

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

フィリピン国
マニラ首都圏及び周辺地域における
水資源開発計画に係る基礎情報収集調査
（水収支解析等）

ファイナル・レポート

平成25年3月
（2013年）

日本工営株式会社
国立大学法人 東京大学

環境
JR
13-055

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

フィリピン国
マニラ首都圏及び周辺地域における
水資源開発計画に係る基礎情報収集調査
（水収支解析等）

ファイナル・レポート

平成25年3月
（2013年）

日本工営株式会社
国立大学法人 東京大学



フィリピン国
マニラ首都圏及び周辺地域における
水資源開発計画に係る基礎情報収集調査
(水収支解析等)

ファイナルレポート

目次

調査対象地域位置図

本文目次

表リスト

図リスト

Annex リスト

略語集

本文目次

第1章	序論	1-1
1.1	調査の背景	1-1
1.2	調査の目的	1-2
1.3	調査対象地域	1-2
第2章	組織・制度	2-1
2.1	水分野に係わる法制度	2-1
2.1.1	憲法及び水法典	2-1
2.1.2	上水道	2-1
2.1.3	下水道	2-2
2.1.4	プロジェクトの実施	2-2
2.1.5	官民パートナーシップ (PPP)	2-2
2.2	水分野の関連組織	2-4
2.2.1	国家水資源委員会 (NWRB)	2-4
2.2.2	公共事業道路省 (DPWH)	2-4
2.2.3	環境天然資源省 (DENR)	2-5
2.2.4	国家経済開発庁 (NEDA)	2-5
2.2.5	国家灌漑管理公社 (NIA)	2-6
2.2.6	国家電力公社 (NPC)	2-6
2.2.7	マニラ首都圏上下水道公社 (MWSS)	2-6
2.2.8	マニラ・ウォーター (MWCI)、マニラッド (MWSI)	2-7
2.2.9	地方水道公社 (LWUA)	2-8
2.2.10	地方政府ユニット (LGUs)	2-8
2.2.11	その他の関連組織	2-8

2.3	水資源管理の現状	2-9
2.3.1	水資源配分	2-9
2.3.2	河川流域管理	2-9
2.3.3	水質及び流域管理	2-9
2.3.4	水資源の評価	2-10
2.4	水源開発プロジェクトへの投資	2-10
2.4.1	全般	2-10
2.4.2	プロジェクト形成及び実施手順	2-11
2.5	課題と最近の動向	2-12
2.5.1	水分野の政府組織の改編	2-12
2.5.2	水資源開発への投資	2-13
2.6	組織・制度上の提言	2-14
2.6.1	水消費の節減	2-14
2.6.2	水源の自治体及び住民の参加	2-14
 第3章 調査対象地域の社会・経済		3-1
3.1	行政区分	3-1
3.2	人口	3-1
3.3	経済状況	3-2
 第4章 調査対象地域の環境と保全		4-1
4.1	環境保全に係わる政府の方針	4-1
4.2	水資源開発に影響をうける環境	4-1
4.2.1	原住民	4-1
4.2.2	自然環境	4-2
 第5章 需要分析ー上水道セクター		5-1
5.1	MWSS サービス地区の既存水利用	5-1
5.1.1	MWSS サービス地区の需要	5-2
5.1.2	MWSS サービス地区の上水道接続数	5-3
5.1.3	MWSS サービス地区の1人当り水使用量	5-4
5.2	周辺地域における現在の水利用	5-6
5.2.1	周辺地域における水利用の特徴	5-6
5.2.2	周辺地域の一人当たり家庭用水使用量	5-7
5.2.3	周辺地域における非家庭用水量	5-7
5.3	フィリピン大学及び世界銀行による MWSS サービス地区の水需要予測	5-8
5.4	MWSS サービス地区における水需要予測（本調査）	5-10
5.4.1	家庭用水の需要予測	5-10
5.4.2	非家庭用水の需要予測	5-13
5.4.3	MWSS サービス地区の合計水需要量予測	5-14
5.5	周辺地域の需要予測	5-16
5.5.1	水道事業の給水率	5-16
5.5.2	一人当たり水使用量	5-17
5.5.3	無収水（NRW）率	5-18
5.5.4	家庭用水の需要予測	5-18
5.5.5	非家庭用水の需要予測	5-19

5.5.6	周辺地域の合計水需要予測.....	5-20
5.5.7	表流水の需要予測.....	5-21
5.6	MWSS の正式な需要予測	5-22
第 6 章 需要分析－農業水産セクター		6-1
6.1	フィリピンの農業セクター	6-1
6.1.1	背景.....	6-1
6.1.2	政府の開発方針.....	6-1
6.1.3	灌漑セクター.....	6-3
6.2	調査対象地域の農業	6-4
6.2.1	調査対象地域の概要.....	6-4
6.2.2	調査対象地域の農業.....	6-4
6.3	調査対象地域の灌漑開発	6-4
6.3.1	概要.....	6-4
6.3.2	調査対象地域の NIS	6-5
6.3.3	調査対象地域の CIS	6-7
6.3.4	小規模灌漑地区（農業省支援）	6-8
6.4	調査対象地域の将来灌漑開発計画	6-8
6.4.1	概要.....	6-8
6.4.2	灌漑システムの改修と開発.....	6-9
6.4.3	農地改革支援（灌漑分野）	6-9
6.4.4	NIS の改修計画	6-9
6.4.5	NIS の新規開発	6-9
6.4.6	CIS 及び小規模灌漑プロジェクトの開発.....	6-9
6.4.7	灌漑効率改善のためのプロジェクト	6-10
6.5	調査対象地域の現在及び将来の灌漑面積	6-10
6.6	既存灌漑システムの問題点	6-11
6.6.1	概要.....	6-11
6.6.2	水不足.....	6-12
6.6.3	低い灌漑効率.....	6-12
6.6.4	その他の問題点.....	6-13
6.7	灌漑用水量.....	6-13
6.7.1	灌漑用水量の算定.....	6-13
6.7.2	灌漑用水量の予測結果.....	6-17
6.7.3	気候変動影響と灌漑水需要の代替予測	6-19
6.8	気候変動が灌漑用水量に及ぼす影響	6-19
第 7 章 供給分析		7-1
7.1	気象・水文	7-1
7.1.1	気象.....	7-1
7.1.2	水文.....	7-6
7.1.3	アンガット貯水池.....	7-16
7.1.4	パンタバンガン貯水池.....	7-28
7.2	地下水.....	7-38
7.2.1	水理地質の概要.....	7-38
7.2.2	地下水利用の現況.....	7-39

7.2.3	揚水可能量の推定.....	7-39
7.2.4	揚水量と地盤沈下.....	7-40
7.2.5	水質.....	7-41
7.2.6	揚水試験.....	7-41
7.2.7	問題解消のために提案された対策.....	7-42
7.3	給水事業.....	7-43
7.3.1	調査対象地域の給水事業.....	7-43
7.3.2	マニラ首都圏（MWSS サービス地域）.....	7-43
7.3.3	周辺地域.....	7-55
第 8 章 気候変動影響評価		8-1
8.1	気候変動影響評価の検討方針.....	8-1
8.2	温暖化ガス排出シナリオの選定.....	8-2
8.3	全球気候モデル（Global Circulation Models: GCM）.....	8-3
8.4	バイアス補正及びダウンスケーリング.....	8-6
8.4.1	バイアス補正、ダウンスケーリング手法.....	8-6
8.4.2	グリッド雨量データの作成.....	8-7
8.4.3	降雨のバイアス補正.....	8-8
8.4.4	気温のバイアス補正.....	8-10
8.5	計画対象年の気候推定.....	8-14
8.6	気候変動の影響評価.....	8-16
8.6.1	降雨に対する気候変動影響評価.....	8-16
8.6.2	地表気温に対する気候変動影響評価.....	8-20
8.6.3	可能蒸発散能に対する気候変動影響評価.....	8-20
8.6.4	P-E（降雨量－可能蒸発散能）への気候変動影響評価.....	8-27
8.6.5	対象流域に気候変動が与える影響.....	8-31
第 9 章 流出解析及び水資源への気候変動影響評価		9-1
9.1	流出モデル.....	9-1
9.1.1	WEB-DHM.....	9-1
9.1.2	SHER モデル.....	9-2
9.2	流出モデルの入力データの作成.....	9-3
9.2.1	土壌パラメータ.....	9-3
9.2.2	植生パラメータ.....	9-4
9.2.3	LAI 及び FPAR.....	9-6
9.2.4	気象境界条件データ.....	9-7
9.3	流出モデルの構築.....	9-12
9.3.1	パッシング・マリキナ川流域.....	9-13
9.3.2	ウミライ川流域.....	9-18
9.3.3	アゴス川流域.....	9-20
9.3.4	ラグナ湖流域.....	9-23
9.4	流出解析.....	9-28
9.4.1	ワークフロー.....	9-28
9.4.1	水文環境に対する気候変動影響評価.....	9-31
9.5	気候変動に対する水資源の脆弱性の評価.....	9-34
9.5.1	渇水指標.....	9-34

9.5.2	季節変動に関する評価.....	9-34
9.5.3	年較差の評価.....	9-34
9.5.4	脆弱性評価結果.....	9-35
第 10 章 水収支解析		10-1
10.1	アンガット川流域	10-1
10.1.1	水資源.....	10-1
10.1.2	水需要.....	10-2
10.1.3	主要な問題点.....	10-3
10.1.4	アンガット貯水池.....	10-5
10.1.5	河川に維持すべき最小流量.....	10-6
10.1.6	利水安全度.....	10-7
10.1.7	水収支計算.....	10-7
10.1.8	近傍の水資源開発オプション.....	10-13
10.1.9	水収支計算：近傍の水資源開発オプション	10-14
10.1.10	水収支計算の要約と結論：アンガット川流域	10-17
10.2	アゴス川流域	10-24
10.2.1	水資源.....	10-24
10.2.2	マニラ首都圏の水需要.....	10-25
10.2.3	アゴス川流域において必要となる水資源開発の規模	10-25
10.2.4	アゴス川流域における水需要.....	10-28
10.2.5	貯水池.....	10-29
10.2.6	河川に維持すべき最小流量.....	10-30
10.2.7	利水安全度.....	10-30
10.2.8	水収支計算：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-30
10.2.9	水収支計算：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-33
10.2.10	水収支計算の要約と結論：アゴス川流域.....	10-36
10.3	マニラ首都圏における水需給バランス	10-37
10.3.1	水供給能力.....	10-37
10.3.2	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファーなし）	10-40
10.3.3	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファーあり）	10-42
10.4	マニラ首都圏における水需給バランスー気候変動の影響	10-45
10.4.1	アンガット川流域.....	10-45
10.4.2	アゴス川流域：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-47
10.4.3	アゴス川流域：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-50
10.4.4	マニラ首都圏水供給に対する気候変動影響.....	10-52
10.5	パッシング・マリキナ川流域	10-57
10.5.1	水資源.....	10-57
10.5.2	水需要.....	10-58
10.5.3	河川に維持すべき最小流量.....	10-58
10.5.4	利水安全度.....	10-58
10.5.5	水収支計算.....	10-59
10.5.6	気候変動による影響.....	10-60
10.5.7	マリキナ多目的貯水池.....	10-62
10.6	パンパンガ川流域	10-65
10.6.1	水資源.....	10-65

10.6.2	水需要.....	10-67
10.6.3	河川に維持すべき最小流量.....	10-68
10.6.4	利水安全度.....	10-68
10.6.5	水収支計算.....	10-69
10.6.6	気候変動による影響.....	10-71
10.7	ラグナ湖流域.....	10-74
10.7.1	水資源.....	10-74
10.7.2	水需要.....	10-76
10.7.3	河川に維持すべき最小流量.....	10-76
10.7.4	利水安全度.....	10-77
10.7.5	水収支計算.....	10-77
10.7.6	気候変動による影響.....	10-79
10.7.7	ラグナ湖からマニラ首都圏に対する水供給についての考察.....	10-81
10.8	水需要予測の代替案についての水収支解析.....	10-84
10.8.1	アンガット川流域.....	10-84
10.8.2	アゴス川流域.....	10-85
10.8.3	マニラ首都圏における水需給バランス.....	10-88
10.8.4	マニラ首都圏における水需給バランス：気候変動の影響.....	10-92
10.8.5	パッシング・マリキナ川流域.....	10-95
10.8.6	パンパンガ川流域.....	10-97
10.8.7	ラグナ湖流域.....	10-100
10.9	マニラ首都圏における水需給バランス：水需要予測及び気候変動影響予測の組み 合わせ.....	10-103
第 11 章 調査対象地域の水資源の診断		11-1
11.1	水資源管理.....	11-1
11.2	診断によって浮き彫りにされた流域別課題.....	11-2
11.2.1	MWSS サービス地域.....	11-2
11.2.2	アンガット川流域.....	11-4
11.2.3	パンパンガ川流域.....	11-6
11.2.4	パッシング・マリキナ川流域.....	11-6
11.2.5	ラグナ湖流域.....	11-6
11.3	提案されたプロジェクトの効果.....	11-7
第 12 章 提案されたプロジェクトの効果		12-1
12.1	水資源管理計画の評価.....	12-1
12.2	評価軸の選定.....	12-1
12.3	評価のための項目の選定.....	12-3
12.4	項目別プロジェクトの効果.....	12-5
12.5	配点表と評価結果.....	12-6
第 13 章 結論及び提言		13-1
13.1	結論.....	13-1
13.2	提言.....	13-4

表リスト

表 2.1	水分野に関連する主な法令	2-3
表 2.2	水資源関連インフラの開発予算	2-10
表 3.1	水源と州	3-1
表 3.2	MWSS サービス地区の人口予測.....	3-2
表 3.3	周辺地域の人口予測	3-2
表 3.4	調査対象地域 GDP 増加率 (%)	3-3
表 4.1	流域別保護地域	4-2
表 4.2	保護地域別 II 類以上に指定されている種数	4-3
表 5.1	西地区 (MWSI) のカテゴリー別有収水量 (単位: 百万 m ³ /年)	5-2
表 5.2	東地区 (MWCI) のカテゴリー別有収水量 (単位: 百万 m ³ /年)	5-2
表 5.3	MWSS サービス地区の有収水量概要	5-3
表 5.4	東地区 (MWCI) における一人当たり水使用量計算	5-4
表 5.5	西地区 (MWSI) における一人当たり水使用量計算.....	5-5
表 5.6	州毎のレベル 3 施設の割合とその増加率.....	5-6
表 5.7	家庭用水の 1 人当り使用水量(lpcd: l/capita/day)	5-7
表 5.8	現在の非家庭用水需要の試算	5-8
表 5.9	3 調査の需要予測の前提条件比較.....	5-9
表 5.10	UP-NEC と世銀の需要予測結果 (MLD : 百万リットル/日).....	5-9
表 5.11	MWSS サービス地域の給水対象人口予測.....	5-11
表 5.12	MWSS サービス地域の給水率目標.....	5-11
表 5.13	MWSS サービス地域の NRW 率の目標値.....	5-11
表 5.14	MWSS サービス地域の基本ケースにおける合計給水需要量.....	5-11
表 5.15	代替案 1 の一人当たり 1 日使用水量.....	5-12
表 5.16	代替案 1 (一人当たり水使用量の増加) における需要量予測結果.....	5-12
表 5.17	代替案 2 (NRW 率改善の遅延) の NRW 率	5-12
表 5.18	代替案 2 (NRW 率改善の遅延) における需要量予測結果	5-13
表 5.19	代替案 3 (高需要ケース) の需要予測結果.....	5-13
表 5.20	非家庭水量の需要予測 (年 0%増加)	5-13
表 5.21	非家庭水量の需要予測 (年 4%増加)	5-13
表 5.22	2 地区の合計 NRW 率	5-14
表 5.23	非家庭用水の需要予測 (NRW 含む)	5-14
表 5.24	MWSS サービス地域の合計需要予測結果.....	5-15
表 5.25	MWSS サービス地域の合計水需要量予測 (バッファ値含む)	5-16
表 5.26	調査地域の施設レベル 1, 2, 3 施設の給水率割合.....	5-17
表 5.27	家庭用水の 1 人当り水使用量 (lpcd).....	5-18
表 5.28	周辺地域の家庭用水の需要予測	5-18
表 5.29	周辺地域の非家庭用水の需要予測.....	5-19
表 5.30	周辺地域の合計水需要予測 (m ³ /sec)	5-20
表 5.31	2012 年における想定表流水需要	5-21
表 5.32	表流水需要 (ケース 1)	5-22
表 5.33	表流水需要 (ケース 2)	5-22
表 5.34	MWSS の正式な水需要予測	5-23
表 6.2.1	調査対象地域の概要	6-4

表 6.3.1	調査対象地域内の既存国営灌漑システム.....	6-5
表 6.3.2	実施中の NIS 開発プロジェクト	6-7
表 6.3.3	開発が予定されている NIS	6-7
表 6.3.4	調査対象地域内の機能している CIS	6-8
表 6.3.5	調査対象地域内の既存小規模灌漑地区.....	6-8
表 6.3.6	調査対象地域内の新規小規模灌漑地区.....	6-8
表 6.4.1	NIA が計画している小規模灌漑プログラム	6-9
表 6.5.1	現在及び将来の灌漑面積	6-11
表 6.7.1	各州の単位灌漑用水量	6-16
表 6.7.2	現状の NIS 灌漑用水量	6-17
表 6.7.3	将来の NIS 灌漑用水量	6-17
表 6.7.4	現状の CIS 灌漑用水量	6-17
表 6.7.5	将来の CIS 灌漑用水量	6-18
表 6.7.6	現在の SSI 灌漑用水量.....	6-18
表 6.7.7	将来の SSI 灌漑用水量.....	6-18
表 6.7.8	地下水灌漑・水産・畜産水需要	6-18
表 6.8.1	気温と蒸発散量の関係	6-20
表 7.1.1	調査対象地域の気候区分	7-1
表 7.1.2	アンガット川の流域面積及び流域平均雨量.....	7-7
表 7.1.3	アンガット川の主要地点における平均流量（疑似自然流況）	7-8
表 7.1.4	パンパンガ川の流域面積及び流域平均雨量.....	7-9
表 7.1.5	パンパンガ川の主要地点における平均流量（疑似自然流況）	7-10
表 7.1.6	アゴス川の主要地点における平均流量.....	7-11
表 7.1.7	マリキナ川の河川流量	7-13
表 7.1.8	ラグナ湖の水収支	7-15
表 7.1.9	アンガット貯水池の運用記録（日データ）	7-17
表 7.1.10	アンガット貯水池の運用ルール	7-18
表 7.1.11	主な AMRIS かんがい用水供給量の不足年.....	7-27
表 7.1.12	世銀調査による水収支検討結果の概要.....	7-28
表 7.1.13	パンタバンガン貯水池の運用記録（日データ）	7-30
表 7.1.14	パンタバンガン貯水池の運用ルール.....	7-31
表 7.1.15	パンパンガ川流域 NIS のかんがい用水必要量	7-33
表 7.1.16	リザール堰におけるかんがい用水必要量（ m^3/sec ）	7-35
表 7.2.1	揚水実績（2011 年 12 月）.....	7-39
表 7.2.2	地下水の揚水可能量	7-39
表 7.2.3	井戸効率	7-42
表 7.2.4	委員会決議による水利権の手続	7-43
表 7.3.1	コンセッショネア 2 社のサービス地区概要.....	7-44
表 7.3.2	現在の MWSS サービス地区の水源.....	7-45
表 7.3.3	浄水場の概要	7-46
表 7.3.4	配水施設の概要	7-47
表 7.3.5	事業指標（KPIs と BEMs）の概要	7-48
表 7.3.6	水道事業のレベルの定義	7-51
表 7.3.7	フィリピン給水セクターロードマップの成果/活動（中期）	7-52
表 8.1	SRES シナリオ.....	8-2
表 8.2	選定過程と選定された GCMs.....	8-6

表 8.3	気温に関する GCM の選定過程	8-14
表 9.1	FAO と USDA1975 の土壌分類の対応表	9-3
表 9.2	現地収集データと SiB2 の植生分類の対応表	9-5
表 9.3	降雨の日周期曲線作成のために用いたパンパンガ川流域の降雨観測所一覧	9-7
表 9.4	WEB-DHM 境界条件として必要となるその他の気象データ	9-12
表 9.5	パッシング・マリキナ川流域の土地利用被覆状況	9-14
表 9.6	パッシング・マリキナ川の土壌分類	9-15
表 9.7	パッシング・マリキナ川流域で同定された植生パラメータ	9-18
表 9.8	パッシング・マリキナ川流域で同定された表層土壌パラメータ	9-18
表 9.9	パッシング・マリキナ川の河道に関する同定パラメータ	9-18
表 9.10	ウミライ川流域の土地利用被覆状況	9-19
表 9.11	ウミライ川流域の表層土壌分布	9-19
表 9.12	ウミライ川流域での植生パラメータ	9-20
表 9.13	ウミライ川流域での土壌パラメータ	9-20
表 9.14	ウミライ川流域での河道パラメータ	9-20
表 9.15	アゴス川流域の土地被覆状況	9-21
表 9.16	アゴス川流域の表層土壌分布状況	9-21
表 9.17	アゴス川流域の植生パラメータ	9-22
表 9.18	アゴス川流域の表層土壌パラメータ	9-22
表 9.19	アゴス川流域の河道パラメータ	9-22
表 9.20	SHER モデルのためのラグナ湖周辺流域の表層土壌タイプ分類結果	9-26
表 9.21	ラグナ湖流域の SHER モデルの同定された表層土壌パラメータ	9-28
表 9.22	パッシング・マリキナ川流域での渇水指標評価結果	9-35
表 9.23	ウミライ川流域での渇水指標評価結果	9-36
表 9.24	アゴス川流域での渇水指標評価結果	9-36
表 9.25	アゴス川流域での渇水指標評価結果	9-36
表 10.1.1	アンガット川流域の水資源（表流水）	10-1
表 10.1.2	アンガット川流域の水資源（表流水）に対する水需要	10-2
表 10.1.3	世銀調査によるロードマップに含まれる計画	10-4
表 10.1.4	アンガット貯水池の貯水位－容量曲線	10-6
表 10.1.5	河川に維持すべき最小流量：アンガット川流域	10-6
表 10.1.6	水収支計算ケース：アンガット川流域	10-8
表 10.1.7	水収支計算結果（ケース 01 及びケース 04）	10-9
表 10.1.8	水収支計算結果（ケース 02）	10-10
表 10.1.9	水収支計算結果（ケース 05）	10-10
表 10.1.10	水収支計算結果（ケース 03）	10-11
表 10.1.11	水収支計算結果（ケース 06）	10-12
表 10.1.12	近傍の水資源開発オプション：AMRIS へのかんがい用水補給	10-13
表 10.1.13	水収支計算ケース：近傍の水資源開発オプション	10-14
表 10.1.14	水収支計算結果：近傍の水資源開発オプション（1/2）	10-15
表 10.1.15	水収支計算結果：近傍の水資源開発オプション（2/2）	10-16
表 10.1.16	水収支計算結果：近傍の水資源開発オプションを最大限活用するケース	10-17
表 10.1.17	各水源からの水供給量（ケース 19：1968～2010 の平均値）	10-17
表 10.1.18	水収支計算結果の要約（ケース 01 及び 04）	10-18
表 10.1.19	水収支計算結果の要約（ケース 02 及び 05）	10-19
表 10.1.20	水収支計算結果の要約（ケース 03 及び 06）	10-20

表 10.1.21	アンガット川流域の水資源による持続可能な水供給と水需要との比較.....	10-21
表 10.2.1	アゴス川流域の水資源（表流水）.....	10-24
表 10.2.2	マニラ首都圏における水需給バランスの試算.....	10-26
表 10.2.3	マニラ首都圏における水需給バランスの修正.....	10-28
表 10.2.4	アゴス川流域に計画されている貯水池の水位－容量曲線.....	10-29
表 10.2.5	アゴス川流域に計画されている貯水池の FSL、MOL 及び有効貯水容量.....	10-30
表 10.2.6	河川に維持すべき最小流量：アゴス川流域.....	10-30
表 10.2.7	水収支計算ケース：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-31
表 10.2.8	水収支計算結果：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-32
表 10.2.9	水収支計算ケース：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-33
表 10.2.10	水収支計算結果：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-35
表 10.3.1	マニラ首都圏に対する水供給能力.....	10-38
表 10.3.2	2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファなし）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-40
表 10.3.3	2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファなし）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-41
表 10.3.4	2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファあり）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-43
表 10.3.5	2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファあり）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-44
表 10.4.1	水収支計算ケース：アンガット川流域（気候変動影響あり）.....	10-45
表 10.4.2	アンガット川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：計画水供給量の持続性.....	10-45
表 10.4.3	アンガット川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：1/10 確率渇水年における水供給可能量.....	10-47
表 10.4.4	アゴス川流域の水収支計算ケース：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ（気候変動影響あり）.....	10-47
表 10.4.5	アゴス川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ－計画水供給量の持続性.....	10-48
表 10.4.6	アゴス川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ－1/10 確率渇水年における MWSS への水供給可能量.....	10-49
表 10.4.7	アゴス川流域の水収支計算ケース：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ（気候変動影響あり）.....	10-50
表 10.4.8	アゴス川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ－計画水供給量の持続性.....	10-51
表 10.4.9	アゴス川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ－1/10 確率渇水年における MWSS への水供給可能量.....	10-52
表 10.4.10	既存及び将来の水資源による水供給能力（気候変動影響あり）.....	10-53
表 10.4.11	マニラ首都圏水供給のための水資源開発（気候変動影響あり）.....	10-54
表 10.4.12	水供給能力の比較（気候変動影響なし・あり）.....	10-55
表 10.4.13	2037 年までの水資源開発（気候変動影響あり、“miroc3_2_medres”）.....	10-56
表 10.5.1	パッシング・マリキナ川流域の水資源（表流水）.....	10-57
表 10.5.2	河川に維持すべき最小流量：パッシング・マリキナ川流域.....	10-58
表 10.5.3	水収支計算ケース：パッシング・マリキナ川流域.....	10-59

表 10.5.4	水収支計算結果：パッシング・マリキナ川流域.....	10-59
表 10.5.5	水収支計算ケース：パッシング・マリキナ川流域（気候変動影響あり）	10-60
表 10.5.6	水収支計算結果：パッシング・マリキナ川流域（気候変動影響あり）	10-61
表 10.5.7	過去の調査による貯水池データに基づく水収支計算結果：マリキナ多目的貯 水池	10-63
表 10.5.8	最近の調査による貯水池データに基づく水収支計算結果：マリキナ多目的貯 水池	10-64
表 10.6.1	パンパンガ川流域の流域分割	10-65
表 10.6.2	パンパンガ川流域の水資源（表流水）	10-66
表 10.6.3	上工水の水需要（表流水）	10-67
表 10.6.4	国営かんがいシステム（NIS）の水需要（表流水）	10-67
表 10.6.5	その他の農業用水の水需要（表流水）	10-67
表 10.6.6	河川に維持すべき最小流量：パンパンガ川流域.....	10-68
表 10.6.7	水収支計算ケース：パンパンガ川流域.....	10-69
表 10.6.8	水収支計算結果（ケース 501）	10-70
表 10.6.9	水収支計算結果（ケース 502）	10-71
表 10.6.10	水収支計算ケース：パンパンガ川流域（気候変動影響あり）	10-71
表 10.6.11	水収支計算結果：パンパンガ川流域（気候変動影響あり）	10-73
表 10.7.1	ラグナ湖の水位－湖水面積－貯留量の関係.....	10-74
表 10.7.2	水収支計算ケース：ラグナ湖流域.....	10-77
表 10.7.3	水収支計算結果：ラグナ湖流域－水供給の湖水に対する依存度（30 年間 平均）	10-78
表 10.7.4	水収支計算ケース：ラグナ湖流域（気候変動影響あり）	10-79
表 10.7.5	ラグナ湖の水質データ（TDS 及び塩化物、2000～2006）	10-81
表 10.8.1	アンガット川流域における水需要予測の代替案.....	10-84
表 10.8.2	水収支計算ケース：アンガット川流域.....	10-85
表 10.8.3	水収支計算結果：アンガット川流域.....	10-85
表 10.8.4	アゴス川流域における水需要予測の代替案.....	10-86
表 10.8.5	水収支計算ケース：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-86
表 10.8.6	水収支計算結果：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-87
表 10.8.7	水収支計算ケース：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-87
表 10.8.8	水収支計算結果：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-88
表 10.8.9	マニラ首都圏に対する水供給能力.....	10-89
表 10.8.10	2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファーなし）	10-90
表 10.8.11	2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファーあり）	10-91
表 10.8.12	既存及び将来の水資源による水供給能力（気候変動影響あり）	10-92
表 10.8.13	マニラ首都圏水供給のための水資源開発（気候変動影響あり）	10-93
表 10.8.14	水供給能力の比較（気候変動影響なし・あり）	10-94
表 10.8.15	2037 年までの水資源開発（気候変動影響あり、“miroc3_2_medres”）	10-95
表 10.8.16	パッシング・マリキナ川流域における水需要予測の代替案.....	10-96
表 10.8.17	水収支計算ケース：パッシング・マリキナ川流域.....	10-96
表 10.8.18	水収支計算結果：パッシング・マリキナ川流域.....	10-96
表 10.8.19	パンパンガ川流域における水需要予測の代替案.....	10-97
表 10.8.20	水収支計算ケース：パンパンガ川流域.....	10-98
表 10.8.21	水収支計算結果：パンパンガ川流域.....	10-99
表 10.8.22	ラグナ湖流域における水需要予測の代替案.....	10-100

表 10.8.23	水収支計算ケース：ラグナ湖流域.....	10-101
表 10.8.24	水収支計算結果：ラグナ湖流域－水供給の湖水に対する依存度.....	10-101
表 10.9.1	水需要予測及び気候変動影響予測の組み合わせ.....	10-103
表 10.9.2	2037 年までの水供給能力増加（最小・最大）：ライバン貯水池を主な水資源開 発とするシナリオ	10-104
表 10.9.3	2037 年までの水供給能力増加（最小・最大）：アゴス貯水池を主な水資源開発 とするシナリオ	10-105
表 11.1	推定された代替案ごとの能力向上貢献度.....	11-3
表 12.1	技術委員会で決めた各軸の評価項目.....	12-4
表 12.2	経済軸に対するプロジェクトの効果.....	12-5
表 12.3	財務軸に対するプロジェクトの効果.....	12-5
表 12.4	環境軸に対するプロジェクトの効果.....	12-6
表 12.5	社会軸に対するプロジェクトの効果.....	12-6
表 12.6	配点表	12-7
表 12.7	経済軸に関する得点	12-8
表 12.8	財務軸に関する得点	12-8
表 12.9	環境軸に関する得点	12-8
表 12.10	社会軸に関する得点	12-9
表 12.11	プロジェクトの評価（GMI）	12-9
表 12.12	評価したプロジェクトの効果	12-10

図リスト

図 2.1	マニラ首都圏上下水道のサービスエリア	2-7
図 2.2	ICC のプロジェクト審査手続.....	2-11
図 5.1	西地区、2010 年のカテゴリー別有収水量の割合	5-3
図 5.2	東地区、2010 年のカテゴリー別有収水量の割合	5-3
図 5.3	有収水量の過去の傾向	5-3
図 5.4	水道事業の合計接続数	5-4
図 5.5	家庭用水の一人当たり水使用量	5-5
図 5.6	UP-NEC と世銀調査の需要予測結果比較	5-10
図 5.7	非家庭用水の需要予測（NRW 含む）	5-14
図 5.8	MWSS サービス地域の合計水需要量予測.....	5-15
図 5.9	MWSS サービス地域の合計水需要量の予測比較.....	5-15
図 5.10	MWSS サービス地域の合計水需要量予測（バッファ値含む）	5-16
図 5.11	周辺地域の家庭用水の需要予測	5-19
図 5.12	周辺地域の非家庭用水量の需要予測.....	5-20
図 5.13	周辺地域の合計水需要予測	5-21
図 5.14	MWSS の正式な水需要予測.....	5-23
図 5.15	各種需要予測結果の比較	5-23
図 6.3.1	パンパンガ流域の河川と主要灌漑地区の配置模式図.....	6-6
図 6.7.1	有効雨量曲線	6-15
図 7.1.1	調査対象地域の降雨	7-2
図 7.1.2	調査対象地域の気温	7-3
図 7.1.3	調査対象地域の相対湿度	7-4

図 7.1.4	調査対象地域のパン蒸発量	7-5
図 7.1.5	調査対象地域の日照時間	7-6
図 7.1.6	アンガット川流域の位置図	7-7
図 7.1.7	アンガット川の主な河川流量推定地点.....	7-7
図 7.1.8	ウミライ川流域の位置図	7-8
図 7.1.9	ウミライ～アンガット導水の取水地点における降雨量（2000～2010）	7-8
図 7.1.10	パンパンガ川流域の位置図	7-9
図 7.1.11	パンパンガ川の主な河川流量推定地点.....	7-10
図 7.1.12	アゴス川流域の位置図	7-11
図 7.1.13	アゴス川流域の等雨量線図	7-11
図 7.1.14	アゴス川の主な河川流量推定地点.....	7-11
図 7.1.15	パッシングーマリキナ川流域の位置図.....	7-12
図 7.1.16	パッシングーマリキナ川流域の等雨量線図.....	7-12
図 7.1.17	パッシングーマリキナ川流域の水文観測所位置図.....	7-12
図 7.1.18	マンガハン放水路とナピンダン水路の位置図.....	7-14
図 7.1.19	パッシングーマリキナ河川改修事業の計画洪水流量配分図.....	7-14
図 7.1.20	ラグナ湖流域の位置図	7-14
図 7.1.21	ラグナ湖流域の等雨量線図	7-15
図 7.1.22	ラグナ湖の水位（Looc, Cardona, Rizal）	7-15
図 7.1.23	アンガット貯水池の概要	7-16
図 7.1.24	アンガット貯水池の容量配分	7-16
図 7.1.25	アンガット貯水池への年平均流入量.....	7-18
図 7.1.26	アンガット貯水池の月末貯水位（2006～2010）	7-19
図 7.1.27	貯水位がルールカーブ（低）及び下限値 EL180m を下回った月数.....	7-19
図 7.1.28	アンガット貯水池からの放流ルート.....	7-20
図 7.1.29	アンガット貯水池からの放流量	7-20
図 7.1.30	アンガット貯水池からの導水システム概念図.....	7-21
図 7.1.31	アンガット貯水池から MWSS 向けの放流量と浄水量の比較	7-22
図 7.1.32	アンガット貯水池からイボ堰に向かう月平均放流量（2001～2010）	7-23
図 7.1.33	マニラッド社（MWSI）とマニラ・ウォーター社（MWCI）による月平均浄水 量（2001～2010）	7-23
図 7.1.34	アンガット貯水池及び MWSS 向け導水の水収支（2001～2010）	7-24
図 7.1.35	ブストス堰の河川流量	7-24
図 7.1.36	AMRIS のかんがい用水需要量.....	7-25
図 7.1.37	ブストス堰における河川流量と AMRIS かんがい用水必要量の比較（2001～ 2010）	7-25
図 7.1.38	AMRIS かんがい用水供給量の試算（1968～2010）	7-26
図 7.1.39	パンタバンガン貯水池の概要	7-29
図 7.1.40	パンタバンガン貯水池の容量配分.....	7-29
図 7.1.41	パンタバンガン貯水池への年平均流入量.....	7-30
図 7.1.42	パンタバンガン貯水池の月末貯水位（2006～2010）	7-31
図 7.1.43	パンタバンガン貯水池周辺の発電所.....	7-32
図 7.1.44	パンタバンガン貯水池からの放流量.....	7-32
図 7.1.45	パンパンガ川流域 NIS の概念図	7-34
図 7.1.46	リザール堰における河川流量とのかんがい用水必要量の比較（2001～2010）	7-35
図 7.1.47	リザール堰における UPRIS かんがい用水供給量の試算（1980～2010）	7-36

図 7.2.1	水理地質図	7-38
図 7.2.2	地下水面標高分布図	7-40
図 7.2.3	地下水塩水化分布図	7-41
図 7.3.1	コンセッショネア 2 社の給水エリアと主要浄水場位置	7-44
図 7.3.2	MWSS サービス地区の導水施設概要	7-45
図 7.3.3	合計接続数	7-48
図 7.3.4	NRW 率の推移	7-49
図 7.3.5	水圧の現状（2011 年 12 月）	7-50
図 8.1	気候変動影響評価の検討手順	8-2
図 8.2	局所的な気象現象（降雨）のための評価領域	8-4
図 8.3	GCM の評価手順	8-5
図 8.4	グリッド雨量データ作成に用いた空間内挿手法	8-8
図 8.5	バイアス補正における 3 つの降雨タイプの領域	8-9
図 8.6	GCM の将来予測出力結果（2046 年から 2065 年）の気温のバイアス補正手法	8-8
図 8.7	パッシング・マリキナ流域での降雨再現性で選出した 6 つの GCM での将来気温 評価結果と気温再現性で選定した 10 の GCM での将来気温評価結果の比較	8-12
図 8.8	気温再現性に関する全ての GCM の評価結果	8-13
図 8.9	CMIP3 における日データ存在状況と本調査の計画対象年次を評価するために 必要な期間	8-15
図 8.10	計画対象年次を含む 20 カ年のデータが入手可能な 2 つの GCM の 2031-2050 年及び 2046-2065 年の比較結果と回帰直線	8-16
図 8.11	現在（1981-2000）、2040 年気候（2031-2050）及び 2055 年気候（2046-2065） の年間降水量の比較	8-17
図 8.12	2040 年気候と現況気候での月平均雨量の差分	8-18
図 8.13	2055 年気候と現況気候での月平均雨量の差分	8-19
図 8.14	現況（1981-2000）、2040 年気候（2031-2050）、2055 年気候（2046-2065）での 年間平均地表気温アンサンブル平均値の比較	8-21
図 8.15	2040 年気候各月平均気温アンサンブル平均値の現況気候からの気温上昇量の 比較	8-22
図 8.16	2055 年気候各月平均気温アンサンブル平均値の現況気候からの気温上昇量の 比較	8-23
図 8.17	現況（1981-2000）、2040 年気候（2031-2050）、2055 年気候（2046-2065）の年 間平均可能蒸発散能のアンサンブル平均値の比較	8-24
図 8.18	2040 年気候各月平均気温アンサンブル平均値の現況気候からの可能蒸発散能 増加量の比較	8-25
図 8.19	2055 年気候各月平均気温アンサンブル平均値の現況気候からの可能蒸発散能 増加量の比較	8-26
図 8.20	現況（1981-2000）、2040 年気候（2031-2050）、2055 年気候（2046-2065）の P-E （降雨量－可能蒸発散能）年間平均値のアンサンブル平均値の比較	8-28
図 8.21	2040 年気候各月平均の P-E アンサンブル平均値の現況気候からの可能蒸発散 能増加量の比較	8-29
図 8.22	2055 年気候各月平均の P-E アンサンブル平均値の現況気候からの可能蒸発散 能増加量の比較	8-30
図 8.23	降雨の流域平均値における気候変動影響評価結果	8-32
図 8.24	地表気温の流域平均値における気候変動影響評価結果	8-33
図 8.25	可能蒸発散能の流域平均値における気候変動影響評価結果	8-34

図 8.26	P-E（降雨量－可能蒸発散能）の流域平均値における気候変動影響評価結果.....	8-35
図 9.1	WEB-DHM の概要.....	9-2
図 9.2	SHER モデルの概要.....	9-3
図 9.3	土壌分布図（現地収集データを FAO の分類に再分類したもの）.....	9-4
図 9.4	植生分布図（現地収集データを SiB2 の分類に再分類したもの）.....	9-6
図 9.5	降雨の日内降雨周曲線の作成結果.....	9-8
図 9.6	グリッド雨量データによる平均年間雨量（1981-2000）.....	9-9
図 9.7	観測所での観測雨量データと同地点グリッドデータの比較による内挿補間データ及び観測データの精度確認例.....	9-10
図 9.8	TM モデルによる気温の時間変化作成.....	9-11
図 9.9	地上気温グリッドデータでの年間平均気温分布（1981-2000）.....	9-11
図 9.10	パッシング・マリキナ川流域の流出モデル対象区域.....	9-13
図 9.11	パッシング・マリキナ川流域の WEB-DHM 構築のための地形処理.....	9-14
図 9.12	San Jose 地点でのキャリブレーション結果（図 a は縦軸が通常の軸、b は対数軸）.....	9-16
図 9.13	計算値と観測流量の相関プロット図（1999 年から 2006 年の San Jose のデータについて）.....	9-16
図 9.14	1999 年から 2006 年に対する同定されたパラメータの有効性検証計算結果.....	9-17
図 9.15	ウミライ川流域での WEB-DHM のモデル化のための地形処理.....	9-19
図 9.16	アゴス川流域での WEB-DHM のモデル化のための地形処理.....	9-21
図 9.17	ラグナ湖流域の SHER ブロック分割.....	9-24
図 9.18	DENR 土地利用分類の SHER モデル用土地利用分類への再分類.....	9-25
図 9.19	ラグナ湖流域の土地利用および不浸透面積の占有率.....	9-25
図 9.20	ラグナ湖流域の河川流量観測所位置図.....	9-26
図 9.21	ラグナ湖流域のキャリブレーション.....	9-27
図 9.22	平均流況曲線の作成のイメージ図.....	9-29
図 9.23	計画対象年次である 2040 年気候下での流況曲線の作成イメージ図.....	9-30
図 9.24	2040 年気候（2031-2050）と 2055 年気候（2046-2065）の月雨量気候値の比.....	9-30
図 9.25	流況曲線の整合性確保のためのバイアス補正.....	9-31
図 9.26	アンサンブル平均流況曲線での現状から将来 2040 年気候への変化（1/2-2/2）.....	9-32
図 9.27	パッシング・マリキナ川流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較.....	9-37
図 9.28	ウミライ川流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較.....	9-37
図 9.29	アゴス川流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較.....	9-38
図 9.30	ラグナ湖周辺流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較.....	9-38
図 9.31	年間流況曲線の各ランクごとでの変動係数(CV)の評価結果.....	9-39
図 10.1.1	アンガット川流域の水資源（表流水）.....	10-1
図 10.1.2	アンガット川流域の水資源に対する水需要.....	10-3
図 10.1.3	世銀調査によるロードマップ（シナリオ 1 及び 2）.....	10-5
図 10.1.4	近傍の水資源開発オプション.....	10-13
図 10.1.5	アンガット川流域の水資源による水供給能力と水配分.....	10-23
図 10.2.1	アゴス川流域の水資源開発：世銀調査による二つのシナリオ.....	10-24
図 10.2.2	マニラ首都圏の水需要予測（世銀調査及び MWSS）.....	10-25
図 10.2.3	マニラ首都圏における水需給バランスの試算.....	10-27
図 10.2.4	将来必要となる水供給能力の増加.....	10-28
図 10.2.5	アゴス川流域内及び MWSS の水需要.....	10-29
図 10.2.6	水収支計算ケース：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-31

図 10.2.7	水収支計算ケース：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-34
図 10.3.1	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファありなし）： ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-41
図 10.3.2	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファありなし）： アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-42
図 10.3.3	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファあり）： ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-43
図 10.3.4	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファあり）： アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ	10-44
図 10.4.1	上工水供給及び農業用水供給に対する気候変動影響：アンガット川流域	10-46
図 10.4.2	MWSS への水供給に対する気候変動影響：ライバン貯水池を主な水資源開発 とするシナリオ	10-49
図 10.4.3	MWSS への水供給に対する気候変動影響：アゴス貯水池を主な水資源開発と するシナリオ	10-51
図 10.4.4	マニラ首都圏水供給のための水資源開発（気候変動影響あり）	10-54
図 10.4.5	2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり）	10-55
図 10.4.6	2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり、“miroc3_2_medres”）	10-56
図 10.5.1	タヤバサン川水供給計画の位置図	10-57
図 10.5.2	パッシング・マリキナ川流域の水需要	10-58
図 10.5.3	上工水供給に対する気候変動影響：パッシング・マリキナ川流域	10-61
図 10.5.4	マリキナ多目的貯水池計画の位置図	10-62
図 10.6.1	パンパンガ川流域の流域分割	10-65
図 10.6.2	パンパンガ川流域の水需要	10-68
図 10.6.3	NIS へのかんがい用水供給に対する気候変動影響：パンパンガ川流域	10-72
図 10.7.1	簡易水収支モデルによるラグナ湖水位の再現計算結果	10-75
図 10.7.2	現状におけるラグナ湖水収支の推定	10-75
図 10.7.3	ラグナ湖流域の水需要	10-76
図 10.7.4	水収支計算結果：ラグナ湖流域水需要と流域からの流出量の比較（30 年間平 均）	10-78
図 10.7.5	水収支計算結果：ラグナ湖流域水供給の湖水に対する依存度（確率渇水年別）	10-79
図 10.7.6	ラグナ湖流域の水収支に対する気候変動影響：水供給の湖水に対する依存度	10-80
図 10.7.7	ラグナ湖流域の水収支に対する気候変動影響：塩水遡上が水供給に及ぼす影 響	10-80
図 10.7.8	ラグナ湖の水質モニタリング地点の概略位置	10-81
図 10.7.9	マニラ首都圏に対する水供給（300 MLD）に対する塩水遡上の影響	10-82
図 10.8.1	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファありなし）	10-90
図 10.8.2	2037 年までの水需給バランス（マニラ首都圏水需要予測のバッファあり）	10-91
図 10.8.3	マニラ首都圏水供給のための水資源開発（気候変動影響あり）	10-93
図 10.8.4	2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり）	10-94
図 10.8.5	2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり、“miroc3_2_medres”）	10-95
図 10.8.6	上工水供給に対する気候変動影響：パッシング・マリキナ川流域	10-97
図 10.8.7	NIS へのかんがい用水供給に対する気候変動影響：パンパンガ川流域	10-100
図 10.8.8	水収支計算結果：ラグナ湖流域－水供給の湖水に対する依存度（確率渇水年 別）	10-101

図 10.8.9	ラグナ湖流域の水収支に対する気候変動影響：水供給の湖水に対する依存度...	10-102
図 10.8.10	ラグナ湖流域の水収支に対する気候変動影響：塩水遡上が水供給に及ぼす影響	10-102
図 10.9.1	水需要予測及び気候変動影響予測の組み合わせによる水需給バランス：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-104
図 10.9.2	水需要予測及び気候変動影響予測の組み合わせによる水需給バランス：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ.....	10-105
図 11.1	MWSS 管轄区域における問題分析結果.....	11-8
図 11.2	アンガット川流域の問題分析結果.....	11-9
図 11.3	パンパンガ川流域の問題分析結果.....	11-10
図 11.4	パッシング・マリキナ川流域及びラグナ湖流域の問題分析結果.....	11-11
図 12.1	シナリオ 1	12-1
図 12.2	シナリオ 2	12-2

Annex リスト

Annex 3.1	Growth Rate of Population in MWSS Service Area	A-1
Annex 3.2	Population Projection in MWSS Service Area	A-2
Annex 3.3	Growth Rate of Population in Adjoining Areas (1/4-4/4)	A-3
Annex 3.4	Population Projection in Adjoining Areas (1/4-4/4).....	A-7
Annex 4.1	Indigenous People in Calabarzon (Region IV-A).....	A-11
Annex 4.2	Endangered Species in Protected Areas Adjacent to the River Basins.....	A-13
Annex 5.1	Projection of Service Coverage by Municipality (1/4-4/4)	A-17
Annex 5.2	Projected Per Capita Consumption by Municipality (1/3-3/3).....	A-21
Annex 5.3	Domestic Demand Projection of Each Municipality (1/4-4/4).....	A-24
Annex 6.5.1	Present and Future Irrigation Area of National Irrigation System	A-28
Annex 6.5.2	Present Communal Irrigation System and Small Scale Irrigation by River Basin	A-29
Annex 6.5.3	Future Communal Irrigation System and Small Scale Irrigation by River Basin	A-30
Annex 6.7.1	Estimation of Diversion Water Demands for Angat-Maasim RIS (AMRIS)	A-31
Annex 6.7.2	Present Diversion Water Demands for UPRIIS.....	A-32
Annex 6.7.3	Future Diversion Water Demands for UPRIIS	A-33
Annex 6.7.4	Present Diversion Water Demands for National Irrigation System (1/2-2/2).....	A-34
Annex 6.7.5	Future Diversion Water Demands for National Irrigation System (1/2-2/2).....	A-36
Annex 6.7.6	Proposed Cropping Pattern for Small Scale Irrigation Project.....	A-38
Annex 6.7.7	Present Diversion Water Demand for Communal Irrigation System	A-39
Annex 6.7.8	Future Diversion Water Demand for Communal Irrigation System	A-40
Annex 6.7.9	Present Diversion Water Demand for Small Scale Irrigation	A-41
Annex 6.7.10	Future Diversion Water Demand for Small Scale Irrigation	A-42
Annex 6.7.11	Present and Future Water Demand for Groundwater Irrigation	A-43
Annex 6.7.12	Present and Future Water Demand for Fishery	A-44
Annex 6.7.13	Present and Future Water Demand for Livestock	A-45
Annex 7.1.1	Technical Features of Angat Reservoir	A-46
Annex 7.1.2	Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Angat Reservoir (1/5-5/5)	A-47

Annex 7.1.3	Technical Features of Ipo Dam and La Mesa Dam	A-52
Annex 7.1.4	Angat Reservoir Level, Total Inflow, Total Outflow, Outflow to Bustos Dam, Outflow to Ipo Dam, and Total of Treated Water Production at WTPs for 2001-2010 (1/5-5/5)	A-53
Annex 7.1.5	River Flow at Bustos Dam and Diversion Water Requirement of AMRIS (1/2-2/2)	A-58
Annex 7.1.6	Computations of Water Balance at Bustos Dam	A-60
Annex 7.1.7	Technical Features of Pantabangan Reservoir	A-61
Annex 7.1.8	Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Pantabangan Reservoir (1/4-4/4)	A-62
Annex 7.1.9	River Flow at Rizal Dam and Diversion Water Requirement of UPRIIS (1/2-2/2)	A-66
Annex 7.1.10	Computations of Water Balance at Rizal Dam	A-68
Annex 7.3.1	Comparison of Service Indicators (Target and Actual Figures)	A-69
Annex 7.3.2	Financial Data f MWCI and MWSI	A-70
Annex 12.1	Indicative Index for Evaluation of Item	A-71
Annex 12.2	Evaluated Impacts	A-72
Annex 12.3	Rating Standard	A-73
Annex 12.4	Calculation Table of GMI	A-74
Annex 12.5	The computation procedures (Formulae) to obtain GMI and DUB	A-75
Annex 12.6	Calculation sheet of Gross Magnitude of Impact(GMI) and Degree of Unbalance (DUB)	A-77

略語集

AMRIS	Angat-Maasim River Irrigation System アンガット・マアシム河川灌漑システム
AR4	Forth Assessment Report (気候変動に関する政府間パネル) 第4次評価報告書
BEMs	Business Efficiency Measures ビジネス効率化対策
BOT	Build-operate-transfer 建設・運営管理・移転
BRL	Bureau of Research and Laboratories 研究検査局
BRS	Bureau of Research and Standards 研究規格局
BSWM	Bureau of Soils and Water Management 土壌水管理局
BWSA	Barangay Waterworks and Sanitation Association バランガイ上下水道協会
CA	Concession Agreement コンセッション契約
CAG	Corporate Affairs Group 国営企業グループ
CARP-IC	Comprehensive Agrarian Reform Program, Irrigation Component 総合農地改革プログラムー灌漑コンポーネント
CIS	Communal Irrigation System 共同灌漑システム
CMIIP-IC	Casecnan Multi-purpose Project - Irrigation Component カセクナン多目的灌漑発電計画
CMIP3	Phase 3 of Coupled Model Inter-comparison Project 第3次結合モデル相互比較プロジェクト
CPC	Certificate of Public Convenience 公益事業証書
DA	Department of Agriculture 農業省
DAO	Department Administrative Order 省令
DAR	Department of Agrarian Reform 農地改革省
DBM	Department of Budget and Management 予算管理省
DD	Diversion Dam 取水堰
DEM	Digital Elevation Model 数値標高モデル
DENR	Department of Environment and Natural Resources 環境天然資源省
DIAS	Data Integration and Analysis System データ統合・解析システム
DILG	Department of Interior and Local Government 内務地方政府省
DOF	Department of Finance 財務省
DOH	Department of Health 保健省
DPWH	Department of Public Works and Highways 公共事業道路省

ECC	Environmental Compliance Certificate 環境適合証明
EDITORIA	The University of Tokyo Earth Observation Data Integration and Fusion Research Initiative 東京大学地球観測データ統融合連携研究機構
EHS	Environmental Health Services 環境保健サービス
EIA	Environmental Impact Assessment 環境影響評価
EMB	Environmental Management Bureau 環境管理局
EO	Executive Order 行政命令
EPIRA	Electric Power Industry Reform Act 電力産業改革法
FAO	Food and Agriculture Organization 国際連合食料農業期間
FMB	Forest Management Bureau 森林管理局
FPIC	Free and Prior Informed Consent 先住民の十分な参加と説明に基づく合意
FTA	Fault-tree-analysis
GAA	General Appropriations Act 一般歳出予算法
GCM	General Circulation Model 全球気候モデル
GDP	Gross Domestic Products 国内総生産
GIS	Groundwater Irrigation System 地下水灌漑システム
GOCC	Government Owned and Controlled Corporation 政府所有管理法人
GOP	The Government of the Philippines フィリピン政府
GRDP	Gross Regional Domestic Products 地域総生産
H-Q	Water Level – Discharge 水位－流量
IA	Irrigation Association 灌漑組合/水利組合
ICC	Investment Coordination Committee 投資調整委員会
ICC/IP	Indigenous Cultural Communities/Indigenous Peoples 先住民文化コミュニティ
IMT	Irrigation Management Transfer 灌漑管理委譲
INFRACOM	NEDA Board Committee on Infrastructure 国家経済開発庁インフラ委員会
IPCC	Inter-governmental Panel on Climate Change 気候変動に関する政府間パネル
IPRA	The Indigenous Peoples' Rights Act of 1997 先住民権利法
IRA	Internal Revenue Allotment 内部収益配分
IRR	Implementing Rules and Regulations 実施規則規定
IWRM	Integrated Water Resources Management 統合的水資源管理

JICA	Japan International Cooperation Agency 国際協力機構
KPIs	Key Performance Indicators 主要運用効果指標
LAI	Leaf Area Index 葉面積指数
LGU	Local Government Units 地方政府ユニット
LLDA	Laguna Lake Development Authority ラグナ湖開発庁
LPCD	Litter Per Capita Per Day リットル/人/日
LWUA	Local Water Utility Administration 地方水道公益企業庁
MCM	Million Cubic Meter 百万立方メートル
MERALCO	Manila Electric Company マニラ電力会社
MGSB	Mines and Geo-science Bureau 鉱山地圏科学局
MLD	Million Litter per Day 百万リットル/日
MMDA	Metro Manila Development Authority マニラ首都圏開発庁
MRIIS	Magat River Integrated Irrigation System マガット川統合灌漑システム
MTPDP	Medium-term Philippine Development Plan 中期開発計画
MWCI	Manila Water Company, Inc. マニラ・ウォーター社
MWSI	Maynilad Water Services, Inc. マニラッド社
MWSS	Metropolitan Waterworks and Sewerage System マニラ首都圏上下水道公社
MWSS-RO	MWSS Regulatory Office マニラ首都圏上下水道公社規制監督部
NAMRIA	National Mapping and Resource Information Authority 国土地理資源情報庁
NAPC	National Anti-Poverty Commission 国家貧困対策委員会
NASA	National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局
NCIP	National Commission on Indigenous Peoples 国家原住民委員会
NCR	National Capital Region 国家首都地域
NEDA	National Economic Development Agency 国家経済開発庁
NIA	National Irrigation Administration 国家灌漑管理公社
NIPAS	National Integrated Protected Areas 全国統合保護地域制度
NIS	National Irrigation System 国営灌漑システム
NPC	National Power Corporation 国家電力公社
NRW	Non-revenue Water 無収水

NSCB	National Statistical Coordination Board 国家統計調整評議会
NSO	National Statistics Office 国家統計局
NWRB	National Water Resources Board 国家水資源委員会
NWRC	National Water Resources Council 国家水資源評議会
NWRMC	National Water Resources Management Council 国家水資源管理委員会
O&M	Operation and Maintenance 運営維持管理
OPDS	Project Development Services (内務地方政府省) プロジェクト開発サービス
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration フィリピン気象地球物理宇宙庁
PAWB	Protected Areas and Wildlife Bureau 保護区野生生物局
PD	Presidential Decree 大統領令
PDRIS	Pampanga Delta River Irrigation System パンパンガ・デルタ河川灌漑システム
PhP	Philippine Pesos フィリピンペソ
PIDP	Participatory Irrigation Development Project 参加型灌漑開発プロジェクト
PIS	Private Irrigation System 民間灌漑システム
PMO-MFCP	Project Management Office - Major Flood Control Projects プロジェクト管理事務所－洪水対策プロジェクト
PMO-RWS	Project Management Office - Rural Water Supply プロジェクト管理事務所－農村給水
PMO-SWIM	Project Management Office - Small Water Impounding Projects プロジェクト管理事務所－小規模ため池プロジェクト
PNSDW	Philippine National Standards for Drinking Water フィリピン飲料水国家基準
PPP	Public-private-partnership 官民パートナーシップ
PSALM	Power Sector Assets and Liabilities Management 電力セクター資産負債管理会社
RA	Republic Act 共和国法
RAP	Resettlement Action Plan 住民移転計画
RBO	River Basin Organization 河川流域組織
RDC	Regional Development Council 地域開発評議会
RIS	River Irrigation System 河川灌漑システム
RPFP	Regional Physical Framework Plan 地域フィジカルフレームワーク計画
RWSA	Rural Waterworks and Sanitation Associations 地方上下水道協会
SAFDZ	Strategic Agriculture and Fishery Development Zone 戦略的農漁業開発ゾーン
SCWR	Sub-Committee on Water Resources (国家経済開発庁インフラ委員会) 水資源分科会

SFR	Small Farm Reservoir 農業用ため池
SHER	Similar Elements of Hydrological Response
SPUG	Small Power Utilities Group 小規模電力供給事業者
SRES	Emission Scenarios 排出シナリオ
SRI	System of Rice Intensification
SRIP	Small Reservoir Irrigation Project ため池灌漑システム
SRTM-3	Shuttle Radar Topography Mission - 3 Seconds スペースシャトル地形データ
STW	Small Tubewell 浅井戸灌漑
SWIP	Small Water Impounding Project ため池プロジェクト
TWG	Technical Working Group 作業部会
UP-NEC	University of the Philippines - National Engineering Center フィリピン大学国家技術センター
UPRIIS	Upper Pampanga River Integrated Irrigation System パンパンガ川上流域統合灌漑システム
US\$	United States Dollars 米国ドル
WD	Water District 水道区
WEB-DHM	Water and Energy Budget-based Distributed Hydrological Model 水・エネルギー収支ベース分布型流出モデル
WSP	Water Security Plan 水保障計画
WSP	Small Water Supply Provider 小規模水道事業者
WSSU	Water Supply and Sanitation Unit (内務地方政府省プロジェクト開発サービス) 上下水道ユニット
WTP	Water Treatment Plant 浄水場

第 1 章 序論

1.1 調査の背景

マニラ首都圏上下水道公社（MWSS）は人口 1200 万人を抱えるマニラ首都圏の上下水道事業を監督する公的機関である。MWSS は事業運営を二つのコンセッション事業者に委託している。マニラ・ウォーター社（MWCI）はマニラ首都圏東地区及びリサール州の一部、マニラッド社（MWSI）はマニラ首都圏西地区及びカビテ州の一部において、それぞれ事業運営を行っている。

MWSS の主たる上水道水源はアンガット川流域に位置するアンガット貯水池である。アンガット貯水池には隣接するウミライ川流域から導水されており、アンガットーウミライシステムと称される。MWSS が取得している水利権の合計は 4,190 百万リットル/日（MLD）であり、このうち 4,000 MLD がアンガット貯水池、100 MLD がラグナ湖、90 MLD が地下水である。

2010 年における首都圏の都市用水需要量は 3,600 MLD と推定されており、MWSS の水利権を最大限活用することでなんとか水不足を生ずることなく水需要を満たしたことになる。しかし、水文学的にはアンガットーウミライシステムの供給能力は十分なものではなく、MWSS による水利権の完全行使は他の利害関係者、例えば、国家かんがい庁（NIA）による国営かんがい事業であるアンガット・マアシム河川かんがいシステム（AMRIS）やブラカン州の都市用水供給を圧迫する。

こうした事情から、新たな水源を開発することが MWSS にとって緊急の課題となっている。2010 年、ベニグノ・アキノ III 世が大統領に就任後、フィリピン政府は MWSS に対して、1 年から 2 年以内に水源の新規開発を軌道に乗せるべく計画を策定するよう命じた。また、政府は水資源開発計画の評価において、マニラ首都圏及びその周辺地域の地域社会・経済開発計画との整合性について中長期的な水需給の総合的な検討及び将来にわたって影響するであろう気候変動を考慮した評価を行い、整合性の度合いに応じて優先度を与えるという基準を示した。

MWSS は、政府の示した基準に沿って、マニラ及び周辺地域の統合水資源管理計画として中・長期を展望する水保障計画（WSP）を策定することとした。WSP は以下の 7 計画で構成されている。

- 1) MWSS 及びコンセッション事業者の事業計画見直し
- 2) 水利用効率化計画
- 3) 水インフラ開発計画
- 4) 水資源管理計画
- 5) リスク管理・軽減計画
- 6) 知識管理計画
- 7) ステークホルダー参加計画

MWSS は 2012 年に WSP 策定を完了せしめるため、国際協力機構（JICA）及び世界銀行に技術協力を要請した。

世界銀行は、要請に応じて Metro Manila Water Security Study を 2011 年 7 月から 2012 年 7 月にわたって実施した。一方、JICA は「マニラ首都圏及びその周辺地域の水資源開発計画に係

る基礎情報収集調査（本調査）」を 2012 年 2 月から開始した。JICA は技術的複雑さに鑑み、調査を以下の二つの業務に分けて実施することとした。

- － 水収支解析等
- － 気候変動影響評価及び流出解析

本ファイナルレポートは「水収支解析等」の検討結果をまとめたもので、主に 1) 水資源にかかわる法制度・組織、2) 対象地域における水資源に係わる環境問題、3) 都市用水や農業・水産業のための水需要に係わる調査結果、4) 表流水・地下水等水供給側に係る調査、5) 気候変動が水資源に及ぼす影響調査、6) 気候変動の影響を考慮した水需給収支、7) 水資源管理に係わる診断結果、8) 世銀調査により提案された水資源開発事業の効果・影響の評価、9) 結論及び勧告について述べている。

1.2 調査の目的

調査の目的は以下の通りである。

- 気候変動の影響を考慮した、マニラ首都圏とその周辺地域における水需給収支を 2040 年を対象に求める。
- 世銀調査によって提案されている水資源開発プロジェクトの効果と影響を気候変動の影響を考慮した水需給収支解析結果に重点をおきつつ、評価する。

1.3 調査対象地域

調査対象地域はマニラ首都圏及びその周辺地域である 6 河川流域からなる。6 河川流域とは、アンガット川流域、パンパンガ川流域、パッシング・マリキナ川流域、アゴス川流域、ウミライ川流域及びラグナ湖流域を指す。

第 2 章 組織・制度

2.1 水分野に係わる法制度

2.1.1 憲法及び水法典

フィリピン国憲法（1987 年）は水資源を「国家の所有」としており、その開発と使用は「国家による完全な監督と管理の下になされる」としている（第 7 条第 2 項）。

水資源管理に係る基本法は「フィリピン水法典」（Water Code of the Philippines、1976 年大統領令 1067 号）であり、憲法を原則として制定されている。国家水資源委員会（NWRB、過去の NWRC）が主たる執行機関であり、NWRB は水法典の施行規則（IRR）を 1979 年に制定した。現行の IRR は 2005 年に改正されたものである。

水法典の目的は以下のとおりとされている（第 1 条）。

- － 水資源の配分と管理・保全に係る基本原則と施行体制を確立し、水資源の開発の最適化と合理的な利用を図ること
- － 水利用者・所有者の権利義務の範囲、その保護と規制を明確にすること
- － 水資源及びこれに係る土地の所有、配分、利用、開発と保全を規制する基本法を制定すること
- － 本法典を執行する行政機関を定めること

水法典は水資源の配分、すなわち天然資源としての水資源を取水・利用・転用に係る権利の取得を規制している。水資源配分に認められる用途は、家内使用、公共水道、灌漑、発電、漁業、家畜飼育、工業、リクリエーションが規定されている。これらの用途に配分される水資源は、それぞれの用途に必要な期間と量に限って認められ、その基準は NWRB によりそれぞれの目的と条件に応じて決定される。水資源の配分は、水利用許可（Water Permit）が付与された水利権を有する者にのみ認められる。水利用許可は、①フィリピン市民、②フィリピン市民が 60%以上の資本を保有する法人（協同組合、会社等）、③政府組織及び公営企業に付与することができる。

水資源配分に係る規定で特徴的であるのは、水利用者間の関係においては先願主義（先使用）の原則が採用されていることである。また水不足などの非常事態においては、家庭用及び公共水道の水利用が優先する。ただし、「水不足が頻発し、且つ公共水道の水利権者が優先権において劣後する場合においては、公共水道の水利権者は代替の水源を手配しなければならない」（22 条）。

2.1.2 上水道

水道セクターに係る基本的な 3 つの法令は 1970 年代に立法された。法律第 6324 号（1971 年）により、上下水道事業者としてマニラ首都圏上下水道公社（MWSS）が設立された。首都圏以外の地方の都市部では、1973 年に制定された地方水道法により各地方に水道区（Water District）が設立された。1977 年には公共サービス法（大統領令第 1206 号）が制定され、MWSS

と地方水道公社（LWUA）が担当しない水道事業及びその料金を NWRB が監督することとなった。

2.1.3 下水道

公衆衛生法（1975 年大統領令第 856 号）は、公衆衛生に関連する幅広い分野の基本法となっており、その第 17 章は下水の収集と廃棄を規定している。1995 年には保健省（DOH）が下水及び汚泥の収集・処理・廃棄に関する要件を規定する施行細則（2004 年に補完）を制定している。

2.1.4 プロジェクトの実施

第 4 章で詳述する通り、環境法に規定されているとおり、水資源開発事業の実施にあたっては環境アセスメントを実施しなければならない。環境保護の観点に加え、事業実施には適切な社会配慮も確保される必要がある。公共事業における土地収用の手続きは「政府の公共事業などの為の通行権、土地の取得の円滑化に関する法律」（2000 年法律第 8974 号）で規定している同法では、憲法の関連規定に照らして、私有財産の収用は、公正な補償をもって行われなければならないとしている。そのため、政府は公共事業のために収容される不動産の所有者に対し公正な補償を行わなければならない。同法はまた収用手続きのガイドラインを規定しており、土地収用に対する補償額の算定は市場価格に基づくとしている。すなわち、その補償額は地域の公示価額の 100%または、当事者の合意に基づいて市場価格を用いることとし、後者は州または市の評価人により評価される（同法第 5 条）。またその第 8 条では、プロジェクトの実施機関は環境影響も考慮した事業実施を行うよう定めている。

都市開発・住宅法（1992 年法律第 7279 号）は、政府が民間との連携により包括的かつ継続的な都市計画と住宅供給を行う政策を示した法律である。住宅供給施策では、都市部や移転地区において住宅がない恵まれない市民に安価な住宅と住環境に係るサービス、及び雇用機会を提供することを目的に、スラムや移転地区を含む都市部の再開発地域を対象としている。同法では、鉄道線路、廃棄物投棄場、河川敷、水路などの危険性の高い公共地域での立ち退きや施設の取り壊しが認められている。同法の 28 条及び 44 条では、内務地方政府省（DILG）及び住宅・都市開発調整委員会が共同で「都市開発・住宅法（1992 年）で定める適切な住民移転手続きに係る施行細則（IRR）」を制定し、公共事業の実施において非自発的住民移転が不可避となった場合に従うべき手続きを定めている。

非自発的住民移転が発生する公共事業がドナーの支援により計画・実施される場合、ドナーの定める社会配慮ガイドラインに従い住民移転計画（RAP）を作成しなければならない。例えば、JICA は「JICA 環境社会配慮ガイドライン」を制定している。世界銀行はセーフガードポリシーで非自発的住民移転に係る手続きを定めている（Operational Policies 4.12）。

2.1.5 官民パートナーシップ（PPP）

官民パートナーシップ（PPP）の推進は、2010 年に就任した現政権が直面する財政難において公共施設開発を進めるための大きな柱のひとつとなっている。2011 年半ばに策定された 2011 年～2016 年フィリピン中期開発計画（MTPDP）は、「政府は PPP を活用して公共事業開発プログラムの多くを実施する」としている。2012 年 4 月 26 日の時点で、政府の PPP センターは、多岐に亘るセクターから 21 件の PPP プロジェクトを優先事業として挙げており、こ

のうち「新規水供給事業」¹は、貯水ダム、浄水場、付随する管路の建設によりマニラ首都圏に給水し、水の安定供給に貢献することを目的としたものである。すでに PPP 方式を用いた水資源開発事業がいくつか計画・提案されている。

公共事業の民営化に関する法令は、発電所の民営化に関する行政命令（EO）第 215 号（1987 年）に端を発する。旧 BOT 法（法律第 6959 号）が 1990 年に制定され、水道及び水資源開発を含むインフラ開発事業への民間参入が認められることとなった。現行の BOT 法（法律第 7718 号）は旧法を改正したもので、1994 年に制定され、道路、空港、水、情報技術などのセクターでの事業実施をより柔軟にすることを企図したものである。同法では、PPP の形態、国籍制限、PPP プロジェクトの承認手続、公募型（Solicited）／提案型（Unsolicited）の形態、政府の保証と支援などの事項を規定している。水資源プロジェクトに特化した PPP 事業の規定はないため、この分野の新規事業もこの BOT 法に従って実施されることになる。国家経済開発庁（NEDA）が BOT 法の施行規則（IRR）を 2005 年に制定しており、事業実施機関が従う詳細な手続きを定めている。

他方、マニラ首都圏の上下水道事業の民営化は「水危機対策法（Water Crisis Act）」（1995 年）という特別法により実行された。同法に基づき、1997 年に MWSS により 2 つの民間事業者に対し上下水道の事業権が付与された。

PPP に係る法令は依然として発展途上にある。BOT 法に定める複雑な承認手続を避けるため、地方の小規模水道事業は他の法令、すなわち NEDA の「共同事業（Joint Venture）ガイドライン」（2008 年）または調達法（2003 年法律第 9184 号）により実施されている。

下表に、水分野に関連する主な法令を示す。

表 2.1 水分野に関連する主な法令

分類	法令		主な規定事項
水資源管理の原則、施行体制	フィリピン憲法 (1987)		国内のすべての水資源の所有、管理は国に属する
	PD No.1067 (1976)	水法典 (Water Code)	水資源管理に係る制度を規定。水利用と水利権、水利権者の権利義務、執行機関（NWRB、旧 NWRC）など。水利権の先願主義（先使用主義）を採用
	PD No.424 (1974)	NWRC Charter	水資源管理の調整・計画機関としての旧 NWRC（現 NWRB）を設立するもの
	RA No.6324 (1971)	-	マニラ首都圏の上下水道事業体として MWSS を設立するもの
上下水道	PD No.198 (1973)	地方水道法 (Provincial Water Utilities Act)	地方都市部の水道事業体としての水道区（Water District）、及びその監督・技術支援機関としての LWUA を設立するもの
	PD No.1206 (1977)	公共サービス法 (Public Service Law)	NWRB に、MWSS 及び LWUA に属さないすべての水道事業の管理監督を委ねるもの
	PD No.856 (1975)	公衆衛生法 (Sanitation Code)	水道、食品加工、衛生施設、下水道及び下水処理など、公衆衛生に係る全般的な施策と基準を規定
土地収用、非自発的住民移転	RA No.8974 (2000)		「政府のインフラ事業などの為の通行権、土地の取得の円滑化に関する法律」 政府が実施するインフラ事業における土地収用及びその補償に係る施策を規定
	人道的住民移転手続きのための施行規則（IRR）(1992)		都市開発・住宅法（RA No.7279）に基づく住民移転に係る手続きの詳細を規定

¹ PPP センターによるリストでは、本事業のプロジェクトサイトを特に示しておらず、PPP として実施可能な水供給事業であればいずれも優先事業であると解される。

分類	法令		主な規定事項
官民パートナーシップ (PPP) ／民営化	EO No.215 (1987)		公共インフラの民営化に係る初めての法令。約 20 件の発電事業を民営化を実施。
	RA No.6957 (1990)	旧 BOT 法	インフラ事業の資金調達、建設、運営維持管理への民間参入を認めるもの（RA No.7718 により改正）
	RA No.7718 (1994)	BOT 法	上記 RA No.6957 を改正した現行 BOT 法。これまで 2 件の PPP 事業を実施
	RA No.8041 (1995)	水危機対策法 (National Water Crisis Act)	MWSS によるマニラ首都圏向け上下水道事業の民営化

注： PD: Presidential Decree（大統領令）、RA: Republic Act（共和国法律）、EO : Executive Order（行政命令）、DAO: DENR Administrative Order（DENR 省令）

出典： JICA 調査団

2.2 水分野の関連組織

2.2.1 国家水資源委員会（NWRB）

国家水資源委員会（NWRB）は主に水分野の関連機関の調整及び規制を担当し、統合水源管理（IWRM）の原則に基づきこれらを実施する機関である。水利用許可（Water Permit）を発行し水利権を付与するとともに、全国の水資源に係る施設の規制を担当しているが、水道事業に対する規制監督権限は、MWSS、LWUA、地方政府（LGU）の監督下にある水道事業、および農村部上下水道協会（RWSA）を除いた範囲に限られている。

NWRB は環境天然資源省（DENR）の付属機関であり、議長（Board Chairman）は DENR 大臣が務める。2.1.1 で述べた通り、NWRB は水法典（Water Code）により水セクター全体を指導・調整する機関とされ、水資源に係る施策の計画立案を担当している。また、国家経済開発庁（NEDA）に対し水資源開発事業・プログラムに関し助言する。

上記の幅広い担当業務に対し、NWRB の組織体制はかなり限られている。年間予算はおよそ 5 千万ペソであり、人員は 100 名程度しかない。また全国の水資源を所掌しているにも拘わらず地方組織を有していない。こうした課題に対し、政府では NWRB にかわる新しい「国家水資源管理委員会」（NWRMC: National Water Resources Management Council）を設立し、水分野全般に亘る行政能力の強化が検討されており、最近諮問会議の答申が大統領に提出されたところである。（2.5.1 参照）

2.2.2 公共事業道路省（DPWH）

公共事業省は政府施設の建設を担当する省であり、特に道路、洪水対策、小規模な貯水・給水など、政府予算によって建設される公共施設の計画、設計、建設及び運営維持管理を所掌している。DPWH が実施する事業の大半は高速道路の建設であり、洪水対策施設は同省開発予算（2010 年）の 6.4%を占めるにすぎない。また、DPWH は設計、施工、維持管理に係る様々な技術規格を設けている。

水資源開発に関しては、以下の 4 つの部局が担当している。(a) 水文調査とデータ収集を担当する研究規格局（BRS）、(b) 洪水対策プロジェクト管理室（PMO-MFCP）、(c) 外国援助の給水事業を担当する農村部給水プロジェクト管理室（PMO-RWS）、(d) 地方政府予算及び外国援助による小規模貯水事業を担当する小規模貯水プロジェクト管理室（PMO-SWIM）である。また、政府機関の中で DPWH は洪水対策に係る中心的な役割を担っている。

DPWH は、小規模水供給事業のうちレベル I（水源での給水）及びレベル II（共同水栓）を実施するとともに、地方政府（LGU）の要請に応じて地方水道の技術支援を行う。マニラの上下水道事業を担当する MWSS は DPWH の附属機関である。

2.2.3 環境天然資源省（DENR）

DENR は森林、河川流域を含む全国環境と天然資源の保護、保全、管理を担当する組織であり、水質・大気・土壌汚染対策に係るガイドラインの普及も行っている。同省の 4 つの内局と 3 つの附属機関が水資源管理に関連している。

内局は以下の 4 部局である。環境管理局（EMB）は、水質・大気汚染対策に係る施策の立案及び環境基準の制定と普及、監視を所掌している。公共事業における環境影響評価（EIS）及び環境コンプライアンス認証（ECC）の承認も同局が担当している。

鉱山地図科学局（MGSB）は、鉱物資源の適切な利用と保全を通じた持続可能な開発の推進を担当している。また同局は全国の地下水源の監視と地図化を行なっている。

森林管理局（FMB）は、水源利用の改善を含む森林地域及び流域の効果的な保護、保全及び開発に関する政策の立案・助言を行う。

保護地域野生生物局は、全国の統合保護地域制度（NIPAS）の指定及び管理を所掌し、特に水資源の関係では、湖沼などの湿地帯の保護・保全を行い、その生態系の保護に努めている。

DENR の附属機関としては、以下の 3 機関がある。国家地図資源情報庁（NAMRIA）は全国の水資源及び流域の地図化を行なっている。2.2.1 で詳述した通り、NWRB は DENR の附属機関の 1 つであり、水資源管理政策の中心機関とされている。さらに、DENR に属する機関ではラグナ湖開発公社（LLDA）がある。LLDA はラグナ地域の持続可能な開発を促進するために設立された公社であり、同地域の環境管理及び住民組織主体の天然資源利用・保護活動に係る規制監督機関である。特に NWRB からの委託により、他の地域で NWRB が直接行っている表流水の水資源配分を担当している。LLDA の管理地域は、ラグナ湖周辺の各州、すなわちリサル州、ラグナ州、カヴィテ州の市町村（Silang、General Mariano Alvarez、Carmona、Tagaytay City）、ケソン州の Lucban、及びマニラ首都圏（Marikina、Pasig、Taguig、Muntinlupa、Caloocan、Pateros）にまたがっている。

2.2.4 国家経済開発庁（NEDA）

NEDA はフィリピン国の経済開発計画を所掌する政府機関である。その理事会は大統領が議長を務め、副議長は NEDA 長官である社会経済計画担当大臣が務める。水分野の行政において、同庁は主に水資源管理に係る政策の策定とその承認にかかわっている。NEDA の地域開発評議会（RDCs）により、各地域の水資源分野を含む経済社会開発の方針が決定される。水資源開発を含む大規模開発事業及び施策の評価、審査、承認は NEDA 理事会に設置された投資調整委員会（ICC）で実施される。NEDA のインフラ委員会（INFACOM）には水資源分科会（SCWR）が設置されており、政府並びに非政府機関からの利害関係者が参加して同分野の情報を共有し、NEDA 理事会に対する政策提言を行う。

2.2.5 国家灌漑管理公社（NIA）

NIA は、灌漑施設の開発と管理を通じ政府の農業開発政策に貢献することを業務とした政府保有の公社である。現在 NIA は農業省の附属機関であり、灌漑目的の水源開発を主に行うが、そのプロジェクトには水力発電、水道、洪水対策、排水、植林などを実施する多目的ダムの開発も含まれている。NIA の組織は地方分権化が進んでおり、灌漑施設に係る維持管理予算は各灌漑システムの灌漑料金（IRS）の収入を原資とするよう計画されている。灌漑プロジェクトの開発予算は、予算管理省（DBM）から各地方の灌漑局に直接配賦される。NIA には地方灌漑局のほか、2 つの統合灌漑システム（パンパンガ川上流域統合灌漑システム、マガット川統合灌漑システム）は各々その特別地方局が管理している。

2.2.6 国家電力公社（NPC）

NPC はエネルギー省の附属機関であり、主要な発電事業者の一つとしてマニラ首都圏の配電会社であるマニラ電力会社（MERALCO）に電力を供給している。電力セクターの民営化を推進する 2011 年電力産業改革法（EPIRA）により、現在 NPC は送電系統に接続されていない地域の電化事業に特化している。EPIRA 法により電力セクター資産負債管理会社（PSALM）が政府出資で設立され、NPC が所有していた発電施設資産が移転され、各資産は民営化される途上にある。

NPC は、水力発電施設がある流域の水資源管理に関わっており、また PSALM に移転された発電施設の運用管理も担当している。これにはダム運用に係る洪水予報・警報システムも含まれる。また、民営化された発電施設では、その運営に関し NPC が技術審査を行っている。

マニラ首都圏向け給水の主要な水源であるアンガットダムの施設は、発電施設も含め PSALM によりすでに民営化されているが、落札企業への資産移転はまた完了しておらず、NPC が資産所有者である PSALM からダムの運転管理を受託する形で運営されている。

2.2.7 マニラ首都圏上下水道公社（MWSS）

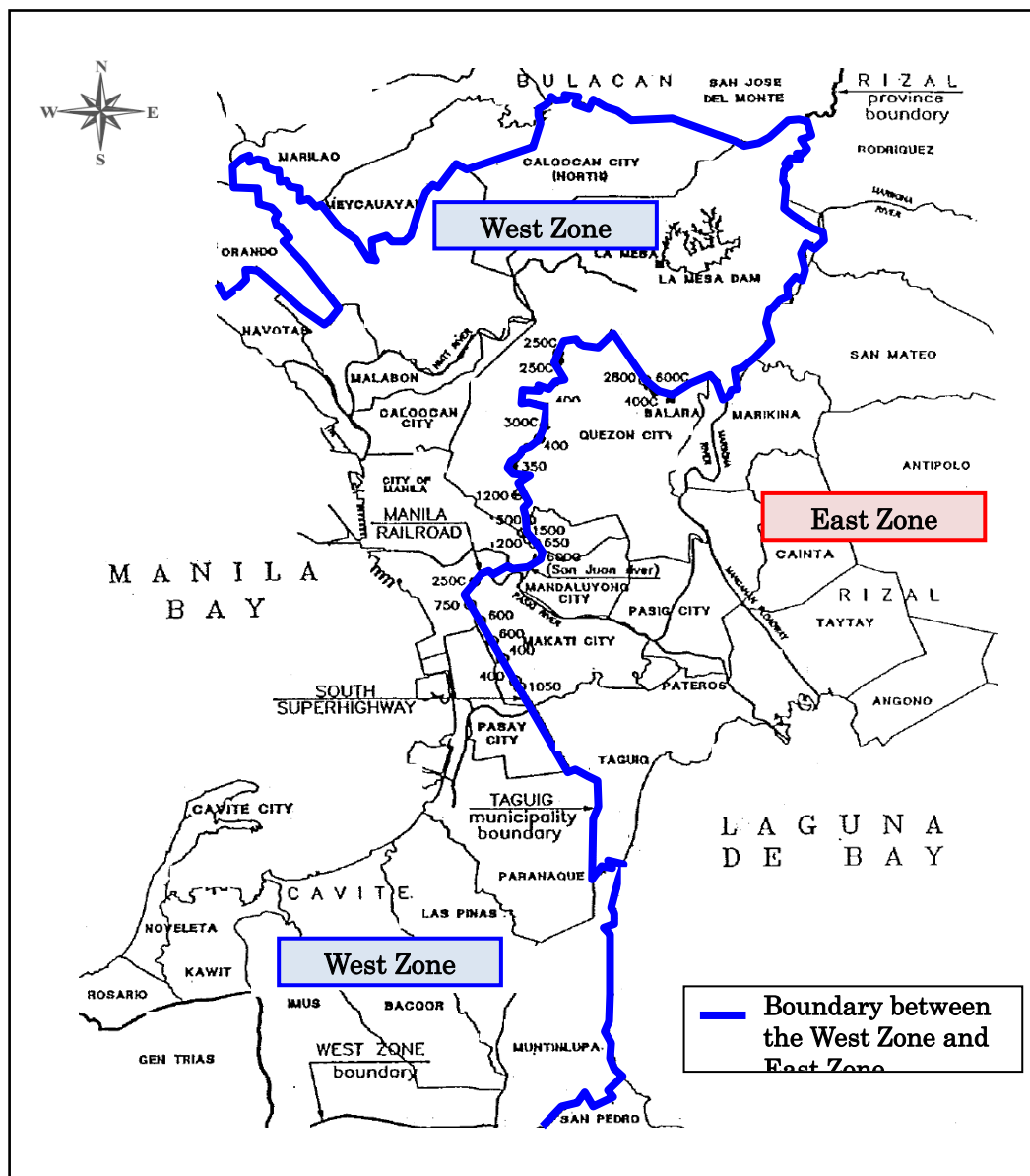
MWSS はマニラ首都圏及び周辺地域における上下水道サービスを担当する公社である。その責務は、家庭用及びその他の需要に対して適切かつ安定的な水供給を公正かつ公平な料金で行うことにある。現在、MWSS の上下水道サービスは民間の利権者の事業運営を通じて提供されている。

MWSS の民営化は、1997 年の水危機対策法（Water Crisis Act）により実行された。入札の結果、25 年間の利権契約が政府と 2 つの事業利権者の間で締結され、マニラ首都圏の東地区の運営権はマニラ・ウォーター会社（MWCI）、西地区はマニラッド水道会社（MWSI）に譲渡された。MWSS は首都圏地域の経済規制の権限を有し、その規制監督部（Regulatory Office）が、民間事業者が消費者に課す上下水道料金の監視と改定の承認を行なっている。他方、MWSS の事業部（Corporate Office）は、コンセッション契約上上下水道施設資産の所有者として関与している。また、事業局は 2 つのコンセッション事業者に対し原水を供給するための水源開発を計画・実施する責務を負っている。

2.2.8 マニラ・ウォーター（MWCI）、マニラッド（MWSI）

MWCI と MWSI はコンセッション契約に基づき、その契約期間にわたってマニラ首都圏のそれぞれの担当地区で上下水道サービスを提供し、またサービスエリアの拡張や施設の改善に必要な投資を行う民間事業者（コンセッションネア）である。

下図に各担当地区の範囲を示す。



出典： Maynilad Water Service Inc. Concession Agreement (West Service Area)

図 2.1 マニラ首都圏上下水道のサービスエリア

MWCI のサービスエリアはマニラ首都圏東側の 23 市町にまたがる。すなわち、マニラ首都圏の Mandaluyong、Marikina、Pasig、Pateros、San Juan、Taguig、Makati、Quezon 市と Manila 市の一部、及びリサール州の Angono、Baras、Binangonan、Caina、Cardona、Jala-Jala、Morong、Pillilia、Rodriguez、San Mateo、Tanay、Taytay、Antipolo 市である。

一方、MWSI のサービスエリアはマニラ首都圏西側の 17 市町である。すなわち、マニラ首都圏の San Andres を除く Manila 市、Pasay、Panaraque、Caloocan、Muntinlupa、Las Pinas、Valenzuela、Makati 及び Quezon 市の一部、Navotas、Malabon、及びカヴィテ州の Cavite 市、Bacoor、Imus、Kawit、Noveleta、Rosario である。

2.2.9 地方水道公社（LWUA）

LWUA は、マニラ首都圏以外の地方都市の上水道の開発と運営を推進・監督する政府出資の公社（GOCC）であり、地方水道法（1973 年大統領令 198 号）により設立された。同法はまた各地方都市で水道事業を運営する水道区（Water District）に関しても規定している。

LWUA はこれら地方水道事業に対する規制監督機関として機能している。水道区が運営する上水道の水質・運用に係る基準を設定し、モニタリングを行なっている。また、水道区及び地方政府ユニット（LGUs）の水道事業に対する資金援助及び技術支援も行なっている。2011 年 10 月には、大統領の行政命令第 62 号により、LWUA の所属が保健省（DOH）から DPWH に移転された。

2.2.10 地方政府ユニット（LGUs）

1991 年制定の地方行政法（法律第 7160 号）により、安全な飲料水の供給を含む基本的な行政サービスに係る国の権限と機能は地方政府ユニット（LGUs）に委譲されている。現在、MWSS 及び LWUA（水道区）の傘下でない上下水道事業に係る政策立案や計画・監督機能は、LGUs が有するものとされている。安定的な水道水の供給のために、LGU がとりうる方法は、(a) LGU 自身の事業運営と出資で水道サービスを提供する、(b) マネジメント・サービス契約やコンセッション契約を通じて出資と運営を民間事業者に移す、(c) 民間事業者と共同事業（Joint Venture）として運営する、が挙げられる。また、水道事業の実施にあたっては、地方交付金（IRA）が使用できるほか、外部からの借入により資金調達を行う。LWUA が規制監督する水道区を除き、LGUs は地方の水道事業に対する規制監督の権限を有しており、そのサービス水準の確保に努めている。また、より小規模な水道サービス（レベル I、II）であるバランガイ上下水道協会（BWSAs）や地方上下水道協会（RWSAs）に対する規制監督も LGUs の所掌範囲である。

2.2.11 その他の関連組織

(1) 内務地方政府省（DILG）

DILG は、LGUs が実施する地方行政全般に対する管理・支援を行う政府機関である。上下水道に関しては、プロジェクト開発サービス（OPDS）の上下水道ユニット（WSSU）が“*Sagana at Ligtas na Tubig Para sa Lahat (Salintubig)*”と呼ばれる給水事業プログラムを実施している。保健省（DOH）、DILG 及び国家貧困削減委員会（NAPC）が共同で実施する同プログラムは、水へのアクセスがない全国の町村やその他の地域（バランガイ、保健センター、住民移転地区）に給水施設を設置するものである。NAPC が最初に実施した後、プログラムの実施は DILG の OPDS に 2012 年に移管された。

(2) 保健省（DOH）

DOH は水道水質を規制し、水質検査及び処理の基準の制定を担当している。これらの機能は環境保健サービス（EHS）及び研究検査局（BRL）が実施している。EHS は上下水道プログ

ラムを担当し、水系伝染病の防止のために活動している。他方、BRL は水道水質のモニタリングを担当している。

(3) 予算管理省（DBM）、財務省（DOF）

DBM は政府の効果的かつ健全な資源利用を推進する政府機関であり、中期支出計画、年次予算案の策定などとともに、政府全体の資源配分戦略を担当している。国家予算を用いたインフラ事業を計画する場合、事業実施機関は必ず DBM の予算措置を確保する必要がある。

DOF は、国家財政の政策策定及び管理全般を担当しており、その国営企業グループ（CAG）は MWSS をはじめとする国営企業・公社（GOCCs）を監督している。

2.3 水資源管理の現状

2.3.1 水資源配分

前述の通り、表流水・地下水の水資源配分については、水法典（Water Code）の規定に基づいて、利用者の要請に応じ NWRB が水利権を付与することで行われている。しかし、アンガットーウミライシステムにおいては、変則的な配分方法が採用されている。まず、NPC、NIA、PAGASA、MWSS、NWRB が参加する作業部会（TWG）が配分案を NWRB に提出し、NWRB の決議により水配分が決定される形を採っている。また、TWG は流量などのモニタリングを行い、NPC に日々のダム運用について指示する。

流入量の不足と増大する上水道の需要が水利用者間の摩擦を生んでいる。MWSS への配分は徐々に増大し、 $46 \text{ m}^3/\text{s}$ に達している。これは「条件付き利用」として灌漑向け配分から再配分された $15 \text{ m}^3/\text{s}$ を含んでいる。しかしながら、MWSS は恒常的にこの再配分を利用し、代替水源の手当ができていないために、NIA がこの $15 \text{ m}^3/\text{s}$ の配分を利用できない状態が続いている。2004 年には深刻な干ばつによりアンガットーウミライシステムが多大な影響を受け、AMRIS に対する水供給が 4 ヶ月にわたって途絶えたため、NIA は灌漑料金収入と農作物への被害を MWSS が補償するよう NWRB に要求した。これに対し MWSS は、水不足は不可抗力によるものであり、水法典により公共水道への水供給が優先されると主張した。結局、NWRB は NIA に国営公社の紛争解決組織である国営企業委員会（GCC）で訴えを起こすよう提言するまでに至っている。

2.3.2 河川流域管理

政府は、その中期開発計画（MTPDP）において、水資源管理の包括的な戦略として、河川流域ごとの統合的水資源管理（IWRM）を行う方針を有している。各流域の管理を司る河川流域組織（River Basin Organizations: RBO）の設置が計画されているが、現在のところ全国でわずか 4 つの RBOs が設立されているに過ぎず、その設立形態は Authority、Council、Board、Commission と統一されていない。また、その行政機能は、流域開発とインフラ管理を自ら実施すべく設立された機関（例：LLDA）から、流域関連機関の調整組織（例：Bohol IWRM Board）まで様々である。現在のところ、RBO が存在しない流域も存在する。

2.3.3 水質及び流域管理

2004 年に制定された Clean Water Act（法律第 9275 号）は、包括的な水質管理と水源汚染対策に関し規定しており、DENR が NWRB と連携して水質管理を担当している。DENR の森林管

理局（FMB）が森林と流域の保護管理の施策立案・遂行を担っており、NIA、NPC、MWSS、水道区及びフィリピン石油公社が DENR と協力し、それぞれの管理地域における保護・保全活動を実施している。同様に、農業の水資源及び土壌に関しては、農業省の土壌・水管理局が流域の保全管理・評価に従事している。

2.3.4 水資源の評価

水資源の評価や流量データの収集には複数の政府機関が関与している。流量データの収集は主に DPWH-BRS、NIA、NPC が行なっている。BRS は全国で DPWH が有する 274 の観測所でデータ収集と集計を行なっているほか、NIA と NPC はそれぞれが有するダム施設などで流量データの収集と報告を行なっている。

2.4 水源開発プロジェクトへの投資

2.4.1 全般

現存する大規模ダムなどの水資源施設の多くは NIA と NPC により建設されてきた。しかし、JICA 調査（2011 年）²によれば、こうしたダム及び付帯設備に係る統一された設計基準は存在せず、NPC は慣習的に米国内務省開拓局（USBR）の基準を用いてきた。

現在、世界銀行調査（2012 年）などで挙げられている大規模な水源プロジェクトは、(i) MWSS が実施するマニラ首都圏向け給水事業、(ii) NIA が実施する灌漑事業、(iii) 民間事業者が実施するマニラ首都圏向けバルク給水及び発電事業として計画・実施される。このほか、公共水道ならびに家庭用水として実施される LGUs 及び水道区（Water District）のプロジェクトは小規模な地下水開発または表流水の取水施設に限られ、本調査の対象地域の水収支の改善に貢献するだけの規模の事業は行われない。NPC はアンガットなどの大規模ダムの運用を担当しているが、電源開発の主体はすでに民間主導に移行しているため、NPC が水源プロジェクトの主体となることはない。

政府予算の制約が水資源開発に大きく影響している。国家予算のうち水源に関連する事業は NIA の灌漑事業と DPWH の洪水対策事業にほとんど限られている。2010 年に配分された開発予算はそれぞれ灌漑に 142.9 億ペソ、洪水対策に 74.4 億ペソであった（表 2.2 参照）。直近では、政府が喫緊の課題としている米穀の自給率向上を目的として、2012 年に NIA は約 250 億ペソの開発予算を得て全国の灌漑施設の建設・改修を行う予定である。

表 2.2 水資源関連インフラの開発予算

(Unit: Billion Pesos)

	2009	2010			
		Total	Foreign-assisted	Locally Funded	Inter-agency Projects
Irrigation	12.55	14.26	4.14	9.46	0.66
Flood Control	6.93	7.44	N/A	N/A	-
Total	19.48	21.70	-	-	-

出典： JICA 調査（2011）、NIA、DPWH

公共水道向けには、MWSS により計画されている水源開発プロジェクトは、ドナーを含む金融機関からの借入を主な資金源としている。事業実施により発生する借入返済と運営費は水

² JICA 「パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査」（2011 年）

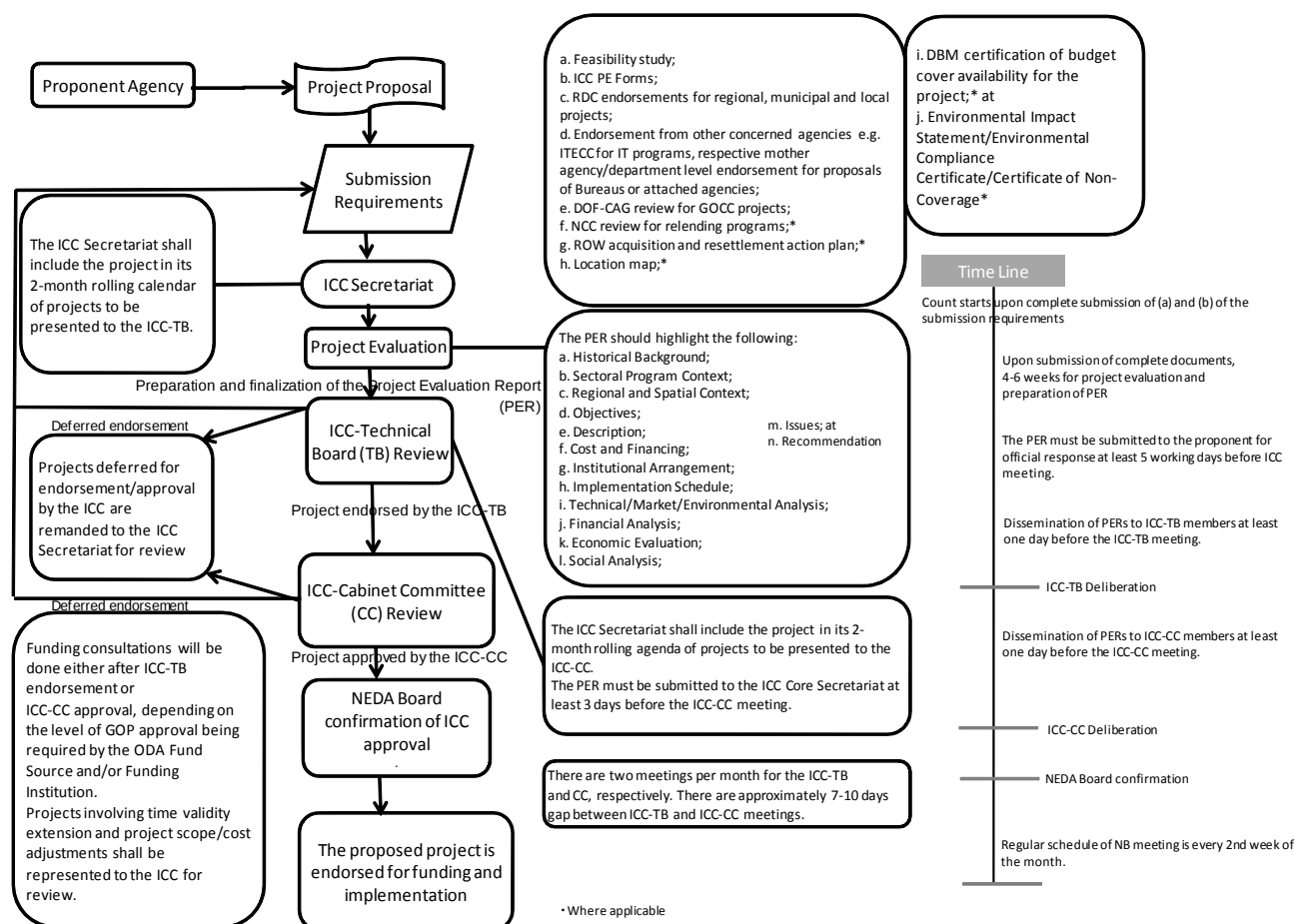
道事業の民間利権事業者が支払う利権料に転嫁され、最終的に消費者が支払う水道料金によって回収されることで、水道事業の完全な費用回収が確保される。

また、水源開発プロジェクトの多くは PPP による実施が計画されている。ここでは民間利権事業者が支払うバルク給水の価格には事業で発生するすべての建設費・運営費が含まれることが想定されている。民間投資により実施される事業のうち、原水の導水事業や、浄水場の建設などの水資源事業は、利権契約に基づき利権事業者自身が実施する予定のものもある。

2.4.2 プロジェクト形成及び実施手順

(1) 投資調整委員会（ICC）の承認手続

投資調整委員会（ICC）は 1987 年行政命令第 230 号により NEDA 理事会の下での 5 つの委員会の一つとして設置された。2005 年 3 月に改訂された ICC ガイドラインによれば、その機能は財政・金融・国際収支の観点から大規模開発プロジェクト（5 億ペソ以上）を審査し、大統領にその実施計画を提言することである。ICC の内閣委員会は ICC の最高意思決定機関は財務大臣を始めとする関係閣僚により構成されている。下図に典型的な ICC のプロジェクト審査手続を示す。



出典： NEDA

図 2.2 ICC のプロジェクト審査手続

（2）官民共同事業（PPP）

前述の通り、現在、官民共同事業（PPP）は水資源開発事業の主要な資金調達及び実施形態と考えられる。NEDA の PPP センターは、事業実施機関や LGU が PPP 事業の計画・実施を行う上で、前項で述べた ICC の承認手続きを含む様々な面で支援を行なっている。PPP センターはプロジェクト開発・モニタリング基金（PDMF）を用いた投資前調査の提供など、プロジェクトの形成から入札、契約締結までの過程において技術支援を行なっている。水資源開発事業の形成では、MWSS が実施するアゴスダム事業の事業形成調査と入札図書の作成の資金が PPP センターから提供されている。

2.5 課題と最近の動向

2.5.1 水分野の政府組織の改編

（1）政府組織の改編に係る動向

水行政は多くの機関に分散され十分な機能を果たしていない。こうした問題に対応するため、大統領は 2011 年 10 月に行政命令第 62 号を発し、DPWH 大臣を水分野の主担当に任じ、LWUA を DOH から DPWH に移管するとともに、組織改革に向けた政府内の横断的な委員会を設置することとなった。

本件に関して、NEDA は「フィリピン水資源分野開発計画の現状と課題、国家水資源管理委員会（NWRMC）の設立に関する政策提言」を作成した。これはアジア開発銀行の支援を得て、フィリピン大学のタビオス博士とビジャルナ氏により草稿が作成されたものである。

水分野行政の組織改革の必要性について、「政策提言」が述べるところは概略以下の通りである。水資源の不足、不十分な安全な水の取得、気候変動による干ばつや洪水といった問題に加えて、提言では特に「脆弱な指導力と分散された行政組織」が挙げられている。水分野の政策策定、情報収集、公共事業開発などの行政機能が多くの異なった行政機関が別々に担当しており、またそのいくつかは資金援助（例：LWUA）や経済規制（例：MWSS-RO）の機能も有している。しかし、これら行政の重複や欠落、対立を避けるための統合した基盤は存在していない。上述の通り、NWRB はこうした統合を推進すべく設立された機関であるものの、資源の制約から全国の水資源開発・管理の中心を担う機関として機能しておらず、水資源の配分に係る行政を行なっているに過ぎない。

（2）新「国家水資源管理委員会」の概要

上記の課題への対応として、「政策提言」は、NWRB と他の機関³を統合・強化した国家水資源管理委員会（NWRMC）の設立を提案している。その理事会は大統領が議長を務めるとともに、DPWH、農業省、DILG、DENR、NEDA などの関連省庁が参加する。その実務は閣僚級の局長のもと、地方組織を含めて 640 名程度の職員が遂行するとしている。

NWRMC の主要な行政機能は下記の通りである。

- － 計画・政策案の策定
- － データ収集及び監視

³ 「政策提言」では、NWRB、LWUA（水道区向けの融資機能を除く）、DPWH-BPS、DPWH-DS、DPWH 洪水対策センター等を新 NWRMC に統合すると提案している。

- 公共事業開発⁴・プログラム開発
- 水関連施設及び運営の戦略開発
- 規制機能（水資源の利用許可およびその監視と執行、紛争解決を含む）
- 経済性に係る調査
- 公共性と能力開発
- 流域管理組織（RBOs）開発

また、「政策提言」では、政府間パネルと利害関係者評議会を設け、他の実施省庁、LGUs、NGOs、民間セクターとの調整能力を強化することも提案されている。

（3）現在の状況

DPWH 大臣は、2012 年 4 月 4 日に政府内委員会の結論として上記の「政策提言」を提出した。今後の検討過程は引き続き注目していく必要がある。

2.5.2 水資源開発への投資

水資源開発への投資の促進は、マニラ首都圏及び周辺地域の逼迫した水収支を改善する上で喫緊の課題となっている。NEDA との協議等を通じ、水資源開発計画の遂行にあたって下記の問題が挙げられた。

- 過大な投資費用： 水源開発事業を実施する民間事業者に課せられる大きな財務負担は、バルク給水価格の上昇に反映され、事業の実現性を狭める要因となっている。ドナー援助を含む公的資金を投入し事業の実現性を高める仕組みが必要である。
- 環境社会配慮プロセス： 事業を提案する実施機関及び民間企業は、ECC、NCIP 認証、土地収用などに関して政府が要求する手続きに習熟しておらず、事業実施の遅延やプロセスの不備につながることもある。
- LGUs の協力・連携： 水源開発事業の実施に当たっては、現場周辺 LGUs の同意を得る手続きが不可欠である。水源事業の直接の受益者はマニラ首都圏の消費者であり、地元の LGUs とその住民には利益が期待できない。従って、事業計画を進める前から、地元自治体や住民団体と補償内容について合意を得ておく必要がある。しかし、例えばカリワ取水堰事業では、過去のプロジェクトで自治体への補償に問題があったために、自治体が同事業に関する協議を拒否しており、NCIP 認証プロセスに影響が出ている事例がある（2012 年 JICA 調査）⁵。こうした問題を避けるため、事業実施機関は、プロジェクトの計画・形成過程にあわせて自治体や住民と、補償や事業影響緩和策について協議を行う必要がある。前述の JICA 調査で行った NCIP の地方事務所との聞き取り調査によれば、水源開発事業の中に地域住民に裨益する公共施設開発、能力開発、保健施設などの条項を入れなければ、地元自治体の同意を得ることは困難である。

⁴ プロジェクトの形成・実施機能は、既存の実施機関（MWSS、NIA 等）に維持される。

⁵ JICA 調査「マニラ首都圏用水供給情報収集」を参照

2.6 組織・制度上の提言

2.6.1 水消費の節減

水源開発計画の実施が、地元コミュニティの同意取り付けをはじめとする環境社会配慮や資金調達などの課題を抱える一方で、需要サイドにおいて水消費の節約を推進することも、水収支の長期的な均衡を保つために不可欠な取り組みである。

2010 年時点でマニラ首都圏の無収水率は 32.8% に上り、その大半は配水網における物理的な漏水である。特に首都圏西地区の無収水率は 43% と極めて高く、このうち漏水率は 30% を占める。増加を続ける水需要の抑制に当たっては、この非常に大きい漏水の削減が極めて重要と言える。上下水道事業を運営するコンセッショネア 2 社のビジネスプランでは、配水網の改修等の投資を通じた無収水率の漸進的な低減を計画しており、2037 年までに東地区で 12%、西地区で 20% の達成を目指している。これらに必要な投資はすべてコンセッショネアによる民間投資により実現される計画であるが、仮に将来の水源不足により計画を上回るレベルの漏水削減が求められる場合、水源開発事業の代替として、財政負担やドナー資金による追加的な投資が検討されるべきである。

また、需要サイドでの水消費節減策としては、消費者の水使用方法の改善が挙げられる。家庭での節水意識向上を目指したキャンペーンの実施や、より累進的な水道料金体系の導入、節水トイレ・シャワーなどの家庭機器の普及といった方策が必要となろう。

2.6.2 水源の自治体及び住民の参加

水源開発事業の円滑な実施にむけ、地元自治体（LGUs）の同意を取り付けるためには、事業計画のプロセスにおいて自治体および住民の参加が十分確保されていなければならない。事業を推進する実施機関及び政府の指導者は、科学的な根拠に基づいて、事業の必要性や、事業の実施方法、環境への影響について慎重かつタイムリーなコミュニケーションを行うことが求められている。こうしたコミュニケーションに当たっては、誠実かつ丁寧なアプローチが必要である。第 2 章で概観したように、現在検討されている水関係行政の改編では、自治体、NGO、民間パートナー等で組織された諮問委員会の設立により、多様なステークホルダーの参加が提案されている。また、法令により規定された EIS プロセスに沿って、事業計画には地元への補償策を含めなければならない。これには地元住民に裨益するコミュニティ活動への投資や、レベニューシェアリングを通じた自治体への長期的な補償等が含まれる。

第 3 章 調査対象地域の社会・経済

3.1 行政区分

調査対象地域はマニラ首都圏とその周辺地域である 6 河川流域からなる。それらはアンガット川、パンパンガ川、アゴス川、ウミライ川、パッシング - マリキナ川及びラグナ湖の流域である。行政区分としては首都圏（NCR）と 12 州からなる。地域はその水源を 5 つの河川と湖によっている。水源流域とそれに連なる州を表 3.1 に示す。

表 3.1 水源流域と州

Water Source (Basin)	Province	Total Numbers of Municipality
Angat, Umiray and Laguna Lake	NCR(17), Cavite(6), Rizal(2)	25
Angat River	Bulacan(17)	17
Pampanga River	Aurora(2), Bulacan(5), Nueva Ecija(32), Nueva Visaya(5), Pampanga(22), Pangasinan(1), Tarlac(10)	77
Pasig-Marikina River	Bulacan(2), Rizal(3)	5
Agos River	Quezon(3), Rizal(1)	4
Umiray River	Aurora(1)	1
Laguna Lake	Batangas(4), Cavite(5), Laguna(30), Quezon(5), Rizal(8)	52

Note: Parenthesized figures show the numbers of cities or municipalities

出典：JICA 調査団

3.2 人口

国家統計局（NSO）は各州の人口及びその増加率を公表している。調査団は、過去 1995、2000、2007 年に実施された国勢調査のデータを分析のうえ、NSO の予測のうち中位増加シナリオがよりの確だと判断した。本調査では、最新の 2007 年のデータを基に NSO が予測した各州の人口増加率を反映させることで、調査対象地域の将来人口を予測した。

フィリピン国の総人口は、2010 年時点で 94,013,200 人であり、そのうち調査対象地域の人口は 29,038,931 人であった。調査対象地域の人口は全国総人口の 31%を占めている。地域別では、MWSS の給水地域が 15,683,803 人、周辺地域が 13,355,128 人である。

NSO が公表しているリサール州とカビテ州の一部を含む MWSS 給水地域の人口予測を表 3.2 に示す。また、それ以外の周辺地域（各州）の将来人口予測を表 3.3 に示す。

表 3.2 MWSS サービス地区の人口予測

Area	Population based on NSO Medium Assumption								
	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West Zone	9,203,882	9,325,211	9,448,372	9,829,182	10,380,518	10,855,275	11,247,921	11,539,073	11,716,258
Easst Zone	6,479,921	6,573,421	6,668,373	6,962,175	7,392,551	7,768,943	8,084,300	8,325,824	8,486,621
Total	15,683,803	15,898,632	16,116,745	16,791,357	17,773,069	18,624,217	19,332,221	19,864,896	20,202,879

出典：JICA 調査団

表 3.3 周辺地域の人口予測

Province	NSO	Projected Population								
	2007	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1 AURORA (part)	81,047	87,483	89,468	91,498	97,868	108,610	119,431	129,500	139,489	148,962
2 BATANGAS (part)	557,940	595,348	606,365	617,586	652,510	709,008	762,977	812,630	857,327	895,589
3 BULACAN	2,822,216	3,084,443	3,158,928	3,235,211	3,475,292	3,870,169	4,261,122	4,636,994	4,989,419	5,311,064
4 CAVITE (part)	1,022,526	1,132,317	1,162,565	1,193,621	1,291,855	1,456,602	1,625,040	1,789,437	1,946,605	2,092,347
5 LAGUNA	2,473,530	2,634,056	2,678,142	2,722,965	2,861,987	3,077,714	3,274,484	3,445,323	3,587,071	3,699,184
6 NUEVA ECUIA	1,804,497	1,903,635	1,932,229	1,961,253	2,050,968	2,189,117	2,312,668	2,417,561	2,503,892	2,570,211
7 NUEVA VIZCAYA (part)	95,452	102,943	104,946	106,988	113,356	123,240	132,530	140,891	148,124	154,115
8 PAMPANGA	2,229,349	2,367,002	2,405,313	2,444,243	2,564,857	2,752,145	2,925,242	3,077,828	3,203,792	3,299,404
9 PANGASINAN (part)	62,497	67,068	68,400	69,758	73,995	80,820	87,446	93,880	99,970	105,571
10 QUEZON (Part)	419,276	443,468	450,767	458,185	481,182	518,386	553,268	584,390	611,862	636,038
11 TARLAC (part)	886,167	937,365	951,853	966,565	1,012,079	1,082,105	1,146,125	1,201,428	1,246,695	1,281,708
TOTAL	12,454,497	13,355,128	13,608,974	13,867,873	14,675,948	15,967,916	17,200,333	18,329,861	19,334,247	20,194,194

出典：JICA 調査団

3.3 経済状況

調査対象地域は、NCR (National Capital Region)と I、II、III、IV-A という 5 つの地域に属している。調査対象地域の経済状況は、NCR を頂点とし、国の経済状況を代表する。

National Statistical Coordination Board によると、2009 年の GDP は 7 兆 6790 億フィリピンペソである。NCR の GRDP は 2 兆 8140 億フィリピンペソであり、全国の 36%以上を占める。IV-A リージョンは 8030 億フィリピンペソで、全体の 10%以上を占める。I、II、III リージョンを含めると調査対象地域の GRDP 合計は GDP の 60%程度となる。

調査対象地域の GDP の高さは、地域の高い経済性を示している。これら、経済性を維持するためには、工業、商業、家庭利用に対する十分な水供給が不可欠である。

フィリピンでは、サービス業の割合が高く、NCR で 70%以上、周辺地域で 50%以上を占める。工業がサービス業に続き、30%程度となっている。残りは農業によるものであるが、NCR においてはほぼ 0%である。

各地域の GRDP 増加率は、経済状況・発展状況を示す尺度である。国家統計評議会 (National Statistical Cordination Board) が発表している 2001 年から 2010 年までの各地域の GRDP 増加率を表 3.4.に示す。国全体の 10 年間の平均 GDP 増加率は 4.8%であり、NCR の GRDP 増加率は最も高い 5.1%であった。一方、周辺地域の GRDP 増加率はやや低く、最も低いのは 3.0% (Cagayan Valley Region) で、最も高いのが 3.7% (Ilocos Region) であった。

表 3.4 調査対象地域の GDP 増加率 (%)

Region		Province	Current Price in 2009 (Billion PHP)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Ave
Whole Philippines		-	7,679	3.0	4.3	4.6	6.2	4.9	5.4	7.1	3.7	1.1	7.6	4.8
NCR	Metro Manila	NCR (National Capital Region)	2,814	3.1	3.1	5.2	8.4	7.4	6.7	7.8	4.7	-0.4	**	5.1
I	Ilocos Region	Pangasinan	215	2.1	4.3	3.3	5.4	5.2	6.1	5.7	2.0	-1.0	**	3.7
II	Cagayan Valley	Nueva Vizcaya	139	3.2	-1.2	1.2	10.4	-4.3	7.4	6.4	1.7	1.9	**	3.0
III	Central Luzon	Aurora, Bulacan, Nueva Ecija, Pampanga, Tarlac	577	4.0	3.7	3.4	1.8	2.7	4.8	5.9	3.7	-1.4	**	3.2
IVA	Calabarzon	Batangas, Cavite, Laguna, Quezon, Rizal	803	2.8	6.5	2.8	4.0	2.6	4.6	5.3	1.9	1.6	**	3.6

(NSCB) : National Statistical Coordination Board

第 4 章 調査対象地域の環境と保全

4.1 環境保全に係わる政府の方針

政府の方針の根本をなすものは 1987 年に制定されたフィリピン共和国の憲法である。

憲法第 2 条 16 項に、国家は、自然のリズムと調和に従った、健康でバランスのとれた環境は国民の権利として維持発展させなければならない、と規定している。

第 3 条 9 項では社会問題に言及しているが、個人の資産は正当な補償なしに、公共のために取り上げられることはない、と規定している。さらに第 8 条 10 項において、都市および農村に居住するいかなる住民も、法に従わない、あるいは不正な立ち退きを求められることは無く住居を破壊される事もない、と規定している。

共和国令 7279 は 1992 年に制定された都市開発と住宅に関する法令である。その実施規則（Implementing Rules and Regulation : IRR）は総合的で継続的な都市開発と住宅開発に言及している。その中には移転と再定住を規定している部分もある。第 2 条 22 項では、国家は国家の統一と発展の枠組みのなかで、原住民の文化と部族社会（ICC/IP）を認識し、権利を保護するものと規定している。

共和国令 8371 は 1997 年に制定された原住民の権利令（IPRA）である。この政策は原住民の権利、特に伝統を認識し、保護する事を規定した法律である。当共和国令に沿って、2006 年に自由および事前の情報提供に基づく合意（FPIC）ガイドラインである国家原住民評議会命令 No.1 が発布されている。この命令は、貸借、免許、許諾、合意やプロジェクトやプログラムの実施・運営等伝統的文化に影響を及ぼす行為に対して FPIC が必要であることを述べている。

その他自然環境保護のための政策は以下のとおりである。

大統領令 1586 は環境影響報告システムを確立した。システムは社会・経済開発行為が環境と調和していなければならない事を明示している。

共和国令 7586 は 1992 年の国家統合保全地域システム令（NIPAS）である。これは現在及び将来のフィリピン国民のために自然の植物・動物が保全されることを保証するための総合的な法令である。一方、共和国令 9147 は野生生物資源とその生息域を保全している。

環境・天然資源省令 30 は 2003 年に発布された。これは環境影響報告システムを規定した大統領令 1586 の実施細則である。そこには人間の行為が環境に及ぼす影響の評価方法が規定されている。

4.2 水資源開発に影響をうける環境

4.2.1 原住民

フィリピンの文化は豊かで多岐にわたる。原住民は 110 の言語に分類される。国連開発機構の調査によれば、2010 年 2 月現在で原住民の人口は約 14 百万人から 17 百万人に及ぶ。

本調査の対象地域は、行政区分としての地域別では IV-A（CALBARZON）地域、III（Central Luzon）地域及び II（NuevaVizcaya）地域に属する。国家原住民評議会本部によれば、2011 年現在、IV-A 地域における原住民人口は 15,869 人である。その 67%がケソン州に居住し、リサル州には 32%が居住する。一方、ラグナ州とバタンガス州では合計で 1%が居住し、カビテ州には居住していない。主な種族は Dumagats, Remontado 及び Aetas であり、わずかに Badjaos も居住している。

国家原住民評議会地区事務所 No.3 の情報によれば Region III の原住民人口は 2011 年現在 182,206 人である。Zanbares に 29%、Nueva Ecija に 28%が居住している。州別では、タルラック州 20%、パンパンガ州 10%、オーロラ州 7%、ブラカン州 3%及びバタアン州 3%等である。主な部族数は 15 で、Abelling, Aeta, Applai, bago, Baluga, Bugkalot, Dumagat, Gaddang, Ibaloi, Igorot, Ilonggot, Kalanguya, Kalinga, Kankanaey 及び Remontado である。2011 年における II 地区の原住民人口は 10,442 と推定されているが詳細は不明である。

共和国令 8371 や 1997 年の原住民の権利令は原住民の権利保護に効果を発揮しているものの、居住地がいずれであれ、おしなべて貧困層をなし、脆弱な立場にあることに変わりはない。水資源の開発はこれらの住民との調和について注意深い検討が望まれる。

4.2.2 自然環境

水資源開発に対して脆弱な生物は概ね保護地域に生息している。調査対象地域には 14 の保護地域が含まれる。内訳はアンガット流域に 1、パンパンガ流域に 7、パッシング - マリキナ流域には 1、アゴス - ウミライ流域には 3、ラグナ湖流域に 2 広がっている。下表は各流域に広がる保護地域である。

表 4.1 流域別保護地域

River Basin	Protected Area
Angat	(1)Angat Watershed Forest Reserve
Pampanga	(1)Aurora National Memorial Park, (2)Candaba Swamp, (3) Casecan Protected Landscape, (4)Manila Bay, (5)Mt. Dingalan, (6)Mt. Arayat, (7)South Central Sierra Madre Mountains
Pasig-Marikina	(1)Pasig River
Laguna Lake	(1)Mount Makiling Forest Reserve, (2)Mts. Banahaw-San Cristobal National Park
Agos-Umiray	(1)Uplands Grants(Pakil and Real), (2)Mts. Irid-Angilo and Binuang, (3) Umiray River

出典：JICA 調査団

これらの保護地域内に生息する生物のうち絶滅危惧 II 類と判定されているものも少なくない。II 類以上の種数を下表に示す。

表 4.2 保護地域別 II 類以上に指定されている種数

River Basin	Protected area	Specific Forms								
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Angat	A. Watershed Forest Reserve	1	10	1	-	-	2	-	-	14
Pampanga	Aurora Memorial National P.	9	7	4	8	-	-	1	-	29
	Candaba swamp	-	4	-	-	-	-	-	-	4
	Casacnan Protected Landscape	3	8	-	-	-	-	2	-	13
	Manila Bay	-	4	-	-	1	-	-	-	5
	Mt. Dingalan	2	9	4	-	-	1	3	-	19
	Mt. Arayat	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S.C.Sierra Madre Mts	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasig-Marikina	Pasig River	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laguna Lake	Mt. Makiling Forest Reserve	1	7	1	1	-	-	3	3	16
	Mts. Banahau-S. Cristobal NP	4	4	6	-	-	-	3	-	17
Agos-Umiray	Uplands Grants	-	6	-	-	-	1	-	-	7
	Mts. Irid-angilo and Binuang	4	11	2	2	-	2	3	-	24
	Umiray River	-	-	-	-	-	-	-	-	-

出典：JICA 調査団

フィリピン鷹は絶滅危惧種 IA 類に指定されており、アンガット川流域およびパンパンガ川流域の Dingalan 山保護地区を生息地としている。中国冠あじさしは、同じく絶滅危惧種 IA 類に指定されている鳥類でマニラ湾にみられる。白ラワンやライチの一種（Daling Lingan, Manngga Chapui）はラグナ湖流域の産地に繁殖していたが、絶滅危惧種 IA 類に指定されている植物である。

絶滅危惧種 IB 類に指定されている鳥類として黒頭へらさぎ、蝙蝠類はまだら大蝙蝠や金冠蝙蝠がいる。ポリロ森蛙やまだら緑鮫も絶滅危惧種 IB 類に属する。絶滅危惧種 IB 類の植物としては、ライチの仲間である Ulas や Malapaho が指定されている。

水資源開発は、これらの生物そのものや、その生息域に影響をもたらさぬよう、留意する必要がある。

第 5 章 需要分析

上水道セクター

本章では、JICA 調査団が実施した需要分析結果を述べる。需要分析は、地域による事業形態の違い及び基礎データの有効性を考慮し、「MWSS が上下水道サービスを提供するマニラ首都圏」、及び「調査対象地域に含まれるマニラ首都圏の周辺地域」の 2 地域に分けてそれぞれ実施した。

まず、各地域における水利用状況を述べた後（5.1、5.2 章）、過去に実施された同様の需要分析（UP-SEC、世銀）の計算根拠・結果比較（5.3 章）及び JICA 調査団の需要算出根拠と結果を説明した（5.4、5.5 章）。また、本調査期間中の 2012 年 10 月に、MWSS が今後の事業計画の前提とする需要予測を正式に確定したことから、追加的にそのレビューを行った（5.6 章）。

5.1 MWSS サービス地区の既存水利用

－ マニラ上下水道事業コンセッション契約の概略

コンセッション契約開始前は、公的企業であるマニラ首都圏上下水道公社（MWSS : Metropolitan Waterworks and Sewerage System）が上下水道事業を実施していた。当時、MWSS はサービス地域の 2/3 の地域において、1 日当たり 16 時間しか給水できない状況であった。サービス改善のため、当時のラモス大統領は 1995 年に国家水危機法を議会の認証のもと成立させ、民間企業に施設の運転管理を全面的に委託できる環境を整えた。

コンセッション契約開始にあたり、サービスの競争性を確保するために、事業は西地区と東地区の 2 つに分割され、事業権は異なるコンセッショネアに付与されることとされた。コンセッションの権利はより低額の平均料金レベルを提示した会社に与えられた。

1997 年、マニラ首都圏における上下水道事業のコンセッション契約（西地区及び東地区）が調印され、事業運営は 25 年間（1997～2023、原契約）に亘り、MWSS から Manila Water Company Inc.（MWCI、東地区）と Maynilad Water Services Inc.（MWSI、西地区）に引き渡された。

コンセッション契約開始後、過度に低い料金水準及びフィリピンペソの暴落によるコンセッション料金の倍増により、MWSI（西地区）が 2002 年に破産状態に陥った。MWSI と MWSS は長期の調停手続き期間に入ることとなった。その後、MWSI と MWSS の調停は、MWSI が会社更生法を適用し、債務・資本再編交渉（DCRA）を実施する結果で終結した。西地区の事業は 2005 年に一旦 MWSS に戻され、その後 2007 年に改めて入札が行われ、Metro Pacific Investment Corporation (MPIC) と DMCI Holdings のジョイントベンチャーに業務が委譲された。

一方、MWCI（東地区）の財務状況は、2002 年以降の料金値上げによる収入増加及び事業地域拡大により改善し、MWCI はその後 2005 年に上場会社となることに成功した。

2009 年、コンセッション契約が 15 年間延長され、終了年が 2023 年から 2037 年となった。契約延長は、将来的な投資金額の増加が平準化され、料金値上げが抑えられることを目的に実施された。

5.1.1 MWSS サービス地区の需要

MWSS は前述したとおり、マニラ首都圏を含む水道事業の運営を西地区と東地区に分け、コンセッション事業者 2 社に委ねている。事業者は、導水、浄水、配水、料金徴収などの業務を一貫して受け持っている。料金徴収データはサービス地区の水利用を明確に示している。事業者が作成した料金グループごとの有収水量を以下の表に示す。

表 5.1 西地区（MWSI）のカテゴリー別有収水量 （単位: 百万 m³/年）

Year	Residential	Semi-Business	Commercial	Industrial	Total
2000	167.41	12.74	72.60	19.29	272.04
2001	174.62	14.90	72.26	20.78	282.56
2002	165.31	13.81	66.27	18.75	264.14
2003	162.00	13.00	64.00	16.00	255.00
2004	162.00	16.00	61.00	16.00	255.00
2005	161.00	16.00	59.00	15.00	251.00
2006	174.96	16.61	56.53	14.45	262.55
2007	191.95	19.69	59.55	15.65	286.84
2008	209.34	24.78	63.69	17.38	315.19
2009	238.82	27.48	65.70	18.22	350.24
2010	257.82	30.01	67.23	18.79	373.85
Average	187.75	18.64	64.35	17.30	288.04

出典：Report on the Metro Manila Water Security Study

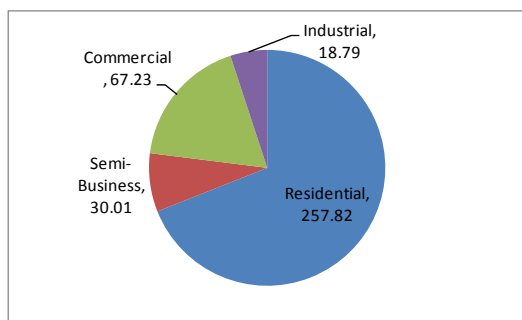
表 5.2 東地区（MWCI）のカテゴリー別有収水量 （単位: 百万 m³/年）

Year	Residential	Semi-Business	Commercial	Industrial	Total
2000	147.99	6.65	76.59	15.63	246.86
2001	164.85	7.99	78.13	25.35	276.32
2002	171.71	7.71	73.50	16.49	269.41
2003	169.96	15.02	72.90	15.10	272.98
2004	179.60	19.65	76.25	14.24	289.74
2005	196.14	22.29	78.60	18.25	315.28
2006	216.50	24.88	82.66	11.17	335.21
2007	242.09	26.43	94.62	11.15	374.29
2008	258.52	26.75	92.46	9.97	387.70
2009	263.09	30.64	91.06	9.25	394.04
2010	271.96	33.86	91.99	8.94	406.75
Average	207.49	20.17	82.61	14.14	324.42

出典：Report on the Metro Manila Water Security Study

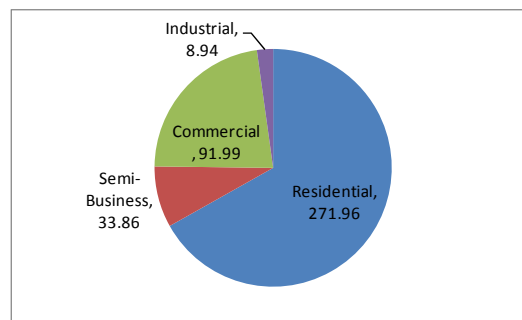
本調査の需要分析においては、水利用の実形態を考慮し、家庭（Residential）と小商業（Semi-Business）カテゴリーを「家庭用水量」として分類した。一方、商業（Commercial）と工業（Industrial）カテゴリーを「非家庭用水量」に分類した。

家庭用水の割合は、西地区と東地区において全使用水量の約 3/4 に及ぶ。下記グラフは両地区の水需要の配分を示す。



出典：MWSS (単位: 百万 m³/年)

図 5.1 西地区、2010 年の
カテゴリー別有収水量の割合



出典：MWSS (単位: 百万 m³/年)

図 5.2 東地区、2010 年の
カテゴリー別有収水量の割合

2000 年における、MWSS サービス地区全体の料金徴収水量は、合計 519 百万 m³である。2010 年において、同水量は 781 百万 m³に増加した。

中でも家庭用水量の増加が著しく、10 年間の年平均増加率は 5.7%である。この高い需要の増加は、家庭用水の給水率の増加と人口増加によるものである。また、NRW 率の減少も料金徴収水量の増加に大きく貢献している。なお、既存調査により、一人当たりの水使用量については、この期間において大きな変化がみられないと結論づけられている。

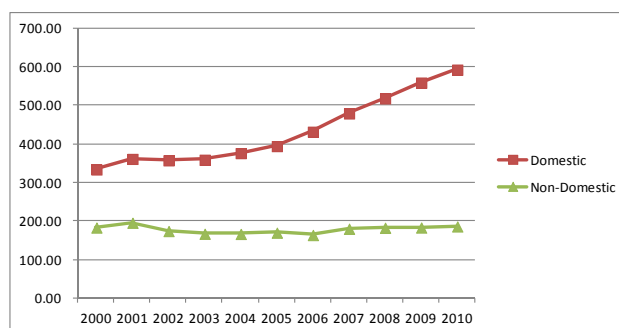
非家庭用水の使用水量は、概して一定となっている。商業用水はわずかに増加傾向を示すが、工業用水の減少により、合計水量は増加しなかった。

表 5.3

MWSS サービス地区の有収水量概要

Year	Domestic	Non-Domestic
2000	334.79	184.11
2001	362.36	196.52
2002	358.54	175.01
2003	359.98	168.00
2004	377.25	167.49
2005	395.43	170.85
2006	432.95	164.81
2007	480.16	180.97
2008	519.39	183.50
2009	560.03	184.23
2010	593.65	186.95
Average	434.05	178.40

出典：JICA 調査団



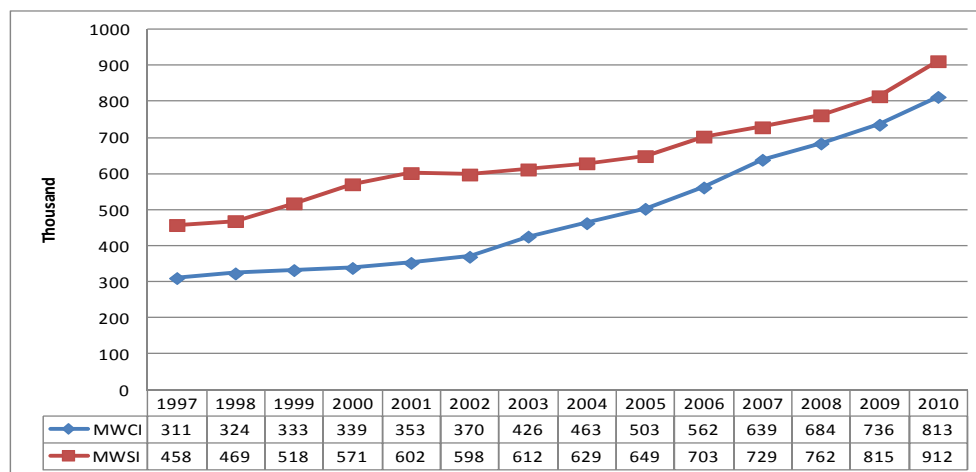
出典：JICA 調査団

(Unit: Million m³/year)

図 5.3 有収水量の過去の傾向

5.1.2 MWSS サービス地区の上水道接続数

上水道の合計接続数は、1997 年の数値と比較すると、東地区 (MWCI) で 161%、西地区 (MWSI) で 99%増加した。なお、合計接続数に対する家庭用の接続は、東地区で約 94%、西地区で約 93%となっている。



出典：Evaluation on KPIs/BEMs 2012, MWSS

図 5.4 水道事業の合計接続数

5.1.3 MWSS サービス地区の 1 人当り水使用量

前述の数値を元に、現在の 1 人当り水使用量 (LPCD: Litter Per Capita per Day)は、以下の公式で計算した。

$LPCD = \text{「(i) 1 日当たりの家庭用有収水量」} / \text{「(ii) 1 家庭接続当りの平均使用者数」} / \text{「(iii) 家庭接続数」}$

上式による計算の仮定条件は次のとおりである。

- (i) 1 日当たりの家庭用有収水量 表 5.3 のとおり。
- (ii) 1 家庭接続当りの平均使用者数 2003 年のサービス状況を評価した PAWS 報告書に記載があり、西地区 (MWSI) で 7.07、東地区 (MWCI) で 8.10 とされている。
- (iii) 家庭接続数 = (iii) - 1 x (iii) - 2
- (iii)-1 総接続数 図 5.4 のとおり。2010 年において、東地区 813,000、西地区 912,000。
- (iii)-2 総接続数に対する家庭接続数の割合 東地区 94%、西地区 93%

表 5.4 東地区（MWCI）における一人当たり水使用量計算

Year	Billed Volume (MCM/year)	Billed Volume (LPD)	Total Connection	Domestic Connection	Population	LPCD (l/per capita /day)
2000	154.64	423,671,233	339,000	318,660	2,581,146	164.14
2001	172.84	473,534,247	353,000	331,820	2,687,742	176.18
2002	179.42	491,561,644	370,000	347,800	2,817,180	174.49
2003	184.98	506,794,521	426,000	400,440	3,243,564	156.25
2004	199.25	545,890,411	463,000	435,220	3,525,282	154.85
2005	218.43	598,438,356	503,000	472,820	3,829,842	156.26
2006	241.38	661,315,068	562,000	528,280	4,279,068	154.55
2007	268.52	735,671,233	639,000	600,660	4,865,346	151.21
2008	285.27	781,561,644	684,000	642,960	5,207,976	150.07
2009	293.73	804,739,726	736,000	691,840	5,603,904	143.60
2010	305.82	837,863,014	813,000	764,220	6,190,182	135.35
Average	-	-	-	-	-	156.09

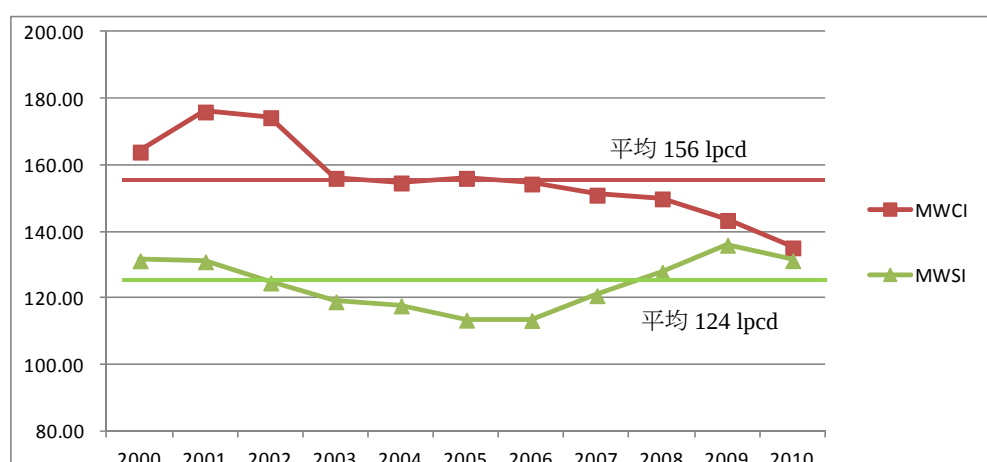
出典：JICA 調査団

表 5.5 西地区（MWSI）における一人当たり水使用量計算

Year	Billed Volume (MCM/year)	Billed Volume (LPD)	Total Connection (Table 7.1.3)	Domestic Connection	Population	LPCD (l/per capita /day)
2000	180.15	493,561,644	571,000	531,030	3,754,382	131.46
2001	189.52	519,232,877	602,000	559,860	3,958,210	131.18
2002	179.12	490,739,726	598,000	556,140	3,931,910	124.81
2003	175.00	479,452,055	612,000	569,160	4,023,961	119.15
2004	178.00	487,671,233	629,000	584,970	4,135,738	117.92
2005	177.00	484,931,507	649,000	603,570	4,267,240	113.64
2006	191.57	524,849,315	703,000	653,790	4,622,295	113.55
2007	211.64	579,835,616	729,000	677,970	4,793,248	120.97
2008	234.12	641,424,658	762,000	708,660	5,010,226	128.02
2009	266.30	729,589,041	815,000	757,950	5,358,707	136.15
2010	287.83	788,575,342	912,000	848,160	5,996,491	131.51
Average	-	-	-	-	-	124.40

出典：JICA 調査団

以下の図 5.5 に示すとおり、家庭用水の一人当たり水使用量は、東西両地区で過去 10 年間に
おいて比較的安定した値を示している。



出典：JICA 調査団

図 5.5 家庭用水の一人当たり水使用量

5.2 周辺地域における現在の水利用

5.2.1 周辺地域における水利用の特徴

マニラ首都圏の周辺地域においては、「水道区（WD）」、「地方自治体（LGUs）」及び「CPC 権利譲与者」といった小規模な水道事業体（WSPs）が使用者に水道サービスを提供している。

家庭用、非家庭用の水供給は、比較的都市化された地域では水道区によるサービスが実施されている。一方、地方自治体はより小さい規模の地方部においてサービスを行っている。

その他、独自に水道施設を保有・運営する民間事業者も存在する。これらは CPC 権利譲与者として分類されている。

水道区と地方自治体による水道サービスは、家庭用と非家庭用に使用されている。一方、CPC 権利譲与者の用途は主に工業用である。

調査対象地域には、55 の水道区が存在しており各戸給水（レベル 3 施設）を行っている。マニラ首都圏の周辺地域では、181 の地方自治体が存在し、これらの施設は主に各戸給水（レベル 3 施設）であるが、コミュニティごとの共同水栓（レベル 2 施設）、ポイント給水（レベル 1 施設）の地区も存在する。NWRB から権利を取得した CPC 権利譲与者は調査対象地域に 883 存在する。

NSO は、1990 年と 2000 年に各州の給水施設レベルについて調査データを取りまとめている。また、各州の Health Office は、給水施設レベルについて 2010 年に調査データを取りまとめている。これらの資料に基づいて、JICA 調査団は 2010 年以降の各自治体の施設レベルの内訳を算出した。

表 5.6 に州毎の各戸給水（レベル 3）の割合の推移を示す。

表 5.6 各州のレベル 3 施設の割合とその増加率

Provinces	1990			2000			PHO 2010 Level 3 Service coverage	Coverage increase in 20 years (1990-2010)	Estimated coverage increase in 30 years
	Total HH	No. Of HH with Level3	%	Total HH	No. Of HH with Level3	%			
1 Aurora	26,127	4,489	17%	35,024	6,348	18%	30%	13%	20%
2 Batangas	272,116	82,403	30%	374,767	176,512	47%	54%	23%	35%
3 Bulacan	287,890	77,839	27%	463,886	187,200	40%	61%	34%	51%
4 Cavite	222,151	77,343	35%	428,879	198,482	46%	79%	44%	67%
5 Laguna	269,342	100,427	37%	417,932	185,307	44%	53%	16%	24%
6 N. Ecija	250,978	38,849	15%	340,158	61,300	18%	26%	10%	15%
7 Nueva Viscaya	58,558	4,991	9%	74,402	11,347	15%	*		20%
8 Pampanga	268,007	73,665	27%	307,639	83,675	27%	35%	8%	12%
9 Pangasinan	366,908	54,684	15%	477,819	77,026	16%	*		4%
10 Quezon	265,762	45,011	17%	299,662	55,849	19%	29%	12%	19%
11 Rizal	189,190	58,858	31%	356,578	110,246	31%	81%	50%	76%
12 Tarlac	159,344	25,091	16%	215,395	42,787	20%	26%	10%	15%
Total	2,636,373	643,650	24%	3,792,141	1,196,079	32%			

* The estimated Level 3 service coverage is lower than 2000. The increase from 1990 to 2000 was considered instead

出典：JICA 調査団

表の各数値は、1990 年から 2010 年における州の全人口に対するレベル 3 施設の整備割合を示す。

5.2.2 周辺地域の一人当たり家庭用水使用量

周辺地域におけるレベル 1 施設とレベル 2 施設の一人当たり水使用量の調査結果は報告されていない。DPWH は地方部における給水事業の設計基準を定めており、実際の使用量に準じて設定しているものと想定される。本調査ではこの値を用い、レベル 1 は 30 lpcd、レベル 2 では 60 lpcd と設定する。また、この値は近い将来においても変わらないと想定する。

レベル 3 の水使用量については、LWUA が取りまとめた各水道区のサービス状況データが活用できる。まず、水道区が存在する自治体に関しては、各水道区が公表しているデータを用いた。データの詳細については、Annex 5.2 に添付する。水道区がない自治体における一人当たり水使用量は、同州にある水道区の平均値を適用した。調査対象地域の中で、Aurora と Nueva Vizcaya の 2 州については参考となる水道区ないため、一般的な値である 120 lpcd を適用した。

図 5.7 に各州の一人当り使用水量の平均値を示す。

表 5.7 家庭用水の一人当り使用水量 (lpcd: l/capita/day)

	Province	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1	AURORA (part)	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
2	BATANGAS (part)	132.9	133.5	134.2	136.2	139.7	143.2	146.8	150.5	154.3
3	BULACAN	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
4	CAVITE (part)	139.8	140.3	140.8	142.3	144.9	147.6	150.3	153.0	155.9
5	LAGUNA	133.1	133.8	134.4	136.3	139.6	143.0	146.4	150.0	153.6
6	NUEVA ECIJA	121.2	121.8	122.3	124.1	127.1	130.1	133.3	136.5	139.8
7	NUEVA VIZCAYA (part)	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
8	PAMPANGA	137.4	138.1	138.8	140.9	144.4	148.1	151.8	155.6	159.6
9	PANGASINAN (part)	112.7	113.2	113.8	115.5	118.4	121.4	124.5	127.6	130.9
10	QUEZON (Part)	97.6	98.1	98.6	100.1	102.6	105.2	107.8	110.5	113.3
11	TARLAC (part)	111.2	111.7	112.3	114.0	116.9	119.8	122.8	125.9	129.1

Note: The above figures are the average of municipalities located in the Study Area

出典：JICA 調査団

5.2.3 周辺地域における非家庭用水量

非家庭用水量は、商業用、工業用、レクリエーション用を目的に使用されている。非家庭用水量は、NRWB から与えられた水利権の総量及び水道区による実際の給水量に基づいて推定した。

前述したとおり、NRWB の提供資料によると、調査地域には 883 の CPC 権利譲与者が存在する。これらの実際の運転記録は入手できないため、水需要は与えられた水利権が行使されているものと仮定する。水利権を持つ CPC 権利譲与者の所在位置から、これらが 6 つの河川流域のいずれに属するのかを確認した。

河川流域ごとの給水量と水源種類を表 5.7 に要約する。これを見ると、ラグナ湖からの表流水取水が全使用量の二分の一を占めている。上記の CPC 権利譲与者に加え、水道区 (WDs) も非家庭用水を提供していることから、調査対象地域内にある 55 水道区による給水量を LWUA の資料より算出した。水道区のサービスによる水源は主に地下水が用いられていることから、これら水道区での給水量は全て地下水が水源であると仮定した。水道区の非家庭用水の NRW 率は、家庭用水量の設定と同じく、2012 年で 35%、2040 年で 25%と想定した。

以上により求められた水道区による給水量は、上記の CPC 権利譲与者による給水量よりも小さい。

表 5.8 に、CPC 権利譲与者と水道区の資料から算出された、現在の非家庭用水量を河川流域別に示す。

表 5.8 現在の非家庭用水需要の試算

River Basin	Granted Water Right for Non-Domestic Use				Non-Domestic Use of Existing WDs	Total
	Surface Water		Underground Water			
	lps	m ³ /sec	lps	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec
1 Angat	22.47	0.02	336.44	0.34	0.09	0.45
2 Pampanga	1,391.30	1.39	2,663.01	2.66	0.14	4.19
- PAM-1	95.00	0.10	194.42	0.19	0.00	0.29
- PAM-2	965.00	0.97	30.48	0.03	0.01	1.01
- PAM-3	0.00	0.00	844.27	0.84	0.00	0.84
- PAM-4	166.00	0.17	36.61	0.04	0.04	0.25
- PAM-5	60.26	0.06	1.13	0.00	0.00	0.06
- COR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
- PAN	25.00	0.03	237.74	0.24	0.00	0.27
- RCH	4.00	0.00	900.19	0.90	0.04	0.94
- PEN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
- PAS	76.04	0.08	418.17	0.42	0.06	0.56
3 Agos	553.00	0.55	105.79	0.11	0.00	0.66
4 Umiray	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
5 Pasig-Marikina	242.75	0.24	757.20	0.76	0.01	1.01
6 Laguna*	3,493.89	3.49	3,281.54	3.28	0.47	7.24
Total	5,703.41	5.69	7,143.98	7.15	0.72	13.56

* Water right granted to LDDA (for fisheries) and Sierra Madre Water Corp. (service not started) are excluded from the amount at Laguna River Basin.

出典：JICA 調査団 (as of March 2012)

5.3 フィリピン大学及び世界銀行による MWSS サービス地区の水需要予測

2011 年 9 月に終了した UP-NEC（フィリピン大学国家技術センター）による調査は、MWSS サービス地区の需要予測を実施している。同調査は MWSS とそのコンセッショネア 2 社の料金設定手続きの基本データを得るために実施されたものである。

世銀調査 Metro Manila Water Security Study は、2012 年 7 月に終了した。本調査の目的は、MWSS サービス地区の水需要を予測し、2040 年までの水源開発計画のロードマップを策定することである。

さらに、本調査（Study of Water Security Master Plan in Metro Manila and its Adjoining Areas）は、これら予測の妥当性を評価するため、別途需要予測を実施した。

以下の表に上記の各予測で用いられた前提条件を要約する。

表 5.9 3 調査の需要予測の前提条件比較

		UP-NEC	World Bank Study	JICA Study
Published Date		September 2011	February 2012	March 2012
Methodology		i) Sectoral Analysis and ii) Spatial Analysis	Sectoral Analysis	Sectoral Analysis
Domestic Consumption	Base Data	Population Data of NSO 2007	Population Data of NSO 2007	Population Data of NSO 2007
	LPCD (l/per capita/day)	East 151, West 125 in average of respective data of municipalities based on the study in 2011.	i) 150 (East 143, West 155) based on the actual water consumption from 2000 to 2010. *1 ii) 135 based on UP-NEC report.	East 156 lpcd, West 124 lpcd based on the actual consumption and domestic connection number from 2000 to 2010.
	Increase Rate of LPCD	Constant (0%)	Constant (0%)	i) Constant (0%) ii) Increase of 0.5 lpcd per year
Non-Domestic Consumption	Base Data	Actual Consumption Amount in 2010	Actual Consumption Amount from 2000 to 2010	Actual Consumption Amount from 2000 to 2010
	Increase Rate	5.3% based on the past record	i) Constant(0%, historical consumption data) ii) 4.0% (GDP growth rate)	Constant(0%, historical consumption data)
Other Assumptions	Coverage Rate	Target Rate of Each Concessionaires	Target Rate of Each Concessionaires based on the first Tariff Rebasing in 2008	Target Rate of Each Concessionaires based on the Tariff Rebasing process in 2012
	NRW Rate	Target Rate of Each Concessionaires	Target Rate of Each Concessionaires based on the first Tariff Rebasing in 2008	i) Target Rate of Each Concessionaires based on the Tariff Rebasing process in 2012, ii) 50% Improvement of NRW rate of the target figure since 2012
	Buffer	15% to 30% under negotiation with concessionaires (Daily Fluctuation and El Nino Influence)	10% (for Loss of Raw Water Transmission and Water Treatment)	10% (for Loss of Raw Water Transmission and Water Treatment)

*1 The study team could not reaffirm the LPCD number calculated in the World Bank report as its unclear assumptions and numbers described in the Table 8.4.

出典：JICA 調査団

フィリピン大学と世銀の需要予測結果を以下の表に示す。

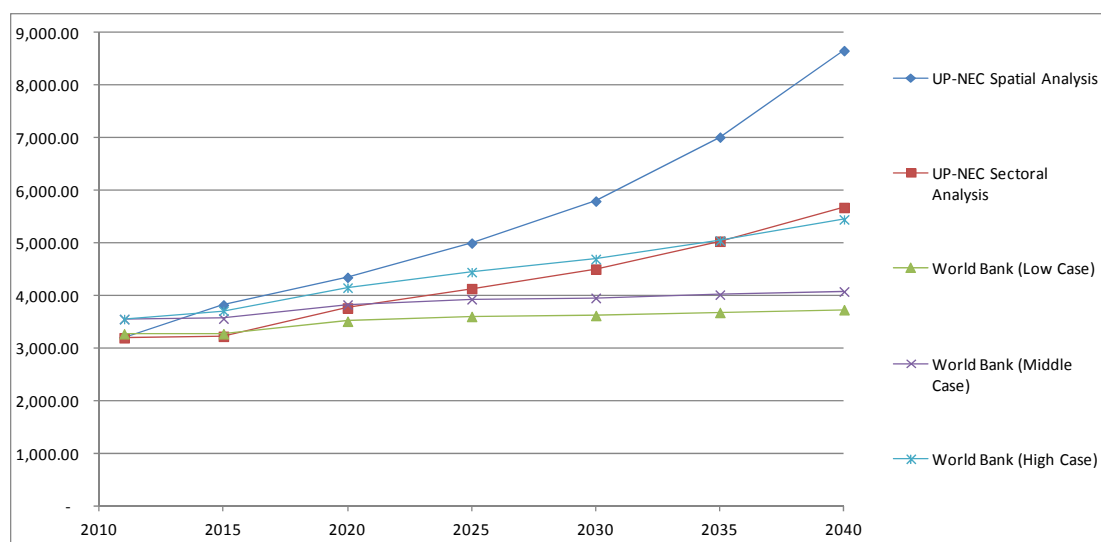
表 5.10 UP-NEC と世銀の需要予測結果 (MLD：百万リットル/日)

Year	2011	2015	2020	2025	2030	2035	2037
UP-NEC Spatial	3,213.00	3,828.00	4,351.00	5,002.00	5,800.00	7,014.00	8,658.35
UP-NEC Sectoral	3,202.00	3,231.00	3,768.00	4,138.00	4,508.00	5,036.00	5,678.78
WB (low case) *	3,278.54	3,279.09	3,517.27	3,606.36	3,626.36	3,682.73	3,735.22
WB (middle case) *	3,557.82	3,567.27	3,833.64	3,935.45	3,960.00	4,022.73	4,082.08
WB (high case) *	3,557.82	3,715.45	4,154.55	4,450.91	4,699.09	5,049.09	5,451.51

*The buffer ratio (10% of total demand) is excluded from the number to compare the real consumption prediction by UP-NEC and World Bank Study.

出典：JICA 調査団

以下の図 5.6 に各シナリオの需要予測を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.6 UP-NEC と世銀調査の需要予測結果比較

UP-NEC 調査に関しては、1) セクター的分析、2) 空間的分析の2つの分析方法が試みられた。セクター的分析は、実際の消費量に基づいて予測されたのに対し、空間的分析は MWSS サービス地区の将来の土地利用を予測して実施された。レポートの結論として、2031 年までの短期間においては、セクター的分析が空間的分析よりも現実的で有効な予測であると記載されている。

世銀調査においては、家庭用水の一人当たり水使用量の設定、及び非家庭用水の増加率（3%）の設定により、3種類の代替シナリオが示されている。3種類の代替シナリオのうち、最終的に実際の有収水量データに基づいて算出された「Middle ケース」が妥当とされた。

両調査は、最低でも 5 年に 1 度、より最新の状況を把握するために水需要量の分析をする必要が有るとしている。

5.4 MWSS サービス地区における水需要予測(本調査)

5.4.1 家庭用水の需要予測

(1) 基本ケースの前提条件と結果

家庭用水の水需要は、以下の式に基づいて算出された。

$$\begin{aligned} \text{「家庭用水の水需要 (MLD)」} &= \\ &\text{「人口」} \times \text{「給水率」} \times \text{「一人当たり 1 日使用水量」} / (1 - \text{「NRW 率」}) \end{aligned}$$

人口

人口は前述の 3.2 章において予測されている。MWSS サービス地域の給水対象となる総人口を以下の表 5.11 にまとめる。

表 5.11 MWSS サービス地域の給水対象人口予測

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	9,203,882	9,829,182	10,380,518	10,855,275	11,247,921	11,539,073	11,716,258
East	6,479,921	6,962,175	7,392,551	7,768,943	8,084,300	8,325,824	8,486,621
Total	15,683,803	16,791,357	17,773,069	18,624,217	19,332,221	19,864,896	20,202,879

出典：JICA 調査団

一人当たり 1 日使用水量

2000 年～2010 年における、一人当たり 1 日使用水量は、章 5.1.3 のとおり、東地区で平均 156 lpcd、西地区で平均 124 lpcd と算出された。

給水率と NRW 率

i) 給水率と ii) NRW 率に関しては、MWSS とコンセッショネア 2 社が設定した将来の目標値を需要計算に用いた。これらの目標値は、5 年ごとに実施される料金改定手続き時に実施される技術的・財務的な詳細評価の結果に基づき決定される。これら指標の達成度は、コンセッション契約期間中、MWSS により毎月モニタリングされており、これが満足されない場合、コンセッショネアが罰則を受ける可能性もある。このような事情もあり、これらの数値は将来予測の数値として信頼性が高いと考えられる。

表 5.12 MWSS サービス地域の給水率目標

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	89.0%	96.0%	98.0%	99.0%	100.0%	100.0%	100.0%
East	73.0%	81.0%	92.0%	98.0%	100.0%	100.0%	100.0%

出典：MWSS

表 5.13 MWSS サービス地域の NRW 率の目標値

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	43.0%	34.0%	25.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
East	15.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%

* The target figures of the latest business plan agreed by MWSS and two concessionaires are used as of September 2012.

出典：MWSS

上記の前提に基づき、将来の家庭用水の需要量は以下の表のとおり予測された。

表 5.14 MWSS サービス地域の基本ケースにおける合計給水需要量

(Unit: million liter per day)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	1,782	1,773	1,682	1,666	1,743	1,789	1,816
East	868	1,000	1,206	1,350	1,433	1,476	1,504
Total	2,650	2,773	2,888	3,016	3,176	3,265	3,320

出典：JICA 調査団

(2) 需要予測の代替案

上記の需要予測の他に、JICA 調査団は需要量が増加するリスクに対応するため、3 つの代替案について需要予測を実施した。

「代替案 1」は、一人当たり使用水量が生活水準の向上に伴い少しずつ増加する想定とした。「代替案 2」は、西地区の NRW 率が財務・技術的な問題で遅延した場合を想定した。「代替案 3（高需要ケース）」は、上記の 2 つの想定が同時に起こった場合とした。

各想定的前提を以下に示す。

*代替案 1（一人当たり使用水量の増加）

図 5.5 によると、近年 10 年間の一人当たり使用水量はほぼ横ばいの傾向となっている。しかしながら、直近の数値については信頼性が高いとは言えない。また、一般的に途上国の一人当たり 1 日使用水量は、生活環境の向上に伴い 180 lpcd 程度まで増加することが知られている。

上記を勘案し、一人当たり 1 日使用水量が年 0.5 lpcd ずつ増加する想定を行った。この想定によると一人当たり 1 日使用水量は、2040 年において西地区で 139 lpcd、東地区で 171 lpcd まで増加する。

表 5.15 代替案 1 の一人当たり 1 日使用水量

(Unit: Litter / Capita / Day)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	124.0	126.5	129.0	131.5	134.0	136.5	139.0
East	156.0	158.5	161.0	163.5	166.0	168.5	171.0

出典：JICA 調査団

表 5.16 代替案 1（一人当たり水使用量の増加）における需要量予測結果

(Unit: Litter / Capita / Day)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	1,782	1,809	1,750	1,766	1,884	1,969	2,036
East	868	1,016	1,244	1,415	1,525	1,594	1,649
Total	2,650	2,824	2,994	3,181	3,409	3,563	3,685

出典：JICA 調査団

*代替案 2（NRW 率改善の遅延）

表 7.3.4 に示すとおり、東地区の NRW 率は、2003 年の 51%から 2010 年の 13%まで急速に改善した。MWSS は、MWSI（西地区）においても MWCI（東地区）と同様の成果達成を期待している。しかしながら、西地区は古くからの密集市街地が多く、配水管交換の工事はより難しくかつ高コスト化する恐れがある。

従い、NRW 率は計画よりも高く保持される可能性があることから、西地区の NRW 率改善が遅延した場合を考慮して代替案を設定した。

西地区の NRW 率が目標設定値より 5%高い数値とした。数値は以下のとおりである。

表 5.17 代替案 2（NRW 率改善の遅延）の NRW 率

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Base Case	43.0%	34.0%	25.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
Alternative Case 2	43.0%	39.0%	30.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%

出典：JICA 調査団

表 5.18 代替案 2（NWR 率改善の遅延）における需要量予測結果

(Unit: Litter / Capita / Day)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	1,782	1,918	1,802	1,777	1,860	1,908	1,937
East	868	1,000	1,206	1,350	1,433	1,476	1,504
Total	2,650	2,918	3,008	3,127	3,293	3,384	3,442

出典：JICA 調査団

*代替案 3（高需要ケース）

上述の、「一人当り使用水量の増加（代替案 1）」、及び「NWR 率改善の遅延（代替案 2）」が同時に発生した場合、需要量は以下の表 5.19 のとおり最大となる。

表 5.19 代替案 3（高需要ケース）の需要予測結果

(Unit: Litter / Capita / Day)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	1,782	1,957	1,875	1,884	2,010	2,100	2,171
East	868	1,016	1,244	1,415	1,525	1,594	1,649
Total	2,650	2,973	3,119	3,299	3,535	3,694	3,821

出典：JICA 調査団

5.4.2 非家庭用水の需要予測

非家庭用水の使用水量は、簡潔な以下の式に基づき算出した。

$$\text{「非家庭用水の使用水量」} = \text{「現在の使用水量（2010 年時点）」} \times (1 + \text{「年増加率」})^n$$

n: 2010 年以降に経過した年数

現状の使用水量は表 5.3 記載した。直近 10 年間に於いて、非家庭用水の使用水量はほぼ一定に保たれていることから、将来的にも使用水量は増加しないと想定した。一方、調査対象地域において、各州の GRDP 増加率が 3.0%～5.1%を示す（表 3.4 参照）ことから増加率を 4.0%とした予測も以下に示す。

表 5.20 非家庭水量の需要予測（年 0%増加）

(Unit: MLD)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	276.5	276.5	276.5	276.5	276.5	276.5	276.5
East	235.7	235.7	235.7	235.7	235.7	235.7	235.7
Total	512.2	512.2	512.2	512.2	512.2	512.2	512.2

出典：JICA 調査団

表 5.21 非家庭水量の需要予測（年 4%増加）

(Unit: MLD)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West	276.5	336.4	409.3	498.0	605.9	737.2	896.9
East	235.7	286.8	348.9	424.5	516.5	628.4	764.5
Total	512.2	623.2	758.2	922.5	1122.4	1365.6	1661.4

出典：JICA 調査団

NRW 率は 2 地区の非家庭用水の使用水量に基づいて算出した以下の値を用いた。

表 5.22 2 地区の合計 NRW 率

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
NRW Rate in West	43.0%	34.0%	25.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
NRW Rate in East	15.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
Combined NRW Rate *	32.8%	25.4%	19.5%	16.5%	16.5%	16.5%	16.5%

* The composition of west and east is based on the actual billed volume of non-domestic water in 2010.

出典：JICA 調査団

NRW 率の推移を反映して予測した非家庭用水の需要量を以下表 5.23 に示す。

表 5.23 非家庭用水の需要予測（NRW 含む）

(Unit: MLD)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Total of 0% Increase	762.4	686.7	636.5	613.4	613.4	613.4	613.4
Total of 4% Increase	762.4	835.6	942.2	1104.9	1344.3	1635.6	1989.9

出典：JICA 調査団

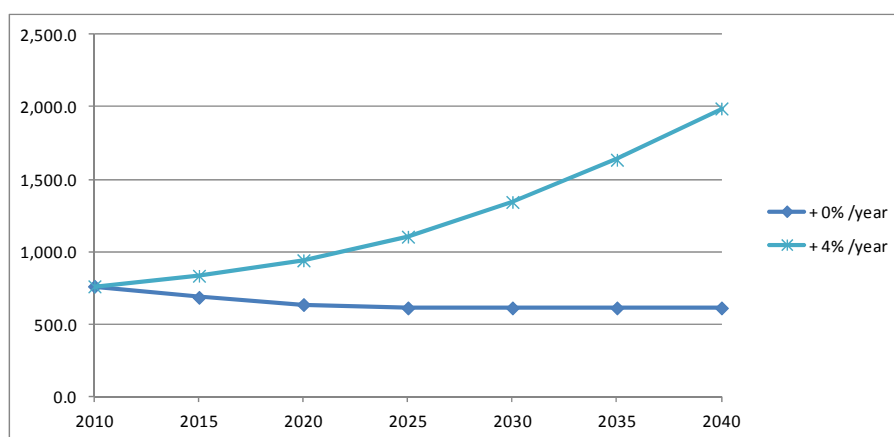


図 5.7 非家庭用水の需要予測（NRW 含む）

5.4.3 MWSS サービス地区の合計水需要量予測

(1) 合計水需要予測

家庭用水需要量と非家庭用水需要量の合計水需要量は以下の表 5.24 と図 5.8 で示す結果となった。家庭用水の需要量は基本ケースと 3 つの代替案に基づいて計算された。非家庭用水については、過去の料金徴収水量が増加傾向を示していないことから、需要量は増加しないもの想定とした。

「代替案 1（一人当たり使用水量増加）」、及び「代替案 2（NRW 率改善の遅延）」の需要量増加の影響度は、2025 年までにおいて同程度となった。2040 年においては、それぞれの増加分は代替案 1 において 365 MLD（+9.3%）、代替案 2 において 121 MLD（+3.0%）となった。

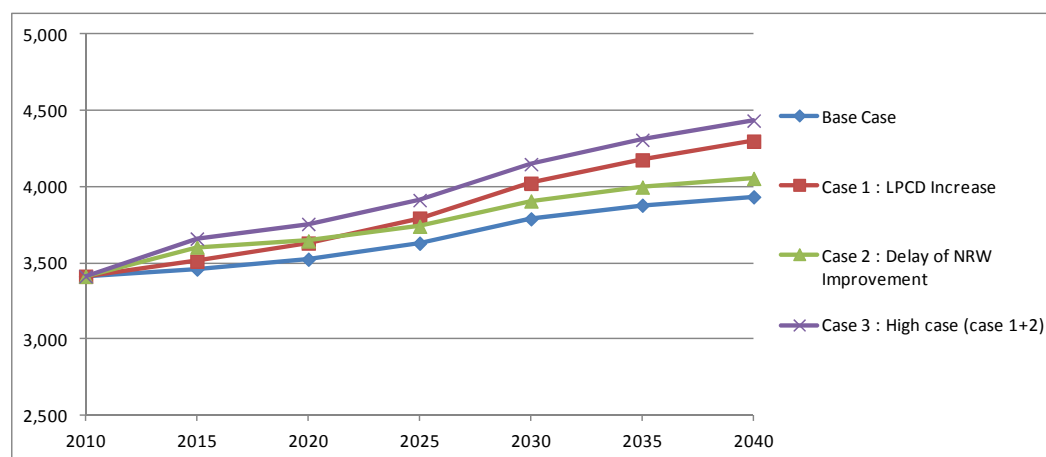
「代替案 3（高需要ケース）」においては、合計需要量の増加分は 2040 年で 500 MLD（+12.5%）となった。

表 5.24 MWSS サービス地域の合計需要予測結果

(Unit: MLD)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Base Case	3,412	3,460	3,525	3,629	3,789	3,878	3,933
Case 1 : LPCD Increase	3,412	3,512	3,631	3,794	4,022	4,176	4,298
Case 2 : Delay of NRW Rate Reduction	3,412	3,605	3,645	3,740	3,906	3,997	4,054
Case 3 : High case	3,412	3,660	3,756	3,912	4,148	4,307	4,433

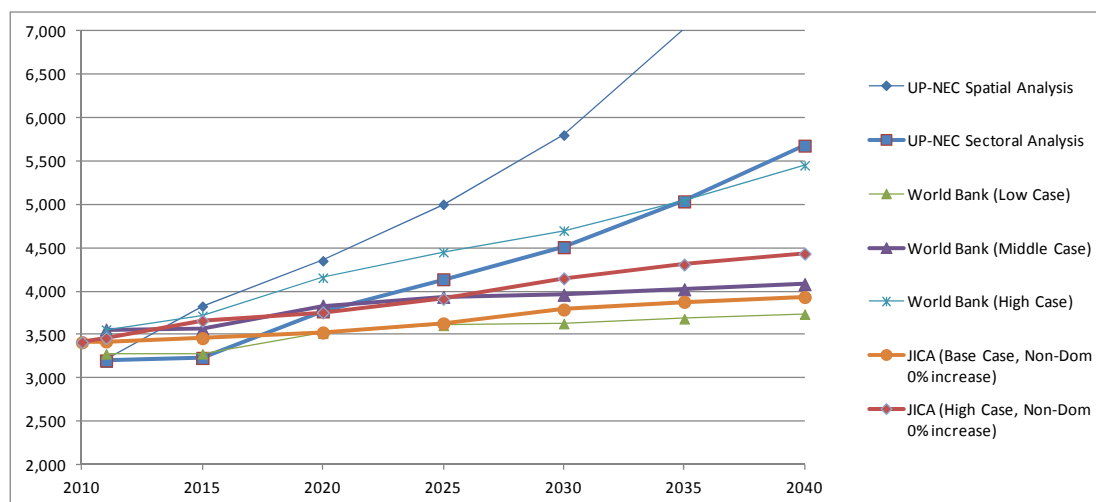
出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.8 MWSS サービス地域の合計水需要量予測

JICA 調査団が実施した基本ケース及び高需要ケースを UP-NEC 及び World Bank 調査による需要予測と比較した。全ての需要予測につき、需要の日変動や処理過程での運転ロス等を考慮して加算される「バッファ値」は除いている。



出典：JICA 調査団

図 5.9 MWSS サービス地域の合計水需要量の予測比較

(2) バッファ値

実際のサービス地区の需要量計算では、上記の合計需要量に対して「バッファ値」が上乘せされる。バッファ値の定義は、World Bank 調査と UP-NEC 調査とで異なっている。

World Bank 調査ではバッファ値は 10%と設定され、純粋に「原水の導水及び処理過程で失われる水量」とされている。

一方、UP-NEC の調査結果に基づく最新の料金決定手続きにおいて、コンセッショネア 2 社はバッファ値を 15～30%として 2012 年 3 月に MWSS に事業計画を提出している。バッファ値の定義は「1 日使用量の変動と水供給の安全性確保」としている。将来の料金と事業の収益性に与える影響が多いため、MWSS とコンセッショネア 2 社は、UP-NEC 調査のバッファ値の取り扱いに慎重を期している。

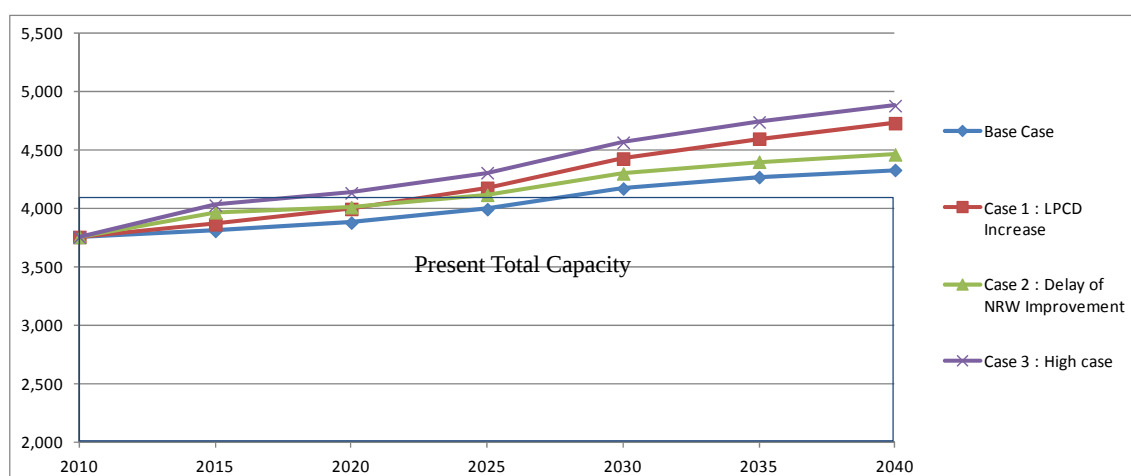
本調査においては、必要となる原水量の予測において、World Bank 調査の定義がより簡潔かつ適切であると判断し、バッファ値を 10%に設定した。最終的にバッファ値を含む合計水需要量は以下のとおりとなった。

表 5.25 MWSS サービス地域の合計水需要量予測（バッファ値含む）

(Unit: MLD)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Base Case	3,754	3,806	3,877	3,992	4,168	4,266	4,327
Case 1 : LPCD Increase	3,754	3,863	3,994	4,174	4,425	4,594	4,728
Case 2 : Delay of NRW Improvement	3,754	3,965	4,009	4,114	4,297	4,397	4,460
Case 3 : High case	3,754	4,026	4,131	4,304	4,563	4,738	4,877

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.10 MWSS サービス地域の合計水需要量予測（バッファ値含む）

5.5 周辺地域の需要予測

5.5.1 水道事業の給水率

州の全体人口のうち、各戸給水（レベル 3 施設）による給水を受ける人口の割合は、各州の Provincial Health Office の資料より求められた。各自治体における、2040 年までのレベル 3 施設により給水されている人口の割合は、各州の過去の経緯から増加する予測であり、表 5.26 のとおりとなった。需要予測の前提として、レベル 3 施設の増加により、まずレベル 2 施設、その後レベル 1 施設がそれぞれ減少していくと想定した。Annex 5.1 に各市の想定値を示す。

表 5.26 調査対象地域のレベル 1, 2, 3 施設の給水率割合

Province	2010			2020			2030			2040		
	lv1	lv2	lv3	lv1	lv2	lv3	lv1	lv2	lv3	lv1	lv2	lv3
1 AURORA (part)	19%	0%	81%	16%	0%	84%	13%	0%	87%	9%	0%	91%
2 BATANGAS (part)	20%	4%	76%	18%	0%	82%	12%	0%	88%	6%	0%	94%
3 BULACAN	34%	0%	66%	24%	0%	76%	14%	0%	86%	4%	0%	96%
4 CAVITE (part)	1%	3%	96%	1%	2%	98%	1%	1%	99%	0%	0%	100%
5 LAGUNA	35%	14%	51%	32%	10%	58%	28%	6%	65%	24%	4%	73%
6 NUEVA ECIJA	67%	9%	24%	64%	6%	29%	61%	5%	34%	57%	4%	39%
7 NUEVA VIZCAYA (part)	43%	36%	21%	41%	31%	28%	40%	25%	35%	39%	20%	41%
8 PAMPANGA	61%	4%	35%	58%	3%	39%	54%	2%	43%	51%	2%	47%
9 PANGASINAN (part)	93%	0%	7%	91%	0%	9%	90%	0%	10%	89%	0%	11%
10 QUEZON (Part)	20%	21%	59%	20%	17%	64%	18%	14%	68%	16%	11%	73%
11 TARLAC (part)	81%	0%	19%	76%	0%	24%	71%	0%	29%	66%	0%	34%

Note: The above figures are the average of municipalities located in the Study Area

出典：JICA 調査団

5.5.2 一人当たり水使用量

一人当たり水使用量は、各施設レベルに基づいて試算された。

レベル 1、2

周辺地域において、レベル 1 施設とレベル 2 施設の一人当たり水使用量は算定されていない。DPWH は地方部における給水事業の設計基準を定めており、実際の使用量に準じて設定している。従い、その設計基準を参照して、レベル 1 施設は 30 lpcd、レベル 2 施設では lpcd と設定する。また、この値は将来においても変わらないと想定する。

レベル 3

レベル 3 施設の水使用量については、LWUA が取りまとめられた各水道区のサービス状況データが活用できる。まず、水道区が存在する自治体に関しては各水道区の情報をを用いた。データの詳細は Annex 5.2 に添付する。水道区がない自治体における一人当たり水使用量は、同州にある水道区の平均値を適用した。調査対象地域の中で Aurora と Nueva Vizcaya の 2 州については参考となる水道区がないため、一般的な値である 120 lpcd を適用した。

LWUA は水道区の需要予測ガイドラインにおいて、一人当たりの水使用量が年間 1% ずつ増加する計画を推薦している。JICA 調査団は、より現実的な値とするため一人当たり水使用量が 100 lpcd 以下の場合は年間 1% の増加、100 lpcd 以上の場合は年間 0.5% の増加と仮定した。

表 5.27 に、各州の平均一人当り水使用量を示す。

表 5.27 家庭用水の一人当り水使用量 (lpcd)

	Province	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1	AURORA (part)	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
2	BATANGAS (part)	132.9	133.5	134.2	136.2	139.7	143.2	146.8	150.5	154.3
3	BULACAN	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
4	CAVITE (part)	139.8	140.3	140.8	142.3	144.9	147.6	150.3	153.0	155.9
5	LAGUNA	133.1	133.8	134.4	136.3	139.6	143.0	146.4	150.0	153.6
6	NUEVA ECIJA	121.2	121.8	122.3	124.1	127.1	130.1	133.3	136.5	139.8
7	NUEVA VIZCAYA (part)	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
8	PAMPANGA	137.4	138.1	138.8	140.9	144.4	148.1	151.8	155.6	159.6
9	PANGASINAN (part)	112.7	113.2	113.8	115.5	118.4	121.4	124.5	127.6	130.9
10	QUEZON (Part)	97.6	98.1	98.6	100.1	102.6	105.2	107.8	110.5	113.3
11	TARLAC (part)	111.2	111.7	112.3	114.0	116.9	119.8	122.8	125.9	129.1

出典：JICA 調査団

5.5.3 無収水 (NRW) 率

無収水は、配水管からの漏水、メーター計測されない接続、違法使用者、その他の水の損失などを原因としている。現在の NRW 率は 35%であり、これがより効率的な O&M により 2040 年での 25%になる想定とした。

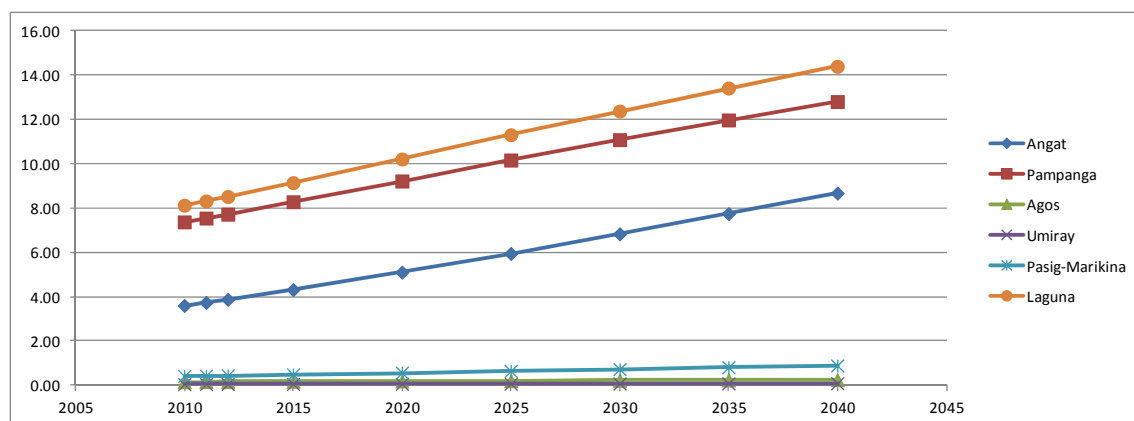
5.5.4 家庭用水の需要予測

上記の前提に基づく家庭用水の需要予測は表 5.28 に示すとおりである。周辺地域の中でも人口の多いラグナ湖流域、パンパンガ川流域、アンガット川流域における水消費量が多い。

表 5.28 周辺地域の家庭用水の需要予測

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
	(m ³ /sec)						
Angat	3.87	4.32	5.10	5.94	6.83	7.74	8.67
Pampanga	7.72	8.28	9.22	10.16	11.09	11.97	12.80
Pampanga (PAM-1)	0.85	0.91	1.03	1.14	1.25	1.36	1.46
Pampanga (PAM-2)	0.65	0.73	0.87	1.02	1.19	1.35	1.53
Pampanga (PAM-3)	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18
Pampanga (PAM-4)	1.00	1.06	1.14	1.23	1.30	1.37	1.43
Pampanga (PAM-5)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
Pampanga (COR)	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.21	0.23
Pampanga (PAN)	0.21	0.22	0.25	0.28	0.30	0.33	0.36
Pampanga (RCH)	2.26	2.42	2.69	2.96	3.22	3.47	3.70
Pampanga (PEN)	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
Pampanga (PAS)	2.44	2.60	2.86	3.13	3.38	3.62	3.83
Agos	0.16	0.17	0.19	0.20	0.22	0.24	0.25
Umiray	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09
Pasig-Marikina	0.44	0.49	0.56	0.64	0.72	0.81	0.89
Laguna	8.51	9.14	10.21	11.30	12.38	13.41	14.39
Total	20.76	22.45	25.34	28.32	31.31	34.25	37.09

出典：JICA 調査団



出典：JICA調査団

図 5.11 周辺地域の家庭用水の需要予測

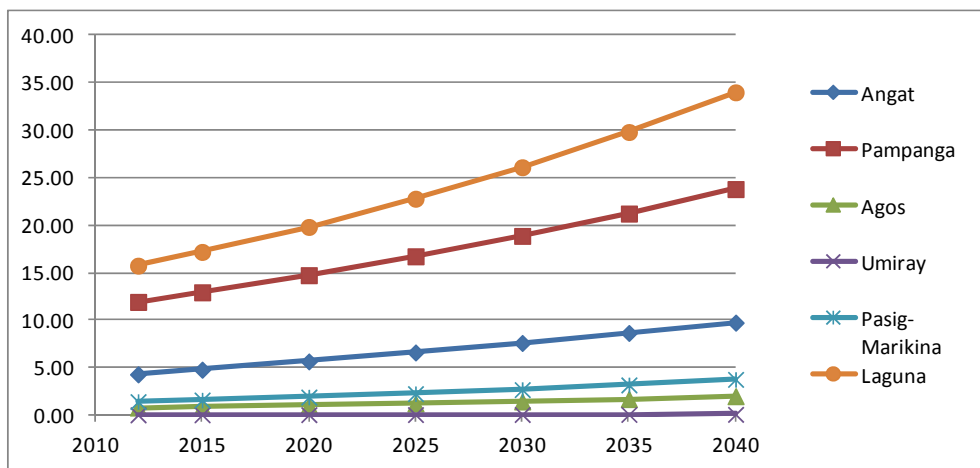
5.5.5 非家庭用水の需要予測

将来の非家庭用水の需要予測は、前述の表 3.4 に示した地域 GDP の平均増加率 3.0%～5.1% に比例すると仮定して計算した。以下の表に各河川流域の需要予測結果を示す。

表 5.29 周辺地域の非家庭用水の需要予測

(m ³ /sec)								
	Average Increase Rate	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Angat	3.20%	0.45	0.49	0.58	0.68	0.79	0.93	1.09
Pampanga	3.55%	4.22	4.67	5.54	6.57	7.80	9.26	11.01
Pampanga (PAM-1)	3.20%	0.29	0.32	0.37	0.44	0.51	0.60	0.70
Pampanga (PAM-2)	3.22%	1.01	1.11	1.30	1.52	1.79	2.09	2.45
Pampanga (PAM-3)	3.20%	0.84	0.92	1.08	1.27	1.48	1.73	2.03
Pampanga (PAM-4)	3.57%	0.25	0.28	0.33	0.39	0.47	0.56	0.67
Pampanga (PAM-5)	3.60%	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.14	0.16
Pampanga (COR)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pampanga (PAN)	5.06%	0.27	0.31	0.40	0.51	0.66	0.84	1.08
Pampanga (RCH)	3.55%	0.94	1.04	1.24	1.48	1.76	2.10	2.50
Pampanga (PEN)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pampanga (PAS)	3.39%	0.56	0.62	0.73	0.86	1.02	1.21	1.42
Agos	3.58%	0.66	0.73	0.87	1.04	1.24	1.48	1.77
Umiray	3.20%	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Pasig-Marikina	3.84%	1.01	1.13	1.37	1.65	1.99	2.40	2.90
Laguna	3.62%	7.24	8.06	9.62	11.49	13.73	16.40	19.60
Total	-	13.59	15.10	17.99	21.45	25.58	30.50	36.38

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.12 周辺地域の非家庭用水量の需要予測

5.5.6 周辺地域の合計水需要予測

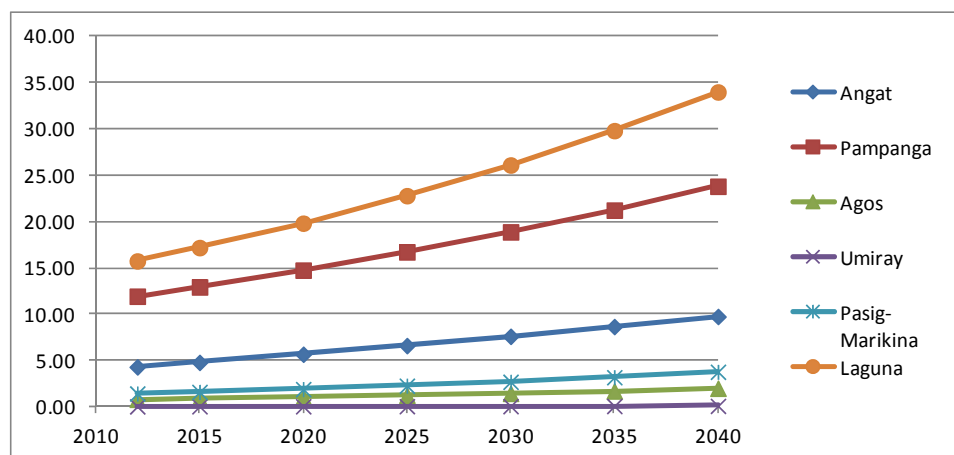
以下の表に周辺地域における合計水需要予測を示す。

表 5.30 周辺地域の合計水需要予測 (m³/sec)

River Basin	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Angat	4.32	4.81	5.68	6.62	7.62	8.67	9.76
Pampanga	11.94	12.95	14.76	16.73	18.89	21.24	23.81
Pampanga (PAM-1)	1.14	1.23	1.40	1.57	1.76	1.96	2.16
Pampanga (PAM-2)	1.66	1.84	2.17	2.55	2.97	3.45	3.98
Pampanga (PAM-3)	0.94	1.03	1.20	1.40	1.63	1.90	2.21
Pampanga (PAM-4)	1.25	1.33	1.47	1.62	1.77	1.93	2.09
Pampanga (PAM-5)	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21
Pampanga (COR)	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.21	0.23
Pampanga (PAN)	0.48	0.54	0.65	0.79	0.96	1.17	1.43
Pampanga (RCH)	3.20	3.47	3.94	4.44	4.98	5.56	6.19
Pampanga (PEN)	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
Pampanga (PAS)	3.00	3.22	3.60	3.99	4.40	4.82	5.25
Agos	0.82	0.91	1.06	1.25	1.46	1.72	2.02
Umiray	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
Pasig-Marikina	1.45	1.62	1.93	2.29	2.71	3.21	3.79
Laguna	15.75	17.20	19.83	22.80	26.11	29.82	33.99
Total	34.35	37.55	43.33	49.78	56.89	64.76	73.48

出典：JICA 調査団

以下の図に河川流域ごとの需要量を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.13 周辺地域の合計水需要予測

5.5.7 表流水の需要予測

周辺地域では地下水が表流水とともに重要な水源となっている。今回の調査では、将来の地下水と表流水の使用割合について、政府の明確な見解を得ることはできなかった。しかしながら、世銀調査によって提案されているマニラ首都圏の水資源開発プロジェクトは、いずれも他流域からの導水に水源を求めているため、予測された総需要に占める表流水源を決めることが必要である。

現状における各流域の地下水揚水量のデータとして、2011 年 12 月の実測値が第 7 章の表 7.2.1 に示した。現状における表流水需要は、現在の総需要と地下水地下水揚水量の差によってほぼ近似できる。こうして求めた表流水需要を表 5.31 に示す。

表 5.31 2012 年における想定表流水需要

River Basin	Total Demand	Share of Groundwater	Surface Water Demand
Angat	4.3	1.1	3.2
Pampanga	11.9	3.2	8.7
Pasig-Marikina	1.4	0	1.4
Agos	0.8	0	0.8
Umiray	0.1	0	0.1
Laguna Lake	15.7	3.7	12.0

出典：JICA 調査団

一方、同じく第 7 章の表 7.2.2 は流域ごとの地下水揚水可能量を示している。従って将来の表流水需要に関して二つの予測が考えられる。

- 1) 地下水に依存する水需要が表 5.31 に示した揚水量から変わらず維持される。(ケース 1)
- 2) 地下水に依存する水需要が増加して 2040 年に揚水可能量に達する。(ケース 2)

上記 2 ケースの表流水需要を表 5.32 および 5.33 に示す。ここで、ケース 2 において地下水揚水の増加は一定と仮定した。

表 5.32 表流水需要（ケース 1）

（単位：MLD）

River Basin	Ground Water	出典：	2010	2020	2030	2040
Angat	91MLD	Total	372	491	657	847
		Surface	281	400	566	756
Pampanga	273	Total	1,028	1,279	1,633	2,056
		Surface	755	1,006	1,360	1,783
Agos	0	Total	69	92	130	173
		Surface	69	92	130	173
Umiray	0	Total	5	6	8	10
		Surface	5	6	8	10
Pasig-Marikina	0	Total	121	164	233	328
		Surface	121	164	233	328
Laguna Lake	320	Total	1,365	1,711	2,255	2,938
		Surface	1,045	1,391	1,935	2,618

出典：JICA 調査団

表 5.33 表流水需要（ケース 2）

（単位：MLD）

River Basin	Water 出典：	2010	2020	2030	2040
Angat	Total	372	491	657	847
	Ground Water	91	199	307	416
	Surface Water	281	292	350	431
Pampanga	Total	1,028	1,279	1,633	2,059
	Ground Water	273	798	1,324	1,849
	Surface Water	755	481	309	210
Agos	Total	69	92	130	173
	Ground Water	0	65	130	173
	Surface Water	69	27	0	0
Umiray	Total	5	6	8	10
	Ground Water	0	6	8	10
	Surface Water	5	0	0	0
Pasig-Marikina	Total	121	164	233	328
	Ground Water	0	17	35	52
	Surface Water	121	147	198	276
Laguna Lake	Total	1,365	1,711	2,255	2,939
	Ground Water	320	373	425	477
	Surface Water	1,045	1,338	1,830	2,462

出典：JICA 調査団

5.6 MWSS の正式な需要予測

MWSS は本調査実施中の 2012 年 10 月に、今後の事業計画を策定するための正式な需要予測を発表した。この需要予測は、MWSS とコンセッショネア 2 社が今後の事業計画で用いる数値として、正式に合意されている。

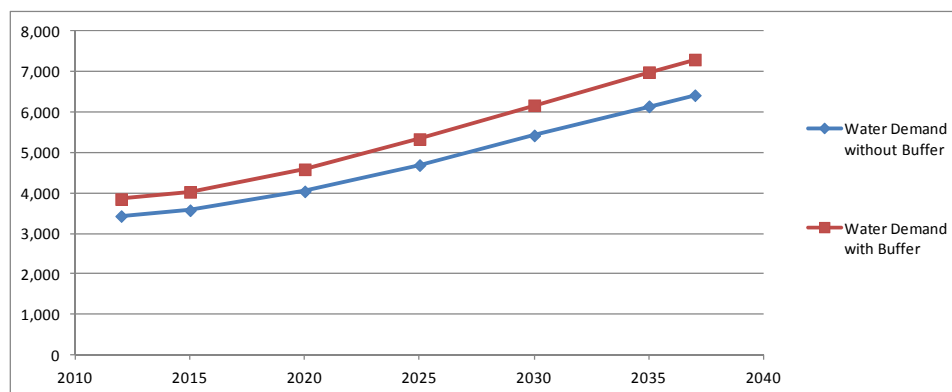
MWSS の正式な需要予測を以下の図表に示す。

表 5.34 MWSS の正式な水需要予測

(Unit: MLD)

	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2037
Water Demand without Buffer	3,412	3,460	3,525	3,629	3,789	3,878	3,933
Water Demand with Buffer	3,412	3,512	3,631	3,794	4,022	4,176	4,298

出典：MWSS

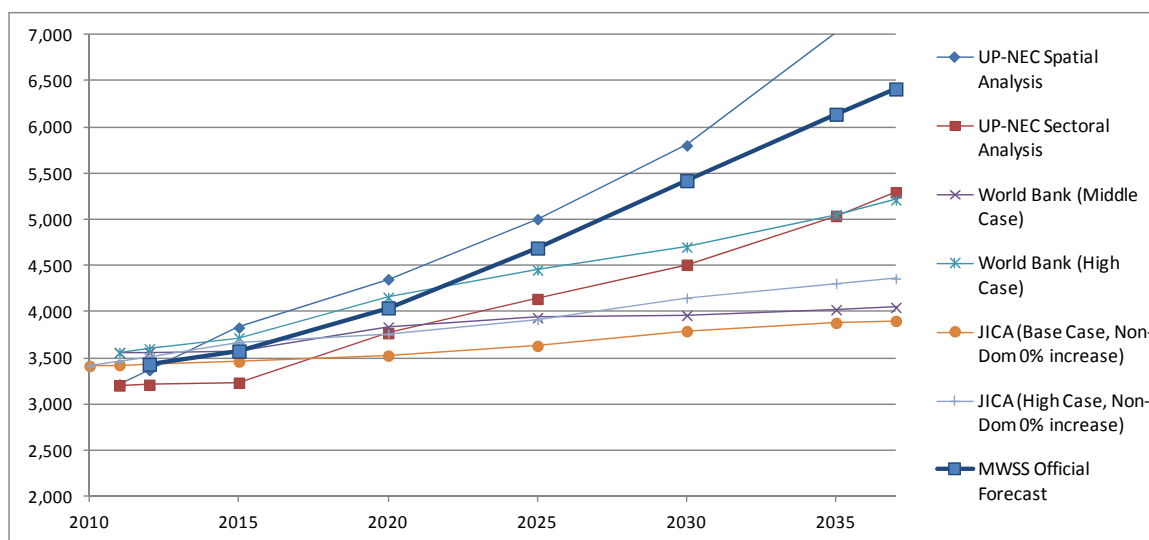


出典：MWSS

図 5.14 MWSS の正式な水需要予測

需要予測は、前述した UP-SEC の想定に基づいて作成されたが、家庭用水の LPCD が増加していく予想であること、非家庭用水が年率 5%以上で増加していくこと、Buffer 率が 15%程度と多めに設定されていること等の理由により、高めの数値となっている。

なお、Buffer 値を除く需要量を既に説明してきた UP-SEC (Spatial Analysis, Sectoral Analysis)、世銀 (Middle Case, High Case)、JICA 調査団の予測値 (Base Case, High Case) と比較すると、以下の表のとおり、UP-SEC の Spatial Analysis を除き、その他の JICA 調査団・世銀の予測を上回る結果となった。



出典：JICA 調査団

図 5.15 各種需要予測結果の比較

2020 年頃までは、MWSS の正式需要予想と他の予測との間に大きな違いはないが、それ以降において増加率が高くなり、他の予測との差が広がっている。

MWSS は事業の規制機関として、水不足のリスクを避けるため、より前倒しに水源開発を推し進める必要があることから、需要量がある程度多めに算出する傾向があることは理解できる。従い、JICA 調査団としては、この正式な需要予測値をもって Water Security Plan の根拠として利用することとする。

ただし、利用者の使用料を原資として用いた過大な投資を避けるために、最低でも 5 年程度毎に、気候変動予測調査、家庭の使用状況調査等を含む、定期的かつ詳細な需要・供給量分析の実施を引き続き提言する。

第 6 章 需要分析

農業水産セクター

6.1 フィリピンの農業セクター

6.1.1 背景

フィリピンの農業セクターは、国家経済にとって重要な役割を果たしており、GDP は 18.4% であるが雇用は 35% を占めている（2010 年）。フィリピン政府は、現行の「フィリピン国家開発計画 2011-2016」の中で、貧困削減と農業（特に米）の生産性向上に重点を置いている。同国には 12 百万 ha の農地が存在するが、そのうち 5.7 百万 ha（47%）が耕作地である。2008 年には水田（天水田＋灌漑水田）の総面積は 4.5 百万 ha に達した。1970 年代に米の自給が短期的には達成されたものの、その後、相次ぐ自然災害や調査研究や灌漑開発投資の縮減などが相まって、米の生産の増大が停滞した。2004～2010 において米の自給率が 85% に留まっている。とりわけ、2008 年には米の輸入が 2.4 百万トン、額にして 190 億ドルに達し、国家財政を圧迫している。

6.1.2 政府の開発方針

(1) フィリピン国家開発計画 2011-2016

2012 年初に施行された「フィリピン国家開発計画 2011-2016」では、5 つの重点戦略を設定した。

- (a) 生産セクターの競争力向上と雇用増大
- (b) 多様な公共福祉の促進に必要な資金へのアクセス改善
- (c) インフラ整備への集中的な投資
- (d) 行政の透明性のある対応の促進
- (e) 人的資源の開発

この計画の中で、農業セクターの開発戦略として 3 つの主要な目標を設定している、すなわち、(i) 食糧安全保障の改善と所得向上、(ii) 気候変動で増大する農業へのリスク対応、(iii) 政策の立案と執行の強化拡充である。戦略を実現するための方策として、(i) 農水産にかかわる個人と企業の生産性と所得向上、及び(ii)農業セクター分野横断的な投資と雇用の拡大が掲げられている。米の自給は農業生産性向上戦略の中心に位置している。

(2) フィリピン米基本計画 2009-2013

2008 年に野心的な「フィリピン米基本計画 2009-2013」が施行された（EO 725）。この計画の狙いは、米の生産量を 2007 年の 16.2 百万トンから 2013 年に 21.6 百万トンに増大させ、米自給を達成することにある。そのため、全国 49 県の各々の地域特性に配慮した米の生産性向上策を農民が実施できるよう支援する。このための基本戦略は、(1) 既存灌漑施設の改修・改善、(2) 地方政府主導による農業活性化計画実施を通じた集落単位の活動支援である。

フィリピンでは、米の全生産量の 78% は灌漑地区で生産されている。しかし、米の生産性は米生産地域ごとに大きく異なる。当該計画では、米の生産性向上を 2013 年までに達成するた

め、灌漑地区での営農普及活動を強化拡充と既存灌漑施設の改修・復旧を通じて、年間作付率を現在の 135%から 170%に向上させるとしている。

さらに、灌漑地区を今後 1.2 百万 ha 拡張させるため、4 つの灌漑開発・改修計画の実施を提案している。すなわち、①新規灌漑開発、②新規小規模溜池灌漑計画、③天水田地区での浅井戸灌漑、④既存灌漑地区の改修。これらの事業実施に必要な資金は 767 億ペソと見積もられている。

(3) 地域の農業セクター政策

中部ルソン長期開発計画 2005-2030 (RPFP) では、地域農業の生産性向上に重点をおき、そのための方策として、傾斜地の農業生産支援、ポストハーベスト改善、マーケットアクセス改善の実施が提案されている。また、農地の転用に関しては、農水産業振興地区設置の方針およびコストー便益分析を踏まえて許認可を判断するとしている。また、農業セクター、灌漑排水事業、マーケットへのアクセス道路、営農の機械化、等への投資を継続するとしている。

開発投資の優先度は、主要米生産地の拡張と生産性向上を図るため、新規灌漑開発および既存灌漑施設の改修に置かれている。水資源灌漑開発の優先プロジェクトとして、①Casecnan 多目的プロジェクト、②Balintingon 多目的プロジェクト、③Angat Afterbay Regulator 改修プロジェクト、④国営灌漑システム改善プロジェクト、⑤Communal Irrigation 開発プログラム、⑥ポンプ灌漑システム開発プログラム、などがある。

(4) 戦略的農水産業開発地区 (SAFDZ)

農水産業近代化法 (8435) では、農業省は国家の食糧安全保障と農村開発を支援するため、農水産セクターの近代化を促進する優先地域を選定するとしている。農業省の土水資源管理局はそのための情報データベースと SAFDZ の基本図を策定した。この法律では、SAFDZ 内の灌漑地区、灌漑予定地区、換金作物生産地区及びその予定地区は、法律の施行後 5 年間は農地転用が認められない。

(5) 農業灌漑水産セクターのプロジェクト

国家および地方の既存開発戦略における農業灌漑水産セクターの開発目標達成には、主要な農業生産地域が保全され、政府が新規灌漑開発および既存灌漑施設の改修を継続支援することが前提となる。さらに、農業生産性の向上と価格競争力の強化につながる新技術が開発され広く普及することが必要である。なお、水産セクターでは、水産業の生産性改善、特に養殖の拡大が開発目標とされているが、その具体的な開発計画は明確でない。

調査対象地域における、実施中および新規開発プロジェクト（農業灌漑水産関連政府機関からの情報）は以下のとおりである。

Bulacan	- Water allocation at Angat storage dam
	- Rehabilitation and improvement of AMRIS
	- Sustainable aquaculture production in Pampanga delta
Nueva Ecija	- Implementation of CMIIP-IC - II and BMRP
	- Rehabilitation of UPRIIS
	- Small water impounding in hilly area

Pampanga	- Rehabilitation of Pampanga Delta RIS, Polac Gumain RIS and CISs
Tarlac	- Implementation of BBMP-II
	- Rehabilitation of TASMORIS
	- Expansion and rehabilitation groundwater irrigation
All Provinces	- Development and restoration of CISs and Small scale irrigation
	- Improvement of irrigation efficiency

6.1.3 灌漑セクター

(1) 灌漑セクターの概要

灌漑セクターは、フィリピンにおける農業生産の維持と食糧安全保障に重要な役割を果たしてきている。同国の灌漑ポテンシャル面積は 3.13 百万 ha で、2009 年の既存灌漑面積は 1.54 百万 ha、すなわちポテンシャル面積の 49%である。灌漑地区は 3 つに区分されており、国営灌漑システム(NIS)が 765,000 ha、コミュナル灌漑システム(CIS)が 558,000 ha、民間灌漑システムが 217,000 ha である。NIS は、国営灌漑公社(NIA)が建設・改修および幹線施設の維持管理を担当し、末端施設の維持管理は水利組合が担当している。一方、CIS の維持管理は水利組合が担当している。

現在、フィリピン政府機関のサービスの質と効率の向上を目的とした合理化計画の一環として、NIA の合理化計画が実施中（2009-2014）である。行政の機能の重複を避け、職員・行政コストを削減する計画を 5 年間（2009-2014）で実施する。具体的には、当初の職員数 4,816 名を 3,813 名に削減することで、年間 90 百万ペソのコストを削減する。この政府職員削減にともない、灌漑システム管理を水利組合に移管する IMT(irrigation management transfer)の実施が不可欠となる。このため、水利組合組織強化と農民の能力向上のためのトレーニングが予定されている。

NIS は多くの問題点を抱えている。具体的には、①灌漑排水路の著しい滞砂、②灌漑排水施設の機能の劣化、③不完全な水管理施設の機能と不適切な水配分、である。これらの問題の直接の原因は、頻繁に発生する台風や豪雨による施設被害、流域の荒廃による流出土砂の増大、などである。さらに、施設の改修や維持管理の予算不足が施設の機能低下に拍車をかけ、灌漑面積の減少を引き起こしている。このため、国営灌漑公社は、全国の国営灌漑システムを対象に、灌漑システムの復旧・改修・改善を行う計画を立て、世界銀行、アジア開発銀行、及び JICA の資金協力を得て、改修事業を開始したところである。

(2) NIA 事業計画 2010-2010

NIA は、米の生産性を高めるため、今後 10 年間に重点地区における灌漑開発を進める計画を立てている。具体的な達成目標は、①新規灌漑開発 300,114 ha、②既存灌漑システム改修 1.3 百万 ha、③既存灌漑システム復旧 251,000 ha である。これらが実現すると、全国の総灌漑面積は現状の 1.44 百万 ha から 1.9 百万 ha に増大し、灌漑ポテンシャル面積に対する灌漑面積の割合が 61%に向上する。このために必要な資金は 2,190 億ペソと見積もられており、このため毎年 220 億ペソの予算措置が必要となる。

6.2 調査対象地域の農業

6.2.1 調査対象地域の概要

調査対象地域（マニラ首都圏を除く）は合計 17,904 km² の面積を占め、6 つの河川流域、7 つの県から構成されている。

表 6.2.1 調査対象地域の概要

	河川流域名	面積 (km ²)	リージョン	県
1	Angat	1,085	III	Bulacan
2	Pampanga	10,981	III	Bulacan, Nueva Ecija, Tarlac, Pampanga
3	Agos	940	IV	Quezon
4	Umiray	538	IV	Quezon
5	Pasig-Marikina	540	IV	Rizal
6	Laguna Lake	3,820	IV	Laguna
	合計	17,904		

出典： JICA 調査団 2012

パンパンガ川流域はルソン島で最大の河川流域で、さらに全国有数の農業生産地域でもある。

6.2.2 調査対象地域の農業

調査対象地域は全国で最大規模の米の生産地である。2008 年には 2.675 百万トンの籾を収穫したが、これは全国の籾収穫量の 16%に相当する。この生産高は、583,000 ha の灌漑農地から収穫（雨季作＋乾季作）された。なかでも、Nueva Ecija 県での収穫量が多い。収穫された籾は精米され、近隣のマニラ首都圏に送られている。調査対象地域全体の農業セクターは、地域全体の GDP の約 24%、雇用の 22%を占めている（2003 年）。調査対象地域における地域経済に及ぼす農業セクターの役割は大きなものがある。

調査対象地域内の農地はパンパンガ川及びその他多くの河川で形成された平坦な沖積地で構成されている。全面積の約 45%が農地で、そのうち 38%が水田である。米の生産が最大で、次いでトウモロコシの生産が多い。さらに畑作物、特に野菜や果実の栽培も盛んである。米の生産は灌漑地区では年 2 回（雨季作＋乾季作）行われている。雨季作は 6 月から 9/11 月、乾季作は 10/11 月から 4/5 月に行われる。さらに、一部の地区では、乾季作の後に野菜や緑豆などの栽培を行っている。このように米の 2 期作が行われている地区では、灌漑施設の水管理が重要となる。なお、灌漑施設のない畑作地区では、いんげん、なす、トマト、オクラ、などの野菜栽培が行われている。

6.3 調査対象地域の灌漑開発

6.3.1 概要

調査対象地域内の低平地には、数多くのタイプの灌漑システム（国営、コミュナル、小規模、民間）が広がっている。国営灌漑公社が建設してきた灌漑地区には、1,000 ha 以上の規模の国営灌漑システム（NIS）と 1,000 ha 以下のコミュナル灌漑システム（CIS）がある。前者は建設及び幹線施設の維持管理を公社が実施し、末端灌漑施設の維持管理は水利組合が担当する。一方、後者は公社による建設が終了すると全ての灌漑施設維持管理が水利組合に移管される。さらに、農業省の土地水管理局（BSWM）が開発してきた小規模灌漑地区も存在する。灌漑地区の分類は以下の通りである。

1. 国営灌漑システム(NIS):
頭首工灌漑システム(RIS)、ポンプ灌漑システム(PIS)、地下水灌漑システム(GIS)
溜池灌漑システム(SRIP)
2. コミュナル灌漑システム(CIS):
コムニナル灌漑システム(CIS)、ポンプ灌漑システム(PIS)
3. 小規模灌漑システム(SSI):
頭首工灌漑(DD)、溜池灌漑(SWIP)、農民溜池灌漑(SFR)、浅井戸灌漑 (STW)
4. 民間灌漑システム :

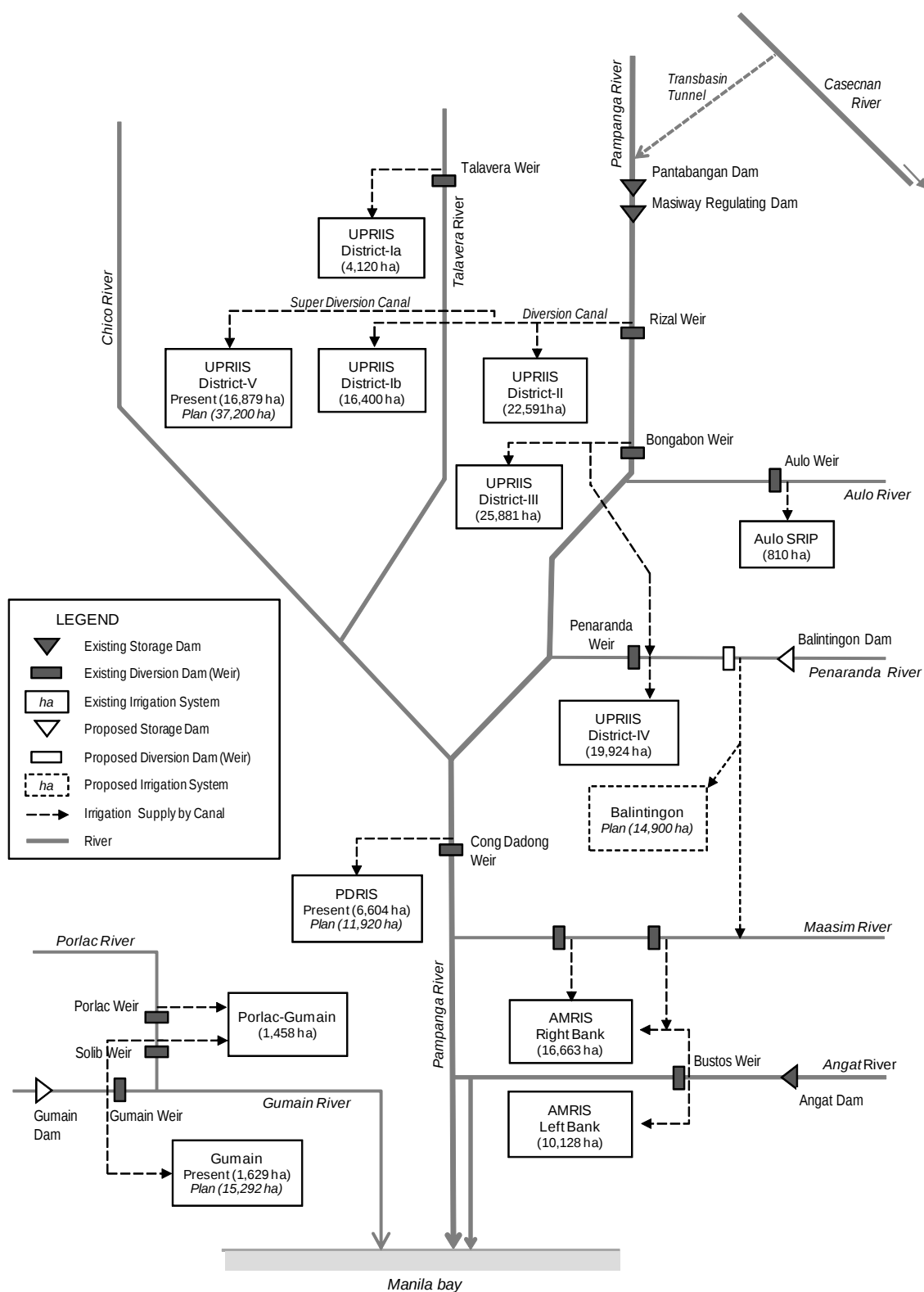
6.3.2 調査対象地域の NIS

調査対象地域内には、8カ所の NIS があり、その合計灌漑面積は 178,000 ha に達する（表 6.3.1、図 6.3.1 参照）。最大規模のシステムは Upper Pampanga River Integrated Irrigation System(UPRIIS) で、5つのサブシステムから構成されており、総灌漑面積は 119,000 ha である。次いで大きいのは Angat-Maasim(AMRIS)で灌漑面積は 26,000 ha である。これらの 2つの NIS は、その規模の大きさから、他の国営灌漑システムとは異なり、NIA の下、各々独自の組織体制の下で管理運営されている。

表 6.3.1 調査対象地域内の既存国営灌漑システム

河川流域	灌漑システム名称	サブシステム	灌漑面積 (ha)	水源
Angat	Angat-Maasim (AMRIS)		26,000	Angat R.+Maasim R.
Pampanga	Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	District-I	20,520	Pampanga R.+Talavera R.
		District-II	22,591	Pampanga R.
		District-III	25,881	Pampanga R.
		District-IV	19,924	Penaranda R.
		District-V	16,879	Pampanga R.
	Aulo SRIP		810	Aulo R.
	Pampanga Delta (PDRIS)		6,604	Pampanga R.
	Porac-Gumain		3,087	Gumain R.+Porac R.
Pampanga流域合計			117,609	
Laguna	Cabuyao East		348	Diversion dam
	San Cristobal		413	Diversion dam
	Diezmo		852	Diversion dump
	Macablang		418	Diversion dam
	San Juan		341	Diversion dam
	Sta. Maria		974	Diversion dam
	Mayor		375	Diversion dam
	Sta. Cruz		2,185	Diversion dam
	Mabacan		272	Diversion dam
	Balanac		1,000	Diversion dam
	Lumban		57	Intake
	Malaunod		227	Diversion dam
Laguna流域合計			7,462	
Quezon	Agos		1,234	Intake
	Dumacaa		1,893	Diversion dam
	Hanagdong		274	Diversion dam
	Lagnas		639	Diversion dam
	Quezon流域合計			4,040
調査対象地域の合計			155,902	

出典： NIA



出典： The Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, Final Report (JICA/NWRB, 2011)

図 6.3.1 パンパンガ流域の河川と主要灌漑地区の配置模式図

NIA によれば、実施中の NIS 開発プロジェクトは以下の通りである。

表 6.3.2 実施中の NIS 開発プロジェクト

プロジェクト名	位置（県）	実施予定（年）	
		開始	終了
Rehabilitation of AMRIS	Bulacan	2009	2010
Along-along Creek Irrigation Project (In UPRIIS Div-3)	Nueva Ecija	2010	2019
Comprehensive Agrarian Reform Program, Irrigation Component, Project-II	Nationwide	1993	-
Repair, rehabilitation of existing Groundwater Irrigation Systems, Establishment of Groundwater Pump Project	Nationwide	-	-
Repair, Rehabilitation, Restoration & Preventive Maintenance of existing National & Communal Irrigation Facilities	Nationwide	-	-
Balikatan Sagip Patubig Program (BSPP)	Nationwide	2010 -	2019
Repair, Rehabilitation, Restoration & Preventive Maintenance of Existing National & Communal Irrigation Facilities (RRENIS/CIS)	Nationwide	2010 -	2019
Restoration/Rehabilitation of Existing NIA Assisted Irrigation System (PRE-NIA-AIS)	Nationwide	2010 -	2019
Participatory Irrigation Development Project (PIDP)	Nationwide	2010 -	2019
Rehabilitation of Small Water Impounding Projects / Diversion Dam	Nationwide	2009-	2011
Upper Tabuating SRIP	Nueva Ecija	2010-	2010-

出典： NIA COPLAN, 2009-2018, NIA: Indicative Irrigation Development Program, 2010-2019 and BSWM

開発が予定されている NIS は表 6.3.3 に示すとおりである。なお、この他に、AMRIS 灌漑地区に灌漑水を供給する Balintongan 多目的プロジェクト（14,900 ha）が提案されてきており、1983 年のフィービリティ調査が 2008 年に全面的にアップデートされた。

表 6.3.3 開発が予定されている NIS

プロジェクト名	位置（県）	灌漑面積 (ha)	実施機関
Participatory Irrigation Development Project	Nationwide	26,791	GAA / IBRD
Procurement of Pumps, Drilling Rigs & Related Equipment	Nationwide	3,900	GAA / Spanish Loan
Balog-balog Multipurpose Project Phase 2	Tarlac	34,410	GAA / ODA
Sector Loan on Rehabilitation of Irrigation Facilities	Nationwide		GAA / JICA
Casencan Multipurpose Power & Irrigation Project Irrigation Component - Phase II	Nueva Ecija / Bulacan	61,000	GAA / ODA
Irrigation Water Resources Augmentation Pump Establishment Project	Nationwide	2,361	-
Appropriate Irrigation Technologies for Enhanced Agricultural Production	Include. Regions III	4,000	GAA / ODA
Central Luzon Groundwater Irrigation Systems Reactivation Project	Nueva Ecija	5,000	-
Gumain Reservoir Project	Pampanga	16,750	-

出典： NIA COPLAN, 2009-2018 and Indicative Irrigation Development Program, 2010-2019

備考： GAA : General Appropriations Act, IBRD : International Bank for Reconstruction and Development

6.3.3 調査対象地域の CIS

NIA が開発するシステムのうち、1,000 ha 以下の規模のものは原則として CIS であり、建設後は全面的に水利組合に移管される。しかし、過去の経緯から、1,000 ha 以下の規模の NIS も存在している。また、いくつかの CIS は民間により管理運営されている。

調査対象地域内で現在機能している CIS の数は 218 であり、その総灌漑面積は 37,522 ha である。

表 6.3.4 調査対象地域内の機能している CIS

河川流域	コミュニティ灌漑システム				合計	
	重力灌漑		ポンプ灌漑		数	面積 (ha)
	数	面積 (ha)	数	面積 (ha)		
Angat	7	219	0	0	7	219
Pampanga	137	25,712	31	7,427	168	33,139
Umiray	0	0	0	0	0	0
Agos	1	224	0	0	1	224
Pasig-Marikina	3	206	0	0	3	206
Laguna Lake	39	3,734	0	0	39	3,734
合計	187	30,095	31	7,427	218	37,522

出典：JICA 調査団取り纏め

既存の CIS のうち約 3 分の 1 は機能していない。機能していない主な理由は、灌漑地区が UPRIIS などの大規模灌漑地区に組み込まれたため、基幹灌漑施設が使われなくなったこと、都市化の影響で灌漑地区が転用されたこと、ポンプ灌漑システムの一部が高い運転コストの負担に耐えられず使われなくなったこと等である。

6.3.4 小規模灌漑地区（農業省支援）

NIA が担当する灌漑地区とは別に、小規模灌漑地区の開発が農業省の土地水管理局（BSWM）の支援で実施されてきた。その目的は、散在する小規模農業地区の農業生産性向上である。これらは、ごく小規模の灌漑施設を建設し灌漑農業を支援するもので、灌漑施設の内容には、頭首工灌漑、小規模溜池、小規模農民溜池、浅井戸などがある。

表 6.3.5 調査対象地域内の既存小規模灌漑地区

タイプ	地区数	灌漑面積 (ha)	
		雨季作	乾季作
頭首工灌漑 (DD)	32	1,108	735
小規模溜池灌漑 (SWIP)	14	681	108
小規模農民溜池灌漑 (SFR)	1	37	0
合計	47	1,826	843

出典：Prepared by the Study Team based on the BSWM GIS Data base

今後実施が予定されている新規の小規模灌漑地区は次表のとおりである。

表 6.3.6 調査対象地域内の新規小規模灌漑地区

タイプ	地区数	灌漑面積 (ha)
頭首工灌漑 (DD)	18	1959
小規模溜池灌漑 (SWIP)	24	1,635
小規模農民溜池灌漑 (SFR)	4	112
合計	46	2,706

出典：Estimated by the Study Team based on the BSWM data base

6.4 調査対象地域の将来灌漑開発計画

6.4.1 概要

NIA は 2020 年までに実施する灌漑事業のリストを作成している。その内容には、NIS の継続実施プログラム、NIS の改修事業、新規大規模灌漑開発、小規模灌漑開発が含まれている。

6.4.2 灌漑システムの改修と開発

公社の継続実施プログラムには、CIS（新規開発、改修）及びNISの改修事業が含まれている。その事業リストは以下である。

- Repair, Rehabilitation of Existing Groundwater Irrigation Systems,
- Establishment of Groundwater Pump Project (REGIP),
- Balikatan Sagip Patubig Program (BSPP),
- Repair, Rehabilitation, Restoration & Preventive Maintenance of Existing National & Communal Irrigation Facilities (RRENIS/RRECIS), and
- Restoration/Rehabilitation of Existing NIA Assisted Irrigation System (RRE-NAIS).

これらの事業の予算は原則として国家予算であるが、一部に外国からの資金支援が行われている。CISの改修は、水利組合では費用負担が困難な場合に実施される。また、井戸のポンプ更新などへの支援も含まれる。

6.4.3 農地改革支援（灌漑分野）

農地改革省が実施している総合的農地改革支援事業には、灌漑分野も含まれており、その実施は国営灌漑公社が担当している（資金は農地改革省が負担）。開発規模は小さいものの、灌漑施設の調査、計画、設計、施行監理の方法は、コミュナル灌漑システムの場合と同様に行われている。

6.4.4 NISの改修計画

NISの改修計画としては以下のプロジェクトが実施中ないし計画中である。

- Participatory Irrigation Development Project(PIDP)：世銀の融資
- AMRISの頭首工（Bustos）の改修

6.4.5 NISの新規開発

NISの新規開発としては以下のプロジェクトの実施が予定されている。

- Along-Along 水路灌漑プロジェクト
- Upper Tabuating SRIP
- Balintongan Reservoir Multipurpose Project (BRMP)
- Casecan Multi-purpose Project - Irrigation Component (CMIPP-IC), Phase 2
- Gumain Reservoir Project

6.4.6 CIS及び小規模灌漑プロジェクトの開発

実施予定のCIS及び小規模灌漑プロジェクトは以下のとおりである。

(1) Regular Program for Small Scale Pump Irrigation

表 6.4.1 NIAが計画している小規模灌漑プログラム

	No of pump unit	Beneficiaries	Target area
PPDRRE	1,000 units	3,900 families	3,900ha.
IWRAPEP	1,330 units	1,333 families	2,360 ha
	1,029 units (surface water)		1,437 ha (new)
	301 units (shallow tubewells)		924 ha (rehab)

出典：NIA Indicative Irrigation Development Program, 2010-2019

- (2) Central Luzon Groundwater Irrigation Systems Reactivation Project
- (3) Rehabilitation of Small Water Impounding Projects / Diversion Dams
- (4) Construction of Priority Small Scale Irrigation Systems/Small Water Impounding Projects (SWIP), Small Diversion Dam Projects (SDD)
 - Bulacan (1SWIP and 2SDD, service area = 125ha)
 - Nueva Ecija (1SWIP, service area = 95ha)
 - Pampanga (1SWIP and 3SDD, service area = 195ha)
 - Tarlac (1SWIP, service area = 45ha)
- (5) New Construction of Small Scale Irrigation Project under BSWM

6.4.7 灌漑効率改善のためのプロジェクト

限られた水資源を効率的かつ効果的に活用し、農業生産性を高めるためには、灌漑効率の改善が重要である。調査対象地域では、現在実施中および計画中の灌漑開発プロジェクトのみならず、効率的な水管理や節水を踏まえた灌漑効率の改善に資するプログラムの実施が予定されている。具体的には以下が予定されている。

- (1) Appropriate Irrigation Technologies for Enhanced Agricultural Production
- (2) Introduction of Water Saving Irrigation Technology
- (3) Monitoring System and Capacity Development for Proper Water Management in NISs and CISs

6.5 調査対象地域の現在及び将来の灌漑面積

本調査では、現在及び将来の灌漑面積を最新の情報に基づいて算定した。将来の灌漑面積の算定にあたっては、以下のプロジェクトの実施を想定した。

- (1) Balintongan dam and irrigation project in the Pampanga river basin:

新規灌漑地区（14,900 ha）を開発する。水源は、Penaranda 川に建設される Balintongan 多目的ダムである。

- (2) Gumain dam and irrigation project in the Gumain river basin:

既存の Polac-Gumain 灌漑システム（3,087 ha）を Gumain ダムの建設により 16,750 ha に拡張する計画で、その経済的妥当性は、1991 年に実施された JICA 調査で確認されている。しかし、すでに 20 年の月日が過ぎ、さらにピナツボ火山の噴火の影響もあり、最新の情報を踏まえた計画内容の全面的な見直しが必要である。

- (3) Extension of UPRIS Division V:

Rizal 頭首工から UPRIS V までの新導水路は完成済みだが、現在に至るまで、灌漑面積は 16,879 ha に過ぎない。本プロジェクトは、最初の計画である 37,200 ha の規模に灌漑面積を拡張する。

(4) Extension of Pampanga Delta development project (PDRIS):

Pampanga Delta 開発計画の頭首工および灌漑水路システムは 2002 年に完成した。しかし、現在の灌漑面積は計画の 11,920 ha に対して 6,604 ha（55%）に過ぎない。本プロジェクトは、灌漑面積を当初計画通りの面積に拡大するもの。

(5) Development of small irrigation system (CIS and WRMP):

調査対象地域内の小規模灌漑システムの拡張計画。国営灌漑公社によりコミュナル灌漑システムを 49 地区（9,914 ha）、農業省により小規模灌漑 56 地区(2,993 ha) を開発する。

現状及び将来の灌漑地区と面積の詳細は、NIS について Annex 6.5.1 、小規模灌漑システム（CIS 及び WRMP）について Annex 6.5.2 及び 6.5.3 に示す。それらの概要を表 6.5.1 に示した。

表 6.5.1 現在及び将来の灌漑面積

河川流域	カテゴリー	Change of Irrigation Scheme					
		現状		将来		差異	
		地区数(no)	面積(ha)	地区数(no)	面積(ha)	地区数(no)	面積(ha)
Angat	NIS	1	26,000	1	26,791	0	791
	CIS	7	219	13	515	6	296
	WRMP	2	62	4	117	2	55
Pampanga	NIS	5	117,609	6	171,809	1	54,200
	CIS	168	32,139	209	42,213	41	10,074
	WRMP	41	1,764	95	4,702	54	2,938
Agos	NIS	4	4,040	4	4,040	0	0
	CIS	1	224	6	523	5	299
	WRMP	0	0	0	0	0	0
Umiray	NIS	0	0	0	0	0	0
	CIS	0	0	0	0	0	0
	WRMP	0	0	0	0	0	0
Pasig-Marikina	NIS	0	0	0	0	0	0
	CIS	3	206	3	206	0	0
	WRMP	4	84	4	84	0	0
Laguna Lake	NIS	12	7,462	12	7,462	0	0
	CIS	39	3,734	42	3,979	3	245
	WRMP	23	779	23	779	0	0
Total	NIS	22	155,902	23	210,102	1	54,200
	CIS	218	37,522	273	47,436	55	9,914
	WRMP	70	2,689	126	5,682	56	2,993
Grand Total		310	196,113	422	263,220	112	67,898

出典： JICA 調査団

6. 6 既存灌漑システムの問題点

6. 6. 1 概要

調査対象地域内の既存灌漑システムが抱える問題点や課題を、とくに水資源の開発と管理の視点から、灌漑関連政府機関や水利組織の関係者からの聴き取りを踏まえて整理した。明らかになった主な問題と課題は、①灌漑水の不足、②低い灌漑効率、③適切な施設維持管理に必要な灌漑施設の改修・改善の不足、④適切な水管理に必要な、灌漑効率改善や節水灌漑の欠如、⑤小規模灌漑に必要な水源開発（小規模溜池、浅井戸）等である。

その他に、以下の課題がある。

- 1) セクター間の水配分の調整、
- 2) 灌漑を含む多目的ダムの開発推進、および
- 3) 表流水および地下水の水質の、セクター間での管理。

6.6.2 水不足

(1) 既存灌漑システムの水不足

大規模灌漑、小規模灌漑地区のいずれも、水不足問題に直面している。その原因と理由は、①近年の気候変動の影響による降雨の不安定化、②水資源開発の遅れ、③維持管理不足による灌漑施設の機能低下、④小規模灌漑における水源施設の不足。さらに、流域内の焼畑農業や伐採による水源の劣化が、河川のベースフローの減少や洪水の増大などを引き起こす原因となっている。

(2) 大規模灌漑開発事業の実施の遅れ

調査対象地域で最大の河川である Pampanga 川流域では、多くの灌漑計画が立案されている。主な大規模プロジェクトは、①Casecnan Multipurpose Irrigation & Power Project - Irrigation Component (CMIPP-IC), Phase-2、②Balintingon Reservoir Multipurpose Project (BRMP)、および③Balog-Balog Multipurpose Project (BBMP), Phase-II である。しかしながら、これらは、開発資金手当ての遅れにより実現していない。また BBMP では、反政府勢力（NPA）が引き起こす治安問題がプロジェクトの実施を妨げている。

(3) AMRIS 灌漑システムにおける水不足

水不足問題が最も深刻なのは AMRIS 地区で、Angat 多目的ダムからの水配分（水道と灌漑の間）が課題である。現状ではマニラ首都圏の水道用水への配分が優先され、灌漑分野に水不足が起きている。さらに、ダム下流にある既存の Bustos 頭首工はダムでの発電後の放流水の日変動を調整する容量（1.5 MCM）を持っているが、これが有効に機能していない。このため、ダムの貯水が全ては有効利用されていないのが現状である。

6.6.3 低い灌漑効率

(1) 灌漑施設の不足と経年劣化

現在の灌漑効率の低さには様々な原因がある。施設面では、(i) 維持管理不足による灌漑排水施設の経年劣化、(ii) 量水施設を含む流量調整施設の不足、(iii) ライニングしていない土水路区間での大きな搬送ロス。この結果生じている灌漑効率の低さが水代徴収率の低さを引き起こしている。

(2) 水管理

灌漑効率の低さは、農民や政府機関による適切な水管理の欠如からも生じており、その改善のため、能力向上トレーニングや新しい節水灌漑法の導入普及が必要である。また、地方政府灌漑関連機関が担当するコミューナル灌漑地区の事業実施や維持管理も弱体である。

6.6.4 その他の問題点

(1) 水質の悪化

フィリピン最大の農業および水産（養魚）の生産地は Pampanga デルタ地域である。そこでは、とくに養魚池へ補給される灌漑水の水質悪化が問題化している。その汚染源は、工場、都市、畜産業から出る排水や廃棄物である。さらに、これらがマニラ湾の水質悪化を招いている。また、ピナツボ火山噴火の結果、地下水に含まれる硫酸塩が増大している。

(2) 地下水の減少

地下水の減少が、Bulacan、Pampanga、Nueva Ecija の各州から報告されている。その原因は、ポンプ灌漑面積の増大、養魚池用水や都市用水の需要増大である。さらに、地下水開発利用の実態調査や規制の不備もある。Pampanga および Bulacan 州の一部では、地下水の減少が灌漑用の井戸への塩水侵入を引き起こしている。

(3) 灌漑施設や養魚池の洪水被害

農地の排水路および構造物の劣化は、頻繁に発生する洪水被害や施設維持管理不足から生じているが、これが作物生産の不安定化を招いている。とくに Pampanga 下流域で著しい。また、養魚池の洪水被害も指摘されている。農地や養魚池の保全のため、洪水被害軽減策が必要である。

6.7 灌漑用水量

6.7.1 灌漑用水量の算定

流域毎の水収支計算を行うため、(a)表流水灌漑用水、(b)地下水灌漑用水、(c)水産用水、(d)畜産用水、を対象に、現状および将来の灌漑用水量を算定した。

(1) NIS の灌漑用水量

NIS の現状及び将来の灌漑用水量を算定するにあたり、灌漑面積数値を NIA から入手し、取水地点での取水量を月別で算定した。算定にあたっては、調査対象地域内で最大の灌漑地区である UPRIIS の灌漑面積拡張を検討するため Casecnan Multipurpose Project で行った詳細な灌漑用水量の算定基準と条件を参考にした。それには、作付計画、年間作付率、単位用水量、灌漑効率などが含まれる。これから得られた単位面積当たりの灌漑用水量を他の灌漑システムにも適用した。また、将来開発が予定されている灌漑システムのデータは、NIA が出している事業計画（NIA COPLAN 2009-2018）の数値を採用した。

AMRIS における灌漑用水量は、Annex 6.7.1.に示すように、数多くの異なる算定値が存在している。本調査では、NIA が実施した 2009/10 年の用水量算定を基本とし、それに有効雨量（信頼度 80%）を加味して行った。また、灌漑面積は雨季作が 26,000 ha、乾季作は 20,335 ha とした。

UPRIIS における灌漑用水量の算定にあたっては、Casecnan project で採用している再利用の考え方を取り入れた。再利用率は、河川取水地点の取水量（a）、その一部が河川に戻る量（b）から、(b)/(a)の比率で計算され、需要量は河川取水量から再利用分を差し引くことで計算され

る。Casecnan project で採用している再利用率は以下の通りである（Annex 6.7.2 および 6.7.3 参照）。

- Rizal 頭首工地点: 0.106
- Bongabon 頭首工地点: 0.180
- Penaranda 頭首工地点: 0.041

NIS における各頭首工（取水）地点での現状の灌漑用水量を Annex 6.7.2 に、将来の灌漑用水量を Annex 6.7.3 に示した。また、調査対象地域全体の灌漑用水量は、現状が Annex 6.7.4、将来が Annex 6.7.5 に纏めてある。

(2) 小規模灌漑地区の灌漑用水量

CIS の具体的な将来開発計画はない。CIS の乾季の実灌漑面積は、NIA が公にしている過去の実績値を踏まえ、計画灌漑面積の 62.5%と仮定した。なお、NIS の将来拡張計画に含まれる CIS は、それらの CIS の水源も NIS の水源に組み込まれる。具体的には、Upper Tabuating Small Reservoir Irrigation Project の実施が予定されているが、この地区は、先に述べた Balintingon project の拡張地区に含まれている。NIS の拡張計画に取り込まれるポンプ灌漑地区(PISs)は、そのポンプ施設は廃棄されると考えた。維持管理費が高いからである。

小規模灌漑地区の単位灌漑用水量の算定の手順は以下の通りである。

単位灌漑用水量:

$$DWRo = (LSIR + LPIR + CU + P - Re) / EF / 8.64$$

ここに、DWRo: 単位灌漑用水量(lit/s/ha)

LSIR: 土壌飽和用水量(mm/day)

LPIR: 代かき用水量 (mm/day)

CU: 作物要水量(mm/day)

P: 浸透量(mm/day)

Re: 有効雨量(mm/day)

EF: 灌漑効率 (%)

作付計画:

CIS 及び SSI の主な栽培作物は、雨季作及び乾季作のいずれも米であり、畑作物は限られている。そこで灌漑用水量の算定は、米の二期作を想定して行った。作付計画は、フィリピンの各州での営農現況と気候区分を踏まえ、9 種類の作付パターンが提案されている（Annex 6.7.6）。本調査ではこの基本パターンにしたがって灌漑用水量の算定を行った。

作付計画の立案にあたっては以下を考慮した。

- (a) 作付時期のずれは 1 カ月
- (b) 作土層飽和期間は 1 週間
- (c) イネ生育期間は 4 カ月
- (d) 作付のない期間は 1 カ月
- (e) 刈り取りの 2 週間前に田面排水

パン蒸発量(PE)

フィリピン全土の 30 カ所の気象観測所で得られるパン蒸発量データを使用する。

土壌飽和用水量(LSIR)

$$LSIR = S_n/t + E_p \times 0.8$$

ただし、 S_n : 土壌飽和用水量(150 mm : NIA が採用している標準値)

T : 土壌飽和期間(7.5 days or 1/4 month)

E_p : パン蒸発量(mm/day)

代かき用水量 (LPIR)

$$LPIR = E_p \times 0.8$$

ただし、 E_p : Pan-evaporation (mm/day)

作物要水量(CU)

$$CU = E_p \times K$$

ただし、 E_p : パン蒸発量(3.5～5.0 mm/day)

K : Consumptive use coefficient of paddy by growing stage (%)

Stage	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K	0.80	0.95	1.05	1.15	1.20	1.30	1.30	1.20	1.10	0.90	0.50

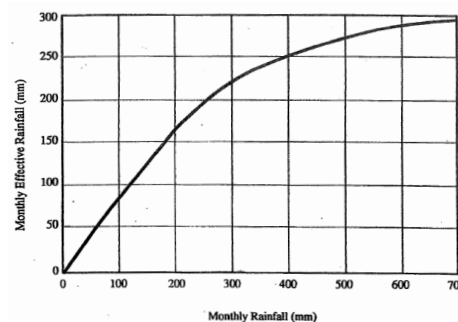
注：NIA が採用している標準値

浸透量(P)

2.5 mm/day. (NIA が Central Luzon 地域で採用している標準値)

有効雨量(Re)

有効雨量は、月毎の平均降雨量を基本とし、右図から得られる曲線から算定。



出典： The Master Plan Study on the Small-Scale Irrigation Development Project (JICA/NIA, 1992)

図 6.7.1 有効雨量曲線

灌漑効率 (EF)

小規模灌漑地区の灌漑効率は大規模地区より高い。全灌漑効率は 58%とした。これは、搬送効率 90%、管理効率 80%、適用効率 80%の仮定に基づいている。州毎の単位灌漑用水量の算定結果は表 6.7.1 に示す通りである。

これらの手順と、NIA が標準化した作付体形と気候分類によって各州の水需要を求め、表 6.7.1 に示した。

表 6.7.1 各州の単位灌漑用水量

Region / Province	Climate Type	Cropping Pattern	Monthly Unit Diversion Water Requirement (lit/s/ha)											
			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Region III														
Nueva Ecija-1	1 (4)	8	1.4	1.8	0.8	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.9
Nueva Ecija-2	3	8	1.2	1.6	0.8	0.0	0.0	1.2	0.2	0.1	0.4	0.0	1.0	0.3
Tarlac	1	4	1.7	0.4	0.0	0.0	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.8	1.4
Pampanga	1	6	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.1	0.0	1.5	1.2
Bulacan	1	7	1.7	1.8	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.1
Region IVa														
Rizal	1 (4)	8	1.4	1.7	1.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	0.4
Laguna	1	7	1.3	1.7	11.0	0.0	0.0	1.0	0.1	0.3	0.2	0.0	1.0	0.4
Quezon	1	8	0.1	0.1	0.0	0.0	1.6	0.4	0.5	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0

出典： The Master Plan Study on the Small-Scale Irrigation Development Project (JICA/NIA, 1992)

調査対象地域全体の CIS の灌漑用水量の計算結果として、現状を Annex 6.7.7 に、将来を Annex 6.7.8 に示した。一方、SSI の灌漑用水量の計算結果として、現状を Annex 6.7.9、将来は Annex 6.7.10 に示した。

(3) 地下水灌漑用水量

地下水灌漑用水量は許可水利権に基づいて算定した。なお、将来の地下水の単位灌漑用水量は、現状と同様と仮定した。月別灌漑用水量の算定にあたっては Tarlac Groundwater Irrigation System Reactivation Project を参考にしつつ、1992 年の JICA 調査「Master Plan Study on the Small-Scale Irrigation Development Project」で採用した算定手順に従った。

現状及び将来の地下水灌漑用水量の算定結果は Annex 6.7.11 に示す通りである。

(4) 水産用水量

水産用水量は以下の条件で行った。

- 水産の単位用水量の計算は、NWRB が許可水利権算定に採用している基準に従った。本調査では、海老養殖の単位用水量である 0.926 lit/s/ha を採用した。
- 養魚池の地方自治体毎の面積は、BFAR のデータに従った。
- 現状の養魚池は将来も変わらない（増減なし）と仮定した。

算定した調査対象地域での水産用水量は Annex 6.7.12 に示す。

(5) 畜産用水量

畜産用水量の算定は、以下の条件で行った。

- 畜産用水の単位用水量は、NWRB の基準を採用した。（牛・猪＝0.00024 lit/s/head、家禽＝0.00000146 lit/s/head）
- 家畜頭数は、地方自治体毎の現状の数量を基準とした。

将来の家畜頭数は、NSCB のデータに基づき、家畜及び家禽の頭数の伸び率が農業部門の GRDP の伸び率（最近 5 年間）と同等に将来も増えるものと仮定して算定した。その結果、

家畜の頭数の伸び率は 2.3%/year、家禽の頭数の伸び率は 1.2%/year とした。算定した調査対象地域での畜産用水量は Annex 6.7.13 に示す。

6.7.2 灌漑用水量の予測結果

(1) NIS の灌漑用水量

表 6.7.2 現状の NIS 灌漑用水量

River Basin	NIS	Diversion Water Demand (m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	AMRIS	41.3	41.7	32.0	9.7	0.0	25.5	9.9	1.2	5.4	10.1	18.8	34.2
Pampanga	UPRIIS	125.8	142.7	107.4	25.5	12.2	78.9	46.1	16.0	18.7	41.7	74.6	108.9
	Aulo	1.1	1.2	0.6	0.0	0.2	0.7	0.3	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9
	PDRIS	8.7	9.4	5.3	0.0	1.5	5.7	2.1	1.2	1.3	3.4	5.9	7.0
	Porac-Gmain	4.1	4.8	4.0	1.3	0.1	2.7	1.6	0.5	0.5	1.3	2.1	3.7
	Total	139.7	158.1	117.3	26.8	14.0	88.0	50.1	17.8	20.7	46.8	83.3	120.5
Umiray		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agos	4 NISs	6.2	6.3	4.9	1.5	0.0	3.8	1.5	0.2	0.8	1.5	2.8	5.2
Pasig-Marikina		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Laguna Lake	12 NISs	11.5	11.6	9.0	2.7	0.0	7.1	2.8	0.3	1.5	2.8	5.2	9.5
Grand Total		198.7	217.7	163.2	40.7	14.0	124.4	64.3	19.5	28.4	61.2	110.0	169.4

出典： JICA 調査団

表 6.7.3 将来の NIS 灌漑用水量

River Basin	NIS	Diversion Water Demand (m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	AMRIS	42.5	43.0	33.2	10.0	0.0	26.3	10.2	1.2	5.6	10.4	19.4	35.2
Pampanga	UPRIIS	150.7	171.4	131.6	33.1	12.9	92.7	56.8	18.9	22.2	49.3	88.4	131.1
	Aulo	1.1	1.2	0.6	0.0	0.2	0.7	0.3	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9
	Balintingon	19.5	21.2	11.9	0.0	3.3	12.8	4.8	2.7	3.0	7.7	13.3	15.8
	PDRIS	15.7	16.9	9.5	0.0	2.7	10.3	3.8	2.2	2.3	6.1	10.6	12.6
	Porac-Gmain	12.9	12.9	7.6	6.3	6.7	6.2	4.3	6.0	5.3	2.8	8.8	12.5
	Total	180.4	202.5	149.3	39.4	22.5	109.8	65.2	27.2	30.0	58.6	108.5	157.1
Umiray		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agos	4 NISs	6.2	6.3	4.9	1.5	0.0	3.8	1.5	0.2	0.8	1.5	2.8	5.2
Pasig-Marikina		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Laguna Lake	12 NISs	11.5	11.6	9.0	2.7	0.0	7.1	2.8	0.3	1.5	2.8	5.2	9.5
Grand Total		240.6	263.4	196.4	53.6	22.5	147.0	79.7	28.9	37.9	73.3	135.9	207.0

出典： JICA 調査団

(2) CIS の灌漑用水量

表 6.7.4 現状の CIS 灌漑用水量

River Basin	CIS (nos)	Diversion Water Demand (m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	7	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Pampanga	168	29.1	31.5	17.8	0.0	7.3	28.5	10.6	6.0	6.6	17.2	19.7	23.5
Umiray	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
Agos	1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Pasig-Marikina	3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Laguna Lake	39	2.3	2.5	1.4	0.0	0.6	2.2	0.8	0.5	0.5	1.4	1.6	1.9
Total	218	32.0	34.6	19.5	0.0	7.9	31.3	11.7	6.5	7.1	18.9	21.6	25.9

出典： JICA 調査団

表 6.7.5 将来の CIS 灌漑用水量

River Basin	CIS (nos)	Diversion Water Demand (m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	13	0.6	0.6	0.3	0.0	0.1	0.6	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5
Pampanga	209	41.2	44.6	25.1	0.0	10.3	40.3	15.1	8.4	9.4	24.4	28.0	25.4
Umiray	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
Agos	6	0.1	0.1	0.0	0.8	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Pasig-Marikina	3	0.4	0.6	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1
Laguna Lake	42	3.5	3.8	2.1	0.0	0.9	3.4	1.3	0.7	0.8	2.1	2.4	2.8
Total	273	45.8	49.7	27.8	0.8	11.5	44.9	16.8	9.2	10.5	26.8	31.1	28.8

出典： JICA 調査団

(3) 小規模灌漑（SSI）の灌漑用水量

表 6.7.6 現在の SSI 灌漑用水量

河川流域	地区数 (nos)	月別灌漑用水量(m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	2	0.05	0.06	0.03	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04
Pampanga	41	1.55	1.68	0.95	0.00	0.39	1.52	0.56	0.32	0.35	0.92	1.05	1.25
Umiray	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agos	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasig-Marikina	4	0.07	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06
Laguna Lake	23	0.68	0.74	0.42	0.00	0.17	0.67	0.25	0.14	0.16	0.41	0.46	0.55
Total	70	2.35	2.56	1.45	0.00	0.59	2.31	0.86	0.49	0.54	1.40	1.60	1.90

出典： JICA 調査団

表 6.7.7 将来の SSI 灌漑用水量

河川流域	地区数 (nos)	月別灌漑用水量(m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	4	0.10	0.11	0.06	0.00	0.03	0.10	0.04	0.02	0.02	0.06	0.07	0.08
Pampanga	95	4.13	4.47	2.52	0.00	1.03	4.04	1.51	0.84	0.94	2.45	2.80	3.34
Umiray	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agos	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasig-Marikina	4	0.07	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06
Laguna Lake	23	0.68	0.74	0.42	0.00	0.17	0.67	0.25	0.14	0.16	0.41	0.46	0.55
Total	126	4.98	5.40	3.05	0.00	1.25	4.88	1.83	1.02	1.14	2.96	3.38	4.03

出典： JICA 調査団

(4) 地下水灌漑・水産・畜産水需要

表 6.7.8 地下水灌漑・水産・畜産水需要

水需要の分野	時期	河川流域別水需要(m ³ /s)						合計 (m ³ /s)
		Angat	Pampanga	Umiray	Agos	P-Marikina	Laguna	
地下水灌漑	現在	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
	将来	0.00	2.25	0.00	0.00	0.08	0.19	2.52
水産	現在	0.2	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
	将来	0.2	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
畜産	現在	0.02	0.27	0.00	0.00	0.01	0.01	0.31
	将来	0.04	0.38	0.00	0.00	0.01	0.02	0.45

出典： JICA 調査団

6.7.3 気候変動影響と灌漑水需要の代替予測

気候は農業水需要推定に鍵となる条件である。したがって温室効果ガスの濃度に起因する気候変動は農業水需要に大きく影響する。有効雨量の減少は灌漑用水量を増大させ、気温の上昇は植物、特にイネの蒸散を活発にし消費水量を増大させる。一方、気温の上昇は田面からの蒸発を促し灌漑用水量の増大を招く。このように、気候変動の影響は水需給収支解析において代替需要を検討する必要性を余儀ないものとする。

多くの場合、灌漑開発計画の実施スケジュールの変動を反映させることで代替水需要量を決めている。しかし、今回の場合は以下に述べる理由から、計画に実施スケジュールを代替水需要量決定の要因には入れなかった。

- 灌漑適地が限られているため、新たな灌漑開発計画の立案が難しい。
- 本章に記載した灌漑開発計画はすべて 2040 年までに実施される予定である。その実施には特に社会問題等の障害がなく、投資が実施のための唯一の条件である。また、米自給は政府の重要な政策であり予算措置に問題はない。一方、投資計画を早める積極的な理由はなく、予定どおりの実施が最も可能性が高い。

もう一つの灌漑用水量を決定つける重要な要素が実際の運用である。上記の水需要の算定に当たっては、NIA の一般的な指標を採用している。しかしながら、近年になって NIA に影響力のある IRRI が間断灌漑(Alternate Wet and Dry Operation)の普及に努めている。間断灌漑は SRI の実績でもわかるように、おしなべて約 40%の節水を可能にする。IRRI の普及の努力が実を結べば、2040 年までに最大 25%の NIS が間断灌漑の導入に踏み切ることがあり得る。つまり、2040 年において、NIS の水需要が予測値から 10%減って 90%になる可能性もある。以上の観点から、2040 年の NIS の水需要を 90%とすることを代替需要量とすることとした。

6.8 気候変動が灌漑用水量に及ぼす影響

本調査における気候変動の将来予測の結果、2050 年に気温が現在よりも 2℃上昇すると試算された。気温の上昇は、蒸発散量を増加させ、灌漑用水量の増大を引き起こすものと考えられる。予測可能な気候変動要素は限られているが、気温の上昇による灌漑用水量の変化の程度を把握することは、将来への備えを考える一助となろう。

(1) 作物蒸発散量の変化

作物蒸発散量の算定は、FAO が推奨しているペンマン式（FAO Penman-Monteith equation）を用いて行うのが一般的である。この式を用いて作物蒸発散量を算定するために必要な気象要素は、(a) 日最高最低気温、(b) 湿度、(c) 風速、(d) 日照時間、および (e) 作物表面の放射量、である。

ペンマン式は以下の数式である。

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

where ET_o reference evapotranspiration [mm hour⁻¹],
 R_n net radiation at the crop surface [MJ m⁻² day⁻¹],

G	soil heat flux density [$\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$],
T	air temperature at 2 m height [$^{\circ}\text{C}$],
u_2	wind speed at 2 m height [m s^{-1}],
e_s	saturation vapour pressure [kPa],
e_a	actual vapour pressure [kPa],
$e_s - e_a$	saturation vapour pressure deficit [kPa],
Δ	slope vapour pressure curve [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],
γ	psychrometric constant [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],

ペンマン式により、牧草表面を想定した蒸発散量が算出され、作物の種類と作物の生育時期に合わせた作物係数（K）を利用して作物蒸発散量を算定する。算定の手順の詳細は FAO の技術資料（FAO Irrigation and Drainage Paper 56 “Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirement” 1998）に記載されている。

ペンマン式での算定に必要な気象要素のうち、気象変動影響評価では気温のみが算定され、他の気象要素の予測値はない。このため、ここでの試算では気温以外の気象要素は一定（不変）と仮定して気温の変化による蒸発散量の変化を計算した。

仮定した数値は、調査地区における平均値である以下を採用した。

湿度	= 80%
風速	= 70 km per day (0.8 m/s)
日照時間	= 6 時間
放射量	= 15 $\text{MJ/m}^2/\text{day}$

ペンマン式による気温の変化による蒸発散量の変化は以下の通り算定された。

表 6.8.1 気温と蒸発散量の関係

ケース	気温 ($^{\circ}\text{C}$)		蒸発散量 (mm/day)
	最高気温	最低気温	
A	31.0	23.0	3.9
B	30.0	23.0	3.6
C	29.5	23.0	3.5

この試算結果から、気温が 1°C 上昇すると蒸発散量は 1 日あたり 0.3 mm 増大することが分かった。したがって、今回の気候変動予測で得られた将来の 2°C の気温上昇は蒸発散量を 1 日あたり 0.6 mm 増大させることになる。

調査対象地域で算定された現在の気象条件下での水稻稲作の日平均蒸発散量は 4 mm/day である。気象変動影響により、日平均蒸発散量が 4.6 mm/day に増大することになる。これは、15% の増大に相当する ($=4.6 \text{ mm/day} / 4.0 \text{ mm/day}$)。

(2) 将来の用水量増大への対応策

調査対象地域における水資源は、すでに水稻稲作を中心とする営農に利用されつくしており、一方、貯水ダムなどによる新たな水資源開発の余地は極めて限られている。そこで、将来想定される灌漑用水量の増大に対して、水稻稲作における節水灌漑の導入・普及を進めること

が必要となる。その節水方法には、国際稲研究所 (IRRI) が推奨している AWD(Alternate wetting and drying)と称される間断灌漑法と、SRI (System of Rice Intensification) と称される低投入稲作増収技術がある。いずれの方法も、その導入により、15%から最大 30%の節水が可能である。これらの節水灌漑方式の概要は以下のとおりである。

(a) AWD(Alternate wetting and drying)

これは、水田に水を継続して湛水させることなく、定期的に田面を乾かし、乾湿を繰り返す間断灌漑を行う方法である。近年、フィリピンやバングラデシュの水田地帯に試験的に導入されてきている。これを実施するにあたり、水田区画の隅に口径 15 cm、長さ 60 cm のパイプを設置することで地下水位を観測し、灌漑を止めた後じょじょに田面水位が低下し田面が乾き、さらに根群域（概ね 15 cm 深さ）の下に地下水が低下した時点で再度灌漑を再び行う。これを繰り返す。これを個別の田で実施するのは困難なため、ローテーション灌漑の導入が推奨されている。なお、AWD の導入における最大の課題は、田面の乾燥に伴い増大する雑草への対策である。そこで最近、イネの移植後すぐに AWD を実施するのではなく、移植後約 2 週間（最長 3 週間）は湛水を継続して雑草繁茂を抑え込み、その後 AWD を実施する方法である。これでは水節約の程度は少々減るが、雑草対策を優先する現実的な対応策と言える。なお、AWD の導入によりイネの単位面積当たり収穫量が若干増えることはあっても減ることはない。

(b) SRI (System of Rice Intensification)

SRI の原型は、マダガスカルに派遣されたフランス人のロラニエ神父が 1983 年に提案した斬新な低投入稲作増収技術である。2011 年末時点で、世界 42 カ国で実証実験の報告がなされ、普及面積は 100 万ヘクタールを超えている。インド、中国、ベトナム、カンボジア、インドネシア、ミャンマーなどの稲作国で普及が進んでいる。フィリピンでは、前の国家灌漑庁 (NIA) の長官だったサラザール氏が推進者だったため、SRI はフィリピン国内ではかなり知られている。

SRI の大きな特徴は、若い乳苗（播種後 1～2 週間）を広い間隔（25～30 cm）で 1 株に 1 本植えるユニークな移植法と間断灌漑（AWD）を組み合わせる点にある。これにより、イネの単位面積当たり収穫量が大幅に増大する。除草が一番大きな課題となるが、回転式除草機の使用により対応が可能である。苗作りや移植の労力と経費が大幅に削減できる。除草の手間が増えるものの、作期全体では、従来の稲作に比べて労力は増えない。なお、この SRI は米の品種を問わず効果が発現する。SRI の導入による水節約の程度は、AWD と同等である。AWD とは異なり、SRI ではイネの収量が大幅に増大し、農民へのインセンティブが強く働く点で、SRI が優れている。

第 7 章 供給分析

7.1 気象・水文

7.1.1 気象

(1) 気候区分

フィリピン国の気候はモンスーン及び熱帯雨林の影響を強く受け、地域ごとの降雨特性によって 4 タイプの気候区分に分類されている。調査対象地域は、ルソン島を南北に連なるシエラ・マドレ山脈（Sierra Madre Mountains）を分水嶺として、その西側のアンガット川下流域、パンパンガ川下流域、パッシングーマリキナ川下流域、ラグナ湖流域西部が気候区分 I、東側のウミライ川流域、アゴス川下流域が気候区分 II に分類される。また、シエラ・マドレ山脈に沿った山岳地のアンガット川上流域、パンパンガ川上流域、アゴス川上流域及びラグナ湖流域東部は気候区分 III となっている（表 7.1.1 参照）。

表 7.1.1 調査対象地域の気候区分

気候区分	降雨特性	調査対象地域
I	乾期と雨期の区別が明瞭である。乾期は 11～4 月、雨期は 5～10 月。	アンガット川下流域 パンパンガ川下流域 パッシングーマリキナ川下流域 ラグナ湖流域西部
II	乾期が明瞭でなく、12 月から 1 月にかけて降雨量が多い。3～5 月にかけて比較的降雨量が少ない。	ウミライ川流域 アゴス川下流域
III	雨期が明瞭でなく、乾期は 12～2 月もしくは 3～5 月である。乾期があるという点では、気候区分 I に類似している。	アンガット川上流域 パンパンガ川上流域 アゴス川上流域 ラグナ湖流域東部
IV	降雨が 1 年を通じてあまり変化しない。乾期が明瞭ではないという点では、気候区分 II に類似している。	（該当せず）

出典： PAGASA 資料に基づき調査団が作成

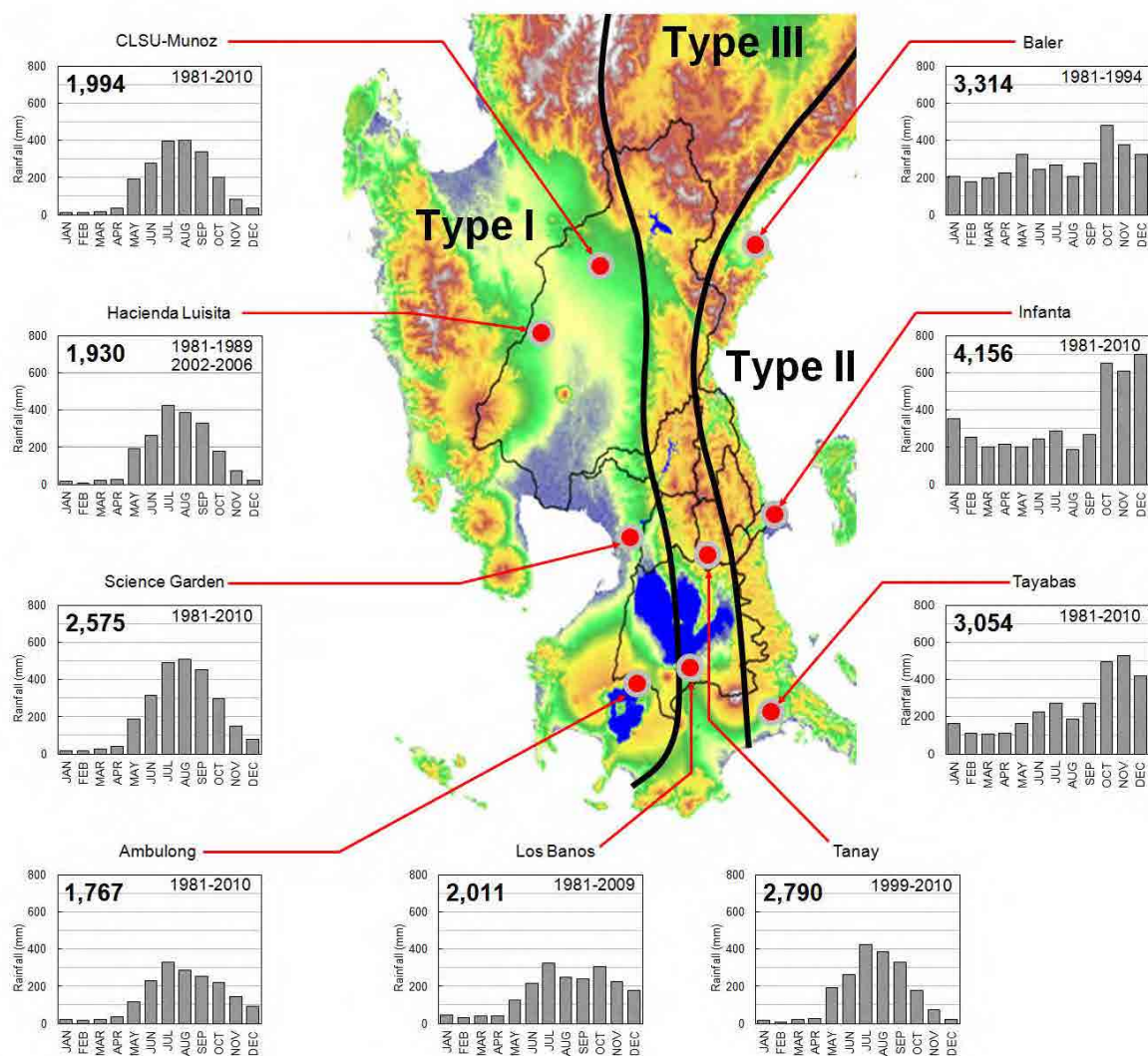
(2) 降雨（図 7.1.1 参照）

フィリピン国に降雨をもたらす主な要因は、モンスーン、熱帯低気圧、貿易風である。5～10 月にかけて南西モンスーン、11～4 月にかけては北東モンスーンが卓越する。さらに、7～10 月にかけては東方海上で熱帯低気圧が発生、フィリピン国に接近しつつ発達して台風となる。フィリピン国付近を通過する台風の数には毎年 20 程度であり、年雨量のおよそ半分は台風によってもたらされる。

シエラ・マドレ山脈の西側地域（気候区分 I）において、年平均雨量はパンパンガ川流域の CLSU-Munoz で 1,994 mm、Hacienda Luisita で 1,930 mm、マニラ首都圏（ケソン市）の Science

Gardern で 2,575 mm、ラグナ湖の南西流域界付近の Ambulong で 1,767 mm である。月別雨量は 7～8 月にかけてピークとなり、年雨量の 80～90%が雨期（5～10 月）に集中している。

一方、シエラ・マドレ山脈の東側地域（気候区分 II）において、年平均雨量はパンパンガ川流域東北部近傍の Baler で 3,314 mm、アゴス川下流域の Infanta で 4,156 mm、ラグナ湖の南東流域界付近の Tayabas で 3,054 mm に達する。月別雨量は 10～12 月にかけてピークとなる。シエラ・マドレ山脈沿いの山岳地は気候区分 III に分類され、パンパンガ川上流域（北部～東部）の年平均降雨量は 2,500～3,000 mm、アンガット川上流域、ウミライ川上流域、アゴス川（カナン川）上流域の年平均雨量は 4,000～6,000 mm に及ぶ。一方、ラグナ湖流域中央部～東部の年平均雨量は 2,000～3,000 mm である。



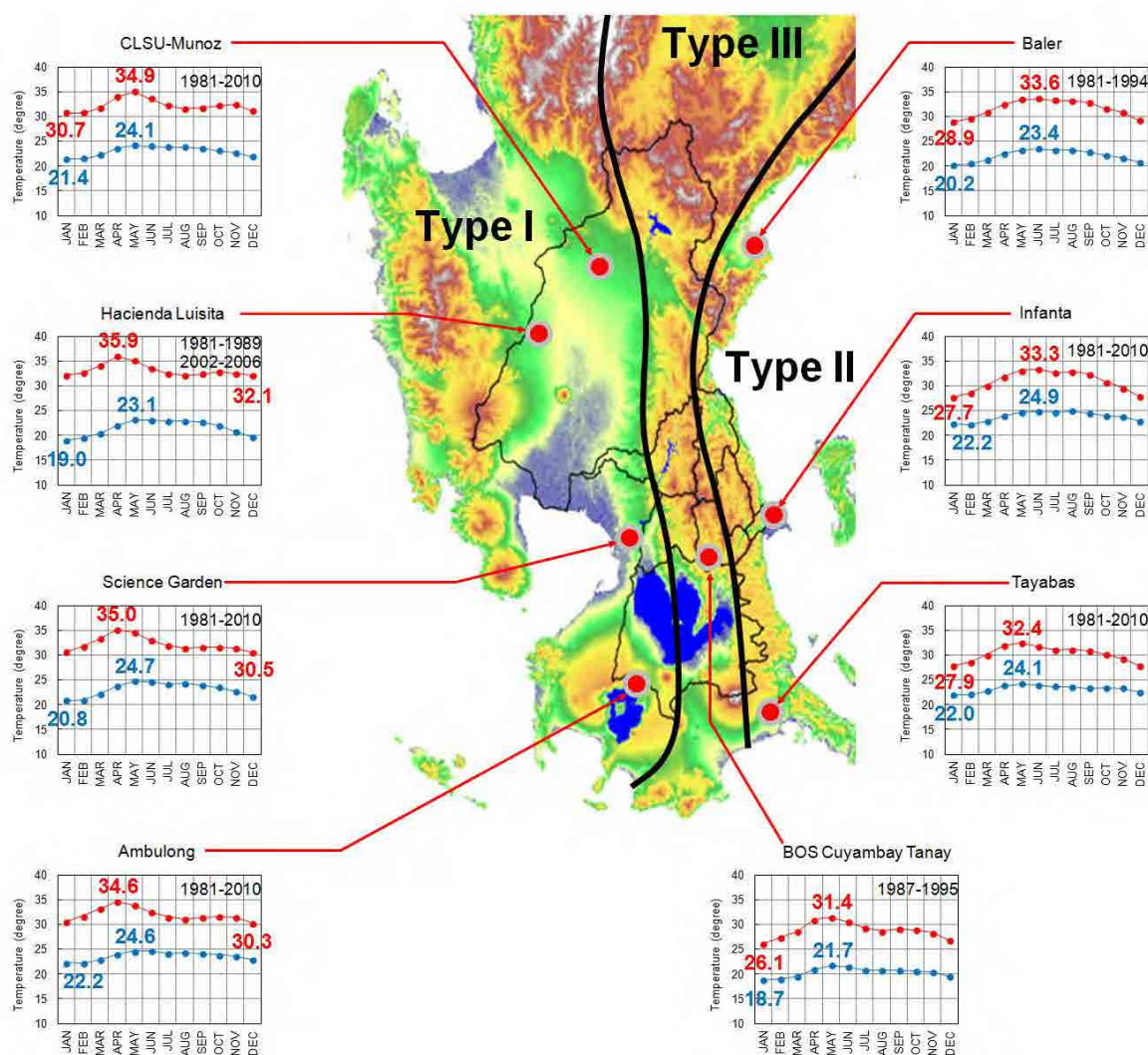
出典： PAGASA 資料に基づき調査団が作成

図 7.1.1 調査対象地域の降雨

(2) 気温（図 7.1.2 参照）

パンパンガ川流域、マニラ首都圏において月別気温の推移は概ね同様のパターンとなっている。CLSU-Munos では、月別の平均日最高気温は 30.7～34.9℃ で 5 月に最高となり、平均日最低気温は 21.4～24.0℃ で 1 月に最低となる。

シエラ・マドレ山脈東側の Baler、Infanta、Tayabas においては、月別気温の推移は上記の地域とはやや異なるパターンとなっている。Infanta では、月別の平均日最高気温は 27.7～33.3℃ で 6 月に最高となり、平均日最低気温は 22.2～24.9℃ で 1 月に最低となる。



出典： PAGASA 資料に基づき調査団が作成

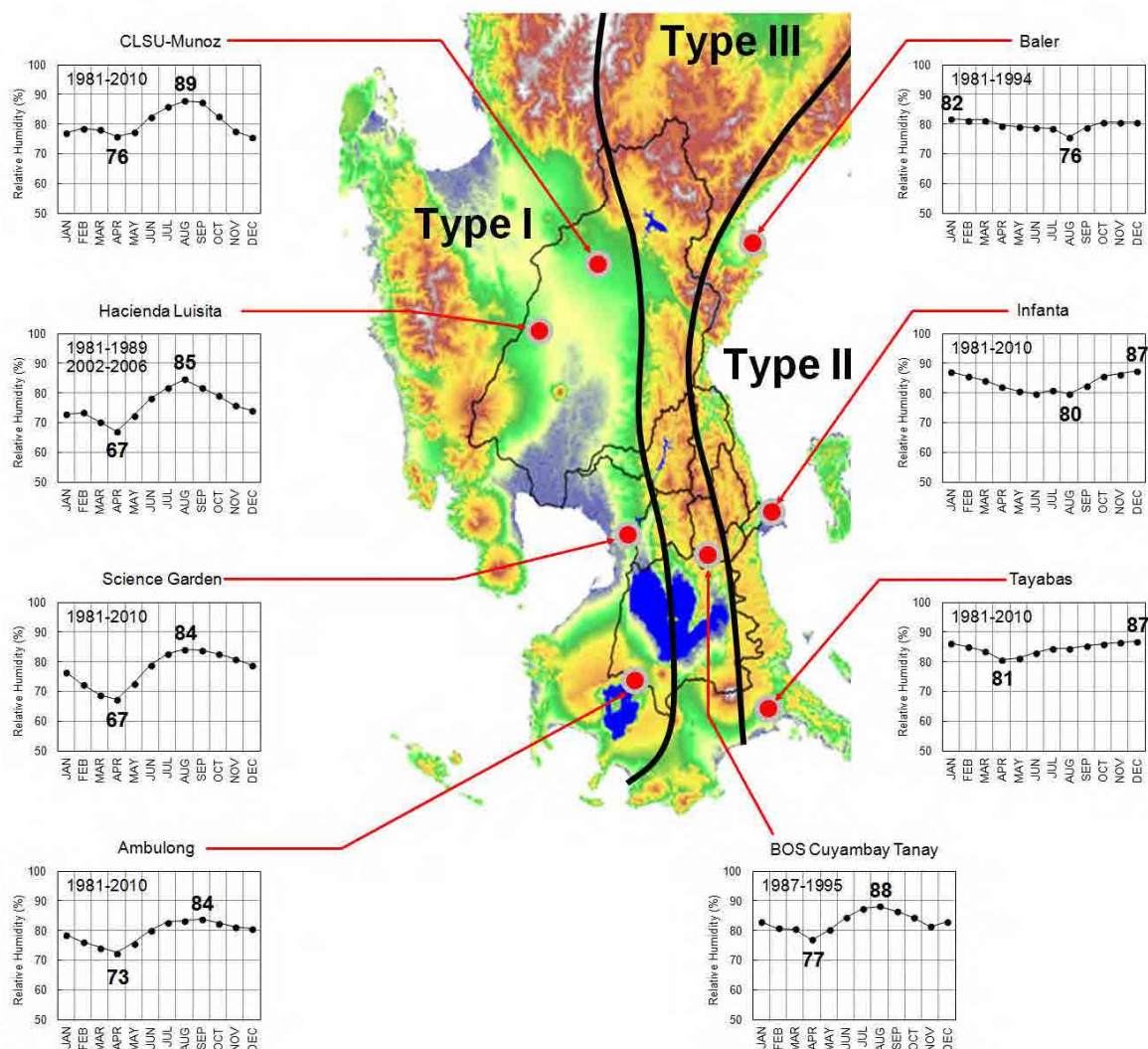
図 7.1.2 調査対象地域の気温

(3) 相対湿度（図 7.1.3 参照）

パンパンガ川流域の CLSU-Munos では乾期（11～4 月）の相対湿度は 75～77%で推移するが、雨期には最大 87%（8 月）に達する。Science Garden では月別の変動幅が大きく、最大 84%

（9月）、最小 66%（4月）である。Ambulong における相対湿度の月別の推移は Science Garden のパターンと類似しており、最大 84%（9月）、最小 73%（4月）である。

一方、Infanta 及び Tayabas では、ほぼ年間を通じて相対湿度が 80%以上となる。Infanta では最大 86%（12月）、最小 80%（8月）、Tayabas では最大 87%（12月）、最小 81%（4月）である。



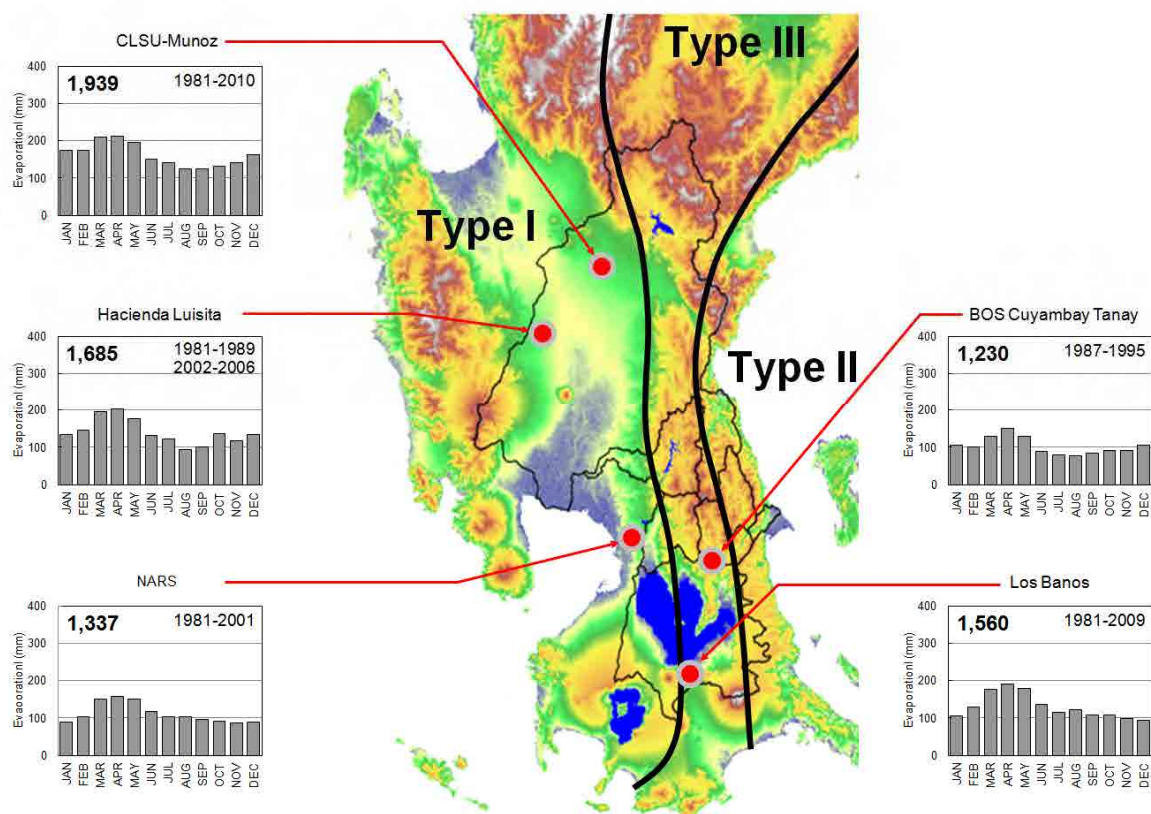
出典： PAGASA 資料に基づき調査団が作成

図 7.1.3 調査対象地域の相対湿度

(4) パン蒸発量（図 7.1.4 参照）

年平均蒸発量は、パンパンガ川流域の CLSU-Munoz で 1,939 mm、Hacienda Luisita で 1,685 mm マニラ首都圏（ケソン市）の National Agromet Research Center (NARS)で 1,337 mm、アゴス川流域とラグナ湖流域の境界付近の Cuyambay Tanay で 1,230 mm、ラグナ湖流域南部の Los Banos で 1,560 mm である。CLSU-Munoz において、月別蒸発量は乾期の 4 月に最大、雨期の

9 月に最小となる。一方、NARS と Los Banos では月別蒸発量はやや異なるパターンをとなっており、4 月に最大、12 月に最小となる。



出典： PAGASA 資料に基づき調査団が作成

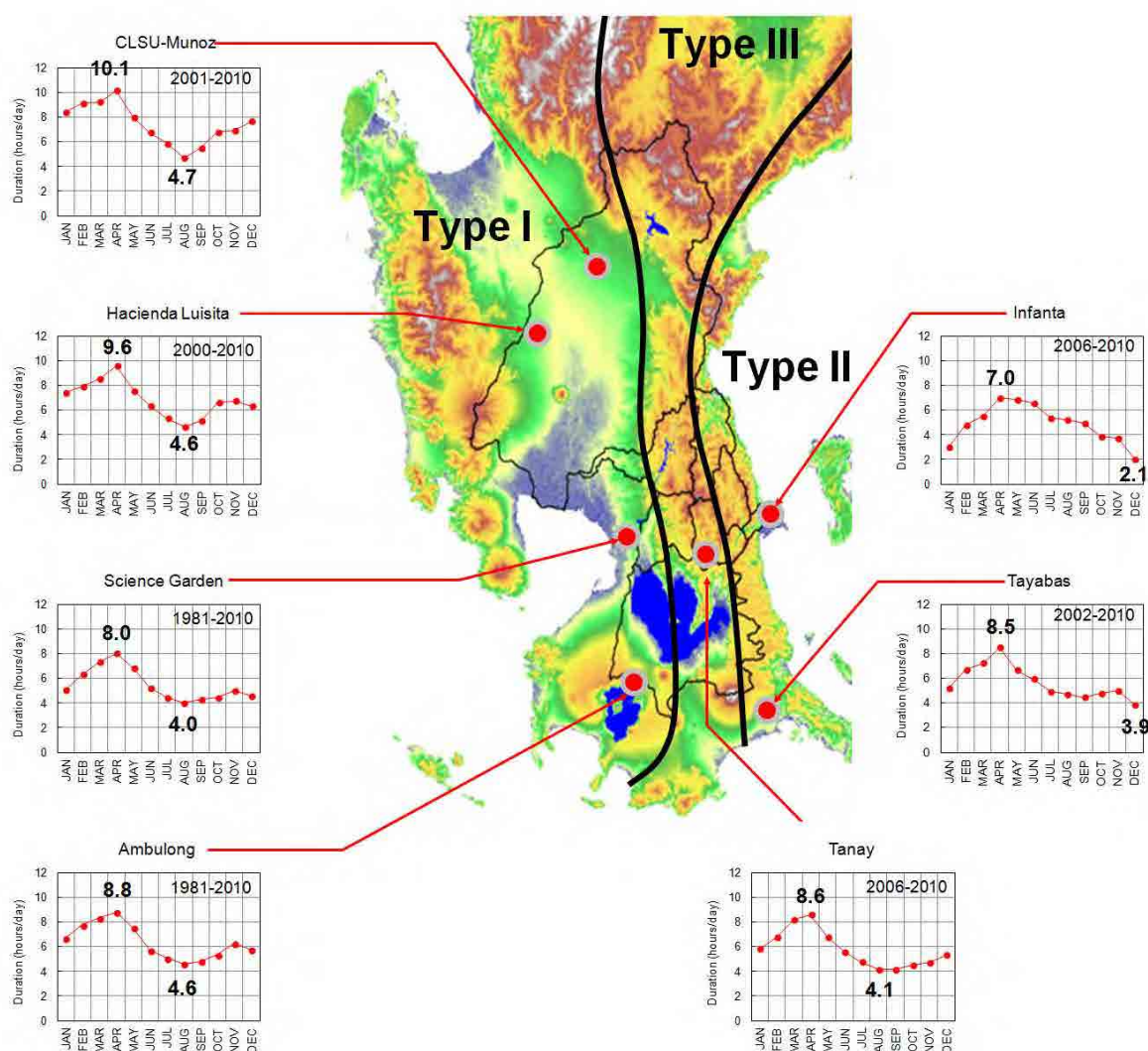
図 7.1.4 調査対象地域のパン蒸発量

(5) 日照時間（図 7.1.5）

平均日照時間は乾期のピークに最長、雨期のピークに最短となる。

パンパンガ川流域において、平均日照時間は 4 月に最長となり、CLSU-Munos で 10.1 時間/日、Hacienda Luisita で 9.6 時間/日である。また、平均日照時間は 8 月に最短となり、CLSU-Munos で 4.7 時間/日、Hacienda Luisita で 4.6 時間/日である。マニラ首都圏及びラグナ湖流域周辺においても、平均日照時間の月別推移は概ね同様のパターンである。4 月の平均日照時間は、Science Garden で 8.0 時間/日、Ambulong で 8.8 時間/日である。また、8 月の平均日照時間は、Science Garden で 4.0 時間/日、Ambulong で 4.6 時間/日である。

Infanta における平均日照時間は、他の地域の観測所とは異なる月別推移パターンとなっている。平均日照時間は 8 月に 7.0 時間/日（最長）、12 月に 2.1 時間/日（最短）となる。



出典： PAGASA 資料に基づき調査団が作成

図 7.1.5 調査対象地域の日照時間

7.1.2 水文

(1) アンガット川流域

アンガット川流域はシエラ・マドレ山脈（Sierra Madre Mountains）の西側斜面に位置する。山脈を挟んで東側にウミライ川流域、南側にマリキナ川流域が隣接している（図 7.1.6 参照）。

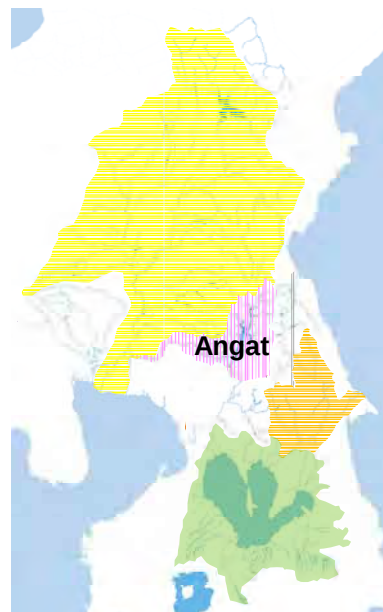
アンガット川の流域平均雨量を表 7.1.2 に示す。アンガット貯水池の上流域（546 km²）は急峻な山岳地であり、フィリピン国内における多雨地域のひとつである。「パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（JICA/NWRB、2009～2011）」によれば、上流域の年平均雨量は 4,391 mm と推定されている。

アンガット貯水池の下流域ではパンパンガ・デルタに向かって徐々に緩勾配となり、パンパンガ・デルタにおいてラバンガン放水路（Labangan Floodway）を通じてマニラ湾に注いでいる。ラバンガン放水路合流点における流域面積は 346 km²、年平均雨量は 2,425 mm と推定されている。

表 7.1.2 アンガット川の流域面積及び流域平均雨量

分割流域の区間	流域面積 (km ²)	流域平均雨量 (mm)
アンガット貯水池の上流	546	4,391
アンガット貯水池～ラバンガン放水路合流点	346	2,425
ラバンガン放水路～マニラ湾	194	1,806
計	1,085	3,303

出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

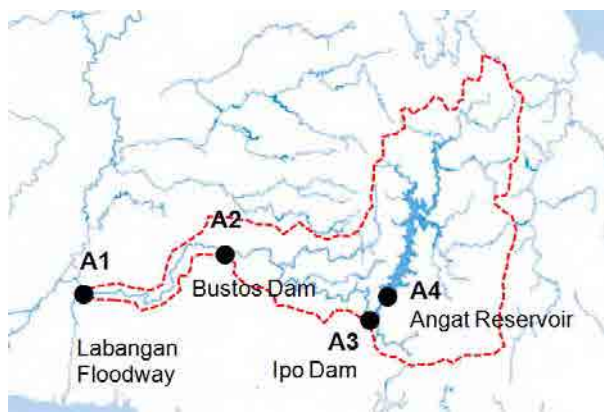


出典： 調査団が作成

図 7.1.6

アンガット川流域の位置図

「パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（JICA/NWRB、2009～2011）」では、1958～2007（50 年間）の気象・水文資料に基づいてパンパンガ川流域、アンガット川流域及びパサック川流域の流出解析が行われた。この流出解析では水資源ポテンシャル評価のため、人為的な影響（貯水池による流量調節、流域間導水、河川からの取水など）を除いた仮定条件（疑似自然流況）について流域の主要地点における河川流量を推定されている（表 7.1.3 参照）。



出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.7

アンガット川の主な河川流量推定地点

アンガット川の主な河川流量推定地点を図 7.1.7 に示す。アンガット貯水池における平均流量は 58.3 m³/s、年間総流出量は 1,839 百万 m³/年である。また、ラバンガン放水路合流点における平均流量は 74.7 m³/s、年間総流出量は 2,356 百万 m³/年である。

表 7.1.3 アンガット川の主要地点における平均流量（疑似自然流況）

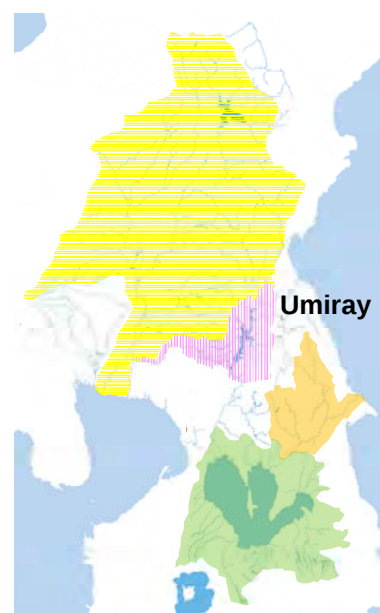
番号	地点	流域面積 (km ²)	平均流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)
A4	アンガット貯水池	546	58.3	0.107
A3	イボ堰	618	63.7	0.103
A2	ブストス堰	846	73.5	0.087
A1	ラバンガン放水路合流点	892	74.7	0.084

出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

(2) ウミライ川流域

ウミライ川は、西に隣接するアンガット川流域と東に隣接するカナン川流域に挟まれた渓谷を北に流下して太平洋に至る。その流域面積は 538 km² である。（図 7.1.8 参照）上流域はフィリピン国内における多雨地域のひとつであり、図 7.1.9 に示すウミライ～アンガット導水の取水地点における降雨データ（2000～2010）は、上流域の年平均雨量が 5,000 mm 以上であることを示唆している。

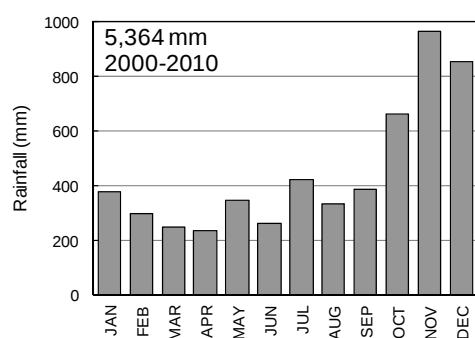
ウミライ川上流域には豊富な流出量があることから、ウミライ川からアンガット貯水池に流域間導水が行われている。ウミライ～アンガット導水事業は 2000 年に運用が開始された。



出典： 調査団が作成

図 7.1.8

ウミライ川流域の位置図



出典： MWSS 資料に基づき調査団が作成

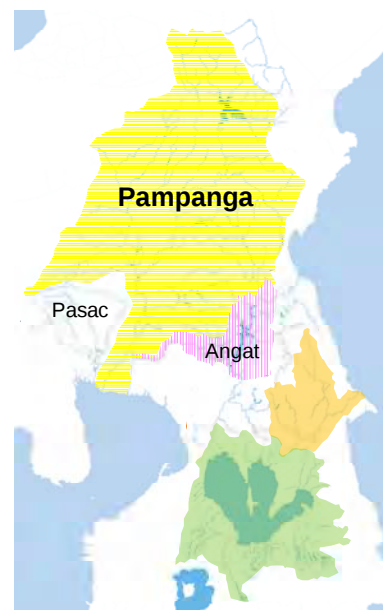
図 7.1.9

ウミライ～アンガット導水の取水地点における
降雨量（2000～2010）

ウミライ川の取水地点における流域面積は 130 km² であり、ここからアンガット貯水池への平均導水流量は 11.7 m³/s (= 370 百万 m³/年) である。ウミライ～アンガット導水事業の F/S レポート（1992）には、河川流量の 85～90%を導水する計画であることが記述されている。

(3) パンパンガ川流域

パンパンガ川は、カラバジョ山脈（Caraballo Mountains）の谷間を南に向かって流下、東側のシェラ・マドレ山脈から流下する支川と合流しつつ、カンダバ湿地（Candaba Swamp）付近において流域西部を流下するチコ川（Chico River）と合流、さらに南に向かいパンパンガ・デルタからマニラ湾に流下する。パンパンガ川の流域面積は 7,978 km² であるが、南東に隣接するアンガット川流域（1,085 km²）及び南西に隣接するパサック川流域（1,371 km²）を含めた 10,434 km² がパンパンガ川流域と呼称されることもある（図 7.1.10 参照）。



出典： 調査団が作成

図 7.1.10

パンパンガ川流域の位置図

年平均雨量は、山岳地である北部のパンタバンガン貯水池上流域で 2,183 mm、東部のコロネル川流域及びペナランダ川流域でそれぞれ 2,460 mm、2,638 mm である。また、西部のチコ川流域の年平均雨量は 1,926 mm である。中流域から下流域において年平均雨量は 1,700～1,800 mm と減少する。（表 7.1.4 参照）。

表 7.1.4 パンパンガ川の流域面積及び流域平均雨量

河川	区間	流域面積 (km ²)	流域平均雨量 (mm)
パンパンガ川	パンタバンガン貯水池の上流	849	2,183
パンパンガ川	パンタバンガン貯水池～コロネル川合流点	437	2,016
コロネル川	パンパンガ川合流点の上流	712	2,460
パンパンガ川	コロネル川合流点～ペナランダ川合流点	799	1,724
ペナランダ川	パンパンガ川合流点の上流	570	2,638
パンパンガ川	ペナランダ川合流点～チコ川合流点	40	1,509
チコ川	パンパンガ川合流点の上流	2,895	1,926
パンパンガ川	チコ川合流点～カルムピット	1,517	1,811
パンパンガ川	カルムピット～河口	159	1,731
計		7,978	2,009

出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

「パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（2009～2011）」による河川流量推定結果（疑似自然流況）を表 7.1.5 に示す。また、主な河川流量推定地点を図 7.1.11 に示す。

パンパンガ川のパンタバンガン貯水池（P9）における平均流量は 33.4 m³/s、年間総流出量は 1,053 百万 m³/年である。また、カルムピット地点（P1）における平均流量は 289.8 m³/s、年間総流出量は 9,139 百万 m³/年である。



出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、
最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.11

パンパンガ川の主な河川流量推定地点

表 7.1.5 パンパンガ川の主要地点における平均流量（疑似自然流況）

番号	河川	地点	流域面積 (km ²)	平均流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)
P9	パンパンガ川	パンタバンガン貯水池	849	33.4	0.039
P8	パンパンガ川	コロネル川合流点の上流側	1,286	47.8	0.037
P7	コロネル川	パンパンガ川合流点の上流側	712	33.3	0.047
P6	パンパンガ川	ペナランダ川合流点の上流側	2,797	105.0	0.038
P5	ペナランダ川	パンパンガ川合流点の上流側	570	31.3	0.055
P4	パンパンガ川	チコ川合流点の上流側	3,406	137.2	0.040
P3	チコ川	パンパンガ川合流点の上流側	2,895	105.2	0.036
P2	パンパンガ川	チコ川合流点の下流側（コン・ダオン堰）	6,308	242.6	0.038
P1	パンパンガ川	カルムピット	7,819	289.8	0.037

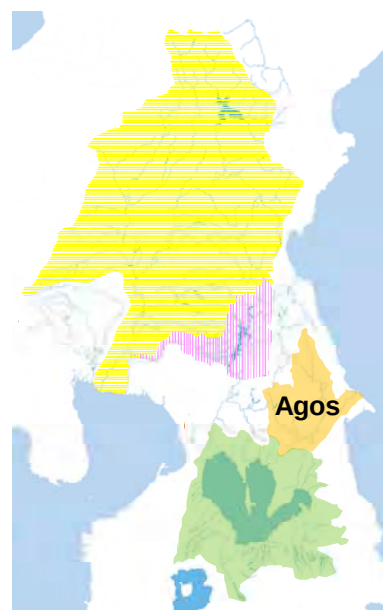
出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

(4) アゴス川流域

アゴス川流域はシエラ・マドレ山脈の東側に位置しており、北にウミライ川流域、西にマリキナ川流域、南にラグナ湖流域が隣接している（図 7.1.12 参照）。流域面積は 940 km² であり、その大半は山岳地からなる。上流域はフィリピン国内有数の多雨地域である（図 7.1.13 参照）。

年平均雨量は、北部・東部のカナン川流域（Kanan River Basin）で約 5,700 mm、西部・南部のカリワ川流域（Kaliwa River Basin）約 3,300 mm と推定されている。カリワ川とカナン川の合流後はアゴス川となって東に流下し、インファンタ市付近で太平洋に至る。

「マニラ首都圏水資源開発計画調査（2001～2003）」において、1950～1988（39 年間）の気象・水文資料に基づいて流出解析が行われ、アゴス川の主要地点における河川流量が推定された。主な河川流量推定地点を図 7.1.14 に示す。また、これらの地点における平均流量を表 7.1.6 に示す。カリワ川流域の平均流量は 37.4 m³/s、年間総流出量は 1,179 百万 m³/年である。また、カナン川流域の平均流量は 74.5 m³/s、年間総流出量は 2,349 百万 m³/年である。



出典： 調査団が作成

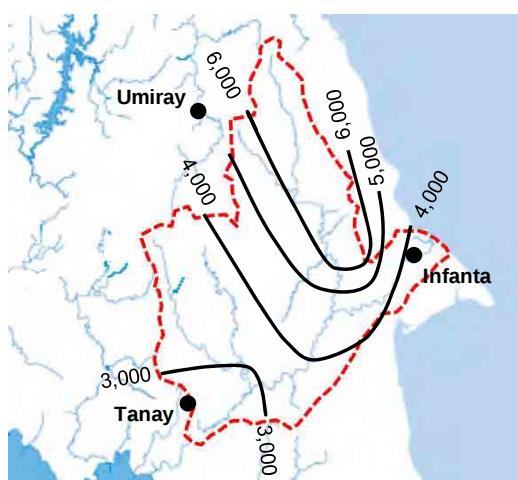
図 7.1.12

アゴス川流域の位置図

表 7.1.6 アゴス川の主要地点における平均流量

番号	河川	地点	流域面積 (km ²)	平均流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)
K6	カリワ川	ライバン貯水池計画地点	276	23.4	0.085
K5	カリワ川	カリワ堰計画地点	366	27.9	0.076
K4	カリワ川	カナン川との合流点の上流	465	37.4	0.080
K3	カナン川	カリワ川との合流点の上流	393	74.5	0.190
K2	アゴス川	カリワ川・カナン川合流点の下流	858	111.9	0.130
K1	アゴス川	バヌガオ観測所	908	120.5	0.133

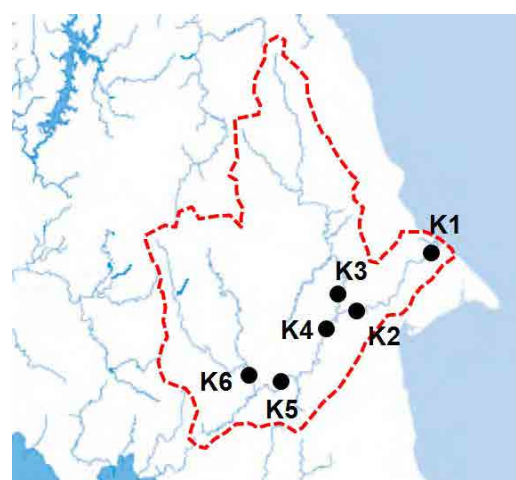
出典： マニラ首都圏水資源開発計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2003）



出典： マニラ首都圏水資源開発計画調査、最終報告書
（JICA/NWRB、2003）

図 7.1.13

アゴス川流域の等雨量線図



出典： マニラ首都圏水資源開発計画調査、最終報告書
（JICA/NWRB、2003）

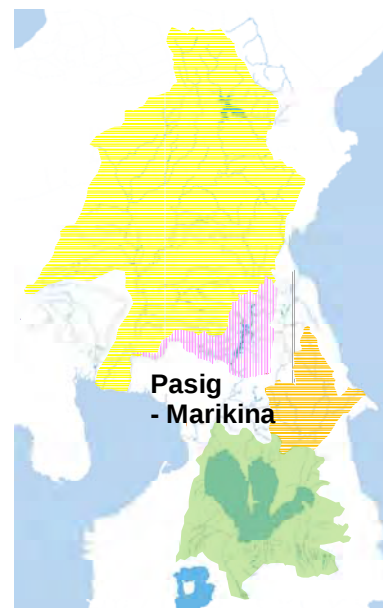
図 7.1.14

アゴス川の主な河川流量推定地点

(5) パッシングーマリキナ川流域

世銀調査「Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas」（2011～2012）により公開されている情報によれば、パッシングーマリキナ川流域の面積は 635 km² とされており、その流域の下流端はパッシング川とサン・フアン川（San Juan River）の合流点である。一方、パッシング川はマンガハン水路（Manggahan Floodway）及びナピンダン水路（Napindan Channel）によってラグナ湖と繋がっているが、同調査ではこれら水路沿いの地域をパッシングーマリキナ川流域に含めていない（図 7.1.15、図 7.1.17 参照）。

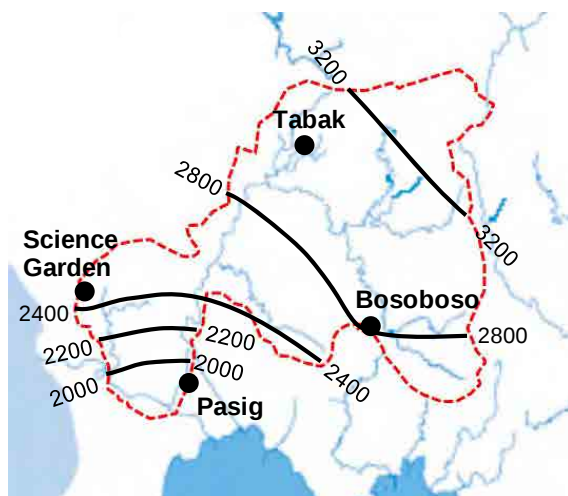
パッシングーマリキナ川流域の等雨量線図を図 7.1.16 に示す。年平均降雨量は、マリキナ川上流域の北部で 3,000 mm、マリキナ川上流域の南東部で 2,800 mm、マリキナ川下流域で 2,000 mm、サン・ホアン川流域で 2,400 mm である。



出典： 調査団が作成

図 7.1.15

パッシングーマリキナ川流域の
位置図



出典： River Catalogue, Vol-5 （京都大学、2004）

図 7.1.16

パッシングーマリキナ川流域の等雨量線図



出典： メトロマニラ洪水制御及び警報システム改善計画基本
設計報告書（JICA/DPWH、2000）

図 7.1.17

パッシングーマリキナ川流域の水文観測所
位置図

マリキナ川のワワ観測所とサン・ホセ観測所の位置を図 7.1.17 に示す。また、これらの観測所における平均流量を表 7.1.7 に示す。比流量の平均値（ $= 0.057 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ）より、マリキナ川流域（ 535 km^2 ）の平均流量を概算すると $30.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 、年間総流出量は 965 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ と推定される。

表 7.1.7 マリキナ川の河川流量

河川（観測所）	流域面積 A (km^2)	平均流量 Q (m^3/s)	比流量 Q/A ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)	観測データ期間
Wawa Dam	281	14.8	0.053	1993-2002
San Jose	381	23.5	0.062	1996-2005

出典：DPWH からの入手資料に基づき調査団が作成

マンガハン放水路とナピンダン水路の位置を図 7.1.18 に示す。Flood Modelling in Pasig-Marikina River Basin (Roy A. Badilla, 2008)によれば、マンガハン水路及びナピンダン川水路の機能は次のように記述されている。

マンガハン水路：

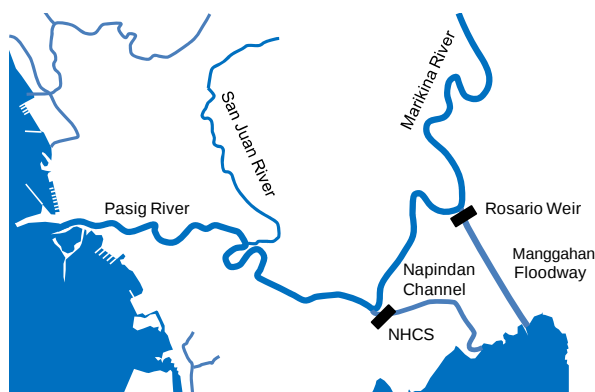
1986 年に建設されたマリキナ川からの分流水路であり、分流地点にはロサリオ水門が設けられている。洪水時にマリキナ川の水位が上昇する場合、洪水流量はロサリオ水門からマンガハン水路を通じてラグナ湖に放流される。マンガハン水路の計画流量は $2,400 \text{ m}^3/\text{s}$ である。放流された洪水流量は一時的にラグナ湖で貯留され、マリキナ川水位の低下後、ナピンダン水路からマリキナ川に排水される。一方、現在はラグナ湖の水位が上昇する際、湖岸地域の浸水を軽減するため、マンガハン水路を通じてマリキナ川に排水する運用も行われている。

ナピンダン水路：

パッシング川の合流点に設けられているナピンダン水門は、ラグナ湖への塩水遡上及びそれに伴う水質汚濁したパッシング川からの流入防止、ラグナ湖における利水のための湖水位調整を目的として 1984 年に建設された。しかし、現在はマンガハン水路と同じく、マリキナ川の洪水流量をラグナ湖に一時的に貯留、ラグナ湖水位が高い場合にはマリキナ川に放流するよう、ナピンダン水門を運用する計画となっている。

パッシングーマリキナ河川改修事業におけるマリキナ川の計画洪水流量は $2,900 \text{ m}^3/\text{s}$ （30 年確率）であり、マリキナ川分流地点の下流近傍に分流堰（MCGS）を建設することを前提として、マンガハン水路への計画放流量は $2,400 \text{ m}^3/\text{s}$ とされている（図 7.1.19 参照）。現状、MCGS がない場合のマンガハン水路の計画放流量は $1,800 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

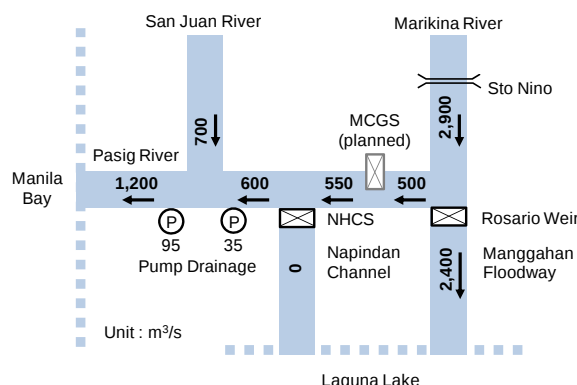
ナピンダン水路については、水門を閉じてラグナ湖からパッシング川への流入を防止することで、パッシング川の洪水流量を低減することが期待されているが、その一方で湖岸地域の浸水軽減及び汽水域での漁業維持の観点から、水門は開放しておくべきとの議論がある。



出典： パッシングマリキナ河川改修事業（III）準備調査、ファイナルレポート（JICA/DPWH, 2011）

図 7.1.18

マンガハン放水路とナピンダン水路の位置図



出典： パッシングマリキナ河川改修事業（III）準備調査、ファイナルレポート（JICA/DPWH, 2011）

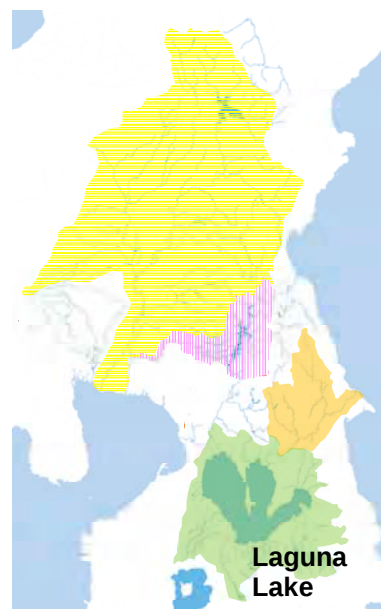
図 7.1.19

パッシングマリキナ河川改修事業の計画洪水流量配分図

（6）ラグナ湖流域

ラグナ湖開発庁による資料（Laguna De Bay, Experiences and Lessons Learned Brief, 2006）によれば、ラグナ湖の湖水面積は 900 km² であり、平均水深は 2.5 m、総貯留量は 2,250 百万 m³ である。湖水域を除いた流域面積は 2,920 km² である。ラグナ湖には 100 以上の河川が流入しており、これらは 24 の河川流域に分類されている。湖から流出するのはパッシング川のみであるが、乾期には湖水位が低下するため、潮位が高いとパッシング川を通じて湖まで塩水遡上が発生する。

上記資料によればラグナ湖の流域面積は湖水域を含めて 3,820 km² となるが、これにはマリキナ川流域（535 km²）が含まれていると思われる。一方、世銀調査「Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas」による資料には、マリキナ川流域を含まない流域面積は 3,280 km² と記載されている（図 7.1.20 参照）。



出典： 調査団が作成

図 7.1.20

ラグナ湖流域の位置図

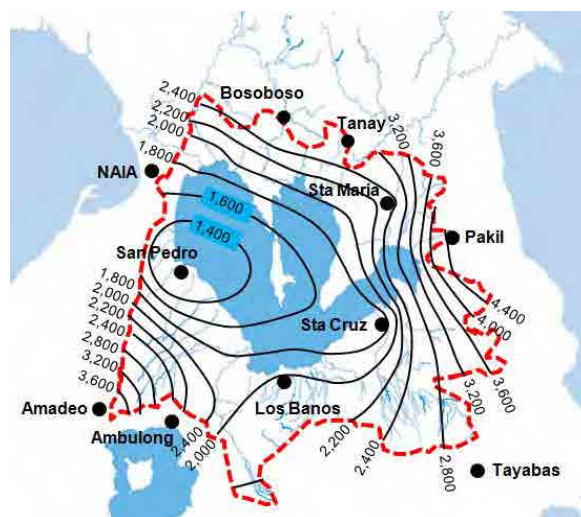
ラグナ湖流域の等雨量線図を図 7.1.21 に示す。年平均降雨量は、湖の西岸付近で 1,400～1,800 mm、北部及び南部の流域界付近で 2,000～2400 mm、東部の流域界付近で 3,000 mm 以上となっている。

ラグナ湖の水位は乾期の終わりの5月に最低となり、その後雨期の後半の9～12月にかけて最高となる（図 7.1.22 参照）。

「Environmental Impact Assessment, 300 MLD Laguna Lake Bulk Water Supply Project, (MWSS, 2002)」によれば、湖の平均的な最低水位は EL 10.5 m、平均的な最高水位は EL 12.5 m である。

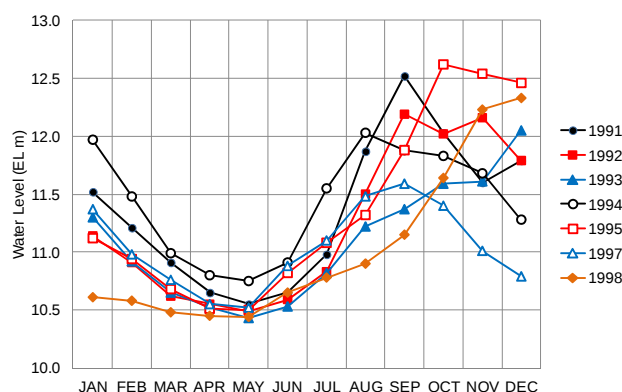
平均的な最低水位は、ほぼマニラ湾の平均海面（MSL）と同じレベルである。すなわち、湖が最低水位となる時期には、潮位が高くなるとパッシング川を通じて塩水遡上が発生する。

「マニラ洪水対策計画調査（JICA, 1990）」によれば、ラグナ湖の既往最高水位は 1972 年の EL 14.03 m であり、次いで EL 13.58 m（1978）、EL 13.34 m（1986）、EL 13.17 m（1960）、EL 13.08m（1952）となっている。なお、2009 年 9 月の台風オンドイによる洪水時には最高水位 EL 13.90 m を記録した（Needs Assessment for the Disasters by Ondoy and Pepeng: JICA, 2009）。



出典： River Catalogue, Vol-5（京都大学、2004）

図 7.1.21 ラグナ湖流域の等雨量線図



出典： LLDA からの入手資料に基づき調査団が作成

図 7.1.22 ラグナ湖の水位（Looc, Cardona, Rizal）

現地調査（2012 年 3～4 月）で LLDA から入手した資料によれば、ラグナ湖の水収支は表 7.1.8 のとおりである。流入量約 16,000 MLD（＝5,840 百万 m³/年）のうち、80%はパッシング川を通じてマニラ湾に排水され、16%は蒸発散であり、利用されている水資源は 4%である。カラヤアン（Kalayaan）発電所はラグナ湖東部のサンタ・クルス付近に位置しており、ラグナ湖を下池、カリラヤ貯水池（Caliraya Reservoir）を上池とする揚水発電所である。

表 7.1.8 ラグナ湖の水収支

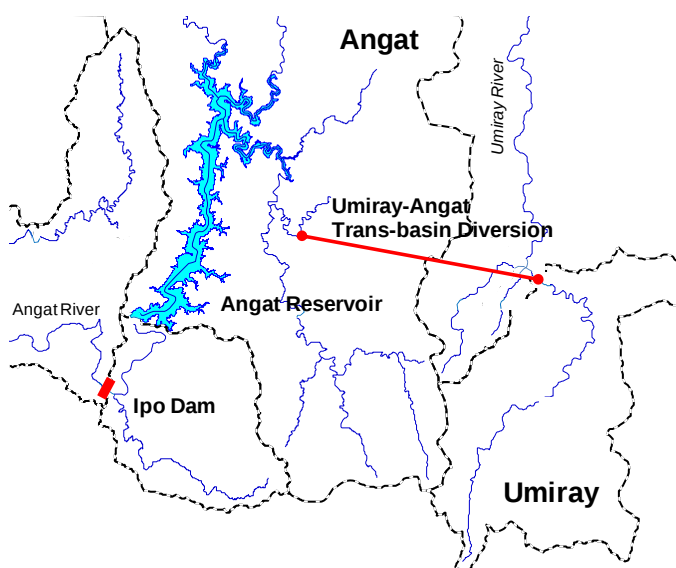
流入（百万リットル/日）		流出（百万リットル/日）	
23 河川流域からの流入	10,800	パッシング川～マニラ湾への流出	12,960
湖水面への降雨	3,283	蒸発散	2,505
地下水涵養	1,382	上工水	50
水力発電（放流）	432	かんがい用水	173
		水力発電（揚水）	432
計	15,897	計	16,120

出典： LLDA

7.1.3 アンガット貯水池

(1) 概要

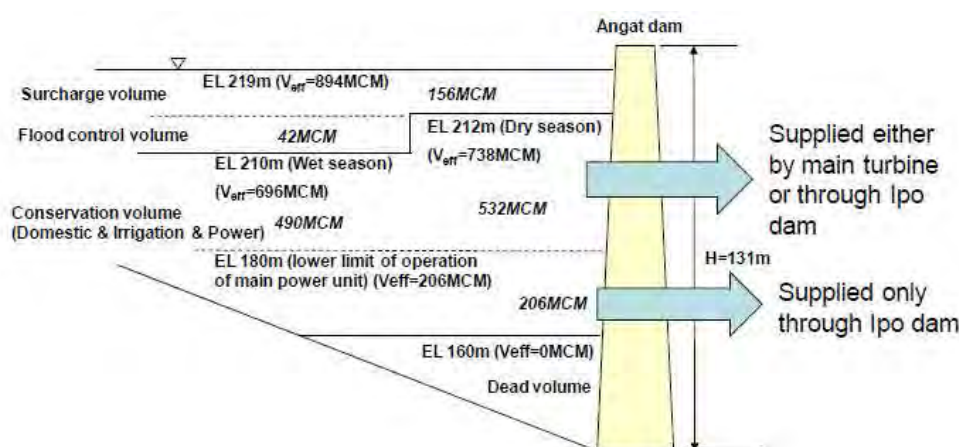
アンガット貯水池は都市用水、かんがい、水力発電及び洪水制御を目的として、1968年に運用開始された多目的貯水池である。貯水池の集水面積（自流域）は 546 km² である。これに加え隣接するウミライ川流域からの導水が2000年より運用開始され、その集水面積は130 km² である（図 7.1.23 参照）。自流域からの年平均流入量は 59.3 m³/s (= 1,869 百万 m³/年)、導水による年流入量は 11.7 m³/s (= 370 百万 m³/年) と推定されている。アンガット貯水池の有効貯水容量は 894 百万 m³ である（図 7.1.24 参照）。アンガット貯水池の主要諸元を Annex 7.1.1 に記載する。



完成年	1967 年 9 月
目的	都市用水、かんがい、水力発電、洪水制御
ダム形式	アース、ロックフィル
ダム高	131m
集水面積	アンガット川流域（自流域）：546 km ² ウミライ川流域（導水）：130 km ²
流入量	アンガット川流域（自流域）： 59.3 m ³ /s (= 1,869 百万 m ³ /年) ウミライ川流域（導水）： 11.7 m ³ /s (= 370 百万 m ³ /年)
有効貯水容量	894 百万 m ³

出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.23 アンガット貯水池の概要



出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.24 アンガット貯水池の容量配分

Project Completion Report on the Umiray-Angat Trans-basin Project（ADB、2004 年）によれば、2000 年に完成したウミライーアングアット導水事業の主な施設は次のとおりである。

- 取水堰
- 導水トンネル：延長 13.1 km、口径 4.3 m
- 小水力発電所：970 KW
- 送電施設： 延長 18 km

また、Metro Manila Water Security Study 最終報告書（世銀、2012 年 7 月）によれば、導水路トンネルの計画流量は 30 m³/s である。

（2）貯水池及び浄水場の運用記録

国家電力公社（NPC）によるアングアット貯水池の運用記録（日データ：貯水位、流入量、放流量）は、「ダム放流に関する洪水予警報能力強化プロジェクト業務（2009～実施中）」のコンサルタントチームから提供された。これら日データの存在する期間を表 7.1.9 に示す。

表 7.1.9 アングアット貯水池の運用記録（日データ）

Daily Records	19xx																			
	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
Reservoir Level																				
Total Inflow																				
Outflow to Bustos Dam (IDR)																				
Outflow to Ipo Dam (MWSS / SPILL / BYPASS)																				

Daily Records	19xx										20xx										
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Reservoir Level																					
Total Inflow																					
Outflow to Bustos Dam (IDR)																					
Outflow to Ipo Dam (MWSS / SPILL / BYPASS)																					

Record Mostly Completed
 Record Not Completed
 Blank: No Record

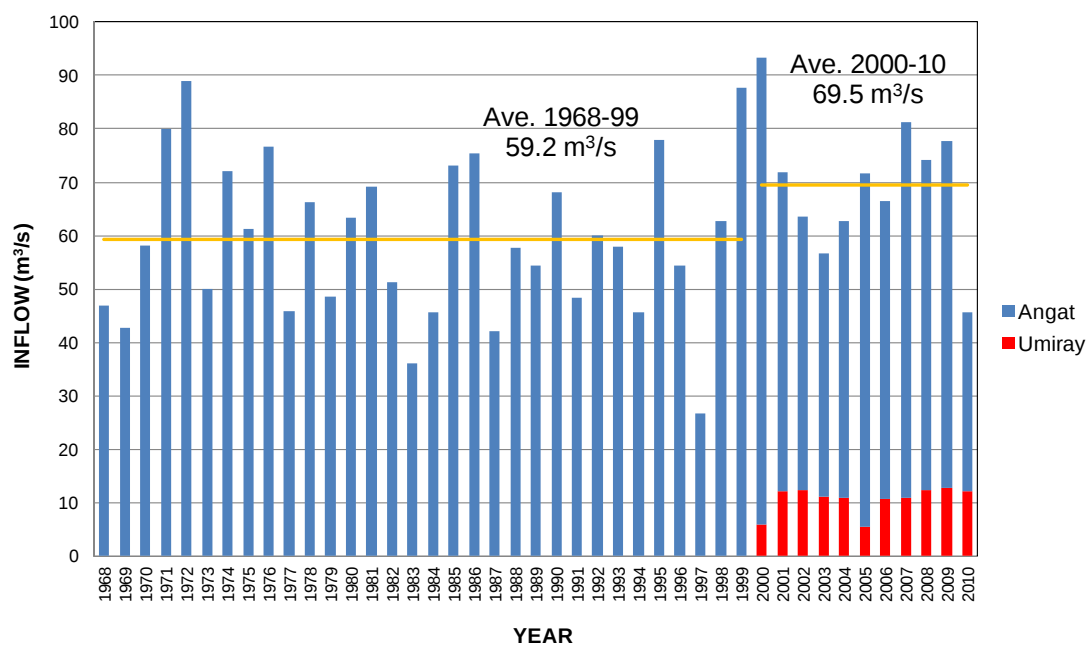
出典： 調査団が作成

上記の運用記録において日データが存在しない期間が見られる。一方、「パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（2009～2011）」では、1968～2008 の月末貯水位、月平均流入量、月平均放流量がほぼ完全に収集されていたことから、本調査ではこれらを補足的に活用することとした。

また、MWSS からは、ウミライーアングアット導水による日流入量データ（2000～2010）、アングアット貯水池からの導水によりマニラ首都圏で運用されている 4 か所の浄水場における月別浄水量データ（1997～2010）を入手した。

(3) 流入量

アンガット貯水池への年平均流入量を図 7.1.25 に示す。1968～1999 の平均流入量は $59.2 \text{ m}^3/\text{s}$ である。2000 年 6 月よりウミライ～アンガット導水が運用開始されたことにより、2000～2010 の平均流入量は $69.5 \text{ m}^3/\text{s}$ に増加している。なお、全期間（1968～2010）の月平均流入量は Annex 7.1.2 に記載している。



出典： 第2節参照

図 7.1.25 アンガット貯水池への年平均流入量

(4) 貯水位

アンガット貯水池は表 7.1.10 のとおり 2 つのルールカーブ（貯水池操作基準曲線）に基づいて運用されている。

表 7.1.10 アンガット貯水池の運用ルール

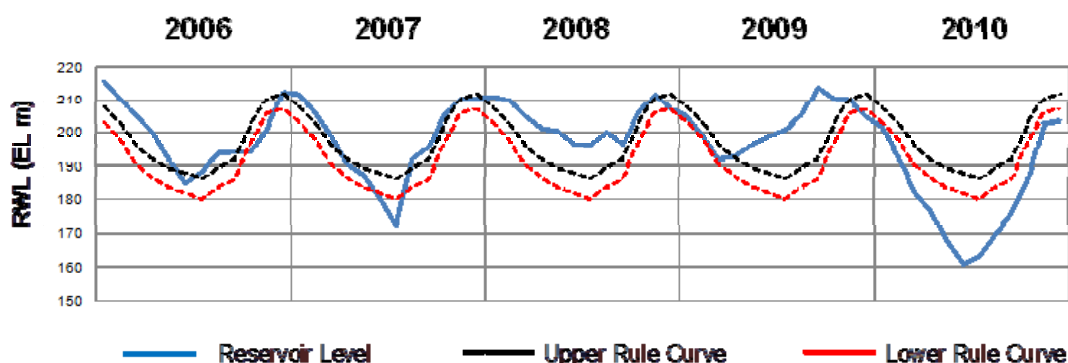
貯水位	用途
ルールカーブ（高）以上	都市用水及びかんがい用水の追加利用が可能
ルールカーブ（高）と（低）の範囲内	都市用水及びかんがい用水
ルールカーブ（低）以下	都市用水優先、かんがい用水（使用の可否は NWRB が判断）
ルールカーブ（低）の下限值 EL180m 以下	都市用水のみ

出典： ダム放流に関する洪水予警報能力強化プロジェクト業務（JICA/PAGASA、2011）

2006～2010 の月末貯水位を図 7.1.26 に示す。2007 年にはルールカーブ（低）以下となる貯水位が発生している。また、2010 年はほぼ年間を通じて貯水位はルールカーブ（低）以下となり、6 か月にわたって下限値 EL180 m 以下となった。日データによれば、2010 年 7 月 14 日に既往最低貯水位 EL157.55 m を記録した。

全期間（1968～2010）について月末貯水位がルールカーブ（低）、さらには下限値の EL180 m を下回った月数を整理すると図 7.1.27 のとおりとなる。1968～2010 の 43 年間のうち、33 年においてルールカーブ（低）を下回る貯水位が発生している。さらに、17 年において下限値

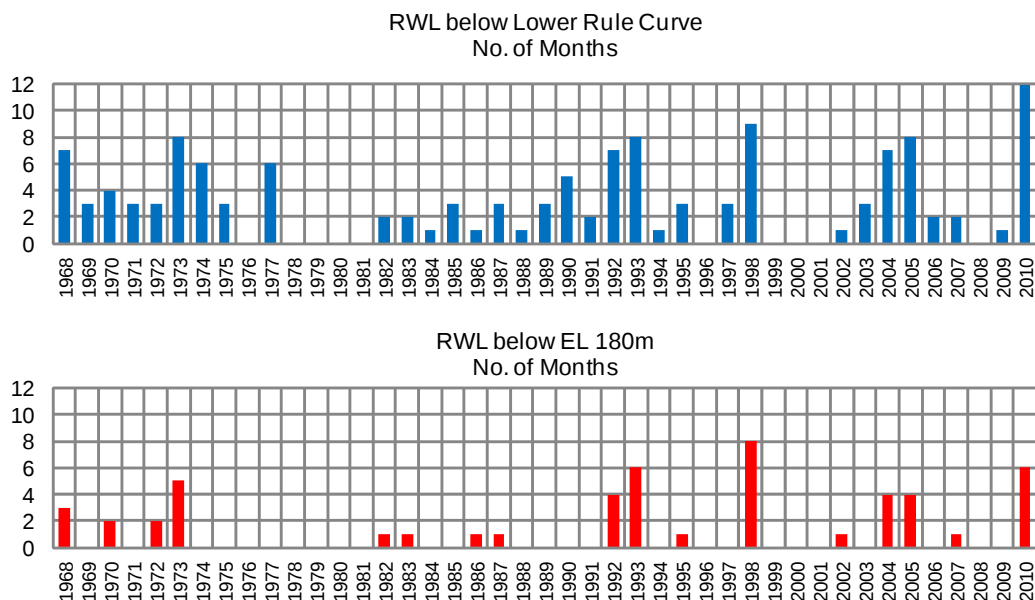
EL180 m を下回る貯水位が発生している。なお、全期間（1968～2010）の月末貯水位は Annex 7.1.2 に記載している。



出典： 貯水位；第2節参照

ルールカーブ；フィリピン国ダム放流に関する洪水予警報能力強化プロジェクト業務（JICA/PAGASA、2011）

図 7.1.26 アンガット貯水池の月末貯水位（2006～2010）



出典： 調査団が作成

図 7.1.27 貯水位がルールカーブ（低）及び下限値 EL180m を下回った月数

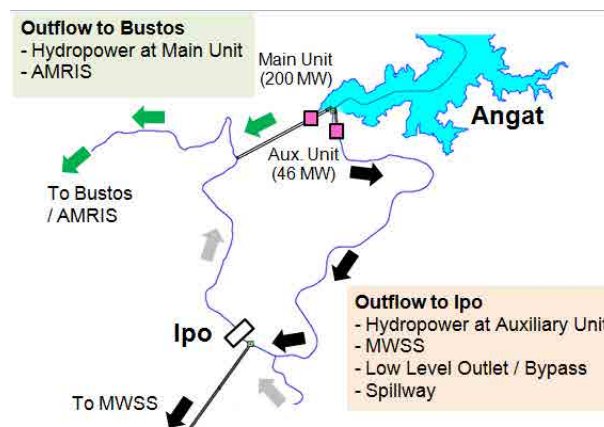
(5) 放流量

MWSS による都市用水供給は、水源の 95.5%をアンガット貯水池に依存している。さらに、アンガット貯水池は下流域に位置するアンガットーマアシム河川かんがいシステム（AMRIS: 26,000 ha）にかんがい用水を供給している。

アンガット貯水池からの放流には図 7.1.28 に示すように二つのルートがある。そのひとつは主発電所（200 MW）及び導水トンネルを経由して、アンガット川下流へと放流するルートである。このルートへの放流量は発電に使用された後、下流のブストス堰において取水され、アンガットーマアシム河川かんがいシステム（AMRIS）へと供給される。

もうひとつは、貯水池の直下流に位置する副発電所（46 MW）、下部放流口、洪水吐きによる放流である。このルートへの放流量は下流の河道を経由してイポ堰に至り、ここから MWSS 向けの導水が行われている。

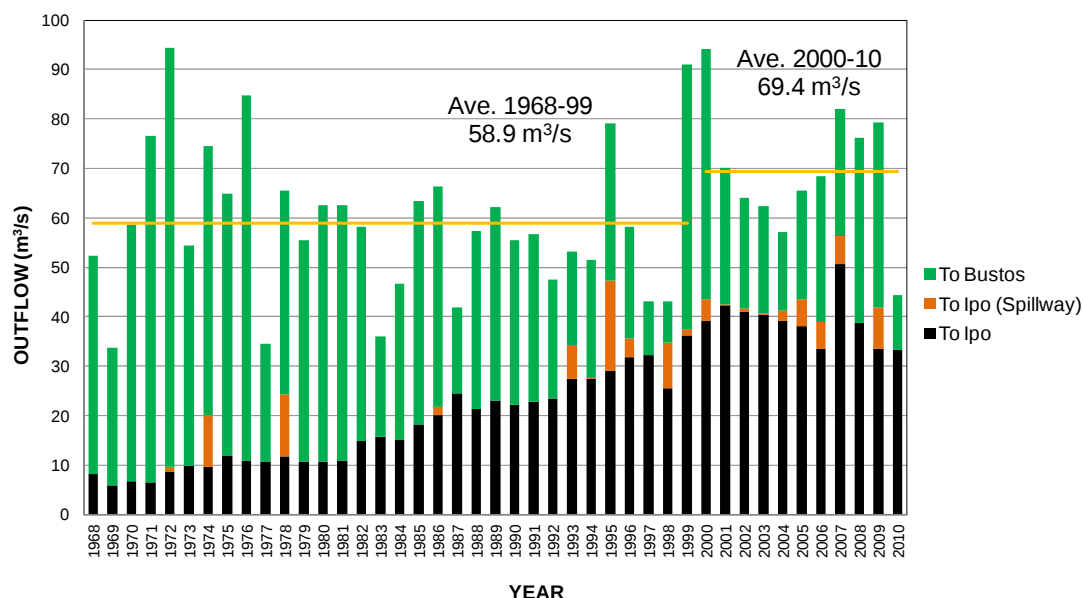
アンガット貯水池からの年平均放流量を図 7.1.29 に示す。ブストス堰に向かう放流量は、1968 年の運用開始以降 2000 年頃まで漸減している。一方、イポ堰に向かう放流量は同じ期間に漸増している。



出典：パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.28 アンガット貯水池からの放流ルート

アンガット貯水池からイポ堰に向かう放流量は、ほぼイポ堰から MWSS 向けの導水量に相当する。すなわち、マニラ首都圏の水需要の増加に対応すべく、イポ堰に向かう放流量が増加されてきたものと考えられる。2000 年にウミライ～アンガット導水事業が運用開始されて以降、イポ堰に向かう放流量は $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 前後で推移している。なお、全期間（1968～2010）の月平均放流量は Annex 7.1.2 に記載している。



出典：第 2 節参照

図 7.1.29 アンガット貯水池からの放流量

アンガット貯水池の運用にあたり、NWRB を議長、MWSS, NIA, NPC 及び PAGASA をメンバーとする Technical Working Group (TWG) が組織されている。TWG において、毎月の MWSS と NIA への水配分が決定される。NPC は水配分に従って貯水池及び発電所を運用する。渇水時には MWSS への水配分が優先され、NIA への水配分は制限される。

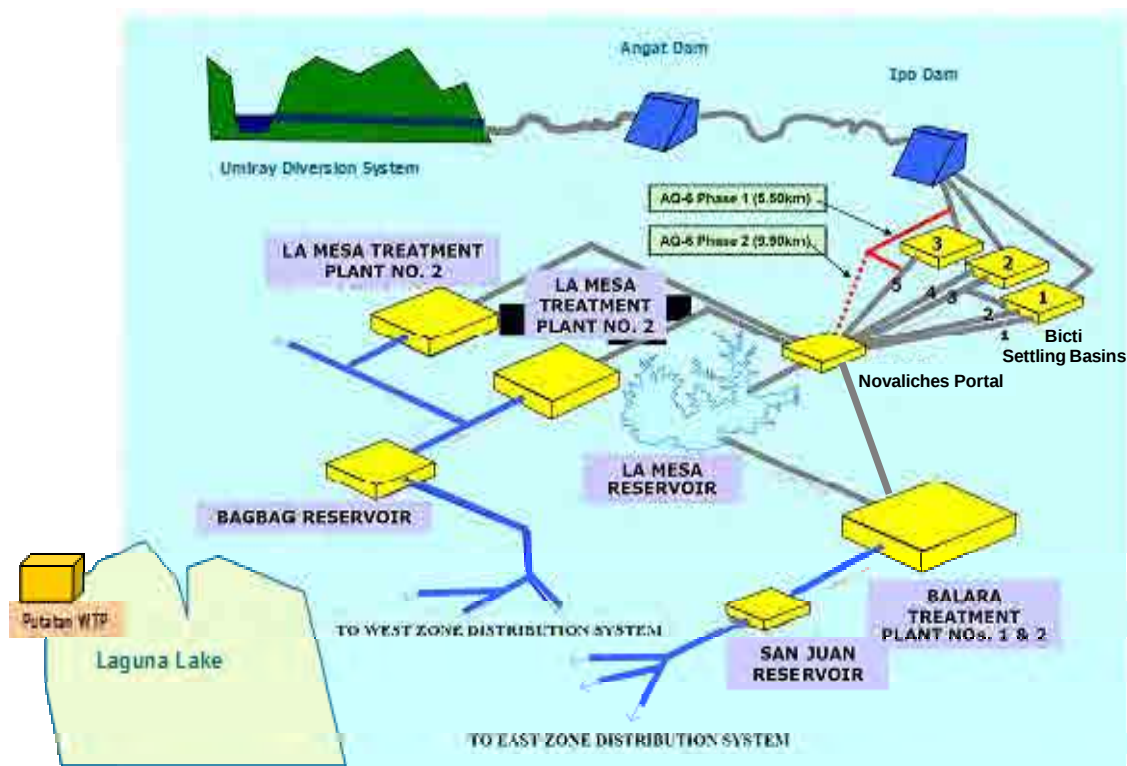
発電使用水量は MWSS と NIA への水配分に依存している。貯水池から NIA（AMRIS）に対する放流量は主発電所（200 MW）の発電用水として使用される。また、貯水池から MWSS に対する放流量は副発電所（46 MW）の発電用水として使用される。

（6）導水施設

アンガット貯水池から MWSS 向けの放流量は図 7.1.30 の概念図に示す導水システムによりイポ堰からマニラ首都圏のラ・メサ（La Mesa）地区へ導水される。イポ堰及びラ・メサ湖に至る導水施設は Common Purpose Facilities (CRF) と呼ばれており、コンセッション事業者のマニララッド社（MWSI）とマニラ・ウォーター社（MWCI）により共同管理されている。イポ堰とラ・メサ湖の主要諸元を Annex 7.1.3 に記載する。

イポ堰で取水された原水は 3 本のトンネルで 6.4 km 下流のビクティ（Bicti）沈砂池へと導水される。次にビクティ沈砂池から 6 本の導水路で 15 km 下流のノバリチェス（Novaliches）調整池へと導水される。ノバリチェス調整池において、大部分の原水は開水路を通じてラ・メサ第 1, 2 浄水場及びバララ（Balara）第 1, 2 浄水場へと向かう。残る原水はラ・メサ湖へと流入する。また、ラ・メサ湖には 3 か所の取水施設が設けられており、これらにより取水された原水は導水路を通じてバララ第 1, 2 浄水場へと向かう。

マニララッド社はラ・メサ第 1, 2 浄水場からマニラ首都圏西地区へと配水している。一方、マニラ・ウォーター社はバララ第 1, 2 浄水場からマニラ首都圏東地区へと配水している。



出典： MWSS

図 7.1.30 アンガット貯水池からの導水システム概念図

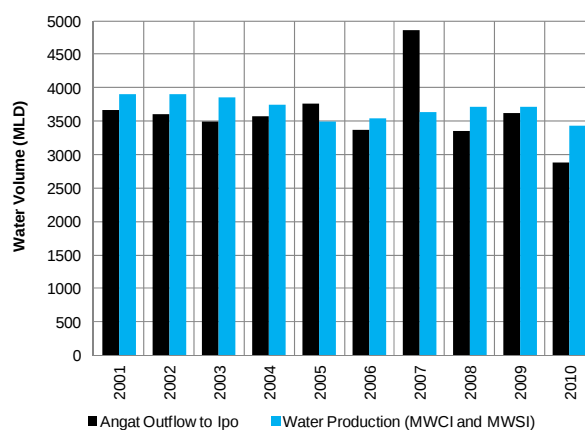
MWSS はビクティ調整池～ノバリチェス調整池の導水路改修事業（Angat Water Utilization and Aqueduct Improvement Project）を実施している。第一期事業の導水路 No.6 上流側区間（導水路 No.5 のバイパス、延長 5.5 km）は 2006 年に完成した。現在、第二期事業として導水路 No.6 の下流側区間（延長 9.9 km）、導水路 No.5 の修復が実施中であり、2012 年 7 月に第二期事業による導水路の開通が報道された。

（7）MWSS 向け導水の予備的分析

2001～2010 の 10 年間では、2005 年と 2007 年を除いて、アンガット貯水池から MWSS 向けの放流量よりもマニラッド社及びマニラ・ウォーター社による浄水量の合計のほうが大きい（図 7.1.31 参照）。世銀調査（Metro Manila Water Security Study）によれば、その差異の理由は、アンガット貯水池からラ・メサ湖に至るまでに、イポ堰上流域（36 km²）からの流入量及びラ・メサ湖流域（27 km²）からの流入量加わることとされている。

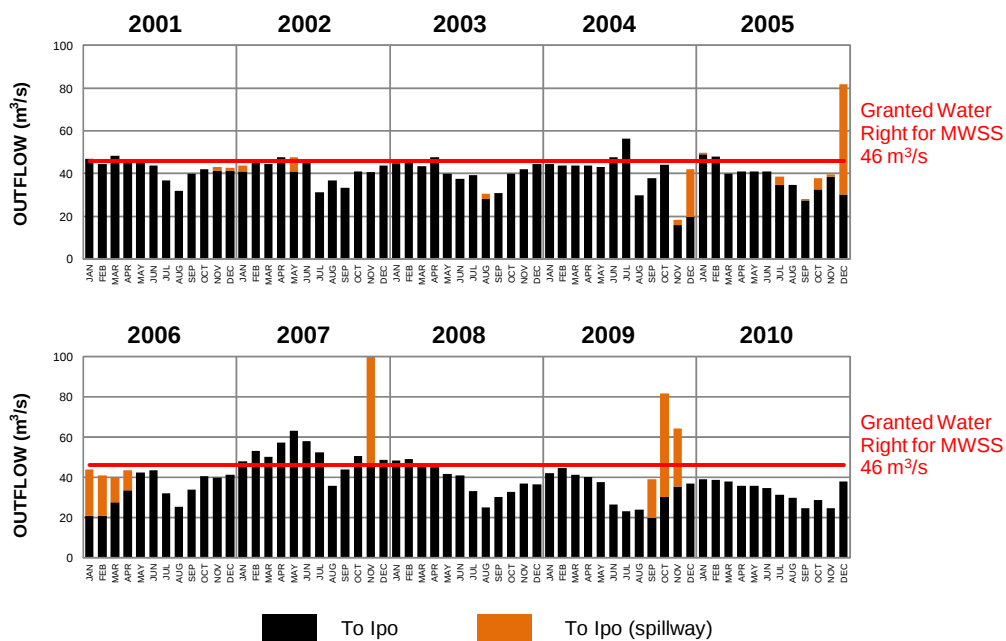
アンガット貯水池の水位、流入量、放流量合計、ブストス堰へ向かう放流量、イポ堰へ向かう放流量及び浄水量合計について、2001～2010 の月別データを整理した（Annex 7.1.4 参照）。

2001～2010 における年平均放流量は 41.9 m³/s である。図 7.1.32 は月平均放流量の推移であるが、年あるいは季節によってかなりの変動が生じている。一方、マニラッド社及びマニラ・ウォーター社による 2001～2010 の年平均浄水量合計は 42.7 m³/s（ラ・メサ第 1, 2 浄水場 26.0 m³/s、バララ第 1, 2 浄水場 16.7 m³/s）であり、図 7.1.33 に示すとおり月平均浄水量はほぼ平滑化されている。



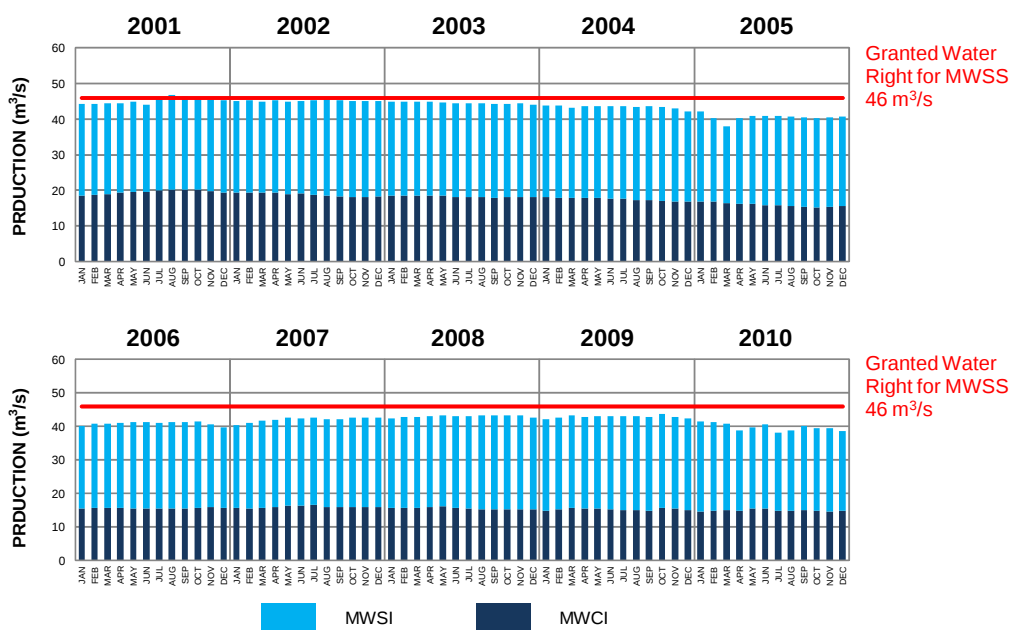
出典：第 2 節参照

図 7.1.31 アンガット貯水池から MWSS 向けの放流量と浄水量の比較



出典： 第2節参照

図 7.1.32 アンガット貯水池からイポ堰に向かう月平均放流量（2001～2010）



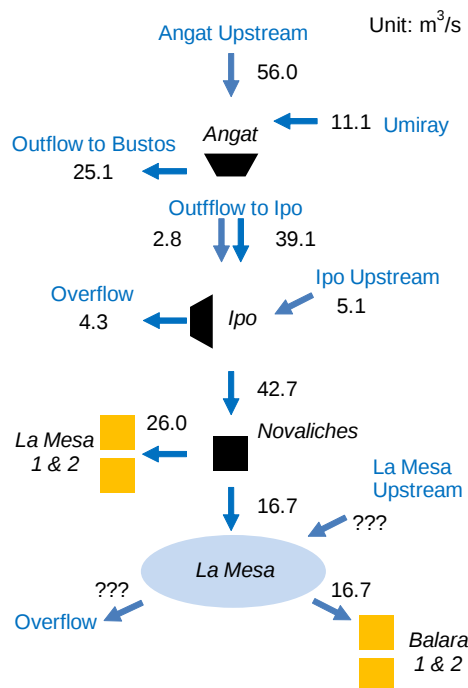
出典： 第2節参照

図 7.1.33 マニラッド社（MWSI）とマニラ・ウォーター社（MWCI）による月別
浄水量（2001～2010）

以上のデータに基づき、2001～2010 のアンガット貯水池及び MWSS 向け導水の水収支について次のように考察した（図 7.1.34 参照）。

イポ堰への流入量は（アンガット貯水池からイポ堰への放流量）＋（イポ堰上流からの流入量）であり、その大部分はノバリチェス調整池に導水されている。イポ堰からノバリチェス調整池への導水量により、ラ・メサ第 1, 2 浄水場の必要流量（ $26.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ）は概ね安定的に供給されており、それを超える部分の流量はラ・メサ湖に流入するか、もしくはバララ第 1, 2 浄水場に導水されている。

バララ第 1, 2 浄水場の水源となる流量は（ノバリチェス調整池への導水量のうち $26.0 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える部分の流量）＋（ラ・メサ湖の流域からの流入量）である。この流量は季節変動が大きいものの、ラ・メサ湖の貯留効果（貯水容量 50 MCM）によってバララ第 1, 2 浄水場向けの取水量は平滑化されている。



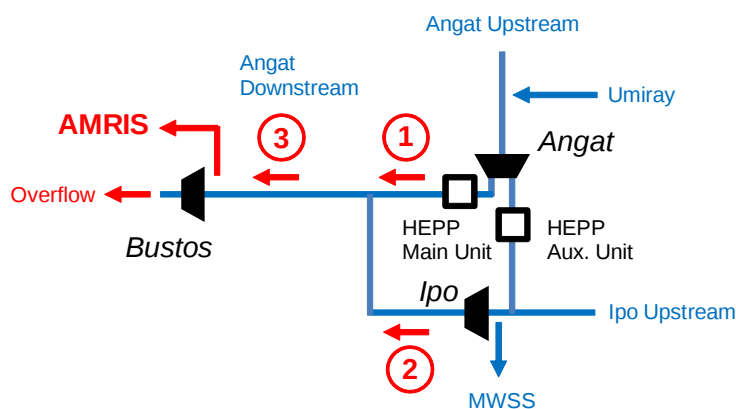
出典： 調査団が作成

図 7.1.34

アンガット貯水池及び MWSS 向け導水の水収支（2001～2010）

（8）かんがい用水需給の予備的分析

アンガット貯水池からブストス堰に向かう放流量は、主発電所において水力発電に使用された後、アンガット川を流下してブストス堰に至り、ここで AMRIS のかんがい水路に取水される。ブストス堰の河川流量は、①貯水池からブストス堰に向かう放流量（主発電所の使用水量）＋②イポ堰からの越流量＋③アンガット貯水池下流の残流域からの流入量である（図 7.1.35 参照）。

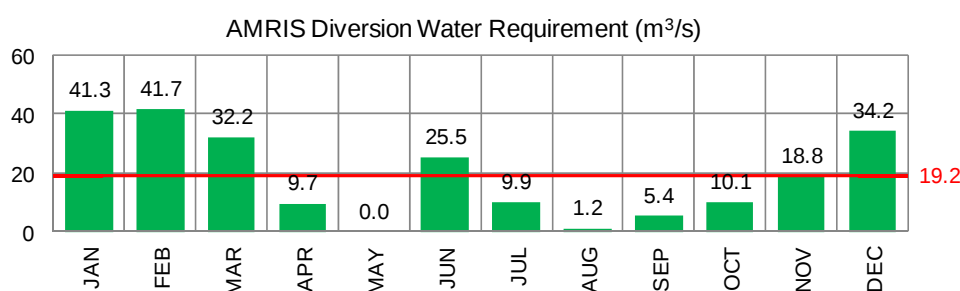


出典： 調査団が作成

図 7.1.35 ブストス堰の河川流量

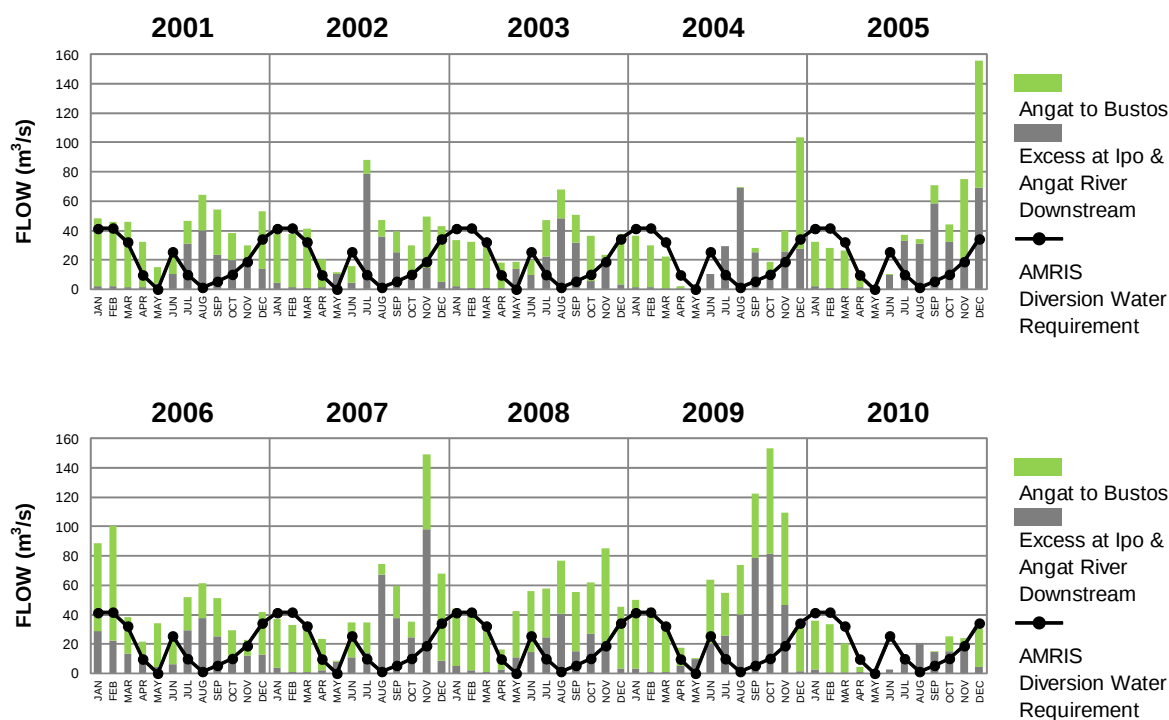
かんがい用水需給の予備的分析にあたり、図 7.1.35 の①貯水池からブストス堰に向かう放流量（主発電所の使用水量）は、本調査による収集データを用いて算定した。また、②イボ堰からの越流量及び③アンガット川下流域からの流入量については、パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（2009～2011）によるアンガット川流域の流出計算結果を参照して推定した。

AMRIS のかんがい用必要量は $19.2 \text{ m}^3/\text{s}$ （= 600 百万/年）であるが、図 7.1.36 に示すとおり季節によって大きく変動する。したがって、かんがい用水供給量の過不足は月別でチェックする必要がある。ブストス堰における河川流量と AMRIS のかんがい用水必要量を月別で比較した例（2001～2010）を図 7.1.37 に示す。なお、全期間（1968～2010）についての月別比較は Annex 7.1.2 に掲載している。



出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.36 AMRIS のかんがい用水需要量



出典： 調査団が作成

図 7.1.37 ブストス堰における河川流量と AMRIS かんがい用水必要量の比較（2001～2010）

ブストス堰における水収支を次の仮定条件に基づいて計算する。

- ブストス堰における河川流量が **AMRIS** のかんがい用水必要量を超える場合、かんがい用水必要量は満たされ、それを超える流量は利用されることなくブストス堰を越流して下流へと放流される。
- ブストス堰における河川流量が **AMRIS** のかんがい用水必要量に満たない場合、河川流量は **AMRIS** に供給されるが、かんがい用水必要量に対して不足が生ずる。

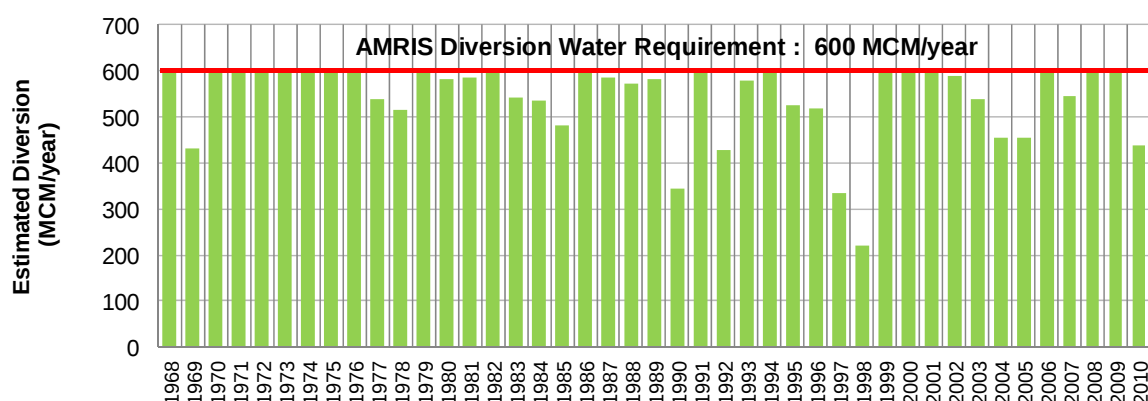
以上の仮定条件に基づいて 1968～2010 のかんがい用水供給量を次のように試算した。

$$\begin{aligned} Q_d\text{-AMRIS} &= Q\text{-DWR}; & Q\text{-Bustos} > Q\text{-DWR} \\ Q_d\text{-AMRIS} &= Q\text{-Bustos}; & Q\text{-Bustos} < Q\text{-DWR} \end{aligned}$$

ここに、

$Q_d\text{-AMRIS}$: ブストス堰から **AMRIS** へのかんがい用水供給量（計算値）
 $Q\text{-DWR}$: ブストス堰における **AMRIS** のかんがい用水必要量（計画値）
 $Q\text{-Bustos}$: ブストス堰における河川流量（観測値）

試算結果を図 7.1.38 に示す。なお、各年の気象条件などによって月別のかんがい用水必要量（計画値）と供給量（実績値）とのタイミングが一致しないこともありうる。したがい、かんがい用水供給量の過不足を毎月計算すると不足量を過大評価する可能性があることから、ここでは過不足を 3 か月単位で計算している（Annex 7.1.6 参照）。



出典：調査団が作成

図 7.1.38 AMRIS かんがい用水供給量の試算（1968～2010）

図 7.1.38 より、1990 年代にかんがい用水供給量の不足が問題化したことが示唆されている。1998 年には、アンガット貯水池からブストス堰に向かう放流が約 10 か月にわたって停止する事態となり、かんがい用水供給量は必要量の 37%まで落ち込んだ（表 7.1.11 参照）。2000 年にウミライ～アンガット導水が運用開始された以降も、2004 年、2005 年、2010 年に供給量の不足が顕著となった。

表 7.1.11 主な AMRIS かんがい用水供給量の不足年

年	必要量 (百万 m ³)	供給量 (百万 m ³)	供給率 (=供給量/必要量)
1969	600	431	72%
1990		346	58%
1992		427	71%
1997		333	56%
1998		219	37%
2004		455	76%
2005		455	76%
2010		437	73%

出典： 調査団が作成

Water Allocation Between Irrigation and Municipal Use (Dominador D. Pascua, NIA) によれば、1997 年 11 月から 1998 年 6 月にかけて、NIA の水利権がマニラ首都圏への水供給を維持する目的に転用され、アンガット貯水池から AMRIS へのかんがい用水供給が停止した。これにより、AMRIS では乾期の耕作を中止する事態となり、22,000 人の農業従事者に影響が及び、米生産の損失額は 968 百万ペソに至った。また、NIA ではかんがいサービス料 (ISF) について 29 百万ペソの損失が生じた。NIA はこれらの損失額に対する補償を NWRB に請求した。しかし、MWSS は NIA の水利権の転用は不可抗力に起因すると主張し、この補償問題は未解決のまま残された。

(9) 世銀調査による水収支検討結果

世銀調査 (Metro Manila Water Security Study) では、1968～2007 (40 年間) の水文データに基づいて水収支計算を行い、アンガット貯水池、MWSS 及び AMRIS の水収支が検討された。水収支計算の主な条件は次のとおりである。

供給側

- アンガット貯水池への流入量： 1968～2008 (40 年間) の貯水池流入量データを使用する。
- ウミライ川からの導水量： 2001～2008 の導水量データに基づいて 1968～2000 については 11.0 m³/s (一定) と仮定する。2001～2008 については導水量データを使用する。
- 貯水池の容量配分： 図 7.1.24 のとおり。

需要側

- MWSS: 1/10 渇水年に対して 46 m³/s。
- AMRIS: 1/5 渇水年に対して年平均 19.2 m³/s、月別は図 7.1.36 のとおり。

水収支計算の結果は表 7.1.12 に記述するとおりであり、現状のアンガット貯水池及びウミライ川導水による水供給は MWSS 及び AMRIS の水需要を同時には満足しえない。すなわち、両者はトレードオフの関係にあることが示されている。

表 7.1.12 世銀調査による水収支計算結果の概要

Case	水配分の条件 (m^3/s)		40 年間のうち 不足が生じる年数		不足が生じる確率	
	MWSS	AMRIS	MWSS	AMRIS	MWSS	AMRIS
(1)	33.0	19.2	0	8	0 (= 0/40)	1/5 (= 8/40)
(2)	46.0	19.2	10	24	1/4 (= 10/40)	1/1.7 (= 24/40)
(3)	46.0	8.4	4	8	1/10 (= 10/40)	1/5 (= 8/40)
(4)	60.0	---	4	---	1/10 (= 4/40)	---

出典： Metro Manila Water Security Study （世銀/MWSS、2012）

水収支計算結果の概要は次のとおりである。

Case (1)： AMRIS のかんがい用水必要量（平均 $19.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ）に対する供給不足が 5 年に 1 度（8/40：計算期間 40 年のうちの 8 年）発生するという条件のもとで、MWSS に対する水供給を $33.0 \text{ m}^3/\text{s}$ とすれば、計算期間の 40 年間に於いて一度も不足は発生しない（0/40）。

Case (2)： MWSS の水需要を $46.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、AMRIS のかんがい用水必要量を平均 $19.2 \text{ m}^3/\text{s}$ とする場合、MWSS に対する水供給において 4 年に 1 度（10/40）、AMRIS に対するかんがい用水供給において 1.7 年に一度（24/40）それぞれ供給不足が発生する。

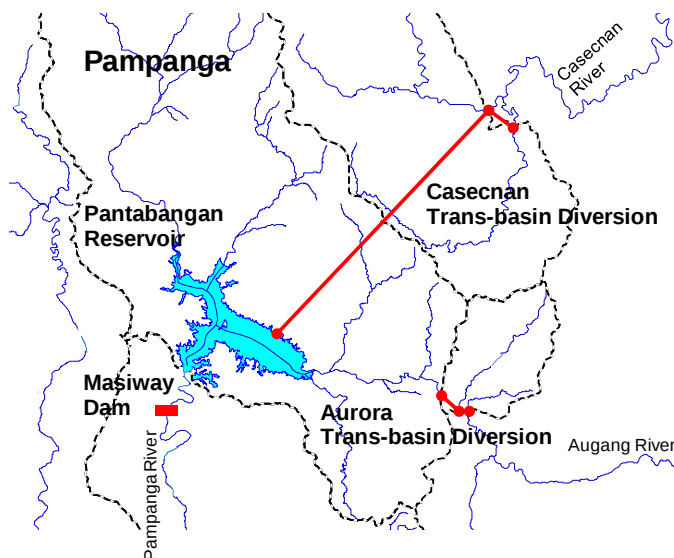
Case (3)： MWSS の水需要 $46.0 \text{ m}^3/\text{s}$ に対する供給不足は 10 年に 1 度（4/40）発生するという条件のもとで、AMRIS に対するかんがい用水供給量を平均 $8.4 \text{ m}^3/\text{s}$ （必要量の 44%）とすればかんがい用水の供給不足の発生は 5 年に 1 度（8/40）となる。

Case (4)： MWSS にのみ水供給する条件のもとで、水供給量を $60.0 \text{ m}^3/\text{s}$ とすれば供給不足の発生は 10 年に 1 度（4/40）となる。

7.1.4 パンタバンガン貯水池

(1) 概要

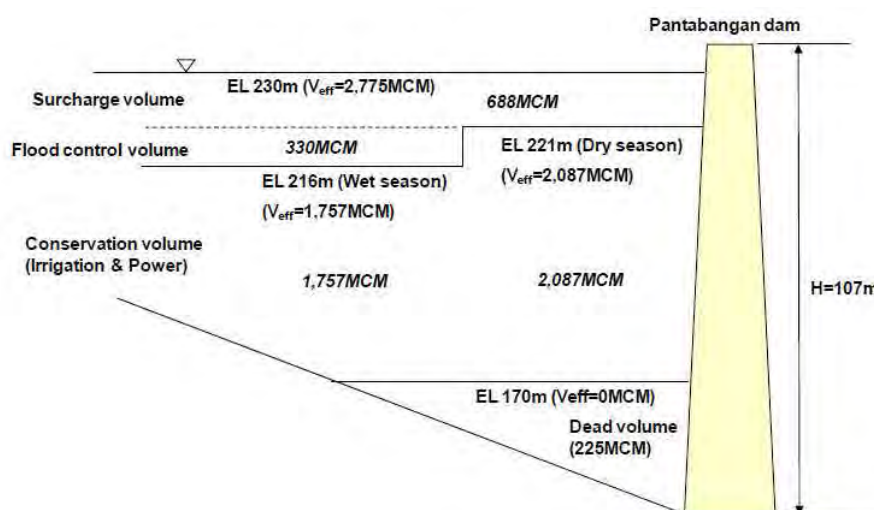
パンタバンガン貯水池はかんがい、水力発電及び洪水制御を目的として、1974 年に運用開始された多目的貯水池である。貯水池の集水面積（自流域）は 869 km^2 、東に隣接するアウロラ（Aurora）導水の流域は 68 km^2 である。さらに 2001 年より北東に隣接するカセクナン（Casecnan）導水が運用開始され、その流域面積は 571 km^2 である（図 7.1.39 参照）。自流域とアウロラ導水からの年平均流入量は $38.4 \text{ m}^3/\text{s}$ （ $= 1,195$ 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ ）、カセクナン導水による年流入量は $23.8 \text{ m}^3/\text{s}$ （ $= 751$ 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ ）と推定されている。パンタバンガン貯水池の有効貯水容量は 2,775 百万 m^3 である（図 7.1.40 参照）。パンタバンガン貯水池の主要諸元を Annex 7.1.7 に記載する。



完成年	1974 年 2 月
目的	かんがい、水力発電、洪水制御
ダム形式	アースフィル
ダム高	107m
集水面積	パンタバンガン川流域（自流域） +アウロラ導水流域：869 + 68 km ² カセクナン導水流域：571 km ²
流入量	アンガット川流域（自流域） +アウロラ導水流域： 38.4 m ³ /s (=1,195 百万 m ³ /年) カセクナン導水： 23.8 m ³ /s (=751 百万 m ³ /年)
有効貯水容量	2,775 百万 m ³

出典：パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.39 パンタバンガン貯水池の概要



出典：パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.40 パンタバンガン貯水池の容量配分

(2) 貯水池及び浄水場の運用記録

国家かんがい庁（NIA）によるパンタバンガン貯水池の運用記録（日データ：貯水位、流入量、放流量）は、「ダム放流に関する洪水予警報能力強化プロジェクト業務（2009～実施中）」のコンサルタントチームから提供された。これら日データの存在する期間を表 7.1.13 に示す。

表 7.1.13 パンタバンガン貯水池の運用記録（日データ）

Daily Records	19xx																				20xx												
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
Reservoir Level, Pantabangan																																	
Total Inflow, Pangatabangan																																	
Inflow, Casecnan Transbasin Diversion																																	
Inflow, Aurora Transbasin Diversion																																	
Total Outflow (Irrigation / Power / Spillout), Pantabangan																																	
Evaporation, Pantabangan																																	
Seepage, Pantabangan																																	
Reservoir Level, Masiway																																	
Total Outflow (Power / Spillout), Masiway																																	

Record Mostly Completed

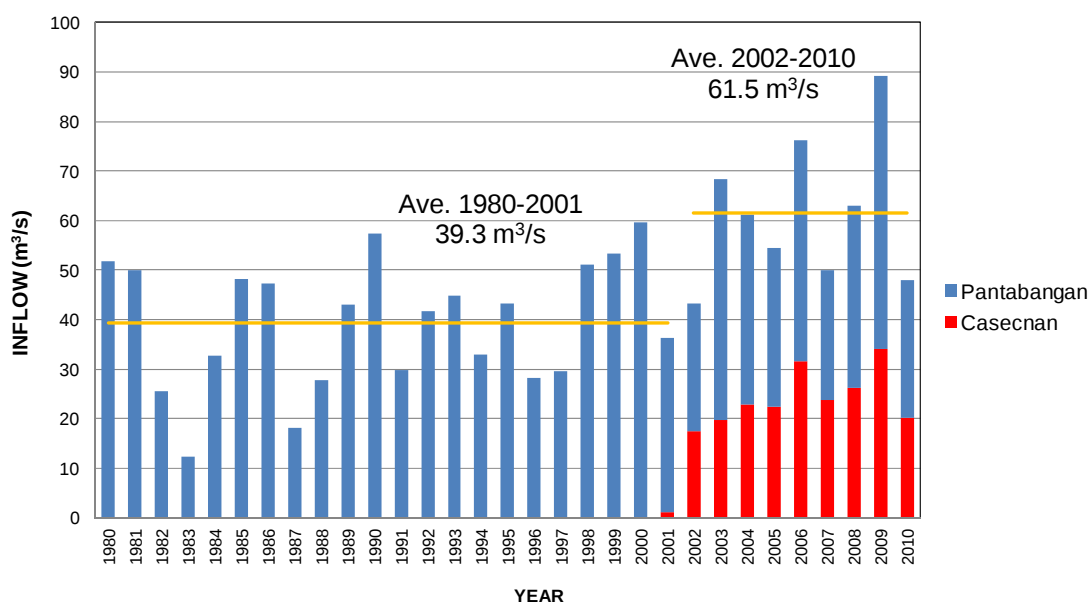
Record Not Completed

Blank: No Record

出典： 調査団が作成

(3) 流入量

パンタバンガン貯水池への年平均流入量を図 7.1.41 に示す。1980～2001 の平均流入量は 39.3 m^3/s である。なお、パンタバンガン貯水池への年平均流入量データには、自流域（869 km^2 ）からの流入量とアウロラ導水（68 km^2 ）からの流入量が含まれている。その後 2001 年 12 月よりカセクナン導水が運用開始されたことにより、2002～2010 の平均流入量は 61.5 m^3/s に増加している。全期間（1980～2010）の月平均流入量は Annex 7.1.8 に掲載している。



出典： 第 2 節参照

図 7.1.41 パンタバンガン貯水池への年平均流入量

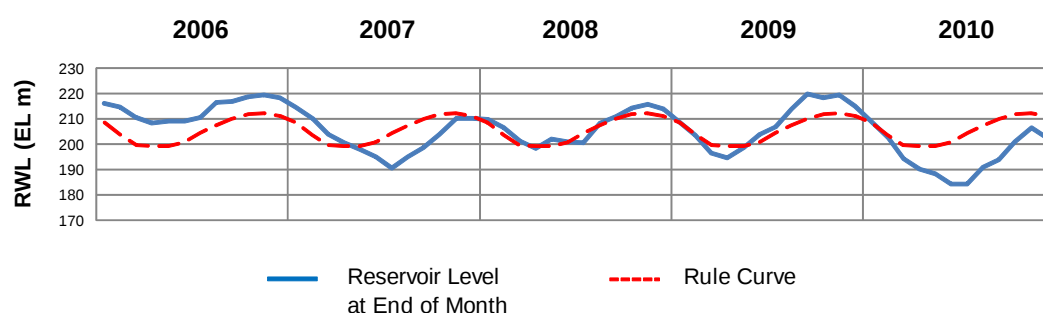
(4) 貯水位

NIA の資料（カセクナン多目的かんがい・発電事業、2008 年）によれば、パンタバンガン貯水池の運用ルールは表 7.1.14 のとおりである。2006～2010 の月末貯水位及びルールカーブを図 7.1.42 に示す。なお、全期間（1980～2010）の月末貯水位は Annex 7.1.7 に掲載している。

表 7.1.14 パンタバンガン貯水池の運用ルール

貯水位		使用水量
通常領域	乾期 EL 213m 以上、雨期 EL 198m 以上	かんがい用水必要量の 100%
調節領域 1	乾期 EL 206～213m、雨期 EL 188～198m	かんがい用水必要量の 90%
調節領域 2	乾期 EL 200～206m、雨期 EL 173～188m	かんがい用水必要量の 80%
調節領域 3	乾期 EL 170～200m、雨期 EL 170～173m	かんがい用水必要量の 60%

出典： カセクナン多目的かんがい・発電事業（NIA、2008 年）



出典： 貯水位；第 2 節参照

ルールカーブ；パンバンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.42 パンタバンガン貯水池の月末貯水位（2006～2010）

上記パンタバンガン貯水池運用ルールは、カセクナン導水の運用開始に伴い、下流の国営かんがい事業（UPRIIS）の拡張が可能となった状況に対応するものである。貯水位記録（日データ）によれば、カセクナン導水の運用開始以前の 1980～2001 において貯水位は一度も EL 213 m に達していない。カセクナン導水の運用開始（2001 年 12 月）以降、2006 年 8 月 27 日に初めて常時満水位 EL 216 m（雨期）に達し、その後同 11 月 14 日に EL 220.83 m まで上昇した。また、放流量記録（日データ）によれば、2009 年 10 月に初めて洪水吐きからの放流が行われ、最高水位は EL 220.64 m（10 月 9 日）であった。一方、貯水位が EL 170 m を下回ったのは 1983 年 5～6 月の 22 日間のみであり、その時の最低水位は EL 169.87 m（5 月 23 日）であった。

(5) 放流量

カセクナン導水からパンタバンガン貯水池への流入地点に 150 MW の水力発電所が設けられている。また、パンタバンガン貯水池の直下流に 100 MW の水力発電所があり、さらに下流のマシワイ（Masiway）逆調整池にも 12 MW の水力発電所が設けられている（図 7.1.43 参照）。

マシワイ逆調整池下流には UPRIIS のリザール堰（Rizal Dam）があり、ここから UPRIIS の Ib 地区、II 地区及び V 地区にかんがい用水が供給されている（図 7.1.45 参照）。

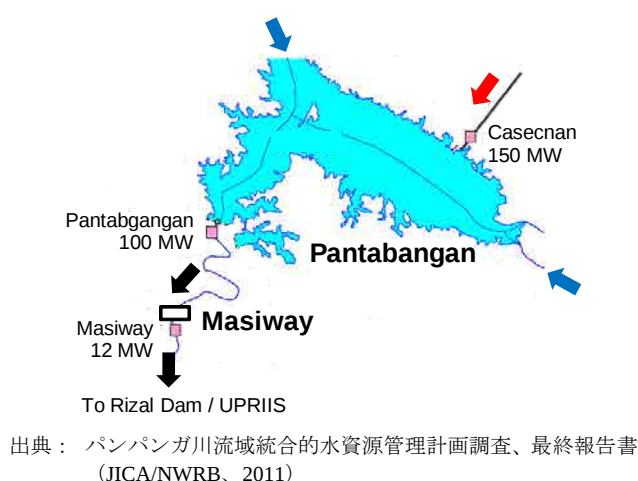
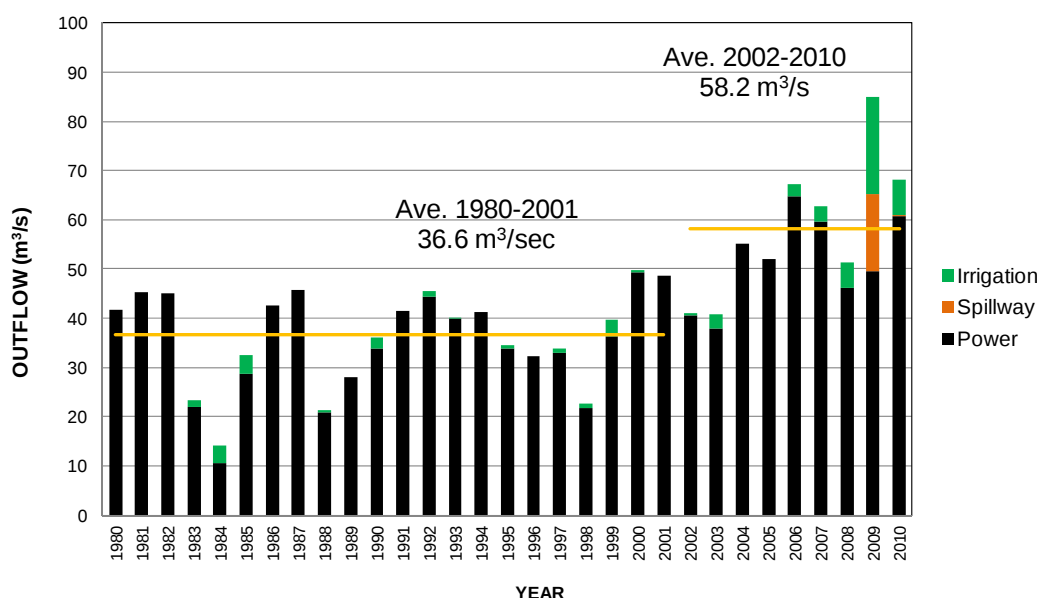


図 7.1.43 パンタバンガン貯水池周辺の発電所

パンタバンガン貯水池からの年平均放流量を図 7.1.44 に示す。1980～2001 の平均放流量は $36.6 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、カセクナン導水の運用開始後 2002～2010 の平均放流量は $58.2 \text{ m}^3/\text{s}$ である。なお、全期間（1968～2010）の月平均放流量は Annex 7.1.8 に掲載している。

パンタバンガン貯水池からの放流量の大部分は発電用水として記録されており、概ね発電後の放流のみでかんがい用水必要量を満たしていたものと考えられる。2009 年、2010 年にかんがい用水として記録されている放流量が増加しているのは、2008 年に UPRIIS 拡張（V 地区）の一部が完成したことによるものと考えられる。



出典：第 2 節参照

図 7.1.44 パンタバンガン貯水池からの放流量

(6) かんがい用水需給の予備的分析

パンパンガ川流域の国営かんがいシステム（NIS）の概念図を図 7.1.45 に示す。パンパンガ川上流域統合河川かんがいシステム（UPRIIS）は 5 地区からなり、そのかんがい面積合計は 113,209 ha である。パンパンガ・デルタ河川かんがいシステム（PDRIS）のかんがい面積は 6,604 ha である（表 7.1.15 参照）。

UPRIIS Ia 地区（4,120 ha）にはタラヴェラ川（Talavera River）からの取水によってかんがい用水が供給されている。UPRIIS Ib, II, V 地区（16,400 ha + 22,591 ha + 16,879 ha）はリザール堰からかんがい用水が供給されている。

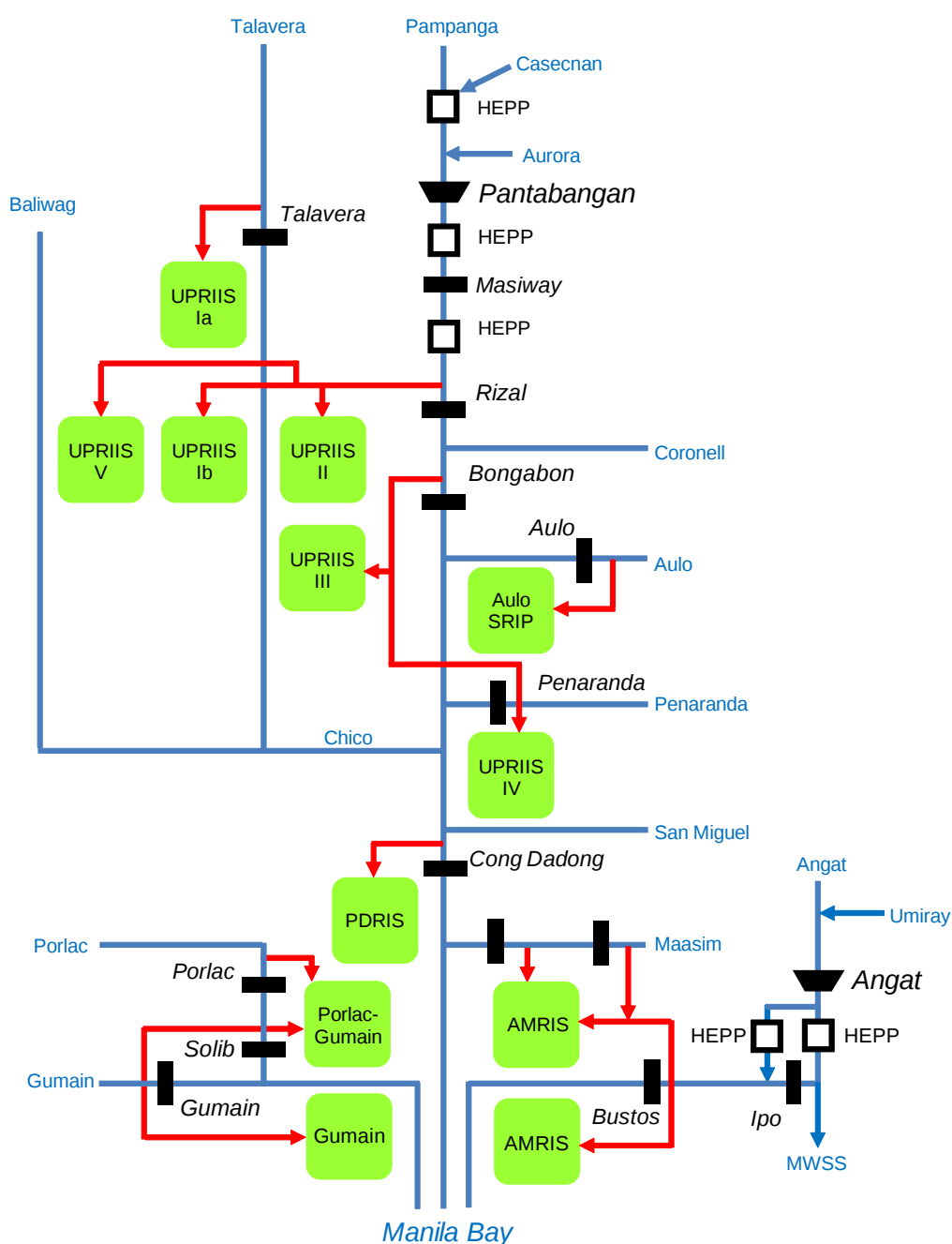
UPRIIS V 地区は、カセクナン導水の運用開始に伴うパンタバンガン貯水池からの利用可能な放流量の増加によって開発可能となり、かんがい水路（Super Diversion Canal）及びかんがい面積 16,879 ha の建設事業が 2008 年に完成した。

UPRIIS III, IV 地区（25,881 ha + 19,924 ha）はボンガボン堰（Bongabon Dam）及びペナランダ堰（Penaranda Dam）からかんがい用水が供給されている。PDRIS はコン・ダドン堰（Cong Dadong Dam）からかんがい用水が供給されており、現状のかんがい面積は 6,604 ha である。

表 7.1.15 パンパンガ川流域 NIS のかんがい用水必要量

Intake	NIS	Area (ha)	Diversion Water Requirement (m³/s)											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Pampanga														
Talavera	UPRIIS Ia	4,120	2.1	2.3	0.7	0.0	0.1	2.0	2.0	0.6	0.7	1.9	1.6	1.6
Rizal	UPRIIS Ib	16,400	20.1	23.2	19.5	6.2	0.6	11.2	8.7	2.3	2.8	6.2	11.2	17.9
Rizal	UPRIIS II	22,591	27.7	31.9	26.9	8.5	0.8	15.4	11.9	3.2	3.8	8.5	15.4	24.7
Rizal	UPRIIS V	16,879	20.6	23.8	20.0	6.3	0.6	11.4	8.9	2.5	2.9	6.3	11.4	18.3
Aulo	Aulo SRIP	810	1.1	1.2	0.6	0.0	0.2	0.7	0.3	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9
Bongabon	UPRIIS III	25,881	30.3	34.4	25.0	4.5	5.9	22.5	8.5	4.0	4.7	8.9	18.0	26.1
Penaranda	UPRIIS IV	19,924	25.0	27.1	15.3	0.0	4.2	16.4	6.1	3.4	3.8	9.9	17.0	20.3
Cong Dadong	PDRIS	6,604	8.7	9.4	5.3	0.0	1.5	5.7	2.1	1.2	1.3	3.4	5.9	7.0
Total, Pampanga		113,209	135.6	153.3	113.3	25.5	13.9	85.3	48.5	17.3	20.2	45.5	81.2	116.8
Porac														
Porlac-Solib	Porlac	1,458	1.9	2.3	1.9	0.6	0.0	1.3	0.8	0.2	0.2	0.6	1.0	1.7
Gumain	-Gumain	1,629	2.2	2.5	2.1	0.7	0.1	1.4	0.8	0.3	0.3	0.7	1.1	2.0
Total, Porac		3,087	4.1	4.8	4.0	1.3	0.1	2.7	1.6	0.5	0.5	1.3	2.1	3.7
Angat														
Bustos	AMRIS	26,000	41.3	41.7	32.2	9.7	0.0	25.5	9.9	1.2	5.4	10.1	18.8	34.2
Total, Angat		26,000	41.3	41.7	32.2	9.7	0.0	25.5	9.9	1.2	5.4	10.1	18.8	34.2

出典： パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）



出典：パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査、最終報告書（JICA/NWRB、2011）

図 7.1.45 パンパンガ川流域 NIS の概念図

かんがい用水需給の予備的分析にあたり、マシワイ発電所からの放流量は本調査による収集データを使用した。また、マシワイ発電所より下流域の河川流量については、パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（2009～2011）による、パンパンガ川流域の流出計算結果を参照して推定した。

リザール堰におけるかんがい用水必要量を表 7.1.16 に示す。現状において、リザール堰からの取水により、UPRIIS Ib, II, V 地区の合計 55,870 ha にかんがい用水が供給されている。この

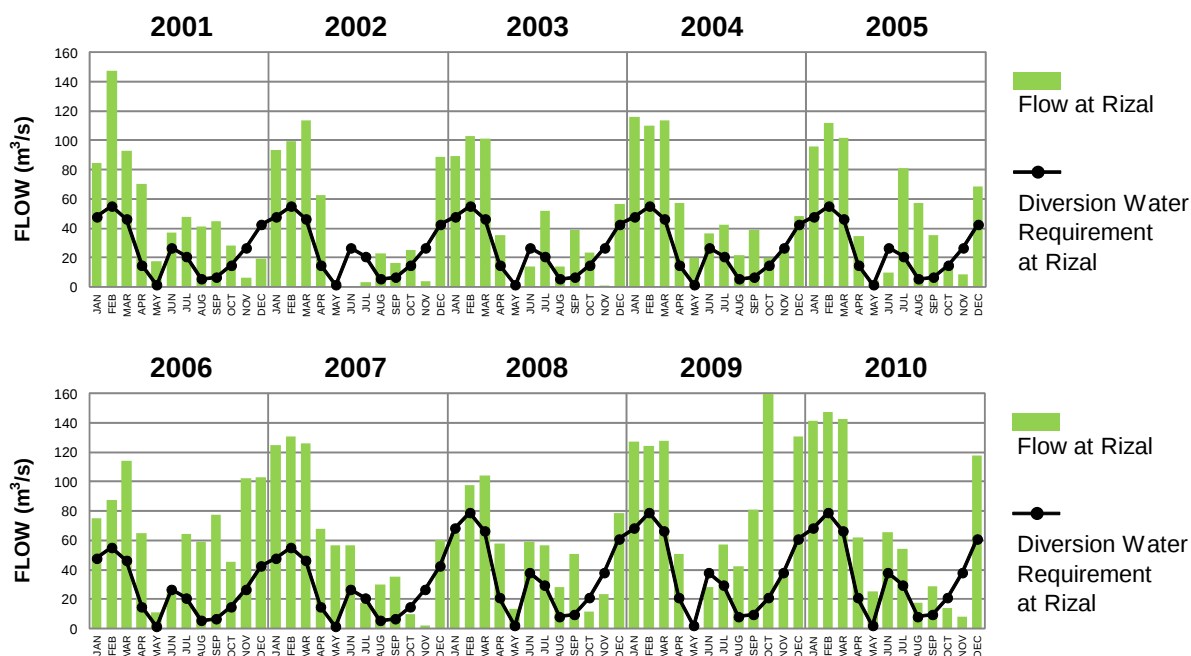
うち、V 地区の 16,879 ha は 2008 年に完成したものであることから、2008 年以前のかんがい面積は UPRIIS Ib, II 地区の合計 38,991 ha であったと考えられる。

表 7.1.16 リザール堰におけるかんがい用水必要量 (m^3/s)

Period	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Before 2008 38,991 ha	47.8	55.1	46.4	14.7	1.4	26.6	20.6	5.5	6.6	14.7	26.6	42.6
Since 2008 55,870 ha	68.4	78.9	66.4	21.0	2.0	38.0	29.5	8.0	9.5	21.0	38.0	60.9

出典：パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（JICA/NWRB、2011）

リザール堰における河川流量と UPRIIS の Ib, II, V 地区かんがい用水必要量を月別で比較した例（2001～2010）を図 7.1.46 に示す。なお、全期間（1968～2010）についての月別比較は Annex 7.1.9 に掲載している。



出典：調査団が作成

図 7.1.46 リザール堰における河川流量とのかんがい用水必要量の比較（2001～2010）

リザール堰における水収支を次の仮定条件に基づいて計算する。

- リザール堰における河川流量が UPRIIS のかんがい用水必要量を超える場合、かんがい用水必要量は満たされ、それを超える流量は利用されることなくリザール堰を越流して下流へと放流される。
- リザール堰における河川流量が UPRIIS のかんがい用水必要量に満たない場合、河川流量は UPRIIS に供給されるもののかんがい用水必要量に対して不足が生ずる。

以上の仮定条件に基づいて 1981～2010 のかんがい用水供給量を次のように試算した。

$$\begin{aligned} Q_d\text{-UPRIIS} &= Q\text{-DWR}; & Q\text{-Rizal} > Q\text{-DWR} \\ Q_d\text{-UPRIIS} &= Q\text{-Rizal}; & Q\text{-Rizal} < Q\text{-DWR} \end{aligned}$$

ここに、

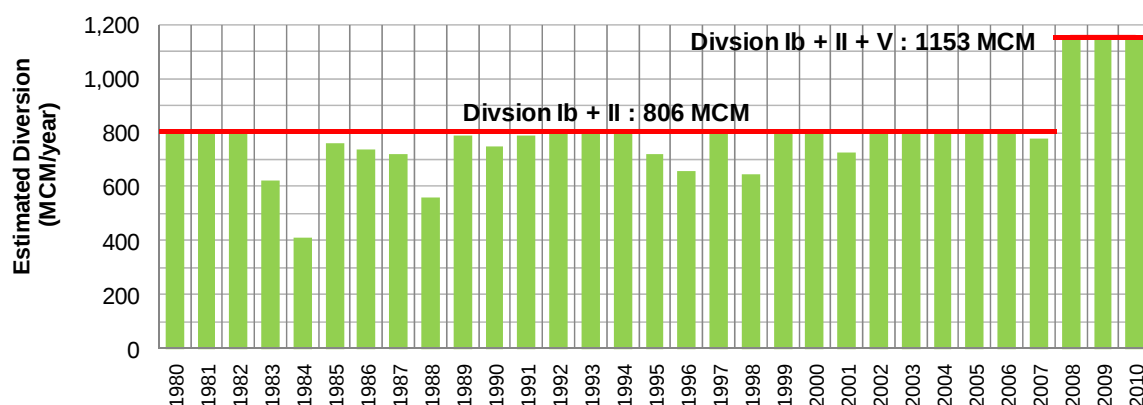
Qd-UPRIIS: リザール堰から UPRIIS へのかんがい用水供給量（計算値）

Q-DWR: リザール堰における UPRIIS のかんがい用水必要量（計画値）

Q-Rizal: リザール堰における河川流量（観測値）

試算結果を図 7.1.47 に示す。なお、各年の気象条件などによって月別のかんがい用水必要量（計画値）と供給量（実績値）とのタイミングが一致しないこともありうる。したがって、かんがい用水供給量の過不足を毎月計算すると不足量を過大評価する可能性があることから、ここでは過不足を 3 か月単位で計算している（Annex 7.1.10 参照）。

図 7.1.47 より、1980 年代、1990 年代にはかんがい用水供給量が不足する頻度が多かったことが示唆されている。一方、カセクナン導水の運用開始（2001）以降は、概ね安定的にかんがい用水必要量が満たされているものと考えられる。



出典： 調査団が作成

図 7.1.47 リザール堰における UPRIIS かんがい用水供給量の試算（1980～2010）

(7) パンパンガ IWRM 調査による水収支検討結果

「パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査（2009～2011）」では、1958～2007（50 年間）の流出計算により推定された水文条件に基づいて水収支検討が行われた。かんがい用水供給についての水収支検討結果の概要は次のとおりである。

現状（2008 年）

- UPRIIS（I, II, III, IV, V 地区）のかんがい面積は 105,795 ha であるが、現状の主たる水源であるパンタバンガン貯水池＋カセクナン導水により、かんがい用水供給量の不足は 50 年間に 1 度も発生しない。
- PDRIS（6,604 ha）において、かんがい用水供給量の不足は 50 年間に 2 回発生する。

将来（2025 年）

- UPRIIS（I, II, III, IV, V 地区）のかんがい面積は現在の 105,795 ha から 126,116 ha に増加する。これは UPRIIS V 地区が現在の 16,879 ha から 37,200 ha まで拡張されることによる。

- UPRIIS の主たる水源は、2025 年においても現状と同様にパンタバンガン貯水池＋カセクナン導水であるが、利水安全度 1/5 は確保される。すなわち、5 年確率渇水年においても UPRIIS のかんがい用水必要量は満たされる。
- ペナランダ川上流に計画されているバリンティンゴン貯水池（有効貯水容量 488 百万 m³）が建設されることにより、UPRIIS IV 地区に対するかんがい用水の追加供給及び新たなかんがい地区 14,900 ha の開発が可能となる。また、UPRIIS 全域（新規開発分を含む）に対して、利水安全度は 1/5 を上回る。
- PDRIS（6,604 ha）の利水安全度は 1/5 を上回る。

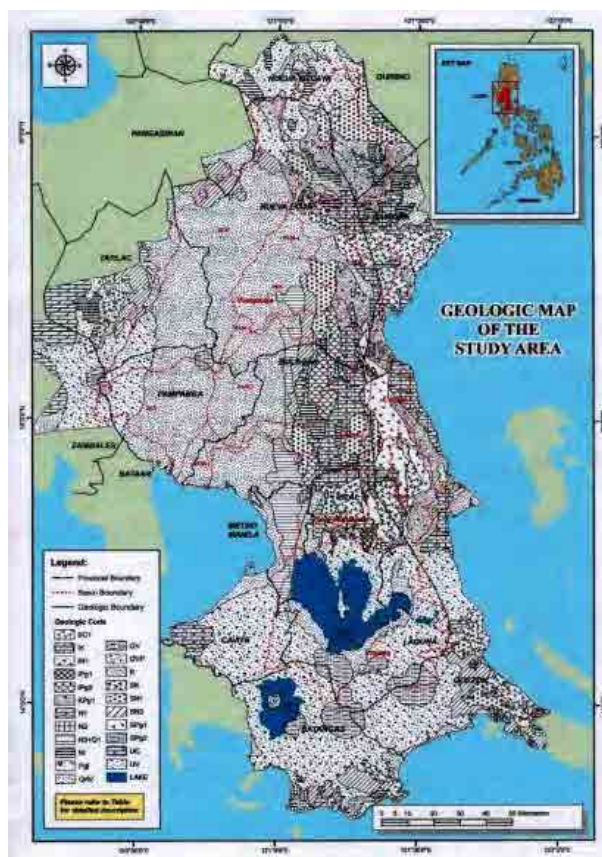
7.2 地下水

7.2.1 水理地質の概要

マニラ首都圏及びその周辺地域の地層基盤は近年の堆積物、すなわち礫岩、泥岩 あるいは砂岩 (Alat Conglomerate)、及び火山噴火に伴う火砕流堆積物 (Dilliman Tuff) によって構成されている。これらは洪積世の Guadalupe 層と呼ばれ、北のブラカン州から南のカビテ州まで、全域に広がっている。

第 4 紀の堆積層は未固結の岩、礫、砂で構成されていてマニラのデルタやマリキナ川の氾濫原に広がっている。堆積層の厚さはマニラデルタで 50 メートル、マリキナ溪谷では 130 メートルと推定され、パッシング川氾濫域では 200 メートルに達する。

洪積世の Guadalupe 層を構成する堆積物は帯水性である。そのうち Alat Conglomerate は風化泥岩や砂岩からなり、厚さは 100 メートルである。Dilliman Tuff は 1,300 から 2,000 メートルの厚さを持ち、細粒の火山灰を主体として火山性凝灰岩を含んでいる。



出典：NWRB

図 7.2.1 水理地質図

マニラの東側、アンガット川流域は玄武岩や輝緑岩を主体とする火成岩混合物で覆われている。Guadalupe 層、ラグナ層、タール火山灰からなる第 4 紀の火山堆積層はマニラとその周辺地域の主要な帯水層である。

パンパンガ川流域に広がる平坦な地帯は元々海であり、数百メートルの厚さの海洋堆積物や大陸性堆積物で構成されている。下層の構成物は海性の第三紀石灰岩、頁岩、砂岩であり、これらは平野の周辺部で露出している。山地の北面は比較的安定した第 3 紀の岩盤におおわれている。一方、東部には後に噴出した流紋岩、玄武岩、安山岩が分布する。

中部ルソンの基盤には広く変成岩が分布する。第三紀の火山堆積物が厚く覆っているが、さらに第四紀の堆積物が薄く覆っている。表層を覆っている沖積堆積物が主たる地下水源となっている。

ラグナ湖流域の東部は砂、礫、シルトよりなる沖積層に覆われている。流域の北部から南部の西側は、火砕流などの火山堆積物が広く覆われている。南部には第四紀の貫入物も見られる。ロス・バニョスやサンタ・ロサ地域では莫大な地下水・湧水が利用可能である。

7.2.2 地下水利用の現況

地下水利用の現況を調べるに当たり、これまでに実施された調査報告書を収集した。

現在、MWSS の給水地域は東西二つの民間業者にその運営が委託されている。MWSI は西地区、MWCI が東地区の給水を受け持っている。西地区では MWSI が 12 本の深井戸から日量 9 百万リットル（毎秒 104 リットル）を揚水してケソン市、マラボン市、イムス市、バコール市及びカビテ市に給水している。これらの地下水利用は、表流水による水供給が実施される時点で緊急用待機水源となる予定である。一方、東地区では MWCI が 64 本の深井戸をもち、日量 113 百万リットル（毎秒 1,305 リットル）を揚水している。

周辺地域では、家庭用水・工業用水共に地下水が重要な水源である。また使用量は少ないものの、いくつかの灌漑システムも地下水を利用している。地方水道事業団（WD）の供給を補助するために家庭用水・工業用水用に独自の井戸が掘られている例もある。また、湧水によって水需要を満たしている例もある。

現行の地下水使用量を推定するために、地方水道局のウェブサイトから各 WD の管理している井戸の揚水実績データを収集した。その結果 2011 年 12 月現在における実揚水推定値は以下のとおりであった。

表 7.2.1 揚水実績（2011 年 12 月）

River Basin	Average Exploitation in l/sec
Metro Manila, Rizal and Cavite	2,782
Angat	1,052
Pampanga	3,163
Agos-Umiray	0
Pasig-Marikina	0
Laguna	3,709

出典：JICA 調査団

7.2.3 揚水可能量の推定

各流域の地下水可能揚水量を推定するために、国家水資源委員会（NWRB）が 1998 年 8 月に JICA の技術協力のもと実施した「フィリピン国全国水資源開発計画調査」の最終報告書を参照した。報告書の降水量データ及び地下水利用可能面積の比率を利用して下表を作成した。

下表で年降水量は PAGASA の観測データに基づく。また、地下水利用可能面積の比率は、流域面積に対する、第 4 紀火山堆積物あるいは沖積堆積物によって覆われている面積の比率から求めている。表 7.2.2 はこうして求めた地下水の揚水可能量の集計結果を示す。

表 7.2.2 地下水の揚水可能量

River basin	A Land Area (Km ²)	B Rainfall (mm/Year)	C Assumed Recharge (5% of AxB)	Ratio of GW Available Area (%)	GW Potential (l/sec)
Angat	2,146	2,409	259	58.7	4,812
Pampanga	13,031	1,874	1,221	58.5	21,397
Pasig-Marikina	494	1,761	44	42.2	601
Agos	1,767	2,079	184	38.9	2,265
Umiray	788	2,429	96	38.9	1,181
Laguna lake	5,259	1,667	448	38.9	5,520

出典：NWRB Master Plan Study-National Water Resources Management in the Republic of the Philippines, March 1998

上の表で、ラグナ湖流域はラス・ピニャス市、マカティ市、ムンティルンパ市、パサイ市、パラニャケ市及びパテロス郡を含む。一方、カロオカン市、マラボン市、マンダルヨン市、マニラ市、マリキナ市、ナボタス市、パッシング市、ケソン市、サン・ファン市及びバレンズエラ市はパッシング・マリキナ流域に含まれる。マニラ首都圏の面積 630 方キロ、年間降水量 1,631 ミリであり、地下水利用可能率は 38.9%、揚水可能量は 630 lps と推定される。

これらの検討から、以下の結論が導かれる。

- 1) 2011 年 12 月のマニラ首都圏での揚水量は揚水可能量 630 lps を超えている。また、ラグナ湖流域の揚水可能量は流域全体としては 5,520 lps であるが、揚水実績は 3,709 lps であり、あまり余裕はなく、場所によっては過揚水となっていた可能性がある。
- 2) 明らかに過剰揚水となっていたマニラ首都圏を除けば、2011 年 12 月の揚水実績はまだ余裕があり、新たな地下水需要を受け入れられそうにみえる。しかしながら、NWRB に登録されていない地下水利用者、違法な利用者もいるので、さらなる調査が必要である。
- 3) 都市化による地下水の浸透量減少が無視できない。さらなる検討が必要である。

7.2.4 揚水量と地盤沈下

井戸の開発と地下水の過剰なくみ上げが被圧地下水の水位を低下せしめ、帯水層への塩水の侵入をおこしている。特に沿海部でその傾向が著しい。2004 年に NWRB が実施した CEST、Inc.の調査によれば、マニラ首都圏、ブラカン州、カビテ州の地下水開発は、被圧地下水面の標高を、平均海面から 80 メートル下に押し下げたことが報告されている。

地下水面低下が観測されたのは、ブラカン州ではギギント郡、ボカエ郡、マリラオ、メイカウアヤン郡、マニラ首都圏ではカロオカン市、ナボタス市、バレンズエラ市、ケソン市、マンダルヨン市、パッシング市、マリキナ市、マカティ市、パラニャケ市、パサイ市、ラス・ピナス市、カビテ州ではダス・マリニャス郡で生じた。図 7.2.2 は地下水面の低下した地域を示す。

地質構造と過剰な地下水のくみ上げが沈下の原因である。2002 年の JICA 調査、および 2006 年に実施された K.S. Rodolfo と F.P. Siringan の調査を参照すると、パンパンガ州の年平均沈降率は内陸部で 0.5 センチ、沿岸部で 8 センチと推定される。



出典：NWRB

図 7.2.2 地下水面標高分布図

7.2.5 水質

地下水はマニラ首都圏を除く地域では飲料水として使われている。前述の NWRB/CEST の調査結果から、以下のようにまとめた。

ブラカン州のマロロス市では 12 km まで、またギギント、バラタス、バリアノ、メイカウヤワン、オバンドの各郡では汽水域となっている。（電気伝導度 1,500 から 15,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）

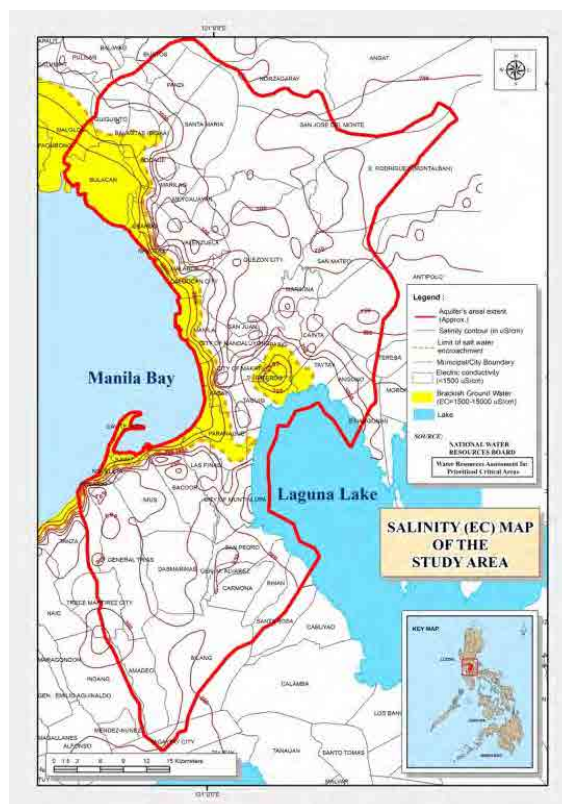
汽水域は、北はマラボン市から南はパサイ市に至る 2 km から 3 km のラインに達している。

汽水はラス・ピニヤスからムンティニルパに至るパラニャケ市に影響を与えている。

カビテ州ではカウィ市、ノベレタ市、タンザ市及びカビテ市においても汽水の存在が確認されている。

パッシング市南部およびパテロ市においても高濃度の塩水化が確認されている。

JICA が 2011 年に実施した貧困削減と経済発展のためのパンパンガ流域統合水資源管理調査の結果によれば、バリワグ、マロロス、サン・イルデフォンソ、サン・ミゲル、ギギント及びすべてのブラカン州の水供給公社の井戸水の塩分濃度はフィリピン飲料水国家規準の受容限界を超えている。



出典：NWRB

図 7.2.3 地下水塩水化分布図

7.2.6 揚水試験

地下水揚水の状況を調査するため、MWSI は 2005 年 5 月に深井戸の揚水試験を実施した。試験を行った井戸の所在は、カロオカン市の Bagong Silan である。La Mesa 貯水池の西端から北に約 5 キロメートルに位置する。段階試験及び定量・回復試験が実施された。

段階試験は 5 月 5 日に実施された。120 分ずつ 4 段階の試験が行われた。試験の結果、1 メートルの水位降下あたりの比揚水量は毎秒 0.77 から 0.94 リットルであった。帯水層損失係数は 1.1963m/lps, 一方井戸損失係数は 0.0089m/lps と推算された。最終ステップ(Q=13.88lps)での井戸損失率は 9.36%であった。各ステップでの損失係数及び損失率を以下に示す。

表 7.2.3 井戸効率

損失あるいは効率	ステップ 1	ステップ 2	ステップ 3	ステップ 4
帯水層損失 (m)	9.18	11.47	13.03	16.61
井戸損失 (m)	0.52	0.82	1.06	1.71
総損失	9.70	12.29	14.09	18.32
井戸損失 (%)	5.40	6.66	7.50	9.36
井戸効率 (%)	94.60	93.34	92.50	90.64

出典：JICA 調査団

井戸効率からすると特別な問題は想定されない。しかし、各ステップを通じて水面降下が比較的早いので、連続的な揚水には注意が必要である。

定量揚水試験は 5 月 6 日午前 6 時から 2880 分に亘って実施された。揚水量は平均毎秒 13.92 リットルあるいは毎分 221 ガロンであった。初期水位及び最低水位はそれぞれ地下 65.26 m 及び 83.38 m であり、その水位差は 18.12 m であった。井戸水位は 6 日午前 7 時には地下 82.3 m、8 日午前 6 時に地下 83.38 m に達した。

回復試験は、5 月 8 日午前 6 時、揚水ポンプの停止と同時に開始した。試験開始時点の井戸水位は地下 83.38 m あるいは降下量 18.12 m であった。5 月 8 日午前 7 時に井戸水位は地下 70.39 m まで回復した。その後、午後 2 時に井戸水位は地下 68.35 m に回復した。

定量揚水試験の結果から推定される帯水層の透水係数は $5.07 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ である。また水位低下 1 メートルあたりの比揚水量は毎秒 0.767 リットルである。揚水試験の結果、帯水層は中位以上の良好なものであると判断される。

7.2.7 問題解消のために提案された対策

NWRB/CEST 調査結果に盛り込まれた見解と勧告をうけて、NWRB は委員会の決議を 2004 年 9 月 22 日に出した。決議 001-0904 でマニラ首都圏緊急地域に対する勧告と題されている。NWRB は以下の方針を採択した。

- 1) 以下の第 3 項に該当する場合を除き、十分な事前通達と聴取の後、緊急地域であるかどうかに関わらず、MWSS から十分に給水されている地域の地下水開発の認可を停止する。既に認可した深井戸についてはその揚水量を削減する。
- 2) 新たな認可申請に対する手続を下表 7.2.3 のように決める。
- 3) 地下水揚水は人命に関わる活動（例えば、医療、消防など）が支障をきたさないように容認される。ただし、地下水揚水は上水道のバックアップとして利用される場合に限る。

この委員会決議によってどれだけ状況が改善されたかという事実は現在のところ不明である。

表 7.2.4 委員会決議による水利権の手続

	CRITICAL	NON-CRITICAL
IN AREAS ADEQUATELY SERVICED BY MWSS	Process permits only for vital services as provided in paragraph 3	Process permits only for back-up purposes and hours of operation shall be limited only during periods when commercial supply is not available
NOT ADEQUATELY SERVICED BY MWSS	Process only temporary permits that will be valid until connection becomes available in the area	To proceed with the processing of water permits

出典：NWRB

2004 年の委員会決議以降、マニラにおける塩水の侵入、地下水水位の低下にどれだけの歯止めがかかっているのかについて、調査・計測を行うことが喫緊の課題である。同様に、パンパンガ川流域における地盤沈下についての調査・計測も重要である。

地下水への塩水混入の問題に直面している地域では、揚水量の削減とともに水源を表流水に振り替える等が問題解決のための施策となる。

7.3 給水事業

7.3.1 調査対象地域の給水事業

MWSS のサービス地域であるマニラ首都圏の上下水道事業は、1997 年以降コンセッション契約（CA）により、運営権が二つの民間企業に引き渡され、これらの会社が事業を運営している。一方、マニラ首都圏の周辺地域においては、比較的規模の小さい、水道区事業体（WD）、地方自治体（LGUs）、CPC 権利譲与者といった水道事業体（WSPs）により業務が実施されている。

7.3.2 マニラ首都圏（MWSS サービス地域）

上下水道事業は二つのコンセッション事業者により実施されている。合計給水エリアは 2,370 km²であり、給水人口は 1300 万人以上に達する。ココンセッション 2 社の給水エリアを図 7.3.1 に示す。



出典： JICA 調査団

図 7.3.1 コンセッショネア 2 社の給水エリアと主要浄水場位置

以下の表に、給水人口とサービス地区の概要を示す。

表 7.3.1 コンセッショネア 2 社のサービス地区概要

	Area (km ²)	Administrative Area	Served Population
MWSI (west)	540	Cities of Manila, Pasay, Paranaque, Caloocan, Muntinlupa, Las Pinas, Malabon, Navotas, Valenzuela and parts of Makati and Quezon Cities in National Capital Region, and Cavite City, and the municipalities of Bacoor, Imus, Kawit, Noveleta and Rosario in Cavite Province.	7.40 Million
MWCI (east)	1,830	Cities of Makati, Mandaluyong, Marikina, Pasig, Pateros, San Juan, Taguig, and parts of Quezon City and Manila in National Capital Region, and Antipolo City and the municipalities of Angono, Baras, Binangonan, Cainta, Cardona, Jalajala, Morong, Pililia, Rodriguez, Tanay, Taytay and San Mateo in Rizal Province.	5.90 Million
Total	2,370		13.30 Million

出典： MWSS (as of Dec. 2010)

事業の主要施設概要は以下のとおりである。

水源

現在、MWSSサービス地区における水道事業の水源は、Angat-Umiray水系、ラグナ湖、及び地下水である。これらの水源において付与された水利権は、表7.1.2で示すとおり、約4,190 MLD（48 m³/sec）である。Angat-Umiray 水系のコンセッショネア2社への水の分配は、CAの記載に基づき、MWSIに60%、MWCIに40%と決められている。

表 7.3.2 現在の MWSS サービス地区の水源

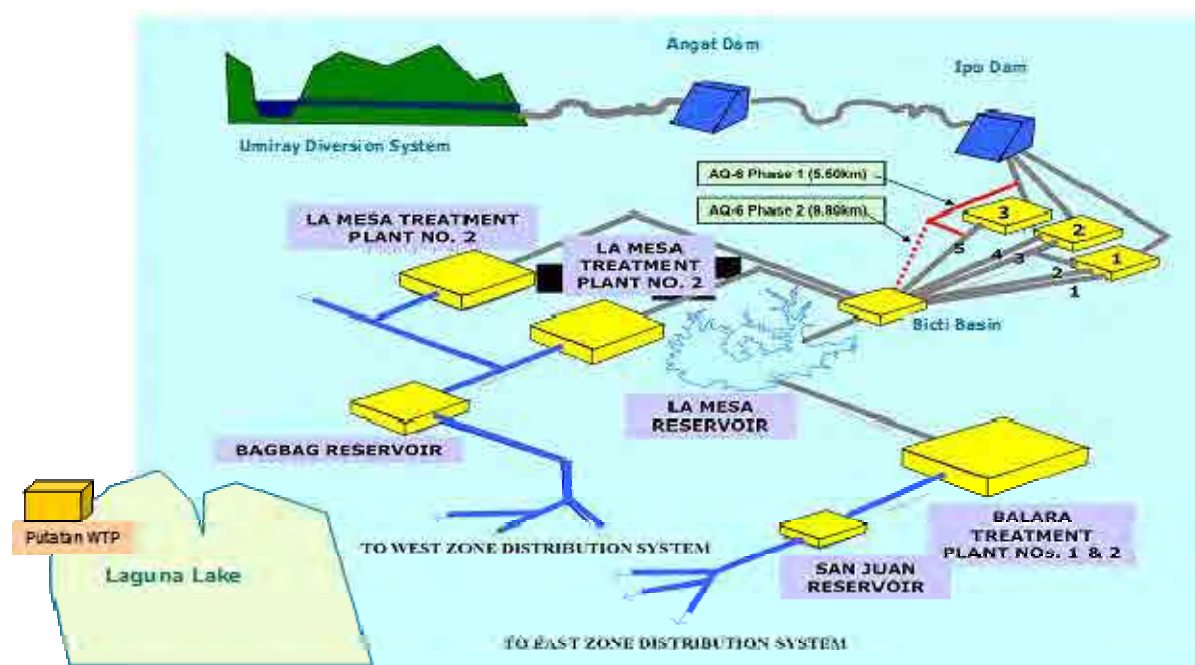
Name of Water Source	Granted Water Right	Share
Angat-Umiray System	4,000MLD (46 m ³ /s) (MWCI:1600, MWSI:2400)	95.5%
Laguna Lake	100MLD (1 m ³ /s)	2.4%
Groundwater *	90MLD (1 m ³ /s)	2.1%
Total	4,190MLD (48 m ³ /s)	100.0%

Note: * Extraction of underground water is terminated in 2003 by MWCI and 2009 by MWSI. The wells will be used only in emergency cases.

出典： MWSS

導水施設

図7.3.2に示すとおり、Angatダムから放流された原水は、Ipoダム、Bustosダムの2つの調整ダムに流入する。原水はIpoダムから3つのトンネルを通じてBicti Basin（接続施設）へ運ばれ、その後5つの導水管を通してMWSIのLa Mesa浄水場、またはLa Mesa貯水池に流入する。La Mesa貯水池から、さらにMWCIのBalara浄水場に流入する。



出典： MWSS

図 7.3.2 MWSS サービス地区の導水施設概要

浄水施設

MWSI と MWCI は、7つの浄水場を運転している。これらの浄水場の概要を以下の表 7.3.3 に示す。

表 7.3.3 浄水場の概要

Comp any	Name of WTP	Capac ity	Actual Product ion	Treatment Procedure	Used Chemical	Constru ction Year
-	-	MLD	MLD	-	-	year
MWSI	La Mesa-1	1,500	2,143 (average in 2011) 86% of total capacity	Screen, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Rapid Filtration, Disinfection	Hypochlorite, Hydrated Lime, Caustic Soda, Liquid Alm, Ferric Chloride, PAC, Coagulant Aid, Flocculent	1984
	La Mesa-2	900		Screen, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Rapid Filtration, Disinfection	Hypochlorite, Hydrated Lime, Caustic Soda, Liquid Alm, Ferric Chloride, PAC, Coagulant Aid, Flocculent	1994
	Putatan	100		Screen, Coagulation, Mixing and Flocculation (Dissolved Air Flotation), Skimming, Micro-Filtration (MF), Reverse Osmosis (RO), Disinfection	Aluminum Chlorhydrate, Potassium Permanaganate, Gas Chlorine	2009
MWCI	Balara-1	470	1,277 (average in 2011) 79% of total capacity	Screen, Pre chlorination, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Rapid Filtration, Disinfection	Aluminum Sulphate, Poly Aluminum Chloride, Polymer, Chlorine	1936
	Balara-2	1,130		Screen, Pre chlorination, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Rapid Filtration, Disinfection	Aluminum Sulphate, Poly Aluminum Chloride, Polymer, Chlorine	1958
	Jala Jala	10		Reverse Osmosis (RO)	-	-
	San Rafael	0.6		Reverse Osmosis (RO)	Chlorine Dioxide	-

出典： Asset Condition Report as of December 2011, Evaluation on KPIs/BEMs 2012

実地調査により、各浄水場の運転維持管理は適切に実施されており、技術的な問題は無く、設計水量を処理するための十分な処理能力を有していることが確認できた。水処理担当者の話では、最近の漏水量の削減により、上記の浄水場の処理水量は設計水量よりも低く運転されていることが判明した。設計能力に対する処理水量の割合は、2011年において MWSI が 86%、MWCI が 79%であった。つまり、現在の Angat-Umiray システムによる供給量 4000MLD で既存給水地区の需要は満足できている。

Angat-Umiray システムに加え、MWCI と MWSI はラグナ湖からの取水も行っている。新規水源を建設する理由は、水源の分散による安全性向上のほか、都市化が進む湖周辺部において新規浄水場が建設された場合、送水の投資費用が抑えられるためである。

その他の配水施設の概要を以下に示す。

表 7.3.4 配水施設の概要

	MWSI	MWCI
Pump Station	16 Pump Stations (Commonwealth, Fairview-3, La Mesa, Novaliches, Fairview-4, Caloocan, D. Tuazon, Algeciras, Ermita, Espiritu, Tondo, Noveleta, Pasay, Villamor, Pagcor)	19 Pump Stations (Balara, Cubao, Fort Bonifacio, Makati, Maybunga, Pasig, San Juan, N. Domingo-1, N. Domingo-2, 21st, Kingsville, Lucban-1, Lucban-2, Siruna, Brookside, Celina, Curayao, Dalos Santos, San Rafael)
Reservoirs	17 Reservoirs (Binuksuk 30ML, Sacred Heart 10ML, Fairview-3 1.5ML, La Mesa 50ML, Novaliches 7ML, Fairview-4 1.1ML, Bagbag 200ML, Caloocan 18.9ML, D. Tuazon 18.9ML, Algeciras 38.7ML, Ermita 18.9ML, Espiritu 18.9ML, Tondo 18.9ML, Noveleta 8ML, Paysay 18.9ML, Villamor 10ML, Pagcor 23ML,	8 Reservoirs (Balara 44ML, Fort Bonifacio 29ML, Makati 19ML, Pasig 80 ML, San Juan 167.8ML, Siruna 24ML, Lucban-1 15ML, Lucban-2 6.5ML)
Distribution Network	5,444 km (PVC 3,567km, ACP 506km, CIP 389km, GSP 349km, Steel Pipe 324km, HDPE 100km, Others 210km)	4,466km (HDPE 2,131km, PVC 1,818km, Steel Pipe 312km, DIP 98km, Others 107km)

出典： MWCI, MWSI (as of April 2012)

コンセッショネア 2 社による処理水の融通

現在、コンセッショネア 2 社の給水地域を繋ぐ連結管は敷設されている。両地域を跨ぐ処理水の融通は、2002 年まで実施されてきたが、それ以降バルブで遮断され、完全に別々のビジネスとして運営されている状況である。水不足により一方のコンセッショネアのみ処理水が不足した緊急時において、両コンセッショネアは協調し、事前に協議された単価により、相互に処理水を融通することが期待される。

事業指標

MWSS は KPIs（Key Performance Indicators）と BEMs（Business Efficiency Measures）と呼ばれる主要事業指標をモニタリングすることで、コンセッショネア 2 社の事業を管理している。コンセッショネアは MWSS-RO（Regulatory Office）に毎月事業指標を通知することが義務付けられている。

コンセクション期間において、これら指標の数値目標は 5 年に一度実施される料金決定手続きにより決定される。これら数値の達成成果により、次の料金設定期間において、規制機関（MWSS）はコンセッショネアに報奨・罰則を与えることができる。現在用いられている事業指標を表 7.3.5 に示す。

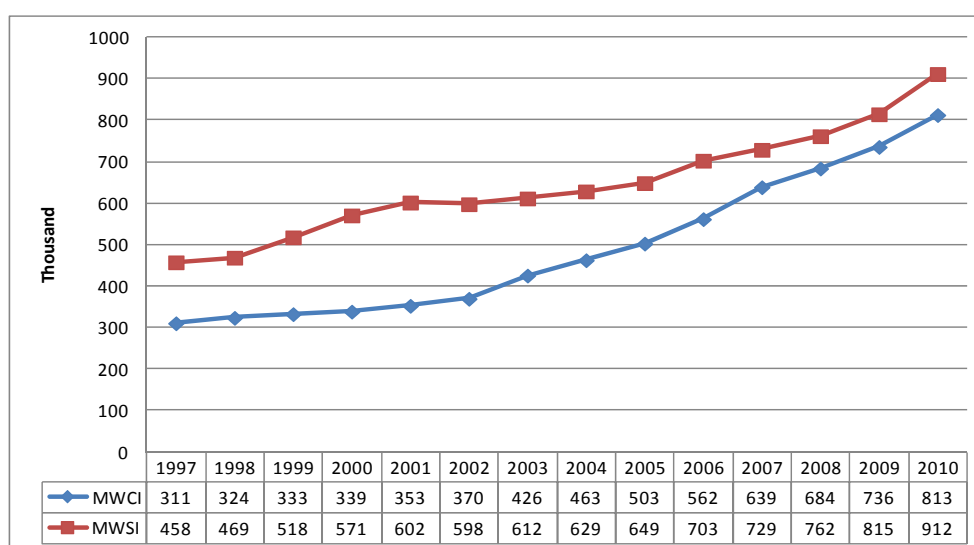
表 7.3.5 事業指標（KPIs と BEMs）の概要

Category	ID	Description	Unit
Key Performance Indicators (KPIs)	Water Service	W1 Domestic Connections	Thousand
		W2 Continuity of Water Supply	%
		W3 Pressure of Water Supply	%
		W4 Water Quality at Plant Outlet	%
		W5 Water Quality in Distribution	%
		W6 Sampling	%
	Sewerage and Sanitation	S1 Sewerage Connections	Thousand
		S2 Sanitation (Emptied Septic Tank, Actual Number/Target Number)	%
		S3 Wastewater Effluent Standards	%
	Customer Service	C1 Response to CS Complaints (within 10 days)	%
		C2 Response to Billing Complaints (within 10 days)	%
		C3 Response to Request for New Connections (within 5 days)	%
		C4 Installation of New Water Service Connections (within 7 days)	%
		C5 Response to Disruptive Mains Failure (within 24 hours)	%
Business Efficiency Measures (BEMs)	Income	IN1 Billed Volume	PHP
		IN2 Revenue Collection Rate	PHP
	OPEX	OP1 Labour Cost	PHP
		OP2 Power Cost	PHP
		OP3 Total OPEX	PHP
	CAPEX	CA1 Total CAPEX Expenditure	PHP
		CA2 Physical Accomplishment	PHP
		CA3 Financial Accomplishment	PHP
	Non-Revenue Water	NR1 NRW amount per connection	l/connec./day

出典： Evaluation on KPIs/BEMs 2012

主要な技術的・財務的指標のまとめを Annex7.3.1 と 7.3.2 に示した。また、事業の現況を把握するため、主要な技術的事業指標の推移を以下に述べる。

合計接続数は、東地区（MWCI）において 2002 年以降急激に増加している。MWCI の NRW 率と総収入は、2002 年～2010 年において同時に改善している。合計接続数を 1997 年時点の数値と比較すると、東地区（MWCI）で 161%、西地区（MWSI）で 99%増加している。合計接続数のうち、家庭用接続が占める割合は、それぞれ東地区で約 94%、西地区で約 93%である（表 7.3.3 参照）。

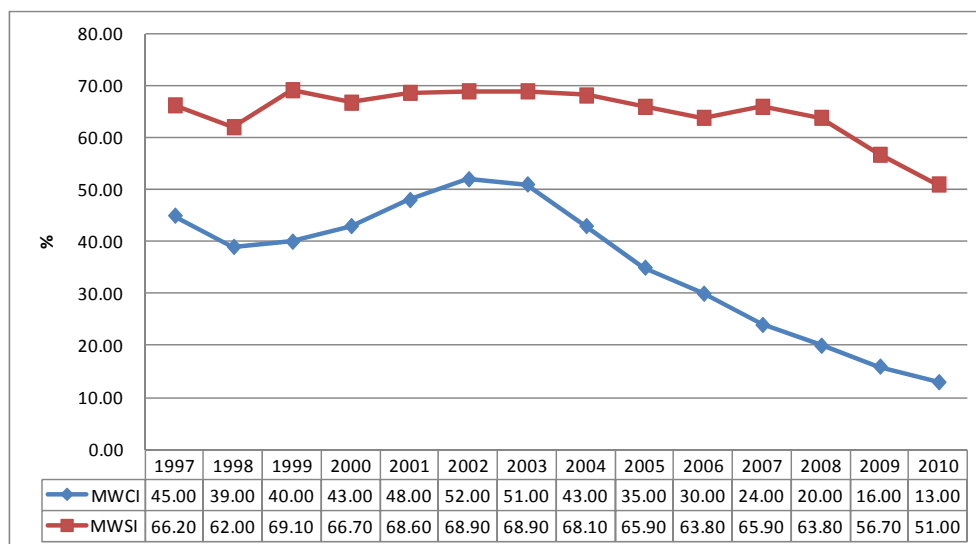


出典： MWSS

図 7.3.3 合計接続数

NRW 率については、以下の表に示すとおり、東地区において 2002 年の 52%から 2010 年の 13%まで大幅に改善している。この成果より、2002 年から 2010 年において MWCI が配水施設改善に大規模の投資を実施したことがうかがえる。NRW 率の低下は料金水量の増加に直結する。

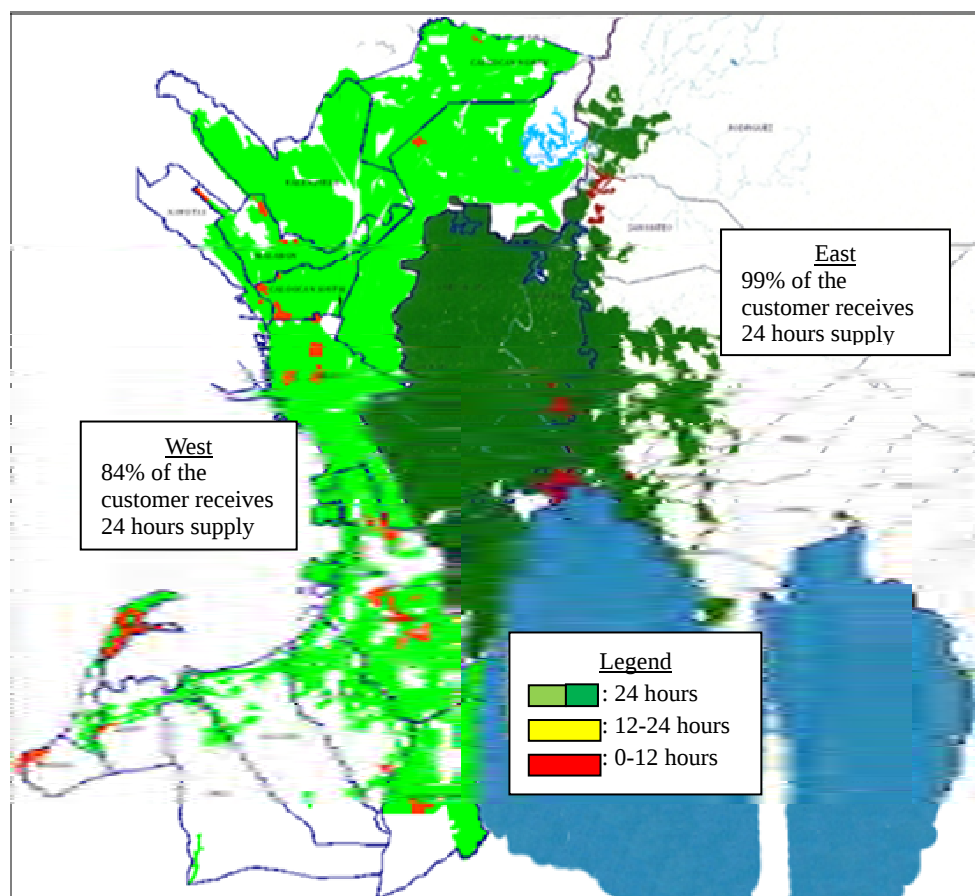
一方、西地区においては、NRW 率は 2007 年以降徐々に低下し現在は 51%である。MWSS は事業効率化のために、2035 年までに NRW 率を 20%に低下するよう目標設定を行っている。



出典： MWSS

図 7.3.4 NRW 率の推移

以下の図 7.3.5 に示すとおり、大部分の地域で水圧は 7spi 以上に保たれている。



出典：Evaluation on KPIs/BEMs 2012

図 7.3.5 水圧の現状（2011 年 12 月）

水道事業における課題

(1) 水不足時のコンセッショネア 2 社の協調

年間降水量の変動は、温暖化とそれに伴う気候変動の影響により、今後大きくなる可能性がある。これにより Agos-Umiray 水系の水不足の発生確率も増加すると予想できる。もし水不足が生じた場合、コンセッショネア 2 社は協調して、水資源をできる限り有効に活用することが期待される。技術的に水の分配管理は、導水施設及び配水施設において実施することができる。

CA により規定された原水の分配割合である 40%（東）と 60%（西）は、MWSS と両コンセッショネアが同意すれば、暫定的に変更することが可能である。Agos-Umiray 水系の原水は、La Mesa 浄水場（西地区）の流入量を制御するのみで、残りの水量が自動的に Balala 浄水場（東地区）に流入するため、運転管理は問題ない。

次に、既存の両地区の連結管を用いることで、地区を跨ぐ処理水の融通が可能である。前述したとおり、コンセッショネア 2 社は 2002 年まで連結管により処理水を融通していた経緯がある。コンセッショネア 2 社は、緊急時における協調方法の詳細である水の配分、処理水の単価、実際の運転方法等を協議しておくことを推奨する。

(2) NWSI サービス地区における NRW 率の改善

マニラ首都圏の処理水の 63%は西地区に配水されており、NRW 率は 2010 年時点で 51%となっている。今回の調査では NRW 発生原因を究明する情報は得られなかったが、処理水全体の 32%が西地区の漏水と商業的ロスと思われる原因により失われていることを示している。従って、西地区における NRW 率改善の進捗は、マニラ首都圏の水需要予測に多大な影響を与える。

一般的に、既存配水管の交換には高額な投資が必要であり、その費用を徴収料金で回収するためには長期の時間がかかる。このため、公共運営・民間運営にかかわらず、短期的視点で計画した場合、NRW 率の改善が後回しにされることも多い。

MWSI の NRW 改善目標を達成するため、MWSS は MWSI が NRW 率改善のために作成する計画、成果、及び支払投資費用に注意を払う必要がある。成果の達成が遅延する場合、MWSS は監督機関として、MWSI の NRW 率改善を促進するべく方策を講じる必要である。

7.3.3 周辺地域

(1) 水道施設の種類の

フィリピンでは、水道施設の種類のレベル1, 2, 3に分類される。それぞれのレベルの定義は以下のとおりである。

表 7.3.6 水道施設のレベルの定義

Level	Facility Type	Definition
Level 1	Point source	A protected well or a developed spring with an outlet but without a distribution system as it is generally the adaptable for rural areas where the houses are thinly scattered serving an average of 15 households with people having to fetch water from up to 250 meters distance
Level 2	Communal faucet system or stand post	A piped system with communal or public faucets usually serving 4-6 households within 25 meters distance.
Level 3	Waterworks system	A fully reticulated system with individual house connections based on a daily water demand of more than 100 liters per person.

出典： Philippines Water Supply Sector Roadmap (2nd edition)

フィリピン国の地方部の水道事業は、水源を地下水に依存している例が多い。

(2) 現在の水道事業者 (WSPs)

調査地域の水道事業者としては、水道区 (WD: Water District)、地方自治体 (LGUs) による事業、及び CPC 権利譲与者 (CPC Grantees) の 3 種類が存在する。各組織の概要を以下に述べる。

- 水道区 (WDs)

調査対象地域には 55 の水道区が存在する。水道区は、マニラ首都圏やその他民間運営されている地域を除き、各戸接続による上水道サービス（レベル 3 施設）を比較的大きな都市部で実施している。水道区は、複数の地方自治体を給水エリアとしてサービスを実施できる。また、水道区は政府所有管理法人 (GOCCs) の形態をとり、基本的に補助金を受けず独立した公社として運営されている。

-地方自治体（LGUs）

調査対象地域には 181 の地方自治体が存在する。地方自治体は、水道区が形成されていない地区で水道事業を運営する。事業規模は水道区と比較すると小さく、施設レベルは 1～3 の形態である。現在、地方自治体は、行政的に DILG (Department of the Interior and Local Government) の傘下にあるが、水道事業は効果的に管理されていないのが現状である。

- CPC 権利譲与者（CPC Grantees）

調査対象地域には 883 の CPC 権利譲与者が存在する。CPC 権利譲与者は、国家水源協議会（NWRB）より CPC（公共サービス権）の承認を受けている。組織形態は、小規模の民間会社または NGO である。CPC を与えられることで、事業者は水道施設の運転維持管理の権利を取得するが、規格・基準に違反した場合は罰則が課せられる。

(3) 国家の開発計画

水道セクターにおける国家レベルの計画として、国家開発庁（NEDA）より「フィリピン給水セクターロードマップ（Philippines Water Supply Sector Roadmap）第 2 改定版」が 2010 年に発行されている。ロードマップ策定の目標は、「全ての人に安全、十分、かつ持続的な水道を提供する」こととされている。ロードマップは、3 つの主要なフェーズから構成されている。

- 2010 年までに、432 の水道の無い自治体において、正規の事業者が現在の給水エリア外にサービスを拡張し、持続的な施設で 50%以上の給水率を達成する。管理されている水道事業者の割合を、40%から 60%に増加させる。
- 2015 年までに、安全な飲料水、基本的な衛生施設の無い人口を半減させるという、MDG の水道セクターにおける目標を達成する。
- 2025 年までに、持続的なサービスを全ての人に提供する。正規の事業者が人口増加に従いサービスを拡張する。全ての事業者は十分に規制・管理される。

フィリピン政府は、MLG の水道セクターの目標は 2015 年までに問題無く達成されると公表している。それ以降、2025 年までの中期的な成果と活動を以下の表に要約する。

表 7.3.7 フィリピン給水セクターロードマップの成果/活動（中期）

Outcome	Output
Outcome 1: STRENGTHENED INSTITUTIONS Harmonized and mainstreamed institutional and regulatory framework for a decentralized and enabling policy environment	Output 1.1: Jointly formulated policies and legislation clarifying agency mandates advocated and promulgated by concerned agencies and institutions
	Output 1.2 : Strengthened sector coordination mechanisms for effective management (planning, implementation, monitoring evaluation) and regulation
	Output 1.3 : Established financing support mechanisms
Outcome 2: DEVELOPED CAPACITIES Developed capacities of key LGUs, WSPs and NGAs for the sustainable management of the water supply and wastewater management sector	Output 2.1: LGUs are capacitated on local policy formulation, water services planning, monitoring and evaluation
	Output 2.2 : WSPs capacity needs on effective and efficient service delivery identified, and appropriate interventions designed and delivered
	Output 2.3 : NGAs' capacity needs to improve support services to LGUs and WSPs identified, and appropriate interventions designed and delivered
	Output 2.4: Established NGA support services and mechanisms promoting management and technological innovations accessible by LGUs and WSPs
Outcome 3: BUILT STRATEGIC ALLIANCES Broad community support in the development of the water supply and wastewater management sector is effectively mobilized	Output 3.1: Organized and operating broad community support focused on the development of the water supply and wastewater management sector
	Output 3.2 : Identified and sector-informed champions in the national and local legislative and executive bodies
	Output 3.3 : Established effective collaboration mechanisms
	Output 3.4: Active participation of water supply and wastewater management sector stakeholders in collective localized action for IWRM
Outcome 4: ADEQUATE INFRASTRUCTURE PROVISION Infrastructure provided (from source development to water supply distribution) is sustainable developed in identified priority areas	Output 4.1: Installed water systems in priority areas (preferably Level 3 water systems or Level 2 water systems upgradable to Level 3)
	Output 4.2: Bulk water supply from developed water sources delivered to priority areas
	Output 4.3: Sanitation facilities installed with constructed water supply systems

出典： Philippines Water Supply Sector Roadmap (2nd edition)

上記の中期計画に基づき、主に地方部における水道事業の普及率改善とサービス水準の向上を目指し、フィリピン政府は技術的・財務的支援を提供している。

各州は、それぞれ独自の開発計画を策定し、各インフラ事業の優先付けに基づき州予算を配分している。

調査対象地域における、将来の事業計画を分析した結果、調査団は「Bulacan バルク給水事業」を除き、河川流域間を送水する事業は存在しないことを確認した。

- Bulacan バルク給水事業

2011 年に実施された、JICA 調査「フィリピン共和国パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査」によると、Bulacan 州と Panpanga 州の地下水は、塩水遡上の影響で高い TDS と塩素の値を示している。問題解決のため、MWSS と Bulacan 州政府は、既存の Bulacan 州の水道区に、バルク給水を実施することで同意した。覚書によると、MWSS が Bulacan 州の主要な都市に対し、2.7 m³/s の給水をする計画となっている。本計画に使用される水源は明言されておらず、Angat-Umiray 水系と Sumag 取水が水源となる可能性がある。

（4）周辺地域の課題とその対応策

- 低い水道料金設定

一般的に、地方部の水道事業は弱い経済状況の下で実施されている。低収入の利用者に配慮し、料金が低く設定されていることにより、事業収入が低く抑えられていることが主な理由である。

地方自治体は、自治体の年間予算に基づき、水道事業を実施している。水道料金の値上げは、自治体の議会、またはバランガイと呼ばれる地域議会により承認されているが、政治的に値上げを認めないことも多い。水道区は基本的に財務的に独立して経営される。しかしながら、時として部分的な補助金を中央政府または地方政府から受け入れている。

より持続的な事業を達成するためには、水道料金は、維持管理費と初期費用の利払いを賄うレベルに設定される必要がある。地方自治体においては、水道事業へ補助金を提供する場合、透明性の高い規定・手続きの設定が必要である。また、NRWBとLWUAにより料金設定に関するガイドラインが発行されており、これの厳格な適用が必須である。

- ステークホルダー間の情報共有

国の水道セクターにおける規制機関は、非常に分割された状況である。NRWB、LWUA、DILG、NEDA、地方自治体は、独自の目的に従って事業を実施しており、最新の貴重な情報が共有できていない。水道事業をより効果的に実施するため、ステークホルダー間の情報を共有し、それを元に国家的な戦略を決定するシステムが必要だと言える。