

第4章 汚水対策マスタープラン

4.1 オンサイト・オフサイト処理に係る代替案検討

汚水対策については、プノンペン都を、オフサイト処理に適する区域(Cheung Aek 流域)と、オンサイトとオフサイトの適用性を比較する区域(Tamok 流域)およびオンサイト処理に適する区域(その他の地域)に分けて、それぞれ検討を行った。

4.1.1 Cheung Aek 処理区

Cheung Aek 処理区は、オフサイト処理が基本であり、**3.2.2 節**に述べたように、以下の条件において検討を行った。

- 汚水収集方式：合流式(インターセプター方式)
- 汚水処理方式：6 方式を比較検討

(1) 汚水収集システム

検討の結果、**表 4.1.1** に示すように、面積は、4,701.9 ha であり、処理人口は、約 1,093 千人となった。また、汚水収集に必要な汚水幹線管渠²⁸の延長は 34.1 km(口径は φ250 mm から φ2,200 mm)となった。流域内の既設排水路を使用する合流式を採用するため、枝線の整備は不要である。一方、「**4.2.1 管路施設計画**」に示したとおり、中継ポンプ場は設けないものとした。管渠の整備費用は**表 4.1.4** に示すように、130.7 百万 USD となった。

表 4.1.1 Cheung Aek 処理区的面積・人口・汚水収集システムの概要

項目	内容
面積 (ha)	4,701.9
処理人口(人:2035年)	1,093,155
汚水収集方式	合流式(インターセプター方式)
幹線管渠(km)	34.1 (φ250 mm-φ2,200 mm)
枝線管渠の整備要否	不要
中継ポンプ場	不要
管渠の整備費用	表4.1.4および4.1.5に処理場整備費とまとめて表示

出典：調査団

(2) 下水処理場

下水処理場については、**表 4.1.1** に示した処理人口や**第 3 章**に示した原単位等に基づき、**表 4.1.2** および**表 4.1.3** に示す、設計汚水量および流入水質を算出した。処理方式については、Cheung Aek 湖での建設を基本に、6 つの処理方式を比較し、その結果と配置計画を**表 4.1.4**、**表 4.1.5** および**図 4.1.2** に示した。

²⁸ (i) 一次幹線管渠：下水処理場と接続する幹線管渠、(ii)二次幹線管渠：一次幹線に接続する幹線管渠、または、処理分区の幹線管渠、に該当する管渠。

表 4.1.2 Chueng Aek 下水処理場 設計汚水量

	汚水量 (m ³ /日)	地下水 (m ³ /日)	合計 (m ³ /日)	設計汚水量 (m ³ /日)
日平均	224,097	35,264	259,361	260,000
日最大	245,960	35,264	281,224	282,000
時間最大	371,673	35,264	406,937	407,000

注) (地下水量 1)=4,701.9 ha×7.5 m³/day/ha=35,264 m³/day.....(1)

(地下水量 2)=(計画人口)×(160+95)L/人・日×0.85×15%=35,541 m³/day.....(2)

となり、(1)<(2)より、地下水量は(1)の値を採用。

出典：調査団

表 4.1.3 Chueng Aek 下水処理場 流入水質

	日平均水量 (m ³ /日)	計算水質 (mg/L)	設計水質 (mg/L)	備考
BOD	260,000	192	195	負荷量: 49,935 kg/日 内訳 家庭/商業系 49,192 kg/日 工業系 743 kg/日
TSS	260,000	202	205	BOD×1.05

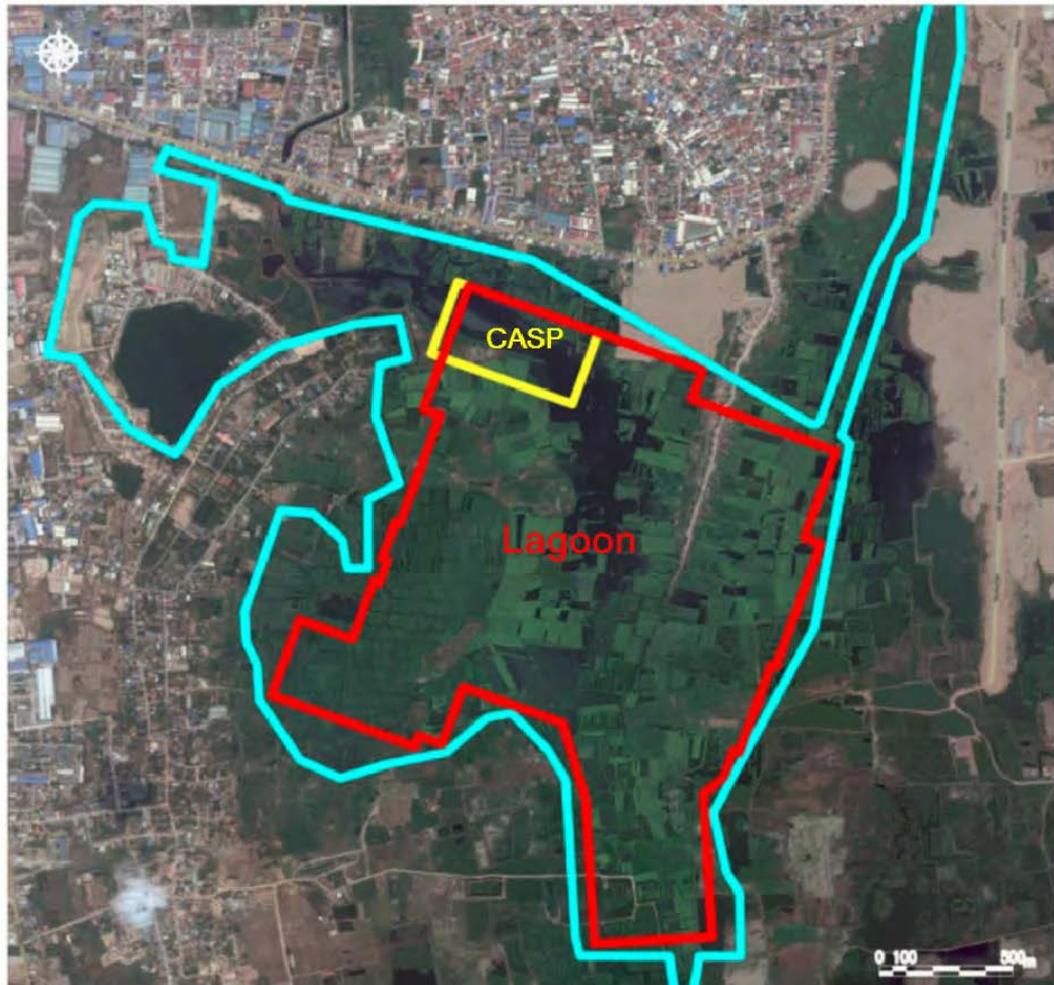
注) (家庭/商業系負荷量)=(処理区内人口)×45 g/人・日×10⁻³

(工業系負荷量)=(処理区内人口)×8.5L/人・日(原単位)×80 mg/L×10⁻⁶

出典：調査団

以下に下水処理場の検討結果の概要を示す。

- **必要敷地面積**：前処理散水ろ床法(PTF)と回分式活性汚泥法(SBR)が、ほぼ同じで最小となった(PTF:13.0 ha, SBR:13.4 ha)。必要面積が最大となったのは、ラグーンであり、その値は262.4 haであった。その次に大きな敷地面積を必要とするのは、オキシデーションディッチ法(OD)で、その値は43.1 haであった。
- **建設費**：ODが最も高く(397.9百万USD)、次いで、散水ろ床法(TF)がそれに続く。最も安価となったのは、ラグーンで214.2百万USDであった。
- **維持管理費**：ラグーンが最も安価となり、約1.9百万USD/年であり、最も高いのは、ODで、約18.0百万USD/年であった。
- **EIRR**：表4.1.4および表4.1.5に示したEIRRは、周辺部が開発エリアとなっているCheung Aek湖の状況を考慮し、埋立てによる土地の潜在価値を考慮して、参考として試算したものである。この結果、埋立て面積が、他の方式に比べて概ね10倍以上に達するラグーンの場合のEIRR値が最も低くなった。
- **環境社会配慮**：ラグーンについては、大規模な住民移転(約100世帯)が発生する。さらに、最も必要敷地面積が小さくなる処理方式の一つである標準活性汚泥法との敷地への収まり具合を対比した図4.1.1に示すとおり、Cheung Aek湖の大半が埋め立てられる。また、臭気の発生などの周囲への影響も、ラグーンが最も大きいと想定される。



出典：調査団

図 4.1.1 ラグーンと標準活性汚泥法の敷地的な収まりの対比

上に列挙した評価内容を含めて、建設費、維持管理費、維持管理の容易さおよび大規模処理場での実績および環境社会配慮面に関して、定量的な総合評価を加えた結果、建設および維持管理費の安さ、ならびに維持管理の容易さ等を重視すれば、ラグーンが最も有利となることがわかった。しかしながら、ラグーンによる下水処理場は、Cheung Aek 湖のほとんどを埋め立てる必要があり、一旦埋立ててしまえば、その後、水域として保全することも、現状の空芯菜等の栽培地として利用することもできなくなる。また、住民移転も必要となるなど、環境、社会的な損失が大きい。さらに、臭気等による周囲への影響も最も大きいという欠点もある。これらの点を勘案し、Cheung Aek 下水処理場については、標準活性汚泥法や、大規模での実績がないという現時点でのリスクを理解した上で、PTFを採用する等の選択を推奨する。

表 4.1.4 Cheung Aek 下水処理場に適用する水処理方式の比較検討(1/2)

	ラグーン	散水ろ床法 (TF)	前処理散水ろ床法 (PTF)
必要敷地面積 (ha)	262.4	28.8	13.0
建設費 (百万 USD)			
下水処理場計	214.2	328.5	271.8
土木(埋立)	151.3	38.1	18.5
土木(本体)	36.9	107.3	82.3
建築	8.8	15.9	15.9
機械	5.9	103.7	93.0
電気	11.3	63.5	62.1
下水管渠	130.7	130.7	130.7
汚泥処分場	16.5	16.5	16.5
合計	361.4	475.7	419.0
維持管理費 (百万 USD/year)			
下水処理場計	1.559	10.979	9.853
電気代	0.996	5.580	4.583
人件費	0.167	0.237	0.237
薬品費	-	3.933	3.933
修理・部品代	0.052	0.645	0.589
その他	0.344	0.584	0.511
下水管渠	0.157	0.157	0.157
汚泥処分場	0.174	0.174	0.174
合計	1.890	11.310	10.184
EIRR	-0.4%	9.4%	12.1%
想定移転家屋数	<ul style="list-style-type: none"> 約 100 世帯 	<ul style="list-style-type: none"> なし 	<ul style="list-style-type: none"> なし
コストおよび環境社会配慮面も含めた留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 必要敷地面積は最も大きく、住民移転が必要となり、広大な埋立てによる社会的損失が大きい。 建設および維持管理費ともに最も安価である。 維持管理は容易であるが、日光による酸素供給および減菌を図る必要から、蓋が出来ず、臭気の管理が困難である。また、処理施設の面積が広大であるため、周辺エリアへの影響も大きい。 滞留時間が大きく、負荷変動には強いが、ラグーン内の汚泥の除去を適切に実施しないと、機械式でないだけに、処理水質の悪化につながる。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要敷地面積は、OD の次に大きく、PTF の 2 倍程度に達する。 消費電力が、CAPS、SBR および OD に比較して少ないため、維持管理費用は、3 番目に安価となる。 臭気およびろ床パエの管理が困難である。 大規模処理場での採用例は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地面積は、TF の半分程度に削減される。 消費電力が、CAPS、SBR および OD に比較して少ないため、維持管理費用は、2 番目に安価となる。 攪拌によるろ床の洗浄と、臭気およびろ床パエの管理が可能である。 現在のところ、大規模処理場での採用例はない(ベトナム国ダナンでの 300 m³/日の実験プラントと、ホイアンでの 2,000 m³/日のプラントを建設中。日本では、6,750 m³/日のプラントで実験中)。 ろ材を利用した、前処理施設の除去効果が高く合流改善効果に優れる。
評価 ¹⁾			
建設費	+++++	+++	++++
維持管理費用	+++++	+++	++++
維持管理の容易さ	+++++	++++	++++
大規模 ²⁾ での実績	++	++	+
住民移転数	+	+++++	+++++
臭気/埋立て等による社会影響	+	+++	+++++

	ラグーン	散水ろ床法 (TF)	前処理散水ろ床法 (PTF)
合計	+19	+20	+23

注1) 評価欄における評価基準は、5段階評価として、「++++」を他より優れるとし、最も劣る場合を「+」で評価した。

注2) 10万 m³/日最大を超えるものを大規模とした。

出典：調査団

表 4.1.5 Cheung Aek 下水処理場に適用する水処理方式の比較検討(2/2)

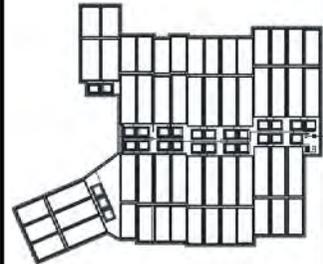
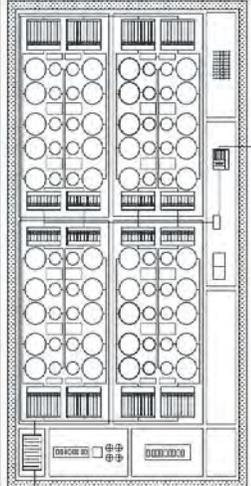
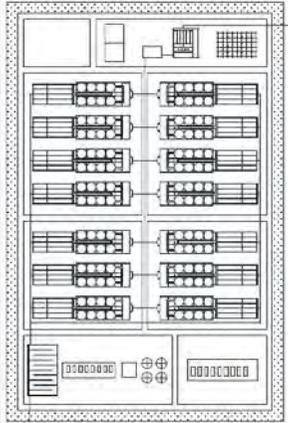
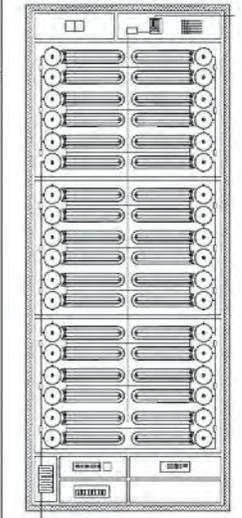
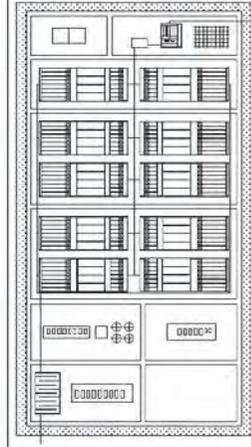
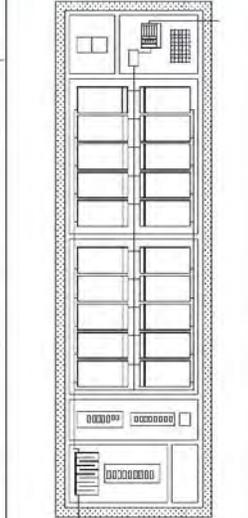
	オキシデーション ディッチ (OD)	標準活性汚泥法 (CASP)	回分式活性汚泥法 (SBR)
必要敷地面積 (ha)	43.1	16.3	13.4
建設費 (百万 USD)			
下水処理場計	397.9	302.9	260.9
土木(埋立)	57.2	23.8	20.4
土木(本体)	176.9	77.0	84.3
建築	18.8	19.8	18.9
機械	83.1	118.7	75.0
電気	61.9	63.6	62.3
下水管渠	130.7	130.7	130.7
汚泥処分場	16.5	16.5	16.5
合計	545.1	450.1	408.1
維持管理費 (百万 USD/year)			
下水処理場計	17.711	14.564	16.433
電気代	13.950	8.968	10.961
人件費	0.273	0.721	0.307
薬品費	2.645	3.933	4.112
修理・部品代	0.539	0.368	0.500
その他	0.304	0.574	0.553
下水管渠	0.157	0.157	0.157
汚泥処分場	0.174	0.174	0.174
合計	18.042	14.895	16.764
EIRR	7.1%	10.5%	11.7%
想定移転家屋数	● なし	● なし	● なし
コストおよび 環境社会配慮面も 含めた留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ● 施設構造が簡単であるため、維持管理性に優れるが、必要面積が大きく、CASPの2.5倍の面積が必要となる。 ● 本方式は、一般には、概ね10千 m³/日未満の小規模処理場に適する。 ● そのため、本処理場のような大規模処理場において適用される場合は、建設費および維持管理費ともにCASPより割高となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設費はSBRよりも高くなるが、SBRに比較して、維持管理費は安価で、維持管理も容易である。 ● 処理の安定性は高く、大規模処理場への適用例が最も多い処理方式である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設費はCASPより安い。 ● CASPに比較して維持管理費は、高価となる。 ● 他の処理方式に比べて、一つの槽にて、沈澱池の機能、反応タンクの機能を持たせており、最も高度な運転維持管理技術が必要とされるため、適切なシーケンスを組む必要がある。一般には、用地の制約がある都心部への設置に事例が多い。
評価 ¹⁾			
建設費	+++	+++	++++
維持管理費用	+	++	+
維持管理の 容易さ	++++	+++	+++
大規模 ²⁾ での 実績	++	+++++	+++

	オキシデーション ディッチ (OD)	標準活性汚泥法 (CASP)	回分式活性汚泥法 (SBR)
住民移転数	+++++	+++++	+++++
臭気/埋立て等による社会影響	+++	+++++	+++++
合計	+18	+23	+21

注1) 評価欄における評価基準は、5段階評価として、「+++++」を他より優れるとし、最も劣る場合を「+」で評価した。

注2) 10万 m³/日最大を超えるものを大規模とした。

出典：調査団

Lagoon	Trickling Filter	Pre-Treated Trickling Filtration	Oxidation Ditch	Conventional Activated Sludge Process	Sequential Batch Reactor
					
					
262.4 ha	28.8 ha	13.0 ha	43.1 ha	16.3 ha	13.4 ha

出典：調査団

図 4.1.2

Cheung Aek 下水処理場の配置検討

(3) 財務分析

前項に示した結果を受け、定量評価において、第1位を得た標準活性汚泥法およびPTFとコスト面において優位であったラグーンに着目し、財務分析を実施した。

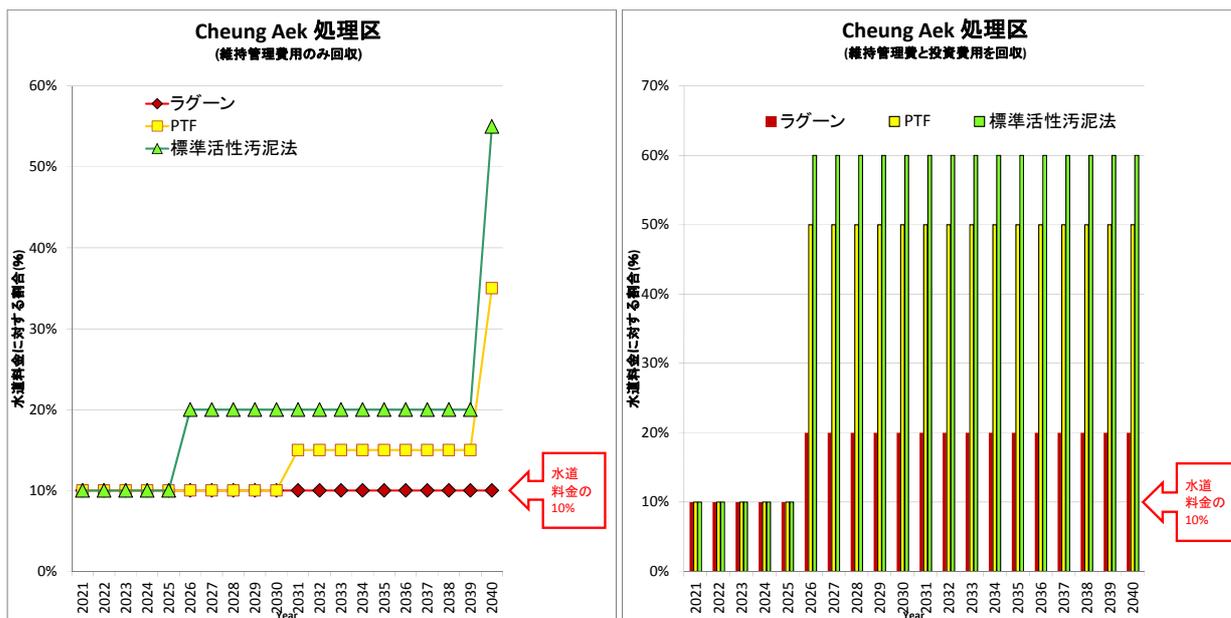
ここでは、(i) 下水道使用料と、(ii) 4.3.2節で詳述する下水汚泥を最終的に処分する汚泥処分場への併設を計画する腐敗槽汚泥処理施設の使用料(バキューム車1台あたりの受け入れ料金)を資金源として、施設の維持管理費および建設費用を回収すると仮定した場合の下水道使用料設定値を検討している。その結果を表4.1.6に、また、その結果のうちの下水道使用料の推移を図4.1.3に示した。

表4.1.6より、例えば、ラグーンを採用し、維持管理費のみを回収しようとした場合、その費用は、現在の水道料金の10%に収まる結果となった。一方、例えば、標準活性汚泥法で維持管理費を回収するためには、2025年までは現在の水道料金の10%分に相当する下水道使用料に収まるが、2026年から2039年までは、それが水道料金の20%相当へ、さらに2040年以降は55%へと上昇することを示している。

表 4.1.6 Cheung Aek 処理区を対象とした財務分析結果の一覧

検討ケース	Cheung Aek 処理区を ラグーンで整備する場合		Cheung Aek 処理区を PTFで整備する場合		Cheung Aek 処理区を 標準活性汚泥法で整備する 場合	
	維持管理費 のみ	投資費用 込み	維持管理費 のみ	投資費用 込み	維持管理費 のみ	投資費用 込み
収入源						
下水道使用料 (水道料金に 対する割合で 表示)	10% (全期間)	10% (2025年迄) ↓ 20% (2026年以降)	10% (2030年迄) ↓ 15% (2039年迄) ↓ 35% (2040年以降)	10% (2025年迄) ↓ 50% (2026年以降)	10% (2025年迄) ↓ 20% (2039年迄) ↓ 55% (2040年以降)	10% (2025年迄) ↓ 60% (2026年以降)
(現況の水道料金 10%への上 乗せ率)	(-)	(-) (2025年迄) ↓ (10%) (2026年以降)	(-) (2030年迄) ↓ (5%) (2039年迄) ↓ (25%) (2039年以降)	(-) (2025年迄) ↓ (40%) (2026年以降)	(-) (2025年迄) ↓ (10%) (2039年迄) ↓ (45%) (2040年以降)	(-) (2025年迄) ↓ (50%) (2026年以降)
汚泥処分場におけるバキューム車の受け入れ料金(USD/台)	5	5	5	5	5	5

出典：調査団



出典：調査団

図 4.1.3 Cheung Aek 処理区を対象とした下水道使用料の推移

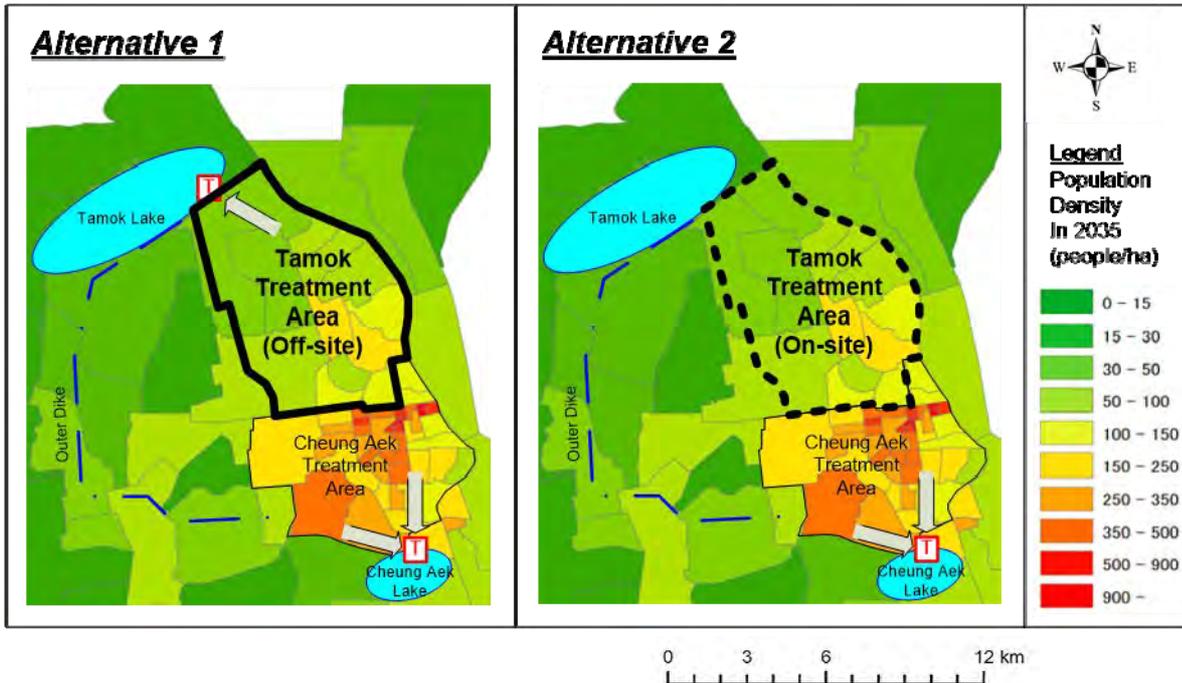
(4) 結論

以上までの議論により、Cheung Aek 湖の広大な埋め立てによる環境社会面への負の影響を考慮すると、ラグーンの採用は好ましくなく、機械式のうち、最も一般的な処理方式である標準活性汚泥法や、現時点でのリスクを理解した上で、維持管理費削減に強みを有する PTF の採用等が望まれる。また、何を重視して下水処理場の整備に取り組むのかに係るブノンペン都の意向および方針への目配りも併せて必要であるものと考えた。

これを受けて、Cheung Aek 下水処理場の処理方式については、2016 年 9 月において開催され S/C での議論を経て、PTF の採用は時期尚早であるとして、標準活性汚泥法を採用することとし、これ以降の検討については、標準活性汚泥法の採用を前提に検討を実施することとした。

4.1.2 Tamok 処理区

Tamok 湖流域における比較検討については、目標年次における人口密度が 50 人/ha を超える地域に着目して、**図 4.1.4** に示すように、(i) Alternative 1 : オフサイト処理の場合、(ii) Alternative 2 : オンサイトの場合として比較検討を行った²⁹。



出典：調査団

図 4.1.4 Tomok 流域の代替案検討

(1) オフサイト処理の場合の検討結果(Alternative 1)

オフサイト処理については、3.2.2 節に述べたように、以下の条件において検討を行った。

- 汚水収集方式：分流式
- 汚水処理方式：6 方式の比較検討

(a) 汚水収集システム

検討の結果、**表 4.1.7** に示すように、面積は、6,019.2 ha であり、処理人口は、約 481 千人となった。また、汚水収集に必要な幹線管渠の延長は 66.1 km(口径は $\phi 200$ mm から $\phi 1,650$ mm)となった。また、中継ポンプ場数は、全部で 9 箇所であり、そのうちの 7 箇所はマンホールポンプである。管渠の整備費用は**表 4.1.10** および**表 4.1.11** に示すように、397.7 百万 USD となった。これは、Cheung Aek 処理区とは異なり、枝線の整備が必要となるためである。

²⁹ そのため、Tamok 湖流域であっても、**図 4.1.4** に示した比較検討エリアに含まれない地域については、「その他の地域」に含まれるものとする。

表 4.1.7 Tamok 流域(処理区)の面積・人口・汚水収集システムの概要

項目	内容
面積 (ha)	6,019.2
処理人口(人;2035年)	481,423
汚水収集方式	分流式
幹線管渠(km)	66.1 (φ200 mm-φ1,650 mm)
枝線管渠の整備要否	必要
中継ポンプ場	大規模: 2箇所およびマンホールポンプ: 7箇所
管渠の整備費用	表4.1.10および4.1.11に処理場整備費とまとめて表示

出典：調査団

(b) 下水処理場

下水処理場については、表 4.1.7 に示した処理人口や第 3 章に示した原単位等に基づき、表 4.1.8 および表 4.1.9 に示す、設計汚水量および流入水質を算出した。処理方式については、Tamok 湖での建設を基本に、6 つの処理方式を比較し、その結果と配置計画を表 4.1.10、表 4.1.11 および図 4.1.5 に示した。

表 4.1.8 Tamok 下水処理場 流入汚水量

	汚水量 (m ³ /日)	地下水 (m ³ /日)	合計 (m ³ /日)	処理場設計上 の汚水量(m ³ /日)
日平均	98,692	15,652	114,344	115,000
日最大	108,320	15,652	123,972	124,000
時間最大	163,684	15,652	179,336	180,000

注) (地下水量 1)=6,019.2 ha×7.5 m³/day/ha=45,144 m³/day.....(1)

(地下水量 2)=(計画人口)×(160+95)L/人・日×0.85×15%=15,652 m³/day.....(2)

となり、(2)<(1)より、地下水量は(2)の値を採用。

出典：調査団

表 4.1.9 Tamok 下水処理場 流入水質

	日平均水量 (m ³ /日)	計算水質 (mg/L)	設計水質 (mg/L)	備考
BOD	115,000	191	195	負荷量: 21,991 kg/日 内訳 家庭系 21,664 kg/日 工業系 327 kg/日
TSS	115,000	201	205	BOD×1.05

注) (家庭/商業系負荷量)=(処理区内人口)×45 g/人点・日×10⁻³

(工業系負荷量)=(処理区内人口)×8.5L/人・日(原単位)×80 mg/L×10⁻⁶

出典：調査団

検討の結果、建設および維持管理費用からは、ラグーンが最も有利となる。また、ラグーンは、必要敷地面積が最も大きくなるものの、Cheung Aek 湖と異なり、Tamok 湖自体の面積が大きいことから、周辺への影響は軽減される。さらに、住民移転も発生しない計画であり、EIRR についても、ラグーンが最も高い結果が得られている。

よって、建設費、維持管理費、維持管理の容易さ、大規模処理場での実績および環境社会配慮面に関する定量的な総合評価によると、ラグーンと標準活性汚泥法は同等であるという結果を得た。

表 4.1.10 Tamok 下水処理場に適用する水処理方式の比較検討(1/2)

	ラグーン	散水ろ床法 (TF)	前処理散水ろ床法 (PTF)
必要敷地面積 (ha)	115.0	16.5	8.4
建設費 (百万 USD)			
下水処理場計	109.7	201.3	176.7
土木(埋立)	69.4	18.3	11.7
土木(本体)	20.3	56.8	46.4
建築	8.9	15.9	15.9
機械	3.5	65.2	58.5
電気	7.6	45.1	44.2
下水管渠 ¹⁾	397.7	397.7	397.7
中継ポンプ場	1.7	1.7	1.7
汚泥処分場 ²⁾	-	-	-
合計	509.1	600.7	576.1
維持管理費 (百万 USD/year)			
下水処理場計	0.752	5.056	4.549
電気代	0.441	2.468	2.027
人件費	0.128	0.178	0.178
薬品費	-	1.737	1.737
修理・部品代	0.033	0.416	0.381
その他	0.150	0.257	0.226
下水管渠	1.492	1.492	1.492
中継ポンプ場	0.075	0.075	0.075
汚泥処分場 ²⁾	-	-	-
合計	2.319	6.623	6.116
EIRR	4.3%	3.2%	3.5%
想定移転家屋数	● なし	● なし	● なし
コストおよび 環境社会配慮面も 含めた留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設および維持管理費ともに最も安価である。 ● 維持管理は容易であるが、日光による酸素供給および滅菌を図る必要から、蓋が出来ず、臭気の管理が困難である。また、処理施設の面積が広大であるため、周辺エリアへの影響も大きい。 ● 必要敷地面積は最も大きい。住民移転は不要であり、Cheung Aek 湖に比べて社会的損失は軽微である。 ● 滞留時間が大きく、負荷変動には強いが、ラグーン内の汚泥の除去を適切に実施しないと、機械式でないだけに、処理水質の悪化につながる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 消費電力が、CAPS、SBR およびOD に比較して少ないため、維持管理費用は、3 番目に安価となる。 ● 臭気およびろ床パエの管理が困難である。 ● 必要敷地面積は、OD の次に大きく、PTF の 2 倍程度に達する。 ● 大規模処理場での採用例は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 消費電力が、CAPS、SBR およびOD に比較して少ないため、維持管理費用は、2 番目に安価となる。 ● 攪拌によるろ床の洗浄と、臭気およびろ床パエの管理が可能である。 ● 敷地面積は、TF の半分程度に削減される。 ● 現在のところ、大規模処理場での採用例はない(ベトナム国ダナンでの 300 m³/日の実験プラントと、ホイアンでの 2,000 m³/日のプラントを建設中。日本では、6,750 m³/日のプラントで実験中)。 ● ろ材を利用した、前処理施設の除去効果が高く合流改善効果に優れる。
評価 ³⁾			
建設費	++++	+++	++++
維持管理費用	+++++	+++	++++
維持管理の 容易さ	+++++	++++	++++
大規模 ⁴⁾ での 実績	++	++	+
住民移転数	+++++	+++++	+++++

	ラグーン	散水ろ床法 (TF)	前処理散水ろ床法 (PTF)
臭気/埋立て等による社会影響	++	+++	+++++
合計	+23	+20	+23

注 1) 事業費には、枝線の整備費および取付け管の整備費を含む。

注 2) 汚泥処分場の建設および維持管理費用は、表 4.1.4 および表 4.1.5 における「汚泥処分場」の中に含まれている。

注 3) 評価欄における評価基準は、5 段階評価として、「+++++」を他より優れるとし、最も劣る場合を「+」で評価した。

注 4) 10 万 m³/日最大を超えるものを大規模とした。

出典：調査団

表 4.1.11 Tamok 下水処理場に適用する水処理方式の比較検討 (2/2)

	オキシデーション ディッチ (OD)	標準活性汚泥法 (CASP)	回分式活性汚泥法 (SBR)
必要敷地面積 (ha)	24.1	10.4	8.1
建設費 (百万 USD)			
下水処理場計	235.3	198.8	168.3
土木(埋立)	25.6	12.5	9.7
土木(本体)	86.4	45.2	48.3
建築	18.9	19.8	18.9
機械	52.2	74.6	47.1
電気	52.2	46.7	44.3
下水管渠 ¹⁾	397.7	397.7	397.7
中継ポンプ場	1.7	1.7	1.7
汚泥処分場 ¹⁾	-	-	-
合計	634.7	598.2	567.7
維持管理費 (百万 USD/year)			
下水処理場計	8.039	6.681	7.463
電気代	6.170	3.967	4.848
人件費	0.196	0.253	0.230
薬品費	1.171	1.737	1.816
修理・部品代	0.365	0.467	0.324
その他	0.137	0.257	0.245
下水管渠	1.492	1.492	1.492
中継ポンプ場	0.075	0.075	0.075
汚泥処分場 ²⁾	-	-	-
合計	9.606	8.248	9.030
EIRR	2.8%	3.1%	3.4%
想定移転家屋数	● なし	● なし	● なし
コストおよび環境社会配慮面も含めた留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ● 施設構造が簡単であるため、維持管理性に優れるが、必要面積が大きく、CASP の 2.5 倍の面積が必要となる。 ● 本方式は、一般には、概ね 10 千 m³/日未満の小規模処理場に適する。 ● そのため、本処理場のような大規模処理場において適用される場合は、建設費および維持管理費ともに CASP より割高となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設費は SBR よりも高くなるが、SBR に比較して、維持管理費は安価で、維持管理も容易である。 ● 処理の安定性は高く、大規模処理場への適用例が最も多い処理方式である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設費は CASP より安い。 ● CASP に比較して維持管理費は、高価となる。 ● 他の処理方式に比べて、一つの槽にて、沈澱池の機能、反応タンクの機能を持たせており、最も高度な運転維持管理技術が必要とされるため、適切なシーケンスを組む必要がある。一般には、用地の制約がある都心部への設置に事例が多い。
評価 ³⁾			

	オキシデーション ディッチ (OD)	標準活性汚泥法 (CASP)	回分式活性汚泥法 (SBR)
建設費	+++	+++	++++
維持管理費用	+	++	+
維持管理の 容易さ	++++	+++	+++
大規模 ⁴⁾ での 実績	++	+++++	+++
住民移転数	+++++	+++++	+++++
臭気/埋立て等に よる社会影響	+++	+++++	+++++
合計	+18	+23	+21

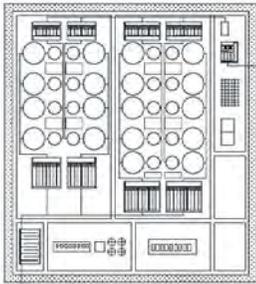
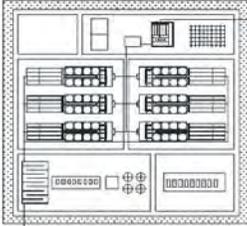
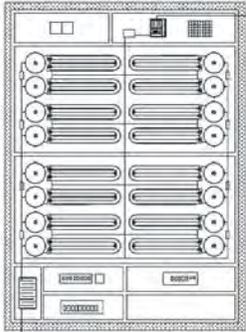
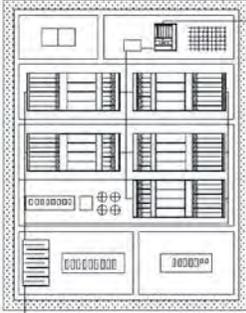
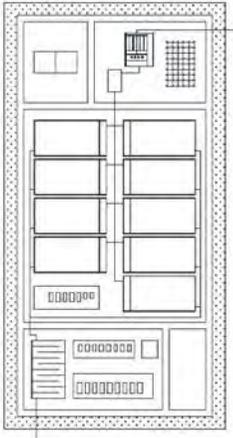
注 1) 事業費には、枝線の整備費および取付け管の整備費を含む。

注 2) 汚泥処分場の建設および維持管理費用は、表 4.1.4 および表 4.1.5 における「汚泥処分場」の中に含まれている。

注 3) 評価欄における評価基準は、5段階評価として、「+++++」を他より優れるとし、最も劣る場合を「+」で評価した。

注 4) 10 万 m³/日最大を超えるものを大規模とした。

出典：調査団

Lagoon	Trickling Filter	Pre-Treated Trickling Filtration	Oxidation Ditch	Conventional Activated Sludge Process	Sequential Batch Reactor
					
					
115.0 ha	16.5 ha	8.4 ha	24.1 ha	10.4 ha	8.1 ha

出典：調査団

図 4.1.5 Tamok 下水処理場の配置検討

(2) オンサイト処理の場合の検討結果(Alternative 2)

プノンペン都においては、表 2.4.2 に示したように、既にピットラテリンや腐敗槽等の衛生施設の使用率が 90%以上に達しており、Tamok 処理区についても同様な割合で腐敗槽等の衛生施設が設置されているものと考えられる。

表 4.1.12 は、Tamok 処理区に適するオンサイト処理施設を選定するため、ピットラテリンや腐敗槽、それらの処理レベルを上回るオンサイト処理方式である浄化槽およびコミュニティープラントを抽出し、比較検討を行ったものである。ただし、処理の対象は家庭系および商業系汚水とし、工場廃水については、各工場が除外施設を設けて、BOD=80mg/L で放流するものと仮定した。

この結果、以下のような理由から、Tamok 処理区に適するオンサイト処理方式として浄化槽を選定し、後の検討を行うこととした。

- 腐敗槽の普及が進んでいる現状において、表 2.5.7 に示すように、既に Tamok 湖の汚染が進み始めていることから、将来的な都市化および人口増等を勘案すると、今後導入するオンサイト処理方式としては、腐敗槽の処理レベルを上回る処理施設が相応しいものと考えられる。
- 上記の場合、浄化槽とコミュニティープラントが採用候補として挙がってくるが、両者を比較した場合、浄化槽は、本体を工場にて製作可能であり、設置が容易で、かつ、コミュニティーレベルでの整備も対応可能であることから、コミュニティープラントと同等の機能を有しながらも、より簡便に整備を行うことができる。

表 4.1.12 Tamok 処理区に適用するオンサイト処理の比較検討

方式	特徴	評価
ピット ラテリン	<ul style="list-style-type: none"> ・堅穴とその上の板から構成される。 ・構造は簡単であるが、落下した糞便をそのまま貯めておくのみであるため、ハエや臭気の発生がある。 ・電力は不要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も原始的なオンサイト処理施設で、設置も容易で安価であるが、プノンペン都では、既に、腐敗槽の普及が進んでおり、今後の普及を促進する施設としては、不適である。 <p style="text-align: right;">評価：+</p>
腐敗槽	<ul style="list-style-type: none"> ・注水式トイレと、地下式の沈澱タンクから構成され、嫌気式消化にて汚水を処理する。 ・プノンペン都にて、広く普及している。 ・電力は不要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・プノンペン都内で、現在最も普及が進んでいるオンサイト施設であるが、現在でもすでに悪化が進んでいる Tamok 湖流域現在の水質汚濁状況から考えると、今後は、腐敗槽を上回る施設の導入が望ましいものと考えられる。 <p style="text-align: right;">評価：++</p>
浄化槽	<ul style="list-style-type: none"> ・日本で開発されたオンサイト処理施設である。近年では、1 家屋単位から、数百～数千の集落単位にて処理を行うことができる大型槽もある。 ・工場製作が可能で、設置が容易である。 ・電力が必要であるが、5 人槽で数十ワットである。 ・機械式オフサイト処理施設と同等の処理水質が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・腐敗槽の処理性能を上回るオンサイト処理施設としては、コミュニティープラントよりも設置が容易であり、1 戸単位から、数千人単位のバラエティーに富んだ整備が可能で、段階的的施工にも優れる。 ・近年では、集落単位での整備が可能な浄化槽も開発されており、コミュニティープラントと同様な整備を、より簡易にかつ安価に行うことができる。 ・今後の普及により、価格の低下も期待できる。 <p style="text-align: right;">評価：+++</p>
コミュニティー プラント	<ul style="list-style-type: none"> ・各家屋からからの汚水を収集する污水管網と、小規模な下水処理場で構成される。 ・電力が必要であるが、機械式オフサイト処理施設と同等の処理水質が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・オフサイト処理施設と同等の処理能力を有するが、設備は、オフサイト処理(標準下水道)と同等であり簡便なものとはいえず、費用も高い。 <p style="text-align: right;">評価：++</p>

注) 本 M/P では、「コミュニティープラント」を、浄化槽ではなく標準活性汚泥法等を用いたコンクリート製の池構造を有する下水処理施設と定義する。
 評価欄における評価基準は、「+++」:他より優れる、「++」:どちらとも言えない、「+」:他より劣る、として評価。
 出典：調査団

浄化槽の採用を前提とした検討結果を以下に列挙する。

- 建設費および維持管理費：表 4.1.13 より、建設費および維持管理費は、それぞれ、396 百万 USD および 15.8 百万 USD/年となった。建設費で見ると、オフサイト処理方式のうちでも最も安価となるラグーン(509 百万 USD)よりも、100 百万 USD 以上安価となる結果が得られた。これは、Tamok 流域は、Cheung Aek 流域と異なり、幹線管渠だけでなく枝線管渠の整備が必要となるためである。一方、維持管理費は、標準活性汚泥法(8.3 百万 USD/年)と比べて、約 1.9 倍となるが、建設費を含めたトータルコストで安価となる。
- その他の利点：浄化槽の利点は、1 家屋単位での設置が可能であるため、段階的整備が容易である。また、オフサイト処理の場合と異なり、Tomok 湖の埋立ては不要である。さらに、EIRR は、オフサイト処理による 6 方式を上回り、最も高い値が得られた。

表 4.1.13 Tamok 処理区(オンサイト処理の検討)

項目	内容	
施設概要	オンサイト処理施設(浄化槽)	
対象人口(人)	481,423	
計画施設の数	小型 5 人槽 : 48,085 基 大型槽 300 人槽 : 805 基	
建設費 (百万 USD)	396.2	
維持管理費 (百万)	計	15.797
	電気代	8.266

項目		内容
USD/year)	点検	2.020
	汚泥引抜き・処分費	4.040
	部品・修理費	1.471
EIRR		6.5%
コストおよび環境社会配慮面も含めた留意事項		<ul style="list-style-type: none"> 建設費は、どのオフサイト処理(6 処理方式)よりも安価である。 維持管理費用は、標準活性汚泥法よりも高い。 1 家屋単位での設置が可能であるため、段階的整備が容易。 Tamok 湖の埋立ては不要。
評価 ¹⁾		
	建設費	+++++
	維持管理費用	+
	維持管理の容易さ	++++
	実績	+++
	住民移転数	+++++
	臭気/埋立て等による社会影響	+++++
	合計	+23

注 1) 5 人槽の使用人数および大型槽の使用人数をそれぞれ、人口の 50% ずつと想定して求めた。

注 2) 評価欄における評価基準は、表 4.1.10 および表 4.1.11 に示した処理方式と同様、5 段階評価として、「+++++」を他より優れるとし、最も劣る場合を「+」で評価した。

出典：調査団

前項までの検討結果を踏まえ、定量評価にて他方式より高得点を得た、ラグーン、標準活性汚泥法および PTF によるオフサイト処理ならびに浄化槽以上までの検討結果、すなわち、表 4.1.10 および表 4.1.11 に示したオフサイト処理 6 方式と、表 4.1.13 に示した浄化槽を用いたオンサイト処理の定量評価結果をまとめると、ラグーン、標準活性汚泥法あるいは PTF を利用したオフサイト処理、浄化槽によるオンサイト処理の適用性が高いという結果が得られた。

(3) 財務分析

Tamok 処理区についても、Cheung Aek 処理区と同様の手法を用いて、定量評価点で同点となった、ラグーン、PTF および標準活性汚泥法によるオフサイト処理のケースならびに浄化槽を用いたオンサイト処理を対象に財務分析を実施した。ただし、ここでは、Tamok 処理区の整備費用と下水道使用料収入に、オフサイト処理が前提となっている Cheung Aek 処理区の整備に必要な事業費および下水道使用料等の収入も合算した分析を実施している。なお、Tamok 処理区の整備費用および維持管理費等を、Tamok 処理区内の住民のみで負担する場合も考えられるが、その場合、Appendix 2 に示したように、Tamok 処理区内の住民への負担が大きいことから、Cheung Aek 処理区と Tamoko 処理区を一体として、下水道使用料の検討を行うこととした。

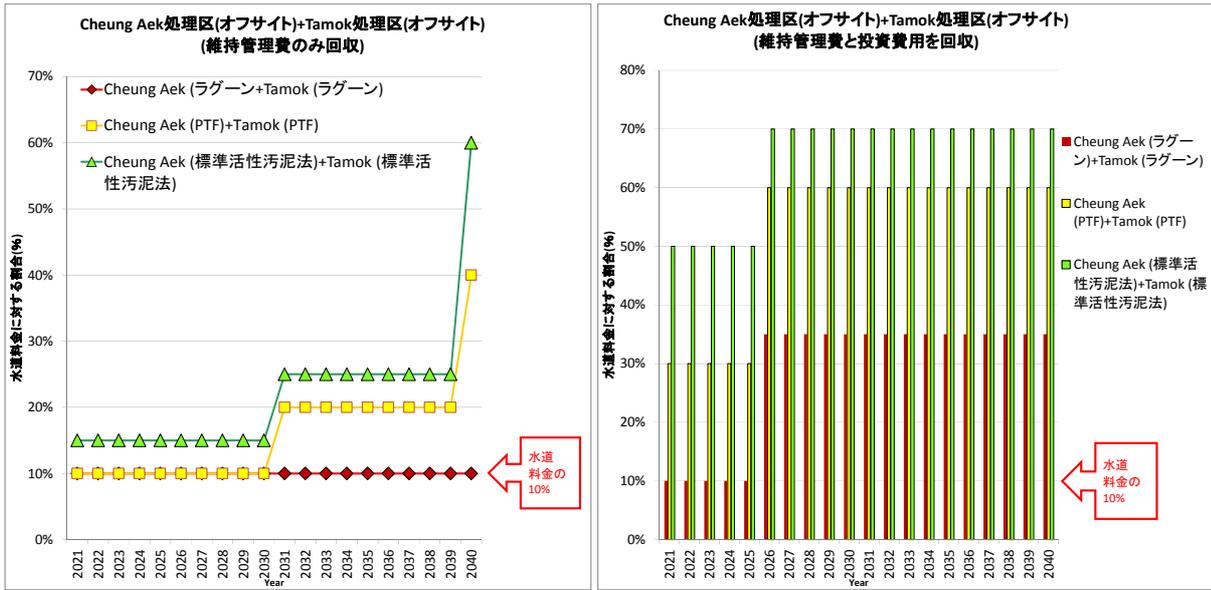
表 4.1.14 は、Cheung Aek 処理区にてオフサイト処理した場合(ラグーン、PTF および標準活性汚泥法)を前提に、(i) Tamok 処理区をオフサイト処理(ラグーン、PTF および標準活性汚泥法)する場合、一方、表 4.1.15 は、(ii) Tamok 処理区をオンサイト処理した場合の下水道使用料設定値に係る検討結果をまとめたものである。

図 4.1.6 および図 4.1.7 は、維持管理費のみを回収する場合、および維持管理費と投資費用の両者を回収する場合の下水道使用料の推移を示したものである。

表 4.1.14 Tamok 処理区をオフサイトで整備した場合の財務分析結果の一覧 (Cheung Aek 処理区の整備費用および収入を合算)

検討ケース	Tamok 処理区を オフサイト処理 (ラグーン)で整備した場合		Tamok 処理区を オフサイト処理 (PTF)で整備した場合		Tamok 処理区を オフサイト処理 (標準活性汚泥法)で整備した 場合	
	(Cheung Aek 処理区を ラグーンで 整備する費用 と収入を合算)		(Cheung Aek 処理区を PTF で 整備する費用と 収入を合算)		(Cheung Aek 処理区を標準活性汚泥法で 整備する費用と 収入を合算)	
整備の イメージ図	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Tamok (オフサイト) ラグーン</p> <p>Cheung Aek (オフサイト) ラグーン</p> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Tamok (オフサイト) PTF</p> <p>Cheung Aek (オフサイト) PTF</p> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Tamok (オフサイト) 標準活性汚泥法</p> <p>Cheung Aek (オフサイト) 標準活性汚泥法</p> </div>	
区分	維持管理費 のみ	投資費用 込み	維持管理費 のみ	投資費用 込み	維持管理費 のみ	投資費用 込み
収入源						
下水道使 用料 (水道料金 に対する 割合で表 示)	10% (全期間)	10% (2025 年迄) ↓ 35% (2026 年以降)	10% (2030 年迄) ↓ 20% (2039 年迄) ↓ 40% (2040 年以降)	30% (2025 年迄) ↓ 60% (2026 年以降)	15% (2030 年迄) ↓ 25% (2039 年迄) ↓ 60% (2040 年以降)	50% (2025 年迄) ↓ 70% (2026 年以降)
(現況の水道 料金 10% への 上 乗せ率)	(-) (全期間)	(-) (2025 年迄) ↓ (15%) (2026 年以降)	(-) (2030 年迄) ↓ (10%) (2039 年迄) ↓ (30%) (2040 年以降)	(20%) (2025 年迄) ↓ (50%) (2026 年以降)	(5%) (2030 年迄) ↓ (15%) (2039 年迄) ↓ (50%) (2040 年以降)	(40%) (2025 年迄) ↓ (60%) (2026 年以降)
汚泥処分 場におけ るバキュー ム車の 受入れ料 金 (USD/ 台)	5	5	5	5	5	5

出典：調査団



出典：調査団

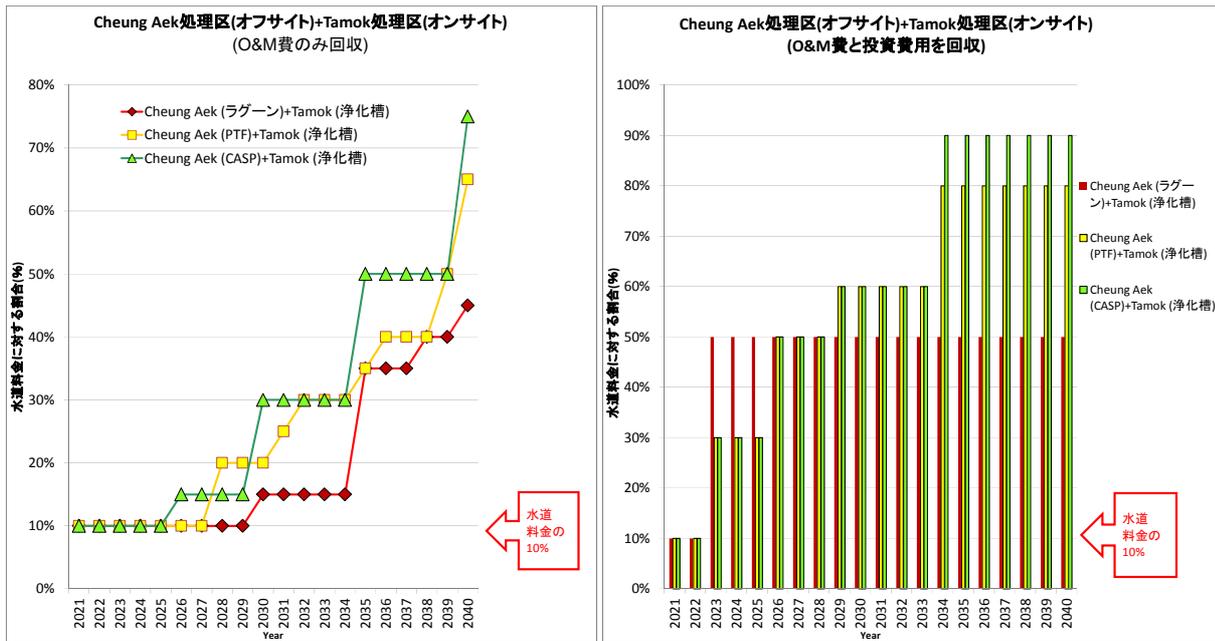
図 4.1.6 Cheung Aek 処理区に Tamok 処理区を含めた下水道使用料の推移 (Tamok 処理区：オフサイトの場合)

表 4.1.15 Tamok 処理区をオンサイトで整備した場合の財務分析結果の一覧 (Cheung Aek 処理区の整備費用および収入を合算)

検討ケース	Tamok 処理区をオンサイトで処理 (浄化槽) で整備した場合 (Cheung Aek 処理区をラグーンで整備する費用と収入を合算)		Tamok 処理区をオンサイトで処理 (浄化槽) で整備した場合 (Cheung Aek 処理区を PTF で整備する費用と収入を合算)		Tamok 処理区をオンサイトで処理 (浄化槽) で整備した場合 (Cheung Aek 処理区を標準活性汚泥法で整備する費用と収入を合算)	
	維持管理費のみ	投資費用込み	維持管理費のみ	投資費用込み	維持管理費のみ	投資費用込み
整備のイメージ図						
収入源	下水道使用料 (水道料金に対する割合で表示)		下水道使用料 (水道料金に対する割合で表示)		下水道使用料 (水道料金に対する割合で表示)	
	10% (2029年迄)	10% (2022年迄)	10% (2027年迄)	10% (2022年迄)	10% (2025年迄)	10% (2022年迄)
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	15% (2034年迄)	50% (2023年以降)	20% (2030年迄)	30% (2025年迄)	15% (2030年迄)	30% (2025年迄)
	↓		↓	↓	↓	↓
	35% (2037年迄)		25% (2031年迄)	50% (2028年迄)	30% (2034年迄)	50% (2028年迄)
	↓		↓	↓	↓	↓
	40% (2039年迄)		30% (2034年迄)	60% (2033年迄)	50% (2039年迄)	60% (2033年迄)
	↓		↓	↓	↓	↓
	45% (2040年以降)		35% (2035年迄)	80% (2034年以降)	75% (2040年以降)	90% (2034年以降)
			↓			
			40%			

検討ケース	Tamok 処理区を オンサイト処理 (浄化槽)で整備した場合		Tamok 処理区を オンサイト処理 (浄化槽)で整備した場合		Tamok 処理区を オンサイト処理 (浄化槽)で整備した場合	
	(Cheung Aek 処理区をラグーンで 整備する費用 と収入を合算)		(Cheung Aek 処理区を PTF で 整備する費用と 収入を合算)		(Cheung Aek 処理区を標準活性汚泥法で 整備する費用と 収入を合算)	
			(2038 年迄) ↓ 50% (2039 年迄) ↓ 65% (2040 年以降)			
(現況の水道料 金 10% への上 乗せ率)	(-) (2029 年迄) ↓ (5%) (2034 年迄) ↓ (25%) (2037 年迄) ↓ (30%) (2039 年迄) ↓ (35%) (2040 年以降)	(-) (2022 年迄) ↓ (40%) (2023 年以降)	(-) (2027 年迄) ↓ (10%) (2030 年迄) ↓ (15%) (2031 年迄) ↓ (20%) (2034 年迄) ↓ (25%) (2035 年迄) ↓ (30%) (2038 年迄) ↓ (40%) (2039 年迄) ↓ (55%) (2040 年以降)	(-) (2022 年迄) ↓ (20%) (2025 年迄) ↓ (40%) (2028 年迄) ↓ (50%) (2033 年迄) ↓ (70%) (2034 年以降)	(-) (2025 年迄) ↓ (5%) (2030 年迄) ↓ (20%) (2034 年迄) ↓ (340%) (2039 年迄) ↓ (65%) (2040 年以降)	(-) (2022 年迄) ↓ (20%) (2025 年迄) ↓ (40%) (2028 年迄) ↓ (50%) (2033 年迄) ↓ (80%) (2034 年以降)
汚泥処分場 におけるバキュー ーム車の受入 れ料金 (USD/ 台)	5	5	5	5	5	5

出典：調査団



出典：調査団

図 4.1.7 Cheung Aek 処理区に Tamok 処理区を含めた下水道使用料の推移 (Tamok 処理区：オンサイトの場合)

表 4.1.14 および表 4.1.15 の結果および 2041 年以降を考えた場合、維持管理費のみを回収するならば、下水道使用料の値上げは不要であるが、投資費用を回収するためには、大幅な値上げが必須となる。よって、下水道使用料のみで投資費用までを回収するのは、非現実的であり、維持管理費のみを下水道使用料で回収することを前提とすべきと考える。

なお、表 4.1.14 および表 4.1.15 では、下水道使用料を水道料金に対する割合にて表現していることから、より具体的な負担額を明示するため、各ケースにおける、2035 年の人口予測値に基づく 1 人当たりの維持管理費について、表 4.1.16 にまとめた。本表から、1 人当たりの維持管理費は、Cheung Aek と Tamok 処理区の両方をラグーンでオフサイト処理した場合の値 (0.23USD/月) から、Cheung Aek 処理区を標準活性汚泥法で整備し Tamok 処理区をオンサイト(浄化槽)で整備した場合の値(1.63USD/月)の範囲にあることが見てとれる。

表 4.1.16 には、維持管理費と併せて建設費を掲載している。これより、Cheung Aek 処理区にオフサイト処理(標準活性汚泥法)を適用し、Tamok 処理区にオンサイト処理(浄化槽)を導入したケースのほうが、Tamok 処理区にオフサイト処理(標準活性汚泥法)を適用するより、維持管理費と建設費を併せたトータルコスト面で有利となる³⁰。

³⁰ 建設費の差分 202.0(598.2-396.2)百万 USD を、1 年当たり維持管理費の差分 7.549(15.797-8.248)百万 USD で除すると、約 27 となる。つまり、維持管理費の差分が建設費の差分を上回るには、約 27 年かかる。

表 4.1.16 1人当たりの維持管理費

	処理区	内容					
処理人口	Cheung Aek	1,093,155					
	Tamok	481,423					
	合計	1,574,578					
処理方式	Cheung Aek	ラグーン	ラグーン	PTF	PTF	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法
	Tamok	浄化槽	ラグーン	浄化槽	PTF	浄化槽	標準活性汚泥法
(参考)建設費	Cheung Aek	361.4	361.4	419.0	419.0	450.1	450.1
(百万 USD)	Tamok	396.2	509.1	396.2	576.1	396.2	598.2
	合計	757.6	870.5	815.2	995.1	846.3	1,048.3
維持管理費 (百万 USD/年)	Cheung Aek	1.890	1.890	10.184	10.184	14.895	14.895
	Tamok	15.797	2.319	15.797	6.116	15.797	8.248
	合計	17.687	4.209	25.981	16.300	30.692	23.143
1人当たり維持管理費(USD/月)		0.94	0.23	1.38	0.87	1.63	1.23

出典：調査団

(4) 結論

以上までの検討結果から、Tamok 処理区については、費用的な観点からは、ラグーンや標準活性汚泥法、あるいは PTF を用いたオフサイト処理の適用が有利であると考えられた。ただし、オフサイト処理を導入する場合は、オンサイト処理に比べて、枝線および幹線整備に時間を要し、効果の発現が遅くなるという欠点がある。さらに、プノンペン都が、現時点で支出できている汚水および雨水排水対策の予算規模を勘案すると、今後、Cheung Aek 流域のオフサイト処理を実施するだけでも、十分な負担となるはずである。よって、Tamok 湖流域では、プノンペン都に過度な負担をかけることなく、少しずつ、着実に事業を進めていくことができるオフサイト施設の利点に着目する汚水対策を進める案も検討に値する。

したがって、Tamok 湖流域の汚水対策についても、2016 年 9 月に開催された S/C を経て、以下の理由から、オンサイト処理の適用を前提に検討を行うことで最終決定した。したがって、これ以降は浄化槽を用いたオンサイト処理を前提に検討を行うこととした。

- 浄化槽を用いたオンサイト処理は、建設費および維持管理を含めたトータルコストにおいて、安価である。これは、オフサイト処理方式(6 方式)よりも EIRR が高いことから、明らかである。
- 浄化槽は、浄化槽販売会社間の競争により、更なる浄化槽本体およびその設置価格のコスト削減を期待できる。
- オフサイト処理と異なり、少しずつ着実に整備を進めていくことができることから、住宅地区が点在する Tamok エリアには、オンサイト処理が有利である。

4.1.3 その他の流域

2035 年におけるプノンペン都の土地利用計画および都市の発展予測による人口密度等が、オフサイト処理に適するレベルに達しないこと、さらに、オンサイト処理施設の中でも、Tamok 湖流域にて導入の検討を実施した浄化槽システムの導入は時期尚早であると考えられることから、まずは、腐敗槽を設置していない家屋およびピットラテリンを使用する家屋における腐敗槽の導入等を図るものとし、それ以上の仕様を有する処理施設の導入については、2035 年以降の課題とする。

4.1.4 オンサイトおよびオフサイト処理に係る仕分けのまとめ

以上までの検討を受け、本 M/P では、表 4.1.17 に示すような地域別の污水対策の実施を前提として、事項以降の施設計画等の詳細を記述する。なお、「4.2.1 管路施設計画」においては、参考のため、Tamok 処理区をオフサイト処理とした場合の検討結果も掲載した。

一方、「4.7 財務分析」では、上記のような前提を受け、(i) Cheung Aek 流域については、オフサイト処理で、標準活性汚泥法を適用した場合を仮定し、次いで、(ii) Tamok 流域については、浄化槽を用いたオンサイト処理の適用を仮定した場合の試算結果の全容を、方法論も含めて記載した。なお、表 4.1.6、表 4.1.14 および表 4.1.15 に記載した財務分析の方法は、この 4.7 節に示した方法と同様である。

表 4.1.17 オンサイト・オフサイト処理に係る仕分けのまとめ

	適用処理システム
Cheung Aek 流域	オフサイト処理
Tamok 流域およびその他の地域	オンサイト処理

出典：調査団

4.1.5 汚水対策の実施による効果の検証

(1) 汚濁負荷削減効果の検証

表 4.1.17 に示した地域別の汚水対策と、第 3 章および表 4.1.18 にまとめる前提条件に基づき、現況(2015 年)と目標年次(2035 年)において、汚水対策を実施する場合と実施しない場合の汚濁負荷削減効果を検証した。

表 4.1.18 汚濁負荷削減効果の検証の前提条件

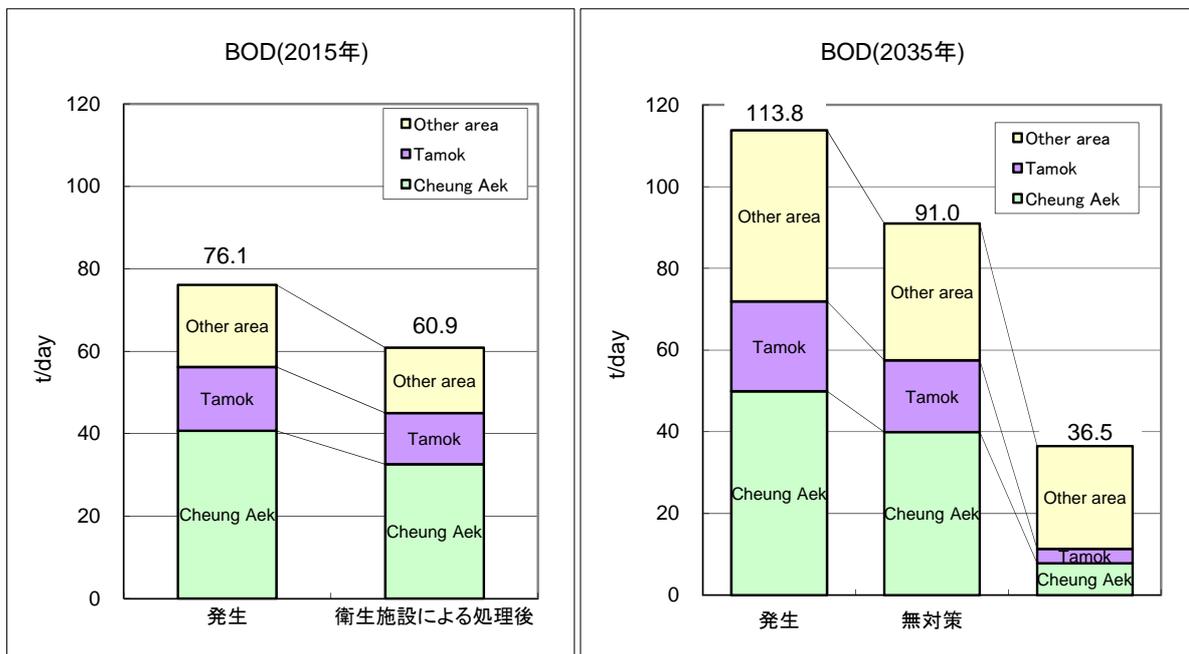
項目	内容	備考
1人当たりのBOD負荷量原単位	45g/人・日	
腐敗槽による 想定除去率	現況および将来における無対策の場合	20%
	将来	40%
下水処理場および浄化槽)における処理水質	30 mg/L	

注 1) 本調査で実施した水質調査結果の代表値(200 mg/L 程度 :Trabek ポンプ場)と、発生源における BOD 濃度の推定値(240 mg/L=45g/人・日÷150L(2015 年の汚水量原単位の推定値)×1,000)より想定した除去率[(240-200)/240×100≒20%]

注 2) JICA「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査報告書」および「ジャカルタ汚水管理マスタープランの見直しを通じた汚水管理能力強化プロジェクトファイナルレポート」を参考に、汚泥の引抜きが適切に行われているとして設定。

出典：調査団

その結果を図 4.1.8 に示す。これより、現況における発生負荷量(76.1 t/日)は、目標年次において、113.8 t/日となり、1.5 倍に増加するものの、提案された対策を講じることで、処理施設を経由した負荷量は、現況の 60.9 t/日から 36.5 t/日に減少することがわかる³¹⁾。



出典：調査団

図 4.1.8 汚濁負荷削減効果

³¹⁾ 試算結果の詳細は、Appendix 3 および Appendix 4 に掲載。

(2) その他

定量的な評価は困難であるものの、本 M/P で提案された汚水対策の実施により、本調査の中で実施された社会調査の結果から判明した、水因性疾患件数の減少等が期待される。

また、下水管渠を埋設することで、ごみが浮いているような汚水が街中から見えなくなるという効果がある。

4.2 施設計画

4.2.1 管路施設計画

(1) 管路施設の計画方針

(a) 排水施設の現状

2.4.3 節に示したように、排水施設は主にプノンペン都の中心部に位置する 4 つの Khan(Khan Chamkarmon, Khan Daun Penh, Khan 7 Makara and Khan Tuol Kok)において整備されている。中心部の排水先は、鉄道を境界として南側の Cheung Aek 湖と、北側の Tamok 湖に二分されている。これらの排水施設は、各家庭等に設置が義務付けられている腐敗槽と接続しており、家庭排水と雨水を排水する合流式下水道の機能を有している。その他の Khan における排水施設は整備が進んでいない状況である。

(b) 遮集方式の比較検討

汚水の遮集方式は、地理地形条件、気象条件、既存排水路の整備状況を踏まえて選定する。遮集方式には、1)汚水と雨水を一つの管で遮集する合流式と、2)別々の管で遮集する分流式に分類される。表 4.2.1 に、合流式および分流式の特徴を示す。水環境保全の観点では、分流式の採用が望ましいが、はじめに述べたように地域特性を踏まえて選定する必要がある。

表 4.2.1 遮集方式の比較

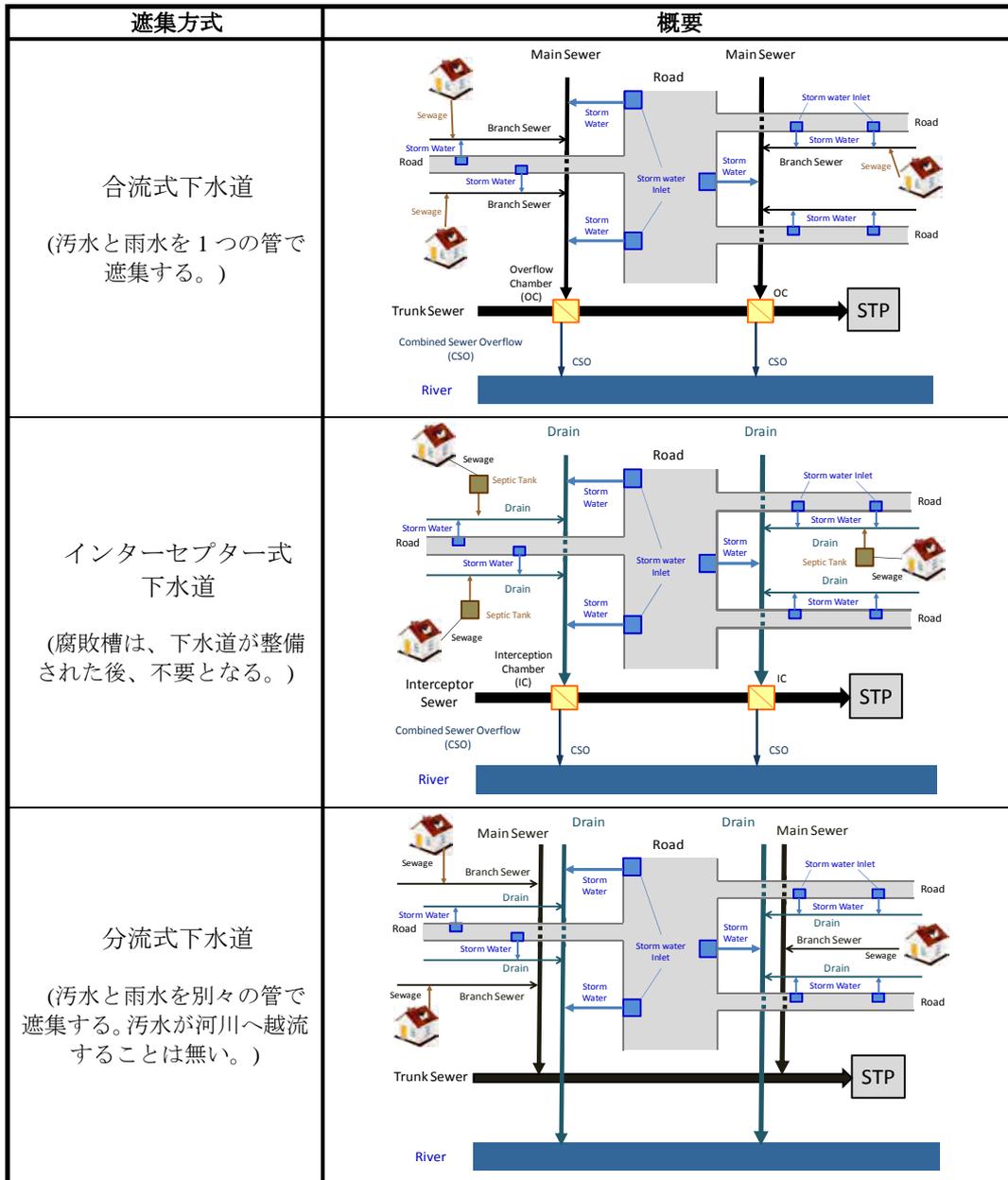
遮集方式	合流式		分流式
	標準の合流式	インターセプター方式	
特徴	- 汚水と雨水を一つの管で遮集。	- 既存の排水路を利用し、汚水を遮集・輸送する。	- 汚水と雨水を別々の管で遮集。
施工性	- 工期を短縮でき、建設費も比較的安価になる。 - 汚水と雨水を遮集するため、管径は大きくなる。	- 既存の排水路を利用するため、工期および建設費を削減できる。 - 汚水を遮集する分水人孔が必要となる。	- 汚水管と雨水管の整備が必要なため、工期が長くなり、建設費も高くなる。 - 汚水管の管径は最小とすることができる。
維持管理	- 乾期に管渠内に砂や堆積物等が堆積しやすい。 - 雨期には雨水による管内の洗浄効果が期待できるが、汚濁物質を含んだ下水の水域への越流が容易に起こる。 - 管径が大きいため、管渠内の定期点検や清掃は比較的容易である。		- 合流式よりも管渠内の堆積は少ない。 - 汚水管と雨水管の両方について、維持管理が必要になる。 - 同じ路線に汚水管と雨水管が整備される場合、汚水管は埋設深さが深くなり、維持管理が難しくなる。
水環境の保全	- 雨天時に、汚濁物質(CSO)が未処理のまま水域へ放流される。 - 初期雨水に含まれる汚濁物質が処理できる。		- 汚水が水域へ放流されることは無い。 (誤接続がある場合は、汚水が公共用水域へ未処理のまま放流される。) - 初期雨水に含まれる汚濁物質が未処理のまま水域へ放流される。
各戸接続等	- 不要、ただし個人負担にて腐敗槽の埋設放棄が必要。 - 腐敗槽を埋設放棄しない場合は、その維持管理を個人で行う必要がある。		- 個人負担で実施する必要がある。

出典：調査団

また、汚水の遮集方式として、段階的下水道整備を見据えたインターセプター方式が考えられる。インターセプター下水道は、合流式下水道の一種と考えることができ、既存の

合流式排水路を活用したものである。既存の合流式排水路を活用したものであり、下水道の整備において工期および建設費が削減できる利点があり、経済的であるとともに、下水道整備効果の早期発現および下水道普及率の早期向上が期待できる。汚水は既存の合流管の放流口手前に設置する遮集施設により遮集され、インターセプター下水道に接続する。しかし、雨天時に設計汚水量を超える水量が発生すると、未処理の汚水が水域へ越流するため、将来的には分流期下水道への移行が必要となる。

プノンペン都の場合、表 2.4.2 に示すように、71.8%の割合で各家庭からの汚水は腐敗槽を通して排水路に接続されている。この現状からも、インターセプター下水道の採用はプノンペン都においては非常に有利である。図 4.2.1 に合流式、インターセプター式、分流式の概要をそれぞれ示す。なお、下水道が整備された後は、腐敗槽は不要となる。



出典：調査団

図 4.2.1 遮集方式の概要

(c) 汚水の輸送方式

汚水の輸送方式は、自然流下方式と圧送式がある。原則的には、自然流下方式を採用する。しかし、処理区域の地理地形を考慮して輸送方式を選定する必要がある。

自然流下方式の場合、経済的であり、管渠の接続も容易となる。また、維持管理も圧送式と比較して容易である。しかし、管路延長が長くなる場合は埋設深さが深くなるため、適切な位置で中継ポンプ場が必要になる。一方、圧送式の場合、地理地形に関係なく、埋設深さを浅くすることができるが、圧送するための施設・設備が必要である。また、管路の接続も難しく、維持管理は自然流下方式よりも複雑となる。

プノンペン都の地理地形については、地盤高はほぼ平坦であり、中心部から周囲の湖に向かって緩やかに傾斜している。また、プノンペン都では現在まで圧送管は整備されておらず、自然流下方式の排水路となっている。

以上より、プノンペン都では原則に従って自然流下方式の採用が望ましいが、平坦な地形を考慮すると、特に中心部の北側の流域においては数箇所の中継ポンプ場が必要であると考えられる。

(d) 管路施設計画の基本方針

管路施設は、下水処理場で汚水を整備する地域(オフサイト処理地域)において、地域の現状および下水道システムの特徴を考慮し計画する。プノンペン都においては、人口が密集している中心部では、排水路が整備されている。従って、公共用水域の水環境および水質改善の早期実現を目的とし、自然流下方式のインターセプター下水道を採用する方針とする。インターセプター下水道は、将来的に分流式下水道へ移行することを前提とした計画を行う。一方、処理区域内において排水路が未整備の地域については、分流式下水道を整備する方針とする。

管路施設の配置においては、既存道路および公共用地を選択し、土地収用および住民移転が発生しないよう配慮することとする。また、管路ルートは、排水路からの放流口で汚水を効果的に遮集できるよう、可能な限り放流先水路および水域沿いを選定する。

(2) 管路施設の構成

インターセプター下水道における主な管路施設は、1)管渠、2)マンホール、3)遮集施設、4)ポンプ場である。

(a) 管渠

本 M/P における管渠区分は以下とし、一次幹線管渠および二次幹線管渠を計画対象とする。

- 一次幹線管渠：下水処理場と接続する幹線管渠
- 二次幹線管渠：一次幹線に接続する幹線管渠、または、処理分区の幹線管渠
- 枝線管渠：各家庭等の汚水発生施設から幹線管渠へ接続する末端管渠

管材については、コンクリート管、塩化ビニル管、ダクタイル鋳鉄管などさまざまであるが、選定に当たっては、各材料の特徴、管径や埋設深さ、施工方法(開削工法、推進工法、シールド工法)などを考慮する必要がある。

(b)マンホール(人孔)

マンホールは、管渠の維持管理を主な目的として、1)管渠の始点、2)管渠の方向、管径、勾配が変更する地点、3)管渠の会合点に設置する必要がある。また、マンホールの間隔は、最大で 200 m とする。マンホール施設・設備は、以下の構成とする。

- マンホール蓋
- 足掛金物
- 中間スラブおよび手すり(深いマンホールの場合)
- インバート
- 副管、防護(鋼)板、ドロップシャフトによる浸食対策(管の会合点等において、上流側と下流側におけるインバート高さの差が大きい場合)

(c)遮集施設(雨水吐き)

遮集施設の目的は、公共用水域の保全のため、既存の排水路から汚水を収集することである。遮集施設の構造は非常に重要であり、計画汚水量を適切に遮集する構造である必要がある。また、雨天時には、汚濁物質を含んだ雨水が公共用水域へ放流されるため、汚水の遮集量は公共用水域の目標水質に見合ったものである必要がある。遮集施設の主な施設は以下である。

- 汚水を下水道へ遮集する堰
- 粗大なごみ等による管渠の閉塞を防ぐスクリーン等の設備

また、排水路の放流先から管渠内への逆流が考えられる場合には、計画汚水量を超える水量が下水道へ流入しないよう、チェックバルブ等を雨水の放流口に設ける。

(d)ポンプ場

汚水ポンプ場は、2 つに分類される。1 つは、下水処理場の流入点および放流点に設置される場内ポンプ場、もう一つは、管渠の中間地点で埋設深さが深くなる場合に設置する中継ポンプ場である。さらに、中継ポンプ場は、汚水量および沈砂・除塵の方法により、3 つのタイプに分類される。

- タイプ 1：沈砂・除塵設備を有するポンプ場
- タイプ 2：沈砂施設および簡易スクリーンを有するポンプ場
- タイプ 3：ポンプ設備のみ有するポンプ場(マンホールポンプ)

一般に、タイプ 1 は中大規模のポンプ場、タイプ 2 およびタイプ 3 は小規模ポンプ場に採用される。しかし、ポンプ場計画においては、汚水量だけでなく、砂塵の量および粒径、周辺環境、維持管理性を考慮する必要がある。タイプ 3 のマンホールポンプについては、適用可能な最大汚水量は、 $3.0 \text{ m}^3/\text{分}$ である。

ポンプ場は、土木・建築施設および機械・電気設備から構成される。タイプ 1 の大規模ポンプ場における主な施設・設備を表 4.2.2 に示す。

原則として、汚水の輸送は自然流下方式とし、ポンプ場の設置は維持管理の手間や煩雑さを考慮して極力避ける方針とする。しかしながら、管渠の埋設深が大きくなる場合(概ね 6 m 以上)には、以下の点を考慮してポンプ場を設ける必要がある。

- 適切な位置で用地の確保及び揚水が可能であること。
- 自然流下方式と比較した際の建設、維持管理の容易性及び費用比較

表 4.2.2 大規模ポンプ場における主な施設・設備

施設・設備	設置の目的
1. 土木施設	
流入渠	- 汚水をポンプ場に入流。
沈砂池	- 砂等によるポンプの摩耗および破損防止。
ポンプ井	- ポンプの起動・停止水位の管理。
放流渠	- 下流の管渠等へ汚水を流入。
2. 建築施設	
沈砂・除塵室、スクリーン室	- 沈砂・除塵設備、スクリーン等の搬出入。
搬入室	- 沈砂等の排出物、機械電気設備のトラックによる搬出入。
ポンプ室	- ポンプ設備の運転・維持管理。
電気室	- 制御盤等の電気設備の配置。
制御室	- ポンプ場内の機械・電気設備の監視。
発電機室	- 発電機の設置。
管理室	- 職員の作業および待機場所。
倉庫(機材室)	- 設備の保管。
回廊・階段	- 場内の管理、点検。
換気室	- 排気設備の設置。
脱臭室	- 脱臭設備の設置。
3. 機械設備	
流入ゲート	- 地下構造物・設備の水没防止、流量調整。
粗目スクリーン	- 粒径の大きな夾雑物の除去、ポンプ設備の摩耗・破損防止。
細目スクリーン	- 粗目スクリーンで除去できない粒径の小さな夾雑物の除去。
沈砂設備	- 汚水に含まれる砂等の除去。ポンプ設備の摩耗・破損防止。
ポンプ設備	- 汚水の揚水。
クレーン設備	- 機器の設置、除去、運搬。
換気設備	- 場内の換気。
脱臭設備	- 場内の悪臭除去、作業および周辺地域の環境改善。
4. 電気計装設備	
受変電設備	- 電力会社等からの電力受電。
変圧器	- 電圧を制御。
発電機	- 緊急時における電力供給。
制御監視システム(SCADA)	- 運転・維持管理情報の収集・記録。
監視カメラ	- 場内の安全・防犯対策。

出典：調査団

(3) 管路施設計画における設計条件

プノンペン都には下水道がなく、設計指針も存在しない。本 M/P では、管路施設計画における設計条件を以下の通り設定した。

(a) 計画汚水量の設定

インターセプター下水道は、将来的に分流式下水道に移行することも考慮し計画する。その場合、将来は汚水のみを収集することになるため、計画汚水量は必要最小源とする必要がある。合流式下水道の場合、日本の下水道設計では、雨天時汚水量の3倍を計画汚水量とするのが一般的である。しかし、プノンペン都においては、雨季と乾季が明確に分かれているため、日本で設計される汚水量は乾季において過大であり、砂の堆積等により必要な流速を確保ができない。この場合、汚水は管渠内に滞留することとなり、管渠の腐食を誘発することになる。したがって、東南アジアに近隣諸国の事例を参考に設定する。

タイ・バンコクの場合は、合流式下水道を採用しており、設計汚水量は雨天時汚水量の5倍の量となっている。また、フィリピン・マニラ首都圏およびミャンマー・ヤンゴンでは、インターセプター下水道を採用しており、設計汚水量は晴天時汚水量の1倍となっている。

プノンペン都においては、排水施設の整備状況、および将来分流式に移行することも想定したインターセプターの整備を考えると、計画汚水量は晴天時汚水量の1倍とすることが妥当である。

(b) 流量計算公式

流量計算においては、以下に示すマニング式を用いる。

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

ここで、

V: 流速 (m/s)
n: 粗度係数
R: 径深
I: 勾配

粗度係数は、安全側を考慮し、0.013を用いる。

(c) 管渠の水深 管渠の余裕率

管渠の水深は、計画汚水量を超える流量が下水道へ流入する場合などを想定し、遮集汚水量に余裕を見込むために設定する。本 M/P では、インターセプター下水道が将来分流式下水道管に移行することも想定し、管径が大きくなり建設費も増加するような過大な余裕を見込まないこととする。本 M/P では、乾季に1倍量の汚水を遮集することを前提に、本 M/P では、上記および管路の水理を考慮し、水深を以下の通り設定する。

- | | |
|------------------------------|--------------|
| - 管径 500 mm 未満 : | 水深 : 管径の 50% |
| - 管径 500 mm 以上 1,000 mm 未満 : | 水深 : 管径の 60% |
| - 管径 1,000 以上 : | 水深 : 管径の 75% |

(d) 最小管径

管径は、能力不足や異物混入などによる汚水の滞留を起こすことなく、汚水が下流へ流下する大きさでなければならない。また、維持管理に支障をきたさない大きさである必要がある。よって、最小管径は200 mm と設定する。

(e) 最小土被り

インターセプター下水道は、既存の排水路から汚水を遮集するため、適切な深さに布設する必要がある。また、既存の道路下に布設する計画であるため、車輛の過重を考慮し、管渠の破損等が無いよう注意する必要がある。

本 M/P では、一次幹線管渠および二次幹線管渠の最小土被りを2.0 m に設定する。なお、枝線管渠については計画対象としないが、幹線管渠への接続を踏まえ、1.0 m 程度の最小土被りとすることが望ましい。

(f) 流速

流速は、砂の堆積等により汚水の滞留がないよう設定する必要がある。一方、流速が過大となる場合は、管路施設の破損を招く恐れがあるため、上限を設ける。流速は、日本の設計基準を踏まえ、以下のとおり設定する。

- 最小流速 : 0.8 m/sec
- 最大流速 : 3.0 m/sec

(g) マンホール間隔

マンホールは以下の地点に設置する。

- 管渠の始点
- 管渠の方向、管径、勾配が変化する地点
- 管渠の会合点

また、直線部で管渠の径、方向、勾配が変わらない場合は、管径に応じて、最大間隔を以下のとおり設定する。

- 管径 500 mm 未満： 75 m
- 管径 500 mm 以上 1,000 mm 未満： 100 m
- 管径 1,000 mm 以上 1,650 mm 未満： 150 m
- 管径 1,650 mm 以上 200 m

(h) 管渠の設計条件の整理

表 4.2.3 に本調査における管渠の設計条件を整理する。参考として、バンコク、ヤンゴン及びマニラ首都圏での設計条件も示す。

表 4.2.3 設計条件

都市	バンコク ^{*1}	ヤンゴン ^{*2}	マニラ ^{*3}	本調査
汚水量	日平均汚水量の 5 倍	日平均汚水量の 1.65 倍	日平均汚水量の 1.8 倍	日平均汚水量の 1.65 倍
流量計算	マンシング式	マンシング式	マンシング式	マンシング式
管内水深 (余裕)	記載なし	記載なし	管径：D D ≤ 250: 50% 250 < D < 400: 60% 400 < D < 500: 70% 500 ≤ D: 75%	管径：D D < 500: 50% 500 ≤ D < 1000: 60% 1000 ≤ D: 75%
最小管径	300 mm	200 mm	200 mm	200 mm
最小土被り	管路の始点: 2.0 m 運 河下: 2.0 m 高速道路下: 2.5 m	管路の始点: 1.0 m 運河下: 2.0 m 高速道路下: 2.5 m	2.0 m	幹線管渠: 2.0 m 枝線管渠: 1.0 m
管内流速	最大: 3.0 m/s 最小: 0.6 m/s.	最大: 3.0 m/s 最小: 0.6 m/s.	最大: 3.0 m/s 最小: 0.8 m/s.	最大: 3.0 m/s 最小: 0.8 m/s.
マンホール 間隔	管径：D D ≤ 300: 100 m 450 ≤ D < 800: 150 m 800 ≤ D: 200 m	管径：D D < 600: 75 m 600 ≤ D < 1000: 100 m 1000 ≤ D < 1650: 150 m 1650 ≤ D: 200 m	管径：D D < 350: 75 m 350 ≤ D < 500: 100 m 500 ≤ D < 1000: 150 m 1000 ≤ D: 200 m	管径：D D < 500: 75 m 500 ≤ D < 1000: 100 m 1000 ≤ D < 1650: 150 m 1650 ≤ D: 200 m

出典：*1：タイ国バンコク下水道整備事業準備調査(2011年, JICA)

*2：ミャンマー国ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査(2014年, JICA)

*3：フィリピン共和国マニラ首都圏西地区上下水道誠意事業準備調査(PPP インフラ事業)(2013年, JICA)

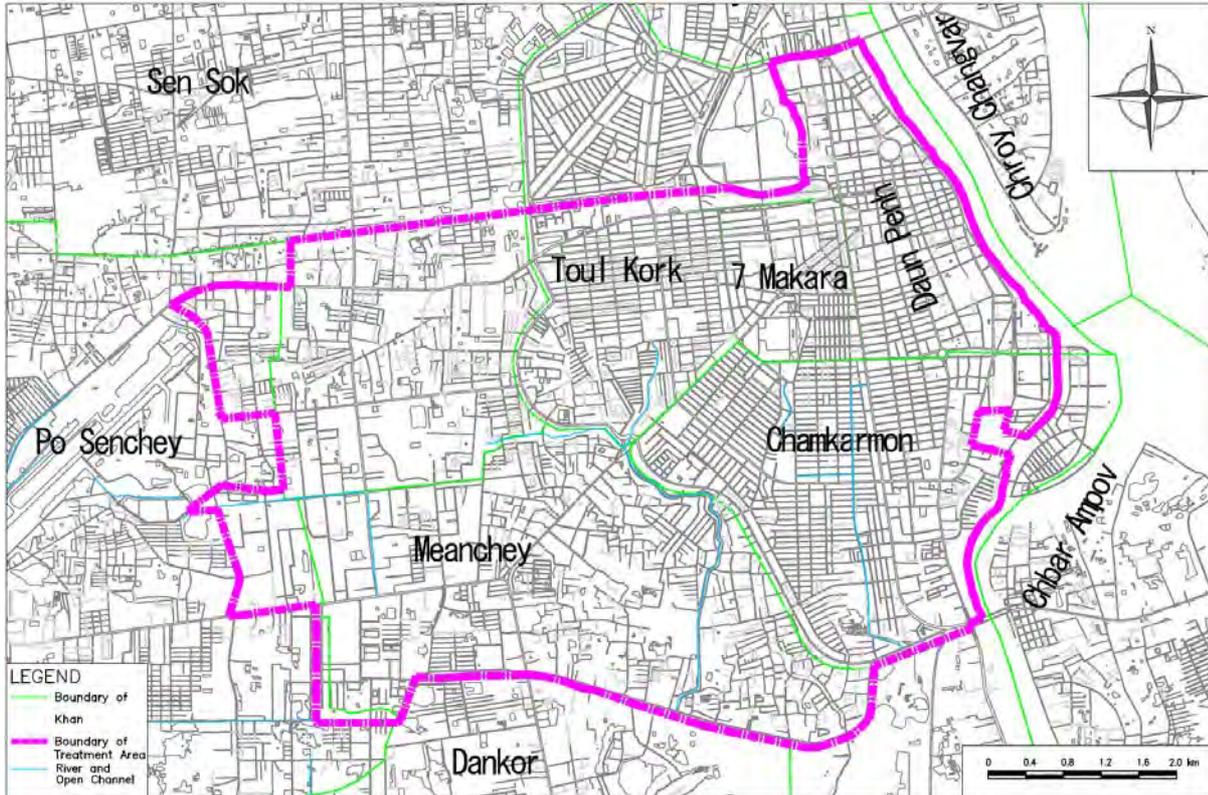
(4) 管路施設計画

プノンペン都の人口は、中心部の4つのKhanとそれらに隣接する郊外部に集中している。一方、中心部を取り巻く周辺地域における人口は少なく、2035年の土地利用計画においても保護区域に設定されている。従って、管路施設計画は、プノンペン都中心部および郊外に位置する人口密集地域を対象とした。本M/Pでは、以下に示す2つの処理区を対象に管路計画を策定した。

(a) Cheung Aek 処理区

Cheung Aek 処理区は、プノンペン都の中心部の南側に位置する処理区であり、Khan 7 Makara 全域および隣接する 5 つの Khan の一部が対象地域である。計画処理区域面積は 4,702 ha、2035 年の計画処理人口は 1,093,155 人である。図 4.2.2 に Cheung Aek 処理区的位置図、表 4.2.4 に Cheung Aek 処理区の計画処理区域面積および計画処理人口を示す。

なお、計画処理人口は、2035 年の Sangkat ごとの面積および人口により算出した。



出典：調査団

図 4.2.2 Cheung Aek 処理区

表 4.2.4

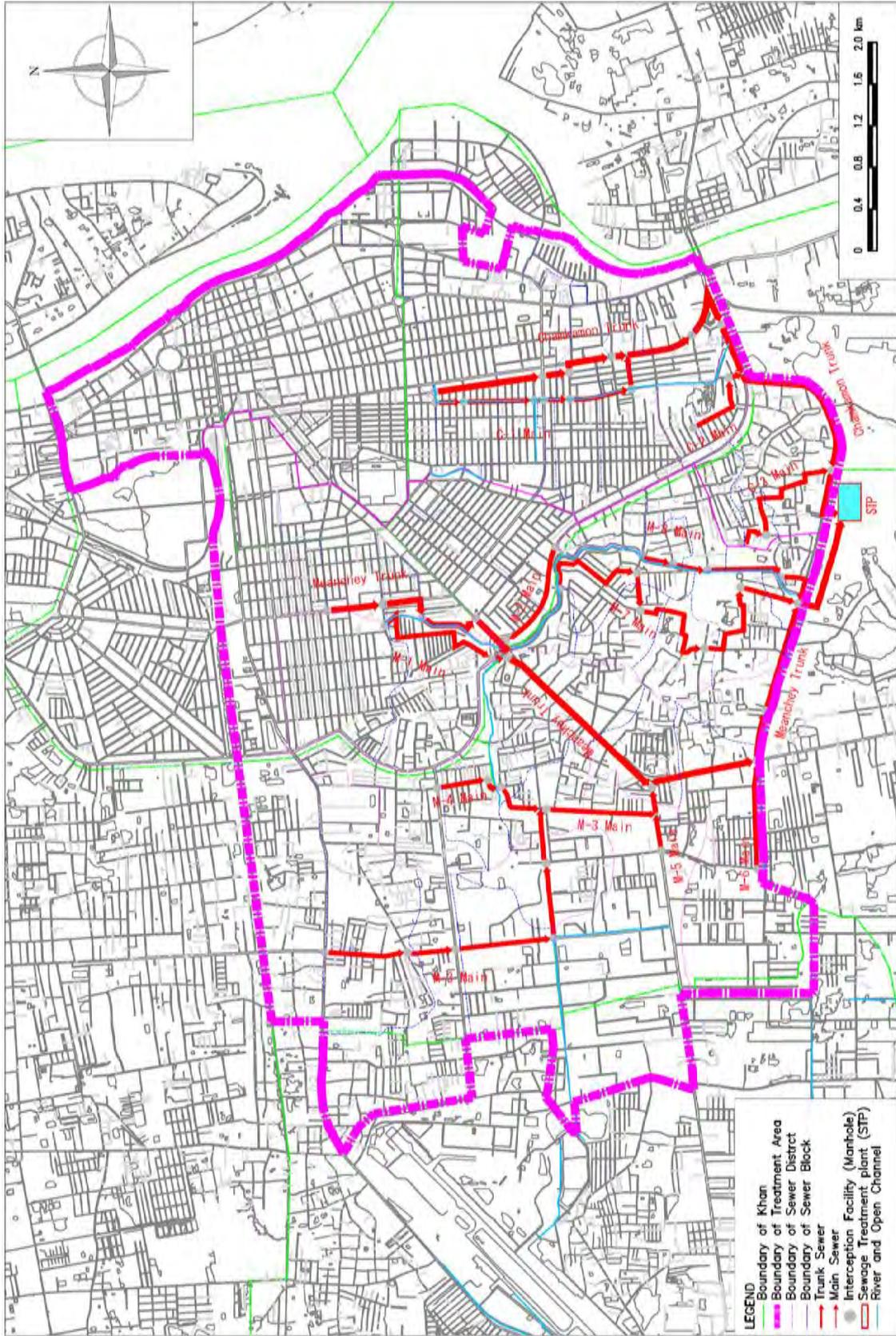
Cheung Aek 処理区の計画区域面積および計画処理人口

Name of Khan and Sangkat	Covered Area (ha)	Covered Population (Cheung Aek Treatment Area)				
		2016	2020	2025	2030	2035
01 Chamkarmon	919.0	184,118	188,126	199,900	211,674	223,448
0101 Tonle Basak1	9.3	481	481	481	481	481
0102 Tonle Basak2	104.5	10,036	10,845	13,719	16,593	19,467
0103 Tonle Basak3	155.1	12,000	13,100	16,600	20,100	23,600
0104 Boeng Keng Kang Muoy	99.7	14,000	14,000	15,333	16,667	18,000
0105 Boeng Keng Kang Pir	29.2	11,700	11,700	11,700	11,700	11,700
0106 Boeng Keng Kang Bei	65.8	23,700	24,300	24,967	25,633	26,300
0107 Oulampik	30.3	10,000	10,600	11,100	11,600	12,100
0108 Tuol SvayPreyTiMuoy	58.9	14,700	14,700	15,300	15,900	16,500
0109 Tuol SvayPreyTiPir	35.0	11,600	11,900	12,367	12,833	13,300
0110 Tumnob Tuek	78.6	18,900	18,900	18,900	18,900	18,900
0111 Tuol TumpungTiPir	47.0	11,300	11,300	11,300	11,300	11,300
0112 Tuol TumpungTiMuoy	62.6	13,800	14,400	15,433	16,467	17,500
0113 Boeng Trabaek	45.9	9,600	9,600	10,067	10,533	11,000
0114 Phsar Daeum Thkov	97.1	22,300	22,300	22,633	22,967	23,300
02 Daun Penh	592.1	106,336	108,438	111,535	114,631	117,728
0201 PhsarThmeiTiMuoy	16.5	5,300	5,500	5,767	6,033	6,300
0202 PhsarThmeiTiPir	10.7	7,500	7,400	7,200	7,000	6,800
0203 PhsarThmeiTiBei	31.4	10,400	10,400	10,300	10,200	10,100
0204 Boeng Reang	41.6	7,100	7,500	7,767	8,033	8,300
0205 Phsar KandalTiMouy	40.9	11,400	12,300	13,367	14,433	15,500
0206 PhsarKandalTiPir	14.7	7,500	8,400	9,533	10,667	11,800
0207 Chakto Mukh	149.7	12,000	12,000	13,000	14,000	15,000
0208 CheyChummeah	72.9	12,400	12,400	11,900	11,400	10,900
0209 PhsarChas	10.1	6,900	7,100	7,400	7,700	8,000
0210 SrahChak1	75.5	5,707	6,676	7,154	7,633	8,112
0211 SrahChak2	63.7	10,429	9,762	9,580	9,398	9,216
0212 VoatPhnum	64.4	9,700	9,000	8,567	8,133	7,700
03 7 Makara	219.9	95,100	96,600	98,633	100,667	102,700
0301 Ou Ruessei Ti Muoy	8.5	8,300	8,100	7,900	7,700	7,500
0302 Ou Ruessei Ti Pir	8.7	9,200	8,900	8,533	8,167	7,800
0303 Ou Ruessei Ti Bei	4.9	7,800	7,400	6,900	6,400	5,900
0304 Ou Ruessei Ti Buon	8.3	8,600	8,500	8,433	8,367	8,300
0305 Monourom	13.9	11,500	11,400	11,300	11,200	11,100
0306 Mittakpheap	38.7	10,800	11,600	12,367	13,133	13,900
0307 Veal Vong	96.9	28,100	29,100	30,400	31,700	33,000
0308 Boeng Prolit	40.1	10,800	11,600	12,800	14,000	15,200
04 Toul Kork	492.1	148,857	148,051	148,012	147,973	147,935
0401 Phsar Depou Ti Muoy	32.4	11,700	12,000	12,333	12,667	13,000
0402 Phsar Depou Ti Pir	20.5	11,500	11,300	11,300	11,300	11,300
0403 Phsar Depou Ti Bei	30.6	8,600	9,200	9,700	10,200	10,700
0404 Tuek L'ak Ti Muoy	90.8	16,300	17,300	18,800	20,300	21,800
0405 Tuek L'ak Ti Pir	42.5	13,600	13,600	13,300	13,000	12,700
0406 Tuek L'ak Ti Bei	117.1	32,900	31,600	30,833	30,067	29,300
0407 Phsar Daeum Kor	69.5	22,257	22,851	23,345	23,840	24,335
0408 Boeng Salang	88.7	32,000	30,200	28,400	26,600	24,800
05 Po Senchey	220.4	10,558	13,145	13,145	13,145	13,145
0501 Chaom Chau1	115.7	3,573	4,444	4,444	4,444	4,444
0502 Kakab1	104.6	6,985	8,700	8,700	8,700	8,700
06 Meanchey	1,587.9	271,000	301,700	319,200	336,700	354,200
0601 Stung Mean Chey1	321.9	11,400	13,000	13,767	14,533	15,300
0602 Stung Mean Chey2	804.7	157,900	178,200	188,733	199,267	209,800
0603 Boeng Tumpun	461.4	101,700	110,500	116,700	122,900	129,100
07 Sen Sok	670.5	97,400	110,400	118,267	126,133	134,000
0701 Tuek Thla	670.5	97,400	110,400	118,267	126,133	134,000
Total	4,701.9	913,369	966,459	1,008,691	1,050,923	1,093,155

出典：調査団

図 4.2.3 に Cheung Aek 処理区の管路施設計画、表 4.2.5 に管路施設計画の概要を示す。
Cheung Aek 処理区は、排水路の布設状況、既存道路、地理地形を考慮し、東西の処理分区

に二分し、遮集区域は 14 ブロックに分割して汚水を遮集する計画とした。下水処理場は、Tumpun ポンプ場の南側に位置する Cheung Aek 湖に設置する計画である。2035 年における日最大汚水量は、282,000 m³ である。中継ポンプ場は必要としない計画である。



出典：調査団

図 4. 2. 3

Cheung Aek 処理区の管路施設計画

表 4.2.5 Cheung Aek 処理区の管路施設計画概要

Item	Length (m)	Diameter (mm)	Covering (m)	Remark
1. Trunk Sewer				
1) Chamkamon Trunk	5,984	1,000 ~ 1,650	4.36 ~ 10.25	
2) Meanchey Trunk	7,665	900 ~ 2,200	2.47 ~ 10.01	
2. Main Sewer				
1) C-1 Main	2,201	800 ~ 1,000	3.93 ~ 7.00	Connecting to
2) C-2 Main	843	250 ~ 400	2.70 ~ 10.25	Chamkarmon Trunk
3) C-3 Main	1,544	300 ~ 400	2.64 ~ 11.59	
4) M-1 Main	1,226	600 ~ 800	4.32 ~ 9.33	Connecting to
5) M-2 Main	1,295	500 ~ 700	4.43 ~ 7.69	Meanchey Trunk
6) M-3 Main	4,812	600 ~ 1,350	2.09 ~ 9.30	
7) M-4 Main	1,161	500 ~ 600	2.50 ~ 7.78	
8) M-5 Main	352	600 ~	4.32 ~ 4.32	
9) M-6 Main	1,044	400 ~	4.54 ~ 8.33	
10) M-7 Main	4,100	300 ~ 900	2.64 ~ 12.01	
11) M-8 Main	1,877	300 ~ 600	2.64 ~ 11.72	
Total Length	34,104			
Interception Facilities (Overflow Chamber)			Amount	
1) Chamkamon Trunk and connected Main			17	
2) Meanchey Trunk and Connected Main			33	
Total Amount			50	

出典：調査団

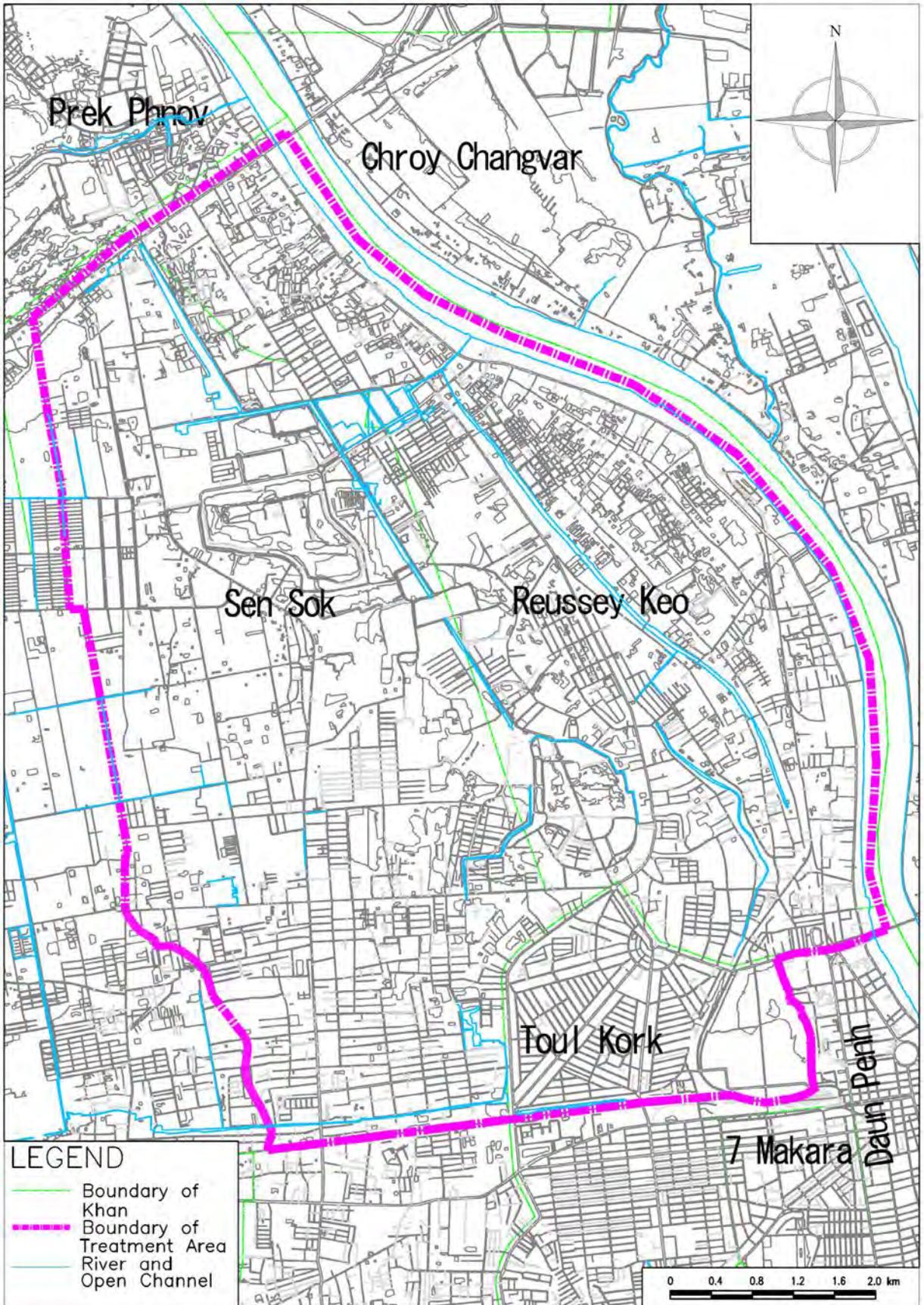
Cheung Aek 処理区の管路延長は、約 34 km であり、埋設深さは最大で 12 m 程度であるが、適切な位置でポンプ場を設置できる用地が無い場合、中継ポンプ場の配置は計画しないこととした。

(b) (参考) Tamok 処理区³²

Tamok 処理区は、プノンペン都の中心部の北側に位置する処理区であり、Khan Reussey Keo 全域および隣接する 3 つの Khan の一部が対象地域である。計画処理区域面積は 6,019 ha、2035 年の計画処理人口は 481,423 人である。図 4.2.4 に Tamok 処理区の位置図、表 4.2.6 に計画処理区域および計画処理人口を示す。

なお、計画処理人口は、2035 年の Sangkat ごとの面積および人口により算出した。

³² 4.1.4 節に示したように、Tamok 処理区は、オンサイト処理を適用することとなったが、4.1.2 節に示したオンサイトとオフサイト処理の比較検討結果の根拠となる管渠計画の内容を、参考のためここに掲載する。



出典：調査団

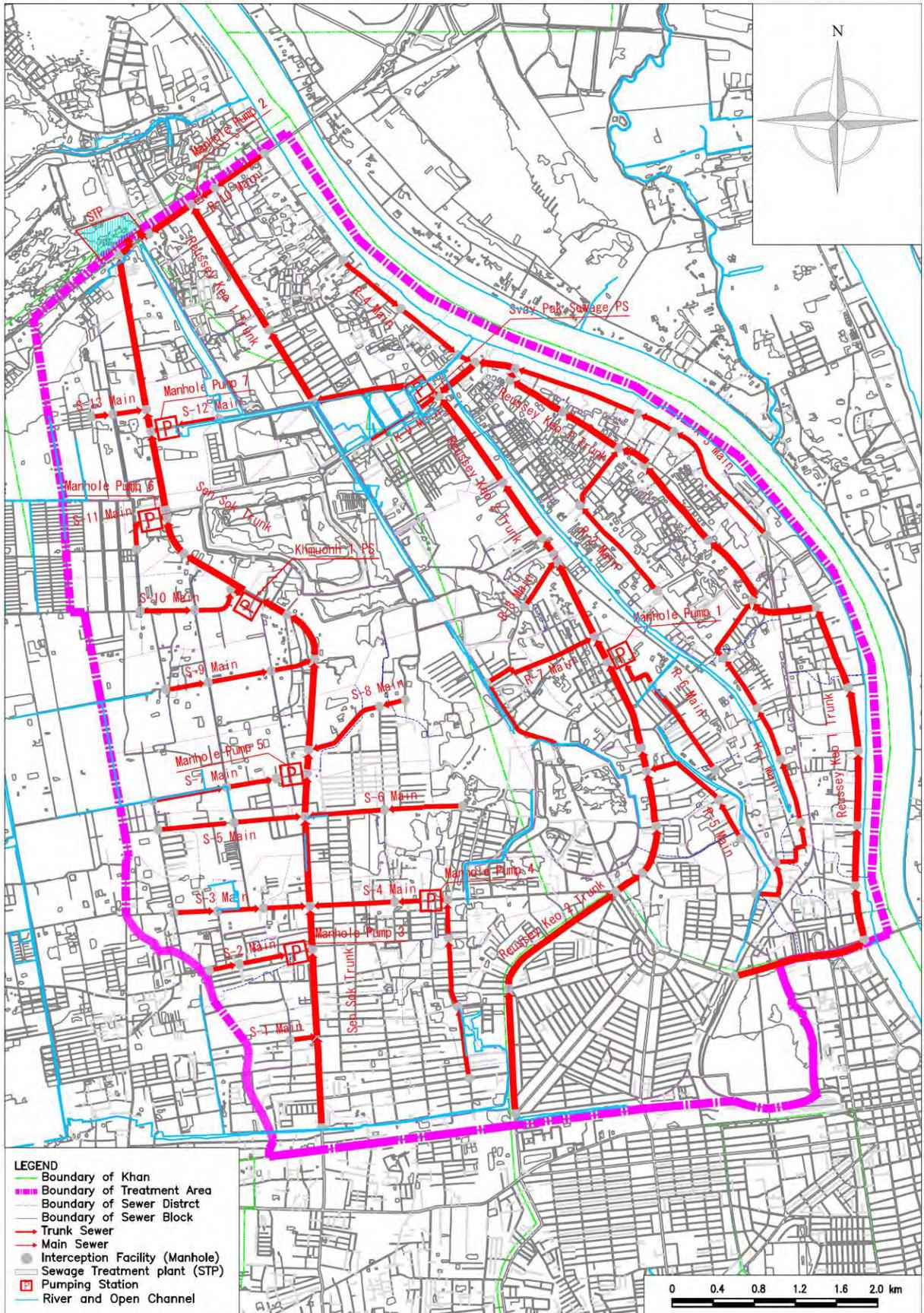
图 4.2.4 Tamok 处理区

表 4.2.6 Tamok 処理区の計画処理区域面積および計画処理人口

Name of Khan and Sangkat	Covered Area (ha)	Covered Population (Cheung Aek Treatment Area)				
		2016	2020	2025	2030	2035
01 Daun Penh	176.2	16,968	18,265	19,002	19,738	20,474
0101 SrahChak1	134.8	10,190	11,921	12,775	13,630	14,485
0102 SrahChak2	41.4	6,778	6,344	6,226	6,108	5,990
02 Tuol Kok	327.2	46,300	44,500	43,367	42,233	41,100
0201 Boeng Kak Ti Muoy	159.2	15,900	15,900	15,900	15,900	15,900
0202 Boeng Kak Ti Pir	168.1	30,400	28,600	27,467	26,333	25,200
03 Reussey Keo	2,338.3	195,716	220,816	230,083	239,350	248,616
0301 Tuol Sangkae 1	137.9	43,300	49,800	53,400	57,000	60,600
0302 Tuol Sangkae 2	137.9	45,200	52,000	55,767	59,533	63,300
0303 Svay Pak	336.8	20,216	20,216	20,216	20,216	20,216
0304 Kilomaetr Lekh Prammuoy	564.1	25,400	28,200	30,067	31,933	33,800
0305 Ruessei Kaev	517.6	31,200	36,100	36,133	36,167	36,200
0306 Chrang Chamreh Ti Muoy	229.9	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800
0307 Chrang Chamreh Ti Pir	414.1	16,600	20,700	20,700	20,700	20,700
04 Sen Sok	3,177.5	92,145	124,744	140,240	155,736	171,232
0401 Phnom Penh Thmei	1,428.8	57,192	71,298	80,842	90,385	99,929
0402 Khmuonh1	1,086.8	21,753	27,745	30,865	33,984	37,103
0403 Khmuonh2	662.0	13,200	25,700	28,533	31,367	34,200
Total	6,019.2	351,129	408,325	432,691	457,057	481,423

出典：調査団

図 4.2.5 に、Tamok 処理区の管路施設計画、表 4.2.7 に管路施設の計画概要を示す。Tamok 処理区は、排水路の布設状況、既存道路、地理地形を考慮し、東西の処理分区に二分し、遮集区域は 33 ブロックに分割した。下水処理場は、Kop Srov ポンプ場の北側に位置する Tamok 湖に設定した。2035 年における計画日最大汚水量は、124,000 m³/日である。



出典：調査団

図 4.2.5 Tamok 処理区の管路施設計画

表 4.2.7 Tamok 処理区の管路施設計画概要

Item	Length (m)	Diameter (mm)	Covering (m)	Remark
1. Trunk Sewer				
1) Reussey Keo Trunk 1	14,922	600 ~ 1,650	2.00 ~ 20.04	
2) Reussey Keo Trunk 2	8,278	500 ~ 1,200	3.43 ~ 11.63	
3) Sen Sok Trunk	9,495	350 ~ 1,100	2.05 ~ 12.40	
2. Main Sewer				
1) R-1 Main	3,599	400 ~ 600	4.54 ~ 11.65	Connecting to Reussey Keo Trunk 1
2) R-2 Main	1,823	200 ~ 350	4.75 ~ 11.55	
3) R-3 Main	3,058	250 ~ 350	2.00 ~ 20.07	
4) R-4 Main	1,591	200 ~ 350	4.75 ~ 13.17	
5) R-9 Main	822	200 ~ 300	4.75 ~ 11.38	
6) R-10 Main	869	200	4.75 ~ 9.29	
7) R-5 Main	1,287	200 ~ 300	2.75 ~ 9.58	Connecting to Reussey Keo Trunk 2
8) R-6 Main	1,699	200 ~ 350	2.00 ~ 11.76	
9) R-7 Main	2,159	600 ~ 700	4.32 ~ 8.23	
10) R-8 Main	619	300	4.64 ~ 6.99	Connecting to Sen Sok Trunk
11) S-1 main	260	200	4.35 ~ 7.22	
12) S-2 Main	1,020	200 ~ 250	2.00 ~ 11.80	
13) S-3 Main	1,325	250 ~ 350	2.00 ~ 8.28	
14) S-4 Main	3,102	200 ~ 500	3.42 ~ 13.08	
15) S-5 Main	1,434	200 ~ 300	2.00 ~ 10.02	
16) S-6 Main	1,536	400 ~ 450	2.00 ~ 10.97	
17) S-7 Main	1,526	200 ~ 250	2.00 ~ 20.93	
18) S-8 Main	1,101	250	4.70 ~ 11.52	
19) S-9 Main	1,483	200 ~ 300	2.00 ~ 9.90	
20) S-10 Main	1,326	200 ~ 250	2.00 ~ 12.50	
21) S-11 Main	587	200	2.00 ~ 6.91	
22) S-12 Main	672	200	2.00 ~ 8.11	
23) S-13 Main	540	200 ~ 250	2.00 ~ 5.42	
Total Length	66,133			
Interception Facilities (Overflow Chamber)			Amount	
1) Reussey Keo Trunk 1 and connected Main			37	
2) Reussey Keo Trunk 2 and connected Main			20	
3) Sen Sok Trunk and Connected Main			45	
Total Amount			102	
Pumping Stations				
	Area (m ²)	Head (m)	Capacity (m ³ /s)	
1) Svay Pak Sewage PS	1,000	14.8	1.300	Land is owned by National Institute of Physica Education and Sport
2) Khmuonh 1 Sewage PS	500	9.9	0.582	Land is owned by MOWRAM
Manhole Pumps				
	Head (m)	Discharged Sewer Diameter (mm)	Capacity (m ³ /s)	
1) Manhole No. 1	2.0	350	0.041	R-6 Main
2) Manhole No. 2	1.7	200	0.015	R-10 Main
3) Manhole No. 3	2.0	250	0.018	S-2 Main
4) Manhole No. 4	9.5	450	0.033	S-4 Main
5) Manhole No. 5	9.9	250	0.022	S-7 Main
6) Manhole No. 6	4.0	200	0.009	S-11 Main
7) Manhole No. 7	2.5	200	0.012	S-12 Main

出典：調査団

Tamok 処理区の管路延長は約 66 km であり、埋設深さは排水路からの汚水遮集および管径の小さな分流式下水道整備のため、最大で 20 m と深くなる。そのため、そのため、Tamok

処理区では、複数のポンプ場が必要と考えられるが、現地調査の結果、ポンプ場の用地として利用可能な土地は、ポンプ場候補地と想定した個所のうち2か所のみであった。したがって、その2か所(Sangkat Pvy Pak および Sangkat Khmuonh 1)において、中継ポンプ場を配置する計画とした。中継ポンプ場の候補地は、公共用地を選定した。写真 4.2.1 に中継ポンプ場の候補地を示す。Sangkat Pvy Pak の中継ポンプ場候補地は、広い用地を有し、周辺に住宅も少ない National Institute of Physical Education and Sport が管轄する運動公園である。一方、Sangkat Khmuonh 1 の中継ポンプ場候補地は、水資源気象庁が管理するポンプセンターである。



出典：調査団

写真 4.2.1 中継ポンプ場候補地

また、Tamok 処理区は、排水管渠がほとんど布設されていないため、二次幹線は分流式下水道となるが、管径は 200 mm、250 mm と小さくなる。設計流速を確保するためには、勾配が急となり、下流側は埋設深さが深くなる。そのため、一次幹線へ接続する前にマンホールポンプを 7 箇所設置する計画とした。マンホールポンプが適応可能な最大汚水量は、3.0 m³/分である。

4.2.2 終末処理場計画

4.1.1 および 4.1.2 にて議論したように、本 M/P では、オフサイト処理施設を適用するのは、Cheung Aek 処理区のみであることから、表 4.2.8 に Cheung Aek 処理区の終末処理場である Cheung Aek 下水処理場の施設概要をまとめる。なお、汚泥処理については、投入固形物や汚泥量の管理等、維持管理が難しく、付帯設備が多い消化プロセスを除いた濃縮/脱水プロセスを採用することとした。また、社会調査の結果からも明らかなように、処理場周辺に大きなニーズはないため、汚泥の有効利用等については、将来の検討事項とする。また、各施設の詳細寸法については、第 8 章のプレ F/S の内容と併せて示す。

また、オフサイト処理区域(Cheung Aek 処理区を除く全ての地域)から発生する腐敗槽汚泥等を処理する施設については、Cheung Aek 下水処理場内の汚泥処理施設に、消化槽等を併設して処理する方法も考えられたが、(i) オフサイト処理区域から発生する腐敗槽および浄化槽汚泥量と、(ii) Cheung Aek 下水処理場から発生する濃縮汚泥量との割合[(i)/(ii)×100]が 45%程度に達する見通しである。そのため、腐敗槽汚泥が、下水処理場の汚泥処理施設に対して大きな負荷をかけ、また、腐敗槽汚泥に含まれる塩分が下水処理場における生物処理に悪影響を及ぼすことを避けるため、後述のように、下水処理場とは別の個所に汚泥処分場を計画し、そこに腐敗槽の汚泥処理施設を設置する計画とした。

表 4.2.8 Cheung Aek 下水処理場の施設概要

施設	内容
主ポンプ棟	沈砂池および主ポンプ
管理棟	職員執務室/水質試験室等
水処理施設	最初沈殿池/反応槽/最終沈殿池
汚泥処理施設	重力濃縮槽/機械濃縮機/機械脱水機
消毒施設	塩素混和池
その他	分水槽/自家発電機/受変電設備

出典：調査団

4.2.3 オンサイト処理計画

2.4.2 節に記述したとおり、プノンペン都においては、既に 90%以上の家屋において、腐敗槽等の衛生施設が設置されている。したがって、今後は、特に既に腐敗槽が設置されており、それ以上の処理レベルが求められる家屋に導入するオンサイト処理施設としては、浄化槽やコミュニティープラント等が考えられる。

このうち、浄化槽は、し尿と雑排水を同時に処理できる処理施設であり、1 世帯レベルの小型槽(5 人槽³³：図 4.2.6 のイメージ図参照)から、コミュニティーレベルでの処理が可能となる数百人(図 4.2.7 および図 4.2.8 のイメージ図参照)~1,000 人槽までの大型槽³⁴がある。水質改善効果については、90%程度の BOD 除去率が得られ、オフサイト処理と同等の効果が期待できる。また、浄化槽は、工場にて製作され、簡単な据付工事にて設置が可能であるという利点がある。

これまで、浄化槽は優れた水質改善効果を発揮するものの、腐敗槽などと比べて高価であることが普及の難点であったが、近年では、部品調達および組立て作業の現地化によりコストダウン

³³ 寸法: L 1.6 m×W 1.0 m×H 1.6 m

³⁴ 寸法: L (8.2+8.2+7.0) m×W 2.5 m×H 2.8 m(300 人槽の場合)

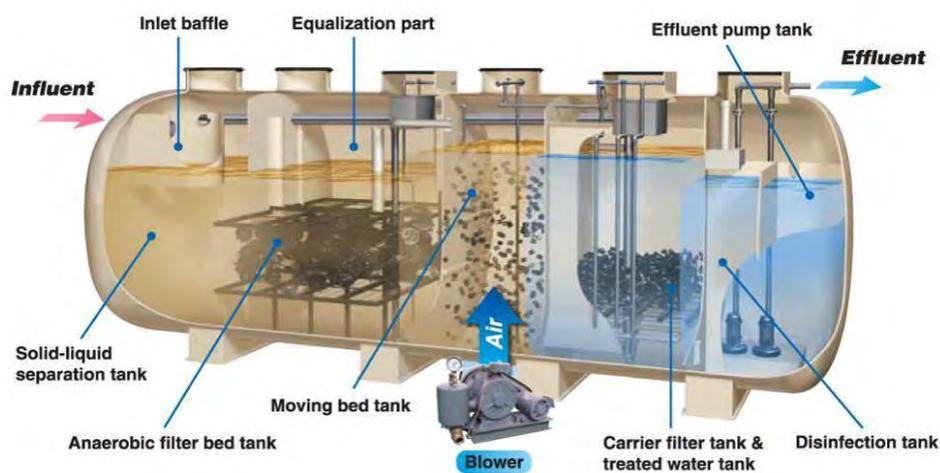
の努力がなされており、カンボジアの近隣国であるミャンマーなどでは、浄化槽の普及が進みつつある³⁵。

よって、プノンペン都においても、メーカーの進出および現地法人化等が進行すれば、低価格にて製品が提供され、普及が進む可能性は十分にあることから、本 M/P の代替案検討に供するオンサイト処理施設として浄化槽を提案した。



出典：日本のメーカー

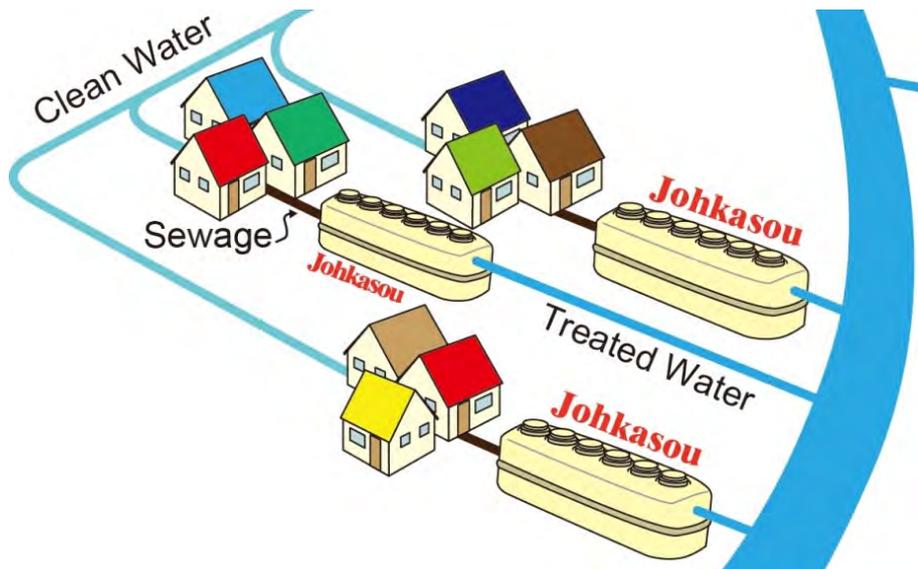
図 4.2.6 浄化槽のイメージ(5人槽)



出典：日本のメーカー

図 4.2.7 浄化槽のイメージ(300人槽)

³⁵ ヤンゴン市にて普及が進んでいる。設置台数は、現在までに 250 基程度設置されており、いずれも、クボタ社製の浄化槽である。設置および維持管理費用は、現時点では個人負担である。



出典：調査団

図 4.2.8

浄化槽によるコミュニティレベルの汚水処理のイメージ

4.2.4 汚泥処分計画

現在、プノンペン都においては、市民の 90%以上が使用している腐敗槽から引抜いた汚泥を処分する施設がない。一方、本 M/P では、オフサイト処理施設として Cheung Aek 下水処理場を提案していることから、腐敗槽および浄化槽等のオンサイト処理施設から引抜いた汚泥の処理施設を併設する下水汚泥処分場の計画を行う。

腐敗槽および浄化槽汚泥の処理施設としては、嫌気性および好気性消化を組み合わせた施設等があるが、これらの施設は、建設および維持管理費ともに高価であることから、本 M/P では、(i) バキュームカーが持ち込む汚泥を受入れる受泥槽、汚泥の処理を行う沈殿池および嫌気性池に、(ii) そこからの上澄み水を処理するラグーン(嫌気-通性池-熟成池から構成される)を設置するものとする(表 4.2.9 および図 4.2.9)。本施設の汚泥乾燥床から取り出した乾燥汚泥および下水処理場から発生した汚泥(脱水ケーキ)は、本汚泥処分場に持ち込んで処分する。この汚泥処分場の必要面積は 35 ha(汚泥処分場 30 ha および腐敗槽および浄化槽汚泥処理施設 5 ha)とする。この場合の残余年数は、15年から 20年程度と想定される。

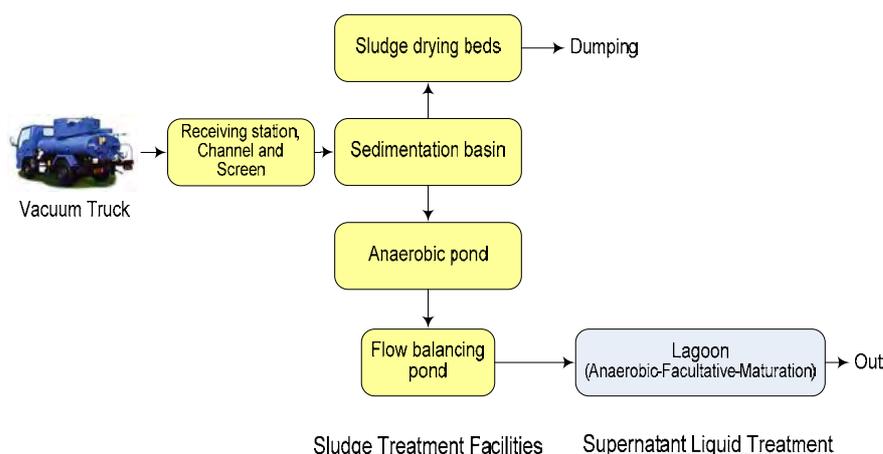
表 4.2.9 汚泥処分場の施設概要

項目	内容	備考
面積	35 ha 内訳: 汚泥処分場 30 ha 腐敗槽および浄化槽汚泥処理施設 5 ha	腐敗槽および浄化槽汚泥処理施設の平面図は、Appendix 5 に参考として示す。
汚泥処理施設		
対象人口	1,773,945 人(354,789 世帯) 内訳: 481,423 人(Tamok 処理区:浄化槽)⇒ 96,285 世帯 1,292,522 人(その他の地域:腐敗槽)⇒ 258,504 世帯	世帯数は、1 世帯を 5 人として算出。
想定引抜き頻度	浄化槽:1 回/年、腐敗槽:1 回/3 年	
想定容量	浄化槽:1.5 m ³ /槽、腐敗槽:2.0 m ³ /槽	
投入汚泥量	868 m ³ /日 内訳: 浄化槽より: 96,285 世帯×1.5 m ³ /365 日=396 m ³ /日 腐敗槽より: 258,504 世帯×1/3×2.0 m ³ /365 日=472 m ³ /日	
想定汚泥濃度	15,000 mg/L	
受泥槽	巾 5.8 m×長 11.0 m×深 0.8 m×1 槽	
沈殿池	巾 29.0 m×長 29.0 m×深 2.0 m×2 池	
嫌気性池	巾 35.0 m×長 40.0 m×深 3.0 m×2 池	

項目	内容	備考
流量調整池	巾 20.0 m×長 35.0 m×深 2.0 m×1 池	
汚泥乾燥床	巾 75.0 m×長 25.0 m×4 床	乾燥汚泥の含水率は 60% と想定する。
ラグーン		
嫌気性池	巾 18.0 m×長 34.0 m×深 3.0 m×2 池	
通性池	巾 40.0 m×長 88.0 m×深 1.75 m×2 池	
熟成池	巾 42.0 m×長 25.0 m×深 1.25 m×2 池	

出典：調査団

したがって、将来的には、処分汚泥の再利用を考慮する必要がある。汚泥の再利用の方式としては、十分に乾燥させた上で、セメント等の建設資材の骨材や緑農地への還元、埋立て土としての利用等が想定される。



出典：調査団

図 4.2.9

腐敗槽汚泥および浄化槽汚泥の処理施設フロー

4.3 維持管理計画

4.3.1 管渠およびポンプ場

(1) 維持管理の目的

管路施設は、下水道の根幹施設であり、遅延や滞留なく汚水を下水処理場へ輸送する重要な役割を有する。維持管理は、砂等の汚濁物質が管渠内などに堆積することを防ぐだけでなく、下水道の不具合が他の構造物等に影響を与えないように行う必要がある。そのため、定期点検は非常に重要である。

管渠およびポンプ場の維持管理の目的は、1)施設の能力を確保すること、2)耐用年数を延伸し、ライフサイクルコストの最小化を図ること、3)下水道の不具合による他の構造物への影響を防ぐことである。

(2) 維持管理の現状

現在プノンペン都には、下水道システムが整備されていない。ここでは、排水施設の維持管理に係る組織と維持管理方法について整理する。

(a) 維持管理の実施機関

2.6 節に述べたように、排水施設の維持管理は DPWT 内の排水・下水課(DSD)が実施している。DSD には、193 人の要員が配置されているが、正規職員は 30 人のみであり、維

持管理計画の策定および維持管理状況の監理を行っている。残りの要員は年度ごとの契約により一時的に雇用している作業員であり、現場でのごみ収集など実際の維持管理作業を行っている。年度によって、作業量が異なるが、その場合は一時雇用の労働者数を調整し対応している。

(b)維持管理の方法

排水施設の維持管理は、乾期にあたる 11 月から翌年 7 月までの 9 カ月の期間に実施されている。DSD の正規職員および契約によって雇用された作業員は、基本的に 10 人のグループに分割され、各担当の施設について、維持管理を行っている。頻度は、原則として年に 1 回であるが、一部の排水路については、2 年に 1 回の頻度となっている。

排水路の清掃は、ウォータジェットによる洗浄と汚泥吸引機を使用して実施しており、ごみや堆積物の除去を行っている。作業員は、作業内容を報告書に記載し、各グループを監理する DSD 職員に提出している。DSD の職員は、作業員より受領した記録を維持管理システムに登録し、進捗の把握を行っている。また、清掃作業は、予め作成される工程表に従って実施されており、作業を実施した場合は、実績を記載し進捗を把握している。

排水ポンプ場の維持管理は、責任者 1 名、場内の運営担当者 2～3 名、ごみを回収する作業員数名が各ポンプ場に配置され、維持管理を行っている。これらの職員および作業員のうち、責任者と場内の運転担当者は DSD 職員であり、ポンプ場の運営、維持管理状況の監理を行っている。

(3) 維持管理の基本方針

基本的に、下水道管渠およびポンプ場の維持管理は、排水施設と同様に実施することとする。現状の排水施設の維持管理状況から、組織体制および実施体制ともに十分に機能していることが確認できる。そのため、下水道管渠およびポンプ場に対しても、排水施設と同様の維持管理方法を適用することが効果的であり、職員および作業員の適応も早いと考えられる。しかし、現状では主に清掃を行っているのみであり、下水道においては、管路内点検の実施も必要と考えられる。また、下水道管渠の一部には、管径が 200 mm や 250 mm の小さなものがある。これら管径が小さな箇所においては、テレビカメラ(CCTV カメラ)を使用した調査が必要である。さらに、下水管渠は、汚水を遮集する最小限の管径としているため、堆積物の管渠内への侵入および堆積は、汚水の遮集、流下に支障をきたすため、大きなごみ等が流入しないよう、管理することが必要である。

(4) 管渠およびポンプ場の維持管理

管路施設の維持管理においては、まず下水道台帳を調製することが必要である。また、排水施設と同様に、維持管理記録の作成、情報の蓄積も重要である。下水道台帳には、管径、管渠延長、マンホール深さ、寸法などを各路線およびマンホールごとに整理することが求められる。維持管理計画は、調製された下水道台帳を活用し、効果的に維持管理を実施できるような内容で策定する必要がある。

維持管理の実施においては、下水道の維持管理組織の構築がまず必要である。排水施設については、DSD が実施しており、現状では計画的に維持管理の運営が行われている。そのため、下水道の維持管理においても、排水施設の維持管理の経験を有する DSD の中に維持管理組織を設立することが望ましい。

(a) 管渠およびマンホール

管渠およびマンホールは、原則として公道および公用地の下に設置する計画である。そのため、交通状況によっては、不具合が生じた場合の即時対応は技術的にも経済的にも難しい。そのため、日常の巡視点検や、月例の定期点検などを盛り込んだ維持管理計画を策

定し、対応することが必要であり、かつ効果的でもある。管渠およびマンホールの維持管理項目は、以下とする。

- i) 維持管理作業の記録およびデータの蓄積
- ii) 日常巡視点検の実施
- iii) 管渠およびマンホールの点検調査、清掃(年1~2回程度)
- iv) 管渠およびマンホール内の定期点検(人力およびテレビカメラ(CCTVカメラ))
- v) 管渠およびマンホールの詳細点検および能力評価
- vi) 修繕および改築

(b) 遮集施設 (雨水吐き)

遮集施設は、計画汚水量を遮集する重要な施設であり、適切に維持管理を行う必要がある。また、遮集施設には、夾雑物の公共用水域への流出防止を目的としたスクリーン等も設置する必要がある。そのため、維持管理は、通常のマンホールよりも複雑となる。維持管理が適切に行われない場合は、汚濁物質が公共用水域へ流出するだけでなく、夾雑物の堆積やごみの流入により汚水を遮集することができない。そのため、定期点検や清掃作業は、通常のマンホールよりも頻度を高くし、機能を確保することが求められる。清掃作業においては、通常のマンホールの作業に加え、以下の項目を実施する。

- i) 遮集管渠の水位確認
- ii) 晴天時における汚水の流下状況の確認および越流の有無
- iii) 越流堰およびスクリーン等設備の点検
- iv) 堆積している夾雑物およびごみの除去

(c) ポンプ場

プノンペン都では、現在、12箇所の排水ポンプ場が稼働している。基本的に、ポンプ場の維持管理は排水ポンプ場と同様の方法とする。しかし、汚水ポンプ場においては、汚水の滞留や夾雑物の堆積により、施設の腐食および設備の劣化が進行するため、注意が必要である。また、臭気および場内の換気の対応を行う必要がある。そのため、汚水ポンプ場については、揚水機能の確保だけでなく、周辺環境および場内の作業環境にも配慮した維持管理が必要である。

ポンプ場の維持管理においては、施設および設備毎に管理区分を分類し実施することが効果的である。維持管理は、ストックマネジメントの考え方を踏まえ、以下の3区分に分類される。

- 状態監視保全
- 時間計画保全
- 事後保全

状態監視保全は、設備の劣化状況や動作状況の確認を行い、その状態に応じて対策を実施する方法である。状態監視保全は、揚水機能への重要度が高く、劣化状況の把握および不具合の発生が予測可能な機械設備等に適用する。この方法では、劣化状況を把握するための調査を行い、調査結果を蓄積することにより、修繕や改築の時期を予測することが可能となる。そのため、維持管理の効率化および費用の節約において有益となる。

時間計画保全は、あらかじめ定めた期間(設備の耐用年数等)で管理する方法である。時間計画保全は、揚水機能への重要度が高く、劣化状況を目視点検などで把握することが困難な電気計装設備に適用する。

事後保全は、揚水機能への影響が小さい土木施設、建築施設に適用する。

ライフサイクルコストの低減、および維持管理費の節減を図る際には、上記に示す管理区分に分類し、維持管理を行うことが効果的である。表 4.3.1 に維持管理区分を示す。

表 4.3.1 ポンプ場の維持管理区分

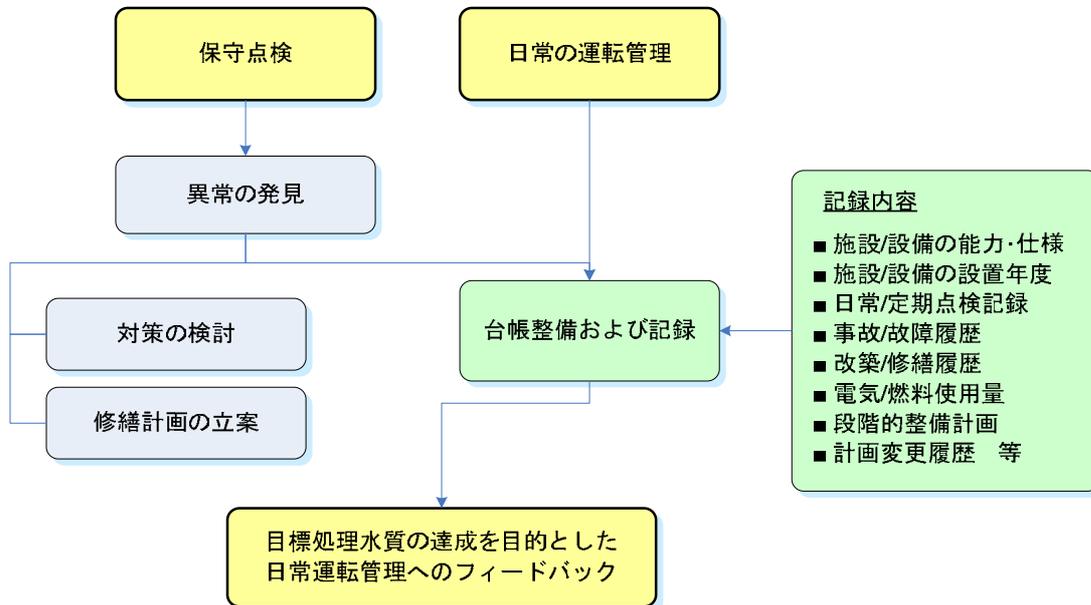
	状態監視保全	時間計画保全	事後保全
維持管理方法	- 設備の状態を基に管理する。	- 耐用年数等、あらかじめ定めた期間で管理する。	- 異常或不具合をある程度許容し、管理する。
適用条件	- 揚水機能への影響度が大きい。 - 費用が高く、予算への影響度が大きい。 - 劣化状況、動作環境が把握できる。	- 揚水機能への影響度が大きい。 - 費用が高く、予算への影響度が大きい。 - 劣化状況、動作環境の把握が困難である。	- 揚水機能への影響度が小さい。 - 予算への影響が小さい。
施設/設備	- 機械設備	- 電気計装設備	- 土木・建築施設
備考	- 維持管理、修繕、改築記録の蓄積を行い、劣化予測を行うことが必要である。	- 維持管理期間を設定することが必要である。	- 定期点検にかかる労力および費用を節減できる。

出典：調査団

4.3.2 終末処理場および汚泥処分場

(1) 終末処理場

終末処理場の維持管理は、下水処理の機能を十分に発揮し、排水基準および目標水質を達成し、もって、水環境の改善および公共用水域の水質保全に資することを目的に実施され、図 4.3.1 に示すような流れで実施される。



出典：発展途上国における下水道施設管理適正化指針(案)を参考に調査団が作成

図 4.3.1 終末処理場の維持管理の流れ

表 4.3.2 に、下水処理場における主要な維持管理項目をまとめる。

表 4.3.2 下水処理場における主要な維持管理項目

施設	内容	
沈砂池/主ポンプ	・ し渣の除去	
流入水路	・ 流入量の記録	
水処理施設	沈殿池	・ スカムの除去 ・ 汚泥腐敗および浮上状態の点検 ・ 汚泥掻き寄せ機の磨耗および腐食の点検 ・ 越流ぜきからの汚泥流出の点検
	反応槽	・ バルキングの点検/防止 ・ 活性汚泥の浮上/解体の点検/防止
汚泥処理施設	重力濃縮槽	・ 汚泥浮上/汚泥界面の異常上昇の点検等
	機械濃縮/脱水機	・ 異常振動/回転異常等の点検 ・ 凝集材注入率の管理
塩素混和池	・ 塩素消費量のチェック	
水質試験	・ pH, DO, BOD, TSS, COD, 大腸菌群数等	

出典：調査団

(2) 汚泥処分場

汚泥処分場では、その容量の有効利用を図るために、十分な汚泥の乾燥および整地作業等が重要となる。一方、腐敗槽/浄化槽汚泥処理施設の維持管理項目は、以下に列举するとおりである。

- 汚泥受入れ槽 : し渣の除去
- ラグーン流量調整池 : スカム/雑草の除去
- 汚泥乾燥床 : 汚泥厚さのチェックおよび乾燥汚泥の除去 等

4.3.3 オンサイト処理施設

オンサイト処理施設については、腐敗槽、浄化槽ともに定期的な汚泥の引抜きが必要となる。さらに、浄化槽を設置した場合は、水質基準を満足するために、曝気量、循環水量、逆洗時間およびトイレの水洗水量等の調整を適切に行うなどの定期的な維持管理作業が必要となる。

4.4 汚水対策に係る組織および法制度の検討

4.4.1 下水道事業実施に係る新組織案検討

3.1にて記述した課題を踏まえ、プノンペン都という発展著しい大都市で下水道整備事業を実施するため、下水道事業計画を立案し、その事業計画に基づく実施計画を、関係省庁やプノンペン都内の各局との利害調整を行いつつ遂行できる強い実行力(権限と組織力)を持ったリーダーと、そのリーダーを補佐し事業を実行できるスタッフを揃え、料金制度や住民広報なども担当する専門組織の新設を本項目にて検討する。また、その組織をM/Pにおける段階的整備方針(短期・中期・長期)に従って段階的に増強する計画についても検討する³⁶。

新組織は局長をトップに、以下に示す最低2つのセクションからなる組織とする。

- ・ **下水道事業課**：市民広報、料金制度、財政計画、関係部局調整などを担当する部署
- ・ **下水道技術課**：事業計画立案、実施計画作成、下水道施設(管渠・ポンプ場・処理場)の設計・施工技術者、下水処理技術者の育成などを担当する部署

このうち、下水道事業課のスタッフは、MPWT、MEF、PPCCなどの総務経理系の職員を選抜する方法を想定する。一方、下水道技術課は、組織開設後3~4年の間に、下水道事業計画を策定し、管渠整備と併せた下水処理場の設計/建設を行う必要があることから、事業開始当初の下水道事業計画、実施計画、下水道施設の設計施工等に必要な職員は、技術協力プロジェクト等を活用するなどして養成した下水道政策専門家を充当するものとする。それらの専門家はまた、下水道事業にかかる知見等をカンボジア国全体に広め、他の技術者を育成する任をも担う。参考までに、SRSWTPU(シェムリアップ下水道ユニット)の事例から、組織開設段階に必要なスタッフは、15~20人程度であると考えられる。

一方、プノンペン都の下水道事業を進めるオプションとして、PPWSAとの協業(統合)案がある。PPWSAは、「プノンペンの奇跡」と言われているように、10数年の間にプノンペン都での水道水供給事業を発展・拡大させ、今では都の総人口の90%以上に相当する給水人口と日量45万m³の給水能力を有する組織に発展した。よって、プノンペン都の下水道事業を開始するにあたり、PPWSAの経験や事業実施組織・経営手法などを取り入れることは非常に有益である。一方で、調査団は、PPWSAにおける総裁を含めた協議や情報収集の結果から、以下に列挙するような状況を把握した。

- ・ 現時点でPPWSAから下水道事業体を見た場合、事業体の成熟度に大きな差があり、下水道事業との協業は困難である。
- ・ 政府が85%の株式を保有しているものの、PPWSAは、既に民間の独立企業体になっており、かつ、上場企業体でもあるため、利益の出にくい事業への投資は株主等へ説明ができない。
- ・ PPWSAは、JICA、ADB、AFDなどのドナーからローンの返済が残っている。この返済は滞っていないが、今後は、貧困層対策等から収益性の悪い地域にも給水エリアを拡げていく必要があり、将来的には、資金的な余裕はなくなってくると予想される。
- ・ 政府(MIH)から料金の値下げを考えるよう言われている(値上げは出来ない)。
- ・ 上記より、水道料金と一緒に10%の下水道料金を徴収する現況のシステムを継続したい。

また、上記の列記事項とは別に、カンボジア国では、日本と同様、水道(MIH)と下水道(MPWT)で所管官庁が異なること、事業体の会計が異なること、飲料水供給と汚水浄化では処理方法および水質管理項目が異なること、料金徴収を含む総務系を除く事業体の経営や技術的事項が大きく異なる等の課題がある。

経営面で上水道に対して下水道の特に異なる点を以下に列記する。

³⁶ 本提案内容は、プノンペン都における財政(投資)計画や下水道人材育成計画および関係省庁等との業務調整が前提であることを付記する。

- ・ 建設工事費が高い(管路の埋設深さが深い、管径が大きい、借入金返済額が大きい)。
- ・ 建設期間が長い(料金徴収までに時間がかかる、経営が安定するまで長期間を要する)。
- ・ 環境対策が必要(臭気対策など)。
- ・ 料金課金制度が複雑(井戸水、地下水、産業排水、雨水など)。
- ・ 処理施設の機械類の耐用年数が短い(更新期間が短い)。

さらに、全ての水道顧客は水道利用について PPWSA と水購入契約書を交わしているが、その契約は水道利用にのみ限定されており、下水道利用は含まれていない。もし顧客が PPWSA に下水道使用料を支払うとすると、新たな契約が必要となる。しかも、下水道利用者に使用料を支払わせる法律はなく、その法制化も政治的には難しい。現在は ADB の水道排水プロジェクトの対象地域内での水道利用者に対し、水道使用料金収入の 10%を徴収する知事令があるだけである。

しかしながら、下水道整備に伴う湖沼、河川等の水環境改善効果への寄与は広く知られており、プノンペン都においても、Sap 湖、Mekong 川、Sap 川などの水質改善が、良好な水道水源の確保に裨益するという点で、下水道整備は、PPWSA にとっても十分に有益である。更に、日本では、法制度上、会計は、それぞれ独立採算性(別会計)であり共通化できる総務部門等においても経費を按分するなどしていることを念頭に、下水道事業が上水道事業を圧迫しない仕組みを構築し、上下水道事業を運営している事例もある。

よって、上記のような状況を考慮しつつ、今後、下水および上水の両事業体が WIN-WIN の関係を構築できるよう、「プノンペン都における上下水道事業体の有り方(案)」に関する検討委員会を立ち上げ、PPCC 副知事又は DPWT 局長を委員長として十分議論した上で結論を出すべきだと考える。

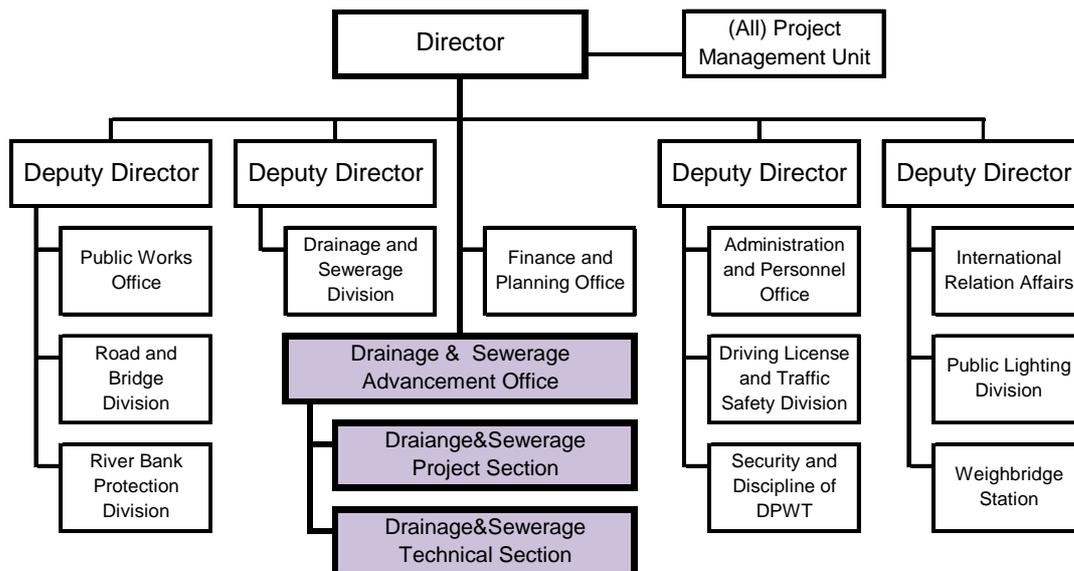
したがって、本 M/P では、PPWSA との協業や PPWSA との統合は、下水処理場や下水管渠が整備され下水道事業体としてある程度将来的な見通しが見込める中期(2021 年～)以降の検討課題とし、DPWT 内に下水道事業の実施組織を立ち上げることを基本に、以下に検討を行うものとする。

(1) 組織案 1：DPWT に下水・排水 M/P プロジェクト推進室を設置

DPWT の Director の直轄組織として、下水・排水 M/P プロジェクト推進室を設置する。当初は下水道事業課と下水道技術課の 2 課体制(スタッフ:15 人程度)とし、M/P の推進を図る。

主な業務内容は、下水道事業計画立案、実施計画の作成・実施、関係部局との調整、住民広報、料金制度、下水道管渠や処理場施設の計画・設計施工、処理場施設管理などとし、事業の進捗に合わせて事業課、計画課、設計課、工事課、施設管理課、水質モニタリング課、経営課、営業課などの組織やスタッフを増強する。

一方で、現在、排水施設の維持管理を担当している DSD の体制は現状維持とし、事業の拡大に併せて汚水管渠や下水処理場の維持管理部門を増強していく。以上の内容を反映した組織案(組織案 1)を図 4.4.1 に示す。

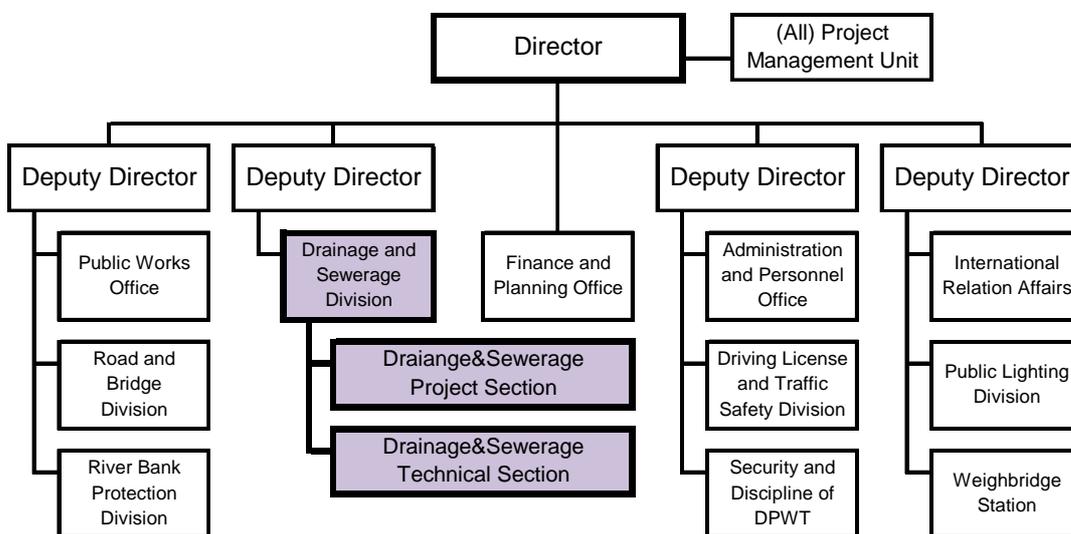


注 1) 現有組織と異なる部分を網掛けで表示
出典：調査団

図 4.4.1 組織案 1 に基づく組織図

(2) 組織案 2：DSD を 2 部門に分割強化して下水・排水 M/P プロジェクト担当課を設置

本案は、DSD を、下水・排水 M/P プロジェクトを担当する部署と維持管理を担当する部署に分割して組織を強化するものである。この場合も、事業の推進力を高めるため下水・排水 M/P プロジェクトを担当する部署は DPWT の Director の指揮の元、プロジェクト部門と維持管理部門を組織して事業を執行する。業務内容は組織案 1 に記載するとおりである。維持管理を担当する部署は、事業の拡大に合わせて汚水管渠や下水処理場の維持管理部門を増強する。以上の内容を反映した組織案(組織案 2)を図 4.4.2 に示す。



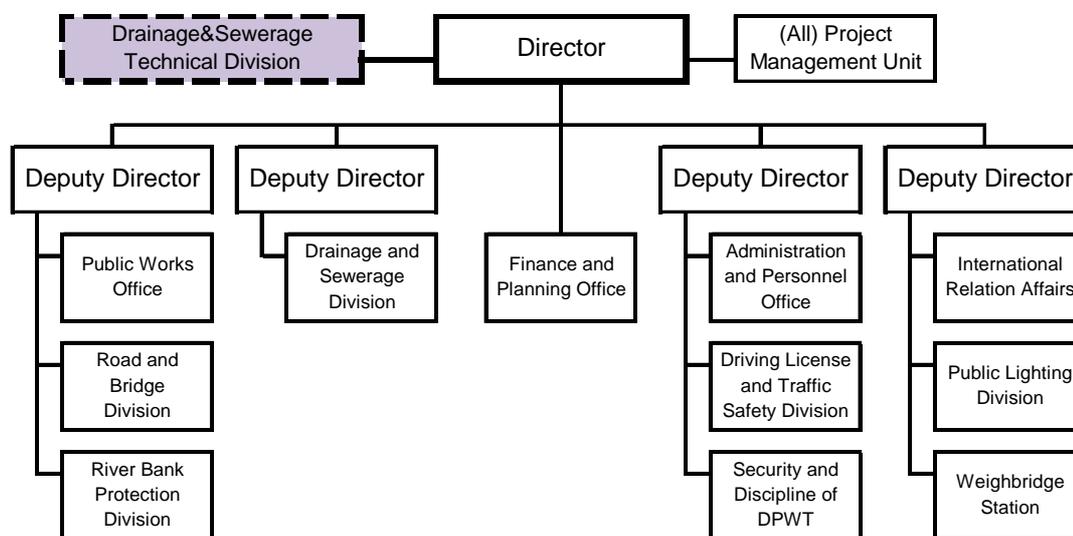
出典：調査団

図 4.4.2 組織案 2 に基づく組織図

(3) 組織案 3：DPWT に下水・排水 M/P プロジェクトマネジメントユニットを設置

本案は、DPWT の Director の指揮の元、Deputy Director をトップに下水・排水 M/P プロジェクトマネジメントユニットを設置して初期の M/P 推進(汚水対策)を図るものである。

このユニットは、初期立上げ段階(2~3年程度)に必要な下水道事業計画の立案、実施計画の作成、関係部局との調整、料金制度や住民広報、下水道技術者の育成などの業務を行う。その後、M/Pの実施方針や方向性を見極めて発展的に解散し、組織案1, 2に移行する。以上の内容を反映した組織案(組織案3)を図4.4.3に示す。



出典：調査団

図 4.4.3 組織案3に基づく組織図

(4) 実施組織の段階的整備方針

DPWT内に設立した新組織は、M/Pの段階的整備方針(短期・中期・長期)に合わせて、表4.4.1のような部署(各部署の職務は表4.4.2に整理)を順次設立していくものとする。なお、下水道事業が軌道に乗ると考えられる中期までの最低10年間は、JICA等の技術協力プロジェクト(下水道事業人材育成等)の活用を視野に入れて、継続的に人材を育成する必要がある。

表 4.4.1 実施組織の段階的整備方針

	短期 (~2020年)	中期 (2021年~2030年)	長期 (2031年~)
部署	下水道事業課 下水道技術課	事業課 経営課 営業課 計画課 設計課 工事課 施設管理課 水質モニタリング課 業務課	同左 (営業所) (工事事務所) 排水指導課

注1) 排水指導課は、水質モニタリング課を分課したもので、商業施設や工場等から下水道へ排水される水質の管理・指導を行う(公共水域へ直接排水されるものは、MOEの所管となる)。

注2) 長期欄の営業所、工事事務所は、出先機関としてプノンペン都の各区(Khan)等に各区内での下水排水施設の進捗状況に合わせて設置する。

出典：調査団

表 4.4.2 実施組織の部署と職務

部署	職務
事業課	事業実施計画立案、事業方針策定、関連部局調整
計画課	事業実施計画策定、開発行為等の確認・審査、工事業者の指導・育成
設計課	設計基準、汚水・雨水管路設計、処理場・ポンプ場等の施設設計
工事課	下水排水工事の管理監督、排水設備の審査・検査(下水道管接続)
施設管理課	処理場、ポンプ場他の施設・設備管理、設備設計、汚泥処理

部署	職務
水質モニタリング課	処理場水質管理、下水排水管理・指導(商業施設、工場)
経営課	財政計画、予算・決算管理、資産管理、市民広報・啓発、普及促進
営業課	使用料金調停(PPWSA との調整)、料金の賦課徴収、顧客情報管理
業務課	下水道接続、腐敗槽・浄化槽等汚水処理装置の設置促進、維持管理

注1) 法制度等に基づく基準、指針やマニュアル等はそれぞれの担当課が所管する。

注2) 処理場の維持管理は、DSD が担当する。

注3) 下水汚泥処分場は、WMD/PPCC が所管する。

出典：調査団

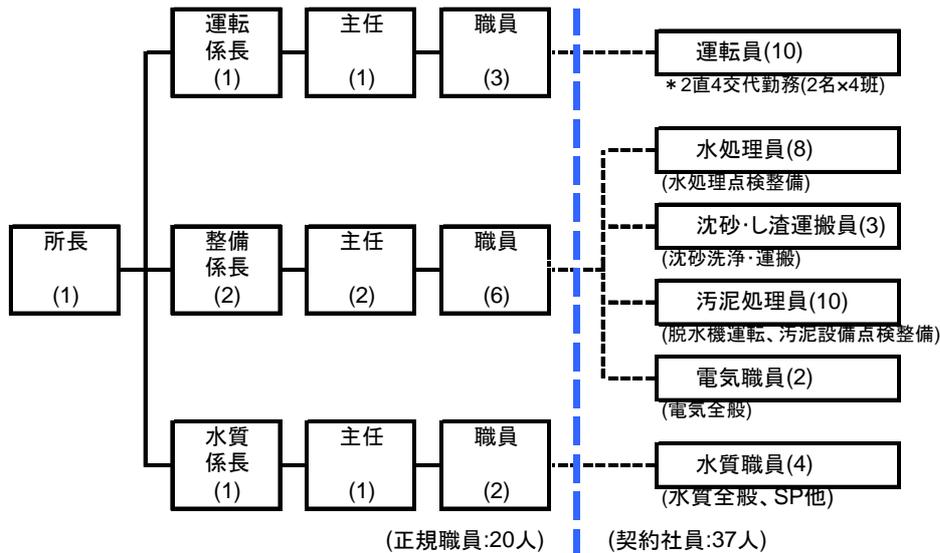
上記の3案は、プノンペン都の下水・排水改善 M/P を実施する事業組織を、DPWT 内に設立する案としたが、プノンペン都における現状、すなわち、WMD/PPCC(Waste Management Division/PPCC)が窓口となり副知事の指揮命令の下にプノンペン都の下水・排水を含めた環境保全行政を実施している現状を考慮すると、DPWT 内の新組織と WMD/PPCC の連携強化は不可欠である。また、プノンペン都の廃棄物行政は WMD/PPCC が所管していることから、オンサイト処理区における腐敗槽や浄化槽等の設置促進、維持管理(点検、腐敗槽汚泥処分、越流水水質)マニュアル等の策定や、将来の下水汚泥量の増加に伴う処分場の確保に係る WMD/PPCC と DPWT の連携強化は重要となる。

なお、上記3案の推奨順位は、対外的なインパクト、リーダーの存在が明瞭になること、および他組織からの人材を集めやすいこと等を勘案し、(推奨順位1):組織案1、(推奨順位2):組織案3、(推奨順位3):組織案2の順になると考える。特に、組織案2の順位が低いのは、既存組織の見直しといった印象を与え、対外的なインパクトが少ないと考えられるためである。

ただし、実施組織の推奨順位を検討する場合、下水道整備は長期間を要することから立上げ初期の役割や機能を担保することが非常に重要となる。その役割・機能は、4.4.1節の冒頭に記述したように、下水道事業を推進する組織、推進をバックアップする技術的組織から構成される。また、推奨順位1は組織案1であるが、PPCCにおける下水道事業体制の現状を考えた場合、DPWT との協議の中で設定した「小さく始めて大きく育てる」方針のもと、まずは組織案3で示した組織を設立し、段階的整備の中期(2021年～)に組織案1に移行し、下水処理場建設が始まる時には更に実施組織の充実を図り事業を推進することも視野に下水道事業体として機能する合理的な組織体制(例:PPWSAの組織)を構築するものとする。

他方、下水処理場の維持管理組織については、北九州市における事例を参考に、Cheung Aek 処理区に計画される下水処理場(計画処理水量:28万 m³/日:合流式)が、標準活性汚泥法で整備されると仮定した場合の組織および要員の概要を図4.4.4に示した(図2.6.7 排水・下水課 組織図の Wastewater Treatment Plant 部門に相当)。

職員構成は、DSDの職員構成を参考に正規社員と契約社員に分けている。ただし、汚泥処理要員は、汚泥処理処分方式により大きく変わる。ここでは、濃縮-消化-脱水-埋立て処分の例を示している。なお、汚泥処理方式として焼却、燃料化、有効利用等の施設を設ける場合は、更に10~15人程度の増員が必要である。



出典：調査団

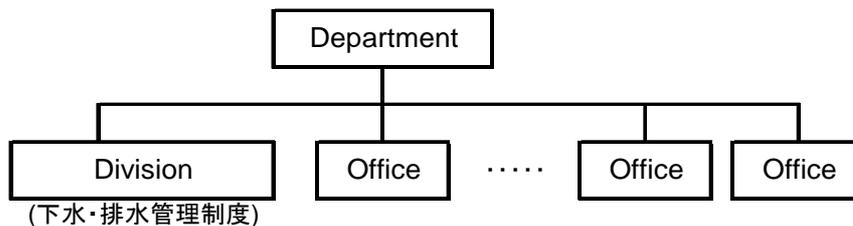
図 4.4.4 下水処理場の管理組織の例

4.4.2 法制度の検討

現在、カンボジア国では、汚水および雨水排水管理に係る法制度が整備されていない³⁷が、現在、MPWT では、下水・排水に関連する組織の再構築計画が存在することが、MPWT におけるヒアリングの結果から明らかとなった。したがって、その計画が承認され実行に移されれば、下水・排水に係る法整備が加速するものと期待される。

ヒアリングによると、新組織の内容は、図 2.6.2 の公共事業運輸省の組織図における Department of Sub-National Urban Infrastructure & Engineering の名称を変更し、下水および雨水排水部門を強化した Department とし、下水・雨水排水に係る部署は、新しい Division として独立する。この組織によって、カンボジア国の下水・排水に係る政策、技術標準・基準、ガイドライン、汚泥管理および人材育成等の諸制度が整備されることとなる。図 4.4.5 に、法整備等を担当する新組織(Division がメインとなる)のイメージ図を示す。

この図の Office は政令等で規定する必要がなく、長の権限で組織することができる。業務は Division と変わらない。



出典：調査団

図 4.4.5 MPWT に設置される下水・排水に係る新部署のイメージ

この組織の下に Drainage & Sewerage Unit(Division と同格)が各地方自治体に設置され、各地方の下水・排水整備を担う部署となる。

上記のような下水・排水管理に係る関連法制度が整備され、MPWT(DPWT)を中心とする国の政策によって、プノンペン都においても本 M/P に沿った下水道整備を着実に進めることが理想であ

³⁷ なお、カンボジア国においては、1984年に策定された水道法があるのみであるが、プノンペン都の上水道は90%以上の普及率となっている。

るが、現時点では、都市化が急速に進み水環境の悪化が進行するカンボジア国の首都プノンペンにおいて、下水道がないという現状を早急に改善するために、MPWT(DPWT)は、プノンペン都の下水道整備に関する特例法あるいは下水道整備特区を期限指定して、プノンペン都と協働しながら担当副知事をトップに早急に下水道整備を進めることも考慮する必要がある。

一方、既述のように(2.6.1(3))、カンボジア国での大規模開発や土地利用は、自治体が策定する都市開発 M/P および都市開発 M/P に基づく土地利用計画に従うべきである旨が、「土地利用計画、都市化と Construction_940524 に関する法律」に明記されている。また、一定規模以上の建築物は、建築許可に関する政令 86 号に従い建設許可を受けなければならない。しかしながら、現在、プノンペン都では、開発規制の拠り所となる都市計画 M/P が最終承認待ちという状況であり、一方で、大規模開発や民間開発が急激に進行している現実がある。

このような大規模開発や土地利用区域については、健全な都市の発展と良好な都市環境を実現するため、大規模開発地域に係る法制度は重要である。また、都市開発 M/P や関連法令等により開発区域の人口、道路、公共・公益的施設、給水・排水施設、防災・安全施設、緑地帯計画などの基準やガイドライン作成して土地開発を規制する必要がある。しかしながら、プノンペン都においては、特に、大規模開発地域に係る基準や規制が曖昧になっており、規制する部署も不明確であるため、その所管を明確にする必要がある。

例えば、日本の北九州市では、「北九州市都市計画マスタープラン」を立案するとともに、都市計画法(国の法律)をベースに「北九州市開発行為の許可に関する条例」および「北九州市開発行為の許可等に関する規則」を定めている。これらの都市計画 M/P、「条例」および「規則」を踏まえ「開発行為の手引」を作成して開発地域の規制を統一的に行っている。

その「開発行為の手引」は、以下の章、すなわち、第 1 章(開発許可制度の趣旨)、第 2 章(開発行為の定義)、第 3 章(開発行為の許可)、第 4 章(開発行為の手続き)、第 5 章(開発許可の基準)などから構成されている。このうち、第 5 章は開発行為に関する具体的な規制項目を示しており、「排水施設」および「給水施設」の許可基準についても詳細に記載している。

また、下水・排水設備の技術基準は、下水道法、北九州市下水道条例に規定する排水設備の設置および構造に係る基準の詳細を定め、北九州市における排水設備の設置および構造の技術的統一を図ることを目的に「排水設備技術基準」を定め運用している。

表 4.4.3 に、第 3 章 3.1(課題の抽出)に基づき、本項目で提案した組織・法制度の概要を整理する。

表 4.4.3 組織・法制度に係る検討および提案内容のまとめ

現状と課題	課題への対応のまとめ(検討/提案の内容のまとめ)
(1) 実施組織体制(部署/人員)の構築	
プノンペン都には、現在、汚水対策に係る事業計画を立案する部署が明確となっていない。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4.4.1 節で示した 3 つの新組織(案)から DPWT に汚水対策事業計画の立案部署を、短期・中期・長期の汚水対策 M/P との相乗効果が期待される形態で構築する。 ・ 事業計画立案の主体は DPWT の新組織が担う。 ・ プノンペン都の環境行政を担っている WMD と協働しながらプノンペン都のコンセンサスを心得て事業計画を立案するシステムを確立する。 ・ 対象区域内には、オンサイト処理を含めた汚水処理対策が必要であるので、腐敗槽の管理、浄化槽等への切替えの促進や維持管理基準等の管理部署を明確にする。 ・ 腐敗槽に関わる担当部署を一元化し、腐敗槽の設置・検査、維持管理まで含めて手続き規定や技術基準を定める。 ・ 腐敗槽設置者の管理責任を明確に規定する。 ・ 腐敗槽の設置・保守点検業者の登録・許可を制度化して登録業者以外の者が取り扱えないよう法制化する。
(2) 中央と地方組織の業務内容の規定	

現状と課題	課題への対応のまとめ(検討/提案の内容のまとめ)
<p>中央 (MPWT) と、地方組織 (DPWT) の業務内容が明確に規定されていない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 中央(MPWT)は、政策、法制度整備、技術標準・基準整備、国全体の中長期的な事業計画立案、人材育成計画および他省庁の法・政令・省令等との業務調整等を担当する。 特に人材育成計画は、国際技術協力に係る調整業務を実施する。 地方(DPWT、Provincial)は、中央の法制度、技術標準・基準、事業計画に基づき地方の特性や風土を加味したマニュアルやガイドライン作成、人材育成等を担当する。 ブノンペン都内の内務省(MOI: Ministry of Interior)管轄組織と省庁管轄組織の連携強化(情報の共有化)を図り事業の円滑化を図る(No.425BrK.SK.BT Prakas 2 条(MPWT の職務)、8 条(汚水処理・洪水防止)および No.274BRK.SK.BT Declaration 4 章の 3(DPWT の職務)、5 章の 2(排水・ポンプ・汚水処理)の規定を見直し職務を明確に定める。
(3) 汚水対策に係る技術水準・人材の確保	
<p>汚水処理施設を管理運営していくための技術者が不足している。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 技術協力(下水道事業人材育成等)プロジェクト等を活用して下水道政策専門家を招聘し技術者を養成する。 海外の下水道先進都市に短期(1~3 ヶ月)・長期(1~2 年) の研修に派遣するサイクルを構築して技術者を養成する。 上記により育成された技術者は、中央・地方を問わず人材育成サイクルを確立して下水道事業の進捗に合わせて必要な技術者を確保する。 中央および地方に下水道技術者育成サイクルを統括するセクションを設置する。 (仮称)下水道協会等の下水道専門団体を設立して下水道に係る制度・基準、技術研究・調査、研修や広報などの業務を行い、下水道技術者の確保と技術者の継続的な育成を図る。
(4) 工場廃水の管理体制の不備	
<p>所管官庁である MIH は、工場に対する、処理施設の設置や排水基準の遵守の状況等に関する十分なモニタリングを実施していない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> MIH は工場の操業許可証発行の条件を審査するとともに、操業後の排水処理の状況/放流水質のモニタリング結果を報告させ、確認するよう働きかける。特に、経済特区などの大規模な工場廃水発生源における廃水処理装置は厳格に管理するよう申し入れる。 規制官庁の MOE に対しても同様に働きかける。 DPWT は処理施設の設置、構造や処理能力等の確認、排水受入れ基準やモニタリングの規定などを関係省庁(MIH、MOE)と協議して整備する。 関連組織(MIH、DOE、DLMUPC、DPWT、WMD 等)との業務分担を定め共通の管理手順を作成して工場廃水の管理体制を構築する。
(5) 大規模開発区域の汚水対策のガイドラインが不明確 土地利用規制のガイドラインが不明確	
<p>近年、急激に増加する大規模開発区域における汚水対策に係るガイドラインがなく、各開発区域で、独自の対策を実施しており、統一性がない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> PPCC 都市開発 M/P が早急に承認されるよう委員会に働きかける。 開発基準や規制を担当する部署を明確にして相互調整の上、ガイドラインを作成し開発業者の指導を徹底する。 開発許可に係る届出・承認等の手続きなどの手順や担当窓口を明確にする。

出典：調査団

4.4.3 財務面の検討

(1) 下水道事業の資金源

一般的に、下水道事業の運営は利用者支払原則に基づいている。しかし、利用者料金収入で下水道投資費用を賄う事はできない。投資費用は大概政府の補助金等で賄われる。日本においてはほとんどの下水道投資は過去のことで、地方政府予算および国の政府補助金で賄われた。地方政府は水道利用料金とほぼ同じ位の下水道利用料金で下水道施設を運営している(廃水は飲んでも可能なくらい処理すると言われている)。請求書は共通の場合が多いが、事業主体の自治体が異なっているため、別個に請求書を出している場合もある。共通の請求書の場合は、両方の利用料金が同時に同じ方法で徴収される。その場合、利用者料金徴収費用は、地方政府が全額負担するが、そのうち水道事業主体(地方公営企業)が7割程度、下水道局が3割程度を負担する。しかし、インターネットから得られる情報で参考になりそうな他の国では以下のような利用者料金以外の資金調達方法が存在する。

(a) ヨーロッパにおける廃水税

1970年頃フランスとオランダで廃水税施策が導入された。一方、ドイツは1981年に同様な施策が実施された。デンマークは1997年に廃水税を導入した。その他ヨーロッパでは廃水税はフランダース地方(ベルギー)のような地域レベルやイタリアやスペインでも適用されている。

オランダでは1960年代の終わり頃、水委員会への地方下水道の建設のための大規模な国の補助金の提案が、議会により拒否された。これは排出料金(汚染者支払原則に従う)からの収入に基づく完全費用負担施策をもたらず結果となった。徴収は全ての表流水への直接排水だけでなく、間接的な排水にも課せられた。徴収税は下水道処理費用を賄うためなので、普通の利用者料金と似ている。しかし、2つの重要な点で利用者料金とは異なっている。第一に、徴収税は下水道ネットワークの費用をカバーするものではない。その費用は自治体の別の料金により融通される。第二に、徴収税は直接の排水、即ち工業や自治体の下水処理施設から表流水への直接排水に適用される。対象は有機物、窒素、水銀、カドミウム、銅、亜鉛、鉛、ニッケル、クロム、砒素の排出である。国の廃水徴収税の収入は自治体の下水道処理施設および工業の社内汚濁防止の支援のために再利用されたが、工業用の補助施策は1996年に廃止された。

ドイツでは、廃水税は直接排出者、即ち工業および自治体の下水放出のみを対象とする。間接的な排水は通常の廃水利用者料金を通じた税の対象となっている。税収は自治体の下水処理および水質管理プログラムについて地方政府により使われる。実施は異なるが、主に収入は自治体の下水処理施設への投資のために再利用される。この税は事実上(標準に従わない)罰金税の一種である。

(b) 固定資産税

カナダのブリティッシュ・コロンビア州のビクトリア市は歴史的に下水道に対し2つの方法、即ち水料金と固定資産税の2つで料金を請求してきた。市は地域下水道サービスに対し、もともと年間固定資産税収入の2.9%を配分していた。市は下水費用について最早、固定資産税に基づいて徴収されるのではなく、メーターで計られた水消費量に基づいて別に請求されるべきと2008年に発表した。州都地域(市はそのメンバーであるが)下水道費用はより透明性を持ち、正確に利用者支払の関係を反映するべきとされた。この税改革は2009年から2011年に段階的に導入された。

インドでは下水道サービスの費用回収に対する確立された仕組みはない。廃水収集と処理は主に次の3つの方法で行われる。

- 税徴収(下水道/排水税)- 固定資産税のパーセントで示され、年間課税標準額 1% から 25% と異なる。
- 衛生施設当たりの料金- このタイプの料金は Haryana の都市センターおよび Punjab と Andhra Pradesh の一部都市中心部では共通である。
- 水に対し、追加料金徴収- これは(Bangalore, Chennai, Hyderabad and Ajmer)都市中心部で実施されている。

ある都市では料金の基礎は他の全ての都市中心部とは異なる。Calcutta では水の税のある一定割合を料金とする一方、Mangalore では料金の基礎は面積である。

(c) その他の税

韓国では第一に、下水道処理施設建設の全支出額の 10% から 70% (大都市：10%、都市：50%、郡：70%) は、国の酒税収入から地方政府への譲渡により供給された(全酒税の 46.6% は水質汚濁防止に用いられた)。

その結果、下水道処理施設への人々のアクセス割合は 1992 年から 2002 年の 10 年間だけで 2 倍になった(1992 年: 38% => 2002 年: 76%)。

2004 年 1 月、地方補助金プログラム法が廃止され、その代わり、均衡国家開発特別法が制定され、酒税収入と等しい資金が 2005 年から国家の一般予算から直接充てられるようになった。

この財務的な施策の開始は i) 下水処理施設の安定的資金源を地方政府に与えるための適切な法的機構を立法化すること、ii) 地方政府の財政的条件により異なった率を国の財務局から支援すること、iii) 財政的に厳しい条件の地方政府の窮迫を緩和するため民間投資家を呼び込むこと、iv) 民間投資家に財務的利益を制度的に保証することなど、により保証されている。さらに、利用者料金が徐々に上げられ、支払可能な範囲内で、下水道処理施設から地方政府に安定的な収入の流れが確立するようになっている。

このように利用者料金以外の資金源もあるが、利用者料金制度が一般的で、公正でもある。ただし、投資額は、政府の一般予算、補助金、特別税等で賄われている。

(2) プノンペン下水道の資金

下水道の収入は i) 水道(PPWSA)利用の支払に対する比率と ii) その他の追加比率、あるいは固定資産税や廃水税のような新たな税があり得る。

このうち、「i) 水道利用支払に対する比率」は現在の制度であるが、これをもし正式なもの(立法化)し、その率を上げるとすると料金徴収の事態は困難なことになる。顧客の全ては PPWSA と水道利用と支払に関して契約を交わしており、それには下水支払は含まれていないためである。しかし、実際には 2015 年 1 月に ADB プロジェクト地域から全体地域を対象を広げる決定を知事がしており、それまで対象外の顧客にとっては知らない間に変ったことなるが、別に反対が出ているようでもない。

「ii) の新たな税」も上記の値上げと同様に導入するのは困難であろう。一般に、顧客は下水道に対して支払いはしたくない。したがって、現在の PPWSA の水道利用料収入の 10% が必然的に最初の開始時の料金となろう。しかし、それでは下水道プロジェクトの運営費に対してさえ十分ではない。

上記のような状況を考慮すると、まず始めに、水道利用料への比率として下水道利用料金を立法化し、また水道利用の定義として、汚水の排水を含むことも立法化する必要がある³⁸。

その後、下水道処理は環境保護と人の健康に本質的に必要であることを啓発し(処理していない汚水が PPWSA の取水口に入ることや、下流の川の水が飲料水として人々に利用される事態を説明する)、利用者支払が世界的なトレンドであることを広報していく必要がある。そして顧客が納得した後、水道利用料収入における下水処理費用の比率は徐々に運営費を賄うことができるよう引き上げていく。しかし、その対象顧客は利用者支払原則に基づき、新下水道サービスの地域内の顧客にすべきである。また、以下の点を考慮すべきである。

- 浄化槽等からの汚泥を持ち込むバキューム車等の受け入れ費用は下水処理事業主体の収入となり得る。
- 投資費用(CAPEX)の回収は困難で、運営費を下水道利用収入で賄うことを狙う。
- 政府が CAPEX のためのソフトローンの負担をすべきである。

(3) 公共民間連携(PPP)

Roy W. Bahl 他編集の“Financing Metropolitan Governments in Developing Countries”(2013年)によれば、「1990年代および2000年代初期に、民間の参加がサービス効率を上げ、都市のインフラストラクチャー投資を支えるために必要な巨額の資金を供給してくれるという希望があった。実際は PPP が 1990年代および2000年代に途上国における都市資本の資金を供給するということはほとんどなかった。優先順位の高い水道/下水道セクターには投資額の10%未満しか供給されなかった。そして完全あるいは部分的な民営化はより少ない割合でしかなかった。PPP が使われたのは、エネルギー、通信、そして交通セクターの分野に集中した。」

また、「PPP 利用の失敗は公共と民間の間の信用の欠陥にある。PPP に対処する制度的能力も弱かった」としている。PPP は公共側の制度、知識、能力を必要としている。民間側は通常経験豊富で、交渉に長けており、初めは不完全な制度と経験不足の公共側は民間側と不利な契約を交わしやすい。インドの高度強力専門家委員会(High Powered Commission on Urban Infrastructure: 都市インフラに関する高度な強力委員会)はそれを次のように言っている。「弱い政府はその弱点を克服するために民間に頼ることはできないし、彼らが代表する公共のための最善な可能な交渉を行うと期待することもできない。」

さらに、民間は利益を求め、(投資および運営)費用は必ずしも安くない。その理由は、運営を確かなものとするため、収入源としての料金を高く設定しがちであるためである。その上、民間側は、公共側が得られるソフトローンを借りることができない。その代わり、高い利率の商業ローンを猶予期間なしで、短期で借りなければならない。即ち民間側は高い財務費用がかかることになる。

東南アジアでは下水道の PPP に2つの例がある。一つはマレーシアで、もう一つはフィリピンの例である。ただし、両方とも課題が大きくグッドプラクティスとはみなせない。

- マレーシアでは下水道と衛生に関する開発の民間営業許可が Indah Water Konsortium という民間企業に1993年に与えられた。営業許可は消費者料金により投資資金を得る原則に基づいて行われた。しかし、消費者は料金に反対し、料金構造は修正され、また必要投資額は想定より高くなることが分かり、政府は長期のソフトローンの形で実質的な資金援助をしなければならなくなった。その後、2000年にマレーシア政府は Indah Water Konsortium を国営化し、民間下水道の実験は終わった。

³⁸ 井戸水の使用者については、下水管渠への接続地点に、水量を計測するメーターを設置し、下水道使用料を徴収することが考えられる。

- フィリピンのマニラでは 1997 年 1 月に水道および衛生分野が 2 つの民間グループにより民営化されることになった。一つは多国籍企業であるスエズグループを含むリヨネーズ・デゾー・コンソーシアムで市の西側地域を **Maynilad** が運営、もう一つは英国企業である **United Utilities** により運営される市の東側の **Manila Water** である。両方の営業許可はともに水道と衛生に責任を持ち、新たな衛生の営業許可を目標とした。規制官庁である **MWSS** は、**Maynilad** が下水道のサービスエリアを民営化前の 7% から 2001 年の 11% (同年の 16% 目標と比較して)、2002 年の 10% に増加させたと評価した。**Manila Water** は民営化前の 7% から 2001 年 (同年の目標 3%) および 2002 年に 3% を達成したと判定している (註: 人口が増加しているため、7% から 3% に下がったものと推定される)。
- しかしながら、**Maynilad** の役員は下水道および衛生の目標に対して未達であることを認めている。西部地区を担当した **Maynilad** は一度経営破綻したのに対し、東部地区を担当した **Manila Water** は上場も果たし、他の国への技術指導なども行っているなどその業績に大きな開きが出たが、その理由については毛利良一の「マニラ上下水道事業の外資参加・民営化の功罪」(日本福祉大学経済学会・日本福祉大学福祉社会開発研究所『日本福祉大学経済論集』、2006 年 2 月)によれば、以下のような要因があるようである。
 - アジア通貨危機後のペソの対米ドル下落により **MWSS** の外債を 90% 負担した **Maynilad** の方が大きな財務的影響を受けた。
 - 東地区は人口が少なく、**Makati** などの富裕地域を含むが、西地区は人口が多く、しかも貧困層が多い。
 - 西地区の水道施設は老朽化が想像以上に進んでおり、漏水、不法接続等により無収水も多かった。

4.5 段階的整備計画

3.2.3 節で述べたように、短期、中期および長期に分けた段階的整備計画を立案する。

4.5.1 短期

3.1 で述べたように、(i) プノンペン都内で最も都市化が進展し、(ii) 他地域より水質汚濁が進行している Cheung Aek 処理区の整備を最初に実施するものとする。

Cheung Aek 処理区は、表 4.5.1 に示すように、その内部をさらに Trabek 系統と Tumpun 系統に分けることができる。Cheung Aek 処理区における下水道整備事業は、282,000 m³/日最大の処理能力を有する下水処理場の建設と延長 34.1 km の下水道管渠の敷設工事からなり、事業規模および整備区域も広い。よって、本 M/P では、表 4.5.1 の内容を踏まえ、Cheung Aek 処理区の中でも、都市の骨格が既に固まり、現状で水質悪化が顕著である Trabek 系統から整備を行うものとする。

表 4.5.1 Trabek 系統と Tumpun 系統の概要

項目	Trabek 系統	Tumpun 系統
都市化の進展具合	都内で最も発展が進み、官庁や商業施設が最も集積する既成市街地である。	Trabek 系統の西側に広がる近年、急速に発展が進む新市街地を包含する地域である。
水質の現状	本調査における水質調査によると、流末の Trabek Pumping Station における BOD は、乾季において 250 mg/L を超えており、都内で最も水質汚濁が進行する系統となっている。	Trabek 水路に次ぐ、水質汚濁状況を示し、本調査における水質調査によると、流末の Tumpun Pumping Station における BOD は、乾季において 150～250 mg/L で推移している。
目標年次(2035年)の諸元		
面積	1,581 ha	3,121 ha
人口	394,400 人	702,800 人
人口密度	247 人/ha	225 人/ha
発生汚水量	日平均	80,000 m ³ /日
	日最大	99,700 m ³ /日
汚濁負荷削減量 ¹⁾	15.1 t/日	27.0 t/日

注 1) Appendix 4 に示した Cheung Aek 処理区全体の汚濁負荷削減量 42.1 t/日(1,093,155 人分)との人口比から算出。
出典：調査団

Trabek 系統はさらに、図 4.5.1 に示すとおり、現状で都市化が最も進展している既成市街地からの汚水を多く受け入れる Trabek East 地区(2035 年の計画人口 :237,900 人)および Trabek West 地区(2035 年の計画人口 :152,500 人)に分けることができる。そのため、まず、都市化が先行する Trabek East 地区からの整備を実施するものとし、これを Phase 1 事業とする。一方の Trabek West 地区の整備については、Phase 2 事業として位置付ける。そして、残りの Tumpun 系統の整備については、Phase 3 事業としての位置付けを行う。

他方、現時点で、汚水対策事業を本格的に実施するための組織/法制度が整っていないプノンペン都の現状を考えると、「短期」の事業期間においては、まず、プノンペン都が、組織/法制度の構築等のソフト対策に軸足を置きつつ、段階的に汚水処理施設の運転ノウハウを蓄積し、その後の事業を円滑に実施できるよう、まずは、小規模な処理施設と処理場まで汚水を収集する管渠から構成される事業(以降、本事業を「準備事業(Preparatory Project)」と称する)を提案する(その詳細は、4.9 節に記述)。

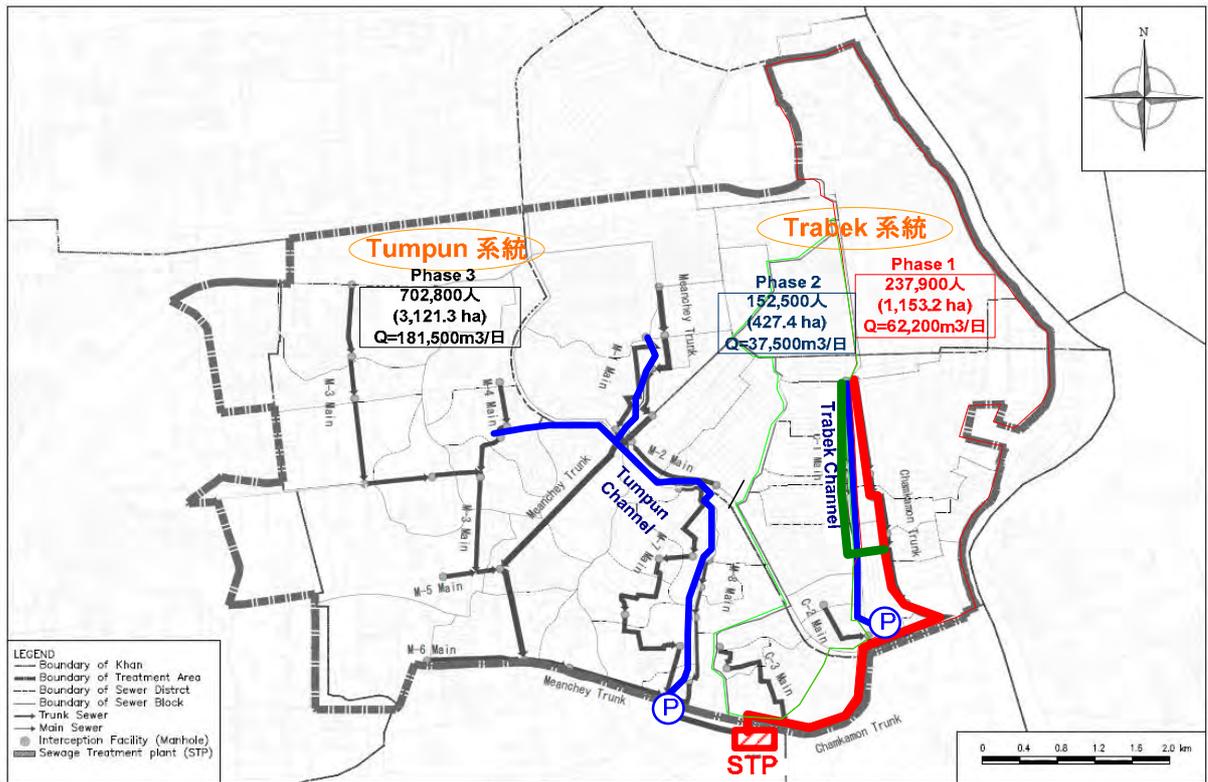


図 4.5.1 Cheung Aek 処理区内の系統分け

4.5.2 中期および長期

Cheung Aek 処理区については、4.5.1 節にて提案した「準備事業」の位置付けを受け、Phase 1 事業は、Phase 2 事業と併せて「中期」に実施する。Phase 3 事業については、その事業量の平準化を考慮し、2031 年から 2040 年までの 10 年を「長期」の事業期間と位置付け、事業を実施する。一方、Tamok 処理区については、「中期」の半ばに事業を開始し、「長期」の最終年度である 2040 年までに整備を完了させることを基本に、毎年事業費を均等に支出し、その金額に相当する浄化槽を整備するものとする。

他方、ソフト対策については、「短期」において構築された組織/法制度等を、「中期」以降に運用していく中で明らかになると考えられる改善点等を洗い出した上で、必要な見直し作業を実施するものとする。

以上までの議論を踏まえた污水対策に係る段階的整備計画を表 4.5.2 に、また、このうちの施設建設計画の概要を表 4.5.3 にまとめる。さらに、表 4.5.4 には、各施設の建設スケジュールを示す。

なお、表 4.5.4 に示した工事期間は、プノンペン都および近隣諸国における類似建設工事の工事実績を参考として計画した。また、Cheung Aek 処理区における下水処理場は、Cheung Aek 湖を埋め立てて建設することとし、気象条件を考慮した施工計画とした。さらに、各事業の実施に必要な F/S 調査、資金準備期間、設計調査は、それぞれ、8 か月間、1 年間、10 か月間と設定した。

表 4.5.3 提案事業の計画

処理区	事業概要	供用開始	2035年人口	2035年の プノンペン都の 総人口に対する 割合
Cheung Aek 処理区				
Phase1	下水処理場建設(処理能力 58,000 m ³ /日)	2026年	237,848 ¹⁾	8.3%
	下水管渠建設(6.0km)			
	汚泥処分場(Phase1以降分)			
Phase2	下水処理場建設(処理能力 38,000 m ³ /日)	2031年	152,541	5.3%
	下水管渠建設(4.6km)			
Phase3	下水処理場建設(処理能力 181,000 m ³ /日)	2040年	702,766	24.5%
	下水管渠建設(23.5km)			
Preparatory Project	下水処理場建設(処理能力 5,000 m ³ /日)	2020年	19,000	-
	下水管渠建設(2km)			
汚泥処分場	Preparatory Project 分の確保(建設)			
Tamok 処理区	浄化槽	2027年 から随時	481,423	16.8%

注1) 人口はPreparatory Project 分を含む
出典：調査団

表 4.5.4 施設建設計画

		Year		Year																								
Area	Schedule	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040		
Cheung Aek Area																												
Phase1	Cheung Aek STP (Capacity 58,000m ³ /day)	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
	Chamkamon Trunk	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
	Sludge Disposal Yard	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
Phase2	Cheung Aek STP (Capacity 38,000m ³ /day)	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
	C-1, C-2, C-3 Main	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
Phase3	Cheung Aek STP (Capacity 181,000m ³ /day)	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
	Meanchey Trunk, M-1, M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7, M-8	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
Pre- paratory Project	Cheung Aek STP (Capacity 5,000m ³ /day)	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
	Trunk Sewer	F/S																										
		Fund Arrangement																										
		D/D																										
		Construction																										
Tamok Area																												
Johkasou	F/S																											
	Fund Arrangement																											
	D/D																											
	Construction																											

出典：調査団

4.6 概算事業費の積算

4.6.1 積算条件

事業費用は、建設費、事務管理費、エンジニアリング費、物理的予備費、土地収用費が含まれる。これら費用は表 4.6.1 に示す積算条件に基づいて積算されている。なお、積算時点は 2015 年 4 月とし、交換レートは 1USD=119.64 円、1Riel=0.030 円とする。

表 4.6.1 事業費用の積算条件

No.	費用項目	積算条件
1	建設費	資機材費、労務費、輸送費等
2	事務管理費	建設費の 5%
3	エンジニアリング費	建設費の 10%
4	物理的予備費	建設費およびエンジニアリング費の 5%
5	土地収用費	STP 建設においては発生せず、汚泥処分場建設に係る費用

出典：調査団

施設建設費は以下の条件のもとで算出した。

- 4.1 節にて記述したように、Cheung Aek 処理区は、オフサイト処理の適用を前提として、事業費を算出する。なお、水処理方式は標準活性汚泥法とする。一方、Tamok 処理区は、オンサイト処理の適用を前提に、浄化槽にて処理を行うものとして事業費を算出する。
- 土木および建築資材、労務費、建設機械は国内での調達が可能であるため、現地調達を基本とする。しかしながら、一部鋼材、汚水管渠、建設機械は国内での調達が難しいため、日本を含む海外調達とする。
- 機械・電気設備は、海外調達を基本とする。調達は経済性、品質性、維持管理性を考慮して決定する。なお、機械・電気設備に係る積算は日本下水道協会の「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 H20」における費用関数等を参考に算出する。
- プノンペン都には、腐敗槽汚泥の汚泥処分施設が存在しないため、下水処理場建設と同時に新設することとする。腐敗槽汚泥の処理施設はラグーンとする。
- Cheung Aek 処理区においては、「4.5 段階的整備計画」に詳述のとおり、準備事業(Preparatory Project)を段階的整備計画の「短期」に実施し、Phase1 および Phase2 事業を「中期」、Phase3 事業を「長期」において実施する。一方、Tamok 処理区は、「中期」から事業を開始し、2040 年までに整備を終える計画とする。

4.6.2 概算事業費

表 4.6.2 に提案事業の概算事業費を示す。総事業費は、1,025 百万 USD となる。なお、建設費は Cheung Aek 処理区が 450.1 百万 USD、Tamok 処理区が 396.2 百万 USD となる。また、表 4.6.3 に資金計画を示す。

表 4.6.2 提案事業の概算事業費

単位：百万 USD

費用項目	外貨	内貨	合計
I. 建設費 (I+2)	512.7	333.6	846.3
1) Cheung Aek 処理区 (a+b+c+d+e)	263.5	186.6	450.1
a) Phase1 (i+ii)	52.1	27.0	79.1
i) STP Construction 計	37.5	17.1	54.6
土木(埋立て)	0.1	1.6	1.7

費用項目	外貨	内貨	合計
土木(本体)	3.4	11.5	14.9
建築	0.1	1.4	0.7
機械	21.5	1.2	23.4
電気	12.4	1.4	13.9
ii) Sewer Pipe Construction	14.6	9.9	24.5
b) Phase2 (i+ii)	57.1	53.5	110.6
i) STP Construction 計	53.3	47.1	100.4
土木(埋立て)	0.1	11.3	11.4
土木(本体)	7.5	19.2	26.7
建築	0.5	13.5	14.0
機械	30.8	1.6	32.4
電気	14.4	1.5	15.9
ii) Sewer Pipe Construction	3.8	6.4	10.2
c) Phase3 (i+ii)	137.5	84.1	221.6
i) STP Construction 計	88.4	42.2	130.6
土木(埋立て)	0.0	1.6	1.6
土木(本体)	6.7	31.8	38.5
建築	0.1	2.9	3.0
機械	54.1	2.9	57.0
電気	27.5	3.0	30.5
ii) Sewer Pipe Construction	49.1	41.9	91.0
d) Preparatory Project (i+ii)	11.8	10.5	22.3
i) STP Construction 計	9.8	7.5	17.3
土木(埋立て)	0.2	3.3	3.5
土木(本体)	0.7	1.9	2.6
建築	0.2	1.9	2.1
機械	5.7	0.2	5.9
電気	3.0	0.2	3.2
ii) Sewer Pipe Construction	2.0	3.0	5.0
e) Sludge Disposal Yard (i+ii)	5.0	11.5	16.5
i) Construction in Short-term	1.2	5.1	6.3
ii) Construction in Medium-term	3.8	6.4	10.2
2) Tamok 処理区	249.2	147.0	396.2
II. 事務管理費	0.0	42.3	42.3
III. エンジニアリング費	67.7	16.9	84.6
IV. 物理的予備費	29.0	17.5	46.5
V. 土地収用費	0.0	5.3	5.3
事業費合計 (I+II+III+IV+V)	609.4	415.6	1,025.0

出典：調査団

表 4.6.3 提案事業の概算事業費

単位：百万 USD

項目	2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022		
	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計
A:ローン対象分(1+2+3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	17.0	33.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.2	37.0	103.2
1. 建設費(a+b+c+d)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	15.6	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.9	33.4	89.3
a) Cheung Aek処理区; 下水処理場							9.8	7.5	17.3										37.5	17.1	54.6
b) Cheung Aek処理区; 下水管							2.0	3.0	5.0										14.6	9.9	24.5
c) Cheung Aek処理区; 汚泥処分場							1.2	5.1	6.3										3.8	6.4	10.2
d) Tamok処理区; 浄化槽																					
2. コンサルタント費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	1.8	8.9
3. 物理的予備費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	1.8	5.0
B:ローン非対象分(4+5)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	8.3
4. 管理費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5
5. 用地取得費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	3.8
合計(A+B)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	19.9	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.2	45.3	111.5
項目	2023			2024			2025			2026			2027			2028			2029		
	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計
A:ローン対象分(1+2+3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	11.7	32.8	90.3	70.1	160.4	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8
1. 建設費(a+b+c+d)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	10.5	28.3	74.9	64.0	138.9	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3
a) Cheung Aek処理区; 下水処理場													53.3	47.1	100.4						
b) Cheung Aek処理区; 下水管													3.8	6.4	10.2						
c) Cheung Aek処理区; 汚泥処分場																					
d) Tamok処理区; 浄化槽										17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3
2. コンサルタント費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.6	2.9	11.1	2.8	13.9	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9
3. 物理的予備費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.6	1.6	4.3	3.3	7.6	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6
B:ローン非対象分(4+5)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	6.9	6.9	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0
4. 管理費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	6.9	6.9	0.0	1.4	1.4	0.0
5. 用地取得費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計(A+B)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	13.1	34.2	90.3	77.0	167.3	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2
項目	2030			2031			2032			2033			2034			2035			2036		
	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計
A:ローン対象分(1+2+3)	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8	184.1	104.6	288.7	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8
1. 建設費(a+b+c+d)	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	155.3	94.6	249.9	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3
a) Cheung Aek処理区; 下水処理場										88.4	42.2	130.6									
b) Cheung Aek処理区; 下水管										49.1	41.9	91.0									
c) Cheung Aek処理区; 汚泥処分場																					
d) Tamok処理区; 浄化槽	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3
2. コンサルタント費	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9	20.0	5.0	25.0	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9
3. 物理的予備費	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6	8.8	5.0	13.8	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6
B:ローン非対象分(4+5)	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	12.5	12.5	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4
4. 管理費	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	12.5	12.5	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4
5. 用地取得費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計(A+B)	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2	184.1	117.1	301.2	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2
項目	2037			2038			2039			2040			合計								
	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計						
A:ローン対象分(1+2+3)	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8	21.1	11.7	32.8	0.0	0.0	0.0	609.4	368.0	977.4						
1. 建設費(a+b+c+d)	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	0.0	0.0	0.0	512.7	333.6	846.3						
a) Cheung Aek処理区; 下水処理場													189.0	113.9	302.9						
b) Cheung Aek処理区; 下水管													69.5	61.2	130.7						
c) Cheung Aek処理区; 汚泥処分場													5.0	11.5	16.5						
d) Tamok処理区; 浄化槽	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3	17.8	10.5	28.3				249.2	147.0	396.2						
2. コンサルタント費	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9	2.3	0.6	2.9	0.0	0.0	0.0	67.7	16.9	84.6						
3. 物理的予備費	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6	1.0	0.6	1.6	0.0	0.0	0.0	29.0	17.5	46.5						
B:ローン非対象分(4+5)	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	47.6	47.6						
4. 管理費	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	42.3						
5. 用地取得費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	5.3						
合計(A+B)	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2	21.1	13.1	34.2	0.0	0.0	0.0	609.4	415.6	1,025.0						

出典：調査団

4.6.3 維持管理費

表 4.6.4 に提案事業の年度別年間維持管理費を示す。Cheung Aek および Tamok 処理区の施設整備が全て終了する 2040 年以降における年間維持管理費は Cheung Aek 処理区が 14.895 百万 USD、Tamok 処理区が 15.797 百万 USD となる。

表 4.6.4 年度別運営維持管理費

単位：百万 USD

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
a) Chueng Aek 処理区:下水処理場						0.368	0.368
b) Chueng Aek 処理区:下水管						0.005	0.005
c) Chueng Aek 処理区:汚泥処分場						0.006	0.006
d) Tamok 処理区:浄化槽						0.000	0.000
Total						0.379	0.379
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
a) Chueng Aek 処理区:下水処理場	0.368	0.368	0.368	2.858	2.893	2.927	2.962
b) Chueng Aek 処理区:下水管	0.005	0.005	0.005	0.029	0.029	0.029	0.029
c) Chueng Aek 処理区:汚泥処分場	0.006	0.006	0.006	0.060	0.060	0.060	0.060
d) Tamok 処理区:浄化槽	0.000	0.000	0.000	0.000	0.876	1.751	2.627
Total	0.379	0.379	0.379	2.947	3.858	4.767	5.678
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
a) Chueng Aek 処理区:下水処理場	2.996	5.028	5.071	5.115	5.158	5.201	5.201
b) Chueng Aek 処理区:下水管	0.029	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
c) Chueng Aek 処理区:汚泥処分場	0.060	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
d) Tamok 処理区:浄化槽	3.652	4.779	5.906	7.033	8.386	9.799	11.322
Total	6.737	9.974	11.144	12.315	13.711	15.167	16.690
Year	2037	2038	2039	2040			
a) Chueng Aek 処理区:下水処理場	5.201	5.201	5.201	14.564			
b) Chueng Aek 処理区:下水管	0.050	0.050	0.050	0.157			
c) Chueng Aek 処理区:汚泥処分場	0.117	0.117	0.117	0.174			
d) Tamok 処理区:浄化槽	12.700	14.229	15.797	15.797			
Total	18.068	19.597	21.165	30.692			

出典：調査団

4.7 財務分析

プノンペンにおける污水対策 M/P は 2 つの系統からなっている。一つは南部の Cheung Aek 系統で、もう一つは北部の Tamok 系統である。Cheung Aek 系統は下水処理場を持ち、利用者から利用料金収入を徴収する事業主体によって運営される。したがって、この主体の運営の財務分析は通常の方法で可能である。しかし、Tamok 系統は利用者の個別処理施設である浄化槽からなる。このような Tamok 系統は通常のやり方では分析が困難である。

4.7.1 Cheung Aek 系統

2014 年までは ADB プロジェクト地域に関し、PPWSA 収入の 10% が排水コストとしてプノンペン都に支払われていたが、2015 年初期からは知事決定により、この措置は拡大し、ADB 対象地域から全域に拡大された。ただし、一部輸出に貢献している零細衣料加工業者およびその地主は免除されている(これは水道売上げベースで 4.4% になる)。仮にこの免除される顧客がないと想定して、PPWSA の売上収入の 10% が下水排水の維持費用収入となるとする。ただし、9% は PPWSA の管理運営費として抜かれるので、残り 91% が収入となる。2014 年の売上収入から計算すると、 $137,018 \times 0.1 \times 0.91 = 124.7$ 億 Riel となるが、実際の DSD の維持運営費用は 130.3 億 Riel で不足する。さらに、下水事業運営主体は通常利用者料金収入で投資額を賄うことはできない。したがって、営業収支を最初に分析する。

(1) 収入

少なくとも PPWSA 収入の 10% は続くものと期待する。あるいは収入はこの 10% からスタートする。現在、収入は排水に使われているが、下水に使われるべきと考えられる。汚染者負担の原則を適用すべきである。その意味では 2015 年に全水道利用者に拡大されたと言っても、10% の下水排水費用徴収から免除された衣料加工業者関係については、本来別の補助がなされるべきである。税金減免等の補助がなされる必要があり、排水下水の料金を免除するのは下水排水の運営主体としては不合理である。したがって、ここではそのような除外措置は将来なくす、遅くとも下水道の運営が開始される頃にはないものと想定する。

即ち、下水道料金は PPWSA 収入の 10% からスタートすると想定する。ただし、この 10% の水道料金収入を 100% とした場合の 9% を PPWSA が手数料(下水料金徴収費用)として取る現状はそのままとし、残りの 91% が下水道収入となるとする。PPWSA 収入の 10%、あるいは下水道利用者料金支払のため水道収入(支払)に対する比率は立法化され、水利用は水道だけでなく污水も含むものとして定義されるものとする。下水処理施設運営は 2021 年に開始されると想定されるため、それまでにキャンペーンおよび広報により、水道利用者即ち下水道利用者(汚染者)は支払う義務があることを市民に納得させるものと想定する。もし 10% が十分でなければ、収入が支出を超えるまで率を上げる。2017 年頃には水道料金も値上げされる可能性があるが、本分析では固定価格、即ちインフレがない実質で行うので、値上げもインフレ分かもしれないが、それは議論せず、水道収入に対してどの程度の割合が必要になるかを考える。実際に水道料金が値上げされれば、インフレ分を除いて、水道収入への割合(10%)が減ってもよいことになる。

また、立方メートル当たりの平均水道利用者料金収入は増加すると想定する。その理由は月当たり顧客当たり水道利用が年毎の世帯収入の増加(年率 6.11%)とともに増加するからである。立方メートル当たりの平均水道利用者料金収入と月当たり顧客当たり水道利用量の両方とも表 2.2.3 の値を米ドル換算した値と表 2.6.18 に基づき線型回帰式で推定される。このようにして、人口その他で収入の予測に関連するデータは表 4.7.1 に示されるとおりである。

利用者料金収入に加えて、その他収入として各世帯の浄化槽および腐敗槽から除去されるスラッジを污泥処分地まで運ぶバキューム車からのスラッジ処分受け入れの料金収入がある。処分収入はバキューム車 1 台当たり 5USD と想定する。その理由は社会経済調査結果に基づけば、

世帯当たり平均 34.5USD がスラッジ除去費用とされるからで、バキューム車 1 台で 1 世帯当たりのスラッジを除去すると仮定し、そのうちの 6 分の 1 程度を処分費として徴収できると想定した。スラッジ量とバキューム車数は表 4.7.2 に示すように予測される。なお、処分地は市街地から離れた位置に設置されることが想定されるため、不法投棄の可能性も高くなるので、プノンペン都の廃棄物管理課(WMD)による規制および監視強化が必要である。

表 4.7.1 Cheung Aek 系統の人口その他収入関連データ

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Unit Estimate							
US\$ HHIncome	747	793	842	893	948	1,006	1,068
m ³ /C/Month	43.0	43.5	44.1	44.7	45.4	46.1	46.8
US\$/m ³	0.257	0.259	0.261	0.263	0.266	0.268	0.271
l/c/d	181	184	187	189	192	195	198
Covered Population (Cheung Aek STP)							
Total	913,367	926,641	939,911	953,191	966,463	974,906	983,346
Phase 1	192,696	194,263	195,830	197,400	198,968	201,558	204,151
Phase 2	140,542	141,103	141,663	142,223	142,779	143,431	144,078
Phase 3	580,129	591,275	602,418	613,568	624,716	629,917	635,117
Pop. Covered	0	0	0	0	0	201,558	204,151
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Unit Estimate							
US\$ HHIncome	1,133	1,203	1,277	1,355	1,438	1,526	1,620
m ³ /C/Month	47.6	48.4	49.3	50.2	51.2	52.2	53.4
US\$/m ³	0.274	0.277	0.280	0.284	0.288	0.292	0.296
l/c/d	201	204	207	210	213	217	220
Covered Population (Cheung Aek STP)							
Total	991,802	1,000,249	1,008,691	1,017,134	1,025,590	1,034,032	1,042,479
Phase 1	206,744	209,335	211,930	214,517	217,111	219,705	222,298
Phase 2	144,733	145,387	146,033	146,685	147,337	147,987	148,637
Phase 3	640,325	645,527	650,728	655,932	661,142	666,340	671,544
Pop. Covered	206,744	209,335	211,930	361,202	364,448	367,692	370,935
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035 以降	
Unit Estimate							
US\$ HHIncome	1,719	1,824	1,936	2,055	2,181	2,315	
m ³ /C/Month	54.5	55.8	57.1	58.5	60.0	61.6	
US\$/m ³	0.300	0.305	0.310	0.315	0.321	0.327	
l/c/d	223	226	230	233	237	240	
Covered Population (Cheung Aek STP)							
Total	1,050,922	1,059,367	1,067,818	1,076,265	1,084,708	1,093,155	
Phase 1	224,886	227,481	230,072	232,663	235,259	237,848	
Phase 2	149,289	149,939	150,591	151,243	151,888	152,541	
Phase 3	676,747	681,947	687,155	692,359	697,561	702,766	
Pop. Covered	374,175	377,420	380,663	383,906	387,147	1,093,155	

注) m³/C/Month の C は customer(顧客=世帯)、Pop.は Population、l/c/d は、1 人 1 日当たりの水使用量(リットル)および HH は Household を表す。

出典：調査団

表 4.7.2 下水道以外の地域からのスラッジ量

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Chueng Aek Pop						958,805	967,038
Tamok Pop.						413,199	418,072
Other Area Pop.						1,048,075	1,065,542
Total Pop.						2,420,079	2,450,652
Sludge(m ³ /d)						884	895
Trucks/day						196	199
Trucks/year						71,702	72,594
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Chueng Aek Pop	975,287	983,527	991,761	802,617	808,479	814,327	820,181
Tamok Pop.	422,945	427,818	432,691	437,564	442,438	447,311	452,184
Other Area Pop.	1,082,993	1,100,453	1,117,918	1,135,382	1,152,832	1,170,297	1,187,757
Total Pop.	2,481,225	2,511,798	2,542,370	2,375,563	2,403,749	2,431,935	2,460,122
Sludge(m ³ /d)	906	918	929	868	890	911	933
Trucks/day	201	204	206	193	198	202	207
Trucks/year	73,487	74,460	75,352	70,404	72,189	73,893	75,677
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Chueng Aek Pop	826,036	681,947	687,155	692,359	697,561	702,766	702,766
Tamok Pop.	457,057	461,930	466,803	471,677	476,550	481,423	481,423
Other Area Pop.	1,205,221	1,222,683	1,240,139	1,257,598	1,275,062	1,292,522	1,292,522
Total Pop.	2,488,314	2,366,560	2,394,097	2,421,634	2,449,173	2,476,711	2,476,711
Sludge(m ³ /d)	957	929	953	979	1,009	1,039	1,059
Trucks/day	213	206	212	218	224	231	235
Trucks/year	77,624	75,352	77,299	79,408	81,841	84,275	85,897
Year	2037	2038	2039	2040			
Chueng Aek Pop	702,766	702,766	702,766	0			
Tamok Pop.	481,423	481,423	481,423	481,423			
Other Area Pop.	1,292,522	1,292,522	1,292,522	1,292,522			
Total Pop.	2,476,711	2,476,711	2,476,711	1,773,945			
Sludge(m ³ /d)	1,080	1,102	1,123	868			
Trucks/day	240	245	250	193			
Trucks/year	87,600	89,384	91,088	70,404			

注) 発生汚泥量の算定に係る想定引抜き頻度の設定方法等は、表 4.2.9 を参照。

出典：調査団

(2) 支出

減価償却を除く営業費用は表 4.7.3 に示すように推定されている。

表 4.7.3 減価償却を除く営業支出

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Phase 1 STP							
Phase 1 sewer pipe							
Phase 2 STP							
Phase 2 sewer pipe							
Phase 3 STP							
Phase 3 sewer pipe							
Preparatory STP						0.368	0.368
Preparatory sewer pipe						0.005	0.005
Sludge disposal site						0.006	0.006
Total						0.379	0.379
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Phase 1 STP				2.858	2.893	2.927	2.962
Phase 1 sewer pipe				0.029	0.029	0.029	0.029
Phase 2 STP							
Phase 2 sewer pipe							
Phase 3 STP							
Phase 3 sewer pipe							
Preparatory STP	0.368	0.368	0.368				
Preparatory sewer pipe	0.005	0.005	0.005				
Sludge disposal site	0.006	0.006	0.006	0.060	0.060	0.060	0.060
Total	0.379	0.379	0.379	2.947	2.982	3.016	3.051
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Phase 1 STP	2.996	3.031	3.065	3.100	3.135	3.169	3.169
Phase 1 sewer pipe	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
Phase 2 STP		1.997	2.006	2.015	2.023	2.032	2.032
Phase 2 sewer pipe		0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
Phase 3 STP							
Phase 3 sewer pipe							
Preparatory STP							
Preparatory sewer pipe							
Sludge disposal site	0.060	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
Total	3.085	5.195	5.238	5.282	5.325	5.368	5.368
Year	2037	2038	2039	2040			
Phase 1 STP	3.169	3.169	3.169	3.169			
Phase 1 sewer pipe	0.029	0.029	0.029	0.029			
Phase 2 STP	2.032	2.032	2.032	2.032			
Phase 2 sewer pipe	0.021	0.021	0.021	0.021			
Phase 3 STP				9.363			
Phase 3 sewer pipe				0.107			
Preparatory STP							
Preparatory sewer pipe							
Sludge disposal site	0.117	0.117	0.117	0.174			
Total	5.368	5.368	5.368	14.895			

注) 2026年以降は、Pilot Projectの費用をPhase 1に合算。

出典：調査団

(3) 収支

内部利益率(Internal Rate of Return)はキャッシュフローだけを見ること、および投資費用は政府によって賄われると想定することから、減価償却費を除いた営業収支を上記の収入と支出に基づき推定する。下水道使用料収入を水道利用収入の10%とした現行の収入制度の場合の結果は表 4.7.4 に示すとおりで、2021年から2039年までの収支は黒字で、2040年に最終フェーズの処理場が稼働し始めると赤字、即ち損失となる。この結果が示すのは、全水道利用者から水道利用料の10%を下水道の維持管理費用として徴収するのは2039年までは取り過ぎとなる。これについて、考えるべき点が以下4つ生じる。

第一に現在徴収されている下水排水費用は下水処理施設のない状態で、しかも合流式のシステムに対して課せられており、汚水排水と雨水排水の両方の費用になっている。本来この費用徴収は下水を対象とすべきで、雨水排水は浸水対策、即ち防災としての公共負担であるべきであるが、それが分けられていない状態で徴収されていることになる。したがって、原則に立ち戻るならば、下水と雨水排水を分け、下水分の費用を徴収すべきである。

上記の点から考えると、全水道利用者を対象とした場合でも最終第3フェーズが運営開始する2040年では大幅な赤字になるので、全水道利用者対象でも賄えないことになる。この段階では10%でなく、倍の20%にすることが必要になる。しかも初期の段階で黒字ということは余剰分をどうするかも問題となる。余剰分を雨水排水に用いるのは混同であり、望ましくない。少なくとも、雨水排水と下水の費用分割を明確にし、雨水排水は公共負担とするように変えるべきであろう。

表 4.7.4 減価償却費を除く収支(現行のシステム、但し衣料関係減免措置なし)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						4.23	4.39
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						4.59	4.75
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						4.21	4.37
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	4.56	4.73	4.92	5.11	5.31	5.55	5.78
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	4.93	5.11	5.29	5.46	5.67	5.92	6.16
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Profit/ Loss	4.55	4.73	4.92	2.52	2.69	2.91	3.11
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	6.01	6.26	6.56	6.84	7.16	7.47	7.47
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	6.40	6.64	6.94	7.23	7.57	7.89	7.90
Expenditure	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Profit/ Loss	3.32	1.45	1.70	1.95	2.24	2.53	2.53
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	7.47	7.47	7.47	7.47	122.25		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	7.91	7.92	7.93	7.83	130.05		
Expenditure	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Profit/ Loss	2.54	2.55	2.56	-7.07	50.30		

出典：調査団

第二に、全水道利用者から徴収しているが、ここで対象としているのは Cheung Aek 系統の下水処理システムの受益者で、本来は下水道サービスの対象人口を料金徴収対象とすべきである。下水道費用負担対象を Cheung Aek 系統の対象区域人口に限るとし、その中でも、最初から系統対象全域人口が負担すると想定した場合の収支は、表 4.7.5 に示すような予測結果となる。2021年から始まる準備事業段階では黒字であるが、次のフェーズ1が始まる2026年から赤字になり、最終2040年まで続く。この収支だけで見るなら、2026年からは10%を倍の20%にすれば2039年までは黒字となり、2040年に黒字を維持するには55%にする必要がある

表 4.7.5 減価償却費を除く収支 (Cheung Aek 系統対象区域人口のみに最初から課金)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						2.05	2.12
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						1.67	1.74
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	1.81	1.88	1.95	2.01	2.09	2.17	2.25
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	2.18	2.25	2.32	2.37	2.45	2.54	2.63
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Profit/ Loss	1.80	1.87	1.94	-0.58	-0.53	-0.47	-0.42
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	2.34	2.43	2.53	2.63	2.74	2.85	2.85
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	2.73	2.80	2.92	3.02	3.15	3.27	3.28
Expenditure	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Profit/ Loss	-0.36	-2.39	-2.32	-2.26	-2.17	-2.10	-2.09
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	2.85	2.85	2.85	2.85	47.37		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	3.29	3.30	3.30	3.20	55.17		
Expenditure	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Profit/ Loss	-2.08	-2.07	-2.06	-11.69	-24.58		

出典：調査団

第三に、対象は下水道計画区域人口としても、受益者負担としてはフェーズ毎の対象人口とすべきか、それともフェーズは関係なく、全域計画区域人口を最初のフェーズの運営開始から対象とすべきかが問題となる。通常の場合であれば、フェーズ 1 でサービスを始める区域人口に対して使用料を課すべきであるが、下水道はネットワークであり、部分的に順次建設していったとしても、最終的には全体でネットワークとしてつながれ、汚水処理されて環境改善されていくので、最終的にサービスされる人口がサービス開始した時から負担することも考えられないことはない。

全計画対象人口を最初から対象にするのではなく、フェーズ毎のサービス対象人口、即ちサービスに利用料を課す場合の収支を予測すると表 4.7.6 のような結果となる。全計画対象人口に最初から課金する場合(表 4.7.5)と同様に準備事業段階では黒字であるが、フェーズ 1 が始まる 2026 年から赤字となり、最後まで続く。もちろん表 4.7.5 の場合よりも収入が少ない。準備事業段階での黒字もスラッジ処分収入の方が多くことによる。2026 年から黒字にするには 10% から 65% に上げることが必要になる。

第四に、下水道一般で利用者負担は運営維持管理費用程度と考えられたが、プノンペンでは下水道を利用しない水道利用者を含む全水道利用者を対象とすると(現在知事が実施している ADB プロジェクト対象地域外も含むように)、運営費用の割に収入が多くなって、利益余裕が出てくる場合に投資額も負担すべき、あるいは負担が可能か否かも分析する必要がある。

このような結果を見ながら、受益者負担原則を考えると、表 4.7.6 のような厳密な負担が果たして正しいのかは疑問が残る。受益といっても、サービス利用者はそれほどの金銭的利益を得られるわけでもない。スラッジ処分の費用がかからなくなる程度である。受益はむしろ水域環境改善効果として、市民全体にもたらされる便益の方が大きいのではないだろうか。とすれば、最初の準備事業開始から計画区域全体の人口を対象にしてもおかしくはないのではないだろうか。さらに住民全体ということなら、計画区域に限らず、全水道利用者とすることも考えられないことではないが、ここではまず Cheung Aek 系統ということで、計画区域に限ることとしたい。

ただし、次の Tamok 系統も含める全体を考える際は両区域対象の合計水道利用者を対象に考えても良いと思われる。

表 4.7.6 減価償却費を除く収支(Cheung Aek 系統のフェーズ対象人口に課金)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						0.03	0.03
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						0.39	0.39
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						0.01	0.01
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	0.03	0.03	0.03	0.42	0.44	0.46	0.48
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	0.40	0.40	0.41	0.78	0.80	0.83	0.86
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Profit/ Loss	0.02	0.02	0.03	-2.17	-2.18	-2.18	-2.19
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	0.50	0.86	0.90	0.94	0.98	1.02	1.02
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	0.89	1.24	1.29	1.33	1.39	1.44	1.45
Expenditure	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Profit/ Loss	-2.20	-3.95	-3.95	-3.95	-3.94	-3.93	-3.92
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	1.02	1.02	1.02	2.85	14.08		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	1.46	1.46	1.47	3.20	21.88		
Expenditure	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Profit/ Loss	-3.91	-3.90	-3.89	-11.69	-57.87		

出典：調査団

(4) FIRR(Financial Internal Rate of Return : 財務的内部利益率)

次に一般に投資費用まで回収することは難しいと考えられているが、投資費用も含めて収支を予測してみる。投資費用はすでに表 4.5.3 で示されているとおりである。投資施設(資産)は耐用年数の途中で計算が打ち切られると、投資コストを回収するための収入がその後になるため、正しく反映されないの、ここでは最終年に投資資産の残存価値をマイナスの費用、即ちプラスの収入側に入れて計算する必要がある(なお、他の方法としては民間投資事業などで用いられるような事業を最終年に売却する場合の価格、あるいは資産が償却するまでの間にもたらす利益を最終年に割引率で割り戻した値を用いる方法もあるが、ここでは単純に残存価値を用いることとした)。

残存価値を計算するための耐用年数は表 4.7.7 に示すとおりである。これを用いて、計画区域全体人口に最初から課金するケース、即ち表 4.7.5 に投資費用及び残存価値を含む場合を計算すると結果は表 4.7.8 に示すとおりである。表 4.7.5 でも 2026 年からのフェーズ 1 の段階から赤字であるので、それに投資費用を加えればキャッシュフローの合計は大きなマイナスとなるのは当然である。表 4.7.8 の Cheung Aek 系統対象区域人口に最初から課金したケースでも残存価値を最後に加えてもキャッシュフローはマイナス、即ち FIRR はマイナスになる。

それでは投資費用を回収するためにどの程度料金を上げれば良いかを計算すると、2026 年から 10%でなく、60%、即ち水道使用料に対して 0.6 倍の下水道使用料とすれば、FIRR が若干のプラスで、即ちキャッシュフローの合計値が若干のプラスとなることが推定された(表 4.7.9)。しかし、FIRR が若干のプラスでは投資額を全額借入金で賄うとすると利子も出ないことになる。利子分を支払えるようにするためにはさらに割合を上げる(0.6 倍以上の値上げの)必要がある。

水道使用料よりも高くなることは、住民の理解を得にくいと推察される、やはり投資額は政府(公共)が負担するのが妥当と考えられる。

表 4.7.7 投資資産(建設額のみ)の耐用年数(償却期間)

(単位:百万 USD)

区分	耐用年数 ¹⁾	STP			管渠
		土木設備	機械設備	電気設備	
		50年	20年	15年	50年
1 Cheung Aek Phase 1 STP	54.6	17.3	23.4	13.9	
2 Cheung Aek Phase 1 sewer pipe	25.4				25.4
3 Cheung Aek Phase 2 STP	100.4	52.0	32.4	16.0	
4 Cheung Aek Phase 2 sewer pipe	10.2				10.2
5 Cheung Aek Phase 3 STP	130.6	43.1	57.0	30.5	
6 Cheung Aek Phase 3 sewer pipe	91.0				91.0
7 Cheung Aek Pilot STP	17.3	8.2	5.9	3.2	
8 Cheung Aek Pilot sewer pipe	4.1				4.1
9 Sludge disposal site	16.5	13.1	1.7	1.7	
10 Johkasou	396.2	317.0	79.2		
Total	846.3	450.7	199.6	65.3	130.7

注1) 耐用年数は「下水道施設の改築に関する運用について [別表]標準耐用年数」に基づき設定。

出典：調査団

表 4.7.8 下水道事業のキャッシュフロー(Cheung Aek 系統対象区域人口に最初から課金)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						2.05	2.12
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						1.67	1.74
Investment			36.00				111.50
Cashflow			-36.00			1.67	-109.76
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	1.81	1.88	1.95	2.01	2.09	2.17	2.25
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	2.18	2.25	2.32	2.37	2.45	2.54	2.63
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Profit/ Loss	1.80	1.87	1.94	-0.58	-0.53	-0.47	-0.42
Investment					133.20		
Cashflow	1.80	1.87	1.94	-0.58	-133.73	-0.47	-0.42
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	2.34	2.43	2.53	2.63	2.74	2.85	2.85
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	2.73	2.80	2.92	3.02	3.15	3.27	3.28
Expenditure	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Profit/ Loss	-0.36	-2.39	-2.32	-2.26	-2.17	-2.10	-2.09
Investment				267.00			
Cashflow	-0.36	-2.39	-2.32	-269.26	-2.17	-2.10	-2.09
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	2.85	2.85	2.85	2.85	47.37		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	3.29	3.30	3.30	3.20	55.17		
Expenditure	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Profit/ Loss	-2.08	-2.07	-2.06	-11.69	-24.58		
Investment					547.70		
Cashflow	-2.08	-2.07	-2.06	-11.69	-166.04	FIRR=	マイナス
Residual value				406.24			

出典：調査団

表 4.7.9 下水道事業のキャッシュフロー(水道料金の0.6倍のケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						2.05	2.12
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						1.67	1.74
Investment			36.00				111.50
Cashflow			-36.00			1.67	-109.76
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	1.81	1.88	1.95	12.09	12.52	13.04	13.52
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	2.18	2.25	2.32	12.44	12.89	13.41	13.90
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Profit/ Loss	1.80	1.87	1.94	9.49	9.90	10.39	10.85
Investment					133.20		
Cashflow	1.80	1.87	1.94	9.49	-123.30	10.39	10.85
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	14.02	14.55	15.17	15.76	16.44	17.10	17.10
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	14.41	14.93	15.56	16.16	16.85	17.52	17.53
Expenditure	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Profit/ Loss	11.33	9.73	10.32	10.87	11.53	12.15	12.16
Investment				267.00			
Cashflow	11.33	9.73	10.32	-256.13	11.53	12.15	12.16
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	17.10	17.10	17.10	17.10	238.79		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	17.53	17.54	17.55	17.45	246.59		
Expenditure	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Profit/ Loss	12.17	12.18	12.18	2.55	166.84		
Investment					547.70		
Cashflow & IRR	12.17	12.18	12.18	2.55	25.38	FIRR=	0.48%
Residual value				406.24			

出典：調査団

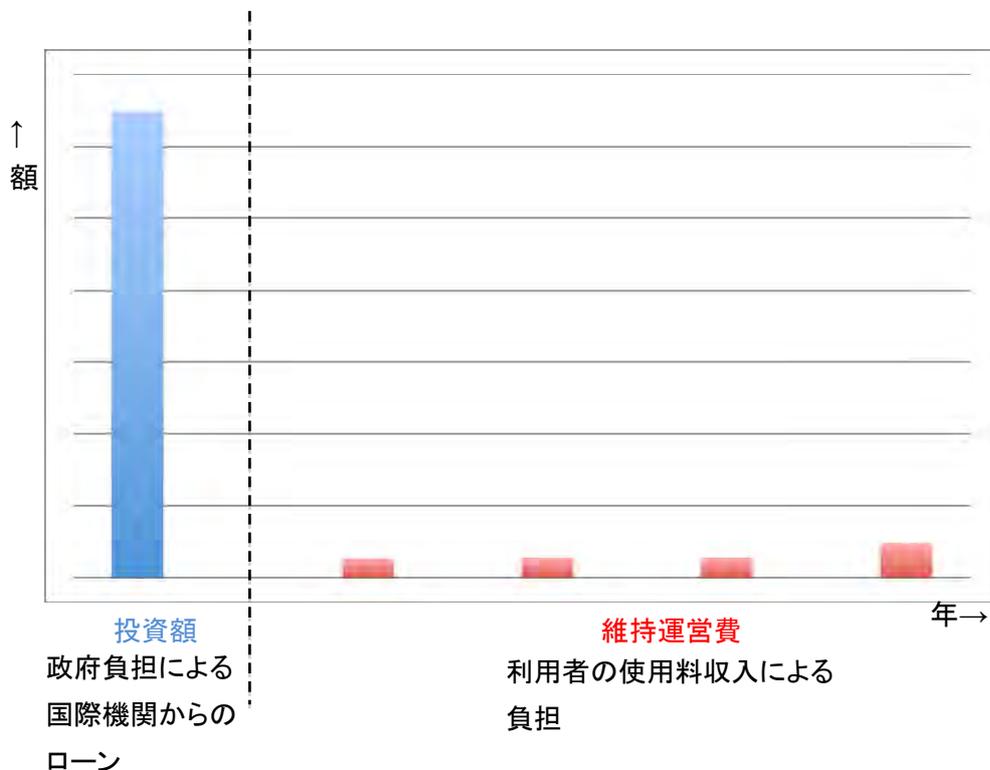
4.7.2 Tamok 系統

Tamok 湖流域系統は浄化槽のような個別現場での施設に基づくもので、Cheung Aek 流域系統とは異なる。投資は2026年から始まり、2039年に終了する。年投資額(建設費のみ)は28.3百万USDである。年間の運営費は2027年の0.876百万USDから2039年の15.797百万USDまでになり、2039年以降は定常的となる。年間投資費用は28.3百万USDで、25,000の人口に対応しているので、1人当たり費用は1,132USDとなる。1人当たり年間運営維持費は35.04USDとなる。世帯規模を約5人と想定すれば、これらの世帯当たり費用はそれぞれ5,660USDおよび175.2USDとなる。平均月世帯収入は2017年には793USDと予想されるので、浄化槽投資費用は(5,660÷793=)7.1カ月分の収入となるため、負担は重過ぎるように見える。特に、低所得世帯には大きな負担となることが考えられる。

4.7.3 下水道システムの資金調達

Cheung Aek 下水系統は下水処理施設と管渠ネットワークからなり、営業費用は利用者料金収入でカバーされるようであるが、水道利用料を少し超えるような下水利用者料金収入を得ても投資額はカバーできないので、投資額は政府が負担する必要がある。政府は自主財源が十分ないので、

ADB や JICA 等のソフトローンに頼らざるを得ない。このようなコスト負担のイメージを図で示すと図 4.7.1 のようになる。維持運営費はフェーズ毎に累積建設量に比例して増加しているが、最終フェーズの投資が大きく、その維持運営費も大きく増加している。



出典：調査団

図 4.7.1 下水道コストの負担イメージ

一方、Tamok 系統は個別利用者、あるいはコミュニティの浄化槽によるところとなり、原則的には全ての利用者が独立で資金繰りを行わなければならない。しかし、維持費は各ユーザーが賄うとして、低所得層は公共の支援が必要となろう。浄化槽の投資額は各利用者には高過ぎると考えられる。

政府には資金がないことに加え、政府が各利用者の浄化槽投資にソフトローンを得られるかについての問題がある。浄化槽は各利用者に属し、通常、ソフトローンは民間一般市民には利用できない。もしツーステップローンが利用可能であれば、ソフトローンの利用も考えられる。このことから、1 番目のステップは ADB や JICA のような国際機関とカンボジア国政府間の長期、優遇期間のある、しかも低利なローンであるが、2 番目のステップは各利用者(民間)が政府(または中央銀行)から通常の商業金利で借りるローンとなる。

その場合、第 2 ステップのローンは各利用者にはそれほど支援にはならない。もし第 2 ステップが第 1 ステップと同じローン条件となれば、商業ローンとの競争の問題となるからである。もし、浄化槽投資に利用者への支援が必要とのことで、この問題を解決させたとしても、浄化槽利用者は投資費用を賄わねばならないが、下水処理施設利用者はその投資額をカバーする必要がなく、不公平であるという次の問題が生じる。この問題を解決するため、Cheung Aek 系統の下水道利用者料金を利用者から拒否されない程度に高くし、その余剰を Tamok 系統の浄化槽投資費用削減のために使うことが考えられる。したがって、実施設計段階では両系統の利用者にとって、どのような料金体系が公平であるかを低所得世帯の投資および維持運営費への支援策も含め設計すべきであろう。

Tamok 系統については発想を転換し、浄化槽を各利用者でなく、Cheung Aek 系統の下水道運営主体が供給することも考えられる。たとえば、浄化槽を個人で負担するには限界があることから、

日本でも単なる補助金制度から一歩踏み込んで浄化槽市町村整備推進事業を創設し、各自治体が浄化槽を公的資産と見なし、設置費と維持管理費を負担し、住民から使用料を徴収するシステムが自治体で導入され始めている。

Tamok 流域では下水道処理施設が効率的でなく、そのため個別現場での浄化槽が選択されたため、下水道処理施設の代わりに浄化槽を下水道運営主体が運営することを考える。一般に浄化槽は各利用者の資産と見なされるという問題はあるが、下水道事業主体が各利用者の敷地に浄化槽を投資し、利用者料金収入を徴収すると想定する。この場合、利用者使用料は Cheung Aek 系統の処理施設を用いるのと同様の料金とする。もし利用者使用料収入を水道利用料金収入の 10% 分上乗せとし、かつ Tamok 系統でも Cheung Aek 系統と同じくフェーズ毎のサービス利用者ではなく、利用が開始されれば全計画区域人口を対象として料金を課すと仮定すると、収支は表 4.7.10 のように推定される。

同じ条件、即ち系統全体計画人口を事業開始から課金対象とする表 4.7.5 と比較すると、Tamok 系統が始まる前の 2026 年までは表 4.7.5 と同じであるが、Tamok 系統が始まる 2027 年は Tamok 系統の計画人口が含まれるようになるので、表 4.7.10 の損失の方がやや少ないが、2028 年以降は支出が増加して、表 4.7.10 の方が損失が多くなる。特に、Cheung Aek 系統の第二フェーズが始まる 2031 年、および第三フェーズが始まる 2040 年に損失がより大きくなる。黒字にするためには、2026 年から水道料金の 15% とし、2030 年から 30%、2035 年から 50%、2040 年から 75% とすると、表 4.7.11 に示されるとおり、ほぼ黒字になる。

さらに、Tamok 系統を含めて投資費用を回収する場合は、水道料金収入に対して、2021 年～2022 年：10%、2023 年～2025 年：30%、2026 年～2028 年：50%、2029 年～2033 年：60% および 2034 年以降：90% を徴収すれば、予測結果は表 4.7.12 に示すようにキャッシュフロー合計は若干のプラスとなる。

表 4.7.10 Tamok 系統を含む収支(水道利用収入の10%:但し系統計画対象を最初から)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						2.05	2.12
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						1.67	1.74
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	1.81	1.88	1.95	2.01	2.99	3.11	3.23
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	2.18	2.25	2.32	2.37	3.35	3.48	3.61
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	3.86	4.77	5.68
Profit/ Loss	1.80	1.87	1.94	-0.58	-0.51	-1.28	-2.07
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	3.35	3.48	3.63	3.78	3.94	4.10	4.10
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	3.74	3.86	4.02	4.17	4.35	4.53	4.53
Expenditure	6.74	9.97	11.14	12.31	13.71	15.17	16.69
Profit/ Loss	-3.00	-6.11	-7.12	-8.14	-9.36	-10.64	-12.16
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	4.10	4.10	4.10	4.10	63.25		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	4.54	4.55	4.56	4.46	71.05		
Expenditure	18.07	19.60	21.17	30.69	194.41		
Profit/ Loss	-13.53	-15.05	-16.61	-26.24	-123.35		

出典：調査団

表 4.7.11 Tamok 系統を含む収支(水道利用料の10%から75%へ)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						2.05	2.12
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						1.67	1.74
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	1.81	1.88	1.95	3.02	4.48	4.67	4.85
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	2.18	2.25	2.32	3.37	4.84	5.04	5.23
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	3.86	4.77	5.68
Profit/ Loss	1.80	1.87	1.94	0.43	0.99	0.27	-0.45
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	10.06	10.45	10.90	11.33	11.83	20.52	20.52
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	10.45	10.83	11.29	11.73	12.24	20.94	20.95
Expenditure	6.74	9.97	11.14	12.31	13.71	15.17	16.69
Profit/ Loss	3.71	0.85	0.15	-0.58	-1.47	5.78	4.26
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	20.52	20.52	20.52	30.78	214.08		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	20.96	20.97	20.98	31.13	221.88		
Expenditure	18.07	19.60	21.17	30.69	194.41		
Profit/ Loss	2.89	1.37	-0.19	0.44	27.47		

出典：調査団

表 4.7.12 Tamok 系統を含むキャッシュフローと IRR

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Rev. from Desludge						0.36	0.36
Total Rev.						2.05	2.12
Expenditure						0.38	0.38
Profit/ Loss						1.67	1.74
Investment			36.00				111.50
Cashflow			-36.00			1.67	-109.76
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	5.44	5.64	5.84	10.07	14.94	15.57	19.39
Rev. from Desludge	0.37	0.37	0.38	0.35	0.36	0.37	0.38
Total Rev.	5.81	6.01	6.21	10.43	15.30	15.94	19.76
Expenditure	0.38	0.38	0.38	2.95	3.86	4.77	5.68
Profit/ Loss	5.43	5.63	5.83	7.48	11.44	11.17	14.09
Investment	0.00	0.00	0.00	34.20	167.40	34.20	34.20
Cashflow	5.43	5.63	5.83	-26.72	-155.96	-23.03	-20.11
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	20.12	20.90	21.81	22.67	35.50	36.94	36.94
Rev. from Desludge	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Total Rev.	20.51	21.28	22.19	23.06	35.91	37.36	37.37
Expenditure	6.74	9.97	11.14	12.31	13.71	15.17	16.69
Profit/ Loss	13.77	11.30	11.05	10.75	22.20	22.19	20.68
Investment	34.20	34.20	34.20	301.20	34.20	34.20	34.20
Cashflow	-20.43	-22.90	-23.15	-290.45	-12.00	-12.01	-13.52
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	36.94	36.94	36.94	36.94	422.96		
Rev. from Desludge	0.44	0.45	0.46	0.35	7.80		
Total Rev.	37.38	37.38	37.39	37.29	430.76		
Expenditure	18.07	19.60	21.17	30.69	194.41		
Profit/ Loss	19.31	17.79	16.23	6.60	236.35		
Investment	34.20	34.20	34.20	0.00	1,026.50		
Cashflow&IRR	-14.89	-16.41	-17.97	6.60	4.89	FIRR=	0.06%
Residual value				795.04			

出典：調査団

4.8 経済分析

4.8.1 経済分析の前提条件

(1) 費用

費用は財務分析と同様に投資費用と維持運営費用からなる。しかし、経済分析では費用と便益は市場価格から経済価格に修正しなければならない。特に、輸入商品は関税、他の貿易政策等の結果を除外した国境価格にしなければならない。金額が外国通貨で表される時に、輸入資機材の市場価格は変換係数(Conversion Factor)によって国境価格に変換される。変換係数はその国に特有のもので、カンボジア国では ADB の Urban Water Supply Project 報告書に示されている。<http://www.adb.org/projects/documents/cambodia-urban-water-supply-project-rrp>

資本費用と維持管理費用に対する変換係数はそれぞれ 0.96 と 0.92 である。維持管理費用は財務分析の時と同じである。

(2) 便益

経済分析では財務的利益は除外される。その代わりに、プロジェクトの社会的な便益が計算に含まれることになる。下水道の社会的な便益はいくつか考えられる。第一に下水道利用者の満足度が上げられる。この便益のために、支払意志額が調査される。しかし、大概の利用者は既存でないサービスの効果を想像することはできにくい上、途上国の人々は下水道や汚濁改善のような環境目的に対する支払い意思は低い。本調査においても社会調査が行われているが、支払意志額の結果は非常に低いものであり、月当たり 1.5USD 未満が 90% 以上を占める。この額は水道利用料金支払額の 10%-20%に当たり、現実には ADB プロジェクトで水道料金支払の 10%を排水に支払っているのと同じである。支払意思額が低過ぎるので、この経済分析では支払意志額の代わりに支払可能額、即ち WB や ADB の資料に基づく下水道用の世帯可処分所得(平均所得の約 97.8%)の 1.5%を用いることにする。

下水道の便益は、一般的に環境改善あるいは水質汚濁の改善である。たとえば、下水道プロジェクトが実施されず、家庭や商工業施設からの汚水が適当な処理をされずに最終的に Bassac 川や Sap 川に放流され続けるとする。処理されない汚水はある程度希釈されるとしても、PPWSA の水道取水口に取込まれたり、また下流の人々の飲み水として利用されたりする。したがって、健康問題が発生する可能性があり、人々はそのような状態を好まない³⁹。しかし、このような影響は適切に金額に表すことはできないため、下水道プロジェクトの主な便益は定量化できない。

一方、便益を地価の上昇として定量化する方が容易かもしれない。Trabek、Tumpun、Kop Slov のポンプ場付近は悪臭がひどく、その周りの住宅地価は通常よりも低くなる。下水道プロジェクトの実施により、悪臭による環境問題が改善された場合、地価は現在よりも上がるであろう。不動産開発業者によれば、悪臭問題解決による効果はそれほど大きくなく、せいぜい数%であろうと言われている。したがって、汚水がポンプ場から排水される湖の周辺の地価は下水道プロジェクトにより 3%上がると想定する。影響域は Cheung Aek 湖と Tamok 湖に面し幅 50m の土地と想定する。

次に期待される便益は、空芯菜の農業収穫の改善である。空芯菜は多少汚い水環境でも栽培できるが、処理されないポンプ場吐出口付近では空芯菜の栽培はできない。現在の Cheung Aek 湖周辺での空芯菜の生産性、あるいは利益は、“Seasonal Direct Use Value of Cheung Ek Peri-urban

³⁹ PPWSA による過去 10 年間(2006 年～2015 年)の浄水場におけるデータによると、特に、Phum Prek 浄水場において、DO 値の年平均値の 30%程度の減少およびアンモニア性窒素の年平均値の 150%程度の上昇等、リン酸塩の 60%の上昇等が見られた。これらの上昇は水質汚濁との関連がある可能性がある。

Lake, Phnom Penh, Cambodia” (Seila Sar, et al., 2010)によると、乾季で 1ha 当たり 1,533USD とされている。

Tamok 湖周辺の汚水の影響を受ける主要産品として、ハスが挙げられる。Prek Pnov の Khan の役人によれば、ハスは 70 ha、栽培されているが、汚水による藻の増加により収量が半分に減少したと言う。ハスの収穫は 300 万 Riel/ha/年とのことである。米の収穫も影響を受けている。水質汚濁が目立つようになる前の収穫の 20%減の影響があると言う。ちなみに上記の Cheung Aek 湖の論文によれば、米の平均収量は乾季の間 506USD/ha である。プノンペン都農業局長とのヒアリングによれば、Prek Pnov(Tamok 湖の Khan)での水田面積は、2015 年乾季で 574 ha とのことである。

Tamok 湖に関して Khan 役人は「網による各種漁業がなされており、2015 年に収穫は(汚染により)30%から 40%落ちた。それまでの漁獲量は日当たり 10kg から 20kg であったので、それが 7kg から 12kg に落ちたことになる。魚は汚水から逃げてしまった金額に換算すれば、日当たり 100,000Riel が 30,000 から 50,000Riel に今やなくなってしまった。漁業従事者は他の地域に移ったものもいる」とのことである。

「Household Baseline and Monitoring Survey Report on Production in Aquatic Peri-urban System in Phnom Penh, Cambodia, (Khov Kuong, et al., 2002)」によれば、Cheung Aek 湖および Tamok 湖の周辺の農民で、皮膚が痒くなる病気を訴えるものがある。これは汚水によって引き起こされる皮膚炎である。"Household Baseline and Monitoring Survey Report on Production in Aquatic Peri-urban System in Phnom Penh, Cambodia," (Khov Kuong, et al., 2002) によれば、Cheung Aek 湖周辺の空芯菜農家の 8.8%がこの症状を訴えている。医療費は、プノンペン都から紹介される病院では、診察薬代として 1 人当たり 1 回 3,000Riel である。皮膚炎患者の農民は乾季(6 ヶ月)の間、月に 1 回病院に行くものと想定する。

4.8.2 Cheung Aek 系統の経済的内部利益率(EIRR)

投資費用は上記のように変換係数 0.96 を用いて輸入分が国境価格になるように変換される。維持運営費は財務分析と同様である。

便益に関しては、利用者の便益を下水道利用料金の代わりに支払可能価格と水量を乗じて計算する。しかし、利用者数については 2 つの代替案がある。一つは財務分析と同様に下水道利用者数とするものである。もう一つはプロジェクトの最終対象利用者数とするものである。前者はその年の実際の利用者数である。後者はその年の計画地域人口である。もちろん、後者の(便益の)方が前者より多い。前者の概念は実際の利用者が便益の受け手とするものであるが、後者は最終計画地域利用者が最初から支払いの参加者になるというものである。後者の方が適切に見えるが、両方推定することにする。なお、社会調査結果では支払意志額として 1.5 米ドル/月しか払わないとしているので、この額の場合でかつ最終対象利用者数を最初から想定する方で計算を参考として示す(表 4.8.3)。

地価上昇便益は地価の 3%と想定する。幅 50 m で Cheung Aek 湖周長は 32.3 km の土地が関係するとする。全体の地価上昇はプロジェクトが完成する時に達成されるとし、各実施段階ではその計画達成変化が地価に反映するとする。Cheung Aek 湖周辺の地価はウェブサイト情報により 320USD/m²と想定する。もし、これらの敷地が住宅敷地として開発されたのであれば、地価はより高いはずであるが、控えめに見積もるとして、上記の地価を用いる。ただし、地価は世帯所得の増加とともに将来増加すると推定する。

Cheung Aek 湖での空芯菜については、直接排水される汚水が空芯菜栽培にはあまりに汚いため影響を受ける地域として Cheung Aek 湖の 10%、即ち(全湖面積-下水道処理施設面積)×0.1=(520 ha-16.3 ha)×0.1= 50.37 ha と想定する。潜在的にこの面積地区では乾季 1,533USD/ha の生産性を持つとするが、その生産性はプロジェクト完成時に 100%発揮されると想定する。それまではプロジ

エクトの裨益人口に比例すると想定する。両湖での米の水田については直接影響域ではないが、米用の水が汚染されているために収穫はプロジェクトの裨益カバー率に比例すると想定する。

皮膚炎に対する農民の医療費は世帯所得の年間成長率に比例すると想定する。総農民数は“Spatial Analysis of Human Activities Performed in Cheung Ek inundated Lake, Cambodia” (Phearith Teang and Puy Lim, 2010)による栽培面積と生産者数を用いて計算する。

世帯可処分所得の1.5%を用いて実際の利用者ケースのEIRRを計算した結果は表4.8.1に示すとおりである。利用者便益が最も多い。

表 4.8.1 Cheung Aek 系統の EIRR (実際の利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						0.58	0.62
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Medical Care						0.000	0.000
Operational Costs						0.38	0.38
Investment			35.36				108.85
Cash flow			-35.36			0.55	-108.60
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	0.67	0.72	0.77	10.37	11.14	11.97	12.85
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	5.46	0.02	0.02	0.03
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.10	0.10	0.11	0.12
Medical Care	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Operational Costs	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Investment					130.43		
Cash flow	0.30	0.35	0.40	12.98	-122.14	9.09	9.94
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	13.80	24.57	26.31	28.16	30.14	32.25	32.25
Land Value Rise	0.03	5.39	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Agri. & Fishery	0.13	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.28
Medical Care	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Operational Costs	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Investment				260.48			
Cash flow	10.87	24.99	21.31	-237.34	25.09	27.18	27.17
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	32.25	32.25	32.25	90.31	424.23		
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	30.88	42.21		
Agri. & Fishery	0.28	0.28	0.28	0.79	3.77		
Medical Care	0.002	0.002	0.002	0.006	0.030		
Operational Costs	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Investment					535.12		
Cash flow	27.17	27.17	27.17	107.09	304.22	EIRR=	4.06%
Residual value				448.85			

出典：調査団

医療費は無視できるほど少ない。いずれにせよ EIRR は 4.06% で低い。

しかし、世帯可処分所得の 1.5% を用いてプロジェクト全体の利用者ケースの EIRR を算定した結果は表 4.8.2 に示すとおりで、EIRR は 28.78% となる。通常、EIRR は最低 12% と言われているが、この値を超えている。一方、社会経済調査結果の支払意志額平均の 1.5 USD/月を用いた場合は、表 4.8.3 のとおり、キャッシュフロー合計がマイナスとなり、経済効果が費用より少ないことになる。そもそも 1.5 USD/月は世帯収入の 747 USD(2016 年)の 0.2% であり、低過ぎると考える。

表 4.8.2 Cheung Aek 系統の EIRR (最終利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						35.01	37.48
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Medical Care						0.000	0.000
Operational Costs						0.38	0.38
Investment			35.36				108.85
Cash flow			-35.36			34.98	-71.75
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	40.12	42.94	45.96	49.18	52.63	56.32	60.26
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	5.46	0.02	0.02	0.03
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.10	0.10	0.11	0.12
Medical Care	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Operational Costs	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Investment					130.43		
Cash flow	39.75	42.57	45.59	51.79	-80.65	53.44	57.36
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	64.48	68.98	73.79	78.94	84.43	90.31	90.31
Land Value Rise	0.03	5.39	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Agri. & Fishery	0.13	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.28
Medical Care	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Operational Costs	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Investment				260.48			
Cash flow	61.54	69.39	68.80	-186.56	79.39	85.24	85.23
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	90.31	90.31	90.31	90.31	1,332.37		
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	30.88	42.21		
Agri. & Fishery	0.28	0.28	0.28	0.79	3.77		
Medical Care	0.002	0.002	0.002	0.006	0.030		
Operational Costs	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Investment					535.12		
Cash flow	85.23	85.23	85.23	107.09	1,212.36	EIRR=	28.78%
Residual value				448.85			

出典：調査団

表 4.8.3 Cheung Aek 系統の EIRR (支払意志額・最終利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						3.51	3.54
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Medical Care						0.000	0.000
Operational Costs						0.38	0.38
Investment			35.36				108.85
Cash flow			-35.36			3.48	-105.68
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	3.57	3.60	3.63	3.66	3.69	3.72	3.75
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	5.46	0.02	0.02	0.03
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.10	0.10	0.11	0.12
Medical Care	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Operational Costs	0.38	0.38	0.38	2.95	2.98	3.02	3.05
Investment					130.43		
Cash flow	3.20	3.23	3.26	6.27	-129.59	0.84	0.85
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	3.78	3.81	3.84	3.87	3.90	3.94	3.94
Land Value Rise	0.03	5.39	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Agri. & Fishery	0.13	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.28
Medical Care	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Operational Costs	3.09	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.37
Investment				260.48			
Cash flow	0.85	4.23	-1.15	-261.63	-1.14	-1.14	-1.15
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	3.94	3.94	3.94	3.94	75.51		
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	30.88	42.21		
Agri. & Fishery	0.28	0.28	0.28	0.79	3.77		
Medical Care	0.002	0.002	0.002	0.006	0.030		
Operational Costs	5.37	5.37	5.37	14.90	79.75		
Investment					535.12		
Cash flow	-1.15	-1.15	-1.15	20.72	-44.50	EIRR=	-1.85%
Residual value				448.85			

出典：調査団

4.8.3 Tamok 系統の EIRR

方法は Cheung Aek 系統と同じであるが、Tamok 系統の便益と費用を加えることとする。Tamok 系統については次の情報が加えられる。

- Tamok 湖周長は 29 km で、地価は 220USD/ m² である。
- Tamok 湖周辺ではハス栽培が Cheung Aek 湖での空苺菜と同様である。現在の生産額は 3 百万 Riel/ ha/year×70 ha と想定されるが、それはプロジェクトの最終段階でのもので、それまではプロジェクト裨益人口に比例するものとする。
- Tamok 湖の漁業便益は影響を受ける米作と同様と想定する。

実際の利用者ケースの EIRR 結果は表 4.8.4 に示すとおりである。表 4.8.1 と比較すると、EIRR 3.49%は Tamok 系統の非効率性ゆえに表 4.8.1 (4.06%)よりも低い。

プロジェクト全体利用者ケースの EIRR 結果は表 4.8.5 に示すとおりで、EIRR は 26.31%となり、やはり表 4.8.2 より低い。

表 4.8.4 Cheung Aek および Tamok 系統合計の EIRR(実際の利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						0.58	0.62
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Medical Care						0.000	0.000
Operational Costs						0.38	0.38
Investment			35.36				108.85
Cash flow			-35.36			0.55	-108.60
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	0.67	0.72	0.77	10.37	12.42	14.69	17.19
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	5.46	0.56	0.55	0.54
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.10	0.14	0.15	0.16
Medical Care	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002
Operational Costs	0.38	0.38	0.38	2.95	3.86	4.77	5.68
Investment				33.36	163.79	33.36	33.36
Cash flow	0.30	0.35	0.40	-20.37	-154.51	-22.73	-21.14
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	20.30	33.66	38.26	43.30	49.52	56.46	60.09
Land Value Rise	0.66	6.06	0.67	0.65	0.82	0.83	0.87
Agri. & Fishery	0.18	0.28	0.30	0.32	0.35	0.38	0.38
Medical Care	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
Operational Costs	6.74	9.97	11.14	12.31	13.71	15.17	16.69
Investment	33.36	33.36	33.36	293.84	33.36	33.36	33.36
Cash flow	-18.95	-3.33	-5.27	-261.88	3.63	9.15	11.31
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	63.98	67.94	71.62	130.08	693.24		
Land Value Rise	0.93	0.95	0.89	30.98	51.78		
Agri. & Fishery	0.39	0.39	0.38	0.80	4.74		
Medical Care	0.004	0.004	0.004	0.012	0.055		
Operational Costs	18.07	19.60	21.17	30.69	194.41		
Investment	33.36	33.36	33.36	0.00	1,002.10		
Cash flow	13.88	16.34	18.37	131.18	378.09	EIRR=	3.49%
Residual value				824.79			

出典：調査団

表 4.8.5 Cheung Aek および Tamok 系統合計の EIRR (最終利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						35.01	37.48
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Medical Care						0.000	0.000
Operational Costs						0.38	0.38
Investment			35.36				108.85
Cash flow			-35.36			34.98	-71.75
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	40.12	42.94	45.96	49.18	75.34	80.68	86.40
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	5.46	0.56	0.55	0.54
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.10	0.14	0.15	0.16
Medical Care	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002
Operational Costs	0.38	0.38	0.38	2.95	3.86	4.77	5.68
Investment				33.36	163.79	33.36	33.36
Cash flow	39.75	42.57	45.59	18.44	-91.60	43.27	48.07
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	92.52	99.06	106.05	113.53	121.53	130.08	130.08
Land Value Rise	0.66	6.06	0.67	0.65	0.82	0.83	0.87
Agri. & Fishery	0.18	0.28	0.30	0.32	0.35	0.38	0.38
Medical Care	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
Operational Costs	6.74	9.97	11.14	12.31	13.71	15.17	16.69
Investment	33.36	33.36	33.36	293.84	33.36	33.36	33.36
Cash flow	53.26	62.07	62.52	-191.65	75.64	82.77	81.30
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	130.08	130.08	130.08	130.08	1,806.28		
Land Value Rise	0.93	0.95	0.89	30.98	51.78		
Agri. & Fishery	0.39	0.39	0.38	0.80	4.74		
Medical Care	0.004	0.004	0.004	0.012	0.055		
Operational Costs	18.07	19.60	21.17	30.69	194.41		
Investment	33.36	33.36	33.36	0.00	1,002.10		
Cash flow	79.99	78.48	76.83	131.18	1,491.13	EIRR=	26.31%
Residual value				824.79			

出典：調査団

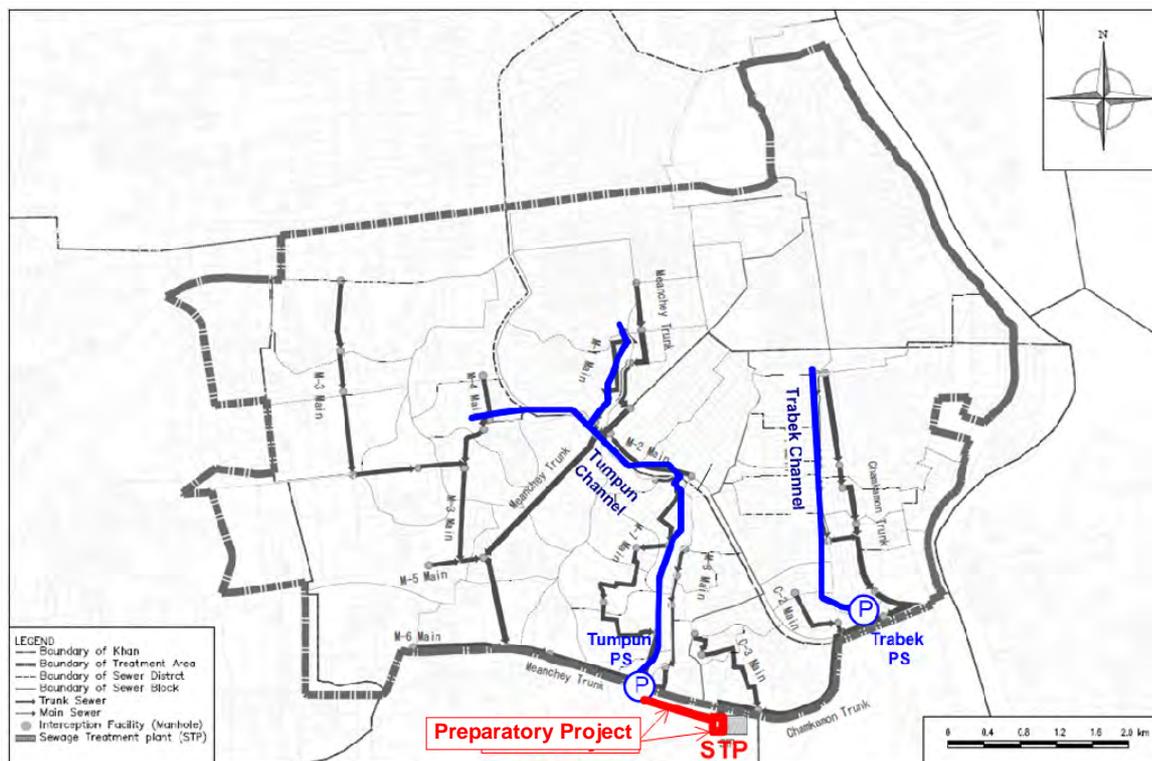
4.9 プレF/S実施のための優先プロジェクト

4.5 で述べたとおり、汚水対策の実施に必要な組織/法制度が整っておらず、汚水処理施設の運転経験もないプノンペン都の現状を考慮し、組織/法制度整備等のソフト対策に軸足を置きつつも、段階的に汚水施設の建設および維持管理のノウハウを蓄積することを目的として、段階的整備計画における「短期」の施設整備事業としては、Cheung Aek 処理区の終末処理場において「準備事業(Preparatory Project)」を計画した。

「準備事業」は、汚水処理施設および汚水処理施設に汚水を運搬する管渠から構成される。

「準備事業」の施設規模は、汚水処理施設一式を運転しながら、その有効性を実証でき、かつ運転維持管理のノウハウも蓄積できる最小単位と考えられる 5,000 m³/日程度とする。一方、その汚水の取り込みのために、汚水処理場の建設予定地に位置する Tumpun ポンプ場の吐出口から、汚水処理施設に至る管渠を新設する。この「準備事業」をプレ F/S 実施のための優先プロジェクトと位置付ける(図 4.9.1 および表 4.9.1 を参照)。

なお、汚水処理施設の効果や重要性を市民にも PR するため、処理水の放流口近辺に修景池等を設置し、市民に開放するなどの方策を検討するものとする。



出典：調査団

図 4.9.1 優先プロジェクトの位置図

表 4.9.1 優先プロジェクトの内容

項目	内容
幹線管渠	口径：φ500 mm 延長：約 1,300 m
終末処理場	日最大処理能力:5,000 m ³ /日

出典：調査団

第5章 雨水排水マスタープラン策定方針

5.1 課題の抽出

第2章までの記述内容から、排水対策に係る課題を以下に列挙する。

- 市街地中心部(旧内側輪中堤の内側)の多くの部分では ADB の援助による排水改善事業、ならびに「プノンペン市都市排水・洪水対策計画策定調査(1999 年)」で策定された M/P に基づき実施された、および日本の無償資金協力による排水改善事業(フェーズ 1、フェーズ 2 およびフェーズ 3)により、雨水排水の状況が改善されてきた。しかしながら、これまで援助の事業対象として取り残されている Wat Phnom 北側や Tuol Kok 区の市街地では依然として内水被害が毎年発生しており、ポンプ場の新設・改修、ポンプ場につながる排水路・排水管路の改善が必要である。人口の多いエリアであることから、緊急度・重要度ともに高い。
- 2.1.2 節にも示したように、市街地南部の Trabek 排水流域では、プノンペン都が ADB のローンを使って排水対策事業(ポンプ場および排水路の改修)を実施し 2003 年に完工させたが、その後、周辺の土地開発により調整池の容量が減ったため、ポンプの排水容量が不足してしまう状況が発生している。プノンペン都内では土地開発に伴う水域の減少が著しく、今後、他の場所でも土地開発により雨水の一時貯留機能が失われることに起因する内水被害の発生が予想される。
- 市街地中心部の周辺地区(旧内側輪中堤の外側)では地区により市街化が著しく進展しているが、排水対策は重要視されず、十分な排水施設の整備が行われないことが多いため、これらの地区では近年滞水被害の増加が問題となっている。具体的には、Pochentong 空港東側地区、Chroy Changvar 地区、Chbar Ampov 地区で排水改善の要望が強い。
- プノンペン都内には開発完了済みのもの、開発中のものを含め、計 9 件の大規模住宅開発地区が存在する。それぞれの開発事業体で域内の雨水排水施設を計画、設計し、整備してはいるが、統一された基準の下で実施されているものではない。また、開発に伴う流出率の増加等、開発域外への影響の考慮も統一された基準の下で実施されていない。その一因としては、開発の認可を与えるプノンペン都、国土整備・都市計画・建設省共に、そのような基準を有していないことがある。したがって、政令 86 号で規定された、「大規模住宅開発地区の雨水排水は開発事業体の責任で実施する」という前提は維持し、防災調節地設置基準を含む必要な法制度の整備とその執行能力強化が必要である。
- これまで日本および諸外国の援助により DPWT/DSD 職員の能力強化を行ってきた結果、DPWT/DSD の雨水排水にかかる運営、維持管理能力は向上してきている。しかしながら、組織の主導的立場の人員はいまだ少なく、今後も職員の能力強化を継続していくことが必要である。
- DPWT/DSD の雨水排水にかかる維持管理作業に必要な機材も徐々に増え、整備されてきているが、プノンペン都全体の維持管理を行うには完全に不足している。機材の増強は、それを運用する人員の増員と組織体制の強化と並行して実施していく必要がある

5.2 計画フレーム

5.2.1 計画目標年次

計画目標年次は、汚水対策分野と同様、2035 年とする。

5.2.2 計画規模

雨水排水施設の計画規模は、通常、これまで適用されてきた計画規模、類似する都市での事例等を参考に決定する。プノンペン都の場合は M/P 1999 で採用した下記の計画規模で事業が実施されてきており、特段の問題もこれまで発生していないことから、これを踏襲することとする。

- ポンプ場、調整池、幹線排水路(流域面積が概ね 1 km² 以上)等の基幹施設は 5 年確率降雨対応とする。
- 枝線等の末端施設は 2 年確率降雨対応とする。

5.2.3 排水区割り

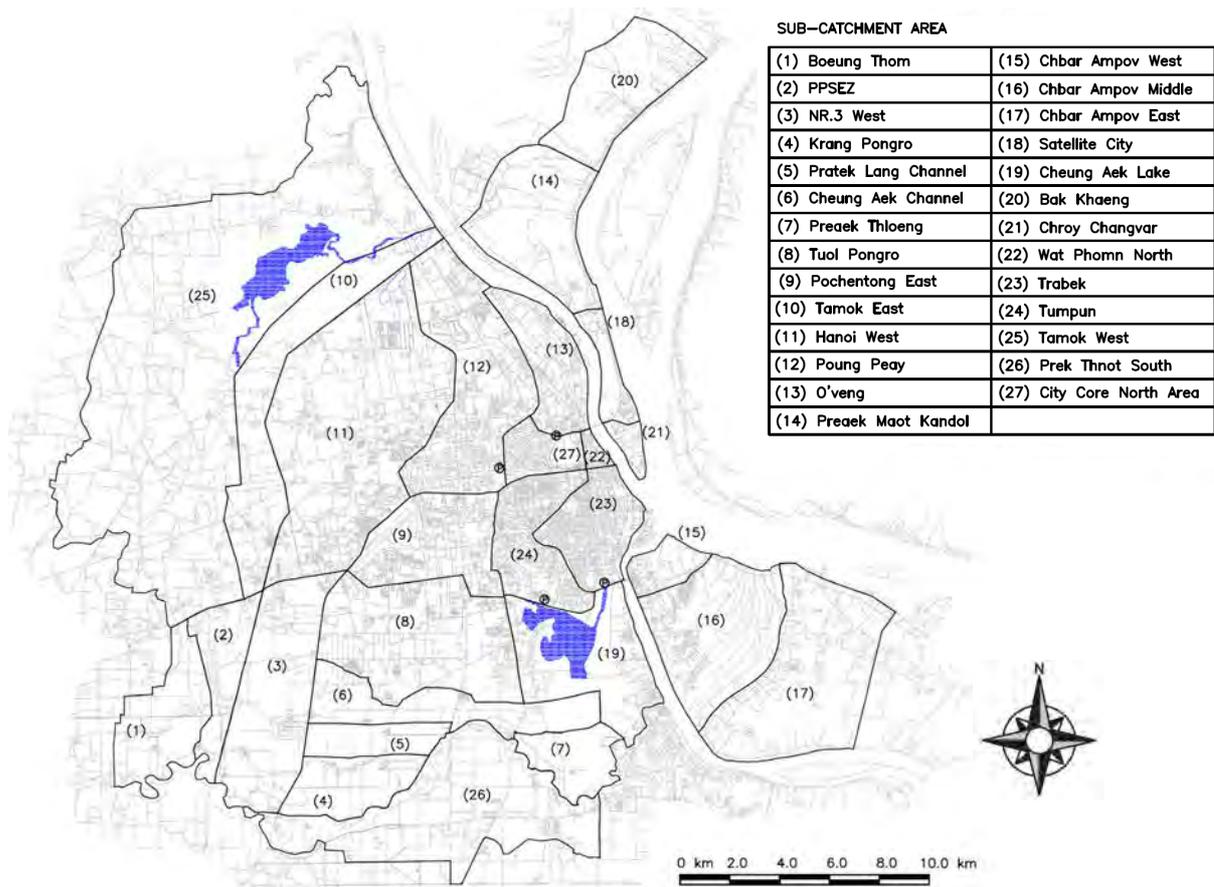
計画対象地域であるプノンペン都行政区全域を、既設幹線排水路等による現況の集水区域を考慮して、まず表 5.2.1 および図 5.2.1 のとおりの排水区に分け、それぞれの排水区について最適な雨水排水計画を策定することとする。

表 5.2.1 排水区一覧

No.	Sub-Catchment Area	Area (km ²)
1	Boeung Thom	15.39
2	PPSEZ	10.56
3	NR.3 West	27.36
4	Krang Pongro	11.01
5	Pratek Lang Channel	7.17
6	Cheung Aek Channel	16.46
7	Preaek Thloeng	8.53
8	Tuol Pongro	32.98
9	Pochentong East	18.23
10	Tamok East	26.60
11	Hanoi West	59.46
12	Poung Peay	31.46
13	O'veng	12.15
14	Preaek Maot Kandol	22.43
15	Chbar Ampov West	4.77
16	Chbar Ampov Middle	25.63
17	Chbar Ampov East	34.32
18	Satellite City	4.63
19	Cheung Aek Lake	23.28
20	Bak Khaeng	18.74
21	Chroy Changvar	2.10
22	Wat Phnom North	1.17
23	Trabek	13.01
24	Tumpun	14.49
25	Tamok West	133.85
26	Prek Thnot South	39.97
27	City Core North Area	5.80
	排水区の面積合計	621.73

(注)プノンペン都の総面積 678.46 km²のうち、メコン川、サップ川、バサック川の水面、ならびに Dach 島(メコン川の中州の島)の面積(計 56.73 km²)は含まれない。

出典：調査団



出典：調査団

図 5.2.1 排水区割り

5.2.4 排水区別雨水排水計画

排水区別に適用可能な代替案を比較し、最適な雨水排水計画を策定する。考慮する代替案は表 5.2.2 のとおりである。

表 5.2.2 排水区別適用可能な代替案のまとめ

No.	排水区名	排水計画(案)				
		排水路 /排水管の整備	排水ポンプ場 の増強/新設	遊水/貯留機能 の保全/増強/創出	現状 維持	備考
1	Boeung Thom	●	●	●	-	
2	PPSEZ	●	●	●	-	
3	NR.3 West	●	●	●	-	
4	Krang Pongro	●	●	●	-	
5	Pratek Lang Channel	●	-	-	-	
6	Cheung Aek Channel	●	-	-	-	
7	Preaek Thloeng	●	●	●	-	
8	Tuol Pongro	●	●	●	-	
9	Pochentong East	●	●	●	-	
10	Tamok East	●	●	●	-	
11	Hanoi West	●	●	●	-	
12	Poung Peay	●	●	●	-	
13	O'veng	●	●	●	-	
14	Preaek Maot Kandol	●	●	●	-	
15	Chbar Ampov West	●	●	●	-	
16	Chbar Ampov Middle	●	●	●	-	
17	Chbar Ampov East	●	●	●	-	
18	Satellite City	●	-	-		注 3
19	Cheung Aek Lake	●	-	-		注 3
20	Bak Khaeng	●	●	●	-	
21	Chroy Changvar	●	●	●	-	
22	Wat Phnom North	●	●	●	-	
23	Trabek	●	●	●	-	注 2(フェーズ 2,3)
24	Tumpun	●	●	●	-	注 2(フェーズ 1)
25	Tamok West	●	-	●	●	注 1
26	Prek Thnot South	●	-	-	●	注 1
27	City Core North Area	●	●	●	-	

注 1) 現状で内水被害がなく、将来的な土地利用も農地等である排水区。

注 2) 「プノンペン市洪水防御・排水改善計画」(フェーズ 1~3)にて事業を実施した排水区。

注 3) 大規模開発が実施中あるいは実施予定である排水区。開発行為に関する許認可に責任を持つ、プノンペン都都市化課(Urbanization Division)およびプノンペン都国土整備・都市計画・建設局(Department of Land Management, Urban Planning and Construction)等が雨水排水施設整備の内容を厳格にチェックし、開発業者に対して、開発地域内の雨水排水施設整備に対する責任を持たせる。

出典：調査団

上記の代替案を検討の上、排水区別に最適な雨水排水計画を策定し、下記の内容を取りまとめる。

- 構造物対策(排水路、排水機場、排水管路、遊水池等)の概要図、建設費用、維持管理費用
- 非構造物対策(大規模宅地開発に伴う調節池設置基準等の法整備、環境教育(排水路にごみを捨てないためのキャンペーンの実施、排水路沿いにおけるごみ拾い運動等の実施)、組織強化、人材育成、財源確保、等)の内容
- 便益(被害の度合い)

5.2.5 事業実施計画の検討

上記の排水区別の雨水排水計画につき、優先順位を決め、事業実施計画を策定する。実施計画の策定にあたっては、下記を考慮する。

- 雨水排水施設整備(下水は別途)の年間の投資規模
- 年間の運転、維持管理費用

- 各種開発計画の内容およびそのスケジュールとの整合性
- 緊急性
- 現地からの要望等

それぞれの排水区の雨水排水計画実施の財源(自国予算による実施およびドナーの資金協力による実施)を念頭において計画する。

5.2.6 優先事業の選定

上記事業実施計画に基づき、プレ F/S 実施対象の優先事業を選定する。

5.3 設計条件

5.3.1 降雨量

計画降雨については、幹線排水路等の計画規模である 5 年確率規模とした。時間雨量および日雨量は、2.1.4 節で述べたとおり、表 5.3.1 のとおりとする。

表 5.3.1 計画降雨量

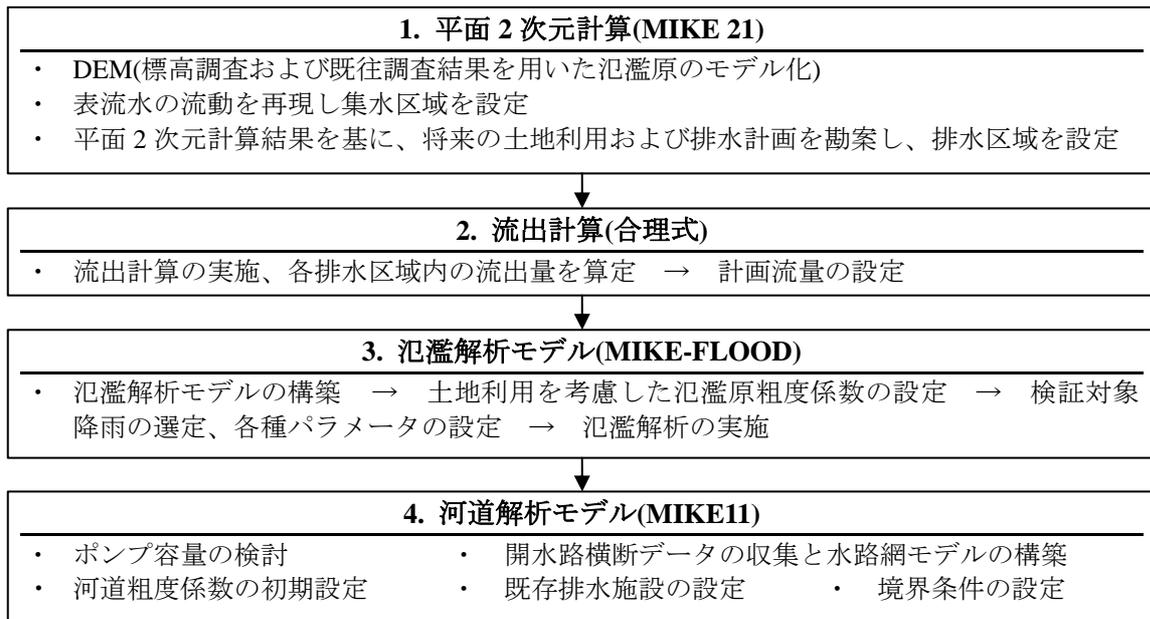
生起確率規模(年)	時間雨量(mm/h)	日雨量(mm/day)
2	44.8	87.8
5	63.2	112.3

出典：調査団

5.3.2 集水区域・計画流量・流出および氾濫解析方法

(1) 検討手順

内水氾濫現象は、本川洪水の規模(外水)、内水流出量の規模および内水区域の地形条件によって規定される複雑な現象である。このため、内水解析モデルの設定においては、将来の予測にも用いることを考慮しつつ、過去の内水現象をできる限り再現できるモデルを設定する。図 5.3.1 に、流出・氾濫解析モデル構築の手順を示す。



出典：調査団

図 5.3.1 流出・氾濫解析モデル構築の手順

(2) 集水区域の設定

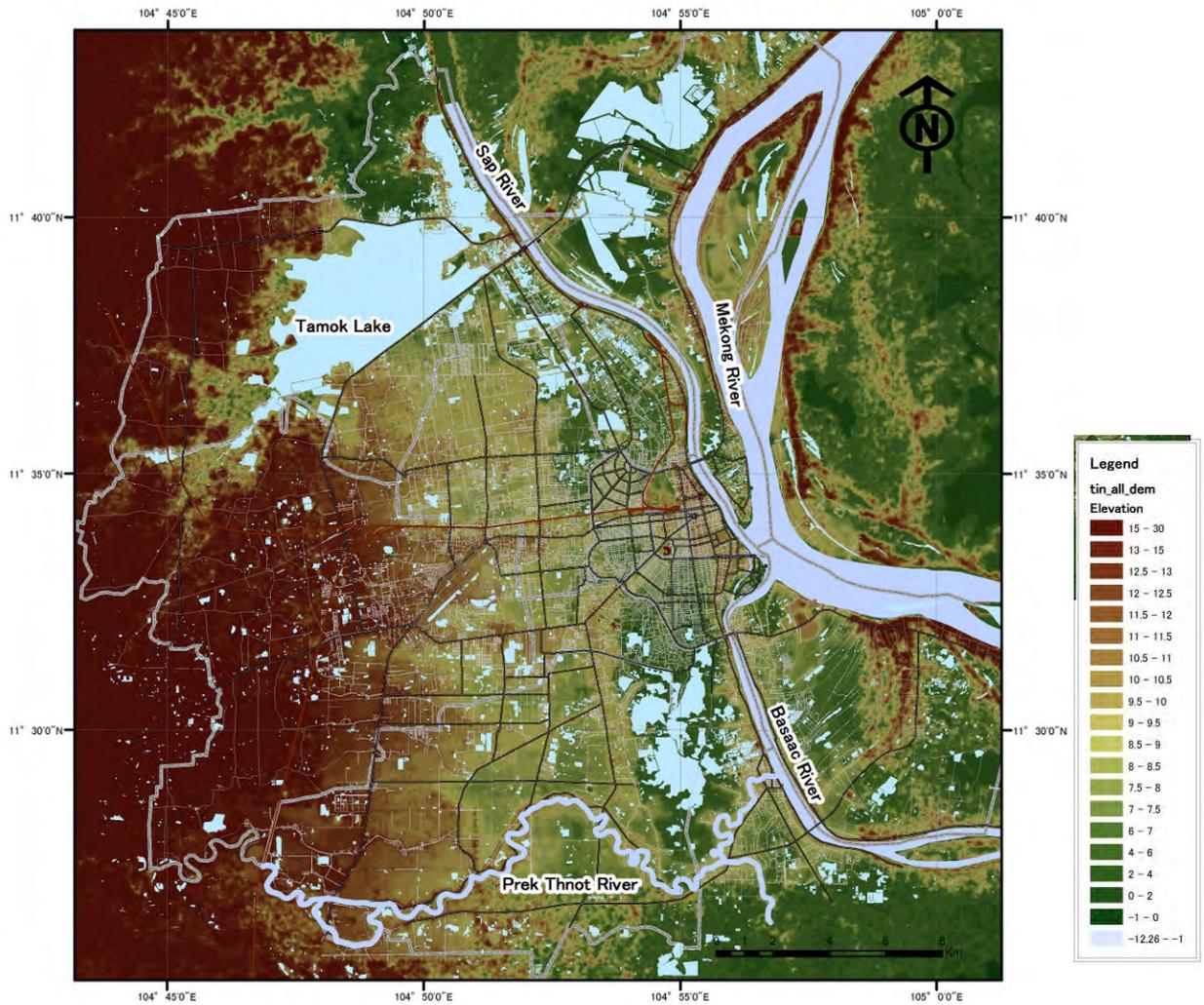
降雨と浸水エリアの関係の適切な把握に基づく堤内地における表流水の流動解析を基に集水区域を設定した。解析には、表 5.3.2 に示す実平面 2 次元不定流モデル(MIKE21)を用いた。

表 5.3.2 平面 2 次元不定流モデル(MIKE21)の概要

項目	内容
ソフトウェア	DHI-MIKE-21
グリットサイズ	100 m×100 m
標高データ	標高点測量結果および KOICA 調査結果より設定
粗度係数	現況の土地利用を基に設定
降雨波形	2012 年 9 月 26 日の実績降雨波形(図 2.1.25 参照)
計算時間	24 時間

出典：調査団

解析に適用したプノンペン都内の地盤高は、本調査で実施した標高点調査および 2011 年に実施された KOICA プロジェクト(The production of the National Base Map and the Establishment of the Master Plan for the National Spatial Data Infrastructure in Cambodia)の調査結果および SRTM (Shuttle Radar Topography Mission 3sec)の地盤高データを使用して設定した。設定した地盤高の結果を図 5.3.2 に図示する。

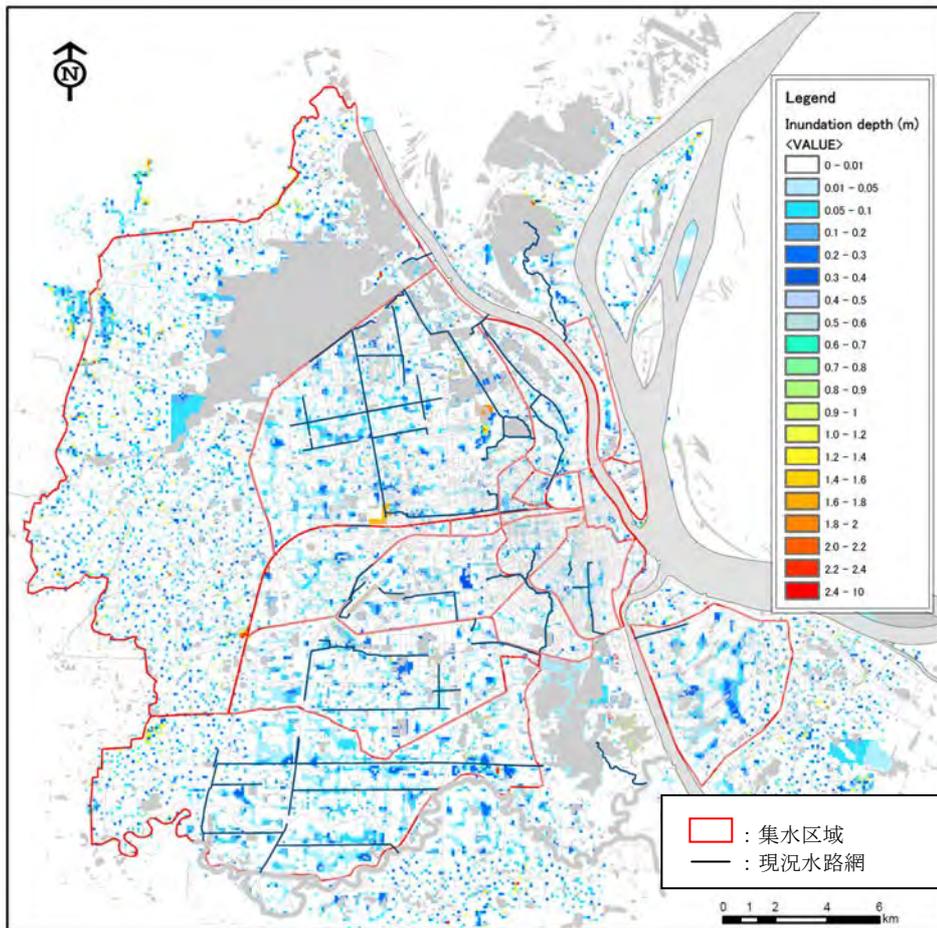


出典： KOICA プロジェクトの調査結果, SRTM および本調査内で実施した測量結果に基づき調査団が作成

図 5.3.2 プノンペン都内の地盤高

設定した地盤高に対して、実績降雨波形を計算対象範囲に与え、現況における内水氾濫エリアおよび表流水の流動を解析した結果を図 5.3.3 に示す。

計算結果より、プノンペン都においては、流域に降った雨が窪地や池(標高が低い部分)に湛水していることが、確認された。これは、流域の地形が平坦で大きな標高の変化がないため、大きな表流水の流れが起こりにくく、局地的な地形の変化が解析結果に表れた結果であると考えられる。また、わずかな標高の高低差を利用した、緩い勾配においても十分な排水能力を確保できる排水施設が未整備であることも一因であると考えられる。



出典：調査団

図 5.3.3 集水区域および現況における内水氾濫エリア (2012年9月26日降雨)

(3) 雨水流出量の算定方法(流出解析:合理式)

(a) 流出モデルの選定

都市排水における内水被害の多くは、高強度の短時間降雨によって、ピーク流量時の排水能力が不足することで発生する。よって、雨水排水計画に係る流出量の算定は、以下に列挙する検討対象地域の現状と将来計画を踏まえた上で、ピーク時の流量を安全側に評価できる以下の合理式を用いて実施することとした。

$$\text{合理式} \quad Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

ここに、

Q : 流出量(m³/s)

C : 流出係数

I : 降雨強度(mm/h)

$$I = 2,566.07 \times (T + 25.48)^{-0.93} \text{ (2年確率)}$$

$$I = 5,009.12 \times (T + 31.38)^{-0.98} \text{ (5年確率)}$$

A : 排水面積(ha)

- 2035年の都市計画では、検討対象地域の大部分で商業地域や宅地等の都市開発が計画されている。

- 上記の都市開発が行われた場合、雨水排水のための枝線(道路側溝等)が整備され、流域に降った雨は本検討で対象とする排水路へ流入することが見込まれる。
- 都市部において、湛水が発生することは好ましくなく、内水排除に係る将来計画の立案においては、流域に降った雨は一定以上排水されることを想定する必要がある。

(b) 流出係数

流出係数については、将来土地利用計画に基づき用途別流出係数(表 5.3.3)を設定し、用途別流出係数に基づき排水区域の都市計画、用途地域を考慮の上、総括流出係数を算出した。将来の土地利用の推定については、以下に示す方針を基本とした。

【将来の土地利用の設定方針】

- 用途指定は、将来の土地利用計画(Land Use Map 2035)の用途に移行するものとする。
- 大規模開発はすべて開発が完了するものとする。
- 将来の土地利用計画(Land Use Map 2035)以外の小規模開発は見込まない。

≪総括流出係数≫

$$C = \sum_{m=1}^m Ci \cdot Ai / \sum_{m=1}^m Ai$$

ここに、
 C：総括流出係数
 Ci：i 用途別流出係数
 Ai：i 用途別の面積
 m：用途数

表 5.3.3 用途別流出係数

用 途		流出係数
住宅地域	敷地内に間地が非常に少ない住宅地域	0.80
郊外地域 1	若干庭がある郊外地域	0.65
郊外地域 2	庭がある郊外地域	0.40
工業地域		0.65
農地		0.30
公園		0.25

出典：調査団

上記の手法に基づき求めた総括流出係数を、表 5.3.4 に示す。

表 5.3.4 総括流出係数

No.	排水区名	Area (km ²)	面積(km ²)								総括流出係数
			住宅地域	郊外地域 1	郊外地域 2	工業地域	農地	公園	湖沼	面積 (湖沼除外)	
1	Boeung Thom	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	15.39	0.00	0.00	15.39	0.30
2	PPSEZ	10.56	0.00	0.00	0.00	3.48	7.08	0.00	0.00	10.56	0.42
3	NR.3 West	27.36	0.00	0.00	3.08	1.82	22.46	0.00	0.00	27.36	0.33
4	Krang Pongro	11.01	0.00	0.00	0.00	0.00	11.01	0.00	0.00	11.01	0.30
5	Pratek Lang Channel	7.17	0.00	0.00	0.00	0.00	7.17	0.00	0.00	7.17	0.30
6	Cheung Aek Channel	16.46	0.00	0.00	3.52	0.00	12.95	0.00	0.00	16.46	0.32
7	Preaek Thloeng	8.53	0.00	0.00	0.00	0.00	8.53	0.00	0.00	8.53	0.30
8	Tuol Pongro	32.98	3.50	0.00	20.49	3.61	4.77	0.00	0.62	32.36	0.46
9	Pochentong East	18.23	0.00	0.00	18.23	0.00	0.00	0.00	0.00	18.23	0.40
10	Tamok East	26.60	0.00	0.00	0.00	6.72	19.88	0.00	0.00	26.60	0.39
11	Hanoi West	59.46	4.58	0.00	12.41	4.80	35.37	2.31	0.00	59.46	0.39
12	Poung Peay	31.64	7.28	12.18	12.18	0.00	0.00	0.00	0.00	31.64	0.59
13	O'veng	12.15	0.00	12.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.15	0.65
14	Preaek Maot Kandol	22.43	0.00	0.00	8.92	6.03	7.48	0.00	0.00	22.43	0.43
15	Chbar Ampov West	4.77	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.77	0.80
16	Chbar Ampov Middle	25.63	1.67	0.00	23.96	0.00	0.00	0.00	0.00	25.63	0.43
17	Chbar Ampov East	34.32	0.00	0.00	0.00	0.00	34.32	0.00	0.00	34.32	0.30
18	Satellite City	4.63	0.00	0.00	4.63	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	0.40
19	Cheung Aek Lake	23.28	3.39	0.00	7.82	0.00	7.84	0.00	4.23	19.05	0.43
20	Bak Khaeng	18.74	0.00	0.00	0.00	0.00	18.74	0.00	0.00	18.74	0.30
21	Chroy Changvar	2.10	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.40
22	Wat Phnom North	1.17	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.80
23	Trabek	13.01	2.58	10.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	12.81	0.68
24	Tumpun	14.49	1.99	3.34	8.82	0.00	0.00	0.00	0.34	14.15	0.52
25	Tamok West	133.85	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	1.99	0.80
26	Prek Thnot South	39.97	0.00	0.00	0.00	0.00	39.97	0.00	0.00	39.97	0.30
27	City Core North Area	5.80	1.17	0.00	4.62	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	0.48
合計		621.73	34.08	37.90	130.78	26.46	252.96	2.31	5.72	484.49	—

出典：調査団

5.4 現況水路の評価(氾濫解析：Without Project)

本 M/P では、将来の土地利用計画により開発が行われた場合、雨水排水のための枝線(道路側溝等)が整備され、流域に降った雨は本 M/P で対象とする雨水排水路へ流入すると仮定した上で、本 M/P で検討する代替案が実施されない場合、どの程度の浸水問題が生じるかを検証する。

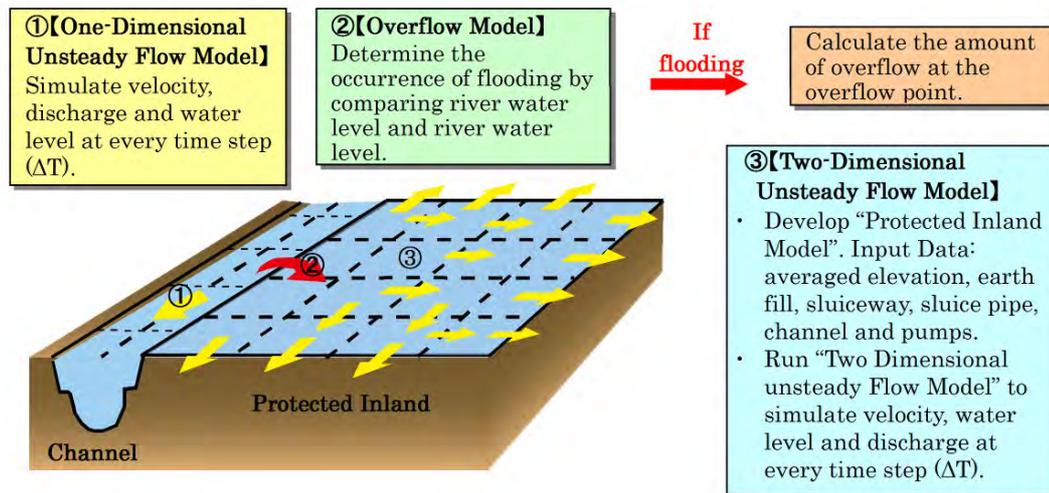
(1) 氾濫解析手法

対象地域における氾濫流の解析には、平面 2 次元不定流モデルを用いる。そのモデルの概要およびイメージ図を表 5.4.1、図 5.4.1 に示す。

表 5.4.1 氾濫モデルの概要

項目	内容
ソフトウェア	DHI-MIKE-FLOOD
グリットサイズ	100 m×100 m
標高データ	標高点測量結果および既往調査結果より設定
蒸発量	4 mm/日(気象観測データより設定)
粗度係数	2035年の土地利用を基に設定

出典：調査団

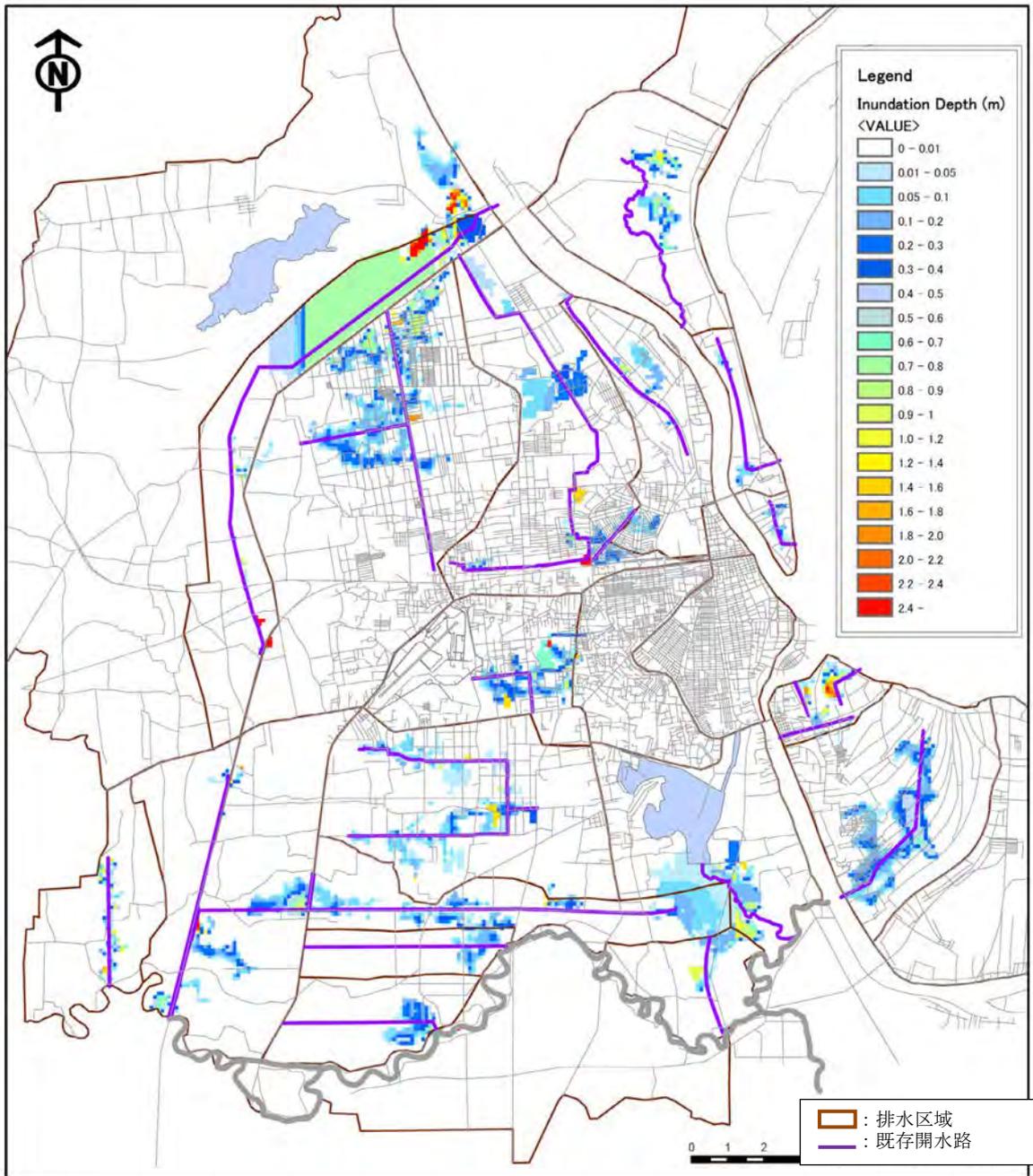


出典：調査団

図 5.4.1 氾濫解析イメージ図

(2) Without プロジェクト氾濫解析結果

排水改善対策を実施しない場合の氾濫解析結果を、図 5.4.2 に示す。



出典：調査団

図 5.4.2 Without プロジェクト最大浸水区域

第6章 雨水排水マスタープラン

6.1 雨水排水の改善案検討

調査地域における排水改善検討で重要な項目は下記の2点である。

- 各排水区における排水の方向
- 各排水区における排水方式

排水改善案の設定における基本条件は、以下のとおりとする。

- 1つの排水区につき、排水の出口は一つとする。
- 排水方向は、地形、土地利用、現況排水施設により決定する。
- 既設の排水路がある場合は、その改良を優先する。
- 動力に頼らず重力により排水する自然流下システムによる排水方法を優先して採用する。
- 輪中堤および河川堤防を横断する箇所では、必要に応じて、排水機場および樋管を設置する。

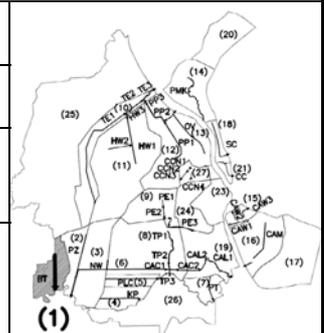
6.1.1 各排水区における排水改善案

各排水区の排水方向は、基本的には、地形、土地利用、現況排水施設の状況により、排水区ごとに決定されるが、「6. Cheung Aek Channel 排水区」と「8. Tuol Pongro 排水区」、ならびに、「12. Pong Peay 排水区」と「13. O'veng 排水区」については、排水区ごとに個別に排水する案と、2つの排水区を統合して排水する案が考えられることから、後述の通り別途比較検討して最適案を選定する。

よって、27の排水区のうち、「6. Cheung Aek Channel 排水区」、「8. Tuol Pongro 排水区」、「12. Pong Peay 排水区」および「13. O'veng 排水区」の4つの排水区を除く23排水区に対する排水改善案を、排水改善案設定の基本条件に従って立案し、以下に整理する。

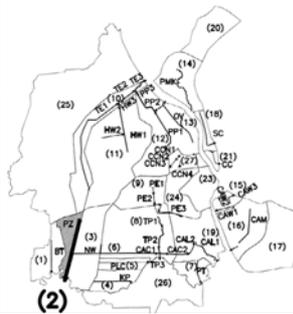
(1) Boeung Thom 排水区(排水区番号：1)

項目	内容
位置	プノンペン都の西南端、PPSEZの西側に位置する。 北：国道4号線、南：Prek Thnot川、東：PPSEZ、西：都境界
土地利用	現在：ほぼ全域が農地 将来：農地
排水区の特徴	地表の標高が15m以上あり、西から東へ緩やかに傾斜している地形。既存のPratek Lan水路により西から東へ自然流下で排水している。
課題	Pratek Lan水路の鉄道下を横断する箇所が狭窄部になっているのと、水路の流下能力不足のため、年間1日～5日間ほど雨季に水路の水が溢れ、PPSEZおよびその西側で浸水が発生する。
排水改善方針	既存のPratek Lang水路の負担軽減を目的として、南北方向に排水路を作り、自然流下でPrek Thnot川に排水する。
構造物対策	排水路、(樋門)
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 排水路は新規建設であり、水路は農地に建設されることから、ある程度の地形的な改変が想定される。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。



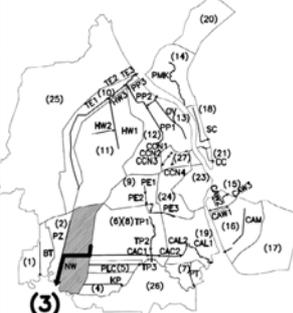
出典：調査団

(2) PPSEZ 排水区(排水区番号：2)

項目	内容	
位置	北側を国道4号線、南側を Prek Thnot 川、西側をプノンベン経済特区(Phnom Penh Special Economic Zone)、東側を線路、に囲まれたエリア。	
土地利用	現在：工業用地、農地 将来：経済開発区、工業用地、農地	
排水区の特徴	平坦に造成された地形。国道4号線に面した場所では宅地開発が進んでいる。既存の灌漑、排水兼用の Pratek Lan 水路が、PPSEZ の敷地内を西から東へ横断し、自然流下で排水している。	
課題	Pratek Lan 水路が鉄道下を横断する箇所が狭窄部になっているのと、水路の流下能力不足のため、2年に1回ほど、年間2日～5日間程度、雨季に水路の水が溢れ、PPSEZ およびその西側で浸水が発生する。	
排水改善方針	PPSEZ およびその東側の地域の排水を目的とし、線路の西側沿いの排水路を改良し、自然流下で Prek Thnot 川に排水する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：5 家屋 PPSEZ の工業団地内における年に数日発生する浸水被害による経済活動への負の影響の減少が期待される。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。	

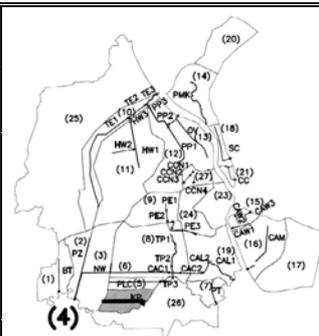
出典：調査団

(3) NR.3 West 排水区(排水区番号：3)

項目	内容	
位置	北側を国道4号線、南側を Prek Thnot 川、西側を線路、東側を国道3号線、に囲まれたエリア。	
土地利用	現在：北側の4号線沿いは、工業用地および住宅地(全体の約20%)、その他は農地。 将来：全体の北側30%は市街地、経済開発区、その他は農地。	
排水区の特徴	北から南に向かって土地開発が進んでいる。 既存の灌漑、排水兼用の Pratek Lan 水路、Cheung Aek 水路が西から東へ自然流下しているが流下能力は小さい。国道3号線の西側に沿って南北方向の不連続の水路がある。排水区南部の水田地帯では、灌漑用水路が格子状に広がっている。 現在のところ浸水被害の発生は確認されていない。	
課題	排水区の北部は市街地および経済特区として開発される予定であるため、将来的に北部の排水が問題となると予想される。北部の排水を南部に排水する水路を確保しておく必要がある。	
排水改善方針	北・東・西を標高の高い線路と道路に囲まれているので、南の Prek Thnot 川に向かって自然流下で排水する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：36 家屋 既存水路が改修されるため、ある程度の既存水田地帯への灌漑水路の地形的な変化が想定される。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、水田等の農作物等への影響も調査時には確認が必要である。	

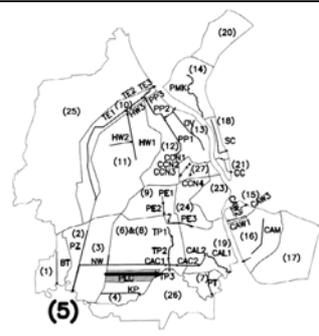
出典：調査団

(4) Krang Pongro 排水区(排水区番号：4)

項目	内容	
位置	Krang Pongro 水路の集水域。南側及び東側で Prek Thnot 川に接している。	
土地利用	現在：農地 将来：農地、低密度集落	
排水区の特徴	西から東に向かって緩やかな勾配がついている地形。 既存の灌漑、排水兼用の Krang Pongro 水路が西から東へ自然流下しているが流下能力は小さい。 現在のところ浸水被害の発生は確認されておらず、農地が主な利用目的であるため、浸水が発生してもダメージは小さいと考えられる。	
課題	既存水路を整備して確保しておく必要がある。	
排水改善方針	既存の Krang Pongro 水路を必要な排水能力を有する排水路に改善し、自然流下で Prek Thnot 川に排水する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：2 家屋 既存水路が改修されるため、ある程度の既存水田地帯への灌漑水路の地形的な改変が想定される。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、水田等の農作物等への影響も調査時には確認が必要である。	

出典：調査団

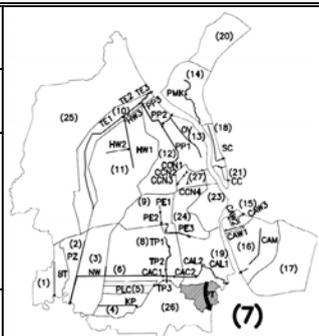
(5) Pratek Lang Channel 排水区(排水区番号：5)

項目	内容	
位置	Pratek Lang 水路の集水域のうち、国道 3 号線の東側の部分。東側で Prek Thnot 川に接している。	
土地利用	現在：農地 将来：農地、低密度集落	
排水区の特徴	西から東に向かって緩やかな勾配がついている地形。 既存の灌漑、排水兼用の Pratek Lang 水路が西から東へ自然流下しているが流下能力は小さい。 現在のところ浸水被害の発生は確認されておらず、農地が主な利用目的であるため、浸水が発生してもダメージは小さいと考えられる。	
課題	既存水路を整備して確保しておく必要がある。	
排水改善方針	既存の Pratek Lang 水路を必要な排水能力を有する排水路に改善し、自然流下で Prek Thnot 川に排水する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：10 家屋 既存水路が改修されるため、ある程度の既存水田地帯への灌漑水路の地形的な改変が想定される。雨水の排出先は Prek Thnot 川であり、河川下流域への水文学的配慮が必要となる。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、水田等の農作物等への影響も調査時には確認が必要である。	

出典：調査団

(6) Preaek Thloeng 排水区(排水区番号：7)

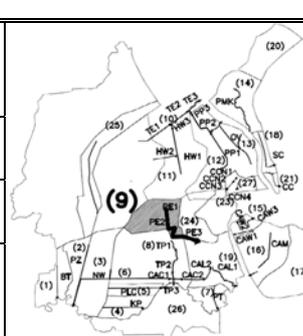
項目	内容	
位置	Cheung Aek 湖の南側。北側以外で Prek Thnot 川に接している。大規模土地開発である ING City の一部に相当する。	
土地利用	現在：農地、湿地 将来：低密度集落	
排水区の特徴	全体的に平坦な地形で、中央部が低湿地帯。現在のところ浸水による被害の発生は確認されていない。都の 2035 年の土地利用計画では低密度集落とされているが、大規模土地開発である ING City の一部であるため、住宅地となる可能性がある。	
課題	将来に備え、排水路を整備して確保しておく必要がある。	
排水改善方針	自然流下で Prek Thnot 川に排水するために必要な排水路の仕様を示す。排水路の整備は ING City により実施されることを想定するが、都によって排水施設を整備する場合は、土地開発の状況を見極めてから実施する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：2 家屋 現在は、湿地帯(Cheung Aek 湖)であるが、ING City による開発が進められている。この開発により、実施時には地形・水文学的特徴が、現状と大きく相違していることが想定されるため、実施時の調査が必要となる。Cheung Aek 湖は野生生物の生息には不向きなレベルで汚染が進んでおり、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。	



出典：調査団

(7) Pochentong East 排水区(排水区番号：9)

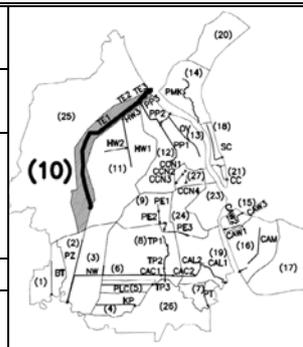
項目	内容	
位置	プノンペン国際空港(旧 Pochentong 国際空港)とその東側、東南側のエリア。北・西：国道 4 号線、南：Veng Sreng 道路(旧 BOT 道路)、東：Tumpun 排水区との流域境界、で囲まれる。	
土地利用	現在：住宅地(高密度)、商工業地域(工場、商店) 将来：住宅地(高密度)、商工業地域、経済開発区	
排水区の特徴	全体的に平坦な地形。プノンペンの市街地の西側への拡大に伴い、近年、もっとも都市化が進展した地区。	
課題	急激な都市化に、排水対策が追い付いておらず、特に排水区内の南側部分で浸水被害が発生しており、今後もさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性がある。	
排水改善方針	既存の排水路や排水管路を、新設するボックスカルバートに接続し、Veng Sreng 道路(旧 BOT 道路)を横切って排水機場により南に排水し、Moul 水路を経由して Cheung Aek 湖へ排水する。	
構造物対策	ボックスカルバート、排水機場、調整池、排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：40 家屋 高密度な住宅地・商工業地域での工事となるため、近隣住民への影響を回避/最小化する必要がある。既存調整池を浚渫することによる周辺への影響に留意する。既存調整池は非常に不衛生であるため、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、計画段階の調査時において調整池の動植物・生態系について確認する必要がある。	



出典：調査団

(8) Tamok East 排水区(排水区番号：10)

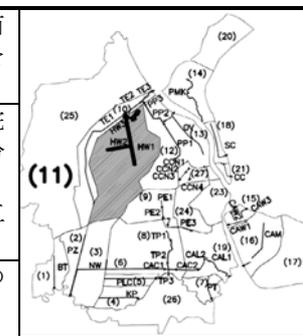
項目	内容
位置	プノンペン北側の外輪中堤である Kop Srov 堤防の外側(北側および西側)に沿ったエリア。
土地利用	現在：農地、湿地 将来：経済開発区、農地、低密度集落
排水区の特徴	Kop Srov 堤防が国道4号線に突き当たる交差点の北側に大規模な経済開発区の将来計画があり、そのエリアからの排水対策を講じる必要がある。 現在のところ浸水被害の発生は確認されていない。
課題	将来に備え、排水路を整備して確保する必要がある。
排水改善方針	国道4号線は、プノンペンの南北の流域境界であるため、このエリアからは北側へ排水する。 KopSrov 堤防沿いに Tamok 湖を経由して、堤防北側で Sap 川へ流出する排水路により排水する。
構造物対策	排水路
環境社会配慮	想定住民移転数：154 家屋 移転を最小限にするような建設計画が必要である。排水路は新規建設となり、現状の表流水の流れが大きく変わることが想定されるため、浸水被害等の検討が必要となる。プノンペン都の将来土地利用計画では Tamok 湖を埋立てる計画としており、Tamok 湖縮小に伴う水文学的検討が必要となる。



出典：調査団

(9) Hanoi West 排水区(排水区番号：11)

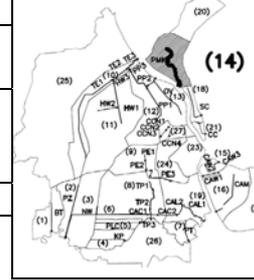
項目	内容
位置	プノンペン北側の外輪中堤である Kop Srov 堤防の内側で、西側と北側を Kop Srov 堤防、東側を Hanoi(St.1019)通り、南側を国道4号線、で囲まれるエリア。
土地利用	現在：南部の国道4号線沿いと東部の Hanoi 通り沿いは、住宅地(高密度)および商工業地域(工場、商店)。その他の部分は、農地および低密度集落 将来：南部および東部は、住宅地(高密度)および商工業地域(工場、商店)。北西部は、農地および低密度集落
排水区の特徴	全体的に平坦な地形。浸水被害発生地域である、空港北西側の地域と国道4号線と線路に挟まれる地域が集水域に含まれる。 集められた雨水は、開水路(Tuol Sampov 水路)によって北側に流れ、最終的に Tuol Sampov 排水機場(Kop Srov 排水機場の西側に位置する)から Tamok 湖に排水している。 排水区の南部では、Pochentong East 排水区と同様に、すでに都市化が進行中である。
課題	急激な都市化に、排水対策が追い付いておらず、すでに浸水被害が発生しており、今後もさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性がある。
排水改善方針	将来的に必要となる排水施設を下流から整備する。 既存の Tuol Sampov 水路、Tuol Bakha 1 水路、および Tuol Sampov 排水機場を必要な排水能力を有する規模に改修するとともに、周辺の既存水路は保全する。 排水機場の初期投資額、および、運営維持管理費を低く抑えるために、調整池を整備する。
構造物対策	排水路、排水機場、調整池
環境社会配慮	想定住民移転数：28 家屋 南部は高密度な住宅地・商工業地域での工事となるため、近隣住民への影響を回避/最小化する必要がある。既存調整池を浚渫することによる周辺への影響に留意する。既存調整池は非常に不衛生であるため、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、計画段階の調査時において調整池の動植物・生態系について確認する必要がある。



出典：調査団

(10) Preaek Maot Kandol 排水区排水区(排水区番号：14)

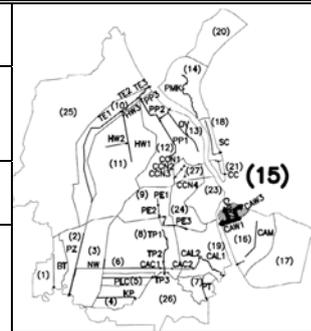
項目	内容	
位置	Mekong 川と Sap 川に挟まれた半島部、Chroy Chang var 区の北部。	
土地利用	現在：国道 6 号線沿いのみ住宅地(低密度)、その他は湿地 将来：経済開発区、住宅地(低密度)	
排水区の特徴	低湿地帯。既存の自然水路の集水域。 北側に現在造成中の経済開発区予定地がある。 現在のところ浸水による被害の発生は確認されていない。	
課題	将来に備え、排水路を整備して確保する必要がある。	
排水改善方針	既存の水路を保全し、将来、湿地を住宅地として開発する際、既存水路を自然流下で Sap 川に排水するために必要な規模となるよう開発業者に改修させる。 都によって排水施設を整備する場合は、土地開発の状況を見極めてから実施する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：47 家屋 既存水路は自然水路であるため、動植物・生態系について確認する必要がある。また、水路沿いには家屋が存在するため、排水路整備時には住民への影響を回避/最小化するように検討することが必要である。	



出典：調査団

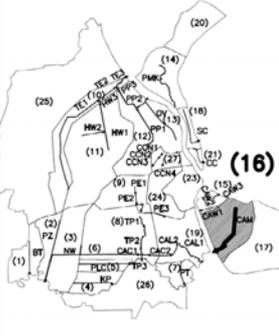
(11) Chbar Ampov West 排水区(排水区番号：15)

項目	内容	
位置	Mekong 川と Bassac 川に挟まれた、Chbar Ampov 区の北西部。 Barang 水路の北側。	
土地利用	現在：西側半分は住宅地および商業地。東側半分は、湿地および開発予定地 将来：住宅地(高密度)、高層ビル群	
排水区の特徴	平坦な地形。現プノンペン市街地に近い西側から都市化が進んでいる。将来的には全域が市街地化される予定。	
課題	既存の Barang 水路は、雨季の Bassac 川水位上昇時には、河川水が水路内に逆流する。水路沿いと水路内に多くの家が建ち、多くのごみが投棄されている。 急激な都市化に、排水対策が追いついておらず、浸水被害が発生しており、今後もさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性がある。	
排水改善方針	Barang 水路は必要な規模となるよう改修し、雨季にも排水できるように排水機場を建設する。国道 1 号線の北側部分は、既存の水路を保全し、将来、湿地を住宅地として開発する際に、自然流下で Bassac 川および Mekong 川に排水するために必要な規模となるよう、既存水路を改修する。	
構造物対策	排水路、排水機場	
環境社会配慮	想定住民移転数：179 家屋 既存水路内および水路沿いに家屋が多く建設されており、住民移転等による住民への社会環境面での影響が最小となるよう検討が必要である。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。ポンプ場建設に伴い、ポンプ場下流域においては流量が現状より多くなるのが想定されるため、水文学的な配慮が必要である。	



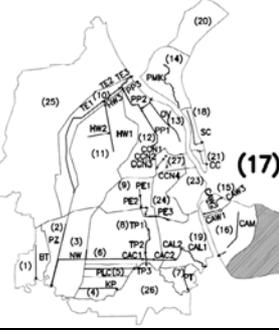
出典：調査団

(12) Chbar Ampov Middle 排水区(排水区番号：16)

項目	内容	
位置	Mekong 川と Bassac 川に挟まれた、Chbar Ampov 区の中央部。	
土地利用	現在：西側の国道沿いおよび堤防道路沿いは住宅地および商業地。東側は、湿地および農地。 将来：住宅地(高密度・低密度)	
排水区の特徴	平坦な地形、大部分が低湿地帯。 現プノンペン市街地に近い西側から都市化が進んでおり、将来的には全域住宅用地となる。現状で東側半分が湿地であり、地域内に降った雨は湿地内に溜め込まれている。	
課題	湿地から河川に排水する出口がないため、市街地化の進展に伴い、浸水被害が顕在化しつつある。今後もさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性がある。	
排水改善方針	将来、湿地を住宅地として開発する際に、必要な規模の排水路を新規に建設し、同時に雨季の河川水位上昇時も排水できるよう、排水機場を新規に建設する。 排水機場の初期投資額、および、ランニングコストを低く抑えるために、調整池を整備する。都によって排水施設を整備する場合は、土地開発の状況を見極めてから実施する。	
構造物対策	排水路、排水機場、調整池	
環境社会配慮	想定住民移転数：17 家屋 北部は、湿地帯であるため、新規排水路建設により地形・水文学的特徴が大きく変更されることが想定されるため、計画時には水文学的配慮が必要となる。北部湿地帯は野生生物の生息には不向きなレベルの状況であり、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、計画段階の調査時において調整池の動植物・生態系について確認する必要がある。	

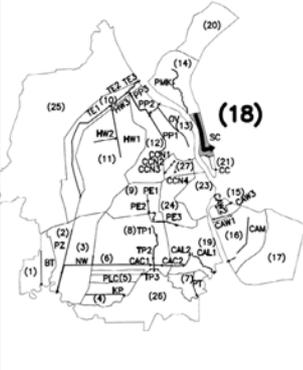
出典：調査団

(13) Chbar Ampov East 排水区(排水区番号：17)

項目	内容	
位置	Mekong 川と Bassac 川に挟まれた、Chbar Ampov 区の東部。	
土地利用	現在：湿地、低密度集落 将来：土地利用計画なし	
排水区の特徴	ほぼ全域湿地	
課題	なし	
排水改善方針	土地利用計画がなく、現在・将来ともに浸水被害が認められないので、計画対象外とする。	
構造物対策	提案しない	
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 構造物対策を提案しないため、環境社会への影響は想定されない。	

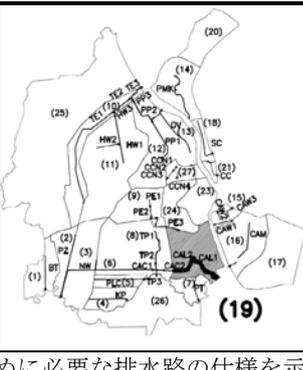
出典：調査団

(14) Satellite City 排水区(排水区番号 : 18)

項目	内容	
位置	Mekong 川と Sap 川に挟まれた半島部、Chroy Chang var 区の中央部。	
土地利用	現在：国道 6 号線沿いのみ住宅地(低密度)、その他は住宅地として造成中 将来：住宅地(低密度)	
排水区の特徴	既存の排水路はない。 エリアの大部分が大規模土地開発である Satellite City として現在開発中である。	
課題	土地開発の進行に合わせて、排水施設を整備する必要がある。	
排水改善方針	開発業者に排水施設を整備する責任を負わせる。自然流下で Mekong 川(もしくは Sap 川)に排水するために必要な排水路の仕様を示す。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：4 家屋 排水路は新規建設であり、ある程度の地形的な変化が想定される。既存水路や湿地等はなく動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。	

出典：調査団

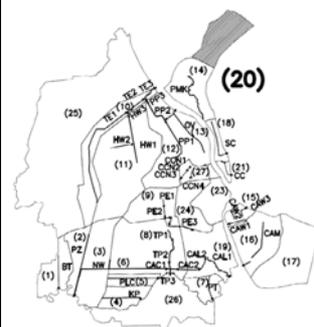
(15) Cheung Aek Lake 排水区(排水区番号 : 19)

項目	内容	
位置	Cheung Aek 湖およびその周辺地域。北側を Tumpun 輪中堤(St.371)および St.271、東側を国道 2 号線(Bassc 川)、西側を Cheung Aek 道路(St.217)に囲まれ、南東部で Prek Thnot 川に接している。大規模土地開発である ING City の一部に相当する。	
土地利用	現在：農地、湖、湿地 将来：住宅地(高密度・低密度)、商工業用地	
排水区の特徴	大規模土地開発である ING City の一部であり、水面以外の所有権は ING 社が保有している。土地の開発に伴い、排水区全体が埋め立てられる予定。	
課題	土地の所有者、開発者が ING 社であることから、土地開発の進行に合わせて、ING 社が排水施設を整備する必要がある。	
排水改善方針	ING 社で建設すべき、自然流下で Prek Thnot 川に排水するために必要な排水路の仕様を示す。都によって排水施設を整備する場合は、土地開発の状況を見極めてから実施する。	
構造物対策	排水路	
環境社会配慮	想定住民移転数：152 家屋 現在は、湿地帯(Cheung Aek 湖)であるが、ING City による開発が進められている。この開発により、実施時には地形・水文学的特徴が、現状と大きく相違していることが想定されるため、実施時の調査が必要となる。Cheung Aek 湖は野生生物の生息には不向きなレベルで汚染が進んでおり、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、実施時に確認の必要がある。	

出典：調査団

(16) Bak Khaeng 排水区(排水区番号：20)

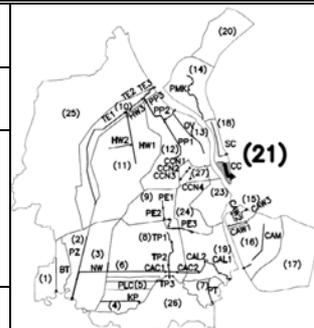
項目	内容
位置	Chroy Chang var 区の北端部。Mekong 川および国道 6 号線沿いのエリア。
土地利用	現在：湿地、国道沿いのみ低密度集落 将来：土地利用計画なし
排水区の特徴	ほぼ全域湿地
課題	なし
排水改善方針	土地利用計画がなく、現在・将来ともに浸水被害が認められないので、計画対象外とする。
構造物対策	なし
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 構造物対策を提案しないため、環境社会への影響は想定されない。



出典：調査団

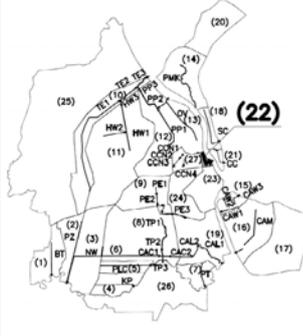
(17) Chroy Changvar 排水区(排水区番号：21)

項目	内容
位置	Mekong 川と Sap 川に挟まれた半島の先端部、Chroy Chang var 区の南端部。
土地利用	現在：住宅地(低密度)、湿地 将来：住宅地(低密度)
排水区の特徴	市街地部分は埋立てた土地の上に成立している。周辺部の埋立てが進んだため、半島中央部の埋立てが行われる以前から存在する住宅地において浸水被害が発生するようになった。都市計画によると、エリアの全域が将来的に低密度の住宅地となる。
課題	既存の排水路がなく、中央部の低地から河川に排水する出口がないため、浸水被害が発生している。今後もさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性がある。
排水改善方針	自然流下で Mekong 川(もしくは Sap 川)に排水するために必要な規模の排水路を新規に建設する。
構造物対策	排水路
環境社会配慮	想定住民移転数：42 家屋 排水路は新規建設であり、ある程度の地形的な改変が想定される。埋立てによって形成されたエリアであり、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。



出典：調査団

(18) Wat Phnom North 排水区(排水区番号：22)

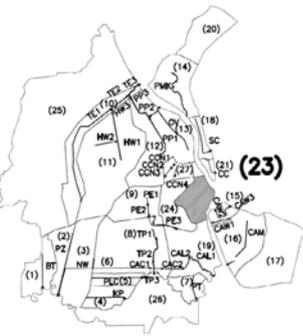
項目	内容	
位置	プノンペン中心市街地の北東部。北側を日本橋のアプローチ道路、東側を Sap 川、西側を Monivong 大通り、南側を St.102、で囲まれるエリア。	
土地利用	現在：住宅地(高密度)、商業地、官公庁街 将来：住宅地(高密度)、商業地、官公庁街	
排水区の特徴	フェーズ 2 ^(*) 計画時に調査対象地域とされたが、要請されたコンポーネント間の事業実施優先度の観点から、排水改善事業の実施を後回しにされた地区。 現状で事業実施の優先度が非常に高い地区。	
課題	現状で、雨季に浸水被害が頻発しており、病院、官公庁、等の重要施設が多く存在するエリアであることから早急な対策が必要。	
排水改善方針	排水管路を面的に整備し、地下貯留槽および排水機場により、雨水を Sap 川に排水する。一方、乾季および晴天時の汚水は遮集管により、Trabek 排水路へ迂回させる。	
構造物対策	排水管路、地下貯留槽(*2)、排水機場	
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 市中心部であり、地質・地形的特徴への影響は想定されていない。また、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。	

(*1) 第 2 次プノンペン市洪水防御および排水改善計画

(*2) 本排水区は、雨水調整池として機能する湖沼等が存在しないため、地下貯留槽を計画し排水機場の規模を小さくする計画とする。

出典：調査団

(19) Trabek 排水区(排水区番号：23)

項目	内容	
位置	プノンペン中心市街地の東部。	
土地利用	現在：住宅地(高密度)、商業地、官公庁街 将来：住宅地(高密度)、商業地、官公庁街	
排水区の特徴	フェーズ 2 ^(*) およびフェーズ 3 ^(*) の事業対象地域。既存の Trabek 排水機場の集水域。 フェーズ 2 およびフェーズ 3 の実施により、現状に対する緊急かつ最低限必要な排水施設の整備は完了している。	
課題	フェーズ 2 で建設した排水機場の除塵スクリーンが、想定以上の量のごみにより目詰まりを起こすため、排水施設の機能を計画通りに発揮できていない。	
排水改善方針	フェーズ 2 で建設した排水機場の除塵スクリーンを改善し、排水施設を計画通り機能させる。	
構造物対策	自動除塵機(4 箇所)	
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 既存排水機場内にての事業であり、自然環境、環境社会への影響は現時点で想定されていない。	

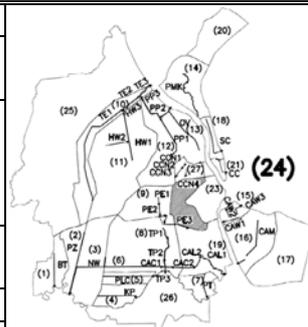
(*1) 第 2 次プノンペン市洪水防御および排水改善計画

(*2) 第 3 次プノンペン市洪水防御・排水改善計画

出典：調査団

(20) Tumpun 排水区(排水区番号：24)

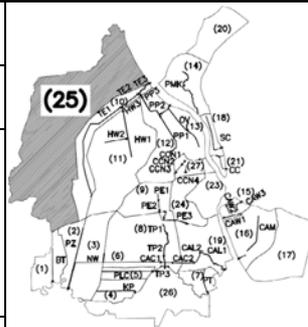
項目	内容
位置	プノンペン中心市街地の西部。
土地利用	現在：住宅地(高密度)、商業地、官公庁街 将来：住宅地(高密度)、商業地、官公庁街
排水区の特徴	フェーズ1 ^(*) の事業対象地域。既存の Tumpun 排水機場の集水域。 フェーズ1の実施により、排水区の下流域における緊急的かつ最低限必要な排水施設の整備は完了している。
課題	近年住宅地化した地域など、排水管網が未整備なところがある。
排水改善方針	今回は提案しない
構造物対策	なし
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 構造物対策を提案しないため、環境社会への影響は想定されない。



(*1) プノンペン市洪水防御・排水改善計画
出典：調査団

(21) Tamok West 排水区(排水区番号：25)

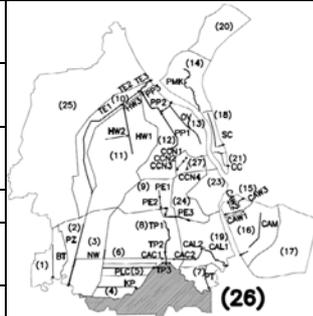
項目	内容
位置	外輪中堤である Kop Srov 堤防の外側に位置するエリア。プノンペン北西の最も外側。
土地利用	現在：農地、湿地、低密度集落 将来：農地、湿地、低密度集落、土地利用計画なし
排水区の特徴	Tamok 湖の集水域で、Tamok 湖への流入自然河川がある。 雨季には Sap 川の水位の影響を受けるため、Sap 川への出口には韓国の援助で作った水位調節用の堰がある。雨季には Tamok 湖から北側の湿地へも流れる。 都市化は進んでおらず、Tamok 湖とその周辺の湿地部を除くほぼ全域が農地。
課題	なし
排水改善方針	西から東に向かって土地に緩い傾斜があり、現在・将来ともに浸水被害が認められないので、計画対象外とする。
構造物対策	既存河川の保全
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 構造物対策を提案しないため、環境社会への影響は想定されない。



出典：調査団

(22) Prek Thnot South 排水区(排水区番号：26)

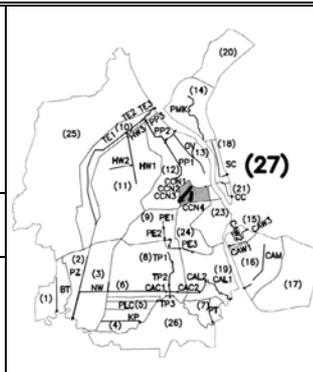
項目	内容
位置	プノンペン の最も南側に位置し、Prek Thnot 川の南岸側のエリア。
土地利用	現在：農地、低密度集落 将来：土地利用計画なし
排水区の特徴	ほぼ全域農地
課題	なし
排水改善方針	土地利用計画がなく、現在・将来ともに浸水被害が認められないので、計画対象外とする。
構造物対策	なし
環境社会配慮	想定住民移転数：なし 構造物対策を提案しないため、環境社会への影響は想定されない。



出典：調査団

(23) City Core North Area 排水区(排水区番号：27)

項目	内容
位置	内輪中堤の内側、プノンペン中心市街地の北西部。Tuol Kok 区の国道4号線以北と旧 Boeung Kak 湖の埋立地を合わせた部分に相当。 西側を St.598、北側を St.355・St.273・St.70、東側を Monivong 大通り、南側をロシア大通り(国道4号線の延長)で囲まれるエリア。
土地利用	現在：住宅地(高密度)、商業地 将来：住宅地(高密度)、商業地
排水区の特徴	1999年のM/Pで提案されているが、事業の優先度の観点から、いまだ排水改善対策は行われていない。 現状で事業実施の優先度が非常に高い地区。
課題	Tuol Kok 区の部分には Tuol Kork 1 および Tuol Kork 2 排水機場の集水域が含まれる。 Boeung Kak 湖の埋立開発業者である SHUKAKU 社が、開発地の排水施設整備を行っている。
排水改善方針	Tuol Kok 区の北部に排水幹線(ボックスカルバート)を建設するとともに、自然排水により内輪中の外側に排水できるように排水樋管を建設する。 旧 Boeung Kak 湖の埋立地の排水施設整備は、SHUKAKU 社に任せる。
構造物対策	ボックスカルバート、排水樋管
環境社会配慮	想定住民移転数：18 家屋 高密度な住宅地・商工業地域での工事となるため、近隣住民への影響を回避/最小化する必要がある。樋管建設後にはある程度の水路の流れや流量が改変するので下流域への水文学的な配慮が必要である。現段階では動植物・生態系への影響は想定されていない。



出典：調査団

6.1.2 「Cheung Aek Channel 排水区(排水区番号：6)」と「Tuol Pongro 排水区(排水区番号：8)」の排水改善代替案検討

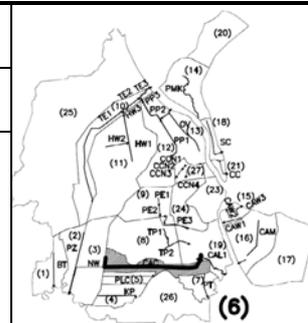
「(6) Cheung Aek Channel 排水区」と「(8) Tuol Pongro 排水区」は、排水区ごとに個別に排水する案と、2つの排水区を統合して排水する案が考えられる。

以下のとおり、2案の比較検討を行った結果、2つの排水区を統合して排水する案を採用した。

(1) 「(6) Cheung Aek Channel 排水区」、 「(8) Tuol Pongro 排水区」 個別排水区

(a) Cheung Aek Channel排水区(排水区番号: 6)

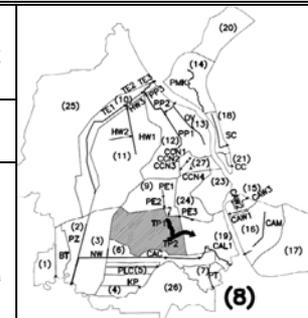
項目	内容
位置	Cheung Aek 水路の集水域。東西に細長く、東側で Cheung Aek 湖に接続している。
土地利用	現在：農地 将来：農地、住宅地(低密度)
排水区の特徴	西から東に向かって緩やかな勾配がついている地形。 既存の灌漑、排水兼用の Cheung Aek 水路が西から東へ自然流下しているが、距離が長く勾配が緩いため、流下能力は小さい。 現在のところ浸水被害の発生は確認されておらず、農地が主な利用目的であるため、浸水が発生してもダメージは小さいと考えられる。集水域内に、ごみの最終処分場がある。
課題	排水区の下流部が将来住宅地として開発される予定であるため、将来に備え、排水路を整備して確保する必要がある。
排水改善方針	既存の Cheung Aek 水路を必要な排水能力を有する排水路に改善し、自然流下で Cheung Aek 湖に排水する。
構造物対策	排水路
環境社会配慮	想定住民移転数：69 家屋 既存水路が改修されるため、ある程度の既存水田地帯への灌漑水路の地形的な改変が想定される。また、排水地点は湿地帯(Cheung Aek 湖)であるが、ING City により土地開発中である。土地開発により、実施時には地形・水文学的特徴は現状と大きく相違していることが想定されるため、実施時の調査が必要となる。Cheung Aek 湖は野生生物の生息には不向きなレベルで汚染が進んでおり、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。



出典：調査団

(b) Tuol Pongro排水区(排水区番号: 8)

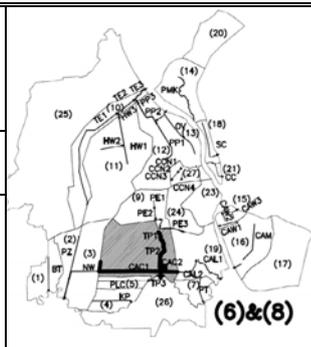
項目	内容
位置	Pochentong East 排水区の南側。 北：Veng Sreng 道路(旧 BOT 道路)、西：国道 3 号線、東：Cheung Aek 道路、南：Prey Sar 道路で囲まれるエリア。
土地利用	現在：農地、湿地、住宅地、工場 将来：住宅地(低密度)、住宅地(高密度)、経済開発区
排水区の特徴	西から東に向かって緩やかな勾配がついている地形。 Tuol Pongro 水路等の複数の灌漑、排水兼用の既存水路が西から東へ流、Moul 水路を経て Cheung Aek 湖へ自然流下している。 雨季には降雨を排水しきれずに、排水区内に点在している低地に水が溜まっている。 排水区内では北から都市化が始まっており、湿地の埋立て、農地から住宅地への転換が現在進行している。
課題	排水区内の北側部分では浸水被害が既に発生している。将来的にほぼ排水区全域で高度な土地利用がおこなわれる予定であるため、今後のさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性があるため、早い段階で排水施設を改善する必要がある。
排水改善方針	既存の Tuol Pongro 水路及びその周辺の水路を保全し、その下流に、必要な排水能力を有する排水路およびボックスカルバートを新設し、自然流下で Cheung Aek 湖に排水する。
構造物対策	排水路、ボックスカルバート
環境社会配慮	想定住民移転数：89 家屋 排水路北側ではすでに土地開発が行われており、新住宅地が存在するため、近隣住民への影響を回避/最小化する必要がある。排水先である Cheung Aek 湖は非常に不衛生であるため、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、計画段階の調査時において湖の動植物・生態系について確認する必要がある。



出典：調査団

(2) 「(6) Cheung Aek Channel 排水区」、 「(8) Tuol Pongro 排水区」 統合排水案

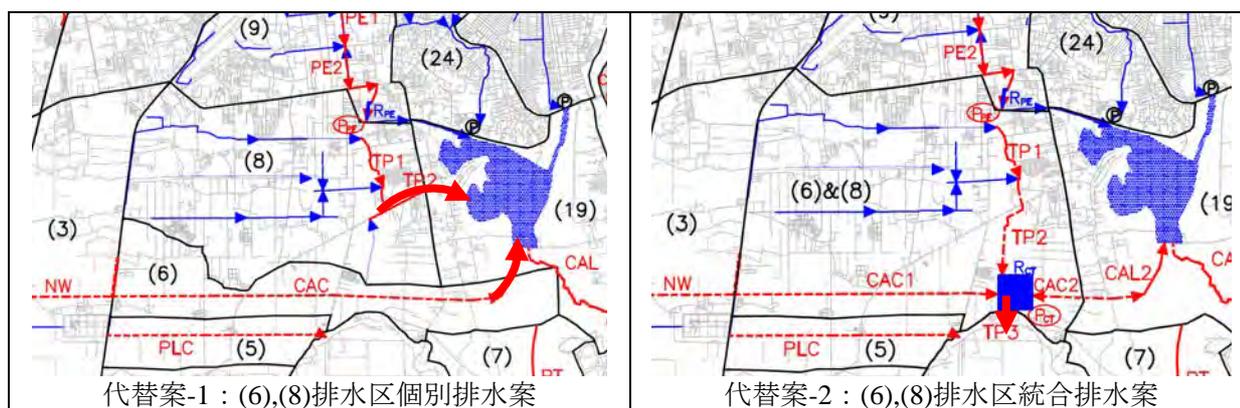
項目	内容
位置	Pochentong East 排水区の南側、Cheung Aek 水路の集水域を含む。 北: Veng Sreng 道路(旧 BOT 道路)、西: 国道 3 号線、東: Cheung Aek 道路、南: Cheung Aek 水路で囲まれるエリア。
土地利用	現在: 農地、湿地、住宅地、工場 将来: 住宅地(低密度)、住宅地(高密度)、経済開発区
排水区の特徴	西から東に向かって緩やかな勾配がついている地形。 雨季には降雨を排水しきれずに、排水区内に点在している低地に水が溜まっている。 排水区内では北から都市化が始まっており、湿地の埋立、農地から住宅地への転換が現在進行している。
課題	排水区内の北側部分では浸水被害が既に発生している。将来的に Tuol Pongro 排水区のほぼ全域で高度な土地利用がおこなわれる予定であるため、今後のさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性があるため、早い段階で排水施設を改善する必要がある。
排水改善方針	既存の Tuol Pongro 水路及びその周辺の水路を保全するとともに、その下流部である排水区東部の湿地を利用して南北方向に必要な排水能力を有する排水路を新設し、自然流下および排水機場により Prek Thnot 川に排水する。 排水機場の初期投資額、および、ランニングコストを低く抑えるために、調整池を整備する。 既存の Cheung Aek 水路は必要な排水能力を有する排水路に改善し、上記調整池を経由して合流させ、自然流下および排水機場により Prek Thnot 川に排水する。
構造物対策	排水路、排水機場、調整池
環境社会配慮	想定住民移転数: 81 家屋 上述の排水区(6)および(8)を個別に実施する案と比較すると、(8)排水区の排出先付近の住宅街を避けることができ、想定住民移転数を減らすことが出来る。自然環境への影響も、同様に住宅街での工事を最小化できるので影響も小さくなる。どちらの案も動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。



出典: 調査団

(3) 「(6) Cheung Aek Channel 排水区」、 「(8) Tuol Pongro 排水区」 の排水改善代替案比較検討

上記、「(6) Cheung Aek Channel 排水区」、 「(8) Tuol Pongro 排水区」に関する、個別排水案と統合排水案を図 6.1.1 に示す。



出典: 調査団

図 6.1.1 (6)Cheung Aek Channel 排水区、(8)Tuol Pongro 排水区の排水改善代替案

これら 2 つの代替案の特徴をまとめ、表 6.1.1 に示す。

表 6.1.1 (6) Cheung Aek Channel 排水区、(8) Tuol Pongro 排水区の排水改善代替案の比較

比較項目	代替案-1：(6),(8)排水区個別排水案	代替案-2：(6),(8)排水区統合排水案
排水方向	排水区別に、東側の Cheung Aek 湖に排水	まとめて、南側の Prek Thnot 川に排水
施設	開水路、ボックスカルバート	開水路、調整池、ポンプ場、樋門
建設費	88.6 million USD	48.2 million USD
運営維持管理費	0.1 million USD/year	0.4 million USD/year
EIRR	11.2%	12.5%
家屋移転	158 軒	81 軒
調整池面積	不要	70ha
採用	不採用	採用

出典：調査団

代替案-2 は、ポンプ場の調整池用の用地取得が必要になるが、建設費、家屋移転数等その他の比較項目においてすべて有利となる。したがって、代替案-2 の「(6) Cheung Aek Channel 排水区」、「(8) Tuol Pongro 排水区」統合排水案を採用する。

6.1.3 「Poung Peay 排水区(排水区番号：12)」と「O'veng 排水区(排水区番号：13)」の排水改善代替案検討

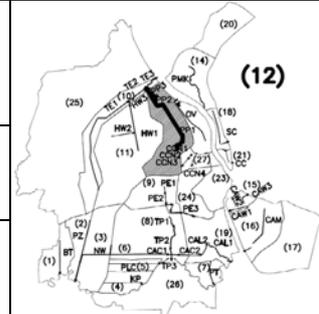
「(12) Poung Peay 排水区」と「(13) O'veng 排水区」は、排水区ごとに個別に排水する案と、2つの排水区を統合して排水する案が考えられる。

以下のとおり、2案の比較検討を行った結果、2つの排水区を統合して排水する案を採用した。

(1) 「(12) Poung Peay 排水区」、「(13) O'veng 排水区」個別排水案

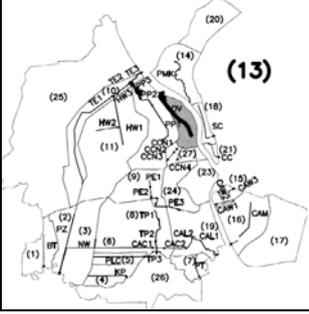
(a) Poung Peay 排水区(排水区番号：12)

項目	内容
位置	プノンペン市の北側の外輪中堤である Kop Srov 堤防の内側で、西側を Hanoi 通り、北側を Kop Srov 堤防、東側を St.598(通称、Chea Sophara 通り)と St.289(Penn Nouth、金日成通り)、南側を国道 4 号線、で囲まれるエリア。
土地利用	現在：南側半分は、住宅地(高密度)、および商工業地域(工場、商店)。北側半分は、住宅開発予定地、および湿地 将来：住宅地(高密度)および商工業地域(工場、商店)。
排水区の特徴	浸水被害発生地域である国道 4 号線と線路に挟まれる地域、が集水域に含まれる。集められた雨水は、開水路(Poung Peay 水路)によって北側に流れ、Poung Peay 湖を経由し、最終的に Kop Srov 排水機場から Tamok 湖に排水している。 排水区の南部では、Pochentong East 排水区と同様に、すでに都市化が進行中であり、将来的にはほぼ全域が住宅地および商工業用地として開発される予定。
課題	急激な都市化に排水対策が追いついておらず、すでに浸水被害が発生しており、今後もさらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生する可能性がある。
排水改善方針	将来的に必要な排水施設を下流から整備する。 既存の Poung Peay 水路、および Kop Srov 排水機場を必要な排水能力を有する規模に改修するとともに、周辺の既存水路は保全する。 排水機場の初期投資額、および、ランニングコストを低く抑えるために、Kop Srov 排水機場の調整池を整備する。
構造物対策	排水路、排水機場、調整池
環境社会配慮	想定住民移転数：22 家屋 高密度な住宅地・商工業地域での工事となるため、近隣住民への影響を回避/最小化する必要がある。調整池の整備後にはある程度の水路の流れや流量が改変するので下流域への水文学的な配慮が必要である。動植物・生態系への影響は現段階では想定されていない。



出典：調査団

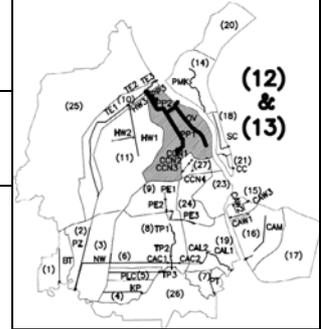
(b)O'veng 排水区(排水区番号：13)

項目	内容	
位置	プノンペンの北側の外輪中堤である Kop Srov 堤防の内側で、西側を St.598(通称、Chea Sophara 通り)と St.289(Penn Nouth、金日成通り)、北側を Kop Srov 堤防、東側を国道 5 号線、南側を St.355・St.273・St.70、で囲まれるエリア。	
土地利用	現在：エリアの南側 2/3 および国道 5 号線沿いは、住宅地(高密度)、および商工業地域(工場、商店)。残るエリアは、住宅開発予定地、および湿地 将来：住宅地(高密度)および商工業地域(工場、商店)。	
排水区の特徴	自然堤防の後背湿地を埋立ててできた土地。 集められた雨水は、開水路(Ou Bak Touk 水路および O'veng 水路)によって北側に流れ、内水位が Sap 川の水位より高い期間は Svay Pak 排水樋管から Sap 川に放流されている。 雨季の、内水位が Sap 川の水位より低い期間には、Svay Pak 排水樋管の水門を閉め、Svay Pak 排水機場により Sap 川へ排水するが、現状では排水機場が機能していないため、Poung Peay 排水区へ転流させ、Kop Srov 排水機場から Tamok 湖へ排水している。 今のところ深刻な浸水被害発生は報告されていない。	
課題	将来的には、現在湿地として残っている部分も含め、ほぼ全域が住宅地および商工業用地として開発される予定であることから、今後、さらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生することが十分予想される。	
排水改善方針	将来的に必要なとなる排水施設を下流から整備する。 既存の O'veng 水路、および Svay Pak 排水機場を必要な排水能力を有する規模に改修するとともに、Ou Bak Touk 水路等の周辺の既存水路は保全する。 排水機場の初期投資額、および、ランニングコストを低く抑えるために、Svay Pak 排水機場の調整池を整備する。	
構造物対策	排水路、排水機場、調整池	
環境社会配慮	想定住民移転数：71 家屋 高密度な住宅地・商工業地域での工事となるため、近隣住民への影響を回避/最小化する必要がある。最終排出先である Tamok 湖は非常に不衛生であるため、動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、計画段階の調査時において調整池の動植物・生態系について確認する必要がある。	

出典：調査団

(2) 「(12) Pong Peay 排水区」、 「(13) O'veng 排水区」 統合排水案

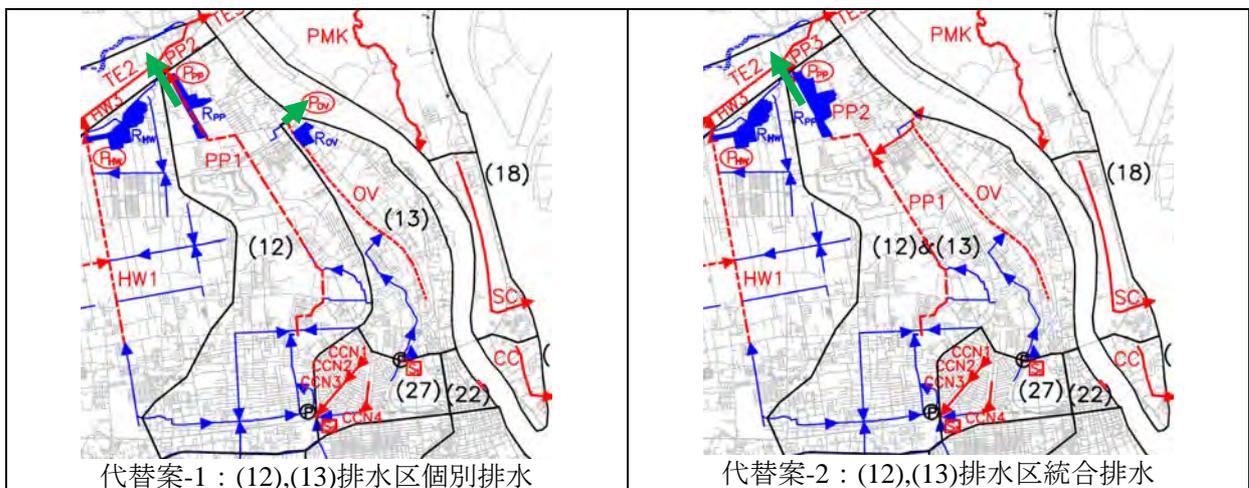
項目	内容
位置	プノンペン市の北側の外輪中堤である Kop Srov 堤防の内側で、西側を Hanoi 通り、北側を Kop Srov 堤防、東側を国道 5 号線、南側を St.355・St.273・St.70、で囲まれるエリア。
土地利用	現在：排水区の南部は、住宅地（高密度）、および商工業地域（工場、商店）。北部は、住宅開発予定地、および湿地 将来：住宅地（高密度）および商工業地域（工場、商店）。
排水区の特徴	浸水被害発生地域である国道 4 号線と線路に挟まれる地域、が集水域に含まれる。集められた雨水は、開水路(Pong Peay 水路および O'veng 水路)によって北側に流れ、Kop Srov 排水機場もしくは Svay Pak 排水樋管を通して排水されている。 排水区の南部では、すでに都市化が進行中であり、将来的には、現在湿地として残っている部分も含め、ほぼ全域が住宅地および商工業用地として開発される予定。
課題	急激な都市化に排水対策が追いついておらず、すでに浸水被害が発生しており、今後、さらなる都市化に伴い、新たな浸水被害が発生することが十分予想される。
排水改善方針	将来的に必要な排水施設を下流から整備する。 Pong Peay 湖の北で O'veng 水路を Pong Peay 水路に合流させ、最終的に Kop Srov 排水機場から Tamok 湖に排水させる。 既存の Pong Peay 水路、O'veng 水路および Kop Srov 排水機場を必要な排水能力を有する規模に改修するとともに、周辺の既存水路は保全する。 排水機場の初期投資額、および、ランニングコストを低く抑えるために、Kop Srov 排水機場の調整池を整備する。Svay Pak 排水機場は改良しない。
構造物対策	排水路、排水機場、調整池
環境社会配慮	想定住民移転数：90 家屋 上述の排水区(12)および(13)を個別に実施する案と比較すると、比較的住宅街を避けている案である。よって、少しであるが想定住民移転数を減らすことが出来る。自然環境への影響は、排水先を 1 箇所にする事ができ小さくなる。また、どちらの案も動植物・生態系への影響は現段階では想定されていないが、計画段階の調査時において調整池の動植物・生態系について確認する必要がある。



出典：調査団

(3) 「(12) Pong Peay 排水区」、 「(13) O'veng 排水区」 の排水改善代替案比較検討

上記、「(12) Pong Peay 排水区」、 「(13) O'veng 排水区」 に関する、個別排水案と統合排水案を図 6.1.2 に示す。



出典：調査団

図 6.1.2 (12)Pong Peay 排水区、(13) O'veng 排水区の排水改善代替案

これら2つの代替案の特徴をまとめ、表 6.1.2 に示す。

表 6.1.2 (12)Poung Peay 排水区、(13)O'veng 排水区の排水改善代替案の比較

比較項目	代替案-1：(12),(13)排水区個別排水	代替案-2：(12),(13)排水区統合排水
排水方向	排水区別に、(12)は北西側の Tamok 湖に排水、(13)は北東側の Sap 川に排水	まとめて、北西側の Tamok 湖に排水 (但し、Sap 川の水位が低いときには、北東側の Sap 川に排水する)
施設	開水路、調整池、ポンプ場 2 箇所	開水路、調整池、ポンプ場 1 箇所
建設費	95.4 million USD	82.0 million USD
運営維持管理費	1.6 million USD/year	1.4 million USD/year
EIRR	9.9%	12.1%
家屋移転	93 軒	90 軒
調整池面積	33ha (Rpp:18ha + Rov:15ha)	20ha
採用	不採用	採用

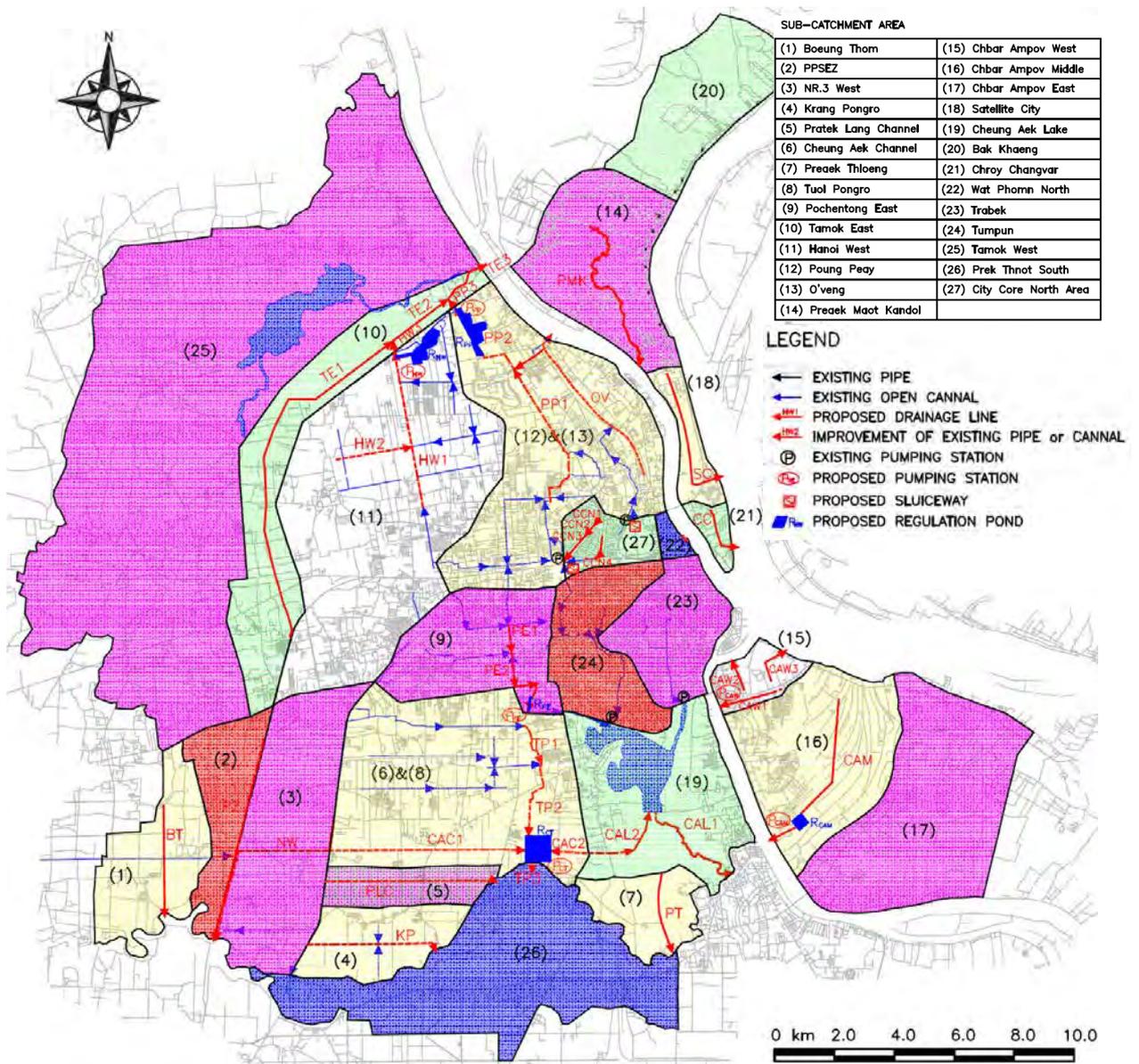
出典：調査団

代替案-2 は、すべての比較項目において有利となる。したがって、代替案-2 の「(12) Poung Peay 排水区」、「(13) O'veng 排水区」統合排水案を採用する。

6.2 施設計画

6.2.1 排水施設配置計画

各排水区における排水施設の配置計画を図 6.2.1 に示す。



出典：調査団

図 6.2.1 雨水排水施設計画位置図

6.2.2 計画流量の算定

合理式による各排水区の計画流量の算定結果を表 6.2.1⁴⁰および表 6.2.2 に示す。

$$\text{流出量(m}^3\text{/s)} \quad Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A \quad (\text{合理式})$$

C:流出係数、A:排水面積(ha)、I:降雨強度(mm/h)、T:継続時間(分)
 R_5 :5年確率降雨強度(mm/hr) $I=5,009.12 \times (T+31.38)^{-0.98}$

⁴⁰ 表 6.2.1 および表 6.2.2 における、Phase I, II, III および IV は、それぞれ、日本による無償資金協力事業「プノンペン都洪水防御・排水改善計画(フェーズ 1, 2, 3 および 4)」を示す。

表 6.2.1 計画流量の算定結果(1/2)

No.	Sub-Catchment Area	Name of Facilities	Area km ²	Time of Concentration										R ₅ 5-Year Rainfall Int. mm/hr	総括 流出 係数	流出量 m ³ /s	計画流量 m ³ /s	Proposed Works	
				Inlet Time				Drain Flow Time											Tc min
				Li m	n 遅滞係数	起点 地盤高	終点 地盤高	Ti min	Ld m	起点 地盤高	終点 地盤高	Td min							
1	Boeung Thom	BT	15.39	1,940	0.20	16.90	16.60	180.9	3,670	16.60	16.20	68.0	248.9	20.0	0.30	25.65	26.00	New Construction	
2	PPSEZ	PZ	10.56	2,670	0.15	16.30	14.70	133.8	7,010	14.70	12.58	116.8	250.7	19.9	0.42	24.50	25.00	Improvement	
3	NR.3 West	NW	27.36	5,560	0.15	13.33	12.29	247.4	7,150	12.29	11.96	132.4	379.8	13.7	0.33	34.46	35.00	Improvement	
4	Krang Pongro	KP	11.01	1,430	0.15	13.57	11.71	83.4	4,490	11.71	8.82	74.8	158.3	29.3	0.30	26.93	27.00	Improvement	
5	Pratek Lang Channel	PLC	7.17	780	0.15	11.62	11.28	81.1	5,720	11.30	8.86	95.3	176.5	26.8	0.30	16.02	17.00	Improvement	
6 & 8	Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	CAC1	10.26	1,010	0.10	12.95	12.37	71.0	7,730	12.37	7.58	128.8	199.9	24.2	0.40	27.55	28.00	Improvement	
		CAC2	2.02	1,160	0.10	9.77	9.57	100.4	1,840	9.57	7.58	20.4	120.8	36.4	0.40	8.16	9.00	Improvement	
		TP1	11.68	6,110	0.06	13.00	7.90	118.8	2,220	7.90	5.90	37.0	155.8	29.7	0.46	44.33	45.00	Improvement	
		TP2	33.00	6,110	0.06	13.00	7.90	118.8	4,560	8.07	7.70	84.4	203.3	23.8	0.46	100.39	101.00	New Construction	
		TP3	45.28	6,110	0.06	13.00	7.90	118.8	7,450	7.70	7.63	138.0	256.8	19.5	0.46	112.62	113.00	New Construction	
7	Preaek Thloeng	PT	8.53	2,820	0.10	7.91	4.50	96.4	2,740	4.50	4.44	50.7	147.2	31.1	0.30	22.13	23.00	New Construction	
9	Pochentong East	PE1	7.57	2,930	0.06	11.40	11.00	128.7	1,010	11.00	9.10	11.2	139.9	32.4	0.40	27.27	28.00	New Construction	
		PE2	18.23	2,930	0.06	11.40	11.00	128.7	3,890	11.00	9.60	64.8	193.5	24.8	0.40	50.26	51.00	New Construction	
10	Tamok East	TE1	22.52	2,620	0.15	14.60	14.00	166.0	12,460	14.00	7.00	207.7	373.7	13.9	0.39	34.02	35.00	New Construction	
		TE2	25.46	2,620	0.15	14.60	14.00	166.0	14,780	14.00	6.30	246.3	412.4	12.8	0.39	45.18	46.00	New Construction	
		TE3	26.60	2,620	0.15	14.60	14.00	166.0	16,620	14.00	10.43	307.8	473.8	11.2	0.39	57.36	58.00	New Construction	
11	Hanoi West	HW1	59.46	9,460	0.10	14.50	10.30	214.4	5,290	10.30	8.70	88.2	302.6	16.8	0.39	108.53	109.00	Improvement	
		HW2	12.20	2,370	0.10	12.90	10.16	89.8	2,560	10.16	8.87	42.7	132.5	33.8	0.39	44.72	45.00	Improvement	
12&13	Poung Peay & O'veng	PP1	24.98	5,690	0.06	8.38	7.21	159.4	5,460	7.90	7.20	101.1	260.6	19.2	0.62	82.70	83.00	Improvement	
		PP2	49.59	5,690	0.06	8.38	7.21	159.4	8,740	7.90	7.50	161.9	321.3	16.0	0.62	136.41	137.00	Improvement	
		OV	15.04	3,580	0.06	8.80	7.80	119.6	7,310	7.80	7.20	135.4	254.9	19.6	0.62	50.74	51.00	Improvement	

出典：調査団

$$\text{流出量(m}^3\text{/s)} \quad Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

C:流出係数、A:排水面積(ha)、I:降雨強度(mm/h)、T:継続時間(分)
R₅:5年確率降雨強度(mm/hr) I=5,009.12×(T+31.38)^{-0.98}

表 6.2.2 計画流量の算定結果(2/2)

No.	Sub-Catchment Area	Name of Facilities	Area km ²	Time of Concentration										R ₅ 5-Year Rainfall Int. mm/hr	総括 流出 係数	流出量 m ³ /s	計画流量 m ³ /s	Proposed Works	
				Inlet Time					Drain Flow Time										Tc min
				Li m	n 遅滞係数	起点 地盤高	終点 地盤高	Ti min	Ld m	起点 地盤高	終点 地盤高	Td min							
14	Preaek Maot Kandol	PMK	22.43	2,770	0.06	11.40	7.19	71.4	7,000	7.19	6.54	129.6	201.0	24.0	0.43	64.39	65.00	Improvement	
15	Chbar Ampov West	CAW1	1.22	1,060	0.06	11.00	10.60	63.1	2,140	10.60	9.70	35.7	98.8	42.4	0.80	11.49	12.00	Improvement	
		CAW2	1.36	990	0.06	10.50	10.40	83.2	1,040	9.51	9.29	19.3	102.4	41.3	0.80	12.51	13.00	Improvement	
		CAW3	2.19	730	0.06	10.40	10.20	57.2	1,460	11.00	10.72	27.0	84.2	47.7	0.80	23.24	24.00	Improvement	
16	Chbar Ampov Middle	CAM	25.63	2,040	0.06	9.80	8.40	74.5	5,300	7.70	6.80	98.1	172.7	27.3	0.43	83.57	84.00	New Construction	
17	Chbar Ampov East																		
18	Satellite City	SC	4.63	720	0.06	9.75	8.76	39.0	4,780	7.11	7.02	88.5	127.5	34.9	0.40	17.96	18.00	New Construction	
19	Cheung Aek Lake	CAL1	27.45	4,250	0.10	5.66	4.69	172.4	4,230	4.69	8.80	78.3	250.7	19.9	0.43	65.18	66.00	Improvement	
		CAL2	4.05	740	0.10	9.02	8.49	58.3	2,820	8.49	4.69	31.3	89.7	45.5	0.43	22.04	23.00	Improvement	
20	Bak Khaeng																	No Proposed Works	
21	Chroy Changvar	CC	2.10	870	0.06	10.07	10.00	82.6	1,650	10.72	10.56	30.6	113.1	38.3	0.40	8.92	9.00	New Construction	
22	Wat Phnom North			無償資金協力事業「第四次プノンベン都洪水防御・排水改善計画」(フェーズ4)にて実施予定(排水管路・地下貯留槽およびポンプ場の建設)。															New Construction
23	Trabek			無償資金協力事業「プノンベン市洪水防御・排水改善計画(フェーズ2, 3)」にて実施済み。 ただし、無償資金協力事業「第四次プノンベン都洪水防御・排水改善計画」(フェーズ4)にて、既設ポンプ場において自動除塵機を設置予定。															Improvement
24	Tumpun			無償資金協力事業「プノンベン市洪水防御・排水改善計画」(フェーズ1)にて実施済み。															No Proposed Works
25	Tamok West																	No Proposed Works	
26	Prek Thnot South																	No Proposed Works	
27	City Core North Area	CCN1 CCN2 CCN3 CCN4 S1 S2		無償資金協力事業「第四次プノンベン都洪水防御・排水改善計画」(フェーズ4)にて実施予定(ボックスカルバートおよび樋管の建設)。															New Construction

出典：調査団

$$\text{流出量(m}^3\text{/s)} \quad Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

C:流出係数、A:排水面積(ha)、I:降雨強度(mm/h)、T:継続時間(分)
 R₅:5年確率降雨強度(mm/hr) $I=5,009.12 \times (T+31.38)^{-0.98}$

6.2.3 排水路および排水管計画

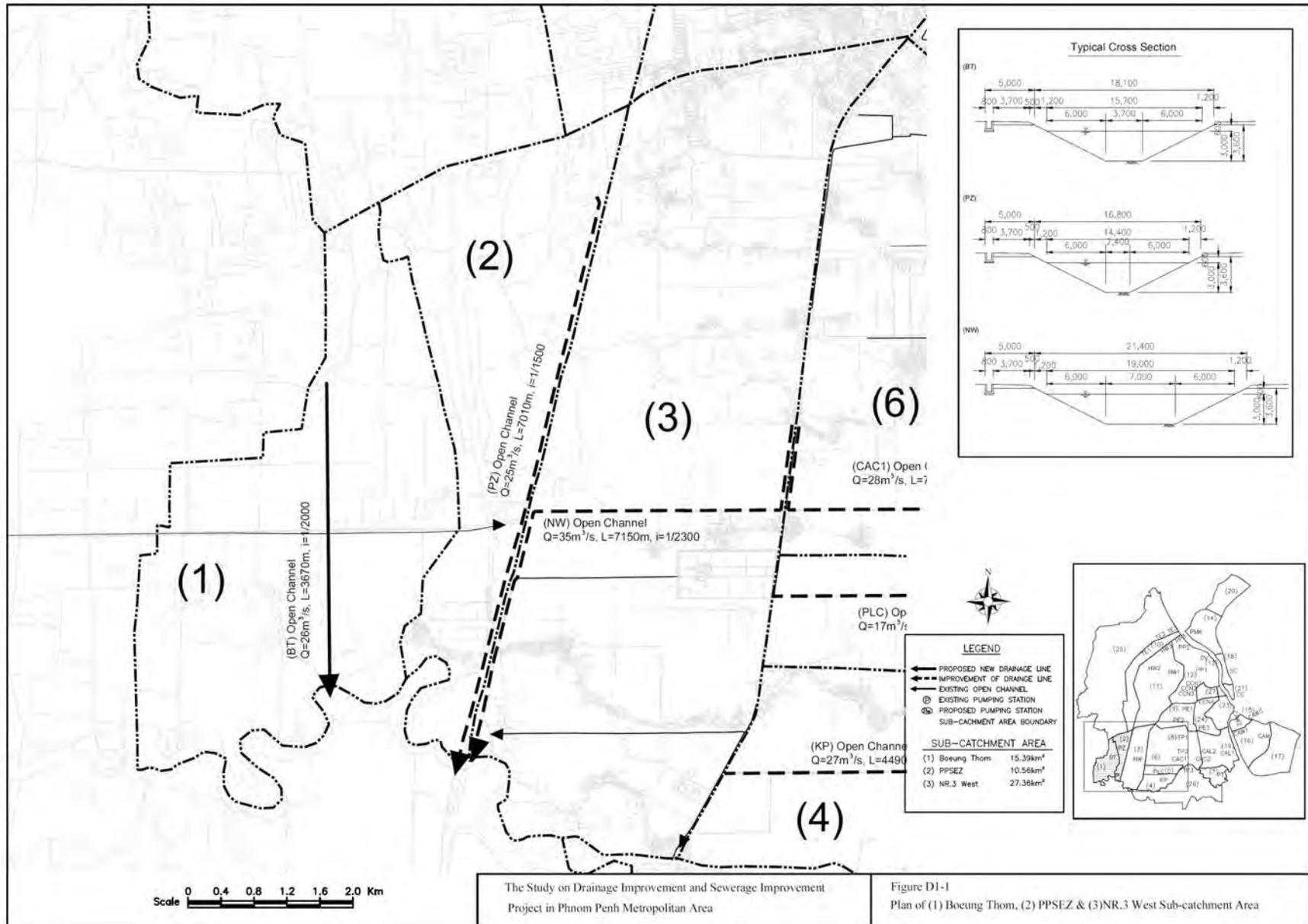
計画流量の算定結果に基づき、計画した排水路および排水管路の施設計画を表 6.2.3 にまとめる。また、その概要図を図 6.2.2 から図 6.2.8 にまとめる。

表 6.2.3 排水路および排水管計画概要

No.	Drainage Area	Name of Facilities	Area km ²	R ₅	Discharge	Proposed Works	Facilities	Length m	Slope 1/l	Drainage Channel /Box Culvert		
				5-Year Rainfall Int. mm/hr	Q ₅ m ³ /s					Width b m	Depth h m	
1	Boeung Thom	BT	15.39	20.0	26.00	New Construction	Open Cannal	3,670	2,000	15.7	3.6	
2	PPSEZ	PZ	10.56	19.9	25.00	Improvement	Open Cannal	7,010	1,500	14.4	3.6	
3	NR.3 West	NW	27.36	13.7	35.00	Improvement	Open Cannal	7,150	2,300	19.0	3.6	
4	Krang Pongro	KP	11.01	29.3	27.00	Improvement	Open Cannal	4,490	1,500	15.0	3.6	
5	Pratek Lang Channel	PLC	7.17	26.8	17.00	Improvement	Open Cannal	5,720	1,500	13.0	3.6	
6&8	Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	CAC1	10.26	24.2	28.00	Improvement	Open Cannal	7,730	3,000	22.0	3.6	
		CAC2	2.02	36.4	9.00	Improvement	Open Cannal	1,840	1,300	18.0	2.6	
		TP1	11.68	29.7	45.00	Improvement	Open Cannal	2,220	2,200	38.0	2.6	
		TP2	33.00	23.8	101.00	New Construction	Open Cannal	2,560	2,000	53.0	2.6	
		TP3	45.28	19.5	113.00	New Construction	Open Cannal	670	3,400	47.9	3.6	
		P _{CT}					New Construction	Pumping Station				
		R _{CT}					New Construction	Regulation Pond				
7	Preaek Thloeng	PT	8.53	31.1	23.00	New Construction	Open Cannal	2,740	1,800	14.6	3.6	
9	Pochentong East	PE1	7.57	32.4	28.00	New Construction	Box Culvert	1,010	2,600	W3.5m x H2.5m x 3 Barrel		
		PE2	18.23	24.8	51.00	New Construction	Box Culvert	2,880	2,600	W4m x H3m x 4 Barrel		
		P _{PE}					New Construction	Pumping Station				
		R _{PE}					New Construction	Regulation Pond				
		PE3							2,660	1,800	20.0	
10	Tamok East	TE1	22.52	13.9	35.00	New Construction	Open Cannal	12,460	3,000	24.5	3.6	
		TE2	25.46	12.8	46.00	New Construction	Open Cannal	2,320	2,000	57.0	3.6	
		TE3	26.60	11.2	58.00	New Construction	Open Cannal	1,840	2,000	102.0	3.6	
11	Hanoi West	HW1	59.46	16.8	109.00	Improvement	Open Cannal	5,290	2,700	42.4	3.6	
		HW2	12.20	33.8	45.00	Improvement	Open Cannal	2,560	2,000	21.0	3.6	
		HW3					New Construction	RCP	450		φ1800 x 3 Barrel	
		P _{HW}					New Construction	Pumping Station				
		R _{HW}					New Construction	Regulation Pond				
12&13	Poung Peay & O'veng	PP1	24.98	19.2	83.00	Improvement	Open Cannal	5,460	3,200	36.8	3.6	
		PP2	49.59	16.0	137.00	Improvement	Open Cannal	3,100	3,600	56.8	3.6	
		PP3					New Construction	RCP	310		φ2000 x 4 Barrel	
		P _{PP}					New Construction	Pumping Station				
		OV	15.04	19.6	51.00	Improvement	Open Cannal	7,310	2,800	24.9	3.6	
		R _{PP}					New Construction	Regulation Pond				
14	Preaek Maot Kandol	PMK	22.43	24.0	65.00	Improvement	Open Cannal	7,000	3,000	30.1	3.6	
15	Chbar Ampov West	CAW1	1.22	42.4	12.00	Improvement	Open Cannal	2,140	1,900	13.0	3.6	
		CAW2	1.36	41.3	13.00	Improvement	Open Cannal	1,040	2,100	13.0	3.6	
		CAW3	2.19	47.7	24.00	Improvement	Open Cannal	1,460	1,900	14.9	3.6	
		P _{CAW}					New Construction	Pumping Station				
16	Chbar Ampov Middle	CAM	25.63	27.3	84.00	New Construction	Open Cannal	5,300	3,200	37.2	3.6	
		P _{CAM}					New Construction	Pumping Station				
		R _{CAM}					New Construction	Regulation Pond				
17	Chbar Ampov East											
18	Satellite City	SC	4.63	34.9	18.00	New Construction	Open Cannal	4,780	1,700	13.0	3.6	
19	Cheung Aek Lake	CAL1	27.45	19.9	66.00	Improvement	Open Cannal	4,230	3,000	30.5	3.6	
		CAL2	4.05	45.5	23.00	Improvement	Open Cannal	2,820	1,500	18.5	3.6	
20	Bak Khaeng					No Proposed Works						
21	Chroy Changvar	CC	2.10	38.3	9.00	New Construction	Box Culvert	1,650	1,000	W3.0m x H3.0m		
22	Wat Phnom North					Drainage Pipe Under Ground Reservoir Pumping Station, will be constructed in Phase IV.						
23	Trabek					Implemented in Phase II & Phase III but mechanical screen will be installed in existing Pumping Station.						
24	Tumpun					Implemented in Phase I.						
25	Tamok West					No Proposed Works						
26	Prek Thnot South					No Proposed Works						
27	City Core North Area					Box Culvert and Sluiceway will be constructed in Phase IV.						

注) Phase I, II, III および IV は、それぞれ、日本による無償資金協力事業「プノンベン都洪水防衛・排水改善計画(フェーズ 1, 2, 3 および 4)」を示す。

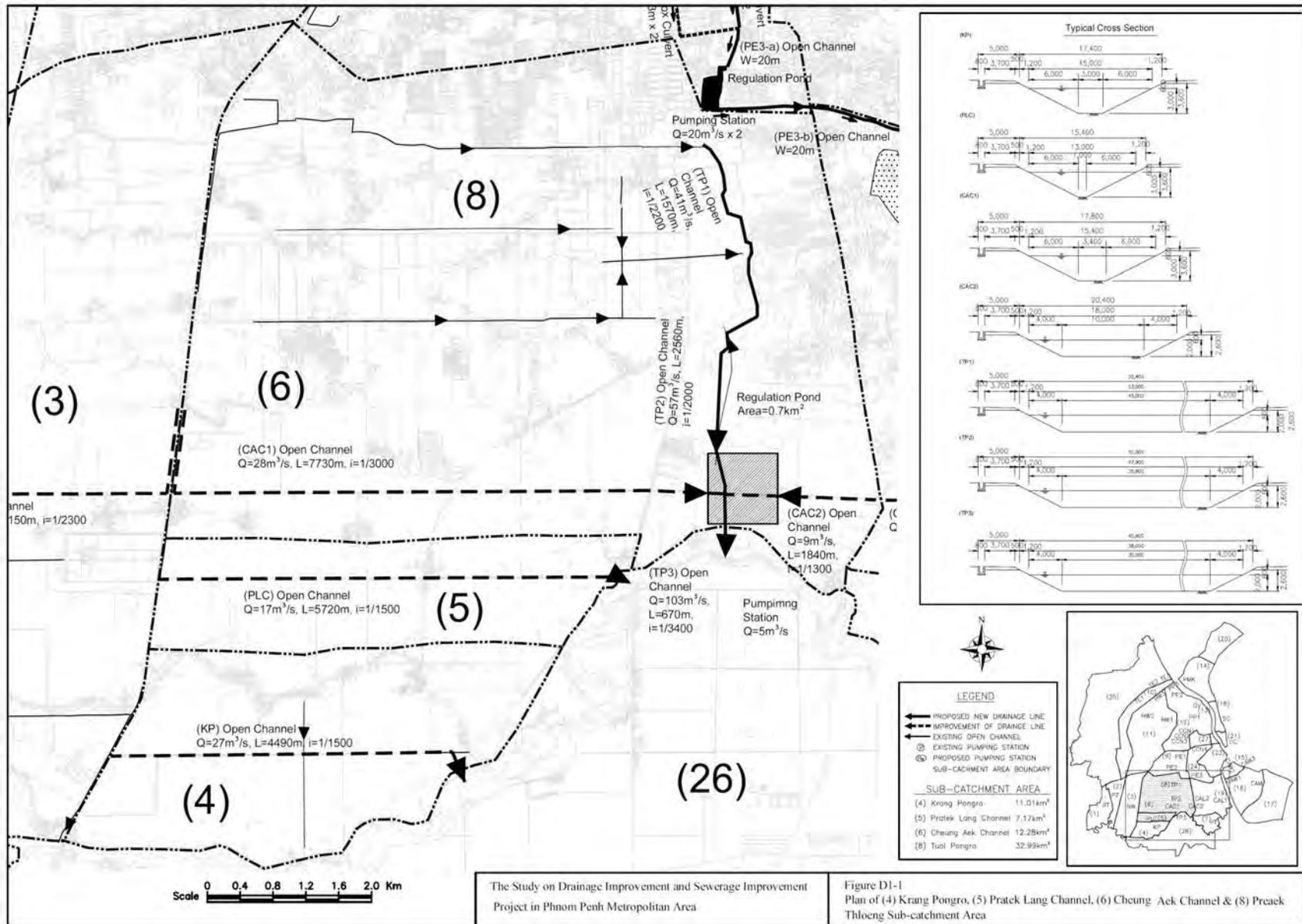
出典：調査団



出典：調査団

図 6.2.2

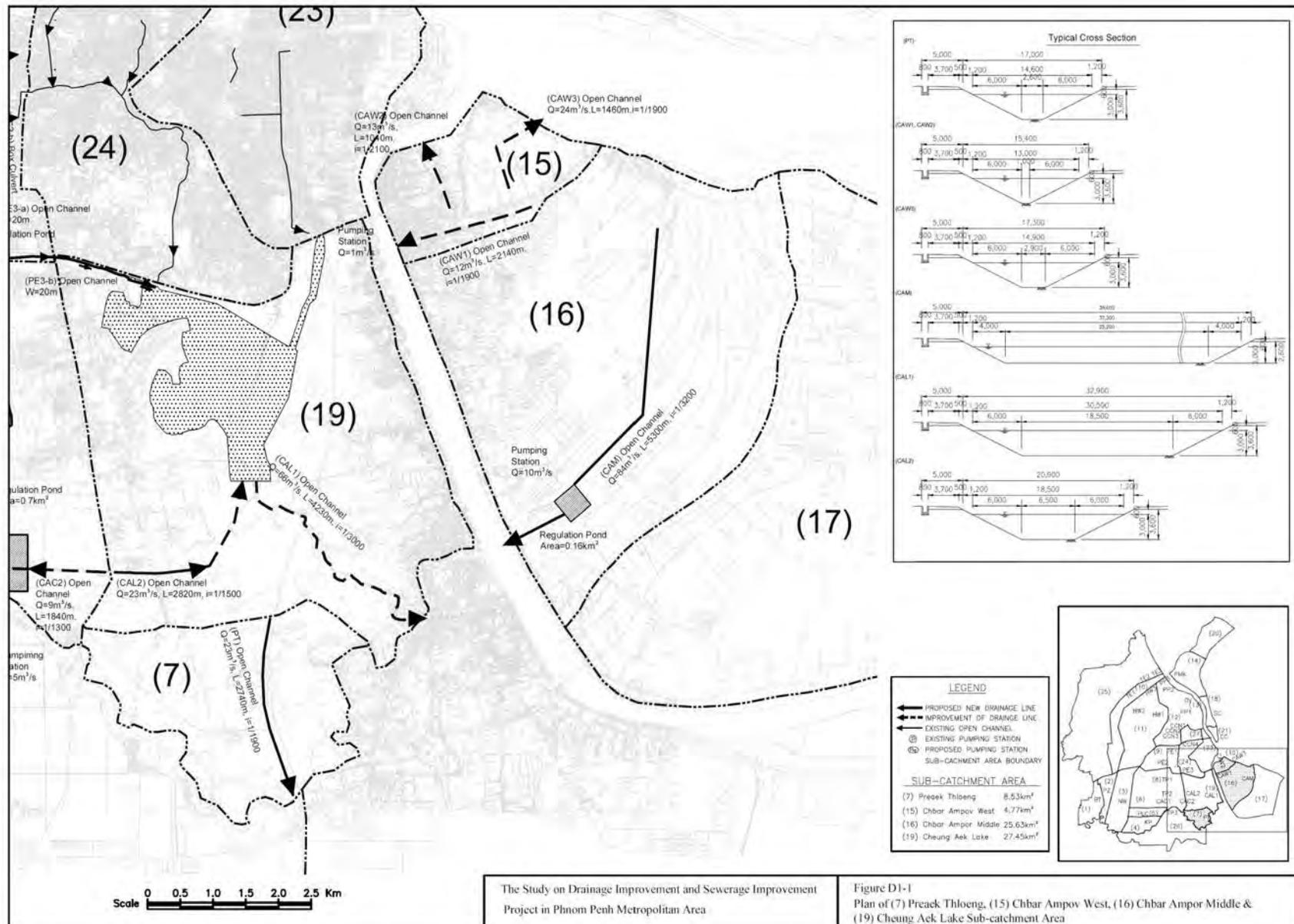
排水計画概要図(1/7) (Boeung Thom/PPSEZ/NR.3 West 排水区)



出典：調査団

図 6.2.3

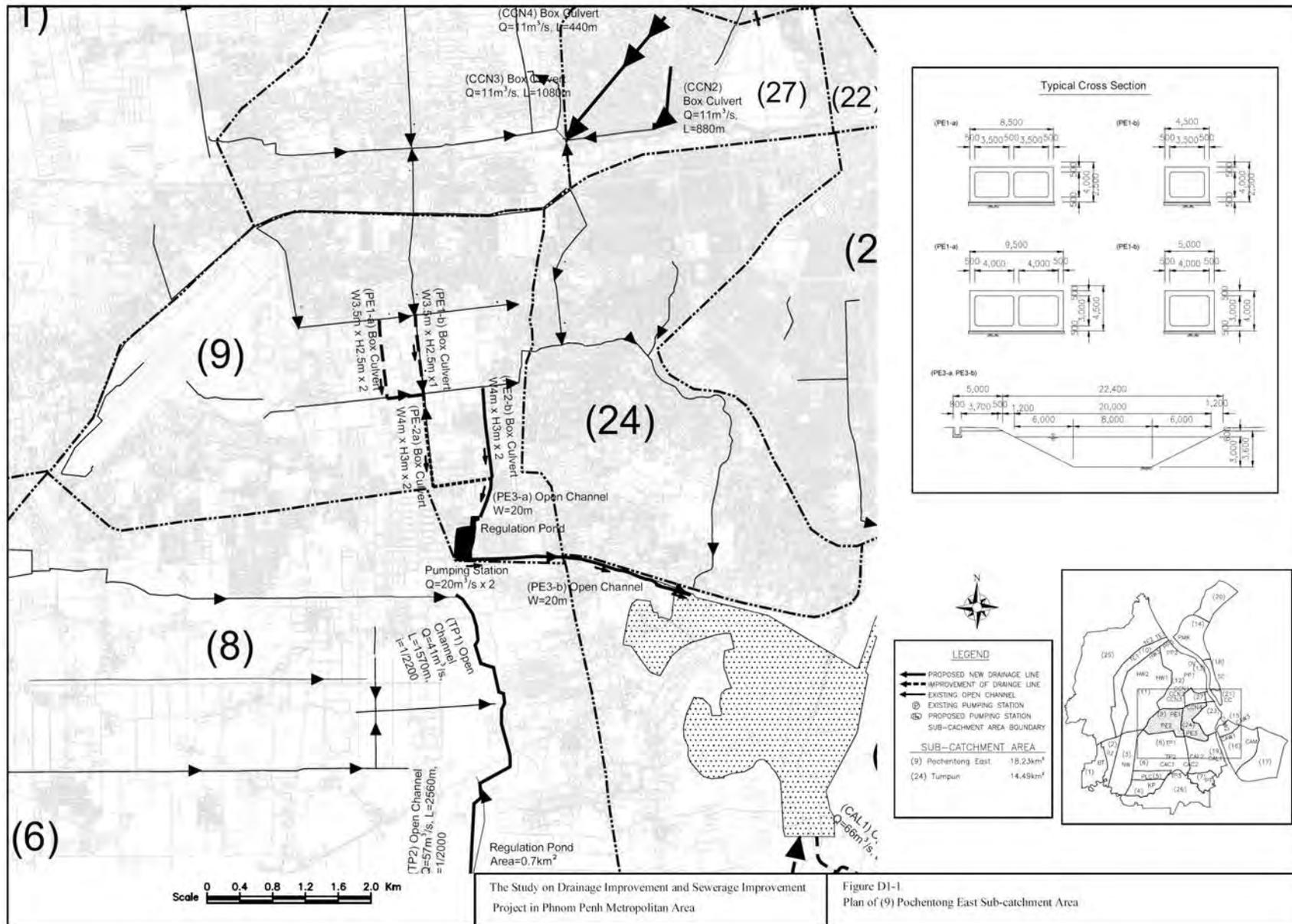
排水計画概要図(2/7) (Krang Pongro/Pratek Lang Channel/Cheung Aek Channel/Tuol Pongro 排水区)



出典：調査団

図 6.2.4

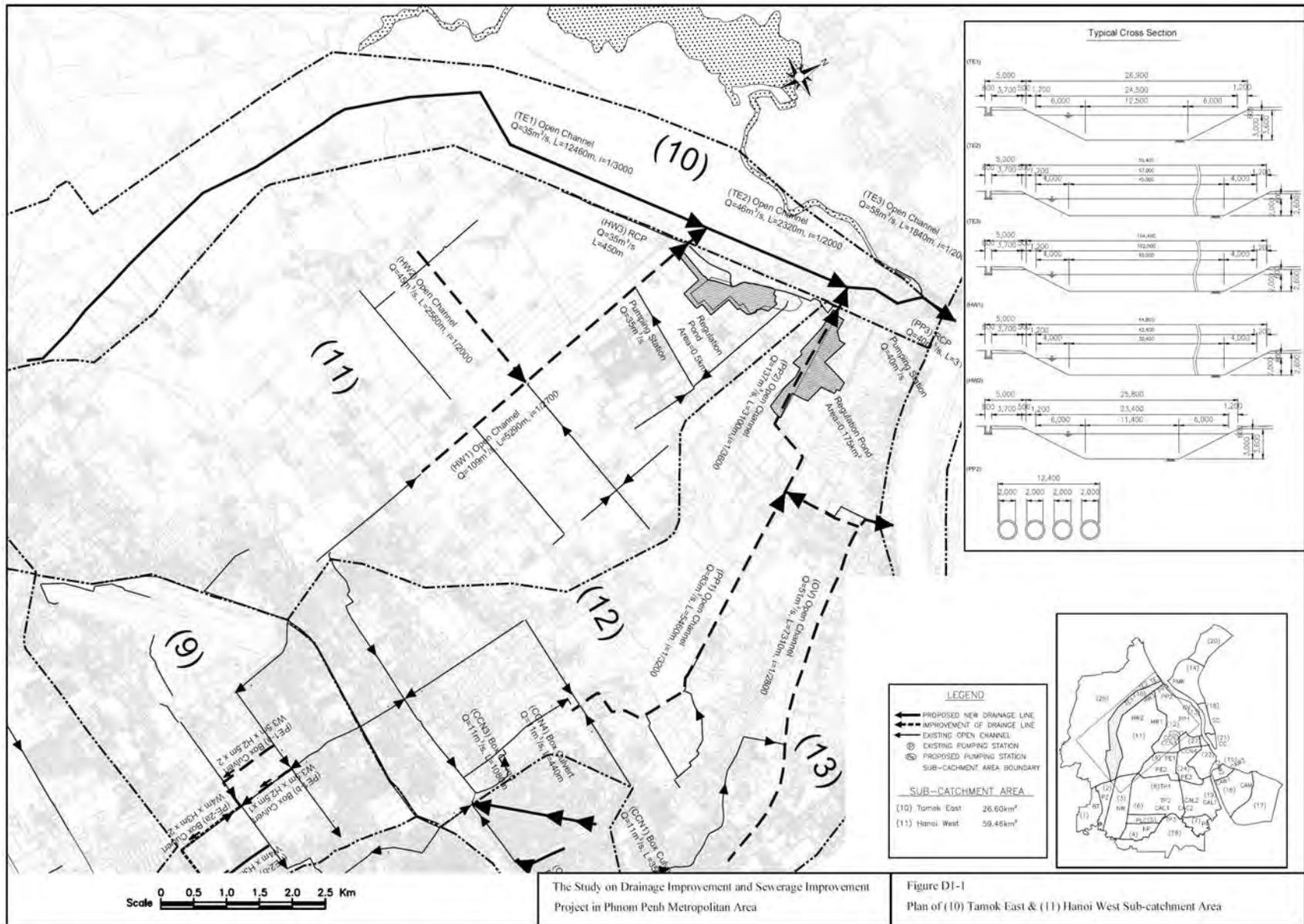
排水計画概要図(3/7) (Preaek Thloeng/Chbar Ampov West/Chbar Ampov Middle/Cheung Aek Lake 排水区)



出典：調査団

図 6.2.5

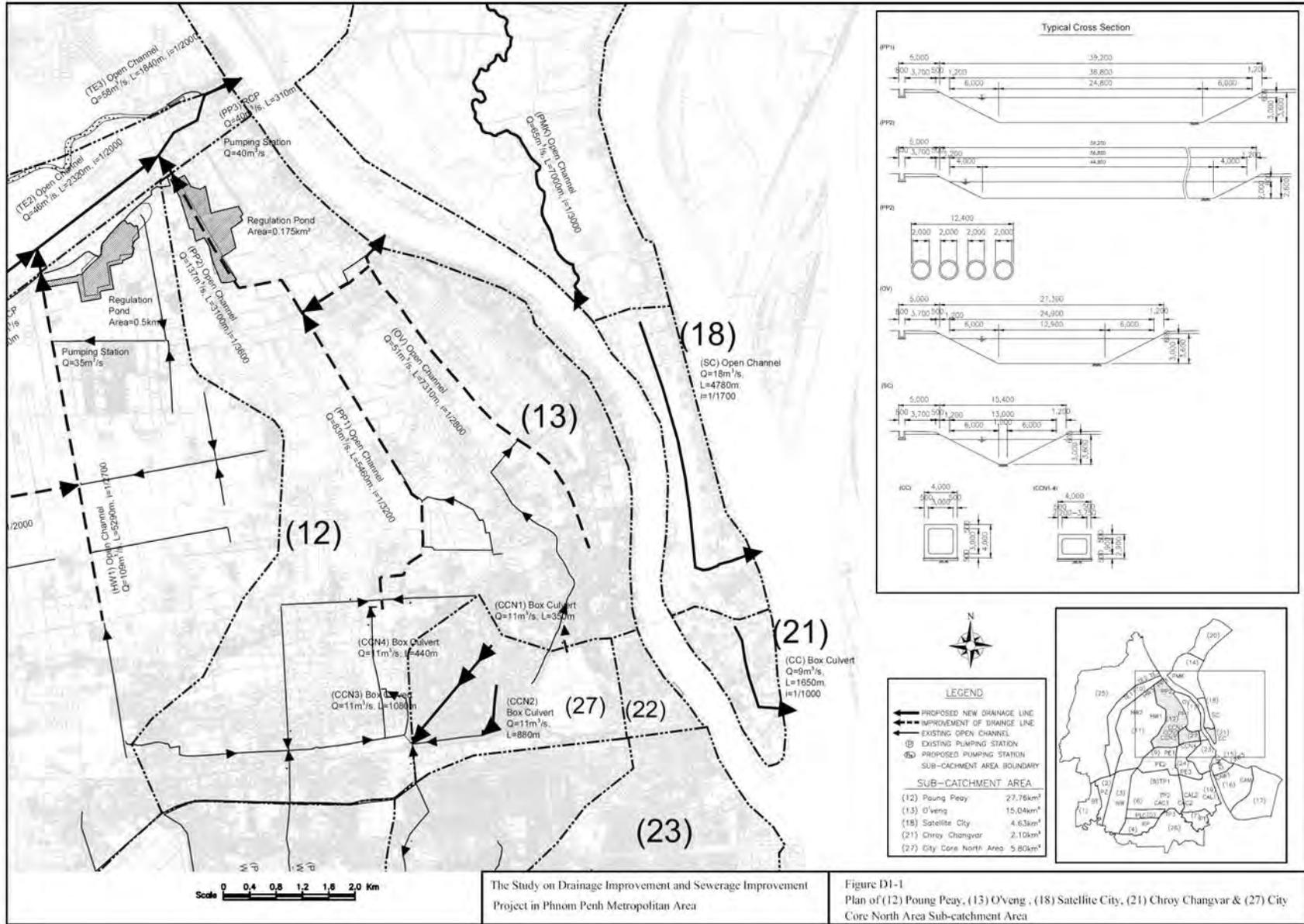
排水計画概要図(4/7) (Pochentong East 排水区)



出典：調査団

図 6.2.6

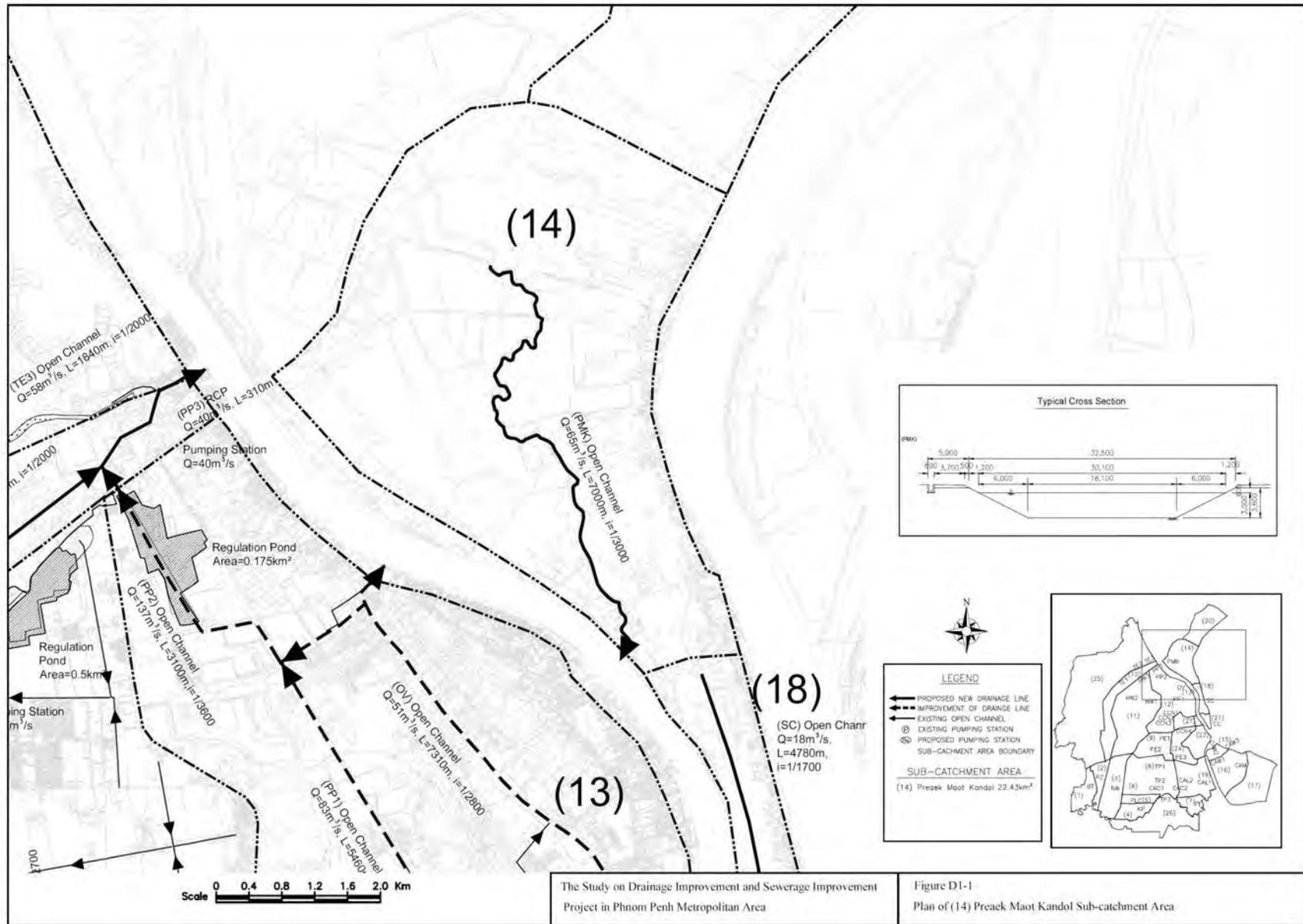
排水計画概要図(5/7) (Tamok East/Hanoi West 排水区)



出典：調査団

図 6.2.7

排水計画概要図(6/7) (Pong Peay/O'veng/Satellite City/Chroy Changvar/City Core North Area 排水区)



出典：調査団

図 6.2.8

排水計画概要図(7/7) (Preaek Maot Kandol 排水区)

6.2.4 ポンプ場計画

(1) 排水ポンプ規模の算定方法(河道解析モデル：1次元不定流モデル)

低平地を流れる水路の流況は、枝線の合流、水路内での貯留の影響を受ける。さらに、雨水排水ポンプ規模の算定にあたっては、水位、流量の時間的な変化を把握する必要があることから、水位・流量を断面ごとに計算できる表 6.2.4 に示す 1 次元不定流モデルを用いて解析を実施した。

表 6.2.4 河道解析モデルの概要

項目	内容
水理モデル	1次元不定流解析(ダイナミックウェーブモデル): DHI-MIKE11 HD module
計画排水路網	代替案毎の排水路網を設定
横断面	計画断面より設定
構造物	雨水排水施設(ポンプ施設)
流量ハイドロ	合成合理式を用いて流量モデルハイドロを作成し、合理式で算定したピーク流量となるよう引き伸ばしまたは引き縮めて作成

出典：調査団

(2) ポンプ規模の算定結果

各水路の流末において排水先との標高差(水位差)を伴う場合には、雨水排水施設(ポンプ施設)を設定する必要がある。ポンプ規模(排水能力)は、水路内の貯留を考慮し、溢水が無い(許容湛水量無し)ものとして、1次元不定流計算によるトライアル計算によって算定した。その結果を表 6.2.5 にまとめる。

表 6.2.5 ポンプ規模のまとめ

排水区 No.	排水区名	排水容量 (m ³ /s)	揚程 (m)	必要用地 面積(m ²)	土地 所有者
6&8	Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	5	5	2,500	私有地
9	Pochentong East	40	5	6,000	公用地
11	Hanoi West	35	5	5,500	公用地
12&13	Poung Peay & O'veng	40	5	6,000	公用地
15	Chbar Ampov West	1	4	500	公用地
16	Chbar Ampov Middle	10	6	4,000	私有地

出典：調査団

(3) 排水調整池計画

各水路の流末における、雨水排水施設(ポンプ施設)の規模の算定に伴い、必要な調整池容量を算定した。その結果を表 6.2.6 にまとめる。

表 6.2.6 調整池規模のまとめ

排水区 No.	排水区名	調整池面積 (m ²)	調整池容 積 (m ³)	土地 所有者
6&8	Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	700,000	700,000	私有地
9	Pochentong East	25,000	100,000	公有地
11	Hanoi West	500,000	600,000	私有地/公有地
12&13	Poung Peay & O'veng	175,000	350,000	私有地/公有地
16	Chbar Ampov Middle	160,000	160,000	私有地

出典：調査団

6.3 維持管理計画

6.3.1 排水路・排水管

(1) 担当部局

排水路・排水管の維持管理は、これまでと同様、DPWT の DSD が担当するものとする。

(2) 維持管理の方法論

雨水排水施設の中でも、その多くを占める排水路・排水管の維持管理は、特に重要である。とりわけ、地中に埋設される排水管は、異変や損傷を、日常的に目視にて確認することが困難であることから、計画的な維持管理を実施することにより、汚泥や土砂の堆積等を抑制し、閉塞や損傷等のトラブルを未然に防ぐことが肝要であり、施設の長寿命化を図ることも必要である。排水路・排水管に係る維持管理項目は、表 6.3.1 にまとめるとおりである。

表 6.3.1 排水路・排水管の維持管理項目

	細目	頻度等
定期的なインスペクション	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流向/汚泥の堆積量のチェック ・ 管渠上道路の陥没等のチェック ・ 損傷(クラックの発生/街路樹の根の貫通等)のチェック ・ 地下水の浸入状況のチェック ・ 違法接続のチェック ・ マンホールカバーの状態のチェック ・ インスペクションの記録作成 	最低 2～3 年に 1 回
清掃/浚渫	<ul style="list-style-type: none"> ・ インスペクションの結果に基づく清掃/浚渫の実施(高圧洗浄車等の利用) 	堆積状況に応じて設定
修繕/更新	<ul style="list-style-type: none"> ・ 破損箇所の修繕および敷設替え 	

出典：調査団

6.3.2 ポンプ場および雨水調整池

(1) 担当部局

DPWT の DSD が担当するものとする。

(2) 維持管理の方法論

排水ポンプ場の不具合は、都市域内の浸水状況への影響が大きいことから、特に十分な維持管理が必要である。また、雨水調整池は、雨水の流量調節のための基幹施設であり、その下流に位置する排水路やポンプ場への負荷を減らすためにも、特に雨季の直前には、十分な清掃等を行い、貯留容量を確保しておく必要がある。排水ポンプ場および雨水調整池の維持管理項目は、表 6.3.2 にまとめるとおりである。

表 6.3.2 排水ポンプ場および雨水調整池の維持管理項目

	細目	頻度等
排水ポンプ場	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電流および電圧のチェック ・ 異音/振動のチェック ・ 水漏れ/フロートスイッチのチェック ・ ポンプ本体のチェック ・ 潤滑油のチェック ・ オーバーホール 	毎日 毎日 1 月に 1 回 3 ヶ月に 1 回 3 ヶ月に 1 回(交換 :年 1 回) 2 年に 1 回
雨水調整池	<ul style="list-style-type: none"> ・ 堆積ごみ/土砂等の除去 	最低、雨季開始前に 1 回

出典：調査団

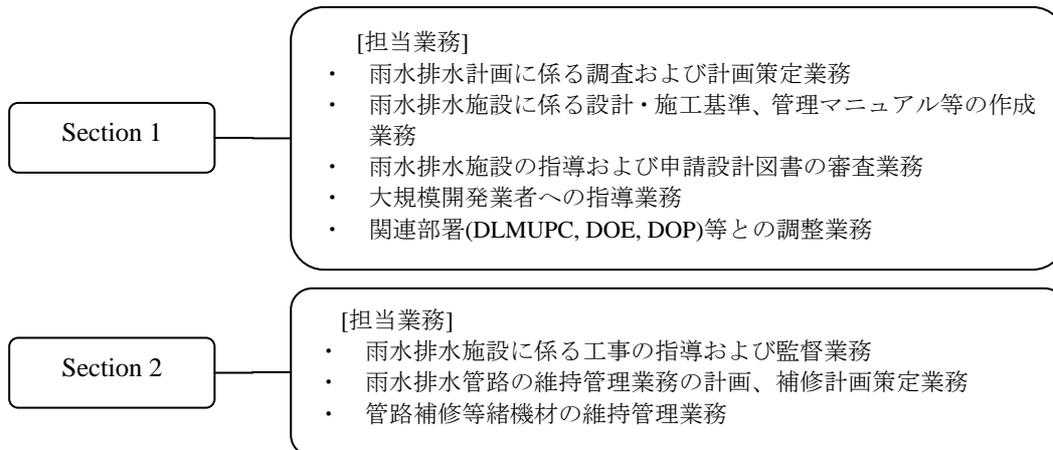
6.4 雨水排水対策に係る組織および法制度の検討

これまで、プノンペン都においては、「M/P1999」の策定内容等に基づき、雨水排水施設が順次整備されてきた。中でも、大規模かつ計画的な整備あるいは緊急な対策が必要とされる地域においては、ADBの資金援助や日本の無償資金協力事業(フェーズ1～3)等により、雨水排水対策事業が進められてきた。この結果、プノンペン都内では、特に既成市街地において、雨水排水管、排水路、マンホールおよびポンプ場が整備され、浸水被害が軽減され、排水管路の総延長も毎年伸びている。

6.4.1 組織の検討

上記のように、各ドナーの援助等により雨水排水施設が順次整備され、それらの施設の維持管理を担うDPWT内の部署であるDSDは、組織化され、その人材や機材は整いつつある。しかしながら、DSDが有する能力は、今後、本M/Pにて提案されるプノンペン都全体をカバーする雨水排水施設を管理するには、マンパワーや維持管理機材等が未だ不十分であり、近年急速に進む大規模開発等に係る雨水排水施設の計画や設計基準を策定する能力の強化や責任範囲の明確化も不可欠である。

そこで、大規模開発等に係る雨水排水施設整備等に係る担当部署を明確とし、その能力を強化することを目的とし、現状のDSD組織のTechnical Sectionを2つに分割し、それぞれ図6.4.1に示す業務を担当させることを提案する(図2.6.7 DSDの組織図参照)。



出典：調査団

図 6.4.1 DSDのTechnical Section 分割案

業務執行能力については、雨水排水技術者を他国から招聘(2～3年)し、現有の技術者を教育することで強化するものとする。また、若手職員を先進国へ派遣し、キーパーソンとして育成する。これらのキーパーソンを中心に、DSDにおける技術者の確保を行うと同時に、OJT等の能力育成環境を整え、社内教育制度を確立するものとする。

6.4.2 法制度の検討

カンボジア国においては、土地利用計画等のM/Pが承認されていない場合、大規模宅地開発等は建築許可に関する政令86号に基づき、MLMUPCの承認が必要となる。同法31条には、下水排水接続の規定があるが、雨水排水施設について具体的な許可基準は明示されていない。

よって、大規模宅地開発等に伴う雨水排水量の増大に対しては、開発地域のインフラ整備に関する法的な基準や規制、開発業者の義務や責任を明確にする必要がある。

4.4.2 節で記述したように、大規模宅地開発の開発業者は、都市開発 M/P や関連法令等により開発区域の健全な都市の発展と良好な都市環境を実現するため、関連機関(MIH, DOE, DLMUPC, DPWT, WMD 等)と協議の上、道路、公共・公益的施設、廃棄物、給水・排水施設、防災・安全施設、緑地帯計画等のインフラ整備の一部を、開発許可の条件として肩代わりする必要がある。したがって、開発地域のインフラ整備に関わる開発基準・規制基準やガイドラインを関連機関が連携して作成して、開発地域に関する統一的な届出、許可の条件、開発業者の義務等、開発に必要な行政手続きを定め、開発業者への指導を徹底することを提案する。

特に、雨水排水に関係が深い開発許可の基準として、開発区域内の排水は有効かつ適切に公共水域等に排出できるようにすることが基本とするが、例外的に放流先の排水能力によりやむを得ない場合は、開発区域内に一時雨水を貯留する調整池等適当な施設を設ける指導を徹底することを提案する。

6.5 段階的整備計画

事業実施は段階的に行うこととし、事業実施計画の策定に際しては次の条件を考慮した。

- (1) 優先度を4段階に分けて評価し、優先度の高い事業を優先的に実施する。
- (2) 経済性の高い(EIRRの高い)排水区は優先度を高くする。
- (3) 民間資本による中長期的な商業的大規模開発が計画されている排水区は、基本的に開発業者に排水施設の整備の責任があることと、今後の開発進展速度が不透明なため、優先度を下げる。

上記の条件を考慮して、各排水区の優先度を表 6.5.1 に示すとおり設定した。

表 6.5.1 排水区の優先度

No.	Sub-Catchment Area	2035年人口人	エリア面積 km2	人口密度 人/km ²	家屋移転軒	土地収用 m2	建設費 M USD	維持管理費 M USD	EIRR %	EIRRの順位	事業実施優先度	備考
1	Boeung Thom	19,900	15.39	1,293	0	71,932	5.8	0.028	2.7	14	3	PPSEZに続けて実施
2	PPSEZ	13,800	10.56	1,307	5	10,655	10.9	0.047	10.2	7	2	EIRR 10~15
3	NR.3 West	43,100	27.36	1,575	36	54,340	14.4	0.070	2.3	15	4	EIRR<5
4	Krang Pongro	8,100	11.01	736	2	7,184	8.6	0.032	0.0	18	4	EIRR<5
5	Pratek Lang Channel	7,400	7.17	1,032	10	6,864	9.0	0.032	-3.3	19	4	EIRR<5
6&8	Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	122,800	49.44	2,484	81	879,943	48.2	0.384	12.9	5	2	EIRR 10~15
7	Preaek Thloeng	29,600	8.53	3,470	2	51,293	3.7	0.019	0.3	17	4	中長期商業開発地
9	Pochentong East	183,300	18.23	10,055	40	26,915	89.6	1.172	13.3	4	2	EIRR 10~15
10	Tamok East	63,100	26.60	2,372	154	549,374	53.6	0.318	-9.2	20	4	EIRR<5
11	Hanoi West	287,200	59.46	4,830	28	512,273	62.6	1.167	5.7	10	3	EIRR 5~10
12&13	Poung Peay & O'veng	359,000	43.79	8,198	90	182,507	82.0	1.409	10.4	6	2	EIRR 10~15
14	Preaek Maot Kandol	78,100	22.43	3,482	47	20,160	24.8	0.122	3.6	12	4	中長期商業開発地
15	Chbar Ampov West	67,600	4.77	14,172	179	0	8.8	0.087	8.4	8	3	EIRR 5~10
16	Chbar Ampov Middle	118,200	25.63	4,612	17	355,040	27.0	0.423	0.6	16	4	中長期商業開発地
17	Chbar Ampov East	61,700	34.32	1,798	-	-	-	-	0	-	-	
18	Satellite City	42,000	4.63	9,071	4	83,363	9.4	0.027	5.4	11	3	EIRR 5~10
19	Cheung Aek Lake	212,800	23.28	9,141	152	50,760	18.3	0.091	3.6	13	4	中長期商業開発地
20	Bak Khaeng	10,200	18.74	544	-	-	-	-	-	-	-	
21	Chroy Changvar	23,700	2.10	11,286	42	0	6.1	0.002	6.3	9	3	EIRR 5~10
22	Wat Phomn North	20,000	1.17	17,094	0	0	10.3	0.007	15.8	2	1	EIRR>15
23	Trabek	372,400	13.01	28,624	0	0	2.5	0.040	16.1	1	1	EIRR>15
24	Tumpun	471,800	14.49	32,560	-	-	-	-	-	-	-	
25	Tamok West	121,700	133.85	909	-	-	-	-	-	-	-	
26	Prek Thnot South	54,500	39.97	1,364	-	-	-	-	-	-	-	
27	City Core North Area	74,800	5.80	12,897	18	0	9.1	0.002	15.2	3	1	EIRR>15
TOTAL		2,866,800	621.73		907	2,862,603	504.7	5.479				

注)

- ① EIRR が 15%以上の排水区の優先度を 1 位グループ、EIRR が 10%以上 15%未満の排水区の優先度を 2 位グループ、EIRR が 5%以上 10%未満の排水区の優先度を 3 位グループ、その他の優先度を 4 位グループとした。
- ② 「1.Boeung Thom 排水区」の事業は、「2.PPSEZ 排水区」の事業とリンクしているので、続けて行うため、優先度を 3 位とした。

出典：調査団

表 6.5.1 のとおり設定した優先度に基づき立案した事業実施計画を表 6.5.2 に示す。工事期間は、プノンペン都における類似建設工事の工事実績を参考として計画した。事業実施に際して、各事業に準備期間として一律 28 ヶ月(F/S 調査 8 か月、資金準備期間 1 年間、設計調査期間 8 か月)を見込んで計画した。

各グループ内における排水区の実施優先度は、経済性の高(EIRR の値の高さ)を優先した。基本的に、都市化が進み人口密度の高いプノンペン都中心部におけるプロジェクトを優先的に実施し、都市化の広がりによって中心部から外側へ事業を展開していく計画となっている。

表 6.5.2 提案事業実施計画

No.	排水区	年																											
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040		
1	BT	Bocung Thom																											
2	PZ	PPSEZ																											
3	NW	NR3 West																											
4	KP	Krang Pongro																											
5	PLC	Pratek Lang Channel																											
6 & 8	CAC & TP	Cheung Aek Channel & Tuol Pongro																											
7	PT	Preaek Thloeng																											
9	PE	Pochentong East																											
10	TE	Tamok East																											
11	HW	Hanoi West																											
12 & 13	PP & OV	Poung Peay & O'veng																											
14	PMK	Preaek Maot Kandol																											
15	CAW	Chbar Ampov West																											
16	CAM	Chbar Ampov Middle																											
17	CAE	Chbar Ampov East																											
18	SC	Satellite City																											
19	CAL	Cheung Aek Lake																											
20	BK	Bak Khaeng																											
21	CC	Chroy Changvar																											
22	WPN	Wat Phnom North																											
23	TRA	Trabek																											
24	TUM	Tumpun																											
25	TW	Tamok West																											
26	PTS	Prek Thnot Sout																											
27	CCN	City Core North Area																											
28		Drainage Pump Vehicle																											

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	合計
総事業費(百万USD)	0.0	28.8	0.0	108.8	72.2	0.0	0.0	102.4	13.5	12.4	91.1	8.1	0.0	12.7	38.1	29.1	0.0	5.3	35.4	0.0	30.7	0.0	74.3	0.0	0.0	0.0	662.2
維持管理費(百万USD/年)	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.07	0.07	1.05	1.24	1.63	1.63	3.14	3.17	4.36	4.37	4.38	4.61	4.83	4.92	4.94	5.07	4.99	5.03	5.10	5.16	5.50	75.38
ソフトコンポーネント																											
維持管理能力強化																											
大規模開発区域規制強化																											

■ フィージビリティ調査/資金調達/設 ■ 建設工事

出典：調査団

6.6 概算事業費の積算

6.6.1 積算条件

事業費用は、建設費、事務管理費、エンジニアリング費、物理的予備費、土地収用/移転補償費が含まれる。これら費用は表 6.6.1 に示す積算条件に基づいて積算されている。なお、積算時点は2015年4月とし、交換レートは1USD=119.64円、1Riel=0.030円とする。

表 6.6.1 事業費用の積算条件

No.	費用項目	積算条件
1	建設費	資機材費、労務費、輸送費等
2	事務管理費	建設費の5%
3	エンジニアリング費	建設費の10%
4	物理的予備費	建設費およびエンジニアリング費の5%
5	土地収用/移転補償費	各排水区における土地収用費用および補償、移転費用

出典：調査団

施設建設費は以下の条件で算出した。

- 雨水排水計画は25排水区に分割して立案した。
- 過去のJICA無償資金協力事業、ADB事業などによって実施された類似案件の積算金額を基にして、物価上昇を考慮して建設事業費を算出する。
- 土木および建築資材、労務費、建設機械は国内での調達が可能であるため、現地調達を基本とする。しかしながら、一部鋼材、排水管および建設機械は国内での調達が難しいため、日本を含む海外調達とする。
- 排水ポンプ場建設工事などにおける機械・電気設備は、海外調達を基本とする。調達は経済性、品質性、維持管理性を考慮して決定する。
- 調整池の建設は、現地調査にて土地収用可能な範囲を確認し、氾濫解析結果に基づき算出する。
- 可能な限り住民移転が少なくなるように考慮した施工計画とする。
- 地質条件、気候条件、法規等に考慮した施工計画とする。
- 運転維持管理費用は、既存施設の維持管理費用を基に算出する。
- 既存道路下の埋設工事および道路横断工事においては、仮回し工事等により、既存水路、交通網に配慮した施工計画とする。

6.6.2 概算事業費

表 6.6.2 に概算事業費を示す。総事業費は、662.2百万USDとなる。なお、建設費は506.5百万USDとなる。また、表 6.5.2 に基づく資金計画を表 6.6.3 および表 6.6.4 に示す。

表 6.6.2 提案事業の概算事業費

単位：百万USD

費用項目	外貨	内貨	合計
I. 建設費	86.4	420.1	506.5
1) Boeung Thom	0.1	5.7	5.8
2) PPSEZ	0.1	10.8	10.9
3) NR.3 West	0.2	14.2	14.4
4) Krang Pongro	0.1	8.5	8.6

費用項目	外貨	内貨	合計
5) Pratek Lang Channel	0.1	8.9	9.0
6&8) Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	3.6	44.6	48.2
7) Preaek Thloeng	0.0	3.7	3.7
9) Pochentong East	31.4	58.2	89.6
10) Tamok East	0.6	53.0	53.6
11) Hanoi West	19.1	43.5	62.6
12&13) Poug Peay & O'veng	16.8	65.2	82.0
14) Preaek Maot Kandol	0.3	24.5	24.8
15) Chbar Ampov West	0.7	8.1	8.8
16) Chbar Ampov Middle	6.4	20.6	27.0
17) Chbar Ampov East	-	-	-
18) Satellite City	0.1	9.3	9.4
19) Cheung Aek Lake	0.2	18.1	18.3
20) Bak Khaeng	-	-	-
21) Chroy Changvar	0.7	5.4	6.1
22) Wat Phnom North	1.1	9.2	10.3
23) Trabek	2.0	0.5	2.5
24) Tumpun	-	-	-
25) Tamok West	-	-	-
26) Prek Thnot South	-	-	-
27) City Core North Area	1.2	7.9	9.1
28) Drainage Pump Vehicle ¹⁾	1.6	0.2	1.8
II. 事務管理費	0.0	25.3	25.3
III. エンジニアリング費	40.5	10.1	50.6
IV. 物理的予備費	6.3	21.5	27.8
V. 土地収用/移転補償費	0.0	52.0	52.0
事業費合計 (I+II+III+IV+V)	133.2	529.0	662.2

注 1) Drainage Pump Vehicle は、特定の排水区に属するのではなく、全排水区を対象とした緊急用である。

出典：調査団

表 6.6.3 資金計画(1/2)

項目	2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022			2023			2024			2025			2026			2027			2028		
	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計			
A. ローン対象分(I+II+III)	8.2	19.2	27.4	0.0	0.0	0.0	40.5	63.0	103.5	7.9	47.9	55.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	70.1	94.7	1.1	11.6	12.7	1.5	8.7	10.2	26.6	52.8	79.4	0.6	6.1	6.7	0.0	0.0	0.0	0.9	10.0	10.9
I. 建設費	5.9	17.8	23.7	0.0	0.0	0.0	31.4	58.2	89.6	3.6	44.6	48.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	65.2	82.0	0.1	10.8	10.9	0.7	8.1	8.8	19.8	48.9	68.7	0.1	5.7	5.8	0.0	0.0	0.0	0.1	9.3	9.4
1 Boeung Thom																																							
2 PPSEZ																						0.1	10.8	10.9															
3 NR.3 West																																							
4 Krang Pongro																																							
5 Pratek Lang Channel																																							
6&8 Cheung Aek Channel & Tuol thloeng										3.6	44.6	48.2																											
7 Preaek Thloeng																																							
9 Pochtong East							31.4	58.2	89.6																														
10 Tamok East																																							
11 Hanoi West																												19.1	43.5	62.6									
12&13 Poug Peay & O'veng																16.8	65.2	82.0																					
14 Preaek Maot Kandol																																							
15 Chbar Ampov West																									0.7	8.1	8.8												
16 Chbar Ampov Center																																							
17 Chbar Ampov East																																							
18 Satellite City																																					0.1	9.3	9.4
19 Cheung Aek Lake																																							
20 Bak Khaeng																																							
21 Chroy Changvar																												0.7	5.4	6.1									
22 Wat Phnom North	1.1	9.2	10.3																																				
23 Trabek	2.0	0.5	2.5																																				
24 Tumpun																																							
25 Tamok West																																							
26 Prek Thnot South																																							
27 City Core North Area	1.2	7.9	9.1																																				
28 Drainage Pump Vehicle	1.6	0.2	1.8																																				
II. コンサルタント費	1.9	0.5	2.4	0.0	0.0	0.0	7.2	1.8	9.0	3.9	1.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	1.6	8.2	0.9	0.2	1.1	0.7	0.2	0.9	5.5	1.4	6.9	0.5	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2	1.0
III. 物理的予備費	0.4	0.9	1.3	0.0	0.0	0.0	1.9	3.0	4.9	0.4	2.3	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.3	4.5	0.1	0.6	0.7	0.1	0.4	0.5	1.3	2.5	3.8	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
B. ローン非対象分(IV+V)	0.0	2.2	2.2	0.0	14.0	14.0	0.0	4.5	4.5	0.0	6.0	6.0	0.0	0.3	0.3	0.0	9.7	9.7	0.0	4.1	4.1	0.0	2.0	2.0	0.0	0.4	0.4	0.0	3.4	3.4	0.0	7.1	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8
IV. 管理費	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	0.0	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.4	0.4	0.0	3.4	3.4	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
V. 用地取得費/移転補償費	0.0	1.0	1.0	0.0	14.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0.3	0.3	0.0	9.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3
合計(A+B)	8.2	21.4	29.6	0.0	14.0	14.0	40.5	67.5	108.0	7.9	53.9	61.8	0.0	0.3	0.3	0.0	9.7	9.7	24.6	74.2	98.8	1.1	13.6	14.7	1.5	9.1	10.6	26.6	56.2	82.8	0.6	13.2	13.8	0.0	0.0	0.0	0.9	11.8	12.7

表 6.6.4 資金計画 (2/2)

項目	2029			2030			2031			2032			2033			2034			2035			2036			2037			2038			2039			2040			合計					
	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計						
A. ローン対象分 (I+II+III)	9.0	22.2	31.2	2.2	24.4	26.6	0.0	0.0	0.0	0.3	4.0	4.3	2.6	28.9	31.5	0.0	0.0	0.0	2.4	26.3	28.7	0.0	0.0	0.0	5.1	56.8	61.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.2	451.7	584.9			
I. 建設費	6.4	20.6	27.0	0.3	22.7	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	3.7	0.3	27.0	27.3	0.0	0.0	0.0	0.3	24.5	24.8	0.0	0.0	0.0	0.6	53.0	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	86.4	420.1	506.5			
1 Boeung Thom																																					0.1	5.7	5.8			
2 PPSEZ																																					0.1	10.8	10.9			
3 NR.3 West				0.2	14.2	14.4																															0.2	14.2	14.4			
4 Krang Pongro				0.1	8.5	8.6																															0.1	8.5	8.6			
5 Pratek Lang Channel													0.1	8.9	9.0																						0.1	8.9	9.0			
6&8 Cheung Aek Channel & Tuol thloeng																																					3.6	44.6	48.2			
7 Preaek Thloeng										0.0	3.7	3.7																									0.0	3.7	3.7			
9 Pochentong East																																					31.4	58.2	89.6			
10 Tamok East																									0.6	53.0	53.6										0.6	53.0	53.6			
11 Hanoi West																																					19.1	43.5	62.6			
12&13 Poug Peay & O'veng																																					16.8	65.2	82.0			
14 Preaek Maot Kandol																			0.3	24.5	24.8																0.3	24.5	24.8			
15 Chbar Ampov West																																					0.7	8.1	8.8			
16 Chbar Ampov Center	6.4	20.6	27.0																																		6.4	20.6	27.0			
17 Chbar Ampov East																																										
18 Satellite City																																					0.1	9.3	9.4			
19 Cheung Aek Lake													0.2	18.1	18.3																						0.2	18.1	18.3			
20 Bak Khaeng																																										
21 Chroy Changvar																																					0.7	5.4	6.1			
22 Wat Phnom North																																					1.1	9.2	10.3			
23 Trabek																																					2.0	0.5	2.5			
24 Tumpun																																										
25 Tamok West																																										
26 Prek Thnot South																																										
27 City Core North Area																																								1.2	7.9	9.1
28 Drainage Pump Vehicle																																					1.6	0.2	1.8			
II. コンサルタント費	2.2	0.5	2.7	1.8	0.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.4	2.2	0.5	2.7	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	4.3	1.1	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	10.1	50.6			
III. 物理的予備費	0.4	1.1	1.5	0.1	1.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	1.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.2	2.7	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	21.5	27.8			
B. ローン非対象分 (IV+V)	0.0	1.4	1.4	0.0	4.3	4.3	0.0	0.2	0.2	0.0	10.7	10.7	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.3	77.3			
IV. 管理費	0.0	1.4	1.4	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.3	25.3			
V. 用地取得費/移転補償費	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	3.1	0.0	0.2	0.2	0.0	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	52.0			
合計 (A+B)	9.0	23.6	32.6	2.2	28.7	30.9	0.0	0.2	0.2	0.3	14.7	15.0	2.6	30.3	32.9	0.0	0.0	0.0	2.4	27.5	29.9	0.0	0.0	0.0	5.1	59.5	64.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.2	529.0	662.2			

出典：調査団

6.6.3 維持管理費

表 6.6.5 に提案事業の年間維持管理費を示す。事業完了時の年間維持管理費は 5.5 百万米ドルとなる。

表 6.6.5 提案事業の年間維持管理費

単位：百万 USD

提案事業	年間維持管理費
1) Boeung Thom	0.028
2) PPSEZ	0.047
3) NR.3 West	0.070
4) Krang Pongro	0.032
5) Pratek Lang Channel	0.032
6&8) Cheung Aek Channel & Tuol Pongro	0.384
7) Preaek Thloeng	0.019
9) Pochentong East	1.172
10) Tamok East	0.318
11) Hanoi West	1.167
12&13) Poug Peay & O`veng	1.409
14) Preaek Maot Kandol	0.122
15) Chbar Ampov West	0.087
16) Chbar Ampov Middle	0.423
17) Chbar Ampov East	
18) Satellite City	0.027
19) Cheung Aek Lake	0.091
20) Bak Khaeng	
21) Chroy Changvar	0.002
22) Wat Phnom North	0.007
23) Trabek	0.040
24) Tumpun	
25) Tamok West	
26) Prek Thnot South	
27) City Core North Area	0.002
28) Pumping Truck	0.022
年間維持管理費合計	5.501

注 1) Drainage Pump Vehicle は、特定の排水区に属するのではなく、全排水区を対象とした緊急用である。

出典：調査団

6.7 財務分析

雨水排水プロジェクトは利用者サービス料金収入がないため、財務分析は行わないものとする。

6.8 経済分析

6.8.1 経済分析の前提条件

投資費用および維持管理費用は 6.6 節で示されている。しかし、投資費用は下水道プロジェクトの経済分析と同様に国境価格に変換される。

排水プロジェクトの便益は下水道の便益とは異なり、次のようになる。排水プロジェクトの第一の便益は浸水損害の回避である。浸水損害は社会調査結果と表 6.8.1 に基づいて推定できる。

表 6.8.1 3 地区における世帯当たり平均住宅損害

平均年間水位に対する相対的深さ(m)	世帯当たり住宅損害 (USD)	計算回復年数=損害額/年当たり回復費用	摘要
0	129.34	0.7	Actual damages in 2006
0.5	162.307	0.9	Potential damages
1	193.20	1.0	Potential damages
1.5	327.23	1.8	Potential damages
2	468.73	2.5	Potential damages

出典：Badri Bhakta Shrestha 等, International Centre for Water Hazard and Risk Management(ICCHARM), “Assessment of Flood Hazards and Vulnerability in Cambodian Floodplain,” 2013

しかし、上表の値はカンボジアの地方で得られたものであるため、世帯所得統計を用いて(2013年平均地方所得 931,000 Riel/月に対し、プノンペンには 2,517,000 Riel/月)、プノンペン用に変換されるべきである。上表の浸水深さと損害額(地方からプノンペンに換算するため上記 2,517÷931=2.7 倍にする)の関係を単純な直線回帰式で求めると回帰係数 R は 0.97 と高いが、切片が-283 となり、浸水深さが小さいと損害額がマイナスとなるので、損害額を対数として回帰式を求めると、回帰係数 R は 0.99 と直線回帰よりも高くなり、 $\ln(\text{Damage})=3.6548+0.0163 \times \text{Depth}$ の式が得られた。したがって、プノンペンにおける浸水による世帯当たり平均住宅損害額は、浸水深さを変数として、 $\text{損害額} = e^{3.6548+0.0163 \times \text{Depth}}$ となる。さらに、損害額は年々の世帯所得変化に比例すると想定する。社会調査の浸水の頻度と深さおよび表 6.8.1 に基づき浸水被害を受けるプノンペンの世帯当たり損害額は表 6.8.2 のようになると推定される。

表 6.8.2 プノンペンの世帯当たり年平均被害軽減期待額

Depth (浸水深) (cm)	Damage (平均損害額) (USD/HH)	Frequency (浸水被害発生数)		Share (水深別浸水被害発生率)		Damage (損害発生額) (USD/HH)		Total (2016)
		1/ year (Including heavy rain)	2/ year	1/ year (Including heavy rain)	2/ year	1/ year (Including heavy rain)	2/ year	
	A	B	C	D	E	F = A×D	G = A×2E	
10	45.48	8	4	0.3265306	0.119403	14.85	10.86	225
25	58.03	7.5	19.5	0.3061224	0.582090	17.77	67.57	↑ 所得上昇
50	87.12	8	7	0.3265306	0.208955	28.45	36.41	Total (2006)
75	130.78	1	2	0.04081633	0.059702	5.34	15.62	F×B/(B+C)
100	196.34	0	1	0	0.029851	0	11.72	+G×C/(B+C)
Total		24.5	33.5	100: Total sample number		66.41	142.18	110

HH: House Hold(世帯)

出典：調査団

一方、世帯当たりの浸水損害額と裨益人口(世帯規模 5 人/世帯を用いて世帯数に変換)を乗じて浸水損害回避の便益が推定できる。排水プロジェクトは 5 年に 1 回の浸水を防ぐことを目標とし

ており、上記の社会調査結果の状況は改善されるものと考えられる(浸水頻度の「その他」の回答は「豪雨が降る時」というものであるが、豪雨は5年に1回より頻度は多いと考えられ、年1回と同じと想定する)。

各排水区の人口に排水プロジェクトによって浸水被害を防止できる面積割合を乗じて、裨益人口が求まる。浸水被害は住民だけでなく、事業所も受ける。ここでは事業所の代表として工場を見る。工場の統計については第2章で述べており、大規模工場(不動産を除く Capital Investment が50万 USD を超える)が684件あって、その地区別分布は図2.2.4に示されているとおりである。なお、投資額の大きな工場のプノンペンにおけるリストがあり、その数がほぼ677で上記684に非常に近く、その平均従業員規模を求めると、1工場当たり736人となるので、図2.2.4をもとに、排水区別にこれら大規模工場数を配分し、それに平均従業員数を乗じて工場従業員数を求める。また、裨益面積割合から従業員数ベースの裨益工場従業者数を求める。工場の浸水被害実態はわからないので、ここでは少なめに見て、住民世帯の被害額と同じと想定する。大規模工場であるので、投資資産は家庭よりはるかに大きいと考えられるので、本来ならより大きな便益となる。また零細家庭内手工業的工場は住民に含まれるが、中小工場がふくまれていないので、少なめとなる。また工業以外の事業所も見えていないので、少なめとなる。

2番目の便益は社会調査で「仕事に行けない」、あるいは「店(仕事)が開けない」というような仕事への損害影響である。社会調査における浸水頻度、継続時間と仕事等の問題のクロス分析結果を示すと表6.8.3のとおりである。同表の年間合計と世帯所得(月から日に変換し)と裨益人口(世帯規模5人で世帯数に変換)を乗じることにより生産損害額が推定できる。

表 6.8.3 プノンペンにおける生産損害回復

Duration (day)	Frequency		Share		Annual Total
	1/year (Including heavy rain)	2/year	1/year	1/year (Including heavy rain)	
0.0625	4	1	0.0139	0.00463	0.02315
0.09375	7	7	0.0365	0.04861	0.13368
0.3125	3	12	0.0521	0.27778	0.60764
0.625		3	0	0.1389	0.27778
0.7		1	0	0.05185	0.10370
1	4	3	0.222	0.2222	0.66667
	18	27	0.325	0.74398	0.57625

出典：調査団

同様に、大規模工場の生産損害を、従業員数に上記の世帯所得の平均損害額を乗じて求める。被害住民が被害工場で働いていれば、ダブルカウントになるが、工場の生産額は従業員への給料(所得)の倍以上あると推定されるので、全体では少なめに見積もっていることになる。大規模工場工業以外の工場も含まれないので、少なめであることは上記の浸水損害額と同様である。

3番目の便益は浸水後の区(Khan)の排水費用である。Dangkor 区の官吏とのインタビューによれば、浸水の排水ポンプのディーゼル油の消費量は年約1万Lである。現在、ディーゼル油はガソリンスタンドで3,800 Riel/Lである。社会調査結果の各区別の浸水深さと頻度のクロス分析に基づき、他の区の消費量が推定できる。全消費量は合計すれば得られる。

4番目の便益は浸水によって引き起こされる医療費用の削減である。病気としては2種類ある。一つは下痢で、もう一つは皮膚が痒くなるもの、つまり下水道の経済分析で述べた皮膚炎である。その他の肝炎、腸チフス、コレラのような水に関連した病気はあるが、浸水がこれらの病気の患者をどのように引き起こすかのデータがない。

Grace I. Davies その他の論文、“Water-Borne Diseases and Extreme Weather Events in Cambodia: Review of Impacts and Implications of Climate Change” (‘International Journal of Environmental Research and Public Health’ 2015)は、表6.8.4のようなデータを示している。

表 6.8.4 カンボジアにおける 14 歳までの子供の下痢発生

Provinces	Study Period	Mean Monthly No. of		No. of Months	Rainfall ^c (mm)		Mean Temperature ^c (°C)
		Diarrhoea Cases in			Affected by	Median (IQR)	
		Children up to	14 Years ^a	Flooding ^b			
Banteay Meanchey	2001–2012	828	871	13	88.5 (149.3)	452.2	28.4
Battambang	2001–2012	747	845	14	82.6 (142.8)	353.3	28.3
Kampong Thom	2001–2012	620	569	15	99.4 (180.3)	497.2	27.6
Kampot	2001–2012	243	237	11	131.4 (209.1)	629.1	28.1
Koh Kong	2001–2012	101	90	6	197.5 (354.4)	1600.8	27.7
Kratie	2001–2012	267	380	10	126.7 (221.7)	537.8	28.5
Pailin	2007–2012	135	109	6	106.2 (128.3)	374.8	27.6
Phnom Penh	2001–2012	650	705	12	98.0 (168.1)	410.3	28.9
Pursat	2001–2012	180	219	11	105.6 (165.9)	398.6	28.4
Prey Veng	2001–2012	1719	1587	8	108.8 (169.0)	544.8	28.3
Ratanakiri	2004–2008	385	434	3	57.6 (263.3)	746.7	26.8
Siem Reap	2001–2012	885	1517	10	90.5 (197.1)	512.8	28.4
Stung Treng	2001–2012	54	45	8	74.5 (215.2)	552.8	28.4
Svay Rieng	2001–2012	507	524	7	127.5 (211.1)	499.1	28.2
Kampong Cham	2001–2012	2319	1990	10	80.5 (101.0)	170.0	28.2
Preah Sihanouk	2001–2012	152	135	3	86.5 (81.5)	182.0	28.0

出典：Grace I. Davies 等、“Water-Borne Diseases and Extreme Weather Events in Cambodia: Review of Impacts and Implications of Climate Change”、‘International Journal of Environmental Research and Public Health’ 2015 年

上表より、プノンペンにおける 14 歳以下の子供の下痢発生率と人口から下痢の医療費用を推定できる。

一方、社会調査における水関連の病気を詳しく吟味すると、「痒い」症状の例が散見される。これは先に未処理汚水によって引き起こされる皮膚病(皮膚炎)と同様に浸水によって引き起こされるものとみられる。痒くなる皮膚病の発生率は社会調査に基づけば 11%である。皮膚炎の医療費は排水プロジェクトの便益となり得る。

6.8.2 EIRR

提案した事業全体の EIRR の推定結果を表 6.8.5 に示す。EIRR は 12.6%となる。

表 6.8.5 EIRR

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inundation benefit	0	0	2.73	2.88	3.05	3.23	18.47
Production	0	0	0.32	0.34	0.36	0.38	1.65
Pumping Diesel Oil	0	0	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Medical Care	0	0	0.005	0.005	0.005	0.005	0.015
Operational Costs		0	0.06	0.07	0.07	0.07	1.05
Investment	28.47	0.00	107.18	71.88	0.00	0.00	101.4
Cash flow	-28.47	0.00	-104.18	-68.73	3.34	3.54	-82.32
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Inundation benefit	19.65	40.42	42.97	59.46	63.38	71.81	76.45
Production	1.76	3.32	3.53	4.95	5.29	6.08	6.48
Pumping Diesel Oil	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Medical Care	0.016	0.023	0.024	0.036	0.038	0.046	0.049
Operational Costs	1.24	1.63	1.63	3.14	3.17	4.36	4.37
Investment	13.456	12.34	90.036	8.076	0	12.7	37.7
Cash flow	6.74	29.81	-45.12	53.25	65.56	60.93	40.89
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Inundation benefit	81.33	86.95	94.38	102.24	109.00	116.05	126.03
Production	6.90	7.40	8.11	8.78	9.39	10.01	10.90
Pumping Diesel Oil	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Medical Care	0.053	0.057	0.064	0.070	0.075	0.080	0.088
Operational Costs	4.38	4.61	4.83	4.92	4.94	4.94	5.02
Investment	29.012	0	5.288	35.296	0	30.604	0
Cash flow	54.92	89.83	92.45	70.90	113.55	90.62	132.04
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Inundation benefit	134.20	142.79	155.06	165.64	1,718.14		
Production	11.63	12.39	13.57	14.52	148.05		
Pumping Diesel Oil	0.03	0.03	0.03	0.03	0.47		
Medical Care	0.094	0.101	0.113	0.122	1.18		
Operational Costs	5.06	5.12	5.18	5.29	75.14		
Investment	74.096	0	0	0	657.6		
Cash flow	66.79	150.18	163.58	175.02	EIRR 12.6%		
Residual value	-	-	-	-	303.1		

出典：調査団

6.9 プレF/S実施のための優先プロジェクト

現時点では、前述の雨水排水施設計画の中から、表 6.9.1 に示すように、ボックスカルバートの敷設、ポンプ場および雨水調整池から構成される施設建設を優先プロジェクトとして抽出することを想定する。なお、Pochengtong West エリアについては、11 排水区(Hanoi West 排水区)に含まれて優先度が低いものと判断されたため、本優先プロジェクトには含まれていない。また、表 6.9.1 とは別に、(i) 22 排水区および 27 排水区における雨水排水施設の整備、および(ii) 23 排水区における 4 箇所の既設除塵スクリーンの改修については、無償資金協力プロジェクト(フェーズ4)の中で、詳細な内容を更に検討し、実施計画を策定する予定である。

表 6.9.1 雨水排水の優先プロジェクト

	施設	規格/能力等	備考
9 排水区 (Pochengtong East 排水区)における雨 水排水施設整備	排水路	<ul style="list-style-type: none"> Box culvert 新設: 5,220 m 流入水路の建設: 480 m 既設排水路改修: 2,660 m 	
	ポンプ場	<ul style="list-style-type: none"> 1 箇所:揚水能力 40 m³/s 	土地所有者: 公用地
	雨水調整池	<ul style="list-style-type: none"> 1 箇所:面積 25,000 m² 	

出典：調査団

6.10 要請中のプロジェクトと優先プロジェクト

これまでの検討結果を受け、無償資金協力プロジェクト(フェーズ 4)における要請内容と、本 M/P における検討内容の対象表を表 6.10.1 に示す。

表 6.10.1 要請書の内容および M/P 検討内容との比較

要請書内容(2014 年)		内容	M/P 検討内容					
Item	Priority		排水区番号	排水区名	優先度	実施時期		
Improvement of Wat Phnom Northern area drainage system	1	施設	排水管路、地下貯留槽、ポンプ場、遮集管	22	Wat Phnom North	1	フェーズ 4 での実施を推奨	
Improvement of flood control facility to Phnom Penh Special Economic Zone	1	施設	ボックスカルバート、開水路、管理用道路、樋管	2	PPSEZ	2	フェーズ 4 の次の段階での実施を推奨	
Mechanical screen cleaning facilities to screen pits at pumping stations constructed in phase 2	1	施設	機械式除塵機	23	Trabek	1	フェーズ 4 での実施を推奨	
Improvement of Tuol Kork area drainage system	1	施設	ボックスカルバート、樋管	27	City Core North	1	フェーズ 4 での実施を推奨	
Improvement of Pochentong drainage system	East area	2	施設	ポンプ場、調整池、樋管、開水路、ボックスカルバート	9	Pochentong East	2	フェーズ 4 の次の段階での実施を推奨
	West area	3	施設	ボックスカルバート、開水路	11	Hanoi West	3	East の次の段階での整備を推奨
Procurement of Detention Pond cleaning equipment	5	機材	排水ポンプ車、調整池浚渫用機材 ^(*)	-	該当なし	-	フェーズ 4 での実施を推奨	
Boeng Trabek pumping station II	4	施設	ポンプ場	23	Trabek		プ都が実施するため検討対象外	

(*1) 調整池浚渫用機材：浚渫船、フローティングバックホウ、土砂運搬船、ロングアームバックホウ、水密ダンプトラック。排水ポンプ車は実用性、汎用性が高いため優先度が高いものと評価する。

出典：調査団

6.11 債務持続可能性分析 (Debt Sustainability Analysis: DSA) の追加

カンボジア国政府が自己の資金を持っていないので、汚水対策および雨水排水プロジェクトの投資費用はソフトローンで賄われる必要がある。ソフトローンの獲得可能性はこれら投資費用の外国通貨ローン部分を IMF、世銀、IDA により 2015 年 10 月に発表されたカンボジア国の債務持続可能性分析に加えて分析ができる。DSA は現在価値の外国債務/GDP 比、債務/輸出比、債務/予算歳入等を調査している。しかし、実務的には債務/GDP 比、債務/輸出比が重要視されている。

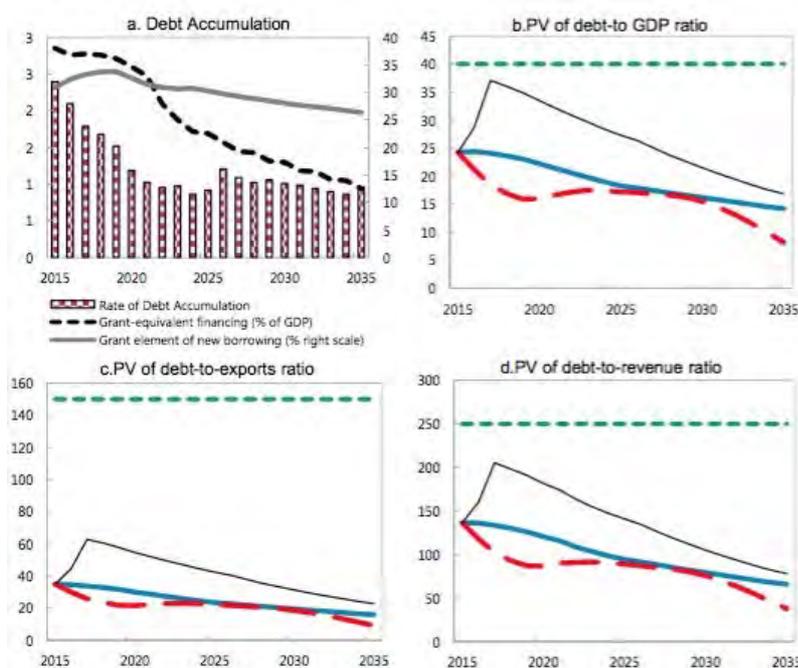
IMF と世銀の “Revisiting the Debt Sustainability Framework for Low-Income Countries”(2012 年 1 月) によれば、各国の債務負担指標の表示閾値は世銀の国家政策および制度評価(Country Policy and Institutional Assessment: CPIA)指数によって測定される、その国の政策と制度能力に依存する。具体的な閾値は表 6.11.1 に示すとおりである。

表 6.11.1 政策による表示閾値

	PV of debt in percent of			Debt service in percent of	
	GDP	Exports	Revenue	Exports	Revenue
Weak policy (CPIA \leq 3.25)	30	100	200	15	25
Medium policy (3.25 < CPIA < 3.75)	40	150	250	20	30
Strong policy (CPIA \geq 3.75)	50	200	300	25	35

出典：IMF と世銀, “Revisiting the Debt Sustainability Framework for Low-Income Countries”, 2012 年 1 月

カンボジア国 DSA は世銀の国家政策および制度評価によって測定されるカンボジアの政策および制度が引き続き「中程度」と分類されるとしている。適切な表示閾値としては、公共および公共が保証する現在価値(NPV)に直した対外債務/GDP 比を 40%、債務/輸出額比 150%、債務/予算歳入比は 250%、債務元利・輸出額比 20%、債務元利/予算歳入比を 20%とし、カンボジア国 DSA は図 6.11.1 のような結果を示している。



出典：IMF, 世銀, IDA, “Cambodia DSA”, 2015 年 10 月

図 6.11.1 カンボジアの公共および公共保証対外債務指標

上図より、カンボジアでは、各値が閾値以下に保たれつつ、減少傾向にあることを示している。この結果を踏まえて、汚水対策および雨水改善プロジェクトのソフトローンの可能性を、必要となる対外債務が加わることにより対外債務・GDP比が閾値以上になるか否かをチェックする。

通常、全投資額を国際機関から借りることはない。たとえば、JICAの場合、全体投資額の約75%程度がローン額である。したがって、ここでは投資額の80%を対外債務とする。さらに、現在価値への割引率を5%とする。加えて、代替案のうち大きい方の投資額を選択する。このようにして汚水対策および雨水排水改善プロジェクトのローンが加わった試算値を表6.11.2に示す。

表 6.11.2 汚水対策および雨水排水プロジェクトの DSA への加算

(単位: billion USD, %)

Item	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2035
GDP (billion USD)	14.1	15.4	16.6	17.6	19.0	20.6	22.5	24.5	26.7	40.8	95.1
Gross workers' remittances	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.8	1.9
PV of PPG external debt			3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6	5.9	7.4	13.5
PPG ex.debt/(GDP+Remitta.)			22.9%	23.7%	24.1%	23.9%	23.3%	22.7%	21.9%	17.9%	13.9%
Sewerage project (Accumulated)							0.036	0.036	0.036	0.1475	0.8897
Drainage project (Accumulated)					0.0296	0.0436	0.1516	0.2134	0.2137	0.4303	0.5983
Debt portion of project total					0.0237	0.0349	0.1501	0.1995	0.1998	0.4622	1.1904
PV of project debt					0.0226	0.0317	0.1297	0.1641	0.1565	0.2838	0.4486
Ex debt incl. project/(GDP+R.)					24.6%	24.6%	25.8%	25.6%	24.6%	21.7%	17.2%

注) 上段の GDP から PPG external debt までの4行は IMF と IDA, “Cambodia Staff Report for the 2015 Article IV Consultation- Debt Sustainability Analysis.” 2015年10月から、下段は本プロジェクトの投資額とその80%のローン、現在価値換算とそれを上段の外債の GDP 比に加算した。なお、PPGは Public and Publicly Guaranteed の略。

出典：調査団

結果は対外債務/GDP比は30%未満で、元の DSA での最も高い比率(2016年の24.1%)よりも若干高くなることを示している。したがって、汚水対策および雨水排水プロジェクトのローンは政府が他の対外債務をしない限りそれほど問題がないことになる。IMF と世銀による “Revisiting the Debt Sustainability Framework for Low-Income Countries” ではどのようなプロジェクトが将来予測に含まれているか明らかではない。恐らく分析した時点で、既存のもの、および確定していたプロジェクトが含まれているものと考えられる。他に対外債務を伴うプロジェクトが増加して、閾値に近づけば資金源としてのソフトローンは難しくなるが、財務省としても注意深くみていくものと考えられる。

第7章 マスタープランに係る環境社会配慮

7.1 戦略的環境アセスメントの考えに基づいたマスタープラン形成時の環境社会配慮

JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010)に従い、本調査では M/P 作成の段階において SEA の手法を導入している。ここでのアプローチは主に情報の公開、計画段階で一般の意見の反映、早期の段階での代替案分析が含まれる。情報公開および一般意見の収集は、調査の進捗に応じて実施されるステークホルダーが参加するワークショップや早期の段階における住民への社会経済調査によって行われた。

7.1.1 マスタープラン形成時の環境スコーピング

(1) 事業のスクリーニング

本プロジェクトはプノンペン都下水・排水改善プロジェクト詳細計画策定調査時に暫定的にカテゴリ B と分類されている (http://www.jica.go.jp/english/our_work/social_environmental/id/asia/southeast/category_a_b_fi.html)。プロジェクトの選定に際して、注意深い調査が必要である。

汚水対策については、M/P 形成時の現段階では、特に再分類するための顕著な変更はない。しかしながら、雨水排水事業においては、約 900 から 1,000 の建造物の移転が想定され、ある程度の住民移転が含まれる可能性があり、今後の検討により最小化が図られる必要がある。住民移転の規模が大きくなる場合は、次期フェーズにおいてカテゴリの再検討も必要である。JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010 4月版)に従った環境の状況は表 7.1.1 のとおりである。なお、実際のプロジェクトのスキームは M/P において最終化される。

表 7.1.1 プロジェクトスクリーニングにおける環境の状況(2015年4月)

No.	環境項目	内容
1	許認可、承認、説明	・ 事業に実施に際して、EIA 調査が必要である。
2	自然環境	<ul style="list-style-type: none"> Protected areas 保護区域等: 保護区域法(No. 07 NS/RKM/2008)の下、法令によって保護された保護区域は事業区域に含まれない。湿地についても都の自然の汚水処理池と利用されてきた。 天然林、熱帯自然林: 特に天然林は含まれない。 生態学的に重要な生息域と絶滅危惧種: 下水汚水処理場の建設予定地(Cheung Aek 湖 and Tamok 湖)において絶滅危惧種の生息は特に確認されていない。処理場の予定地は都の自然浄化のための天然の汚水処理池として機能している。しかしながら広範な水系を有する Tamok 湖は住民に利用されており、近年汚染に関する苦情が出ている。
3	社会環境	・ 住民移転: 住民移転、用地取得の状況は現在のプロジェクトの進捗とともに明らかになる予定である。約 900 から 1,000 軒の家屋が潜在的な雨水排水の事業影響地域に存在している。住民移転は回避されるべきあり、民間の土地の収用が想定される用地取得は可能な限り最小化する必要がある。
4	公害	<ul style="list-style-type: none"> プノンペン都における湿地の水質改善が期待される。 公害に関連して特に重大な負の影響は想定されない。しかしながら、建設時の土工事は水の濁度を高める。また建設工事は住民へのインパクトを最小にするよう配慮されなければならない。

出典: 調査団

(2) マスタープラン段階での環境スコーピング

プロジェクトに関連した潜在的な影響は上記において収集された環境の状況を基に確認された。

(a) 汚水対策事業にかかる潜在的影響

汚水対策に伴い想定される潜在的な環境上の影響は表 7.1.2 のとおりである(全般にわたるスコーピングマトリックスは Appendix 6 を参照)。

表 7.1.2 汚水対策事業にかかる潜在的影響 (2015 年 4 月)

環境項目	潜在的環境影響	備考
自然環境	<ul style="list-style-type: none"> 下水処理場(STP)の建設に伴い約 20ha(標準活性汚泥法の場合)の現在、主に農業や漁業に利用されている湿地または湖沼の埋立てが必要になる。 湿地における農業用地が減少する。 湿地の水質が改善される。 	事業の実際の規模は検討中であり、当該影響は調査の深度とともに明らかとなる。
社会環境	<ul style="list-style-type: none"> Cheung Aek 湖の湿地には、居住者がおり計画において移転、用地取得を最小にするよう配慮が必要である。 下水処理場の予定地のひとつである Cheung Aek 湖では農業が行われており一部の農民は生計手段の一部またはすべてを失う可能性がある。 プノンペン都の既存水路の一部では一時的、または長期的な居住者がいる。既存水路の改修では影響を最小にする配慮が必要である。 工事の実施に伴い、一時的に交通への障害が発生する可能性がある。 都市部でのポンプ場建設に伴い用地を新たな用地取得が必要になる。 	事業の実際の規模は検討中であり、当該影響は調査の深度とともに明らかとなる。
公害	<ul style="list-style-type: none"> 下水処理場の周辺での悪臭の発生が懸念される。 開水路を流れる汚水の量が少なくなり、悪臭の改善が期待される。 工事に伴い、水の濁度が上昇する可能性がある。 工事期間中、既設管と新設管の接続工事に伴う漏水によって一時的に周辺の水および土壌が汚染する可能性がある。 下水処理場の運営に伴い発生した汚泥は、指定された処分場において適切に処分される必要がある。 	事業の実際の規模は検討中であり、当該影響は調査の深度とともに明らかとなる。

出典: 調査団

(b) 雨水排水マスタープラン事業にかかる潜在的影響

雨水排水 M/P に伴い想定される潜在的な環境上の影響は表 7.1.3 のとおりである(全般にわたるスコーピングマトリックスは Appendix 7 を参照)。

表 7.1.3 雨水排水 M/P 事業にかかる潜在的影響 (2015 年 4 月)

環境項目	潜在的影響	備考
自然環境	<p><排水路/排水管の整備></p> <ul style="list-style-type: none"> 洪水被害が軽減することが期待される。 <p><排水ポンプ場の増強/新設></p> <ul style="list-style-type: none"> 新たなポンプ場の建設に伴い新たな土地が必要となる。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> 都市部での新たな貯水地の建設に伴い生物学的に正の影響が期待できる。 	事業の実際の規模は検討中であり、当該影響は調査の深度とともに明らかとなる。施設の位置は本調査において決定される。
社会環境	<p><排水路/排水管の整備></p> <ul style="list-style-type: none"> 既存水路では、近隣に住民が居住している場合があり、既存の水路の改修に伴い近隣住民に移転等の影響がある可能性がある。約 900 から 1,000 軒の家屋が潜在的な雨水排水の事業影響地域に存在している。計画段階での適切な調査に基づき影響を回避または軽減する配慮が必要である。 既存道路の地下に新規にパイプを設置する工事に伴い道路の交通に影響を与える可能性がある。 <p><排水ポンプ場の増強/新設></p> <ul style="list-style-type: none"> 都市部における新規のポンプ場の建設に伴い新たな用地取得、移転等の社会的影響がある可能性がある。 既存ポンプ場の拡充に伴い近隣の住民への用地取得や移転等の影響が想定される。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> 新たな調整池の建設による、既存の湖沼の拡充には約 16 ha から 70 ha の追加的な用地が必要となる。移転、用地取得は適切な調査に基づいて回避、最小化するよう配慮する必要がある。 	事業の実際の規模は検討中であり、当該影響は調査の深度とともに明らかとなる。施設の位置は本調査において決定される。

環境項目	潜在的影響	備考
	<ul style="list-style-type: none"> 使用者への適切な指導がない場合、調整池が違法なごみ捨て場等新たな公害のもとになる可能性がある。 	
公害	<p><排水路/排水管の整備></p> <ul style="list-style-type: none"> 分流式の採用地域では、排水は汚水と分離される予定であり、都の水流が改善されることが期待される。 建設段階において、浚渫や基礎工事等の河床の堆積物(底質)のかく乱に伴い限定的な地域ではあっても悪臭が発生する可能性がある。 <p><排水ポンプ場の増強/新設></p> <ul style="list-style-type: none"> 建設工事に伴い、近隣の水系の濁度が上昇する可能性がある。 工事に伴い、既設管との接続工事に伴う漏水等によって一時的に汚染する可能性がある。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> 排水施設の運用に伴い定期的維持管理、住民指導がない場合、違法なごみ捨て場等の公害のもとになる可能性がある。 	一般的に特に重大な影響は想定されない。調査の深度に伴い影響の規模も明らかとなる。

出典: 調査団

7.1.2 マスタープラン形成時の配慮事項

M/P と優先プロジェクトの環境上の評価は、JICA 環境社会配慮ガイドラインとカンボジアの関連法令に従い、戦略的環境アセスメントの考え方に基づいて検討した。表 7.1.4 に、本検討に際しての留意事項と現時点の実施状況を示す。

表 7.1.4 M/P 形成時の戦略的環境アセスメントの考え方に基づく環境社会配慮検討に係る留意事項 (2015 年 4 月)

No.	項目	内容	実施状況
1	開発の計画・プログラムの検討	衛生環境管理に係る政策を確認し、基本計画およびプログラムを検討する。	開発計画は、第 1 フェーズにおいて検討された。下記のような基本計画を確認した； - National Strategic Development Plan: NSDP 2014-2018 - Wastewater Management Plan - City Development Strategy: CDS - White Book on Development and Planning of Phnom Penh, 2035
2	計画・プログラムを達成するためのプロジェクト群の選定	衛生環境管理に係る政策を実現するためのプロジェクト群を検討する。	調査の第 2 フェーズにおける M/P として全体のプロジェクトスキームが形成された。
3	スコーピングの実施	優先プロジェクト選定に必要な項目を整理し、その評価方法を提案する。	一般的なベースライン情報に基づいて、予備的なスコーピングが実施された。
4	ベースラインとなる環境社会の状況の確認	プノンペン都における環境社会の状況について確認を行う。	プロジェクトの正負の影響評価のため必要となるベースライン情報を収集した。
5	カンボジア国側の制度・組織の確認	環境社会配慮の制度・組織、住民移転、住民参加、情報公開制度等の確認を行う。	第 1 フェーズの段階で確認を行った。
6	影響の評価	調査結果に基づいて、環境影響を評価する。	ステークホルダーによるフィードバックを得るため環境の予備的な評価結果を M/P 形成段階で提示した。
7	代替案の比較検討	ゼロオプションを含めた複数の代替案の比較検討を行う。	M/P における代替案に係る環境上の配慮事項を提示した。
8	ステークホルダー協議の開催支援	関係機関が実施するステークホルダー協議の開催支援を行う。	ステークホルダーが参加するワークショップが予定されている。第 1 回のワークショップは 3 月 17 日に実施され、第 1 次調査の結果が共有された。

出典: 調査団

7.1.3 調査地域の環境の状況

調査に係る環境および社会経済の一般事項は第2章に詳述されておりである。また、それらを踏まえた影響評価のための環境の状況についての要約は以下のとおりである。現時点で想定される汚水対策事業、雨水排水改善事業に関連した社会環境ならびに自然環境の概要は以下のとおりである。

(1) 社会環境

事業対象地は、プノンペン都の全体である。プノンペン都の各 Khan(区)の概要は表 7.1.5 のとおりである。

表 7.1.5 プノンペン都の Khan(区)ごとの環境の概要

No.	Khan(区)	面積 (km ²)	Sangkat 数	人口 (千人)	人口密度 (人/ha)	概要
1	Chamkarmon	11.1	12	182.0	164.0	当該 Khan は、市の中心地であり、内輪中の中、Mekong 川と Bassac 川の分岐する河岸に位置する。都の汚水を自然浄化する湖の一つとして機能する Trabek 湖が位置する。
2	Daun Penh	7.5	11	126.6	168.7	当該 Khan は、市の中心地であり、内輪中の中に位置する。
3	7 Makara	2.2	8	91.9	417.7	同上
4	Tuol Kok	8.2	10	171.2	208.8	同上
5	Dangkor	117.8	13	73.3	6.2	当該 Khan は、市の南端(外輪中の外)で Kandal 州との境界に位置し、Cheung Aek 湖の西側に位置する。
6	Po Senchey	150.0	10	159.5	10.6	当該 Khan は、市の西端(外輪中の外)で Kandal 州との境界に位置している。Khan の内部を外輪中が南北方向に縦断し、首都と Sihanoukville を結ぶ主要道である国道 4 号線が東西方向に横断している。国際空港も本 Khan に位置する。
7	Meanchey	25.0	4	194.6	77.9	当該 Khan は、市の南端中央に位置し Kandal 州と境界を接している。Khan の北部を外輪中が横断し、Cheung Aek 湖と Bassac 川に挟まれた地域である。都の汚水を自然浄化する湖の一つとして機能する Tumpun 湖が位置する。
8	Chbar Ampov	80.5	8	133.2	16.5	当該 Khan は、市の南東端に位置し Mekong 川と Bassac 川に挟まれた地域である(外輪中の外側)。南部で Kandal 州と接している。
9	Reussey Keo	24.9	6	115.7	46.5	当該 Khan は、国道 5 号線に沿った Sap 川岸の地域で市の北部で内輪中と外輪中の間に位置する。
10	Chroy Changvar	84.0	5	68.7	8.2	当該 Khan は、市の北東端(外輪中の外側)で、Sap 川と Mekong 川に挟まれた地域である。
11	Sen Sok	51.9	4	137.8	26.5	当該 Khan は、市の北部で、内輪中と外輪中の間に位置する。Khan の内部を幹線である Hanoi 通りが南北方向に縦断している。
12	Prek Pnov	115.4	5	47.3	4.1	当該 Khan は、市の北西端で、外輪中のちょうど外側に位置する(ただし Kouk Roka sangkat のみは外輪中の中に位置する)。ほとんどの地域が Sap 川に接続する Tamok 湖、Samroung 湖に占められている。
	合計	678.5	96	1,501.7		

出典: 調査団

(2) 自然環境

プノンペン都ではすでに開発が進んでおり、自然環境の悪化が危惧されているところである。汚水対策事業および雨水、排水事業に関連する重要な自然環境である都の湿地の状況を以下に示す。

(a) Cheung Aek 湖地域

Cheung Aek 湖地域は、本来約 2,600ha の面積を有し、プノンペン都の南東端と部分的に Kandal 州にまたがる地域に位置している。本地域は、近年 2008 年の副法令 124 号(Sub-decree, 2008 No.124 ANKr. BK)、“プノンペン都 Mean Chey および Dangkor 区、Kandal 州の Takmao 郡における Cheung Aek 湖と水路の国家公用地の確定”において 520 ha の地域が国家公用地に指定された。当該地は、クメールルージュ統治時代、人々が集団殺戮され埋葬された キリングフィールドの一つとして有名でもある(位置については、図 3.2.2 を参照)。

当該地は、Bassac 川に流入する前のプノンペン都の洪水制御および発生汚水の自然浄化池としての機能を有し、表 7.1.6 に示すとおり、季節的な陸地また年間通じた水域は、住民によって水生植物の栽培、畜産および漁業に利用されており、季節的な湿地は空芯菜(ヨウサイ: *Ipomoea aquatic*)、ウォーターミモザ(*Neptunia oleracea*)、や稲作に利用され、筏を利用した水耕栽培が行われている。2009 年に、行われた Royal University of Agriculture 調査では、当該地における 43%の地域にて、空芯菜の栽培が行われていた。

表 7.1.6 乾季における Cheung Aek 湖での活動ごとに占める面積

Human Activities	Total area (ha)	Percentage (%)
Water spinach area	429	43.2
Water mimosa area	32	3.2
Dry season rice field	13.5	1.5
Fishing activity	15	1.5
Duck raising	10	1
Other aquatic plant and water surface	492.5	49.6
Total lake surface	992	100

注: 表中の Total lake surface の数値は出典調査時の現況に基づくもので都の公共水面の管理値とは一致していない。
出典: (PHEARITH TEANG2009, Spatial Analysis of Human Activities Performed in Cheung Ek Inundated Lake, Cambodia, International Journal of Environmental and Rural Development (2010))

また、同調査によると、Cheung Aek 湖での商業的な漁業は一般的ではなく、家庭内での消費が多い。主な種は、コイ(common carp: *Cyprinus carpio*)、ハクレン(silver carp: *Hypophthalmichthys molitrix*)、ティラピア(tilapia: *Oreochromis niloticus*)、ライギョ(Snakehead fish :*Channa striata*)、ウォーキングキャットフィッシュ(Walking catfish: *Clarias batrachus*) である。これらは、近隣の市場に販売か家庭用に利用されている。

(b) Tamok 湖地域

Tamok 湖は、プノンペン都の北東部境界に位置しており、比較的広い水系と湿地を有している。同湖に接続する Samraong 湖とされる一部である 336 ha が国家公用地として指定されている。一方、約 3,270 ha を有する Tamok 湖については、副法令(Sub-decree)下の国家公用地としての手続き中である。プノンペン都が首相に手続きを要請し、2014 年 10 月時点で既に 3 年が経過している(プノンペン都からの聞き取り)が、未だ委員会の調査結果が得られていない。地域内にはすでに軍の土取り場や他の利用のために貸しだされた地域が含まれており、都での聞き取りによると、最終的な指定区域はさらに縮小するであろうとのことである。湖には現在、都の北部の汚水が 2ヶ所のポンプ場から流入しており、汚水を自然浄化する湖として機能している(位置については、図 3.2.2 を参照)。

また、Tamok 湖は、汚水の自然浄化機能に加えて、漁業や季節的な陸地での稲作、野菜栽培に利用されている。魚種は、ティラピア、ナマズ、グラミー、コイ類やライギョが一般的であり、漁業管理局(Fishery administration)の記録によると、約 100 人の漁師が釣り竿を使ったライギョの捕獲、約 300 家族がティラピア、グラミー、コイ類(*dusky face carp*, *Hypsibarbus suvattii* および *Osteochilus hasseltii*)の捕獲を行っているとのことである。

以前、周辺住民は湖の水を飲料としても使っていたとのことである。2014年の調査団による水質検査の結果では、Tamok湖の水質は平均値でpH、DO、BODを除くほとんどの項目が水質基準値(湖沼の水質環境基準:表 2.5.1)を超えた。また、調査結果を概括すると、比較的高いDO(平均値 6.06 mg/L, 基準値>2.0 mg/L)、高いTSS(平均値 85.8 mg/L, 基準値<15 mg/L)、比較的低いBOD(平均 5.17 mg/L, 基準値 BOD<10 mg/L)、高いCOD(平均値 9.76 mg/L, 基準値<8 mg/L)、高い全リン(平均値 0.30 mg/L, 基準値<0.05 mg/L)、高い全窒素(平均値 1.74 mg/L, 基準値<1.0 mg/L)、非常に高い大腸菌群数(平均値 98,000 MPN/100ml, 基準値<1,000 MPN/100ml)が観測された。

(c) Trabek湖地域

Trabek湖は、外輪中の内側に位置し、Chamkarmon区の南部に位置している(位置については、図 3.2.1を参照)。同地域は汚水の自然浄化池として機能している、本湖は、内輪中地域での最下流のひとつであり、末端の排水ポンプ場から汚水および雨水が排水される。同湖の水質は非常に汚染されているにもかかわらず、空芯菜、ウォーターミモザ等の水生植物の栽培が行われている。公共用地としての指定は法的に明確になっていない状況ではあるが、約 8 ha 程度(200 m×400 m)の地域が、住民の居住のない水域として保たれている(Google Earth 2015年1月16日の画像による)。

(d) Tumpun湖地域

Tumpun湖は外輪中の内側に接し、都中心部の南西に位置する Meamchey 区に位置している(位置については、図 3.2.1を参照)。同湖は Trabek湖と同様、汚水の自然浄化池として機能している。同地域の水質は非常に汚染されているにもかかわらず、空芯菜、ウォーターミモザ、ハス等の水生植物の栽培が行われている。また、地域の一部ではユーカリを主体とした植生が維持されている。公共用地としての指定は法的に明確になっていない状況ではあるが、約 40 ha(西側 200 m×500 m と東側 550 m×550 m)の地域が、住民の居住のない水域として保たれている(Google Earth 2015年1月16日の画像による)。

7.1.4 代替案比較

第4章において汚水対策、第6章において雨水排水改善に係る代替案検討が行われている。M/P策定時で確認されたプロジェクトにおける潜在的な環境影響を以下に示す。

(1) 汚水対策マスタープランにおける環境社会配慮

汚水対策 M/P の代替案に従った計画に対する潜在的な影響の概要を表 7.1.7 に示す。なお、評点については、各代替案における環境影響規模を相対的に表した値であり、絶対的な数値ではない。

表 7.1.7 汚水対策 M/P における環境社会配慮の代替案比較(2015 年 4 月)

代替案		Alternative 1 (Cheung Aek 湖と Tamok に 2ヶ所の STP)	Alternative 2 (オンサイト処理とオフサイ ト処理の組み合わせによる 開発計画：Cheung Aek 湖 に 1ヶ所の STP)	第3案 (プロジェクトなし)
暫定評定		---	--	適用外
環境社会配慮	自然環境	Cheung Aek 湖地域および Tamok 湖地域における季節的な湿地および水系が下水処理場として埋め立て転用される必要がある。 Tamok 湖地域では、既存のポンプ場周辺での水深の深い地域での比較的大規模な埋立てが必要となる可能性がある。	Cheung Aek 湖地域における季節的な湿地が下水処理場として埋め立て転用される必要がある。	Cheung Aek 湖地域および Tamok 湖地域の自然浄化能力を超える汚水の流入により水質の低下が起こる可能性がある。 生物多様性は低い状態に留まり、野生生物の生息もさらに減少する可能性がある。湖の富栄養化が進行する可能性がある。
	社会環境	Cheung Aek 湖地域および Tamok 湖地域の農民、漁民が影響を受ける可能性がある	Cheung Aek 湖地域の農民、漁民が影響を受ける可能性がある。	水質汚濁によって、湿地からの作物の質の低下し、消費者の健康被害につながる可能性がある。 湖の富栄養化が将来的に作物収量の減少の原因となる可能性がある。
	公害	Cheung Aek 湖地域に流入する水の水質が下水処理場の運用によって改善されることが期待される。 Tamok 湖地域に流入する水の水質が下水処理場の運用によって改善されることが期待される。	同左。 Tamok 湖地域に流入する水の水質がオンサイト処理の導入とその徹底により改善されることが期待される。	湿地における水質悪化が当該地で働く農民、漁民の健康被害の原因となる可能性がある。

注) 暫定評定(---:負の影響が大 ⇐ -:負の影響が小)

出典: 調査団

(2) 雨水排水マスタープランにおける環境社会配慮

雨水排水 M/P の代替案に従った計画に対する潜在的な影響の概要を表 7.1.8 に示す。評点については、各代替案における環境影響規模を相対的に表した値であり、絶対的な数値ではない。

表 7.1.8 雨水排水 M/P における環境社会配慮の代替案比較(2015 年 4 月)

代替案		代替案 1 27 排水区による 雨水排水計画	代替案 2 25 排水区による 雨水排水計画	プロジェクトなし -
調整池 : 5 箇所 (北部 3 箇所, 南部 2 箇所) ポンプ場 : 6 箇所 (北部 3 箇所, 南部 3 箇所) 水路延長 : 123 km 開水路新設 : 33 km 水路改修 : 77 km ボックスカルバート : 12 km RCP : 1 km		調整池 : 5 箇所 (北部 2 箇所, 南部 3 箇所) ポンプ場 : 6 箇所 (北部 2 箇所, 南部 4 箇所) 水路延長 : 123 km 開水路新設 : 36 km 水路改修 : 78 km ボックスカルバート : 8 km RCP : 1 km	-	
暫定評定		---	--	適用外
環境社会 配慮	自然環境	<排水路/排水管の整備> ・ 正の影響として、プロジェクトの実施により洪水被害が軽減することが期待される。 <排水ポンプ場の増強/新設>	<排水路/排水管の整備> ・ 同左。 <排水ポンプ場の増強/新設>	現在の浸水による問題が継続する。

	代替案 1	代替案 2	プロジェクトなし
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然環境上特に重大な影響は想定されない。 ・ 既存の汚染された水路を浄化することにより、野生生物に対して都市部での短期的な生息地を提供することが期待される。 ・ 排水の改善によって、都市部の湿地の減少がさらに進む可能性がある。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 都市部に清潔な調整池を作ることによって、野生生物に対して都市部の短期的な生息地を提供することが期待される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同左。 ・ 同左。 ・ 同左。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 同左。 	
社会環境	<p><排水路/排水管の整備></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一部既設の水路では水路の際または内に居住者があり、既存水路の改修に際しては、影響を受ける可能性がある。約 1,000 軒の家屋が、改修対象となる既存水路周辺に存在している。計画段階での適切な調査に基づき影響を回避/最小に抑える配慮が必要である。 ・ 既存の公道下へのパイプの埋設に伴って、渋滞、交通事故等の交通への影響が想定される。 <p><排水ポンプ場の増強/新設></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 都市部の新たなポンプ場の建設に伴い追加的な用地(時として移転を伴った)が必要となる。 ・ 既存のポンプ場の拡充に伴い周辺住民への影響の可能性はある。 ・ 実施地での土地価格上昇の可能性はある。 ・ 道路の浸水により問題がなくなり雨季の交通が容易となる。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の調整池の拡大には追加的な用地が必要となる可能性があり、計画段階での適切な調査によって移転および移転を回避、最小にする必要がある。 ・ 使用者への適切な指導がない場合、違法なごみの投棄により調整池が新たな公害の原因となる可能性がある。(都市部の現時点の水路)。 	<p><排水路/排水管の整備></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一部既設の水路では水路の際または内に居住者があり、既存水路の改修に際しては、影響を受ける可能性がある。約 900 軒の家屋が、改修対象となる既存水路周辺に存在している。計画段階での適切な調査に基づき影響を回避/最小に抑える配慮が必要である。 ・ 同左。 <p><排水ポンプ場の増強/新設></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 同左。 ・ 同左。 ・ 同左。 ・ 同左。 <p><遊水/貯留機能の保全/増強/創出></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 同左。 ・ 同左。 	<p>現在の浸水による問題が継続または悪化する。それらは；</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 排水整備対象として取り残されている、Wat Phnom 北側や Tuol Kok 内の市街地では依然として内水被害が毎年発生している。 ・ 市街地南部の Trabek 排水流域では、排水対策事業によってポンプ場と排水路の改修を実施したが、その後、周辺の土地開発により調整池の容量が減ったため、ポンプの排水容量が不足してしまう状況が発生している。プノンペン市内では土地開発に伴う水域の減少が著しく、今後、他の場所でも土地開発により雨水の貯留機能が失われることに起因する内水被害の発生が予想される。 ・ 急激な土地開発によって洪水防御の働きを担ってきた水域の面積が減少し、近い将来、他の浸水の原因となる可能性がある。 ・ 市街地中心部の周辺地区(旧内側輪中堤の外側)では地区により市街化が著しく進展しているが、排水対策は重要視されず、十分な排水施設の整備が行われないことが多いため、これらの地区では近年浸水被害の増加が問題となっている(Pochentong 空港東側地区、Chroy Changvar 地区、Chbar Ampov 地区)。

	代替案 1	代替案 2	プロジェクトなし
公害	<排水路/排水管の整備> ・ 分離式の採用により排水は汚水と分離して処理され、都の水流がきれいになることが期待される。 ・ 建設段階の河床の掘削、基礎工事による河床堆積物(低質)のかく乱に伴い悪臭が短期的、限定的な地域であっても発生する可能性がある。 <排水ポンプ場の増強/新設> ・ 工事に伴い、水の濁度が上昇する可能性がある。 ・ 工事期間中、旧排水システムから新排水システムへの切り替え、移行に伴う漏水によって一時的に汚染する可能性がある。 <遊水/貯留機能の保全/増強/創出> ・ 排水施設の運用に伴い適切な住民指導がない場合、ごみの違法投棄により公害の原因になる可能性がある。	<排水路/排水管の整備> ・ 同左。 ・ 同左。 <排水ポンプ場の増強/新設> ・ 同左。 ・ 同左。 <遊水/貯留機能の保全/増強/創出> ・ 同左。	既存の水路における水質汚染は住民の感染症等の健康被害の原因となる可能性がある。

注) 暫定評定(---:負の影響が大⇔-:負の影響が小)
 出典: 調査団

7.1.5 マスタープラン形成段階における情報公開

(1) 当局や住民への開発事業の公開

ステークホルダーに対する調査結果の公開は、一連のワークショップを通じて行われている。ワークショップは、能力開発と M/P とプレ F/S 調査の理解の促進のため、関連当局、他の援助機関、NGO 他をターゲットとして開催され、調査の段階に応じて最低でも 3 回開催されることとなっている。第 1 回ワークショップはプノンペン都庁にて 2015 年 3 月 17 日に開催された。12 区(Khan)の代表者、大学、NGO や民間企業等から約 80 名がワークショップに参加した。

(2) 第 1 回ワークショップでの協議結果

都知事によって開催された第 1 回ワークショップは、プノンペン都庁において 81 名の参加者を迎えて開催された。ワークショップでは、事業および計画に対して、表 7.1.9 に示すような参加者(ステークホルダー)からのコメントが出された。なお、本ワークショップのメモ全文を、Appendix 8 に示す。

表 7.1.9 ステークホルダーからのコメント(第 1 回ワークショップ)

第 1 回ワークショップの参加者(ステークホルダー)からのコメント(2015 年 3 月 17 日)
ワークショップの参加者は全般として都の水環境に対する認識を持っていた。主なコメントは以下のとおりである。 <ul style="list-style-type: none"> ● 関連法制度の徹底した実施; <ul style="list-style-type: none"> - セプティックタンク設置のための建設許可(Anukret 86 ANK/BK/December 19, 1997) - 污水管理に関する法の欠如の改善 ● 以下のような組織の能力強化 <ul style="list-style-type: none"> - 汚染監視にかかる DOE(都環境局)の能力強化 - 国家、州レベルにおける污水に関する責任機関の能力強化 - 土地利用計画の関する部局および土地管理事務所の能力強化

出典: 調査団

(3) 第2回ワークショップでの協議結果

第2回ワークショップは都の副知事の議長として2015年11月19日に都庁において成功裏に開催され、61名の参加が得られた。ワークショップでは、汚水管理、雨水排水管理の両M/Pの内容が提示され、それぞれの優先事業が説明された。また、流域管理を含んだ汚水、雨水排水管理の成功例として、北九州市によるプレゼンテーションも実施した。参加者は、各省、地方政府、大学、公社、および民間会社の代表等であり、調査団が提案する事業/計画に対して意見を述べた。参加者からの主要な意見は表7.1.10のとおりである。なお、本ワークショップのメモ全文を、Appendix 9に示す。

表 7.1.10 ステークホルダーからのコメント(第2回ワークショップ)

<p>第2回ワークショップの参加者(ステークホルダー)からのコメント(2015年11月19日)</p> <p>ワークショップは以下の議長による2点のコメントをもとに、結論・閉会された;</p> <ul style="list-style-type: none"> - プノンペン都における雨水排水・汚水管理は大きなチャレンジである。このM/Pはプノンペン都の将来に顕著な影響を与える。さらに、M/Pは、現実的で持続可能なものとするべきである。 - M/Pの承認後、事業の実施が重要である <p>ワークショップ参加者からの主要なコメントは以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50年前の北九州市の状況は、現在のプノンペンの状況に類似している。我々は北九州市の経験に学ぶことが多くある。プノンペン都は環境に優しい生活状況を構築することに留意するべきである。 - 下水処理方法におけるBOD, COD, TSS等の処理効率は提供してもらいたい。 - 処理方法は、技術的な面と経済的な面を考慮して選択されるべきである。 - 処理場、ポンプ場他の施設の用地の所有者を確認する必要がある。 - 新たな組織を立ち上げる場合、PPCCはMOEと協力する必要がある。MOEでは、すでに新たな汚水管理、特に水質の管理のための部を創設した。 - 我々は、北九州市の汚水管理の経験を学ぶ必要がある。プノンペンでは、雨水排水改善プロジェクトが実施されてきたため、洪水被害は10年前に比較して少なくなった。しかしながら、環境の汚染は、特にTamok湖流域では、ひどくなったように感じる。 - 我々は、洪水の改善は理解している。しかしながら、雨季にはまだ浸水が発生している。JICAに対して、さらに全域に対する事業を提供してもらえよう要請したい。 - 職員の能力向上は重要である。 - 汚水管理は非常に重要である。 - 我々は住民の生活条件の改善をもっと優先させるべきである。
--

出典：調査団

(4) 第3回ワークショップでの協議結果

第3回ワークショップは都の副知事の議長として2016年9月15日に都庁において成功裏に開催され、58名の参加が得られた。ワークショップでは、汚水管理、雨水排水管理の両M/Pの内容と、M/Pにて抽出された優先事業に係るプレF/Sの結果が説明された。参加者は、各省、地方政府、大学、公社、および民間会社の代表等であり、調査団が提案する事業/計画に対して意見を述べた。参加者からの主要な意見は表7.1.11のとおりである。なお、本ワークショップのメモ全文を、Appendix 10に示す。

表 7.1.11 ステークホルダーからのコメント(第3回ワークショップ)

<p>第3回ワークショップの参加者(ステークホルダー)からのコメント(2016年9月15日)</p> <p>ワークショップは以下の議長による2点のコメントをもとに、結論・閉会された;</p> <ul style="list-style-type: none"> - プノンペン都では、本M/Pの実現のため、まずは、雨水排水・汚水管理に係る法制度やガイドライン等の整備が不可欠であると考えている。 - 特に、土地利用の規制の強化および排水路へのごみ投棄の改善は、早急に実施されるべきである。 <p>ワークショップ参加者からの主要なコメントは以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cheung Aek 終末処理場の予定地の選定経緯を知りたい。 - 急激な都市化に伴う湖および湿地の埋立ては、雨水調整能力を減じ、結果として浸水被害を増長している。 - 建築物の増加による不透水面積の減少も、浸水被害を増長している - 下水処理場から発生する汚泥の処分地の確保は、非常に重要である。
--

第3回ワークショップの参加者(ステークホルダー)からのコメント(2016年9月15日)

- 浄化槽の導入を提案したエリアにおいては、各戸の住民が浄化槽を導入するためのインセンティブを与えることが重要である。
- M/Pには、計画する排水路の詳細な位置を示してほしい。
- 分散型処理施設は、特に、独立した開発地区への導入が容易である。
- 浄化槽の耐用年数を知りたい。また、設置コストを知りたい。

出典：調査団

7.2 プレフィージビリティ調査における IEE レベルの調査の支援

選定された優先プロジェクトの IEE レベルでの予備的環境調査結果は、第 10 章に記述する。同調査は第 2 章において議論された TOR に基づき、様式および内容については環境省のガイドラインに基づいて実施する。

第8章 汚水対策に係るプレフィージビリティ調査

8.1 優先プロジェクトの構成

汚水対策に係るプレ F/S の対象となる優先プロジェクトは、4.9 節で述べたとおり、Cheung Aek 処理区の終末処理場における「準備事業(Preparatory Project)」である。その内容を表 8.1.1 に示す。

表 8.1.1 優先プロジェクトの構成

項目	内容
幹線管渠	口径：φ500 mm 延長：約 1,300 m
終末処理場	日最大処理能力:5,000 m ³ /日

出典：調査団

8.2 管路施設の概略設計

8.2.1 計画汚水量

M/P の中で優先事業として提案した準備事業における下水処理場の処理能力は日最大汚水量で 5,000 m³/日である。したがって、管渠の計画汚水量は処理場の処理能力に見合ったものとする必要がある。3.3.1 節で設定した汚水のピーク流量を用いると、計画汚水量は時間最大汚水量で 7,300 m³/日、つまり 0.085 m³/s となる。この流量を準備事業における管路施設の計画汚水量とする。

8.2.2 汚水の遮集と輸送についての検討

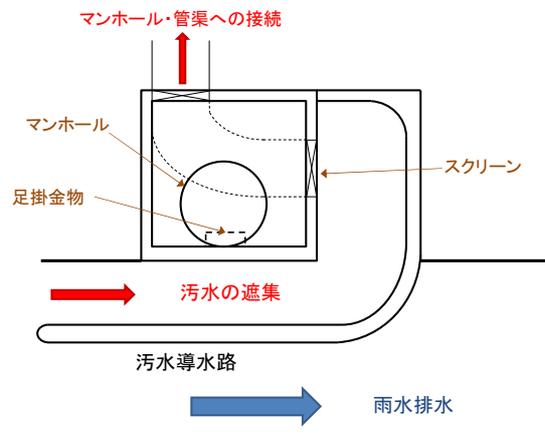
(1) 汚水の遮集

準備事業では、管路施設は Tumpun ポンプ場の放流地点を始点として計画している。よって、下水処理場を含めた下水道施設は Cheung Aek 湖の中に建設されることとなる。本項では、汚水の遮集施設の位置と遮集方法について検討する。

(a) 遮集施設の位置

遮集施設の位置は、Tumpun ポンプ場から放流される排水の流れを妨げず、かつ、確実に計画汚水量を収集できる位置とする必要がある。遮集位置が Tumpun ポンプ場の放流地点から近い場合は、遮集施設が放流される排水によって損傷され、計画汚水量を遮集できないことが懸念される。一方、遮集位置が Tumpun ポンプ場の放流地点から遠い場合には、Cheung Aek 湖の水位変動、特に雨季の水位上昇による影響を大きく受けることが懸念される。

したがって、準備事業における汚水の遮集施設の位置は、Cheung Aek 湖の水位変動が比較的小さいと考えられる地点、Tumpun ポンプ場の放流地点から約 80 m 下流の位置と設定する。なお、遮集施設の位置につ



出典：調査団

図 8.2.1 汚水の遮集方法

いては、今後予定される F/S 調査で詳細に検討する必要がある。

(b)汚水の遮集方法

汚水の遮集方法は、Tumpun ポンプ場から放流される排水の流れを妨げないこと、Cheung Aek 湖からの水位の影響を最小限にすることを考慮する必要がある。排水の流れを妨げないようにするため、遮集施設は排水の流れに対して平行に設置し、汚水を誘導する導入渠を設けることとする。また、遮集施設には、ごみの流入を防ぐスクリーン、維持管理用のマンホールおよび足掛け金物の設置が必要である。図 8.2.1 に汚水の遮集方法を示す。

(2) 下水処理場への汚水の輸送

汚水の輸送は自然流下を基本とするものの、2つの方法が考えられる。1つは、遮集施設から自然流下のみで輸送する方法、もう1つは、遮集施設にポンプ設備を付帯し、汚水を揚水後、自然流下で輸送する方法である。

まず、自然流下のみで汚水を輸送する場合は、土被りが約7mから9mと大きくはなるが、管渠およびマンホールの維持管理は容易であり頻度も少なくできる。また、将来的には、Cheung Aek 流域全体の汚水を遮集するための管径の大きい管渠の布設が必要となるが、自然流下のみで管渠を布設した場合は、その際にも継続して活用することができる。一方、遮集施設にポンプ設備を付帯する場合は、維持管理は管路に加えポンプ設備についても必要となり、頻度も高くなる。また、管路にポンプを設置するため、予備も含めて2.53 m³/分の能力を有するポンプが4台必要となる。しかし、土被りは2mから4mと浅くすることができる。また、ポンプ設備の標準耐用年数は15年程度であるため、将来の管路布設は、その耐用年数経過時期と同じ時期とすることができる。表 8.2.1 に汚水の輸送方法における比較を示す。

表 8.2.1 汚水の輸送方法の比較

	オプション1：自然流下のみ	オプション2：遮集施設にポンプ設備を付帯し揚水し、その後自然流下
汚水の輸送方法の概要	<p>管路の構成： 遮集施設、マンホールおよび管渠</p>	<p>管路の構成： 遮集施設、ポンプ井・ポンプ設備、マンホールおよび管渠</p>
建設	<ul style="list-style-type: none"> - 土被りは7mから9mと深い。 - 下水処理場の流入地点でポンプ設備が必要となる。 - 管路施設にごみが入らないよう、遮集施設にスクリーンが必要となる。 - 現状の地盤高は、計画道路よりも6.5m低い。ため、実際の掘削は3m程度となり、開削工法での布設が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> - 土被りは2mから4mと浅い。 - 管路施設にごみが入らないよう、遮集施設にスクリーンが必要となる。 - 管路にポンプを設置するため、予備も含めて4台のポンプが必要となる。 - 下水処理場の流入地点でもポンプ設備が必要となる。 - 地上部に電気盤等の設置が必要となる。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> - 維持管理は、管路のみであり、容易である。 - 維持管理の頻度は、オプション2よりも低い。 - 遮集施設、マンホール、管渠に対して適切な維持管理が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> - マンホールおよび管渠の維持管理は容易である。 - 維持管理の頻度はオプション1よりも高くなり、ポンプ井のし砂及びスカムの除去が必要となる。 - 管路のみだけでなく、ポンプ設備および機械・電気設備に対して適切な維持管理が必要となる。
将来の対応	<ul style="list-style-type: none"> - 将来布設を計画している2,200mmの管渠の径を小さくすることはできないが、2,200mmの増補管や貯留管として継続して使用 	<ul style="list-style-type: none"> - 管渠は雨水排水管渠に転用が考えられるが、2,200mmの汚水管渠の布設が必要である(この径を小さくすることはできない)。

	オプション1：自然流下のみ	オプション2：遮集施設にポンプ設備を付帯し揚水し、その後自然流下
	<p>可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 遮集施設は、撤去する必要がある。 - マンホールは、将来の管渠計画に合わせて再設置が必要である。 - 将来の管渠布設は、道路への影響を考慮するとシールド工法の適用が見込まれる。 - シールド工法の立坑は、マンホールとして活用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 遮集施設は撤去する必要がある。 - マンホールは、将来の管渠計画に合わせて再設置が必要である。 - 将来の管渠布設はシールド工法が見込まれ、実施時期は、ポンプの標準耐用年数経過時期と同じ時期となる。 - シールド工法の立坑は、マンホールとして活用できる。
準備事業としての効果	- 土被りの大きい管路施設に対する維持管理の経験	- マンホールポンプおよび土被りの小さい管路施設に対する維持管理の経験
概算費用	<ul style="list-style-type: none"> - 建設費：2.29 百万ドル(土木工事のみ) - 維持管理費：遮集施設、管渠およびマンホールのみのため、頻度が低く費用は低い。 	<ul style="list-style-type: none"> - 建設費：2.20 百万ドル(土木：1.82 百万ドル、機械・電気・その他：0.38 百万ドル) - 維持管理費：管路施設に加え、ポンプに係る機械・電気設備の維持管理が必要のため、頻度が高く、費用も高い。
評価	適用	

出典：調査団

上表から、維持管理作業は、土被りは大きくなるものの、オプション1の場合はより容易となり、頻度も低くなる。概算費用については、オプション1を採用した場合は、オプション2に比べてわずかに費用が増加する。しかし、建設工事と維持管理を含めたライフサイクルコストを勘案すると、ポンプ設備を設置する場合は維持管理頻度が高く維持管理費用も大きくなる。また、電気料金の支出も増加するため、オプション1が有利と考えられる。よって、準備事業においては、オプション1(自然流下のみ)を適用する。

(3) 管路のルート

管路のルートは、下水処理場へのアクセス道路と同じルートとする。管路は道路下に布設し、道路の南側、つまり Cheung Aek 湖側への布設とする。

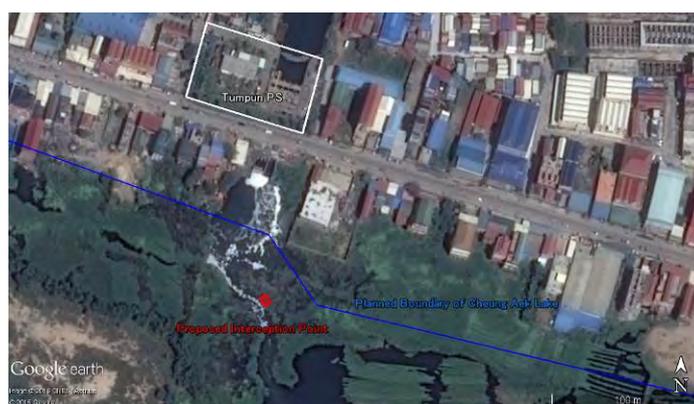
8.2.3 管路施設の概略設計

管路施設の概略設計は、遮集施設、管渠およびマンホールについて実施する。

(1) 遮集施設

(a) 遮集施設の位置

図 8.2.2 に示すとおり、遮集施設の位置は、Tumpun ポンプ場から放流された排水が一定の流れとなる箇所とした。なお、遮集施設の詳細位置は、Cheung Aek 湖の年間の水位変動を踏まえて、F/S 調査において決定するものとする。



出典：2015年10月31日時点の Google Earth Pro を用いて調査団が作成

図 8.2.2 遮集施設の位置

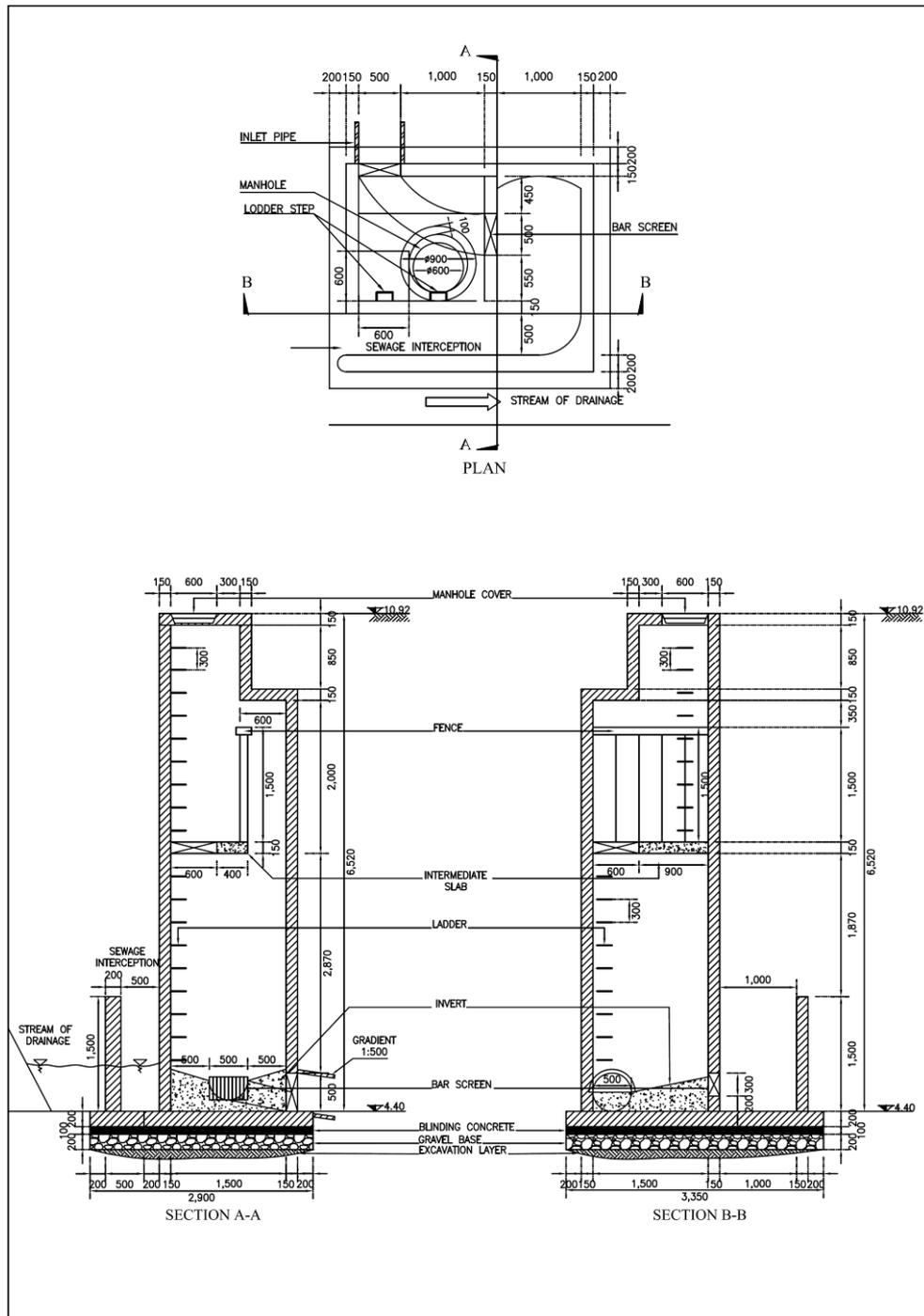
(b) 遮集施設の構造

遮集施設は、1) 汚水を誘導し流入汚水量を調整する導入渠と、2) 大きなごみや管渠の閉塞の原因となる浮遊物の流入を防止するスクリーン等による構成とする。汚水の導入渠は、排水の流れを阻害しないよう排水の流れに対して平行に設置する。また、スクリーンを有

する遮集口は汚水の過剰な流入を防ぐため、流れに対して垂直に設置し、排水の流れと逆向きに汚水が管渠へ流入するよう設置する。

加えて、遮集施設の維持管理のため、マンホール、足掛金物およびフェンス付の中間スラブを設置する。マンホール蓋は、維持管理のため容易に開閉できるものとし、かつ、開閉時に落下しない構造とする必要がある。よって、マンホール蓋は落下しにくい円形とし、ダクタイル鋳鉄製とする。大きさは人が1人入坑できるよう600 mmとする。足掛金物については、維持管理要員が安全に施設内を昇降できることが求められる。よって、腐食を防ぎ足が滑らない仕様を考慮し、300 mm 間隔で滑り止めを施したステンレス鋼製を設置する。

また、計画している下水処理場へのアクセス道路の地盤高は **8.3 節**に示すとおり標高 EL.+10.50 m であり、遮集施設は7 m 程度となる。よって、転落防止のため、地上から3 m の深さにフェンス付の中間スラブを設置する。**図 8.2.3**に遮集施設の構造を示す。



出典：調査団

図 8.2.3 遮集施設の構造

(2) 管渠およびマンホール

(a) 管渠

(i) 管種の選定

自然流下の汚水管渠については、2つの管種の適用が考えられる。1つはコンクリート管(CP)、もう1つは硬質塩化ビニル管(uPVC)である。表 8.2.2 に CP および uPVC の特徴を示す。結論として、uPVC は耐荷性が劣り土被りの深い管渠への適用は難しい。したがって、本準備事業においては、コンクリート管を適用することとする。

表 8.2.2 コンクリート管 (CP) と硬質塩化ビニル管 (uPVC) の特徴

項目	コンクリート管 (CP)	硬質塩化ビニル管 (uPVC)
適用管径	- 150 mm～3,000 mm	- 75 mm～600 mm
内圧強さ	- 通常の布設条件では十分な強度を有する。	- 6.0 kgf/cm ²
外圧強さ	- 同上	- CPと同じ(埋設深さが4.0 mまで)
水理学的特徴	- 粗度係数：0.013。 - uPVCよりも表面は粗い。 - 摩擦損失はuPVCよりも大きい。	- 粗度係数：0.010。 - 表面はCPよりも滑らかい。 - 摩擦損失はCPよりも小さい。
耐防食性	- 酸に対しては腐食しやすく、特に嫌気性環境下で生成する硫化水素が水に溶解し、硫酸となって腐食を誘発する。	- 酸、アルカリ等に対する防食性は高い。 - 電食は発生しない。
運搬と布設	- CPは重いため、運搬や布設に時間がかかる。	- uPVCは軽いため、運搬や布設が容易である。
非開削工法の適用	- 推進工法、シールド工法ともに適用可能。	- 推進工法は適用できるが、適用可能な管径は450 mmまでであり、土被りが浅い場合のみである。
維持管理性	- 布設現場での対応が難しく、改築等を行う際は時間を要する。	- 改築等の対応は、布設現場で容易にできる。
経済性	- 管自体は安価だが、工費は高く、施工期間も長くなる。	- 粗度係数が小さいため、管径を小さくでき、経済的である。
長所	- 適用可能な管径は、3,000 mmまでと幅広い。 - 耐荷性が高い。 - 土被りが大きい場合にも適用可能。 - 推進工法、シールド工法の適用が可能。	- 非常に軽い。 - 施工性が高い - 耐防食性が高い。 - 450 mmまでの管渠については推進工法が適用可能。
短所	- CPは重いためuPVCよりも施工性に劣る。 - 耐防食性がuPVCよりも低い。	- 適用可能な管径は、600 mmまでと限定される。 - 耐荷性はCPよりも劣るため、土被りが大きい場合には適さない。 - 適用可能な条件がCPよりも限られる。
評価	適用	

出典：調査団

(ii) 管径

流量計算の結果、準備事業の管渠径は500 mmとする。

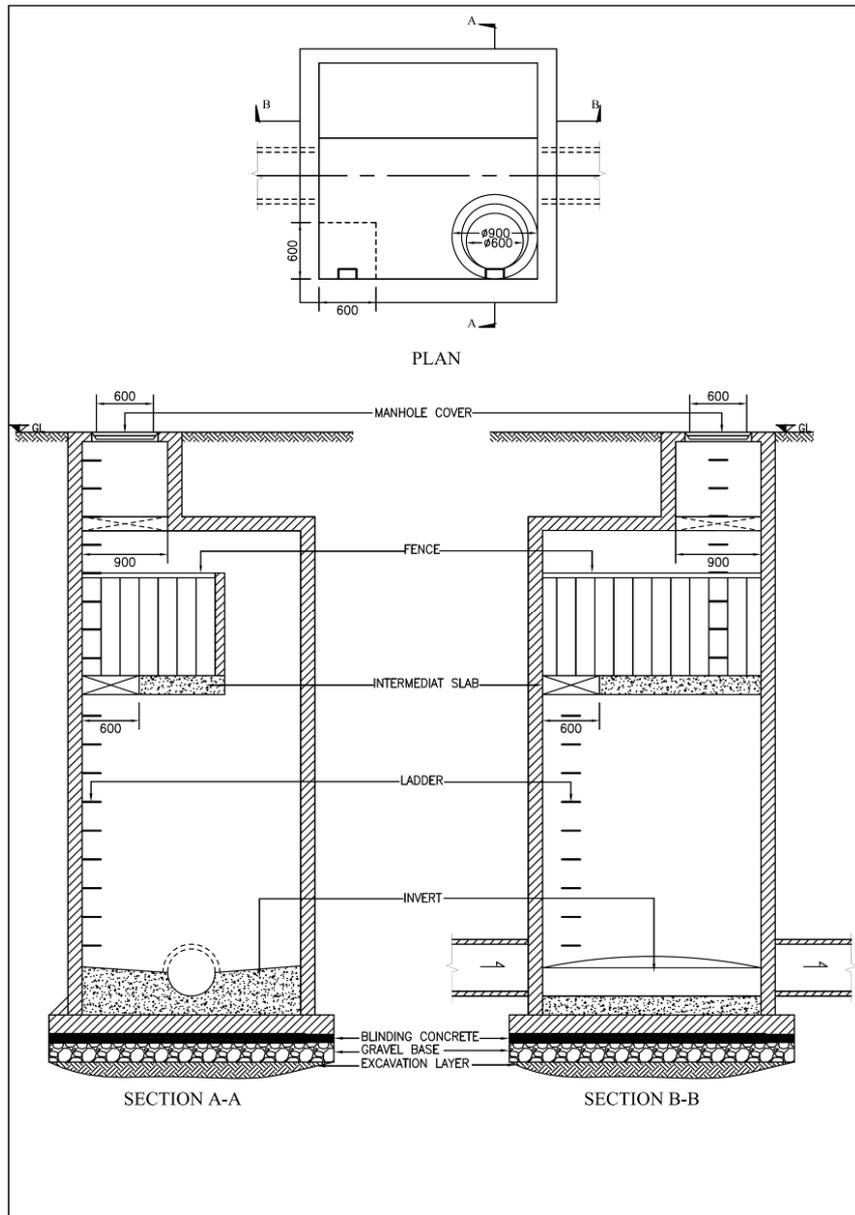
(b) マンホール

(i) マンホールの位置

マンホールは、管路施設を適切に維持管理するために設置する。マンホールの設置は、管径が500 mmであることを考慮して100 m間隔を原則とするが、管路の始点、流下方向の変更点にも設置する。なお、準備事業においては、管路の会合および勾配が変わる地点はないため、これらの点のマンホール設置は考慮しない。これにより、準備事業においては、合計14基のマンホールを設置することとなる。

(ii) マンホールの基本構造

マンホールの構造は、遮集施設と同様の構造とする。マンホールには、マンホール蓋および足掛金物を設置する。また、土被りが大きくなることを踏まえて、フェンス付の中間スラブを設置する。図 8.2.4 にマンホールの基本構造を示す。マンホールの寸法および構造については、F/S調査において決定されるものとする。

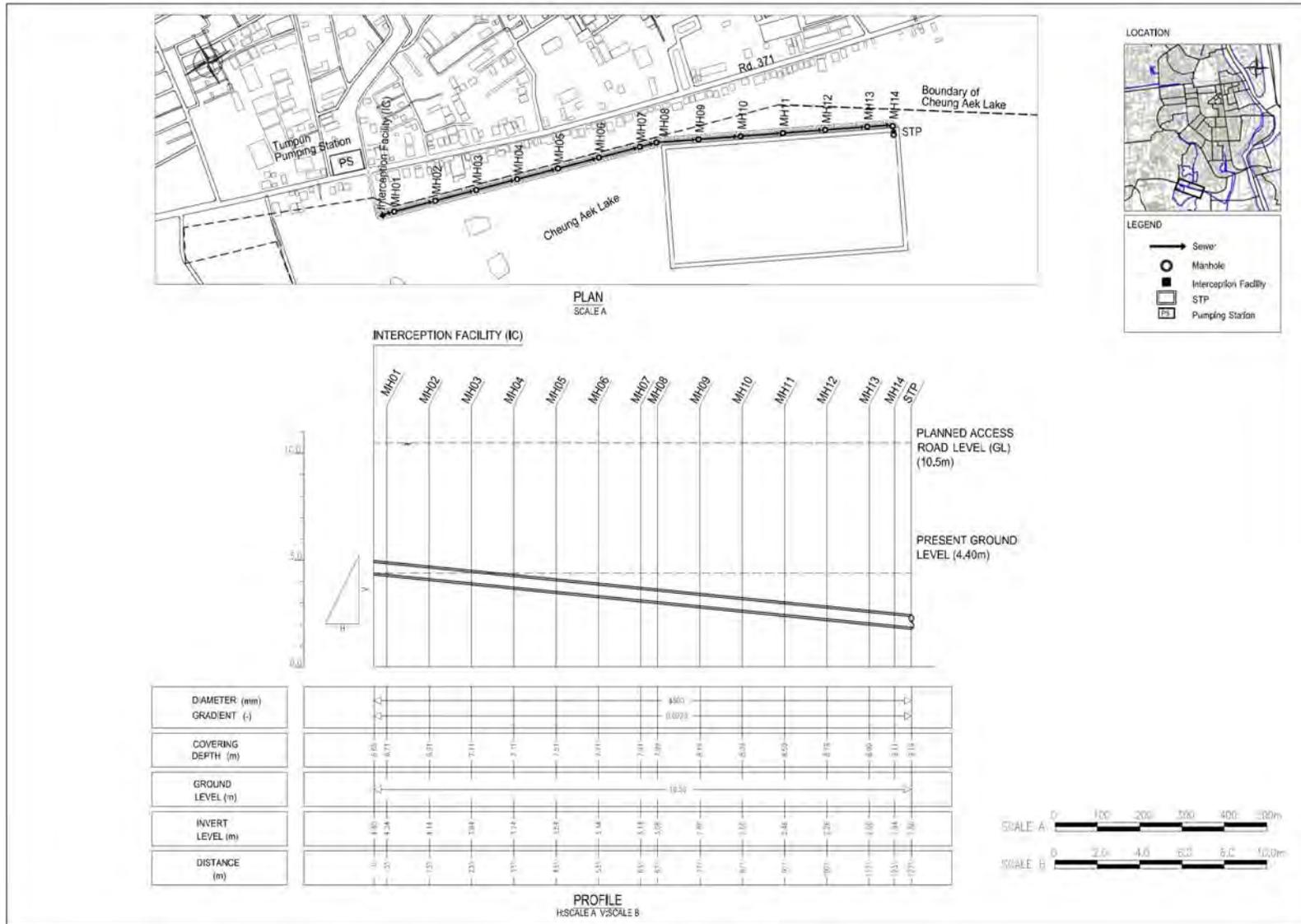


出典：調査団

図 8.2.4 マンホールの基本構造

(3) 管路施設の概略設計

図 8.2.5 に準備事業における管路施設の平面縦断図を示す。管路延長は 1,271 m、土被りは下水処理場へのアクセス道路の地盤高を基準として、6.7 m から 9.2 m となる。



出典：調査団

図 8.2.5 準備事業における管路施設の平縦断面図

8.2.4 管路施設の施工計画

管路施設は、下水処理場へのアクセス道路の下に布設する。アクセス道路は、Cheung Aek 湖を埋め立てて建設されるが、道路完成後の土被りは 6.7 m から 9.2 m となる。したがって、管路施設の布設は掘削量を最小限とするため、道路の建設前あるいは同時期に実施する計画とする。この場合、掘削量は最大で 2.6 m 程度となり、開削工法での施工が可能である。

8.2.5 フィージビリティ調査への提言

(1) Tumpun ポンプ場放流地点における排水路の整備

Tumpun ポンプ場から放流される排水は、Cheung Aek 内に自然水路を形成して流下している。しかし、下水処理場、アクセス道路および管路施設が建設されると、Cheung Aek 湖の北側は面積を減ずることになる。この場合、ポンプ場から放流された排水は限られた湿地の中を流れることとなり、現在の湖の浸水域が南側へ拡大することが懸念される。よって、下水道施設建設後の Cheung Aek 湖における浸水域のシミュレーション等を行い、浸水による影響が生じないよう、必要に応じて Tumpun ポンプ場の放流地点で水路の整備を検討することを提案する。

(2) Cheung Aek 湖における地形測量および地質調査の実施

管路施設、下水処理場およびアクセス道路の設計条件を確認し決定するため、Cheung Aek 湖内の対象地域において地形測量および地質調査を実施することを提案する。地形条件は、構造設計や掘削深さ、埋立ての規模、管渠の土被り等に係るものである。また、粒土分析を含めた地質調査は沈砂池の規模や、スクリーンの仕様など、構造物の設計や設備の仕様に係るものである。F/S 調査においてこれらの調査を実施し、下水道施設の設計を行うことが必要である。

(3) Cheung Aek 湖の年間水位変動に関する調査

Cheung Aek 湖の年間の水位変動は非常に大きい。一方で、Cheung Aek 湖は大規模な埋立てを伴った開発が急速に進んでおり、湖の面積は減少している。そのため、Cheung Aek 湖の水位変動及び浸水域は、開発が開始される前の状況と大きく変化していると考えられる。汚水処理の準備事業では、汚水の遮集施設を Cheung Aek 湖内に設置し、Tumpun ポンプ場の放流地点近傍から汚水を遮集する計画である。よって、遮集施設は Cheung Aek 湖の水位の影響を受ける可能性がある。また管渠は、現在の湖の中に道路を建設しその下に布設する計画であるが、湖の水位上昇とともに地下水位が上昇することも考えられ、管路施設に影響が及ぶことも懸念される。したがって、F/S 調査においては、下水道施設の設計条件の確認を目的として、Cheung Aek 湖の年間の水位変動について調査することを提案する。

(4) ごみの管理等の具体的なソフト対策の検討

現在、Cheung Aek 湖の周辺には、多くの家屋があり住民が生活している。それに伴いごみが発生しているが、湖内には多くのごみが放置されているのが現状である。環境保全の観点から、公的機関が実施すべき適切なごみの管理は必要不可欠である。また、汚水処理の準備事業では、湖にごみが放置された場合は、維持管理の手間も増え、遮集施設および管渠の閉塞による汚水の流下能力の低下等への影響が懸念される。さらに、ごみの管理に関しては住民の啓発も必要であり、湖の保全のみならずプノンペン都の水環境の保全のためにも必要なことである。

汚水および雨水対策の実施においては、このようなソフト対策も重要であり、施設の整備と同時に改善していく必要がある。したがって、F/S 調査においては、施設の整備のみだけでなく、汚水および雨水対策施設が適切に機能するよう、ごみの管理に係る具体的なソフト対策についても検討することを提案する。

8.3 終末処理場の概略設計

8.3.1 進入道路および処理場建設予定地

本終末処理場の建設予定地を図 8.3.1 に示す。本終末処理場の計画地には、既存道路がないため、まず、本処理場への進入道路(アクセス道路)を、Cheung Aek 湖の水域の境界線付近に新設することとし、図 8.3.1 に示すとおり計画する。進入道路の下には、8.2 節で述べた管渠を埋設し、終末処理場まで汚水を運搬する。また、371 通り(Rd.371)際に埋設されている高圧ケーブルから、汚水処理に必要な電力を引き込むこととする。本準備事業を実施するための埋立て面積は、図 8.3.1 に示すように 3.5 ha である。



出典：Google Earth を元に調査団が作成

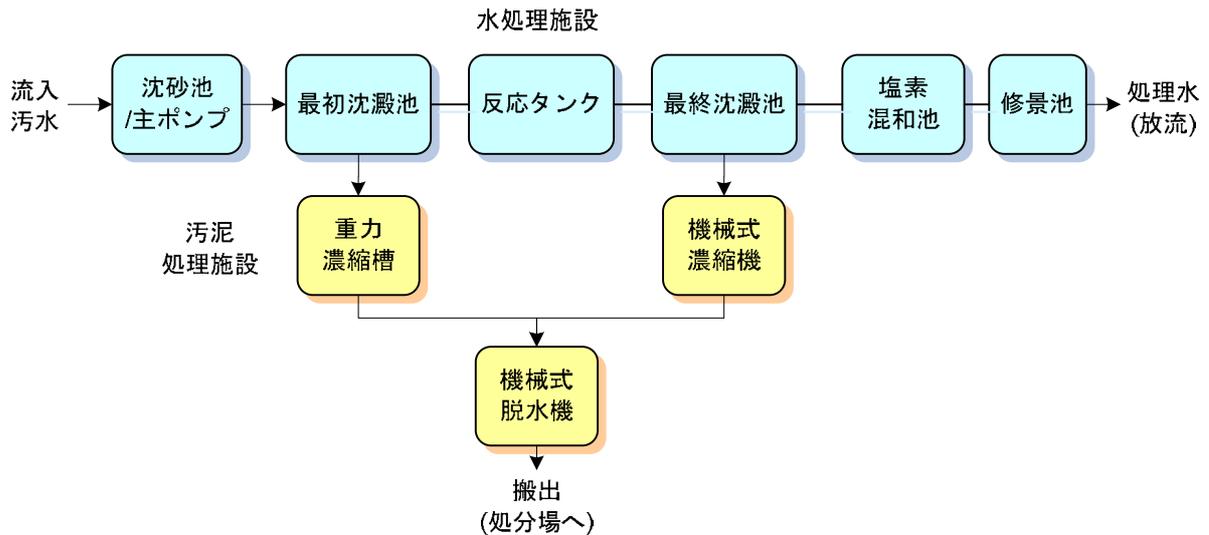
図 8.3.1 終末処理場への建設予定地および進入道路

8.3.2 処理施設

(1) 処理フロー

処理フローは、標準活性汚泥法の採用を前提に、図 8.3.2 のとおりとし、沈砂池/主ポンプ、水処理施設(最初沈澱池/反応タンク/最終沈澱池)、塩素混和池に加えて処理施設運転による水質改善効果を目に見える形とするための修景池を設置する。汚泥処理施設については、重力濃縮槽と機械式濃縮機および脱水機を設置する。脱水後の汚泥(脱水ケーキ)は場外へ搬出し処分する。

場外へ搬出した汚泥については、本準備事業実施に先駆けて、4.3.2 節にて提案した下水処理場からの発生汚泥を処分するための新たな用地を確保する方法が望ましいが、プノンペン都による用地の確保に時間がかかることも想定されるため、当面、Dongkor ごみ処分場の一画を使用し、下水汚泥処分を行う方法も考慮する。



出典：調査団

図 8.3.2 処理フロー

(2) 設計水量

設計水量は、表 8.3.1 のとおりであり、この水量を元に水処理施設等の仕様を定める。

表 8.3.1 設計水量

	準備事業対象施設の 設計水量(m ³ /日)	(参考) 全体計画時(最終形) における設計水量
日平均	4,600	260,000
日最大	5,000	282,000
時間最大	7,300	407,000

出典：調査団

(3) 施設の仕様

上記の設計水量等に基づく処理施設の仕様は、表 8.3.2 のとおりである。ブロワ、機械式濃縮機および機械式脱水機は、現時点では、備考欄に示した機種を想定するものとし、詳細な検討は、F/S 調査にて行うこととする。また、本準備事業では、汚水処理施設の効果や重要性を、市民にも PR するため、写真 8.3.1 に示すような処理水を利用した修景池の設置を計画する。

表 8.3.2 処理施設の仕様

名称	仕様・寸法	備考
沈砂池/主ポンプ	沈砂池：巾 0.80 m×長さ 2.6 m×2 池 主ポンプ：3.0 m ³ /分×3 台(内 1 台予備)	主ポンプ用の自家発電機を設置
最初沈澱池	巾 3.6 m×長さ 15.0 m×深 3.0 m×2 池	
反応タンク	巾 7.55 m×長さ 34.0 m×深 6.0 m×1 池	
最終沈澱池	巾 3.6 m×長さ 35.0 m×深 3.5 m×2 池	
塩素混和池	巾 3.0 m×長さ 10.0 m×深 4.0 m	
ブロワ	20 m ³ /分×2 台(内 1 台予備)	ルーツブロワを想定 ^{注1)} 。
重力濃縮槽	直径 3.0 m×1 槽	
機械式濃縮機	10 m ³ /hr×2 台(内 1 台予備)	ベルト型ろ過濃縮機を想定。
機械式脱水機	110 kg-DS/hr×2 台(内 1 台予備)	高効率型圧入式スクリープレス脱水機を想定。
その他	管理棟、修景池	

注1) 初期対応としてルーツブロワの導入を想定する。全体計画時には、大型のブロワが必要となるため、表 8.3.3 に示すようにターボブロワの導入を想定する。

出典：調査団



出典：北九州市

写真 8.3.1 修景池のイメージ

(4) 計画一般図、水位高低図および主要施設の平断面図

各施設の配置および水位等については、以下に列挙する事項に留意して計画した。

- 計画地盤高については、Cheung Aek 下水処理場に近接する ING City 開発地域等の計画地盤高である標高+10.50 m と同じ地盤高とした。
- 放流水位については、Cheung Aek 下水処理場の放流水位に影響を与える外水位(Bassac および Sap 川等の水位)のうち、当下水処理場に最も近い Chaktmok 観測所における既往最高水位標高+10.18 m を参考に、この水位に対して主ポンプから自然流下にて処理水を流下させる水位に設定した。
- 本準備事業にて計画される施設(5,000 m³/日分)は、その後、全体計画時の処理能力 282,000 m³/日まで順次拡大されていくが、その際、本準備事業にて建設された施設が無駄にならないような計画とした。
- 前項を考慮し、管理棟、沈砂池ポンプ棟および水処理施設については、全体計画上での設置位置を考慮した配置とした。また、ブロワおよび汚泥処理機械類はまとめて機械棟に収納することとした。本機械棟は、機械類の耐用年数が過ぎた時点で、全体計画上位置付けられた、終末処理場の西端に設置するブロワ棟および汚泥棟に集約するものとし、備品倉庫等として有効利用することとする。

上記の事項を勘案した本施設の計画一般図、水位高低図および主要施設の平断面図を図 8.3.3 から図 8.3.7 に示す。また、参考として全体計画時の各施設の仕様を表 8.3.3 に示すとともに、準備事業時と全体計画時を対比した配置計画図を図 8.3.8 に示す。

表 8.3.3 全体計画時の処理施設の仕様

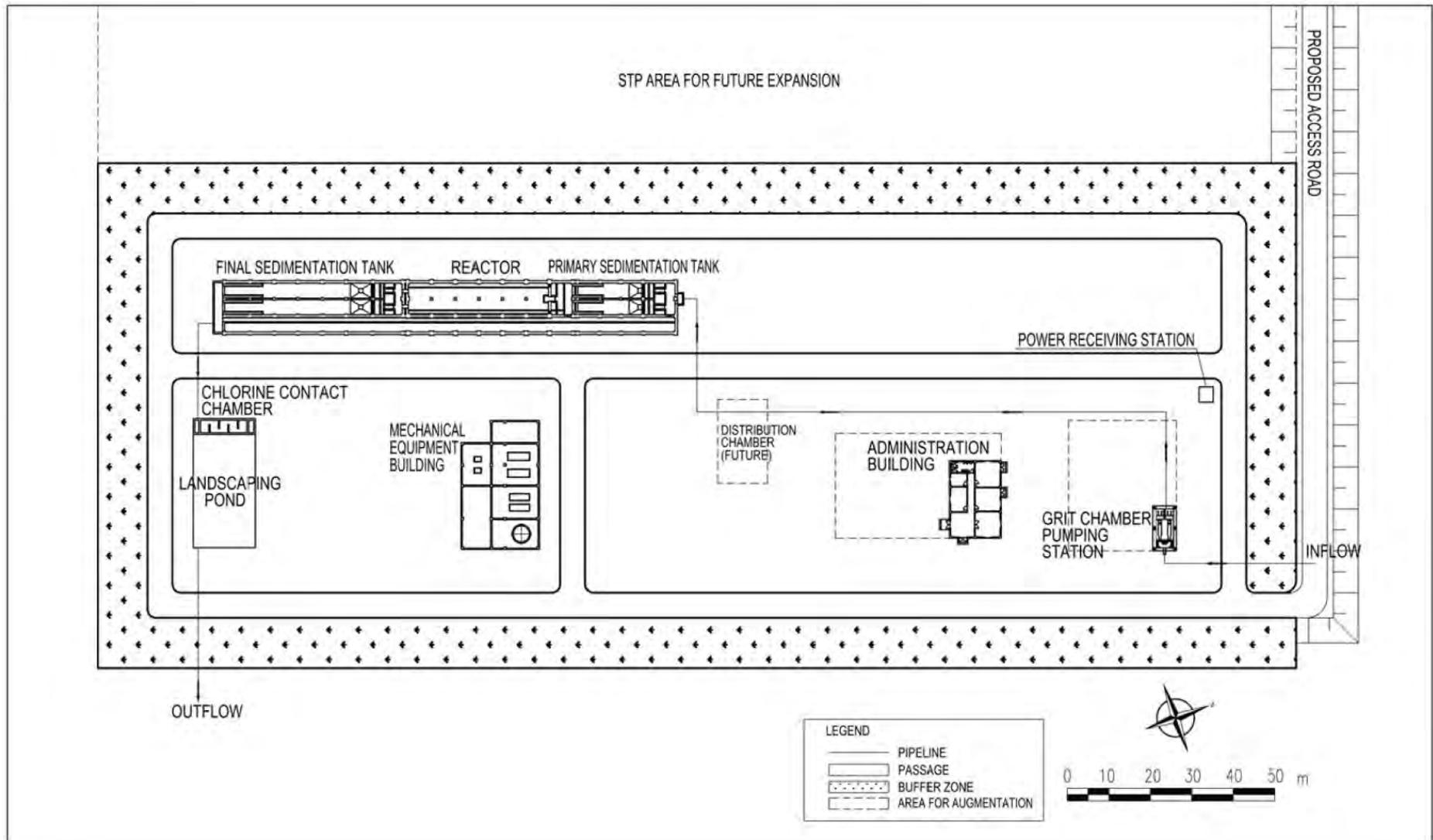
名称	仕様・寸法	備考
沈砂池/主ポンプ	沈砂池：巾 3.00 m×長さ 13.0 m×6 池 主ポンプ：50.0 m ³ /分×7 台(内 1 台予備)	
最初沈澱池	巾 3.6 m×長さ 15.0 m×深 3.0 m×8 池×2 系列 巾 5.3 m×長さ 15.0 m×深 3.0 m×8 池×8 系列	
反応タンク	巾 7.55 m×長さ 34.0 m×深 6.0 m×4 池×2 系列 巾 10.95 m×長さ 34.0 m×深 6.0 m×4 池×8 系列	
最終沈澱池	巾 3.6 m×長さ 35.0 m×深 3.5 m×8 池×2 系列 巾 5.3 m×長さ 35.0 m×深 3.5 m×2 池×8 系列	
塩素混和池	巾 30.0 m×長さ 50.0 m×深 4.0 m×1 池	
ブロワ	90 m ³ /分×2 台	ターボブロワを想定。

名称	仕様・寸法	備考
	180 m ³ /分×5 台(内 1 台予備)	
重力濃縮槽	直径 11.0 m×4 槽	
機械式濃縮機	50 m ³ /hr×8 台(内 1 台予備)	ベルト型ろ過濃縮機を想定。
機械式脱水機	840 kg-DS/hr×9 台(内 1 台予備)	高効率型圧入式スクリーンプレス脱水機を想定。
その他	管理棟、自家発電機棟、受変電設備および修景池	

出典：調査団

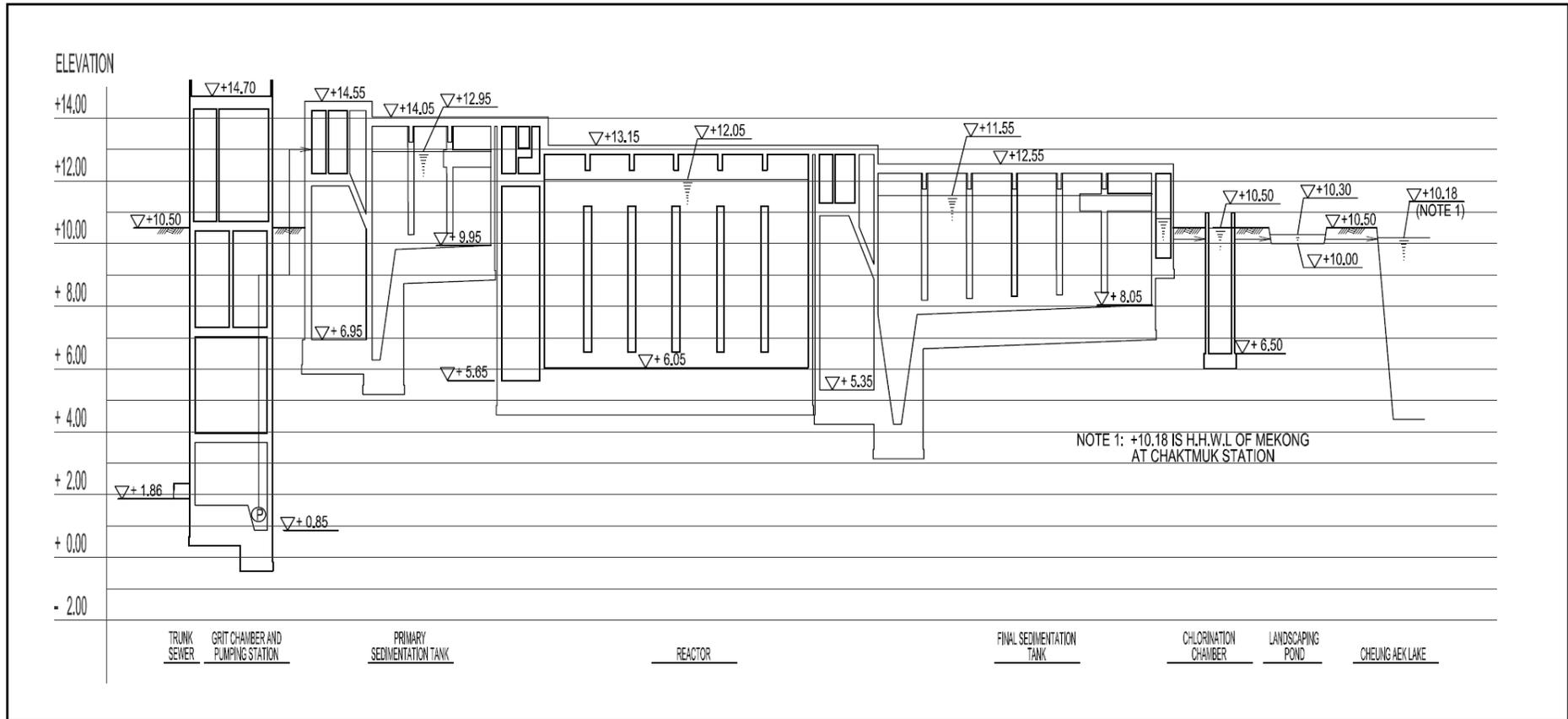
(5) その他(参考)

本プレ F/S においては、標準活性汚泥法の採用を前提に施設計画を立案したが、ここでは、参考として、本 M/P にて、標準活性汚泥法と同じ評価点を得たものの、採用実績が少ないという理由で採用を見送った PTF を採用し、本プレ F/S と同様な 5,000 m³/日の水処理施設を整備するとした場合の概略構造図を **Appendix 11** に添付する。



出典：調査団

図 8.3.3 準備事業(終末処理場)の一般平面図



出典：調査団

图 8.3.4 水位高低图

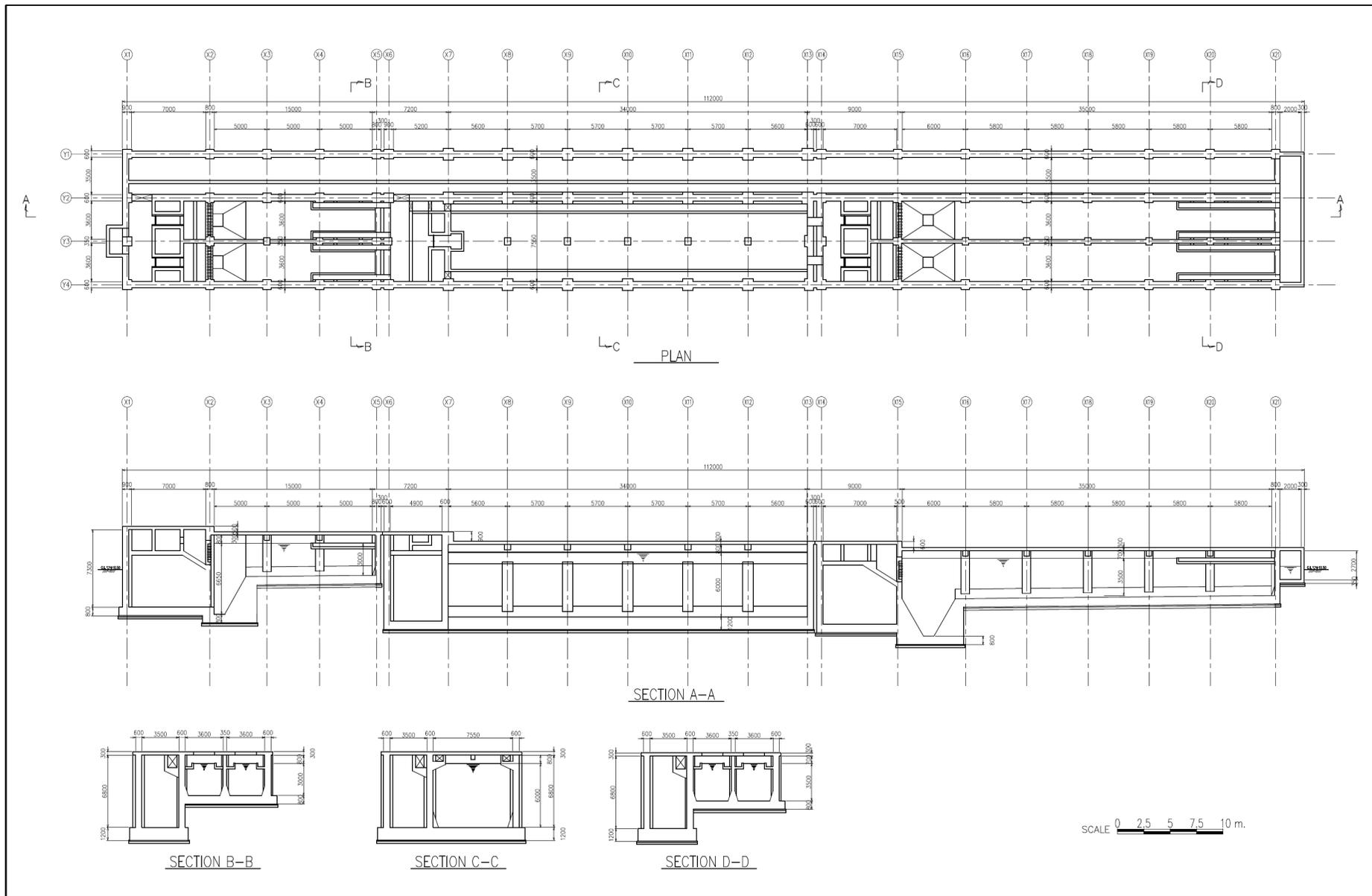
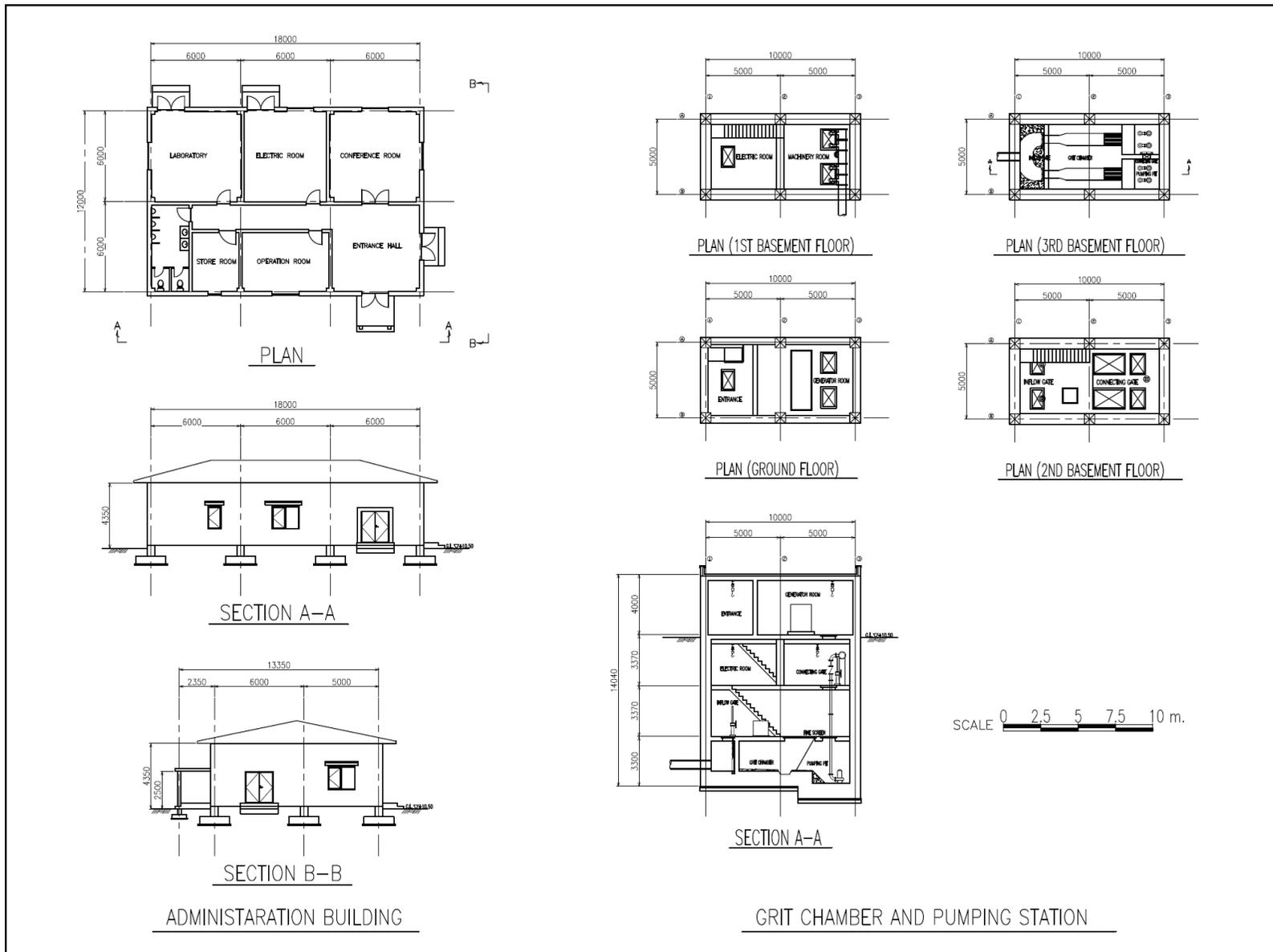


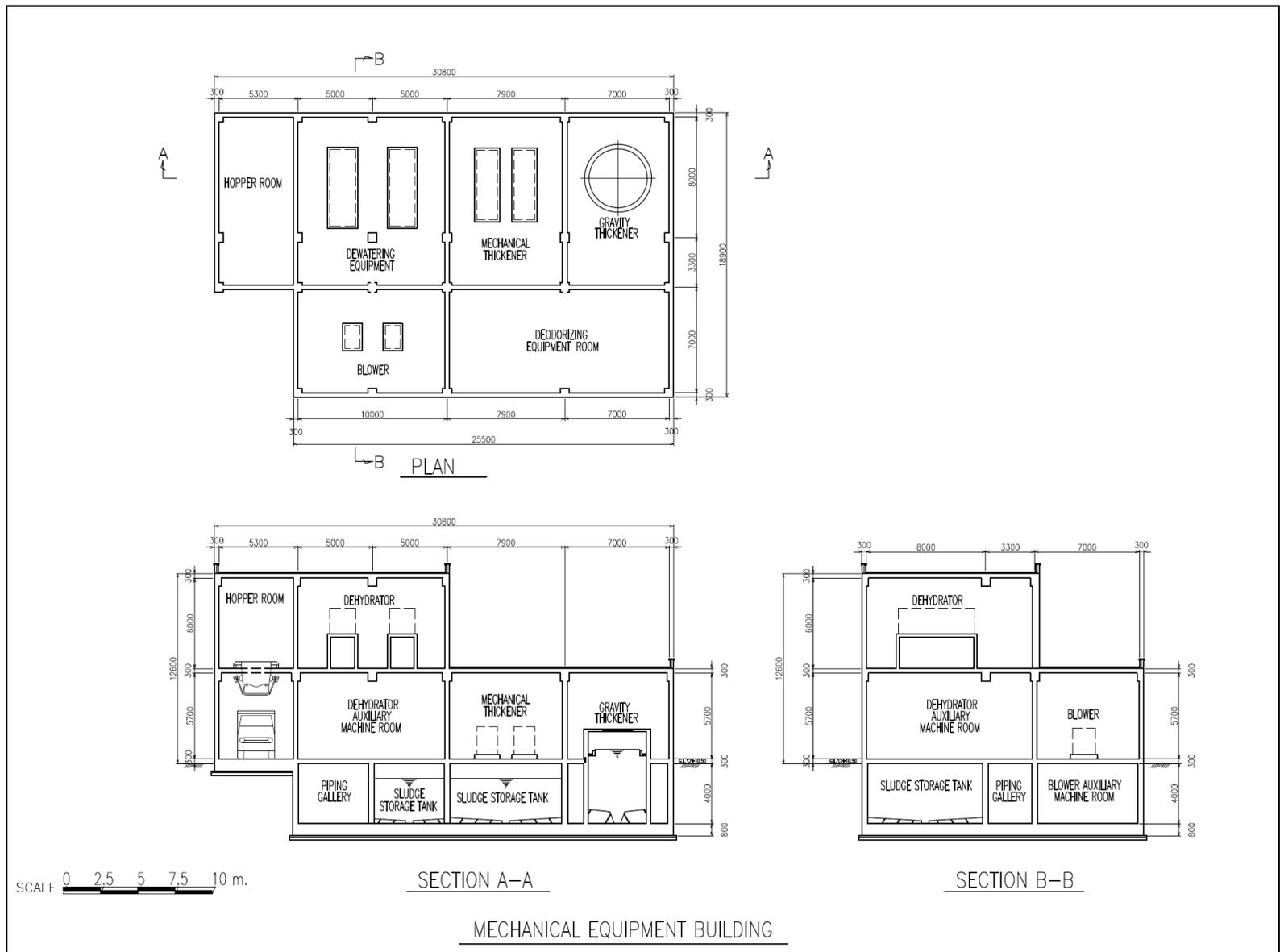
図 8.3.5 主要施設の平断面図(1/3)



出典：調査団

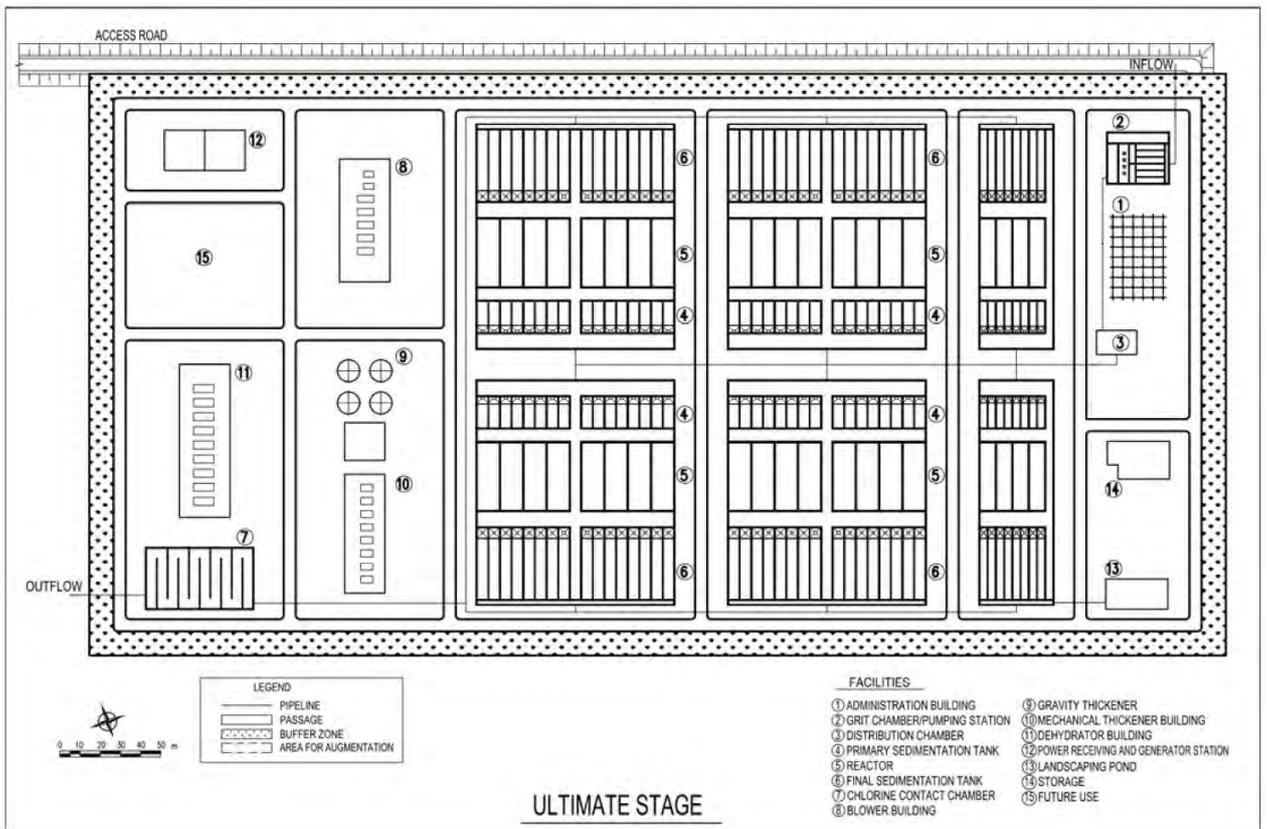
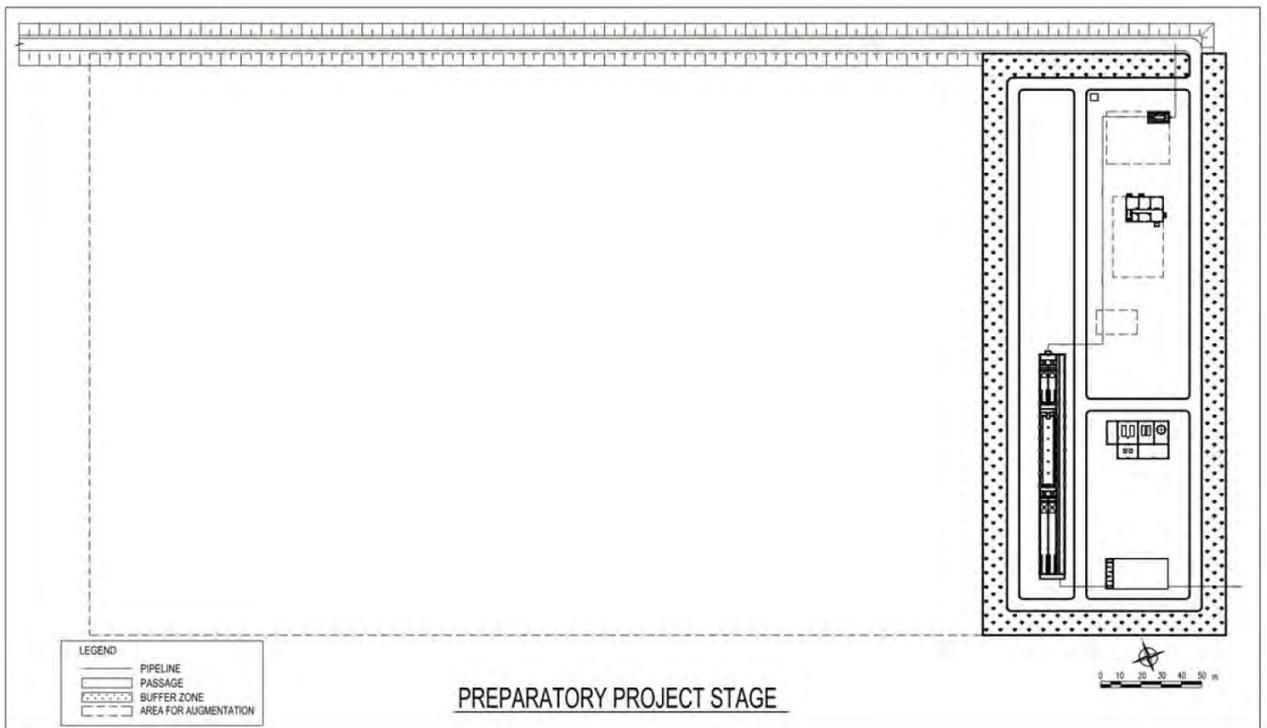
図 8.3.6

主要施設の平断面図(2/3)



出典：調査団

図 8.3.7 主要施設の平断面図 (3/3)



出典：調査団

図 8.3.8 準備事業時と全体計画時の配置対比図

8.4 事業実施体制(維持管理体制を含む)

8.4.1 優先プロジェクトの実施体制

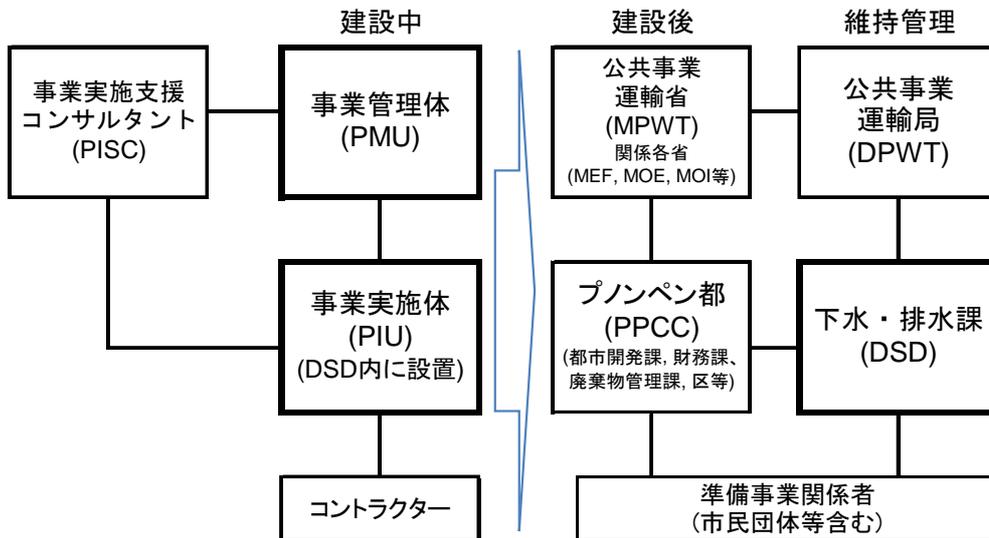
プレフィージビリティ調査(プレF/S)を実施するための優先プロジェクトとして選定された準備事業(処理能力 5,000 m³/日の準備事業プラント建設)の実施体制組織図を図 8.4.1 に示す。

優先プロジェクトは、事業の総合マネジメントを行う事業管理体(PMU:Project Management Unit)、準備事業プラント建設に係る実施業務を行う事業実施体(PIU:Project Implementation Unit)、PMU や PIU に対し全面的に技術支援等を行う事業実施支援コンサルタント(PISC:Project Implementation Support Consultant)および準備事業プラントを建設するコントラクターにより実施される。

準備事業プラント完成後の維持管理は、排水・下水課(DSD)が行うこととする。なお、維持管理に関わる能力開発等に関しては、プラントの設計および建設に関わる関係者が、施設の構造や仕組みおよび役割に係る知見等に係る技術移転や維持管理マニュアルの作成を含め、準備事業プラント建設中に DSD に対して、適宜実施し、運転開始後は、維持管理を実務レベルで指導することで維持管理能力の向上を図り DSD が維持管理主体へと速やかに移行できるように指導する。また、優先プロジェクト実施期間(設計・施工)および施設の供用開始後は、適宜、ステークホルダー(市民団体等含む)に対し、下水道の意義、必要性などの説明に努める。さらに、プノンペン都民への広報活動や啓発活動を積極的に行い都民へ情報を発信する。

事業管理体(PMU)は公共事業運輸局(DPWT)、事業実施体(PIU)は下水・排水課(DSD)に設立する。PMU への配属職員は、本プロジェクトにおける運営委員会(S/C)により人選された職員を派遣する。なお、PIU についても同様とするが、PMU の管理者(Director)の意見も尊重して人選する。

優先プロジェクト実施にあたり必要な事業計画や技術的支援(準備事業プラントの実施設計、工事管理および維持管理等)は、本プロジェクトを詳細に熟知し、下水道事業に関わる計画・設計・工事監理および維持管理等に十分なる経験と実績を有するコンサルタントや専門家に依頼する。



出典：調査団

図 8.4.1 準備事業実施関係体制図

8.4.2 事業実施体の組織と役割

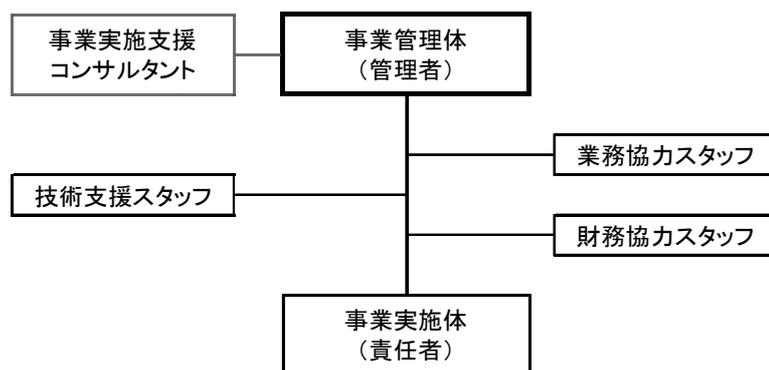
事業実施のための具体的な組織と役割職務および維持管理については、以下のとおりである。

(1) 事業管理体(PMU)の組織と役割

PMUは、準備事業の総合管理を担う組織であり、利害関係者等との総合調整を図りプロジェクトの進捗管理を行う。主な役割は以下のとおりである。

- 全体計画との調整、予算管理、財務管理、建設工事等の総合管理
- 業務計画、資金計画、活動計画の承認等の実行管理
- 関係機関、利害関係者との連絡調整、支援コンサルタントとの連絡調整
- PIUの管理監督
- 準備事業の進捗状況等の報告
- 市民団体等へ下水道事業の必要性等の啓発活動
- その他必要な事項

PMUのスタッフは、本プロジェクトにおけるS/Cのメンバーである関係各省および局(表1.4.1を参照)からS/Cの推薦等により選任する。図8.4.2にPMUの組織図を、スタッフと職務を表8.4.1に示す。



出典：調査団

図 8.4.2 事業実施体(PMU)の体制図

表 8.4.1 PMUのスタッフと職務

職 位	人 数	職 務
管理者	1	PMUの統括管理
副管理者	1	管理者の補佐、関係機関との総合調整
技術支援スタッフ	2-4	プロジェクトの技術管理
業務協力スタッフ	2	プロジェクトの総務管理、業務連絡
財務協力スタッフ	2	プロジェクトの財務管理

出典：調査団

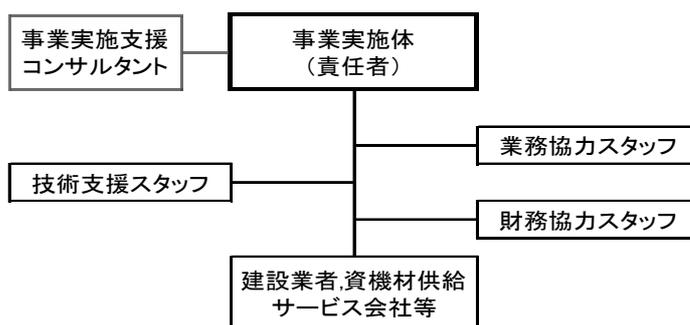
(2) 事業実施体(PIU)の組織と役割

PIUは、準備事業プラントの建設等の実務を担う組織であり、準備事業プラント建設工事の管理・監督等を行う。工事完成後、スタッフの一部はプラントの維持管理スタッフとして引き続き維持管理を担当する。主な役割は以下のとおりである。

- 土木工事等建設工事の進捗管理、施工監理および検査
- 社会環境管理、安全管理活動の実施と調整

- DPWT, PPCC, Khan との緊密な連携
- 準備事業プラントの工事進捗状況等の報告(PMU へ)
- 市民団体等へ準備事業プラントの説明会(見学会)を開催
- 維持管理に関わる DSD 職員等への技術移転業務
- その他必要な事項

PIU の責任者は、DPWT(DSD)から選任し、スタッフは DPWT、DOP、DEF および DOE 等の関連各局およびプノンペン都関係各課(関係各区)等から選任する。PIU の組織図を図 8.4.3 に、スタッフと職務を表 8.4.2 に示す。



出典：調査団

図 8.4.3 事業実施体 (PIU) の体制図

表 8.4.2 PIU のスタッフと職務

職 位	人 数	職 務
責任者	1	PIU の統括管理
副責任者	1	責任者の補佐、関係機関との工事調整
技術支援スタッフ	4-6	プロジェクトの技術管理
業務協カスタッフ	2	プロジェクトの業務管理、業務連絡
財務協カスタッフ	2	プロジェクトの財務管理

出典：調査団

(3) 準備事業プラントの維持管理

準備事業プラントの維持管理は、排水・下水課(DSD)が担当する。PPCC には、現状で下水処理場がないことから、下水処理場の維持管理スタッフはいない。しかし、PPCC の下水処理施設が整備された場合の維持管理部署は DSD が最適である。その理由は、現在、排水施設(ポンプ場含む)の維持管理を担当しており、実績と経験があるためである。したがって、準備事業プラントの維持管理についても DSD が担当するものとする。その維持管理スタッフを表 8.4.3 に示す。なお、運転に伴い発生する夾雑物の除去、沈殿物の清掃、汚泥処分等に作業員が必要である。

表 8.4.3 維持管理スタッフ

職 種	人 数	職 務
管理責任者	1	施設管理者
土木技術者	2	施設構造物、下水管路等に維持管理
機械・電気技術者	3-5	汚水処理施設の運転および維持管理
水質管理技術者	2	水質サンプリング、水質試験・分析
事務(業務)員	2	庶務事務、広報
作業員	4-6	夾雑物(スカム)除去、汚泥処分、施設清掃

出典：調査団

8.5 概算事業費

8.5.1 概算事業費

(1) 積算条件

概算事業費は建設費、設計・施工監理費、事業管理費、物理的予備費が含まれる。なお本優先プロジェクトの建設予定地は公地であるため、土地収用にかかる土地収用費・補償費・撤去費等は含まない。これら費用は、以下の条件のもとで算出した。なお、積算時点は2015年12月とし、交換レートは1USD=122.85円、1Riel=0.030円とする。

- 8.2節および8.3節にて記述したとおり、準備事業プラントとして5,000 m³/日の処理能力の汚水処理施設の建設および污水管の敷設を優先事業として費用を算出する。処理方式は標準活性汚泥法とする。
- 土木工事および建築工事の資材、労務費、建設機械等は国内での調達が可能であるため、現地調達を基本とする。なお、特殊鋼材や建設機械等は現地調達が難しいため、日本を含む海外調達とする。
- 機械および電気設備資材は、海外調達を基本とする。調達は経済性、品質性、維持管理性を考慮して決定する。
- 設計・施工監理費は、地形測量や地質調査などの自然条件調査費、設計および入札図書作成等に係るコンサルタントの技術サービス費用、また事業実施段階の施工監理に関するコンサルタントの技術サービス費用である。
- 事業管理費は、カンボジア国実施機関等の事業執行管理に関する費用、また詳細設計図書の照査・承認、施主としての施工監理(現場視察、検査立会い、設計変更承認、事務管理、会議等)に要する費用である。事業管理費は、建設費の5%とする。
- 物理的予備費は施工条件の変化や調査時点で予期できない事項等の不確定要素をカバーするための費用である。物理的予備費は、建設費および設計・施工監理費の5%とする。

(2) 概算事業費

表 8.5.1 に提案事業の概算事業費を示す。総事業費は、24.05 百万 USD である。建設費は、汚水処理施設工事費が 15.54 百万 USD、管路敷設工事費が 2.29 百万 USD、管理用道路工事費が 1.94 百万 USD である。

表 8.5.1 提案事業の建設事業費

単位：百万 USD

費用項目	内貨	外貨	合計
I. 建設費 ((1)+(2)+(3))	14.01	5.76	19.77
(1) 汚水処理場(準備事業プラント)	10.27	5.27	15.54
1) 土木工事	8.69	0.52	9.21
埋立て(3.5 ha)	3.37	0.04	3.41
本体	5.32	0.48	5.80
2) 建築工事	1.31	0.04	1.35
3) 機械工事	0.23	4.39	4.62
4) 電気工事	0.04	0.32	0.36
(2) 管路	1.97	0.32	2.29
(3) 管理用道路	1.77	0.17	1.94
II. 設計・施工監理費	0.44	1.75	2.19
III. 事務管理費	0.99	0	0.99
IV. 物理的予備費	0.72	0.38	1.10

費用項目	内貨	外貨	合計
事業費合計 (I+II+III+IV)	16.16	7.89	24.05

出典：調査団

8.5.2 運営維持管理費

表 8.5.2 に年間運営維持管理費を示す。本準備事業の年間運転維持管理費用は、415,440USD である。なお、人件費は、8.4.3 項にて提案した維持管理要員に基づき算出している。

表 8.5.2 提案事業の年間運営維持管理費

単位：USD

費用項目	合計	備考
I. 汚水処理施設 ((1)+(2)+(3)+(4))	407,119	
(1) 人件費	126,240	所長含む正規職員 8 名、非正規職員 6 名
(2) 電気代	175,262	設置機械の仕様より算出
(3) 薬品代	72,380	次亜塩素酸ナトリウム、高分子凝集剤
(4) 修理代・部品代	23,820	建設費(機械費)の 1%
(5) 汚泥処分費	9,417	発生汚泥の処分費用(運搬費)
II. 管路	5,621	
III. 管理用道路	2,700	
年間維持管理費合計 (I+II+III)	415,440	

出典：調査団

8.6 事業実施スケジュール

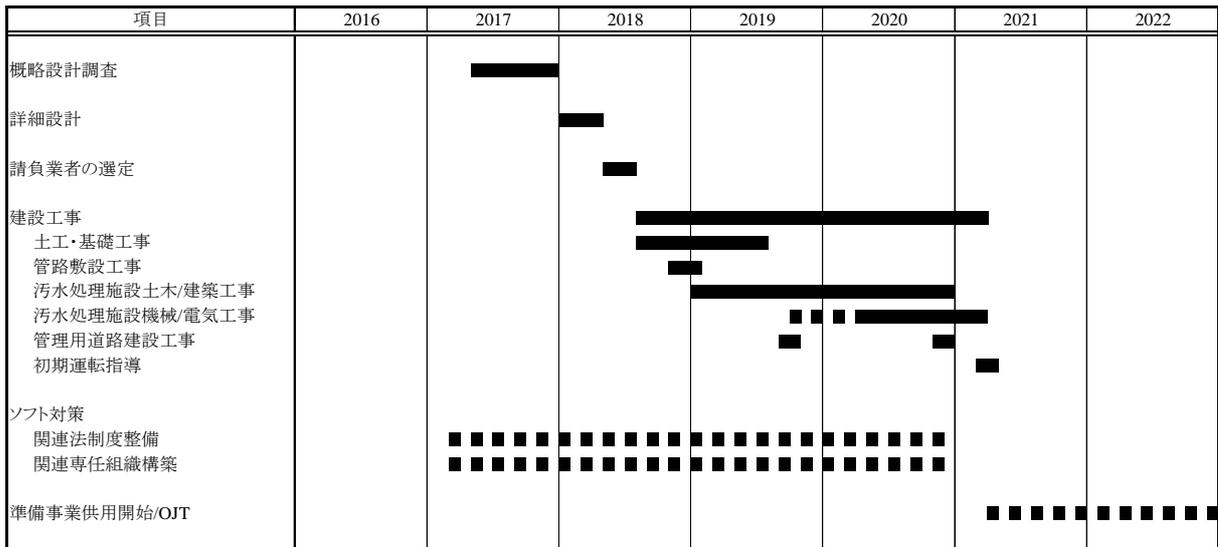
本準備事業の供用開始までの事業実施スケジュールの概要は表 8.6.1 のとおりであり、準備事業の実施スケジュールを図 8.6.1 に示す。

表 8.6.1 事業実施スケジュールの概要

項 目	期 間
概略設計調査	8 ヶ月
詳細設計	10 ヶ月
請負業者の選定	3 ヶ月
建設工事	32 ヶ月
組織/法制度の構築	48 ヶ月

出典：調査団

本準備事業の供用開始を、2022 年と想定する。4.9 節において述べたように、法整備や組織構築等のソフト対策は準備事業供用開始までに実施される。なお、概略設計調査、詳細設計の工程および所要期間は標準的なものを想定しているが、資金拠出機関やそのスキーム等により短縮・省略することとなる。



出典：調査団

図 8.6.1 事業実施スケジュール

8.7 財務分析

汚水対策の本準備事業の財務分析結果の概要を以下に示すが、その方法論は第4章の4.7節で用いたのと同様である。本準備事業はM/Pにも含まれているが、規模はM/PのPhase 1の10分の1以下、全体では2%に満たないほど小さい。その裨益人口[19,000人(2035年)]も小さく、まずはその裨益人口を対象としてその水道料金収入の10%(厳密にはそのうち手数料を除いた91%)を本準備事業の下水道使用料とし、収支がどうなるかを見ることになる。規模は小さいとはいえ、下水道としてはM/P同様に収入で投資額も含めて賄おうとすれば、水道料金収入の10%では済まず、更に料金を上げざるを得ないのは同様であるので、投資額は政府が肩代わりし、維持運営費だけをカバーできるか否かを見るのも同様となる。

さらに本準備事業の場合、処理対象の汚水はTumpunポンプ場からの排水の一部を引き込んで処理するため、厳密にはPhase 1、2および3の汚水の混ざったものの一部である。本準備事業の裨益人口はCheung Aek系統全体ということになるが、それでは処理する汚水の量が大きくなりすぎるため、能力に対応する、あるいは引き込む汚水量に対応した裨益人口を想定する。したがって、本準備事業の裨益人口の次はPhase 1の裨益人口の水道料金収入10%でどの程度カバーされるか、さらに次の段階ではCheung Aek系統全体の裨益人口の水道料金収入10%でどうかと見ることになる。

もちろん、実際には現在でもプノンペン都の全水道料金収入の10%が下水排水用に徴収されているので、それでどうカバーされるかを見ることもできるが、そこまでは必要がなく、せいぜいCheung Aek系統全体で良いと考えられる。その意味で、本準備事業の投資額もCheung Aek系統全体、あるいはプノンペン都全体の水道料金収入の10%でカバーできるかを見ることもできなくはないが、Phase 1～3、そしてTamok系統の汚水対策の全体投資額もあることから、本準備事業の投資額だけをカバーすることは意味がない。なお、本検討では、準備事業のみを対象とした分析を行うこととし、汚泥処分の収入は含めないこととする。

まず、本準備事業の裨益人口の水道料金収入の10%を収入とする場合の収支を計算すると表8.7.1のようになる。下水道収入は非常に少なく、これだけでは維持運営費をカバーすることができない。汚泥処分費の収入がないので、準備事業の支出は下水道使用料だけではカバーされない。

それでは、Phase 1の裨益人口も含めた場合の収入ではどうなるかを計算したのが表8.7.2である。

表 8.7.1 減価償却費を除く収支(準備事業の裨益人口対応収入)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						0.03	0.03
Total Rev.						0.03	0.03
Expenditure						0.42	0.42
Profit/ Loss						-0.39	-0.39
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
Total Rev.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Profit/ Loss	-0.39	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Total Rev.	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Profit/ Loss	-0.38	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	0.05	0.05	0.05	0.05	0.81		
Total Rev.	0.05	0.05	0.05	0.05	0.81		
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	8.31		
Profit/ Loss	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-7.50		

出典：調査団

表 8.7.2 減価償却費を除く収支(Phase 1 裨益人口も含めた収入)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						0.35	0.36
Total Rev.						0.35	0.36
Expenditure						0.42	0.42
Profit/ Loss						-0.07	-0.05
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	0.38	0.39	0.41	0.42	0.44	0.46	0.48
Total Rev.	0.38	0.39	0.41	0.42	0.44	0.46	0.48
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Profit/ Loss	-0.04	-0.02	-0.01	0.01	0.03	0.05	0.07
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	0.50	0.52	0.54	0.57	0.59	0.62	0.62
Total Rev.	0.50	0.52	0.54	0.57	0.59	0.62	0.62
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Profit/ Loss	0.08	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.20
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	0.62	0.62	0.62	0.62	10.15		
Total Rev.	0.62	0.62	0.62	0.62	10.15		
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	8.31		
Profit/ Loss	0.20	0.20	0.20	0.20	1.84		

出典：調査団

この場合、下水道料金収入は運営維持費よりはやや少ない程度から始まり、2026年から黒字となる。2040年までの合計で見れば、下水道料金収入だけで維持運営費を超え、黒字となる。

次に Cheung Aek 系統全体の裨益人口とすれば、ますます収入は多くなり、表 8.7.3 に示すとおりとなる。

表 8.7.3 減価償却費を除く収支 (Cheung Aek 系統全体の裨益人口対応収入)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rev. from STP Pr.						1.69	1.75
Total Rev.						1.69	1.75
Expenditure						0.42	0.42
Profit/ Loss						1.28	1.34
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Rev. from STP Pr.	1.81	1.88	1.95	2.01	2.09	2.17	2.25
Total Rev.	1.81	1.88	1.95	2.01	2.09	2.17	2.25
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Profit/ Loss	1.40	1.46	1.53	1.60	1.67	1.76	1.84
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Rev. from STP Pr.	2.34	2.43	2.53	2.63	2.74	2.85	2.85
Total Rev.	2.34	2.43	2.53	2.63	2.74	2.85	2.85
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Profit/ Loss	1.92	2.01	2.11	2.21	2.33	2.43	2.43
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Rev. from STP Pr.	2.85	2.85	2.85	2.85	47.37		
Total Rev.	2.85	2.85	2.85	2.85	47.37		
Expenditure	0.42	0.42	0.42	0.42	8.31		
Profit/ Loss	2.43	2.43	2.43	2.43	39.06		

出典：調査団

8.8 経済分析

本準備事業の経済分析の方法も M/P の第 4 章の 4.8 節に述べられているのと同様である。下水道利用者の便益についても同様で、実際の下水道利用者だけを対象にするか、それとも全体の最終利用者がプロジェクト運営開始とともに、汚水状況改善効果があるとして支払うという想定にするかの議論がある。特に、本準備事業の汚水は全体量から一部取水して処理するので、全汚水量が処理されるわけではないものの、ある意味全体利用者が関わっているとも言える。まずは取水量に見合った人口を裨益人口として計算すると表 8.8.1 に示す結果となる。EIRR は 0.47% とプラスではあるが、非常に低い。

次に、Phase 1 の利用者を対象とした場合を計算すると、表 8.8.2 に示すとおりとなる。利用者便益だけが Phase 1 利用者に対応して大きくなり、EIRR は 25.22% と充分高くなる。Cheung Aek 系統全体の利用者を対象にすれば、さらに高くなるが、Phase 1 で充分高いので、これ以上計算する必要はないと考えられる。

表 8.8.1 準備事業の EIRR (処理能力に見合う利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						0.58	0.62
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Operational Costs						0.42	0.42
Investment			23.73				0.00
Cash flow			-23.73			0.51	0.21
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	0.67	0.72	0.77	0.83	0.89	0.96	1.03
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Operational Costs	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Investment					0.00		
Cash flow	0.26	0.31	0.37	0.42	0.48	0.55	0.62
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	1.10	1.18	1.27	1.36	1.46	1.57	1.57
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Operational Costs	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Investment							
Cash flow	0.70	0.78	0.87	0.96	1.06	1.17	1.17
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	1.57	1.57	1.57	1.57	22.86		
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37		
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.01	0.21		
Operational Costs	0.42	0.42	0.42	0.42	8.31		
Investment					23.73		
Cash flow & IRR	1.17	1.17	1.17	1.17	2.05	EIRR=	0.47%
Residual value				10.65			

出典：調査団

表 8.8.2 準備事業の EIRR (Phase 1 の利用者ケース)

(単位:百万 USD)

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Users' Benefit						7.24	7.78
Land Value Rise						0.34	0.00
Agri. & Fishery						0.01	0.01
Operational Costs						0.42	0.42
Investment			23.73				0.00
Cash flow			-23.73			7.17	7.37
Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Users' Benefit	8.36	8.99	9.66	10.37	11.14	11.97	12.85
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Operational Costs	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Investment					0.00		
Cash flow	7.95	8.58	9.25	9.97	10.74	11.56	12.45
Year	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Users' Benefit	13.80	14.81	15.90	17.06	18.31	19.65	19.65
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Operational Costs	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Investment				0			
Cash flow	13.39	14.41	15.50	16.66	17.91	19.25	19.25
Year	2037	2038	2039	2040	Total		
Users' Benefit	19.65	19.65	19.65	19.65	286.14		
Land Value Rise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37		
Agri. & Fishery	0.01	0.01	0.01	0.01	0.21		
Operational Costs	0.42	0.42	0.42	0.42	8.31		
Investment					23.73		
Cash flow & IRR	19.25	19.25	19.25	19.25	265.33	EIRR=	25.22%
Residual value				10.65			

出典：調査団

8.9 プロジェクト評価

以上の検討結果を踏まえ、污水対策に係る優先プロジェクトの評価を行い、その結果を以下にまとめる。

- 5,000 m³/日の処理能力を有する処理施設を建設し運転していくことで、污水处理施設の建設および運転維持管理技術の基本的なノウハウを蓄積していくことが可能である。
- 本施設の建設および運転と併せて、污水対策施設の本格的な建設および運転に必要な人材育成および法制度の整備を推進することで、M/P にて位置付けた 2020 年以降の本格的な污水対策施設整備が円滑に実施されるものと考えられる。
- 準備事業における計画処理量(5,000 m³/日)に相当する人口[19,000 人(2035 年)]による水道料金の 10%を徴収するのみでは、準備事業の運営維持管理費を賄えないが、Phase1 相当分の人口[約 238,000 人(2035 年)]から水道料金の 10%を徴収すれば、賄うことができる。
- EIRR は、準備事業における計画処理量(5,000 m³/日)に相当する人口[19,000 人(2035 年)]を対象とした場合は 0.47%であり、Phase1 相当分の人口[約 238,000 人(2035 年)]を対象とした場合は、25.22%に達する。
- 本施設は、Cheung Aek 湖を埋め立てて建設されるものの、すべての計画施設は空地に立地することから、自発および非自発を問わず住民移転の必要性は無い。Cheung Aek 湖全体面積(520 ha)に対する準備事業の埋立て面積(3.5 ha)の割合は、0.67%であり、全体計画時の埋

立て面積(16.3 ha)の場合においても、3.1%程度であり、埋立てによる影響は軽微であるものと考えられる。

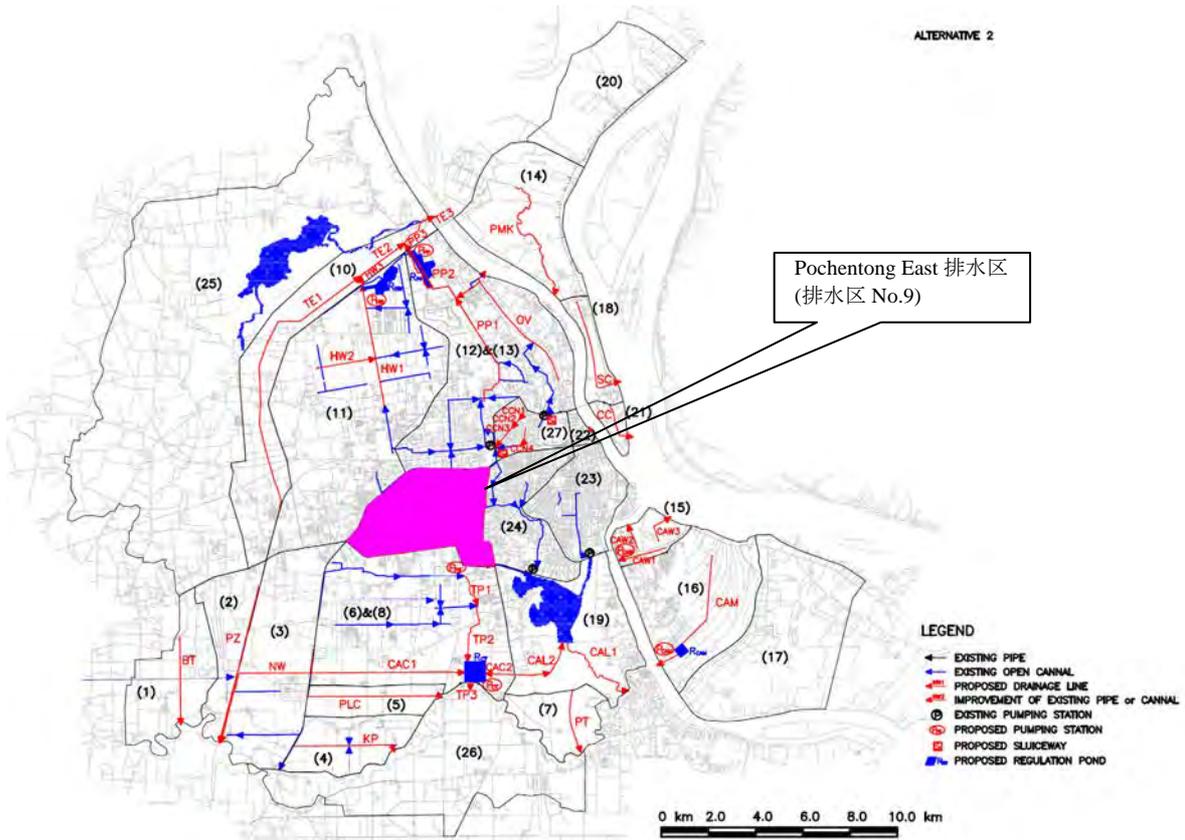
- 建設工事による、騒音、塵埃および振動といった負の影響は避けがたい。しかし、これらについては、実用面から可能な限り、散水、低振動タイプの建設機材の導入等により緩和・軽減を図ることにより、影響を最小化することができる。
- プノンペン都に対して、処理施設から発生した汚泥(脱水後の汚泥)処分地の確保を働きかける必要がある。

第9章 雨水排水に係るプレフィージビリティ調査

9.1 優先プロジェクトの構成

本プロジェクトの M/P では、プノンペン都全域を 25 排水区に分割して施設計画を提案した。M/P 調査の中でこれらの排水区における事業の実施の優先度を検討した結果、次の排水区における排水改善計画を優先プロジェクトとして選定し、プレ F/S 調査を行った。

- Pochentong East 排水区(排水区 No.9)排水改善計画(図 9.1.1 に位置図を示す)



出典：調査団

図 9.1.1 Pochentong East 排水区(排水区 No. 9)位置図

Pochentong East 排水区(集水面積 18.23km²、排水区番号 No.9)は、プノンペン都の中心市街地の西側に位置し、北側および西側を国道 4 号線、南側を Veng Sreng 道路(旧 BOT 道路)、東側を Tumpun 排水区(排水区番号 No.24)との境界で囲まれている。このエリアは、近年プノンペンの市街地範囲の拡大に伴い、都市化の進展が著しい。

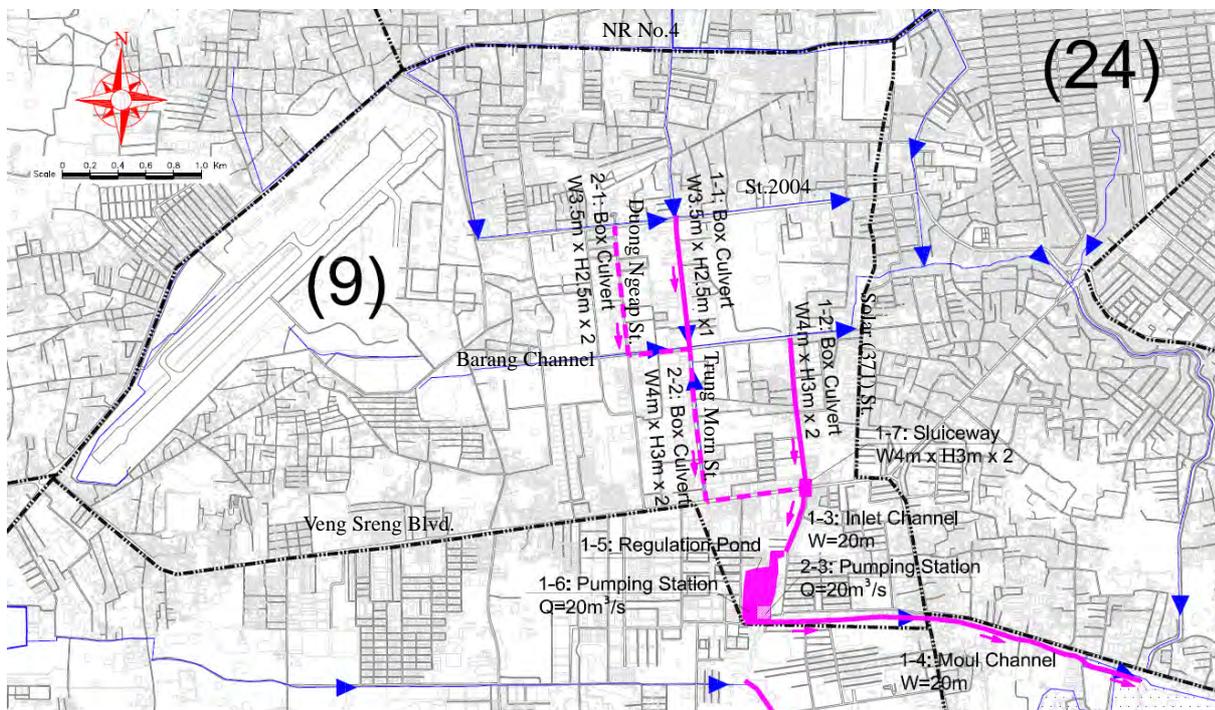
Pochentong East 排水区排水改善計画は、同排水区を対象に、5 年確率規模の降雨に対する排水改善を行なうことを目的とする。

計画は次の 2 つのサブ・コンポーネントからなり、9 つの工種で構成される(表 9.1.1 および図 9.1.2)。

表 9.1.1 優先プロジェクトの構成

番号	工種	仕様
サブ・コンポーネント 1		
1-1	函渠(ボックスカルバート)工	内空幅 3.5m×高さ 2.5m、延長 1,010m
1-2	函渠(ボックスカルバート)工	内空幅 4.0m×高さ 3.0m×2 連、延長 1,080m
1-3	流入水路の建設	水路幅 20m、延長 480m
1-4	Moul 排水路の改修	水路幅 20m、延長 2,660m
1-5	調整池の建設	容量 100,000m ³
1-6	Pochentong East ポンプ場の新設	排水容量 20m ³ /s
1-7	道路横断樋管	内空幅 4.0m×高さ 3.0m×2 連、延長 10m
サブ・コンポーネント 2		
2-1	函渠(ボックスカルバート)工	内空幅 3.5m×高さ 2.5m×2 連、延長 1,370m
2-2	函渠(ボックスカルバート)工	内空幅 4.0m×高さ 3.0m×2 連、延長 1,760m
2-3	Pochentong East ポンプ場の増設	排水容量 20m ³ /s

出典：調査団



出典：調査団

図 9.1.2 Pochentong East 排水区(排水区 No. 9)施設位置図

サブ・コンポーネント 1 では、まず、既存の排水施設の雨水排水を受け取り、排水区の南側に排水するための施設を建設する。函渠(ボックスカルバート)を南北方向に埋設し、上流端部を既存の排水管路および排水路に接続させる。Veng Sreng 通りを北から南へ横断後はポンプ場への流入水路を経由して調整池へ流入し、ポンプ場により Moul 排水路へ排水する。

サブ・コンポーネント 2 では、サブ・コンポーネント 1 の施設を增強する施設を建設する。サブ・コンポーネント 1 と並行するルートに函渠(ボックスカルバート)を南北方向に埋設するとともに、ポンプ場を增強し、排水区内からの排水能力を向上させる。

9.2 排水施設の概略設計

9.2.1 排水函渠および道路横断樋管(ボックスカルバート)

Pochentong East 排水区の Veng Sreng 道路より北側の地域では、市街地が進んでおり、十分な排水路(開水路)用地が確保できない。したがって、雨水排水は排水管路(円形断面)もしくは排水函渠(矩形断面)により行うことになる。優先プロジェクトでは、ポンプ場に接続する、下流区間の排水施設を建設するため、排水流量が大きくなることから、排水函渠を提案する。

排水函渠の線形は、既存の道路下とする。表 9.2.1 に示すように、サブ・コンポーネント 1 では 2 区間および道路横断樋管を建設し、サブ・コンポーネント 2 では 2 区間および道路横断樋管を建設する。

表 9.2.1 優先プロジェクトにおける排水函渠および道路横断樋管の主要諸元

番号	排水施設	主要諸元	ルート/目的
1-1	コンクリート函渠 (ボックスカルバート)	設計流量：10 m ³ /sec 内空：幅 3.5m×高さ 2.5m 勾配：1/2,600、延長 1,010m	ルート：Trung Morn 通りの、North Bridge 通りと 2004 通りの交差点から、南側の Barang 排水路までの区間。 目的：St.2004 北側の雨水を南側へ排水する。
1-2	コンクリート函渠 (ボックスカルバート)	設計流量：26 m ³ /sec 内空：幅 4.0m×高さ 3.0m x 2 連 勾配：1/2,600、延長：1,080m	ルート：Barang 排水路から Veng Sreng 道路までの区間。 目的：Barang 排水路の排水を南側へ転流する。
1-7	道路横断樋管	設計流量：26 m ³ /sec 内空：幅 4.0m×高さ 3.0m×2 連 勾配：1/2,600、延長：20m	ルート：1-1 函渠が Veng Sreng 道路を北から南へ横断する箇所。 目的：Veng Sreng 道路の北側の雨水を南側へ排水する。
2-1	コンクリート函渠 (ボックスカルバート)	設計流量：20 m ³ /sec 内空：幅 3.5m×高さ 2.5m×2 連 勾配：1/2,600、延長 1,370m	ルート：Duong Ngeap II 通りの、St.2004 から Barang 排水路までの区間、および、Barang 排水路沿いの Duong Ngeap II 通りから Trung Morn 通りまでの区間。 目的：St.2004 の北側、North Bridge 通りの西側からの雨水排水を取込み、函渠 2-2 へと流下させる。
2-2	コンクリート函渠 (ボックスカルバート)	設計流量：26 m ³ /sec 内空幅 4.0m×高さ 3.0m×2 連 勾配：1/2,600、延長：1,760m	ルート：Trung Morn 通りの、Barang 排水路から Veng Sreng 道路までの区間、および、Veng Sreng 道路の、Trung Morn 通りから流入水路までの区間。 目的：函渠 1-1 および 2-1 からの排水と Barang 排水路の排水を南側へ分流する。

出典：調査団

9.2.2 排水路(開水路)

Pochentong East ポンプ場への流入水路を計画している場所は現在湿地であり、排水路(開水路)の建設が可能であることから、流入水路は排水路(開水路)とする。また、ポンプ場からの排水先である既存の Moul 排水路は開水路であり、流下断面が不足している箇所があるため、これを同様な流下断面を有するように改修する。

サブ・コンポーネント 1 で建設する排水路(開水路)の線形は、既存の排水路(開水路)に合わせる。排水路(開水路)は下記の 2 区間からなる(表 9.2.2)。

表 9.2.2 優先プロジェクトにおける排水路(開水路)の主要諸元

番号	排水施設	主要諸元	ルート/目的
1-3	流入水路の建設	水路形式：土水路(側面勾配 1:2) 設計流量：51 m ³ /sec 水路幅：20m、水深：2.5m 水路勾配：1/2,600、水路延長：480m	ルート：Veng Sreng 道路から調整池まで。 目的：函渠で集めた雨水を調整池へ流下させる。
1-4	Moul 排水路の改修	水路形式：土水路(側面勾配 1:2) 設計流量：51 m ³ /sec 水路幅：20m、水深：2.5m 水路勾配：1/2,600、水路延長：2,660m	ルート：ポンプ場から Cheung Aek 湖まで。 目的：ポンプ場からの排水を Cheung Aek 湖まで導水する。

出典：調査団

9.2.3 排水ポンプ場および調整池

Pochentong East 排水区の東南端部に排水ポンプ場を新規に建設し、流域内の確実な排水改善をはかるものとする。新設ポンプ場の位置としては、現在湿地(公有地)となっている部分の最南端部が用地取得の面から有利と見られる。必要面積は 6,000 m² である。

調整池への流入水路における 5 年確率降雨時の設計流量は 51m³/s であり、調整池により 100,000 m³ が流量調節され、ポンプ場による 40 m³/s の流出量となる。ポンプ場は、段階的施工で実施される場合を考慮し、排水容量 20 m³/s のポンプ場を 2 施設建設する計画とした。ポンプ場 1 施設当たりのポンプ排水容量の構成は、4m³/s×5 ポンプとした(表 9.2.3)。

表 9.2.3 優先プロジェクトにおける排水ポンプ場および調整池の主要諸元

番号	排水施設	主要諸元	施設位置/目的
1-5	調整池の建設	構造：素掘り(側面勾配 1:2) 調整池面積：25,000 m ² 調整池容量：100,000 m ³ 調整地水深：4 m	位置：現在、湿地として残っている土地。 目的：雨水を一時的に貯留することにより、ポンプの排水容量を節約する。
1-6	Pochentong East ポンプ場の新設	ポンプ形式：水中ポンプ 設計排水容量：20 m ³ /sec (4 m ³ /sec×5unit) 最大揚程：6m	位置：既存の湿地の南端部。 目的：調整池内の雨水を Moul 排水路へ排水する。
2-3	Pochentong East ポンプ場の増設	ポンプ形式：水中ポンプ 設計排水容量：20 m ³ /sec (4 m ³ /sec×5unit) 最大揚程：6m	位置：既存の湿地の南端部。 目的：調整池内の雨水を Moul 排水路へ排水する。

出典：調査団

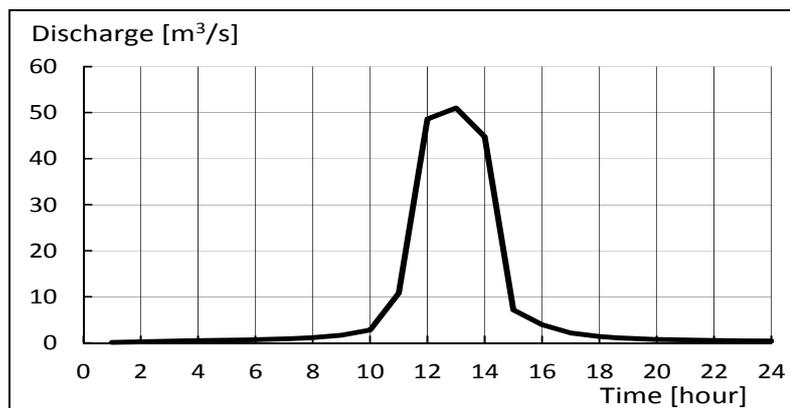
(1) 排水ポンプ場および調整池の規模、主要諸元

ポンプ場は排水の基幹施設であるが、一般的にはピーク流量全量をポンプ排水するのは経済的でなく、調整池を設置してピーク排水量を低減させることが得策である。この場合、調整池として利用できる土地の面積が大きければ大きいほど、建設費の面で有利となる。

Pochentong East ポンプ場の場合、流域内の土地の高度利用が進んでおり、湿地や池が埋め立てられ、調整池として利用できる土地が限られる。そのため、排水流域の最下流部に近く、ポンプ場と調整池のための土地が確保できる場所という観点から、Veng Sreng 道路の南側に残存している湿地を調整池として利用することとした。当該湿地(公有地)において調整池として利用可能な面積は、25,000 m² とみなされることから、これを浚渫して容量を確保し、調整池として利用することとする。

Pochentong East 排水区における 5 年確率計画降雨時のハイドログラフ(図 9.2.1)をもとに、ポンプ施設の容量と、調整地の容量の最適な組み合わせを検討した。表 9.2.4 のとおり、流出量に比して調整池の利用可能な面積が小さいため、調整池による流出量の調整効果があまり発揮できず、ポンプ容量を減らすことができない。従って、調整池の容量を可能な限り多く確保する

ケースが最も経済的となることから、代替案 4 のポンプ容量 40 m³/s、調整池容量 100,000 m³ の組み合わせとした(表 9.2.4)。



出典：調査団

図 9.2.1 Pochentong East ポンプ場地点のハイドログラフ(5年確率、計画実施後)

表 9.2.4 Pochentong East ポンプ場容量および調整池容量の組合せによる建設費の比較

代替案	ポンプ容量 (m ³ /sec)	調整池容量 (利用可能面積 2.5 ha)		総建設費 (US\$ million)
		必要容量(m ³)	利用水深 (m)	
1	45	25,000	1.0	24.4
2	42	50,000	2.0	23.1
3	41	75,000	3.0	23.0
4	40	100,000	4.0	22.8
Reference ^(*)	35	200,000	4.0	21.5

^(*)調整池の用地として 5.0 ha 確保することが可能な場合。ただし、5.0 ha の確保は困難なため、参考値扱いとする。

出典：調査団

Pochentong East ポンプ場に係る、主要な設計水位は表 9.2.5 のとおりである。

表 9.2.5 Pochentong East ポンプ場関連水位条件

水位	標高 (m)	設定根拠
(1) 外水位		
(a) 設計高水位 (HWL)	10.0	Tumpun ポンプ場の設計外水位に Moul 水路の勾配分 1 m を足した数字
(b) 乾期常時水位 (NWL)	6.0	測量結果による
(2) 内水位		
(a) 設計高水位 (HWL)	8.0	近傍地域の地盤高による
(b) 設計低水位 (LWL)	4.0	調整池の必要容量による

出典：調査団

(2) 排水ポンプ形式の選定

一般的に排水機場のポンプ形式には、大容量排水に適したターボ型が多く採用されている。ターボ型ポンプは羽根車をケーシング内で回転させ、液体にエネルギーを与える機械であり、主として(1)遠心ポンプ、(2)斜流ポンプ、(3)軸流ポンプの3種類に分類できる。ターボ型ポンプの特徴は、高速回転の連続流による大容量移送が可能、吸い上げ・押し上げ揚程が比較的低い、負荷により流量が変動するため定量性が低い、などである(表 9.2.6)。

表 9.2.6 ターボ型ポンプ形式の比較選定

種類	(1) 遠心ポンプ	(2) 斜流ポンプ	(3) 軸流ポンプ
特性	<p>羽根車から吐き出される流れが主として主軸に垂直な内面にあるポンプ。</p> <p><u>代表的なポンプ</u></p> <p>①渦巻きポンプ：水道・下水道の送水ポンプから化学プラント用のプロセスポンプまで多様な用途に使用される。</p> <p>②デフューザーポンプ：羽根車の外側に固定案内羽根を設けて高圧力を得られるよう工夫され、高圧で小水量の給水用に適している。</p>	<p>羽根車から吐き出される流れが主軸の中心線を軸とする円すい面内にあるポンプ。</p> <p>遠心ポンプと軸流ポンプの特性を併せ持っている。</p> <p><u>代表的なポンプ</u></p> <p>①渦巻き斜流ポンプ：渦巻き状のケーシングを有し、比較的高揚程に適した下水道用の汚水ポンプなどに多く使われる。</p> <p>②デフューザー型斜流ポンプ：案内羽根を有し、大容量用ポンプとして、河川排水用や雨水排水用に多く使われる。</p>	<p>羽根車から吐き出される流れが主軸と同心の円筒面内にあるポンプ。</p> <p>低揚程・大容量に適しており、一般に低流量・高揚程側での使用には適さない。</p> <p>河川排水用に適しており、全揚程は5~6m程度までの使用適する。</p> <p><u>代表的なポンプ</u></p> <p>a. 縦軸モーター駆動在来型軸流ポンプ</p> <p>b. 横軸モーター駆動在来型軸流ポンプ</p> <p>c. 水中ポンプ</p>
評価			最適

出典：調査団

Pochentong East ポンプ場のポンプ形式に関しては、排水用として一般的に多く採用されている軸流ポンプを採用することとした。

一般的に採用される軸流ポンプの代表的な形式には、(1) 縦軸モーター駆動在来型軸流ポンプ、(2) 横軸モーター駆動在来型軸流ポンプ、(3) 水中ポンプがある。これらの3形式を比較した結果、経済性、維持の容易性、施工が容易で施工期間が短いこと等の要因から、特に経済性に優位性を有する水中ポンプを採用した。比較内容を表 9.2.7 に示す。

表 9.2.7 軸流ポンプ形式の比較選定

比較項目	(1) 縦軸モーター駆動 在来型軸流ポンプ	(2) 横軸モーター駆動 在来型軸流ポンプ	(3) 水中ポンプ
1. 土木工事、建築工事			
1.1 必要面積	幅や長さは比較的小さいが、高いクレーンが必要となるため、比較的高さは高い。	幅や長さは比較的大きいが、クレーンが低くて済むため、比較的高さが低い。	幅や長さは比較的小さい。
1.2 地下構造、基礎構造	躯体重量が大きくなり、機械設置の施工精度が求められるため高価となる。	躯体重量が大きくなり、機械設置の施工精度が求められるため高価となる。	躯体重量が小さいため、比較的安価。
1.3 上部構造、建屋建築	ポンプ建屋が必要。操作室の建築工事が必要。屋内型発電機を設置する場合も建築工事が必要。	ポンプ建屋が必要。操作室の建築工事が必要。屋内型発電機を設置する場合も建築工事が必要。	建屋は不要。操作室のみ建築工事が必要。必要用地は小さく構造も簡素となる。
2. 機械施設、電気施設			
2.1 ポンプ機器	インペラが水面下に位置するため、キャビテーションの発生は少ない。	吸い込み能力に限界がある。また低水位時には、キャビテーションが発生する可能性がある。	インペラが水面下に位置するため、キャビテーションは発生しにくい。
2.2 付帯機器	呼び水のための補機類が不要。	呼び水のための補機類が必要。	呼び水のための補機類が不要。
2.3 設置工事	比較的難度が高い。	難度が高い。	容易。
2.4 運転	呼び水が不要であるため自動化が容易。	呼び水が必要であるため自動化には煩雑な作業が必要。	呼び水が不要であり、キャビテーションの懸念がないため、自動化は容易。
2.5 維持管理、修理	以下の理由により、維持管理は容易ではない。 <ul style="list-style-type: none"> • 主要機械が水面下に位置する。 • 軸受が水面下に位置する。 	以下の理由により、維持管理が容易である。 <ul style="list-style-type: none"> • 主要機械が水面より上に位置する。 • 分解時に駆動機の取り外しが不要。 • 軸受が水面より上に位置するが多い。 	以下の理由により、維持管理はやや容易である。 <ul style="list-style-type: none"> • 電動機およびポンプ本体を水中から取り出せるため、定期点検や維持管理が容易。 • 電動機の耐用年数が他の形式より短い。
2.6 騒音	騒音は、水中型インペラのため、横軸式ポンプより小さく、電動機が床置きであるため、水中ポンプよりは大きい。	インペラや電動機が床置きであるため、騒音は大きい。	インペラや電動機が水中に位置するため、騒音は小さい。
3. 建設費	140%	130%	100%
4. 評価			採用

出典：調査団

(3) 調整池の概要

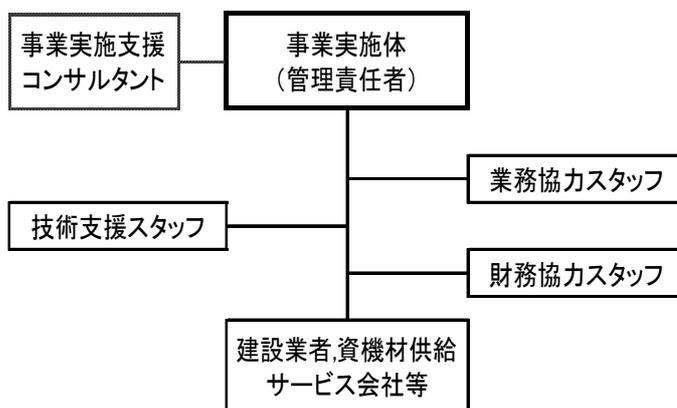
Pochentong East ポンプ場の調整池は、ポンプ場の北側に位置する湿地を利用し、湿地を掘削・浚渫することにより調整池容量を確保する。現在湿地として残存している土地の面積は約 2.5 ha(公有地)であり、これを標高 4.0 m まで掘削して、100,000 m³を確保する。調整池の構造は、素掘りとし、斜面は芝張りにより保護する。

9.3 事業実施体制(維持管理体制を含む)

プノンペン都の雨水排水整備に関しては、既に実施済みのプノンペン市洪水防御・排水改善計画(フェーズ 1~3)、次にフェーズ 4 が優先して実施される予定である。今回の M/P での雨水排水優先プロジェクトエリアは、都市化の進展が著しく、雨水排水対策が追い付かず浸水被害が発生している Pochentong East 地区(PE)が対象地区に選定された。以下に選定された地区の事業実施体制について記述する。

9.3.1 優先プロジェクトの実施体制

雨水排水については、各ドナーの援助等により雨水排水施設が順次整備されている。よって、すでに事業実施に係るノウハウは蓄積されつつあり、現在のところ、雨水排水施設の維持管理は DPWT の DSD が担当している。今回の優先プロジェクトのコンポーネントは、これまで整備がなされてきた施設と同様の排水路・排水管・調整池および排水ポンプ場であることから、DPWT(DSD)に、実施組織を設置して事業を実施するものとし、8.4 節で記述した PMU と PIU を一体化した組織を立ち上げて実施する。その事業実施体制図を図 9.3.1 に示す。スタッフ等は、表 8.4.2 と同様な人員構成とする。



出典：調査団

図 9.3.1 事業実施体制図

9.3.2 維持管理体制

排水路・排水管の清掃や清掃機材の維持管理体制は、DSD にて組織化されている。また、プノンペン市洪水防御・排水改善計画(フェーズ 3)のソフトコンポーネント実施によって、雨水排水施設の清掃作業や機材の維持管理等を計画的に行うこと、維持管理点検マニュアルに基づいた清掃や点検が管理記録簿として保存されるなど、能力強化が図られている。

このように、雨水排水施設の維持管理については、DSD に技術移転が行われているものの、排水ポンプ場のポンプ機器や電気設備など、設備機器の定期点検や整備は技術者不足等から十分なものではない。排水ポンプは、いついかなる場合でも必ず稼働しなければならない。すなわち、機械電気設備の日常点検、定期検査および整備などの予防保全が非常に重要である。

したがって、優先プロジェクトである Pochentong East 地区で計画される排水ポンプ場の建設において、機械電気設備の維持管理に関する技術者の養成を含め、機械電気設備の予防保全技術について実務レベルでの指導育成を行う。具体的には、図 2.6.7(DSD の組織図)の Pumping Station & Canal Maintenan Section に機械電気設備の予防保全を担当する技術者を育成するものとする。

9.4 概算事業費

9.4.1 概算事業費

(1) 積算条件

概算事業費は建設費、設計・施工監理費、事業管理費、物理的予備費および土地収用/移転補償費が含まれる。これら費用は、以下の条件のもとで算出した。積算時点は2015年12月とし、交換レートは1USD=122.85円、1Riel=0.030円とする。なお、6.6節にて算出した概算事業費から、単価・工事数量を見直し、より詳細な概算事業費を算出する。

- 過去のJICA無償資金協力事業、ADB事業などによって実施された類似案件の積算金額を基にして2015年12月時点での物価上昇を考慮して建設事業費を算出する。
- 土木および建築資材、労務費、建設機械は国内での調達が可能であるため、現地調達を基本とする。しかしながら、特殊鋼材、排水管、特殊建設機械はカンボジア国内での調達が難しいため、日本を含む海外調達とする。
- 排水機場建設工事における機械・電気設備は、海外調達を基本とする。調達は経済性、品質性、維持管理性を考慮して決定する。
- 設計・施工監理費は、地形測量や地質調査などの自然条件調査費、設計および入札図書作成等に係るコンサルタントの技術サービス費用、また事業実施段階の施工監理に関するコンサルタントの技術サービス費用である。過去の類似案件から、費用を算出する。
- 事業管理費は、カンボジア国実施機関等の事業執行管理に関する費用、また詳細設計図書の照査・承認、施主としての施工監理(現場視察、検査立会い、設計変更承認、事務管理、会議等)に要する費用である。事業管理費は、建設費の5%とする。
- 物理的予備費は施工条件の変化や調査時点で予期できない事項等の不確定要素をカバーするための費用である。物理的予備費は、建設費および設計・施工監理費の5%とする。
- 土地収用/移転補償費は、土地収用・工事用迂回路確保等に伴う住民移転や環境保護等で発生する土地収用費および補償費用である。土地収用/移転補償費は本優先プロジェクトにおいて想定される移転家屋数およびその土地面積を基にカンボジア国が過去に実施した補償実績等により算出する。
- 運転維持管理費用は、既存施設の維持管理費用を基に算出する。
- 可能な限り住民移転が少なくなるように考慮した施工計画とする。
- 地質条件、気候条件、法規等に考慮した施工計画とする。
- 既存道路下の埋設工事および道路横断工事においては、仮回し工事等により、既存水路、交通網に配慮した施工計画とする。

(2) 概算事業費

表9.4.1に提案事業の概算事業費を示す。総事業費は、93.01百万USDである。建設費は、9.6節にて記述するとおり、2つのコンポーネントに分けて施工し、コンポーネント1が35.13百万USD、コンポーネント2が40.69百万USD、建設費合計75.82百万USDとなる。

表 9.4.1 提案事業の建設事業費

単位：百万 USD

費用項目	内貨	外貨	合計
I. 建設費 ((1)+(2))	51.93	23.89	75.82
(1) コンポーネント 1	23.77	11.36	35.13
1) ボックスカルバート工(W3.5m×H2.5m)	5.63	0.71	6.34
2) ボックスカルバート工(W4.0m×H3.0m×2)	9.39	1.18	10.57
3) 排水路改修工(480m)	0.81	0.01	0.82
4) 排水路改修工(2,660m)	4.50	0.06	4.56
5) 調整池改修工	0.13	0.01	0.14
6) ポンプ場建設工	2.08	9.24	11.32
7) 道路横断函渠工	1.23	0.15	1.38
(2) コンポーネント 2	28.16	12.53	40.69
1) ボックスカルバート工(W3.5m×H2.5m×2)	10.79	1.36	12.15
2) ボックスカルバート工(W4.0m×H3.0m×2)	15.29	1.93	17.22
3) ポンプ場建設工	2.08	9.24	11.32
II. 設計・施工監理費	1.68	6.71	8.39
III. 事務管理費	3.79	0	3.79
IV. 物理的予備費	2.68	1.53	4.21
V. 土地収用費/移転補償費	0	0.80	0.80
事業費合計 (I+II+III+IV+V)	60.08	32.93	93.01

出典：調査団

9.4.2 運営維持管理費

表 9.4.2 に年間運営維持管理費を示す。本優先プロジェクトの年間運転維持管理費用は、1.23 百万 USD である。なお、ボックスカルバート、開水路および調整池等の排水路の清掃は 5 年に 1 度の頻度で実施するものとする。年間維持管理費は、全ての建設工事が終了し供用が開始された時点の費用を算出する。

表 9.4.2 提案事業の年間運営維持管理費

単位：百万 USD

費用項目	合計	備考
I. 排水機場	1.19	
電気代	0.97	既存施設における利用料金をもとに算出
人件費	0.04	正規職員 5 名、非正規職員 15 名として算出
燃料費	0.12	非常時のジェネレーター燃料費を既存施設利用料金を基に算出
修理費・部品代	0.05	機械電気設備費の 1%
その他	0.01	清掃費、雑費
II. 排水路・調整池	0.04	
年間維持管理費合計 (I+II)	1.23	

出典：調査団

9.5 事業実施スケジュール

本優先プロジェクトは、工事規模を考慮して 2 つのコンポーネントに区分けする。各コンポーネントの概要を表 9.5.1 に示す。優先事業は 2 つのコンポーネントを同時に実施することを前提とするが、資金調達状況によっては、コンポーネント別に分割して事業を実施することも想定される。コンポーネントを分割して事業を実施する場合には、コンポーネント 1 を先行して実施する必要がある。本優先プロジェクトの供用開始までの事業実施スケジュールの概要は表 9.5.2 のとおりであり、本事業の実施スケジュールを図 9.5.1 に示す。

表 9.5.1 優先プロジェクトのコンポーネント

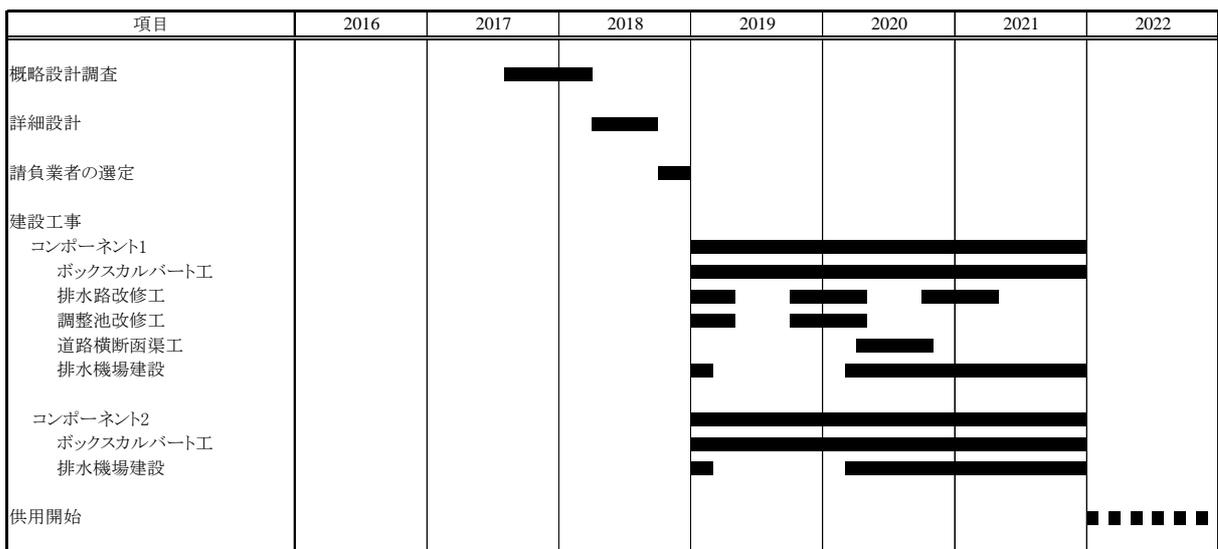
コンポーネント	工 種	概 要	数 量
コンポーネント 1	ボックスカルバート工	W3.5 m×H2.5m	1,010 m
	ボックスカルバート工	W4.0m×H3.0m	1,080 m
	排水路工	既設開水路改修(W=20.0m)	480 m
	排水路工	既設開水路改修(W=20.0m)	2,660 m
	調整池掘削工	調整池容量(100,000m ³)	1 箇所
	排水機場建設	排水能力 20m ³ /s	1 箇所
	道路横断函渠工	道路幅員 20m	1 箇所
コンポーネント 2	ボックスカルバート工	W3.5m×H2.5m×2 連	1,370 m
	ボックスカルバート工	W4.0m×H3.0m×2 連	1,760 m
	排水機場建設	排水能力 20m ³ /s	1 箇所

出典：調査団

表 9.5.2 事業実施スケジュールの概要

項 目	期 間
概略設計調査	8 ヶ月
詳細設計	6 ヶ月
請負業者の選定	3 ヶ月
建設工事(コンポーネント 1)	36 ヶ月
建設工事(コンポーネント 2)	36 ヶ月

出典：調査団



出典：調査団

図 9.5.1 事業実施スケジュール

本優先プロジェクトの供用開始を、2022年と想定する。以下に事業実施に当たっての留意点を記述する。

- 排水機場建設予定地は湿地帯付近であるため、施工にあたっては排水路の仮締切や盛土等によって排水機場建設場内に流入する水を遮断し、施工区内をドライにする必要がある。
- 流入水路周辺は乾季でも滞水していることが想定されるため、掘削機の選定等施工方法に留意する。
- 既存の開水路改修工事は、流量の少ない乾季に実施する計画であるが、水路の掘削・浚渫作業においては建設機械や工事車両のトラフィカビリティに注意し、施工計画を立てる。
- 道路横断函渠建設時には、既存交通を維持するため、仮設道路の建設が必要となる。第3者への安全を第1優先とし、仮設計画を立てる。

- ボックスカルバート構築においても、上記同様に既存交通を確保する必要があるため、迂回路や工事時期、工事時間等について関係機関と協議を重ね仮設計画を策定する。

9.6 経済分析

目標年次 2040 年における社会経済指標、土地利用を想定し、これに基づき、建物・資産関係の直接被害額を推定した。

プノンペンにおける平均的な浸水被害損害額は、浸水深(d [cm])を変数として、「損害額 = $e^{3.6548+0.0163 \times \text{Depth}}$ (但し、2006 年における額)(出典:6.8.1 節参照)」で得られる。これを 2016 年における額にするためには、物価上昇率 2.045 を乗じた。

降雨規模ごとの氾濫解析により 2 年確率降雨時と 5 年確率降雨時に実際に発生すると予測される浸水深とその浸水被害発生面積を求め、浸水深別の発生面積に基づき 2 年確率降雨時と 5 年確率降雨時の、面積 1ha における世帯数当たりの浸水被害額を表 9.6.1 および表 9.6.2 に示すとおり算定した。なお、間接被害(交通の遮断・商工業の停滞等)については、1999M/P での設定値を参考にして、直接被害の 30%と想定した。

表 9.6.1 2 年確率降雨時における 1ha の世帯数当たり浸水被害額

浸水深 d(cm)		世帯浸水被害額 (US\$/HH)		被害発生面積 (ha)	世帯あたり浸水被害額の合計(USD/HH) ^{*1)}
		2006 年	2016 年		
A		$B = e^{(3.6548+0.0163d)}$	$C = B \times 2.045$	D	$E = C \times D \times 1.30$
0 < d ≤ 50	Ave.25	58.1	118.8	179	27,652
50 < d ≤ 100	Ave.75	131.3	268.5	35	12,215
100 < d ≤ 150	Ave.125	296.6	606.5	8	6,308
150 < d ≤ 200	Ave.175	670.0	1,370.2	0	0
200 < d ≤ 300	Ave.250	2,275.1	4,652.7	2	12,097
				224	58,271

出典：調査団 HH: House Hold ^{*1)} Indirect 30%を含む

表 9.6.2 5 年確率降雨時における 1ha の世帯数当たり浸水被害額

浸水深 d(cm)		世帯浸水被害額 (US\$/HH)		被害発生面積 (ha)	世帯あたり浸水被害額の合計(USD/HH) ^{*1)}
		2006 年	2016 年		
A		$B = e^{(3.6548+0.0163d)}$	$C = B \times 2.045$	D	$E = C \times D \times 1.30$
0 < D ≤ 50	Ave.25	58.1	118.8	211	32,595
50 < D ≤ 100	Ave.75	131.3	268.5	39	13,611
100 < D ≤ 150	Ave.125	296.6	606.5	9	7,096
150 < D ≤ 200	Ave.175	670.0	1,370.2	1	1,781
200 < D ≤ 300	Ave.250	2,275.1	4,652.7	2	12,097
				262	67,180

出典：調査団 HH: House Hold ^{*1)} Indirect 30%を含む

経済便益は、計画を実施した場合と実施しなかった場合の被害額の差として算出するが、5 年確率降雨時の浸水被害の発生を防ぐことを目標として施設整備を行うことから、5 年確率以下の規模の降雨において発生する浸水被害額を浸水被害軽減額とみなした。

上記で求めた降雨規模別の 1ha の世帯数当たり浸水被害額に基づき、この浸水被害軽減額に対してそれぞれの降雨の生起確率を乗じ、求められた降雨規模別年平均被害額を累計したものが、表 9.6.3 の年平均被害軽減期待額である。

表 9.6.3 年間平均浸水被害軽減期待額の算出(1haの世帯当たり、2016年時点)

年平均超過確率		浸水被害軽減額 (USD/HH)	平均被害軽減額 (USD/HH)	区間確率	世帯あたり被害軽減額 の累計(USD/HH)
0.1-year	10	0			
			29,136	9.5	276,788
2-year	0.5	58,271			
			62,726	0.3	18,818
5-year	0.2	67,180			
年平均被害軽減期待額		-	-	-	295,606

出典：調査団 HH: House Hold

上記で求められた、1haの世帯当たりの年平均被害軽減期待額から各年の被害軽減額を算出して経済便益とし、経済評価を行った。

各年の被害軽減額は、年々の1haの世帯数の変化と世帯所得の変化に比例すると見なされることから、1haの世帯当たりの年平均被害軽減期待額に、世帯数の変化と世帯所得の変化を乗じることにより算定した。年々の1haの世帯数の変化は、人口の予測値に従い、1世帯当たりの人口は5人と想定した。年々の世帯所得の変化は、2016年の世帯所得をベースに、世帯所得の実質成長率を統計から求め、6.14%/yearと想定して算定した。資本の機会費用(社会的割引率)は、カンボジア国での過去の例を参考に10%と想定し、評価期間は2016年から2040年までの25年間とした。表9.6.4に、費用対便益表および経済評価結果を示す。

維持管理費は、全施設完成時の維持管理費の2016年時点における評価額であるUSD1,230,000をベースとして、所得成長率では高過ぎると考えられるが、やや高めに見る安全側で6.14%/yearと想定して算定した。

表 9.6.4 費用対便益表および経済評価結果

No.	年	世帯収入	世帯数	被害軽減額 (便益:Benefit)	建設費 (Const. Cost)	維持管理費 (O/M Cost)	B-C
		USD	HH/ha	USD1,000	USD1,000	USD1,000	USD1,000
1	2016	747	-	-	-	-	-
2	2017	793	-	-	-	-	-
3	2018	842	-	-	1,010	0	-1,010
4	2019	893	-	0	31,000	0	-31,000
5	2020	948	21.06	1,580	31,000	624	-30,044
6	2021	1,006	25.51	4,062	30,000	1,325	-27,263
7	2022	1,068	25.75	10,882	0	1,759	9,123
8	2023	1,133	25.99	11,651	0	1,866	9,786
9	2024	1,203	26.23	12,485	0	1,981	10,504
10	2025	1,277	26.46	13,374	0	2,103	11,271
11	2026	1,355	26.70	14,319	0	2,231	12,087
12	2027	1,438	26.96	15,340	0	2,368	12,972
13	2028	1,526	27.20	16,423	0	2,513	13,910
14	2029	1,620	27.43	17,587	0	2,667	14,920
15	2030	1,719	27.67	18,825	0	2,830	15,994
16	2031	1,824	27.91	20,147	0	3,003	17,144
17	2032	1,936	28.15	21,567	0	3,188	18,379
18	2033	2,055	28.39	23,087	0	3,384	19,703
19	2034	2,181	28.63	24,709	0	3,591	21,118
20	2035	2,315	28.87	26,446	0	3,812	22,634
21	2036	2,457	29.11	28,303	0	4,046	24,257
22	2037	2,608	29.35	30,289	0	4,295	25,994
23	2038	2,768	29.58	32,411	0	4,558	27,853
24	2039	2,939	29.82	34,680	0	4,839	29,842
25	2040	3,119	30.06	37,106	0	5,136	31,970
Total		-	-	415,271	93,010	62,118	260,143
経済的內部収益率		IRR					12.72%

No.	年	世帯収入	世帯数	被害軽減額 (便益:Benefit)	建設費 (Const. Cost)	維持管理費 (O/M Cost)	B-C
		USD	HH/ha	USD1,000	USD1,000	USD1,000	USD1,000
費用便益比		B/C					1.22
純現在価値		NPV					US\$ 17,069,000

出典：調査団 HH: House Hold

被害軽減額=295,606 (USD/HH) × 世帯数(HH/ha) × 物価(世帯収入)上昇率

世帯収入の成長率は、6.14%/year

B/C および NPV の算出に使用した社会的割引率は 10%

Pochengtong East 排水区(No.9 排水区)の排水改善事業の経済評価の結果は、表 9.6.5 のとおりである。

表 9.6.5 Pochengtong East 排水区(No.9 排水区)排水改善事業の経済評価結果

評価項目	単位	Pochengtong East 排水区 排水改善事業	<参考>コンポーネント 1&2 を 2 段階で事業実施した場合
経済的内部収益率(EIRR)	%	12.72	13.54
便益費用比(B/C)	-	1.22	1.27
純現在価値(NPV)	US\$ 1,000	17,069	18,641

出典：調査団 HH: House Hold

以上のとおり、Pochengtong East 排水区(No.9 排水区)の排水改善事業は経済的に妥当であると判断された。

9.7 プロジェクト評価

以上の検討結果を踏まえ、雨水排水に係る優先プロジェクトの評価を行い、その結果を以下にまとめる。

- Pochengtong East 排水区(No.9 排水区)は、プノンペン国際空港の東側に位置する排水区であり、本プレ F/S で検討した施設を整備することにより、浸水による家屋および工場への被害、ならびに交通遮断や営業活動への影響を軽減することができる。
- Pochengtong East 排水区(No.9 排水区)の施設整備による EIRR は 12.72% であり、十分な経済効果が得られる。
- 現時点では、Pochengtong East 排水区における雨水排水施設整備により、約 40 世帯の住民移転の可能性があることから、後続の F/S 段階においては、更に詳細な調査を実施して、住民移転数を極力減らす検討を行う必要がある。
- 建設工事による、交通遮断、騒音、塵埃および振動といった負の影響は避けがたい。しかし、これらについては、実用面から可能な限り、迂回路の設置、散水の励行、低振動タイプの建設機材の導入等による緩和・軽減を図り、影響を最小化することができる。

第10章 プレフィージビリティ調査に係る環境社会配慮

10.1 環境社会配慮の対象となる事業

10.1.1 汚水対策に係る優先プロジェクト(準備事業)

汚水対策 M/P では、表 10.1.1 に示す準備事業が優先プロジェクトとして提案された。本プロジェクトについて、IEE レベルでの予備的な環境社会配慮調査を実施した。

表 10.1.1 汚水対策 M/P において選定された優先プロジェクト(準備事業)の概要

工種	概要
汚水管	直径 : φ500 mm 延長 : 約 1,300 m
汚水処理施設	容量:5,000 m ³ /日最大 標準活性汚泥法: 約 3.5 ha (Cheung Aek 湖地域)

出典: 調査団

10.1.2 雨水排水に係る優先プロジェクト

雨水排水 M/P では、表 10.1.2 に示す事業が優先プロジェクトとして提案された。本プロジェクトについて、IEE レベルでの予備的な環境社会配慮調査を実施した。

表 10.1.2 雨水排水 M/P において選定された優先プロジェクトの概要

名称	施設	仕様/容量
排水地域における排水施設の建設(排水区 No.9)	排水路	・ Box culvert 新設: 5,220 m ・ 流入水路の建設: 480 m ・ 既設排水路改修: 2,660 m
	ポンプ場	・ 1 箇所: 容量 40 m ³ /s
	雨水調整池	・ 1 箇所 :面積: 25,000 m ²

出典: 調査団

10.2 環境資源の状況(環境ベースライン情報)

(1) 物理的資源

カンボジア国は 181,035 km² の国土面積を有し、北から西にかけてタイと、東北部でラオスと、東および南東においてベトナムと国境を接している。国土はカルダモン山地、ダングレック山地によって西から北部にかけてのタイ国境を、また、モンドルキリ台地によって東部ベトナムとの国境を形成している。国土のほとんどが Mekong 川およびその支流の標高 100 m 以下の地域にあり、東南アジア最大の淡水湖が国土の真ん中を流れる形となっている。カンボジア国土全体が熱帯モンスーン地域に属し、平均気温 27.7°C、年間平均降雨量約 1,500 mm、5 月から 11 月の乾季と 11 月から 4 月の雨季の 2 季を有している。

プノンペン都は、Mekong 川と Sap 川の合流域の右岸(西岸)そして、Mekong 川と Bassac 川の分岐域に位置している。旧プノンペン市街は自然堤防上、また郊外の住宅地は浸水に脆弱な湿地性の平地に位置している。当地域は地形的には比較的平坦であり雨季には 10 m にも達することがある Mekong 川の最高水位より低い。そのため、プノンペン都の市街地および郊外の地域では堤防によって囲われているにも関わらず、洪水の危険性は高い。近年、近郊の都市化が進んだこと、また、プノンペン都内外の湖や湿地が埋め立てられることも、都市の排水に影響を与えている。

(a) 地質

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、東北部の上部ジュラ紀-白亜紀堆積物や南西部における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。

(b) 地形

プノンペン都の行政区域は、平坦な地形であり、雨季の Mekong 川の最高水位以下の標高である。プノンペンの東部の標高が 7.5 m 程度である一方で、Mekong 川の最高水位は 10 m 以上に達することがある。そのため、プノンペンの市街地および郊外の地域では堤防によって囲われているにも関わらず、洪水の危険性は高い。

(c) 土壌侵食と堆砂

Mekong デルタ地域の地質構造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。また、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。調査地の周辺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。プノンペン都の表面の地質は、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。

(d) 気候

プノンペン は熱帯性モンスーン気候である。2000 年から 2010 年の年間平均降雨量は、1,500 mm であった。最低年間降雨量は 1,171 mm(2006 年)、最高年間降水量は 2,147 mm(2000 年)であった。12 月から 4 月の乾季、特に 1 月から 3 月の間ではほとんど降雨がない。一方、5 月から 11 月の雨季では、年間降雨量の 80% が記録される。

(i) 気温

プノンペン は、高温多湿の気候である。2000 年から 2010 年の月平均気温の最高値は 35.4°C、また最低値は 22°C であり、季節的な変動はあまり大きくないが、3 月から 5 月の気温は比較的高い。2000 年から 2010 年の 11 年間での最高気温は 2010 年の 40°C であった。2000 年から 2010 年の年間の平均湿度は 76.3% である。

(ii) 風向および風速

風速は雨季より乾季において強い傾向がある。2001 年から 2010 年にかけての最大風速は 2006 年 6 月に記録された 20 m/s である。一般的に 10 月から 1 月にかけては北風、2 月から 4 月にかけては南東の風、5 月から 9 月にかけては、西風である。

(iii) 蒸散

2000 年から 2010 年にかけての日平均蒸散量は 4.6 mm である。雨季および乾季における日最大蒸散量はそれぞれ 9.5 mm、43.8 mm となっている。蒸散の季節的な変動は大きく、雨季の 5 倍である。

(e) 水文

Mekong 川の水位は Chrauy Changva 観測所において、一方、Sap 川は Chaktmuk および Phnom Penh Port の観測所において MOWRAM によって測定されている。Bassac 川や Sap 川の最高水位は、一般的に 8 月から 10 月において記録される。Bassac 川の 2009 年から 2013 年にかけての年間最高水位は、最高で 2011 年の 9.84 m、最低で 2010 年の 7.47 m であった。一方、3 月から 5 月の水位は非常に低く (1.2 m)、水位の年間変動は時に 8.0 m にも及ぶ。河川流量の季節変動は、Mekong 川の最高流量は Sap 川への逆流が生じる雨季の 30,000 m³/s である。

(f) 水質

本調査では、2014 年にベースライン調査として河川、湖および污水排出地点においてそれぞれ雨季と乾季で 3 回ずつ水質調査を実施した。水質調査の結果から、低い溶存酸素量 (DO) と高い総浮遊物質量 (TSS)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、全窒素 (T-N)、全リン (T-P) といった都の周辺地域の水質汚染が確認されている (詳細は第 2 章を参照)。

(g) 大気

カンボジア国で利用可能な二次文献は多くないが、表 10.2.1 に示すプノンペン都における JICA「プノンペン都総合交通計画プロジェクト」(2014)における大気質のモニタリング結果では、一酸化炭素 (CO)、二酸化窒素 (NO₂) および 二酸化硫黄 (SO₂) の値は基準の範囲内であった。しかしながら、粉塵の指標においては非常に高い数値が確認されている。表 10.2.2 に示す、都の粉塵については、すでに 2001 年の結果においても全浮遊物質量の値が高い傾向にあった。

表 10.2.1 プノンペン国道 4 号線沿いの大気質

Type	Unit	Point 1 (7 Makara)	Point 2 (Sen sok)	Point 3 (near Hanoi road Junction)	Point 4 (Airport)	Point 5 (near Junction with NH3)	Cambodian Standard	WHO standard
CO	mg/m ³	2.86	1.79	2.86	3.58	3.58	20	
NO ₂	mg/m ³	0.057	0.029	0.045	0.056	0.058	0.1	
SO ₂	mg/m ³	0.033	0.027	0.027	0.025	0.033	0.3	
PM2.5	µg/m ³	128	107	284	186	248	n.a.	25
PM10	µg/m ³	93	68	150	71	169	n.a.	50

Note: The results are average of 24 hours continuous survey

出典: Project for Comprehensive Urban Transport Plan in Phnom Penh Capital City, 2014

表 10.2.2 プノンペン都における環境大気汚染

Parameters	2000		2001		2002		2014	
	Mean	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean	Max
CO (mg/m ³)	3.06	7.12	1.98	2.42	3.50	5.71	3.02	3.87
NO ₂ (µg/m ³)	32.08	47.17	2.45	3.77	30.19	56.60	24	71
SO ₂ (µg/m ³)	-	-	2.60	7.80	7.80	13.00	10	27
TSP (mg/m ³)	-	-	0.63	0.84	0.41	1.00	0.128	0.169

CO=Carbon Monoxide: mg/m³=milligrams per cubic meter; µg/m³=micrograms per cubic meter; NO₂=Nitrogen Dioxide; TSP=Total Suspended Particles. Mean Value in the 2014 were received as tentative values.

出典: MOE (2014), ADB 2006 Country Synthesis Report on Urban Air Quality Management, "Research collaboration with Yokohama University from 2000-2002.

Quoted in MOE and Ministry of Health (2006). Country Report: Cambodia, Hang Dara, Chin Chamroeun, Sourn Pun Lork, and Chim Sophan, Paper presented at the Clean Air for Asia Training Course for Developing Countries, Thailand, 24 May-02. " from ADB

(2) 生物学的資源

(a) 森林

プノンペン都においては、個人の庭園や市内の公園等においてある程度の植生が残されているものの、特に法的に指定された森林はない。当該国の森林は農林水産省(Ministry of Agriculture, Forest and Fisheries)によって管理されている。FAO の 2010 年の記録ではカンボジア国の 2010 年における森林面積は 10,094,000 ha で国土の 57%を占める。また、カンボジア国における森林は 2005 年から 2010 年の 5 年間に於いて年間約 127,000 ha の割合で他の用途への使用のために減少し、この 5 年間で全体の 1.2%が減少した。

(b) 生物多様性と生態系

カンボジア国では、最低でも 135 種の哺乳動物、599 種の鳥類、173 種の爬虫類、72 種の両生類、350 種の鱗翅目、955 種の淡水および海水水生生物、4,500 種の維管束植物が生存しているとされている(The Fifth National Report to the Convention on Biological Diversity, 2014)。カンボジア国の中部に位置するプノンペン都では、同様の生物多様性を潜在的に有している。それら全種のうち 74 種の脊椎動物、23 種の植物は絶滅危惧種として IUCN のレッドリストに掲載されている。それらの状況は表 10.2.3 のとおりである。

表 10.2.3 カンボジア国における絶滅危惧種の状況

レッドリスト上の種数		レッドリスト上の状況	
Taxon	Total	Type	Total
Mammal	26	VU	18
		EN	6
		CR	2
Bird	26	VU	9
		EN	10
		CR	7
Reptile	12	VU	7
		EN	3
		CR	2
Amphibians	2	VU	2
		EN	0
		CR	0
Fish	9	VU	0
		EN	6
		CR	3
Plant	23	VU	0
		EN	13
		CR	10

VU:Vulnerable, EN:Endangered, CR:Critical Endangered

注: 原典 Reptile の合計値(Total)を個々の種数の合計値に修正した。

出典: National Biodiversity Steering Committee in Kingdom of Cambodia (2014) 5th National Report to the Convention of Biological Diversity based on the IUCN 2011 and Bird Life International Cambodian Program 2013

(c) 保護区

プノンペン都では特に法的に指定された保護区域はない。自然環境上重要なものは 2008 年の保護地域法(Royal Decree No. NS/RKM/2008/007, Protected Areas Law)によって保護されている。保護区域は目的によって 4 つに分類される。それらは、1) 自然公園:自然や景観保護のため科学、教育、娯楽の目的のために保全される地域、2) 野生生物保護区:野生生物、植生、生態的バランスのとれた自然状況の保全のための地域、3) 景観保全地域:レジャーや観光のための景観維持のための地域、4) 多目的地域:水、森林、野生生物および漁業資源の安定、娯楽や経済開発を確保する観点での自然保全のための地域等がある。当該国で指定されている保護地域の名称および面積は表 10.2.4 のとおりである。

表 10.2.4 カンボジア国の保護区域

国立公園(National Parks in Cambodia)			
	名称	州(Province)	面積(ha)
1	Kirirom	Kampong Speu and Koh Kong	35,000
2	Bokor	Kampot	140,000
3	Kep	Kampot	Originally 5,000 Later amended to 1,152
4	Ream	Kampong Som	150,000
5	Botum Sakor	Koh Kong	171,250
6	Phnom Koulen	Siem Reap	37,500
7	Virachey	Stung Treng and Ratanik Kiri	332,500
野生生物保護区(Wildlife preserves in Cambodia)			
	名称	州(Province)	面積(ha)
1	Phnom Aural	Koh Kong, Pursat, Kampong Chhnang	253,750
2	Peam Krasop	Koh Kong	23,750
3	Phnom Samkos	Koh Kong	333,750
4	Roneam Donsam	Battambang	178,750
5	Koulen Prum Tep	Siem Reap and Preah Vihear	402,500
6	Beng Per	Kampong Thom	242,500
7	Lumphat	Ratanak Kiri and Mondul Kiri	250,000
8	Phnom Prich	Mondul Kiri and Kratie	222,500
9	Phnom Namlear	Mondul Kiri	47,500
10	Snuol	Kratie	75,000
景観保護区(Protected scenic view areas)			
	名称	州(Province)	面積(ha)
1	Angkor	Siem Reap	10,800
2	Banteay Chhmar	Banteay Meanchey	81,200
3	Preah Vihear	Preah Vihear	5,000
多目的地域(Multi-purposes areas in Cambodia)			
	名称	州(Province)	面積(ha)
1	Dung Peng	Koh Kong	27,700
2	Samlot	Battambang	60,000
3	Tonle Sap	Kampong Chhnang, Kampong Thom, Siem Reap, Battambang and Pursat	316,250

出典: <http://www.opendevelopmentcambodia.net/briefing/protected-areas/#1>

10.2.2 社会経済的資源

カンボジア国は、クメール系(90%)、ベトナム系(5%)、中国系(1%)、その他(4%)の民族で構成される約 15 百万人がインドシナ半島南西部 Mekong 川の流域に生活している。このうち、約 96%以上が仏教徒である。カンボジア国は、1945 年の独立後 1999 年に至る内戦を通じて長い政治的不安定な期間を経験し、近年は年間 GDP の 7% という高い経済成長率を達成している。2011 年の貧困率は 10.1%(1.25USD/日で生活する国際的な貧困ラインによる)である。公用語はクメール語である。また、成人識字率は 2008 年において 75.6%、男性で 84.6%、女性で 67.7%であった。

カンボジア国の中部に位置するプノンペン都は、12 の区(Khan)によって構成され約 1.5 百万人が 678.5 km² の地域に生活している。2,200 kcal の食品を購入するためのコストに基づく貧困率では、全国値が 17.9%であるのに対して、プノンペン都では 15.3%である。また都の 2012 年の識字率の推定値は 93.8%であり、それは国内他都市の平均 86.4%、また国の平均 79.7%より高い数値となっている。プノンペン都における 2013 年の世帯平均所得は約 625USD で国内平均である約 309 USD の約 2 倍であった。

(a) 人口統計と居住

各 Khan における人口統計について下表に示した。12 の Khan のうち、Chamkarmon、Daun Penh、7 Makara および Tuol Kok は都の中心に位置し約 160 人/ha 以上の高い人口密度を有している。一方、Dangkor、Chroy Changvar、Prek Pnov および Chbar Ampov は、近年、Kandal 州から編入された地域を含み比較的低い人口密度を示している(詳細は第 2 章を参照)。

(b) 経済状況：雇用および収入

世帯収入については、第 2 章において分析されているように、計画省国立統計所(National Institute of Statistics)が、毎年社会経済調査結果を発表している。世帯収入は表 2.2.3 に示されているように、カンボジア国全体の平均月別世帯総所得は 2011 年に減少しているものの、全体としては増加傾向である。2013 年の平均月別世帯総所得は 1,236 千 Riel(約 309 USD、1 ドル=4 千 Riel として換算)であり、前年に比較して約 20%の増加であった(2012 年から 2013 年の増加率は 23.1%)。

プノンペン都に関しては、全国の傾向と同様に、平均月別世帯総所得は 2011 年に若干低下したものの、2013 年の平均所得は 625USD であり、国内平均の概ね 2 倍であった。また、2012 から 2013 年の増加率は 33.5%であった。

(c) 教育

カンボジア国の成人識字率は近年 10 年で改善されている。表 10.2.5 に示すとおり、特に近年、都市部に比べてプノンペン都以外の地方部で特に女性の識字率が高まっている。

表 10.2.5 カンボジアの成人(15+)の識字率

Years	2008			2012		
	Women	Men	Both sexes	Women	Men	Both sexes
Cambodia	67.7	84.6	75.6	73.2	86.9	79.7
Phnom Penh	88.9	96.9	92.6	89.8	98.4	93.8
Other urban	77.6	89.7	83.2	81.3	91.8	86.4
Other rural	63.2	82.2	72.1	69.2	84.2	76.3

出典: Cambodia Socio-Economic Survey (CSES)

(d) 民族構成

表 10.2.6 に示すとおり、カンボジア国の民族構成はクメール系(90%)、ベトナム系(5%)、中国系(1%)およびその他(4%)である。その他の中では、Cham、Thai、Lao および Khmer Loeu が比較的多い。表 10.2.7 に示す、近年の Cambodia Socio-Economic Survey(CSES)による抽出調査による推定では、クメール系の占める割合は 97%以上とされている。

表 10.2.6 カンボジアの民族構成(1/2)

	Khmer	Vietnamese	Chinese	Other
Ethnic groups	90	5	1	4

出典: CIA (2014), The World Fact Book

表 10.2.7 カンボジア国の人種構成 (2/2)

Ethnicity	Geographical domain(2012)			
	Cambodia	Phnom Penh	Other urban	Other rural
Khmer	97.2	97.6	99.2	96.8
Cham	1.6	1.9	0.2	1.8
Chinese	0.0	0.1	-	0.0
Vietnamese	0.4	0.4	0.4	0.4
Thai	-	-	-	-
Lao	-	-	-	-
Other	0.7	-	0.0	1.0
Not stated	0.1	-	0.1	0.1
Total	100	100	100	100

出典: Cambodia Socio-Economic Survey (CSES)

カンボジア国の先住民族は2つの異なる言語族に属している。主要なグループは、オーストロネシア語族ジャライ(Austronesian speaking Jarai)、モン-クメール語族ブラオ、クレウン、タンプアン、プノン、スティエン、クイおよびポアル(Mon-Khmer speaking Brao, Kreung, Tampuan, Punong, Stieng, Kui および Poar)である。半数以上の先住民は、国内東部の Ratanakiri 州 や Mondulakiri 州に属している(NGO Forum on Cambodia, 2006 Indigenous Peoples in Cambodia)。

(e) 宗教

仏教は憲法 43 条にあるとおり国家宗教であり、国民の 96%以上が仏教徒である。憲法では、信仰の自由も規定しており、他の宗教では回教徒、キリスト教徒が比較的多い(表 10.2.8)。

表 10.2.8 カンボジア国の宗教

Religion in Cambodia (2008 estimation), %			
Buddhist	Muslim	Christian	Other
96.9	1.9	0.4	0.8

出典: CIA (2014), The World Fact Book

(f) 土地利用

プノンペン都の行政区域は 2008 年に修正されており、面積は 377 km²から 678.5 km²に拡大された。

旧行政区分における土地利用の概要は表 10.2.9 に示すとおりである。また、2035 年を想定した都の都市計画 M/P における土地利用計画は、第 2 章に示した図 2.1.10 のとおりである。

表 10.2.9 プノンペン都における土地利用

Land use	Percentage (%)
Greens and forest	0.15
Lake, swamp, farmland	81.93
Urban area	16.53
Road	1.33
Water way	0.045
Total	100.00

出典: Korean Industry & Technology Institute (2011), Feasibility Study of Sewerage Treatment Plant in Phnom Penh, Kingdom of Cambodia based on Current Socio-Economy and Environment Status in the Kingdom of Cambodia (2009.10, MOE)

(g) 電力

カンボジア国では、カンボジア電力公社(EDC: Electricite du Cambodia, Government Enterprise)、独立発電事業者(IPP : Independent Power Producer)、または、タイ、ベトナムからの輸入によって電力が供給されている。電力需要の約60%のは輸入により賄われている。したがって、カンボジア国は、国内発電能力を増加させるため、大規模な水力発電、火力発電の増強に務めている。一般に、カンボジア国では、電力源の主力が、小規模ディーゼル発電や輸入であるため、電力料金は他の国に比較して高い。

(h) 交通量

プノンペン都では、経済発展に伴い交通量が増加している。都市部における交通量は60,000-90,000 台/日で約 75%がモーターバイクとなっている(Project for Comprehensive Urban Transport Plan in Phnom Penh Capital City, 2014)。

(i) 廃棄物管理

プノンペン都では、3つの廃棄物処理会社によりごみ収集が行われている。それらは、1) CINTRI: 家庭廃棄物の収集および運搬、2) Sarom: 産業廃棄物の収集と運搬および3) プノンペン赤十字: 有害廃棄物の燃焼(病院等の廃棄物)である。また、プノンペン都は、Dangkor 区において埋立て処分場を運営しており、その面積は約 31.4 ha である。産業廃棄物の埋立て処分場は Sarom 社で運営されており約 5 ha の面積である。

10.3 プレ F/S に係る環境上の特質

事業地域の自然環境および社会経済的一般的な特徴は、10.2 節のとおりである。污水対策および雨水排水 M/P において提案された優先事業に関連した地域的な特質を以下に示す。

10.3.1 污水対策に係る優先プロジェクトに関連した環境状況

污水対策 M/P においては、Dangkor 区の Dankor Sangkat において 5,000 m³/日の能力を有する下水処理場の建設を提案している。污水処理方式は、標準活性汚泥法である。ここでは、事業対象地の概要を記述する。

(1) Dangkor 区

下水処理場の建設を予定している当該区は、市の南端(外輪中の外)で Kandal 州に接し、Cheung Aek 湖の西側に位置する。当区はさらに 13 の Sangkat に分かれ人口は、73,287 人で人口密度は 6.2 人/ha である。

(2) Cheung Aek 湖

Cheung Aek 湖は、本来約 2,600 ha の面積を有し、プノンペン都の南東端と Kandal 州の一部に位置している。本地域は 2008 年の副法令 124 号(Sub-decree, 2008 No.124 ANKr. BK)、“プノンペン都 Mean Chey 区、Dangkor 区および Kandal 州の Takmao 郡における Cheung Aek 湖と水路の国家公用地の確定”において 520 ha の地域が国家公用地に指定された。当該地は、クメールルージュ統治時代、人々が集団的に殺害され埋葬されたキリングフィールドの一つとしても名高い。

Cheung Aek 湖は、Bassac 川に流入する前の雨水調整池および自然の污水処理池として利用されている。湿地および季節的な陸地また年間を通じた水域は、水生植物の栽培、畜産および漁業に利用されている。季節的な湿地は空芯菜(ヨウサイ: Ipomoea aquatic)、ウォーターミモザ(Neptunia oleracea)および稲作に利用され、水系では筏を利用した水耕栽培が行われている。2009

年に行われた Royal University of Agriculture の調査では、最も広い地域で空芯菜の栽培が行われていた(調査面積 992 ha の 43%、表 7.1.6 参照)。

また、同調査によると、Cheung Aek 湖での商業的な漁業は一般的ではなく、家族消費に限定されている。主な種は、コイ(Common carp: *Cyprinus carpio*)、ハクレン(Silver carp: *Hypophthalmichthys molitrix*)、ティラピア(Tilapia: *Oreochromis niloticus*)、ライギョ(Snakehead fish: *Channa striata*)、ウォーキングキャットフィッシュ(Walking catfish: *Clarias batrachus*)である。

写真 10.3.1 に、プロジェクトサイトの状況を示す。



出典：調査団

写真 10.3.1 汚水対策に係る優先プロジェクト(準備事業)の予定地の状況

10.3.2 雨水排水に係る優先プロジェクトに関連した環境状況

雨水排水に係る優先プロジェクトを実施する Pochentong East 排水区は、異なる 3 つの区の 4 つの Sangkat に位置している。それらは、Po Senchey 区の Chaom Chau Sangkat および Kakab Sangkat、Sen Sok 区の Tuek Thla Sangkat、Meanchey 区の Stueng Mean Chey Sangkat である。ここでは、事業対象地の概要を記述する。

(1) Po Senchey 区

当区は、市の西端(外輪中の外)で Kandal 州と接しており、外輪中が南北を縦断し、プノンペン都と Sihanoukville を結ぶ主要道である国道 4 号線が東西を横断している。国際空港もまた本区に位置する。本区は更に 10 の Sangkat に分かれ人口は 159,455 人であり、人口密度は 10.6 人/ha である。

(2) Sen Sok 区

当区は、市の北部で内輪中と外輪中の間に位置する。区の内部を幹線である Hanoi 通りが南北を縦断する。本区は更に 4 つの Sangkat に分かれ人口は 137,772 人であり、人口密度は 26.5 人/ha である。

(3) Meanchey 区

当区は、市の南端中央に位置し Kandal 州と接し、Cheung Aek 湖と Bassac 川に挟まれている。本区の北部では、外輪中が横断している。本区は、4 の Sangkat に分かれ人口は 194,636 人であり、人口密度は 77.9 人/ha である。また、区内には Tumpun 湖が位置する。

(4) 排水路の設置が想定される道路の状況

(a) Trung Morn 通り (North Bridge 通り)

本通りは、Hanoi 通りの延長上に位置し、北側で国道 4 号線、Veng Sreng 通りに接続し、プノンペン都の西部郊外を縦断している。現在、**写真 10.3.2** に示すとおり、拡幅等の改修工事を実施中である(2015 年 11 月現在もコンクリート舗装工事を実施中であった)。本通りは、中国による援助により 2016 年にも工事が実施され、2017 年に工事が終了するとのことである(DPWT/PPCC による)。



出典：調査団

写真 10.3.2 Trun Morn 通り (North Bridge 通り) の状況

(b) Veng Sreng 通り (Chm Chhoa 通り)

写真 10.3.3 に示すとおり、2015 年の調査時(2015 年 11 月現在)、拡幅、コンクリート舗装等の改修工事を実施中である。工事は 2014 年に 1 年間の予定で始められたが、移転作業等の遅延で工事が遅延したとのことである(新聞記事 :The Cambodian Daily, May 14, 2014, Veng Sreng Street Upgrade Behind Schedule)。現在、完工は 2016 年 1 月とされている。道路は全幅で 30 m(中央分離帯を含む車道 22 m および両側 4 m の歩道)となる予定である(DPWT/PPCC による)。



出典：調査団

写真 10.3.3 Veng Sreng Blvd. の状況

(c) Duong Neap II 通り

本道路は、コンクリートによる舗装を実施中であり、工事自体はまだ終了していない。道路の ROW は 20 m (車道 12 m および両側 4 m の歩道：ただし 2015 年 11 月現在、歩道は未整備：写真 10.3.4 参照)となる予定である。



出典：調査団

写真 10.3.4 Duong Neap II 通りの状況

(d) 2004 通り

道路改修工事は継続中であり、2016 年に終了の見込みである。1,500mm の排水管を両側に敷設中とのことである。

10.4 プレフィージビリティ調査の対象となる優先事業に係る環境影響

10.4.1 汚水対策に係る優先プロジェクト(準備事業)において想定される環境の影響

汚水対策における優先事業(準備事業)において想定される環境の影響を、表 10.4.1 に示す。

表 10.4.1 汚水対策に係る優先事業(準備事業)において想定される環境影響の予備的評価
(2015年12月)

分類	No.	環境区分	影響の状況	評定
社会環境	1	非自発的住民移転	<p>計画段階・建設段階: 取水口および導水路の建設が想定される現在の Tumpun ポンプ場排水口周辺では、住民が近接して居住している。また、既存の 371 通り(外輪中の堤防道路)には多数の居住者がいる。既存水路の改修の際には、計画段階における適切な調査に基づき住民への影響を回避/最小化する必要がある。</p> <p>計画段階・建設段階: Cheung Aek 湖のエリアでは、高床式の建造物が複数存在し、住民が常時または一時的に居住している可能性がある。計画段階では、それら住民に対する影響を回避する必要がある。下水処理場が計画されている Cheung Aek 湖は農業および家庭消費のための漁業に利用されている。一部の住民はその生計手段の一部またはすべてを失う可能性がある。Cheung Aek 湖の土地は国家公有地に指定されているものの、JICA 環境ガイドライン(2010)に沿った補償/生計回復の枠組みのための社会経済調査が必要な可能性がある。</p>	C-
	2	地域経済活動	<p>計画段階・建設段階: 貧困世帯が含まれる可能性がある Cheung Aek 湖地内の居住住民が、生計の一部またはすべてを失う影響、移転/土地を失う等の影響を受ける可能性がある。その際には、移転計画や生計回復計画のような支援プログラムが必要となる。</p> <p>建設段階: 施設建設による労働機会の増加が期待される。</p>	C-
	3	土地利用	<p>計画段階・建設段階: 下水処理場の建設に伴い、地域住民が農業や漁業に利用している水域/湿地が埋立てられる。処理場の面積は概ね 3.5ha で、広大ではないが、計画段階にて影響を回避、最小化する必要がある。完全に回避できない場合は、地域の社会経済調査に基づいた適切な補償が必要である。</p>	B-
	4	社会関係資本	<p>計画段階・建設段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。問題を回避するために、実施主体による住民への適切な情報公開が、計画段階において必要となる可能性がある。</p>	B-
	5	既存の社会インフラや社会サービス	<p>建設段階: 準備事業では管渠は 371 通りと STP を結ぶアクセス道路下に埋設する計画である。よって、アクセス道路の建設に伴い 371 通りの交通に影響を与える可能性がある。</p>	B-
	6	社会的弱者(先住民、貧困家庭)	<p>計画段階・建設段階: 下水処理場のサイト選定においては、湿地内の貧困家庭に対する特別な配慮が必要である。Cheung Aek 湖の地域では、高床式の建造物が複数存在し、住民が常時または一時的に居住している可能性がある。計画段階では、それら住民への影響を、移転や用地取得面積を最小にするよう、回避、最小化する必要がある。</p>	B-
	7	被害と便宜の不公平な分配	<p>計画段階: 本事業は都の環境改善に貢献することを目的としているが、下水処理場候補地周辺には居住者がいる。よって、住民への影響は、計画段階における適切な調査に基づき、回避、最小化される必要がある。</p>	B-
	8	文化遺産	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	9	地域内の利害対立	<p>計画段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがあり、それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。プノンペン都政府は、現在、土地所有権の確定作業を行っている。事業地域に民有地が含まれる場合、土地所有権をめぐる問題発生の可能性がある。</p>	B-
	10	水利用、水への権	現時点で、特に影響は想定されない。	D

分類	No.	環境区分	影響の状況	評価
		利・共通の権利		
	11	公衆衛生	運用段階: 事業実施により、都の現在の水環境改善が期待される。	A+
	12	災害、HIV/AIDS 等の感染症	運用段階: 運用後、汚水および雨水排水事業を通して水に関する疾病のリスクが低減することが期待される。	A+
自然環境	13	地質、地理的特徴	建設段階: 建設段階において、Cheung Aek 湖の湿地の埋立てに伴い、ある程度の地形的な改変が想定される。	B-
	14	地下水	運用段階: 下水処理場の運用により地下水の水質改善が期待される。	A+
	15	土壌浸食	建設段階: 下水処理場の建設に際し、アクセス道路、Cheung Aek 湖の埋立てが計画されており、盛土斜面保護の適切な対策を考慮する必要がある。	B-
	16	水文学的状況	計画段階・建設段階: Cheung Aek 湖における埋立ては事業地選択によっては地域の水の流れを改変する可能性があり、計画時の適切な水理的調査がその後の洪水被害等を回避するために必要である。	B-
	17	沿岸(マングローブ、さんご礁、干潟)	事業区域に沿岸部は含まれていない。	D
	18	動植物、生態系	計画段階・建設段階: 国立公園、野生保護区、景観保護区、多目的利用区域等の法令で保護された地域は事業区域に含まれていない。 下水処理場候補地の Cheung Aek 湖は、自然浄化池として機能しているが、水質の低下により、非常に低い生物多様性を有している可能性が高い。また、両地域は農業、家庭消費用の漁業に利用されている。 運用段階: 事業における水質改善を通じて、湖の生物学的価値が高まる可能性がある。	B-/B+
	19	気象	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	20	景観	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	21	地球温暖化	下水処理場候補地は流域の自然浄化池として機能しており、過剰な温暖化ガスの発生は想定されない。	D
社会	22	大気汚染	建設段階: 建設中、限られた地域ではあるが建設機械からの浮遊物質やガスの排出が想定される。	B-
	23	水質汚濁	建設段階: 建設中の土工事に伴い、一時的に下流域の水の濁度が上昇する可能性がある。	B-
	24	土壌汚染	建設段階: 建設中、燃料、潤滑材、溶剤等の有機物質の偶発的な漏えいが土壌汚染の原因となる可能性がある。	B-
	25	廃棄物	建設段階、運用段階: 建設中および運用段階において、事業主体は適切な廃棄物処理を行う必要がある(汚泥を含めて)。	B-
	26	騒音・振動	建設段階: 建設中、建設機械の使用により騒音が発生する可能性がある。	B-
	27	地盤沈下	土地改変、地下水使用は計画されていないため特に影響が想定されない。	D
	28	悪臭	建設段階: 建設中、河床掘削や基礎工事等の河床のかく乱に伴い、悪臭が発生する可能性がある。 運用段階: 下水処理場の運用に伴い周辺地域での悪臭発生可能性がある。下水処理場候補地である湿地は、プノンペン都の自然浄化池として機能している。既存水路や湿地周辺の悪臭は下水処理場の運用とともに改善される可能性がある。	B-/B+
	29	底質	運用段階: 下水処理場の運用に伴い、分流式の汚水処理の適用によって既存水路の底質が改善されること期待される。	A+
	30	事故(交通事故)	建設段階: 建設中、重機等の使用が周辺の住民や労働者の交通事故の原因となる可能性がある。	B-

評価の区分

- A-: 適切な対策が講じられない場合に、重大なインパクトが見込まれる。
- B-: 適切な対策が講じられない場合に、多少のインパクトが見込まれる。
- C-: 不明(検討をする必要があり、調査が進むにつれて明らかになる場合も十分に考慮に入れるものとする)。
- D: ほとんどインパクトは考えられない。
- A+: 大きな事業効果や環境改善効果が見込まれる。
- B+: ある程度の事業効果や環境改善効果が見込まれる。

出典: 調査団

10.4.2 雨水排水に係る優先プロジェクトに想定される環境の影響

雨水排水に係る優先プロジェクト(第 9 排水区の雨水排水施設整備事業)に想定される環境の影響を表 10.4.2 にまとめる。

表 10.4.2 雨水排水に係る優先事業において想定される環境影響の予備的評価(2015 年 12 月)

分類	No.	環境区分	影響の状況	評価
社会環境	1	非自発的住民移転	<p>計画段階・建設段階: 優先事業下流の Phum Mor 水路等の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している(Phum Mor 水路の 217 通りの橋までの間の約 1 km で約 100 の構造物が近接している)。排水区の水流通/排水の改善の際には、適切な調査に基づき下流域の住民の影響を回避/最小化する必要がある。また、事業はそれら既存水路周辺に居住する住民の移転が伴う可能性がある。</p> <p>計画段階・建設段階: 新たなボックスカルバート、排水ポンプ場および調整池の建設は、追加的な用地取得および移転を伴う可能性がある(M/P 段階で約 40 家屋が想定されている)。</p>	C-
	2	地域経済活動	<p>計画段階・建設段階: 湿地、水路等の周辺住民の中には貧困世帯が含まれる可能性があり、それら住民が生計の一部またはすべてを失う影響、または移転/土地を失う等の影響を受ける可能性がある。その際には、移転計画や生計回復計画等の支援プログラムが必要となる。</p> <p>運用段階: 雨水排水施設の運用によって、洪水被害リスクの減少が期待される。</p> <p>計画段階・建設段階: 施設建設による労働機会の増加が期待される。</p>	C-/B+
	3	土地利用	<p>運用段階: 排水施設の運用により洪水被害のリスクの減少が期待される。</p>	B+
	4	社会関係資本	<p>計画段階・建設段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。問題を回避するために、実施主体による住民への適切な情報公開が実際の計画段階で必要となる可能性がある。</p>	C-
	5	既存の社会インフラや社会サービス	<p>建設段階: 管渠は既存道路下への埋設が計画されている。埋設作業に伴い、道路交通に係る障害発生可能性がある。都では、多くの道路改修工事を実施中である。よって、影響を低減するため、道路改修工事との調整が必要となる。</p> <p>計画段階: ボックスカルバート敷設予定区間には、近年、道路改修が行われた、または行われる予定の Veng Sreng 通り、North Bridge 通り、Doung Neap II 通り や 2004 通りが含まれることから、それらの道路建設計画との適切な調整が必要である。</p> <p>運用段階: 雨水排水システムの運用によって、雨季における都の交通環境の改善が期待される。</p>	B-/B+
	6	社会的弱者(先住民、貧困家庭)	<p>計画段階・建設段階: 既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。よって、既存水路の改修の際には、計画の段階の適切な調査に基づき住民への影響を回避/最小化する必要がある。</p>	C-
	7	被害と便宜の不公平な分配	現時点では、特に影響は想定されない。	D
	8	文化遺産	現時点では、特に影響は想定されない	D
	9	地域内の利害対立	<p>計画段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。都政府は、現在、土地所有権の確定作業を行っている。事業地域に民有地が含まれる場合、土地所有権をめぐる問題発生可能性がある。(特に、道路との関係において重要。特に対象としている Veng Sreng および Trung Morn は、2015 年現在も道路工事が進捗中である。頻繁な移転、セットバック等は住民と当局の間の対立の原因となる可能性がある。</p>	B-
	10	水利用、水への権利・共通の権利	<p>計画段階: プノンペン都の水路は DOWRAM により管理されているものもあり、水流の変更には DOWRAM との調整も必要になる。</p>	B-

分類	No.	環境区分	影響の状況	評価
	11	公衆衛生	運用段階: 事業実施により、都内の水環境改善が期待される。	A+
	12	災害、HIV/AIDS 等の感染症	運用段階: 運用後、汚水および雨水排水事業を通して水に関する疾病のリスクが低減することが期待される。	A+
自然環境	13	地質、地理的特徴	建設段階: 建設段階において、湿地の埋め立てに伴ってある程度の水路の地形的な変化が想定される。	B-
	14	地下水	現時点では、特に影響は想定されない	D
	15	土壌浸食	地域内は一般的に平坦な地形であり、特に大規模な土壌侵食は想定されない。	D
	16	水文学的状況	排水ポンプ場の設置により、一部現状の表面水の流れを改変するため、下流域での浸水被害等の検討が必要である。	B-
	17	沿岸(マングローブ、さんご礁、干潟)	事業区域に沿岸部は含まれていない。	D
	18	動植物、生態系	計画段階: 国立公園、野生保護区、景観保護区、多目的利用区域等の法令で保護された地域は事業区域に含まれていない。 都のほとんどの既存水路や調整池は野生生物の生息には不向きなレベルで汚染が進んでいることから、計画段階の調査において状況を確認する必要がある。	B-/B+
	19	気象	現時点では、特に影響は想定されない	D
	20	景観	同上	D
	21	地球温暖化	同上	D
社会	22	大気汚染	建設段階: 建設中、限られた地域ではあるが建設機械からの浮遊物質やガス排出が想定される。	B-
	23	水質汚濁	建設段階: 建設中の土工事に伴い、一時的に下流地域の水の濁度が上昇する可能性がある。	B-
	24	土壌汚染	建設段階: 建設中、燃料、潤滑材、溶剤等の有物質の偶発的な漏えいが土壌汚染の原因となる可能性がある。	B-
	25	廃棄物	建設段階、運用段階: 建設中および運用段階において、事業主体は適切な廃棄物処理を行う必要がある(汚泥を含めて)。	B-
	26	騒音・振動	建設段階: 建設中、建設機械の使用により騒音が発生する可能性がある。	B-
	27	地盤沈下	土地改変、地下水使用は計画されていないため特に影響が想定されない。	D
	28	悪臭	建設段階: 建設中、河床掘削や基礎工事等の河床のかく乱に伴い、悪臭が発生する可能性がある。	B-
	29	底質	運用段階: 既存水路において、改修された水流によって滞砂が減少する可能性がある。	B+
	30	事故(交通事故)	建設段階: 建設中、重機等の使用が周辺の住民や労働者の交通事故の原因となる可能性がある。	B-

評価の区分

- A-: 適切な対策が講じられない場合に、重大なインパクトが見込まれる。
- B-: 適切な対策が講じられない場合に、多少のインパクトが見込まれる。
- C-: 不明(検討をする必要があり、調査が進むにつれて明らかになる場合も十分に考慮に入れるものとする)。
- D: ほとんどインパクトは考えられない。
- A+: 大きな事業効果や環境改善効果が見込まれる。
- B+: ある程度の事業効果や環境改善効果が見込まれる。

出典: 調査団

10.5 環境管理計画(暫定版)

環境管理計画(EMP)は、より詳細な調査に基づいて今後の EIA 調査の中で作成され最終化される必要がある。ここでは、IEE レベルでの暫定的な EMP を示す。

10.5.1 汚水対策に係る優先プロジェクト(準備事業)における環境影響の緩和策

汚水対策に係る優先プロジェクト(準備事業)における環境影響の緩和策を表 10.5.1 に示す。

表 10.5.1 汚水対策に係る優先プロジェクト(準備事業)における環境管理計画の概要(環境影響と緩和策) (2015年12月暫定版)

分類	No.	項目	評価	影響の状況	想定される緩和対策
Social Environment	1	非自発的住民移転	C-	<p>計画段階・建設段階: 取水口および管渠の建設が想定される現在の Tumpun ポンプ場吐口周辺では、住民が近接して居住している。また、既存 371 通り(外輪中の堤防)には多数の居住者がある。既存水路の改修の際には、計画段階において適切な調査に基づき、住民への影響を回避/最小化する必要がある。</p> <p>計画段階・建設段階: Cheung Aek 湖のエリアでは、高床式の構造物が複数存在し、住民が常時または一時的に居住している可能性がある。計画段階では、それらの住民に対する影響を回避する必要がある。下水処理場が計画されている Cheung Aek 湖は、農業および家庭消費のための漁業に利用されており、一部の住民はその生計手段の一部または全てを失う可能性がある。Cheung Aek 湖の土地は国家公有地に指定されてはいるものの、JICA 環境ガイドライン(2010)に沿った補償/生計回復のため、適正な社会経済調査が必要となる可能性がある。</p>	<p>移転は可能な限り回避し、回避できない場合、最小にとどめる。</p> <p>移転、用地取得が発生する場合は事業実施地区における社会経済調査を実施する。</p>
	2	地域経済活動等	C-	<p>計画段階・建設段階: 貧困世帯が含まれる可能性がある Cheung Aek 湖地内の居住住民が、生計の一部または全てを失う影響、移転/土地を失う等の影響を受ける可能性がある。その際には、移転計画や生計回復計画等の支援プログラムが必要となる。</p>	<p>用地取得面積の最小化を図る。</p>
	3	土地利用	B-	<p>計画段階・建設段階: 下水処理場の建設に伴い、地域住民が農業や漁業に利用している水域/湿地が埋立てられる。処理場の面積は概ね 3.5 ha で、広大ではないが計画段階にて、影響を回避、最小化する必要がある。完全に回避できない場合は、地域の社会経済調査に基づいた適切な補償が必要である。</p>	<p>漁業/農業等湖に依存している住民に対する適切な補償を検討する必要がある。</p>

分類	No.	項目	評定	影響の状況	想定される緩和対策
	4	社会関係資本	B-	計画段階・建設段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。問題を回避するために、実施主体による住民への適切な情報公開が実際の計画段階で必要となる可能性がある。	実施機関によるパブリックコンサルテーション会議等、適切な影響住民に対する情報公開を計画段階にて行う。
	5	既存の社会インフラや社会サービス	B-	建設段階: 準備事業における管渠は、下水処理場へのアクセス道路下に計画されているため、埋設作業に伴い、付近の道路交通への障害発生の可能性がある。 アクセス道路の建設に伴って既設371通りの交通に影響を与える可能性がある。	現場における事故を削減するため適切な交通整理を行う。
	6	社会的弱者(先住民、貧困家庭)	B-	計画段階・建設段階: 下水処理場のサイト選定においては、湿地内の貧困家庭に対する特別な配慮が必要である。Cheung Aek 湖の地域では、高床式の構造物が複数存在し、住民が常時または一時的に居住している可能性がある。また、市街地の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。計画段階では、それら住民への影響を、移転や用地取得面積を最小にするよう、回避、最小化する必要がある。	計画段階において、住民移転および用地取得は回避もしくは最小化を図る。回避ができない場合、適切な調査に基づく適切な補償を行う必要がある。
	7	被害と便宜の不公平な分配	B-	計画段階: 事業は都の環境の改善に貢献することを目的としているが、下水処理場候補地や既存水路では居住者がいる可能性がある。住民への影響は、計画段階における適切な調査に基づく現況を配慮し、回避、最小化される必要がある。	計画段階において、住民移転および用地取得を回避もしくは最小化する。回避ができない場合、適切な調査に基づく適切な補償を行う必要がある。
	8	地域内の利害対立	B-	計画段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。都政府は、現在、土地所有権の確定作業を行っている。事業地域に民有地が含まれる場合、土地所有権をめぐる問題発生の可能性がある。	計画段階において、住民移転および用地取得は回避もしくは最小化を図る。回避ができない場合、適切な調査に基づく適切な補償を行う必要がある。
Natural Environment	9	地質、地理的特徴	B-	建設段階: Cheung Aek 湖の湿地の埋立てに伴いある程度の地形的な改変が想定される。	段階的な開発による想定外の洪水を回避するため、水文学的な配慮が必要がある。
	10	土壌浸食	B-	建設段階: 下水処理場の建設に際し、CheungAek 湖の埋立てが計画されている。盛土斜面保護の適切な対策を考慮する必要がある。	盛土斜面保護の適切な対策を考慮する必要がある。

分類	No.	項目	評定	影響の状況	想定される緩和対策
	11	水文学的状況	B-	計画段階・建設段階: Cheung Aek 湖における埋立ては事業地の位置によっては地域の水の流れを改変する可能性があり、その後の洪水被害等を回避するために、計画時の適切な水文学的調査が必要である。	実際の設計に際し、水文学的な配慮が必要である。
	12	動植物、生態系	B-/B+	計画段階・建設段階: 国立公園、野生保護区、景観保護区、多目的利用区域等の法令で保護された地域は事業区域に含まれていない。 下水処理場候補地の Cheung Aek 湖は、都の自然のラグーンとして機能している。水質の低下により、ここでは、非常に低い生物多様性を有している可能性が高い。また、農業、家庭消費用の漁業に利用されている。 運用段階: 事業における水質改善と通じて、湖の生物学的価値が高まる可能性がある。	実際の調査時に、事業に先立つ現地の確認が必要である。
Pollution	13	大気汚染	B-	建設段階: 限られた地域ではあるが建設機械からの浮遊物質やガスの排出が想定される。	汚染を最小化するため、建設に関わる機械の整備、不必要なアイドリングの防止等を実施する必要がある。 埃の散乱を防止する乾燥した地表への散水等を実施する。
	14	水質汚濁	B-	建設段階: 土工事に伴い、一時的に下流地域の水の濁度が上昇する可能性がある。	建設中の水質汚染がないよう潜在的な汚染物質の取り扱い、保管、流出は厳格な条件下で行う。
	15	土壌汚染	B-	建設段階: 燃料、潤滑材、溶剤等の有機物質の偶発的な漏えいが土壌汚染の原因となる可能性がある。	同上。
	16	廃棄物	B-	建設段階、運用段階: 建設中および運用段階において、事業主体は適切な廃棄物処理を行う必要がある(汚泥を含めて)。	建設段階は、労働者による作業地域でのごみの投棄がないよう適切に指導する。適切な廃棄物処分地を検討する。
	17	騒音・振動	B-	建設段階: 建設機械の使用により騒音が発生する可能性がある。	適切な機械の手入れを実施する。作業は基準に従って実施する。
	18	悪臭	B-	建設段階: 河床掘削や基礎工事等の河床のかく乱に伴い、悪臭が発生する可能性がある。 運用段階: 下水処理場の運用に伴い周辺地域において悪臭発生の可能性はある。	悪臭除去装置の設置、緩和策を考慮した設計を実施する。
	19	事故(交通事故)	B-	建設段階: 重機等の使用が周辺の住民や労働者の交通事故の原因となる可能性がある。	現場における事故を削減するため適切な交通整理を実施する。

出典: 調査団

10.5.2 雨水排水に係る優先プロジェクトにおける環境影響の緩和策

雨水排水に係る優先プロジェクトにおける環境影響の緩和策を表 10.5.2 にまとめる。

表 10.5.2 雨水排水に係る優先プロジェクトにおける環境管理計画の概要(環境影響と緩和策) (2015年12月暫定版)

分類	No.	項目	評価	影響の状況	想定される緩和策
Social Environment	1	非自発的住民移転	C-	<p>計画段階・建設段階: 優先プロジェクトを実施する排水区下流の Phum Mor 水路等の既存水路周辺では、住民が近接して居住している(Phum Mor 水路における 217 通りの橋までの区間約 1 km で約 100 の構造物が近接している)。排水区の水 flow/排水の改善の際には、適切な調査に基づき下流域の住民の影響を回避/最小化する必要がある。また、事業は既存水路周辺に居住する住民の移転を伴う可能性がある。</p> <p>計画段階・建設段階: 新たなボックスカルバート、ポンプ場および調整池の建設は追加的な用地取得を必要とする可能性があり、市街地では移転が伴う可能性がある(M/P 段階で約 40 家屋が想定されている)。</p>	今後、状況を確認するための調査が EIA 段階で必要である。
	2	地域経済活動	C-	<p>計画段階・建設段階: 湿地、水路等の辺境地の住民の中には貧困世帯が含まれる可能性があり、それら住民が生計の一部またはすべてを失う、または移転/土地を失う等の影響を受ける可能性がある。その際には、移転計画や生計回復計画等の支援プログラムが必要となる。</p> <p>運用段階: 雨水排水施設の運用によって、洪水被害のリスクの減少が期待される。</p> <p>計画段階・建設段階: 建設工事による労働機会の増加が期待される。</p>	移転が伴う場合、適切な補償を実施する必要がある。貧困家庭に影響を与える場合は、必要に応じて生計回復計画等を検討する。
	3	社会関係資本	C-	<p>計画段階・建設段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。問題を回避するために、実施主体による住民への適切な情報公開が、実際の計画段階で必要となる可能性がある。</p>	実施機関によるパブリックコンサルテーション会議等、適切な影響住民に対する情報公開を実際の計画段階において行う。
	4	既存の社会インフラや社会サービス	B-	<p>建設段階: 管渠は既存の道路下への敷設が計画されている。敷設作業に伴い、道路交通への障害の発生可能性がある。都内では、多くの道路改修工事が実施中である。影響を低減させるため、道路改修工事との適切な調整が必要となる。</p> <p>計画段階: ボックスカルバートの埋設予定地には、近年、道路改修が行われ</p>	案内板や信号による適切な注意喚起、迂回路、適切な交通整理を実施し、渋滞を緩和する。道路建設計画との適切な調整を行う。

分類	No.	項目	評定	影響の状況	想定される緩和策
				た、または行われる予定の Veng Sreng 通り、Northbridge 通り、Doung Neap II 通りおよび 2004 通りが含まれる可能性がある。これらの道路の建設計画との適切な調整が必要である。	
	5	社会的弱者(先住民、貧困家庭)	C-	計画段階・建設段階: 市街地の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。既存水路の改修の際には、計画段階の適切な調査に基づき、住民への影響を回避/最小化する必要がある。	詳細な調査を EIA 段階で行う必要がある。
	6	地域内の利害対立	B-	計画段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。都政府は、現在、土地所有権の確定作業を行っている。事業地域に民有地が含まれる場合、土地所有権をめぐる問題発生の可能性があり、特に、道路との関係において重要であり、Veng Sreng 通りおよび Trung Morn 通りは、2015 年現在も道路工事が進行中である。頻繁な移転、セットバック等は住民と当局の間の対立の原因となる可能性がある。	詳細な調査を EIA 段階で行う必要がある。社会経済調査とともに状況は明確になる。
	7	水利用、水への権利・共通の権利	B-	計画段階: プノンペン都内の水路には DOWRAM/PPCC によって管理されているものもあり、水流の変更には DOWRAM/PPCC との調整も必要になる。	DOWRAM/PPCC との適切な調整を行う必要がある。
Natural Environment	8	地質、地理的特徴	B-	建設段階: 湿地の埋立てに伴い、ある程度の水路の地形的な変化が想定される。	段階的な開発による想定外の洪水を回避するため、水文学的な配慮が必要がある。
	9	水文学的状況	B-	計画段階: 排水ポンプ場の設置により一部、現状の表面水の流れを改変するため下流域での浸水被害等の検討が必要である。	実際の計画段階においては、下流域への水文学的な配慮が必要である。
	10	動植物、生態系	B-	計画段階: 国立公園、野生保護区、景観保護区、多目的利用区域等の法令で保護された地域は事業区域に含まれていない。 都のほとんどの既存水路や調整池は野生生物の生息には不向きなレベルで汚染が進んでいる。計画段階の調査において状況を確認する必要がある。	実際の調査時に、事業に先立つ現地の確認が必要である。
Pollution	11	大気汚染	B-	建設段階: 限られた地域ではあるが、建設機械からの浮遊物質やガスの排出が想定される。	汚染を最小化するため、建設に関わる機械の整備、不必要なアイドリングの防止等を規制する必要がある。

分類	No.	項目	評定	影響の状況	想定される緩和策
					埃の散乱を防止するため、乾燥した地表への散水等を実施する。
	12	水質汚濁	B-	建設段階: 土工事に伴い、一時的に下流域の水の濁度が上昇する可能性がある。	建設中の水質汚染がないよう、潜在的な汚染物質の取り扱い、保管、流出は厳格な条件下で実施する。
	13	土壌汚染	B-	建設段階: 燃料、潤滑材、溶剤等の有物質の偶発的な漏えいが土壌汚染の原因となる可能性がある。	同上。
	14	廃棄物	B-	建設段階、運用段階: 建設中および運用段階において、事業主体は適切な廃棄物処理を行う必要がある(汚泥を含めて)。	建設段階: 労働者による作業地域でのごみの投機がないよう適切に指導する。適切な廃棄物処理地を検討する。
	15	騒音・振動	B-	建設段階: 建設機械の使用により騒音が発生する可能性がある。	適切な機械の手入れを実施する。作業は基準に従って実施される。
	16	悪臭	B-	建設段階: 河床掘削や基礎工事等の河床のかく乱に伴い、悪臭が発生する可能性がある。	悪臭除去装置の設置等の緩和策を考慮した設計を実施する。
	17	事故(交通事故)	B-	建設段階: 重機等の使用が周辺の住民や労働者の交通事故の原因となる可能性がある。	現場における事故を削減するため適切な交通整理を提供する。

出典: 調査団

10.6 非自発的住民移転に関わる事項の確認

10.6.1 汚水対策に係る優先プロジェクトにおける住民移転に関わる状況

汚水対策に係る優先プロジェクトについて、今後の配慮が求められる現時点の住民移転に関連する状況を表 10.6.1 に示した。詳細については、今後 JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010)に従って更新され、また適切に配慮される必要がある。

表 10.6.1 汚水対策に係る優先プロジェクトにおける住民移転に関わる状況

No	項目	概要
1	移転に関わる法的枠組み	住民移転に関連する法制度は第 2 章に記述した。本プロジェクトのための移転の枠組みは特に構築されていない。下水処理場建設予定地である Cheung Aek 湖は国家公用地(Public State Land)として指定されているものの、JICA ガイドライン(2010)に沿った、利用者のための補償や生計回復の枠組みを構築するために適切な社会経済調査が必要となる可能性がある。プノンペンでは、過去に JICA ガイドラインに沿った住民移転を伴う道路開発プロジェクトが実施されている。カンボジア国の土地所有システムは若干複雑であり、プロジェクトの実施に当たっては、上記プロジェクトでの経験を優良事例として参照できる。Cheung Aek Lake は国家公有地ではあるものの、対象地域のための適切な補償の枠組みを構築する必要がある。
2	用地取得・住民移転の必要性	現時点で物理的な住民移転は想定されていない。プロジェクト対象地域である Cheung Aek 湖は、国家公有地に指定はされたものの、JICA ガイドライン(2010)に沿った、利用者のための補償や生計回復の枠組みを構築するために適切な社会経済調査が必要となる可能性がある。同湖では、高床式の構造物の存在が確認され、住民が恒久的、または一時的に利用している。計画段階において、それら住民への影響は回避/最小化を図る必要がある(特に移転と用地取得において)。同湖では、近隣住民によって、水生植物の農業、主に家庭

No	項目	概要
		用の漁業が営まれている。住民の中には、生計手段の一部、全てを失う者がいる可能性がある。
3	社会経済調査の実施 (用地取得・住民移転の規模・範囲)	将来的に、適切な調査が必要である。カンボジア国では、初期住民移転計画(IRAP)は MEF に登録されている会社によカンボジアにおける住民移転の実施にかかる通達(CircularMEF006_2014)”において説明されている。
4	財産の損失の補償、生活再建計画 (補償・支援の具体策)	今後、社会経済調査の結果に基づき適切に検討される必要がある。
5	移転先の開発計画 (補償・支援の具体策)	本プロジェクトでは、原則的に住民移転は回避するため、移転先については必要ではない。
6	苦情処理メカニズム	事業の規模が決定する将来の段階で配慮される必要がある。
7	実施体制	同上。
8	実施スケジュール	同上。
9	費用と財源	同上。
10	実施機関によるモニタリング体制、 モニタリングフォーム	同上。
11	住民協議	影響者に対する事前の情報公開が必要である。詳細については事業規模が決定する将来の段階で配慮される必要がある。

出典： 調査団

10.6.2 雨水排水に係る優先プロジェクトにおける住民移転に関わる状況

雨水排水に係る優先プロジェクトについて、今後の配慮が求められる現時点の住民移転に関連する状況を表 10.6.2 に示した。

表 10.6.2 雨水排水に係る優先プロジェクトにおける住民移転に関わる状況

	項目	概要
1	移転に関わる法的枠組み	住民移転に関連する法制度は第 2 章に記述した。本事業のための移転の枠組みはまだ構築されていない。
2	用地取得・住民移転の必要性	ボックスカルバート、ポンプ場および調整池の新設は追加的な用地取得が必要となる可能性があり、また市街地部では移転を伴う可能性がある(M/P 段階で約 40 家屋が想定されている)。優先プロジェクトの排水区下流の Phum Mor 水路等の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している(Phum Mor 水路の 217 通りの橋までの区間約 1 km で約 100 軒(戸)の構造物が近接している)。排水区の水/排水の改善の際には、適切な調査に基づき下流域の住民の影響を回避/最小化する必要がある。本プロジェクトでは、それら既存水路周辺に居住する住民移転を伴う可能性がある。
3	社会経済調査の実施 (用地取得・住民移転の規模・範囲)	将来的に、適切な調査が必要である。カンボジア国では、初期住民移転計画(IRAP)は MEF に登録されている会社によって実施されている。手続きについては、2014 年の MEF の開発事業における住民移転の実施にかかる通達(CircularMEF006_2014)”において説明されている。
4	財産の損失の補償、生活再建計画 (補償・支援の具体策)	今後、社会経済調査の結果に基づき適切に検討される必要がある。
5	移転先の開発計画 (補償・支援の具体策)	同上
6	苦情処理メカニズム	事業の規模が決定する将来の段階で配慮される必要がある。
7	実施体制	同上
8	実施スケジュール	同上
9	費用と財源	同上
10	実施機関によるモニタリング体制、 モニタリングフォーム	同上
11	住民協議	影響者に対する事前の情報公開が必要である。詳細については事業規模が決定する将来の段階で配慮される必要がある。。

出典： 調査団

10.6.3 汚水対策および雨水排水マスタープランの優先事業における住民移転に関わる配慮

JICA によって支援される事業の場合、JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010)に沿った適切な環境社会配慮が必要である。

汚水対策および雨水排水 M/P において、不法居住者/占拠者への補償スキームが必要となる可能性がある。実際の状況については、プロジェクトのスキームが決定される今後の段階で確認される必要がある。Cheng Aek 湖の場合、国家公有地に指定された地域ではあるものの、多くの住民が居住している。そのため、社会経済調査において、彼らの土地利用、居住の状況を明確にする必要がある。一方、既存の排水路が通過していると思われる地域であっても、いくつもの構造物が見受けられる。よって、行政と民間との不合理な紛争を避ける意味でも、土地のタイトル、所有権、借地件等の確認を合法的に慎重にまた平和的に行う必要がある。

プノンペン都における国家公有地における占拠/住民移転に関わる補償を取り扱った事例はいくつかある。このうち、道路開発プロジェクトでは、住民居住地に、国家が道路の ROW を指定し、状況に応じて、構造物、財産に対して補償を行った。しかしながら、状況は確実に解決されず、プロジェクトの終了後であっても、時として住民は ROW 内に留まっている。表 10.6.3 に、円借款事業である国道 5 号線の住民移転計画(RAP)において分析された JICA ガイドラインとカンボジアの移転にかかる法制度の乖離状況を示す。カンボジア国の制度では特に位置付けがない非正規の居住者に対しても適正に補償がなされている。

表 10.6.3 カンボジア国の法制度と JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010)の乖離状況

No.	項目	JICA ガイドラインにおけるポリシー	カンボジア国における法律/規則 (公式に施行済のもの)	対応策
1	社会的弱者への支援システム	弱者に対する適切な配慮が必要である。	ソーシャルランドコンセッションの副法令では、非自発的住民移転の関連で土地を失ったものを含む土地なしの住民や家族に民間公有地(Private State Land)を割り当てることを規定している。	収入回復計画(IRP)と弱者に対する支援を影響者の希望に応じて準備する。
2	生活水準の回復ならびに改善の支援	事業影響住民の生活水準および収入機会ならびに生産レベルを最低でも事業開始前のレベルまで改善しなければならない。	政府は、特に明確な影響世帯の生計回復の明確なポリシーまたは手続きを有していない。	収入回復計画(IRP)に影響者の希望に応じて準備する。
3	RAPの計画および実施における住民参加	計画や実施、非自発的住民移転のモニタリング、生計損失したに対する緩和策への影響住民、集落の適切な参加の推進。	収用法(16条)において、受給資格の調査の実施、具体的かつ簡潔な情報を提供し、すべてのステークホルダーからの提案されたプロジェクトへの意見聴取のためパブリックコンサルテーション開催をしなければならないこと、またそれらのスケジュール設定のための関係者への詳細な聞き取りしなければならないことが明確に記載されている。	JICA環境ガイドラインと収用法に基づき、ステークホルダー会議と影響世帯への聞き取りを実施する。
4	用地取得に対する再取得価格による補償	損失資産に対する補償は再取得価格および現在の市場価格による全額を意味する再取得価格による事前の補償が行われる。	所有者または不動産の実際の権利所有者に支払われる補償額は収用事業の宣言が為された日の市場価格または再取得価格に基づいている(収用法22条)。	影響世帯は、再取得価格によって補償される。再取得価格は移転実施の直前に行われる詳細測定調査(Detailed Measurement Survey)に基づき計算される。

No.	項目	JICA ガイドラインにおけるポリシー	カンボジア国における法律/規則 (公式に施行済のもの)	対応策
5	カットオフデート前に居住するプロジェクトの影響世帯	非自発的に移住する住民および生計手段を損失、喪失する者は事業実施者によって適切な時期に十分に補償または支援されなければならない	土地法(2001)の下、ROWまたは公共資産を占有した者はいかなる補償または社会的な支援を受けられない。	カットオフデート時にプロジェクトの影響地域(国家公有地を含む)に居住する影響世帯の支援は行われる(土地を除く、資産に対する補償は再取得価格であり、土地なしの影響世帯に対しては移転先を準備する)。
6	苦情処理メカニズム	苦情処理のシステムは構築され、適切に機能されなければならない。	苦情処理のシステムは収用法において規定されている。しかしながら、公共インフラ事業での除外条項がある。	苦情処理メカニズムが構築される。

出典: Preparatory Survey for National Road No.5 Improvement Project/Middle Section: - from Thlea Ma'am to Battambang - from Sri Sophorn to Poipet, MPWT, JICA (2014) (JICA 公開情報より)

10.7 結論と提言

本調査では、プレFS段階における入手可能な二次資料に基づくIEEレベルの予備的な環境影響調査を行った。事業の進捗により、今後より詳細な調査が必要である。ここでは、カンボジア国におけるフルEIA(FEIA)実施と住民移転用地取得(LARAP)にかかるTOR案を参考として示す。カンボジア国では、事業にかかる環境調査はMOEに登録している業者によって行われる必要があり、また初期住民移転計画はMEFに登録している業者によって行われる必要がある。

10.7.1 環境アセスメント(FEIA)のTOR案

環境アセスメント(FEIA)のTOR案を表10.7.1に示す。

表 10.7.1 フルEIA(FEIA)の暫定的TOR

項目	必要となる内容	情報源および手法
1 序言	<ul style="list-style-type: none"> 事業概要: 事業背景の概略、事業の理由、事業地の概要 EIAレポートの目的 手法および調査の目的: 必要な情報、情報収集手法、情報分析。FEIA(Full EIA)レポートの場合は、事業実施者は詳細な調査手法を新たな章で記述。 	事業背景ならびにプロジェクト情報の更新
2 法的枠組み	事業に関する法律、法令および政策の記述。	- 適用される法制度の更新
3 事業内容	事業の背景、事業実施者の経験、事業地、事業の種類、目的、事業行為の時間、事業行為の実施計画等の詳細記述: 1) 使用される資材の供給源および数量、2) 必要となる機材、3) 必要となる国内外の労働力、4) 最終生産物の量、5) 収入および支出、6) 事業の生産チェーン、7) 一般廃棄物管理計画等	- プロジェクト情報の更新
4 環境資源の内容	事業地および周辺の自然環境および社会経済環境資源に係る記述(一次および二次データ): <ul style="list-style-type: none"> 自然環境資源 <ul style="list-style-type: none"> 物理的資源 <ul style="list-style-type: none"> 土壌: 地質、土壌/地形、土質、土壌侵食および堆積(地震および地質) 気象: 気温、降雨量、風速と大気の状態、大気圧、風向、湿度 大気質(事業区域における大気分析)、騒音、振動等 水文学: 表流水・地下水の量および水質、流量および流況等 生物的資源 <ul style="list-style-type: none"> 森林: 森林面積、樹種、森林型 	<ul style="list-style-type: none"> - 流況を確保するための水文学的考察 - ベースラインとしての水質調査 - 交通状況の確認 - 事業実施地の生物学的特徴の確認-影響住民の社会経済調査

	項目	必要となる内容	情報源および手法
		<ul style="list-style-type: none"> 動物種、希少種、絶滅危惧種および渡り鳥等の移動 生息域 生物多様性および生態系 湿地システム(関係地区) - 社会・経済資源 <ul style="list-style-type: none"> 人口統計および居住地 経済的状況(雇用と収入) 土地利用 水利用 電力利用 インフラストラクチャー 教育 公共保健 文化遺産、歴史的建造物、古刹、仏塔、習慣/伝統、少数民族、先住民 観光地 	
5	住民参加	パブリックコンサルテーションの報告書 <ul style="list-style-type: none"> - 序言 - パブリックコンサルテーションの実施 <ul style="list-style-type: none"> 自治体、集落への開発事業に係る情報公開 関係省庁、地方自治体からのコメント 関係 NGO からのコメント 影響住民へのコンサルテーション - パブリックコンサルテーションの結果および結論 	パブリックコンサルテーション会議の実施記録
6	環境影響および緩和策	プロジェクト活動に伴う正負の環境および社会経済への影響の記述：事業運用前の影響(計画/建設)、運用時の影響および緩和策 <ul style="list-style-type: none"> - 計画・建設・運用段階の環境および社会経済への負の影響の記述 - 負の影響と緩和策の要約表 - 累積的な影響 - 環境および社会経済への正の影響の記述 	調査結果に基づく評価
7	環境管理計画	環境への影響を最小限にするため、関連機関と密接に協力しつつ、実施機関が対処する影響、技術スタッフが配置された事務所および予算、適正な機材、環境モニタリングの手法とスケジュール、環境管理計画についての記述 <ul style="list-style-type: none"> - 主要な負の環境影響と緩和策 - 提供される訓練 - 建設・運用・終了段階におけるモニタリング計画、 <ul style="list-style-type: none"> 事業のモニタリングの調整機関 モニタリング項目の確定 モニタリングの手法 モニタリングに係る基準 スケジュール、頻度 セルフモニタリングの結果の評価 MOE および関係機関に提出する 4 半期報告書の作成 	調査結果に基づく適切な環境管理計画の作成
8	経済分析	プロジェクトスコープとプロジェクトによる環境損失の価値の比較による事業の便益の記述	調査結果に基づく評価
9	結論および提言	物理的、生物学的および社会経済的な影響を最小限にする環境影響評価の結論	調査結果に基づく評価

出典: JICA Study Team based on the Declaration on General Guideline for Conducting Initial and Full Environmental Impact Assessment Reports (MOE, 2009, No. 376 BRK.BST)

10.7.2 住民移転および用地取得計画(LARAP)調査のTOR案

住民移転および用地取得計画(LARAP)調査のTOR案を表10.7.2に示す。

表 10.7.2 住民移転及び用地取得計画(LARAP)の暫定的TOR

項目	内容	備考
1. 序言	<ul style="list-style-type: none"> - 事業概要 - 事業のための移転計画 - 定義 	

項目	内容	備考
2. 社会経済的な特徴と影響の記述	<ul style="list-style-type: none"> - 対象地 - センサスおよびベースライン調査 - 影響住民の社会経済的特徴 - 事業の影響 - 移転の必要性 	全影響者の人口センサスとその 20%以上の社会経済調査
3. 適格性と法的枠組み	<ul style="list-style-type: none"> - カットオフデートについて - 適格性 - 合法的、非合法的影響住民 - 関連法規 	
4. 補償方針と受給資格	<ul style="list-style-type: none"> - 移転の目的 - 移転の原則 - 補償、移転および生計回復の受給資格 - 特別手当 	
5. 住民参加	<ul style="list-style-type: none"> - パブリックコンサルテーションの目的 - 公的な情報の公開 - 住民参加 - 住民移転における住民参加 - 実施中、実施後のモニタリングへの住民の参加 - 苦情処理手続き 	影響者へのパブリックコンサルテーション(最低 2 回)
6. 実施体制	<ul style="list-style-type: none"> - 住民移転の体制 - 外部モニタリング - 住民移転と生計回復に係る実施機関の能力 	
7. 住民移転費用と財源	<ul style="list-style-type: none"> - 財源に係る手続き - 実施、管理および予備費用 - 費用の推定単価 	
8. 実施スケジュール	<ul style="list-style-type: none"> - 実施前の活動 - 住民移転の活動 	
9. モニタリングと評価	<ul style="list-style-type: none"> - 内部モニタリング - 外部モニタリング - 実施後の評価調査 - モニタリング、評価調査報告書 	

出典: JICA Study Team based on JICA Environmental and Social Consideration Guideline (2010); Basic Resettlement Procedure, MEF (2012); Preparatory Survey for National Road No.5 Improvement Project/Middle Section: - from Thlea Ma'am to Battambang - from Sri Sophorn to Poipet, MPWT, JICA (2014)

第11章 結論と提言

11.1 結論

11.1.1 汚水対策

汚水対策分野については、まず、構造物対策として、プノンペン都を3つのエリア(Cheung Aek 処理区、Tamok 処理区およびその他の区域)に分けて検討を行い、2035年を目標年次とするオフサイトおよびオンサイト処理の導入の比較検討を実施した。その結果、Cheung Aek 処理区については、オフサイト処理を採用することとし、標準活性汚泥法による運転を行う1箇所の終末処理場を計画した。汚水の排除方式は合流式とした。

Tamok 処理区については、オンサイト処理の採用を前提とする計画とし、適用する処理方式は浄化槽とした。その他の区域については、これまでプノンペン都にて多く採用がなされている腐敗槽の整備(腐敗槽を設置していない家屋およびピットラテリンを使用する家屋における腐敗槽の導入等)を推進していくものとし、それ以上の仕様を有する処理施設の導入は目標年次以降の課題とした。

一方、非構造物対策としては、プノンペン都では、現在のところ、汚水対策に係る組織および法制度が未整備であり、本格的な汚水対策事業を開始し、持続的な事業を展開していくためには、まず、段階的な組織および法制度の構築が不可欠であるものと考えた。よって、本調査においては、「小さく始めて大きく育てる」とのコンセプトに基づき、まずは、DPWT/PPCCのDirectorの直轄組織として、下水・排水M/Pプロジェクト推進室を設置し、その後、人材育成等を図りながら汚水対策事業を拡大しつつ、独立した下水道事業体を構築する段階的な組織および法制度の整備計画を提案することとした。

前述の事項を勘案し、汚水対策に係る段階的整備計画においては、まず、プノンペン都に汚水対策を司る組織および法制度を整備することと先決事項としつつ、構造物対策を漸進的に実施することとし、汚水対策の端緒となるCheung Aek 処理区において、3段階のフェーズ分けに先駆けて「準備事業」を計画し、これを優先プロジェクトと位置付けプレF/Sにて検討を行った。

今後、汚水対策に係る組織法制度の段階的な構築と本調査で提案した「準備事業」の実施をとおして、プノンペン都の汚水対策が円滑かつ持続的に実施されるものと考えられる。

11.1.2 雨水排水

雨水排水分野については、構造物対策として、既存の排水系統や既存施設を極力維持しながら、プノンペン都を25の排水区に分割し、2035年を目標年次とする、排水路、ポンプ場および雨水調整池から構成される雨水排水施設の整備を計画した。

非構造物対策のうち、組織および法制度面については、プノンペン都では既に、我が国による第一次から第三次に亘る「プノンペン都洪水防御・排水改善事業」等の実施をとおして、一定の組織の充実や事業実施能力の向上が認められている。しかしながら、プノンペン都内の都市域の拡大や急速な土地開発等により、今後、雨水排水施設の事業規模は飛躍的に増大するため、その規模に対応する組織の提案を行った。

プレF/Sについては、前述の25の排水区のうち、2015年4月から実施されている「第四次プノンペン都洪水防御・排水改善計画」における対象排水区を除く排水区のうち、緊急性および事業効果が最も高いと考えられたPochentog East排水区を対象として検討を実施した。

今後は、現在実施中の第四次無償資金協力事業の次に、Pochentog East 排水区等における事業を切れ目なく実施することで、急激な都市化による浸水被害が改善されていくものと考えられる。

11.2 提言

11.2.1 污水対策

污水対策分野に係る提言は、以下のとおりである。

- 本調査では、Cheung Aek 下水処理場において標準活性汚泥法の採用を結論し、それと同等の定量評価点を得た PTF については、大規模処理場での採用がないとの理由等から導入を見送った。しかしながら、今後、他国において PTF 施設の稼働実績が増えていくにつれ、大規模処理場での採用の可能性も検証されていくものと考えられる。よって、今後、Cheung Aek 下水処理場に適用する水処理方式の再評価の機会を設けることが考えられる。これは、無償および有償資金協力事業を問わず「質の高いインフラ投資」を目指す意味でも、検討の価値があるものと考えられる。
- 現在、プノンペン都では污水対策に係る組織および法制度がほとんど整備されていないことから、今後、本格的な污水対策事業を実施していくためには、質量ともに充実した組織および法制度の整備が不可欠である。この整備については、プノンペン都が、污水対策事業を管轄する MPWT とも協力して、他国からの支援も考慮に入れつつ、積極的に推進していく必要がある。

11.2.2 雨水排水

雨水排水分野に係る提言は、以下のとおりである。

- 現在、プノンペン都内では、大小を問わず数多くの土地開発が行われており、元来、雨水調整機能を有し、プノンペン都を浸水から守ってきた湿地および湖沼が急速に減少している。したがって、健全な都市の発展のために、プノンペン都は、開発行為による浸水被害の拡大を防止するため、本 M/P の計画内容を踏まえつつ、各種の開発行為の内容を厳しくチェックし、開発業者に対して、必要な雨水排水施設の設置を義務付けていく必要がある。
- 現在、プノンペン都内においては、排水路に不法投棄される大量のごみにより、特に雨季においては、排水機能への悪影響がみられる。このような状況を改善するために、プノンペン都は、「排水路はごみ箱ではないこと」、また「排水路にごみを捨てることは、浸水を誘発し結果的に自分の不利益につながること」等を市民に繰り返し訴え、啓蒙していく必要がある。

APPENDICES

Appendix 1 JICA 環境社会配慮ガイドラインと当該国の環境関連法令のかい離状況

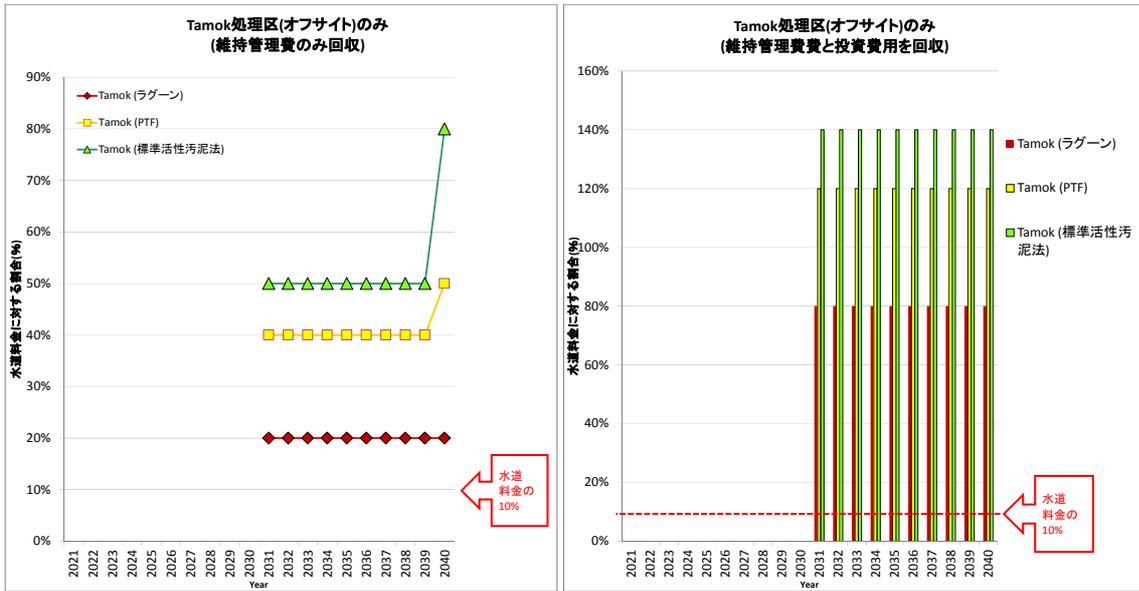
項目	JICA ガイドライン (対象プロジェクトに求められる環境社会配慮)	カンボジア国内の環境法制度	対応
1. 基本的事項	<p>1. 影響の回避・最小化をプロジェクト計画に反映する早期からの調査・検討</p> <p>2. 経済的、財政的、制度的、社会的および技術的分析との調和がとれた定量的、定性的な評価</p> <p>3. 重大な影響については、環境影響評価報告書での代替案や緩和策の提案</p> <p>4. 重大な影響については、必要に応じ、専門家等からなる委員会を設置</p>	<p>環境保全および自然資源管理法 1996 の 3 章では、以下が規定されている。</p> <p>1. 公共、民間の全ての事業ならびに活動は環境影響評価を実施しなければならない、また環境省によって承認され政府に提出されなければならない。</p> <p>2. 環境影響評価が必要な性質、規模については別途環境省の提案する副法令において定義される。</p>	<p>特に大きなかい離はない。</p> <p>下記の項目にあるとおり、対策の検討、影響のスコープ、事前の EIA 調査は確保されている。</p>
2. 対策の検討	<p>1. 影響の回避、最小限化、緩和のための複数の代替案の検討</p> <p>2. 環境管理計画、モニタリング計画など適切なフォローアップの計画や体制の構築</p>	<p>環境保全自然資源法、環境影響評価手続きの副法令、IEIA/FEIA 実施のための通達等では、代替案については特に記述されていない。IEIA/EIA 実施のガイドラインの通達の附表 1 の 7 章は、予算、組織体制、実施方法とモニタリングスケジュールを環境管理計画の記述の中で含んでいる。</p>	<p>調査の概要については、両ポリシーで類似しているが、マスタープランおよび優先プロジェクトの検討において代替案を提供する必要がある。</p>
3. 検討する影響のスコープ	<p>1. 人間の健康と安全への影響および自然環境への影響ならびに社会的影響を含む影響の調査・検討</p> <p>2. 派生的・二次的な影響、累積的影響、不可分一体の事業の影響を含む調査・検討</p>	<p>JICA ガイドラインにおいて提起されている人間の健康と安全への影響および自然環境への影響についてはカンボジアの制度の中でも一般的にカバーされている。</p> <p>IEIA/EIA の実施ガイドライン通達の附表 1 では、報告書に必要な情報が規定されており、それらは、物理的資源：土壌、気象、大気、水理 生物学的資源：森林、動物種、希少種、絶滅危惧種、渡り、生息地、生物多様性、生態系、湿地系、 社会経済資源：人口統計、居住地、経済的状況、土地利用、水利用、電気利用、インフラシステム、教育、公共保健、文化遺産、歴史的建造物、古刹、仏塔、習慣/伝統、少数民族、先住民族、観光地である。</p> <p>事業と不可分で派生的、二次的、累積的影響の評価については、特に記述はない。</p>	<p>特に大きなかい離はない。</p> <p>環境調査の内容や時期等の原則的な考え方は JICA 環境ガイドラインに合致した形でカバーされているものの、SEA の適用については特にカンボジアの法令において記述がない。</p> <p>調査では、SEA の説明を通して、関係機関に対し早期段階での環境社会配慮を促すようにする。</p>

項目	JICA ガイドライン (対象プロジェクトに求められる環境社会配慮)	カンボジア国内の環境法制度	対応
4. 法令、基準、計画等との整合	<ol style="list-style-type: none"> 1. 当該国の環境社会配慮に関する法令、基準、政策、計画等の順守 2. 自然保護や文化遺産保護のために特に指定した地域の外での事業実施 	<p>保護区法(2008)において、すべての種類の公共インフラ施設建設のための保護区内、コアゾーンや保全ゾーンでの伐開、整地は厳重に禁止する(36条)。</p> <p>これらの行為は、持続可能な利用ゾーンまたはコミュニティーゾーンに限り、環境省の依頼によりカンボジア国政府の承認を受けたもののみ可能となる(36条)。</p> <p>また、44条では、環境への負の影響を最小限に抑え、保護区域の管理目的を達成するため環境社会影響評価が、保護区域また保護区域界の隣接地における、すべての提案および開発投資に求められる。</p> <p>環境社会配慮影響評価の手続きは環境社会配慮影響評価関連規定の順守が求められている。</p>	特に大きな離はない。
5. 社会的合意	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社会的に適切な方法での適切な調整。重大な影響の場合、早期の段階で情報公開の上でステークホルダーとの協議を経て、プロジェクト計画に反映 2. 社会的な弱者についての配慮 	<p>住民参加は、IEIA/EIA 実施のためのガイドライン通達の附表 1 における EIA 報告書の重要項目のひとつとされている。</p>	特に大きな離はない。
6. 生態系および生物相	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重要な自然生息地または重要な森林の著しい変化または著しい劣化の回避 2. 森林の違法伐採の回避 	<p>生物学的特質は、IEIA/EIA 実施のためのガイドライン通達の附表 1 の 4.1.2 生物学的資源(森林：森林地域、樹種、森林型、動物種、希少種、絶滅危惧種、渡り、生息地、生物多様性、生態系、湿地)において記述されている。</p>	特に大きな離はない。
7. 非自発的住民移転	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非自発的住民移転の回避、最小化 2. 適切な時期に与えられる十分な補償および支援 3. 苦情に対する処理メカニズムが整備され、影響を受ける人々やコミュニティーの適切な参加による住民移転計画の立案、実施、モニタリング 4. 大規模非自発的住民移転が発生する際の、影響を受ける人々が理解できる手法による住民移転計画の事前公開(世界銀行のセーフガードポリシーの OP4.12 Annex A に準拠) 	<p>環境保全法、EIA 手続きの副法令、IEIA/FEIA 実施のためのガイドライン等の EIA 関連法令では特に住民移転の回避、最小化は記述されていない。</p> <p>しかしながら、当該国における住民移転や用地取得の手続きは強化され充実が図られている。</p> <p>影響の最小化は一般的に公共のプロジェクト、特に国際的ドナーが資金源となる場合は考慮されている。</p>	特に大きな離はない。しかしながら、カンボジアにおける居住環境は、特に土地所有/利用に関して、複雑である。今後の段階で、適切な調査の提案が必要である。

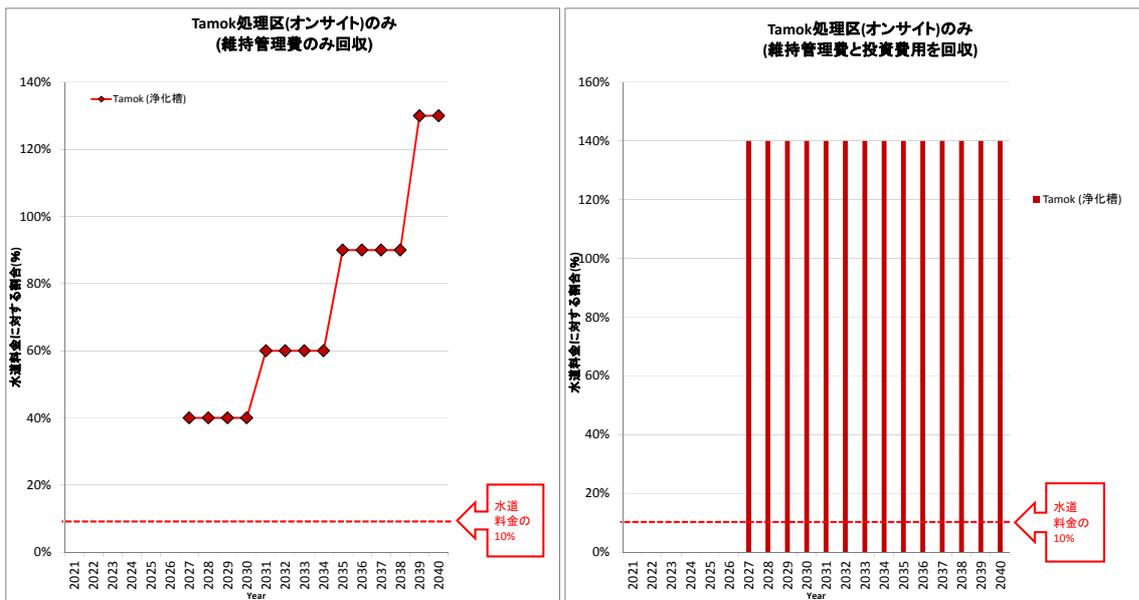
項目	JICA ガイドライン（対象プロジェクトに求められる環境社会配慮）	カンボジア国内の環境法制度	対応
8. 先住民族	1. プロジェクトが先住民族に及ぼす影響の回避と最小化 2. 先住民族の諸権利が尊重され、十分な情報提供による自由な事前の協議を通じた合意 3. 当該先住民族が理解できる手法による先住民族のための対策(世界銀行のセーフガードポリシーのOP4.10 Annex B に準拠)	コミュニティによる用地取得は土地法において記述されている。 また、IEIA/EIA 実施ガイドラインにおいて、先住民族の状況は“習慣/伝統、少数民族または先住民族”として EIA レポートに含まなければならない。	特に大きなかい離はない。しかしながら、カンボジアにおける居住環境は、特に土地所有/利用に関して、複雑である。上記同様、今後の段階で、適切な調査の提案が必要である。
9. モニタリング	1. 事前に計画された緩和策、予測が困難であった事態の有無の適切なモニタリング 2. 実行可能性のあるモニタリング計画を含むプロジェクト計画策定 3. 現地ステークホルダーを配慮したモニタリング手続き 4. ステークホルダーの十分な参加による公開での協議・検討機会を通じた問題解決	環境保全法、EIA 手続きの副法令、IEIA/FEIA 実施のためのガイドライン等の EIA 関連法令では特にモニタリング実施や住民参加の詳細についての記述はない。 モニタリング計画は、IEIA/FEIA 実施のためのガイドラインの附表 1 において環境管理計画(EMP)に含まれるべき事項となっている。	特に大きなかい離はない。モニタリング活動を策定するための適切な調査を提案する。

出典：JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010), Preah Reach Kram/NS-PKM-1296/36, 1996, Law on Environmental Protection and Natural resource Management, 1996 (18 November 1996), No. 72 ANRK.BK, 1999, Anukret (Sub-decree) on Environmental Impact Assessment (EIA) Process (11 August 1999) and No. 376 BRK.BST, 2009 Prakas (Declaration) on General Guideline for conducting IEIA/EIA Reports,2009.

Appendix 2 Tamok 処理区のみで維持管理費および投資費用を回収する場合の検討



オフサイト処理の場合



オンサイト処理の場合

Appendix 3 負荷量削減量の試算結果(2015年)

1. Population

	Area (ha)	2015
Cheung Aek	4,701.9	895,951
Tamok	6,019.2	341,175
Other area	57,124.9	615,074
Total	67,846.0	1,852,200

2. Sewage Generation Per Capita Per Day

[Cheung Aek and Tamok]						L/capita/day	
	Domestic	Commercial	Industrial	Total	Generation rate	Generation	
Daily average	107	64	7	178	85%	150	
Daily max	118	71	7	196	85%	165	
Hourly max	176	104	14	294	85%	250	

[Other Area]						L/capita/day	
	Domestic	Commercial	Industrial	Total	Generation rate	Generation	
Daily average	74	44	5	123	80%	100	
Daily max	81	49	5	135	80%	110	
Hourly max	122	71	10	203	80%	165	

3. Unit BOD Load and BOD Concentration of Industrial Wastewater discharged to Sewer

Unit BOD load from domestic and commercial use

- Cheung Aek and Tamok 45 g/capita/day
- Other Area 32 g/capita/day

BOD concentration of industrial wastewater discharged to sewer 80 mg/L

4. BOD Load generation

	Population	Unit BOD load (g/capita/day)	BOD generation from domestic and commercial use (kg/day)..(a)	Industrial wastewater generation (L/capita/day)	BOD of industrial wastewater (mg/L)	BOD generation from domestic and industrial use (kg/day)..(b)	BOD generation (kg/day) (=(a)+(b))	BOD generation (t/day)
Cheung Aek	895,951	45	40,318	7	80	426	40,744	40.7
Tamok	341,175	45	15,353	7	80	162	15,515	15.5
Other area	615,074	32	19,682	5	80	197	19,879	19.9
Total	1,852,200		75,353			785	76,138	76.1

5. BOD Load after Treatment (Treatment by Present Sanitary Facilities)

	BOD generation (kg/day)..(c)	Removal rate (%)..(d)	BOD load after treatment (kg/day) (=(c)×(100-(d))/100))	BOD generation (t/day)
Cheung Aek	40,744	20%	32,595	32.6
Tamok	15,515	20%	12,412	12.4
Other area	19,879	20%	15,903	15.9
Total	76,138		60,910	60.9

Appendix 4 負荷量削減量の試算結果(2035年)

1. Population

	Area (ha)	2035
Cheung Aek	4,701.9	1,093,155
Tamok	6,019.2	481,423
Other area	57,124.9	1,292,522
Total	67,846.0	2,867,100

2. Sewage Generation Per Capita Per Day

					L/capita/day	
	Domestic	Commercial	Industrial	Total	Generation rate	Generation
Daily average	150	80	10	240	85%	205
Daily max	160	95	10	265	85%	225
Hourly max	240	140	20	400	85%	340

[Other Area]

					L/capita/day	
	Domestic	Commercial	Industrial	Total	Generation rate	Generation
Daily average	105	65	5	175	80%	140
Daily max	115	75	5	195	80%	160
Hourly max	175	110	10	295	80%	240

3. Sewage Generation (Daily average)

[Cheung Aek]				m ³ /day	
	Sewage	Groundwater	Total		Rounded
Cheung Aek	224,097	35,264	259,361		260,000
Tamok	98,692	15,652	114,344		115,000
Other area	180,953	0	180,953		181,000

4. Unit BOD Load and BOD Concentration of Industrial Wastewater discharged to Sewer

Unit BOD load from domestic and commercial use

- Cheung Aek and Tamok 45 g/capita/day
- Other Area 32 g/capita/day

BOD concentration of industrial wastewater discharged to sewer

80 mg/L

5. BOD Load generation

	Population	Unit BOD load (g/capita/day)	BOD generation from domestic and commercial use (kg/day)..(a)	Industrial wastewater generation (L/capita/day)	BOD of industrial wastewater (mg/L)	BOD generation from domestic and industrial use (kg/day)..(b)	BOD generation (kg/day) (=(a)+(b))	BOD generation (t/day)
Cheung Aek	1,093,155	45	49,192	10	80	743	49,935	49.9
Tamok	481,423	45	21,664	10	80	327	21,991	22.0
Other area	1,292,522	32	41,361	5	80	414	41,775	41.9
Total	2,867,100		112,217			1,484	113,701	113.8

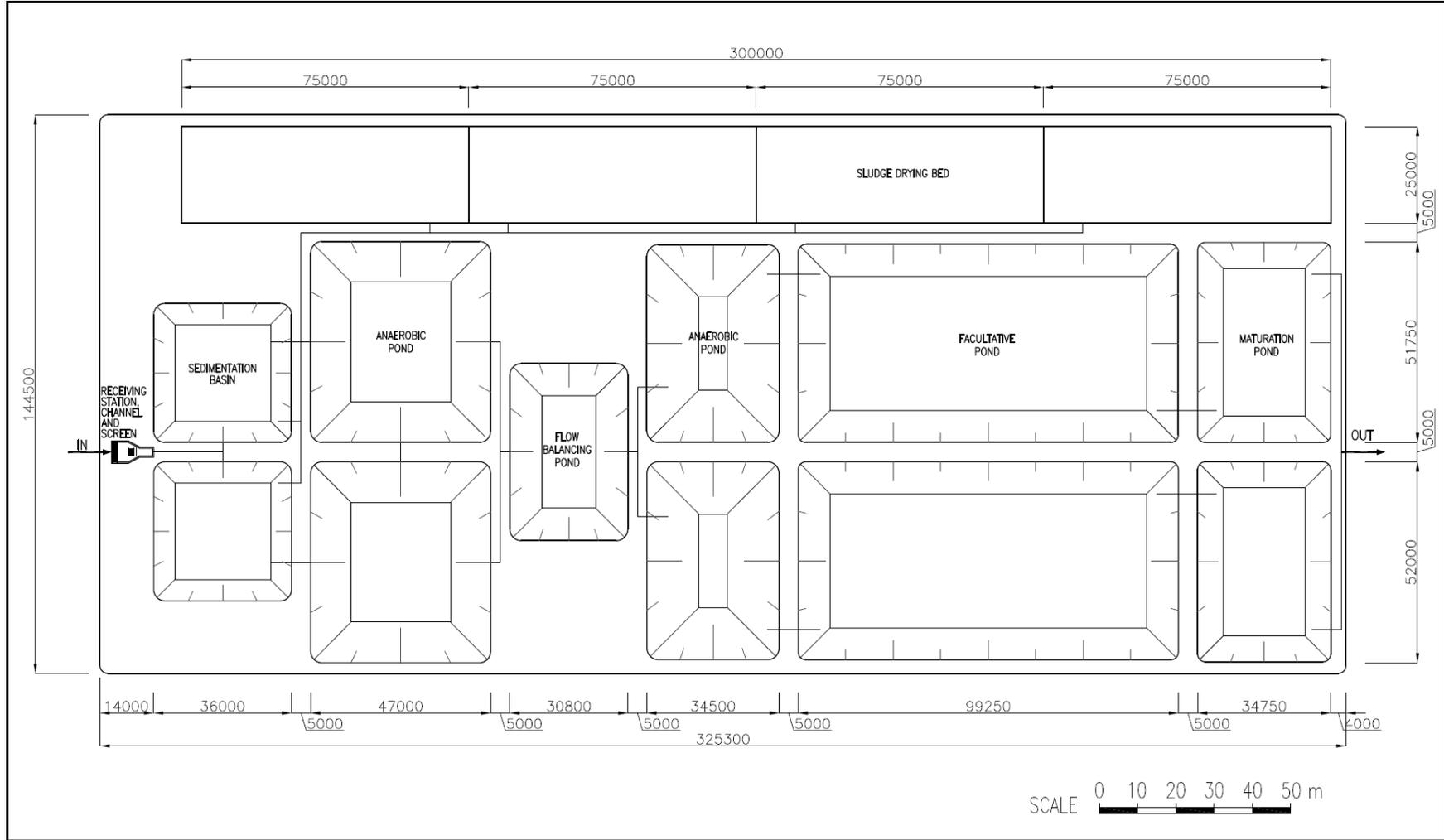
6. BOD Load without Project

	BOD generation (kg/day)..(c)	Removal rate (%)..(d)	BOD load after treatment (kg/day) (=(c)×(100-(d))/100)	BOD generation (t/day)
Cheung Aek	49,935	20%	39,948	39.9
Tamok	21,991	20%	17,593	17.6
Other area	41,775	20%	33,420	33.5
Total	113,701		90,961	91.0

7. BOD Load with Projects (Alternative 1 = Alternative 2)

	BOD generation (kg/day)..(c)	Inflow (m ³ /day)	BOD in (mg/l)	BOD out (mg/l)	BOD load out (kg/day)	BOD generation (t/day)	Remarks
Cheung Aek	49,935	260,000	192	30	7,800	7.8	
Tamok	21,991	115,000	191	30	3,450	3.5	
Other area	41,775	181,000	231	139	25,159	25.2	Removal rate 40%
Total	113,701				36,409	36.5	

Appendix 5 腐敗槽および浄化槽汚泥処理施設の平面図



Appendix 6 マスタープラン策定段階における汚水対策事業のスコーピング(2015年5月)

分類	No.	環境区分	影響の状況	評定
社会環境	1	非自発的住民移転	<p>計画段階・建設段階: 市街地の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。既存水路の改修の際には、計画の段階の適切な調査に基づき住民への影響を回避/最小化する必要がある。</p> <p>計画段階・建設段階: Cheung Aek 湖のエリアでは、高床式の構造物が複数存在し、住民が常時または一時的に居住している可能性がある。計画段階では、それら住民に対する影響を回避する必要がある。汚水処理施設が計画されている Cheung Aek 湖および Tamok 湖は農業および家庭消費のための漁業に利用されている。一部の住民はその生計手段の一部またはすべてを失う可能性がある。</p> <p>計画段階・建設段階: 新たなポンプ場の建設は追加的な用地取得が必要となる可能性があり、また都市部では移転が伴う可能性がある。</p>	C-
	2	地域経済活動	<p>計画段階・建設段階: 貧困世帯が含まれる可能性がある湿地内の居住住民が、生計の一部またはすべてを失う影響、移転/土地を失う等の影響を受ける可能性がある。その際には、移転計画や生計回復計画のような支援プログラムが必要となる。</p> <p>建設段階: 建設工事を伴う事業実施により労働機会の増加が期待される。</p>	C-
	3	土地利用	<p>計画段階・建設段階: 汚水処理施設の建設に伴い、地域住民が農業や漁業に利用している水域/湿地が埋め立てられることから、埋め立てによる影響を回避、最小化する必要がある。完全に回避できない場合は、地域の社会経済調査に基づいた適切な補償が必要である。</p>	B-
	4	社会関係資本	<p>計画段階・建設段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等の他の土地利用に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。問題を回避するために、実施主体による住民への適切な情報公開が実際の計画段階で必要となる可能性がある。</p>	B-
	5	既存の社会インフラや社会サービス	<p>建設段階: 管渠は既存の道路の下に敷設するよう計画されている。敷設作業に伴い、道路交通への障害発生可能性がある。</p> <p>都では、多くの道路改修工事が実施されている。影響を低減させるため、道路改修工事との適切な調整が期待される。</p>	B-
	6	社会的弱者(先住民、貧困家庭)	<p>計画段階・建設段階: 汚水施設のサイト選定においては、湿地の貧困家庭に対する特別な配慮が必要である。Cheung Aek 湖の地域では、高床式の構造物が複数存在し、住民が常時または一時的に居住している可能性がある。また、市街地の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。計画段階では、それら住民への影響および移転や用地取得を回避、最小化する必要がある。</p>	B-
	7	被害と便宜の不公平な分配	<p>計画段階: 事業は都の環境改善への貢献を目的にしているが、下水処理場候補地や既存水路では居住者がいる可能性がある。住民への影響は、計画段階における適切な調査に基づく現況を配慮し回避、最小化される必要がある。</p>	B-
	8	文化遺産	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	9	地域内の利害対立	<p>計画段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等とする多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。都政府は、現在、土地所有権の確定作業を行っている。事業地域に民有地が含まれる場合、土地所有権をめぐる問題発生可能性がある。</p>	B-
	10	水利用、水への権利・共通の権利	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	11	公衆衛生	運用段階: 事業により、都の現在の水環境改善が期待される。	A+
	12	災害、HIV/AIDS等の感染症	運用段階: 運用後、汚水対策および雨水排水事業を通して水に関する疾病リスクの低減が期待される。	A+
自然環境	13	地質、地理的特徴	建設段階: 建設段階において、湿地の埋め立てに伴ってある程度の地形的な変化が想定される。	B-
	14	地下水	運用段階: 下水処理場の運用により地下水の水質改善が期待される。	A+
	15	土壌浸食	建設段階: 地域は一般的に平坦であり、特に大規模な土壌侵食は想定されない。	B-

分類	No.	環境区分	影響の状況	評定
	16	水文学的状況	計画段階・建設段階: 事業は現在の水の流れに基づいて計画され、特に大規模な水利的な改変は想定されない。	B-
	17	沿岸(マングローブ・珊瑚礁・干潟)	沿岸部は事業区域に含まれていない。	D
	18	動植物、生態系	計画段階・建設段階: 国立公園、野生保護区、景観保護区、多目的利用区域等の法令で保護された地域は事業区域に含まれていない。 下水処理場候補地の Cheung Aek 湖 および Tamok 湖は、都の自然の汚水処理ラグーンとして機能している。水質の低下により、それらでは非常に低い生物多様性を有している可能性が高い。また、両地域は農業、家庭消費用の漁業に利用されている。 運用段階: 事業における水質改善を通じて、湖の生物学的価値が高まる可能性がある。	B-/ B+
	19	気象	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	20	景観	現時点で、特に影響は想定されない。	D
	21	地球温暖化	下水処理場候補地は流域の自然浄化池として機能しており、過剰な温暖化ガスの発生は想定されない。	D
	地盤	22	大気汚染	建設段階: 限られた地域ではあるが建設機械からの浮遊物質やガス排出が想定される。
23		水質汚濁	建設段階: 土工事に伴い、一時的に下流地域の水の濁度が上昇する可能性がある。	B-
24		土壌汚染	建設段階: 建設機械に使用する燃料、潤滑材、溶剤等の有機物質の偶発的な漏えいが土壌汚染の原因となる可能性がある。	B-
25		廃棄物	建設段階・運用段階: 建設中および運用段階において、事業主体は適切な廃棄物処理を行う必要がある(汚泥を含めて)。	B-
26		騒音・振動	建設段階: 建設機械の使用により騒音が発生する可能性がある。	B-
27		地盤沈下	土地改変、地下水使用は計画されていないため特に影響が想定されない。	D
28		悪臭	建設段階: 河床掘削や基礎工事等の河床のかく乱に伴い、悪臭が発生する可能性がある。 運用段階: 下水処理場の運用に伴い周辺地域での悪臭発生の可能性はある。下水処理場候補地である湿地は、プノンペン都の自然の汚水処理ラグーンとして機能している。既存水路やラグーン周辺の悪臭は下水処理場の運用とともに改善される可能性がある。	B-/ B+
29		底質	運用段階: 下水管の整備によって既存水路の底質が改善されること期待される。	A+
30	事故(交通事故)	建設段階: 重機等の使用が周辺の住民や労働者の交通事故の原因となる可能性がある。	B-	

評定の区分

- A-: 適切な対策が講じられない場合に、重大なインパクトが見込まれる。
 - B-: 適切な対策が講じられない場合に、多少のインパクトが見込まれる。
 - C-: 不明(検討をする必要があり、調査進行につれて明らかになる場合も十分に考慮に入れておくものとする)。
 - D: ほとんどインパクトは考えられない。
 - A+: 大きな事業効果や環境改善効果が見込まれる。
 - B+: ある程度の事業効果や環境改善効果が見込まれる。
- 出典: 調査団

Appendix 7 マスタープラン策定段階における雨水排水事業のスコーピング(2015年5月)

分類	No.	環境区分	影響の状況	評定
社会環境	1	非自発的住民移転	計画段階・建設段階: 市街地の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。約 900 から 1,000 個の構造物が潜在的な雨水排水の事業影響地域に存在している。既存水路の改修の際には、計画段階の適切な調査に基づき住民への影響を回避/最小化する必要がある。 計画段階・建設段階: ポンプ場の新設は追加的な用地取得が必要となる可能性があり、また都市部では移転が伴う可能性がある。また、既存のポンプ場の拡張は周辺住民への影響が想定される。	C-
	2	地域経済活動	計画段階・建設段階: 湿地、水路等の辺境地の住民の中には貧困世帯が含まれる可能性があり、それらの住民が生計の一部またはすべてを失う影響、移転/土地を失う等の影響を受ける可能性がある。その際には、移転計画や生計回復計画のような支援プログラムが必要となる。 運用段階: 排水施設の運用によって、洪水被害のリスクの減少が期待される。 計画段階・建設段階: 建設工事を伴う事業実施により労働機会の増加が期待される。	C-/ B+
	3	土地利用	運用段階: 排水施設の運用により洪水被害リスクの減少が期待される。	B+
	4	社会関係資本	計画段階・建設段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。問題を回避するために、実施主体による住民への適切な情報公開が実際の計画段階で必要となる可能性がある。	
	5	既存の社会インフラや社会サービス	建設段階: 管渠は既存の道路下に敷設するよう計画されている。敷設作業に伴い、道路交通への障害発生可能性がある。都では、多くの道路改修工事が実施されているため、それらへの影響を低減させるため、道路改修工事との適切な調整が期待される。 計画段階: 都では、多くの道路改修工事が実施されている。影響を低減させるため、道路改修工事との適切な調整が期待される。 運用段階: 排水システムの運用によって、雨季における都の交通環境の改善が期待される。	B-/ B+
	6	社会的弱者(先住民、貧困家庭)	計画段階・建設段階: 市街地の既存水路の周辺では、住民が近接して居住している。既存水路の改修の際には、計画の段階の適切な調査に基づき住民への影響を回避/最小化する必要がある。	C-
	7	被害と便宜の不公平な分配	現時点、特に影響は想定されない。	D
	8	文化遺産	現時点、特に影響は想定されない。	D
	9	地域内の利害対立	計画段階: 都では、湿地を住宅地や工業団地等に変更する多くの土地開発プロジェクトがある。それらに伴い洪水や土地利用の問題が生じている。都政府は、現在、土地所有権の確定作業を行っている。事業地域に民有地が含まれる場合、土地所有権をめぐる問題発生可能性がある。	B-
	10	水利用、水への権利・共通の権利	現時点、特に影響は想定されない。	D
	11	公衆衛生	運用段階: 事業により、都の現在の水環境改善が期待される。	A+
	12	災害、HIV/AIDS 等の感染症	運用段階: 運用後、汚水対策および雨水排水事業を通して水に関する疾病リスクの低減が期待される。	A+
自然環境	13	地質、地理的特徴	建設段階: 湿地の埋め立てに伴ってある程度の地形的な変化が想定される。	B-
	14	地下水	現時点、特に影響は想定されない。	D
	15	土壌浸食	地域は一般的に平坦であり、特に大規模な土壌侵食は想定されない。	D
	16	水文学的状況	事業は現在の水の流れに基づいて計画され、特に大規模な水利的な変化は想定されない。	B-
	17	沿岸(マングローブ・珊瑚礁・干潟)	沿岸部は事業区域に含まれていない。	D
	18	動植物、生態系	計画段階: 既存水路の改修および調整池改修/建設に伴って、水生植物の耕作地および養殖種の魚類の生息域が減少する可能性がある。国立公園、野	B-/ B+

分類	No.	環境区分	影響の状況	評定
			生保護区、景観保護区、多目的利用区域等の法令で保護された地域は事業区域に含まれていない。都のほとんどの既存水路や調整池は野生生物の生息には不向きなレベルで汚染が進んでいる。計画段階の調査において状況を確認する必要がある。	
	19	気象	現時点、特に影響は想定されない。	D
	20	景観	現時点、特に影響は想定されない。	D
	21	地球温暖化	現時点、特に影響は想定されない。	D
細目	22	大気汚染	建設段階: 限られた地域ではあるが建設機械からの浮遊物質やガス排出が想定される。	B-
	23	水質汚濁	建設段階: 土工事に伴い、一時的に下流地域の水の濁度が上昇する可能性がある。	B-
	24	土壌汚染	建設段階: 建設機械に使用する燃料、潤滑材、溶剤等の有機物質の偶発的な漏えいが土壌汚染の原因となる可能性がある。	B-
	25	廃棄物	建設段階・運用段階: 建設中および運用段階において、事業主体は適切な廃棄物処理を行う必要がある(汚泥を含めて)。	B-
	26	騒音・振動	建設段階: 建設機械の使用により騒音が発生する可能性がある。	B-
	27	地盤沈下	土地改変、地下水使用は計画されていないため特に影響が想定されない。	D
	28	悪臭	建設段階: 河床掘削や基礎工事等の河床のかく乱に伴い、悪臭が発生する可能性がある。	B-
	29	底質	運用段階: 既存水路において、改修された水流によって滞砂が減少する可能性がある。	B+
	30	事故(交通事故)	建設段階: 重機等の使用が周辺住民や労働者の交通事故の原因となる可能性がある。	B-

評定の区分

- A-: 適切な対策が講じられない場合に、重大なインパクトが見込まれる。
 - B-: 適切な対策が講じられない場合に、多少のインパクトが見込まれる。
 - C-: 不明(検討をする必要があり、調査進行につれて明らかになる場合も十分に考慮に入れておくものとする)。
 - D: ほとんどインパクトは考えられない。
 - A+: 大きな事業効果や環境改善効果が見込まれる。
 - B+: ある程度の事業効果や環境改善効果が見込まれる。
- 出典: 調査団

Appendix 8 第1回ワークショップの議事メモ

MEMORANDUM OF 1ST WORK SHOP
FOR
THE STUDY ON DRAINAGE AND SEWERAGE IMPROVEMENT PROJECT
IN PHNOM PENH METROPOLITAN AREA
IN KINGDOM OF CAMBODIA

This Work Shop was held on March 17, 2015 and chaired by H.E. Mr. Pa Socheatevong, Governor of Phnom Penh Capital City (PPCC), to present and share the progress of the Study, to have discussion on it in early stage of M/P, with attendants, consisting of stakeholders, donors as well as agencies concerned, as listed in the attachment. Results of discussion will be reflected in the M/P. The following are the major discussions.

1. H.E. Mr. Pa Socheatevong, Governor of PPCC, made opening remarks.
2. Mr. Uchida, Project Formulation Advisor, JICA Cambodia Office, made welcome address.
3. Mr. Hitoshi Shimokochi, Team Leader, Study Team, presented “Presentation for 1st Work Shop” which is comprised of results of basic study and strategy for formulating M/P.
4. Mr. Hem Sovinho, Board of Cambodian Engineering, pointed out that there is obligation to install septic tank in Cambodia but monitoring of septic tank installation is not functional. Strengthen of the monitoring is therefore essential in the stage of construction permit.
5. Mr. Phin Rady, Ministry of Environment (MOE), PPCC, asked that (i) water monitored at Kop Slov Pumping Station is drainage water or not, and (ii) how the Study Team project water use in 2035.
The Study Team answered that (i) the water is taken from drainage open channel, and (ii) the Team projected the amount of water use, assuming annual growth rate of 1.0, 1.5 and 2.0 percent and also comparing the computed results with actual water use of the neighboring countries as well as Japan.
6. Mr. Chiek Ang, Director, Department of Environment (DOE), pointed out that (i) sewage management law should be formulated as fast as possible, (ii) the sewage management law should clearly stipulate the responsibilities of central and provincial levels, and (iii) capacity development for DOE should be included.
7. Mr. Vong Pisith, Deputy General Manager, Ministry of Public Works and transport (MPWT), emphasized the importance of set-up and enforcement of legal and institutional framework, as well as responsibility of agencies concerned for sewage management, and capacity development for personnel of national and provincial level. He requested the Study Team to include the difference between central and provincial governments in responsibilities for sewage management.
8. Mr. Va Sothea, Director, Department of Economy and Finance, requested topographical condition and flow direction and velocity of surface water in PPCC.
The Study Team answered that topographical condition (distribution of elevation in PPCC) and vector of surface water is illustrated in Progress Report 1.

9. Mr. Eak Khum Moeun, Governor of Khan Tuol Kok, pointed out that drainage in Tuol Kok relied on the existing three drainage channels (Salang Drainage Channel, Open Channel of Tuol Kok Pumping Station 1 and Tuol Kok Pumping Station 2) and asked whether the drainage improvement M/P is formulated considering the three drainage channels.
The Study Team answered that the drainage improvement M/P is formulated considering the channels.
10. Mr. Sam Piseth, Director, Department of Public Works and Transport (DPWT), PPCC, made the following comments:
 - (1) Drainage improvement plan in Tuol Kok should be carefully formulated in consideration with the existing drainage channel network.
 - (2) At the construction permission stage, requirements for installation of septic tanks are to be clarified.
 - (3) Installation of Johkasou is one of good option in households in luxury area, considering the price ranging from about 2,000 USD to 3,000 USD per one unit.
 - (4) At present, the Study is in the initial stage of formulation of M/P; therefore, further discussion will be required.
11. H.E. Mr. Pa Sochatevong made closing remarks with the following comments and requests.
 - (1) The M/P is not completed and thus more discussion will be required to finalize it.
 - (2) Urbanization in the area such as Wat Punom North and Kop Srov Dike and deforestation in the surrounding area of city center, results in facilitation of stormwater runoff (due to increase in flow velocity). Drainage improvement will be required in the above areas.
 - (3) Rainfall of 30 to 40 mm/hr is acceptable considering the capacity of drainage network in Phnom Penh. However, rainfall of 70 to 80 mm/hr in general exceeds the capacity. In the city center, inundation decreases due to the implementation of drainage improvement projects granted by the Government of Japan.
 - (4) In Toul Kok area, filling up drainage channel becomes issue
 - (5) Technical staff in PPCC should study more about drainage and sewage management.
 - (6) We, people of Phnom Penh, should not sit still until the completion of M/P, but we have to start and make effort to address drainage issues by self-help such as excavating sludge accumulated in the drainage channels.
 - (7) It is essential to strengthen capacity of land management office and departments concerned in order to control land-use in Phnom Penh. Keeping records of reclamation and land development is the first step to control them.

(End)

Appendix 9 第2回ワークショップの議事メモ

MEMORANDUM OF 2ND WORKSHOP
FOR
THE STUDY ON DRAINAGE AND SEWERAGE IMPROVEMENT PROJECT
IN PHNOM PENH METROPOLITAN AREA
IN KINGDOM OF CAMBODIA

This Workshop was held on November 19, 2015, chaired by H.E. Ieng Aunny, Vice Governor of Phnom Penh Capital City (PPCC), to present and share the progress of the Study, including draft Master Plan (M/P) and priority projects for Pre-Feasibility Study (Pre-F/S) and the experiences of wastewater management in Kitakyushu City, and to have discussion on it with attendants, consisting of stakeholders, donors as well as agencies concerned, as listed in the attachment. Results of discussion will be reflected in the Draft Final Report (DF/R). The followings are the major discussions.

1. H.E. Ieng Aunny, Vice Governor of PPCC, made opening remarks and explained objectives of the Workshop.
2. Mr. Keiji Sasabe, CEO of CTI Engineering International Co., Ltd. and Co-Team Leader of the Study Team, made opening remarks.
3. Mr. Migifumi Jinno, Director of International Project Division, Water and Sewer Bureau, City of Kitakyushu, presented "City of Kitakyushu's Experience on Wastewater Management".
4. Mr. Hitoshi Shimokochi, Team Leader of the Study Team, presented "Presentation for 2nd Workshop" which outlines draft sewage management M/P and priority project for Pre-F/S.
Mr. Tsuyoshi Matsushita, Drainage Planning of the Study Team, presented draft drainage management M/P and priority project for Pre-F/S.
5. H.E. Ieng Aunny, emphasized as follows.
The condition of Kitakyushu city of 50 years ago is similar to current condition of Phnom Penh. We can learn many things from experiences of Kitakyushu City. Environmental-friendly living condition is the most important issue for the people. PPCC has to pay more attention to this issue.
6. Mr. Chou Kimtry, Deputy Director of Department of Public Works and Transport (DPWT), PPCC, commented as follows.
 - (1) Treatment efficiencies of each wastewater treatment method such as BOD, COD, TSS, etc. should be provided.
 - (2) Treatment method should be selected in consideration with technical and economic views.
 - (3) It is necessary to confirm the land owner of the proposed sites of treatment plant, pumping station and other facilities.
7. Mr. Puth Sorithy, Director of Department of Water Quality Management, Ministry of Environment (MOE), commented as follows.
 - (1) MOE has already established a new division for wastewater management, especially for regulating water quality. To set-up the new institution, we need to collaborate with PPCC. MOE is ready to work with the Study Team and PPCC.

- (2) There is a mistake in organization chart of MOE in page 283 in the Progress Report 2 (P/R2). I provide the correct one and request the Study Team to replace it.
8. Mr. Ly Saveth, Governor of Khan Sen Sok, PPCC, commented as follows.
 - (1) Wastewater from industrial area in Khan Po Senchey flows into drainage channels in Sen Sok Area, which is drained to Tamok Lake. How did you set a boundary of Tamok treatment area?
 - (2) Speed of urban development is too fast and population grows rapidly. Latest analysis data should be used in the Study.
 - (3) We should learn from the experiences on sewerage management in Kitakyushu City. Flood damage became smaller than that of 10 years before, because some drainage improvement projects have been implemented. However, I feel that environmental pollution has become serious, especially in Tamok Lake basin.
 9. Mr. Hitoshi Shimokochi, answered as follows.
 - (1) Boundary of treatment area has set considering geologic and topographic analysis, as well as land-use plan.
 - (2) We collected latest data and land use plan of Phnom Penh and performed analysis in the M/P.
 10. Mr. Nouv Saroeurn, DPWT/PPCC, commented as follows.
 - (1) We see the improvement of flooding. However, we still have inundation in the rainy season. We request JICA to provide more projects in all areas.
 - (2) Capacity development for the staff is very important.
 11. Mr. XXX, Private Sector, commented as follows.
 - (1) Wastewater management is very important,
 - (2) We need to place priority on improving living condition of the people.
 12. Mr. Keiji Sasabe, CEO of CTI Engineering International Co., Ltd. and Co-Team Leader of the Study Team, commented as follows.
 - (1) The Comments, opinions and suggestions from this Workshop will be reflected in the DF/R of this study.
 - (2) Most important things are the participation of the stakeholders and the people.
 13. H.E. Ieng Aunny, made closing remarks with the following comments and requests.
 - (1) To manage drainage and sewerage system in PPCC is a big challenge. This M/P has significant impact for the future of Phnom Penh. In addition, the M/P should be realistic and sustainable
 - (2) Implementation of the project after approval of the M/P is also important.

(End)

Appendix 10 第3回ワークショップの議事メモ

MEMORANDUM OF 3RD WORKSHOP
FOR
THE STUDY ON DRAINAGE AND SEWERAGE IMPROVEMENT PROJECT
IN PHNOM PENH METROPOLITAN AREA
IN KINGDOM OF CAMBODIA

This Workshop was held on September 15, 2016, chaired by H.E. Ieng Aunny, Vice Governor of Phnom Penh Capital City (PPCC), to present and share the progress of the Study, including draft Master Plan (M/P) and result of Pre-Feasibility Study (Pre-F/S), and to have discussion on it with attendants, consisting of stakeholders, donors as well as agencies concerned, as listed in the attachment. Results of discussion will be reflected in the Final Report (F/R). The followings are the major discussions.

1. Mr. Uchida, Project Formulation Advisor, JICA Cambodia Office, made welcome address.
2. H.E. Ieng Aunny, Vice Governor of PPCC, made opening remarks and explained objectives of the Workshop.
3. Mr. Hitoshi Shimokochi, Team Leader of the Study Team, presented “Presentation for Draft Final Report” which outlines draft sewage and drainage management M/P and study result of Pre-F/S.
4. Mr. Sok Chhay, ITC, commented as follows.
 - (1) How did you select the construction site of proposed Cheung Aek Sewage Treatment Plant (STP)? Are there alternate sites?
 - (2) How do you collect wastewater by applying combined sewer?
5. Mr. Cheam Phanin, Engineer, Urban Planner, Urbanization Direction of PPCH, commented as follows.
 - (1) Impact of climate change affects amount of water use and wastewater discharged in the future.
 - (2) Due to the construction of buildings, many swamps are reclaimed and alternative site for water reservoir decreases. Increase of pavement in urban area affects urban planning in terms of drainage management, preventing stormwater from infiltrating into underground in PPCC.
6. Mr. Meas Virya, ING Holding (Developer), commented as follows.
 - (1) How did you project population and estimate design flow to Cheung Aek STP?
 - (2) Disposal of sludge generated from STP is important. What is the expected quantity of sludge generated in Cheung Aek STP. How big is the area of proposed sludge disposal site?
7. Mr. Hiek Chan Leang, Khan, 7 Makara, commented as follows.
 - (1) How do you plan water reservoir in Chbar Ampov to prevent flooding since there is no master plan yet in the area.
 - (2) We request the M/P is shared as fast as possible because it is easy to control people not to live in the proposed facilities’ site. Once the people live in the site, it is not easy to relocate them.
8. Mr. Chou Kimtry, DPWT/PPCC, commented as follows.
 - (1) The Study Team selected on-site treatment (Johkasou) in Tamok treatment area. It is important to cultivate people’s incentive to install them in their houses because some people may be unwilling to install Johkasou in their houses.
 - (2) To show size and location of drainage facilities such as main canal proposed in the M/P, is important for future sound development in PPCC.

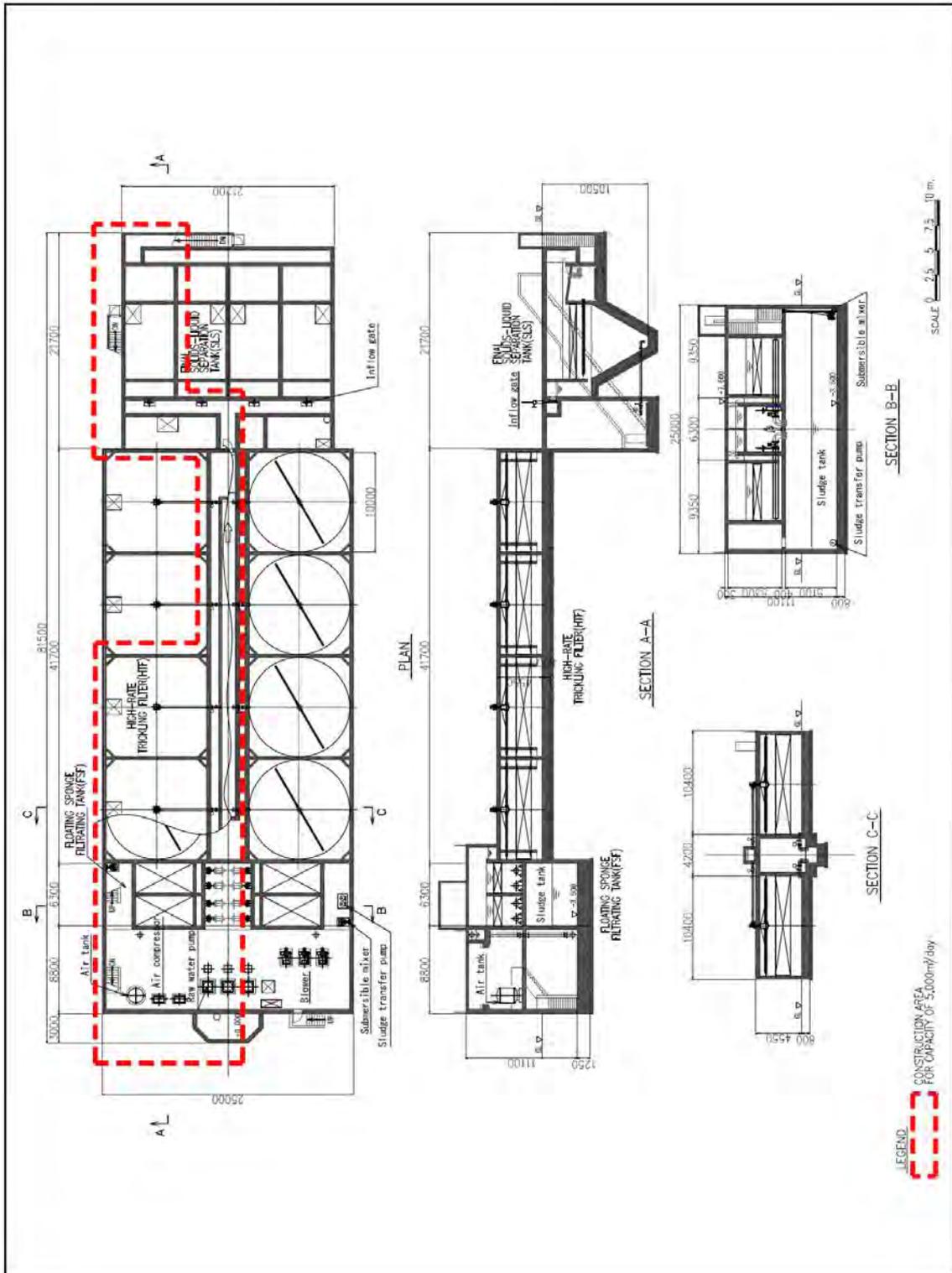
9. Mr. Hitoshi Shimokochi, answered the questions.
 - (1) Construction site of Cheung Aek STP is selected based on the candidate sites (Trabek Lake, Tumpun Lake and Cheung Aek Lake) proposed by PPCC. Out of the three candidates, Trabek and Tumpun Lakes were to be preserved in the previous M/P in 1999 and boundary of Cheung Aek Lake is clear. Therefore, Cheung Aek Lake is selected as the construction site of the STP.
 - (2) Trunk sewer in combined system is designed to intercept wastewater and to directly discharge stormwater to the open channels by the weir in the manholes of interceptor.
 - (3) In the M/P, population in each treatment area was determined, based on planning population for year 2035 projected in “The Project for Comprehensive Urban Transport Plan in Phnom Penh Capital City, JICA.
 - (4) Proposed sludge disposal site for the ultimate stage is 35 ha.
 - (5) The Study Team understands the concern that some people may be unwilling to install Johkasou in their individual houses. Therefore, the Study Team proposed two types of Johkasou, namely, individual and communal types. Installation of communal type Johkasou is preferable in the area where people are unwilling to install individual type.
 - (6) The Study Team plans to insert drawings to show size and location of drainage channels in the Supporting Report.
 - (7) In the development area, the developer should be responsible for solid waste dumping and drainage facilities installation in the area.
10. Mr. Chan Ratha, Peng Huot Real Estate Company, commented as follows.
 - (1) Decentralized sewage treatment system is applicable especially in the bounded residential development area.
11. Mr. Moeung Sophan, DPWT/PPCC, commented as follows.
 - (1) Please give coordinate for the proposed facilities, especially regulation pond, in the M/P to protect the proposed area. It cost a lot to buy back the land.
 - (2) Is existing septic tank replaced, if Johkasou is installed?
12. Mr. Hitoshi Shimokochi, answered the questions.
 - (1) Coordinates of proposed facilities in the M/P can be provided. Also, discussion with people around the proposed facilities’ site is essential for smooth implementation.
 - (2) Existing septic tanks are replaced when installing Johkasou. In the alternative study of on- and off-site treatment in Tamok area, the replacement cost of septic tanks is included in construction cost of Johkasou. Nevertheless, construction cost of on-site treatment applying Johkasou, is cheaper than that of off-site treatment.
13. Mr. Heng Nareth MOE, commented as follows.
 - (1) At present, MOE completes preparation of draft sub-decree on management of drainage and sewage in collaboration with MPWT.
 - (2) How is lifetime of the Johkasou? How often do we need to maintain Johkasou?
 - (3) In alternative study in Tamok treatment area on (i) off-site applying Conventional Activated Sludge Process (CASP) and (ii) on-site applying Johkasou, which treatment method is lower in consideration with initial cost and cumulated annual O&M cost up to year 2040?
14. Mr. Hitoshi Shimokochi, answered the questions.
 - (1) Lifetime of Johkasou is more than 50 years, based on experience in Japan.
 - (2) Frequency of O&M of Johkasou is 1 to 2 times per year.

- (3) Cost comparison of Tamok area, in terms of initial and cumulated annual O&M cost up to year 2040 in Tamok area, on-site (Johkasou) is lower than that of off-site (CASP) by 50 million USD.
15. H.E. Ieng Aunny made closing remarks with the following comments and requests.
- (1) To begin with, PPCC needs to establish technical and legal documents covering drainage and sewerage management to guarantee smooth implementation of the M/P.
 - (2) To implement the M/P, development of technical and legal documents and guidelines, covering land-use, environment and garbage management, are also indispensable.
 - (3) PPCC concerns about the condition of garbage dumping in drainage channels and prioritizes addressing the dumping step by step.
 - (4) Decentralized sewage treatment system is applicable to such development area as Chubar Ampov, where sewage management in some areas is urgent need.
 - (5) Control of land-use is essential to prevent people or developer from filling up the land, and not to cut and change direction of water flow, for preservation of land for installing proposed facilities and stormwater reservoir.
 - (6) To decrease loopholes in land-use regulation is also indispensable.

(End)

Appendix 11 プレF/S PTFを採用した場合の概略構造図

全体計画汚水量が 282,000 m³/日を、水処理施設 14 系列で処理するものとする。この場合、1 系列当りの処理水量は 20,200 m³/日となる。以下の図は、PTF を採用した水処理施設 1 系列(処理能力 :20,200m³/日)の概略構造図である。このうちの赤い点線部を建設すれば 5,000 m³/日分の処理施設を確保することが出来る。



PTF を採用した水処理施設 1 系列 (処理能力 : 20,200m³/日) の概略構造図

