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

No	Name	Depression Depth [mm]	θ0 Saturated Water Content	θs Residual Water Content	Morlem's n	Saturated Hydraulic Conductivity for Vertical Direction K0[cm/sec]	Saturated Hydraulic Conductivity for Slope Direction iK0[cm/sec]
1	ForestNITOSOLS_RechargingArea	10	0.438	0.069	4.00	3.85E-04	3.85E-03
2	ForestACRISOLS_RechargingArea	10	0.464	0.072	4.00	6.80E-04	6.80E-03
3	ForestCAMBISOLS_RechargingArea	10	0.447	0.076	4.00	2.49E-04	2.49E-03
4	ForestGLEYSOLS_RechargingArea	10	0.449	0.079	4.00	2.45E-04	2.45E-03
5	ForestLUVISOLS_RechargingArea	10	0.432	0.070	4.00	3.15E-04	3.15E-03
6	ForestVERTISOLS_RechargingArea	10	0.454	0.086	4.00	1.92E-04	1.92E-03
7	GlassNITOSOLS_RechargingArea	5	0.438	0.069	4.00	3.85E-04	3.85E-03
8	GlassACRISOLS_RechargingArea	5	0.464	0.072	4.00	6.80E-04	6.80E-03
9	GlassCAMBISOLS_RechargingArea	5	0.447	0.076	4.00	2.49E-04	2.49E-03
10	GlassGLEYSOLS_RechargingArea	5	0.449	0.079	4.00	2.45E-04	2.45E-03
11	GlassLUVISOLS_RechargingArea	5	0.432	0.070	4.00	3.15E-04	3.15E-03
12	GlassVERTISOLS_RechargingArea	5	0.454	0.086	4.00	1.92E-04	1.92E-03
13	CLAY	50	0.446	0.241	4.00	1.00E-06	1.00E-05
14	BuiltUp_NITOSOLS	5	0.438	0.069	4.00	3.85E-05	3.85E-04
15	BuiltUp_ACRISOLS	5	0.464	0.072	4.00	6.80E-05	6.80E-04
16	BuiltUp_CAMBISOLS	5	0.447	0.076	4.00	2.49E-05	2.49E-04
17	BuiltUp_GLEYSOLS	5	0.449	0.079	4.00	2.45E-05	2.45E-04
18	BuiltUp_LUVISOLS	5	0.432	0.070	4.00	3.15E-05	3.15E-04
19	BuiltUp_VERTISOLS	5	0.454	0.086	4.00	1.92E-05	1.92E-04
20	ForestNITOSOLS_DischargingArea	10	0.438	0.069	4.00	3.85E-05	3.85E-04
21	ForestACRISOLS_DischargingArea	10	0.464	0.072	4.00	6.80E-05	6.80E-04
22	ForestCAMBISOLS_DischargingArea	10	0.447	0.076	4.00	2.49E-05	2.49E-04
23	ForestGLEYSOLS_DischargingArea	10	0.449	0.079	4.00	2.45E-05	2.45E-04
24	ForestLUVISOLS_DischargingArea	10	0.432	0.070	4.00	3.15E-05	3.15E-04
25	ForestVERTISOLS_DischargingArea	10	0.454	0.086	4.00	1.92E-05	1.92E-04
26	GlassNITOSOLS_DischargingArea	5	0.438	0.069	4.00	3.85E-05	3.85E-04
27	GlassACRISOLS_DischargingArea	5	0.464	0.072	4.00	6.80E-05	6.80E-04
28	GlassCAMBISOLS_DischargingArea	5	0.447	0.076	4.00	2.49E-05	2.49E-04
29	GlassGLEYSOLS_DischargingArea	5	0.449	0.079	4.00	2.45E-05	2.45E-04
30	GlassLUVISOLS_DischargingArea	5	0.432	0.070	4.00	3.15E-05	3.15E-04
31	GlassVERTISOLS_DischargingArea	5	0.454	0.086	4.00	1.92E-05	1.92E-04

出典： JICA 調査団

9.4　流出解析

9.4.1　ワークフロー

上記で述べたように構築された流出モデルを用いて、以下に示すステップで流出解析を実施し、河川流況の現在から将来にかけての変化を定量的に評価した。

1) 現況と将来（2055 年気候）の条件下での流出解析の実施。

2) 年間の平均流況曲線の作成

3) 2040 年気候での流況曲線のプロジェクション

4) 観測雨量を用いた流況曲線と 20C3M での流況曲線の整合のための補正

以上の 4 つのステップの詳細について、以下に示す。

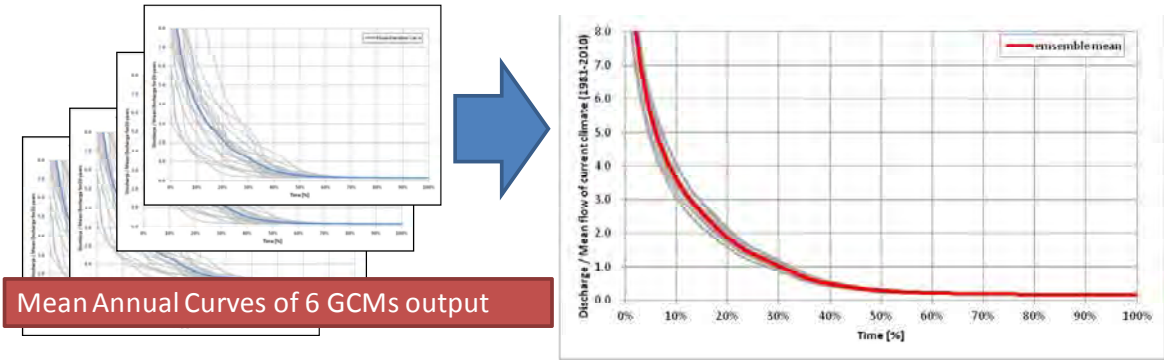
(1)　現況及び将来気候条件下でのシミュレーションの実施

3 つのタイプのシミュレーションケースを実施した。すなわち、”OBS”と”20C3M”お及び”A1B2055”である。”OBS”は、観測雨量と観測気温を用いた 1981 年から 2000 年を外力とした流出解析である。一方、”20C3M”は、1981 年から 2000 年の期間についてバイアス補正をした GCM の出力結果を用いた流出解析ケースである。そして、”A1B2055”は、2046 年から 2065 年の GCM のバイアス補正結果を用いた流出解析ケースである。加えて”A1B2040”は、”A1B2055”ケースの結果と IPCC データ配信センターから入手される月雨量データより、

2040 年気候の流況をプロジェクションして求めたものである。ここで用いた GCM は、8 章で説明したように降雨の再現能力で選出した 6 つの GCM である。

(2) 流況曲線の作成

長期の流量算出結果を整理するために、流況曲線を作成した。流況曲線は年間の全ての日流量を降順に並び替えて曲線にプロットしたもので、横軸は流量のランキングであるとともに、年間の流量の超過確率に対応するものである。流出解析は、各ケースそれぞれ 20 カ年で計算を実施したため、20 本の年間流況曲線が作成される。各流量ランク（超過確率）について 20 本の流量を平均し、平均流況曲線が作成できる。同じ処理を全ての GCM のアウトプットについて行い、6 本の平均流況曲線が作成される。これらを全てまとめた平均流況曲線がアンサンブル平均した流況曲線である。



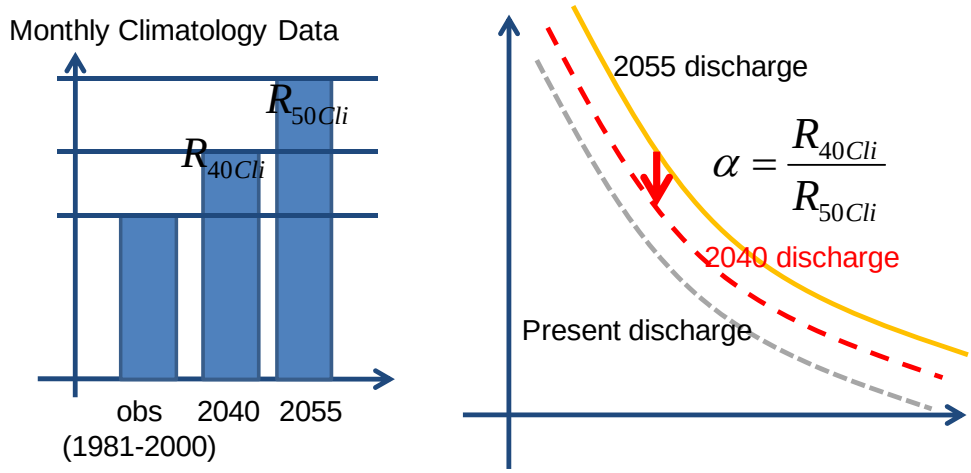
出典： JICA 調査団

図 9.22 平均流況曲線の作成のイメージ図

(3) 2040 年気候下の流況曲線の推定

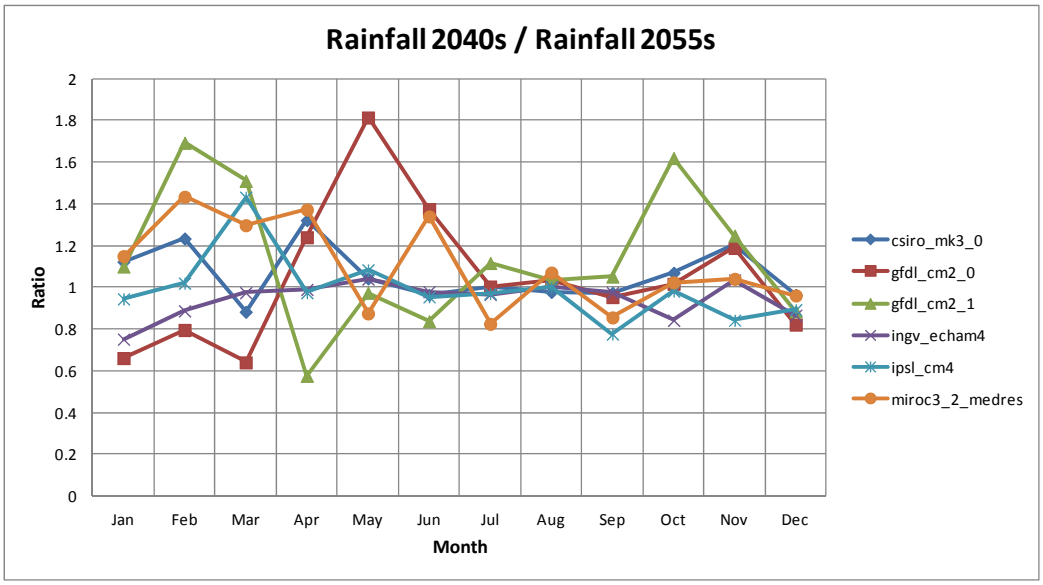
将来についての GCM の日単位データが入手できるのは､2046 年から 2065 年のデータである。計画対象年次である 2040 年を中心とした 20 カ年の流量データを得るために簡易な方法で推定を行った。

1) 計画対象年 2040 を中心とした 20 カ年、すなわち、2031 年から 2050 年の月雨量データを IPCC データ配信センターから入手する。
2) 2040 年気候降雨の気候値を算出する。
3) 2040 年気候の各月雨量気候値と 2055 年気候の雨量気候値の比を算出し、その月の流量に乗じることで 2040 年気候の流況とした。



出典： JICA 調査団

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

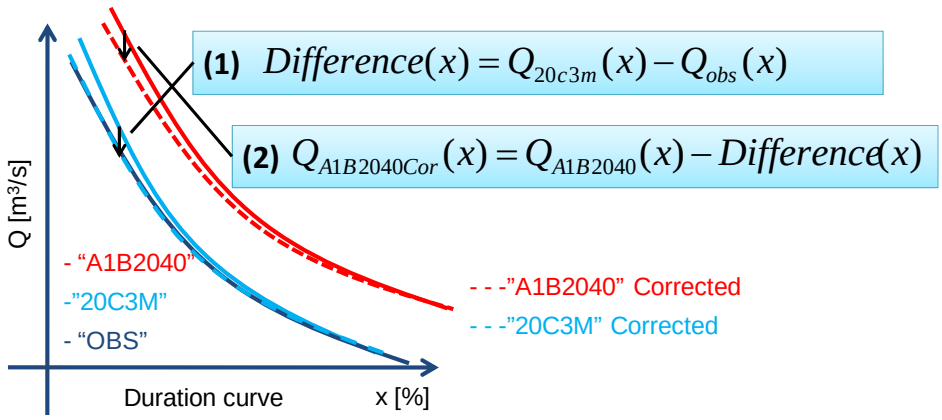


出典： JICA Study Team with CMIP3 multi-model dataset

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

(4)　“OBS”流況曲線への”20C3M”流況曲線のフィット

“20C3M”の流況曲線は、若干”OBS”ケースと異なっている。これは、月雨量や発生頻度などの統計的特性はバイアス補正で一致するようになっているが、雨の降る・振らないという時系列的な特徴までは補正できず、流出量は雨の時系列的な履歴に影響を受けるものだからである。この”20C3M”と”OBS”の差異は、”20C3M”と”A1B2040”の差異よりも大きいケースがあった。つまり、将来の流況への影響評価は”A1B2040”と”20C3M”の差異で考えられるが、現況の流況曲線を軸に議論するためには、”20C3M”の流況曲線を”OBS”と一致するように補正する必要がある。同じ補正を”A1B2040”にも施す。図 9.25 に示したように”20C3M”と”OBS”の平均流況曲線を比較し、同ランクでの流量の差をバイアスと捉え、このバイアスを”A1B2040”から差し引くこととした。



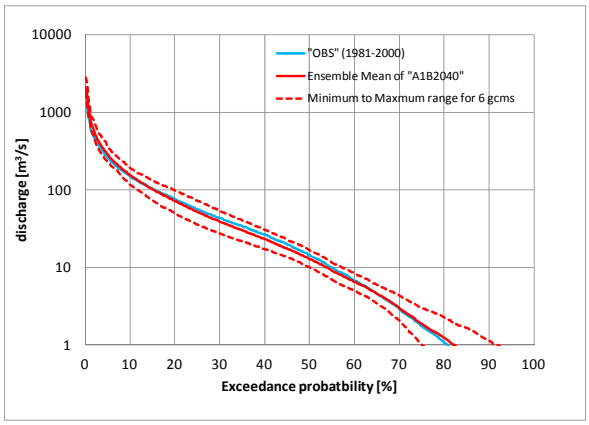
出典： JICA 調査団

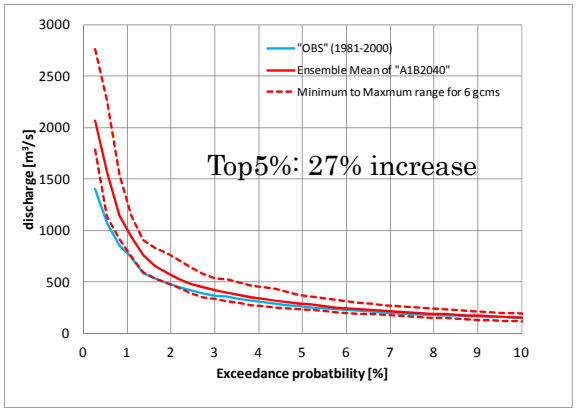
図 9.25 流況曲線の整合性確保のためのバイアス補正

9.4.2 水文環境に対する気候変動影響評価

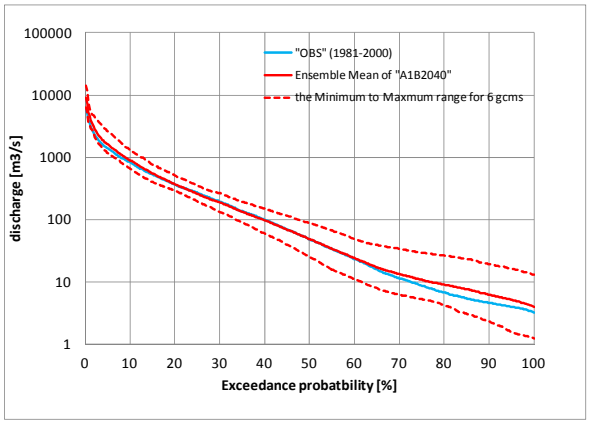
年間流況曲線を全ての GCM の出力結果について作成した結果を図 9.26 に示す。2040 年気候での洪水流量は現状よりも増大すると推定され、流況曲線の上位 5%で比較すると、アンガット川流域で 27%の増加、パンパンガ川流域で 32%の増加、パッシグ・マリキナ川流域で 22%の増加、ウミライ川流域で 27%、アゴス川流域で 32%の増加、ラグナ湖への流入量で 62%の増加となる。一方、低水については"A1B2040"の現状から大きな変化はない。低水における気候変動影響評価が本調査での重要なポイントであり、続いての 9.5 章でさらに詳細の評価を行う。

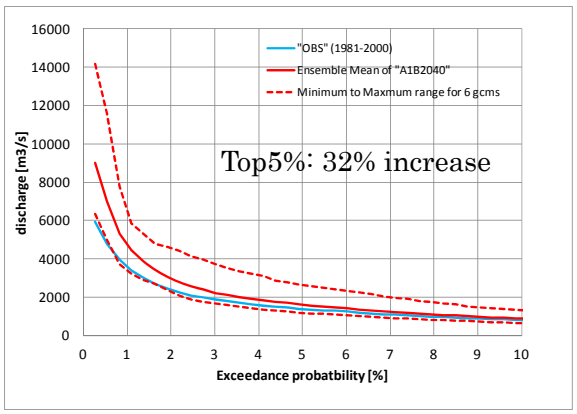
Angat River Basin



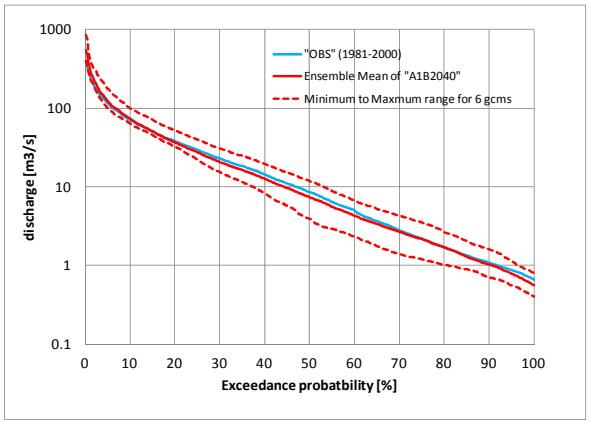


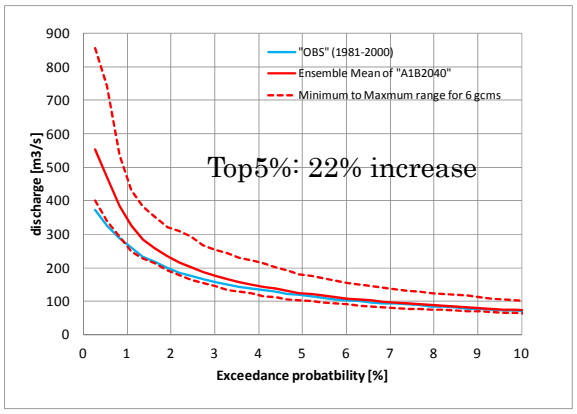
Pampanga River Basin





Pasig-Marikina River Basin



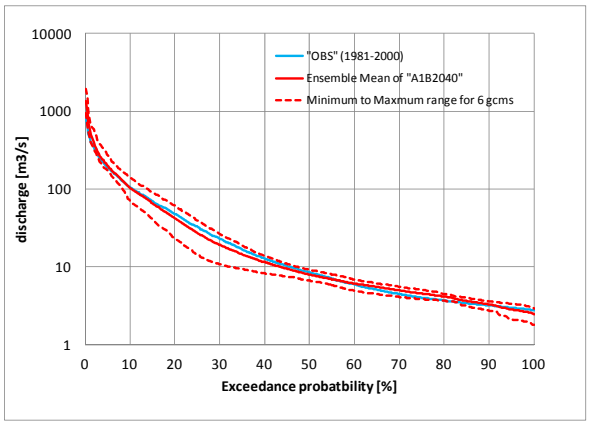


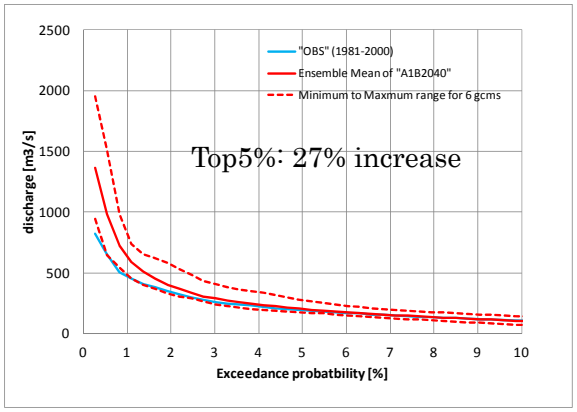
注：　青い実践が 1981-2000 年の観測雨量による流出解析結果、赤い実線が 2040 年の平均流況曲線の 6 GCM のアンサンブル平均値である。赤い点線は各 GCM での平均流況曲線のうち、最大、最小となるものを示している。左側に配置されている図は、流況の全域（0 から 100%まで）を示しており、縦軸を対数軸としている。図の右側は、上位 10%の流況を示している。

出典：　JICA 調査団

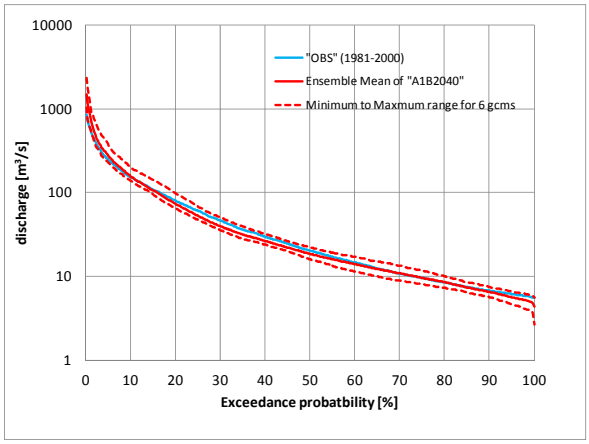
図 9.26(1/2)　アンサンブル平均流況曲線での現状から将来 2040 年気候への変化（アンガット、パンパンガ、パッシグ・マリキナ）

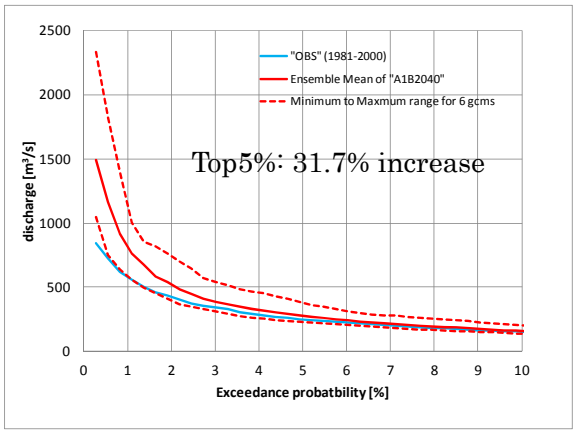
Umirai River Basin



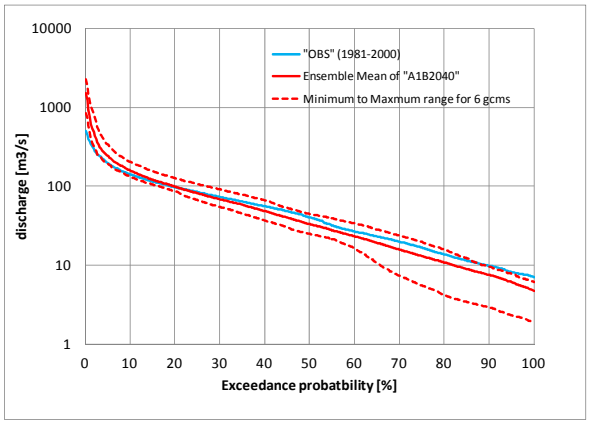


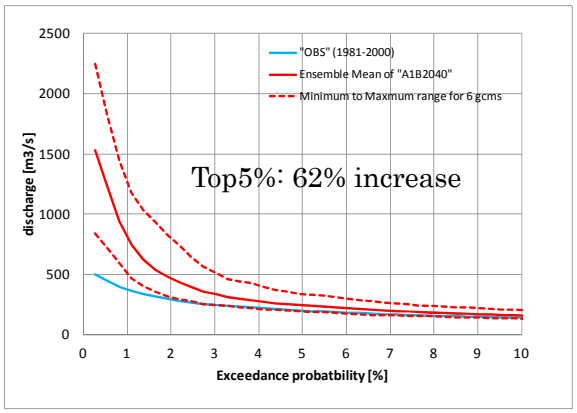
Agos River Basin





Laguna Lake Basin





注：　青い実践が 1981-2000 年の観測雨量による流出解析結果、赤い実線が 2040 年の平均流況曲線の 6 GCM のアンサンブル平均値である。赤い点線は各 GCM での平均流況曲線のうち、最大、最小となるものを示している。左側に配置されている図は、流況の全域（0 から 100%まで）を示しており、縦軸を対数軸としている。図の右側は、上位 10%の流況を示している。

出典：　JICA 調査団

図 9.26(2/2)　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（ウミライ、アゴス、ラグナ湖）

9.5 気候変動に対する水資源の脆弱性の評価

気候変動に対する水資源の脆弱性を把握するために、水文的な状況が将来どのように変化するかを評価した。気候変動によって引き起こされる変化が水資源管理上ネガティブな影響をもたらすものであった場合、水資源の気候変動に対する脆弱性と表現される。例えば、乾季の流出量が将来には現状よりも減少すると評価されるならば、その脆弱性は、現況の乾季の流量と将来の流況の差分で表現される。水文現象は時間的および空間的に特性が異なるものであり、脆弱性の評価は、場所ごと、季節ごとに行う必要がある。

9.5.1 渇水指標

渇水に与える気候変動の影響評価が本調査で重要な事項である。将来の渇水の状況を評価するために、下に列挙した複数の渇水指標を導入した。それぞれの評価結果は 表 9.22 から表 9.25 に示されている。

a) 渇水流量（年間流況曲線のうち、上位から 355 番目の流量）
b) 現状の平均渇水流量を下回る流量の日数
c) 10%の非超過確率での渇水流量（10 年に 1 回規模での渇水流量）
d) 10%非超過確率の渇水流量を下回る流量の日数

渇水指標での評価の結果、全体的に 2/3 の GCM が将来に向かって渇水傾向が進むという結果であった。水資源管理計画を策定するためには、将来に向かって増大すると見込まれる渇水リスクを織り込むことが重要である。

9.5.2 季節変動に関する評価

現況と 2040 年気候での平均月流量を算出し、比較したものを図 9.27 から図 9.30 に示す。各月の 20 年分の値のうち、下から 2 番目の流量を抽出したものを図の右側に示している。ここで注意が必要なのは、このような渇水年が生じると予測しているのではなく、各月ごとでの 1/10 渇水評価を行ったものであるということである。平均的な月平均流量は若干増加するとみられるが、現況と大きくは変わらない。一方、各月の 1/10 渇水によれば、特に雨季での流量の減少が顕著に見られる。つまり、平均的には大きな変化はないが、年ごとのばらつきが大きくなると予測される。

9.5.3 年較差の評価

変動係数（The coefficient of variation, CV）は、20 年の月流量の標準偏差を 20 年平均月流量で正規化したもので、年ごとの格差の大きさを評価する指標である。正規化しているため、留意期間での比較にも用いることができる。各月ごとに算出された CV を図 9.31 に示す。年々格差は、将来に向かってより激しくばらつくようになることが図から読み取れる。これは、水資源管理上、留意すべき脆弱性である。CV の算出式を以下に示す。

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Q_i - \overline{Q})^2}}{\overline{Q}}$$

ここに、 Q_i ある年の月平均流量; $\overline{Q}$ 20 カ年の平均月流量の平均値; N 評価対象の年数。

ここでは、20 カ年。

9.5.4　脆弱性評価結果

(1) 平年の河川流況

平年の河川流況は将来に向かって大きな変化がないと予測される。これは、平年で降雨量の将来に向けての変化量がそれほど顕著に見られないという気候の影響評価結果と整合する。

(2) 渇水年における雨季の河川流量の減少

パッシグ・マリキナ、ラグナ湖、アゴス川流域での渇水年での雨季の流量は大きく減少することが予測されている。パッシグ・マリキナ川では、平年の 8 月平均流量が現状で 33 m^3/s なのに対し、渇水年の同月では 14 m^3/s となり、およそ 40%の減少が見られる（図 9.27 b 参照）。ラグナ湖では、渇水年の 10 月の全流入量が現状で 47m^3/s と推定されているのが、将来 2040 年気候下での渇水年同月では、GCM のアンサンブル平均値で 30 m^3/s まで減少することが予測されている（図 9.30 b 参照）。同様にアゴス川では、渇水年の 9 月の現況流量が 41 m^3/s なのに対し、2040 年気候下での渇水年では 16 m^3/s となることが予想される（図 9.29 b 参照）

図 9.27～9.30 で、上段はモデル最下流端における月平均流量のアンサンブル平均値での現況及び 2040 年気候下での流況の比較である。a)は 20 カ年の平均値、b)は月ごとの 1/10 渇水時の流量を示しており、破線は GCM のうち最大値・最小値を示したものである。下段は P-E の流域平均値の現況と将来の比較を示したものであり、c)は 20 年平均値、d)は各月ごとの 1/10 渇水時の値を比較したものである。

表 9.22　パッシグ・マリキナ川流域での渇水指標評価結果

GCM Model	Annual Drought Discharge (m3/s) (average 355th rank)		# of days/year that baseflow < present drought discharge		10% Non Exceedance Probability of Annual Drought Discharge(m^3/s) (10th percentile of 355th rank)		# of days/year that baseflow < present 1/10 drought discharge		Longest # of days for each year below average drought discharge	
	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future
CSIRO	1.51	1.38	42	48	0.47	0.30	3	5	104	148
GFDL_0	1.00	0.84	49	77	0.32	0.23	5	8	141	179
GFDL_1	0.90	0.68	32	44	0.34	0.24	2	9	113	96
INGV	0.90	1.06	36	35	0.38	0.46	3	1	97	81
IPSL	0.52	0.69	32	27	0.20	0.34	2	1	108	68
MIROC	0.81	0.56	38	51	0.38	0.23	2	12	92	123

※The index was evaluated for the daily discharges at the downstream end of modeled area.
Red = drier in future; more frequent below drought discharge
Blue = wetter in future; less frequently below drought discharge

出典： JICA 調査団

表 9.23　ウミライ川流域での渇水指標評価結果

GCM Model	Annual Drought Discharge (m3/s) (average 355th rank)		# of days/year that baseflow < present drought discharge		10% Non Exceedance Probability of Annual Drought Discharge(m^3/s) (10th percentile of 355th rank)		# of days/year that baseflow < present 1/10 drought discharge		Longest # of days for each year below average drought discharge	
	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future
CSIRO	2.91	2.92	29	25	2.44	2.34	3	10	97	90
GFDL_0	2.68	2.32	38	44	2.05	1.92	4	10	137	125
GFDL_1	2.67	1.86	27	52	2.00	1.43	2	25	97	106
INGV	2.74	2.85	20	18	2.40	2.34	3	6	66	149
IPSL	2.57	2.89	26	26	2.21	2.36	4	1	103	72
MIROC	2.70	2.39	22	33	2.36	1.86	3	21	68	62

※The index was evaluated for the daily discharges at the downstream end of modeled area
Red = drier in future; more frequent below drought discharge
Blue = wetter in future; less frequently below drought discharge

出典：　JICA 調査団

表 9.24　アゴス川流域での渇水指標評価結果

GCM Model	Annual Drought Discharge (m3/s) (average 355th rank)		# of days/year that baseflow < present drought discharge		10% Non Exceedance Probability of Annual Drought Discharge(m^3/s) (10th percentile of 355th rank)		# of days/year that baseflow < present 1/10 drought discharge		Longest # of days for each year below average drought discharge	
	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future
CSIRO	5.85	5.45	44	39	4.00	4.07	3	1	119	112
GFDL_0	4.41	4.33	37	41	3.08	2.85	3	8	115	168
GFDL_1	5.12	3.51	39	60	3.07	2.25	3	13	158	210
INGV	5.38	4.79	23	61	4.26	3.70	4	11	100	128
IPSL	4.46	4.81	36	19	3.21	3.92	2	0	102	70
MIROC	5.16	3.65	37	56	3.98	2.82	3	32	111	124

※The index was evaluated for the daily discharges at the downstream end of modeled area
Red = drier in future; more frequent below drought discharge
Blue = wetter in future; less frequently below drought discharge

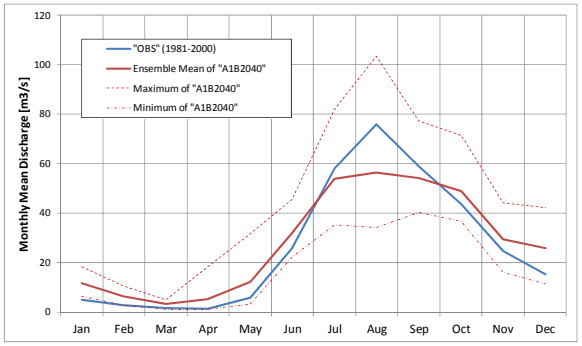
出典：　JICA 調査団

表 9.25　ラグナ湖周辺流域の渇水指標の評価結果

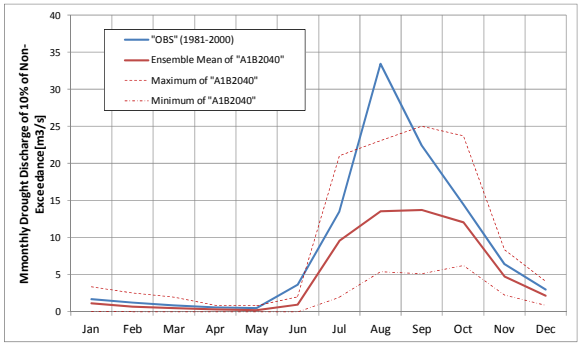
GCM Model	Annual Drought Discharge (m3/s) (average 355th rank)		# of days/year that baseflow < present drought discharge		10% Non Exceedance Probability of Annual Drought Discharge(m^3/s) (10th percentile of 355th rank)		# of days/year that baseflow < present 1/10 drought discharge		Longest # of days for each year below average drought discharge	
	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future
CSIRO	8.16	6.17	68	69	0.71	0.51	3	7	197	164
GFDL_0	7.36	7.02	71	82	2.02	0.94	2	6	199	238
GFDL_1	7.15	5.20	70	69	0.63	0.34	3	4	179	194
INGV	7.29	7.37	59	93	0.50	0.20	3	5	168	221
IPSL	7.73	7.80	38	37	4.75	5.69	2	1	148	77
MIROC	6.93	2.14	68	122	0.63	0.36	4	6	165	227

※The index was evaluated for the daily discharges at the downstream end of modeled ares
Red = drier in future; more frequent below drought discharge
Blue = wetter in future; less frequently below drought discharge

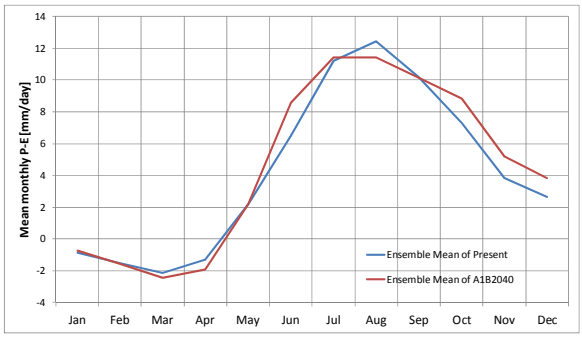
出典：　JICA 調査団



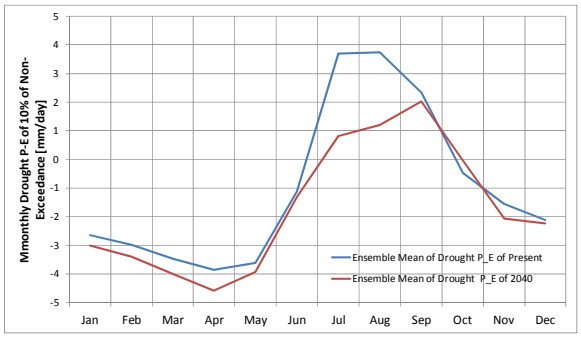
a) Monthly Mean Discharge



b) Monthly Drought Discharge



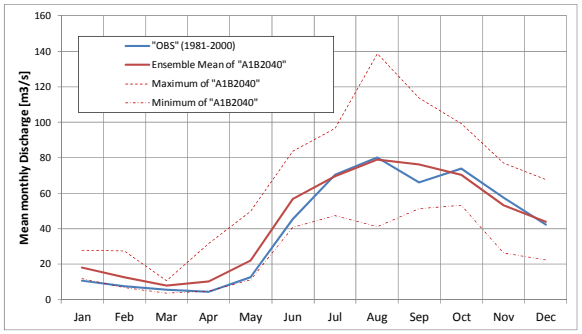
c) Monthly Mean P-E



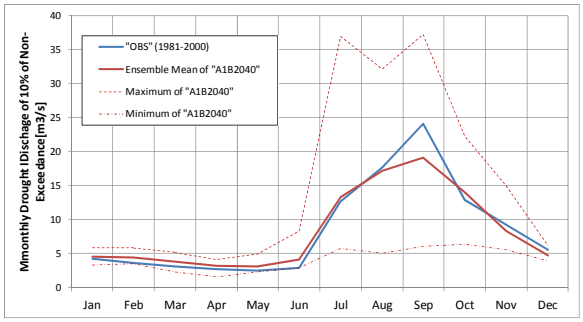
d) Monthly Drought P-E

出典： JICA 調査団

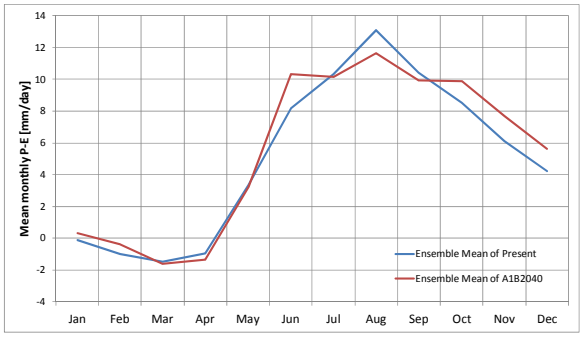
図 9.27　パッシグ・マリキナ川流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較



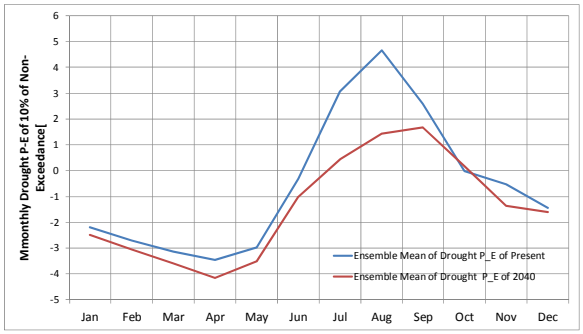
a) Monthly Mean Discharge



b) Monthly Drought Discharge



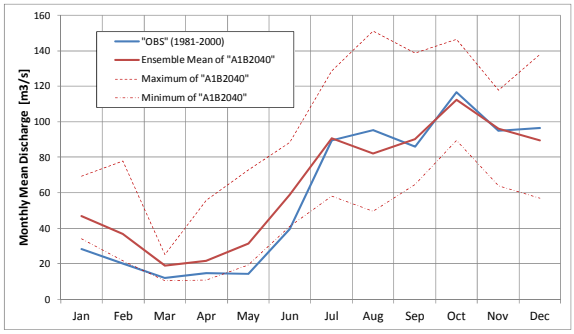
c) Monthly Mean P-E



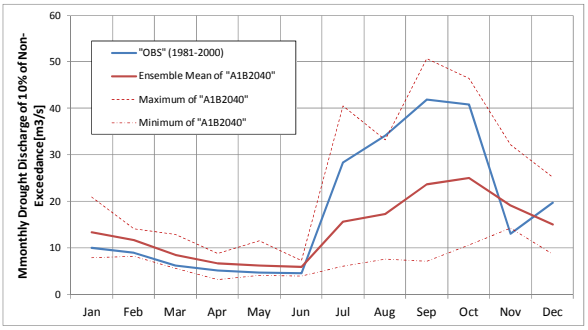
d) Monthly Drought P-E

出典： JICA 調査団

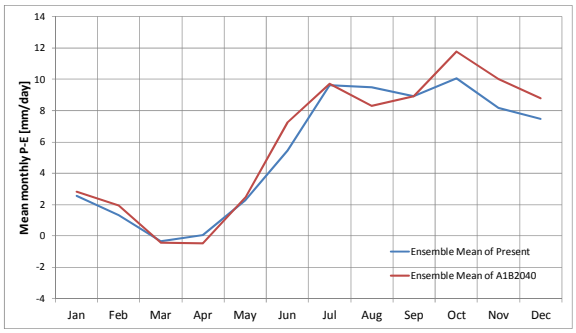
図 9.28　ウミライ川流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較



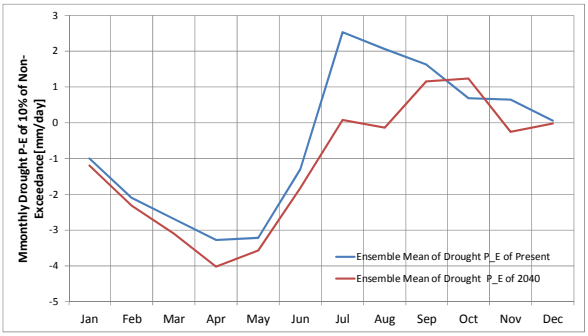
a) Monthly Mean Discharge



b) Monthly Drought Discharge



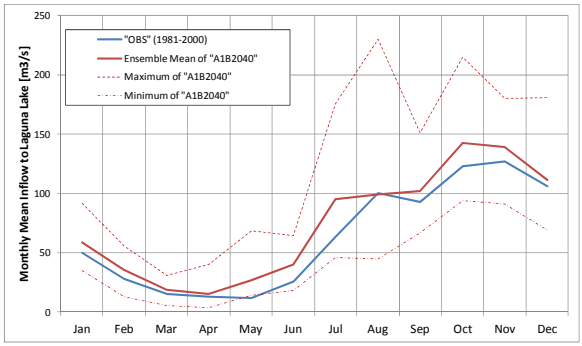
c) Monthly Mean P-E



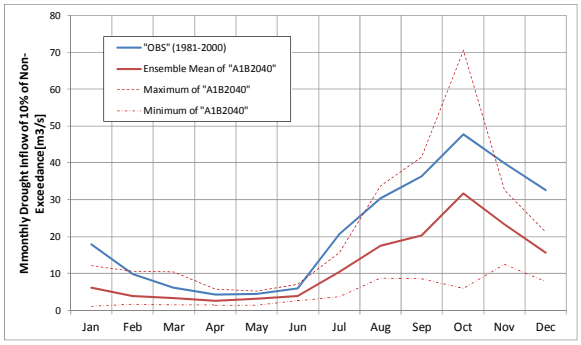
d) Monthly Drought P-E

出典： JICA 調査団

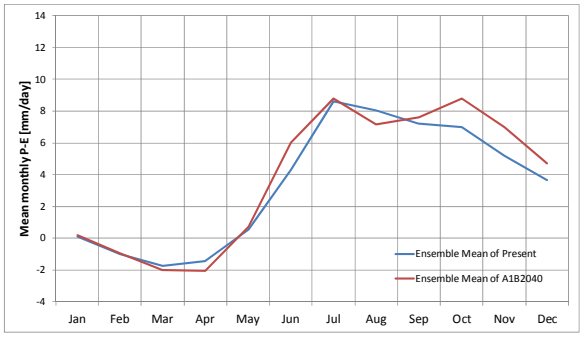
図 9.29　アゴス川流域の月平均の P-E 比較と月平均流量の変化の比較



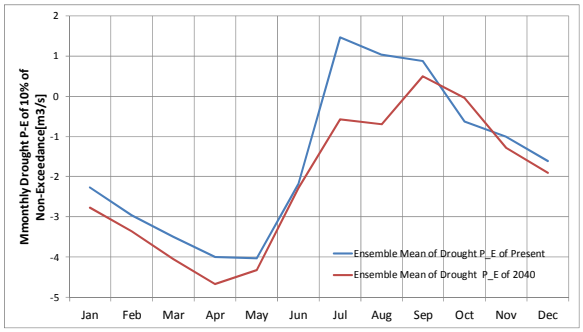
a) Monthly Mean Discharge



b) Monthly Drought Discharge



c) Monthly Mean P-E



d) Monthly Drought P-E

出典： JICA 調査団

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

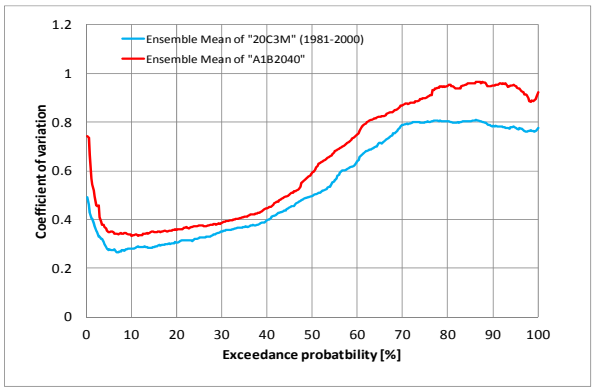
(3) 年々格差の増大

図 9.31 に変動係数の評価結果が示されている。この変動係数の数値は、大きいほど年ごとのばらつきが大きいという意味であり、流域間で比較できる数値である。

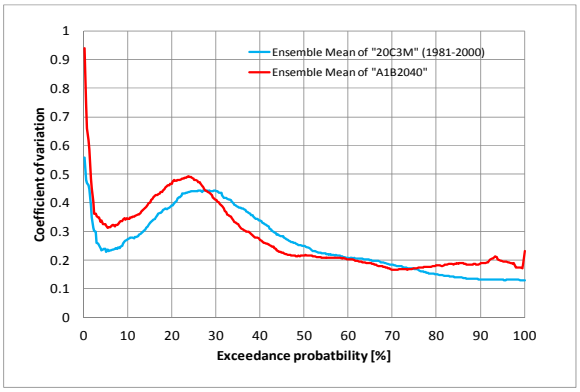
この CV の評価図は 2 つのタイプに分けられる。一つがパッシグ・マリキナ川流域とラグナ湖流域でルソン島の内陸側に位置する流域のグループ、もう一つのグループがウミライ川とアゴス川流域で、フィリピン海に面している流域のグループである。パッシグ・マリキナ川流域とラグナ湖の流量の年較差は増大することが予測されており、特に低水部で現状でもばらつきが大きいという評価結果である。これに対し、ウミライ川流域とアゴス川流域の CV は将来に向かっての増加はわずかであり、低水部の CV 値は小さいものとなっている。

このことから、マニラ首都圏及び周辺地域の水資源管理上、ウミライ川流域やアゴス川流域も水源に含めた統合水資源管理は、将来の渇水時の不安定さのリスクを解消するための有望な施策であると考えられる。

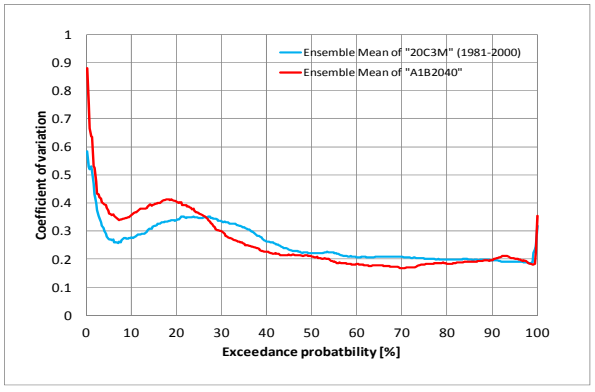
Pasig Marikina River Basin



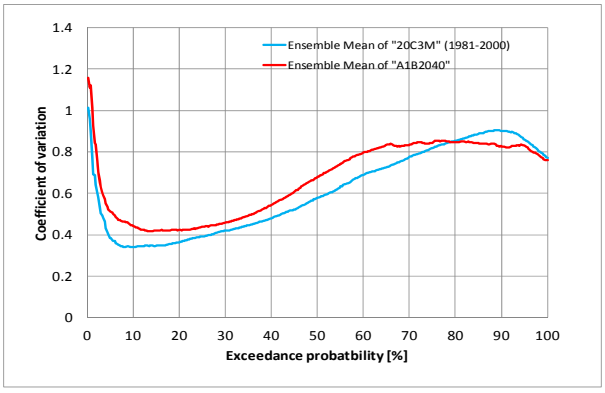
Umirai River Basin



Agos River Basin



Laguna River Basin



注： 青い実線は現況（1981 年から 2000 年）の流況曲線の変動係数を示す。また、赤い実線は、将来 2040 年気候下（2031 年から 2050 年）での流況曲線の変動係数を示す。
出典： JICA 調査団

図 9.31 年間流況曲線のランクごとでの変動係数（CV）の評価結果

第 10 章　水収支解析

10.1　アンガット川流域

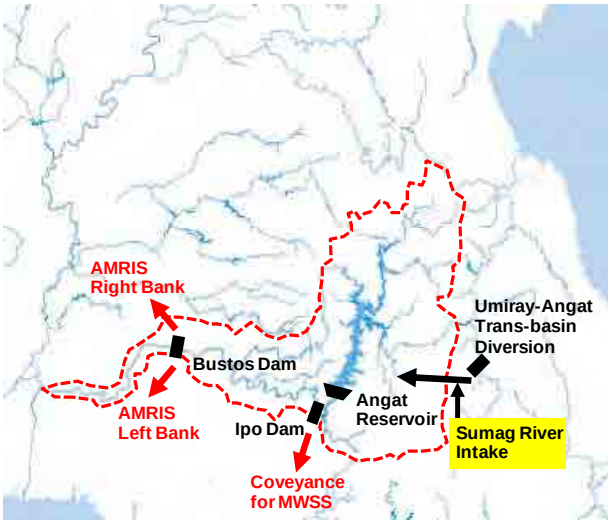
10.1.1　水資源

(1)　表流水

既存の主な水資源はアンガット貯水池及びウミライ導水である。

アンガット川流域において世銀調査 Metro Manila Water Security Study によるロードマップに示されている計画は、図 10.1.1 に示すとおり、ウミライ～アンガット導水事業の未実施部分であるスマッグ川取水のみである。

スマッグ川取水を実施することにより、MWSS に対する水配分が 2.17 m^3/s（= 188 MLD）増加する。



出典：　JICA 調査団

図 10.1.1　アンガット川流域の水資源（表流水）

表 10.1.1 に現状及び With Project における水資源の概要を示す。これらの数字は 1968～2010（43 年間）の水文データセットを使用した後述の水収支計算結果（ケース 01 及びケース 04）を参照している。

表 10.1.1　アンガット川流域の水資源（表流水）

水資源：現状	流域面積 (km^2)	流況：1968～2010（m^3/s）			
		平均	80%	90%	95%
アンガット貯水池	546	70.4	51.2	50.8	32.0
ウミライ～アンガット導水	(130)				
ブストス堰までの残流域	846	15.1	0.7	0.4	0.2
合計		85.5	51.9	51.2	32.2

水資源：With Project	流域面積 (km^2)	流況：1968～2010　（m^3/s）			
		平均	80%	90%	95%
アンガット貯水池	546	73.1	51.2	51.2	39.3
ウミライ～アンガット導水＋スマッグ川取水	(161)				
ブストス堰までの残流域	846	15.1	0.7	0.4	0.2
合計		88.2	51.9	51.6	39.5

出典：　JICA 調査団

(2) 地下水

7.2.3 節に記載するとおり、アンガット川流域における持続可能な地下水使用量は 4,812 liter/s（= 416 MLD）と推定される。

10.1.2 水需要

(1) 表流水

表 10.1.2及び図 10.1.2 にアンガット川流域の水資源に対する水需要を示す。

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

水需要	現在（2012 年）		将来（2040 年）	
	m^3/s	MLD	m^3/s	MLD
上工水：マニラ首都圏への導水	46.3	4,000	46.3	4,000
上工水：その他（ブラカン州及び流域内）	3.3	285	8.8	760
農業用水：AMRIS	19.0	1,642	19.6	1,685
農業用水：その他（流域内）	0.3	24	0.6	52
合計	68.9	5,951	75.3	6,497

注）農業用水は年平均値である。
出典： JICA 調査団

MWSS に付与されている水利権は 46.3 m^3/s（= 4,000 MLD）であり、これが事実上、現在（2012 年）のマニラ首都圏における上工水の水需要とみなされる。将来、マニラ首都圏の水需要は 4,000 MLD を超えて増加すると予測されているが、一方でアンガット貯水池からの MWSS と NIA に対する水配分の問題が未解決であることに留意しなければならない。したがい、本章の水収支計算では、アンガット貯水池から MWSS への水配分は将来（2040 年）においても 4,000 MLD を超えないものと仮定する。

現在及び将来の月別水需要を図 10.1.2 に示す。5.5.7 節に記載したとおり、アンガット川流域の表流水を使用する上工水の水需要は、現在において 3.3 m^3/s（= 285 MLD）と推定され、将来は 8.8 m^3/s（= 760 MLD）に増加すると予測される。

アンガットーマアシム河川かんがいシステム（AMRIS）のかんがい用水必要量は、現在（2012 年）は平均 19.0 m^3/s と推定され、将来（2040 年）は平均 19.6 m^3/s と予測される。月別のかんがい用水必要量は、現在 0.2～42.1 m^3/s、将来 0.3～43.4 m^3/s である。その他の農業用水（CIS、SSI、漁業及び家畜）の水需要合計は、現在（2012 年）は 0.3 m^3/s と推定され、将来は 0.6 m^3/s と予測される。

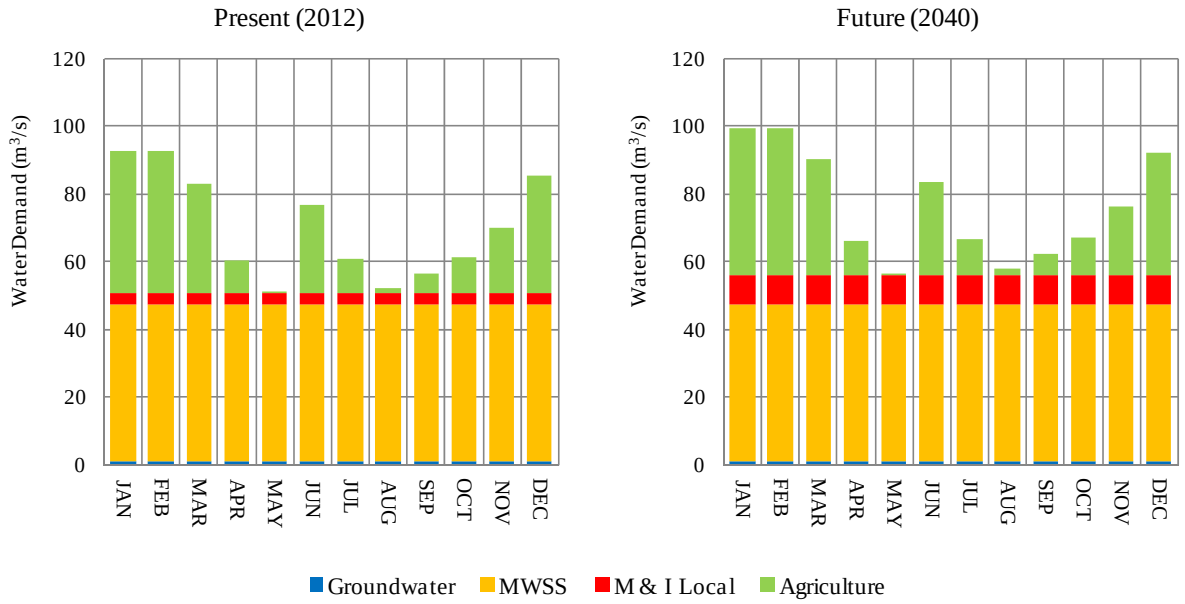
水需要と表 10.1.1 の水資源を比較すると、現在の水需要合計は 68.9 m^3/s であり、現状のアンガット貯水池からの平均放流量 70.4 m^3/s に近づきつつある。将来の水需要合計は 75.3 m^3/s であり、With Project の場合のアンガット貯水池からの平均放流量 73.1 m^3/s を上回っている。

上工水の水需要合計は、現在 49.6 m^3/s（= 46.3 + 3.3）、将来 55.1 m^3/s（= 46.3 + 8.8）である。一般に上工水供給は 95%以上の確率で持続されるべきであるが、アンガット貯水池からの 95%保障流量は、現状 32.0 m^3/s（= 2,765 MLD）、将来 39.5 m^3/s（= 3,413 MLD）である。

すなわち、上工水の水需要は既にアンガット貯水池から持続的に可能な水供給を上回っているものと考えられる。

(2)　地下水

7.2.2 節に記載するとおり、アンガット川流域における現在の地下水使用量は 1,052 liter/s （= 91 MLD）と推定される。本節の水収支計算では、現在において地下水はすべて上工水供給に使用されており、これが将来にわたって維持されるものと仮定する。



出典：　JICA 調査団

図 10.1.2　アンガット川流域の水資源に対する水需要

10.1.3　主要な問題点

現状において、MWSS によるマニラ首都圏水供給は水源の 95.5%をアンガット貯水池に依存している。MWSS への水配分は 46.3 m^3/s（= 4,000 MLD）であるが、これには「かんがい用水の条件付き水配分 15 m^3/s（= 1,296 MLD)」が含まれている。本来、この 15 m^3/s は AMRIS で使用されないかんがい用水を MWSS に配分するものであるが、事実上は MWSS に対して優先的に配分されており、渇水発生の場合、AMRIS における水不足が深刻化する要因となっている。

上記「かんがい用水の条件付き水配分（15 m^3/s)」の解決策として、これまで数多くの計画・事業提案が行われてきた。それらは概して以下の二案に分類される。世銀調査 Metro Manila Water Security Study では、マニラ首都圏水供給のロードマップ策定にあたり、このような計画・事業提案についてのレビューが行われた。

1)　近傍（パンパンガ川流域、アンガット川流域）における新規水源開発により、AMRIS のかんがい用水の不足分を補給する。

　　世銀調査では、パンパンガ川上流域統合河川かんがいシステム（UPRIIS）を将来拡張するための水資源開発として計画されているバリンティンゴン貯水池から AMRIS に水配分する案が検討された。

しかし、世銀調査の最終報告書は、MWSS、NIA 等の関係者間の議論において、「バリンティンゴン貯水池の受益者はあくまで地元（ヌエバ・エシジャ州）であるべき」との結論となり、同案による「かんがい用水の条件付き水配分（15 m^3/s）」の解決は実現できないと記述している。

2) MWSS の現在の水需要及び将来の水需要増加に対応するため、他の流域（主にアゴス川流域）にいて新規水源開発を実施する。

世銀調査の結論として、将来のマニラ首都圏の水需要増加に対応する水資源開発のロードマップが提示された。ロードマップには表 10.1.3 に示すとおり、2037 年までに実施すべき計画が示されている。

表 10.1.3　世銀調査によるロードマップに含まれる計画

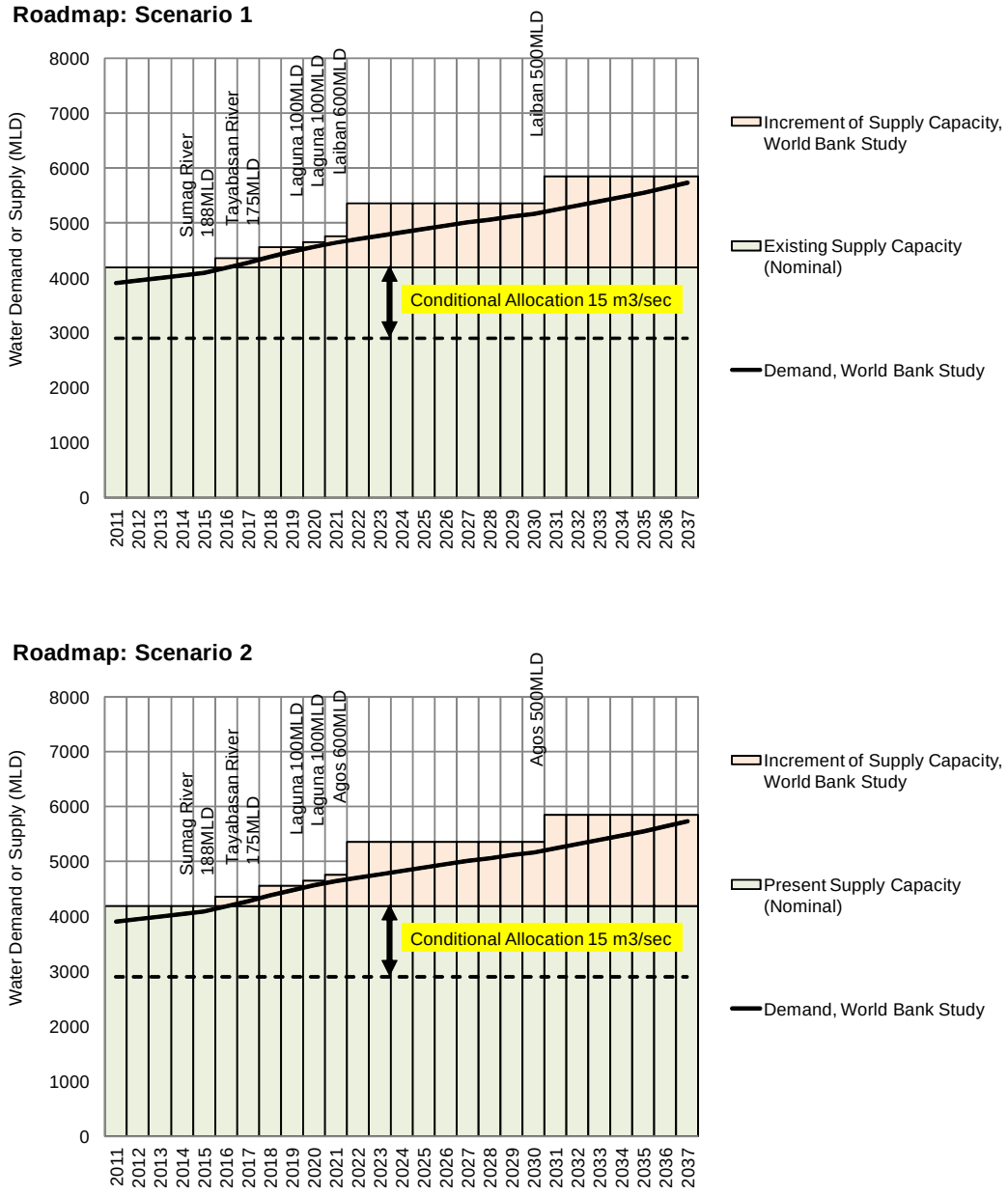
水資源開発	水供給能力　（MLD）	運用開始予定（年）
Sumag River Intake	188	2016
Tayabasan River Intake	175	2017
Laguna Lake	100	2020
Laguna Lake	100	2021
Laiban Reservoir　（or Agos Reservoir)	600	2022
Laiban Reservoir　（or Agos Reservoir)	500	2031

出典：　Metro Manila Water Security Study, Final Report　（世銀、2012 年 7 月）

世銀調査はロードマップとして二つのシナリオを提示した。二つのシナリオとも 2021 年までに実施すべき水資源開発は同じであり、スマッグ川（188 MLD）、タヤバサン川　（175 MLD）、ラグナ湖（200 MLD）が含まれる。その後、シナリオ 1 はライバン貯水池による水供給 1,100 MLD が提示されており、シナリオ 2 はその代替案としてアゴス貯水池による水供給が提示されている。

世銀調査によるロードマップの水需給バランスは図 10.1.3 に示すとおりである。現状の水供給能力は、アンガット貯水池 4,000 MLD＋その他 190 MLD とされており、マニラ首都圏の将来的な水需要増加に対応するため、ロードマップに示される計画の実施によって、4,190 MLD に上乗せする形で水供給能力を増加させていくこととなっている。

一方、本節に記述するとおり、アンガット貯水池による現在の MWSS への水配分 46.3 m^3/s（= 4,000 MLD）には、かんがい用水の条件付き配分 15 m^3/s（= 1,296 MLD）が含まれていることに留意しなければならない。しかし、世銀調査では、かんがい用水の条件付き配分の解決策は明確に示されていない。



出典： Metro Manila Water Security Study, Final Report （世銀、2012 年 7 月）

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）

10.1.4　アンガット貯水池

本節の水収支解析では、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）に記載されているアンガット貯水池の貯水位－容量曲線を使用する。

アンガット貯水池の有効貯水容量は 737 百万 m^3 である。常時満水位（FSL）は EL 212 m（12～4 月）、最低運転水位（MOL）は EL 160 m である。雨期の 5～11 月には洪水調節容量を確保するため、FSL は EL 210 m に維持される。

AMRIS へのかんがい用水供給は、貯水位が EL 180 m 以上で行うよう制限されている。

実際には前述 7.1.3 に記載するとおり、アンガット貯水池は 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。

一方、本節の水収支解析では上工水と農業用水について様々な水配分を検討する。その場合、上工水と農業用水の水配分が変われば、それ応じて貯水池の容量配分も変わることになる。

したがい、水収支計算では現行のルールカーブは使用せず、貯水池運用ルールを単純化して、常時満水位（EL 212 m または EL 210 m）から最低運転水位（EL 160m）の範囲内で運用されるものと仮定する。

表 10.1.4
アンガット貯水池の貯水位－容量曲線

Elevation (EL m)	Gross Storage (MCM)	Effective Storage (MCM)	Area (km^2)
140	100.0		4.0
150	110.0		6.5
160	180.0	0.0	8.3
170	273.0	93.0	10.1
180	386.0	206.0	12.2
184	437.0	257.0	13.5
188	492.3	312.3	14.2
192	552.0	372.0	15.5
196	616.0	436.0	16.5
200	684.0	504.0	17.7
204	758.4	578.4	18.7
208	836.1	656.1	19.9
210	876.0	696.0	
212	818.0	638.0	21.3
214	861.0	681.0	21.9
216	1005.4	825.4	22.7
217	1030.0	850.0	

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 年）

なお、発電については、アンガット貯水池からの農業用水の放流を主発電所（Main Unit）の発電用水として使用し、上工水の放流を副発電所（Auxiliary Unit）の発電用水として使用するものと仮定する。上工水及び農業用水の水需要を 100%満たすよう貯水池から放流が行われ、さらに余剰水がある場合にのみ、発電用水を追加使用できるものとする。

10.1.5 河川に維持すべき最小流量

パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査によれば、河川に維持すべき最小流量は NWRB の Resolution によって「Dependable Flow の 10%」とされている。フィリピン国において Dependable Flow とは 80%保障流量のことである。すなわち、河川に維持すべき最小流量は「80%保障流量×10%」となる。

本節の水収支解析では、貯水池、流域間導水などによる流況変化の要因を除くと仮定した状況（疑似自然流況）について河川に維持すべき最小流量を算定する。主な地点の流量は表 10.1.5 に示すとおりである。

表 10.1.5　河川に維持すべき最小流量：アンガット川流域

地点	流域面積（km^2）	最小流量（m^3/s）
アンガット貯水池	546	1.75
イポ堰	618	1.85
ブストス堰	846	1.95

出典：　JICA 調査団

10.1.6　利水安全度

本節の水収支計算では、アンガット貯水池から上工水（MWSS、流域内）及び農業用水（流域内：AMRIS、他）に対し、次のとおりの利水安全度を確保するように水配分を検討する。

- 上工水の利水安全度は 1/10 とする。すなわち、概ね 10 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/10 確率渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。
- 農業用水の利水安全度は 1/5 とする。概ね 5 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/5 確率渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

10.1.7　水収支計算

(1)　計算ケース

アンガット川流域の水収支計算には 1968～2010（43 年間）の水文データセットを使用する。表 10.1.6 に示す計算ケースの概要は次のとおりである。

1) ケース 01 と 04 は、10.1.4 節に記述した現行のアンガット貯水池の運用に基づく。
2) ケース 02 と 05 は、上工水の水配分に対して利水安全度 1/10 を確保することを与条件としている。
3) ケース 03 と 06 は､農業用水の水配分に対して利水安全度 1/5 を確保することを与条件としている。

表 10.1.6　水収支計算ケース：アンガット川流域

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件	
			上工水	農業用水
01	Existing	現在 （2012 年）	MWSS 46.3 m^3/s Local 3.3 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS 19.0 m^3/s Local 0.3 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。
02A			MWSS 46.3 m^3/s Local 3.3 m^3/s 利水安全度 1/10 を確保する。	AMRIS 19.0 m^3/s Local 0.3 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。
02B			MWSS 46.3 m^3/s Local 3.3 m^3/s 利水安全度 1/10 を確保する。	上工水の利水安全度 1/10 を確保したうえで、利水安全度が 1/5 となる水配分を求める。
03A			MWSS 46.3 m^3/s Local 3.3 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS 19.0 m^3/s Local 0.3 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。
03B			農業用水の利水安全度 1/5 を確保したうえで、利水安全度が 1/10 となる水配分を求める。	AMRIS 19.0 m^3/s Local 0.3 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。
04	With Project	将来 （2040 年）	MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。
05A			MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度 1/10 を確保する。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。
05B			MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度 1/10 を確保する。	上工水の利水安全度 1/10 を確保したうえで、利水安全度が 1/5 となる水配分を求める。
06A			MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。
06B			農業用水の利水安全度 1/5 を確保したうえで、利水安全度が 1/10 となる水配分を求める。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

(2)　計算結果：　ケース 01 及びケース 04

ケース 01 及びケース 04 は、概ね前述 10.1.4 の現状における貯水池運用ルールに準じた水収支計算である。表 10.1.7 に示す水収支計算結果の説明を以下に記述する。

ケース 01 の計算条件：

- 水供給側：表 10.1.1 に記載した既存の水資源
- 水需要側：表 10.1.2 に記載した現在（2012 年）の水需要
- 水配分の条件：上工水、農業用水とも利水安全度の確保は考慮していない。

ケース 04 の計算条件：

- 水供給側：表 10.1.1 に記載した With Project の水資源
- 水需要側：表 10.1.2 に記載した将来（2040 年）の水需要
- 水配分の条件：上工水、農業用水とも利水安全度の確保は考慮していない。

表 10.1.7　水収支計算結果（ケース 01 及びケース 04）

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
01	Existing (2012)	Present (2012)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 3.3	Not Specified	91.3% (471 / 516)	100.0%	94.0%	87.0%	80.8%	64.4%
			Agriculture	AMRIS 19.0	Local 0.3	Not Specified	77.5% (400 / 516)	86.2%	56.5%	44.7%	42.5%	31.6%
04	With Project (2040)	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	87.2% (450 / 516)	98.5%	92.2%	83.3%	78.3%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	72.7% (375 / 516)	81.9%	43.4%	36.4%	33.1%	31.5%

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

ケース 01 の計算結果：

上工水：計算期間 516 か月（= 12 か月×43 年）において水需要が満たされる月の総数は 471 か月（91.3% = 471/516）である。1/10 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 87.2%である。

農業用水：計算期間 516 か月において水需要が満たされる月の総数は 400 か月（77.5% = 400/516）である。1/5 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 56.5%である。

ケース 04 の計算結果：

上工水：計算期間 516 か月において水需要が満たされる月の総数は 450 か月（87.2% = 450/516）である。1/10 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 83.3%である。

農業用水：計算期間 516 か月において水需要が満たされる月の総数は 375 か月（72.7% = 375/516）である。1/5 年確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 43.4%である。

(3)　計算結果：　ケース 02 及びケース 05

ケース 02 及びケース 05 は上工水の利水安全度 1/10 を確保することを与条件とした水収支計算である。表 10.1.8 及び表 10.1.9 に示す水収支計算結果の説明を以下に記述する。

ケース 2A 及びケース 2B の計算条件：

- 水供給側：表 10.1.1 に記載した既存の水資源
- 水需要側：表 10.1.2 に記載した現在（2012 年）の水需要
- 水配分の条件：上工水の利水安全度 1/10 を確保する。

表 10.1.8　水収支計算結果（ケース 02）

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/sec)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
02A	Existing (2012)	Present (2012)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 3.3	1/10	97.9%	(505 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.3%	66.6%
			Agriculture	AMRIS 19.0	Local 0.3	Not Specified	50.8%	(262 / 516)	51.9%	44.2%	38.1%	31.8%	30.5%
02B	Existing (2012)	Present (2012)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 3.3	1/10	97.9%	(505 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.3%	66.6%
			Agriculture	AMRIS 5.2	Local 0.1	1/5	97.3%	(502 / 516)	100.0%	100.0%	90.8%	79.5%	34.4%

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

ケース 02A 及びケース 02B の計算結果（表 10.1.8）：

ケース 02A では上工水の利水安全度 1/10 を確保しており、1/10 確率渇水年における水供給は水需要に対して 100%である。一方、農業用水の利水安全度の確保を考慮していない。計算期間 516 か月において農業用水の水需要が満たされる月の総数は 262 か月（51.6% = 262/516）であり、1/5 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 44.2%である。

ケース 02B では、上工水の利水安全度 1/10 を確保する条件において、農業用水の利水安全度が 1/5 となる水配分を試算している。この場合の農業用水に対する水配分は 5.3 m^3/s となる。

ケース 05A 及びケース 05B の計算条件：

- 水供給側：表 10.1.1 に記載した With Project の水資源
- 水需要側：表 10.1.2 に記載した将来（2040 年）の水需要
- 水配分の条件：上工水の利水安全度 1/10 を確保する。

表 10.1.9　水収支計算結果（ケース 05）

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
05A	With Project (2040)	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	97.9%	(505 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	98.5%	64.4%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	48.8%	(252 / 516)	39.7%	31.4%	23.0%	21.8%	18.2%
05B	With Project (2040)	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	97.9%	(505 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	98.5%	64.4%
			Agriculture	AMRIS 2.2	Local 0.1	1/5	97.1%	(501 / 516)	100.0%	100.0%	89.6%	83.6%	39.8%

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

ケース 05A 及びケース 05B の計算結果（表 10.1.9）：

ケース 05A では、上工水の利水安全度 1/10 を確保しており、1/10 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 100%である。一方、農業用水の利水安全度の確保を考慮していない。計算期間 516 か月において農業用水の水需要が満たされる月の総数は 252 か月（48.8% = 262/516）であり、1/5 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 31.4%である。

ケース 05B では、上工水の利水安全度 1/10 を確保する条件において、農業用水の利水安全度が 1/5 となる水配分を試算している。この場合の農業用水への水配分は 2.3 m^3/s となる。

(4) 計算結果： ケース 03 及びケース 06

ケース 03 及びケース 06 は農業用水の利水安全度 1/5 を確保することを与条件とした水収支計算である。表 10.1.10 及び表 10.1.11 に示す水収支計算結果の説明を以下に記述する。

ケース 03A 及びケース 03B の計算条件：

- 水供給側：表 10.1.1 に記載した既存の水資源
- 水需要側：表 10.1.2 に記載した現在（2012 年）の水需要
- 水配分の条件：農業用水の利水安全度 1/5 を確保する。

表 10.1.10 水収支計算結果（ケース 03）

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
03A	Existing (2012)	Present (2012)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 3.3	Not Specified	28.5%	(147 / 516)	82.3%	78.5%	76.6%	73.5%	64.7%
			Agriculture	AMRIS 19.0	Local 0.3	1/5	97.1%	(501 / 516)	100.0%	100.0%	89.5%	85.1%	31.7%
03B	Existing (2012)	Present (2012)	M & I Water Supply	MWSS 31.3	Local 3.3	1/10	98.4%	(508 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.1%	82.6%
			Agriculture	AMRIS 19.0	Local 0.3	1/5	97.1%	(501 / 516)	100.0%	100.0%	89.5%	85.4%	31.7%

注： 青枠部分 は優先される水配分を示す（与条件）。
出典： JICA 調査団

ケース 03A 及びケース 03B の計算結果（表 10.1.10）：

ケース 03A では、農業用水の利水安全度 1/5 を確保しており、1/5 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 100%である。一方、上工水の利水安全度の確保を考慮していない。計算期間 516 か月において上工水の水需要が満たされる月の総数は 147 か月（28.5% = 147/516）であり、1/10 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 76.6%である。

ケース 03B では、農業用水の利水安全度 1/5 を確保する条件において、上工水の利水安全度が 1/10 となる水配分を試算している。この場合の上工水への水配分は 34.6 m^3/s となる。

ケース 06A 及びケース 06B の計算条件：

- 水供給側：表 10.1.1 に記載した With Project の水資源
- 水需要側：表 10.1.2 に記載した将来（2040 年）の水需要
- 水配分の条件：農業用水の利水安全度 1/5 を確保する。

表 10.1.11　水収支計算結果（ケース 06）

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
06A	With Project (2040)	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	24.4%	(126 / 516)	78.6%	73.7%	71.2%	68.2%	63.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	96.7%	(499 / 516)	100.0%	100.0%	89.3%	84.9%	31.6%
06B	With Project (2040)	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 27.1	Local 8.8	1/10	98.4%	(508 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	98.8%	85.2%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	97.3%	(502 / 516)	100.0%	100.0%	89.2%	85.2%	31.6%

注：　青枠部分　　は優先される水配分を示す（与条件）。

出典：　JICA 調査団

ケース 06A 及びケース 06B の計算結果（表 10.1.11）：

ケース 06A では、農業用水の利水安全度 1/5 を確保しており、1/5 渇水年における水供給量は水需要量に対して 100%である。一方、上工水の利水安全度の確保を考慮していない。計算期間 516 か月において上工水の水需要が満たされる月の総数は 126 か月（24.4% = 126/516）であり、1/10 確率渇水年における水供給量は水需要量に対して 71.2%である。

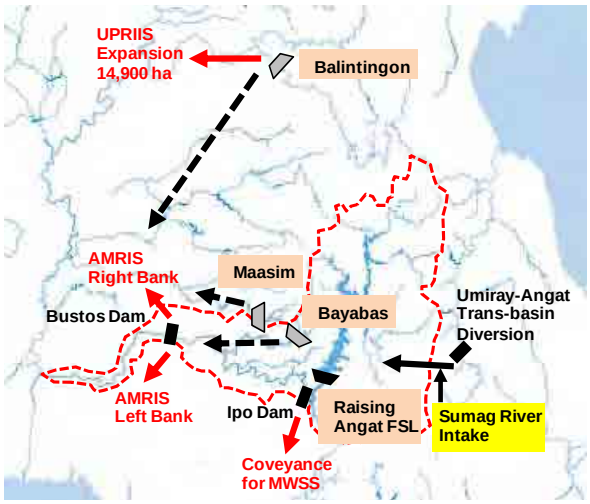
Case 6B では、農業用水の利水安全度 1/5 を確保する条件において、上工水の利水安全度が 1/10 となる水配分を試算している。この場合の上工水への水配分は 35.9 m^3/s となる。

10.1.8 近傍の水資源開発オプション

前述 7.1.3 に記載したとおり、既存のアンガット貯水池及びウミライ導水による水供給において、MWSS に対する水配分が増加したことに伴い、AMRIS へのかんがい用水供給の不足が問題化している。

MWSS、NIA、コンセッション事業者（MWCI 及び MWSI）は、MWSS に対する「かんがい用水の条件付き水配分（15 m^3/s）」に起因する AMRIS への水供給不足の解決を模索している。

この問題解決のため、アンガット川流域及びその近傍における水資源開発オプションが検討されている。



出典： JICA 調査団

図 10.1.4
近傍の水資源開発オプション

これまでに提案されてきた水資源開発案のうち、世銀調査 Metro Manila Water Security Study において図 10.1.4 に示す計画について検討が行われた（ただし、世銀調査のロードマップにこれらの計画は結果的に含まれていない）。

上記それぞれの水資源開発オプションについて、水供給側：With Project＋水資源開発オプション、水需要側：将来（2040 年）として水収支計算を行い、AMRIS へのかんがい用水供給不足の改善効果を検討する。

1) 近傍の新規水資源開発により AMRIS へのかんがい用水を補給する案

バヤバス貯水池、マアシム貯水池は、共に AMRIS へのかんがい用水補給を目的とする計画である。バリンティンゴン貯水池は、UPRIIS の拡張として 14,900 ha の新規かんがい開発を主たる目的とする計画である。したがい、14,900 ha に必要なかんがい用水を確保したうえで、余剰水を AMRIS に補給することができるものと仮定する。

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

計画	河川流域	流域面積 (km^2)	平均流量 (m^3/s)	有効貯水容量 (MCM)
バヤバス貯水池	アンガット	52	3.0	144
マアシム貯水池	パンパンガ	53	2.4	95
バリンティンゴン貯水池	パンパンガ	224	17.6	488

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 年）

2) アンガット貯水池の常時満水位（FSL）かさ上げ

ダム堤体安定化計画の一部として検討されている、貯水池の常時満水位（FSL）をかさ上げして使用可能な貯水量を増加させる計画。現在の EL 212 m（12～4 月）、EL 210 m（5～11 月）を EL 217 m（12～4 月）、EL 215 m（5～11 月）に変更する。有効貯水容量の増分は 110 MCM である。

10.1.9 水収支計算：近傍の水資源開発オプション

(1) 計算ケース

表 10.1.13 に示す計算ケースの概要は次のとおりである。

1) ケース 07、10、13、16 は、10.1.4 節に記述した現行のアンガット貯水池の運用に基づく。

2) ケース 08、11、14、17 は、上工水の水配分に対して利水安全度 1/10 を確保することを与条件としている。

3) ケース 09、12、15、18 は、農業用水の水配分に対して利水安全度 1/5 を確保することを与条件としている。

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

Bayabas Reservoir:	Case 07, 08 and 09	Balintingon Reservoir:	Case 13, 14 and 15
Maasim Reservoir:	Case 10, 11 and 12	Rasing Angat FSL:	Case 16, 17 and 18

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件	
			上工水	農業用水
7, 10, 13, 16	With Project	将来（2040 年）	MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。
8A, 11A, 14A, 17A			MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度 1/10 を確保する。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。
8B, 11B, 14B, 17B			MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度 1/10 を確保する。	上工水の利水安全度 1/10 を確保したうえで、利水安全度が 1/5 となる水配分を求める。
9A, 12A, 15A, 18A			MWSS 46.3 m^3/s Local 8.8 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。
9B, 12B, 15B, 18B			農業用水の利水安全度 1/5 を確保したうえで、利水安全度が 1/10 となる水配分を求める。	AMRIS 19.6 m^3/s Local 0.6 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。

注： 青枠部分 は優先される水配分を示す（与条件）。
出典： JICA 調査団

(2) 計算結果

計算結果を表 10.1.14 に示す。With Project のみとのケースと比較すると、オプション案ありの場合はそれぞれ AMRIS へのかんがい用水供給の不足に対する改善効果がみられる。しかし、いずれのオプション案も単独では上工水と農業用水との間に生じているトレードオフの関係を解決するには至っていない。

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）

Bayabas Reservoir

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
07	With Project + Bayabas	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	87.2%	(450 / 516)	98.5%	92.2%	83.3%	78.3%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	84.1%	(434 / 516)	100.0%	61.1%	47.9%	39.2%	31.4%
08A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	97.9%	(505 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	60.9%	(314 / 516)	60.4%	38.0%	31.9%	25.7%	21.1%
08B			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	97.9%	(505 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 7.0	Local 0.2	1/5	95.5%	(493 / 516)	100.0%	100.0%	78.2%	56.3%	48.1%
09A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	26.9%	(139 / 516)	84.3%	80.9%	79.3%	75.6%	70.2%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	95.7%	(494 / 516)	100.0%	100.0%	87.4%	81.1%	31.8%
09B			M & I Water Supply	MWSS 31.8	Local 8.8	1/10	98.6%	(509 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	96.1%	86.0%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	96.7%	(499 / 516)	100.0%	100.0%	91.2%	81.3%	32.0%

Maasim Reservoir

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
10	With Project + Maasim	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	87.2%	(450 / 516)	98.5%	92.2%	83.3%	78.3%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	83.3%	(430 / 516)	100.0%	58.3%	47.1%	40.4%	32.1%
11A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	57.9%	(299 / 516)	54.6%	37.9%	32.1%	24.0%	21.7%
11B			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 5.4	Local 0.2	1/5	96.3%	(497 / 516)	100.0%	100.0%	77.6%	66.7%	59.9%
12A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	26.2%	(135 / 516)	83.7%	80.3%	78.7%	73.2%	68.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	95.9%	(495 / 516)	100.0%	100.0%	87.8%	83.2%	32.1%
12B			M & I Water Supply	MWSS 31.6	Local 8.8	1/10	98.6%	(509 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	96.2%	86.6%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	96.1%	(496 / 516)	100.0%	100.0%	86.0%	81.4%	32.2%

注：　青枠部分　　は優先される水配分を示す（与条件）。

出典：　JICA 調査団

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）

Balintingon Reservoir

No.	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
13	With Project + Balintingon	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	87.2%	(450 / 516)	98.5%	92.2%	83.3%	78.3%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	94.6%	(488 / 516)	100.0%	90.2%	66.6%	51.6%	48.7%
14A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	97.8%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	81.8%	(422 / 516)	92.1%	61.4%	46.6%	36.8%	31.9%
14B			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.2%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 9.7	Local 0.3	1/5	96.3%	(497 / 516)	100.0%	100.0%	70.8%	58.3%	51.2%
15A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	29.8%	(154 / 516)	89.1%	86.8%	85.8%	82.7%	69.0%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	95.3%	(492 / 516)	100.0%	100.0%	83.0%	53.7%	46.3%
15B			M & I Water Supply	MWSS 35.4	Local 8.8	1/10	98.3%	(507 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	97.8%	79.0%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	95.7%	(494 / 516)	100.0%	100.0%	83.3%	54.3%	47.6%

Raising Angat FSL

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply		Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
									Drought Year			
									1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
16	With Project + Angat FSL Raising	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	89.0%	(459 / 516)	100.0%	92.2%	84.7%	79.4%	64.1%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	76.4%	(394 / 516)	89.2%	50.7%	36.4%	33.1%	31.5%
17A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	98.9%	66.7%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	Not Specified	49.0%	(253 / 516)	49.5%	38.8%	32.1%	30.0%	28.1%
17B			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	98.9%	66.7%
			Agriculture	AMRIS 4.4	Local 0.1	1/5	96.7%	(499 / 516)	100.0%	100.0%	86.8%	73.8%	35.0%
18A			M & I Water Supply	MWSS 46.3	Local 8.8	Not Specified	25.2%	(130 / 516)	83.2%	79.6%	78.0%	76.6%	66.0%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	97.3%	(502 / 516)	100.0%	100.0%	85.3%	81.4%	31.6%
18B			M & I Water Supply	MWSS 29.8	Local 8.8	1/10	98.1%	(506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	97.4%	77.3%
			Agriculture	AMRIS 19.6	Local 0.6	1/5	97.5%	(503 / 516)	100.0%	100.0%	95.9%	92.6%	31.6%

注：　青枠部分　　は優先される水配分を示す（与条件）。

出典：　JICA 調査団

（3） 近傍の水資源開発オプションを最大限活用するケース

With Project（アンガット貯水池＋ウミライ～アンガット導水＋スマッグ川）に加えて、4 つの近傍の水資源開発オプションをすべて活用するケース（ケース 19）について水収支を試算する。

水収支計算結果を表 10.1.16 に示す。このケースでは農業用水供給の利水安全度 1/5 及び上工水供給の利水安全度 1/10 が共に達成される。バヤバス貯水池、マアシム貯水池及びバリンティンゴン貯水池からの農業用水補給量合計は平均 8.5 m^3/s となる。表 10.1.17 に示すとおり、この補給量は農業用水供給量合計 19.4 m^3/s の 44%に相当する。

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

No.	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
19	With Project + All of 4 Options	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS	Local	1/10	98.1% (506 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	99.2%	64.1%
				46.3	8.8							
			Agriculture	AMRIS	Local	Not Specified	95.7% (494 / 516)	100.0%	100.0%	75.2%	63.8%	54.1%
				19.6	0.6							

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

表 10.1.17　各水源からの水供給量（ケース 19：1968～2010 の平均値）

Unit: m^3/s

	Angat	Bayabas	Maasim	Balintingon	Total
M & I Water Supply	54.6				54.6
Agriculture	10.9	3.1	2.0	3.4	19.4
Total	65.5	3.1	2.0	3.4	74.0

出典：　JICA 調査団

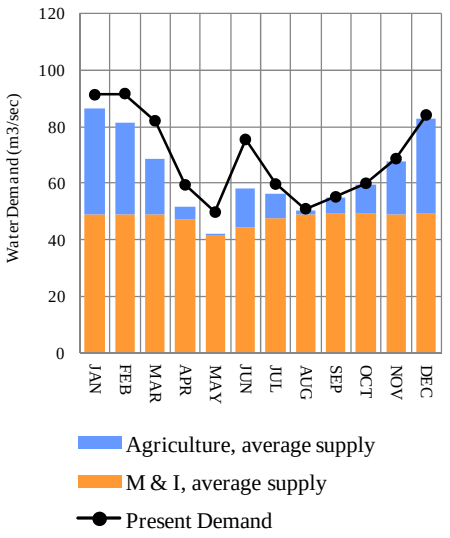
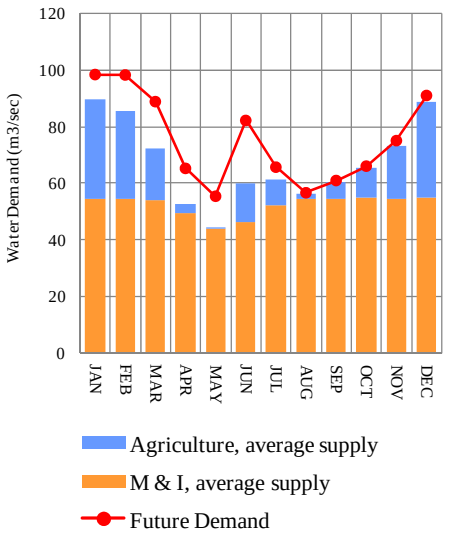
10.1.10　水収支計算の要約と結論：アンガット川流域

（1） ケース 01 and ケース 04 （表 10.1.18）

現行の水配分及び貯水池運用のもとでは、上工水（MWSS 及びその他流域内）及び農業用水（AMRIS 及びその他流域内）とも、水供給不足の頻発・深刻化が予想される。

水収支計算の結果より、上工水と農業用水に対する適切な水配分を行うためには、現行の水配分及び貯水池運用を見直す必要がある。

表 10.1.18　水収支計算結果の要約（ケース 01 及び 04）

Case 01:	Case 04:
● Water Resources: Existing ● Water Demand: Present (2012) ● Preconditioned Water Allocation: None The water allocation to M & I water supply (MWSS and Local) falls to 87.0% of the present demand (2012) in a 1/10 drought year. The water allocation to Agriculture drops to 56.5% of the present demand (2012) in a 1/5 drought year	● Water Resources: With Project ● Water Demand: Future (2040) ● Preconditioned Water Allocation: None The water allocation to M & I water supply (MWSS and Local) falls to 83.3% of the future demand (2040) in a 1/10 drought year. The water allocation to Agriculture drops to 43.4% of the future demand (2040) in a 1/5 drought year
	

出典：　JICA 調査団

(2)　ケース 02 and ケース 05　（表 10.1.19）

上工水に対する水配分を水需要のとおり、現在において 49.6 m^3/s（= MWSS 46.3 + Local 3.3）、将来において 55.1 m^3/s（= 46.3 + 8.8）として、利水安全度 1/10 を確保することを与条件とする場合、農業用水に対する水配分は極めて厳しい状況となる。

農業用水の利水安全度が 1/5 となる水配分を試算すると、現在 5.3 m^3/s（= AMRIS 5.2 + Local 0.1)）、将来 2.3 m^3/s（= 2.2 + 0.1）となり、それぞれ水需要に比して大幅に少ない。

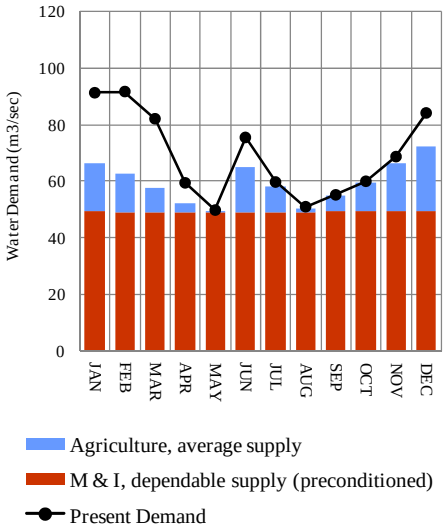
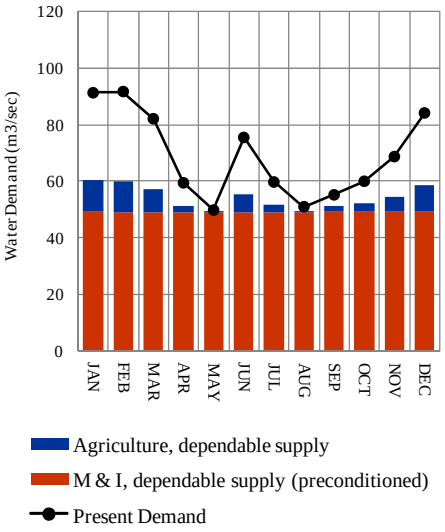
(3)　ケース 03 and ケース 06　（表 10.1.20）

農業用水に対する水配分を水需要のとおり、現在において 19.3 m^3/s（= AMRIS 19.0 + Local 0.3）、将来において 20.2 m^3/s（= 19.6 + Local 0.6）として、利水安全度 1/5 を確保することを与条件とする場合、上工水に対する水配分を減少させなければならない。流域内の上工水供給を優先することを条件として、上工水の利水安全度が 1/10 となる水配分を試算すると、現在 34.6 m^3/s（= MWSS 31.3 + Local 3.3）、将来 35.9 m^3/s（= 27.1 + 8.8）となる。

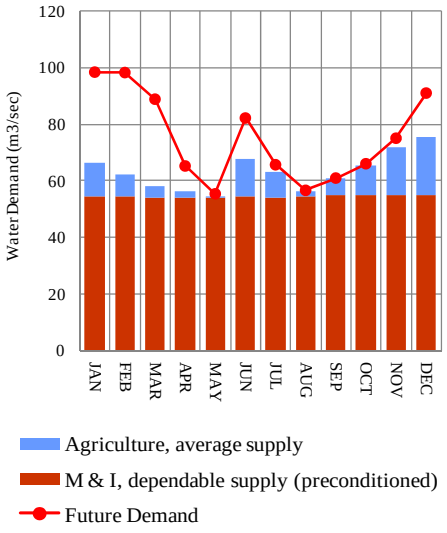
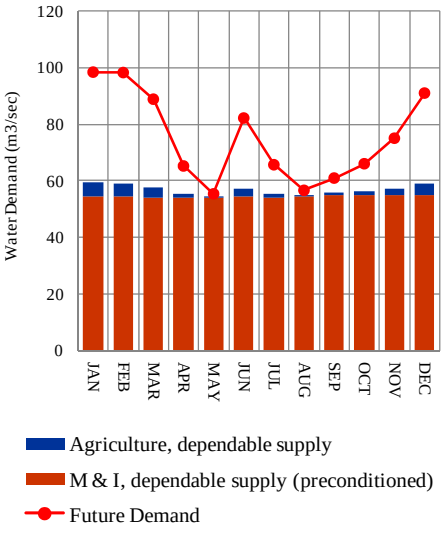
表 10.1.19　水収支計算結果の要約（ケース 02 及び 05）

<table>
<tr>
<td>Case 02A:
● Water Resources: Existing
● Water Demand: Present (2012)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/10 for M & I water supply

The water allocation to Agriculture drops to 44.2% of the present demand (2012) in a 1/5 drought year.</td>
<td>Case 02B:
● Water Resources: Existing
● Water Demand: Present (2012)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/10 for M & I water supply

Average of dependable water allocation to Agriculture with a drought safety level of 1/5 is found to be 5.3 m^3/s (= AMRIS 5.2 + Local 0.1).</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>Case 05A:
● Water Resources: With Project
● Water Demand: Future (2040)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/10 for M & I water supply

The water allocation to Agriculture drops to 31.4% of the future demand (2040) in a 1/5 drought year.</td>
<td>Case 05B
● Water Resources: Existing
● Water Demand: Future (2040)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/10 for M & I water supply

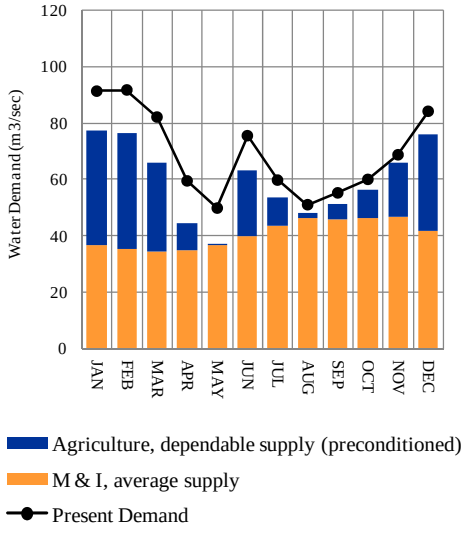
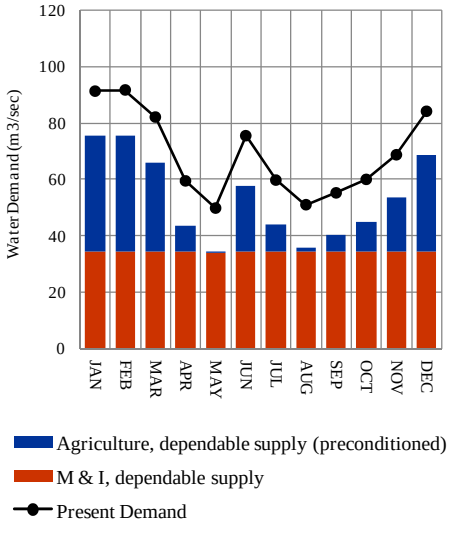
Average of dependable water allocation to Agriculture with a drought safety level of 1/5 is found to be 2.3 m^3/s (= AMRIS 2.2 + Local 0.1).</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

出典：　JICA 調査団

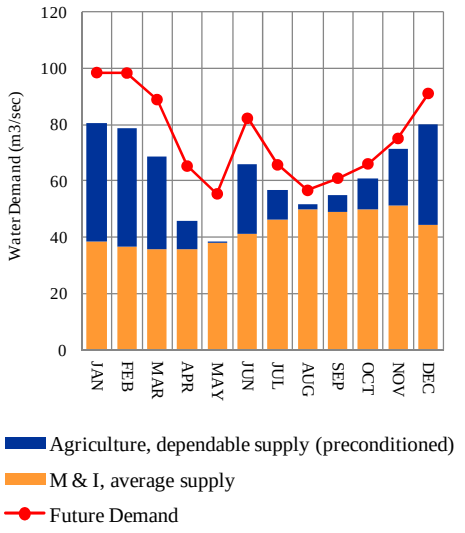
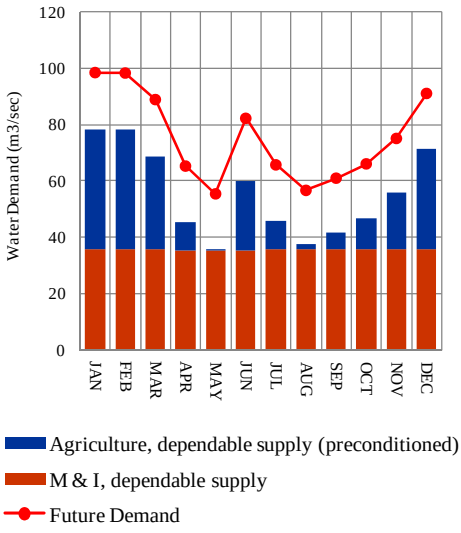
表 10.1.20　水収支計算結果の要約（ケース 03 及び 06）

<table>
<tr>
<td>Case 03A:
● Water Resources: Existing
● Water Demand: Present (2012)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/5 for Agriculture

The water allocation to M &I water supply drops to 76.6% of the present demand (2012) under ‘Existing’ condition in a 1/10 drought year</td>
<td>Case 03B:
● Water Resources: Existing
● Water Demand: Present (2012)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/5 for Agriculture

The dependable water allocation to M & I water supply with a drought safety level of 1/10 is found to be 34.6 m^3/s (= MWSS 31.3 + Local 3.3).</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>Case 06A:
● Water Resources: With Project
● Water Demand: Future (2040)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/5 for Agriculture

The water allocation to M &I water supply drops to 71.2% of the future demand (2040) under ‘With Project’ condition in a 1/10 drought year.</td>
<td>Case 06B:
● Water Resources: With Project
● Water Demand: Future (2040)
● Preconditioned Water Allocation: Drought Safety Level of 1/5 for Agriculture

The dependable water allocation to M & I water supply with a drought safety level of 1/10 is found to be 35.9 m^3/s (= MWSS 27.1 + Local 8.8).</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

出典：　JICA 調査団

上記の水収支計算結果の要約より、いずれの計算ケースにおいても水需要は水供給能力を上回っている。

表 10.1.21 に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を示す。

現状（Existing）の水供給能力は、5 年確率渇水年において 55.7 m^3/s、10 年確率渇水年において 52.0 m^3/s である。一方、現在の水需要合計は 68.9 m^3/s である。

With Project による水供給能力は、5 年確率渇水年において 57.9 m^3/s 、10 年確率渇水年において 53.8 m^3/s である。一方、将来の水需要合計は 75.4 m^3/s である。

以上より、持続可能な水供給と水需要との差異の主な原因はかんがい用水の条件付き配分 15 m^3/s であることは明らかである。かんがい用水の条件付き配分は、AMRIS で使用されないかんがい用水 MWSS に配分するものと定義されていたが、現状では事実上 MWSS が常時使用できる状況にあり、渇水発生の場合、AMRIS における水不足が深刻化する要因となっている。現在もかんがい用水の条件付き配分は未解決であり、依然としてアンガット川流域の水資源管理の課題として残っている。

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

Present (2012)

Water Resources - Existing	Angat Reservoir +	**55.7 m^3/s**	**(4,812 MLD)**	1/5 Drought Year
Dependable Supply Capacity	Umiray-Angat Trans-basin Diversion	**52.0 m^3/s**	**(4,493 MLD)**	1/10 Drought Year
Present Water Demand (2012)	M & I Water Supply - MWSS	46.3 m^3/s	(4,000 MLD)	
	M & I Water Supply - Local	3.3 m^3/s	(285 MLD)	
	Agriculture - AMRIS	19.0 m^3/s	(1,642 MLD)	
	Agriculture - Local	0.3 m^3/s	(26 MLD)	
	Total	**68.9 m^3/sec**	**(5,953 MLD)**	

Future (2040)

Water Resources - With Project	Angat Reservoir + Umiray-Angat Trans-basin Diversion + Sumag River	**57.9 m^3/s**	**(5,003 MLD)**	1/5 Drought Year
Dependable Supply Capacity		**53.8 m^3/s**	**(4,648 MLD)**	1/10 Drought Year
Future Water Demand (2040)	M & I Water Supply - MWSS	46.3 m^3/s	(4,000 MLD)	
	M & I Water Supply - Local	8.8 m^3/s	(760 MLD)	
	Agriculture - AMRIS	19.6 m^3/s	(1,693 MLD)	
	Agriculture - Local	0.6 m^3/s	(52 MLD)	
	Total	**75.3 m^3/sec**	**(6,506 MLD)**	

出典：　JICA 調査団

（4）　近傍の水資源開発オプション

近傍の水資源開発オプション（バヤバス貯水池、マアシム貯水池、バリンティンゴン貯水池及びアンガット貯水池 FSL かさ上げ）に対する水収支計算の結果、With Project のみとのケースと比較すると、オプション案ありの場合はそれぞれ AMRIS へのかんがい用水供給の不足に対する改善効果がみられる。しかし、いずれのオプションも単独では上工水と農業用水との間に生じているトレードオフの関係を解決するには至っていない。

これら 4 つの近傍の水資源開発オプションをすべて活用するケースについて試算した結果、このケースでは農業用水供給の利水安全度 1/5 及び上工水供給の利水安全度 1/10 が共に達成される。このケースにおいて、農業用水補給量合計は平均 8.5 m^3/s となり、農業用水供給量合計 19.4 m^3/s の 44%に相当する。

世銀調査 Metro Manila Water Security Study では、バリンティンゴン貯水池から AMRIS に水配分する案が有力として検討された。しかし、同調査の最終報告書は、MWSS, NIA 等の関係者間の議論において、「バリンティンゴン貯水池の受益者はあくまで地元（ヌエバ・エシジャ州）であるべき」との結論となり、同案による「かんがい用水の条件付き水配分（15 m^3/s）」の解決は実現できないと記述している。

(5) かんがい用水の条件付き配分の解決策に係る考察

本章の水収支解析を進めるにあたり、アンガット貯水池からの水配分について何らかの条件を設定する必要があるため、次のように考察した。

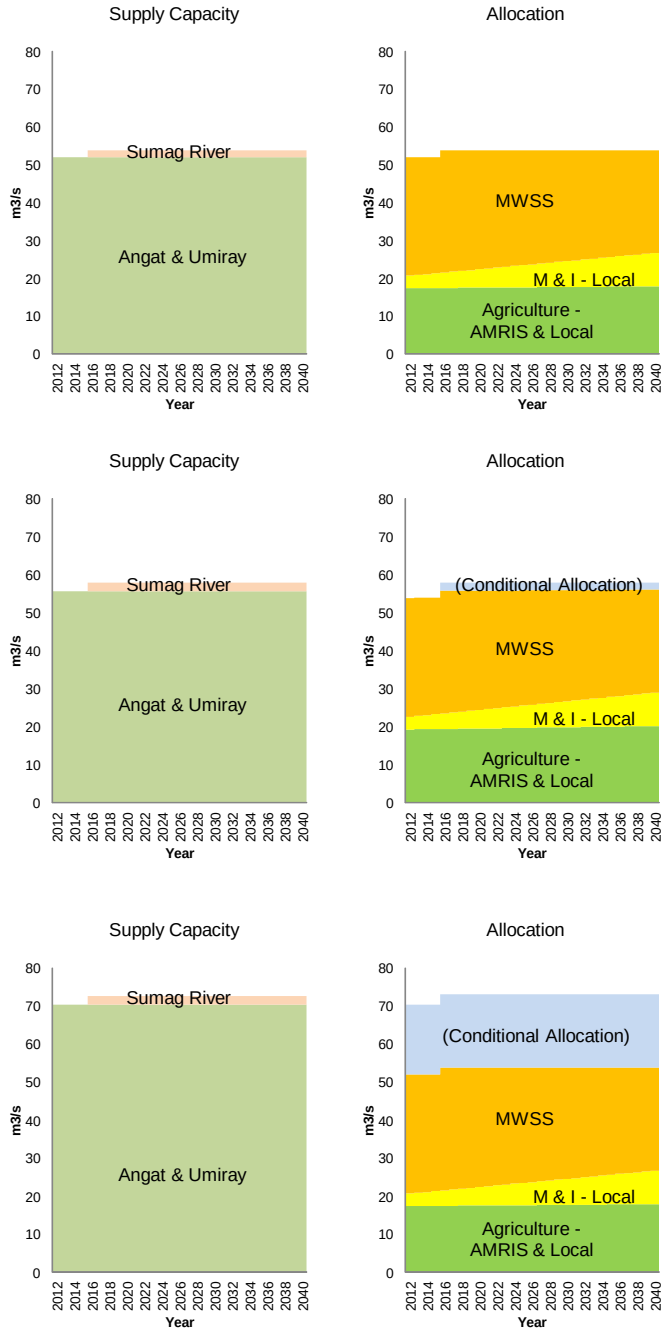
近傍の水資源開発オプションについての水収支計算の結果、以下の理由により、これらオプションによる解決策は当面期待できないと考えられる。

- いずれのオプションも単独では上工水と農業用水との間に生じているトレードオフの関係を解決するに至らない。
- これら 4 つの近傍の水資源開発オプションをすべて活用するケースについて試算した結果、このケースでは農業用水供給の利水安全度 1/5 及び上工水供給の利水安全度 1/10 が共に達成される。しかし、世銀調査において、バリンティンゴン貯水池から AMRIS への水配分が有力案として検討されたものの、同調査の最終報告書ではこの案による「かんがい用水の条件付き水配分（15 m^3/s）」の解決は実現できないと記述されている。

以上より、かんがい用水の条件付き配分につき、将来的にはアゴス川流域の水資源開発による解決を図ることが考えられる。

アゴス川流域において必要となる水資源開発の規模を検討するにあたり、かんがい用水の条件付き配分の解決策の一案として、アンガット貯水池からの水配分を図 10.1.5 のように設定した。

アンガット貯水池からの水供給は、まず流域内の上工水及び農業用水の水需要を満たすように水配分を行い、そのうえで MWSS に対する水配分を行うものと仮定する。



1/10 Drought Year

Unit: m^3/s

		Year 2012	2040
Supply Capacity		52.0	53.8
Allocation	MWSS	31.3	27.1
	M & I - Local	3.3	8.8
	Agriculture	17.4	17.9

1/5 Drought Year

Unit: m^3/s

		Year 2012	2040
Supply Capacity		55.7	57.9
Allocation	MWSS	33.1	28.9
	M & I - Local	3.3	8.8
	Agriculture	19.3	20.2

Average

Unit: m^3/s

		Year 2012	2040
Supply Capacity		70.4	73.1
Allocation	MWSS	47.8	44.1
	M & I - Local	3.3	8.8
	Agriculture	19.3	20.2

出典： JICA 調査団

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

10.2　アゴス川流域

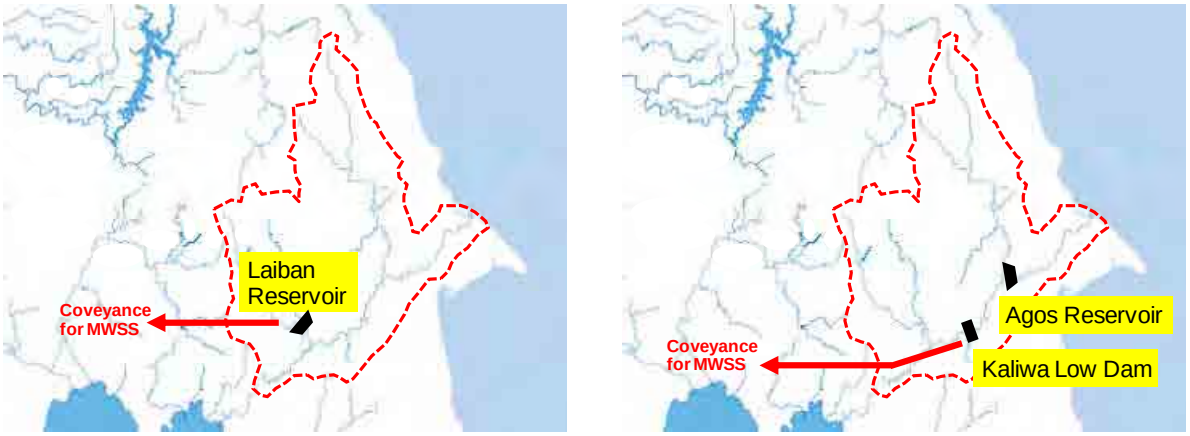
10.2.1　水資源

(1)　表流水

アゴス川流域の水資源開発は、マニラ首都圏の水需要への対応として検討され、ライバン貯水池、アゴス貯水池、カナン 2 貯水池といった具体的な水資源開発計画が既に存在するが、いずれも未だ実現していない。

世銀調査 Metro Manila Water Security Study では、マニラ首都圏水供給のロードマップとして二つのシナリオが提示された。図 10.2.1 に示すとおり、シナリオ 1 の主な水資源開発はライバン貯水池であり、シナリオ 2 の主な水資源開発はアゴス貯水池である。

Scenario 1　　Scenario 2



出典：　JICA 調査団

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

表 10.2.1 に現状及び With Project における水資源の概要を示す。これらの数字は 1981～2010（30 年間）の水文データセットを使用した後述の水収支計算結果（ケース 101 及びケース 105）を参照している。

表 10.2.1　アゴス川流域の水資源（表流水）

現状　　Unit: m^3/s

水資源	流域面積 (km^2)	流況：1981～2010			
		平均	80%	90%	95%
ライバン貯水池予定地点	276	24.6	8.5	5.9	3.9
アゴス貯水池予定地点	858	118.7	43.7	29.6	21.7

With Project　　Unit: m^3/s

水資源	流域面積 (km^2)	流況：1981～2010			
		平均	80%	90%	95%
ライバン貯水池（Case 101）	276	24.6	21.4	21.4	21.4
アゴス貯水池（Case 105）	858	118.7	59.7	59.7	39.6

出典：　JICA 調査団

(2)　地下水

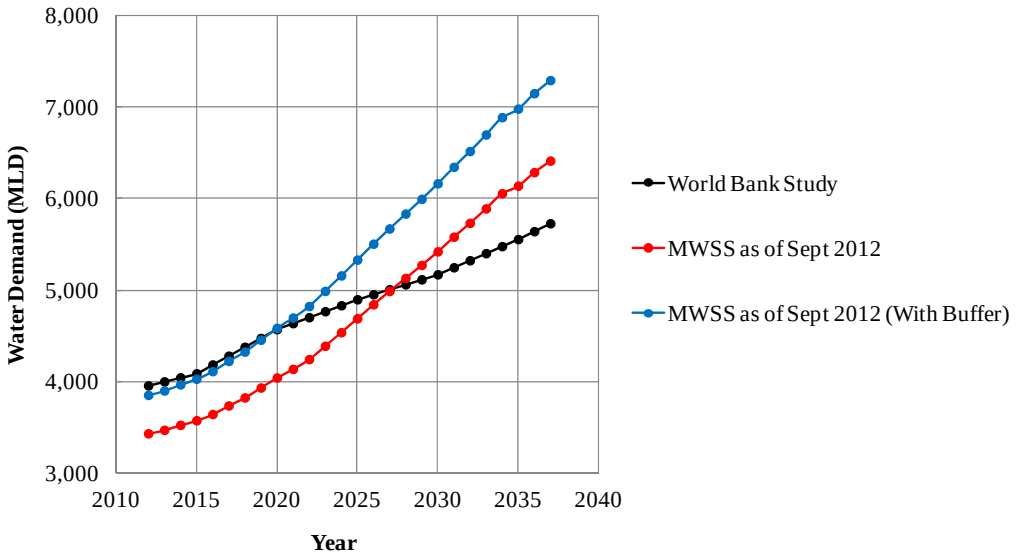
第 7 章に記載したとおり、アゴス川流域における地下水揚水量のデータはないが、持続可能な地下水揚水量は 2,265 liter/s（= 196 MLD）と推定される。

10.2.2　マニラ首都圏の水需要

2012 年 3 月の第 1 回 Steering Committee 会議において、マニラ首都圏については世銀調査 Metro Manila Water Security Study による水需要予測を本調査で使用するよう、MWSS からの要望があった。したがい、調査団は世銀調査による水需要予測の使用を基本方針として需要分析を行った。

しかし、その後 2012 年 9 月上旬に、調査団と MWSS との間で水収支解析の基本条件の確認を行ったところ、マニラ首都圏の水需要予測が公式に確定したので、本調査でも同じ水需要予測を使用するよう、MWSS から要望があった。

図 10.2.2 に世銀調査による水需要予測と MWSS による水需要予測を示す。MWSS による水需要予測（バッファーなし）は世銀調査による水需要予測に比して、2027 年付近までは下方修正されているが、2027 年以降は上方修正に転じている。2037 年において、世銀調査の水需要予測が 5,727 MLD（= 66.3 m^3/s）であるに対し、MWSS の水需要予測（バッファーなし）は 6,412 MLD（= 74.2 m^3/s）となっている。



出典：　Metro Manila Water Security Study, Final Report（世銀、2012）及び MWSS による水需要予測を参照して調査団が作成

図 10.2.2　マニラ首都圏の水需要予測（世銀調査及び MWSS）

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

(1)　マニラ首都圏における水需給バランスの試算

10.1 節に記載したとおり、マニラ首都圏の水需要にはアンガット貯水池のみで対応することはできない。アンガット貯水池から MWSS に対する水配分を超える部分の水需要に対応するためには、アゴス川流域における水資源開発の実施が不可欠である。

現状のアンガット貯水池の水配分に係る問題を解決するためには、アンガット川流域における上工水及び農業用水の水需要を満たしたうえでマニラ首都圏への水配分を行う必要がある。この考え方に基づくと、アンガット貯水池からマニラ首都圏への水配分は、現在（2012 年）において 31.3 m^3/s（= 2,704 MLD）であり、その後はアンガット川流域における水需要の増加によってマニラ首都圏への水配分は漸減し、2037 年には 25.6 m^3/s（= 2,210 MLD）になると予測される。

表 10.2.2 及び図 10.2.3 はマニラ首都圏における水需給バランスの試算であり、(a) MWSS により公式に確定された水需要予測、(b) 上述の考え方に基づくアンガット貯水池から MWSS に対する水配分、(c) 世銀調査 Metro Manila Water Security Study によるロードマップに含まれる水資源開発を反映したものである。

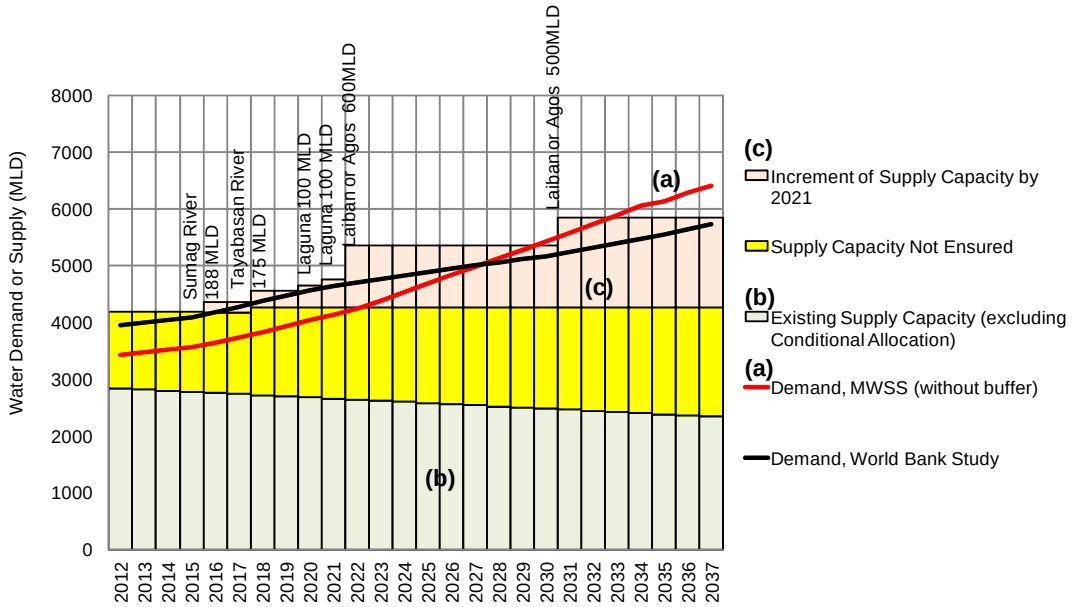
表 10.2.2　マニラ首都圏における水需給バランスの試算

Year	(a) MWSS Demand		Supply Capacity										Balance
			Existing			(c) Roadmap Projects							
			(b)		Conditional Allocation	Sumag River	Tayabasan	Laguna	Laguna	Laiban or Agos	Laiban or Agos	Total	
			Angat & Umiray	Laguna & Others									
	MLD	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
2012	3,431	39.7	31.3	1.5	15.0							47.8	8.1
2013	3,470	40.2	31.1	1.5	15.1							47.7	7.6
2014	3,524	40.8	30.8	1.5	15.3							47.7	6.9
2015	3,574	41.4	30.6	1.5	15.4							47.6	6.2
2016	3,642	42.2	30.4	1.5	15.6	2.2						49.7	7.6
2017	3,736	43.2	30.2	1.5	15.7	2.2						49.6	6.4
2018	3,823	44.3	29.9	1.5	15.9	2.2	1.2					50.8	6.5
2019	3,932	45.5	29.7	1.5	16.0	2.2	1.2					50.7	5.2
2020	4,041	46.8	29.5	1.5	16.2	2.2	1.2	1.2				51.8	5.0
2021	4,136	47.9	29.2	1.5	16.3	2.2	1.2	1.2	1.2			52.8	5.0
2022	4,242	49.1	29.0	1.5	16.5	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.7	10.6
2023	4,388	50.8	28.8	1.5	16.6	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.6	8.8
2024	4,536	52.5	28.6	1.5	16.8	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.6	7.1
2025	4,689	54.3	28.3	1.5	16.9	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.5	5.2
2026	4,841	56.0	28.1	1.5	17.1	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.4	3.4
2027	4,988	57.7	27.9	1.5	17.2	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.3	1.6
2028	5,130	59.4	27.6	1.5	17.4	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.2	-0.1
2029	5,272	61.0	27.4	1.5	17.5	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.2	-1.9
2030	5,420	62.7	27.2	1.5	17.7	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9		59.1	-3.6
2031	5,580	64.6	27.0	1.5	17.8	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.8	0.2
2032	5,731	66.3	26.7	1.5	18.0	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.7	-1.6
2033	5,890	68.2	26.5	1.5	18.1	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.6	-3.5
2034	6,056	70.1	26.3	1.5	18.3	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.6	-5.5
2035	6,138	71.0	26.0	1.5	18.4	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.5	-6.6
2036	6,286	72.8	25.8	1.5	18.6	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.4	-8.4
2037	6,412	74.2	25.6	1.5	18.7	2.2	1.2	1.2	1.2	6.9	5.8	64.3	-9.9

出典：　Metro Manila Water Security Study, Final Report（世銀、2012）及び MWSS による水需要予測を参照して調査団が作成

世銀調査の最終報告書（2012 年 7 月）によれば、ライバン貯水池（またはアゴス貯水池）の運用開始は最速で 2022 年とされている。ライバン貯水池（またはアゴス貯水池）による水供給能力の増加は、2022 年に 6.9 m^3/s（= 600 MLD）、2031 年に 5.8 m^3/s（= 500 MLD） である。しかし、これらは世銀調査による水需要予測に基づいているため、MWSS により上方修正された水需要予測を満たしていない。

したがい、アンガット貯水池の水配分問題の解決及び MWSS による水需要予測への対応を図るようマニラ首都圏における水需給バランスを修正のうえ、アゴス川流域において必要となる水資源開発の規模を算定する必要がある。



出典： Metro Manila Water Security Study, Final Report（世銀、2012）及び MWSS による水需要予測を参照して調査団が作成

図 10.2.3　マニラ首都圏における水需給バランスの試算

(2)　マニラ首都圏における水需給バランスの修正

表 10.2.3 は前述の表 10.2.2 を修正したものである。2021 年までは世銀調査のロードマップに示される水資源開発により水供給能力の増加を図るものとする。2022 年以降、アゴス川流域において必要となる水資源開発の規模を算定するため、アンガット貯水池から MWSS に対するかんがい用水の条件付き配分と世銀調査で示されたライバン貯水池（またはアゴス貯水池）による水供給能力の増加を除外している。

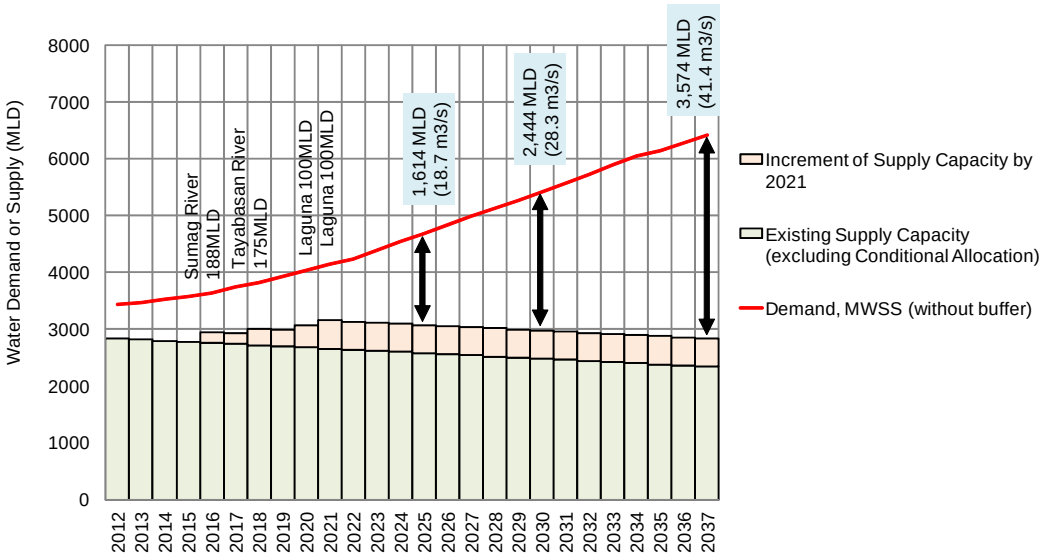
水需給バランスの修正に見られるとおり、アンガット貯水池から MWSS に対するかんがい用水の条件付き配分を解消する必要性により、2021 年において 11.4 m^3/s（= 983 MLD）の不足が予想される。

図 10.2.4 に示すとおり、将来必要となる水供給能力の増加は、2025 年までに 18.7 m^3/s (= 1,614 MLD)、2030 年までに 28.3 m^3/s（= 2,444 MLD)、2037 年までに 41.4 m^3/s（= 3,574 MLD）となる。

表 10.2.3　マニラ首都圏における水需給バランスの修正

Year	MWSS Demand		Supply Capacity										Balance
			Existing			Roadmap Projects							
			Angat & Umiray	Laguna & Other	Conditional Allocation	Sumag River	Tayabasan	Laguna	Laguna	Laiban or Agos	Laiban or Agos	Total	
	MLD	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
2012	3,431	39.7	31.3	1.5								32.8	-6.9
2013	3,470	40.2	31.1	1.5								32.6	-7.6
2014	3,524	40.8	30.8	1.5								32.4	-8.4
2015	3,574	41.4	30.6	1.5								32.1	-9.2
2016	3,642	42.2	30.4	1.5		2.2						34.1	-8.0
2017	3,736	43.2	30.2	1.5		2.2						33.9	-9.4
2018	3,823	44.3	29.9	1.5		2.2	1.2					34.9	-9.4
2019	3,932	45.5	29.7	1.5		2.2	1.2					34.6	-10.9
2020	4,041	46.8	29.5	1.5		2.2	1.2	1.2				35.6	-11.2
2021	4,136	47.9	29.2	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			36.5	-11.4
2022	4,242	49.1	29.0	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			36.3	-12.8
2023	4,388	50.8	28.8	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			36.0	-14.7
2024	4,536	52.5	28.6	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			35.8	-16.7
2025	4,689	54.3	28.3	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			35.6	-18.7
2026	4,841	56.0	28.1	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			35.4	-20.7
2027	4,988	57.7	27.9	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			35.1	-22.6
2028	5,130	59.4	27.6	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			34.9	-24.5
2029	5,272	61.0	27.4	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			34.7	-26.3
2030	5,420	62.7	27.2	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			34.4	-28.3
2031	5,580	64.6	27.0	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			34.2	-30.4
2032	5,731	66.3	26.7	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			34.0	-32.3
2033	5,890	68.2	26.5	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			33.8	-34.4
2034	6,056	70.1	26.3	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			33.5	-36.6
2035	6,138	71.0	26.0	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			33.3	-37.7
2036	6,286	72.8	25.8	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			33.1	-39.7
2037	6,412	74.2	25.6	1.5		2.2	1.2	1.2	1.2			32.8	-41.4

出典：　Metro Manila Water Security Study, Final Report（世銀、2012）及び MWSS による水需要予測を参照して調査団が作成



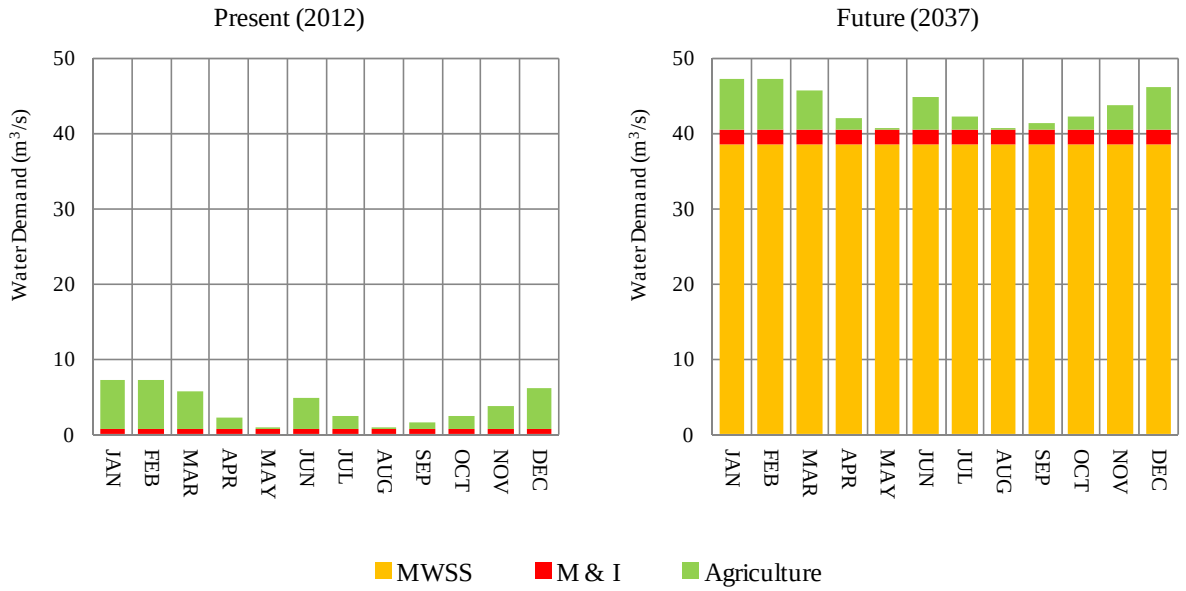
出典：　Metro Manila Water Security Study, Final Report（世銀、2012）及び MWSS による水需要予測を参照して調査団が作成

図 10.2.4　将来必要となる水供給能力の増加

10.2.4　アゴス川流域における水需要

上工水の水需要は、現在（2012 年）において 0.8 m^3/s（= 69 MLD）と推定され、将来（2037 年）は 1.9 m^3/s（= 165 MLD）に増加すると予測される。

農業用水の水需要は、現在（2012 年）において平均 3.0 m^3/s（= 258 MLD）と推定され、将来（2037 年）は 3.1 m^3/s（= 271 MLD）に増加すると予測される。



出典： JICA 調査団

図 10.2.5　アゴス川流域内及び MWSS の水需要

アゴス川流域内の水需要に対する水供給は表流水源によるものと仮定する。水収支計算では、まずアゴス川流域内の水需要が河川の自然流量もしくは貯水池からの放流により満たされることを条件としたうえで、MWSS に対する水配分を算定する。

10.2.5　貯水池

アゴス川流域に計画されている貯水池の水位－容量曲線は表 10.2.4 のとおりであり、これらはマニラ首都圏水資源開発計画調査最終報告書（JICA/NWRB、2003）に記載されている。

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

Laiban Reservoir

Elevation (EL m)	Storage (MCM)	Area (km^2)
174	0.00	0.00
180	0.30	0.10
190	2.80	0.40
200	10.30	1.10
210	28.30	2.50
220	63.30	4.50
230	120.80	7.00
240	204.30	9.70
250	316.80	12.80
260	464.30	16.70
270	648.80	20.20
280	869.80	24.00
290	1127.30	27.50
300	1421.80	31.40

Agos Reservoir

Elevation (EL m)	Storage (MCM)	Area (km^2)
42	0.00	0.00
60	12.20	1.36
80	55.70	2.99
100	140.12	5.45
120	281.25	8.67
140	422.03	12.72
160	733.22	18.40
180	1176.87	25.97
200	1805.46	37.89

Kanan No.2 Reservoir

Elevation (EL m)	Storage (MCM)	Area (km^2)
160	0.00	0.00
180	4.00	0.40
200	17.00	1.00
220	47.00	2.00
240	101.50	3.50
260	200.50	6.70
280	385.00	12.20
300	714.00	21.00
320	1233.00	31.00
340	1967.00	42.60

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）

有効貯水容量は常時満水位（FSL）と最低運転水位（MOL）との間の貯水容量を表 10.2.5 に示す。これらは、マニラ首都圏水資源開発計画調査最終報告書（JICA/NWRB、2003）に記載

されている。水収支計算において、貯水池は FSL から MOL の範囲内で運用されるものと仮定する。

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

	FSL (EL m)	MOL (EL m)	有効貯水容量 (MCM)
ライバン貯水池	270	237	470
アゴス貯水池	159	133	345
カナン 2 貯水池	310	270	607

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）

10.2.6　河川に維持すべき最小流量

河川に維持すべき最小流量は「80%保障流量×10%」である。現状においてアゴス川流域には大規模な貯水池や流域間導水はなく、ほぼ自然流況とみなすことができる。主な地点の河川に維持すべき最小流量は表 10.2.6 に示すとおりである。

表 10.2.6　　河川に維持すべき最小流量：アゴス川流域

地点	流域面積（km^2）	最小流量（m^3/s）
ライバン貯水池	276	0.81
カリワ取水堰	366	1.07
カナン 2 貯水池	289	2.15
アゴス貯水池	858	4.37

出典：　JICA 調査団

10.2.7　利水安全度

上工水の利水安全度は 1/10 とする。すなわち、概ね 10 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/10 確率渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

農業用水の利水安全度は 1/5 とする。概ね 5 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/5 確率渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

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

(1)　　計算ケース

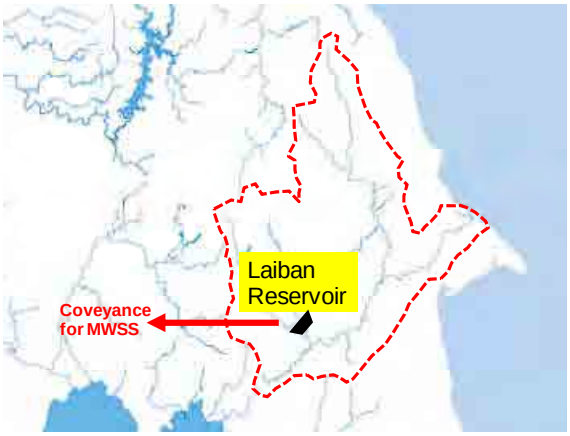
ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオにつき、表 10.2.7 及び図 10.2.6 に示すケース 101、102、103、108a について水収支計算を行う。

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

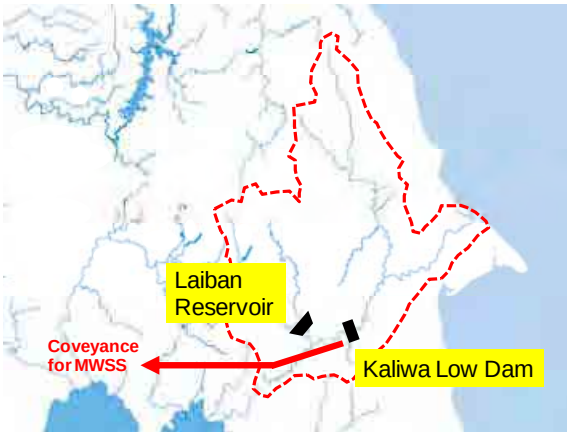
ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件
101	With Project ● Laiban Reservoir	将来 （2040 年）	アゴス川流域の上工水について利水安全度 1/10、農業用水について利水安全度 1/5 を確保する。 そのうえで、With Project により利水安全度 1/10 の確保が可能となる MWSS への水供給能力を算定する。 カナン 2 貯水池からライバン貯水池への導水は 38.3 m^3/s（= 3,310 MLD）とする。 ライバン貯水池で平滑化された 58.6 m^3/s（= 5,060 MLD）をアゴス貯水池に向けて放流する。 アゴス貯水池では MWSS への水供給に加えて、余剰水を発電に使用する。発電使用水量は 25.6 m^3/s（= 2,210 MLD, 90% Dependability）。
102	With Project ● Laiban Reservoir ● Kaliwa Low Dam		
103	With Project ● Laiban Reservoir ● Kaliwa Low Dam ● Kanan No.2 Reservoir		
108a	With Project ● Laiban Reservoir ● （Kaliwa Low Dam) ● Kanan No.2 Reservoir ● Agos Reservoir		

出典：　JICA 調査団

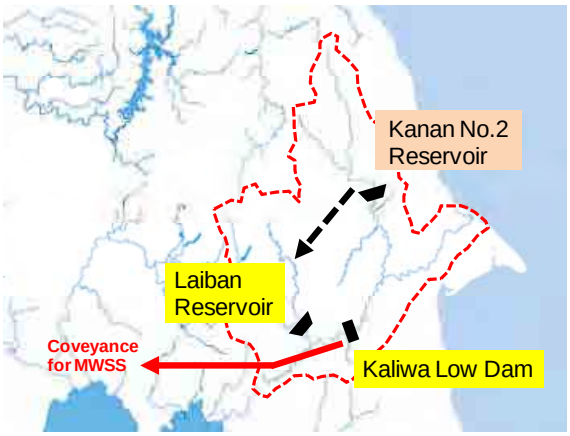
Case 101



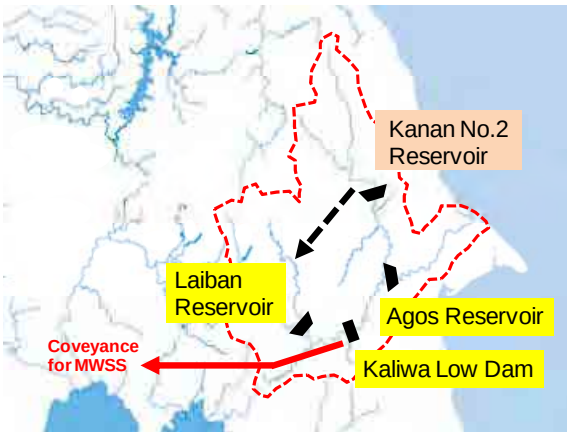
Case 102



Case 103



Case 108a



出典：　JICA 調査団

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

(2) 計算結果

ライバン貯水池の水収支計算結果を表 10.2.8 に示す。各ケースについて 1/10 確率渇水年における MWSS への水供給能力を算定している。

ケース 101 はライバン貯水池単独案であり、1/10 確率渇水年における MWSS への水供給能力は 20.1 m^3/s（= 1,740 MLD）となる。ケース 102 はライバン貯水池から放流を行い、カリワ取水堰において取水のうえ MWSS に向けて導水する案であり、水供給能力は 20.4 m^3/s（= 1,760 MLD）となる。ケース 101、ケース 102 とも 2026 年までの水需要を満たしているが、これ以降についてはさらなる水供給能力の増加が必要となる。

Case 103 は、カナン 2 貯水池からライバン貯水池に 38.3 m^3/s（= 3,310 MLD）を導水して水供給能力の増加を図る案である。このケースで MWSS に対する水供給能力は 58.6 m^3/s（= 5,060 MLD）となり、2037 年の水需要に対して十分である。

ケース 108a は、これまでに提案されている水資源開発案の組み合わせにより、MWSS に対する水供給能力を最大化するケースである。このケースによる水供給能力は 68.8 m^3/s（= 5,940 MLD）となる。

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

Case	Project (MLD)	Projected Water Allocation in 2040				Results of Water Balance Analysis					
		Supply (m^3/sec)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Supply to Envisaged Water Allocation				
							Drought Year				
							1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
101	Laiban Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	20.1	1/10	97.8% (352 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	89.2%	84.0%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
	1740	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
102	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam	M & I Water Supply	MWSS	20.4	1/10	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	89.9%	89.5%
			Local	2.0	1/10	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
	1760	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	99.4%
103	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam Kanan 2 Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	58.5	1/10	96.9% (349 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	85.9%	79.7%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
	5060	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	99.6%	96.0%	88.8%
108a	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam Agos Reservoir Kanan 2 Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	68.8	1/10	96.9% (349 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	86.5%	78.8%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
	5940	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	96.9% (349 / 360)	100.0%	100.0%	98.4%	92.1%	91.1%

出典： JICA 調査団

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

(1) 計算ケース

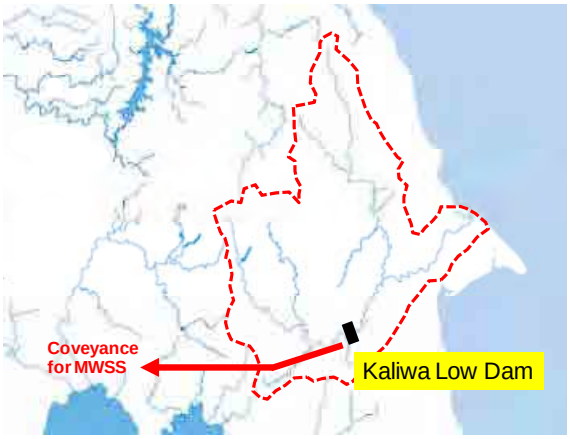
アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオにつき、表 10.2.9 に示すケース 104、105、106、107、108b について水収支計算を行う。

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

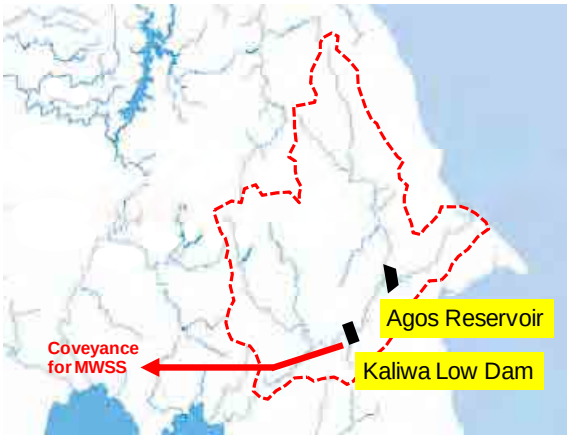
ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件
104	With Project ● Kaliwa Low Dam	将来 （2040 年）	アゴス川流域の上工水について利水安全度 1/10、農業用水について利水安全度 1/5 を確保する。 そのうえで、With Project により利水安全度 1/10 の確保が可能となる MWSS への水供給能力を算定する。
105	With Project ● （Kaliwa Low Dam) ● Agos Reservoir		
106	With Project ● （Kaliwa Low Dam) ● Agos Reservoir ● Kanan No.2 Reservoir		アゴス貯水池では MWSS への水供給に加えて、余剰水を発電に使用する。発電使用水量は 25.6 m^3/s（= 2,210 MLD, 90% Dependability）。
107	With Project ● Laiban Reservoir ● （Kaliwa Low Dam) ● Agos Reservoir		ライバン貯水池で平滑化された 20.1 m^3/s（= 1,740 MLD）をアゴス貯水池に向けて放流する。
108b	With Project ● Laiban Reservoir ● （Kaliwa Low Dam) ● Agos Reservoir ● Kanan No.2 Reservoir		カナン No.2 貯水池で平滑化された 38.3 m^3/s (= 3,310 MLD）をアゴス貯水池に向けて放流する。

出典： JICA 調査団

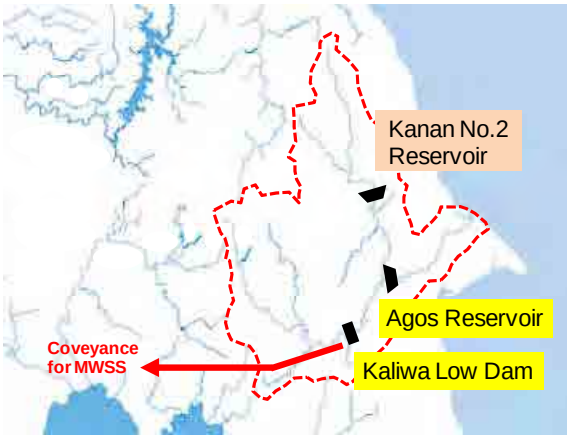
Case 104



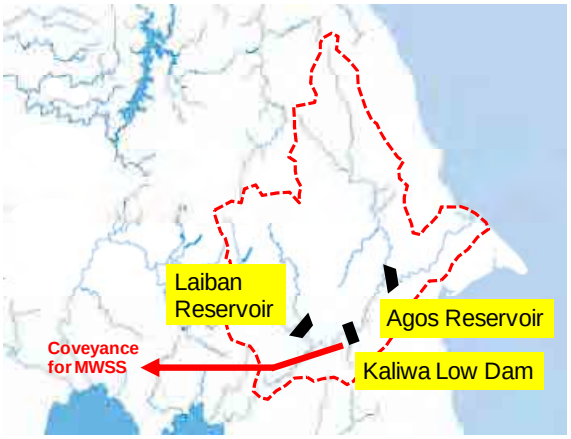
Case 105



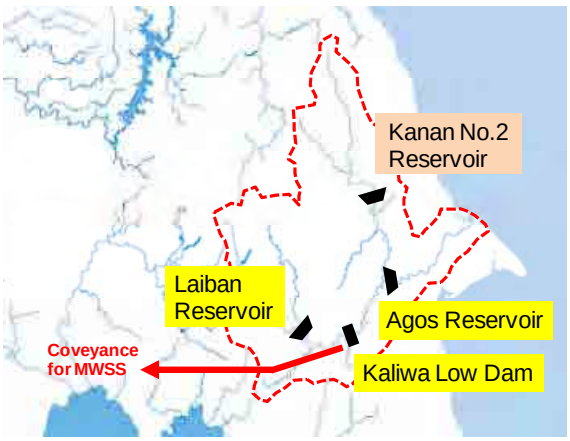
Case 106



Case 107



Case 108b



出典： JICA 調査団

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

(2) 計算結果

アゴス貯水池の水収支計算結果を表 10.2.10 に示す。ケース 104 のカリワ川取水堰はアゴス貯水池が運用開始となるまでの暫定計画であるため、1/10 確率渇水年における MWSS への水供給能力は計画値（6.4 m^3/s）を下回る。その他の貯水池を伴うケースでは 1/10 確率渇水年における MWSS への水供給能力を算定している。

MWSS に対する水供給能力は、ケース 105 のカリワ川取水堰＋アゴス貯水池で 34.1 m^3/s（= 2,950 MLD）であり、2032 年までの水需要を満たしている。その後は水供給能力増加のため、カナン 2 貯水池（ケース 106）もしくはライバン貯水池（ケース 107）が必要となる。

ケース 108b は、これまでに提案されている水資源開発案の組み合わせにより、MWSS に対する水供給能力を最大化するケースである。このケースによる水供給能力は 68.8 m^3/s（= 5,940 MLD）となる。

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

Case	Project (MLD)	Projected Water Allocation in 2040				Results of Water Balance Analysis					
		Supply (m^3/sec)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Supply to Envisaged Water Allocation				
							Drought Year				
							1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
104	Kaliwa Low Dam	M & I Water Supply	MWSS	6.4	1/10	85.6% (308 / 360)	95.5%	84.5%	81.9%	78.1%	77.7%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.5%
	550	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	99.4%	98.3%
105	Kaliwa Low Dam Agos Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	34.1	1/10	99.2% (357 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	93.8%	93.4%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.5%
	2950	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	97.8%	96.4%	94.1%
106	Kaliwa Low Dam Agos Reservoir Kanan 2 Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	55.8	1/10	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	90.4%	82.7%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.5%
	4820	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	97.8%	96.4%	94.1%
107	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam Agos Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	47.6	1/10	99.2% (357 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	96.5%	91.8%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
	4110	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	98.1%	96.3%	94.0%
108b	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam Agos Reservoir Kanan No.2 Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	68.8	1/10	96.9% (349 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	82.4%	79.2%
			Local	2.0	1/10	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
	5940	Agriculture	NIS Local	2.9 0.3	1/5	96.9% (349 / 360)	100.0%	100.0%	97.9%	92.1%	91.1%

出典：　JICA 調査団

10.2.10 水収支計算の要約と結論：アゴス川流域

マニラ首都圏の水需要にはアンガット貯水池のみで対応することはできない。アンガット貯水池から MWSS に対する水配分を超える部分の水需要に対応するためには、アゴス川流域における水資源開発の実施が不可欠である。

アゴス川流域において将来必要となる水資源開発の規模は以下の考え方により算定する

- MWSS が 2012 年に公式に確定したマニラ首都圏の水需要予測に基づいて、水需給バランスを修正する。
- 現状のアンガット貯水池の水配分に係る問題を解決するためには、アンガット川流域における上工水及び農業用水の水需要を満たしたうえでマニラ首都圏への水配分を行う必要がある。この考え方に基づくと、アンガット貯水池からマニラ首都圏への水配分は、現在（2012 年）において 31.3 m^3/s（= 2,704 MLD）であり、その後はアンガット川流域における水需要の増加によってマニラ首都圏への水配分は漸減し、2037 年には 25.6 m^3/s（= 2,210 MLD）になると予測される。
- 世銀調査 Metro Manila Water Security Study のロードマップに示される 2021 年までの水資源開発による水供給能力の増加は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）である。その後はアゴス川流域の水資源開発により水供給能力の増加を図る。

以上より、アゴス川流域の水資源開発による水供給能力の増加は、2025 年までに 18.7 m^3/s（= 1,614 MLD）、2030 年までに 28.3 m^3/s（= 2,444 MLD）、2037 年までに 41.4 m^3/s（= 3,574 MLD）となる。

アゴス川流域の水資源開発による MWSS に対する水供給能力は、アゴス川流域における上工水及び農業用水の水需要を満たしたうえでマニラ首都圏への水配分を行うこと条件に基づいて算定する。水収支計算の結果は以下のとおりである。

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる MWSS に対する水供給能力：

ライバン貯水池	20.1 m^3/s	（= 1,740 MLD）
ライバン貯水池 + カリワ取水堰	20.4 m^3/s	（= 1,760 MLD）
ライバン貯水池 + カリワ取水堰 + カナン 2 貯水池	58.6 m^3/s	（= 5,060 MLD）

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる MWSS に対する水供給能力：

カリワ取水堰（90%保障流量）	4.7 m^3/s	（= 410 MLD）
カリワ取水堰 + アゴス貯水地	34.1 m^3/s	（= 2,950 MLD）
カリワ取水堰 + アゴス貯水地 + カナン 2 貯水池	55.8 m^3/s	（= 4,820 MLD）

10.3 マニラ首都圏における水需給バランス

10.3.1 水供給能力

(1) アンガット貯水池及びウミライ～アンガット導水

本調査で整理した 1968～2010（43 年間）の水文データセットを用いた水収支計算により水供給能力を算定した。アンガット貯水池＋ウミライ～アンガット導水＋スマッグ川による平均の水供給能力は 73.1 m^3/s（= 6,316 MLD）である。一方、1/10 確率渇水年における水供給能力は 53.8 m^3/s（= 4,648 MLD）であり、これを上工水と農業用水に配分する。上工水の水配分は MWSS に対して 27.1 m^3/s（= 2,341 MLD）、その他流域内に対して 8.8 m^3/s（= 760 MLD）となる。1/10 確率渇水年において、農業用水（AMRIS 及びその他流域内）に対する水配分は 17.9 m^3/s（= 1,547 MLD）となる。

(2) タヤバサン川

タヤバサン川はマリキナ川の支流である。世銀調査の最終報告書に示される計画位置図より、取水地点の流域面積は約 75 km^2 と推測される。このような小流域からの取水であることから、計画水供給量 2.03 m^3/s （= 175 MLD）は年間を通じて持続できない。

後述 10.5 節に記載するパッシグ・マリキナ川の水収支計算結果より、タヤバサン川取水地点の平均流量は 4.13 m^3/s と推定されるが、乾期の流量はこれよりもかなり少ない。タヤバサン川取水は流量の季節変動を調節するだけの貯水容量を有しないため、2.03 m^3/s（= 175 MLD）が持続される確率は 70.6%である。また、90%の確率で持続される流量（90%保障流量）は 1.22 m^3/s（= 105 MLD）と推定される。

(3) ラグナ湖

既存のプタタン浄水場の水供給能力は 1.16 m^3/s（= 100 MLD）であり、溶解空気浮上法（Dissolved Air Flotation）、精密ろ過法（Micro Filtration）及び逆浸透法（Reverse Osmosis）による浄水設備が導入されている。世銀調査のロードマップには、2021 年までにラグナ湖を水源とする上水道施設を水供給能力 3.47 m^3/s（= 300 MLD）に拡張することが示されている。

後述 10.7 節の水収支計算結果より、水需給の量的なバランスという点では、マニラ首都圏に対する水供給（300 MLD）は持続可能と考えられる。しかし、将来の水需要の増加・気候変動影響に起因する渇水規模の増大により、水供給の湖水に対する依存度は高くなるとともに、塩水遡上の影響が増加することが示唆される。このため、ラグナ湖からマニラ首都圏に対する水供給の持続性を確保するためには、将来の湖水の水質変化への対応が必要と考えられる。

表 10.3.1　マニラ首都圏に対する水供給能力

Water Resources	JICA Study 2003 (MLD)	World Bank Study 2012 (MLD)	Present Study (MLD)	Remarks
Angat Reservoir with Umiray-Angat Transbasin Diversion		(4,000)	2,150 760 1,750	MWSS (2040) M & I Local (2040, preconditioned) Agriculture (2040, preconditioned)
Sumag River		188		
Angat Reservoir with Umiray-Angat Trans-basin Diversion + Sumag River		(4,188)	2,340 760 1,750	MWSS (2040) M & I Local (2040, preconditioned) Agriculture (2040, preconditioned)
Tayabasan River		175	105	Run-of-river Dependability 90%
Laguna Lake		300	300	Existing 100 MLD Planned 200 MLD
Laiban Reservoir	1,830	1,900	1,740	
Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam			1,760	
Kanan No.2 Reservoir	3,310	3,300		
Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam + Kanan No.2 Reservoir			5,060	
Kaliwa Low Dam	550	550	410	Run-of-river Dependability 90%
Kaliwa Low Dam + Agos Reservoir	3,000	3,000	2,950	
Kaliwa Low Dam + Agos Reservoir + Kanan No.2 Reservoir			4,820	

出典：　JICA 調査団

(4)　ライバン貯水池

世銀調査の最終報告書には、ライバン貯水池の水供給能力として Final Report for Laiban Dam Project, March 2007 による 1,900 MLD を参照したと記述されている。

マニラ首都圏水資源開発計画調査最終報告書（JICA/NWRB、2003）では、1950 年代～1980 年代の水文データに基づく検討により、1/10 確率渇水年におけるライバン貯水池の水供給能力は 21.2 m^3/s（= 1,830 MLD）と推定された。

世銀調査では、ライバン貯水池は単独案（ケース 101）として検討された。一方、2012 年に MWSS の委託によりフィリピン大学が実施したアゴス川流域の水資源開発に係る水文検討では、カリワ取水堰→ライバン貯水池→カナン 2 貯水池→アゴス貯水池の順序で長期的に水資源開発を進めることが提案されている。この点を考慮のうえ、本節ではライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオとして、前述 10.2.8 節に示したケース 102 及び 103 を対象として検討を行う。

本調査の流出解析による水文データセット（1981～2010）に基づく検討より、ライバン貯水池＋カリワ取水堰の水供給能力は 20.4 m^3/s（= 1,760 MLD）と推定される。

(5)　カリワ取水堰

カリワ川取水堰はアゴス貯水池が供用開始となるまでの暫定計画であり、流量の季節変動を調節するだけの貯水容量を有しないため、1/10 確率渇水年における MWSS への水供給能力は

計画値(6.4 m^3/s)を下回る。マニラ首都圏水資源開発計画調査最終報告書(JICA/NWRB、2003)では、1950 年代～1980 年代の水文データに基づく検討により、カリワ川取水堰において 90%の確率で持続される水供給量（90%保障流量）は 6.4 m^3/s（= 550 MLD）と推定された。

世銀調査では上記の水供給能力を参照している。

本調査の流出解析による水文データセット（1981～2010）に基づく検討より、カリワ川取水堰の計画水供給量 6.4 m^3/s（= 550 MLD）が持続される確率は 85.6%と推定される。また、90%保障流量は 4.7 m^3/s（= 410 MLD）と推定される。

(6) アゴス貯水池

世銀調査では、アゴス貯水池の水供給能力について、マニラ首都圏水資源開発計画調査最終報告書（JICA/NWRB、2003）を参照している。なお、世銀調査においてアゴス貯水池は単独案（カリワ川取水堰なし）として検討された。

マニラ首都圏水資源開発計画調査では、1950 年代～1980 年代の水文データに基づく検討により、1/10 確率渇水年におけるアゴス貯水池による MWSS への水供給能力は 34.7 m^3/s（= 3,000 MLD）と推定された。なお、アゴス貯水池の全体計画にはマニラ首都圏への水供給 3,000 MLD と貯水池下流側における水力発電 2,210 MLD が含まれる。

本調査の流出解析による水文データセット（1981～2010）に基づく検討より、貯水池下流側における水力発電に対する 90%保障流量として 25.6 m^3/s （= 2,210 MLD）を確保する条件において、アゴス貯水池からマニラ首都圏への水供給能力は 34.1 m^3/s （= 2,950 MLD）と推定される。

マニラ首都圏水資源開発計画調査では、カリワ取水堰→アゴス貯水池→ライバン貯水池もしくはカナン 2 貯水池の順序で長期的に水資源開発を進めることが提案された。本節ではこれに準じて、アゴス貯水池貯水池を主な水資源開発とするシナリオとして、前述 10.2.8 節に示したケース 104、105 及び 106 を対象として検討を行う。

(7) カナン 2 貯水池

世銀調査では、カナン 2 貯水池の水供給能力について、マニラ首都圏水資源開発計画調査最終報告書（JICA/NWRB、2003）を参照している。

マニラ首都圏水資源開発計画調査では、1950 年代～1980 年代の水文データに基づく検討により、1/10 確率渇水年におけるカナン 2 貯水池による MWSS への水供給能力は 38.3 m^3/s(= 3,310 MLD）と推定された。

マニラ首都圏への水供給計画において、カナン 2 貯水池は単独案ではなく、ライバン貯水池もしくはアゴス貯水池との組み合わせとして検討すべきである。組み合わせによる水供給能力の計算結果は前述 10.2.10 に記載している。

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）

(1) ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

2037 年までに必要となる水供給能力の増加は 47.1 m^3/s（= 4,067 MLD）である。世銀調査のロードマップに含まれる 2021 年までの水資源開発は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）であり、2022 年

以降のアゴス川流域において必要となる水資源開発は 41.4 m^3/s（= 3,574 MLD）である。これに対し、ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は表 10.3.2 に示すとおり 51.5 m^3/s（= 4,453 MLD）となる。

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ーなし）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

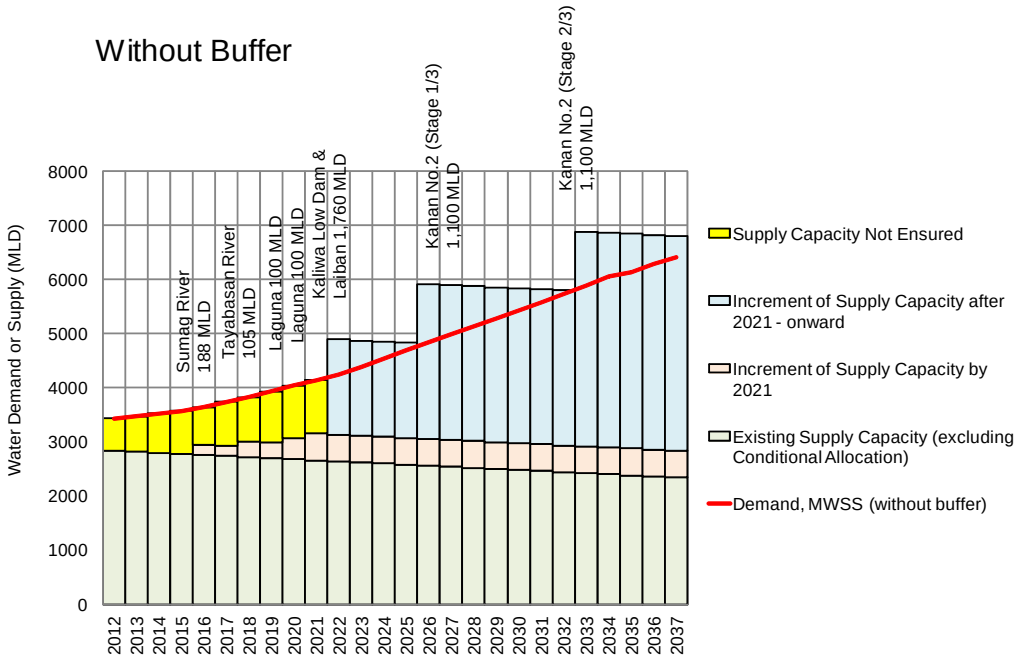
Project	Year	Capacity (MLD)	Remarks
Angat & Umiray	(Existing)	(2,211)	Allocation to MWSS in 2037
Laguna & Other	(Existing)	(132)	
(1) Sumag River	2016	188	
(2) Tayabasan River	2018	105	Dependability 90%
(3) Laguna Lake	2020	100	
(4) Laguna Lake	2021	100	
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,760	
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2026	1,100	
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	2033	1,100	
(8) Kanan No.2 Reservoir, 3/3	(After 2037)	(1,100)	(5) + (6) + (7) + (8) = 5,060 MLD
Total (1) to (7)		4,453	

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

アンガット貯水池からの水配分より、かんがい用水の条件付き配分 15 m^3/s を除外したことで 2021 年までは水供給能力が確保されない。予測される水需要との毎年の差異は 6.9～11.4 m^3/s（= 595～984 MLD）である。

世銀調査では、ライバン貯水池及びカリワ取水堰とも完成までには 10 年を要すると想定している。したがい、ライバン貯水池＋カリワ取水堰（20.4 m^3/s = 1,760 MLD）の運用開始は最速で 2022 年となる。

その後の水需要増加に対応するためには、2026 年までに次の水資源開発を実施する必要がある。世銀調査では、カナン 2 貯水池による水供給能力増加を 12.7 m^3/s（= 1,100 MLD）× 3 段階で実施、第 1 段階の完成には 13 年を要すると想定している。したがい、カナン 2 貯水池による水供給能力増加の第 1 段階は最速で 2026 年に運用開始となる。その後は、2033 年に第 2 段階の運用開始が必要となる。



出典： JICA 調査団

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ーなし）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

(2)　アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

2037 年までに必要となる水供給能力の増加は 47.1 m^3/s（= 4,067 MLD）である。世銀調査のロードマップに含まれる 2021 年までの水資源開発は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）であり、2022 年以降のアゴス川流域において必要となる水資源開発は 41.4 m^3/s（= 3,574 MLD）である。これに対し、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は表 10.3.3 に示すとおり 50.7 m^3/s（= 4,378 MLD）となる。

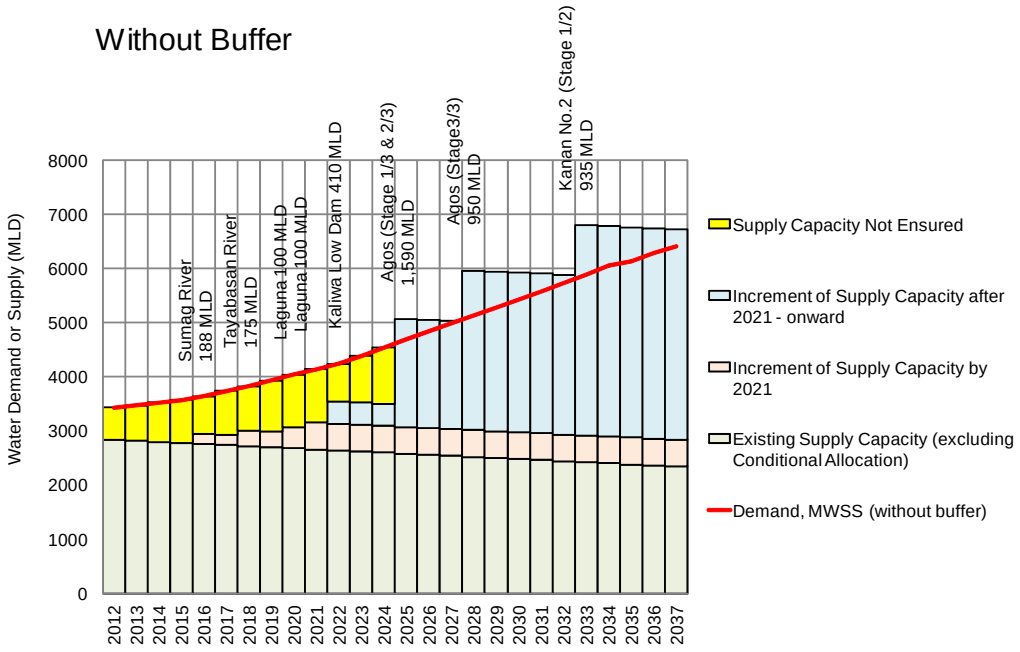
表 10.3.3　2037 年までの水資源開発（マニラ首都圏水需要予測のバッファーなし）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)	Remarks
Angat & Umiray	(Existing)	(2,211)	Allocation to MWSS in 2037
Laguna & Other	(Existing)	(132)	
(1) Sumag River	2016	188	
(2) Tayabasan River	2018	105	Dependability 90%
(3) Laguna Lake	2020	100	
(4) Laguna Lake	2021	100	
(5) Kaliwa Low Dam	2022	410	Dependability 90%
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025	1,590	(5) + (6) = 2,000 MLD
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2028	950	(6) + (7) = 2,950 MLD
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	2033	935	
(9) Kanan No.2 Reservoir, Stage 2/2	(After 2037)	(935)	(5) + (6) + (7) + (8) + (9) = 4,820 MLD
Total (1) to (8)		4,378	

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

アンガット貯水池からの水配分より、かんがい用水の条件付き配分 15 m^3/s を除外したことで 2024 年までは水供給能力が確保されない。予測される水需要との毎年の差異は 6.9～12.0 m^3/s（= 595～1,034 MLD）である。

世銀調査では、カリワ取水堰の完成までには 10 年を要すると想定している。したがい、カリワ取水堰（4.7 m^3/s = 410 MLD）の運用開始は最速で 2022 年となる。



出典： JICA 調査団

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ーなし）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

世銀調査では、アゴス貯水池による水供給能力増加を 3 段階で実施、第 1 段階の完成には 13 年を要すると想定している。したがい、第 1 段階（11.5 m^3/s = 1,000 MLD、カリワ取水堰による 410 MLD を含む）の運用開始は最速で 2025 年となる。さらに 2025 年の水需要に対応するためには、第 2 段階（11.5 m^3/s = 1,000 MLD）の実施を前倒しして第 1 段階と同時に運用開始する必要がある。その後、第 3 段階（11.0 m^3/s = 950 MLD）の運用開始は 2028 年と想定される。

カナン 2 貯水池による水供給能力増加は 10.8 m^3/s（= 935 MLD）× 2 段階での実施を想定する。2033 年に第 1 段階の運用開始が必要となる。

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）

（1）　ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

2037 年までに必要となる水供給能力の増加は 57.3 m^3/s（= 4,949 MLD）である。世銀調査 Metro Manila Water Security Study のロードマップに含まれる 2021 年までの水資源開発は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）であり、2022 年以降のアゴス川流域において必要となる水資源開発は 51.6 m^3/s（= 4,456 MLD）である。これに対し、ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる

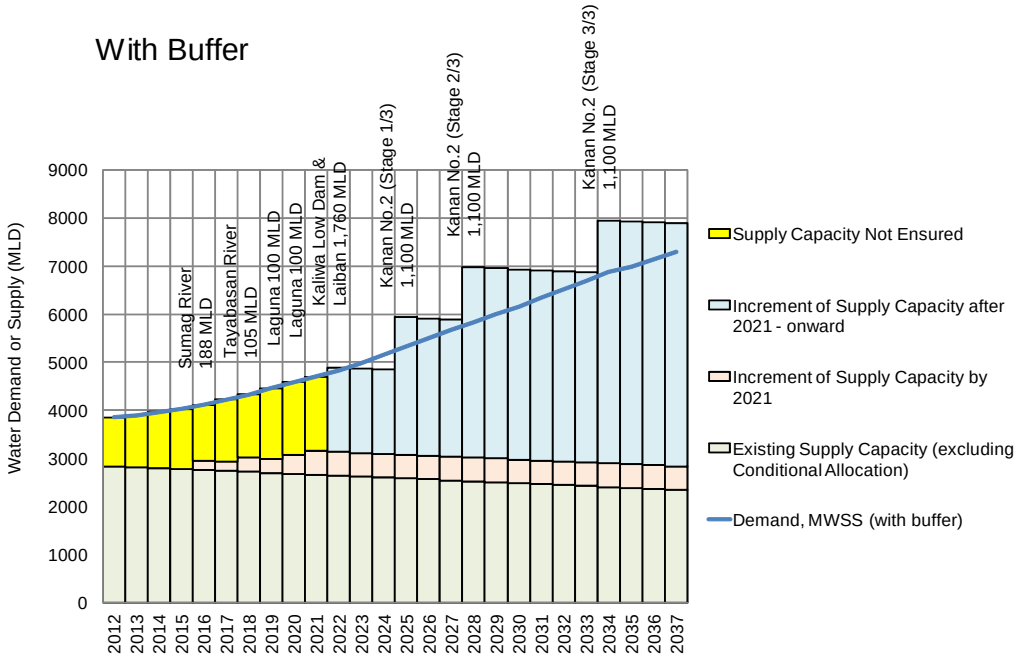
2037 年までの水供給能力増加の合計は表 10.3.4 に示すとおり 64.3 m^3/s（= 5,553 MLD）となる。

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ーあり）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)	Remarks
Angat & Umiray	(Existing)	(2,211)	Allocation to MWSS in 2037
Laguna & Other	(Existing)	(132)	
(1) Sumag River	2016	188	
(2) Tayabasan River	2018	105	Dependability 90%
(3) Laguna Lake	2020	100	
(4) Laguna Lake	2021	100	
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,760	
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2025	1,100	
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	2028	1,100	
(8) Kanan No.2 Reservoir, 3/3	2034	1,100	(5) + (6) + (7) + (8) = 5,060 MLD
Total (1) to (8)		5,553	

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

2021 年までに予測される水需要との毎年の差異は 11.7～17.9 m^3/s（= 1,015～1,545 MLD）である。ライバン貯水池＋カリワ取水堰（20.4 m^3/s = 1,760 MLD）の運用開始は最速で 2022 年となる。カナン 2 貯水池による水供給能力増加は 3 段階すべてを 2037 年までに運用開始する必要がある（第 1 段階：2025 年、第 2 段階：2028、第 3 段階：2034 年）。



出典：　JICA 調査団

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ーあり）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

(2)　アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

2037 年までに必要となる水供給能力の増加は 57.3 m^3/s（= 4,949 MLD）である。世銀調査のロードマップに含まれる 2021 年までの水資源開発は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）であり、2022 年

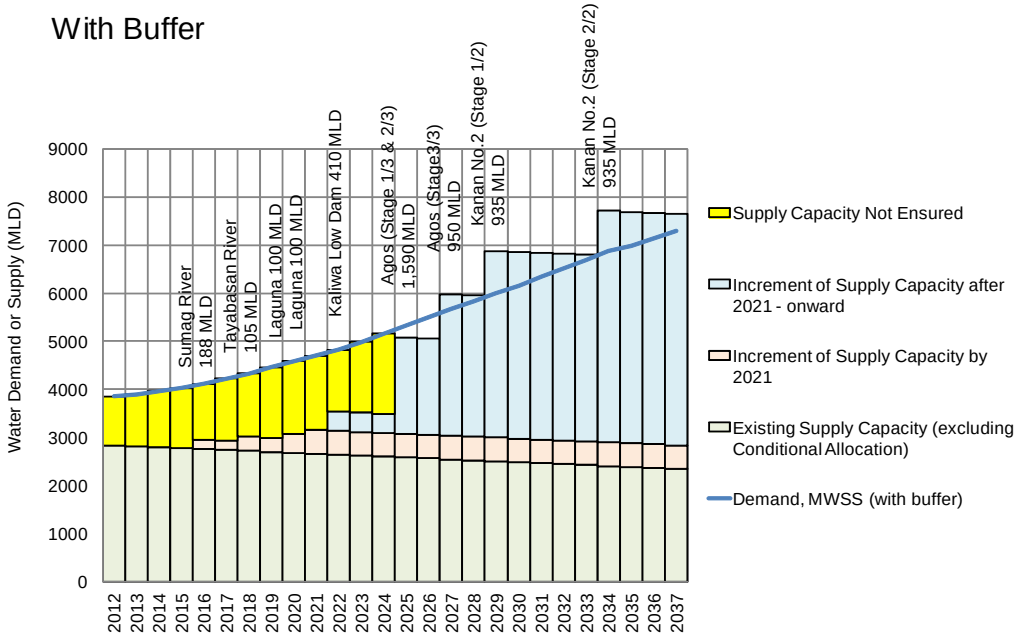
以降のアゴス川流域において必要となる水資源開発は 51.6 m^3/s（= 4,456 MLD）である。これに対し、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は表 10.3.5 に示すとおり 61.5 m^3/s（= 5,313 MLD）となる。

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ーあり）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)	Remarks
Angat & Umiray	(Existing)	(2,211)	Allocation to MWSS in 2037
Laguna & Other	(Existing)	(132)	
(1) Sumag River	2016	188	
(2) Tayabasan River	2018	105	Dependability 90%
(3) Laguna Lake	2020	100	
(4) Laguna Lake	2021	100	
(5) Kaliwa Low Dam	2022	410	Dependability 90%
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025	1,590	(5) + (6) = 2,000 MLD
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2027	950	(6) + (7) = 2,950 MLD
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	2029	935	
(9) Kanan No.2 Reservoir, Stage 2/2	2034	935	(5) + (6) + (7) + (8) + (9) = 4,820 MLD
Total (1) to (9)		5,313	

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

2024 年までに予測される水需要との毎年の差異は 11.7～19.3 m^3/s（= 1,015～1,665 MLD）である。カリワ取水堰の運用開始は最速で 2022 年となる。アゴス貯水池による水供給能力増加の第 1、2 段階を 2025 年、第 3 段階を 2027 年に運用開始と想定する。カナン 2 貯水池による水供給能力増加は 2 段階とも 2037 年までに運用開始する必要がある（第 1 段階：2029 年、第 2 段階：2034 年）。



出典：　JICA 調査団

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ーあり）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

10.4　マニラ首都圏における水需給バランス：気候変動の影響

10.4.1　アンガット川流域

(1)　計算ケース

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は表 10.4.1 に示すとおりケース 06 と同様とする。

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）

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件	
27 28 29	With Project	将来（2040 年）	MWSS　27.1 m^3/s Local　8.8 m^3/s 利水安全度の確保を考慮しない。	AMRIS　19.6 m^3/s Local　0.6 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。
30 31 32			農業用水の利水安全度 1/5 を確保したうえで、利水安全度が 1/10 となる水配分を求める。	AMRIS　19.6 m^3/s Local　0.6 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

(2)　計算結果：計画水供給量の持続性（表 10.4.2）

気候変動影響ありの場合ついて、上記の計画水供給量の持続性に着目した計算結果を表 10.4.2、及び図 10.4.1 に示す。

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

M & I Water Supply　35.9 m^3/s　(3,100 MLD)

Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand (Drought Year)			
				1/2	1/5	1/10	1/20
06B	(Recorded Climate)	1968-2010	98.4%	100.0%	100.0%	100.0%	98.8%
27	csiro_mk3_0	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	99.3%	98.3%
28	gfdl_cm2_0	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
29	gfdl_cm2_1	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	94.3%
30	ingv_echam4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
31	ipsl_cm4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
32	miroc3_2_medres	2031-2050	96.7%	100.0%	100.0%	96.0%	92.5%

Agriculture　20.2 m^3/s　(1,750 MLD)

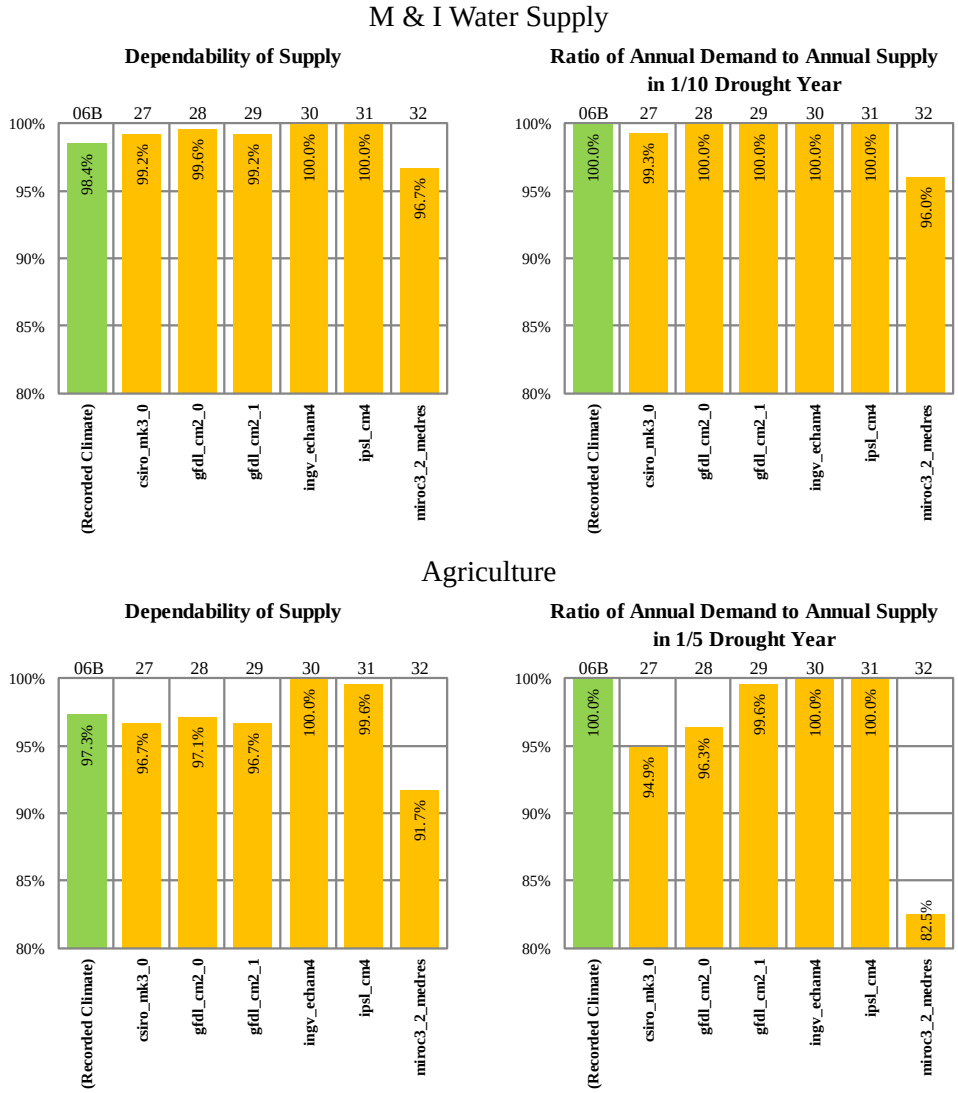
Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand (Drought Year)			
				1/2	1/5	1/10	1/20
06B	(Recorded Climate)	1968-2010	97.3%	100.0%	100.0%	89.2%	85.2%
27	csiro_mk3_0	2031-2050	96.7%	100.0%	94.9%	91.4%	90.5%
28	gfdl_cm2_0	2031-2050	97.1%	100.0%	96.3%	90.9%	53.5%
29	gfdl_cm2_1	2031-2050	96.7%	100.0%	99.6%	93.2%	54.6%
30	ingv_echam4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
31	ipsl_cm4	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%
32	miroc3_2_medres	2031-2050	91.7%	100.0%	82.5%	71.2%	69.6%

注：　ケース 06B との比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響
出典：　JICA 調査団

ケース 6B は気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算の結果である。このケースの計算結果より、上工水の計画水供給量は 1/10 確率渇水年において 35.9 m^3/s、農業用水の計画水供給量は 1/5 確率渇水年において 20.2 m^3/s と算定されている。

上工水の計画水供給量の持続性に着目すると、6 ケースのうち 3 ケースは正の影響、2 ケースは影響小（±1%以下）、1 ケースは負の影響となっている。また、1/10 確率渇水年における水供給量と水需要量との比は、6 ケースのうち 4 ケースは影響なし（100%）、1 ケースは影響小（±1%以下）、1 ケースは負の影響となっている。

農業用水の計画水供給量の持続性に着目すると、6 ケースのうち 2 ケースは正の影響、3 ケースは影響小（±1%以下）、1 ケースは負の影響となっている。また、1/5 確率渇水年における水供給量と水需要量との比は、6 ケースのうち 2 ケースは影響なし（100%）、1 ケースは影響小（±1%以下）、3 ケースは負の影響となっている。



出典：　JICA 調査団

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

(3) 計算結果：1/10 確率渇水年における水供給可能量（表 10.4.3）

気候変動影響ありの場合について、1/10 確率渇水年における水供給可能量に着目した計算結果を表 10.4.3 に示す

上工水と農業用水の水供給量合計では、6 ケースのうち 3 ケースが正の影響、2 ケースが影響小（±1%以下）、1 ケースは負の影響となっている。ケース 6B では、1/10 確率渇水年におけるアンガット貯水池からの水供給可能量は 53.8 m^3/s と算定されている。これに対し気候変動影響ありの場合、水供給可能量は最大 60.7 m^3/s（ケース 31）、最小 48.3 m^3/s（ケース 32）と予測される。

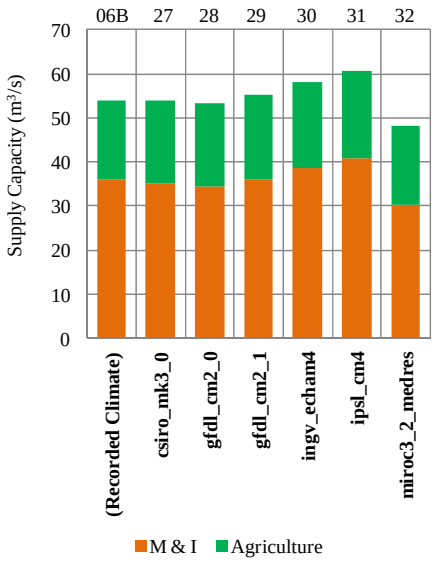
表 10.4.3　アンガット川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：1/10 確率渇水年における水供給可能量

Unit: m^3/sec

Case	GCM for Hydrological Data Set	M & I Water Supply	Agriculture	Total
06B	(Recorded Climate)	35.9	17.9	53.8
27	csiro_mk3_0	35.0	19.3	54.3
28	gfdl_cm2_0	34.4	19.2	53.6
29	gfdl_cm2_1	37.3	19.3	56.6
30	ingv_echam4	39.3	19.4	58.7
31	ipsl_cm4	41.4	19.3	60.7
32	miroc3_2_medres	30.3	18.0	48.3
Max		41.4	19.4	60.7
Ave		36.3	19.1	55.4
Min		30.3	18.0	48.3

注：　ケース 06B との比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響

出典：　JICA 調査団



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

(1) 計算ケース

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は表 10.4.4 のとおりケース 103 と同様とする。

表 10.4.4　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）

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件
110 111 112 113 114 115	With Project ● Laiban Reservoir ● Kaliwa Low Dam ● Kanan No.2 Reservoir	将来 （2040 年）	アゴス川流域の上工水について利水安全度 1/10、農業用水について利水安全度 1/5 を確保する。 そのうえで、With Project により利水安全度 1/10 の確保が可能となる MWSS への水供給能力を算定する。 カナン 2 貯水池からライバン貯水池への導水は 38.3 m^3/s（= 3,310 MLD）とする。

出典：　JICA 調査団

（2） 計算結果：計画水供給量の持続性

ケース 103 は気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算の結果である。このケースの計算結果より、MWSS に対する計画水供給量は 1/10 確率渇水年において 58.6 m^3/s と算定されている。

気候変動影響ありの場合ついての計算結果を表 10.4.5 及び図 10.4.2 に示す。MWSS への計画水供給量の持続性に着目すると、6 ケースのうち 3 ケースは正の影響、3 ケースは負の影響となっている。また、1/10 確率渇水年における水供給量と水需要量との比は、6 ケースのうち 3 ケースは影響なし（100%）、3 ケースは負の影響となっている。

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

M & I Water Supply - MWSS　　58.6 m^3/s　　(5,060 MLD)

Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
				Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
103	(Recorded Climate)	1981-2010	97.5%	100.0%	100.0%	100.0%	86.8%
110	csiro_mk3_0	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	99.4%
111	gfdl_cm2_0	2031-2050	84.6%	100.0%	91.9%	77.4%	60.7%
112	gfdl_cm2_1	2031-2050	96.3%	100.0%	100.0%	97.4%	89.7%
113	ingv_echam4	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	97.6%
114	ipsl_cm4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
115	miroc3_2_medres	2031-2050	92.1%	100.0%	97.2%	92.5%	91.1%

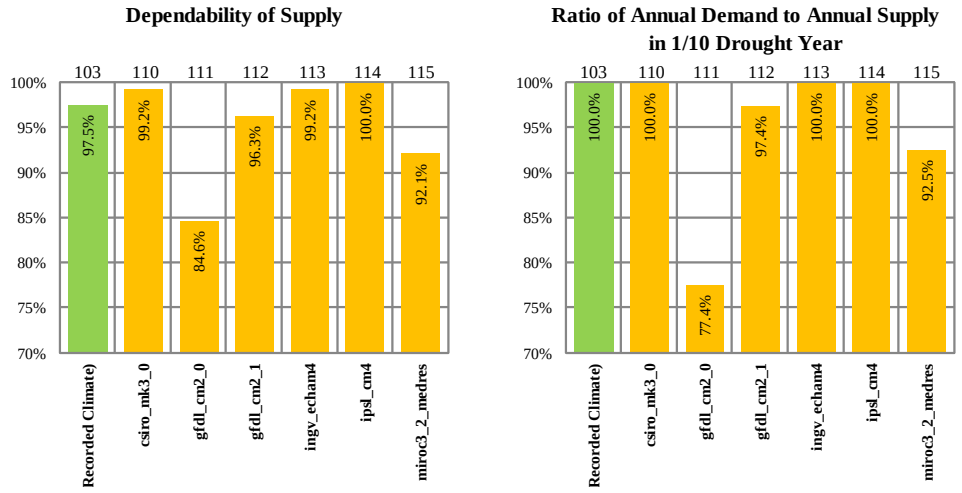
M & I Water Supply - Local　　2.0 m^3/s　　(170 MLD)

Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
				Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
103	(Recorded Climate)	1981-2010	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
110	csiro_mk3_0	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	98.6%
111	gfdl_cm2_0	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	99.3%
112	gfdl_cm2_1	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	97.4%
113	ingv_echam4	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.2%
114	ipsl_cm4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
115	miroc3_2_medres	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.4%

Agriculture - NIS and Local　　3.1 m^3/s　　(270 MLD)

Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
				Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
103	(Recorded Climate)	1981-2010	98.9%	100.0%	100.0%	99.6%	95.7%
110	csiro_mk3_0	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	97.5%	94.9%
111	gfdl_cm2_0	2031-2050	96.3%	100.0%	96.0%	94.7%	91.6%
112	gfdl_cm2_1	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	99.2%
113	ingv_echam4	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	99.6%	96.2%
114	ipsl_cm4	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.3%
115	miroc3_2_medres	2031-2050	98.8%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%

注：　ケース 103 との比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響
出典：　JICA 調査団



出典：　JICA 調査団

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

(3)　計算結果：1/10 確率渇水年における水供給可能量

気候変動影響ありの場合についての計算結果を表 10.4.6 に示す。1/10 確率渇水年における MWSS への水供給可能量に着目すると、6 ケースのうち 3 ケースが正の影響、3 ケースは負の影響となっている。ケース 103 では、1/10 確率渇水年において MWSS に対する水供給可能量は 58.6 m^3/s と算定されている。これに対し、気候変動影響ありの場合、水供給可能量は最大 60.3 m^3/s（ケース 114）、最小 53.1 m^3/s（ケース 111）と予測される。

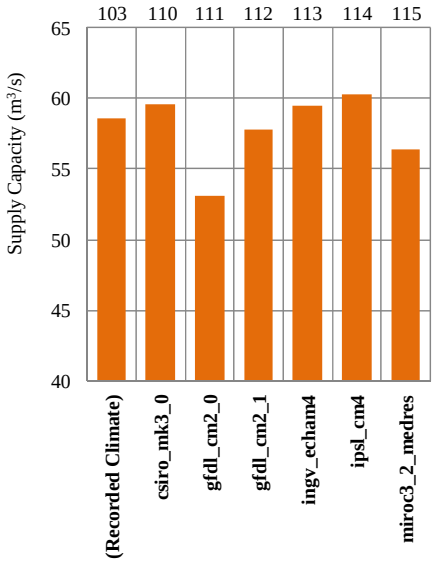
表 10.4.6　アゴス川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ－1/10 確率渇水年における MWSS への水供給可能量

Unit: m^3/s

Case	GCM for Hydrological Data Set	Laiban + Kaliwa L + Kanan 2
103	(Recorded Climate)	58.6
110	csiro_mk3_0	59.6
111	gfdl_cm2_0	53.1
112	gfdl_cm2_1	57.8
113	ingv_echam4	59.5
114	ipsl_cm4	60.3
115	miroc3_2_medres	56.4
Max		60.3
Ave		57.8
Min		53.1

注：　ケース 103 との比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響

出典：　JICA 調査団



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

(1) 計算ケース

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は表 10.4.7 のとおりケース 106 と同様とする。

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）

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件
117 118 119 120 121 122	With Project ● Kaliwa Low Dam ● Agos Reservoir ● Kanan No.2 Reservoir	将来 （2040 年）	アゴス川流域の上工水について利水安全度 1/10、農業用水について利水安全度 1/5 を確保する。 そのうえで、With Project により利水安全度 1/10 の確保が可能となる MWSS への水供給能力を算定する。 アゴス貯水池では MWSS への水供給に加えて、余剰水を発電に使用する。発電使用水量は 25.6 m^3/s（= 2,210 MLD, 90% Dependability）。 カナン貯水池で平滑化された 38.3 m^3/s（= 3,310 MLD）をアゴス貯水池に向けて放流する。

出典： JICA 調査団

(2) 計算結果：計画水供給量の持続性

気候変動影響ありの場合ついての計算結果を表 10.4.7 及び図 10.4.2 に示す。ケース 106 は気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算の結果である。このケースの計算結果より、MWSS に対する計画水供給量は 1/10 確率渇水年において 55.8 m^3/s と算定されている。

MWSS への計画水供給量の持続性に着目すると、6 ケースのうち 4 ケースは正の影響、1 ケースは影響小（±1%以下）、1 ケースは負の影響となっている。また、1/10 確率渇水年における水供給量と水需要量との比は、6 ケースのうち 4 ケースは影響なし（100%）、1 ケースは影響小（±1%以下）、1 ケースは負の影響となっている。

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

M & I Water Supply - MWSS　55.8 m^3/s　(4,820 MLD)

Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
				Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
106	(Recorded Climate)	1981-2010	98.1%	100.0%	100.0%	100.0%	90.4%
117	csiro_mk3_0	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
118	gfdl_cm2_0	2031-2050	97.1%	100.0%	100.0%	99.5%	63.3%
119	gfdl_cm2_1	2031-2050	98.3%	100.0%	100.0%	97.7%	88.1%
120	ingv_echam4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
121	ipsl_cm4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
122	miroc3_2_medres	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

M & I Water Supply - Local　2.0 m^3/s　(170 MLD)

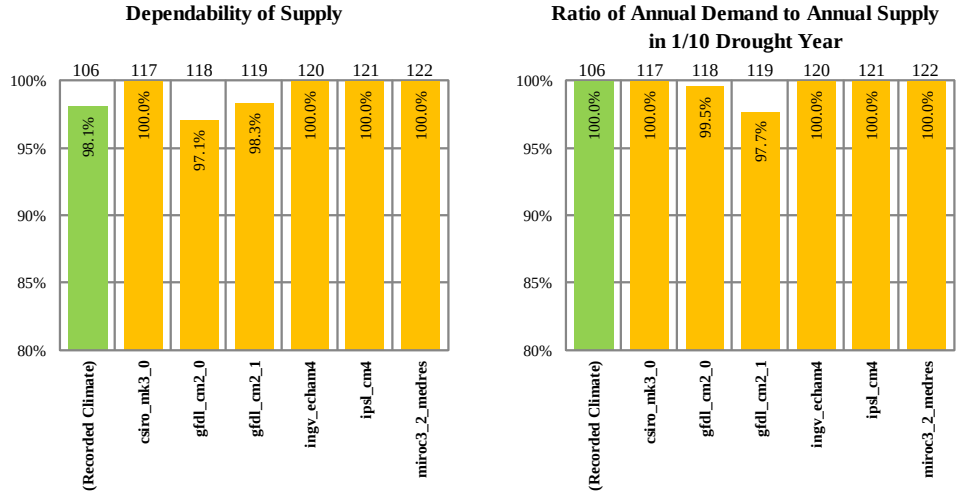
Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
				Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
106	(Recorded Climate)	1981-2010	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
117	csiro_mk3_0	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	98.8%
118	gfdl_cm2_0	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
119	gfdl_cm2_1	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	96.3%
120	ingv_echam4	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	98.8%
121	ipsl_cm4	2031-2050	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
122	miroc3_2_medres	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%

Agriculture　3.1 m^3/s　(270 MLD)

Case	GCM for Hydrological Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand			
				Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
106	(Recorded Climate)	1981-2010	98.1%	100.0%	100.0%	97.8%	96.4%
117	csiro_mk3_0	2031-2050	98.8%	100.0%	100.0%	99.6%	97.6%
118	gfdl_cm2_0	2031-2050	95.4%	100.0%	99.9%	98.6%	91.9%
119	gfdl_cm2_1	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
120	ingv_echam4	2031-2050	99.2%	100.0%	100.0%	99.5%	97.6%
121	ipsl_cm4	2031-2050	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%
122	miroc3_2_medres	2031-2050	97.5%	100.0%	99.6%	99.3%	99.3%

注：　ケース 106 との比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響

出典：　JICA 調査団



出典：　JICA 調査団

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

(3) 計算結果：1/10 確率渇水年における水供給可能量

気候変動影響ありの場合についての計算結果を表 10.4.9 に示す。1/10 確率渇水年における MWSS への水供給可能量に着目すると、6 ケースのうち 3 ケースが正の影響、1 ケースは影響小（±1%以下）、2 ケースは負の影響となっている。ケース 106 では、1/10 確率渇水年において MWSS に対する水供給可能量は 55.8 m^3/s と算定されている。これに対し、気候変動影響ありの場合、水供給可能量は最大 61.7 m^3/s（ケース 121）、最小 53.1 m^3/s（ケース 118）と予測される。

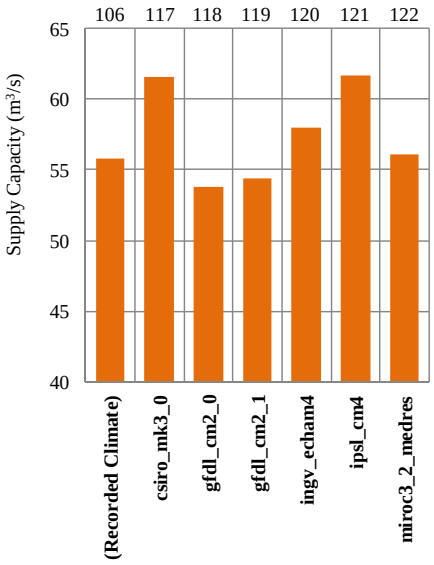
表 10.4.9　アゴス川流域の水収支計算結果（気候変動影響あり）：アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ－1/10 確率渇水年における MWSS への水供給可能量

Unit: m^3/s

Case	GCM for Hydrological Data Set	Kaliwa L + Agos + Kanan 2
106	(Recorded Climate)	55.8
117	csiro_mk3_0	61.6
118	gfdl_cm2_0	53.8
119	gfdl_cm2_1	54.4
120	ingv_echam4	58.0
121	ipsl_cm4	61.7
122	miroc3_2_medres	56.1
Max		61.7
Ave		57.6
Min		53.8

注：　ケース 106 との比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響

出典：　JICA 調査団



10.4.4 マニラ首都圏水供給に対する気候変動影響

(1) 既存及び将来の水資源ごとの水供給能力

マニラ首都圏水供給のための既存及び将来の水資源による水供給能力を表 10.4.10 に示す。本節ではこれらはすべて 2040 年における水供給能力と仮定する。

既存のアンガット貯水池＋ウミライ導水による水供給能力は MWSS に対する水配分を示しており、かんがい用水の条件付き配分を解消するため、1/10 確率渇水年におけるアンガット貯水池＋ウミライ導水の水供給能力から、アンガット川流域内の上工水及び農業用水供給分を差し引いた数字である。

タヤバサン川及びカリワ取水堰は、河川流量の季節変動を調節できるような貯水容量を有していないため、水供給能力として取水地点における 90%保障流量を適用している。

ライバン貯水池、アゴス貯水池及びこれらとカナン 2 貯水池の組み合わせによる水供給能力は、1/10 確率渇水年における MWSS に対する水供給能力である。

ラグナ湖及びその他の水源については、水供給能力に対する気候変動影響はないものと仮定している。

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）

Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Existing			Development by 2021		
	Angat Umiray	Laguna Lake & Other		Sumag River	Tayabasan River	Laguna Lake
(Recorded Climate)	24.9	1.5		2.2	1.2	2.3
csiro_mk3_0	24.2	1.5		2.0	1.8	2.3
gfdl_cm2_0	23.2	1.5		2.4	1.1	2.3
gfdl_cm2_1	25.7	1.5		2.8	1.5	2.3
ingv_echam4	28.4	1.5		2.1	1.5	2.3
ipsl_cm4	30.0	1.5		2.6	1.8	2.3
miroc3_2_medres	20.0	1.5		1.5	1.3	2.3

Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Laiban Reservoir and Associated Developments			Laiban Reservoir and Associated Developments		
	Laiban	Laiban + Kaliwa L	Laiban + Kaliwa L + Kanan 2	Kaliwa L	Kaliwa L + Agos	Kaliwa L + Agos + Kanan 2
(Recorded Climate)	20.1	20.4	58.6	4.7	34.1	55.8
csiro_mk3_0	21.3	21.3	59.6	5.7	43.6	61.6
gfdl_cm2_0	15.5	15.7	53.1	6.3	32.4	53.8
gfdl_cm2_1	19.4	19.8	57.8	4.7	30.7	54.4
ingv_echam4	21.1	21.4	59.5	5.1	34.6	58.0
ipsl_cm4	22.0	22.1	60.3	5.9	43.6	61.7
miroc3_2_medres	18.8	19.0	56.4	5.9	38.8	56.1

出典：　JICA 調査団

(2)　気候変動影響を考慮したマニラ首都圏に対する水供給能力

前述 10.3 節では、マニラ首都圏水供給のための水資源開発として二つのシナリオを示した。表 10.4.11 及び図 10.4.4 は、これら二つのシナリオについて、それぞれ気候変動影響を考慮する場合の水供給能力を整理したものである。

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる水供給能力合計は 90.8 m^3/s（＝7,841 MLD）である。一方、気候変動影響ありの 6 ケースの水供給能力合計は最大 98.5 m^3/s（＝8,334 MLD）、最小 83.0 m^3/s（＝7,627 MLD）の範囲と予測される。

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる水供給能力合計は 88.0 m^3/s（＝7,600 MLD）である。一方、気候変動ありの 6 ケースの水供給能力合計は最大 99.9 m^3/s（＝8,452 MLD）、最小 82.8 m^3/s（＝7,612 MLD）の範囲と予測される。

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）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Angat Umiray Sumag	Tayabasan Laguna Other	Laiban Kaliwa L Kanan 2	Total
(Recorded Climate)	27.1	5.1	58.6	90.8
csiro_mk3_0	26.2	5.7	59.6	91.5
gfdl_cm2_0	25.6	4.9	53.1	83.6
gfdl_cm2_1	28.5	5.3	57.8	91.6
ingv_echam4	30.5	5.3	59.5	95.3
ipsl_cm4	32.6	5.6	60.3	98.5
miroc3_2_medres	21.5	5.2	56.4	83.0
			Max	98.5
			Ave	90.6
			Min	83.0

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

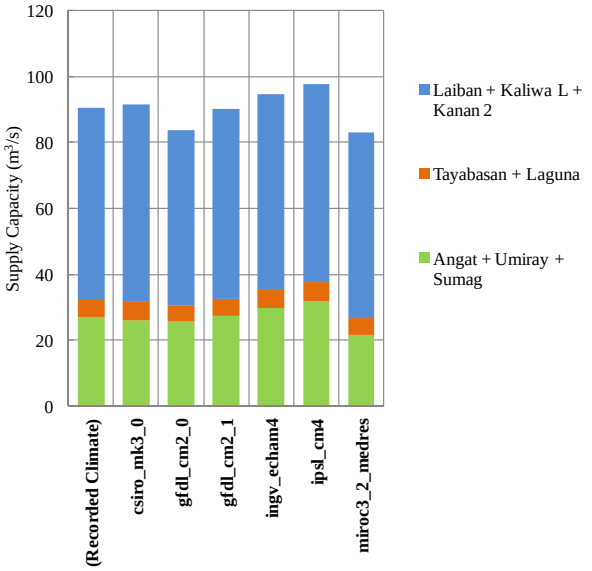
Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Angat Umiray Sumag	Tayabasan Laguna Other	Kaliwa L Agos Kanan 2	Total
(Recorded Climate)	27.1	5.1	55.8	88.0
csiro_mk3_0	26.2	5.7	61.6	93.4
gfdl_cm2_0	25.6	4.9	53.8	84.3
gfdl_cm2_1	28.5	5.3	54.4	88.2
ingv_echam4	30.5	5.3	58.0	93.8
ipsl_cm4	32.6	5.6	61.7	99.9
miroc3_2_medres	21.5	5.2	56.1	82.8
			Max	99.9
			Ave	90.4
			Min	82.8

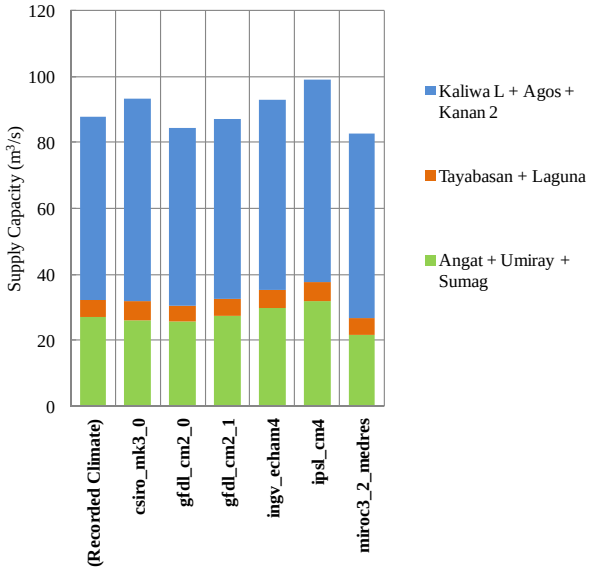
注：　気候変動影響なしのケースとの比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響

出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



出典：　JICA 調査団

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）

(3)　2037 年までの水需給バランス

気候変動影響を考慮したマニラ首都圏における 2037 年までの水需給バランスを図 10.4.5 に示す。各水資源開発の運用開始のタイミングは、前述 10.3.2 節に示した気象水文データ実績値に基づく水収支計算結果（気候変動影響なし）と同様である。

毎年の水供給能力は Climate Change, Max と Climate Change, Min の範囲内と予測される。表 10.4.12 に示すとおり、2037 年において気候変動影響による水供給能力の増減幅はライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオで-8.5%～+8.8%、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオで-3.4%～+15.8%と予測される。

表 10.4.12　水供給能力の比較（気候変動影響なし・あり）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: MLD

Year	2021	2022	2026	2033	2037
Recorded Climate	3,152	4,892	5,916	6,881	6,802
Climate Change Max.	3,320 +5.4%	5,135 +5.0%	6,252 +5.7%	7,382 +7.3%	7,399 +8.8%
Climate Change Min.	3,000 -4.8%	4,682 -4.3%	5,607 -5.2%	6,397 -7.0%	6,226 -8.5%

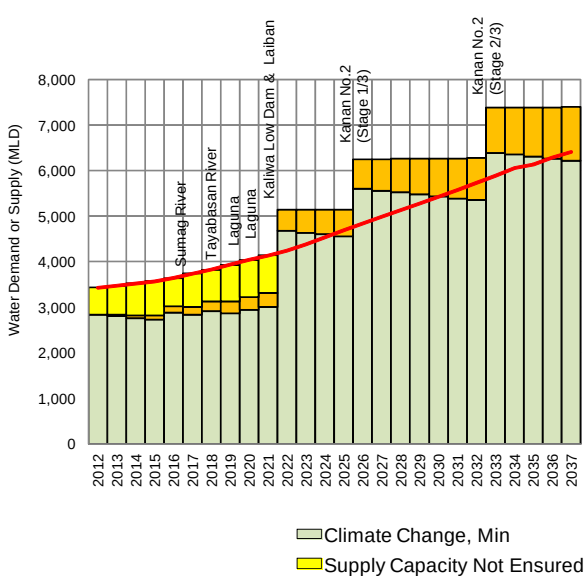
アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: MLD

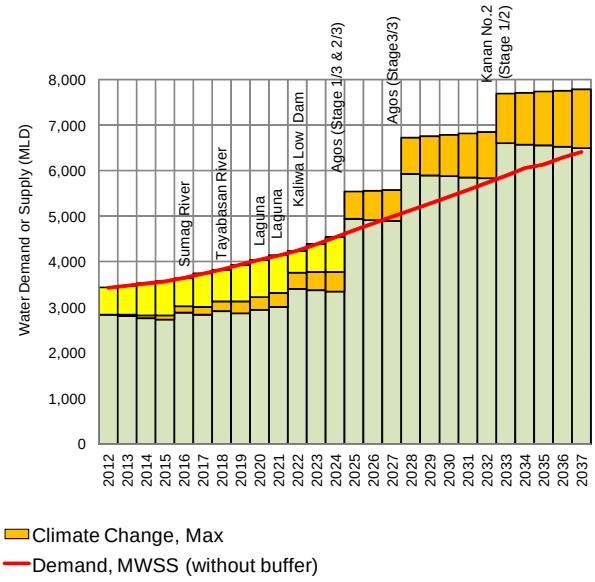
Year	2021	2025	2028	2033	2037
Recorded Climate	3,152	5,073	5,963	6,800	6,721
Climate Change Max.	3,320 +5.4%	5,537 +9.2%	6,732 +12.9%	7,692 +13.1%	7,783 +15.8%
Climate Change Min.	3,000 -4.8%	4,944 -2.5%	5,922 -0.7%	6,607 -2.8%	6,491 -3.4%

出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



出典：　JICA 調査団

図 10.4.5　　2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり）

（4）　水供給能力に対して最も不利な影響が予測されるケース

気候変動影響ありの 6 ケースのうち、“miroc3_2_medres”による予測に基づく水文条件において、マニラ首都圏に対する水供給能力の合計は最小となる。このケースについて 2037 年までの水資源開発を表 10.4.13 に示す。また、水需給バランスを図 10.4.6 に示す。

気候変動影響なしのケースの水需給バランス（図 10.3.3 及び図 10.3.4）と比較すると、二つのシナリオともカナン 2 貯水池の実施を前倒しすることで 2037 年までの水需要に対応することが可能となる。

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”）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

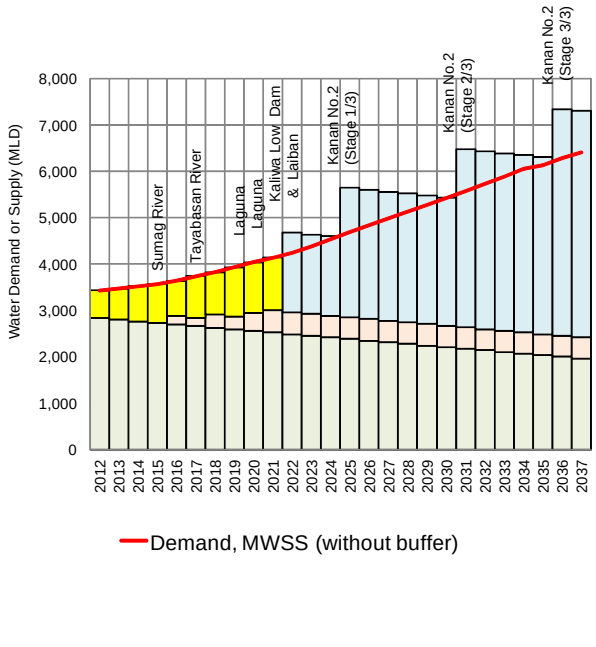
Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(1,833)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	136
(2) Tayabasan River	2018	114
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,653
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2025	1,079
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	2031	1,079
(8) Kanan No.2 Reservoir, 3/3	2036	1,079
Total (1) to (8)		5,339

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

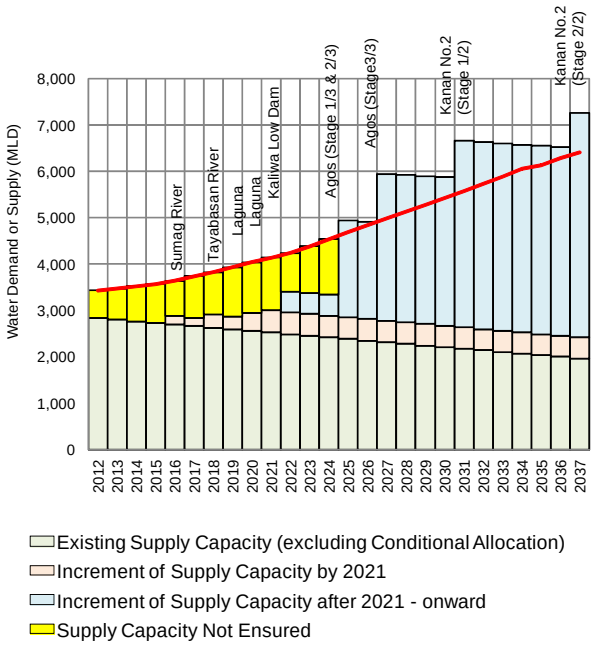
Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(1,833)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	136
(2) Tayabasan River	2018	114
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Kaliwa Low Dam	2022	2,205
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025	
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2027	1,102
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	2031	770
(9) Kanan No.2 Reservoir, Stage 2/2	2037	770
Total (1) to (8)		5,297

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



出典：　JICA 調査団

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”）

10.5　パッシグ・マリキナ川流域

10.5.1　水資源

(1)　表流水

本調査 1981～2010 の流出解析で推定した 1981～2010 の河川流量に基づくパッシグ・マリキナ川流域における水資源（表流水）の概要を表 10.5.1 に示す。

表 10.5.1 パッシグ・マリキナ川流域の水資源（表流水）

現状　　Unit: m^3/s

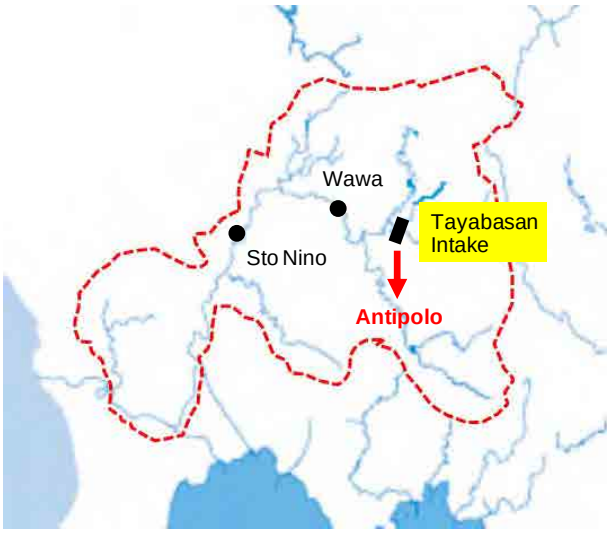
水資源	流域面積 (km^2)	流況：1981～2010			
		平均	80%	90%	95%
タヤバサン取水堰予定地点	75	4.13	0.38	0.25	0.22
ワワ	281	15.75	1.47	0.97	0.83
セント・ニニョ	512	25.44	1.81	1.11	0.96

出典：　JICA 調査団

世銀調査 Metro Manila Water Security Study では、パッシグ・マリキナ川流域において、以下 5 つの水資源開発計画について検討が行われ、最終的にタヤバサン川（Tayabasan River）水供給計画がロードマップに含められた。

- ワワ貯水池計画（50 MLD）
- タヤバサン川水供給計画（175 MLD)
- ワワ水供給計画（San Lorenzo Ruiz Builders による提案、300 MLD）
- マニラ北東水供給計画（260 MLD）
- マリキナ多目的貯水池計画（700 MLD）

世銀調査によれば、タヤバサン川水供給計画は、アンティポロ（Antipolo）地区への水供給を目的として、マニラ・ウォーター社（MWCI）が計画したものであり、主な計画施設は取水堰（ダム高 53 m、貯水容量 9.3 百万 m^3）、浄水場（175 MLD = 2.03 m^3/s）及び送水施設である。



出典：　JICA 調査団

図 10.5.1
タヤバサン川水供給計画の位置図

(2)　地下水

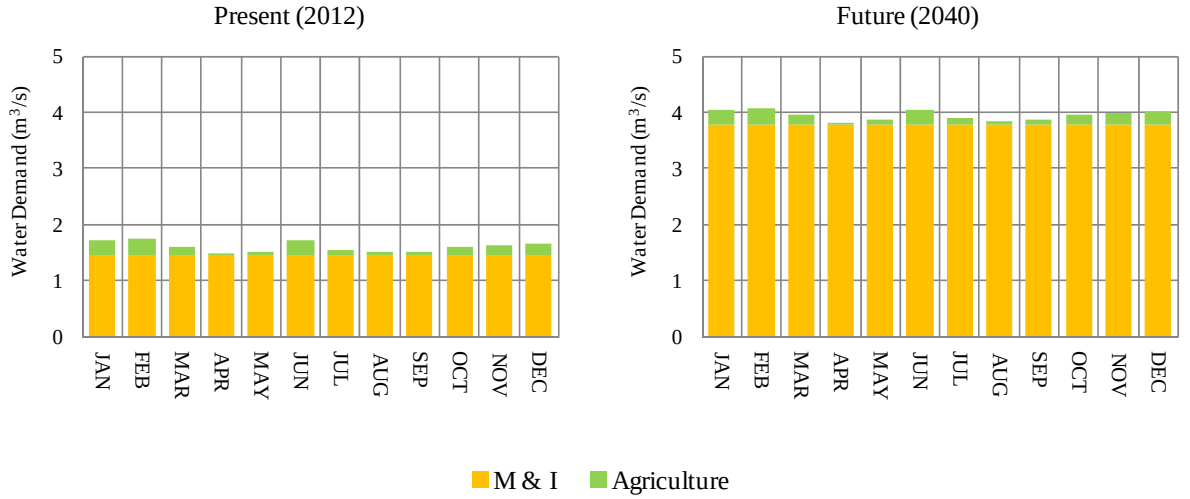
7.2.2 節に記載するとおり、パッシグ・マリキナ川流域において利用可能な地下水は 0.60 m^3/s（= 52 MLD）と推定される。

10.5.2 水需要

第 5 章に記載したとおり、パッシグ・マリキナ川流域の上工水の水需要は、現在（2012 年）において 1.45 m^3/s（= 125 MLD）と推定され、将来（2040 年）には 3.79 m^3/s（= 327 MLD）に増加すると予測されている。

なお、パッシグ・マリキナ川流域はほぼ全域にわたって MWSS による水供給の対象地域となっている（図 7.3.1 参照）。したがい、ここに記載する上工水の水需要には、MWSS の水需要及びその他の水需要（地方上水道、工業用水等）の両方が含まれるものと仮定する。

第 6 章に記載したとおり、パッシグ・マリキナ川流域のかんがい用水必要量は、現在（2012 年）は平均 0.15 m^3/s（= 13 MLD）と推定され、将来（2040 年）は平均 0.16 m^3/s（= 14 MLD）と予測されている。



出典： JICA 調査団

図 10.5.2 パッシグ・マリキナ川流域の水需要

10.5.3 河川に維持すべき最小流量

河川に維持すべき最小流量は 80%保障流量の 10%とされている。パッシグ・マリキナ川流域における主な地点の最小流量は表 10.5.2 に示すとおりである。

表 10.5.2 河川に維持すべき最小流量：パッシグ・マリキナ川流域

地点	流域面積（km^2）	最小流量（m^3/s）
タヤバサン取水堰予定地点	74	0.038
ワワ	281	0.147
セント・ニニョ	512	0.181

出典： JICA 調査団

10.5.4 利水安全度

上工水の利水安全度は 1/10 とする。すなわち、概ね 10 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/10 渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

農業用水の利水安全度は 1/5 とする。概ね 5 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/5 渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

10.5.5 水収支計算

(1) 計算ケース

表 10.5.3 に示すケース 301、302、303 について水収支計算を行う。

表 10.5.3 水収支計算ケース：パッシグ・マリキナ川流域

ケース	水資源	水需要	水配分	
301	現状	現在 (2012)	上工水： 農業用水：	1.45 m^3/s 0.15 m^3/s
302	現状	将来 (2040)	上工水： 農業用水：	3.79 m^3/s 0.16 m^3/s
303	With Project ● タヤバサン川水供給	将来 (2040)	上工水： 農業用水：	3.79 m^3/s 0.16 m^3/s

出典： JICA 調査団

(2) 計算結果

ケース 301： 現状の水資源・現在の水需要のもとでは、計算期間 360 か月において上工水が水需要を満たされる月の総数は 303 か月（84.2% = 303/360）である。10 年確率渇水年における上工水の水供給量は水需要量に対して 91.2%である。農業用水の水需要が満たされる月の総数は 294 か月（81.7% = 294/360）である。5 年確率渇水年における農業用水の水供給量は水需要量に対して 76.0%である。

表 10.5.4 水収支計算結果：パッシグ・マリキナ川流域

No.	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
301	Existing	Present (2012)	M & I Water Supply	MWSS & Local	1.45	Not Specified	84.2% (303 / 360)	95.1%	92.3%	91.2%	88.1%	85.8%
			Agriculture	Local	0.15	Not Specified	81.7% (294 / 360)	90.4%	76.0%	71.6%	64.7%	61.3%
302	Existing	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.79	Not Specified	65.8% (237 / 360)	82.3%	78.8%	75.7%	73.6%	72.6%
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	65.6% (236 / 360)	71.9%	57.3%	57.0%	57.0%	31.6%
303	With Project	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.79	Not Specified	73.3% (264 / 360)	83.8%	80.3%	74.9%	74.8%	72.3%
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	72.5% (261 / 360)	71.9%	64.1%	58.1%	57.0%	57.0%

出典： JICA 調査団

ケース 302： 将来（2040 年）までの水需要増加に対して水資源開発が行われない場合、計算期間 360 か月において上工水の水需要が満たされる月の総数は 237 か月（65.8% = 237/360）、農業用水の水需要が満たされる月の総数は 236 か月（65.6% = 236/360）となる。

ケース 303: タヤバサン川水供給計画により将来の水収支は上記に比べてやや改善される。計算期間 360 か月において上工水の水需要が満たされる月の総数は 264 か月（73.3% = 264/360）、農業用水の水需要が満たされる月の総数は 261 か月（83.8% = 261/360）となる。

タヤバサン川水供給計画の取水地点における平均流量は 4.13 m^3/s であるが、月別では 0.32 m^3/s（3 月）～10.92 m^3/s（8 月）と変動する。年間を通じて 175 MLD （= 2.03 m^3/s）の水供

給を行うためには、河川流量の季節変動を調節できるだけの貯水容量が必要であるが、計画されている貯水容量 9.3 百万 m^3 は十分ではないと考えられる。

10.5.6 気候変動による影響

(1) 計算ケース

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は表 10.5.5 のとおりケース 303 と同様とする。

表 10.5.5 水収支計算ケース：パッシグ・マリキナ川流域（気候変動影響あり）

ケース	水資源	水需要	水配分	
303A 303B 303C 303D 303E 303F	With Project ● タヤバサン川水供給	将来 (2040)	上工水： 農業用水：	3.79 m^3/s 0.16 m^3/s

出典： JICA 調査団

(2) 計算結果

気候変動影響ありの場合ついての計算結果を表 10.5.6 に示す。ケース 303（Recorded Climate）は気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算の結果である。このケースの計算結果より、上工水に対する計画水供給量 3.79 m^3/s が持続できる確率は 73.3%と算定されている。

上工水供給量の持続性及び 1/10 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比を図 10.5.2 に示す。ケース 303（Recorded Climate）と気候変動影響ありの 6 ケースを比較すると、6 ケースのうち 4 ケースで正の影響、2 ケースで負の影響が見られる。また、1/10 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比では、6 ケースのうち 2 ケースで正の影響、1 ケースで影響小（±1%以下）、3 ケースで負の影響が見られる。

表 10.5.6　水収支計算結果：パッシグ・マリキナ川流域（気候変動影響あり）

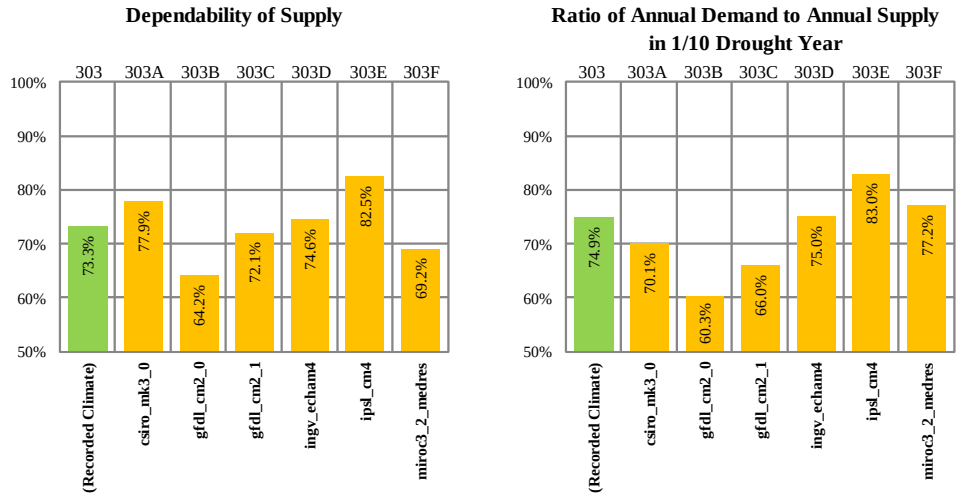
M & I Water Supply - MWSS & Local　　3.79 m^3/s　　(327 MLD)

Case	Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
303	(Recorded Climate)	1981-2010	73.3%	83.8%	80.3%	74.9%	74.8%
303A	csiro_mk3_0	2031-2050	77.9%	90.8%	80.7%	70.1%	68.6%
303B	gfdl_cm2_0	2031-2050	64.2%	77.5%	63.5%	60.3%	50.0%
303C	gfdl_cm2_1	2031-2050	72.1%	88.2%	77.3%	66.0%	62.4%
303D	ingv_echam4	2031-2050	74.6%	86.7%	76.1%	75.0%	73.3%
303E	ipsl_cm4	2031-2050	82.5%	90.5%	86.4%	83.0%	82.5%
303F	miroc3_2_medres	2031-2050	69.2%	85.7%	79.9%	77.2%	74.3%

Agriculture - Local　　0.16 m^3/s　　(13 MLD)

Case	Data Set	Period	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year			
				1/2	1/5	1/10	1/20
303	(Recorded Climate)	1981-2010	72.5%	71.9%	64.1%	58.1%	57.0%
303A	csiro_mk3_0	2031-2050	76.7%	78.3%	57.3%	53.7%	43.5%
303B	gfdl_cm2_0	2031-2050	62.1%	57.3%	43.5%	43.3%	13.0%
303C	gfdl_cm2_1	2031-2050	70.8%	75.3%	49.6%	38.2%	33.8%
303D	ingv_echam4	2031-2050	72.5%	71.9%	51.2%	45.2%	43.5%
303E	ipsl_cm4	2031-2050	82.1%	90.2%	76.0%	71.9%	71.9%
303F	miroc3_2_medres	2031-2050	68.3%	71.9%	58.1%	57.8%	43.5%

注：　ケース 303 との比較；赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響
出典：　JICA 調査団



出典：　JICA 調査団

図 10.5.3　上工水供給に対する気候変動影響：パッシグ・マリキナ川流域

10.5.7 マリキナ多目的貯水池

(1) 過去の調査による貯水池データに基づく水収支計算

世銀調査 Metro Manila Water Security Study によるマリキナ多目的貯水池計画について概略検討では、700 MLD （= 8.1 m^3/s）の水供給が可能であることが示されている。

この水供給能力は、パッシグ・マリキナ川流域における将来の上工水の水需要 327 MLD （= 3.79 m^3/s）に対して十分であり、さらに MWSS に対して 373 MLD （= 4.31 m^3/s）の供給増となる。

本節では上記マリキナ多目的貯水池計画による水供給能力について試算のうえ確認する。

出典： JICA 調査団

図 10.5.4
マリキナ多目的貯水池計画の位置図

世銀調査の最終報告書（2012 年 7 月）には、マリキナ多目的貯水池の概略諸元が次のとおり記載されている。

- 位置：Rodriguez, Rizal, immediate upstream of Montalban Gorge
- 流域面積：280 km^2
- ダム高：70 m（EL 30 m～EL 100 m）
- 総貯水容量：160 百万 m^3（EL 90 m）
- 有効貯水容量：130 百万 m^3（EL 55 m～EL 90 m）

世銀調査の最終報告書にはマリキナ多目的貯水池の洪水調節容量について明確な記述がない。報告書には「貯水容量 100 MCM により水供給能力 8.1 m^3/s が確保される。」と記述されていることから、洪水調節容量は 30 MCM と推測される。本節では、上工水供給に利用可能な貯水容量を乾期（12～4 月）において 130 百万 m^3、雨期（5～11 月）において 100 百万 m^3 と仮定して水収支計算を行う。

水収支計算の結果を表 10.5.7 に示す。上工水（MWSS 及びその他流域内）の水需要 3.79 m^3/s は 1/10 確率渇水年において満たされる。また農業用水（流域内）の水需要 0.16 m^3/s は 1/5 確率渇水年において満たされる。水供給能力には余裕があり、概ね年間を通じて 3.73 m^3/s を MWSS の他のサービス地域（流域外）に配分することが可能である。

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

No.	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
304	Marikina Reservoir	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.79	Not Specified	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	98.4%	94.9%
				Surplus	3.73	Not Specified	96.9% (349 / 360)	100.0%	98.7%	86.6%	85.7%	84.7%
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	97.8% (352 / 360)	100.0%	100.0%	90.7%	90.1%	85.1%

出典：　JICA 調査団

(2)　最近の調査による貯水池データに基づく水収支計算

一方、世銀調査 Metro Manila Water Security Study では、最近の調査による貯水池データを参照した場合のマリキナ多目的貯水池による水供給能力について、次のように記述している。

- 別途実施されている世銀調査 Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas では、マリキナ多目的貯水池の有効貯水容量は 75.3 百万 m^3、このうち 67.4 百万 m^3 は洪水調節容量とされている。
- この場合、上工水供給に利用可能な貯水容量は小さく、マリキナ多目的貯水池による水供給能力は 1.0～1.5 m^3/s（= 86 to 130 MLD）と推定される。

世銀調査 Metro Manila Water Security Study は上記の詳細については記述していない。本節では上記の情報より、上工水供給に利用可能な貯水容量を乾期（12～4 月）において 75.3 百万 m^3、雨期（5～11 月）において 7.9 百万 m^3（= 75.3 - 67.4）と仮定してマリキナ多目的貯水池の水供給能力を試算する。

水収支計算の結果を表 10.5.8 に示す。水収支計算では、各ケースにおいて上工水供給の水配分を次のとおり設定している。

- ケース 305:　7.52 m^3/s（流域内 327 MLD + 流域外 373 MLD)
- ケース 306:　5.79 m^3/s（327 + 173）
- ケース 307:　3.79 m^3/s（327 + 0）
- ケース 308:　1.50 m^3/s（130 + 0）

雨期には上工水供給に利用可能な貯水容量が限られていることから、前述の過去の調査による貯水池データに基づく場合に比して水供給能力は大きく低下する。ケース 307 では上工水供給を流域内の水需要 3.79 m^3/s（= 327 MLD）と同じに設定して試算しているが、この場合でも上工水供給が持続される確率は 78.3%であり、1/10 確率渇水年の上工水供給量は水需要量の 77.0%となる。

ケース 308 に示すとおり、1/10 確率渇水年における水供給能力は 1.50 m^3/s （= 130 MLD）となる。

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

No.	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation			Drought Safety Level	Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)				Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
305	Marikina Reservoir	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.79	Not Specified	71.9% (259 / 360)	82.9%	76.5%	74.3%	71.2%	68.9%
				Surplus	3.73	Not Specified	59.4% (214 / 360)	61.4%	52.6%	47.7%	43.6%	41.9%
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	71.7% (258 / 360)	71.9%	57.3%	57.0%	57.0%	31.6%
306	Marikina Reservoir	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.79	Not Specified	73.9% (266 / 360)	83.8%	76.9%	74.3%	71.2%	70.0%
				Surplus	2.00	Not Specified	64.2% (231 / 360)	64.6%	58.5%	54.7%	51.9%	50.4%
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	73.3% (264 / 360)	76.0%	57.3%	57.0%	57.0%	43.5%
307	Marikina Reservoir	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.79	Not Specified	78.3% (282 / 360)	86.3%	78.8%	77.0%	74.6%	74.6%
				Surplus								
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	77.2% (278 / 360)	81.4%	71.5%	58.1%	57.3%	57.0%
308	Marikina Reservoir	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	1.50	Not Specified	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	96.5%	95.9%
				Surplus								
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	97.6%	95.9%	84.8%

出典：　JICA 調査団

10.6　パンパンガ川流域

10.6.1　水資源

(1)　表流水

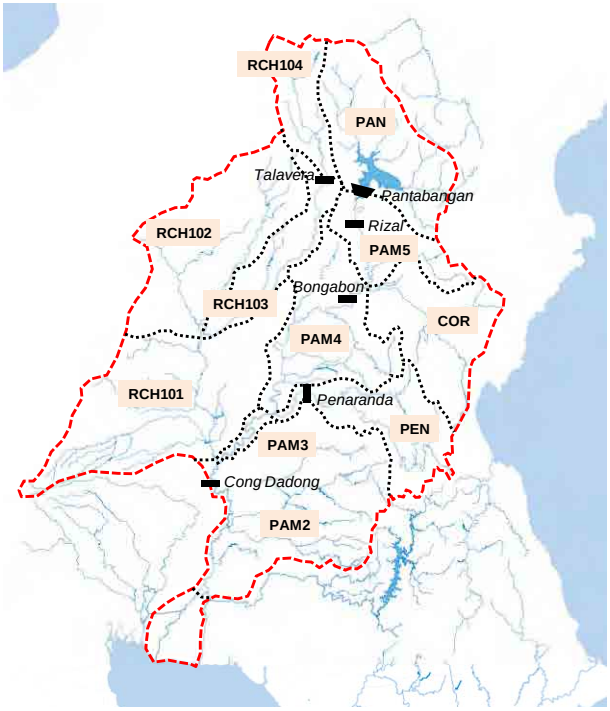
本節では、表 10.6.1 及び図 10.6.1 に示す分割流域を対象としてパンパンガ川流域の水収支計算を行う。

この分割流域は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）に記載されている。

表 10.6.1　パンパンガ川流域の分割流域

分割流域	河川	流域面積 (km^2)
PAN	Pampanga	849
PAM5	Pampanga	437
COR	Coronell	712
PAM4	Pampanga	799
PEN	Penaranda	570
PAM3	Pampanga	39
RCH104	Talavera	301
RCH103	Talavera	408
RCH102	Baliwag	696
RCH101	Chico	1,490
PAM2	Pampanga	1,518

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 10.6.1　パンパンガ川流域の分割流域

表 10.6.2 にパンパンガ川流域の水資源（表流水）の概要を示す。これらの数字は 1981～2010（30 年間）の水文データセットを使用した水収支計算結果（ケース 501）を参照している。

現状（Existing）は以下の水資源開発及び水利用が存在する状況における河川流況である。

主な水資源開発：
- パンタバンガン貯水池
- アウロラ導水
- カセクナン導水

上工水供給：
- 流域内の上水道及び工業用水

国営かんがいシステム：
- UPRIIS Ia、タラベラ堰からかんがい用水を供給
- UPRIIS Ib / II / V、リザール堰からかんがい用水を供給
- UPRIIS III、ボンガボン堰からかんがい用水を供給
- UPRIIS IV、ペナランダ堰からかんがい用水を供給

- Aulo SRIP、支流域（PAM）の河川からかんがい用水を供給
- PDRIS、コン・ダドン堰からかんがい用水を供給

その他の農業用水

- コミューナルかんがいシステム（CIS)、小規模かんがい（SSI)、畜産、養魚

表 10.6.2　パンパンガ川流域の水資源（表流水）

Existing

Water Resources	流域面積 (km^2)	流況：1981～2010 (m^3/s)			
		平均	80%	90%	95%
Pantabangan Reservoir, Outflow	849	61.6	21.0	10.5	8.8
Rizal Dam	901				
Inflow from Upstream Basin		63.1	23.3	12.6	9.1
Diversion to UPRIIS Ib+II+V		36.6	9.5	8.0	2.0
Outflow to Pampanga River		26.5	7.1	5.3	4.1
Coronell River at downstream end of COR	712	32.0	8.5	6.1	4.8
Bongabon Dam	2,026				
Inflow from Upstream Basin		78.2	38.3	24.0	20.6
Diversion to UPRIIS III		16.0	4.7	4.5	4.0
Diversion to Penaranda Dam （UPRIIS IV)		12.3	4.2	3.7	0.0
Outflow to Pampanga River		49.9	4.3	3.4	3.4
Penaranda Dam	519				
Inflow from Upstream Basin		41.7	5.4	4.3	3.7
Diversion from Bongabon Dam		12.3	4.2	3.7	0.0
Diversion to UPRIIS IV		12.0	3.8	3.4	0.0
Outflow to Pampanga River		29.4	4.7	3.5	0.5
Pampanga River at downstream end of PAM3	3,406	105.4	16.0	10.9	8.0
Talavera Dam	301				
Inflow from Upstream Basin		15.9	3.3	2.5	1.9
Diversion to UPRIIS Ia		1.3	0.6	0.1	0.0
Outflow to Talavera River		14.6	2.2	1.4	0.9
Talavera River at downstream end of RCH103	709	32.5	10.1	8.7	7.3
Baliwag River at downstream end of RCH102	696	35.1	13.8	10.5	9.3
Chico River at downstream end of RCH101	2,895	126.3	37.3	33.2	28.3
Cong Dadong Dam	6,308				
Inflow from Upstream Basin		234.4	63.3	57.1	49.1
Diversion to PDRIS		4.3	1.3	1.2	0.0
Outflow to Pampanga River		230.1	58.2	49.0	44.4
Pampanga River at downstream end of PAM2	7,819	280.7	73.1	63.8	54.1

出典：　JICA 調査団

(2)　地下水

第 7 章に記載するとおり、パンパンガ川流域における持続可能な地下水使用量は 21,397 liter/s（= 1,849 MLD）と推定される。

10.6.2 水需要

(1) 表流水

第 5 章（上工水）、第 6 章（農業用水）の水需要予測より、水収支計算の対象となる分割流域ごとの表流水に対する水需要を算定する。上工水、NIS 及びその他の農業用水の水需要をそれぞれ表 10.6.3、表 10.6.4、表 10.6.5 に示す。

表 10.6.3 上工水の水需要（表流水）

Sub-basin	Present (2012) (m^3/s)	Future (2040) (m^3/s)
PAN	0.39	1.26
PAM5	0.06	0.18
COR	0.11	0.20
PAM4	0.98	1.84
PEN	0.03	0.06
PAM3	0.75	1.94
RCH	2.54	5.44
PAM2	1.33	3.50
Total	6.19	14.43

出典： JICA 調査団

表 10.6.4 国営かんがいシステム（NIS）の水需要（表流水）

Present　　Unit: m^3/s

Diversion Dam	NIS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVE
Talavera	UPRIIS Ia	2.10	2.30	0.70	0.00	0.10	2.00	2.00	0.60	0.70	1.90	1.60	1.60	1.29
Rizal	UPRIIS Ib+II+V	68.39	78.94	66.42	21.01	1.97	38.00	29.50	7.96	9.48	21.01	38.00	60.97	36.57
Bongabon	UPRIIS III	30.30	34.40	25.00	4.50	5.90	22.50	8.50	4.00	4.70	8.90	18.00	26.10	15.96
Penaranda	UPRIIS IV	25.00	27.10	15.30	0.00	4.20	16.40	6.10	3.40	3.80	9.90	17.00	20.30	12.29
	Aulo SRIP	1.10	1.20	0.60	0.00	0.20	0.70	0.30	0.10	0.20	0.40	0.70	0.90	0.53
Cong Dadong	PDRIS	8.70	9.40	5.30	0.00	1.50	5.70	2.10	1.20	1.30	3.40	5.90	7.00	4.26
Total		135.59	153.34	113.32	25.51	13.87	85.30	48.50	17.26	20.18	45.51	81.20	116.87	70.90

Future　　Unit: m^3/s

Diversion Dam	NIS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVE
Talavera	UPRIIS Ia	2.10	2.30	0.70	0.00	0.10	2.00	2.00	0.60	0.70	1.90	1.60	1.60	1.29
Rizal	UPRIIS Ib+II+V	93.33	107.64	90.56	28.61	2.68	51.76	40.23	10.91	12.96	28.61	51.76	83.14	49.86
Bongabon	UPRIIS III	30.30	34.40	25.00	4.50	5.90	22.50	8.50	4.00	4.70	8.90	18.00	26.10	15.96
Penaranda	UPRIIS IV	25.00	27.10	15.30	0.00	4.20	16.40	6.10	3.40	3.80	9.90	17.00	20.30	12.29
	Aulo SRIP	1.10	1.20	0.60	0.00	0.20	0.70	0.30	0.10	0.20	0.40	0.70	0.90	0.53
Cong Dadong	PDRIS	15.66	16.92	9.54	0.00	2.70	10.26	3.78	2.16	2.34	6.12	10.62	12.60	7.67
	Balintingon	19.50	21.20	11.90	0.00	3.30	12.80	4.80	2.70	3.00	7.70	13.30	15.80	9.60
Total		186.99	210.76	153.60	33.11	19.08	116.42	65.71	23.87	27.70	63.53	112.98	160.44	97.20

出典： JICA 調査団

表 10.6.5 その他の農業用水の水需要（表流水）

Present　　Unit: m^3/s

Sub-basin	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVE
PAN	0.80	0.87	0.49	0.01	0.21	0.79	0.30	0.17	0.19	0.48	0.55	0.65	0.46
PAM5	1.44	1.55	0.89	0.03	0.38	1.41	0.54	0.32	0.35	0.86	0.98	1.17	0.82
COR	2.99	3.24	1.83	0.00	0.75	2.93	1.09	0.61	0.68	1.77	2.03	2.42	1.69
PAM4	0.78	0.81	0.62	0.38	0.48	0.77	0.52	0.46	0.47	0.61	0.65	0.70	0.60
PEN	0.27	0.29	0.19	0.06	0.11	0.26	0.13	0.10	0.11	0.18	0.20	0.23	0.18
PAM3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RCH	12.51	13.46	8.09	1.18	4.02	12.27	5.31	3.50	3.76	7.89	8.87	10.34	7.56
PAM2	10.20	10.89	7.00	1.98	4.04	10.03	4.98	3.66	3.85	6.85	7.56	8.63	6.61
Total	29.02	31.15	19.15	3.66	10.02	28.49	12.91	8.86	9.43	18.69	20.88	24.18	17.96

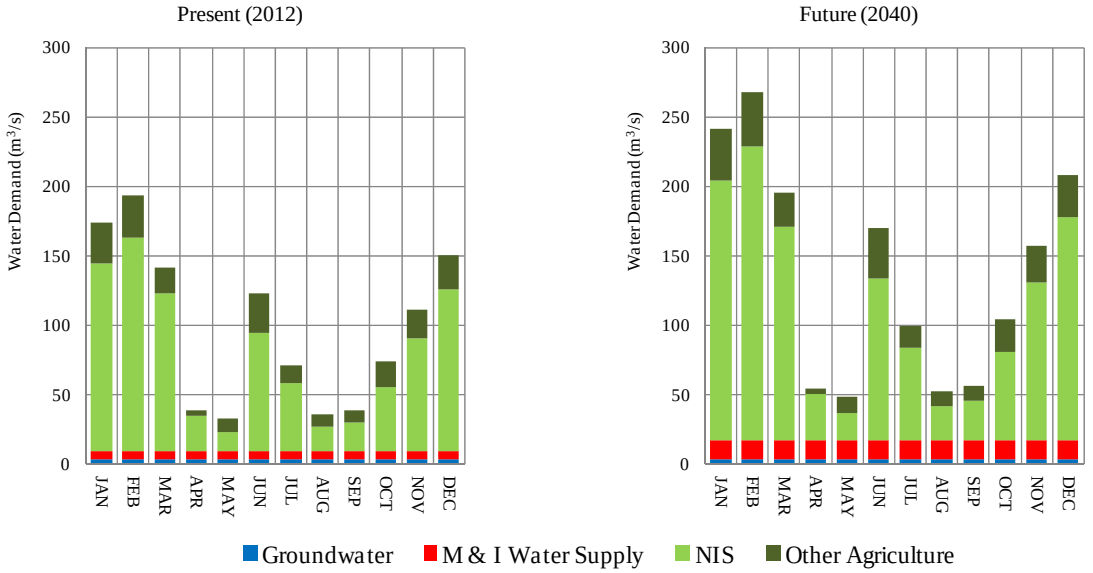
Future　　Unit: m^3/s

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVE
PAN	0.85	0.92	0.52	0.01	0.22	0.83	0.32	0.18	0.20	0.51	0.58	0.69	0.48
PAM5	1.61	1.74	0.99	0.03	0.42	1.57	0.60	0.35	0.39	0.96	1.10	1.31	0.92
COR	3.97	4.31	2.43	0.00	1.00	3.89	1.45	0.81	0.90	2.35	2.70	3.21	2.24
PAM4	0.76	0.79	0.61	0.38	0.48	0.75	0.52	0.46	0.47	0.61	0.64	0.69	0.59
PEN	0.13	0.13	0.10	0.06	0.08	0.13	0.09	0.08	0.08	0.10	0.11	0.12	0.10
PAM3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
RCH	18.30	19.73	11.65	1.22	5.50	17.95	7.45	4.71	5.10	11.34	12.81	15.04	10.85
PAM2	11.30	12.08	7.69	2.02	4.35	11.11	5.41	3.92	4.14	7.52	8.32	9.53	7.25
Total	36.96	39.75	24.03	3.76	12.08	36.27	15.87	10.56	11.31	23.43	26.30	30.62	22.47

出典： JICA 調査団

(2)　地下水

第 7 章に記載するとおり、パンパンガ川流域における現在の地下水使用量は 3,163 liter/s （= 273 MLD）と推定されている。このうち、本節の水収支計算の対象となる分割流域の地下水使用量は 2,065 liter/s （= 248 MLD）である。水収支計算では、現在の地下水使用量が将来にわたって維持されるものと仮定する。



出典：　JICA 調査団

図 10.6.2　パンパンガ川流域の水需要

10.6.3　河川に維持すべき最小流量

河川に維持すべき最小流量は 80%保障流量の 10%とされている。パンパンガ川流域では、貯水池、流域間導水などによる流況変化の要因を除くと仮定した状況（疑似自然流況）について河川に維持すべき最小流量を算定する。主な地点の流量は表 10.6.6 に示すとおりである。

表 10.6.6　河川に維持すべき最小流量：パンパンガ川流域

地点	流域面積（km^2）	最小流量（m^3/s）
パンタバンガン貯水池	846	0.51
リザール堰	901	0.53
ボンガボン堰	2,026	1.73
ペナランダ堰	519	0.54
タラベラ堰	301	0.36
コン・ダドン堰	6,308	3.80

出典：　JICA 調査団

10.6.4　利水安全度

上工水の利水安全度は 1/10 とする。すなわち、概ね 10 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/10 渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

農業用水の利水安全度は 1/5 とする。概ね 5 年に 1 度の頻度で発生する渇水年（1/5 渇水年）に対し、所定の水配分に不足が生じないものとする。

10.6.5 水収支計算

(1) 計算ケース

表 10.6.7 に示すケース 501、502 について水収支計算を行う。

表 10.6.7 水収支計算ケース：パンパンガ川流域

ケース	水資源	水需要	水配分	
501	現状（既存）	現在 (2012)	上工水： 農業用水（NIS）： 農業用水（その他）：	6.01 m^3/s 70.90 m^3/s 17.96 m^3/s
502	既存＋ バリンティンゴン貯水池	将来 (2040)	上工水： 農業用水（NIS）： 農業用水（その他）：	14.35 m^3/s 97.20 m^3/s 22.47 m^3/s

出典： JICA 調査団

(2) 計算結果：ケース 501（表 10.6.8 参照）

UPRIIS 及び PDRIS：

リザール堰、ボンガボン堰、ペナランダ堰、タラベラ堰及びコン・ダドン堰において、利用可能な表流水（河川流量）とかんがい用水必要量を比較することにより水収支を計算した。

かんがい用水に対する利水安全度 1/5 は概ね確保されている。1/5 確率渇水年において、かんがい用水必要量に対する水供給量の比は UPRIIS IV で 96.7%、UPRIIS V で 99.9%、その他は 100%である。

上工水及びその他の農業用水：

分割流域ごとに利用可能な利用可能な表流水（河川流量）と水需要合計を比較することにより水収支を計算した。

上工水供給は 1/10 確率渇水年において概ね水需要を満たしている。その他の農業用水供給は 1/5 確率渇水年において、水需要量に対する水供給量の比が PAM4、RCH102、RCH103 及び RCH104 で 100%を下回る。

表 10.6.8　水収支計算結果（ケース 501）

UPRIIS & PDRIS

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
UPRIIS Ia	1.29	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	97.9%	97.8%	97.1%
UPRIIS Ib	10.74	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
UPRIIS II	14.80	97.8% (352 / 360)	100.0%	100.0%	99.9%	99.3%	98.7%
UPRIIS III	15.97	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
UPRIIS IV	12.30	95.3% (343 / 360)	100.0%	96.7%	92.4%	91.3%	74.7%
UPRIIS V	11.06	97.8% (352 / 360)	100.0%	99.9%	99.7%	99.7%	99.6%
PDRIS	4.26	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

M & I Water Supply

Sub-basin	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
PAN	0.38	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	91.5%
PAM5	0.06	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
COR	0.11	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM4	0.95	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PEN	0.03	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM3	0.73	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH103 & 104	0.60	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH102	0.59	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH101	1.27	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAN2	1.29	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Other Agrigulture

Sub-basin	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
PAN	0.46	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	97.6%	90.8%	85.8%
PAM5	0.82	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
COR	1.69	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM4	1.13	93.3% (336 / 360)	100.0%	95.5%	89.8%	87.8%	86.1%
PEN	0.18	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM3	0.04	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH103 & 104	1.03	78.3% (282 / 360)	70.4%	65.2%	59.5%	58.0%	57.0%
RCH102	2.07	78.6% (283 / 360)	79.3%	67.9%	65.0%	63.5%	60.1%
RCH101	4.46	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAN2	6.62	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

出典：　JICA 調査団

(3)　計算結果：ケース 502（表 10.6.9 参照）

UPRIIS 及び PDRIS：

UPRIIS V の拡張（16,879 ha → 37,200 ha）、バリンティンゴン貯水池による水資源開発に伴う新規かんがい開発（14,900 ha）、PRDIS の拡張（6,604 ha → 11,920 ha）を水収支計算に含めている。

1/5 確率渇水年において、かんがい用水必要量に対する水供給量の比は UPRIIS V で 94.9%、PDRIS で 100%である。

上工水及びその他の農業用水：

上工水供給は 1/10 確率渇水年において概ね水需要を満たしている。その他の農業用水供給は 1/5 確率渇水年において、水需要量に対する水供給量の比が PAM、PAM4、RCH102、RCH103 及び RCH104 で 100%を下回る。

表 10.6.9　水収支計算結果（ケース 502）

UPRIIS and PDRIS

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
UPRIIS Ia	1.29	96.7% (348 / 360)	100.0%	98.8%	95.6%	95.4%	94.2%
UPRIIS Ib	10.74	88.9% (320 / 360)	99.9%	99.1%	92.2%	90.5%	56.5%
UPRIIS II	14.80	85.3% (307 / 360)	99.7%	95.2%	87.6%	86.9%	50.7%
UPRIIS III	15.97	94.2% (339 / 360)	100.0%	96.1%	92.7%	72.8%	68.5%
UPRIIS IV	21.90	89.4% (322 / 360)	99.3%	94.9%	88.4%	70.7%	69.1%
UPRIIS V	24.36	83.1% (299 / 360)	99.3%	98.5%	91.4%	90.0%	57.3%
PDRIS	7.68	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

M & I Water Supply

Sub-basin	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
PAN	1.25	98.6% (355 / 360)	100.0%	100.0%	95.3%	94.3%	91.5%
PAM5	0.18	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
COR	0.20	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM4	1.83	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PEN	0.06	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM3	1.93	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH103 & 104	1.31	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH102	1.30	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH101	2.79	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAN2	3.48	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Other Agriculture

Sub-basin	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
PAN	0.48	97.2% (350 / 360)	100.0%	99.6%	87.0%	80.5%	70.1%
PAM5	0.92	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	96.5%	94.6%	94.3%
COR	2.24	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	98.9%	96.7%
PAM4	1.12	91.1% (328 / 360)	99.4%	92.3%	86.6%	81.6%	81.5%
PEN	0.10	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM3	0.04	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH103 & 104	1.48	58.6% (211 / 360)	53.9%	43.6%	33.3%	31.0%	25.1%
RCH102	2.97	64.2% (231 / 360)	63.1%	57.6%	49.7%	49.0%	33.8%
RCH101	6.40	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAN2	7.26	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

出典：　JICA 調査団

10.6.6　気候変動による影響

(1)　計算ケース

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は表 10.6.10 のとおりケース 502 と同様とする。

表 10.6.10　水収支計算ケース：パンパンガ川流域（気候変動あり）

ケース	水資源	水需要	水配分	
503	既存＋	将来	上工水：	14.35 m^3/s
504	バリンティンゴン貯水池	(2040)	農業用水（NIS）：	97.20 m^3/s
505			農業用水（その他）：	22.47 m^3/s
506				
507				
508				

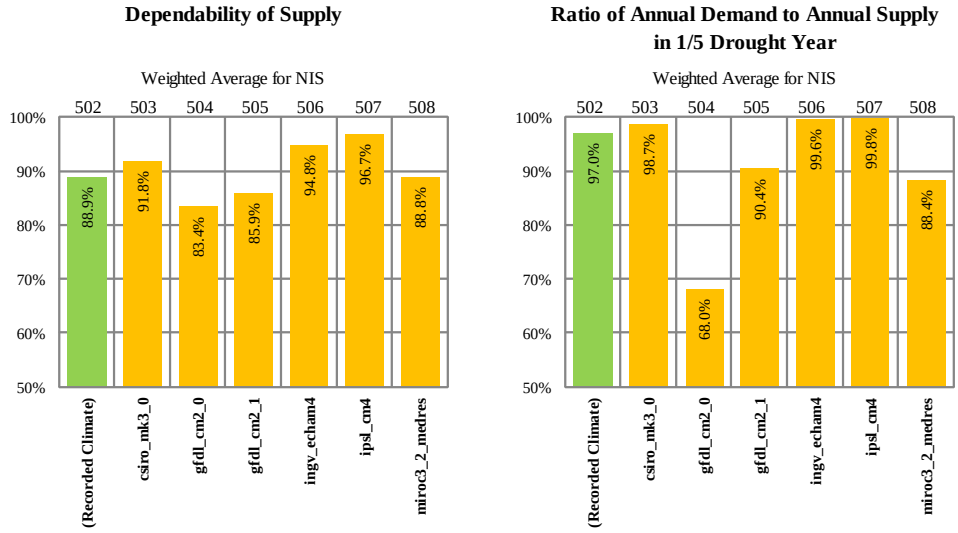
出典：　JICA 調査団

(2)　計算結果

気候変動影響ありのケースについて、URPRIIS と PDRIS へのかんがい用水供給に着目した計算結果を表 10.6.11 に示す。

また、表 10.6.11 に記載する「かんがい用水供給量の持続性」及び「1/5 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比」をそれぞれ加重平均した結果を図 10.6.3 に示す。

ケース 502（Recorded Climate）と気候変動影響ありの 6 ケースを比較すると、かんがい用水供給量の持続性は 6 ケースのうち 3 ケースで正の影響、2 ケースで負の影響、1 ケースで影響小（±1%以下）となる。また、1/5 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比は 3 ケースで正の影響、3 ケースで負の影響が見られる。



出典：　JICA 調査団

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

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）

Existing & Balintingon, Future Demand (2040)

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	96.7% (348 / 360)	100.0%	98.8%	95.6%	95.4%
UPRIIS Ib	10.74	88.9% (320 / 360)	99.9%	99.1%	92.2%	90.5%
UPRIIS II	14.80	85.3% (307 / 360)	99.7%	95.2%	87.6%	86.9%
UPRIIS III	15.97	94.2% (339 / 360)	100.0%	96.1%	92.7%	72.8%
UPRIIS IV	21.90	89.4% (322 / 360)	99.3%	94.9%	88.4%	70.7%
UPRIIS V	24.36	83.1% (299 / 360)	99.3%	98.5%	91.4%	90.0%
PDRIS	7.68	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Case 503　csiro_mk3_0　2031-2050

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	92.1% (221 / 240)	100.0%	89.6%	88.0%	86.6%
UPRIIS Ib	10.74	87.5% (210 / 240)	99.9%	99.6%	98.8%	98.2%
UPRIIS II	14.80	95.0% (228 / 240)	100.0%	99.7%	97.7%	96.2%
UPRIIS III	15.97	98.8% (237 / 240)	100.0%	100.0%	95.8%	95.4%
UPRIIS IV	21.90	93.8% (225 / 240)	100.0%	96.9%	91.9%	90.2%
UPRIIS V	24.36	82.9% (199 / 240)	99.4%	98.4%	98.2%	96.9%
PDRIS	7.68	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Case 504　gfdl_cm2_0　2031-2050

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	88.3% (212 / 240)	90.9%	83.6%	82.8%	81.6%
UPRIIS Ib	10.74	80.0% (192 / 240)	99.8%	66.0%	55.2%	44.6%
UPRIIS II	14.80	77.9% (187 / 240)	100.0%	61.3%	50.5%	41.5%
UPRIIS III	15.97	87.5% (210 / 240)	100.0%	67.0%	62.4%	56.6%
UPRIIS IV	21.90	84.6% (203 / 240)	100.0%	67.4%	50.4%	43.1%
UPRIIS V	24.36	79.6% (191 / 240)	99.2%	65.5%	54.3%	44.1%
PDRIS	7.68	97.5% (234 / 240)	100.0%	93.3%	92.4%	86.0%

Case 505　gfdl_cm2_1　2031-2050

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	95.8% (230 / 240)	100.0%	99.2%	92.2%	91.3%
UPRIIS Ib	10.74	89.6% (215 / 240)	99.9%	91.2%	85.7%	82.8%
UPRIIS II	14.80	83.3% (200 / 240)	99.1%	89.7%	84.0%	80.9%
UPRIIS III	15.97	90.4% (217 / 240)	97.9%	90.1%	83.3%	77.4%
UPRIIS IV	21.90	85.0% (204 / 240)	95.6%	86.0%	81.6%	78.3%
UPRIIS V	24.36	78.8% (189 / 240)	99.3%	91.2%	85.1%	82.0%
PDRIS	7.68	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Case 506　ingv_echam4　2031-2050

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	87.9% (211 / 240)	92.8%	87.8%	81.0%	74.0%
UPRIIS Ib	10.74	87.5% (210 / 240)	99.8%	99.8%	99.6%	99.5%
UPRIIS II	14.80	99.6% (239 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
UPRIIS III	15.97	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
UPRIIS IV	21.90	99.2% (238 / 240)	100.0%	100.0%	98.6%	97.3%
UPRIIS V	24.36	86.7% (208 / 240)	99.3%	99.1%	98.2%	97.9%
PDRIS	7.68	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Case 507　ipsl_cm4　2031-2050

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	97.1% (233 / 240)	100.0%	98.3%	90.0%	87.3%
UPRIIS Ib	10.74	96.7% (232 / 240)	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%
UPRIIS II	14.80	99.2% (238 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
UPRIIS III	15.97	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
UPRIIS IV	21.90	99.6% (239 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
UPRIIS V	24.36	89.6% (215 / 240)	99.9%	99.3%	98.3%	98.2%
PDRIS	7.68	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Case 508　miroc3_2_medres　2031-2050

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand Drought Year 1/2	1/5	1/10	1/20
UPRIIS Ia	1.29	94.6% (227 / 240)	97.9%	93.6%	91.6%	90.8%
UPRIIS Ib	10.74	84.6% (203 / 240)	99.9%	86.1%	80.8%	80.2%
UPRIIS II	14.80	86.3% (207 / 240)	100.0%	85.5%	76.8%	76.1%
UPRIIS III	15.97	95.0% (228 / 240)	100.0%	90.2%	87.3%	77.3%
UPRIIS IV	21.90	92.1% (221 / 240)	100.0%	88.5%	80.0%	78.4%
UPRIIS V	24.36	81.3% (195 / 240)	99.5%	85.8%	81.5%	80.9%
PDRIS	7.68	100.0% (240 / 240)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

注：　ケース 502 との比較；赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響

出典：　JICA 調査団

10.7　ラグナ湖流域

10.7.1　水資源

（1）　ラグナ湖の水位、湖水面積及び貯留量

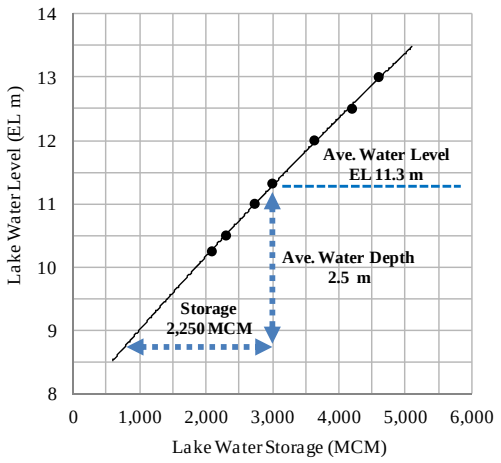
Conceptual Study for the 1200 MLD Laguna Lake Bulk Water Supply Project の最終報告書（MWSS、2001）に記載されているラグナ湖の水位－湖水面積－貯留量の関係を表 10.7.1 に示す。

一方、Laguna De Bay, Experiences and Lessons Learned Brief, 2006 によれば、ラグナ湖の湖水面積は 900 km^2 であり、平均水深は 2.5 m、総貯留量は 2,250 百万 m^3 と推定されている。また、Environmental Impact Assessment, 300 MLD Laguna Lake Bulk Water Supply Project, （MWSS, 2002）によれば、ラグナ湖の平均水位は EL 11.3 m と推定されている。これらのデータに基づくと、ラグナ湖水位 EL 8.8 m～ EL 11.3 m の貯留量が概ね 2,250 百万 m^3 に相当するものと推測される。

表 10.7.1　　ラグナ湖の水位－湖水面積－貯留量の関係

Water Level (EL m)	Surface Area (km^2)	Storage (MCM)
10.25	835	2,090
10.50	840	2,303
11.00	872	2,734
11.32	890	3,000
12.00	926	3,632
12.50	971	4,200
13.00	1,011	4,601

出典：　Conceptural Study for the 1200 MLD Laguna Lake Bulk Water Supply Project, Final Report （MWSS, 2001)



（2）　簡易水収支モデル

本調査の気象・水文解析で推定したラグナ湖流域 1981～2010（30 年間）のデータセット（降雨、蒸発散、流出）を用いて、次のような簡易水収支モデルを作成のうえ、ラグナ湖流域の水収支を概略推定する。

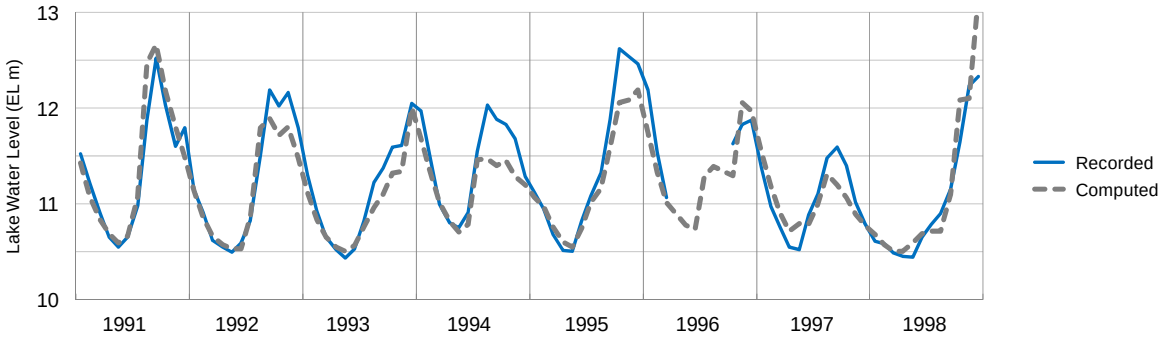
$$dS = Q_{CA} + R - E - G - V_{USE} - Q_{OUT}$$

ここに、
dS: 湖の貯留量変化、Q_{CA}: 流域からの流入、R: 湖水域の降雨、E: 湖水域の蒸発損失、G: 湖水域の地下浸透損失、V_{USE}: 流域及び湖水域の水利用、Q_{OUT}: 湖からの流出

マニラ湾の平均海水面標高は EL 10.5 m であり、概ねラグナ湖の平均年最低水位に一致することから、ラグナ湖～ナピンダン水路～パッシグ川～マニラ湾における水の出入りを次のように仮定する。

- 湖水位が EL 10.5 m よりも高い場合、湖水はナピンダン水路～パッシグ川を経由してマニラ湾に流出する。
- 湖水位が低下して EL 10.5 m を下回る場合、パッシグ川～ナピンダン水路を経由してマニラ湾からの逆流が発生することにより、湖水位は EL 10.5 m に維持される。

以上に基づいて、簡易水収支モデルによるラグナ湖水位の再現計算を行う。湖水位と湖からの流出量との関係を試行錯誤により修正しつつ、計算水位と観測水位が概ね合致するまで試算を繰り返す。ラグナ湖水位の再現計算結果を図 10.7.1 に示す。

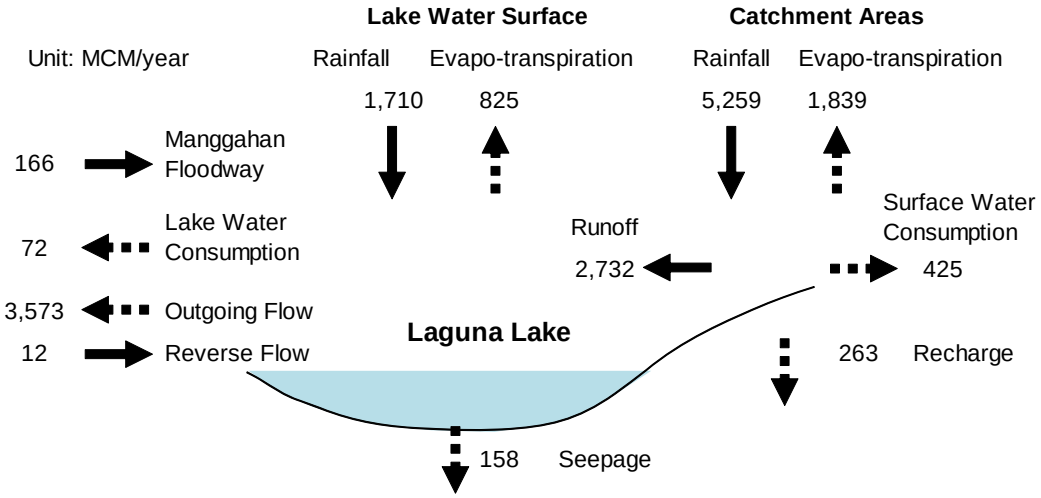


出典：　JICA 調査団

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

(3)　現状における水収支の推定

1981～2010（30 年間）の気象・水文データセット及び現状（2012 年）の水需要に基づいて、ラグナ湖流域の水収支を推定した結果（後述のケース 701）を図 10.7.2 に示す。



出典：　JICA 調査団

図 10.7.2　現状におけるラグナ湖水収支の推定

10.7.2 水需要

(1) 表流水

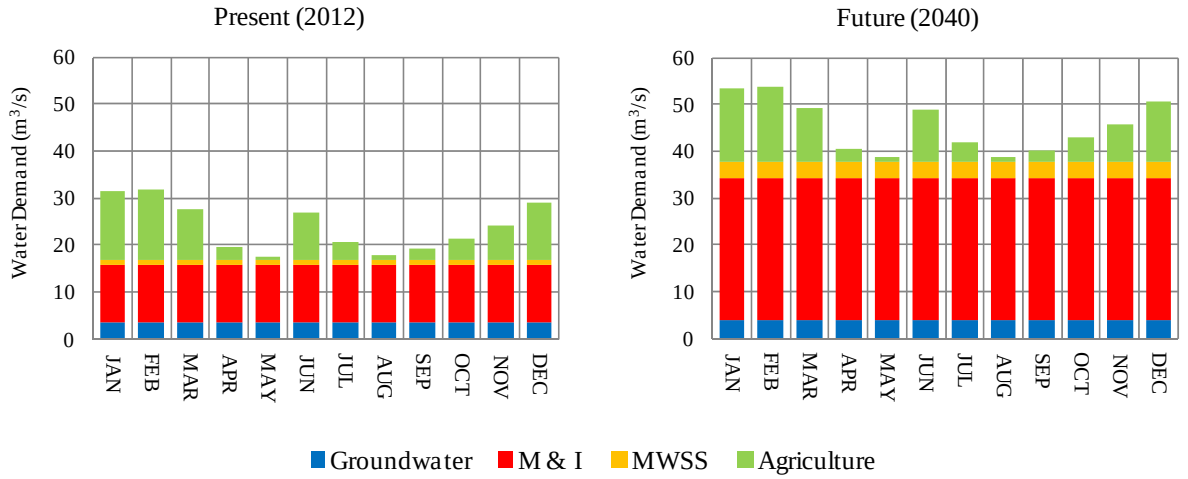
第 5 章に記載するとおり、ラグナ湖流域の上工水の水需要は、現在（2012 年）において 12.05 m^3/s（= 1,041 MLD）と推定され、将来（2040 年）には 30.28 m^3/s（= 2,616 MLD）に増加すると予測されている。

第 6 章に記載するとおり、ラグナ湖流域のかんがい用水必要量は、現在（2012 年）は平均 7.00 m^3/s（= 604 MLD）と推定され、将来（2040 年）は平均 7.68 m^3/s（= 663 MLD）と予測されている。

マニラ首都圏上水道のコンセッション事業者であるマニラッド社は、ラグナ湖を水源とする水供給能力 1.16 m^3/s (= 100 MLD) の上水道施設を運用している。世銀調査 Metro Manila Water Security Study のロードマップには、2021 年までにラグナ湖を水源とする上水道施設を水供給能力 3.47 m^3/s（= 300 MLD）に拡張することが示されている。

(2) 地下水

7.2.2 節に記載するとおり、ラグナ湖流域における現在の地下水使用量は 3,709 liter/s（= 329 MLD）と推定されている。本節の水収支計算では、現在において地下水は上工水供給に使用されており、この地下水使用量は将来にわたって維持されるものと仮定する。また、6.7.2 節に記載するとおり、将来の地下水によるかんがいの水需要は 190 liter/s（= 16 MLD）と予測されている。



出典： JICA 調査団

図 10.7.3 ラグナ湖流域の水需要

10.7.3 河川に維持すべき最小流量

河川に維持すべき最小流量は 80%保障流量の 10%とされている。本節のラグナ湖流域の水収支計算では、全流域から湖への流入量合計の流況曲線から得られる 80%保障流量の 10%が湖へ流入する最小流量として維持されると仮定する。

10.7.4 利水安全度

ラグナ湖流域においては、湖に流入する河川流量が水需要に対して不足する場合、湖の貯留量を使用することが可能であれば利水安全度（上工水 1/10、農業用水 1/5）は確保されると考えられる。一方、湖水の使用が増加することで、乾期の湖水位低下による湖への塩水遡上の頻度が増加すると予想される。このため、本節の水収支計算では「水供給の湖水に対する依存度（水供給量合計に対する湖水による水供給量の比）」を利水安全度の評価指標とする。

10.7.5 水収支計算

(1) 計算ケース

1981～2010（30 年間）の気象・水文データセットを用いて、現状（2012 年）及び将来（2040 年）の水需要について、それぞれ表 10.7.2 に示すケース 701、702 について表流水の水収支計算を行う。ラグナ湖の湖水による水供給の条件は以下のとおりとする。

- MWSS への水供給は湖水を水源とする。
- 流域内の上工水供給及び農業用水供給は、湖に流入する河川を水源とし、水需要に対して不足が生じる場合、不足分を湖水により補給する。

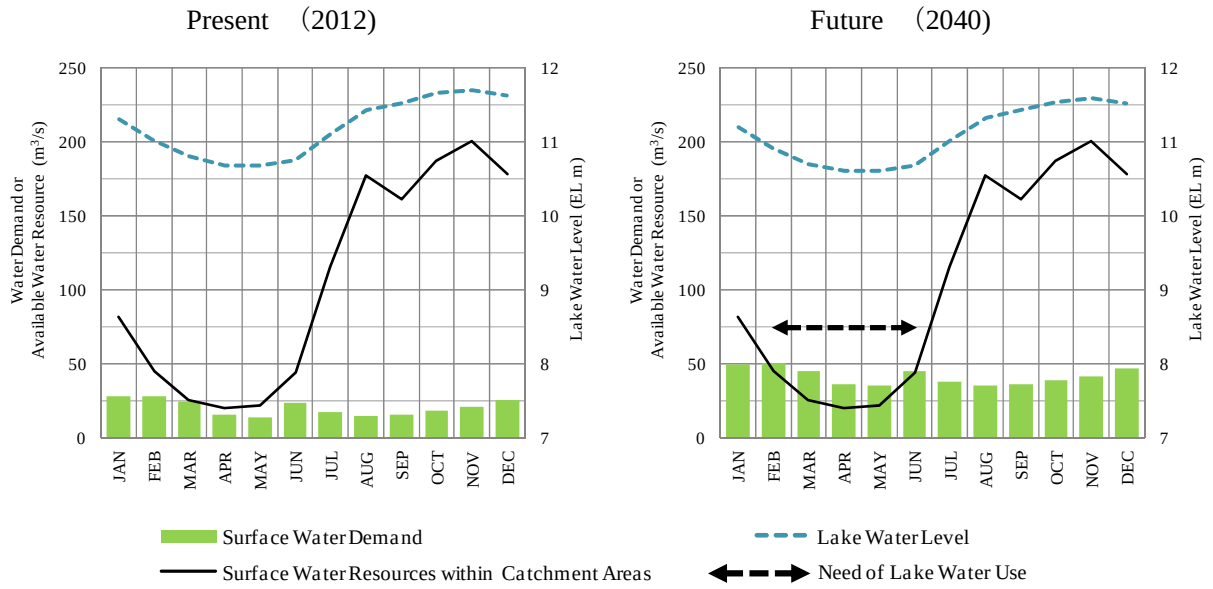
表 10.7.2 水収支計算ケース：ラグナ湖流域

ケース	水資源	水需要	水配分		
701	河川 ラグナ湖	現在 (2012)	MWSS： 上工水： 農業用水：	1.16 m^3/s 12.05 m^3/s 7.00 m^3/s	（ラグナ湖を水源とする）
702	河川 ラグナ湖	将来 (2040)	MWSS： 上工水： 農業用水：	3.47 m^3/s 30.28 m^3/s 7.68 m^3/s	（ラグナ湖を水源とする）

出典： JICA 調査団

(2) 計算結果

ラグナ湖流域の水需要と流域からの流出量(計算期間 30 年間の平均値)の月別比較を図 10.7.4 に示す。現在（2012 年）の水需要に対して湖水への依存度は小さいが、将来（2040 年）の水需要が増加する状況においては湖水への依存度が大きくなる。



出典： JICA 調査団

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）

表 10.7.3 に水利用ごとの湖水に対する依存度を示す。現在（2012）年の水需要合計 637 MCM/year に対し、湖水による水供給量は 108 MCM/year（水供給量合計の 17%）である。将来（2040 年）の水需要合計 1,307 MCM/year に対し、湖水による水供給量は 371 MCM/year（水供給量合計の 28%）である。

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）

Present (2012): Case 701

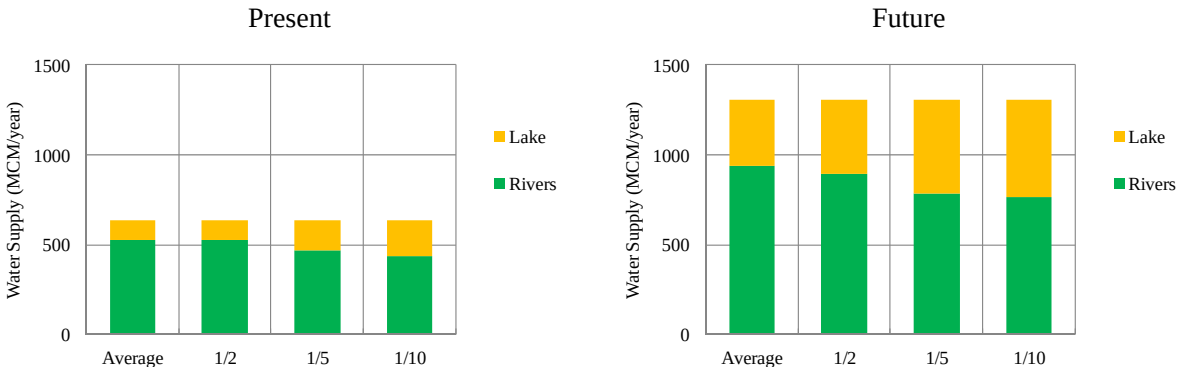
Water Use	Demand (MCM/year)	Supply (MCM/year)	
		Rivers	Lake
MWSS	37	0	37
M & I Water Supply (Local)	380	352	28
Agriculture (NIS and Local)	221	177	43
Total	637	529	108
	100%	83%	17%

Future (2040): Case 702

Water Use	Demand (MCM/year)	Supply (MCM/year)	
		Rivers	Lake
MWSS	110	0	110
M & I Water Supply (Local)	956	782	173
Agriculture (NIS and Local)	242	154	88
Total	1,307	936	371
	100%	72%	28%

出典： JICA 調査団

図 10.7.5 に確率渇水年別の水供給の湖水に対する依存度を示す。渇水の規模（確率年）が大きいほど、水供給の湖水に対する依存度は高くなる。将来（2040 年）の水需要において、水供給の湖水に対する依存度は平均で 28%、10 年確率渇水年で 42%である。



出典：　JICA 調査団

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）

10.7.6　気候変動による影響

(1)　計算ケース

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は表 10.7.4 のとおりケース 702 と同様とする。

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）

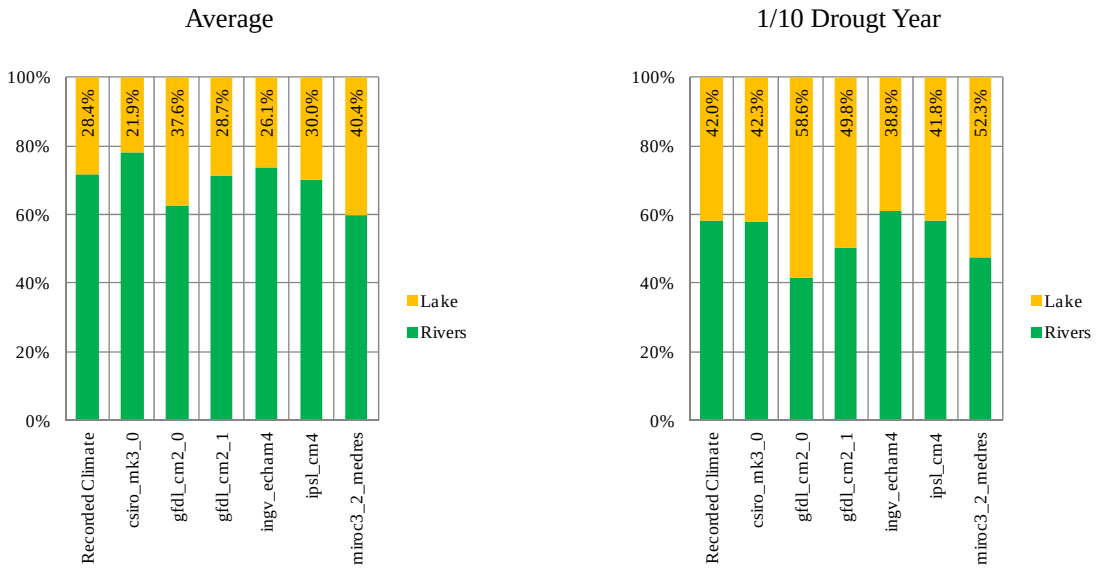
ケース	水資源	水需要	水配分		
702A 702B 702C 702D 702E 702F	河川 ラグナ湖	将来 (2040)	MWSS： 上工水： 農業用水：	3.47 m^3/s 30.28 m^3/s 7.68 m^3/s	（ラグナ湖を水源とする）

出典：　JICA 調査団

(2)　計算結果

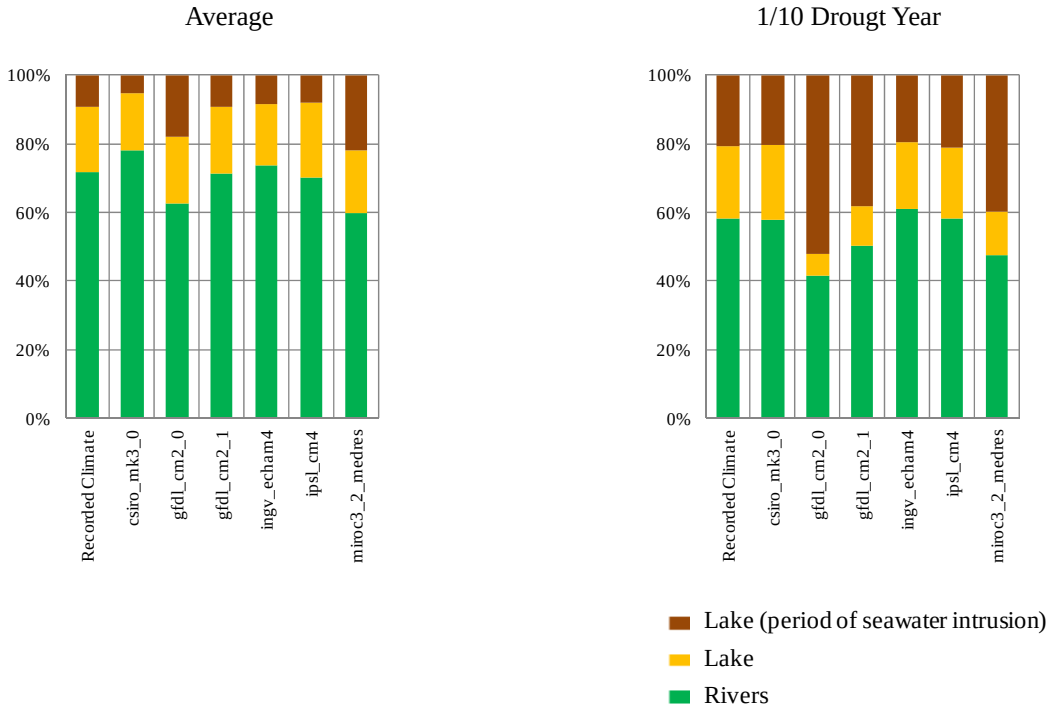
図 10.7.6 に水供給の湖水に対する依存度の計算結果示す。気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算では、水供給の湖水への依存度は平均で 28%、1/10 確率渇水年で 42%である。この結果を気候変動影響ありの 6 ケースを比較すると、平均では 6 ケースのうち 2 ケースで正の影響、1 ケースで影響小（±1%以下）、3 ケースで負の影響が見られる。また、1/10 確率渇水年では 6 ケースのうち 1 ケースで正の影響、2 ケースで影響小（±1%以下）、3 ケースで負の影響が見られる。

図 10.7.7 に水供給に対する塩水遡上の影響を示す。気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算では、年間の水供給量（河川＋湖）のうち塩水遡上がある期間の水供給量は平均で 9%、1/10 確率渇水年で 21%と推定される。気候変動あり 6 ケースについては、塩水遡上がある期間の水供給量は平均で 5～22%、1/10 確率渇水年で 20～52%である。



出典：　JICA 調査団

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



出典：　JICA 調査団

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

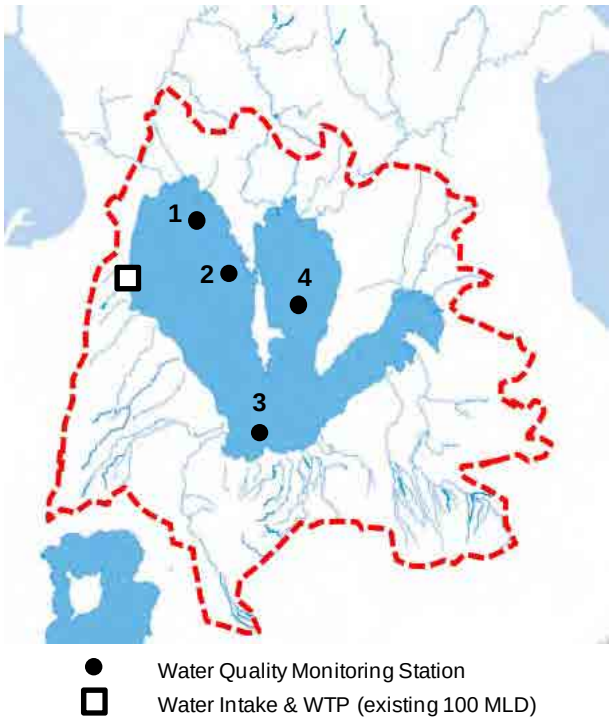
10.7.7 ラグナ湖からマニラ首都圏に対する水供給についての考察

(1) プタタン浄水場

MWSS に対する計画水供給量は 3.47 m^3/s（= 300 MLD）であり、その水源はラグナ湖の湖水である。既存のプタタン浄水場（100 MLD）は 2010 年から運用開始されており、溶解空気浮上法（Dissolved Air Flotation）、精密ろ過法（Micro Filtration）及び逆浸透法（Reverse Osmosis）による浄水設備が導入されている。

マニラッド社の資料 100 MLD MF-RO Putaban Water Treatment Plant によれば、プタタン浄水場の逆浸透膜は原水水質の総溶解性蒸発残留物（TDS）2,800 mg/L 及び塩化物（Chloride）1,800 mg/L に対応するよう計画されている。また、フィリピンにおける表流水の水質基準（PNSDW）に準拠して、プタタン浄水場では原水の TDS が 500 mg/L を超える場合に逆浸透膜を稼働する運転計画となっている。

マニラッド社の資料 Laguna Lake as Water Supply Source には、LLDA によるラグナ湖の水質モニタリング地点（図 10.7.8）における水質データが表 10.7.5 のとおり記載されている。上述の逆浸透膜に対する水質計画値は、West Bay near Pasig または West Bay の水質データに基づくと思われる。



出典： Laguna Lake as Water Supply Source, Maynilad

図 10.7.8
ラグナ湖の水質モニタリング地点の概略位置

表 10.7.5 ラグナ湖の水質データ（TDS 及び塩化物、2000～2006）

Range of Mean Monthly TDS (ppm)

Monitoring Station	Low	High
1. West Bay near Pasig	600	3,700
2. West Bay	600	2,000
3. South Bay	600	1,000
4. Central Bay	600	1,600

Range of Mean Monthly Chloride (ppm)

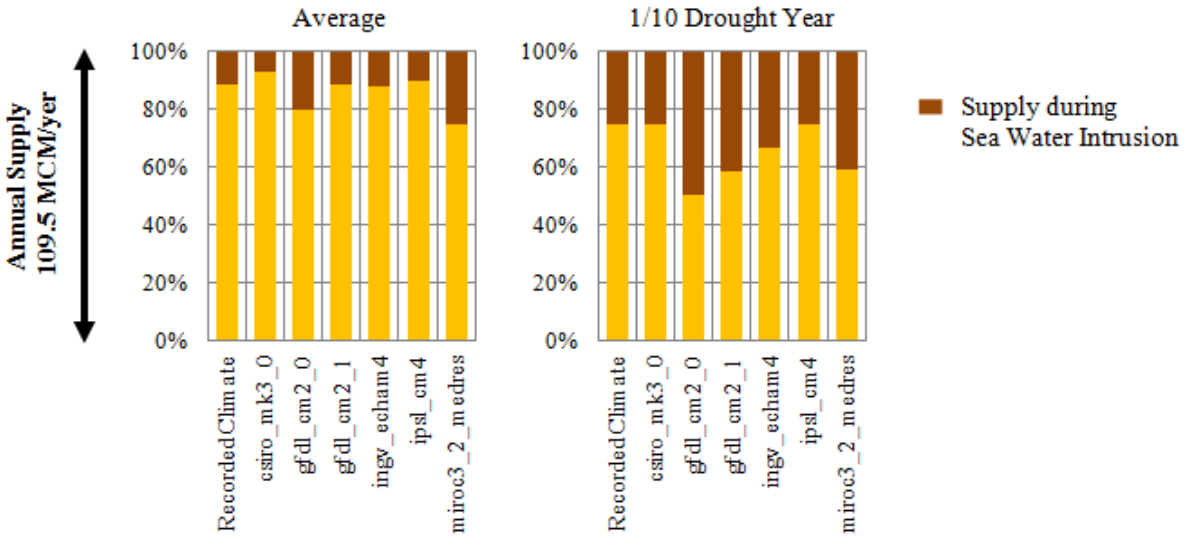
Monitoring Station	Low	High
1. West Bay near Pasig	300	2,800
2. West Bay	300	1,400
3. South Bay	300	600
4. Central Bay	300	800

出典： Laguna Lake as Water Supply Source, Maynilad

一方、マニラッド社によれば、プタタン浄水場の運用開始後、取水設備において TDS は概ね 500 mg/L 以下であり、逆浸透膜の稼働が必要となる頻度が極めて少ないことが報告されている。すなわち、既存の水質モニタリングデータに基づく逆浸透膜の計画値と取水設備における実際の水質との間に差異が生じているが、その原因についての詳しい分析は行われていない。

(2)　ラグナ湖からマニラ首都圏に対する水供給の持続性

図 10.7.9 に将来（2040 年）の水供給 300MLD（= 109.5 MCM/year）に対する塩水遡上の影響を示す。気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算では、年間の水供給量のうち、塩水遡上がある期間の水供給量は平均で 12%、1/10 確率渇水年で 25%と推定される。気候変動影響ありの場合、塩水遡上がある期間の水供給量は、平均では 6 ケースのうち 4 ケースにおいて概ね 10%であり、他の 2 ケースはこれを上回る。また、1/10 確率渇水年では 6 ケースのうち 2 ケースで概ね 25%であり、他の 4 ケースはこれを上回る。



出典：　JICA 調査団

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

本節の水収支計算結果より、水需給の量的なバランスという点では、マニラ首都圏に対する水供給（300 MLD）は持続可能と考えられる。しかし、将来の水需要の増加・気候変動影響に起因する渇水規模の増大により、水供給の湖水に対する依存度は高くなるとともに、塩水遡上の影響が増加することが示唆されることから、将来の湖水の水質変化への対応が必要と考えられる。

本節の水収支計算は、簡易水収支モデルにより、ラグナ湖流域全体の現状の水収支と将来の気候変動影響を概略把握することに主眼をおいているため、水収支と湖水の水質との関係を定量的に把握するまでには至らない。一方、水収支計算の結果より、ラグナ湖からマニラ首都圏に対する水供給の持続性を確保するための主な課題は以下のとおりと考えられる。

1)　浄水設備

今後予定されているプタタン浄水場の水供給能力増加（計 300 MLD）にあたり、ラグナ湖の水収支及び水質予測についてより精度の高い検討を行ない、現行の計画による浄水設備の仕様及び運用について検証する。これにより、将来の水質悪化リスクに対応可能な浄水設備を導入することで、マニラ首都圏への水供給の持続性確保を図る。

2) 気候変動影響への適応策

気候変動影響により、浄水設備のみでは対応できない湖水の水質悪化リスクが予測される場合、次のような適応策の実施を検討する。

- ラグナ湖流域において、上工水の水需要に占める割合が大きい工業用水のリサイクル等により水消費を抑制する。
- アゴス川水資源開発を早期実現するとともに、その広域的な運用によりマニラ首都圏及びラグナ湖流域内の隣接地区に対する水供給を確保する。

3) 水質保全

ラグナ湖は塩水遡上のみならず、流域からの汚濁負荷（生活排水、工業排水、農業排水、養殖等）に起因する水質汚濁の進行が懸念されている。Ecosystems and People, the Philippine Millennium Ecosystem Assessment （MA), Sub-Global Assessment （DENR/LLDA, 2005）に記載されるラグナ湖の水質汚濁の概要は次のとおりである（1990 年代のデータに基づく）。

- 主な汚濁負荷発生源は、家庭排水 68.5%、工業排水 19.0%、農業排水 11.5%である。
- 多くの水質項目で DENR による水質基準 Class C（漁業、水運、工業用水（水処理後）を想定）を満たしておらず、水質汚濁の進行が示唆されている。
- 工業排水及び農業排水に起因する有害物質（重金属、農薬等）が検出されている。

一方、ラグナ湖を水源としている既存のプタタン浄水場では、現在のところ有害物質による汚染の兆候は見られないと報告されている。将来にわたって上水道水源としてラグナ湖を保全するためには、LLDA による包括的な取り組み（2020 年を目標年次とするマスタープラン：水系統合管理、水資源管理、水環境インフラ整備、社会経済開発計画・実施体制整備、組織制度整備、情報・教育・コミュニケーションプログラム）の着実な実施を推進することが期待される。

10.8　水需要予測の代替案についての水収支解析

10.8.1 アンガット川流域

(1)　水需要予測の代替案

アンガット川流域の水資源は MWSS 及び流域内の水利用者に配分されている。本調査の水収支計算では、まず流域内の上工水及び農業用水の水需要を満たすように水配分を行い、そのうえで MWSS に対する水配分を行うという条件を設定している。このため、MWSS 対する水配分をを検討するうえで、アンガット川流域における水需要予測として以下の二案が想定されている。

上工水（5.5.7 節参照）

- 代替案 1：　現在（2012 年）の地下水使用量が将来にわたって維持される。
- 代替案 2：　将来（2040 年）の地下水使用量は持続可能な地下水使用量まで増加する。

農業用水（6.7.3 節参照）

- 代替案 1：　6.7.2 節に記載される水需要予測。
- 代替案 2：　節水かんがい技術の普及により NIS の水需要が将来（2040 年）までに 10% 減少する。

以上による代替案 1 及び 2 の水需要予測を表 10.8.1 に示す。

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

Water Use		Alternative 1 Water Demand (m^3/s)			Alternative 2 Water Demand (m^3/s)		
		Surface Water	Groundwater	Total	Surface Water	Groundwater	Total
M & I Water Supply	Local	8.8	1.1	9.8	5.0	4.8	9.8
Agriculture	NIS	19.6	0.0	19.6	17.6	0.0	17.6
	Local	0.6	0.0	0.6	0.5	0.0	0.5
Total		28.9	1.1	29.9	23.1	4.8	27.9

出典：　JICA 調査団

前述 10.1 節では水需要予測を代替案 1 と想定して、アンガット川流域における表流水の水収支計算を行った。本節では水需要予測の代替案 2 を想定する場合について、表流水の水収支計算を行う。

(2)　水収支計算

表 10.8.2 に示すとおり、アンガット川流域における農業用水の利水安全度 1/5 を確保することを与条件として水収支計算を行い、上工水に対する水配分を求める。

表 10.8.2　水収支計算ケース：アンガット川流域

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件	
			上工水	農業用水
06C	With Project	将来（2040 年）	農業用水の利水安全度 1/5 を確保したうえで、利水安全度が 1/10 となる水配分を求める。	AMRIS 17.6 m^3/s Local 0.5 m^3/s 利水安全度 1/5 を確保する。

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

ケース 06C の計算条件：

- 水供給側：With Project（アンガット貯水池＋ウミライ導水＋スマッグ川取水）
- 水需要側：表 10.8.1 に記載した将来（2040 年）の水需要
- 水配分の条件：農業用水の利水安全度 1/5 を確保

水収支計算の結果を表 10.8.3 に示す。農業用水の利水安全度 1/5 を確保する条件において、上工水の利水安全度 1/10 が確保される水配分は 38.2 m^3/s（= MWSS 33.2 + Local 5.0）となる。

表 10.8.3　水収支計算結果：アンガット川流域

Case	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation				Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/43
06C	With Project (2040)	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS 33.2	Local 5.0	1/10	98.4% (508 / 516)	100.0%	100.0%	100.0%	98.9%	82.1%
			Agriculture	AMRIS 17.6	Local 0.6	1/5	97.1% (501 / 516)	100.0%	100.0%	89.2%	85.3%	31.7%

注：　青枠部分　は優先される水配分を示す（与条件）。
出典：　JICA 調査団

10.8.2　アゴス川流域

(1)　水需要予測の代替案

本調査の水収支計算では、まずアゴス川流域内の上工水供給及び農業用水供給を確保したうえで、MWSS の水需要を満たすために必要となる水資源開発の規模を検討している。この検討にあたり、前述 5.5.7 節及び 6.7.3 節の記述に基づく水需要予測の代替案 1 及び 2 は表 10.8.4 のとおり設定されている。

表 10.8.4　アゴス川流域における水需要予測の代替案

Water Use		Alternative 1 Water Demand (m^3/s)			Alternative 2 Water Demand (m^3/s)		
		Surface Water	Groundwater	Total	Surface Water	Groundwater	Total
M & I Water Supply	Local	2.0	0.0	2.0	0.0	2.0	2.0
Agriculture	NIS	2.9	0.0	2.9	2.6	0.0	2.6
	Local	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3
Total		5.1	0.0	5.1	2.8	2.0	4.8

出典：　JICA 調査団

前述 10.2 節では水需要予測を代替案 1 と想定して、アゴス川流域における表流水の水収支計算を行った。本節では水需要予測の代替案 2 を想定する場合について、表流水の水収支計算を行う。

(2)　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

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオにつき、表 10.8.5 に示すケース 201、202、203 について水収支計算を行う。

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

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件
201	With Project ● Laiban Reservoir	将来 （2040 年）	アゴス川流域の上工水について利水安全度 1/10、農業用水について利水安全度 1/5 を確保する。 そのうえで、With Project により利水安全度 1/10 の確保が可能となる MWSS への水供給能力を算定する。
202	With Project ● Laiban Reservoir ● Kaliwa Low Dam		
203	With Project ● Laiban Reservoir ● Kaliwa Intake ● Kanan No.2 Reservoir		カナン 2 貯水池からライバン貯水池への導水は 38.3 m^3/s（= 3,310 MLD）とする。

出典：　JICA 調査団

水収支計算の結果を表 10.8.6 に示す。MWSS に対する水供給能力は以下のとおりとなる。

ライバン貯水池	21.2 m^3/s	（= 1,830 MLD）
ライバン貯水池 + カリワ取水堰	21.3 m^3/s	（= 1,840 MLD）
ライバン貯水池 + カリワ取水堰 + カナン 2 貯水池	59.5 m^3/s	（= 5,140 MLD）

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

Case	Project (MLD)	Projected Water Allocation in 2040				Results of Water Balance Analysis					
		Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Supply to Envisaged Water Allocation				
							Drought Year				
							1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
201	Laiban Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	21.2	1/10	97.8% (352 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	87.9%	86.0%
			Local	0.0							
	1830	Agriculture	NIS Local	2.6 0.3	1/5	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
202	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam	M & I Water Supply	MWSS	21.3	1/10	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	90.1%	89.2%
			Local	0.0							
	1840	Agriculture	NIS Local	2.6 0.3	1/5	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
203	Laiban Reservoir Kaliwa Low Dam Kanan 2 Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	59.5	1/10	97.5% (351 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	90.4%	82.9%
			Local	0.0							
	5140	Agriculture	NIS Local	2.6 0.3	1/5	99.2% (357 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	96.0%	90.4%

出典：　JICA 調査団

(3)　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

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオにつき、表 10.8.7 に示すケース 204、205、206 について水収支計算を行う。

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

ケース	水供給側	水需要側	水配分の条件
204	With Project ● Kaliwa Low Dam	将来 （2040 年）	アゴス川流域の上工水について利水安全度 1/10、農業用水について利水安全度 1/5 を確保する。 そのうえで、With Project により利水安全度 1/10 の確保が可能となる MWSS への水供給能力を算定する。 アゴス貯水池では MWSS への水供給に加えて、余剰水を発電に使用する。発電使用水量は 25.6 m^3/s（= 2,210 MLD, 90% Dependability）。 カナン No.2 貯水池で平滑化された 38.3 m^3/s（= 3,310 MLD）をアゴス貯水池に向けて放流する。
205	With Project ● （Kaliwa Low Dam) ● Agos Reservoir		
206	With Project ● （Kaliwa Low Dam) ● Agos Reservoir ● Kanan No.2 Reservoir		

出典：　JICA 調査団

水収支計算の結果を表 10.8.8 に示す。各ケースについて 1/10 確率渇水年における MWSS への水供給能力を算定している。

カリワ取水堰（90%保障流量）	5.8 m^3/s	（= 500 MLD）
カリワ取水堰 + アゴス貯水地	36.1 m^3/s	（= 3,110 MLD）
カリワ取水堰 + アゴス貯水地 + カナン 2 貯水池	57.1 m^3/s	（= 4,930 MLD）

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

Case	Project (MLD)	Projected Water Allocation in 2040				Results of Water Balance Analysis					
		Supply (m^3/s)			Drought Safety Level	Dependability of Supply	Ratio of Supply to Envisaged Water Allocation				
							Drought Year				
							1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
204	Kaliwa Low Dam	M & I Water Supply	MWSS	6.4	1/10	87.8% (316 / 360)	97.2%	88.0%	85.7%	82.1%	81.8%
			Local	0.0							
	550	Agriculture	NIS Local	2.6 0.3	1/5	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
205	Kaliwa Low Dam Agos Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	36.0	1/10	99.2% (357 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	94.3%	93.9%
			Local	0.0							
	3110	Agriculture	NIS Local	2.6 0.3	1/5	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	98.3%	96.4%	94.1%
206	Kaliwa Low Dam Agos Reservoir Kanan 2 Reservoir	M & I Water Supply	MWSS	57.1	1/10	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	92.5%	84.8%
			Local	0.0							
	4930	Agriculture	NIS Local	2.6 0.3	1/5	98.1% (353 / 360)	100.0%	100.0%	98.3%	96.4%	94.1%

出典：　JICA 調査団

10.8.3　マニラ首都圏における水需給バランス

(1)　　マニラ首都圏に対する水供給能力

マニラ首都圏の水供給は、現在と同様に将来も周辺の河川流域の水資源に依存することになる。このため、本調査の水収支計算では、まず周辺の河川流域内で上工水及び農業用水の水需要を満たすように水配分を行い、そのうえで MWSS に対して水配分を行うという条件を設定している。

マニラ首都圏周辺の各河川流域で水需要予測の代替案 2 を想定する場合、各河川流域からマニラ首都圏に対する水供給能力は表 10.8.9 のとおりとなる。

各河川流域において、上工水供給は地下水利用の占める割合が大きくなり、農業用水は NIS のかんがい用水必要量が 10%減となる。すなわち、各河川流域の表流水の水需要はいずれも代替案 1 に比べて減少することから、代替案 2 ではマニラ首都圏に対する水供給能力は代替案 1 に比べて増加する。

表 10.8.9　マニラ首都圏に対する水供給能力

Water Resources	JICA Study 2003 (MLD)	World Bank Study 2012 (MLD)	Present Study Demand Alt-1 (MLD)	Present Study Demand Alt-2 (MLD)	Remarks
Angat Reservoir with Umiray-Angat Transbasin Diversion		(4,000)	2,150 760 1,750	2,680 430 1,660	MWSS (2040) M & I Local (2040, preconditioned) Agriculture (2040, preconditioned)
Sumag River		188			
Angat Reservoir with Umiray-Angat Trans-basin Diversion + Sumag River		(4,188)	2,340 760 1,750	2,870 430 1,660	MWSS (2040) M & I Local (2040, preconditioned) Agriculture (2040, preconditioned)
Tayabasan River		175	105	105	Run-of-river Dependability 90%
Laguna Lake		300	300	300	Existing 100 MLD Planned 200 MLD
Laiban Reservoir	1,830	1,900	1,740	1,830	
Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam			1,760	1,840	
Kanan No.2 Reservoir	3,310	3,300			
Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam + Kanan No.2 Reservoir			5,060	5,140	
Kaliwa Low Dam	550	550	410	500	Run-of-river Dependability 90%
Kaliwa Low Dam + Agos Reservoir	3,000	3,000	2,950	3,110	
Kaliwa Low Dam + Agos Reservoir + Kanan No.2 Reservoir			4,820	4,930	

出典：　JICA 調査団

(2)　2037 年までの水資源開発及び水需給バランス

マニラ首都圏水需要予測のバッファーなし：

周辺の河川流域において水需要予測の代替案 2 を想定する場合、マニラ首都圏水供給に必要となる 2037 年までの水資源開発は表 10.8.10 のとおりとなる。また、2037 年までの水需給バランスを図 10.8.1 に示す。

2037 年までに必要となる水供給能力の増加は 41.7 m^3/s（= 3,599 MLD）である。世銀調査のロードマップに含まれる 2021 年までの水資源開発は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）であり、2022 年以降のアゴス川流域において必要となる水資源開発は 35.9 m^3/s（= 3,106 MLD）である。

これに対し、ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は 52.5 m^3/s（= 4,453 MLD）となる。また、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は 52.2 m^3/s（= 4,513 MLD）となる。

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）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

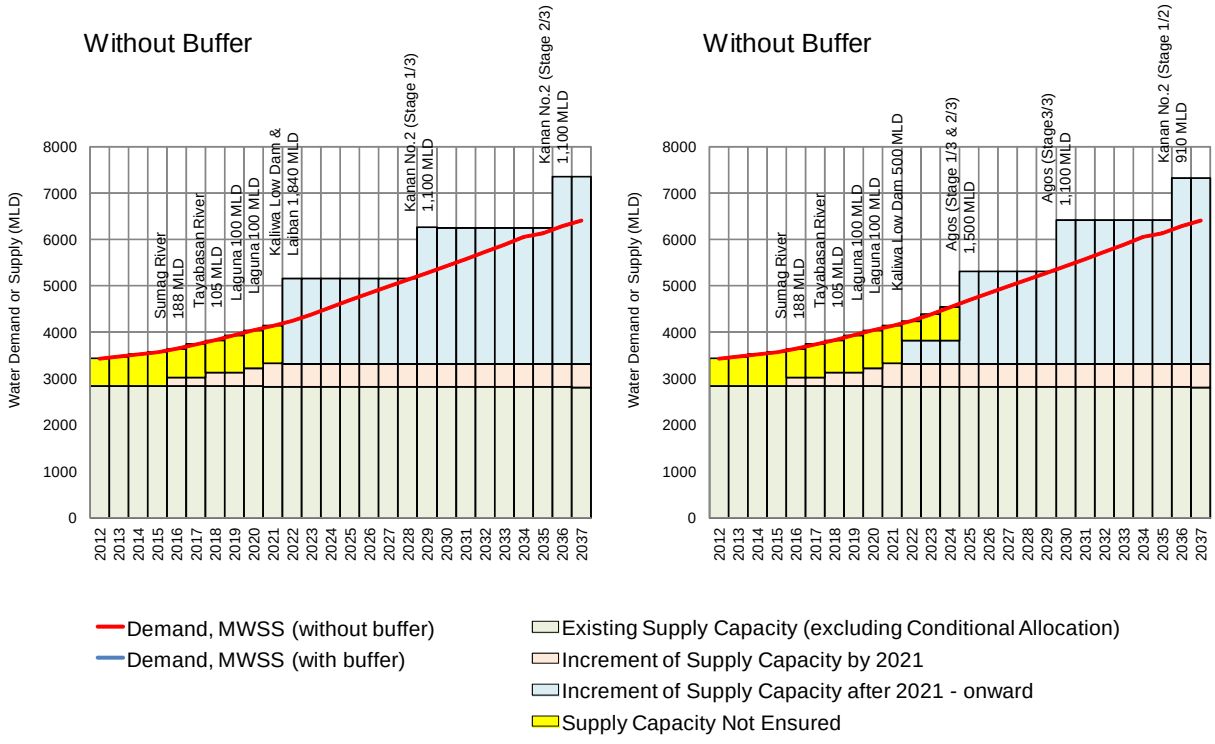
Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(2,681)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	188
(2) Tayabasan River	2018	105
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,840
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2029	1,100
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	2036	1,100
Total (1) to (7)		4,533

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(2,681)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	188
(2) Tayabasan River	2018	105
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Kaliwa Low Dam	2022	500
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025	1,500
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2030	1,110
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	2036	910
Total (1) to (8)		4,513

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ　　アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



出典：　JICA 調査団

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ーなし）

マニラ首都圏水需要予測のバッファーあり：

周辺の河川流域において水需要予測の代替案 2 を想定する場合、マニラ首都圏水供給に必要となる 2037 年までの水資源開発は表 10.8.11 のとおりとなる。また、2037 年までの水需給バランスを 10.8.2 に示す。

2037 年までに必要となる水供給能力の増加は 51.8 m^3/s（= 4,479 MLD）である。世銀調査のロードマップに含まれる 2021 年までの水資源開発は 5.7 m^3/s（= 493 MLD）であり、

2022 年以降のアゴス川流域において必要となる水資源開発は 46.1 m^3/s（= 3,986 MLD）である。

これに対し、ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は 65.2 m^3/s（= 5,633 MLD）となる。また、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水供給能力増加の合計は 62.8 m^3/s（= 5,423MLD）となる。

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）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

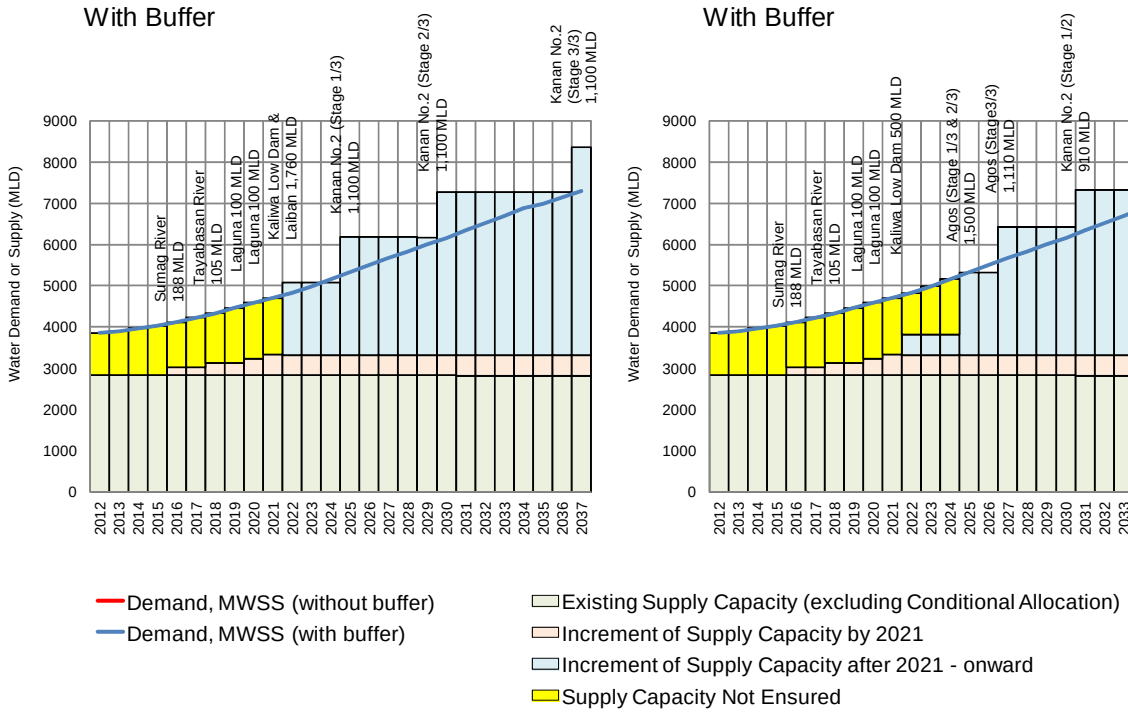
Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(2,681)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	188
(2) Tayabasan River	2018	105
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,840
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2025	1,100
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	2030	1,100
(8) Kanan No.2 Reservoir, 3/3	2037	1,100
Total (1) to (8)		5,633

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(2,211)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	188
(2) Tayabasan River	2018	105
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Kaliwa Low Dam	2022	500
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025	1,500
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2027	1,110
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	2031	910
(9) Kanan No.2 Reservoir, Stage 2/2	2037	910
Total (1) to (9)		5,423

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ　　アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



出典：　JICA 調査団

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ーあり）

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

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。周辺の河川流域において水需要予測の代替案 2 を想定する場合、既存及び将来の水資源による 2040 年の水供給能力は表 10.8.12 のとおり推定される。

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）

Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Existing			Development by 2021		
	Angat Umiray	Laguna Lake & Other		Sumag River	Tayabasan River	Laguna Lake
(Recorded Climate)	31.0	1.5		2.2	1.2	2.3
csiro_mk3_0	30.6	1.5		1.8	1.8	2.3
gfdl_cm2_0	29.6	1.5		2.2	1.1	2.3
gfdl_cm2_1	31.8	1.5		2.4	1.5	2.3
ingv_echam4	34.4	1.5		2.2	1.5	2.3
ipsl_cm4	35.5	1.5		2.3	1.8	2.3
miroc3_2_medres	25.6	1.5		1.8	1.3	2.3

Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Laiban Reservoir and Associated Developments			Agos Reservoir and Associated Developments		
	Laiban	Laiban + Kaliwa L	Laiban + Kaliwa L + Kanan 2	Kaliwa L	Kaliwa L + Agos	Kaliwa L + Agos + Kanan 2
(Recorded Climate)	21.2	21.3	59.5	5.8	36.1	57.1
csiro_mk3_0	22.3	21.9	60.5	6.3	41.6	63.7
gfdl_cm2_0	16.6	16.6	54.3	7.1	39.1	56.8
gfdl_cm2_1	20.5	20.6	58.7	5.6	35.0	57.8
ingv_echam4	22.1	22.3	60.5	6.0	39.2	59.8
ipsl_cm4	22.9	22.9	61.2	6.6	45.6	64.1
miroc3_2_medres	18.8	19.8	58.1	6.7	42.9	59.4

出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる水供給能力合計は 97.7 m^3/s（＝8,445 MLD）である。一方、気候変動ありの 6 ケースの水供給能力合計は最大 104.6 m^3/s（＝8,853 MLD）、最小 90.6 m^3/s（＝7,669 MLD）の範囲と予測される。

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる水供給能力合計は 95.3 m^3/s（＝8,235 MLD）である。一方、気候変動ありの 6 ケースの水供給能力合計は最大 107.5 m^3/s（＝9,097 MLD）、最小 91.9 m^3/s（＝7,776 MLD）の範囲と予測される。

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）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: m^3/s

GCM for Hydrological Data Set	Angat Umiray Sumag	Tayabasan Laguna Other	Laiban Kaliwa L Kanan 2	Total
(Recorded Climate)	33.2	5.1	59.5	97.7
csiro_mk3_0	32.4	5.7	60.5	98.6
gfdl_cm2_0	31.8	4.9	54.3	91.0
gfdl_cm2_1	34.2	5.3	58.7	98.2
ingv_echam4	36.6	5.3	60.5	102.5
ipsl_cm4	37.8	5.6	61.2	104.6
miroc3_2_medres	27.4	5.2	58.1	90.6
			Max	104.6
			Ave	97.6
			Min	90.6

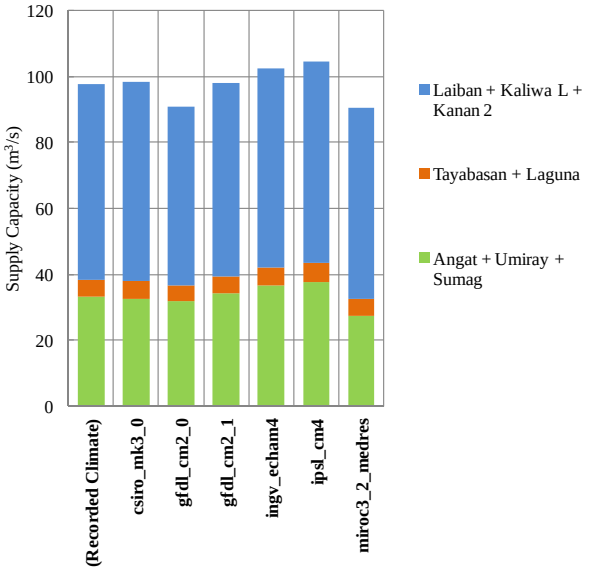
アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: m^3/s

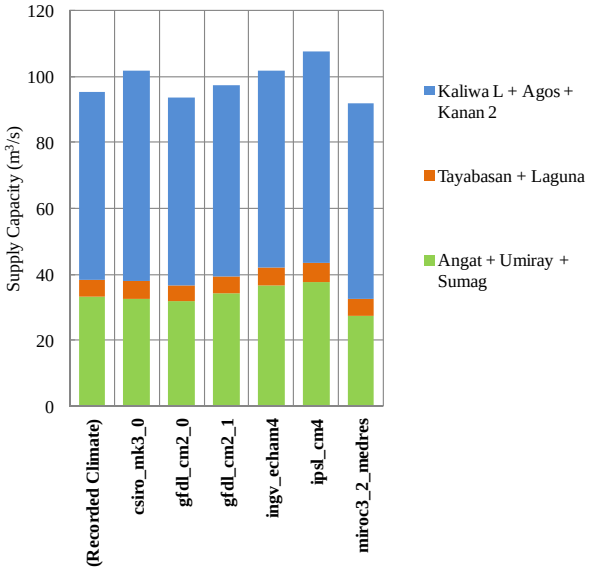
GCM for Hydrological Data Set	Angat Umiray Sumag	Tayabasan Laguna Other	Kaliwa L Agos Kanan 2	Total
(Recorded Climate)	33.2	5.1	57.1	95.3
csiro_mk3_0	32.4	5.7	63.7	101.7
gfdl_cm2_0	31.8	4.9	56.8	93.5
gfdl_cm2_1	34.2	5.3	57.8	97.3
ingv_echam4	36.6	5.3	59.8	101.8
ipsl_cm4	37.8	5.6	64.1	107.5
miroc3_2_medres	27.4	5.2	59.4	91.9
			Max	107.5
			Ave	99.0
			Min	91.9

注：　気候変動影響なしのケースとの比較－赤字：正の影響、黒字：影響小（±1%以下）、青字：負の影響
出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ



出典：　JICA 調査団

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）

気候変動影響を考慮したマニラ首都圏における 2037 年までの水需給バランスを図 10.8.4 に示す。各水資源開発の運用開始のタイミングは、前述 10.3.2 節に示した気象水文データ実績値に基づく水収支計算結果（気候変動影響なし）と同様である。

毎年の水供給能力は Climate Change, Max と Climate Change, Min の範囲内と予測される。表 10.8.14 に示すとおり、2037 年において気候変動影響による水供給能力の増減幅はライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオで-7.5%～+7.1%、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオで-1.1%～+14.2%と予測される。

表 10.8.14　水供給能力の比較（気候変動影響なし・あり）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: MLD

Year	2021	2022	2029	2036	2037
Recorded Climate	3,321	5,160	6,257	7,354	7,353
Climate Change Max.	3,465 +4.3%	5,370 +4.1%	6,612 +5.7%	7,856 +6.8%	7,877 +7.1%
Climate Change Min.	3,163 -4.8%	4,938 -4.3%	5,878 -6.1%	6,820 -7.3%	6,797 -7.6%

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Unit: MLD

Year	2021	2025	2030	2036	2037
Recorded Climate	3,321	3,820	6,423	7,327	7,326
Climate Change Max.	3,465 +4.3%	4,005 +4.8%	7,247 +12.8%	8,329 +13.7%	8,369 +14.2%
Climate Change Min.	3,163 -4.8%	3,671 -3.9%	6,496 1.1%	7,249 -1.1%	7,245 -1.1%

出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ　　アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

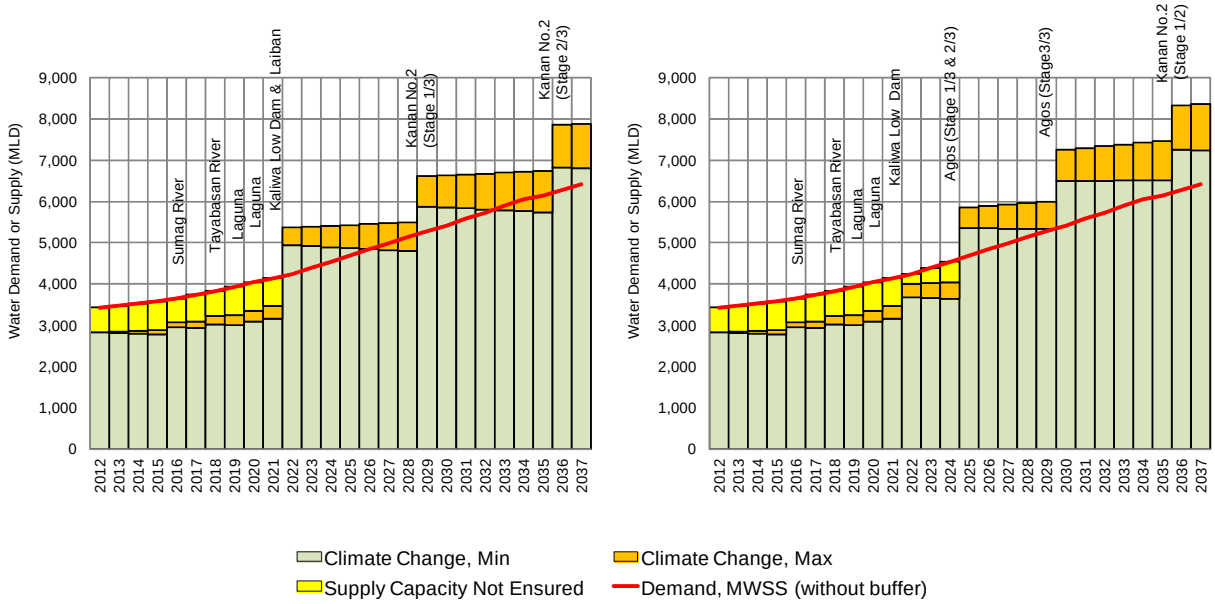


図 10.8.4　　2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり）

気候変動影響ありの 6 ケースのうち、“miroc3_2_medres” による予測に基づく水文条件において、マニラ首都圏に対する水供給能力の合計は最小となる。このケースについて 2037 年までの水需給バランスを図 10.8.5 に示す。

気候変動影響なしのケースの水需給バランス（図 10.8.1）と比較すると、ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオではカナン 2 貯水池の実施を前倒しすることで 2037 年までの水需要に対応することが可能となる。一方、アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオでは、気候変動影響なしと気候変動影響ありとの間で水供給量の差異は小さい。

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”）

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(2,265)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	157
(2) Tayabasan River	2018	114
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,724
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2026	1,100
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	2033	1,100
Total (1) to (8)		4,395

アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

Project	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(2,265)
Laguna & Other	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	157
(2) Tayabasan River	2018	114
(3) Laguna Lake	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100
(5) Kaliwa Low Dam	2022	2,431
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025	
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2030	1,216
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	2036	731
Total (1) to (8)		4,848

注：　Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオ　　アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオ

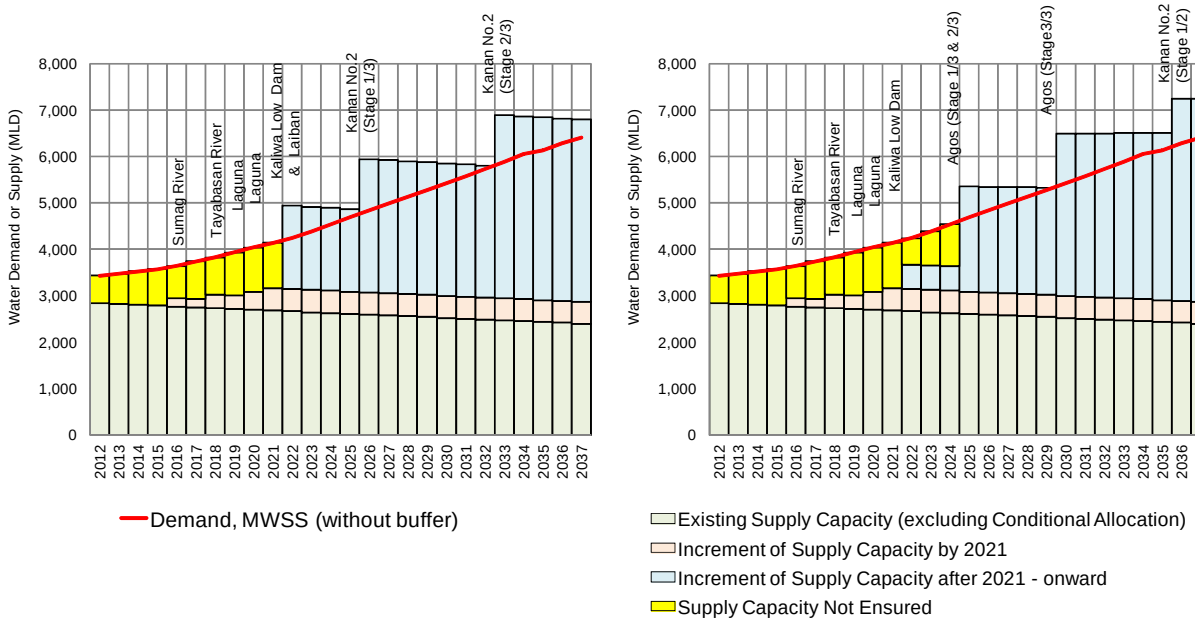


図 10.8.5　　2037 年までの水需給バランス（気候変動影響あり、“miroc3_2_medres”）

10.8.5　パッシグ・マリキナ川流域

（1）　水需要予測の代替案

前述 5.5.7 節及び 6.7.3 節の記述に基づく水需要予測の代替案 1 及び 2 は表 10.8.16 のとおりである。代替案 2 では、7.2.2 節に記載されるパッシグ・マリキナ川流域の利用可能な地下水 0.60 m^3/s（= 52 MLD）が上工水供給に使用されると想定している。

表 10.8.16　パッシグ・マリキナ川流域における水需要予測の代替案

Water Use		Alternative 1 Water Demand (m^3/s)			Alternative 2 Water Demand (m^3/s)		
		Surface Water	Groundwater	Total	Surface Water	Groundwater	Total
M & I Water Supply	Local	3.79	0.00	3.79	3.19	0.60	3.79
Agriculture	NIS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Local	0.16	0.00	0.16	0.16	0.00	0.16
Total		3.95	0.00	3.95	3.35	0.60	3.95

出典：　JICA 調査団

前述 10.5 節では水需要予測を代替案 1 と想定して、パッシグ・マリキナ川流域における表流水の水収支計算を行った。本節では水需要予測の代替案 2 を想定する場合について、表流水の水収支計算を行う。

(2)　水収支計算

表 10.8.17 に示すケース 403 について水収支計算を行う。

表 10.8.17　　水収支計算ケース：パッシグ・マリキナ川流域

ケース	水資源	水需要	水配分	
403	With Project ● タヤバサン川水供給	将来 (2040)	上工水： 農業用水：	3.19 m^3/s 0.16 m^3/s

出典：　JICA 調査団

水収支計算の結果を表 10.8.16 に示す。計算期間 360 か月において上工水の水需要が満たされる月の総数は 276 か月（76.7% = 264/360）、農業用水の水需要が満たされる月の総数は 272 か月（82.5% = 261/360）となる。

表 10.8.18　　水収支計算結果：パッシグ・マリキナ川流域

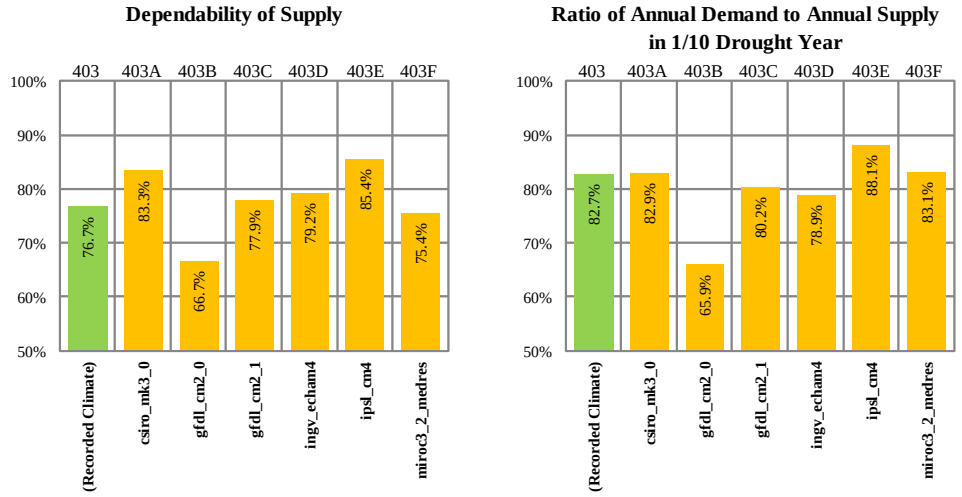
No.	Water Resource	Water Demand	Projected Water Allocation			Drought Safety Level	Results of Water Balance Analysis					
			Supply (m^3/s)				Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
								Drought Year				
								1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
403	With Project	Future (2040)	M & I Water Supply	MWSS & Local	3.19	Not Specified	76.7% (276 / 360)	85.5%	82.7%	76.6%	76.3%	74.8%
			Agriculture	Local	0.16	Not Specified	75.6% (272 / 360)	82.5%	71.9%	61.5%	58.1%	57.0%

出典：　JICA 調査団

(3)　気候変動による影響

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は 403 と同様とする。

上工水供給量の持続性及び 1/10 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比を図 10.8.6 に示す。ケース 403（Recorded Climate）と気候変動影響ありの 6 ケースを比較すると、上 6 ケースのうち 4 ケースで正の影響、2 ケースで負の影響が見られる。また、1/10 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比では、6 ケースのうち 3 ケースで正の影響、3 ケースで負の影響が見られる。



出典： JICA 調査団

図 10.8.6　上工水供給に対する気候変動影響：パッシグ・マリキナ川流域

10.8.6 パンパンガ川流域

(1) 水需要予測の代替案

前述 5.5.7 節及び 6.7.3 節の記述に基づく水需要予測の代替案 1 及び 2 は表 10.8.19 のとおりである。第 7 章に記載するとおり、パンパンガ川流域における持続可能な地下水使用量は 21,397 liter/s（= 1,849 MLD）と推定されている。このうち、本節の水収支計算の対象となる分割流域の持続可能な地下水使用量はは 14,741 liter/s （= 1,274 MLD）と推定される。

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

Water Use		Alternative 1 Water Demand (m^3/s)			Alternative 2 Water Demand (m^3/s)		
		Surface Water	Groundwater	Total	Surface Water	Groundwater	Total
M & I Water Supply	Local	14.35	2.06	16.41	1.67	14.74	16.41
Agriculture	NIS	97.20	0.00	97.20	87.48	0.00	87.48
	Local	22.47	1.30	23.77	22.47	1.30	23.77
Total		134.02	3.36	137.38	111.62	16.04	127.66

出典： JICA 調査団

前述 10.6 節では水需要予測を代替案 1 と想定して、パンパンガ川流域における表流水の水収支計算を行った。本節では水需要予測の代替案 2 を想定する場合について、表流水の水収支計算を行う。

(2) 水収支計算

表 10.8.20 に示すケース 602 について水収支計算を行う。

表 10.8.20 水収支計算ケース：パンパンガ川流域

ケース	水資源	水需要	水配分	
602	既存＋ バリンティンゴン貯水池	将来 (2040)	上工水： 農業用水（NIS）： 農業用水（その他）：	1.67 m^3/s 87.48 m^3/s 22.47 m^3/s

出典： JICA 調査団

計算結果を表 10.8.21 に示す。

NIS については、UPRIIS V の拡張（16,879 ha → 37,200 ha）、バリンティンゴン貯水池による水資源開発に伴う新規かんがい開発（14,900 ha）、PRDIS の拡張（6,604 ha → 11,920 ha）を水収支計算に含めている。1/5 確率渇水年において、かんがい用水必要量に対する水供給量の比は UPRIIS II で 99.7%、その他の NIS は 100%である。

上工水供給は 1/10 確率渇水年において概ね水需要を満たしている。その他の農業用水供給は 1/5 確率渇水年において、水需要量に対する水供給量の比が RCH102、RCH103 で 100%を下回る。

表 10.8.21　水収支計算結果：パンパンガ川流域

UPRIIS and PDRIS

NIS	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
UPRIIS Ia	1.17	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.4%
UPRIIS Ib	9.67	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	98.7%	84.0%
UPRIIS II	13.32	93.3% (336 / 360)	100.0%	99.7%	96.4%	95.2%	78.4%
UPRIIS III	14.37	98.3% (354 / 360)	100.0%	100.0%	97.5%	95.3%	83.8%
UPRIIS IV	19.71	97.2% (350 / 360)	100.0%	100.0%	98.6%	78.4%	72.5%
UPRIIS V	21.93	98.9% (356 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	86.3%
PDRIS	6.91	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

M & I Water Supply

Sub-basin	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
PAN	0.15	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	91.5%
PAM5	0.02	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
COR	0.02	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM4	0.21	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PEN	0.01	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM3	0.22	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH103 & 104	0.15	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH102	0.15	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH101	0.32	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAN2	0.40	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Other Agriculture

Sub-basin	Demand (m^3/s)	Dependability of Supply	Ratio of Annual Supply to Annual Demand				
			Drought Year				
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/30
PAN	0.48	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	91.4%	90.8%
PAM5	0.92	99.7% (359 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
COR	2.24	99.4% (358 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	97.4%
PAM4	1.07	94.2% (339 / 360)	100.0%	96.5%	92.2%	91.9%	87.7%
PEN	0.10	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAM3	0.04	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RCH103 & 104	1.48	69.2% (249 / 360)	61.3%	53.9%	51.9%	44.6%	42.2%
RCH102	2.97	80.3% (289 / 360)	82.4%	74.2%	68.3%	67.7%	58.5%
RCH101	6.40	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
PAN2	7.26	100.0% (360 / 360)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

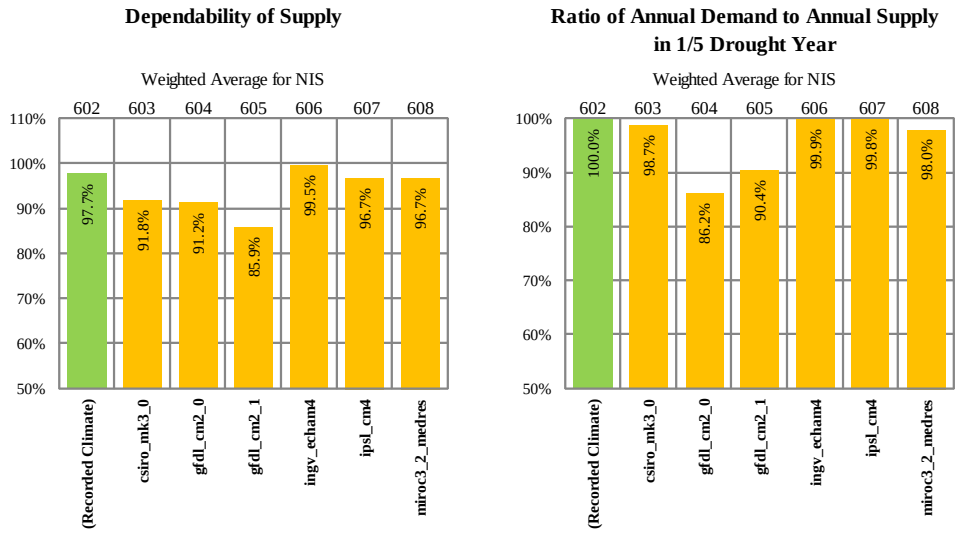
出典：　JICA 調査団

(3)　気候変動による影響

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は 602 と同様とする。

気候変動影響ありのケースについて、「かんがい用水供給量の持続性」及び「1/5 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比」をそれぞれ加重平均した結果を図 10.8.7 に示す。

ケース 702（Recorded Climate）と気候変動影響ありの 6 ケースを比較すると、かんがい用水供給量の持続性は 6 ケースのうち 3 ケースで正の影響、2 ケースで負の影響、1 ケースで影響小（±1%以下）となる。また、1/5 確率渇水年における水需要量に対する水供給量の比は 3 ケースで正の影響、3 ケースで負の影響が見られる。



出典：　JICA 調査団

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

10.8.7　ラグナ湖流域

(1)　水需要予測の代替案

前述 5.5.7 節及び 6.7.3 節の記述に基づく水需要予測の代替案 1 及び 2 は表 10.8.22 のとおりである。

表 10.8.22　ラグナ湖流域における水需要予測の代替案

Water Use		Alternative 1 Water Demand (m^3/s)			Alternative 2 Water Demand (m^3/s)		
		Surface Water	Groundwater	Total	Surface Water	Groundwater	Total
M & I Water Supply	MWSS	3.47	0.00	3.47	3.47	0.00	3.47
	Local	30.28	3.70	33.98	29.06	4.92	33.98
Agriculture	NIS	5.30	0.00	5.30	4.77	0.00	4.77
	Local	2.38	0.00	2.38	2.38	0.19	2.57
Total		41.43	3.70	45.14	39.69	5.11	44.80

出典：　JICA 調査団

前述 10.7 節では水需要予測を代替案 1 と想定して、ラグナ湖流域における表流水の水収支計算を行った。本節では水需要予測の代替案 2 を想定する場合について、表流水の水収支計算を行う。

(2)　水収支計算

表 10.8.23 に示すケース 802 について水収支計算を行う。

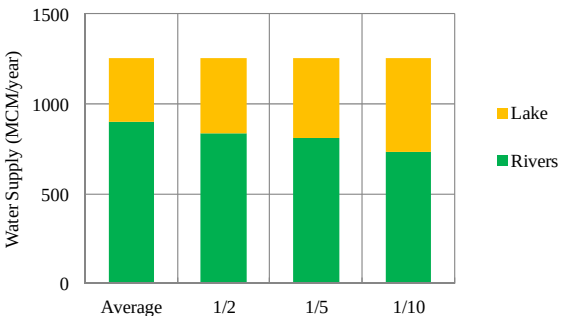
表 10.8.23　水収支計算ケース：ラグナ湖流域

ケース	水資源	水需要	水配分		
802	河川 ラグナ湖	将来 (2040)	MWSS： 上工水： 農業用水：	3.47 m^3/s 29.06 m^3/s 7.14 m^3/s	（ラグナ湖を水源とする）

出典：　JICA 調査団

表 10.8.24 に水利用ごとの湖水に対する依存度を示す。将来（2040 年）の水需要合計 1,252 MCM/year に対し、湖水による水供給量は 350 MCM/year（水供給量合計の 28%）である。

図 10.8.8 に確率渇水年別の水供給の湖水に対する依存度を示す。将来（2040 年）の水需要において、水供給の湖水に対する依存度は平均で 28%、10 年確率渇水年で 41%である。



出典：　JICA 調査団

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）

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

Future (2040): Case 802

Water Use	Demand (MCM/year)	Supply (MCM/year)	
		Rivers	Lake
MWSS	110	0	110
M & I Water Supply (Local)	917	756	161
Agriculture (NIS and Local)	225	146	79
Total	1,252	902	350
	100%	72%	28%

出典：　JICA 調査団

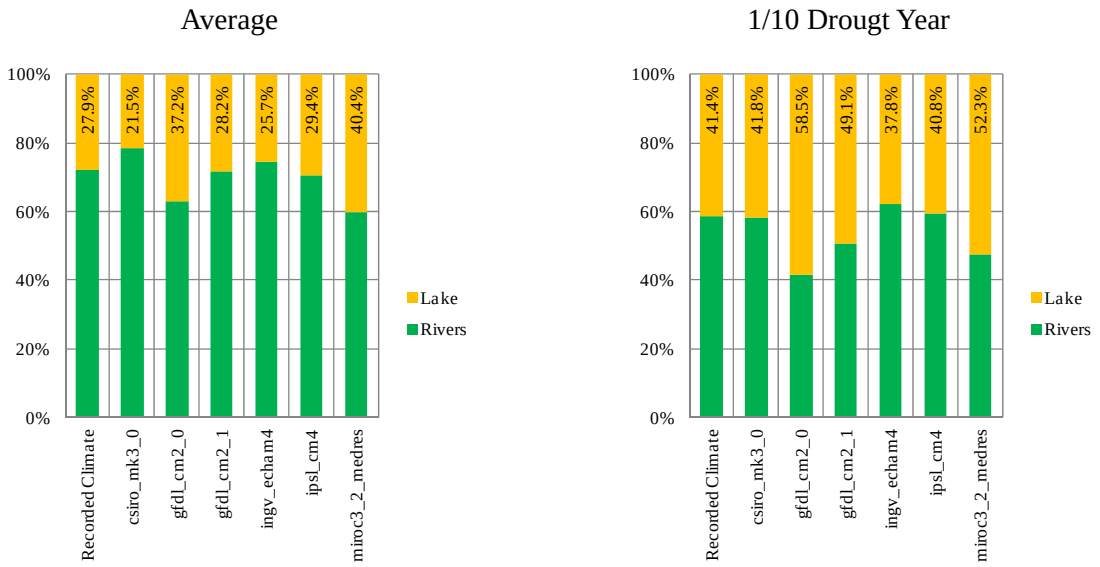
（3）　水収支計算（気候変動影響あり）

気候変動影響の検討で選定された 6 つの GCM による気候予測値に基づいて、それぞれ流出計算で得られた 6 つの水文データセット（2031-2050）を水収支計算に適用する。水収支計算の条件設定は 802 と同様とする。

図 10.8.9 に水供給の湖水に対する依存度の計算結果示す。気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算では、水供給の湖水への依存度は平均で 28%、1/10 確率渇水年で 41%である。この結果を気候変動ありの 6 ケースを比較すると、平均では 6 ケースのうち 2 ケースで正の影響、1 ケースで影響小（±1%以下）、3 ケースで負の影響が見られる。また、1/10 確率渇水年では 6 ケースのうち 1 ケースで正の影響、2 ケースで影響小（±1%以下）、3 ケースで負の影響が見られる。

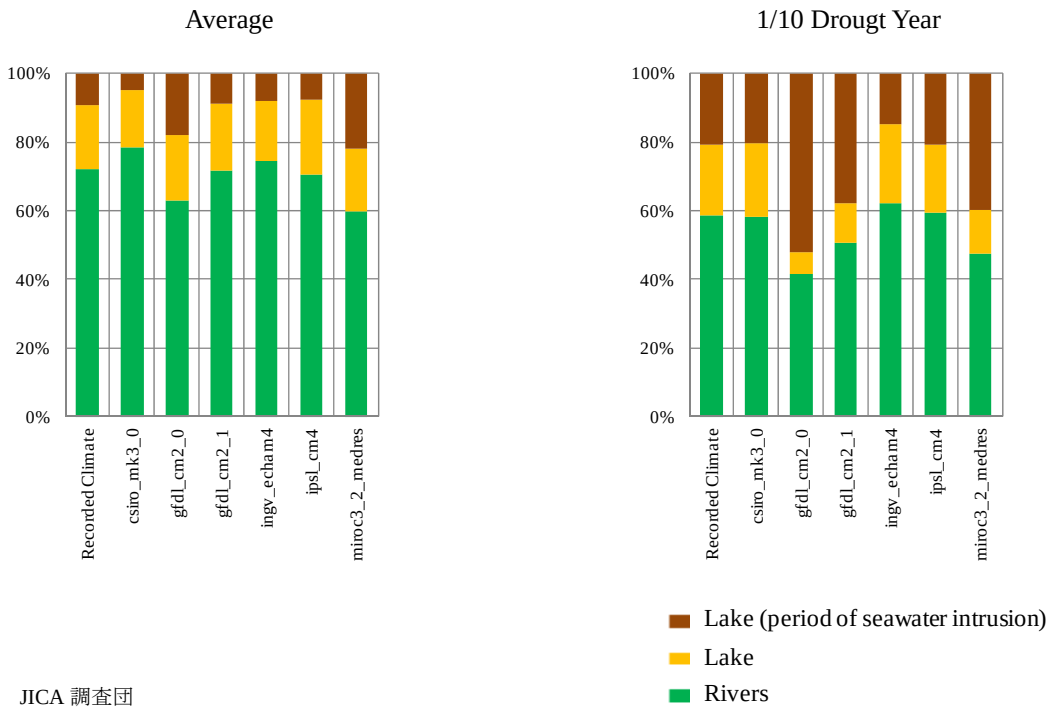
図 10.8.10 に水供給に対する塩水遡上の影響を示す。気象水文データ実績値に基づくデータセットを使用した水収支計算では、年間の水供給量（河川＋湖）のうち塩水遡上がある期間の

水供給量は平均で 9%、1/10 確率渇水年で 21%と推定される。気候変動あり 6 ケースについては、塩水遡上がある期間の水供給量は平均で 5～22%、1/10 確率渇水年で 20～52%である。



出典： JICA 調査団

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



出典： JICA 調査団

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

10.9 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

本節では、これまでの水収支計算結果による水需要予測代替案及び気候変動影響予測を組み合わせたケースについて、マニラ首都圏における 2037 年までの水需給バランスについて記述する。

水需要予測代替案及び気候変動影響予測を組み合わせたケースは次の条件設定に基づく。

- マニラ首都圏の水需要予測： 「バッファーなし」及び「バッファーあり」
- 周辺地域（河川流域）の水需要予測： 「代替案 1」及び「代替案 2」
- 気候変動影響予測： 6 GCM による気候変動予測に基づき推定した河川流況

以上の組み合わせは少なくとも 24 ケースとなるが、本節ではこのうち「Case A：マニラ首都圏に対する 2037 年までの水配分の増加が最小」及び「Case B：マニラ首都圏に対する 2037 年までの水配分の増加が最大」の 2 ケースについて、マニラ首都圏における 2037 年までの水需給バランスを試算する。これら 2 ケースの条件設定は表 10.9.1 のとおりである。

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

	Case A 2037 年までの水配分の増加が最小	Case B 2037 年までの水配分の増加が最大
マニラ首都圏の水需要予測	バッファーなし	バッファーあり ● バッファーなしの水需要予測に対して 15%上乗せする。
周辺地域（河川流域）の水需要予測	代替案 2 ● 将来（2040 年）の地下水使用量は持続可能な地下水使用量まで増加する。 ● 節水かんがい技術の普及により NIS の水需要が将来（2040 年）までに 10%減少する。 ➔ マニラ首都圏への水配分合計（表流水）が代替案 1 よりも多い。	代替案 1 ● 現在（2012 年）の地下水使用量が将来にわたって維持される。
気候変動影響予測	ipsl_cm4 ● マニラ首都圏への水配分合計（表流水）に対して正の影響が大きい。	miroc3_2_medres ● マニラ首都圏への水配分合計（表流水）に対して負の影響が大きい。

出典： JICA 調査団

「マニラ首都圏の水需要予測のバッファーなし」、「周辺地域（河川流域）の水需要予測の代替案 1」、「気候変動影響なし」の場合、2037 年までに必要となる水配分の増加は 47.1 m^3/s （= 4,067 MLD）と推定される（10.3 節参照）。一方、水需要予測及び気候変動影響予測を組み合わせるケースでは、Case A で 37.6 m^3/s （= 3,252 MLD）、Case B で 61.7 m^3/s （= 5,327 MLD）と推定される。

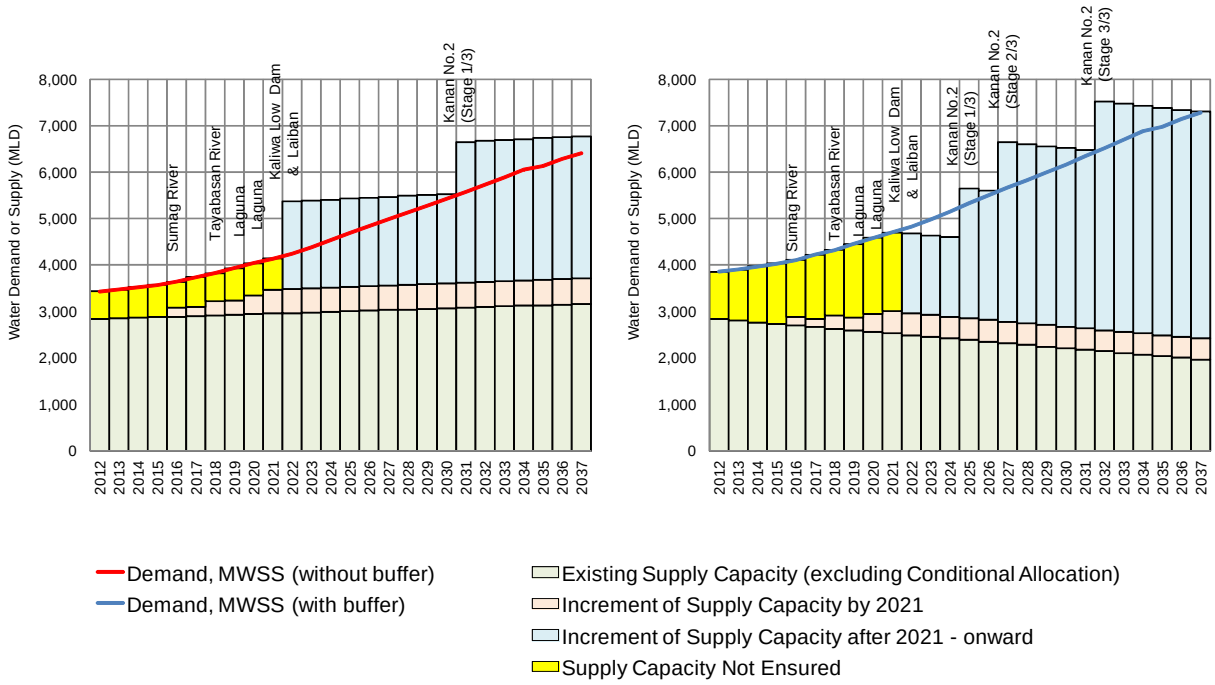
ライバン貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水資源開発と水需給バランスをそれぞれ表 10.9.2 及び図 10.9.1 に示す。Case A では、2022 年にライバン貯水池＋カリワ取水堰による水供給、2030 年にカナン 2 貯水池の第一期による水供給を運用開始することで、2037 年までの水需要を満たすことができる。Case B では、2022 年のライバン貯水池＋カリワ取水堰の運用開始後、2032 年までにカナン 2 貯水池による水供給をすべて運用開始する必要がある。

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

Project	Case A Capacity Increment Min.		Case B Capacity Increment Max.	
	Year	Capacity (MLD)	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(3,028)	Existing	(1,833)
Laguna & Other	(Existing)	(132)	Existing	(132)
(1) Sumag River	2016	198	2016	136
(2) Tayabasan River	2018	148	2018	114
(3) Laguna Lake	2020	100	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100	2021	100
(5) Laiban Reservoir + Kaliwa Low Dam	2022	1,965	2022	1,653
(6) Kanan No.2 Reservoir, 1/3	2030	1,100	2025	1,079
(7) Kanan No.2 Reservoir, 2/3	(After 2037)		2027	1,079
(8) Kanan No.2 Reservoir, 3/3	(After 2037)		2032	1,079
Total (1) to (8)		3,610		5,339

注：Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

Case A：2037 年までの水配分の増加が最小　　Case B：2037 年までの水配分の増加が最大



出典：　JICA 調査団

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

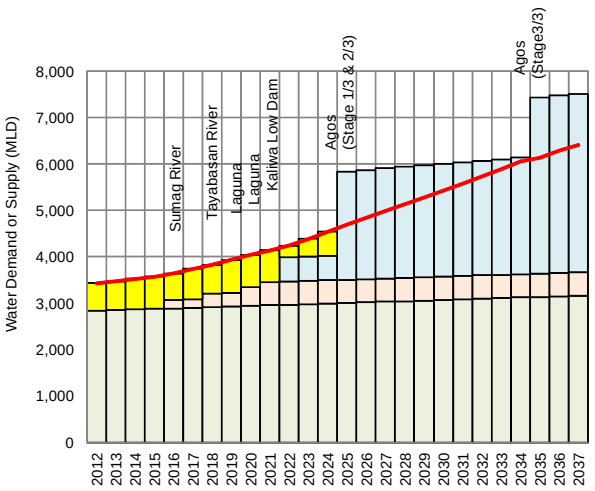
アゴス貯水池を主な水資源開発とするシナリオによる 2037 年までの水資源開発と水需給バランスをそれぞれ表 10.9.2 及び図 10.9.3 に示す。Case A では、2025 年にアゴス貯水池第一期及び第二期による水供給、2035 年に第三期による水供給を運用開始することで、2037 年までの水需要を満たすことができる。Case B では、2025 年までにアゴス貯水池による水供給をすべて運用開始、2033 年までにカナン 2 貯水池による水供給をすべて運用開始する必要がある。

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

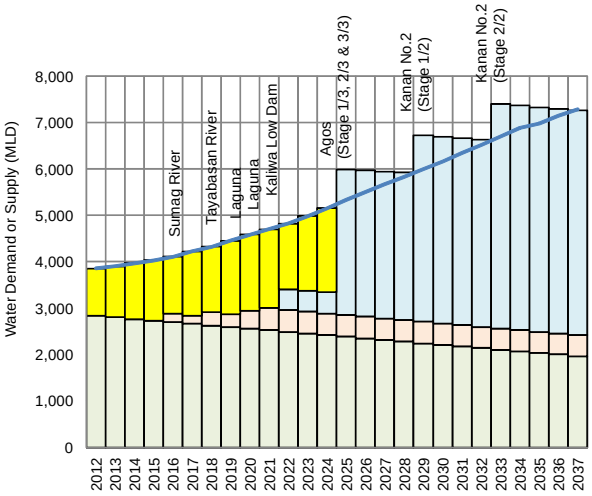
Project	Case A Capacity Increment Min.		Case B Capacity Increment Max.	
	Year	Capacity (MLD)	Year	Capacity (MLD)
Angat & Umiray	(Existing)	(3,028)	(Existing)	(1,833)
Laguna & Other	(Existing)	(132)	(Existing)	(132)
(1) Sumag River	2016	198	2016	136
(2) Tayabasan River	2018	148	2018	114
(3) Laguna Lake	2020	100	2020	100
(4) Laguna Lake	2021	100	2021	100
(5) Kaliwa Low Dam	2022	2,568	2022	2,205
(6) Agos Reservoir, Stage 1/3 and 2/3	2025		2025	
(7) Agos Reservoir, Stage 3/3	2035	1,284	2025	1,102
(8) Kanan No.2 Reservoir, Stage 1/2	(After 2037)		2029	770
(9) Kanan No.2 Reservoir, Stage 2/2	(After 2037)		2033	770
Total (1) to (9)		4,398		5,297

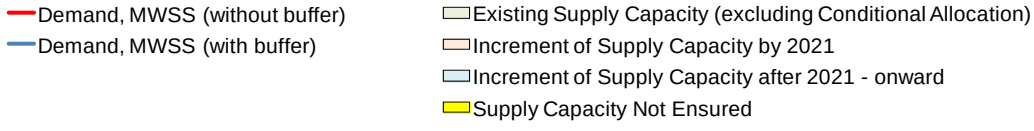
注：Capacity は 2037 年における水供給能力である。
出典：　JICA 調査団

Case A：2037 年までの水配分の増加が最小



Case B：2037 年までの水配分の増加が最大





出典：　JICA 調査団

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

第 11 章　調査対象地域の水資源の診断

11.1　水資源管理

水資源管理は対象地域の水資源の状況を診断し、その健全を保つための活動といえる。そこでは、水資源にかかわる問題点と、問題を誘因する原因を明確にし、それら原因を取り除き、または問題を緩和する最適な手立てを検討･提案し実施する。水資源管理はこのようにして、我々が水資源から得る便益を安全に、また持続的に享受することを可能にするものである。水資源管理が対象とする使命は、主として、水の利用、水に関わる災害防除、水資源の保存である。

２０１２年２月の調査開始以来、調査団員はそれぞれの専門分野から水資源に関する調査を行ってきた。それらは、組織・制度、環境、社会・経済、都市用水供給、灌漑、気象・水文、地下水　および水資源管理の分野にわたる。これまでの各章に記載した調査は、いずれも調査対象地域における水資源にかかわる診断をさまざまな分野から行ったもので、水の利用に焦点を当てて問題点や誘因をあきらかにしている。さらに診断結果は、問題点を緩和し、誘因を取り除くための処方についても提案している。水資源管理のためのプロジェクトは、各使命に関わる問題を緩和する効果、誘因を取り除く効果を期待して実施するものである。従って、世銀調査が提案するプロジェクトの効果を評価するために、何に注目するべきであるかを、これらの診断結果は明らかにしている。さらに診断によって有効であるとして提案された対策との類似性はプロジェクトの効果そのものを示しているといえる。

Fault-Tree-Analysis は、一つの自動制御技術として発展し、電子機器の自動故障診断システムとして応用されてきた。システムは予め、起こり得る故障、その主たる誘因を記憶装置にデータベースとして収納する。記憶装置はさらに問題解決あるいは誘因除去のために考えうる対策群を問題･誘因とともにツリー構造にして記憶しておく。いったん問題が検知されると、診断システムが起動して故障を確認し、状況に応じて可能性のある誘因を検索・特定したのち、故障原因を取り除くための考え得る打つべき対策を提言する自動診断システムである。

前章までに述べたさまざまな分野からの最終調査結果を集約することで、水利用に焦点を当てた水資源管理に関わる Fault-Tree を構築した。構築した Fault-Tree は、言わば、水資源管理に関する健康診断書あるいは、検査結果を示す水資源管理のカルテに相当する。Fault-Tree の右端に示されている対策は、提案された問題解決のための処方である。言い方を変えると、水資源管理を改善するために必要とされる手段を示していることになる。水資源開発のプロジェクトは、こうした問題解決のための物理的・構造物的な手段の一つである。プロジェクトが樹形図の中のどの問題あるいはどの誘因に効くか、和らげる事が出来るか、という検討によって論理的・総合的に効果を評価することができる。このように、実施した FTA によって、世銀調査が提案しているプロジェクトの効果を評価するための鍵となる事項を整理し、

明示した。まだ、調査の中間段階ではあったが、2012 年 8 月 20 日に開催された第一回技術委員会会議は、これらの診断結果を樹形図（Fault-Tree）上で確認した。

こうした総合的な視点に立つ調査の結果、アゴス川とウミライ川の流域には、水利用に関わる特段の問題点が検出されなかった。両流域の水資源は量的・質的に健全であったことになる。さらに水需給収支解析の結果、両流域ともその水資源は 2040 年の需要をも十分に賄う事ができるものと推定された。従って、両流域に対する樹形図は作成していない。

次節では、各流域の問題点、問題を惹起している誘因および考えられる対策について、やや詳細に述べ、プロジェクト評価にあたり、注目するべき要点を示した。

11.2　診断によって浮き彫りにされた流域別課題

11.2.1　MWSS サービス地域

MWSS サービス地域における主たる問題は､アンガットシステムの供給能力が日量 4600 百万リットルに限られることである。アンガットシステムは、主としてマニラ首都圏への上水供給、日量 3,400 百万リットル、アンガットマアシム灌漑（AMRIS）用水日量 1,700 百万リットル、およびブラカン州の上水日量 200 百万リットルを供給する責務を負っている。マニラ首都圏の上水供給のための代替水源はラグナ湖および地下水でその供給能力は合計 200 百万リットルにすぎない。つまり 3,200 百万リットルはもっぱらアンガットシステムに依存していることになる。一方､アンガット川流域内に位置するブラカン州と AMRIS はアンガットシステム以外の水源をもっていない。従って、他に影響を及ぼさない、アンガットシステムのマニラ首都圏への安全な配分は 2,700 百万リットルということになる。つまりマニラ首都圏の現状給水能力はラグナ湖と地下水を含めても 2,900 百万リットルということになる。

それでもマニラ首都圏が給水制限を余儀なくされることは極めて稀である。それは上水の優先性が法律によって規定されていて、渇水時においても 3,200 百万リットルの配分が確保されているからである。逆に AMRIS の水不足は頻繁で、特に乾季の水供給はしばしば滞る。ブラカン州への給水は今のところ零である。

考えられるマニラ首都圏の上水能力強化の主要な対策は新たなダムを建設することである。というのも、当地では一般的に年間の水資源賦存量は有り余っていて、雨季の河川流量を調節することで供給能力を向上する事ができるからである。モンスーン地域においては調節能力の拡大によって供給能力を向上させるという対策が有効である。その意味において、既存アンガットダムの常時満水位を上げて調節能力を向上させるという方策も対策の一つとして有効である。

当地の水資源賦存量は、年内とともに、年間でも大幅に変動する。調節能力の拡大にもよるが、年間変動の調節も供給能力向上にとって重要な課題である。

これまで、多くの代替水源開発の計画が策定されてきた。それらのうち有望な案はアゴス川流域に集中している。それらは、ライバンダム、カリワ低ダム、カナンダムおよびアゴスダムである。スマグダムはウミライ川流域に計画され、実施中である。その他パシグ―マリキナ川流域のタヤバサンダムおよびラグナ湖からの取水拡張計画が対策として検討されている。水需給収支解析をおこない、各計画の供給能力の向上に対する貢献の程度を推定した。推定結果を下表に示す。

表 11.1　　推定された代替案ごとの能力向上貢献度

Name of Option	River Basin	Enlargement (MLD)
Laiban Dam	Agos	1,900
Kaliwa Dam	Agos	1,000
Kaliwa Intake	Agos	500
Agos Dam	Agos	3,000 (5500)
Kanan No.2 Dam	Agos	3,300
Dam Heightening	Angat	
Sumug Dam	Umiray	188
Tayabasan Dam	Pasig-Marikina	175
Extention of Laguna Lake abstraction	Laguna Lake	200

出典：JICA 調査団

上記 9 計画のうち実施の段階に進んでいるのはスマグダムプロジェクトのみである。計画の実施を阻んでいる阻害要因がいくつかある。主な要因は、投資額が大きいこと、土地収用等の社会問題および環境問題である。複雑に関係し合っている許認可制度の故に、法的手続きに時間がかかり、プロジェクト実施の一つの阻害要因となっている。

過去 10 年間の平均年間物価上昇率は８％に達していて、ダム及び関係施設の建設費が高騰している。プロジェクト実施のためには無駄な出費を抑えるため最適設計が必要である。ダムの多目的化を設計に取り入れる事も対策として有効である。給水以外の目的に高騰した建設費の一部を負担せしめることが可能になるからである。この点に関して水力発電は有望である。

土地収用と移転は調査対象地域においても主要な社会問題である。地権者は、移転計画や補償が不公平であり、事業者側に偏っていると考えがちである。これらはいずこにおいても困難な問題であるが、ひとつの対策として、こうした影響を受ける人々を水供給のプロジェクトの実施側に引き込むことが考えられる。水供給事業の実施が彼らにとっても有益である事が実感できれば、事業に対する協力を得る可能性が見えてくる。彼らを事業に参画せしめる組織制度上の方策が社会問題への対策として提案される。

ダムのような大規模開発は、少なくともその現場において環境への影響をもたらす。設計にあたっては環境への影響を詳細に評価しなければならない。また、設計は影響を緩和する方策を検討・設計し、プロジェクトの一要素として組み込む事が必要である。

制度上、30 程の役所が水資源に関わっていて、プロジェクト実施の手続きは煩雑である。建設の申請後、実施に至るまでの手続きには相当の時間がかかる。この間の出費も無視できず、プロジェクト実施費用の高騰をまねいている。手続きの簡素化と意思決定の迅速化が必用である。政府内で検討されている国家水資源評議会の設立が有効で最も現実的な対策であろう。

水資源管理は需要面の合理化を、水利用の円滑化の一環としてとりいれている。需要の合理化策は供給能力に制約がある場合に水供給を改善するための、一つの対策である。今回採用した都市用水の一人日当たり需要 150 リットルは他の大都市における数字と比較して特別なものではない。しかしながら、自流域に水源がなく、他流域からの導水に頼らねばならないマニラ首都圏であってみれば、節水によって消費を抑える努力は必要である。この点に関して、水の循環利用の導入が家庭用水・非家庭用水の対策として考えられる。

アンガットシステムからの導水は乾季に逼迫する。水供給状況の緩和のためには乾季の水需要を抑える事が有効である。MWSS は乾季の節水に対してなんらかの動機を与えるべきである。無論詳細な制度上の検討を経る必要はあるが、季節によって水料金を変える制度を導入することで乾季の節水を奨励できるであろう。

もう一つの深刻な問題は、MWSS の水供給信頼度が低いことである。アンガットシステムは首都圏における総供給量の 95%を冗長度なしに担っている。システムになんらかの事故が発生した場合、首都圏は簡単に干上がってしまう。その場合の国家経済に与える影響は数え切れない。上述の代替水源の開発は冗長度を与え、水供給の信頼度向上のための重要な対策となる。

地下水の枯渇は、マニラ首都圏のもう一つの水資源問題である。過剰なくみ上げによる地盤の沈下と地下水の塩水化が発生している。2011 年の LUWA の調査によればマニラ首都圏の地下水くみ上げ量は毎秒 2,782 リットルで、NWRB が初歩的に推定した無害くみ上げ可能量 680 リットルを大幅に超過している。詳細な調査を行い、井戸の影響範囲を場所ごとに推定し、既存水利権の見直しを行う必要がある。くみ上げの規則も調査結果を考慮して策定する必要があろう。くみ上げの記録・監視を可能にする計測装置の導入も必要である。これらの対策を実施するためには国家水資源委員会の組織強化が必要である。地盤沈下を抑制するための方策として、雨水の浸透を促す事も有用で、雨水浸透溝の導入も対策として考えられる。

11.2.2 アンガット川流域

当流域の主たる問題は水不足と地下水の枯渇である。前者の問題は、MWSS サービス地域の問題と密接にかかわっている。というのも、当流域の水資源の多くがアンガットシステムによってマニラ首都圏に導水されているからである。アンガットダム下流に位置する灌漑シス

テムである AMRIS の水不足は頻繁に生じている。ブラカン州は未だにシステムからの供給を得ていない。

アンガットシステムに対する現状の水需要は前述のように毎秒 58.1 立法メートルで、さらに環境維持のための放流、毎秒 1.9 立方メートルが必用である。つまり、50%の信頼度での水需要は毎秒 60 立方メートルにのぼる。一方アンガットシステムの供給能力は 50%の信頼度で毎秒 53 立法メートルにすぎない。平均年における毎秒 7.0 立法メートルの不足分が問題の根幹にある。上水供給の信頼度を 90%、灌漑用水の信頼度を 80%とした場合、不足分は毎秒 15 立方メートルにものぼる。

考えられる対策は代替水資源の開発と灌漑水需要の合理化である。前節で述べたアンガットシステムの代替水源の開発は、マニラ給水のための水源として若干なりとも余裕をうむであろうから、AMRIS への配分が増大するものと期待される。

AMRIS の水源を独自の代替水源に求めることができれば、水不足解消に有効である。マアシムダム、バヤバスダムプロジェクトの有効性はすでに検証されている。

灌漑用水不足を解決するためには、灌漑用水の節水も有効な手段である。政府が普及をはかっている間断灌漑は新しい灌漑技術であり、節水に有効である。この技術は世界的に普及しつつある新しい灌漑技術、System of Rice Intensification (SRI) から給水技術の一部を取り出したものである。SRI 導入による節水効果は約 40%とされている。

Real Time Operation System (RTOS;実時間運用システム)も灌漑用水の節水に有効なシステムで水不足の対策として推薦できる。灌漑用水は、5 年渇水時の有効雨量を想定して補給・供給する。言い換えれば 5 年のうち 4 年間は必用以上の水を補給していることになる。もし、灌漑システムが、圃場での実際の降水量に応じて補給すれば余分に供給される水を節約できることに注目したシステムである。

老朽化した導水施設の効率が悪いための水需要も無視できない。維持管理の組織強化は節水を可能にする。

ブストスダムへの流入量は変動が激しい。変動は主として水力発電によるピーク出力によるもので、AMRIS への導水能力を超える事がしばしばである。逆調整池を設けることができれば、灌漑用水不足の緩和につながる。

アンガットダムの調整能力を強化することが、供給能力強化につながることは前節に述べた。

アンガット貯水池の水を都市用水と共有することが灌漑用水不足を生じる最大の原因であり、上に述べた独自の貯水施設を開発することは、この面の対策にも有効である。

現在の地下水くみ上げ量は毎秒 1.1 立法メートルであり、流域の揚水可能量である毎秒 4.8 立方メートルの 4 分の一に満たない。しかしながら、実際の揚水は一部の都市化地域に集中していて、部分的な枯渇を招いている。地下水面は低下し、固有塩による塩水に接近しており、

一部の地域は地盤低下を招いている。くみ上げを制御するための強力な組織が必用で、国家水資源評議会の設立が有効かつ現実的な対策と考えられる。

11.2.3 パンパンガ川流域

水需給収支解析結果によれば、毎秒 140 立方メートルの需要が水不足問題の原因である。水不足は水資源の年内変動のため、特に乾季に著しい。ダム等、調整施設の導入が変動する水資源に対する最も有効な供給面の対策と考えられる。バリンチンゴンダムは最も有望なプロジェクトである。しかしその実施は大幅に遅延している。遅延の理由はアンガット川流域の場合と同様である。従って計画の最適化、地域地権者の事業への参画、環境保護対策の統合化および組織制度の強化が主たる対策となる。

需要のうち 130 立法メートルは灌漑用水によるものである。従って灌漑用水の節約が有効な水資源管理改善のための対策となる。灌漑用水量が大きくなる原因はいくつかあるが、いずれもアンガット川流域の場合と同じである。従って、間断灌漑の導入、RTOS の導入、品種改良による節水および維持管理の効率化のための組織制度強化が有効な需要面の対策となる。

現在の地下水くみ上げ量、毎秒 3.2 立方メートルは推定可能揚水量毎秒 9.5 立方メートルの 3 分の一にしかあたらない。しかしながら需要は都市化された地域に集中しており、部分的に枯渇を招いている。一部の需要を表流水に負荷を転換する必要があろう。むろん揚水の制限、監視の仕組みの強化はアンガット川流域同様必用であろう。このためには国家水資源評議会の設立が有効である。

11.2.4 パッシグ・マリキナ川流域

現在の地下水揚水量は毎秒 0.5 立方メートルは推定された揚水可能量である 0.6 立法メートルの 80%にあたる。揚水は一部都市化した地域に集中していて、地盤沈下の原因となっている。雨水の地下浸透を促進する必要があり、浸透施設の導入が有効な対策と考えられる。揚水を無害化するためには、需要の一部を表流水に負荷の転換をはかる必要もあろう。また、揚水を制御するために組織制度の強化を図る必要があり、国家水資源評議会の設立が有効である。

11.2.5 ラグナ湖流域

水質が悪いため、都市用水に利用しようとすると浄化の過程で費用が発生する。従って大規模な開発は考慮されていない。問題解決のためには、汚染源である都市用水の排水処理を徹底する必要がある。内水面漁業も汚染源となっている。ただし、内水面漁業からの汚染に対処するためには総合的で詳細な調査が必用である。塩水の侵入に対しては水門の操作が有効であるが、汽水域での漁業との関係から慎重な検討を要する。

現在の地下水揚水量は毎秒 3.7 立法メートルで、推定された揚水可能量毎秒 5.5 立方メートルの 70%に相当する。しかしながら、他流域同様、井戸が狭い地域に集中していて部分的には過揚水の状況になっている。一部の需要は表流水に負荷させるべく水源の転換が必用である。

揚水の管理も徹底する必要があり、組織の強化が望まれる。国家水資源評議会の設立が有効である。

11.3　提案されたプロジェクトの効果

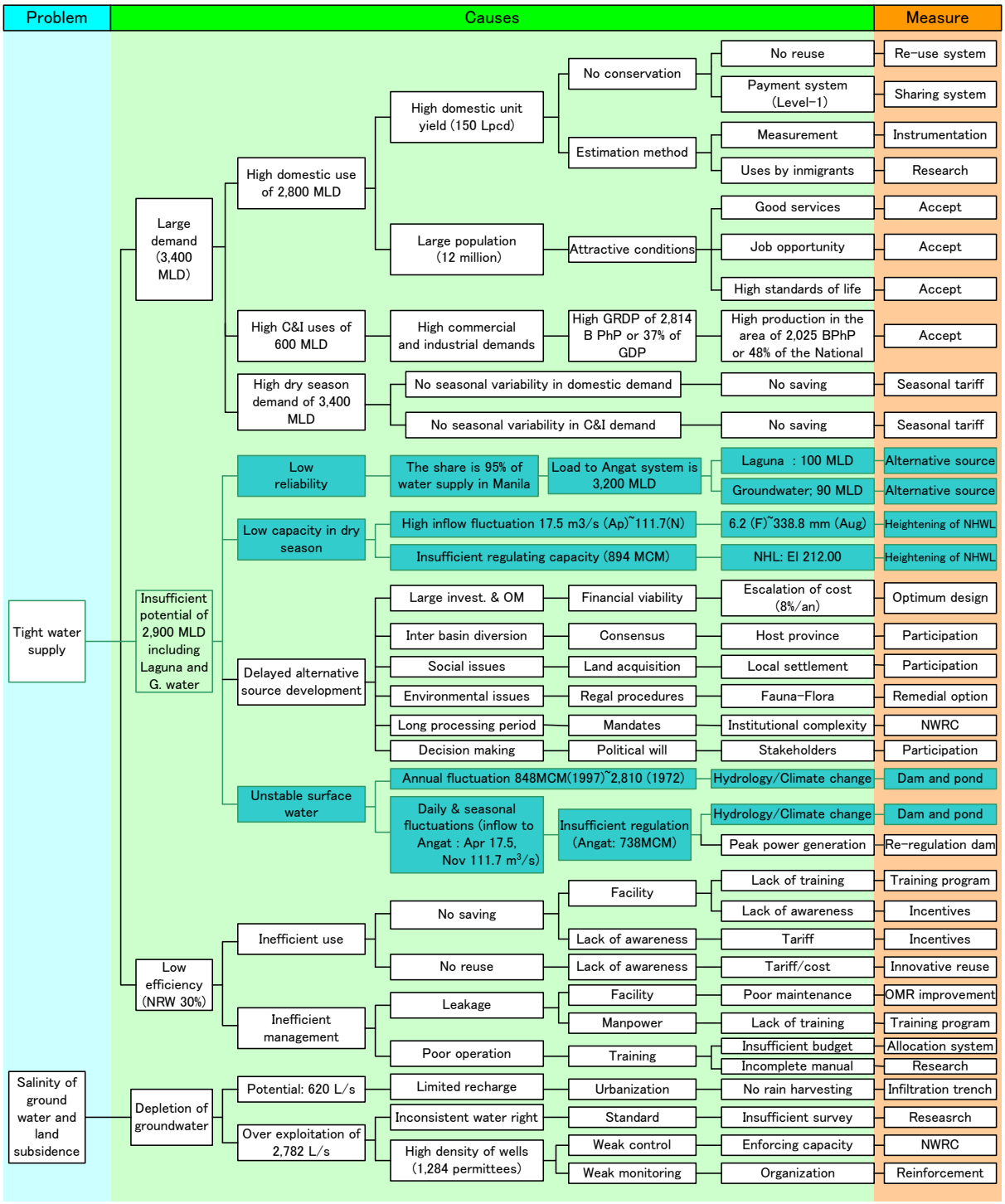
図 11.1～11.4 に問題のある流域の診断結果を樹形図に示す。

問題は左端の、背景が青で着色された欄に記載されている。問題を惹起する原因は真ん中の欄、背景を緑で着色した部分に、また考えられる対策を右端の背景が茶色の欄に示している。

濃い緑で着色されたブロックは、世銀調査で提案されたプロジェクトによって緩和もしくは取り除かれる原因を示している。これらのブロックにつながる対策はプロジェクトで代表されるべきものである。

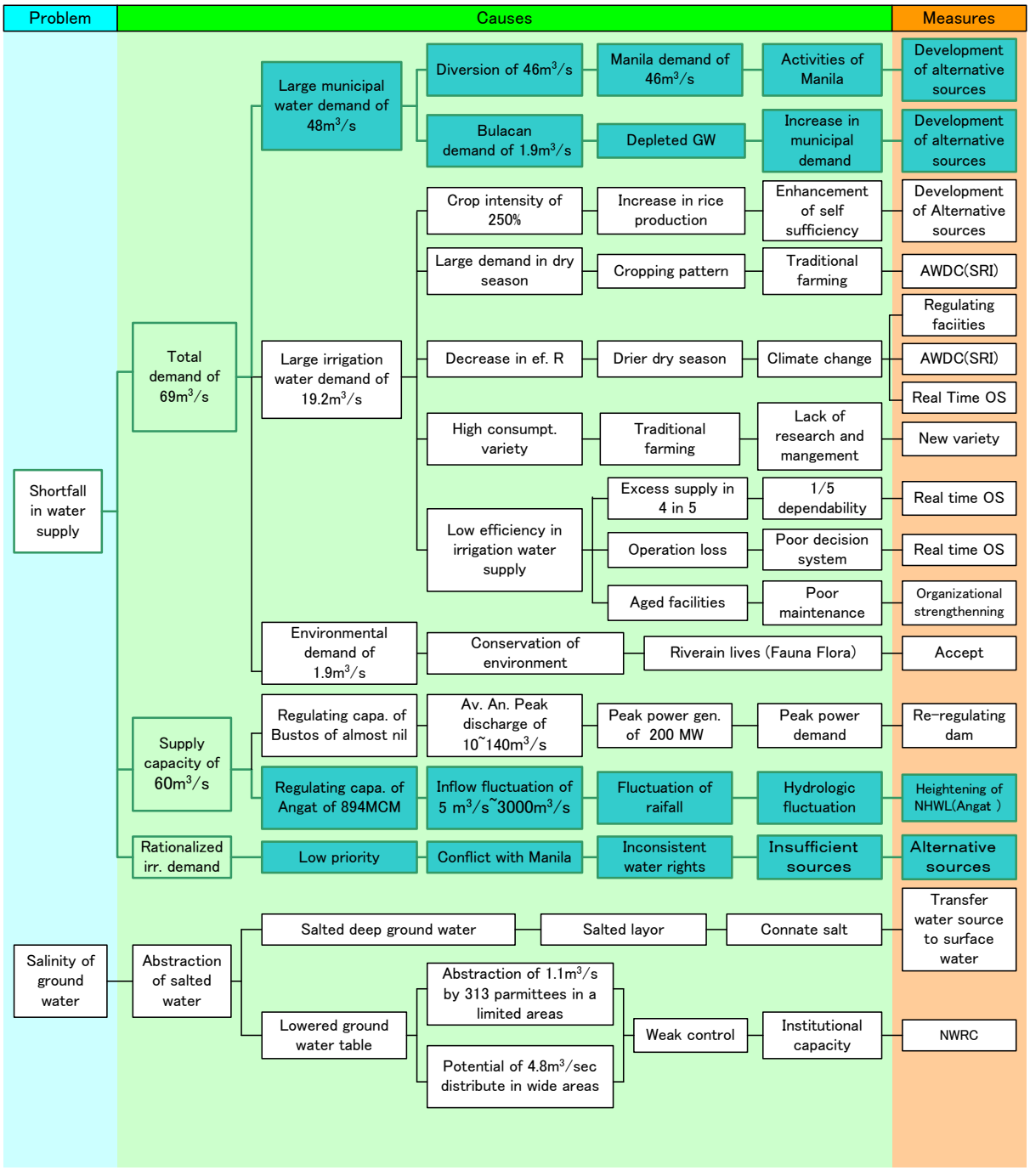
一方白抜きのブロックはプロジェクトでは解決されない原因である。

プロジェクトの効果は、主として緑のブロックに対する効果の大きさによって評価できる。



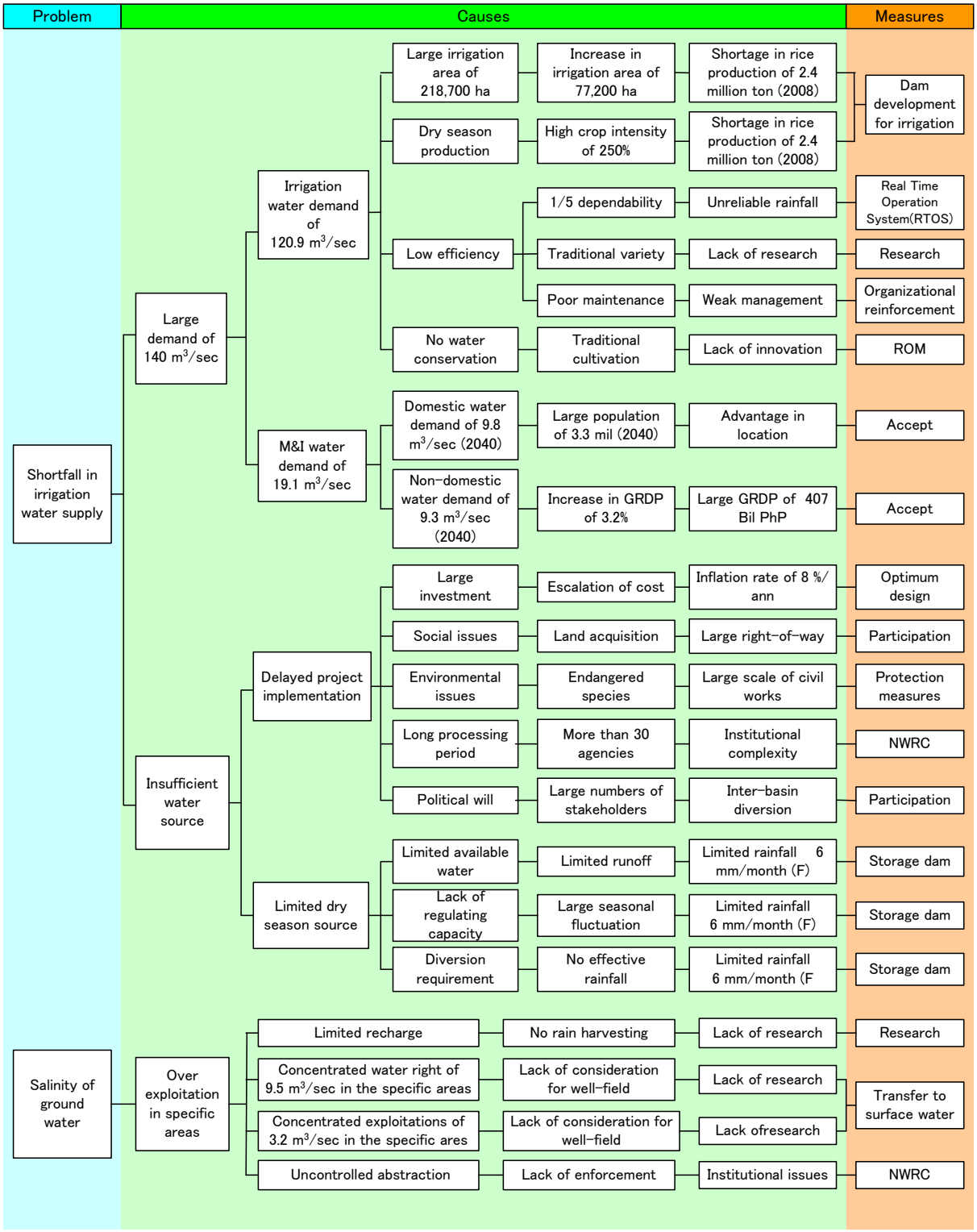
Fault-Tree-Analysis (MWSS Service Area)

図 11.1　　MWSS 管轄区域における問題分析結果



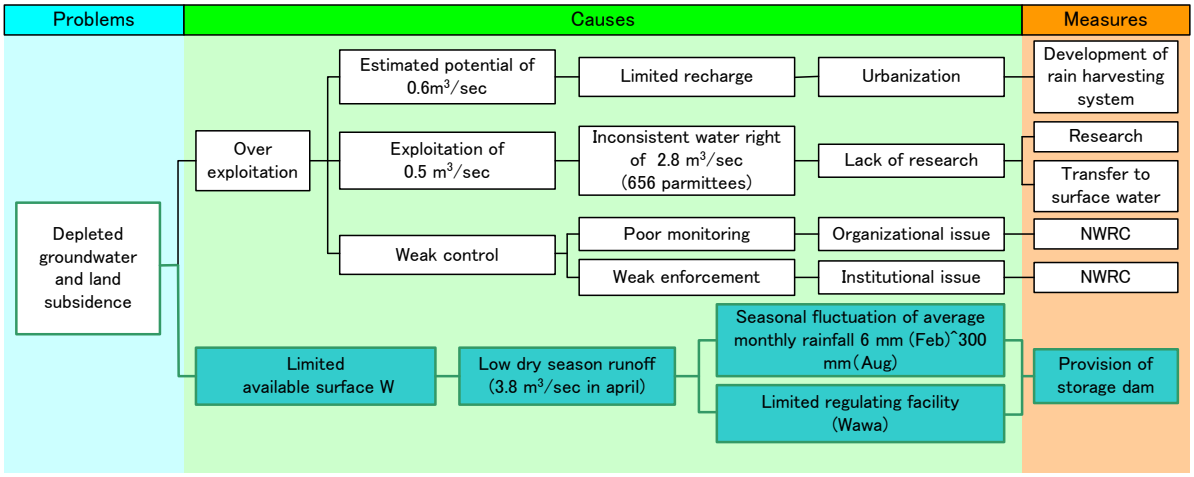
Fault-Tree-Analysis (Angat River Basin)

図 11.2　アンガット川流域の問題分析結果

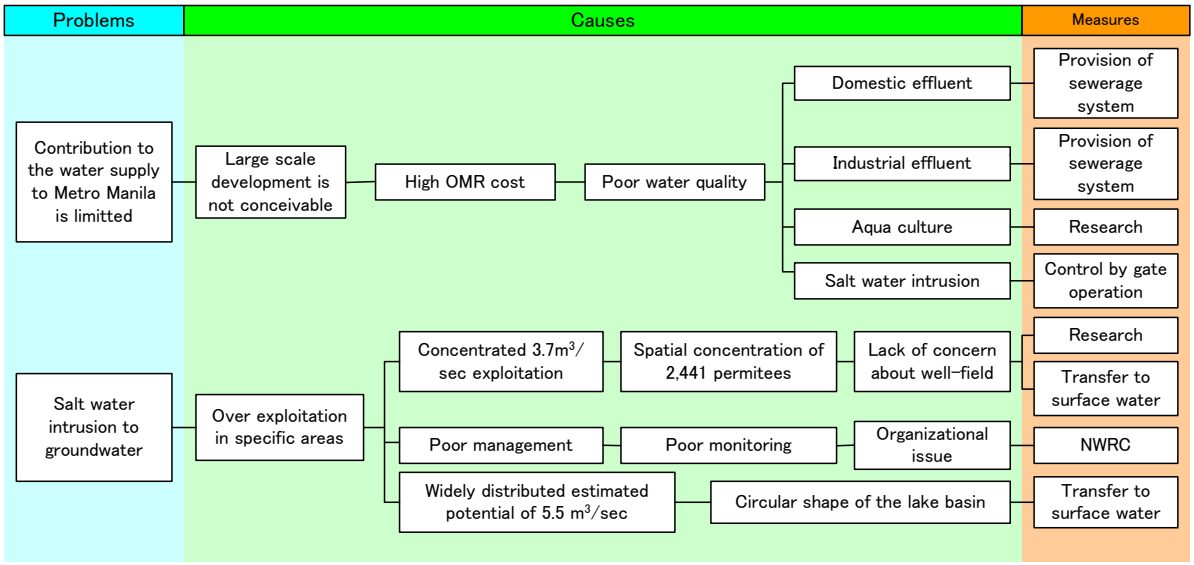


Fault-Tree-Analysis (Pampanga River Basin)

図 11.3　パンパンガ川流域の問題分析結果



Fault-Tree-Analysis (Pasig-Marikina River Basin)



Fault-Tree-Analysis (Laguna Lake Basin)

図 11.4　パッシグ・マリキナ川流域及びラグナ湖流域の問題分析結果

第 12 章　提案されたプロジェクトの効果

12.1　水資源管理計画の評価

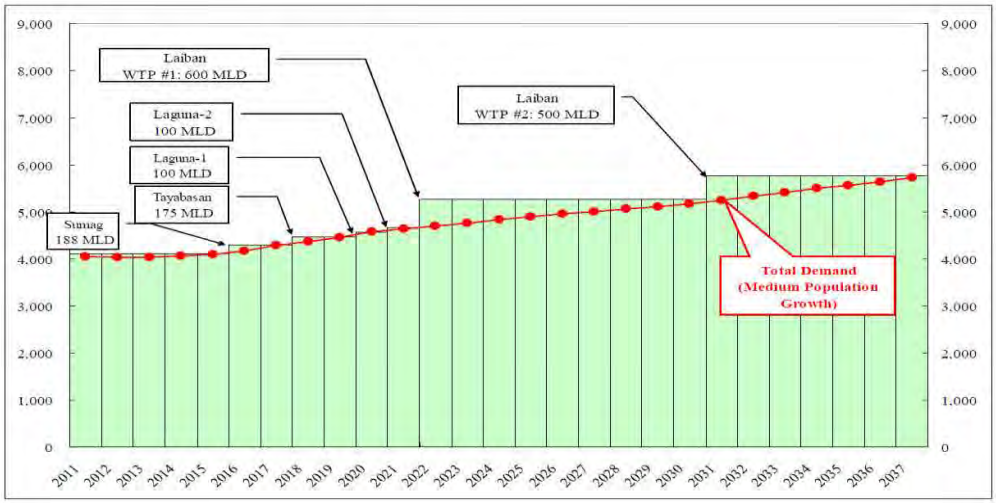
天然資源の一つである水資源は、人類はもとよりあらゆる生物にとって欠くことのできない資源である。水資源は二つの大きな特徴をもつ天然資源であるといえる。一つは空間的に移動しやすい事、今一つは確率的な不確定性である。その故に利害関係者は広範な地域に広がっていて、その分布は多くの分野にまたがっている。従って、ある利害関係者にとって有益な水資源管理計画が他の多くの利害関係者に不利益を与えるという事態が生じがちである。こうした事情から水資源管理のための事業計画は多次元的な検討を必要とし、広範囲に利益を生み、損害を被る者が最小限に限られるようにしなければならない。こうして検討された計画は大方の賛同を得て、実現しやすく、またそれゆえに持続可能性が保たれる。以上を勘案して、プロジェクトの効果と影響を多次元的に評価することとした。

前 11 章で議論したように水資源管理の診断は、水資源管理が直面し、また、将来問題におなるであろう事項を樹形図の形で明らかにした。樹形図はさらに水資源管理を改善するために必要となる対策についても明らかにしている。このように Fault-Tree-Analysis（FTA）はプロジェクトの効果を評価するために焦点を当てるべき事項を明らかにしたといえる。

Multi-Objective-Analysis（MOA）はプロジェクトの効果や影響の大きさを多次元的に評価する。MOA はプロジェクトの、異なる分野への効果や影響の大きさを統一された数字で表現する手法である。当調査ではプロジェクトの多次元的評価を行うために MOA をその手法に採用した。MOA を実施するにあたり、11 章に述べた診断結果を参照にしている。

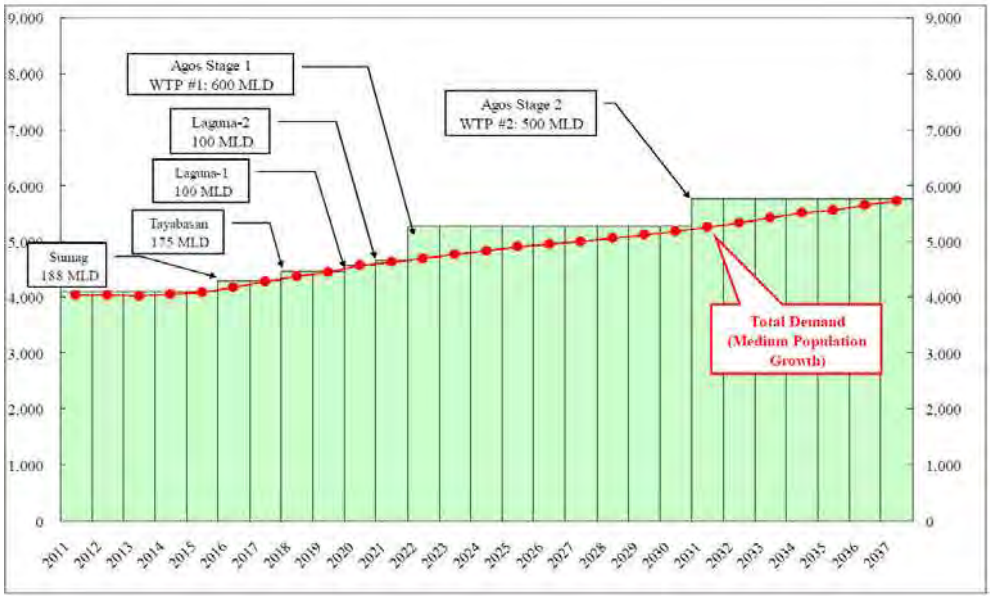
12.2　評価軸の選定

世銀調査（Metro Manila Water Security Study）はマニラ首都圏の水源開発のため、二つの開発工程を提案している（シナリオ 1 及び 2）。提案されたシナリオ 1 を図 12.1 に、また、シナリオ 2 を図 12.2 に示す。



出典：Metro Manila Water Security Study、Final Report（世銀/MWSS、2012 年 7 月）

図 12.1　　シナリオ 1



出典：Metro Manila Water Security Study、Final Report（世銀/MWSS、2012 年 7 月）

図 12.2　　シナリオ 2

両方のシナリオに登場するプロジェクトは、スマグダム、ラグナ湖、タヤバサンダム、ライバンダム、アゴスダムおよびカナン No.2 ダムプロジェクトである。当調査は、これらプロジェクトの効果を評価することになる。ライバンダムプロジェクトの第一段階はカリワ取水工と導水路の計画を含む。一方シナリオ 2 ではアゴスダムプロジェクトの第一段階にカリワ取水工の計画を含んでいる。カナン No.2 ダムプロジェクトは、どちらのシナリオにも明示されていないが、報告書によれば、シナリオ 1 でライバンダムが 2037 年までの需要を満たすことができなくなった場合に登場させるとしている。

開発工程は、独自に予測した需要に対して、アンガットダムの水のうち日量 4,000 百万リットルがマニラ首都圏に給水されることを前提に作成されている。しかしながら、MWSS はより高い需要を予測して公式な需要とし、今回の評価に採用するよう指定した。さらに水資源開発計画は、その他の需要に対する影響も考慮して策定されるべきである。事実現在でも日量 4,000 百万リットルのマニラへの転流は他の水利用に対して影響を与えている。こうしたことを考慮するとライバンダム一つでは十分でなく、水需給収支解析の結果によれば 2026 年以降にカナン No.2 ダムプロジェクトを登場させる必用がある。

本調査ではプロジェクトの評価に MOA を採用することは前節に述べた。平成 24 年 9 月 5 日に開催された第 3 回技術委員会では、利害関係にある各組織を代表する委員が協議して、MOA を実施するための評価の軸（Objectives）， 軸を細分化した項目（Items）、項目間の重み付け、および採点基準を決定した。

前述の診断結果からもわかるように、調査対象地域での最も深刻な課題は、国家経済の中心である首都圏の水供給に関わる信頼度である。従って、プロジェクトの経済に与える影響について評価することは最も重要と考えられた。従って一つの評価軸として経済を採用した。

FTA は、開発計画が予定を大幅に遅れているのが水供給の不安定化問題を引き起こす最大の原因であることを明らかにしている。さらに、FTA は遅れる原因として事業の財務収益性の低さを指摘している。MOA は財務を評価軸の一つに選定した。

診断結果によると、環境問題も事業実施を遅延させる原因となっている事を示した。プロジェクトの現場には、少数民族が居住しているところもあり、また水資源開発適地には希少生物の繁殖地となっているところが多い。環境問題は重要な評価の軸である。

プロジェクトの用地となるべき地域は現地住民による土地利用が進んでいる。診断結果は土地収用に関わる社会問題も遅延の主たる原因の一つとしている。プロジェクトによってはいわゆる地権者が沢山いるものもある。一方、水供給が不安定であることは社会問題の一つにあげられる。こうしたことから社会問題を評価の軸に選定した。

実施した FTA はさらに多くの課題を抽出している。特に需要面の課題も少なくない。しかしながら、本調査の目的が提案されたプロジェクトの効果の評価であることから、今回の MOA では以上４つを評価の軸とした。

12.3　評価のための項目の選定

プロジェクトの効果の評価とは、診断の結果明らかとなった問題の解決にどれだけ寄与するとができるか、を評価する事に帰する。したがって、各軸を細分化して評価するための項目を選定するにあたっては FTA が明らかにした問題およびその誘因を参照した。項目の選定も技術委員会会議で決定した。

プロジェクトの経済的妥当性を表すさまざまな経済指標を経済軸の評価項目に選んだ。選ばれた指標は、事業の規模の違いも考慮して内部収益率、便益・費用比、および純現在価値を採用した。また、河川を流れる水に経済的な付加価値を考え評価することとした。水は用益としてマニラの経済活動を支える。その便益は開発される水の量に比例するものと考えた。プロジェクトは押し並べてダム開発である。開発によって浸水する地域は元来、生産活動に寄与してきている。これらは機会費用として評価することとした。

財務的内部収益率はプロジェクトの財務評価を行う一般的指標である。一方、年収益は投資家にとって重要な指標である。年収益は年売上から年費用を引いて単純に求めることとした。また診断結果から、投資額の大きさも事業実施を阻む原因となっていることが指摘されている。投資額も評価項目に取り入れた。一方、投資額のほかに、維持修繕費もプロジェクト実施の足かせとなっていることから評価項目として採用した。全体のシステム費用および変動する需要を考慮した長期平均費用も財務軸の項目に採用した。

ダム開発プロジェクトは広大な土地を収用する。法律的に保護区として指定された地域を収用する場合は様々な支障が生じるので、保護区の収用を環境軸の一項目とした。原住少数民族や固有生物に対する工事中および運用時に影響を及ぼす場合は十分な対策を必要とするので評価項目に採用した。プロジェクトは乾季においても維持用水を放流する余力を持つ場合と、そうでない場合がある。水需給収支解析の結果から、維持用水に対する能力を評価することとした。プロジェクトは流域保全に影響を与える。すでに荒廃している流域では、流域保全に尽力して状況は改善される。一方、現在良好な場合は、むしろ悪化させる可能性が高い。こうした事情も考慮して評価項目を決めた。建設事業は環境に影響を及ぼす。影響は工事数量と比例するものとして評価項目に採用した。水力発電が目論まれている案件は、炭素排出量を削減する効果があり、評価の項目とした。

ダムプロジェクトは現地住民に影響を与える。影響を受ける家族数は社会軸の中で最も重要な評価項目である。水供給は衛生状態の改善に有効であり、社会問題の改善につながる。水供給の保障は最も重要な社会保障の一つと考えられる。アンガットシステムに冗長度を持た

せる効果は社会軸で評価するべき項目である。しばしば診断で示されているように現在AMRIS への水供給は影響をうけ、社会的弱者である農民にその影響が及んでいる。AMRISへの水配分を的確に行うことは弱者救済と考えられるので社会軸の項目として選定した。診断結果にもあるようにプロジェクト実施の手続きが一つの大きな課題となっている。その意味で、制度上の進捗の度合いは今後かかるであろう時間に大きく関わってくるので評価する必要がある。維持修繕費は一方で、現場における雇用機会をつくるので社会軸の評価項目として採用した。

採用した評価項目を下表にまとめた。

表 12.1　技術委員会で決めた各軸の評価項目

経済軸

項目	説明	単位
1) EIRR	Economic internal rate of return	%
2) Benefit/cost	Benefit-cost ratio	ratio
3) Net Present Value	Discounted total profit less total cost	MPhP
4) Worth of Water	Induced value added to water	MPhP/an
5) Utility	Supporting resource of economic activities	MLD
6) Land	Opportunity cost of land submerged	1,000 Ha

財務軸

項目	説明	単位
1) FIRR	Financial internal rate of return	%
2) Annual Benefit	Annual earning less annual expenditure	MPhP/an
3) Investment Cost	Required investment for project implementation	MPhP
4) OMR Cost	Annual running cost, for OMR per m^3	PhP/ m^3
5) Overall System Cost	Development of source, conveyance and treatment	MPhP
6) LR average cost	Per m^3 adapting demand including depreciation	PhP/ m^3

環境軸

項目	説明	単位
1) Protected Area	Activities in protected areas	1,000Ha
2) Terrestrial Ecology	Disturbance to habitat	Nos. of species
3) Indigenous People	Population to be disturbed life	Person
4) Environmental Flow	Rate of actually affordable flow	%
5) Watershed Mangmnt	Preservation of watershed area	Deg. of devastation
6) Work volume	Embankment volume	Mm^3
7) CO_2 emission	Hydropower generation	MW

社会軸

項目	説明	単位
1) Project Affected Family	Numbers of affected families	Nos.
2) Sanitary	Sufficiency of water supply	Mld
3) Social Security	Water supply security	Mld
4) Social Weak Issue	Water allocation to AMRIS	Mld
5) Institutional Issue	Water right, EIA & stage of implementation	Status
6) Job opportunity	Expenditure for OMR	MPhP/an

出典：JICA 調査団 Technical Working Group Meeting の結論に基づく。

12.4　項目別プロジェクトの効果

世銀調査は、選定した経済指標のうち幾つかについて推定している。報告書には、推定した内部収益率、B/C や純現在価値が収用土地面積等とともに記述されている。しかしながら、水の付加価値については、経済評価上重要な数値ではあるが、推定しておらず、記述されていない。シエラマドレ水公社は水の価値を１立法メートルあたり９ペソと推定している。本調査ではこの水単価と、年間開発水量の積がプロジェクトの付加価値誘因効果と仮定した。また用益としての価値は開発水量に比例するものと仮定した。

財務軸の項目についてはすべて世銀調査の推定結果が利用できる。

環境軸の項目に対しても世銀調査から採用できるものは多い。それらは、プロジェクトによって占められる保護区の面積、プロジェクトに影響をうける危惧種の数、プロジェクトサイト内の原住少数民族、プロジェクトに伴う土工・盛りたて量、発電量等である。世銀調査は流域の荒廃の度合いを評価している。環境流量が保障されれば、プロジェクトは環境にとって有益である。水需給収支解析は各プロジェクトの真の能力を推定した。推定した能力と、計画された能力の比はプロジェクトが維持用水のための余裕をもつかどうかを測る尺度となる。能力が計画より小さい場合は、維持用水分を侵食する恐れがあるからである。

プロジェクトに影響をうける家族数は世銀調査で推定されている。衛生状態の改善、給水の信頼度、社会的弱者への貢献度は生産される水量に比例するものと仮定した。地域での雇用機会は維持修繕費に比例して発生するものと仮定した。

各プロジェクトの項目別貢献度を以上の方法で求め、表 12.2 から 12.5 までにまとめた。

表 12.2　経済軸に対するプロジェクトの効果

Project	EIRR	B/C	NPV	Valuation of water	Utility	Land area	-
Unit	%	-	BP	BP/a	Mld	1000ha	-
Weight	2	1	2	1	1	1	-
Sumag	37.0	2.7	4.2	0.6	188	0	-
Tayabasan Dam	23.2	1.6	1.3	0.6	175	0	-
Laguna Lake	-	-	-	0.7	200	0	-
Laiban Dam	15.7	1.1	1.3	6.2	1,900	2.3	-
Agos Dam	15.5	1.0	1.0	9.9	3,000	1.8	-
Kanan Dam N02	15.2	1.1	0.8	10.8	3,300	2.6	-

出典：JICA 調査団

表 12.3　財務軸に対するプロジェクトの効果

Project	FIRR	Ann. benefit	Invest. cost	OM cost	System Cost	LRA Cost	-
Unit	%	Bp/an	BP	P/m^3	Bp	P/ m^3	-
Weight	2	2	1	1	1	1	-
Sumag	41.6	1.2	1.0	0.97	2.7	5.7	-
Tayabasan Dam	21.0	0.9	3.5	0.94	4.6	2.0	-
Laguna Lake	-	1.5	-	-	-	-	-
Laiban Dam	17.4	9.8	36.7	0.76	49.1	2.1	-
Agos Dam	18.5	16.1	43.3	0.90	63.8	2.7	-
Kanan Dam N02	18.6	16.6	55.9	1.24	80.7	1.8	-

出典：JICA 調査団

表 12.4　環境軸に対するプロジェクトの効果

Project	Protd. area	Eco-logy	IP	Env. flow	Water-shed	Work vol	Co2
Unit	1000ha	Nos	person	%	Deg.dvst	M m^3	MW
Weight	0.5	0.5	1	1	2	1	2
Sumag	16	0	0	75	mining	0	0
Tayabasan Dam	26	0	0	24	good	na	0.1
Laguna Lake	-	0	0	100	indstry	na	0
Laiban Dam	18	13	1,175	78	dvsttd	6.2	25
Agos Dam	88	12	118	92	dvsttd	6.7	51
Kanan Dam N02	70	22	118	86	ideal	9.1	54

出典：JICA 調査団
Note; Planned water abstraction of 200 MLD is supposed to be assured even in the driest condition.

表 12.5　社会軸に対するプロジェクトの効果

Project	PAF	Sanit. Cond.	Social Sec.	Social weak	Insti-tutional	Job opp.	-
Unit	Family	Mld	Mld	Mld	Status	Mp/an	-
Weight	2	1	1	2	1	1	-
Sumag	0	188	188	188	DD,ECC	67	-
Tayabasan Dam	300	175	175	175	PQ	60	-
Laguna Lake	0	200	200	200	IEE,FS	-	-
Laiban Dam	2,497	1,900	1,900	1,900	FS,ECC	527	-
Agos Dam	225	3,000	3,000	3,000	FS	985	-
Kanan Dam N02	100	3,300	3,300	3,300	FS	1,494	-

出典：JICA 調査団

12.5　配点表と評価結果

前述のとおり、平成 24 年 9 月 5 日に開催された第 2 回技術委員会会議において、評価方法について討議が行われ、Multi-Objective-Analysis　の採用を決定した。委員会はさらにその詳細についても検討を行い、前節に述べた軸の選定、項目の選定もいずれも協議の結論である。最も活発に議論が行われたのは、表 12.6 に示す配点表である。

今回の Multi-Objective-Analysis ではプロジェクトの貢献度の幅に応じて各項目ごとに 3 点から−3 点までの得点を与える。配点表は貢献度と得点の関係をしめしている。得点 2 や 1 は貢献度の幅に対してほぼ線形で与えるように考えた。

Table 12.2 Rating Standard

Object	Item	Wei-ght	Unit	Point to be Assigned						
				-3	-2	-1	0	1	2	3
Fconomic Impact	1)EIRR	2	%	~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~
	2)B/C	1	-	~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	1.0~1.1	1.1~1.2	1.2~
	3)NPV	2	BP	~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	1.2~1.4	1.4~
	4)Valuation of water	1	BP/an	NA	NA	NA	0~1	1~4	4~8	8~
	5)Utility	1	Mld	NA	NA	NA	0~300	300~1000	1000~2000	2000~
	6)Land to be submerged	1	1000ha	~4	4~2	2~	0	NA	NA	NA
Financial Iimpact	1)FIRR	2	%	NA	NA	NA	~5	5~10	10~15	15~
	2)Annual benefit	2	BP/an	NA	NA	NA	~5	5~10	10~15	15~
	3)Investment cost	1	BP	~50	50~30	30~10	10~0	NA	NA	NA
	4)OM cost	1	P/m^3	~1.5	1.5~1	1~0.5	0.5~0	NA	NA	NA
	5)Overall system cost	1	BP	~80	80~40	40~5	5~0	NA	NA	NA
	6)Long run average benefit	1	P/m^3	NA	NA	NA	0~0.5	0.5~1.5	1.5~2.5	2.5~
Environ-mental Impact	1)Protected area	0.5	1000ha	~100	100~50	50~10	10～0	NA	NA	NA
	2)Terrestrial ecology	0.5	NOs	~50	50~20	20~	0	NA	NA	NA
	3)IP	1	Person	~1000	1000~500	500~	0	NA	NA	NA
	4)Environmental flow	1	%	~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~
	5)Watershed management	2	Dev.degree	Very G	Good	N Dev	VSlight Dev	Slightly D	Devastated	S D
	6)Work volume	1	Mm^3	~12	12~6	6~	0	NA	NA	NA
	7)CO2 emission	2	MW	NA	NA	NA	0	~25	25~50	50~
Social Impact	1)PAF	2	Family	~600	600~300	300~100	100~0	NA	NA	NA
	2)Sanitary condition	1	Mld	NA	NA	NA	0	~1500	1500~3000	3000~
	3)Social security	1	Mld	NA	NA	NA	0	~1500	1500~3000	3000~
	4)Social weak issue	2	Mld	NA	NA	NA	0~1500	1500~2000	2000~3000	3000~
	5)Institutional issue	1	Status	NA	NA	NA	No EC/WR	Water right	ECC	Both
	6)Job opportunity	1	MP/an	NA	NA	NA	0	~400	400~800	800~

Note; Unit: a: annual, B: Billion, Dev. degree: Devastated degree, ld: Litre per day, M: million, P: Philippine Peso

Rating D: Devastated, NA: Not available, N Dev.: Not devastated, SD: Significantly devastated

表 12.6 配点表

されておらず、入手できなかった。このため、この案件に対する評価は行わないこととした。

以下に示す表は、貢献度を配点表に照らして採点したものである。

表 12.7　経済軸に関する得点

Project	EIRR	B/C	NPV	Valuation of water	Utility	Land area	-
Unit	%	-	BP	BP/a	Mld	1000ha	-
Weight	2	1	2	1	1	1	-
Sumag	3	3	3	0	0	0	-
Tayabasan Dam	3	3	2	0	0	0	-
Laguna Lake	-	-	-	0	0	0	-
Laiban Dam	2	2	2	2	2	-2	-
Agos Dam	2	1	1	3	3	-1	-
Kanan Dam N02	2	2	2	3	3	-2	-

出典：JICA 調査団

表 12.8　財務軸に関する得点

Project	FIRR	Ann. benefit	Invest. cost	OM cost	System Cost	LRA Cost	-
Unit	%	Bp/an	BP	P/m^3	Bp	P/ m^3	-
Weight	2	2	1	1	1	1	-
Sumag	3	0	0	-1	0	3	-
Tayabasan Dam	3	0	0	-1	0	2	-
Laguna Lake	-	0	-	-	-	-	-
Laiban Dam	3	1	-2	-1	-2	2	-
Agos Dam	3	3	-2	-1	-2	3	-
Kanan Dam N02	3	3	-3	-2	-3	2	-

出典：JICA 調査団

表 12.9　環境軸に関する得点

Project	Protd. area	Eco-logy	IP	Env. flow	Water-shed	Work vol	Co2
Unit	1000ha	Nos	person	%	Deg.dvst	M m^3	MW
Weight	0.5	0.5	1	1	2	1	2
Sumag	-1	0	0	0	1	0	0
Tayabasan Dam	-1	0	0	-3	-1	0	1
Laguna Lake	-	0	0	3	2	0	0
Laiban Dam	-1	-1	-3	0	2	-2	2
Agos Dam	-2	-1	-1	3	3	-2	3
Kanan Dam N02	-2	-2	-1	2	-1	-2	3

出典：JICA 調査団

表 12.10　社会軸に関する得点

Project	PAF	Sanit. Cond.	Social Sec.	Social weak	Insti-tutional	Job opp.	-
Unit	Family	Mld	Mld	Mld	Status	Mp/an	-
Weight	2	1	1	2	1	1	-
Sumag	0	1	1	0	3	1	-
Tayabasan Dam	-1	1	1	0	3	1	-
Laguna Lake	0	1	1	0	3	-	-
Laiban Dam	-3	2	2	1	2	2	-
Agos Dam	-1	3	3	3	1	3	-
Kanan Dam N02	0	3	3	3	1	3	-

出典：JICA 調査団

各得点と項目ごとの重みの積がそのプロジェクトのその項目に対する効果を示している。項目に対する効果を合計したものが、そのプロジェクトのその軸に対する効果を表す。４つの軸の効果を集計したもの（GMI；Gross Magnitude of Impact））がそのプロジェクトの総合的な効果である。計算手順は ANNEX　12 に示した。下表は各プロジェクトの軸ごとの効果と総合効果を示す。

表 12.11　プロジェクトの評価（GMI）

Project	Economic	Financial	Envrnmntal	Social	Total(GMI)
Sumag	15	8	2.5	6	31.5
Tayabasan	13	7	1.5	4	25.5
Laiban	12	5	3	4	24
Agos	12	9	10.5	14	45.5
Kanan No2	14	6	2	16	38

出典；JICA 調査団

GMI はプロジェクトの経済、財務、環境および社会に対する効果を総合的に評価したものでアゴスダムプロジェクトが 45.5 と最高の効果を示している。カナン NO.2 ダムプロジェクトは GMI が 38 でアゴスダムに次いでいる。一方ライバンダムの GMI は 24 で最も低くなった。水需給収支解析の結果、水供給能力が日量 1,700 百万リットルと小さく、2026 年以降にカナン NO.2 ダムの開発が必要となるため財務軸の得点が低く、また影響を受ける家族数が 2,500 軒以上と、社会・環境軸での得点が低くなったことがその理由である。

GMI は総合点であるからその高いプロジェクトの総合的効果は高いといえる。しかしながら、表 12.11 にも見られるように、得点は軸間にばらつきがある。スマグダムプロジェクトは経済軸で 15 点を得て総合点の約 50%を稼いでいる一方で環境軸では 2.5 点にとどまっている。ある軸で高得点を得た場合、その影響を受けて総合点が高くなり、ある軸では低いにもかかわらず、高い評価を得てしまう事が従来の MOA の弱点であった。経済性を重視して、環境を顧みなかった工業化が今日多くの先進国で環境問題として顕在化している。一部の分野にのみ貢献する案件は、将来社会の発展を不安定に導く可能性がある。最近、各軸の得点間のバランスも評価に加える MOA が開発された。

バランスは、総得点（GMI）が完全にバランスした理想的な場合を想定して、そこからの偏りを評価して決める。数学的には汎距離（Generalized Distance）を求めてバランスの悪さの指

標（DUB；Degree of Unbalance）[1]とする。GMI が大きいほど好ましいのに対して、DUB は小さいほど高い評価をあたえる。GMI,DUB の求め方については ANNEX　12 に記載した。

スマグダムの場合は、GMI が 31.5 であるから完全にバランスする 4 軸の得点はそれぞれ 7.875 となる。各軸の得点の完全にバランスした点からの距離がバランスの悪さを与える。すべての軸のバランスの悪さを統合したもの（汎距離）が、そのプロジェクトのバランスの悪さを示す。

同じ汎距離でも総得点が高くなれば、そのバランスに対する影響は弱まる。従って総得点の大きさを反映させて調整（Normalization）を図る必要がある。各プロジェクトの総合点（GMI）とバランスの悪さ（DUB）を求めて下表にまとめた。

表 12. 12　評価したプロジェクトの効果

Item	Sumag	Tayabasan	Laiban	Agos	Kanan No2
GMI	31.5	25.5	24.0	45.5	38.0
Ideal point to a objective	7.9	6.4	6.0	11.4	9.5
Generalized distance	9.6	8.6	7.1	3.7	12,7
Normalization factor	15.8	12.8	12	22.8	19.0
Degree of imbalance	0.61	0.50	0.59	0.16	0.67

出典；JICA 調査団

アゴスダムプロジェクトは総合点が 45.5 で最も高く、バランスの悪さは最も低い。各プロジェクトの中でずば抜けた評価となった。カナン NO2 ダムは総合点はたかいものの、バランスはかならずしも良いとはいえない。

総合点ではプロジェクトごとにやや開きが出たが、バランスに関してはアゴスを除き、ほぼ同水準であると考えられる。

[1] Takayanagi N, Mizutani Y, Loucks D.P.; Stakeholder Consensus Building in Multi-Objective Environment; Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE

第 13 章　結論及び提言

13.1　結論

（1）水資源の診断結果、アゴス川およびウミライ川流域には特に問題がないことが判明した。診断の一端として実施した水需給収支解析の結果、両流域の水資源賦存量は、流域内の需要を十分に満たしうる事が明らかとなった。解析の結果は、相当量の余剰水があることを示唆している。両流域から他流域への転流は、取水の場所、時節を考慮すれば、問題を生じない。

（2）アンガットシステムは、都市用水のためマニラ首都圏に、また灌漑用水のため AMRIS に給水してきた。マニラ首都圏の需要は 46m^3/秒、AMRIS の需要は 19.2m^3/秒である。システムはさらにブラカン州の都市用水として 1.9m^3/秒を供給することになっている。システムの平均供給能力は 70m^3/秒で、すべての需要に対し、都市用水の信頼度 90%、灌漑用水の信頼度 80%を満足することはできない。一方、地下水は局地的に枯渇していて、塩水の混入、地盤の沈下はマニラ首都圏、アンガット川流域共通の問題となっている。水不足解消の一助とするためには地下水の効率的な開発と管理のための詳細な検討が必用である。このような事情から、代替水源開発はマニラ首都圏とアンガット川流域にとって喫緊の課題となっている。

（3）MWSS はマニラ首都圏を含む給水域の将来水需要を推定した。2037 年の予測は日 6,412 百万リットルあるいは、74.2m^3/秒であり、世銀調査で採用した予測値より 34m^3/秒大きい。需要の増大は、相応の水資源開発を行わない限り、水供給の事情を一層悪化させる。

（4）マニラ首都圏の水源のうち、アンガットシステムが占める割合は約 95%である。水供給の安全度は冗長度がなく、極めて低いと言わざるを得ない。信頼度を上げるためにも、代替水源の開発は必須である。

（5）水需給収支解析に基づくパンパンガ川流域の診断結果によれば水不足の問題が生じている。雨季の水資源は有り余るものの、乾季には 140m^3/秒という巨大な需要のため、パンタバンガン貯水池、カセクナン導水事業の恩恵を受ける現在でも水不足は頻繁である。しかも塩水の地下水への混入、一部の地盤の沈下は同流域の重要な課題となっている。従って、地下水の開発は水不足解消の対策とは成りえない。

（6）フィリピンでは米の自給が達成されておらず、コメの増産は政府の重要政策の一つとなっている。こうした政府の政策に則り、NIA は UPRIS を拡張する計画である。計画の中心は、乾季需要を満たすために雨季の流出を貯留する貯水池の建設である。バリンチンゴン、マアシムおよびバヤバスダムプロジェクトは雨季の豊水を貯留するために有望なプロジェクトである。水需給収支解析結果から、これらのプロジェクトは、マニラやアンガット川流域の水不足解消に流用できる余力を持たないことが判明した。

（7）パシグ―マリキナ川流域の水資源は雨季に限れば余りあり、下流域では洪水となって氾濫する事がしばしばである。水需給収支解析によれば、この水資源を安定的に利用するために調整用貯水池の導入は欠かせない。しかしながら、流域は高度に土地利用が進んでいて、ダムサイトの適地が見当たらない。世銀調査は、治水用に計画されているタヤバサンダムの貯水池の一部をマニラへの給水用に割く案を提案している。同調査は、給水可能量は 0.1m^3/秒と推定している。流域の地下水は枯渇しており、地盤の沈下は下流域の深刻な問題となっ

ている。

（８）ラグナ湖の水質は家庭用水や工業用水の排水によって劣化している。沿岸の漁業も劣化に拍車をかけている。湖には海水が浸入していて、汽水域に属する。こうした事情から湖の水を都市用水に用いるためには、複雑なプロセスの浄化装置が必用である。

（９）世銀調査はその成果として水源開発のロードマップを作製し、アゴス川流域内に幾つかの大規模水源開発を提案している。提案は上に述べた診断結果と整合性がとれていて賛同できる。提案されている大規模プロジェクトは、ライバンダム、アゴスダムおよび第 2 カナンダムプロジェクトである。

（１０）水需給収支解析の結果、ライバンダムが転流してマニラに供給できる能力は日量 1,700 百万リットルである。この能力によって 2026 年までのマニラ首都圏の水需要を満たすことができる。2040 年までの需要を満たすためには、2026 年にさらなる水源開発プロジェクトが稼働する必要がある。なお、マニラ首都圏以外の水需要には配慮していない世銀調査では、将来の水需要に対応するために、2040 年以降に第 2 カナンダムを実施する必要がある、としている。

（１１）世銀調査のロードマップによって提案されたプロジェクトの効果を評価するため、Multi-Objective-Analysis を実施した。これは、利害関係者が多方面にわたる水資源開発プロジェクトを統合水資源管理の観点から評価しようとするものである。評価の結果を下表にまとめる。

Item	Sumag	Tayabasan	Laiban	Agos	Kanan No2
総合点	31.5	25.5	24.0	45.5	38.0
完全にバランスした場合	7.9	6.4	6.0	11.4	9.5
汎距離	9.6	8.6	7.1	3.7	12,7
補正係数	15.8	12.8	12	22.8	19.0
アンバランスの度合い	0.61	0.50	0.59	0.16	0.67

出典；JICA 調査団

すべてのダムプロジェクトは正の総得点（GMI）を持つ結果となった。つまりマニラ首都圏とアンガット川流域の問題を解決するための計画としていずれも妥当であることが証明された。

（１２）気候変動解析は降水、気温その他の気候値に対する影響を推定し、水需給収支解析にデータとして提供した。以下に示す表は、1981～2000(現在)および 2031～2050(将来)の 20 年間の年最小及び最大月降水量の推定平均値である。

Min/Max	Period	Laguna	Marikina	Angat	Pampanga	Umirai	Agos
最小値	現在	56.7	38.8	46.2	45.4	49.9	84.0
	将来	63.6	45.3	56.1	56.7	60.8	95.2
最大値	現在	395.3	503.4	516.2	384.4	518.3	414.5
	将来	416.0	492.9	486.7	404.2	489.5	431.5

出典；JICA 調査団

乾季の降水量は軒並み増加している。一方、雨季の降水量は増える流域と減る流域がともに存在する事がわかる。

（１３）気候変動解析によって、対象流域では平均的に摂氏 2 度前後上昇することが予想された。以下に示す表は、現在および将来の月平均気温の年最大、最小を 20 年間で平均したものである。

Min/Max	Period	Laguna	Marikina	Angat	Pampanga	Umirai	Agos
最低気温	現在	24,7	23.6	23.0	24.3	22.2	22.0
	将来	26.5	25.4	24.9	26.2	24.0	23.8
	差	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8
最高気温	現在	28.1	27.5	26.9	27.8	26.1	25.9
	将来	30.3	29.6	29.1	29.8	28.3	28.1
	差	2.2	2.1	2.2	2.0	2.2	2.2

出典；JICA 調査団

（１４）上記(12)では乾季の降水量が増える事を示した。一方(13)では気温が上昇する事も示している。気温の上昇は蒸発散量の増加を示し、水資源を減少させる要因となる。以下の表では乾季における、降水量から蒸発散量を差し引いたもので差は真の水資源の増分を示す。

Item	Period	Laguna	Marikina	Angat	Pampanga	Umirai	Agos
乾季の水資源	現在	-1.74	-2.15	-1.77	-1.82	-1.5	-0.36
	将来	-1,99	-2.3	-1.78	-1.97	-1.47	-0.42
	差	-0.25	-0.15	-0.01	-0.15	0.03	-0.06

出典；JICA 調査団

表は、ウミライ川流域を除き、乾季の水資源は減少する事を示している。減少は平均的に 10%前後であるといえる。

（１５）気候変動は流域の水文条件に影響を与える。その結果としてプロジェクトの能力に変動が生じる。水需給収支解析の結果、各ダム計画は気候変動の影響を緩和する事が判明した。その効果は流域の位置はもとより、流域面積や貯水容量等によって異なる。以下の表に、10 年渇水時の各プロジェクトの供給能力を日量百万リットルで表す。

Project	WB Study(2010)	JICA Study(2012)	JICA Study(2040)
Angat System	4,000	4,660	4,240
Sumag	188	188	188
Tayabasan	175	105	105
Laguna Lake	200	200	200
Laiban	1,900	1,740	1,640
Kaliwa Low Dam	550	550	500
Agos	3,000	2,950	2,950

出典；JICA 調査団

アンガットダム及びライバンダムの計画貯水容量はそれぞれ 900 および 650 百万立方米である。一方流域面積はそれぞれ 546 および 276 方キロである。アゴスダムの貯水容量は 718　百万立方米であるが流域面積は 860 方キロに上る。アンガットダムやライバンダムは気候変動の影響をアゴスダムに比べ、より強くうけるものと思われる。利水の安全をはかるため、気候変動を監視して、各案件の供給能力にどのような影響を与えるか、継続的な調査を行うべきである。

13.2　提言

（1）　本調査は対象流域に対する気候変動の影響を予測した。また、世銀調査が提案したプロジェクトの効果を評価した。気候変動の予測も、プロジェクト効果の評価も斬新的で科学的な手法を駆使して定量的に示している。一方、将来の水需給収支の解析には MWSS から提供された公式に採用されている需要を用いている。解析は、マニラおよび周辺地域の開発計画を勘案して行っていて、統合水資源管理の思想に沿うものである。こうした事から、本調査結果は MWSS が実施中の水資源開発計画に反映され、生かされるべきものと考える。プロジェクト効果の評価は、見方をかえると、各プロジェクトの弱点を明示しており、プロジェクトのどこを改善するべきであるか、という点に関してヒントを与えている。例えば、環境軸の点数が低いプロジェクトは、環境保護の要素をプロジェクトに付け加えることにより改善することができる。プロジェクト評価の結果をこのようにプロジェクト形成に応用することで、プロジェクトを効率の良い、実施可能なものにする事ができる。

（2）　さらに、評価手法に採用された Multi-Objective-Analysis は実施中の水資源開発計画を管理する目的でも利用できる。すなわち、検討中のプロジェクトがどの程度改善されたか、改善の度合いを測る指標が得られるのである。もし、改善が不十分であることを示す指標が得られたなら、さらなる改善を行うべく計画作業を管理する事が出来る。

（3）　MWSS は PDMF を用いて、ライバンダム、カリワ低ダムをその要素とする水資源開発計画の調査を進めている。ライバンダムについては既に詳細設計が、まがりなりにも完了している。今回実施した Multi-Objective-Analysis でも GMI は正の値を示していて案件の妥当性を証明している。しかしながら、ダムの給水能力は 1700MLD と推定されていて 2026 年までの需要をみたすことができるにすぎない。2026 年以降の需要に応えるためには新たな水源開発が必用になる。マニラ首都圏および AMRIS の水需要を合理化できれば、新たな投入時期を遅らせることができる。従って需要の合理化は、ライバンダムプロジェクトの経済性を押し上げるのに有効である。プロジェクトに影響を受ける所帯数が 2,500 家族に及ぶこともこの案件の重大な問題である。プロジェクトがこうした地権者を保護する計画を包含するように構築できれば、社会面の評価を改善する事が出来る。地権者を水供給事業に参画させる手続きを開発実施することはこうした計画の一つと言えよう。これらの改善策を MWSS が実施中の調査に含めるよう勧告する。プロジェクトの改善は、経済性や財務性のみならず、利害関係者の合意形成に有効であるからプロジェクトの実施を円滑にする効果もある。

（4）プロジェクトの評価は、カリワ取水施設を含むアゴスダムプロジェクトの妥当性を確認した。2003 年に JICA が実施したフィージビリテイ調査を、更新した水需要と気候変動の影響を考慮して見直す必要がある。見直しに際し、環境や社会に対する配慮が必用であることは言を俟たない。見直しに際して特に留意するべき事項を以下に上げる。

イ）PPP を推進するための制度的検討

ロ）住民を事業に参画させるための制度的検討

住民を導水事業に参画せしめることで、合意形成を妥当かつ容易にする。

ハ）マニラ首都圏と水力発電への水配分の最適化

アゴスダムの供給能力は日量 5,500 百万リットルであるが、世銀調査のシナリオ２ではこのうち 3,000　百万リットルを導水に、2,500 百万リットルを水力発電に配分している。しかし近未来の給水需要は 3,000　百万リットルの給水を必要とせず、余分は発電にま

わすことができる。反対に 2034 年には給水需要は 3,000　百万リットルを超える。その場合、発電用水を給水に振り向ける事も一案である。あるいは、その時点で第 2 カナンダムを実施することも代替案となろう。発電の設備容量と第 2 カナンダムの投入時期を最適化する事が FS 見直しの重要な課題と考えられる。

MWSS が実施中の PDMF 調査と並行して、アゴスダムの FS 見直しを実施する事を勧告する。見直しではカリワ取水施設に代えて、PDMF が検討しているカリワ低ダムを採用する案も検討するべきである。

（5）プロジェクト評価は、カナンダムプロジェクトの得点を二番目に高い 38.0 とした。MWSS が実施中の調査はライバンダムへの最適な導水方法を検討するべきである。注目するべき事項は水力発電の様式である。発電様式は、導水路の能力と、日内で一定と考えられる水需要を主たる条件として決まる。カナンダムに貯留された水は、ピーク発電が可能なはずであるが、現在検討されている計画では常時発電となるであろう。最適化にあたっては、ピーク発電を逸失便益として機会費用に計上するべきである。カナンダムについては（4）に述べたような代替機能をも考慮する必要がある。

（6）政府の重要政策の一つである米の自給率向上を実現するため、パンパンガ川流域に計画されているダムプロジェクトの早期実施が必用である。

（7）ラグナ湖の水質を改善するために、流域の下水・排水施設の充実が望まれる。

（8）診断結果は水需要が大きいことが問題を困難にしている一つの主たる原因であることを明らかにした。需要面からの改善策は世銀調査では触れられていないが、需要の合理化も問題解決のための対策案件として考えるべきである。実施した Fault-Tree-Analysis は幾つかの需要制御の対策を提示している。提示された対策の効果が発現するまでにはかなりの時間を要するであろう。しかしながら、気候変動解析は、水資源の賦存量への影響を危惧させる結果を示している。こうした状況に対応するために、需要制御の対策を、ダム開発プロジェクトと同時並行的あるいはその一要素として実施する事を提案する。提案する対策は以下のとおりである。

イ）低水消費型米品種の導入

ロ）間断灌漑法あるいは SRI の普及

ハ）実時間操作システムの灌漑への導入

二）節水奨励のための季節水料金制の検討と導入

ホ）無収水率の低下

ANNEX

第3章

Annex 3.1 Growth Rate of Population in MWSS Service Area

Municipality		NSO POPULATION			Past Growth Rate			NSO Provincial Medium Assumption						
		1-Sep-95	1-May-00	1-Aug-07	1995-2000	2000-2007	1995-2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
West (MWSI)														
1	Caloocan City	1,023,159	1,177,604	1,381,610	3.06%	2.23%	2.55%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
2	Las Piñas City	413,086	472,780	532,330	2.93%	1.65%	2.15%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
3	Makati City *	79,889	77,778	90,582	-0.57%	2.12%	1.06%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
4	Malabon City	347,484	338,855	363,681	-0.54%	0.98%	0.38%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
6	Manila Ciy *	1,476,047	1,410,325	1,481,357	-0.97%	0.68%	0.03%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
8	Muntinlupa City	399,846	379,310	452,943	-1.12%	2.48%	1.05%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
9	Navotas City	229,039	230,403	245,344	0.13%	0.87%	0.58%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
10	Parañaque City	391,296	449,811	552,660	3.03%	2.88%	2.94%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
11	Pasay City	408,610	354,908	403,064	-2.97%	1.77%	-0.11%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
14	Quezon City *	1,227,472	1,341,254	1,653,221	1.92%	2.93%	2.53%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
17	Valenzuela City	437,165	485,433	568,928	2.27%	2.21%	2.24%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
1	Bacoor	250,821	305,699	441,197	4.33%	5.19%	4.85%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
3	Cavite City	92,641	99,367	104,581	1.51%	0.71%	1.02%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
6	Imus	177,408	195,482	253,158	2.10%	3.63%	3.03%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
7	Kawit	56,993	62,751	76,405	2.08%	2.75%	2.49%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
8	Noveleta	27,306	31,959	39,294	3.43%	2.89%	3.10%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
9	Rosario	54,086	73,665	94,228	6.84%	3.45%	4.77%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
	Total	**7,092,348**	**7,487,384**	**8,734,583**	1.17%	2.15%	1.76%							
East (MWCI)														
3	Makati City *	404,287	393,601	458,401	-0.57%	2.12%	1.06%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
5	Mandaluyong City	286,870	278,474	305,576	-0.63%	1.29%	0.53%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
6	Manila Ciy *	178,714	170,757	179,357	-0.97%	0.68%	0.03%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
7	Marikina City	357,231	391,170	424,610	1.96%	1.14%	1.46%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
12	Pasig City	471,075	505,058	627,445	1.50%	3.04%	2.43%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
13	Pateros	55,286	57,407	61,940	0.81%	1.05%	0.96%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
14	Quezon City *	761,947	832,577	1,026,229	1.92%	2.93%	2.53%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
15	San Juan City	124,187	117,680	125,338	-1.15%	0.87%	0.08%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
16	Taguig City	381,350	467,375	613,343	4.46%	3.82%	4.07%	1.38%	1.13%	0.89%	0.68%	0.49%	0.29%	0.07%
1	Angono	59,444	74,668	97,209	5.01%	3.71%	4.21%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
2	Antipolo City	345,512	470,866	633,971	6.86%	4.19%	5.23%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
3	Baras	20,060	24,514	31,524	4.39%	3.53%	3.87%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
4	Binangonan	140,700	187,691	238,931	6.37%	3.39%	4.54%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
5	Cainta	201,550	242,511	304,478	4.04%	3.19%	3.52%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
6	Cardona	35,501	39,003	44,942	2.04%	1.97%	2.00%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
7	Jala-jala	19,873	23,280	28,738	3.45%	2.95%	3.14%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
8	Rodriguez (Montalban)	79,668	115,167	223,594	8.22%	9.58%	9.05%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
9	Morong	36,048	42,489	50,538	3.59%	2.42%	2.88%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
10	Pililla	37,081	45,275	58,525	4.37%	3.60%	3.90%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
11	San Mateo	99,217	135,603	184,860	6.92%	4.37%	5.36%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
12	Tanay	69,181	78,223	94,460	2.67%	2.64%	2.65%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
13	Taytay	144,748	198,183	262,485	6.96%	3.95%	5.12%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
14	Teresa	23,906	29,745	44,436	4.79%	5.69%	5.34%	2.3%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%	1.0%	0.8%
	Total	**4,333,436**	**4,921,317**	**6,120,930**	2.76%	3.05%	2.94%							

Note: * Three municipalities are covered by two concession areas. The total population of the said municipalities is divided into each zone in proportion to the population number as used in UP-NEC study.

Annex 3.2
Population Projection in MWSS Service Area

	Municipality	Population based on NSO Medium Assumption								
		2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1	Caloocan City	1,446,164	1,462,525	1,479,070	1,529,839	1,599,367	1,654,549	1,695,761	1,720,097	1,726,068
2	Las Piñas City	557,203	563,506	569,881	589,442	616,231	637,493	653,371	662,748	665,049
3	Makati City	94,814	95,887	96,972	100,300	104,859	108,477	111,179	112,774	113,166
4	Malabon City	380,674	384,980	389,335	402,699	421,001	435,527	446,375	452,781	454,353
6	Manila Ciy	1,550,572	1,568,113	1,585,854	1,640,287	1,714,835	1,774,001	1,818,188	1,844,281	1,850,684
8	Muntinlupa City	474,106	479,470	484,894	501,538	524,332	542,423	555,933	563,911	565,869
9	Navotas City	256,807	259,713	262,651	271,666	284,013	293,812	301,130	305,452	306,512
10	Parañaque City	578,482	585,027	591,645	611,953	639,765	661,839	678,324	688,059	690,447
11	Pasay City	421,897	426,670	431,497	446,307	466,591	482,690	494,713	501,812	503,554
14	Quezon City	1,730,466	1,750,043	1,769,841	1,830,590	1,913,787	1,979,817	2,029,130	2,058,251	2,065,396
17	Valenzuela City	595,511	602,248	609,061	629,967	658,597	681,321	698,291	708,312	710,771
1	Bacoor	488,569	501,620	515,020	557,407	628,491	701,168	772,102	839,916	902,801
3	Cavite City	115,810	118,904	122,080	132,127	148,977	166,204	183,018	199,093	213,999
6	Imus	280,340	287,829	295,518	319,839	360,627	402,329	443,031	481,942	518,025
7	Kawit	84,609	86,869	89,189	96,530	108,840	121,426	133,710	145,454	156,344
8	Noveleta	43,513	44,675	45,869	49,644	55,975	62,448	68,765	74,805	80,405
9	Rosario	104,345	107,133	109,995	119,047	134,229	149,751	164,901	179,384	192,814
	Total	**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**
3	Makati City	479,819	485,247	490,737	507,581	530,650	548,959	562,632	570,707	572,688
5	Mandaluyong City	319,854	323,472	327,132	338,360	353,738	365,943	375,058	380,440	381,761
6	Manila Ciy	187,737	189,861	192,009	198,600	207,626	214,789	220,139	223,298	224,074
7	Marikina City	444,449	449,477	454,562	470,165	491,533	508,492	521,158	528,637	530,472
12	Pasig City	656,762	664,192	671,706	694,762	726,337	751,398	770,113	781,166	783,877
13	Pateros	64,834	65,568	66,309	68,585	71,702	74,176	76,024	77,115	77,383
14	Quezon City	1,074,178	1,086,331	1,098,620	1,136,330	1,187,974	1,228,962	1,259,573	1,277,649	1,282,085
15	San Juan City	131,194	132,678	134,179	138,785	145,093	150,099	153,837	156,045	156,587
16	Taguig City	642,001	649,264	656,609	679,147	710,013	734,510	752,805	763,609	766,259
1	Angono	104,838	106,878	108,958	115,443	125,508	134,970	143,484	150,851	156,952
2	Antipolo City	683,725	697,029	710,592	752,886	818,532	880,236	935,767	983,810	1,023,601
3	Baras	33,998	34,660	35,334	37,437	40,701	43,769	46,531	48,920	50,898
4	Binangonan	257,682	262,696	267,808	283,748	308,488	331,743	352,672	370,778	385,775
5	Cainta	328,373	334,763	341,277	361,589	393,117	422,752	449,422	472,495	491,606
6	Cardona	48,469	49,412	50,374	53,372	58,025	62,400	66,336	69,742	72,563
7	Jala-jala	30,993	31,596	32,211	34,128	37,104	39,901	42,418	44,596	46,400
8	Rodriguez (Montalban)	241,142	245,834	250,617	265,534	288,687	310,449	330,034	346,978	361,012
9	Morong	54,504	55,565	56,646	60,017	65,251	70,169	74,596	78,426	81,598
10	Pililla	63,118	64,346	65,598	69,503	75,563	81,259	86,385	90,820	94,494
11	San Mateo	199,368	203,247	207,202	219,534	238,676	256,669	272,861	286,870	298,472
12	Tanay	101,873	103,856	105,876	112,178	121,959	131,153	139,427	146,585	152,514
13	Taytay	283,085	288,593	294,209	311,720	338,899	364,447	387,438	407,330	423,805
14	Teresa	47,923	48,856	49,807	52,771	57,372	61,697	65,589	68,957	71,746
	Total	**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**

Annex 3.3 Growth Rate of Population in Adjoining Areas (1/4)

STUDY AREA		NSO POPULATION			Past Growth Rate			NSO Provincial Medium Assumption						
		1-Sep-95	1-May-00	1-Aug-07	1995-2000	2000-2007	1995-2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1. AURORA	1 Dingalan	19,325	20,157	21,992	0.91%	1.21%	1.09%	2.3%	2.3%	2.1%	1.9%	1.6%	1.5%	1.3%
	2 Maria Aurora	30,796	33,551	35,289	1.85%	0.70%	1.15%	2.3%	2.3%	2.1%	1.9%	1.6%	1.5%	1.3%
	3 San Luis	20,947	21,256	23,766	0.31%	1.55%	1.07%	2.3%	2.3%	2.1%	1.9%	1.6%	1.5%	1.3%
	Total	**71,068**	**74,964**	**81,047**										
2. BATANGAS	1 Lipa City	177,894	218,447	260,568	4.50%	2.46%	3.25%	1.97%	1.85%	1.67%	1.48%	1.27%	1.08%	0.88%
	2 Malvar	27,771	32,691	41,730	3.56%	3.42%	3.48%	1.97%	1.85%	1.67%	1.48%	1.27%	1.08%	0.88%
	3 Santo Tomas	65,759	80,393	113,105	4.40%	4.82%	4.66%	1.97%	1.85%	1.67%	1.48%	1.27%	1.08%	0.88%
	4 Tanauan City	103,868	117,539	142,537	2.69%	2.70%	2.69%	1.97%	1.85%	1.67%	1.48%	1.27%	1.08%	0.88%
	Total	**375,292**	**449,070**	**557,940**										
3. BULACAN	1 Angat	39,037	46,033	53,117	3.60%	1.99%	2.62%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	2 Balagtas (Bigaa)	49,210	56,945	62,684	3.18%	1.33%	2.05%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	3 Baliuag	103,054	119,675	136,982	3.26%	1.88%	2.42%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	4 Bocaue	69,718	86,994	105,817	4.86%	2.74%	3.56%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	5 Bulacan	54,236	62,903	72,289	3.23%	1.94%	2.44%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	6 Bustos	41,372	47,091	60,681	2.81%	3.56%	3.27%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	7 Calumpit	70,839	81,113	98,017	2.94%	2.65%	2.76%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	8 Dona Remedios Trinidad	11,194	13,636	19,086	4.32%	4.75%	4.58%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	9 Guiguinto	52,575	67,571	89,225	5.52%	3.91%	4.54%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	10 Hagonoy	99,423	111,425	124,748	2.47%	1.57%	1.92%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	11 Malolos City	147,414	175,291	225,244	3.78%	3.52%	3.62%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	12 Marilao	68,761	101,017	160,452	8.59%	6.59%	7.37%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	13 Meycauayan City	137,081	163,037	196,569	3.79%	2.61%	3.07%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	14 Norzagaray	51,015	76,978	105,470	9.22%	4.44%	6.28%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	15 Obando	51,488	52,906	56,258	0.58%	0.85%	0.75%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	16 Pandi	40,520	48,088	60,637	3.74%	3.25%	3.44%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	17 Paombong	33,149	41,077	50,798	4.70%	2.97%	3.65%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	18 Plaridel	66,355	80,481	97,225	4.22%	2.64%	3.26%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	19 Pulilan	59,682	68,188	85,008	2.90%	3.09%	3.01%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	20 San Ildefonso	69,319	79,956	93,438	3.11%	2.17%	2.54%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	21 San Jose del Monte City	201,394	315,807	439,090	10.12%	4.65%	6.76%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	22 San Miguel	108,147	123,824	138,839	2.94%	1.59%	2.12%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	23 San Rafael	58,387	69,770	85,284	3.89%	2.81%	3.23%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	24 Santa Maria	101,071	144,282	205,258	7.93%	4.98%	6.13%	2.70%	2.41%	2.18%	1.94%	1.71%	1.48%	1.26%
	Total	**1,784,441**	**2,234,088**	**2,822,216**										
4. CAVITE	1 Carmona	35,686	47,856	68,135	6.49%	4.99%	5.58%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
	2 Dasmariñas	262,406	379,520	556,330	8.23%	5.42%	6.51%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
	3 Gen.Mariano Alvarez	86,824	112,446	136,613	5.70%	2.72%	3.88%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
	4 Silang	124,062	156,137	199,825	5.05%	3.46%	4.08%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
	5 Tagaytay City	29,419	45,287	61,623	9.68%	4.34%	6.40%	3.11%	2.67%	2.43%	2.21%	1.95%	1.70%	1.45%
	Total	**538,397**	**741,246**	**1,022,526**										

Annex 3.3 Growth Rate of Population in Adjoining Areas (2/4)

STUDY AREA		NSO POPULATION			Past Growth Rate			NSO Provincial Medium Assumption						
		1-Sep-95	1-May-00	1-Aug-07	1995-2000	2000-2007	1995-2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
5. LAGUNA	1 Alaminos	31,442	36,120	40,380	3.02%	1.55%	2.12%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	2 Bay	37,563	43,762	50,756	3.33%	2.07%	2.56%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	3 Biñan	160,206	201,186	262,735	5.00%	3.75%	4.24%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	4 Cabuyao	77,302	106,630	205,376	7.14%	9.46%	8.55%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	5 Calamba City	218,951	281,146	360,281	5.50%	3.48%	4.27%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	6 Calauan	36,677	43,284	54,248	3.61%	3.16%	3.34%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	7 Cavinti	16,157	19,494	20,469	4.11%	0.68%	2.00%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	8 Famy	9,661	10,419	13,577	1.63%	3.72%	2.90%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	9 Kalayaan	16,955	19,580	21,203	3.13%	1.10%	1.89%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	10 Liliw	24,434	27,537	32,727	2.59%	2.41%	2.48%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	11 Los Baños	71,683	82,027	98,631	2.93%	2.58%	2.71%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	12 Luisiana	16,269	17,109	19,255	1.08%	1.64%	1.42%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	13 Lumban	21,996	25,936	28,443	3.59%	1.28%	2.18%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	14 Mabitac	13,309	15,097	17,608	2.74%	2.14%	2.38%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	15 Magdalena	15,927	18,976	20,204	3.82%	0.87%	2.02%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	16 Majayjay	18,989	22,159	23,681	3.36%	0.92%	1.87%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	17 Nagcarlan	43,679	48,727	57,070	2.37%	2.20%	2.27%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	18 Paete	21,809	23,011	24,696	1.16%	0.98%	1.05%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	19 Pgsanjan	28,999	32,622	35,944	2.55%	1.35%	1.82%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	20 Pakil	15,663	18,021	20,242	3.05%	1.62%	2.18%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	21 Pangil	17,664	20,698	23,421	3.45%	1.72%	2.40%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	22 Pila	31,251	37,427	44,227	3.94%	2.33%	2.96%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	23 Rizal	11,537	13,006	15,459	2.60%	2.41%	2.49%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	24 San Pablo City	183,757	207,927	237,259	2.68%	1.84%	2.17%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	25 San Pedro	189,333	231,403	281,808	4.39%	2.76%	3.39%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	26 Santa Cruz (Capital)	86,978	92,694	101,914	1.37%	1.32%	1.34%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	27 Santa Maria	22,296	24,574	26,267	2.11%	0.92%	1.38%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	28 Santa Rosa City	138,257	185,633	266,943	6.52%	5.14%	5.68%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	29 Siniloan	26,914	29,902	34,877	2.28%	2.15%	2.20%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	30 Victoria	25,424	29,765	33,829	3.44%	1.78%	2.43%	1.90%	1.67%	1.46%	1.25%	1.02%	0.81%	0.62%
	Total	**1,631,082**	**1,965,872**	**2,473,530**										

Annex 3.3 Growth Rate of Population in Adjoining Areas (3/4)

STUDY AREA		NSO POPULATION			Past Growth Rate			NSO Provincial Medium Assumption						
		1-Sep-95	1-May-00	1-Aug-07	1995-2000	2000-2007	1995-2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
6. NUEVA ECIJA	1 Aliaga	45,815	50,004	61,270	1.89%	2.84%	2.47%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	2 Bongabon	44,856	49,255	63,639	2.02%	3.60%	2.98%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	3 Cabanatuan City	201,033	222,859	259,267	2.23%	2.11%	2.16%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	4 Cabiao	55,902	62,624	68,382	2.46%	1.22%	1.71%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	5 Carrangalan	29,950	31,720	33,233	1.24%	0.64%	0.88%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	6 Cuyapo	49,791	51,366	55,456	0.67%	1.06%	0.91%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	7 Gabaldon (Bitulok & Sabani)	25,750	28,324	29,619	2.06%	0.62%	1.18%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	8 Gapan City	77,735	89,199	98,795	2.99%	1.42%	2.03%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	9 General Mamerto Natividad	26,140	29,195	33,354	2.40%	1.85%	2.07%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	10 General Tinio													
	11 Guimba	77,935	87,295	96,116	2.46%	1.34%	1.78%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	12 Jaen	53,541	58,274	63,474	1.83%	1.19%	1.44%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	13 Laur	25,143	26,902	30,997	1.46%	1.97%	1.77%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	14 Licab	21,555	21,593	23,675	0.04%	1.28%	0.79%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	15 Llanera	28,127	30,361	33,493	1.65%	1.36%	1.48%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	16 Lupao	29,996	34,190	36,832	2.84%	1.03%	1.74%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	17 Science City of Muñoz	60,162	65,586	71,669	1.87%	1.23%	1.48%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	18 Nampicuan	10,708	11,033	11,786	0.64%	0.91%	0.81%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	19 Palayan City (Capital)	26,851	31,253	32,790	3.31%	0.66%	1.69%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	20 Pantabangan	22,183	23,868	25,520	1.58%	0.93%	1.18%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	21 Peñaranda	22,661	24,749	26,725	1.91%	1.07%	1.39%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	22 Quezon	29,172	31,720	33,988	1.81%	0.96%	1.29%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	23 Rizal	45,834	48,166	52,465	1.07%	1.19%	1.14%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	24 San Antonio	56,130	63,672	67,446	2.74%	0.80%	1.55%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	25 San Isidro	36,283	40,984	44,687	2.65%	1.20%	1.76%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	26 San Jose City	96,860	108,254	122,353	2.41%	1.70%	1.98%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	27 San Leonardo	46,545	50,478	54,596	1.75%	1.09%	1.35%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	28 Santa Rosa	47,522	51,804	58,762	1.87%	1.75%	1.80%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	29 Santo Domingo	40,992	45,934	47,960	2.47%	0.60%	1.33%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	30 Talavera	85,797	97,329	105,122	2.74%	1.07%	1.72%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	31 Talugtug	18,119	18,895	20,671	0.90%	1.25%	1.11%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	32 Zaragoza	33,826	37,645	40,355	2.32%	0.96%	1.49%	1.62%	1.50%	1.31%	1.10%	0.89%	0.70%	0.52%
	Total	**1,472,914**	**1,624,531**	**1,804,497**										
7. NUEVA VIZCAYA	1 Alfonso	4,447	4,808	6,655	1.69%	4.59%	3.44%	2.29%	1.95%	1.69%	1.46%	1.23%	1.01%	0.80%
	2 Aritao	29,151	31,705	34,206	1.82%	1.05%	1.35%	2.29%	1.95%	1.69%	1.46%	1.23%	1.01%	0.80%
	3 Dupax del Sur	13,900	16,371	17,354	3.57%	0.81%	1.88%	2.29%	1.95%	1.69%	1.46%	1.23%	1.01%	0.80%
	4 Dupax Del Norte	22,142	23,196	23,816	1.00%	0.36%	0.61%	2.29%	1.95%	1.69%	1.46%	1.23%	1.01%	0.80%
	5 Santa Fe	11,854	12,949	13,421	1.91%	0.50%	1.05%	2.29%	1.95%	1.69%	1.46%	1.23%	1.01%	0.80%
	Total	**81,494**	**89,029**	**95,452**										

Annex 3.3 Growth Rate of Population in Adjoining Areas (4/4)

STUDY AREA		NSO POPULATION			Past Growth Rate			NSO Provincial Medium Assumption						
		1-Sep-95	1-May-00	1-Aug-07	1995-2000	2000-2007	1995-2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
8. PAMPANGA	1 Angeles City	234,011	263,971	317,398	2.62%	2.57%	2.59%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	2 Apalit	65,720	78,295	97,296	3.82%	3.04%	3.35%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	3 Arayat	85,940	101,792	118,312	3.69%	2.10%	2.72%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	4 Bacolor	13,097	16,147	25,238	4.59%	6.35%	5.66%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	5 Candaba	77,546	86,066	96,589	2.26%	1.60%	1.86%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	6 Floridablanca	76,683	85,394	103,388	2.33%	2.67%	2.54%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	7 Guagua	95,363	96,858	104,601	0.33%	1.07%	0.78%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	8 Lubao	109,667	125,699	143,058	2.97%	1.80%	2.26%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	9 Mabalacat	129,990	171,045	203,307	6.06%	2.41%	3.82%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	10 Macabebe	59,469	65,346	70,332	2.04%	1.02%	1.42%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	11 Magalang	52,607	77,530	98,595	8.67%	3.37%	5.41%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	12 Masantol	45,326	48,120	50,984	1.29%	0.80%	0.99%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	13 Mexico	91,696	109,481	141,298	3.87%	3.58%	3.70%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	14 Minalin	35,670	35,150	40,084	-0.31%	1.83%	0.98%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	15 Porac	75,408	80,757	102,962	1.48%	3.41%	2.65%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	16 San Fernando City (Capital)	193,025	221,857	269,365	3.03%	2.71%	2.84%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	17 San Luis	36,005	41,554	47,517	3.12%	1.87%	2.36%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	18 San Simon	35,474	41,253	48,050	3.29%	2.13%	2.58%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	19 Santa Ana	37,975	42,990	49,756	2.69%	2.04%	2.29%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	20 Santa Rita	32,321	32,780	36,723	0.30%	1.58%	1.08%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	21 Sto Tomas	29,628	32,695	37,866	2.13%	2.05%	2.08%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	22 Sasmuan (Sexmoan)	23,146	23,359	26,630	0.20%	1.82%	1.18%	1.81%	1.62%	1.42%	1.23%	1.02%	0.81%	0.59%
	Total	**1,635,767**	**1,878,139**	**2,229,349**										
9. PANGASINAN	1 Umingan	51,693	58,603	62,497	2.72%	0.89%	1.61%	2.14%	1.99%	1.78%	1.59%	1.43%	1.27%	1.10%
10. QUEZON	1 Dolores	20,749	23,649	26,312	2.84%	1.48%	2.01%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	2 General Nakar	21,121	23,678	24,895	2.48%	0.69%	1.39%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	3 Infanta	39,772	50,992	60,346	5.47%	2.35%	3.56%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	4 Lucban	35,128	38,834	45,616	2.17%	2.24%	2.22%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	5 Real	27,641	30,684	33,073	2.26%	1.04%	1.52%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	6 Sampaloc	10,977	12,858	13,534	3.45%	0.71%	1.77%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	7 Sariaya	100,709	114,568	128,248	2.80%	1.57%	2.05%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	8 Tayabas City	64,449	70,985	87,252	2.09%	2.89%	2.57%	1.70%	1.65%	1.50%	1.31%	1.10%	0.92%	0.78%
	Total	**320,546**	**366,248**	**419,276**										
11. TARLAC	1 Anao	9,240	10,045	10,806	1.81%	1.01%	1.32%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	2 Bamban	37,115	46,360	61,644	4.88%	4.01%	4.35%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	3 Capas	81,036	95,219	122,084	3.52%	3.49%	3.50%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	4 Concepcion	101,243	115,171	135,213	2.80%	2.24%	2.46%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	5 Gerona	63,740	72,618	82,022	2.83%	1.69%	2.14%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	6 La Paz	45,207	52,907	61,324	3.43%	2.06%	2.59%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	7 Pura	18,902	21,081	22,188	2.37%	0.71%	1.35%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	8 Ramos	15,476	16,889	19,646	1.89%	2.11%	2.02%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	9 Tarlac City (Capital)	230,459	262,481	314,155	2.83%	2.51%	2.63%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	10 Victoria	47,546	50,930	57,085	1.48%	1.59%	1.55%	1.70%	1.55%	1.35%	1.16%	0.95%	0.74%	0.56%
	Total	**649,964**	**743,701**	**886,167**										
TOTAL		**8,612,658**	**10,225,491**	**12,454,497**										

Annex 3.4 Population Projection in Adjoining Areas (1/4)

STUDY AREA		Population based on NSO Medium Assumption								
Province	Municipatily	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1. AURORA	1 Dingalan	23,738	24,277	24,828	26,556	29,471	32,408	35,140	37,850	40,421
	2 Maria Aurora	38,091	38,955	39,839	42,613	47,290	52,002	56,386	60,735	64,860
	3 San Luis	25,653	26,235	26,830	28,699	31,849	35,022	37,974	40,903	43,681
	Total	**87,483**	**89,468**	**91,498**	**97,868**	**108,610**	**119,431**	**129,500**	**139,489**	**148,962**
2. BATANGAS	1 Lipa City	278,038	283,183	288,424	304,734	331,119	356,324	379,513	400,387	418,256
	2 Malvar	44,528	45,352	46,191	48,803	53,029	57,065	60,779	64,122	66,984
	3 Santo Tomas	120,688	122,922	125,196	132,276	143,729	154,670	164,735	173,796	181,553
	4 Tanauan City	152,094	154,908	157,775	166,697	181,130	194,918	207,603	219,022	228,796
	Total	**595,348**	**606,365**	**617,586**	**652,510**	**709,008**	**762,977**	**812,630**	**857,327**	**895,589**
3. BULACAN	1 Angat	58,052	59,454	60,890	65,409	72,841	80,199	87,273	93,906	99,960
	2 Balagtas (Bigaa)	68,508	70,163	71,857	77,189	85,960	94,643	102,992	110,820	117,964
	3 Baliuag	149,710	153,325	157,028	168,680	187,847	206,822	225,066	242,172	257,783
	4 Bocaue	115,649	118,442	121,302	130,304	145,109	159,768	173,861	187,075	199,135
	5 Bulacan	79,006	80,914	82,868	89,017	99,132	109,146	118,773	127,800	136,039
	6 Bustos	66,319	67,921	69,561	74,723	83,213	91,619	99,701	107,278	114,194
	7 Calumpit	107,124	109,711	112,361	120,699	134,413	147,991	161,045	173,285	184,456
	8 Dona Remedios Trinidad	20,859	21,363	21,879	23,503	26,173	28,817	31,359	33,742	35,918
	9 Guiguinto	97,515	99,870	102,282	109,872	122,356	134,716	146,600	157,742	167,910
	10 Hagonoy	136,339	139,631	143,003	153,615	171,070	188,351	204,965	220,543	234,760
	11 Malolos City	246,173	252,117	258,206	277,367	308,882	340,085	370,083	398,211	423,882
	12 Marilao	175,360	179,595	183,932	197,581	220,031	242,258	263,628	283,664	301,951
	13 Meycauayan City	214,833	220,021	225,334	242,056	269,560	296,790	322,969	347,516	369,919
	14 Norzagaray	115,270	118,053	120,904	129,876	144,633	159,244	173,291	186,461	198,482
	15 Obando	61,485	62,970	64,491	69,276	77,148	84,941	92,434	99,459	105,871
	16 Pandi	66,271	67,871	69,510	74,669	83,153	91,553	99,629	107,201	114,111
	17 Paombong	55,518	56,859	58,232	62,553	69,660	76,697	83,463	89,806	95,596
	18 Plaridel	106,259	108,825	111,453	119,723	133,327	146,795	159,744	171,885	182,965
	19 Pulilan	92,907	95,150	97,448	104,679	116,573	128,349	139,671	150,286	159,975
	20 San Ildefonso	102,120	104,586	107,111	115,060	128,134	141,077	153,522	165,190	175,839
	21 San Jose del Monte City	479,888	491,477	503,345	540,698	602,134	662,960	721,439	776,271	826,313
	22 San Miguel	151,739	155,404	159,156	170,967	190,393	209,626	228,117	245,455	261,278
	23 San Rafael	93,208	95,459	97,764	105,019	116,952	128,766	140,124	150,774	160,494
	24 Santa Maria	224,330	229,747	235,295	252,756	281,475	309,909	337,246	362,877	386,270
	Total	**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	1 Carmona	75,451	77,466	79,536	86,081	97,059	108,283	119,237	129,710	139,421
	2 Dasmariñas	616,064	632,521	649,418	702,865	792,499	884,143	973,587	1,059,098	1,138,392
	3 Gen.Mariano Alvarez	151,281	155,323	159,472	172,596	194,607	217,111	239,075	260,073	279,545
	4 Silang	221,281	227,192	233,261	252,458	284,653	317,570	349,697	380,411	408,893
	5 Tagaytay City	68,240	70,062	71,934	77,854	87,783	97,934	107,841	117,313	126,096
	Total	**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**

Annex 3.4 Population Projection in Adjoining Areas (2/4)

STUDY AREA		Population based on NSO Medium Assumption								
Province	Municipatily	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
5. LAGUNA	1 Alaminos	43,001	43,720	44,452	46,721	50,243	53,455	56,244	58,558	60,389
	2 Bay	54,050	54,955	55,874	58,727	63,154	67,191	70,697	73,605	75,906
	3 Biñan	279,786	284,469	289,230	303,996	326,911	347,811	365,958	381,014	392,922
	4 Cabuyao	218,704	222,365	226,086	237,629	255,541	271,879	286,063	297,833	307,141
	5 Calamba City	383,662	390,084	396,612	416,861	448,283	476,944	501,827	522,473	538,803
	6 Calauan	57,769	58,735	59,718	62,767	67,499	71,814	75,561	78,670	81,128
	7 Cavinti	21,797	22,162	22,533	23,684	25,469	27,097	28,511	29,684	30,612
	8 Famy	14,458	14,700	14,946	15,709	16,893	17,973	18,911	19,689	20,305
	9 Kalayaan	22,579	22,957	23,341	24,533	26,382	28,069	29,533	30,748	31,709
	10 Liliw	34,851	35,434	36,027	37,867	40,721	43,324	45,585	47,460	48,943
	11 Los Baños	105,032	106,790	108,577	114,121	122,723	130,569	137,381	143,033	147,503
	12 Luisiana	20,505	20,848	21,197	22,279	23,958	25,490	26,820	27,923	28,796
	13 Lumban	30,289	30,796	31,311	32,910	35,390	37,653	39,618	41,248	42,537
	14 Mabitac	18,751	19,065	19,384	20,373	21,909	23,310	24,526	25,535	26,333
	15 Magdalena	21,515	21,875	22,241	23,377	25,139	26,746	28,142	29,299	30,215
	16 Majayjay	25,218	25,640	26,069	27,400	29,465	31,349	32,985	34,342	35,415
	17 Nagcarlan	60,774	61,791	62,825	66,033	71,010	75,550	79,491	82,762	85,349
	18 Paete	26,299	26,739	27,186	28,574	30,728	32,693	34,398	35,814	36,933
	19 Pgsanjan	38,277	38,917	39,569	41,589	44,724	47,583	50,066	52,125	53,755
	20 Pakil	21,556	21,916	22,283	23,421	25,186	26,797	28,195	29,355	30,272
	21 Pangil	24,941	25,358	25,783	27,099	29,142	31,005	32,623	33,965	35,026
	22 Pila	47,097	47,885	48,687	51,173	55,030	58,548	61,603	64,137	66,142
	23 Rizal	16,462	16,738	17,018	17,887	19,235	20,465	21,532	22,418	23,119
	24 San Pablo City	252,657	256,885	261,185	274,519	295,212	314,086	330,473	344,069	354,823
	25 San Pedro	300,097	305,119	310,226	326,065	350,642	373,060	392,524	408,673	421,446
	26 Santa Cruz (Capital)	108,528	110,344	112,191	117,919	126,808	134,915	141,954	147,794	152,413
	27 Santa Maria	27,972	28,440	28,916	30,392	32,683	34,773	36,587	38,092	39,283
	28 Santa Rosa City	284,267	289,025	293,862	308,865	332,146	353,382	371,819	387,116	399,215
	29 Siniloan	37,140	37,762	38,394	40,354	43,396	46,171	48,579	50,578	52,159
	30 Victoria	36,024	36,627	37,240	39,142	42,092	44,783	47,120	49,058	50,592
	Total	**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**

Annex 3.4 Population Projection in Adjoining Areas (3/4)

STUDY AREA		Population based on NSO Medium Assumption								
Province	Municipatily	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
6. NUEVA ECIJA	1 Aliaga	64,636	65,607	66,593	69,639	74,329	78,524	82,086	85,017	87,269
	2 Bongabon	67,135	68,144	69,167	72,331	77,203	81,561	85,260	88,304	90,643
	3 Cabanatuan City	273,511	277,619	281,789	294,680	314,529	332,280	347,351	359,755	369,283
	4 Cabiao	72,139	73,222	74,322	77,722	82,957	87,639	91,614	94,886	97,399
	5 Carrangalan	35,059	35,585	36,120	37,772	40,316	42,592	44,524	46,114	47,335
	6 Cuyapo	58,503	59,381	60,273	63,031	67,276	71,073	74,297	76,950	78,988
	7 Gabaldon (Bitulok & Sabani)	31,246	31,716	32,192	33,665	35,932	37,960	39,682	41,099	42,187
	8 Gapan City	104,223	105,788	107,377	112,289	119,853	126,617	132,360	137,086	140,717
	9 General Mamerto Natividad	35,186	35,715	36,251	37,910	40,463	42,747	44,686	46,281	47,507
	10 General Tinio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11 Guimba	101,397	102,920	104,466	109,244	116,603	123,184	128,771	133,369	136,902
	12 Jaen	66,961	67,967	68,988	72,144	77,003	81,349	85,039	88,076	90,408
	13 Laur	32,700	33,191	33,690	35,231	37,604	39,726	41,528	43,011	44,150
	14 Licab	24,976	25,351	25,732	26,909	28,721	30,342	31,718	32,851	33,721
	15 Llanera	35,333	35,864	36,403	38,068	40,632	42,925	44,872	46,474	47,705
	16 Lupao	38,856	39,439	40,032	41,863	44,683	47,204	49,345	51,108	52,461
	17 Science City of Muñoz	75,606	76,742	77,895	81,458	86,945	91,852	96,018	99,447	102,081
	18 Nampicuan	12,434	12,620	12,810	13,396	14,298	15,105	15,790	16,354	16,787
	19 Palayan City (Capital)	34,591	35,111	35,638	37,269	39,779	42,024	43,930	45,499	46,704
	20 Pantabangan	26,922	27,326	27,737	29,006	30,959	32,707	34,190	35,411	36,349
	21 Peñaranda	28,193	28,617	29,047	30,375	32,421	34,251	35,805	37,083	38,065
	22 Quezon	35,855	36,394	36,941	38,630	41,232	43,559	45,535	47,161	48,410
	23 Rizal	55,347	56,179	57,023	59,631	63,648	67,240	70,290	72,800	74,728
	24 San Antonio	71,151	72,220	73,305	76,658	81,822	86,440	90,360	93,587	96,066
	25 San Isidro	47,142	47,850	48,569	50,791	54,212	57,271	59,869	62,007	63,649
	26 San Jose City	129,075	131,014	132,982	139,065	148,432	156,809	163,921	169,775	174,272
	27 San Leonardo	57,595	58,461	59,339	62,053	66,233	69,971	73,145	75,757	77,763
	28 Santa Rosa	61,990	62,921	63,867	66,788	71,287	75,310	78,726	81,537	83,697
	29 Santo Domingo	50,595	51,355	52,126	54,511	58,182	61,466	64,254	66,549	68,311
	30 Talavera	110,897	112,563	114,254	119,480	127,528	134,726	140,836	145,866	149,729
	31 Talugtug	21,807	22,134	22,467	23,494	25,077	26,492	27,694	28,683	29,442
	32 Zaragoza	42,572	43,212	43,861	45,867	48,956	51,720	54,065	55,996	57,479
	Total	**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	1 Alfonso	7,177	7,317	7,459	7,903	8,592	9,240	9,823	10,327	10,745
	2 Aritao	36,890	37,608	38,340	40,622	44,164	47,493	50,489	53,082	55,229
	3 Dupax del Sur	18,716	19,080	19,451	20,609	22,406	24,095	25,615	26,930	28,020
	4 Dupax Del Norte	25,685	26,185	26,694	28,283	30,749	33,067	35,153	36,958	38,453
	5 Santa Fe	14,474	14,756	15,043	15,938	17,328	18,634	19,810	20,827	21,669
	Total	**102,943**	**104,946**	**106,988**	**113,356**	**123,240**	**132,530**	**140,891**	**148,124**	**154,115**

Annex 3.4 Population Projection in Adjoining Areas (4/4)

STUDY AREA		Population based on NSO Medium Assumption								
Province	Municipatily	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
8. PAMPANGA	1 Angeles City	336,996	342,450	347,993	365,165	391,830	416,474	438,198	456,132	469,744
	2 Apalit	103,304	104,976	106,675	111,939	120,113	127,667	134,326	139,824	143,997
	3 Arayat	125,617	127,650	129,716	136,117	146,057	155,243	163,341	170,026	175,100
	4 Bacolor	26,796	27,230	27,671	29,036	31,156	33,116	34,843	36,269	37,352
	5 Candaba	102,553	104,213	105,900	111,125	119,240	126,739	133,350	138,808	142,950
	6 Floridablanca	109,772	111,548	113,354	118,947	127,633	135,661	142,737	148,579	153,013
	7 Guagua	111,060	112,857	114,684	120,343	129,131	137,252	144,412	150,322	154,808
	8 Lubao	151,891	154,350	156,848	164,588	176,606	187,714	197,505	205,588	211,724
	9 Mabalacat	215,860	219,354	222,904	233,904	250,984	266,769	280,685	292,172	300,891
	10 Macabebe	74,675	75,883	77,112	80,917	86,825	92,286	97,100	101,074	104,090
	11 Magalang	104,683	106,377	108,099	113,433	121,716	129,372	136,120	141,691	145,919
	12 Masantol	54,132	55,008	55,899	58,657	62,940	66,899	70,388	73,269	75,456
	13 Mexico	150,023	152,451	154,918	162,563	174,433	185,404	195,075	203,059	209,119
	14 Minalin	42,559	43,248	43,948	46,116	49,484	52,596	55,340	57,605	59,324
	15 Porac	109,319	111,089	112,887	118,457	127,107	135,102	142,149	147,966	152,382
	16 San Fernando City (Capital)	285,997	290,626	295,330	309,903	332,533	353,447	371,884	387,104	398,656
	17 San Luis	50,451	51,268	52,097	54,668	58,660	62,349	65,602	68,287	70,324
	18 San Simon	51,017	51,843	52,682	55,281	59,318	63,049	66,338	69,053	71,113
	19 Santa Ana	52,828	53,683	54,552	57,244	61,424	65,287	68,693	71,504	73,638
	20 Santa Rita	38,990	39,622	40,263	42,250	45,335	48,186	50,700	52,775	54,350
	21 Sto Tomas	40,204	40,855	41,516	43,565	46,746	49,686	52,278	54,417	56,041
	22 Sasmuan (Sexmoan)	28,274	28,732	29,197	30,638	32,875	34,943	36,765	38,270	39,412
	Total	**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	1 Umingan	67,068	68,400	69,758	73,995	80,820	87,446	93,880	99,970	105,571
10. QUEZON	1 Dolores	27,830	28,288	28,754	30,197	32,532	34,721	36,674	38,398	39,915
	2 General Nakar	26,331	26,765	27,205	28,571	30,780	32,851	34,699	36,330	37,766
	3 Infanta	63,828	64,878	65,946	69,256	74,611	79,631	84,111	88,065	91,544
	4 Lucban	48,248	49,042	49,849	52,351	56,399	60,194	63,580	66,569	69,199
	5 Real	34,981	35,557	36,142	37,956	40,891	43,642	46,097	48,264	50,171
	6 Sampaloc	14,315	14,551	14,790	15,532	16,733	17,859	18,864	19,751	20,531
	7 Sariaya	135,648	137,880	140,150	147,184	158,564	169,233	178,753	187,156	194,551
	8 Tayabas City	92,286	93,805	95,349	100,135	107,877	115,136	121,612	127,329	132,361
	Total	**443,468**	**450,767**	**458,185**	**481,182**	**518,386**	**553,268**	**584,390**	**611,862**	**636,038**
11. TARLAC	1 Anao	11,430	11,607	11,786	12,341	13,195	13,976	14,650	15,202	15,629
	2 Bamban	65,205	66,213	67,237	70,403	75,274	79,727	83,574	86,723	89,159
	3 Capas	129,137	131,133	133,160	139,430	149,078	157,897	165,516	171,753	176,576
	4 Concepcion	143,025	145,236	147,480	154,425	165,110	174,878	183,316	190,223	195,565
	5 Gerona	86,761	88,102	89,464	93,676	100,158	106,083	111,202	115,392	118,633
	6 La Paz	64,867	65,870	66,888	70,037	74,883	79,313	83,140	86,273	88,696
	7 Pura	23,470	23,833	24,201	25,341	27,094	28,697	30,082	31,215	32,092
	8 Ramos	20,781	21,102	21,428	22,437	23,990	25,409	26,635	27,639	28,415
	9 Tarlac City (Capital)	332,305	337,441	342,657	358,792	383,617	406,313	425,918	441,966	454,378
	10 Victoria	60,383	61,316	62,264	65,196	69,707	73,831	77,393	80,309	82,565
	Total	**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		**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**

第4章

Annex 4.1

INDIGENOUS PEOPLE IN CALABARZON (REGION IV-A)

Province	CITY/MUNICIPALITY	BARANGAY	TRIBE	POLULATION
BATANGAS	ROSARIO	PUTINGKAHOY	AETA	
AETA	NONE			
LAGUNA	STA. MARIA			
QUEZON	GENERAL NAKAR	CANAWAY LUMUTAN MAGSIKAP MALIGAYA MINAHAN NORTE PAGSANGAHAN SABLANG SAN MARCELINO UMIRAY	DUMAGAT/REMONTADO	
	INFANTA	CATAMBUNGAN	DUMAGAT	
	REAL	LUBAYAT TANAUAN	DUMAGAT	
	TAYABAS	TONGKO	AETA	
	ALABAT*	BACONG	AETA	
	BURDEOS*	ANIBAWAN BONIFACIO BUKAL CARLAGAN MABINI RIZAL		
	CALAUAG*		AETA	
	CATANAUAN*	AGRO ANUSAN CANCULAJAO POBLACION BRGY 10 SAN ISIDRO SAN JOSE ANYAO SANTOL TAGBACAN IBABA TAGBACAN SILANGAN		
	LOPEZ*	VILLA ESPINA	AETA	
	LUCENA*	BARRA	BADJAO	
	MAUBAN*	CAGSIAY III	DUMAGAT	
	PANUKULAN*	BONBON	DUMAGAT	
	POLILIO*	TALUONG	DUMAGAT	
RIZAL	ANTIPOLO	CALAWIS SAN JOSE SAN YSIRO	DUMAGAT/REMONTADO	
	RODRIGUEZ (MONTALBAN)	PURAY SAN ISIDRO SAN RAFAEL	DUMAGAT/REMONTADO	
	TANAY	ALDEA CAYABU CUYAMABAY DARAITAN KAY BUTO LAIBAN MAMUYAO SAMPLALOC SAN ANDRES SANTO NIÑO STA. INEZ TANDANG KUTYO TINUCAN	DUMAGAT/REMONTADO	
			TOTAL	

NOTE: * OUTSIDE THE STUDY AREA

INDIGENOUS PEOPLE IN REGION III

Province	CITY/MUNICIPALITY	BARANGAY	TRIBE	POLULATION
AURORA				
BATAAN				
BULACAN				
PAMPANGA	FLORIDABLANCA	MAWACAT NABUCLOD		
	PORAC	CAMIAS DIAZ INARARO PLANAS SAPANG UWAK VILLA MARIA		
TARLAC ZAMBALES				

Annex 4.2

ENDANGERED SPECIES IN PROTECTED AREAS ADJACENT TO THE RIVER BASINS

RIVER BASIN	PROTECTED AREA	COMMON NAME	SCIENTIFIC NAME	STATUS
Angat	Angat Watershed Forest Reserve	Ashy thrush	Zoothera cinerea	Vulnerable
		Ashy-breasted flycatcher	Muscicapa randi	Vulnerable
		Celestial monarch	Hypothymis coelestis	Vulnerable
		Flame-breasted fruit dove	Ptilinopus marchei	Vulnerable
		Green racket-tail	Prioniturus luconensis	Vulnerable
		Green-faced parrotfinch	Erythrura viridifacies	Vulnerable
		Luzon fruit bat	Otopteropus cartilagonodus	Vulnerable
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine eagle	Pithecophaga jefferyi	Critically Endangered
		Philippine eagle-owl	Bubo philippensis	Vulnerable
		Philippine hawk-eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		Pygmy forest frog	Platymantis pygmaea	Vulnerable
		Spotted imperial pigeon	Ducula carola	Vulnerable
		Whiskered pitta	Pitta kochi	Vulnerable
Pampanga	Aurora Memorial National Park	Aurora mountain skink	Sphenomorphus tagapayo	Near threatened
		Banded Philippine burrowing snake	Oxyrhabdium leporinum	Least concern
		Black-sided forest skink	Sphenomorphus decipiens	Least concern
		Blue-legged tree frog	Rhacophorus bimaculatus	Vulnerable
		Cuming's eared skink	Mabuya cumingi	assessed
		Cuming's forest skink	Sphenomorphus cumingi	Least concern
		skink	Brachymeles bicolor	Near threatened
		Flame-breasted fruit dove	Ptilinopus marchei	Vulnerable
		Giant golden-crowned flying fox	Acerodon jubatus	Endangered
		Gray's monitor lizard	Varanus olivaceus	Vulnerable
		Green racket-tail	Prioniturus luconensis	Vulnerable
		Kabatangan frog	Rana tipanan	Vulnerable
		Kalinga narrowmouth toad	Kaloula kalingensis	Vulnerable
		Luzon blind snake	Typhlops luzonensis	Data Deficient
		Luzon dwarf snake	Calamaria bitorques	Least concern
		Luzon fruit bat	Otopteropus cartilagonodus	Vulnerable
		Luzon shrew	Crocidura grayi	Vulnerable
		Luzon water-redstart	Rhyacornis bicolor	Vulnerable
		Mottle-winged flying fox	Pteropus leucopterus	Endangered
		Narra	Pterocarpus indicus	Vulnerable
		Negros light-scaled snake	Pseudorabdion oxycephalum	Least concern
		Northern water snake	Rhabdophis spilogaster	Least concern
		Philippine bow-fingered gecko	Cyrtodactylus philippinicus	Least concern
		Philippine duck	Anas luzonica	Vulnerable
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine dwarf snake	Calamaria gervaisii	Least concern
		Philippine eagle	Pithecophaga jefferyi	Endangered
		Philippine hawk-eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		Philippine warty pig	Sus philippensis	Vulnerable
		Polillo forest frog	Platymantis polillensis	Endangered

ENDANGERED SPECIES IN PROTECTED AREAS ADJACENT TO THE RIVER BASINS

RIVER BASIN	PROTECTED AREA	COMMON NAME	SCIENTIFIC NAME	STATUS
Pampanga	Aurora Memorial National Park	Pygmy forest frog	Platymantis pygmaea	Vulnerable
		Pygmy fruit bat	Haplonycteris fischeri	Vulnerable
		Sierra Madre forest frog	Platymantis sierramadrensis	Vulnerable
		Species of skink	Sphenomorphus abdictus	Least concern
		Spotted imperial pigeon	Ducula carola	Vulnerable
		Steere's forest skink	Sphenomorphus steerei	Least concern
		Stub-limbed burrowing skink	Brachymeles bonitae	Least concern
		Tamaho	Gloeocarpus patentivalvis	Endangered
		Whiskered pitta	Pitta kochi	Vulnerable
		White-spotted forest skink	Sphenomorphus leucospilos	Least concern
		Yellow-striped slender tree skink	Lipinia pulchella	Least concern
	Candaba Swamp	Baer's pochard	Aythya baeri	Vulnerable
		Philippine duck	Anas luzonica	Vulnerable
		Spot-billed pelican	Pelecanus philippensis	Vulnerable
		Streaked reed-warbler	Acrocephalus sorghophilus	Vulnerable
	Casecnan Protected Landscape	Ashy thrush	Zoothera cinerea	Vulnerable
		Ashy-breasted flycatcher	Muscicapa randi	Vulnerable
		Flame-breasted fruit dove	Ptilinopus marchei	Vulnerable
		Green-faced parrotfinch	Erythrura viridifacies	Vulnerable
		Luzon fruit bat	Otopteropus cartilagonodus	Vulnerable
		Luzon water-redstart	Rhyacornis bicolor	Vulnerable
		Narra	Pterocarpus indicus	Vulnerable
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine eagle	Pithecophaga jefferyi	Critically Endangered
		Philippine hawk-eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		Philippine pygmy fruit bat	Haplonycteris fischeri	Vulnerable
		Philippine warty pig	Sus philippensis	Vulnerable
		Ulas	Guioa myriadenia	Endangered
	Manila Bay	Black-faced spoonbill	Platalea minor	Endangered
		Chinese crested tern	Sterna bernsteini	Critically Endangered
		Chinese egret	Egretta eulophotes	Vulnerable
		Philippine duck	Anas luzonica	Vulnerable
		Spotted greenshank	Tringa guttifer	Endangered
	Mt. Dingalan	Alamag	Aglaia aherniana	Vulnerable
		Green Racket-tail	Prioniturus luconensis	Vulnerable
		Green-faced parrotfinch	Erythrura viridifacies	Vulnerable
		Kabatangan frog	Hylarana tipanan	Vulnerable
		Kalinga narrowmouth toad	Kaloula kalingensis	Vulnerable
		Kanining-peneras	Aglaia pyriformis	Vulnerable
		Luzon fruit bat	Otopteropus cartilagonodus	Vulnerable
		Luzon water-redstart	Rhyacornis bicolor	Vulnerable
		Mottle-winged flying fox	Pteropus leucopterus	Endangered
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine eagle	Pithecophaga jefferyi	Critically Endangered

ENDANGERED SPECIES IN PROTECTED AREAS ADJACENT TO THE RIVER BASINS

RIVER BASIN	PROTECTED AREA	COMMON NAME	SCIENTIFIC NAME	STATUS
Pampanga	Mt. Dingalan	Philippine eagle-owl	Bubo philippensis	Vulnerable
		Philippine hawk-eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		Philippine warty pig	Sus philippensis	Vulnerable
		Pygmy forest frog	Platymantis pygmaea	Vulnerable
		Sierra Madre forest frog	Platymantis sierramadrensis	Vulnerable
		Spotted imperial pigeon	Ducula carola	Vulnerable
		Ulas	Guioa myriadenia	Endangered
		Whiskered pitta	Pitta kochi	Vulnerable
	Mt. Arayat			
	South Central Sierra Madre Mountains			
Pasig-Marikina	Pasig River			
Laguna Lake	Mt. Makiling Forest Reserve	Ashy thrush	Zoothera cinerea	Vulnerable
		Bagtikan/White lauan	Parashorea malaanonan	Critically Endangered
		Balobo	Diplodiscus paniculatus	Vulnerable
		Banded Philippine burrowing snake	Oxyrhabdium leporinum	Vulnerable
		Chinese egret	Egretta eulophotes	Vulnerable
		Elemi	Canarium luzonicum	Vulnerable
		Green-faced parrotfinch	Erythrura viridifacies	Vulnerable
		Kalinga narrowmouth toad	Kaloula kalingensis	Vulnerable
		Katmon-kalabao	Dillenia reifferscheidtia	Vulnerable
		Luzon short-nosed rat	Tryphomys adustus	Vulnerable
		Malapaho	Mangifera monandra	Endangered
		Malatapay	Alangium longiflorum	Vulnerable
		Manggachapui/Dalingdingan	Hopea acuminata	Critically Endangered
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine eagle-owl	Bubo philippensis	Vulnerable
		Philippine hawk-eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		White lauan	Shorea contorta	Critically Endangered
		Yakal-kailot	Hopea malibato	Critically Endangered
Laguna Lake	Mts. Banahaw-San Cristobal National Park	Ashy thrush	Zoothera cinerea	Vulnerable
		Bagtikan/White lauan	Parashorea malaanonan	Critically Endangered
		Banahao forest frog	Platymantis banahao	Vulnerable
		Beyer's sphenomorphus	Sphenomorphus beyeri	Near threatened
		Blue-legged tree frog	Rhacophorus bimaculatus	Vulnerable
		Bungang-ipot / Ipot palm	Areca ipot	Vulnerable
		Flame-breasted fruit dove	Ptilinopus marchei	Vulnerable
		Kalinga narrowmouth toad	Kaloula kalingensis	Vulnerable
		Luzon fruit bat	Otopteropus cartilagonodus	Vulnerable
		Luzon shrew	Crocidura grayi	Vulnerable
		Mountain forest frog	Platymantis montana	Vulnerable
		Naomi's forest frog	Platymantis naomiae	Vulnerable

ENDANGERED SPECIES IN PROTECTED AREAS ADJACENT TO THE RIVER BASINS

RIVER BASIN	PROTECTED AREA	COMMON NAME	SCIENTIFIC NAME	STATUS
Laguna Lake	Mts. Banahaw–San Cristobal National Park	Philippine eagle–owl	Bubo philippensis	Vulnerable
		Small rufous horseshoe bat	Rhinolophus subrufus	Vulnerable
		Southern Luzon giant cloud rat	Phloeomys cumingi	Vulnerable
		Species of frog	Platymantis indeprensus	Vulnerable
		Species of frog	Platymantis pseudodorsalis	Vulnerable
	Laguna de Bay			
	Tadlak Lake			
Agos	UP Land Grants (Pakil and Real)	Ashy–breasted flycatcher	Muscicapa randi	Vulnerable
		Celestial monarch	Hypothymis coelestis	Vulnerable
		Japanese night heron	Gorsachius goisagi	Vulnerable
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine eagle–owl	Bubo philippensis	Vulnerable
		Philippine hawk–eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		Streaked reed–warbler	Acrocephalus sorghophilus	Vulnerable
		Whiskered pitta	Pitta kochi	Vulnerable
Agos/Umiray	Mts. Irid–Angilo and Binuang	Ashy thrush	Zoothera cinerea	Vulnerable
		Ashy–breasted flycatcher	Muscicapa randi	Vulnerable
		Celestial monarch	Hypothymis coelestis	Vulnerable
		Flame–breasted fruit dove	Ptilinopus marchei	Vulnerable
		Giant golden–crowned flying fox	Acerodon jubatus	Endangered
		Green racket–tail	Prioniturus luconensis	Vulnerable
		Green–faced parrotfinch	Erythrura viridifacies	Vulnerable
		Luzon fruit bat	Otopteropus cartilagonodus	Vulnerable
		Luzon shrew	Crocidura grayi	Vulnerable
		Mottle–winged flying fox	Pteropus leucopterus	Endangered
		Narra	Pterocarpus indicus	Vulnerable
		Philippine dwarf kingfisher	Ceyx melanurus	Vulnerable
		Philippine eagle	Pithecophaga jefferyi	Critically Endangered
		Philippine eagle–owl	Bubo philippensis	Vulnerable
		Philippine hawk–eagle	Spizaetus philippensis	Vulnerable
		Philippine pygmy fruit bat	Haplonycteris fischeri	Vulnerable
		Philippine warty pig	Sus philippensis	Vulnerable
Agos/Umiray	Mts. Irid–Angilo and Binuang	Polillo forest frog	Platymantis polillensis	Endangered
		Sierra Madre forest frog	Platymantis sierramadrensis	Vulnerable
		Spotted imperial pigeon	Ducula carola	Vulnerable
		Ulas	Guioa myriadenia	Endangered
		Whiskered pitta	Pitta kochi	Vulnerable
		Yakal–kailot	Hopea malibato	Critically Endangered
Umiray	Umiray River			

第5章

Annex 5.1 Projection of Service Coverage by Municipality (1/4)

Province		Municipality	Level III Coverage				Level II Coverage				Level I Coverage			
			2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040
1. AURORA	1	Dingalan	96.31%	97.54%	98.77%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.69%	2.46%	1.23%	0.00%
	2	Maria Aurora	96.12%	97.41%	98.71%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.88%	2.59%	1.29%	0.00%
	3	San Luis	51.65%	58.29%	64.94%	71.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	48.35%	41.71%	35.06%	28.42%
		Average	**81.36%**	**84.42%**	**87.47%**	**90.53%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**18.64%**	**15.58%**	**12.53%**	**9.47%**
2. BATANGAS	1	Lipa City	53.71%	65.43%	77.14%	88.86%	7.76%	0.00%	0.00%	0.00%	38.53%	34.57%	22.86%	11.14%
	2	Malvar	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	3	Santo Tomas	98.39%	98.92%	99.46%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.61%	1.08%	0.54%	0.00%
	4	Tanauan City	53.71%	65.43%	77.14%	88.86%	7.76%	0.00%	0.00%	0.00%	38.53%	34.57%	22.86%	11.14%
		Average	**76.45%**	**82.44%**	**88.44%**	**94.43%**	**3.88%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**19.67%**	**17.56%**	**11.56%**	**5.57%**
3. BULACAN	1	Angat	51.39%	67.59%	83.80%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	48.61%	32.41%	16.20%	0.00%
	2	Balagtas (Bigaa)	79.75%	86.50%	93.25%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.25%	13.50%	6.75%	0.00%
	3	Baliuag	55.19%	70.13%	85.06%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	44.81%	29.87%	14.94%	0.00%
	4	Bocaue	73.31%	82.21%	91.10%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	26.69%	17.79%	8.90%	0.00%
	5	Bulacan	70.51%	80.34%	90.17%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	29.49%	19.66%	9.83%	0.00%
	6	Bustos	64.49%	76.33%	88.16%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	35.51%	23.67%	11.84%	0.00%
	7	Calumpit	97.03%	98.02%	99.01%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.97%	1.98%	0.99%	0.00%
	8	Dona Remedios Trinidad	93.43%	95.62%	97.81%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.57%	4.38%	2.19%	0.00%
	9	Guiguinto	37.27%	54.25%	71.23%	88.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	62.73%	45.75%	28.77%	11.79%
	10	Hagonoy	89.17%	92.78%	96.39%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.83%	7.22%	3.61%	0.00%
	11	Malolos City	46.67%	63.65%	80.63%	97.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	53.33%	36.35%	19.37%	2.39%
	12	Marilao	55.56%	70.37%	85.19%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	44.44%	29.63%	14.81%	0.00%
	13	Meycauayan City	72.03%	81.36%	90.68%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	27.97%	18.64%	9.32%	0.00%
	14	Norzagaray	68.73%	79.15%	89.58%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	31.27%	20.85%	10.42%	0.00%
	15	Obando	96.01%	97.34%	98.67%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.99%	2.66%	1.33%	0.00%
	16	Pandi	98.53%	99.02%	99.51%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.47%	0.98%	0.49%	0.00%
	17	Paombong	89.21%	92.80%	96.40%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.79%	7.20%	3.60%	0.00%
	18	Plaridel	70.59%	80.39%	90.20%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	29.41%	19.61%	9.80%	0.00%
	19	Pulilan	3.68%	20.66%	37.64%	54.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	96.32%	79.34%	62.36%	45.37%
	20	San Ildefonso	30.80%	47.78%	64.77%	81.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	69.20%	52.22%	35.23%	18.25%
	21	San Jose del Monte City	97.03%	98.02%	99.01%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.97%	1.98%	0.99%	0.00%
	22	San Miguel	46.53%	63.51%	80.49%	97.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	53.47%	36.49%	19.51%	2.52%
	23	San Rafael	25.77%	42.75%	59.73%	76.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	74.23%	57.25%	40.27%	23.29%
	24	Santa Maria	60.00%	73.33%	86.67%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	40.00%	26.67%	13.33%	0.00%
		Average	**65.53%**	**75.58%**	**85.63%**	**95.68%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**34.47%**	**24.42%**	**14.37%**	**4.32%**
4. CAVITE	1	Carmona	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	Dasmariñas	99.88%	99.92%	99.96%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.08%	0.04%	0.00%
	3	Gen.Mariano Alvarez	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	4	Silang	91.56%	94.37%	97.19%	100.00%	8.14%	5.33%	2.51%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%
	5	Tagaytay City	90.00%	93.34%	96.67%	100.00%	7.07%	3.73%	0.40%	0.00%	2.93%	2.93%	2.93%	0.00%
		Average	**96.29%**	**97.53%**	**98.76%**	**100.00%**	**3.04%**	**1.81%**	**0.58%**	**0.00%**	**0.67%**	**0.66%**	**0.65%**	**0.00%**

Annex 5.1 Projection of Service Coverage by Municipality (2/4)

Province		Municipality	Level III Coverage				Level II Coverage				Level I Coverage			
			2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040
5. LAGUNA	1	Alaminos	81.34%	87.56%	93.78%	100.00%	14.81%	8.59%	2.37%	0.00%	3.85%	3.85%	3.85%	0.00%
	2	Bay	68.19%	76.27%	84.35%	92.44%	8.70%	0.62%	0.00%	0.00%	23.11%	23.11%	15.65%	7.56%
	3	Biñan	23.08%	31.16%	39.24%	47.33%	30.77%	22.68%	14.60%	6.52%	46.16%	46.16%	46.16%	46.16%
	4	Cabuyao	34.33%	42.41%	50.50%	58.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	65.67%	57.59%	49.50%	41.42%
	5	Calamba City	58.85%	66.94%	75.02%	83.10%	24.21%	16.12%	8.04%	0.00%	16.94%	16.94%	16.94%	16.90%
	6	Calauan	9.11%	17.19%	25.27%	33.36%	33.20%	25.12%	17.03%	8.95%	57.69%	57.69%	57.69%	57.69%
	7	Cavinti	0.00%	8.08%	16.17%	24.25%	68.57%	60.49%	52.41%	44.32%	31.43%	31.43%	31.43%	31.43%
	8	Famy	26.40%	34.48%	42.57%	50.65%	24.50%	16.42%	8.33%	0.25%	49.10%	49.10%	49.10%	49.10%
	9	Kalayaan	16.38%	24.47%	32.55%	40.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	83.62%	75.53%	67.45%	59.37%
	10	Liliw	89.29%	92.86%	96.43%	100.00%	10.71%	7.14%	3.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	11	Los Baños	86.92%	91.28%	95.64%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.08%	8.72%	4.36%	0.00%
	12	Luisiana	29.77%	37.86%	45.94%	54.03%	67.62%	59.54%	51.45%	43.37%	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%
	13	Lumban	59.50%	67.58%	75.67%	83.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	40.50%	32.42%	24.33%	16.25%
	14	Mabitac	30.98%	39.07%	47.15%	55.23%	24.71%	16.63%	8.54%	0.46%	44.31%	44.31%	44.31%	44.31%
	15	Magdalena	72.76%	80.84%	88.93%	97.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	27.24%	19.16%	11.07%	2.99%
	16	Majayjay	88.13%	92.09%	96.04%	100.00%	11.87%	7.91%	3.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	17	Nagcarlan	78.89%	85.93%	92.96%	100.00%	13.66%	6.62%	0.00%	0.00%	7.45%	7.45%	7.04%	0.00%
	18	Paete	81.34%	87.56%	93.78%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	18.66%	12.44%	6.22%	0.00%
	19	Pagsanjan	67.34%	75.42%	83.50%	91.59%	2.09%	0.00%	0.00%	0.00%	30.57%	24.58%	16.50%	8.41%
	20	Pakil	49.88%	57.96%	66.04%	74.13%	6.14%	0.00%	0.00%	0.00%	43.98%	42.04%	33.96%	25.87%
	21	Pangil	44.29%	52.37%	60.45%	68.54%	0.84%	0.00%	0.00%	0.00%	54.87%	47.63%	39.55%	31.46%
	22	Pila	0.00%	8.08%	16.17%	24.25%	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	98.00%	91.92%	83.83%	75.75%
	23	Rizal	94.50%	96.33%	98.17%	100.00%	0.86%	0.00%	0.00%	0.00%	4.64%	3.67%	1.83%	0.00%
	24	San Pablo City	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	25	San Pedro	71.67%	79.75%	87.84%	95.92%	7.67%	0.00%	0.00%	0.00%	20.67%	20.25%	12.16%	4.08%
	26	Santa Cruz (Capital)	37.02%	45.10%	53.19%	61.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	62.98%	54.90%	46.81%	38.73%
	27	Santa Maria	42.00%	50.09%	58.17%	66.25%	36.50%	28.42%	20.34%	12.25%	21.49%	21.49%	21.49%	21.49%
	28	Santa Rosa City	33.74%	41.82%	49.91%	57.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	66.26%	58.18%	50.09%	42.01%
	29	Siniloan	60.51%	68.60%	76.68%	84.76%	19.09%	11.01%	2.92%	0.00%	20.40%	20.40%	20.40%	15.24%
	30	Victoria	6.64%	14.73%	22.81%	30.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	93.36%	85.27%	77.19%	69.10%
		Average	**51.43%**	**58.46%**	**65.50%**	**72.53%**	**13.62%**	**9.58%**	**6.45%**	**3.87%**	**34.95%**	**31.96%**	**28.05%**	**23.60%**

Annex 5.1 Projection of Service Coverage by Municipality (3/4)

Province		Municipality	Level III Coverage				Level II Coverage				Level I Coverage			
			2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040
6. NUEVA ECIJA	1	Aliaga	23.00%	28.04%	33.09%	38.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	77.00%	71.96%	66.91%	61.87%
	2	Bongabon	15.00%	20.04%	25.09%	30.13%	19.00%	13.96%	8.91%	3.87%	66.00%	66.00%	66.00%	66.00%
	3	Cabanatuan City	73.00%	78.04%	83.09%	88.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	27.00%	21.96%	16.91%	11.87%
	4	Cabiao	18.00%	23.04%	28.09%	33.13%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	78.00%	76.96%	71.91%	66.87%
	5	Carrangalan	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	94.96%	89.91%	84.87%
	6	Cuyapo	14.00%	19.04%	24.09%	29.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	86.00%	80.96%	75.91%	70.87%
	7	Gabaldon (Bitulok & Sabani)	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	65.00%	59.96%	54.91%	49.87%	35.00%	35.00%	35.00%	35.00%
	8	Gapan City	22.00%	27.04%	32.09%	37.13%	10.00%	4.96%	0.00%	0.00%	68.00%	68.00%	67.91%	62.87%
	9	General Mamerto Natividad	19.00%	24.04%	29.09%	34.13%	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	79.00%	75.96%	70.91%	65.87%
	10	General Tinio	33.00%	38.04%	43.09%	48.13%	7.00%	1.96%	0.00%	0.00%	60.00%	60.00%	56.91%	51.87%
	11	Guimba	19.00%	24.04%	29.09%	34.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	81.00%	75.96%	70.91%	65.87%
	12	Jaen	20.00%	25.04%	30.09%	35.13%	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	78.00%	74.96%	69.91%	64.87%
	13	Laur	22.00%	27.04%	32.09%	37.13%	17.00%	11.96%	6.91%	1.87%	61.00%	61.00%	61.00%	61.00%
	14	Licab	31.00%	36.04%	41.09%	46.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	69.00%	63.96%	58.91%	53.87%
	15	Llanera	4.00%	9.04%	14.09%	19.13%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	92.00%	90.96%	85.91%	80.87%
	16	Lupao	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	94.96%	89.91%	84.87%
	17	Science City of Muñoz	48.00%	53.04%	58.09%	63.13%	10.00%	4.96%	0.00%	0.00%	42.00%	42.00%	41.91%	36.87%
	18	Nampicuan	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	2.90%	0.00%	0.00%	0.00%	97.10%	94.96%	89.91%	84.87%
	19	Palayan City (Capital)	35.00%	40.04%	45.09%	50.13%	7.00%	1.96%	0.00%	0.00%	58.00%	58.00%	54.91%	49.87%
	20	Pantabangan	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	84.00%	78.96%	73.91%	68.87%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%
	21	Peñaranda	71.00%	76.04%	81.09%	86.13%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	23.96%	18.91%	13.87%
	22	Quezon	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	94.96%	89.91%	84.87%
	23	Rizal	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	99.00%	94.96%	89.91%	84.87%
	24	San Antonio	20.00%	25.04%	30.09%	35.13%	5.00%	0.00%	0.00%	0.00%	75.00%	74.96%	69.91%	64.87%
	25	San Isidro	40.00%	45.04%	50.09%	55.13%	3.00%	0.00%	0.00%	0.00%	57.00%	54.96%	49.91%	44.87%
	26	San Jose City	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	27	San Leonardo	33.00%	38.04%	43.09%	48.13%	20.00%	14.96%	9.91%	4.87%	47.00%	47.00%	47.00%	47.00%
	28	Santa Rosa	44.00%	49.04%	54.09%	59.13%	5.00%	0.00%	0.00%	0.00%	51.00%	50.96%	45.91%	40.87%
	29	Santo Domingo	9.00%	14.04%	19.09%	24.13%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	90.00%	85.96%	80.91%	75.87%
	30	Talavera	41.00%	46.04%	51.09%	56.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.00%	53.96%	48.91%	43.87%
	31	Talugtug	17.00%	22.04%	27.09%	32.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	83.00%	77.96%	72.91%	67.87%
	32	Zaragoza	10.00%	15.04%	20.09%	25.13%	11.00%	5.96%	0.91%	0.00%	79.00%	79.00%	79.00%	74.87%
		Average	24.41%	29.29%	34.18%	39.06%	8.87%	6.24%	4.86%	4.04%	66.72%	64.47%	60.96%	56.89%
7. NUEVA VIZCAYA	1	Alfonso	52.64%	59.37%	66.10%	72.83%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	47.36%	40.63%	33.90%	27.17%
	2	Aritao	21.03%	27.76%	34.49%	41.22%	30.92%	24.19%	17.47%	10.74%	48.05%	48.05%	48.05%	48.05%
	3	Dupax del Sur	22.38%	29.11%	35.84%	42.57%	20.50%	13.77%	7.04%	0.31%	57.12%	57.12%	57.12%	57.12%
	4	Dupax Del Norte	5.92%	12.65%	19.38%	26.11%	49.23%	42.50%	35.78%	29.05%	44.85%	44.85%	44.85%	44.85%
	5	Santa Fe	4.24%	10.97%	17.70%	24.43%	79.40%	72.67%	65.94%	59.22%	16.36%	16.36%	16.36%	16.36%
		Average	21.25%	27.97%	34.70%	41.43%	36.01%	30.63%	25.24%	19.86%	42.75%	41.40%	40.05%	38.71%

Annex 5.1 Projection of Service Coverage by Municipality (4/4)

Province		Municipality	Level III Coverage				Level II Coverage				Level I Coverage			
			2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040	2010	2020	2030	2040
8. PAMPANGA	1	Angeles City	84.00%	87.92%	91.83%	95.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.00%	12.08%	8.17%	4.25%
	2	Apalit	64.00%	67.92%	71.83%	75.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	36.00%	32.08%	28.17%	24.25%
	3	Arayat	0.00%	3.92%	7.83%	11.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	96.08%	92.17%	88.25%
	4	Bacolor	26.00%	29.92%	33.83%	37.75%	9.00%	5.08%	1.17%	0.00%	65.00%	65.00%	65.00%	62.25%
	5	Candaba	18.00%	21.92%	25.83%	29.75%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	81.00%	78.08%	74.17%	70.25%
	6	Floridablanca	77.00%	80.92%	84.83%	88.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	23.00%	19.08%	15.17%	11.25%
	7	Guagua	58.00%	61.92%	65.83%	69.75%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	41.00%	38.08%	34.17%	30.25%
	8	Lubao	22.00%	25.92%	29.83%	33.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	78.00%	74.08%	70.17%	66.25%
	9	Mabalacat	80.00%	83.92%	87.83%	91.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%	16.08%	12.17%	8.25%
	10	Macabebe	74.00%	77.92%	81.83%	85.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	26.00%	22.08%	18.17%	14.25%
	11	Magalang	0.00%	3.92%	7.83%	11.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	96.08%	92.17%	88.25%
	12	Masantol	0.00%	3.92%	7.83%	11.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	96.08%	92.17%	88.25%
	13	Mexico	21.00%	24.92%	28.83%	32.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	79.00%	75.08%	71.17%	67.25%
	14	Minalin	45.00%	48.92%	52.83%	56.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.00%	51.08%	47.17%	43.25%
	15	Porac	17.00%	20.92%	24.83%	28.75%	11.00%	7.08%	3.17%	0.00%	72.00%	72.00%	72.00%	71.25%
	16	San Fernando City (Capital)	48.00%	51.92%	55.83%	59.75%	16.00%	12.08%	8.17%	4.25%	36.00%	36.00%	36.00%	36.00%
	17	San Luis	0.00%	3.92%	7.83%	11.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	96.08%	92.17%	88.25%
	18	San Simon	54.00%	57.92%	61.83%	65.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.00%	42.08%	38.17%	34.25%
	19	Santa Ana	6.00%	9.92%	13.83%	17.75%	48.00%	44.08%	40.17%	36.25%	46.00%	46.00%	46.00%	46.00%
	20	Santa Rita	16.00%	19.92%	23.83%	27.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	84.00%	80.08%	76.17%	72.25%
	21	Sto Tomas	67.00%	70.92%	74.83%	78.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	33.00%	29.08%	25.17%	21.25%
	22	Sasmuan (Sexmoan)	0.00%	3.92%	7.83%	11.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	96.08%	92.17%	88.25%
		Average	35.32%	39.23%	43.15%	47.07%	3.91%	3.11%	2.39%	1.84%	60.77%	57.66%	54.46%	51.09%
9. PANGASINAN	1	Umingan	7.48%	8.70%	9.92%	11.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	92.52%	91.30%	90.08%	88.87%
10. QUEZON	1	Dolores	86.23%	90.82%	95.41%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.77%	9.18%	4.59%	0.00%
	2	General Nakar	0.00%	6.22%	12.45%	18.67%	73.36%	67.13%	60.91%	54.68%	26.64%	26.64%	26.64%	26.64%
	3	Infanta	52.03%	58.26%	64.48%	70.71%	5.87%	0.00%	0.00%	0.00%	42.10%	41.74%	35.52%	29.29%
	4	Lucban	92.35%	94.90%	97.45%	100.00%	3.21%	0.66%	0.00%	0.00%	4.44%	4.44%	2.55%	0.00%
	5	Real	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	6	Sampaloc	59.62%	65.84%	72.07%	78.29%	40.38%	34.16%	27.93%	21.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	7	Sariaya	20.28%	26.50%	32.73%	38.95%	13.93%	7.71%	1.49%	0.00%	65.79%	65.79%	65.79%	61.05%
	8	Tayabas City	59.52%	65.74%	71.96%	78.19%	32.14%	25.91%	19.69%	13.47%	8.35%	8.35%	8.35%	8.35%
		Average	58.75%	63.54%	68.32%	73.10%	21.11%	16.95%	13.75%	11.23%	20.13%	19.52%	17.93%	15.67%
11. TARLAC	1	Anao	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	94.96%	89.91%	84.87%
	2	Bamban	19.00%	24.04%	29.09%	34.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	81.00%	75.96%	70.91%	65.87%
	3	Capas	38.00%	43.04%	48.09%	53.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	62.00%	56.96%	51.91%	46.87%
	4	Concepcion	31.00%	36.04%	41.09%	46.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	69.00%	63.96%	58.91%	53.87%
	5	Gerona	12.72%	17.77%	22.81%	27.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	87.28%	82.23%	77.19%	72.15%
	6	La Paz	14.00%	19.04%	24.09%	29.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	86.00%	80.96%	75.91%	70.87%
	7	Pura	0.00%	5.04%	10.09%	15.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	94.96%	89.91%	84.87%
	8	Ramos	22.37%	27.41%	32.46%	37.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	77.63%	72.59%	67.54%	62.50%
	9	Tarlac City (Capital)	39.00%	44.04%	49.09%	54.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	61.00%	55.96%	50.91%	45.87%
	10	Victoria	14.00%	19.04%	24.09%	29.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	86.00%	80.96%	75.91%	70.87%
		Average	19.01%	24.05%	29.10%	34.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	80.99%	75.95%	70.90%	65.86%

Annex 5.2
Projected Per Capita Consumption by Municipality (1/3)

Study Area		Projected lpcd								
		2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1. AURORA	1 Dingalan	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	2 Maria Aurora	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	3 San Luis	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	Average	**120.0**	**120.6**	**121.2**	**123.0**	**126.1**	**129.3**	**132.6**	**135.9**	**139.4**
2. BATANGAS	1 Lipa City	155.8	156.6	157.4	159.7	163.8	167.9	172.1	176.5	180.9
	2 Malvar	125.4	126.0	126.6	128.6	131.8	135.1	138.5	142.0	145.6
	3 Santo Tomas	125.4	126.0	126.6	128.6	131.8	135.1	138.5	142.0	145.6
	4 Tanauan City	124.9	125.5	126.1	128.0	131.3	134.6	138.0	141.4	145.0
	Average	**132.9**	**133.5**	**134.2**	**136.2**	**139.7**	**143.2**	**146.8**	**150.5**	**154.3**
3. BULACAN	1 Angat	114.0	114.6	115.1	116.9	119.8	122.9	126.0	129.1	132.4
	2 Balagtas (Bigaa)	145.6	146.3	147.1	149.3	153.0	156.9	160.9	164.9	169.1
	3 Baliuag	135.7	136.4	137.1	139.2	142.7	146.3	150.0	153.8	157.6
	4 Bocaue	122.7	123.3	124.0	125.8	129.0	132.3	135.6	139.0	142.5
	5 Bulacan	113.9	114.5	115.1	116.8	119.8	122.8	125.9	129.1	132.3
	6 Bustos	148.2	148.9	149.7	151.9	155.8	159.7	163.7	167.9	172.1
	7 Calumpit	132.3	133.0	133.7	135.7	139.1	142.6	146.2	149.9	153.7
	8 Dona Remedios Trinidad	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	9 Guiguinto	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	10 Hagonoy	128.5	129.2	129.8	131.8	135.1	138.5	142.0	145.6	149.3
	11 Malolos City	120.1	120.7	121.3	123.2	126.3	129.5	132.7	136.1	139.5
	12 Marilao	155.8	156.6	157.4	159.7	163.8	167.9	172.1	176.5	180.9
	13 Meycauayan City	107.6	108.1	108.7	110.3	113.1	116.0	118.9	121.9	125.0
	14 Norzagaray	89.3	89.7	90.2	91.5	93.8	96.2	98.6	101.1	103.7
	15 Obando	92.7	93.1	93.6	95.0	97.4	99.9	102.4	105.0	107.6
	16 Pandi	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	17 Paombong	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	18 Plaridel	164.6	165.4	166.3	168.8	173.0	177.4	181.9	186.5	191.2
	19 Pulilan	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	20 San Ildefonso	125.9	126.5	127.1	129.0	132.3	135.6	139.1	142.6	146.2
	21 San Jose del Monte City	121.8	122.4	123.0	124.9	128.0	131.3	134.6	138.0	141.5
	22 San Miguel	144.2	144.9	145.6	147.8	151.6	155.4	159.3	163.3	167.5
	23 San Rafael	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	24 Santa Maria	130.7	131.4	132.0	134.0	137.4	140.9	144.4	148.1	151.8
	Average	**127.4**	**128.1**	**128.7**	**130.6**	**133.9**	**137.3**	**140.8**	**144.4**	**148.0**
4. CAVITE	1 Carmona	127.4	128.0	128.7	130.6	133.9	137.3	140.7	144.3	147.9
	2 Dasmariñas	116.1	116.6	117.2	119.0	122.0	125.1	128.2	131.5	134.8
	3 Gen.Mariano Alvarez	125.7	126.4	127.0	128.9	132.2	135.5	138.9	142.4	146.0
	4 Silang	127.9	128.5	129.1	131.1	134.4	137.8	141.3	144.8	148.5
	5 Tagaytay City	202.1	202.1	202.1	202.1	202.1	202.1	202.1	202.1	202.1
	Average	139.8	140.3	140.8	142.3	144.9	147.6	150.3	153.0	155.9

Annex 5.2
Projected Per Capita Consumption by Municipality (2/3)

Study Area		Projected lpcd								
		2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
5. LAGUNA	1 Alaminos	117.5	118.1	118.7	120.5	123.5	126.7	129.9	133.1	136.5
	2 Bay	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	3 Biñan	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	4 Cabuyao	139.3	140.0	140.7	142.9	146.5	150.2	153.9	157.8	161.8
	5 Calamba City	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	6 Calauan	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	7 Cavinti	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	8 Famy	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	9 Kalayaan	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	10 Liliw	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	11 Los Baños	139.1	139.8	140.5	142.6	146.2	149.9	153.7	157.5	161.5
	12 Luisiana	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	13 Lumban	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	14 Mabitac	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	15 Magdalena	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	16 Majayjay	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	17 Nagcarlan	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	18 Paete	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	19 Pgsanjan	114.7	115.3	115.9	117.6	120.6	123.6	126.8	130.0	133.3
	20 Pakil	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	21 Pangil	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	22 Pila	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	23 Rizal	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	24 San Pablo City	183.3	183.3	183.3	183.3	183.3	183.3	183.3	183.3	183.3
	25 San Pedro	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	26 Santa Cruz (Capital)	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	27 Santa Maria	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	28 Santa Rosa City	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	29 Siniloan	104.7	105.3	105.8	107.4	110.1	112.9	115.7	118.6	121.6
	30 Victoria	133.1	133.8	134.5	136.5	139.9	143.5	147.1	150.8	154.6
	Average	**133.1**	**133.8**	**134.4**	**136.3**	**139.6**	**143.0**	**146.4**	**150.0**	**153.6**
6. NUEVA ECIJA	1 Aliaga	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	2 Bongabon	94.4	94.9	95.3	96.8	99.2	101.7	104.3	106.9	109.6
	3 Cabanatuan City	190.6	190.6	190.6	190.6	190.6	190.6	190.6	190.6	190.6
	4 Cabiao	123.1	123.7	124.4	126.2	129.4	132.7	136.0	139.5	143.0
	5 Carrangalan	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	6 Cuyapo	100.2	100.7	101.2	102.7	105.3	108.0	110.7	113.5	116.4
	7 Gabaldon (Bitulok & Sabani)	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	8 Gapan City	115.9	116.5	117.1	118.9	121.9	124.9	128.1	131.3	134.6
	9 General Mamerto Natividad	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	10 General Tinio	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	11 Guimba	116.1	116.7	117.3	119.1	122.1	125.2	128.3	131.6	134.9
	12 Jaen	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	13 Laur	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	14 Licab	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	15 Llanera	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	16 Lupao	151.9	152.6	153.4	155.7	159.6	163.7	167.8	172.0	176.4
	17 Science City of Muñoz	137.5	138.2	138.9	141.0	144.6	148.2	152.0	155.8	159.7
	18 Nampicuan	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	19 Palayan City (Capital)	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	20 Pantabangan	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	21 Peñaranda	109.1	109.7	110.2	111.9	114.7	117.6	120.6	123.6	126.7
	22 Quezon	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	23 Rizal	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	24 San Antonio	105.6	106.1	106.7	108.3	111.0	113.8	116.7	119.6	122.6
	25 San Isidro	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	26 San Jose City	117.0	117.6	118.2	120.0	123.0	126.1	129.3	132.5	135.9
	27 San Leonardo	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	28 Santa Rosa	135.8	136.5	137.2	139.2	142.7	146.3	150.0	153.8	157.7
	29 Santo Domingo	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	30 Talavera	154.3	155.0	155.8	158.2	162.2	166.3	170.4	174.8	179.2
	31 Talugtug	85.2	85.6	86.1	87.4	89.6	91.8	94.1	96.5	99.0
	32 Zaragoza	118.9	119.5	120.1	121.9	125.0	128.2	131.4	134.7	138.1
	Average	**121.2**	**121.8**	**122.3**	**124.1**	**127.1**	**130.1**	**133.3**	**136.5**	**139.8**

Annex 5.2
Projected Per Capita Consumption by Municipality (3/3)

Study Area		Projected lpcd								
		2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
7. NUEVA VIZCAYA	1 Alfonso	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	2 Aritao	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	3 Dupax del Sur	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	4 Dupax Del Norte	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	5 Santa Fe	120.0	120.6	121.2	123.0	126.1	129.3	132.6	135.9	139.4
	Average	**120.0**	**120.6**	**121.2**	**123.0**	**126.1**	**129.3**	**132.6**	**135.9**	**139.4**
8. PAMPANGA	1 Angeles City	143.4	144.1	144.8	147.0	150.7	154.5	158.4	162.4	166.5
	2 Apalit	127.4	128.1	128.7	130.6	133.9	137.3	140.8	144.4	148.0
	3 Arayat	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	4 Bacolor	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	5 Candaba	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	6 Floridablanca	136.3	136.9	137.6	139.7	143.2	146.9	150.6	154.4	158.3
	7 Guagua	137.1	137.8	138.5	140.6	144.1	147.8	151.5	155.3	159.3
	8 Lubao	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	9 Mabalacat	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	10 Macabebe	131.3	131.9	132.6	134.6	138.0	141.5	145.0	148.7	152.5
	11 Magalang	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	12 Masantol	136.7	137.4	138.1	140.2	143.7	147.4	151.1	154.9	158.8
	13 Mexico	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	14 Minalin	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	15 Porac	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	16 San Fernando City (Capital)	148.8	149.5	150.3	152.6	156.4	160.4	164.4	168.6	172.8
	17 San Luis	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	18 San Simon	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	19 Santa Ana	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	20 Santa Rita	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	21 Sto Tomas	137.9	138.5	139.2	141.3	144.9	148.6	152.3	156.2	160.1
	22 Sasmuan (Sexmoan)	131.4	132.1	132.7	134.7	138.1	141.6	145.2	148.8	152.6
	Average	**137.4**	**138.1**	**138.8**	**140.9**	**144.4**	**148.1**	**151.8**	**155.6**	**159.6**
9. PANGASINAN	1 Umingan	112.7	113.2	113.8	115.5	118.4	121.4	124.5	127.6	130.9
10. QUEZON	1 Dolores	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	2 General Nakar	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	3 Infanta	102.5	103.0	103.5	105.1	107.7	110.4	113.2	116.1	119.0
	4 Lucban	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	5 Real	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	6 Sampaloc	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	7 Sariaya	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	8 Tayabas City	96.9	97.4	97.9	99.3	101.8	104.4	107.1	109.8	112.5
	Average	**97.6**	**98.1**	**98.6**	**100.1**	**102.6**	**105.2**	**107.8**	**110.5**	**113.3**
11. TARLAC	1 Anao	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	2 Bamban	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	3 Capas	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	4 Concepcion	136.3	137.0	137.7	139.8	143.3	146.9	150.6	154.4	158.3
	5 Gerona	117.2	117.8	118.4	120.2	123.2	126.3	129.5	132.8	136.1
	6 La Paz	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	7 Pura	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	8 Ramos	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	9 Tarlac City (Capital)	144.5	145.3	146.0	148.2	151.9	155.8	159.7	163.7	167.9
	10 Victoria	102.0	102.5	103.0	104.5	107.2	109.9	112.7	115.5	118.4
	Average	**111.2**	**111.7**	**112.3**	**114.0**	**116.9**	**119.8**	**122.8**	**125.9**	**129.1**

Annex 5.3 Domestic Demand Projection of Each Municipality (1/4)

Study Area			DOMESTIC WATER DEMAND (MLD)								
			2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1. AURORA	1	Dingalan	4.25	4.35	4.45	4.77	5.33	5.89	6.43	6.98	7.51
	2	Maria Aurora	6.80	6.96	7.13	7.65	8.54	9.45	10.32	11.20	12.05
	3	San Luis	2.82	2.91	3.00	3.30	3.83	4.39	4.96	5.57	6.18
		Total	**13.87**	**14.22**	**14.58**	**15.72**	**17.69**	**19.74**	**21.71**	**23.74**	**25.75**
2. BATANGAS	1	Lipa City	41.00	42.23	43.50	47.54	55.35	64.00	72.92	82.02	91.06
	2	Malvar	8.59	8.75	8.91	9.41	10.23	11.02	11.75	12.42	13.01
	3	Santo Tomas	22.96	23.40	23.84	25.22	27.47	29.65	31.70	33.59	35.25
	4	Tanauan City	18.54	19.06	19.59	21.28	24.64	28.39	32.25	36.18	40.08
		Total	**91.10**	**93.44**	**95.84**	**103.45**	**117.69**	**133.06**	**148.63**	**164.21**	**179.40**
3. BULACAN	1	Angat	6.08	6.36	6.66	7.62	9.34	11.24	13.28	15.43	17.65
	2	Balagtas (Bigaa)	12.65	13.05	13.46	14.76	17.00	19.35	21.77	24.20	26.60
	3	Baliuag	19.27	20.14	21.04	23.95	29.19	34.93	41.07	47.53	54.18
	4	Bocaue	16.94	17.51	18.10	19.99	23.30	26.80	30.44	34.14	37.85
	5	Bulacan	10.46	10.83	11.21	12.42	14.54	16.80	19.16	21.58	24.00
	6	Bustos	10.46	10.87	11.29	12.65	15.07	17.68	20.44	23.30	26.21
	7	Calumpit	21.26	21.79	22.33	24.05	26.90	29.77	32.58	35.27	37.80
	8	Dona Remedios Trinidad	3.86	3.96	4.07	4.39	4.94	5.50	6.05	6.58	7.09
	9	Guiguinto	8.96	9.46	9.97	11.64	14.69	18.09	21.78	25.71	29.82
	10	Hagonoy	24.48	25.16	25.85	28.04	31.75	35.56	39.37	43.12	46.73
	11	Malolos City	25.17	26.44	27.75	32.00	39.70	48.22	57.42	67.16	77.28
	12	Marilao	25.69	26.87	28.08	32.00	39.06	46.81	55.11	63.84	72.85
	13	Meycauayan City	27.42	28.36	29.32	32.41	37.81	43.54	49.49	55.56	61.64
	14	Norzagaray	11.96	12.38	12.81	14.20	16.62	19.21	21.90	24.66	27.44
	15	Obando	8.49	8.70	8.92	9.61	10.77	11.93	13.07	14.16	15.19
	16	Pandi	12.83	13.14	13.47	14.48	16.16	17.85	19.49	21.06	22.52
	17	Paombong	9.89	10.16	10.44	11.32	12.82	14.36	15.90	17.41	18.86
	18	Plaridel	19.93	20.65	21.39	23.76	27.92	32.38	37.03	41.81	46.64
	19	Pulilan	3.36	3.70	4.07	5.26	7.50	10.07	12.94	16.08	19.42
	20	San Ildefonso	8.21	8.70	9.21	10.85	13.86	17.23	20.92	24.85	28.98
	21	San Jose del Monte City	87.68	89.86	92.10	99.17	110.94	122.76	134.34	145.44	155.85
	22	San Miguel	18.10	19.04	20.02	23.17	28.91	35.27	42.16	49.46	57.07
	23	San Rafael	6.78	7.22	7.67	9.12	11.81	14.83	18.14	21.68	25.42
	24	Santa Maria	29.76	31.00	32.29	36.41	43.76	51.76	60.26	69.12	78.20
		Total	**429.69**	**445.34**	**461.51**	**513.27**	**604.37**	**701.93**	**804.10**	**909.15**	**1015.26**
4. CAVITE	1	Carmona	14.79	15.18	15.58	16.86	19.02	21.24	23.42	25.52	27.50
	2	Dasmariñas	109.90	112.82	115.83	125.35	141.40	157.91	174.16	189.85	204.61
	3	Gen.Mariano Alvarez	29.26	30.04	30.84	33.37	37.64	42.03	46.34	50.51	54.43
	4	Silang	41.54	42.70	43.90	47.71	54.20	60.97	67.77	74.46	80.96
	5	Tagaytay City	19.60	20.08	20.56	22.09	24.60	27.13	29.53	31.86	33.98
		Total	**215.09**	**220.82**	**226.71**	**245.38**	**276.85**	**309.27**	**341.21**	**372.20**	**401.48**

Annex 5.3 Domestic Demand Projection of Each Municipality (2/4)

Study Area			DOMESTIC WATER DEMAND (MLD)								
			2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
5. LAGUNA	1	Alaminos	6.96	7.10	7.24	7.68	8.39	9.08	9.73	10.36	10.99
	2	Bay	8.36	8.54	8.74	9.34	10.34	11.46	12.57	13.64	14.64
	3	Biñan	25.04	25.68	26.33	28.40	31.90	35.47	39.02	42.48	45.82
	4	Cabuyao	20.40	21.07	21.76	23.93	27.65	31.46	35.28	39.02	42.64
	5	Calamba City	56.77	58.02	59.31	63.36	70.07	76.74	83.19	89.31	95.03
	6	Calauan	3.85	3.96	4.07	4.42	5.03	5.67	6.30	6.94	7.56
	7	Cavinti	1.59	1.62	1.67	1.79	2.01	2.24	2.47	2.69	2.90
	8	Famy	1.32	1.36	1.39	1.50	1.69	1.87	2.06	2.25	2.42
	9	Kalayaan	1.32	1.38	1.43	1.61	1.92	2.24	2.57	2.90	3.22
	10	Liliw	6.72	6.84	6.97	7.36	8.00	8.60	9.16	9.65	10.09
	11	Los Baños	19.94	20.36	20.79	22.12	24.28	26.38	28.35	30.15	31.76
	12	Luisiana	2.55	2.60	2.66	2.83	3.13	3.42	3.71	3.98	4.23
	13	Lumban	4.06	4.17	4.28	4.64	5.24	5.85	6.44	7.01	7.55
	14	Mabitac	1.87	1.91	1.96	2.11	2.36	2.62	2.87	3.12	3.36
	15	Magdalena	3.38	3.47	3.56	3.84	4.31	4.77	5.23	5.66	6.07
	16	Majayjay	4.83	4.92	5.01	5.30	5.76	6.20	6.61	6.98	7.30
	17	Nagcarlan	10.72	10.94	11.17	11.89	13.07	14.22	15.33	16.51	17.59
	18	Paete	4.53	4.63	4.74	5.07	5.62	6.17	6.68	7.17	7.61
	19	Pgsanjan	4.97	5.08	5.19	5.59	6.28	6.97	7.64	8.28	8.88
	20	Pakil	2.61	2.67	2.74	2.94	3.31	3.71	4.11	4.49	4.86
	21	Pangil	2.69	2.76	2.84	3.10	3.54	3.99	4.43	4.87	5.28
	22	Pila	1.47	1.54	1.61	1.90	2.43	3.00	3.59	4.20	4.81
	23	Rizal	3.22	3.28	3.34	3.52	3.82	4.10	4.35	4.57	4.77
	24	San Pablo City	71.26	72.09	72.92	75.49	79.20	82.26	84.54	86.02	86.73
	25	San Pedro	48.03	49.10	50.19	53.62	59.39	65.88	72.19	78.21	83.85
	26	Santa Cruz (Capital)	10.28	10.61	10.94	12.00	13.80	15.65	17.49	19.29	21.02
	27	Santa Maria	3.53	3.61	3.69	3.95	4.38	4.81	5.23	5.63	6.00
	28	Santa Rosa City	25.29	26.12	26.97	29.65	34.24	38.96	43.67	48.29	52.75
	29	Siniloan	4.50	4.60	4.69	4.99	5.48	5.97	6.43	6.90	7.41
	30	Victoria	1.50	1.58	1.65	1.91	2.35	2.81	3.30	3.79	4.27
		Total	**363.57**	**371.61**	**379.85**	**405.87**	**448.99**	**492.57**	**534.57**	**574.34**	**611.45**

Annex 5.4 Domestic Demand Projection of Each Municipality (3/4)

Study Area			DOMESTIC WATER DEMAND (MLD)								
			2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
6. NUEVA ECIJA	1	Aliaga	4.21	4.33	4.44	4.81	5.42	6.03	6.63	7.20	7.75
	2	Bongabon	3.97	4.04	4.11	4.34	4.72	5.09	5.44	5.77	6.07
	3	Cabanatuan City	60.76	61.74	62.73	65.79	70.54	74.83	78.52	81.60	84.02
	4	Cabiao	4.41	4.51	4.62	4.94	5.54	6.20	6.86	7.50	8.11
	5	Carrangalan	1.05	1.10	1.14	1.28	1.52	1.77	2.02	2.28	2.52
	6	Cuyapo	2.77	2.85	2.93	3.18	3.61	4.04	4.46	4.86	5.25
	7	Gabaldon (Bitulok & Sabani)	2.20	2.24	2.28	2.40	2.60	2.79	2.97	3.15	3.30
	8	Gapan City	7.18	7.33	7.48	7.96	8.75	9.53	10.29	11.19	12.03
	9	General Mamerto Natividad	2.12	2.17	2.22	2.38	2.70	3.02	3.33	3.64	3.93
	10	General Tinio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	Guimba	5.91	6.07	6.24	6.77	7.67	8.56	9.45	10.30	11.11
	12	Jaen	4.14	4.23	4.33	4.65	5.26	5.87	6.48	7.06	7.61
	13	Laur	2.43	2.48	2.53	2.68	2.94	3.20	3.44	3.68	3.89
	14	Licab	1.93	1.98	2.03	2.19	2.45	2.70	2.95	3.19	3.41
	15	Llanera	1.36	1.40	1.44	1.56	1.78	2.05	2.32	2.58	2.84
	16	Lupao	1.17	1.22	1.28	1.47	1.80	2.14	2.50	2.85	3.20
	17	Science City of Muñoz	9.33	9.51	9.70	10.28	11.23	12.16	13.03	13.98	14.85
	18	Nampicuan	0.40	0.41	0.42	0.46	0.54	0.63	0.72	0.81	0.90
	19	Palayan City (Capital)	3.04	3.10	3.16	3.36	3.67	4.00	4.36	4.69	5.01
	20	Pantabangan	2.22	2.25	2.29	2.40	2.58	2.75	2.91	3.06	3.19
	21	Peñaranda	3.68	3.74	3.81	4.02	4.37	4.74	5.09	5.41	5.70
	22	Quezon	1.08	1.12	1.17	1.31	1.56	1.81	2.07	2.33	2.58
	23	Rizal	1.69	1.75	1.80	2.02	2.40	2.80	3.20	3.60	3.99
	24	San Antonio	4.24	4.33	4.42	4.70	5.17	5.75	6.32	6.87	7.39
	25	San Isidro	4.39	4.47	4.56	4.84	5.36	5.89	6.40	6.88	7.32
	26	San Jose City	23.23	23.58	23.93	25.02	26.71	28.25	29.57	30.68	31.57
	27	San Leonardo	5.35	5.45	5.56	5.88	6.41	6.93	7.42	7.87	8.29
	28	Santa Rosa	6.93	7.07	7.21	7.66	8.39	9.21	10.00	10.74	11.43
	29	Santo Domingo	2.25	2.30	2.36	2.60	3.00	3.40	3.81	4.21	4.59
	30	Talavera	12.75	13.06	13.38	14.36	16.00	17.62	19.18	20.66	22.05
	31	Talugtug	1.03	1.06	1.08	1.17	1.31	1.45	1.59	1.72	1.85
	32	Zaragoza	2.22	2.27	2.32	2.49	2.76	3.04	3.31	3.63	3.95
		Total	**189.45**	**193.17**	**196.97**	**208.96**	**228.76**	**248.27**	**266.62**	**283.98**	**299.71**
7. NUEVA VIZCAYA	1	Alfonso	0.80	0.82	0.85	0.92	1.05	1.17	1.30	1.42	1.54
	2	Aritao	3.02	3.09	3.17	3.42	3.84	4.26	4.69	5.10	5.50
	3	Dupax del Sur	1.45	1.49	1.53	1.65	1.86	2.07	2.29	2.50	2.70
	4	Dupax Del Norte	1.79	1.84	1.89	2.03	2.28	2.53	2.79	3.04	3.28
	5	Santa Fe	1.25	1.27	1.30	1.39	1.54	1.69	1.84	1.98	2.12
		Total	**8.30**	**8.51**	**8.73**	**9.42**	**10.56**	**11.74**	**12.90**	**14.04**	**15.14**

Annex 5.4 Domestic Demand Projection of Each Municipality (4/4)

Study Area			DOMESTIC WATER DEMAND (MLD)								
			2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
8. PAMPANGA	1	Angeles City	64.07	65.35	66.66	70.76	77.41	83.90	90.04	95.61	100.48
	2	Apalit	14.08	14.37	14.67	15.61	17.15	18.65	20.09	21.41	22.57
	3	Arayat	3.77	3.92	4.08	4.57	5.42	6.32	7.24	8.15	9.03
	4	Bacolor	2.22	2.27	2.32	2.47	2.72	2.97	3.22	3.46	3.71
	5	Candaba	6.50	6.66	6.81	7.37	8.33	9.32	10.29	11.22	12.09
	6	Floridablanca	18.48	18.85	19.24	20.43	22.38	24.28	26.09	27.73	29.17
	7	Guagua	15.06	15.35	15.65	16.66	18.34	20.00	21.58	23.04	24.33
	8	Lubao	10.64	10.92	11.21	12.11	13.63	15.17	16.68	18.12	19.46
	9	Mabalacat	37.92	38.69	39.47	41.91	45.87	49.75	53.42	56.76	59.68
	10	Macabebe	11.74	11.98	12.23	12.99	14.24	15.45	16.61	17.66	18.59
	11	Magalang	3.14	3.27	3.40	3.81	4.52	5.27	6.03	6.79	7.52
	12	Masantol	1.62	1.69	1.76	1.97	2.33	2.72	3.11	3.50	3.87
	13	Mexico	10.24	10.51	10.79	11.67	13.15	14.64	16.12	17.53	18.84
	14	Minalin	4.76	4.87	4.98	5.32	5.89	6.45	7.00	7.50	7.96
	15	Porac	7.41	7.58	7.75	8.28	9.17	10.07	10.95	11.78	12.61
	16	San Fernando City (Capital)	38.74	39.50	40.27	42.69	46.64	50.51	54.19	57.57	60.55
	17	San Luis	1.51	1.57	1.64	1.83	2.18	2.54	2.91	3.27	3.63
	18	San Simon	6.55	6.69	6.83	7.29	8.03	8.77	9.48	10.13	10.71
	19	Santa Ana	3.74	3.82	3.89	4.13	4.52	4.90	5.28	5.63	5.94
	20	Santa Rita	2.31	2.37	2.44	2.65	3.00	3.37	3.73	4.07	4.40
	21	Sto Tomas	6.11	6.24	6.37	6.77	7.44	8.09	8.71	9.28	9.78
	22	Sasmuan (Sexmoan)	0.85	0.88	0.92	1.02	1.21	1.40	1.60	1.80	1.99
		Total	**271.46**	**277.35**	**283.36**	**302.33**	**333.57**	**364.54**	**394.34**	**422.02**	**446.89**
9. PANGASINAN	1	Umingan	2.73	2.80	2.87	3.08	3.43	3.79	4.15	4.51	4.87
10. QUEZON	1	Dolores	3.69	3.77	3.85	4.09	4.49	4.89	5.28	5.64	5.99
	2	General Nakar	1.99	2.03	2.06	2.17	2.35	2.52	2.69	2.85	3.01
	3	Infanta	6.39	6.52	6.65	7.06	7.79	8.63	9.46	10.28	11.08
	4	Lucban	6.85	6.97	7.09	7.46	8.08	8.70	9.30	9.86	10.38
	5	Real	5.21	5.30	5.39	5.66	6.09	6.51	6.89	7.22	7.53
	6	Sampaloc	1.81	1.84	1.87	1.97	2.14	2.31	2.47	2.62	2.77
	7	Sariaya	8.52	8.70	8.89	9.47	10.47	11.48	12.49	13.64	14.93
	8	Tayabas City	11.16	11.36	11.56	12.21	13.29	14.36	15.38	16.35	17.28
		Total	**45.62**	**46.48**	**47.35**	**50.09**	**54.71**	**59.42**	**63.97**	**68.48**	**72.97**
11. TARLAC	1	Anao	0.34	0.36	0.37	0.41	0.48	0.55	0.63	0.70	0.77
	2	Bamban	3.53	3.62	3.72	4.03	4.55	5.08	5.60	6.10	6.57
	3	Capas	10.10	10.34	10.58	11.35	12.61	13.87	15.09	16.23	17.29
	4	Concepcion	12.26	12.58	12.91	13.93	15.65	17.38	19.07	20.69	22.21
	5	Gerona	4.26	4.39	4.53	4.96	5.68	6.42	7.16	7.88	8.56
	6	La Paz	3.10	3.19	3.28	3.57	4.06	4.55	5.04	5.51	5.97
	7	Pura	0.70	0.73	0.76	0.84	0.99	1.14	1.29	1.44	1.58
	8	Ramos	1.21	1.25	1.28	1.38	1.55	1.73	1.90	2.06	2.22
	9	Tarlac City (Capital)	34.90	35.76	36.64	39.41	44.00	48.61	53.09	57.34	61.30
	10	Victoria	2.88	2.97	3.05	3.32	3.77	4.24	4.69	5.13	5.55
		Total	**73.29**	**75.19**	**77.12**	**83.20**	**93.35**	**103.57**	**113.56**	**123.09**	**132.02**
Total			**1,704.17**	**1,748.92**	**1,794.89**	**1,940.77**	**2,189.98**	**2,447.88**	**2,705.76**	**2,959.76**	**3,204.93**

第6章

Annex 6.5.1 Present and Future Irrigation Area of National Irrigation System

A. Angat River Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	Irrigation Area (ha)		Remarks
			Present	Future	
Angat-Maasim RIS (AMRIS)	Angat, Maasim	Bustos weir	26,000	26,791	Right bank = 16,663 ha
	Total		26,000	26,791	Left bank = 10,128 ha

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA,

B. Pampanga River Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	Irrigation Area (ha)		Remarks
			Present	Future	
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	District-Ia	Talavera weir	4,120	4,120	Irrigation area for District-V will be increased by UPRIIS Phase Expansion Plan.
	District-Ib	Rizal weir	16,400	16,400	
	District-II	Rizal weir	22,591	22,591	
	District-III	Bongabon weir	25,881	25,881	
	District-VI	Penaranda weir	19,924	19,924	
	District-V	Rizal weir	16,879	37,200	
	Total		105,795	126,116	
Pampanga Delta RIS (PDRIS)		Cong Dadong weir	6,604	11,920	Existing weir & main canal have full capacity.
	Total		6,604	11,920	
Aulo SRIP		Aulo weir	810	810	
	Total		810	810	
Nueva Ecija Pump RIS		Groundwater	1,313	1,313	
	Total		1,313	1,313	
Porlac-Gumain MP		Gumain weir	3,087	16,750	Irrigation area will be increased by new Gumain
	Total		3,087	16,750	
Balintingon MP		Penaranda dam	0	14,900	New dam irrigation plan
	Total		0	14,900	
Total			117,609	171,809	

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA,

C. Agos River Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	Irrigation Area (ha)		Remarks
			Present	Future	
Agos	Agos	Intake	1,234	1,234	
	Dumacaa	Diversion dam (weir)	1,893	1,893	
	Hanagdong	Diversion dam (weir)	274	274	
	Lagnas	Diversion dam (weir)	639	639	
Total			4,040	4,040	

Source : NIA

D. Laguna Lake Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	Irrigation Area (ha)		Remarks
			Present	Future	
Laguna	Cabuyao East	Diversion dam (weir)	348	348	
	San Cristobal	Diversion dam (weir)	413	413	
	Diezmo	Diversion dam (weir)	852	852	
	Macabling	Diversion dam (weir)	418	418	
	San Juan	Diversion dam (weir)	341	341	
	Sta. Maria	Diversion dam (weir)	974	974	
	Mayor	Diversion dam (weir)	375	375	
	Sta. Cruz	Diversion dam (weir)	2,185	2,185	
	Mabacan	Diversion dam (weir)	272	272	
	Balanac	Diversion dam (weir)	1,000	1,000	
	Lumban	Intake	57	57	
	Malaunod	Diversion dam (weir)	227	227	
Total			7,462	7,462	

Source : NIA

Annex 6.5.2 Present Communal Irrigation System and Small Scale Irrigation by River Basin

A. Angat River Basin

River	Sub-basin Code	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Angat	ANG01	3	77	0	0	77	
	ANG02	4	142	2	62	204	
	ANG03	0	0	0	0	0	
Total		7	219	2	62	281	

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin

River	Sub-basin Code	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Coronell	COR	18	3,408	0	0	3,408	
Pasac	PAS	36	4,697	13	386	5,083	
Penaranda	PEN	2	240	0	0	240	
Rio Chico	RCH	45	12,384	11	524	12,908	
Pampanga	PAM01	6	888	1	40	928	
	PAM02	38	8,840	13	529	9,369	
	PAM03	0	0	0	0	0	
	PAM04	7	457	0	0	457	
	PAM05	11	1,485	1	120	1,605	
	PAN	5	740	2	165	905	US of Rizal weir
Sub-total		67	12,410	17	854	13,264	
Total		168	33,139	41	1,764	34,903	

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

C. Umiray River Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Umiray	Quezon	0	0	0	0	0	
Total		0	0	0	0	0	

Source : NIA & BSWM

D. Agos River Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Agos	Quezon	1	224	0	0	224	
Total		1	224	0	0	224	

Source : NIA & BSWM

E. Pasig-Marikina River Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Pasig-Mari	Rizal	3	206	4	84	290	
Total		3	206	4	84	290	

Source : NIA & BSWM

F. Laguna Lake Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Laguna	Rizal	17	1,563	9	255	1,818	
	Laguna	22	2,171	14	524	2,695	
Total		39	3,734	23	779	4,513	

Source : NIA & BSWM

Annex 6.5.3 Future Communal Irrigation System and Small Scale Irrigation by River Basin

A. Angat River Basin

River	Sub-basin Code	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Angat	ANG01	4	202	0	0	202	
	ANG02	9	313	2	62	375	
	ANG03	0	0	2	55	55	
Total		13	515	4	117	632	

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin

River	Sub-basin Code	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Coronell	COR	20	4,308	5	220	4,528	
Pasac	PAS	45	5,397	16	561	5,958	
Penaranda	PEN	0	0	3	75	75	
Rio Chico	RCH	64	17,012	38	2,455	19,467	
Pampanga	PAM01	18	3,087	1	40	3,127	
	PAM02	39	9,640	26	931	10,571	
	PAM03	0	0	0	0	0	
	PAM04	5	379	2	50	429	
	PAM05	12	1,650	3	150	1,800	
	PAN	6	740	1	220	960	US of Rizal weir
Sub-total		80	15,496	33	1,391	16,887	
Total		209	42,213	95	4,702	46,915	

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

C. Umiray River Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Umiray	Quezon	0	0	0	0	0	
Total		0	0	0	0	0	

Source : NIA & BSWM

D. Agos River Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Agos	Quezon	6	523	0	0	523	
Total		6	523	0	0	523	

Source : NIA & BSWM

E. Pasig-Marikina River Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Pasig-Mari	Rizal	3	206	4	84	290	
Total		3	206	4	84	290	

Source : NIA & BSWM

F. Laguna Lake Basin

River	Province	Communal Irrigation System		Small Scale Irrigation		Total Area (ha)	Remarks
		Nos	Area (ha)	Nos	Area (ha)		
Laguna	Rizal	18	1,638	9	255	1,893	
	Laguna	24	2,341	14	524	2,865	
Total		42	3,979	23	779	4,758	

Source : NIA & BSWM

Annex 6.7.1 Estimation of Diversion Water Demands for Angat-Maasim RIS (AMRIS)

Present irrigation area for AMRIS = Dry Season 26,000 ha, Wet Season 20,335 ha

No.	Source of Estimate	Diver Water Demand for AMRIS (m3/s)													Remarks
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave	
1	Estimate by UPRIS Div.3	37.2	42.1	30.7	5.5	7.3	21.6	8.1	3.9	4.5	8.6	22.1	32.0	18.6	
2	Adjusted Umiray-Angat Transbasin F/S Study, 1992	33.0	30.9	25.7	13.3	4.9	13.2	15.5	11.8	16.0	13.0	23.6	32.8	19.5	Average historical diversion (1978-1987)
3	Adjusted Pre-F/S for additional water supply to AMRIS, 1994	34.0	38.7	19.2	0.6	0.0	0.0	0.9	0.6	1.4	0.0	21.6	29.3	12.2	Irrigation efficiency =45% for wet and dry season
4	Actual Diversion Records (Average for 28 years 1980-2008)	32.7	31.9	25.6	12.2	3.7	11.1	16.2	13.6	15.4	12.0	16.9	29.4	18.4	
5	NIA Estimate (for 2009/10 operation)	43.3	43.8	34.4	10.7	0.0	35.9	31.3	32.9	34.0	24.7	23.1	41.0	29.6	No effective rainfall considered
6	Estimate by the JICA Study Team (case-1) Effective Rainfall = Average year	41.0	41.4	31.8	9.5	0.0	23.2	4.9	0.0	0.5	5.8	17.7	32.6	17.4	Based on NIA's estimate, taking effective rainfall into consideration
7	Estimate by the JICA Study Team (case-2) Effective Rainfall = 80% dependability	**41.3**	**41.7**	**32.2**	**9.7**	**0.0**	**25.5**	**9.9**	**1.2**	**5.4**	**10.1**	**18.8**	**34.2**	**19.2**	Based on NIA's estimate, taking effective rainfall into consideration

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.2 Present Diversion Water Demands for UPRIIS

1. UPRIS Gross Demands (without consideration of Re-use in the Pampanga River System)

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	District-Ia	Talavera dam	Talavera	4,120	2.10	2.30	0.70	0.00	0.10	2.00	2.00	0.60	0.70	1.90	1.60	1.60
	District-Ib	Rizal weir	Pampanga	16,400	22.46	25.92	21.81	6.90	0.65	12.48	9.69	2.61	3.11	6.90	12.48	20.02
	District-II			22,591	30.93	35.70	30.04	9.50	0.89	17.18	13.34	3.60	4.29	9.50	17.18	27.58
	District-V			16,879	23.11	26.68	22.45	7.10	0.66	12.84	9.97	2.69	3.20	7.10	12.84	20.60
	Total at Rizal weir			55,870	76.50	88.30	74.30	23.50	2.20	42.50	33.00	8.90	10.60	23.50	42.50	68.20
	District-III	Bongabon weir	Pampanga	25,881	37.00	41.90	30.50	5.40	7.20	27.40	10.40	4.90	5.70	10.90	22.00	31.80
	District-IV															
	Total at Bongabon weir			25,881	37.00	41.90	30.50	5.40	7.20	27.40	10.40	4.90	5.70	10.90	22.00	31.80
	District-IV	Penaranda weir	Penaranda	19,924	26.10	28.30	15.90	0.00	4.40	17.10	6.40	3.60	4.00	10.40	17.70	21.10
	Total			105,795	141.70	160.80	121.40	28.90	13.90	89.00	51.80	18.00	21.00	46.70	83.80	122.70

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

2. UPRIS Net Water Demands (with consideration of Re-use in the Pampanga River System)

Reuse rate: Rizal weir point = 0.106, Bongabon weir point = 0.180, Penaranda weir point = 0.041

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	District-Ia	Talavera dam	Talavera	4,120	2.10	2.30	0.70	0.00	0.10	2.00	2.00	0.60	0.70	1.90	1.60	1.60
	District-Ib, II, V	Rizal weir	Pampanga	55,870	68.40	78.90	66.40	21.00	2.00	38.00	29.50	8.00	9.50	21.00	38.00	60.90
	District-III, IV	Bongabon weir	Pampanga	25,881	30.30	34.40	25.00	4.50	5.90	22.50	8.50	4.00	4.70	8.90	18.00	26.10
	District-IV	Penaranda weir	Penaranda	19,924	25.00	27.10	15.30	0.00	4.20	16.40	6.10	3.40	3.80	9.90	17.00	20.30
	Total			105,795	125.80	142.70	107.40	25.50	12.20	78.90	46.10	16.00	18.70	41.70	74.60	108.90

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.3 Future Diversion Water Demands for UPRIIS

1. UPRIS Gross Demands (without consideration of Re-use in the Pampanga River System)

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	District-Ia	Talavera dam	Talavera	4,120	2.10	2.30	0.70	0.00	0.10	2.00	2.00	0.60	0.70	1.90	1.60	1.60
	District-Ib	Rizal weir	Pampanga	16,400	22.47	25.92	21.80	6.89	0.65	12.46	9.69	2.63	3.12	6.89	12.46	20.02
	District-II			22,591	30.96	35.70	30.04	9.49	0.89	17.17	13.34	3.62	4.30	9.49	17.17	27.57
	District-V			37,200	50.97	58.78	49.46	15.62	1.46	28.27	21.97	5.96	7.08	15.62	28.27	45.41
	Total at Rizal weir			76,191	104.40	120.40	101.30	32.00	3.00	57.90	45.00	12.20	14.50	32.00	57.90	93.00
	District-III	Bongabon weir	Pampanga	25,881	37.00	41.90	30.50	5.40	7.20	27.40	10.40	4.90	5.70	10.90	22.00	31.80
	District-IV															
	Total at Bongabon weir			25,881	37.00	41.90	30.50	5.40	7.20	27.40	10.40	4.90	5.70	10.90	22.00	31.80
	District-IV	Penaranda weir	Penaranda	19,924	26.10	28.30	15.90	0.00	4.40	17.10	6.40	3.60	4.00	10.40	17.70	21.10
	Total			126,116	169.60	192.90	148.40	37.40	14.70	104.40	63.80	21.30	24.90	55.20	99.20	147.50

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

2. UPRIS Net Water Demands (with consideration of Re-use in the Pampanga River System)

Reuse rate: Rizal weir point = 0.106, Bongabon weir point = 0.180, Penaranda weir point = 0.041

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	District-Ia	Talavera dam	Talavera	4,120	2.10	2.30	0.70	0.00	0.10	2.00	2.00	0.60	0.70	1.90	1.60	1.60
	District-Ib, II, V	Rizal weir	Pampanga	76,191	93.33	107.64	90.56	28.61	2.68	51.76	40.23	10.91	12.96	28.61	51.76	83.14
	District-III, IV	Bongabon weir	Pampanga	25,881	30.30	34.40	25.00	4.50	5.90	22.50	8.50	4.00	4.70	8.90	18.00	26.10
	District-IV	Penaranda weir	Penaranda	19,924	25.00	27.10	15.30	0.00	4.20	16.40	6.10	3.40	3.80	9.90	17.00	20.30
	Total			126,116	150.73	171.44	131.56	33.11	12.88	92.66	56.83	18.91	22.16	49.31	88.36	131.14

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.4 Present Diversion Water Demands for National Irrigation System (1/2)

A. Angat River Basin (Annex 6.7.1)

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat-Massim RIS (AMRIS)	Left bank	Bustos weir	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
	Right bank	Bustos weir + 3 weirs	Angat+Massim													
	Total			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

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin (Net water demands for UPRIS in Annex 6.7.2)

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	Dist - Ia	Talavera dam	Talavera	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
	Dist - Ib+II+V	Rizal weir	Pampanga	55,870	68.4	78.9	66.4	21.0	2.0	38.0	29.5	8.0	9.5	21.0	38.0	60.9
	Dist - III+IV	Bongabon weir	Pampanga	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
	Dist - IV	Penaranda weir	Penaranda	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
	Total			105,795	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		Aulo dam	Aulo	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
PDRIS		Cong-Dadong dam	Pampanga	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
Porlac-Gumain	Porlac-Solib	Porlac & Solib weirs	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 dam	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				4.1	4.8	4.0	1.3	0.1	2.7	1.6	0.5	0.5	1.3	2.1	3.7
Grand 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

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.4 Present Diversion Water Demands for National Irrigation System (2/2)

C. Agos River Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agos				1,234	1.9	1.9	1.5	0.4	0.0	1.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.9	1.6
Dumacaa				1,893	2.9	2.9	2.3	0.7	0.0	1.8	0.7	0.1	0.4	0.7	1.3	2.4
Hanagdong				274	0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3
Lagnas				639	1.0	1.0	0.8	0.2	0.0	0.6	0.2	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8
Total				4,040	6.2	6.3	4.9	1.5	0.0	3.8	1.5	0.2	0.8	1.5	2.8	5.2

Source : Prepared by Study Team

D. Laguna Lake Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cabuyao East				348	0.5	0.5	0.4	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4
San Cristobal				413	0.6	0.6	0.5	0.1	0.0	0.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5
Diezmo				852	1.3	1.3	1.0	0.3	0.0	0.8	0.3	0.0	0.2	0.3	0.6	1.1
Macabling				418	0.6	0.7	0.5	0.2	0.0	0.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5
San Juan				341	0.5	0.5	0.4	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4
Sta. Maria				974	1.5	1.5	1.2	0.4	0.0	0.9	0.4	0.0	0.2	0.4	0.7	1.2
Mayor				375	0.6	0.6	0.5	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5
Sta. Cruz				2,185	3.4	3.4	2.6	0.8	0.0	2.1	0.8	0.1	0.4	0.8	1.5	2.8
Mabacan				272	0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3
Balanac				1,000	1.5	1.6	1.2	0.4	0.0	1.0	0.4	0.0	0.2	0.4	0.7	1.3
Lumban				57	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Malaunod				227	0.3	0.4	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3
Total				7,462	11.5	11.6	9.0	2.7	0.0	7.1	2.8	0.3	1.5	2.8	5.2	9.5

Source : Prepared by Study Team

Annex 6.7.5 Future Diversion Water Demands for National Irrigation System (1/2)

A. Angat River Basin (Annex 6.7.1)

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat-Massim RIS (AMRIS)	Left bank	Bustos weir	Angat	26,791	42.5	43.0	33.2	10.0	0.0	26.3	10.2	1.2	5.6	10.4	19.4	35.2
	Right bank	Bustos weir + 3 weirs	Angat+Massim													
	Total			26,791	42.5	42.3	33.2	10.0	0.0	26.3	10.2	1.2	5.6	10.4	19.4	35.2

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin (Net water demands for UPRIS in Annex 6.7.2)

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Upper Pampanga River Integrated Irrigation System (UPRIIS)	Dist - Ia	Talavera dam	Talavera	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
	Dist - Ib+II+V	Rizal weir	Pampanga	76,191	93.3	107.6	90.6	28.6	2.7	51.8	40.2	10.9	13.0	28.6	51.8	83.1
	Dist - III+IV	Bongabon weir	Pampanga	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
	Dist - IV	Penaranda weir	Penaranda	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
	Total			126,116	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		Aulo dam	Aulo	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
Balintingon		Balintingon weir	Penaranda	14,900	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		Cong-Dadong dam	Pampanga	11,920	15.7	16.9	9.5	0.0	2.7	10.3	3.8	2.2	2.3	6.1	10.6	12.6
Porlac-Gumain	Polrac-Solib	Porlac & Solib weirs	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 dam	Gumain	15,292	11.0	10.6	5.7	5.7	6.7	4.9	3.5	5.8	5.1	2.2	7.8	10.8
	Total				12.9	12.9	7.6	6.3	6.7	6.2	4.3	6.0	5.3	2.8	8.8	12.5
Grand 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

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.5 Future Diversion Water Demands for National Irrigation System (2/2)

C. Agos River Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agos				1,234	1.9	1.9	1.5	0.4	0.0	1.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.9	1.6
Dumacaa				1,893	2.9	2.9	2.3	0.7	0.0	1.8	0.7	0.1	0.4	0.7	1.3	2.4
Hanagdong				274	0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3
Lagnas				639	1.0	1.0	0.8	0.2	0.0	0.6	0.2	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8
Total				4,040	6.2	6.3	4.9	1.5	0.0	3.8	1.5	0.2	0.8	1.5	2.8	5.2

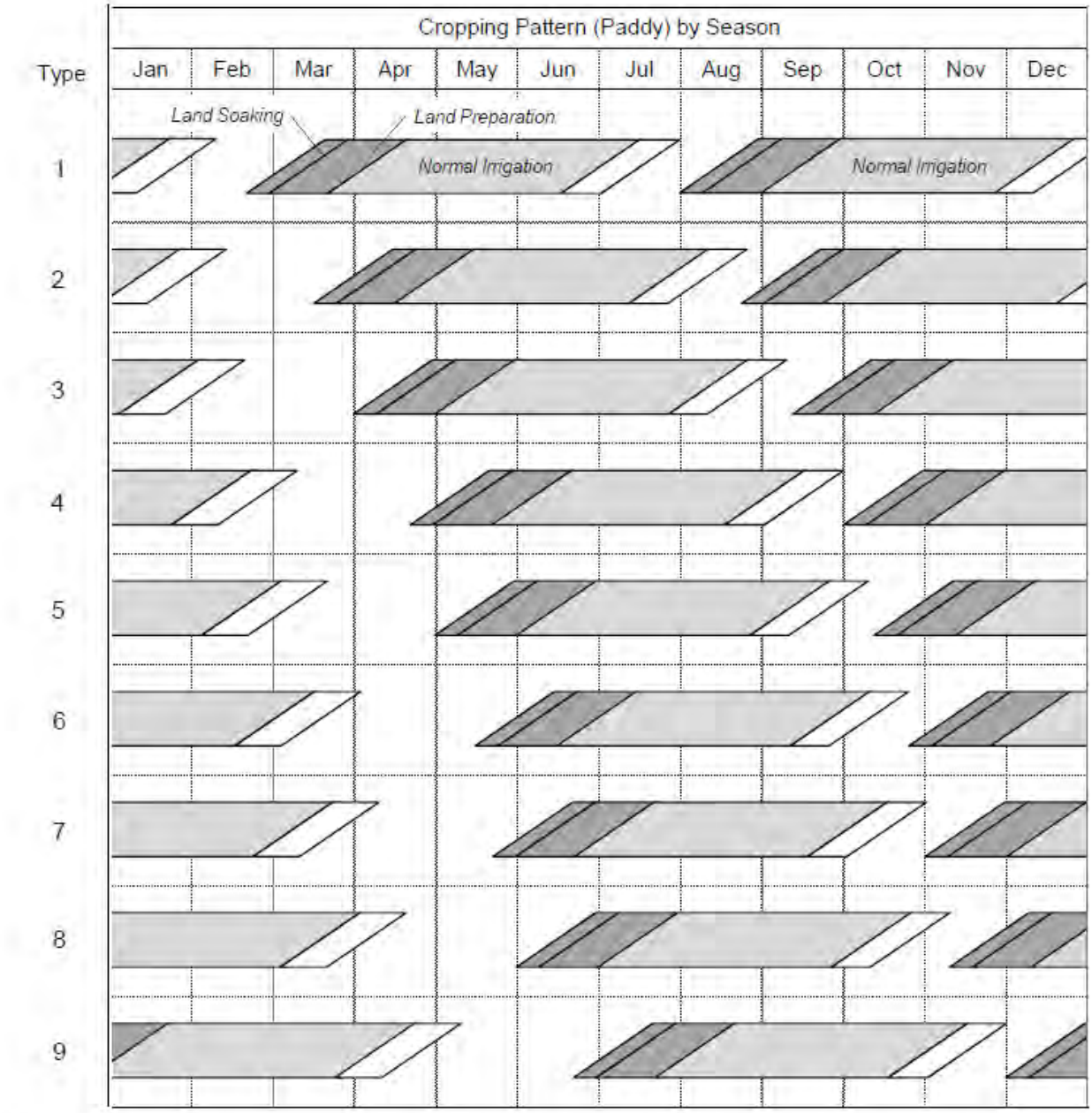
Source : Prepared by Study Team

D. Laguna Lake Basin

NIS	Sub-system	Intake Point	River	Irrigation Area (ha)	Diversion Water Demand (m^3/s)											
					Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cabuyao East				348	0.5	0.5	0.4	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4
San Cristobal				413	0.6	0.6	0.5	0.1	0.0	0.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5
Diezmo				852	1.3	1.3	1.0	0.3	0.0	0.8	0.3	0.0	0.2	0.3	0.6	1.1
Macabling				418	0.6	0.7	0.5	0.2	0.0	0.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5
San Juan				341	0.5	0.5	0.4	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4
Sta. Maria				974	1.5	1.5	1.2	0.4	0.0	0.9	0.4	0.0	0.2	0.4	0.7	1.2
Mayor				375	0.6	0.6	0.5	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5
Sta. Cruz				2,185	3.4	3.4	2.6	0.8	0.0	2.1	0.8	0.1	0.4	0.8	1.5	2.8
Mabacan				272	0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3
Balanac				1,000	1.5	1.6	1.2	0.4	0.0	1.0	0.4	0.0	0.2	0.4	0.7	1.3
Lumban				57	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Malaunod				227	0.3	0.4	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3
Total				7,462	11.5	11.6	9.0	2.7	0.0	7.1	2.8	0.3	1.5	2.8	5.2	9.5

Source : Prepared by Study Team

Annex 6.7.6 Proposed Cropping Pattern for Small Scale Irrigation Project



Remarks: *Irrigation Period:* *Land soaking & Land preparation* *Normal Irrigation*
No Irrigation Period: *Dry up period for harvesting*

Source: The Master Plan Study on the Small-Scale Irrigation Development Project, JICA, 1992

Annex 6.7.7 Present Diversion Water Demand for Communal Irrigation System

A. Angat River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	ANG01	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	ANG02	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
	ANG03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Coronell	COR	3.0	3.2	1.8	0.0	0.7	2.9	1.1	0.6	0.7	1.8	2.0	2.4
Pasac	PAS	4.1	4.5	2.5	0.0	1.0	4.0	1.5	0.8	0.9	2.4	2.8	3.3
Penaranda	PEN	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Rio Chico	RCH	10.9	11.8	6.6	0.0	2.7	10.6	4.0	2.2	2.5	6.4	7.4	8.8
Pampanga	PAM01	0.8	0.8	0.5	0.0	0.2	0.8	0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.6
	PAM02	7.8	8.4	4.7	0.0	1.9	7.6	2.8	1.6	1.8	4.6	5.3	6.3
	PAM03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	PAM04	0.4	0.4	0.2	0.0	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
	PAM05	1.3	1.4	0.8	0.0	0.3	1.3	0.5	0.3	0.3	0.8	0.9	1.1
	PAN	0.6	0.7	0.4	0.0	0.2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5
Sub-total		10.9	11.8	6.7	0.0	2.7	10.7	4.0	2.2	2.5	6.5	7.4	8.8
Total		29.1	31.5	17.8	0.0	7.3	28.5	10.6	6.0	6.6	17.2	19.7	23.5

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

C. Umiray River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Umiray	Quezon	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Source : Prepared by Study Team

D. Agos River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agos	Quezon	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Total		0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2

Source : Prepared by Study Team

E. Pasig-Marikina River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Pasig-	Rizal	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Total		0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1

Source : Prepared by Study Team

F. Laguna Lake Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Laguna	Rizal	1.0	1.0	0.6	0.0	0.2	0.9	0.4	0.2	0.2	0.6	0.7	0.8
	Laguna	1.3	1.4	0.8	0.0	0.3	1.3	0.5	0.3	0.3	0.8	0.9	1.1
Total		2.3	2.5	1.4	0.0	0.6	2.2	0.8	0.5	0.5	1.4	1.6	1.9

Source : Prepared by Study Team

Annex 6.7.8 Future Diversion Water Demand for Communal Irrigation System

A. Angat River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	ANG01	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
	ANG02	0.4	0.4	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
	ANG03	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		0.6	0.6	0.3	0.0	0.1	0.6	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Coronell	COR	3.8	4.1	2.3	0.0	0.9	3.7	1.4	0.8	0.9	2.2	2.6	3.1
Pasac	PAS	4.7	5.1	2.9	0.0	1.2	4.6	1.7	1.0	1.1	2.8	3.2	3.8
Penaranda	PEN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rio Chico	RCH	14.9	16.2	9.1	0.0	3.7	14.6	5.4	3.1	3.4	8.8	10.1	12.1
Pampanga	PAM01	2.7	2.9	1.7	0.0	0.7	2.7	1.0	0.6	0.6	1.6	1.8	2.2
	PAM02	8.5	9.2	5.2	0.0	2.1	8.3	3.1	1.7	1.9	5.0	5.7	6.8
	PAM03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	PAM04	0.3	0.4	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
	PAM05	1.4	1.6	0.9	0.0	0.4	1.4	0.5	0.3	0.3	0.9	1.0	1.2
	PAN	0.6	0.7	0.4	0.0	0.2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5
Sub-total		13.6	14.7	8.3	0.0	3.4	13.3	5.0	2.8	3.1	8.1	9.2	11.0
Total		37.1	40.2	22.6	0.0	9.3	36.3	13.5	7.6	8.4	22.0	25.1	30.0

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

C. Umiray River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Umiray	Quezon	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Source : Prepared by Study Team

D. Agos River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agos	Quezon	0.5	0.5	0.3	0.0	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4
Total		0.5	0.5	0.3	0.0	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4

Source : Prepared by Study Team

E. Pasig-Marikina River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Pasig-	Rizal	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Total		0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1

Source : Prepared by Study Team

F. Laguna Lake Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Laguna	Rizal	1.4	1.6	0.9	0.0	0.4	1.4	0.5	0.3	0.3	0.9	1.0	1.2
	Laguna	2.1	2.2	1.3	0.0	0.5	2.0	0.7	0.4	0.5	1.2	1.4	1.7
Total		3.5	3.8	2.1	0.0	0.9	3.4	1.3	0.7	0.8	2.1	2.4	2.8

Source : Prepared by Study Team

Annex 6.7.9 Present Diversion Water Demand for Small Scale Irrigation

A. Angat River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	ANG01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ANG02	0.05	0.06	0.03	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04
	ANG03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		0.05	0.06	0.03	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Coronell	COR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasac	PAS	0.34	0.37	0.21	0.00	0.08	0.33	0.12	0.07	0.08	0.20	0.23	0.27
Penaranda	PEN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rio Chico	RCH	0.46	0.50	0.28	0.00	0.12	0.45	0.17	0.09	0.10	0.27	0.31	0.37
Pampanga	PAM01	0.04	0.04	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
	PAM02	0.46	0.50	0.28	0.00	0.12	0.45	0.17	0.10	0.11	0.28	0.32	0.38
	PAM03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	PAM04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	PAM05	0.11	0.11	0.06	0.00	0.03	0.10	0.04	0.02	0.02	0.06	0.07	0.09
	PAN	0.14	0.16	0.09	0.00	0.04	0.14	0.05	0.03	0.03	0.09	0.10	0.12
Sub-total		0.75	0.81	0.46	0.00	0.19	0.73	0.27	0.15	0.17	0.44	0.51	0.61
Total		1.55	1.68	0.95	0.00	0.39	1.52	0.56	0.32	0.35	0.92	1.05	1.25

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

C. Umiray River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Umiray	Quezon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Source : Prepared by Study Team

D. Agos River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agos	Quezon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Source : Prepared by Study Team

E. Pasig-Marikina River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Pasig-	Rizal	0.07	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06
Total		0.07	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06

Source : Prepared by Study Team

F. Laguna Lake Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Laguna	Rizal	0.22	0.24	0.14	0.00	0.06	0.22	0.08	0.05	0.05	0.13	0.15	0.18
	Laguna	0.46	0.50	0.28	0.00	0.12	0.45	0.17	0.09	0.10	0.27	0.31	0.37
Total		0.68	0.74	0.42	0.00	0.17	0.67	0.25	0.14	0.16	0.41	0.46	0.55

Source : Prepared by Study Team

Annex 6.7.10 Future Diversion Water Demand for Small Scale Irrigation

A. Angat River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Angat	ANG01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ANG02	0.05	0.06	0.03	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04
	ANG03	0.05	0.05	0.03	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04
Total		0.10	0.11	0.06	0.00	0.03	0.10	0.04	0.02	0.02	0.06	0.07	0.08

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

B. Pampanga River Basin

River	Sub-basin Code	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Coronell	COR	0.19	0.21	0.12	0.00	0.05	0.19	0.07	0.04	0.04	0.11	0.13	0.16
Pasac	PAS	0.49	0.53	0.30	0.00	0.12	0.48	0.18	0.10	0.11	0.29	0.33	0.40
Penaranda	PEN	0.07	0.07	0.04	0.00	0.02	0.06	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04	0.05
Rio Chico	RCH	2.15	2.34	1.32	0.00	0.54	2.11	0.79	0.44	0.49	1.28	1.46	1.74
Pampanga	PAM01	0.04	0.04	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
	PAM02	0.82	0.89	0.50	0.00	0.20	0.80	0.30	0.17	0.19	0.48	0.55	0.66
	PAM03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	PAM04	0.04	0.05	0.03	0.00	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04
	PAM05	0.13	0.14	0.08	0.00	0.03	0.13	0.05	0.03	0.03	0.08	0.09	0.11
	PAN	0.19	0.21	0.12	0.00	0.05	0.19	0.07	0.04	0.04	0.11	0.13	0.16
Sub-total		1.22	1.32	0.75	0.00	0.31	1.20	0.45	0.25	0.28	0.72	0.83	0.99
Total		4.13	4.47	2.52	0.00	1.03	4.04	1.51	0.84	0.94	2.45	2.80	3.34

Source : Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

C. Umiray River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Umiray	Quezon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Source : Prepared by Study Team

D. Agos River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agos	Quezon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Source : Prepared by Study Team

E. Pasig-Marikina River Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Pasig-	Rizal	0.07	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06
Total		0.07	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06

Source : Prepared by Study Team

F. Laguna Lake Basin

River	Province	Diversion Water Demand (m^3/s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Laguna	Rizal	0.22	0.24	0.14	0.00	0.06	0.22	0.08	0.05	0.05	0.13	0.15	0.18
	Laguna	0.46	0.50	0.28	0.00	0.12	0.45	0.17	0.09	0.10	0.27	0.31	0.37
Total		0.68	0.74	0.42	0.00	0.17	0.67	0.25	0.14	0.16	0.41	0.46	0.55

Source : Prepared by Study Team

Annex 6.7.11 Present and Future Water Demand for Groundwater Irrigation

Province	Present Groundwater Use			Future Groundwater Use			Remarks
	Demand NIA	Demand Others	Present	Future GW Irrigation Development		Future Demand	
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	Area (ha)	Demand (m^3/s)	(m^3/s)	
Angat River Basin							
Total	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Pampanga River Basin							
PAM01	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
PAM02	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
PAM03	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
PAM04	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
PAM05	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
PAN	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
RCH	0.32	0.14	0.46	3,418	1.30	1.76	
PEN	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
PAS	0.00	0.11	0.11	972	0.37	0.48	
Total	0.32	0.26	0.58	4,390	1.67	2.25	
Umiray River Basin							
Total	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Agos River Basin							
Total	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Pasig-Marikina River Basin							
Total	0.00	0.00	0.00	200	0.08	0.08	
Laguna Lake Basin							
Total	0.00	0.00	0.00	500	0.19	0.19	
Grand Total	0.32	0.26	0.58	5,090	1.94	2.52	

Source :

Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.12 Present and Future Water Demand for Fishery

Sub-basin	Net Fish Pond Area (km^2)		Fresh Water Use (%)	Present Fishery Water Demand				Future Fishery Water Demand			
				Total Water		Fresh Water		Total Water		Fresh Water	
	Present	Future		m^3/s	MCM/y	m^3/s	MCM/y	m^3/s	MCM/y	m^3/s	MCM/y
Angat River Basin											
ANG01	50.4	50.4	1.5	4.7	147.2	0.1	2.1	4.7	147.2	0.1	2.1
ANG02	1.0	1.0	100.0	0.1	2.6	0.1	2.6	0.1	2.6	0.1	2.6
ANG03	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	51.4	51.4		4.8	149.8	0.2	4.7	4.8	149.8	0.2	4.7
Pampanga River Basin											
PAM01	40.0	40.0	4.9	3.7	116.8	0.2	5.7	3.7	116.8	0.2	5.7
PAM02	58.4	58.4	100.0	5.4	170.5	1.9	59.3	5.4	170.5	1.9	59.3
PAM03	0.4	0.4	100.0	0.0	1.2	0.0	1.2	0.0	1.2	0.0	1.2
PAM04	3.9	3.9	100.0	0.4	11.4	0.4	11.4	0.4	11.4	0.4	11.4
PAM05	0.3	0.3	100.0	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	0.9
PAN	0.1	0.1	100.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
RCH	11.8	11.8	100.0	1.1	34.5	1.1	34.5	1.1	34.5	1.1	34.5
PEN	0.5	0.5	100.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5
PAS	134.8	134.8	100.0	12.5	393.9	2.7	85.8	12.5	393.9	2.7	85.8
Total	250.3	250.3		23.2	730.9	6.4	200.4	23.2	730.9	6.4	200.4
Umiray River Basin											
Total	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agos River Basin											
Total	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pasig-Marikina River Basin											
Total	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Laguna Lake Basin											
Total	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Source :

Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

Annex 6.7.13 Present and Future Water Demand for Livestock

Province	Present Number of Livestock (1000 heads)			Future Number of Livestock (1000 heads)			Present Water Demand		Future Water Demand	
	Cattle / Carabao	Others	Poultry	Cattle / Carabao	Others	Poultry	m^3/s	MCM/y	m^3/s	MCM/y
Angat River Basin										
Total	8	90	712	11	132	872	0.02	0.77	0.04	1.13
Pampanga River Basin										
PAM01	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
PAM02	30	360	2,848	45	530	3,489	0.10	3.09	0.14	4.51
PAM03	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
PAM04	15	37	1,571	22	54	1,924	0.01	0.46	0.02	0.67
PAM05	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
PAN	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
RCH	64	253	6,109	94	372	7,483	0.08	2.68	0.12	3.87
PEN	11	28	1,178	16	41	1,443	0.01	0.35	0.02	0.50
PAS	17	163	9,748	24	240	11,939	0.06	1.81	0.08	2.55
Total	137	841	21,455	202	1,237	26,278	0.27	8.39	0.38	12.10
Umiray River Basin										
Total	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Agos River Basin										
Total	1	9	100	2	14	122	0.00	0.09	0.00	0.13
Pasig-Marikina River Basin										
Total	4	28	333	6	41	407	0.01	0.27	0.01	0.40
Laguna Lake Basin										
Total	6	37	443	9	55	543	0.01	0.37	0.02	0.53
Grand Total	156	1,005	23,043	230	1,480	28,223	0.31	9.89	0.45	14.29

Source :

Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, JICA, 2011

第7章

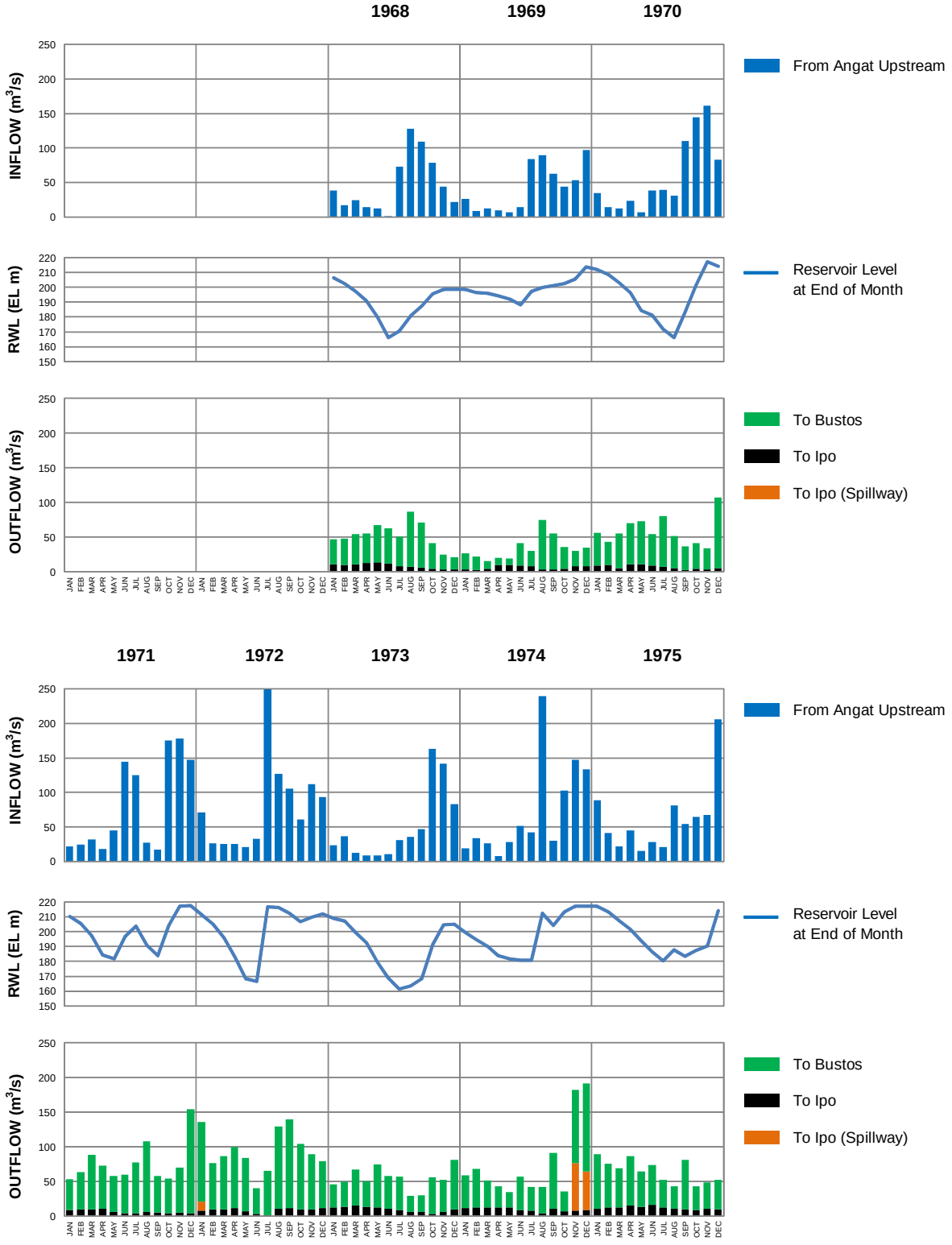
Annex 7.1.1
Technical Features of Angat Reservoir

Completion	September 1967
Purpose	Water Supply, Irrigation, Hydropower and Flood Control
Type of Dam	Earth and Rockfill
Height of Dam	131m
Crest Length of Dam	568m
Crest Level of Dam	EL 221.50m
Crest Level of Overflow Section	EL 202.00m
Spillway Gate	Radial Gates, 3 nos.
Height of Spillway Gate	15.00m
Width of Spillway Gate	12.50m
Catchment Area	Angat River Basin 546km^2
	Umiray River Basin 130km^2
Reservoir Surface Area	23.0 km^2
Reservoir Inflow	Angat River 59.3m^3/s (=1,869 MCM/yr)
	Umiray River: 11.7m^3/s (= 370 MCM/yr)
Effective Storage	894 MCM (EL 160.00m to EL 219.00m)
Flood Control Storage	198 MCM (EL 210.00m to EL 219.00m)
Design Flood	8,400 m^3/s
Spillway Capacity	5,600 m^3/s
Design Flood Level	EL. 219.00 m
Surcharge Water Level	EL. 213.00 m
Full Supply Level	EL. 212.00 m
Minimum Operation Level	EL. 160.00 m
Intake	Invert Level of Inlet Work: EL 149.00m
	Length 457m
	Section: Circular
	Pressure Tunnel (upstream side) D =8m
	Penstock (downstream site) D = 7m
Low Level Outlet	Length 607m
	Section: Modified Horseshoe, D = 7.6m
	Invert Level of Inlet: EL 101.50m
	Invert Level of Outlet: EL 95.74m
Hydropower Station, Main Unit	
Generators	No.1, 2, 3 and 4: 50MW × 4nos.
	Total 200MW
Plant Discharge	67.0m^3/s (Output 200MW, Reservoir Level at EL 216m)
Main Tunnel	Length 1,800m, D = 8.5m
Hydropower Station, Auxiliary Unit	
Plant Discharge	49.5m^3/s (Output 46MW, Reservoir Level at EL 216m)
Generators	No.1, 2 and 3: 6MW × 3 nos.
	No.4: 10MW × 1 no. (belonging to MWSS)
	No.5: 18MW × 1 no. (belonging to MWSS)
	Total 46MW

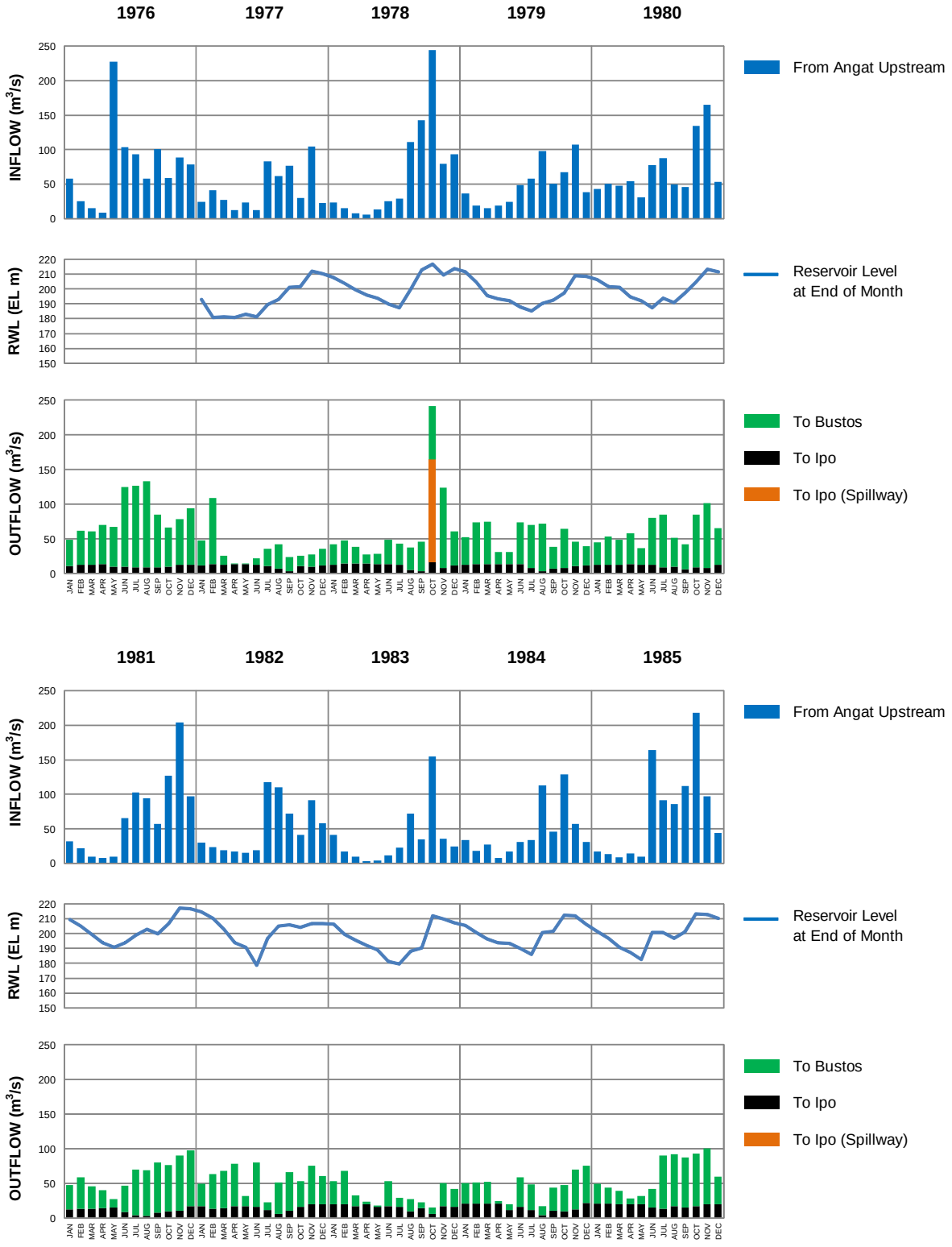
Source:

- The Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, Final Report (JICA/NWRB, 2011)
- Technical Manual (Manila Water)
- Flood Operation Rule (Draft) for Angat Dam, Flood Forecasting and Warning System for Dam Operation Project, PAGASA / NIA / NPC, 1984

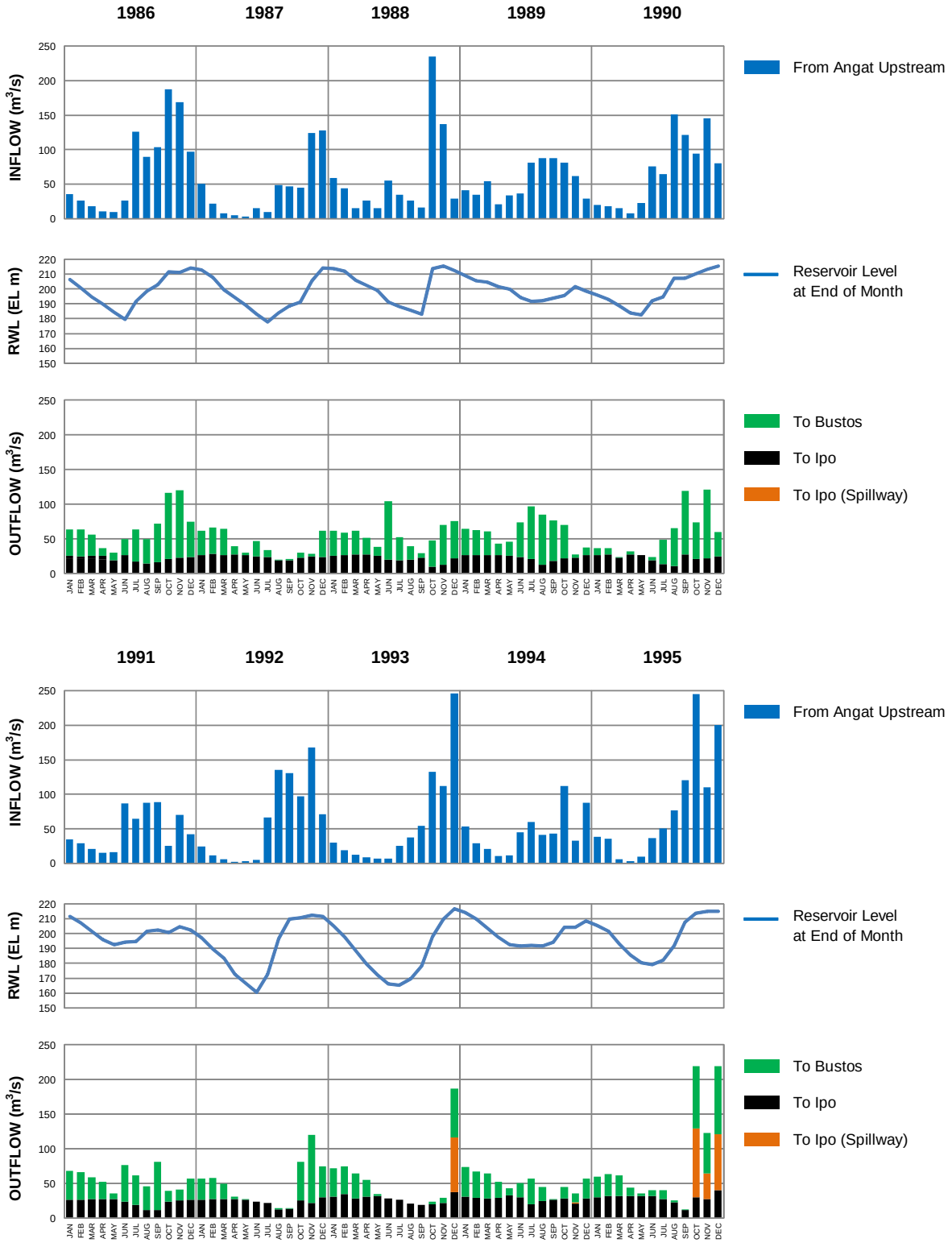
Annex 7.1.2 (1/5)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Angat Reservoir



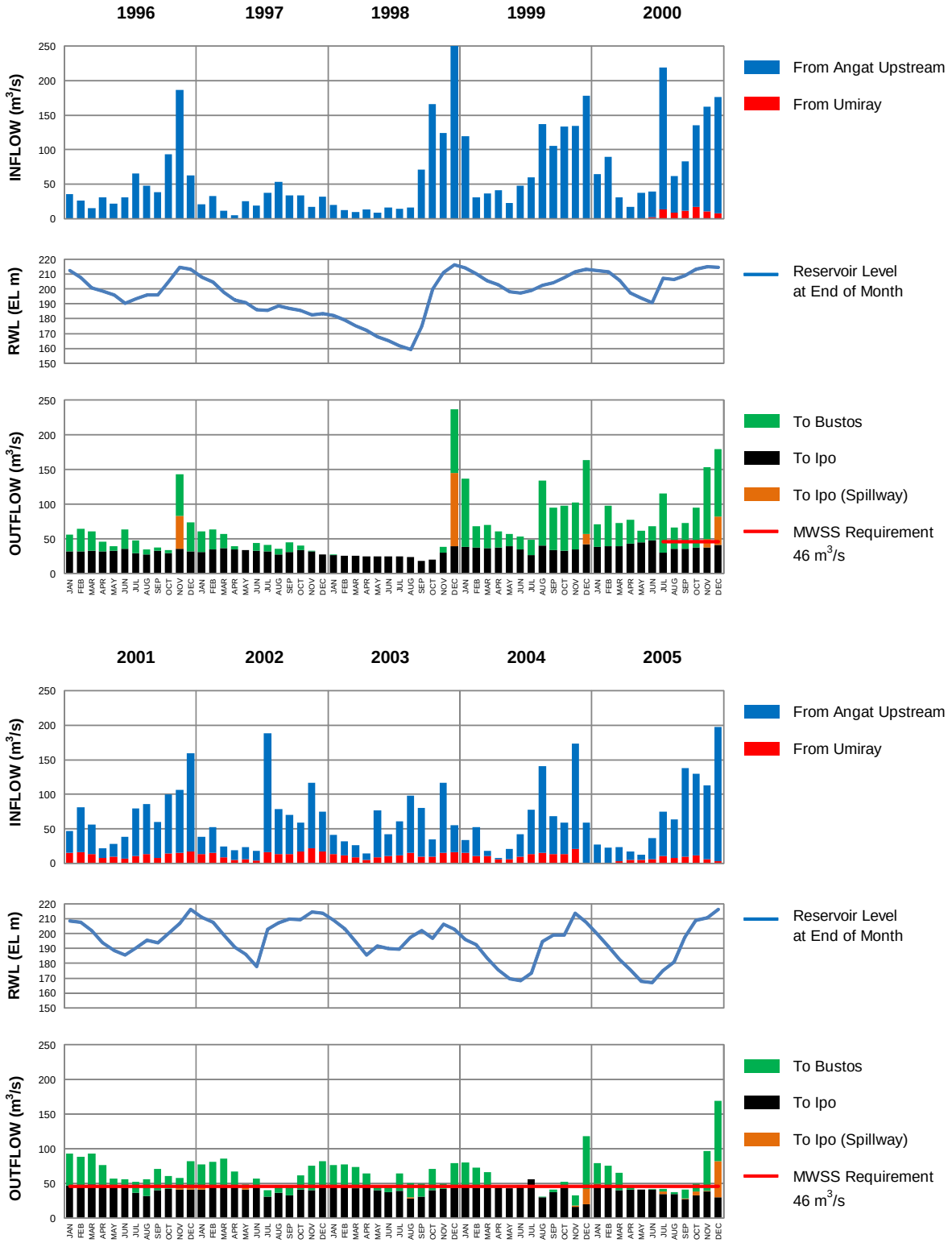
Annex 7.1.2 (2/5)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Angat Reservoir



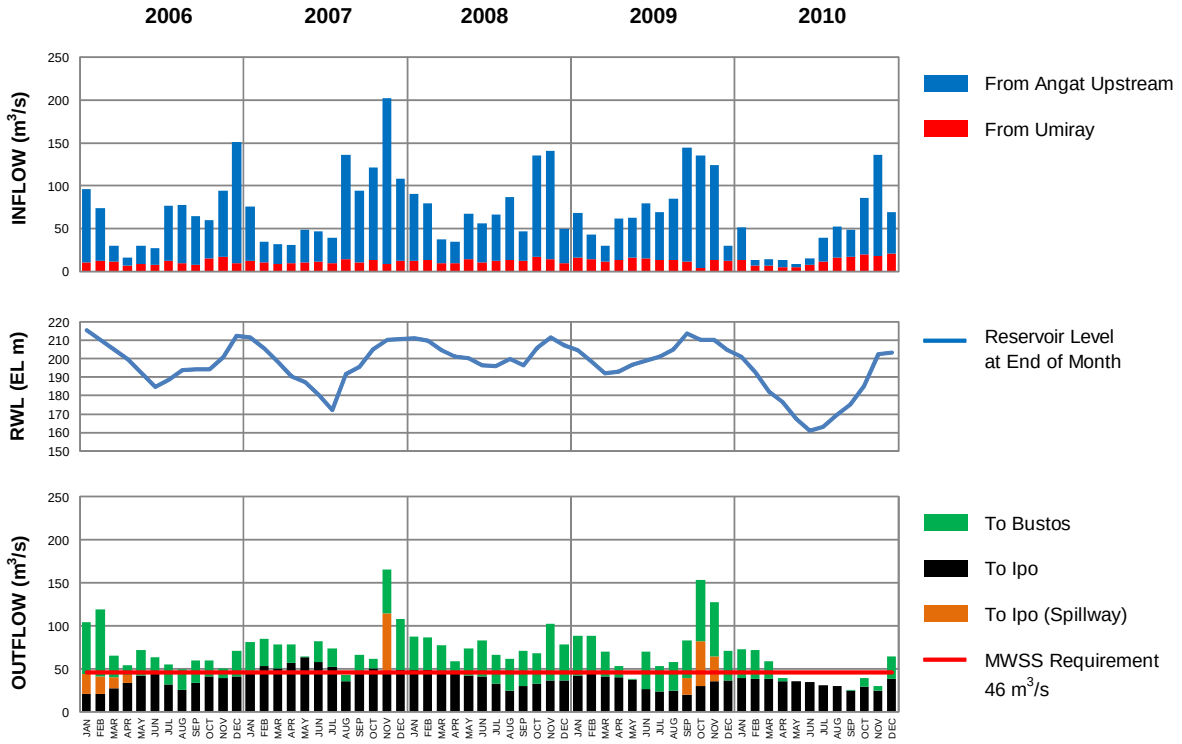
Annex 7.1.2 (3/5)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Angat Reservoir



Annex 7.1.2 (4/5)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Angat Reservoir



Annex 7.1.2 (5/5)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Angat Reservoir



Annex 7.1.3
Technical Features of Ipo Dam and La Mesa Dam

Ipo Dam

Completion	1984
Purpose	Water Intake for Metro Manila Water Supply
Type of Dam	Concrete Gravity
Height of Dam	32m
Crest Length of Dam	202m
Crest Elevation of Dam	EL 103.50m
Crest Elevation of Overflow Section	EL 89.00m
Spillway	Radial Gates, 7 nos.
Height of Spillway Gate	12.00m
Width of Spillway Gate	10.00m × nos. and 14.00m × 5 nos.
Catchment Area	66km^2
Reservoir Surface Area	1.08 km^2
Reservoir Inflow	127.8 MCM/yr (from Upstream Catchment Area)
Gross Storage	7.5 MCM
Design Flood Level	EL 101.20 m
Minimum Operation Level	EL 93.00 m
Intake	Inlet Gates: 1.50m(B) × 2.50m(H) × 1 no. Invert Level EL 93.00m 1.50m(B) × 3.25m(H) × 3 nos. Invert Level EL 95.75m
Water Conveyance Tunnel	No.1: Horseshoe 2.04m × 2.19m, L = 6.4km, Q = 8.80m^3/s No.2: Horseshoe 2.20m × 3.00, L =6.4km, Q = 23.03m^3/s No.3: Circular 3.00m, L = 6.1km, Q = 23.15m^3/s
Low Level Outlet	D = 1.50m

La Mesa Dam

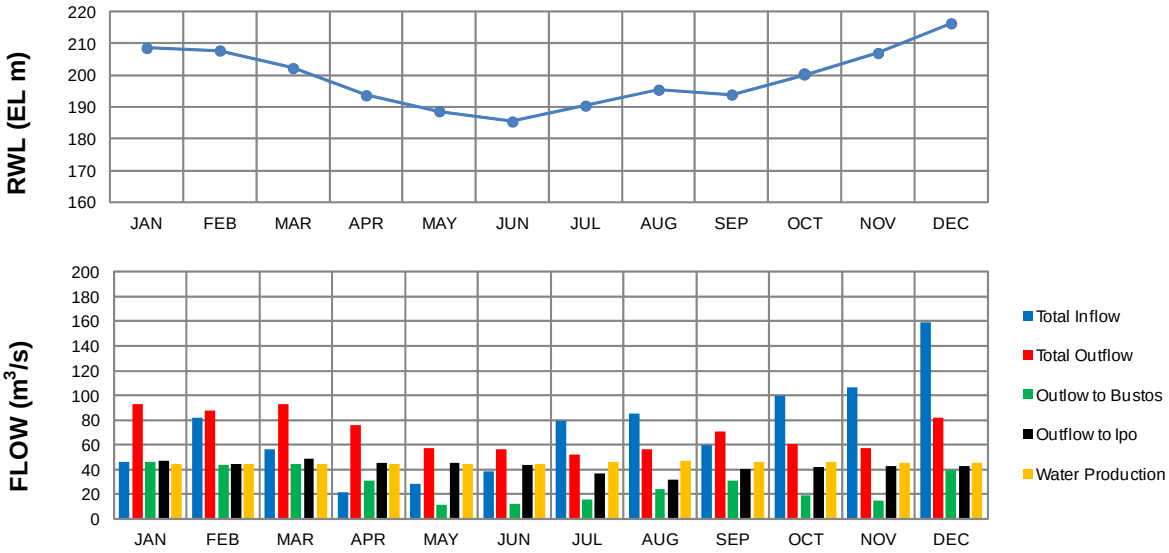
Completion	1929
Purpose	Water Intake for Metro Manila Water Supply
Type of Dam	Earth
Height of Dam	24m
Crest Length of Dam	
Crest Elevation of Dam	EL 82.50m
Crest Elevation of Overflow Section	EL 80.15m
Catchment Area	2.7km^2
Reservoir Surface Area	7.0km^2
Reservoir Inflow	37 MCM/yr (from Upstream Catchment Area)
Gross Storage	50.5 MCM/yr
Design Flood Level	
Minimum Operation Level	EL 69.00m
Intake	3 nos.
Water Conveyance Pipeline	No.1: Horseshoe 1.70m×2.03m, L = 7.5km, Q = 6.6m^3/s No.2: Horseshoe 1.70m×2.03m, L = 7.5km, Q = 6.6m^3/s No.3: Horseshoe 2.70m×2.90m, L = 7.1km, Q = 13.2m^3/s

Source:

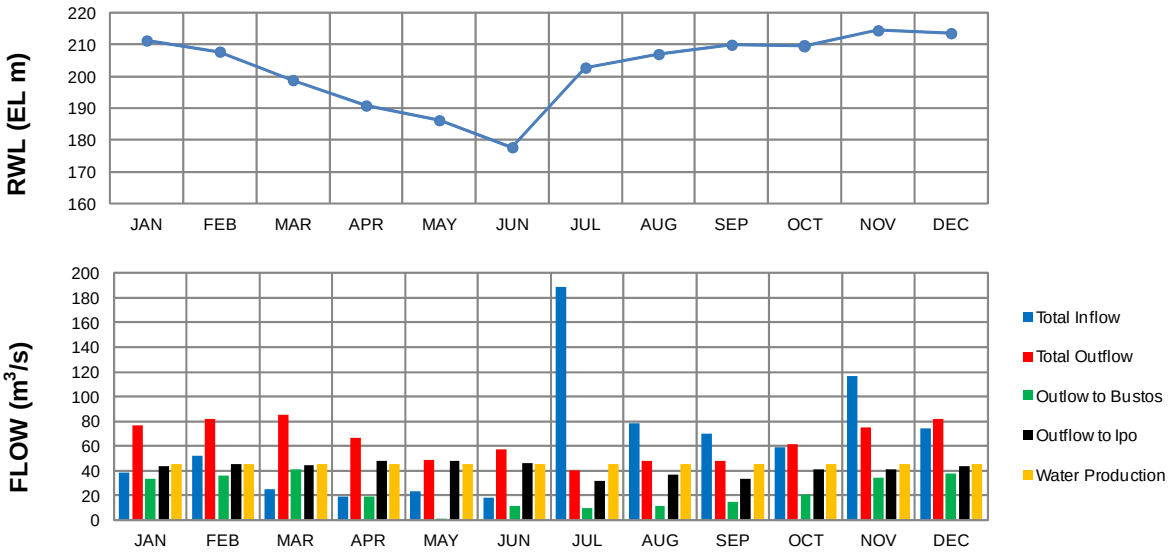
- Data provided by MWSS
- Technical Manual (Manila Water)

Annex 7.1.4 (1/5)
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

2001

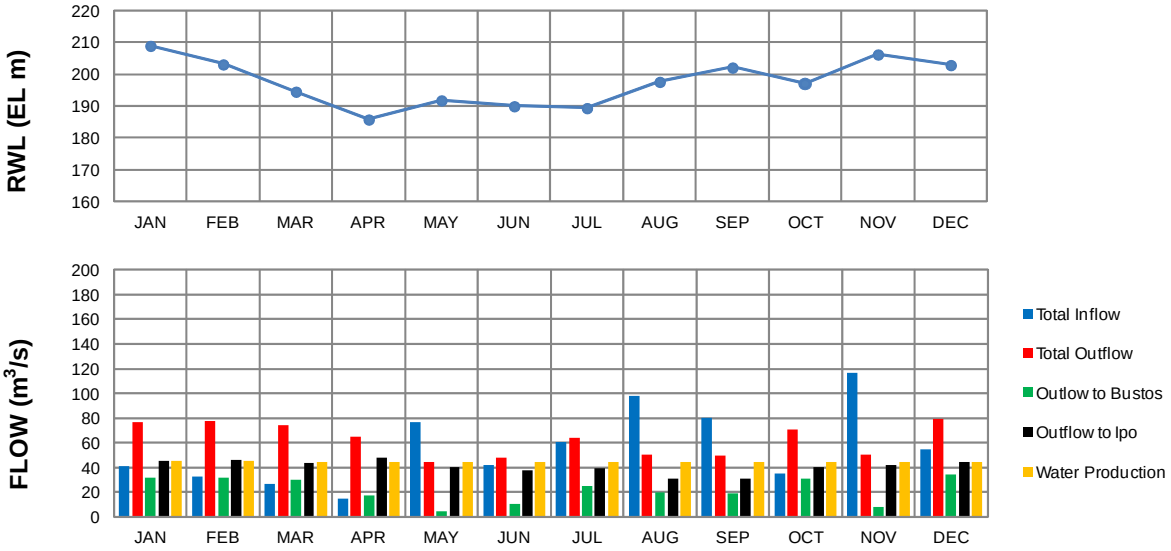


2002

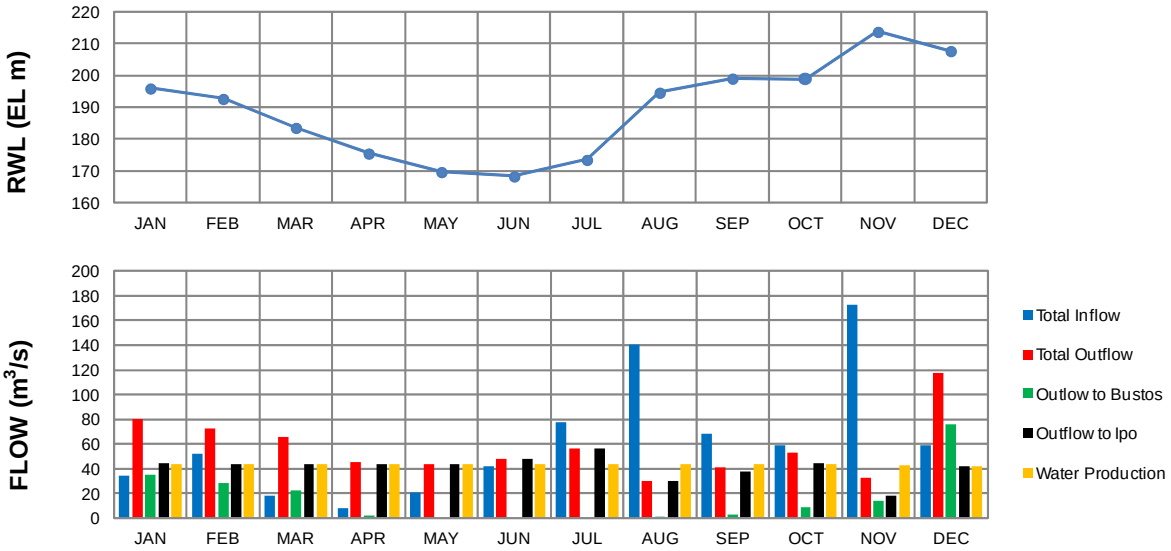


Annex 7.1.4 (2/5)
Angat Reservoir Level, Total Inflow, Total Outflow, Outflow to Bustos Dam, Outflow to Ipo Dam, and Total of Treated Water Production at WTPs for 2001-2010

2003

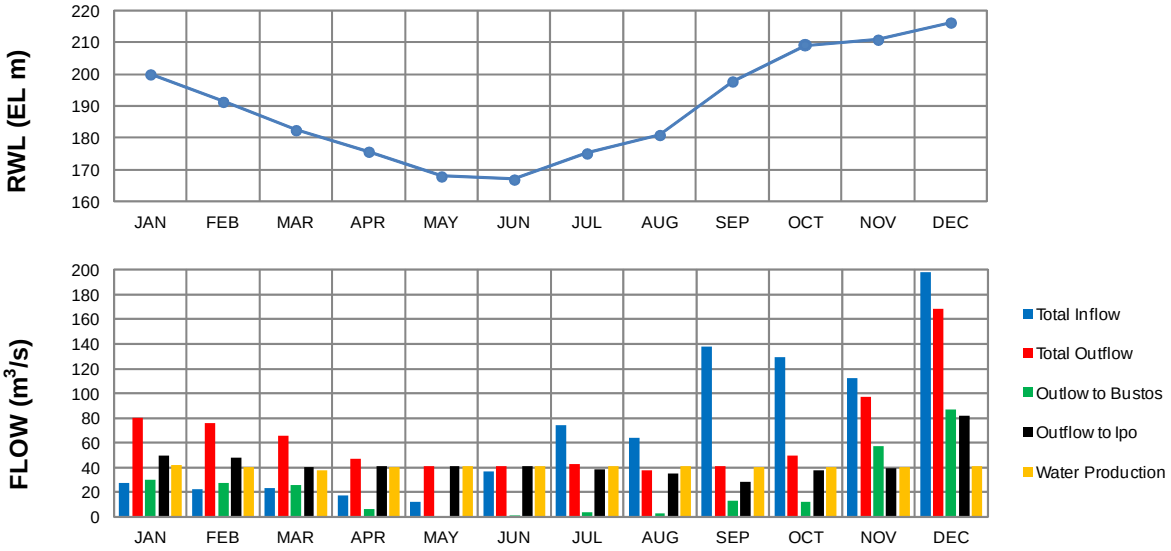


2004

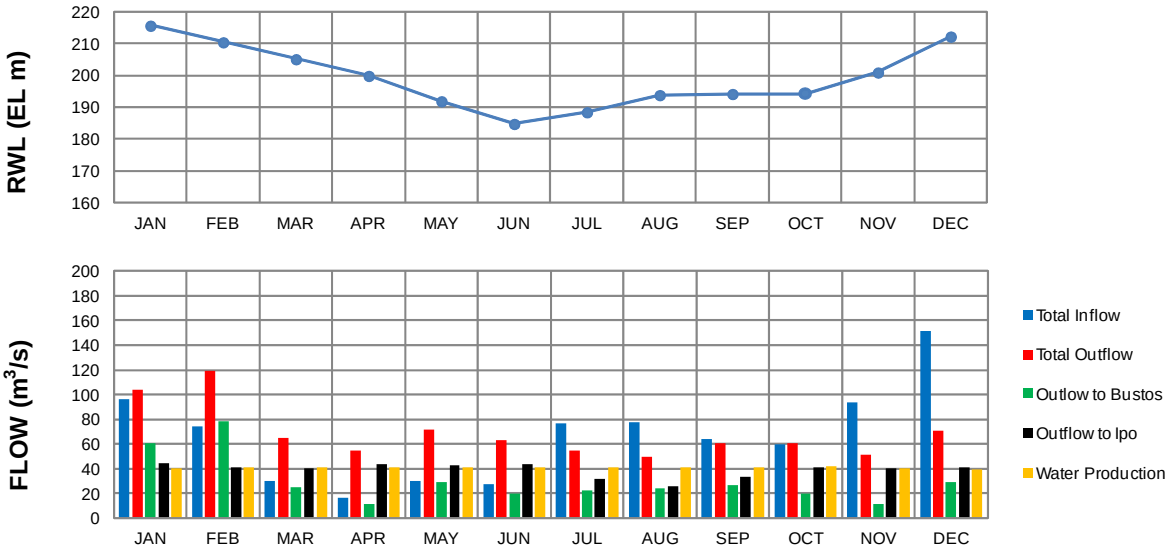


Annex 7.1.4 (3/5)
Angat Reservoir Level, Total Inflow, Total Outflow, Outflow to Bustos Dam, Outflow to Ipo Dam, and Total of Treated Water Production at WTPs for 2001-2010

2005

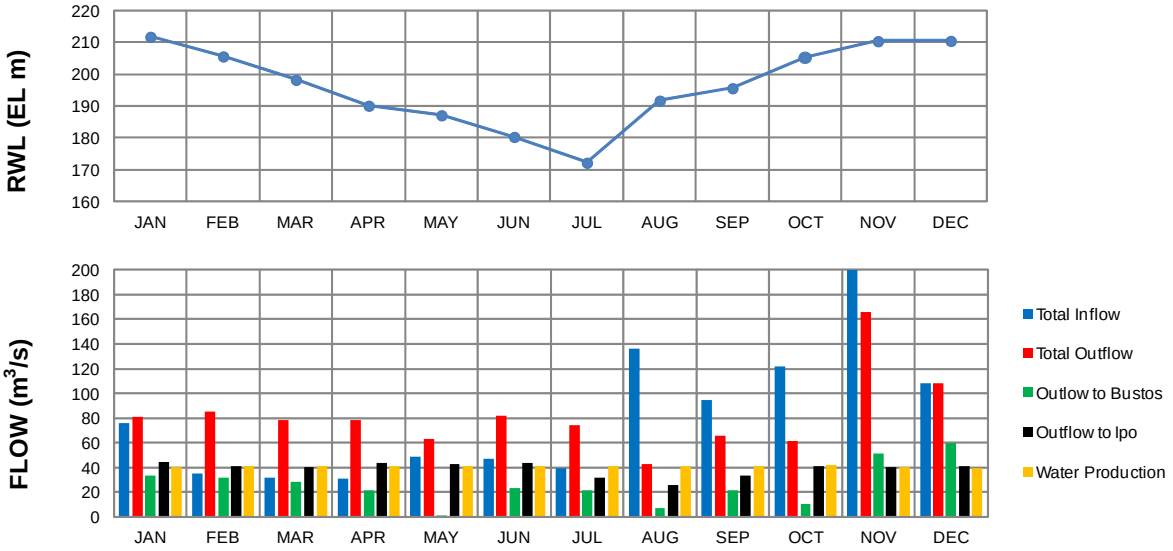


2006

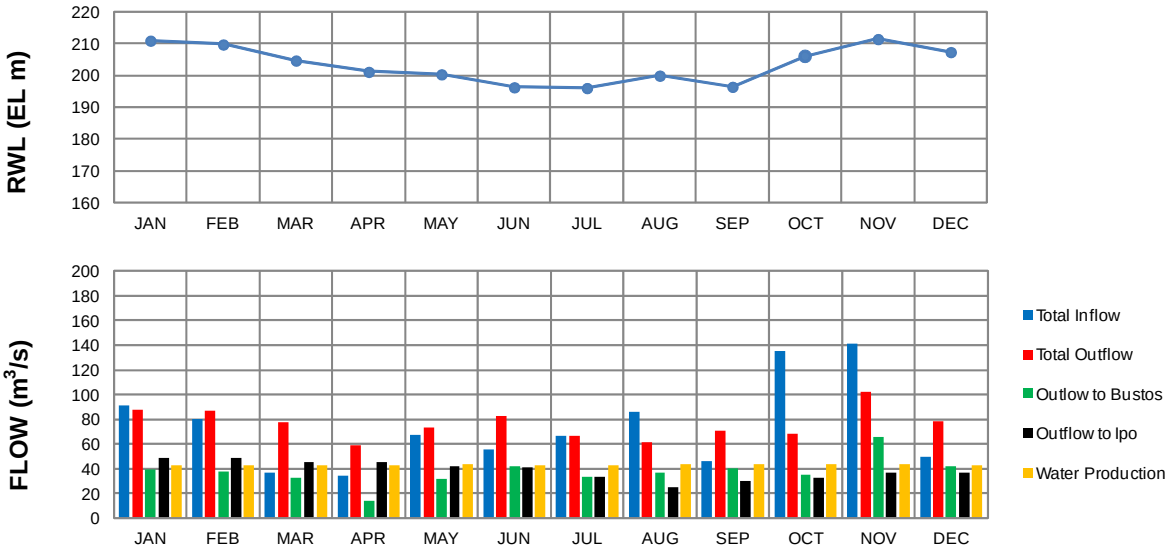


Annex 7.1.4 (4/5)
Angat Reservoir Level, Total Inflow, Total Outflow, Outflow to Bustos Dam, Outflow to Ipo Dam, and Total of Treated Water Production at WTPs for 2001-2010

2007

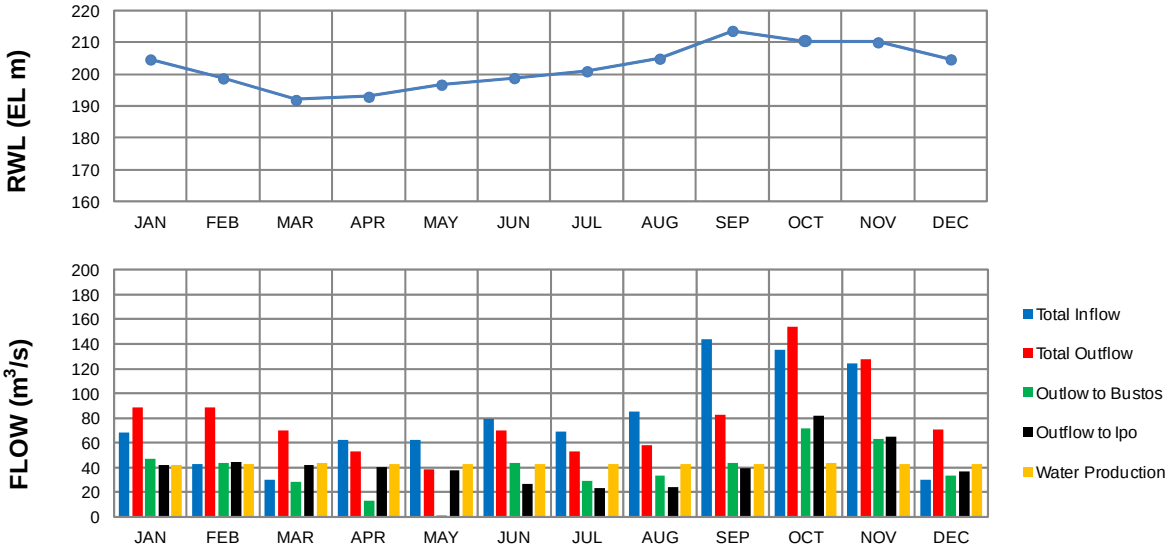


2008

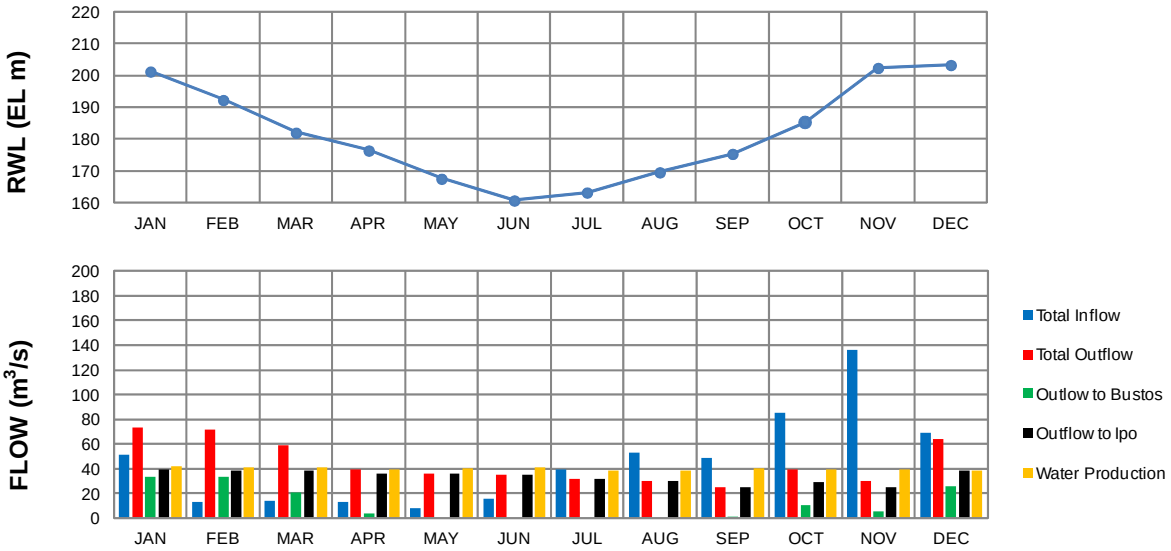


Annex 7.1.4 (5/5)
Angat Reservoir Level, Total Inflow, Total Outflow, Outflow to Bustos Dam, Outflow to Ipo Dam, and Total of Treated Water Production at WTPs for 2001-2010

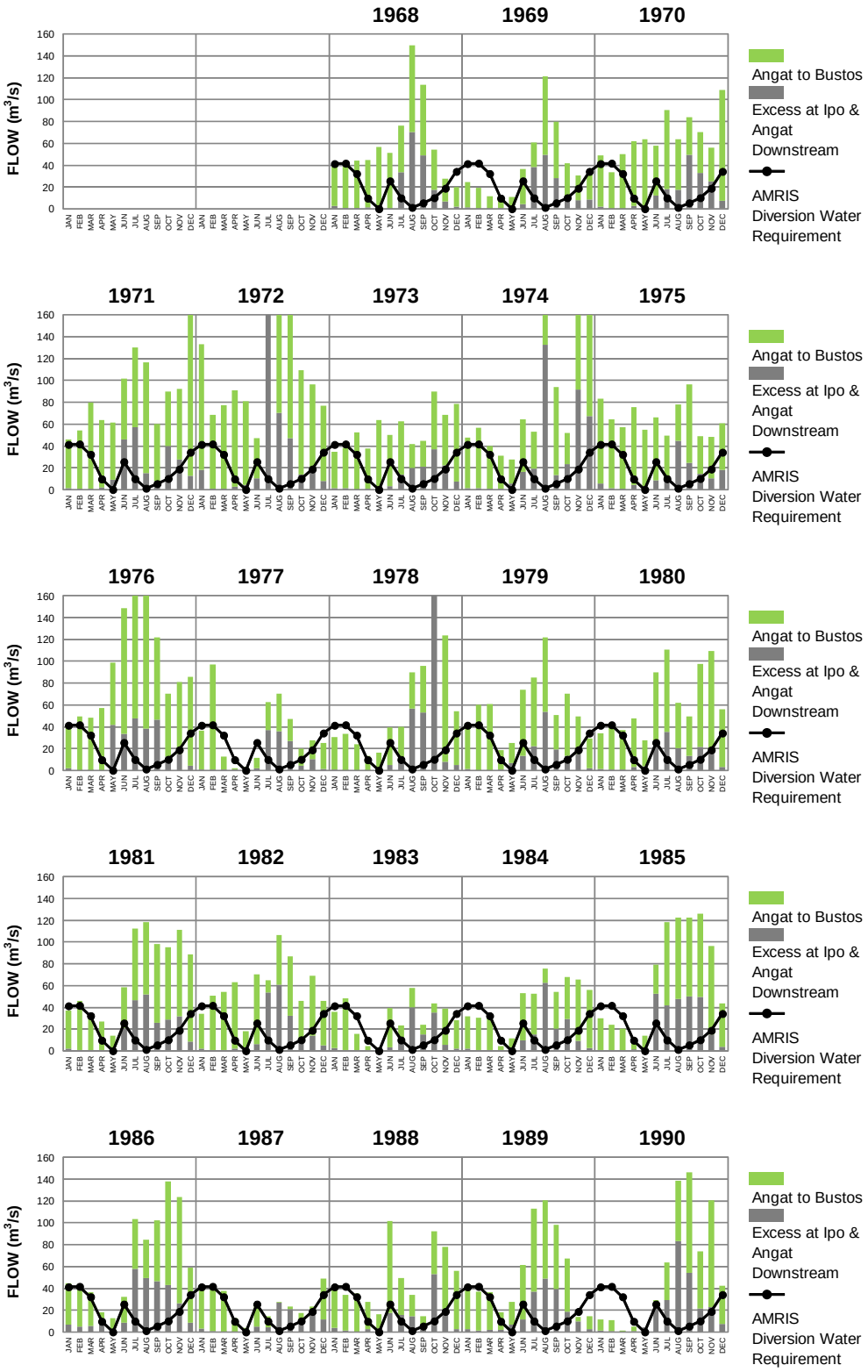
2009



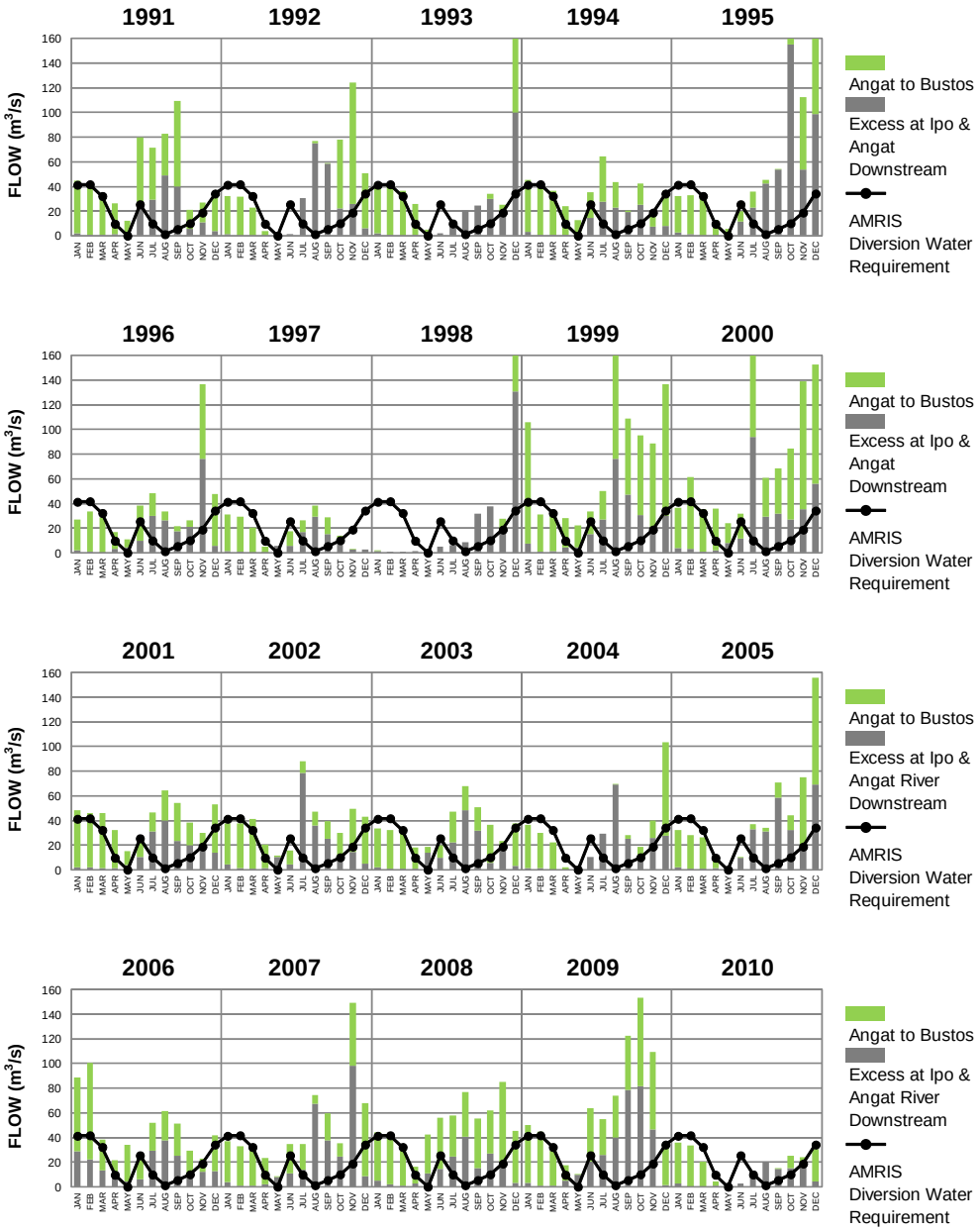
2010



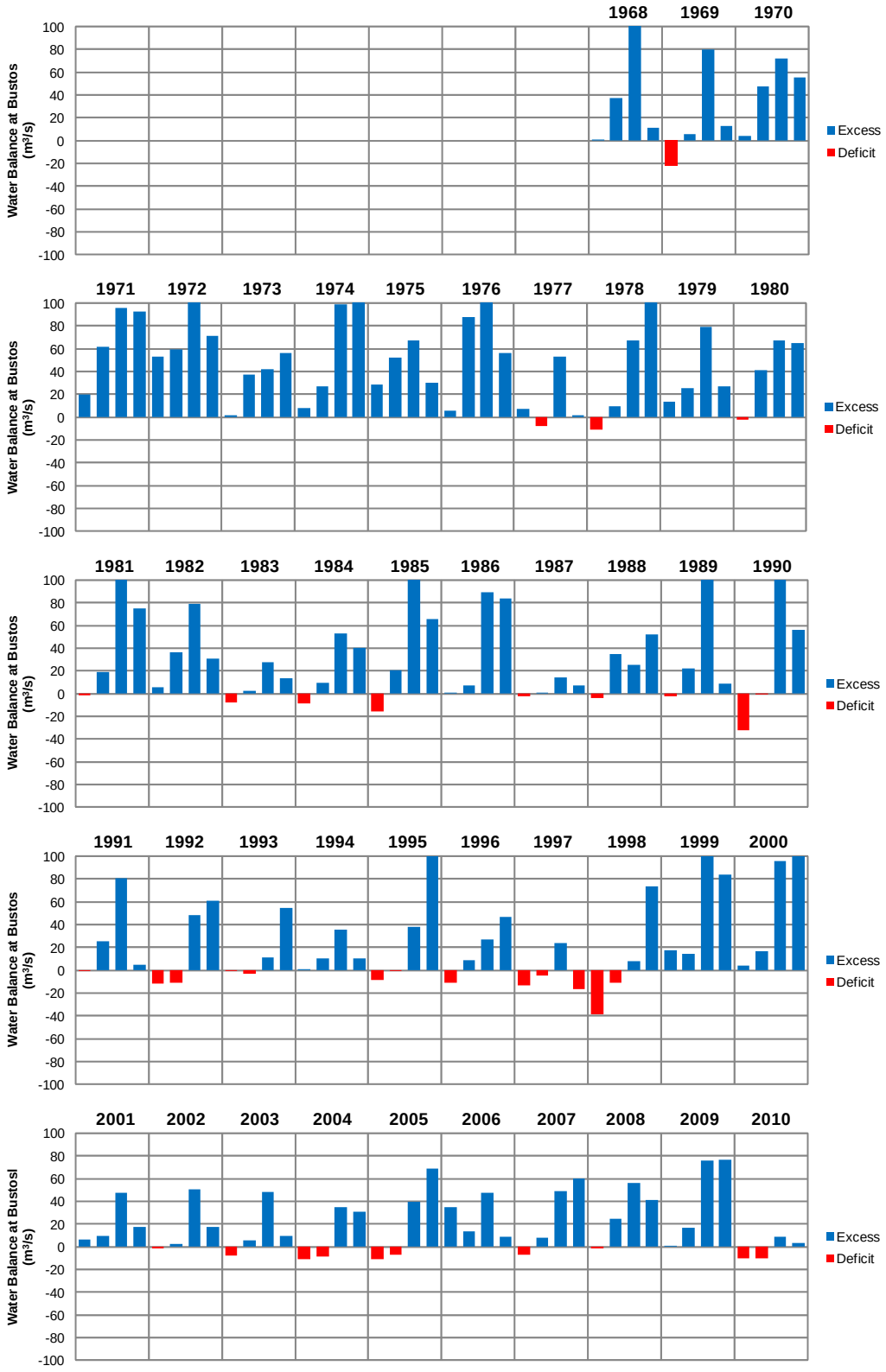
Annex 7.1.5 (1/2)
River Flow at Bustos Dam and Diversion Water Requirement of AMRIS



Annex 7.1.5 (2/2)
River Flow at Bustos Dam and Diversion Water Requirement of AMRIS



Annex 7.1.6
Computations of Water Balance at Bustos Dam

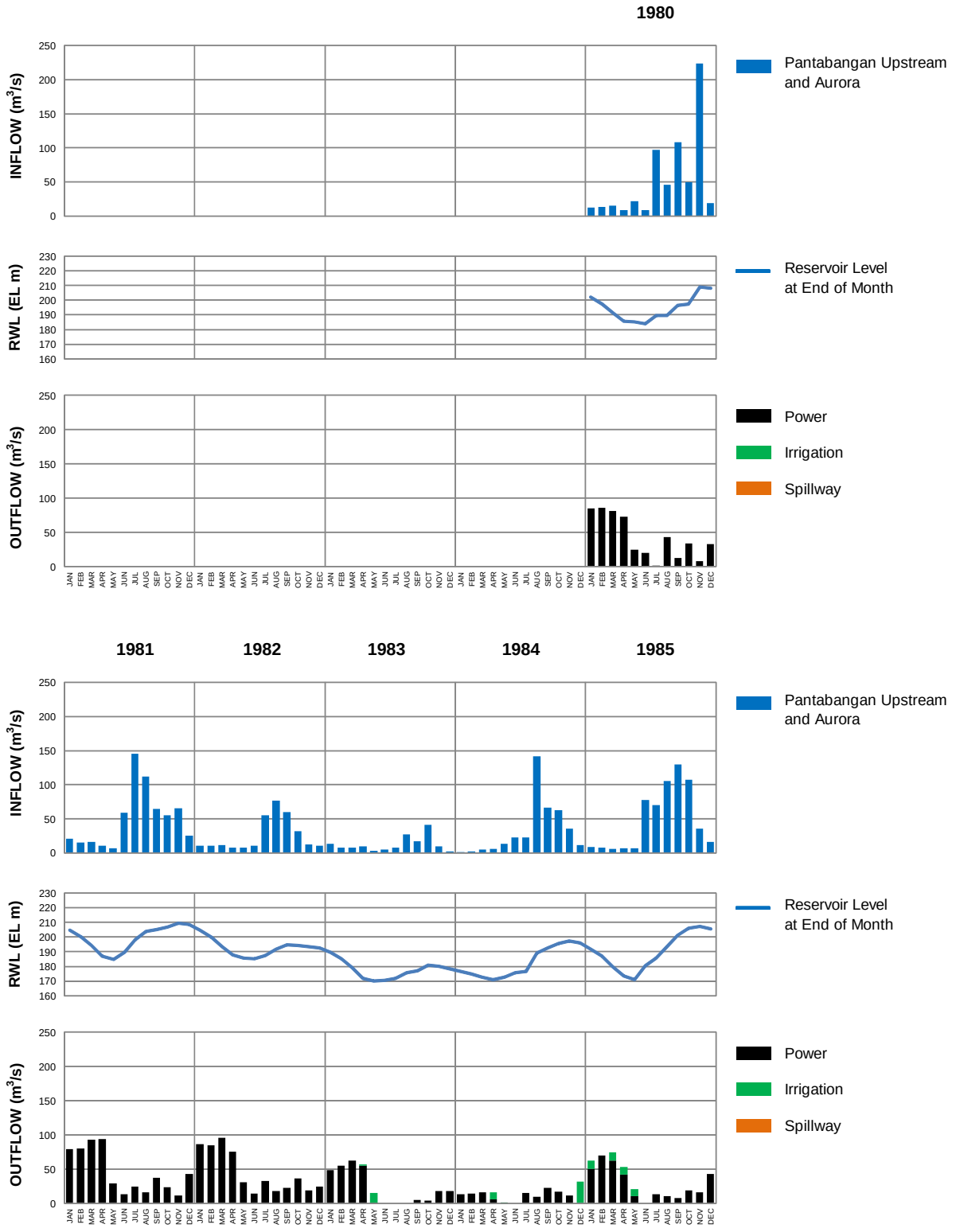


Annex 7.1.7
Technical Features of Pantabangan Reservoir

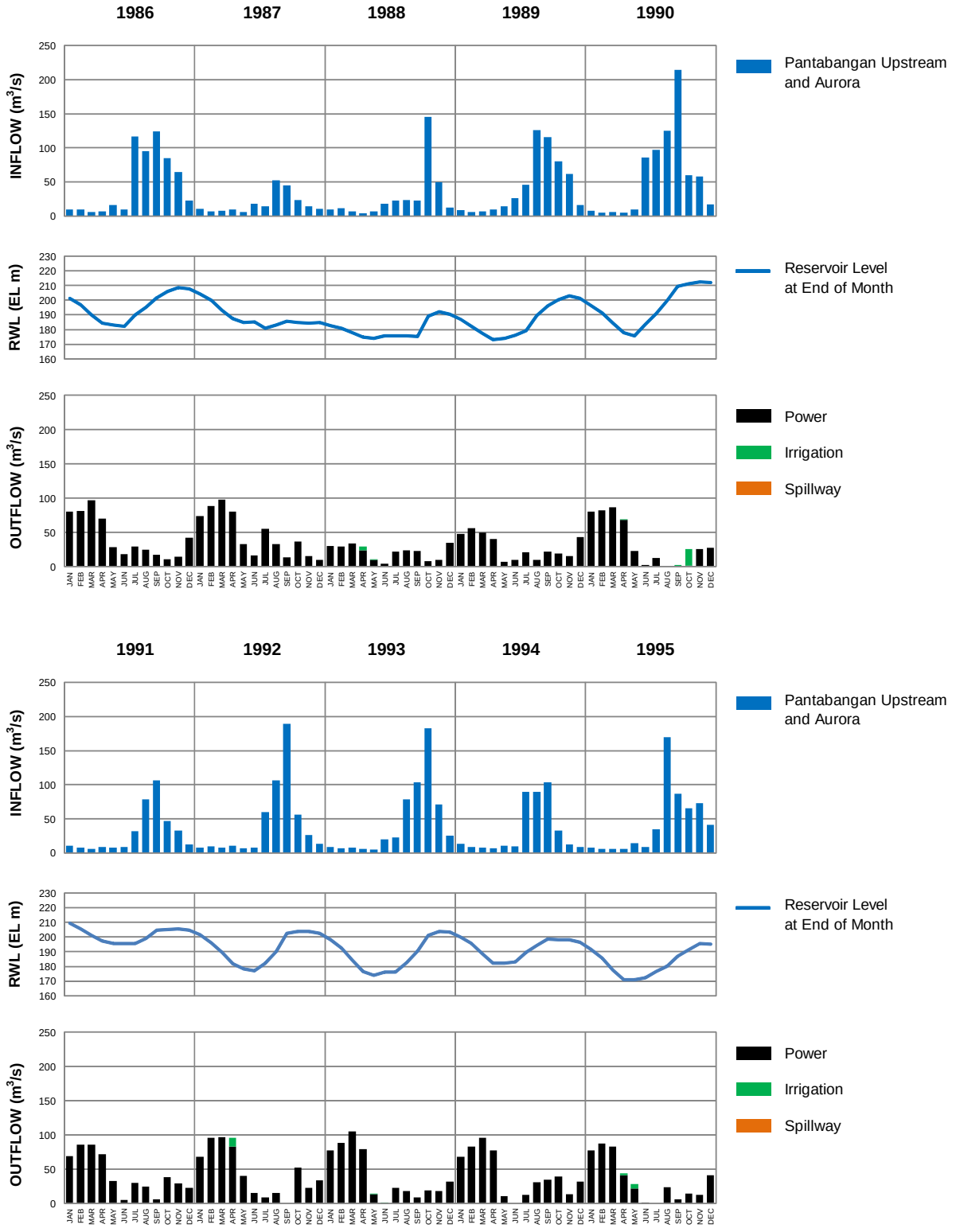
Completion	February 1974
Purpose	Hydropower, Irrigation and Flood Control
Type of Dam	Zoned Earth Fill
Height of Dam	107 m
Catchment Area	Pampanga River Basin: 937 km^2 Aurora Transbasin Diversion: 68 km^2 Casecnan Transbasin Diversion: 570 km^2
Inflow	Pampanga River Basin + Aurora Transbasin Diversion: 38.4 m^3/s (= 1,195 MCM/yr) Casecnan Transbasin Diversion: 23.8 m^3/s (= 751 MCM/yr)
Effective Storage	2,775MCM
Peak of Design Flood Inflow	13,000 m^3/s
Discharge Capacity of Spillway with Reservoir Water Level at Design Flood Water Level of EL. 230 m	4,200 m^3/s
Minimum of Flood Inflow	500 m^3/s
Dam Crest Elevation	EL 232.00 m
Crest Elevation of Non-gated Overflow Weir	EL 221.00 m
Crest Elevation of Gated Overflow Weir	EL 210.00 m
Number of Spillway Orifice Gates	3
Height of Spillway Orifice Gate	10.00 m
Width of Spillway Gate	8.00 m
Length of Non-gated Overflow Weir	15.00 m
Operation Speed of Spillway Gates	0.30 m/min.
Reservoir Surface Area at NHWL	63.1 km^2
Design Flood Water Level (DHWL)	EL 230.00 m
Surcharge Water Level (SWL)	EL 226.00 m
Normal High Water Level (NHWL)	EL 221.00 m
Flood Season High Water Level (FSHWL) from May to November	EL 216.00 m
Low Water Level (LWL)	EL 171.50 m

- The Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in Pampanga River Basin, Final Report (JICA/NWRB, 2011)
- Flood Operation Rule (Draft) for Angat Dam, Flood Forecasting and Warning System for Dam Operation Project, PAGASA / NIA / NPC, 1984

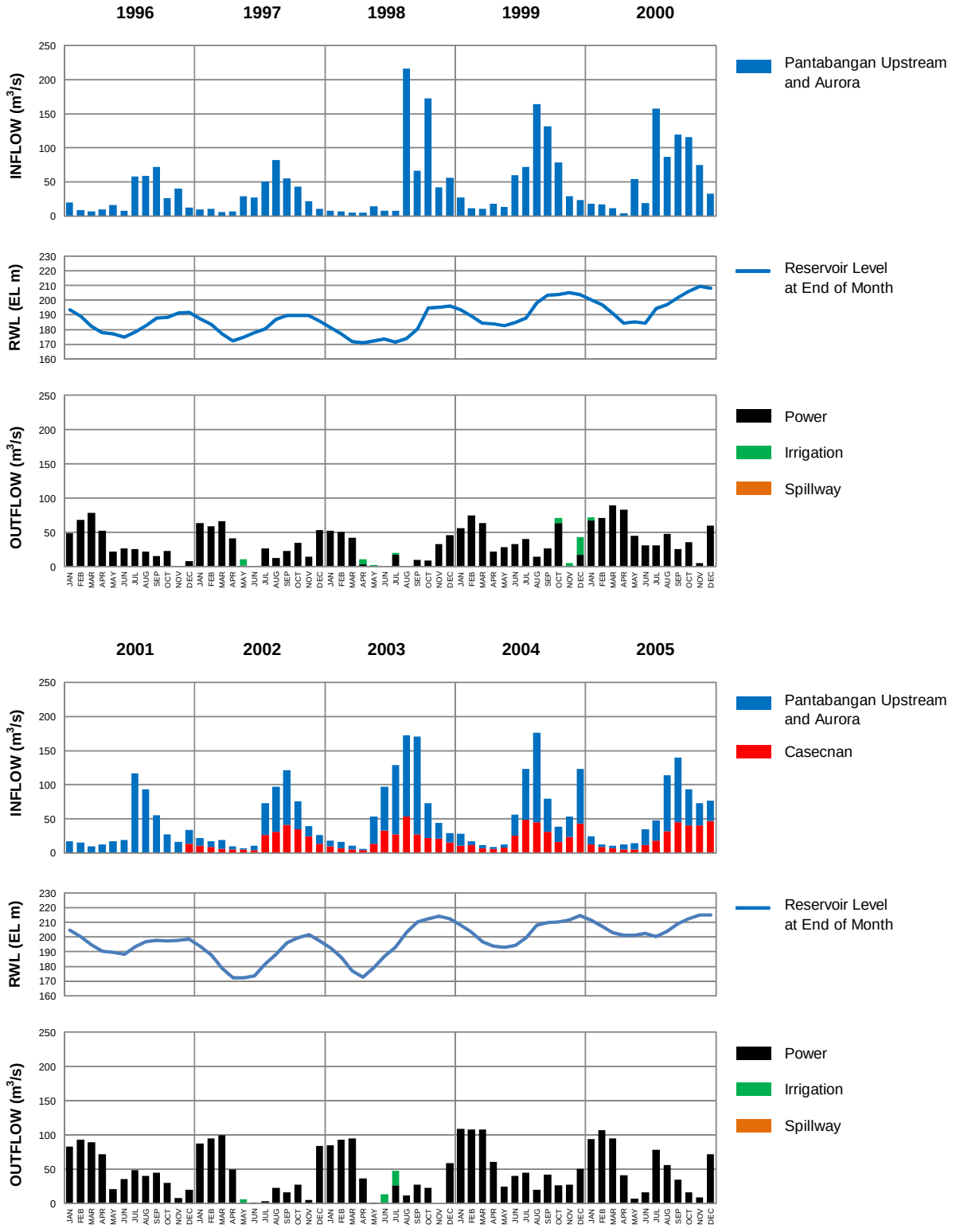
Annex 7.1.8 (1/4)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Pantabangan Reservoir



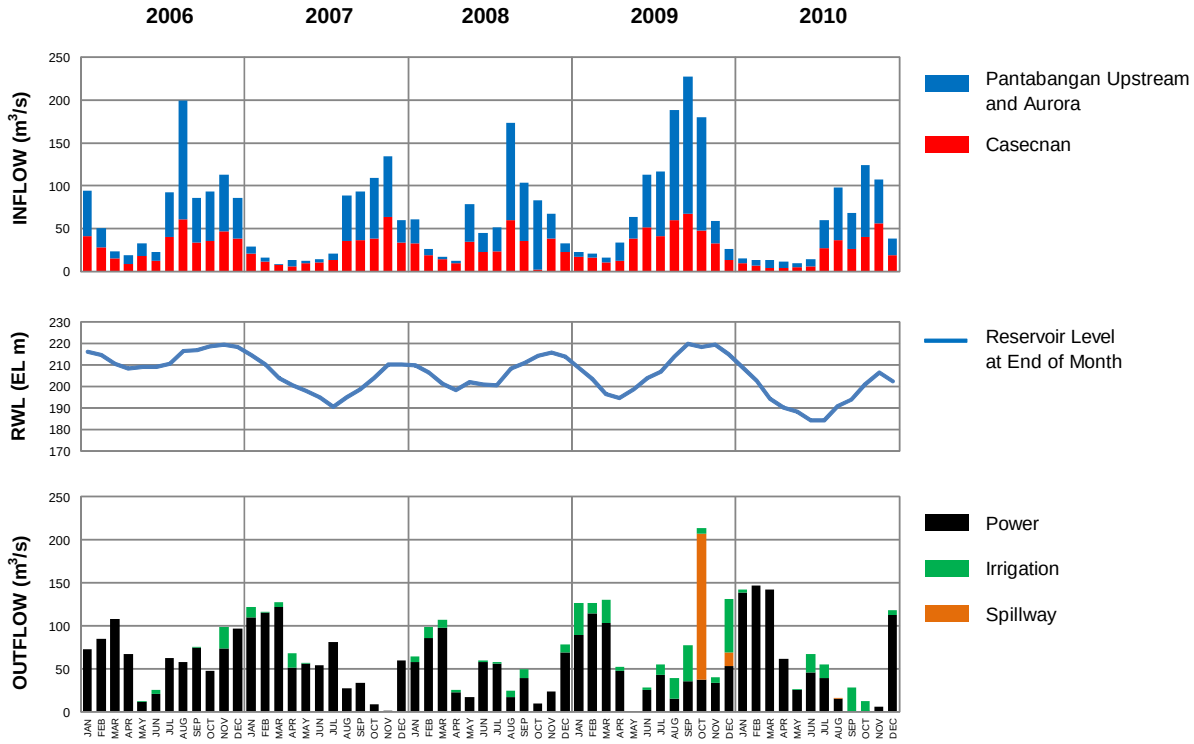
Annex 7.1.8 (2/4)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Pantabangan Reservoir



Annex 7.1.8 (3/4)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Pantabangan Reservoir

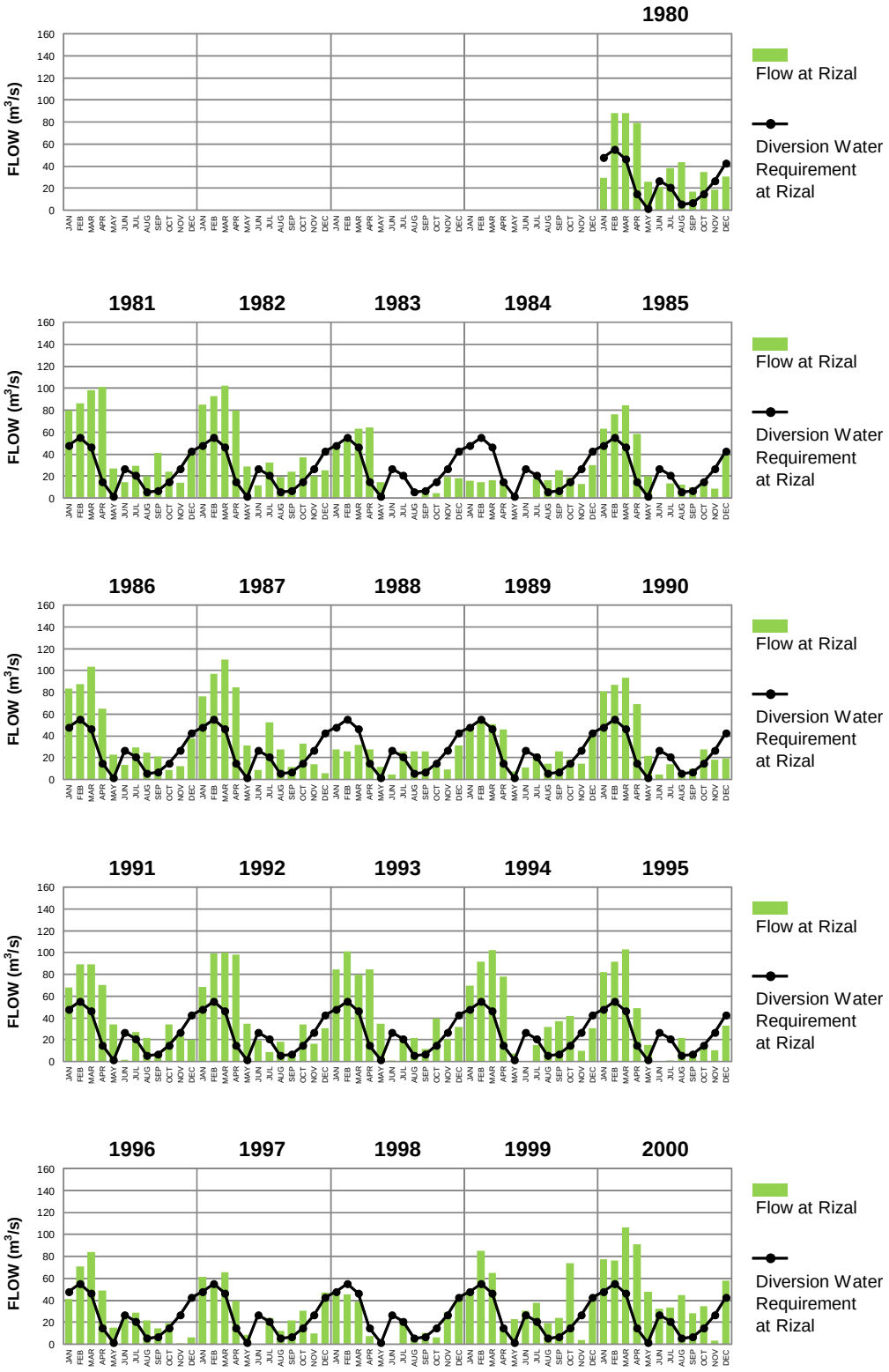


Annex 7.1.8 (4/4)
Monthly Inflows, Reservoir Levels and Outflows of Pantabangan Reservoir

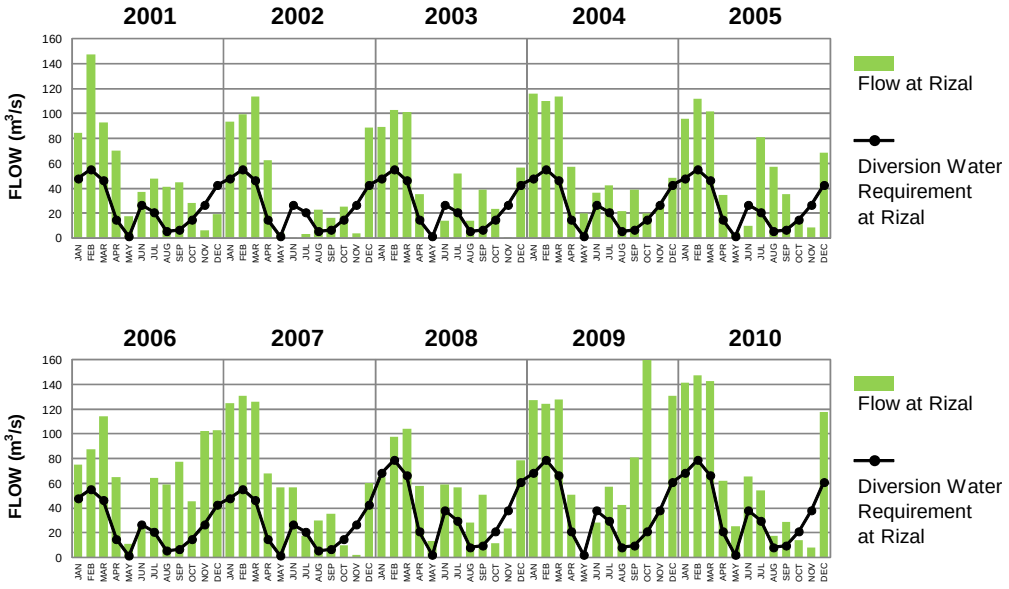


Note: The recorded outflows in Nov. 2007 and May 2009 are almost nil.

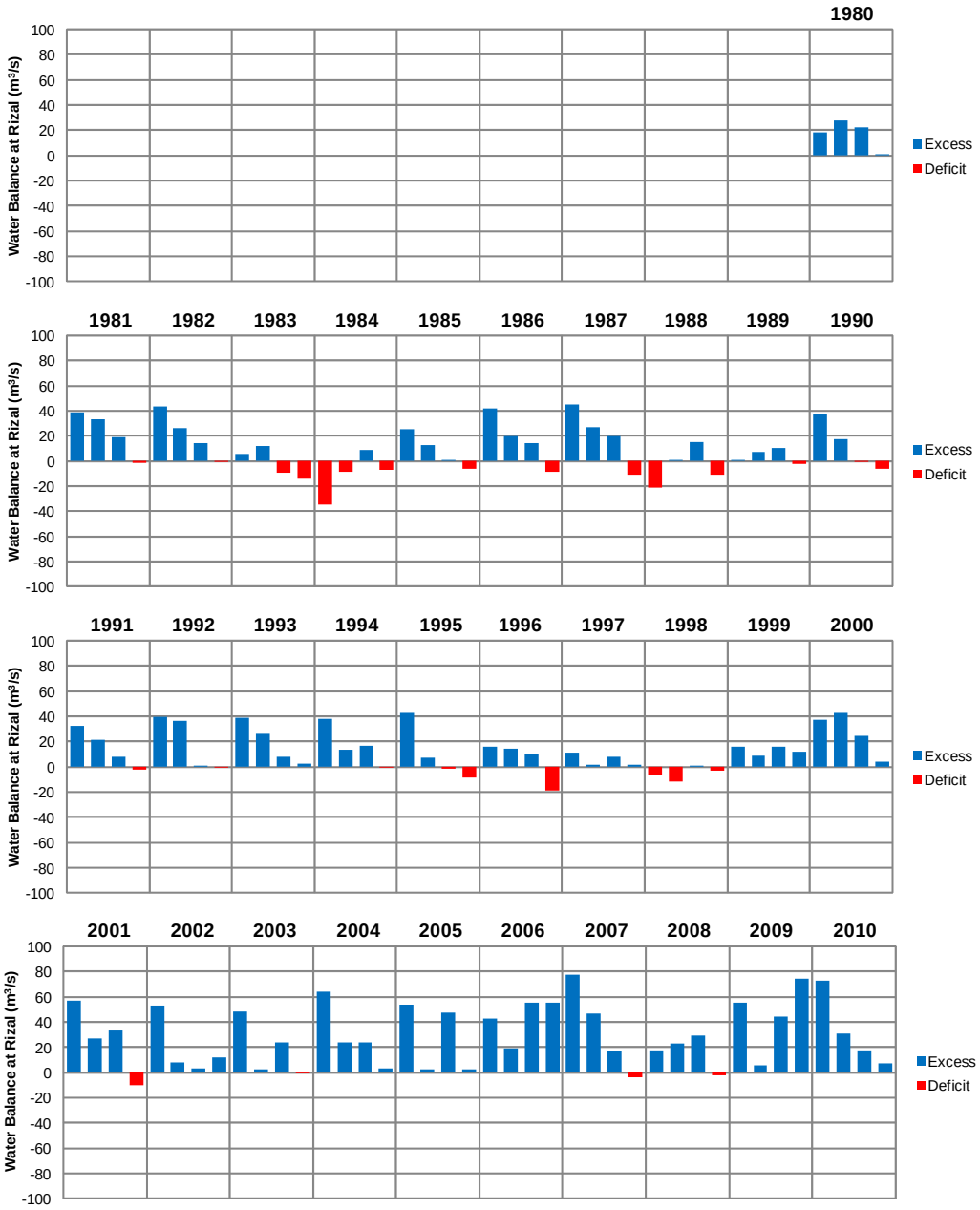
Annex 7.1.9 (1/2)
River Flow at Rizal Dam and Diversion Water Requirement of UPRIIS



Annex 7.1.9 (2/2)
River Flow at Rizal Dam and Diversion Water Requirement of UPRIIS



Annex 7.1.10
Computations of Water Balance at Rizal Dam



Annex 7.3.1. Comparison of Service Indicators (Target and Actual Figures)

Indicators	Area		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
W1: Number of Total Service Connection (Thousand)	MWCI	Actual	311	324	333	339	353	370	426	463	503	562	639	684	736	813	-	-
		Bid Forecast	277	301	327	354	379	402	426	451	477	505	520	536	553	571	586	602
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	381	396	413	430	447	685	754	780	812	826
	MWSI	Actual	458	469	518	571	602	598	612	629	649	703	729	762	815	912	-	-
		Bid Forecast	471	505	539	572	617	640	662	685	708	731	743	756	768	781	794	808
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	748	800	870	958	990
S1: Sewerage Connection (Thousand)	MWCI	Actual	21.8	22.2	22.8	25.3	27.2	28.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.8	30.0	34.0	68.9	-	-
		Bid Forecast	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	21.0	33.0	47.0	60.0	76.0	111.0	150.0	190.0	233.0	277.0	283.0
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	25.9	26.1	26.4	26.6	26.8	49.0	58.0	68.0	106.0	106.0
	MWSI	Actual	56.0	56.0	61.0	63.0	61.0	58.0	56.0	55.0	53.0	51.0	38.0	38.0	42.0	44.0	-	-
		Bid Forecast	59.0	60.0	62.0	63.0	102.0	110.0	119.0	128.0	138.0	147.0	151.0	155.0	159.0	163.0	167.0	187.0
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	41.0	42.0		
IN1: Billed Volume (MLD)	MWCI	Actual	495	517	637	683	733	748	756	797	852	919	1023	1059	1069	1121	-	-
		Bid Forecast	504	643	825	944	1,041	1,110	1,183	1,250	1,335	1,413	1,458	1,500	1,553	1,602	1,660	1,713
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	782	814	881	913	945	1,074	1,107	1,133	1,171	1,199
	MWSI	Actual	642	546	676	749	797	741	718	706	690	713	780	870	978	1026		
		Bid Forecast	500	966	1,168	1,394	1,544	1,603	1,659	1,707	1,765	1,826	1,874	1,921	1,969	2,071	2,064	2,120
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	715	749	838	939	904	1,044	1,198	1,355	1,376
Production Volume (MLD)	MWCI	Actual	1,542	1,261	1,668	1,690	1,725	1,663	1,578	1,518	1,376	1,346	1,378	1,341	1,316	1,287	1,277	-
	MWSI	Actual	1,900	1,517	2,190	2,252	2,417	2,363	2,313	2,276	2,168	2,229	2,293	2,405	2,426	2,215	2,143	-
Average Tariff (Rs./m3)	MWCI	Actual	4.02	4.02	4.37	4.56	5.47	8.38	13.52	14.01	18.58	19.90	20.51	26.55	27.99	29.98	36.00	-
	MWSI	Actual	7.21	7.21	8.22	8.62	10.18	12.52	19.92	19.92	20.19	32.42	32.86	33.02	31.19	37.40	40.80	-
	Ave.	CPI Adjusted Average Tariff from 1996 Tariff Level (8.78Rs./m3)	9.27	10.13	10.73	11.16	11.92	12.28	12.71	13.47	14.49	15.39	15.82	17.29	17.84	18.52	19.33	-
NRW rate (%)	MWCI	Actual	45	39	40	43	48	52	51	43	35	30	24	20	16	13	-	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25
	MWSI	Actual	66	62	69	67	69	69	69	68	66	64	66	64	57	51	-	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62	57	51	46	40
W2: Continuity of Supply (24hours)	MWCI	Actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99%	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98%	-
	MWSI	Actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58%	65%	71%	84%	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56%	69%	83%	96%	100%
W3: Water Pressure (7 psi and avobe)	MWCI	Actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99%	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82%	-
	MWSI	Actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67%	79%	86%	96%	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57%	64%	85%	95%	100%
CA1: CAPEX (Million PHP)	MWCI	Actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,128	5,019	8,658	-	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,002	6,466	7,984	8,755	5,914
	MWSI	Actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,997	6,711	8,013	-	-
		Forecast at Rate Rebasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,655	6,487	7,900	7,423	7,346

Annex 7.3.2 Financial Data of MWCI and MWSI

	MWSI					MWCI				
	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
Balance Sheet										
Assets	24,682	24,458	34,752	38,179	42,590	24,263	27,941	36,369	43,611	47,400
Current Assests	5,037	4,056	9,121	7,299	4,407	7,496	4,122	8,595	8,770	5,451
Noncurrent Assets	19,645	20,402	25,631	30,881	38,183	16,767	23,819	27,774	34,841	41,949
Service Concession Assets - net	12,774	17,145	22,237	29,063	36,189	16,186	21,914	23,914	29,662	36,230
Other Noncurrent Assets	6,871	3,257	3,394	1,818	1,994	581	1,905	3,860	5,179	5,719
Liabilities and Equity	24,682	24,458	34,752	38,179	42,590	24,263	27,941	36,369	43,611	47,400
Liabilities	21,427	27,700	33,814	34,418	34,646	12,389	15,463	21,911	26,764	27,585
Current Liabilities	6,933	14,610	8,398	8,634	10,216	4,399	4,427	4,231	5,203	5,373
Noncurrent Liabilities	14,494	13,090	25,416	25,784	24,430	7,990	11,036	17,680	21,561	22,212
Interest-bearing Loans	7,333		16,456	16,305	15,598	7,130	5,995	12,897	13,300	12,713
Service Concession Obligations	4,965	8,804	5,742	8,576	7,403		3,846	3,475	6,368	6,400
Other Noncurrent Liabilities	2,196	4,286	3,218	903	1,429	860	1,195	1,308	1,893	3,099
Equity	3,255	-3,242	937	3,762	7,944	11,874	12,478	14,458	16,847	19,815
Income Statement										
Operating Revenue	6,673	7,377	8,245	10,619	12,050	6,209	7,332	8,913	9,510	10,799
Water Service	5,115	5,790	6,420	8,576	9,904	5,250	6,241	7,540	8,045	8,857
Sewerage Service (sewerage and environment	1,277	1,298	1,387	1,624	1,739	840	986	1,275	1,377	1,713
Others	281	289	438	419	407	119	105	98	88	230
Costs and Expenses	4,303	3,988	4,532	4,974	4,932	3,711	3,864	4,375	4,648	4,835
Salaries, wages and benefits	1,725	1,310	1,234	1,351	1,284	927	917	933	997	1,050
Amortization of service concession assets	739	1,124	1,283	1,323	1,059	1,116	1,283	1,724	1,772	1,145
Utilities	323	328	373	417	565	396	447	448	478	597
Materials and supplies	190	195	174	247	367	20	25	27	26	26
Provision for doubtful accounts	178	171	102	226		394	130	116	14	379
Repairs and maintenance	84	147	175	221	321	87	136	139	139	172
Depreciation and amortization	484		112	120	135	0	123	167	181	275
Regulatory Cost			81	98	13	66	76	81	98	13
Others	580	713	998	971	1,188	686	727	740	943	1,178
Income before Other Income (Expenses)	2,370	3,389	3,713	5,644	7,118	2,498	3,468	4,538	4,862	5,964
Other Income (Expenses)	-1,591	-2,290	-1,737	-1,251	-2,553	-158	117	-262	-613	-756
Interest expense	-1,248	-1,917	-1,544	-2,370	-2,163	-588	-529	-689	-811	-1,155
Interest income	179	118	123	153	70	295	153	204	360	283
foreign exchange gains (losses)	-664	2,536	-878	-1,326	1,217	674	1,211	-1,452	270	27
Foreign currency differential adjustments	719	-2,530	549	1,243	-1,271	-544	-728	1,424	-362	-57
Others (net)	-577	-497	13	1,049	-406	5	10	251	-70	146
Income before Income Tax	779	1,099	1,976	4,393	4,565	2,341	3,584	4,276	4,249	5,208
Provision for (benefit from) deferred income tax	-225	-568	-18	1,569	-215	-123	987	1,469	1,006	1,258
Net Income	1,004	1,667	1,994	2,824	4,780	2,464	2,597	2,807	3,243	3,950
Financial Indicators										
Current Ratio	73%	28%	109%	85%	43%	170%	93%	203%	169%	101%
Indebtedness	87%	113%	97%	90%	81%	51%	55%	60%	61%	58%
Net Profit Margin	15%	23%	24%	27%	40%	40%	35%	31%	34%	37%
ROA	4.1%	6.8%	5.7%	7.4%	11.2%	10.2%	9.3%	7.7%	7.4%	8.3%
ROE	30.8%	N.A.	212.8%	75.1%	60.2%	20.8%	20.8%	19.4%	19.2%	19.9%

Note: Figures in the year 2010 are before audit

Source: Financial Statements of MWSI and MWCI

第12章

Annex 12.1 Indicative Index for Evaluation of Item

1. Economic Impacts

Item	Description	Index
1) EIRR	Economic internal rate of return	%
2) Benefit/cost	Benefit-cost ratio	ratio
3) Net Present Value	Discounted total profit less total cost	MPhP
4) Worth of Water	Evaluation of water otherwise be valueless	MPhP/an
5) Utility	Supporting resource of economic activities	MLD
6) Land	Opportunity cost of land submerged	1,000 Ha

2. Financial Impacts

Item	Description	Index
1) FIRR	Financial internal rate of return	%
2) Annual Benefit	Annual earning less annual expenditure	MPhP/an
3) Investment Cost	Required investment for project implementation	MPhP
4) OMR Cost	Annual running cost, for OMR per m^3	PhP/ m^3
5) Overall System Cost	Development of source, conveyance and treatment	MPhP
6) LR average cost	Per m^3 adapting demand including depreciation	PhP/ m^3

3. Environmental Impacts

Item	Description	Index
1) Protected Area	Activities in protected areas (0.5)	1,000Ha
2) Terrestrial Ecology	Disturbance to habitat (0.5)	Nos. of species
3) Indigenous People	Population to be disturbed life	Person
4) Environmental Flow	Occurrence frequency of deficit	%
5) Watershed Mangmnt	Preservation of watershed area	Deg. of devastation
6) Work volume	Embankment volume	Mm^3
7) CO_2 emission	Hydropower generation	MW

4. Social Impacts

Item	Description	Index
1) Project Affected Family	Numbers of affected families	Nos.
2) Sanitary	Reliable sufficient water supply	Mld
3) Social Security	Water supply security	Mld
4) Social Weak Issue	Surplus potential over MWSS demand	Mld
5) Institutional Issue	Water right, EIA & stage of implementation	Status
6) Job opportunity	Directly or indirectly generated job by OMR	MPhP/an

Annex 12.2 Evaluated Impacts

Performance of Project (Economic Impact)

Project	EIRR	B/C	NPV	Valuation of water	Utility	Land area	-
Unit	%	-	BP	BP/a	Mld	1000ha	-
Weight	2	1	2	1	1	1	-
Sumag	37.0	2.7	4.2	0.6	188	0	-
Tayabasan Dam	23.2	1.6	1.3	0.6	175	0	-
Laguna Lake	-	-	-	0.7	200	0	-
Laiban Dam	15.7	1.1	1.3	6.2	1,900	2.3	-
Agos Dam	15.5	1.0	1.0	9.9	3,000	1.8	-
Kanan Dam N02	15.2	1.1	0.8	10.8	3,300	2.6	-

Performance of Project (Financial Impact)

Project	FIRR	Ann. benefit	Invest. cost	OM cost	System Cost	LRA Cost	-
Unit	%	Bp/an	BP	P/m^3	Bp	P/ m^3	-
Weight	2	2	1	1	1	1	-
Sumag	41.6	1.2	1.0	0.97	2.7	5.7	-
Tayabasan Dam	21.0	0.9	3.5	0.94	4.6	2.0	-
Laguna Lake	-	1.5	-	-	-	-	-
Laiban Dam	17.4	9.8	36.7	0.76	49.1	2.1	-
Agos Dam	18.5	16.1	43.3	0.90	63.8	2.7	-
Kanan Dam N02	18.6	16.6	55.9	1.24	80.7	1.8	-

Performance of Project (Environmental Impact)

Project	Protd. area	Eco-logy	IP	Env. flow	Water-shed	Work vol	Co2
Unit	1000ha	Nos	person	%	Deg.dvst	$M m^3$	MW
Weight	0.5	0.5	1	1	2	1	2
Sumag	16	0	0	75	mining	0	0
Tayabasan Dam	26	0	0	24	good	na	0.1
Laguna Lake	-	0	0	100	indstry	na	0
Laiban Dam	18	13	1,175	78	dvsttd	6.2	25
Agos Dam	88	12	118	92	dvsttd	6.7	51
Kanan Dam N02	70	22	118	86	ideal	9.1	54

Performance of Project (Social Impact)

Project	PAF	Sanit. Cond.	Social Sec.	Social weak	Insti-tutional	Job opp.	-
Unit	Family	Mld	Mld	Mld	Status	Mp/an	-
Weight	2	1	1	2	1	1	-
Sumag	0	188	188	188	DD,ECC	67	-
Tayabasan Dam	300	175	175	175	PQ	60	-
Laguna Lake	0	200	200	200	IEE,FS	-	-
Laiban Dam	2,497	1,900	1,900	1,900	FS,ECC	527	-
Agos Dam	225	3,000	3,000	3,000	FS	985	-
Kanan Dam N02	100	3,300	3,300	3,300	FS	1,494	-

Annex 12.3 Rating Standard

Object	Item	Weight	Unit	Point to be Assigned					
				-3	-2	-1	0	1	2	3
Economic Impact	1)EIRR	2	%	~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~
	2)B/C	1	-	~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	1.0~1.1	1.1~1.2	1.2~
	3)NPV	2	BP	~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	1.2~1.4	1.4~
	4)Valuation of water	1	BP/an	NA	NA	NA	0~1	1~4	4~8	8~
	5)Utility	1	Mld	NA	NA	NA	0~300	300~1000	1000~2000	2000~
	6)Land to be submerged	1	1000ha	~4	4~2	2~	0	NA	NA	NA
Financial Impact	1)FIRR	2	%	NA	NA	NA	~5	5~10	10~15	15~
	2)Annual benefit	2	BP/an	NA	NA	NA	~5	5~10	10~15	15~
	3)Investment cost	1	BP	~50	50~30	30~10	10~0	NA	NA	NA
	4)OM cost	1	P/m^3	~1.5	1.5~1	1~0.5	0.5~0	NA	NA	NA
	5)Overall system cost	1	BP	~80	80~40	40~5	5~0	NA	NA	NA
	6)Long run average benefit	1	P/m^3	NA	NA	NA	0~0.5	0.5~1.5	1.5~2.5	2.5~
Environmental Impact	1)Protected area	0.5	1000ha	~100	100~50	50~10	10~~0	NA	NA	NA
	2)Terrestrial ecology	0.5	NOs	~50	50~20	20~	0	NA	NA	NA
	3)IP	1	Person	~1000	1000~500	500~	0	NA	NA	NA
	4)Environmental flow	1	%	~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~
	5)Watershed management	2	Dev.degree	Very G	Good	N Dev	VSlight Dev	Slightly D	Devastated	S D
	6)Work volume	1	Mm^3	~12	12~6	6~	0	NA	NA	NA
	7)CO2 emission	2	MW	NA	NA	NA	0	~25	25~50	50~
Social Impact	1)PAF	2	Family	~600	600~300	300~100	100~0	NA	NA	NA
	2)Sanitary condition	1	Mld	NA	NA	NA	0	~1500	1500~3000	3000~
	3)Social security	1	Mld	NA	NA	NA	0	~1500	1500~3000	3000~
	4)Social weak issue	2	Mld	NA	NA	NA	0~1500	1500~2000	2000~3000	3000~
	5)Institutional issue	1	Status	NA	NA	NA	No EC/WR	Water right	ECC	Both
	6)Job opportunity	1	MP/an	NA	NA	NA	0	~400	400~800	800~

Note; Unit: a: annual, B: Billion, Dev. degree: Devastated degree, ld: Litre per day, M: million, P: Philippine Peso

Rating D: Devastated, NA: Not available, N Dev.: Not devastated, SD: Significantly devastated

Annex 12.4 Calculation Table of GMI

Item	Weight	Smug		Tayabasan		Laiban		Agos		Kanan	
		point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted
EIRR	2	3	6	3	6	2	4	2	4	2	4
B/C	1	3	3	3	3	2	2	1	1	2	2
NPV	2	3	6	2	4	2	4	1	2	2	4
Water Val	1	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3
Utility	1	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3
Land	1	0	0	0	0	−2	−2	−1	−1	−2	−2
E Total			15		13		12		12		14

Item	Weight	Smug		Tayabasan		Laiban		Agos		Kanan	
		point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted
FIRR	2	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
A. Benefit	2	0	0	0	0	1	2	3	6	3	6
Inv.cost	1	0	0	0	0	−2	−2	−2	−2	−3	−3
OM cost	1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−2	−2
System c	1	0	0	0	0	−2	−2	−2	−2	−3	−3
LRA Bene	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
F total			8		7		5		9		6

Item	Weight	Smug		Tayabasan		Laiban		Agos		Kanan	
		point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted
Prtectd A	0.5	−1	−0.5	−1	−0.5	−1	−0.5	−2	−1	−2	−1
Ecology	0.5	0	0	0	0	−1	−0.5	−1	−0.5	−2	−1
IP	1	0	0	0	0	−3	−3	−1	−1	−1	−1
Env. Flow	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3	3
Watershed	2	1	2	−1	−2	2	4	3	6	−1	−2
W. Volume	1	0	0	0	0	−2	−2	−2	−2	−2	−2
CO2	2	0	0	1	2	2	4	3	6	3	6
E. Total			2.5		1.5		3		10.5		2

Item	Weight	Smug		Tayabasan		Laiban		Agos		Kanan	
		point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted	point	weighted
PAF	2	0	0	−1	−2	−3	−6	−1	−2	0	0
sanitry	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
S. Security	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
S. Weak	2	0	0	0	0	1	2	3	6	3	6
Institutiona	1	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1
Job Opp.	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
S. Total			6		4		4		14		16

Annex 12.5

The computation procedures (Formulae) to obtain GMI and DUB

1) Gross Magnitude of Impact（GMI）by Projects

$$GMI = \sum_{i=1}^{n} \left\{ WOB(i) \times \sum_{j=1}^{m(i)} \left(WIT(i, j) \times P(i, j) \right) \right\}$$

where, *GMI*: Gross magnitude of impacts of the subprojects
WOB(i): Relative importance of the i-th objective
WIT(i,j): Relative importance of the j-th item in the i-th objective
P(i,j): Point (= -3 ~ 3)
n: Number of objectives
m(i): Number of items in the i-th objective

The importance of each objective is the same in this study and fixed to be 1.0

The relative importance of EIRR was set 2.0 in the economic objective in this study. Meanwhile that of protected area is 0.5 in the environment objective.

n is four (economy, financial, environmental and social).

m for each objective is as follows;

Economy	6
Financial	6
Environment	7
Social	6

2) Balance of Impacts Among the Objectives

$$GD = [\Sigma \{IOB(i)-C\}^2]^{0.5}$$

$$DUB = \frac{GD}{O}$$

where, *GD*: Generalized distance of impacts of a project
DUB: Degree of imbalance of impacts of the project
IOB(i): Total impact on the i-th objective

$$= \sum_{j=1}^{m} \left(WIT(i, j) \times P(i, j) \right)$$

C Coordinates of the iso-magnitude of impacts

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} IOB(i)}{n}$$

O　　Normalization factor
$= (\Sigma C^2)^{0.5}$

IOBs of Agos Dam Project for each objective is as follows

Economy	12
Financial	9
Environment	10.5
Social	14
Total	45.5 (GMI for Agos Dam Project)

C of Agos Dam Project is 11.4 (=45.5/4)

GD of Agos Dam Project is 3.7

O of Agos Dam Project is 22.8 (= $\{4x11.4^2\}^{0.5}$

DUB of Agos Dam Project is 0.16　(=3.7/22.8)

Annex 12.6 Calculation sheet of Gross Magnitude of Impact(GMI) and Degree of Unbalance(DUB)

Term	Sumag	Tayabasn	Laiban	Agos	Knan
Economic Impacts	15	13	12	12	14
Financial Impacts	8	7	5	9	6
Environmental Impacts	2.5	1.5	3	10.5	2
Sopcial Impacts	6	4	4	14	16
Gross Magnitude of Impact of Project	**31.5**	**25.5**	**24**	**45.5**	**38**
Assumed Completely Balanced Impact	**7.875**	**6.375**	**6**	**11.375**	**9.5**
Distance of economic objective(2P)	50.766	43.891	36	0.3906	20.25
Distance of financial objective(2P)	0.0156	0.3906	1	5.6406	42.25
Distance of evironmental objective(2P)	28.891	23.766	9	0.7656	56.25
Distance of environmental objective(2P)	12.25	5.6406	4	6.8906	42.25
Generalized distance(2P)	91.922	73.688	50	13.688	161
Generalized distance	**9.5876**	**8.5841**	**7.0711**	**3.6997**	**12.689**
Normalization factor	15.75	12.75	12	22.75	19
Degree of imbalance	**0.6087**	**0.5049**	**0.5893**	**0.1626**	**0.6678**