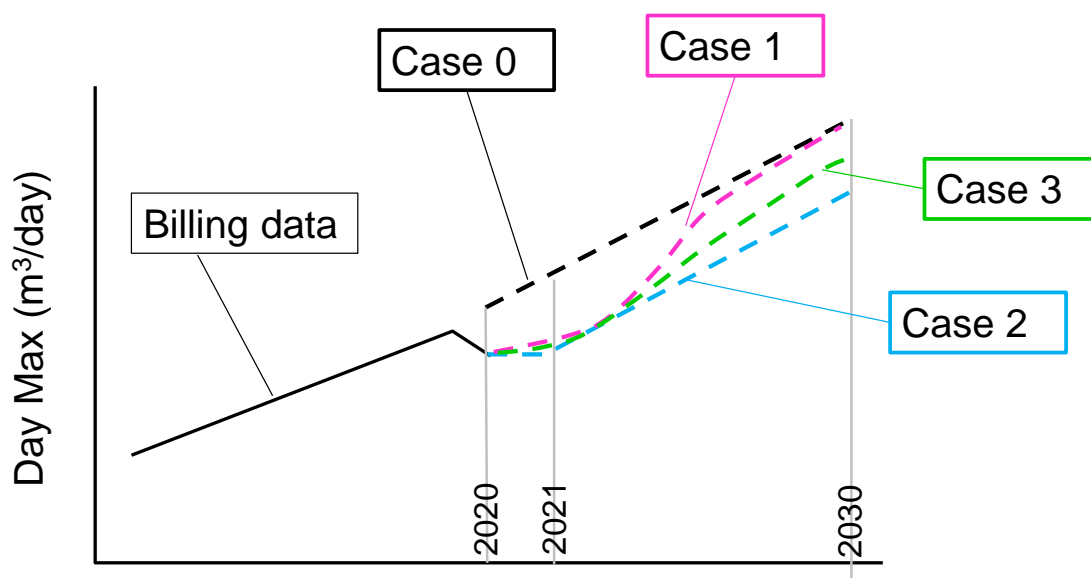
出典：PPWSA の水道料金データを基に調査団作成

表 4-3.33 COVID-19 による影響の考え方

Item	Handling
Water demand forecast without Group 1,2, and 3	Have much effect by the COVID-19
Water demand forecast of Group 1,2 and 3	Not much effect

出典：調査団作成

COVID-19 による水需要への影響を検討するために、図 4-3.31 に示す 3 つのケースを想定し、水需要予測結果に適用する。その適用結果を図 4-3.32 及び表 4-3.34 に示す。



- Case 0; Water demand forecast by this study without Group 1,2 and 3
- Case 1; Demand is recovered toward 2030
- Case 2; Demand is delayed for 3 years compared to Case 0
- Case 3; Intermediate of Case 1 and Case 3

図 4-3.31 水需要に対する COVID-19 による影響の検討ケース

出典：調査団作成

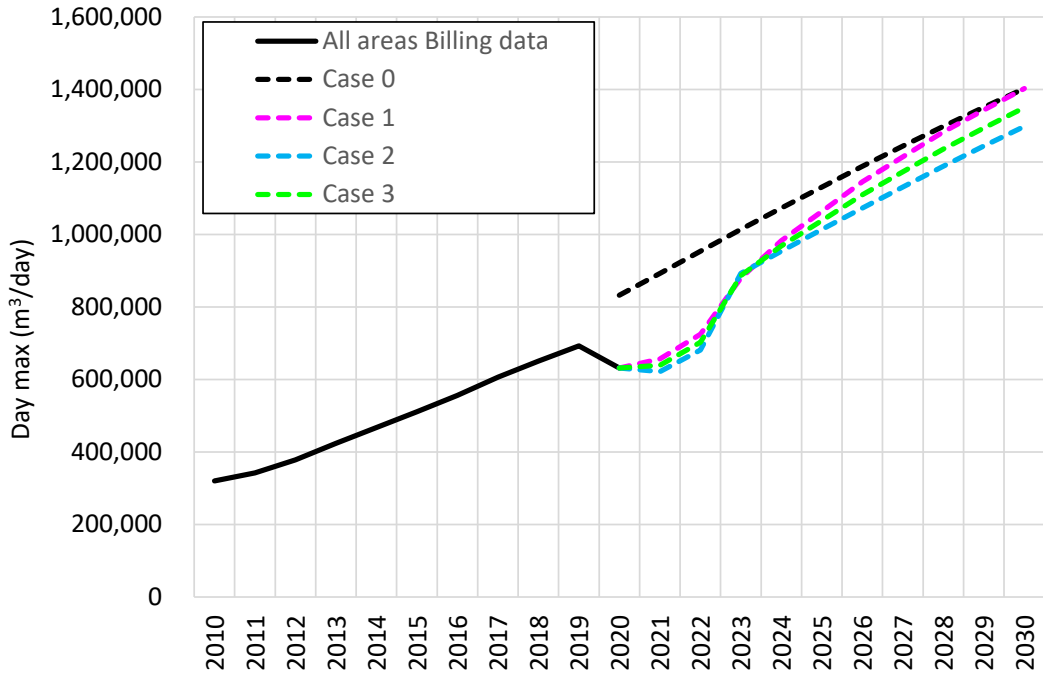


図 4-3.32 COVID-19 の影響を考慮した水需要予測シナリオ

出典：調査団作成

表 4-3.34 COVID-19 の影響を考慮した水需要予測シナリオ

		Unit: m ³ /day									
	Item	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
MDD	1. Case 0	893,000	954,000	1,014,000	1,073,000	1,132,000	1,189,000	1,244,000	1,298,000	1,351,000	1,403,000
	2. Case 1	657,000	725,000	880,000	983,000	1,064,000	1,146,000	1,214,000	1,283,000	1,343,000	1,403,000
	3. Case 2	622,000	682,000	893,000	954,000	1,014,000	1,073,000	1,132,000	1,189,000	1,244,000	1,298,000
	3. Case 3	640,000	703,000	887,000	969,000	1,039,000	1,110,000	1,173,000	1,236,000	1,294,000	1,351,000

出典：調査団作成

以下の事項等を踏まえ、Case 1 のシナリオが妥当と判断する。

- ・ COVID-19 による影響が一段落したあとは、多くの外国人旅行者が戻ってくる他、地方へ一旦戻った労働者等も首都プノンペンに戻ってくる事が想定される。
- ・ 首都プノンペンでは、今でも多くの建設事業が進行しており、COVID-19 による影響が一段落したあとも、引き続きそれらの建設投資は継続若しくはさらに加速されることが想定される。

4-3-9 水需要予測結果

COVID-19 による影響も踏まえた水需要予測結果を表 4-3.35 及び図 4-3.33 に示す。

表 4-3.35 水需要予測結果

Item		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Unit: m ³ /day											
ADD	1. Case 1 (Basic)	571,157	630,019	765,103	854,704	924,707	996,034	1,055,602	1,115,097	1,167,589	1,219,600
	2. Group 1	9,547	11,684	20,075	35,734	46,503	61,867	76,554	103,959	135,798	183,739
	3. Group 2	0	0	0	0	62,558	67,564	72,570	77,570	82,576	88,748
	4. Group 3	0	0	0	0	63,696	67,942	72,188	76,436	80,681	84,928
	5. Total	581,000	642,000	786,000	891,000	1,098,000	1,194,000	1,277,000	1,374,000	1,467,000	1,578,000
MDD	1. Case 1 (Basic)	656,830	724,523	879,869	982,911	1,063,413	1,145,438	1,213,942	1,282,364	1,342,726	1,402,540
	2. Group 1	10,978	13,437	23,086	41,095	53,481	71,146	88,036	119,554	156,168	211,305
	3. Group 2	0	0	0	0	71,937	77,691	83,450	89,200	94,958	102,059
	4. Group 3	0	0	0	0	73,250	78,133	83,016	87,901	92,783	97,667
	5. Total	668,000	738,000	903,000	1,025,000	1,263,000	1,373,000	1,469,000	1,580,000	1,687,000	1,814,000

出典：調査団作成

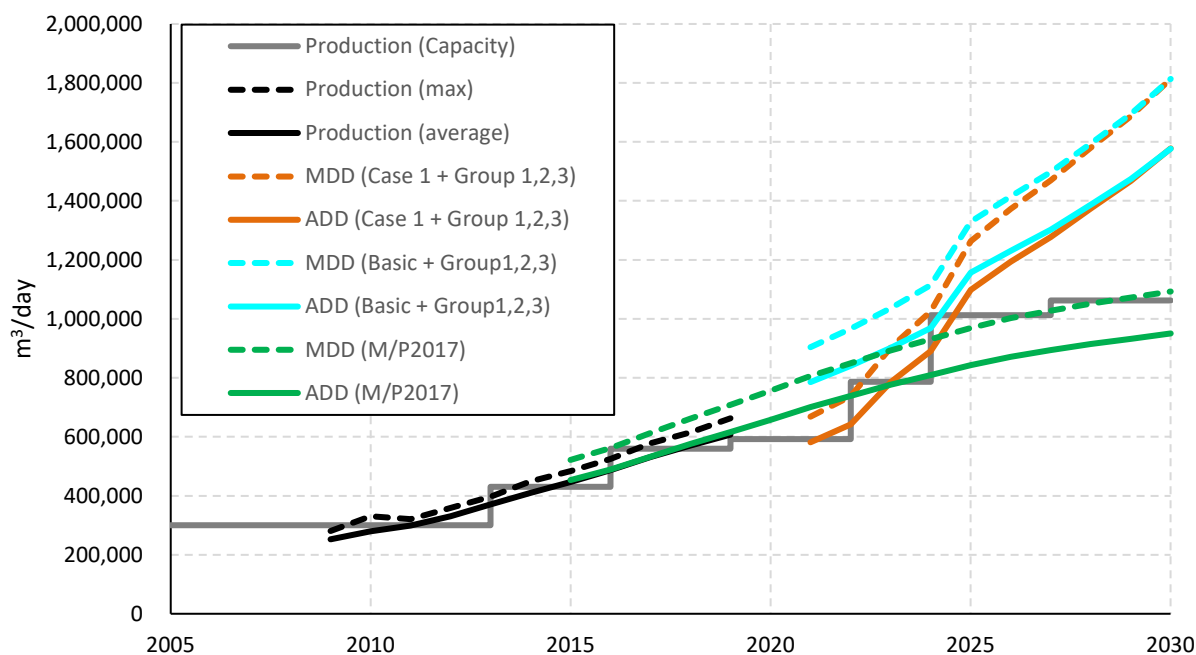


図 4-3.33 水需要予測結果

*Basic; water demand which does not consider the impact by the COVID-19

出典：調査団作成

第5章 水源

5-1 現状

5-1-1 全体概要

対象地域の全体概要図を図 5-1.1 に示す。

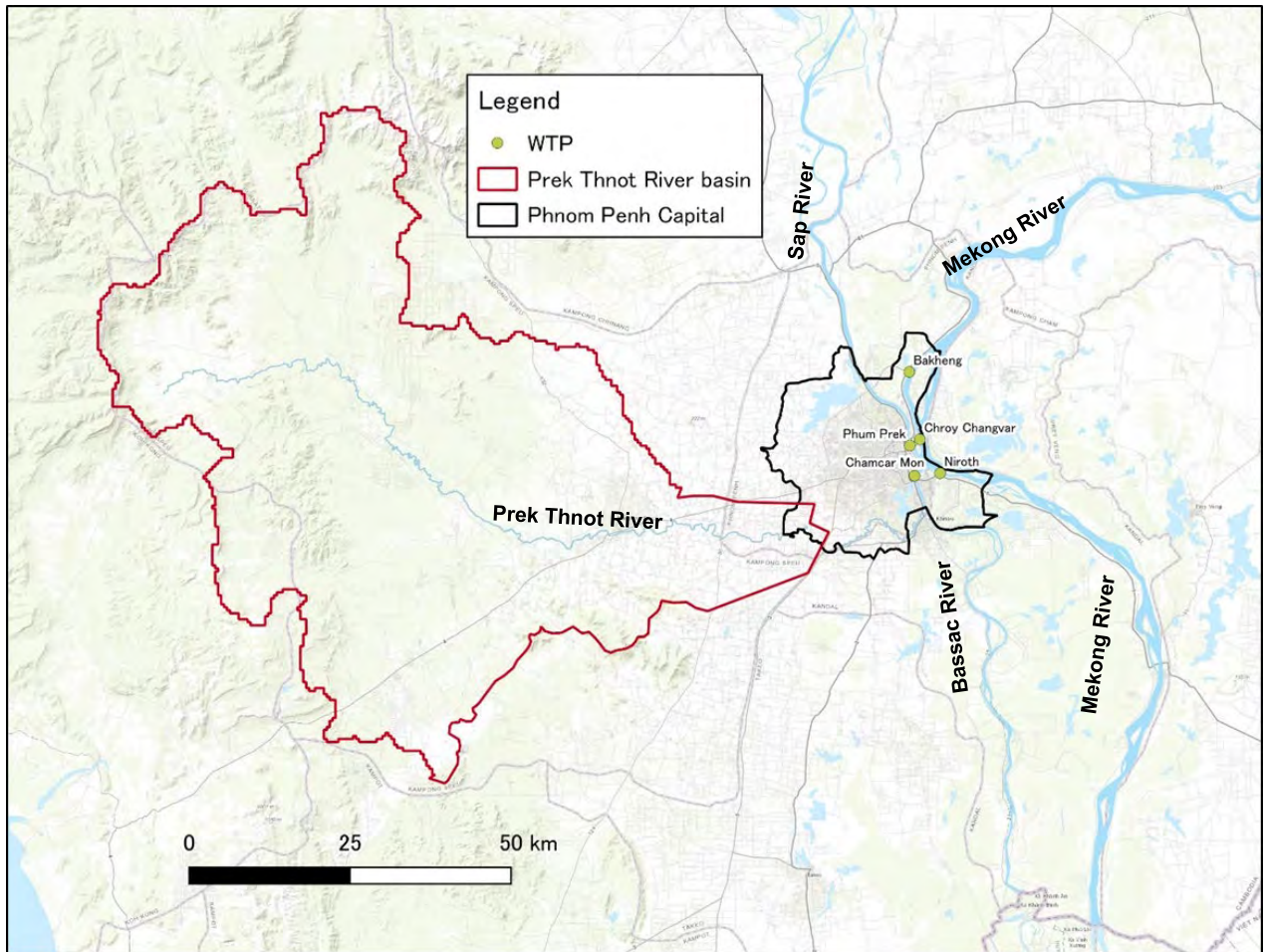


図 5-1.1 水源候補の対象地域全体図

出典：調査団作成

また、首都プノンペンの浄水場と水源候補の位置関係を図 5-1.2 に示す。

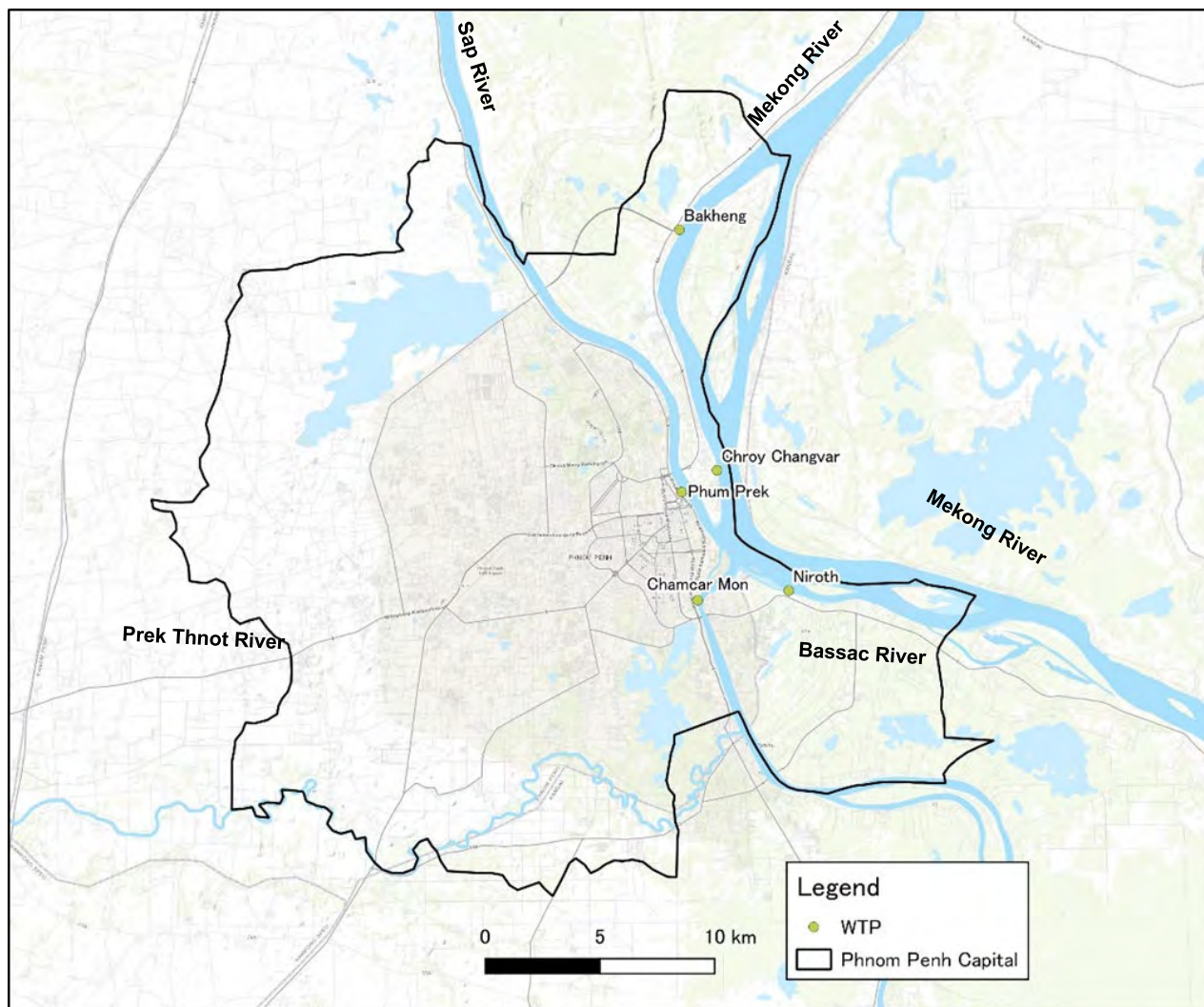


図 5-1.2 首都プノンペンの水源候補位置図

出典：調査団作成

PPWSA の浄水場の水源は Mekong 川、Sap 川、Bassac 川および Prek Thnot 川の 4 河川が候補となる。Prek Thnot 川流域のダム、地下水を加えて水源候補地を検討する。水源候補となりうる場所の概略を表 5-1.1 に示す。

表 5-1.1 上水水源となりうる河川および流域

水源	取水先	一般特性	地理的特性
Mekong 川上流部	河川表流水	年間を通じて豊富・良質な水	北東部(カンダール州に隣接)、約 20km 区間
Mekong 川下流部	河川表流水	年間を通じて豊富・良質な水	南東部(カンダール州に隣接)、約 15km 区間
Sap 川	河川表流水	年間を通じて十分な量、適度な質	北部(都内～カンダール州)、約 20km 区間
Bassac 川	河川表流水	年間を通じて適度な量、質は Mekong 川、Sap 川に比べて劣る	南東部(都内～カンダール州)、約 20km 区間
Prek Thnot 川	河川表流水	乾季に量の不足、質の低下	南部(カンダール州に隣接)、約 30km 区間、灌漑用構造物あり
Prek Thnot 川流域ダム	河川表流水(ダムからの導水)	豊富・良質な水だが、水道用水減として、灌漑用水との水利権の配	首都プノンペン西方(コンボンスプ州)、流域面積 5,070km ² 、流域内最高

水源	取水先	一般特性	地理的特性
		分が困難、遠隔地にあり導水が必要	標高 1,600m
地下水	深井戸揚水	量は限定的、都市部周辺で利用可能、良質だがしばしば鉄分過多	都内(面積 679km ²)

出典：調査団作成

首都プノンペンの既設浄水場の水源は、Sap 川、Mekong 川及び Bassac 川に集中している。各浄水施設の現在の取水量は表 5-1.2 のとおりである。

表 5-1.2 現在の取水量

浄水場	水源	2019 年の最大取水量 (m ³ /日)	取水形式	状況
Phum Prek	Sap 川	202,027	取水塔	老朽化進行
Chroy Changvar	Mekong 川	193,900	取水塔	良好
Nirodh	Mekong 川	316,230	取水塔(取水管付)	良好
Chamcar Mon	Bassac 川	59,030	取水塔(取水管付)	新設・良好
水源河川		河川毎最大取水量	最小河川流量 (m ³ /日) (Sap 川：平均河川流量)	最小河川流量に対する割合 (%)
Sap 川		202,027	70,156,800	0.29
Mekong 川		510,130	224,640,000	0.23
Bassac 川		59,030	3,456,000	1.71
合計		771,187		

出典：PPWSA

各取水施設の河川水位の情報は表 5-1.3 のとおりである。

表 5-1.3 取水地点の河川水位

浄水場	水源	記録期間	水位 (m AMSL *1)		
			最高	平均	最低
Phum Prek	Sap 川	2005/1～2020/10	+9.61 m	+4.19 m	+1.42 m
Chroy Changvar	Mekong 川	2009/1～2020/10	+10.00 m	+4.59 m	+1.03 m
Nirodh	Mekong 川	2014/1～2020/10	+8.41 m	+3.10 m	+0.76 m
Chamcar Mon	Bassac 川	2019/11～2020/10	+6.73 m	+1.94 m	+0.35 m

*1: m AMSL 海拔メートル (Meters Above Mean Sea Level)

出典：PPWSA

これらの河川の詳細な流量および水位は次節以降で述べる。

各取水地点における原水の一般的な水質データは表 5-1.4 に示すとおりである。

表 5-1.4 原水の一般的な水質特性

NO.	項目	単位	一般的な水質 (レンジ)				NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			Phum Prek	Chroy Changvar	Nirodh	Chamcar Mon	
1	温度	℃	25.3-31.5	23.7-32.7	26.4-32.5	25.2-31.2	6.5-8.5
2	pH	-	6.78-7.99	7.17-8.48	7.05-8.24	6.88-8.11	
3	濁度	NTU	12-427	10-469	14-379	8-799	<1600
4	電気伝導度	μs/cm	62-258	83-259	70-259	72-259	<800
5	浮遊物質	mg/L	10-404	6-439	11-359	6-532	<5
6	総溶解固形分	mg/L	31-147	42-161	9-130	36-130	
7	大腸菌群	cfu/100ml	825-366,175	505-116,000	300-91,640	400-458,100	<5

NO.	項目	単位	一般的な水質 (レンジ)				NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			Phum Prek	Chroy Changvar	Nirodh	Chamcar Mon	
8	糞便性大腸菌	cfu/100ml	130-108,050	43-10,825	0-13,210	36-11,867	
9	Ca 硬度	mg/L	11-66	17-65	20-70	12-70	<300
10	全硬度	mg/L	23-104	31-98	18-108	24-116	
11	Mg 硬度	mg/L	6-38	8-41	6-40	4-46	
12	アルカリ度	mg/L	23-78	27-80	30-88	24-79	<1.5
13	有機物量	mg/L	6.32-35.88	2.35-29.99	2.38-27.01	3.18-30.39	
14	溶存酸素	mg/L	1.76-7.18	4.53-8.68	5.74-11.09	6.18-8.5	<250
15	色度	mg/L Pt	4.53-147.11	1.98-228	3.58-121.2	4.91-182	<1.5
16	紫外線吸光度	-	0.006-1.023	0.003-0.403	0.01-0.292	0.007-1.134	<3
17	アルミニウム	mg/L	0-0.082	0-0.193	0-0.312	0-0.11	<50
18	アンモニア	mg/L	0-2.81	0-2.78	0-2.59	0-1.81	<250
19	アンモニア態窒素	mg/L	0-2.3	0-3.39	0-2.12	0-1.48	
20	二酸化炭素	mg/L	1.5-42	0-17	0.4-13	1-21	0
21	銅	mg/L	0-0.1	0-0.12	0-0.05	0-0.11	<0.1
22	塩化物イオン	mg/L	1-55	4.8-52	13-46	7.4-50	<0.3
23	シアン	mg/L	0-0.02	0-0.04	0.001-0.008	0-0.02	<80
24	総クロム	mg/L	0-0.05	0-0.08	0-0.09	0-0.03	<250
25	六価クロム	mg/L	0-0.09	0-0.05	0-0.1	0-0.03	<36
26	フッ化物イオン	mg/L	0-1.14	0-1.21	0-0.57	0-0.48	<0.2
27	鉄	mg/L	0-1.14	0-3.4	0.018-2.64	0-6.88	
28	マンガン	mg/L	0-0.3	0-0.33	0.002-0.2	0-0.23	<0.01
29	硝酸態窒素	mg/L	0.33-7.8	0-2.4	0.2-1.6	0-3.54	<0.7
30	硝酸	mg/L	1.5-13.7	0-10.61	0.88-7.07	0-11.49	<0.003
31	亜硝酸態窒素	mg/L	0.002-0.15	0.001-0.11	0.001-0.08	0-0.09	<0.05
32	亜硝酸	mg/L	0.0029-0.48	0.0019-0.36	0.003-0.098	0-0.16	<1
33	亜鉛	mg/L	0-0.28	0-0.2	0-0.11	0-0.17	<0.01
34	リン酸化物	mg/L	0-1.98	0.01-0.54	0.005-0.64	0.01-1.5	<0.001
35	硫化物	mg/L	0-0.098	0-0.06	0-0.038	0-0.33	
36	硫酸塩	mg/L	0-32	0-30	0-30	0-34	

* 1: NDWQS はカンボジア国飲料水質の基準値、MISTI (MIH) 2015 年
出典: PPWSA

5-1-2 水源候補の特性

5-1-2-1 Mekong 川

5-1-2-1-1 Mekong 川の水位

Mekong 川の Chroy Changvar 観測所における平均日水位の年間変動を図 5-1.3 に示す。また、同地点における水位の出現頻度分布を図 5-1.4 に示す。

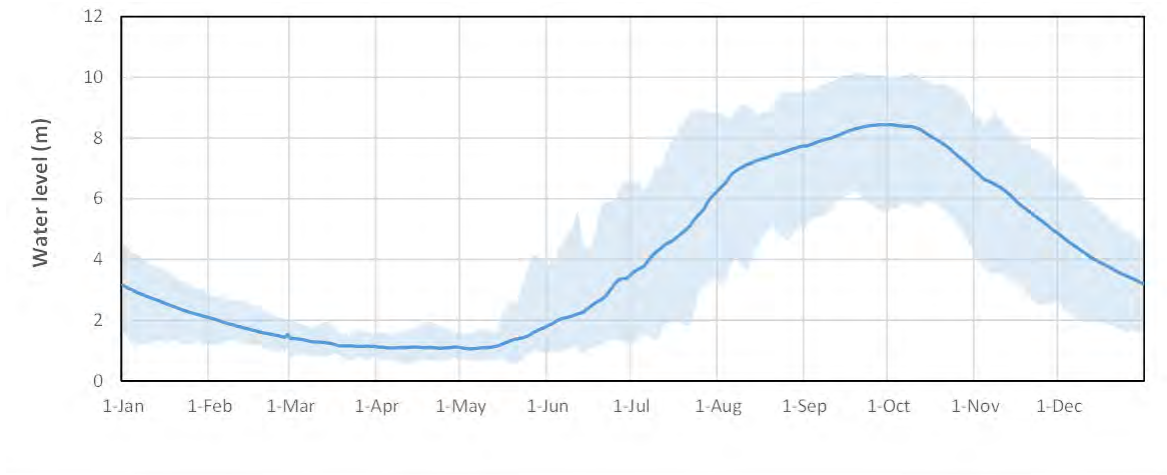
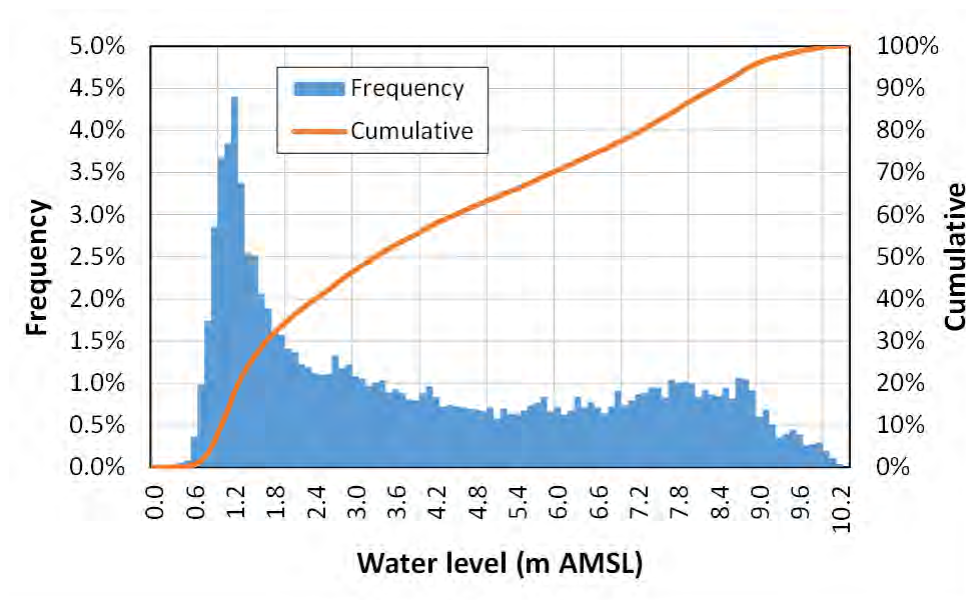


図 5-1.3 Chroy Changvar 観測所における Mekong 川の水位 (1960-2017 年の平均値)

出典：Department of Hydrology and River Works (以下、「DHRW」), MOWRAM



* m AMSL 平均海面 (Meters Above Mean Sea Level)

図 5-1.4 Chroy Changvar 観測所における水位の頻度

出典：DHRW, MOWRAM の提供資料を基に調査団が作成

平均および最大・最小水位は次のとおりである。

- ・ 平均水位：4.07 m AMSL
- ・ 平均年最大水位：8.91 m AMSL
- ・ 平均年最小水位：0.72 m AMSL
- ・ 最大高水位：10.15 m AMSL (2011 年 10 月 9 日)
- ・ 最小低水位：0.14 m AMSL (1960 年 5 月 4 日)
- ・ 観測された水位の 99.9%が 0.42m AMSL 以上
- ・ 観測された水位の 90%が 0.65m AMSL 以上
- ・ 観測された水位の 1%が 9.67m AMSL 以上

- ・ 観測された水位の 0.1% が 10.02m AMSL 以上

Mekong 川における近年の年最大水位および年最小水位の経年変化を図 5-1.5 に示す（直近 3 年間の Chroy Changvar 観測所の水位は未観測であったため、上流の Kampong Cham 観測所の水位を示した）。最大水位は低下傾向がある一方で、最小水位はわずかに上昇する傾向にある。プノンペン付近においても同様の傾向にあると考えられる。

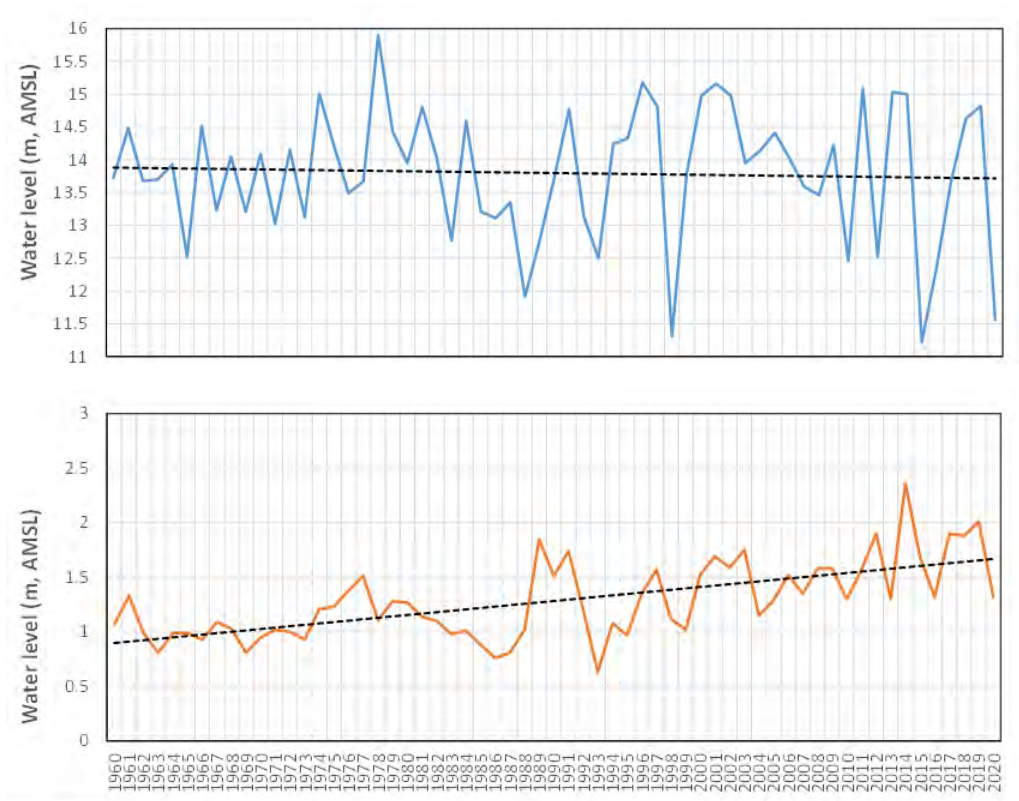


図 5-1.5 Kampong Cham 観測所における年最大水位・年最小水位の変動（1960-2020 年）

出典：DHRW, MOWRAM の提供資料を基に調査団が作成

近年、Mekong 川上流域の発電ダム建設・運用開始と気候変動による降雨特性の変化による影響を受けて、プノンペン都周辺の Mekong 川や Sap 川水位の低下が顕在化している。図 5-1.6 に Kampong Cham 観測所における Mekong 川乾季水位の長期的経年変化を示す。近年では 2019 - 2020 年乾季において記録的な水位低下となっている。

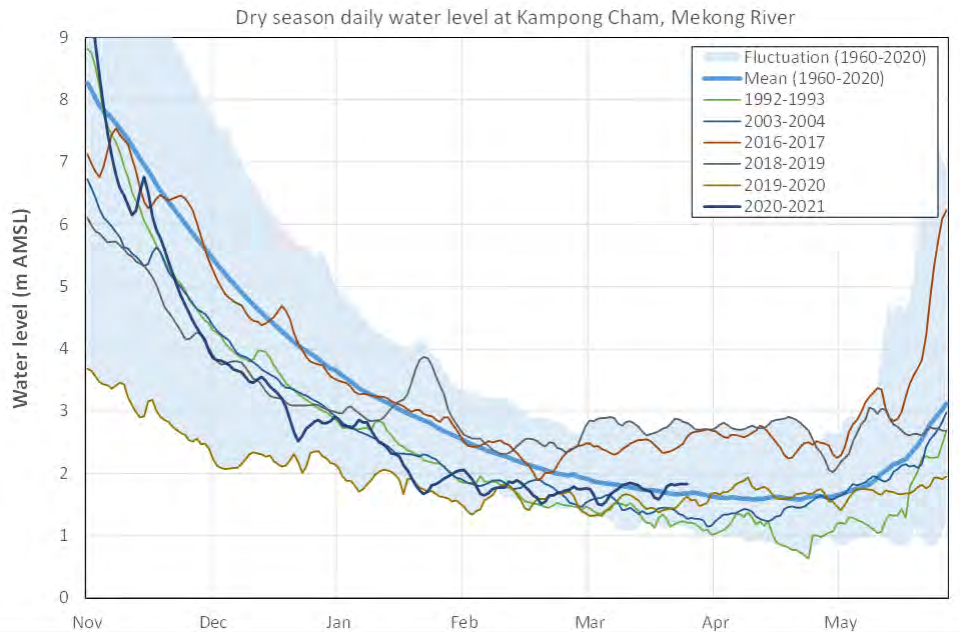


図 5-1.6 Kampong Cham 観測所における Mekong 川水位の経年変化（乾季のみ、1960 - 2020 年）

出典：DHRW, MOWRAM

このようなダムおよび気候変動影響による水位低下は、水源選定および取水施設設計において非常に重要な情報である。MRC によるダムおよび気候変動による水文要素（降水量、河川水位・流量など）の将来変動予測については、5-2-3-1 において述べる。

5-1-2-1-2 Mekong 川の流量

Mekong 川の Chroy Changvar 観測所における月平均流量を図 5-1.7 に示す。乾季と雨季により著しい変動が見られる。最小流量（1,889 m³/秒、4 月）においても適量であり、これは 163,209,600 m³/日に相当する。プノンペンの水需要量である 780,000 m³/日に対応した必要取水量 858,000 m³/日（10%の浄水時損失を想定）は、Mekong 川の平均年最小流量の 0.53%にしか当たらない。将来的な首都プノンペンの水需要増加量（+1,200,000 m³/日程度）に対応する必要取水量の増分を全て Mekong 川から取水すると仮定しても、せいぜい平均年最小流量の約 1.3%でしかないため、今後の開発水源（取水先）として十分な量の確保が期待できる。

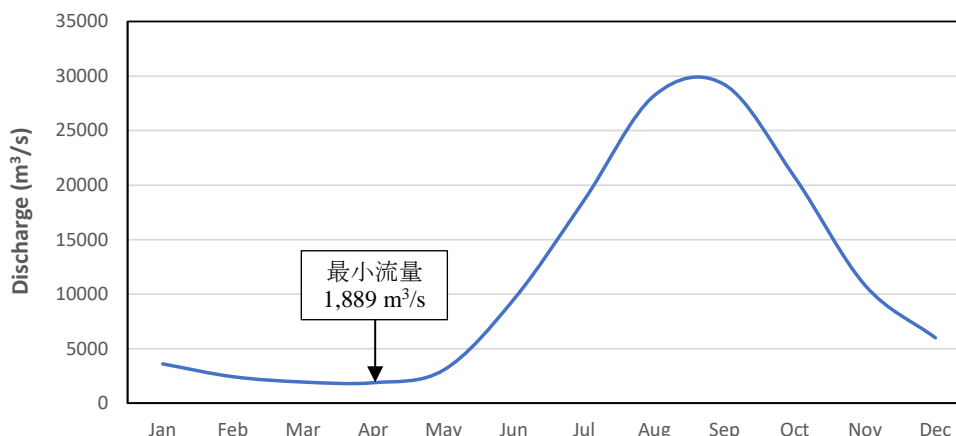


図 5-1.7 Chroy Changvar 観測所における Mekong 川の流量 (1960-2017 年の月平均値)

出典 : DHRW, MOWRAM

5-1-2-1-3 Mekong 川の水質

Chroy Changvar 取水地点における水質を表 5-1.5 に示す。ここで、河川流量の変動に基づいて、乾季と雨季の期間をそれぞれ 1 月から 5 月、6 月から 12 月と定義している。主要な観測項目は通常の範囲内である。また、同様に Mekong 川を水源とする Nirodh 浄水場の取水地点の水質を表 5-1.6 に示す。

表 5-1.5 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
1	温度	°C	28.9 (23.7-32.7)	29.1	28.7	
2	pH	-	7.86 (7.17-8.48)	8.08	7.69	6.5-8.5
3	濁度	NTU	110.6 (10-469)	18.7	177.4	<5
4	電気伝導度	µs/cm	160.0 (83-259)	193.3	135.8	<1600
5	浮遊物質	mg/L	94.7 (6-439)	14.6	153.0	
6	総溶解固形分	mg/L	80.7 (42-161)	96.7	69.1	<800
7	大腸菌群	cfu/100ml	6534 (505-116000)	4070	8329	
8	糞便性大腸菌	cfu/100ml	1077 (43-10825)	717	1340	0
9	Ca 硬度	mg/L	44.5 (17-65)	53.4	38.0	
10	全硬度	mg/L	65.1 (31-98)	79.1	55.0	<300
11	Mg 硬度	mg/L	20.8 (8-41)	25.9	17.0	
12	アルカリ度	mg/L	57.6 (27-80)	70.0	48.7	
13	有機物量	mg/L	10.5 (2.35-29.99)	7.32	12.8	
14	溶存酸素	mg/L	7.33 (4.53-8.68)	7.34	7.32	
15	色度	mg/L Pt	30.8 (1.98-228)	7.71	47.7	<5
16	紫外線吸光度	-	0.10 (0.003-0.403)	0.045	0.15	
17	アルミニウム	mg/L	0.048 (0-0.193)	0.051	0.045	<0.2
18	アンモニア	mg/L	0.26 (0-2.78)	0.12	0.37	
19	アンモニア態窒素	mg/L	0.23 (0-3.39)	0.09	0.32	<1.5
20	二酸化炭素	mg/L	4.16 (0-17)	3.81	4.42	
21	銅	mg/L	0.023 (0-0.12)	0.025	0.022	<1
22	塩化物イオン	mg/L	22.2 (4.8-52)	21.8	22.4	<250
23	シアン	mg/L	0.003 (0-0.04)	0.002	0.003	<0.07
24	総クロム	mg/L	0.019 (0-0.08)	0.019	0.020	
25	六価クロム	mg/L	0.012(0-0.05)	0.011	0.012	<0.05

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
26	フッ化物イオン	mg/L	0.18 (0-1.21)	0.20	0.16	<1.5
27	鉄	mg/L	0.37 (0-8.12)	0.062	0.59	<0.3
28	マンガン	mg/L	0.034 (0-0.33)	0.032	0.035	<0.1
29	硝酸態窒素	mg/L	0.90 (0-2.4)	0.74	1.02	
30	硝酸	mg/L	3.92 (0-10.608)	3.24	4.42	<50
31	亜硝酸態窒素	mg/L	0.010 (0-0.11)	0.010	0.009	
32	亜硝酸	mg/L	0.030 (0-0.3608)	0.031	0.029	<3
33	亜鉛	mg/L	0.049 (0-0.2)	0.048	0.050	<3
34	リン酸化物	mg/L	0.14 (0.01-0.54)	0.14	0.15	
35	硫化物	mg/L	0.010 (0-0.06)	0.005	0.013	
36	硫酸塩	mg/L	11.1 (0-30)	15.49	7.94	<250

*1: NDWQS はカンボジア国飲料水質の基準値、MISTI (MIH) 2015 年

出典: PPSWA

表 5-1.6 Nirodh 取水地点における Mekong 川の水質

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
1	温度	℃	28.8 (25.4-32.5)	29.1	28.6	
2	pH	-	7.64 (7.05-8.24)	7.8	7.5	6.5-8.5
3	濁度	NTU	82.5 (14-379)	22.0	127.7	<5
4	電気伝導度	μs/cm	159.2 (70-259)	199.3	129.3	<1600
5	浮遊物質	mg/L	71.1 (11-359)	17.4	111.0	
6	総溶解固形分	mg/L	78.7 (9-130)	97.4	64.8	<800
7	大腸菌群	cfu/100ml	5742 (300-91640)	4926	6349	
8	糞便性大腸菌	cfu/100ml	531 (0-13210)	358	661	0
9	Ca 硬度	mg/L	41.6 (20-70)	50.9	34.7	
10	全硬度	mg/L	59.7 (18-108)	72.2	50.3	<300
11	Mg 硬度	mg/L	19.6 (6-40)	24.6	15.9	
12	アルカリ度	mg/L	53.8 (30-88)	65.5	45.0	
13	有機物量	mg/L	12.3 (2.38-27.01)	10.7	13.5	
14	溶存酸素	mg/L	7.33 (5.74-11.09)	7.25	7.38	
15	色度	mg/L Pt	30.2 (3.58-121.2)	13.7	42.4	<5
16	紫外線吸光度	-	0.099 (0.01-0.292)	0.06	0.13	
17	アルミニウム	mg/L	0.054 (0-1.21)	0.023	0.078	<0.2
18	アンモニア	mg/L	0.39 (0-2.59)	0.21	0.53	
19	アンモニア態窒素	mg/L	0.33 (0-2.12)	0.17	0.45	<1.5
20	二酸化炭素	mg/L	2.89 (0-13)	2.28	3.34	
21	銅	mg/L	0.019 (0-0.11)	0.024	0.015	<1
22	塩化物イオン	mg/L	27.7 (13-46)	27.5	27.9	<250
23	シアン	mg/L	0.002 (0.001-0.009)	0.003	0.002	<0.07
24	総クロム	mg/L	0.023 (0-0.09)	0.022	0.024	
25	六価クロム	mg/L	0.014 (0-0.1)	0.013	0.015	<0.05
26	フッ化物イオン	mg/L	0.15 (0-0.57)	0.19	0.12	<1.5
27	鉄	mg/L	0.54 (0.018-2.64)	0.25	0.75	<0.3
28	マンガン	mg/L	0.041 (0-1.2)	0.019	0.058	<0.1
29	硝酸態窒素	mg/L	0.73 (0-5.31)	0.72	0.74	
30	硝酸	mg/L	2.95 (0-7.07)	3.17	2.78	<50
31	亜硝酸態窒素	mg/L	0.008 (0-0.08)	0.011	0.006	
32	亜硝酸	mg/L	0.026 (0-0.098)	0.029	0.023	<3
33	亜鉛	mg/L	0.030 (0-0.11)	0.030	0.030	<3
34	リン酸化物	mg/L	0.20 (0.005-0.64)	0.19	0.20	
35	硫化物	mg/L	0.008 (0-0.05)	0.005	0.011	
36	硫酸塩	mg/L	8.66 (0-30)	12.49	5.81	<250

*1: NDWQS はカンボジア国飲料水質の基準値、MISTI (MIH) 2015 年

出典: PPSWA

Chroy Changvar 取水地点および Nirodh 取水地点はほぼ同様の水質となっており、次のような特性がある。

- ・ 上水水源として好ましい水質である。特に乾季において、無機質分が低いにもかかわらず pH の値が適切な凝集効果を見込める範囲にある。
- ・ さらに乾季において、濁度が低い、酸素供給がかなり良い、微生物量が低いなどの特徴があり、汚濁の度合いが比較的低い。
- ・ 化学物質の汚染レベルは低い。

Chroy Changvar 取水地点における主要水質項目の時系列変化を図 5-1.8 から図 5-1.13 に示す。また、Nirodh 取水地点における主要水質項目の時系列変化を図 5-1.14 から図 5-1.19 に示す。これらの観測結果は、2015 年以降においても大きな変動はなく、浄水処理を行うには望ましい水質が保たれていることを示している。

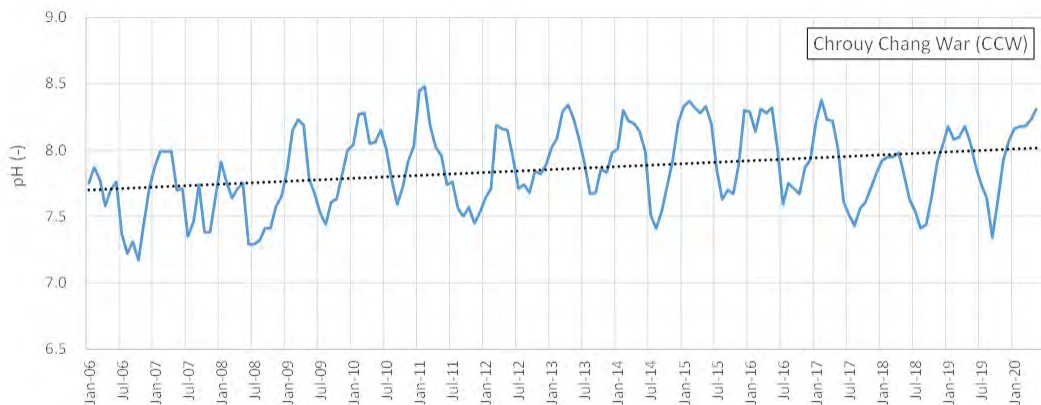


図 5-1.8 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質 (pH)

出典：PPWSA

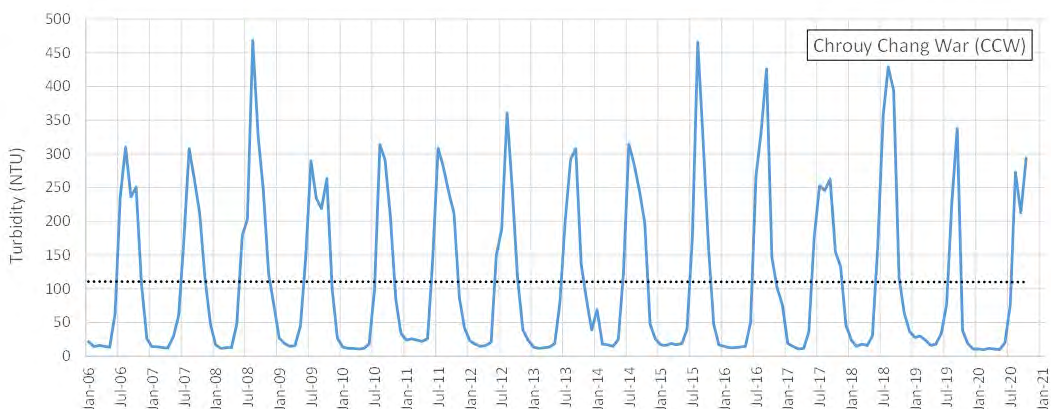


図 5-1.9 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質 (Turbidity)

出典：PPWSA

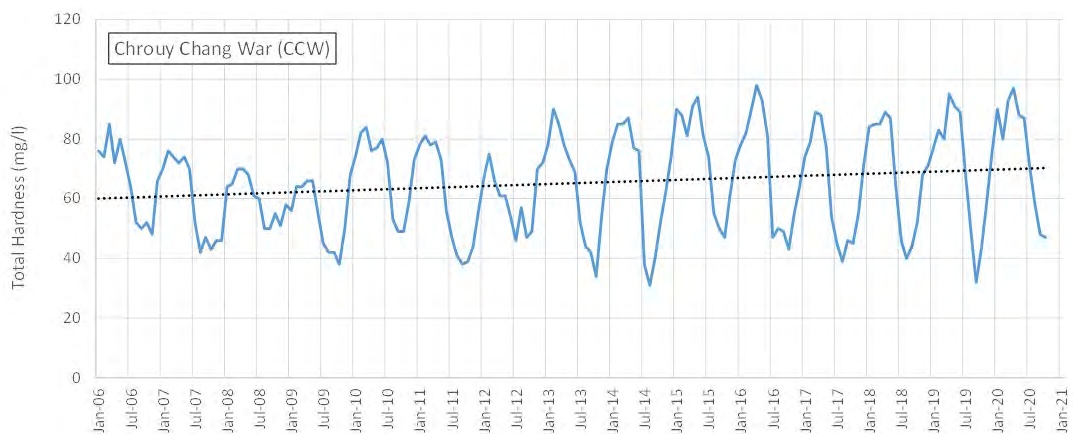


図 5-1.10 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質 (Total Hardness)

出典：PPWSA

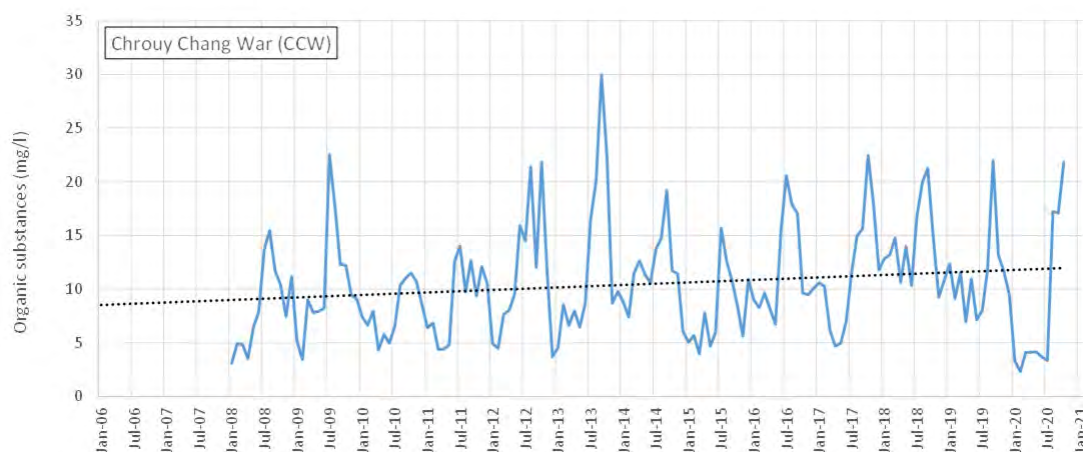


図 5-1.11 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質 (Organic substance)

出典：PPWSA

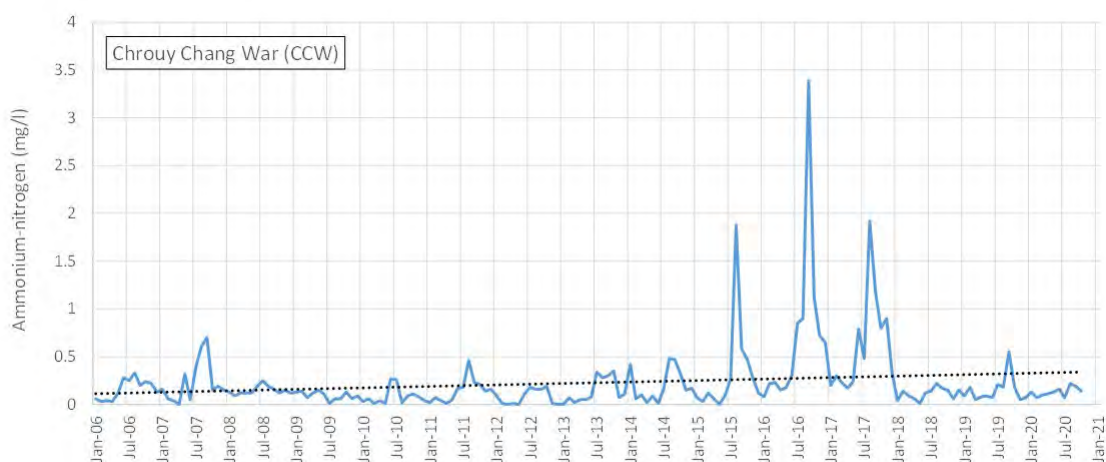


図 5-1.12 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質 (Aluminum)

出典：PPWSA

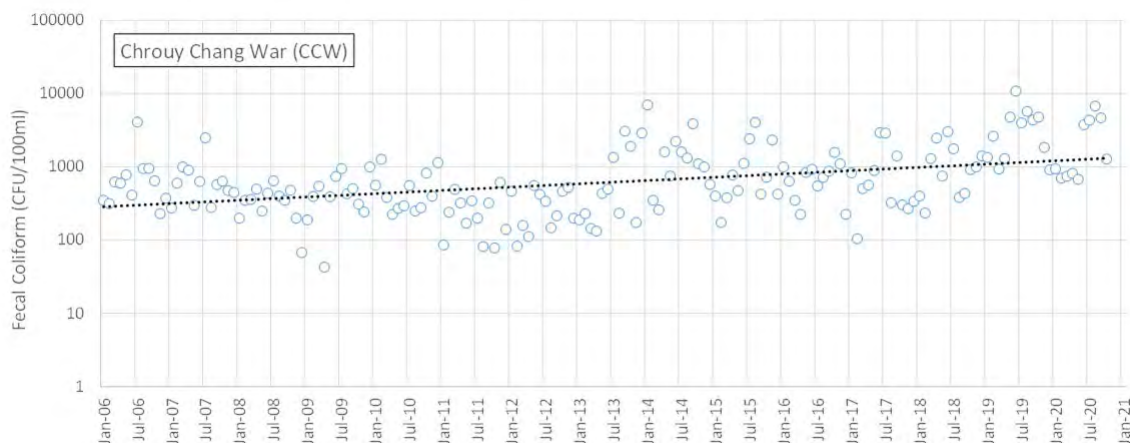


図 5-1.13 Chroy Changvar 取水地点における Mekong 川の水質 (Fecal Coliform)

出典：PPWSA

これらの長期傾向は、ほとんどの水質項目は大きな変化が生じていないことを示している。しかしながら、糞便性大腸菌は増加傾向にあり、2013 年頃に検出量が増えている。表 5-1.7 に代表的な項目の変化傾向をまとめたものを示す。

表 5-1.7 Chroy Changvar 取水地点の水質の傾向

傾向	測定項目
微増あるいは一定	アンモニア、濁度、溶存酸素
増加	糞便性大腸菌 (E. Coli)、全硬度、有機物量、鉄
減少	硝酸
著しい減少	-

出典：調査団作成



図 5-1.14 Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質 (pH)

出典：PPWSA

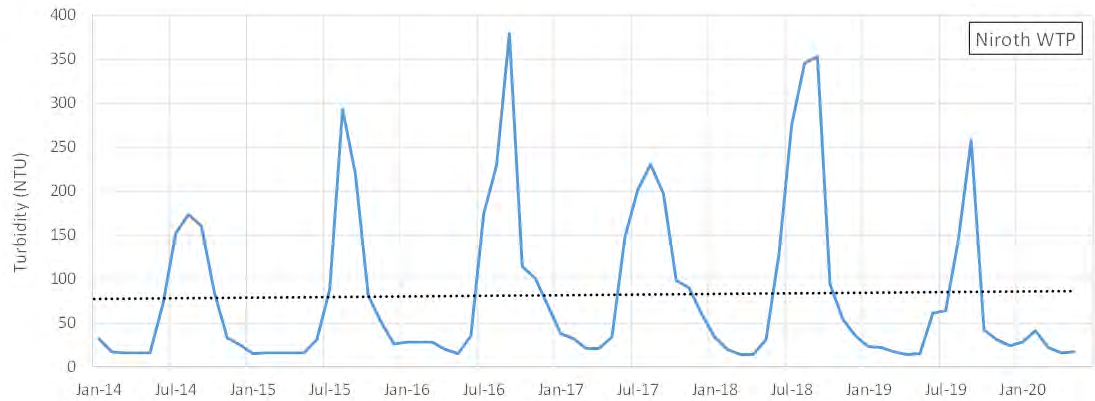


図 5-1.15 Niroth 取水地点におけるメコン川の水質 (Turbidity)

出典：PPWSA

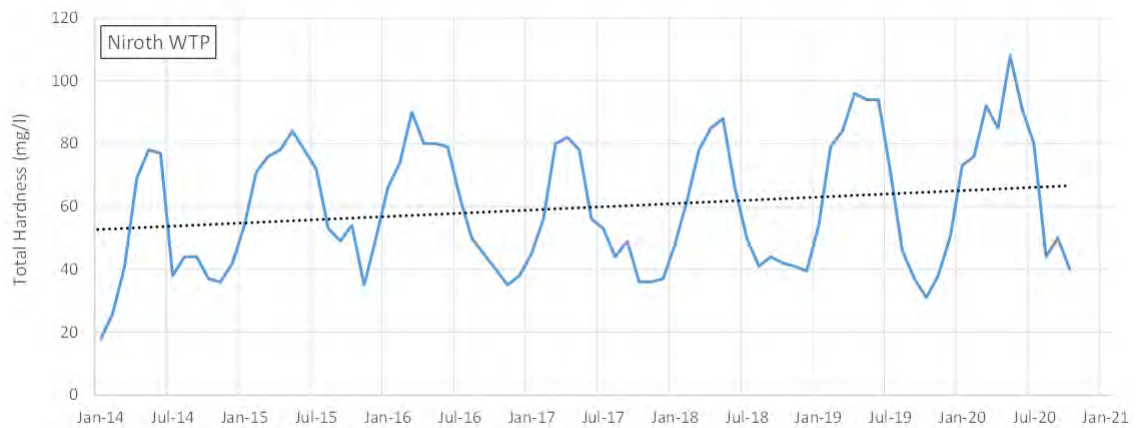


図 5-1.16 Niroth 取水地点におけるメコン川の水質 (Total Hardness)

出典：PPWSA

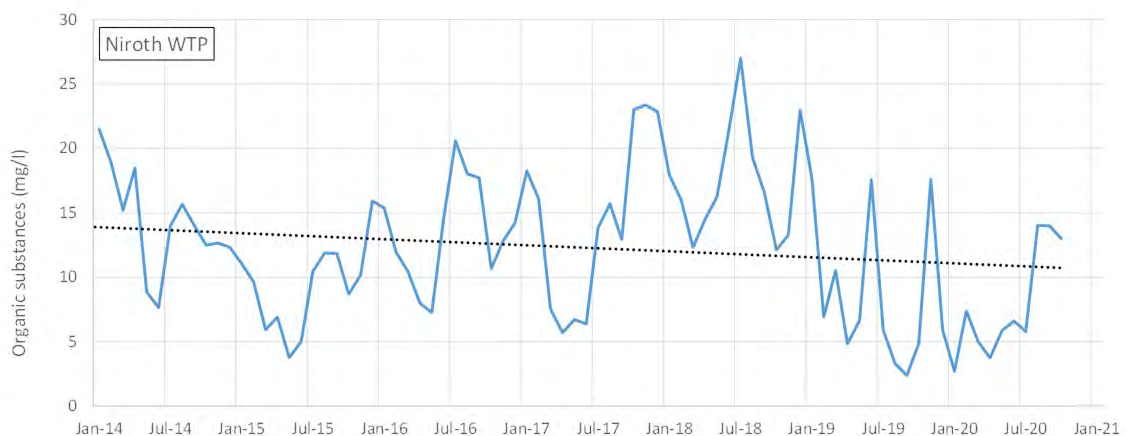


図 5-1.17 Niroth 取水地点におけるメコン川の水質 (Organic substance)

出典：PPWSA

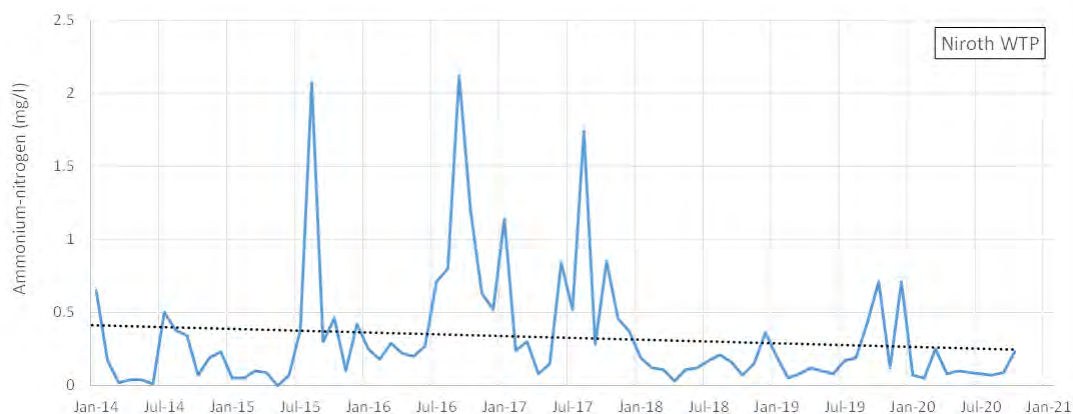


図 5-1.18 Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質 (Aluminum)

出典：PPWSA

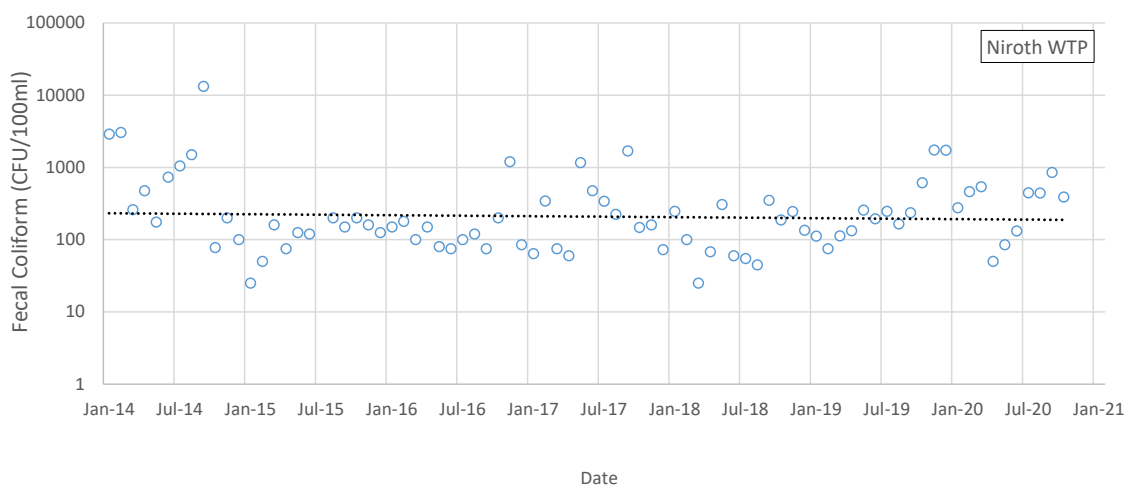


図 5-1.19 Nirodh 取水地点におけるメコン川の水質 (Fecal Coliform)

出典：PPWSA

これらの長期傾向は、ほとんどの水質項目は大きな変化が生じていないことを示している。しかしながら、全硬度は増加傾向、また有機物量が減少傾向にある。表 5-1.8 に代表的な項目の変化傾向をまとめたものを示す。

表 5-1.8 Nirodh 取水地点の水質の傾向

傾向	測定項目
微増あるいは一定	アンモニア、濁度、溶存酸素、糞便性大腸菌 (E. Coli)、鉄、硝酸
増加	全硬度
減少	有機物量
著しい減少	-

出典：調査団作成

5-1-2-2 Sap 川

5-1-2-2-1 Sap 川の水位

Sap 川の Phnom Penh Port 観測所における平均日水位の年間変動を図 5-1.20 に示す。また、同地点における水位の出現頻度を図 5-1.21 に示す。

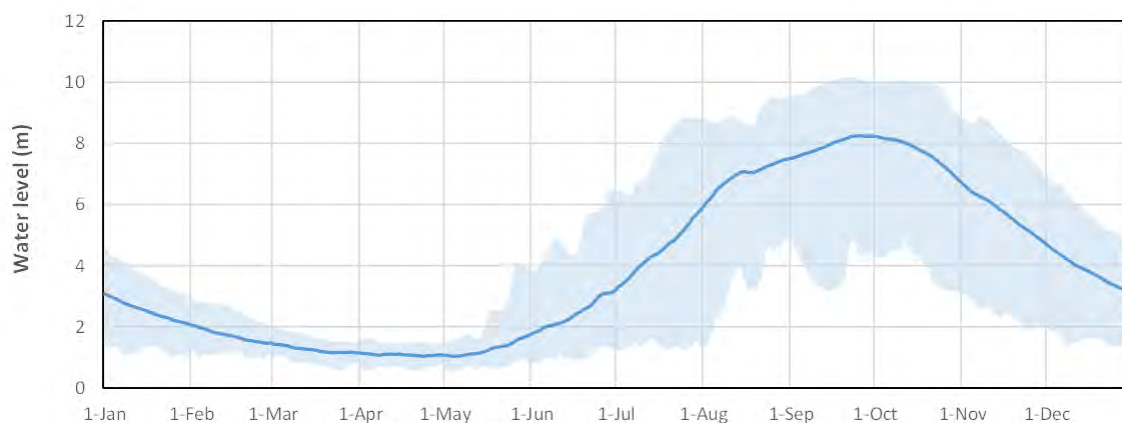


図 5-1.20 Phnom Penh Port 観測所における Sap 川の水位 (1996-2017 年の平均値)

出典：DHRW, MOWRAM

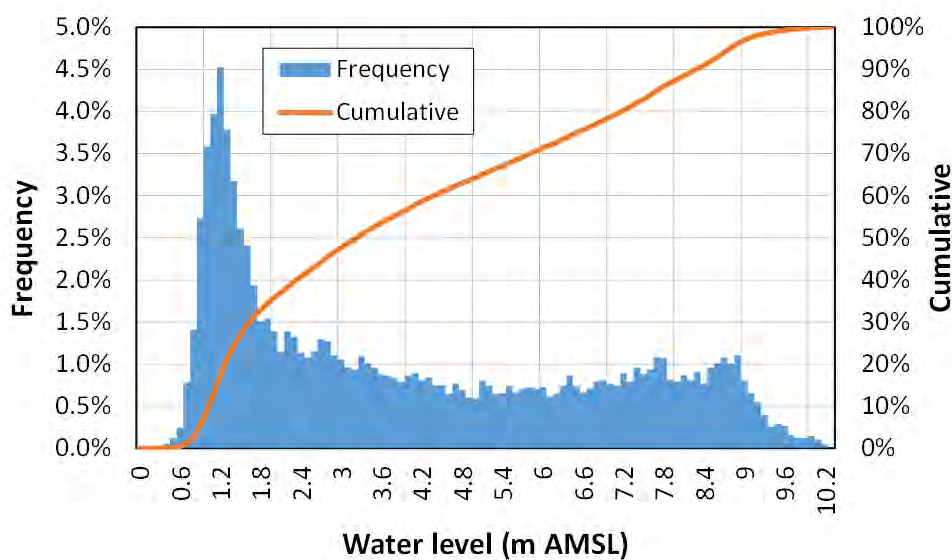


図 5-1.21 Phnom Penh Port 観測所における水位の頻度

出典：DHRW, MOWRAM

平均および最大・最小水位は次のとおりである。

- ・ 平均水位：4.01 m AMSL

- ・ 平均年最大水位：8.81 m AMSL
- ・ 平均年最小水位：0.75 m AMSL
- ・ 最大高水位：10.16 m AMSL (2000年9月20日)
- ・ 最小低水位：0.20 m AMSL (1960年5月4日)
- ・ 観測された水位の99.9%が0.43m AMSL以上
- ・ 観測された水位の90%が0.68m AMSL以上
- ・ 観測された水位の1%が9.49m AMSL以上
- ・ 観測された水位の0.1%が10.04m AMSL以上

5-1-2-2-2 Sap川の流量

Sap川のPrek Kdam観測所における月平均流量を図5-1.22に示す。雨季はMekong川からの水が逆流しSap湖に流れ込み、乾季にはMekong川水位の低下に伴い流下するため、流れの逆転が年に2回発生する。そのため、おおよそ5月～9月頃までは合流地点からSap湖方向の流れ(図5-1.22中で負値の範囲)、10月～4月頃まではMekong川に向かう流れ(図5-1.22中で正值の範囲)となる著しい変動が見られる。年間平均流量(963 m³/s)において十分な水量があり、これは83,203,200 m³/日に相当する。現在のPhum Prek浄水場の設計浄水能力である150,000 m³/日に対応した必要取水量165,000 m³/日(10%の浄水時損失を想定)は、Sap川の年平均流量の0.20%にしか当たらない。将来的な水需要増加量(Sap川を水源として+1,000,000 m³/日程度を仮定)に対応する必要取水量は、せいぜいSap川の年平均流量の約1.5%でしかないため、Mekong川と同様に今後の開発水源(取水先)として十分な量の確保が期待できる。

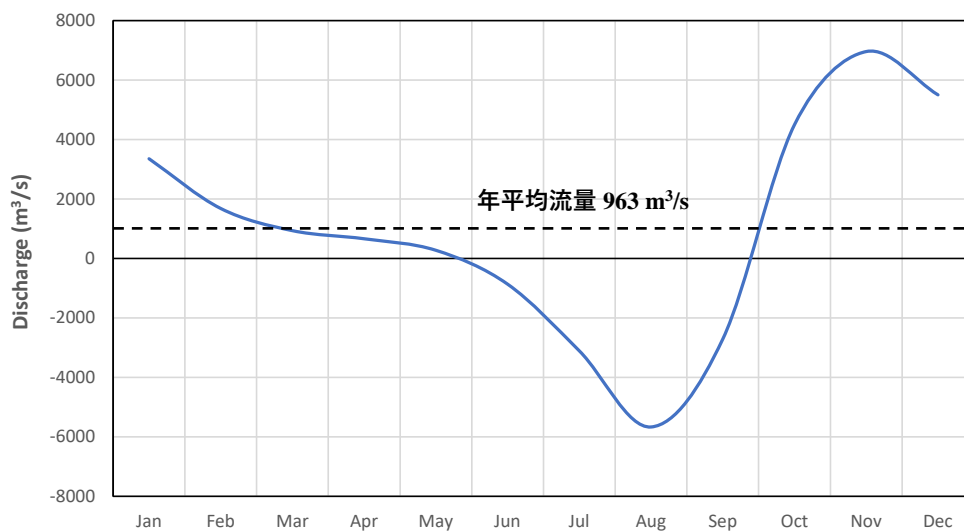


図 5-1.22 Prek Kdam観測所におけるSap川の流量(月平均値)

出典：MO`WRAMのデータを基に調査団が作成

5-1-2-2-3 Sap 川の水質

Phum Prek 取水地点における水質を表 5-1.9 に示す。

表 5-1.9 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
1	温度	°C	28.8 (25.3-31.5)	29.0	28.7	
2	pH	-	7.29 (6.78-7.99)	7.3	7.3	6.5-8.5
3	濁度	NTU	106.7 (12-427)	69.2	134.0	<5
4	電気伝導度	µs/cm	115.0 (62-258)	120.2	111.2	<1600
5	浮遊物質	mg/L	91.6 (10-404)	57.4	116.5	
6	総溶解固形分	mg/L	60.6 (31-147)	64.1	58.1	<800
7	大腸菌群	cfu/100ml	19969 (825-366175)	21821	18639	
8	糞便性大腸菌	cfu/100ml	6061 (130-108050)	5654	6357	0
9	Ca 硬度	mg/L	30.5 (11-66)	29.0	31.6	
10	全硬度	mg/L	46.1 (23-104)	45.9	46.2	<300
11	Mg 硬度	mg/L	16.2 (6-38)	17.6	15.1	
12	アルカリ度	mg/L	41.6 (23-78)	42.4	41.0	
13	有機物量	mg/L	17.4 (6.32-35.88)	20.2	15.4	
14	溶存酸素	mg/L	5.02 (1.76-7.18)	4.43	5.36	
15	色度	mg/L Pt	39.4 (4.53-147.11)	40.6	38.5	<5
16	紫外線吸光度	-	0.20 (0.006-1.023)	0.23	0.17	
17	アルミニウム	mg/L	0.013 (0-0.082)	0.013	0.013	<0.2
18	アンモニア	mg/L	0.52 (0-2.81)	0.59	0.48	
19	アンモニア態窒素	mg/L	0.42 (0-2.3)	0.46	0.40	<1.5
20	二酸化炭素	mg/L	8.52 (1.5-42)	9.45	7.84	
21	銅	mg/L	0.020 (0-0.1)	0.022	0.019	<1
22	塩化物イオン	mg/L	24.2 (1-55)	24.5	23.9	<250
23	シアン	mg/L	0.003 (0-0.02)	0.003	0.003	<0.07
24	総クロム	mg/L	0.016 (0-0.05)	0.017	0.015	
25	六価クロム	mg/L	0.014 (0-0.09)	0.013	0.014	<0.05
26	フッ化物イオン	mg/L	0.13 (0-1.14)	0.15	0.11	<1.5
27	鉄	mg/L	0.13 (0-1.14)	0.15	0.11	<0.3
28	マンガン	mg/L	0.043 (0-0.3)	0.050	0.038	<0.1
29	硝酸態窒素	mg/L	1.17 (0.33-7.8)	1.21	1.14	
30	硝酸	mg/L	5.01 (1.5-13.7)	5.33	4.78	<50
31	亜硝酸態窒素	mg/L	0.012 (0.002-0.147)	0.016	0.009	
32	亜硝酸	mg/L	0.039 (0.0029-0.482)	0.050	0.031	<3
33	亜鉛	mg/L	0.049 (0-0.28)	0.050	0.048	<3
34	リン酸化物	mg/L	0.21 (0-1.98)	0.25	0.18	
35	硫化物	mg/L	0.012 (0-0.098)	0.014	0.011	
36	硫酸塩	mg/L	5.25 (0-32)	5.07	5.38	<250

*1: NDWQS はカンボジア国飲料水質の基準値、MISTI (MIH) 2015 年
出典: PPWSA

Phum Prek の水質には次のような特性がある。

- ・ 糞便性大腸菌の検出量が高く、生活排水による汚染度が高いことが示唆される。
- ・ 年間を通して溶存酸素濃度が低く、乾季には有機物量が高いため、汚濁の流入が進行していることが示唆される。
- ・ 化学物質の汚染レベルは低いため、工業由来の汚染流入は比較的少ないと考えられる。

Phum Prek 取水地点における主要水質項目の時系列変化を図 5-1.23 から図 5-1.28 に示す。これらの観測結果は、2015 年以降においても大きな変動はなく、水道水源として大きな問題はない水質が保たれていることを示している。

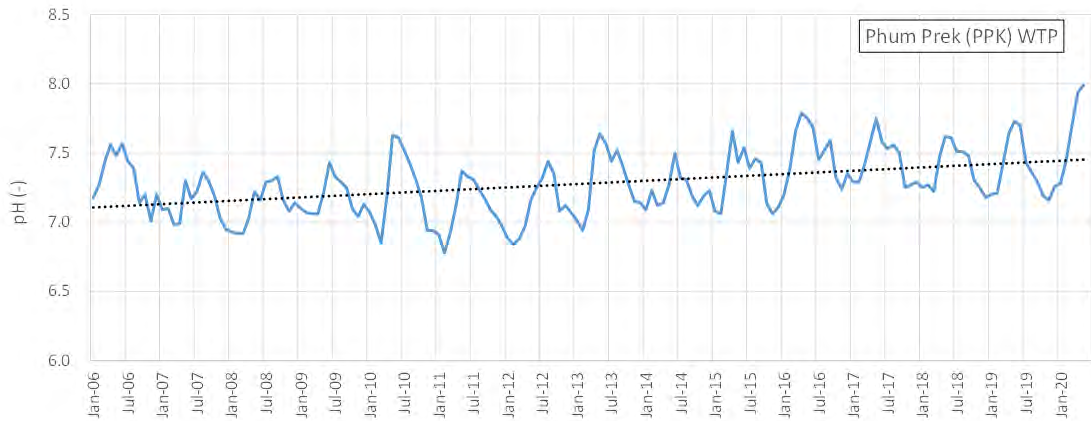


図 5-1.23 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (pH)

出典：PPWSA

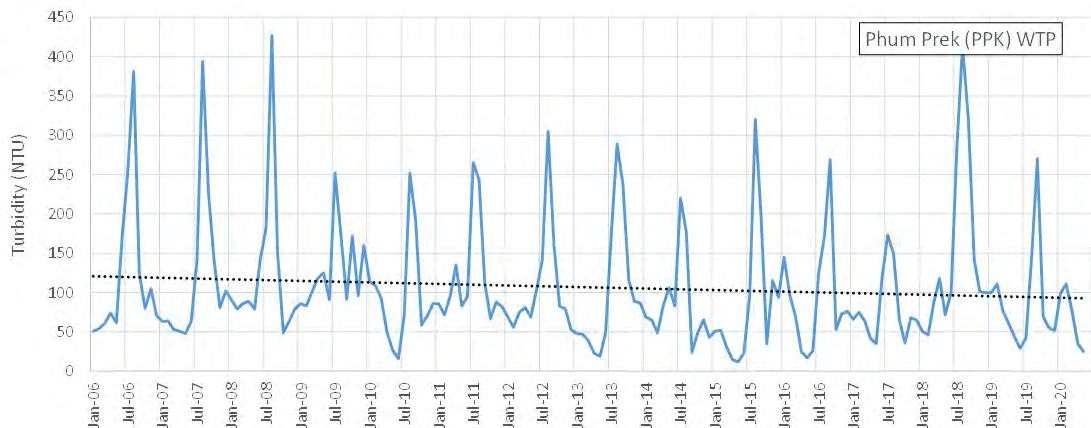


図 5-1.24 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Turbidity)

出典：PPWSA

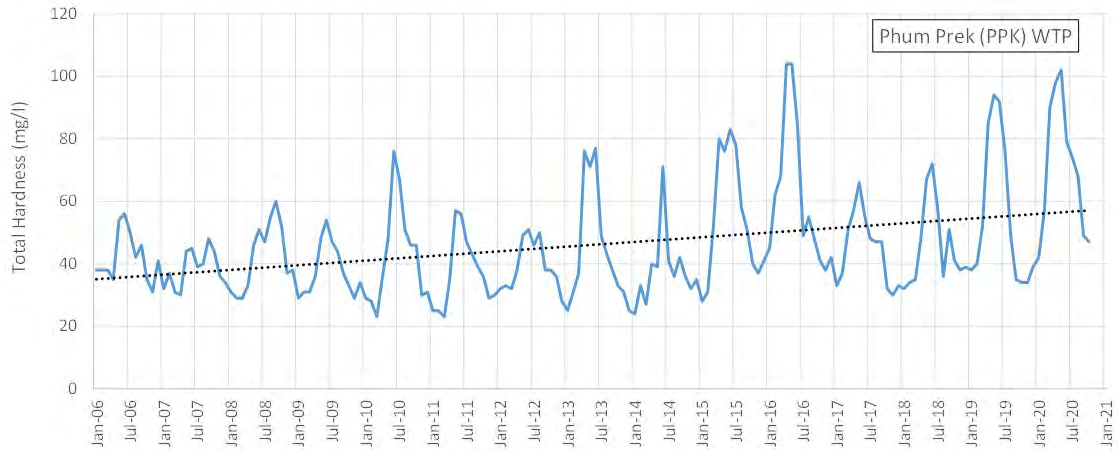


図 5-1.25 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Total Hardness)

出典：PPWSA

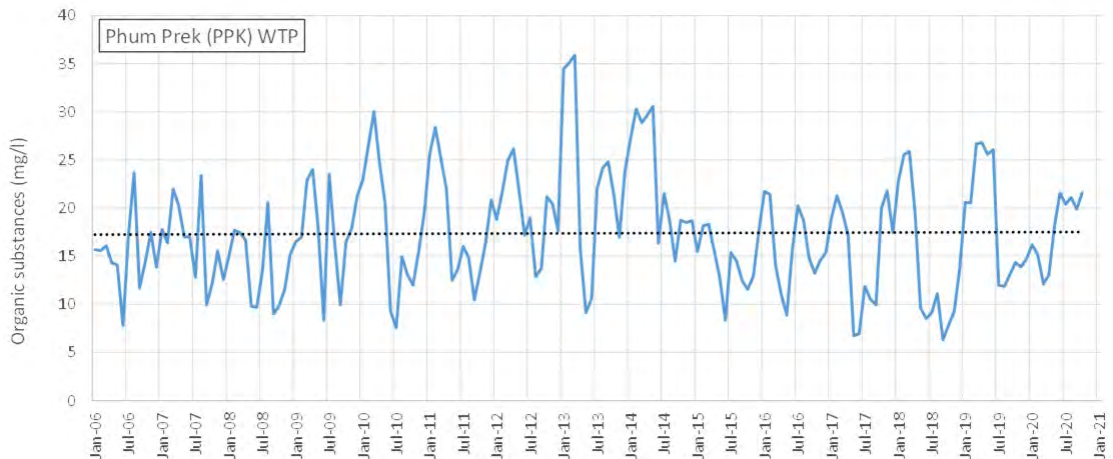


図 5-1.26 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Organic substance)

出典：PPWSA

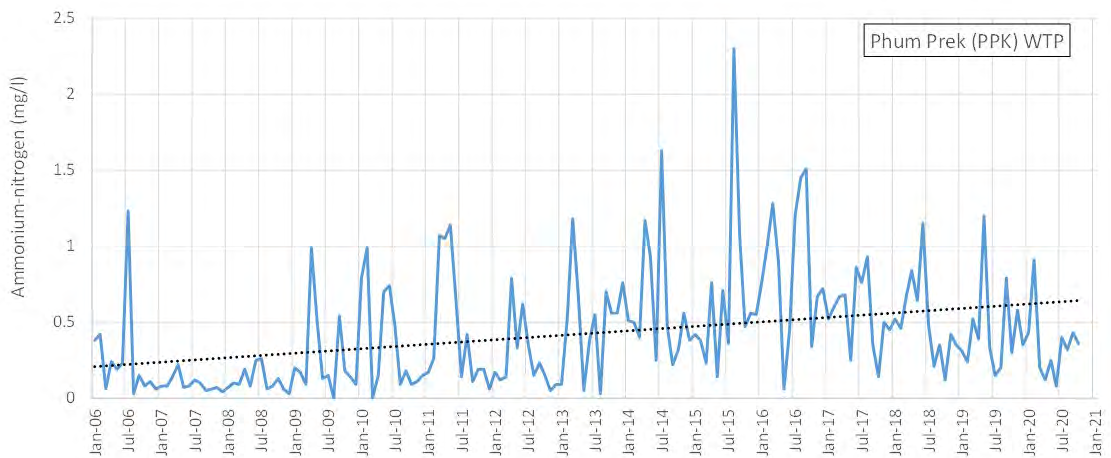


図 5-1.27 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Aluminum)

出典：PPWSA

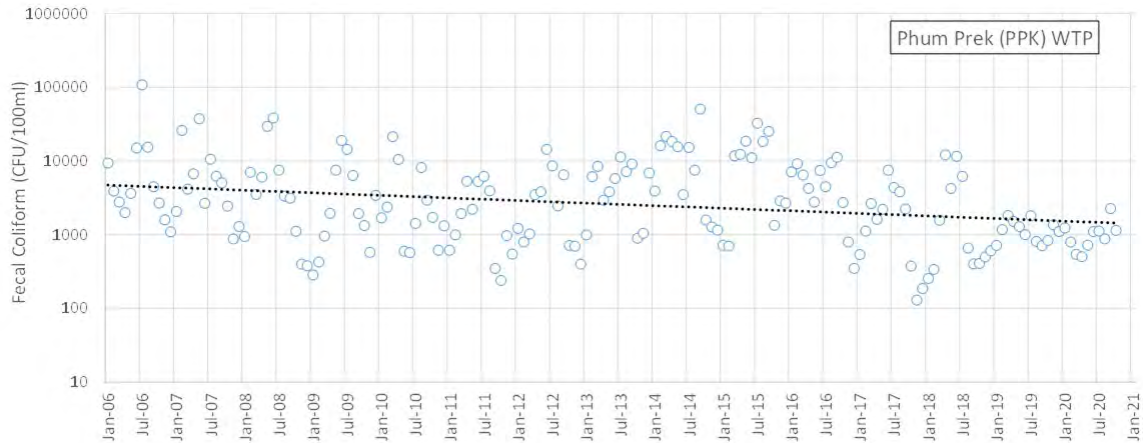


図 5-1.28 Phum Prek 取水地点における Sap 川の水質 (Fecal Coliform)

出典：PPWSA

これらの長期傾向は、ほとんどの水質項目は大きな変化が生じていないことを示している。しかしながら、全硬度が増加傾向、糞便性大腸菌は減少傾向にある。表 5-1.10 に代表的な項目の変化傾向をまとめたものを示す。

表 5-1.10 Phum Prek 取水地点の水質の傾向

傾向	測定項目
微増あるいは一定	アンモニア、有機物量、鉄、濁度
増加	全硬度
減少	糞便性大腸菌 (E. Coli)、硝酸
著しい減少	溶存酸素

出典：調査団作成

5-1-2-3 Bassac 川

5-1-2-3-1 Bassac 川の水位

Bassac 川の Chaktomuk 観測所における平均日水位の年間変動を図 5-1.29 に示す。また、同地点における水位の出現頻度を図 5-1.30 に示す。

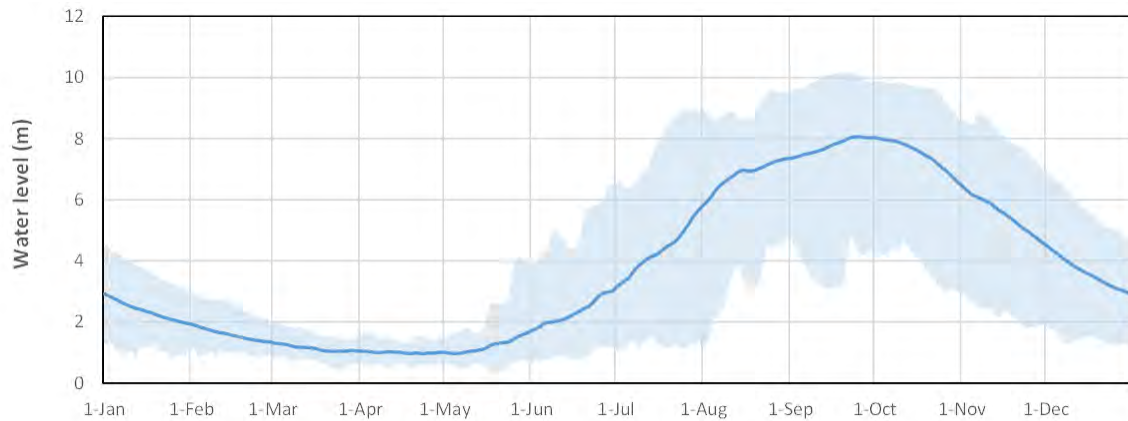


図 5-1.29 Chaktomuk 観測所における Bassac 川の水位 (1996-2020 年の平均値)

出典：DHRW, MOWRAM

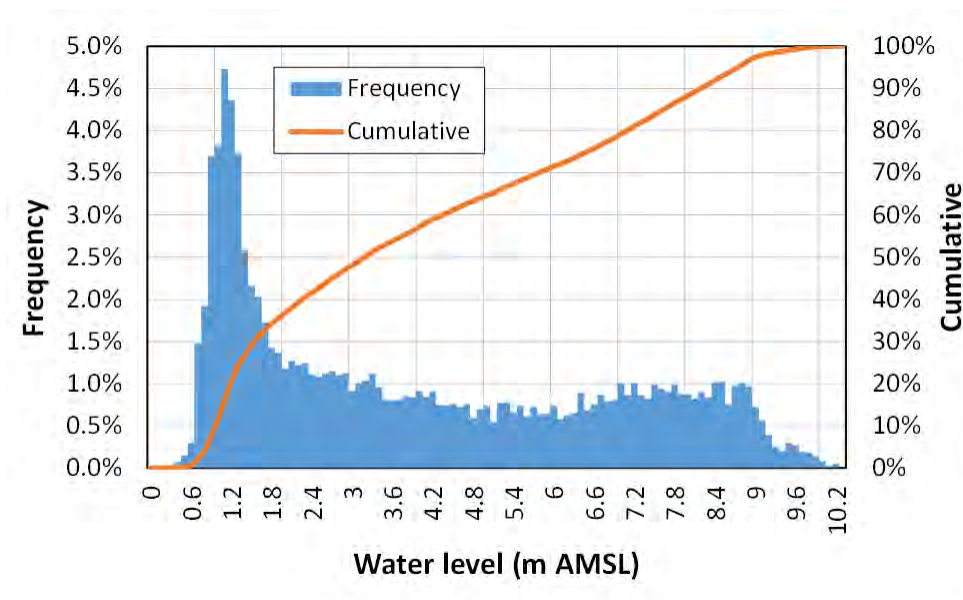


図 5-1.30 Chaktomuk 観測所における水位の頻度

出典：DHRW, MOWRAM

平均および最大・最小水位は次のとおりである。

- ・ 平均水位：3.95 m AMSL
- ・ 平均年最大水位：8.70 m AMSL
- ・ 平均年最小水位：0.86 m ASML
- ・ 最大高水位：10.18 m AMSL (2000 年 9 月 19 日)
- ・ 最小低水位：0.20 m AMSL (1960 年 5 月 4 日)
- ・ 観測された水位の 99.9%が 0.40m AMSL 以上
- ・ 観測された水位の 90%が 0.64m AMSL 以上
- ・ 観測された水位の 1%が 9.47m AMSL 以上
- ・ 観測された水位の 0.1%が 9.94m AMSL 以上

5-1-2-3-2 Bassac 川の流量

Mekong 川は首都プノンペンにおいて Sap 川と接続しており、雨季には水位が上昇した Mekong 川の水が Sap 川を逆流する。Bassac 川は、Sap 川と Mekong 川の合流地点から約 2 km 南の地点で Mekong 川から分流している。このような複雑な流れの影響を受けて、Bassac 川の流量および水質は時期によって Mekong 川あるいは Sap 川それぞれからの影響度合いが変化する。三川の合分流地域である Chaktomuk 付近における河川流況を 1 年 4 期間に区分して表 5-1.11 および表 5-1.12 に示した。また、定性的な考察を基に両河川の寄与を分かりやすく表示したものが図 5-1.31 である（比率は表示のための便宜的な数字）。

表 5-1.11 Chaktomuk 地点で観測される河川流の年間パターン (1)

雨季初期 (7 月から 8 月)	
	<p>Mekong 川の水は Sap 川と Bassac 川に流入する。そのため、Bassac 川の水は 100% Mekong 川からの水となる。</p>
Sap 川流下開始 (9 月から 11 月)	
	<p>Sap 川から Mekong 川への流出が始まる。ただし、両者の流速は大きく異なり、Mekong 川は速く、Sap 川は遅い。これにより、衛星写真ではっきりとわかるほどの渦状のパターン(“Kelvin-Helmholtz instability”)が発生する。そのため、Chaktomuk における混合によって、Bassac 川は両河川からの水が混ざったものとなる。近年の Koh Pich (ダイヤモンドアイランド) の拡張により、この現象が顕著になっている。以前は発生していなかった。</p>
雨季終了後 (11 月から 2 月)	
	<p>前期間と同様であるが、Mekong 川の流量・流速が大きく低下する。そのため、渦は消失し、Sap 川の水と Mekong 川の水の境界線が左岸付近まで到達するようになり、混合は小さくなる。この期間では、Bassac 川の水はほとんど Sap 川由来となる。</p>

出典：Rehabilitation and Extension of Chamcar Mon WTP, SAFEGE, (Dec. 2015)

表 5-1.12 Chaktomuk 地点で観測される河川流の年間パターン (2)

乾季 (2月から3月)	
	<p>Sap 川の流量が低下し、ゼロに近くなるが、Mekong 川の流量はおおよそ一定に保たれる。Chaktomuk 下流での Sap 川の影響範囲は小さくなる。 Bassac 川の流量は最小となる。ある程度の混合が Chaktomuk 付近で発生し、Bassac 川の水は大半が Sap 川由来で、Mekong 川由来の水の比率は小さいと考えられる。</p>

出典：Rehabilitation and Extension of Chamcar Mon WTP, SAFEGE, (Dec. 2015)

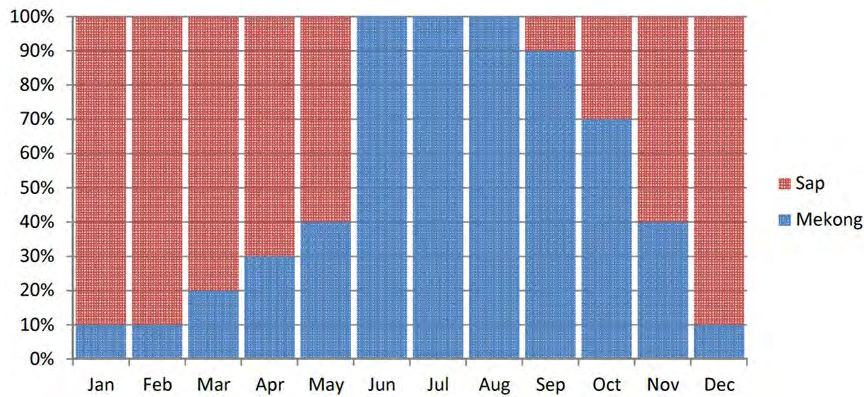


図 5-1.31 推定される Bassac 川の水量構成

出典：Rehabilitation and Extension of Chamcar Mon WTP, SAFEGE, (Dec. 2015)

Chaktomuk 観測所における月平均流量を図 5-1.32 に示す。乾季と雨季により著しい変動が見られる。乾季の流量は十分な量があるとは言えない。最小流量 (63 m³/秒) は 5,443,200 m³/日に相当し、現在および計画中の Bassac 川を水源とする浄水場での設計浄水能力である 85,000 m³/日に対応した必要取水量 93,500 m³/日 (10%の浄水時損失を想定) は、Bassac 川の平均年最小流量の 1.7%程度を占めることになる。将来的な水需要増加量 (Bassac 川を水源として+100,000 m³/日程度を仮定) に対応する必要取水量は、Bassac 川の平均年最小流量の約 3.7%にあたる。プノンペン都は Bassac 川の最上流部にあたり、下流域のカンダール州内での灌漑用水需要 (多くは個別農家のポンプ取水)、国境を越えたベトナム国内での水利用等への影響を考慮すべきである。渇水年 (記録上の月平均最小流量は 21 m³/日) では取水量が流量の 10%以上となる可能性もあり、取水地点における流量が不足することはないものの、下流域での環境維持流量や灌漑取水量は確保するという観点から、過大な取水量とならないように慎重な検討が必要である。したがって Bassac 川では、Mekong 川や Sap 川とは異なり、数十万 m³/日を超えるような今後の大規模な取水開発は難しい。

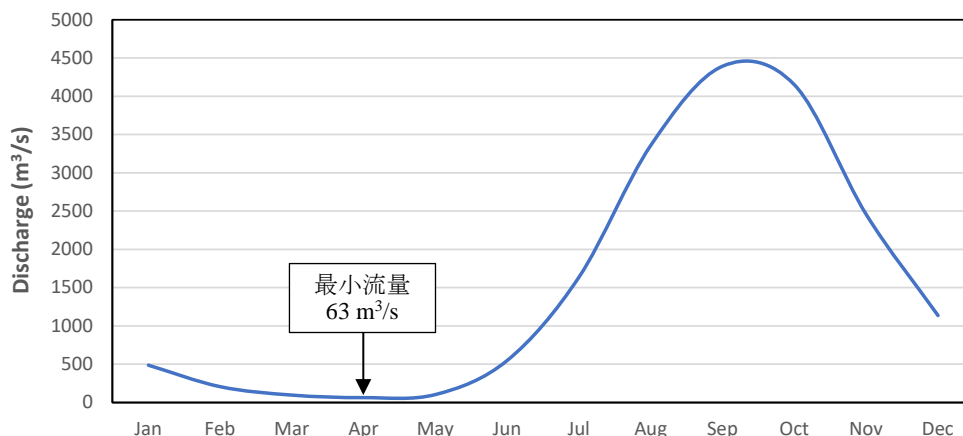


図 5-1.32 Chaktomuk 観測所における Bassac 川の流量 (月平均値)

出典：MOWRAM のデータを基に調査団が作成

5-1-2-3-3 Bassac 川の水質

Chamcar Mon 取水地点における水質を表 5-1.13 に示す。

表 5-1.13 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の 要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
1	温度	℃	28.5 (25.2-31.2)	28.6	28.4	
2	pH	-	7.44 (6.88-8.11)	7.5	7.4	6.5-8.5
3	濁度	NTU	135.6 (8-799)	55.1	197.1	<5
4	電気伝導度	μs/cm	134.5 (72-259)	153.2	120.1	<1600
5	浮遊物質	mg/L	101.8 (6-532)	40.3	148.8	
6	総溶解固形分	mg/L	67.5 (36-130)	76.7	60.5	<800
7	大腸菌群	cfu/100ml	13766 (400-458100)	10430	16317	
8	糞便性大腸菌	cfu/100ml	875 (36-11867)	882	870	0
9	Ca 硬度	mg/L	35.5 (12-70)	38.5	33.3	
10	全硬度	mg/L	52.1 (24-116)	57.9	47.6	<300
11	Mg 硬度	mg/L	16.9 (4-46)	19.6	14.9	
12	アルカリ度	mg/L	45.5 (24-79)	50.4	41.8	
13	有機物量	mg/L	13.8 (2.9-30.39)	13.5	14.1	
14	溶存酸素	mg/L	7.23 (6.18-8.5)	7.18	7.28	
15	色度	mg/L Pt	35.7 (4.91-182)	31.7	38.7	<5
16	紫外線吸光度	-	0.17 (0.007-1.134)	0.15	0.19	
17	アルミニウム	mg/L	0.01 (0-0.11)	0.011	0.011	<0.2
18	アンモニア	mg/L	0.28 (0-1.81)	0.22	0.31	
19	アンモニア態窒素	mg/L	0.22 (0-1.48)	0.18	0.25	<1.5
20	二酸化炭素	mg/L	6.01 (1-21)	6.44	5.68	
21	銅	mg/L	0.02 (0-0.11)	0.019	0.021	<1
22	塩化物イオン	mg/L	22.0 (7.4-50)	22.4	21.8	<250
23	シアン	mg/L	0.003 (0-0.03)	0.002	0.003	<0.07
24	総クロム	mg/L	0.013 (0-0.03)	0.014	0.013	
25	六価クロム	mg/L	0.010 (0-0.03)	0.010	0.009	<0.05
26	フッ化物イオン	mg/L	0.14 (0-0.48)	0.14	0.13	<1.5
27	鉄	mg/L	0.49 (0-6.88)	0.30	0.64	<0.3
28	マンガン	mg/L	0.036 (0-0.23)	0.035	0.037	<0.1
29	硝酸態窒素	mg/L	1.06 (0-3.54)	1.09	1.04	
30	硝酸	mg/L	4.56 (0-11.49)	4.60	4.53	<50

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の 要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
31	亜硝酸態窒素	mg/L	0.008 (0-0.09)	0.009	0.008	
32	亜硝酸	mg/L	0.027 (0-0.164)	0.033	0.022	<3
33	亜鉛	mg/L	0.038 (0-0.17)	0.036	0.040	<3
34	リン酸化合物	mg/L	0.19 (0.01-1.5)	0.19	0.19	
35	硫化物	mg/L	0.013 (0-0.33)	0.014	0.012	
36	硫酸塩	mg/L	7.39 (0-34)	9.13	6.06	<250

*1: NDWQS はカンボジア国飲料水質の基準値、MISTI (MIH) 2015 年

出典: PPWSA

Chamcar Mon の水質には次のような特性がある。

- ・ 溶存酸素が比較的高く保たれている。
- ・ 糞便性大腸菌は比較的低いが、全大腸菌群としては高い。生活系排水による汚染は比較的小さく、それ以外の理由で細菌類が多い水質であると考えられる。
- ・ 雨季における濁度が高い。雨季は Mekong 川からの流入に支配されるため、同様の特性を持つものと考えられる。
- ・ 化学物質の汚染レベルは低い。

Chamcar Mon 取水地点における主要水質項目の時系列変化を図 5-1.33 から図 5-1.38 に示す。これらの観測結果は、2015 年以降においても大きな変動はなく、水道水源として大きな問題はない水質が保たれていることを示している。

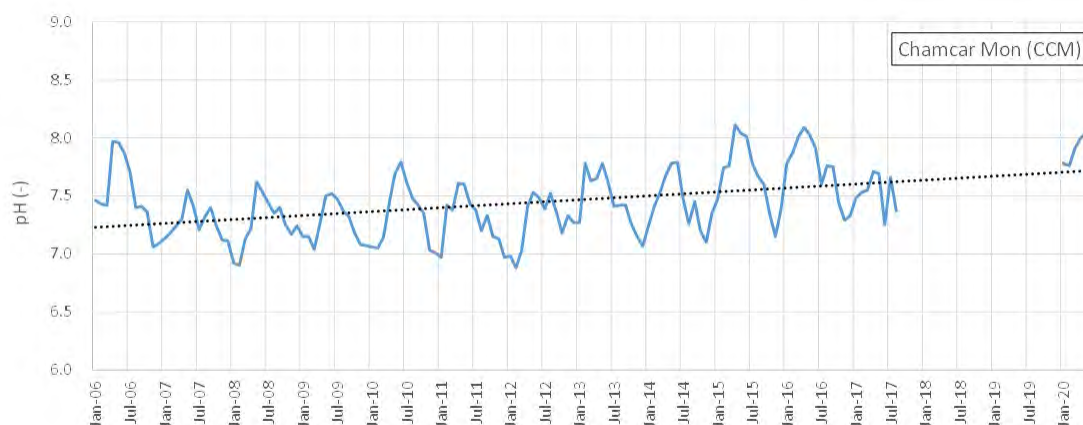


図 5-1.33 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (pH)

出典: PPWSA

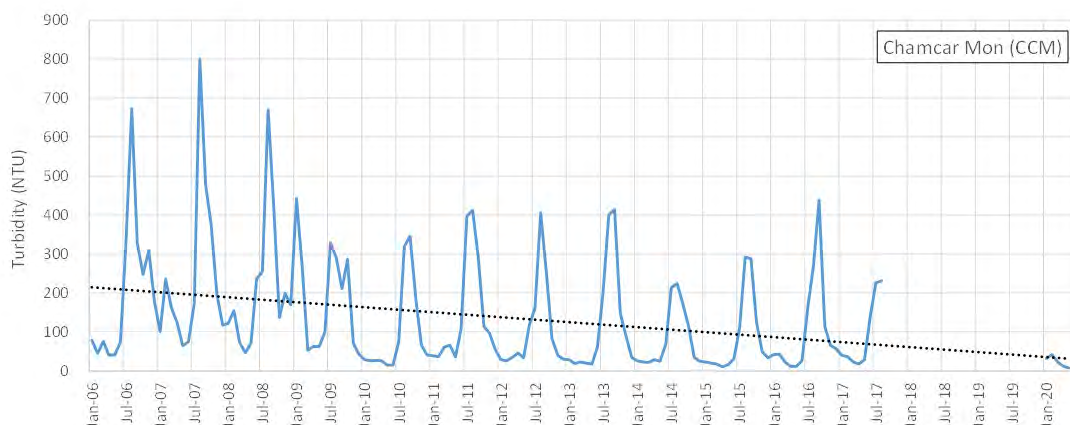


図 5-1.34 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Turbidity)

出典：PPWSA

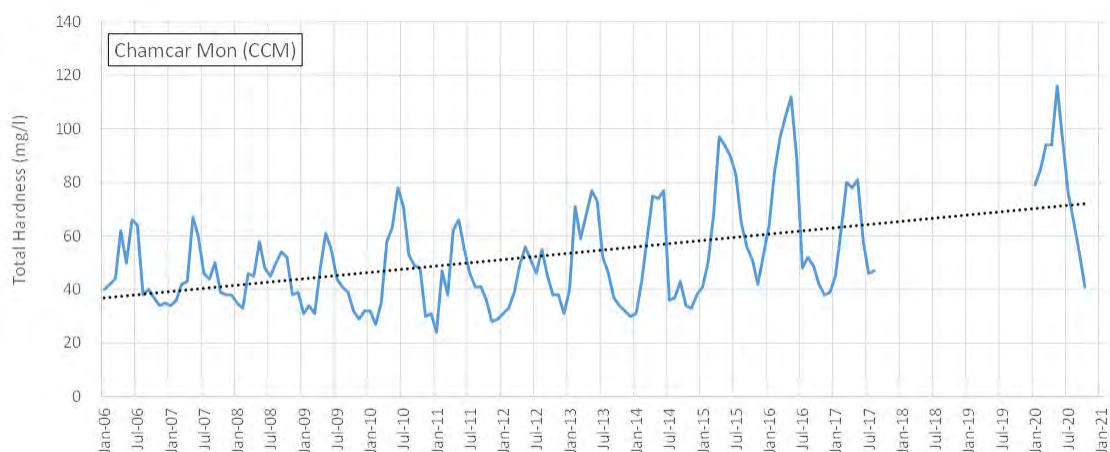


図 5-1.35 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Total Hardness)

出典：PPWSA

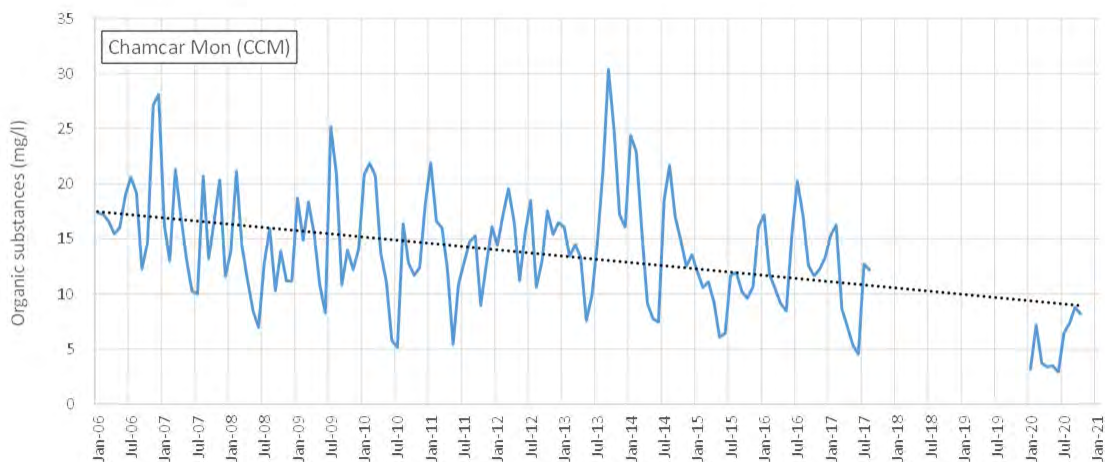


図 5-1.36 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Organic substance)

出典：PPWSA

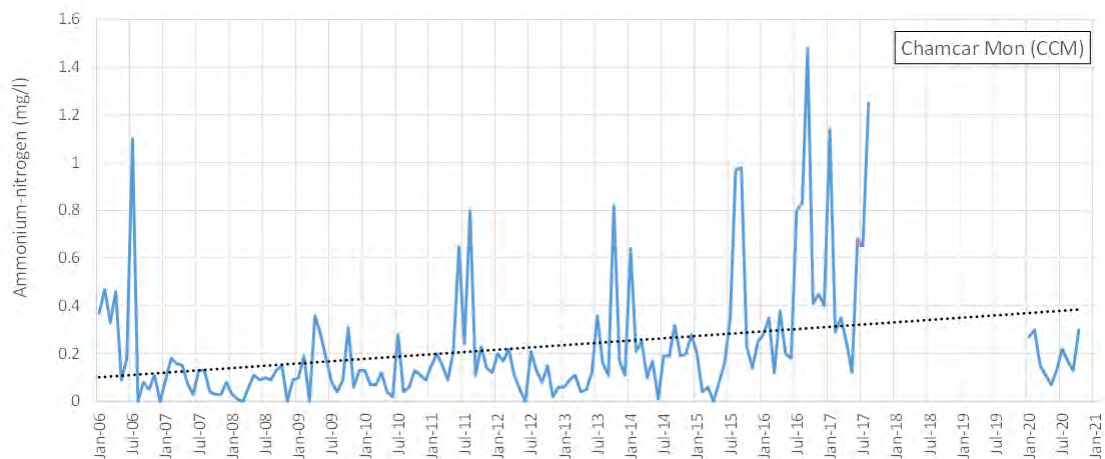


図 5-1.37 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Aluminum)

出典：PPWSA

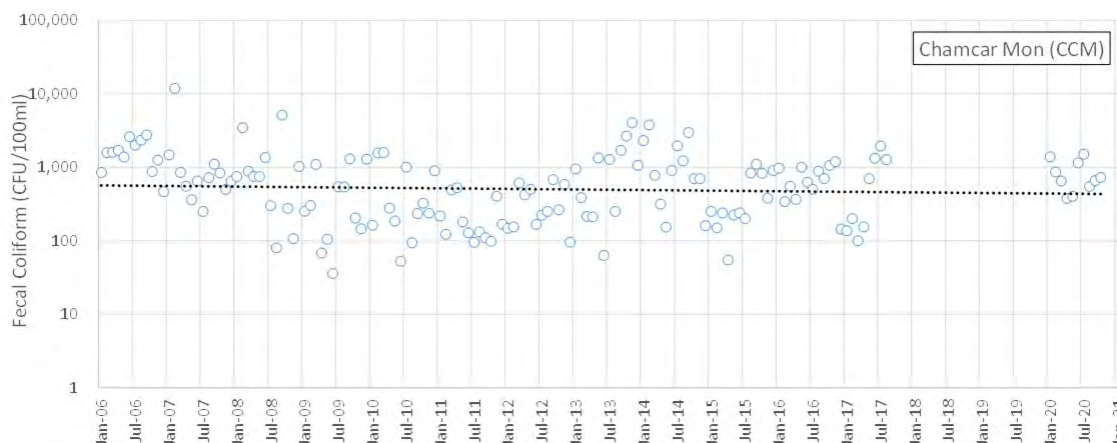


図 5-1.38 Chamcar Mon 取水地点における Bassac 川の水質 (Fecal Coliform)

出典：PPWSA

これらの長期傾向は、ほとんどの水質項目は大きな変化が生じていないことを示している。しかしながら、有機物量が著しく減少、アンモニア、全硬度が増加傾向にある。表 5-1.14 に代表的な項目の変化傾向をまとめたものを示す。

表 5-1.14 Chamcar Mon 取水地点の水質の傾向

傾向	測定項目
微増あるいは一定	濁度、糞便性大腸菌 (E. Coli)、溶存酸素、鉄
増加	アンモニア、全硬度
減少	硝酸
著しい減少	有機物量

出典：調査団作成

5-1-2-4 Prek Thnot 川

5-1-2-4-1 Prek Thnot 川の水位

Prek Thnot 川の Peam Khley 観測所における平均日水位の年間変動を図 5-1.39 に示す。また、同地点における水位の出現頻度を図 5-1.40 に示す。

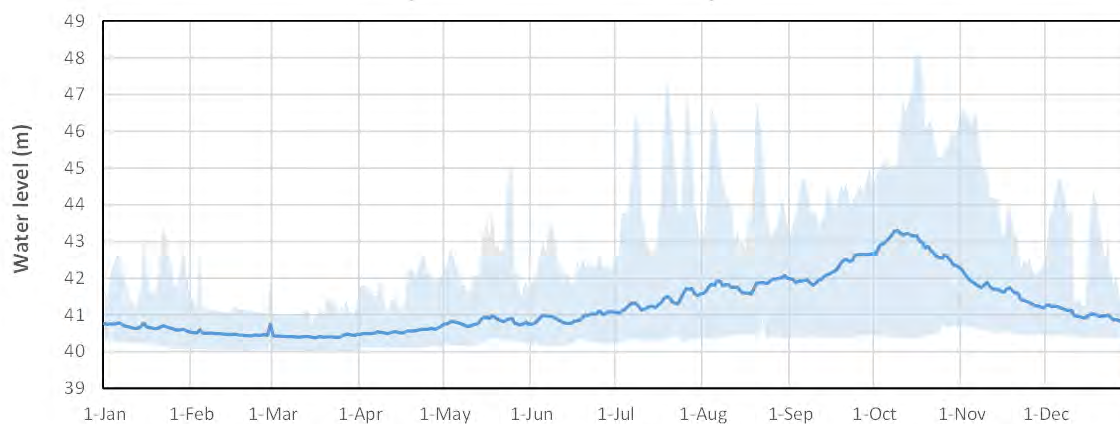


図 5-1.39 Peam Khley 観測所における Prek Thnot 川の水位 (1996-2020 年の平均値)

出典：Kampong Spue DOWRAM

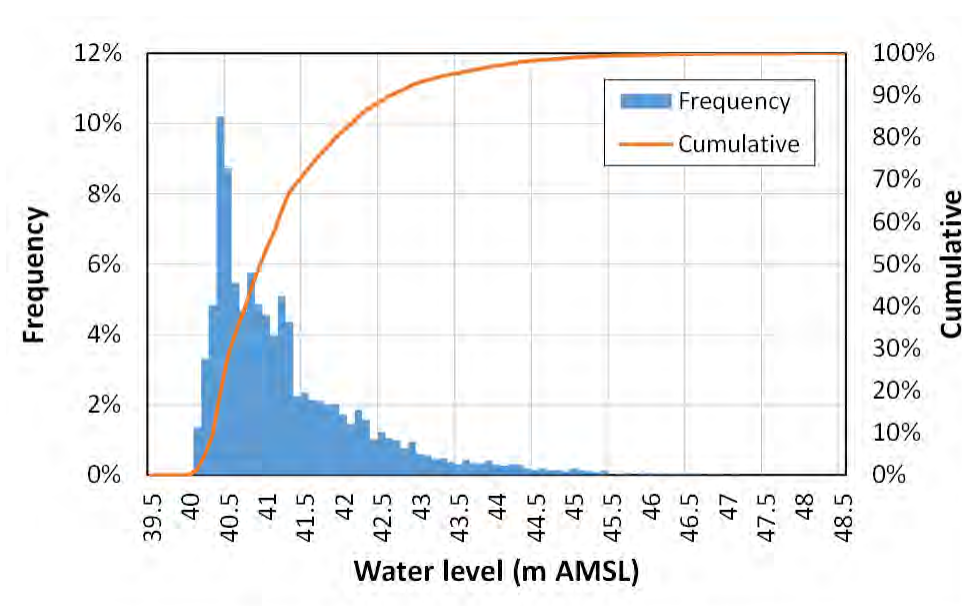


図 5-1.40 Peam Khley 観測所における水位の頻度

出典：Kampong Spue DOWRAM

平均および最大・最小水位は次のとおりである。

- ・ 平均水位：41.23 m AMSL
- ・ 平均年最大水位：45.27 m AMSL

- ・ 平均年最小水位：40.23 m ASML
- ・ 最大高水位：48.19 m AMSL (2000年10月16日)
- ・ 最小低水位：40.00 m AMSL (2010年2月19日)
- ・ 観測された水位の99.9%が40.01m AMSL以上
- ・ 観測された水位の90%が40.09m AMSL以上
- ・ 観測された水位の1%が45.09m AMSL以上
- ・ 観測された水位の0.1%が46.79m AMSL以上

5-1-2-4-2 Prek Thnot 川の流量

Prek Thnot 川の Peam Khley 観測所における月平均流量を図 5-1.41 に示す。乾季と雨季により著しい変動が見られる。流量は年間を通じて、他の3つの河川と比較して非常に少ない。河川流量と現状の水利用者の需要量との水収支(表 5-1.15)によると、乾季(1、2および4月)には水量が不足していることが分かる。

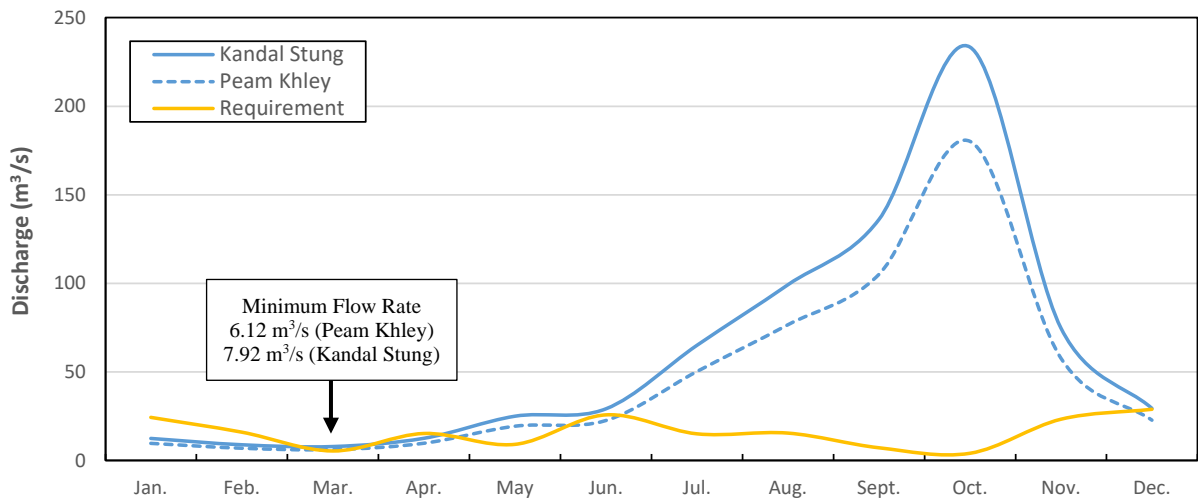


図 5-1.41 Peam Khley 観測所における Prek Thnot 川の流量 (月平均値)

出典：Kampong Spue DOWRAM のデータを基に調査団が作成

表 5-1.15 Prek Thnot 川の水収支

(m ³ /s)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Prek Thnot River Flow												
At Peam Khley	9.65	6.89	6.12	9.71	19.3	22.5	50.2	76.6	105.0	180.2	57.7	22.7
At Kandal Stung*	12.50	8.93	7.92	12.58	25.0	29.2	65.0	99.2	136.1	233.4	74.8	29.5
Requirement												
Roleang Chrey zone 1	0.00	0.00	0.00	11.0	6.38	4.53	3.39	4.30	2.58	0.61	5.19	5.06
Roleang Chery zone 2	21.1	15.1	4.79	0.00	0.00	15.8	8.11	7.43	2.44	2.56	14.4	18.7
Kandal Stung	0.00	0.00	0.00	3.69	2.14	1.52	1.14	1.44	0.87	0.20	1.74	1.70
Tonle Bati	2.69	0.36	0.00	0.00	0.00	3.33	1.84	1.71	0.71	0.11	1.38	2.86
PPSEZ	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087

(m ³ /s)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
River Maintenance flow	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Total Requirement	24.5	16.1	5.5	15.4	9.2	25.9	15.2	15.6	7.3	4.2	23.4	29.0
Water Balance	-12.0	-7.2	2.4	-2.8	15.8	3.3	49.9	83.7	128.8	229.2	51.4	0.4

*Peam Khley 地点との流域面積の比を用いて、流量は比例して増加するとして算出した。

出典：MOWRAM のデータを元に調査団が作成

5-1-2-4-3 Prek Thnot 川の水質

Prek Thnot 川の水質は第三次マスタープラン (M/P2017) には記述がない。これは、下流域で十分な流量を確保することが困難な状況であるために、上流域ダムによる水供給能力に議論の焦点があてられたからである。Bassac 川の合流地点に近い観測点を除いて観測水質データがなく、環境省 (Ministry of Environment、以下「MOE」) による観測データはごく限られた水質項目 (7 項目) のみ利用可能である (表 5-1.16)。次節以降、本調査の一環で実施された水質調査の結果を用いた新規水源候補地の評価を行っている。

表 5-1.16 Ta Khmao Bridge 観測所における Prek Thnot 川の水質

NO.	項目	単位	原水水質 (範囲)			NDWQS*1 (処理水の要求基準)
			年間平均 (範囲)	乾季 (平均値)	雨季 (平均値)	
1	pH	-	7.32 (6.51-8.38)	7.34	7.34	6.5-8.5
2	懸濁物質	mg/L	118.3 (60-246)	123.0	98.79	<800
3	BOD	mg/L	26.97 (1.00-69.00)	26.54	14.45	(<10) *2
4	CODcr	mg/L	57.85 (8.00-124.16)	56.06	31.06	
5	全窒素	mg/L	4.10 (0.18-8.69)	4.86	2.27	(<100) *2
6	全リン	mg/L	0.76 (0.08-2.40)	1.71	0.65	
7	六価クロム	mg/L	0.0073 (ND-0.04)	0.018	0.014	<0.05

*1: NDWQS はカンボジア国飲料水質の基準値、MISTI (MIH) 2015 年、*2: 河川の環境基準値

出典：MOE

5-1-2-5 ダムおよび貯水施設

水源の選択肢の一つとして、プノンペン都に隣接する Prek Thnot 川流域に位置するダム貯水池の水の利用可能性について述べる。

5-1-2-5-1 Prek Thnot 川流域の降雨特性

図 5-1.43 にプノンペンにおける年間降雨量の長期変動傾向を示す。その傾向にはほとんど変化はなく、気候変動による大きな影響は受けていないことが分かる。一方で表 5-1.17 によると、Prek Thnot 川流域はその周辺地域よりも比較的降水量が少なく (年間降水量 1,100~1,250mm 程度)、水源確保の観点からダム建設と貯水池管理による乾季における水の安定供給が求められる地域である。

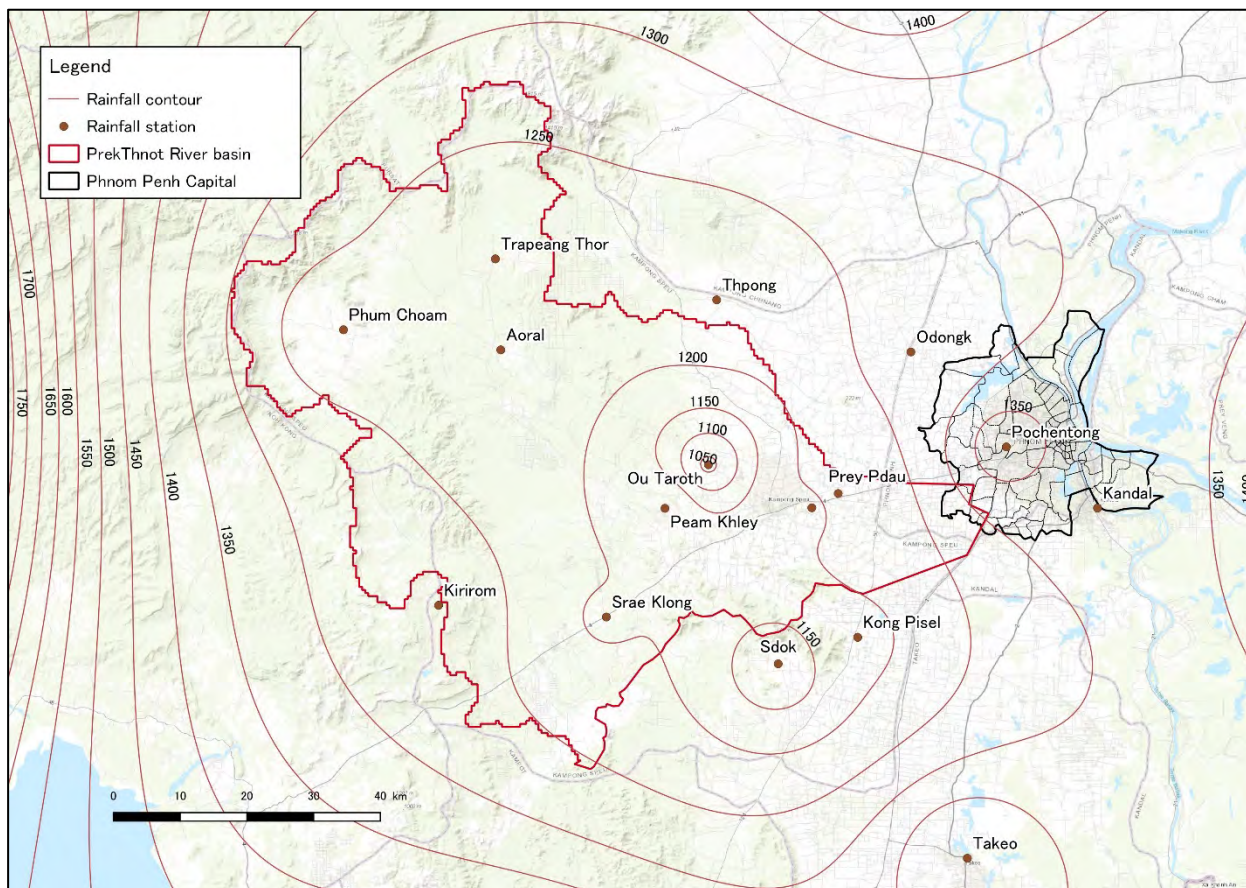


図 5-1.42 Prek Thnot 川流域周辺の降雨観測所位置および等雨量線図（年降雨量）

出典：調査団作成

表 5-1.17 Pochentong 観測所（プノンペン）における降水量（1901-2020）

(mm)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均値	7.6	7.5	27.2	72.6	138.9	148.0	151.4	167.7	243.2	254.9	125.9	35.1	1380.0
月毎比率	1%	1%	2%	5%	10%	11%	11%	12%	18%	19%	9%	3%	100%
最大値	83.8	127.4	211.5	359.2	395.1	392.8	358.9	379.9	474.3	649.7	345.8	301.1	2309.7
最小値	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	26.9	37.3	44.4	93.2	62.7	1.6	0.0	934.7

出典：MOWRAM（1990-2020 のデータ）、Australian Catholic Relief in December 1991（1901-1989 のデータ）

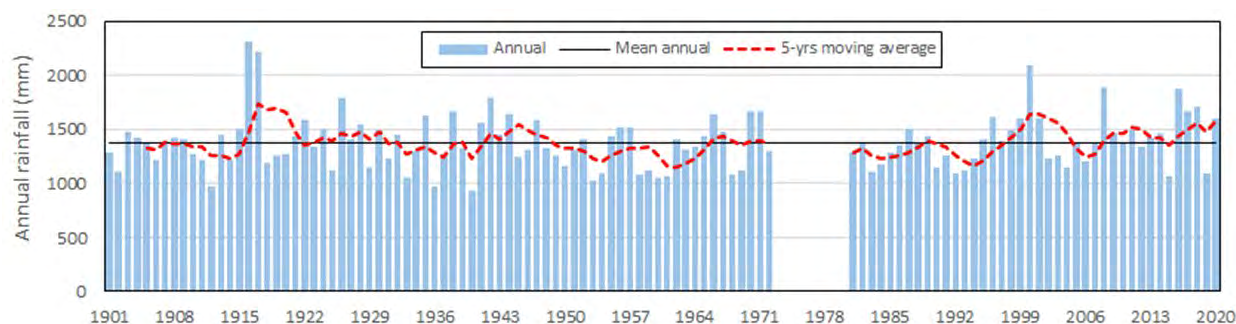


図 5-1.43 Pochentong 観測所における年間降水量の長期変動（1901-2020）

*1973～1980 は欠測

出典：調査団作成

表 5-1.18 Prek Thnot 川流域周辺の雨量観測所

NO.	観測所名	X UTM48N (m)	Y UTM48N (m)	年平均降雨量 (mm)	5年渇水降雨量 (mm)	観測期間
1	Pochentong	481827	1276800	1380.0	1170.0	1901-1972, 1981-2020
2	Kampong Spue	452737	1267615	1185.3	970.8	1966-1969, 1983-2020
3	Aoral	406283	1291636	1209.4	1044.5	1997-2020
4	Kong Pisely	459565	1248004	1137.3	948.4	1983-2020
5	Thpong	438559	1299115	1221.8	1009.1	1987-2020
6	Phnom Sroech	432151	1258216	1124.0	888.1	1983-2020
7	Udong	467570	1291192	1260.9	1073.6	1987-2003, 2005-2020
8	Peam Khley	430769	1267572	1189.2	939.7	2000-2020
9	Roleang Chrey	439465	1265187	1243.3	1125.1	2016-2020
10	Ou Tharot	437266	1274160	1043.1	768.9	2000-2020
11	Kirirom	396851	1252984	1462.6	1126.5	2000-2005, 2018-2020
12	Srae Klong	421952	1251144	1196.0	943.8	2000-2009, 2011-2020
13	Sdok	447664	1244004	1099.5	750.8	2000-2020
14	Trapeang Chor	405516	1305409	1201.2	994.3	2000-2020
15	Phum Choam	382775	1294755	1223.8	995.6	2017-2020
16	Prey Phdau	456680	1269772	1234.2	1043.2	1997-2018

出典：MOWRAM（1990-2020 のデータ）、Australian Catholic Relief in December 1991（1901-1989 のデータ）

5-1-2-5-2 既存および計画ダムと貯水施設

Prek Thnot 川流域上流部では、複数の既存ダムおよび貯水施設が主にかんがい用水供給（一部、洪水管理）を目的とした運用（管理は Kampong Spue Province DOWRAM による）がなされている。また、複数の他国ドナーによるダム建設計画が存在するが、事業の実施には至っていない。管理者である MOWRAM によると、計画灌漑地への給水も不足する状況にあることから、灌漑事業以外への貯水池の水供給は短期～中期には非常に難しいとのことである。図 5-1.44 に Prek Thnot 川流域および隣接地域に立地あるいは計画案があるダム配置を示すとともに、当該流域における既存および計画ダムの特性等を整理し、表 5-1.19 に示す。

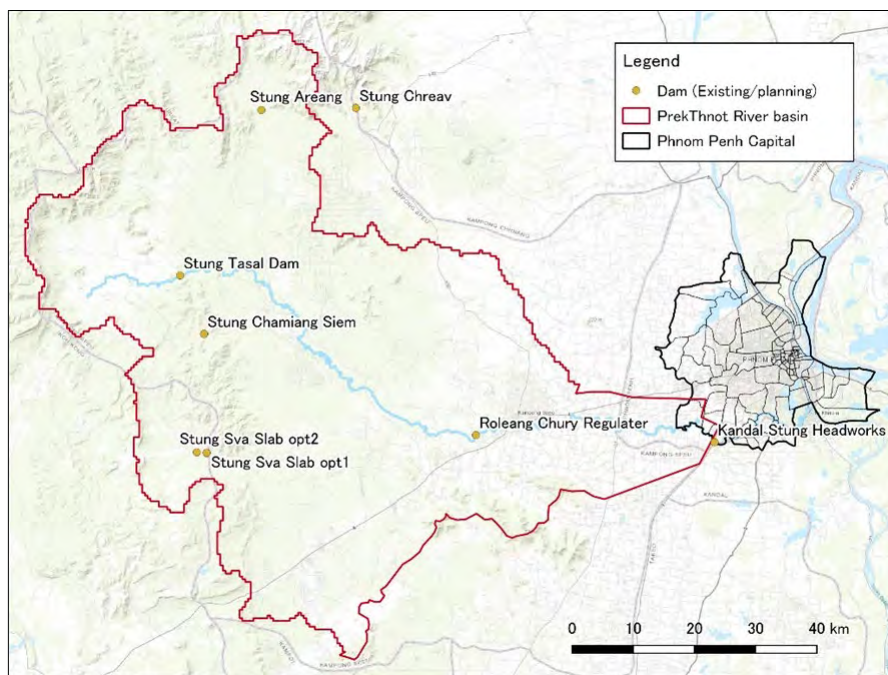


図 5-1.44 Prek Thnot 川流域における既存および計画ダム位置図

出典：MOWRAM の情報を基に調査団が作成

表 5-1.19 Prek Thnot 川流域における既存および計画ダム、貯水施設の状況

No.	ダム名	河川名	目的	規模 (MCM)	建設/計画の進捗状況
1	Tasal Dam	Prek Thnot	灌漑 治水	1.35 (灌漑 6,800ha)	既存(ダム下流に頭首工を建設するフェーズ 2 計画あったが、キャンセルされた)
2	Peam leaver Dam	Aveang	灌漑	8	既存(改修計画あり)
3	O Tang Dam	Ou Khlong	灌漑	6	既存(改修計画あり)
4	Sva Slab Dam	Sva Slab	灌漑	124	計画(インド政府、未進捗だが 2023 年事業開始予定)
5	Stung Aveang Dam	Aveang	灌漑	100	計画(韓国政府の提案、未進捗)
6	南部貯水池	Ou Kpong	発電	不明	既存(堰堤のみ、貯水位を上げる必要があるが、不法に農民が居住しており困難)
7	Anluong Khley Reservoir	Anluong Khley	灌漑	不明	既存(2013 年改修済み)

出典：MOWRAM への聞き取り調査を基に調査団が作成

また、これらのダムを首都プノンペンの上水水源に使用するための条件を示す。これらの条件は、短期的にクリアできるような性質のものではないため、PPWSA は長期的な上水道供給事業運営の観点から継続的かつ計画的に対応を検討、将来的な水需要のさらなる拡大と水供給拡張に準備していくものと位置づけられる。

- ・ 水配分の獲得のためのダムおよび貯水池の管轄機関である水資源気象省との協議
- ・ 他の水利用者間の協議・調整を行うための委員会等の設置
- ・ ダム貯水池からプノンペン都内西部あるいはその近郊における浄水場までの導水路の確保(自然河川の利用あるいは導水路建設)

ダム地点と浄水場候補地点間の距離と標高差に基づく導水可能性評価

5-1-2-6 地下水

これまでのマスタープランで結論付けられたように、地下水はプノンペン都の大規模な水供給を賄う水源としてのポテンシャルを有していない。量的な側面だけではなく、下記のように鉄およびヒ素濃度が高いという質的なリスクも存在するため、都市の上水道水源としての選定順位は低くなる。プノンペン都周辺の井戸の鉄およびヒ素の水質基準値超過状況と汚染井戸分布をそれぞれ表 5-1.20、図 5-1.45 および図 5-1.46 に示す。これらは 2010 年以前の調査結果に基づいているが、両物質による汚染は自然由来であり、地下水の流速が小さく、地質の影響を強く受ける地下水水質の特性から考えると、大きな変化は起きていないと考えられる。

カンボジア国では、地下水水質に特化した水質基準の設定はなされていないが、上水道水質に係る基準値と同等の基準が適用される。一方で、一般的に地下水は地表水と比較して良質であることから、比較的小規模な上水道の水源としては有望である。プノンペン都の大きな水需要を満たすのではなく、現状および将来的に浄水場から遠方の地域での小規模の補助水源としての位置づけであれば、活用の可能性がある。

表 5-1.20 首都プノンペン周辺における井戸の鉄、ヒ素による汚染状況

物質名	検出井戸数	総井戸数	基準濃度	基準超過率	備考
ヒ素	11,427	42,858	50 µg/l	26.7 %	- プノンペン都周辺地域の井戸も含む - 基準値は飲用水に対する基準
鉄	6,064	42,858	0.3 mg/l	14.1 %	

出典：World Bank (2010)のデータを基に調査団が作成 (<https://cambodiawellmap.com/worldbank/maps>)

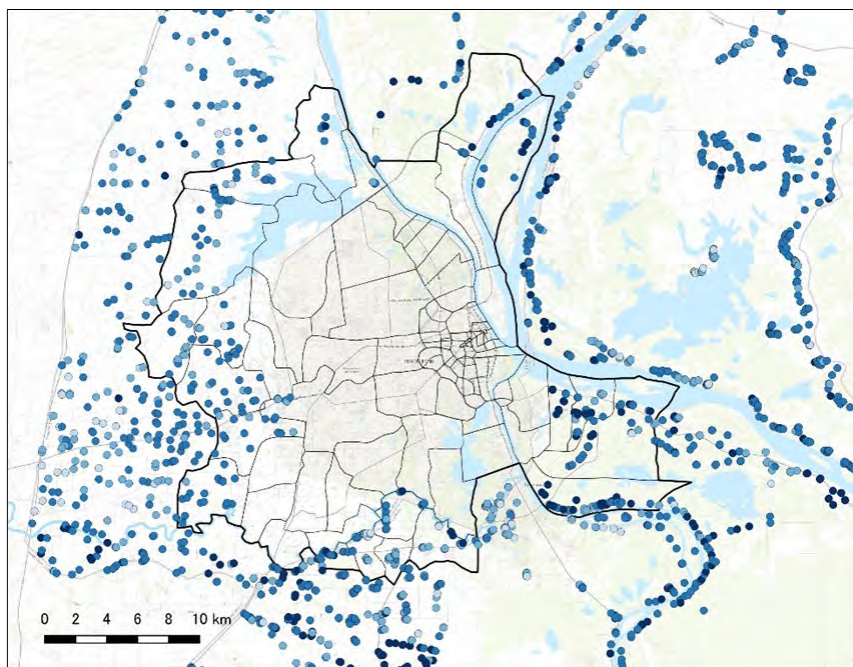


図 5-1.45 鉄濃度が高い井戸の分布

出典：World Bank (2010)のデータを基に調査団が作成

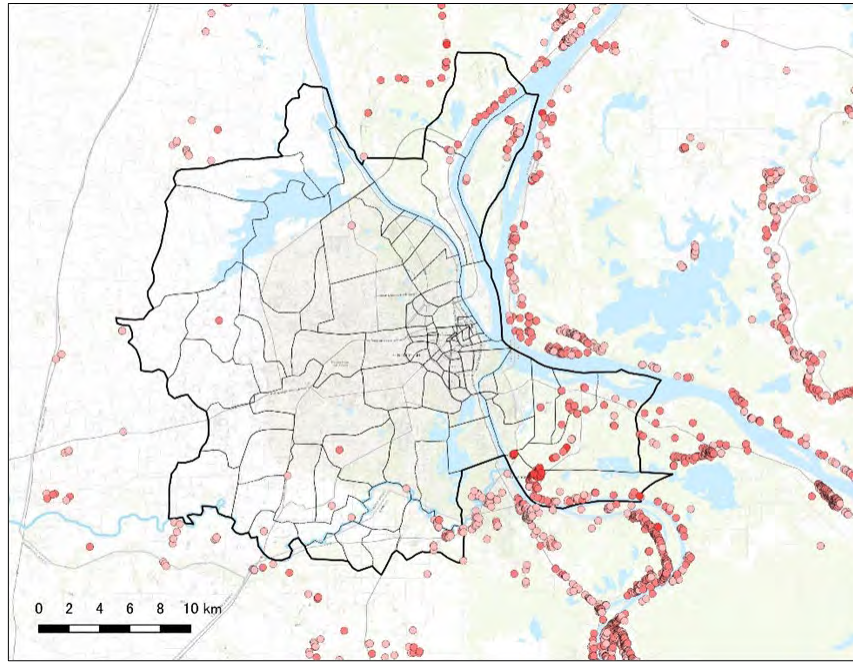


図 5-1.46 ヒ素濃度が高い井戸の分布

出典：World Bank (2010)のデータを基に調査団が作成

5-1-3 水源候補の特性整理と一次評価

前節までの各水源の現状および特性整理の結果として、表 5-1.21 に水源候補の評価結果をまとめた。河川の水源候補は、取水可能な規模の差があるが利用可能なレベルにある。しかしながら、地下水およびダム・貯水池は 2030 年までの水需要を満たす水源としての活用に支障や課題があるため、候補から外さざるを得ない。

表 5-1.21 水源候補の評価結果

No.	水源候補	流量	水位	水質
1	Mekong 川	一年を通じて十分な量、上下流への影響なし	10m 程度の最大最小水位の差あり	特段の問題となる項目はない
2	Sap 川	一年を通じて十分な量、上下流への影響なし	8m 程度の最大最小水位の差あり	窒素濃度や大腸菌数が比較的高い傾向にあるが、浄水処理で対応可能なレベル
3	Bassac 川	十分だが乾季には、取水によって下流での水利用に影響が生じる可能性あり	8m 程度の最大最小水位の差あり	窒素濃度、大腸菌数、硬度が比較的高い傾向にあるが、浄水処理で対応可能
4	Prek Thnot 川	乾季に不足、灌漑用水需要が優先される	5m 程度の最大最小水位の差あり	データ不足のため、対象地域での水質の傾向は不明
5	地下水	水需要を満たすためには多数の井戸が必要であり、管理上の負担が大	地下水位の異常低下等の問題は生じていない	鉄、ヒ素濃度の基準を超過している場所が多数あり
6	ダム・貯水池	灌漑用水への配分でほぼ占められ、他用途での配分量確保には長期的な取り組みが必要、また長距離の導水が必要	具体的な情報なし	既存ダムでは水質の問題は確認されていない

出典：調査団作成

5-2 水源の評価と選定

5-2-1 新規取水施設のための水源候補地点

各水源地の現状と特性、将来的な水需要（量および需要地）、浄水場の既存施設の拡張および新規施設の立地可能性を考慮して、新規水源としての採用可能性が低い地下水とダム・貯水池を除く、4河川について将来需要を満たすための水源（取水地点）候補の絞り込みを行った。主に首都プノンペンの中心地と都の南部において、上水需要が伸びると見込まれることから、首都プノンペンを流下する4つの河川に沿って、下記の区分からそれぞれ1か所、計7か所の水源候補地点を選定した（図5-2.1）。

表 5-2.1 調査対象となる水源候補

No.	地区	河川区間	選定の理由
1	Bakheng	Mekong 川都内上流域(北部行政区画から Chroy Changvar 半島先端まで)	量・質共に良好な水源、Bakheng 浄水施設拡張への対応
2	Boeng Thom	Prek Thnot 川都内上流域	都南西部への給水に有利な立地、取水および浄水施設用地の新規取得が比較的容易だが、水利権や乾季の水量低下の制限から水源として不適切
3	Ta Mouk	Sap 川都内上流域	PPWSA の広大な所有地があり浄水場用地確保が容易、南部への給水に有利な立地
4	Svay Rolum	Bassac 川都内下流域(Kandal 州隣接地域)	都南部への給水に有利な立地、取水および浄水施設用地の新規取得が比較的容易
5	Nirodh/Koh Norea	Mekong 川下流域(Chroy Changvar 半島先端～南部行政区画まで)	良質共に良好な水源、Nirodh 浄水施設拡張への対応および Koh Norea 浄水施設新設への対応
6	Khasach Kandal	Mekong 川都内上流域の対岸(Koh Dach 及び Koh Oknha Tei 沿い付近)	量・質共に良好な水源、Khasach Kandal 浄水施設新設への対応
7	Setbou	Bassac 川 Kandal 州内上流域	新空港周辺への給水に有利な立地、取水および浄水施設用地の新規取得が比較的容易

出典：調査団作成

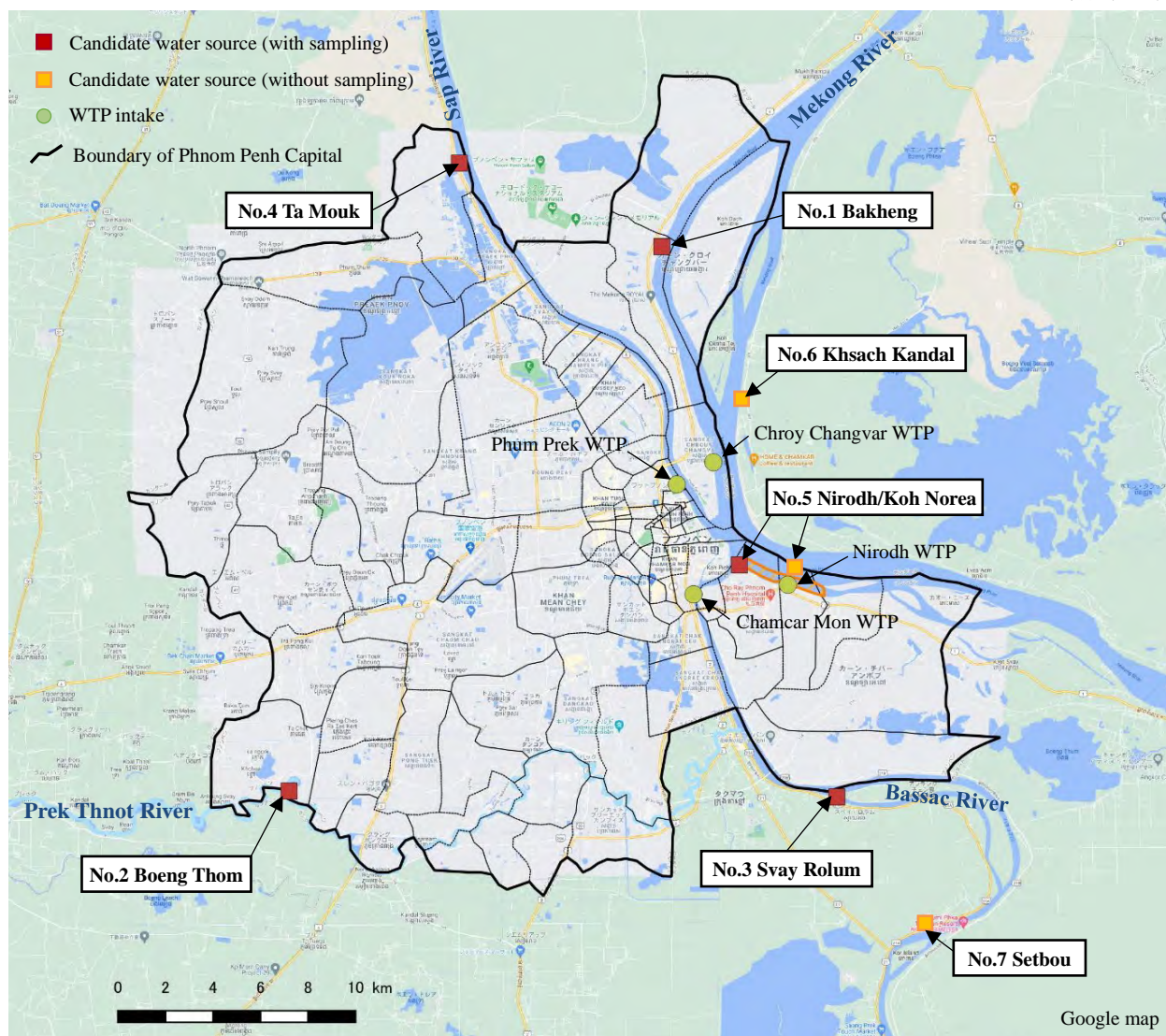


図 5-2.1 水源候補地および水質調査地点位置図

出典：調査団作成

原水の浄水場の立地も取水地点を決定する重要な要素であるが、本調査では水量と水質の面から各候補水源の利用可能性を評価した上で、取水施設および浄水施設の立地可能性あるいは用地取得可能性も考慮して取水候補地点の検討を行った。なお、既存および建設中の浄水場の立地、PPWSAの確保用地の活用を優先的に扱うものとした。表 5-2.2 に浄水場の立地に関する情報を示した。

表 5-2.2 浄水場の立地

種別	浄水場	状況	要件	取水候補地との対応
A	Bakheng WTP	建設中、フェーズ 2 までの取水施設を建設	PPWSA 所有地あり(2ha) フェーズ 3 への対応	No.1
B	Nirodh WTP Koh Norea WTP	既存 新設	フェーズ 3 Koh Norea に PPWSA への配分用地有 (2ha)	No.5
C	新規 WTP (Ta Mouk)	新設	都内北部 Ta Mouk 湖の埋立予定地 (25ha)	No.4
D	新規 WTP	新設	新規用地選定と購入・確保が必要	No.3、No.6、No.7
E	新規 WTP(Boeng Thom)	Boeng Thom 浄水場が	新規用地選定と購入・確保が必要。た	No.2

種別	浄水場	状況	要件	取水候補地との対応
		計画されていたが計画中止となった	だし、水源が不適切であるため建設は推奨されない。	

出典：調査団作成

5-2-2 水質調査

関連部局による水質観測データを補完し、水質の現状を確認するため、調査期間内に5か所の水源候補地において水源水質調査を実施した。その概要は次のとおりである。

- ・ サンプルング日：2020年5月22日（乾季）、2020年9月19日（雨季）
- ・ サンプルング方法：ボート上からボトル採水
- ・ 分析項目：37項目（物理的、無機質、化学物質、微生物に関する項目）

調査地点の概要を表 5-2.3 に示す。

表 5-2.3 水質調査地点

No.	サンプリング地点			地点の概要
	地点名	緯度	経度	
1	Bakheng	11.670696	104.918444	Mekong 川上流、Bakheng 浄水場予定地付近、北部
2	Boeng Thom	11.460925	104.774503	Prek Thnot 川、新規浄水場計画地付近、南西部
3	Svay Rolum	11.459593	104.985907	Bassac 川、南東部
4	Ta Mouk	11.703256	104.840422	Sap 川、北部
5	Nirodh	11.548520	104.948501	Mekong 川下流、Bassac 川の分流地点付近、東部

出典：調査団作成

乾季および雨季の調査結果をそれぞれ表 5-2.4 および表 5-2.5 に示す。5-1-2 で示したように、PPWSA は15年以上（Nirodh 取水施設は6年）にわたり取水施設において原水水質が適正であるかモニタリングを継続している。PPWSA による原水水質調査結果の一部を表 5-2.6 に示す。これらの過去データと比較することにより、各地点で深刻な水質の問題が生じていないことを確認した。各水源候補地点の原水水質の概要は次のとおりである。

(1) 乾季

- ・ 濁度および色度：濁度はこれまでの観測結果と同様の数値である一方で、全地点で色度の値が非常に高い。凝集沈殿等の処理強化の必要性を検討すべきである。
- ・ その他一般性状項目：上記以外の項目（アルカリ度、硬度、BOD）にも問題は見られない。
- ・ アンモニア態窒素：全地点で高い傾向にあるが、これまでの観測結果の範囲にはあり、現時点では追加処理プロセスの必要はない。今後も監視しながら、処理プロセスの検討を行うべきである。
- ・ 硝酸・亜硝酸態窒素：硝酸態窒素は Boeng Thom での値が高く、亜硝酸態窒素では Boeng Thom、Svay Rolum、Nirodh での値が高い傾向にあるが、これまでの観測結果を大きく上回るような値ではない。生活排水あるいは農業系排水の流入の影響が大きいと考えられる。
- ・ 金属類：鉄、マンガンの値は十分に低い。全体的にアルミニウムの値が非常に高く、凝集沈殿

プロセスに影響がある可能性があり、処理強化の必要性を検討すべきである。有害性の高い金属類は検出されていない。

- ・ 大腸菌 (E-coli) : Ta Mouk における値が高く、生活排水等の影響が大きいと考えられる。塩素注入処理の強化の必要性を検討すべきである。

(2) 雨季

- ・ 濁度および色度 : Ta Mouk の色度が高く、凝集沈殿等のプロセス強化を検討すべきである。
- ・ その他一般性状項目 : 全地点で電気伝導度、アルカリ度が高い傾向にあり、pH 調整材の投入の必要性を検討すべきである。
- ・ アンモニア態窒素 : これまでの観測結果と同程度であり、問題はない。
- ・ 硝酸・亜硝酸態窒素 : これまでの観測結果と比べても同程度であり、問題はない。
- ・ 金属類 : 鉄の値が Bakheng、Boeng Thom、Svay Rolum で高く、アルミニウムの値が全地点で高い傾向にある。乾季と同様に凝集沈殿プロセスの効率低下の恐れがあり、強化の必要性を検討すべきである。有害性の高い金属類は検出されていない。
- ・ 大腸菌 (E-coli) : これまでの観測結果と比べて、同程度以下の数値であり、処理プロセスも同様のものを使用できる。

表 5-2.4 乾季の水質調査結果 (2020 年 5 月)

No	項目	単位	結果 (河川水)					飲用水基準値 (処理水)	過去の記録*1 (2006-2020 年の 5 月) 平均値 (範囲)
			No.1 Bakheng	No.2 Boeng Thom	No.3 Svay Rolum	No.4 Ta Mouk	No.5 Nirodh		
1	pH	-	8.19	7.3	7.72	7.58	8.24	6.5-8.5	7.50 (7.16-8.33)
2	温度	℃	31.2	29.7	31.9	30.9	32.4		30.3(26.4-32.7)
3	電気伝導度	μs/cm	266	149.7	304	187.4	268	<1600	168(125-259)
4	総溶解固形分	mg/L	116	66	133	82	117	<800	89(63-147)
5	濁度	NTU	4	42	20	28	22	<5	21(8-125)
6	溶存酸素	mg/L	5.02	3.72	4.67	5.07	6.45		4.6(2.58-8.5)
7	色度	mg/L Pt	105	520	160	230	160	<5	7.7(2.0-125)
8	アルカリ度	mg/L	21	39	47	43	50		57(42-81)
9	硬度	mg/L	86.6	34.7	83.7	51.4	73.9	<300	64.3(39-116)
10	BOD	mg/L	1.1	1.5	2.2	1.1	2.7		
11	CODcr	mg/L	11	13	7	4	10		
12	アンモニア態窒素	mg/L	0.81	1.02	1.38	0.60	0.69	<1.5	0.10(0-1.2)
13	シアン	mg/L	0	0.012	0.002	0.004	0.003		0.002(0-0.02)
14	塩素	mg/L	13.6	4.6	17.8	7.7	13.5	<250	22.5(5.7-48)
15	フッ素	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<1.5	0.17(0-0.44)
16	亜硝酸態窒素	mg/L	BDL	0.02	0.082	BDL	0.030	<3	0.007(0.001-0.09)
17	硝酸態窒素	mg/L	0.32	1.90	0.50	0.68	0.43	<50	0.64(0-2.5)
18	硫酸塩	mg/L	40	12	38	13	41	<250	11(1-34)
19	総微生物量	cfu/100ml	1,500	200	1,100	26,700	28,100		
20	糞便性大腸菌	MPN/100ml	150	920	430	1,500	360	0	314(80-37650)
21	マンガン	mg/L	BDL	0.02	BDL	BDL	BDL	<0.1	0.019 (0-0.2)
22	鉄	mg/L	0.05	0.09	BDL	BDL	BDL	<0.3	0.069(0-1.25)
23	カルシウム	mg/L	23.8	8.6	21.5	14	23	<80	17(9.6-28)
24	ナトリウム	mg/L	4.9	7.5	9.4	5.6	5.2	<250	

No	項目	単位	結果 (河川水)					飲用水 基準値 (処理 水)	過去の記録*1 (2006-2020年の5 月) 平均値 (範囲)
			No.1 Bakheng	No.2 Boeng Thom	No.3 Svay Rolum	No.4 Ta Mouk	No.5 Nirodh		
25	マグネシウム	mg/L	6.6	3.2	7.3	4	4	<36	5.5(3.2-11)
26	アルミニウム	mg/L	0.18	5.1	0.7	1.1	0.8	<0.2	0.013(0-0.31)
27	アンチモン	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL		
28	ヒ素	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.01	
29	バリウム	mg/L	0.03	0.04	0.05	0.03	0.08	<0.7	
30	カドミウム	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.003	
31	クロム	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.05	0.014(0-0.06)
32	銅	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<1	0.018(0-0.09)
33	鉛	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.01	
34	水銀	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.001	
35	ニッケル	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL		
36	セレン	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL		
37	亜鉛	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<3	0.029(0-0.2)

*BDL: Below Detection Limit, *1: based on the measured data (raw water) at WTP site of PPWSA.

出典：調査団作成

表 5-2.5 乾季の水質調査結果 (2020年9月)

No	項目	単位	結果 (河川水)					飲用水 基準値 (処理 水)	過去の記録*1 (2006-2020年の9 月) 平均値 (範囲)
			No.1 Bakheng	No.2 Boeng Thom	No.3 Svay Rolum	No.4 Ta Mouk	No.5 Nirodh		
1	pH	-	7.36	7.07	7.27	6.82	7.26	6.5-8.5	7.34(7.14-7.78)
2	温度	℃	28.7	29.1	28.5	29.5	28.6		28.0(27.1-29.9)
3	電気伝導度	μs/cm	131.2	104.6	138.8	125.4	144.6	<1600	102.5(65-127)
4	総溶解固形分	mg/L	58	46	59	55	64	<800	52.3(35-87)
5	濁度	NTU	88	170	42	16	52	<5	174.3(24-478)
6	溶存酸素	mg/L	6.16	6.07	6.72	6.19	5.98		5.9(4.37-8.37)
7	色度	mg/L Pt	65	320	65	25	40	<5	41.3(19-156)
8	アルカリ度	mg/L	52	94	84	72	81		40.9(27-54)
9	硬度	mg/L	47.6	29.5	45.6	43.4	49.2	<300	44.7(32-60)
10	BOD	mg/L	0.76	0.87	1.32	2.99	0.98		
11	CODcr	mg/L	5	2	3	2	10		
12	アンモニア態窒素	mg/L	0.15	0.26	0.31	0.21	0.22	<1.5	0.32 (0.04-3.39)
13	シアン	mg/L	ND	ND	0.002	ND	ND		0.002(0-0.008)
14	塩素	mg/L	13	6.2	7.8	7	9.4	<250	18.4(1.05-43)
15	フッ素	mg/L	0.55	0.05	0.05	0.55	0.5	<1.5	0.083(0-0.64)
16	亜硝酸態窒素	mg/L	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	<3	0.006(0.002-0.03)
17	硝酸態窒素	mg/L	0.3	1.6	0.5	0.1	0.3	<50	0.65(0-2.3)
18	硫酸塩	mg/L	2	5	1	0.2	2	<250	2.3(0-15)
19	総微生物量	cfu/100ml	1410	1010	640	1860	430		
20	糞便性大腸菌	MPN/100ml	72	150	74	150	92	0	1262.8(75-50720)
21	マンガン	mg/L	0.091	0.135	0.071	0.049	0.057	<0.1	0.024(0-0.2)
22	鉄	mg/L	3.96	6.47	3.04	0.82	1.54	<0.3	0.108(0-2.5)
23	カルシウム	mg/L	13.07	7.248	12.55	11.95	13.77	<80	12.7(8.4-16.8)
24	ナトリウム	mg/L	3.72	5.52	3.84	4	3.99	<250	
25	マグネシウム	mg/L	3.64	2.77	3.47	3.29	3.6	<36	2.9(1.5-4.9)
26	アルミニウム	mg/L	2.62	4.76	2.01	0.58	0.93	<0.2	0.007(0-0.17)
27	アンチモン	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL		
28	ヒ素	mg/L	0.0052	0.005	0.003	0.001	0.003	<0.01	

No	項目	単位	結果 (河川水)					飲用水 基準値 (処理 水)	過去の記録*1 (2006-2020年の9 月) 平均値 (範囲)
			No.1 Bakheng	No.2 Boeng Thom	No.3 Svay Rolum	No.4 Ta Mouk	No.5 Nirodh		
29	バリウム	mg/L	0.033	0.0436	0.03	0.027	0.033	<0.7	
30	カドミウム	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.003	
31	クロム	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.05	0.008(0-0.09)
32	銅	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<1	0.010(0-0.11)
33	鉛	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.01	
34	水銀	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<0.001	
35	ニッケル	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL		
36	セレン	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL		
37	亜鉛	mg/L	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	<3	0.040(0-0.28)

BDL: Below Detection Limit, *1: based on the measured data (raw water) at WTP site of PPWSA.

出典：調査団作成

表 5-2.6 水源候補地点の水質比較 (主要項目のみ)

項目	単位	年間 (上段：平均、下段：範囲)			乾季			雨季		
		Mekong	Sap	Bassac	Mekong	Sap	Bassac	Mekong	Sap	Bassac
温度	oC	28.9 23.7-32.7	28.8 25.3-31.5	28.5 25.2- 31.2	29.1	29.0	28.6	28.7	28.7	28.4
pH	-	7.86 7.17-8.48	7.29 6.78-7.99	7.44 6.88-8.11	8.08	7.3	7.5	7.69	7.3	7.4
電気伝導度	µs/cm	160.0 83-259	115.0 62-258	134.5 72-259	193.3	120.2	153.2	135.8	111.2	120.1
総溶解固形分	mg/L	80.7 42-161	60.6 31-147	67.5 36-130	96.7	64.1	76.7	69.1	68.1	60.5
濁度	NTU	110.6 10-469	106.7 12-427	135.6 8-799	18.7	69.2	55.1	177.4	134.0	197.1
溶存酸素	mg/L	7.33 4.53-8.68	5.02 1.76-7.18	7.23 6.18-8.5	7.34	4.43	7.18	7.32	5.36	7.28
色度	mg/L Pt	30.8 1.98-228	39.4 4.53-147	35.7 4.91-182	7.71	40.6	31.7	47.7	38.5	38.7
アルカリ度	mg/L	57.6 27-80	41.6 23-78	45.5 24-79	70.0	42.4	50.4	48.7	41.0	41.8
硬度	mg/L	65.1 31-98	46.1 23-104	52.1 24-116	79.1	45.9	57.9	55.0	46.2	47.6
BOD	mg/L	2.66 0.59-7.00	4.40 1.60-7.48	3.49 0.73-6.96	1.85	5.11	3.41	3.24	3.89	3.56
アンモニア態窒素	mg/L	0.23 0-3.39	0.42 0-2.3	0.22 0-1.48	0.09	0.46	0.18	0.32	0.40	0.25
塩素	mg/L	22.2 4.8-52	24.2 1-55	22.0 7.4-50	21.8	24.5	22.4	22.4	23.9	21.8
硝酸態窒素	mg/L	0.90 0-2.4	1.17 0.33-7.8	1.06 0-3.54	0.74	1.21	1.09	1.02	1.14	1.04
硫酸塩	mg/L	11.1 0-30	5.25 0-32	7.39 0-34	15.5	5.07	9.13	7.94	5.38	6.06
糞便性大腸菌	MPN/ 100ml	1,077 43- 10,825	6,061 130- 108,050	875 36-11,867	717	5654	882	1340	6357	870
マンガン	mg/L	0.034 0-0.33	0.043 0-0.30	0.036 0-0.23	0.032	0.050	0.035	0.035	0.038	0.037
鉄	mg/L	0.37 0-8.12	0.13 0-1.14	0.49 0-6.88	0.062	0.15	0.30	0.59	0.11	0.64
アルミニウム	mg/L	0.048 0-0.193	0.013 0-0.082	0.01 0-0.11	0.051	0.013	0.011	0.045	0.013	0.011
クロム	mg/L	0.019 0-0.08	0.016 0-0.05	0.013 0-0.03	0.019	0.017	0.014	0.020	0.015	0.013
銅	mg/L	0.023 0-0.12	0.020 0-0.10	0.020 0-0.11	0.025	0.022	0.019	0.022	0.019	0.021

項目	単位	年間（上段：平均、下段：範囲）			乾季			雨季		
		Mekong	Sap	Bassac	Mekong	Sap	Bassac	Mekong	Sap	Bassac
亜鉛	mg/L	0.049 0-0.2	0.049 0-0.28	0.038 0-0.17	0.048	0.050	0.036	0.050	0.048	0.040

出典：PPWSA

5-2-3 水源の持続性

5-2-3-1 Mekong 川上流部の水力発電ダムと気候変動による影響

メコン河委員会 (Mekong River Commission: MRC) の検討によると、様々な温暖化シナリオに基づいた河川流況の予測結果から、2060 年までの気候変動影響により Mekong 川の流量および水位には大きく変動する可能性があると考えられている。Kratie における 2060 年時点 (2007 年を基準) の乾季の最低日流量は、-43~20% (気候変動影響のみの場合) および-13~65% (気候変動に加えてダム開発も含んだ場合) の変動が予測されている (表 5-2.7)。第 3 章で述べたように、Mekong 川上流域のダム建設運用が進むと乾季の河川流量は平均的には増加すると考えられているが、気候変動の影響により年々の変動がむしろ大きくなる。MRC の予測結果の幅を年による変動幅 (上限と下限) と考えると、年最小日流量は-43%まで低下すると考えておいた方が安全である。現状、Chroy Changvar における年最小流量 1,889 m³/秒から 1,077 m³/秒程度まで低下する年がありうる (プノンペン近郊の地点は Kratie と同じ変動幅であると仮定)。この流量に対して水需要量は 0.61%程度となるため、全体流量に対しては取水による影響を与えるような量ではない。しかしながら、水位では最小低水位が 0.18 m 低下する可能性があり (Chroy Changvar 地点では 0.5 m AMSL となる)、下流ほど流量・水位低下の程度は大きいと予測されていることから、これらを反映した地点毎の最小低水位を取水施設の設計において考慮すべきである。気候変動影響およびそれにダム開発を含めた最小低水位の変動予測は図 5-2.2 に示す。

表 5-2.7 ダム建設および気候変動による Mekong 川の水文要素への影響 (Kratie 地点、2007 年との比)

水文要素		影響幅		気候変動のみ		気候変動+ダム運用	
				2030	2060	2030	2060
河川流量 (期間平均)	乾季	最小	%	-25	-43	-6	-29
		平均		8	5	27	24
		最大		30	45	46	60
河川水位 (期間平均)	乾季	最小	m	-0.66	-1.13	-0.12	-0.74
		平均		0.17	0.11	0.73	0.66
		最大		0.71	1.08	1.18	1.39
渇水	1 日流量	最小	%	-26	-43	17	-13
		平均		-3	-4	53	56
		最大		11	20	62	65
	1 日水位	最小	m	-0.37	-0.61	0.24	-0.18
		平均		-0.04	-0.05	0.73	0.77
		最大		0.15	0.28	0.86	0.90

出典：MRC の資料から抜粋

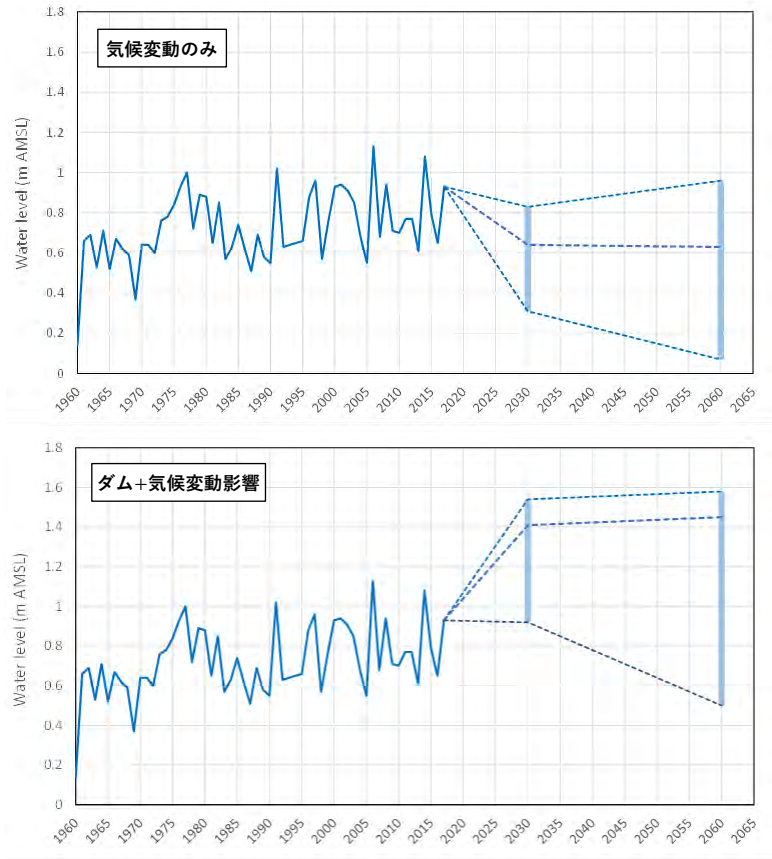


図 5-2.2 ダムおよび気候変動の影響を考慮した将来の最低水位予測（Chroy Changvar 地点）

出典：MRC および MOWRAM のデータを基に調査団作成

5-2-3-2 河川の水位低下

2019-2020 年乾季において、気候変動影響とみられる水位低下が特に Sap 川で顕著に表れた。近年の代表的な年における年間および 11 月～翌年 5 月までの乾季における観測水位の変化を図 5-2.3 および図 5-2.4 に示した。MOWRAM および MRC の分析によると、トンレサップ湖流域の降雨量が少なく、同時に逆流によって遡上する Mekong 川の水量が少なかったために、記録的に低い水位となったとされている。2019 年 12 月上旬以降、2020 年 2 月中旬までの期間では、雨季の流量が少なかったために過去最低の水位となったが、2 月中旬以降は平年値よりも小さいものの過去最低ではなくなった。このことから Sap 川全体としての利用可能性は低下していたものの、最小低水位（Prek Kdam、0.43 m AMSL、1970 年 5 月 17 日）を下回る取水施設が取水機能を失うような水位・流量の低下までには至らなかったと考えられる。取水施設の設計においては、取水地点における最小低水位を基準とすることが必要である。

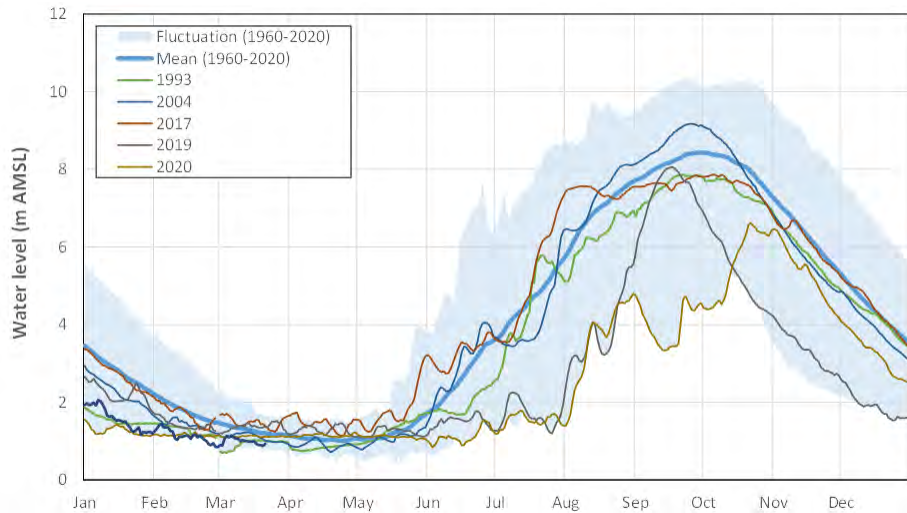


図 5-2.3 Sap 川における年間水位変動 (Prek Kdam)

出典：MOWRAM のデータを基に調査団作成

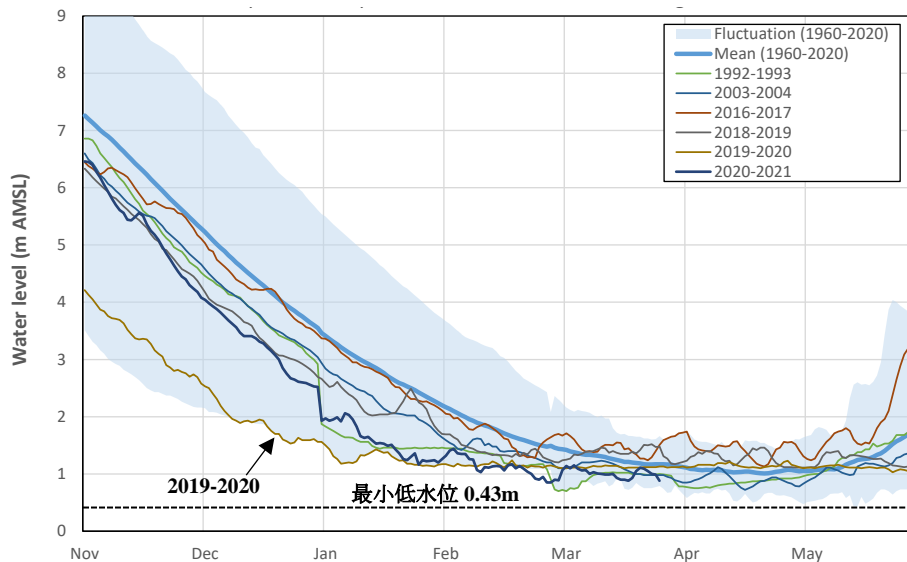


図 5-2.4 Sap 川における乾季の水位変動 (11 月～5 月、Prek Kdam)

出典：MOWRAM のデータを基に調査団作成

5-2-3-3 水質変化

5-2-3-3-1 都市排水による影響

JICA によるプノンペン都下水・排水改善プロジェクト (2014～2016) において、都内を 27 の排水区に分割して、排水路、ポンプ場等の整備による排水管理計画策定とそれに基づく事業が実施されている。図 5-2.5 にその計画に基づいた排水区と各河川への排水地点を示す。4 つの河川全てに排水地点 (Mekong 川に 3 地点、Sap 川に 3 地点、Bassac 川に 3 地点、Prek Thnot 川に 8 地点) が計画されている。

図 5-2.5 に示すように 2 つの下水道整備区域（Cheung Aek 下水処理区、Ta Mouk 下水処理区）が設定されており、それぞれ Cheung Aek 湖と Ta Mouk 湖を排出先として下水処理水が流出する計画となっている。上記案件の報告書では、都市の発展と人口増加を考慮して、2035 年の下水道施設整備による汚濁負荷排出と削減効果を見積もっている。表 5-2.8 に下水道施設の整備・運用による BOD 排出負荷量の削減予測を示す。全体の負荷発生量は大きく増加するが、両排水区からの BOD 負荷排出量は下水道施設整備により大幅に削減される。一方で、下水道整備の計画がない地域からの負荷排出は 2015 年比で 2 倍以上に増加すると見積もられ、処理後でも 60% 程度の増加となる。そのため、地域によっては汚濁負荷の増加に伴い、水質が悪化する可能性がある。

また、雨水排水改善も同じく 2035 年を目標年として、排水区毎に都市排水設備の整備が進められている。図 5-2.5 にはそれぞれの排水区からの雨水の河川排水先も示されている。本調査で候補となっている取水源との位置関係を見ると、Sap 川、Mekong 川上流の候補地点は雨水排水の影響を受けない立地であるが、Mekong 川下流、Bassac 川、Prek Thnot 川の候補地点はそれぞれ何地点かの雨水排水地点よりも下流に位置している。一般的に、都市の表面流出水や排水には家庭由来および工業由来の様々な汚濁物質が含まれており、少なくとも流出地点の直下流では汚濁物質濃度が大きくなる可能性が高い。これらによる原水への悪影響を少なくするため、取水地点は雨水排水地点よりも上流に配置するように地点選定すべきである。

一方で、プノンペン都内・周辺では湖沼の埋立・開発が進行している。図 5-2.6 のように下水処理水の排出先である二つの湖も埋立が始まっており、これまで汚濁物質を含んだ流出水をバッファゾーンとして一時貯留し、汚濁物質の沈降あるいは浄化してきた機能が失われると推測される。そのため、短期～中期的には河川の水質は表面流出に含まれる汚濁負荷物質による汚染度は悪化傾向となると推測され、上水道原水としての水質管理において処理コスト高につながる可能性が高い。

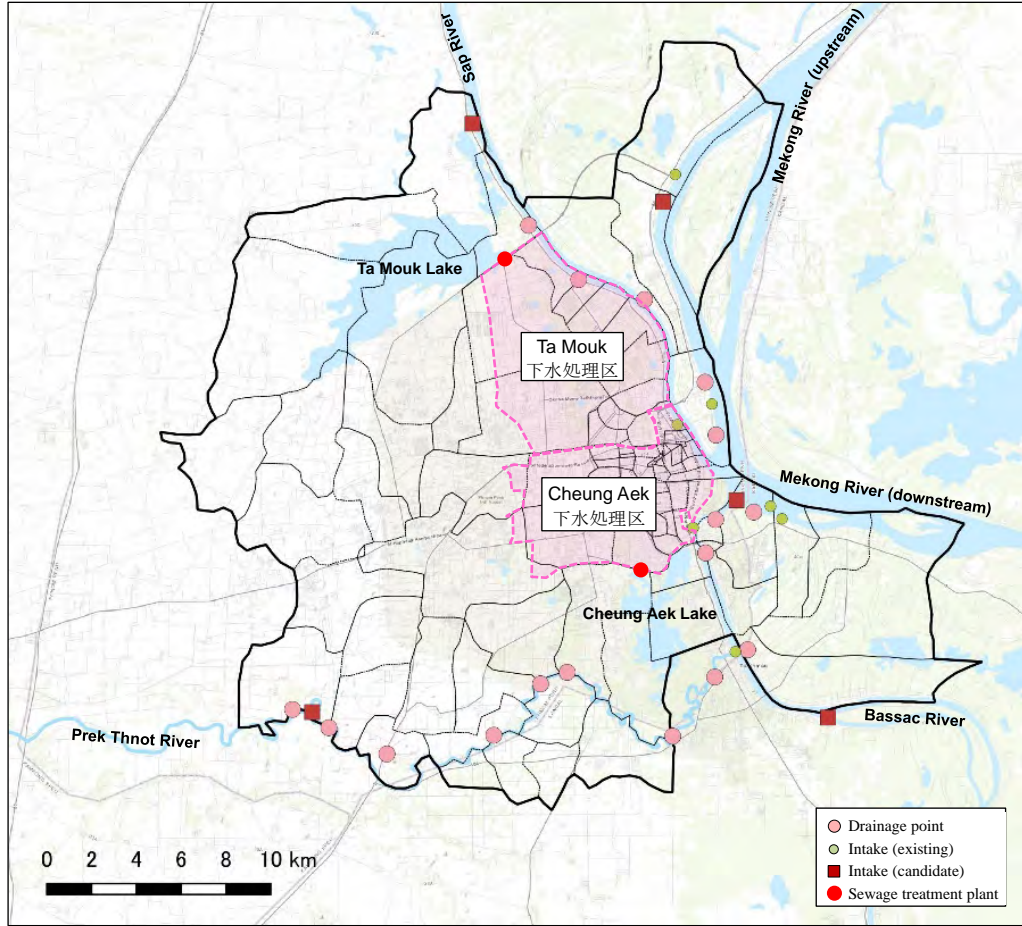


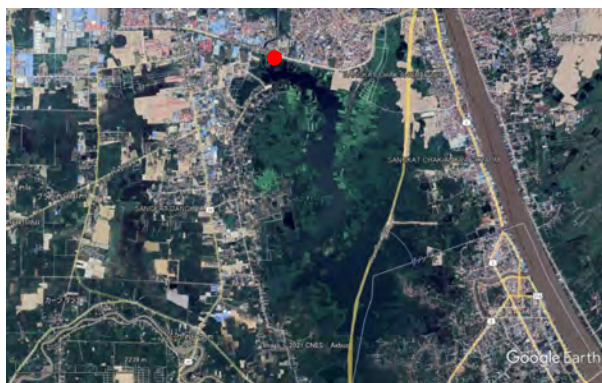
図 5-2.5 排水処理計画における河川への排水地点

出典：JICA プノンペン都下水・排水改善プロジェクト最終報告書（2016）を基に調査団が作成

表 5-2.8 下水道施設の整備・運用による汚濁負荷削減効果

地域・処理区	面積 (ha)	発生 (t/日)		処理後 (t/日)	
		2015	2035	2015	2035
Cheung Aek 処理区	4,701.9	40.7	49.9 (+23%)	32.6	7.8 (-76%)
Ta Mouk 処理区	6,019.2	15.5	22.0 (+42%)	12.4	3.5 (-72%)
Other area	57,124.9	19.9	41.8 (+110%)	15.9	25.2 (+58%)
Total	67,846.0	76.1	113.7 (+49%)	60.9	36.5 (-40%)

出典：JICA プノンペン都下水・排水改善プロジェクト最終報告書（2016）を基に調査団が作成



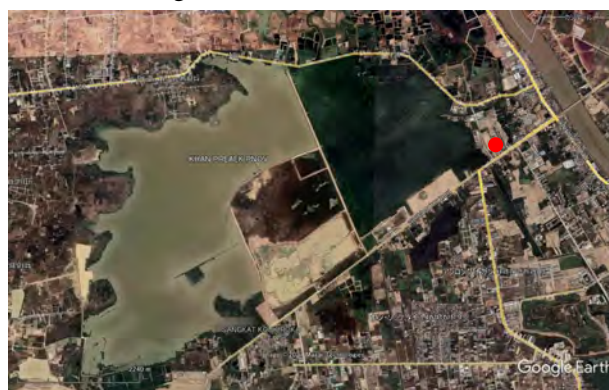
Cheung Aek 湖 (2013 年 11 月時点)



Cheung Aek 湖 (2021 年 2 月時点)



Ta Mouk 湖 (2014 年 2 月時点)



Ta Mouk 湖 (2021 年 5 月時点)

図 5-2.6 都市周辺の水域開発状況

出典：調査団作成

5-2-3-3-2 将来的な水質変動

水源候補の一つである Sap 川においては、近年の気候変動影響に伴う Tonle Sap 湖への流出量低下、Mekong 川からの逆流量低下、湖水の循環低下などを原因とする藻類増加のため、水質悪化が懸念されている。プノンペン北部に下水道処理場の建設が予定されており、処理済水が Sap 川に排水されるものと予測される。また、Sap 川以外の候補水源においても、都市部あるいは近郊における家庭排水および産業排水の各河川への流入増加が予想される。候補水源の将来的な水質に対する懸念事項と対策案を表 5-2.9 のように整理した。

表 5-2.9 将来的な水質に対する懸念事項

観点	懸念事項	対策提案
pH の不安定性	硬度、アルカリ度。浄水処理過程で pH が不安定するため、調整材が必要となり、手間が増大する可能性がある	凝集剤の変更(硫酸バンド)や pH 調整のための硫酸や苛性ソーダ、消石灰等の注入
アンモニアのピーク濃度	ピーク濃度が高くなるとともに塩素消費が大きくなり、前処理での塩素注入量が増加。同時に有機物量が高いと危険な副産物(塩素化合物)の生成可能性も高い。アンモニア処理工程の改変が必要	エアレーション、前処理(生物処理)、塩素処理等、原水のアンモニア濃度に応じて、必要な処理工程を取る。
高有機物濃度、病原菌	有機物の酸化処理のための塩素要求量が高くなり、塩素化合物の副産物、目詰まり、処理過程での水量のロスにつながる。高レベルの病原性菌に対する塩素処理が必要となり、高コスト化	エアレーション、前処理(生物処理)、塩素処理等、原水の有機物濃度、微生物量に応じて、必要な処理工程を取る。

乾季の水質悪化	乾季の Sap 川は上流の汚濁の影響を受けて水質は良くない。例えば、Mekong、Bassac に比べて、DO は 30%以上低く、有機物含有量(BOD)が高い、糞便性大腸菌が 10 倍高いなど	排水改善(トンレサップ湖流域における排水管理への協力、ステークホルダーとしての対策協議参加など)
排水処理場からの排出	プノンペン北部に排水処理場が建設予定(Ta Mouk 湖への処理水排出)であり、処理水の河川流入により原水水質の不安定化の可能性あり	新規取水を行う地点は、可能な限り、下水処理水の河川への流入地点よりも上流側に配置
表面流出水に含まれる汚濁負荷流入量の増加	表面流出による汚濁負荷が都市化、未利用地開発(特に水域埋立)によって増加し、水源である河川水質の悪化を招く	上記と同様に、河川への排水流入地点の上流側に取水地点を配置するように計画すべき
毒性の高い微生物	特に Sap 川におけるシアノバクテリア(藍藻)による毒性(トンレサップ湖で検出されており、今後下流域への影響拡大が懸念される)。シアノバクテリアの除去は困難で、後オゾン処理と活性炭処理が必要となってコスト高	継続的なモニタリングと科学的知見の集積・分析による将来的な傾向予測。オゾン処理工程の導入検討

出典：調査団作成

PPWSA は河川水質の維持に関する責務を負う政府機関ではないが、浄水供給能力を維持するために間接的であっても原水水質の悪化を抑え、適切な範囲内に収める努力が必要である。

5-2-4 地理的および地形的条件

5-2-4-1 標高差および距離

表 5-2.10 に水源候補地と浄水場候補地間の標高差および距離について整理した。取水地点と浄水場および水需要地域間の距離は、送水および配水の効率性、経済性に大きな影響を及ぼす。取水場と浄水場間が離れるほど原水の送水管暗渠部分が長くなり、維持管理に手間と費用が掛かる可能性が高い。

表 5-2.10 水源候補地と浄水場候補地との位置関係

浄水場	取水候補地点	取水-浄水場間距離	標高差	備考
Bakheng Phase III	Mekong 川右岸 Bakheng 地区	約 2 km	約 5.7m	既存水路をルートとして活用
Nirodh Phase III	Mekong 川右岸 Koh Norea	約 3 km	約 2.2m	埋立地との間に橋梁あり
Koh Norea	Mekong 川右岸 Koh Norea	近接(同敷地内)	標高差なし	用地は確保される予定であるが、詳細位置は未定
Ta Mouk	Ta Mouk 湖埋立地	約 7 km	約 2.0m	ルートの一部は道路未建設
Khsach Kandal	Mekong 川左岸 Khsach 地区	約 200m	標高差なし	浄水場と取水施設は隣接
New Airport City	Bassac 川右岸 Setbou 地区	約 500m	約 0.8m	

出典：調査団作成

5-2-4-2 護岸

Mekong 川においては、一部で河岸浸食が進行している場所がみられる。図 5-2.7 に Mekong 川上流部、Bassac 川における河岸浸食状況および護岸整備状況を示す。また、Sap 川の取水候補地点における河岸の様子を図 5-2.8 に示す。取水候補地は自然河岸として残されている場所が多く、洪水時等に河岸が浸食された形跡が見られる。適切な護岸整備がなされている区間は限られている。取水施設の建設時に同時に護岸工および河床保護工を講じる必要がある。



図 5-2.7 Mekong 川および Bassac 川における河岸浸食と護岸整備状況

出典：調査団作成



図 5-2.8 Sap 川取水候補地点の河岸整備状況

出典：調査団作成

5-2-4-3 河川埋め立てによる影響

河川流の変化は土砂輸送および土砂堆積、河岸浸食、砂州形成に影響を与えるため、取水施設の設計において重要な要素の一つである。Nirodh 地区に面する Mekong 川の埋立造成が進められている Koh Norea (図 5-2.9) については、河川管理者である MOWRAM も埋立による河川流への影響に関する調査・解析を実施していない。現在 Nirodh 取水施設が立地し、埋め立てが進行する Mekong 川右岸 (Nirodh 地区) 沿岸 (Chaktomuk および Bassac 川分流地点の下流に位置) は、流れによる河床洗掘が進行する場所 (川の淵) である。その部分の埋立は、洗掘箇所を Mekong 川中央側に移動させ、埋立地の護岸や河床の安定性を損ねる可能性がある (図 5-2.10)。取水施設の設計・建設において、留意すべき要素である。



図 5-2.9 Koh Norea の立地と造成計画

出典：Overseas Cambodian Investment Corporation

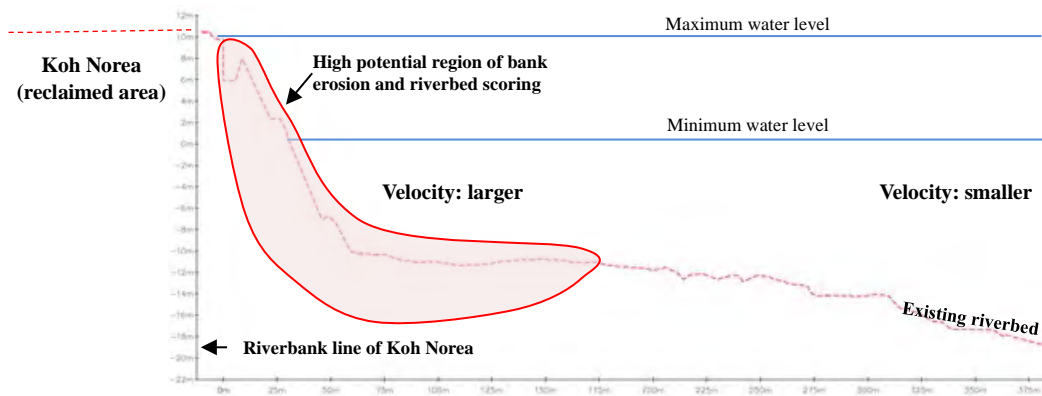


図 5-2.10 Koh Norea における Mekong 川の河道横断面と河岸浸食、河床洗掘の可能性

出典：SAFEGE, JEB Surveys and Engineering に調査団が追記して作成

5-2-4-4 取水に関わる制度と規制

カンボジア政府は世銀の支援により作成した水資源管理法を 2007 年 5 月に施行し、その時点で副令 (Sub Decree) として水利権 (Water allocation and licensing) に関する法令を策定しようとしていた。しかしながら、現時点までに施行されたという発表・記録がなく、現状、水利用 (河川から取水する権利) の許認可制度を定めた明確なルールがない状態にある。

河川に限らず表流水や地下水を取水するためには、これらの管理を所掌する水資源気象省 (MOWRAM) による承認が必要となる。PPWSA は水源適地を選定し、取水施設建設への所定の手続きを経て、正式な許可を得ることとなる。実質的には、PPWSA などの取水を行う事業者がカンボジア国メコン委員会 (Cambodia National Mekong Committee (CNMC)) および MOWRAM に対して許可申請レターを送付し、両者からの承諾を得る手順が取られている。表 5-2.11 にレターに記載する要素を挙げる。これらの記述を元に審査が行われるため、適切な調査を実施し、選択の根拠を示す情報を整理すべきである。

表 5-2.11 許可申請に要する情報

許可申請レターの内容
- 目的：水利権の許可申請
- 新設浄水場の計画に関する一般情報 (浄水量、建設年、完成年)
- 取水施設の場所 (地域名、河川名)
- 乾季における河岸から取水施設までの距離 (船舶の航行に支障がないことを明記)
- 河岸保護状況
- 総取水量の上限 (日量)
- 河川流量 (年平均値) および取水量が占める割合
- 河川流量 (最小流量) および取水量が占める割合
- 浄水処理の方法

出典：PPWSA

5-3 水源に関する結論

水源選定に関する結論として、水源候補地の評価結果を表 5-3.1 に整理した。前節までの議論から、首都プノンペンの上水需要を満たすための新規水源は「Mekong 川プノンペン都内上流部右岸域、左岸域および下流部右岸域」、「Sap 川プノンペン都内上流部右岸域」および「Bassac 川カンダール州内上流部右岸域」が適当である。

PPWSA の所有地あるいは確保予定地の配置状況と新たな土地の確保 (購入) の費用負担を鑑みると、確保済みの用地を有効利用した場合の総合的観点からの水源地選定を行うべきである。

表 5-3.1 水源候補地の評価結果

水源候補地		対応する浄水場予定地	取水量の確保	水質	取水持続性	地理的条件	コスト 上昇要因	総合評価
水源名/地域	地区							
Mekong 川 プノンペン都 内上流部右岸 域	Bakheng 地区	Bakheng 3 期 (建設中)	◎ 204,750 m ³ /日	良好	◎	需要地か ら遠い	導水距離	◎
Mekong 川 Kandal 州内上 流部左岸域	Kandal 州 Khsach 地 区	Khsach Kandal	◎ 105,000 m ³ /日	良好	◎	需要地 (都に編 入予定) に隣接	-	◎
Mekong 川 プノンペン都 内下流部右岸 域	Nirodh 地 区	Nirodh 3 期	◎ 136,500 m ³ /日	良好	◎	需要地に 近接	導水距離	◎
	Koh Norea 埋立地	Koh Norea (河川埋立 地造成中)	◎ 157,500 m ³ /日	良好	◎	需要地に 近接	-	
Sap 川 プノンペン都 内 上流部右岸域	Preak Pnov 地区	Ta Mouk 1~3 期 (埋 立予定地)	◎ 630,000 m ³ /日	浄水可 能	○ 水質面で 懸念	需要地か ら遠い	追加浄化 処理 導水距離	○
Bassac 川 Kandal 州内上 流部右岸域	Kandal 州 Svay Rolum 地 区	-	△ 31,500 m ³ /日 数十万 m ³ /日 を超える取水 は困難	浄水可 能	△ 乾季の流 量不足	南部新規 需要地に 近接	追加浄化 処理	△
	Setbou 地 区	New Airport City				新空港建 設に伴う 開発地に 近接		
Prek Thnot 川 プノンペン南 部	Boeng Thom 地区	-	× 乾季から雨季 初頭にかけて 灌漑用水の需 要がひっ迫	浄水可 能	× 乾季の流 量不足	南部需要 地に比較 的近い	-	×
地下水	全域	-	× 多数の揚水井 が必要	鉄、ヒ 素濃度 (一 部)	× 個々の井 戸の取水 量に制限	都内周辺 部のみ立 地可能	多数の井 戸設置必 要	×
ダム・貯水池 Prek Thnot 川 流域	プノンペン 都西方	-	× 水利権配分を 得るための条 件不成立	良好	× 許可され ない	遠隔地	長距離導 水	×

出典：調査団作成

第6章 取水・導水・浄水施設

6-1 既存の取水・導水・浄水施設

6-1-1 取水施設

6-1-1-1 Phum Prek 浄水場の取水施設

6-1-1-1-1 全体概要

1992年に建設された Phum Prek 浄水場は、当時 56,000 m³/日の生産能力を有していた。その後、我が国の無償資金協力事業によって 1993年から 1994年（Phase I）に 44,000 m³/日、2001年から 2003年（Phase II）に 50,000 m³/日の拡張が実施され、現在に至る。

取水ポンプ及び付帯設備については、上記無償資金協力事業の Phase II に更新され、2019年の生産能力は 150,000 m³/日まで拡大した。なお、2021年時点の PPWSA ウェブサイトの公表値によれば、生産能力は 170,000 m³/日とされている。

Phum Prek 取水施設の取水塔は Phnom Penh Port の近くにあり、Sap 川の Prek Pnov 橋から 900 m 下流、河岸から 40 m 程沖合に入った地点に建設され、河岸からはアクセス用の橋がかけられている（図 6-1.1）。



図 6-1.1 Phum Prek 取水塔の位置

出典：調査団作成

取水塔の一般図及び設備のレイアウトは図 6-1.2 に示すとおりである。

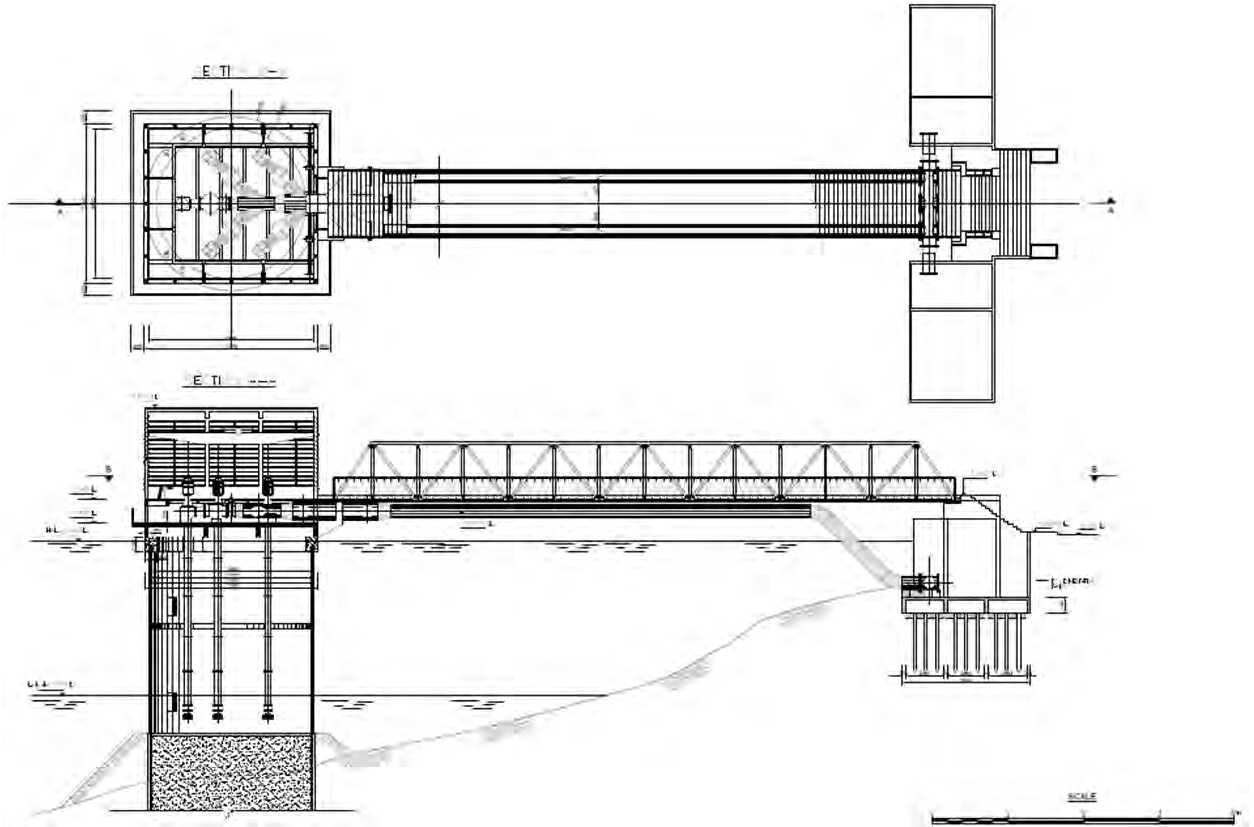


図 6-1.2 Phum Prek 取水塔の一般図

出典：PPWSA

取水施設の主要な設備は表 6-1.1 に示すとおりである。

2003 年の設計諸元によれば、設計取水量は 158,400 m³/日であり、維持管理用水として浄水量の 5.6% 相当が考慮されている。

表 6-1.1 Phum Prek 取水施設の主要なコンポーネント

項目	内容
取水形式	取水塔式
建設年次	躯体: 1966 年 ポンプ設備: 2003 年
設計取水量	158,400 m ³ /日 (日最大生産量の 5.6% 相当の維持管理用水を含む)
最大取水量	202,027 m ³ /日 (2019 年 9 月)
水位	HWL: +10.900 m AMSL, LWL: +1.580 m AMSL
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=2,200 m ³ /時 (設計値) [ポンプデータ] 吐出量: 35 m ³ /分, 全揚程: 25 m, 電動機出力: 210 kW 水撃圧対策用フライホイール付
ポンプ台数	5 台 (常時運転 4 台, スタンバイ 1 台)
取水開口部	4 箇所 (HWL 用 2 箇所, LWL 用 2 箇所) 手動開閉式角型ゲート付
寸法	ポンプ室: 10 m(L) x 11 m(W) x 8.7 m(H) 取水部ピット: φ 4.95 m x 11.6 m(深度)

項目	内容
付帯設備	電動式ホイストクレーン(6 ton)、水位計
その他	導水管水撃対策用の圧力タンク 取水地点の地盤高: +11.040 m AMSL

出典：PPWSA

6-1-1-1-2 運転維持管理の状況

PPWSA に対する質問票の回答によれば、現在の運転維持管理状況は表 6-1.2 のとおりである。

表 6-1.2 Phum Prek 取水施設の運転維持管理状況

項目	内容
運転の現状	1. 常時運転ポンプ: 乾期 5 台、雨期 4 台 2. 一日運転時間: 24 時間 3. 消費電力: 月平均 480,683kWh、5,768,200 kWh (2019 年) 2003 年に JICA 無償で設置されたポンプ設備が稼働中
取水量の調整	手動式流量調整バルブがあるが、常時フルオープンの状態
流量計測	導水管に設置した挿入式電磁流量計による計測
水位低下の影響	河川水位の低下で取水が不可能となったことはない。 最も低い水位の場合でも、ポンプのインペラーから 0.7 m 以上が確保されていた。
電力事情	停電によるポンプの運転停止はあるが頻繁には発生しない。 電圧降下が許容レベルを下回る事態はこれまで発生していない。
維持管理作業	取水ポンプは常に 24 時間オペレータが監視し、日常目視点検はオペレータの担当。 制御盤、振動、温度等の機械設備の状態は 1 週間に 1 回維持管理チームが巡回して確認。 ポンプ設備の清掃は 1 ヶ月に 1 回、運転を一時停止して行う

出典：PPWSA 質問回答より調査団作成

6-1-1-1-3 直面している問題点、課題等

質問表及びヒアリングにより確認された点は以下のとおりである。

- ・ 現在の取水塔の躯体は 1966 年に建設されたもので、既に 55 年が経過している。内壁のコンクリートや鋼製部材の劣化が著しいため、更新時期を迎えている。
- ・ 取水塔に対する主要な電力供給ライン上に港湾通信省のビルが建設された。2021 年の時点では損傷を受けた電力線は依然としてビルの下に通ったままの状態にあるため、維持管理上の問題となっていた。この問題は 2022 年以降に予定される Phum Prek 浄水場拡張時の受電設備の新設によって解決される見通しである。
- ・ 1965 年から 1966 年の取水塔建設と同時に敷設された導水管（口径 700 mm × 2 条）は老朽化しているが、その後の無償資金協力事業により口径 1200 mm の導水管が整備されたため、バックアップとして位置づけられていた。
- ・ 2022 年以降に予定される Phum Prek 浄水場拡張に伴い、口径 800mm の導水管が PPWSA により新設される予定であり、この新設管は拡張分 45,000 m³/日の導水用として運用され、老朽化した導水管は使用停止となる。

6-1-1-2 Chroy Changvar 浄水場の取水施設

6-1-1-2-1 全体概要

Chroy Changvar 浄水場は首都プノンペンで最も古い浄水場であり、1895年の生産能力は15,000 m³/日を有していた。その後、2003年及び2009年に世界銀行の支援を受け、数回にわたる更新や拡張が実施された結果、その能力は130,000 m³/日まで拡大した。なお、2021年時点のPPWSAの公表値によれば、生産能力は150,000 m³/日とされている。

Chroy Changvar 取水場の取水塔はMekong川上流のSangkat Chroy Changvar地区、河岸から25m程沖合に入った地点に位置し、河岸からはアクセス用の橋がかけられている（図 6-1.3）。同地点には2つの取水塔があり、一つは2002年にポンプ4台が更新、もう一方は2008年にポンプ6台が更新済みである。

取水した原水は取水塔に隣接した浄水場へ送られ、浄水処理された水はSap川を横断して市街地中心部へ送水される。Sap川を横断する2本の送水管（口径700mm）は、カンボジアと日本の友好橋として知られるChroy Changvar No.1橋に架設されている。



図 6-1.3 Chroy Changvar 取水塔の位置

出典：調査団作成

取水塔の一般図及び設備のレイアウトは図 6-1.4 に示すとおりである。

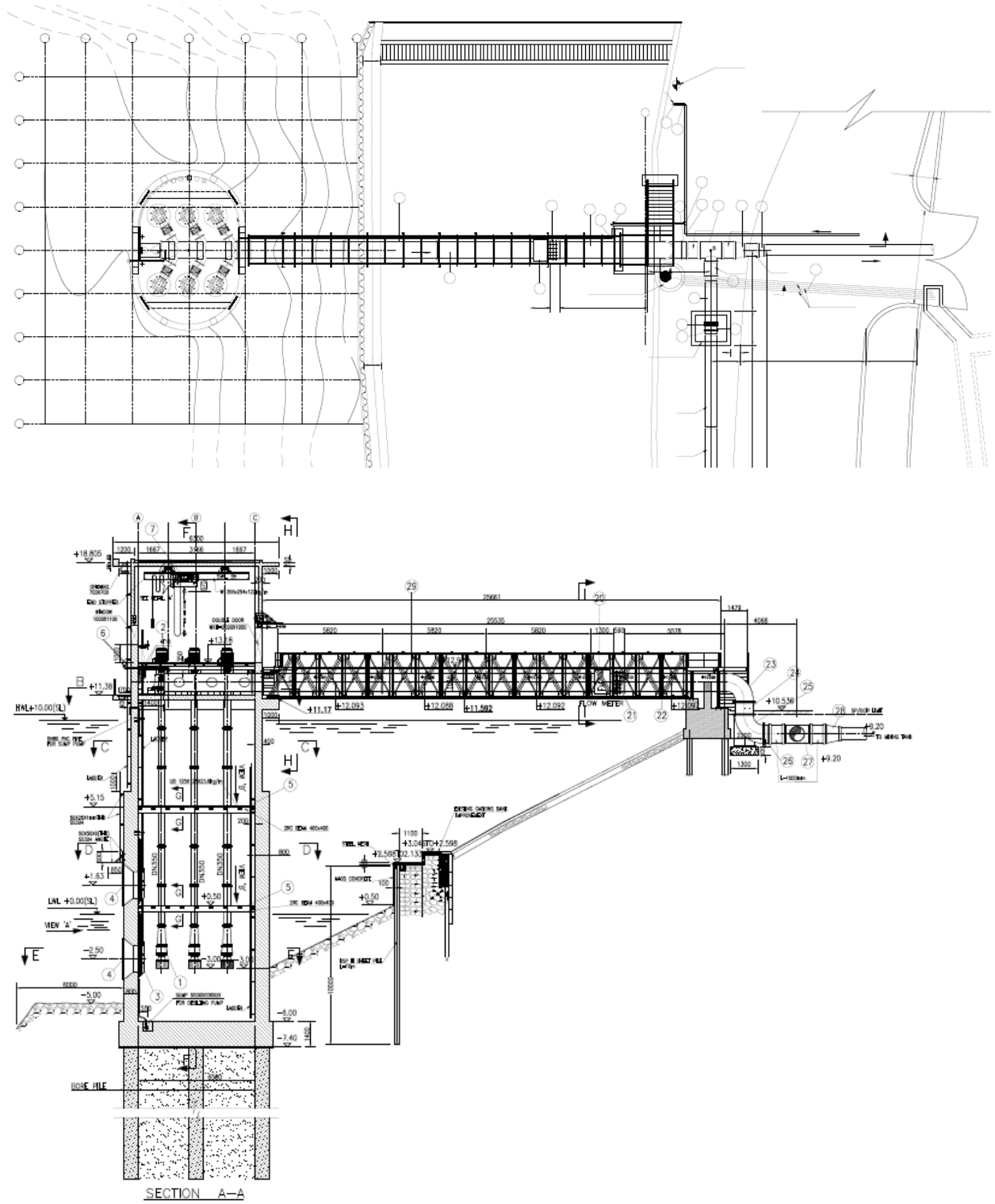


図 6-1.4 Chroy Changvar 取水塔の一般図

出典：PPWSA

取水施設の主要な設備は表 6-1.3 に示すとおりである。

表 6-1.3 Chroy Changvar 取水施設の主要なコンポーネント

項目	内容
取水形式	取水塔式
建設年次	躯体: 2003 年及び 2009 年 ポンプ設備: 2003 年及び 2009 年
設計取水量	150,000 m ³ /日 (PPWSA 公表値、設計時の計画取水量データ不明)
最大取水量	193,900 m ³ /日 (2019 年 5 月)
水位	HWL: +10.000 m AMSL, LWL: +0.000 m AMSL
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	[取水塔 No.1] No.1~No.4 ポンプ: 動力 75 kW、Q=1000 m ³ /h、H=19.5 m ポンプ数: 4 台 (現在フル稼働中) [取水塔 No.2] No.5~No.10 ポンプ: 動力 75 kW、Q=1127 m ³ /h、H=15 m ポンプ数: 6 台 (現在フル稼働中) [雨期の仮設ポンプ] 動力 30kW、Q=300 m ³ /h、H=22 m ポンプ数: 3 台
取水開口部	4 箇所 (水位+2.50 m 用 2 箇所、水位+1.63 m 用 2 箇所) 手動開閉式角型ゲート付
寸法	ポンプ室: 7 m(L) x 7 m(W) x 7.5 m(H) 取水部ピット: φ 9.5 - φ 6.5 m(Oval) x 17.4 m(深度)
付帯設備	電動式ホイストクレーン(5 ton)、水位計
その他	取水ポンプ室スラブ高:+11.380 m AMSL

出典: PPWSA 質問回答より調査団作成

6-1-1-2-2 運転維持管理の状況

PPWSA に対する質問票の回答によれば、現在の運転維持管理状況は表 6-1.4 のとおりである。

表 6-1.4 Chroy Changvar 取水施設の運転維持管理状況

項目	内容
運転の現状	1. 常時運転ポンプ: 乾期 10 台、雨期 10 台 ※雨期は仮設ポンプ 3 台増設して取水量を増強 2. 一日運転時間: 24 時間 3. 年間消費電力: データなし
取水量の調整	ポンプ運転はインバータ制御により管理可能で、流量調整バルブが導水管に設置
流量計測	[Phase I で設置されたポンプ (2003 年)] 沈砂池に設置された電磁流量計による計測 [Phase II で設置されたポンプ (2009 年)] アクセス橋及び沈砂池に設置された電磁流量計による計測
水位低下の影響	河川水位の低下で取水が不可能となったことはない。 最も低い水位の場合でも、ポンプのインペラーから 1 m 以上が確保されていた。
電力事情	停電によるポンプの運転停止はあるが頻繁には発生しない。 電圧低下が許容レベルを下回る事態はこれまで発生していない。
維持管理作業	取水ポンプは常に 24 時間オペレータが監視し、日常目視点検はオペレータの担当。 制御盤、振動、温度等の機械設備の状態は 1 週間に 1 回維持管理チームが巡回して確認。 ポンプ設備の清掃は 1 ヶ月に 1 回、運転を一時停止して行う

出典: PPWSA 質問回答より調査団作成

6-1-1-2-3 直面している問題点、課題等

質問表及びヒアリングにより確認された点は以下のとおりである。

- ・ 取水塔 No.1 の建設時に無効電力 (WQ) アナライザが設置されたが、通常運転時に無効電力のモニタリングをする必要性が高くないことから PPWSA が撤去した。これによる運転管理の問題は特に確認されていない。
- ・ 取水塔 No.2 の室内温度が著しく高いが、解決策がない状況にある。
- ・ 河川の水位の低下傾向が続いている。水位低下時は取水塔内へ入る水が少なくなるため、取水不足を補うために仮設の水中ポンプを設置している。今後こうした状況が続く場合は、常設の水中ポンプの活用も考慮しなければならない。(建設中の Bakheng 浄水場においては水中ポンプが採用予定とのこと)
- ・ 設計容量を上回る稼働を余儀なくされているため、以前に変圧器の損傷が発生したことがある。

6-1-1-3 Nirodh 浄水場の取水施設

6-1-1-3-1 全体概要

Nirodh 浄水場は 2 つの Phase に分けて建設された新しい施設である。Phase I は JICA 及び AfD の協調融資により 2013 年に建設、Phase II は AfD 単独融資により 2017 年に建設された。

現在の生産能力は 260,000 m³/日、取水施設は Phase I の AfD 融資により建設されたもので、取水塔は、Mekong 川下流の河岸に位置し、沖合に向かって取水管が 2 本延伸されている (図 6-1.5)。なお、2021 年時点の PPWSA の公表値によれば、生産能力は 260,000 m³/日とされている。



図 6-1.5 Nirodh 取水施設の取水塔の位置

出典：調査団作成

取水塔の一般図及び設備のレイアウトは図 6-1.6 に示したとおりである。

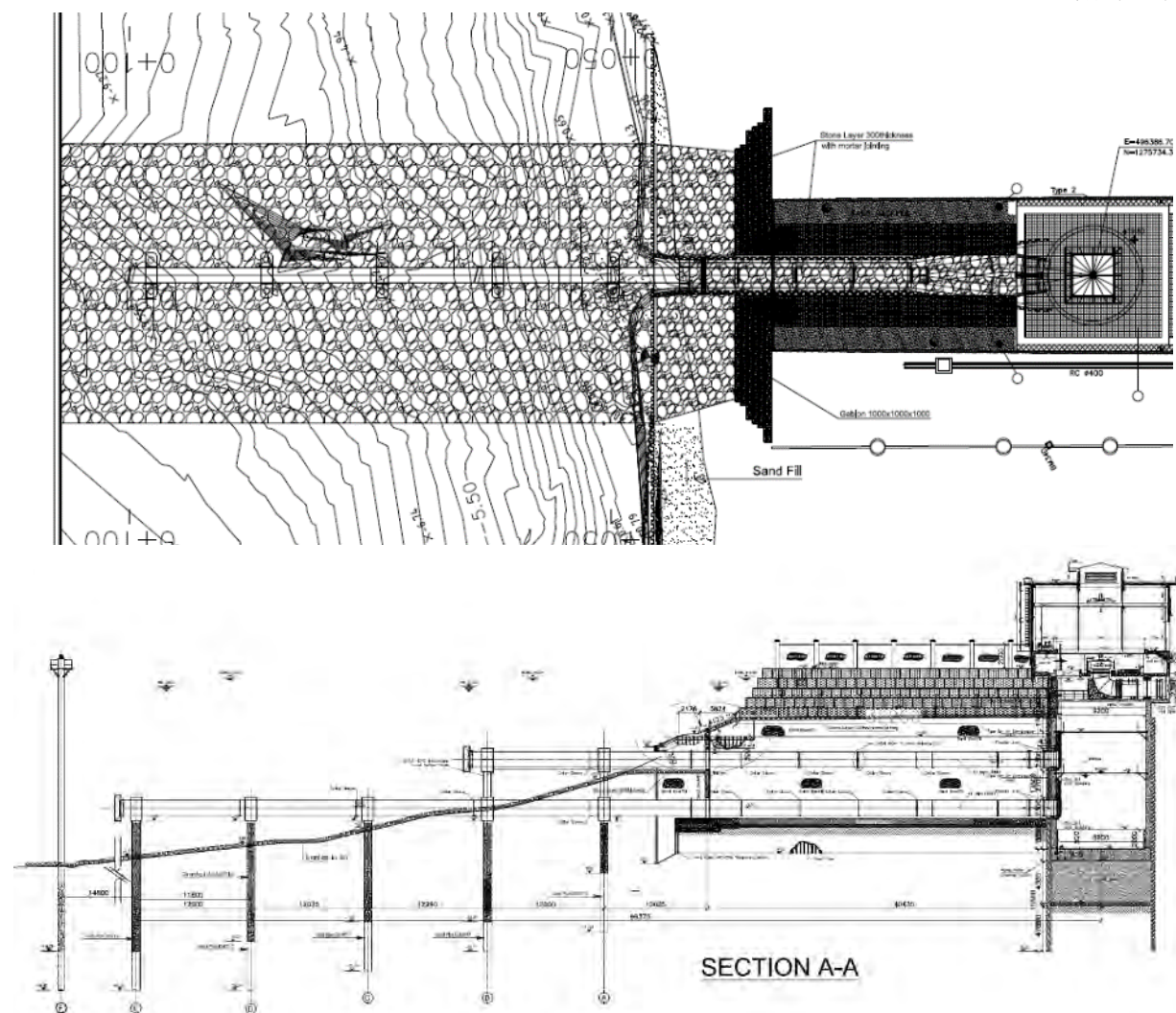


図 6-1.6 Nirodh 取水塔の一般図

出典：PPWSA

取水施設の主要な設備は表 6-1.5 に示したとおりである。

表 6-1.5 Nirodh 取水施設の主要なコンポーネント

項目	内容
取水形式	取水管併用集水堅坑
建設年次	躯体: 2013 年 ポンプ設備: 2013 年 (Phase I) 及び 2009 年 (Phase II)
設計取水量	270,000 m ³ /日 (Phase I: 135,000 m ³ /日、Phase II: 135,000 m ³ /日)
最大取水量	316,230 m ³ /日 (2019 年 9 月)
水位	HWL: +9.200 m AMSL, LWL: +0.500 m AMSL
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル 鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=2,200 m ³ /時、H=17 m、動力 160 kW
ポンプ台数	8 台 (設計時の計画では常時運転 6 台、スタンバイ 2 台)
取水開口部	2 箇所 (高水位用、低水位用)、電動開閉式角型ゲート付 取水用延伸管呼径 1600 mm×2 本

項目	内容
寸法	ポンプ室: 12 m(L) x 12 m(W) x 9.3 m(H) 取水部ピット: φ 9.2 x 13.5 m(深度)
付帯設備	電動式ホイストクレーン(6 ton)、水位計
その他	取水ポンプ室スラブ高:+10.500 m AMSL 導水管:ダクタイル鋳鉄管呼径 1600 mm

出典：PPWSA 質問回答より調査団作成

6-1-1-3-2 運転維持管理の状況

PPWSA に対する質問票の回答によれば、現在の運転維持管理状況は表 6-1.6 のとおりである。

表 6-1.6 Nirodh 取水施設の運転維持管理状況

項目	内容
運転の現状	1. 常時運転ポンプ: 8 台 2. 一日運転時間: 24 時間 3. 年間消費電力: 月平均 923,345kWh、11,080,147 kWh (2019 年)
取水量の調整	ポンプ運転はインバータ制御により管理可能で、流量調整バルブが導水管に設置 浄水場管理室よりリモートによる取水ポンプの運転管理が可能
流量計測	浄水場流入部に設置された電磁流量計による計測
水位低下の影響	河川水位の低下で取水が不可能となったことはない。
電力事情	電圧降下が許容レベルを下回る事態はこれまで発生していない。
維持管理作業	取水ポンプは常に 24 時間オペレータが監視し、日常目視点検はオペレータの担当。 制御盤、振動、温度等の機械設備の状態は 1 週間に 1 回維持管理チームが巡回して確認。 ポンプ設備の清掃は 1 ヶ月に 1 回、運転を一時停止して行う。

出典：PPWSA 質問回答より調査団作成

6-1-1-3-3 直面している問題点、課題等

質問表及びヒアリングによれば、現在の取水塔が位置する河岸において、大規模な埋立を伴う土地造成計画が進行中であり、既存の取水施設の移設を余儀なくされている（図 6-1.7）。PPWSA と埋立事業の民間業者との交渉の結果、PPWSA が必要とする新規取水施設の用地は民間業者が新たに提供すること、また、既存取水施設の移設に必要な費用負担は合意されており、新設に必要な建設費の確保のみが課題となっている。



図 6-1.7 Nirodh 取水施設付近の埋立計画図

出典： PPWSA

さらに、Nirodh の取水管及び導水管内には著しい貝類の堆積がみられ、通水阻害の原因となっている。近年、更新された Chamcar Mon でも取水管が採用されているが、建設後数年が経過する Nirodh の状況は深刻である。

貝類の発生は水質内のプランクトンや栄養分とも関係があるが、現時点ではその原因は不明である。他の取水施設でも貝類の発生は見られるが、取水塔式の場合は大きな影響は出ていない。

Nirodh 付近の取水地点は Bassac 川との合流部直下であり、周辺の開発状況や生活排水の流入等が、こうした現象に関与している可能性も考えられる。従って、水質特性を十分に分析した上で、取水時の塩素注入等の対策の検討することが望ましい。

6-1-1-4 Chamcar Mon 浄水場の取水施設

6-1-1-4-1 全体概要

Chamcar Mon 浄水場は首都プノンペンの中で 2 番目に古い施設であり、1958 年の建設当時の生産能力は 10,000 m³/日であった。その後、AfD 資金を活用した数回にわたる改修・拡張を経て、現在の生産能力は 52,000 m³/日まで増強されている。なお、2021 年時点の PPWSA ウェブサイトの公表値によ

れば、生産能力は 54,000 m³/日とされている。

Chamcar Mon 取水塔は Bassac 川に位置し、2 本の取水管が河川沖合へ向かって敷設されている。この形式は Nirodh 取水施設の取水と同様である（図 6-1.8）。現在の取水塔は、AfD の融資と PPWSA 資金による合同投資により 2019 年に実施された浄水場拡張事業とともに更新されたばかりである。

Chamcar Mon 浄水場は、モジュラータイプの浄水プロセスを採用しており、水質管理や運転が他の浄水場に比べて複雑となっている。8 つの小規模ろ過装置の洗浄作業が頻繁に要求され、オペレータの作業の大きな負担となっている。



図 6-1.8 Chamcar Mon 取水塔の位置

出典：調査団作成

取水塔の一般図及び設備のレイアウトは図 6-1.9 に示したとおりである。

取水塔は 2019 年に運転を開始した新しい施設であり、運転管理の効率化のため、設計において以下の対策が施されている。

- ・ 取水塔内部は中央壁により 2 つのピットに分割され、2 つのポンプがそれぞれのピットから揚水できる。
- ・ 沈砂用のスペースは取水塔内部の河川側に設けられ、常設された水中ポンプによりスラッジを除去できる。

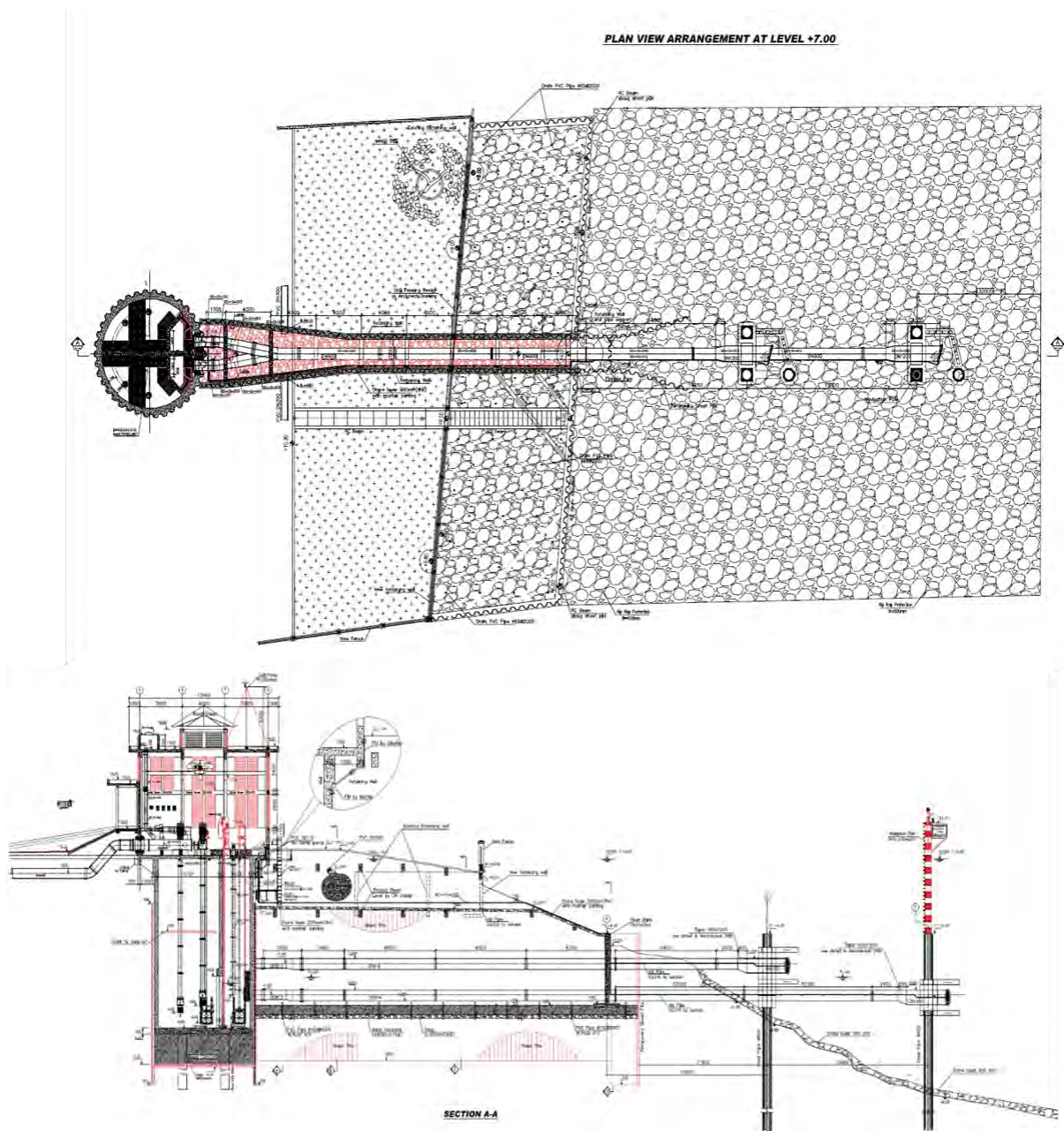


図 6-1.9 Chamcar Mon 取水塔の一般図

出典：PPWSA

取水施設の主要な設備は表 6-1.7 に示したとおりである。

表 6-1.7 Chamcar Mon 取水施設の主要なコンポーネント

項目	内容
取水形式	取水管併用集水竪坑
建設年次	2019 年
設計取水量	52,000 m ³ /日 (現生産能力)
水位	HHWL: +10.200 m AMSL, LWL: +0.070 m AMSL
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=794 m ³ /時、H=18.5 m、動力 75 kW
ポンプ台数	4 台 (常時運転 2 台、スタンバイ 2 台)

項目	内容
取水開口部	2 箇所（高水位用、低水位用）、手動開閉式角型ゲート付 取水用延伸管呼径 800 mm×2 本
寸法	ポンプ室: 12 m(L) x 12 m(W) x 7.9 m(H) 取水部ピット: φ 5.8 mm x 14.5 m(深度)
付帯設備	電動式ホイストクレーン(4 ton)、水位計
その他	取水ポンプ室スラブ高:+10.500 m AMSL 導水管:ダクタイル鋳鉄管呼径 800 mm

出典：PPWSA プロジェクトドキュメント

6-1-1-4-2 運転維持管理の状況

PPWSA に対する質問票の回答によれば、現在の運転維持管理状況は表 6-1.8 のとおりである。なお、2020 年の瑕疵保証期間内、その後 2021 年時点では大きな不具合は報告されていない。

表 6-1.8 Chamcar Mon 取水施設の運転維持管理状況

項目	内容
運転の現状	1. 常時運転ポンプ: 2 台 2. 一日運転時間: 24 時間 3. 消費電力: 月平均 124,025kWh、年間 1,488,300kWh 相当(2020 年)
取水量の調整	ポンプ運転はインバータ制御により管理可能で、流量調整バルブが導水管に設置 浄水場管理室よりリモートによる取水ポンプの運転管理が可能
流量計測	取水塔西側に設置された電磁流量計による計測
水位低下の影響	河川水位の低下で取水が不可能となったことはない。
電力事情	電圧降下が許容レベルを下回る事態はこれまで発生していない。
維持管理作業	取水ポンプは常に 24 時間オペレータが監視し、日常目視点検はオペレータの担当。 制御盤、振動、温度等の機械設備の状態は 1 週間に 1 回維持管理チームが巡回して確認。 ポンプ設備の清掃は 1 ヶ月に 1 回、運転を一時停止して行う。

出典：PPWSA 質問回答

6-1-1-4-3 直面している問題点、課題等

Chamcar Mon 取水施設は更新されたばかりの施設であり、現在の運転で大きな問題は発生していない。

しかしながら、Nirodh と同様の取水管方式を採用しているため、今後、管内に貝類の堆積が進んだ場合には、取水時の塩素注入等の対策も将来的に検討する必要がある。

6-1-2 導水施設・浄水施設

6-1-2-1 導水施設・浄水施設の概要

6-1-2-1-1 概況

既存浄水場の一覧を表 6-1.9 に示す。

表 6-1.9 既存浄水場の一覧

浄水場	期	竣工年	設計浄水量	処理方式	状況
Phum Prek	Phase I	1965/88/95	100,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	老朽化進行
	Phase II	2003	50,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	一部老朽化進行
Chroy Changvar	Phase I	2002	65,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	一部老朽化進行
	Phase II	2009	65,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	良好
Nirodh	Phase I	2013	130,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	良好
	Phase II	2016	130,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	良好
Chamcar Mon	---	2019	52,000 m ³ /日	凝集沈殿・ろ過	新設・良好
合計			592,000 m ³ /日		

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

PPWSA における水使用量は年々増加しており、それに応じて浄水場が建設されてきた。浄水場の建設に伴い、各浄水場の浄水量および PPWSA 全体の浄水量がおおきく変動している。PPWSA における浄水場は年々浄水処理量を増やしており、2010 年から 2020 年にかけての増加傾向を図 6-1.10 示す。この期間中に、Nirodh 浄水場 Phase I および Phase II 浄水場が操業を開始し、Chamcar Mon 浄水場が再建された。

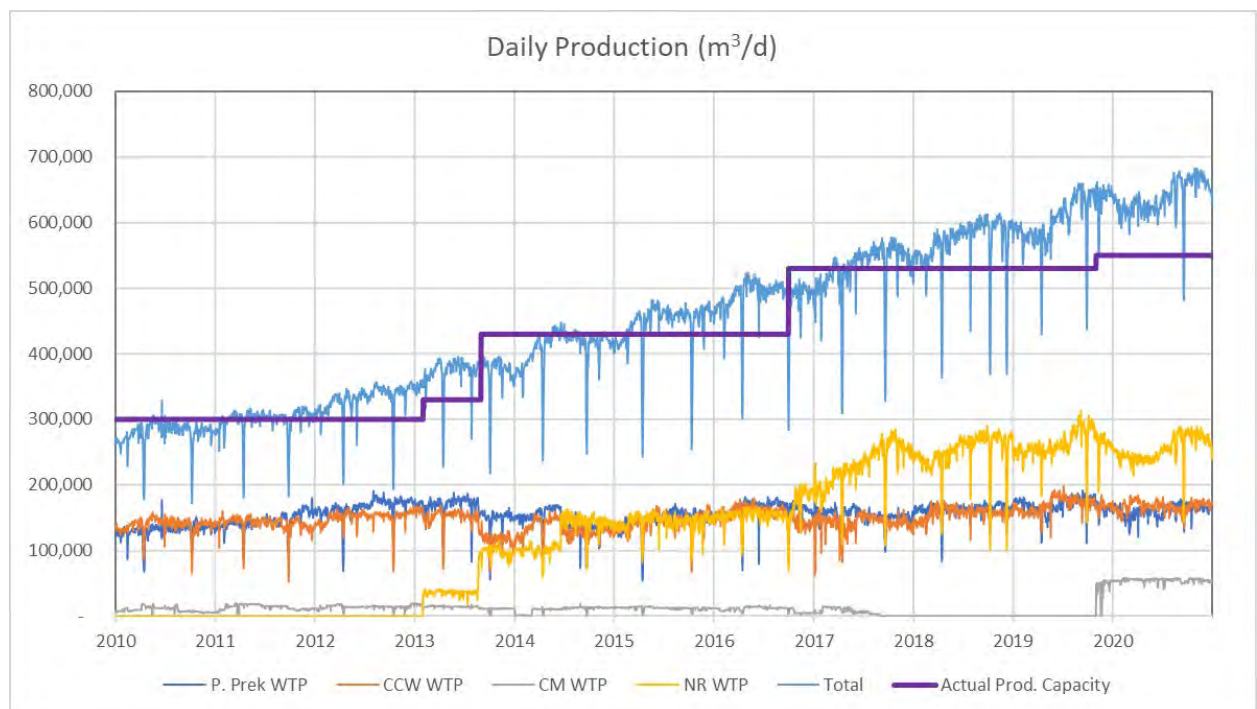


図 6-1.10 浄水量推移 (2010 年から 2020 年)

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

2010年と2020年の1日平均浄水量を表 6-1.10 に示す。この10年間で浄水量が大幅に増加したことを示している。

表 6-1.10 既存4浄水場浄水量の変化

浄水量	Phum Prek	Chroy Changvar	Chamcar Mon	Nirodh	合計
2010 (m ³ /日、平均)	131,576	138,976	9,571	0	280,078
2020 (m ³ /日、平均) (比率)	160,909 (25.2%)	167,494 (26.3%)	54,897 (8.6%)	254,460 (39.9%)	637,761 (100%)
増加率	22.3%	20.5%	473.6%	---	127.7%

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

2010年と2020年の総浄水量は127.7%増加した。新たに建設されたNirodh浄水場 Phase IおよびPhase IIの浄水量がPPWSA全体の約40%を占め、Chamcar Mon浄水場の運転が2020年1月に再開された。他の浄水場によって生産される浄水量は、過負荷状態での操業により約25%増加している。

6-1-2-1-2 エネルギー効率

PPWSAが維持管理を行っている4つの浄水場における2010年から2020年の浄水量および1m³あたりの電気使用量を図 6-1.11 に示した。浄水量は水需要の変動に応じ変動しており、毎年季節によって変動していることがわかる。一方、使用電力量は浄水量の変動以上に季節により大きく変動している。

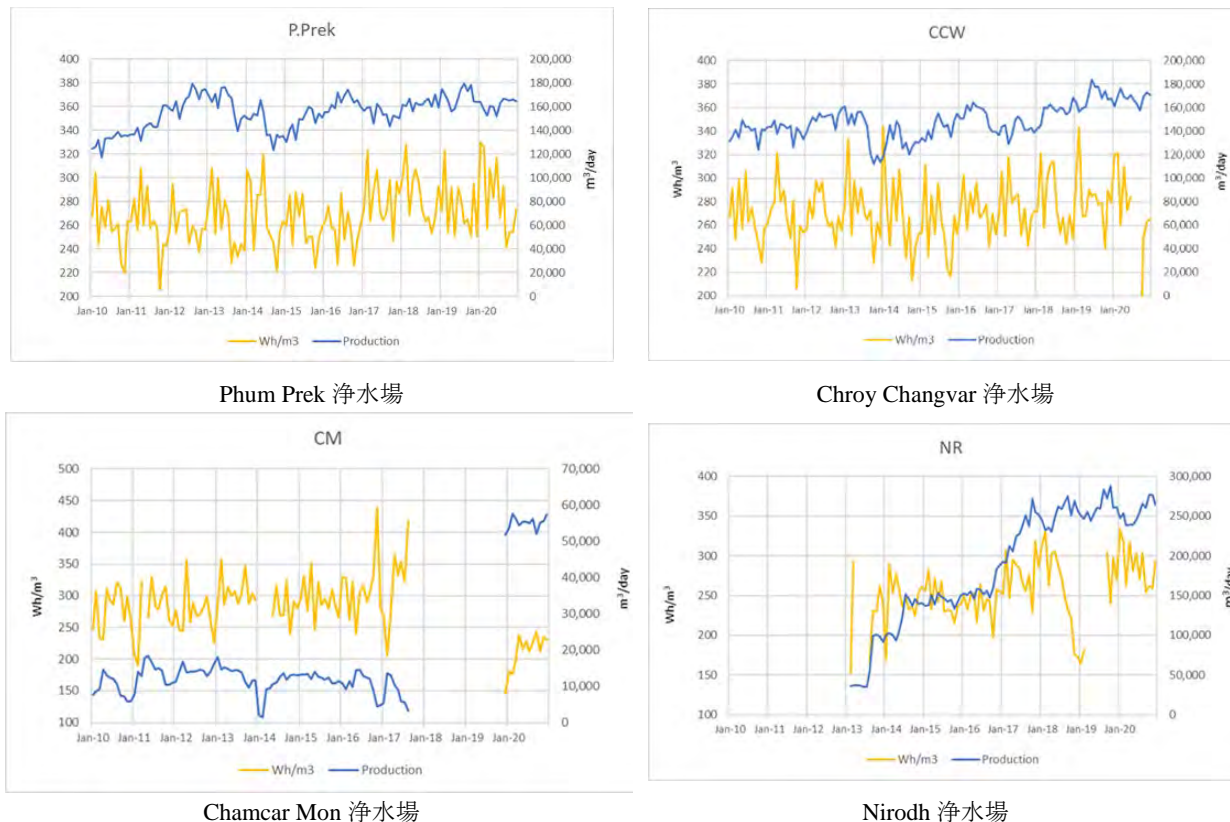


図 6-1.11 浄水場ごとの日平均浄水量と1m³あたり電気使用量

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

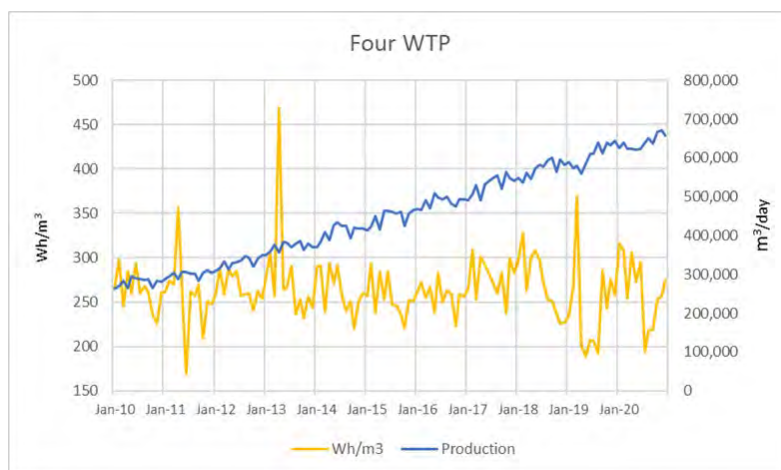


図 6-1.12 4つの浄水場の日平均浄水量と1 m³あたり電気使用量

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

まず、PPWSA の浄水量はこの10年間で水需要に応じてコンスタントな伸びを示している。Phum Prek 浄水場、Chroy Changvar 浄水場に関しては、水需要に応じ漸増しているが、Chamcar Mon 浄水場は2020年建設後大幅に浄水量が増加した。また、Nirodh 浄水場も、Phase I、Phase II の建設が終了するとともに、段階的に浄水量を増やしてきた。

表 6-1.11 2020年の浄水1 m³あたり電気使用量

浄水場	Phum Prek	Chroy Changvar	Chamcar Mon	Nirodh	平均
電気使用量 (kWh/m ³)	0.270	0.279	0.227	0.285	0.275

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

この表からはチャンカーモン浄水場が1 m³水道水の生産・配水にかかる電力量が最も少ないことがわかる。

4つの浄水場の内、Chroy Changvar 浄水場を除き、Phum Prek 浄水場、Chamcar Mon 浄水場、及びNirodh 浄水場は取水場と浄水場が離れている。これら3つの浄水場において取水場と浄水場の電力使用量を別々に計測したものから、上記浄水場ごとの2020年の電力使用量を調査した。

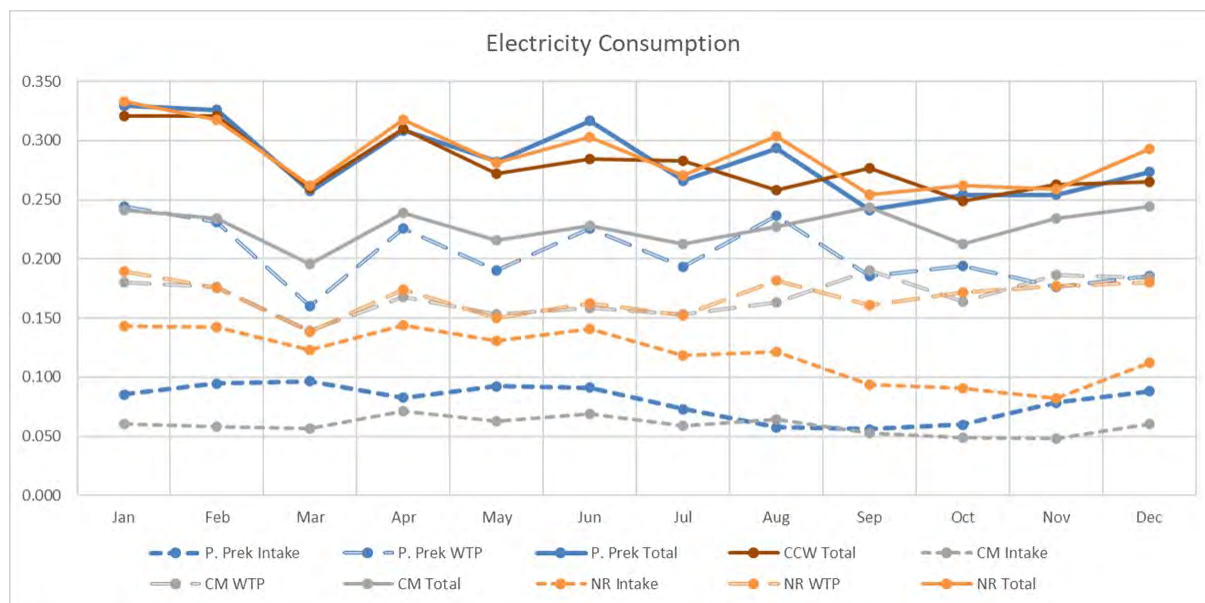


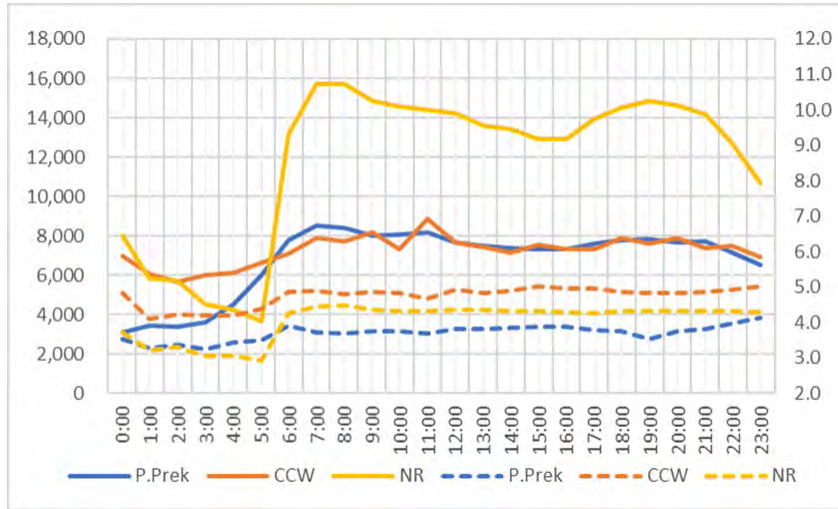
図 6-1.13 2020年の浄水場ごとの取水場・浄水場別の浄水1m³あたり電気使用量

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

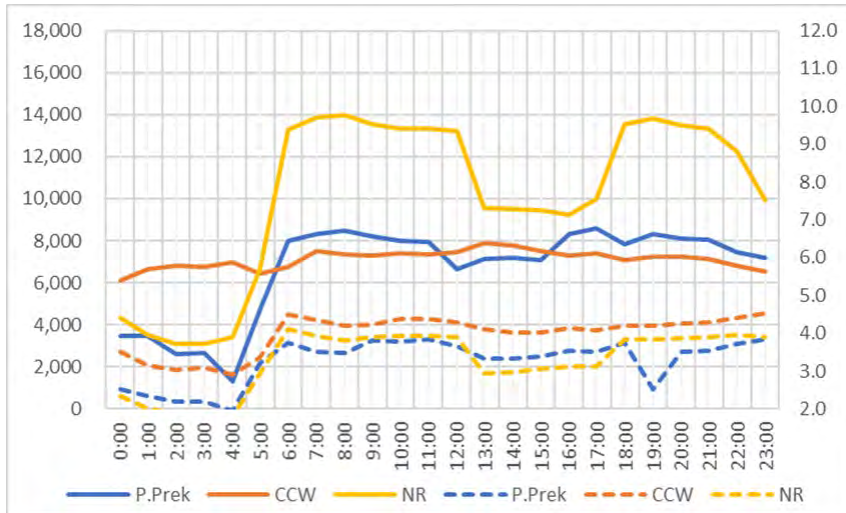
水道システムでは電力の大半は、取水ポンプと配水ポンプで使用されている。図 6-1.12 は、2020年の4つの浄水場の総電力使用量を示している。取水場および浄水場の合計は約 0.3 Wh/m³ である。取水場 0.1k Wh/m³ と浄水場 0.2 kWh/m³ で構成される。取水場の8月から10月の消費量は他の月の約半分であり、河川の水位が上昇するため送水に係る必要エネルギーが抑えられるためである。

前述したように、Chamcar Mon 浄水場は、他の3つの浄水場と比較して圧倒的に低い電力使用量である。これは取水場での電力使用量が少なく、更に浄水場での電力使用量も少ない。これは取水場と浄水場が比較的近いことから必要な電気使用量が低いことと、更に配水ポンプ設備に回転数制御を導入し、配水ポンプの効率的な運転を実現しているためであると考えられる。

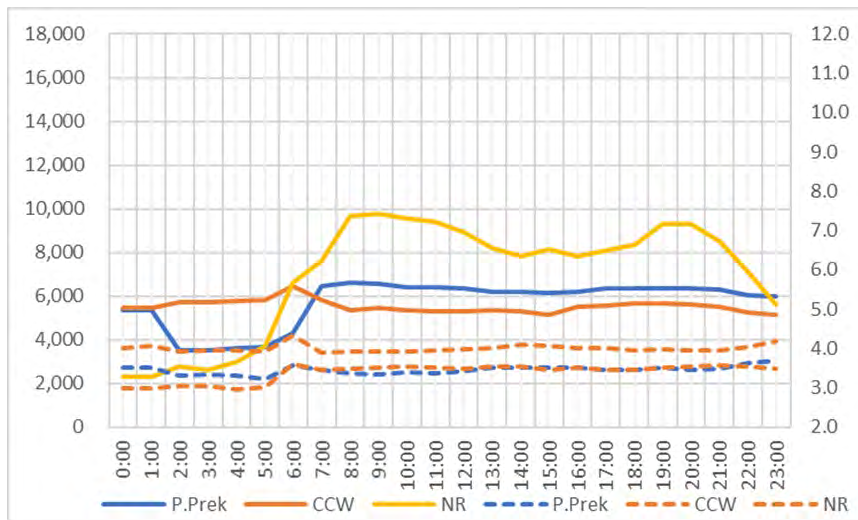
一方、Chroy Changvar 浄水場は Mekong 川からの取水場が隣接し、極めて近いが、他浄水場と比較し、その優位性が反映されていない。これは、主要な送水先が Sap 川を横断し首都プノンペン中心部へ送水しており、この送水のためのエネルギーが多く消費されているためと思われる。今後、浄水場周辺地域での水需要の伸びが予想されており、相対的に市中心部への送水量が低下することに伴い、送水に必要な m³あたりのエネルギー消費量も低下することも予想される。



最大浄水量 (2020年10月27日)



中央値 (2020年6月4日)



最小値 (2020年9月18日)

図 6-1.14 2020年 最大、中央値、最小配水量 流量・水圧変動

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

Chamcar Mon 浄水場を除く 3 つの浄水場における 2020 年、配水量の最大日（10 月 27 日）、中央値日（6 月 4 日）、最小日（9 月 18 日）における浄水場からの 1 時間ごとの配水量、配水圧を図 6-1.14 に示す。最大日、中央値日において、Phum Prek 浄水場、Chroy Changvar 浄水場は早朝を除き、概ね 8,000 m³/時で送水を行っている。配水圧は 3.5 bar 程度である。一方、配水量の調整に最も寄与しているのは、Nirodh 浄水場である。配水量の時間変動パターンが明確に表れている。また、配水圧は需要地から遠いこともあり、配水するために 4 bar から 5 bar と高い圧力が必要となっている。

6-1-2-1-3 浄水処理能力

4 つの浄水場の 2010 年から 2020 年の原水と処理水の濁度を図 6-1.15 に示す。原水が高くなると処理水水質が悪化するが、処理水の濁度は概ね 1 NTU に抑えられている。Chamcar Mon 浄水場は再建設する前は処理水の濁度が 3 NTU を超えることもあったが、新しい施設が完成後は 1 NTU を大きく下回っている。

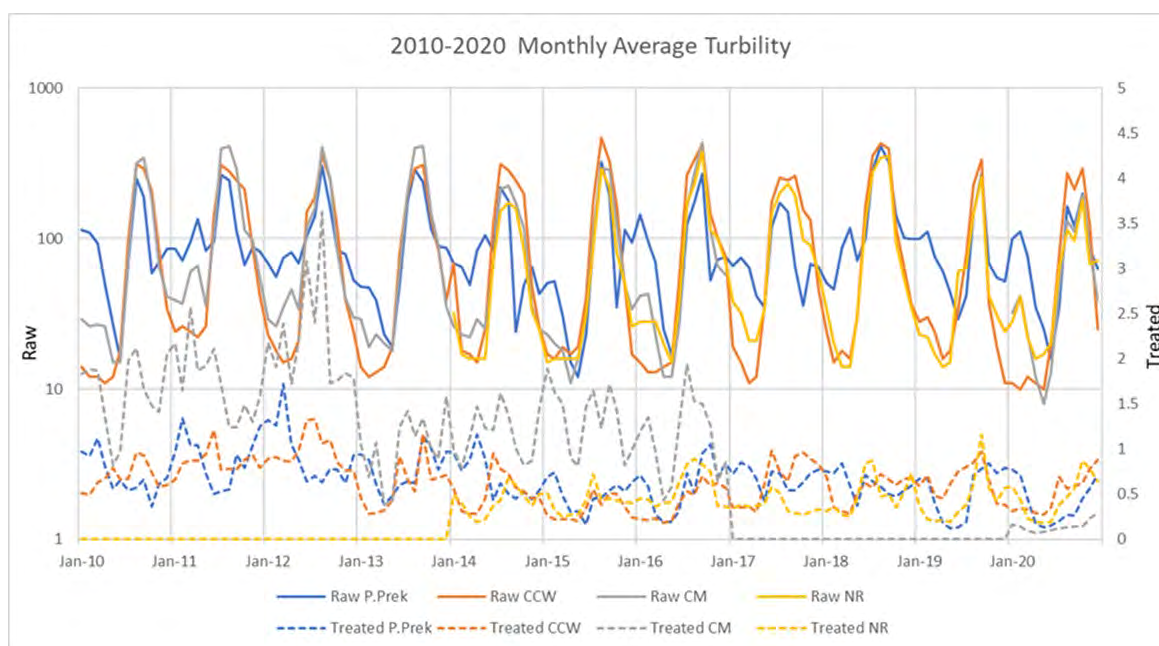


図 6-1.15 2010 年から 2020 年の月平均原水・処理水濁度の推移

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

4 つの浄水場とも元来 Mekong 川上流より流れてくる水であり、上流部の降雨により水位が上昇するとともに、水中の濁質が増加する。4 つの浄水場の原水は、毎年 6 月から 10 月の間、100 NTU を超える濁度となるが、特に 7 月から 9 月は濁度が高く月平均濁度でも 500 NTU 近くなる。それ以外に、特徴があるのは Phum Prek 浄水場の原水である。6 月から 10 月の間の高濁度以外に、毎年 12 月から 2 月にかけて、100 NTU 近くまで濁度が上昇する。これは 6 月から 10 月の間に Sap 川に押し上げられた水が、Mekong 川の水位低下に伴い、濁度が高い水が流下してくるためである。この流下した水の一部が、Mekong 川下流西岸に位置する Chamcar Mon 浄水場、Nirodh 浄水場の原水にも混ざりこみ、この時期 Chroy Changvar 浄水場に見られる本来の Mekong 川水質よりも濁度が上昇している状

況が観測できる。

このような原水の水質変動に対し、主に浄水場の濁質の除去効果を確認した。図 6-1.16 は 4 つの浄水場の 2020 年の原水最高濁度、平均濁度、中位値濁度、最低濁度時の、水処理プロセスごとの濁質の状態を示している。

やはり、Mekong 川から直接取水する Chroy Changvar 浄水場が最高濁度 875 NTU を記録しており、他の浄水場も概ね 500 NTU が記録されている。一方、最低濁度は 3.7 NTU から 6.79 NTU ということで、1 年間に大きな変動があることがわかる。いずれにしても、毎日ジャーテストを実施し、凝集剤として使用されている PAC の最適注入率を確認し、注入を行っている。この高濁度時においても、沈殿処理水は概ね 5 NTU を維持しており、ろ過水においては、1.0 NTU を下回っている。この点から、基本的に 4 つの浄水場とも良好な運転を行っていると判断できる。

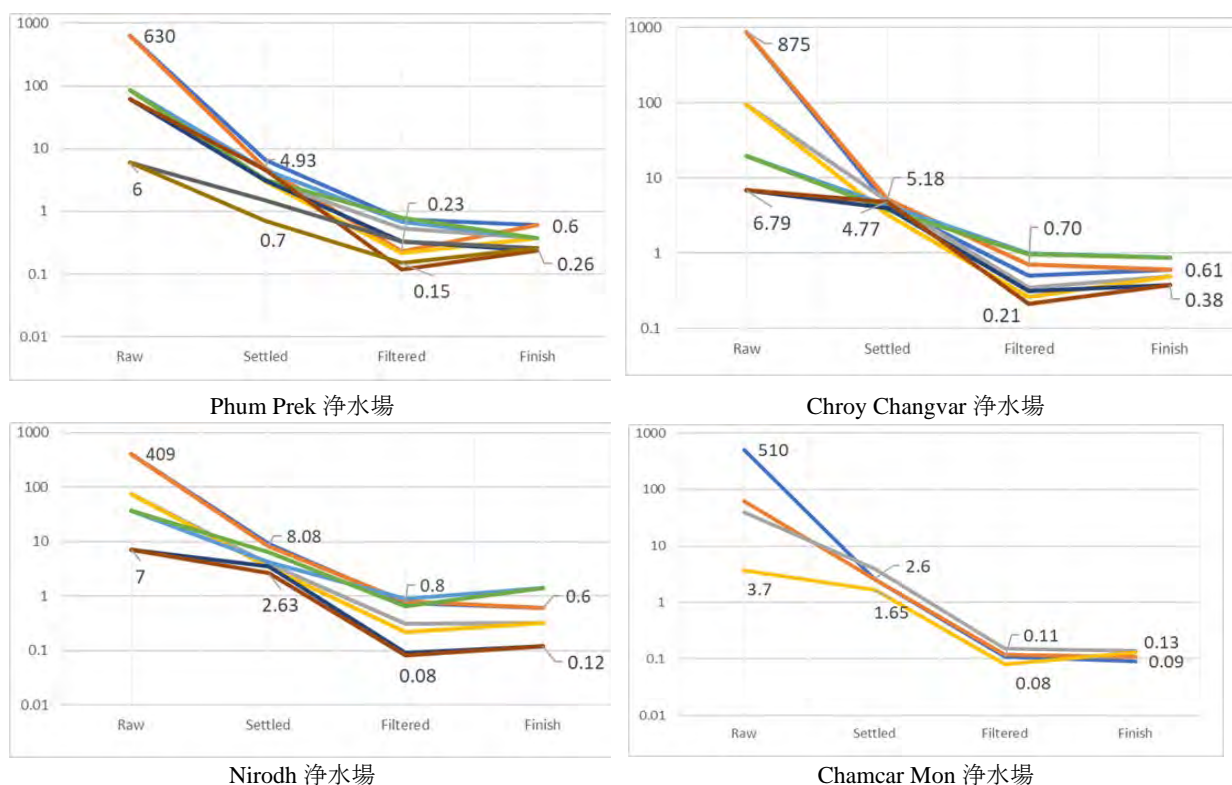


図 6-1.16 4 浄水場処理プロセスごとの濁度変化

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-1-2-1-4 薬品使用量

固形バンドは 2012 年まで凝集剤として使用され、石灰が pH 調整に使用されていた。2013 年以降、すべての浄水場で凝集剤が PAC に切り替わり、pH 調整が不要になった。それ以来、石灰は使用されていない。一般的に、消毒には塩素ガスが使用される。2016 年、Phum Prek 浄水場では、電気分解を使用して、オンサイトで独自の次亜塩素酸ナトリウムの製造を開始した。PPWSA は、他の浄水場でも次亜塩素酸ナトリウムのオンサイト生成に順次切り替えることを計画している。なお、使用さ

れる薬品量は、水源の濁度等によって異なる。

表 6-1.12 は、各浄水場での PAC と塩素または NaOCl（塩から）の単位処理水あたりの使用量を示している。

表 6-1.12 4つの浄水場の電気使用量、薬品使用量

浄水場	Phum Prek	Chroy Changvar	Chamcar Mon	Nirodh	合計/平均
浄水量 (m ³)	58,892,848	61,302,890	20,092,388	93,132,313	233,619,630 (計)
PAC (g/m ³)	9.79	6.07	10.75	8.42	8.36 (平均)
Chlorine (g/m ³)	0.54	1.24	0.00	2.46	1.97 (平均)
Salt (g/m ³)	10.93	5.59	9.11	0.00	8.33 (平均)
NaOCl (g/m ³)	2.30	1.00	3.14	0.00	1.85 (平均)

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

Mekong 川を水源とする原水には、相対的に使用薬品量が少ない。

6-1-2-1-5 運転費

2019 年 11 月の Chamcar Mon 浄水場を除く 4 つの浄水場の 2020 年の運転記録から、処理水 1 m³ あたりの電気および化学薬品のコストを表 6-1.13 に算定した。これらの費用の約 80% は電気代である。

表 6-1.13 4つの浄水場の電気、薬品コスト

		Phum Prek	Chroy Changvar	Chamcar Mon	Nirodh	平均
PAC	(g/m ³)	9.79	6.07	10.75	8.42	8.36
	3.29 R/g	32.21	19.97	35.37	27.70	27.50
塩素	(g/m ³)	0.54	1.24	0.00	2.46	1.97
	8.04 R/g	4.34	9.97	0.00	19.78	15.84
塩	(g/m ³)	10.93	5.59	9.11	0.00	8.33
	0.88 R/g	8.46	4.92	8.02	0.00	7.33
(NaOCl)	(g/m ³)	2.30	1.00	3.14	0.00	1.85
電力量	(kWh/m ³)	0.270	0.279	0.227	0.285	0.275
	588 R/kWh	150.66	155.68	126.67	159.03	153.45
合計 (R/m ³)		195.67	190.54	170.06	206.51	204.12

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

使用電気量は、発生するコストの中で最も重要な指標であり、低い運用コストを求める際に考慮すべき最も重要な項目である。

一方、消費される薬品量は原水の水質に依存するため、使用される薬品、特に PAC の量は、原水の水質を判断するために参照できる。このことから、Mekong 川から原水を取水する Chroy Changvar 浄水場と Nirodh 浄水場はどちらも処理が容易であると判断できる。

6-1-2-2 Phum Prek 浄水場

6-1-2-2-1 原水導水管

取水場、原水導水管、および浄水場の概要を図 6-1.17 および図 6-1.18 に示す。

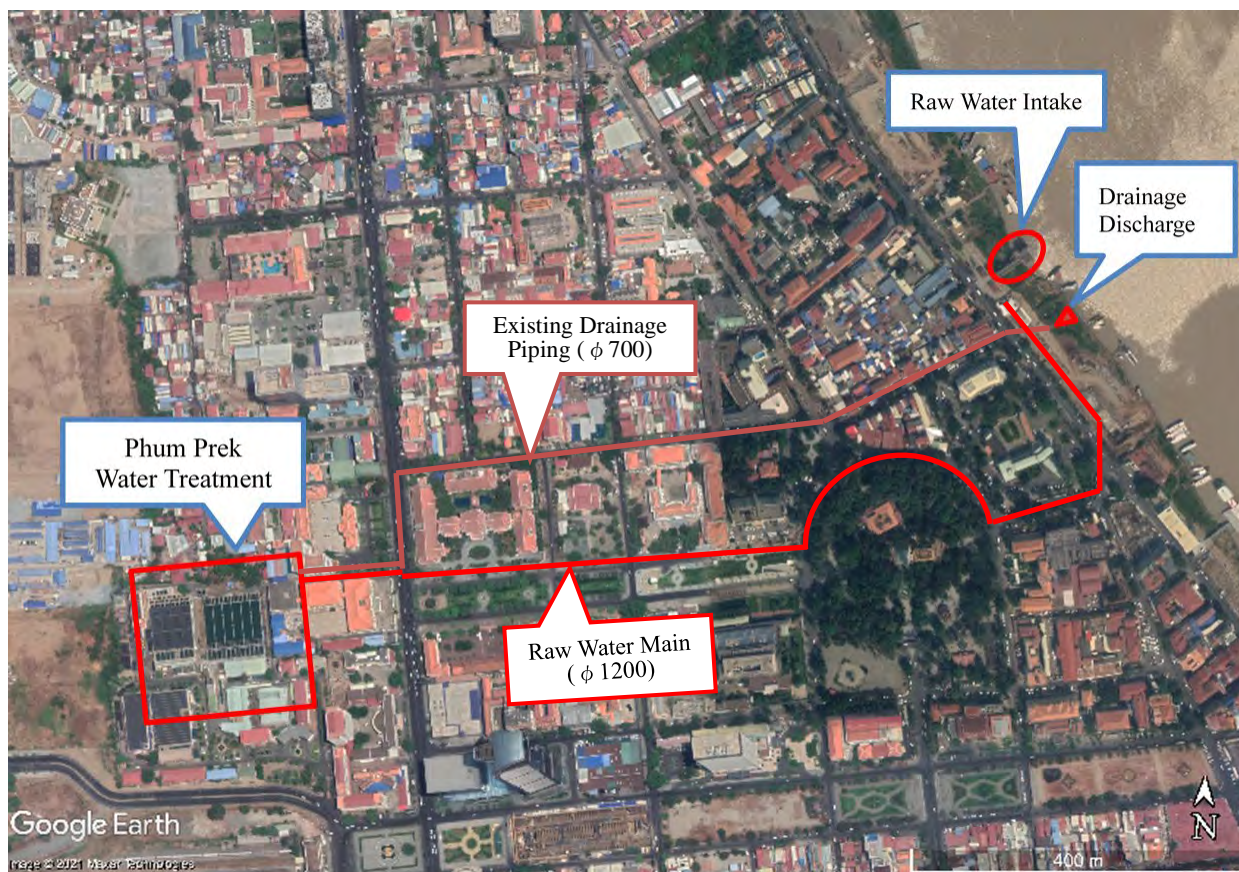


図 6-1.17 Phum Prek 取水場、原水導水管、および浄水場

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

2003年に直径1,200mmのダクタイル鋳鉄管を備えた原水送水本管及び送電線が布設された。既存の原水導水管は1958年と1966年に布設された口径700mmの2本の鋳鉄管と、2003年に布設された直径1,200mmが存在しているが。現在2条の700mm原水導水管は通常使用されておらず、1966年に布設された口径700mmの鋳鉄管が河川水位低下等の非常時に限定的に使用されている。

原水導水管の概要を表 6-1.14 に示す。

表 6-1.14 Phum Prek 原水導水管の概要

場所	距離 (m)	地表高さ (m ASL)	管頂レベル (m AMSL)	土被り (m)
取水場	0	+11.040	+9.340	+1.700
浄水場	1,500	+12,500	+11.961	+0.539

*m AMSL 海拔メートル (Meters Above Mean Sea Level)

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

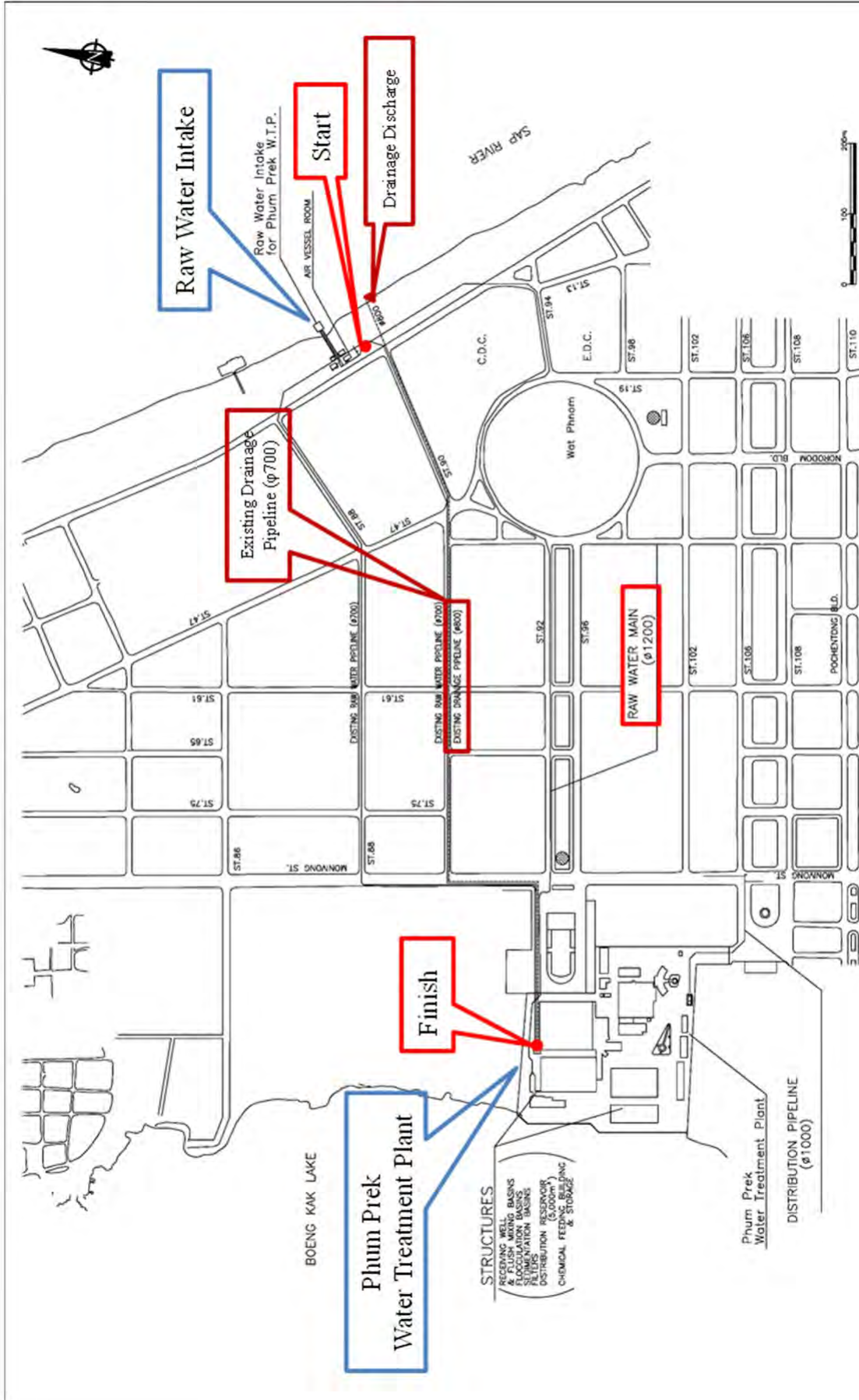


図 6-1.18 Phum Prek 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-1-2-2-2 浄水場

(1) 概要

Phum Prek 浄水場の全体と施設の配置を図 6-1.19 に示す。

Phum Prek 浄水場は2期にわたって建設された。1965年に生産能力10万 m³/日の Phase I 施設が建設され、1988年と1995年にリハビリが実施された。その後2003年に生産能力5万 m³/日の Phase II 施設が建設された。

Phum Prek 浄水場のプロセス・フローと水位高低図を図 6-1.20 に示す。

取水、浄水施設の主要な設備を表 6-1.15 にまとめた。

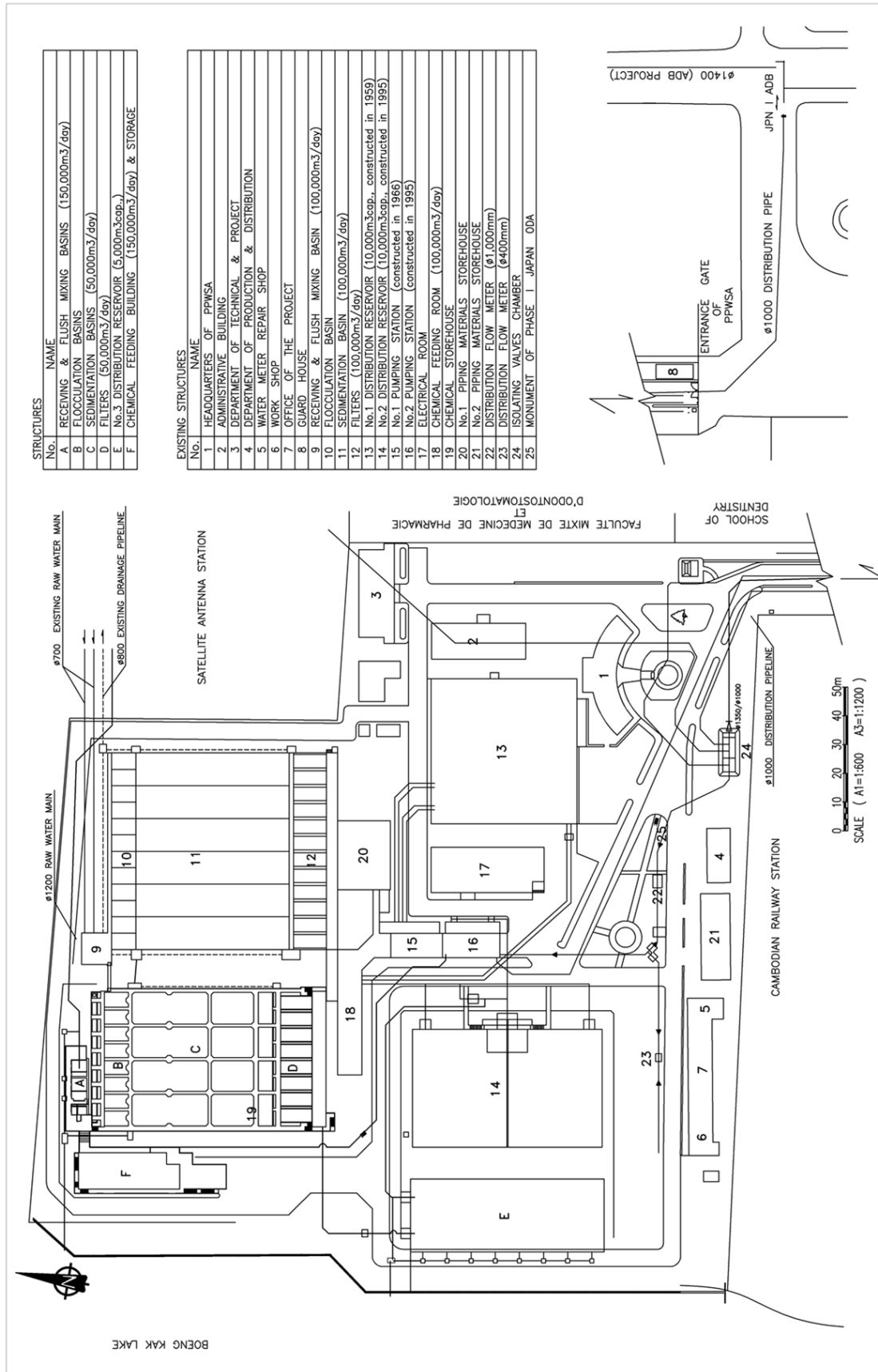


図 6-1.19 Phum Prek 浄水場 位置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

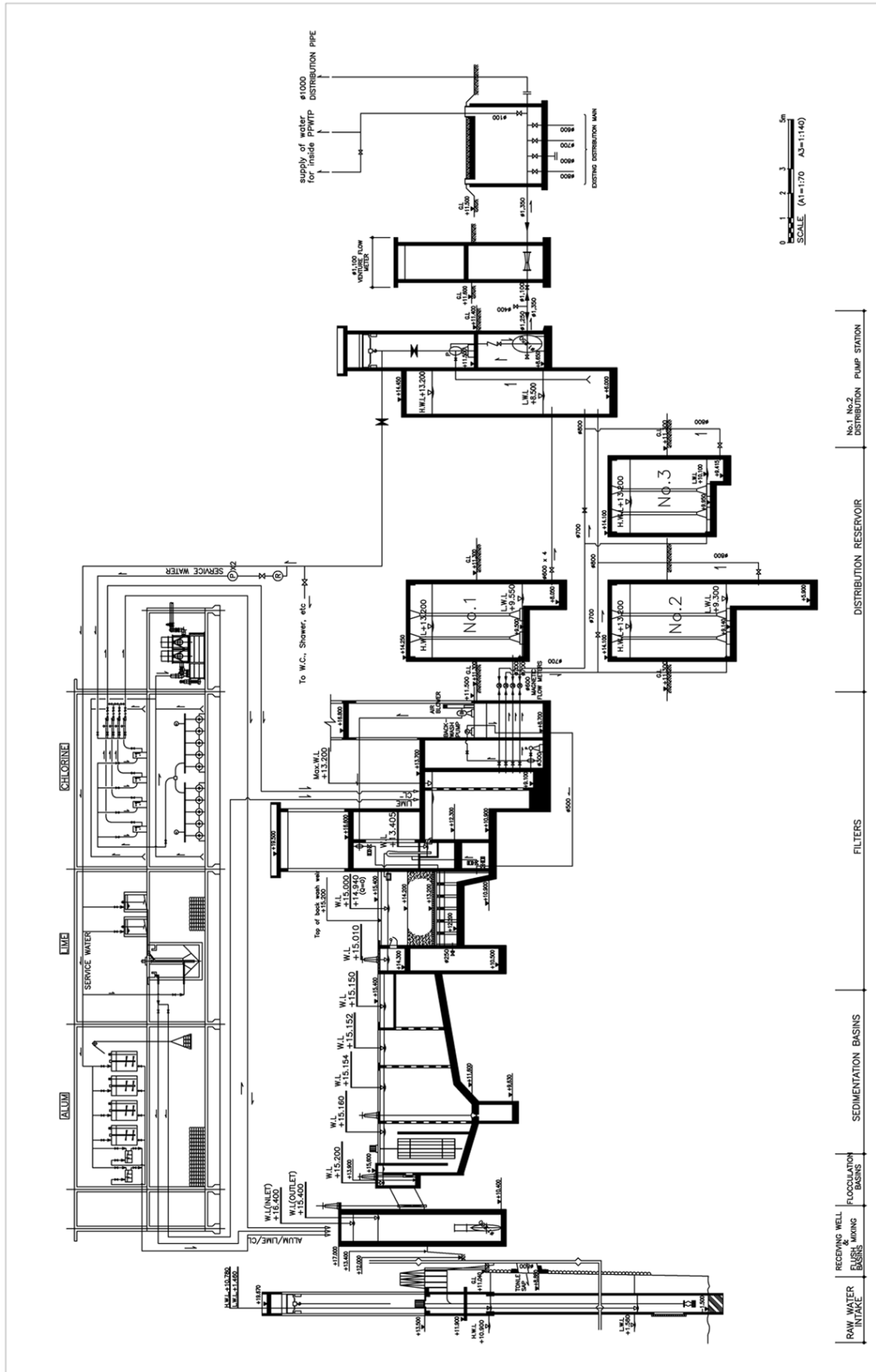


図 6-1.20 Phum Prek 浄水場 水位高低図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

表 6-1.15 Phum Prek 浄水場の主要設備

Capacity	100,000 m ³ /d (Old)	50,000 m ³ /d (New)
Water Source	158,400 m ³ /d Tonle Sap	HWL = 10.9 m, LWL = 1.5m
Construction	1965	costruction of old plant
	1988, 1995	rehabilitation of old plant
	2003	construc construction of new plant
Intake Facilities	Tonle Sap	HWL = 10.78 m, LWL = 1.46m
Type	Raw Water Pumping	
Intake Pump	(existing) :	36.7 m ³ /min x 21 m x 3 units
	(new) :	36.7 m ³ /min x 21 m x 2 units
Receiving Well		
Type	Recutangular	
Retention Time	4.1 min	
Size & Q'ty	5.3 mW x 15 mL x	5.3 mD x 1 unit
Name of Water Treatment Plant : Phum Prek - Old		
Capacity	100,000 m ³ /d (Old)	
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 	
Flocculation		
Type	Horizontal Flow	
Retention Time	24.8 min.	
Size	8.0 mW x 11.0 mL x	3.27 mD
Q'ty	6 units	
Equipment	Vertical Flocculator	6 units
Sedimentation Tank		
Type	Horizontal Flow	
Retention Time	126.8 min	2.1 hr
Size	11 mL x 53 mW x	2.52 mD
Q'ty	6 units	
Flow Velocity	0.52 m/min	
Surface Load	119.2 mm/min	
Trough/Pipe	Orifice Trough	
Sludge Removal	Sludge Extraction Valve (Manual)	
Equipment	Sludge Extraction Valve	
Operation	Sludge Removal - Manual	
Filter		
Type	Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control	
Filtration rate	156 m/d (6.50 m/hr)	170 m/hr at washing
Filter Bed Area	53.6 m ²	
Size & Q'ty	4.5 mW x 11.9 mL x	12 filters
Filter Media	Sand : 0.8-1.0 mm x 1000 mm	
Washing Rate	Air Scour : 0.934 m/min	Wash : 0.342 m/min Rincing : 0.342 m/min
Washing System	Air Scouring (4 - 5 min), Air Scouring + Backwashing (4 - 7 min), Rincing (15 - 20 min)	
Wash Trough	None	
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System	
	Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump	
	Scour Air Inlet Valve, Air Blower	
Operation	Manual(Original-Automatic & Step-by-step)	
Sludge Disposal	Direct Discharge to the river	

Name of Water Treatment Plant :		Phum Prek - New			
Capacity	50,000 m ³ /d				
Treatment Process	1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection				
Rapid Mixing					
Type	Weir				
Retention Time	73 sec				
Size & Q'ty	1.8 mW x	5.0 mL x	4.7 mD x	1 unit	
Equipment	None				
Flocculation					
Type	Horizontal Flow				
Retention Time	26.2 min.				
Size	11.3 mW x	7.0 mL x	2.9 mD		
Q'ty	4 units				
Equipment	Vertical Flocculator	8 units			
Sedimentation Tank					
Type	Horizontal Flow				
Retention Time	145.7 min	2.4 hr			
Size	43.4 mL x	11.3 mW x	2.6 mD		
Q'ty	4 units				
Flow Velocity	1.19 m/min				
Surface Load	71.4 mm/min				
Trough/Pipe	Orifice Trough				
Sludge Removal	Sludge Extraction Valve (Manual)				
Equipment	Sludge Extraction Valve				
Operation	Sludge Removal - Manual				
Filter					
Type	Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control				
Filtration rate	128 m/d (5.33 m/hr)	146 m/hr at washing	
Filter Bed Area	48.8 m ²				
Size & Q'ty	4.5 mW x	10.85 mL x	8 filters		
Filter Media	Sand : 0.8-1.0 mm x 1000 mm				
Washing Rate	Air Scour :	1.024 m/min	Wash :	0.375 m/min	Rincing : 0.42 m/min
Washing System	Backwashing (0.5 min), Air Scouring + Backwashing (4 - 7 min), Rincing (10 - 15 min)				
Wash Trough	None				
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump Scour Air Inlet Valve, Air Blower				
Operation	Automatic & Step-by-step				
Sludge Disposal					
	Direct Discharge to the river				
Chemicals					
Alum	Tank + Mixer : 4 , Dosing Tank : 2 (1)				
Lime	Tank + Mixer : 2, Lime Saturator : 1, Flowmeter : 4 (2)				
Chlorine	Chlorinator -Pre : 2(1), -Post : 3(1)				
Clear Water Reservoir	HWL = 13.2 m, LWL = 9.3 m				
No. 1	10,000 m ³				
No. 2	10,000 m ³				
No. 3	5,000 m ³				
Clear Water Pump	HWL = 13.2 m, LWL = 8.5 m				
Transmission	(1 to 2)	18.0 m ³ /min x	42 m x	180 kW x	2 units
Distribution-1	(1 to 3)	35.0 m ³ /min x	42 m x	320 kW x	3 units
Distribution-2	(4)	50.8 m ³ /min x	46 m x	520 kW x	1 unit (VSD)
Distribution-3	(5 to 6)	18.0 m ³ /min x	42 m x	180 kW x	2 units
Distribution-4	(7)	27.5 m ³ /min x	47 m x	272 kW x	1 unit (VSD)

(2) 運転状況

Phum Prek 浄水場は適切に運転されているが、首都プノンペンの水需要が高く、供給が十分でないため、常に過負荷の状態での運転が継続されている。一方、浄水場施設については、Phase I 施設が 1965 年に建設され、その後 1988 年及び 1995 年に改修が行われた。Phase II 施設は 2003 年に建設された。Phase I に建設されたコンクリート構造物は劣化や漏水が見られ、機械電気設備は、一部寿命を迎えており、更新が必要な機器もある。

PPWSA は、以下が Phum Prek 浄水場の主要な問題点であると考えている。

[取水場]

- ・ 雨季の後、取水所周辺に土砂が堆積し、取水量と原水水質双方に対する悪影響が発生している。
- ・ 埋設の電気ケーブルが土地開発に係る工事中に損傷し、停電事故が発生する等の施設運転に支障が生じることがある。
- ・ 取水場エアベッセルに接続する配管（口径 900 mm）が老朽化、腐食しており、漏水が発生する可能性がある。
- ・ 原水導水管の流量計が故障しており、取水量が把握できない。

[浄水場]

- ・ ろ過池逆洗用ブロアおよびポンプからの配管が古く、エア漏れ、水漏れが発生している。
- ・ 新旧ろ過池の水位計（ろ坑計）に、いくつか故障が見られる。
- ・ Phase I に建設された 12 池の凝集池に設置された急速・緩速攪拌機が老朽化しており、頻繁に故障が発生している。
- ・ PAC 注入設備が老朽化しており、バルブも故障しているため、注入量制御が適切に行えない。
- ・ また、注入設備が 1 ラインしかなく、故障時の修理が困難である。
- ・ 塩素注入設備が老朽化しており、また、予備の液体塩素の調達が困難な状況が頻繁に発生している。

取水場の問題点は、現在 JICA が実施を予定している Phum Prek 浄水場改築計画と並行して実施が取水場の移設が予定されており、この移設により解消されると思われる。一方、浄水場に発生している問題点は、当面日常的に発生する老朽化に起因するものであり、毎年予算を準備し、計画的に施設更新を図ることが重要である。特に、旧施設 100,000 m³/日は、すでに機械電気設備が寿命を迎えており、全面的改築が必要になってくる。

(3) 逆洗排水および汚泥排出

沈殿池汚泥およびろ過池逆洗排水は排水管をとおり、Sap 川に直接排出されている。

本調査で旧施設 100,000 m³/日の全面的改築を計画しており、その際に、全ての施設の逆洗排水および汚泥処理施設の建設も提案されている。

6-1-2-3 Chroy Changvar 浄水場

6-1-2-3-1 原水導水管

2002年にPhase I浄水場の原水導水管として口径800mmのダクタイル鋳鉄管が布設された。2009年には、Phase II浄水場の新しい原水導水管が同じ直径で布設された。2条のダクタイル鋳鉄管製の導水管は並列に設置され、相互接続管で接続されている。

取水場、原水導水管、および浄水場の位置を図6-1.21および表6-1.16に示す。



図 6-1.21 Chroy Changvar 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：調査団作成

表 6-1.16 Chroy Changvar 原水導水管の概要

場所	距離 (m)	地表高さ (m AMSL)	管頂レベル (m AMSL)	土被り (m)
取水場	0	+10.040	+9.280	0.760
浄水場	72.5	+7.528	+6.011	1.517

* m AMSL 海拔メートル (Meters Above Mean Sea Level)

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

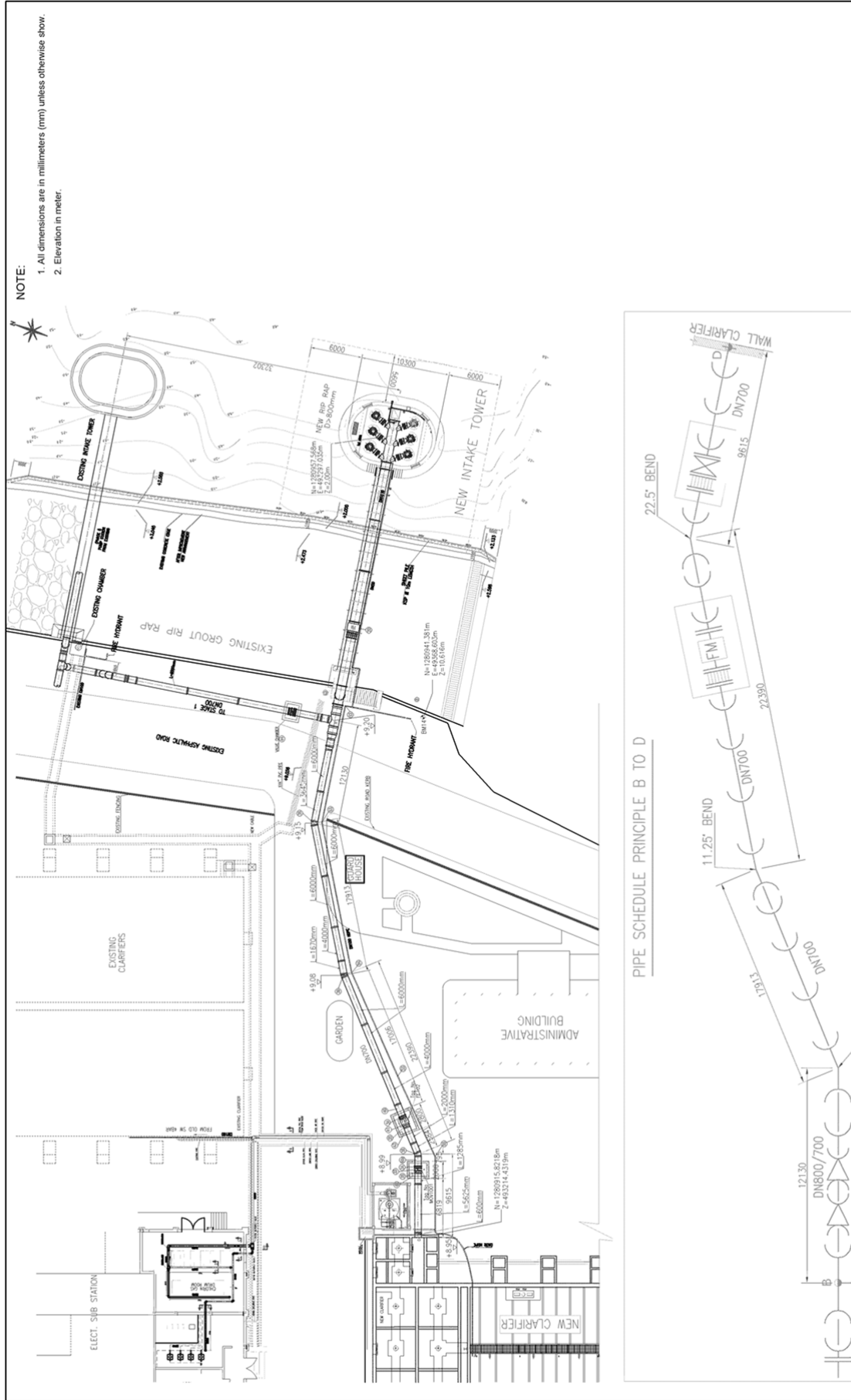


図 6-1.22 Chroy Changvar 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-1-2-3-2 浄水場

(1) 概要

Chroy Changvar 浄水場の全体と施設の配置を図 6-1.23 に示す。

Chroy Changvar 浄水場は2段階で建設された。2002年に浄水能力 65,000 m³/日で Phase I 施設が建設された。その後、2009年に Phase II 工事の実施において、凝集沈殿池、急速ろ過池が建設され、総浄水能力は2倍の 130,000 m³/日となった。

浄水場のプロセス・フローと水位高低図を図 6-1.24 に示す。

取水、浄水施設の主な設備は表 6-1.17 にまとめた。

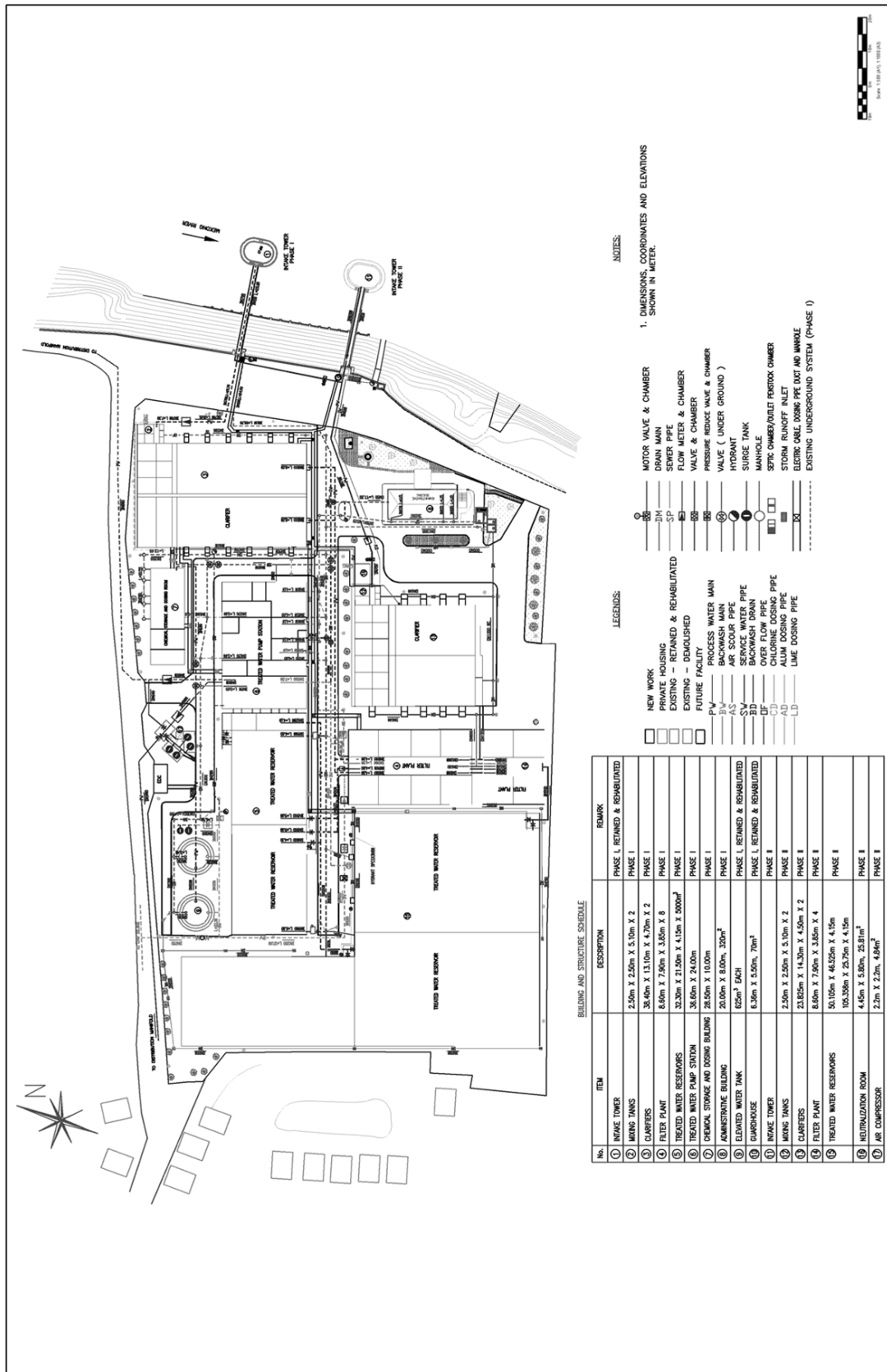


図 6-1.23 Chroy Changvar 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

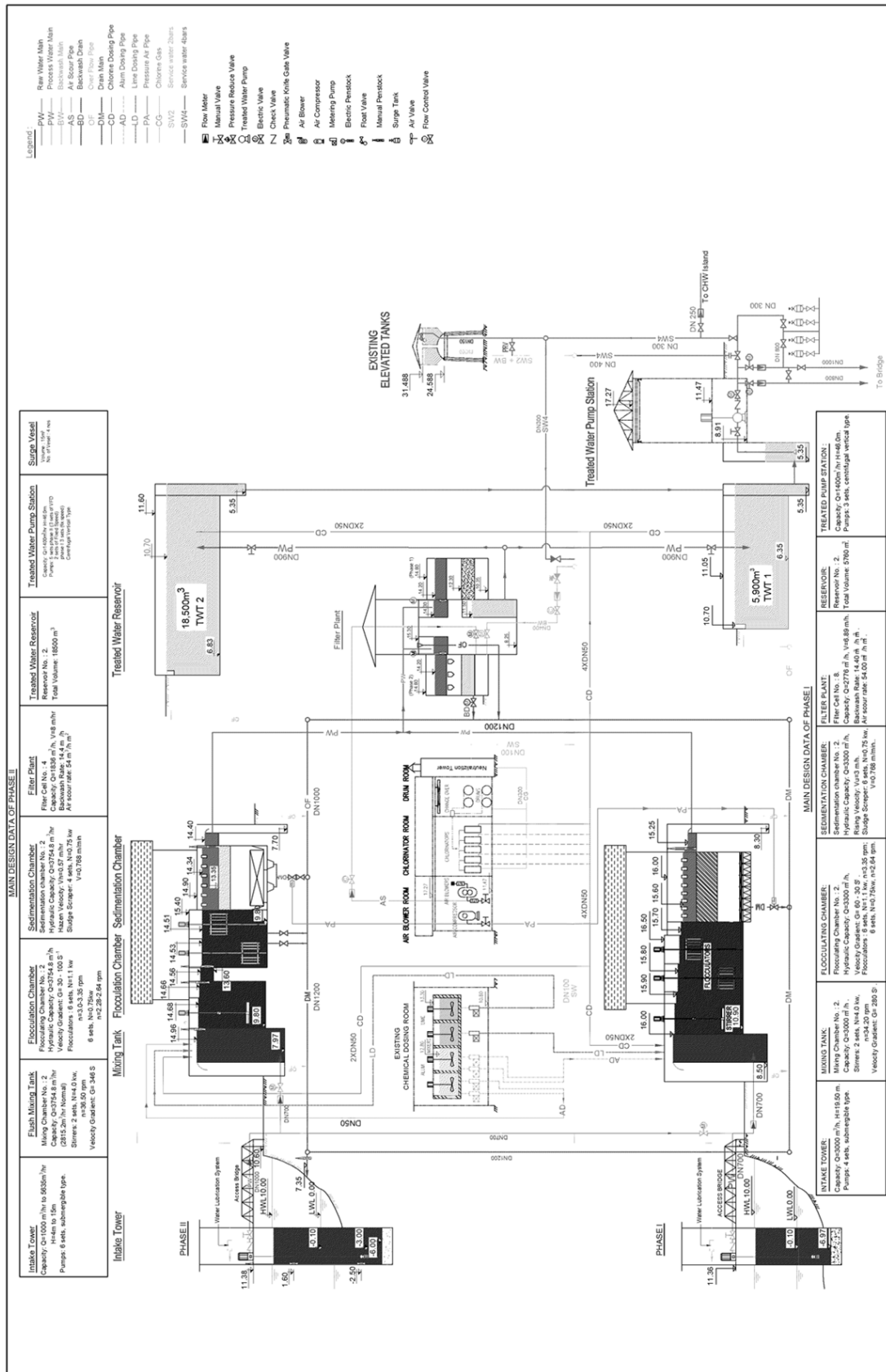


図 6-1.24 Chroy Changvar 浄水場 プロセスおよび水位高低図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

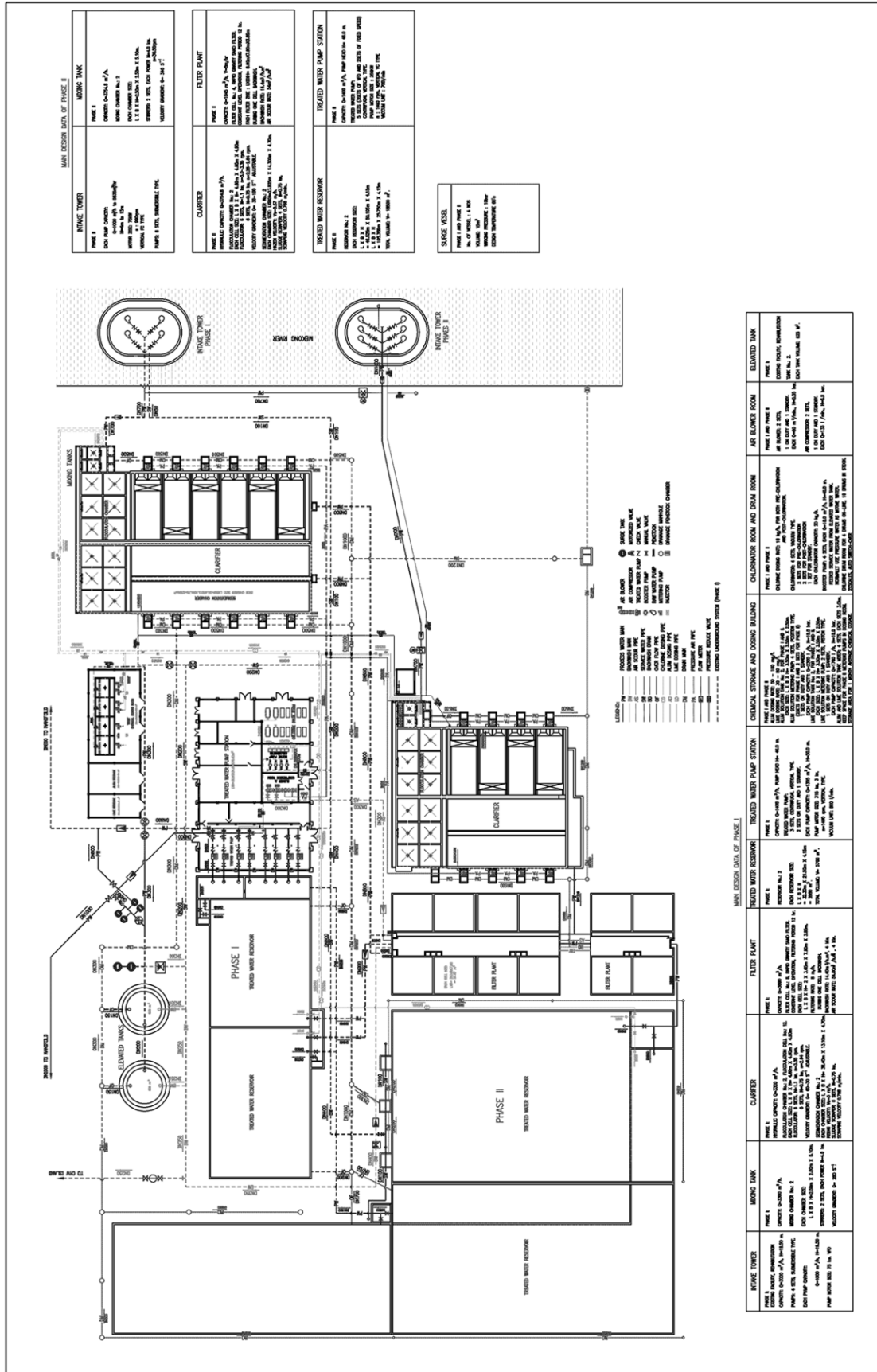


図 6-1.25 Chroy Changvar 浄水場 主要施設・仕様

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

表 6-1.17 Chroy Changvar 浄水場の主要設備

Capacity	65,000 m ³ /d (1st Stage)	130,000 m ³ /d (2nd Stage)
Water Source	136,500 m ³ /d Mekong River HWL = 10.0 m, LWL = 0.0m	
Construction	2002 construction of 1st stage plant	
	2009 construction of intake and 2nd stage plant	
Name of Water Treatment Plant : Chroy Changvar (1st Stage)		
Capacity	65,000 m ³ /d	
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 	
Intake Facilities	Pump Pit HWL = 10.0 m, LWL = -0.10m	
Type	Raw Water Pumping	
Intake Pump	23.7 m ³ /min x 19.5 m x 5 units	
Receiving Well		
Type	Rectangular	
Retention Time	50.3 sec	
Size & Q'ty	5.3 mW x 1.4 mL x 5.1 mD x 1 unit	
Rapid Mixing		
Type	Mechanical Mixing	
Retention Time	132 sec	
Size & Q'ty	2.5 mW x 3.9 mL x 5.1 mD x 2 units	
Equipment	Vertical Mixer 2 units	
Flocculation		
Type	Horizontal Flow	
Retention Time	25.9 min.	
Size	4.6 mW x 4.6 mL x 4.6 mD	
Q'ty	12 units	
Equipment	Vertical Flocculator 12 units	
Sedimentation Tank		
Type	Up Flow with Inclined Tube	
Retention Time	114.3 min 1.9 hr	
Size	38.4 mL x 14.3 mW x 4.7 mD	
Q'ty	2 units	
Surface Load	41.1 mm/min	
Trough/Pipe	Orifice Trough	
Sludge Removal	Sludge Scraper 12 units, Sludge Extraction Valve	
Equipment	Inclined Tube, Sludge Scraper 12 units, Sludge Extraction Valve	
Operation	Sludge Collection - Automatic, Sludge Removal - Automatic	
Filter		
Type	Gravity, Single Media, Declining Flow	
Filtration rate	1st Stage	141 m/d (5.87 m/hr) 188 m/d at washing
	2nd Stage	188 m/d (7.83 m/hr) 205 m/d at washing
Filter Bed Area	57.67 m ² x 8 filters	
Size & Q'ty	3.65 mW x 7.9 mL x 2 beds	
Filter Media	Sand : 0.9 - 1.2 mm x 950 mm	
Washing System	Air Scouring (54 m/hr) + Backwashing (14.4 m/hr)	
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Washwater Valve, Air Scouring Valve, Washwater Drain Gate Washwater Pump, Air Scouring Valve, Air Blower	
Operation	Manual	
Chemicals		
Alum	Alum Tank + Mixer : 2 sets, Alum Dosing Pump : 2 (1)	
Lime	Lime Tank + Mixer : 2 sets, Lime Dosing Pump : 2 (1)	
Chlorine	Chlorinator - Pre : 2 (1) -Post : 2 (1), Pressure Pump : 4 (2)	
Clear Water Reservoir	HWL = 6.35 m, LWL = 10.5 m	
Elevated No. 1	625 m ³	
Elevated No. 2	625 m ³	
Reservoir No. 1	2,880 m ³	
Reservoir No. 2	2,880 m ³	
Clear Water Pump		
Distribution	22.58 m ³ /min x 65 m x 315 kW x 3 units	

Name of Water Treatment Plant :		Chroy Changvar (2nd Stage)			
Capacity	65,000 m ³ /d				
Treatment Process	1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection				
Intake Facilities	Pump Pit HWL = 10.0 m, LWL = 0.00m				
Type	Raw Water Pumping				
Intake Pump	16.7 - 93.9 m ³ /min x 4 - 15 m x 6 units				
Receiving Well					
Type	Rectangular				
Retention Time	61.3 sec				
Size & Q'ty	5.3 mW x 1.4 mL x 6.2 mD x 1 unit				
Rapid Mixing					
Type	Mechanical Mixing				
Retention Time	153 sec				
Size & Q'ty	2.5 mW x 4.6 mL x 5.0 mD x 2 units				
Equipment	Vertical Mixer 2 units				
Flocculation					
Type	Horizontal Flow				
Retention Time	27.0 min				
Size	4.63 mW x 4.6 mL x 4.75 mD				
Q'ty	12 units				
Equipment	Vertical Flocculator 12 units				
Sedimentation Tank					
Type	Up Flow with Inclined Tube				
Retention Time	70.3 min 1.2 hr				
Size	23.8 mL x 14.3 mW x 4.65 mD				
Q'ty	2 units				
Surface Load	66.1 mm/min				
Trough/Pipe	Orifice Trough				
Sludge Removal	Sludge Scraper 8 units, Sludge Extraction Valve				
Equipment	Inclined Tube, Sludge Scraper 8 units, Sludge Extraction Valve				
Operation	Sludge Collection - Automatic, Sludge Removal - Automatic				
Filter					
Type	Gravity, Single Media, Declining Flow				
Filtration rate	188 m/d (7.83 m/hr)				205 m/d at washing
Filter Bed Area	57.67 m ² x 4 filters				
Size & Q'ty	3.65 mW x 7.9 mL x 2 beds				
Filter Media	Sand : 0.9 - 1.2 mm x 950 mm				
Washing System	Air Scouring (54 m/hr) + Backwashing (14.4 m/hr)				
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Washwater Valve, Air Scouring Valve, Washwater Drain Gate				
	Washwater Pump, Air Scouring Valve, Air Blower				
Operation	Manual				
Clear Water Reservoir	HWL = 6.83 m, LWL = 10.7 m				
Reservoir No. 1/2	18,500 m ³				
Clear Water Pump					
Distribution-1	VFD 23.3 m ³ /min x 46 m x 3 units				
Distribution-2	Fixed 23.3 m ³ /min x 46 m x 2 units				

出典：調査団作成

(2) 運転状況

Chroy Changvar 浄水場は適切に運転されているが、首都プノンペン市の水需要が高く、供給が十分に行えないため、常に過負荷の状態での運転が継続されている。一方、浄水場施設は、2002年に浄水能力 65,000 m³/日として Phase I 施設が建設され、2009年に Phase II 工事の実施により、凝集沈殿池、急速ろ過池が建設され、総浄水能力は2倍の 130,000 m³/日となった。現在、Phase I で建設された機械電気設備が概ね 20 年経過し、機械電気設備の不具合が出始めることが予想される。

PPWSA によると、現在運転に支障となる問題は発生していないとのことであった。しかし、現状の施設の状況から判断し、施設の老朽化が進む Phase 1 および Phase 2 の機械電気設備を更新する必要がある。2020 年代半ば、2026・2027 年に大規模な施設更新を実施し、当初の浄水量を確保することが望まれる。

(3) 逆洗排水および汚泥排出

沈殿池汚泥およびろ過池逆洗排水は排水管をとおり、Mekong 川に直接排出されている。

今後既存浄水場への排水・排泥規制が強化され、直接排出ができなくなった場合には、ろ過池逆洗排水は上澄水を回収し、汚泥を沈殿池汚泥と合わせ、汚泥処理する。この汚泥処理は、浄水場近隣の用地を購入が困難であることから、既存敷地内に用地がある範囲で逆洗排水貯留槽と汚泥貯留槽が望まれる。逆洗排水中の上澄水を回収し、残った汚泥と沈殿池汚泥を汚泥貯留槽に貯留する。この汚泥はタンクローリー等で比較的近い浄水場に輸送し、脱水処理することが必要である。

6-1-2-4 Nirodh 浄水場

6-1-2-4-1 原水導水管

原水導水管は、2013年にプロジェクトのPhase I建設時に布設された口径1,600mmのダクタイル鋳鉄管が取水場から浄水場内まで敷設されている。この管はPhase II施設までの総取水量に対応しており、Phase I施設はこの管から口径1,200mmに縮小され、Phase I施設に接続されている。Phase II建設工事では、導水管はこの1,200mmの導水管から口径1,000mmのダクタイル鋳鉄管で分岐され、Phase II施設に接続されている。

取水場、原水導水管、および浄水場の位置を図6-1.26および表6-1.18に示す。



図 6-1.26 Nirodh 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：調査団作成

表 6-1.18 Nirodh 原水導水管の概要

場所	距離 (m)	地表高さ (m AMSL)	管頂レベル (m AMSL)	土被り (m)
取水場	0.000	+11.240	+9.330	1.910
浄水場	1,521.460	+11.500	+10.850	0.650

* m AMSL 海拔メートル (Meters Above Mean Sea Level)

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

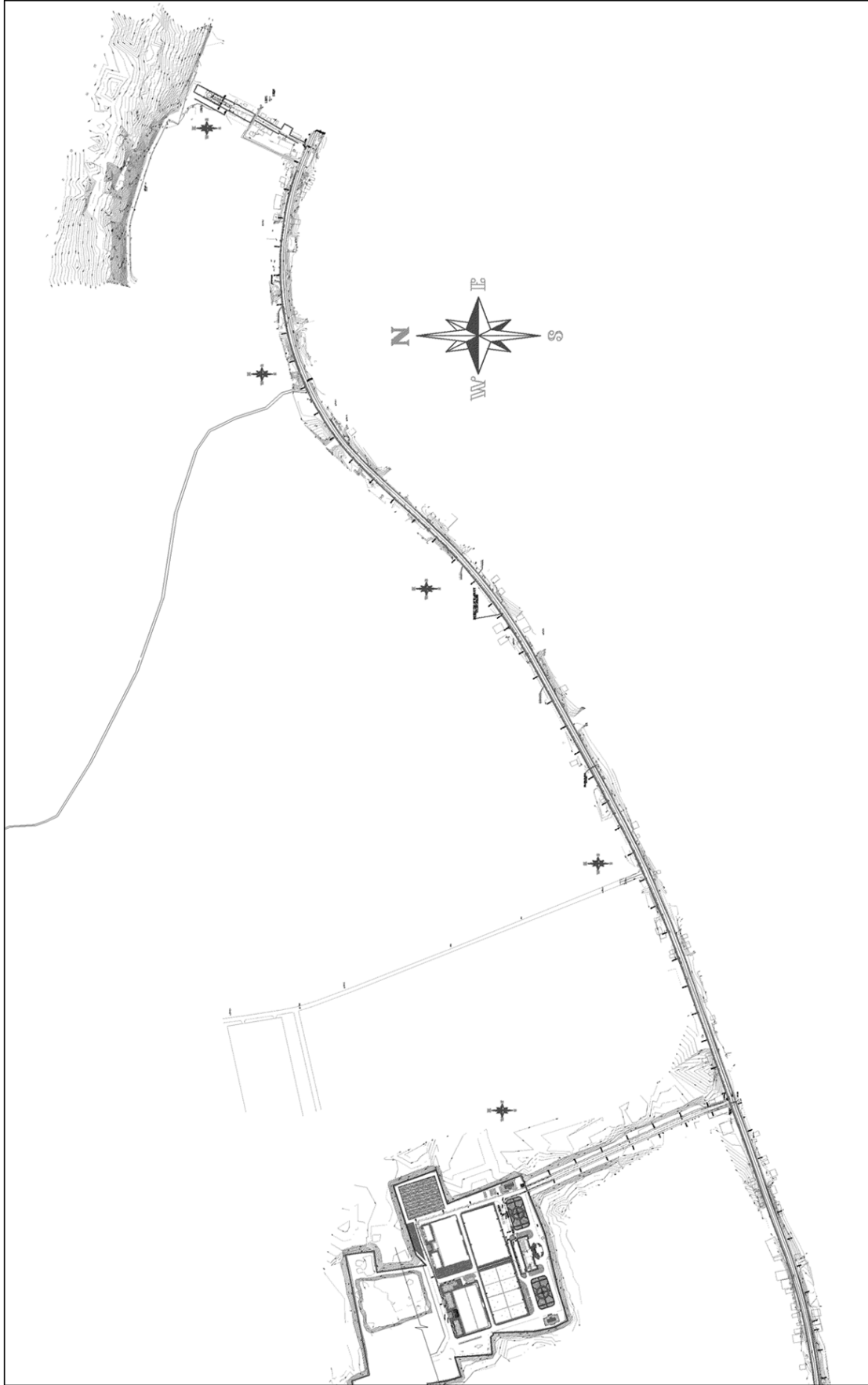


図 6-1.27 Nirodh 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-1-2-4-2 浄水場

(1) 概要

浄水場の全体と施設の配置を図 **6-1.28** に示す。

Nirodh 浄水場は、現状 PPWSA の最大規模の浄水場で、2013 年に Phase I 施設 130,000 m³/日が運転を開始し、引き続き、2016 年に Phase II 施設として、130,000 m³/日が建設され、現在の総浄水能力は 260,000 m³/日となっている。

浄水場のプロセス・フローと水位高低図を図 **6-1.29** に示す。

取水、浄水施設の主な設備は表 **6-1.19** にまとめた。

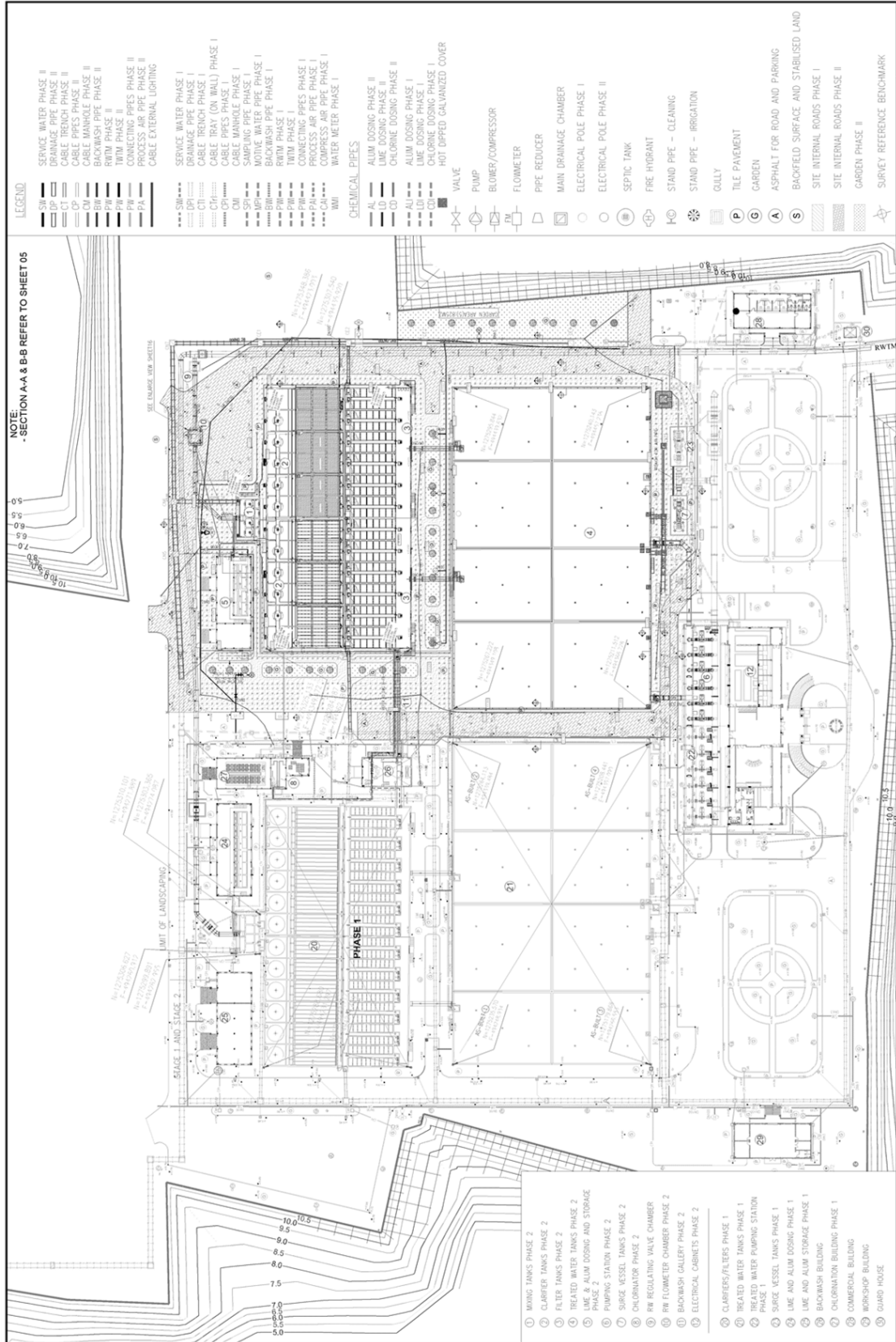


図 6-1.28 Nirodh 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

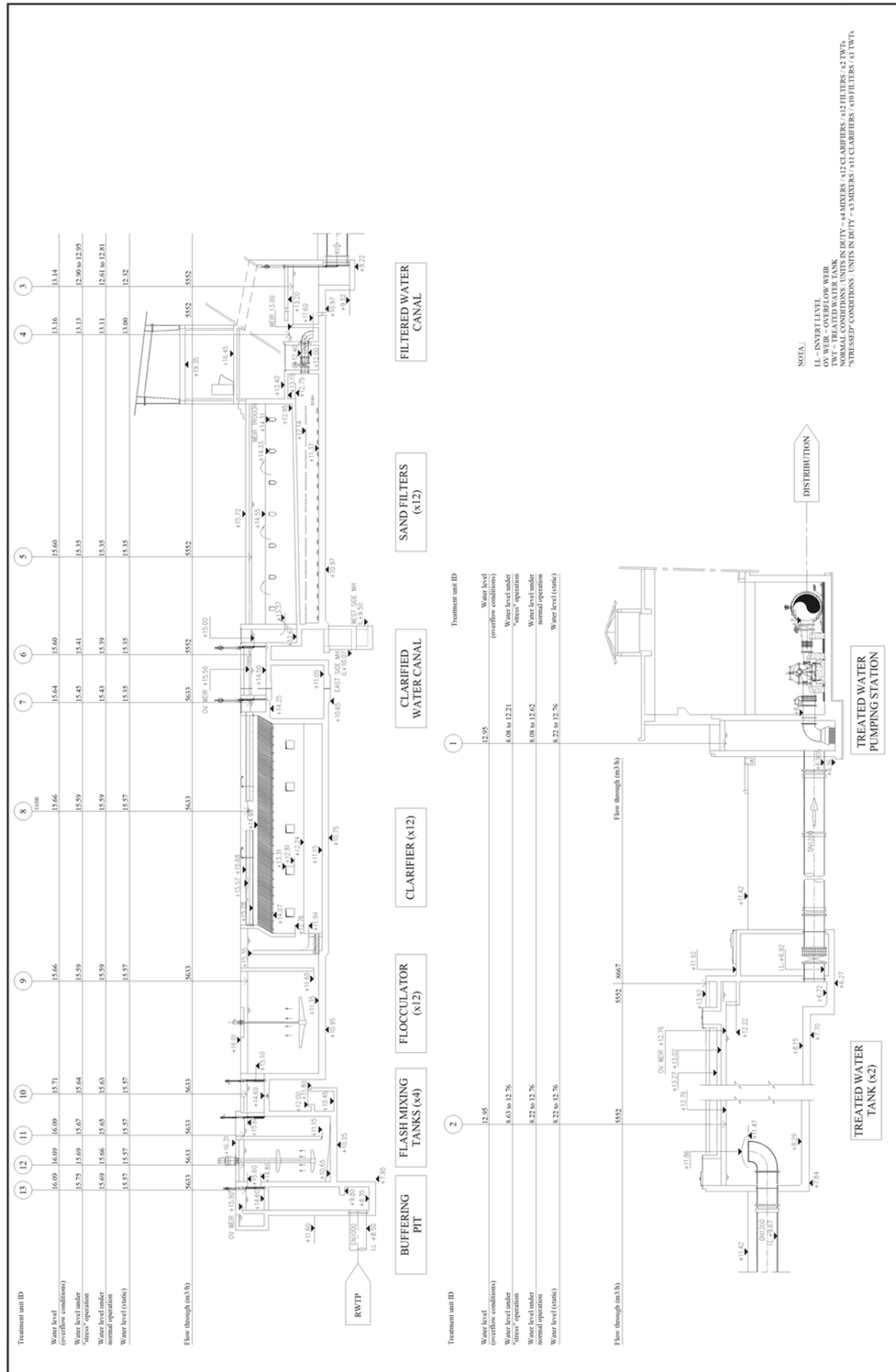


図 6-1.29 Nirodh 浄水場プロセス・フロー、水位高低図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

表 6-1.19 Nirodh 浄水場の主要設備

Capacity	130,000 m ³ /d	(1st Stage)	130,000 m ³ /d	(2nd Stage)
Water Source	270,000 m ³ /d	Mekong River	HHWL = 10.20 m, LLWL = 0.10 m	
Construction	2013	costruction of intake and 1st satage plant		
	2016	costruction of 2nd satage plant		
Name of Water Treatment Plant : Nirodh - 1st Stage				
Capacity	130,000 m ³ /d			
Intake Facilities	Mekong River	HWL = 9.20 m, LWL = 0.50 m		
Type	Raw Water Pumping			
Intake Pump	(1st Stage) 36.7	m ³ /min x	17	m x 3 units (+1 standby)
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 			
Receiving Well	Type: Rectangular			
	Retention Time: 9.0 sec			
	Size & Q'ty: 1.4 mW x 11.2 mL x 1.15 mD x 1 unit			
Rapid Mixing	Type: Vertical Mixer			
	Retention Time: 1.4 min			
	Size & Q'ty: 2.5 mW x 2.5 mL x 5.04 mD x 4 units			
	Equipment: None			
Flocculation	Type: Vertical Mixer			
	Retention Time: 21 min			
	Size & Q'ty: 6.1 mW x 6.1 mW x 4.29 mD x 12 units			
	Equipment: None			
Sedimentation Tank	Type: Up-Flow with Lamella Plate (Tube Settler)			
	Retention Time: 58.2 min, 1.0 hr			
	Size & Q'ty: 16.5 mL x 6.1 mW x 4.34 mD x 12 units			
	Surface Load: 74.5 mm/min			
	Trough/Pipe: Lamella Plate, Orifice Trough			
	Sludge Removal: Sludge Extraction Valve (Pneumatic)			
	Equipment: Sludge Extraction Valve			
	Operation: Sludge Removal - Auto			
Filter	Type: Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control			
	Filtration rate: 168 m/d (7.00 m/hr) 183 m/hr at washing			
	Filter Bed Area: 64.4 m ²			
	Size & Q'ty: 2.45 mW x 2 beds x 13.14 mL x 12 filters			
	Filter Media: Sand : 1.0 mm x 1000 mm			
	Washing Rate: Air Scour : 0.116/0.88 m/min Wash : 0.168 m/min Rincing : 0.334 m/min			
	Washing System: Backwashing (1.0 min), Air Scouring + Backwashing (5 + 25 min), Rincing (8 min)			
	Wash Trough: 7 trough/bed x 2 beds/filter			
	Equipment: Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump Scour Air Inlet Valve, Air Blower			
	Operation: Automatic & Step-by-step			
Filter Backwash Recovery	Recovery Tank: 5.0 mW x 20.0 mL x 2 tanks			
Sludge Disposal	Sludge Lagoon: 40.0 mW x 100.0 mL x 4 tanks			
Chemicals	Alum: Tank + Mixer : 3, Dosing Pump : 3			
	Line: Tank + Mixer : 3, Line Pump : 3			
	Chlorine: Chlorinator -Pre : 3(1), -Post : 3(1)			
Clear Water Reservoir	Reservoir: 11,600 m ³ x 2 reservoirs			
	HWL = 12.8 m, LWL = 8.37 m			
Clear Water Pump	Distribution: (1 to 6) 30.0 m ³ /min x 53 m x 6 units			
	HWL = 13.2 m, LWL = 8.5 m			

Name of Water Treatment Plant :		Nirouth - 2nd Stage			
Capacity	130,000 m ³ /d				
Intake Facilities	Mekong River HHWL = 10.20 m, LLWL = 0.10 m				
Type	Raw Water Pumping				
Intake Pump	(2nd Stage) 36.7	m ³ /min x	17	m x	3 units (+1 standby)
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 				
Receiving Well					
Type	Rectangular				
Retention Time	11.8 sec				
Size & Q'ty	1.4 mW x	11 mL x	1.15 mD x	1 unit	
Rapid Mixing					
Type	Vertical Mixer				
Retention Time	1.4 min				
Size & Q'ty	2.5 mW x	2.5 mL x	5.04 mD x	4 units	
Equipment	None				
Flocculation					
Type	Vertical Mixer				
Retention Time	21 min				
Size & Q'ty	6.1 mW x	6.1 mW x	4.29 mD x	12 units	
Equipment	None				
Sedimentation Tank					
Type	Up-Flow with Lamella Plate (Tube Settler)				
Retention Time	45.0 min,	0.8 hr			
Size & Q'ty	12.5 mL x	6.1 mW x	4.44 mD x	12 units	
Surface Load	98.7 mm/min				
Trough/Pipe	Lamella Plate, Orifice Trough				
Sludge Removal	Sludge Extraction Valve (Pneumatic)				
Equipment	Sludge Extraction Valve				
Operation	Sludge Removal - Auto				
Filter					
Type	Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control				
Filtration rate	168 m/d (7.00 m/hr)	183 m/hr at washing	
Filter Bed Area	64.4 m ²				
Size & Q'ty	2.45 mW x	2 beds x	13.14 mL x	12 filters	
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm				
Washing Rate	Air Scour : 0.116/0.88	m/min	Wash : 0.168 m/min	Rincing :	0.334 m/min
Washing System	Backwashing (1.0 min), Air Scouring + Backwashing (5 + 25 min), Rincing (8 min)				
Wash Trough	7 trough/bed x 2 beds/filter				
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump Scour Air Inlet Valve, Air Blower				
Operation	Automatic & Step-by-step				
Filter Backwash Recovery					
Recovery Tank	5.0 mW x	20.0 mL x	2 tanks		
Sludge Disposal					
Sludge Lagoon	40.0 mW x	100.0 mL x	4 tanks		
Chemicals					
PAC	Tank + Mixer : 2, Dosing Pump : 2				
Line	Tank + Mixer : 2, Line Pump : 2				
Chlorine	Chlorinator -Pre : 3(1), -Post : 3(1)				
Clear Water Reservoir	HWL = 12.76 m, LWL = 8.22 m				
Reservoir	12,260 m ³ x	2 reservoirs			
Clear Water Pump	HWL = 13.2 m, LWL = 8.5 m				
Distribution	(7 to 12)	30.0	m ³ /min x	53	m x 6 units

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

(2) 運転状況

浄水場は 2013 年に浄水能力 130,000 m³/日の Phase I 施設が建設され、2016 年の Phase II 工事によりさらに 130,000 m³/日の施設が建設された結果、現在の総浄水能力は 260,000 m³/日となり、2021 年現在では PPWSA が運営維持管理を行っている最大の浄水場となっている。現在浄水場は、適切に運転されているが、首都プノンペンの水需要が高く、また、その変動に対応するために流動的な運転状態が継続されている。

PPWSA によると以下のような運転の支障となっている問題点があるとのことであった。

- ・ 既存取水施設沖合のノレア島造成工事の土砂投入により、原水水質が変動し、浄水処理、薬品使用量の判断が難しい。これに対し、PPWSA はノレア島の開発業者から 2Ha の土地を確保し取水施設の移転を行う計画としている。
- ・ 乾季は河川の水位が低下することにより、ポンプでの取水量が不足し、浄水量の低下を引き起こしている。
- ・ 取水場ポンプ井、導水管に貝殻が異常に繁殖している。他浄水場でも発生があるが、Nirodh 浄水場よりは少ないとのことであった。

上記問題は、取水場にかかわる問題である。現在のノレア島造成工事に伴い、既存取水場は廃止され、ノレア島に新設取水場が建設される予定であり、新設取水場建設時上記問題を解決する方策を盛り込んだ施設で設計することが望まれる。

(3) 逆洗排水および汚泥排出

沈殿池汚泥およびろ過池逆洗排水は排水管をとおり、Mekong 川に直接排出されている。

今後規制が強化されるため、Phase III 建設時に Phase I 及び Phase II で建設した施設からの沈殿池汚泥およびろ過池逆洗排水は、排水処理・汚泥処理施設の建設する必要がある。

6-1-2-5 Chamcar Mon 浄水場

6-1-2-5-1 原水導水管

2019 年末、取水場、原水導水管、浄水場が再建され、2020 年 11 月に本格運転が開始された。原水導水管として口径 800 mm ダクタイル鋳鉄管 1 条が布設された。

取水場、原水導水管、および浄水場の位置を図 6-1.30 および表 6-1.20 に示す。



図 6-1.30 Chamcar Mon 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：調査団作成

原水導水管、口径 800 mm ダクタイル鋳鉄管の布設概要を表 6-1.20 に示す。

表 6-1.20 Chamcar Mon 原水導水管の概要

場所	距離 (m)	地表高さ (m AMSL)	管頂レベル (m AMSL)	土被り (m)
取水場	0	+9.299	+10.040	0.741
浄水場	643.280	+7.276	+8.720	1.444

* m AMSL 海拔メートル (Meters Above Mean Sea Level)

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

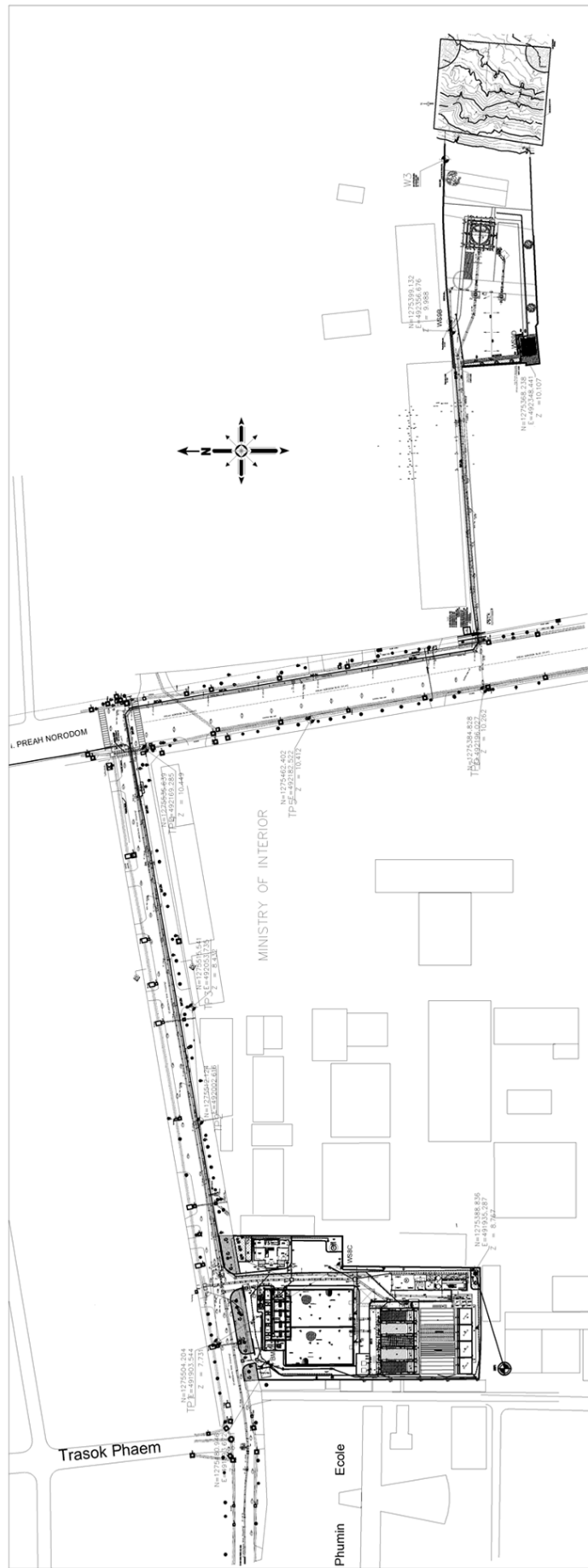


図 6-1.31 Chamcar Mon 取水場、原水導水管、および浄水場 位置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-1-2-5-2 浄水場

(1) 概要

浄水場の全体と施設の配置を図 **6-1.32** に示す。

Chamcar Mon 浄水場は 2019 年に建設され、浄水能力は公称 52,000 m³/日、最大 55,000 m³/日である。

浄水場の処理フローと水位高低図を図 **6-1.33** に示す。

取水、浄水施設の主要な設備を表 **6-1.21** にまとめた。

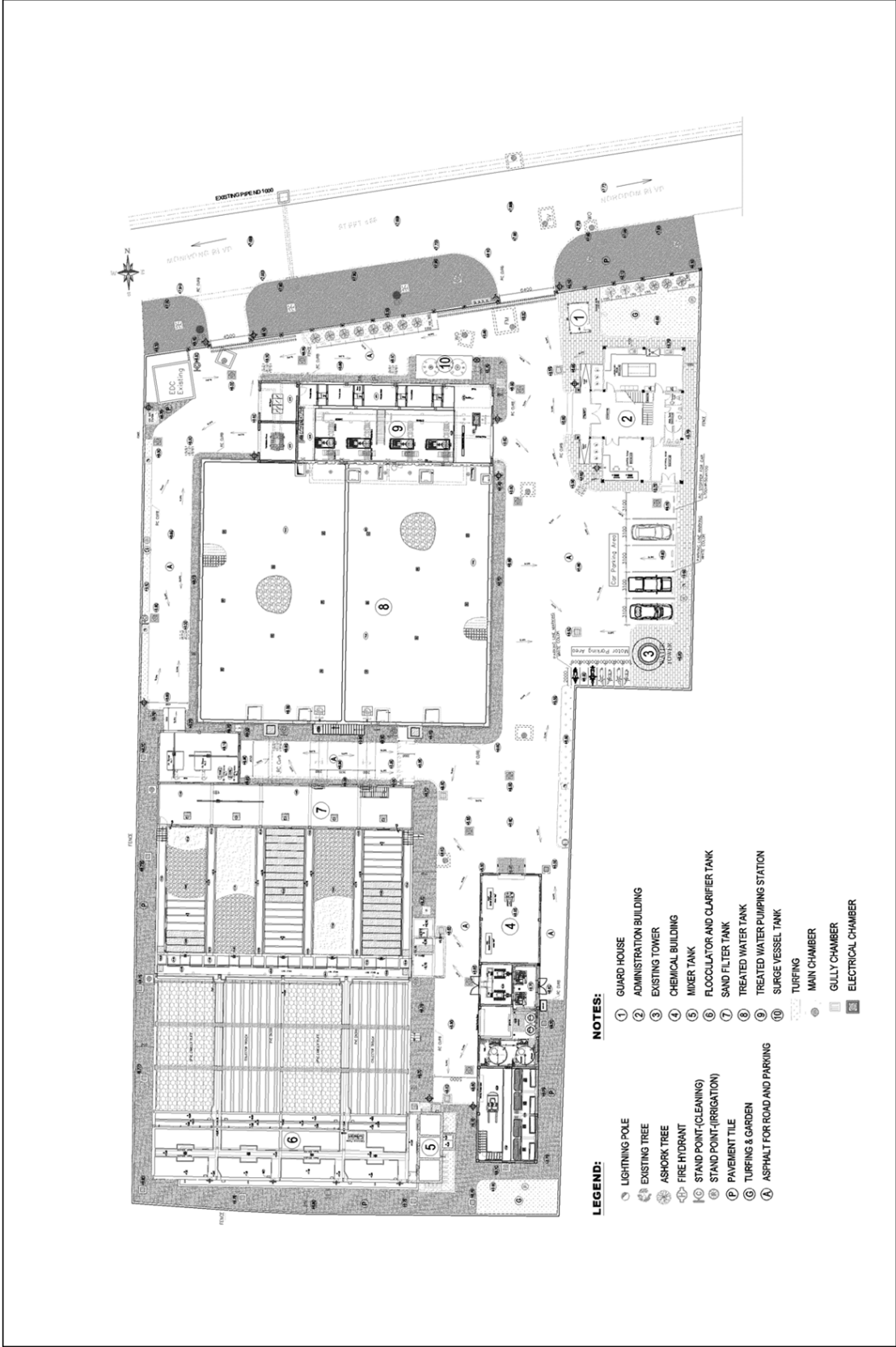


図 6-1.32 Chamcar Mon 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

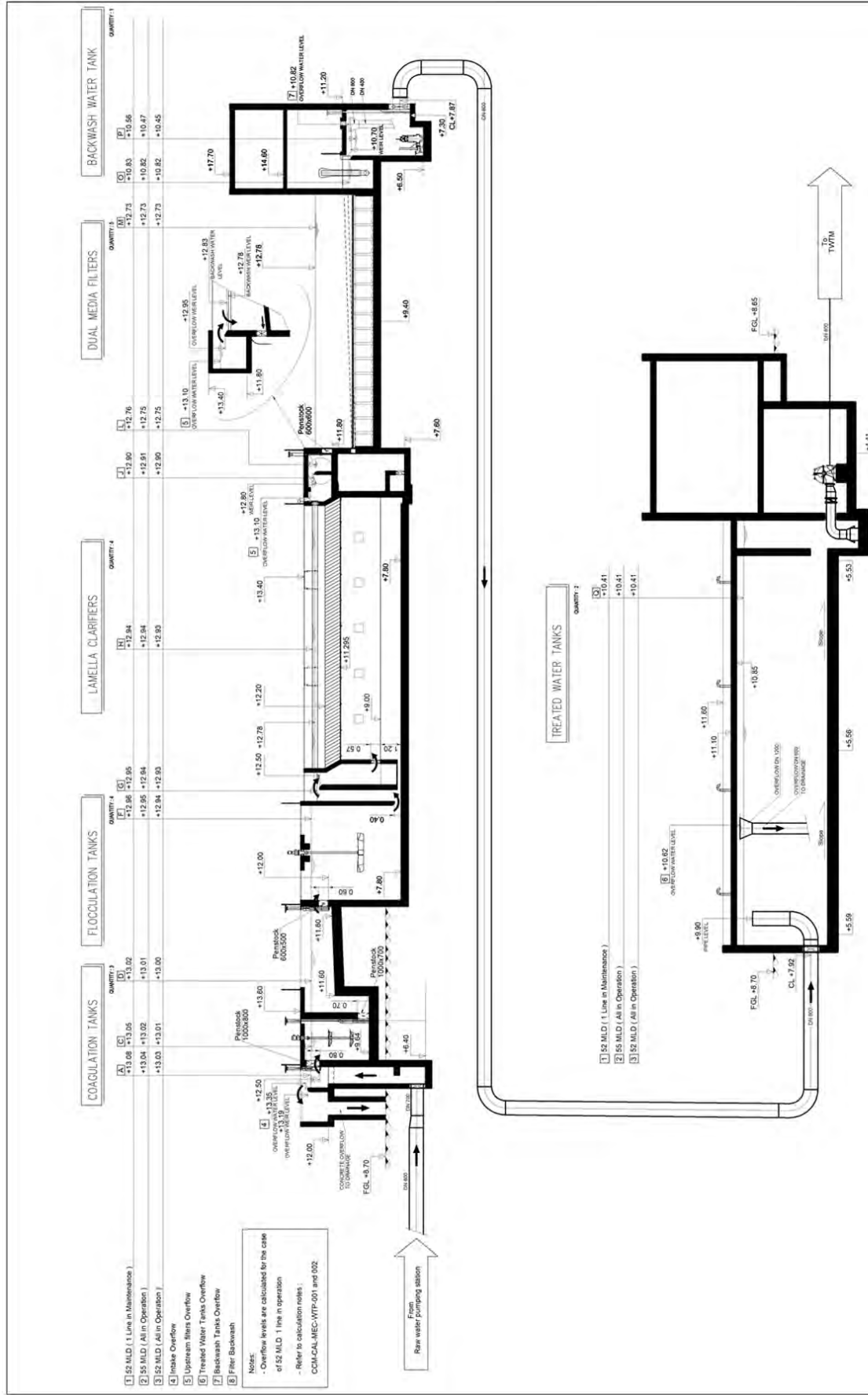


図 6-1.33 Chamcar Mon 浄水場 処理フロー、水位高低図

出典：PPWSA 提供資料より 調査団作成

表 6-1.21 Chamcar Mon 浄水場の主要設備

Capacity	Nominal 52,000 m ³ /d Maximum 55,000 m ³ /d
Water Source	Tonle Basak HWL = 10.20 m, LWL = - 0.07 m
Construction	1957 costruction of old plant
	1988 rehabilitation of old plant
	1995 construction of new plant
	2019 construction of new plant
Treatment Process	
	1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection
Intake Facilities	Tonle Bassac
Type	Raw Water Pumping
Equipment	Intake Pump : 13.2 m ³ /min x 18.5 m x 75 kW x 4
Receiving Well	
Type	Recutangular
Retention Time	29.4 sec
Size & Q'ty	1.4 mW x 11 mL x 1.15 mD x 1 unit
Rapid Mixing	
Type	Vertical Mixer
Retention Time	1.7 min
Size & Q'ty	2.4 mW x 2.4 mL x 3.46 mD x 3 unit
Equipment	None
Flocculation	
Type	Vertical Mixer
Retention Time	22.3 min
Size & Q'ty	7.09 mW x 5.5 mL x 5.17 mD x 4 unit
Equipment	None
Sedimentation Tank	
Type	Inclined Plate + Up-Flow
Retention Time	1.0 hr
Size & Q'ty	7.09 mW x 15.2 mL x 5.16 mD x 4 unit
Surface Load	83.8 mm/min
Trough/Pipe	Orifice Trough
Sludge Removal	Sludge Withdrawal Valve
Equipment	Inclined Plate, Orifice Trough, Sludge Withdrawal Valve
Operation	Sludge Removal-Manual
Filter	Horizontal Cylindrical Pressured Filter
Type	Open, Dual Media, Costant Rate, Costant Level
Filtration rate	155 m/d (6.4592 m/hr) 194 m/hr at washing
Filter Bed Area	67.09 m ² x 5 filters
Size & Q'ty	4.57 m Dia. x 14.7 mL x 5 filters
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm
Washing System	Air Scouring (5-8 min) + Backwashing (10-15 min)
Washing Rate	Air Scour : 0.205 m/min Backwash : 0.056 m/min
Trough	Both side of filter
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Outlet Level Control Syphon, Backwash Valve, Drain Valve Backwash Pump, Air Scouring Valve, Air Blower
Operation	Auto/Manual
Chemicals	
PAC	Tank + Mixer : 2, Dosing Pump : 2 (1)
Line	Tank + Mixer : 2, Dosing Pump : 2 (1)
Chlorine	Electrolyser - Pre : 1, - Post : 1, Dosing Pump - Pre : 2 (1), - Post : 2 (1)
Sludge Disposal	
	Direct Discharge to the river
Clear Water Reservoir	HWL = 10.41 m, LWL = 5.53 m
	2,400 m ³ x 2 Reservoirs
Clear Water Pump	
Distribution	18.3 m ³ /min x 45 m x 315 kW x 4 units

出典 : PPWSA 提供資料より調査団作成

(2) 運転状況

浄水場は 2019 年に建設され、現在は適切に運転されている。

PPWSA によると、現在運転に支障となる問題は発生していないとのことであった。

(3) 逆洗排水および汚泥排出

沈殿池汚泥、およびろ過池逆洗排水は排水管をとおり、Bassac 川に直接排出されている。

今後既存浄水場への排水・排泥規制が強化され、直接排出ができなくなった場合には、ろ過池逆洗排水は上澄水を回収し、汚泥を沈殿池汚泥と合わせ、汚泥処理する。この汚泥処理は、浄水場近隣の用地を購入が困難であることから、既存敷地内に用地がある範囲で逆洗排水貯留槽と汚泥貯留槽が望まれる。逆洗排水中の上澄水を回収し、残った汚泥と沈殿池汚泥を汚泥貯留槽に貯留する。この汚泥はタンクローリー等で比較的近い浄水場に輸送し、脱水処理することが必要である。

6-2 新設の取水・導水・浄水施設の提案

6-2-1 取水施設

2030年までの新設を提案する取水施設は、第5章での水源候補に関する検討結果と既設浄水施設の立地および新設浄水場候補地を踏まえて表 6-2.1 のように整理した。

表 6-2.1 新設取水施設の立地概要

取水施設名称	取水施設の立地	接続する浄水施設	計画浄水量 (m ³ /日)	建設完了 予定年	用地取得 状況
Bakheng 3 intake	Mekong 川右岸 Bakheng 地区	Bakheng WTP Phase III(拡張)	195,000	2027	取得済
Nirodh intake	Mekong 川右岸	Nirodh WTP Phase III(拡張)	130,000	2029	埋立造成 地に割当 あり
Koh Norea intake	Nirodh 地区 Koh Norea 内	Koh Norea WTP(新規)	150,000	2029	
Ta Mouk intake	Sap 川右岸 Preak Prov 地区	Ta Mouk WTP Phase I(新設)	200,000	2030	要取得
		Ta Mouk WTP Phase II(拡張)	200,000	2031	
		Ta Mouk WTP Phase III*(拡張)	200,000	2033 以 降	
Khsach Kandal intake	Mekong 川左岸 Khsach 地区	Khsash Kandal WTP(新設)	100,000	2030	要取得
New Airport City intake	Bassac 川右岸 Saang 地区	New Airport City WTP(新設)	30,000	2030	要取得

*Phase III への取水施設は用地とポンプ施設スペースの確保のみを想定

出典：調査団作成

新規取水施設の立地条件は、Mekong 川を水源とする Bakheng 取水施設や既設 Nirodh 取水施設、Sap 川を水源とする Phum Prek 取水施設、あるいは Bassac 川を水源とする Chamcar Mon 取水施設とほぼ同等であると考えられるため、基本的な設計の考え方はこれらの施設のものを踏襲する。

取水施設の設計に向けて検討すべき事項を下記に示す。

- ・ 施設設置地点の地質・地形条件
- ・ 河川水位の状況（最高水位、最低水位など）に基づく施設設計水位
- ・ 必要浄水量に基づく取水施設規模・諸元
- ・ 取水方式
- ・ 取水施設の配置（レイアウト）
- ・ 護岸・河床保護
- ・ 建設工事コスト
- ・ 取水施設の運転上の制約
- ・ 浄水場との位置関係（距離・高低差）
- ・ 想定される課題（取水障害など）への事前対応策

6-2-1-1 取水施設の場所

6-2-1-1-1 Bakheng Phase III 取水施設

Bakheng Phase III 取水施設は、現在建設中の Phase I および Phase II 取水施設よりも下流側に計画され、PPWSA は、既に約 0.5ha の用地を Mekong 川右岸に確保している（図 6-2-1、図 6-2.2）。Bakheng 浄水場までの距離は約 2.1km である。周辺観測所における過去の実績水位を基に、取水施設の場所における水位条件を求めた結果（上流および下流に位置する観測所水位による比例配分）、候補地点における推定最高水位は 10.81 m AMSL、推定最低水位は 0.33 m AMSL であった。



図 6-2.1 浄水場と取水施設候補地の位置関係（Bakheng Phase III）

出典：調査団作成



図 6-2.2 Bakheng Phase III 取水施設の候補地外観

出典：PPWSA（2020/12/27 撮影）

6-2-1-1-2 Nirodh および Koh Norea 取水施設

Nirodh 地区における Mekong 川の埋立および Koh Norea 造成計画が進行しているため、Nirodh 浄水場の既存取水施設の移設が必要となっている。PPWSA と埋立開発企業との合意によって、既存取水施設は Koh Norea 内の Mekong 川沿いに移設されることが決まっている（図 6-2.3）。Nirodh 取水施設の移設費用は Koh Norea の開発業者によって負担され、そのための用地提供も行われる。移設後の取水施設の詳細（取水方式など）は不明であるが、想定される移設位置は図 6-2.3 に示すとおりである。

将来の水需要量の拡大に備えるため、Nirodh とは別に Koh Norea にも浄水施設が必要となっており、その取水施設および浄水施設は Koh Norea 埋立地に確保される予定である。計画では PPWSA の用地として 2 ha が確保される見通しであるが、施設用地の具体的な場所は決定されていない。



図 6-2.3 Nirodh 取水施設の移設後位置と Koh Norea 取水施設想定位置

出典：PPWSA の資料を元に調査団作成

周辺観測所における過去の実績水位を基に、取水施設の場所における水位条件を求めた結果（上流および下流に位置する観測所水位による比例配分）、Nirodh 取水施設の計画地点における推定最高水位は 9.83 m AMSL、推定最低水位は 0.21 m AMSL であった。

6-2-1-1-3 Ta Mouk 取水施設

Ta Mouk 湖の埋立造成地における PPWSA 所有地約 25 ha が浄水場用地として確保される見通しであり、最も近い水源候補である Sap 川右岸に Ta Mouk 取水施設を建設することが望ましい。用地確保の可能性と排水流入地点などを考慮した Ta Mouk 取水施設の建設候補地点を図 6-2.4 に示す。

Mekong 川との合流地点から約 20 km 上流に位置し、浄水場予定地までは約 8.6 km である。

周辺観測所における過去の実績水位を基に、取水施設の場所における水位条件を求めた結果（上流および下流に位置する観測所水位による比例配分）、Ta Mouk 取水施設の候補地点における推定最高水位は 10.27 m AMSL、推定最低水位は 0.36 m AMSL であった。



図 6-2.4 浄水場と取水施設候補地の位置関係 (Ta Mouk)

出典：調査団作成



図 6-2.5 Ta Mouk 取水施設の候補地外観

出典：調査団 (2021/10/01 撮影)

6-2-1-1-4 Khsach Kandal 取水施設

将来的にプノンペン都に編入される予定となっている Mekong 川右岸（プノンペン都心部の対岸側）Kandal 州内の一部地域向けの上水供給を賄うため、Mekong 川を水源とする取水施設を設置することが望ましい。用地確保の可能性と都市圏からのアクセス性を考慮した Khsach Kandal 地区内の取水候補地点を図 6-2.6 に示す。



図 6-2.6 浄水場と取水施設候補地の位置関係（Khsach Kandal）

出典：調査団作成



図 6-2.7 Khsach Kandal 取水施設の候補地外観

出典：調査団（2021/10/01 撮影）

6-2-1-1-5 New Airport City 取水施設

新空港建設に伴って開発が進むと想定される、新空港周辺地域に給水を行うため、Bassac 川を水源とする取水施設および近接する浄水場を提案する。用地確保の可能性と需要地域への導水距離を考慮した New Airport City 取水施設および浄水場の建設候補地点が立地すべきエリアを図 6-2.8 に示す。取水施設の立地条件として、取水量の安定性の面から Bassac 川左岸側で極度の河岸浸食あるいは土砂堆積の進行がない区間であり、特に河道の曲がりの外側にあたる区間（河岸からの距離に対して横断方向の河床の勾配が比較的大きい、つまり水深が大きい場所）が推奨される。



図 6-2.8 浄水場と取水施設候補地の位置関係（New Airport City）

出典：調査団作成



図 6-2.9 New Airport City 取水施設の候補地外観（Option 1）

出典：調査団作成

6-2-1-2 取水方式の比較

取水方式は、各水源河川の年間の水位変動、施工性、周辺への影響等を総合的に判断して選定する。



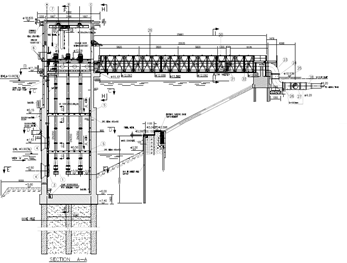
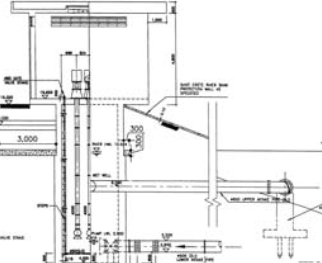
年間の水位変動に着目すると、Mekong 川では 14 m 程度、Sap 川では 8 m 程度まで及ぶこと、また、河川幅や洪水時のリスク等を考慮すると、取水堰や取水門等の構造物を構築することは困難である。

新規取水施設における取水方式は、以下の 4 案を比較検討して提案する。

- ・ 取水塔：現況堤防法線から 50m 程度堤外側の河川内に鉄筋コンクリート製または鋼製の取水塔を建て、塔壁面に設置の取水口から取水し、ポンプ揚水を行う。
- ・ 取水管併用集水堅坑：堤内側から河川側に取水管を伸ばし、堤内側地下に設けた集水堅坑（吸水槽）まで河川水を自然流下で導いてポンプで揚水する。
- ・ 斜置取水管：堤防法面に沿って取水管を川側に伸ばし、斜置の水中ポンプにて取水する。
- ・ 接岸式垂直壁ゲート/取水渠併用方式：護岸に垂直壁ゲートと取水渠からなる構造物を設置、異なる水位に応じて直接河川水を取水、ポンプ揚水を行う。

取水方式の選定における各方式の基本要素を表 6-2.2 に示す。

表 6-2.2 取水方式の特徴整理 (1)

項目	取水塔方式	取水管併用集水堅坑方式
写真 (例)		
模式図 (例)		
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> - 川岸近くに鉄筋コンクリート製または鋼製の取水塔を建て、塔壁面に設置の取水口から取水する。 - 給水塔の形状は円形とする。 - 縦軸ポンプまたは水中ポンプで取水する。 	<ul style="list-style-type: none"> - 堤内側から河川側の護岸を通じて取水管を伸ばし、堤内側地下に設置の集水堅坑（吸水槽）まで河川水を導く。その後、縦軸ポンプまたは水中ポンプで取水する。
取水性能	<ul style="list-style-type: none"> - 2m 以上の水深が確保できれば、大きな水位変動があっても安定取水が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> - 低水位以下に、ポンプ取水に必要な水深を確保した吸水槽の計画が必要となる。

項目	取水塔方式	取水管併用集水堅坑方式
	<ul style="list-style-type: none"> - 特に大量取水の場合に経済的優位性が高い。 - 一般に大河川に用いられる。 	<ul style="list-style-type: none"> - また安定取水のため、吸水槽には排泥ピットが必要である。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> - 管理橋等重量物の搬入が必要となる。 - 水中工事につき、建設時の止水用仮設が必要であるが、基礎地盤が岩盤であることから、止水用の矢板打設が困難。 - 長スパンの管理橋が必要となり、堤防法面部での中間橋脚の設置が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 堤内側に集水堅坑(吸水槽)の構築が必要となる。 - 堤内側の吸水槽および水際までの水平取水管敷設のため、既存堤防内の岩掘削を伴う。 - 孔口処理工等の施工で、一部水中施工を伴う。
環境面	<ul style="list-style-type: none"> - 舟運の妨げとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 堤内地側において、広範囲の開削を伴う。 - 舟運の妨げは無い。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> - 構造物自体は長寿命である。 - 取水ポンプの定期的なメンテナンスが必要となる。 - 塔内の堆積土砂を必要に応じて排砂作業を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> - 取水ポンプの定期的なメンテナンスが必要となる。 - 集水管内のゴミや砂の除去等の維持管理が必要となる。
経済性	中程度	中程度

注: 写真および模式図は取水方式の例

出典: 調査団作成

表 6-2.3 取水方式の特徴整理 (2)

項目	斜置取水管方式	接岸式垂直壁ゲート/取水渠併用方式
写真 (例)		
模式図 (例)		
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> - 堤内側から河川側の堤防法面に沿って取水管を伸ばし、低水位以下に必要な喫水を確保して斜置水中ポンプにて取水を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> - 取水管併用集水堅坑方式において取水管を開渠の構造物に置き換えた構造である。 - 護岸部にコンクリートポンプ室及び集水開渠からなる構造物を構築し、異なる水位に応じて設けた開口部から安定取水を行う。
取水性能	<ul style="list-style-type: none"> - 大きな水位変動に対応可能。 - 低水位 (LWL) から所要の喫水を確保して水中ポンプを設置し、安定取水に配慮する。 - 一般に中量取水に用いられる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 取水管の代わりに開渠となっており、異物除去、清掃等が容易で安定した取水が可能である。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> - 構造物本体や基礎構造は比較的規模を抑制できる。 - 構造物の上下流には、洗掘防止のための護岸構築を行う。 - 取水ピット等の施工で、一部水中施工を伴う。 	<ul style="list-style-type: none"> - コンクリート製開渠で河川水を導水するため、水切工、護岸保護工、施工規模が大きくなる。 - 構造物の上下流には、洗掘防止のための護岸構築を行う。 - 集水渠建設時の水切工が不可欠。
環境面	<ul style="list-style-type: none"> - ポンプ本体が水中にあるため、上屋構造は小規模化が可能。 - 舟運の妨げは無い。 	<ul style="list-style-type: none"> - 取水管併用集水堅坑に比べてコンクリート構造物が大きくなり、周辺環境への影響が生じる。 - 舟運の妨げは無。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> - 取水ポンプの定期的なメンテナンスが必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 集水渠の清掃が容易で維持管理性が高い。 - ポンプ吸水井内のゴミや砂の除去等の維持管理

項目	斜置取水管方式	接岸式垂直壁ゲート/取水渠併用方式
	- ゴミや砂の除去等の維持管理が必要となる。	が必要となる。
経済性	小	取水管併用集水堅坑方式に比べて割高

注：写真および模式図は取水方式の例

出典：調査団作成

取水施設は、将来的に建設される浄水施設の立地条件、取水対象水源、護岸状況、導水時のコスト等を総合的に勘案して決定する必要がある。

一方、今回新設を予定する取水施設の周囲には既存の浄水場や取水施設が存在しており、すでに安定的な運転を行っている実績がある。本検討では、上記の比較検討及び類似施設の事例を基に、推奨される取水形式や構造を以下のように提案する。ただし、設計段階において河川縦断測量、地盤調査等の設計の基礎条件を確認したうえで、望ましい構造を採用する必要がある。

表 6-2.4 推奨される取水方式

項目	Bakheng Phase III Intake	Nirodh Intake Koh Norea Intake	Khsach Kandal Intake	New Airport City Intake	Ta Mouk Intake
水源	Mekong 川			Bassac 川	Sap 川
推奨 方式	取水管併用集水堅坑方式				接岸式垂直壁ゲート /取水渠併用方式
理由	- 集水管式は水位が高くなるに従い集水管の延伸距離を短くできるため、舟運の阻害を最小限に抑えることができる。 同河川で建設された取水施設でも同様の方式が採用されており安定的な運転管理が実現している。				- 舟運が盛んでないため、取水渠を河川内に構築しても支障はない。 - 開渠となるため維持管理が容易である。

出典：調査団作成

6-2-1-3 取水地点の護岸・河床保護

6-2-1-3-1 Bakheng Phase III 取水施設

提案する取水施設候補地点は、ほぼ自然状態に近い河岸であることから、安定した施設整備を実現するために、適切な護岸工・河床保護工を実施すべきである。護岸工としてコンクリート壁、石積みをもルタル充填する。最低水位以下の領域については、河床保護工として石積みを行う。

提案する施工の概略を以下に示す。断面については、Bakheng Phase I および Phase II の取水施設の設計時に調査された結果とほぼ同じ断面であると仮定している。河川断面形状は流れの状況等により局所的に異なるため、設計時点において河川断面測量を実施する必要がある。



図 6-2.10 取水候補地点の河岸状況

出典：PPWSA（2020/12/27 撮影）



図 6-2.11 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（平面、Bakheng Phase III）

出典：調査団作成

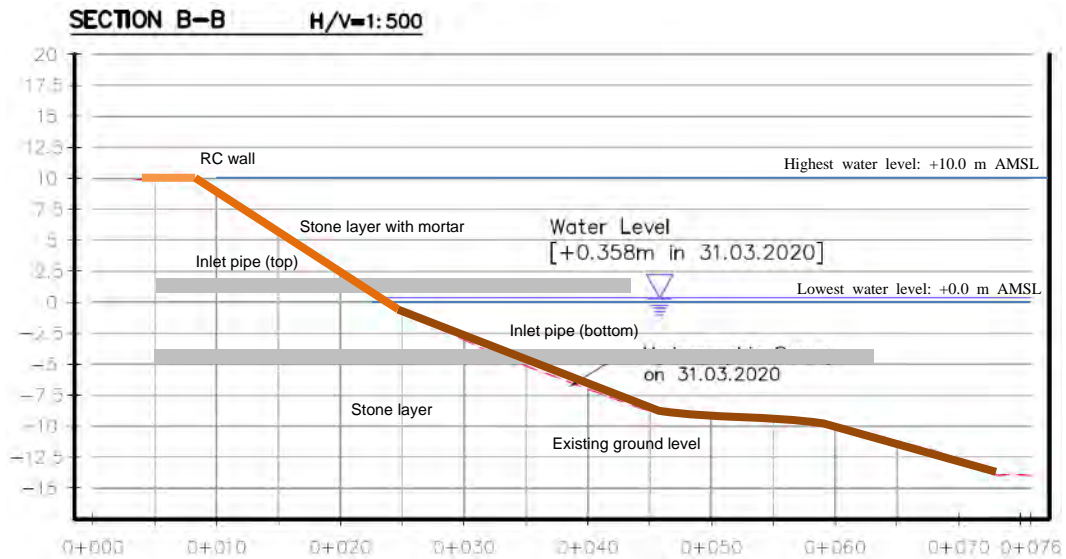


図 6-2.12 取水施設における護岸・河床保護の概略案（断面、Bahkeng Phase III）

出典：JEB Surveys & Engineering（2020）に調査団が追記して作成

6-2-1-3-2 Nirodh および Koh Norea 取水施設

埋立造成地を Mekong 川の流れから保護するために、コンクリート等による護岸が設置されると想定されるが、現状、護岸材質・断面形状等は明確になっていない。Nirodh 取水施設、Koh Norea 取水施設共に Koh Norea の護岸堤内地に建設されると想定されるため、取水施設の護岸工は Koh Norea の護岸に合わせた整備を行う必要がある。現時点で護岸堤防の詳細が不明であるため、必要に応じてコンクリートおよびモルタル充填した石積みにより護岸工を検討することが望ましい。また、最低水位以下の領域については、河床保護工として石積みを行う。



図 6-2.13 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（平面、Nirodh Phase III および Koh Norea）

出典：調査団作成

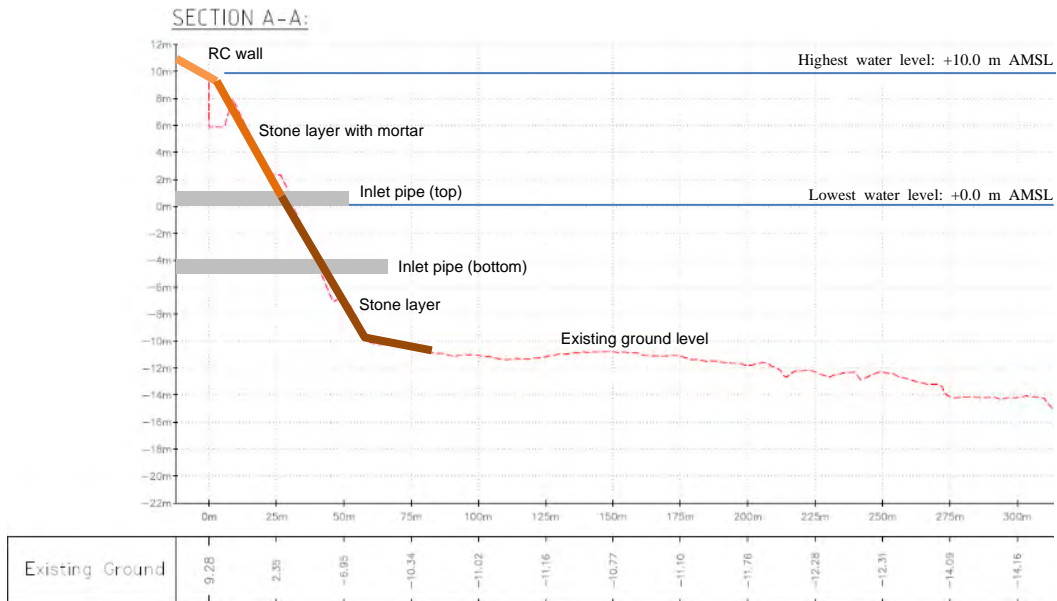


図 6-2.14 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（断面、Nirodh Phase III および Koh Norea）

出典：JEB Survey and Engineering に調査団が追記

下図に示した参考文献によれば、Mekong 川の Nirodh 地区付近は、埋立前には河床洗堀が進行して

いた場所とされている（図 6-2.15）。今後の埋立により流れが変わり、対岸を含めたこの周辺の洗掘・河岸浸食・堆積状況に変化が生じる可能性が極めて高いことから、護岸工・河床保護工の検討において、浸食対策を十分に考慮しなければならない。

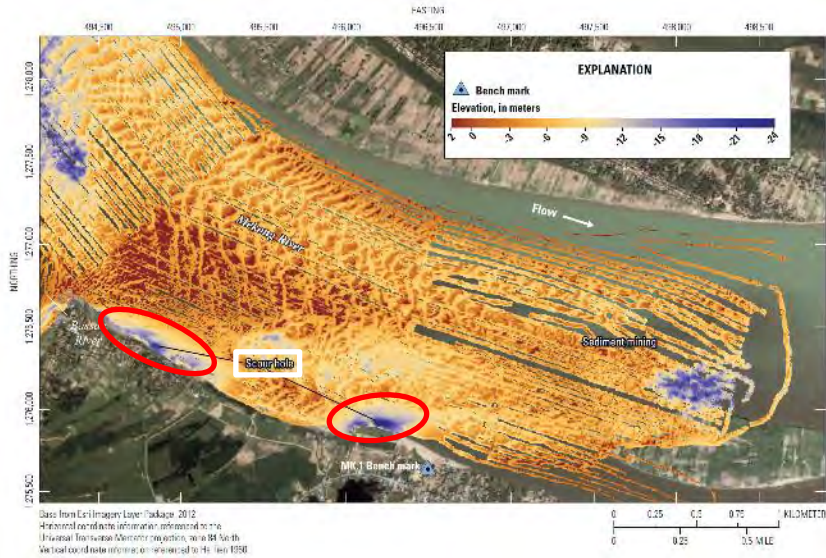


図 6-2.15 埋立以前の Mekong 川河道断面の状況

出典：USGS, Hydrographic Survey of Chaktomuk, the Confluence of the Mekong, Tonlé Sap, and Bassac Rivers near Phnom Penh, Cambodia, 2012

6-2-1-3-3 Ta Mouk 取水施設

Ta Mouk 取水施設は、Mekong 川合流部から上流約 21km に位置する Sap 川右岸を候補地として提案する。Ta Mouk 取水施設の候補地点付近の河道断面・水深測量結果は利用可能ではなかったため、断面および水深測量結果は Phum Prek 取水施設に関する調査結果を参考とした。Phum Prek 取水施設は Ta Mouk 取水施設候補地点より 18 km 程下流に位置しているが、現時点では河川断面が類似していると仮定した。



図 6-2.16 取水候補地点の河岸状況 (Ta Mouk)

出典：PPWSA (2021/10/01 撮影)



図 6-2.17 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案 (平面、Ta Mouk)

出典：調査団作成

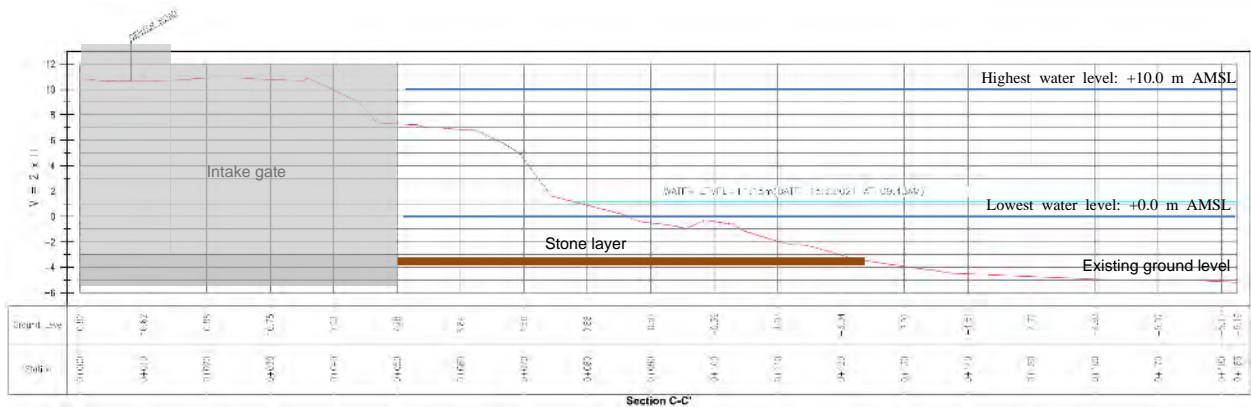


図 6-2.18 取水候補地点の護岸・河床保護の概略案（断面、Ta Mouk）

出典：Cam E.S., Topographical Survey Report に調査団が追記

6-2-1-3-4 Khsach Kandal 取水施設

Khsach Kandal 取水施設の候補地点は、3川合流部から約5 km 上流の Mekong 川左岸に位置しており、左岸側に比べて開発が進んでいない。河岸はほぼ自然状態となっており、護岸整備はされていない。左岸側の河道断面および河床状況は不明であり、河川横断測量や地盤調査などを実施した上で望ましい構造となるように護岸工、河床保護工を検討すべきである。

6-2-1-3-5 New Airport City 取水施設

New Airport City 取水施設の候補地点近辺の Bassac 川右岸側の河道断面および河床状況は不明である。河岸はほぼ自然状態となっており、護岸整備はされていない。河川横断測量や地盤調査などを実施した上で望ましい構造となるように護岸工、河床保護工を検討すべきである。

6-2-1-4 取水施設の諸元

第5章における各水源候補地点の立地、自然状況（河岸、水位、流量等）を考慮し、また既存および建設中の取水施設との規模類似性も参考として、各地点の取水施設の諸元を整理した。

仕様において定義すべき主な取水施設の運転上の制約は次のとおりである。

- ・ 大きなゴミの侵入を防ぐための取水管先端部への保護装置の設置
- ・ プラスチックやゴム製のゴミの侵入を防ぐための自動除去装置付スクリーンの設置
- ・ 導水管内の圧力損失を考慮したポンプ規模の設定
- ・ ポンプの維持管理時にも取水容量の50%で運転可能とするため、ポンプ吸水井を2槽に分割
- ・ 立型射流ポンプを採用する場合は、異物が混入してもインペラーが損傷しないよう、吸込口の形状をオープンまたはセミオープンタイプとする。
- ・ 集水後のポンプ吸水井底部に堆積した土砂を適切に除去できる排泥機能を有すること。
- ・ ポンプ設備の設置、移設用のホイストクレーンを常設する。
- ・ 換気は十分に大きくし、特に電気設備は隣接する別の建物内に設置。熱源を別にするため、VFDを設置する。これにより同一室内から容易に複数のポンプを制御可能。
- ・ 省コスト対策としてポンプ室内や場内管理用の照明には太陽光発電による給電を行う。
- ・ 設計水位 HWL は既往最大水位（施設設置地点での推定値）に対応するものとする。気候変動および上流ダム開発・運用の影響により年最高水位は低下（平均）するとされているが、最大の予測では年最高水位が増大（現状比）する年もあることが示されており、特に電気機械設備に対する浸水対策（機器設置高の確保など）を取ることに留意する。

6-2-1-4-1 Bakheng Phase III 取水施設

Bakheng 浄水場 Phase III に対応する新規取水施設のコンポーネント案を表 6-2.5 に示す。

表 6-2.5 新規取水施設（Bakheng Phase III）の主要なコンポーネント案

項目	内容
取水形式	取水管併用集水堅坑
建設予定年次	躯体: 2027 年 ポンプ設備: 2027 年 (Phase III)
設計取水量	204,750 m ³ /日 (計画浄水量 195,000 m ³ /日に浄水ロス 5%を考慮)
設計水位	HWL: +10.80 m, LWL: +0.30 m (想定値)
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル 鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=2,200 m ³ /時 (1 台当り)
ポンプ台数	6 台 (常時運転 4 台、スタンバイ 2 台)
取水開口部	2 箇所 (高水位用、低水位用)、電動開閉式角型ゲート付 取水用延伸管呼径 1600×2 本
付帯設備	電動式ホイストクレーン (6 ton)、水位計

出典：調査団作成

6-2-1-4-2 Nirodh および Koh Norea 取水施設

Nirodh 浄水場 Phase III に対応する取水は、現在移設が計画されている既設 Nirodh 浄水場（Phase I および II）の取水施設建設時に併せて必要量が確保されることになっている。Koh Norea 浄水施設に対応する新規取水施設のコンポーネント案を表 6-2.6 に示す。

表 6-2.6 新規取水施設（Koh Norea）の主要なコンポーネント案

項目	内容
取水形式	取水管併用集水堅坑
建設予定年次	躯体: 2029 年 ポンプ設備: 2029 年
設計取水量	157,500 m ³ /日 (計画浄水量 150,000 m ³ /日に浄水ロス 5%を考慮)
設計水位	HWL: +10.000 m, LWL: +0.000 m
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=1,650m ³ /時 (1 台当り)
ポンプ台数	6 台 (常時運転 4 台、スタンバイ 2 台)
取水開口部	2 箇所 (高水位用、低水位用)、電動開閉式角型ゲート付 取水用延伸管呼径 1600×2 本
付帯設備	電動式ホイストクレーン (6 ton)、水位計

出典：調査団作成

6-2-1-4-3 Ta Mouk 取水施設

Ta Mouk 浄水場に対応する新規取水施設のコンポーネント案を表 6-2.7 に示す。

表 6-2.7 新規取水施設（Ta Mouk）の主要なコンポーネント案

項目	内容
取水形式	接岸式垂直壁ゲート/取水渠併用方式
建設予定年次	躯体: 2030 年 ポンプ設備: 2030 年 (Phase I) および 2031 年 (Phase II)
設計取水量	420,000 m ³ /日 (210,000 m ³ /日 × 2 期) (計画浄水量 200,000 m ³ /日に浄水ロス 5%を考慮、)
設計水位	HWL: +10.200 m, LWL: +0.300 m
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=2,200 m ³ /時 (1 台当り)
ポンプ台数	Phase I : 6 台 (常時運転 4 台、スタンバイ 2 台) Phase II : 6 台 (常時運転 4 台、スタンバイ 2 台)
取水開口部	3 箇所 (高水位用、中水位用、低水位用) × 2 槽 × 2 基 (Phase I 及び Phase II) 電動開閉式角型ゲート付
付帯設備	電動式ホイストクレーン (6 ton)、水位計

出典：調査団作成

6-2-1-4-4 Khsach Kandal 取水施設

Khsach Kandal 浄水場に対応する新規取水施設のコンポーネント案を表 6-2.8 に示す。

表 6-2.8 新規取水施設（Khsach Kandal）の主要なコンポーネント案

項目	内容
取水形式	取水管併用集水堅坑
建設予定年次	躯体: 2030 年 ポンプ設備: 2030 年
設計取水量	105,000 m ³ /日 (計画浄水量 100,000 m ³ /日に浄水ロス 5%を考慮)
設計水位	設計時点で検討
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル鋳鉄管 呼径 500 mm
ポンプ能力	Q=1,100m ³ /時 (1 台当り)
ポンプ台数	6 台 (常時運転 4 台、スタンバイ 2 台)
取水開口部	2 箇所 (高水位用、低水位用)、電動開閉式角型ゲート付 取水用延伸管呼径 1600 mm × 1 本
付帯設備	電動式ホイストクレーン(6 ton)、水位計

出典：調査団作成

6-2-1-4-5 New Airport City 取水施設

New Airport City 浄水場に対応する新規取水施設のコンポーネント案を表 6-2.9 に示す。

表 6-2.9 新規取水施設（New Airport City）の主要なコンポーネント案

項目	内容
取水形式	取水管併用集水堅坑
建設予定年次	躯体: 2030 年 ポンプ設備: 2030 年
設計取水量	31,500 m ³ /日 (計画浄水量 30,000 m ³ /日に浄水ロス 5%を考慮)
設計水位	設計時点で検討
ポンプ形式	立型斜流ポンプ
吸込管	ダクタイル鋳鉄管 呼径 250 mm
ポンプ能力	Q=450m ³ /時 (1 台当り)
ポンプ台数	4 台 (常時運転 3 台、スタンバイ 1 台)
取水開口部	2 箇所 (高水位用、低水位用)、電動開閉式角型ゲート付 取水用延伸管呼径 1600 mm × 1 本
付帯設備	電動式ホイストクレーン(6 ton)、水位計

出典：調査団作成

6-2-1-5 取水施設の課題への対応

既設の取水施設において、取水管等への貝類付着が問題となっており、取水障害発生の可能性がある。現状、関連会社から対策提案はなく（PPWSA から聞き取り）、新規建設取水施設においては将来発生すると想定されるこのような問題への対策を事前に見込んだ計画・設計が必要である。

Nirodh 及び Chamcar Mon 取水施設の職員によると、貝類が取水管内部および堅坑の壁面等に付着・増殖しているおり、下に示すように年に 1 回の除去清掃を実施しており、施設管理上の負担となっている（Nirodh 取水施設）。

- ・ 頻度：年に 1 回（ただし、状況に応じて年 2 回のこともある）
- ・ 時期：乾季
- ・ 人員：10 人程度で作業

- ・ 時間：4～5 時間程度（午後 9 時に開始し、午前 4 か 5 時くらいまでの作業）
- ・ 方法：ポンプを停止して堅坑に入り、人力で除去・回収、外部へ搬出
- ・ 付着貝類：全長 2 cm 程度であり、それ以上は成長しない（図 6-2.19）



図 6-2.19 Nirodh 取水施設の堅坑内に固着していた貝類

出典：調査団作成

日本においても同様の貝類(カワヒバリガイ)付着の問題が主に農業水利施設において生じており、取るべき対策がまとめられている。PPWSA の施設でみられるものが同種の貝であるかどうかは詳細な調査を経ないと分からないが、カワヒバリガイとよく似た特性を持つことから、防除手法に関する知見が有用であると考えられる。

表 6-2.10 カワヒバリガイの特性まとめ

項目	特性
和名	カワヒバリガイ
学名	<i>Limnoperna fortunei</i>
英名	Golden Mussel
分類	軟体動物門二枚貝綱いがい目いがい科カワヒバリガイ属
原産地	東アジアから東南アジア
生息地	関西・東海・関東
大きさ	殻長 2～3cm
寿命	日本では 2～3 年
餌	浮遊懸濁物(植物プランクトン等)
繁殖期	水温が 21℃を超える頃(日本では、6 月～9 月ぐらい)
生息場所	淡水域(塩分耐性が低いため、汽水域では分布がみられない)。足糸という繊維状物質を分泌して付着基盤(コンクリート・岩・石等)に固着する。
捕食者	日本では、ニゴイやコイ等のコイ科の魚類、ブルーギル(特定外来生物)等。
備考	特定外来生物。汽水域に生息するコウロエンカワヒバリガイと形態的には類似しているが、遺伝的には大きく異なり、殻の内面の筋痕等で区別される。

出典：農林水産省農村振興局農村環境課農村環境対策室、カワヒバリガイ被害対策マニュアル (2013)

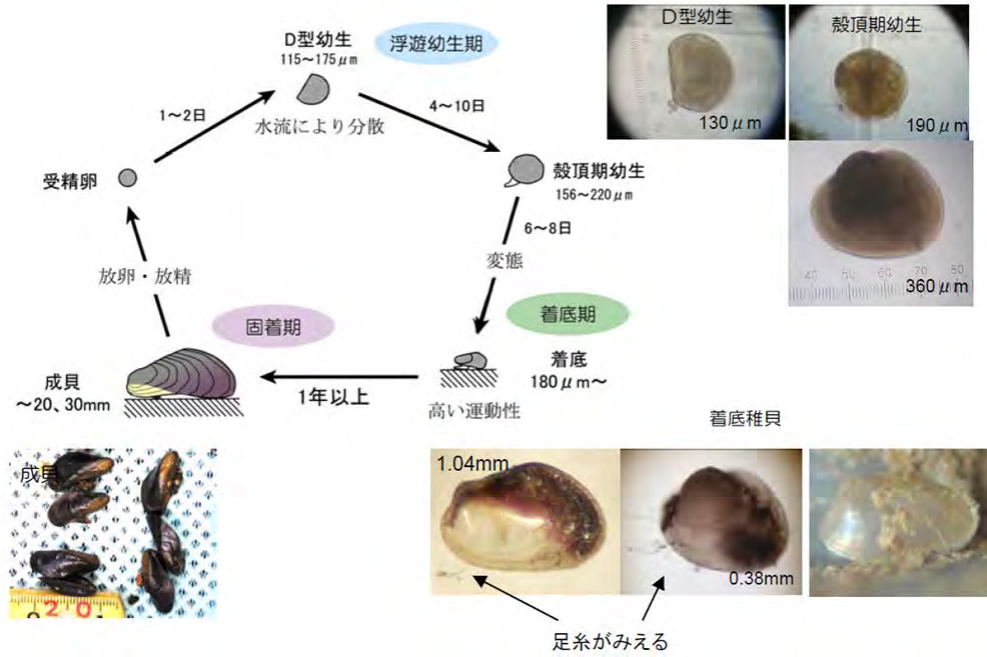


図 6-2.20 カワヒバリガイの生活史概略（日本での場合）

出典：農林水産省農村振興局農村環境課農村環境対策室、カワヒバリガイ被害対策マニュアル（2013）

日本の事例では、貝の固着特性は表 6-2.11 のように整理されており（日本での被害は主に農業水利施設において発生している）、水道用原水取水施設では吸水槽や取水管内の継ぎ目などに固着が進む可能性がある。取水施設では下記のような場所が構造上、貝類の固着しやすい箇所であると推測される。

表 6-2.11 貝類の固着場所

固着特性	取水施設での該当箇所
浮遊幼生期の個体が流入、着底 好ましい場所を選択しながら移動・集団化 固着する環境 - 接触面の多い環境 - 暗い環境 - 流速が小さい部分、流れの裏側 (温暖な場所では)年に複数回繁殖(幼生が常に存在) 2~3年間の固着期の後に死滅 死貝による閉塞・流通阻害も発生の可能性あり	集水坑内壁面や水路の隅 - 吸水槽内壁面・底面 - 集水渠内壁面・底面 壁面や管路の継ぎ目 - 取水管内 - 導水管内

出典：農林水産省農村振興局農村環境課農村環境対策室、カワヒバリガイ被害対策マニュアル（2013）

実際の固着特性に応じて、また特に時期的な特性を調査した上で、当地における固着貝類の防除手法の検討を行う。貝類の固着量を抑制するとともに、管理負担を低減する対策を取る必要がある。適用性の検証が必要であり、貝類の生活史、施工性、周辺環境への影響、対策後の維持管理等について十分に調査する。固着貝類の主な防除手法を表 6-2.12 に示す。取水施設の特長や適用可能性を考えると、「塩素注入による処理」により固着貝類を殺処分し、「人力による物理的除去」を組み合わせることが現実的かつ比較的lowコストであると考えられる。現状では、閉塞を招くような極端な貝類固着・集積には至っていないが、適切な頻度でモニタリングを実施して貝類固着が進行しているかどうかを確認すべきである。

表 6-2.12 固着貝類の防除手法

種別	対策	概要	水道施設への適用性
予防・防止 貝類の着底を防ぐ方法	固着阻害資材の使用	ライニング工事、シリコン系塗料の塗布や配管素材(例えば、銅)への転換	△
	トラップによる除去	幼生時の貝類をトラップで捕捉	△
除去・抑制 貝類の着底後に取り除く(成長する前)方法	塩素注入による処理 温水による処理	施設内部の固着、浮遊貝類の殺処理	○
	干出し	水面を下げ、付着貝類を乾燥状態にする(その後、除去作業が必要)	△
	物理的除去	主に人力により物理的にそぎ落とす(スクレーパーなど)	×

出典：調査団作成

6-2-1-6 取水施設に関する提案

増大するプノンペン都の水需要に対応するために PPWSA が 2030 年までに整備すべき上水道施設のうち、取水施設に関する提案を表 6-2.13 に整理した。

表 6-2.13 取水施設に関する提案概要

取水施設名称	取水施設の立地	浄水施設	計画取水量 (m ³ /日)	用地 (ha)	取水方式	浄水場までの距離 (km)	建設完了年	備考
Bakheng 3	Mekong 川右岸 Bakheng 地区	Bakheng Phase III	204,750	0.5	取水管併用 集水竪坑	2.1	2027	PPWSA 所有 地への新設
Nirodh	Mekong 川右岸 Nirodh 地区 Koh Norea 内	Nirodh Phase III	136,500	未定	不明	2.8	2029	既存施設の移 設時に併せて 整備
Koh Norea		Koh Norea	157,500	2.0	取水管併用 集水竪坑	同一敷 地内	2029	取水・浄水施 設の一体整備
Ta Mouk	Sap 川右岸 Preak Prov 地区	Ta Mouk Phase I	210,000	0.5	接岸式垂直 壁ゲート/取 水渠併用方 式	8.3	2030	用地取得必要 1、2 期分を併 せて整備
		Ta Mouk Phase II	210,000				2031	
Khsach Kandal	Mekong 川左岸 Khsach 地区	Khsach Kandal	105,000	0.4	取水管併用 集水竪坑	0.5	2030	取水・浄水施 設の一体整備
New Airport City	Bassac 川右岸 Saang 地区	New Airport City	31,500	0.3 ~ 0.55	取水管併用 集水竪坑	0.45~ 0.75	2030	取水・浄水施 設の一体整備

注：浄水ロスを 5%と想定して計画取水量を算定した。

出典：調査団作成

6-2-2 導水管施設

2030年までの予定されている増設・新規浄水施設とその増設・新規取水施設の一覧を表 6-2.14 に示す。

表 6-2.14 増設・新規水源/取水場と浄水施設との一覧

浄水場	期		予定竣工年	計画浄水量 (m ³ /日)	水源
Bakheng	増設	第3期	2027	195,000	メコン川
Nirodh	増設	第3期	2029	130,000	メコン川
Koh Norea	新設	全期	2029	150,000	メコン川
Ta Mouk	新設	Phase I	2030	200,000	サップ川
New Airport City	新設	全期	2030	30,000	バサック川
Khsach Kandal	新設	全期	2030	100,000	バサック川
Ta Mouk	増設	Phase II	Future	200,000	サップ川

出典：調査団作成

新規および増設対象浄水施設は、表 6-2.15 のような原水導水管が必要となる。

表 6-2.15 導水施設の一覧

浄水場	規模 (m ³ /日)	取水予定地	浄水場予定地	導水管ルート
Bakheng III 増設	増設 195,000 合計 585,000	メコン川 Preak Lieb 地区	Bakheng I&II 隣接地	国道 6 号線 Ly Yongphat St.
Nirotdh III 増設	増設 130,000 合計 390,000	メコン川 Koh Norea 地区	Nirotdh I&II 隣接地	国道 1 号線
Koh Norea 新設	新設 150,000	メコン川 Koh Norea 地区	Koh Norea 地区	Koh Norea 島内幹線道路
Ta Mouk I 新設	新設 400,000 (Phase I & II 分を併せて同 時に敷設)	サップ川沿い Sangkat Samraong 地区	Ta Mouk 地区	国道 5 号線 国道 130 号線
Kasach Kandal 新設	新設 100,000	メコン川 Kasach Kandal 地区	Kasak Kandal 地区	取水場は浄水場と同一地 点となり極短距離となる
New Airport City 新設	新設 30,000	バサック川沿い Setboou 地区	Kandal 州タクマウ 市の南部	未定

出典：調査団作成

6-2-2-1 導水管敷設ルートと導水管口径

導水管敷設ルートを表 6-2.16 に示す。

表 6-2.16 導水管敷設ルート

浄水場	導水管ルート	導水管概要と特徴
Bakheng III		<p>管種:ダクタイル鋳鉄管 管径:1,500 mm 送水管延長:1.9 km ルートの特徴: 交通量が多い国道 6 号線に敷設する</p>
Nirodh I & II & III		<p>管種:ダクタイル鋳鉄管 管径:1,100 mm 送水管延長:2.66 km ルートの特徴: 交通量が多い国道 1 号線に敷設する 既設管に併設する必要がある</p>
Koh Norea		<p>管種:ダクタイル鋳鉄管 管径:1,350 mm 送水管延長:約 1.0 km ルートの特徴: メコン川沿い道路に敷設する</p>

浄水場	導水管ルート	導水管概要と特徴
Ta Mouk I & II		管種:ダクタイル鋳鉄管 管径:2,000 mm 送水管延長:7.76 km ルートの特徴: 交通量が多い国道 6 号線に横断して敷設する その後、細い道路に敷設する必要がある
New Airport City		取水場と浄水場は隣接するため考慮せず
Khsach Kandal		取水場と浄水場は隣接するため考慮せず

出典：調査団作成

6-2-2-2 導水管の口径・管種

6-2-2-2-1 導水管の口径選定

ポンプ圧送管の口径は、流速 1～3 m/秒の範囲内とする。

6-2-2-2-2 管材質の選定

管材質としては鋼管およびダクタイル鋳鉄管が挙げられる。

導水管は重要な施設の一つであり求められる強度および耐久性から、HDPE 管は採用せず、鋼管とダクタイル鋳鉄管を比較する。管材質の比較を表 6-2.17 に示す。鋼管とダクタイル鋳鉄管を比較の結果、工事費がやや高価ではあるが、耐久性、施工性で優れ、比較優位で有利なダクタイル鋳鉄管を推奨する。しかしながら、鉄の材料価格は常に変化するため、材質の決定は詳細設計時のコスト分析および工法の検討の後に決定されるべきである。

表 6-2.17 管材質の比較

項目	鋼管 (SP)	ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)	比較評価
強度	管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強	管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃	同等

	い。	に強い。	
耐久性	耐久性がある。	より耐久性がある。	DCIP が有利
施工性	溶接継手は、専門技術が必要。	施工性が良い。	DCIP が有利
工事単価 (直接工事費)	やや安価	やや高価	SP が有利
推奨	施工性は劣るが、価格がダクタイル鋳鉄より管安く、比較優位の面で有利。	単価が高く、比較優位の面で不利。	DCIP が有利

出典：調査団作成

6-2-3 浄水施設

6-2-3-1 浄水施設の計画方針

浄水施設の計画に向けて検討すべき事項を検討した。

- ・ 浄水施設の場所、用地
- ・ 浄水施設規模
- ・ 浄水施設・汚泥処理施設の概要
- ・ 浄水施設・汚泥処理施設の施設計画
- ・ 浄水施設の配置計画

6-2-3-2 浄水施設予定地

浄水施設を計画するにあたり、既存 Nirotdh 浄水場、建設中 Bakheng 浄水場、JICA 無償資金協力による計画が進行中である Ta Kumao 浄水場、Phum Prek 浄水場、今後新規浄水場建設予定の Koh Norea 浄水場、Ta Mouk 浄水場、Khsach Kandal 浄水場、New Airport City 浄水場を以下の図に示す。

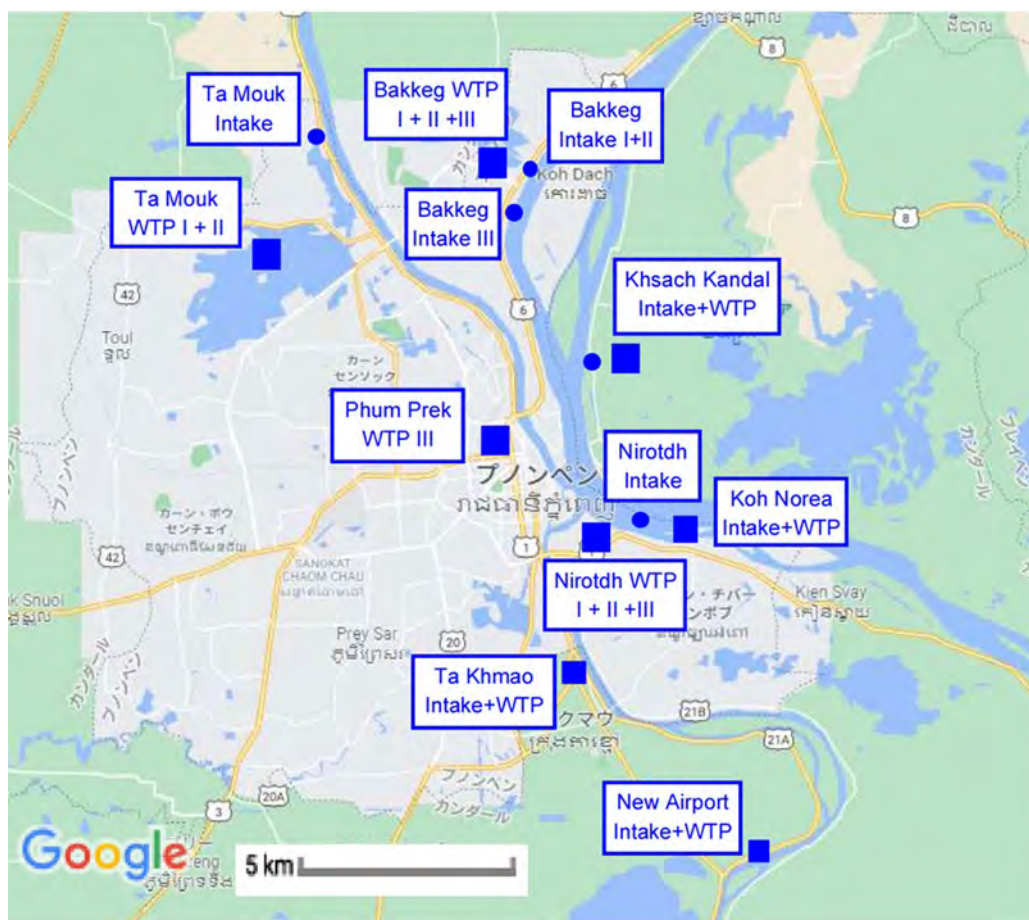


図 6-2.21 浄水場施設計画位置図

出典：調査団作成

6-2-3-3 浄水施設規模

2031年までの予定・計画されている建設中、増設・新規浄水施設の一覧を表 6-2.18 に示す。

表 6-2.18 増設・新規浄水施設の一覧

浄水場	期	予定竣工年	計画浄水量 (m ³ /日)	処理方式
Immediate Period				
Bakheng	Phase I	2023	195,000	凝集沈殿・ろ過 ---
Bakheng	Phase II	2023	195,000	凝集沈殿・ろ過 ---
Intermediate Period				
Ta Khmao	全期	2024	30,000	凝集沈殿・ろ過 ---
Phum Prek	Phase III	2026	45,000	凝集沈殿・ろ過 ---
Bakheng	Phase III	2027	195,000	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
Ultimate Period				
Nirotdh	Phase III	2029	130,000	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
Koh Norea	全期	2029	150,000	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
Ta Mouk	Phase I	2030	200,000	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
Khsach Kandal	全期	2030	1000,00	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
New Airport City	全期	2030	30,000	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
Phum Prek	Phase I 改築	2031	(100,000)	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
Ta Mouk	Phase II	2031	200,000	凝集沈殿・ろ過 重力濃縮・機械脱水
合計			1,270,000	

出典：調査団作成

浄水施設の計画に向けて、さらに下記事項検討した。

- ・ 浄水施設・汚泥処理施設の概要
- ・ 浄水施設・汚泥処理施設の諸元施設計画
- ・ 浄水施設の配置計画

6-2-3-4 浄水施設の浄水・汚泥処理方式

浄水処理の対応技術は、濁度、藻類、微生物など不溶解性成分と異臭味、色度、有機物、消毒副生成物、無機物などの溶解成分とに分けられる。水質試験結果から、河川水源の浄水処理プロセスとして最も一般的である「凝集＋沈澱＋急速ろ過」方式を採用する。

凝集剤や pH 調整剤等の薬品注入量は、詳細設計においてジャーテスト等を行った上で決定する必要がある。ここでは計画のために、既存施設で凝集剤として一般的に使用されている PAC を採用し、配水管網内の殺菌のために消毒剤として塩素もしくは次亜塩素酸ナトリウムを採用する。さらに、浄水処理プロセス内に 3 段階の塩素注入を計画する。これは原水中の鉄／マンガン濃度が高い場合や、凝集プロセスにおいて効率的に除去できない場合に備えて導入する。下図に浄水場の浄水プロセスを示す。

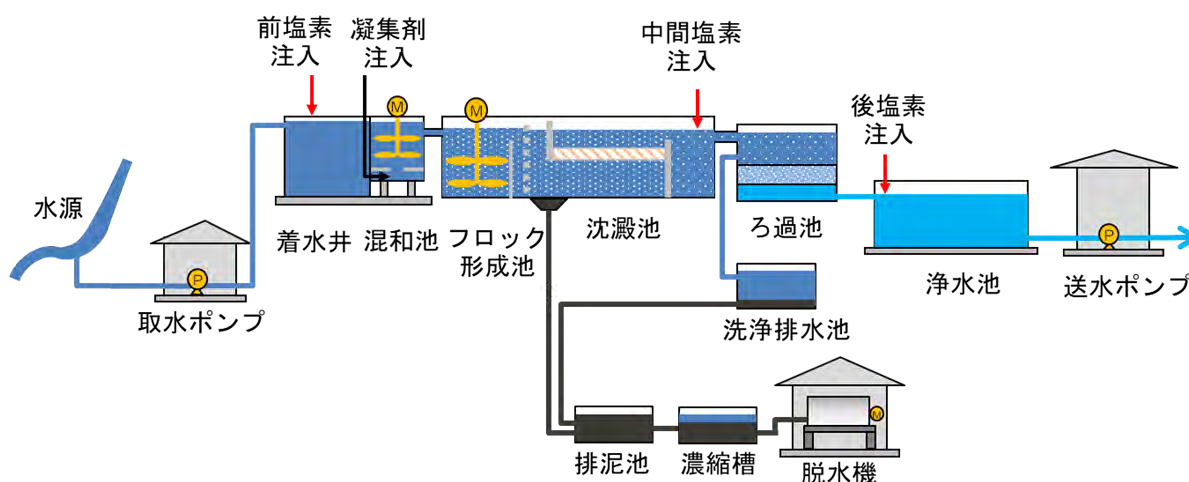


図 6-2.22 浄水処理プロセス

出典：調査団作成

6-2-3-4-1 浄水設備

(1) 着水井及び混和池

原水は取水ポンプを経て着水井へ送られて、着水井は原水量調整のために設置し、前塩素を注入する。着水井と沈澱池の間には混和池が設けられて、凝集剤を注入する。河川水の原水濁度はなお高く、これらの高濁度原水を低注入量の凝集剤で処理するには、ジャーテストの結果から、確実な混合が必

要であるため実績の多い、水流式もしくは機械攪拌方式を採用する。

1) 設計条件

- ・ 滞留時間： 1～5 分以上

参考:水道施設設計指針 2012(厚生労働省)

2) 設備諸元

- ・ 着水井：鉄筋コンクリート製
- ・ 混和池：鉄筋コンクリート製
- ・ 付帯設備：フラッシュミキサー、越流堰、凝集剤/塩素の注入点

(2) フロック形成池

フロック形成池は、混和池で生成された微小フロックを穏やかに攪拌し大きく成長させ、後段の沈澱池で効率的に沈降分離させる目的で設置する。

ロック形成には、自然流下方式である上下水平迂流式のフロック形成池と機械攪拌方式があるが、現地で多く採用されており、確実な混合が必要であるため機械攪拌方式を採用する。沈澱池への流入は下部より上向流にて流入させる。

1) 設計条件

- ・ 滞留時間： 20～40 分以上

参考:水道施設設計指針 2012(厚生労働省)

2) 設備諸元

- ・ フロック形成池：鉄筋コンクリート製
- ・ 攪拌方式：機械攪拌式
- ・ 付帯設備：縦型攪拌装置

(3) 沈澱池

沈澱池は、フロック形成池で生成された大きなフロックを沈降分離する目的で設置される。沈澱池の一般的な沈澱方式としては、高速凝集沈澱池、横流式沈澱池、水平流式傾斜板沈澱池、上向流式傾斜管沈澱池に大別される。

傾斜板沈澱池及び傾斜管沈澱池は原水の濁度変動に対して有利である。そのうち、傾斜板沈澱池は濁質が傾斜板に付着するため、定期的な維持管理を要し、それを怠ると板の落下の危険性がある。従って、設置面積が小さい上向流式傾斜管方式を採用する。現地既存施設でも、同方式は多く採用され

ている。

傾斜管は、フロックの沈降を促進させて沈殿池の表面積を小さくする目的で設置する。沈殿池の底に沈殿する汚泥は、複数設置されている排泥ピットに集められて定期的な排泥弁の開閉により沈殿池外へ排出する。

1) 設計条件

- ・ 滞留時間：1 時間以上
- ・ 平均流速：0.4 m/分
- ・ 平均上昇流速：80 mm/分以下
- ・ 表面負荷率：7～14 mm/分以下

参考:水道施設設計指針 2012(厚生労働省)

2) 設備条件

- ・ 沈殿池：鉄筋コンクリート製上向流式傾斜管
- ・ 排泥弁：タイマー制御式・自動偏心弁
- ・ 付帯設備：傾斜管設備、阻流設備、集水トラフ、排泥設備（弁・管）

高速凝集沈殿池は、凝集沈殿の効率を向上させることを目的とし、既存スラリーを利用し機械式もしくは脈動式攪拌装置でフロック形成を行い、その後、上昇水流で上澄水と下降するスラリーを分離する。スラッジを排除しやすいよう回転式スラッジ掻寄機を設置していることも多い。

3) 設計条件

- ・ 滞留時間： 1.5～2.0 時間

参考:水道施設設計指針 2012(厚生労働省)

4) 設備諸元

- ・ フロック形成池： 鉄筋コンクリート製
- ・ 攪拌方式： 縦型攪拌装置、もしくは脈動装置
- ・ 付帯設備： 回転式汚泥掻寄機

(4) ろ過池

急速ろ過池は、沈殿池で除去されなかった微フロックを、砂層等のろ材で捕捉する。ろ過層には単層ろ過（珪砂）とアンスラサイトと砂の2層ろ過があるが、現地で広く採用されている層厚 1000 mm 程度の単層ろ過（珪砂）を採用する。

洗浄方式は、逆流洗浄＋表面洗浄方式および逆流洗浄＋空気洗浄方式があるが、層厚 1000 mm 程度の単層ろ過（珪砂）に適した逆流洗浄＋空気洗浄方式を採用する。

1) 設計条件

- ・ ろ過速度： 200 m/日未満
- ・ 単層急速ろ過

2) 設備諸元

- ・ ろ過池：鉄筋コンクリート製
- ・ ろ材（単層ろ過）：単層珪砂 層厚約 1000 mm、均等係数 1.7 mm 以下
- ・ 洗浄方式：逆流洗浄＋空気洗浄方式
- ・ 付帯設備：逆洗設備（ポンプ）、空洗設備（ブロワ）、下部集水装置（有孔ブロック）、排水トラフ、排水管、流入・流出・排水弁（電動弁）

(5) 浄水池

基本的には、浄水量と送水量は同量である。しかしながら、2つの流量が異なる場合があり、浄水池はその水量調整のために設置される。必要容量は、日本の設計指針では一日最大送水量の1時間分以上を推奨している。後塩素注入には、ろ過池流出部に注入し、流出部の水流と浄水池への配管で勘合する場合と浄水池に1ヶ所後塩素の注入点を設けて、水平迂流式の迂流壁を池内に設けるものがある。

1) 設計条件

- ・ 滞留時間： 1 時間以上
- ・ 混和方式：水平迂流式

参考:水道施設設計指針 2012(厚生労働省)

2) 設備諸元

- ・ 寸法：鉄筋コンクリート製
- ・ 付帯設備：後塩素注入点、水位計、越流管、排水設備（管・弁）、ベンチレータ

(6) 凝集剤・アルカリ剤注入設備

浄水場の凝集過程に使用される凝集剤は、一般的に硫酸バンドやポリ塩化アルミニウム(PAC、ACH)である。ポリ塩化アルミニウムは、硫酸バンドと比較すると凝集適用範囲が広く、水質変動に対して扱いやすい。PPWSAでは2013年以降硫酸バンドからPACへと変更した。それに伴い、アルカリ剤

消石灰の使用をする機会はなくなった。粉末 PAC を既存浄水場にて使用しており、既設と同方式とし、溶解タンク・貯留タンク及び注入ポンプを設置する。

(7) 塩素注入設備

水道水質の安全性を保つために、浄水場に塩素消毒設備を設ける。さらに、鉄・マンガン除去を考慮して3段階の塩素注入ステップを適用する。塩素の注入点とその目的は以下の通りである。

- ・ 前塩素：藻類の繁殖を抑制、及び原水中の鉄マンガンの除去を目的として最低限の注入率とする。
- ・ 中間塩素：鉄マンガンの除去、及び灌漑水路が生活排水やし尿排水等による汚染に備えて、前塩素の代替として使用する。
- ・ 後塩素：配水管路内への汚水流入に備え残留塩素を確保する。

一般的に大規模浄水場で使用されている塩素消毒に使用する薬品は、液化塩素、次亜塩素酸ナトリウムである。いずれの薬品の外部から調達する場合が多い。次亜塩素酸ナトリウムは浄水場で生成することが可能であるが、生成装置の運転維持管理の困難さ、生成コストが高いことから、外部から購入することが好ましい。しかしながら、外部から購入できない状況が発生するリスク等を勘案し、現在は MISTI 及び PPWSA の方針から次亜塩素酸ナトリウムをオンサイトで生成する方針となっている。

表 6-2.19 塩素消毒に使用する薬品

薬品	液体塩素		次亜塩素酸ナトリウム	
	性状	液体/気体	液体	液体
有効塩素 (%)	99.4	0.8	12.0	
調達方法	外部購入	現地/発生装置	外部購入	
費用	安い	高い	調達先不明	
運転維持管理	やや困難	困難	容易	

出典：調査団作成

6-2-3-4-2 排水・汚泥処理

プノンペン市では従来浄水場の排水・排泥は近隣用水路・河川への排出を行っていたが、排水基準を適用することから、排水基準に適合した排水、汚泥は処分先基準に適合したものとする必要がある。

排水処理方式は、原水の水質、排水の量と質、スラッジの性状、発生ケーキの処分方法、維持管理の難易、用地面積、建設費などを勘案して決定される。排水処理施設は、一般的には、排水池、排泥池、濃縮槽等から構成され、その後段に、ラグーン、天日乾燥、機械脱水等の脱水設備が付加される。

脱水方式として一般的に、建設費が安価である天日乾燥床、広大な施設建設用地を必要としない機械脱水設備がある。プノンペン市で広大な土地の入手が困難であることから、機械脱水設備を採用する。濃縮槽からの排泥は全て機械脱水設備に移送し、汚泥を沈降させた後、処分場へ搬出、上澄水は場内排水池に排出する。

(1) 洗浄排水池（ろ過池逆洗排水用）

洗浄排水池はろ過池の洗浄排水を一時的に貯留する。その容量は、1日に発生する逆洗水量を考慮して決定する。

1) 設計条件

- ・ 滞留時間：逆洗排水 2 時間分

2) 設備諸元

- ・ 洗浄排水池：鉄筋コンクリート製
- ・ 付帯設備：上澄水吸込みフロート、排水ポンプ、汚泥引抜ポンプ

(2) 濃縮槽

濃縮槽は汚泥の脱水を促進させて、汚泥量を減らすために設置する。濃縮槽は、重力式、浮上式、ろ過式の大きく 3 つの方式に大別される。一般的には重力式の濃縮槽が浄水場で用いられるため、重力式濃縮槽とし、能率効果を高めるため、回転レーキ式を設置する。底に溜まった汚泥はポンプで機械式脱水設備へ送る。

1) 設計条件

- ・ 滞留時間：12～24 時間

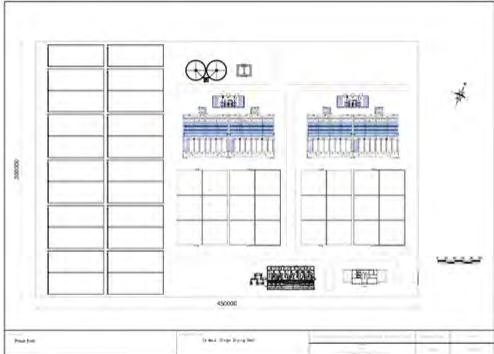
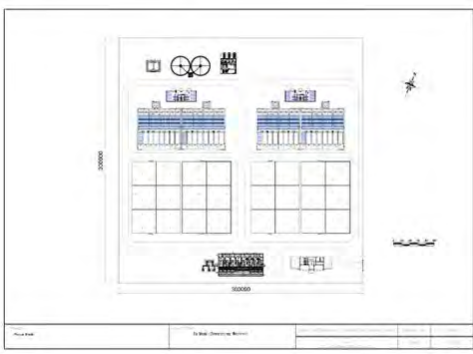
2) 設備諸元

- ・ 濃縮槽：円筒型鉄筋コンクリート製
- ・ 付帯設備：汚泥掻寄機回転レーキ付、汚泥引抜ポンプ

(3) 汚泥脱水設備

沈澱池汚泥およびろ過池逆洗排水中の汚泥は、濃縮槽にて汚泥濃度を高めた後、浄水場外に搬出・処分しやすいように、脱水・乾燥を行う。汚泥の脱水には主に天日による天日乾燥床、汚泥脱水機による機械脱水が一般的に採用されている。両方式を比較する。

表 6-2.20 汚泥処理の比較

比較	天日乾燥床	機械脱水設備
配置案 (Ta Mouk 浄水場 設置例)		
面積	浄水場用地 13.5 ha (300 m x 450 m)	浄水場用地 9 ha (300 m x 300 m)
用地	天日乾燥床に広い用地が必要である	広い用地は必要としない
建設費	概ね簡単な土木工事であり、比較的安価	脱水機、高分子凝集剤注入設備等、高価
運転・維持管理	高度な技術は必要ないが、乾燥した汚泥の搬出に多くの人力が必要	概ね自動化が可能であり、多くの人力は必要ないが、高度な技術が必要
評価	不採用	採用

出典：調査団作成

上記検討の結果、プノンペン市内において浄水場用地を確保するのが困難である、PPWSA が汚泥処理に多くの人力を投入することが難しいこと等、また、特に既存浄水場への天日乾燥床の建設は事実上不可能である。この点から、機械脱水設備の導入が好ましい。

脱水機設備は濃縮槽から送られる汚泥を貯留し脱水するために設置する。脱水機の脱離液、洗浄排水は自然流下で排水槽に排水し、汚泥はトラックで場内より搬出し、処分場で処分する。乾燥汚泥の搬出のために、アクセス道路を配置する。脱水汚泥は場外で土地造成等の盛土材や処分場の覆土等に活用する。

1) 設計諸元

- ・ 汚泥貯留槽：鉄筋コンクリート製
- ・ 脱水機建屋：鉄骨スレート建屋
- ・ 付帯設備：脱水機設備、高分子凝集剤注入設備、脱水汚泥貯留・搬送設備、汚泥ポンプ、薬品ポンプ等

6-2-3-5 浄水施設の施設計画

浄水施設の施設計画を表 6-2.21 に示す。

表 6-2.21 浄水施設の施設計画

浄水場	配置	用地概要
Bakheng I + II + III		浄水量: Phase I: 195,000 m ³ /日 Phase II: 195,000 m ³ /日 Phase III: 195,000 m ³ /日 用地面積: 14.5 ha
Nirotth I + II + III		浄水量: 1 Phase I: 130,000 m ³ /日 Phase II: 130,000 m ³ /日 Phase III: 130,000 m ³ /日 用地面積: 9.6 ha
Koh Norea		浄水量: 150,000 m ³ /日 用地面積: 2 ha

浄水場	配置	用地概要
<p>Ta Mouk I + II</p>		<p>浄水量: Phase I: 200,000 m³/日 Phase II: 200,000 m³/日 用地面積: 9 ha</p>
<p>Khsach Kandal</p>		<p>浄水量: 30,000 m³/日 用地面積: Approx. 1.6 ha</p>

浄水場	配置	用地概要
New Airport City		<p>浄水量： 100,000 m³/日</p> <p>用地面積： Approx. 1.1 ha</p>

出典：調査団作成

6-2-3-6 浄水施設・汚泥処理施設の諸元

6-2-3-6-1 Bakheng 浄水場 Phase III

Name of Water Treatment Plant : Bakkeng III

Capacity	195,000 m ³ /d			
Water Source	205,000 m ³ /d	Mekong River	HHWL = 10.20 m, LLWL = 0.10 m	
Name of Water Treatment Plant : Bakkeng - 3rd Stage				
Capacity	195,000 m ³ /d			
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 			
Receiving Well				
Type	Rectangular			
Retention Time	9.0 sec			
Size & Q'ty	1.4 mW x	11.2 mL x	1.15 mD x	1 unit
Rapid Mixing				
Type	Mechanical Mixing			
Retention Time	0.9 min			
Size & Q'ty	2.5 mW x	2.5 mL x	5.04 mD x	4 units
Equipment	Vertical Mixer			
Flocculation				
Type	Mechanical Mixing			
Retention Time	19 min			
Size & Q'ty	6.1 mW x	6.1 mW x	4.29 mD x	16 units
Equipment	Vertical Mixer			
Sedimentation Tank				
Type	Up-Flow with Lamella Plate (Tube Settler)			
Retention Time	39.2 min, 0.7 hr			
Size & Q'ty	12.5 mL x	6.1 mW x	4.34 mD x	16 units
Surface Load	110.7 mm/min			
Trough/Pipe	Tube Settler, Orifice Trough			
Sludge Removal	Sludge Extraction Valve (Pneumatic)			
Equipment	Sludge Extraction Valve			
Operation	Sludge Removal - Auto			
Filter				
Type	Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control			
Filtration rate	214 m/d (8.92 m/hr) 233 m/hr at washing			
Filter Bed Area	75.8 m ² /filter			
Size & Q'ty	5.3 mW x	14.3 mL x	12 filters	
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm			
Washing Rate	Air Scour : 0.116/0.88 m/min Wash : 0.168 m/min Rincing : 0.334 m/min			
Washing System	Backwashing (1.0 min), Air Scouring + Backwashing (5 + 25 min), Rincing (8 min)			
Wash Trough	7 trough/bed x 2 beds/filter			
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump Scour Air Inlet Valve, Air Blower			
Operation	Automatic & Step-by-step			

Chemicals	
Alum	Tank + Mixer : 3 , Dosing Pump : 3
Lime	Tank + Mixer : 3, Lime Pump : 3
Chlorine	Chlorinator -Pre : 3(1), -Post : 3(1)
Clear Water Reservoir	HWL = 12.8 m, LWL = 8.37 m
Reservoir	11,600 m ³ x 2 reservoirs
Clear Water Pump	HWL = 13.2 m, LWL = 8.5 m
Distribution	(1 to 6) 30.0 m ³ /min x 53 m x 6 units
Sludge Treatment Facility	Bakkeng - 1nd Stage + 2nd Stage + 3rd Stage
WTP Capacity	585,000 m ³ /d
Raw water	Turbidity 210 NTU (asumption for 3 months average in rainy season)
Sludge Treatment Capacity	115.38 ds-ton/d
Treatment Process	
	1. Backwash Wastewater Tank 2. Sludge Thickener 3. Dewatering Machine
Backwash Wastewater Tank	
Type	Recutangular
Retention Time	2.0 hrs x 4 tanks
Size & Q'ty	12 mW x 25 mL x 3.5 mD x 4 units
Sludge Thickener	
Type	Circular
Retention Time	12.0 hrs
Size & Q'ty	16.0 m dia. x 4.0 mD x 2 units
Sludge Dewatering Machine	
Type	Centrifuge
Retention Time	1500 kg-ds/hr x 3 units (includeing 1 unit for standby)
Size	20 mW x 30 mL

出典：調査団作成

6-2-3-6-2 Niroth 浄水場 Phase III

Name of Water Treatment Plant : Nirotdh III

Capacity	130,000 m ³ /d		
Water Source	135,000 m ³ /d	Mekong River	HHWL = 10.20 m, LLWL = 0.10 m
Name of Water Treatment Plant : <u>Nirouth - 3rd Stage</u>			
Capacity	130,000 m ³ /d		
Intake Facilities	Mekong River	HWL = 9.20 m, LWL = 0.50 m	
Type	Raw Water Pumping		
Intake Pump	(1st Stage) 36.7	m ³ /min x 17	m x 3 units (+1 standby)
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 		
Receiving Well			
Type	Rectangular		
Retention Time	9.0 sec		
Size & Q'ty	1.4 mW x	11.2 mL x	1.15 mD x 1 unit
Rapid Mixing			
Type	Vertical Mixer		
Retention Time	1.4 min		
Size & Q'ty	2.5 mW x	2.5 mL x	5.04 mD x 4 units
Equipment	None		
Flocculation			
Type	Vertical Mixer		
Retention Time	21 min		
Size & Q'ty	6.1 mW x	6.1 mW x	4.29 mD x 12 units
Equipment	None		
Sedimentation Tank			
Type	Up-Flow with Lamella Plate (Tube Settler)		
Retention Time	58.2 min, 1.0 hr		
Size & Q'ty	16.5 mL x	6.1 mW x	4.34 mD x 12 units
Surface Load	74.5 mm/min		
Trough/Pipe	Lamella Plate, Orifice Trough		
Sludge Removal	Sludge Extraction Valve (Pneumatic)		
Equipment	Sludge Extraction Valve		
Operation	Sludge Removal - Auto		
Filter			
Type	Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control		
Filtration rate	168 m/d (7.00 m/hr) 183 m/hr at washing		
Filter Bed Area	64.4 m ²		
Size & Q'ty	2.45 mW x	2 beds x	13.14 mL x 12 filters
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm		
Washing Rate	Air Scour : 0.116/0.88	m/min	Wash : 0.168 m/min Rincing : 0.334 m/min
Washing System	Backwashing (1.0 min), Air Scouring + Backwashing (5 + 25 min), Rincing (8 min)		
Wash Trough	7 trough/bed x 2 beds/filter		
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System		
	Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump		
	Scour Air Inlet Valve, Air Blower		
Operation	Automatic & Step-by-step		

Chemicals	
Alum	Tank + Mixer : 3 , Dosing Pump : 3
Lime	Tank + Mixer : 3, Lime Pump : 3
Chlorine	Chlorinator -Pre : 3(1), -Post : 3(1)
Clear Water Reservoir	HWL = 12.8 m, LWL = 8.37 m
Reservoir	11,600 m ³ x 2 reservoirs
Clear Water Pump	HWL = 13.2 m, LWL = 8.5 m
Distribution	(1 to 6) 30.0 m ³ /min x 53 m x 6 units
Sludge Treatment Facility	Nirouth - 1nd Stage + 2nd Stage + 3rd Stage
WTP Capacity	390,000 m ³ /d
Raw water	Turbidity 210 NTU (asumption for 3 months average in rainy season)
Sludge Treatment Capacity	76.92 ds-ton/d
Treatment Process	
	1. Backwash Wastewater Tank 2. Sludge Thickener 3. Dewatering Machine
Backwash Wastewater Tank	
Type	Rectangular
Retention Time	2.0 hrs x 4 tanks
Size & Q'ty	10 mW x 25 mL x 3.5 mD x 4 units
Sludge Thickener	
Type	Circular
Retention Time	12.0 hrs
Size & Q'ty	13.0 m dia. x 4.0 mD x 2 units
Sludge Dewatering Machine	
Type	Centrifuge
Retention Time	2000 kg-ds/hr x 3 units (includeing 1 unit for standby)
Size	20 mW x 30 mL

出典：調査団作成

6-2-3-6-3 Koh Norea 浄水場

Name of Water Treatment Plant : Koh Norea

Capacity	150,000 m ³ /d			
Water Source	157,500 m ³ /d	Mekong River	HHWL = 10.20 m, LLWL = 0.10 m	
Treatment Process	50,000 m ³ /d x	3 trains		
	1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection			
Receiving Well				
Type	Rectangular			
Retention Time	30.6 sec			
Size & Q'ty	1.4 mW x	11 mL x	1.15 mD x	1 unit x 3 trains
Rapid Mixing				
Type	Vertical Mixer			
Retention Time	1.7 min			
Size & Q'ty	2.4 mW x	2.4 mL x	3.46 mD x	3 units x 3 trains
Equipment	None			
Flocculation				
Type	Vertical Mixer			
Retention Time	23.2 min			
Size & Q'ty	7.09 mW x	5.5 mL x	5.17 mD x	4 units x 3 trains
Equipment	None			
Sedimentation Tank				
Type	Inclined Plate + Up-Flow			
Retention Time	1.1 hr			
Size & Q'ty	7.09 mW x	15.2 mL x	5.16 mD x	4 units x 3 trains
Surface Load	241.6 mm/min			
Trough/Pipe	Orifice Trough			
Sludge Removal	Sludge Withdrawal Valve			
Equipment	Inclined Plate, Orifice Trough, Sludge Withdrawal Valve			
Operation	Sludge Removal-Manual			
Filter	Horizontal Cylindrical Pressured Filter			
Type	Open, Dual Media, Costant Rate, Costant Level			
Filtration rate	149 m/d (6.2108 m/hr)		186 m/hr at washing	
Filter Bed Area	67.09 m ² x	5 filters x 3 trains		
Size & Q'ty	4.57 m Dia. x	14.7 mL x	5 filters x 3 trains	
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm			
Washing System	Air Scouring (5-8 min) + Backwashing (10-15 min)			
Washing Rate	Air Scour : 0.205 m/min	Backwash : 0.056 m/min		
Trough	Both side of filter			
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Outlet Level Control Syphon, Backwash Valve, Drain Valve Backwash Pump, Air Scouring Valve, Air Blower			
Operation	Auto/Manual			

Chemicals	
PAC	Tank + Mixer : 2 , Dosing Pump : 2 (1)
Lime	Tank + Mixer : 2, Dosing Pump : 2 (1)
Chlorine	Electrolyser - Pre : 1, - Post : 1, Dosing Pump - Pre : 2 (1), - Post : 2 (1)
Sludge Treatment Facility	
WTP Capacity	150,000 m ³ /d
Raw water	Turbidity 210 NTU (asumption for 3 months average in rainy season)
Sludge Treatment Capacity	29.59 ds-ton/d
Treatment Process	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Backwash Wastewater Tank 2. Sludge Thickener 3. Dewatering Machine 	
Backwash Wastewater Tank	
Type	Recutangular
Retention Time	2.0 hrs x 2 tanks
Size & Q'ty	5 mW x 12 mL x 3.5 mD x 2 units
Sludge Thickener	
Type	Circular
Retention Time	12.0 hrs
Size & Q'ty	8.0 m dia. x 4.0 mD x 2 units
Sludge Dewatering Machine	
Type	Centrifuge
Retention Time	1500 kg-ds/hr/ 2 units (includeing 1 unit for standby)
Size	15 mW x 30 mL

出典：調査団作成

6-2-3-6-4 Ta Mouk 浄水場 Phase I、Phase II

Name of Water Treatment Plant : Ta Mouk I & II

Capacity	200,000 m ³ /d x	2 Stages
Water Source	420,000 m ³ /d	Tonle Sap HWL = 10.9 m, LWL = 1.5m
Name of Water Treatment Plant : Ta Mouk I & II		
Capacity	200,000 m ³ /d x	2 Stages
Treatment Process	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection 	
Treatment Facility	The following facility is for 200,000m ³ /d for each stage.	
Receiving Well		
Type	Rectangular	
Retention Time	18.0 sec	
Size & Q'ty	1.4 mW x 11.2 mL x 1.15 mD x 2 unit	
Rapid Mixing		
Type	Vertical Mixer	
Retention Time	0.9 min	
Size & Q'ty	2.5 mW x 2.5 mL x 5.04 mD x 4 units	
Equipment	None	
Flocculation		
Type	Vertical Mixer	
Retention Time	18 min	
Size & Q'ty	6.1 mW x 6.1 mW x 4.29 mD x 16 units	
Equipment	None	
Sedimentation Tank		
Type	Up-Flow with Lamella Plate (Tube Settler)	
Retention Time	50.3 min, 0.8 hr	
Size & Q'ty	16.5 mL x 6.1 mW x 4.34 mD x 16 units	
Surface Load	86.3 mm/min	
Trough/Pipe	Tube Settler, Orifice Trough	
Sludge Removal	Sludge Extraction Valve (Pneumatic)	
Equipment	Sludge Extraction Valve	
Operation	Sludge Removal - Auto	
Filter		
Type	Gravity, Single Media, Constant Flow, Level Control	
Filtration rate	259 m/d (10.79 m/hr) 283 m/hr at washing	
Filter Bed Area	64.4 m ²	
Size & Q'ty	2.45 mW x 2 beds x 13.14 mL x 12 filters	
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm	
Washing Rate	Air Scour : 0.116/0.88 m/min Wash : 0.168 m/min Rincing : 0.334 m/min	
Washing System	Backwashing (1.0 min), Air Scouring + Backwashing (5 + 25 min), Rincing (8 min)	
Wash Trough	7 trough/bed x 2 beds/filter	
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Level Control Siphon, Siphon Regulation System Washwater Inlet Valve, Washwater Discharge Gate, Washwater Pump Scour Air Inlet Valve, Air Blower	
Operation	Automatic & Step-by-step	

Chemicals	
Alum	Tank + Mixer : 3 , Dosing Pump : 3
Lime	Tank + Mixer : 3, Lime Pump : 3
Chlorine	Chlorinator -Pre : 3(1), -Post : 3(1)
Clear Water Reservoir	HWL = 12.8 m, LWL = 8.37 m
Reservoir	11,600 m ³ x 2 reservoirs
Clear Water Pump	HWL = 13.2 m, LWL = 8.5 m
Distribution	(1 to 6) 30.0 m ³ /min x 53 m x 6 units
Sludge Treatment Facility	Ta Mouk - 1st Stage + 2nd Stage + 3rd Stage
WTP Capacity	400,000 m ³ /d
Raw water	Turbidity 210 NTU (assumption for 3 months average in rainy season)
Sludge Treatment Capacity	78.89 ds-ton/d
Treatment Process	
	1. Backwash Wastewater Tank 2. Sludge Thickener 3. Dewatering Machine
Backwash Wastewater Tank	
Type	Rectangular
Retention Time	2.0 hrs x 2 tanks
Size & Q'ty	9 mW x 20 mL x 3.5 mD x 2 units
Sludge Thickener	
Type	Circular
Retention Time	12.0 hrs
Size & Q'ty	13.0 m dia. x 4.0 mD x 2 units
Sludge Dewatering Machine	
Type	Centrifuge
Retention Time	2000 kg-ds/hr x 3 units (including 1 unit for standby)
Size	20 mW x 30 mL

出典：調査団作成

6-2-3-6-5 Khsach Kandal 浄水場

Name of Water Treatment Plant : Khsach Kandal

Capacity	100,000 m ³ /d			
Water Source	105,000 m ³ /d	Mekong River	HHWL = 10.20 m, LLWL = 0.10 m	
Treatment Process	50,000 m ³ /d x		2 trains	
	1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection			
Receiving Well				
Type	Rectangular			
Retention Time	30.6 sec			
Size & Q'ty	1.4 mW x	11 mL x	1.15 mD x	1 unit x2 trains
Rapid Mixing				
Type	Vertical Mixer			
Retention Time	2.6 min			
Size & Q'ty	2.4 mW x	2.4 mL x	3.46 mD x	3 unit x2 trains
Equipment	None			
Flocculation				
Type	Vertical Mixer			
Retention Time	34.8 min			
Size & Q'ty	7.09 mW x	5.5 mL x	5.17 mD x	4 unit x2 trains
Equipment	None			
Sedimentation Tank				
Type	Inclined Plate + Up-Flow			
Retention Time	1.6 hr			
Size & Q'ty	7.09 mW x	15.2 mL x	5.16 mD x	4 unit x2 trains
Surface Load	161.1 mm/min			
Trough/Pipe	Orifice Trough			
Sludge Removal	Sludge Withdrawal Valve			
Equipment	Inclined Plate, Orifice Trough, Sludge Withdrawal Valve			
Operation	Sludge Removal-Manual			
Filter	Horizontal Cylindrical Pressured Filter			
Type	Open, Dual Media, Costant Rate, Costant Level			
Filtration rate	149 m/d (6.2108 m/hr)		186 m/hr at washing	
Filter Bed Area	67.09 m ² x	5 filters x 2 trains		
Size & Q'ty	4.57 m Dia. x	14.7 mL x	5 unit x 2 trains	
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm			
Washing System	Air Scouring (5-8 min) + Backwashing (10-15 min)			
Washing Rate	Air Scour :	1.00 m/min	Backwash :	0.3 m/min
Trough	Both side of filter			
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Outlet Level Control Syphon, Backwash Valve, Drain Valve			
	Backwash Pump, Air Scouring Valve, Air Blower			
Operation	Auto/Manual			

Chemicals	
PAC	Tank + Mixer : 2 , Dosing Pump : 2 (1)
Lime	Tank + Mixer : 2, Dosing Pump : 2 (1)
Chlorine	Electrolyser - Pre : 1, - Post : 1, Dosing Pump - Pre : 2 (1), - Post : 2 (1)
Sludge Treatment Facility	
WTP Capacity	100,000 m ³ /d
Raw water	Turbidity 210 NTU (asumption for 3 months average in rainy season)
Sludge Treatment Capacity	19.72 ds-ton/d
Treatment Process	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Backwash Wastewater Tank 2. Sludge Thickener 3. Dewatering Machine 	
Backwash Wastewater Tank	
Type	Recutangular
Retention Time	2.0 hrs x 2 tanks
Size & Q'ty	8 mW x 18 mL x 3.5 mD x 2 units
Sludge Thickener	
Type	Circular
Retention Time	12.0 hrs
Size & Q'ty	7.0 m dia. x 4.0 mD x 2 units
Sludge Dewatering Machine	
Type	Centrifuge
Retention Time	1000 kg-ds/hr/ 2 units (includeing 1 unit for standby)
Size	15 mW x 30 mL

出典：調査団作成

6-2-3-6-6 New Airport City 浄水場

Name of Water Treatment Plant : **New Airport**

Capacity	30,000 m ³ /d			
Water Source	33,000 m ³ /d	Mekong River	HWL = 10.9 m, LWL = 1.5m	
Treatment Process				
1. Rapid Mixing 2. Flocculation 3. Sedimentation 4. Filtration 5. Disinfection				
Receiving Well				
Type	Rectangular			
Retention Time	26.8 sec			
Size & Q'ty	2.25 mW x	1.2 mL x	1.15 mD x	3 units
Rapid Mixing				
Type	Vertical Mixer			
Retention Time	2.1 min			
Size & Q'ty	2.25 mW x	1.9 mL x	3.46 mD x	3 units
Equipment	None			
Flocculation				
Type	Vertical Mixer			
Retention Time	23.4 min			
Size & Q'ty	3.5 mW x	6.1 mL x	3.8 mD x	6 units
Equipment	None			
Sedimentation Tank				
Type	Inclined Plate + Up-Flow			
Retention Time	3.3 hr			
Size & Q'ty	3.5 mW x	12.5 mL x	5.16 mD x	6 units
Surface Load	79.4 mm/min			
Trough/Pipe	Orifice Trough			
Sludge Removal	Sludge Withdrawal Valve			
Equipment	Inclined Plate, Orifice Trough, Sludge Withdrawal Valve			
Operation	Sludge Removal-Manual			
Filter				
Horizontal Cylindrical Pressured Filter				
Type	Open, Dual Media, Costant Rate, Costant Level			
Filtration rate	167 m/d (6.9444 m/hr)		200 m/hr at washing	
Filter Bed Area	30.00 m ² x	6 filters		
Size & Q'ty	3 mW x	10.0 mL x	6 filters	
Filter Media	Sand : 1.0 mm x 1000 mm			
Washing System	Air Scouring (5-8 min) + Backwashing (10-15 min)			
Washing Rate	Air Scour :	1.200 m/min	Wash :	0.3 m/min
			Rincing :	0.867 m/min
Trough	Both side of filter			
Equipment	Inlet Gate, Outlet Valve, Outlet Level Control Syphon, Backwash Valve, Drain Valve			
	Backwash Pump, Air Scouring Valve, Air Blower			
Operation	Auto/Manual			
Chemicals				
PAC	Tank + Mixer : 2 , Dosing Pump : 2 (1)			
Line	Tank + Mixer : 2, Dosing Pump : 2 (1)			
Chlorine	Electrolyser - Pre : 1, - Post : 1, Dosing Pump - Pre : 2 (1), - Post : 2 (1)			
Clear Water Reservoir				
	5,000 m ³ x 2 Reservoirs			
Clear Water Pump				
Distribution	11.0	m ³ /min x	45	m x 110 kW x 4 units

Sludge Treatment Facility	
WTP Capacity	30,000 m ³ /d
Raw water	Turbidity 210 NTU (asumption for 3 months average in rainy season)
Sludge Treatment Capacity	5.92 ds-ton/d
Treatment Process	
	1. Backwash Wastewater Tank 2. Sludge Thickener 3. Dewatering Machine
Backwash Wastewater Tank	
Type	Recutangular
Retention Time	4.0 hrs x 2 tanks
Size & Q'ty	4 mW x 10 mL x 3.5 mD x 2 units
Sludge Thickener	
Type	Circular
Retention Time	12.0 hrs
Size & Q'ty	4.0 m dia. x 4.0 mD x 2 units
Sludge Dewatering	
Type	Centrifuge
Retention Time	300 kg-ds/hr x 2 units (includeing 1 unit for standby)
Size	9 mW x 17 mL

出典：調査団作成

6-2-3-7 浄水施設の配置計画

6-2-3-7-1 Bakheng 浄水場 Phase III

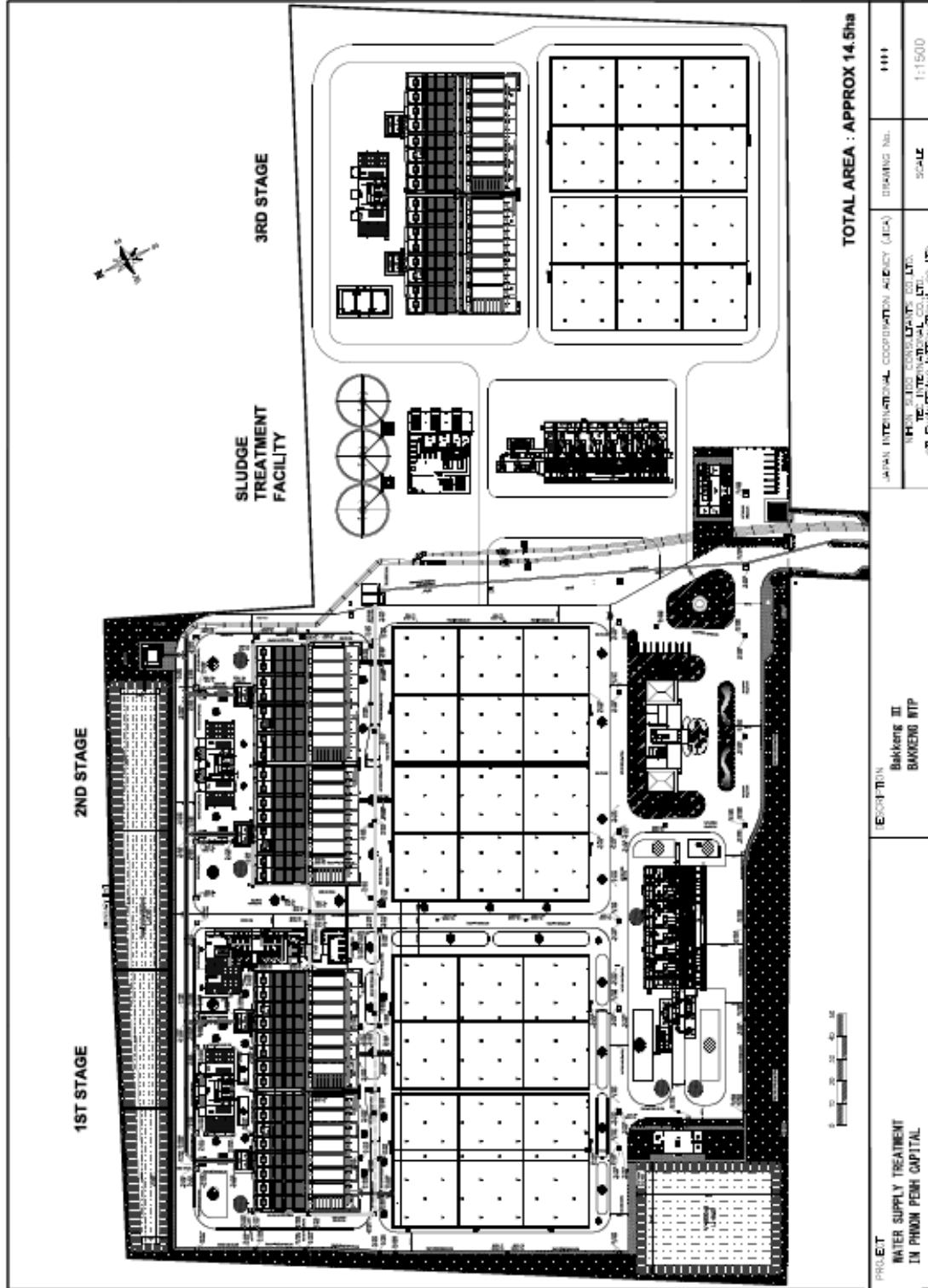


図 6-2.23 Bakheng 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-2-3-7-2 Nirotth 浄水場 Phase III

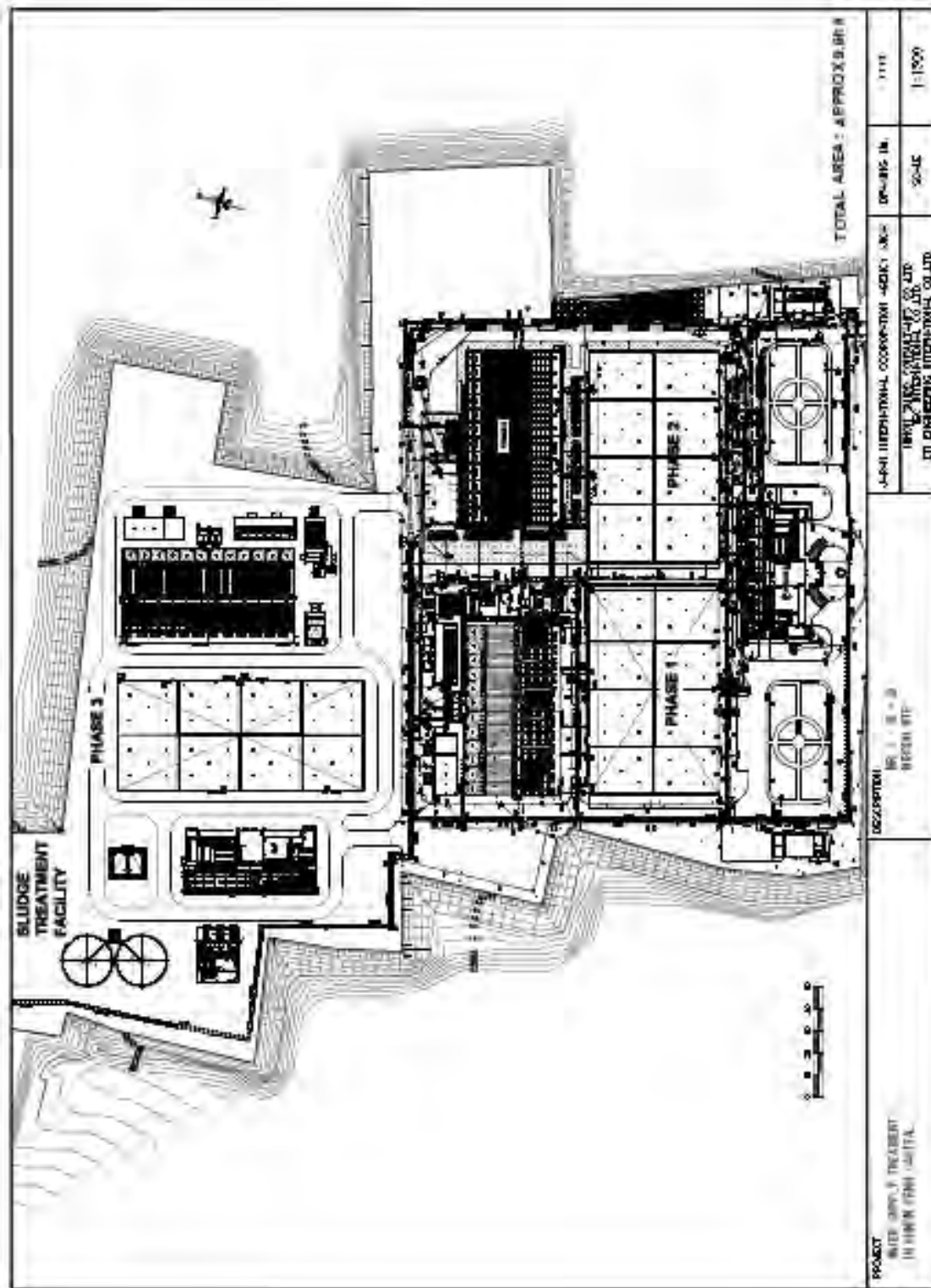


図 6-2.24 Nirotth 浄水場 第3期 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-2-3-7-3 Koh Norea 浄水場

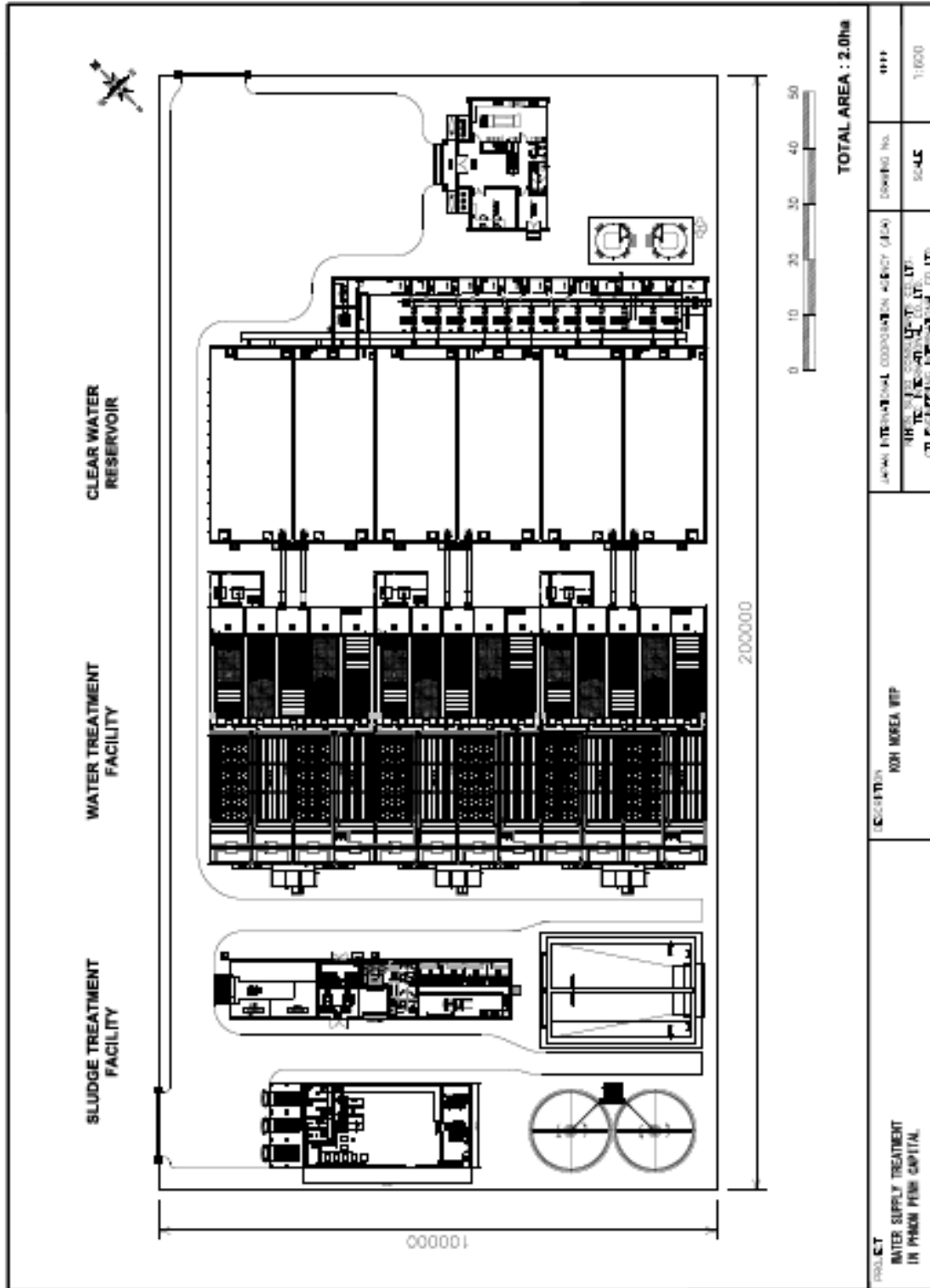


図 6-2.25 Koh Norea 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-2-3-7-4 Ta Mouk 浄水場

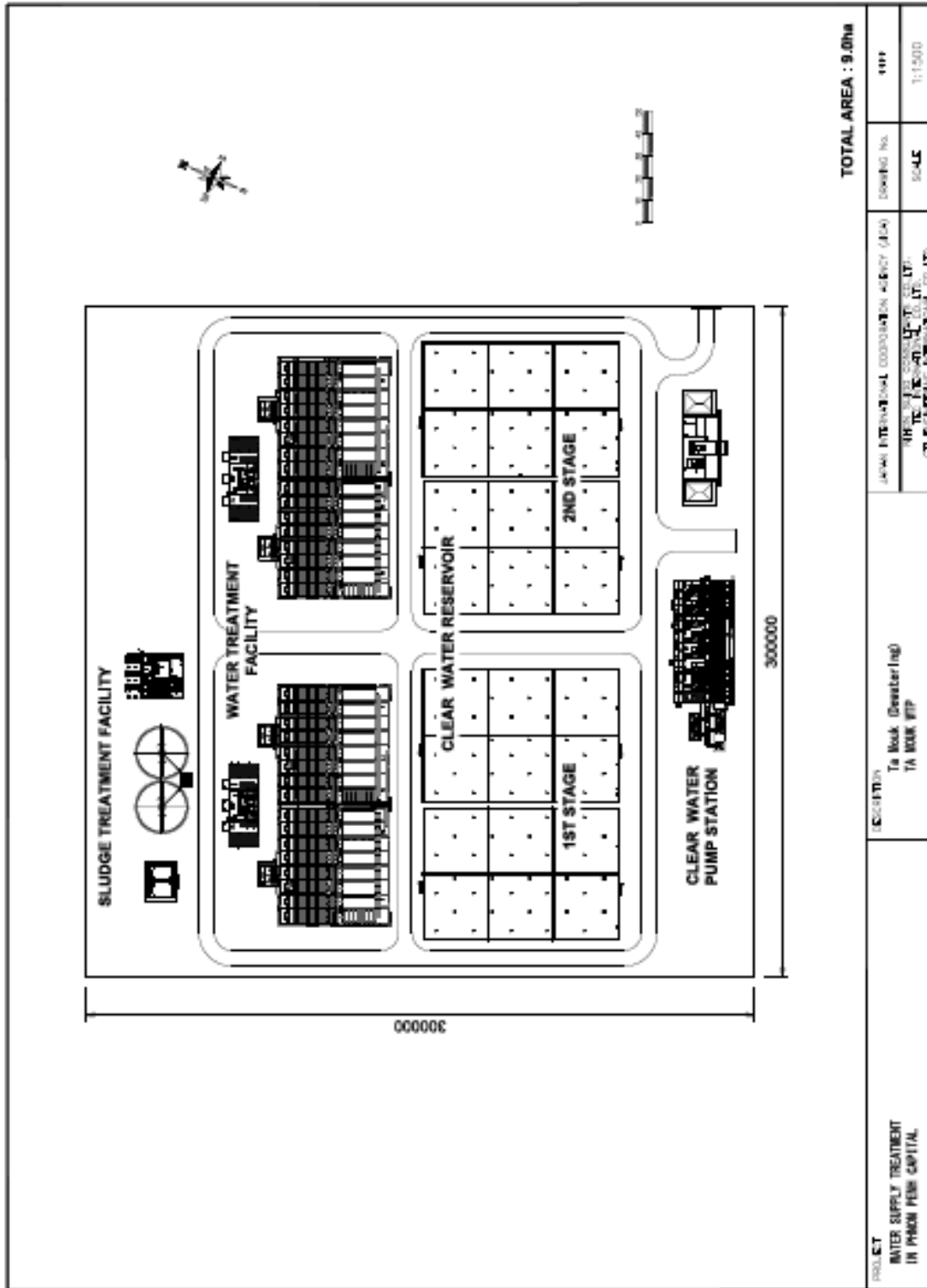


図 6-2.26 Ta Mouk 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-2-3-7-5 New Airport City 浄水場

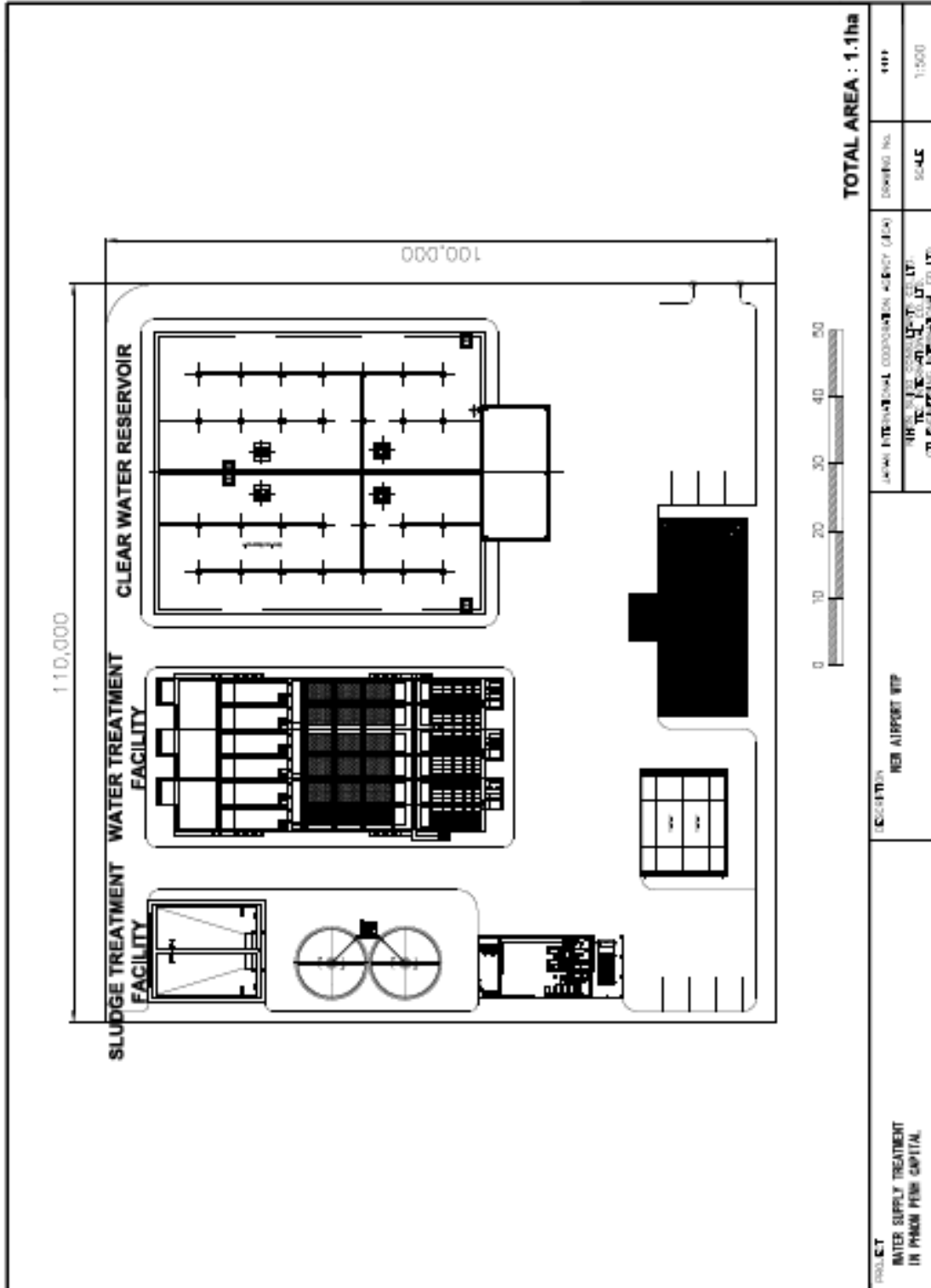


図 6-2.27 New Airport City 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-2-3-7-6 Khsach Kandal 浄水場

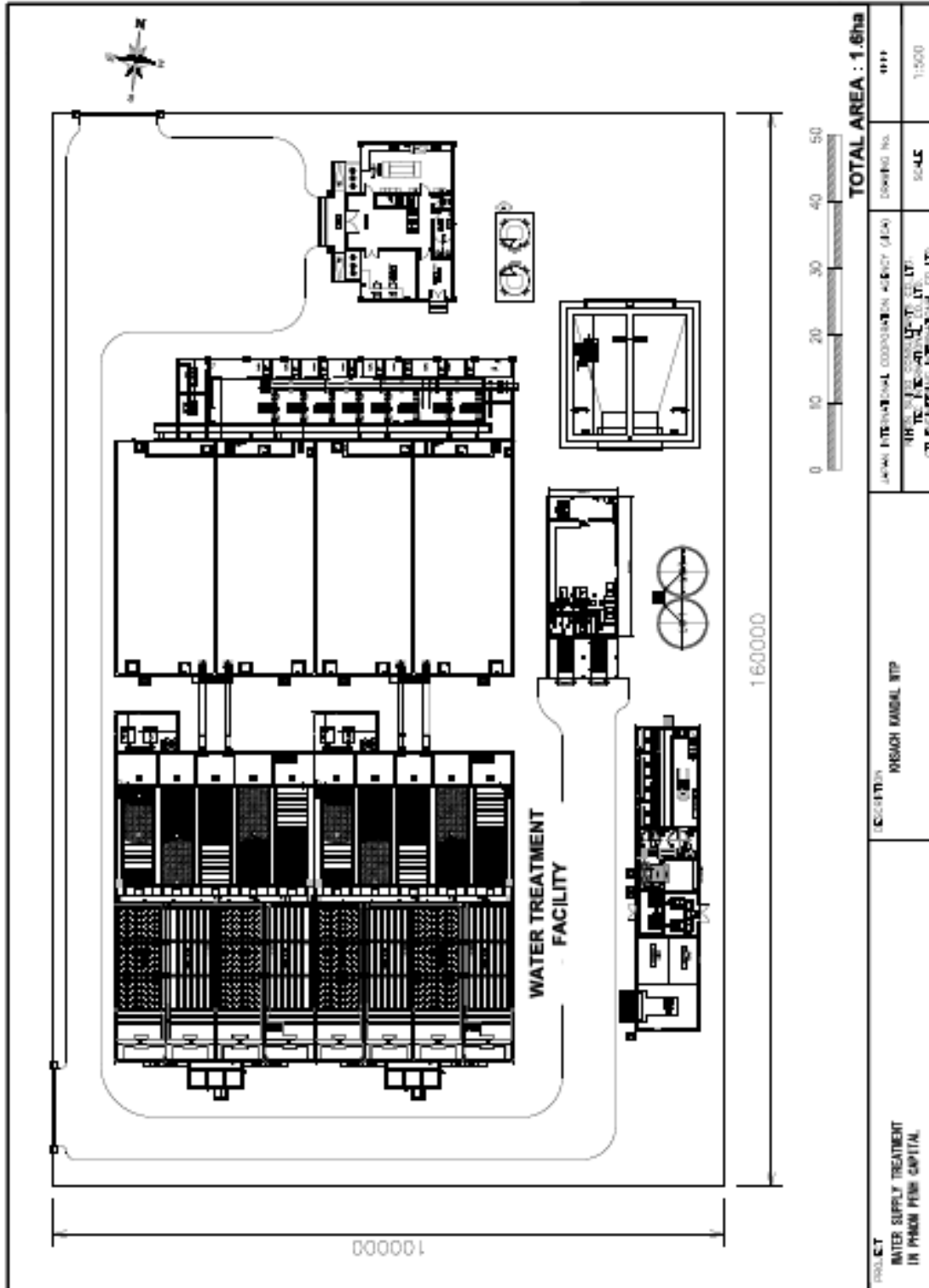


図 6-2.28 Khsach Kandal 浄水場 配置図

出典：PPWSA 提供資料より調査団作成

6-2-3-8 Phum Prek 浄水場改築計画

6-2-3-8-1 建て替え方法の検討

Stage1 沈殿ろ過池（100,000 m³/日 1965年に建設）と No.1 配水池（10,000 m³ 1959年に建設）は建設から約 60 年経過しているため建て替えの時期となっている。処理水量の低下が最小限になる建て替え方法を検討する。この時点で、取水は建て替え済みであり、導水管は 2002 年に建設したもの、急速攪拌池は 2005 年に建設したものをそのまま使用する。

表 6-2.22 建て替えの手順

	建設段階	内容	処理水量 (m ³ /日)	浄水池容量 (m ³)
Step -1	現状	現状 《施設状況》 Stage1 沈殿ろ過池: 100,000 m ³ /日 (1965年に建設) Stage2 沈殿ろ過池: 50,000 m ³ /日 (2005年に建設) No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設)	150,000	25,000
Step 0	拡張完了	Stage3 沈殿ろ過池: 45,000 m ³ /day の拡張 No.4 配水池: 6,000 m ³ の拡張 《施設状況》 Stage1 沈殿ろ過池: 100,000 m ³ /day (1965年に建設) Stage2 沈殿ろ過池: 50,000 m ³ /day (2005年に建設) Stage3 沈殿ろ過池: 45,000 m ³ /day No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設) No.4 配水池: 6,000 m ³	195,000	31,000
Step 1	撤去1	Stage1 沈殿ろ過池の 1/2 を撤去 100,000→50,000 m ³ /day (No.1-No.3 沈殿池と No.1-No.6 ろ過池) 《施設状況》 Stage1 沈殿ろ過池: 50,000 m ³ /day (50,000←100,000 m ³ /day) Stage2 沈殿ろ過池: 50,000 m ³ /day (2005年に建設) Stage3 沈殿ろ過池: 45,000 m ³ /day No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設) No.4 配水池: 6,000 m ³	145,000	31,000
Step 2	浄水場建設	Stage4 沈殿ろ過池: 100,000 m ³ /d の建設 Stage1 沈殿ろ過池の 1/2 を停止 50,000→0 m ³ /day 《施設状況》 Stage1 沈殿ろ過池: 0 m ³ /day (0←50,000 m ³ /day) Stage2 沈殿ろ過池: 50,000 m ³ /day (2005年に建設) Stage3 沈殿ろ過池: 45,000 m ³ /day Stage4 沈殿ろ過池: 100,000 m ³ /day の建設 No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設) No.4 配水池: 6,000 m ³	195,000	31,000
Step 3	撤去2	Stage1 沈殿ろ過池の残りの 1/2 を撤去 (No.4-No.6 沈殿池と No.7-No.12 ろ過池) 《施設状況》	195,000	31,000

	建設段階	内容	処理水量 (m ³ /日)	浄水池容量 (m ³)
		Stage1 沈澱ろ過池: 0 m ³ /day Stage2 沈澱ろ過池: 50,000 m ³ /day (2005年に建設) Stage3 沈澱ろ過池: 45,000 m ³ /day Stage4 沈澱ろ過池: 100,000 m ³ /day の建設 No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設) No.4 配水池: 6,000 m ³		
Step 4	配水池建設	撤去した場所に 10,000 m ³ 配水池を建設 No.5 配水池: 10,000m ³ 《施設状況》 Stage1 沈澱ろ過池: 0 m ³ /day Stage2 沈澱ろ過池: 50,000 m ³ /day (2005年に建設) Stage3 沈澱ろ過池: 45,000 m ³ /day Stage4 沈澱ろ過池: 100,000 m ³ /day の建設 No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設) No.4 配水池: 6,000 m ³ No.5 配水池: 10,000 m ³	195,000	41,000
Step 5	排水処理施設建設	No.1 配水池(10,000 m ³)を撤去し、排水処理施設を建設 《施設状況》 Stage1 沈澱ろ過池: 0 m ³ /day Stage2 沈澱ろ過池: 50,000 m ³ /day (2005年に建設) Stage3 沈澱ろ過池: 45,000 m ³ /day Stage4 沈澱ろ過池: 100,000 m ³ /day の建設 No.1 配水池: 10,000 m ³ (1959年に建設) No.2 配水池: 10,000 m ³ (1995年に建設) No.3 配水池: 5,000 m ³ (2003年に建設) No.4 配水池: 6,000 m ³ No.5 配水池: 10,000 m ³	195,000	31,000

出典：調査団作成

(1) Step1 撤去 1

No.3 沈澱ろ過池 (45,000 m³/日) 及び No.4 配水池 (6,000 m³) の拡張が完了以降に、1965年に建設され老朽化した No.1 沈澱ろ過池 (100,000m³/日) の建て替えを行う。建て替え後は No.4 沈澱ろ過池 (100,000 m³/日) とする。

No.1 沈澱池ろ過池の 1/2 (沈殿池 No.1-No.3 とろ過池 No.1-No.6) を撤去する。原水管 (凝集水) の連絡弁を閉めて、仮壁を作って混和池側の 1/2 の沈澱ろ過池を使用できるようにする。

ブロック形成池攪拌機、ろ過池電動弁は送電を停止した後に撤去するものとする。機電設備配管等の切り替えについては詳細設計時に検討するものとする。仮壁は沈殿池の 3 池目と 4 池目の壁、ろ過池の 6 池目と 7 池目の壁を補強するものである。同時に水路には新しく壁を設ける。これについても詳細設計時に検討するものとする。この工事期間は一時的に処理水量が 100,000 m³/日減少して 95,000 m³/日となる。工事期間は約 4～6 か月見込まれる。この時点で処理水量は 145,000 m³/日となる。

配水池の容量は合計で 31,000 m³ で変わらない。

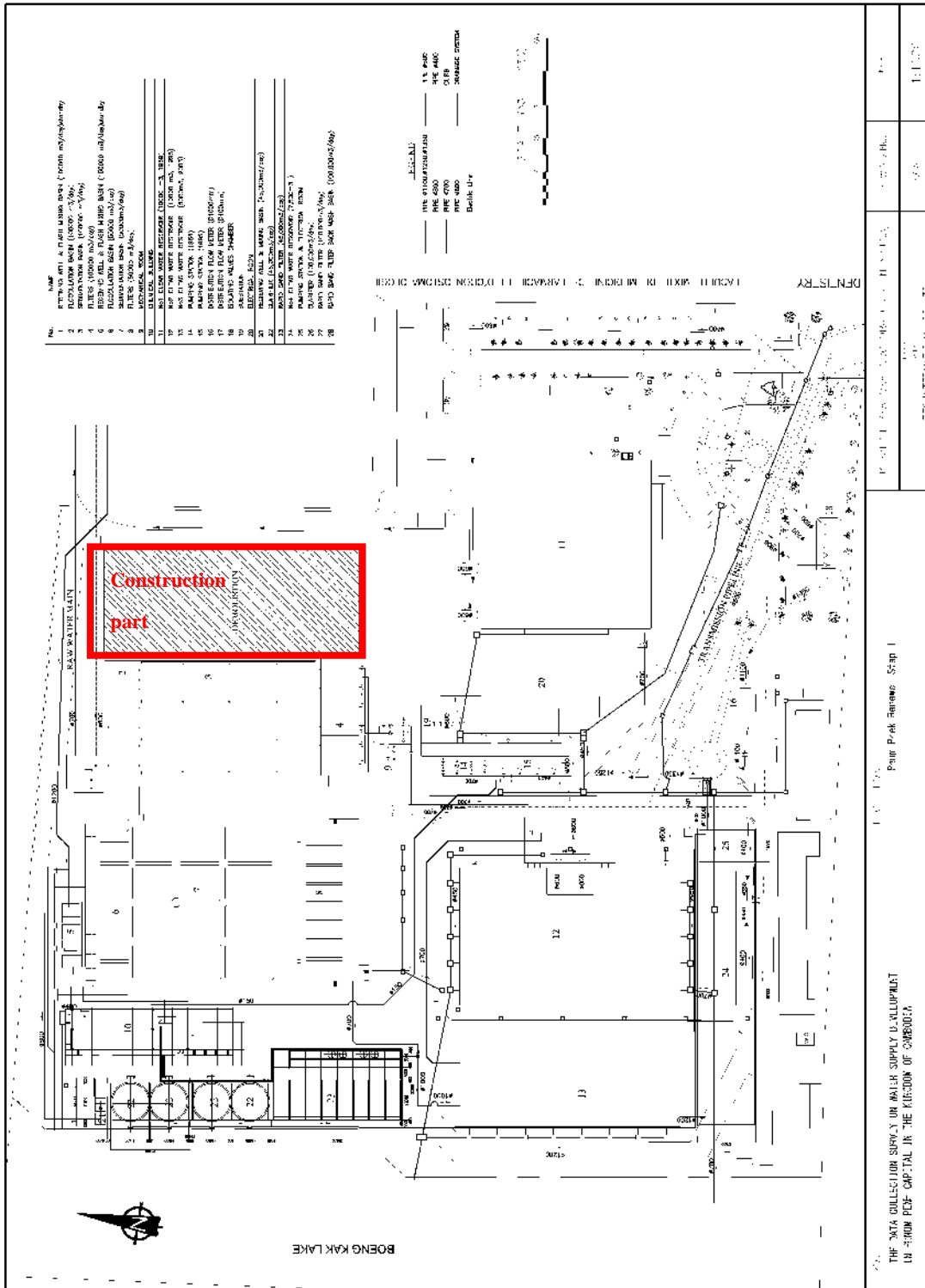


図 6-2.29 Step1 撤去 1

出典：調査団作成

(2) Step2 浄水場建設

50,000 m³/日分の土地に No.4 沈澱ろ過池 (100,000 m³/日) を建設するために、沈殿池を高速凝集沈殿池として小面積とする。Stage3 沈澱ろ過池 (45,000 m³/日) 同じ方式とする。建設の最終段階で、原水管 (凝集水) より分岐して No.4 フロック形成池に接続する。合わせて、ろ過水管を既設ろ過水

渠に接続する。工事期間は約 12～18 か月見込まれる。

建設完了にて、処理水量は 145,000 m³/日から 195,000 m³/日に戻る。

1) 基礎工の方針

周辺の地質と同様の傾向であると仮定できるので、No.4 沈澱ろ過池の基礎としては杭基礎とする。杭はその施工時の振動が既存の構造物に影響を与えないようにするため、オールケーシング工法（ケーシングチューブを掘削孔全長にわたり回転圧入しながら地盤を切削し、ケーシングチューブ内の土砂をハンマグラブにて掘削・排土を行った後に現場打ちコンクリートによって杭を造成する方法）等による。

2) 躯体工の方針

STEP2にて No.4 沈澱ろ過池躯体を構築する際には、取り壊さずに残した操業を続けている池内に打設中のコンクリートやその他使用材料の混入がないように足場等を利用して飛散養生シートを設置する。

また狭い箇所での躯体構築となることから、施工の円滑化や作業の安全向上を図るため既設構造物を解体して一時的に広がったヤードを有効利用することが望ましく、場内通路（工事用道路）より遠い躯体より構築して最後に道路側躯体を構築する施工順序とする。こうすることで取り壊さずに残した構造物側の躯体を先行して施工することになり、次 STEP での残りの躯体を取り壊す際の振動に対して十分な材齢を確保でき、その影響を緩和することができる。

表 6-2.23 Phum Prek – Reconstruction

Phum Prek – Reconstruction	
Capacity	100,000 m ³ /d
Treatment Process	1. High rate Clarifire 2. Filter 3. Clear Water Reservoir
1. High rate Clarifire	Type Up Flow with Tube settler Retention Time Approx. 60min Size 15.6 mL x 15.6 mW x 7 mD Q'ty 4 units Upflow Velocity Approx. 77 mm/min Surface Load Approx. 10 mm/min Trough/Pipe Orifice Trough Sludge Removal 5 Desludge Valves (Pneumatic)/unit Equipment Tube sttler Collecting Trough Operation Desludge- Auto
2. Filter	Type Gravity, Single Media, Constant Flow Rate, Natural balancing Filtration rate 184 m/d (7.67 m/hr) Filter Bed Area 35.7 m ² Size & Q'ty 3.5 mW x 10.2 mL x 16 filters Filter Media Sillica Sand : (E.SΦ 1.0 mm + U.C<1.7) x 1000 mmD Washing Rate Air Scour :0.9 m/min Backwash : 0.15m/min & 0.3m/min. Wash Trough One set Equipment Inlet Valve, Outlet Valve, Backwash valve, Air scouring valve, Waste Valve, Backwash Pump, Air blower

Phum Prek – Reconstruction			
3. Clear Water Reservoir	Effective volume	10,000	m ³
	Size	75.0 mL	x 30.0 mW x 5.0 mD

出典：調査団作成

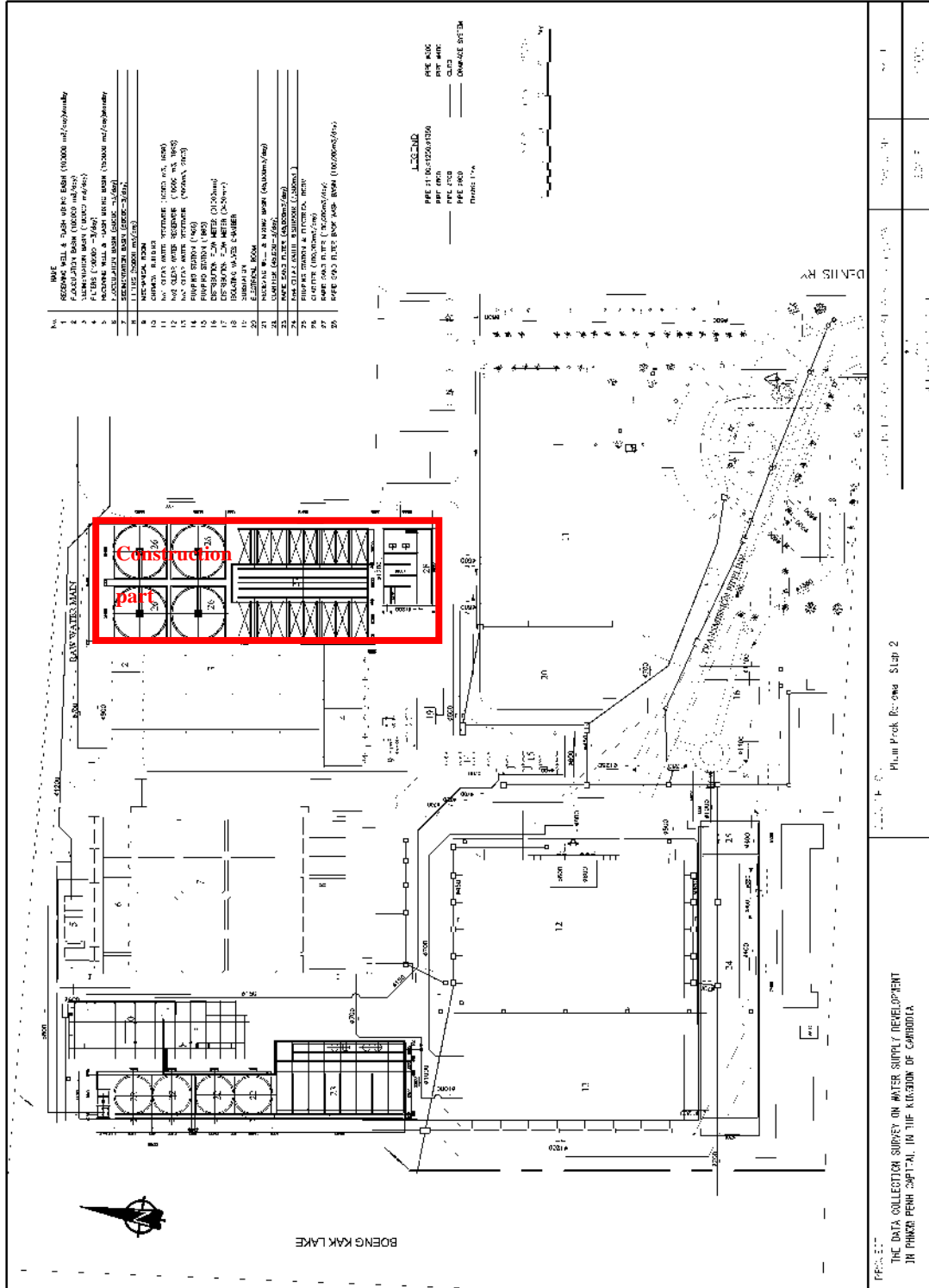


図 6-2.30 Step2 浄水場建設

出典：調査団作成

(3) Step3 撤去 2

No.1 沈澱池ろ過池 (100,000 m³/日) の残りの 1/2 (沈殿池 No.4-No.6 とろ過池 No.7-No.12) を撤去する。No.4 沈澱ろ過池 (100,000 m³/日) が完成した時点で No.1 沈澱池ろ過池 (100,000 m³/日) は運転を停止するので、処理水量は 195,000 m³/日のままである。

原水管 (凝集水) の連絡弁は閉められている。他の設備とは縁が切れているので、そのまま撤去を開始できる。工事期間は約 4 ~6 か月見込まれる。

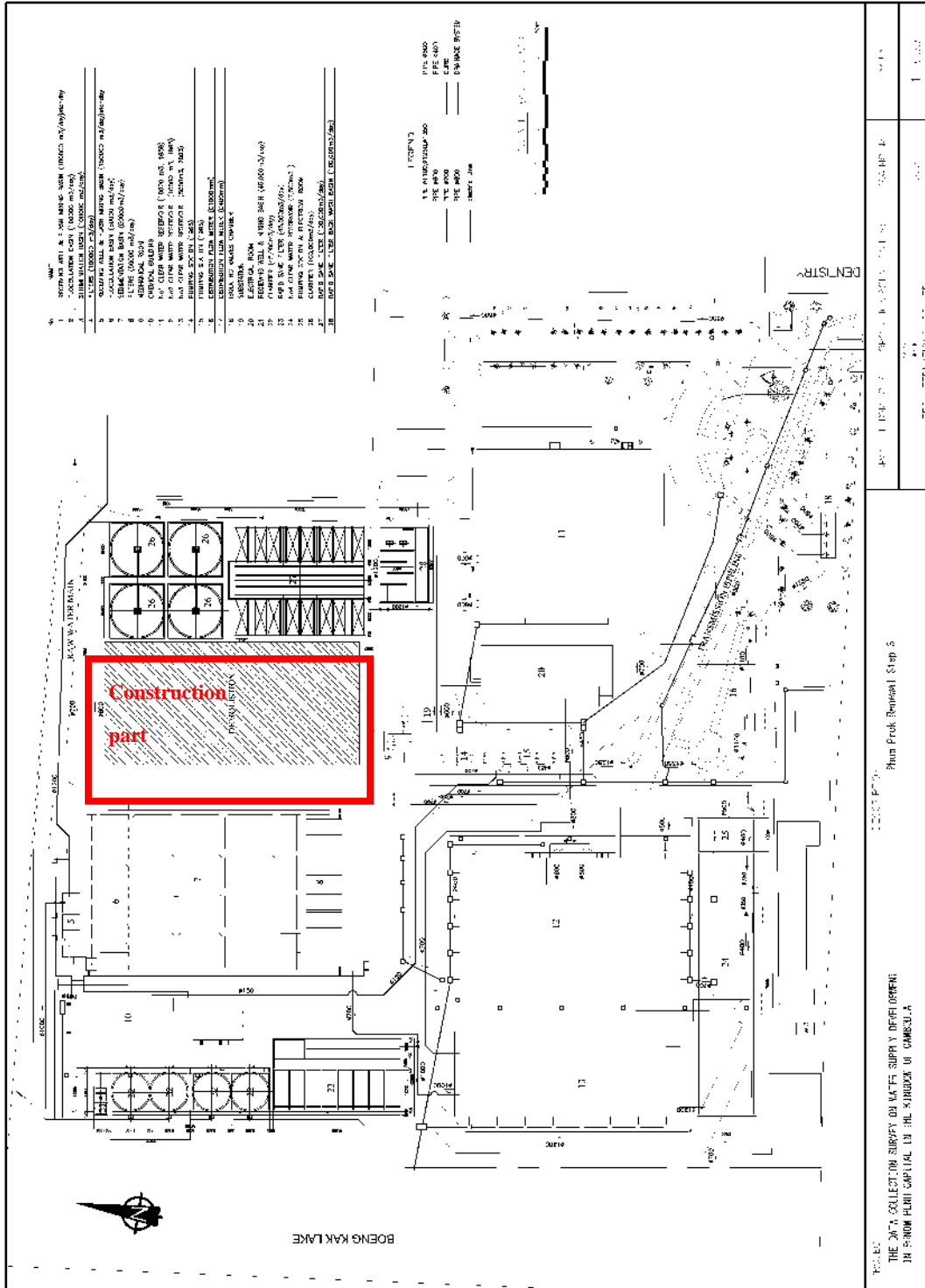


図 6-2.31 Step3 撤去 2

出典：調査団作成

(4) Step4 配水池建設

Step3 で撤去した土地に No.4 配水池（10,000 m³）を建設する。配水池の容量は合計で 41,000 m³ である。工事期間は約 9～15 か月見込まれる。

基礎工の方針と躯体工の方針は STEP2 と同様とする。

表 6-2.24 配水池の容量

Name of Water Treatment Plant :		Phum Prek - New		
Clear Water Reservoir	HWL = 11.1 m, LWL = 6.1m			
Effective volume	10,000 m ³			
Size	75.0 mL	x	30.0 mW	x 5.0 mD
Sludge Disposal	Sludge Basin+ Sludge Thickning + Dewatering + Sludge disposal to permitted place			

出典：調査団作成

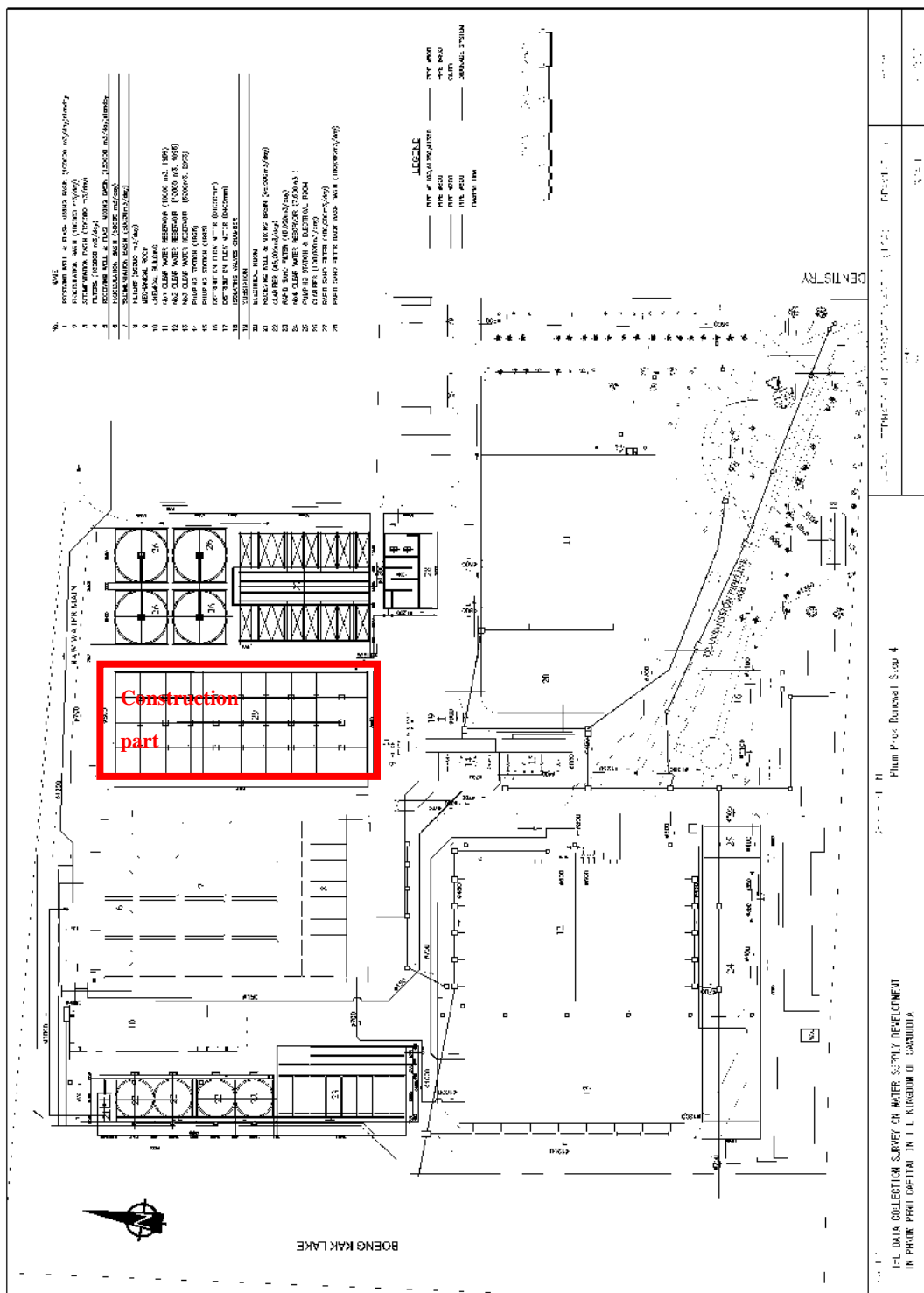


図 6-2.32 Step4 配水池建設

出典：調査団作成

(5) Step5 排水処理施設建設

No.1 配水池 (10,000 m³) を撤去する。配水池の容量は合計で 31,000 m³ となる。排水処理施設を建設する。工事期間は約 12~18 か月見込まれる。

表 6-2.25 設備要項

Sludge Treatment Facility						
WTP Capacity	195,000 m ³ /d					
Raw water	Turbidity	210 NTU (assumption for 3 months average in rainy season)				
Sludge Treatment Capacity	38.5 ton-ds/d					
Treatment Process						
1.	Backwash Wastewater Tank					
2.	Sludge Thickener					
3.	Dewatering Machine					
Backwash Wastewater Tank						
Type	Rectangular					
Retention Time	2.0 hrs x		2 tanks			
Size & Q'ty	7.5 mW x		30 mL x		3.5 mD x 2 units	
Sludge Thickener						
Type	Circular					
Retention Time	24.0 hrs					
Size & Q'ty	13.0 m dia. x		4.0 mD x		2 units	
Sludge Dewatering						
Type	Centrifuge					
Retention Time	1500 kg-ds/hr		2 units (including 1 unit for standby)			
Size	15 mW x		30 mL			

出典：調査団作成

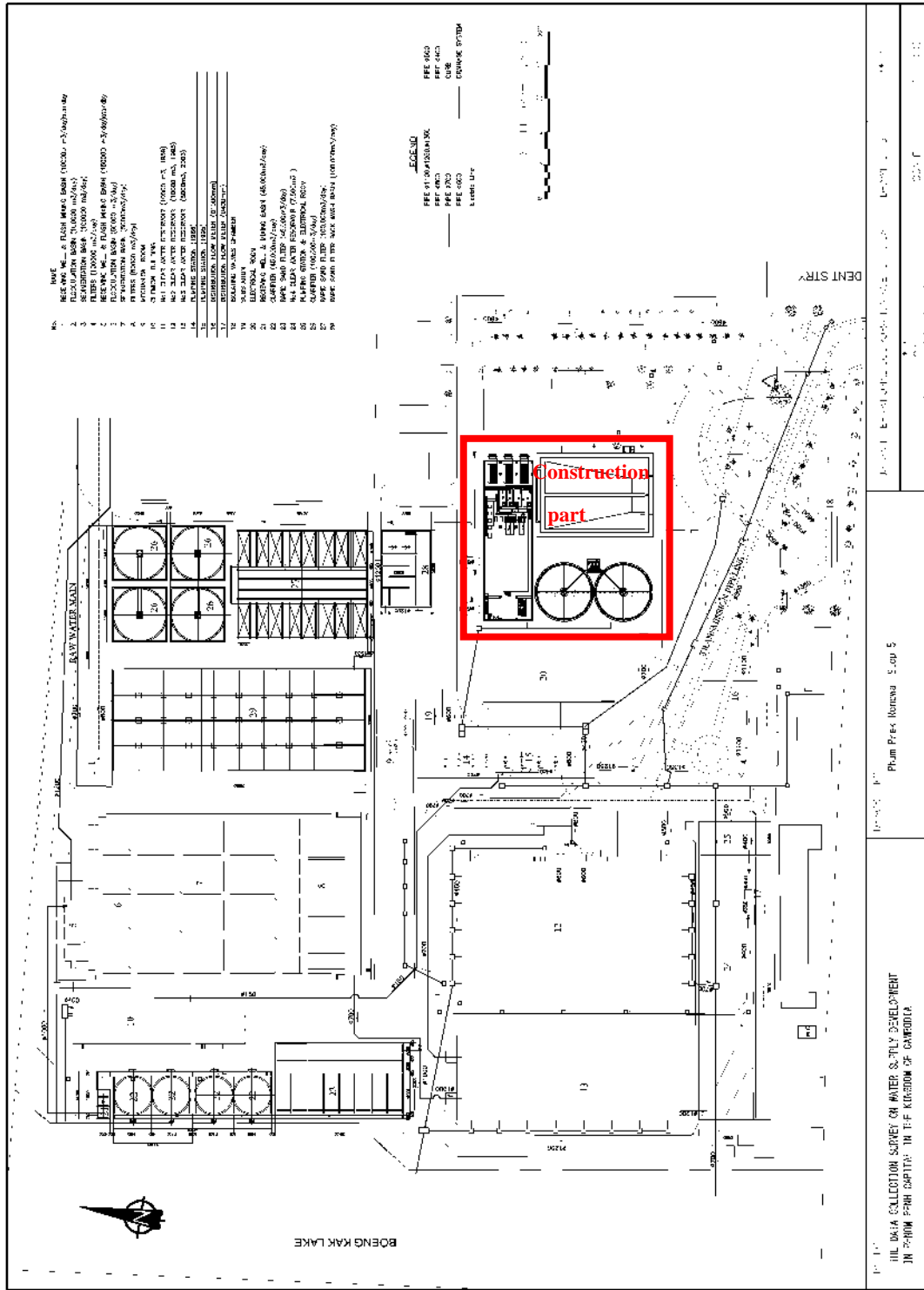


図 6-2.33 Step5 排水処理施設建設

出典：調査団作成

6-2-3-8-2 調査・設計期間・工事準備期間

既存施設の状況調査・設計期間並びに工事準備期間として12か月を見込む。

6-2-3-8-3 工事工程の整理

Step1 から Step5 までの概略工事工程は表 6-2.26 のように見込まれる。

ここで示す概略工事期間は上記 (1) ～ (5) で見込まれた工期の平均とする。

表 6-2.26 概略工事工程

1年目												2年目												3年目												4年目												5年目												6年目											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64								
調査・設計及び建設準備												Step1 浄水施設撤去												Step2 浄水施設建設												Step3 浄水施設撤去												Step4 配水池建設												Step5 配水池撤去及び廃水処理施設建設											
195,000												150,000												150,000												195,000												195,000												195,000											
m ³ /day												m ³ /day												m ³ /day												m ³ /day												m ³ /day												m ³ /day											

出典：調査団作成

6-2-3-8-4 設計方針（処理方式等）

敷地面積が限られているため、No.3 沈澱ろ過池（45,000 m³/日）と同様の高速凝集沈殿池方式を想定する。

6-2-3-8-5 利用可能な既存資料・データ

No.1 沈澱ろ過池（100,000 m³/日）の資料はほとんど残っていないので、実施設計時は実測を行い、状況を把握してから設計を行う必要がある。

6-2-3-8-6 再建設時に留意すべき点

(1) 既存の運転停止時間が少なくなるように考慮する。（解体・建設時）

Step1 で No.1 沈澱ろ過池（100,000 m³/日）の 1 / 2 を撤去して、仮壁を作り 50,000 m³/日を運転できるようにする計画である。5 か月程度の期間掛かると予想され、その間は No.2（50,000 m³/日）と No.3（45,000 m³/日）の計 95,000 m³/日となる。仮壁が完成した時点で 50,000 m³/日が復活するので 145,000 m³/日の処理能力となる。（Step1 の終了時）

Step2 で No.4 沈澱ろ過池（100,000 m³/日）完成した時点で、No.1 沈澱ろ過池（50,000 m³/日）は停止するので、No.2（50,000 m³/日）と No.3（45,000 m³/日）と No.4 沈澱ろ過池（100,000 m³/日）の合計の 195,000 m³/日の処理量に戻る。

(2) 既存の構造物に影響を与えない（ダメージ、倒壊、振動、沈下等）

コンクリートの破碎はブレーカーによる破碎を想定しているが基本的には原位置（既存の構造物がある位置、つまり浄水場）での破碎は実施しない。解体はフラットソー工法、ワイヤーソー工法、

ウォールソー工法、コアドリル工法等の工法を用いてコンクリートを切断して分割し、ダンプトラックにより場外の処分場あるいは仮置き場まで運搬してそこでブレーカーを使用して破砕する。そうすることで破砕による振動の影響をなくすことが可能となる。

また、コンクリートカッターにて分割する際は動態観測（測量）を実施して残す側の躯体の沈下や変位をモニタリングし、事前に設定した許容変位量、沈下量を超過する場合には解体を中止し、対応を協議する。

(3) 基礎工（杭基礎）ボーリング調査・試験杭等

地質調査資料として No.3 沈澱池ろ過池（45,000 m³/日）施設建設時に実施した調査ボーリングの結果があるが、それらデータは今回解体対象施設より離れており地質状況が異なる可能性があるため、対象施設位置での地質把握、解体計画の策定、基礎の設計を目的として 2 箇所程度の調査ボーリングを実施する。

(4) 仮設（倒壊防止、ガラ等からの防護、安全確保）

飛散養生シートを設置することで風の影響を受け、足場倒壊の恐れがあるため足場の固定（控えの確保）は確実に行う。休日においては強風による足場倒壊を防止するため飛散養生シートを足場の一方に結わえるなどして風の影響を受けないようにする。コンクリート切断作業には水を使用するため重機のキャタピラー等により地盤が乱される可能性があるため、排水路の整備、敷鉄板の設置や碎石敷設によりそれを防止する。カッターによるコンクリートの切断作業では保護メガネや防塵マスク等の保護具を確実に着用する。また池壁の切断作業は高所での作業となるため足場の確保、安全帯の着用を確実にを行い墜落災害のないように努める。切断したコンクリート片は重量物となるため、ダンプトラックへの荷積みの際は、地切りを確実に実施するとともに、適切な吊り具を使用し、介錯ロープを使用して荷ぶれを防止する。またダンプトラックでの運搬においては適正な積載荷重の順守を徹底する。

(5) 配管・配線切り替えを最低限に（バルブ操作や仮配管、配線撤去等）

詳細設計時に、Step2 と Step4 で No.1 沈澱池ろ過池を撤去する際、使用中の施設に支障が出ないように、手順を決める必要がある。

第7章 送配水ネットワーク

7-1 既存の送配水ネットワーク

7-1-1 送水管ネットワーク

7-1-1-1 送水管

既存の送水管ネットワークの概要を図 7-1.1 に示す。

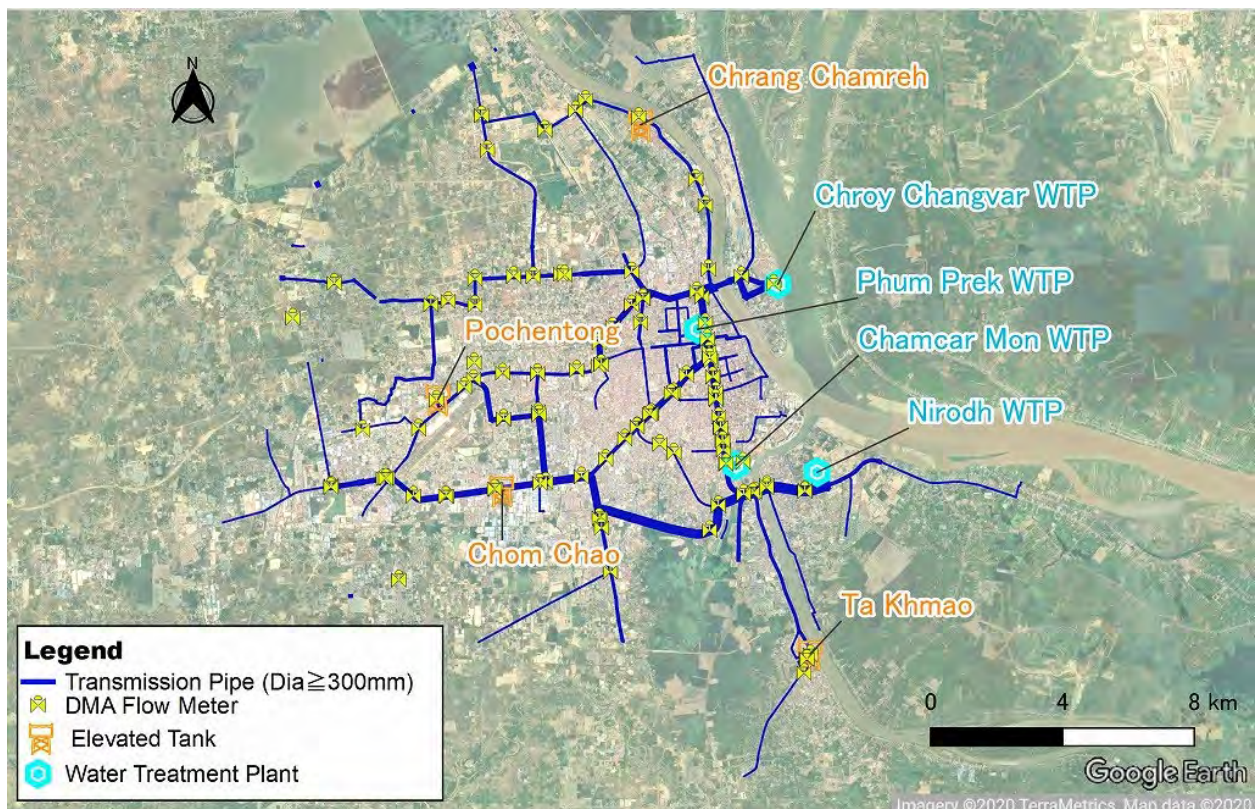


図 7-1.1 送水管の概要

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

既存の送水管ネットワークは、既存の 4 つの浄水場（Phum Prek 浄水場、Chroy Changvar 浄水場、Nirodh 浄水場、Chamcar Mon 浄水場）が連結された送水システムで構成されている。送水管から一部の区域では高架水槽を通じて、DMA に送水し、各 DMA の中で配水ネットワークが構築されている。

2020 年時点では、各浄水場からの送水管は、送水ネットワーク内で相互に接続し、各浄水場からの送水された水は、送水ネットワーク内で相互融通の運用を前提として構築されているため、浄水場ごとの配水区域は厳密に設定されていない。

送水管の布設延長の概要を表 7-1.1 及び図 7-1.2 に示す。尚、送水管の口径 300mm 以上は、すべてダクタイル鋳鉄管としている。

表 7-1.1 送水管の布設延長の概要

Diameter (mm)	Pipe Length (m)											Total
	～2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
300	69,666	4,423	1	2,762	3,313	6,187	3,620	1,417	8	2,754	556	94,706
315	3,767	0	0	0	0	0	0	1,092	0	0	0	4,859
350	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637
400	19,143	2,261	2,664	192	2,182	124	2,587	28	26	0	0	29,206
450	3,588	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,588
500	24,069	2,296	1,599	7,534	59	1,303	2,460	1,246	0	0	0	40,565
600	5,927	0	0	44	49	0	39	2,592	0	30	0	8,682
700	3,556	0	0	0	0	0	253	0	0	0	0	3,808
800	9,079	0	2	283	857	513	4,161	700	0	0	0	15,594
900	5,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,059
1000	4,828	1,917	0	0	4,110	129	9	1,953	0	0	0	12,947
1100	1,159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,159
1200	1,721	0	0	1,700	737	0	17	0	0	0	0	4,175
1250	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
1350	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122
1400	1,036	0	1,042	3,677	501	0	0	0	0	0	0	6,255
1500	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
1600	5,511	0	0	73	25	0	0	0	0	0	0	5,610
Total	158,961	10,898	5,307	16,265	11,832	8,256	13,146	9,028	34	2,784	556	237,066

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

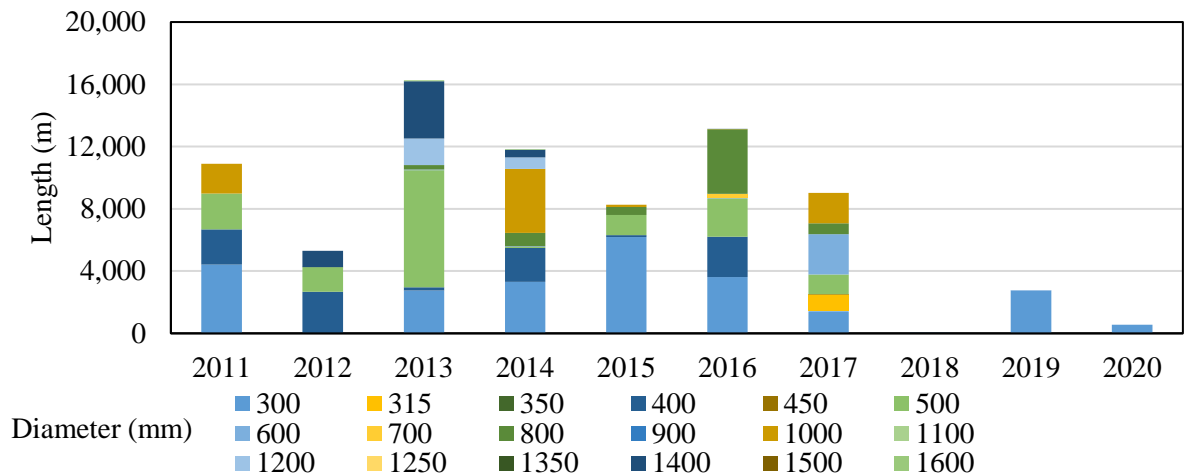


図 7-1.2 送水管の布設延長の概要

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

7-1-1-2 高架水槽

7-1-1-2-1 高架水槽の概要

高架水槽は、2005年及び2009年に建設され、首都プノンペンの4箇所に設置されている。高架水槽の位置図を図7-1.3に、高架水槽の概要を表7-1.2に示す。

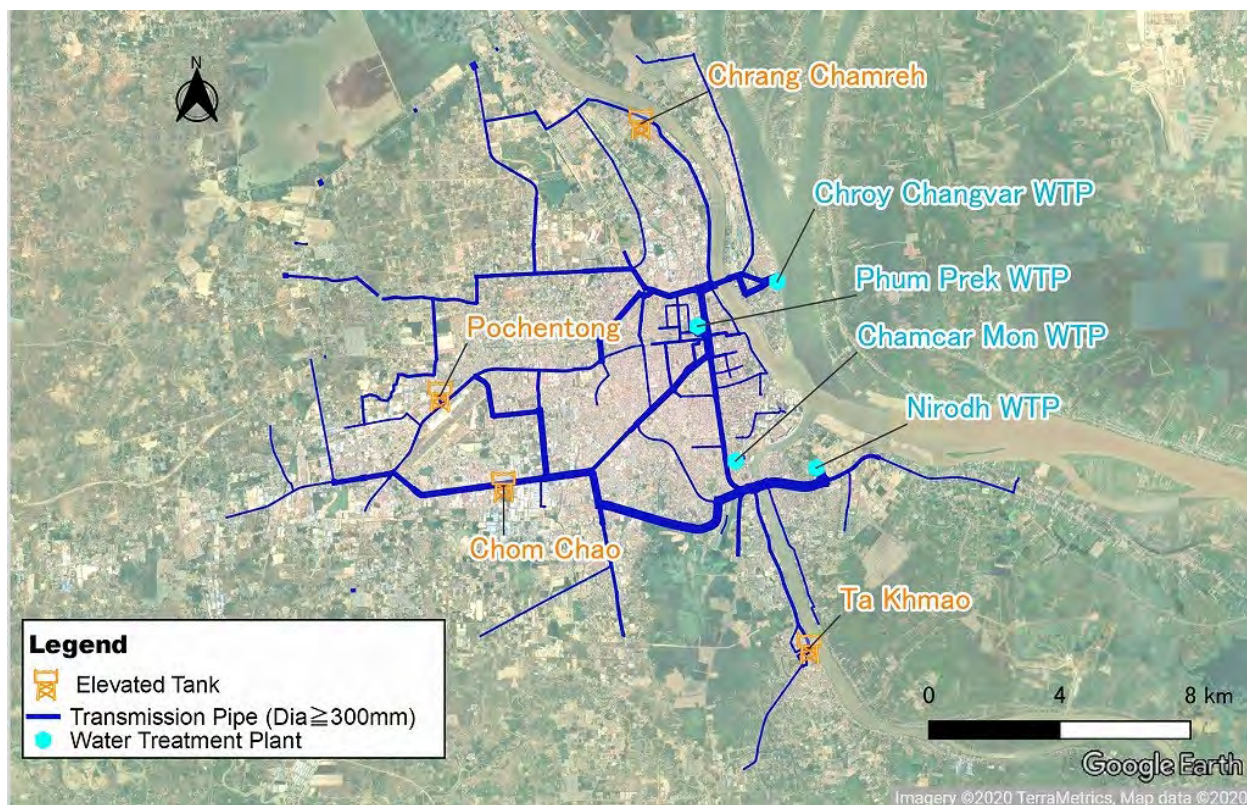


図 7-1.3 高架水槽の位置図

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

表 7-1.2 高架水槽の概要

Location	Construction Year	Volume (m ³)	HWL (m AMSL)	LWL (m AMSL)
Chrang Chamreh	2005	1,500	41.70	34.80
Chom Chao	2005	1,500	41.70	34.71
Pochentong	2005	1,500	41.70	34.87
Ta Khmao	2009	1,410	36.70	30.20

* m AMSL 海拔メートル (Meter Above Mean Sea Level)

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）を基に調査団作成

7-1-1-2-2 高架水槽の水位と水圧

高架水槽には、水位計及び水圧計が設置されており、15分毎に水位及び水圧の測定を行っている。高架水槽の年間の平均水位と平均水圧の時間変動を図7-1.4に示す。

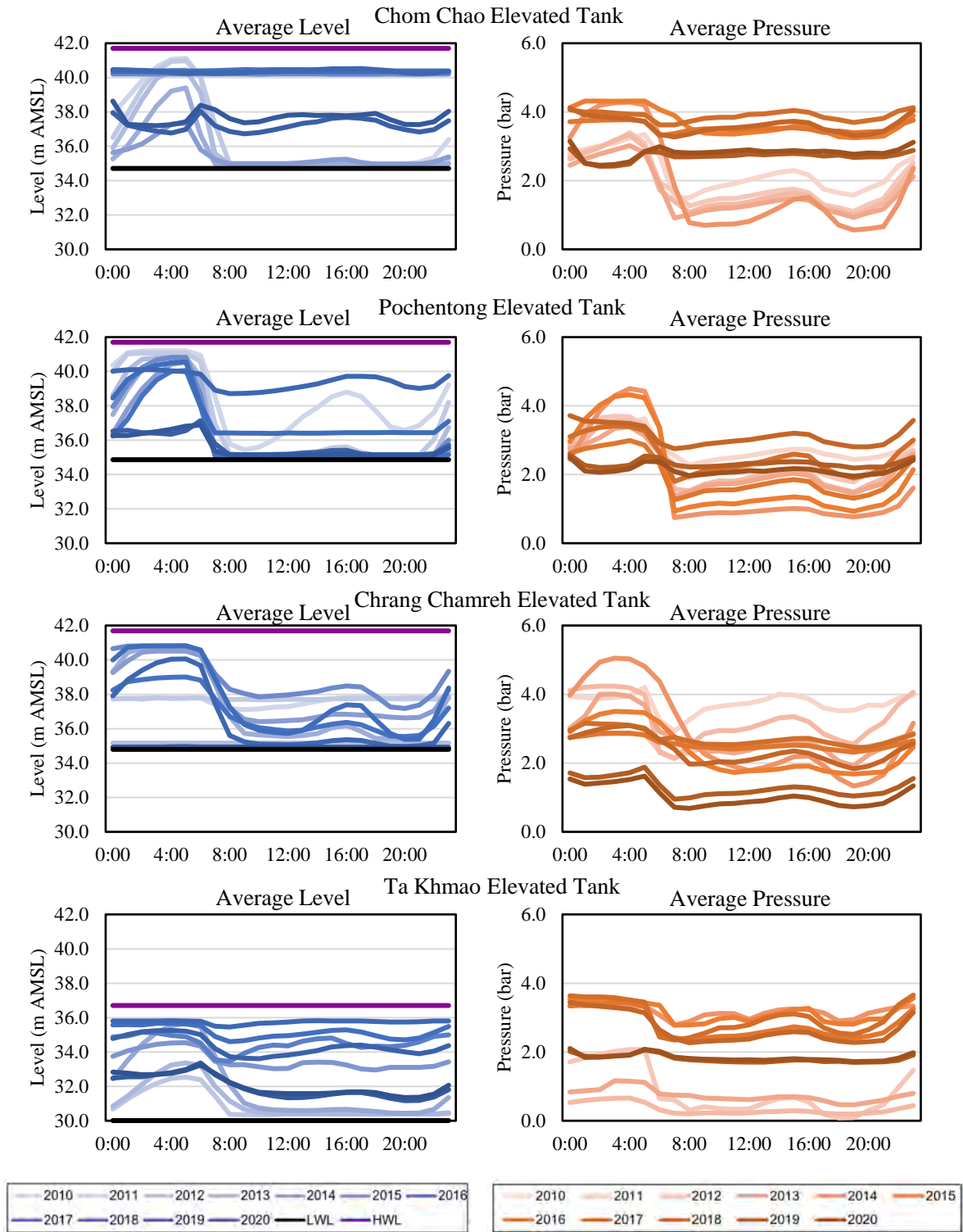


図 7-1.4 高架水槽の年間の平均水位と平均水圧の時間変動

出典：PPWSA の提供資料を基に調査団作成

高架水槽が作られた当時から 2014 年頃までは、送水管から高架水槽に貯水し、高架水槽から周辺地域へ配水が行われていた。その後、水需要の増加によって、夜間に高架水槽に貯留された水が早朝のピーク時に使用されてしまい、高架水槽の貯水量が大きく減少してしまう容量不足が発生すること、高架水槽の水位を利用した配水では、配水管の管路末端部で適切な水圧を確保できない水圧

不足が発生する傾向があった。

そのため、近年の実際の運用では、これらの容量不足及び水圧不足が生じる前に、バイパス管を活用し、送水管から配水管に直接接続し、送水圧を利用した配水とすることにより水量及び水圧の確保を行っている。

7-1-1-3 配水池と送水ポンプ

7-1-1-3-1 配水池の概要

配水池は、各浄水場の浄水池が配水池と兼用している。既存浄水場の配水池の諸元を表 7-1.3 に示す。詳細については第 6 章に記載した。

表 7-1.3 既存浄水場の配水池の諸元

WTP	Reservoir	Volume (m ³)	HWL (m)	LWL (m)
Phum Prek WTP	No.1	10,000	13.20	9.30
	No.2	10,000		
	No.3	5,000		
Chroy Changvar WTP	Elevated No.1	625	31.50	24.60
	Elevated No.2	625		
	Reservoir No.1	2,880	10.70	6.35
	Reservoir No.2	2,880		
	Reservoir No.1/2	18,500		
Nirodh WTP	Reservoir x 2	11,600	12.80	8.37
	Reservoir x 2	12,260	12.76	8.22
Chamcar Mon WTP	Reservoir x 2	2,400	10.41	5.53

出典：PPWSA の提供資料を基に調査団作成

7-1-1-3-2 送水ポンプの概要

既存浄水場の送水ポンプの諸元の概要を表 7-1.4 に示す。詳細については第 6 章に記載した。

表 7-1.4 既存浄水場の送水ポンプの諸元の概要

WTP	Number of Pump	Flow rate (m ³ /h)	Head (m)	Power (kW)
Phum Prek WTP	1-3	2,100	42	320
	4	3,050	46	520
	5-8	1,050	42	180
	9	1,650	47	272
Chroy Changvar WTP	1-3	1,400	46	315
	4-6	1,400	46	250
	7-8	1,400	46	250
Nirodh WTP	1-6	1,800	53	560
	7-12	1,800	53	560
Chamcar Mon WTP	1-4	1,100	46	315

出典：PPWSA の提供資料および現地調査結果を基に調査団作成

7-1-1-3-3 配水池からの送水量と水圧

浄水場の配水池には、流量計及び水圧計が設置されており、15分毎に流量及び水圧の測定を行っている。配水池からの送水量と水圧の変動を図7-1.5に示す。

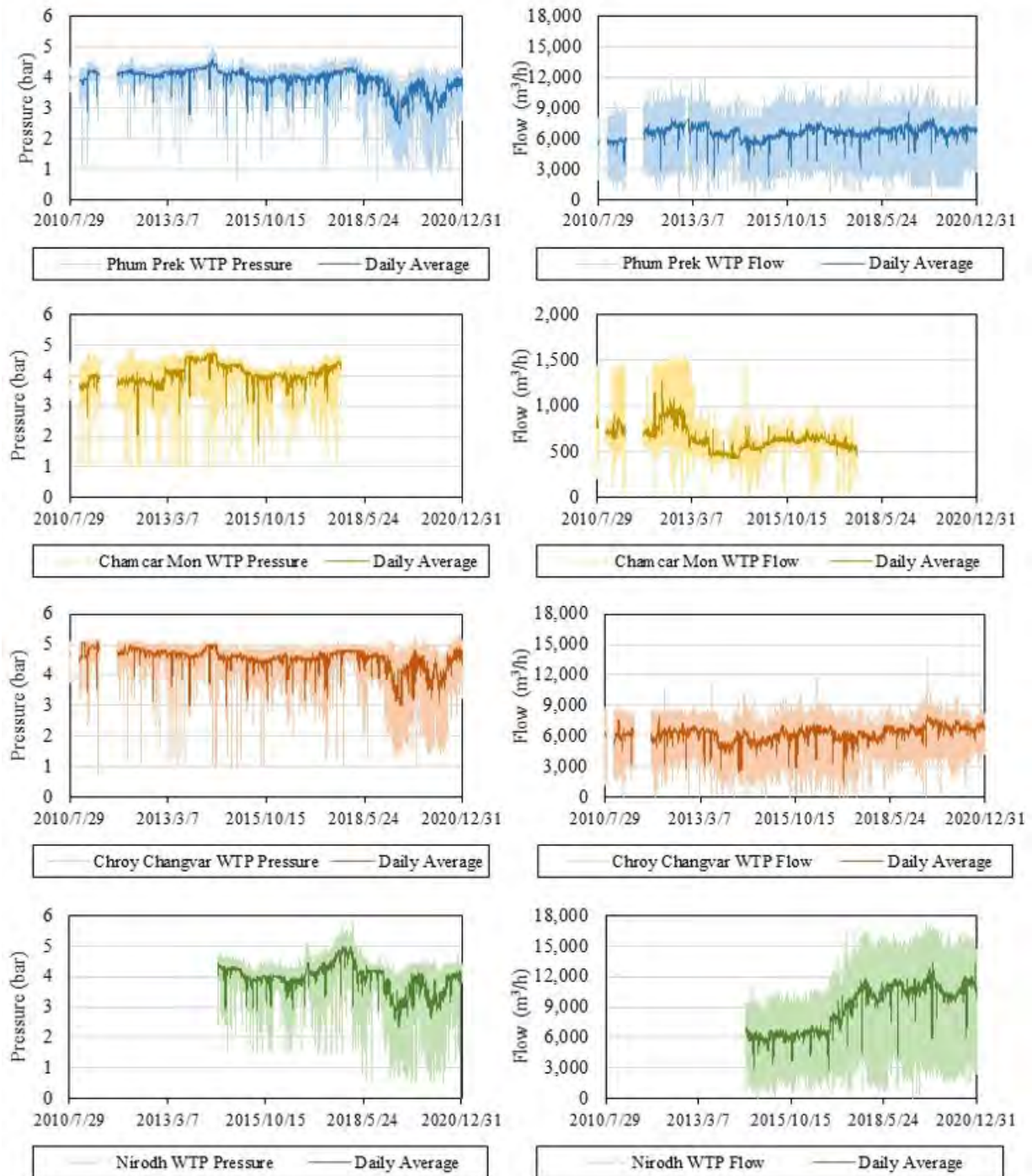


図 7-1.5 配水池からの送水量と水圧の変動

出典：PPWSA の提供資料を基に調査団作成

7-1-1-4 給水区域

2020 年における PPWSA の給水区域を図 7-1.6 に示す。

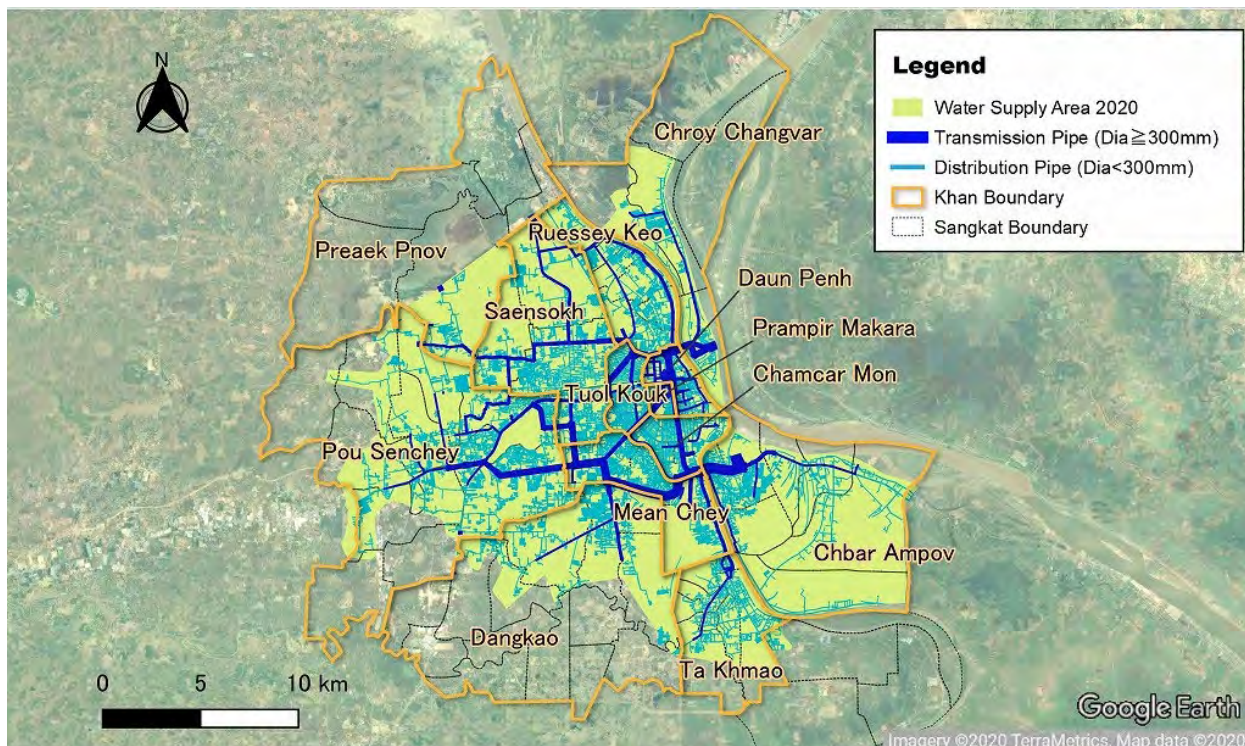


図 7-1.6 2020 年における PPWSA の給水区域

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）及び PPWSA へのヒアリングを基に調査団作成

2020 年における PPWSA の給水区域は、首都プノンペンの 12 の Khan にカンダール州タクマウ市を加えた合計 13 の行政区画である。これらの行政区画の面積は全体で約 671 km²あり、各地域における給水区域の面積を表 7-1.5 に示す。

表 7-1.5 各行政区画の給水区域面積

Code	Khan	Administrative Area (km ²)	Supply Area 2020 (km ²)	Supplied Area Ratio 2020 (%)
01	Daun Penh	6.5	6.5	100
02	Prampir Makara	2.2	2.2	100
03	Chamcar Mon	10.5	10.5	100
04	Tuol Kouk	8.3	8.3	100
05	Ruessey Keo	23.0	23.0	100
06	Mean Chey	24.4	24.4	100
07	Dangkao	121.8	45.3	37
08	Pou Senchey	141.9	84.0	59
09	Saensokh	51.7	51.7	100
10	Chroy Changvar	68.4	20.8	30
11	Chbar Ampov	74.3	70.1	94
12	Preaek Pnov	106.9	17.1	16
13	Ta Khmao	30.6	22.4	73
	Total	671.0	386.0	58

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）及び PPWSA の GIS データを基に調査団作成

7-1-1-5 DMA

7-1-1-5-1 DMA 区画

DMA は、AfD の支援により 2015 年に「Greater Phnom Penh Water Supply System Supervision Upgrade Project」にて DMA の再構築が検討され、検討結果を基に 2016 年に再構築された。

PPWSA は DMA の標準規模として、次に基準を目安とし、DMA の再構築を実施した。

- ・ 顧客接続戸数を 1,500 戸から 3,000 戸
- ・ DMA 内の配水管布設延長を 15 km から 35 km

2020 年時点で、108 箇所の DMA が構築されている。DMA の概要を図 7-1.7 及び図 7-1.8 に示す。

現時点では供給水量の不足を緩和するため、完全な DMA での運用は実施されておらず、一部の DMA では DMA 境界に設置されたバルブを開いて DMA を連結させて運用している状況である。

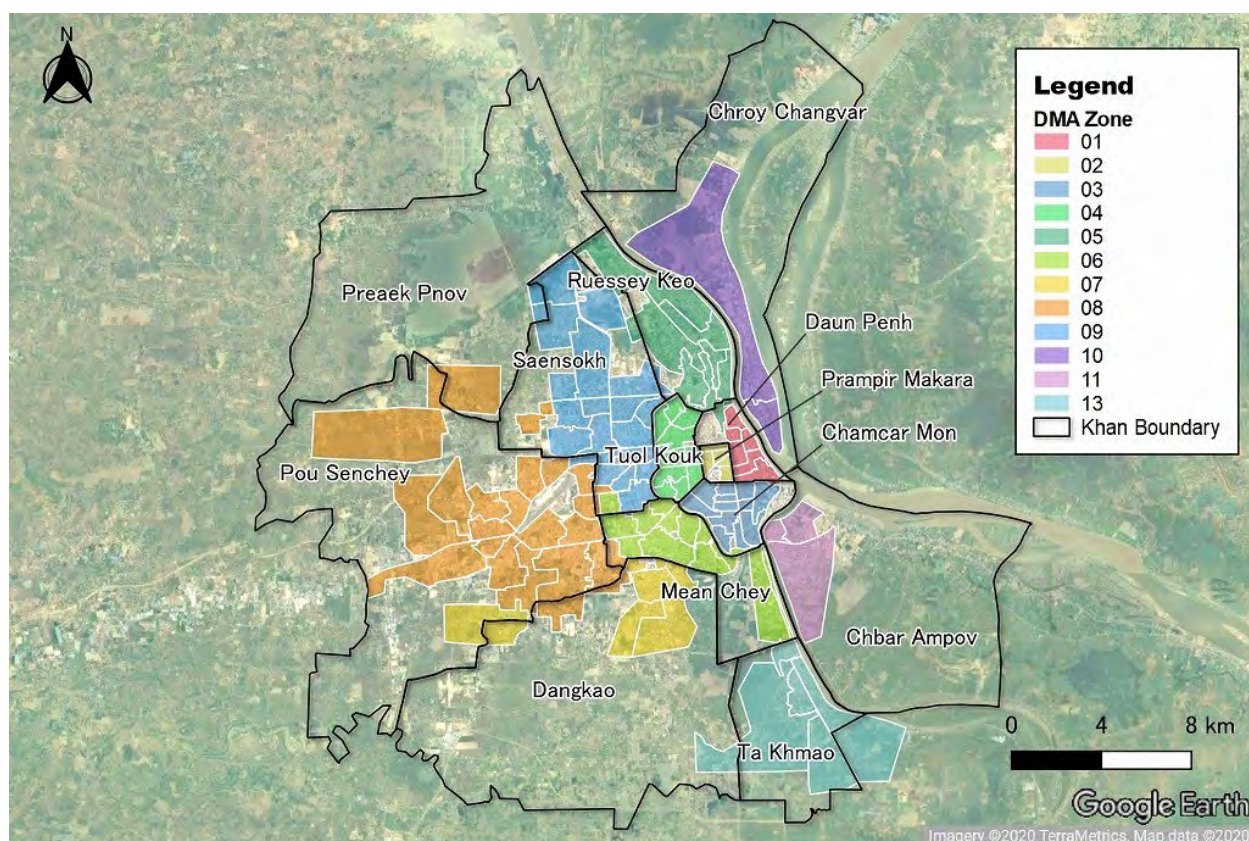


図 7-1.7 DMA の位置図 (1)

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

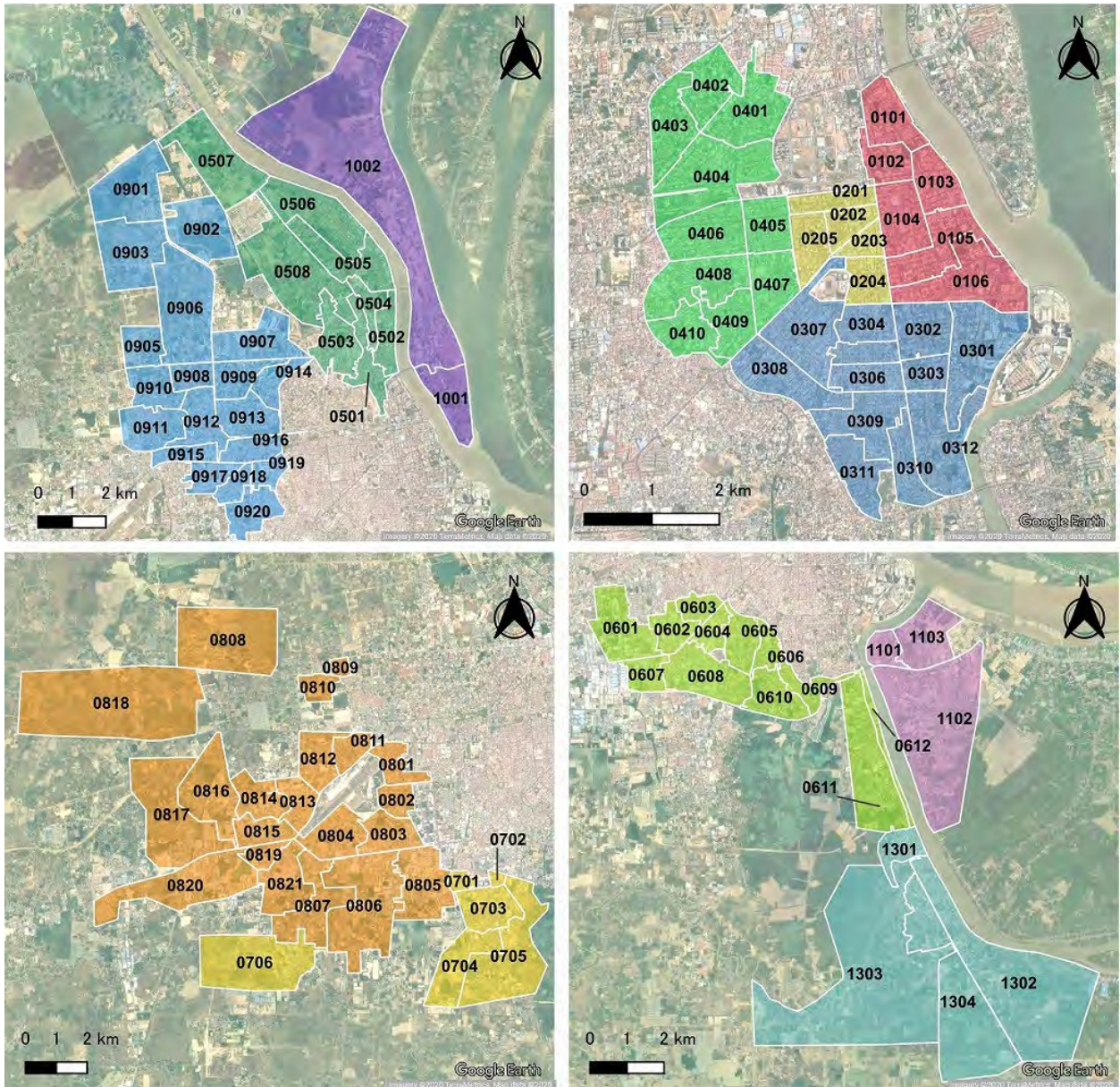


図 7-1.8 DMA の位置図 (2)

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

整備された DMA は、2016 年以前までに構築された DMA に基づく再編であり、2017 年以降の接続数の増加等により、PPWSA が掲げている DMA の標準規模を満たしていない DMA や既に超えてしまった DMA が存在している。DMA が標準規模よりも大きくなると、適切な水量及び水圧を保つための配水本管の増径や DMA 区画の見直し、水量及び水圧等の管理の容易さが各 DMA で異なることとなる。

7-1-1-5-2 DMA の水量と水圧

DMA の入り口に DMA メータとして、流量計及び水圧計が設置されている。DMA メータでは、15 分毎に流量及び水圧の測定を行っている。

DMA メータの測定箇所を図 7-1.9 に、測定状況を表 7-1.6 及び図 7-1.10 に示す。

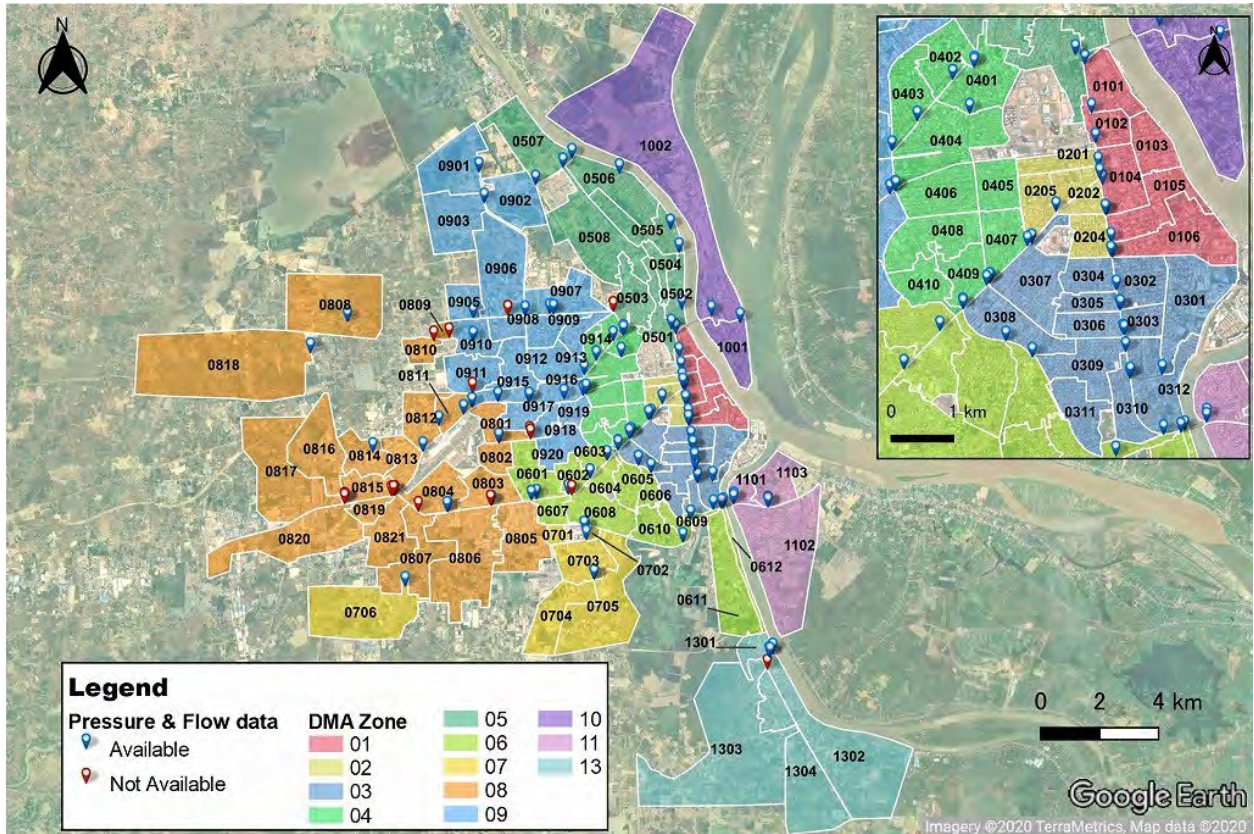


図 7-1.9 DMA メータの測定箇所

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

表 7-1.6 DMA メータ測定状況の概要

DMA Code	DMA 流入 平均水圧 (bar)	DMA 流入 平均水量 (m ³ /day)	DMA 設置点の Elevation (m AMSL)	DMA Code	DMA 流入 平均水圧 (bar)	DMA 流入 平均水量 (m ³ /day)	DMA 設置点の Elevation (m AMSL)
101	3.7	168	12	702	1.0	12	13
102	3.8	127	13	703	Not Available	Not Available	13
103	4.0	127	12	704	2.8	8	12
104	4.0	478	12	705	2.8	7	12
105	3.6	200	12	706	1.8	66	16
106	3.0	390	12	801	3.1	98	12
201	3.8	108	12	802	Not Available	Not Available	12
202	4.0	240	12	803	Not Available	Not Available	13
203	3.4	174	12	804	Error	266	13
204	3.9	260	12	805	3.5	436	12
205	3.5	196	12	806	3.3	256	13
301	4.0	208	11	807	Not Available	Not Available	14
302	3.1	200	12	808	3.5	32	16
303	3.8	94	11	809	Not Available	Not Available	12
304	4.4	260	11	810	Not Available	Not Available	15
305	4.0	118	11	811	3.1	68	14
306	3.7	174	11	812	2.6	308	14
307	3.8	378	12	813	3.0	174	14
308	3.9	272	13	814	2.5	131	15
309	4.1	344	11	815	Not Available	Not Available	17
310	4.3	178	11	816	2.0	44	16
311	2.0	28	12	817	Not Available	Not Available	17
312	4.0	254	11	818	2.1	36	15
401	3.0	616	13	819	Not Available	Not Available	15
402	3.4	106	13	820	Not Available	Not Available	17
403	3.4	144	13	821	Not Available	Not Available	15
404	1.8	352	13	901	2.5	58	13
405	3.7	302	13	902	Error	30	10
406	3.0	122	13	903	2.0	88	10
407	3.0	204	13	905	3.2	128	15
408	3.3	288	13	906	Not Available	Not Available	12
409	3.9	220	13	907	3.0	184	12
410	3.3	406	12	908	2.8	220	13
501	3.7	230	13	909	3.4	222	11
502	3.0	602	14	910	2.1	52	14
503	3.0	418	13	911	Not Available	Not Available	14
504	2.0	142	12	912	2.6	47	13
505	2.3	302	12	913	3.0	345	13
506	1.5	242	12	914	Not Available	Not Available	12
507	2.1	138	12	915	2.0	186	14
508	1.9	160	10	916	4.0	196	14
601	4.2	348	12	917	Error	56	13
602	2.5	200	12	918	Not Available	Not Available	12
603	3.0	128	13	919	3.2	36	13
604	4.0	254	13	920	Not Available	Not Available	12
605	2.5	342	12	1001	1.8	161	11
606	2.1	28	13	1002	4.0	458	11
607	3.0	72	11	1101	4.0	152	13
608	Not Available	Not Available	11	1102	Error	341	14
609	3.0	272	11	1103	Not Available	Not Available	15
610	Not Available	Not Available	11	1301	2.3	440	12
611	3.9	387	13	1302	2.0	386	11
612	Error	82	12	1303	2.0	280	11
701	3.4	74	13	1304	Not Available	Not Available	12

* Not Available はロガーデータがないもの、Error はロガーデータに欠損値・異常値みられるものを示す

出典：PPWSA データを基に調査団作成

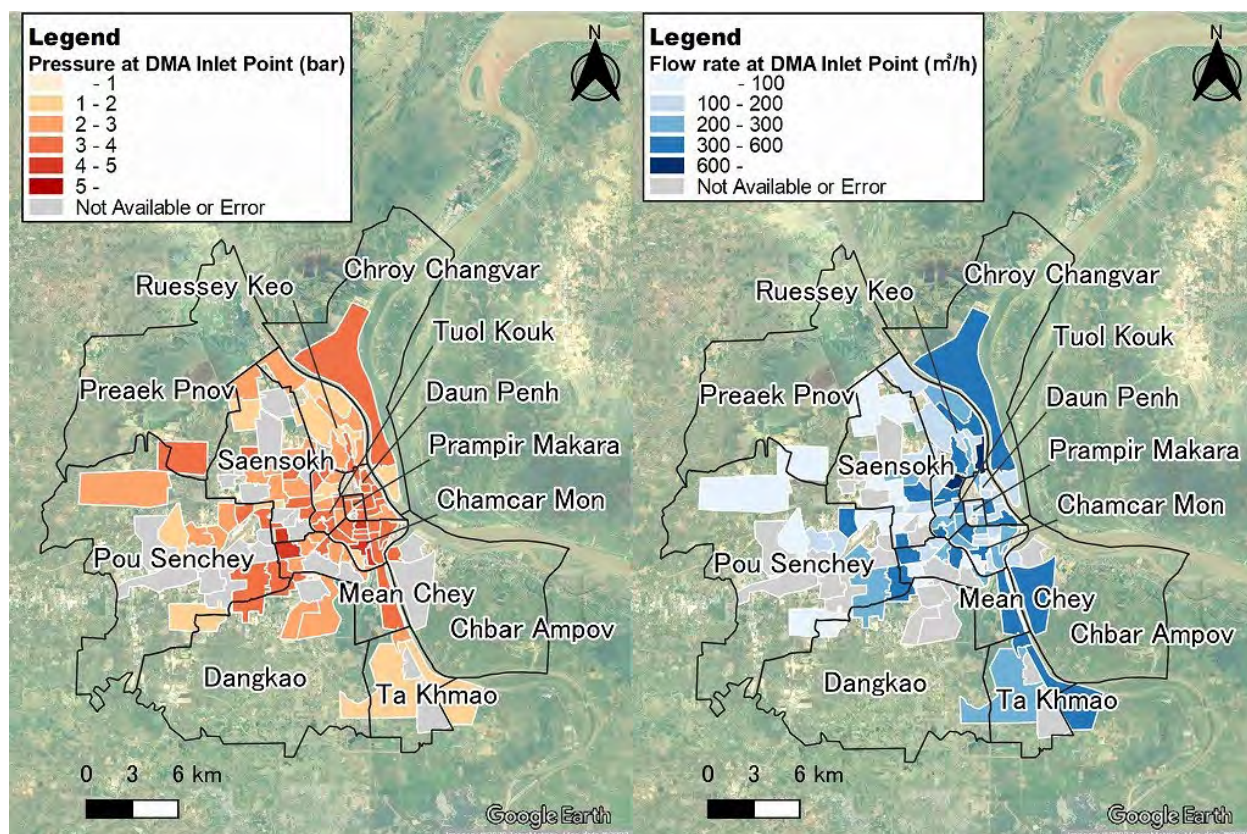


図 7-1.10 DMA での水量・水圧分布

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

DMA 流入点での水圧は、配水ネットワーク内で水圧が損失されることを考慮すると、3bar 程度を確保することが望ましいものの、首都プノンペンの中心部（Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）を除き、平均水圧 3bar を下回る地域も存在している。また、水量については、2017 年から 2020 年の水供給は、浄水場の整備により水供給が制限されている中での運用であり、首都プノンペンの中心部に多く給水が行なわれた傾向であった。

各 DMA の水量及び水圧の時間変動を図 7-1.11 及び図 7-1.12 に示す。

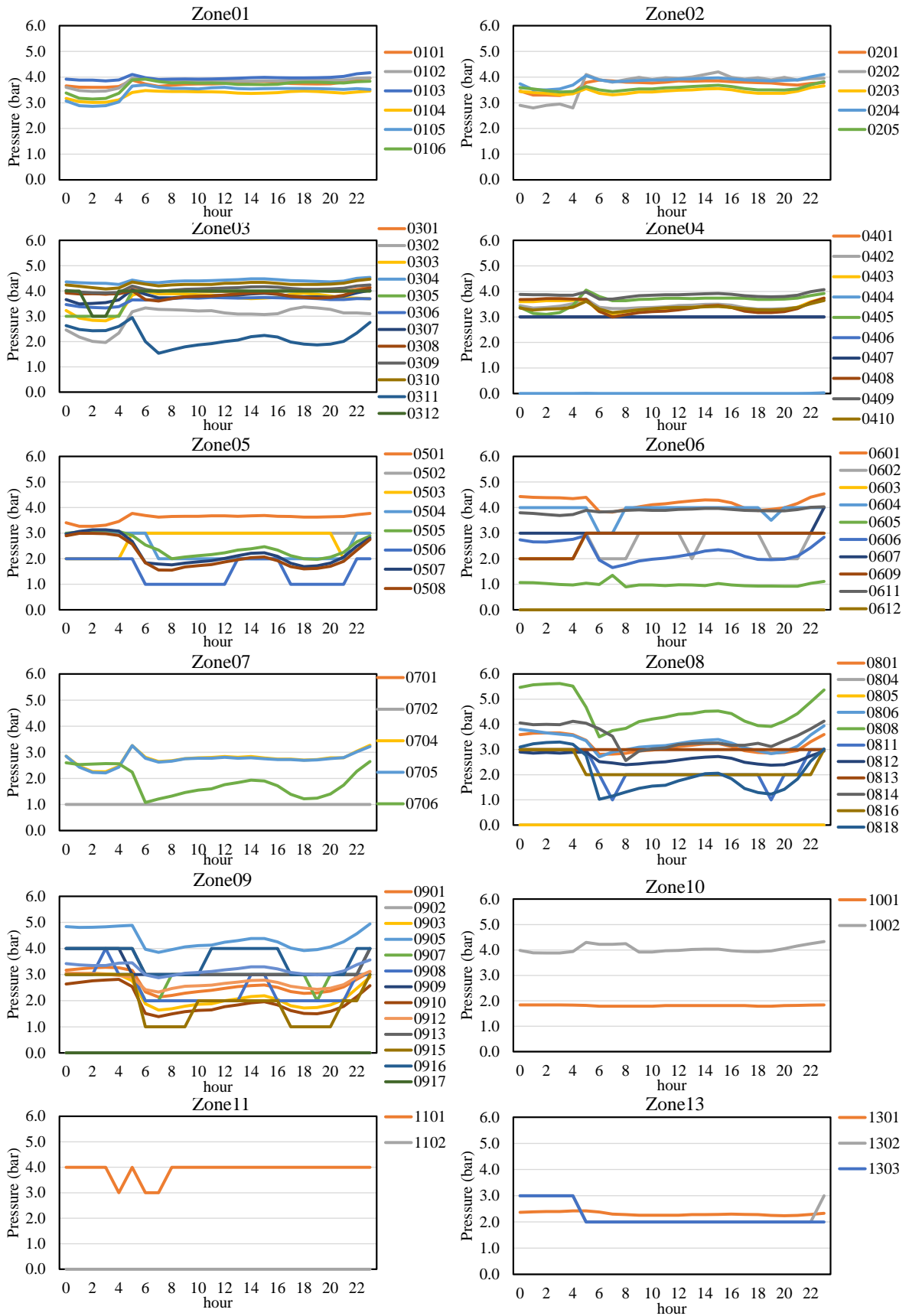


図 7-1.11 各 DMA の水圧の時間変動

* 水量及び水圧データは、2017年から2020年までの平均値
出典：PPWSA データを基に調査団作成

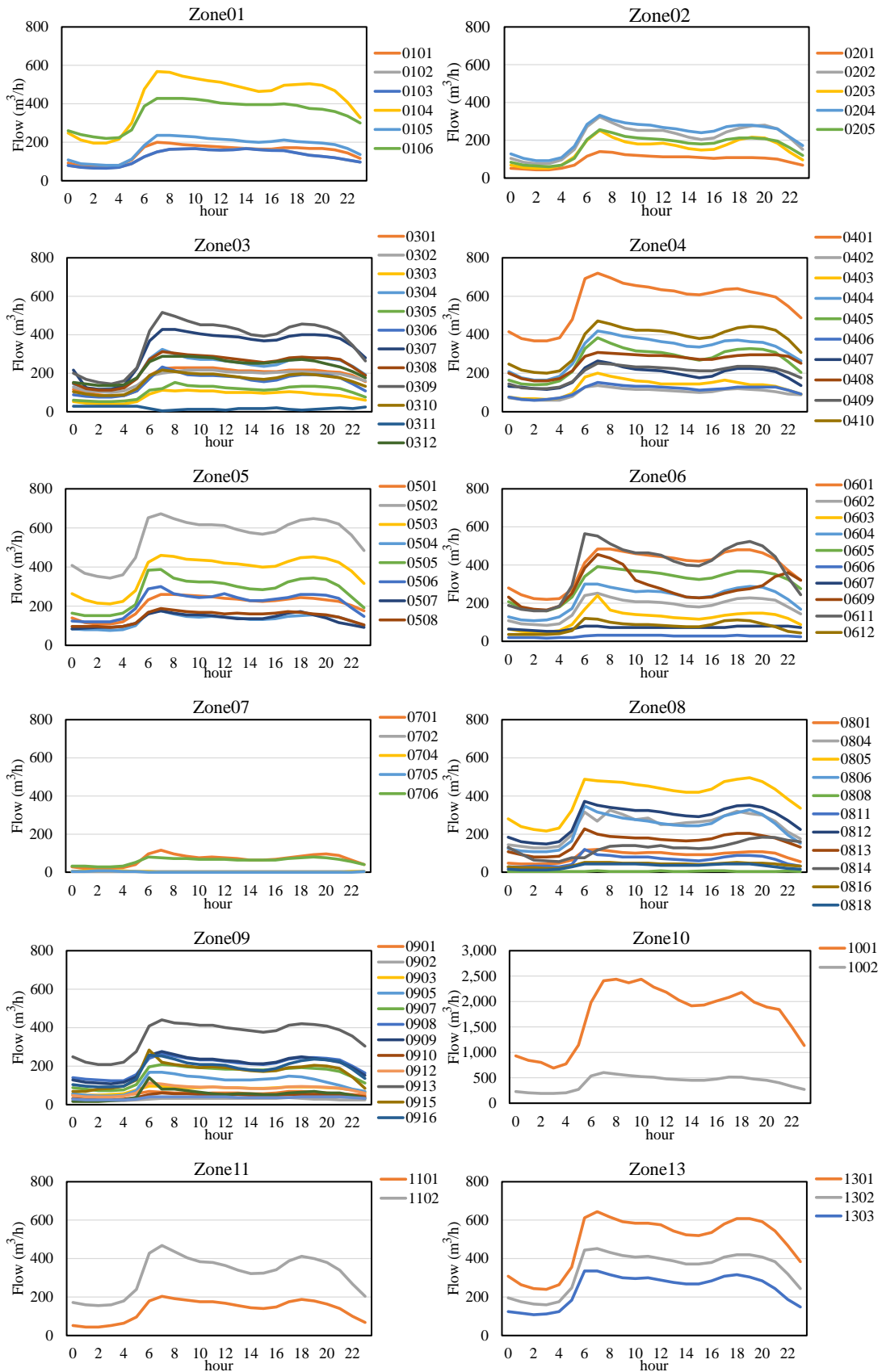


図 7-1.12 各 DMA の水量の時間変動

* 水量及び水圧データは、2017 年から 2020 年までの平均値
出典：PPWSA データを基に調査団作成

7-1-2 配水管ネットワーク

7-1-2-1 配水管

既存の配水管の概要を図 7-1.13 及び表 7-1.7 に、管種別の延長を図 7-1.14 示す。配水管は、送水ネットワークから分岐された DMA 内で配水ネットワークを構成しており、その 95%以上が高密度ポリエチレン管（HDPE 管）で構成されている。

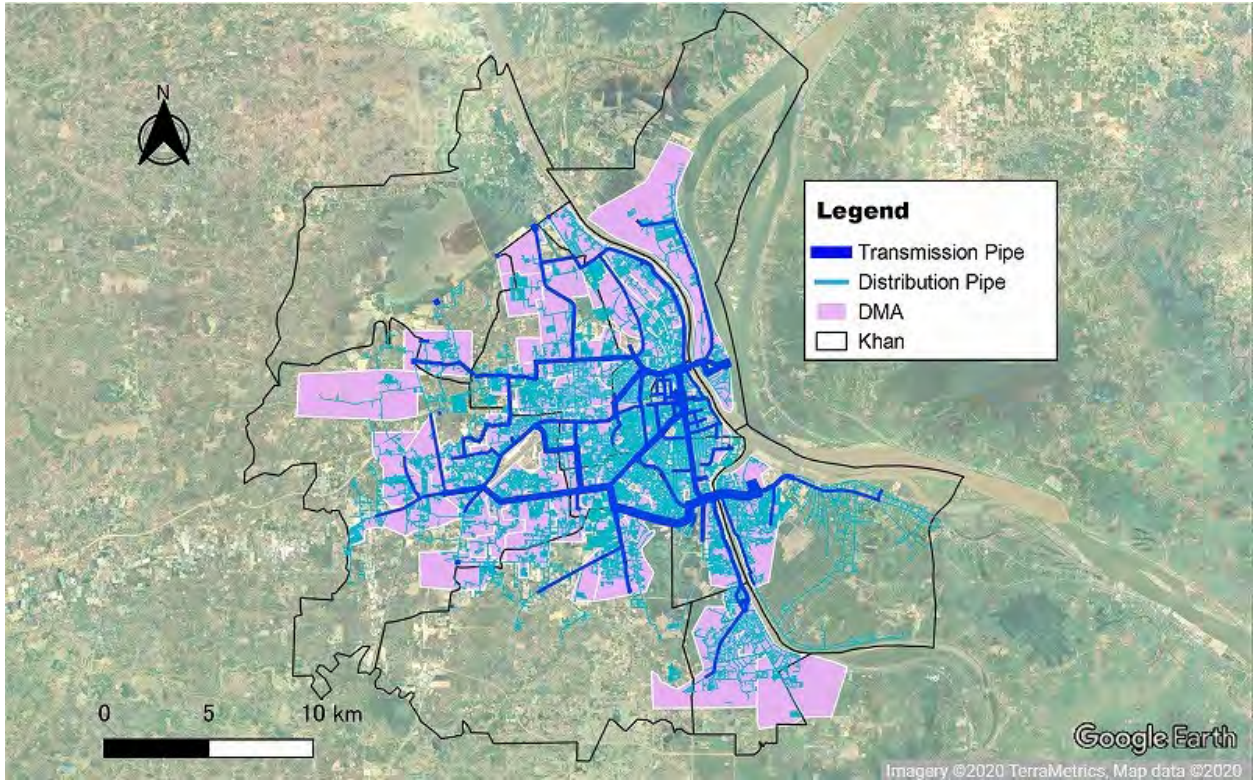


図 7-1.13 配水システムの概要

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

表 7-1.7 配水管の布設延長の概要

Diameter (mm)	Pipe Length (km)											Total
	～2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
50	6.6	0	0.6	0.5	0.5	1.4	0	0	0	0	0	9.6
63	270.2	28.7	6.2	23.1	32.6	23	32.9	39	32.6	26.9	8.2	523.4
90	249.1	33	29	28.6	34.8	33.9	36.6	50.6	50.3	58.2	51	655.1
100	38.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	39
110	486	31.2	37.1	41.1	53.5	36.3	58.7	56.4	62.1	61.4	33.5	957.3
150	43.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	43.8
160	254.7	16.1	17.9	31.6	27.9	21.9	36.9	34.9	42.2	50.1	18.3	552.5
200	62.1	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	62.4
225	112.5	9.6	10.7	14.7	9.1	21.2	17.7	22.9	22.8	24.4	9.4	275
250	80.3	2	0.1	3.1	1.7	4.6	1.3	1.7	2.4	2.3	0	99.5
Total	1603.3	120.6	101.6	142.8	160.2	142.4	184.1	205.5	212.4	224.3	120.4	3217.6

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

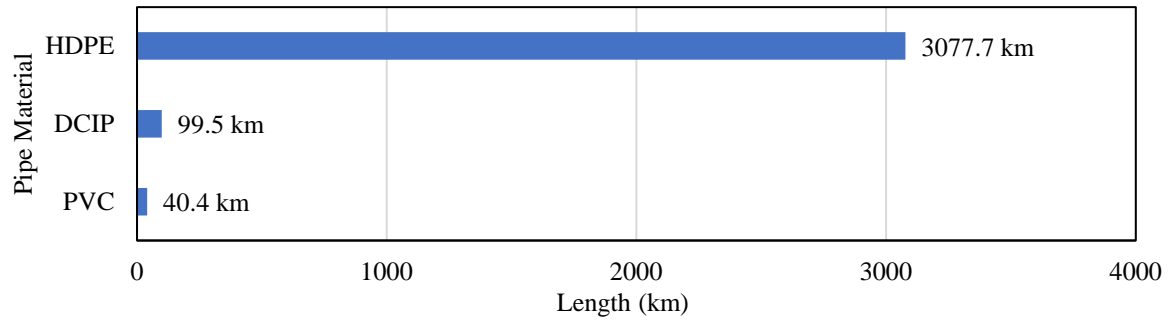


図 7-1.14 管種別の布設延長

出典：PPWSA の GIS データを基に調査団作成

7-1-2-2 民間水道からの移管区域

民間水道から移管された配管の概要を図 7-1.15 に示す。

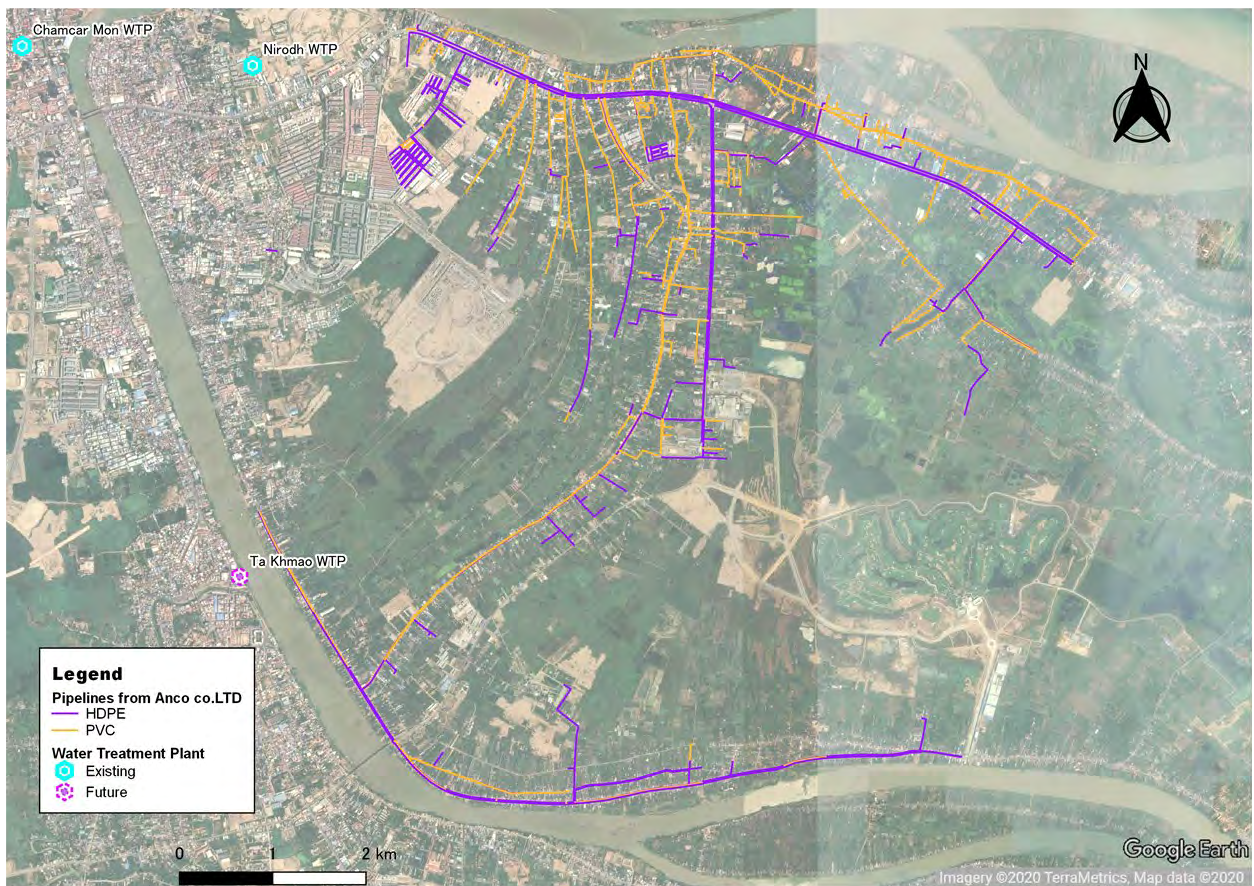


図 7-1.15 2018 年に民間企業（Anco 社）より PPWSA へ移管された配水管

出典：PPWSA へのヒアリングを基に調査団作成

この地域（Khan Chbar Ampov）は、民間企業の Anco 社が水道事業のライセンスを取得し、2016 年から水道事業が実施され民間企業からの配水が始まったものの、当時の配水状況は水量不足、水

圧不足、水質基準への不適合がみられるという課題があった。このような状況を改善するため、MISTI から民間企業からの給水ではなく、PPWSA から配水事業を行う要請があった。そのため、2018年に配水事業が民間から水道公社であるPPWSAに移管され、PPWSAの給水区域となった。民間水道は、PPWSAと異なる民間の独自の基準により設計及び施工、運営が行なわれており、水圧、水質及び漏水が課題であった。PPWSAでは、これらの課題を解決するために、漏水の修繕、配水管の布設替え等を実施している。

7-1-2-3 大口需要者

大口需要者の一覧を表7-1.8に、位置図を図7-1.16に示す。PPWSAでは、配水管口径100mm以上の分岐により給水接続を行っている需要者を大口需要者と定義している。詳細については資料に示す。

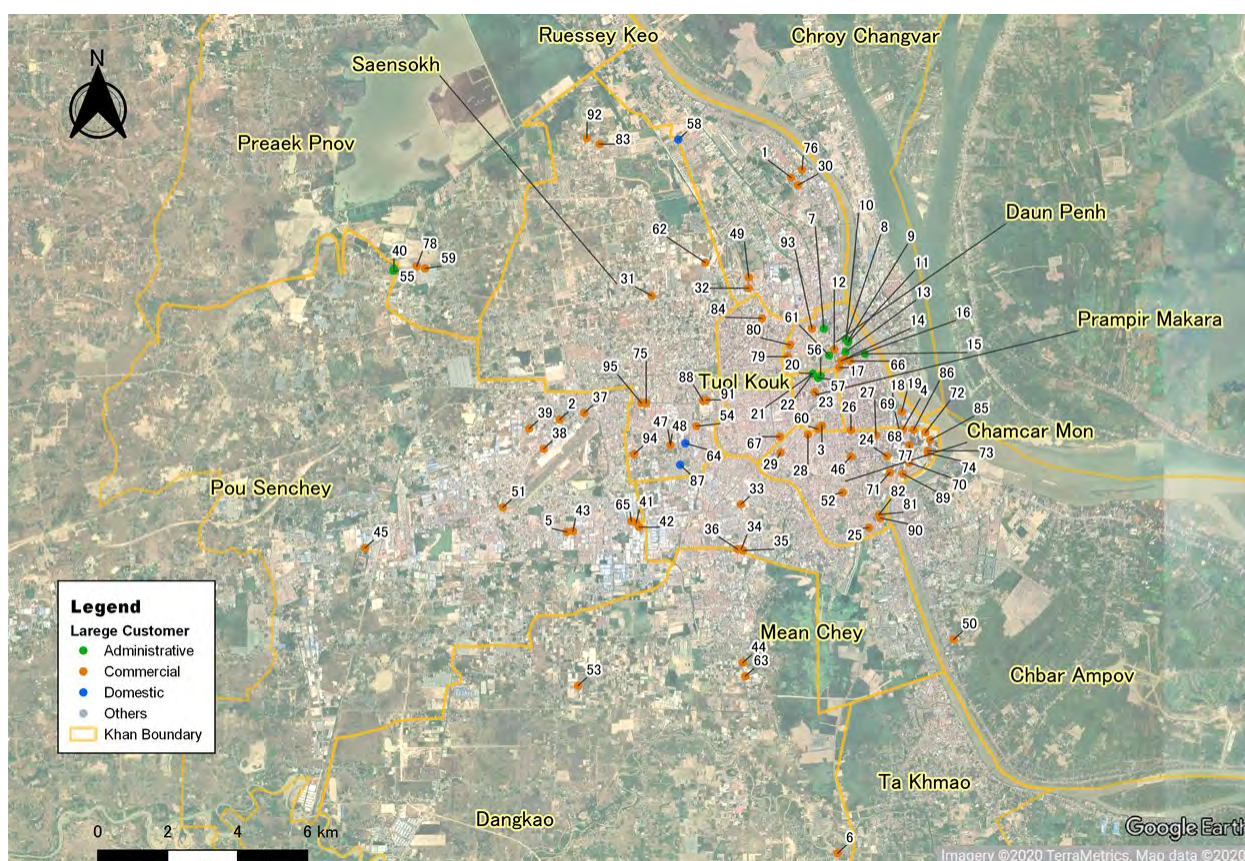


図 7-1.16 大口需要者の位置図

出典：PPWSA データを基に調査団作成

表 7-1.8 大口需要者の一覧

No	CUSTOMER NAME	CATEGORY	No	CUSTOMER NAME	CATEGORY
1	Beer & Beverage Companies	Commercial	49	Camko City	Commercial
2	Business Center and Hotel	Commercial	50	Ice factory	Commercial
3	Olympic Condo	Commercial	51	PPM Pharmaceutical Enterprise	Commercial
4	Jinfu (Naga Company)	Commercial	52	zhang Sun Li Condo	Commercial

No	CUSTOMER NAME	CATEGORY	No	CUSTOMER NAME	CATEGORY
5	Crown Beverage Keys (Cambodia)	Commercial	53	Crown Brewery	Commercial
6	Kerry World Bridge Logisties	Commercial	54	Ice Factory	Commercial
7	Calmette Hospital	Administrative	55	Cambodia-Thailand Professional Development Center	Administrative
8	National Center for Maternal and Child Health	Administrative	56	Office of the Council of Ministers	Administrative
9	Preah Keto Mealea Hospital	Administrative	57	Office of the Council of Ministers	Administrative
10	Maternal and Child Health Center	Administrative	58	Fire Extinguisher (Borey Vimean Phnom Penh	Domestic
11	Kantha Bopha I Hospital	Administrative	59	Chheng Sokuntheavy (Fruit Factory)	Commercial
12	Le Royal Hotel	Commercial	60	Lim Sina Condo	Commercial
13	Ministry of Economy and Finance	Administrative	61	Ministry of Posts	Administrative
14	US Embassy	Commercial	62	Aeon Mall (Cambodia) Co., Ltd.	Commercial
15	Ministry of Posts	Administrative	63	Khmer Breweries Co., Ltd.	Commercial
16	Vattanac Property Ltd.	Commercial	64	Fire Orchid Fire Extinguisher	Domestic
17	Canadia Tower	Commercial	65	Canadia Industrial Park	Commercial
18	Royal Palace	Administrative	66	Hong Kong Lane (Premium Investment)	Commercial
19	Cambodiana	Commercial	67	Seng Saran (Doeum Kor Market	Commercial
20	Office of the Council of Ministers	Administrative	68	Chen Yepern (Tan Sri Chen Ine)	Commercial
21	Office of the Council of Ministers	Administrative	69	Touch Samnang	Commercial
22	Office of the Council of Ministers	Administrative	70	Concrete Silo	Commercial
23	Julina Hotel	Commercial	71	Rose Condo	Commercial
24	Aeon Mall	Commercial	72	Festival	Commercial
25	PRINCE HAPPINESS PLAZA	Commercial	73	City Hall	Commercial
26	Heng Haing Meng (Mr. Hun Lucky Molly)	Commercial	74	New Golf Club	Commercial
27	Embassy Place Apartments	Commercial	75	Sung Houy Property Development	Commercial
28	Olympic Market Representative	Commercial	76	Breweries & Beverages	Commercial
29	The Great Duke Hotel	Commercial	77	THE BRIDGE	Commercial
30	Breweries & Beverages	Commercial	78	Vital Pure Water Enterprise	Commercial
31	National Bank of Cambodia	Commercial	79	Great City Company Limited	Commercial
32	World City Co. LTD	Commercial	80	Great City Company Limited	Commercial
33	Neak Hoang 2 Garment Factory	Commercial	81	CENTRAL PLAZA (condo)	Commercial
34	Vong Horn Meng (R / C)	Commercial	82	PLAZA OF TAIZI (condo)	Commercial
35	Vong Hong Meng - Garment Factory	Commercial	83	AC Business Institute	Commercial
36	Ice factory	Commercial	84	Star Ting International	Commercial
37	SCA Company	Commercial	85	Ji Seang Investment Cambodia	Commercial
38	Societe concessionair aeroport	Commercial	86	Sunwa Property Co., Ltd.	Commercial
39	MASTERTEX CAMINTERNATINALCO LT	Commercial	87	Fire Extinguisher (Orchid Villa)	Domestic
40	National Polytechnic Institute of Cambodia	Administrative	88	Prince Real Estate Cambodia Co., Ltd.	Commercial
41	Suntex Pte Ltd (Tailor)	Commercial	89	Sin Thean Chean Company	Commercial
42	D'LUXE INTERNATIONAL CO.,LTD	Commercial	90	Yang Sophing	Commercial
43	Nguon Vuthy Company	Commercial	91	Rumduol Overseas Co., Ltd.	Commercial
44	Khmer Brewery	Commercial	92	Tan Bunsour (Ice Factory)	Commercial
45	Jinfu Garment Factory	Commercial	93	PPCCES PPCCES Company	Commercial
46	City Park Condo	Commercial	94	Spring CJ Company	Commercial

No	CUSTOMER NAME	CATEGORY	No	CUSTOMER NAME	CATEGORY
47	Cambodia International School	Commercial	95	Sung Houy Property Development	Commercial
48	Northbridge Development Co.LTD	Commercial			

出典：PPWSA データを基に調査団作成

7-1-2-4 配水管水圧

PPWSA は、DMA 内の配水ネットワークの配水枝管において水圧測定を実施している。配水枝管における水圧測定結果を表 7-1.9 に、配水枝管における水圧測定箇所を図 7-1.17 に示す。

表 7-1.9 配水枝管における水圧測定結果

Location	Maximum Pressure (bar)	Average Pressure (bar)
P1 St.200R-Khan Ruessey Keo-Sangkat Ruessey Keo	2.35	1.17
P2 St.103C-Khan Tuek Thla-Sangkat Saen Sok	2.70	1.39
P3 St.58D-Khan Dangkao-Sangkat Dangkao	3.17	1.58
P4 St.W22-Khan Chak Angrae Kraom-Sangkat Mean Chey	2.66	1.33
P5 St.351-Khan Nirodh-Sangkat Chbar Ampov	3.31	1.83
P6 St.2A51- Khan Kantouk-Sangkat Pou Senchey	1.82	0.91
P7 St.30AK-Khan Khmuonh-Sangkat Saen Sok	2.30	1.15
P8 St.148R-Khan Svay Pak-Sangkat Ruessey Keo	2.30	1.15
P9 St.143CC-Khan Porng Tuek-Sangkat Dangkao	3.62	1.81
P10 St.250-Khan Ta Khmao-Sangkat Krong Ta Khmao	2.25	1.12
P11 St.410K-Khan Kraing Thnung-Sangkat Saen Sok	2.23	1.11
P12 St.467K-Khan Kouk Roka-Sangkat Preaek Phnov	1.81	0.90
P13 St.104CW-Khan Prek Leab -Sangkat Chroy Changvar	3.40	1.70
P14 St.110-Khan Chom Chao-Sangkat Pou Senchey	1.74	0.89
P15 NR 1-Khan Prek Eng -Sangkat Chbar Ampov	2.95	1.55

出典：PPWSA データを基に調査団作成

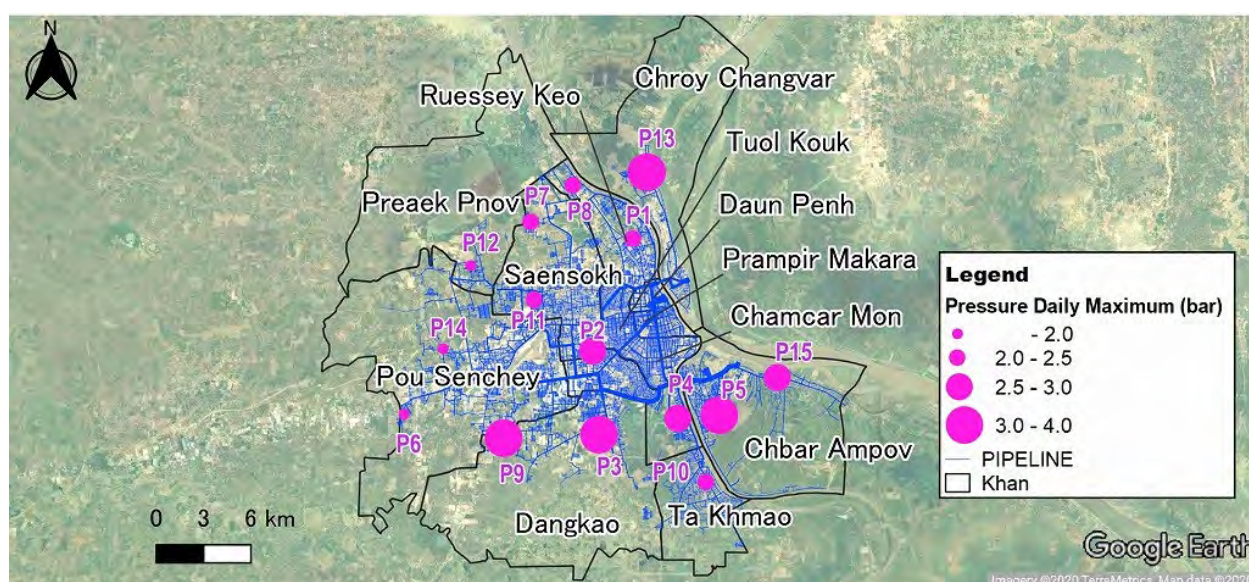


図 7-1.17 配水枝管における水圧測定箇所

出典：PPWSA データを基に調査団作成

低水圧が観測された地点は、配水枝管での水圧測定結果に基づき、Khan Preaek Pnov (P12)、Khan

Pou Senchey (P6、P14) であった。

7-1-2-5 給水栓水質

PPWSA は、毎月市内の 30 か所の給水栓で水質検査を実施している。検査項目は NDWQS に準拠し、水温 (Temperature)、pH、濁度 (Turbidity)、色度 (Color)、伝導度 (Conductivity)、残留塩素濃度 (Residual Chlorine) 大腸菌群 (coliform) である。いずれの給水栓の水質も、濁度の基準値 (5NTU 以下)、遊離有効塩素 (Free Available Chlorine (FAC)) の基準値 (0.1 から 1.0 mg/l) に収まっており、適切な消毒処理が行われた水が PPWSA から供給されている。

7-1-3 送水配水管の維持管理

7-1-3-1 送配水管の維持管理体制と業務内容

送配水管ネットワークの維持管理体制は、計画・プロジェクト部 (Department of Planning and Project)、浄水・送配水部 (Department of Production and Distribution)、上下水道支社 (Department of Water and Sanitation Subsidiary Service Branch) が主要部署である。各組織の詳細な業務内容は、第 9 章に記載する。

7-1-3-1-1 計画・プロジェクト部

計画・プロジェクト部 (Department of Planning and Project) では、管路整備の計画、GIS 情報の整備、日常点検・記録管理の管理を総合的に実施している。水運用課 (Water Supply Management Office) が設立され、GIS データの管理や配水管整備計画、浄水場、高架水槽、DMA 等での水量及び水圧のモニタリングを実施している。

7-1-3-1-2 浄水・送配水部

浄水・送配水部 (Department of Production and Distribution) では、配管やバルブ等の修繕・補修、漏水調査、DMA メータの管理を実施している。

7-1-3-1-3 上下水道支社

上下水道支社 (Department of Water and Sanitation Subsidiary Service Branch) が配管等の修繕・補修工事を実施している。また、修繕・補修の結果は各部署で GIS データに記録し、記録された GIS 情報は Department of Planning and Project の Water Supply Management Office で総合的に管理されている。

7-1-3-2 維持管理における標準手順書の活用

PPWSA の送配水管の維持管理に係る業務は、標準手順書 (Standard Operation Purocedure 以下、

「SOP」)に従い実施されている。

主な SOP として、施設情報の GIS データでの記録・管理、配水管及び維持管理用設備の維持管理方法及び布設方法等が定められている。業務内容は SOP に基づいて記録・保管されているものの、蓄積されたデータの分析・評価手法の確立や、SOP の改編・改善が課題である。

7-1-3-3 漏水発生状況

漏水の発生状況の概要を図 7-1.18 に示す。

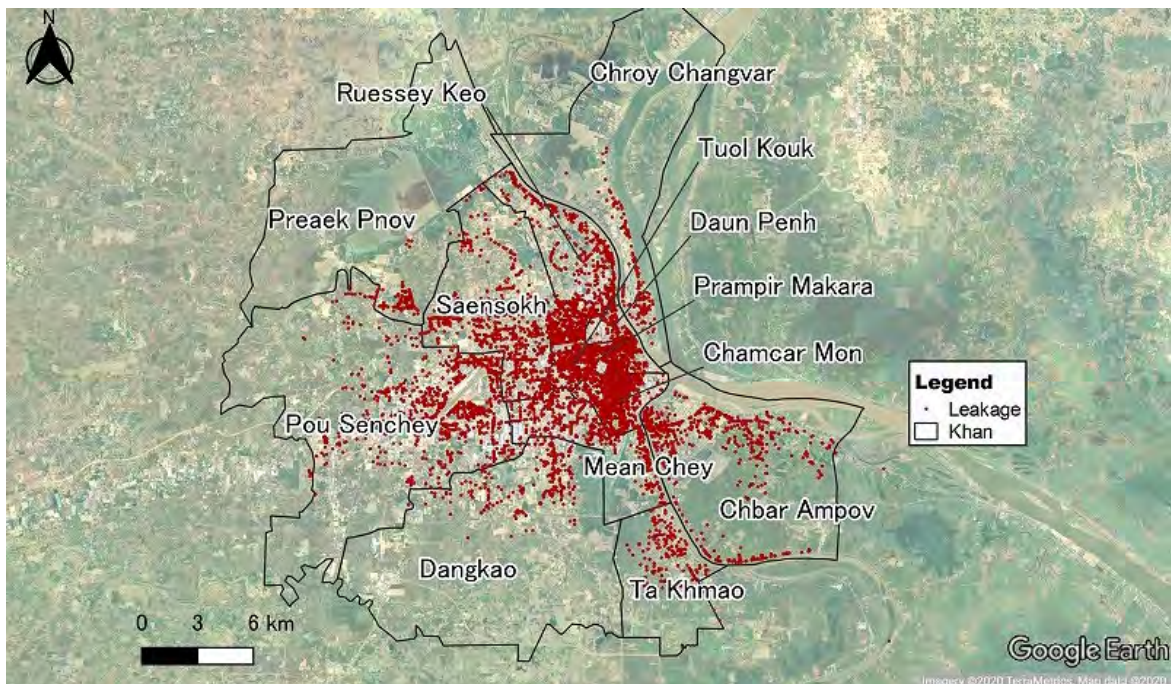


図 7-1.18 漏水の発生状況の概要

出典：PPWSA データを基に調査団作成

首都プノンペンの全域にわたって漏水が発生しているものの、比較的布設年度が古い配管が布設されている中心部（Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）において発生している傾向がある。また、PPWSA と民間では管材基準、設計水圧や施工品質が異なることから、前述した民間水道からの移管地域（Khan Chbar Ampov）でも漏水が発生している。これらの漏水発生箇所は、PPWSA の維持管理の中で随時修繕が実施されている。

7-1-3-4 年間維持管理計画

送配水管ネットワークの維持管理として、配水本管の補修・更新、配水管末端での洗浄、制御弁、空気弁、消火栓及び弁室の補修・更新、消火栓の補修・更新及び前述の漏水管の補修・更新、顧客メータの更新を行っている。年間の維持管理計画の概要を表 7-1.10 に示す。

表 7-1.10 送配水管の年間維持管理計画の概要

Maintenance Items	Annual Planned Quantities (2018)
Clean, prepare and modify pipeline	350 places
Stop valve and valve box repair	320 places
Air valve and air valve box repair	80 places
Fire hydrant repair	60 places
Leaking repair work	2,000 places
Water meter repair	20,000 places

出典：PPWSA のヒアリングを基に調査団作成

7-1-4 民間事業者による上水道施設

民間事業者による上水道施設は、首都プノンペンの行政区画境界または隣接するカンダール州に点在している。民間事業者による上水道施設の位置図を図 7-1.19 に、第 4 章に記載した大規模開発と民間事業者の上水道施設の関係を表 7-1.11 に示す。



図 7-1.19 民間事業者の上水道施設の概要

出典：MISTI 及び Cambodian Water Supply Association へのヒアリングに基づき調査団作成

表 7-1.11 大規模開発と民間事業者の上水道施設の関係

Large-Scale Development Plans Area	Private Company Name/ Registered Name	Production Capacity of WTP
Group 2-1 Special Economic Zone (SEZ)	Special Economic Zone (SEZ)	12,500 m ³ /day
Group 2-3 private utilities	LYP Group	1,000 m ³ /day
Group 2-4 Prek Pnov (private)	Prey Kub Construction, Sin Vannak	3,000 m ³ /day
Group 2-5 Bek Chan (private)	Bek Chan Water Suuply, Prey Pouch Water Supply, Trapeang Tnout Water Supply	3,000 m ³ /day, 1,400 m ³ /day, 700 m ³ /day
Group 2-6 North of Chroy Changvar	Mok Kampol Water Supply	3,200 m ³ /day
Group 2-7 private utilities	Aok Ngoam	4,000 m ³ /day
Group 2-8 private utilities	Svay Rolum and Setbou WTP	1,000 m ³ /day
Group 2-9	Prey Kub Construction	3,000 m ³ /day
Group 3-1, 3-2 Arey Khsat & Leva Aem commune (private)	Arey ksatr Water Supply	2,000 m ³ /day

-		Saoma Kobelco Water Supply Co. Ltd.	1,800 m ³ /day
---	--	-------------------------------------	---------------------------

出典：MISTI及びCambodian Water Supply Association へのヒアリングに基づき調査団作成

民間事業者の上水道施設は、PPWSAの上水道施設とは独立して水道事業運営を実施している。将来において、首都プノンペンの行政区画の再編や開発による都市部の広がりによって、カンボジア政府またはMISTIにより、PPWSAの給水区域が拡大し、民間事業者の上水道施設がPPWSAに移管される可能性がある。本調査においては、第4章に記載した大規模開発の中に民間事業者の給水区域も含まれており、民間事業者の給水区域が2025年以降にPPWSAの給水区域に含まれることを想定している。

7-2 送配水ネットワークの整備計画

7-2-1 送水管ネットワークの整備計画

7-2-1-1 給水対象区域

2030年におけるPPWSAの給水対象地域を図7-2.1に示す。現在の給水対象地域は、首都プノンペン及び首都プノンペンの南部に隣接するカンダール州タクマウ市であるが、給水対象地域は、2030年に向けて郊外へと地域を拡大しており、最終的には首都プノンペンの行政区画の全域が給水対象地域となる。また、首都プノンペン内の大規模開発地域や首都の広がりにより表7-2.1に示す地域についても給水区域に含まれる。

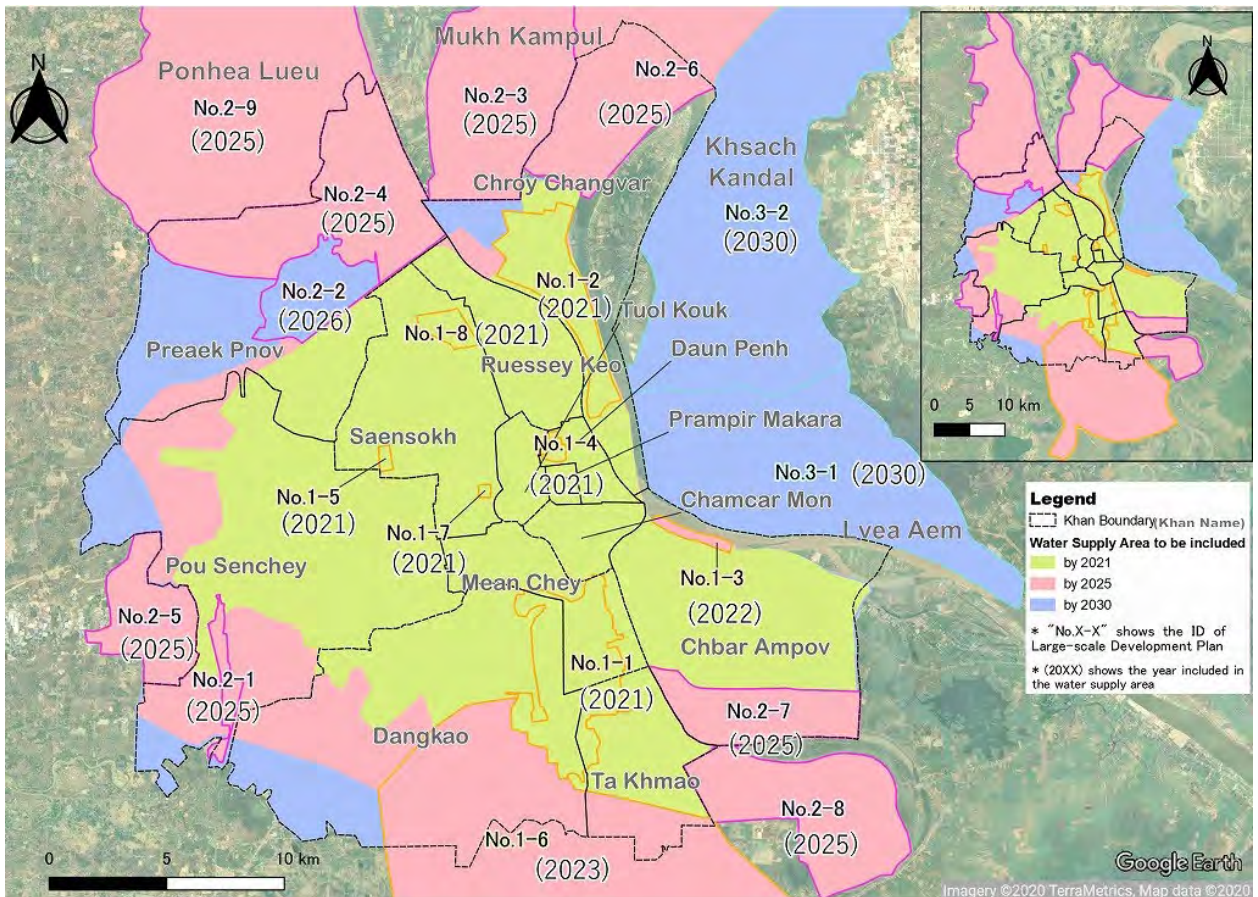


図 7-2.1 給水区域の概要

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

表 7-2.1 給水区域に加わる大規模開発及び周辺区域

Group	Description	No	Name	Target Supply Year
Group 1	Large-scale development plans which have been already started or which will be started soon.	1-1	ING City	2021
		1-2	OCIC & Okide Villa	2021
		1-3	Kos Norea Project	2022
		1-4	Boeng Kak	2021
		1-5	Okide Villa	2021

Group	Description	No	Name	Target Supply Year
		1-6	New Phnom Penh Airport City	2023
		1-7	Booyoung Town	2021
		1-8	Grand Phnom Penh international City	2021
Group 2	West side of Mekong River Large-scale development plans / Areas currently supplied by private utilities There are uncertainties whether the project would be carried out or not. Supplied by private sector continuously or supplied by PPWSA	2-1	Special Economic Zone (SEZ)	2025
		2-2	Ta Mouk Lake	2026
		2-3	private utilities	2025
		2-4	Prek Pnov (private)	2025
		2-5	Bek Chan (private)	2025
		2-6	North of Chroy Changvar	2025
		2-7	private utilities	2025
		2-8	private utilities	2025
		2-9	Preaek Ta Teaen, Vihear Luong, Ponhea Lueu, Phsar Daek, Kampong Luong, Chhveang, Phnum Bat, Chrey Loas	2025
Group 3	Ditto (East side of Mekong River and North side)	3-1	Arey Khsat & Leva Aem commune (private)	2030
		3-2	Preaek Luong, Preaek Takov, Svay Chrum, Preaek Ta Mak, Preaek Ampil, Puk Russei	2030

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

7-2-1-2 将来の需要分布

第4章で記載した大規模開発計画を含む2030年の水需要予測に基づく、2030年の水需要予測の水需要分布及び第三次マスタープラン（M/P2017）の2030年における水需要予測の分布の比較を表7-2.2及び図7-2.2に示す。

表7-2.2 2030年における水需要予測の分布

Khan	第三次マスタープラン（M/P2017）の水需要予測結果 (m ³ /日)	本調査による水需要の見直し結果 (m ³ /日)
Daun Penh	61,308	61,351
Prampir Makara	24,008	32,442
Chamcar Mon	69,060	118,192
Tuol Kouk	51,074	73,776
Ruessey Keo	97,004	109,127
Mean Chey	119,429	132,478
Dangkao	108,336	107,236
Pou Senchey	245,557	338,835
Saensokh	145,683	160,953
Chroy Changvar	55,861	85,862
Chbar Ampov	64,139	99,880
Preaek Pnov	23,520	26,117
Ta Khmao	28,068	56,291

出典：調査団作成

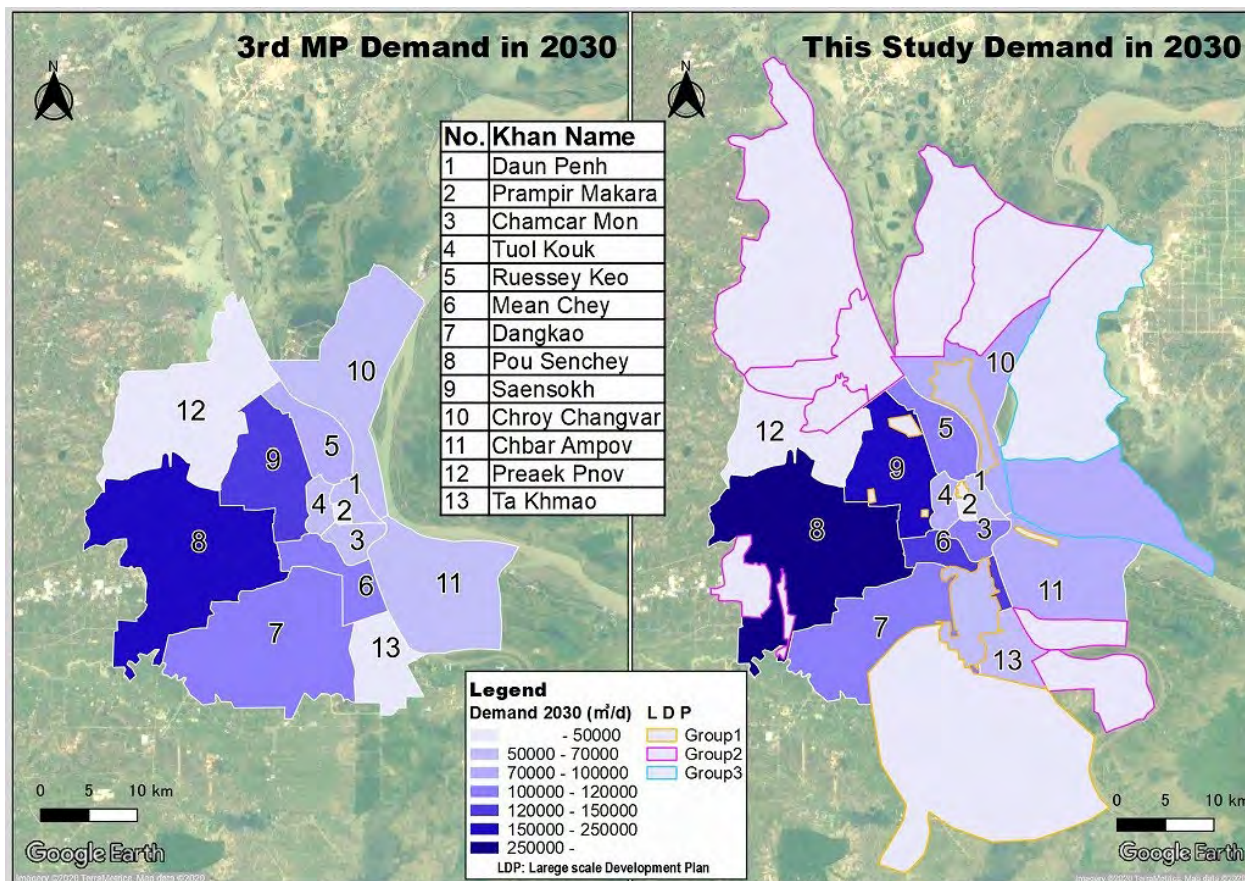


図 7-2.2 2030 年における水需要予測の分布の比較

出典：調査団作成

本調査における水需要予測の分布は、第三次マスタープラン（M/P2017）と比較して、特に、首都プノンペンの中心部（Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）及びその周辺（Khan Mean Chey、Khan Saensokh、Khan Pou Senchey）の需要が増加したこと、大規模開発計画等を含めることで給水地域が大きく広がり水需要が増加している。

7-2-1-3 浄水場の整備

DMA（給水区域）への送水は、既存浄水場及び新たに建設される浄水場から送水される。浄水場の建設予定位置図を図7-2.3に、計画浄水能力と送水ポンプ揚程を表7-2.3に示す。

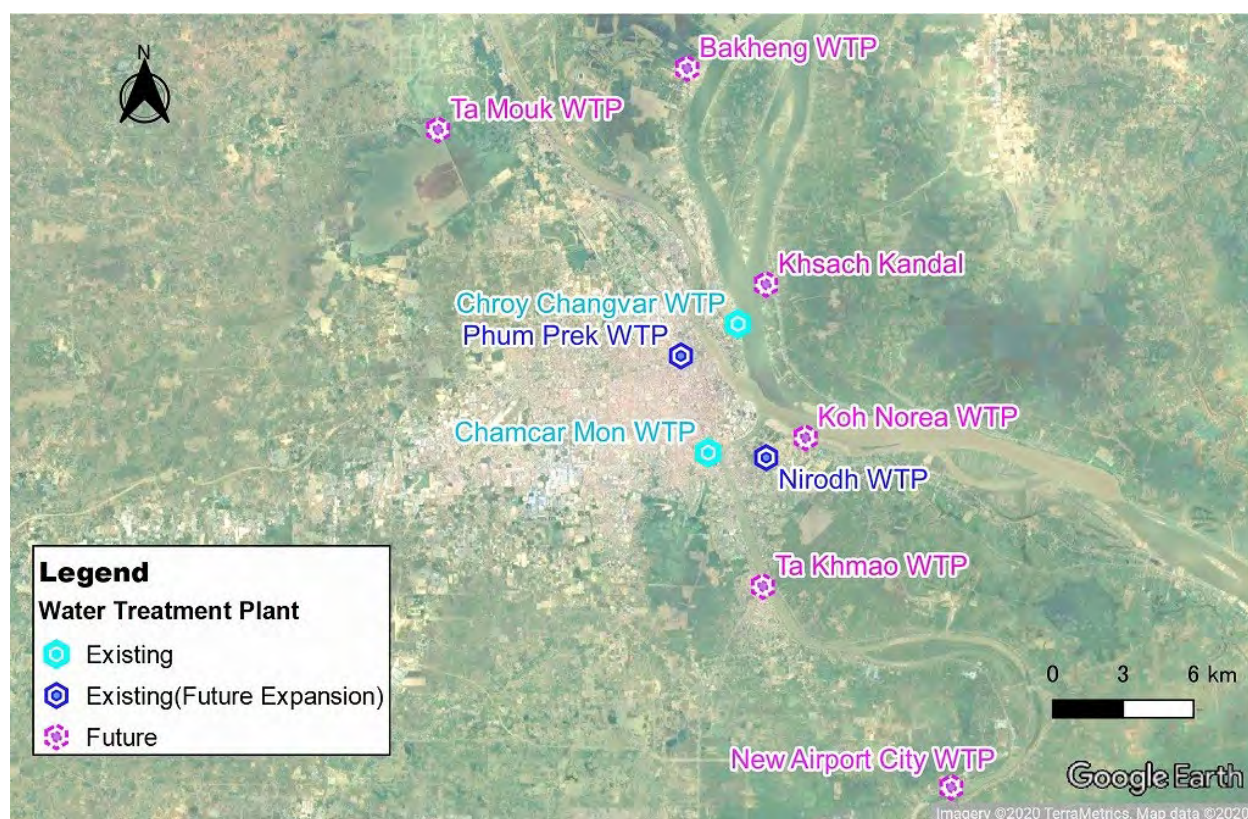


図 7-2.3 浄水場の概要

出典：調査団作成

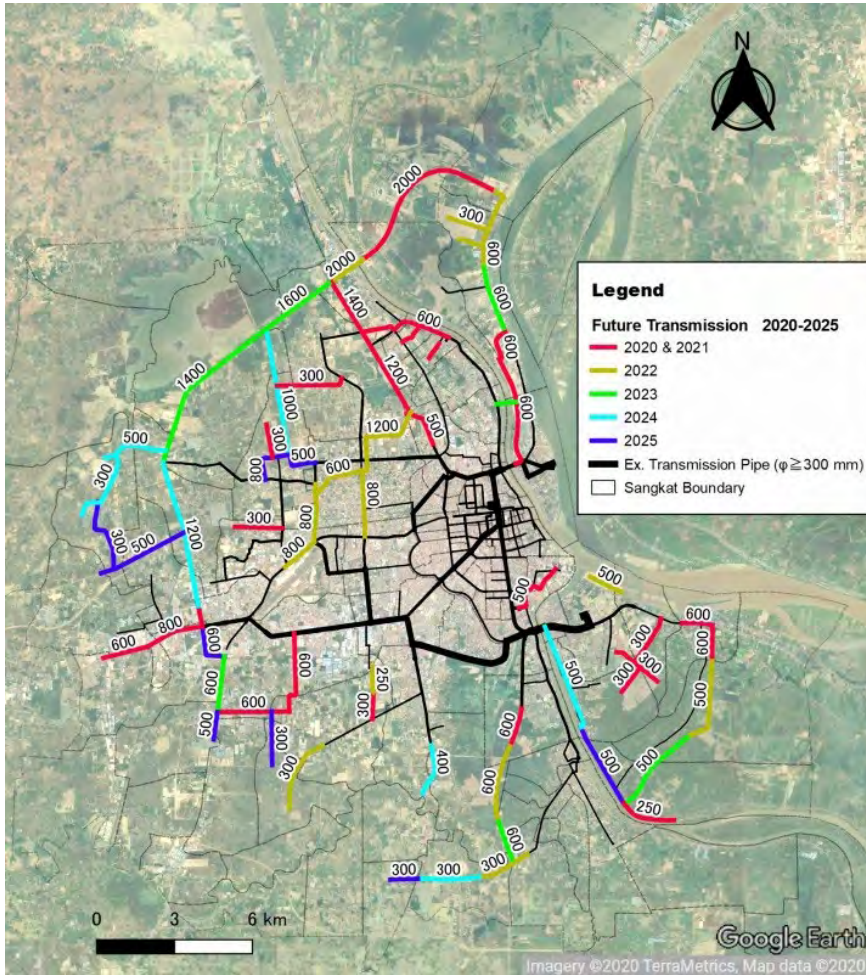
表 7-2.3 浄水場の計画浄水能力と送水ポンプ揚程

WTP		Production Capacity (m ³ /day)	Ground Level (m AMSL)	Planned Pump Head (m)	Total Head (m)
Phum Prek WTP	Existing	150,000	12	42	54
Phum Prek WTP III	Expansion	45,000	12	42	54
Chamcar Mon WTP	Existing	52,000	10	46	56
Chroy Changvar WTP	Existing	130,000	11	46	57
Nirodh WTP I	Existing	130,000	13	57	70
Nirodh WTP II	Existing	130,000	13	57	70
Nirodh WTP III	Expansion	130,000	13	61	74
Bakheng WTP I	New	195,000	10	63	73
Bakheng WTP II	Expansion	195,000	10	63	73
Bakheng WTP III	Expansion	195,000	10	63	73
Ta Khmao WTP	New	30,000	12	45	57
Koh Norea WTP	New	150,000	10	62	72
Ta Mouk WTP I	New	200,000	9	58	67
Ta Mouk WTP II	Expansion	200,000	9	58	67
Khsach Kandal WTP	New	100,000	11	45	56
New Airport City WTP	New	30,000	9	45	54

出典：調査団作成

7-2-1-4 PPWSA による年次整備計画

Chamcar MonPhaseII プロジェクト及び Bakheng PhaseI 及び PhaseII プロジェクトの計画を基に、PPWSA は 2020 年から 2025 年までの送水管の整備計画を作成している。PPWSA による送水管ネットワークの整備計画の概要を図 7-2.4 に示す。



Year	Diameter	Length (m)
2020	250mm to 800mm	25,500
2021	300mm to 2000mm	31,500
2022	250mm to 2000mm	33,400
2023	500mm to 1600mm	20,700
2024	300mm to 1200mm	24,700
2025	300mm to 800mm	19,200
Total		155,000

図 7-2.4 PPWSA による送水管ネットワークの整備計画の概要

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

7-2-1-5 送水管ネットワークの整備計画

7-2-1-5-1 送水管ネットワークの整備計画の整備方針

(1) 整備方針

送水管ネットワークの整備計画は、浄水場からのポンプ圧送を基本とし、送水管ネットワークを増強し、2030年に必要となる水量及び水圧を確保する。また、第8章に記載した浄水場の整備に対応して、送水管整備を実施する。送水管整備計画の整備方針の概要を図7-2.5及び表7-2.4に示す。

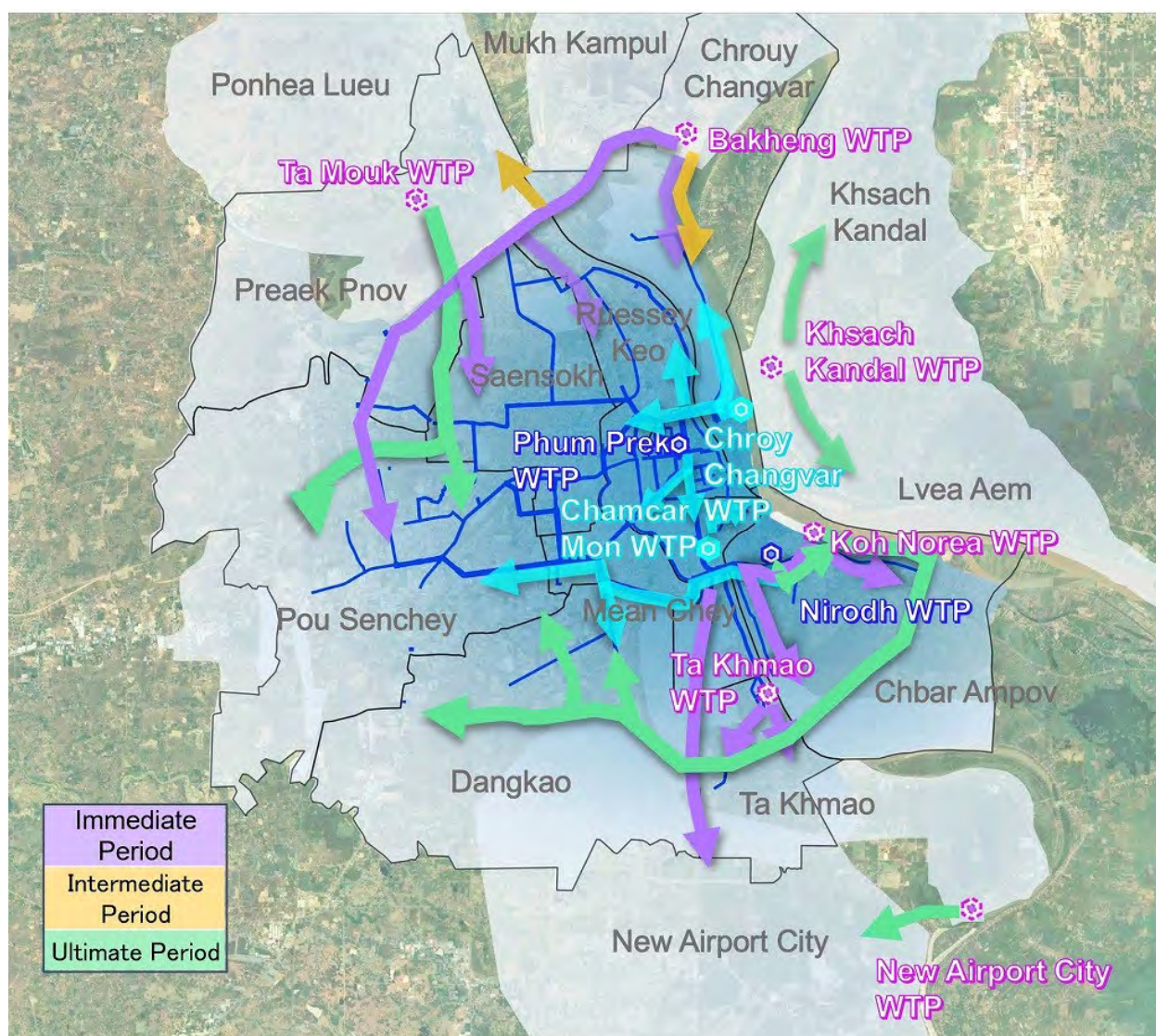


図 7-2.5 送水管ネットワークの整備計画の方針の概要

出典：調査団作成

表 7-2.4 送水管整備計画の方針の概要

整備段階	本計画における整備方針の概要
IMMEDIATE PERIOD	第三次マスタープラン (M/P2017) にて計画された Bakheng PhaseI 及び PhaseII プロジェクトを実施し、5 つの浄水場からポンプ圧送による送配水を行い、各浄水場の配水区域を限定せず相互接続により配水圧を確保する Ta Khmao 浄水場の建設後、Ta Khmao city は浄水場を有する配水区域として独立する New Airport City への送水は、既存の送水管を延長し Nirodh 浄水場からの送水となる
INTERMEDIATE PERIOD	Phum Prek PhaseIII 浄水場より、中心部 (Khan Daun Penh, Khan Prampir Makara, Khan Chamcar Mon, Khan Tuol Kouk) の新たな需要増加に対応する Bakheng PhaseIII 浄水場より、中心部及び北部 (Khan Ruessey Keo, Khan Saensokh, Khan Chroy Changvar) 及び西部 (Khan Pou Senchey) の新たな需要増加に対応し、相互接続により配水圧を確保する New Airport City への送水は、既存の送水管を延長し Nirodh 浄水場からの送水となる
ULTIMATE PERIOD	Nirodh PhaseIII 浄水場より中心部及び空港周辺 (Khan Mean Chey)、Ta Mouk 浄水場により西部 (Khan Preaek Pnov, Khan Pou Senchey)、Koh Norea 浄水場より西 (Khan Dangkao) の新たな需要増加に対応し、相互接続により配水圧を確保する Mekong 川東側 (District Lvea Aem, District Khsach Kandal) の開発にあわせて Khsach Kandal 浄水場より送配水を行う。浄水場の建設後、メコン川東側は独立した配水区域となる New Airport City 浄水場完成後に New Airport City へ送水管の切り替えを行い、New Airport City は浄水場を有する配水区域として独立する

出典：調査団作成

第三次マスタープラン (M/P2017) の整備方針の概要と本計画における整備方針の概要の比較を表 7-2.5 に示す。本調査における整備方針は、第三次マスタープラン (M/P2017) の整備方針を踏襲しつつ、新たな需要に対応するために送水管路を増強するものである。

表 7-2.5 送水管の整備の方針の比較

	第三次マスタープラン (M/P2017) の整備方針の概要	本計画における整備方針の概要
各浄水場からの配水区域と配水圧	(Phase1) 既存の4つの浄水場からポンプ圧送による送配水を行い、各浄水場の配水区域を限定せず相互接続により配水圧を確保する (Phase2) Ta Khmao 浄水場の建設後、Ta Khmao city は浄水場を有する配水区域として独立する。首都プノンペンの配水はフェーズ1における相互接続を継続する (Phase3) Bakheng 浄水場 (PhaseI 及び PhaseII) の建設後は、送水管の布設及び既存の配管とループ化を図り、各浄水場の配水区域を限定せず相互接続により配水圧を確保する	[IMMEDIATE PERIOD] 第三次マスタープラン (M/P2017) にて計画された Bakheng PhaseI 及び PhaseII プロジェクトを実施し、5 つの浄水場からポンプ圧送による送配水を行い、各浄水場の配水区域を限定せず相互接続により配水圧を確保する。 Ta Khmao 浄水場の建設後、Ta Khmao city は浄水場を有する配水区域として独立する New Airport City への送水は既存の送水管を延長し、Nirodh 浄水場からの送水となる [INTERMEDIATE PERIOD] Phum Prek PhaseIII により、中心部 (Khan Daun Penh, Khan Prampir Makara, Khan Chamcar Mon, Khan Tuol Kouk) の新たな需要増加に対応する Bakheng PhaseIII 浄水場より、中心部及び北部 (Khan Ruessey Keo, Khan Saensokh, Khan Chroy Changvar) 及び西部 (Khan Pou Senchey) の新たな需要増加に対応し、相互接続により配水圧を確保する New Airport City への送水は、既存の送水管を延長し、Nirodh 浄水場からの送水となる [ULTIMATE PERIOD] Nirodh PhaseIII 浄水場より中心部及び空港周辺 (Khan Mean Chey)、Ta Mouk 浄水場より西部 (Khan Preaek Pnov, Khan Pou Senchey)、Koh Norea 浄水場より西 (Khan Dangkao) の新たな需要増加に対応し、相互接続により配水圧を確保する Mekong 川東側 (District Lvea Aem, District Khsach Kandal) の開発にあわせて Khsach Kandal 浄水場より送配水を行う。浄

	第三次マスタープラン (M/P2017) の 整備方針の概要	本計画における整備方針の概要
		水場の建設後、メコン川東側は独立した配水区域となる New Airport City 浄水場完成後に New Airport City へ送水管 の切り替えを行い、New Airport City は浄水場を有する配水 区域として独立する
送水管のル ープ化	首都プノンペンの現況のシステムは南と 東から北と西に送水しており、Bakheng 浄水場は北から南へ送水するため、環 状配管で既設管接続ループ化を図る	第三次マスタープラン (M/P2017) と同様に、Bakheng 浄水場 からの送水管と既設管と接続ループ化を図る Ta Mouk 浄水場からの送水管や Koh Norea 浄水場及び Nirodh 浄水場からの送水管も既設管と接続ループ化を図る
配水区域の ゾーニング	配水区域は、DMA) にて管理することを 基本原則とする	第三次マスタープラン (M/P2017) と同様に、DMA を構築する ことを基本原則とする

出典：調査団作成

(2) 計画諸元

送水管ネットワークの整備計画における計画諸元を表 7-2.6 に示す。計画諸元の詳細は資料に記載する。

表 7-2.6 送水管ネットワークの整備計画における計画諸元

項目	内容
給水対象地域	首都プノンペンおよび大規模開発地域 (Kandal 州)
需要値	1,814,000 m ³ /day (2030 年水需要予測値 日最大給水量)
時間係数	1.60
必要水圧	送水管の端部で最小水圧 3 bar 以上
DMA	184 か所および大規模開発エリア 19 か所
水理解析ソフトウェア	WaterGEMS
計算式	ヘーゼンウィリアムス(Hazen Williams) 式
流速係数 (C 値)	布設後 20 年以上経過した既設管: 110、新設管および布設後 20 年未満の既設管: 130
浄水場の浄水能力	表 7-2.3 に示すとおり
ポンプ揚程	表 7-2.3 に示すとおり
管種	PPWSA の基準のとおり、口径 300 mm 以上はダクタイル鋳鉄管とする

出典：調査団作成

送水管は、2030 年の水需要に対して十分な水量及び水圧を確保した計画とする。特に、送水管の末端に位置する DMA の流入点において 3.0 bar 以上の水圧の確保とする (図 7-2.6)。水理解析の方法及び結果は資料に示す。

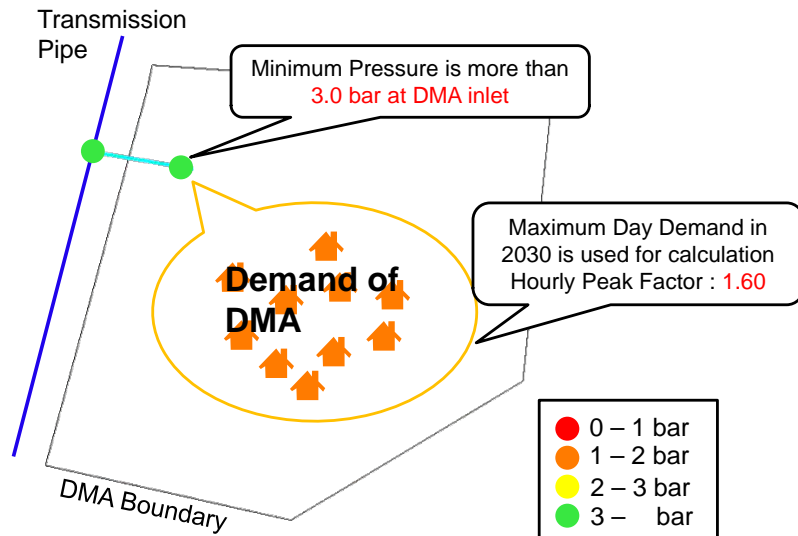


図 7-2.6 送水管ネットワークの整備計画における計画諸元の概要

出典：調査団作成

7-2-1-5-2 送水管ネットワークの整備計画の整備概要

(1) 整備概要

2030年までの送水管ネットワークの整備計画の整備概要を図7-2.7に示す。

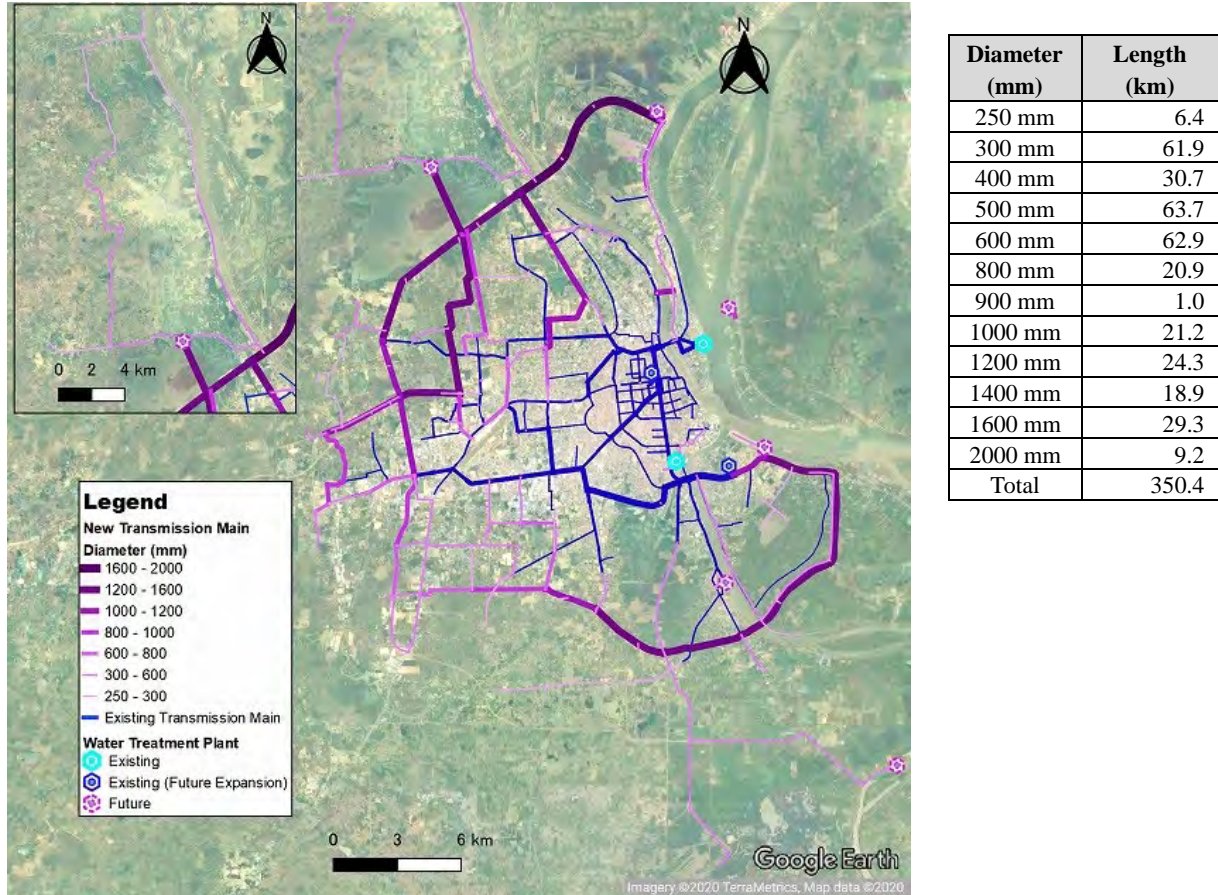


図7-2.7 2030年までの送水管整備計画の整備概要

出典：調査団作成

(2) エネルギー効率を考慮した口径選定

送水管ネットワークの整備計画の送水管は、いずれも浄水場からの圧送管を提案する。各浄水場からの基幹送水管について、エネルギー効率を考慮した経済的な口径選定を行った。口径の選定にあたっては、初期概算費用並びに運転維持管理（以下、O&M）概算費等を算定し、比較検討した。口径選定の条件を表7-2.7に、口径選定の検討結果を図7-2.8に示す。

表7-2.7 口径選定の条件

項目	想定条件
初期費用	送水管費用、送水ポンプ費用
O&M費	ポンプの維持管理費(送水ポンプ費用の7%を想定)、管路の維持管理費(送水管費用の2%を想定)、送水ポンプの電気料金(0.137 USD/kWhを想定)
更新費用	送水ポンプの更新費用
その他	管路の対応年数を50年と想定

出典：調査団作成

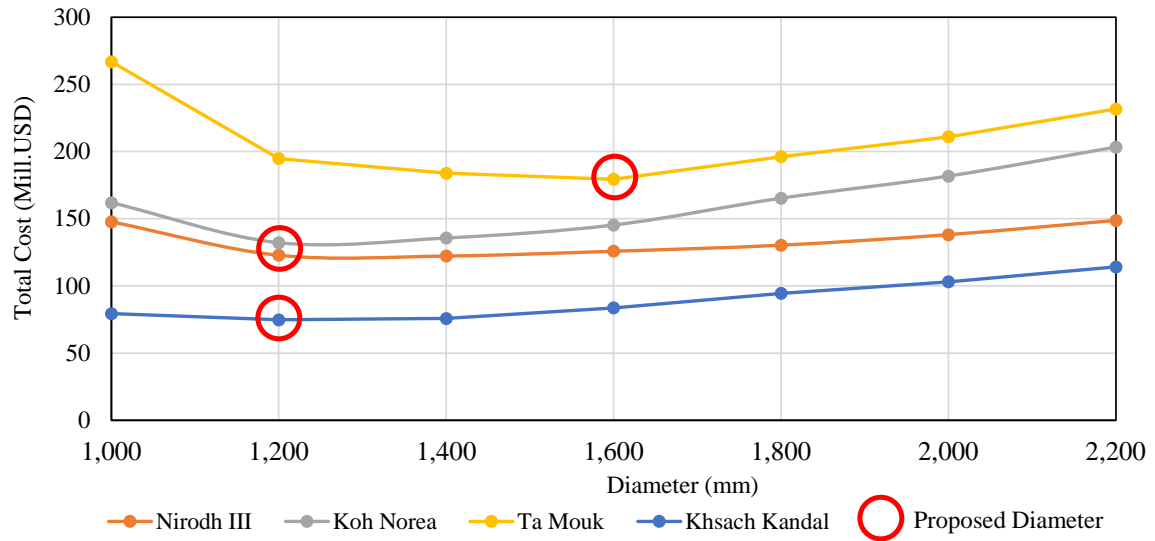


図 7-2.8 口径選定の検討結果

出典：調査団作成

初期費用は口径が大きくなるにつれて送水管費用が割高となり、OM 費は口径が小さいほど管路損失が大きくなるため、電気料金が割高となる傾向がある。図 7-2.7 に示した各浄水場からの基幹送水管の口径は、エネルギー効率を考慮した経済的な口径である。

(3) 河川横断、軌道横断、道路横断

送水管ネットワークの整備計画のうち、開削工法での管布設が困難であり、河川横断、軌道横断、道路横断を要する施工区間が存在する。

1) 河川横断

送水管ネットワークの整備計画のうち、河川横断を要する施工箇所を図 7-2.9 に示す。

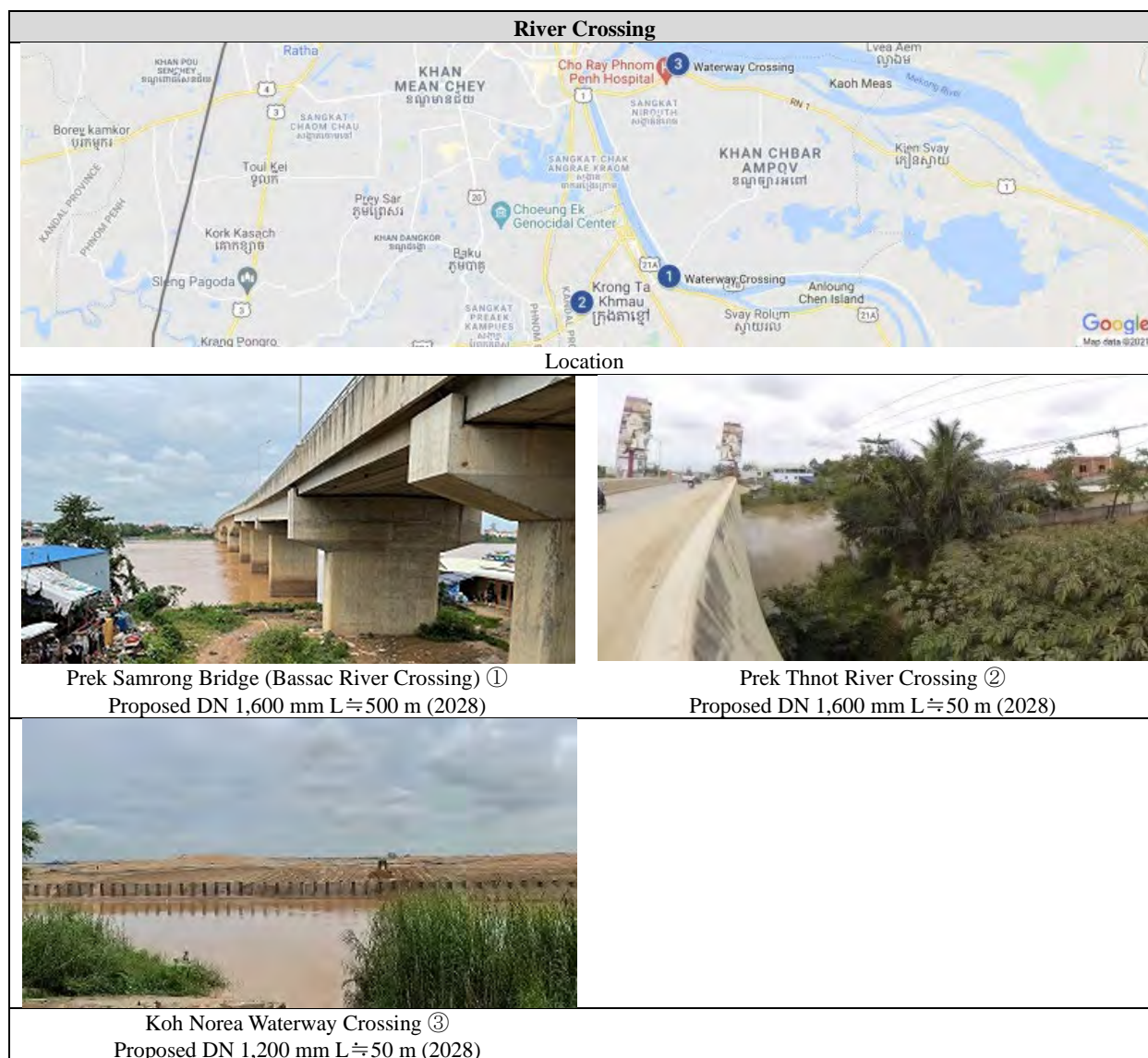





図 7-2.9 河川横断を要する施工箇所

出典：調査団作成

河川横断を要する施工箇所の河川横断工法の選定案を表 7-2.8 に示す。

表 7-2.8 河川横断工法の選定案

	水管橋 (Pipe Bridge)	河底配管 (Siphon)	推進・シールド工法 (Tunnel)	水平ドリル工法 (HDD)
概要				
施工条件	<ul style="list-style-type: none"> - 大規模な建設であり、構造物の杭基礎及び締切り仮設が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> - 設計・建設時に特殊な船舶や技術者等が必要となる - 侵食や損傷を避けるため、配管の保護が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> - 設計・建設時に特殊な機材や技術者等が必要となる - 立坑用地が必要となる - 本管に加えて外圧に耐えるための外装管あるいはセグメント等が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> - 設計・建設時に特殊な機材や技術者等が必要となる - 発進機のための広い用地が必要となる - 外圧に耐えるための外装管、一般的に小中口径が対象であり、複線化が必要となる
	△	△	○	△
維持管理条件	<ul style="list-style-type: none"> - 維持管理通路の設置により簡易なアクセスができる - 適切な位置に空気弁を設置できる 	<ul style="list-style-type: none"> - 完成後にアクセスできないため維持管理は困難となる 	<ul style="list-style-type: none"> - 完成後にアクセスできないため維持管理は困難となる 	<ul style="list-style-type: none"> - 完成後にアクセスできないため維持管理は困難となる
	◎	○	○	○
環境への影響	<ul style="list-style-type: none"> - 建設中並びに完成後に船舶往來を考慮しなければならない - 河川環境に影響を与える可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> - 建設中並びに完成後に船舶往來を考慮しなければならない - 河川環境に影響を与える可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> - 建設中並びに完成後に船舶往來、河川環境にほとんど影響を与えない 	<ul style="list-style-type: none"> - 建設中並びに完成後に船舶往來、河川環境にほとんど影響を与えない
	△	△	◎	◎
経済性	13,000 USD/m	14,000 USD/m	24,000 USD/m	19,000 USD/m
	◎	◎	○	○
評価	○	○	◎	△

*経済性については、過去のプロジェクトからの想定値であり、詳細な建設費ではない。

出典：調査団作成

河川横断工法について、施工条件、維持管理条件、環境への影響、経済性の観点から各工法の特徴を比較した。本調査では、施工性に優れ、環境への影響も少ない推進・シールド工法を提案する。推進・シールド工法を適用する場合は、詳細な地盤調査や河川横断測量調査及び関係機関（MOWRAM等）との調整が必要となり、F/S調査時に実施する必要がある。

2) 軌道横断

送水管ネットワークの整備計画のうち、軌道横断を要する施工箇所を図 7-2.10 に示す。



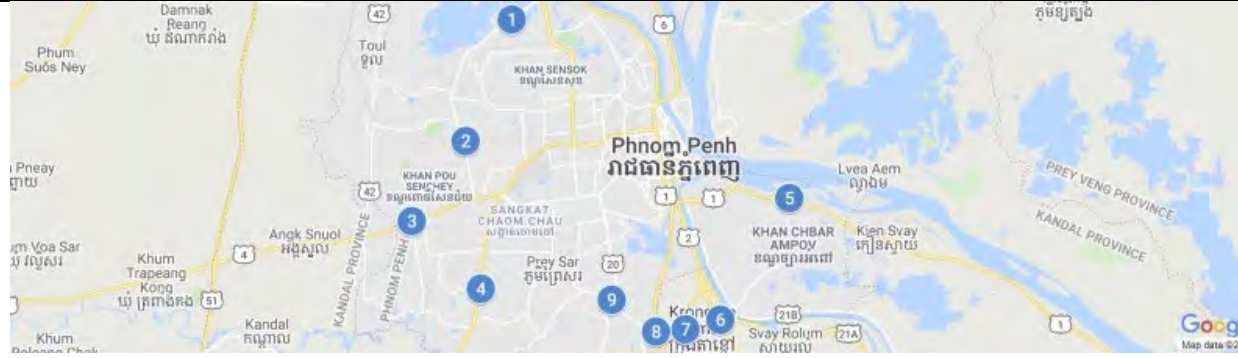








図 7-2.10 軌道横断を要する施工箇所

出典：調査団作成

軌道横断は、PPWSA または建設工事受託者で建設工事を実施することができないため、関係機関（公共事業運輸省（MPWT）等）と協議・調整のうえ、建設工事を委託することとなる。本調査では、推進工法による管布設を想定する。F/S 調査時に、軌道横断に関する詳細な調査及び関係機関との調整を実施する必要がある。

3) 道路横断

送水管ネットワークの整備計画のうち、道路横断を要する施工箇所を図 7-2.11 に示す。

National Road Crossing	
	
Location	
	
<p>Road Crossing ① Proposed DN 1,600 mm L ≒ 30m (2030)</p>	<p>Road Crossing ② Proposed DN 1,200 mm L ≒ 30m (2030)</p>
	
<p>Road Crossing ③ Proposed DN 1,000 mm L ≒ 30m (2030)</p>	<p>Road Crossing ④ Proposed DN 600 mm L ≒ 30m (2029)</p>
	
<p>Road Crossing ⑤ Proposed DN 1,600 mm L ≒ 30m (2028)</p>	<p>Road Crossing ⑥ Proposed DN 1,600 mm L ≒ 30m (2028)</p>
	
<p>Road Crossing ⑦ Proposed DN 1,600 mm L ≒ 30m (2028)</p>	<p>Road Crossing ⑧ Proposed DN 1,600 mm L ≒ 30m (2028)</p>

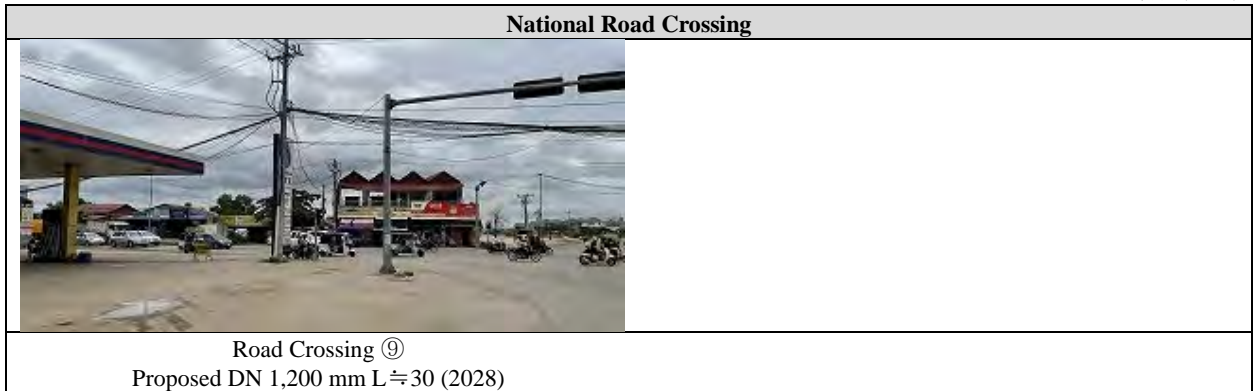


図 7-2.11 道路横断を要する施工箇所

出典：調査団作成

特に首都プノンペンの中心部（Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）は、既存の埋設物や既存中大口径の配管も多く埋設されており、日中の交通量も多い。また、首都プノンペン及びカンダール州の側道は、コンクリート舗装の整備も随時実施されている。そのため、国道横断部やコンクリート舗装横断部は、開削工法にて管布設の許可を道路管理者から得ることが難しい可能性がある。そのため、工事費用の上昇が伴うものの非開削工法（推進・シールド工法、HDD 等）にて管布設を実施する必要がある。本調査では、推進工法による管布設を想定する。今後、F/S 調査時に開発状況や道路の舗装状況に応じて、関係機関（MPWT 等）と協議調整のうえ、代替ルート選定、工法選定、埋設位置の見直し等が必要となる。

(4) DMA の再編

送水管ネットワークの整備計画による 2030 年における DMA の再編案を図 7-2.12 及び図 7-2.13 に示す。

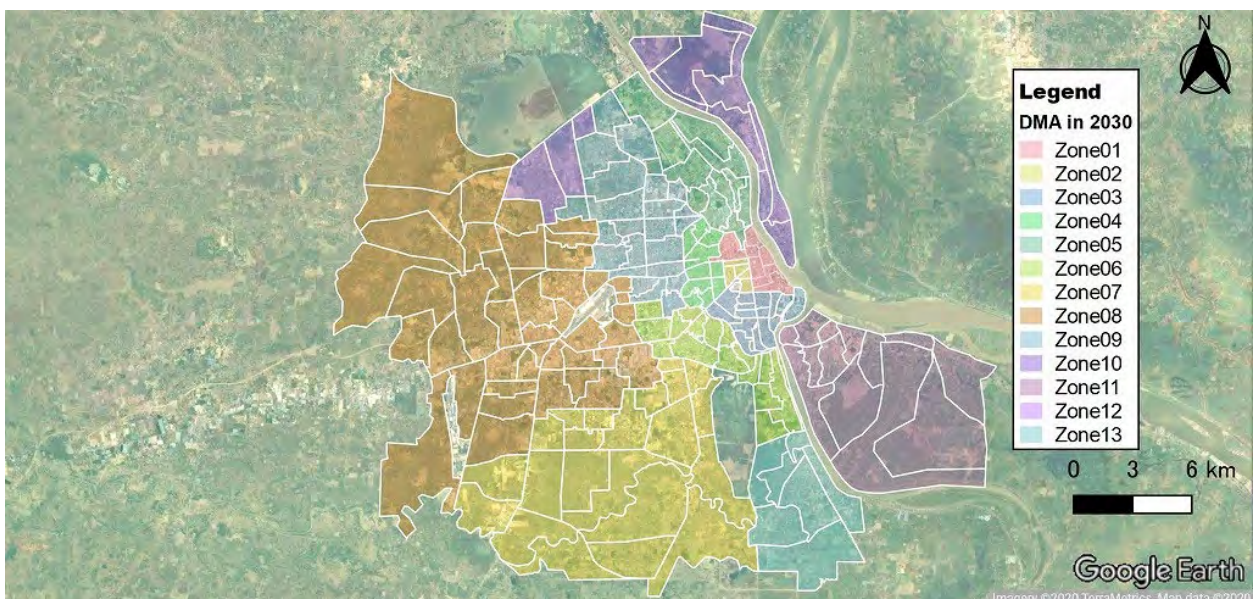


図 7-2.12 2030 年における DMA の再編案 (1)

出典：調査団作成

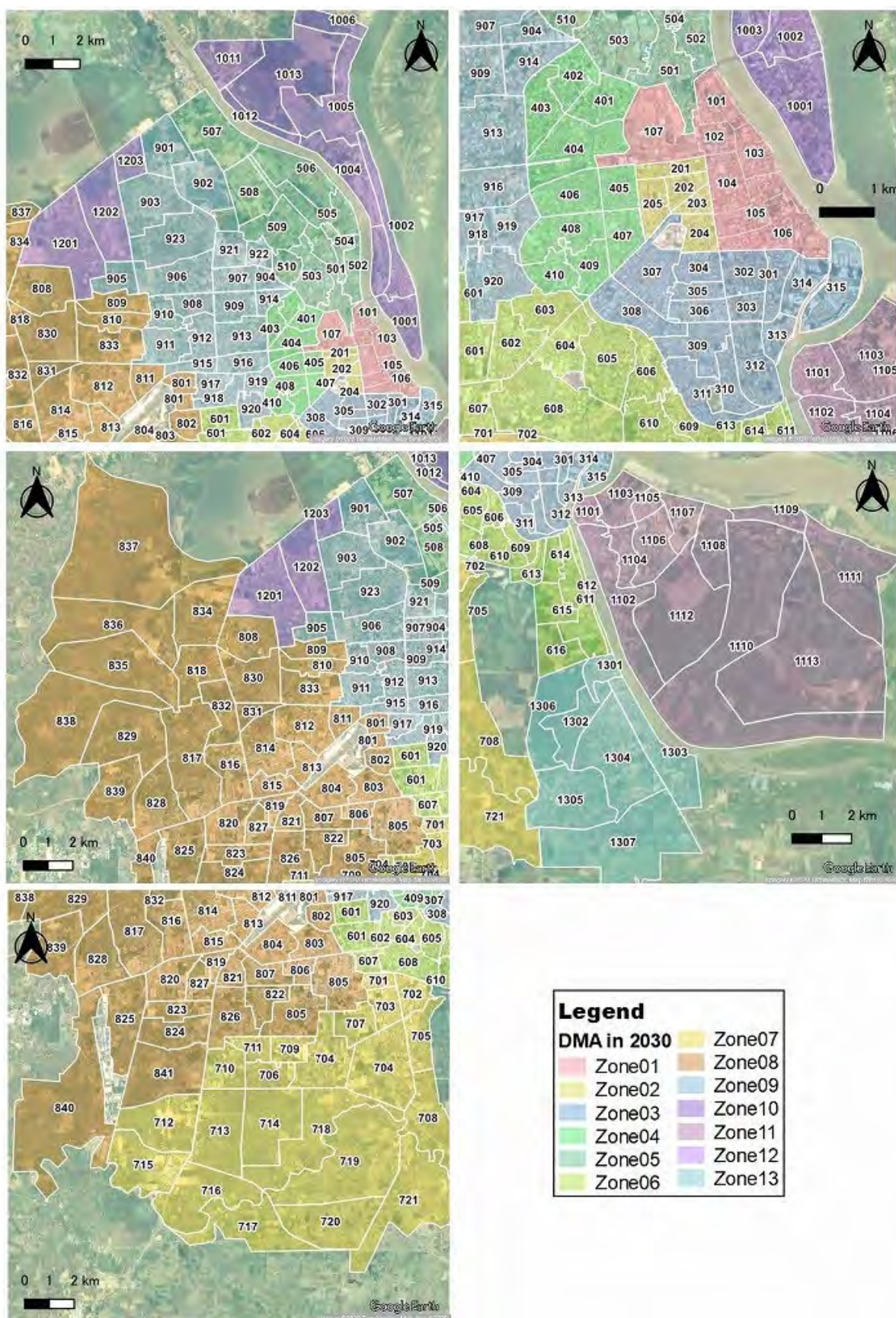


図 7-2.13 2030 年における DMA の再編案 (2)

出典：調査団作成

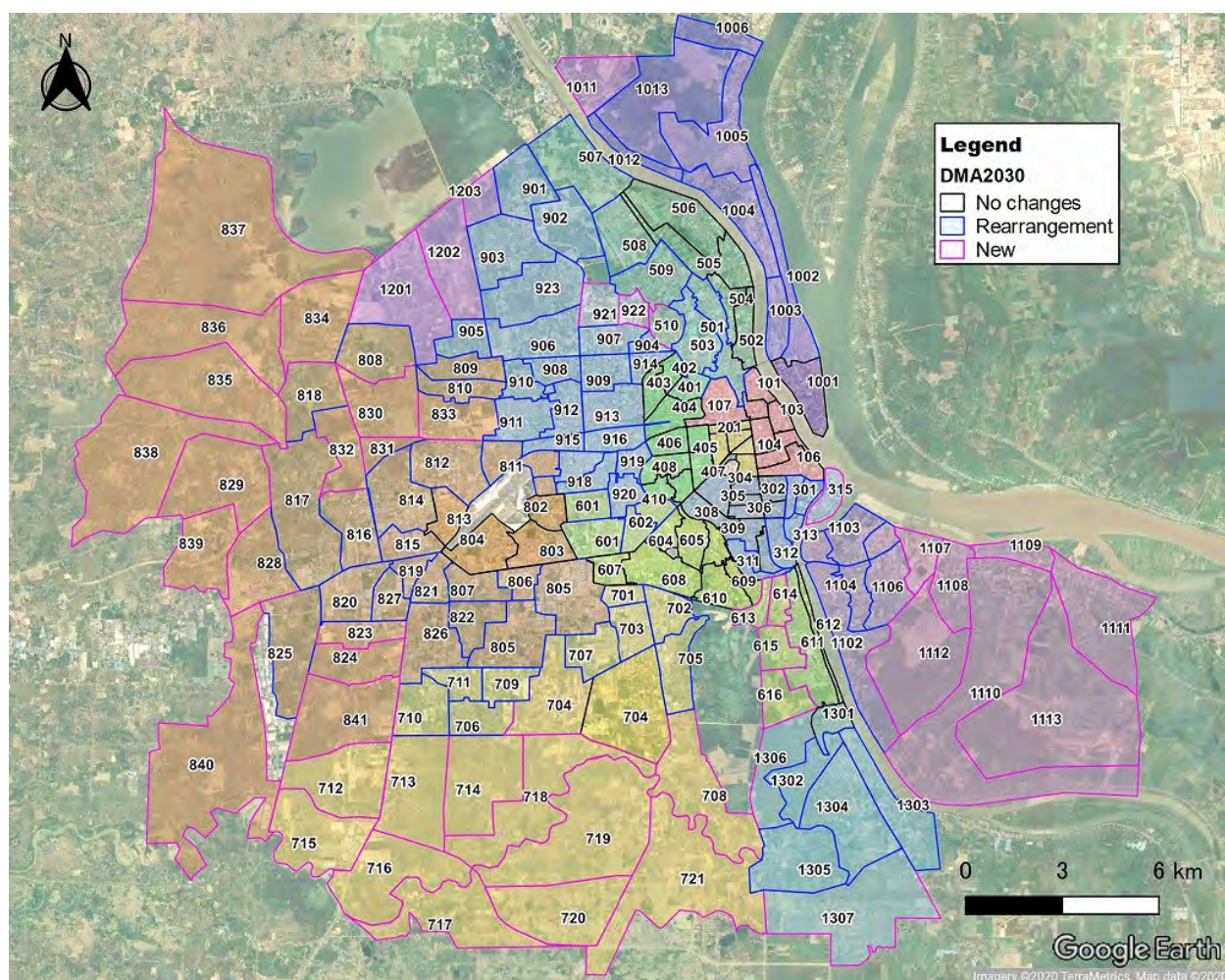


図 7-2.14 2030 年における DMA 再編の概要

出典：調査団作成

DMA の再編は、Bakheng PhaseII の実施後に、首都プノンペンの西部（Khan Saensokh、Khan Pou Senchey）が給水区域に加わることで 2025 年までに実施される。2030 年までに浄水場が建設されることで、首都プノンペンの北部（Khan Preaek Pnov）や南部（Khan Dangkao）も DMA として再編される（図 7-2.14）。現時点では、供給水量の不足を緩和するため、完全な DMA での運用は実施されておらず、一部の DMA では DMA 境界に設置されたバルブを開いて DMA を連結させて運用している状況であるが、供給水量の増加にあわせて適切に DMA としての運用を再開することが可能となる。

(5) 水圧分布

送水管ネットワークの整備計画による 2030 年の水圧分布を図 7-2.15 に、2020 年、2025 年、2030 年の水圧分布の比較を図 7-2.16 に示す。

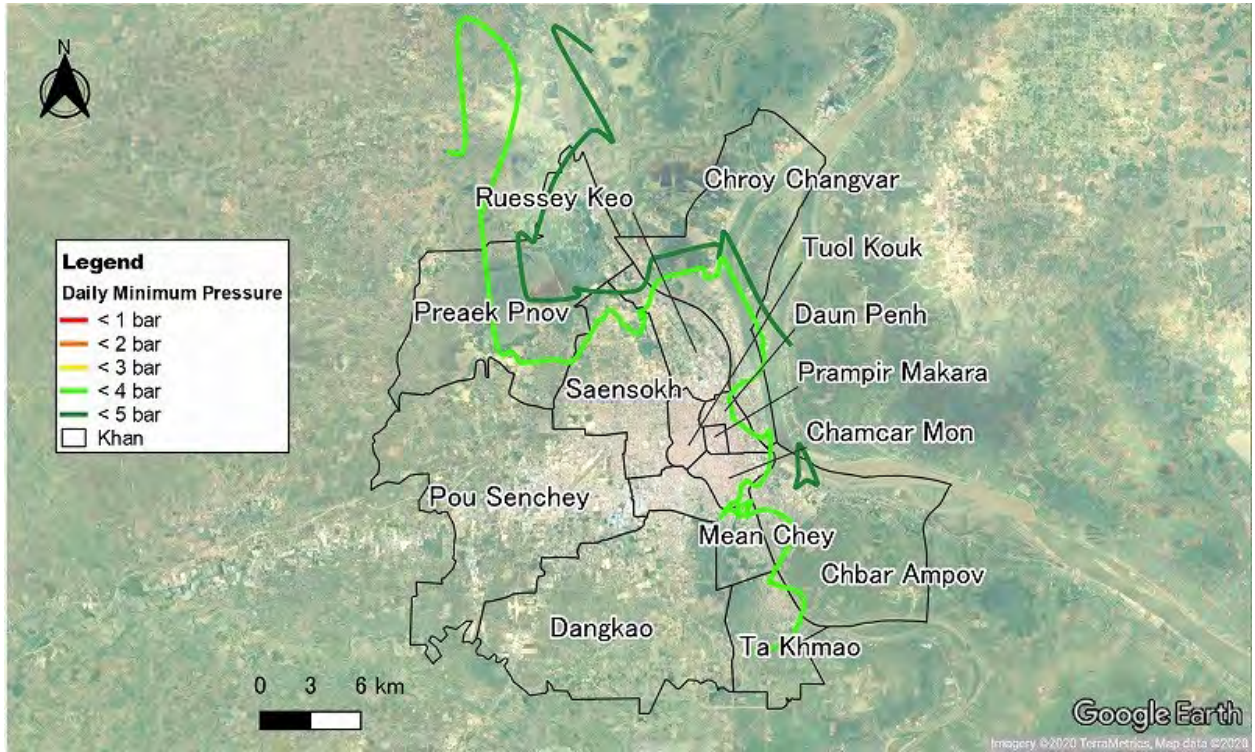


図 7-2.15 2030 年における水圧分布

出典：調査団作成

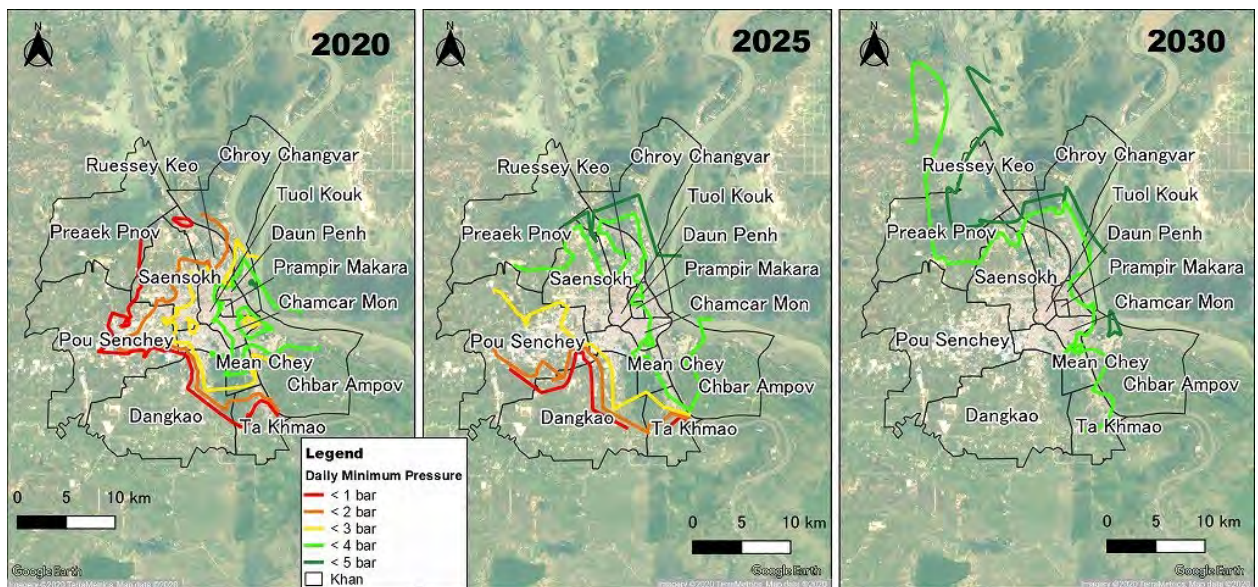


図 7-2.16 2020 年、2025 年、2030 年の水圧分布の比較

出典：調査団作成

2025 年時点では、水需要予測の見直し結果を踏まえると、西部（Khan Pou Senchey）及び南部（Khan Dangkao）では、DMA 流入点で 3bar の水圧確保が困難である。水圧の課題は、第三次マスタープラン（M/P2017）でも首都プノンペンの西部の水圧不足を懸念しており、2026 年以降も送水管整備計画を実施することで、2030 年において増加する水需要に対応し、PPWSA の給水対象区域で十分な水圧を確保することが可能となる。

7-2-1-6 送水管ネットワークの段階的整備計画

7-2-1-6-1 送水管ネットワークの整備段階

送水管ネットワークの整備計画は、本調査で実施した 2030 年の水需要の見直し結果を満たすことを目的としている。2030 年の水需要予測に対応した送水管ネットワークが構築されるまでには、建設費用及び建設期間を要するため、段階的な整備が必要となる。

送水管ネットワークの整備計画は、浄水場の整備時期に合わせた計画とする。送水管ネットワークの整備の段階（時期）案を表 7-2.9 に示す。

表 7-2.9 送水管ネットワークの整備計画の段階案

Period	Stage (year)	Staged Development Plan of WTP	Staged Development Plan of TM Mains
IMMEDIATE PERIOD	Stage 1 (2021-2023)	Bakheng Phase I (2023) Bakheng Phase II (2023)	Bakheng Phase I TM Bakheng Phase II TM
	Stage 2 (2023-2024)	Ta Khmao (2024)	Ta Khmao TM
INTERMEDIATE PERIOD	Stage 1 (2024-2026)	Phum Prek Phase III (2026)	Phum Prek III TM
	Stage 2 (2026-2027)	Bakheng Phase III (2027)	Bakheng III TM
ULTIMATE PERIOD	Stage 1 (2027-2029)	Nirodh Phase III (2029) Koh Norea (2029) Reconstruction of Phum Prek Phase I (2029)	Koh Norea TM Nirodh III TM
	Stage 2 (2029-2030)	Ta Mouk Phase I (2030) Khsach Kandal (2030) New Airport City (2030) Reconstruction of Phum Prek Phase I (2030)	Ta Mouk TM Khsach Kandal TM New Airport City TM

出典：調査団作成

7-2-1-6-2 送水管ネットワークの段階的整備計画

送水管ネットワークの段階的整備計画の概要案を図 7-2.17 に、送水管ネットワークの段階的整備量案を表 7-2.10 に示す。

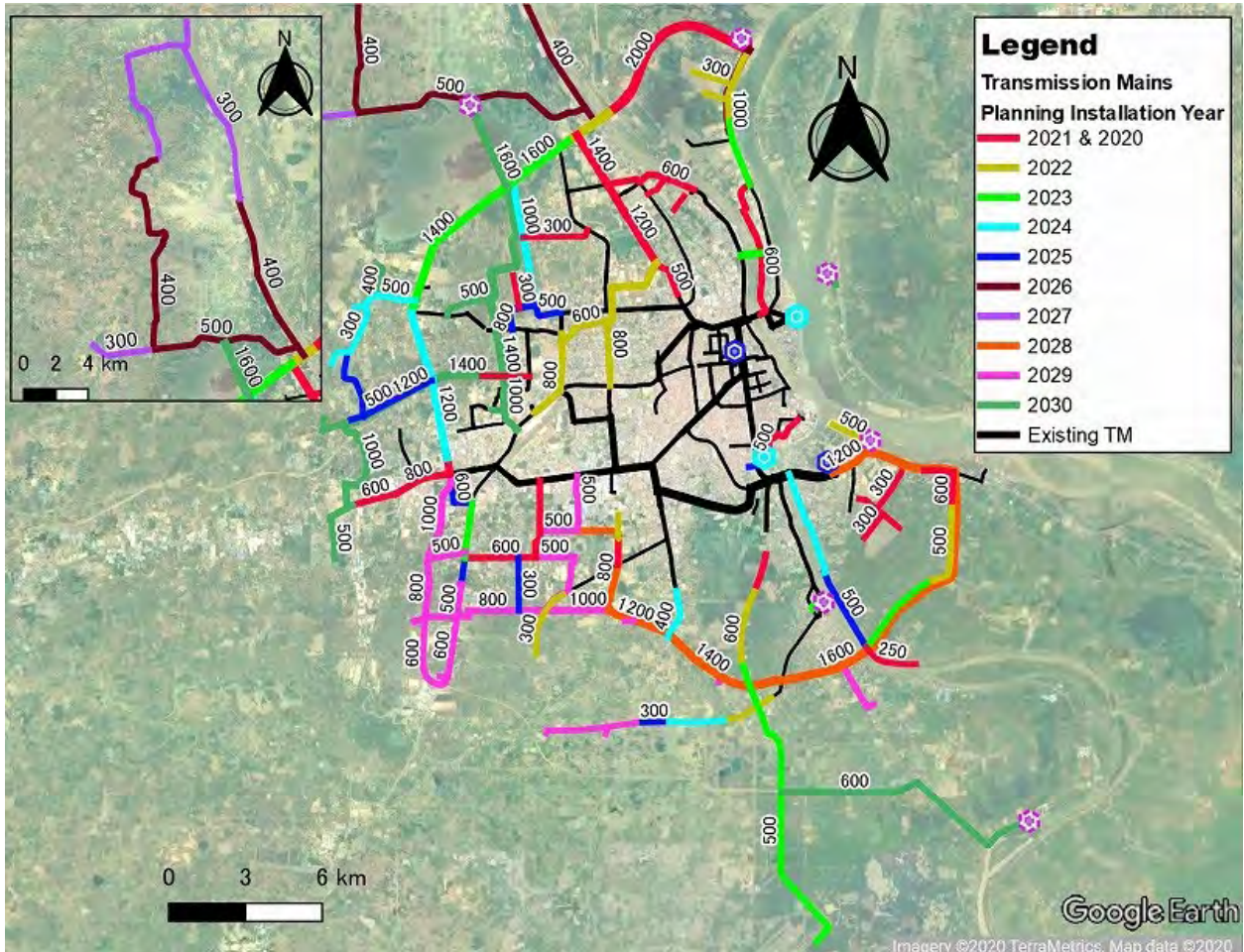


図 7-2.17 送水管ネットワークの段階的整備計画の概要案

出典：調査団作成

表 7-2.10 送水管ネットワークの段階的整備量案

Period	Stage	Project	Component	Diameter (mm)	Length (km)	Implementation Year
IMMEDIATE PERIOD	Stage 1	Bakheng Phase I&II	Transmission Mains	250	5.0	2020-2022
				300	31.0	2020-2025
				400	3.2	2020-2025
				500	26.8	2020-2025
				600	38.6	2020-2023
				800	9.6	2020-2025
				1,000	4.9	2024-2025
				1,200	14.7	2021-2024
				1,400	9.0	2021-2023
				1,600	3.0	2023
	2,000	9.2	2021-2022			
	Stage 2	Ta Khmao	Transmission Mains	300	0.01	2023
				500	11.2	2023
600				0.01	2023	

Period	Stage	Project	Component	Diameter mm)	Length (km)	Implementation Year		
INTERMEDIATE PERIOD	Stage 1	Phum Prek	Transmission Mains	500	0.36	2025		
	Stage 2	Bakheng III	Transmission Mains	300	27.1	2027		
				400	24.6	2026		
				500	9.5	2026		
				600	0.8	2026		
				1,000	3.6	2026		
				1,200	0.3	2026		
ULTIMATE PERIOD	Stage 1	Nirodh III	Transmission Mains	250	0.5	2029		
				300	3.7	2029		
				400	0.6	2029		
				500	8.6	2029		
				600	9.2	2029		
				800	9.8	2029		
				900	1.0	2029		
				1000	5.9	2028		
		Koh Norea	Transmission Mains	250	0.9	2029		
				300	0.1	2029		
				400	0.3	2029		
				500	1.0	2029		
				600	1.1	2029		
				1200	5.2	2028		
	1400			3.9	2028			
	1600			17.0	2028			
	Stage 2			Ta Mouk	Transmission Mains	400	2.0	2030
						500	4.1	2030
		600	1.9			2030		
		800	1.6			2030		
		1,000	6.3			2030		
		1,200	3.8			2030		
		1,400	6.0			2030		
		1,600	9.4			2030		
		Khsach Kandal	Transmission Mains	600	0.2	2030		
				1,000	0.5	2030		
				1,200	0.2	2030		
				New Airport City	Transmission Mains	600	11.0	2030

出典：調査団作成

(1) IMMEDIATE PERIOD

IMMEDIATE PERIODにおける送水管ネットワークの整備計画は、現在実施中の Bakheng PhaseI 及び PhaseII プロジェクト、Ta Khmao プロジェクトによる管布設が主要である。

Bakheng PhaseI 及び PhaseII プロジェクトで、大口径の送水管が新しい環状道路 (RR3) に布設され、送水管ネットワークが増強される。しかし、第三次マスタープラン (M/P2017) で見込んでいた水需要を超える水需要が想定されるため、図 7-2.16 に示したように首都プノンペンの西部 (Khan Pou Senchey) 及び南部 (Khan Dangkao) の水圧不足が解消されないことが懸念される。

また、Bakheng 浄水場から RR3 に布設する送水管の以外にも、中心部北部 (Khan Saensokh) や西部 (Khan Pou Senchey) に向けて送水管を布設し、送水管のループ化を計画している。送水管ネットワークで適切な相互融通を実施しすることが必要となる。

さらに、Ta Khmao 浄水場の稼働後は、計画浄水量が向上することにより Ta Khmao に十分な水供

給を行うことが可能となる。また、浄水場建設直後に Ta Khmao において余剰水量がある場合には、首都プノンペンの南部 (Mean Chey) 等に供給することが可能となる。

(2) INTERMEDIATE PERIOD

IMMEDIATE PERIOD にて課題となる首都プノンペンの西部の水量及び水圧不足の解消のため、Bakheng PhaseIII プロジェクトにより送水管を整備する。送水管は、Bakheng PhaseI 及び PhaseII プロジェクトの送水管にも接続し、西部 (Khan Pou Senchey) 及び北部 (Khan Saensokh、Khan Chroy Changvar) の水量及び水圧の確保を実施する。

また、Phum Prek PhaseIII の建設により、中心部 (Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk) の水需要の増加に対応する。

(3) ULTIMATE PERIOD

首都プノンペンの西部 (Khan Pou Senchey) や南部 (Khan Dangkao) の水需要の対応するため、Koh Norea プロジェクトによる送水管布設及び Ta Mouk PhaseI プロジェクトにおける送水管布設を実施する。各浄水場は、送水管ネットワークで相互融通しながら、給水対象区域の必要な水量及び水圧を確保する。中心部 (Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk) の水需要の増加に対しては、Nirodh PhaseIII プロジェクトにて送水管を増強し対応する。

また、首都プノンペンの Khan Chroy Changvar とカンダール州の District Lvea Aem を結び Mekong 川を横断する橋 (Changvar-Svay Chrum 橋) の建設が計画されている。Mekong 川東側の地域 (District Lvea Aem、District Khsach Kandal) は、橋の建設後に首都プノンペンに加わることが Cambodia Constructors Association により報道されており、これら地域の新たな開発が想定されている。そのため、Mekong 川東側に地域の開発に伴う新たな水需要に対応するために、新しく建設する Khsach Kandal プロジェクトの浄水場からの送水管を布設し、必要な水量及び水圧の確保を行う。

7-2-1-6-3 効率化のための将来における浄水場ごとの配水区域

(1) 2030年までの浄水場ごとの配水区域

第8章に記載のとおり、2030年までは、段階的に浄水場を整備しても、増加する水需要に対して、供給水量の不足が解消しない状態が継続している。給水対象区域に必要な水供給を確保するためには、各浄水場からの水供給は、送水管ネットワークを通じて相互融通を継続しながら、給水を実施する必要がある。相互融通に関しては、Bakheng PhaseI 及び PhaseII に建設される SCADA センターや各浄水場の SCADA 及び送配水コントロールセンターを活用して、浄水場の水量及び水圧、DMA の水量及び水圧を監視しながら適切な運転を実施する必要がある。

尚、Ta Khmao 浄水場と Khsach Kandal 浄水場については、それぞれの給水対象区域が独立し、限定的であるため、浄水場の建設後に浄水場に対応した独立の配水区域を構築することができる。

2030年における浄水場ごとの配水区域を図7-2.18に示す。

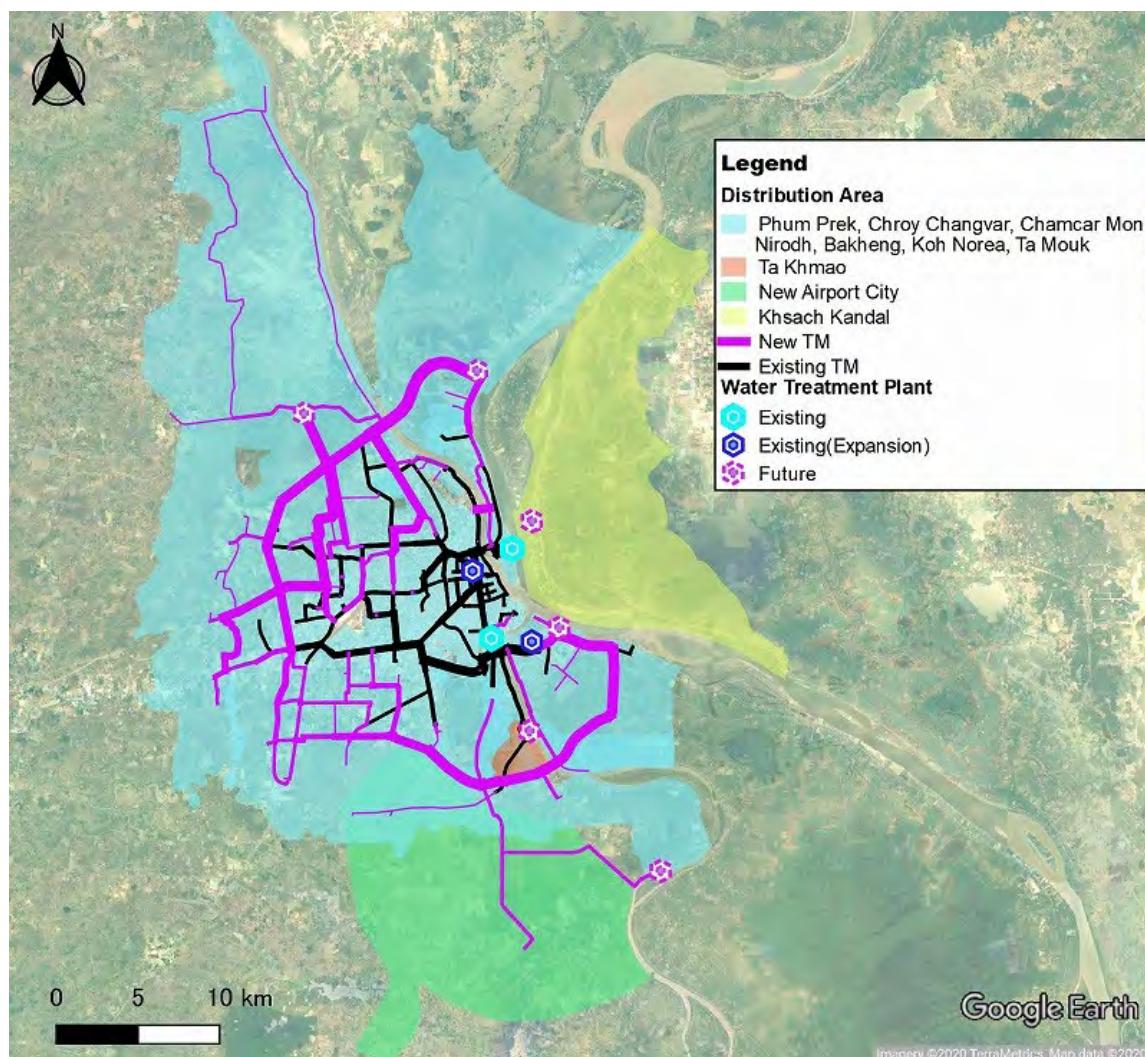


図 7-2.18 2030年における浄水場ごとの配水区域

(2) 将来の浄水場ごとの配水区域

2030年以降の将来においては、図 7-2.19 に示すように首都プノンペンの中心部（Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）に対してと3つの浄水場（Phum Prek 浄水場、Chamcar Mon 浄水場、Chroy Changvar 浄水場）や新たな浄水場からの配水区域を構成することができる。ただし、このように浄水場ごとに配水区域を設定する場合には、浄水場ごとの配水区域の境界にある送水管に新たに境界バルブを設置することや、配水区域の境界を区切るための新たな送水管の布設が必要となる。

しかし、2030年までは水需要が逼迫している状況が続くため、送水管ネットワークの断水等を伴う整備は現実的ではない。特に、首都プノンペンの中心部は、既存の各浄水場の Phase I に構築された送水管ネットワークの更新時期に合わせて境界バルブ等を設置することで、浄水場ごとの配水区域を設定することができる。このように各浄水場の配水区域を設定することが可能となれば、水収支の把握がより容易となり、より効率的な運転が可能となる。

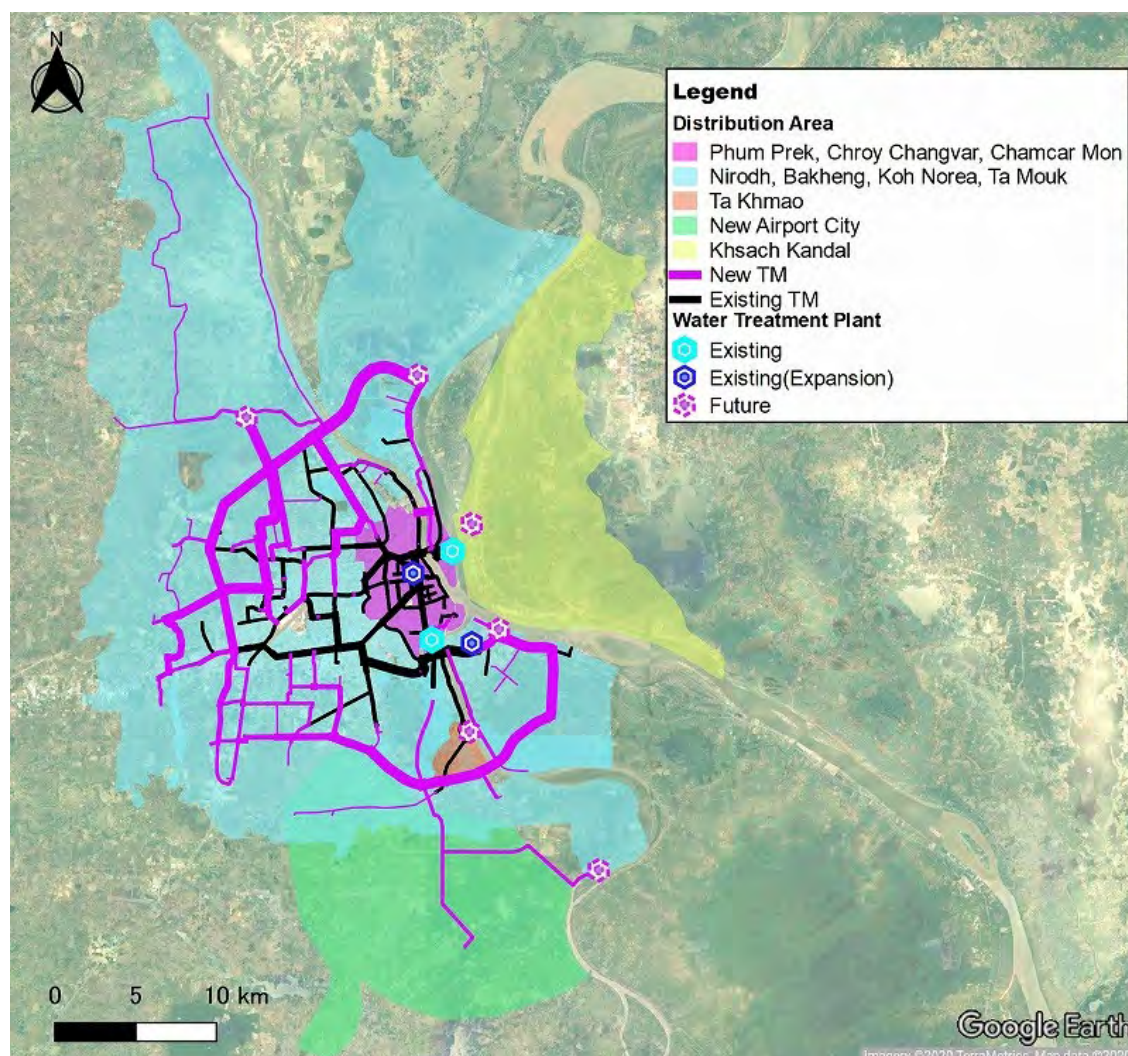


図 7-2.19 将来の浄水場ごとの配水区域

出典：調査団作成

7-2-1-7 送水管ネットワークの整備のケース

本調査の送水管ネットワークの整備計画は、第4章で記載した大規模開発計画を含む2030年の水需要予測に基づき、整備計画を提案した。2030年までの実際の水需要は、首都プノンペンの開発状況や給水区域の広がり等に応じて変動するものの、その後の将来においても水需要の増加傾向が続くことが想定される。このように、送水管ネットワークの基幹管路は、中長期の水需要を考慮した口径を整備計画するものであり、表7-2.11に示すように水需要や給水区域に応じてケース分けを実施しても、送水管ネットワークの基幹システムに関する全体整備計画に大きな変動はない。

本節では、大規模開発計画等の実施の遅れや2030年までに給水区域に加わらなかった場合を想定し、PPWSAの給水区域の広がり等に応じて送水管ネットワークの整備計画のケース分けを表7-2.11及び図7-2.20に示す。なお、このケース分けはPPWSAと協議に基づき、首都プノンペンの各開発計画の実現性を考慮し想定した。

表7-2.11 送水管ネットワークの整備計画のケース分け

Case	Contents
ケース1	大規模開発計画の Group1 のみが PPWSA の給水区域に加わった場合
ケース2	大規模開発計画の Group1 及び Group2 のみが PPWSA の給水区域に加わった場合
ケース3	大規模開発計画の Group1 及び Group3 のみが PPWSA の給水区域に加わった場合
ケース4	大規模開発計画の Group1 が給水区域に加わり、Group1 の「1-6 New Phnom Penh Airport City」が給水区域に加わらなかった場合
ケース5	大規模開発計画の Group1 及び Group2 が給水区域に加わり、Group2 の「2-9 Preaek Ta Teaan, Vihear Luong, Ponhea Lueu, Phsar Daek, Kampong Luong, Chhveang, Phnum Bat, Chrey Loas」が給水区域に加わらなかった場合
ケース6	大規模開発計画の Group1、Group2、Group3 が給水区域に加わり、さらに、Boeng Thom 浄水場が建設された場合

出典：調査団作成

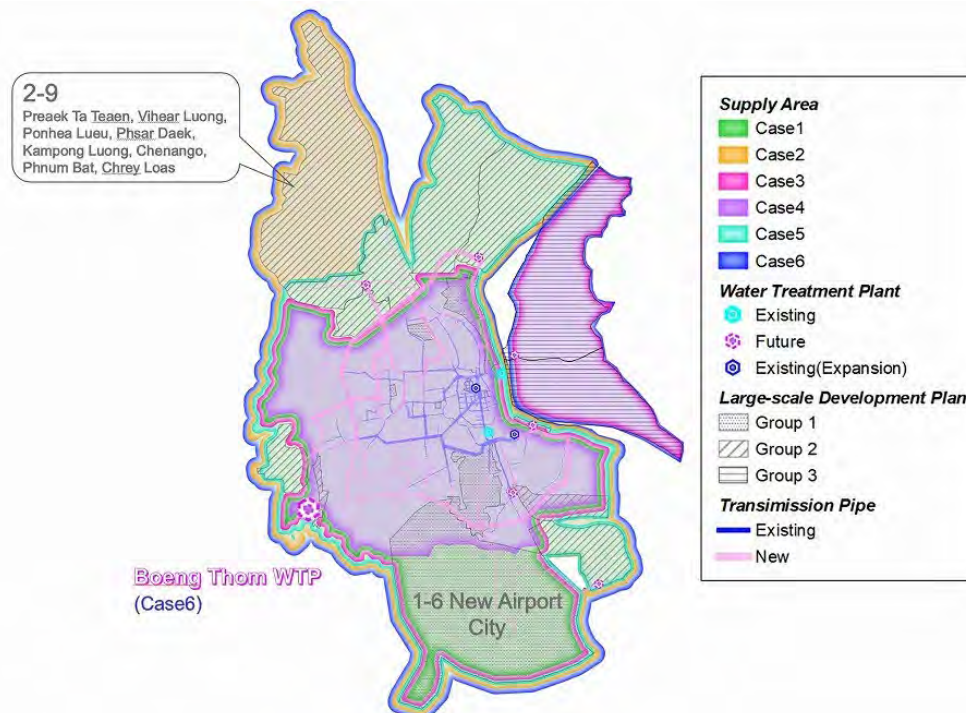


図 7-2.20 送水管ネットワークの整備計画のケース分け

出典：調査団作成

7-2-1-7-1 ケース 1

表 7-2.1 に示す大規模開発計画の Group1 のみが PPWSA の給水区域に加わった場合の送水管ネットワークの整備計画を図 7-2.21 に示す。

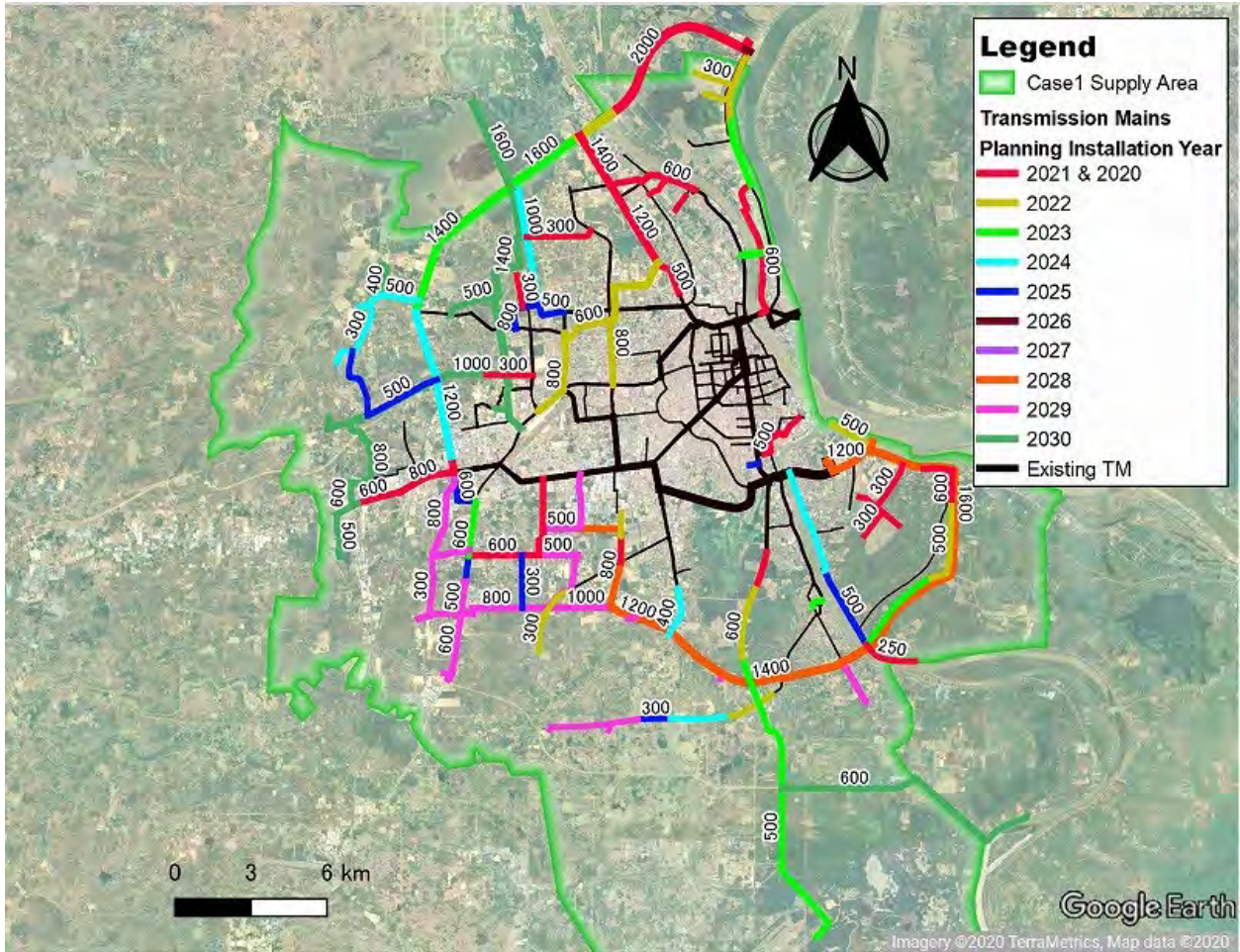


図 7-2.21 送水管ネットワークの整備計画のケース 1

出典：調査団作成

7-2-1-7-2 ケース 2

表 7-2.1 に示す大規模開発計画の Group1 及び Group2 のみが PPWSA の給水区域に加わった場合の送水管ネットワークの整備計画を図 7-2.22 に示す。

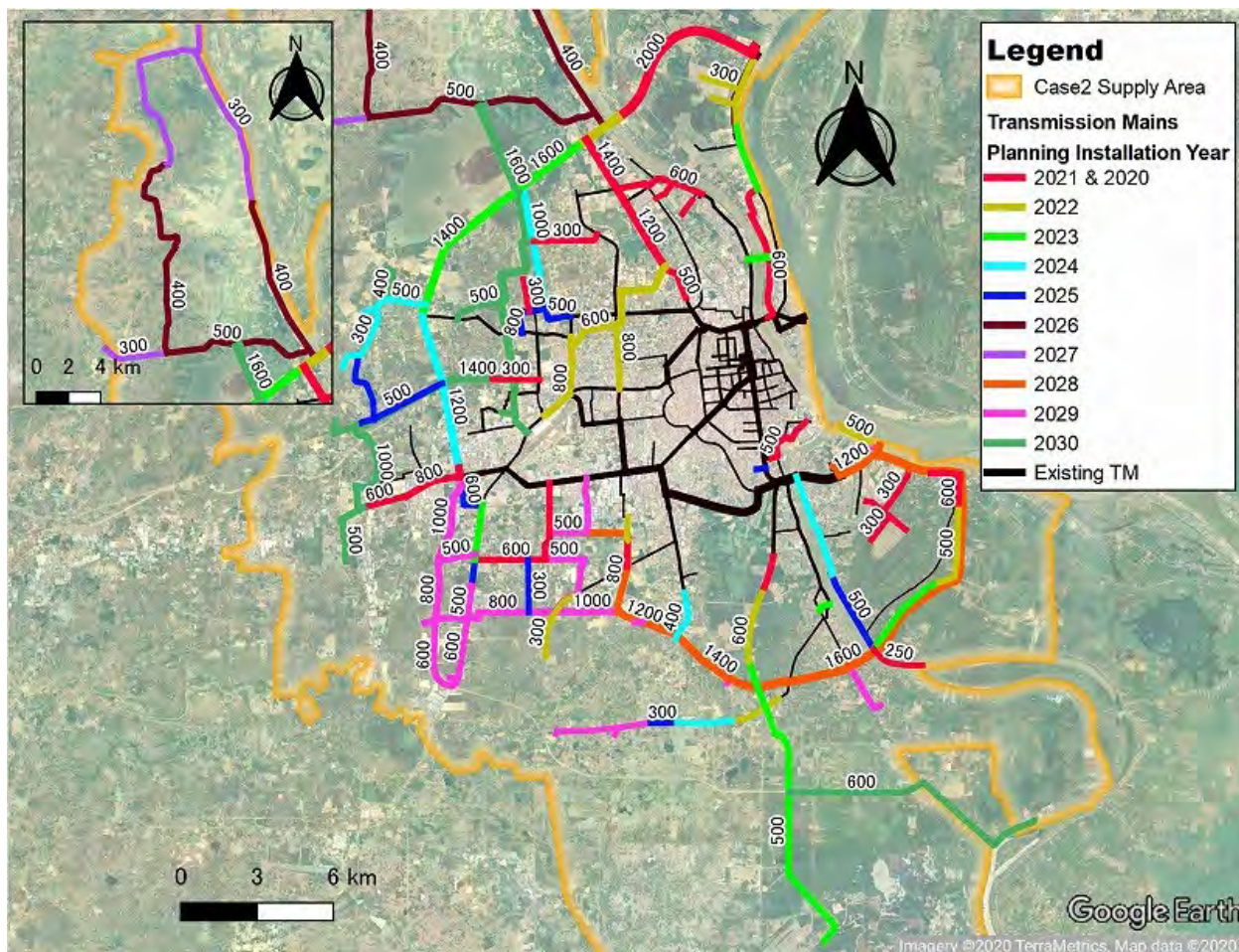


図 7-2.22 送水管ネットワークの整備計画のケース 2

出典：調査団作成

7-2-1-7-3 ケース 3

表 7-2.1 に示す大規模開発計画の Group1 及び Group3 のみが PPWSA の給水区域に加わった場合の送水管ネットワークの整備計画を図 7-2.23 に示す。

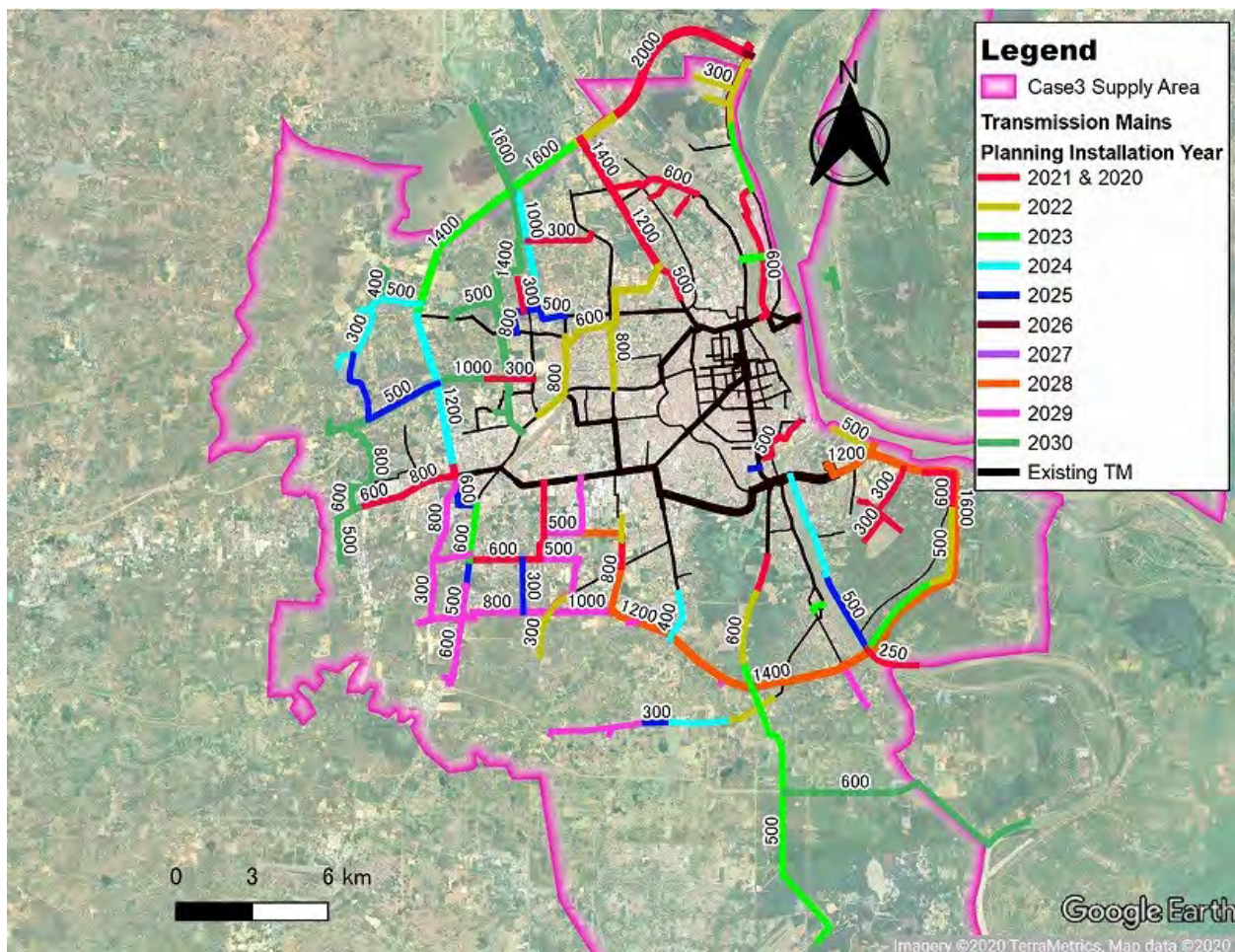


図 7-2.23 送水管ネットワークの整備計画のケース 3

出典：調査団作成

7-2-1-7-4 ケース 4

表 7-2.1 に示す大規模開発計画の Group1 が給水区域に加わり、「1-6 New Phnom Penh Airport City」が給水区域に加わらなかった場合の送水管ネットワークの整備計画を図 7-2.24 に示す。

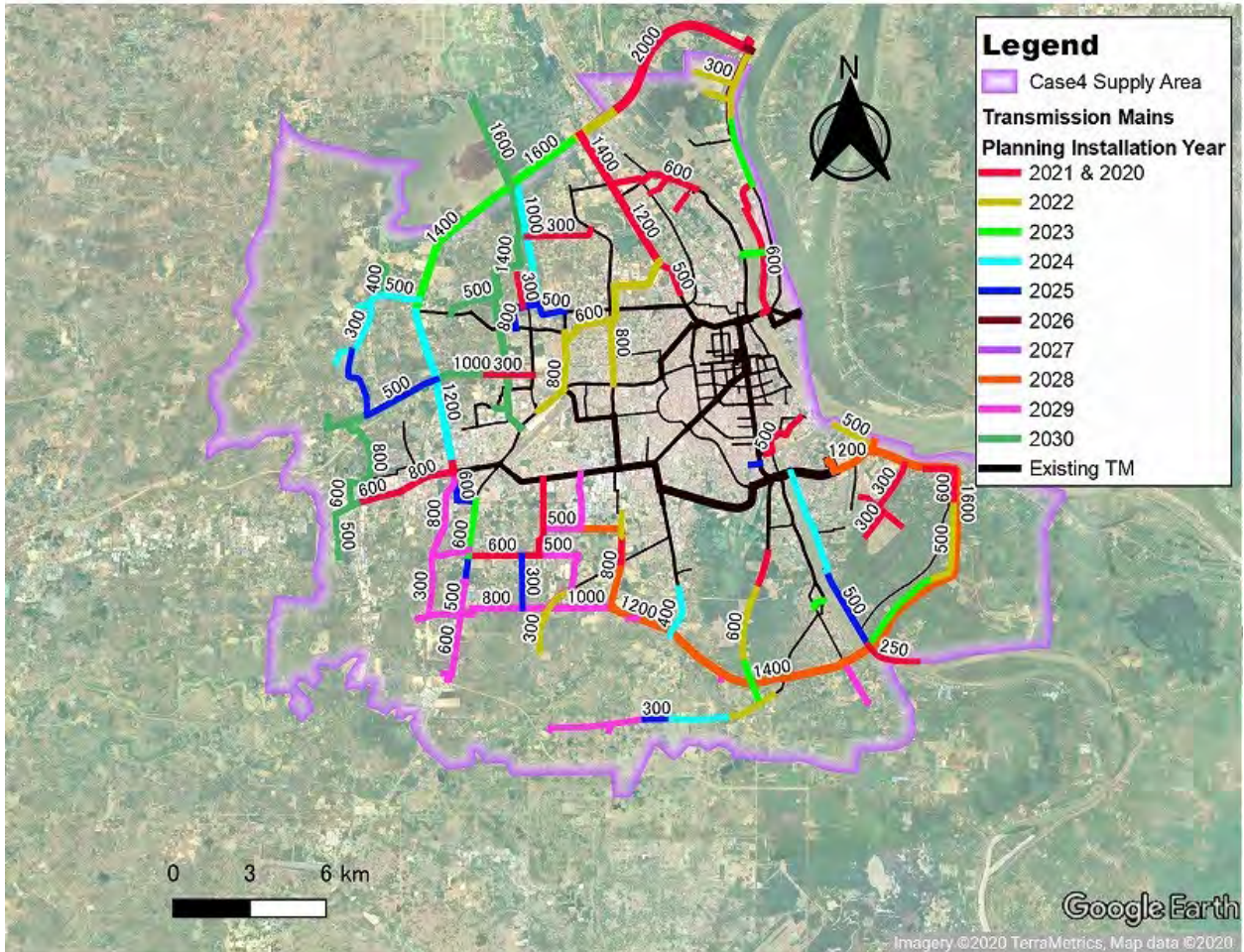


図 7-2.24 送水管ネットワークの整備計画のケース 4

出典：調査団作成

7-2-1-7-1 ケース 5

表 7-2.1 に示す大規模開発計画の Group1 及び Group2 が給水区域に加わり、Group2 の「2-9 Preaek Ta Tean, Vihear Luong, Ponhea Lueu, Phsar Daek, Kampong Luong, Chhveang, Phnum Bat, Chrey Loas」が給水区域に加わらなかった場合の送水管ネットワークの整備計画を図 7-2.25 に示す。

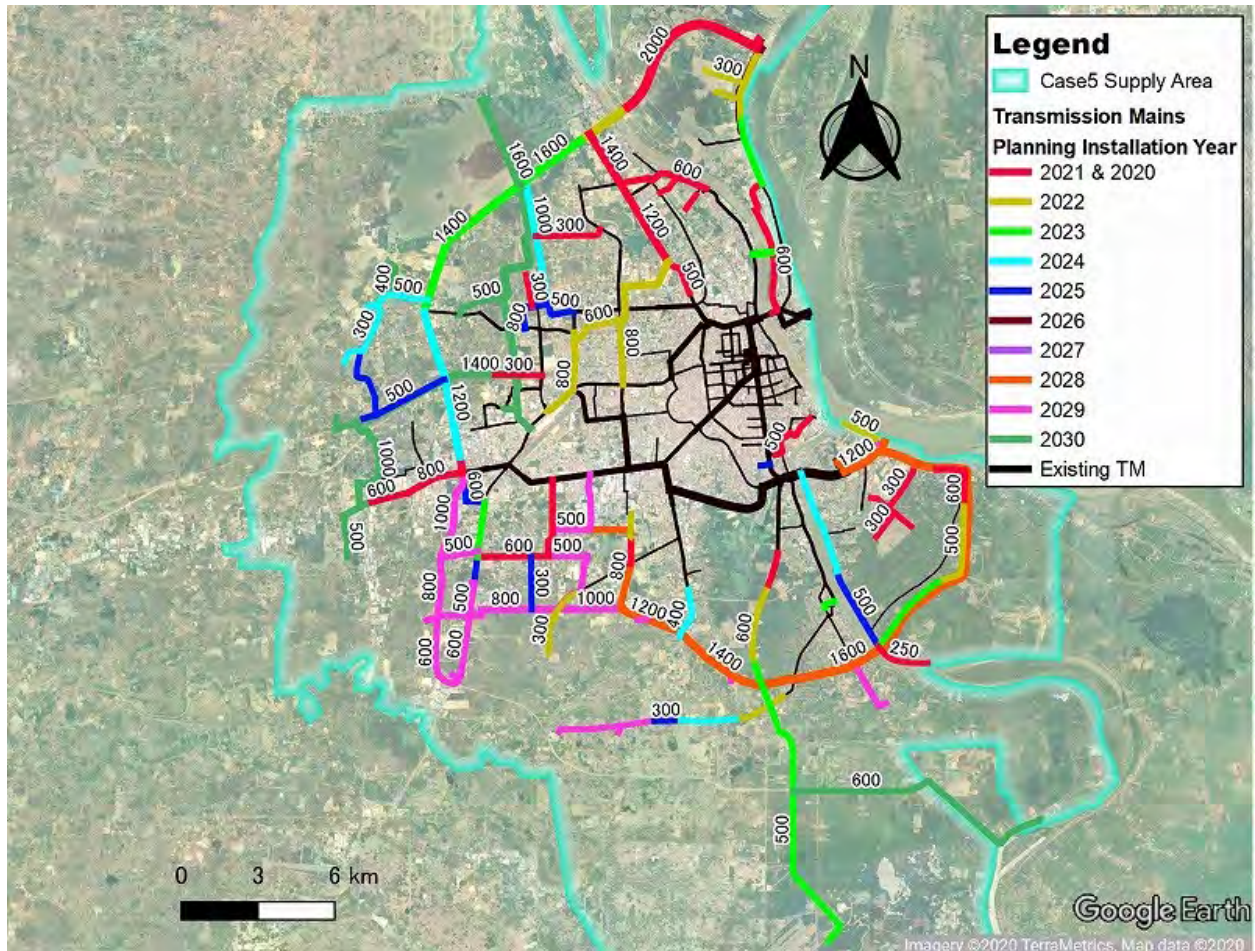


図 7-2.25 送水管ネットワークの整備計画のケース 5

出典：調査団作成

7-2-1-7-2 ケース 6

表 7-2.1 に示す大規模開発計画の Group1、Group2、Group3 が給水区域に加わり、さらに、図 7-2.3 の浄水場に加えて、ボエントム浄水場が建設された場合の送水管ネットワークの整備計画を図 7-2.26 に示す。

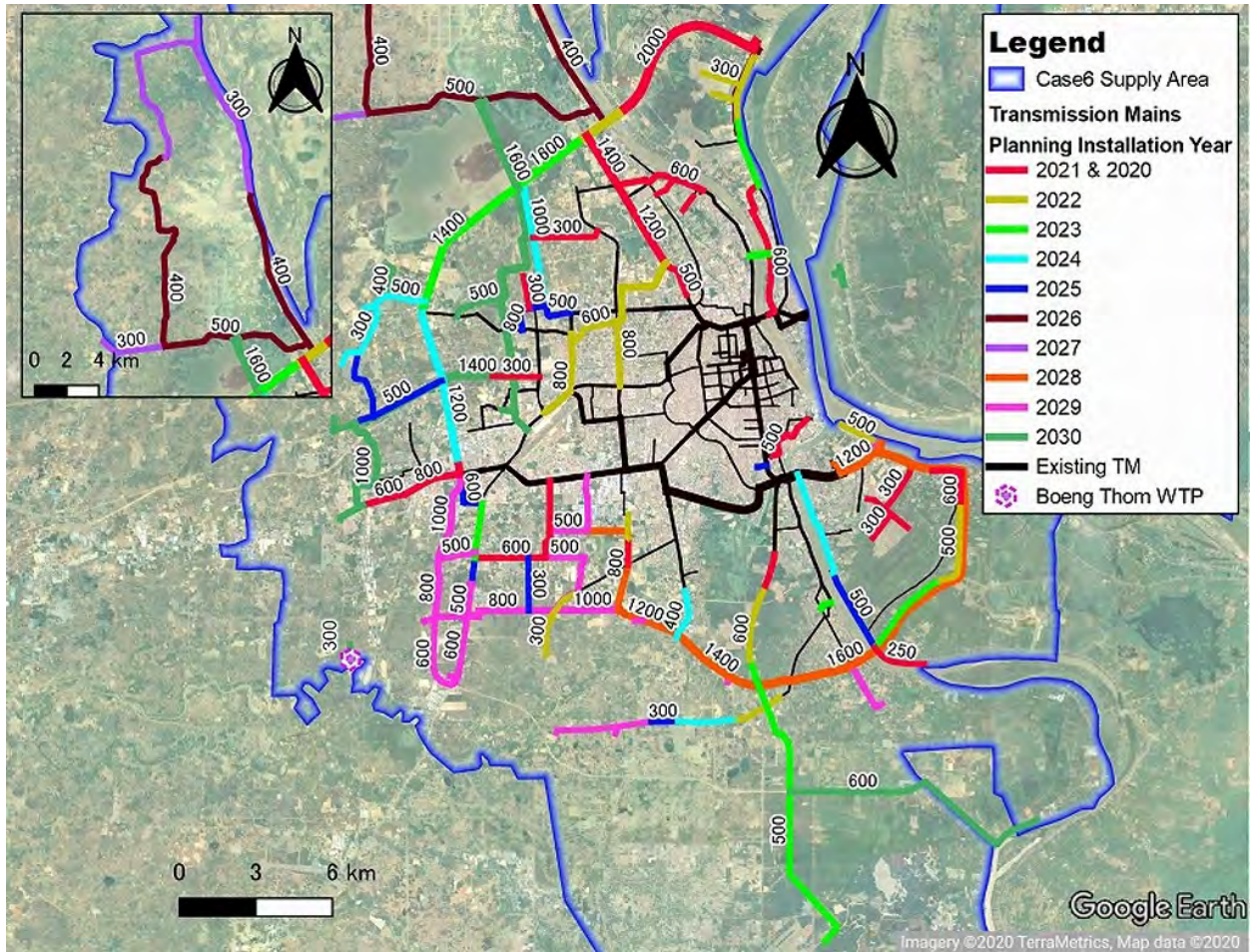


図 7-2.26 送水管ネットワークの整備計画のケース 6

出典：調査団作成

7-2-2 配水管ネットワークの整備計画

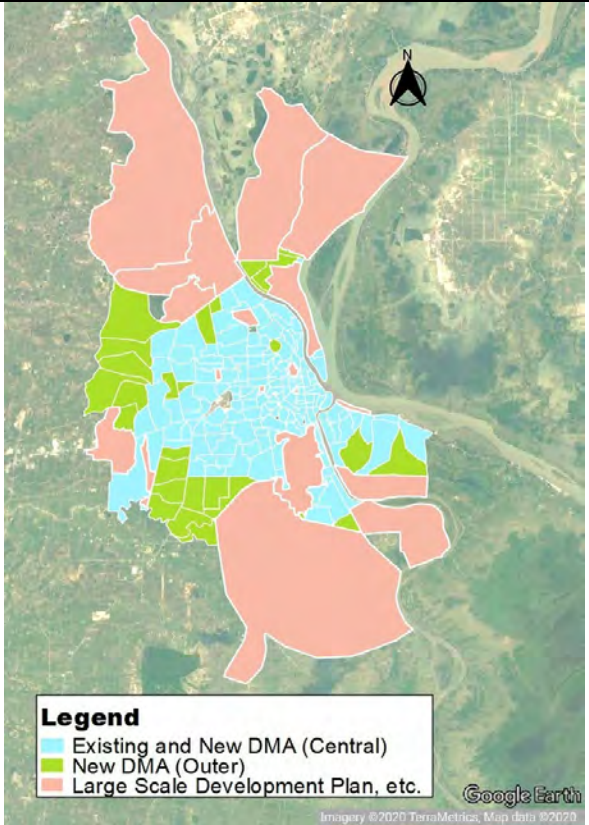
7-2-2-1 配水管ネットワークの整備計画

7-2-2-1-1 配水管ネットワークの整備計画の整備方針

(1) 整備方針

配水管ネットワークの整備計画の整備方針を表 7-2.12 に示す。配水管ネットワークの整備計画の整備方針として、水需要予測で見直しがされた将来の水需要に対応するための配水本管の能力強化及び既存配水管の能力改善があげられる。

表 7-2.12 配水本管の整備計画の方針

整備方針		内容	
配水管の能力強化	中心部 (Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk) の既存及び新規 DMA	2030年の水需要予測の見直し結果を踏まえ、DMA内の2030年の水需要における配水ネットワークの水量・水圧を確認し、配水本管について十分な配水能力を有しているかを確認する。必要に応じて、配水本管の増経や複線化、ループ化を実施する。	
	周辺部の新規 DMA	周辺部の新規 DMA については、開発状況に応じて給水接続が増加することが想定される。そのため、近接する DMA の配水管布設状況や道路状況等を考慮し、必要となる配水本管の整備量を想定する。	
	大規模開発等	大規模開発等の地域には、バルク供給を想定し、送水管から DMA の流入点への分岐を整備する。	
配水管の能力改善	配水管のループ化	既存配水管について、配水圧及び配水量を有効的に活用するために、DMA 内の配水管ネットワークのループ化を行う。	
	経年管の更新	経年管等について更新を行う。	
	顧客メータの計画的な更新	今後の顧客数の伸びを考慮し、計画的な顧客メータの更新を行う。	

出典：調査団作成

(2) 計画諸元

配水管ネットワークの整備計画における計画諸元を表 7-2.13 に示す。詳細については資料に記載する。

表 7-2.13 配水管ネットワークの整備計画における計画諸元

項目	内容
給水対象地域	首都プノンペンおよび大規模開発地域(カンダール州)
需要値	1,814,000 m ³ /day (2030 年水需要予測値 日最大給水量)
時間係数	1.60
必要水圧	配水本管の端部で最小水圧 2 bar 以上
DMA	184 か所および大規模開発エリア 19 か所
水理解析ソフトウェア	WaterGEMS
計算式	ヘーゼンウィリアムス(Hazen Williams)式
流速係数 (C 値)	130
管種	PPWSA の基準のとおり、口径 300 mm 以上はダクタイル鋳鉄管、口径 300 mm 未満は HDPE とする

出典：調査団作成

既存の DMA 内の配水本管について、2030 年の水需要に対して十分な水量及び水圧を確保できるかを確認する (図 7-2.27)。配水本管の能力が不足する場合には、配水本管の増径または複線化等の対策を提案する。確保する水圧は、配水本管末端部において、2.0 bar 以上の水圧の確保とする。水理解析の方法及び結果については資料に示す。

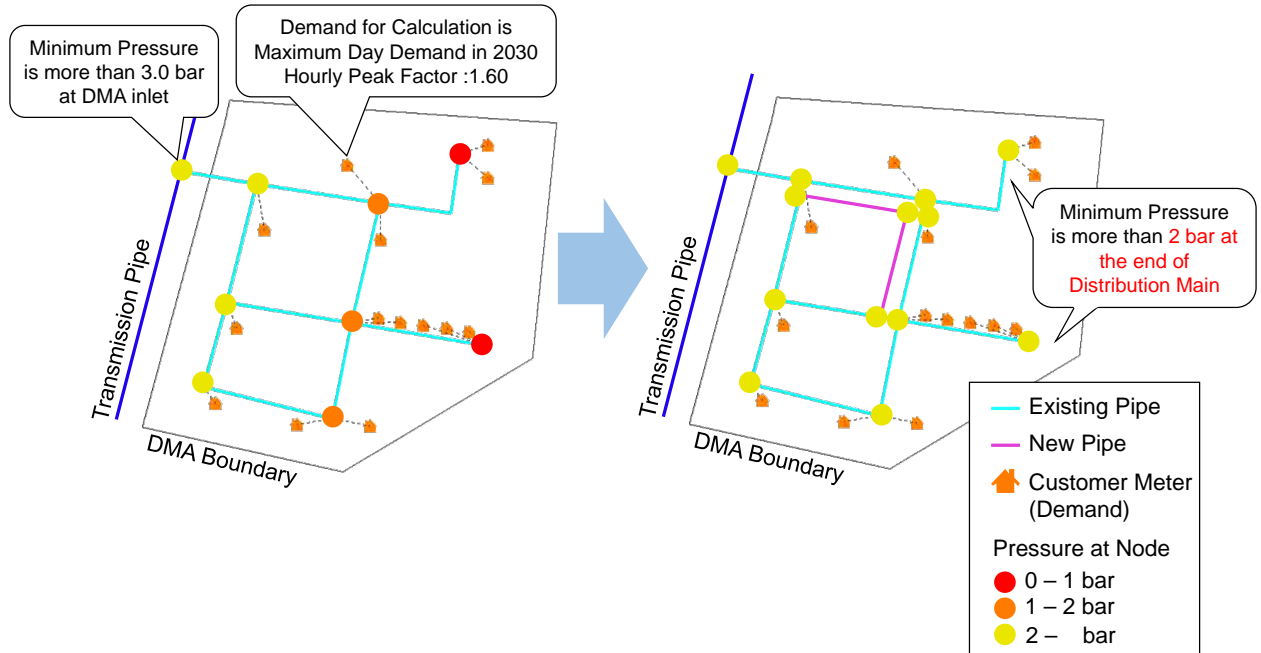


図 7-2.27 配水管ネットワークの整備計画の概要

出典：調査団作成

7-2-2-2 配水本管の能力強化

2030年の水需要に基づき、配水本管の能力を確認した。配水管能力の確認結果の一例として、DMA101の確認結果を図7-2.28に示す。その他のDMAの確認結果については、資料に示す。

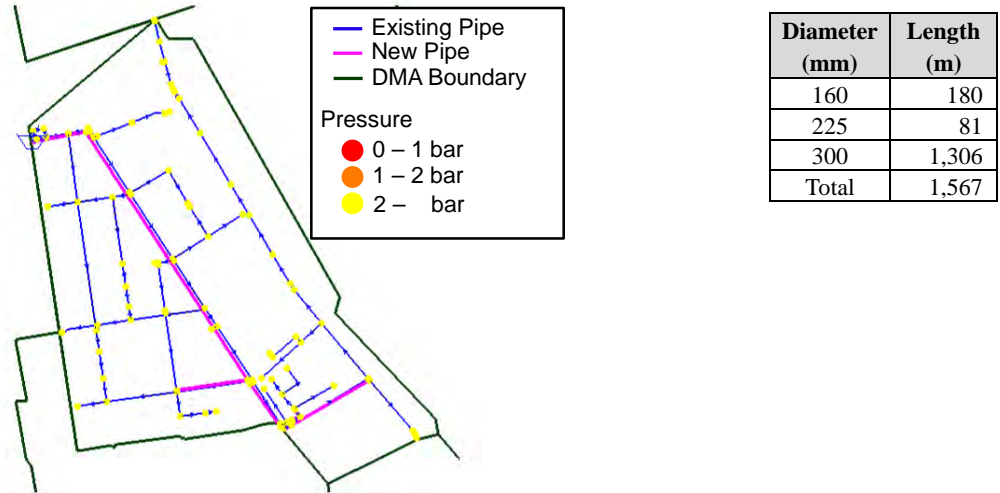


図 7-2.28 DMA (0101) の確認結果

出典：調査団作成

配水管能力の確認結果より、複線化が必要となる配水本管の整備計画の一覧を表7-2.14に示す。

表 7-2.14 配水本管の整備計画の一覧

DMA	Diameter (mm)	Length (km)	DMA	Diameter (mm)	Length (km)	DMA	Diameter (mm)	Length (km)
101-107 (2026)	300	4.33	601-616 (2024,2028)	110	5.21	1001-1013 (2023-2025)	110	41.49
	201-205 (2026)	250		0.05	160		4.14	160
300		4.42		225	11.60		225	17.85
301-315 (2026)	110	0.42		701-721 (2023-2029)	250	0.39	250	6.40
	160	0.23			300	24.23	300	20.24
	225	3.74			110	40.50	1101-1113 (2027-2028)	110
	250	0.87	160		34.03	160		20.90
300	15.62	225	22.88		225	14.15		
401-410 (2026)	110	0.17	801-841 (2023-2030)	250	6.09	250	10.21	
	160	0.38		300	37.61	300	20.23	
	225	7.14		110	65.83	1201-1203 (2023-2024)	110	2.52
	250	2.93		160	56.30		160	3.74
501-510 (2024,2026)	300	6.19		225	62.89		225	3.10
	110	4.96	250	30.94	250		0.39	
	160	3.72	300	92.00	300	1.24		
	225	3.30	901-923 (2023,2027)	110	1.69	1301-1307 (2023,2029)	110	9.39
250	6.85	160		6.17	160		9.27	
300	15.84	225		4.84	225		8.18	
	250	3.84		250	3.84		250	2.99
	300	16.93		300	16.93		300	17.44

* ()の年数は整備目標年を示す

出典：調査団作成

首都プノンペンとカンダール州の行政区画の周辺に位置する新規の DMA については、民間事業者による水道が実施されているが、PPWSA の給水対象区域に加わった場合、今後の開発状況に応じて DMA の構築や配水管ネットワークの整備が必要である。本調査では、配水管布設状況や道路状況等を考慮し、近接する DMA を基に、需要水量に対して必要となる配水本管の単位整備量 (4.67 m/ (m³/day)) を想定した。新規の DMA が給水対象区域に加わる段階で、開発状況にあわせた整備量の見直しが必要となる。

7-2-2-3 配水管の能力改善

7-2-2-3-1 配水管のループ化

これまでの配水管ネットワークは、**図 7-2.29** に示すように水需要の必要性や顧客の水道への加入要望に応じて枝状に配管を整備してきた。そのため、環状にネットワークが構築されておらず、水理的に有効活用できていない箇所があり、その結果として配水管末端部での水圧の不足が生じている場所も存在している。本調査では、第三次マスタープラン (M/P2017) と同様に、2030 年までの 10 年間で配水管末端部を改善し環状にループ化する整備により水圧不足の改善することを提案する。

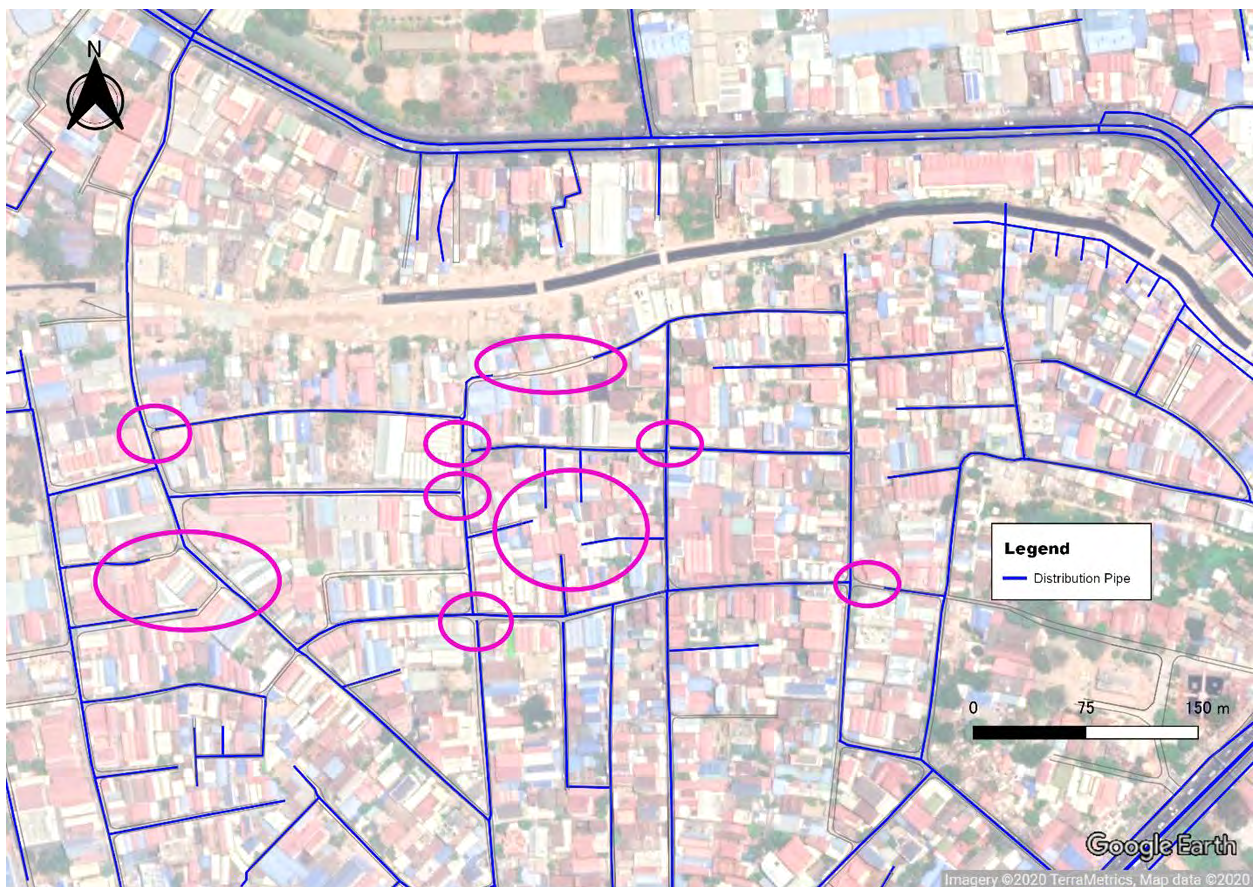


図 7-2.29 配水管のループ化の概要

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

7-2-2-3-2 経年管等の更新

(1) 経年管の更新

2030年における経年管の分布を図7-2.30に、経年管の延長を図7-2.31に示す。

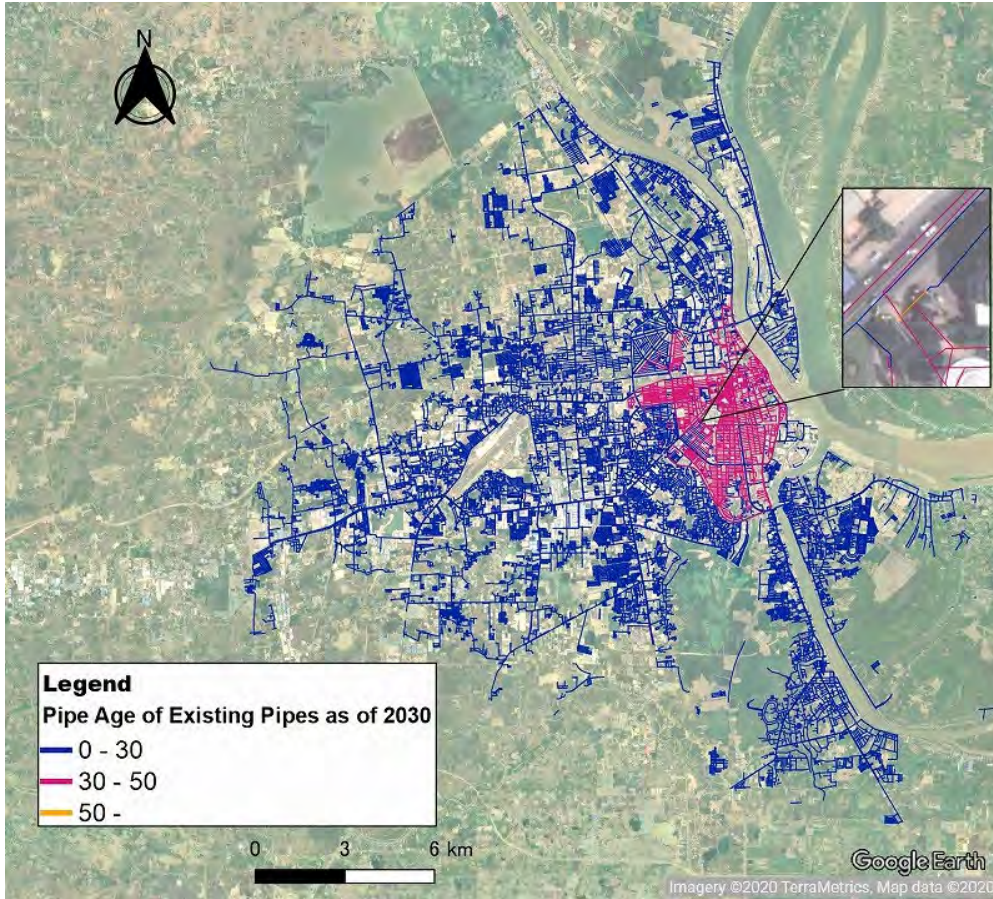


図 7-2.30 2030年における経年配管の分布

出典：調査団作成

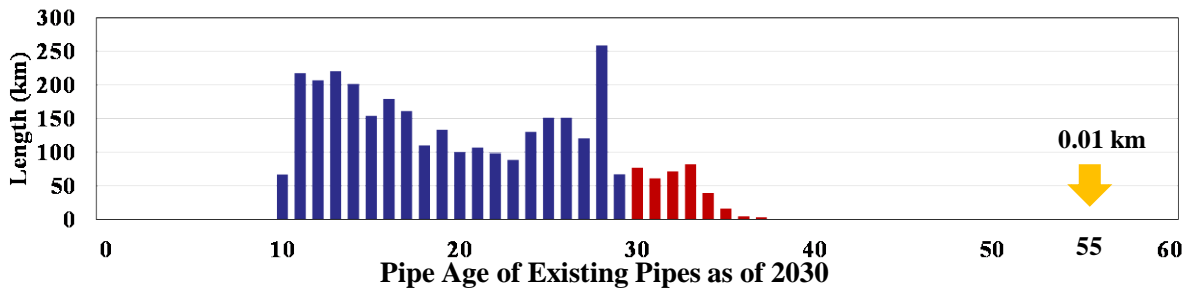


図 7-2.31 2030年における経年管の延長

出典：調査団作成

PPWSA では、管路の耐用年数を 30 年から 50 年とし、管路の維持管理状況に併せて更新を行っている。2030 年における 50 年以上経過した配管の更新が必要であるものの、その数はほとんどない。

首都プノンペンの中心部（Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）には、2030 年における 30 年以上経過した配管が集中しており、約 350km の配管に関して更新計画の策定が必要となる。また、将来にはより多くの配管が更新計画の対象となるため、日常の維持管理や修繕状況の情報を整理・蓄積し、中期に渡る更新計画の作成が必要である。

(2) 漏水管の補修・更新

漏水の発生個所について、各 Sangkat の漏水発生密度（箇所/km）を図 7-2.32 に示す。

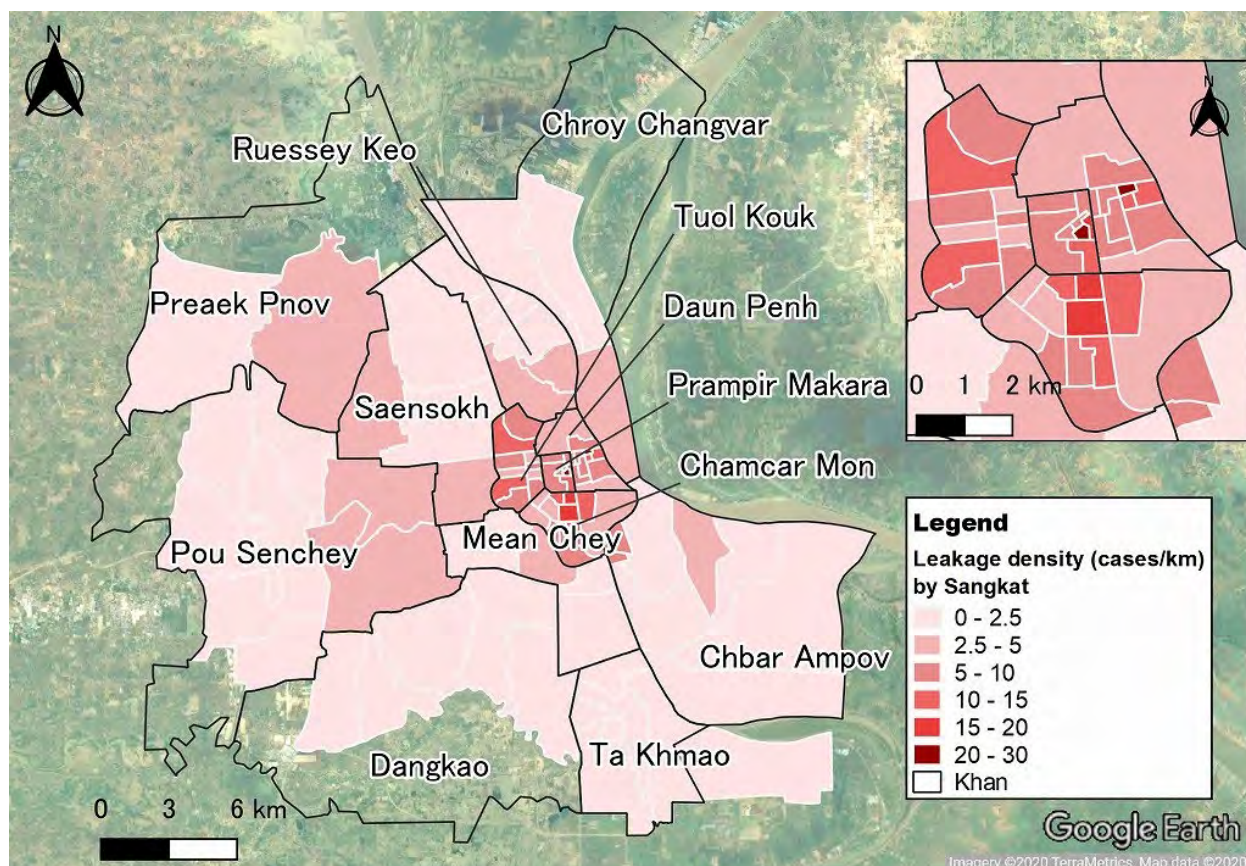


図 7-2.32 漏水管の発生密度

出典：調査団作成

漏水の約 40%は経年管が集中している中心部（Khan Daun Penh、Khan Prampir Makara、Khan Chamcar Mon、Khan Tuol Kouk）で発生している。そのため、これらの地域の経年管を優先的に更新することが効率的な対策となる。

7-2-2-3-3 配水管の改善にかかる整備

前述の配水本管の強化、配水管の能力改善に加えて、今後増える水需要に対応するための配水枝管や給水管の布設、配管の修繕等が必要となる。配水管の年間整備延長は PPWSA の施工能力（年間 200 km から 250 km の施工）を考慮し、図 7-2.33 に示す年間の計画整備延長を想定した。

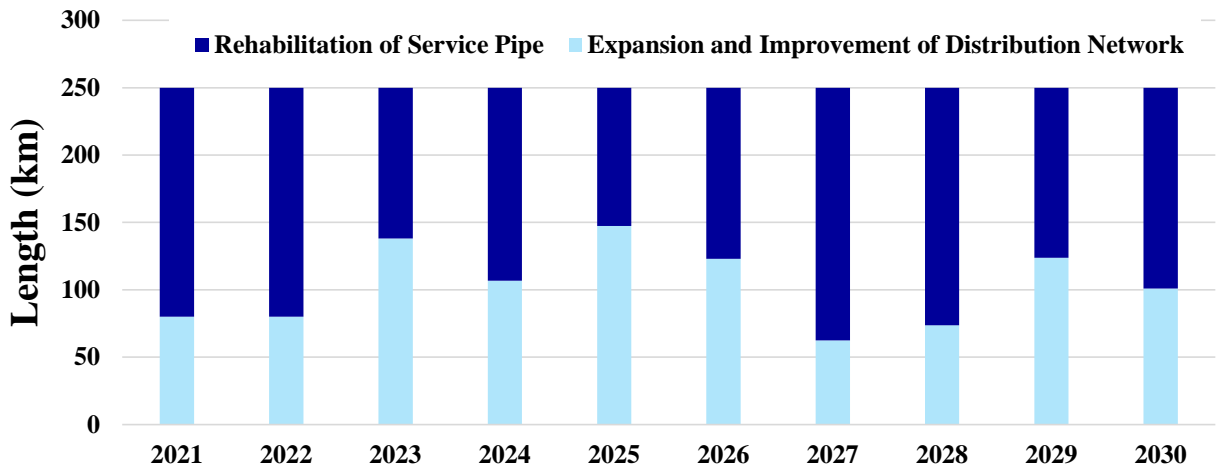


図 7-2.33 配水管の計画整備延長案

出典：調査団作成

7-2-2-3-4 顧客メータの計画的な更新

PPWSA では 11 年サイクルで顧客メータを更新しており（12 年目に更新）、現在の顧客メータの年間更新数は約 20,000 戸である。水需要の見直し結果による接続数の増加を考慮した 2030 年までの顧客メータの更新計画を図 7-2.34 に提案する。

更新計画は、2021 年の時点で既存の顧客メータのうち、約 30%の更新が必要であり、2021 年以降は、1 サイクル前に設置した顧客メータと合わせて更新を行う必要がある。2026 年以降になると、現在の PPWSA の年間の更新計画である年間 20,000 戸を超え、年平均約 28,000 戸の更新が必要となる。

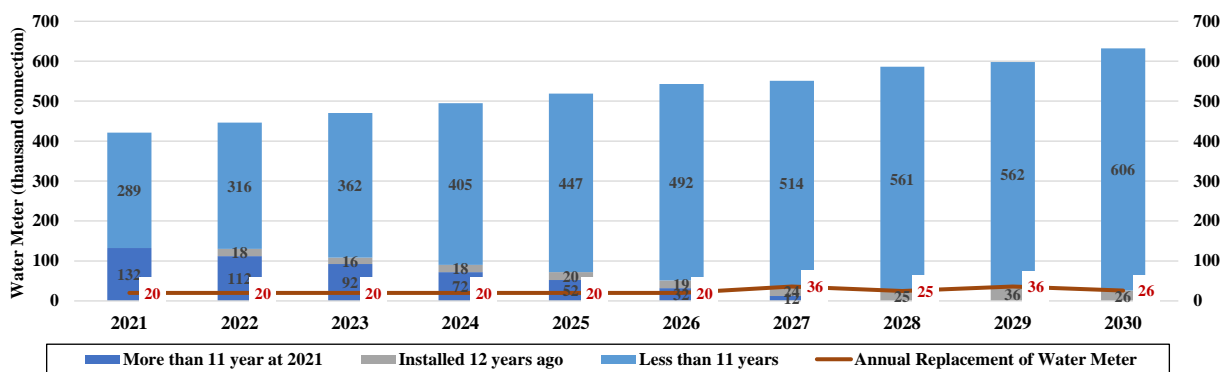


図 7-2.34 顧客メータの更新計画

出典：調査団作成

7-2-3 送配水ネットワークに関する運用管理の改善

送水管ネットワークの整備計画及び配水管ネットワークの整備計画にて、今後増加する水需要に

対する施設整備を提案した。需要水量に対する供給水量の不足は、施設整備が完了し供給水量が確保されることで、解消されることが期待されるものの、施設整備が完了するのは2030年である。それまでは供給水量が不足する状況が続くことが想定されるものの、その状況下においても、水量及び水圧の管理を強化し、無収水率を低く保ち続けることが重要となる。

これまでPPWSAでは、無収水対策として、老朽管の更新、顧客メータの更新、漏水探知・修理等を主要な対策として掲げている。今後もこれらの対策の実施を強化・継続するとともに、今後懸念される経年管の増加、供給水量の不足に伴う不安定な水量・水圧による水供給に適切に対応していくことが必要となる。そのため、SCADAシステムによる効率的な水運用や蓄積されるデータを活用して、適切な水量及び水圧の管理を実施している必要がある。

第8章 段階的施設整備計画

8-1 段階的施設整備及び実施工程

8-1-1 全体施設整備計画

段階的施設整備の段階は、本調査実施の2021年から目標年である2030年までの10年間で次の3つの段階に期分けした。また、目標年以降においても必要となる整備は、2030年以降に期分けした。

- ・ Immediate Period (2021-2024 の4年間)
- ・ Intermediate Period (2025-2027 の3年間)
- ・ Ultimate Period (2028-2030 の3年間)
- ・ After 2030

浄水場の建設完了年、計画浄水量、第三次マスタープラン(M/P2017)で予測された水需要及び本調査で見直された水需要について整理した。浄水場の計画浄水量と水需要予測結果を表8-1.1に示す。

表 8-1.1 浄水場の計画浄水量と水需要予測結果

Scheme	Year									
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Phum Prek WTP	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000
Churoy Chamber WTP	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000
Chamkar Mon WTP	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000
Nirodh WTP	260,000	260,000	260,000	260,000	260,000	260,000	260,000	260,000	390,000	390,000
Bakheng WTP	0	0	390,000	390,000	390,000	390,000	585,000	585,000	585,000	585,000
Ta Khmao WTP	0	0	0	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Koh Norea WTP	0	0	0	0	0	0	0	0	150,000	150,000
Ta Mouk WTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200,000
New Airport City	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,000
Khsach Kandal WTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,000
Total Production Capacity (All)	592,000	592,000	982,000	1,012,000	1,012,000	1,057,000	1,252,000	1,252,000	1,532,000	1,862,000
Total Production Cap. (Exc G3)	592,000	592,000	982,000	1,012,000	1,012,000	1,057,000	1,252,000	1,252,000	1,532,000	1,762,000
Total Max. Day Demand (MP2017)	805,676	849,032	893,053	930,565	969,514	1,002,119	1,027,949	1,051,810	1,072,340	1,093,050
Total Ave. Day Demand (MP2017)	700,587	738,288	776,568	809,187	843,056	871,408	893,869	914,618	932,470	950,478
Total Max. Day Demand (Basic)	656,830	724,523	879,869	982,911	1,063,413	1,145,438	1,213,942	1,282,364	1,342,726	1,402,540
Total Max. Day Demand (B+G1)	667,808	737,960	902,955	1,024,006	1,116,894	1,216,584	1,301,978	1,401,918	1,498,894	1,613,845
Total Max. Day Demand (B+G1+G2)	668,000	738,000	903,000	1,025,000	1,189,750	1,294,867	1,385,984	1,492,099	1,594,217	1,716,333
Total Max. Day Demand (B+G1+G2+G3)	668,000	738,000	903,000	1,025,000	1,263,000	1,373,000	1,469,000	1,580,000	1,687,000	1,814,000
Total Ave. Day Demand (B+G1+G2+G3)	581,000	642,000	786,000	891,000	1,098,000	1,194,000	1,277,000	1,374,000	1,467,000	1,578,000
Total Ave.. Day Demand (Exc G3)	581,000	642,000	786,000	891,000	1,034,304	1,126,058	1,204,812	1,297,564	1,386,319	1,493,072
Total Max. Day Demand in Existing Area	641,179	700,957	844,262	935,612	1,003,824	1,072,648	1,127,895	1,182,383	1,229,129	1,275,143
Total Max. Day Demand in New Area	26,821	37,043	58,738	80,388	188,176	223,352	259,105	308,617	363,871	438,857
Temporary Reduction of PPWTP	0	0	0	0	0	50,000	50,000	500,000	50,000	
Gap between Total Production Capacity and Total max. Day Demand	-76,000	-146,000	79,000	-13,000	-251,000	-316,000	-217,000	-328,000	-155,000	48,000
Gap between Total Production Capacity and Total Ave. Day Demand	11,000	-50,000	196,000	121,000	-22,304	-69,058	47,188	-45,564	145,681	368,928

出典：調査団作成

水需要予測に合わせた段階的施設整備計画を図8-1.2に示す。3段階の期間の中で、建設を計画する浄水場の建設時期により、Stage 1及びStage 2として区分した。急激な水需要の増加に対応するための施設整備を行うためには、資金確保、入札、設計や建設に相応の時間が必要であるため、施設整

備が水需要に追いつくのは2030年となる。

4-3-7で水需要予測における大規模開発計画をグループ化しており、その概要は表 8-1.2 及び図 8-1.1 のとおりである。

表 8-1.2 大規模開発計画等のグループ化

Group	Description
Group 1	Large-scale development plans - which have been already started - which will be started soon
Group 2	Large-scale development plans and areas currently supplied by private utilities - they are located in the west side of the Mekong River There are uncertainties - whether the project would be carried out or not - supplied by the private utilities continuously or supplied by PPWSA in future
Group 3	Areas currently supplied by private utilities - they are located in the east side of the Mekong River There are uncertainties - supplied by the private utilities continuously or supplied by PPWSA in future

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

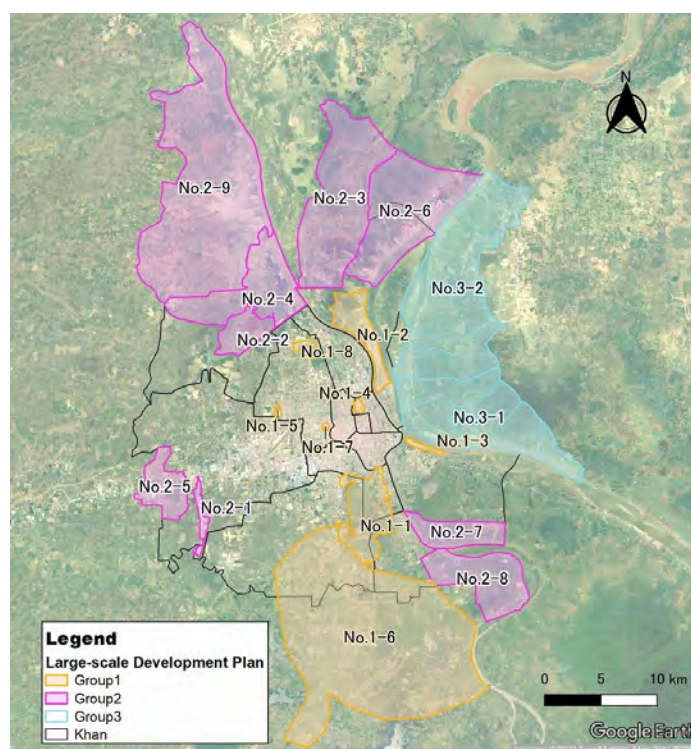


図 8-1.1 大規模開発計画 (Group1,2,3) の位置図

出典：PPWSA 提供情報を基に調査団作成

ベーシックな水需要と G-1 の水需要のみを考慮した場合の段階的施設計画を図 8-1.3 に、ベーシックな水需要と G-1 および G-2 の水需要のみを考慮した場合の段階的施設計画を図 8-1.4 に、ベーシックな水需要と G-1 および G-3 の水需要のみを考慮した場合の段階的施設計画を図 8-1.5 にそれぞれ示す。

これらのケースでは Kasach Kandal 浄水場もしくは New Airport City 浄水場の建設は行わず、また Ta Mouk Phase II の建設時期が少し後ろになるが、その他の大規模浄水場とこれらの浄水場からの配水システムの建設が必要であるのは変わらない。

Staged Development Plan
(Entire Area)

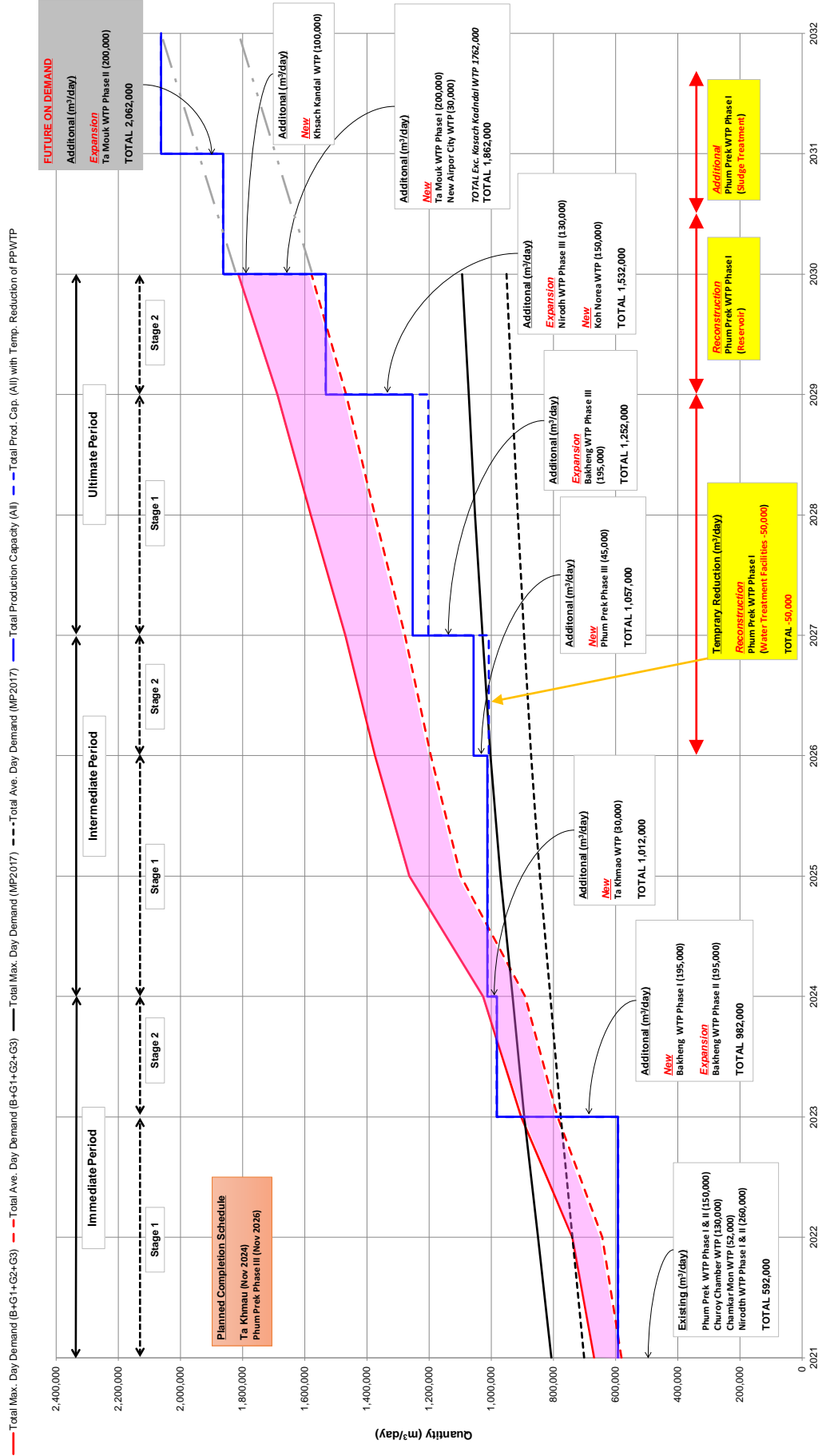


図 8-1.2 水需要予測に合わせた段階的施設整備計画

出典：調査団作成

Staged Development Plan
(Entire Area)

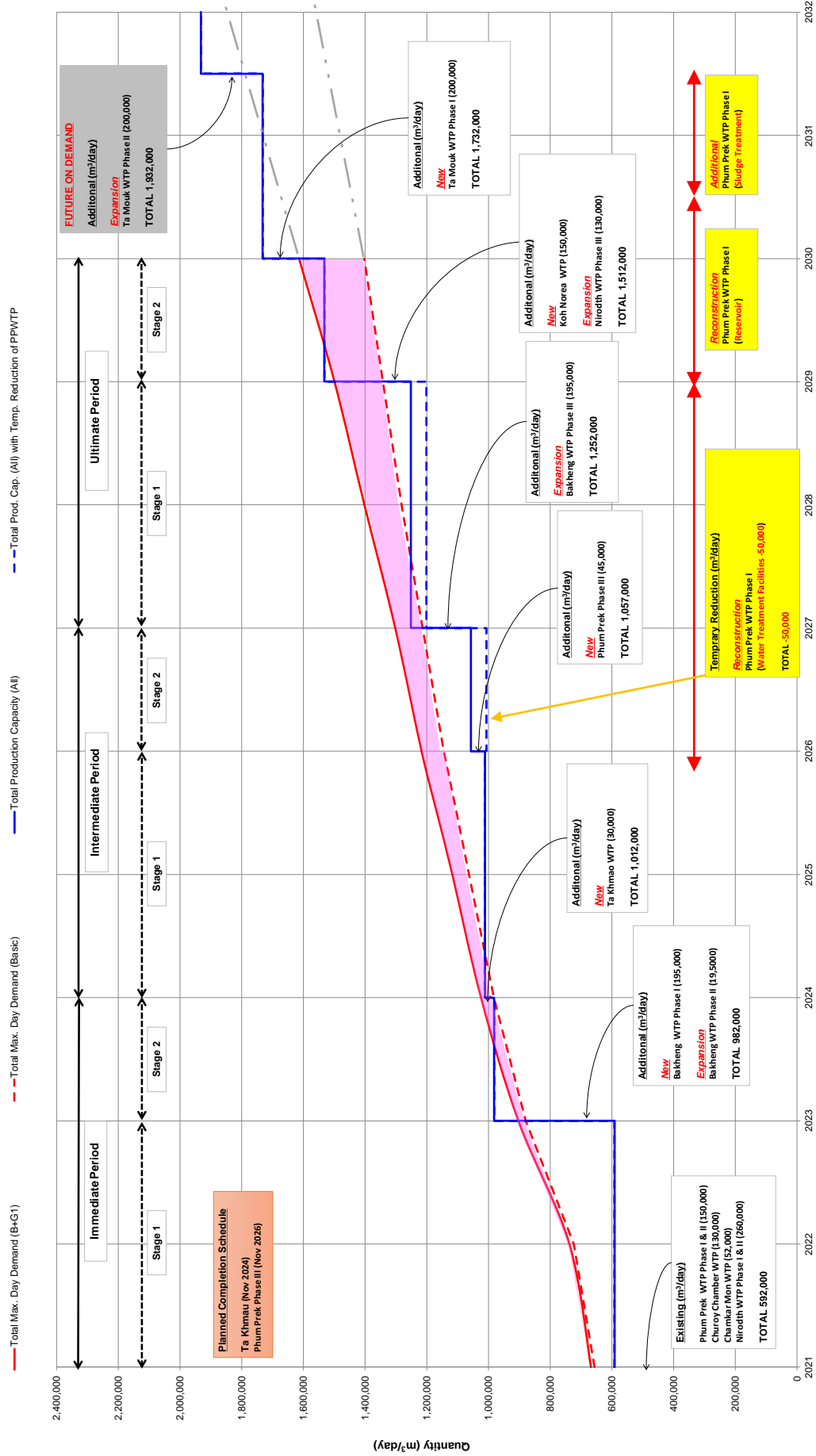


図 8-1.3 水需要予測に合わせた段階的施設整備計画（ベーシック水需要と G-1 グループの水需要のみを考慮した場合）

出典：調査団作成

Staged Development Plan
(Entire Area)

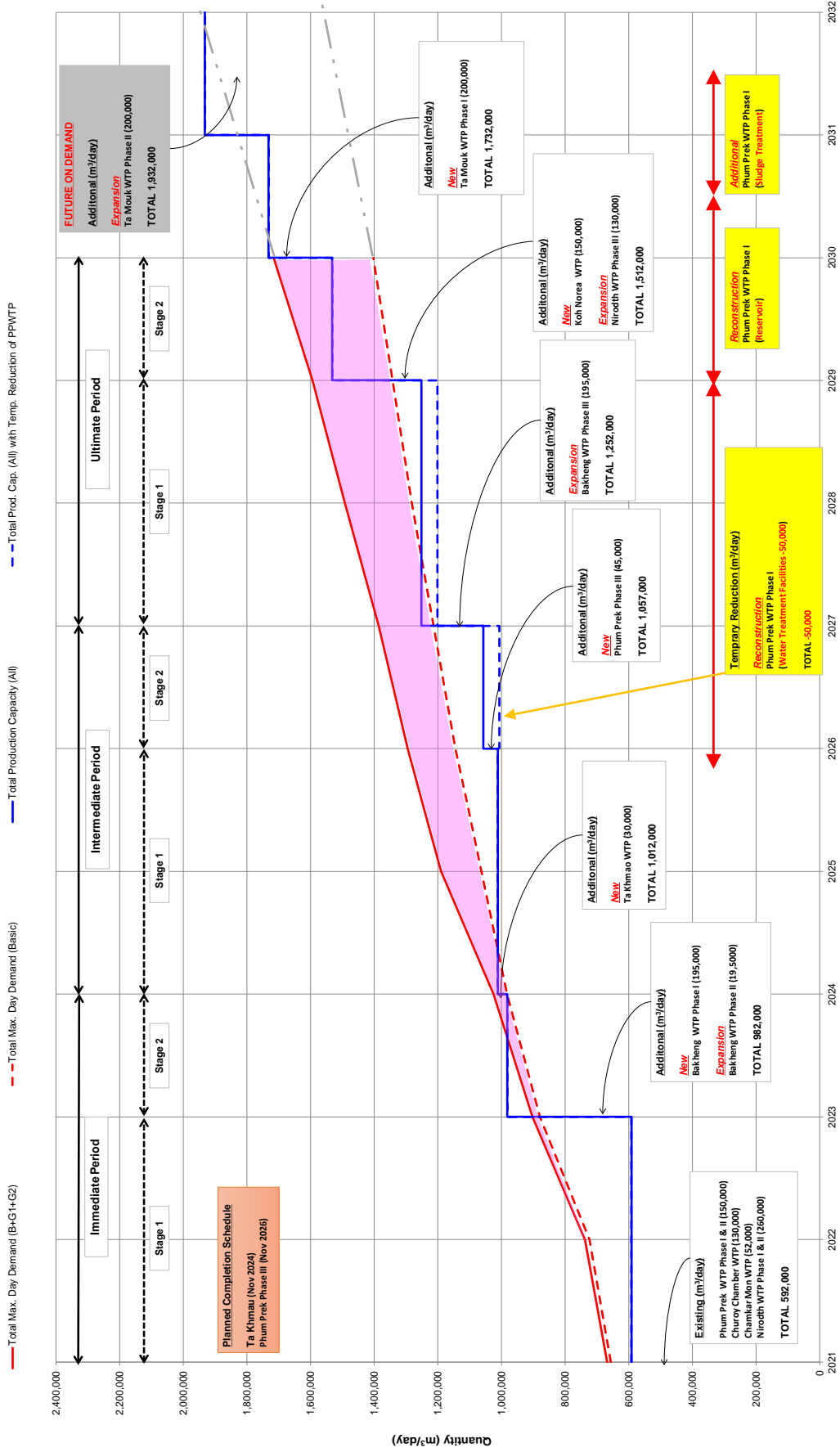


図 8-1.4 水需要予測に合わせた段階的施設整備計画（ベースリック水需要と G-1 および G-2 グループの水需要のみを考慮した場合）

出典：調査団作成

Staged Development Plan
(Entire Area)

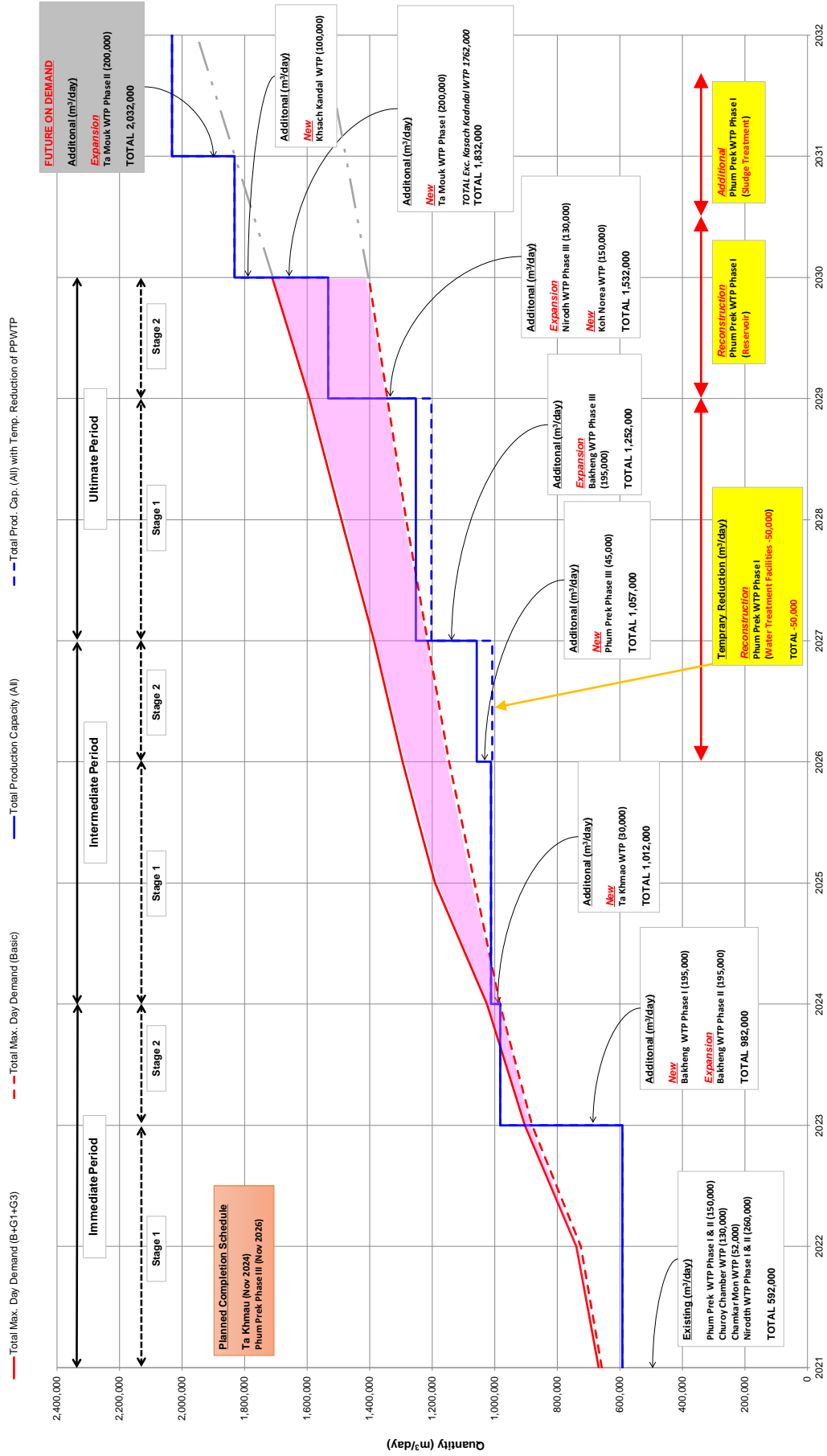


図 8-1.5 水需要予測に合わせた段階的施設整備計画（ベーシック水需要と G-1 および G-3 グループの水需要のみを考慮した場合）

出典：調査団作成

Bakheng WTP Phase I 及び Phase II スキームは、AfD の支援により、Suez 社及び Vinci 社の共同企業体によるデザインビルドによる浄水場の建設が実施されており、実施スケジュールが既にほぼ確定している。

また、Phum Prek Phase I 施設の再建設については、既存施設の運転を可能な限り停止したり、浄水量を減少させないために Phum Prek Phase III の建設完了後の施工開始となる。

Bakheng Phase III は、2021 年 6 月に MISTI 上級大臣閣下が在カンボジアフランス大使と協議を行い、MISTI からフランス政府に対して Bakheng Phase III の借款事業の実施について要請を行ったと報道¹された。本調査では、総浄水能力が日平均水需要を下回った状態を可能な限り早期に解決する目的で、G3 地域を除いた地域の 2027 年の日平均水需要を満たす形で Bakheng Phase III の実施を計画した。

その他の、WTP スキームにおいては、これから実施準備を行うため、実施までにある程度の期間が必要であり、Bakheng Phase III のように既に要請が行われた状態ではないため、建設完了は早くとも 2029 年になると予測される。

一方で、一度に複数の浄水場スキームを実施するには、PPWSA の財務能力・事業実施能力上困難であるとみられるため、実施年度を Stage 1 と Stage 2 にわけて時期をずらした実施として計画した。

その中で、既存給水地区における給水改善及び給水率上昇を主眼とすると、Nirodh Phase III 並びに Koh Norea WTP スキームの整備を Stage 1 に行うことを提案している。その後、主に Group 2 及び Group 3 に属する Ta Mouk Phase I 及び Phase 2 WTP スキーム並びに、Kasach Kandal WTP スキームは今後の状況に合わせて建設時期を調整することとして、Ultimate Period の Stage 2 での実施を計画した。また、New Airport City WTP スキームについては、しばらくの期間は Nirodh WTP スキームにより給水が可能であるため、New Airport City WTP スキームについては、将来の状況に合わせて実施の可否や建設時期等を調整することとして、Ultimate Period の Stage 2 での実施として計画した。

¹ Khmer Times (<https://www.khmertimeskh.com/50872707/third-bakheng-water-treatment-plant-proposed/>)

8-1-2 IMMEDIATE PERIOD

段階的整備の最初の期間を Immediate Period として位置づけた。Immediate Period は、現在既に実施中もしくは 2024 年までの計画中のプロジェクトを完了させる期間とした。ただし、Immediate Period は、今後の COVID-19 状況次第では計画工程に遅延が生じる可能性があることに留意する必要がある。

8-1-2-1 Stage 1

8-1-2-1-1 Bakheng Phase I

(1) プロジェクトの整備内容

Bakheng Phase I プロジェクトの整備内容を表 8-1.3 に示す。浄水場の計画浄水量は、195,000 m³/日である。

表 8-1.3 Bakheng Phase I プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Immediate Period	Stage 1	Bakheng Phase I	Water Treatment Plant	Production Capacity: 195,000 m ³ /day New construction of intake, transfer main, WTP, reservoir, distribution pumps
			Transmission Mains	Transmission mains (Phase 1 and Phase 2 total 110km, Sap River crossing with tunnelling method) and distribution mains
			Distribution Mains	
			Capacity Building	Water quality analysis water supply management

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Bakheng Phase I プロジェクトの実施工程を表 8-1.4 に示す。Bakheng Phase I プロジェクトは AfD の支援により実施されており、当初の竣工予定は 2022 年であったが、COVID-19 の影響により遅延が生じたため、2023 年に竣工する予定である。

表 8-1.4 Bakheng Phase I プロジェクトの実施工程

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Design & Build										

出典：PPWSA からの情報を基に調査団作成

8-1-2-1-2 Bakheng Phase II

(1) プロジェクトの整備内容

Bakheng Phase II プロジェクトの整備内容を表 8-1.5 に示す。浄水場の計画浄水量は、195,000 m³/日である。

表 8-1.5 Bakheng Phase II プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Immediate Period	Stage 1	Bakheng Phase II	Water Treatment Plant	Production Capacity: 195,000 m ³ /日 取水設備、浄水施設、配水池及び配水ポンプ設備の増設
			Transmission Mains	送水管(第1期と第2期あわせて約110km)及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Bakheng Phase II プロジェクトの実施工程を表 8-1.6 に示す。Bakheng Phase II プロジェクトも AfD の支援により実施が予定されており、2020年11月4日に Subsidiary Credit Agreement が締結された。Bakheng Phase II プロジェクトは、PPWSA によると 2023 年の竣工が計画されている。

表 8-1.6 Bakheng Phase II プロジェクトの実施工程

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Design & Build										

出典：PPWSA からの情報を基に調査団作成

8-1-2-2 Stage 2

8-1-2-2-1 Ta Khmao

(1) プロジェクトの整備内容

Ta Khmao プロジェクトの整備内容を表 8-1.7 に示す。Ta Khmao プロジェクトは、JICA の支援により、事業・運営権対応型無償資金協力を適用し、現在進行中である。浄水場の計画浄水量は、30,000 m³/日である。

表 8-1.7 Ta Khmao プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Immediate Period	Stage 2	Ta Khmao	Water Treatment Plant	計画浄水量: 30,000 m ³ /日 取水施設、導水管、浄水場、配水池及び配水ポンプ場の建設
			Transmission Mains	送水管(約17km)及び配水管 (PPWSA により実施予定)
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Ta Khmao プロジェクトの実施工程を表 8-1.8 に示す。竣工予定は、2024 年である。

表 8-1.8 Ta Khmao プロジェクトの実施工程

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tendering										
Design & Build										

* 日本の無償資金協力での計画工程

出典：調査団作成

8-1-3 INTERMEDIATE PERIOD

段階的整備の 2 番目の期間を Intermediate Period として位置づけた。Intermediate Period は、既存の PPWSA の給水区域内の水需要と給水能力の乖離を縮めるための期間とし、主に既存の浄水場の拡張とこれらのシステムに関連する送配水の整備により対応する。

8-1-3-1 Stage 1

8-1-3-1-1 Phum Prek Phase III

(1) プロジェクトの整備内容

Phum Prek Phase III プロジェクトの整備内容を表 8-1.9 に示す。Phum Prek Phase III プロジェクトは、JICA の支援により、事業・運営権対応型無償資金協力の適用を現在計画中である。浄水場の計画浄水量は、45,000 m³/日である。

表 8-1.9 Phum Prek Phase III プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Intermediate Period	Stage 1	Phum Prek III	Water Treatment Plant	計画浄水量:45,000 m ³ /日 取水施設、導水管 (PPWSA により実施予定) の新設、浄水施設、配水池及び配水ポンプ場の新設
			Transmission Mains	送水管 (約 1km) 及び配水管 (PPWSA により実施予定)
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Phum Prek Phase III プロジェクトの実施工程案を表 8-1.10 に示す。竣工予定は、2026 年である。

表 8-1.10 Phum Prek Phase III プロジェクトの実施工程

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Tendering										
Desing & Build										

* 日本の無償資金を適用した場合の工程案

出典：調査団作成

8-1-3-2 Stage 2

8-1-3-2-1 Bakheng Phase III

(1) プロジェクトの整備内容

8-1-1 で述べたように、MISTI がフランス政府に借款事業の実施について検討を要請しており、本調査では、2027 年の日平均水需要を賄う形で Bakheng Phase III の実施を提案している。

Bakheng Phase III プロジェクトの整備内容を表 8-1.11 に示す。浄水場の計画浄水量は 195,000 m³/日である。

表 8-1.11 Bakheng Phase III プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Intermediate Period	Stage 2	Bakheng Phase III	Water Treatment Plant	計画浄水量:195,000 m ³ /日 取水施設の新設、導水管 (PPWSA により実施) の新設、浄水施設の増設、配水池及び配水ポンプ場の増設
			Transmission Mains	送水管 (約 66km) 及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Bakheng Phase III プロジェクトの実施工程案を表 8-1.12 に示す。竣工予定は、2027 年である。

表 8-1.12 Bakheng Phase III の実施工程

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

* AfD 借款事業実施での工程案

出典：調査団作成

8-1-3-2-2 Chroy Changvar 浄水場の機器更新

(1) プロジェクトの整備内容

Chroy Changvar 浄水場の機器更新の整備内容を表 8-1.13 に示す。老朽化した機器設備の更新が主となる。

表 8-1.13 Chroy Changvar プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Intermediate Period	Stage 2	Equipment Update of Chroy Changvar WTP	Water Treatment Plant	計画浄水量:195,000 m ³ /日 取水施設の新設、導水管 (PPWSA により実施) の新設、浄水施設の増設、配水池及び配水ポンプ場の増設
			Transmission Mains	送水管 (約 66km) 及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Chroy Changvar 浄水場の機器更新の実施工程案を表 8-1.14 に示す。竣工予定は、2027 年である。

表 8-1.14 Chroy Changvar の実施工程

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

* AfD 借款事業実施での工程案

出典：調査団作成

8-1-4 ULTIMATE PERIOD

段階的整備の最後の期間を Ultimate Period として位置づけた。Ultimate Period は、PPWSA が給水すべき全ての地域での給水を行うための期間とし、既存の浄水場の拡張に加え、主に新規の浄水場の建設とこれらに関連する送配水システムの整備により対応する。また、Phum Prek 浄水場の老朽化が著しい施設の改築も実施する。

8-1-4-1 Stage 1

8-1-4-1-1 Nirodh Phase III

(1) プロジェクトの整備内容

Nirodh Phase III プロジェクトの整備内容を表 8-1.15 に示す。浄水場の計画浄水量は、130,000 m³/日である。

表 8-1.15 Nirodh Phase III プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 1	Nirodh Phase III	Water Treatment Plant	計画浄水量: 130,000 m ³ /日 取水設備、導水管、浄水施設、配水池及び配水ポンプ場の増設
			Transmission Mains	送水管(約 25km)及び配水管
			Distribution Mains	

* 円借款事業実施を想定した場合の工程案
出典：調査団作成

(2) 実施工程

Nirodh Phase III プロジェクトの実施工程案を表 8-1.16 に示す。竣工予定は、2029 年である。

表 8-1.16 Nirodh Phase III プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

* 円借款事業実施を想定した場合の工程案
出典：調査団作成

8-1-4-1-2 Koh Norea

(1) プロジェクトの整備内容

Koh Norea プロジェクトの整備内容を表 8-1.17 に示す。浄水場の計画浄水量は、150,000 m³/日である。

表 8-1.17 Koh Norea プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 1	Koh Norea	Water Treatment Plant	計画浄水量: 150,000 m ³ /日 取水施設、導水管、浄水施設、配水池及び配水ポンプ場の建設
			Transmission Mains	送水管(約 33km)及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Koh Norea プロジェクトの実施工程案を表 8-1.18 に示す。竣工予定は、2029 年である。

表 8-1.18 Koh Norea プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

* 円借款事業実施を想定した場合の工程案
出典：調査団作成

8-1-4-1-3 Reconstruction of Phum Prek Phase I

(1) プロジェクトの整備内容

Phum Prek 施設改築 Phase I プロジェクトの整備内容を表 8-1.19 に示す。Ultimate Period Stage 1 では、Phum Prek 浄水場の改築の第 1 段階として、計画浄水量 150,000 m³/日の新設及び計画浄水量 100,000 m³/日の浄水施設を改築する。

表 8-1.19 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 1	Reconstruction of Phum Prek Phase I	Phum Prek WTP	新規取水施設の建設及び浄水施設の改築(計画浄水量:100,000 m ³ /日) 総合広域監視制御システムを含む

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案を表 8-1.20 に示す。浄水施設の竣工予定は、2029 年である。

表 8-1.20 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
F/S											
Consultant Selection											
Tendering											
Study & Design											
Reconstruction of Water Treatment Facility											

* 円借款事業実施を想定した場合の工程案
出典：調査団作成

8-1-4-2 Stage 2

8-1-4-2-1 Ta Mouk Phase I

(1) プロジェクトの整備内容

Ta Mouk Phase Iプロジェクトの整備内容を表 8-1.21 に示す。浄水場の計画浄水量は、200,000 m³/日である。

表 8-1.21 Ta Mouk Phase Iプロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 2	Ta Mouk Phase I	Water Treatment Plant	計画浄水量:200,000 m ³ /日 取水施設、導水管、浄水場、配水池及び配水施設の建設
			Transmission Mains	送水管(約 35km)及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Ta Mouk Phase Iプロジェクトの実施工程案を表 8-1.22 に示す。竣工予定は、2030 年である。

表 8-1.22 Ta Mouk Phase Iプロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

出典：調査団作成

8-1-4-2-2 Khsach Kanda

(1) プロジェクトの整備内容

Khsach Kandaプロジェクトの整備内容を表 8-1.23 に示す。浄水場の計画浄水量は 100,000 m³/日である。

表 8-1.23 Khsach Kandaプロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 2	Khsach Kanda	Water Treatment Plant	計画浄水量:100,000 m ³ /日 取水施設、導水管、浄水場の建設
			Transmission Mains	送水管(約 1km)及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Khsach Kanda プロジェクトの実施工程案を表 8-1.24 に示す。竣工予定は、2030 年である。

表 8-1.24 Khsach Kanda プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

出典：調査団作成

8-1-4-2-3 Reconstruction of Phum Prek Phase I

(1) プロジェクトの整備内容

Phum Prek Phase I 施設改築プロジェクトの整備内容を表 8-1.19 に示す。Ultimate Period Stage 2 では、Phum Prek 浄水場の改築の第 2 段階として、計画浄水量 10,000 m³ の配水池を改築する。

表 8-1.25 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 2	Reconstruction of Phum Prek Phase I	Water Treatment Plant	計画浄水量:10,000 m ³ 配水池の改築

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案を表 8-1.20 に示す。配水池改築の竣工予定は、2029 年である。

表 8-1.26 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
F/S											
Consultant Selection											
Tendering											
Study & Design											
Reconstruction of Service Reservoir											
Construction of Sludge Treatment Facility											

* 円借款事業実施を想定した場合の工程案

出典：調査団作成

8-1-4-2-4 New Airport City

(1) プロジェクトの整備内容

New Airport City プロジェクトの整備内容を表 8-1.27 に示す。浄水場の計画浄水量は、30,000 m³/日である。

表 8-1.27 New Airport City プロジェクトの整備内容

Period	Stage	Project	Component	Contents
Ultimate Period	Stage 2	New Airport City	Water Treatment Plant	計画浄水量:30,000 m ³ /日 取水施設、導水管、浄水場の建設
			Transmission Mains	送水管(約 10km)及び配水管
			Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

New Airport City プロジェクトの実施工程案を表 8-1.28 に示す。竣工予定は、2030 年である。

表 8-1.28 New Airport City プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
F/S										
Consultant Selection										
Tendering										
Design & Build										

出典：調査団作成

8-1-5 2031 年以降の整備計画

8-1-5-1 Ta Mouk Phase II

(1) プロジェクトの整備内容

Ta Mouk Phase II プロジェクトの整備内容を表 8-1.29 に示す。浄水場の計画浄水量は、200,000 m³/日である。

表 8-1.29 Ta Mouk Phase II の整備内容

Project	Component	Contents
Ta Mouk Phase II	Water Treatment Plant	計画浄水量:200,000 m ³ /日 取水設備、導水管、浄水施設、配水池及び配水ポンプ設備の増設
	Transmission Mains	送水管(約 20km)及び配水管
	Distribution Mains	

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Ta Mouk Phase II プロジェクトの実施工程案を表 8-1.30 に示す。建設開始は 2030 年以前であるが、竣工予定は、2031 年となる。

表 8-1.30 Ta Mouk Phase II プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
F/S											
Consultant Selection											
Tendering											
Design & Build											

*PhaseII の建設は Phase I との同一契約事業として、Phase I 施設建設中に PhaseII 施設の建設を開始することを想定した工程案

出典：調査団作成

8-1-5-2 Reconstruction of Phum Prek Phase I

(1) プロジェクトの整備内容

Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの整備内容を表 8-1.31 に示す。Phum Prek 浄水場の改築の最終段階であり、Phum Prek 浄水場に排水処理施設を建設する。

表 8-1.31 Reconstruction of Phum Prek Phase I の整備内容

Project	Component	Contents
Reconstruction of Phum Prek Phase I	Wastewater Treatment Facility at Phum Prek WTP	計画浄水量: 195,000 m ³ /日 浄水場の排水処理施設の建設

出典：調査団作成

(2) 実施工程

Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案を表 8-1.20 に示す。排水処理施設の竣工予定は、2031 年である。

表 8-1.32 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの実施工程案

Items	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
F/S											
Consultant Selection											
Tendering											
Study & Design											
Construction of Sludge Treatment Facility											

* 円借款事業実施を想定した場合の工程案

出典：調査団作成

8-2 次期プノンペン都給水基本計画（第四次マスタープラン）

第三次マスタープラン（M/P2017）の目標年次は 2030 年となっているが、第三次マスタープラン（M/P2017）の目標年達成時にはその時の状況等を反映させた形で、次の第四次マスタープランが作成されており、計画が存在しない空白期間を生じさせないように、次期の第四次マスタープランを現在のマスタープランの目標年に達する前に作成しておくべきである。

国家計画や都市開発計画等の多くの開発目標が 21 世紀の折り返し年となる 2050 年とされるであろうことが予想され、第四次マスタープランの目標年を同じく 2050 年と定め、計画期間は 2030 年から 20 年間とすることを提案する。

なお、PPWSA に確認した結果、2021 年現在においては、Phnom Penh City Centre により 2035 年を目標年とした都市開発計画である“White Book on Development and Planning of Phnom Penh”（図 8-2.1）並びに JICA により実施中の“The Project for Sewerage System Development in the Phnom Penh Capital City”以外の、2030 年以降の国家目標、国家開発計画等は定まっていないようである。

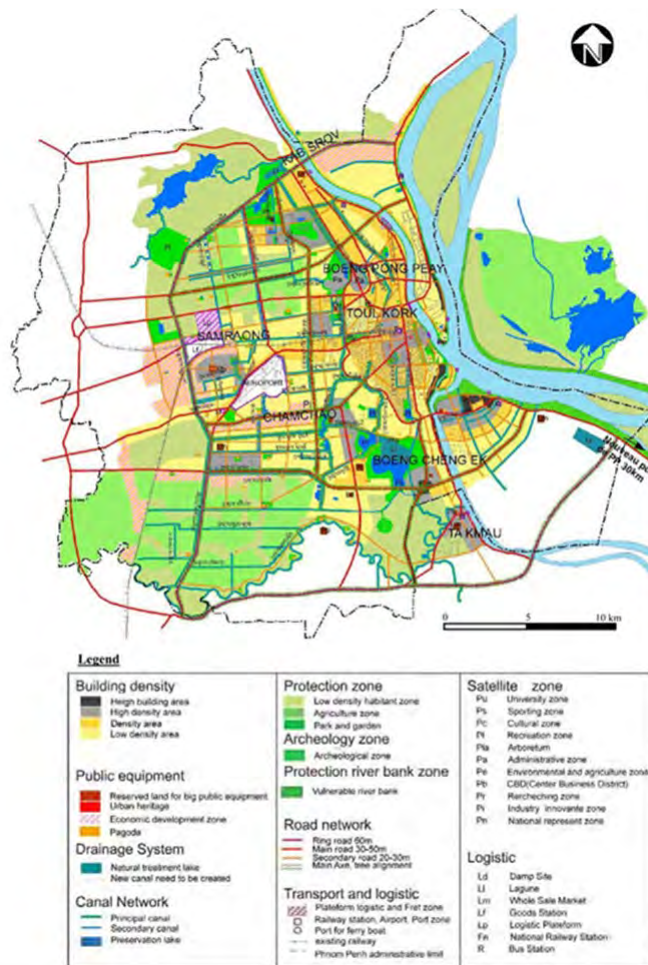


図 8-2.1 Phnom Penh City Development Plan for 2035

出典：White Book on Development and Planning of Phnom Penh, Phnom Penh City Centre

ここで、提案する次期第四次マスタープランの実施概要を表 8-2.1 にまとめる。

表 8-2.1 次期第四次マスタープランの実施概要

	概要
実施機関	JICA
カウンターパート	PPWSA
実施時期	2027 年から 2029 年
実施内容	<p>第三次マスタープラン更新結果(本調査結果)のレビュー</p> <ul style="list-style-type: none"> - 水需要予測と実際の水使用量の乖離の確認 - 水源の現状確認 - 既存水道施設の現状確認 - 都市開発の現状確認 - PPWSA の財務評価 - 給水施設と給水事業における課題の確認 <p>第四次マスタープランの作成(目標年 2050)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 関連法規の確認 - 水源可能性調査 - 将来の都市開発計画に係る調査 - 目標年を 2050 年とした水需要予測 - 施設整備計画の作成 - 段階的整備計画の作成 - 人材育成計画と組織改善計画の作成 - 気候変動対策 - 事業費の算定 - 財務分析

出典：調査団作成

将来の都市開発状況や水需要はしばしば短期間のうちに予想した都市開発状況や水需要と異なってくることも多い。次期第四次マスタープランは水需要に大きく変化が認められそうな 5 年毎に見直しを行い、その時点での状況を反映し調整を行うべきである。実際の都市計画状況や水需要について、PPWSA 自身が定期的に確認を行い、ニーズに沿った最適な水道施設計画の策定・見直し、また施設の整備を行えるように、PPWSA は組織を熟成させ、人材を育成していく必要がある。

第五次マスタープランは第四次マスタープランの目標年である 2050 年を迎える前の 2049 年には作成されているべきである。なお、第五次マスタープランならびに第六次マスタープランは 2051 年から 2100 年を 2 つの大きな期間に分け、計画期間をそれぞれ 25 年として、それぞれの目標年を 2075 年並びに 2100 年として 22 世紀に向けて提案する。

少なくとも第四次マスタープランの 2 度目の見直し (2035 年) と第五次マスタープラン以降の水道基本計画の作成や定期的な見直しは本調査で提案するアクションプランを実施した結果として豊富な経験を蓄積し優秀な人材が育成されるであろう PPWSA が主導して行うべきであると提案する。

第9章 組織運営開発

9-1 組織の現状

2030 年に向けて、前章までの施設整備と並行して、その整備事業を確実に実施し、拡大する施設を適切に運転管理し、サービスを継続的に提供していくための組織面での開発も必要である。本章では、まず PPWSA の組織運営の概要について現状を確認し、開発に向けた方針を定める。その後、第三次マスタープラン（M/P2017）で強化が必要と評価された 10 領域を中心に、領域別に現状と課題を整理し、2030 年に向けたアクションとして、目標、方針、モニタリング指標を設定し、改善施策を実施スケジュールと共に示す。

本章では、組織面の開発について部門別に議論する。PPWSA の組織図を下図に示す。組織体制は、6 つの Department と、総裁直属の組織統制や理事会運営関連の部署から構成されている。

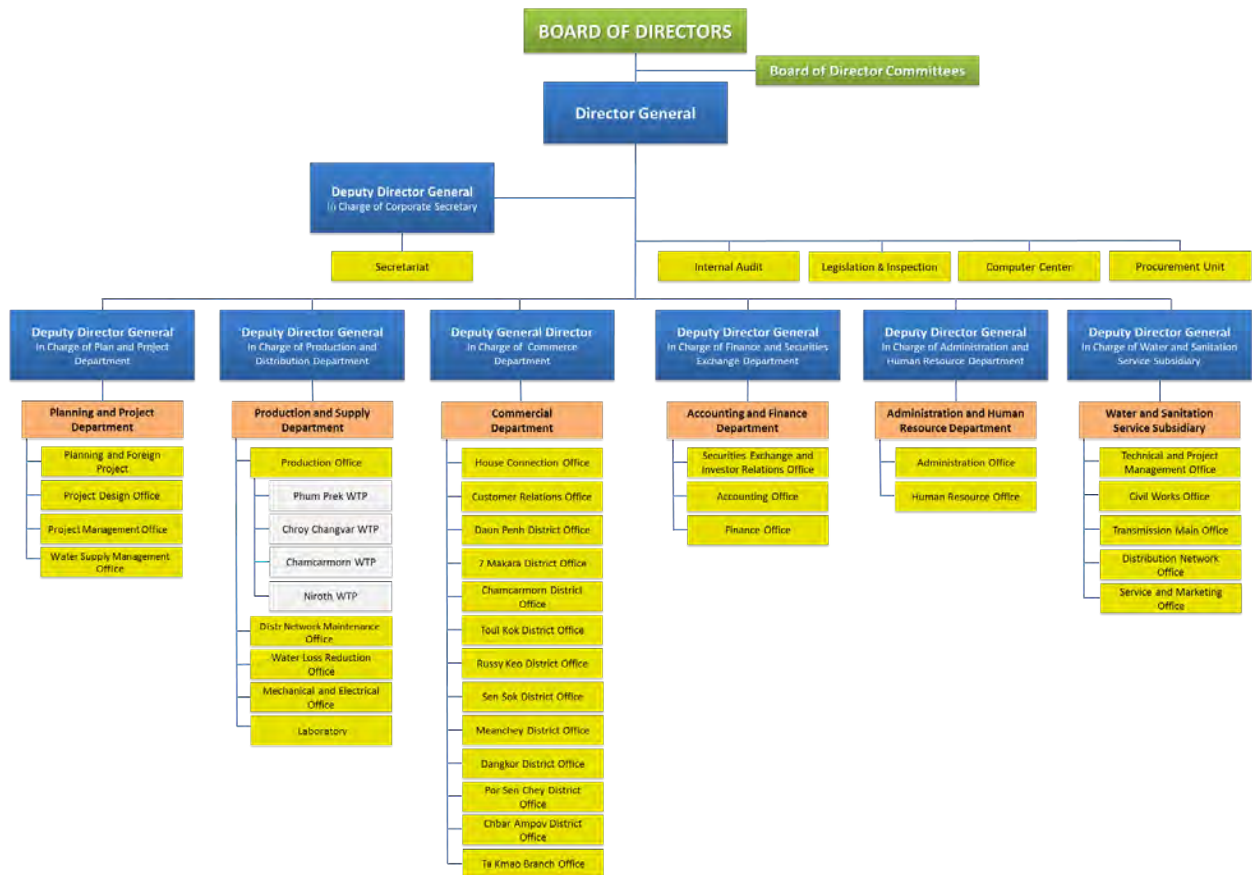


図 9-1.1 PPWSA 組織図

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

9-1-1 SWOT 分析

PPWSA の事業運営に影響する要因について、SWOT 分析した結果を表 9-1.1 に示す。表中の網掛けの記述は、三次マスタープラン（M/P2017）調査時から継続する状況を示す。

表 9-1.1 事業運営に影響する要因に関する SWOT 分析結果

内部要因	事業運営に影響する要因に関する SWOT 分析結果	
	強み	弱み
管理	<ul style="list-style-type: none"> ほとんどの部門で、能力と経験のあるリーダーとマネジメントチームが配置されている 計画主導型のアプローチ 結果に対する明確な説明責任とパフォーマンスの基準 透明性を重視する PPWSA の「文化」 	<ul style="list-style-type: none"> 組織が中央集権的で分割され、職務・権限の委譲が限定的 組織は、数年内に引退する、改革前に高いレベルの研修を受けた数名のキーパーソンに依存している サービス急拡大に対応する職員数の適切な管理の必要 長期の事業目標・ビジョンが不明確
水需要と浄水	<ul style="list-style-type: none"> 比較的新しい浄水施設が多い 新規浄水場の稼働開始に伴う運転維持管理技術の向上 SOP に沿った運転維持管理 	<ul style="list-style-type: none"> 運転維持管理は改善が必要 需要量に対する浄水能力の不足。 生産水量に影響を与えるような維持管理業務の難しさ 浄水能力よりも新規接続が早く拡大したため、需要量と需要予測の把握が困難。 機材の老朽化によるトラブル増 (PPK1, CCW1) 緊急時の作業手順が定められていない
送配水	<ul style="list-style-type: none"> 比較的新しい浄水施設が多い 顧客メーターの接続率が 100% 	<ul style="list-style-type: none"> データ管理・分析の改善が必要 維持管理の改善が必要 給水地域の拡大と浄水場の増加による水運用の複雑化 緊急時の作業手順が定められていない
無収水	<ul style="list-style-type: none"> 効果的な対応方針とモニタリング・プログラム データ管理・テレメータのシステムが比較的新しい。 DMA に基づいた配水管網 	<ul style="list-style-type: none"> センサーを含む機材の劣化 需要量に対応して、DMA を開放した水運用
営業	<ul style="list-style-type: none"> 近隣国でも最高レベルの水質と水圧 24 時間給水・サービス 「Water for all」施策による貧困層への給水 積極的な広報方針 (HP, Facebook など) ほぼ 100% の料金請求・徴収率 料金徴収業務の電子化導入による効率・精度の向上 料金改定の実績 (2017 年、2020 年) 	<ul style="list-style-type: none"> 郊外地域への拡大によるスケールメリットの縮小 顧客サービスセンターが設置されていない 「Water for all」施策による平均水道料金への負の影響 整備事業の実施のための段階的な料金改訂の必要
財務	<ul style="list-style-type: none"> IT ツールを活用し、国際手順に基づいた高い業務パフォーマンス 	<ul style="list-style-type: none"> 長期計画がない 累次の拡張事業のための資金調達が必要 地方水道の運営・貢献による財務負担
人事	<ul style="list-style-type: none"> 職員の高いオーナーシップ意識 職員の高いモチベーション パフォーマンス評価に基づく報酬制度の運用 	<ul style="list-style-type: none"> 若手職員の採用増による技術移転や文化継承の強化が必要 SOP を基にした定型業務が増える中で若手職員の成長意欲・承認欲求を満たす機会が限定的 新規技術導入に対応できる専門人材の戦略的な育成
外部要因	機会	脅威
国・都市部の経済状況	<ul style="list-style-type: none"> 都市部の堅調な成長率 	<ul style="list-style-type: none"> 経済停滞によって、PPWSA の経済に直接影響、または顧客の支払い能力に影響する可能性 開発事業における土地の高騰、中心部での想定以上の需要増、送配水管の破損事故の増加

事業運営に影響する要因に関する SWOT 分析結果		
政府方針	<ul style="list-style-type: none"> ・事業の独占 ・郊外地域での給水を PPWSA に移管する方針 ・料金改定の可能性拡大 	<ul style="list-style-type: none"> ・PPWSA の独立性を侵す政治的干渉の増加 ・浄水場の排水に対する排水規制の適用
国内の事業者との関係	<ul style="list-style-type: none"> ・市場拡大の機会 (配水管建設、非開削工事等) ・他事業者への研修サービスの提供機会 	<ul style="list-style-type: none"> ・地方水道事業の運営による PPWSA の財務・人材の圧迫
外部資金・技術協力へのアクセス	<ul style="list-style-type: none"> ・開発パートナーの強力な支援 ・継続的な PPWSA の高い評判 ・株式公開による新たな資金調達の方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・これまで機能してきた直接ローンが、政府によって禁止
顧客	<ul style="list-style-type: none"> ・高い接続希望と支払意志 ・一般的に高い満足度 (特に水道料金) 	<ul style="list-style-type: none"> ・低水圧となったとの顧客の不満 ・顧客に関する情報が不足しているため、新たな顧客調査が必要 ・中心部及び拡大域での急激な水需要増加
電力	<ul style="list-style-type: none"> ・電力会社からの満足できるサービス ・特にポンプの省電力化や水運用の適正化に適應できる様々な開発技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・PPWSA の営業利益率を左右する重要なコスト要因
水資源	<ul style="list-style-type: none"> ・十分な量の水源 	<ul style="list-style-type: none"> ・原水水質が徐々に悪化していることをより詳細に監視する必要がある ・都市の開発が既存水源から遠い地域へと拡大 ・利用できる代替水源が限られている ・既存水源の取水地点での河川水位の低下傾向 (CCW、NRT) ・既存取水地点での埋立地開発 (Nirodh)

* 表中の網掛けの記述は、第三次マスタープラン (M/P2017) 調査時から継続する状況を示す。

出典：調査団作成

9-1-2 成熟度評価

第三次マスタープラン (M/P2017) では、PPWSA の業務分野・活動別に「担当業務を実施するためのリソース、資機材、手順」の程度を成熟度として、評価している。評価は、6点満点の評点 (国際的な基準を3点と設定) を用い、PPWSA の総合スコアは、3.3点で「秀でている」と評価している。

2017年の成熟度スコアを基に、2017年以降、2021年までに「担当業務を実施するためのリソース、資機材、手順」の観点から、大きな改善・発展が確認できた分野を確認した。表 9-1.2 に、2017年の成熟度スコアと2021年までの改善・発展のあった分野を示したマトリックスを示す。各項目の2021年までの改善・発展の進捗や詳細、今後の改善に向けた対策は、10-3を参照。

表 9-1.2 PPWSA の分野別成熟度スコア (2017年) と主な改善分野

領域	分野・活動	2017年 M/P によるスコア (6点満点、国際基準 3.0)	2021年主な改善が見られる 分野
Drinking water	WTP & Pumping	3.5	★
	Laboratory & Water Quality	2.7	★
	Transmission Network Management	3.2	
	Storage Tanks Management	3.0	
	Distribution Network Management	3.2	★
	Leak Detection	4.1	
	Electromechanical Maintenance	2.3	
	Network Maintenance & Site Works	3.2	★
	Water Network Mapping	3.8	★
Customer service	Customer Database Management	4.9	

	Meter Management	4.1	
	Meter Reading	3.5	★★
	Invoicing / Billing	4.1	★★
	Payments / Collection Invoicing / Billing	4.5	★★
	Customer Contact	2.2	★
	New connections	3.8	
Support	Accounting / Controlling	4.3	
	Investment management	4.6	
	Stakeholder Relation	3.1	
	Human Resources / Learning	2.6	
	Emergency Response & Management	0.6	
	Information Technology	3.6	
	Real-Time Monitoring	2.9	★
	Equipment renewal management	1.7	★
Transversal	Non-Revenue Water	3.0	
	Energy Management	2.5	on-going
	Resource Management	2.7	

出典：評価項目及び2017年のスコアは第三次マスタープラン（MP2017）、2021年評価はPPWSA聞き取りを基に調査団作成

9-2 方針

前章までの施設整備計画に基づいて各事業を実施し、施設の運営及びサービス提供を高いレベルで持続的に実施するために、組織運営面の現状を踏まえ今後改善すべき課題を整理し、分野別に目標及び改善にむけた行動を示す。改善に向けた行動については、2030年に向けて、実施優先度の高い項目だけでなく、中期的視点から検討を始めることが望ましい項目も検討に含める。改善に向けた行動は、Immediate Period（2021-2024）、Intermediate Period（2025-2027）、Ultimate Period（2028-2030）の3期に分けて示す。

PPWSA 内では、主に部門（Department）単位で事業が管理されており、複数の部門が関わる事業計画や対策の実施については、主体が曖昧になる傾向があるため、本章では、各部門の担当業務に即して改善案を提示することとし、組織全体に関わる対策を最後に議論する。

表 9-2.1 組織運営改善の項目

章番号と対象部門	改善項目
9-4-1 計画・プロジェクト	技術統括室の強化
9-4-2 浄水・送配水	無収水管理 水質管理・水質分析、水安全計画 水運用とエネルギー効率 機材の維持管理、アセットマネジメント 埋設資機材のデータ管理
9-4-3 営業・顧客サービス	顧客関係と広報活動
9-4-4 財務	水道料金
9-4-5 総務・人事	職員数管理 人事管理
9-4-6 組織体制	経営レベルの組織体制 リスク管理と緊急対応 他事業体への貢献

出典：調査団作成

9-3 主な対策

9-3-1 計画・プロジェクト

9-3-1-1 技術統括機能の強化

9-3-1-1-1 現状と課題

第三次マスタープラン（M/P2017）での提言に従って、計画・プロジェクト部に、水運用課が新たに設置された。同課の組織図と主な業務を図 9-3.1 に示す。担当する主な業務は下のとおり。

- ✓ GIS データの管理とこれを基にした配水網計画。
- ✓ 浄水場の SCADA、高架水槽、DMA でモニタリングされている水圧と流量データの確認。SCADA で夜間最少流量を確認し、その結果が閾値を超えた場合は、浄水・配水部 Water Loss 課に連絡、センサーに不具合等がある場合は、浄水・配水部 機電課に検査・メンテナンスの連絡を入れる。

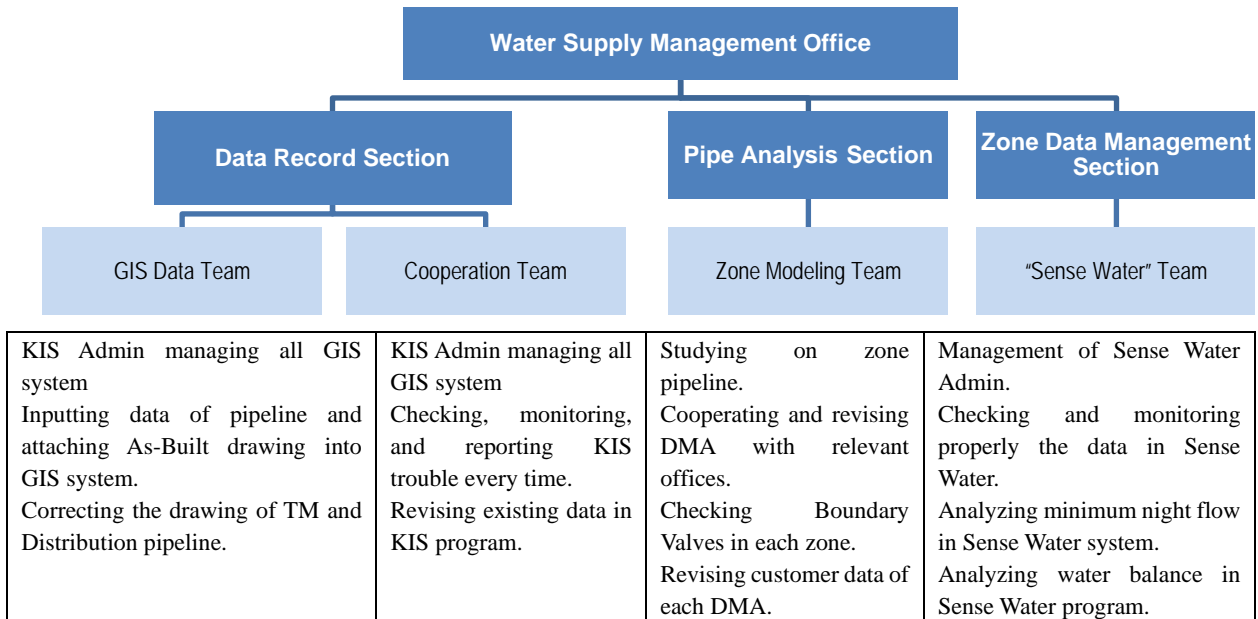


図 9-3.1 計画・プロジェクト部 水運用課の組織構成と主な業務

*KIS (Knowledge Information System): GIS データベースを基にしたオンラインマッピングシステム。
出典: PPWSA 提供資料を基に調査団作成

同課の設置によって、送配水業務における日々の運転維持管理データの蓄積、分析の機能が集約された。今後、水需要予測に基づいた水理モデルのシステム導入が予定されており、同部署の強化によって、PPWSA 内部で取水から給水栓までの包括的な水理分析が可能な体制となる。

組織改編後も残る課題として、GIS データへのアクセスがある。現在、GIS データの管理を担当している GIS 課は計画・プロジェクト部の下にあるが、GIS の情報は維持管理業務において日常的に参照されるため、これら業務を担当する浄水配水部からの容易なアクセスが必要である。浄水配水部で

の漏水探知・修理、電気設備の維持管理等の業務において、適時にデータにアクセスして活用できる体制となっているものの、特に大口径管破損などの緊急時のアクセス対応が課題となっている。

また、同課は主に送配水の領域を所管しており、各 DMA、浄水場、高架タンクの流量や水圧などの送配水に関するデータについても、計画・プロジェクト部が SCADA からの伝送データを管理し、現場の運転維持管理データについては、浄水配水部が記録簿などの情報を管理している。いずれの部門でも、データは保存されているものの、中長期的なデータの評価・分析を行う体制が整っていない。この点は PPWSA 全体に見られる傾向であり、日々の業務内容は SOP 等に基づいて記録・保管されているものの、データを分析し、業務の改善に活用する体制・人材が全般に不足している。

同様に、これまで、新たな技術や資機材を導入する際、プロジェクト別にその妥当性が検討されているが、導入された技術の妥当性を評価する体制は構築されていない。運転維持管理のデータを検証し、導入前の試算と比較、導入技術の評価を行うことで、今後の技術導入の検討に活用できるような体制強化が求められる。特に、現在検討されている水質のリアルタイム・モニタリングについては、水圧や流量の測定に比べて、センサーの耐用年数が短く精度低下が早い、校正が難しく交換部品が高価である、などの課題が出てきており、モニタリング体制の拡充においては、中長期的な費用効果の検証が必要である。また、今後建設される浄水場では、浄水場の排水に対して排水規定が適用されることが決定していることから、排水・汚泥処理についても情報収集、検討対象とすることが期待される。

9-3-1-1-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

Engineering を総括する機能を強化し、特に技術的なノウハウを蓄積し、技術的な評価、及び改善に向けた検討を担当する部署として、中長期的なデータの評価、技術の妥当性や投資効果を検証できる体制とする。関連部署と協力して技術的な検証活動を進めることで、並行して現場部署の能力向上を狙う。

(2) 方針

技術統括部署の強化：計画・プロジェクト部の下に、技術を総括する部署を整備し、運転維持管理等のデータを基に中長期的な分析、事業の技術的妥当性の評価、次事業の計画に活用できるような体制を整える。具体的には、下に示すような技術検討項目を中心に、関係部署とタスクフォース・チームを設置し、技術調査を行い、技術的ノウハウの蓄積、及び現場技術改善に向けた調査研究の中心的役割を担う。

【主な技術検討項目】

- ✓ 給水量管理と省エネ：セクション 9-3-2-3 で詳述
- ✓ 水処理・水質管理：浄水場の原水水質、運転コストに合致した技術が適用されているかを検討。浄水場別の浄水単価の分析、需要地域別の担当浄水場の検討。

- ✓ 排水・汚泥処理: 今後新たに必要となる技術。排水基準を満たす導入技術の検討、導入後の効果・効率の検証。
- ✓ 送配水: 水運用における水理分析・モデルの強化。水圧や水質に課題のある地点を体系的に調査し、GIS にマッピングする。
- ✓ 資産管理: 自動測定システム（特に水質モニタリング）の中長期的な費用対効果の検証。水理モデルを活用した、送配水管網のパフォーマンスの評価と、既存管網の改善。
- ✓ 省エネ: 浄水場や主な部署における電力消費量の分析・最適化（EDC との連携を含む）。

計画・プロジェクト部では、技術を統括する機能の強化を進めており、特に原水水質・浄水処理・処理施設に関する分野の技術的な検討を担当する浄水場研究・設計課の立ち上げを進めている。同部署の組織と主な業務を図 9-3.2 に示す。

同部署の立ち上げによって、水質管理に関する技術的な検討を担当する部署が明確となり、Water Supply Management Office の下で、送配水的设计 (Pipe analysis Section)、水運用 (Zone Data Management Section)、と併せて、上述の主な技術検討項目を担当する部署が揃うことになる。これらの部署で、上記のような技術的な検討を担当できるように、Water Supply Management Office 全体の能力強化を進める。

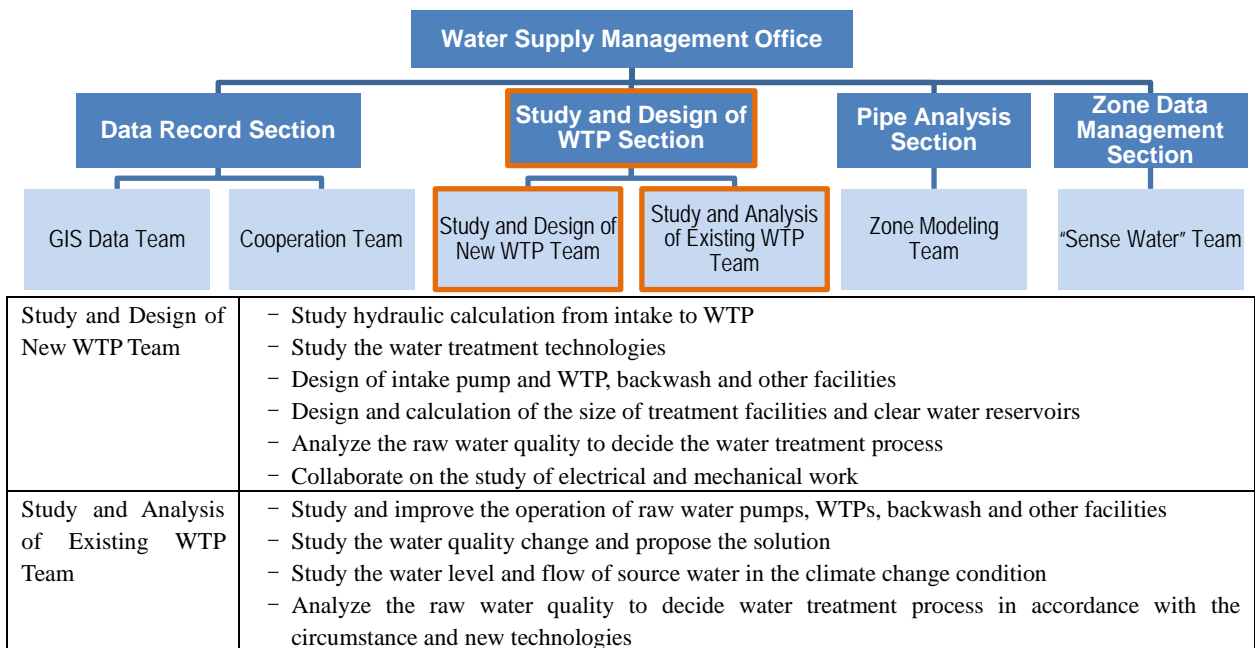


図 9-3.2 水運用課の新組織と主な業務

出典：調査団作成

(3) 進捗確認のための指標

- ・ Study and Design WTP Section の設立: 既存あるいは新設の浄水場の改善や提言のための浄水技術や浄水場に関する技術の検証
- ・ 費用便益や導入技術の妥当性を評価した件数

(4) 改善施策

表 9-3.1 改善施策（技術統括機能の強化）

	活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
1a.	浄水配水部と協議し、技術総括室の業務内容を整理し、業務所掌を定める	→	(Continue)	
1b.	技術総括室の職務内容に照らして必要な人員を明確化する	→		
1c.	技術総括室を立ち上げ、継続的に職員の能力を強化する。(データ評価・分析、統計、プロジェクト評価、財務評価等の基本的な知識と、過去の事例を用いた演習等)	→	→	→
2.	技術的なノウハウを蓄積するため「技術インテリジェンス」と革新を担当するチームを編成し、市場や他事業体で使用されているツールや技術の情報を収集し、PPWSAでの採用について検討する	→	(Continue)	→
3a.	上記の主な技術分析項目について、浄水配水部を中心に、関係部署と各分野についてタスクフォース チームを設置し、調査の優先度、必要性を確認する。	→	→	
3b.	優先度の高い項目については、タスクフォース・チームとともに、データの分析、評価、適用技術の妥当性、今後のプロジェクトへの適用妥当性を調査・研究する		→	→
4.	GIS 関連業務について、浄水配水部と協議し、Zone Data Management Section の業務のような、日々のデータ収集の機能を浄水配水部に移し、定期的集積データを計画・プロジェクト部に提出することで長期的なデータの蓄積・分析・次事業の計画に活用できるよう業務所掌を再検討する		→	→
5.	浄水配水部との間で、管理するデータに関する緊急対応が必要な業務(大口径管の破裂対応など)を明確にし、手順を SOP として定め、想定訓練を行う	→		

出典：調査団作成

9-3-1-2 その他の対策

IT の整備と活用：施設及びサービスの拡大とともに、さらなる IT の活用を検討する。他の水道事業体や他セクターにおける IT の活用に関する運用事例などの情報を収集し、各部署と密に連絡を取りながら、業務の効率化を図る。

- ✓ 浄水・送水・配水業務の遠隔操作やリアルタイム監視
- ✓ 業務データの取得・管理の一元化、効率化
- ✓ 本部の部署間および各拠点間の効率的な情報共有
- ✓ マニュアル作業の自動化導入による業務の効率化：顧客サービス管理、調達管理、勤怠管理など

GIS データの統合と活用：組織全体として GIS データを統合し、タイムリーに各部署からアクセスできるようにする。この他、プロジェクトに関連するデータ (CAD、GIS、図面、レポート等) の管理を強化し、浄水・配水部や上下水公社、営業部が日常的にデータを参照できる体制を構築する。

9-3-2 浄水・送配水

9-3-2-1 無収水管理

9-3-2-1-1 現状

現在、PPWSA が抱える最大の課題が、需要量に対する供給水量不足である。本調査では複数の浄水場整備を提案しており、生産水量の増加が期待されるものの、浄水場建設の投資効率を確保する点からも、特に損失水への対応は、組織的に重要な課題である。無収水管理は、財務面からも重要視されており、事業の収益性を確保するために、無収水率を 10%以下に抑えることが至上命題となっている。近年の無収水率を図 9-3.3 に示す。

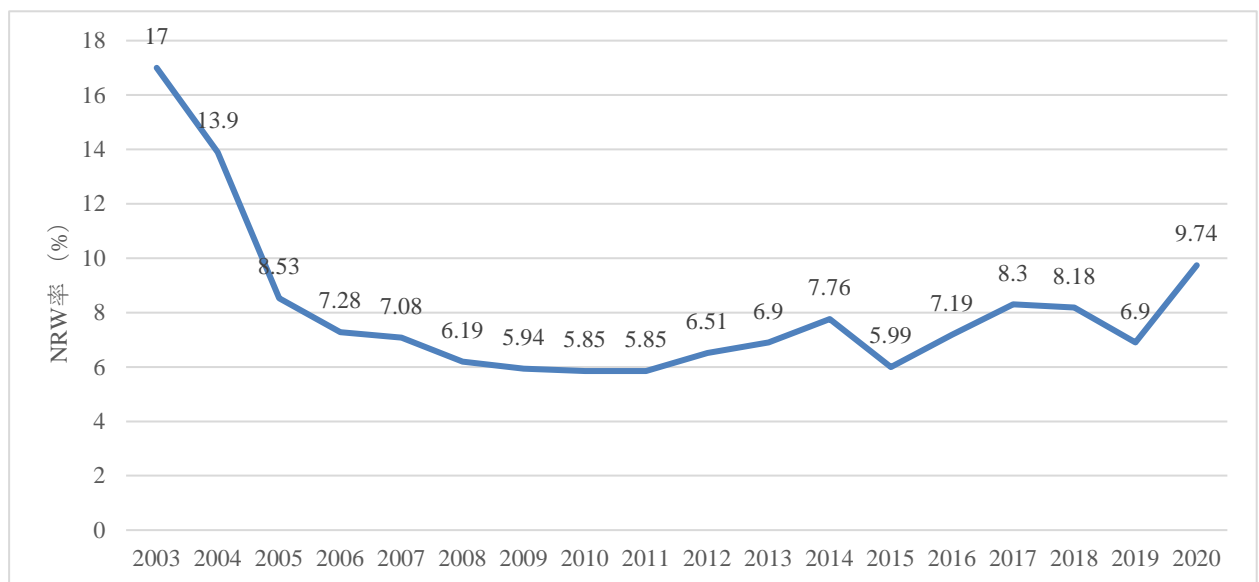


図 9-3.3 NRW 率の変化 (2003 年-2020 年)

出典：PPWSA

- ・ 無収水対策は、既に非常に高いレベルで実施されてきており、長年無収水を低く抑えていることは、世界的に見ても高いパフォーマンスといえる。PPWSA が現在実施している主な無収水対策は下のとおり。
 - ✓ 事前接続メーター一式（本部にてメーターと給水管接続を確実に加工して運搬）の運用
 - ✓ 老朽管の更新
 - ✓ 11 年毎の顧客メーターの精度検査
 - ✓ 利用者毎に需要量に応じた適正サイズメーターの選定
 - ✓ 漏水探知・修理
 - ✓ SNS を通じた市民からの漏水通報のための広報
- ・ 一方、内戦後に敷設された管は徐々に老朽化が進み、20 年を超える管が出てきている。

- ・ 2017年のDMA再編後、現在まで118のDMAが設定されているものの、供給水量の不足を緩和するため、DMAを区切るバルブを開いて送水している状況であり、無収水管理を難しくしている。
- ・ 市内の配水圧モニタリングも、年3回流量計を設置して計測するなど、給水域全域の水圧・水量を制御するような水運用ができていない。また、市郊外の開発・拡張にともなう各種事業において、工事事業者による水道管の破損事故が相次いでおり、無収水率削減を難しくしている。
- ・ Bakkeng浄水場の運転開始後、供給量が増え、DMAが運用できるようになると、無収水の探知が容易になるだけでなく、送水システムの再編が進むことで、水圧制御が容易になることが期待される。

9-3-2-1-2 2030年に向けた提言

(1) 目標

効果的な無収水対策を行い、無収水率を10%以下に制御する

(2) 進捗確認のための指標

無収水率。10%以下に制御できていることをモニタリングする。

(3) 改善施策

現在の無収水対策を継続するとともに、老朽管の増加、及び水運用の変化に伴う不安定な水圧が想定されるため、予防的措置の拡張を進める。

表 9-3.2 改善施策（無収水管理）

	活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
予防的措置	更新計画に基づいた老朽管の更新	→	→	→
	SCADAによる給水域内の水圧モニタリング	→	→	→
		(Continue)		
	給水域内の水圧に応じた水運用の実施		→	→
	各種工事事業者への管路情報の提供・事故時の緊急連絡先の提供、事故発生時の責任の事前通知	→	→	
	メーターの経年数による誤差のデータ蓄積(メーター検査の年限の妥当性を確認)	→	→	
漏水対策	DMAの確実な運用(DMA入口における水圧・流量計の運用)		→	→
	ゼロ水圧テスト実施による、DMAの分離状況の定期的な検査		→	→
	送水管の漏水検査プログラムの立ち上げ	→	→	→
	計画・プロジェクト部と協力し、主要管の破裂等の緊急対応の連絡体制と手順を明確に定め、想定訓練を実施	→	→	
水損失対策	浄水場における損失分の水量の監視・記録		→	→

出典：調査団作成

9-3-2-2 水質管理・水質分析、水安全計画

9-3-2-2-1 現状

PPWSA における水質分析は、カンボジア国飲料水水質基準 (NDWQS) に準じて標準手順書 (SOP) が定められ、ISO 認証を取得するなど強化が進んでいるものの、全体として、分析データの評価及び傾向の分析、水処理の改善に向けた検討や提案といった水質管理の領域については、担当部署が明確になっておらず、今後その整理と能力強化が必要である。

(1) 実施体制

PPWSA の水質分析は水質検査室が担っており、Nirodh、Phum Prek、Chroy Changvar、Chamcar Mon の各浄水場内の水質検査室に、計 11 名の化学職職員が配置されている。水質検査室の業務は、日々の水質分析を行い、結果を取りまとめ、月報・年報として浄水課に提出する。この他、PPWSA が運営する地方水道の 2 つの浄水場の水質分析の業務も所管している。一方、水質管理業務については、限られた職員数で定型的な水質分析業務で手一杯となり、水質管理のためのデータ整理・分析、活用には対応できていない。水質管理に含まれる業務としては、例えば、水質分析結果に基づいた浄水場運転・維持管理の改善助言、非常時対応の検討、モニタリング項目の妥当性の検討、配水域内での水質変化の分析等が含まれるが、これら業務を担当する部署が明確になっていない。

(2) モニタリング項目

水質検査室では、38 項目を分析している。NDWQS では、浄水の分析基準として 26 項目を定めており、このうち PPWSA で測定していない項目は、バリウム、カドミウム、鉛、水銀、味・臭い、の 5 項目である。2018 年以降、浄水場出口のサンプルを毎年 1 本シンガポールに送って 116 項目 (NDWQS の全項目を含む) を分析している。同分析結果は全て NDWQS 水質基準を満たしており、顧客に対しても水の安全性を示す証左として活用している。なお、前述の PPWSA 内で未測定 of 重金属項目 (バリウム、カドミウム、鉛、水銀) については、その分析法として NDWQS では原子吸光光度計を採用している。同測定機を導入することで、現在未測定 of 4 項目を全て分析することが可能になる。また、現在測定している鉄、マンガンなどの測定にも利用できる。

(3) 分析精度

全ての分析項目の手順は SOP に定められ、これに沿って分析されている。顧客や第三者に対して分析結果の信頼性を示すため、ISO17025 (試験所・校正機関の能力) 認証の申請手続きが進められ、2020 年 12 月、Niroth の検査室で 5 項目 (pH、濁度、マンガン、電導度、亜硝酸塩) が認証された。今後、認証に対応する検査室と分析項目を拡大していく中で、ISO の認証が受けられなかった項目については、SOP の記述や分析手順の見直し等が必要と考えられる。なお、分析機器の業者メンテナンスのため、機器を香港 (2020 年はベトナム) に輸送しており、2022 年には全ての機器でメンテナンスが完了予定。

(4) モニタリング地点

各浄水場の検査室では、原水、沈殿水、ろ過水、処理水を分析している。さらに各浄水場の SCADA システムを用いて、pH、濁度、残塩をリアルタイムでモニタリングしているが、機器校正が頻繁に必要で、センサーの劣化が早いいため、精度に問題がある。今後、各 DMA 流入地点での水質モニタリングを検討している。

(5) 水質管理体制

PPWSA では水安全計画を定めているため、その確実な実施が NDWQS の考え方とも合致する。同計画では、危害の分析、対応方法、緊急対応計画などが実施、策定されており、浄水処理を中心とする水道の運営に有用である。同計画は運用実績等に基づいた一定期間ごとに見直すことによりさらに効果が高まる。

(6) 全般的な評価と改善の方向性

全体として、水質分析の項目やモニタリング地点、頻度等の改善について PPWSA 内で検討が進んでいる。ラボの強化は、専門人材の育成、資機材の整備、試薬管理などを含めて進めていく必要がある。水質分析の目的が、水の安全性の確認と、その結果を活用した水質向上であることを勘案すると、水質分析能力の拡充と並行して、その分析結果を最大限活用するため、今後、データの分析・評価、水質管理への対策検討といった領域を強化していくことが期待される。なお、水処理における各種薬品の注入量の決定や、残留塩素のモニタリングを検査室が担当していることから、検査室が中心となって水質分析結果のデータ分析等を行い、浄水課や送配水を担当する部署と協力しながら水質管理を行う体制が望ましい。

今後、給水区域内の水質モニタリングは、浄水場の拠点数の増加や送配水システムの複雑化に伴って、より重要な課題となる。現在、SCADA システム等を活用した自動水質モニタリングの導入が検討されているが、将来的には、給水地域内での水運用と併せて、リアルタイムで水質モニタリングを行う中央管理制御室を PPWSA 本部内に設置することも視野に入れる。一方で、現在の浄水場における水質モニタリングシステムで課題となっているように、水質計器は他の自動計器に比べて頻繁な校正が必要であり、センサーの寿命が短く、高額である。システム全体の導入に際しては、その費用便益を検討することが望ましい。

9-3-2-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

水質管理の役割・目標を設定し、水質モニタリングの手法と体制を見直し、分析結果を利用して、原水水質の変化を予想するとともに、処理水質を改善する。

(2) 方針

1) 水質分析能力の向上

- ・ NDWQS に規定された分析手法の採用によって分析の精度、正確性を向上する。(内部精度管理)
- ・ NDWQS に定められた項目を全て分析できるよう検査室を強化する。

2) 分析結果を活用した水質管理能力の強化

- ・ 水質管理を担当する部署を明確に規定する
- ・ 水質管理の役割と目標を、関係する部署で共有する。
- ・ 分析データの蓄積と活用について、関係部署の役割と、組織的な意思決定のプロセスを含む業務フローを関係者で明確化する。
- ・ 水安全計画を更新し、確実な実施による包括的な水質管理を実現する。
- ・ 水源水質のモニタリング体制を強化する。
- ・ 水質モニタリング結果のデータ検証、分析、水処理への反映、対策検討に関する能力を強化する。

3) 水質管理の将来像の検討

- ・ 水質管理体制を確立することで、現状・将来の水の安全性の確保、緊急時対応の確立などで、顧客からの信頼だけでなく、組織としての信頼性が向上する。また、水質に関して国内随一のラボを有することで、外部からの水質分析の受託事業による収益も見込まれ、また水質分析や研修事業を受託することで国内外の水道事業の発展にも貢献する。
- ・ 実現に向けた施策の検討：水質の常時監視体制の強化、分析項目の拡大、ISO 認証の拡大などを検討。

(3) 進捗確認のための指標

- ・ 浄水場出口における水質基準合致率 (処理工程の確認)
- ・ 給水エリア内での水質基準合致率 (濁度・残留塩素) (水の安全性確認) 2019 年度実績：濁度 100%、残留塩素 100% (30 地点/月次)
- ・ PPWSA 内で定期的に分析している項目数 (水の安全性確認)

(4) 改善施策

表 9-3.3 改善施策（水質管理・水質分析、水安全計画）

	活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
水質分析能力の向上	NDWQS の全項目を分析可能な体制とするため、原子吸光光度計及びその他の機器分析法（例えばイオンクロマトグラフ、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC/MS）に関する情報を収集し、導入時期、人員配置、予算を含む整備計画を策定する		→	→
	NDWQS に規定された分析手法の採用による分析精度、正確性について内部精度管理を活用して向上する	→	→	
	ISO17025 認証の分析項目の拡充のため、外部研修や専門家の助言を活用し、分析手順を再確認し、SOP を更新する	- - - - - (Continue) - - - - - →		
	藻類の同定（特にマイクロキスティス）が実施できるよう生物職員の確保と能力向上を進める	→	→	→
水質モニタリングの拡充	給水エリアの特に重要な地点における継続的な残塩モニタリングを整備する	→	→	
	給水エリアにおける効率的な水質モニタリング（残塩、pH、濁度、電気伝導度）体制、例えばオンラインモニタリングなどの導入を議論する		→	→
	藻類産生毒物（マイクロキスティン等）に関する情報を収集し、関係機関との情報交換を検討し、原水監視計画を定めて実施する		→	→
	ラボ情報管理システム ソフトウェア（LIMS）を実装し、すべての浄水場 ラボをこの中央ソフトウェアに接続する		→	→
水質管理の強化	水安全計画を更新し、水質管理全体の強化項目を確認する	→		
	浄水課と水質検査室で協力し、データの評価分析の一連の流れの担当部署を明確にする	→		
	データを検証し、分析できる人材の育成・確保のため、外部の水質専門家、研修参加等の機会を活用し、分析結果の批判的な分析や、水質変化の見通しについてラボ職員の能力を強化する		→	→
	異常時対応について、水安全計画で定めた内容を、各現場の SOP として整備・研修する	→		

出典：調査団作成

9-3-2-3 水運用とエネルギー効率

9-3-2-3-1 現状

(1) 生産水量の制御

浄水場での生産水量は、SCADA システムでモニタリングされており、本部のコントロール室でモニタリング可能であるが、生産水量の制御は分散しており、各浄水場で独立・協力しながら実施している。Nirodh 浄水場が Chamkar Mon 浄水場の変動を吸収して運転し、Churoy Chamber 浄水場と Phum Prek 浄水場が相互に調整している。各浄水場は、過去の記録＋水源水位を基に、月別の生産水量の目安を年間計画として定めているが、現状は需要量が設計能力を超過しているので、生産水量の調整は行っていないのが実態である。Bakheng 浄水場運用後に十分な水量が確保できたとしても、浄水場間での生産水量の最適化は、需要地域・送水管の状況にも影響されるため、簡単ではない。さらに、本調査の施設整備計画に基づいて、Bakheng 浄水場（Phase 1、Phase2、Phase3）、Ta Khmao 浄水場、Phum Prek 浄水場（Phase 3）、Koh Norea 浄水場、Ta Mouk 浄水場（Phase 1）が整備され、その都度水運用が変化していくことから、全浄水場に対してそれぞれの生産・配水量を監督する「割り当て」担当部署を設置することが望ましい。

(2) 水運用

4つの浄水場の配水エリアが区切られていないため、水圧・水運用コントロールが非常に困難である。配水管網は、118のDMAに区切られ、バルブ等の必要な資機材が敷設されているものの、現在は、水不足でDMAを区切ると周辺部で水不足になるため、DMAとして運用できていない。Bakheng浄水場の運用で送水量が十分になれば、バルブを閉めてDMAとして運用予定である。

(3) 送配水量のモニタリング

各DMAの配水量モニタリングのために、SCADAが導入され、各DMAの入り口で、毎分、流量・水圧を測定してロガーにて保存し、これを1日1回まとめて本部のサーバーに伝送している（つまり、参照可能なのは、前日までの毎分データであり、リアルタイム・モニタリングではない）。また、高架水槽で常時水圧をモニタリングしているが、送水管上では水圧・流量をモニタリングしていない。また、DMA内の高標高地点や末端を含めた数カ所での水圧モニタリングも必要である。

(4) ポンプの運用

カンボジアの電気料金は、2015年以降政策的に漸減傾向にあるが、依然として近隣国と比較して高い水準であり、PPWSAの収益的支出に占める電気代の割合は、2020年度が19%、2019年度が23%である。消費電力が多いのは取水・送水ポンプであることから、省エネ対策としては、水運用を最適化し、ポンプ運用を効率化することが優先事項となる。

9-3-2-3-2 2030年に向けた提言

(1) 目標

浄水量及び配水量をリアルタイムで管理する集中配水室を設置し、送水量を最適化することで省エネルギーを実現する。

(2) 方針

各浄水場の効率性+効率的な給水エリアを総合的に評価し、DMA単位で生産量を相互に調整する。各DMAの流量・水圧データをモニタリングすることで、地域別の需要変動の傾向のデータ蓄積が進めば、需要を満たすための効率的な水運用及び生産水の制御を最適化することができる。各浄水場の効率性評価においては、過去のデータから季節変動や時間変動を勘案し、最適化を検討する。

(3) 進捗確認のための指標

- ・ 各浄水場の送水量当たりの電力消費量

(4) 改善施策

表 9-3.4 改善施策（水運用とエネルギー効率）

活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
電磁電極を使用し、送水管上（現状では DMA 内の重要地点及び末端）にリアルタイム測定点（流量と水圧）を追加する。この情報を既存の中央管理システムに接続する	-----▶	-----▶	-----▶
水運用業務に従事する職員の育成		=====▶	=====▶
Bakheng 第 1 期の浄水場完成にあわせ、水運用ユニットを立ち上げる		=====▶	
ポンプ運用管理のための最適化ツールの導入に関する F/S の実施		=====▶	
ポンプ運用管理にリアルタイムの最適化ツールを導入する(省エネが可能であれば)		=====▶	=====▶
可能であれば各浄水過程における電力消費量を監視し、異常を探知する	-----▶	-----▶	-----▶

出典：調査団作成

9-3-2-4 機材の維持管理、アセットマネジメント

9-3-2-4-1 現状

ここでは、電気設備、機械設備、電気機械設備、センサーや各種 IT ネットワークの機材など、全ての機材の日常的な維持管理を対象とする。PPWSA での維持管理は、全般に満足できるレベルであり、危機的課題はないが、予防保全、及びアセットマネジメントの視点から、改善可能な項目がある。

(1) SOP の運用

全ての施設・機材の運転維持管理について SOP が定められており、2020 年 12 月に引き渡しされた Chamcar Mon 浄水場では、SOP を作成中である。SOP の確実な実施という視点は、人事評価の際に確認されている。組織的な SOP の実施確認としては、内部統制の視点から Inspection Office が維持管理記録の月報を確認しているが、各機材の記録を基にしたチェック体制はない。

(2) データの扱いとアセットマネジメント

機材の維持管理の状況は、各浄水場及び浄水場に配置された機電課の担当者が、SOP に沿って記録している。報告を受ける浄水課、機電課では、収集データを整理しているものの、今後の運転の改善につながるような分析・検討には手が回っていない。維持管理記録は残っているが、施設・機材別のログについて更新の際に参照できるような、アセットマネジメントの視点からの台帳としては管理されていない。例えば個別ポンプの効率性評価に使えるような電気使用量のデータ、浄水場別の電気使用量の分析・比較などが考えられる。同様に、SCADA システムを中心とする IT システムの維持管理を担当するネットワーク保全室も、維持管理記録から各機材の機能評価をして維持管理計画に反映するようなことはできていない。アセットマネジメントの点からは、資産台帳だけでなく、技術資料、マニュアル、アセットマネジメント録、修理履歴などをまとめておくことが有用である。

(3) 機器の状況

浄水場内に自動水質分析機器が設置されているが、精度に問題がある。校正してもすぐに精度が下がり、交換部品は比較的高価であるため、「不具合機器ゼロ」を実現することは困難な状況。

(4) 維持管理上の課題

近年では生産水量を確保するために、浄水場は設計能力を超えて運転しており、ポンプの運転が複雑になっている。スタンバイポンプも稼働するなど、定期メンテナンスのための設備・施設の停止ができず、大きな課題となっている。万一、ポンプ等の機材不良で浄水場の緊急停止等が発生すれば、影響は甚大になるため、通常以上に慎重な機材の観察が求められる。また、薬品や管材・資材・機材のスペア等の在庫・発注管理を確実に行う。

不具合の際、給水に大きく影響するポンプについては、特に予防保全の体制を強化する。機材台帳の整備で、個別機材の状況を詳細に把握することが可能である。取水・送水ポンプの劣化など定期的実施すること、効率性調査を行うことで、急な故障等を避けることができる。回転数制御（VSD）を入れるなど改善・メンテの方法に活用できる。

9-3-2-4-2 2030年に向けた提言

(1) 目標

致命的な機材不良を避けるため、維持管理の手順とツールを改善し、監査オフィスを設置することで、維持管理業務が SOP に沿って確実に実施されるような態勢を整える。

(2) 方針

機材の重大トラブルによる給水への影響を避けるため、機材台帳整備による個別機材の情報蓄積、予防保全、軽度なトラブルへの対応を確実に実施する。特に、新しく導入された機材、また寿命が短く交換費用が高い電子機器の維持管理が適切にできているかどうか確認できる体制を整える。

(3) 進捗確認のための指標

維持管理監査室を設立し、適切な指標を検証する。

指標の例：

- ✓ 故障している機器の割合（故障した機器の修理期間、データ精度確認の頻度、重大なトラブル（給水に影響）発生件数など）
- ✓ 修理メンテナンスに要した支出額
- ✓ 予防保全のための予算

(4) 改善施策

表 9-3.5 改善施策（機材の維持管理、アセットマネジメント）

活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
浄水配水部内に維持管理監査室を設置する この部署の役割は、各浄水場及び送配水網上の機器の状態を四半期ごとに検査し、併せてメンテナンス・スケジュールの遵守状況を確認すること	→		→
不具合のある機器に対するゼロ・トレランスの厳格な方針を実施する(事後保全)	(Continue) →		
致命的な故障に備えた訓練の実施(致命的な故障の特定と、事故時対応の規定)	→	→	
メーカーの推奨事項に基づいて、すべての機器のメンテナンス・スケジュールを改訂する(予防保全)	→		
機器の重要度分析の調査結果に基づいて、メンテナンス・スケジュールを修正する計画・プロジェクト部の技術的な分析の成果を活用可能。	→	→	
全てのメンテナンス作業を追跡できるように統一様式の維持管理記録簿を作成する		→	→
資産管理システムに関する ISO 55001 の概念の導入			→
自動化及び計測機器のメンテナンスのための職員を教育し、配置する	(Continue) →		
電気技術者を訓練し、ポンプ効率の定期的な測定を実施する(各ポンプについて少なくとも2年に1度)また VSD の導入を検討する	→	→	
機器のメンテナンス状況を追跡し、必要なアクションについてのリマインダーを出すような Computerized Maintenance Management Software (CMMS) の導入の実現性を費用便益の観点から検討する		→	→
電子部品の製品寿命の調査と予算確保を実施する。特に交換部品、浄水場の水質モニタリングのセンサーや、DMA モニタリングシステムのセンサーやメーター等。		→	→
薬品や管材・資材・機材のスベア等の在庫・発注管理を確実にを行うため、関連する SOP を見直す。		→	→
各 DMA のメーター精度の詳細調査を実施し、精度の低いメーターやセンサーの交換計画を検討する	→		
バルブ操作と管内洗浄のプログラムを定める。実施のためのスタッフを配置する。送水管については末端の 500-600mm の小規模のものから実施。(予防保全)		→	→
浄水場の清掃について、より厳格な手順で実施するため SOP を見直し、更新する - ろ過池の清掃の改善。(例：ろ過池の壁の清掃後に洗浄水を確実に排水する) - 処理水池が十分に洗浄・消毒されていない	→	→	

出典：調査団作成

9-3-2-5 埋設資機材のデータ管理

9-3-2-5-1 現状

ここでの議論は、配水管網を始めとする地下埋設の全ての資機材を対象とする。

PPWSA の配管網はまだ若いものの、水道施設のうち最大の資産であることから、早期から更新予算を確保し、準備していく必要がある。更新の際、資機材の状態を評価するにはそれまでに維持管理情報を蓄積しておくことが必須である。現時点からその情報を収集する体制を整えることが重要となる。特にパイプ内部の状況の写真記録と評価、HDPE 及び DIP の腐食・劣化状況を知るための体系的な分析の検討など、管の状況データの収集方針を定める。これらは配管にアクセスできる保全業務のタイミングを活かす。

2016 年頃から固定資産管理のソフトを導入し、漏水地点、メーターや管の情報、移設情報を集約

している。漏水修理の際に、管径、管内外部の状況、腐食状況について修理レポートに写真入りで記録している。

9-3-2-5-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

埋設管の体系的なデータ収集を行うことで、配水管の更新の際に必要な十分なデータを蓄積する。

(2) 進捗確認のための指標

- ・ 配水管パイプ状況評価数 (=漏水修理地点)
- ・ メイン管状況評価数 (=維持管理記録)

(3) 施策

表 9-3.6 改善施策（埋設資機材のデータ管理）

活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
管切断の際、管内部の体系的な評価を実施	-----	-----	----->
	(Continue)		
HDPE、DIP の腐食・劣化状況の分析のメーカーへの外注可能性について情報収集する		=====	=====

出典：調査団作成

9-3-2-6 その他の対策

(1) 安全管理

全ての作業現場での安全管理を徹底する。主な項目を下にあげる。

- ・ 特に、現場での作業に関する SOP には、安全対策について確実に記載する。
- ・ 各作業現場において、ヘルメット等の個人用防護具の使用を含め、SOP の順守を確認する。
- ・ 個人用防護具、酸素濃度や作業場所の気温などの計測機器を常に使える状況に保つ。
- ・ 各現場において、安全対策のためのフェンスやロック等の安全性確認のスケジュールを定める。
- ・ 各作業現場に安全管理者を配置する。
- ・ 事故発生時の緊急連絡体制を定め、定期的に訓練する。
- ・ 総務・人事部と連携し、関係職員を対象とする安全管理研修、安全管理者を対象とする管理研修を定期的実施する。

9-3-3 営業・顧客サービス

9-3-3-1 顧客関係と広報

9-3-3-1-1 現状

(1) 支所への業務移管

M/P 2017 の提案に沿って、支所の強化による顧客へのリーチが拡大している。

- ・ 給水エリアが拡大するに伴って、1) より顧客に近づくことでサービスが向上する、2) 職員の移動時間の削減によって業務の効率が改善するという視点から、支所への業務移管を進めることが不可欠となる。現状の移管状況は下表のとおり。
- ・ Niroth 浄水場、及び4か所の高架水槽の敷地を活用して支所を設置してきており、現在は下表の5か所に支所がある。Bakheng 浄水場の運転開始による給水エリアの拡大に伴い、今後も支所の増加が想定されている。
- ・ 各支所は、本部とイントラネットで接続されており、リアルタイムでの収納業務が可能である。
- ・ 支所への業務移管後も、本部には顧客関係課を管理部署として残し、中心地区への検針や給水接続サービスに加えて、顧客対応について各支所の支援、方針決定、管理を行っている。

表 9-3.7 顧客サービス関連業務の支所への移行状況

営業関連業務	本部	Chrang Chamres (Russy Keo)	Pochetong (Por Sen Chey)	Choam Chau (Por Sen Chey)	Ta Khmau	Niroth 浄水場 (Chbar Ampov)
1. 検針・徴収	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. 給水接続・接続解除	✓	本部に担当方面別の6チームを設置し移動の効率化を図っている。在庫管理、技術レベルの確保、人員の効果的な配置の点から、支所への分散は難しい				
3. メーター管理	✓	将来的には移行可能。現在は District 別の担当チームを本部に設置				
4. 顧客対応 (苦情対応・申請受付など)	✓ (Main)	✓	✓	✓	✓	✓

出典：調査団作成

(2) 検針・徴収

ハンディ・ターミナルの導入によって、検針データの処理作業の効率化、データ取り扱いエラーの低減、支払い可能期間の拡大が実現した。大口顧客に対しては、検針頻度を増やしたことで、検針の信頼性が向上するなど、成果が表れている。

- ・ 2016年より、検針と指針の写真撮影を同時に行い、請求書が印刷できるハンディ・ターミナルを全検針員に配布。2017年5月完備。新たな業務 SOP を作成した。写真撮影で指針の検証が容易になり、検針エラー対応の業務が大幅に削減された。検針と同時に請求書配布が可能になり、2か月の請求サイクルの内、45日で検針・請求ができるため、顧客の支払い期間に余裕

ができ、回収サイクルが短くなった。

- ・ 同ターミナルの導入で、業務が効率化し、検針員は 100 名から 79 名に削減した。ただし現在も 2.5 万栓/年で接続栓数が増加しているため、現状の人員を確保する予定。
- ・ 大規模顧客の管理：対象となる 2～3 千栓の全てに電磁流量計を設置完了し、毎月検針に切り替えが完了。
- ・ 同電磁流量計に設置する検針伝送装置（使用量のデータが PPWSA に毎日送信され、変則データをすぐに感知可能）を、現在試験実施中。

(3) 広報・顧客サービス

需要量増加と給水地域拡大による水圧不足、水質悪化の恐れ、料金改定など、旧来からの顧客にとってはサービス改善が感じられない状況にあり、積極的な広報や顧客サービスの向上が必要。

- ・ プノンペンでは、急激な水需要の増加に対応するために、給水地域の拡大、給水量の不足、段階的設備拡張による複雑な水運用が起こり、水圧が不安定になっている。さらに水質面でも、浄水場の設計能力を超えた運転に起因する水質の劣化の恐れや、送配水管及び施設の工事、バルブ操作が原因となる赤水の発生の可能性もある。
- ・ 給水栓での水圧や水質が不安定になるなど、顧客に対して安定した水道サービスを提供することが難しい状況となっている。さらに2020年1月には水道料金が改定された。顧客がPPWSAの事業を理解し信頼感を持つために、事業の必要性やサービス改善に向けた取り組みについて、より積極的な広報活動や顧客への働きかけが重要となっている。

【PPWSA の主な広報活動】

- ・ 公式 SNS を設置し、顧客がアクセスできるチャンネルを確保
- ・ 新たに給水地域となる地区では、新規接続の顧客のための水道事業の説明会を継続的に実施
- ・ 料金改定前に、TV・新聞・SNS などを通じて幅広く広報活動を実施
- ・ 投資家向け（IR 資料）を中心とした事業・財務報告の公開

9-3-3-1-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

顧客サービスを強化し、広報活動を拡大することで、顧客の PPWSA 事業への理解を高め、信頼を獲得する。

(2) 方針

- ・ 顧客の水道事業への理解促進を目指した、PPWSA からの情報発信体制の強化。
- ・ 顧客からの意見や苦情を収集・管理する体制の強化。

(3) 進捗確認のための指標

- ・ 顧客満足度調査の結果 (PPWSA に対する信頼感)

(4) 改善施策

表 9-3.8 改善施策 (顧客関係と広報)

	活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
顧客サービス強化	関連業務の支所への移管を継続的に進める	-----> (Continue)		
	顧客対応プラットフォームを設計する。SNS の投稿から顧客の意見・苦情を収集、対応、履歴管理、記録ができるように	————>		
	同プラットフォームを運用し、収集された意見を基に顧客サービスを改善する		————>	
	より頻繁に顧客連絡先を更新する	-----> (Continue)		
	検針員が現場で顧客連絡先を更新できるよう、検針のハンディ・ターミナルのソフトを更新する	————>		
	ホームページ上に、顧客が個別に問い合わせ(請求確認、問い合わせ、苦情など)できる機能を追加するための費用調査を再開する		————>	
	上記ホームページの機能を開発・運用する			————>
	SNS 上での顧客満足度の調査の実施について検討する	————>		
	顧客満足度の調査を定期的実施し、水利用の実態を把握し、給水サービスの改善や、水道料金改定検討の材料とする		————>	————>
	大規模顧客を対象とした検針伝送装置システムの確立	————>		
広報の拡大	請求書、ホームページ、SNS、ラジオ・テレビなどの各種メディアを効果的に活用する広報戦略の策定(担当部署の確認)	————>		
	特に節水キャンペーンを含む広報活動の実施		————>	
	啓発・広報素材の開発: 水道事業や水処理の紹介ビデオ、新規浄水場への訪問者受け入れ設備設置(説明用パネルなど)	————>		
	子供対象とする水道教室の実施: 浄水場視察や節水など	————>		
	(長期)一時的な断水情報を GIS とリンクさせることで、自動的にホームページ上に表示したり、希望する顧客には個別に SMS など通知するようなサービスについて検討			————>

出典：調査団作成

9-3-4 財務

9-3-4-1 水道料金

9-3-4-1-1 現状

第三次マスタープラン (M/P2017) では、2001 年に設定された水道料金の改定を最も優先順位の高い課題と指摘した。2001 年以降、インフレや人件費の上昇、付加価値税 (VAT) の組み込みなどで、支出が 2 倍近くに増加していること、また、今後の施設整備プロジェクトにより、手元現金の確保が必要であること、新たに建設される浄水場は小規模で運転維持管理のスケールメリットが効かないことが指摘された。

同 M/P での財務分析の結果、2015 年の平均水道料金約 1,030 KHR/m³ は、財務的に持続可能でない

と評価し、2022年には平均水道料金を1,700KHR/m³のレベルに引き上げる必要があると提言した。

提言に沿って、PPWSAでは、2017年5月と2020年1月に表9-3.9のとおり料金を改定した。

表 9-3.9 水道料金改定推移 (2001-2020)

利用種別	2001~2017年4月		2017年5月~2019年12月		2020年1月から現在	
	請求水量 (m ³)	料金単価 (KHR/m ³)	請求水量 (m ³)	料金単価 (KHR/m ³)	請求水量 (m ³)	料金単価 (KHR/m ³)
家庭用	0m ³ ~ 7m ³	550	0m ³ ~ 3m ³	400	0m ³ ~ 7m ³	400
			4m ³ ~ 7m ³	500		
	8m ³ ~ 15m ³	770	8m ³ ~ 15m ³	770	8m ³ ~ 15m ³	720
	16m ³ ~ 50m ³	1,010	16m ³ ~ 50m ³	1,010	16m ³ ~ 25m ³	960
					26m ³ ~ 50m ³	1,250
	Over 50m ³	1,270	Over 50m ³	1,270	51m ³ ~ 100m ³	1,900
				Over 100m ³	2,200	
公共	Flat rate	1,030	Flat rate	1,030	Flat rate	2,500
商業用	0m ³ ~ 100m ³	950	0m ³ ~ 100m ³	950	0m ³ ~ 15m ³	950
					16m ³ ~ 45m ³	1,100
					46m ³ ~ 100m ³	1,400
	101m ³ ~ 200m ³	1,150	101m ³ ~ 200m ³	1,150	101m ³ ~ 200m ³	1,700
	201m ³ ~ 500m ³	1,350	201m ³ ~ 500m ³	1,350	201m ³ ~ 500m ³	2,100
	Over 500m ³	1,450	Over 500m ³	1,450	Over 500m ³	2,400

出典：PPWSA 提供データを基に調査団作成

改定にあたって、平均水道料金の目標を1,700KHR/m³と設定したものの、承認過程における検討の結果、1,350KHR/m³が認められ、これを補完するため政府からPPWSAへの貸付利子を6%から0.65%に減免することが追加された。

2017年の料金改定では、家庭用料金の少量利用分の単価を下げたことから、2018年の平均水道料金が1,002KHR/m³と微減した¹。2020年の改定では、家庭用及び商業用の料金段階を細分化し、家庭用の少量利用分以外の全カテゴリで料金を上げたことで、平均水道料金が1,335 KHR/m³（2020年）と増加した。

図9-3.4と図9-3.5は、家庭用接続顧客の使用水量別の請求額比率を示したグラフで、2015年と2020年を比較したものである。赤線は水道料金の段階境界を示す。第三次マスタープラン(M/P2017)では、節水を促すためにも、大規模利用者の単価の改定を提案しており、2020年の料金改定後のグラフを見ると、25m³以上で新たな料金段階を設定して単価を引き上げることで、少量使用の顧客の負担割合を軽減し、使用量の多い顧客への請求額の割合を増やすことに成功していると言える。

¹ JICA (2020) 「カンボジア国 タクマウ上水道拡張計画準備調査報告書」

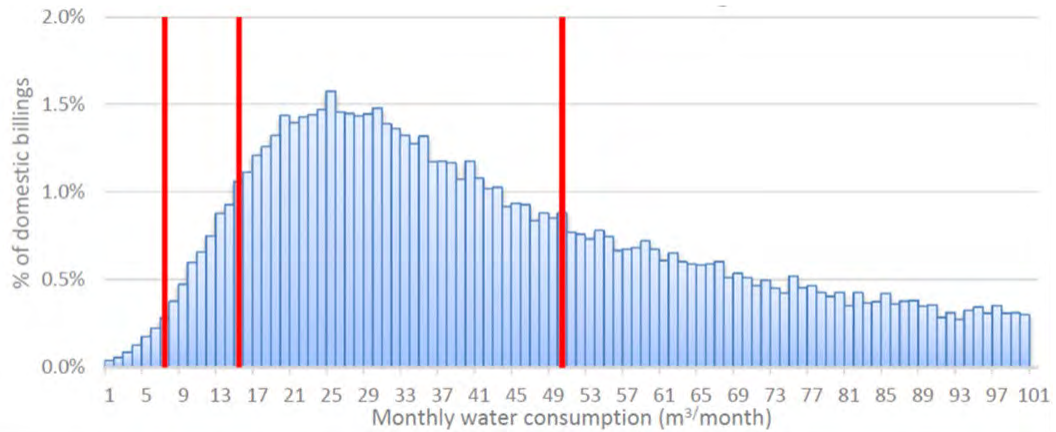


図 9-3.4 家庭用接続顧客の使用水量別の請求額比率（2015年5月から6月）

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

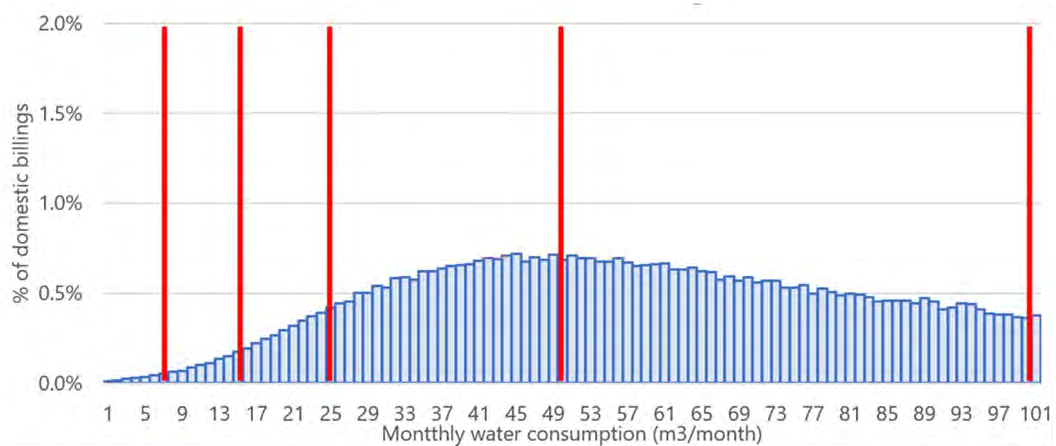


図 9-3.5 家庭用接続顧客の使用水量別の請求額比率（2020年5月から6月）

出典：料金請求データを基に調査団作成

全体の平均料金が想定ほど上がらなかった理由として、COVID-19の影響が考えられる。料金改定が行われた2020年1月以降、感染症の広がりとともに、使用水量が大きく減少した。2019年から2020年の顧客カテゴリ別の請求水量を図9-3.6に示す。2020年の請求水量は、前年同期に比べ1月2月期で35%減、3月4月期で25%減だった。なお、顧客カテゴリ別の使用水量の割合は、家庭用が50%前後、営業用が約40%前後で推移しており、2019年から大きな変化は見られない。

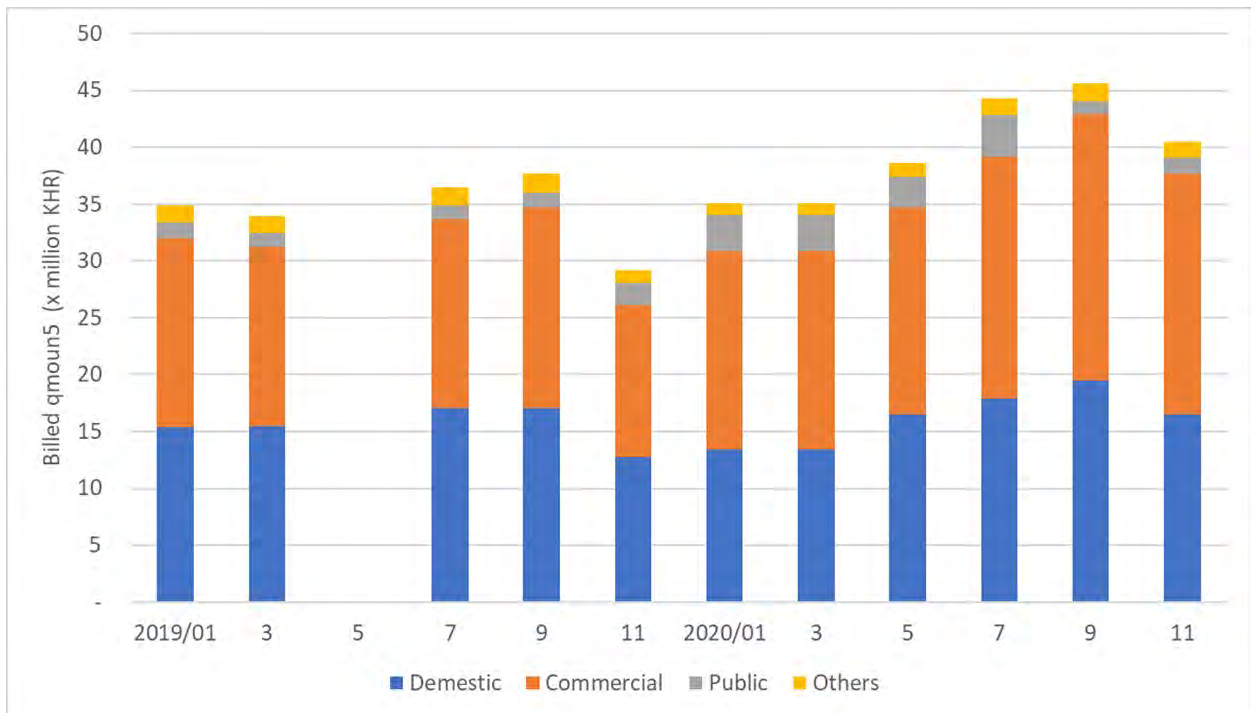


図 9-3.6 顧客類別 請求水量 (2019 年から 2020 年)

注: 2019 年 5 月の料金徴収データは、請求作業の遅れから一部で請求を停止し、異常値を示すため図から削除。
出典: 料金請求データを基に調査団作成

9-3-4-1-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

PPWSA の財務持続性を確保し、マスタープランで定義される事業実施に必要な資金を確保する一方で、貧困層顧客が利用できる料金レベルに配慮して、水道料金を改定する。また、料金改定以外にも収入確保に向けた施策を幅広く検討する。

(2) 方針/進捗確認のための指標/改善施策

水道料金の改定に向けた料金レベルの検討は、第 12 章財務分析に記載。その他の収入確保に向けた施策の主なものを下に示す。

1) 支払 VAT の還付制度

PPWSA は現地法の定めにより水道料金を VAT 免除としている。一方で原材料の購入等にかかる VAT を支払っているため PPWSA は VAT を運営コストとして負担しているが、本来 VAT は事業者が負担すべき税とは言えない。水道料金に VAT を乗じて徴収することで PPWSA の VAT 負担を回避することも可能であるが、法改正が必要であることと、ベーシック・ヒューマン・ニーズである水道水供給について VAT を徴収することに疑義があることを踏まえて、カンボジア政府から支払 VAT の還付を受ける制度を導入することがより望ましい対応策であると考えられる。

2) 基本料金 (Minimum charge) の導入

PPWSA の水道接続数は現在約 3 万件/年増加しているが、一部の顧客において水道を開通させても実際には水道水を使用しないケースが生じている。新規接続には工事費用等がかかる他、継続的に維持管理コストが発生するため、このような使用実績のない接続に対して基本料金 (Minimum charge) を導入することで費用負担の適正化を図ることを推奨する。適切な価格設定については更なる検討が必要である。

3) 水道料金のインフレスライド制度の導入

カンボジアでは過去 10 年で年率約 3%程度物価が上昇しているため、PPWSA の人件費や原材料費等のコスト負担は継続的に増加している。一方で、水道料金の改定にはカンボジア政府の承認が必要であり、頻繁に改定を実施することは難しい。インフレによるコスト負担増と収入の乖離を最小化するため、煩雑な手続きを経ることなくインフレ率に応じて自動的に水道料金を調整する水道料金制度を導入することを推奨する。

9-3-4-2 その他の対策

9-3-4-2-1 財務計画の更新の迅速化

財務計画に大きな影響を与える事象が確認された際は、年度の更新時期を待たず、即時に年次計画を更新する。これによって、緊急支出が必要となるような場面で、手元現金がショートしないか、借入をしても既存のローンの約款に抵触しないか、等をすぐに判断できるようになる。年次への反映手順については、部署内で作業手順等を確立し、作業を分担することで迅速に進められる体制を整える必要がある。

9-3-5 総務・人事

9-3-5-1 職員数管理

(1) 現状

近年の PPWSA 職員数は、1000 栓あたり職員数 3 人前後と適正に推移している。近年の職員数を表 9-3.10 に示す。

表 9-3.10 職員数の推移 (2011 年から 2021 年)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
職員数	607	606	705	851	920	1,030	1,033	1,047	1,092	1,138	1,153
接続数	219,498	235,128	264,613	270,812	289,024	310,835	333,288	367,032	388,883	408,500	443,021
千栓 あたり 職員数	2.77	2.58	2.66	3.14	3.18	3.31	3.10	2.85	2.81	2.79	2.60

出典：2015 年までデータは第三次マスタープラン (M/P2017)、以降は PPWSA

参考として、近隣国事業体の数値を表 9-3.11 に示す。高業績の事業体では、事業規模が大きくなるとスケールメリットを活かして職員数を抑えている。後述のとおり、今後 PPWSA の事業が約 2 倍に拡大していく中で、これらの数値を参考に、2.5 人前後を維持することが望ましい。

表 9-3.11 職員数の近隣事業体との比較

事業体	接続数 (x1000)	千栓辺り職員数	データ*
MWA, Bangkok, Thailand	2,281.1	2.34	2016*
SYABAS, Kuala Lumpur, Malaysia	1,487.0	2.14	2007
Maynilad, Manila, Philippines	1,312.2	1.70	2016*
SAWACO, Ho Chi Minh City, Vietnam	1,268.7	3.86	2016*
PUB, Singapore	1,232.0	1.01	2008
Manila Water, Manila, Philippines	676.0	2.22	2009
Hanoi WSC, Ha Noi City, Vietnam	514.3	7.37	2015
PPWSA, Cambodia	443.0	2.60	2021
HPWSCO, Hai Phong City, Vietnam	271.0	4.16	2015
DaNang WSC, Da Nang City, Vietnam	234.4	2.63	2016*
MCWD, Cebu, Philippines	181.6	4.69	2016*

出典：*印があるデータは、JICA（2017）「第4回 アジア地域上水道事業幹部フォーラム実施報告書」より、それ以外は IB-NET データベース。

人件費も年々増加しており、2020 年には 1 人あたり人件費が約 49 百万 KHR（内、約 80%が給与・報酬等として職員に支給）、営業支出で最も高い割合（28.3%、2020 年）を占めている。財務上では、今後も、1000 栓辺り職員数を 2.9 人以下に抑えることが必要と検討されている。一方で、施設整備計画によると、給水地域が拡大し、浄水場を始めとする主な施設は郊外に広がり拠点が増えていくことが想定されている。浄水場の中には小規模の施設も含まれることから、運転維持管理の人材配置でスケールメリットの効果が出にくい。職員数を適正な範囲に抑えるには、職員の能力向上や業務の効率化が必要となる。

9-3-5-1-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

事業拡大に伴う人員増を適正に管理し、1000 栓辺り職員数を 2.5 人程度に抑える。

(2) 進捗確認のための指標

1000 栓辺り職員数（2030 年: 2.5 人以下）

(3) 改善施策

- ・ 各部署と調整しながら、職員数を抑えるためのテクノロジーの導入の検討を促す。
 - ✓ 労働集約的な業務におけるテクノロジーによる効率化: テレメータの導入などによる検針・請求業務の一層の省力化、浄水場や送配水網における自動計測機器・リアルタイム・モニタリングのシステムの導入
 - ✓ 全部署における管理業務の効率化: ITC の活用によるデータ処理（蓄積、参照、分析、評価）や、部署間での情報共有システム（LAN、SNS 等の活用、特に現場作業でのデータへのアクセス）

セス向上等)

- ・業務委託の促進による職員数の管理: 現在でも営業部の給水接続担当業務や、上下水道公社の建設工事を担う業務については、業務量が一定の職員の工数を超える場合に、将来の正規職員の数を適正に管理するため、業務委託を実施している。一定数の正規職員を確保し確実に技術継承を行うとともに、事業急拡大に併せて正規職員を短期間に採用・増加させることは、将来の職員数管理に影響を及ぼすことに留意する。本部・浄水場・各支所のセキュリティ業務、清掃業務など、PPWSA のコア業務ではない業務も含め、業務委託が活用できる業務を検討する。

PPWSA の 2021 年の 1000 栓辺り職員数は 2.6 人である。本調査で、接続数は 2030 年までに約 2 倍になると予測しており、今後の職員数は、現在の 1000 栓辺り職員数を大きく増やすことなく、事業拡大に即して増加する計画とした。2030 年までの職員数の計画を表 9-3.12 に示す。

PPWSA では中途採用を行っていないため、職員数は新入職員の採用数によって管理される。離職者分を補いながら計画的に新規採用数を確保していく必要がある。なお、PPWSA の離職率は低く、財務予測では離職率を 1%と設定しているが、実際は更に低い。下表では離職率を 1%として算定した。

表 9-3.12 職員数予測 (2021-2030)

項目	単位	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
接続数	栓数	443,021	469,864	499,527	527,925	627,784	662,709	697,033	736,927	779,614	827,591
千栓辺り職員数	人	2.69	2.68	2.65	2.73	2.49	2.55	2.55	2.53	2.52	2.49
職員数	人	1192	1,260	1,324	1,443	1,566	1,693	1,775	1,863	1,961	2,060
年間退職予定数	人	5	5	4	6	13	10	14	14	21	28
年間採用数	人	71	86	81	139	151	154	114	121	139	147

出典：調査団作成。2021 年分は実績

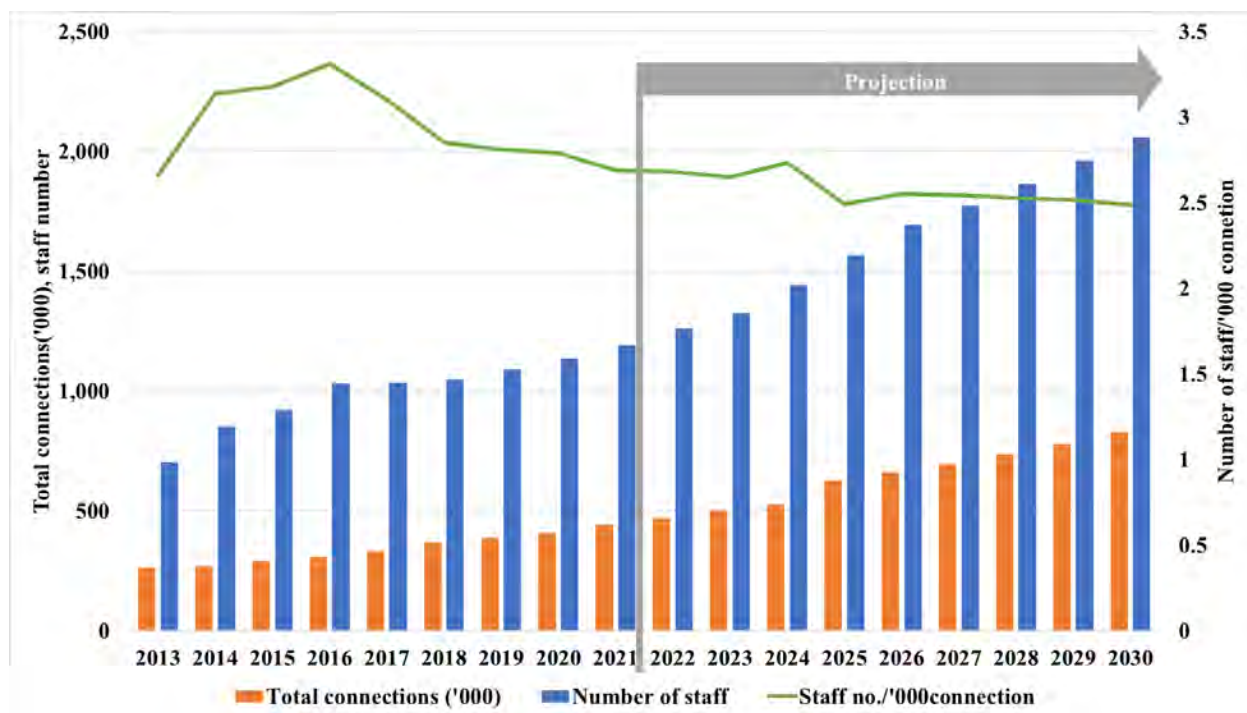


図 9-3.7 接続数及び職員数 計画 (2030 年)

出典：調査団作成。データは、2015 年まで M/P2017、2016 年～2021 年は PPWSA 提供

全体職員数を基に、表 9-3.13 に各部署での職員数の予測を示す。営業部の給水接続チーム及び上下水道支社では、業務過多になった場合には外部委託することで、職員数を抑制しており、今後もこの 2 部署では同方針を踏襲するものとして、事業拡大に伴う人員増を抑制的に計画している。

今後、事業規模が拡大する中で、職員数の増加が想定されるのは、労働集約的な業務である検針業務、浄水場や送配水網の運転維持管理に関する業務である。これらの業務については、人件費削減やサービス向上の視点からも、テクノロジーの導入を検討していく必要がある。

表 9-3.13 部署別 職員数 計画

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
DG+ Secretariat	10	10	11	11	12	13	13	14	14	15
Audit	7	8	8	9	10	11	12	12	13	14
procurement	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14
Inspection	12	12	13	14	15	15	16	17	17	18
Computer	25	26	27	29	31	33	34	35	37	38
Planning & Project	61	66	70	79	87	96	102	108	115	122
Production & Distribution	336	368	398	453	510	569	607	648	694	740
Commercial	357	371	384	409	434	460	477	495	516	536
Accounting & Finance	69	72	74	79	84	89	93	96	100	104
Admin & HR	118	123	127	135	143	152	158	164	170	177
Water and Sanitation Subsidiary Branch	187	195	202	215	229	243	251	261	272	282
Total	1,192	1,260	1,324	1,443	1,566	1,693	1,775	1,863	1,961	2,060

出典：調査団作成。2021 年分は 7 月実績数

9-3-5-2 人事管理

9-3-5-2-1 現状

2030年に向けて、PPWSAの水道事業は、設計生産能力で現在の3倍以上、接続数で約2倍の規模に急拡大すると見込まれており、これら事業の実施、及び拡大するサービスの提供を担う人材を、確実に確保・育成していくことが必要である。第10章の人材育成に加え、人事管理の視点から強化すべき点を整理する。

(1) 人材の発掘

採用に向けた人材の発掘において、特に技術系の職員の採用が難しく、電子工学・電気・機械などの職員は、常時必要な人数を満たせていない状況である。水質検査室では、カンボジア工科大学の学生をインターンとして受け入れており、採用の有力なチャンネルとなっているが、他分野ではインターンの受入実績はない。2021年、ITCに衛生工学を扱う大学院が開設されており、今後は専門性のある職員の採用が期待される。今後、事業規模の急拡大に合わせ、毎年多くの技術者を採用する必要があることから、優秀な学生へのアプローチとして、国内唯一の工学系大学であるITCとの積極的な連携が望まれる。

(2) 採用

部門別に年間採用人数が割り当てられ、各部門で採用活動を実施している。PPWSA全体で採用活動やPRなどは実施しておらず、個別の求職者による履歴書の提出や、職員からの紹介が選考のエントリーとなっている。今後、年間の採用人数が大幅に増えていくことを勘案すると、総務人事部において、年に1、2回、求職情報を一般公開して求職者を一括で登録・受け付け、選考するような採用活動を実施することが効率的である。これによって、より優秀な人材や幅広い人材にアプローチし、効率的な人材の確保が可能となる。

採用後の職員配置において、初期の数年間を各職員の適性を見て配置部署を判断する期間と位置付け、各部門を経験させることが有効である。

(3) 意欲向上・離職対策

四半期ごとの人事評価、毎年の給与のベースアップ、インセンティブ制度などが取り入れられており、賞与や手当、社会保障が整備されている。全般として職員のモチベーションは高い。一方で、組織が大きくなり、待遇が良くなることで、雇用の安定や高待遇に惹かれて入社した職員が増えることで、組織への帰属意識、組織文化や水道事業のミッションを共有することが難しくなっている。また業務内容がSOPに定められた定型業務中心となることで、若手職員の間で、自ら積極的に業務や課題に向かう姿勢が少なくなっている。

(4) 育成:

第 10 章人材育成を参照

(5) 世代交代・技術継承

第 10 章人材育成を参照。

9-3-5-2-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

今後の急激な事業拡大を支えるための人事管理戦略、特に採用、意欲向上、人材育成と知識継承を強化する。

(2) 方針

人材の発掘・採用: 幅広く優秀な人材にアプローチし、採用を効率化するため採用活動の窓口を総務人事部に集約する

意欲向上・離職対策: 特に若手職員の意欲の向上を促す

育成: 業務効率化のための各職員の能力向上、新規事業を支える専門性の獲得、組織のコアとなる人材確保を目的とした研修や OJT をプログラムとして体系化する

退職・世代交代: 幹部候補の育成、専門性の高いベテラン職員から次世代への技術継承を促す

(3) 進捗確認のための指標

- ・ 1000 栓辺り職員数 (2030 年: 2.5 人以下)
- ・ 退職者を除く離職率 (年間 1%以内)
- ・ 職員 1 人当たり売上高、職員 1 人当たり利益 (2020 年 各約 285 千 KHR、19 千 KHR)

(4) 改善施策

表 9-3.14 改善施策 (人事管理)

	活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
発掘	優秀な学生を発掘するため、大学 (ITC 等) との戦略的パートナーシップを構築する (例えば就職セミナーなど)	→	→	
	水道に関連する特別コースやプログラムを設立し、PPWSA 職員を講師として派遣することで、研修教育機関との協力関係を強化する。(例: ITC は衛生工学のプログラムを開始した)		→	→
採用	採用窓口を総務人事部に統合し、年間 1、2 回公開での採用活動を行う		→	→
	標準的なオリエンテーションを定めることで、新入職員の職場への統合を促進する (例: 人事・IT を含む持ち回り紹介、全部門の訪問、メンターの任命、四半期ごとの新人セミナーなど)	→		
	採用職員の適性を見極めるため、当初数年間は各部署を異動する制度			

	活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
	を導入する	→	→	→
意欲向上	参加型活動における若手の登用		→	→
	若手職員が成長を感じられるような、目標管理や面談の導入		→	→
	人事評価において職員別に研修が必要な分野を確認し、研修計画に反映する		→	→
	部署内で担当業務を異動することで、業務全体の理解を促す	→		
育成	第10章 人材育成に記載			
世代交代	第10章 人材育成に記載			

出典：調査団作成

9-3-5-2-3 その他の対策

- ・ 品質管理：業務の標準化、改善能力の向上、事業記録の整理・活用のための ISO 9001 の取得
- ・ 安全管理・労働環境管理：安全管理・労働環境管理の統括部門として、下リストの項目を中心に、管理規定の策定や、各部署での順守の状況を監督し、環境整備に努める。各部署に定期的な報告を義務付けるなど、確実にモニタリングができるよう体制を整える。
 - ✓ 各業務の SOP に安全管理の項目が含まれているか
 - ✓ 各種設備やヘルメットなどの安全防護具の確実な使用
 - ✓ 現場作業における安全管理責任者の配置
 - ✓ 定期的な安全研修の受講状況確認
 - ✓ 健康診断の定期受診奨励
 - ✓ 部署別での労働時間・有休消化率の管理
 - ✓ 業務量の過多や偏重による過重労働が発生していないか
 - ✓ メンタルヘルスや職場内環境にかんする相談窓口の設置
 - ✓ 労働環境の視点から室内環境（騒音、室温、明るさ、広さなど）の確認

9-3-6 組織体制

9-3-6-1 経営レベルの組織体制

9-3-6-1-1 現状

PPWSA の組織体制は、6つの Department と、総裁直属の組織統制や理事会運営関連の部署から構成されている。組織図を下図に示す。6つの Department に対応する形で、担当する副総裁が6名配置されており、この各副総裁が Department の責任者である Director を監督する立場となっている。

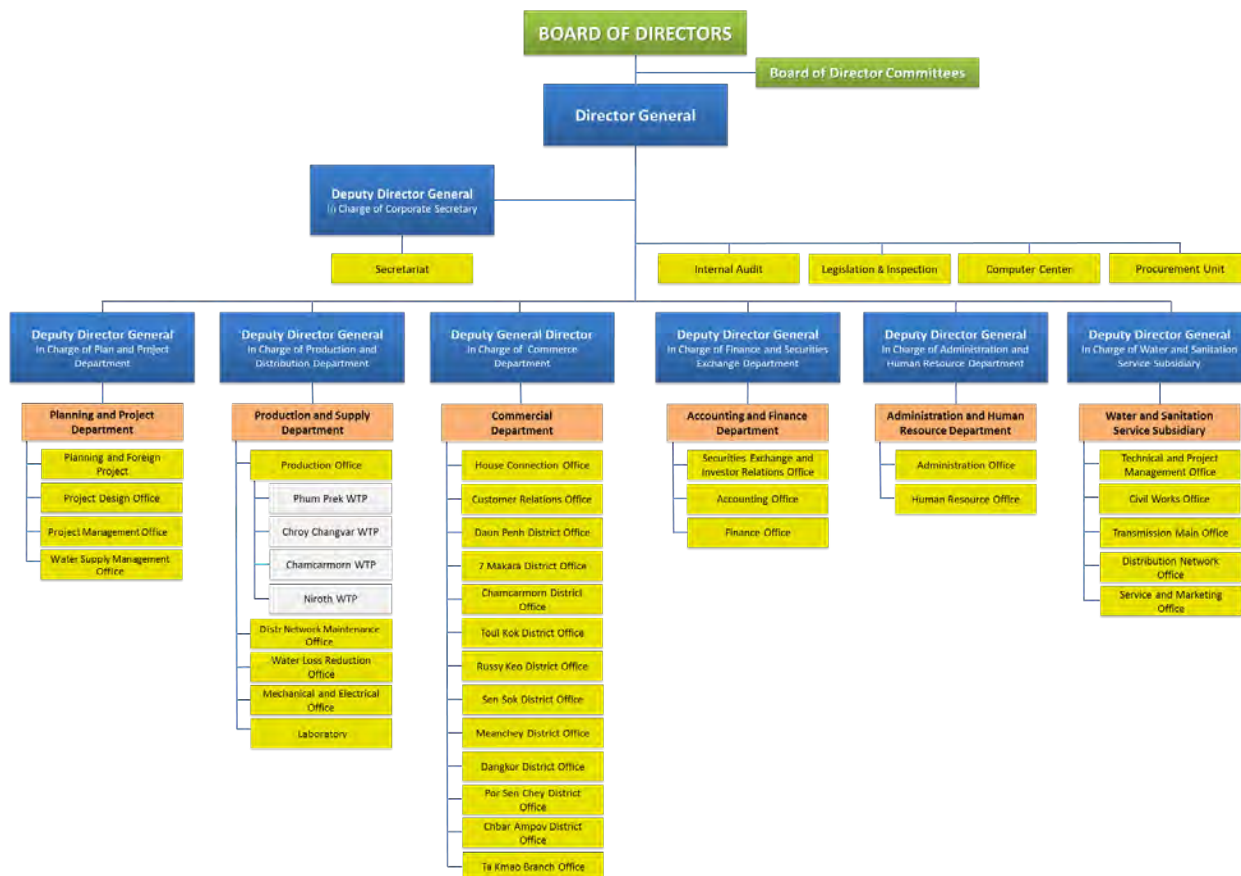


図 9-3.8 PPWSA 組織図 (再掲)

出典：PPWSA 提供資料を基に調査団作成

組織図上、各 Director は、総裁の下位に位置付けられているが、実際の組織運営では、担当副総裁が Director を監督していることから、各部門の責任者として Director と副総裁が重複している状況となっている。副総裁への権限移譲が進んでいる一方で、この組織構造では Director の責任範囲が曖昧になりやすい。本来、組織において上位階層は、複数の下位部署を監督することで、より広範な視点で検討することが可能になるため、副総裁と Director が同じ業務領域を所掌していることは、非効率であるといえる。

意思決定の権限は、可能な限り下位職層に移譲することで、より現場に近いところで課題に即した素早い意思決定ができるようになることから、副総裁及び Director の業務所掌の再構築が有効と考えられる。現在、副総裁が担っている Department レベルの意思決定の権限を、Director に委譲することを進める。

一方で、部門を超えた統括は総裁のみとなっており、Department 間での調整や技術部門、経営部門での Department をまたいだ検討事項も全て総裁に集中する構造となっている。総裁の所掌業務の緩和のため、副総裁レベルで複数の Department を統括できる構造が望ましい。

9-3-6-1-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

幹部層の担当業務を再編することで、組織全体の経営管理能力を高めつつ、意思決定のスピードを上げる。

(2) 方針

副総裁を、技術系と経営系の 2 人とし、Department 内の意思決定は Director の責任とする。今回調査結果を踏まえ、近隣国の業績のよい水道事業体の組織構造を参考に、副総裁の配置を下の通り提案する。幹部層の組織改編は、現在の副総裁の退任などの時期に合わせて段階的進めるものとし、2030 年の組織案を図 9-3.9 のように提案する。

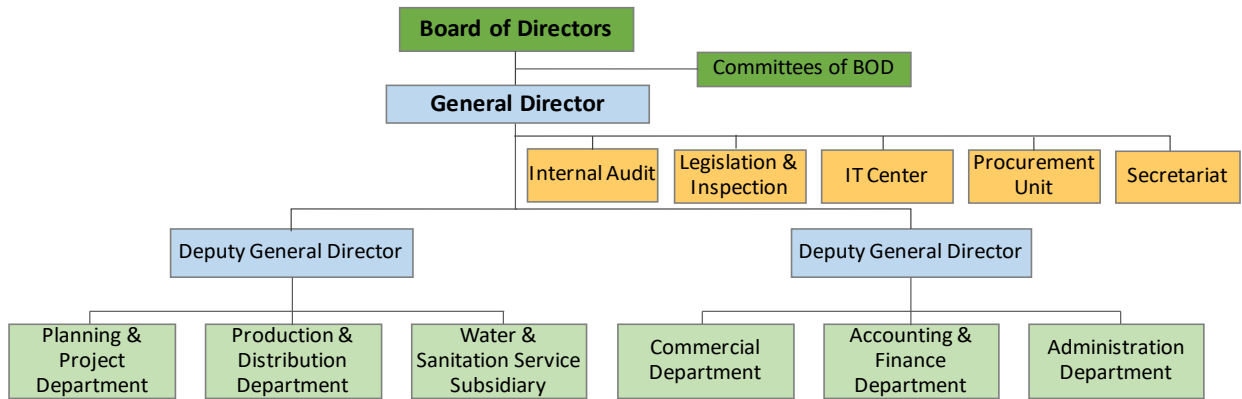


図 9-3.9 幹部層 組織改編案

出典：調査団作成

(3) 改善施策

表 9-3.15 改善施策（経営レベルの組織体制）

活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
副総裁と Director の現状の責任範囲を明確にし、Department レベルの意思決定を Director の責任として整理する。	→		
経営系と技術系の副総裁が担当する業務の所掌を定める	→		
副総裁の交代等のタイミングで、徐々に経営系と技術系の所掌を統合する	----- (Continue) ----->		

出典：調査団作成

9-3-6-2 リスク管理と緊急対応

9-3-6-2-1 現状

2020 年から拡大した COVID-19 の感染状況は、水道事業においても、サービスの継続提供と事業の持続性に大きな影響を与えた。PPWSA においても、職員の交代勤務の実施、資機材調達遅れ、

需要量の急減による収入への影響などが見られた。今後とも、水道サービスを持続的に提供するためには、事業継続性の観点から、事業の脆弱性の検討と、緊急対応のシナリオや手順の策定が必要である。

現在、PPWSA では投資家にも公開する年報において、部署別にリスク要因の分析及び評価と緩和策を整理し報告しているものの、各部署の業務範囲における個別事象の把握にとどまっており、1つの要因に起因する組織全体へのリスク評価やインパクト、対応の優先度などは検討されておらず、担当部署も定められていない。

事業継続計画（BCP）を検討する最初の手順として、想定されるリスクの洗い出しを行う必要がある。PPWSA の考えられる重大リスクとして、1) 原水の汚染事故、2) (生産量不足を引き起こす) 取水・浄水場内での各種事故（機材故障や火事など）、3) 外的要因：大規模停電、洪水、社会不安、電話回線故障、パンデミックなど）がある。リスクを特定することで、業務手順へのインパクトを評価（BIA：Business Impact Analysis）することができる。事業の重要業務について、上記緊急事態が発生した後に復旧するまでに生ずる影響を推定し、許容できるかどうかを評価する。許容できないリスクについては、緩和策として事前の対策を複数検討し、費用便益を勘案して対応計画を策定する。BCPには、これらの事前対策と、緊急事態発生時の緊急対応計画が含まれる。

緊急対応計画は、緊急事態発生後から事業復旧するまでの各種対応を示す。緊急対応手順は、想定される事態への対応を事前に定めることで、現場での即時対応を可能にする。この他、主に、現場での情報収集と、意思決定者及び関連部署への報告、意思決定・指示から構成される、緊急時の情報共有・意思決定体制を定める。緊急時の情報共有体制を明確にすることで、最小限の時間で組織的な意思決定に基づいた対応を可能にする。どのケースでもリスク管理体制は次を含む：担当管理職（必要に応じて緊急対策本部の招集）、危機管理用の通信手段・関連資料へのアクセスが確保された指令室（situation room）の準備、顧客に対してPRが必要な場合はメディアとの連携、地元の関連機関（病院、消防署）との連携。

9-3-6-2-2 2030年に向けた提言

(1) 目標

内部または外部の要因に対するPPWSAの一般的な脆弱性を評価し、機材の危機分析を実施し、非常時の措置を定め、緊急事態に対応できるよう職員を訓練すること

(2) 進捗確認のための指標

- ・ 危機シナリオの策定
- ・ 緊急対応計画にそった職員訓練の実施

(3) 改善施策

表 9-3.16 改善施策（リスク管理と緊急対応）

活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
組織全体のリスク管理を担当する部署・組織、及び緊急対策本部メンバーを定める。	→		
主要な設備ごとに想定されるリスクを洗い出し、脆弱性調査を実施する。	→		
危機シナリオを定め、インパクトの大きい危機が発生した場合の緊急対応計画（シミュレーション）を策定する。	→	→	
定期的な研修と危機シミュレーション演習の実施		→	→
復旧時間が長過ぎる危機を緩和するための事前対応策を定め、順次実施する		→	→
危機管理のための本格的な設備（situation room: 危機管理室）の導入			→

出典：調査団作成

9-3-6-3 他事業体への貢献

9-3-6-3-1 現状

- ・ PPWSA のビジョンには、飲める水のアクセスのために、国内外の水道事業体を支援することが明記されている。
- ・ これまで、国内外の事業体に対して、要請に応じて研修を実施したり、現地での実地指導を行ったり、各種セミナーやワークショップで PPWSA の知見を共有するなど、トップランナーとしての責任を果たしている。

近年では、地方の水道事業の運営を PPWSA が担う事例もある。

- ✓ **Kampot 州の Mlech 地区は、民間事業体がなく、水源も乏しかったため、MISTI の依頼によって PPWSA が浄水場の建設（投資）と、その後の運転・バルク給水を行う事業が開始された。**2020 年末から 2 社の民間企業にバルク給水を行っている。現在は施設能力（2,000m³/日）の一部運転のため収益はないが、今後採算性を見込んでいる。MISTI は、地方部への給水拡大に向けて、この事業をモデル化して普及したい考え。
- ✓ **Tboung Khmum 州は、Kompong Cham 州から分離した経緯から、水道事業の運営能力も人材も乏しく、浄水場の施設能力 10,000m³/日の内、給水が 4,000m³/日に留まっていた。**MISTI から PPWSA に打診があり、2020 年 8 月に運営が移管した。職員を 20 人程度派遣し事業を運営している。水道料金は移管前の水準を維持し、配水管網の拡張等に PPWSA が投資も行っており、2021 年、約 5000 世帯の内、約 2000 世帯に給水している。
- ・ MISTI 主導で、国の水道研修センター設立の構想がある。研修センターは、全国の公営・民間水道事業者を対象とするもので、講師には PPWSA を含む公営水道のシニア職員や、開発パートナー等の海外招聘講師を想定している。実現すれば、PPWSA の知見を広め全国の水道の改善に大きく寄与することとなる。
- ・ 他事業体への貢献活動は、PPWSA 内でも主に課長級以上が対応しており、特に 2 か所の地方水道の運営は、PPWSA 内でも業務負荷の高い浄水場の運転維持管理、水質管理、無収水対策などの分野から、現地での指導や監督を行うことができる経験豊富な職員が対応している。本来業務の対応や長期的な体制を勘案すると、このような貢献活動の機会を活用して、次世代の

育成を進めることが望ましい。

- ・ 他事業体への貢献活動は、今後、技術的な助言や研修受け入れに加え、地方の小規模水道事業の運営ノウハウのモデル化、事業経営に関するコンサルティング、水質検査室での水質分析受託などの、小規模ながらも収入を得る事業として育つ可能性がある。PPWSA 内の知見の蓄積と同時に、事業としての採算性を見極め、事業の展開を検討する材料となる。

9-3-6-3-2 2030 年に向けた提言

(1) 目標

他事業体への支援活動の機会を活用し、PPWSA 内での知見を整理するとともに、水道事業の様々な課題や事例について視野を広げ、業務改善の課題解決のケーススタディの機会として、若手職員や講師の育成を図る。

(2) 進捗確認のための指標

- ・ 他事業体への貢献に関わった職員数

(3) 改善施策

表 9-3.17 改善施策（他事業体への貢献）

活動	2021-2024	2025-2027	2028-2030
現在のように、MISTI の要望ベースで研修・実地講義を支援する	----- (Continue)	-----	----->
地方水道事業の工事・コンサルティングを請け負う	----- (Continue)	-----	----->
地方水道の事業支援を通じた若手職員の育成(数週間～数か月の現場経験)		=====	=====>
地方水道事業に参画した職員によるケーススタディ等の知見の整理・共有促進		=====	=====>
MISTI や他水道事業体の要請に応じて積極的に検討 ・PPWSA への研修の受け入れ ・全国研修センターに講師を派遣する ・小規模水道の運営ノウハウを蓄積し、モデルとして発信。 ・小規模水道の現場を活用し、他水道事業者への研修活動の展開。	-----	-----	----->

出典：調査団作成

第10章 人材育成

10-1 人材育成

10-1-1 ビジョンと将来像

PPWSA は組織のビジョンを表 10-1.1 のように定めている。

表 10-1.1 PPWSA のビジョン

PPWSA のビジョン
「PPWSA は、水道サービスの持続的な発展を目指すとともに、カンボジアの他の都市や州の人々が飲料水を利用できるように、コンサルタントやファシリテーターとしてサービスを提供していく。PPWSA はまた、他の途上国が人々に飲料水を供給できるよう支援することにも取り組んでいく」

出典：PPWSA

同ビジョンを実現し、また前章までの施設整備計画の実施、施設完成後の運転維持管理、及び拡大する水道事業運営とサービス提供を確実に実施するため、人材の育成は、PPWSA にとって大きな課題の 1 つである。

これを実現する PPWSA の人材育成ビジョンと目指す職員像を表 10-1.2 のように提案する。

表 10-1.2 人材育成ビジョンと目指す職員像

人材育成ビジョン
PPWSA のビジョンを持続的に実現できるように職員の能力を開発すること
目指す職員像: PPWSA の理想的な職員
<ul style="list-style-type: none">- 責任感がある。- 職務上の規則を遵守し、高い倫理観を持つ。- 積極的に困難に挑戦する姿勢を持つ。- チームワークを大切にする。- 仕事に関する豊富な知識と専門性を持っている。

出典：調査団作成

10-2 人材育成における現状認識

PPWSA における人材育成に関わる SWOT 分析の結果を表 10-2.1 に示す。

表 10-2.1 人材育成に関する SWOT 分析結果

人材育成に関する SWOT 分析結果	
[強み]	[弱み]
<ul style="list-style-type: none"> - 離職率が低い - 職員数の管理が適切 - 若い技術者の離職対策として効果的な雇用契約制度 - 人材育成に対する幹部の強いコミットメント - 年間研修計画に基づいた社内外の豊富な研修の継続的な実施 - SOP を研修資料として十分に活用 - 現場業務については SOP に基づいて十分な研修を実施 - すべての研修コースで終了時に達成度テストを実施 - 専門分野の研修には外部リソースを積極活用する方針 - 多くの経験豊富な社内講師が存在する - 内部講師の育成によって内部研修コストを抑制 - 人材育成に係る適切なデータ管理・蓄積 - 5S・カイゼン活動の積極的な実施による作業効率や安全性の確保 (5S: 整理・整頓・清掃・清潔・しつけ) - 地方水道局への技術的知見の提供による積極的な貢献 	<ul style="list-style-type: none"> - 若手職員の学ぶ意欲が低い。 - 技術や経験を次世代に伝承する体系的なシステムが確立していない - 長期的な人材育成計画がない - 人材育成に対する管理職の理解が不十分 - 職員が技術や知識を段階的に習得できるよう研修プログラムが構築されていない技術者向けの専門的なテーマの研修実施が困難 - 幹部候補生に幅広い業務を経験させることが困難 - 各人が特定の職場に長期的に配置。 - 自己啓発支援の制度がない - OJT 改善のための推進体制が整っていない - 定期的な採用プログラムがない - 研修予算が限られている (営業費用の 0.3%のみ)
[機会]	[脅威]
<ul style="list-style-type: none"> - カンボジア工科大学が水関連のコースを新設 (採用と再訓練の機会拡大) - 開発パートナーの強力な支援 - 海外の招聘制修士コースへの参加機会が多い (1-2 人/年) - 継続的な PPWSA の高い評判 - 地方の水道事業体に研修や技術支援サービスを提供する機会が多い 	<ul style="list-style-type: none"> - 今後数年で、豊富な専門知識と技術を持つ職員が退職 - カンボジアでは高度な技術研修が受けられるリソースを見つけることが困難 - 新しい・高度な技術や、複雑な検討が必要となる多くの整備事業が実施される - 非公式な業務として PPWSA に他都市での追加業務が与えられ、人材確保が困難になる

出典：調査団作成

現在の PPWSA の年齢別の職員構成を学歴別で示したものが図 10-2.1 である。

PPWSA における職位は、主に学歴が基準となって運用されており、PPWSA 発展の第 1 世代である 50 歳以上の現在の副総裁、部長には、海外での修士以上の学歴を持つ人材が多い。その後、改革が進み事業が拡大する中で採用された第 2 世代 (30 代半ば～40 代半ば) では、拡張事業を実施するための作業員の割合が高く、さらに 2012 年の株式公開以降に採用された 20 代～30 代前半の第 3 世代では、労務者の割合が減り、高卒及び大卒の職員の割合が大きく増えている。

PPWSA の改革を支えた第 1 世代の幹部は、ロシア等での高等教育を受け、また開発ドナーと累次にわたるプロジェクトを実施しながら経験を蓄積し、30 代の頃から 20 年以上に渡って事業の中心的な役割を果たしてきた。そのため、次世代の幹部育成が進んでおらず、特に 40 代の職員数が相対的に少ないため、第 1 世代の知見を継承する人材が限られている。

さらに近年、若手職員の比率が増加してきており、35歳以下の職員が全体の54%を占めている。40代の職員は、各Sectionの中核として若手職員の指導・育成も担っているが、この40代の職員に比して若手職員の数が非常に多いことから、育成の負荷が大きい。第10章で示すように、今後は事業拡大に伴って、継続的に毎年100人以上の新入職員を採用していく必要があり、新入職員がスムーズに組織の一員として業務を担えるよう、採用後からの効果的な研修プログラムを構築していく必要がある。

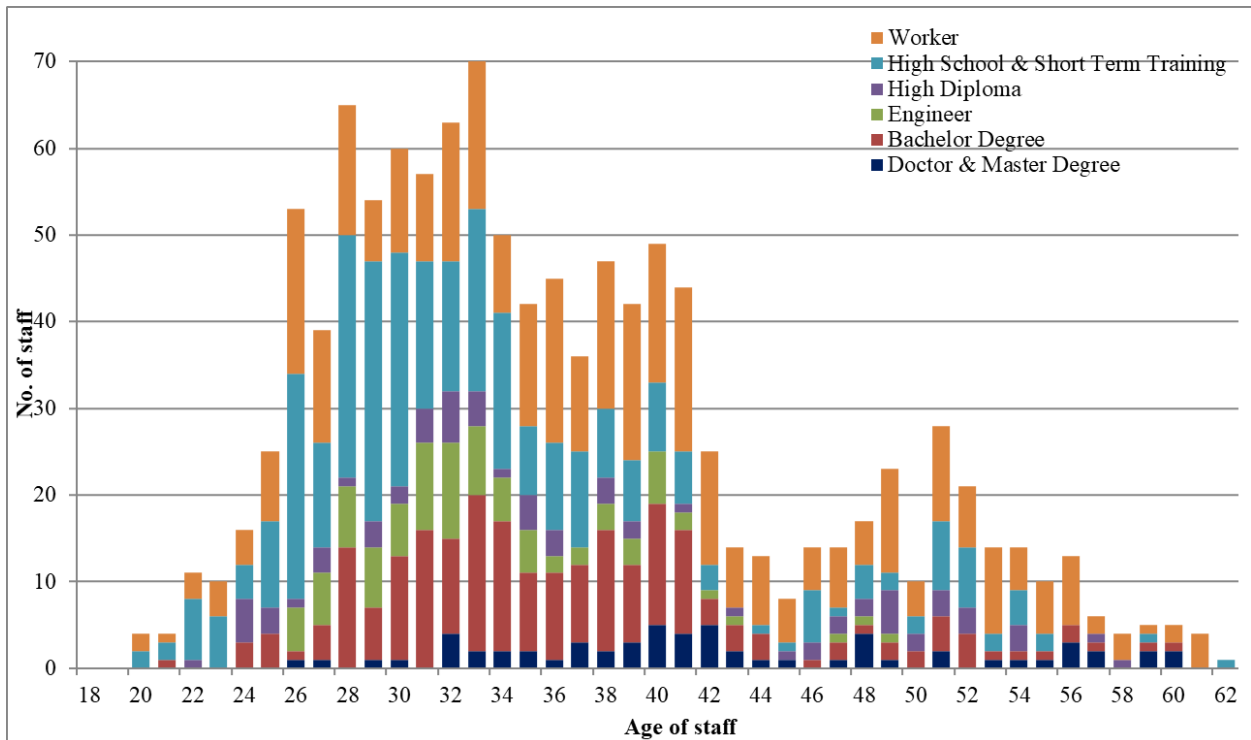


図 10-2.1 職員の学歴別の年齢分布 (2021)

出典：PPWSA

現状分析から、PPWSA の人材育成における主な課題は下のよう整理される。

- ・ 事業規模拡大における職員数の増加を抑制するための業務の効率化、及び新しく導入される技術に適応し運用するための職員の能力向上。
- ・ 技術力が高く知見豊かな幹部の退職後に備えるための次世代幹部の組織的な育成。
- ・ 技術職に対する専門的な研修ニーズの確認と研修コース提供の機会が限定的。
- ・ 特に技術職での専門性の高い職員の採用、育成の難しさ。
- ・ 若手職員の採用後のオンボーディング研修の効率化、体系化。
- ・ 施設拡張に伴って必要となるリーダーの育成：各拠点の責任者、及び分野別チームのリーダー。浄水場では運転維持管理、機電設備の維持管理・予防保全、水質管理など、支部では顧客サービス、検針対応、無収水対策など。
- ・ 事業規模の拡大に伴う、事業管理部門の能力の底上げ：オペレーションに関わる部署以外に管理部門においても業務負荷が高まる。累次の整備事業を担当する計画・設計部門・調達部門、

- 資金調達・計画を担う財務部門、本部内及び支部との通信環境を管理する IT 部門、拡張する部署及び職員を管理する総務・人事部門など、業務量の増加に加え、業務が複雑化。
- ・ 増加する若手職員に組織文化を確実に継承する機会の創出。

10-2-1 人材育成のニーズ把握

PPWSA では、各部署（Department）を対象に毎年研修ニーズ調査を質問票で実施し、要望に基づいて、研修計画を策定している。一方で、組織全体の視点から、強化すべき分野・活動を確認し、それを基に中長期的に人材育成を検討する体系的なメカニズムは見られない。

2030 年までの人材育成計画の策定にあたって、組織的な視点から人材育成のニーズを把握するため、1) 現在の各分野の能力の状況、2) 専門人材の採用・育成が特に難しい分野、3) 今後の事業拡大で対応が必要な領域、の視点から重点分野を確認し、特に研修プログラムの検討に反映する。

10-2-1-1 成熟度評価

9-2-1 で記述したように、M/P（2017）では、PPWSA の業務分野・活動別に「担当業務を実施するためのリソース、資機材、手順」の程度を成熟度として評価しており、本調査では、同じ業務分野・活動の分類を用いて 2021 年までに大きな改善・発展が確認できた分野を評価した。

ここで、「リソース、資機材、手順」の成熟度が、直接的に人材育成のニーズに結びつくわけではないが、この成熟度スコアの低い各分野の現状を確認すると、人材不足や能力開発の課題に起因していることが観察される（成熟度スコアの低い各分野の現状分析は、9-3 の各項目を参照）。したがって、9-2-1 で示されるように、相対的にスコアが低く、大きな改善が認められない、水質分析・管理、電子機器の維持管理、顧客対応、人材育成、非常時対応、省エネなどの領域は、重点的に能力強化が必要であると捉えられる。

10-2-1-2 人材確保が困難な分野

PPWSA の職員採用は、18 歳～25 歳が中心で、業務経験のある人材の中途採用は行っていない。PPWSA では年々職員の待遇を改善しているものの、労働市場での競争力から、専門分野の優秀な人材の採用は、これまでと同様に困難である。さらに、採用後も専門分野によって専門性の習得や育成に時間がかかる分野があり、それらの分野については重点的に能力開発するべく人材育成計画に反映する必要がある。採用が困難、また育成に時間がかかる分野を下に示す。

人材確保が困難な分野: 土木、水理分析、電気、電子、機械、IT、水処理、化学、生物、財務、会計・監査、品質管理、安全管理

なお、人材の発掘及び採用制度の課題と改善については、**10-3-5-2 人事管理**にて議論する。

本調査にて提案される事業の実施によって新たに導入される技術や、拡張する事業の運営において今後検討が必要となる分野についても重点分野として勘案する。

- ・ 水処理、水理分析: 新規技術の妥当性を検討するための基礎的な知識の長期的な強化
- ・ 水運用: 浄水場の数が増え、送配水網が複雑化するなかで、エネルギー効率を評価しながら配水管理を行うための幅広い知識と応用。
- ・ データ評価・分析: 事業運営のモニタリング・改善、導入技術の妥当性検証に関わる領域
- ・ 資産管理: 施設更新に備え、メンテナンス履歴と紐付いた情報の一元化と活用
- ・ 事業管理: 今後も拡大する事業を適切に効率的に運営するため、組織全体での文書管理、データ管理、在庫管理、品質管理、安全管理、調達管理、業務記録や報告の改善の必要
- ・ リスク管理と事業継続、コンプライアンス

10-3 人材育成戦略

PPWSA のビジョン及び PPWSA の目指す職員を実現するため、現状を踏まえ、下のような戦略を基本とする。

- ・ 今後の事業拡大に伴って職員数増加が見込まれるが、職員数を適正に管理するには、各職員の能力を向上し、業務の効率を高めることが、ますます重要になる。
- ・ 強化の対象職員は、次の 3 グループを重点とする。1) プロフェッショナル・レベル: 国外の専門家・研修、修士コース、シンポジウムや展示会等を活用し、専門性を高めると共に新規技術・知見を吸収活用、2) 中堅クラス: 国内リソースを活用し、業務実施の中心となる管理職候補を育成、3) 職員: 現場のオペレーションを確実に実施するための OJT や SOP を用いた研修などの推進。
- ・ 多くの職員を対象として標準手順書 (SOP) を基にした研修が実施されており、現場業務に関する研修機会は十分に準備されている。今後も SOP 研修は継続・展開する。
- ・ 研修は単発のコースだけでなく、職員がキャリアに即して研修項目についての理解を深め、知識を蓄積できるように構成。階層別、職務別の研修プログラムとして整理する。
- ・ 若手職員の増加による研修実施数の増加、また内部研修の分野拡大に対応できるよう、担当する講師の能力強化と次世代の育成、また研修教材の作成、更新を進める。
- ・ 次世代幹部の育成は、現在の幹部・シニア管理職が中心となって組織的に推進する。
- ・ 若手社員が増加する中で、組織文化の継承や学習意欲の向上のために、様々な研修プログラムを提供し、職場内でのサポートを強化する必要がある。
- ・ 地方水道への知識共有、地方水道の事業・施設運営の機会を活用して、若手や次世代リーダーの知見を広げ、問題解決能力を高める。
- ・ 研修以外の人材育成の施策も効果的に組み合わせ、包括的な人材育成体制を全体として強化し、組織として人材育成を推進する。

これらの戦略を実施するために、「PPWSA 規定」の見直しを行う。

人材育成の施策としては、研修以外にも、OJT の促進や、自己啓発の推進、内部勉強会等による知見共有がある。これらの施策は、それぞれに図 10-3.1 に示すような特徴がある。例えば SOP に基づいた研修は、通常、各業務の具体的な内容を SOP に沿って説明する内容であり、通常の研修コースよりも、業務に即したより具体的な内容である。またその内容は、すぐに習得し業務に活用することが期待される。このように人材育成の各施策は、それぞれに異なる特徴を持つため、これらを効果的に組み合わせて包括的な人材育成の体制を全体として強化する。

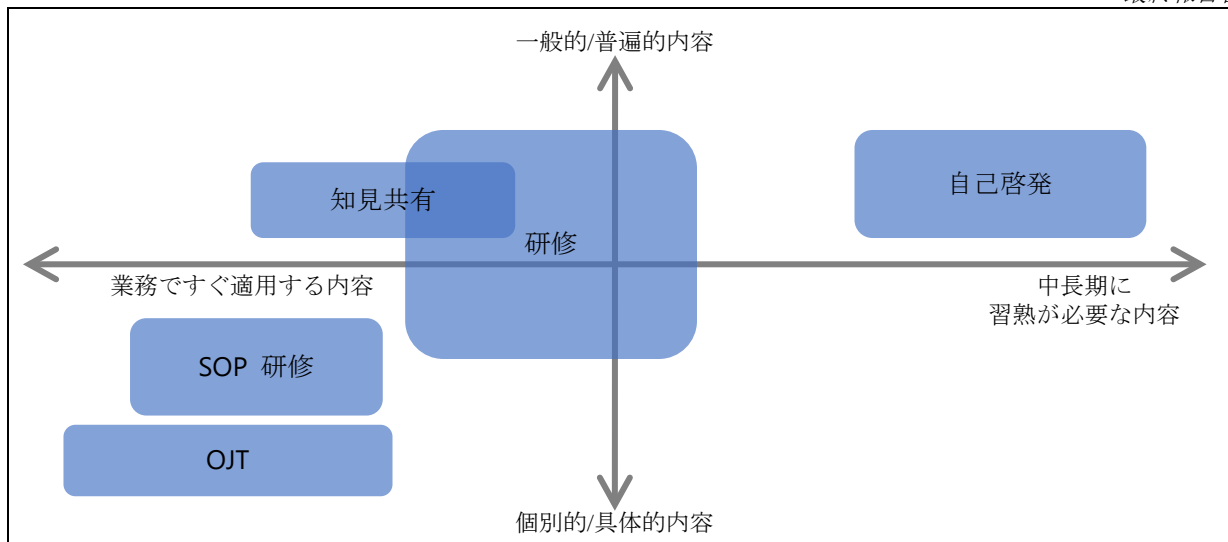


図 10-3.1 必要な人材育成の領域と効果的な方策

出典：調査団作成

10-4 人材育成計画

10-4-1 研修プログラム

10-4-1-1 階層別研修

1) 新人研修（合同）

全新入職員を対象として、オリエンテーションを集合研修としてプログラム化する。現状は、新入職員に対して総務人事部が簡易なオリエンテーションを実施し、その後は各部署で個別に OJT を実施している。これを合同研修として体系化することで、各部署での負担軽減と質の向上を狙う。研修を通して PPWSA や水道事業に関する基礎知識を身に付け、現場での OJT の効率を向上するとともに、同期職員のネットワークを構築し組織への帰属意識を醸成する。若手職員が中心となって各部署の担当業務を紹介することで講師経験を積むとともに、新人職員とのネットワーク構築を促す。

主な内容: PPWSA 組織概要、水道事業概要、各部署の担当業務、職員服務規程・人事評価、SOP の目的と構造、チームワーク、顧客サービス、主な施設視察（Nirodh 浄水場など）

2) 若手研修（合同）

3 年目から 5 年目の全若手職員を対象として集合研修を実施する。PPWSA 事業概要や事業計画、水道事業の概要についてリフレッシュ研修として実施する。様々な部署から参加者を集めることで、各部署の業務や課題について参加者が自ら考え、意見交換、学ぶ機会とする。グループディスカッション、ファシリテーション、プレゼンテーション、レポート作成を学ぶ機会としても活用する。

主な内容: PPWSA の事業概要と将来計画・課題、各部署の担当業務と課題、顧客サービス、人材育

成、水道料金と事業拡張、SDGs、IT システムとセキュリティ、施設視察

3) 初級マネジメント研修（合同）

Section Chief（係長相当）及びその候補となる職員を対象として、管理業務の基礎を学び、管理職としての意識を向上する場とする。PPWSA での過去の事例や議論を中心とすることで、具体的な管理業務の手順や手法を正確に理解する。

主な内容: PPWSA のビジョン・ミッション、中期計画、施設拡張と財務状況、各部署の担当業務と課題・今後の計画、部署の事業・予算計画と執行管理、事業評価と報告、職員管理と育成、コンプライアンス、健康・安全管理、情報共有システム概要等

10-4-1-2 スキル研修

1) 若手スキル研修

新入職員～若手職員を対象に、業務に必要な基礎的なビジネススキルをモジュールとして個別に学べるようなコースとする。各部署から若手職員の積極的な参加を促し、業務に関連する項目を中心に業務遂行の基礎能力の底上げを狙う。各コースを定期的実施することで、若手職員全体の基礎スキルの向上を狙う。若手スキル研修の分野と研修コースを表 10-4.1 に示す。

表 10-4.1 若手スキル研修の分野と研修コース

分野	研修コース
(a) ビジネス基礎スキル	Administration and Secretary work OPERACY (soft skill/management skill) Communication Skill; Negotiation skill, art of persuasion Meeting Minute, Reporting, documentation skills Presentation Skill Leading the meeting
(b) 現場作業の基礎スキル	Safety and health management, site management, stock management, basics of construction work
(c) コンピュータ基礎スキル	Microsoft Excel Microsoft Excel (Advance) Microsoft Power Point Microsoft Power Point (Advance) Microsoft Access GIS Data Input KIS Application (software)
(d) 英語	English English (Speaking/communication skill) English (Official Doc. Correspondence)

出典：調査団作成

2) 初級マネジメントスキル研修（個別）

Section chief（係長相当）及びその候補となる職員を対象として、業務上、特に必要な分野のマネジメントに関する知識やスキルを向上する場とする。外部講師を招聘することを想定し、本研修の参

加者は、将来その分野について内部研修の講師になることが期待される。研修項目を下に示す。

- ・ Management and Leadership
- ・ Human Resource Management
- ・ PPWSA regulation, staff condition, compliance, health and safety management
- ・ Facilitation skills for managers, trainers
- ・ Negotiation and Conflict Resolution Techniques
- ・ Management and Planning
- ・ Results Based Program Monitoring & Evaluation
- ・ Statistic for Analysis
- ・ Project Management
- ・ Contract Management
- ・ Foundation of accounting and finance
- ・ Asset management; data and inventory management
- ・ Creativity, Design Thinking, and Innovation for Business
- ・ Training of trainers

10-4-1-3 職務別専門研修

各部署の業務に直接関連する内容で、今後能力開発が必要な分野について研修を実施する。表 10-4.2 は、今後 10 年で研修が必要な研修科目で、各科目の対象部署名及び実施優先度をあわせて示す。

表 10-4.2 職務別研修の科目と対象部署、優先度

No.	研修項目	優先度	主な研修対象部署												
			計画・プロジェクト部	浄水配水部	営業部	財務部	総務人事部	法務・検査室	内部監査室	ITセンター	調達室	秘書室	上下水道支社		
I	PPWSA 内部の研修 (12 科目)														
1	Annual training on SOP (継続) (PPWSA regulations, staff service regulations condition, compliance, health and safety management)	◎	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Management and Operation of Water Treatment Plant			✓											
3	Basics on Water process and water quality management for WTP operators			✓											
4	Knowledge and management of O&M of WTP facilities	◎		✓											
5	Knowledge and management of O&M of network facilities			✓											
6	Maintenance of automation facilities/equipment, electronic, WTP			✓											
7	Maintenance of automation facilities/equipment, electronic, network		✓	✓											

No.	研修項目	優先度	主な研修対象部署											
			計画・プロジェクト部	浄水配水部	営業部	財務部	総務人事部	法務・検査室	内部監査室	ITセンター	調達室	秘書室	上下水道支社	
8	General Knowledge on equipment/material being used in Waterworks											✓		
9	Reporting on "verification of Customer Payment" (Ratio)				✓									
10	Skill of usage and maintenance of water meter of size of 80mm and over				✓									
11	IT Risk Management	◎									✓			
12	Training of trainers	◎	✓	✓	✓	✓	✓							✓
II	主に国内リソース（講師・研修機関）による研修（40科目）													
13	3D Max	◎												✓
14	AutoCAD 2D & 3D	◎		✓										✓
15	Google Sketch Up			✓										✓
16	Microsoft Quick Book													✓
17	Microsoft Project	◎	✓											✓
18	QGIS			ü										✓
19	Legal Skill								✓					
20	Inspection Procedure	◎							✓					
21	Legislation								✓					
22	Foundation of Inspection Work								✓	✓				
23	Public Administration							✓	✓				✓	
24	Advanced Administration and Secretariat												✓	
25	Public Relation/ Communication with public				✓		✓							
26	Occupational Safety and Health	◎	✓	✓		✓								✓
27	Compliance	◎	✓			✓	✓	✓	✓		✓			✓
28	Training Management and Evaluation							✓						
29	Knowledge management/sharing							✓						
30	HR Development in an Institution (advance)	◎						✓						
31	Training Need Analysis (TNA)							✓						
32	Auditing Skill	◎								✓				
33	Risk Management								✓	✓				
34	Corporate Governance Auditing									✓				
35	Quality Management System Auditing									✓				
36	Project Appraisal						✓							
37	Advance Budget Planning & management						✓							
38	Long term planning and analysis (for finance)	◎					✓							
39	Taxation Regulation Update						✓							
40	Basics on International Financial Reporting Standards of Cambodia						✓							
41	Update on International Financial Reporting Standards of Cambodia						✓							
42	Financial report design on Navision	◎					✓							
43	Customer Management and Service				✓									
44	Public Relation Strategies				✓									
45	Database Administrator										✓			
46	Firewall Security	◎									✓			
47	Machine learning										✓			
48	Mobile App Development										✓			
49	Programing: database language (SAMs by MS)										✓			
50	Software project management										✓			

No.	研修項目	優先度	主な研修対象部署											
			計画・プロジェクト部	浄水配水部	営業部	財務部	総務人事部	法務・検査室	内部監査室	ITセンター	調達室	秘書室	上下水道支社	
51	Comprehensive Cyber Security	◎									✓			
52	Visualization of software system										✓			
III	主に国外での研修、国外からの専門家招聘 (28科目)													
53	Operation Manual of Water Supply Apparatus													✓
54	Infrastructure Development and Management		✓											
55	Environmental and Social Safeguards		✓											
56	Financial Project / Analysis	◎	✓			✓								
57	Common Procedure for Project Management, Procurement, Finance		✓						✓					✓
58	Training for User of IT System for Public Finance Management		✓											
59	Hydraulic modeling, Data GIS Management, Water Gems		✓	✓										✓
60	Advance WaterGEMS	◎	✓											
61	Autodesk Revit (Structure, BIM Quantification and MEP Plumbing)	◎	✓											
62	ISO/IEC 17025: 2017 Quality Management System Risk Management and Auditing	◎		✓										
63	Laboratory Management and Internal Audit			✓										
64	Management of Testing Equipment and Chemical Waste for lab			✓										
65	New Technology and Innovation		✓	✓										
66	Water Quality Equipment Operation and Maintenance			✓										
67	Water Quality Management, Water Safety Plan			✓										
68	Water quality modeling in pipe		✓	✓										
69	New technologies and strategic management for NRW reduction	◎		✓										
70	Catchment management and Environmental conservation			✓										
71	Asset Management for maintenance			✓										
72	Efficient Water Distribution system/Pump Operation			✓										
73	Quality Management Course (Quality survey and Quality Control)			✓										✓
74	Pipe installation and Construction site management			✓										✓
75	Pipe Hydraulic Calculation			✓										✓
76	Warehouse Stock Management System	◎	✓	✓							✓			✓
IV	修士コース													
77	Civil Engineering			✓										✓
78	Management of Technology (application and evaluation)													✓
79	Water resource			✓										✓
80	Water supply management													✓

出典：調査団作成

なお、表 10-4.2 の研修科目には、カンボジア国内で適切な研修リソースが見つけれない項目も多い。これまでも、年間研修計画に含められていながらも、国内に適切な研修プログラムがない、あるいは参加希望者が少ないため研修が開催されなかったといった状況が頻繁に起こっている（2017年以降の実績では、年間計画で外部研修が15～20コース提案され、毎年、過半数の10～15コースが研修リソースの制約で実施できていない）。それらの研修項目については、国外研修の招聘プログラムの情報を収集したり、外部セミナーを活用したりすることが必要となる。

特に、今後、PPWSA にとって能力強化が不可欠であり、これらの追加的な措置が必要と考えられる分野については、今後計画されている施設整備事業の技術支援プログラムに加えることを提言する。重点分野は下の通り。

- ・ データの分析、評価: ほぼ全ての部署を対象とする基礎的な能力と、計画・プロジェクト部、浄水配水部、財務部を対象とする専門的なレベルの分析)
- ・ 水質分析・水質管理 (精度管理を含む)
- ・ 監視制御設備の維持管理の専門領域
- ・ 水理分析と水運用の計画と実践
- ・ 事業管理の刷新: 文書管理、データ管理、在庫管理、業務記録・報告など事業管理全般の改善、進化
- ・ 事業継続性の観点から、リスク管理・事業継続計画 (BCP) 策定
- ・ 資産管理: 機材更新計画に活用できるような維持管理記録との連携

想定される技術支援プログラムを表 10-4.3 に示す。

表 10-4.3 優先的に整備事業に技術支援プログラムに含める研修分野

分野	目的	対象者	主な研修項目
データ分析、評価 (基礎)	業務記録などのデータを活用するための基礎能力の底上げ。業務の改善点を抽出できる	ほぼ全ての部署を対象。データ取りまとめを担当する職員	<ul style="list-style-type: none"> - データ分析のための基礎統計 - データの妥当性評価 - 業務データのモニタリング・評価と改善提案の抽出 (演習)
データ分析、評価 (専門)	データに基づいてプロジェクトを評価し、O&M の改善につながる提言を抽出することができる	計画・プロジェクト部、浄水配水部、財務部のデータ分析を担当する部署の職員	<ul style="list-style-type: none"> - データ分析のための基礎統計 - データの妥当性評価 - 実績ベースのプロジェクトの評価 - O&M 記録の分析による改善提案の抽出 (演習)。事例:個別ポンプの効率性評価に使えるような電気使用量のデータ、浄水場別の電気使用量の分析・比較、浄水場別の浄水単価の分析、需要地域別の担当浄水場の検討、各機材の機能評価をして維持管理計画に反映するなど
水質分析	水質分析の能力強化 (精度向上を含む)	水質検査室職員	<ul style="list-style-type: none"> - 水質分析の項目やモニタリング地点、頻度等の改善 (基礎理論) - 水質分析手順のレビューと SOP の更新 (OJT) - リスク管理 (ISO17025) (基礎理論、OJT) - 分析機器の管理 (校正、精度管理) (基礎理論、OJT) - ラボ廃棄物の処理 (基礎理論)
水質管理	水質管理の能力強化 (水質モニタリング結果のデータ検証、分析、水処理への反映、対策検討に関する能力を強化)	水質管理を担当する部署	<ul style="list-style-type: none"> - 水質分析結果に基づいた浄水場運転・維持管理の改善助言 (基礎理論、演習) - 非常時対応の検討と SOP 策定 - モニタリング項目の妥当性の検討 (SOP 見直し) - 配水区内での水質変化の分析等 (OJT)
予防保全と固定資産管理	メンテナンス情報を活用した予防保全を強化する	機電課の職員	<ul style="list-style-type: none"> - メンテナンス情報に基づいた固定資産管理。(体系的な維持管理計画を含む) - 維持管理作業用の資料整備:資産台帳整備、技術資料、マニュアル、完成図面、定期検査記録、修理履歴などをまとめる。

分野	目的	対象者	主な研修項目
			- ポンプの予防保全。O&M記録を基にした評価。ポンプの効率性評価と回転数制御 (VSD)
監視制御設備の維持管理	監視制御設備の維持管理を担当する専門人材の確保	機電課の監視制御設備の維持管理を担当する専門人材	- 監視制御設備の基礎 - 自動測定機器の維持管理 (演習) - SOPの見直し (OJT)
水理分析と水運用	(Bakheng プロジェクトで実施予定)	計画・プロジェクト部の関連業務担当職員	- 水需要予測に基づいた水理解析モデル - SCADA を活用した水圧管理 - Autodesk Revit
	複雑になる水運用を効率的に行えるようになる。	計画・プロジェクト部の関連業務担当職員	- 効率的な水運用とポンプ運用 - 水理分析を活用した管網モデル(意思決定のための) - 管網内の水質劣化モデル
事業管理	事業管理の質を高め、業務の効率性を高める	ほぼ全ての部署の管理職を対象	- 資産管理、文書管理、在庫管理、調達管理、品質管理、安全管理、コンプライアンス - 業務記録、報告とプレゼン - O&M マニュアル、SOP の更新 (主に浄水・配水部)
BCP 策定	想定される主なリスクに対して事業継続計画を策定する	担当部署 (内部監査室)	- リスクの洗い出し、リスク評価

出典：調査団作成

10-4-2 OJT の促進

PPWSA では多くの定型業務について SOP が整備されており、その内容についての研修コースも継続的に実施され、SOP に基づいた業務が実施されている。これに加え、増え続ける若手職員が、定型業務以外の関連業務を把握したり、SOP の背景にある関連知識や基礎理論を理解したりするためには、各現場での効果的な OJT による指導が不可欠となる。現在、OJT は各部署に任されているため、管理職が OJT 指導を担当する際や、OJT の効果を高めようとする際に、OJT の効果的な方法や具体的な事例を学べるような、参照できる資料がない。

目的: 若手職員の働く意欲を高めながら指導できるよう、PPWSA 全体として OJT 指導者を育成する体制を整え、各職場の OJT の質を高める。

1) 施策

- ・ OJT の記録: 人材育成課が主導して統一の様式を定め、各部署で日常的な OJT を記録し、経験を蓄積する。成功事例や、対応が困難な課題を抽出する材料とする。
- ・ OJT 事例ハンドブックの開発: 各部署で OJT を改善する際の参考として、人材育成課の主導で OJT 事例ハンドブックを作成する。OJT の目的や基本的な考え方、手法を整理するだけでなく、PPWSA 内の OJT の具体的な事例を多く含める。作成にあたって、PPWSA 内で OJT がうまく機能している部署の Manager 等をリソース人材として招聘し、ハンドブックの内容についてワークショップを開催し、OJT における業務指示と計画、日常のモニタリングとフィードバック、振り返りと評価などの各段階で、OJT 指導者がすべきこと、すべきでないことなどの意見・事例や、OJT の成功・失敗事例を集めて整理する。前項の OJT の記録を活用することで、より実践的な事例集とする。また、文献や外部研修・セミナーなどからも成功・失敗事例等を取

集し、参考事例として含める。

- ・ OJT 指導者の意識・技術の向上: OJT 事例ハンドブックを用いて、上記リソース人材を講師として、office manager、section cheif のレベルを対象に OJT 指導者育成のためのワークショップを行う。意見交換しながらハンドブックの事例を学び、参加者には OJT 指導員証を交付。

10-4-3 内部勉強会の活用

1) 目的

職場内で知識や経験を共有し、学習する組織として相互に学ぶ文化を醸成する。

2) 施策

各部署で、業務の性質や部署の規模等に適した内部勉強会の実施方法を検討し、実施スケジュール等を定め、業務計画に含める。主な実施方法を下に示す。

- ・ セミナー・研修参加者による成果・学びを整理し、職場内で共有する
- ・ 職場内・業務上関連する部署での良い取り組み、課題解決の事例を報告、共有
- ・ SOP の更新、レビューを通して、部署内で知見や創意工夫を抽出し、共有する
- ・ 各種ガイドライン、設計指針等を活用し、関係分野の理解を深める
- ・ 勉強会を通して、業務への新しい知識・技術の適応可能性や業務改善について検討する

10-4-4 自己啓発の促進

人材育成の効果は、職員本人の成長・学習意欲に大きく左右される。したがって学ぶ意欲のある職員の学習・成長を支援することは、能力強化において特に効果が高い。組織として、職員の自己研鑽を支援することで、職員の組織へのエンゲージメントを高めると共に、他の職員の学ぶ意欲を刺激することも期待できる。

今後、職員の自己啓発を促進するために、幅広い職員が利用できるような支援制度を整備する。現状の、各課で課長が研修参加を指示する形だけではなく、職員各人の意向と自発性を重視し、促進するようなインセンティブを制度として整備する。

1) 施策

(a) 外部研修、セミナーやイベントの参加支援制度の整備

- ・ 研修以外にも職員がセミナーや研修等に関心がある場合は、随時希望を受け付け、内容を精査した上で、研修費の支援や業務時間中の参加を認めるなど制度を整える。参加後の事後レポートを基に、内容が有益であれば翌年以降は広く参加を呼びかけるなど展開も可能。IWA や FIDIC 等によるオンラインセミナー等も視野に入れる。

- ・ 将来海外での修士取得を目指す若手職員を中心に、英語などの継続的な学習が有効な分野について、毎年定数を設け奨学金のような授業料補助等の支援をする。
- ・ 若手職員の希望者に対して、国内の高校、大学・大学院進学への支援を拡大。

(b) インセンティブ制度の整備:

- ・ 外部研修・セミナー参加履歴を人事情報に記録し、人事考課時や昇進時に勘案する制度を整える
- ・ 研修やセミナー参加や、修士号やライセンスの取得を、管理職への昇進や、後述する「専門職制度」の要件とするなど、内部の人事評価の材料として活用する。また、これらの実績を外部ライセンス取得のための補助の要件とする

(c) 研鑽のためのリソース強化:

- ・ リソースセンター（図書室）の強化によるオンラインでの参考・技術資料へのアクセス強化、組織内の過去の研修資料等の蓄積、e-Learning の検討
- ・ 外部リソース機関との戦略的パートナーシップの検討（IWA、FIDIC など）

10-4-5 幹部育成に向けた集中的な対策

10-4-5-1 継承計画の策定・活用

前述のように、PPWSA の幹部は海外留学やドナーとの累次にわたる事業経験を経て高い技術力と知識があるが、今後 5 年以内に多くの副総裁、部長が定年退職となる中、次世代の幹部及びその候補を育成することが急務となっている。従来、幹部は組織内から昇進し任命されているため、長期的な視点から戦略的に幹部の育成を進めていく必要がある。

1) 施策

- ・ 各副総裁、部長、課長級などの幹部及びシニア管理職は、自らの後任人材の育成に責任を持つことを明確に確認し、それぞれ継承計画を策定する
- ・ 継承計画では、各幹部・シニア管理職が、自身の後継を選ぶ際に重視する点を明確化する（高いビジョンを持つ、専門分野の経験知識、組織への貢献、マネジメント能力など）
- ・ 候補者の選定と、各候補者の強化が必要な領域を特定
- ・ 権限移譲を進めながら、候補者の情報を定期的に更新し、必要な能力強化を促進する。（次項参照）
- ・ 候補者による当該部署のビジネスプランの策定と実施を通じた育成

10-4-5-2 下位職への権限の委譲

将来の幹部候補を育成していくには、組織的な判断、問題解決に関わる業務を経験していくことが

効果的である。そのため、現在は主に副総裁レベルに集中している意思決定を、Director レベル、Manager レベルと、責任範囲を明確にして委譲していくことが必要である。これは人材育成の視点からだけでなく、組織運営の点からも改善すべき点と指摘できる。組織的な判断をより現場に近い管理職に委譲することで、意思決定のスピード、柔軟性が高まり、課題に適した判断をしやすくなる。また、事業継続性の観点からも、業務内容を明確化し、代理で業務を執行できる人材を指名しておくことが望ましい。

1) 施策

- ・ より広い業務、難易度の高い業務を割り当て、OJT によって課題解決を支援（地方水道での業務経験を含む）
- ・ 業務に関する権限を委譲。対象とする業務と責任範囲を明確にし、業務計画・執行管理だけでなく予算、人事の決裁権も併せて移譲を進める。

10-4-5-3 専門性の明確化と専門分野ごとの職員の確保

今後、ベテラン職員が離職する一方で、新規技術の検討や事業の拡張に対応しつつ、業務の効率化を進めるためには、PPWSA 内で各専門分野の知見を蓄積し、確実に継承・発展させていく技術の継承と向上が必須となる。また、施設拡張に伴って、各拠点の責任者、及び各分野のリーダー（浄水場では運転維持管理、機電、水質管理など、支部では顧客サービス、検針対応、無収水対策など）が必要となる。各拠点の業務を同水準に保つため、専門性を持ったリーダーを適時に配置できるよう育成していく必要がある。

1) 施策

- ・ 専門分野別の職員を年代別に確認し、戦略的にコアとなる人材を育成する。特に専門性の継承が必要な分野は下の通り。
 - 技術職: 電子、電気、機械、土木、化学、生物、IT（データ解析）
 - 事務職: 財務、会計/監査
- ・ 各専門分野の専門人材として身につけておくべきスキルセットを洗い出し(研修ニーズ評価のベースデータになるとともに、人事考課における将来の開発目標として活用可能)
- ・ 経験者の知見を SOP の更新や事故対応などで整理し、職場内勉強会で共有する。
- ・ 各業務について、テーマ別に数分の動画で整理してアーカイブにする
- ・ 退職人材の中から、委託職員として専門技術のアドバイザーを依頼
- ・ 各専門分野において将来のコア人材を育てるため、職員の年代別に修士号取得を視野に入れる

10-4-5-4 専門職制度の導入

現在の人事制度において、昇進コースは副総裁に連なる各部門の管理職であり、専門性の高さはキャリアコースに反映されていない。事業運営を担うこれらの部門管理職の一般キャリアコースに加えて、専門性を磨き組織に貢献する職員を評価するため、専門職のキャリアパスを整備することが望ましい。専門職を設置する分野は、前項の高い専門性が必要な分野が主に想定されるが、この場合も土木分野を水理解析や漏水探知で分けるなど、より詳細な専門分野を定めることも一案である。

専門職に任命された職員は、所属部署における担当業務に加え、当該分野の技術的なリソースとしての業務を任せる。想定される専門職の職員の役割は、当該分野における SOP の策定・見直し、業務全体の見直し、研修教材の作成、研修講師、若手職員のキャリア支援、業務の中期的なモニタリング、蓄積データの評価・分析などであり、新規技術の導入・検討や、他の事業体・他セクター・国際ワークショップ等の機会先進事例を学び、報告し、PPWSA への適用について提言することなどが期待される。

1) 施策

- ・ 専門職を設ける職種を明確化する。
- ・ 専門性の高い職員を専門職に任命する。

10-5 実施体制

10-5-1 関係者と役割分担

10-5-1-1 人材育成に関わる関係者と役割分担

人材育成は、持続的な事業運営に必須であり、長期的な投資と捉えて、理事会への進捗報告を含め、組織全体として取り組む体制を整える。各施策について、その実施主体及びモニタリング体制を表 10-5.1 に示す。

各部署では、各施策の実施管理について年間業務計画に具体的に策定することで確実な実施を目指す。特に、各部署で実施する項目については、総務人事部人材育成課が中心となって必要な活動を通知し、催促し、定期的にその実施状況を確認して推進する役割を担う。

表 10-5.1 人材育成計画 各施策の実施・モニタリング体制

施策	実施管理	モニタリング方法	最終確認
1) 研修プログラム	人事総務部人材育成課が計画。(外部研修については、各部署が開催情報の収集に協力)	4 半期毎に、年間研修計画の実施状況を部長、担当副総裁が確認	1)～5)の施策の進捗状況について、人事総務部が取りまとめ、人材育成計画の進捗として理事会及び年報に概要を報告する
2) OJT の促進	人事総務部人材育成課が年間業務計画に各施策を定めて、施策の実施。各部署で OJT の強化	4 半期毎に、年間業務計画の進捗状況を担当副総裁が確認	
3) 内部勉強会の活用	各部署で年間業務計画に具体的な活動を定めて、実施	4 半期毎に、各部署の部長、担当副総裁が年間業務計画の進捗状況を確認 人事総務部は定期的に各部署の実施状況を把握・促進	
4) 自己啓発の促進	人事総務部人材育成課が年間業務計画に各施策を定めて、実施	4 半期毎に、年間業務計画の進捗状況を部長、担当副総裁が確認	
5) 幹部育成	各部署で各管理職が継承計画を作成し実施(専門職制度の整備は、人事総務部が年間業務計画に定めて推進)	毎年、各部署の部長、担当副総裁が年間業務計画の進捗状況を確認。 人事総務部は定期的に各部署の実施状況を把握・促進	

出典：調査団作成

10-5-2 実施体制の強化

10-5-2-1 人材育成課の強化

人材育成に関する施策を確実に効果的に実施するためには、表 10-5.1 に示すように総務・人事部の役割が非常に重要であり、特に人材育成課の体制強化が必要である。現在、PPWSA の総務人事部人材育成課の職員は3名で、主に研修の計画・管理とその関連業務を担っている。今後、本章の人材育成計画の実施にあたっては、研修管理業務の拡充の他にも、人材育成施策の実施と推進のための各部署への働きかけ、また、人材育成の効果のモニタリングを担うなど、人材育成に関する PDCA の包括的な役割を担うことが期待される。人材育成課の主な業務と、今後期待される業務内容を表 10-5.2

に示す。

これらの業務を確実に実施するため、人材育成課の体制強化をすすめる。マネジメント経験のある管理職人材を追加し、職員の能力強化を進めながら、現在3名の職員を徐々に増員していく。その後、人材育成課を Section レベルから Office レベルに格上げすることで、各部署と蜜にコミュニケーションを取りながら、組織全体の人材育成施策を自律的に推進できる体制を目指す。

表 10-5.2 人材育成課の業務内容

人材育成課の主な業務	今後、期待される業務内容
<ul style="list-style-type: none"> - 全部署を対象とする内部・外部研修の年間計画の策定 - 研修活動に必要な年間予算管理 - 研修記録（内部・外部）、実施報告の作成・管理 - 研修評価委員会と共同し研修教材の評価・見直し - 同委員会と協働で講師の評価、講義謝金管理 - インターンシップの受け入れ調整 - 国内外の長期研修参加者の調整 - 図書室の運営、研修教材の管理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研修管理に関する業務の拡充 <ul style="list-style-type: none"> - 研修計画の4半期毎に実施状況を副総裁に報告 - 人事考課を活用した研修効果の把握と新たな研修ニーズの把握 - 優先的外部研修の実施状況に関する情報収集 2. その他人材育成施策の実施・推進: <ul style="list-style-type: none"> - OJT 促進にむけた活動の実施 - 知見共有の各部署での実施状況の把握・促進 - 自己啓発の促進に向けた制度検討と実施 - 各幹部が策定する幹部育成の継承計画の定期的な把握・促進 - 専門職制度の検討・推進 3. 人材育成のモニタリングと評価 <ul style="list-style-type: none"> - 上記業務を通して人材育成の効果測定の指標にかかるデータ整理と分析

出典：調査団作成

10-5-2-2 アクションプランの作成

本計画に示す人材育成計画の様々な施策を速やかに実施するためには、関係各部署が実際に担う役割と、取るべき行動を、タイムラインを含むアクションプランに具体化していくことが望ましい。前項のとおり人材育成課の能力強化には、ある程度の時間がかかることから、アクションプランの策定のために、PPWSA 内でタスクフォースチームを組織する。

10-5-3 実施計画

10-5-3-1 研修コース

10-5-3-1-1 研修計画と実施

研修計画は、毎年、総務人事部が策定しており、職員が講師を務め SOP 解説などを扱う内部研修と、外部講師の招聘や外部の研修コースに職員を派遣する外部研修が含まれ、計画に沿って実施されている。また、国外の研修やセミナー等に参加する国外プログラムにも、招聘に応じて毎年職員を派遣する機会を得ている。表 10-5.3 に近年の内部研修、及び外部研修のコースと研修参加者の実績を

示す。表が示すように、a) PPWSA 内部及び b) 外部研修の管理実績は豊富で、合計で年間 20 コース以上の研修コースを管理している。

表 10-5.3 研修コース実施実績

研修	2016		2017		2018		2019	
	コース	参加者	コース	参加者	コース	参加者	コース	参加者
a) PPWSA 内部研修	17	1095	17	1022	11	490	15	697
b) 外部研修(国内)	5	73	10	181	12	292	7	134
c) 国外研修・セミナー	12	33	12	19	8	15	7	14

出典：PPWSA 資料を基に調査団作成

前項で示した研修プログラムの実施に向けた方針を下に示す。

- ・ 階層別研修は、毎年実施し、対象者が全員受講できるようにする。
- ・ スキル研修は、標準研修カタログとして、対象者の数に応じて定期的実施。
- ・ 職務別研修は、表 10-4.2 のロングリストを基に、国外研修や外部研修の情報を随時収集し実施可能なものから実施する。研修やセミナーの開催情報収集は、各部署が総務人事部と協力する。
- ・ 研修ニーズの把握には、既存の人事評価制度を活用し、各職員の能力開発が必要な領域を特定する。定期的にこれらの情報を整理し、研修ニーズを確認・更新し、研修計画に反映する。
- ・ 若手職員が、職種にかかわらず、毎年業務に応じた何れかの研修コースを受講できるよう配慮する。

例：1 年目— 新人研修（階層別）、SOP 研修（職務別）2 年目- Microsoft Excel 研修（若手スキル研修）、3 年目 - 英語研修（若手スキル研修）、SOP 研修（職務別）、4 年目 - 若手研修（階層別）、5 年目- プレゼンスキル研修（若手スキル研修）

- ・ 研修講師は、研修アシスタントを指名し、講義資料準備や講義の一部担当を任せながら、次世代講師の育成と確保を進める。
- ・ 研修参加者に研修等にかかる費用等を共有することで、人材への投資や研修の重要性について理解を促す
- ・ 研修効果について、現在実施されている各研修コースの終了時評価だけでなく、人事考課時に研修効果が業務改善に繋がっているか、新たな研修が必要かについて確認し、各部署から人材育成課に報告する
- ・ 効果的な研修を実施するため、人材育成課の研修管理能力の向上も求められる。徐々に年間の研修コースを増加させ、人材育成課の強化を進める。実施体制の強化は、10-5-2 で提案のとおり。

10-5-3-1-2 定期研修

2030 年までに必要と考えられる研修コースを 10-4-1 に示したが、本項では、その実施スケジュールを、研修の種類別に提案する。表 10-5.4 は、PPWSA 内で定期的実施する研修コースの実施スケジュールである（外部から講師を招聘するコースを含む）。

表 10-5.4 定期研修実施スケジュール

研修コース		日数/回	人数/回	研修実施計画 (回数/年)								
				2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
I	階層別研修											
1)	新人研修	5	35	3	3	4	4	4	4	4	4	4
2)	若手研修	5	35	3	3	2	2	2	2	2	2	3
3)	初級マネジメント研修	5	35	1	1	1	1	1	2	1	2	1
II	スキル研修											
1)	若手スキル研修											
a)	ビジネス基礎スキル											
	Administration and Secretary work	2	50	1			1			1		
	OPERACY (soft skill/management skill)	3	50		1			1			1	
	Communication Skill; Negotiation skill, art of persuasion	2	50			1			1			1
	Meeting Minute, Reporting, documentation skills	2	50	1			1			1		
	Presentation Skill	2	50		1		1		1		1	
	Leading the meeting	1	50			1			1			1
b)	現場作業の基礎スキル	3	30	1				1			1	
c)	コンピュータ基礎スキル											
	- Microsoft Excel	5	20	1	1		1	1		1	1	1
	- Microsoft Excel (Advance)	3	20			1			1			1
	- Microsoft Power Point	5	20		1				1			1
	- Microsoft Power Point (Advance)	3	20				1			1		
	- Microsoft Access	5	20		1			1			1	
	- GIS Data Input	5	20			1			1			1
	- KIS Application (software)	5	50				1				1	
d)	英語											
	- English	20	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	- English (Speaking/communication skill)	15	25		1			1			1	
	- English (Official Doc. Correspondence)	15	25			1			1			1
2)	初級マネジメント研修											
	Management and Leadership	3	30	1				1			1	
	Human Resource Management	3	30		1			1			1	
	Facilitation skills for managers, trainers	3	30			1				1		
	Negotiation and Conflict Resolution Techniques	2	30				1			1		
	Management and Planning	5	30		1			1			1	
	Results Based Program Monitoring & Evaluation	3	30			1			1			1
	Statistic for Analysis	5	30	1				1				1
	Project Management	5	30		1				1			1
	Contract Management	3	30			1				1		
	Foundation of accounting and finance	5	30	1				1				1
	Asset management; data and Inventory Management	3	30		1				1			
	Creativity, Design Thinking, and Innovation for Business	3	30			1					1	
III	職務別専門研修											
A	PPWSA 内部の研修											
1	Annual training on SOP (継続)	3	60	4	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Management and Operation of Water Treatment Plant	5	60	1	1		1	1		1	1	
3	Basics on Water process and water quality management for WTP operators	3	60		1		1		1		1	
4	Knowledge and management of O&M of WTP facilities	3	15	1		1		1			1	
5	Knowledge and management of O&M of	3	15				1			1		

研修コース	日数/回	人数/回	研修実施計画 (回数/年)											
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030			
network facilities														
6 Maintenance of automation facilities/equipment, electronic, WTP	4	15			1				1					1
7 Maintenance of automation facilities/equipment, electronic, network	4	15	1					1				1		
8 General Knowledge on equipment/material being used in Waterworks	2	30		1							1			
9 Reporting on "verification of Customer Payment" (Ratio, SOP)	3	60	1					1						1
10 Skill of usage and maintenance of water meter of size of 80mm and over	3	60			1				1					
11 IT Risk Management	2	60	1			1					1			
12 Trainings of trainer	3	39	1		1				1					1
年間 研修コース 合計 (コース)			26	25	26	25	26	27	27	28	28			
年間 研修参加者 合計 (人数)			1030	1005	975	1055	1015	1075	1055	1090	1035			

出典：調査団作成

10-5-3-1-3 外部研修（不定期実施）

10-4-1-3 で述べたとおり、外部研修（表 10-5.5 のカテゴリ B に該当）は研修コースの開催が不定期であり、計画通りに実施できるコースは少ない。これらのコースについてはロングリストとして随時参照し、優先度の高いコースが開催される機会に実施していくものとする。

また、カテゴリ C の専門コースや、D の修士コースについては、カンボジア国内のリソースによる実施が困難であるため、ドナープログラムの利用を検討する。

表 10-5.5 外部研修の対象科目と実施スケジュール

	研修コース・科目	対象人数	2021 -2024	2025 -2027	2028 -2030
B	主に国内リソース（講師・研修機関）による研修				
13	3D Max	15	1		1
14	AutoCAD 2D & 3D	15	1	1	1
15	Google Sketch Up	15		1	
16	Microsoft Quick Book	15			1
17	Microsoft Project	15	1		
18	QGIS	15			1
19	Legal Skill	5		1	
20	Inspection Procedure	5	1		
21	Legislation	5		1	
22	Foundation of Inspection Work	5		1	
23	Public Administration	3		1	
24	Advanced Administration and Secretariat	3			1
25	Public Relation/ Communication with public	3		1	
26	Occupational Safety and Health	2	1		
27	Compliance	7	1		
28	Training Management and Evaluation	3		1	
29	Knowledge management/sharing	3			1
30	HR Development in an Institution (advance)	3	1		
31	Training Need Analysis (TNA)	3		1	

	研修コース・科目	対象人数	2021 -2024	2025 -2027	2028 -2030
32	Auditing Skill	3	1		
33	Risk Management	5	1		1
34	Corporate Governance Auditing	3			1
35	Quality Management System Auditing	5		1	
36	Project Appraisal	10		1	
37	Advance Budget Planning & management	5			1
38	Long term planning and analysis (for finance)	5	1		1
39	Taxation Regulation Update	5	1		
40	Basics on IFRSs of Cambodia	5	1		
41	Update on IFRSs of Cambodia	3			1
42	Financial report design on Navision	3	1		
43	Customer Management and Service	5	1		
44	Public Relation Strategies	3		1	
45	Database Administrator	5			1
46	Firewall Security	3	1		
47	Machine learning	5		1	
48	Mobile App Development	3		1	
49	Programing: database language (SAMs by MS)	10	1		
50	Software project management	5			1
51	Comprehensive Cyber Security	5	1		
52	Visualization of software system	5			1
C	主に国外での研修、国外からの専門家招聘				
53	Operation Manual of Water Supply Apparatus				1
54	Infrastructure Development and Management			1	
55	Environmental and Social Safeguards				1
56	Financial Project / Analysis		1		
57	Common Procedure for Project Management, Procurement, Finance			1	
58	Training for User of IT System for Public Finance Management			1	
59	Hydraulic modeling, Data GIS Management, Water Gems		1		
60	Advance WaterGEMS		1		
61	Autodesk Revit (Structure , BIM Quantification and MEP Plumbing)		1		
62	ISO/IEC 17025:2017 Quality Management System Risk Management and Auditing		1		
63	Laboratory Management and Internal Audit		1		
64	Management of Testing Equipment and Chemical Waste for lab			1	
65	New Technology and Innovation			1	
66	Water Quality Equipment Operation and Maintenance				
67	Water Quality Management, Water Safety Plan		1		
68	Water quality modeling in pipe			1	
69	New technologies and strategic management for NRW reduction		1		
70	Catchment management and Environmental conservation			1	
71	Asset Management for maintenance		1		
72	Efficient Water Distribution system/Pump Operation		1		
73	Quality Management Course (Quality survey and Quality Control)			1	
74	Pipe installation and Construction site management			1	
75	Pipe Hydraulic Calculation		1		
76	Warehouse Stock Management System		1		
D	修士コース				
77	Civil Engineering	4	2	1	1
78	Management of Technology (application and evaluation)	3	1	1	1
79	Water resource	2		1	1
80	Water supply management	4	2	1	1

出典：調査団作成

10-5-3-2 その他の施策

表 10-5.6 その他の施策と実施スケジュール

活動	実施者	2021-2024	2025-2027	2028-2030
OJT の促進				
OJT の記録: HR が統一様式を定め、各部署で OJT を記録する	各部署	→	→	→
OJT ハンドブックの策定: OJT の記録や、成功事例等の実践的な内容を中心に、OJT の参考書を取りまとめる	HR/リソースとなる管理職		→	→
OJT トレーナの育成: OJT ハンドブックを使って Workshop を実施し、各部署の管理職の理解を促し、各部署での OJT を促進	HR/各部署		→	→
内部勉強会の活用				
各部署で、内部勉強会の活用方法を検討し、スケジュールを業務計画に含める	各部署	→		
実施状況についてモニタリングし、良い取り組みを紹介する	HR		→	→
自己啓発の促進				
外部セミナーやイベントの参加支援制度の整備(参加機会・費用、参加奨励などの枠組みを整える)	HR		→	
インセンティブ制度の整備: 自己啓発の活動やその結果を人事評価や昇進制度に反映する。	HR		→	
啓発のためのリソース強化: PPWSA 内のリソースへのアクセス向上、外部組織との連携等	HR			→
幹部職員候補の育成				
継承計画の策定	幹部・管理職 (HR が支援・ モニタリング)	→		
候補者の選定と、各候補者の強化領域の特定		→		
下位職への権限移譲を進めながら能力強化の促進		→	→	→
候補者によるビジネスプランの策定と実施支援		→	→	→
専門性の明確化と専門分野ごとの職員の確保				
分野別に専門人材として身につけておくべきスキルセットを洗い出す	各部署 (HR が支援・ モニタリング)		→	
経験者の知見の共有(勉強会、動画など)		→		
退職者の中からアドバイザーとして専門技術の指導を委託		→		
コア人材育成のための修士号取得候補者の選定			→	→
専門職を設ける職種を明確化	HR (各部署 と協議)		→	
専門性の高い職員を専門職職員として任命				→

出典：調査団作成

10-5-4 人材育成の効果とモニタリング

各施策の実施によって 10-2 で示した課題が改善に向かっているかを評価するため、主な項目について、定期的にモニタリングし、その効果と事業へのインパクトを確認する。

主なモニタリング項目、及び現状と目標値を表 10-5.7 に提案する。研修活動は、SOP を中心とした限られたコースを大人数で行う現在の形態に追加して、業務に必要な専門分野やスキルなど多様な研修コースを必要な職員を定めて実施するため、1人当たりの研修参加時間は減るものの、業務に直接関係する内容を集中的に受講することが可能となる。

表 10-5.7 人材育成施策のモニタリングと指標

モニタリング項目	現状	2024	2027	2030
1. 職員1人あたり年間研修時間数（内部研修）	244 時間 (2019 年)	25 時間	24 時間	20 時間
2. 研修コース辺り平均参加者数(内部研修)	64 人	36 人	39 人	36 人
3. 専門研修数	13 コース	19 コース	17 コース	13 コース
4. 新人研修の実施率	該当なし	100 % (82 人)	100 % (130 人)	100 % (130 人)
5. 育成された OJT 指導員数	該当なし	-	30 人 (対象部署の 75%で各 1 名)	45 人
6. 職場内勉強会が実施された部署の割合	データなし	65%	70%	80%
7. 継承計画の策定数、対象となる将来の幹部候補者数	データなし	30 人 (対象部署の 50%に候補 2 人)	35 人 (対象部署の 6 割で候補 2 人) *	50 人 (対象部署の 6 割で 3 人) *
8. 専門職に任命された職員数	該当なし	-	24 人 (50 歳以上の職 員の 20%)	48 人

*注: 算出式は、指標値の現実的な設定の参考に示したものであり、式中の数字が指標を意味するものではない

出典: 調査団作成

この他、個人レベルで人材育成の効果を確認するため、人事考課の活用を提案する。PPWSA では四半期毎に人事考課を実施しており、例えば一般職員レベルでは規則遵守、勤務態度、業務遂行力、5S、社会性の大項目について評価されている。業務遂行力には、業務活動、業務の理解、達成度、能力向上が含まれている。この能力向上の項目で、研修参加実績や、その後の業務改善への反映を確認し、次に必要な研修を人材育成課に提案することで、各職員が必要な研修を把握することが可能となる。

第11章 概算事業費

11-1 概算事業費の算定

11-1-1 概算事業費の算定条件

概算事業費（プロジェクト費用）の算定条件を表 11-1.1 に示す。

表 11-1.1 概算事業費の算定

項目	算定条件
プロジェクト費用の構成	プロジェクト費用の構成は次のとおり - 建設工事費 - コンサルティング費用 - 予備費 PPWSA による事業管理費 尚、その他プロジェクトに関わる費用及びブライス・エスカレーションについては、プロジェクト費用には含めず、第 12 章で検討する
建設工事費	2020 年 10 月を積算時点として建設工事費を算定する
コンサルティング費用	建設工事費の 6%を想定する(ただし Nirodh Phase III、Phum Prek Phase I 施設再建設の円借款候補として検討するプロジェクトは 10%とする)
予備費	建設工事費の 5%を想定する コンサルティング費用の 5%を想定する
PPWSA による事業管理費	建設工事費、コンサルティング費用、予備費の合計の 1%を想定する

出典：調査団作成

11-1-2 建設費の算定

11-1-2-1 取水・浄水施設

11-1-2-1-1 過去の建設工事費の整理

(1) 取水施設・浄水施設の建設単価の算定

過去に実施された PPWSA が管轄する浄水場整備プロジェクトにおける浄水場の建設工事費に対して、建設年からの物価上昇率（3%/年）を加えて、2021 年時点の建設単価を算定した。取水・浄水施設建設工事費を表 11-1.2 に示す。

表 11-1.2 取水・浄水施設建設工事費

プロジェクト	計画浄水量 (m ³ /day)	建設年	建設費 (USD)	建設単価 (USD/m ³)	物価上昇 係数	建設単価 (USD/m ³) (2021 年時点)
Chroy Changvar (Phase II)	65,000	2009	11,417,564	173.06	1.43	251.19
Nirodh (Phase I)	130,000	2013	53,715,706	280.49	1.27	524.77
Nirodh (Phase II)	130,000	2016	27,367,943	163.51	1.16	244.21
Chamcar Mon	52,000	2019	15,964,800	307.01	1.07	328.50
Bakheng (Phase I)	195,000	2023	57,112,500	401.26	1.00	292.89
平均建設単価						328.31

出典：調査団作成

(2) 排水処理施設の建設単価の算定

排水処理施設は、日本の厚生労働省が発行する「水道事業の再構築に関する施設更新費用算定の手引き 平成 23 年 12 月」に示されている建設コスト計算例(表 11-1.3)を参考とした。排水処理施設の浄水施設能力 100,000 m³/日の場合、次の計算により USD150/m³となる。

$$\text{JPY}1,550,000,000 / 110 (\text{USD}1=\text{JPY}110 \text{ として}) / 100,000 \text{ m}^3/\text{日} = \text{USD}140.91/\text{m}^3/\text{日}$$

ここで、日本の物価上昇率は、2011 年から 2021 年の 10 年平均で約 0.50%と低いため考慮しない。一方で、カンボジアでの労務単価や土木資機材施工単価は日本と比べて安価であるので地域補正として日本の価格の約 70%程度であると想定し、排水処理施設の単価を USD/100/m³として設定した。

表 11-1.3 排水池・排泥池の建設コスト計算例

単位：100 万円

	工種	浄水施設能力 (m ³ /日)					備考
		1,000	5,000	10,000	50,000	100,000	
排水池・排泥池	土木	5	12	21	93	183	直接基礎
	機械	30	32	34	50	70	
	電気	35	36	38	50	65	
	一式	70	80	93	193	318	
	工種	浄水施設能力 (m ³ /日)					備考
		1,000	5,000	10,000	50,000	100,000	
濃縮槽	土木	67	69	72	96	126	直接基礎
	機械	82	83	85	97	112	
	電気	62	62	62	62	62	
	一式	211	214	219	255	300	
	工種	浄水施設能力 (m ³ /日)					備考
		1,000	5,000	10,000	50,000	100,000	
機械脱水施設	建築	47	54	63	130	213	直接基礎
	機械	198	213	232	384	574	
	電気	105	107	109	125	145	
	一式	351	374	403	638	932	
一式合計		632	668	715	1,086	1,550	

出典：水道事業の再構築に関する施設更新費用算定の手引き 平成 23 年 12 月 (2011 年 12 月)

(3) 取水施設・浄水施設の建設単価

取水施設・浄水場施設の建設単価は、取水・浄水施設の平均建設単価に排水処理施設建設単価を加えた、USD350/m³を適用する。

11-1-2-1-2 取水・浄水施設建設工事費

取水・浄水施設の建設工事費を表 11-1.4 に示す。

表 11-1.4 取水・浄水施設の建設工事費

Project	Component	計画浄水量 (m ³ /day)	建設単価 (USD/m ³)	建設費 (1,000USD)	備考
Intermediate Period Stage 1					
Phum Prek Phase III	Intake	45,000		調査中	日本の無償資金協力の適用を計画中
	Raw water Transmission	45,000		5,000	D800, L=2,000m、開削&推進工法
	WTP	45,000		調査中	日本の無償資金協力の適用を計画中
Total				5,000	
Intermediate Period Stage 2					
Bakheng Phase III	Intake	195,000			浄水場建設費に含む
	Raw water Transmission	195,000	16,000	8,800	D1,200mm, L=550m、推進工法
	WTP	195,000	350	68,250	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	585,000	100	58,500	1期と2期施設の排水処理施設を別途見込む
Total				135,550	
Ultimate Period Stage 1					
Nirodh Phase III	Intake	130,000			浄水場建設費に含む
	Raw water Transmission	130,000	20,000	50,000	D1,600mm, L=2,500m、推進工法
	WTP	130,000	350	45,500	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	390,000	100	39,000	1期と2期施設の排水処理施設を別途見込む
Total				134,500	
Koh Norea	Intake	150,000			浄水場建設費に含む
	Raw water Transmission	150,000	18,000	18,000	D1,350mm, L=1,000m、推進工法
	WTP	150,000	350	52,500	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	150,000	100	15,000	
Total				85,500	
Reconstruction of Phum Prek Phase I	Intake	150,000		8,000	新設
	Raw water Transmission				
	WTP	100,000	525	52,500	1期浄水施設の再建設 (単価は既存施設の解体費用を加味)
	Comprehensive			8,000	

Project	Component	計画浄水量 (m ³ /day)	建設単価 (USD/m ³)	建設費 (1,000USD)	備考
	Monitoring and Management Center				
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	195,000	100	19,500	2期と3期施設の排水処理施設を別途見込む
Total				88,000	
Ultimate Period Stage 2					
Ta Mouk Phase I	Intake	400,000	100	40,000	将来第2期分を見込む第1期分は浄水場建設費に含む
	Raw water Transmission	400,000	22,000	55,000	D2,000mm, L=2,500m, 将来第2期分を見込む
	WTP	200,000	350	70,000	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	200,000	100	20,000	
Total				185,000	
Khsach Kanda	Intake	100,000			浄水場建設費に含む
	Raw water Transmission	100,000	24,397	24,397	
	WTP	100,000	350	35,000	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	100,000	100	10,000	
Total				69,397	
New Airport City	Intake	30,000			浄水場建設費に含む
	Raw water Transmission	30,000	4,374	4,374	D2,000mm, L=2,500m, 将来第2期分を見込む
	WTP	30,000	350	10,500	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	30,000	100	3,000	
Total				17,874	
Ta Mouk Phase II	Intake				1期で建設
	Raw water Transmission				1期で建設
	WTP	200,000	350	70,000	
	Mechanical Sludge Treatment Facilities	200,000	100	20,000	
Total				90,000	

出典：調査団作成

11-1-2-2 送水管及び配水管

11-1-2-2-1 送水管及び配水管の建設単価

送水管及び配水管の建設単価の算定条件を表 11-1.5 に示す。

表 11-1.5 送水管及び配水管の建設単価の算定条件

項目	内容
建設単価	建設単価は、管材費と布設費の合計で構成する 開削工法以外の非開削工法は、過去の Bakheng Phase I プロジェクトの実績値を参考に想定する
管材費	管材費は、PPWSA の配管建設単価「Data for Planning and desing of unit cost pipe laying」を基に、 管材費、埋戻材費、舗装費等を計上する。
布設費	布設費は、管材費の 30%を想定する。

出典：調査団作成

11-1-2-2-2 送水管及び配水管の建設工事費

送水管及び配水管の建設工事費を表 11-1.6 に示す。

表 11-1.6 送水管及び配水管の建設工事費

	Diameter (mm)	Length (m)	Unit Rate (m/USD)	Construction Cost (1000 USD)	Remarks (建設時期)
Intermediate Period Stage 1					
Phum Prek Phase III					(2023-2026)
Transmission Mains	500	360	378	136	(2025)
Distribution Mains	300	38,889	208	8,089	(2025)
	250	10,013	182	1,822	(2025)
	225	18,095	129	2,334	(2025)
	160	35,094	97	3,404	(2025)
	110	45,364	45	2,041	(2025)
	300	40,387	208	8,401	(2026)
	250	4,098	182	746	(2026)
	225	12,199	129	1,574	(2026)
	160	775	97	75	(2026)
110	712	45	32	(2026)	
Intermediate Period Stage 2					
Bakheng Phase III					(2025-2027)
Transmission Mains	1,200	300	2,251	675	(2026)
	1,000	3,600	1,921	6,916	(2026)
	600	800	437	350	(2026)
	500	9,500	378	3,591	(2026)
	400	24,600	250	6,150	(2026)
	300	27,100	208	5,637	(2027)
Distribution Mains	300	20,284	208	4,219	(2026)
	250	10,574	182	1,924	(2026)
	225	13,380	129	1,726	(2026)
	160	11,054	97	1,072	(2026)
	110	9,497	45	427	(2026)
	300	11,059	208	2,300	(2027)
	250	4,112	182	748	(2027)
225	12,359	129	1,594	(2027)	

	Diameter (mm)	Length (m)	Unit Rate (m/USD)	Construction Cost (1000 USD)	Remarks (建設時期)
	160	15,634	97	1,516	(2027)
	110	19,289	45	868	(2027)
Ultimate Period Stage 1					
Nirodh Phase III					(2026-2029)
Transmission Mains	1000	5,900	1,921	11,334	(2028)
	900	1,000	1,611	1,611	(2029)
	800	9,800	965	9,457	(2029)
	600	9,200	437	4,020	(2029)
	500	8,600	378	3,251	(2029)
	400	600	250	150	(2029)
	300	3,700	208	770	(2029)
	250	500	182	91	(2029)
Road Crossing 4	600	30	8,000	240	(2029)
Distribution Mains	300	23,384	208	4,864	(2028)
	225	10,473	129	1,351	(2028)
	160	2,240	97	217	(2028)
	110	2,663	45	120	(2028)
	300	17,830	208	3,709	(2029)
	250	2,265	182	412	(2029)
	225	8,299	129	1,071	(2029)
	160	11,944	97	1,159	(2029)
110	14,896	45	670	(2029)	
Koh Norea					(2026-2029)
Transmission Mains	1,600	17,000	4,652	79,084	(2028)
	1,400	3,900	2,898	11,302	(2028)
	1,200	5,200	2,251	11,705	(2028)
	600	1,100	437	481	(2029)
	500	1,000	378	378	(2029)
	400	300	250	75	(2029)
	300	100	208	21	(2029)
	250	900	182	164	(2029)
	Bassac River crossing	1,600	500	20,000	10,000
Prek Thnot River crossing	1,600	50	20,000	1,000	(2028)
Koh Norea Waterway Crossing	1,200	50	16,000	800	(2028)
Road Crossing 5	1,600	30	14,000	420	(2028)
Road Crossing 6	1,600	30	14,000	420	(2028)
Road Crossing 7	1,600	30	14,000	420	(2028)
Road Crossing 8	1,600	30	14,000	420	(2028)
Road Crossing 9	1,200	30	12,000	360	(2028)
Distribution Mains	300	15,134	208	3,148	(2028)
	250	7,418	182	1,350	(2028)
	225	4,040	129	521	(2028)
	160	6,541	97	634	(2028)
	110	1,853	45	83	(2028)
	300	9,332	208	1,941	(2029)
	250	3,949	182	719	(2029)
	225	10,603	129	1,368	(2029)
160	19,071	97	1,850	(2029)	
110	25,559	45	1,150	(2029)	
Ultimate Period Stage 2					
Ta Mouk Phase I					(2027-2030)
Transmission Mains	1,600	9,400	4,652	43,729	(2030)
	1,400	6,000	2,898	17,388	(2030)
	1,200	3,800	2,251	8,554	(2030)

	Diameter (mm)	Length (m)	Unit Rate (m/USD)	Construction Cost (1000 USD)	Remarks (建設時期)
Railway Crossing 1 Railway Crossing 2 Road Crossing 1 Road Crossing 2 Road Crossing 3	1,000	6,300	1,921	12,102	(2030)
	800	1,600	965	1,544	(2030)
	600	1,900	437	830	(2030)
	500	4,100	378	1,550	(2030)
	400	2,000	250	500	(2030)
	1,600	20	14,000	280	(2030)
	1,000	20	10,000	200	(2030)
	1,600	30	14,000	420	(2030)
	1,200	30	12,000	360	(2030)
	1,000	30	10,000	300	(2030)
Distribution Mains	300	17,170	208	3,571	(2030)
	250	8,260	182	1,503	(2030)
	225	25,935	129	3,346	(2030)
	160	21,454	97	2,081	(2030)
	110	28,107	45	1,265	(2030)
Khsach Kanda					(2028-2030)
Transmission Mains	1,200	200	2,251	450	(2030)
	1,000	500	1,921	961	(2030)
	600	200	437	87	(2030)
New Airport City					(2028-2030)
Transmission Mains	600	11,000	437	4,807	(2030)
Distribution Improvement and Rehabilitation	Pipe with a diameter of less than 100 mm			1,000	(2023)
				1,000	(2024)
				1,000	(2025)
				1,000	(2026)
				1,000	(2027)
				1,000	(2028)
				1,000	(2029)
				1,000	(2030)
	Customer Meter Replacement			540	(2023)
				540	(2024)
				540	(2025)
				540	(2026)
				972	(2027)
				675	(2028)
				972	(2029)
702	(2030)				

出典：調査団作成

11-2 概算事業費

11-2-1 Phum Prek Phase III プロジェクト

Phum Prek Phase III プロジェクトの概算事業費を表 11-2.1 に示す。

表 11-2.1 Phum Prek Phase III プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
INTERMEDIATE PERIOD Stage 1			
Phum Prek Phase III		14,596	2026 年竣工予定
Construction Cost	Water Treatment Plant		日本の無償資金協力の適用を計画中
	Raw Water Transmission Main	5,000	
	Transmission Main	136	
	Distribution Main	9,460	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	146	

出典：調査団作成

11-2-2 Bakheng Phase III プロジェクト

Bakheng Phase III プロジェクトの概算事業費を表 11-2.2 に示す。

表 11-2.2 Bakheng Phase III の概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
INTERMEDIATE PERIOD Stage 2			
Bakheng Phase Phase III		186,692	2027 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	135,550	
	Transmission Main	23,324	
	Distribution Main	7,203	
コンサルティング費用	Construction Cost の 6%	9,965	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	8,802	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	1,848	

* AfD 借款事業による実施が計画中

出典：調査団作成

11-2-3 Chroy Changvar 浄水場の機器更新

Chroy Changvar 浄水場の機器更新に係る概算事業費を表 11-2.3 に示す。

表 11-2.3 Chroy Changvar 浄水場の機器更新に係る概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
INTERMEDIATE PERIOD Stage 2			
Chroy Changvar WTP		22,483	2027 年完了を想定
Construction Cost	浄水場の機器更新	20,000	
コンサルティング費用	Construction Cost の 6%	1,200	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	1,060	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	223	

出典：調査団作成

11-2-4 Nirodh Phase III プロジェクト

Nirodh Phase III プロジェクトの概算事業費を表 11-2.3 に示す。

表 11-2.4 Nirodh Phase III プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 1			
Nirodh Phase III		198,327	2029 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	134,500	
	Transmission Main	30,924	
	Distribution Main	4,588	
コンサルティング費用	Construction Cost の 10%	17,001	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	9,351	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	1,964	

* 円借款による事業実施を想定

出典：調査団作成

11-2-5 Koh Norea プロジェクト

Koh Norea プロジェクトの概算事業費を表 11-2.5 に示す。

表 11-2.5 Koh Norea プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 1			
Koh Norea		242,824	2029 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	85,500	
	Transmission Main	117,050	
	Distribution Main	5,606	
コンサルティング費用	Construction Cost の 10%	20,816	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	11,449	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	2,404	

* 円借款による事業実施を想定

出典：調査団作成

11-2-6 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクト

Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの概算事業費を表 11-2.6 に示す。

表 11-2.6 Reconstruction of Phum Prek Phase I プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 1			
Reconstruction of Phum Prek Phase I		102,656	2031 年竣工を想定
Construction Cost	Reconstruction of Phum Prek Phase I WTP	88,000	新規取水施設及び 総合監視管理センタ ーを含む
コンサルティング費用	Construction Cost の 10%	8,800	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	4,840	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	1,016	

* 円借款による事業実施を想定

出典：調査団作成

11-2-7 Ta Mouk Phase I プロジェクト

Ta Mouk Phase I プロジェクトの概算事業費を表 11-2.7 に示す。

表 11-2.7 Ta Mouk Phase I プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 2			
Ta Mouk Phase I		314,137	2030 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	185,000	
	Transmission Main	87,757	
	Distribution Main	6,692	
コンサルティング費用	Construction Cost の 6%	16,767	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	14,811	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	3,110	

出典：調査団作成

11-2-8 Khsach Kanda プロジェクト

Khsach Kandal プロジェクトの概算事業費を表 11-2.8 に示す。

表 11-2.8 Khsach Kanda プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 2			
Khsach Kandal		79,695	2030 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	69,397	
	Transmission Main	1,498	
コンサルティング費用	Construction Cost の 6%	4,254	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	3,757	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	789	

出典：調査団作成

11-2-9 New Airport City プロジェクト

New Airport City プロジェクトの概算事業費を表 11-2.9 に示す。

表 11-2.9 New Airport City プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 2			
New Airport City		25,496	2030 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	17,874	
	Transmission Main	4,807	
コンサルティング費用	Construction Cost の 6%	1,361	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	1,202	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	252	

出典：調査団作成

11-2-10 Ta Mouk Phase II プロジェクト

Ta Mouk Phase II プロジェクトの概算事業費を表 11-2.10 に示す。

表 11-2.10 Ta Mouk Phase II プロジェクトの概算事業費

Item		Cost (1000USD)	Remarks
ULTIMATE PERIOD Stage 2			
Ta Mouk Phase II		174,240	2031 年竣工を想定
Construction Cost	Water Treatment Plant	90,000	
	Transmission Main	65,000	
コンサルティング費用	Construction Cost の 6%	9,300	
予備費	建設費とコンサルティング費用合計の 5%	8,215	
PPWSA による事業管理費	建設費とコンサルティング費用と予備費合計の 1%	1,725	

出典：調査団作成

11-3 概算事業費のまとめ

機械式汚泥処理施設を浄水場に導入した場合の概算事業費のまとめを表 11-3.1 に示す。

表 11-3.1 概算事業費のまとめ

単位：1000USD

No	WTP Scheme	Year of Completion	D&B/Construction Cost			Administration Cost		Contingencies	Project Cost
			Production System	Transmission / Distribution System	Total Development Cost	Supervisory Works	PPWSA Management Cost		
1	Phum Prek Phase III	2026	5,000	9,596	14,596		146		14,742
2	Bakheng Phase III	2027	135,550	30,527	166,077	9,965	1,848	8,802	186,692
3	Equipment Upate of Chroy Changvar	2027	20,000	0	20,000	1,200	223	1,060	22,483
4	Nirodh Phase III	2029	134,500	35,512	170,012	17,001	1,964	9,351	198,327
5	Koh Norea	2029	85,500	122,656	208,156	20,816	2,404	11,449	242,824
6	Ta Mouk Phase I	2030	185,000	94,449	279,449	16,767	3,110	14,811	314,137
7	Khsach Kandal	2030	69,397	1,498	70,895	4,254	789	3,757	79,695
8	New Airport City	2030	17,874	4,807	22,681	1,361	252	1,202	25,496
9	Reconstruction of Phum Prek Phase I	2031	88,000	0	88,000	8,800	1,016	4,840	102,656
10	Ta Mouk Phase II	2031	90,000	65,000	155,000	9,300	1,725	8,215	174,240
Total			830,821	364,045	1,194,866	89,463	13,478	63,487	1,361,294

出典：調査団作成

また、機械式汚泥処理施設を浄水場に導入しない場合の概算事業費のまとめを表 11-3.2 に示す。

表 11-3.2 概算事業費のまとめ

単位：1000USD

No	WTP Scheme	Year of Completion	D&B/Construction Cost			Administration Cost		Contingencies	Project Cost
			Production System	Transmission / Distribution System	Total Development Cost	Supervisory Works	PPWSA Management Cost		
1	Phum Prek Phase III	2026	5,000	9,596	14,596		146		14,742
2	Bakheng Phase III	2027	77,050	30,527	107,577	6,455	1,197	5,702	120,931
3	Equipment Upate of Chroy Changvar	2027	20,000	0	20,000	1,200	223	1,060	22,483
4	Nirodh Phase III	2029	95,500	35,512	131,012	13,101	1,513	7,206	152,832
5	Koh Norea	2029	70,500	122,656	193,156	19,316	2,231	10,624	225,326
6	Ta Mouk Phase I	2030	165,000	94,449	259,449	15,567	2,888	13,751	291,654
7	Khsach Kandal	2030	59,397	1,498	60,895	3,654	678	3,227	68,454
8	New Airport City	2030	14,874	4,807	19,681	1,181	219	1,043	22,124
9	Reconstruction of Phum Prek Phase I	2031	68,500	0	68,500	6,850	791	3,768	79,909
10	Ta Mouk Phase II	2031	70,000	65,000	135,000	8,100	1,503	7,155	151,758
Total			645,821	364,045	1,009,866	75,423	11,388	53,535	1,150,212

出典：調査団作成

表 11-3.3 に各浄水場の配水ポンプの必要電力を示す。

表 11-3.3 配水ポンプの必要電力のまとめ

WTP	Capacity m ³ /day	Number of Pump	Pump Capacity m ³ /min	Pump Lift m	Required Power per Pump kWH	Required Total Power		
						kWH	kWH/m ³	kWH/year
Phum Prek WTP	195,000	12	11.28	36	101	1,214	0.149	10,634,731
Chamcar Mon WTP	52,000	4	9.03	37	83	333	0.154	2,914,704
Chroy Changvar WTP	130,000	8	11.28	38	107	854	0.158	7,483,700
Nirodh WTP I + II	260,000	12	15.05	39	146	1,754	0.162	15,361,278
Bakheng WTP I & II	390,000	13	20.83	40	208	2,698	0.166	23,632,736
Ta Khmao WTP	30,000	3	6.94	40	69	208	0.166	1,817,903
Bakheng WTP III	195,000	12	11.28	41	115	1,383	0.170	12,111,777
Koh Norea WTP	150,000	12	8.68	42	91	1,089	0.174	9,543,990
Nirodh WTP III	130,000	12	7.52	43	81	967	0.178	8,468,397
Ta Mouk WTP I	200,000	12	11.57	44	127	1,522	0.183	13,331,287
Ta Mouk WTP II	200,000	12	11.57	45	130	1,556	0.187	13,634,271
Khsach Kandal WTP	100,000	8	8.68	45	97	778	0.187	6,817,135
New Airport City WTP	30,000	3	6.94	46	80	239	0.191	2,090,588

出典：調査団作成

第12章 財務分析

12-1 分析の背景と目的

本調査では、第三次マスタープラン（M/P2017）から更なる需要増加を想定した施設整備計画を策定した。本章では、同施設整備計画の財務的な実現可能性と PPWSA の財務に与える影響を評価することを目的とする。

具体的には、下記の項目について整理、検証する。

1. 各プロジェクトの給水原価（Net present cost of water、以下（NPC））及び事業採算性（Financial internal rate of return、以下「FIRR」）
2. プロジェクトのファイナンス方法
3. 同施設整備計画が PPWSA の財務に与える影響

12-2 第三次マスタープラン（M/P2017）における財務分析の要点

第三次マスタープラン（M/P2017）では、Bakheng 浄水場と Chamcar Mon 浄水場の整備について、割引率に応じた給水原価と水道料金に応じた事業採算性を以下の通り算出している。

各指標の定義は以下の通りである。本調査においても同様の定義を踏襲する。

Net present cost of water (NPC) : 当該プロジェクトの初期投資コスト(CAPEX)と運営・維持管理コスト(OPEX)の総額を現在価値化し、プロジェクトの全期間における総造水量の現在価値で除したもの

Financial internal rate of return (FIRR) : 当該プロジェクトの正味現在価値がゼロとなる内部収益率

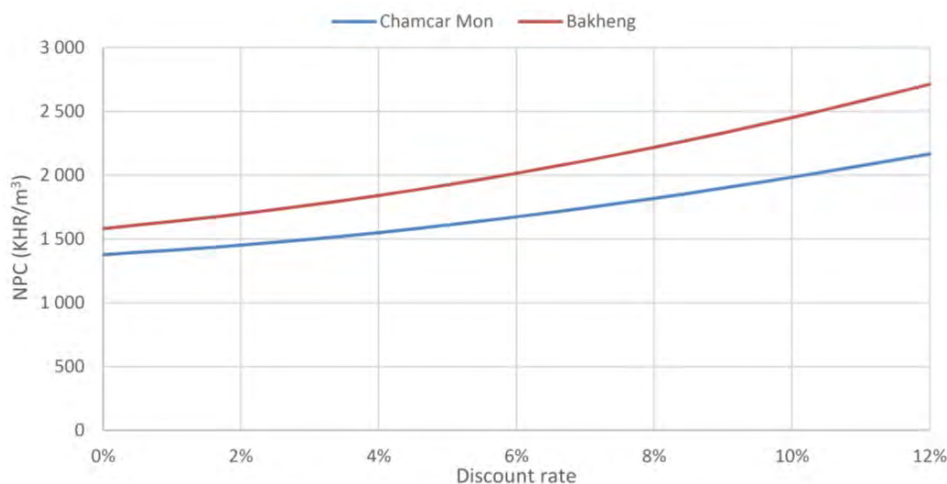


図 12-2.1 Bakheng 浄水場と Chamcar Mon 浄水場の給水原価（Net present cost of water）

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）

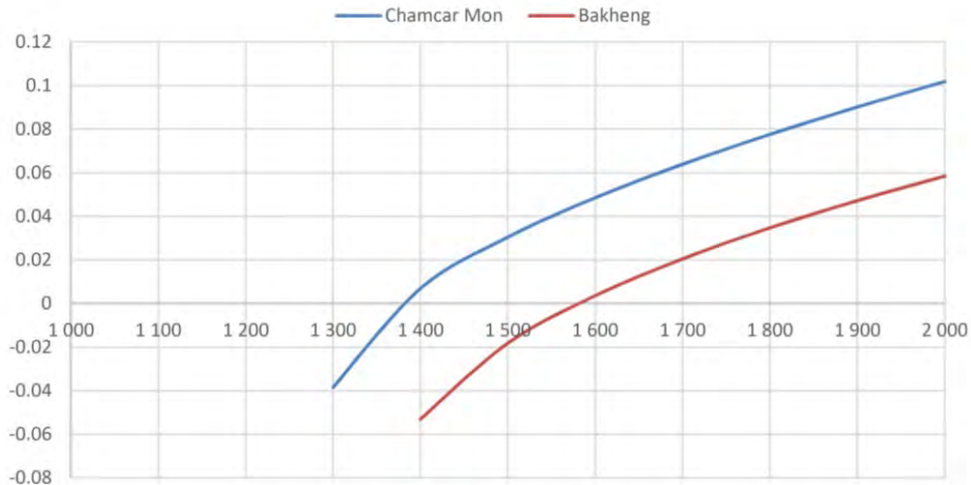


図 12-2.2 Bakheng 浄水場と Chamcar Mon 浄水場の事業採算性 (Financial internal rate of return)

出典：第三次マスタープラン (M/P2017)

第三次マスタープラン (M/P2017) の基本ケースである 5% の割引率を前提として、給水原価は Chamcar Mon 浄水場で KHR 1,609/m³、Bakheng 浄水場で KHR 1,924/m³ であり、現在の PPWSA の水道料金を大幅に上回っている。同プランでは、ミクロ経済学的な観点から、給水原価＝水道料金とすることで社会便益が最大化されることにも留意し、極力早いタイミングで水道料金を KHR 1,700/m³ 以上の水準に引き上げることを提言している。また、PPWSA 全体の財務シミュレーションにおいては、水道料金を段階的に切り上げて 2024 年に KHR 1,700/m³ とすることを前提として、中期的な収益性及び財務健全性は担保されていることを確認している。

12-3 最新の長期財務計画の要点

PPWSA は財務計画を毎年更新して取締役会で承認を得ており、2021 年 8 月時点における最新の財務計画の概要を以下に示す。第三次マスタープラン（M/P2017）の計画との対比を併せて記載する。

表 12-3.1 PPWSA の財務計画概要

PPWSA's Forecast as of August 2021											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	307,114	315,312	322,885	329,401	335,975
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354
NRW Rate	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Total Income	324,368	342,894	348,837	402,791	425,709	434,726	442,509	450,388	459,552	467,648	475,983
Total Expenses	144,379	155,305	164,171	182,701	192,926	198,627	205,661	212,385	219,348	226,061	232,555
Depreciation	50,402	59,336	58,479	57,688	109,425	133,708	131,640	129,448	127,260	125,149	122,978
Operating Profit	129,587	128,252	126,187	162,403	123,358	102,391	105,208	108,555	112,945	116,438	120,450
Net Profit	88,352	98,592	97,683	127,538	86,023	63,201	66,768	72,222	78,603	83,979	87,746
Net Margin	27.2%	28.8%	28.0%	31.7%	20.2%	14.5%	15.1%	16.0%	17.1%	18.0%	18.4%
Cash&ST Investments	118,155	100,892	70,460	78,484	60,473	95,043	192,004	266,504	315,726	368,385	433,863
Total Assets	1,864,618	2,271,236	2,716,438	3,101,499	3,086,531	3,086,915	3,148,628	3,188,825	3,204,502	3,223,933	3,216,336
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,379,366	1,351,252	1,305,556	1,297,114	1,260,704	1,191,757	1,121,850	1,027,867
Equity	982,053	1,097,648	1,195,331	1,322,870	1,408,892	1,472,094	1,538,862	1,611,084	1,689,688	1,773,667	1,861,413
Current Ratio	1.3	1.5	1.3	1.4	1.6	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	3.0
DSCR	1.6	4.0	5.2	6.2	4.1	3.2	3.8	2.6	2.0	2.0	2.0
Net debt to EBITDA	2.3	4.0	5.8	5.9	5.5	5.1	4.7	4.2	3.6	3.1	2.4
Debt on Equity	55.8%	77.2%	95.7%	104.3%	95.9%	88.7%	84.3%	78.3%	70.5%	63.3%	55.2%

Maste Plan											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	240,131	255,890	269,660	283,641	295,556	307,926	318,282	326,486	334,064	340,585	347,162
Water Tariff	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
NRW Rate	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Total Income	328,085	372,548	416,479	464,109	511,281	531,231	546,064	555,560	566,364	575,706	585,236
Total Expenses	175,348	192,307	219,484	247,471	265,519	280,729	294,818	306,262	320,131	334,427	349,511
Depreciation	52,510	51,116	49,777	88,139	85,462	99,736	98,731	97,600	96,349	95,039	93,725
Operating Profit	100,227	129,125	147,218	128,499	160,301	150,766	152,515	151,698	149,884	146,240	142,000
Net Profit	69,453	87,414	97,190	76,835	97,200	88,996	93,902	97,543	100,658	102,402	103,269
Net Margin	21.2%	23.5%	23.3%	16.6%	19.0%	16.8%	17.2%	17.6%	17.8%	17.8%	17.6%
Cash&ST Investments	148,264	138,694	130,307	60,761	49,272	79,856	139,978	208,481	280,453	347,286	414,335
Total Assets	1,982,391	2,210,982	2,531,506	2,663,629	2,770,177	2,785,087	2,826,373	2,872,612	2,921,246	2,964,505	3,008,220
Total Indebtedness	701,370	828,285	1,027,027	1,114,444	1,140,318	1,057,861	985,527	915,494	843,796	784,930	725,232
Equity	998,887	1,072,410	1,152,118	1,209,515	1,306,715	1,395,710	1,489,613	1,587,156	1,687,814	1,770,084	1,852,873
Current Ratio	1.5	1.4	0.9	0.7	0.7	1.0	1.4	1.8	2.4	2.8	6.3
DSCR	2.2	2.5	2.6	1.5	1.9	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.1
Net debt to EBITDA	3.6	3.8	4.6	4.9	4.4	3.9	3.4	2.8	2.3	1.8	1.3
Debt on Equity	70.2%	77.2%	89.1%	92.1%	87.3%	75.8%	66.2%	57.7%	50.0%	44.3%	39.1%

Difference											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	-15,357	-10,890	-20,660	3,359	-2,556	-7,926	-11,168	-11,174	-11,179	-11,184	-11,187
Water Tariff	54	-46	-146	-246	-346	-346	-346	-346	-346	-346	-346
NRW Rate	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Total Income	-3,717	-29,654	-67,642	-61,318	-85,572	-96,505	-103,555	-105,172	-106,812	-108,058	-109,253
Total Expenses	-30,969	-37,002	-55,313	-64,770	-72,593	-82,102	-89,157	-93,877	-100,783	-108,366	-116,956
Depreciation	-2,108	8,220	8,702	-30,451	23,963	33,972	32,909	31,848	30,911	30,110	29,253
Operating Profit	29,360	-873	-21,031	33,904	-36,943	-48,375	-47,307	-43,143	-36,939	-29,802	-21,550
Net Profit	18,899	11,178	493	50,703	-11,177	-25,795	-27,134	-25,321	-22,055	-18,423	-15,523
Net Margin	6.1%	5.3%	4.7%	15.1%	1.2%	-2.2%	-2.1%	-1.5%	-0.7%	0.2%	0.8%
Cash&ST Investments	-30,109	-37,802	-59,847	17,723	11,201	15,187	52,026	58,023	35,273	21,099	19,528
Total Assets	-117,773	60,254	184,932	437,870	316,354	301,828	322,255	316,213	283,256	259,428	208,116
Total Indebtedness	-153,234	18,633	116,887	264,922	210,934	247,695	311,587	345,210	347,961	336,920	302,635
Equity	-16,834	25,238	43,213	113,355	102,177	76,384	49,249	23,928	1,874	3,583	8,540
Current Ratio	-0.2	0.0	0.4	0.7	0.9	1.0	0.9	0.5	0.1	-0.1	-3.3
DSCR	-0.6	1.5	2.6	4.7	2.2	1.7	2.1	0.8	0.1	-0.1	-0.1
Net debt to EBITDA	-1.3	0.2	1.2	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.1
Debt on Equity	-14.4%	0.0%	6.6%	12.2%	8.6%	12.9%	18.1%	20.6%	20.5%	19.0%	16.1%

出典：第三次マスタープラン（M/P2017）及び PPWSA 財務計画を基に調査団作成

第三次マスタープラン（M/P2017）からの大きな変更点は以下の通りである。

- ・ 長期的な水道料金を KHR 1,700/m³ から KHR 1,354 /m³ に切り下げ：PPWSA は高い収益率を維持している現状を鑑みて、第三次マスタープラン（M/P2017）の提案に沿った KHR 1,700/m³ 水準への価格切り上げは経済財政省（MEF）の承認を得ることが難しいと考えており、保守的に足元の水準を据え置いている。
- ・ 長期的な無収水率（Non-revenue water）比率を 10% から 12% に切り上げ：過去十数年の実績値は 10% 以下であり、本調査の水需要予測の前提と組織運営改善計画の目標は第三次マスタープラン（M/P2017）同様に 10% としているが、財務計画上は将来的な配水網拡張の影響も考慮して保守的に 12% としている。
- ・ 長期的なインフレ率を 5% から 3% に切り下げ：IMF の予測を採用しており、第三次マスタープラン（M/P2017）策定時は 5% であったが現在は 3% となっているため切り下げている。

長期的な水道料金の切り下げと無収水率の切り上げを前提としても、インフレ率を切り下げた影響もありコスト低減が奏功し、中期的な収益性は担保されている。ただし、財務健全性が第三次マスタープラン（M/P2017）から悪化し、Net debt to EBITDA 等の財務指標が一部ローンの Covenants に抵触することから、株主配当は当面无配とすることを想定している。

12-4 本調査における財務分析の前提条件

本財務分析で前提とするプロジェクト初期費用（CAPEX）と運営費用（OPEX）の概要は表 12-4.1 の通りである。各プロジェクトの CAPEX については 11 章の概算事業費を前提とし、浄水場本体及び付随コストについては 3 年間案分、送配水網については 2 年間案分で計上する。金額は 2021 年度時点の概略積算に、支出時点までの累積インフレーション率を乗じたものとする。OPEX の前提条件については基本的に PPWSA の財務計画を踏襲するが、NRW については経営計画に基づいて 10% とし、各浄水場の人員については 10 章の人材育成で定めた人数を使用する。

表 12-4.1 財務分析の前提条件

Water Production and Connections	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
PPWSA Financial Plan	mn m3/year	245	249	287	293	300	307	315	323	329	336
Additional by JICA Survey	mn m3/year	0	0	0	0	0	15	86	86	188	308
Total	mn m3/year	245	249	287	293	300	322	401	409	517	644
For PPP Case*	mn m3/year	245	249	287	293	300	322	401	409	463	517
Number of connections	1,000	443	470	500	528	628	663	697	737	780	828
CAPEX	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cost in 2021 price (000,000KHR)											
Phun Prek Phase III	mn KHR/year	0	0	52,585	52,585	91,401	0	0	0	0	0
Bakheng Phase III	mn KHR/year	0	0	0	210,563	272,304	272,304	0	0	0	0
Equipment Update of Chroy Changvai	mn KHR/year	0	0	0	0	0	45,471	45,471	0	0	0
Nirodh Phase III	mn KHR/year	0	0	0	0	0	219,530	291,353	291,353	0	0
Koh Norea	mn KHR/year	0	0	0	0	0	150,121	398,193	398,193	0	0
Ta Mouk Phase I	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	296,213	487,236	487,236	0
Khsach Kandal	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	105,436	108,466	108,466	0
New Airport City	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	27,896	37,618	37,618	0
Reconstruction of Phum Prek Phase I	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	0	138,415	138,415	138,415
Ta Mouk Phase II	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	0	147,292	278,755	278,755
Total	mn KHR/year	0	0	52,585	263,148	363,705	687,425	1,164,561	1,608,573	1,050,489	417,170
Cost in time of implementation (000,000KHR)											
Phun Prek Phase III	mn KHR/year	0	0	55,788	57,461	102,873	0	0	0	0	0
Bakheng Phase III	mn KHR/year	0	0	0	230,088	306,480	315,674	0	0	0	0
Equipment Update of Chroy Changvai	mn KHR/year	0	0	0	0	0	52,713	54,295	0	0	0
Nirodh Phase III	mn KHR/year	0	0	0	0	0	254,495	347,890	358,327	0	0
Koh Norea	mn KHR/year	0	0	0	0	0	174,032	475,463	489,727	0	0
Ta Mouk Phase I	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	353,693	599,239	617,216	0
Khsach Kandal	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	125,896	133,399	137,401	0
New Airport City	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	33,310	46,266	47,654	0
Reconstruction of Phum Prek Phase I	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	0	170,233	175,340	180,600
Ta Mouk Phase II	mn KHR/year	0	0	0	0	0	0	0	181,151	353,118	363,712
Total	mn KHR/year	0	0	55,788	287,549	409,353	796,914	1,390,547	1,978,341	1,330,729	544,312
OPEX	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Inflation	%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Electricity price	KHR/kWh	578	578	578	578	578	578	578	578	578	578
NRW rate	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Salaries per staff	mn KHR/year	44.3	45.1	46.1	47.0	47.9	48.9	49.8	50.8	51.9	52.9
Salaries growth rate	%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Number of staff for production											
Bakheng Phase III	personnel	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8
Nirodh Phase III	personnel	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
Koh Norea	personnel	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35
Ta Mouk Phase I	personnel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
Khsach Kandal	personnel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
Electricity consumption rate											
Bakheng Phase III	Wh/m3	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
Nirodh Phase III	Wh/m3	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
Koh Norea	Wh/m3	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
Ta Mouk Phase I	Wh/m3	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288
Khsach Kandal	Wh/m3	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292
Raw materials cost	KHR/m3	48	51	52	54	56	57	59	61	63	65
Repairs and maintenance cost	%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%	0.65%
Distribution cost	KHR/m3	268	284	293	302	311	320	330	339	350	360

*注：PPP Case では Koh Norea と Ta Mouk I&II はバルク水購入することを想定し PPWSA の生産量から控除

出典：調査団作成

12-5 各プロジェクトの財務評価

12-5-1 Net present cost of water

本節では、割引率に応じた各プロジェクトの給水原価（Net present cost of water）を算出する。主要5プロジェクト（Bakheng Phase III、Nirodh Phase III、Koh Norea、Ta Mouk Phase I、Khsach Kandal）の給水原価（Net present cost of water）は以下の通りである。

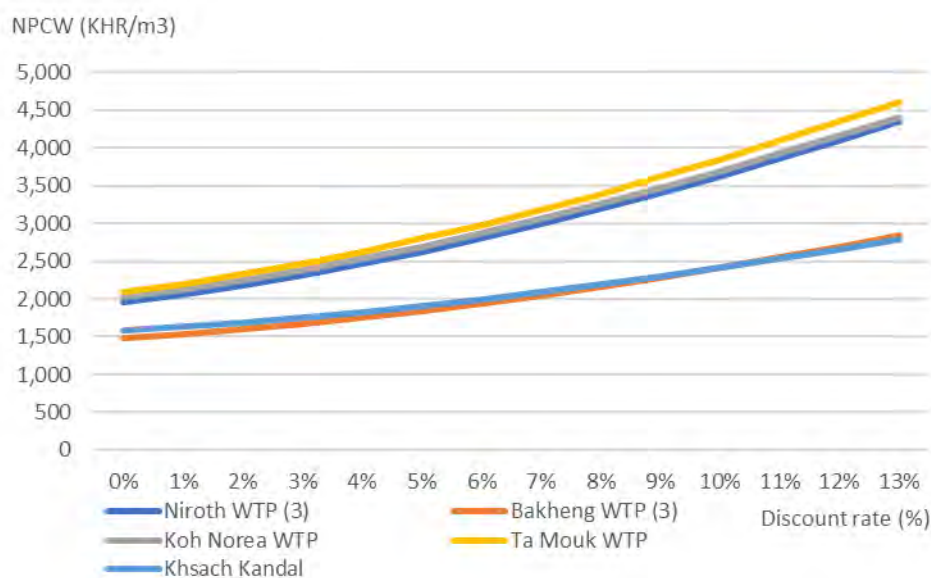


図 12-5.1 各プロジェクトの給水原価（Net present cost of water）

出典：調査団作成

プロジェクトによって大きな差異はあるものの、造水量に応じた加重平均ベースで5%の割引率を前提として、配水網のCAPEX/OPEXを含めた5プロジェクトの給水原価は約KHR 2,400/m³となっている。第三次マスタープラン（M/P2017）で検証しているBakheng浄水場とChamcar Mon浄水場ではKHR 1,600-1,900/m³であったが、本調査における各プロジェクトの実施タイミングより10年程度早いことから、年率3%（累計約40%）のインフレの影響を考慮すると実質的には概ね同等の水準である。個別のプロジェクトでは、先行フェーズで送配水網が概ね整備されており取水地点に隣接するBakheng Phase IIIと民間事業者による既存の配水網を活用することを想定しているKhsach Kandalが最も低コストでKHR 1,900/m³前後となっている。Ta Moukは約KHR 2,800/m³とPhase IIに供する取水施設等を含んでいる点を考慮しても最も高コストのプロジェクトである。

12-5-2 Financial internal rate of return

本節では、上記の前提条件と定義に基づいて、水道料金に応じた各プロジェクトの事業採算性を財務内部収益率（Financial internal rate of return）を用いて評価する。

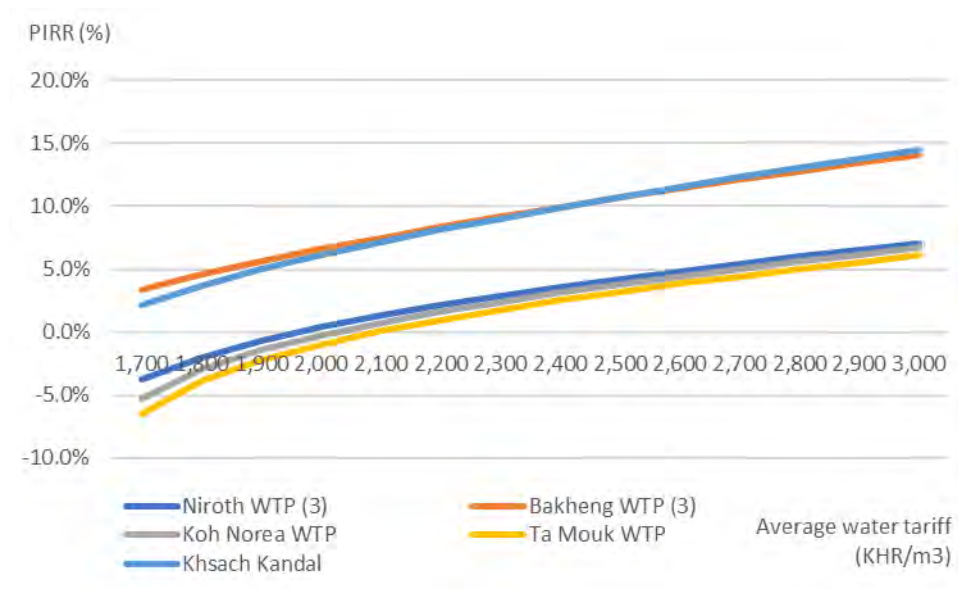


図 12-5.2 各プロジェクトの事業採算性（Financial internal rate of return）

出典：調査団作成

給水原価が約 KHR 2,400/m³であることから、各プロジェクトが事業採算性を維持するためには、同水準の水道料金に引き上げる必要があることは自明である。具体的には、図 12-5.2 の通り最も事業採算性の高い Bakheng Phase III と Khsach Kandal においても、PIRR5%には KHR 1,900/m³が必要となる。最も低い Ta Mouk プロジェクトにおいては KHR 2,800/m³で PIRR は 5.0%となる。第三次マスタープラン（M/P2017）でも KHR 1,700/m³は必要最低水準であり、長期的には更なる水道料金の切り上げが必要となる可能性が高い旨強調しており、本調査では第三次マスタープラン（M/P2017）の結論を踏襲し、中期的な水道料金の最適値として KHR 2,400/m³を提案する。

12-6 ファイナンスの選択肢

本節では、施設整備計画を実施するためのファイナンス手法について整理する。

12-6-1 内部資金

内部資金は既存施設のオペレーションによって生まれる営業キャッシュフローを原資とする。最も自由度の高い資金であり、浄水場・送配水網の整備以外にも全社的な人材育成やシステムにも活用することができる。ただし、PPWSA の 2020 年における営業キャッシュフローは約 740 億リエル（約 20 億円）であり、本調査において計画している浄水場・送配水網の整備額と比較して限定的である

ため、外部資金の活用は必要不可欠である。また、内部資金は配当原資にもなるため、株主の理解が必要となる。

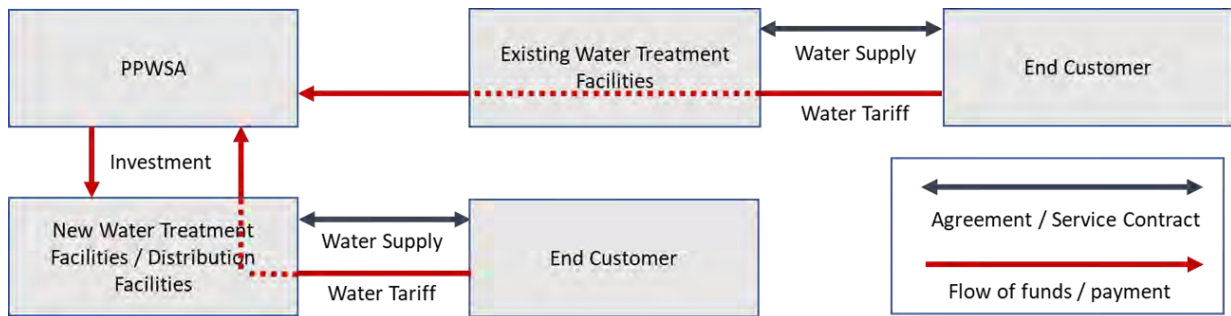


図 12-6.1 内部資金概略図

出典：調査団作成

12-6-2 無償資金協力

無償資金は国家間の贈与契約に基づいて特定の事業に対して拠出される資金である。PPWSAにとっては返済義務のない資金となるため財務的には最も好条件の資金調達方法であるが、制約も多い。最貧層への浄水供給等、公益性が高く採算性の低いプロジェクトが対象となる。金額も一般に限定的で、本調査で検討している規模の浄水場建設は難しい。また、入札や事業契約においても特定のタイド条件等が付与されることが多いため、調達の競争性が限定される。

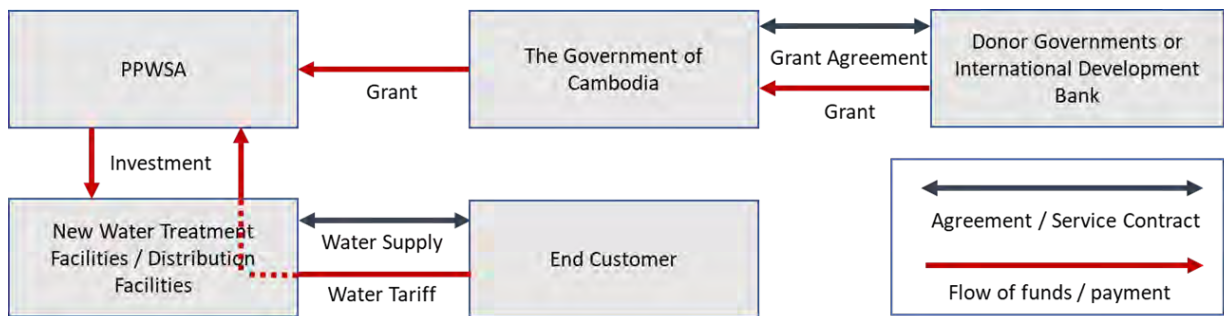


図 12-6.2 無償資金協力概略図

出典：調査団作成

12-6-3 有償資金協力

有償資金は広義の Debt finance であり、国家間の借款契約に基づいて特定の事業に対して拠出される資金である。無償資金と異なり PPWSA にとっては返済義務があるものの、一般に商業ローンより低金利であり、支払い期間・支払い猶予期間等についても優遇されている。調達や対象事業の制約は無償資金に比べて限定的である。PPWSA にとって経験の豊富なファイナンス方法であり、最も実現可能性の高い選択肢の一つである。ただし、負債比率が上昇するため、財務健全性の維持に留意が必要である。

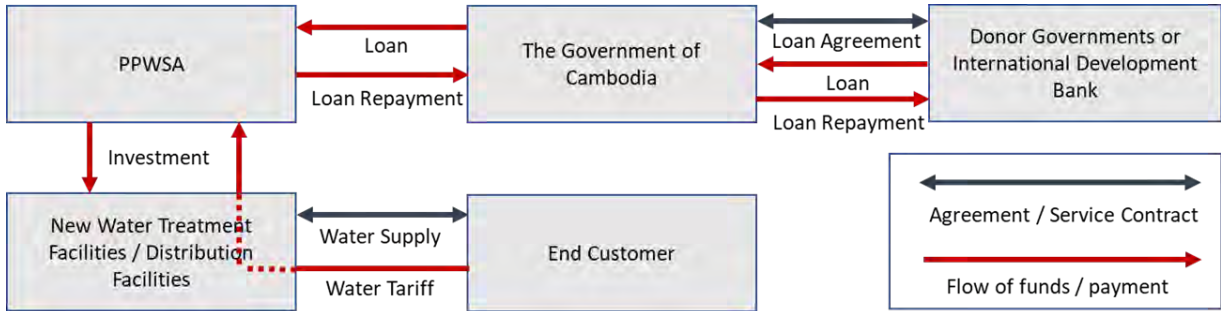


図 12-6.3 有償資金協力概略図

出典：調査団作成

12-6-4 エクイティファイナンス

Equity finance は企業の代表的な資金調達方法であり、返済義務を負わない資金となる。新株発行や第三者割当増資等の方法がある。自由度の高い資金であり、浄水場・送配水網の整備以外にも全社的な人材育成やシステムにも活用することができる。

負債比率が低下するため、財務健全性にはプラスに寄与するが、既存株主の持ち分の希薄化が生じるため、増資の目的について十分に利害関係者とコミュニケーションを図る必要がある。また損益計算書上のコストは発生しないが、株式の期待収益は一般に借入より高いため、長期的には高い配当金が求められる点にも留意が必要である。



図 12-6.4 エクイティファイナンス概略図

出典：調査団作成

12-6-5 コーポレートファイナンス

Corporate finance は PPWSA の信用力に基づく金融機関からの融資であり、政府資金（無償・借款）と比較して資金の使用用途について制約は小さく、営利性の高いプロジェクトや送配水網の整備にも適用が可能である。借款と同様に PPWSA の負債比率が上昇するため、財務健全性に留意する必要がある。また、借款と比較して商業銀行の借入レートは一般的に高くなると考えられる。

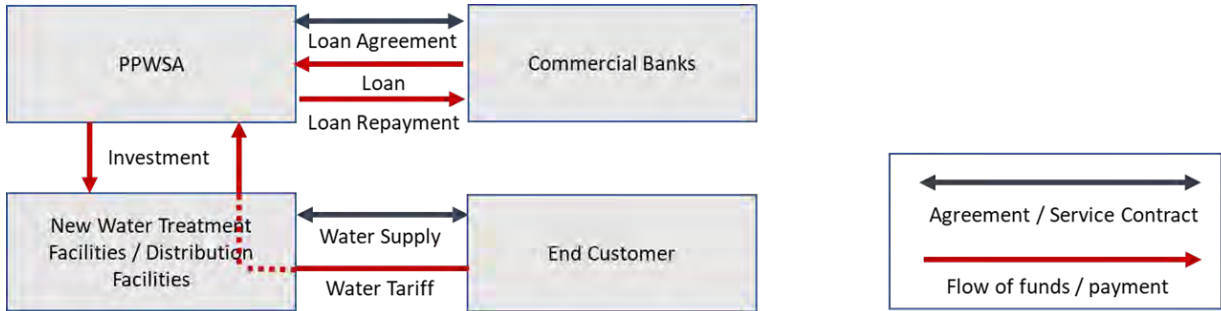


図 12-6.5 コーポレートファイナンス概略図

出典：調査団作成

12-6-6 プロジェクトファイナンス

Project finance は特定事業に対して特別目的会社（以下、「SPC」）を経由して資金を調達し、当該事業が生み出すキャッシュフローを返済の原資とする。SPC は施設保有会社となり、PPWSA は使用料（Concession fee）を支払うことで施設を活用し造水する権利を得る。PPWSA が運営・維持管理業務を行うことで、PPWSA の既存施設と親和性を保つことが可能である。一般に、債権保全のための担保は対象事業に係る資産に限定され、親会社（PPWSA）の債務保証が不要なノンリコース型のファイナンス手法である。PPWSA の SPC への出資比率を一定以下とすれば SPC の資産と負債は PPWSA のバランスシートに連結されないため、PPWSA の負債比率は上昇しない（オフバランス効果）。ただし、プロジェクトの組成には財務・法務等の専門的な知見が必要であり、アレンジメントや SPC の運営に追加的なコストがかかる点に留意が必要である。また、当該施設が生み出すキャッシュフローを返済原資とすることから、浄水場の整備には適用できるが送配水の整備には不向きである。

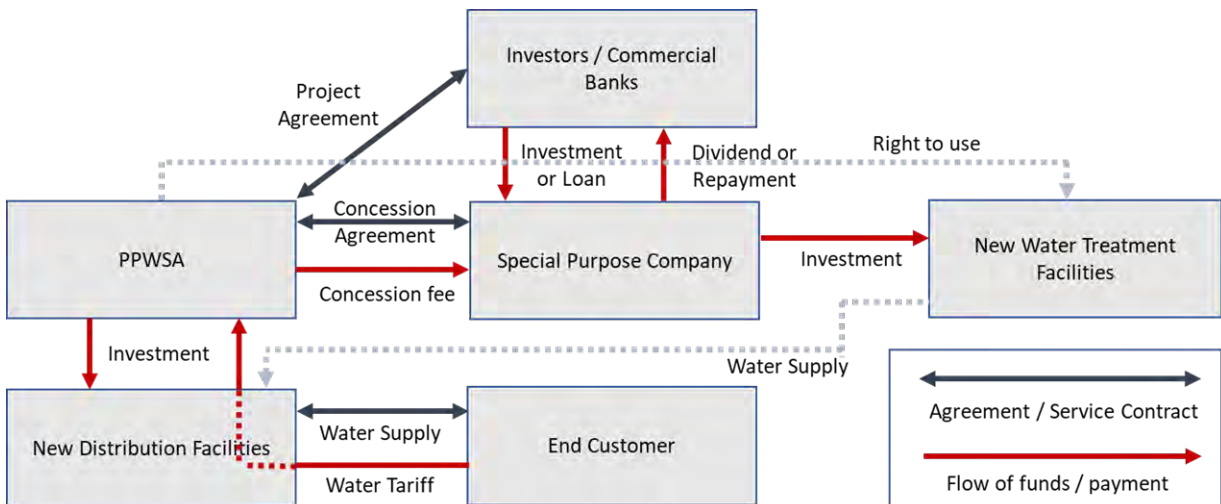


図 12-6.6 プロジェクトファイナンス概略図

出典：調査団作成

12-6-7 Public-Private Partnership

Public-Private Partnership (PPP) は、民間の資金とノウハウを活用した公共サービスの調達方法である。PPWSA と民間企業のプロジェクト契約 (PPP Agreement) に基づき、民間企業が資金調達から施設整備・運営・維持管理を一括して実施し、浄水 (バルク水) を PPWSA に提供する。PPWSA は供給されたバルク水の対価を支払うサービス購入となるため、PPWSA 自身で資金調達・投資をすることなく給水力を向上することができる。また、オペレーションリスクを民間企業に移転することができるとともに、民間企業のノウハウや創意工夫を活用することができる、その結果としてライフサイクルコストが低減できる可能性があることがメリットである。一方で、プロジェクトファイナンスと同様にプロジェクトの組成には財務・法務等のコストが発生し、一般に PPWSA よりも民間事業者の借入コストが高くなるため、バルク水価格は高額となる可能性が高い。サービス購入の形態をとるため、浄水場の整備には適用できるが送配水網の整備には不向きである。

PPP の活用においては水道料金の大幅な切り上げや公共支出による事業性補填資金 (Viability Gap Funding、以下「VGF」) が必要になる可能性が高い。過去に民間企業から民間提案 (Unsolicited Proposal) を受けて事業化を検討したが、バルク水価格で合意ができず頓挫した経緯がある。PPWSA の既存事業は過去の相対的に安価な投資や無償資金協力等の影響で現状の水道料金でも採算性が確保できているが、今後の民間投資が財務的に成立する水準は 12-5 に記載の通り KHR 2,400/m³ 以上であると考えられる。VGF については様々な形態が考えられたため、カンボジア政府及び開発協力機関等と協議・検討が必要である。総論としては、公的資金で不足する投資分について活用を検討すべきであり、優先的に活用すべきスキームではないと考えられる。

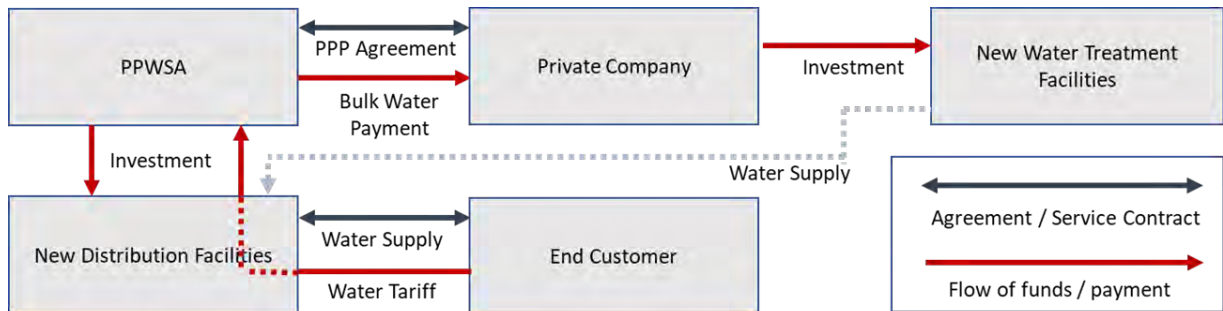


図 12-6.7 PPP 概略図

出典：調査団作成

カンボジア国における PPP 制度と動向

カンボジア国における PPP の法制度と動向については以下の通りである。2021 年 9 月現在では、民間企業に運営権を付与して事業を実施する際の基本法としてコンセッション法 (Law on Concession, 2007: Royal Decree No. NS/RKM/1007/027) が制定されている。同法は、公共の利益及び国家の社会経済的目標を達成するため、民間投資を促進・推進することを目的としている。同法におけるコンセッションとは、「実施機関が民間の第三者に同実施機関が責任を有するインフラプロジェクトの全部又は一部の実施を委託すること。民間の第三者は、建設の主な部分を行うか運営リスクを負い、政府からの収入や利用者や顧客からの料金収入を得るもの。以上の性格を有するものは、法的な名称にかかわらず、本法律におけるコンセッションにあたる(同法3条)」。同法 5 条では、適用可能性のある分野として水道水供給を規定しており、民間企業が浄水施設を整備しバルク水を PPWSA に供給する事業においては、同法の適用となる可能性が高い。ただし、本コンセッション法は基本法であり、詳細は実施細則 (Sub-Decree) に記載するとしているが、同法の実施細則は公布されておらず、ケース

バイケースの運用となっているのが実態である。管轄機関についても、2016年に省庁横断型組織である Inter-Ministerial Committee が設立されているが、実質的な役割や権限は確立していない。

また、同国におけるインフラ整備のニーズ増大、国家財政の制約、国際的な無償援助の減少を受けて、民間の資金とノウハウを最大限活用し PPP を更に促進するための政策文書として 2016年に PPP 基本方針(Policy Paper on Public-Private Partnerships)を策定している。PPP 基本方針では、短期及び中長期のそれぞれに重点施策を策定しており、短期的にはコンセッション法の実施細則を含む法制度の整備、IMC による一元的な案件監理、人材育成等に重点を置いている。対象プロジェクトについては、公共による財務負担・リスクを軽減するため、民間企業が直接料金徴収を行い、プロジェクト費用を捻出する Revenue-based Payment 型を優先することとしている。PPWSA が PPP を活用する場合、配水及び料金徴収は PPWSA の業務となる蓋然性が高く、形式的には公共側の PPWSA が事業者にバルク水対価を支払う Availability-based Payment 型に該当するが、エンドユーザーからの水道料金の支払いが実質的に担保されているため、実態は Revenue-based Payment 型とみなすことが可能と考えられる。水道水の供給はプライオリティセクターとして明記されていることから、PPWSA における PPP の導入は同国の PPP の運用方針に沿ったものであると言える。

総論として、PPP は有力なプロジェクト実施方法であるが、同国における PPP 制度は発展途上であり、実施時点で最新の法制度等を適宜確認の上、適切な案件形成を行う必要がある。

12-6-8 結論と提案

上記のファイナンス手法の特徴は表 12-6.1 の通りである。

表 12-6.1 ファイナンス手法の比較

	資金規模	収益性への影響	財務健全性への影響	対象範囲	調達上の制約
Internal Financing	小	プラス (大)	なし	制限なし	なし
Government Grants	中	プラス (大)	なし	浄水場・送配水網等	あり
Government Loans	大	プラス (小)	ネガティブ	浄水場・送配水網等	あり
Equity Finance	大	プラス (大)	ポジティブ	制限なし	なし
Corporate Finance (Commercial Loans)	大	マイナス (小)	ネガティブ	制限なし	なし
Project Finance	大	マイナス (大)	なし	浄水場のみ	なし
PPP	大	マイナス (大)	なし	浄水場のみ	なし

出典：調査団作成

各ファイナンス手法にはメリット・デメリットと対象プロジェクトとの相性があるため、上記の整理を参考に PPWSA 内で包括的に検討し、関係機関と協議を進める必要がある。特に援助国からの無償・有償資金協力については案件形成のリードタイムが長いことから、早期に関係者との協議を進めることを推奨する。

12-7 PPWSA の財務への影響評価

12-7-1 基本ケース

本節では、本調査で提案する施設整備計画が PPWSA の財務に与える影響を財務モデリングによって分析する。本調査で提案するプロジェクト以外の諸条件については PPWSA の既存の財務計画を前提とする。基本ケースの主要な前提条件は図 12-7.1 の通りである。尚、特にインフレーション率については COVID-19 の影響で不確実性が高く、実施フェーズにおける実際のコストは変動リスクが大きいことに留意が必要である。

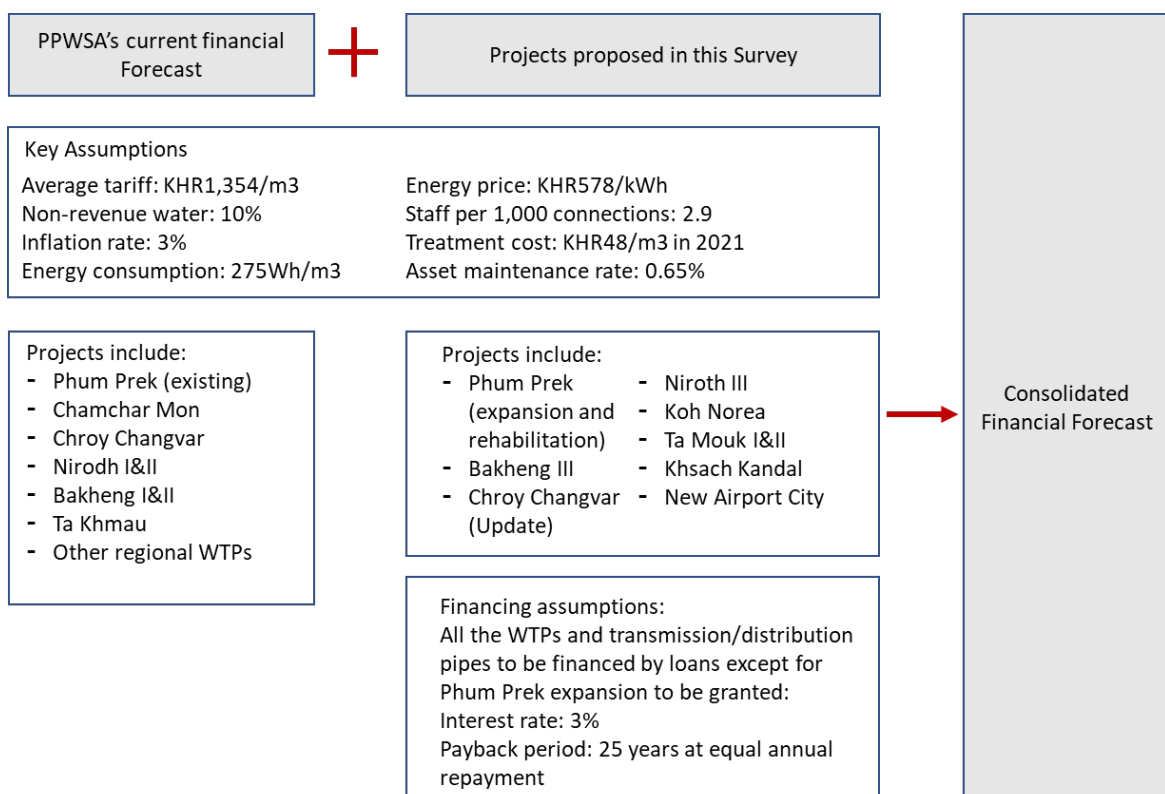


図 12-7.1 財務分析の前提条件（基本ケース）

出典：調査団作成

PPWSA の最新の財務計画を基本として、本調査の施設整備計画案を追加した場合の主要な財務指標については表 12-7.1 の通りである。PPWSA の計画との差異表を併せて記載する。

表 12-7.1 主要財務指標（基本ケース）

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	517,376	644,400
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354
Total Income	324,368	357,602	360,340	417,765	440,688	496,411	484,929	592,369	607,080	756,946	933,656
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	170,549	128,271	127,913	88,194	109,701	27,192	22,736	79,649
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	40.8%	29.1%	25.8%	18.2%	18.5%	4.5%	3.0%	8.5%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	134,478	94,371	89,822	67,828	91,268	30,154	-4,301	-11,248
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	32.2%	21.4%	18.1%	14.0%	15.4%	5.0%	-0.6%	-1.2%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	334,975	415,685	960,047	1,603,858	2,233,966	1,427,618	304,573	-528,132
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,609,454	1,889,948	2,644,001	4,024,275	5,957,521	7,184,064	7,561,692	7,284,871
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,344,203	1,438,573	1,528,396	1,596,223	1,687,491	1,717,645	1,713,344	1,702,095
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.6	4.1	3.8	3.1	2.2	1.6	1.4	1.3
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.6	6.2	6.4	10.1	12.2	19.4	18.3	15.1
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	119.7%	131.4%	173.0%	252.1%	353.0%	418.3%	441.3%	428.0%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	723,973	730,546	737,119	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	
Total Income	1,042,470	1,052,610	1,062,814	1,067,891	1,027,879	1,027,667	1,027,476	1,027,304	1,027,150	1,027,011	
Operating Profit	142,347	157,069	170,039	177,754	159,146	170,552	180,889	190,224	198,606	206,064	
Operating Margin	13.7%	14.9%	16.0%	16.6%	15.5%	16.6%	17.6%	18.5%	19.3%	20.1%	
Net Profit	-63,353	-47,620	-29,741	-16,388	-24,285	-9,046	5,833	19,981	33,260	45,803	
Net Margin	-6.1%	-4.5%	-2.8%	-1.5%	-2.4%	-0.9%	0.6%	1.9%	3.2%	4.5%	
Cash&ST Inv	-666,285	-676,669	-683,159	-687,684	-722,501	-722,604	-703,432	-677,594	-632,469	-573,613	
Total Indebtedness	6,951,056	6,589,195	6,234,589	5,889,570	5,554,855	5,230,151	4,927,469	4,635,254	4,367,694	4,119,279	
Equity	1,638,743	1,591,123	1,561,382	1,544,994	1,520,709	1,511,663	1,517,496	1,536,310	1,565,574	1,604,725	
DSCR	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	
Net debt to EBITDA	12.8	12.3	11.8	11.4	11.7	11.2	10.7	10.2	9.7	9.2	
Debt on Equity	424.2%	414.1%	399.3%	381.2%	365.3%	346.0%	324.7%	301.7%	279.0%	256.7%	
Difference											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	0	0	0	0	0	0	14,600	85,775	85,775	187,975	308,425
Water Tariff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Income	0	14,708	11,503	14,974	14,979	61,685	42,420	141,981	147,528	289,297	457,673
Operating Profit	0	10,591	6,952	8,146	4,913	25,522	-17,014	1,146	-85,753	-93,702	-40,801
Operating Margin	0.0%	1.4%	0.8%	0.5%	0.1%	2.2%	-5.6%	-5.6%	-20.1%	-21.9%	-16.8%
Net Profit	0	8,473	5,921	6,940	8,348	26,621	1,059	19,046	-48,450	-88,281	-98,994
Net Margin	0.0%	1.2%	0.7%	0.5%	1.2%	3.6%	-1.1%	-0.6%	-12.1%	-18.5%	-19.6%
Cash&ST Inv	0	15,815	18,582	256,491	355,212	865,004	1,411,854	1,967,462	1,111,892	-63,812	-961,995
Total Indebtedness	0	0	0	230,088	538,696	1,338,445	2,727,160	4,696,816	5,992,307	6,439,841	6,257,004
Equity	0	8,473	14,393	21,333	29,681	56,302	57,361	76,407	27,958	-60,323	-159,317
DSCR	0.0	0.3	0.3	0.4	0.0	0.6	-0.7	-0.4	-0.4	-0.6	-0.7
Net debt to EBITDA	0.0	-0.3	-0.3	-0.3	0.6	1.3	5.4	8.0	15.7	15.2	12.6
Debt on Equity	0.0%	-0.6%	-1.1%	15.5%	35.5%	84.3%	167.8%	274.8%	347.7%	378.1%	372.8%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	381,425	381,425	381,425	381,425	381,425	381,425	381,425	381,425	381,425	381,425	
Water Tariff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total Income	557,812	559,232	560,678	562,035	531,081	531,081	531,081	531,081	531,081	531,081	
Operating Profit	16,206	25,618	33,611	40,382	28,698	40,373	51,223	61,310	70,669	79,333	
Operating Margin	-12.4%	-11.7%	-11.2%	-10.5%	-10.8%	-9.6%	-8.5%	-7.5%	-6.5%	-5.5%	
Net Profit	-158,625	-150,355	-139,232	-129,396	-134,461	-121,485	-108,740	-96,627	-85,142	-74,298	
Net Margin	-25.7%	-25.3%	-24.6%	-23.9%	-24.5%	-23.5%	-22.5%	-21.6%	-20.6%	-19.8%	
Cash&ST Inv	-1,177,610	-1,239,487	-1,299,032	-1,354,017	-1,428,672	-1,474,192	-1,511,168	-1,541,015	-1,565,779	-1,585,724	
Total Indebtedness	6,017,311	5,759,718	5,509,438	5,268,745	5,038,356	4,817,979	4,607,229	4,405,695	4,212,976	4,028,687	
Equity	541,095	395,792	238,512	136,101	48,615	-27,199	-93,588	-153,378	-208,093	-256,688	
DSCR	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-1.1	-1.1	-1.5	-1.9	
Net debt to EBITDA	11.1	11.2	11.4	11.6	12.5	12.6	12.8	13.0	13.3	13.5	
Debt on Equity	376.4%	373.5%	365.2%	353.2%	342.9%	328.8%	311.9%	292.8%	273.2%	253.4%	

出典：調査団作成

本調査における施設整備案は、第三次マスタープラン（M/P2017）に対して総生産能力を1,045,000 m³/日増強する大規模な計画であり、財務影響は非常に大きい。売上高はPPWSAの既存計画に対して2030年時点で96%増のKHR 934bnとなるが、新規プロジェクトの給水原価を下回る水道料金を前提としているため、営業利益率及び純利益率はそれぞれ16.8%ポイント減の8.5%、19.6%ポイント減の-1.2%となる。大規模なファイナンス及び設備投資を要するため、財務的な健全性・安全性に十分に留意する必要があるが、実質的な現預金（現金等価物と短期定期預金の合計）は2030年以降マイナスとなり、本調査で提案しているプロジェクトを実施することは財務上不可能である。上記を踏

また、次項で収益性、返済能力及び財務健全性を改善する水道価格の切り上げのケースを検討する。

12-7-2 理想ケース

基本ケースの分析を踏まえて、水道料金を2030年までに段階的にKHR 2,400 /m³に切り上げた場合（理想ケース）の試算を行う。主要な財務指標については表12-7.2の通りとなる。基本ケースとの差異表を併せて記載する。

表 12-7.2 主要財務指標（理想ケース）

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	517,376	644,400
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400
Total Income	324,368	357,602	360,340	417,765	440,688	510,700	566,682	775,953	877,877	1,203,463	1,618,466
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	170,549	128,271	141,018	163,141	277,892	275,078	431,396	706,196
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	40.8%	29.1%	27.6%	28.8%	35.8%	31.3%	35.8%	43.6%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	134,478	94,371	100,306	128,219	228,559	235,777	335,955	513,679
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	32.2%	21.4%	19.6%	22.6%	29.5%	26.9%	27.9%	31.7%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	334,975	415,685	978,232	1,718,669	2,540,303	1,985,298	1,295,525	1,113,267
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,609,454	1,889,948	2,644,001	4,024,275	5,957,521	7,184,064	7,561,692	7,284,871
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,344,203	1,438,573	1,538,879	1,667,098	1,895,658	2,131,435	2,467,389	2,981,068
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.6	4.1	3.9	3.8	3.3	2.6	2.6	2.6
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.6	6.2	6.0	7.3	7.2	9.5	7.8	5.4
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	119.7%	131.4%	171.8%	241.4%	314.3%	337.1%	306.5%	244.4%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	723,973	730,546	737,119	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855
Water Tariff	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
Total Income	1,810,431	1,827,439	1,844,512	1,852,447	1,812,436	1,812,224	1,812,033	1,811,861	1,811,706	1,811,567	1,811,567
Operating Profit	844,177	864,238	882,577	892,127	872,725	883,329	892,847	901,353	908,893	908,893	915,494
Operating Margin	46.6%	47.3%	47.8%	48.2%	48.2%	48.7%	49.3%	49.7%	50.2%	50.5%	50.5%
Net Profit	537,362	572,737	609,784	637,193	641,371	668,800	696,127	722,880	748,954	748,954	774,523
Net Margin	29.7%	31.3%	33.1%	34.4%	35.4%	36.9%	38.4%	39.9%	41.3%	42.8%	42.8%
Cash&ST Inv	1,616,288	2,225,663	2,743,693	3,268,812	3,768,657	4,314,537	4,886,579	5,473,546	6,090,019	6,730,621	6,730,621
Total Indebtedness	6,951,056	6,589,195	6,234,589	5,889,570	5,554,855	5,230,151	4,927,469	4,635,254	4,367,694	4,119,279	4,119,279
Equity	3,518,431	4,091,168	4,586,405	5,101,641	5,615,573	6,156,098	6,718,466	7,302,121	7,906,498	8,531,231	8,531,231
DSCR	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.2
Net debt to EBITDA	4.1	3.4	2.7	2.0	1.4	0.7	0.0	-0.7	-1.4	-2.1	-2.1
Debt on Equity	197.6%	161.1%	135.9%	115.4%	98.9%	85.0%	73.3%	63.5%	55.2%	48.3%	48.3%
Difference											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water Tariff	0	0	0	0	0	46	246	446	646	846	1,046
Total Income	0	0	0	0	0	14,289	81,753	183,585	270,797	446,517	684,810
Operating Profit	0	0	0	0	0	13,105	74,948	168,191	247,886	408,660	626,547
Operating Margin	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	10.6%	17.3%	26.9%	32.8%	35.1%
Net Profit	0	0	0	0	0	10,484	60,392	137,291	205,623	340,256	524,927
Net Margin	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	8.6%	14.0%	21.9%	28.5%	32.9%
Cash&ST Inv	0	0	0	0	0	18,184	114,812	306,337	557,680	990,951	1,641,400
Total Indebtedness	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equity	0	0	0	0	0	10,484	70,875	208,167	413,790	754,046	1,278,973
DSCR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	1.1	1.0	1.2	1.3
Net debt to EBITDA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-2.8	-5.0	-9.8	-10.5	-9.7
Debt on Equity	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-1.2%	-10.7%	-38.8%	-81.2%	-134.9%	-183.6%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water Tariff	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046	1,046
Total Income	767,961	774,829	781,698	784,557	784,557	784,557	784,557	784,557	784,557	784,557	784,557
Operating Profit	701,830	707,168	712,538	714,373	713,579	712,777	711,958	711,128	710,287	709,430	709,430
Operating Margin	33.0%	32.4%	31.8%	31.5%	32.7%	32.1%	31.7%	31.2%	30.8%	30.5%	30.5%
Net Profit	600,715	620,357	639,525	653,580	665,656	677,846	690,294	702,900	715,694	728,720	728,720
Net Margin	35.8%	35.9%	35.9%	35.9%	37.7%	37.8%	37.8%	38.0%	38.1%	38.3%	38.3%
Cash&ST Inv	2,282,573	2,902,333	3,426,852	3,956,496	4,491,158	5,037,141	5,590,011	6,151,140	6,722,488	7,304,234	7,304,234
Total Indebtedness	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equity	1,879,688	2,500,045	3,025,023	3,556,647	4,094,864	4,644,436	5,200,970	5,765,811	6,340,925	6,926,506	6,926,506
DSCR	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.0
Net debt to EBITDA	-8.7	-8.9	-9.1	-9.4	-10.2	-10.4	-10.7	-10.9	-11.1	-11.4	-11.4
Debt on Equity	-226.6%	-253.1%	-263.4%	-265.8%	-266.4%	-261.0%	-251.4%	-238.2%	-223.7%	-208.4%	-208.4%

出典：PPWSA 財務計画、調査団作成

2030年時点で収益性は営業利益率及び純利益率でそれぞれ35.1%ポイント、32.9%ポイントと大幅に改善して43.6%、31.7%となる。Net debt to EBITDAは5.4となり返済能力は改善するが、Debt on Equityは依然244%と高い水準に留まるため、次項では一部プロジェクトにPPPを活用して財務レバレッジを改善するケースについて試算する。

12-7-3 PPP ケース

理想ケースの分析を踏まえて、Koh Norea と Ta Mouk I&II を PPP で実施した場合の試算を行う。バルク水単価はPPWSAが運営した場合の単価に35%の事業者利益を上乗せしたものとする。主要な財務指標については表12-7.3の通りとなる。理想ケースとの差異表を併せて記載する。

表 12-7.3 主要財務指標 (PPP ケース)

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	462,626	516,650
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400
Total Income	324,368	357,602	360,340	417,765	440,688	510,700	566,682	775,953	877,877	1,203,463	1,618,466
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	170,549	128,271	141,018	164,707	295,515	345,074	396,323	475,590
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	40.8%	29.1%	27.6%	29.1%	38.1%	39.3%	32.9%	29.4%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	134,478	94,371	100,306	126,583	228,583	269,821	297,404	348,618
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	32.2%	21.4%	19.6%	22.3%	29.5%	30.7%	24.7%	21.5%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	334,975	415,685	804,200	876,265	1,232,291	1,080,078	1,089,669	1,222,654
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,609,454	1,889,948	2,469,969	3,019,476	3,674,936	3,926,358	3,971,491	3,782,609
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,344,203	1,438,573	1,538,879	1,665,462	1,894,045	2,163,866	2,461,270	2,809,888
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.6	4.1	3.9	3.9	3.5	2.8	2.8	2.7
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.6	6.2	6.0	6.8	5.1	5.1	4.5	3.5
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	119.7%	131.4%	160.5%	181.3%	194.0%	181.5%	161.4%	134.6%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	523,223	529,796	536,369	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105
Water Tariff	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
Total Income	1,810,431	1,827,439	1,844,512	1,852,447	1,812,436	1,812,224	1,812,033	1,811,861	1,811,706	1,811,567	
Operating Profit	377,471	388,803	398,889	400,596	373,831	377,531	380,583	383,041	384,933	386,267	
Operating Margin	20.8%	21.3%	21.6%	21.6%	20.6%	20.8%	21.0%	21.1%	21.2%	21.3%	
Net Profit	246,709	262,326	280,747	291,248	278,811	289,890	301,103	311,958	322,328	332,370	
Net Margin	13.6%	14.4%	15.2%	15.7%	15.4%	16.0%	16.6%	17.2%	17.8%	18.3%	
Cash&ST Inv	1,399,154	1,654,090	1,866,844	2,077,212	2,252,135	2,462,850	2,689,467	2,920,758	3,171,309	3,435,748	
Total Indebtedness	3,579,102	3,360,849	3,146,334	2,936,193	2,730,613	2,529,438	2,344,892	2,165,647	2,006,114	1,861,003	
Equity	3,056,597	3,318,923	3,547,204	3,782,303	4,002,865	4,236,992	4,480,117	4,731,854	4,991,791	5,259,695	
DSCR	2.2	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	
Net debt to EBITDA	3.4	2.7	2.0	1.4	0.8	0.1	-0.6	-1.3	-2.0	-2.8	
Debt on Equity	117.1%	101.3%	88.7%	77.6%	68.2%	59.7%	52.3%	45.8%	40.2%	35.4%	

Difference											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-54,750	-127,750
Water Tariff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Income	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operating Profit	0	0	0	0	0	0	1,566	17,622	69,996	-35,073	-230,606
Operating Margin	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	2.3%	8.0%	-2.9%	-14.2%
Net Profit	0	0	0	0	0	0	-1,636	23	34,045	-38,551	-165,061
Net Margin	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.3%	0.0%	3.9%	-3.2%	-10.2%
Cash&ST Inv	0	0	0	0	0	-174,032	-842,404	-1,308,012	-905,220	-205,856	109,387
Total Indebtedness	0	0	0	0	0	-174,032	-1,004,798	-2,282,584	-3,257,705	-3,590,201	-3,502,262
Equity	0	0	0	0	0	0	-1,636	-1,613	32,432	-6,119	-171,181
DSCR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
Net debt to EBITDA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	-2.1	-4.4	-3.3	-1.9
Debt on Equity	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-11.3%	-60.1%	-120.2%	-155.6%	-145.1%	-109.8%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	-200,750	
Water Tariff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total Income	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Operating Profit	-466,706	-475,435	-483,688	-491,531	-498,893	-505,798	-512,264	-518,312	-523,961	-529,227	
Operating Margin	-25.8%	-26.0%	-26.2%	-26.5%	-27.5%	-27.9%	-28.3%	-28.6%	-28.9%	-29.2%	
Net Profit	-290,653	-310,411	-329,037	-345,945	-362,559	-378,910	-395,024	-410,923	-426,626	-442,153	
Net Margin	-16.1%	-17.0%	-17.8%	-18.7%	-20.0%	-20.9%	-21.8%	-22.7%	-23.5%	-24.4%	
Cash&ST Inv	-217,135	-571,574	-876,849	-1,191,600	-1,516,522	-1,851,686	-2,197,112	-2,552,789	-2,918,710	-3,294,873	
Total Indebtedness	-3,371,953	-3,228,345	-3,088,255	-2,953,377	-2,824,243	-2,700,713	-2,582,578	-2,469,608	-2,361,579	-2,258,276	
Equity	-461,834	-772,245	-1,039,200	-1,319,338	-1,612,708	-1,919,106	-2,238,348	-2,570,266	-2,914,708	-3,271,536	
DSCR	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Net debt to EBITDA	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	
Debt on Equity	-80.5%	-59.8%	-47.2%	-37.8%	-30.7%	-25.3%	-21.0%	-17.7%	-15.1%	-12.9%	

出典：PPWSA 財務計画、調査団作成

2030年時点で収益性は営業利益率及び純利益率でそれぞれ14.2%ポイント、10.2%ポイント減少して29.4%、21.5%となるが、十分に高い水準を維持することが可能である。Net debt to EBITDA と Debt on Equity はそれぞれ2.7、135%となり、返済能力及び財務健全性が改善する。

12-7-4 ベストエフォートケース

上述の通り理想ケースが財務的に最善の実施方針ではあるが、中期的に水道料金を KHR 2,400/m³ に切り上げることは現実的ではない可能性が高い。以下は次善の実施方針案として中期的に水道料金を第三次マスタープラン（M/P2017）の提言と同様に KHR 1,700/m³ に切り上げて、ローン金利を3%から1%に切り下げるケースを検討する。また、収益性改善のため PPP は活用しないことを前提とする。主要な財務指標については表 12-7.4 の通りとなる。

表 12-7.4 主要財務指標（ベストエフォートケース）

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	517,376	644,400
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,400	1,500	1,600	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Total Income	324,368	357,602	360,340	430,954	485,020	572,828	599,915	734,791	752,120	939,564	1,160,180
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	182,644	168,888	198,193	195,633	245,773	171,858	209,763	313,270
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	42.4%	34.8%	34.6%	32.6%	33.4%	22.8%	22.3%	27.0%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	144,154	128,400	149,365	161,811	218,464	177,196	192,319	248,329
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	33.5%	26.5%	26.1%	27.0%	29.7%	23.6%	20.5%	21.4%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	351,759	491,349	1,131,509	1,937,591	2,799,941	2,291,064	1,556,504	1,150,516
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,609,454	1,888,529	2,640,692	4,016,051	5,940,779	7,155,255	7,525,006	7,245,498
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,353,879	1,482,279	1,631,644	1,793,454	2,011,918	2,189,114	2,381,433	2,629,761
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.9	4.8	4.7	4.5	3.5	2.4	2.2	2.0
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.2	5.0	4.5	6.0	7.2	11.3	10.6	8.4
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	118.9%	127.4%	161.8%	223.9%	295.3%	326.9%	316.0%	275.5%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	723,973	730,546	737,119	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855
Water Tariff	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Total Income	1,296,500	1,308,911	1,321,387	1,327,409	1,287,398	1,287,186	1,286,995	1,286,823	1,286,668	1,286,529	1,286,529
Operating Profit	399,222	414,086	427,384	434,355	414,201	424,122	433,024	440,977	448,027	454,196	454,196
Operating Margin	30.8%	31.6%	32.3%	32.7%	32.2%	32.9%	33.6%	34.3%	34.8%	35.3%	35.3%
Net Profit	280,657	301,591	323,136	338,229	331,559	348,222	364,821	380,874	396,266	411,164	411,164
Net Margin	21.6%	23.0%	24.5%	25.5%	25.8%	27.1%	28.3%	29.6%	30.8%	32.0%	32.0%
Cash&ST Inv	1,393,753	1,699,100	1,953,677	2,208,890	2,432,961	2,695,882	2,977,740	3,267,254	3,578,956	3,907,418	3,907,418
Total Indebtedness	6,912,835	6,552,442	6,199,410	5,855,921	5,522,676	5,199,378	4,898,043	4,607,115	4,340,785	4,093,548	4,093,548
Equity	2,910,419	3,212,009	3,474,827	3,748,429	4,012,342	4,294,252	4,589,428	4,897,338	5,217,429	5,549,340	5,549,340
DSCR	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.5
Net debt to EBITDA	6.7	5.9	5.2	4.5	4.0	3.3	2.5	1.8	1.0	0.3	0.3
Debt on Equity	237.5%	204.0%	178.4%	156.2%	137.6%	121.1%	106.7%	94.1%	83.2%	73.8%	73.8%

出典：PPWSA 財務計画、調査団作成

2030年時点の Net debt to EBITDA と Debt on Equity はそれぞれ 8.4、276%と高水準で、返済能力及び財務健全性に一部懸念が残るものの、一定の収益性を確保し現預金は正の値を維持することが可能である。金融機関・開発援助機関等がこのような財務状況を許容することができれば、本調査で提案しているプロジェクトを実施することは可能である。

12-7-5 推奨ケース

ベストエフォートケースに加えて、最も実現可能性の高い水道料金の切り上げシナリオをベースとしたケースについて検討する。水道料金を 2025年に KHR 1,700/m³、2028年に KHR 1,900/m³に切り上げた場合、主要な財務指標については表 12-7.5 の通りとなる。

表 12-7.5 主要財務指標（推奨ケース）

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	517,376	644,400
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,700	1,700	1,700	1,900	1,900	1,900
Total Income	324,368	357,602	360,340	417,765	440,688	603,892	599,915	734,791	835,958	1,045,123	1,291,119
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	170,549	128,296	226,516	193,583	239,431	229,120	270,215	381,264
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	40.8%	29.1%	37.5%	32.3%	32.6%	27.4%	25.9%	29.5%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	134,478	94,335	168,687	155,291	202,474	202,734	210,633	247,105
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	32.2%	21.4%	27.9%	25.9%	27.6%	24.3%	20.2%	19.1%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	331,582	414,746	1,090,140	1,946,190	2,734,067	2,183,305	1,123,844	526,367
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,606,061	1,885,844	2,632,826	4,127,768	6,200,110	7,614,043	8,009,899	7,723,565
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,344,203	1,438,538	1,607,225	1,762,516	1,964,990	2,167,724	2,378,356	2,625,461
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.6	4.1	4.8	4.2	3.1	2.4	2.2	2.0
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.6	6.2	4.3	6.3	8.0	10.8	10.5	8.5
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	119.5%	131.1%	163.8%	234.2%	315.5%	351.2%	336.8%	294.2%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	723,973	730,546	737,119	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855
Water Tariff	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
Total Income	1,443,337	1,457,062	1,470,851	1,477,420	1,437,409	1,437,197	1,437,006	1,436,834	1,436,679	1,436,540	
Operating Profit	483,691	502,482	519,461	529,266	511,322	523,335	534,219	544,049	552,874	560,723	
Operating Margin	33.5%	34.5%	35.3%	35.8%	35.6%	36.4%	37.2%	37.9%	38.5%	39.0%	
Net Profit	224,579	251,370	280,211	302,011	301,434	323,973	346,257	367,813	388,536	408,602	
Net Margin	15.6%	17.3%	19.1%	20.4%	21.0%	22.5%	24.1%	25.6%	27.0%	28.4%	
Cash&ST Inv	694,260	989,025	1,247,537	1,509,376	1,742,696	2,017,801	2,314,721	2,622,117	2,954,467	3,306,291	
Total Indebtedness	7,372,551	6,992,762	6,620,608	6,258,730	5,907,872	5,567,727	5,250,279	4,943,944	4,662,880	4,401,553	
Equity	2,850,040	3,101,410	3,331,347	3,577,316	3,818,348	4,082,034	4,363,496	4,662,058	4,977,031	5,307,925	
DSCR	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	
Net debt to EBITDA	7.0	6.3	5.6	5.0	4.6	3.9	3.3	2.6	1.9	1.2	
Debt on Equity	258.7%	225.5%	198.7%	175.0%	154.7%	136.4%	120.3%	106.0%	93.7%	82.9%	

出典：PPWSA 財務計画、調査団作成

ベストエフォートケースと同様に、2030年時点の Net debt to EBITDA と Debt on Equity はそれぞれ 8.5、294%と高水準で、返済能力及び財務健全性に一部懸念が残るものの、一定の収益性を確保し現預金は正の値を維持することが可能である。

12-7-6 推奨ケース（機械式汚泥処理施設なし）

参考として、推奨ケースと同様のシナリオに基づいて、機械式汚泥処理施設を導入しないケースを検討する。主要な財務指標については表 12-7.6 の通りとなる。推奨ケースとの差異表を併せて記載する。

表 12-7.6 主要財務指標（推奨ケース（機械式汚泥処理施設なし））

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	517,376	644,400
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,700	1,700	1,700	1,900	1,900	1,900
Total Income	324,368	357,602	360,340	417,765	440,688	603,892	599,915	734,791	835,958	1,045,123	1,291,119
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	170,549	129,005	228,057	202,029	259,857	266,173	327,948	454,300
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	40.8%	29.3%	37.8%	33.7%	35.4%	31.8%	31.4%	35.2%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	134,478	93,350	168,107	158,952	216,920	231,905	262,980	324,034
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	32.2%	21.2%	27.8%	26.5%	29.5%	27.7%	25.2%	25.1%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	238,085	308,463	901,249	1,693,255	2,417,980	1,983,449	1,262,147	909,809
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,512,563	1,692,364	2,245,233	3,467,411	5,167,153	6,266,811	6,585,840	6,339,898
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,344,203	1,437,553	1,605,659	1,764,612	1,981,532	2,213,437	2,476,417	2,800,451
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.6	4.2	4.9	4.6	3.4	2.7	2.5	2.3
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.6	5.8	3.7	5.1	6.3	8.4	8.0	6.4
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	112.5%	117.7%	139.8%	196.5%	260.8%	283.1%	265.9%	226.4%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	723,973	730,546	737,119	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855	739,855
Water Tariff	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
Total Income	1,443,337	1,457,062	1,470,851	1,477,420	1,437,409	1,437,197	1,437,006	1,436,834	1,436,679	1,436,540	
Operating Profit	557,496	572,413	585,753	592,125	570,917	579,826	587,758	594,780	600,935	606,245	
Operating Margin	38.6%	39.3%	39.8%	40.1%	39.7%	40.3%	40.9%	41.4%	41.8%	42.2%	
Net Profit	325,476	350,527	377,071	396,333	393,391	413,729	433,965	453,620	472,583	491,022	
Net Margin	22.6%	24.1%	25.6%	26.8%	27.4%	28.8%	30.2%	31.6%	32.9%	34.2%	
Cash&ST Inv	1,191,811	1,569,646	1,891,255	2,215,531	2,510,412	2,846,238	3,203,090	3,569,690	3,960,575	4,370,323	
Total Indebtedness	6,042,773	5,719,946	5,403,139	5,094,452	4,794,507	4,503,060	4,232,184	3,970,383	3,731,906	3,511,302	
Equity	3,125,927	3,476,454	3,783,420	4,104,339	4,418,463	4,753,514	5,104,734	5,471,561	5,853,420	6,249,926	
DSCR	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	2.7	
Net debt to EBITDA	5.0	4.3	3.7	3.0	2.5	1.8	1.1	0.4	-0.3	-1.0	
Debt on Equity	193.3%	164.5%	142.8%	124.1%	108.5%	94.7%	82.9%	72.6%	63.8%	56.2%	
Difference											
(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water Tariff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Income	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operating Profit	0	0	0	0	709	1,541	8,446	20,426	37,054	57,733	73,036
Operating Margin	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%	1.4%	2.8%	4.4%	5.5%	5.7%
Net Profit	0	0	0	0	-985	-581	3,661	14,446	29,171	52,348	76,929
Net Margin	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.2%	-0.1%	0.6%	2.0%	3.5%	5.0%	6.0%
Cash&ST Inv	0	0	0	-93,497	-106,283	-188,890	-252,935	-316,087	-199,856	138,303	383,442
Total Indebtedness	0	0	0	-93,497	-193,480	-387,593	-660,357	-1,032,957	-1,347,232	-1,424,059	-1,383,667
Equity	0	0	0	0	-985	-1,565	2,096	16,542	45,713	98,061	174,990
DSCR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Net debt to EBITDA	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.6	-1.2	-1.7	-2.4	-2.4	-2.1
Debt on Equity	0.0%	0.0%	0.0%	-7.0%	-13.4%	-24.0%	-37.7%	-54.8%	-68.1%	-70.8%	-67.8%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Water Tariff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total Income	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Operating Profit	73,805	69,931	66,292	62,859	59,595	56,491	53,539	50,732	48,062	45,522	
Operating Margin	5.1%	4.8%	4.5%	4.3%	4.1%	3.9%	3.7%	3.5%	3.3%	3.2%	
Net Profit	100,897	99,157	96,860	94,322	91,958	89,756	87,708	85,808	84,047	82,421	
Net Margin	7.0%	6.8%	6.6%	6.4%	6.4%	6.2%	6.1%	6.0%	5.9%	5.7%	
Cash&ST Inv	497,550	580,621	643,718	706,154	767,716	828,437	888,369	947,573	1,006,107	1,064,031	
Total Indebtedness	-1,329,778	-1,272,816	-1,217,469	-1,164,278	-1,113,365	-1,064,666	-1,018,095	-973,561	-930,974	-890,250	
Equity	275,887	375,044	452,073	527,022	600,116	671,480	741,238	809,504	876,389	942,000	
DSCR	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	
Net debt to EBITDA	-1.9	-1.9	-2.0	-2.0	-2.1	-2.1	-2.1	-2.2	-2.2	-2.2	
Debt on Equity	-65.4%	-60.9%	-55.9%	-50.8%	-46.2%	-41.7%	-37.4%	-33.5%	-29.9%	-26.7%	

出典：PPWSA 財務計画、調査団作成

施設整備額及び減価償却費が減少することから 2030 年時点で営業利益率が 5.7%ポイント上昇し、収益性及び財務健全性が改善する。

12-7-7 スケールダウンケース

参考として、現状の水道料金と金利 3%の調達条件を前提として実施可能な施設整備案について検討する。結論として、給水原価が高い Koh Norea と Ta Mouk I&II は財務的に実施できず、供給能力は

基本の施設整備案から 550,000 m³/日の減少となる。主要な財務指標については表 12-7.7 の通りとなる。

表 12-7.7 主要財務指標（スケールダウンケース）

(KHR '000 000)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Water Production	224,774	245,000	249,000	287,000	293,000	300,000	321,714	401,087	408,660	462,626	516,650
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354
Total Income	324,368	357,602	360,340	417,765	440,688	496,411	484,929	592,369	607,080	682,888	760,855
Operating Profit	129,587	138,843	133,138	170,549	128,271	127,913	89,760	127,323	97,187	108,911	141,398
Operating Margin	40.0%	38.8%	36.9%	40.8%	29.1%	25.8%	18.5%	21.5%	16.0%	15.9%	18.6%
Net Profit	88,352	107,065	103,604	134,478	94,371	89,822	66,192	91,291	64,198	54,146	62,271
Net Margin	27.2%	29.9%	28.8%	32.2%	21.4%	18.1%	13.6%	15.4%	10.6%	7.9%	8.2%
Cash&ST Inv	118,155	116,707	89,042	334,975	415,685	786,016	761,454	925,954	522,398	243,999	32,720
Total Indebtedness	548,136	846,918	1,143,914	1,609,454	1,889,948	2,469,969	3,019,476	3,674,936	3,926,358	3,971,491	3,782,609
Equity	982,053	1,106,120	1,209,725	1,344,203	1,438,573	1,528,396	1,594,587	1,685,878	1,750,077	1,804,222	1,866,493
DSCR	1.6	4.3	5.4	6.6	4.1	3.8	3.1	2.4	1.7	1.6	1.5
Net debt to EBITDA	2.3	3.7	5.5	5.6	6.2	6.4	9.3	8.8	11.0	10.4	9.3
Debt on Equity	55.8%	76.6%	94.6%	119.7%	131.4%	161.6%	189.4%	218.0%	224.4%	220.1%	202.7%
(KHR '000 000)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Water Production	523,223	529,796	536,369	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105	539,105
Water Tariff	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354
Total Income	770,927	781,066	791,270	796,347	756,335	756,123	755,932	755,761	755,606	755,467	
Operating Profit	138,831	144,044	148,171	147,544	121,071	125,065	128,416	131,178	133,380	135,030	
Operating Margin	18.0%	18.4%	18.7%	18.5%	16.0%	16.5%	17.0%	17.4%	17.7%	17.9%	
Net Profit	30,266	38,108	46,312	50,346	33,480	40,093	46,760	52,985	58,642	63,884	
Net Margin	3.9%	4.9%	5.9%	6.3%	4.4%	5.3%	6.2%	7.0%	7.8%	8.5%	
Cash&ST Inv	18,712	46,534	67,520	83,618	62,695	73,995	97,566	122,116	162,163	212,266	
Total Indebtedness	3,579,102	3,360,849	3,146,334	2,936,193	2,730,613	2,529,438	2,344,892	2,165,647	2,006,114	1,861,003	
Equity	1,896,759	1,934,867	1,973,558	2,014,641	2,038,052	2,071,450	2,110,191	2,153,824	2,201,869	2,254,025	
DSCR	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	
Net debt to EBITDA	8.8	8.3	7.9	7.5	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	
Debt on Equity	188.7%	173.7%	159.4%	145.7%	134.0%	122.1%	111.1%	100.5%	91.1%	82.6%	

出典：PPWSA 財務計画、調査団作成

2030年と2031年に現預金がほぼゼロとなり、Koh Norea と Ta Mouk I&II に投資する余力はない。現状の水道料金と3%の金利では本調査で提案する施設整備案の過半（供給量ベース）は財務的に実施が困難である。

12-7-8 結論と提言

現在の水道料金の水準では本調査で提案する施設整備案を全面的に実施することは財務的に困難であり、財務体質の改善には KHR 2,400/m³ を目標とした水道料金の大幅な切り上げが必要である。ファイナンスについては、カンボジア政府及び開発援助機関等と交渉し、より有利な融資条件で調達することで収益性の改善と事業の継続性を担保することを最優先とし、必要に応じて PPP 等民間資金の活用を検討することが望ましい。

