

フィリピン国
国家経済開発庁（NEDA）
国家水資源評議委員会（NWRB）

フィリピン国
全国水資源開発・管理のための
情報収集・確認調査（QCBS）

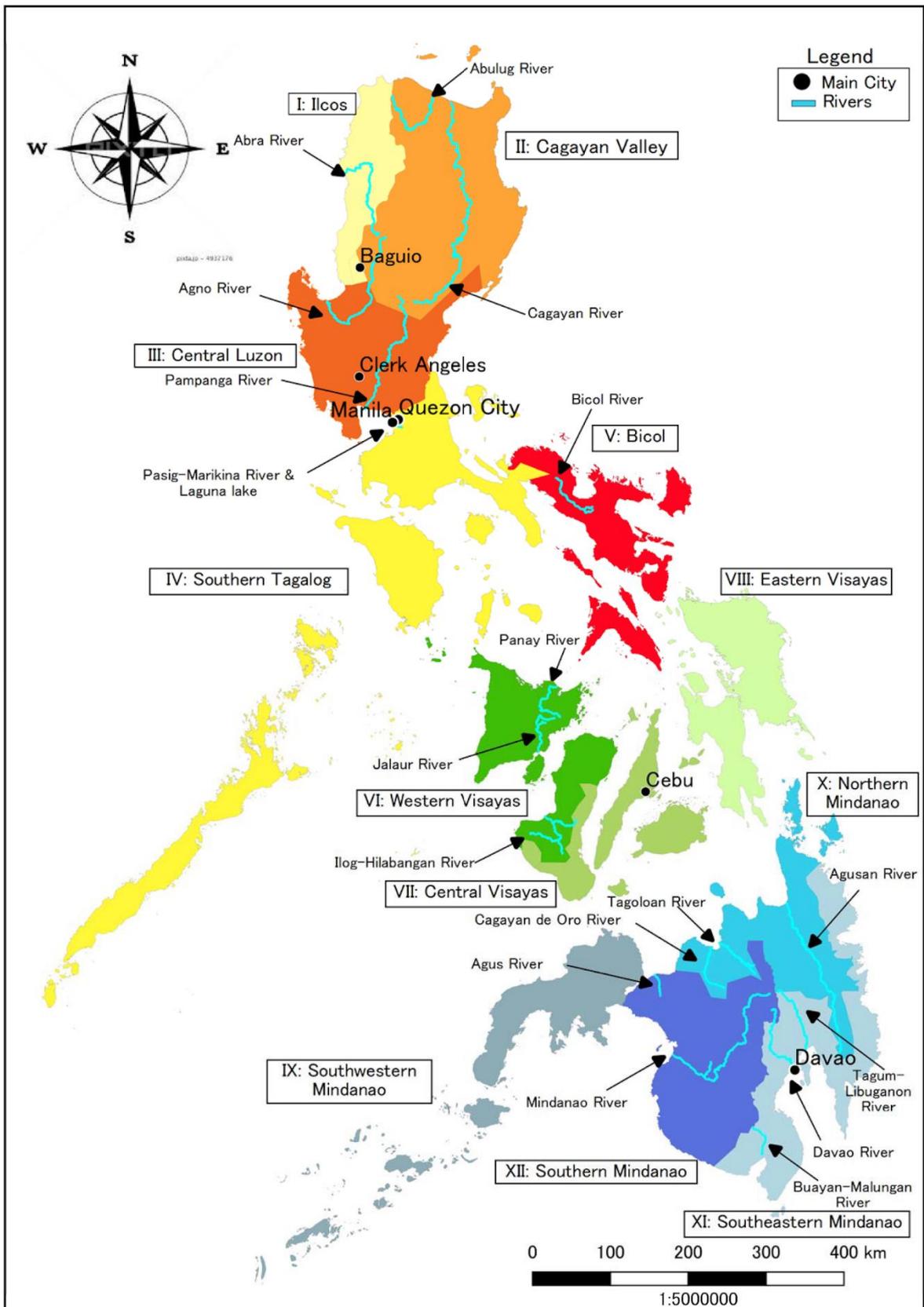
ファイナルレポート
和文要約

2023年7月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社
株式会社建設技研インターナショナル
独立行政法人 水資源機構

東大
JR
23-018



出典：JICA 調査団

対象地域位置図
(12 水資源区と 18 主要河川流域)

フィリピン国 12 水資源区と主要河川、主要都市、気候区分

水資源区	18 主要河川流域 (流域面積)	主要都市	気候区分	島嶼
WRR I Ilocos	Abra (5,125 km ²) Abulug (3,362 km ²)	Baguio	Type-I	Luzon
WRR II Cagayan Valley	Cagayan (25,469 km ²)	Tuguegarao	Type-II & III	Luzon
WRR III Central Luzon	Agno (5,952 km ²) Pampanga (9,753 km ²)	Angeles	Type-I, II & III	Luzon
WRR IV Southern Tagalog	Pasig-Laguna (4,678 km ²)	Metro Manila	Type-I & III	Luzon Mindoro
WRR V Bicol	Bicol (3,771 km ²)	—	Type-II & IV	Luzon
WRR VI Western Visayas	Panay (1,843 km ²) Jalaur (1,503 km ²) Ilog Hilabangan (1,945 km ²)	Iloilo Bacolod	Type-I & III	Panay Island Panay Island Negros Island
WRR VII Central Visayas	—	Metro Cebu	Type-III & IV	Cebu, Bohol Island, Negros Island
WRR VIII Eastern Visayas	—	—	Type-II & IV	Samar Island, Leyte island
WRR IX Southwestern Mindanao	—	Zamboanga	Type-III & IV	Mindanao
WRR X Northern Mindanao	Agusan (10,921 km ²) Tagoloan (1,704 km ²) Cagayan de Oro (1,521 km ²)	Cagayan de Oro	Type-II & IV	Mindanao
WRR XI Southeastern Mindanao	Tagum-Libuganon (3,064 km ²) Davao (1,623 km ²) Buayan Margun (1,435 km ²)	Davao	Type-III & IV	Mindanao
WRR XII Southern Mindanao	Agus (1,645 km ²) Mindanao (23,169 km ²)	—	Type-III & IV	Mindanao

Note: 気候区分: Type-I: Two prominent seasons (dry from November to April and rain for the rest of the year). Type-II: Significant rainfall from November to January, but the dry season is absent. Type-III: The seasons are not very noticeable, it is relatively dry from November to April, and it rains for the rest of the year. Type-IV: Rainfall is distributed almost evenly throughout the year.

出典 : PAGASA

略語表

略語	英語	日本語
1998 M/P	National Comprehensive Water Resources Development Plan Survey, JICA, 1998	フィリピン国 全国総合水資源開発計画調査, 国際協力事業団, 1998. 8
AAGR	Average Annual Growth Rate	年平均成長率
AD	Ancestral Domain	先祖伝来の領地
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ALOS	Advanced Land Observing Satellite	陸域観測技術衛星 (だいち)
ARCM	Non-contact Radar Sensor Automatic Radio Current Meter	非接触レーダーセンサー電波式自動流速計
ARG	Automatic Rainfall Gauge	自記雨量計
ARSIT	Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology	社団法人雨水貯留浸透技術協会
ASTT	Advanced Science and Technology Institute	先端科学技術研究所
AWLG	Automatic Water Level Gauge	自記水位計
BAI	Bureau of Animal Industry	畜産殖産局
BAS	Bureau of Agricultural Statistics	農業統計局
BFAR	Bureau of Fisheries and Aquatic Resources	水産水生生物資源局
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CADT	Certificate of Ancestral Domain Title	先祖伝来領域権原証明書
CCOP	Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia	東・東南アジア地球科学計画調整委員会
CENRO	Community Environment and Natural Resources Office	環境天然資源省コミュニ. ティ事務所
CHC	Climate Hazard Center	気候災害センター
CHIRPS	The Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data	気候災害グループ 赤外線降水量と観測所データ
CIS	Communal Irrigation System	共同灌漑組織
CLIRAM	Climate Information and Risk Analysis Matrix	気候情報とリスク分析マトリックス
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project	結合モデル相互比較計画
COVID-19	Coronavirus disease 2019	新型コロナウイルス感染症
C/P	Counterpart	カウンターパート
CSV	Creating Shared Value Format	共通価値創造フォーマット
DA	Department of Agriculture	農業省
DCWD	Davao City Water District	ダバオ市水道区
DEM	Digital Elevation Model	全球数値標高モデル
DENR	Department of Environment & Natural Resources	環境天然資源省
DF/R	Draft Final Report	最終報告書 (案)
DHI	DHI Water & Environment	デンマーク水理環境研究所
DHSUD	Department of Human Settlements and Urban Development	人間居住都市開発省
DILG	Department of Interior and Local Government	自治省
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
DOF	Department of Finance	財務省
DOST	Department of Science and Technology	科学・技術省
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業・高速道路省
DWR	Department of Water Resources	水資源省
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境適合証明書

ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	ヨーロッパ中長期予報センター
ECP	Environmental Critical Project	環境重要プロジェクト
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIS	Environmental Impact Statement	環境影響評価書
EMB	Environment Management Bureau	環境管理局
ERA5	ECMWF Reanalysis version-5	ヨーロッパ中長期予報センター大気再解析データ version-5
ESA	European Space Agency	欧州宇宙機関
ETo	Reference Evapotranspiration	基準蒸発散量
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国際連合食糧農業機関
FDC	Flow Duration Curve	流況曲線
FEFLOW	Finite Element Subsurface FLOW System	3次元地中熱水分解析モデル
F/R	Final Report	最終報告書
FRM	Flood Risk Management	洪水管理
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GRDP	Gross Regional Domestic Product	域内総生産
GSMaP	JAXA, Global Satellite Mapping of Precipitation	JAXA 衛星全球降水マップ
GW	Groundwater	地下水
GWL	Groundwater Level	地下水位
HYDROMETS	Hydrometeorological Stations	水文気象観測所
H-Q curve	Water Height (Stage)-Discharge Rating Curve	水位-流量曲線
IA	Irrigator's Association	水利組合
IBAT	Integrated Biodiversity Assessment Tool	生物多様性リスク測定ツール
IC/R	Inception Report	着手報告書
IMO	Irrigation Management Office	灌漑管理事務所
IP	Indigenous People	先住民族
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	国連気候変動に関する政府間パネル
ITCZ	Intertropical Convergence Zone	熱帯収束帯
IT/R	Interim Report	中間報告書
ITS	Irrigation Telemetry System	灌漑遠隔監視システム
IWRM	Integrated Water Resource Management	統合水資源管理
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JST	JICA Survey Team	JICA 調査団
JWA	Japan Water Agency	独立行政法人 水資源機構
LGUs	Local Government Units	地方自治体
LWUA	Local Water Utilities Administration	地方水道公社
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis	多基準決定分析
MCM	Million Cubic Meter	百万立米
MCWD	Metro Cebu Water District	メトロセブ水道区
MGB	Mines and Geosciences Bureau, the Department of Environment and Natural Resources	環境天然資源省鉱山地球科学局
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism	国土交通省

MODFLOW	U.S. Geological Survey modular finite-difference flow model	米国地質調査所 WEAP Model, モジュラー有限差分フローモデル
MODIS	The Terra and Aqua combined Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer	中分解能撮像分光放射計
MP or M/P	Master Plan	マスタープラン
NIMP	National Irrigation Master Plan	国家灌漑マスタープラン
NIS RIP	National Irrigation System Rehabilitation and Improvement Project	国営灌漑事業改修改善計画
NWRB	National Water Resources Board	国家水資源評議会
MWSS	Metropolitan Waterworks & Sewerage System	マニラ首都圏上下水道供給公社
NAMRIA	National Mapping and Resource Information Authority of the Philippines	フィリピン国立地図・資源情報局
NARBO	Network of Asian River Basin Organizations	アジア河川流域機関ネットワーク
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NCCA	National Commission for Culture and the Arts	文化芸術委員会
NCIP	National Commission on Indigenous Peoples	先住民国家委員会
NCR	National Capital Region	マニラ首都圏
NEDA	National Economic and Development Authority	国家経済開発庁
NGO	Non-governmental Organization	非政府組織
NHCP	National Historical Commission of the Philippines	フィリピン国家歴史委員会
NIA	National Irrigation Administration	国家灌漑公社
NIPAS	National Integrated Protected Areas System	国家統合保護地域制度
NIS	National Irrigation System	国営灌漑システム
NPC	National Power Corporation	フィリピン電力公社
NSE	Nash-Sutcliffe Model Efficiency Coefficient	ナッシュ・サトクリフ 係数
NWRB	National Water Resources Board	国家水資源評議会
O&M	Operation and Maintenance	運営維持管理
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン大気地球物理天文局
PAMB	Protected Area Management Board	保護区管理委員会
PAP	Project Affected Person	被影響住民
P-D	Water Potential minus Water Demand	水資源賦存－水需要量
P/D	Water Potential divide Water Demand	水資源賦存÷水需要量
PFI	Private Finance Initiative	民間資金等活用事業
PHIVOLCS	Philippine Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン火山地震研究所
PHP	Philippines Peso	フィリピン・ペソ
PI	Poverty Incidence	貧困発生率
PIS	Private Irrigation System	私有灌漑システム
PKII	Philkoei International Inc.	フィルコーエイ・インターナショナル
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PSA	Philippine Statistics Authority	国家統計局
PWMSSMP	The Philippine Water Supply and Sanitation Master Plan	フィリピン国給水衛生マスタープラン
Q&A	Question and Answer	質問と回答
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画
RBCO	River Basin Control Office	流域管理事務所
RCP	Representative Concentration Pathways	代表濃度経路シナリオ

RIS	River Irrigation System	重力式灌漑組織
RSLC	Simple River Surveillance Live Camera	簡易河川監視ライブカメラ
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SEZ	Special Economic Zones	特別経済区域
SHER model	Similar Hydrologic Element Response Model	水循環解析モデル
SHM	Stakeholder Meeting	ステークホルダー会議
SRIP/S	Small Reservoir Irrigation Project / System	小規模溜池灌漑計画
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	スペースシャトル搭載合成開口レーダー
SLC	Sea Level Change	海面変化
SW	Surface Water	表流水
TSP	Total Suspended Particulates	総浮遊粒子状物質
TSS	Total Suspended Solids	総懸濁固形分
USDA	United States Department of Agriculture	米国農務省
USGS	United States Geological Survey	米国地質調査所
WB	World Bank	世界銀行
WD	Water District	水道区
WEAP Model	"Water Evaluation and Planning" System Model	水の評価と計画システムモデル
WQMA	Water Quality Management Areas	水質管理区域
WR	Water Requirement	要水量
WRMO	Water Resources Management Office	水資源管理事務所
WRR	Water Resources Region	水資源区

フィリピン国全国水資源開発・管理
のための情報収集・確認調査 (QCBS)

ファイナルレポート
和 文 要 約

報告書構成

第 1 巻 主報告書

第 2 巻 附属報告書 (1)

ANNEX A	GIS Data
ANNEX B	Socio-Economic Conditions Databook
ANNEX C	Organizations and Legal Frameworks
ANNEX E	Detailed Municipal & Industrial Water Demand Forecast
ANNEX F	Agricultural Water Demands Attachment A & B Additional Tables
ANNEX G	Surface Water Resources Development / Water Resources Facility
ANNEX H	Summary of Planned Flood Structural Measures
ANNEX I	Environmental & Social Consideration

第 3 巻 附属報告書 (2)

ANNEX D	Hydrology Databook - Hydrology
	List of Data Collection

第 4 巻 和文要約

フィリピン国全国水資源開発・管理
のための情報収集・確認調査 (QCBS)

ファイナルレポート
和 文 要 約

目 次

調査対象位置図

12 水資源区と主要河川流域

略語表

報告書構成

目次

調査結果の概要

第 1 章	序論.....	1
1.1	業務の背景.....	1
1.2	業務の目的.....	1
1.3	業務対象地域.....	1
1.4	業務範囲.....	1
1.5	関係機関（カウンターパート機関）.....	2
1.6	全体作業スケジュール.....	2
1.7	業務概要.....	5
1.8	報告書・成果品の作成・提出.....	8
1.9	現地再委託.....	8
1.10	フィリピン側関連機関との協議等.....	9
1.10.1	定例会議.....	9
1.10.2	ハイレベル会議.....	9
1.10.3	技術習熟プログラム.....	9
第 2 章	ステージ I: 全国水資源区ごとの水収支解析及び優先水資源区の選定.....	10
2.1	社会経済状況.....	10
2.2	自然状況、水利用.....	11
2.2.1	水資源区.....	11
2.2.2	国土、地形.....	11
2.2.3	気象・水文.....	11
2.2.4	河川、水資源.....	11
2.2.5	地質、水理地質、土質分布.....	11
2.2.6	土地利用.....	11

2.2.7	水利用現況（農業用水）	12
2.2.8	水利用現況（都市用水・工業用水）	12
2.2.9	既存、計画の水資源開発事業	13
2.2.10	地下水利用の現状	14
2.2.11	洪水リスク管理の現状	14
2.2.12	水質	14
2.2.13	自然環境	15
2.3	水文解析	15
2.3.1	水文解析の概要（ステージⅠ：全国レベル解析）	15
2.3.2	気候変動影響評価	16
2.3.3	水文解析結果	16
2.4	水賦存量	16
2.4.1	表流水賦存量	16
2.4.2	地下水賦存量	16
2.5	水需要予測	17
2.5.1	水需要予測（農業用水）	17
2.5.2	水需要予測（都市用水・工業用水）	18
2.6	水収支	19
2.6.1	水資源区ごとの水収支解析結果	19
2.6.2	水資源区ごとの月別水収支解析結果	20
2.6.3	全国レベルの水収支解析のまとめ	20
2.7	優先水資源区の選定	20
2.8	組織・法制度	20
2.8.1	組織	21
2.8.2	法制度	21
2.8.3	計画	21
2.8.4	フィリピン国の水資源に関連する組織・法制度に係る問題点	22
2.8.5	組織・法制度に係る問題点の改善に向けた最近の動き	23
第3章	ステージⅡ：優先水資源区における水収支詳細調査	24
3.1	概要	24
3.2	社会経済状況	24
3.3	水資源区Ⅶにおける水収支詳細調査	24
3.3.1	概況	24
3.3.2	社会経済状況	25
3.3.3	組織・法制度組織・法制度	25
3.3.4	自然状況、水利用	25
3.3.5	水文解析	30
3.3.6	水賦存量	31
3.3.7	水需要予測	32

3.3.8	水収支.....	34
3.4	水資源区 XI における水収支詳細調査	35
3.4.1	概況.....	35
3.4.2	社会経済状況.....	35
3.4.3	組織・法制度.....	35
3.4.4	自然状況、水利用.....	36
3.4.5	水文解析.....	40
3.4.6	水賦存量.....	41
3.4.7	水需要予測.....	41
3.4.8	水収支.....	43
3.5	水資源区 V における水収支詳細調査.....	45
3.5.1	概況.....	45
3.5.2	社会経済状況.....	45
3.5.3	組織・法制度.....	45
3.5.4	自然状況、水利用.....	46
3.5.5	水文解析.....	50
3.5.6	水賦存量.....	51
3.5.7	水需要予測.....	52
3.5.8	水収支.....	53
第 4 章	ステージ III : 優先水資源区における水資源開発・管理計画（案）提案、ならびにス	
	テージ V 優先事業コンセプト.....	55
4.1	計画策定の基本方針.....	55
4.1.1	水資源開発計画・管理計画（案）策定の基本方針.....	55
4.1.2	1998M/P のレビュー.....	55
4.1.3	計画策定の基本条件等.....	58
4.1.4	持続的な水資源開発・管理計画策定のための優先方針の設定.....	58
4.2	ステークホルダー会議.....	59
4.3	優先水資源区 VII.....	61
4.3.1	水資源の現状.....	61
4.3.2	水資源開発・管理代替案の検討.....	62
4.3.3	水資源開発・管理計画案.....	70
4.3.4	優先水資源業コンセプトの提案.....	81
4.3.5	優先水資源事業コンセプトに係る事業実施体制の提案.....	91
4.3.6	水道事業広域化の検討.....	92
4.3.7	環境影響評価.....	94
4.4	優先水資源区 XI.....	95
4.4.1	水資源の現状.....	95
4.4.2	水資源管理代替案の検討.....	96
4.4.3	水資源開発・管理計画案.....	100

4.4.4	優先水資源業コンセプトの提案	107
4.4.5	優先水資源事業コンセプトに係る事業実施体制の提案	113
4.4.6	水道事業広域化の検討	114
4.4.7	環境影響評価	114
4.5	優先水資源区 V	115
4.5.1	水資源の現状	115
4.5.2	水資源管理代替案の検討	116
4.5.3	水資源開発・管理計画案	120
4.5.4	優先水資源業コンセプトの提案	126
4.5.5	優先水資源事業コンセプトに係る事業実施体制の提案	133
4.5.6	水道事業広域化の検討	134
4.5.7	環境影響評価	134
第5章	結論と提言	135
5.1	結論	135
5.2	提言	137
5.2.1	調査全体への提言	137
5.2.2	優先水資源区別の提言	138
5.2.3	組織・制度の提言	139

表 目 次

表 1.7-1	業務概要 (1/5)	5
表 1.7-2	業務概要 (2/5)	5
表 1.7-3	業務概要(3/5)	6
表 1.7-4	業務概要(4/5)	7
表 1.7-5	業務進捗の概要(5/5)	7
表 1.8-1	調査報告書の一覧	8
表 1.9-1	環境社会配慮関連の再委託内容	8
表 1.10-1	ハイレベル会議の講義内容	9
表 2.1-1	フィリピンの国全体及び地域別人口	10
表 2.1-2	フィリピンの GDP	10
表 2.2-1	2020 年の全灌漑組織の灌漑管理、実灌漑可能、実灌漑栽培面積	12
表 2.2-2	現況の都市用水需要量 (2015 年現在)	13
表 2.2-3	現況の工業用水需要量 (2017 年現在)	13
表 2.5-1	現況灌漑用水量	17
表 2.5-2	将来灌漑用水量	17

表 2.5-3	内水面漁業の年間用水量.....	18
表 2.5-4	年間家畜・畜産用水量.....	18
表 2.6-1	各水資源区の 2050 年における年間水収支の比較 2050 [SW+GW] [灌漑需要=調査団 算定値].....	20
表 2.8-1	各セクターの代表的な法制度.....	21
表 3.3-1	2020 年の水資源区 VII の灌漑面積.....	27
表 3.3-2	2020 年の水資源区 VII の家畜・養鶏頭数.....	27
表 3.3-3	2022 年の水資源区 VII の淡水養殖池面積.....	27
表 3.3-4	水資源区 VII の水利用現況（上工水）.....	27
表 3.3-5	水資源区 VII の年間灌漑用水量.....	32
表 3.3-6	2050 年の水資源区 VII の年間灌漑用水量.....	32
表 3.3-7	水資源区 VII の年間畜産・養鶏用水量.....	33
表 3.3-8	水資源区 VII の年間淡水養殖池用水量.....	33
表 3.3-9	水資源区 VII の将来都市用水需要予測.....	33
表 3.3-10	水資源区 VII の将来工業用水需要予測.....	33
表 3.3-11	水資源区 VII の州別水収支計算結果.....	34
表 3.4-1	2020 年の水資源区 XI の灌漑面積.....	37
表 3.4-2	2020 年の水資源区 XI の家畜・養鶏頭数.....	37
表 3.4-3	2022 年の水資源区 XI の真水利用養殖池面積.....	37
表 3.4-4	水資源区 XI の水利用現況（上工水）.....	38
表 3.4-5	水資源区 XI の年間灌漑用水量.....	42
表 3.4-6	2050 年の水資源区 XI の年間灌漑用水量.....	42
表 3.4-7	水資源区 XI の年間畜産・養鶏用水量.....	42
表 3.4-8	水資源区 XI の年間淡水養殖池用水量.....	43
表 3.4-9	水資源区 XI の都市用水需要予測.....	43
表 3.4-10	水資源区 XI の工業用水需要予測.....	43
表 3.4-11	水資源区 XI の州別水収支計算結果.....	44
表 3.5-1	2020 年の水資源区 V の灌漑面積.....	47
表 3.5-2	2020 年の水資源区 V の家畜・養鶏頭数.....	47
表 3.5-3	2022 年の水資源区 V の淡水養殖池面積.....	47
表 3.5-4	水資源区 V の水利用現況（上工水）.....	48
表 3.5-5	水資源区 V の年間灌漑用水量.....	52
表 3.5-6	2050 年の水資源区 V の年間灌漑用水量.....	52
表 3.5-7	水資源区 V の年間畜産・養鶏用水量.....	52
表 3.5-8	水資源区 V の年間淡水養殖池用水量.....	53
表 3.5-9	水資源区 V の都市用水需要予測.....	53
表 3.5-10	水資源区 V の工業用水需要予測.....	53
表 3.5-11	水資源区 V の州別水収支計算結果.....	54
表 4.1-1	水資源開発計画・管理計画（案）策定方針.....	55

表 4.1-2	水需要予測の実績と差異.....	57
表 4.1-3	持続的な水利用に向けた優先課題と基本方針.....	58
表 4.2-1	SHM の開催概要.....	59
表 4.3-1	水資源区 VII における州別、メトロセブの年間水収支の総括表（2050 気候変動（現況）、1/5 年渇水年）.....	61
表 4.3-2	水資源区 VII の各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略.....	62
表 4.3-3	水資源区 VII における水源・利水施設の個別対策案の 1 次スクリーニング結果.....	64
表 4.3-4	水資源開発・管理計画（案）策定ならびに優先プロジェクト選定の評価基準.....	67
表 4.3-5	水資源区 VII における水資源開発・管理のための代替案の設定.....	67
表 4.3-6	水資源区 VII における水資源開発のための代替案の選定結果.....	68
表 4.3-7	水資源区 VII における水資源管理のための代替案の選定結果.....	68
表 4.3-8	水資源開発・管理計画（案）の構成.....	70
表 4.3-9	水資源区 VII における水需要管理（都市用水、工業用水）の効果.....	70
表 4.3-10	水資源区 VII における水需要管理（灌漑用水）の効果.....	71
表 4.3-11	優先検討ダムのリスト（水資源区 VII）.....	72
表 4.3-12	優先ダムの推定建設費.....	74
表 4.3-13	都市用水・工業用水事業コンセプトの概要.....	74
表 4.3-14	優先水資源区の情報管理計画（案）.....	75
表 4.3-15	水資源区 VII における流域環境保全のための戦略及び活動計画.....	78
表 4.3-16	水資源開発に係る実施体制の整理	78
表 4.3-17	需要管理方策に係る実施体制の整理.....	79
表 4.3-18	水資源区 VII における組織・法制度面の改善に係る活動計画.....	80
表 4.3-19	水資源区 VII における優先事業.....	81
表 4.3-20	水資源区 VII における優先事業対象地の環境社会状況.....	94
表 4.3-21	水資源区 VII における初期環境アセスメント及び緩和策案.....	94
表 4.4-1	水資源区 XI における州別、メトロダバオの年間水収支の総括表（2050 気候変動（低）、1/5 年渇水年）.....	95
表 4.4-2	水資源区 XI の各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略.....	96
表 4.4-3	水資源区 XI における水源・利水施設の個別対策案の 1 次スクリーニング結果.....	97
表 4.4-4	水資源区 XI における水資源開発・管理のための代替案の設定.....	98
表 4.4-5	水資源区 XI における水資源開発のための代替案の選定結果.....	99
表 4.4-6	水資源区 XI における水資源管理のための代替案の選定結果.....	99
表 4.4-7	水資源区 XI における水需要管理（都市用水、工業用水）の効果.....	101
表 4.4-8	水資源区 XI における水需要管理（灌漑用水）の効果.....	101
表 4.4-9	優先検討 4.4-10 ダムのリスト（水資源区 XI）.....	102
表 4.5-1	水資源区 V における州別の年間水収支総括表（2050 気候変動（現況）、1/5 年渇水年）.....	115
表 4.5-2	水資源区 V の各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略.....	116
表 4.5-3	水資源区 V における水源・利水施設の個別対策案の 1 次スクリーニング結果.....	118

表 4.5-4	水資源区 V における水資源開発・管理のための代替案の設定	118
表 4.5-5	水資源区 V における水資源開発のための代替案の選定結果	119
表 4.5-6	水資源区 V における水資源管理のための代替案の選定結果	119
表 4.5-7	水資源区 V における水需要管理（都市用水、工業用水）の効果.....	121
表 4.5-8	水資源区 V における水需要管理（灌漑用水）の効果	121
表 4.5-9	優先検討ダムのリスト（水資源区 V）	122
表 4.5-10	都市用水・工業用水事業コンセプトの概要	124
表 4.5-11	水資源区 V における流域環境保全のための戦略及び活動計画	126
表 4.5-12	水資源区 V における優先事業.....	127
表 4.5-13	水資源区 V における優先事業対象地の環境社会状況	134
表 4.5-14	水資源区 V における初期環境アセスメント及び緩和策案	135

図 目 次

図 1.5.1	本調査の協力機関と主要関連機関.....	2
図 1.6.1	変更作業計画（変更契約）	3
図 1.6.2	作業フロー（変更契約）	4
図 3.3.1	既存および提案されているダムの位置図（WRR VII）.....	29
図 3.3.2	水資源区 VII の表流水（左）と地下水（右）賦存量（単位: mm/日）	32
図 3.4.1	既存および提案されているダムの位置図（WRR XI）.....	39
図 3.4.2	水資源区 XI の表流水（左）と地下水（右）賦存量（単位: mm/日）	41
図 3.5.1	既存および提案中のダム（WRR V）.....	49
図 3.5.2	水資源区 V の表流水（左）と地下水（右）賦存量（単位: mm/日）	51
図 4.1.1	優先水資源区の持続的な水資源開発・管理計画策定のための 4 つの優先方針	59
図 4.2.1	第 1 回 SHM の様子	60
図 4.2.2	第 2 回 SHM の様子	61
図 4.3.1	水資源区 VII の現地調査と水資源評価結果の総括.....	63
図 4.3.2	水収支改善策のコンセプトと手順（セブ地区の例）	66
図 4.3.3	水資源区 VII の水資源開発・管理計画ロードマップ（案）	69
図 4.3.4	貯水池およびダム平面図（左：マナンガ II ダム(高)、右：マナンガ II ダム (低))	72
図 4.3.5	貯水池およびダム平面図(コトコトダム).....	73
図 4.3.6	位置図、貯水池およびダム平面図（イナバンガダム）	73
図 4.3.7	水資源区 VII の優先事業位置図.....	82
図 4.3.8	マナンガ 2 ダムサイトの現地状況.....	86
図 4.3.9	コトコトダムサイトの現地状況.....	87
図 4.4.1	水資源区 XI の現地調査と水資源評価結果の総括.....	97
図 4.4.2	水資源区 XI の水資源開発・管理計画ロードマップ（案）	100

図 4.4.3	貯水池およびダム平面図（ダバオ II ダム）	103
図 4.4.4	貯水池およびダム平面図（ダバオ III ダム（高））と貯水池	103
図 4.4.5	貯水池およびダム平面図（ダバオ III ダム（低））と貯水池	104
図 4.4.6	水資源区 XI における優先事業位置図	108
図 4.4.7	ダバオ川流域近郊のダムサイト位置図	110
図 4.4.8	ダバオ 2 ダムサイトの現地状況	112
図 4.4.9	既存ミラルダムサイトの現地状況	113
図 4.5.1	水資源区 V の現地調査と水資源評価結果の総括	117
図 4.5.2	水資源区 V の水資源開発・管理計画ロードマップ（案）	120
図 4.5.3	シプコットダムの位置図	123
図 4.5.4	ラナンダム位置図	123
図 4.5.5	ブヒ湖位置図	124
図 4.5.6	水資源区 V における優先事業位置図	128
図 4.5.7	ブヒ湖利用水深と放流調節ゲート標高	130
図 4.5.8	ブヒ湖放流調節ゲートと余水吐の現地状況写真	130
図 4.5.9	ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画概要図	132
図 4.5.10	ラナンダムサイトの現地状況写真	133

調査結果の概要

第1章 序論

業務の背景

1. 本調査は、フィリピン共和国（以下、「フィリピン」という。）における持続的な水の安全保障の達成、1998年の「JICA 全国総合水資源開発計画調査」（以降、「1998M/P」）から20年以上が経過し、全国規模の計画策定のために最新の情報収集とそれに基づく解析が不可欠となっていることなどを背景とし、フィリピン政府の要望を受け、全国水資源開発・管理計画策定のために必要な情報収集を行い、水需給ギャップの大きい地域に対して実効性のある施策を提案するものである。

業務の目的

2. 本調査の目的は以下の通りである。
 - ・ フィリピン全国を対象に、2050年を目標年次とした水資源区ごとの水収支評価を実施する。
 - ・ 気候変動影響を考慮した水収支評価結果に基づき、将来特に水収支がひっ迫すると予測される優先地域を特定し、同地域における水資源開発・管理計画（案）の策定、ならびに広域水資源開発等を含む実効性のある優先事業コンセプトの提案を行う。

業務対象地域

3. 業務対象地域は、フィリピン全土である。主要12水資源区（包括的な水資源開発のため、水文学的に全国を12地域に分割するもの）、主要河川、主要都市の位置図を巻頭図に示す。

業務範囲

4. 本調査の業務範囲を次に示す。①本調査はマスタープランを策定するものではないが、そのためのデータ収集・分析を行い、必要な資料を提供するという位置づけのものである。②主に地方都市の水資源開発及び管理に主眼を置くこととし、マニラ首都圏を含む水資源区を優先水資源区に設定しない。③優先事業コンセプトはプレフィージビリティスタディ前の事業コンセプトを検討するレベルのものである。

関係機関（カウンターパート機関）

5. 調査における協力機関は、国家経済開発庁（National Economic and Development Authority : NEDA）、国家水資源評議委員会（National Water Resources Board : NWRB）である。

全体作業スケジュール

6. 本調査は、主に以下の4つの主要ステージで実施した。
 - ・ ステージ①：全国水資源区ごとの水収支解析及び優先水資源区の選定
 - ・ ステージ②：優先水資源区における水収支詳細調査
 - ・ ステージ③：優先水資源区における水資源開発・管理計画（案）提案
 - ・ ステージ④：優先事業コンセプト提案業務の実施方針

フィリピン側関連機関との協議等

7. 本業務では、フィリピン国協力機関と定例リモート会議（実務者レベル）を、調査開始以降、月1回程度の頻度で会議を実施し全32回の定例会議を開催した。また、ハイレベル協議の場

として、半年に1回程度開催されている NEDA Board Committee on Infrastructure (INFRACOM) – Subcommittee on Water Resources (SCWR)の会議に参加し、調査内容の説明、質疑応答を行った。また、カウンターパート機関からの要望を受け、優先水資源区における水収支詳細調査の技術説明や担当分野の解析手法等に関する技術協議の対応を行うため、技術習熟プログラムを実施した。

第2章 ステージ I: 全国水資源区ごとの水収支解析及び優先水資源区の選定

社会経済状況

8. フィリピンの人口は2010年の92,337,852人から2020年には109,035,343人まで増加し、2015～2020年の年平均成長率は1.5%である。国内総生産(GDP)は16,556,651百万ペソ(2017年)から17,975,997百万ペソ(2020年)に増加し、一人当たりGDPは158,940ペソ(2017年)から164,919ペソ(2020年)に増加した。

自然状況、水利用

9. 自然状況: フィリピンでは流域面積1,000km²以上を有する18の主要河川流域があり、総流域面積は110,524km²で、国の総陸地面積の3分の1以上を占める。行政区として全国を17Regionに区分しているが、水資源管理においては流域単位の包括的な管理が必要であり、流域境界区分を参照し、全国を水文学的に12の水資源区に区分している。その他の自然状況として、国土、地形、気象・水文、地質、土地利用、既存の水資源施設の現状、水質、自然環境等については、本文第2章2.2節に整理した。
10. 水利用現況(農業): 農業は全分野の中で最大の水資源利用分野であり大量の水資源を消費している。水資源利用の観点から、灌漑農業、内水面漁業、畜産の3部門に分けられる。全国の灌漑開発可能農地面積は3,128,631ヘクタールと推計され、2020年末現在1,975,000ヘクタール、灌漑開発可能農地面積の63%が開発済である。2020年の淡水養殖池面積は18,851ヘクタール、2020年の畜産部門では、家畜16,203千頭、鶏は12,796千頭が飼育されており、これらを用水量算定の基とした。
11. 水利用現況(上工水): 現況の都市用水需要量は、NEDAが作成したフィリピン上下水道マスタープラン2019-2030(PWSSMP 2019-2030)を基に水資源区毎に算出し、全国合計で50.63億m³/年となっている。現況の工業用水需要量は、NWRBが保有している水利権データを基に水資源区毎に算出し、全国合計で27.003億m³/年となっている。NWRBによる許可が下りている地下水利用量は2020年時点で50.17億m³/年であり、約30%は水資源区IVに集中する。全水資源に占める地下水許可量の割合はフィリピン全国で2.3%である。

水文解析

12. 42年間の長期(1979年から2020年)の観測流量を使用して、水田モデルを用いた降雨-流出解析モデル(タンクモデル)を全国レベルで構築した。降雨量は、3つのデータセット(ERA5、GSMaP、CHIRPS)を評価し、CHIRPSが最も適したものとして水文解析に用いた。地下水賦存量については、観測地下水位データが短期間で、全国的に偏在するものしか得られず、ダルシー則を用いた地下水流動モデルを構築し、推定することとした。気候変動予測データは、DOST-PAGASAの報告書(2018年)で詳細な情報が整理されており、これを参照した。

水賦存量

13. 全国の 1/5 渇水年の表流水賦存量は、現状で 2,839 億 m³/年、将来 2050 年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいてそれぞれ 2,171 億 m³/年、2,627 億 m³/年、3,136 億 m³/年と推定された。1/5 渇水年の地下水賦存量は、現状で 320 億 m³/年、将来 2050 年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいて 279 億 m³/年、321 億 m³/年、356 億 m³/年と推定された。

水需要予測

14. 水需要予測（農業用水）：将来の水資源評価に係る灌漑用水量を算定するため、1) NIMP2020-2030 と、2) NIA の 2011 年から 2020 年における年灌漑計画を基に、将来の灌漑管理面積、実灌漑可能面積、実灌漑栽培面積を算定した。1) の場合、2050 年の実灌漑可能面積は 3,180,147ha、2) の場合、3,115,000ha と算定した。現況の灌漑用水量は、315.27 億 m³/年、将来 2050 年の灌漑用水量は、1) の場合 607.53 億 m³/年、2) の場合 550.69 億 m³/年と予測される。2050 年の内水面漁業の年間用水量は 8.86 億 m³/年、年間家畜・畜産用水量は、1.74 億 m³/年と予測される。
15. 水需要予測（都市用水・工業用水）：現況の都市用水需要量とフィリピン統計局の人口予測を基に各水資源区の 2050 年までの都市用水需要予測を行った。全国の年間都市用水需要は、2050 年に 7,136 百万 m³/年に、年間工業用水需要は 2,875 百万 m³/年に増加するものと予測される。

水収支

16. 2050 年の各水資源区の合計（地表水＋地下水）水収支分析結果のまとめ比較表を下表に示す。2050 年の気候変動ケース RCP8.5Median ケースでは、表流水と地下水の合計水収支（P/D）の余裕の少ない（水収支がひっ迫している）地域は、ひっ迫の大きい順に、水資源区 III、II、V、I、XI、VII となっている。月別水収支解析結果では、多くの地域で将来の乾季に水不足を引き起こすことが示され、特に水資源区 VII および XI で、表流水と地下水の乾季の月別の水収支が将来的に逼迫すると予想された。

各水資源区の 2050 年における年間水収支の比較 2050 [SW+GW] [灌漑需要=調査団算定値]

WRR					Water Balance of This Survey (1/5-dry Year) at 2050							
No.	Water Resources Region (WRR)	Area km ²	Water Source	Year	Present Weather		RCP8.5-Low		RCP8.5-Median		RCP8.5-High	
					P/D	Rank of P/D	P/D	Rank of P/D	P/D	Rank of P/D	P/D	Rank of P/D
1	I - ILOCOS	12,717	SW+GW	2050	4.9	5	2.6	3	3.5	4	5.4	6
2	II - CAGAYAN VALLEY	38,290	SW+GW	2050	2.1	2	1.7	1	2.1	2	2.3	1
3	III - CENTRAL LUZON	27,131	SW+GW	2050	1.9	1	1.8	2	2.1	1	2.6	2
4	IV - SOUTHERN TAGALOG	44,034	SW+GW	2050	5.7	9	4.5	8	5.6	9	5.8	8
5	V - BICOL	17,821	SW+GW	2050	4.3	4	2.7	4	3.4	3	5.0	3
6	VI - WESTERN VISAYAS	20,733	SW+GW	2050	5.5	8	4.2	7	4.8	7	5.9	9
7	VII - CENTRAL VISAYAS	13,606	SW+GW	2050	5.5	7	3.3	6	4.6	6	5.7	7
8	VIII - EASTERN VISAYAS	20,768	SW+GW	2050	11.4	12	7.2	10	10.5	12	12.8	12
9	IX - SOUTHWESTERN MINDANAO	20,395	SW+GW	2050	10.2	11	7.5	12	9.9	11	11.4	11
10	X - NORTHERN MINDANAO	23,395	SW+GW	2050	9.5	10	7.2	11	8.3	10	10.1	10
11	XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	26,486	SW+GW	2050	4.2	3	3.2	5	3.9	5	5.1	4
12	XII - SOUTHERN MINDANAO	30,461	SW+GW	2050	5.3	6	5.3	9	5.3	8	5.3	5
	All Philippines Total	299,404	SW+GW	2050	4.6	-	3.5	-	4.3	-	5.1	-

出典：JICA 調査団

優先水資源区の選定

17. 以降の詳細調査の対象として、12 水資源区から 3 つの優先水資源区の候補を、選定基準を設定し選定した。フィリピン側協力機関と選定基準を検討・協議の上、設定し、最終的に、水資

源区 V (ビコール)、水資源区 VII (ビサヤ中部)、水資源区 I (ミンダナオ南東部) を優先水資源区として選定した。

組織・法制度

18. 組織・法制度の現状：2022 年時点において、フィリピンでは 30 を超える水資源関連組織が存在し、それらの権限が重複、ときにはその機能の競合が生じている（フィリピン開発計画 2023-2028）。

水資源に関する代表的な法制度として、Water Code (Presidential Decree No.1067) 及び同法の施行令、国家水資源評議会 (NWRB) の所掌を定める 2002 年大統領令 No.123 などがある。総合計画として、国家レベルの中期計画「フィリピン開発計画 (PDP)」、また Region レベルにおいて、PDP を踏まえた形での「Regional Development Plan (RDP)」が定められている。また各分野において「フィリピン上下水道マスタープラン 2019-2030」、「国家かんがいマスタープラン 2020-2030」、治水分野に関連して国家及び地方レベルの「災害リスク軽減及び管理計画」が策定されている。また、統合水資源管理に関し、フィリピン国の主要 18 流域ほかに係る管理計画として定めた「統合水資源管理・開発マスタープラン」が策定されている。

水資源に関連する組織・法制度については、大別して「関連組織間の分断／協調不足」「水資源に係る規制機能の脆弱さ」の 2 つの問題が指摘されている。

19. 組織・法制度に係る問題点の改善に向けた最近の動き：前政権において「Apex Body」としての水資源省 (Department of Water Resources : DWR) の設立が検討され、マルコス Jr. 現大統領も、2022 年 7 月の最初の国家演説で、DWR の創設を優先課題の 1 つと宣言した。DWR は水関連機関/局/課などを 1 つの部門に統合する方向性を目指している。また、DWR 設立と並行して、DWR の下に置かれる独立した準司法的な規制機関である Water Regulatory Commission (WRC) の創設も提案されている。なお現状、未だ法案は成立していない。その様な中、Water Resources Management Office (WRMO) 設立のための大統領令 (E.O. No.22, 2023) が 2023 年 4 月 27 日に制定された。この WRMO は、水資源省が設立されるまでの暫定的な機関として、DENR の下に設立されたものであり、水資源の利用可能性と持続可能な管理を確保するために、政府のあらゆる取り組みと規制活動の統合と調和を主に担当するものとされている。

第3章 ステージ II：優先水資源区における水収支詳細調査

社会経済状況

20. 各優先水資源区の 2020 年から 2050 年の人口変化は、水資源区 V で 22,277,207 人から 30,815,324 人、水資源区 VII で 16,036,711 人から 20,675,228 人、水資源区 XI で 17,432,066 人から 23,740,600 人と予測される。2020 年の域内総生産は、水資源区 V:3,080,918 百万ペソ、水資源区 VII : 2,015,466 百万ペソ、水資源区 XI : 2,510,535 百万ペソであった。2050 年の域内総生産は、それぞれ 38,995,569 百万ペソ、25,878,866 百万ペソ、35,687,758 百万ペソと予測される。

水資源区 VII における水収支詳細調査

自然状況、水利用

21. 概況：水資源区 VII は、セブ島、ボホール島、東ネグロス島、シキホール島からなり中部ビサヤ諸島に位置する。行政区域は、Region VII 全域および VI の一部が含まれている。州区分はセブ、ボホール、東ネグロス、シキホールの 4 つの州で構成されている。水資源の観点か

ら、特にセブ島では、干ばつ時のダム水位の低下や地下水への塩水の浸透などの問題が顕在化しており、水資源問題は喫緊の課題となっている。

22. 自然状況： 国土、地形、気象・水文、地質、土地利用、既存の水資源施設の現状、水質、自然環境等については、本文第3章3.3.2節に整理した。

23. 水利用現況： 2020年の水資源区VIIの灌漑面積は40,927ha、畜産・養鶏頭数は1,539,256頭、18,165,378頭、淡水養殖池面積は79.87haである。

また、主要給水事業者の2020年の水需要量は、メトロセブ2.380億 m^3 /年、ボホール0.186億 m^3 /年、ドゥマゲティ0.323億 m^3 /年、シキホール0.064億 m^3 /年、上工水供給量はそれぞれ0.996億 m^3 /年、0.08億 m^3 /年、0.152億 m^3 /年、0.025億 m^3 /年で、主に井戸を水源としている。水資源区VIIにおけるNWRBにより承認された井戸水源は合計753あり、湧水源が227ある。

詳細水収支調査

24. 水文解析： SHER (Similar Hydrologic Element Response) モデルを用いて、3つの優先水資源区の詳細水収支分析を行った。水資源区VIIでは、流域モデルを408の小流域に区分した。DPWHの観測流量が存在する小流域でSHERモデルのパラメーターを校正し、そのモデル・パラメーターを用いて、観測流量の存在しない小流域の河川流量を推定した。

地下水流動解析は、汎用コードであるMODFLOWを用いて水資源区VII全域を対象とした解析を行った。入力した水理地質構造は、NWRBが実施した電気探査による比抵抗構造をもとに推定した。また、涵養量はSHERモデルによる小流域別の推定値を用いた。透水係数などのパラメーターは、既存文献値およびSHERモデルの設定値を初期設定値として与え、MCWDの地下水位観測データを対象として校正することで、地下水位分布等を推定した。

25. 水賦存量： 水資源区VIIの1/5 渇水年の表流水賦存量は、現状で91.5億 m^3 /年、将来2050年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいてそれぞれ58.5億 m^3 /年、78.4億 m^3 /年、96.5億 m^3 /年と推定された。1/5 渇水年の地下水賦存量は、現状で7.5億 m^3 /年、将来2050年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいて6.7億 m^3 /年、7.6億 m^3 /年、8.9億 m^3 /年と推定された。解析した水賦存量（表流水、地下水）の小流域毎の分布図を本文図3.2.2に示す。

26. 水需要予測： 水資源区VIIの州別の将来灌漑用水量をNIAの過去の灌漑計画を基に算定した。2050年の年間灌漑用水量は全体で11.52億 m^3 /年、ボホール州で5.60億 m^3 /年、東ネグロス州1.32億 m^3 /年、セブで1.68億 m^3 /年と算定した。2050年の年間畜産・養鶏用水量は0.167億 m^3 /年、年間淡水養殖池用水量は0.36億 m^3 /年と算定した。

主要水道区での聞き取り調査結果、及びPWWSMMP2019-2030記載値を基に各Regionにおける給水原単位 (lpcd)、無収水率 (%)、水使用用途 (生活用水、商業用水、公共用水) などの条件値を設定し、人口予測とこれらの条件値を基に各Regionの詳細な都市用水需要予測を行った。2050年の都市用水需要は全体で5.06億 m^3 /年と算定した。過去の工業用水需要量実績値と工業GRDP実績値を基に工業用水と工業GRDPとの相関式を作成し、2050年までの工業用水需要予測を行い2.22億 m^3 /年と算定した。

27. 水収支： セブ島、ボホール島、シキホール島では、年間水収支のマイナス値と地下水不足が将来的に増加する傾向にある。セブ州では、将来2050年の地下水収支が-2.179億 m^3 /年の不

足となることが予測された。大部分の都市で、2050年の水需要に対して地下水収支がマイナスになると予測され、特にメトロセブ地域でマイナスの地下水収支が大きくなる傾向にある。

水資源区 XI における水収支詳細調査

自然状況、水利用

28. 概況：水資源区 XI はミンダナオ島南東部に位置し、行政区域は Region XI（ダバオ）を中心とし、北部の Region X、北東部の Region XIII、南東部の Region XII の一部が含まれる。州区分は 12 の州で構成されている。水資源に関しては、3 つの主要河川流域があり、主要都市としてダバオ市、タグム市、ジェネラル サントス市が位置する。気候区分はタイプ III とタイプ IV に分類され、水資源の観点からは、大都市における水需要の増大による水不足、灌漑開発における排水問題、ダムの堆積問題が問題となっている。
29. 自然状況：国土、地形、気象・水文、地質、土地利用、既存の水資源施設の現状、水質、自然環境等については、本文第 3 章 3.4.2 節に整理した。
30. 水利用現況：2020 年の水資源区 XI の灌漑面積は 104,352ha、畜産・養鶏頭数は 1,533,364 頭、13,443,173 頭、淡水養殖池面積は 486.59ha である。
主要給水事業者の 2020 年現在の水需要量は、ダバオ WD で 18.67 億 m³/年、ジェネラルサントス WD で 0.747 億 m³/年であり、上水供給水量はそれぞれ 1.467 億 m³/年、0.390 億 m³/年である。ダバオでは主に井戸と河川を水源に、ジェネラルサントスでは井戸を水源としている。水資源区 XI では NWRB により承認された井戸水源は合計 363 あるほか、湧水源が 53 ある。

詳細水収支調査

31. 水文解析：水資源区 VII と同様の手順・手法で表流水解析を物理型流出モデルである SHER モデル、地下水解析を MODFLOW モデルを用いて行った。水資源区 XI では、流域モデルを 345 の小流域に区分した。
32. 水賦存量：水資源区 XI の 1/5 渇水年の表流水賦存量は、現状で 305.0 億 m³/年、将来 2050 年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいてそれぞれ 346.3 億 m³/年、320.4 億 m³/年、329.9 億 m³/年と推定された。1/5 渇水年の地下水賦存量は、現状で 2.71 億 m³/年、将来 2050 年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいて 2.44 億 m³/年、2.24 億 m³/年、2.72 億 m³/年と推定された。解析した水賦存量（表流水、地下水）の小流域毎の分布図を本文図 3.4.2 に示す。
33. 水需要予測：水資源区 XI 州別の将来灌漑用水量を NIA の過去の灌漑計画を基に算定した。2050 年の年間灌漑用水量は全体で 36.85 億 m³/年と算定した。2050 年の年間畜産・養鶏用水量は 0.163 億 m³/年、年間淡水養殖池用水量は 0.221 億 m³/年と算定した。
2050 年の都市用水需要は全体で 5.81 億 m³/年、工業用水需要は 2.48 億 m³/年と算定した。
34. 水収支：ダバオ・デル・スル州、北コタバト州、南コタバト州、スルタン・クダラ州、スリガオ・デル・スル州の各州における 2050 年の地下水水収支は、将来的にマイナスになると予測された。ダバオ・デル・スル州では、将来 2050 年の地下水収支が -4.756 億 m³/年の不足となることが予測された。大部分の都市では、2050 年の水需要に対して地下水の水収支がマイナスになると予測されており、特にメトロ・ダバオとメトロ・ジェネラル・サントス地域では地下水収支のマイナスが大きい。

水資源区 V における水収支詳細調査

自然状況、水利用

35. 概況： 水資源区 V はルソン島の南東部に位置し、カタンドゥアネス島とマスバテ島を含む。行政区域は、Region V（ビコール）の全域と北西部の Region IV-A（カラバルソン）の一部が含まれている。州区分は、Region V の 6 つの州と Region IV-A の 1 つの州の一部が含まれる。主要都市としてレガスピ市やナガ市が位置する。水資源に関しては、主要河川流域の一つのビコール川があり、気候区分はタイプ III とタイプ IV に分類される。水資源の観点から、大都市における水需要の増大による水不足、灌漑開発における洪水・排水問題、湖の堆砂などが問題となっている。
36. 自然状況： 国土、地形、気象・水文、地質、土地利用、既存の水資源施設の現状、水質、自然環境等については、本文第 3 章 3.5.2 節に整理した。
37. 水利用現況： 2020 年の水資源区 XI の灌漑面積は 144,352ha、畜産・養鶏頭数は 1,343,227 頭、8,975,062 頭、淡水養殖池面積は 160.51ha である。
- 水資源区 V の主要給水事業者における 2020 年現在の水需要量は、メトロナガ WD で 0.291 億 m^3 /年、レガスピ WD で 0.14 億 m^3 /年、マスバテ・モボ WD で 0.118 億 m^3 /年、上工水供給水量はそれぞれ 0.245 億 m^3 /年、0.172 億 m^3 /年、0.058 億 m^3 /年で、ナガ、レガスピでは主に井戸と湧水を、マスバテでは河川、井戸を水源にしている。
- 水資源区 V では NWRB により承認された井戸水源は合計 206 あるほか、湧水源が 135 ある。

詳細水収支調査

38. 水文学解析： 水資源区 VII と同様の手順・手法で表流水解析を物理型流出モデルである SHER モデル、地下水解析を MODFLOW モデルを用いて行った。水資源区 V では、流域モデルを 243 の小流域に区分した。
39. 水賦存量： 水資源区 V の 1/5 渇水年の表流水賦存量は、現状で 204.5 億 m^3 /年、将来 2050 年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいてそれぞれ 155.2 億 m^3 /年、201.7 億 m^3 /年、241.7 億 m^3 /年と推定された。1/5 渇水年の地下水賦存量は、現状で 5.02 億 m^3 /年、将来 2050 年の気候変動下の低、中、高のシナリオにおいて 4.88 億 m^3 /年、4.90 億 m^3 /年、5.11 億 m^3 /年と推定された。解析した水賦存量（表流水、地下水）の小流域毎の分布図を本文図 3.5.2 に示す。
40. 水需要予測： 水資源区 V 州別の将来灌漑用水量を NIA の過去の灌漑計画を基に算定した。2050 年の年間灌漑用水量は全体で 46.90 億 m^3 /年と算定した。2050 年の年間畜産・養鶏用水量は 0.141 億 m^3 /年、年間淡水養殖池用水量は 0.073 億 m^3 /年と算定した。
- 2050 年の都市用水需要は全体で 3.36 億 m^3 /年、工業用水需要は 1.58 億 m^3 /年と算定した。
41. 水収支： アルバイ州、カマリネスノルテ、カマリネススル、マスバテの各州では、年間水収支がマイナスとなり、地下水の不足が将来的に増加する傾向にある。カマリネススル州では、将来 2050 年の地下水収支が -1.693 億 m^3 /年の不足となることが予測された。ほとんどの都市で、2050 年の水需要に対して地下水収支がマイナスになると予測されており、特にナガ市とレガスピ市で地下水収支のマイナスが大きい。ビコール川とシプコット川流域は 2050 年に地下水の水収支がマイナスになると予測された。

第4章 ステージ III：優先水資源区における水資源開発・管理計画（案）提案、ならびにステージ V 優先事業コンセプト

計画策定の基本方針

42. 1998M/P のレビュー：1998M/P では、フィリピン全土に亘る水資源を統一して分析・評価し、全国の開発政策に資する信頼性、質の高いデータ構築とそれに基づく分析と提言が行われ、その成果は現在も活用されている。一方、調査で提案された大規模事業の大部分が実施に至っていない。その原因を現地ヒアリング、関係機関面談などをもとに分析すると、1)環境社会配慮上の問題、2)流域間、ステークホルダー間の合意形成の問題、3)多目的水資源開発のための組織・法制度上の問題、4)実施機関の実施能力上の問題、5)政治制度の影響、6)投資計画・整備計画上の問題に類型化される。

当時の水需要予測と実績の差異を分析した結果、1998年 M/P では国家レベルの水需要は 604 億 m³/年から 835 億 m³/年と予測されていたが、現在は 426 億 m³/年であり、実際には予測よりも小さい。この傾向は、都市用水、工業用水、農業用水の各水利用においても同様である。

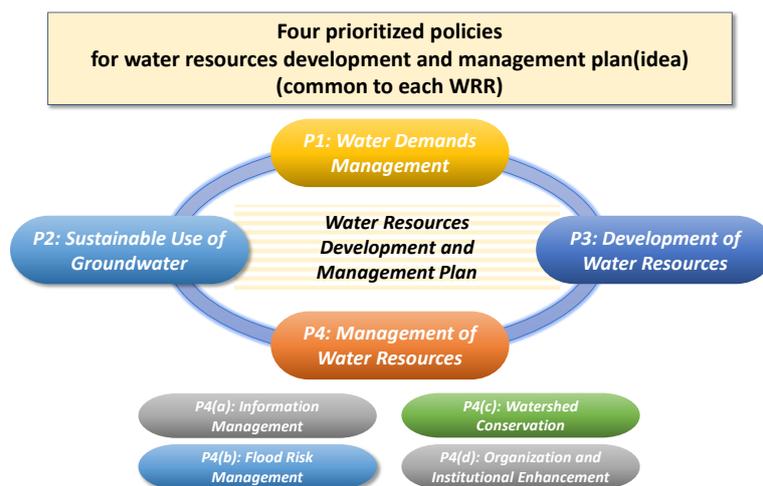
43. 水資源開発計画・管理計画（案）策定の基本方針：上記レビューから得られた教訓を踏まえ、水資源開発・管理計画の策定ならびに最終的な優先事業コンセプト提案にあたっては、以下の方針で実効性の高い施策を提案する。

- SEA による代替案立案段階からの社会環境配慮、ステークホルダーの取り込みによる合意形成
- 既存の行政枠組みを超える事業に対する実施体制、法的枠組み等の組織・制度面の検討、配慮
- 事業実施主体の技術力、運営維持管理能力などの技術面に配慮した優先事業の提案
- 選定事業実施可能規模、資金源 (PPP 投入) 等の事業実施主体の財務面に配慮した優先事業の選定
- 水需要管理を含むダムだけに頼らない多様な開発 (堰、地下水、ため池、ダム再生、節水、漏水対策、海水淡水化、再利用) の検討と提案

44. 計画策定の基本条件等：計画目標年次として、短期 (2030 年)・中期 (2040 年)・長期 (2050 年) を設定した。また、用途別の利水安全度を、灌漑 1/5 年渇水、上工水 1/10 年渇水、水利用の優先順位を i)環境流量、ii)飲料用水、iii)農業用水、iv)工業用水利水安全度と設定した。

なお、計画策定に当たり、気候変動影響を考慮する。本計画では、気候変動影響予測データとして、PAGASA の「Observed Climate Trend and Projected Climate Change in the Philippines」レポート (2018) を参照し、その不確実性を考慮して RCP8.5 (高位) シナリオの上・中・下 3 ケースの将来水資源賦存量変化を参照した。

45. 持続的な水資源開発・管理計画策定のための優先方針の設定：優先水資源区に共通する持続的な水利用に向けた課題とその対応を整理し、優先水資源区の持続的な水資源開発・管理計画策定のための 4 つの優先方針を設定する。



出典: JICA 調査団

優先水資源区の持続的な水資源開発・管理計画策定のための4つの優先方針

ステークホルダー会議

46. 環境アセスメントの一環として、ステークホルダー会議 (stakeholder meeting, 以下、「SHM」という) を通じて、計画・提案に対する各関係機関の懸念点・留意点等を把握し、優先水資源地域において最も実現可能かつ最適な事業コンセプトを検討した。各 SHM は、対面及びオンラインのハイブリッド形式で、3つの優先水資源区にて合計2回実施した。

水資源区 VII における水資源開発・管理計画 (案)

47. 水資源開発・管理代替案の検討: 第1次～第4次現地調査において、既存・新規水源地 (ダム・堰・貯水池可能地点) 図上調査、現地踏査を実施し、各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略を整理した。この結果をもとに、個別の対策案に対し1次スクリーニングとして各対策案の採用可能性の比較検討を行い、現実的に採用可能性のある対策オプションを複数案選定した。

将来の水需給ギャップを解消するためのアプローチとして、1)現在の給水開発計画の促進、2)水需要管理対策の実施、3)需要管理対策を実施しても生じる供給可能水量の不足を賄うための追加の水資源開発の実施、という手順を提案し、短期、中期、長期の段階的開発を考慮した対策オプションの組み合わせを検討した。これらの代替案に対し、評価基準を設定しそれに基づく比較検討を行った。また、代替案の水収支解析により水収支上の効果を評価し、開発可能な水量や施設の規模の検討を実施した。代替案検討の詳細は、本文 4.3.2 に示す。

48. 水資源開発・管理計画案: 目標年次 2050 年までの水需給ギャップを解消するための水資源開発・管理計画 (案) を策定した。計画の構成を次表に示す。

水資源開発・管理計画（案）の構成

水資源開発・管理計画案)	内容	関連機関
1. 水需要管理計画	節水、無収水対策、灌漑近代化、漏水対策など	NWRB、NIA 他
2. 地下水開発・管理計画	地下水開発・管理オプション、実施計画	NEDA、NWRB
3. 表流水開発計画		
3-1: ダム貯水池開発	水収支、表流水開発オプション、実施計画	NEDA、NWRB、NIA、WDs
3-2: 灌漑開発計画	灌漑開発管理オプションと実施計画	DA、NIA
3-3: 都市用水・工業用水管理計画	都市用水開発・管理オプションと管理計画	WDs、LGUs、LUWA
4. 水資源管理計画		
4-1. 水資源情報管理計画	水文気象、地下水、水利権、リモートセンシングデータ等の現状、管理方法、活用方法	NEDA、NWRB、PAGASA、DPWH
4-2. 洪水リスク管理計画	洪水リスク管理の現状と課題、管理の提言	DPWH
4-3. 流域環境保全計画	環境社会の現状と課題、管理の提言	DENR
4-4. 組織・法制度計画	現状と課題、組織法制度改善向けての提言。提案が既存の行政枠組を超える場合は実施体制、維持管理体制を含む。	NEDA/NWRB 他

出典：JICA 調査団

49. 水需要管理計画：都市用水、工業用水の需要管理対策として、節水や無収水対策の強化を計画する。その削減効果は、水資源区 VII 全体で合計 16%と算定される。灌漑用水の需要管理対策として、水路漏水対策、灌漑 ITS 導入による灌漑効率向上を計画する。その削減効果は、水資源区 VII 全体で合計 7.9%と算定される。
50. 地下水開発・管理計画：メトロセブやセブ島南東の海岸部、タグビラランでは、今後 2050 年まで地下水需要の増加に伴い地下水揚水量が増加し続けた場合、過剰揚水による地下水位の低下が想定される。過剰揚水に関連する問題として、塩水侵入がメトロセブやタグビラランで確認されているほか、地下水位低下の発生域では地盤沈下や陥没が生じる懸念もある。
- 持続的な地下水開発を進めるため、地下水管理として、①地下水観測網の整備および②現在の地下水環境（水理地質構造、揚水量等）を把握するための地質・水文調査、③地下水リスク評価を最優先に実施する計画を提案した。
51. 表流水開発計画：水資源区 VII の地表水開発計画として、セブのマナンガ2ダム、コトコトダム、ボホール州のイナバンガダムについて、配置、規模、および概略建設費について予備的に検討し、その調査、検討と実施を提案した。
52. 灌漑計画：ボホール州と東ネグロス州の灌漑開発は米の需要供給の現状を改善する上で重要である。NIA は両州で多くの小規模貯水池灌漑計画（SRIP）を優先事業として提案している。既存の小規模貯水池灌漑組織の改善事業を含め SRIP の実施に当たって、流域管理計画の実施と適正な用水管理のための灌漑テレメーター施設の導入を合わせて行うことが不可欠である。
53. 都市用水・工業用水管理計画：無収水削減対策、節水活動促進、海水淡水化技術導入、下水再生利用技術導入、工業用水改修利用技術導入が挙げられる。このうち効果が高く、実現性の高い無収水削減対策と節水活動促進を優先事業コンセプトとして計画する。

54. 水資源管理計画 (情報管理計画)： 現在、気象・降水観測データは多くの機関で観測されているが、それぞれが個別に観測・管理している。そのため、貴重な観測データを総合的に活用することができていない。統合的な水資源管理のためには、これらの観測データの検証と一元管理を行い、過去の観測データとリアルタイムの観測データを水資源管理者がいつでも一元的に参照できるようにすることが望ましい。

また、GIS データ(特に土地利用/土地被覆図など)は更新されない場合もあり、地質図、土壌図、水理地質図などはデジタルデータではない場合がある。より詳細なデジタル GIS データベース(地質図、土壌図、水文地質図、環境図、土地利用・土地被覆図、衛星画像、標高データ、河川流域図、河川線、河川構造位置など)を整備・更新し、一元管理することが望まれる。

55. 水資源管理計画 (洪水リスク管理計画)： 特に洪水リスク管理の重要性が高い中央セブ流域における課題を整理し、次の提言を行った。

- 現行の治水 M/P に基づいた治水対策を着実に実行すべきである。流域は土地が高度に利用され、事業実施上の最大の課題は土地収用と住民移転である。優先事業選定では、この課題に比重を置いた評価基準を採用し、治水事業の実現性を高める必要がある。
- 水資源開発のための優先事業として提案しているマナンガ 2 ダムとコトコトダムの流域では、治水 M/P で計画されている治水ダムはないが、代替案として検討されたダムがある。これらのダムを多目的ダムとして洪水調節機能を持たせることで、より費用対効果の高いダムとなる可能性がある。したがって、多目的ダムとして両ダムのフィージビリティ調査を実施すべきである。

56. 水資源管理計画 (流域環境保全計画)： 水資源区 VII では、メトロセブを中心とする深刻な水不足と地下水の塩水侵入の問題、ボホール島における観光発展に伴う水需要の増加による水不足に直面している。一方で、NIA による灌漑用水供給施設、MCWD による海水淡水化施設等に複数の開発計画があるため、これらの環境社会面を考慮し、実現可能性を評価する必要がある。現状課題を踏まえ、水資源区 VII における流域環境保全計画の目的を以下とする。

- 環境保全対策を通じて、水資源区 VII の良質で十分な量の水資源を確保する
- 地域の発展に向け、自然環境と人による開発・生活活動双方にとって持続可能な水辺環境及び水質を保全・改善する

57. 水資源管理計画 (組織・法制度計画)： 既往の文献調査及び現地調査で得られた情報等を基に、プロジェクトを効率的に進める観点から、組織・制度面における改善に係る今後の計画をまとめた。水資源開発・管理に係るオプションの分類に従い、「水資源開発」及び「需要管理方策」に分け、想定される実施体制の整理を行った。本調査に係る優先プロジェクトとして提案する多目的事業については、治水、給水、灌漑など水に関する各種目的の担当行政機関が異なる現状の下、少なくとも制度面では以下の項目が必要である。

- 各省庁の管轄を超えた多目的ダム建設・管理に関する流域レベルの統合的な計画。
- 各省庁や政府組織の管轄を超えた、流域レベルでの多目的ダム事業の実施・維持のための単一事業体の存在。

これらに対応するため、以下の項目について組織法制度に係る改善策として提案する。

- ・ DWR の設立とこれによる計画立案機能の統合
- ・ 多目的ダムに係る計画の立案
- ・ 河川流域機関（River Basin Committee）の機能強化とこれを通じた合意形成
- ・ イナバンガダム事業に係る調整スキームの整備
- ・ 多目的ダムに係るモデルプロジェクトの提案

需要管理方策に関連し、組織・法制度面から以下の改善を提言する。

- ・ 規制・監視機関の組織・人員強化
- ・ 雨水貯留浸透設備導入に係るインセンティブ導入

水資源区 VII における優先事業コンセプトの提案

58. 水資源開発計画・管理計画（案）短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、優先事業コンセプトを検討・提案した。水資源区 VII における 2050 年までの水資源開発管・理計画のロードマップとして、短期（2030 年）、中期（2040 年）、長期（2050 年）の事業実施コンポーネントを一覧表に整理した（本文表 4.3.19 参照）。このうち、優先プロジェクトは表中の赤枠で示されおり、短期案ならびに中期案のうち、実現可能性が高く重要性の高い事業を優先事業として提案する。

59. 水資源区 VII の優先事業として提案される以下の事業コンポーネントについて、事業名、目標、対象機関、対象地域、事業概要、事業効果、概算費用、その他留意事項を整理した。各コンポーネントの詳細は、本文 4.3.4 節に記載する。

P1: 水需要管理

- P1-1: 無収水対策
- P1-2: 節水活動の促進
- P1-3: 灌漑遠隔監理システムの導入
- P1-4: 灌漑維持管理施設の改善

P2: 地下水管理

P3(1): 表流水開発

- P3-1: マナンガ 2 ダム（ローダム）の計画・調査/建設
- P3-2: コトコトダム（多目的ダム）の計画・調査/建設
- P3-3: イナバンガダム（ボホールーセブ統合水利用事業）の計画・調査/建設
- P3-4: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施（ブヒサンダム）
- P3-5: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施（カナスアンダム）
- P3-6: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施（ボホール島既存灌漑ダム群）
- P3-7: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施（ネグロス東部存灌漑ダム）

P3(2): 都市用水・工業用水供給

- P3-8: 海水淡水化技術の導入
- P3-9: 雨水貯留・浸透技術の導入

P4: 水資源管理

水資源区 VII における優先事業コンセプトに係る事業実施体制の提案

60. 情報管理、洪水リスク管理、流域保全など IWRM の推進 (P4: 水資源管理) 体制 : IWRM に関連して、組織・法制度上の問題の一つである、多数の水関連機関の権限や機能の重複、対立を是正するため、まず、フィリピン議会で審議中の、水資源省 (DWR) と独立規制機関 (WRC) の設立を早期に行う必要がある。その上で、IWRM 推進との関係で以下を提案する。

1) 計画・規制機関とインフラ事業実施機関の連携強化

DWR 設置法案によると、DWR は主に計画立案・規制を担当することが想定される。計画に沿ったインフラ整備のために、DWR は、インフラの建設・管理を行う組織 (DPWH、NIA 等) や、水道事業体などとの関係を強化する必要がある。

2) 河川流域機関 (River Basin Committee (RBC)) の機能強化及び活用

18 の主要流域を中心に設置されている流域委員会 (RBC) について、多目的ダムのように輻輳する関係者の利害調整を必要とする水インフラ事業の実施を円滑化するため、利害関係者間の合意形成に活用できるよう、機能強化することを提言する。

3) 水資源管理のための地方組織の充実

規制機能を担う現在の NWRB は、業務体制に限られており、水資源管理に関する規制機能を果たすことは困難であると考えられる。NWRB ないし (設立できた場合) DWR は各地域ないし水資源区に地域事務所を設置するなど組織規模を拡大することを提言する。

61. その他の優先事業コンセプトに係る事業実施体制等 : その他の提案された優先事業コンセプトに係る事業実施体制等の検討の概要については、本報告書第 4 章附表に示す。

水資源区 VII における水道事業広域化の検討

62. 広域化に向けた課題と提言

1) 法制度上の課題

- ・ 特にフィリピンにおいては第 2 章で記載したとおり、Water District、LGU-run Utility、Private Service Provider ごとに規制機関が異なる点が、広域化を更に困難にしている。
- ・ 将来的に DWR 設立を通じ、水道事業体に対する規制権限 (Certificate of Public Convenience (CPC) の発出等) も一元化し、水道事業体の事業統合を進めていくのが妥当と考えられる。

2) 供給区域の重複の課題

- ・ ボホール州タグビララン市においては、複数の水道事業間で給水区域の重複の重複もあるとされているが、は効率的な水道事業体運営の観点から避けるべき事態であることから、NWRB など水道事業体の規制機関は、供給区域の重複解消の調整を行うべきである。

3) そのほか広域化推進に向けた課題

- ・ フィリピンにおいては、水道広域化を水道事業効率化のための有力な施策の一つとして認識する必要がある。その上で、NEDA において、補助金制度の設立など、広域化

推進のための施策について検討を行う必要があると考えられる。

- ・ そのほか、日本で実施してきた水道事業の広域化に係る経験・知見をフィリピン側と共有する取組も必要と考えられる。

水資源区 VII における環境影響評価

63. 優先事業対象地の環境社会状況： SEA の一環として、優先事業コンセプトに対する初期的な環境アセスメントを実施した。本調査における環境アセスメントの対象事業としては、重大かつ水域への影響が想定されるダム建設（マナンガ II ダム、コトコトダム、イナバンガダム）及び海水塩水化施設の導入を選定した。具体的な対象地が決まっているダム建設の各対象地周辺の環境社会状況は以下のとおりである。

水資源区 VII における優先事業対象地の環境社会状況

優先事業	水質	保全区域	住民移転／土地取得	貧困
マナンガ II ダム @マナンガ川	マナンガ川がクラス A に分類	対象地は保護区内 (Central Cebu Protected Landscape)	被影響家屋：約 70 必要土地：約 30 ha	貧困格差が高く、貧困格差率がセブ州で 5.7%（全国比率 3.0%）
コトコトダム @コトコト川	コトコト川がクラス A に分類	対象地は保護区内 (Central Cebu Protected Landscape)	被影響家屋：約 30 必要土地：約 62 ha	
イナバンガダム @イナバンガ川	イナバンガ川がクラス A に分類	対象地は保護区外	被影響家屋：想定なし 必要土地：約 136 ha	

出典：JICA 調査団

64. 初期アセスメントの実施： 優先事業周辺の環境社会状況を踏まえ、影響項目のスクーピングを行った。その結果より、特に留意すべき以下の項目として、水質、保護区域/生態系、水象、住民移転/貧困について、環境社会影響の評価を行い、緩和策を設定した。

水資源区 XI における水資源開発・管理計画（案）

65. 水資源開発・管理代替案の検討の手順、方法、ならびに計画案の構成は前述の水資源区 VII と同様である。水資源区 XI における代替案検討の詳細は、本文 4.4.2 に示す

66. 水需要管理計画： 都市用水、工業用水の需要管理対策として、節水や無収水対策の強化を計画する。その削減効果は、WRR XI 全体で合計 7%と算定される。灌漑用水の需要管理対策として、水路漏水対策、灌漑 ITS 導入による灌漑効率向上を計画する。その削減効果は、WRRXI 全体で合計 8.0%と算定される。

67. 地下水開発・管理計画： 2050 年まで地下水需要が増加し続けた場合、ダバオ湾東部やサマル島、アポ山東部で過剰揚水に起因する地下水位低下の発生が懸念される。持続的な地下水開発を進めるためには、地下水観測網の整備および現在の地下水環境（水理地質構造、揚水量等）を把握するための地質・水文調査を最優先に実施する計画の実施を提案する。

68. 表流水開発計画： 水資源区 XI の地表水開発計画として、ダバオ川流域のダバオ 2 ダム、ダバオ 3 ダムについて、配置、規模、および概略建設費について予備的に検討し、その調査、検討と事業の実施を提案する。最大開発規模のダバオ III ダムでは、ダム上流の幹線道路の橋梁

の移設が必要なため、ダム軸同一で幹線道路橋が水没しないダム高（51.5m）と小規模化した計画を提案した。

69. 灌漑計画： ダバオ・デ・オロ州、北ダバオ州、東ダバオ州については、灌漑開発計画は NIA の過去の灌漑計画に基づく将来灌漑面積を開発することを提案する。南ダバオ州、西ダバオ州は NIMP を基にした将来灌漑開発面積を検証の上、コメ栽培に適した農地を選定し開発計画とする。新規開発、改善事業共に、幹線支線水路のライニング、頭首工土砂吐ゲートの機械式操作型の導入、頭首工ゲートの遠隔操作型の導入、流域管理計画等の実施を提案する。
70. 都市用水・工業用水管理計画： 都市用水・工業用水に係る管理事業として、無収水削減対策、節水活動促進、海水淡水化技術導入、下水再生利用技術導入、工業用水改修利用技術導入が挙げられる。このうち効果が高く、実現性の高い無収水削減対策と節水活動促進を優先事業コンセプトとして選定し、各事業コンセプトの対象都市、水需要節減効果、概算事業費、実施可能性評価を行い、提案した。
71. 水資源管理計画（情報管理計画）： 基本的に優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。
72. 水資源管理計画（洪水リスク管理計画）： 特に洪水リスク管理の重要性が流域として着目した 3 つの主要河川流域（ダバオ川流域、タグムリブガノン川流域、ブアヤンマランゴン川流域）における課題を整理し、次の提言を行った。
- ・ 3 つの主要河川流域については、現行の治水 M/P に基づいた治水対策を着実に実行すべきである。
 - ・ ダバオ川流域では、現行の治水 M/P において治水ダムは計画されていないものの、本調査では水資源開発の目的から 2 つの多目的ダム（ダバオ 2 ダム、ダバオ 3 ダム）を優先事業として提案している。これらのダムに洪水調節機能を持たせることで、より費用対効果の高いダムとなる可能性がある（主報告書で簡易な検討を実施）。洪水調節機能を含めた多目的ダムとして、両ダムのフィージビリティ調査を実施すべきである。
 - ・ 現行の治水 M/P において、タグムリブガノン川流域に 2 つの多目的ダム、ブアヤンマランゴン川流域に 1 つの多目的ダムが計画されている。これらのダムは治水のみを目的としたものではなく、干ばつや水不足への対策も含めた長期的な気候変動適応策として提案されている。しかしながら、詳細なダムの検討は行われていないことから、多目的ダムとしてのフィージビリティ調査を実施すべきである。
73. 水資源管理計画（流域環境保全計画）： 水資源区 XI では、将来的な需要増加による地下水不足のリスクがある。また、既存灌漑ダムの堆砂の問題がある。これら現状課題を踏まえ、水資源区 XI における流域環境保全計画の目的を以下のとおりとする。
- ・ 環境保全対策を通じて、水資源区 XI の良質で十分な量の水資源を確保する
 - ・ 地域の発展に向け、自然環境と人による開発・生活活動双方にとって持続可能な水辺環境及び水質を保全・改善する
74. 水資源管理計画（組織・法制度計画）： 基本的に優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。

水資源区 XI における優先事業コンセプトの提案

75. 水資源開発計画・管理計画（案）短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、優先事業コンセプトを検討・提案する。
76. 水資源区 XI における 2050 年までの水資源開発管・理計画のロードマップとして、短期（2030 年）、中期（2040 年）、長期（2050 年）の事業実施コンポーネントを一覧表に整理した（本文表 4.4.12 参照）。このうち、優先プロジェクトは表中の赤枠で示されおり、短期案ならびに中期案のうち、実現可能性が高く重要性の高い事業を優先事業として提案する。
77. 水資源区 XII の優先事業として提案される以下の事業コンポーネントについて、事業名、目標、対象機関、対象地域、事業概要、事業効果、概算費用、その他留意事項を整理した。各コンポーネントの詳細は、本文 4.4.4 に示す。

P1: 水需要管理

- P1-1: 無収水対策
- P1-2: 節水活動の促進
- P1-3: 灌漑遠隔監理システムの導入
- P1-4: 灌漑維持管理施設の改善

P2: 地下水管理

P3(1): 表流水開発

- P3-1: ダバオ III ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設
- P3-2: ダバオ II ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設
- P3-3: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施（ミラルダム）

P3(2): 都市用水・工業用水供給

- P3-4: 海水淡水化技術の導入
- P3-5: 雨水貯留・浸透技術の導入

P4: 水資源管理

水資源区 XI における優先事業コンセプトに係る事業実施体制の提案

78. 本節については、基本的に水資源区 VII の内容が水資源区 XI についても妥当するので、同節を参照されたい。また、その他の提案された優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について、検討の概要については、本報告書第 4 章附表に示す。

水資源区 XI における水道事業広域化の検討

79. 水資源区 XI については、広域的な水資源開発・管理計画（案）及び優先事業コンセプトの提案に当たって、「提案された水源がカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合」に該当する事例がなかった。もっとも、水資源区 XI において今回調査で対象とできなかった水道事業体の中に、経営改善、効率化のニーズを抱えている、または同一地域における複数水道事業体の重複といった問題を抱えている事業体が存在する可能性も否定はできない。将来的には、当該水資源区においても、需要管理方策の一つとして水道広域化を検討する必要も生じうるものと認識する。

水資源区 XI における環境影響評価

80. 優先事業対象地の環境社会状況：SEAの一環として、優先事業コンセプトに対する初期的な環境アセスメントを実施した。本調査における環境アセスメントの対象事業としては、重大かつ水域への影響が想定されるダム建設（ダバオ II ダム、ダバオ III ダム）を選定した。具体的な対象地が決まっているダム建設の各対象地周辺の環境社会状況は以下のとおりである。

水資源区 XI における優先事業対象地の環境社会状況

優先事業	ダバオ III ダム	ダバオ II ダム
水質	ダバオ川がクラス A に分類	
保全区域	対象地は保護区外	
住民移転／土地取得	被影響家屋：若干の可能性 必要土地：約 50 ha	被影響家屋：約 2,200 必要土地：約 6,125 ha
先住民族	ダバオ川上流部に複数の先住民族コミュニティが存在	

出典：JICA 調査団

81. 初期アセスメントの実施：優先事業周辺の環境社会状況を踏まえ、影響項目のスクーピングを行った。その結果より、特に留意すべき以下の項目として、水質、生態系、水象、住民移転、先住民族について、環境社会影響の評価を行い、緩和策を設定した。

水資源区 V における水資源開発・管理計画（案）

82. 水資源開発・管理代替案の検討の手順、方法、ならびに計画案の構成は前述の水資源区 VII と同様である。水資源区 V における代替案検討の詳細は、本文 4.5.2 に示す
83. 水需要管理計画：都市用水、工業用水の需要管理対策として、節水や無収水対策の強化を計画する。その削減効果は、水資源区 V 全体で合計 13%と算定される。灌漑用水の需要管理対策として、水路漏水対策、灌漑 ITS 導入による灌漑効率向上を計画する。その削減効果は、水資源区 V 全体で合計 5.8%と算定される。
84. 地下水開発・管理計画：地下水環境を把握するための観測網の構築は地下水資源の持続的管理・開発に不可欠であるが、現時点では、水資源区 V に利用可能な地下水観測網は存在しない。また、2050 年まで地下水需要が増加し続けた場合、過剰揚水に起因する地下水位低下の発生がナガ市西部、ブヒ湖周辺、カタンドアネス州サンアンドレス周辺、マスバテ州東部で懸念される。持続的な地下水開発を進めるためには、地下水観測網の整備および現在の地下水環境（水理地質構造、揚水量等）を把握するための地質・水文調査を最優先に実施する。
85. 表流水開発計画：水資源区 V の表流水開発計画として、ビコール川流域の既存の自然湖のブヒ湖の再開発、マスバテ島のランダムダムについて、配置、規模、および概略建設費について予備的に検討した。その調査、検討と事業の実施を提案する。
86. 将来灌漑計画：アルバイ州、南カマリネス州、北カマリネス州では、灌漑開発計画は NIA の過去の灌漑計画に基づく将来灌漑面積を開発することを提案する。マスバテ州とソルソゴン州では、NIMP を基にした将来灌漑開発面積を検証の上、コメ栽培に適した農地を選定し開発計画とする。灌漑施設の改善を通して既存灌漑組織の生産性を維持向上することは不可欠で

ある。効率的用水管理により水源の有効活用を図り、灌漑面積の拡大を実現する必要もある。効率的用水管理実現には、幹線支線水路のライニング、頭首工土砂吐ゲートの機械式操作型の導入、灌漑テレメーター施設の導入等を積極的に行うことを提案する。

87. 都市用水・工業用水管理計画：都市用水・工業用水に係る管理事業として、無収水削減対策、節水活動促進、海水淡水化技術導入、下水再生利用技術導入、工業用水改修利用技術導入が挙げられる。このうち効果が高く、実現性の高い無収水削減対策と節水活動促進を優先事業コンセプトとして選定し、各事業コンセプトの対象都市、水需要節減効果、概算事業費、実施可能性評価を行い、提案した。
88. 水資源管理計画 (情報管理計画)：基本的に優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。
89. 水資源管理計画 (洪水リスク管理計画)：特に洪水リスク管理の重要性が流域として着目したビコール川流域における課題を整理し、次の提言を行った。
- ・ ビコール川流域については、現行の治水 M/P に基づいた治水対策を着実に実行すべきである。一方で、現行の治水 M/P は見直しが必要であることから、流域スケールでの包括的な治水および砂防の M/P 調査を実施すべきである。
 - ・ 本調査では水資源開発の目的からブヒ湖堰の再開発を優先事業として提案している。ブヒ湖の集水面積はビコール川の流域面積に比して小さく、洪水調節効果は限定的であると考えられるものの、ブヒ湖下流における洪水被害低減を目的とした効果的な堰の運用方法について検討すべきである。
 - ・ 統合水資源管理の視点より、バト湖とバアオ湖に洪水を貯留することで、下流への洪水ピーク流量を低減させ、乾季における淡水資源を増加させることができる。これらの自然湖の出口に流量調節施設を建設することにより、洪水と渇水両方の災害リスクを低減できると考えられる。洪水や渇水、水質等の問題を含めた統合湖沼管理のための M/P 調査を実施すべきである。
90. 流域環境保全計画：水資源区 V では施設の老朽化、洪水、排水不良、堆砂管理、河口付近の塩水の侵入等、水資源の不適切な管理により水不足が引き起こされている。また、ブヒ湖では水位の低下により水質が悪化、有効深さは元の 3.3m に対し現在は 0.5m である。これら現状課題を踏まえ、水資源区 V における流域環境保全計画の目的を以下のとおりとする。
- ・ 環境保全対策を通じて、水資源区 V の良質で十分な量の水資源を確保する
 - ・ 地域の発展に向け、自然環境と人による開発・生活活動双方にとって持続可能性な水辺環境及び水質を保全・改善する
91. 水資源管理計画 (組織・法制度計画)：基本的に優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。

水資源区 V における優先事業コンセプトの提案

92. 水資源開発計画・管理計画 (案) 短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、優先事業コンセプトを検討・提案する。

93. 水資源区 V における 2050 年までの水資源開発管・理計画のロードマップとして、短期（2030 年）、中期（2040 年）、長期（2050 年）の事業実施コンポーネントを一覧表に整理した（本文表 4.5.14 参照）。このうち、優先プロジェクトは表中の赤枠で示されており、短期案ならびに中期案のうち、実現可能性が高く重要性の高い事業を優先事業として提案する。
94. 水資源区 V の優先事業として提案される以下の事業コンポーネントについて、事業名、目標、対象機関、対象地域、事業概要、事業効果、概算費用、その他留意事項を整理した。各コンポーネントの詳細は、本文 4.4.4 に示す。

P1: 水需要管理

- P1-1: 無収水対策
- P1-2: 節水活動の促進
- P1-3: 灌漑遠隔監視システムの導入
- P1-4: 灌漑維持管理施設の改善

P2: 地下水管理

P3(1): 表流水開発

- P3-1: ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画・調査/建設
- P3-2: ラナダム（多目的ダム）の計画・調査/建設

P3(2): 都市用水・工業用水供給

- P3-3: 雨水貯留・浸透技術の導入

P4: 水資源管理

水資源区 V における優先事業コンセプトに係る事業実施体制の提案

95. 本節については、基本的に水資源区 VII の内容が水資源区 XI についても妥当するので、同節を参照されたい。また、その他の提案された優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について、検討の概要については、本報告書第 4 章附表に示す。

水資源区 V における水道事業広域化の検討

96. 水資源区 V については、広域的な水資源開発・管理計画（案）及び優先事業コンセプトの提案に当たって、「提案された水源がカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合」に該当する事例がなかった。もっとも、水資源区 V において今回調査で対象とできなかった水道事業体の中に、経営改善、効率化のニーズを抱えている、または同一地域における複数水道事業体の重複といった問題を抱えている事業体が存在する可能性も否定はできない。さらに、2023 年 4 月 25 日にレガスピ市で開催された第 2 回ステークホルダーミーティングにおいて、一部参加者からレガスピ市の水道に関連して、レガスピ市域外からの水道水源確保や、広域的な水道事業の必要性について認識を示されたことを踏まえると、将来的には、当水資源区においても、需要管理方策の一つとして水道広域化を検討する必要も生じうるものと認識する。

水資源区 V における環境影響評価

97. 優先事業対象地の環境社会状況：SEA の一環として、優先事業コンセプトに対する初期的な環境アセスメントを実施した。本調査における環境アセスメントの対象事業としては、重大か

つ水域への影響が想定されるダム建設（ラナンダム）及びブヒ湖改善を選定した。具体的な対象地が決まっているダム建設の各対象地周辺の環境社会状況は以下のとおりである。

水資源区 V における優先事業対象地の環境社会状況

優先事業	ブヒ湖改善	ラナンダム
水質	ブヒ湖がクラス B に分類	ラナン川がクラス B に分類
保全区域	対象地は複数の保護区内	対象地は保護区外
住民移転／土地取得	基本的には見込まれない	被影響家屋：約 130 必要土地：約 660 ha
先住民族	ブヒ湖北東部に複数の先住民族コミュニティが存在	特定なし

出典：JICA 調査団

98. 初期アセスメントの実施：優先事業周辺の環境社会状況を踏まえ、影響項目のスクーピングを行った。その結果より、特に留意すべき項目として、ブヒ湖改善（水質、生態系、先住民族）、ラナンダム（水質、生態系、水象、住民移転）について、環境社会影響の評価を行い、緩和策を設定した。

第5章 結論と提言

99. 本調査では、フィリピン全国を対象に、2050 年を目標年次とし、気候変動影響を考慮した水収支評価を実施し、全国 12 水資源区から、将来、特に水収支がひっ迫すると予測される優先地域として、3つの水資源区 V（ビコール地方）、VII（中部ビサヤ地方）、XI（南東ミンダナオ地方）を特定した。これらの優先水資源区において、詳細水収支解析を行い、現地調査、関連機関との協議を通じて代替案を検討し、各地区の水不足を解消する為の、2050 年までの、有効で、実効性のある水資源開発・管理（案）とそのロードマップを策定した。加えて、ロードマップから、短期的ならびに将来重要となる事業を優先事業として選定し、事業の内容、効果、概算事業費、社会環境影響、実施体制を含む優先事業コンセプトの提案を行った。
100. 組織・制度面では、全国レベルの水セクターの現状、動向の分析を行った上で、優先水資源区において、提案の優先事業の実施体制ならびに水道事業広域化等の適用に関する検討を行い課題の抽出、提言を行った。
101. 環境社会配慮面では、優先事業コンセプトに関する戦略的環境アセスメント（SEA）として、初期環境影響評価を行い、また 3つの優先水資源区で 2回（合計 6回）のステークホルダー会議を開催した。ステークホルダーとの合意形成の取れた計画策定、事業実施に向けて、水需要ギャップや施設の現状に対する意見聴取、提案の計画、事業コンセプトに関する意見、提言を聴取した。
102. 本報告書第 5 章に、本調査から得られた本調査全体、優先水資源区への結論と提言、ならびに組織・制度面に係る調査の結論と提言を総括して記載した。

以上

第1章 序論

1.1 業務の背景

本調査は、以下の背景のもと、フィリピン共和国(以下、「フィリピン」という。)政府の要望を受け、フィリピンの全国水資源開発・管理計画策定のために必要な情報収集を行い、水需給ギャップの大きい地域に対して実効性のある施策を提案するものである。

- ✓ 人口増加(年間 1.7%)や経済成長(GDP 増加率 5.7%)が続く中、今後持続的に水の安全保障を達成していくためには、代替的な水源を確保していく必要がある。
- ✓ 2019 年にエルニーニョ現象の少雨により水不足が深刻化し、マニラ首都圏、セブ都市圏の主要給水ダムの水位異常低下による断水や、フィリピン全 81 州のうち 41 州で干ばつ被害が発生した。
- ✓ 1998 年の「JICA 全国総合水資源開発計画調査」(以降、「1998M/P」)では、2025 年を目標年次とした全国水資源開発計画の調査が行われ、フィリピンの水資源の基本政策として位置付けられている。しかし、そこで提言された大規模施設整備事業の多くが、実施体制や財源不足、社会環境面の課題により実施に至っていない。
- ✓ 水資源開発・管理計画の策定に必要な情報が更新されておらず、拡大する水需要に対応するための有効な施策を打ち出せていない。1998M/P から 20 年以上が経過し、全国規模の水資源開発・管理計画策定のためには、最新の情報収集とそれに基づく解析が不可欠となっている。

1.2 業務の目的

本調査の目的は以下の通りである。

フィリピン全国を対象に、2050 年を目標年次とした水資源区ごとの水収支評価を実施する。

気候変動影響を考慮した水収支評価結果に基づき、将来特に水収支がひっ迫すると予測される優先地域を特定し、同地域における水資源開発・管理計画(案)の策定、ならびに広域水資源開発等を含む実効性のある優先事業コンセプトの提案を行う。

1.3 業務対象地域

業務対象地域は、フィリピン全土である。主要 12 水資源区(包括的な水資源開発のため、水文学的に全国を 12 地域に分割するもの)、主要河川、主要都市の位置図と一覧表を巻頭図に示す。

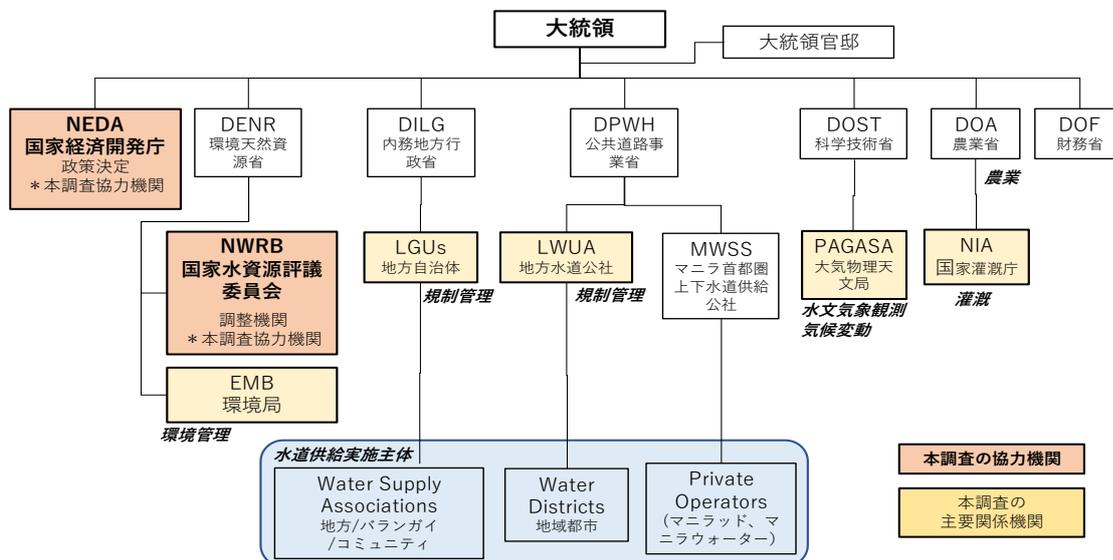
1.4 業務範囲

本調査の業務範囲を以下に示す。

- ①本調査はマスタープランを策定するものではないが、そのためのデータ収集・分析を行い、必要な資料を提供するという位置づけのものである。
- ②本調査では主に地方都市の水資源開発及び管理に主眼を置くこととしており、マニラ首都圏を含む水資源区を優先水資源区に設定しない。
- ③優先事業コンセプトはプレフィージビリティスタディ前の事業コンセプトを検討するレベルのものである。

1.5 関係機関（カウンターパート機関）

本調査は、全国水資源開発・管理を対象にし、多数の組織・機関との連携が不可欠である。本調査の主要関係機関を図 1.5.1 に示す。調査における協力機関は、国家経済開発庁（National Economic and Development Authority : NEDA）、国家水資源評議委員会（National Water Resources Board : NWRB）である。



出典: JICA 調査団

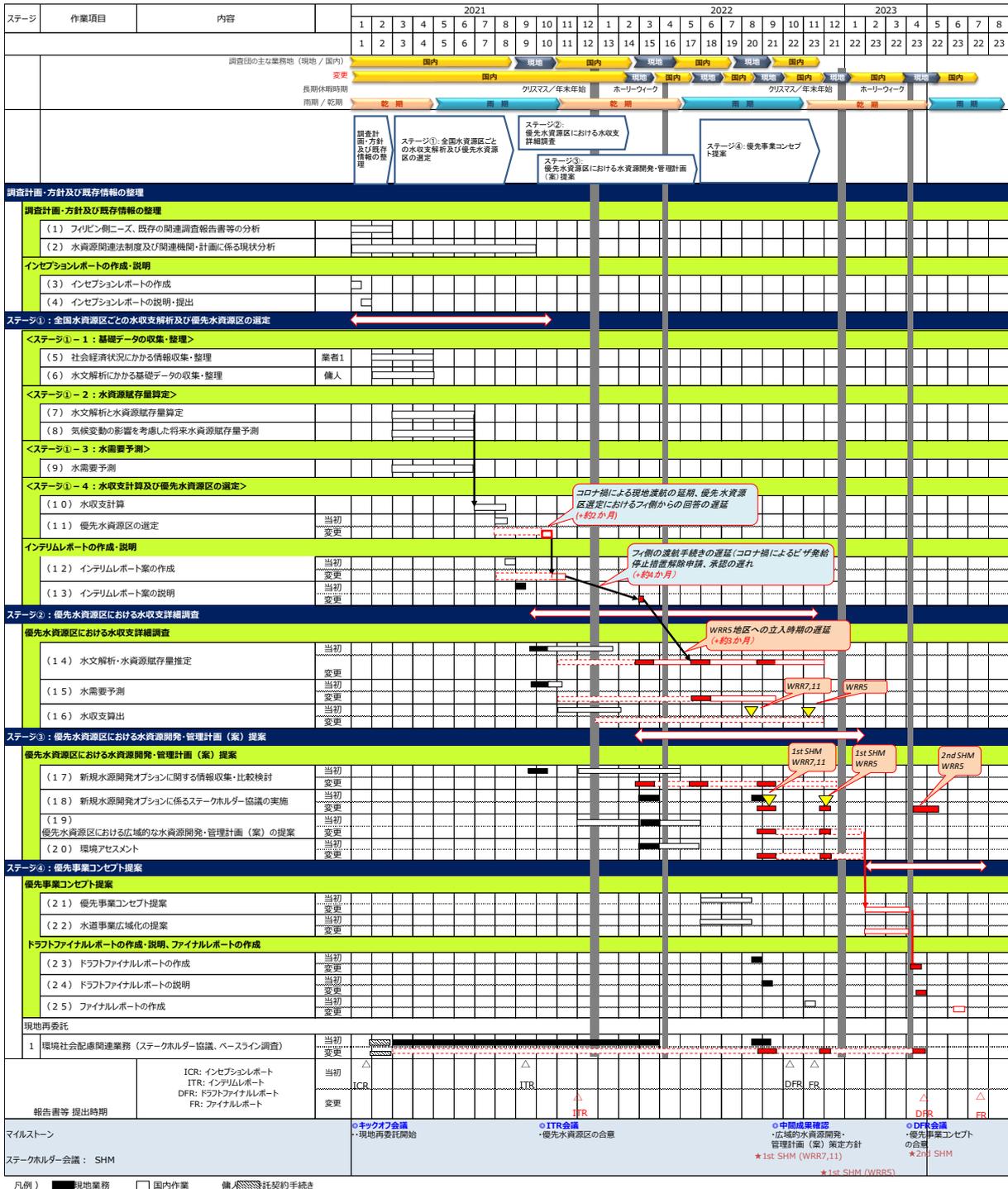
図 1.5.1 本調査の協力機関と主要関連機関

1.6 全体作業スケジュール

本調査は、主に以下の 4 つの主要ステージで実施した。

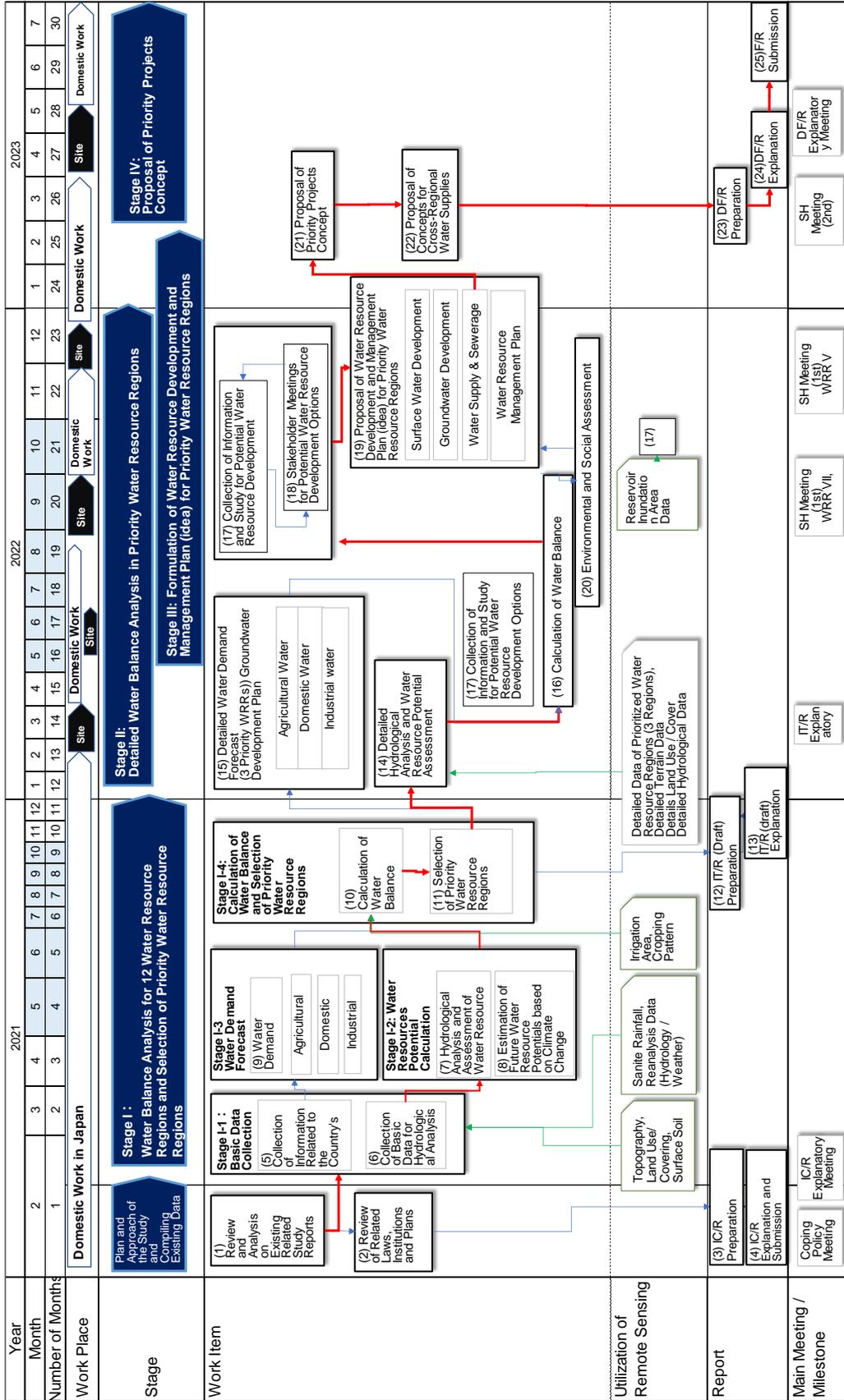
- ステージ①：全国水資源区ごとの水収支解析及び優先水資源区の選定
- ステージ②：優先水資源区における水収支詳細調査
- ステージ③：優先水資源区における水資源開発・管理計画（案）提案
- ステージ④：優先事業コンセプト提案業務の実施方針

本業務では、コロナ禍における行動制限と日本人業務従事者の渡航制限を背景とした作業の遅延、ならびにカウンターパート機関から追加業務要請への対応を理由として、履行期限延長、業務内容変更手続きを行い、2022 年 11 月 16 日に変更契約を締結した。変更契約業務実施の作業計画を図 1.6.1、フローチャートを図 1.6.2 に示す。



出典: JICA 調査団

図 1.6.1 変更作業計画（変更契約）



Note: ICR: Inception Report, ITR: Interim Report, DFR: Draft Final Report, FR: Final Report
SH Meeting: Stakeholder Meeting, Critical Path

出典: JICA 調査団

図 1.6.2 作業フロー (変更契約)

1.7 業務概要

本業務の作業項目とその作業内容の概要を以下に示す。

調査計画・方針及び既存情報の整理

表 1.7-1 業務概要 (1/5)

作業項目	業務概要
(1) フィリピン側ニーズ、既存の関連調査報告書等の分析	・ 調査内容及びスケジュールの検討にあたって、フィリピン側の要望、調査の背景と類似の調査報告書等の既存の関連情報を確認・分析を行った。
(2) 水資源関連法制度及び関連機関・計画に係る現状分析	・ フィリピン国では、水資源に関する法制度や組織が複雑な形で存在しており、また関連組織間の連携が不可欠であるとの認識を踏まえ、その現状を正確に把握するため、以下に示す方法で最新の情報を収集・分析した。本業務の結果は 2.8 節にとりまとめた。
(3) インセプションレポートの作成	・ 業務着手後、「調査計画・方針及び既存情報の整理」を行い、2021 年 3 月に業務計画等をインセプションレポートに取り纏め、貴機構に提出し、内容をリモート会議にてフィリピン側協力機関 (NEDA 及び NWRB) に説明し、調査方針・計画について同意を得た。
(4) インセプションレポートの説明・提出	

出典: JICA 調査団

ステージ I : 全国水資源区ごとの水収支解析及び優先水資源区の選定

表 1.7-2 業務概要 (2/5)

作業項目	業務概要
ステージ I-1: 基礎データの収集・整理	
(5) 社会経済状況にかかる情報収集・整理	・ 2.5 節に示すように、水需要予測に必要な社会経済フレームワークを設定するため、必要な情報を収集し、整理した。
(6) 水文解析にかかる基礎データの収集・整理	・ 2.3 節、3 章に示すように、ステージ I の水文解析では、国内で早期入手可能なリモートセンシングデータや既往案件のデータ等を活用し、作業の合理化、効率化を図った。
ステージ I-2: 水資源賦存量算定	
(7) 水文解析と水資源賦存量算定	・ 上記(6)にて取得した基礎データをもとに、水文モデルを構築し、各水資源区における水資源賦存量(表流水、地下水)を算定した。
(8) 気候変動の影響を考慮した将来水資源賦存量予測	・ 本調査の気候変動影響予測は、精度及び収集時間等を考慮し PAGASA の気候変動影響評価データを有効活用した。具体的には、表量水解析モデルの入力データである降水量と気温に、気候変動による現況気象からの増減率を乗じて、将来の降水量と気温(及び蒸発散量)を算定し、表量水及び地下水解析モデルにより将来の水資源賦存量(表流水・地下水)の変化を算定した。
ステージ I-3: 水需要予測	
(9) 水需要予測	・ 前述(5)の経済フレームの資料収集、整理結果をもとに、農業、生活用水、工業用水別の需要を算出し、各水資源区での将来水需要を予測した。
ステージ I-4: 水収支計算及び優先水資源区の選定	
(10) 水収支計算	・ 水収支は、ステージ I-1 から I-3 の結果をもとに、各水資源区を対象として算定した。本調査では、水資源賦存量を表流水と地下水に区分し、流出モデルにより流域単位で算定し、それらを流域全体で集計した後、比流量や雨量分布を勘案して換算して求めた。水収支計算に係るデータを水資源区ごとに年単位及び月単位の水収支表に総括し、評価を行った。
(11) 優先水資源区	・ 以降の詳細調査の対象として、12 水資源区から 3 つの優先水資源区の候補

作業項目	業務概要
の選定	を、選定基準を設定し選定した。選定基準の評価付の点数付けなどを検討し、フィリピン側協力機関と協議の上、設定した。 <ul style="list-style-type: none"> 最終的に、水資源区 V(ビコール)、水資源区 VII(ビサヤ中部)、水資源区 I(ミンダナオ南東部)を優先水資源区として選定した。
(12) インタリムレポート案の作成	<ul style="list-style-type: none"> (1)～(11)までの調査結果をもとに、水資源に係る法制度・組織分析、全国水収支解析結果、優先水資源区選定結果及び選定過程と根拠等を取りまとめたインタリムレポート案(英文)を作成した。
(13) インタリムレポート案の説明、提出	<ul style="list-style-type: none"> インタリムレポートを 2022 年 1 月に ICA に提出した。2022 年 3 月に、インタリムレポートの内容をフィリピン側関係機関に対し説明し、これまでの調査結果及び以降ステージ II～IV の調査方針について同意を得た。

出典: JICA 調査団

ステージ II : 優先水資源区における水収支詳細調査

表 1.7-3 業務概要(3/5)

作業項目	業務概要
(14) 水文解析と水資源賦存量算定	<ul style="list-style-type: none"> 表流水の流出解析モデルは、全国レベルよりもより精度の高い物理型水循環解析モデル(SHER モデル)を適用した。 ステージ①よりもより詳細な小流域(約 100 km² 相当)に区分し、水文解析と水資源賦存量算定を行い、観測値(流量、地下水位)を基に物性値の推定を行い再現性と精度を確認した。観測値の得られない地域においては、同定された近傍の地域の物性値をもとにシミュレーションを行った。 地下水賦存量は、物理型水循環解析モデル MODFLOW モデル(USGS)を用い解析を行った。モデルは、地下水位の観測データを基にキャリブレーションを実施した。 カウンターパート機関の NEDA、NWRB からの要望を受け、ステージ②優先水資源区における水収支詳細調査の技術説明や担当分野の解析手法等に関する技術協議の対応を行うため、技術習熟プログラムを実施中である。2022 年 11 月～2022 年 4 月にかけて、表流水解析、地下水解析、水需要予測、経済フレーム予測、リモートセンシング技術等に関する協議を行った。
(15) 水需要予測	<ul style="list-style-type: none"> 目標年次として、短期(2030 年)・中期(2040 年)・長期(2050 年)を設定した。 農業用水需要は、優先水資源区に位置する全ての既存灌漑組織と計画灌漑事業(NIP, CIP)を踏まえ、ステージ①と同様の手法に各地区の気象条件、気候変動影響を加味し、各灌漑地区の短中長期の月別用水量を予測した。 上水需要は、現地調査で水使用量実績、料金収入実績、最新の工業開発計画等の情報を収集し、ステージ①で整理した項目(人口予測、給水率、給水原単位、無収水率、工業用水使用量)の精度を向上させた数値を基に実施した。また、優先水資源区の主要都市の下水道計画の有無を併せて確認した。
(16) 水収支算出	<ul style="list-style-type: none"> 優先水資源区の水収支は、流域単位の水需給の差し引きではなく、上記(14)及び(15)の結果をもとに、開発必要量を時期別、地域別(行政区別、流域別、都市別)、用途別を算定した。 また、水収支解析の検討ケースは、現状と将来(現況気候と気候変動影響 3 ケースの 4 シナリオ)の水収支を定量的に評価した。

出典: JICA 調査団

ステージ III 優先水資源区における水資源開発・管理計画（案）提案

表 1.7-4 業務概要(4/5)

作業項目	業務概要
(17) 新規水源開発オプションに関する情報収集・比較検討	用途別利水安全度の設定(灌漑 1/5 年渇水、上工水 1/10 年渇水)を行った。 第 1 次～第 4 次現地調査において、新規水源区(ダム・堰・貯水池可能地点)図上調査、現地踏査を実施した。 現在、新規水源開発オプションの代替案立案し、比較検討、対策案の水収支解析を実施した。
(18) 新規水源開発オプションに係るステークホルダー協議の実施	戦略的環境アセスメント(SEA)の一環として、新規水源開発オプションに係るステークホルダー協議(SHM)を現地再委託業務にて実施。 第 1 回 SHM を 3 つの優先水資源区で、それぞれハイブリッド形式で開催し、計画概要の説明、現況水収支解析結果、想定される環境・社会影響、今後のスケジュールを説明し、質疑応答を行った。 協議結果やコンフリクトの有無とその状況などを整理し、今後、(17)開発オプションの比較検討にフィードバックし、以降(19)の水資源開発・管理計画(案)の提案に反映した。
(19) 優先水資源区における広域的な水資源開発・管理計画(案)の提案	上記までの検討で提案した目標年次 2050 年までの水需給ギャップを解消するための水資源開発オプションに基づいた水資源開発・管理計画(案)の内容を検討し、策定した。
(20) 環境アセスメント	優先水資源区の水資源開発・管理計画(案)の検討にあたり、戦略的環境アセスメント(SEA)として、候補地におけるベースライン状況の整理及び環境社会影響の精査を実施した。

出典:JICA 調査団

ステージ IV 優先事業コンセプト提案

表 1.7-5 業務進捗の概要(5/5)

作業項目	業務概要
(21) 優先事業コンセプト提案	水資源開発計画・管理計画(案)短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、各優先水資源区の優先事業コンセプトを作成した。 また、優先事業の実実施計画として、概算事業費、運営維持管理費、開発工程、自然環境影響、社会影響(想定住民移転数等)を検討し、事業実施主体及び実施体制、運営・維持管理体制等を取り纏めた実施計画を策定した。
(22) 水道事業広域化の提案	本調査で選定した優先水資源区の中核都市に関する水道事業運営状況や周辺都市の水道事業運営状況を文献調査及び現地調査を基に整理し、広域連携を実施するメリット、デメリットについて広域連携の類型(施設の共同利用、管理の一体化、経営の一体化、事業統合)毎に整理した。これらを踏まえ、提案の優先事業における水道広域化の課題、事業形態を検討し、その提案を行った
(23) ドラフトファイナルレポートの作成	全ての調査結果を取りまとめて、ドラフトファイナルレポート(英文)を作成した。 その内容について関係機関と協議を通じて最終化し提出した。
(24) ファイナルレポートの説明	ドラフトファイナルレポートに対する関連機関からのコメント等を踏まえ、最終化し、ファイナルレポートとして提出した。

出典:JICA 調査団

1.8 報告書・成果品の作成・提出

特記仕様書に従い以下の成果品を作成し、提出した。

表 1.8-1 調査報告書の一覧

報告書名	提出時期	提出部数
インセプションレポート (IC/R)	2021年3月	英文：10部（簡易製本）
インテリムレポート (IT/R)	2022年1月	英文：10部（簡易製本）
ドラフトファイナルレポート (DF/R)	2023年4月28日	英文：10部（簡易製本）
ファイナルレポート (F/R)	2023年7月31日	和文要約：5部（製本）、 英文：15部（製本）、CD-R:3部

出典：JICA 調査団

1.9 現地再委託

下表に示す環境社会配慮関連業務（ステークホルダー協議）を再委託業務として実施中である。再委託業者は、『コンサルタント等契約における現地再委託契約ガイドライン』に則り、質及びコストに基づき業者の選定を行い、LCI Envi Corporation 社を委託先として契約を行った。

表 1.9-1 環境社会配慮関連の再委託内容

項目	内容
ステークホルダー会議の実施	<ul style="list-style-type: none"> <実施回数> 優先水資源区（3区）にて各2回（事業概要計画時、評価後）、合計6回の開催 <作業内容> ・会議開催通知、参加者招集 ・会場整備、その他ロジ関係 ・会議資料の作成 ・会議の進行 ・会議の記録、レポート作成
フィリピン国全土に係る環境社会配慮に関する関連法規制等の調査	<ul style="list-style-type: none"> ・EIA 制度 ・用地取得、住民移転に係る制度 ・フィリピン国内における SEA 事例の確認
事業候補地における既存開発計画の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・既存計画における環境社会配慮に関する調査、対策及び評価等のレビュー ・対象地域の各種規制情報
全国（概略）と事業候補地におけるベースライン調査（主に文献調査及びアンケート調査）	<ul style="list-style-type: none"> ・社会環境：対象地域の住居分布、地区割、人口・民族、世帯数、土地利用、史跡・伝統文化等 ・自然環境：対象地域の水質、大気質、廃棄物、生態系、貴重種、地質、景観等の情報
対象事業の代替案検討	<ul style="list-style-type: none"> ・環境面、技術面、社会経済面等を考慮したゼロオプションを含む複数代替案の比較検討
スコーピング及び環境社会影響の予測	<ul style="list-style-type: none"> ・重要な環境社会影響項目のスコーピング ・影響項目に関するデータ収集による影響予測

出典：JICA 調査団

1.10 フィリピン側関連機関との協議等

1.10.1 定例会議

本業務では、NEDA、NWRB の協力機関に加え、国家レベルの複数セクターの水資源関連機関と、水供給を担う事業者が都市部、地方部に存在し、全国から地域レベルの情報収集と、優先地域における合意可能な提案に向けて、多数の関連機関との連携が不可欠である。

この課題を踏まえ、本調査の関係機関の協力体制を確立するため、調査開始時にフィリピン国協力機関と協議の上、定例リモート会議（実務者レベル）の開催要領を提案し、調査開始以降、月 1 回程度の頻度で会議を実施し全 32 回の定例会議を開催した。

1.10.2 ハイレベル会議

フィリピン側水資源関連機関とのハイレベル協議の場として、半年に 1 回程度開催されている NEDA Board Committee on Infrastructure (INFRACOM) – Subcommittee on Water Resources (SCWR) の会議に、調査団が参加し、調査内容の説明、質疑応答を行った。

表 1.10-1 ハイレベル会議の講義内容

日時、会議名	協議内容
2021 年 3 月 21 日： NEDA INFRACOM SCWR 36 th	調査計画、基本方針、方法
2021 年 10 月 21 日： NEDA INFRACOM SCWR 37 th	全国レベルの水収支解析結果 優先水資源区選定方針
2022 年 5 月 2 日： NEDA INFRACOM SCWR 39 th	優先水資源区(WRR 7, WRR11)の現地調査結果 表流水、地下水、水資源施設に関する現地踏査、関連機関協議結果 今後の作業計画

出典: JICA 調査団

1.10.3 技術習熟プログラム

カウンターパート機関の NEDA、NWRB からの要望を受け、ステージ II 優先水資源区における水収支詳細調査の技術説明や担当分野の解析手法等に関する技術協議の対応を行うため、技術習熟プログラムを実施した。

2022 年 11 月～2023 年 4 月かけて、全 13 回の表流水解析、地下水解析、水需要予測（灌漑、上水）、経済フレーム予測、リモートセンシング技術（衛星雨量、GIS）等に関する協議を実施した。

第2章 ステージ I: 全国水資源区ごとの水収支解析及び優先水資源区の選定

2.1 社会経済状況

フィリピンの人口は 2010 年の 92,337,852 人から 2020 年には 109,035,343 人まで増加し、2015～2020 年の年平均成長率は 1.5% である。2010、2015、2020 年の国全体と地域別人口を示す。

表 2.1-1 フィリピンの国全体及び地域別人口

Administrative Region	Census Report			Average Annual Growth Rate	
	2010	2015	2020	2010-2015	2015-2020
PHILIPPINES	92,337,852	100,981,437	109,035,343	1.7%	1.5%
National Capital Region (NCR)	11,855,975	12,877,253	13,484,462	1.6%	0.9%
Cordillera Administrative Region (CAR)	1,616,867	1,722,006	1,797,660	1.2%	0.9%
REGION I - ILOCOS	4,748,372	5,026,128	5,301,139	1.1%	1.1%
REGION II - CAGAYAN VALLEY	3,229,163	3,451,410	3,685,744	1.3%	1.3%
REGION III - CENTRAL LUZON	10,137,737	11,218,177	12,422,172	2.0%	2.1%
REGION IV-A - CALABARZON	12,609,803	14,414,774	16,195,042	2.6%	2.4%
REGION IV-B - MIMAROPA REGION	2,744,671	2,963,360	3,228,558	1.5%	1.7%
REGION V - BICOL	5,420,411	5,796,989	6,082,165	1.3%	1.0%
REGION VI - WESTERN VISAYAS	7,102,438	7,536,383	7,954,723	1.3%	1.1%
REGION VII - CENTRAL VISAYAS	6,800,180	7,396,898	8,081,988	1.8%	1.8%
REGION VIII - EASTERN VISAYAS	4,101,322	4,440,150	4,547,150	1.5%	0.5%
REGION IX - ZAMBOANGA PENINSULA	3,407,353	3,629,783	3,875,576	1.2%	1.3%
REGION X - NORTHERN MINDANAO	4,297,323	4,689,302	5,022,768	1.7%	1.4%
REGION XI - DAVAO	4,468,563	4,893,318	5,243,536	1.7%	1.4%
REGION XII - SOCCSKSARGEN	4,109,571	4,545,276	4,360,974	1.9%	-0.8%
REGION XIII - CARAGA	2,429,224	2,596,709	2,804,788	1.3%	1.6%
Bangsamoro Autonomous Region in Muslim Mindanao (BARMM)	3,256,140	3,781,387	4,944,800	2.9%	5.5%

出典：Philippine Statistics Authority (PSA) (2017) “2015 Census of Population, Report No. 2–Demographic and Socioeconomic Characteristics Philippines”, (2020) “Census of Population and Housing”

フィリピンの国内総生産(GDP)は現行価格で 16,556,651 百万ペソ(2017 年)から 17,938,582 百万ペソ(2020 年)に増加し、不変価格(2018)で 17,175,978 百万ペソ(2017 年)から 17,527,234 百万ペソ(2020 年)に増加した。また一人当たり GDP は現行価格で 158,940 ペソ(2017 年)から 164,919 ペソ (2020 年)、不変価格(2018)で 164,885 ペソ(2017 年)から 161,137 ペソ(2020 年)に減少した。

表 2.1-2 フィリピンの GDP

Price	Item	2017	2018	2019	2020
At current prices	GDP (Mil. Philippine Pesos)	16,556,651	18,265,190	19,517,863	17,938,582
	GDP Growth Rate (%)	9.4%	10.3%	6.9%	-8.1%
	GDP per Capita (Philippine Pesos)	158,940	172,712	181,920	164,919
At constant 2018 prices	GDP (Mil. Philippine Pesos)	17,175,978	18,265,190	19,382,751	17,527,234
	GDP Growth Rate (%)	6.9%	6.3%	6.1%	-9.6%
	GDP per Capita (Philippine Pesos)	164,885	172,712	180,661	161,137

出典: PSA (2021) "National Accounts of the Philippines" for data from 2017 to 2020

2017～2020 年の域内総生産について、バンサモロ自治地域(BARMM)の年平均成長率が 7.3%と最も高く、ダバオ地方が 6.2%と次に高い。域内総生産の 32.3%をマニラ首都圏(NCR)が占め、次にカラバルゾン地方が 14.3%、中部ルソン地方が 10.4%、中央ビサヤ地方が 6.5%を占める。

2.2 自然状況、水利用

2.2.1 水資源区

フィリピンでは行政区として全国を 17 Region に区分しているが、水資源管理においては流域単位の包括的な管理が必要であり、流域境界区分を参照し、全国を水文学的に 12 の水資源区に区分している。

2.2.2 国土、地形

フィリピンは北緯 4 度 23 分と北緯 21 度 25 分、東経 116 度から東経 127 度の間に位置する。フィリピンの総面積は約 300,000 km² である。フィリピンは 7,641 の島からなる群島とみなされ、ルソン島、ビサヤ諸島、ミンダナオ島の 3 つの主要な島に分類される。この国は、北はルソン海峡、東は太平洋、南はセレベス海、西は西フィリピン海といういくつかの水域に囲まれている (DENR-EMB, 2014)。地形は非常に多様で、ほとんどの島に火山塊が存在する。フィリピンの最高点は標高 2,954 m のアポ山(ミンダナオ島)にある。

2.2.3 気象・水文

フィリピン国の平均気温で、最も暖かい月は 5 月で平均気温は 28.3℃、最も涼しい月は 1 月で平均気温は 25.5℃となっている。フィリピン国の年間平均降水量は、965～4,064 mm/年である。

2.2.4 河川、水資源

フィリピンでは流域面積 1,000km² 以上を有する 18 の主要河川流域があり、総流域面積は 110,524km² で、国の総陸地面積の 3 分の 1 以上を占める。

2.2.5 地質、水理地質、土質分布

フィリピンは、ユーラシアプレート、太平洋プレート、インド・オーストラリアプレートという 3 つのプレートの接合部の北側に位置する。現在、フィリピンには 24 の活火山があり、そのうち 13 がルソン島、3 がビサヤ諸島、8 がミンダナオ島にある。地形と同様に、フィリピン全体の地質も変化しており、火成岩、堆積岩、変成岩に分類されている。火成岩の形成はさらに、貫入岩と火山岩の 2 つのカテゴリーに分類される。

MGB では、フィリピン全土の水理地質を地層中の帯水層、裂隙水（難透水層中の割目に地下水が賦存する帯水層）、難透水層 3 つに分類している。

2.2.6 土地利用

フィリピンの総面積のうち、4 割以上が農地として利用されており、水稻やとうもろこしの穀類のほか、バナナ、さとうきび、ココナッツの生産に利用されている (FAO 統計、2021)。熱帯の多雨地域であるが、多くの土地が農地として開拓されていることもあり森林は総面積の 2 割以下となっている。またフィリピンの人口は約半数が都市に集中しているため、住宅等構造物も比較的集中している。

2.2.7 水利用現況（農業用水）

農業は全分野の中で最大の水資源利用分野であり大量の水資源を消費している。農業分野は水資源利用の観点から、灌漑農業、内水面漁業、畜産の3部門に分けられる。

(1) 現況灌漑農業

NIA の灌漑組織目録を基に全灌漑組織の灌漑管理面積等を下表に取りまとめた。灌漑開発可能農地面積は3,128,631ヘクタールと推計されており、2020年末現在1,975千ヘクタール、灌漑開発可能農地面積の63%が開発済である。

表 2.2-1 2020年の全灌漑組織の灌漑管理、実灌漑可能、実灌漑栽培面積

(Unit: 1,000 ha)

Systems	NISs				Small Scale Systems				Total			
	ISA	FUSA	Irrigated Area		ISA	FUSA	Irrigated Area		ISA	FUSA	Irrigated Area	
			Wet	Dry			Wet	Dry			Wet	Dry
All	917	817	724	690	1,058	961	700	618	1,975	1,778	1,424	1,308
By Surface Water	914	813	722	688	919	854	621	547	1,833	1,667	1,343	1,235
By Ground Water	3.5	3.4	2.4	2.4	139.2	108.0	79.4	70.6	142.7	111.4	81.8	73.0

Source: Inventory of National, Communal, Private & Other Government Assisted (OGA) Irrigation System as of December 31, 2020

(2) 現況内水面漁業

農業省水産・水性資源局の資料を基に2020年の淡水養殖池の面積は18,851ヘクタールと推定し、これを用水量算定の基とする。

(3) 現況畜産・養鶏業

農業省畜殖局提供の資料を基に2020年にはカラバオは2,865千頭、牛は2,542千頭、豚は12,796千頭、鶏は12,796千頭が飼育されており、これを用水量算定の基とする。

2.2.8 水利用現況（都市用水・工業用水）

NEDAが作成したフィリピン上下水道マスタープラン2019-2030（PWSSMP 2019-2030）に記載されている行政区分毎の都市用水需要量を基に水資源区毎の都市用水需要量を以下の通り算出した。全国で5,063MCM/年となっている。

表 2.2-2 現況の都市用水需要量（2015 年現在）

	Domestic (MCM/Year)	Commercial (MCM/Year)	Institutional (MCM/Year)	Unaccounted (MCM/Year)	Total (MCM/Year)
PHILIPPINES	3,426	258	115	1,264	5,063
WRR I - ILOCOS	90	7	3	33	133
WRR II - CAGAYAN VALLEY	141	11	5	52	209
WRR III - CENTRAL LUZON	471	35	16	174	696
WRR IV - SOUTHERN TAGALOG	1,204	91	40	444	1,779
WRR V - BICOL	163	12	5	60	241
WRR VI - WESTERN VISAYAS	245	18	8	91	363
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	217	16	7	80	320
WRR VIII - EASTERN VISAYAS	114	9	4	42	169
WRR IX - SOUTHWESTERN MINDANAO	164	12	5	60	242
WRR X - NORTHERN MINDANAO	143	11	5	53	212
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	222	17	7	82	329
WRR XII - SOUHTERN MINDANAO	251	19	8	93	371

出典: JICA 調査団

NWRB が保有している水利権データを基に現況の工業用水需要量を以下の通り算出した。全国で 2,703 MCM/年となっている。

表 2.2-3 現況の工業用水需要量（2017 年現在）

Water Resource Region	Industrial Water Total (MCM/Year)
PHILIPPINES*	2,703
WRR I - ILOCOS	64
WRR II - CAGAYAN VALLEY	104
WRR III - CENTRAL LUZON	402
WRR IV - SOUTHERN TAGALOG	1,232
WRR V - BICOL	86
WRR VI - WESTERN VISAYAS	140
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	164
WRR VIII - EASTERN VISAYAS	65
WRR IX - SOUTHWESTERN MINDANAO	80
WRR X - NORTHERN MINDANAO	97
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	138
WRR XII - SOUHTERN MINDANAO	131

出典: JICA 調査団

2.2.9 既存、計画の水資源開発事業

フィリピンには 54 のダムがあり、内訳は NPC 管轄のダム 20 基、NIA 管轄のダム 26 基、MWSS 管轄のダム 3 基、その他のダム 5 基となっている。ダムの機能の区分では、水力発電用ダムが 24 基、灌漑用ダムが 30 基、都市給水用ダムが 5 基、多目的ダムを含む治水用ダムが 2 基となっている。また、フィリピンにはダム高 100m 以上の大規模ダムがアンブクラオダム、ビンガダム、サンロケダム、アンガットダム、マガットダム、パンタバンガンダムの 6 基ある。既存ダムのリストと位置図を附属報告書 ANNEX G に示す。

2.2.10 地下水利用の現状

NWRB による許可が下りている地下水利用量は 2020 年時点で 5,017 MCM であり、約 30%は水資源区 IV に集中する。全水資源に占める地下水許可量の割合はフィリピン全国で 2.3%である。地下水許可量の比率を水資源区別にみると NCR の 26.1%が最も高く、次いで水資源区 VII の 10.5%である。

2.2.11 洪水リスク管理の現状

水資源開発・管理計画を策定するにあたり洪水管理の視点から考慮すべき事項として、①計画受益地における洪水氾濫リスク、②治水、利水、環境の各視点からの統合的河川事業計画が挙げられる。洪水は人々の命や生活を脅かし、都市の発展を阻害するため、洪水氾濫リスクは水資源開発・管理計画を策定する上での考慮しなければならない。例えば、氾濫原で新たに上水道や灌漑施設を整備する場合、洪水に対する人口や資産の曝露が増加し、将来の洪水による被害が増大する恐れがある。したがって、利水事業は洪水に対する曝露の増加を可能な限り抑え、将来的に洪水の犠牲者を出すことなく、洪水被害よりも多くの利益を生むように計画することが求められる。ダムや堤防建設、河道改修等の河川事業は、河川形態や流況、土砂輸送、水質、地下水涵養量等に影響を及ぼす。フィリピンがそうであるように、河川事業が治水や上水、灌漑、発電といった目的毎に別々に計画される場合、各事業がお互いに悪影響を与えないように調査する必要があり、もし悪影響が避けられない場合は、関係者間で調整し、計画を修正しなければならない。したがって、流域単位で統合的に計画することにより、より効果的で効率的な計画となり得る。多目的ダムはその代表例である。洪水と渇水はいずれも降雨の自然変動の中の両極端の事象であるため、ダムによる河川流況の平準化は効果的な対策となる可能性がある。

フィリピンにおける洪水管理は、複数の政府機関によって管理されている。治水施設の計画および建設は DPWH、河道浚渫や内水排除等の小規模洪水対策事業の計画および実施は LGUs、洪水予警報は PAGASA、災害救助や避難支援は OCD、洪水ハザードマップ作成は MGB-DENR、DOST、DPWH、LGUs 等によって実施されている。また、統合流域管理と関係者間の調整機関として、RBCO が DENR の下部組織として 2006 年に設立されている。

2.2.12 水質

2019 年の時点で、環境管理局（EMB）は、フィリピンの 904 の水域を、最適な水利用及び水質の観点から、淡水を Class AA、A、B、C、D、海水を Class SA、SB、SC、SD に分類している。

また、フィリピン Clean Water 法において、流域、河川流域、水資源区等の適切な区域が分けられ、特定の地域が水質管理地域（WQMA）に指定されている。2022 年 8 月現在、40 の WQMA が正式に指定されている。

2.2.13 自然環境

(1) 保護区域

フィリピンの保護地域は、自然保護区、自然公園、天然記念物、野生動物保護区、景観と海景保護、資源保護区に分類される。2019年の時点で、約776万ヘクタールからなる合計244の保護地域が報告されている。

(2) 干ばつ

干ばつはフィリピンにおける重大な自然災害の一つとみなされており、干ばつの発生は、エルニーニョ南方振動(ENSO)及びその温暖期と乾燥期であるエルニーニョに大きく影響される。エルニーニョ現象はフィリピン全土で発生しているが、特に南部が影響を受けている。1968年以来、フィリピンでは11回の干ばつが記録されている。干ばつの最もリスクが高い地域は、ルソン島のビコール地域及びミンダナオ島全域である。

(3) 塩水侵入

フィリピンの気候変動リスクプロファイル(USAID、2017年)によると、ルソン島、ビサヤ諸島、ミンダナオ島の沿岸地域の約25%の水質は、沿岸帯水層への塩水の侵入によって影響を受けている。

2.3 水文解析

2.3.1 水文解析の概要(ステージI:全国レベル解析)

観測された河川流量データは欠測していることが多く、特に高水流量の信頼性は低い。信頼できる期間で42年間の長期(1979年から2020年)の観測された流量を使用して、水田モデルを用いた降雨-流出解析モデル(タンクモデル)をステージI用に構築した。

ステージIの各水資源区(水資源区)の地下水賦存量については、2019年頃からの短期間、全国的に偏在する観測地下水位データが20件程度しか得られなかったことから、ダルシー則を用いた地下水流動モデルを構築し、推定することとした。

降雨の3つのデータセット(ERA5、GSMaP、CHIRPS)を評価し、CHIRPS(USGS)が最も適したデータセットとした。

DPWHの各水位観測所の観測流量を、流域面積比に基づく各小流域のタンクモデルパラメーターのキャリブレーションの検証流量として使用した。

観測流量の精度は、流出係数と流況曲線によって評価した。本調査では、観測値の流出係数が0.25~0.7の範囲のデータのみをタンクモデル較正の検証流量として使用することとした。

地下水賦存量の評価の際、地下水流動量に安全係数0.7を乗じて推定したが、これは帯水層の特性、地下水開発の状況、地域の地下水管理の必要性を考慮して決定した。

ダルシー則地下水モデルの入力データとして、タンクモデルの底部から浅層地下水帯水層への浸透量を入力値とした。

ダルシー則地下水モデル入力に必要な透水係数 (Ko)と空隙率は、メトロ・マニラとメトロ・セブでの既存の地下水流動解析レポートと、ピナツボ地域での揚水試験の結果に基づいて推定した。

2.3.2 気候変動影響評価

フィリピンの気候変動予測データについては、DOST-PAGASA の報告書 (2018 年) で詳細な情報が整理されている。

各国の平均気温は、21 世紀半ば (2036-2065) に $0.9^{\circ}\text{C}\sim 1.9^{\circ}\text{C}$ (RCP4.5) および $1.2^{\circ}\text{C}\sim 2.3^{\circ}\text{C}$ (RCP8.5) 上昇すると予測されている。フィリピン国内の多くの地域で、年間降水量と季節降水量の増加傾向が予測されており、このような傾向は、極端な降雨イベントに関連していることがわかっている。マルチモデル予測は、季節平均降雨量の増減の範囲が過去の値の 40% を超えることを示唆している。

RCP8.5 シナリオの上限 (高) は、すべてのケースで降水量が現状より多いことが予測され、一方、RCP8.5 シナリオの下限 (低) は、一部地域で降水量が現状より減少することが予測されている。特に RCP8.5 シナリオの上限 (高) では、9 月から 11 月と 12 月から 1 月から 2 月の季節には、ルソン島、ビサヤ諸島の西部、ミンダナオ島の一部で、降水量が 40% 増加する可能性がある。

また、RCP8.5 シナリオでは、21 世紀末までに平均海面が約 20 cm 上昇すると予測されている。

2.3.3 水文解析結果

水文解析結果の時系列データの適合性を Nash-Sutcliffe 係数を用いて検証を行った。結果、Nash-Sutcliffe 係数は 0.4 から 0.7 以上の点が多く、観測された流量の精度を考慮すると、降雨-流出モデル (SHER モデル) の再現性は十分であると判断した。

地下水位観測データは時空間分布的に非常に限られているため、各小流域の検証地下水位データは、地形的に類似する近隣地域で、標高が類似する地点のデータを選択し、検証に用いた。

帯水層の飽和透水係数は、初期地下水位と最終地下水位が同じになるように較正した。空隙率は、帯水層の一般的な値である 0.03 以上に設定した。帯水層の厚さはフィリピンの平均的な帯水層の厚さである 25m と仮定した。

2.4 水賦存量

2.4.1 表流水賦存量

各水資源区の地表水賦存量に対する気候変動の影響は、水資源区ごとに異なるが、RCP8.5 シナリオの下限ケースでは減少し、RCP8.5 シナリオの上限ケースでは増加傾向にある。

2.4.2 地下水賦存量

各水資源区の地下水賦存量に対する気候変動の影響も同様に、水資源区ごとに異なるが、RCP8.5 シナリオの下限ケースでは減少し、RCP8.5 シナリオの上限ケースでは増加傾向にある。

2.5 水需要予測

2.5.1 水需要予測（農業用水）

(1) 将来灌漑面積予想

2030年、2040年及び2050年の水資源評価に係る灌漑用水用を算定するため、1) NIMP2020-2030と、2) NIAの2011年から2020年における年灌漑計画を基に将来の灌漑管理面積、実灌漑可能面積、実灌漑栽培面積を算定した。NIMP2020-2030を基にした場合、2030年、2040年及び2050年の実灌漑可能面積は、それぞれ2,602,273ヘクタール、2,995,392ヘクタール、3,180,147ヘクタールと算定した。NIAの過去の年灌漑計画を基にした場合、年間の灌漑開発可能面積は38,000ヘクタールと見積もれるため、2030年、2040年及び2050年の実灌漑可能面積は、それぞれ2,355,000ヘクタール、2,735,000ヘクタール、3,115,000ヘクタールと算定した。

(2) 現況灌漑用水量

2020年の灌漑面積を基に、2020年州別灌漑用水量を計算し、全国の年間用水量は下表に示す通り31,527百万トンと算定された。

表 2.5-1 現況灌漑用水量

ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		Cropping Intensity (%)	IWD (MCM)
		Wet	Dry		
1,975,280	1,778,181	1,424,239	1,308,417	153.7	31,527

出典: JICA 調査団

(3) 将来灌漑用水量

将来灌漑用水量はNIMPによる将来灌漑面積とNIAの過去の灌漑計画を基にした灌漑面積のケースについて算定した。年間総灌漑用水量は下表に示す通りである。

表 2.5-2 将来灌漑用水量

Year	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		Cropping Intensity (%)	IWD (MCM)
			Wet	Dry		
Based on NIMP 2020-2030						
2030	2,799,014	2,602,815	2,313,988	2,110,798	170	49,901
2040	3,193,033	2,995,934	2,662,389	2,430,698	170	57,283
2050	3,377,788	3,180,689	2,826,128	2,581,043	170	60,753
Based on NIA Past Financial Programs						
2030	2,355,280	2,158,181	1,918,116	1,750,791	170	41,300
2040	2,735,280	2,538,181	2,253,076	2,061,832	170	48,186
2050	3,115,280	2,918,181	2,588,035	2,372,872	170	55,069

出典: JICA 調査団

各水資源区に位置する州の面積比を基に、各水資源区内の州面積を算定し、水資源区・州別灌漑用水量も2ケースの将来灌漑面積について算定している。

(4) 内水面漁業用水量

淡水養殖池の単位用水量 (0.9259 lit/sec/ha (80 トン/日/ヘクタール)) と、上述した 2020 年の淡水養殖池面積 (18,851 ヘクタール) を基に、下表に示すように各対象年の用水量を算定した。将来の用水量は増加率を 1.6%と推定し算定した。

表 2.5-3 内水面漁業の年間用水量

Year	Area of Fresh Water Aquafarms*1	Annual Water Demands for Fishery (FWD)	Annual Water Demands for Irrigation (IWD)	(FWD)/(IWD)
2020	18,851 ha	550 MCM	31,529 MCM	1.74%
2030	(18,851 ha) x (1.016) ¹⁰ = 22,094 ha	645 MCM	41,300 MCM*2	1.56%
2040	(18,851 ha) x (1.016) ²⁰ = 25,895 ha	756 MCM	48,186 MCM*2	1.57%
2050	(18,851 ha) x (1.016) ³⁰ = 30,349 ha	886 MCM	55,069 MCM*2	1.61%

出典: JICA 調査団

Remarks: *1=Include fishpond, fish pen, fish cage, fish tank, hatchery, etc.

*2=IWD estimated in consideration of NIA Financial Programs

(5) 畜産・養鶏用水量

家畜単位用水量 (2.4 lit/sec/10,000 heads (21 トン/日/1,000 頭)) と養鶏単位用水量 (1.46 lit/sec/1 million heads (130 トン/日/1 百万頭)) 及び 2020 年の頭数、家畜 16,203 千頭 (カラバオ 2,865 千頭, 牛 2,542 千頭、豚 12,796 千頭)、鶏 178,265 千頭を基に、下表に示すように各対象年の用水量を算定した。将来の増加頭数は人口増加率に準ずるものと仮定した。

表 2.5-4 年間家畜・畜産用水量

Year	Total Heads (Thousand)		Annual Water Demands for Livestock/ Poultry (LPWD)	Annual Water Demands for Irrigation (IWD)	(LPWD)/(IWD)
	Livestock	Poultry			
2020	16,203	178,265	133 MCM	31,529 MCM	0.42%
2030	(16,203) x (1.133) ^{*1} = 18,358	(178,265) x (1.133) ^{*1} = 201,973	150 MCM	41,300 MCM*4	0.36%
2040	(16,203) x (1.243) ^{*2} = 20,140	(178,265) x (1.243) ^{*2} = 221,583	165 MCM	48,186 MCM*4	0.34%
2050	(16,203) x (1.315) ^{*3} = 21,307	(178,265) x (1.315) ^{*3} = 234,418	174 MCM	55,069 MCM*4	0.32%

出典: JICA 調査団

Remarks: *1=Population: (123,833,055 in 2030) / (109,292,453 in 2020)=1.133

*2=Population: (135,881,380 in 2040) / (109,292,453 in 2020)=1.243

*3=Population: (143,758,859 in 2050) / (109,292,453 in 2020)=1.315

*4=IWD estimated in consideration of NIA Financial Programs

2.5.2 水需要予測 (都市用水・工業用水)

現況の都市用水需要量とフィリピン統計局の人口予測を基に 2050 年までの都市用水需要予測を行った。年間都市用水需要は、2050 年に 7,136 百万 m³/年に増加するものと予測される。

表 2.5.5 将来都市用水需要予測

Water Resource Region	Municipal Water Demand Projection (MCM/Year)								
	2015	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PHILIPPINES*	5,063	5,216	5,454	5,785	6,147	6,469	6,745	6,969	7,136
WRR I - ILOCOS	133	135	139	144	150	155	158	160	161
WRR II - CAGAYAN VALLEY	209	214	222	232	244	254	261	266	269
WRR III - CENTRAL LUZON	696	719	757	807	845	877	901	917	925
WRR IV - SOUTHERN TAGALOG	1,779	1,844	1,944	2,081	2,190	2,282	2,357	2,411	2,439
WRR V - BICOL	241	247	256	268	292	315	337	356	374
WRR VI - WESTERN VISAYAS	363	370	381	396	419	439	457	471	483
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	320	330	344	363	386	406	423	438	450
WRR VIII - EASTERN VISAYAS	169	173	180	192	208	224	238	251	262
WRR IX - SOUTHWESTERN MINDANAO	242	248	256	269	291	312	331	348	363
WRR X - NORTHERN MINDANAO	212	217	226	238	256	272	287	300	310
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	329	339	355	379	408	434	458	478	495
WRR XII - SOUHTERN MINDANAO	371	384	403	433	469	503	534	562	586

出典: JICA 調査団

過去の工業用水需要量実績値と GDP 実績値を基に工業用水と GDP との相関式を作成した。この相関式にフィリピン統計局の GDP 予測値を代入することで 2050 年までの工業用水需要予測を行った。年間工業用水需要は、2050 年に 2,875 百万 m³/年に増加するものと予測される。

表 2.5.6 将来工業用水需要予測

Water Resource Region	Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)							
	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PHILIPPINES*	2,703	2,415	2,536	2,604	2,676	2,731	2,826	2,875
WRR I - ILOCOS	64	58	59	56	56	56	57	57
WRR II - CAGAYAN VALLEY	104	88	91	92	93	94	97	98
WRR III - CENTRAL LUZON	402	342	350	353	357	361	371	374
WRR IV - SOUTHERN TAGALOG	1,232	1,095	1,120	1,134	1,151	1,166	1,200	1,213
WRR V - BICOL	86	79	90	97	104	109	115	120
WRR VI - WESTERN VISAYAS	140	124	141	151	159	163	169	172
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	164	147	157	160	164	168	175	179
WRR VIII - EASTERN VISAYAS	65	56	57	57	58	60	64	66
WRR IX - SOUTHWESTERN MINDANAO	80	77	83	88	92	95	100	102
WRR X - NORTHERN MINDANAO	97	91	96	101	106	109	113	116
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	138	133	156	173	186	194	203	210
WRR XII - SOUHTERN MINDANAO	131	125	135	143	151	156	163	168

出典: JICA 調査団

2.6 水収支

2.6.1 水資源区ごとの水収支解析結果

塩水侵入により利用できない分を 5%と仮定し、水資源賦存量から差し引いた。

水資源区II、III、VII、Xでは、水資源賦存量から水需要量を差し引いた水収支 (P-D) は、他地域に比べて水資源賦存量の余裕が少ない。表流水の年間水収支計算結果では、すべての水資源区で 2050 年までの水収支がマイナスにならないことが計算で示された。

2.6.2 水資源区ごとの月別水収支解析結果

毎月の地表水の利用は多くの地域で乾季に水不足を引き起こし、また、主に地下水の利用は将来の乾季に水不足を引き起こすことが示された。

水資源区 VII および XI では、地表水と地下水の月別の水収支が逼迫すると予想された。また、水資源区 I、II、III、V、VI においても、乾季の表流水の月別水収支は将来的に逼迫することが予想された。地下水の月別水収支については、水資源区 IV、VI、VIII において乾季を中心に地下水不足が予想される。

水資源区 III、II、VI、V、I、および水資源区 VII（セブ）は、2050 年の月間総水収支（地表水+地下水）の逼迫する重要な地域として位置付けられた。

2.6.3 全国レベルの水収支解析のまとめ

2050 年の各水資源区の合計（地表水+地下水）水収支分析結果のまとめ比較表を下表に示す。2050 年の気候変動ケース RCP8.5Median ケースでは、表流水と地下水の合計水収支（P/D）の余裕の少ない（水収支がひっ迫している）地域は、ひっ迫の大きい順に、水資源区 III、II、V、I、XI、VII となっている。

表 2.6-1 各水資源区の 2050 年における年間水収支の比較 2050 [SW+GW]
[灌漑需要=調査団算定値]

WRR					Water Balance of This Survey (1/5-dry Year) at 2050							
No.	Water Resources Region (WRR)	Area km ²	Water Source	Year	Present Weather		RCP8.5-Low		RCP8.5-Median		RCP8.5-High	
					P/D	Rank of P/D	P/D	Rank of P/D	P/D	Rank of P/D	P/D	Rank of P/D
1	I - ILOCOS	12,717	SW+GW	2050	4.9	5	2.6	3	3.5	4	5.4	6
2	II - CAGAYAN VALLEY	38,290	SW+GW	2050	2.1	2	1.7	1	2.1	2	2.3	1
3	III - CENTRAL LUZON	27,131	SW+GW	2050	1.9	1	1.8	2	2.1	1	2.6	2
4	IV - SOUTHERN TAGALOG	44,034	SW+GW	2050	5.7	9	4.5	8	5.6	9	5.8	8
5	V - BICOL	17,821	SW+GW	2050	4.3	4	2.7	4	3.4	3	5.0	3
6	VI - WESTERN VISAYAS	20,733	SW+GW	2050	5.5	8	4.2	7	4.8	7	5.9	9
7	VII - CENTRAL VISAYAS	13,606	SW+GW	2050	5.5	7	3.3	6	4.6	6	5.7	7
8	VIII - EASTERN VISAYAS	20,768	SW+GW	2050	11.4	12	7.2	10	10.5	12	12.8	12
9	IX - SOUTHWESTERN MINDANAO	20,395	SW+GW	2050	10.2	11	7.5	12	9.9	11	11.4	11
10	X - NORTHERN MINDANAO	23,395	SW+GW	2050	9.5	10	7.2	11	8.3	10	10.1	10
11	XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	26,486	SW+GW	2050	4.2	3	3.2	5	3.9	5	5.1	4
12	XII - SOUTHERN MINDANAO	30,461	SW+GW	2050	5.3	6	5.3	9	5.3	8	5.3	5
	All Philippines Total	299,404	SW+GW	2050	4.6	-	3.5	-	4.3	-	5.1	-

出典: JICA 調査団

2.7 優先水資源区の選定

以降の詳細調査の対象として、12 水資源区から 3 つの優先水資源区の候補を、選定基準を設定し選定した。選定基準の評価付の点数付けなどを検討し、フィリピン側協力機関と協議の上、設定した。

最終的に、水資源区 V（ビコール）、水資源区 VII（ビサヤ中部）、水資源区 I（ミンダナオ南東部）を優先水資源区として選定した。

2.8 組織・法制度

フィリピン国における水資源分野については、組織や法制度が複雑な形で存在していることを踏まえ、組織、法制度、計画、問題点と改善に向けた動きなどについて整理した。

2.8.1 組織

(1) 水資源の開発、利用及び管理に関する組織

2022年時点において、フィリピンにおいては30を超える水資源関連組織が存在し、それらの権限が重複、ときにはその機能の競合が生じている（フィリピン開発計画2023-2028）。

(2) 官民連携（PPP）に関する組織

PPPを統括する組織はNEDAであり、PPP推進のためNEDAにPPP Centeを設置されている。PPP事業については、NEDA、あるいはNEDAに置かれている省庁横断的委員会である投資調整委員会（Investment Coordination Committee）の承認を受ける必要がある。PPP事業の財務・予算面については、財務省（DOF）、予算管理省（DBM）も関与する。

2.8.2 法制度

(1) 水資源の開発、管理及び利用に関する法制度

各セクターの代表的な法制度を下表に示す。

表 2.8-1 各セクターの代表的な法制度

セクター	代表的な法制度
水資源開発・管理	Water Code (Presidential Decree No.1067) 及び同法の施行令。国家水資源評議会 (NWRB) の所掌を定める2002年大統領令 No.123、及びNWRBの審議委員等について定める2010年大統領令 No.860 など
水道事業	マニラ首都圏の水道事業を所掌するマニラ首都圏上下水道公社 (MWSS) の設立根拠となる Republic Act No.6234 (1971)、地方上下水道公社 (LWUA) の設立根拠となる Presidential Decree No.198 (1973)、地方自治体の水道事業に係る権能について定めた Local Government Code (Republic Act No.7180 (1991))
灌漑	Free Irrigation Act (Republic Act No.10969) 及び Agriculture and Fisheries Modernization Act of 1997 (Republic Act No.8435)
治水	Water Code や Local Government Code (Republic Act No.7180 (1991))、また災害リスク削減の観点から Philippines Disaster Risk Reduction and Management Act of 2010 (Republic Act No.10121)

出典: JICA 調査団

(2) 官民連携（PPP）に関する法制度

PPP関連の基本的法令は、BOT法（BOT Law (Republic Act No.7718)）及び同法の施行令であり、PPP事業に係る承認、入札手続き、契約などについて規定する。また、フィリピンにはBOT法によらないPPPの方法として政府関係機関あるいは地方自治体と民間企業間の官民ジョイントベンチャー（JV）の仕組みがあり、NEDAが定めたJVに関するGuidebookも重要である。

2.8.3 計画

総合的計画として、国家レベルの中期計画「フィリピン開発計画（PDP）」、またRegionレベルにおいて、PDPを踏まえた形でのRegional Development Plan (RDP) が定められている。

上下水道分野において「フィリピン上下水道マスタープラン 2019-2030」、かんがい分野において「国家かんがいマスタープラン 2020-2030」、治水分野に関連する計画として、国家レベル及び地方レベルにおいて災害リスク軽減及び管理計画が策定されている。また、統合水資源管理に関し、フィリピン国の主要 18 流域ほかに係る管理計画として定めた「統合水資源管理・開発マスタープラン」が策定されている。

2.8.4 フィリピン国の水資源に関連する組織・法制度に係る問題点

フィリピン国の水資源に関連する組織・法制度については、大別して「関連組織間の分断／協調不足」「水資源に係る規制機能の脆弱さ」の2つの問題が指摘されている。

(1) 関連組織間の分断／協調不足 (Fragmentation/Lack of Coordination)

関連組織間の分断／協調不足の問題は、特に水道分野において顕著とされる。同国には、Water District (水道区)、民間水道事業者、地方自治体 (LGU) が運営する水道事業者等々様々な形態があるが、これらは別々の規制機関の監督に服しており、運営に係る技術的基準や料金設定基準も別々の規制機関により設定されることから、それら基準も互いに異なるとされる。

これらのことは、例えば水道広域化のため水道事業者同士の合併などを検討する際、法制度面での障害となり得るので留意が必要である。

(2) 水資源に係る規制機能の脆弱性

1) 資源管理 (Resources Regulation) に係る規制について

資源管理に係る代表的な規制機関は国家水資源評議会 (NWRB) であるが、NWRB の年次報告書によると、未処理の水利使用許可申請や水利用に係る紛争の件数が毎年積み上がっている状況、不法な表流水・地下水取水の問題が相当程度残っていることが確認でき、NWRB の組織体制、人材、予算等の脆弱性が原因の一つと思料される。

2) 経済的規制 (Economic Regulation) について

ここにいう経済的規制とは、水道事業者の徴収する水道料金に係る規制をいう。フィリピン上下水道マスタープラン 2019-2030 によると、以下のような状況が確認できる。

- ・ 水道事業者の 27% (その大半は Water District あるいは民間水道事業者) にしか経済的規制が行き届いていない。
- ・ 経済的規制を統一的かつ主導的に行う機関がなく、複数の機関が経済的規制を行う機関として機能している。
- ・ 地方自治体が運営する水道事業の中には、コストリカバリーの原則が貫徹されておらず、運営・管理のための十分な収入を得ていないものもある。

2.8.5 組織・法制度に係る問題点の改善に向けた最近の動き

(1) 「Apex Body (水資源省 (DWR))」及び独立した経済的規制機関の設立に向けた動き

1) 「Apex Body」としての水資源省 (Department of Water Resources) の動き

デュテルテ前政権においても「Apex Body」としての水資源省 (Department of Water Resources) の設立が検討されたところであり、マルコス Jr.現大統領も、2022年7月の最初の国家演説で、DWRの創設を優先課題の1つと宣言した。

DWRの設立にあっては、異なる部門にばらばらに属している水関連機関/局/課などを1つの部門に統合する方向性を目指している。なお現状、複数の議員がDWR設立のための法案を作成し、議会に提出しているところ、未だ法案は成立していない状況にある。

2) 独立した経済的規制機関 (Water Regulatory Commission) の設立の動き

また、DWRと並行して、DWRの下に置かれる独立した準司法的な規制機関である Water Regulatory Commission (WRC)の創設も提案されている。DWRと同様、各省庁に分散している規制機能を担当する機関/局/課を1つの機関に統合することが想定されている。この規制機関の設立は、DWR設立法案に含まれているが、DWRと同様未設立のままとなっている。

(2) Water Resources Management Office (水資源管理室 (WRMO)) の設置

WRMO設立のための大統領令 (E.O. No.22, 2023) は2023年4月27日に制定された。このWRMOは、水資源省が設立されるまでの暫定的な機関として、DENRの下に設立されたものであり、水資源の利用可能性と持続可能な管理を確保するために、政府のあらゆる取り組みと規制活動の統合と調和を主に担当するものとされている。

(3) その他改善に向けた動き

そのほか、NWRBの年次報告書によると、以下の改善への動きを確認できる。

- ・ フィリピンの水道事業者に係るデータベース“Lisahang Tubig”の整備にあたって、NWRBが地方自治省 (DILG) 及び地方水道庁 (LWUA) と協力して更新や内容充実を行っている事例。
- ・ NWRBが、地下水が逼迫している地域ないし高度に都市化された市において、地方自治体、国の機関、民間及び学術機関と協力して地下水管理計画の策定に取り組んでいる事例。
- ・ LGUが監視用井戸の場所の確認及び井戸設置のための土地をNWRBに提供しよう協力している事例。

第3章 ステージ II：優先水資源区における水収支詳細調査

3.1 概要

ステージ I で選定した 3 つの優先度水資源区(WRR)ごとに、詳細水文解析・水資源賦存量評価、詳細水需要予測を行い、詳細水収支調査を実施した。ステージ II の優先水資源区の水収支調査は、ステージ I と同様の手法を採用して実施したが、以下の点で差別化した。

- ・ 水文解析：より詳細な小流域（約 100 km² 相当）に区分し、流出解析モデルは、全国レベルよりもより精度の高い物理型水循環解析モデル（SHER モデル）を適用した。モデルは観測値（流量、地下水位）を基に物性値の推定を行い再現性と精度の確認を行った。
- ・ 地下水解析：物理型水循環解析モデルの地下水涵養量を基に算定し、MODFLOW モデル（USGS）を用いて、地下水位の観測データを基にモデルキャリブレーションを行い、地下水利用可能量を算定した。
- ・ 灌漑用水需要：優先水資源区に位置する全ての既存灌漑組織（国営灌漑システム：NIS, 共同灌漑システム：CIS, 私有灌漑システム：PIS）と計画灌漑事業の組織/事業概要を明示し、各地区の気象条件、気候変動影響を加味し、各灌漑地区の短中長期の月別用水量を予測した。
- ・ 上水水需要：優先水資源区における社会経済フレームワークデータを活用して予測を行った。また、水使用実績データや料金徴収データ、現地調査で収集した最新の産業振興計画を活用し、データの精度を高めた。

3.2 社会経済状況

2020 年の水資源区 V の人口は 22,277,207 人、水資源区 VII の人口は 16,036,711 人、水資源区 XI の人口は 17,432,066 人であった。2050 年の水資源区 V の人口は 30,815,324 人、水資源区 VII の人口は 20,675,228 人、水資源区 XI の人口は 23,740,600 人と予測した。

2020 年の水資源区 V の域内総生産は 3,080,918 百万ペソ、水資源区 VII の域内総生産は 2,015,466 百万ペソ、水資源区 XI の域内総生産は 2,510,535 百万ペソであった。2050 年の水資源区 V の域内総生産は 38,995,569 百万ペソ、水資源区 VII の域内総生産は 25,878,866 百万ペソ、水資源区 XI の域内総生産は 35,687,758 百万ペソと予測した。

3.3 水資源区 VII における水収支詳細調査

3.3.1 概況

水資源区 VII は、セブ島、ボホール島、東ネグロス島、シキホール島からなり中部ビサヤ諸島に位置する。行政区域は、Region VII 全域および VI の一部が含まれている。州区分はセブ、ボホール、東ネグロス、シキホールの 4 つの州で構成されている。水資源の観点から、特にセブ島では、干ばつ時のダム水位の低下や地下水への塩水の浸透などの問題が顕在化しており、水資源問題は喫緊の課題となっている。

3.3.2 社会経済状況

3.2 を参照。

3.3.3 組織・法制度組織・法制度

(1) 組織

水資源区 VII において、水資源プロジェクトの計画・実施に関連する主な Region レベルの組織として、Region VII の NEDA VII（地域開発計画）、DPWH VII（治水）、及び NIA VII（かんがい）の 3 機関がある。

地方自治体（LGUs）は、水資源区 VII の大部分を占める Region VII において、4 つの州（ボホール、セブ、ネグロスオリエンタル、シキホール）、3 つの高度化都市（セブ市、ラプラプ市、マンダウエ市）を含む 16 市（City）、116 の町（Municipality）で構成されている（出典：PhilAtlas）。

PWSSMP に添付された Central Visayas Water Supply and Sanitation Databook and Regional Roadmap によると、Region VII 内の水道事業体の概要は以下の通りである（2015 年現在の状況）：

- 33 の水道区（Water District）があり、うち 20 が機能（Operational）、13 があまり機能していない状況（Non-functional）。
- 304 の LGU が運営する水道事業体、646 の バランガイ水道組合（BWSA）、70 の Rural 水道組合（RWSA）、及び 981 の民間またはその他のタイプの水道事業者が存在する。

(2) 計画

Region レベルの水資源に関連する計画として、以下の 3 件を挙げ、主報告書では概要を記載した。

- Regional Development Plan of Region VII 2017-2022
- Central Visayas Water Supply and Sanitation Databook and Regional Roadmap
- Climate Change Responsive Integrated River Basin Management and Development Master Plan for the Central Cebu River Basins

その他、治水に関連する Region レベルの計画については、主報告書 2.2.11 節の表 2.2-20 にまとめられているのでそちらを参照されたい。

3.3.4 自然状況、水利用

(1) 国土、地形

中央ビサヤ諸島はセブ、ボホール、東ネグロス、シキホールの 4 つの州と、高度に都市化された 3 つの都市、セブシティ、ラプラプ、マンダウエで構成されている。地域の中心地であり最大の都市はセブ市である。この地域の面積は 15,895.66 km² で、人口は 8,081,988 人で、ビサヤ諸島で 2 番目に人口の多い地域である。中央ビサヤ諸島は、セブとボホールの 2 つの主要な島州と、小さなシキホール島といくつかの離島で構成されている。大きなネグロス島の東半分も含まれる。

セブ島の地形は、狭い海岸線を持つ高地が特徴である。ボホール島には高い山はなく、地形は比較的平坦でチョコレートヒルズなどの丘が特徴である。ネグロス島の南部は火山地形であり、透

水性が高い。ネグロス島の東部と北部は、丘陵から海岸線までなだらかな平野が広がり、サトウキビ畑や水田が広がっている。シキホール島は石灰岩の地質が広大で、鍾乳洞や泉が豊富にあり、比較的高い山もなくなだらかな地形となっている。

(2) 気象・水文

水資源区 VII では、雨量の少ない 2 月から 5 月までが乾季、6 月から 1 月までが雨季に分類される。東ネグロスでは雨季の降水量が比較的多く、シキホールでは年間を通して降水量が少ない。

ボホールとセブの年平均気温は 27°C を超えているが、ネグロス東部とシキホールでは約 26.5°C である。年間を通して気温は安定しているが、最高気温は乾季の終わりの 4 月から 5 月頃となる。

(3) 河川、水資源

調査地域内の多くの観測所の河川流量データを DPWH から入手した。合計 25 箇所の日平均流量データを収集し、水資源区 VII の低水流量解析に用いた。高水時の流量観測頻度や水位－流量曲線（H-Q 曲線）の精度には限界があり、洪水流量の値が疑わしいデータが多いことが確認され、これらのデータは検証から棄却した。

(4) 地質、水理地質、土質分布

セブ島の大部分は堆積岩が分布し、第三紀の石灰岩層や沿岸部の沖積層が主な帯水層となる。ボホール島は北部及び北東部に火成岩が分布し、その他地域は帯水層を成す石灰岩及び堆積層で覆われている。東ネグロス南部では安山岩～玄武岩質の溶岩流及び火山堆積物が分布し、その他では第三紀の堆積岩が分布する。シキホールは全域が石灰岩層に覆われ、帯水層を成している。

(5) 土地利用

セブ島は海岸線が狭くその中で比較的広い平地にセブ市が位置する。平野部はほとんどが都市域となっており、規模の大きい農地はあまり存在していない。ボホール島は平坦な土地が多いため島の中心から海岸にかけて農地が多く存在しており、比較的大きな水稻灌漑地も存在する。島の南部の地形のある土地には森林が位置する。ネグロス島南部のタリニス山頂から中腹にかけては森林、中腹から平野部にかけては主に農地利用がなされている。シキホール島中心の山地については森林、それ以外の平坦な地域は主に農地へ利用されている。

(6) 水利用現況（農業用水）

2020 年の水資源区 VII の灌漑面積、畜産・養鶏頭数、淡水養殖池面積は下表に取りまとめた通りである。

表 3.3-1 2020 年の水資源区 VII の灌漑面積

Province	Area Rate	All Systems				By Surface Water				By Ground Water			
		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)	
				Wet	Dry			Wet	Dry			Wet	Dry
Negros Occidental	0.076	3,004	2,887	1,773	1,252	2,999	2,881	1,773	1,252	5	5	0	0
Bohol	1	25,254	23,904	18,677	16,736	25,234	23,904	18,677	16,736	20	0	0	0
Cebu	1	9,504	7,634	6,742	5,850	8,392	6,657	5,799	5,155	1,112	977	943	695
Negros Oriental	0.769	11,431	9,197	7,812	7,808	11,431	9,197	7,812	7,808	0	0	0	0
Siquijor	1	734	580	329	159	734	580	329	159	0	0	0	0
Total		49,927	44,202	35,332	31,805	48,790	43,219	34,389	31,110	1,137	982	943	695

Source: NIA Inventory Dat modified by JICA Survey Team

表 3.3-2 2020 年の水資源区 VII の家畜・養鶏頭数

Region	Province	Area Rate	Heads of Livestock & Poultry				
			Carabao	Cattle	Hog	(Sub-total)	Chicken
VI	Negros Occidental	0.076	7,617	3,900	35,794	47,312	643,383
VII	Bohol	1	74,404	77,626	329,377	481,407	4,228,731
	Cebu	1	53,404	119,408	459,715	632,527	10,482,111
	Negros Oriental	0.769	50,929	49,374	207,320	307,622	2,220,729
	Siquijor	1	1,084	20,104	49,200	70,388	590,425
Total			187,437	270,412	1,081,406	1,539,256	18,165,379

Source: Philippine Statistics Authority modified by JICA Survey Team

表 3.3-3 2022 年の水資源区 VII の淡水養殖池面積

Region	Province	Area Rate	Fishpond Area (ha) in		Water Sources
			Province	WRR	
VI	Negros Occidental	0.076	No data		
VII	Bohol	1	54.25	54.25	Spring, NIA/BSWM Irrigation Canal
	Cebu	1	1.68	1.68	River, Spring
	Negros Oriental	0.769	29.67	22.82	NIA Irrigation Canal, Ground water
	Siquijor	1	1.12	1.12	Creek/River, Ground water
Total			86.72	79.87	

Source: DA-BFAR modified by JICA Survey Team

(7) 水利用現況（上工水）

水資源区 VII の主要 WD における水利用現況（上工水）を以下に示す。上工水需要量は本調査で算出した 2020 年現在の水需要量、上工水供給水量は本調査で各 WD に確認した供給水量である。

表 3.3-4 水資源区 VII の水利用現況（上工水）

WRR	WRR VII (Central Visayas)			
	Metro Cebu	BWUI	Dumaguete	Siquijor
Covered Municipality	Talisay, Cebu, Mandaue, Lapu-Lapu, Consolacion, Liloan, Compostela, Cordova	Tagbilaran, Dausi, Baclayon, Corella	Dumaguete, Sibulan, Valencia, Bacong	Siquijor, San Juan, Lazi, Maria
Total Water Demand (MCM/Year)	238.0	18.6	32.2	6.4
Municipal Water Demand (MCM/Year)	185.9	14.7	26.4	4.7
Industrial Water Demand (MCM/Year)	52.1	3.9	5.8	1.7
Total Production Capacity (MCM/Year)	99.6	8.0	15.2	2.5
Production Source (MCM/Year)	Wells: 63.1, River: 12.4, Desalination: 2.2, Bulk purchase: 21.9	Wells: 8.0	Wells: 15.2	Wells: 1.0 Springs: 1.5

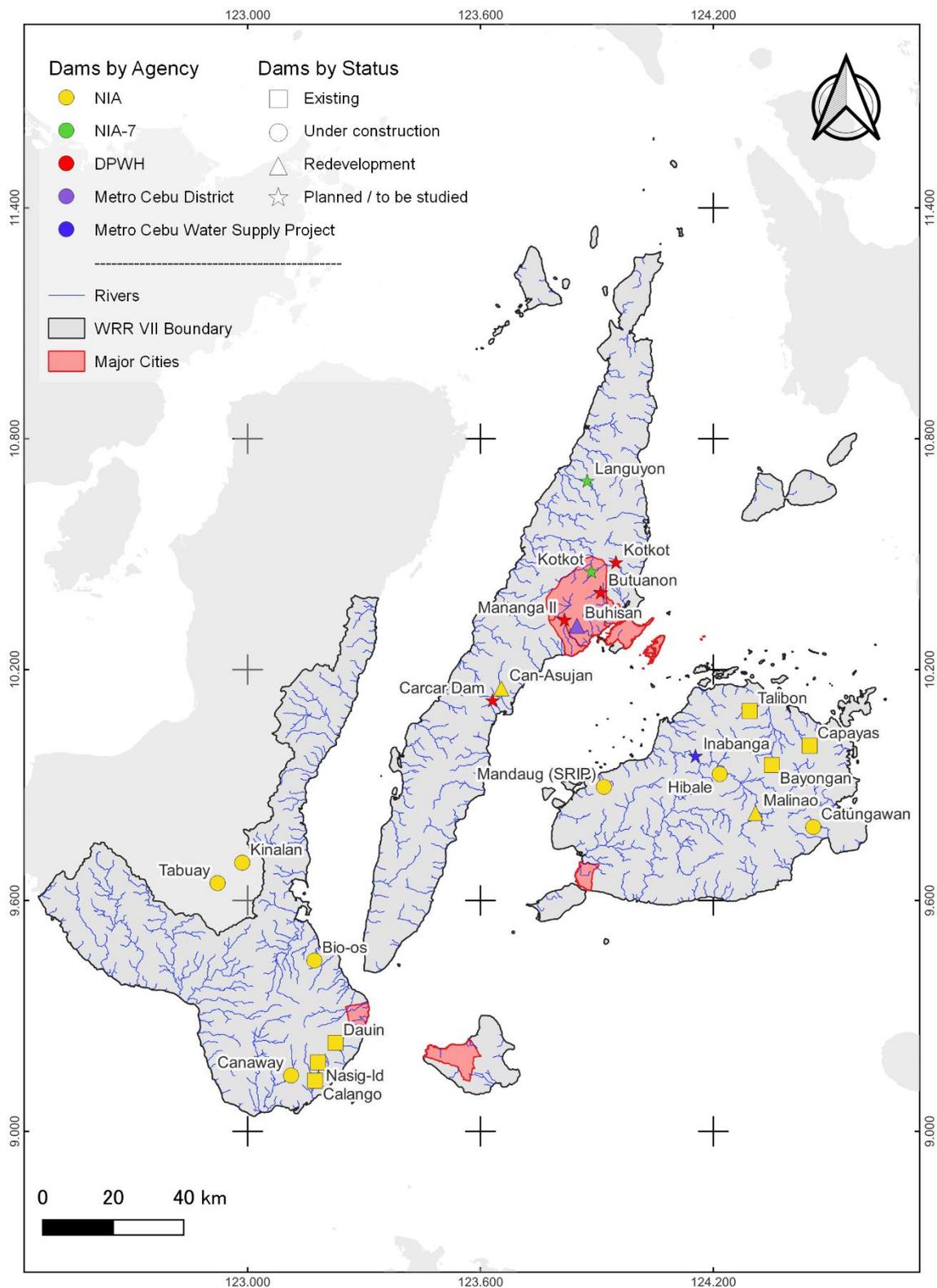
出典: JICA 調査団

(8) 水資源管理施設の現状

過去の報告書および関連する実施機関から提供された情報から既存のダムおよびダム建設計画のリストを整理し、各ダムの位置図を作成した。水資源区 VII におけるダム位置図を次図に示す。

水資源区 VII の水需要は、特にメトロセブ地域で、人口増加や経済発展などの要因により増加している。セブ首都圏では水不足が懸念されており、水需要を補うためにダムを建設する価値が高い。また、既存のブヒサンダム(MCWD)とカナスアングダム(NIA)については、老朽化対策などの再生事業を講じる事で地表水開発プロジェクトと見なすことができる。また、セブでは民間水道事業(カルメン堰)があり、また現在、新しい民間水道施設(コトコト川下流付近のルサラン堰)が建設中である。

ボホール島ではNIAの灌漑用ダムの多くが順調に機能しているが、近年、イナバンガ川の下流に位置するイナバンガ市で洪水被害が多く、治水が必要、かつ水不足でもあるという情報がある。また、イナバンガダムの建設に伴い、メトロセブに余剰水資源を供給する計画もある。



注:ブヒサダムは DPWH とメトロセブ水道局の両方で再開発が計画されている。

出典:JICA 調査団

図 3.3.1 既存および提案されているダムの位置図 (WRR VII)

(9) 地下水利用の現状

水資源区 VII における NWRB により承認された井戸水源は合計 753 あるほか、湧水源が 227 ある。

(10) 洪水リスク管理の現状

地形分析に基づく浸水リスクマップと人口分布図の重ね合わせにより、洪水リスク地域を調査した。特に洪水リスク管理の重要性が高い流域として、中央セブ流域に着目し、同流域における最新の治水マスタープランのレビュー及び計画されている治水対策（特に治水ダム）について調査を行った。

(11) 水質

2021 年に EMB によりモニタリングされている水資源区 VII の水域は、ブラカオ川、ブトゥアン川、グアダルーパー川、マナンガ川であり、EMB は現在トゥブラン市、ダナオ市、イナバンガ市の水域はモニタリングしていない。

(12) 自然環境

ボホール島は、高地、マングローブ、海岸地域、耕作地等に分類される植物種の生物多様性レベルが高いが、絶滅や希少になっている植物種も存在する。

水資源区 VII の保護区としては、セブ州に 6 区域、ボホール州に 16 区域存在する。

(13) 社会環境

メトロセブは中部ビサヤ地方の経済活動の中心地で、主要な産業、商業、サービスセンターとして指定されている。水資源区 VII の 8 つの経済特別区のうち、5 つはメトロセブにある。また、ボホール州は主に農業が盛んな州であり、観光業もまた、州経済への影響力を着実に増している産業である。

重要な建造物や重要文化財は、セブ市やタリサイ市には複数存在するが、トゥブラン市、ダナオ市、イナバガ市には、これらの歴史的な文化財に関する記録はない。

水資源区 VII の貧困格差は、2021 年の全国値 3.0%に対して、セブ州 5.7%、東ネグロス州 6.0%と高く、都市部と郊外で貧困格差が広がっている。

3.3.5 水文解析

(1) 水文解析（地表水）

SHER (Similar Hydrologic Element Response) モデルを用いて、選択した 3 つの優先水資源区の詳細水収支分析を行った。

水資源区 VII では、流域モデルを 408 の小流域に区分した。小流域の面積は 1.21 km² から 402.5 km² である。地形は SRTM-30m の Digital Elevation Model (DEM) を用いた。

モデル・パラメーターは、DPWH による観測日平均流量（日平均河川水位と水位一流量 (H-Q) 曲線から換算された流量）を用いて校正した。降雨量データは、1979 年から 1980 年までは ERA5

(ECMW)を、1981年から2020年まではCHIRPS (USGS)を用いて、小流域ごとの平均雨量を算定した。

流域蒸発散量はHamon式で、水田地域はFAO Penman-Monteith式により算定した蒸発散量を用いた。土壌パラメーターのキャリブレーションには、FAO土壌マップを参考として用いた。地下水パラメーターは地質図を参考にした。

DPWHの観測流量が存在する小流域でSHERモデルのパラメーターを較正し、そのモデル・パラメーターを用いて、観測流量の存在しない小流域の河川流量を推定した。

(2) 気候変動影響評価

フィリピンの気候変動予測データについては、DOST-PAGASAの報告書(2018年)で詳細な情報が整理されている。RCP8.5シナリオの上限(高)は、すべてのケースで降水量が現状より多いことを示した。一方、RCP8.5シナリオの下限ケースでは、降水量が現状より減少することが予測されている。特にRCP8.5シナリオの上限(高)では、9月から11月と12月から1月から2月の季節には、ルソン島、ビサヤ諸島の西部、ミンダナオ島の一部で、降水量が40%増加する可能性がある。

(3) 水文解析(地下水)

地下水流動解析の汎用コードであるMODFLOWを用いて水資源区VII全域を対象とした解析を行った。入力した水理地質構造は、NWRBが実施した電気探査による比抵抗構造をもとに推定した。また、涵養量はSHERモデルによる小流域別の推定値を用いた。

透水係数などのパラメーターは、既存文献値およびSHERモデルの設定値を初期設定値として与え、MCWDの地下水位観測データを対象として較正することで、地下水位分布等を推定した。

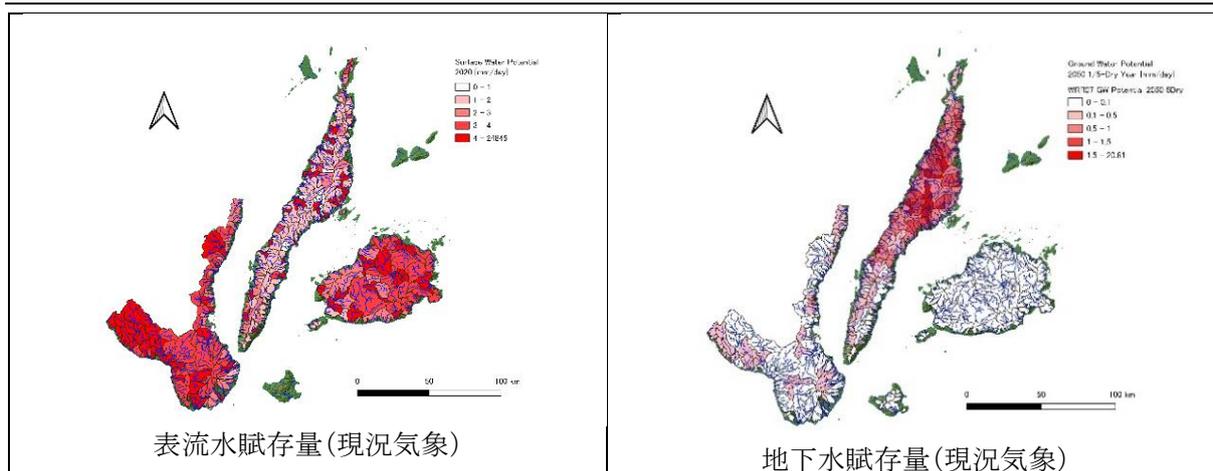
3.3.6 水賦存量

(1) 表流水賦存量

ボホール島の西部では灌漑目的ダムの影響から、ネグロスオリエンタルでは火山性の山岳土壌の影響から、表流水賦存量が比較的豊富であり、年平均2~4mm/日以上の上流水賦存量となっているところもある。

(2) 地下水賦存量

石灰岩地質と地下水流動勾配が急勾配であることにより、セブ島の北部から中央部では地下水賦存量が比較的豊富である。地下水賦存量は、各小流域の地下水流動量に安全地下水揚水率0.7を乗じて算出した。セブ島中部から北部にかけて地形が急峻で石灰岩地質であることから、地下水賦存量が比較的豊富であり年平均1.5mm/日以上のところもある。



出典: JICA 調査団

図 3.3.2 水資源区 VII の表流水（左）と地下水（右）賦存量（単位: mm/日）

3.3.7 水需要予測

(1) 水需要予測（灌漑用水）

水資源区 VII 全体の 2020 年から 2050 年の年間灌漑用水量は下表に示す通りである。2050 年の年間灌漑用水量は、1,152 百万 m³/年と算定した。

表 3.3-5 水資源区 VII の年間灌漑用水量

Year	Irrigation Area By Surface Water				Irrigation Area By Ground Water				Total AWD (MCM)		
	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)				
			Wet	Dry			Wet	Dry			
2020	48,790	43,219	34,389	31,110	773.49	1,137	982	943	695	21.02	794.51
2030	51,086	45,517	40,902	36,460	1,027.24	1,140	984	972	716	21.66	1,048.90
2040	53,382	47,814	43,036	38,235	1,078.98	1,142	986	972	716	21.66	1,100.64
2050	55,679	50,111	45,169	40,010	1,130.72	1,145	987	972	716	21.66	1,152.38

Source: JICA Survey Team

水資源区 VII の州別の 2050 年の年間灌漑用水量を下表に示す。2050 年の将来予想用水量は、NIA の過去の灌漑計画を基に算定した将来灌漑面積に対する用水量を示している。

表 3.3-6 2050 年の水資源区 VII の年間灌漑用水量

Province	Area Rate	Irrigation Area By Surface Water				Irrigation Area By Ground Water				Total AWD (MCM)		
		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)				
				Wet	Dry			Wet	Dry			
Irrigation Area based on NIA Financial Program												
Negros Occidental	0.076	5,432	5,314	5,305	3,746	132.26	10	10	0	0	0.00	132.26
Bohol	1.000	29,110	27,783	24,910	22,321	559.58	23	0	0	0	0.00	559.58
Cebu	1.000	8,392	6,657	5,977	5,313	146.33	1,112	977	972	716	21.66	167.99
Negros Oriental	0.769	12,011	9,777	8,312	8,308	279.11	0	0	0	0	0.00	279.11
Siquijor	1.000	734	580	665	321	13.44	0	0	0	0	0.00	13.44
Total		55,679	50,111	45,169	40,010	1,130.72	1,145	987	972	716	21.66	1,152.38

出典: JICA 調査団

年間畜産・養鶏用水量は下表に示す通りである。2030 年、2040 年及び 2050 年の用水量は人口増加率を用いて算定している。

表 3.3-7 水資源区 VII の年間畜産・養鶏用水量

Region	Province	Area Rate	Heads in 2020		AWD (MCM) in 2020			AWD (MCM)		
			Livestock	Poultry	Livestock	Poultry	Total	2,030	2,040	2050
VI	Negros Occidental	0.076	47,312	643,383	0.363	0.031	0.393	0.445	0.489	0.517
VII	Bohol	1.000	481,407	4,228,731	3.690	0.201	3.891	4.408	4.836	5.116
	Cebu	1.000	632,527	10,482,111	4.848	0.497	5.346	6.057	6.645	7.030
	Negros Oriental	0.769	307,622	2,220,729	2.358	0.105	2.463	2.791	3.062	3.239
	Siquijor	1.000	70,388	590,425	0.540	0.028	0.568	0.643	0.705	0.746
Total			1,539,256	18,165,379	11.798	0.862	12.660	14.344	15.737	16.648

出典：JICA 調査団

年間淡水養殖池用水量は下表に示す通りである。2030 年、2040 年及び 2050 年の用水量は前述の年間増加率 1.6%を用いて算定している。

表 3.3-8 水資源区 VII の年間淡水養殖池用水量

Region	Province	Area Rate	Fishpond Area (ha) in		Annual Water Demands for Fishpond (MCM)			
			Province	WRR	2022	2030	2040	2050
VI	Negros Occidental	0.076	No data					
VII	Bohol	1	54.25	54.25	1.58	1.80	2.11	2.47
	Cebu	1	1.68	1.68	0.05	0.06	0.07	0.08
	Negros Oriental	0.769	29.67	22.82	0.67	0.76	0.89	1.04
	Siquijor	1	1.12	1.12	0.03	0.04	0.04	0.05
Total			86.72	79.87	2.33	2.65	3.11	3.64

出典：JICA 調査団

(2) 水需要予測（都市用水・工業用水）

主要水道区での聞き取り調査結果、及び PWWSMMP2019 - 2030 記載値を基に水資源区 VII の各 Region における給水原単位 (lpcd)、無収水率 (%)、水使用用途（生活用水、商業用水、公共用水）などの条件値を設定した。フィリピン統計局の人口予測とこれらの条件値を基に各 Region の詳細な都市用水需要予測を行った。

表 3.3-9 水資源区 VII の将来都市用水需要予測

Water Resource Region	Municipal Water Demand Projection (MCM/Year)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	409	437	438	459	479	494	506

出典: JICA 調査団

過去の工業用水需要量実績値と工業 GRDP 実績値を基に工業用水と工業 GRDP との相関式を作成した。この相関式に工業 GRDP 予測値を代入することで 2050 年までの工業用水需要予測を行った。

表 3.3-10 水資源区 VII の将来工業用水需要予測

Water Resource Region	Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	170	180	188	196	203	215	222

出典: JICA 調査団

3.3.8 水収支

(1) 小流域別表流水水収支

将来（2050年）の水需要では、気候変動のRCP8.5-Lowケースでは、セブ島全体とボホール島全体の表流水の水収支が減少傾向にあり、特にメトロセブでの水収支は逼迫すると予測された。

(2) 小流域別地下水水収支

将来（2050年）の水需要では、気候変動のRCP8.5-Lowケースでは、メトロセブ地域の地下水収支は減少傾向にある。同様に、RCP8.5-Highの気候変動ケースでは、ボホール島全体の地下水収支は減少傾向にある。

(3) 州別水収支

セブ島、ボホール島、シキホール島では、年間水収支のマイナス値と地下水不足が将来的に増加する傾向にある。セブ州では、将来2050年の地下水収支が-217.9 MCM/年の不足となることが予測された。

表 3.3-11 水資源区 VII の州別水収支計算結果

Province	Weather Condition	Water Demand	Target Year	Total Area [km ²]	SW/GW	W.Potential [MCM/year]	Domestic & Industrial W.Demand [MCM/year]	Irrigation W. Demand [MCM/year]	Livestock W. Demand [MCM/year]	Other W. Demand [MCM/year]	Water Balance [MCM/year]
Cebu	Present	2050	1/5-Dry Year	3,743	SW	1,672.4	120.6	146.3	6.7	0.0	1,398.8
					GW	626.5	553.3	21.7	6.4	263.0	-217.9
					Total	2,298.9	673.9	168.0	13.1	263.0	1,180.9
Bohol	Present	2050	1/5-Dry Year	3,402	SW	2,865.0	41.8	146.3	4.8	0.0	2,672.1
					GW	8.3	102.0	21.7	5.1	0.6	-121.0
					Total	2,873.3	143.8	168.0	9.9	0.6	2,551.1
Negros Oriental	Present	2050	1/5-Dry Year	3,541	SW	3,222.8	87.2	146.3	3.1	0.0	2,986.2
					GW	86.5	59.4	21.7	3.1	1.8	0.5
					Total	3,309.3	146.6	168.0	6.1	1.8	2,986.7
Siquihol	Present	2050	1/5-Dry Year	163	SW	98.7	14.6	146.3	0.7	0.0	-62.9
					GW	3.1	8.0	21.7	0.0	0.0	-26.5
					Total	101.9	22.6	168.0	0.7	0.0	-89.5
WRR-VII all	Present	2050	1/5-Dry Year	10,848	SW	7,858.9	264.2	585.3	15.2	0.0	6,994.1
					GW	724.4	722.7	86.6	14.5	265.4	-364.9
					Total	8,583.4	987.0	672.0	29.8	265.5	6,629.2

出典: JICA 調査団

(4) 主要都市別水収支

大部分の都市では、2050年の水需要に対して地下水収支がマイナスになると予測されており、特にメトロセブ地域ではマイナスの地下水収支が大きくなる傾向にある。すべての都市で表流水の年間水収支はプラスとなっているが、これらの表流水の年間賦存量には洪水流量が含まれているためであり、乾季の表流水水収支は比較的逼迫しており、貯水池が必要になる可能性がある。

(5) 主要河川流域別水収支

セブ市街地に近いマナンガ川流域は、2050年に地下水年間水収支がマイナスになると予測される。

3.4 水資源区 XI における水収支詳細調査

3.4.1 概況

水資源区 XI はミンダナオ島南東部に位置し、行政区域は Region XI (ダバオ) を中心とし、北部の Region X (北ミンダナオ)、北東部の Region XIII (ソックスカルゲン)、南東部の Region XII (カラガ) の一部が含まれる。州区分は 12 の州で構成されている。水資源に関しては、3 つの主要河川流域があり、主要都市としてダバオ市、タグム市、ジェネラル サントス市が位置する。気候区分はタイプ III とタイプ IV に分類され、水資源の観点からは、大都市における水需要の増大による水不足、灌漑開発における排水問題、ダムの堆積問題が問題となっている。

3.4.2 社会経済状況

3.2 を参照。

3.4.3 組織・法制度

本節では、水資源区 XI 内において、占有面積、人口、産業集積、都市化などの観点から Region XI が柱となる地域と考え、同 Region を中心に扱う。

(1) 組織

水資源計画・実施に関連する主な Region レベルの組織として、Region XI の NEDA XI (地域開発計画)、DPWH XI (治水)、及び NIA XI (かんがい) の 3 機関がある。

水資源区 XI の大部分を占める Region XI の LGUs は、5 つの州 (ダバオ・デ・オロ、ダバオ・デル・スール、ダバオ・デル・ノルテ、ダバオ・オクシデンタル、ダバオ・オリエンタル)、高度都市化都市 (ダバオ市) 1 つを含む 6 の市 (City)、43 の町 (Municipality) からなる。

PWSSMP に添付された Davao Region Water Supply and Sanitation Databook and Regional Roadmap によると、Region XI 内の水道事業体の概要は以下の通りである (2015 年現在の状況) :

- 25 の水道区 (Water District) があり、うち 19 が機能 (Operational)、6 があまり機能していない状況 (Non-functional)。
- 138 の LGU が運営する水道事業体、18 のバランガイ水道組合 (BWSA)、4 つの Rural 水道組合 (RWSA)、及び 140 の民間または他のタイプの水道事業者がある。

(2) 計画

Region レベルの水資源に関連する計画として、以下の 3 件を挙げ、主報告書では概要を記載した。

- Regional Development Plan of Region XI 2017-2022
- Davao Region Water Supply and Sanitation Databook and Regional Roadmap
- Davao River Basin Management and Development Master Plan

その他、治水に関連する Region レベルの計画については、主報告書 2.2.11 節にまとめられているのでそちらを参照されたい。

3.4.4 自然状況、水利用

(1) 国土、地形

水資源区 XI はミンダナオ島南東部にあり、行政区 XIII、XI、XII の面積はそれぞれ 21,478.35 km²、20,433.38 km²、22,513.30 km²である。行政区 XI（ダバオ地域）の地形は、半島と島の地形が大半を占めており、西の境界線に沿って広がる広大な山脈、中央北部、南東部の半島につながる北西部が特徴で、台地と低地が不均一に分布している。ダバオ市の西にはフィリピン最高峰の火山、アポ山（標高 2,954m）がある。ダバオ地域は環太平洋火山帯のアジア部分に位置しているにもかかわらず、この地域では地震はほとんどなく、そのほとんどは小規模なものである。

(2) 気象・水文

気候区分 VI の水資源区 XI の大部分では、降水量は年間を通じてほぼ均等に分布している。この気候区分は、乾季がないため気候区分 II に似ている。ダバオ・デル・スルの年間平均気温は約 25.6°C であり、年間を通して気温は安定しているが、最高気温は 4 月から 5 月頃である。

(3) 河川、水資源

調査地域内の多くの観測所の河川流量データを DPWH から入手した。合計 25 箇所の日平均流量データを収集し、水資源区 XI の低水流量解析に用いた。高水時の流量観測頻度や水位－流量曲線（H-Q 曲線）の精度には限界があり、洪水流量の値が疑わしいデータが多いことが確認され、これらのデータは検証から棄却した。

(4) 地質、水理地質、土質分布

水資源区 XI の主な帯水層はダバオ川流域やジェネラルサントス周辺に分布する第四紀の沖積層である。サマル島などの地域では石灰岩が分布し、帯水層を形成する。アポ山及びマトトム山周辺の広い領域では凝灰角礫岩が分布しており、良質な帯水層を形成している。

(5) 土地利用

水資源区 XI は、ダバオ市を中心とするダバオ湾の海岸線、およびジェネラルサントス市に都市域が広がる。ダバオ市の北側や西側の平坦な土地には整備された農地が広がり、その一部はバナナプランテーションとして利用されている。ダバオ市より東側、およびジェネラルサントス市より東側の半島には山地が位置し、いずれも森林が広がる。

(6) 水利用現況（農業用水）

2020 年の水資源区 XI の灌漑面積、畜産・養鶏頭数、淡水養殖池面積は下表に取りまとめた通りである。

表 3.4-1 2020 年の水資源区 XI の灌漑面積

Province	Area Rate	All Systems				By Surface Water				By Ground Water			
		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)	
				Wet	Dry			Wet	Dry			Wet	Dry
Bukidnon	0.046	1,919	1,536	1,253	1,243	1,919	1,536	1,253	1,243	0	0	0	0
Davao de Oro (Compostela Valley)	0.477	7,082	7,021	5,352	5,352	7,082	7,021	5,352	5,352	0	0	0	0
Davao del Norte	0.989	28,990	27,475	21,499	21,499	28,990	27,475	21,499	21,499	0	0	0	0
Davao del Sur Davao Occidental	0.998	17,439	16,943	13,904	13,765	17,439	16,943	13,904	13,765	0	0	0	0
Davao Oriental	0.949	8,357	8,319	5,812	5,853	8,357	8,319	5,812	5,853	0	0	0	0
Sarangani	0.869	6,145	5,516	4,980	4,638	6,086	5,458	4,922	4,580	58	58	58	58
South Cotabato	0.34	12,266	10,571	9,594	9,479	12,263	10,568	9,591	9,476	3	3	3	3
North Cotabato	0.038	1,725	1,680	1,564	1,557	1,705	1,659	1,547	1,540	21	21	17	17
Sultan Kudarat	0.052	2,035	1,849	1,630	1,333	2,017	1,831	1,612	1,315	18	18	18	18
Agusan del Norte	0.027	471	381	276	275	471	381	276	275	0	0	0	0
Agusan del Sur	0.109	3,105	2,833	1,891	1,829	2,984	2,712	1,876	1,824	121	121	15	5
Surigao del Sur	0.896	14,818	14,253	9,673	8,680	14,764	14,239	9,660	8,680	54	13	13	0
Total		104,352	98,378	77,429	75,502	104,077	98,143	77,304	75,401	275	235	125	102

Source: NIA Inventory Dat modified by JICA Survey Team

表 3.4-2 2020 年の水資源区 XI の家畜・養鶏頭数

Region	Province	Area Rate	Heads of Livestock & Poultry				
			Carabao	Cattle	Hog	(Sub-total)	Chicken
X	Bukidnon	0.046	2,564	4,059	28,088	34,711	467,357
XI	Davao de Oro (Compostela Valley)	0.477	11,430	3,801	62,023	77,253	509,504
	Davao del Norte	0.989	52,953	48,951	379,080	480,983	7,064,839
	Davao del Sur Davao Occidental	0.998	34,485	51,016	310,849	396,350	1,410,840
	Davao Oriental	0.949	30,191	24,161	110,521	164,874	778,071
XII	Sarangani	0.869	20,943	9,277	57,309	87,528	667,326
	South Cotabato	0.340	14,258	21,362	146,889	182,509	1,930,145
	North Cotabato	0.038	2,611	3,093	8,692	14,396	99,171
	Sultan Kudarat	0.052	3,388	2,036	3,833	9,258	32,261
XIII	Agusan del Norte	0.027	400	290	1,529	2,218	26,406
	Agusan del Sur	0.109	3,289	520	6,498	10,307	79,415
	Surigao del Sur	0.896	16,218	2,465	54,293	72,976	377,839
Total			192,730	171,030	1,169,604	1,533,364	13,443,173

Source: Philippine Statistics Authority modified by JICA Survey Team

表 3.4-3 2022 年の水資源区 XI の真水利用養殖池面積

Region	Province	Area Rate	Fishpond Area (ha) in		Water Sources
			Province	WRR	
X	Bukidnon	0.046	No data		
XI	Davao de Oro (Compostela Valley)	0.477	110.47	52.69	NIA Irrigation Canal, Ground water, Spring
	Davao del Norte	0.989	264.02	261.12	(NIA Irrigation Canal, Spring)
	Davao del Sur Davao Occidental	0.998	23.38	23.33	NIA Irrigation Canal, Ground water, Creek
	Davao Oriental	0.949	58.61	55.62	NIA Irrigation Canal, Ground water
XII	Sarangani	0.869	20.69	17.98	NIA Irrigation Canal, Spring
	South Cotabato	0.34	30.92	10.51	River, Ground water, NIA Irrigation Canal
	North Cotabato	0.038	No data		
	Sultan Kudarat	0.052	No data		
XIII	Agusan del Norte	0.027	No data		
	Agusan del Sur	0.109	28.62	3.12	(No Data)
	Surigao del Sur	0.896	69.43	62.21	(No Data)
Total			606.14	486.59	

Source: DA-BFAR modified by JICA Survey Team

(7) 水利用現況（上工水）

水資源区 XI の主要 WD における水利用現況（上工水）を以下に示す。上工水需要量は本調査で算出した 2020 年現在の水需要量、上工水供給水量は本調査で各 WD に確認した供給水量である。

表 3.4-4 水資源区 XI の水利用現況（上工水）

WRR	WRR XI (Southeastern Mindanao)	
	Davao	General Santos
Covered Municipality	Davao City	General Santos City
Total Water Demand (MCM/Year)	186.7	74.7
Municipal Water Demand (MCM/Year)	145.7	64.9
Industrial Water Demand (MCM/Year)	41.1	9.9
Total Production Capacity (MCM/Year)	146.7	39.0
Production Source (MCM/Year)	Wells: 80.9 River: 65.8	Wells: 39.0

出典: JICA 調査団

(8) 水資源管理施設の現状

過去の報告書および関連する実施機関から提供された情報から既存のダムおよびダム建設計画のリストを整理し、各ダムの位置図を作成した。水資源区 XI におけるダム位置図を次図に示す。

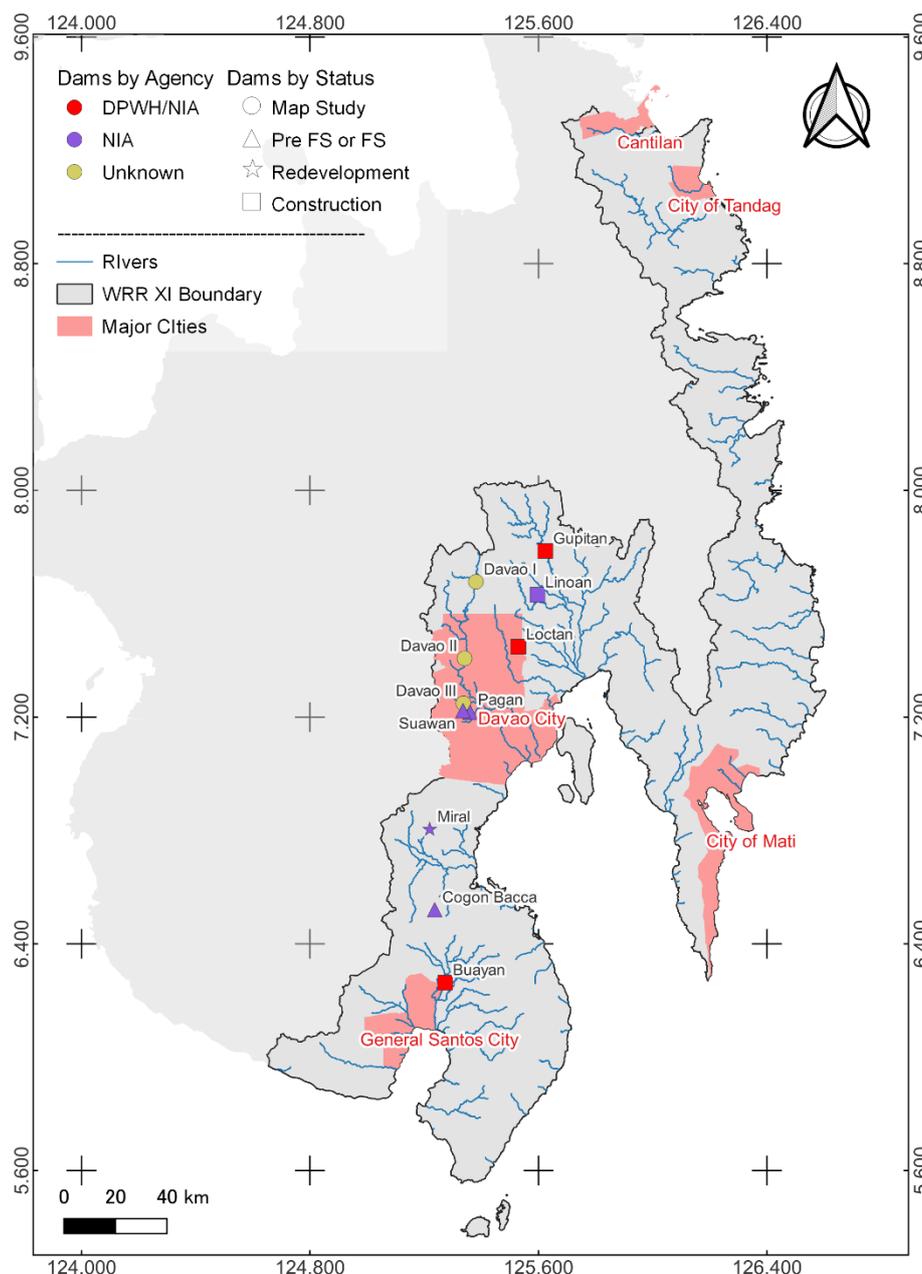
水資源区 XI の水需要は、ダバオ大都市圏の人口増加により増加している。現在、地下水で水需要を賄い、河川では河川改修・遊水地整備などにより治水計画が進められている。ダム建設は、水需要を満たすだけでなく、ダバオ川や他の河川の洪水を防ぐための効果的な手段となる。将来的には、給水や治水だけでなく、水力発電にも大規模多目的ダムを建設することも考えられる。

NIA が計画している他の灌漑用ダムは、大規模な貯水操作ができない地形だが、灌漑専用としてサービスエリアの近くに配置するのは有効である。

現在、ミンダナオ島の南端に位置するジェネラルサントス市は、地方自治体の水に地下水を供給している。市周辺地域の開発スピードは緩やかであるため、ダム建設の必要性は低いと考えられる。

ダバオ都市圏の北東部に計画されているロクタンダムは、大規模なバナナ農園となだらかな地形のため、ダム建設には適さないことが判明した。

大規模な流域を有するダバオ川上流域に計画されているダバオ II ダムとダバオ III ダムのうち、ダバオ II ダムはダム建設に適した V 字型の谷地形を有しており、大規模なダムの建設が可能であり、ダバオ III ダムはダムサイトを既存のダム位置の上流に移動することで、ダバオ II のような V 字谷に建設できることが確認された。



出典:JICA 調査団

図 3.4.1 既存および提案されているダムの位置図 (WRR XI)

(9) 地下水利用の現状

水資源区 XI における NWRB により承認された井戸水源は合計 363 あるほか、湧水源が 53 ある。

(10) 洪水リスク管理

地形分析に基づく浸水リスクマップと人口分布図の重ね合わせにより、洪水リスク地域を調査した。特に洪水リスク管理の重要性が流域として、ダバオ川流域とタグムリブガノン川流域およびブアヤンマランゴン川流域に着目した。これら 3 流域における最新の治水マスタープランのレビュー及び計画されている治水対策（特に治水ダム）について調査を行った。

(11) 水質

2021年時点で、水資源区 XI では 43 の水域が分類され、ブナワン川、ダバオ川、イラン川、リパダス川、タロモ川及びマティナ川で水質がモニタリングされている。

(12) 自然環境

235 ヘクタールのマラゴス保護景観では、2016年時点で、植物種の均一性が高い一方、植物種の多様性が低いことが DENR によって確認されている。また、水資源区 XI には合計 10 の保護区が存在する。

(13) 社会環境

ダバオ地域はフィリピンの地域別で 5 番目に大きな経済規模を誇り、2020年の国内 GDP の 4.96% を占めている。また、ダバオ市には、歴史的、有形、無形の文化財が 90 件ある。

3.4.5 水文解析

(1) 水文解析（表流水）

本調査では、物理型流出モデルである SHER モデルを用いて優先水資源区の詳細な水文解析を行った。モデル・パラメーターは、水資源区 VII で示した方法と同じ方法で較正および評価した。

DPWH の観測流量の存在する小流域で SHER モデルのパラメーター較正し、そのパラメーターを用いて、観測流量のない小流域の河川流量を推定した。

(2) 水文解析（地下水）

水資源区 VII と同様の手順・方法で、地下水流動解析を汎用コードである MODFLOW を用いて水資源区 XI 全域を対象に実施した。水理地質構造は、MGB の作成した水理地質構造をもとに推定した。

透水係数などのパラメーターは、既存文献値および SHER モデルの設定値を初期設定値として与えたが、較正対象となるデータ（地下水位等）が不足しているため、地下水位が地表面を超えないことや、湧水地点の標高を基準として較正を行った。

(3) 気候変動影響評価

フィリピンの気候変動予測データについては、DOST-PAGASA の報告書（2018年）で詳細な情報が整理されている。RCP8.5 シナリオの上限（高）は、すべてのケースで降水量が現状より多いことを示した。一方、RCP8.5 シナリオの下限ケースでは、降水量が現状より減少することが予測されている。特に RCP8.5 シナリオの上限（高）では、9月から11月と12月から1月から2月の季節には、ルソン島、ビサヤ諸島の西部、ミンダナオ島の一部で、降水量が 40% 増加する可能性がある。

(4) 水文解析結果

優先水資源区 XI における詳細水文解析では、物理型水循環解析モデルを用いて河川流量を論理的に計算し、地下水涵養と地下水流量は、流量観測所の存在する小流域で較正された物理パラメー

ターを用いて流量観測所のない流域の表流水・地下水賦存量を推定した。流域区分を縮小した結果、対象水資源区の水資源賦存量（地表水と地下水）を詳細に把握することができた。

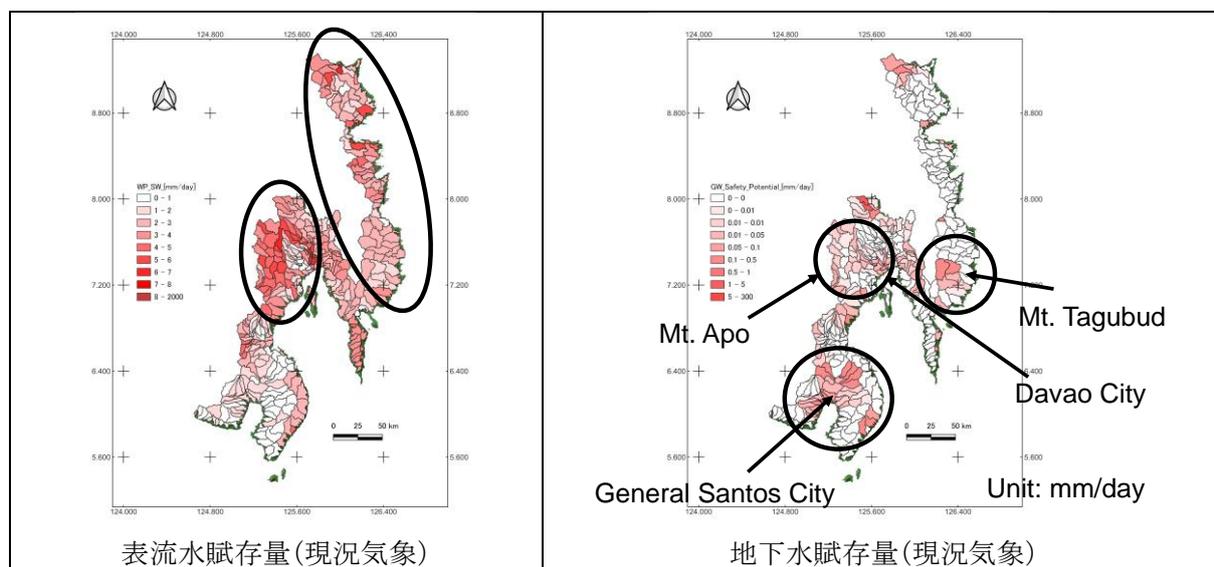
3.4.6 水賦存量

(1) 表流水賦存量

水資源区 XI の各小流域の表流水賦存量（河川流量）は、SHER モデルによって計算した。降水量が多いため、水資源区 XI の東部では表流水賦存量が比較的豊富であり、年平均で 2~3mm/日以上の表流水賦存量のある地域がある。

(2) 地下水賦存量

地下水賦存量は、水資源区 XI の東部にあるタグブッド山の下流、ダバオ市の南西にあるアポ山の付近、メトロ・ジェネラル・サントスの近傍で比較的高く、年平均で 0.01~0.05mm/日以上地下水賦存量のある地域がある。地下水賦存量は、各小流域の地下水流動量に安全地下水揚水率 0.7 を乗じて算出した。



出典: JICA 調査団

図 3.4.2 水資源区 XI の表流水（左）と地下水（右）賦存量（単位: mm/日）

3.4.7 水需要予測

(1) 水需要予測（農業用水）

水資源区 XI 全体の 2020 年から 2050 年の年間灌漑用水量は下表に示す通りである。2050 年の年間灌漑用水量は、3,684 百万 m³/年と算定した。

表 3.4-5 水資源区 XI の年間灌漑用水量

Year	Irrigation Area By Surface Water					Irrigation Area By Ground Water					Total AWD (MCM)
	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		AWD (MCM)	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		AWD (MCM)	
			Wet	Dry				Wet	Dry		
2020	104,077	98,143	77,304	75,401	1,683.85	275	235	125	102	2.63	1,686.48
2030	141,420	135,501	116,793	113,789	2,373.36	355	300	161	118	3.07	2,376.43
2040	178,764	172,858	148,966	145,190	3,027.01	434	366	191	135	3.56	3,030.57
2050	216,107	210,215	181,139	176,590	3,680.66	514	432	220	152	4.06	3,684.71

出典：JICA 調査団

水資源区 XI の州別の 2050 年の年間灌漑用水量を下表に示す。2050 年の将来予想用水量は、NIA の過去の灌漑計画を基に算定した将来灌漑面積に対する用水量を示している。

表 3.4-6 2050 年の水資源区 XI の年間灌漑用水量

Province	Area Rate	Irrigation Area By Surface Water					Irrigation Area By Ground Water					Total AWD (MCM)
		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		AWD (MCM)	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		AWD (MCM)	
				Wet	Dry				Wet	Dry		
Irrigation Area based on NIA Financial Program												
Bukidnon	0.046	3,725	3,342	2,852	2,829	41.94	0	0	0	0	0.00	41.94
Davao de Oro (Compostela Valley)	0.477	45,188	45,127	38,358	38,358	693.57	0	0	0	0	0.00	693.57
Davao del Norte	0.989	29,879	28,364	24,110	24,110	425.01	0	0	0	0	0.00	425.01
Davao del Sur Davao Occidental	0.998	32,326	31,830	27,191	26,920	664.49	0	0	0	0	0.00	664.49
Davao Oriental	0.949	16,642	16,604	14,063	14,164	310.08	0	0	0	0	0.00	310.08
Sarangani	0.869	6,086	5,458	4,799	4,465	110.22	58	58	57	57	1.34	111.56
South Cotabato	0.340	32,378	30,682	26,237	25,921	611.51	9	10	9	9	0.22	611.73
North Cotabato	0.038	5,193	5,147	4,391	4,372	104.98	63	64	47	47	1.13	106.11
Sultan Kudarat	0.052	2,502	2,316	2,163	1,764	41.03	22	23	24	24	0.50	41.52
Agusan del Norte	0.027	1,342	1,252	1,067	1,062	21.66	0	0	0	0	0.00	21.66
Agusan del Sur	0.109	5,773	5,490	4,917	4,779	97.46	234	245	39	14	0.46	97.91
Surigao del Sur	0.896	35,073	34,603	30,991	27,846	558.72	128	33	43	0	0.41	559.14
Total		216,107	210,215	181,139	176,590	3,680.66	514	432	220	152	4.06	3,684.71

出典：JICA 調査団

年間畜産・養鶏用水量は下表に示す通りである。2030 年、2040 年及び 2050 年の用水量は人口増加率を用いて算定している。

表 3.4-7 水資源区 XI の年間畜産・養鶏用水量

Region	Province	Area Rate	Heads in 2020		AWD (MCM) in 2020			AWD (MCM)		
			Livestock	Poultry	Livestock	Poultry	Total	2,030	2,040	2050
X	Bukidnon	0.046	34,711	467,357	0.266	0.022	0.288	0.327	0.358	0.379
XI	Davao de Oro (Compostela Valley)	0.477	77,253	509,504	0.592	0.024	0.616	0.698	0.766	0.810
	Davao del Norte	0.989	480,983	7,064,839	3.687	0.335	4.022	4.557	4.999	5.289
	Davao del Sur Davao Occidental	0.998	396,350	1,410,840	3.038	0.067	3.105	3.518	3.859	4.083
	Davao Oriental	0.949	164,874	778,071	1.264	0.037	1.301	1.474	1.617	1.710
XII	Sarangani	0.869	87,528	667,326	0.671	0.032	0.703	0.796	0.873	0.924
	South Cotabato	0.340	182,509	1,930,145	1.399	0.092	1.491	1.689	1.853	1.960
	North Cotabato	0.038	14,396	99,171	0.110	0.005	0.115	0.130	0.143	0.151
	Sultan Kudarat	0.052	9,258	32,261	0.071	0.002	0.072	0.082	0.090	0.095
XIII	Agusan del Norte	0.027	2,218	26,406	0.017	0.001	0.018	0.021	0.023	0.024
	Agusan del Sur	0.109	10,307	79,415	0.079	0.004	0.083	0.094	0.103	0.109
	Surigao del Sur	0.896	72,976	377,839	0.559	0.018	0.577	0.654	0.718	0.759
Total			1,533,364	13,443,173	11.753	0.638	12.391	14.039	15.402	16.294

出典：JICA 調査団

年間淡水養殖池用水量は下表に示す通りである。2030 年、2040 年及び 2050 年の用水量は前述の年間増加率 1.6% を用いて算定している。

表 3.4-8 水資源区 XI の年間淡水養殖池用水量

Region	Province	Area Rate	Fishpond Area (ha) in		Annual Water Demands for Fishpond (MCM)			
			Province	WRR	2022	2030	2040	2050
X	Bukidnon	0.046	No data					
XI	Davao de Oro (Compostela Valley)	0.477	110.47	52.69	1.54	1.75	2.05	2.40
	Davao del Norte	0.989	264.02	261.12	7.62	8.65	10.16	11.89
	Davao del Sur	0.998	23.38	23.33	0.68	0.77	0.91	1.06
	Davao Occidental							
Davao Oriental	0.949	58.61	55.62	1.62	1.84	2.16	2.53	
XII	Sarangani	0.869	20.69	17.98	0.53	0.60	0.70	0.82
	South Cotabato	0.34	30.92	10.51	0.31	0.35	0.41	0.48
	North Cotabato	0.038	No data					
	Sultan Kudarat	0.052	No data					
XIII	Agusan del Norte	0.027	No data					
	Agusan del Sur	0.109	28.62	3.12	0.09	0.10	0.12	0.14
	Surigao del Sur	0.896	69.43	62.21	1.82	2.06	2.42	2.83
Total			606.14	486.59	14.21	16.13	18.93	22.16

出典：JICA 調査団

(2) 水需要予測（都市用水・工業用水）

主要水道区での聞き取り調査結果、及び PWWSMMP2019-2030 記載値を基に水資源区 VII の各 Region における給水原単位 (lpcd)、無収水率 (%)、水使用用途 (生活用水、商業用水、公共用水) などの条件値を設定した。フィリピン統計局の人口予測とこれらの条件値を基に各 Region の詳細な都市用水需要予測を行った。

表 3.4-9 水資源区 XI の都市用水需要予測

Water Resource Region	Municipal Water Demand Projection (MCM/Year)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	421	444	463	488	520	552	581

出典: JICA 調査団

過去の工業用水需要量実績値と工業 GRDP 実績値を基に工業用水と工業 GRDP の相関式を作成した。この相関式に工業 GRDP 予測値を代入することで 2050 年までの工業用水需要予測を行った。

表 3.4-10 水資源区 XI の工業用水需要予測

Water Resource Region	Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	159	177	194	210	221	239	248

出典: JICA 調査団

3.4.8 水収支

(1) 小流域別表流水水収支

将来 (2050 年) の水需要下では、気候変動の RCP8.5-Low ケースで、水資源区 XI の北部とメトロ・ジェネラル・サントス市周辺の表流水の水収支は減少傾向にある。

(2) 小流域別地下水水収支

一方、将来 (2050 年) の水需要下では、気候変動の RCP8.5-Low ケースで、水資源区 XI のメトロ・ダバオ市周辺の地下水水収支が減少傾向にある。

(3) 州別水収支

ダバオ・デル・スル州、北コタバト州、南コタバト州、スルタン・クダラ州、スリガオ・デル・スル州の各州における 2050 年の地下水水収支は、将来的にマイナスになると予測された。ダバオ・デル・スル州では、将来 2050 年の地下水収支が-475.6 MCM/年の不足となることが予測された。

表 3.4-11 水資源区 XI の州別水収支計算結果

Province	Weather Condition	Water Demand	Target Year	Total Area [km ²]	SW/GW	W.Potential [MCM/year]	Domestic & Industrial W.Demand [MCM/year]	Irrigation W. Demand [MCM/year]	Livestock W. Demand [MCM/year]	Other W. Demand [MCM/year]	Water Balance [MCM/year]
Agusan del Sur	Present	2050	1/5-Dry Year	930.3	SW	1,736.4	2.6	97.5	0.1	0.0	1,636.2
					GW	60.6	0.6	0.5	0.0	0.0	59.5
					Total	1,797.0	3.3	97.9	0.1	0.0	1,695.7
Bukidnon	Present	2050	1/5-Dry Year	353.3	SW	605.4	10.4	41.9	0.3	0.0	552.7
					GW	0.8	6.0	0.0	0.0	0.0	-5.2
					Total	606.2	16.4	41.9	0.3	0.0	547.5
Davao de Oro	Present	2050	1/5-Dry Year	2,172.4	SW	2,067.0	42.9	689.3	1.1	0.0	1,333.8
					GW	19.5	5.3	0.0	0.0	0.0	14.2
					Total	2,086.6	48.2	689.3	1.1	0.0	1,348.0
Davao del Norte	Present	2050	1/5-Dry Year	3,485.4	SW	4,937.9	88.8	425.0	5.1	0.0	4,419.0
					GW	63.9	44.9	0.0	0.1	0.5	18.4
					Total	5,001.8	133.7	425.0	5.2	0.5	4,437.4
Davao del Sur	Present	2050	1/5-Dry Year	3,661.9	SW	3,584.1	45.1	664.5	3.6	0.0	2,870.9
					GW	17.2	482.5	0.0	0.0	10.2	-475.6
					Total	3,601.3	527.6	664.5	3.7	10.2	2,395.4
Davao Oriental	Present	2050	1/5-Dry Year	3,843.5	SW	7,633.8	42.5	310.1	1.6	0.0	7,279.6
					GW	23.6	12.7	0.0	0.0	0.0	10.9
					Total	7,657.4	55.2	310.1	1.6	0.0	7,290.5
Davao Occidental	Present	2050	1/5-Dry Year	1,743.6	SW	925.3	19.7	0.0	0.1	0.0	905.5
					GW	41.0	9.5	0.0	0.0	0.4	31.1
					Total	966.3	29.3	0.0	0.1	0.4	936.5
North Cotabato	Present	2050	1/5-Dry Year	282.0	SW	272.7	3.1	105.0	0.3	0.0	164.4
					GW	0.9	11.6	1.1	0.0	0.2	-12.1
					Total	273.6	14.7	106.1	0.3	0.2	152.3
Sarangani	Present	2050	1/5-Dry Year	2,506.6	SW	1,425.0	42.9	110.2	1.0	0.0	1,270.9
					GW	16.7	12.7	1.3	0.8	0.0	1.8
					Total	1,441.8	55.6	111.6	1.8	0.0	1,272.7
South Cotabato	Present	2050	1/5-Dry Year	1,445.4	SW	2,901.0	29.7	611.5	1.8	0.0	2,257.9
					GW	18.8	163.3	0.2	2.0	0.0	-146.8
					Total	2,919.7	193.0	611.7	3.8	0.0	2,111.1
Sultan Kudarat	Present	2050	1/5-Dry Year	243.9	SW	331.0	1.0	41.0	0.5	0.0	288.5
					GW	0.4	1.3	0.5	0.0	0.0	-1.3
					Total	331.5	2.3	41.5	0.5	0.0	287.2
Surigao del Sur	Present	2050	1/5-Dry Year	3,269.2	SW	4,082.2	28.5	558.7	0.6	0.0	3,494.4
					GW	8.1	16.1	0.4	0.0	0.0	-8.5
					Total	4,090.3	44.6	559.1	0.6	0.0	3,486.0
WRR-XI all	Present	2050	1/5-Dry Year	23,937.6	SW	30,501.9	357.3	3,654.7	16.2	0.0	26,473.8
					GW	271.4	766.6	4.1	3.0	11.4	-513.6
					Total	30,773.4	1,123.9	3,658.8	19.2	11.4	25,960.1

出典: JICA 調査団

(4) 主要都市別水収支

ブキドノン、ダバオ デル スル、北コタバト、サラングニ、南コタバト、スルタン クダラット、スリガオ デル スルの各州では、年間の表流水の水収支のマイナス値と地下水の不足が将来的に増加する傾向にある。

大部分の都市では、2050 年の水需要に対して地下水の水収支がマイナスになると予測されており、特にメトロ・ダバオとメトロ・ジェネラル・サントス地域では地下水収支のマイナスが大きい。

(5) 主要流域別水収支

すべての主要流域で表流水の年間水収支はプラスとなっているが、これらの年間の表流水賦存量には洪水流量が含まれており、乾季の水不足が懸念されることから、貯水池が必要になる場合がある。

3.5 水資源区 V における水収支詳細調査

3.5.1 概況

水資源区 V はルソン島の南東部に位置し、カタンドゥアネス島とマスバテ島を含む。行政区域は、Region V（ビコール）の全域と北西部の Region IV-A（カラバルソン）の一部が含まれている。州区分は、Region V の 6 つの州と Region IV-A の 1 つの州の一部が含まれる。主要都市としてレガスピ市やナガ市が位置する。水資源に関しては、主要河川流域の一つのビコール川があり、気候区分はタイプ III とタイプ IV に分類される。水資源の観点から、大都市における水需要の増大による水不足、灌漑開発における洪水・排水問題、湖の堆砂などが問題となっている。

3.5.2 社会経済状況

3.2 を参照。

3.5.3 組織・法制度

水資源区 V は、Region IV-A のごく一部をカバーしているものの、そのほとんどが Region V の行政区画に属しているため、主に同 Region について記載する。

(1) 組織

水資源計画・実施に関連する主な Region レベルの組織として、Region V の NEDA V（地域開発計画）、DPWH V（治水）、及び NIA V（かんがい）の 3 機関がある。

水資源区 V の大部分を占める Region V の LGUs は、6 つの州（Albay、Camarines Norte、Camarines Sur、Catanduanes、Masbate、Sorsogon）、7 の市（City）、107 の町（Municipality）からなる。

PWSSMP に添付された Bicol Region Water Supply and Sanitation Databook and Regional Roadmap によると、Region V 内の水道事業体の概要は以下の通りである（2015 年現在の状況）：

- 55 の水道区（Water District）があり、うち 37 が機能（Operational）、18 があまり機能していない状況（Non-functional）。
- 435 の LGU が運営する水道事業体、223 のバランガイ水道組合（BWSA）、65 の Rural 水道組合（RWSA）、及び 840 の民間または他のタイプの水道事業者がある。

(2) 計画

Region レベルの水資源に関連する計画として、以下の 3 件を挙げ、本報告書では概要を記載した。

- Regional Development Plan of Region V 2017-2022
- Bicol Region Water Supply and Sanitation Databook and Regional Roadmap
- Integrated Bicol River Basin Management and Development Master Plan

その他、治水に関連する Region レベルの計画については、本報告書 2.2.11 節にまとめられているのでそちらを参照されたい。

3.5.4 自然状況、水利用

(1) 国土、地形

水資源区 V の地域の中心地はレガスピ市で、独立した構成都市としてナガ市がある。最北のカマリネス州と南カマリネス州は、西にケソン州と隣接している。2020 年国勢調査に基づく行政区 V の面積は 18,155.82 km² である。

ビコール地域はもともと火山性であり、環太平洋火山帯の一部である。ビコール火山弧または連鎖火山として知られるこれらの火山は、フィリピン海溝に沿ってフィリピン可動ベルトの下に沈み込むフィリピン海プレートの結果として形成される。マヨン火山はこの地域で最も著名な火山で、その完璧な円錐形とフィリピンで最も活発な火山として知られている。その噴火は繰り返しこの地域に災害をもたらした。

(2) 気象・水文

気候区分 II の水資源区 V 北部では、乾季がなく、一般的に 12 月から 2 月までが非常に顕著な最大降雨時期である。乾季月はないが、3 月から 5 月にかけての月間降水量は最小になる。

気候区分 III の水資源区 V 南部では、12 月から 2 月または 3 月から 5 月のいずれかの期間に、1～3 か月しか続かない短い乾季があり、一般に顕著な雨季はない。この気候区分は、乾季が短いため、気候区分 I に似ている。

カマリネス・スルの年平均気温は約 26.8°C であり、年間を通して気温は安定しているが、最高気温は 4 月から 7 月頃になる。

(3) 河川、水資源

調査地域内の多くの観測所の河川流量データを DPWH から収集した。合計 35 箇所の日平均流量データを収集し、水資源区 V の低水流量解析に用いた。

(4) 地質、水理地質、土質分布

アルバイ州の主要な帯水層は石灰岩及びマヨン山やその他火山群周辺の火山堆積物層である。ソルソゴン州では火山堆積物が主な帯水層であり、湧水地が多数確認されている。マスバテ島では東部に分布する石灰岩層が主な帯水層となるほか、閃緑岩の貫入地域では割目に沿った地下水分布もある。カタンドゥアネス島では広範囲に分布する石灰岩や、沖積堆積物が帯水層を形成する。

(5) 土地利用

水資源区 V はナガ市周辺から南東部にかけて広がる平坦な土地が水稻を中心とした農地として利用されている。中心地であるレガスピ市周辺については平坦地が比較的少ないためそれほど広い農地は存在していない。行政地域 V と行政区 VI-A の境界付近はラボ山中心に森林が広がる。

(6) 水利用現況（農業用水）

2020 年の水資源区 V の灌漑面積、畜産・養鶏頭数、淡水養殖池面積は下表に取りまとめた通りである。

表 3.5-1 2020 年の水資源区 V の灌漑面積

Province	Area Rate	All Systems				By Surface Water				By Ground Water			
		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)	
				Wet	Dry			Wet	Dry			Wet	Dry
Quezon	0.053	1,082	974	818	751	1,016	908	773	707	66	66	44	44
Albay	1	31,749	30,429	23,045	21,651	30,541	29,647	22,729	21,335	1,208	782	316	316
Camarines Norte	1	9,695	9,236	6,725	6,710	8,649	8,383	6,561	6,546	1,046	853	164	164
Camarines Sur	1	77,665	55,218	34,313	32,880	52,588	52,417	33,230	31,932	25,077	2,801	1,083	948
Catanduanes	1	3,211	3,113	1,805	1,839	2,965	2,876	1,790	1,824	246	237	15	15
Masbate	1	6,848	6,582	3,456	3,519	6,656	6,396	3,456	3,519	192	186	0	0
Sorsogon	1	14,102	13,712	9,094	9,052	11,238	11,202	9,094	9,052	2,864	2,510	0	0
Total		144,352	119,264	79,256	76,402	113,653	111,829	77,633	74,915	30,699	7,435	1,622	1,487

Source: NIA Inventory Dat modified by JICA Survey Team

表 3.5-2 2020 年の水資源区 V の家畜・養鶏頭数

Region	Province	Area Rate	Heads of Livestock & Poultry				
			Carabao	Cattle	Hog	(Sub-total)	Chicken
IV-A	Quezon	0.053	4,346	3,272	12,628	20,246	223,527
V	Albay	1	85,562	8,180	181,136	274,878	1,741,647
	Camarines Norte	1	49,295	6,611	154,413	210,319	780,880
	Camarines Sur	1	78,796	25,325	289,819	393,940	4,575,399
	Catanduanes	1	6,078	1,807	68,371	76,256	89,586
	Masbate	1	64,083	57,500	108,483	230,066	941,703
	Sorsogon	1	32,714	15,573	89,235	137,522	622,320
Total			320,874	118,268	904,085	1,343,227	8,975,062

Source: Philippine Statistics Authority modified by JICA Survey Team

表 3.5-3 2022 年の水資源区 V の淡水養殖池面積

Region	Province	Area Rate	Fishpond Area (ha) in		Water Sources
			Province	WRR	
IV-A	Quezon	0.053	7.77	0.41	Ground water, Creek, etc
V	Albay	1	37.33	37.33	NIA Irrigation Canal, Creek, Spring
	Camarines Norte	1	103.36	103.36	Ground water, etc.
	Camarines Sur	1	11.64	11.64	NIA Irrigation Canal, Ground water, etc.
	Catanduanes	1	No data		
	Masbate	1	0.00	0.00	(No Fresh Water Fishpond)
	Sorsogon	1	7.77	7.77	Spring
Total			167.87	160.51	

Source: DA-BFAR modified by JICA Survey Team

(7) 水利用現況（上工水）

水資源区 V の主要 WD における水利用現況（上工水）を以下に示す。上工水需要量は本調査で算出した 2020 年現在の水需要量、上工水供給水量は本調査で各 WD に確認した供給水量である。

表 3.5-4 水資源区 V の水利用現況（上工水）

WRR	WRR V (Bicol)			
	Metro Naga	Legazpi	Virac (Catanduanes)	Masbate-Mobo
Covered Municipality	Naga, Camaligan, Canaman, Gainza, Magarao	Legazpi City	Virac	Masbate City, Mobo
Total Water Demand (MCM/Year)	29.1	14.3	6.1	11.8
Municipal Water Demand (MCM/Year)	25.3	11.8	5.2	10.0
Industrial Water Demand (MCM/Year)	3.7	2.5	0.9	1.8
Total Production Capacity (MCM/Year)	24.5	17.2	5.4	5.8
Production Source (MCM/Year)	Wells: 17.3 Springs: 7.2	Wells: 5.0 Springs: 1.8 Bulk purchase: 10.4	Wells: 2.5 River: 2.9	Wells: 1.4 River: 4.4

出典: JICA 調査団

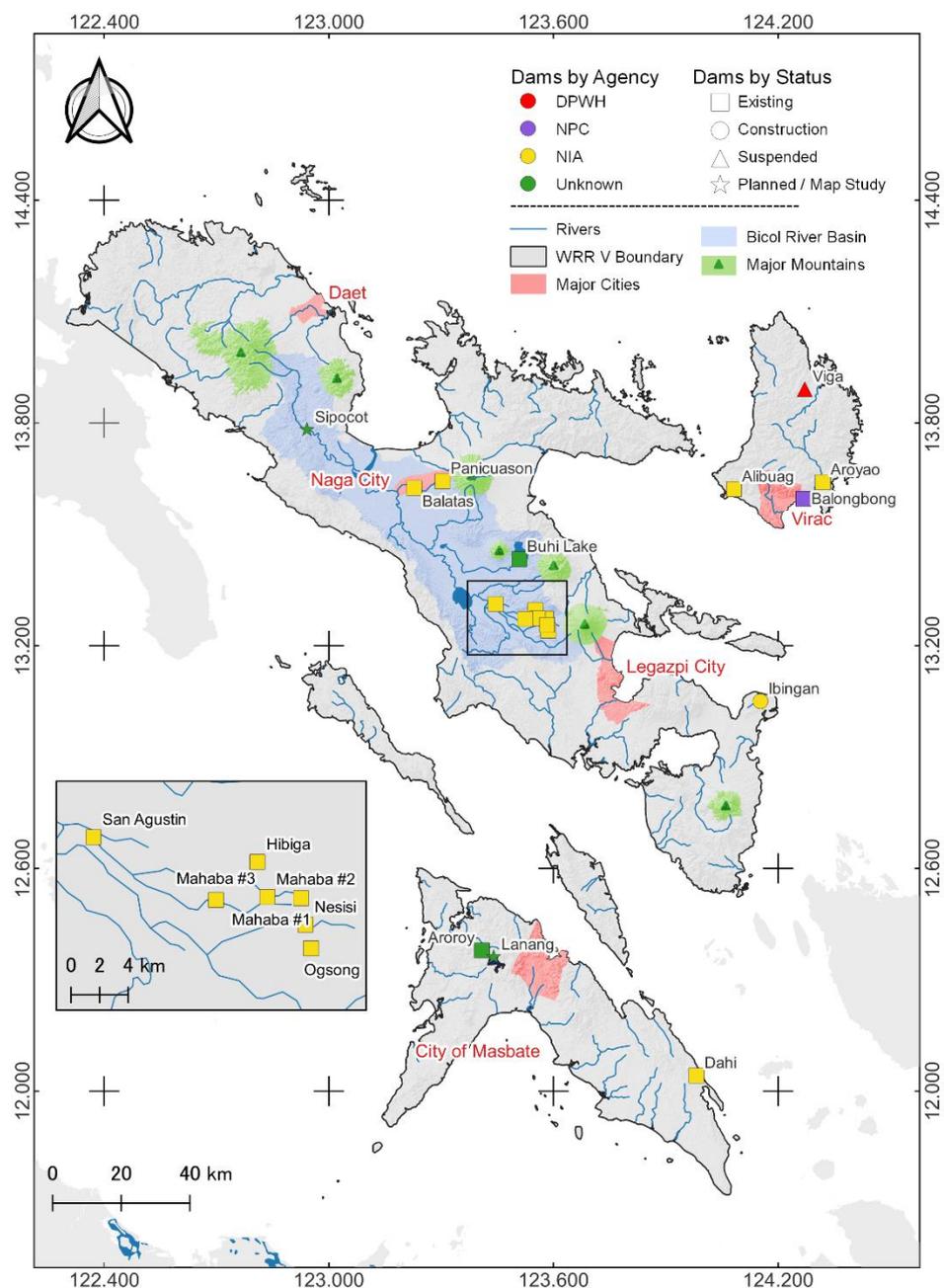
(8) 水資源管理施設の現状

過去の報告書および関連する実施機関から提供された情報から既存のダムおよびダム建設計画のリストを整理し、各ダムの位置図を作成した。水資源区 V におけるダム位置図を次図に示す。

ビコール川東北部に既存ダム計画として、シポコットダムが大規模多目的ダムとして計画されているが、その可能性を確認するには、さらなる検討が必要である。

アルバイ/ナガ地区では、現在、農業用や水力発電用の堰をはじめ、多くの取水施設やリニューアル計画が計画されている。灌漑に係る施設整備は、NIA が計画を有し十分かつ詳細に検討されていることを確認した。現在、有効水位差 0.50m で運営されているビコール川上流に位置するブヒ湖の水利用については、容量を増やすためのさらなる調整堰の再開発などの検討が必要と考えられる。

マスバテ島北部の主要都市マスバテ市は人口が多く、リゾート施設も集積している。また、マスバテ島の降雨不足は深刻な水不足をもたらした。よって、北部の主要河川であるラナン川を水源とするダム建設等が有望と考えられる。



出典:JICA 調査団

図 3.5.1 既存および提案中のダム (WRR V)

(9) 地下水利用の現状

水資源区 V における NWRB により承認された井戸水源は合計 206 あるほか、湧水源が 135 ある。

(10) 洪水リスク管理

地形分析に基づく浸水リスクマップと人口分布図の重ね合わせにより、洪水リスク地域を調査した。特に洪水リスク管理の重要性が流域として、ビコール川流域に着目し、同流域における最新の治水マスタープランのレビュー及び計画されている治水対策（特に治水ダム）について調査を行った。

(11) 水質

EMB Region V により計測されている水質項目は、生物化学的酸素要求量、塩化物、色、溶存酸素、大腸菌群、硝酸塩、pH、リン酸塩、温度、総浮遊固形物である。

(12) 自然環境

水資源区 V には総面積 50 万ヘクタールの合計 19 の保護区域がある。

(13) 社会環境

水資源区 V はフィリピンの地域別で 9 番目に大きな経済規模を誇り、2020 年の国内 GDP の 2.9% を占める。ビコールの経済活動は主にサービス業であり、観光が今後のビコール経済の重要な原動力となる。

ビコール地域には現在、458 件の歴史的、有形および無形の文化財がある。

3.5.5 水文解析

(1) 水文解析（表流水）

優先水資源区の詳細な水文解析に SHER モデルを用いた。モデル・パラメーターは、水資源区 VII と同じ方法で較正および評価した。パラメーターの較正は、観測日平均流量と計算流量が最も適合する年を選択して実施した。DPWH の観測流量データの存在する小流域で SHER モデルのパラメーターの較正を行い、その較正済みパラメーターを使用して、観測流量のない小流域の河川流量を推定した。

(2) 水文解析（地下水）

水資源区 VII と同様の手順・方法で、地下水流動解析を汎用コードである MODFLOW を用いて水資源区 V 全域を対象に実施した。水理地質構造は、MGB の作成した水理地質構造および、既存水源井戸の井戸深度をもとに推定した。

透水係数などのパラメーターは、既存文献値および SHER モデルの設定値を初期設定値として与えたが、較正対象となるデータ（地下水位等）が不足しているため、地下水位が地表面を超えないことや、湧水地点の標高を基準として較正を行った。

(3) 気候変動影響評価

フィリピンの気候変動予測データについては、DOST-PAGASA の報告書（2018 年）で詳細な情報が整理されている。RCP8.5 シナリオの上限（高）は、すべてのケースで降水量が現状より多いことを示した。一方、RCP8.5 シナリオの下限ケースでは、降水量が現状より減少することが予測されている。特に RCP8.5 シナリオの上限（高）では、9 月から 11 月と 12 月から 1 月から 2 月の季節には、ルソン島、ビサヤ諸島の西部、ミンダナオ島の一部で、降水量が 40% 増加する可能性がある。

(4) 水文解析結果

優先水資源区 V における詳細水文解析では、物理型水循環モデル（SHER モデル）を用いて河川流量を論理的に算定し、地下水涵養と地下水流量は、流量観測所の存在する小流域で較正された物理パラメーターを用いて流量観測所のない流域の水資源賦存量を推定した。

キャリブレーションの結果は概ね良好であった。流域区分を縮小した結果、対象水資源区の地域的な水資源賦存量（地表水と地下水）を詳細に把握することができた。

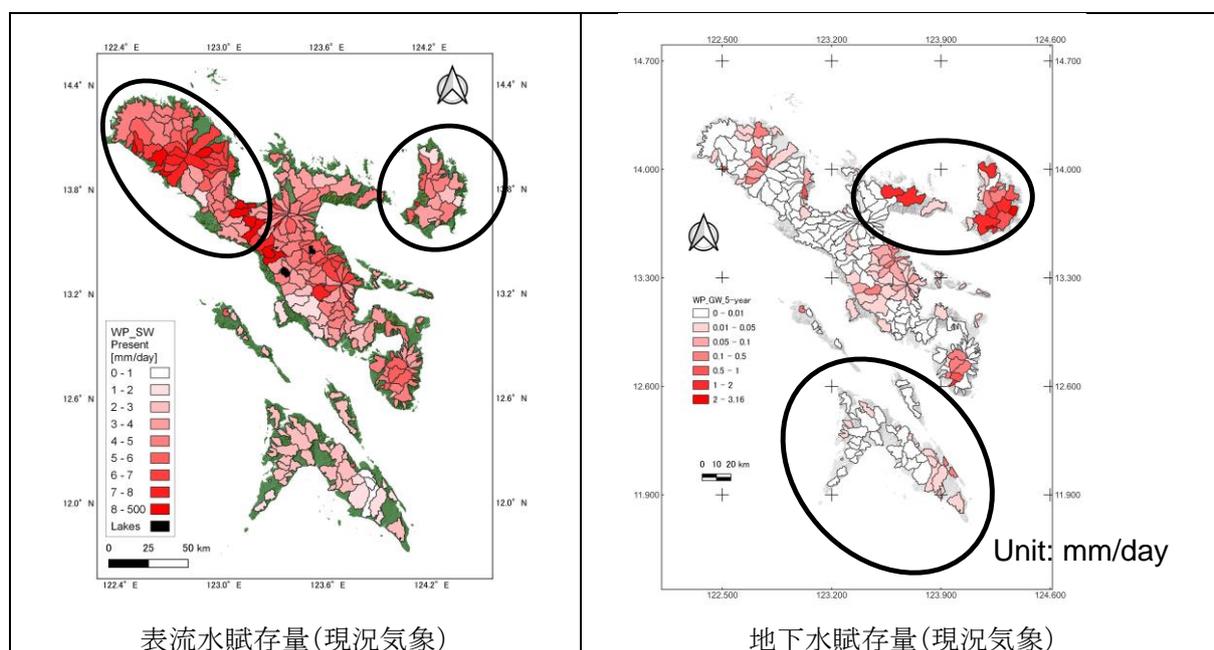
3.5.6 水賦存量

(1) 表流水賦存量

降水量が多く、表流水賦存量も豊富な水資源区 V の北部とカタンドゥアネス島を中心に、一般に水資源区 V 全体で表流水賦存量（河川流量）は豊富であり、年平均で 2mm/日以上を表流水賦存量がある地域がある。

(2) 地下水賦存量

降雨量が多いため、水資源区 V の北東部では地下水賦存量が比較的豊富であり、年平均で 0.1～0.5mm/日以上地下水賦存量がある地域がある。一方、水資源区 V 南部、特にマスバテ島では地下水賦存量が比較的低い。地下水賦存量は、各小流域の地下水流動量に安全地下水揚水率 0.7 を乗じて算出した。



出典: JICA 調査団

図 3.5.2 水資源区 V の表流水（左）と地下水（右）賦存量（単位: mm/日）

3.5.7 水需要予測

(1) 水需要予測（農業用水）

水資源区 V 全体の 2020 年から 2050 年の年間灌漑用水量は下表に示す通りである。2050 年の年間灌漑用水量は、4,690 百万 m³/年と算定した。

表 3.5-5 水資源区 V の年間灌漑用水量

Year	Irrigation Area By Surface Water					Irrigation Area By Ground Water					Total AWD (MCM)
	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		AWD (MCM)	ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		AWD (MCM)	
			Wet	Dry				Wet	Dry		
2020	113,653	111,829	77,633	74,915	1,924.54	30,699	7,435	1,622	1,487	39.57	1,964.11
2030	139,236	141,645	127,536	123,288	3,239.64	36,466	8,969	2,730	2,490	68.49	3,308.13
2040	164,819	171,462	154,033	148,955	3,915.90	42,232	10,502	3,321	3,030	83.28	3,999.18
2050	190,402	201,278	180,530	174,622	4,592.15	47,999	12,036	3,912	3,570	98.07	4,690.22

出典：JICA 調査団

水資源区 V の州別の 2050 年の年間灌漑用水量を下表に示す。2050 年の将来予想用水量は、NIA の過去の灌漑計画を基に算定した将来灌漑面積に対する用水量を示している。

表 3.5-6 2050 年の水資源区 V の年間灌漑用水量

Province	Area Rate	Irrigation Area By Surface Water				Irrigation Area By Ground Water				Total AWD (MCM)		
		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)		ISA (ha)	FUSA (ha)	Irrigated Area (ha)			AWD (MCM)	
				Wet	Dry			Wet	Dry			
Irrigation Area based on NIA Financial Program												
Quezon	0.053	1,281	1,172	1,053	963	21.04	83	85	60	60	1.26	22.29
Albay	1.000	51,819	51,198	45,427	42,641	1,095.57	2,050	1,350	632	632	15.76	1,111.33
Camarines Norte	1.000	19,835	19,764	18,077	18,036	411.83	2,399	2,011	452	452	10.31	422.14
Camarines Sur	1.000	82,980	95,025	84,159	80,872	2,261.75	39,570	5,078	2,743	2,401	70.07	2,331.82
Catanduanes	1.000	3,468	3,380	3,055	3,113	82.30	288	278	26	26	0.68	82.98
Masbate	1.000	19,006	18,743	16,247	16,543	424.72	548	545	0	0	0.00	424.72
Sorsogon	1.000	12,013	11,997	12,511	12,453	294.94	3,062	2,688	0	0	0.00	294.94
Total		190,402	201,278	180,530	174,622	4,592.15	47,999	12,036	3,912	3,570	98.07	4,690.22

出典：JICA 調査団

年間畜産・養鶏用水量は下表に示す通りである。2030 年、2040 年及び 2050 年の用水量は人口増加率を用いて算定している。

表 3.5-7 水資源区 V の年間畜産・養鶏用水量

Region	Province	Area Rate	Heads in 2020		AWD (MCM) in 2020			AWD (MCM)		
			Livestock	Poultry	Livestock	Poultry	Total	2,030	2,040	2050
IV-A	Quezon	0.053	20,246	223,527	0.155	0.011	0.166	0.188	0.206	0.218
V	Albay	1.000	274,878	1,741,647	2.107	0.083	2.190	2.481	2.722	2.879
	Camarines Norte	1.000	210,319	780,880	1.612	0.037	1.649	1.868	2.050	2.169
	Camarines Sur	1.000	393,940	4,575,399	3.020	0.217	3.237	3.667	4.023	4.256
	Catanduanes	1.000	76,256	89,586	0.585	0.004	0.589	0.667	0.732	0.774
	Masbate	1.000	230,066	941,703	1.763	0.045	1.808	2.049	2.248	2.378
	Sorsogon	1.000	137,522	622,320	1.054	0.030	1.084	1.228	1.347	1.425
Total			1,343,227	8,975,062	10.296	0.426	10.722	12.148	13.327	14.099

出典：JICA 調査団

年間淡水養殖池用水量は下表に示す通りである。2030 年、2040 年及び 2050 年の用水量は前述の年間増加率 1.6%を用いて算定している。

表 3.5-8 水資源区 V の年間淡水養殖池用水量

Region	Province	Area Rate	Fishpond Area (ha) in		Annual Water Demands for Fishpond (MCM)			
			Province	WRR	2022	2030	2040	2050
IV-A	Quezon	0.053	7.77	0.41	0.01	0.01	0.02	0.02
V	Albay	1	37.33	37.33	1.09	1.24	1.45	1.70
	Camarines Norte	1	103.36	103.36	3.02	3.43	4.02	4.71
	Camarines Sur	1	11.64	11.64	0.34	0.39	0.45	0.53
	Catanduanes	1	No data					
	Masbate	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sorsogon	1	7.77	7.77	0.23	0.26	0.30	0.35
Total			167.87	160.51	4.69	5.32	6.24	7.31

出典：JICA 調査団

(2) 水需要予測（都市用水・工業用水）

主要水道区での聞き取り調査結果、及び PWWSMMP2019-2030 記載値を基に水資源区 V の各 Region における給水原単位 (lpcd)、無収水率 (%)、水使用用途 (生活用水、商業用水、公共用水) などの条件値を設定した。フィリピン統計局の人口予測とこれらの条件値を基に各 Region の詳細な都市用水需要予測を行った。

表 3.5-9 水資源区 V の都市用水需要予測

Water Resource Region	Municipal Water Demand Projection (MCM/Year)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WRR V - BICOL	243	252	259	283	303	320	336

出典: JICA 調査団

過去の工業用水需要量実績値と工業 GRDP 実績値を基に工業用水と工業 GRDP の相関式を作成した。この相関式に工業 GRDP 予測値を代入することで 2050 年までの工業用水需要予測を行った。

表 3.5-10 水資源区 V の工業用水需要予測

Water Resource Region	Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WRR V - BICOL	113	120	128	136	142	152	158

出典: JICA 調査団

3.5.8 水収支

(1) 小流域別表流水水収支

将来 (2050 年) の水需要下では、気候変動の RCP8.5-Low ケースでは、水資源区 V の北部、中部、南部の表流水水収支は減少傾向にある。

(2) 小流域別地下水水収支

将来 (2050 年) の水需要下では、水資源区 V の中部の地下水水収支は気候変動の RCP8.5-Low ケースでは、ドンソル市、ティカオ島、ナガ市を中心に減少傾向にある。

(3) 州別水収支

アルバイ州、カマリネスノルテ、カマリネススル、マスバテの各州では、年間水収支がマイナスとなり、地下水の不足が将来的に増加する傾向にある。カマリネススル州では、将来 2050 年の地下水収支が-169.3MCM/年の不足となることが予測された。

表 3.5-11 水資源区 V の州別水収支計算結果

Province	Weather	Water	Target Year	Total Area	SW/GW	W.Potential	Domestic & Industrial W.Demand	Irrigation W. Demand	Livestock W. Demand	Other W. Demand	Water Balance
	Condition	Demand									
Albay	Present	2050	1/5-Dry Year	1,922.4	SW	3,172.1	102.9	1,095.6	2.3	1.9	1,969.6
					GW	26.2	50.8	15.8	1.6	0.3	-42.2
					Total	3,198.4	153.6	1,111.3	3.9	2.1	1,927.4
Camarines Norte	Present	2050	1/5-Dry Year	1,632.5	SW	3,487.5	64.4	411.8	1.8	1.1	3,008.5
					GW	18.2	16.8	10.3	1.5	14.1	-24.6
					Total	3,505.7	81.2	422.1	3.3	15.2	2,983.9
Camarines Sur	Present	2050	1/5-Dry Year	4,054.6	SW	8,069.9	66.4	2,261.8	4.9	0.6	5,736.2
					GW	74.4	167.7	70.1	5.8	0.1	-169.3
					Total	8,144.2	234.1	2,331.8	10.7	0.7	5,566.9
Catanduanes	Present	2050	1/5-Dry Year	943.3	SW	1,347.2	28.0	82.3	0.6	0.0	1,236.2
					GW	307.4	3.9	0.7	0.4	0.0	302.4
					Total	1,654.6	31.9	83.0	1.0	0.0	1,538.6
Masbate	Present	2050	1/5-Dry Year	2,107.7	SW	1,759.6	60.9	424.7	1.0	0.0	1,273.0
					GW	13.6	21.9	0.0	0.2	0.0	-8.5
					Total	1,773.3	82.8	424.7	1.3	0.0	1,264.5
Quezon	Present	2050	1/5-Dry Year	309.3	SW	835.5	34.8	21.0	0.4	0.0	779.3
					GW	14.3	0.9	1.3	0.3	0.0	11.9
					Total	849.8	35.7	22.3	0.7	0.0	791.1
Sorsogon	Present	2050	1/5-Dry Year	1,219.6	SW	1,776.7	39.3	294.9	1.6	4.0	1,436.9
					GW	47.9	56.2	0.0	0.5	0.1	-8.8
					Total	1,824.6	95.4	294.9	2.1	4.0	1,428.0
WRR-XI all	Present	2050	1/5-Dry Year	12,189.4	SW	20,448.5	396.6	4,592.2	12.7	7.4	15,439.6
					GW	502.0	318.1	98.1	10.3	14.6	60.9
					Total	20,950.6	714.8	4,690.2	23.0	22.0	15,500.5

出典: JICA 調査団

(4) 主要市町村水収支

ほとんどの都市で、2050 年の水需要に対して地下水収支がマイナスになると予測されており、特にナガ市とレガスピ市で地下水収支のマイナスが大きい。ナガ、ダエト、レガスピの各都市では、年間水収支のマイナス値と地下水の不足が将来的に増加する。

すべての都市で表流水の年間水収支はプラスとなっているが、これらの年間表流水賦存量には洪水流量が含まれており、乾季の水不足が懸念される、したがって、表流水の貯水池が必要になる場合がある。

(5) 主要河川流域別水収支

ビコール川とシプコット川流域は 2050 年に地下水の水収支がマイナスになると予測された。

第4章 ステージ III：優先水資源区における水資源開発・管理計画（案）提案、ならびにステージ V 優先事業コンセプト

4.1 計画策定の基本方針

4.1.1 水資源開発計画・管理計画（案）策定の基本方針

本調査では 1998M/P をレビューし、現在の視点から事業実現面での阻害要因を洗い出し、課題の対応を分析して、実効性の高い水資源開発・管理計画（案）の策定と優先事業コンセプトの検討、提案に反映していく方針とした。下表に水資源開発計画・管理計画（案）策定の基本方針を示す。

表 4.1-1 水資源開発計画・管理計画（案）策定方針

項目	1998M/P	水資源開発計画・管理計画（案）策定方針
調査対象	全国	全国
優先地域	マニラ、セブ、バギオ	メトロマニラ除く 3 水資源区。 (WRR V, VII, XI)
目標年次	2025 年	2050 年
気候変動影響	考慮せず	考慮する
利水安全度	(灌漑 1/5 年, 上工水 1/20 年)	フィリピン側と協議の上, 灌漑 1/5 年, 上工水 1/10 年と設定。
利水計画	主要 17 流域のダム計画 (22 ダム) 主要 3 都市の給水施設計画 (ダム・導水・海水淡水化などの組み合わせ) マニラ: 4 プロジェクト セブ: 3 プロジェクト バギオ: 2 プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1998M/P の提案事業の遂行状況を確認 ・ ダムだけに頼らない多様な開発 (河口堰、地下水、ため池、節水、ダム再生、海水淡水化、再利用、漏水対策) を検討 ・ ★水管理の観点からの提案 (組織・法制度、要員、財務、維持管理、環境、水情報管理)
環境社会配慮	予備検討レベル (代替案の水没者数、移転数、先住民)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 戦略的環境アセスメント (SEA)、ステークホルダー協議を実施 (3 つの優先水資源区で各 2 回実施)
事業費	主要構造物の配置計画図・基本諸元に基づき、類似案件等の工事費実績等を参照した M/P レベル概算事業費算定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1998M/P の提案施設の事業費や最新の類似案件の実績等を参照して算出

出典：JICA 調査団

特に最終的な優先事業コンセプト提案にあたっては、以下の方針で実効性の高い施策を提案する。

- 事業実施可能規模、資金源 (PPP 投入) 等の事業実施主体の財務面に配慮した優先事業の選定
- SEA による代替案立案段階からの社会環境配慮、ステークホルダーの取り込みによる合意形成
- 既存の行政枠組みを超える事業に対する実施体制、法的枠組み等の組織・制度面の検討、配慮
- 事業実施主体の技術力、運営維持管理能力などの技術面に配慮した優先事業の提案、選定

4.1.2 1998M/P のレビュー

1998 年の「全国総合水資源開発計画調査」(以降、「1998M/P」) をレビューし、①活用状況、②提案された優先事業の遂行度、③水需要予測の実績と差異の分析、④今回の調査における留意点の把握を行い、現在の視点から、事業実現面での阻害要因を洗い出し、課題の対応を分析して、実効性の高い水資源開発・管理計画（案）の策定と優先事業コンセプトの検討、提案に反映する。

(1) 活用状況

1998M/P では、フィリピン全土に亘る水資源を統一して分析・評価し、全国の開発政策に資する信頼性、質の高いデータ構築とそれに基づく分析と提言が行われ、その成果は現在も活用されている。

一方、調査で提案された大規模事業の大部分が実施に至っていない。優先事業コンセプト提案にあたり、この事実に基づき、実施可能規模や財務、技術面、環境社会配慮、組織・法制度面を考慮し実現できる施策や手段を検討し、提案することが課題である。

(2) 提案された優先事業の遂行度

主報告書 ANNEX G に、計画の水資源開発の進捗状況を一覧表に整理した。1998M/P では大規模な利水ダム、流域導水路の建設プロジェクトが提案されているが、大部分が実施に至っていない。その原因を現地ヒアリング、関係機関面談などをもとに分析すると、以下のような理由に類型化される。

1) 環境社会配慮上の問題

ダム・貯水池開発に伴う用地取得・住民移転や、土地利用・流況・水利用の改変などによる環境社会配慮上の問題により、ダム建設が計画通り推進できていない。

2) 流域間導水の上下流問題

流域間を導水する事業では、水源地と需要地の住民の利益相反（上下流問題）があり、その調整を主体的に行う制度や機関がなく、ステークホルダー間の合意形成が極めて難しい。

3) 多目的水資源開発のための組織・法制度上の問題

多セクターに跨る多目的水資源開発事業を一元化して実施する為の、組織・法制度が十分整備されていない。水源開発・管理の財務負担・補助金制度や、多目的ダムの容量配分を決め、それに応じた水利用者別の費用分担制度がない。

現在のフィリピンの既存ダムの大半が灌漑用水供給、利水供給、水力発電という機能別に整備された専用ダムであり、多目的ダムとして計画・建設されたものは僅かな事例しかない。現在計画中の多目的ダムが幾つかあるが、これらは灌漑を主目的としたダムに利水・発電・治水などの機能を加味した計画となっているが、個別のプロジェクト毎、地域ごとに調整を図っている状況である。

4) 実施機関の実施能力上の問題

フィリピンの関連機関の中では、現在 NIA や電力事業者がダム建設事業を推進している。それ以外の治水や利水開発に係る DPWH や Water District などの機関は、ダム計画・建設、運営・管理に関する経験や組織を十分有していない、それらに関する技術能力が不足している。また、多目的水資源開発・管理事業は、その事業規模から甚大な事業費が必要となる。が、事業実施主体となる組織（NIA, DPWH, NIA, WD など）の財務能力や、上述した財務負担制度・補助金制度などが不十分であり、実現に至っていない面もある。

5) 政治制度の影響

フィリピンの選挙制度では、大統領選挙が1期6年で行われ多選はできない。水資源開発事業のような長期に亘る事業を推進するにあたっては、地元のステークホルダーの長期かつ継続的な支援が不可欠である。しかし、フィリピンでは行政より政治家の影響力が強い傾向があることから、選挙で政治体制の交代が生じたことにより地元の事業推進体制が反転し、その都度、計画が二転三転してしまい、事業が実現に至っていない事例がある。

6) 投資計画・整備計画上の問題

1998M/P で提案された大規模な利水ダム、流域導水路の建設プロジェクト事業は、上記のような問題を抱え、その実現には長期を有する。

実際には、現実的な水不足に対応する為、実施が容易で実現性の高い地下水開発の継続や、取水堰や小規模なダムの建設による表流水開発などが優先的に進められている。その開発にはバルクウォーター事業のように民間資金が投入され、運営管理されている事業もある。

長期的な投資計画・整備計画では、大規模水資源開発事業の提案は必然的なものになると考えられるが、その事業に至るまでの、事業実現までのスピード感を考慮したダムだけに頼らない多様な開発（河口堰、地下水、ため池、節水、ダム再生、海水淡水化、再利用、漏水対策）の検討も必要であったと考えられる。

(3) 水需要予測の実績と差異の分析

下表に 1998 年 M/P で推計した水需要予測結果と、今回の調査で算出した現状の水需要との差を示す。なお、対象年次データは 1998MP では 2025 年、本調査では 2020 年（現状）となっており、年次に若干の差異がある。1998 年 M/P では国家レベルの水需要は 604 億 m³ から 835 億 m³ と予測されていたが、現在は 426 億 m³ であり、実際には予測よりも小さい。この傾向は、都市用水、工業用水、農業用水の各水利用においても同様であり、全国レベルの水需要は 1998 年の予測ほどには伸びていないことがわかる。なお、水賦存量については、今回の調査では基本的な計算方法が当時と異なっているため、正確に比較することは困難であるが、地表水と地下水の両方の水賦存量が増加している。

表 4.1-2 水需要予測の実績と差異

単位: 10 億 m³/年

項目	種別	1998 M/P	本調査		
		(2025)	現状 (2020)	将来 (2050) 気候変動なし	将来 (2050) 気候変動 (中)
水需要	都市用水	7.3	5.5	7.1	7.1
	工業用水	3.3	2.5	2.9	2.9
	灌漑	38.8 - 59.8	31.5	55.1	55.1
	畜産、漁業	11 - 13.1	0.68	1.06	1.06
	その他	-	3.0	4.1	4.1
	合計	60.4-83.5	42.6	69.1	69.1
水賦存量	表流水	206.2	283.9	283.9	262.7
	地下水	20.2	32.0	32.0	32.1
	合計	226.4	315.9	315.9	294.8

出典: JICA 調査団

(4) 1998M/P レビューから得られた教訓・留意点

上記を踏まえ以下の点に留意が必要となる。

- ✓ 1998年M/Pのレビューを踏まえ、水管理の観点からの提案として、1)環境社会的配慮、(2)流域間導水における上流・下流問題の合意形成、3)組織的・法的調整 多目的水資源開発の課題、4)実施機関の実施能力、5)政治体制の影響を受けない行政継続性、6)適切な投資計画と開発計画、に留意した検討を含める。
- ✓ また、ダムだけに頼らない多様な開発（河口堰、地下水、ため池、節水、ダム再生、海水淡水化、再利用、漏水対策）を検討する。

4.1.3 計画策定の基本条件等

(1) 計画目標年次

計画目標年次として、短期（2030年）・中期（2040年）・長期（2050年）を設定する。

(2) 用途別利水安全度、水利用の優先度の設定

フィリピン基準、貴機構案件やFAO、世銀等国际機関で推奨している利水安全度を参照し、関連機関との協議の結果、本調査で採用する利水安全度、水利用の優先度を以下のように設定する。

利水安全度 : 灌漑 1/5年渇水、上工水 1/10年

水利用の優先順位 : i)環境流量、ii)飲料用水、iii)農業用水、iv)工業用水

(3) 気候変動影響

計画策定に当たり、気候変動影響を考慮する。本計画では、気候変動影響予測データとして、PAGASAの「Observed Climate Trend and Projected Climate Change in the Philippines」レポート(2018)を参照し、その不確実性を考慮してRCP8.5(高位)シナリオの上・中・下3ケースの将来水資源賦存量変化を考慮する。

4.1.4 持続的な水資源開発・管理計画策定のための優先方針の設定

(1) 持続的水利用に向けての優先課題と対応

第3章までの検討結果を基に、優先水資源区に共通する持続的な水利用に向けた課題とその対応を下表に整理する。

表 4.1-3 持続的な水利用に向けた優先課題と基本方針

持続的水利用の優先課題	基本方針
水不足(需要面)	上工水、灌漑用水の需要管理
水不足(供給面)	水資源施設の開発 水資源涵養域の流域保全
地下水塩水化	地下水利用のモニタリング、規制 水源の地下水利用から表流水利用への変更
既存施設の老朽化	既存施設の更新、修復 貯水池堆砂対策の実施

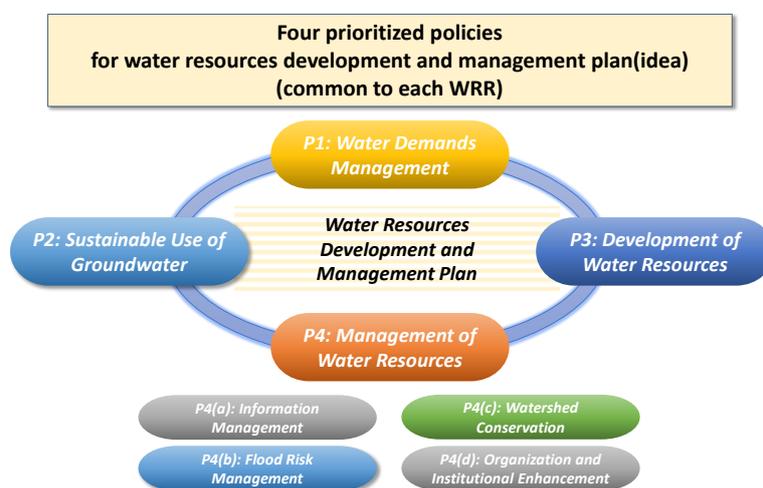
持続的水利用の優先課題	基本方針
組織・法制度の課題	統合水資源管理の実践（水源の多目的利用） 技術面、維持管理面の能力強化 事業実施における財務面の対応
環境社会配慮	提案される水資源開発・管理計画と優先事業に関するステークホルダー間の合意形成

出典: JICA 調査団

(2) 優先方針の設定

優先水資源区の持続的な水資源開発・管理計画策定のための4つの優先方針を設定する。

- 優先方針 1 (Priority Policy 1(P1)): Water Demands Management
- 優先方針 2 (Priority Policy 2(P2)): Sustainable Use of Groundwater
- 優先方針 3 (Priority Policy 3(P3)): Development of Water Resources
- 優先方針 4 (Priority Policy 4(P4)): Management of Water Resources



出典: JICA 調査団

図 4.1.1 優先水資源区の持続的な水資源開発・管理計画策定のための4つの優先方針

4.2 ステークホルダー会議

環境アセスメントの一環として、ステークホルダー会議（stakeholder meeting, 以下、「SHM」という）を通じて、計画・提案に対する各関係機関の懸念点・留意点等を把握し、優先水資源地域において最も実現可能かつ最適な事業コンセプトを検討した。各 SHM は、対面及びオンラインのハイブリッド形式で、以下のとおり合計2回実施した。

表 4.2-1 SHM の開催概要

		水資源区 VII	水資源区 XI	水資源区 V
第1回	日程	2022年9月8日	2022年9月15日	2022年12月7日
	会場	Quest Hotel @セブ市	Waterfront Insular Hotel @ダバオ市	NEDA V Regional Office @レガスピ市
	参加者	対面42名、オンライン88名、合計133名	対面41名、オンライン141名、合計182名	対面41名、オンライン93名、合計134名

		水資源区 VII	水資源区 XI	水資源区 V
	プログラム	- Opening Ceremony - Project Description & Initial Activities - Environmental and Social Consideration for the Project - Open Forum - Closing Remarks		
	開催目的	- 調査概要の説明及び進捗結果の共有 - 提案プロジェクトに関する利害関係者間の対立の回避 - 関係者からの意見、懸念点、推奨事項等の把握及び計画への反映		
第 2 回	日程	2023年4月19日	2023年5月9日	2023年4月25日
	会場	Quest Hotel @セブ市	Acacia Hotel@ダバオ市	NEDA V Regional Office @レガスピ市
	参加者	対面51名、オンライン61名、 合計112名	対面48名、オンライン102 名、合計150名	対面50名、オンライン64名、 合計114名
	プログラム	Opening Ceremony Regional Development Plan by NEDA Regional Office Survey Result & Priority Project Concept Open Forum Closing Remarks		
	開催目的	調査結果及び優先事業コンセプトの共有 提案事業コンセプトに関する利害関係者間の対立の回避 関係者からの意見、懸念点、推奨事項等の収集及び計画への反映		

出典: JICA 調査団

本 SHM での関係機関からの意見は本調査結果へ反映または将来的な推奨事項へ反映した（詳細は英文報告書を参照）。



出典: JICA 調査団

図 4.2.1 第 1 回 SHM の様子



出典: JICA 調査団

図 4.2.2 第 2 回 SHM の様子

4.3 優先水資源区 VII

4.3.1 水資源の現状

水資源区 VII の水資源開発・管理の現状と詳細水収支解析結果を前章第 3 章に取り纏めた。下表に水資源区 VII の各州、メトロセブ地区の 2050 年の将来気候変動シナリオにおける渇水安全度 5 年確率のケースの年間の表流水・地下水の水収支の解析結果を示す。

表 4.3-1 水資源区 VII における州別、メトロセブの年間水収支の総括表（2050 気候変動（現況）、1/5 年渇水年）

州、主要都市	2050 年時点の年間水収支 (MCM)		
	表流水	地下水	合計
セブ州	○ (+1,428)	× (-40)	○ (1,388)
(メトロセブ)	○ (+289)	× (-318)	× (-29)
ボホール州	○ (+2,267)	× (-76)	○ (2,191)
東部ネグロス州	○ (+2,874)	○ (+39)	○ (2,912)
シキホール州	○ (+75)	× (-2)	○ (+73)
水資源区全体 (水資源区 VII)	○ (+6,644)	○ (-80)	○ (+6,564)

出典: JICA 調査団

上表に示すように、地域全体では地表水ポテンシャルが豊富であるのに対し、地域全体では地下水ポテンシャルが著しく不足している。自治体別にみると、メトロセブでは水不足のリスクが高く、推定の年間地下水不足量は318 MCMとなる。

4.3.2 水資源開発・管理代替案の検討

(1) 新規水源地（ダム・堰・貯水池可能地点）図上調査、現地踏査

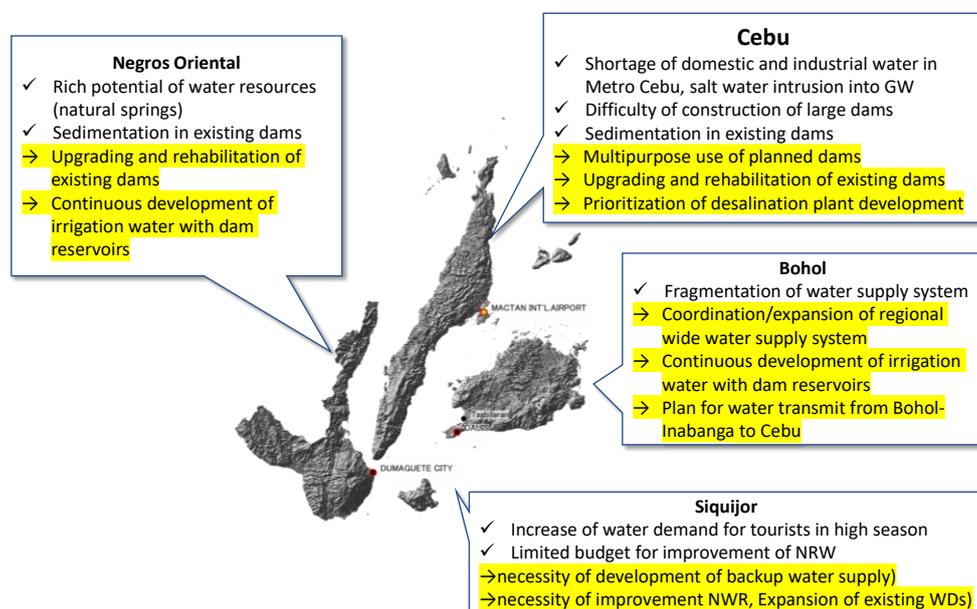
1998M/P の提案事業も含めた既存計画と新たに考えうる水源候補地に対し、関連情報を収集し、地形図、地質図、土地利用図を参照してダムまたは堰・導水路地点及び工事用道路の図上調査を実施した。その後、水源地の有力候補地点を絞り込んだ段階で、水資源区 VII では、セブ、ボホール、ネグロス東部、シキホールを対象に現地踏査、現地関連機関を行い、各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略を整理した。下表、下図に水資源区 VII の現地調査と水資源評価結果の総括を示す。

表 4.3-2 水資源区 VII の各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略

地区	項目	内容
セブ	現状	<ul style="list-style-type: none"> - セブでは比較的河川の流域が小さく急峻で、水ポテンシャルが小さい。 - メトロセブでは水需要の伸びに対し、MCWD が地下水、表流水を水源としたバルクウォーターの開発や海水淡水化プラント開発が行われているが不足が生じている。 - 灌漑施設は小規模な堰や貯水池により開発がされているが比較的小規模。
	課題	<ul style="list-style-type: none"> a. 水不足が深刻で、将来も更に上工水需要増や気候変動の影響で悪化が見込まれる。 b. 地下水過剰利用により塩水化が進行している。 c. 主要水源の既存ダムが老朽化（MCWD プヒサン）、堆砂問題（NIA カナスアン）を抱えている。 d. 既往のダム計画が、社会環境面、流域転流の合意形成、政治面で課題があり実行に至らない。
	対策工の戦略	<ul style="list-style-type: none"> a. 現状の計画の推進（海水淡水化、バルクウォーター開発） b. 地下水のモニタリング・規制（現状維持、あるいは地下水から表流水への転換） c. 主要水源の既存ダムのリハビリ、堆砂対策 d. 現実的なダム計画の見直し（社会影響緩和のためのダウンサイズ、多目的な統合利用）
ボホール	現状	<ul style="list-style-type: none"> - 表流水の水ポテンシャルは豊富である。 - NIA がダムによる大規模な灌漑開発を行っており、今後も継続した開発が計画されている。 - 観光地の水需要が高い。 - ボホールからセブへの導水計画がある（イナバンガダム開発）
	課題	<ul style="list-style-type: none"> a. 主要水源の既存ダムの堆砂問題（マリナオ）や、ダム群の水運用の効率の低さが指摘されている。 b. 都市部の給水システムの断片化 c. ボホール導水計画は流域、島嶼間の導水大事業であり、合意形成が進まず実現に至らない。 d. 地下水は将来も水収支がバランスする見込みであるが、観光地で低下リスクがありモニタリング必要。
	対策工の戦略	<ul style="list-style-type: none"> a. 表流水ポテンシャルはあり、既往の灌漑開発計画の継続、②既存ダム群の堆砂対策や運用改善による水利用率の向上 b. WD の統合、広域化 c. ボホール導水事業に係るイナバンガ流域の統合水資源管理（公平公正な水開発）導入による事業促進 d. 都市部での地下水モニタリング

地区	項目	内容
ネグロス東部	現状	- 表流水の水ポテンシャルは豊富である。 - NIA がダムによる大規模な灌漑開発を行っており、今後も継続した開発が計画されている。 - 給水事業としてドゥマゲティで PPP による運営管理。
	課題	a. 主要水源の既存ダムの堆砂問題。 b. 地方の給水設備の老朽化、NWR の高さ
	対策工の戦略	a. 表流水ポテンシャルはあり、既往の灌漑開発計画の継続、②既存ダム群の堆砂対策や運用改善による水利用率の向上
ネグロス東部	現状	- 表流水、地下水ともに比較的豊富である。 - 湧水や地下水による給水、小規模灌漑開発。ダムは無し。
	課題	a. 観光シーズの水需要の増加による一時的な水不足 b. 給水設備の老朽化、予算不足で拡張、修復が十分にできないため NWR が高い
	対策工の戦略	a. 観光シーズンの一時的な需要を賄うバックアップ水源の確保 b. 給水施設のリハビリ、拡張。WD の統合、運営支援

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.3.1 水資源区 VII の現地調査と水資源評価結果の総括

(2) 新規水源開発オプションの代替案立案

図上調査、現地踏査結果をもとに下表に示す個別の対策案に対し 1 次スクリーニングとして各対策案の採用可能性の比較検討を行い、現実的に採用可能性のある対策を複数案選定した。

メトロセブでは、地下水の塩分侵入が現在問題となっているため、地下水開発は適切ではなく、現在 MCWD で計画されている将来水資源開発プログラムに則って海水淡水化プラントの建設が適用可能な選択肢であると考えられる。

表 4.3-3 水資源区 VII おける水源・利水施設の個別対策案の1次スクリーニング結果

対策案	表流水開発				地下水開発		海水淡水化	需要管理	下水再生
	ダム・貯水池	可動堰	小規模貯水池	流域導水	浅層	深層			
概要	流量の季節変動を調節	既存の上工取水と灌漑実績	既存の灌漑調整として実績有	流域変更を伴う計画	現況の地下水利用	現況より深層の地下水利用	海水・汽水の淡水化利用	節水、漏水対策、雨水利用など	下水の再生としての利用
									
採 用 可 能 性	短期	×	◎	○	×	×	○ (セブ)	◎	×
	中期	○ (ダム再生)	○	○	×	×	△	◎	×
	長期	○(マナंगा2,コトコトダム)	○	○	○ (ボホール-セブ導水)	×	△	◎	○ (セブ)

凡例:◎非常に有効、○有効、△やや有効。×検討対象外

出典:JICA 調査団

(3) 代替案の水収支解析

短期、中期、長期の段階的開発を考慮した対策オプションを組み合わせた基本案を想定し、その水収支上の効果を評価し、開発可能な水量や施設の規模の検討を行う。

1) 水の需給バランスを考慮した将来水収支改善対策のアプローチ

セブ州の検討事例を参照し、水の需給バランスを考慮した将来水収支改善対策のアプローチを説明する。

(A) 現計画の水需給バランス

現時点で、水需要量が供給可能水量を上回っており、約 293MCM/年の給水能力不足の状態となっている。加えて、現在のセブ島の給水開発計画（海水淡水化など）に基づき約 133MCM/年の新規水源開発を進めたとしても、2050年時点で、不足量約 247MCM/年であり水給水能力不足の状態は解消されない。

(B) 対策1（需要管理対策）実施時の水需給バランス

水収支改善対策の最初の対策として、まず水需要の管理対策導入を検討する。

需要の抑制策として、後述 4.3.3(4)に述べる上工水の需要抑制対策（節水、無収水対策強化）、4.3.3(3)に述べる灌漑用水の需要抑制対策（ITS 導入による灌漑効率改善）などの実施が考えられる。これらにより、セブ島のケースでは、将来の水需要量を約 16%程度低減することが期待できる。

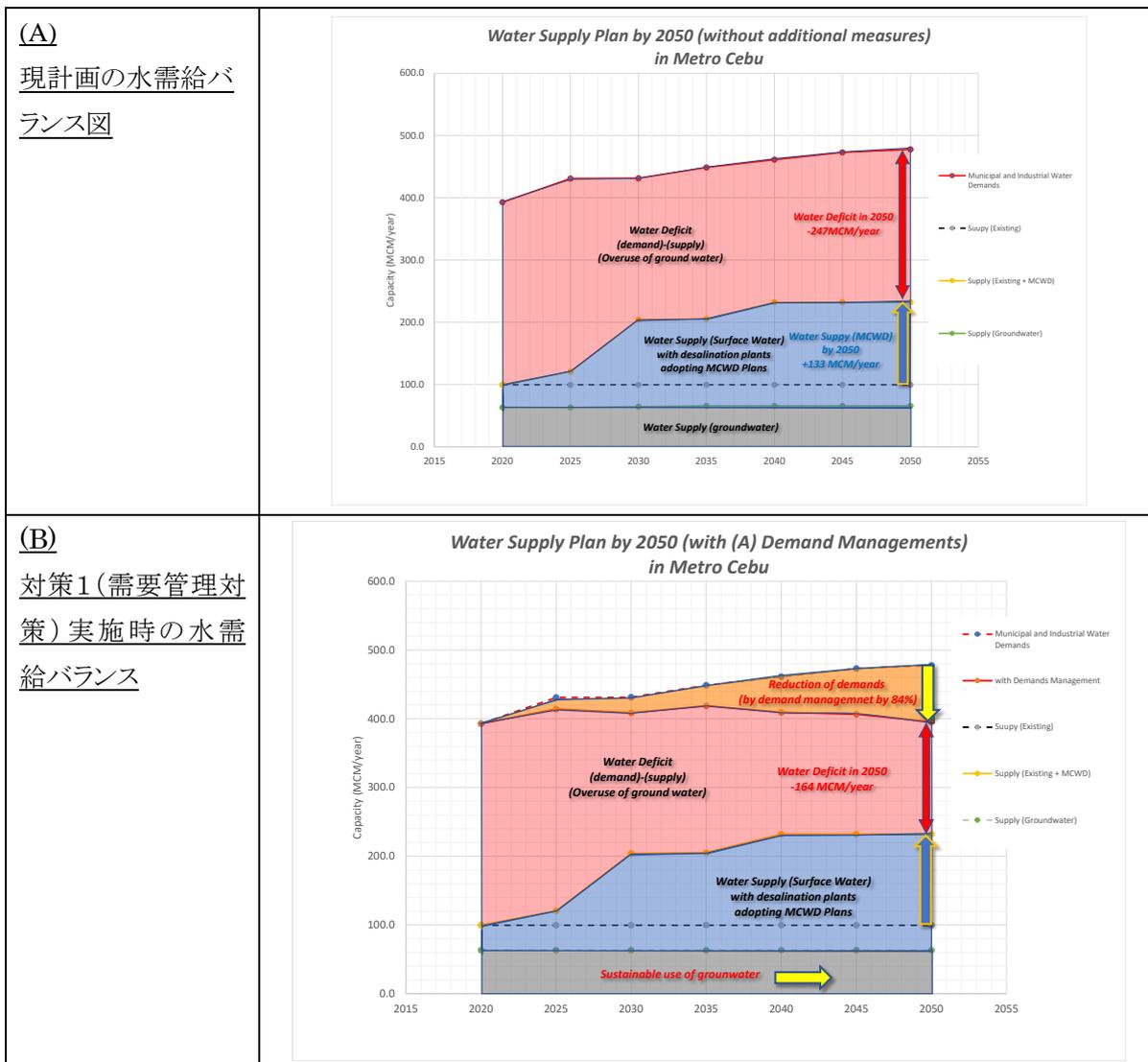
また、地下水については、現状を超える需要の増加は許容しない（最低限、現状を維持する）方針とする。ただし、地域によっては、適切な地下水モニタリングのもと、地下水賦

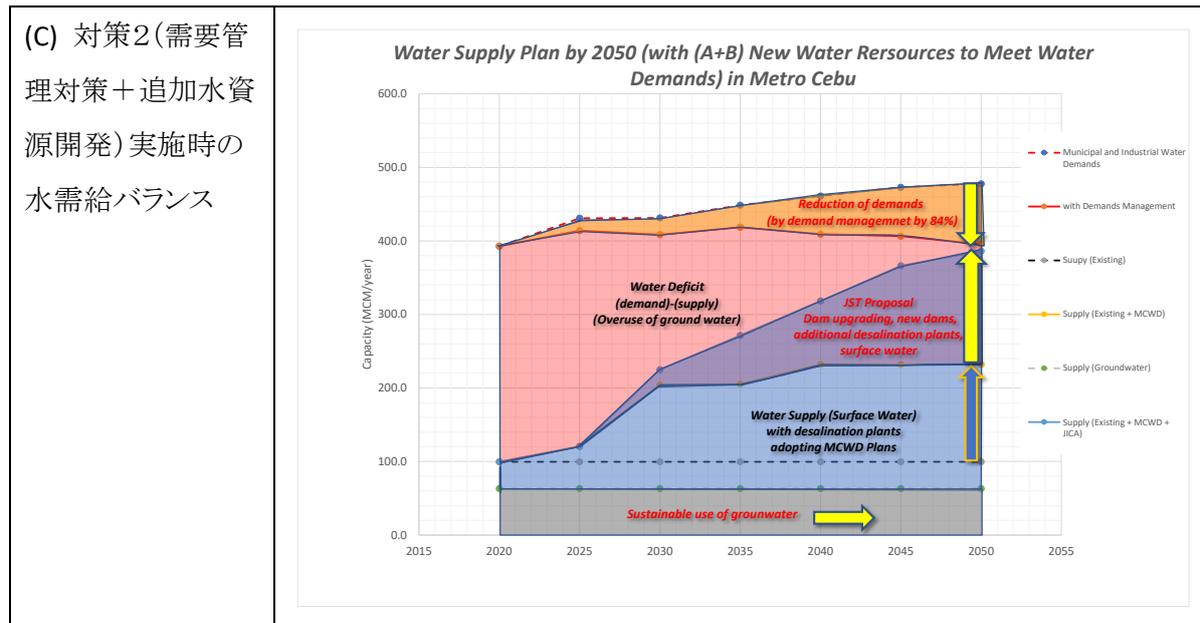
存量の評価に応じて、地区ごとに地下水供給量の抑制（低減：表流水への転換）や地下水開発オプションの適用もありうる。

しかしながら、2050年時点の水供給能力の不足量は約164MCM/年であり、水不足の状態はまだ解消に至らない。

(C) 対策2（需要管理対策+追加水資源開発）実施時の水需給バランス

上述の水需要管理対策案を実施しても発生する供給可能水量の不足を賅うため、追加の水資源開発(164MCM)として、上述の1次スクリーニングを通過した適用可能性のある代替案をリストアップし、それぞれの案の開発規模や適用性を個別に検討した上で、不足量を賅う対策の組み合わせを検討し、提案する。





出典: JICA 調査団

図 4.3.2 水収支改善策のコンセプトと手順（セブ地区の例）

2) 貯水池必要容量の計算

前述の将来 2050 年の水需給バランスにおいて、水需要管理事業を実施したとしても生じる不足量を賄うために必要な開発水量を算定する為、上流の計画ダム地点を想定して、貯水池による開発水量を以下の条件を適用し検討を行った。

- ・ 利水安全度 : 1/10 年(上工水)
- ・ 開発地点 : 上流の計画ダム地点 (以降 4.3.3(2)節参照)
- ・ 算定方法 : 水収支計算モデル (SHER) により算定した 42 年分 (1981 年~2022 年) の日流量データを用いてダム地点での貯水池運用計算を行い、所要の利水安全度を満たすための貯水池からの補給量 (開発可能流量) を算定する。詳細は附属報告書 ANNEX D Chapter 13 に示す。

(4) 代替案の比較検討

1) 評価基準

水資源開発・管理計画 (案) 策定ならびに優先プロジェクト選定のため、NEDA および NWRB との一連の協議を経て、下表に示す評価基準を設定した。

表 4.3-4 水資源開発・管理計画（案）策定ならびに優先プロジェクト選定の評価基準

評価項目	重み	評価基準の内容
ニーズ、緊急性	2.5	水問題の緊急性、実施計画の熟度 洪水リスク管理を含む場合 1 ポイント計上
年間開発水量	1.5	開発水量、水供給地区の規模と人口
単位水量当たりの開発費用	1.0	経済性(単位水量当たりの開発費用)
技術的難易度	0.5	開発・管理施設の型式による事業実施に必要な技術能力の程度
実施組織	1.0	水資源開発事業の実施主体とその能力(技術面と財務面)
環境社会配慮	2.0	移転、用地取得の規模、環境保全区、保護種、先住民等への影響
持続性	1.5	将来の地下水利用面、事業実施主体の技術面、財務面の運営・維持管理能力

出典:ICA 調査団

2) 水資源開発・管理のための代替案オプションの設定

前述の詳細水収支計算、机上調査、現地踏査、関係機関へのヒアリング結果を踏まえ、水資源区 VII における各地区の水資源開発の代替オプションを以下のように設定した。

表 4.3-5 水資源区 VII における水資源開発・管理のための代替案の設定

セクター	代替案	セブ	ボホール	ネグロス東部	シキホール
表流水開発	ダム・ため池 (利水)	Mananga II	-	-	-
	ダム・ため池 (灌漑)	Kotkot, Launyon	Hibale, Mandaung, Catungawan, San Isidro Banlasan, Bagasico, Cabatang	Kinalan, Cebuay, Canaway, Bio- os Dam	-
	既存ダム再生	Buhisan (upgrade) Canausan(upgrade)	Malinao, Bayongan (upgrade)	Dauin, Calango, Nasig-id Dam	-
	流域間導水	Inabanga Dam with Bohol Conveyance	Inabanga Dam with Bohol Conveyance	-	-
	灌漑頭首工	NIA's plan (SRIP/IP)			
地下水開発・管理	深井戸、地下水涵養施設				
給水施設の開発・管理	バルクウォーター給水、海水淡水化、下水再生利用				
水需要管理	都市用水・工業用水	無収水対策、節水促進、工業用水の再利用、雨水利用、地下水管理			
	灌漑用水	灌漑近代化、灌漑水路の漏水対策			

出典:JICA 調査団

3) 代替案比較結果

前述の評価基準を適用して、各セクターの代替オプションの比較評価を行った。比較の結果、下表に示す水資源開発対策と水資源管理対策を選定した。ロードマップを図 4.3 3 に示す。

表 4.3-6 水資源区 VII における水資源開発のための代替案の選定結果

No	水資源開発対策	地区 (州)	関連組織	セクター/ 目的	実施時期		
					短期	中期	長期
1	Construction of Mananga II Dam (Low)	セブ	MCWD	WS	● Study	●	-
2	Construction of Kotkot Dam	セブ	MCWD	Multi,W S/IR/FC	-	● Study	●
			NIA7				
3	Construction of Inabanga Dam w/ Bohol Conveyance	ボホール	MCWD/ Related Water Utilities	Multi WS/FC	-	● Study	●
4	Upgrading of Buhisan Dam	セブ	MCWD	WS	Study	○	-
5	Upgrading of Canasuan Dam	セブ	NIA7	IR	Study	○	-
6	Bulk Water Development	全地区	Related Water Utilities	WS	●	○	○
7	Construction of Desalination Plants	セブ	MCWD	WS	●	○	○
8	Recycle of Sewerage Water	セブ	-	WS	-	-	○
9	Construction of Irrigations Dams, Ponds	ボホール/ネ グロス	NIA 7	IR	● Study	○	
10	Upgrading of existing dams	ボホール/ネ グロス	NIA 7	IR	Study	○	
11	Groundwater development (deep wells)	ボホール/ネ グロス/シキ ホール	Related Water Utilities	WS/GW	●	○	○

注: ●既存計画あり、○新規提案計画、WS:給水、IR:灌漑、FC:治水

出典: JICA 調査団

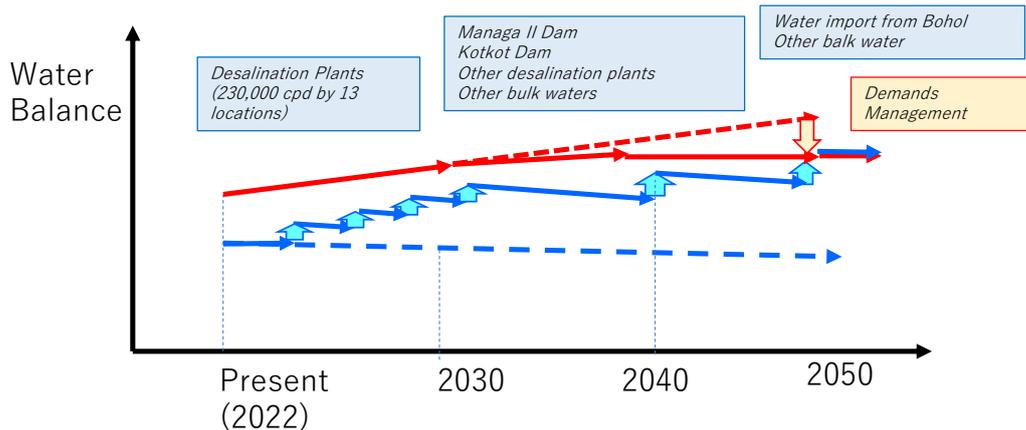
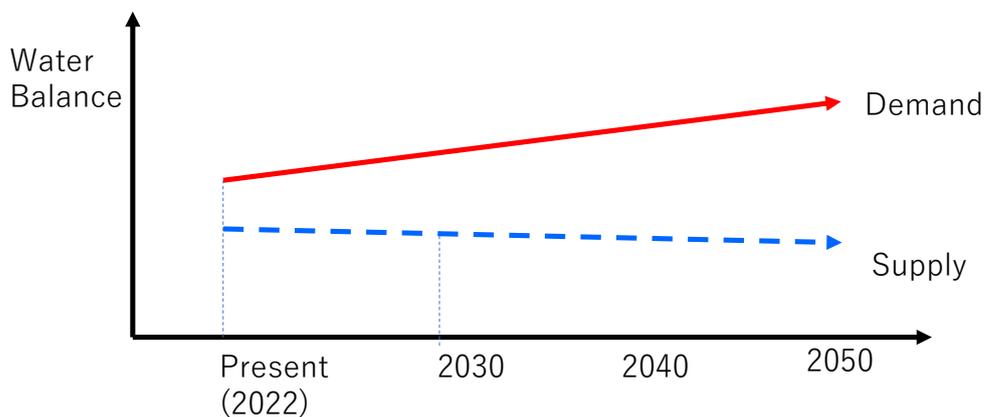
表 4.3-7 水資源区 VII における水資源管理のための代替案の選定結果

No	水資源管理対策	地区	関連組織	セクター/ 目的	実施時期		
					短期	中期	長期
1	Measures for Non-Revenue Water	all	Related Water Utilities	WS	○	○	○
2	Promotion of Water Saving	all	Related Water Utilities w/ Public Promotion Activities	WS	○	○	○
3	Improvement of Recycle Rate of Industrial Water	all	Industrial Water Users	WS	○	○	○
4	Measures for Water Leakage of Irrigation Canals	all	NIA & Related Irrigation Associations	IR	○	○	○
5	Modernization of Irrigation System	all	NIA & Related Irrigation Associations	IR	○	○	○
6	Rainwater Harvesting	all	Related Irrigation Associations	SW	○	○	○
7	Monitoring of Groundwater	all	NWRB	GW	○	○	○
8	Regulation of Groundwater Use	all	NWRB	GW	○	○	○

注: ○新規提案計画、WS:給水、IR:灌漑、FC:治水、GW:地下水

出典: JICA 調査団

Plan	Short (2023-30)	Middle (2031-40)	Long (2041-50)
P1: Management of Water Demands	Management of Domestic and Irrigation Water Demands		
P2: Sustainable Use of Groundwater	Monitoring/ Regulation of GW		
P4: Management of Water Resources	Managements of Information, Flood Risk, Watershed Conservation, Organization and Institution, rainwater harveting		
P3: Development of Water Resources	Desalination Plants (short)	Desalination Plants (Middle)	Desalination Plants (Long)
	Bulk Water Intakes (short)	Bulk Water Intakes (Middle)	Bulk Water Intakes (Long)
	Upgrading of Existing Dams (Buhisan/Canasuan)		
	Mananga II Dam (low)		
	Kotkot Dam (Multi-purpose)		
	Inabanga Dam (Water Import from Bohol)		
			Reuse of Sewerage Water



出典: JICA 調査団

図 4.3.3 水資源区 VII の水資源開発・管理計画ロードマップ (案)

4.3.3 水資源開発・管理計画案

上記までの検討で提案した目標年次 2050 年までの水需給ギャップを解消するための水資源開発オプションに基づいた水資源開発・管理計画（案）を作成する。各計画の内容は、本調査を通じて得られた各々の現状、課題、検討結果、計画面（短期、中期、長期計画）、管理面の提言を要約する程度とし、今後のフィリピン側協力機関の計画更新に資するものとする。

表 4.3-8 水資源開発・管理計画（案）の構成

水資源開発・管理計画（案）	内容	関連機関
1.水需要管理計画	節水、無収水対策、灌漑近代化、漏水対策など	NWRB,NIA 他
2.地下水開発・管理計画	地下水開発・管理オプション、実施計画	NEDA、NWRB
3.表流水開発計画		
3-1:ダム貯水池開発	水収支、表流水開発オプション、実施計画	NEDA, NWRB,NIA,WDs
3-2:灌漑開発計画	灌漑開発管理オプションと実施計画	DA,NIA
3-3:都市用水・工業用水管理計画	都市用水開発・管理オプションと管理計画	WDs, LGUs, LUWA
4.水資源管理計画		
4-1. 水資源情報管理計画	水文気象、地下水、水利権、リモートセンシングデータ等の現状、管理方法、活用方法	NEDA,NWRB, PAGASA, DPWH
4-2. 洪水リスク管理計画	洪水リスク管理の現状と課題、管理の提言	DPWH
4-3. 流域環境保全計画	環境社会の現状と課題、管理の提言	DENR
4-4. 組織・法制度計画	現状と課題、組織法制度改善向けの提言。提案が既存の行政枠組を超える場合は実施体制、維持管理体制を含む。	NEDA/NWRB 他

出典：JICA 調査団

(1) 水需要管理計画

1) 水需要管理（都市用水、上水）

都市用水、工業用水の需要管理対策としては、以降(5)都市用水・工業用水管理計画で述べる節水や無収水対策の強化が考えられる。削減効果は、下表に示すように、水資源区 VII 全体で合計 16%と算定される。

表 4.3-9 水資源区 VII における水需要管理（都市用水、工業用水）の効果

Water Resource Region		Municipal & Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)							Reduction Effect in 2050
		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
WRR VII - CENTRAL VISAYAS	Baseline	578	617	625	656	682	710	728	100%
	Water Saving	578	597	596	616	626	637	639	88%
	Improvement NRW	578	617	625	656	667	688	697	96%
	Water Saving + Improvement NRW	578	597	596	616	613	619	614	84%

出典：JICA 調査団

2) 水需要管理（灌漑用水）

灌漑用水の需要管理対策としては、以降(4)灌漑計画で述べる水路漏水対策、ITS 導入による灌漑効率向上が考えられる。削減効果は、下表に示すように、水資源区 VII 全体で合計 7.9%と算定される。

表 4.3-10 水資源区 VII における水需要管理（灌漑用水）の効果

Province	Irrigated Area (ha)		Without measures	With measures	Without - With	
	Wet	Dry	Irrigation Water Demands in 2050 (MCM)		Reduction of Irrigation Water Demands in 2050 (MCM)	
Bohol	24,910	22,321	560	495	64	11.5%
Cebu	6,949	6,029	146	144	2	1.3%
Negros Oriental	10,809	10,804	279	263	16	5.7%
Siquijor	665	321	13	13	0	0.0%
Negros Occidental	5,305	3,746	132	126	7	5.1%
Total	48,637	43,221	1,131	1,042	89	7.9%

出典: JICA 調査団

(2) 地下水管理計画

地下水資源を持続的に利用するためには、地下水観測網の確立による地下水環境の把握が不可欠であるが、現時点で継続的に利用できる観測井戸は、メトロセブおよびタグビラランの限られた地域に設置されているのみであり、水資源区全体の現況把握は困難な状況である。

また、メトロセブやセブ島南東の海岸部、タグビラランなどでは、今後 2050 年まで地下水需要の増加に伴い地下水揚水量が増加し続けた場合、過剰揚水による地下水位の低下が想定される。

過剰揚水に関連する問題として、塩水侵入がメトロセブやタグビラランで確認されているほか、地下水位低下の発生域では地盤沈下や陥没が生じる懸念もある。

上記問題の現状を把握したうえで持続的な地下水開発を進めるため、地下水管理として、①地下水観測網の整備および②現在の地下水環境（水理地質構造、揚水量等）を把握するための地質・水文調査、③地下水リスク評価を最優先に実施する計画を提案する。

(3) 表流水開発計画

水資源区 VII の地表水開発計画として、第 3 章に記載されている現在および計画中のダムと貯水池の一次審査で、以下のダムを選択した。これらのダムについて、配置、規模、および概略建設費について予備的に検討した。各ダムのダム断面、水利用施設、堆積、再定住、および提案されたダムの貯水池の土地取得は、附属報告書 ANNEX G に示す。

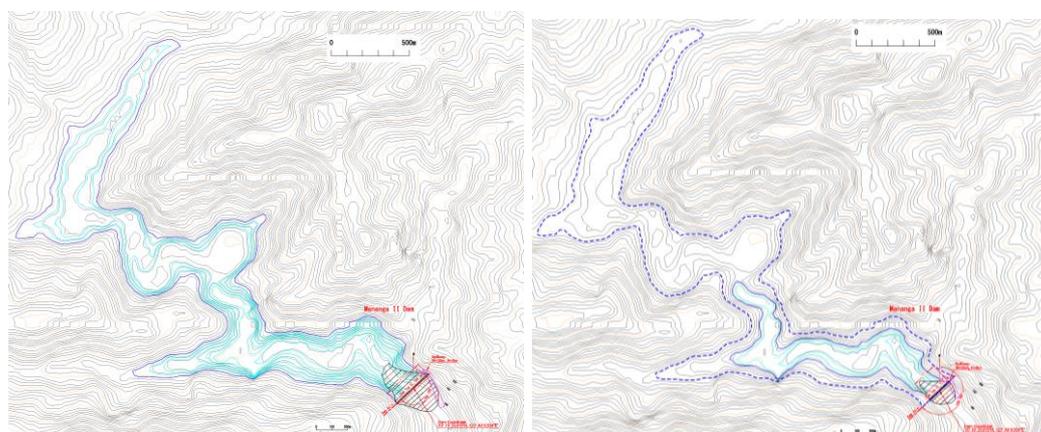
表 4.3-11 優先検討ダムのリスト (水資源区 VII)

Name of Island	Cebu	Cebu	Cebu	Cebu	Bohol
Name of Dam	Mananga-II (High)	Mananga-II (Low)	Kotkot	Buhisan (Redevelopment)	Inabanga
Name of River	Mananga	(Same as left)	Kotkot	Kinalumsan	Inabanga
Catchment Area	68 sq. km	(Same as left)	19 sq. km	-	544 sq. km
Flood Discharge (100-Yr Design)	850 cu. m/sec	(Same as left)	300 cu. m/sec	-	2,360 cu. m/sec
Dam Type	Rockfill	(Same as left)	Rockfill	Concrete Arch	Rockfill
Dam Height (Approximately)	80m	40m	60m	31m	40m
Dam Top Elevation	EL. 154.5m	EL. 114.5m	EL. 287.5m	EL. 108.3m	EL. 66.5m
Dam Crest Length	278m	167m	509m	65m	161m
Dam Volume	2.4 M. cu. m	0.4 M. cu. m	2.3 M. cu. m	-	0.4 M. cu. m
Upstream Slope ratio	1:3.0	(Same as left)	1:3.0	-	1:3.0
Downstream Slope ratio	1:2.5	(Same as left)	1:2.5	-	1:2.5
Foundation bedrock Elevation	EL. 70.0m	(Same as left)	EL. 220.0m	-	EL. 20.0m
Foundation bedrock properties	good sedimentary rock outcrops	(Same as left)	good sedimentary rock outcrops	-	---
Channel bottom Elevation (Crest EL. Spillway)	EL. 145.5m	EL. 105.5m	EL. 287.5m	-	EL. 55.5m
Area of Reservoir	130.8 ha	30.2 ha	61.5 ha	-	136.3 ha
Capacity of Reservoir	39.7 M. cu. m	5.8 M. cu. m	15.2 M. cu. m	0.23 M. cu. m (Current Status)	26.8 M. cu. m
Minimum Operation WL. (MOL)	WOL. 88.1m	WOL. 88.1m	WOL. 239.2m	-	WOL. 39.5m
Dead Storage Volume	0.67 M. cu. m	0.67 M. cu. m	0.27 M. cu. m	-	3.35 M. cu. m
Dam Coordinates (Latitude)	10° 19' 33.816"N	(Same as left)	10° 27' 11.566"N	10° 18' 48.708"N	9° 58' 25.346"N
Dam Coordinates (Longitude)	123° 49' 6.534"E	(Same as left)	123° 53' 8.469"E	123° 50' 54.672"E	124° 9' 13.869"E
Total Construction Cost	4,715 M. PHP	781 M. PHP	4,624 M. PHP	-	859 M. PHP
Dam Volume	2,375,254 cu. m	393,594 cu. m	2,329,518 cu. m	-	432,928 cu. m

出典:JICA 調査団

1) マナンガ II ダム

ダム軸の位置は、JICA(2015)報告書で提示されたマスタープランに基づき、セブ市の西、マナンガ川の上流に位置する。既往計画のダム高 80m 案 (マナンガ II ダム (高)) と水没家屋の減少させるためダム高 40m と抑えた案 (マナンガ II ダム (低)) を検討した。

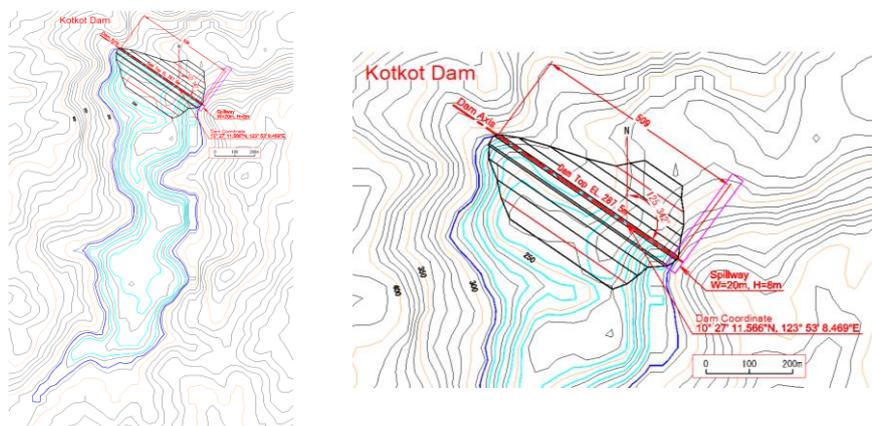


出典:JICA 調査団

図 4.3.4 貯水池およびダム平面図 (左: マナンガ II ダム(高)、右: マナンガ II ダム(低))

2) コトコトダム

ダム軸の位置はNIA-7(2022年8月)レポートに基づき、ダムの場所は、セブ市北部のコトコット川の上流部に位置する。ダム施設の配置図を以下に示す。



出典:JICA 調査団

図 4.3.5 貯水池およびダム平面図(コトコトダム)

3) ボホール島のイナバンガダム

ダム軸は、既往報告書(1994年3月)に基づき、イナバンガ市の東、イナバンガ川の上流に位置する。水はイナバンガダムからイナバンガ川河口の水処理場に運ばれ、処理場からタンカーでセブ市に処理水を輸送する計画である。位置図とダム施設配置図を以下に示す。



出典:JICA 調査団

図 4.3.6 位置図、貯水池およびダム平面図 (イナバンガダム)

4) 概略建設費

概略建設費は、本調査で得られた現在建設中のイビンガダム(NIA)の BOQ を参考に検討した。ダム送水路の建設費は、パイプラインユニットとして見込んでいる。優先検討ダムの概略建設費を表 4.3.12 に示す。この概略建設費には水処理施設の建設・改修費用、イナバンガ市内の輸送費は含まれていない。

表 4.3-12 優先ダムの推定建設費

Name of Island	Cebu	Cebu	Cebu	Cebu	Bohol
Name of Dam	Mananga-II (High)	Mananga-II (Low)	Kotkot	Buhisan (Redevelopment)	Inabanga
Name of River	Mananga	(Same as left)	Kotkot	Kinalumsan	Inabanga
(1) Total Construction Cost	4,715 M. PHP	781 M. PHP	4,624 M. PHP	-	859 M. PHP
Dam Volume	2,375,254 cu. m	393,594 cu. m	2,329,518 cu. m	-	432,928 cu. m
Temporary works	49.9 M. PHP	8.3 M. PHP	48.9 M. PHP	-	9.1 M. PHP
Dam area	1,577.2 M. PHP	261.3 M. PHP	1,546.8 M. PHP	-	287.5 M. PHP
Spillway area	1,674.6 M. PHP	277.5 M. PHP	1,642.3 M. PHP	-	305.2 M. PHP
Outlet works	1,325.4 M. PHP	219.6 M. PHP	1,299.9 M. PHP	-	241.6 M. PHP
Other works	87.9 M. PHP	14.6 M. PHP	86.2 M. PHP	-	16.0 M. PHP
Water Supply Distance	3.9 km	3.9 km	15.0 km	0.0 km	0.0 km
(2) Water Supply Line Cost	172 M. PHP	172 M. PHP	662 M. PHP	0 M. PHP	0 M. PHP
Grand Total (1)+(2)	4,887 M. PHP	953 M. PHP	5,286 M. PHP	0 M. PHP	859 M. PHP

出典: JICA 調査団

(4) 灌漑計画

ボホール州と東ネグロス州の灌漑開発は米の需要供給の現状を改善する上で重要である。NIA は両州で多くの小規模貯水池灌漑計画 (SRIP) を優先事業として提案している。既存の小規模貯水池灌漑組織の改善事業を含め SRIP の実施に当たっては、流域管理計画の実施と適正な用水管理のための灌漑テレメーター施設の導入を合わせて行うことが不可欠である。

(5) 都市用水・工業用水管理計画

都市用水・工業用水に係る事業コンセプトとしては、無収水削減対策、節水活動促進、海水淡水化技術導入、下水再生利用技術導入、工業用水改修利用技術導入が挙げられる。このうち効果が高く、実現性の高い無収水削減対策と節水活動促進を優先事業コンセプトとして選定した。各事業コンセプトの対象都市、水需要節減効果、概算事業費、実施可能性評価を以下に示す。

表 4.3-13 都市用水・工業用水事業コンセプトの概要

Priority Project Concept	Reduction of NRW	Promotion of Water Saving Activity	Introduction of Desalination Technology	Recycling of Sewerage Water	Recycling of Industrial Wastewater
Target City	Large Scale Major Municipalities (Metro Cebu, Bohol, Dumaguete, Siquijor)	All Municipalities	Cebu City	Cebu City	-
Reduction Effect (2050)	WRR VII: 31 MCM	WRR VII: 89 MCM	WRR VII: 5 MCM(Cebu)	WRR VII: 18 MCM (Cebu)	-
Very Rough Project Cost	9.2 billion PHP	(It is included in municipalities public relations budget)	4.4 billion PHP	2.3 billion PHP (This does not include sewerage development cost)	-
Feasibility	Low (NRW 20% is a high target, but the alternative is an even higher target of 10%.)	Middle (No typical project cost and water demand per capita is already declining in other countries.)	Middle (Although the project cost is high, there are already examples of installation in Cebu.)	Low (Progress of sewerage project, which is required for sewerage water recycle, is uncertain.)	-

出典: JICA 調査団

(6) 情報管理計画

現在、気象・降水観測データは PAGASA、DOST-ASTI、NIA、NPC、FMB、LGU など多くの機関で観測されているが、それぞれが個別に観測・管理している。

そのため、貴重な観測データを総合的に活用することができていない。統合的な水資源管理のためには、これらの観測データを一元管理し、過去の観測データとリアルタイムの観測データを水資源管理者がいつでも一元的に参照できるようにすることが望ましい。

また、洪水予報と早期洪水警報システムの開発も重要である。近年、観測された雨量や河川水位のほか、欧州中期気象予報センター (ECMWF) による再解析雨量予報データや、USGS (CHIRPS) などの商用衛星による衛星雨量予報データも活用されてきている。また、AI 技術を活用した河川水位・流量予測システムの構築が望まれる。

GIS データ (特に土地利用/土地被覆図など) は更新されない場合がある。また、地質図、土壌図、水理地質図などはデジタルデータではない場合がある。また、より詳細なデジタル地質図、土壌図、水文地質図、環境図、土地利用・土地被覆図、衛星画像、デジタル標高データ、河川流域図、河川線、河川構造位置を更新し、一元管理することが望まれる。

表 4.3-14 優先水資源区の情報管理計画 (案)

項目	短期(2030)	中期 (2040)	長期 (2050)
共通 (構造物対策)	<ul style="list-style-type: none"> テレメータ式自記雨量計、自記水位計、非接触電波流速計、簡易ライブカメラの設置 XバンドまたはCバンドレーダー雨量計の設置 リアルタイムまたはテレメータ式短期雨量、水位、流量、地下水水位、表流水および河川水質表示システムの構築 テレメータ式地下水水位および地下水水質モニタリング井戸の構築 		
共通(非構造物対策)	<ul style="list-style-type: none"> 河川水位観測、河道横断測量、流量観測およびH-Q曲線の作成 気象、水文、水文地質データ・情報の中央集中モニタリング・管理システムの構築 過去の気象・水文データ、ダム/堰の運用データのデジタル化 時空間的に詳細な気候変動データのWebサイト構築 地下水水位、地下水水質、水文地質データ、地質データ、ボーリングデータ、井戸揚水試験データのモニタリングおよび収集 より詳細な地質、土壌、水文地質、環境、土地利用/土地被覆、河川構造物の位置情報、衛星データのGISデータのアップデートおよび中央集中管理 観測雨量・観測河川水位、再解析予測雨量または衛星予測雨量データを用いた洪水予警報システムの構築 AI技術を用いた河川水位および河川流量予測システムの構築 能力向上 		
気象・水文データ・情報管理	<ul style="list-style-type: none"> テレメータ式自記雨量計、自記水位計、非接触電波流速計、簡易ライブカメラの設置 リアルタイム気象・水文、ダム・堰運用データ監視 河道横断測量、流量観測、H-Q曲線作成 	<ul style="list-style-type: none"> テレメータ式自記雨量計、自記水位計、非接触電波流速計、簡易ライブカメラの設置 XバンドまたはCバンドレーダー雨量計の設置 	<ul style="list-style-type: none"> XバンドまたはCバンドレーダー雨量計の設置
気候変動データ・情報管理	<ul style="list-style-type: none"> 時空間的に詳細な気候変動データWebサイト構築 	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動Webサイトのアップデート 	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動Webサイトのアップデート
地下水・水文地質データ・情報管理	<ul style="list-style-type: none"> 過去の気象・水文、ダム堰運用データおよび地下水データのデジタル化 地下水水位観測井戸設置 地下水水位・水質、ボーリング、揚水試験データ収集 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位・水質モニタリング井戸の増設 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位・水質モニタリング井戸の増設

項目	短期(2030)	中期 (2040)	長期 (2050)
洪水予警報システム	<ul style="list-style-type: none"> 洪水予警報システム 再解析または衛星予測雨量データの活用 AI 技術を用いた河川水位・流量予測システム構築 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水予警報システムのアップデート 再解析または衛星予測雨量データの活用 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水予警報システムのアップデート 再解析または衛星予測雨量データの活用
GIS・地図情報・データ	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地質、土壌、水文地質、環境、土地利用/被覆図などのアップデートおよび集中管理 能力向上 	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地質、土壌、水文地質、環境、土地利用/被覆図などのアップデートおよび集中管理 能力向上 	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地質、土壌、水文地質、環境、土地利用/被覆図などのアップデートおよび集中管理 能力向上

註 ARG: telemetric automatic rainfall gauge, AWLG: the telemetric automatic water level gauge, ARCM: the non-contact radar sensor automatic radio current meter, RSLC: the simple river surveillance live camera.

出典：JICA 調査団

(7) 洪水リスク管理計画

洪水リスク管理における課題について、特に洪水リスク管理の重要性が流域として着目した中央セブ流域における課題を整理した。また、次の提言を行った。

■全国共通の提言

- フィリピンでは、主要河川流域を中心に統合流域管理を実施しているものの、流域管理に携わる政府機関が多岐にわたり、流域スケールで計画や事業が適切に調整できていない。より効果的かつ効率的な統合流域管理計画の策定のためには、計画初期段階から関係機関と緊密な計画の調整を行うか、あるいは統合流域管理計画を策定する機関を一元化する必要がある。
- フィリピンでは、河川管理者が一元化されておらず、DPWH と LGUs が河川管理の責任機関となっている。しかしながら、DPWH と LGUs の間の調整が十分にとれておらず、治水計画が策定されている場合でも計画通りに治水事業が実施されていない場合がある。治水計画通りに河川事業を実施するために、DPWH と LGUs の緊密な連携を通して、DPWH による河川事業の許可制度を適切に実行すべきである。また、LGUs は災害リスクを考慮した土地利用計画 (CLUP) を策定しているため、治水計画との調整を行うべきである。
- フィリピンでは、治水ダム及び多目的ダム事業を実施するのが難しい状況にある。ダムの技術と経験を持つ NIA は、かつては DPWH の下に置かれていたが、組織再編により 1992 年より DPWH から離れている。治水ダム計画の促進のためには、治水計画を策定する機関である DPWH 内に、ダムの計画・設計・施工の技術と経験を持つ部署を設置するか、あるいは NIA のダム部署と緊密な連携を取る必要がある。また、多目的ダム計画の促進のためには、水源地への補償制度や事業者間のコストアロケーションの方法等といった多目的ダム建設推進のための法整備が必要である。あるいは、一元的に統合水資源管理を実施する組織を設立し、組織内で多目的ダムの計画ができれば効率的だと考えられる。

■ 中央セブ流域における提言

- 中央セブ流域については、現行の治水 M/P に基づいた治水対策を着実に実行すべきである。中央セブ流域は土地が高度に利用されていることから、構造物対策の実施において最も大きな課題は土地収用と住民移転のための合意形成であると考えられる。土地収用や合意形成を進めるためには、LGUs との調整が不可欠である。合意形成が難しい場合には、ダムや遊水地、地下放水路といった代替案について検討する必要がある。
- 中央セブ流域については、現行治水計画の中で計画されている治水ダムは無いものの、代替案として検討された治水ダムがある。一方で、本調査における水資源開発のための優先事業として、マナンガ II ダムとコトコトダムが提案されている。代替案として検討されたダムは、優先事業の 2 つのダムに近い位置で検討されているため、これらのダムを多目的ダムとして洪水調節機能を持たせることで、より費用対効果の高いダムとなる可能性がある。したがって、多目的ダムとして両ダムのフィージビリティ調査を実施すべきである。

(8) 流域環境保全計画

水資源区 VII では、メトロセブを中心とする深刻な水不足と地下水の塩水侵入の問題、ボホール島における観光発展に伴う水需要の増加による水不足に直面している。一方で、NIA による灌漑用水供給施設、MCWD による海水淡水化施設等に複数の開発計画があるため、これらの環境社会面を考慮し、実現可能性を評価する必要がある。

現状課題を踏まえ、水資源区 VII における流域環境保全計画の目的を以下のとおりとする。

- 環境保全対策を通じて、水資源区 VII の良質で十分な量の水資源を確保する
- 地域の発展に向け、自然環境と人による開発・生活活動双方にとって持続可能な水辺環境及び水質を保全・改善する

上記目的を達成するために、以下の 3 つの戦略及び将来にわたる活動計画を設定する。

表 4.3-15 水資源区 VII における流域環境保全のための戦略及び活動計画

戦略	短期 (2030 年)	中期 (2040 年)	長期 (2050 年)
共通事項	<ul style="list-style-type: none"> 既存モニタリングステーションにおける水質モニタリングの実施 開発事業における保水機能への配慮(雨水浸透、貯水施設の設置、地下水の利用制限、植林等の代替手段の検討等) 植林 		
豊富な水資源の確保 ・適切な森林管理 ・都市部における保水機能の向上 ・開発事業における保水機能への配慮	<ul style="list-style-type: none"> 森林計画に基づいた適切な森林管理計画の策定 都市緑化等の緑地整備の計画 	<ul style="list-style-type: none"> 林道網の整備 k 荒廃した森林の修繕・整備 都市部の雨水貯留浸透施設の設置による雨水の流出抑制 都市緑化等の緑地整備計画の実行 	<ul style="list-style-type: none"> 荒廃した森林の修繕・整備 透水性舗装の整備 都市緑化等の緑地整備計画の実行
きれいな水の確保 ・発生源対策 ・河川・湖沼の浄化 ・水質監視	<ul style="list-style-type: none"> 浚渫による堆砂の除去 植物や水生生物を利用した自然の浄化機能の活用 水質監視体制及び関係機関連絡体制の計画策定 	<ul style="list-style-type: none"> 農業排水の整備 水域周辺への浄化槽の設置 水質監視体制の構築及び水質悪化の把握のための住民、地方自治体、国家機関との緊密な連絡体制の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 下水システムの整備 浄化施設の設置・整備 水質監視体制及び関係機関連絡体制の改善
自然と人とのふれあいの確立 ・多様な生物が生育・生息する水辺の保全 ・生物多様性の保全 ・親しみやすい水辺づくりと観光振興	<ul style="list-style-type: none"> 多自然水域の整備計画 水域生態系保全の計画 水域環境を考慮した観光振興の計画 	<ul style="list-style-type: none"> 多自然水域整備の振興 水域生態系保全の実施 水域環境を考慮した観光振興の促進 	

出典: JICA 調査団

(9) 組織・法制度計画

水資源プロジェクトの実施体制としてとり得る形態について整理し、その上で、既往の文献調査及び現地調査で得られた情報等を基に、プロジェクトを効率的に進める観点から、組織・制度面における改善に係る今後の計画をまとめた。水資源開発・管理に係るオプションの分類に従い、「水資源開発」及び「需要管理方策」に分け、想定される実施体制の整理を行った。

1) プロジェクトに係る事業実施体

水資源開発に係る実施体制として、「事業が単独目的か複数目的か」、「すべて官側実施か民間関与があるか (PPP 等)」により、以下のとおり整理した。

表 4.3-16 水資源開発に係る実施体制の整理

単・複	目的	官側のみ	民間関与あり (PPP 等)
単独	かんがい	NIA (なお、本表では National Irrigation System に係る事業を想定)	発電等収益性がある事業が付加できる場合は民間関与の可能性あり。
	水道	関係水道事業体 (水道区、LGU-Run)	関連水道事業体が Private Operator の場合、民間主体が実施。 水道事業体 (水道区、LGU-Run) と民間事業体の PPP (BOT、JV など)
	治水	DPWH 又は関係 LGUs	—
複数 (多目的)	利水 + 利水	[オプション 1] 利水に係る複数の関係機関の中から施設建設・管理の主体となる機関を選定し、当該機関が事業を実施。 実施機関以外の機関は、実施機関に対し建設・管理に係る費用を負担。	(左記のオプション 1 及び 2 に加え、) NIA、水道区などの Government-owned and controlled corporation (GOCC) と民間事業体が共同で事業実施する場合、JV を組成して実施できる可能性がある。
		[オプション 2]	

単・複	目的	官側のみ	民間関与あり (PPP 等)
		流域単位で多目的事業（ダムなどを想定）の建設・管理を実施するための機関を設立し、事業を実施。	
	治水+利水	治水に関する機関（DPWH を想定）が関与する他は、基本的に利水+利水の場合と同様。	左記と同様。なお、政府機関である DPWH と民間事業者との間の JV は法的根拠がないので、「治水+利水」の場合の JV の組成は困難と理解。

出典: JICA 調査団

水需要管理方策に係る実施体制について、以下のとおりに整理した。

表 4.3-17 需要管理方策に係る実施体制の整理

セクター	方策	想定実施主体	備考
水道	節水活動	関係水道事業者	LGU による教育活動などのバックアップも併せて検討。
	無収水削減	関係水道事業者	PPP の活用事例あり。
	雨水貯留浸透設備導入	各家庭、建物オーナー、官公庁、都市開発事業者など	導入に係るインセンティブ（補助金など）方策も要検討。
かんがい	かんがいに係る遠隔測定システムの導入	NIA（本表では National Irrigation System に係る事業を想定）	—
	かんがい施設維持管理のための設備改善	NIA（本表では National Irrigation System に係る事業を想定）	—
地下水	地下水取水の規制・監視	NWRB	関係水道事業者及び LGUs との協力も必要。

出典: JICA 調査団

2) 制度面

本調査に係る優先プロジェクトとして提案する多目的事業については、治水、給水、灌漑など水に関する各種目的の担当行政機関が異なる現状の下、少なくとも制度面では以下の項目が必要である。

- ・ 各省庁の管轄を超えた多目的ダム建設・管理に関する流域レベルの統合的な計画。
- ・ 各省庁や政府組織の管轄を超えた、流域レベルでの多目的ダム事業の実施・維持のための単一事業体の存在。

これらに対応するため、以下の項目について組織法制度に係る改善策として提案する。

DWR の設立とこれによる計画立案機能の統合

DWR の成立により水資源に関する計画を統合的に立案していくことが可能となることから、早期の同法案成立、水資源省の設立を提言する。

多目的ダムに係る計画の立案

多目的ダムに係る計画については、DWR が設立されていれば DWR の地方組織が、そうでなければ地域計画を所掌する NEDA の地方組織が主導し、関係機関の協力の上まとめるのが望ましい。

河川流域機関（River Basin Committee）の機能強化とこれを通じた合意形成

多目的ダムに係る計画は、流域の多くの関係者の利害に関わることから、関係者間の合意

形成が必須であるが、既存の River Basin Committee の機能強化を行った上、これを合意形成の枠組みとして活用することを提案する。

イナバンガダム事業に係る調整スキームの整備

イナバンガダム事業については、受益地が2つの州にかかるので、州をまたいだ関係者調整スキームが必要となる。また、水源地域への補償措置も検討が必要である。

多目的ダムに係るモデルプロジェクトの提案

多目的ダム事業の実施に当たり、関係者の合意の上、DPWH、NIA、LGU 等から専門知識・技術者を集めた組織を設立し、「モデル事業」として実施することをオプションの一つとして提案する。当該組織については、建設事業完了後も存続し、ダムの維持管理機関として機能は継続させることも可能である。

需要管理方策に関連し、組織・法制度面から以下の改善を提言する。

規制・監視機関の組織・人員強化

当該方策について中心となる NWRB は現状規制・監視に十分な組織・人員を有していないことから、DWR の設立に合わせ、地域レベルの水資源管理を担当する事務所を各地域ないし水資源区に設置して、早急に組織規模、人員を拡大することが必要である。

雨水貯留浸透設備導入に係るインセンティブ導入

雨水貯留浸透設備の普及に向け、補助金等インセンティブ供与策の検討が必要である。

3) 組織・法制度面の改善に係る計画

以上を基に、本件調査で提言する水資源開発・管理計画を円滑かつ効率的に推進するために必要な組織法制度の改善に係る計画について、以下のとおり提案する。

表 4.3-18 水資源区 VII における組織・法制度面の改善に係る活動計画

項目	短期 (-2030)	中期 (2030-2040)	長期 (2040-2050)
中央レベル			
水資源省の設立	→		
雨水貯留浸透設備導入に係るインセンティブ導入	→		
地方/流域レベル			
ダム計画の立案	→		
河川流域機関の機能強化・多目的事業に係る合意形成	→		
イナバンガダムに係る調整スキームの整備	→		
多目的ダムに係るモデルプロジェクトの実施	準備	実施	→
規制・監視機関の組織・人員強化	→		

出典：JICA 調査団

4.3.4 優先水資源業コンセプトの提案

水資源開発計画・管理計画（案）短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、優先事業コンセプトを検討・提案する。この事業コンセプトに係る検討は、マスタープランの前段階に位置し、優先プロジェクトのコンセプトとして、事業目標、対象組織、対象地域、成果、効果、概算コストなどを事前に予備的に検討するものである。

次表は、前節で提案した 2050 年までの水資源開発管・理計画のロードマップとして、短期（2030 年）、中期（2040 年）、長期（2050 年）の事業実施コンポーネントを示したものである。このうち、優先プロジェクトは表中の赤枠で示されおり、短期案ならびに中期案のうち、実現可能性が高く重要性の高い事業を優先事業として提案する。

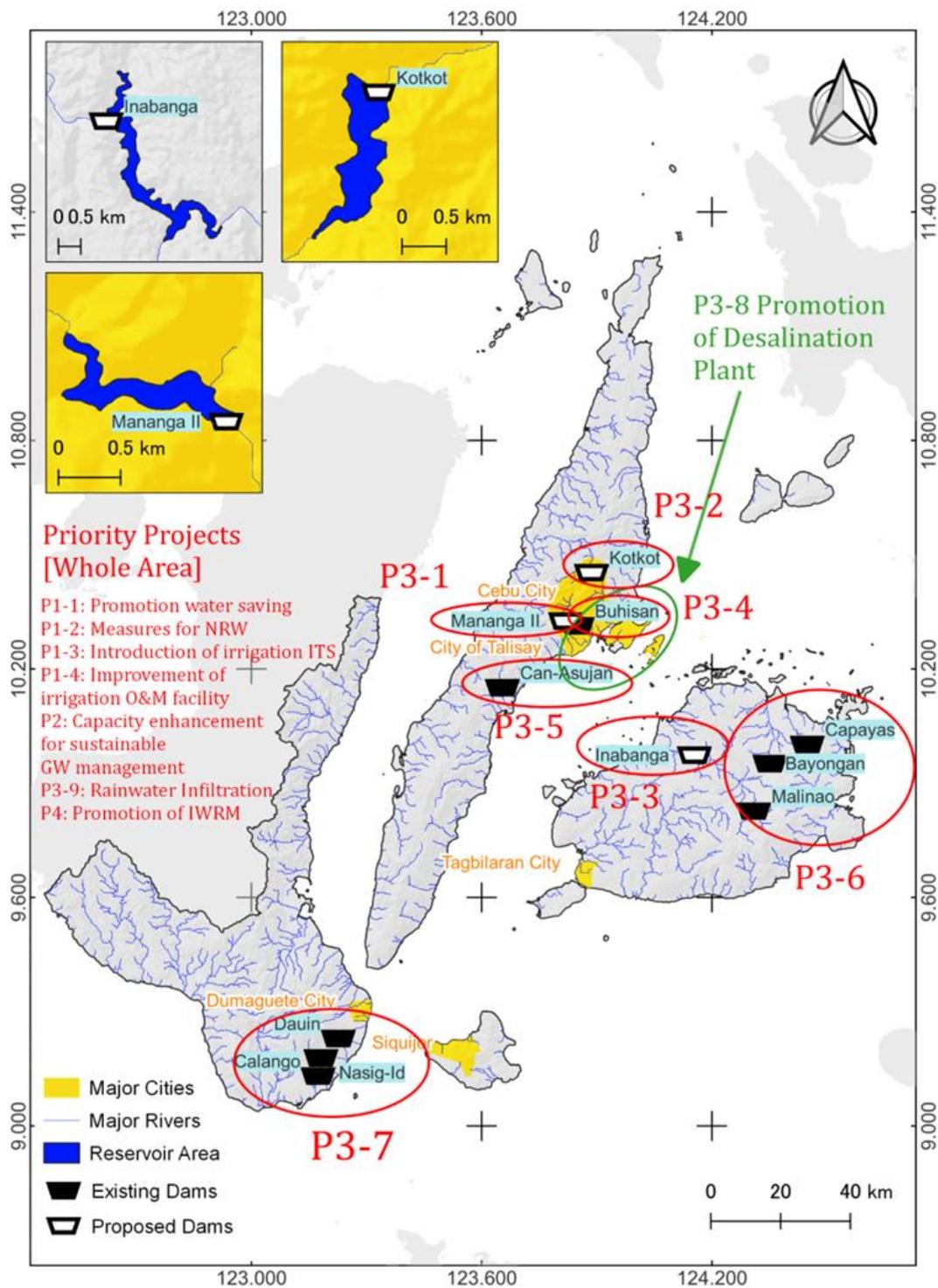
表 4.3-19 水資源区 VII における優先事業

Priority Policy	Development Items	Short-term (2024-30)	Mid-term (2031-40)	Long-term (2041-50)
1	Demand Management	P1-1: Promotion of water-saving P1-2: Measures for NRW (20%) P1-3: Introduction of Irrigation ITS P1-4: Improvement of Irrigation O&M Facility	Promotion of water-saving Measures for NRW (15%) Introduction of Irrigation ITS Improvement of Irrigation O&M Facility	Promotion of water-saving Measures for NRW (10%) Introduction of Irrigation ITS Improvement of Irrigation O&M Facility
2	Groundwater Management	P2: Capacity Enhancement for Sustainable Groundwater Management	Monitoring and regulation of GW	Monitoring and regulation of GW
3(1)	Surface water development	-Promotion of mid-long term plans (P3-1: Mananga 2 (low), P3-2: Kotkot, P3-3: Inabanga) -Upgrading existing dams (P3-4: Buhisan in Cebu, P3-5 Canasujan in Cebu, P3-6: in Bohol, P3-7: in Negros oriental) ●Development of irrigation weirs ●Development of irrigation dams (SRIP)	Mananga 2 Dam (low), Kotkot Dam (multi-purpose) -Upgrading existing dams (P3-4: Buhisan in Cebu, P3-5 Canasujan in Cebu, P3-6: in Bohol, P3-7: in Negros oriental)	Bohol water conveyance (Inabanga Dam) Recycle of Sewerage Water
3(2)	Water Supply and Sewerage Development	●Desalination plants (13 nos.) P3-8: Promotion of other desalination plants ●Bulk water developments ●Groundwater developments (Bohol, Negros, Siquijor)	Other desalination plants P3-9: Promotion of recycle of Sewerage Water in Cebu Bulk water developments Groundwater developments (Bohol, Negros, Siquijor)	Other desalination plants Recycle of Sewerage Water in Cebu Bulk water developments Groundwater developments (Bohol, Negros, Siquijor)
4	Water Resources Management Plan	P4: Promotion of IWRM (management of information, flood risks, watershed conservation, organization and institution)	Promotion of IWRM	Promotion of IWRM

●based on the existing / on-going plans

Priority Projects

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.3.7 水資源区 VII の優先事業位置図

(1) P1: 水需要管理

1) P1-1: 無収水対策

水需要管理の優先事業の 1 つとして提案される無収水率(NRW)の削減の事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	無収水対策事業
Goal:	2050 年までに NRW を 10% まで削減する。
Target:	水資源区全体の給水システムと関連機関
Location:	全域
Profiles:	(NRW 比率 20%の場合) 地上漏水対策、損失対策 (漏水、盗水、メーターの不感知等) に加え、地中漏水、セクター化を実施 (NRW 比率 10%の場合) 地下漏水探知による配管材質の強化や配管の更新
Effect:	水需要の 2~4% (8~31MCM) を減じる
Cost:	約 23 億ペソ (1 都市当たり : 約 273km の古い管を更新)
Others:	-

2) P1-2: 節水活動の促進

水需要管理の優先事業の 1 つとして提案される節水活動促進に係る事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	節水活動の促進事業
Goal:	2020 年から 2050 年までに一人当たりの水需要を 15 % 削減
Target:	水資源区全体の給水システムと関連機関
Location:	全域
Profiles:	各水道事業者の広報による節水推進による節水機器の普及と節水意識の向上など
Effect:	水需要の 11~17 % (58~139 MCM)を節水
Cost:	直接工事費は不要
Others:	節水に関連する雨水利用事業として、セブでは、村レベルで雨水と地下水を利用した地方給水システムが推進されている。ただし、施設設計と施工が不十分で、水路は逆勾配で漏水もあり、利水率は低いことなどが指摘されている。また、マクタン島では商業施設も雨水・下水のリサイクル事業を行っている。

3) P1-3: 灌漑遠隔監理システムの導入

適切な灌漑用水管理の最終目標は、利用可能な土地と水資源を最大限に活用し、農業の生産性と農民の経済を向上させることである。灌漑遠隔監理システム (ITS)の導入は、NIS、特に貯水池ダムを備えた NIS で適切な水管理システムを確立するための最も効果的なツールの 1 つとして提案されるものである。事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	灌漑遠隔監理システム導入事業
Goal:	農民自身 (IAs) による灌漑用水供給の直接モニタリングと評価を通じて、 - 籾の増産 (生産性の向上) を図る - 作物の多様化を加速する (農業経済を改善する)

	<p>また、NIA が IAs と協力して適切な灌漑用水管理システムを確立することにより、</p> <ul style="list-style-type: none"> - 乾季・雨季ともに水田生産面積を拡大する（乾季灌漑用に確保できる余剰灌漑水による雨季の浸水被害がなくなる） - 維持管理コストを最小限に抑える（灌漑管理移転、IMT の主な目的） - エルニーニョ、台風、洪水などの気候変動の影響を最小限に抑える
Target:	NIA の国有灌漑システム (NIS)
Location:	灌漑地域
Profiles:	<p>適切な灌漑用水管理システムを確立するために、主要な監視サイトに以下の機器を設置することを推奨する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 水位センサー 2) 気象センサー（雨量、気温、風などの気象観測） 3) カメラと通信モジュール（携帯電話ネットワークまたは Wifi） 4) 充電コントローラー付きソーラーパネル、バッテリー 5) コンピュータユニット（ディスプレイ、データ記録および報告装置） 6) その他（電流計等） <p>監視装置の設置場所として以下を提案する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 分水堰取水口下流 2) 主要ヘッドゲートの下流 <p>各サブエリアに必要な配水量（分水要件）は、作付け前の作付け段階によって推定される。必要な配水量に対する実際の配水量を監視することが水管理の基礎となる。両流量の間にギャップがある場合は、ダムからの放流量を調整する必要がある。貯水ダムの監視と適切な運用により、水の有効利用を最大化することができる。用水路の流量は、毎日のモニタリングと評価システムを通じて、有効降雨量を考慮した農業用水要件に基づいて管理される。当制度を適切に実施するには農業者の参加が不可欠である。</p>
Effect:	改善により水資源区 VII の灌漑用水需要の約 7.7% を節約
Cost:	243 Mil. Peso (for all NIS)
Others:	-

4) P1-4: 灌漑維持管理施設の改善

灌漑用水の利用効率向上のため、灌漑水路ライニングによる漏水対策が提案される。また、ネグロス東部の NIS のいくつかは、出張所から遠隔地に位置しており、アクセス道路は雨季には舗装されておらず、運転が困難な悪路となる。適切な水管理・管理のためには、運営スタッフを配置した維持管理事務所や道路改良工事も必要となる。

Title:	灌漑維持管理施設の改善
Goal:	<p>農民自身 (IAs) による灌漑用水供給の直接モニタリングと評価を通じて、</p> <ul style="list-style-type: none"> - 籾の増産（生産性の向上）を図る - 作物の多様化を加速する（農業経済を改善する） <p>NIA が IAs と協力し適切な灌漑用水の運用管理システムの確立を通じて、</p> <ul style="list-style-type: none"> - 乾季・雨季ともに水田生産面積を拡大する（乾季灌漑用に確保できる余剰灌漑水による雨季の浸水被害がなくなる） - 維持管理コストを最小限に抑える - エルニーニョ、台風、洪水などの気候変動の影響を最小限に抑える
Target:	NIA の国有灌漑システム (NIS)
Location:	灌漑地域
Profiles:	本水路および側水路は、送水損失を最小限に抑えるために、コンクリートライニングまたは水路水路として改良する。

	頭首工の洪水被害を防ぐため、ゲートの構造を改善する。全てのゲートを電気・発電機による機械操作式に置き換える。 常勤ゲートキーパーが配置できない場合、新規事業と同様に浸水想定区域に遠隔操作システムを導入する。
Effect:	約 7.7 % の灌漑用水量の低減効果
Cost:	当該設備・施設の維持管理費及び更新費は、適切な見積が必要となる。 概算で 1,295 Mil. Peso (all NIS, ISA 16,184ha)。
Others:	機械式ゲートの設備・施設の更新を含む事業は、その利益を考慮して慎重に策定され、柔軟に評価する必要がある。これらの機器・施設の調達契約には、それらを持続的に運営するために長期にわたる維持管理工事を含めることが推奨される。

(2) P2:地下水管理

地下水観測網の整備や地質・水文調査は、フィリピン側が実施すべきものであるが、現状では技術移転による能力強化が不可欠と考えられる。したがって、以下に示す技術協力プロジェクトの実施を通じて、地下水管理計画の策定・更新までを支援することが最適と考えられる。

Title:	持続可能な地下水管理のための能力向上プロジェクト
Goal:	関係機関の地下水管理能力が強化される
Target:	NWRB、MGB、MCWD、その他関係機関
Location:	セブ島、ボホール島
Output:	Output1： 地下水モニタリングネットワークが構築される Output2： 地下水モデリングによる将来予測分析が実施される Output3： 地下水関連問題の対策が立案・実施される Output4： 地下水管理計画が策定・更新される
Effect:	地下水使用の最適化がなされる

(3) P3(1): 表流水開発

1) P3-1: マナンガ2ダム（ローダム）の計画・調査/建設

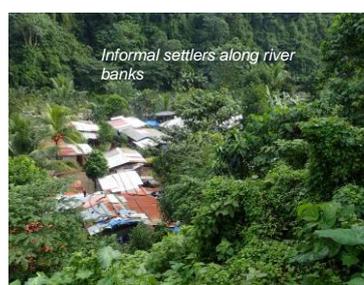
ダム建設予定地の現地調査を実施し、ダムの地質、水文、土地利用状況、既存幹線道路との位置・高さ関係を確認し、現行計画（ダム高 76m）とダム高を低下させる計画（ダム高さ 40m）における影響戸数を地図調査により実施した。その結果、ダムの高さを低くすることで開発水量は少なくなる（5.8MCM）ものの、当初計画で必要であったダム右岸の既存道路の付け替えは不要となり、また、貯水池建設による影響家屋と用地取得面積を大幅に減らすことができる。（約 300 戸→70 戸、130.8ha→30.2ha）。これらを考慮し、事業の早期実現を図るため、マナンガ2ダム（ダム高 40m）を優先事業コンセプトとして提案する。

Title:	マナンガ2ダム（ローダム）の計画・調査/建設
Goal:	都市給水用の表流水源の開発
Target:	MCWD の給水システム
Location:	メトロセブ、マナンガ川
Profiles:	(基本諸元) ダム型式: Rockfill ダム高、堤頂長: H 40 m and L 278 m 貯水池容量: 6 MCM 流域面積: 68 km ² 貯水池面積: 30.2 ha

	影響家屋数: 約 72 軒 ダム以外にも取水施設、送水管、浄水場、ポンプ場、配水本管などの建設が必要である。また、将来的な土砂・堆砂管理が必要である。
Effect:	6MCM の有効貯水容量を利用し、上工水給水を行う。
Cost:	約 781 mil. PHP (for dam construction) 約 762 mil. PHP (for pipelines, WTPs)
Others:	事業の実施前に、ダム高さの設計変更の検討や社会・環境評価が必要である。



Site Inspection to Mananga II Dam Site
Dec. 09, 2022



出典: JICA 調査団

図 4.3.8 マナंगा 2 ダムサイトの現地状況

2) P3-2: コトコトダム (多目的ダム) の計画・調査/建設

コトコトダムは 2015 年の JICA 調査でメトロセブの水資源開発計画の中期計画 (2030 年) に位置づけられている。同ダム計画については、同一河川内で複数の機関 (NIA 灌漑ダム、DPWH 治水ダム、WD 給水ダム) により個別のダム計画が策定されている。

現在、NIA の灌漑ダム計画が事業実施に向けて検討されており、貯水池周辺の農地に灌漑用水を供給し、水源に隣接する地元の農業開発に貢献することを目的としている。一方、MCWD による給水ダム計画は水没住民が多く、セブ市への給水のための流域転用反対など多くの社会問題を抱えて、このダム計画は中止された。

現状を踏まえコトコトダム事業の目的を統合した多目的ダムの計画・調査とその実施を優先事業として提案する。地元にとって有益となる灌漑ダムを中心に開発を進めることを基本とし、この灌漑ダム計画に上水道開発に必要な容量を加えることで、開発水量あたりの便益が農業開発単独よりも増大することになる。また、ダムサイト周辺住民への農村給水計画を含むものであり、ダム水源地開発も含む総合的な水資源開発事業の合意形成も比較的受け入れられやすいものと考えられる。

Title:	コトコトダム（多目的ダム）の計画・調査/建設
Goal:	多目的利用のための表流水開発（灌漑、都市給水、治水、水力発電）
Target:	NIA の灌漑システムと水道事業の給水システム
Location	セブ州、コトコト川
Profiles:	(基本諸元) ダム型式: Rockfill ダム高、堤頂長: H 60 m and L 509 m 貯水池容量: 15 MCM 流域面積: 19 km ² 貯水池面積: 61.5 ha 影響家屋数: 約 29 軒 ダム以外にも取水施設、送水管、浄水場、ポンプ場、配水本管などの建設が必要である。また、将来的な土砂・堆砂管理が必要である。
Effect:	6MCM の有効貯水容量を利用し、灌漑用水・上水給水を行う。
Cost:	約. 4,624 mil. PHP (for dam construction)
Others:	事業の実施前に、ダム高さの設計変更の検討や社会・環境評価が必要である。また、ダムの多目的利用に向けた調査・測量や組織体制の検討が必要である。



Site Inspection to Kotkot Dam Site Dec. 09, 2022



Site Inspection to Kotkot Dam Site Dec. 09, 2022

NK/CTII/JWA

出典: JICA 調査団

図 4.3.9 コトコトダムサイトの現地状況

3) P3-3: イナバンガダム（ボホールーセブ統合水利用事業）の計画・調査/建設

ボホール島北部のイナバンガ川にダムを建設し、河川水をダムに貯留・調節し、処理水をボホール島からセブ島へ導水するプロジェクトである。本事業は、1998M/P で計画提案され、現在も MCWD の将来開発計画に含まれている。現在、PPP 事業として導水計画を海底パイプラインによる導水から船舶による導水に変更する計画が検討されている。

水源地であるイナバンガ市関係者への現地調査と聞き取り調査を実施し、プロジェクトを実施する前に、地域の洪水リスク、水資源賦存量や水需要の定量的に評価分析が必要であること、各省庁が独自の事業を行っており統合水資源管理計画の枠組みの一環として連携して事業を進める必要があること、などの要望があることを確認した。

当事業はボホール島からセブ島への流域・島嶼間をまたがる導水事業であるが、イナバンガ川流域だけでなく、ボホール島全体にとっても有益となる。水利用の公平な配分、環境社会への配慮、事業実施に向けた合意形成などの総合的な水管理開発事業となり、前述の

水資源開発計画(案)における長期計画の一つとして位置づけられているが、事業の調査・計画の実施を短期的な優先事項として提案する。

Title:	イナバンガダム (ボホール州セブ統合水利用事業) の計画・調査/建設
Goal:	多目的利用のための表流水開発 (灌漑、都市給水、治水、水力発電)
Target:	ボホール島、セブ市の水道事業の給水システム、イナバンガ川の治水・水力
Location:	ボホール州、イナバンガ川
Profiles:	(基本諸元) ダム型式: Rockfill ダム高、堤頂長: H 40 m and L 161 m 貯水池容量: 27 MCM 流域面積: — km ² 貯水池面積: 136.3 ha 影響家屋数: ほぼなし ダム以外にも取水施設、送水管、浄水場、ポンプ場、配水本管などの建設が必要である。また、将来的な土砂・堆砂管理が必要である。
Effect:	27MCM の有効貯水容量を利用し、灌漑用水・上水給水を行う。
Cost:	約 859 mil. PHP (for dam construction) 約 762 mil. PHP (for pipelines, WTPs) ボホール島からセブ島までの水輸送 (タンカー運送想定) による運営コストの追加計上が必要である。
Others:	事業の実施前に、ダム高さの設計変更の検討や社会・環境評価が必要である。また、ダムの多目的利用や調査・測量や組織体制の検討、流域間導水のための合意形成が必要である。

4) P3-4:既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (ブヒサンダム)

ブヒサンダムは、1910 年にメトロセブ西部に建設されたダムである。貯水池堆砂が沈降し、有効貯水量は 0.1MCM、一日の供給量は 4000m³/日と報告されているが、現在でもメトロセブへの給水用貯水池として使用されている。開発規模は小さいものの既存施設改修であり、移転などの社会影響が少なく、効率的に水源開発を行うことが可能であり、同ダムの再生事業を優先事業の一つとして提案する。事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (ブヒサンダム)
Goal:	ダムの給水機能の拡張・強化
Target:	MCWD の給水システム
Location:	セブ州、ブヒサンダムサイト
Profiles:	ダム再生事業の調査・計画 想定されるダム再生事業 (1) 老朽化対策 (安全点検・補修、改修・耐震補強)、(2) 堆砂調査・対策、 (3) ダム嵩上と余水吐、減勢工改修、(4) 発電増設
Effect:	既存貯水池容量の給水量 0.1 MCM (4,000 m ³ /day) の持続的利用
Cost:	事業費は調査・検討の結果に基づいて算定する必要がある。
Others:	ダム再生事業計画を策定する前に、ダムの安全性調査、健全性調査、再生事業に関する検討を行う必要がある。

5) P3-5:既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (カナスアンダム)

カナスアンダムは、ADB の技術協力により 2009 年にセブ西部のカルカル川に建設された灌漑ダムである。NIA によると、ダムの堆砂が進み、2014 年に取水口が土砂で埋まり、下流で水不足が生じ、取水口前面で浚渫が実施されている。現地視察に基づく概略評価の結

果、ダム運用改善、堆砂対策、ダム嵩上げによる貯水容量の増加や灌漑従属型水力発電設置などが可能と考えられ、同ダムの再生事業を優先事業の一つとして提案する。事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	既存ダム再生事業の計画・調査/実施（カナスアンダム）
Goal:	ダムの灌漑用水給水機能の拡張・強化
Target:	NIA の灌漑用水システム
Location:	セブ州、カルカル川、カナスアンダムサイト
Profiles:	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム基本諸元 建設年: 2000 年, ダム型式: ハードフィル, ダム高 25m. 貯水池容量 2.45MCM, 流域面積 39 km², サービスエリア 719ha (782ha). ・ダム再生事業の調査・計画 ・想定されるダム再生事業 (1) 安全点検・健全度調査、(2) 堆砂調査・対策、(3) ダム嵩上と余水吐、減勢工改修、(4) 発電増設
Effect:	既存貯水容量 2.0 MCM を利用した持続的な灌漑用水供給
Cost:	事業費は調査・検討の結果に基づいて算定する必要がある。
Others:	ダム再生事業計画を策定する前に、ダムの安全性調査、健全性調査、再生事業に関する検討を行う必要がある。

6) P3-6: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施（ボホール島既存灌漑ダム群）

ボホール島には、JICA の技術支援で建設されたマリナオダム、バヨンガンダム、カパナスダムという 3 つの主要な灌漑ダムがあり、ダムの流域は異なるが、各ダムの灌漑区域は用水路で結ばれており、ダム群が一体となって運用管理され大規模な灌漑用水 (10,040ha) を供給している。現在、最上流に位置するマリナオダムでは余水吐嵩上げによるダム改修工事の調達が進められている。NIA はボホール島で新たなダム建設による灌漑開発を推進しているが、2019 年の経産省調査では、既存ダムの共同運用の改善、堆砂対策、発電施設の追加設置などにより水資源の余剰開発の余地があることが示されている。また、既存ダム整備事業は、開発による社会環境への影響が少なく、貯水池の有効活用が期待でき、効率的に水源開発を行うことが可能であり、これらのダム群の再生事業を優先事業の一つとして提案する。事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	既存ダム再生事業の計画・調査/実施（ボホール島既存灌漑ダム群）
Goal:	ダムの灌漑用水給水機能の拡張・強化
Target:	NIA-VII ボホールの灌漑用水システム
Location:	ボホール州、マリナオダム、バヨンガンダム、カパナスダムサイト
Profiles:	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム基本諸元 マリナオダム: 1984, Rockfill dam, Q=11.8m³/s, H=20.4m, 4,740ha バヨンガンダム: 2000, Rockfill dam, Q=9.74m³/s, H=31m, 4,140ha カパナスダム: 1990, Rockfill dam, Q=2.13 m³/s, H=17m, 1,160ha ・ダム再生事業の調査・計画 ・想定されるダム再生事業 (1) マリナオダム余水吐嵩上げ (NIA 継続調達) (2) マリナオ水力発電所の設置 (2019METI 調査) (3) マリナオ貯水池における堆積物対策 (2019METI 調査) (4) マリナオ分流水路発電所の設置 (2019METI 調査) (5) バヨンガン水力発電所の設置 (2019METI 調査) (6) マリナオ・バヨンガンの灌漑遠隔監視システム導入 (2019METI 調査) (7) 堆砂対策

Effect:	既存貯水容量 2.45MCM を利用した持続的な灌漑用水供給 新規発電施設建設による発電
Cost	事業費は調査・検討の結果に基づいて算定する必要がある。
Others:	ダム再生事業計画を策定する前に、ダムの安全性調査、健全性調査、再生事業に関する検討を行う必要がある。

7) P3-7: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (ネグロス東部存灌漑ダム)

ネグロス島東部にある既存のダム (ダウインダム、カラングダム、ナシグイドダム) は、流域での活発な土砂生産により、貯水池の堆砂が問題となっている。また、この地域での干ばつ被害が報告されている。既存ダム整備事業は、開発による社会環境への影響が少なく、貯水池の有効活用が期待でき、効率的に水源開発を行うことが可能であり、東ネグロス州における既存ダムの再生事業を優先事業の一つとして提案する。事業コンセプトの概要を以下に示す。

Title:	既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (ネグロス東部存灌漑ダム群)
Goal:	ダムの灌漑用水給水機能の拡張・強化
Target:	NIA-VII ネグロス東部の灌漑用水システム
Location:	東部ネグロス州、ダウインダム、カラングダム、ナシグイドダム
Profiles:	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム基本諸元 ダウインダム, 2004, Fill dam, SA=1000ha, カラングダム: 1983, Fill dam, H=26m, V=0.646MCM, SA=545ha ナシグイドダム: 1997, Fill dam, H=32m, V=0.663MCM, SA=1,000ha ・ダム再生事業の調査・計画 ・想定されるダム再生事業 (1) 安全点検・健全度調査、(2) 堆砂調査・対策、(3) ダム嵩上と余水吐、減勢工改修
Effect:	既存貯水容量 2.0 MCM を利用した持続的な灌漑用水供給
Cost:	事業費は調査・検討の結果に基づいて算定する必要がある。
Others:	ダム再生事業計画を策定する前に、ダムの安全性調査、健全性調査、再生事業に関する検討を行う必要がある。

(4) P3(2): 都市用水・工業用水供給

1) P3-8: 海水淡水化技術の導入

メトロセブでは最近、水資源開発の方針が変更され、既存のダム計画に代わって海水淡水化プラントの建設が推進されている。これは、地下水塩水化が深刻化しており、ダム建設事業実現には環境社会配慮や関係者間の合意形成に時間を要することによるものである。さらに、近年の技術革新と水需要増加により、海水淡水化プラントの経済的競争力が実現可能なレベルになりつつある。本調査では、MCWD の現在の開発政策に基づき、メトロセブ地域の深刻な水供給不足に対処するため、新たな都市用水や工業用水の供給を目的として、海水淡水化事業の推進を優先プロジェクトとして提案する。

Title:	海水淡水化技術の導入
Goal:	水道事業者の給水能力の増強
Target:	セブ島都市部の給水システム

Location:	セブ州メトロセブ地区、その他都市部
Profiles:	セブ市の淡水化プラントによる給水能力増強 - 現在 (MCWD) : 3 プロジェクトにより 180,00m ³ /日 - 現在 (その他機関) : 100~2,000m ³ /日/台、24 台 - 既存計画 (MCWD) : 13 プロジェクトによる 252,000 m ³ /日 (91MCM/年) 2030 年まで - 追加の新規プラント建設 (水収支分析に基づき、将来必要に応じて整備)
Effect	海水淡水化プラントによる水供給の整備 (5.5MCM/年程度)
Cost:	約 44 億ペソ (プラント建設) (給水能力 15,000m ³ /日)
Others:	事業の実施に先行して、プラント建設に係る調査・測量や検討が必要となる。

2) P3-9:雨水貯留・浸透技術の導入

急速な都市化により森林伐採と地面の舗装が進み、その結果、雨水は地面に浸透せずに、排水路や川に直接流出する割合が増加している。これにより、河川の低水流量の減少、水質の悪化、都市の洪水、地下水資源の枯渇などの問題が引き起こされている。雨水貯留・浸透技術は、このような問題を解決する補助的な手段となる。メトロセブでは、住宅地では 30m²あたり 0.5m³、商業地域では 15m²あたり 0.5m³の雨水貯留タンクを設置する条例が定められている。これを参照し、同市の雨水貯留能力を評価すると、住宅地で 5,800 m³/日、商業地で 2,600 m³/日、合計 8,400 m³/日と推計されている。一方で、大規模な水源として安定的に利用することが難しいため、水不足地域への雨水貯留施設の設置促進事業は、節水事業 (優先事業) を補完する対策として提案する。

Title:	雨水貯留・浸透技術の導入
Goal:	水不足地域での水需要管理 (節水)
Target:	市営水道システム
Location:	WRR VII の水不足地域
Profiles:	セブ市の雨水貯留による給水能力 - 住宅地: 5,800 m ³ /日 (2.1MCM/年) - 商業エリア: 2,600m ³ /日 (0.95MCM/年)
Effect:	雨水貯留浸透施設の設置による節水効果
Cost:	約 1,360 百万ペソ (貯蔵タンク用)
Others:	-

(5) P4: 水資源管理

上記 4.3.3 節で述べた情報管理、洪水リスク管理、流域環境保全、組織・法制度における各水資源管理計画 (案) の推進とその短期の活動を優先プロジェクトとして実施することが推奨される。

4.3.5 優先水資源事業コンセプトに係る事業実施体制の提案

(1) 情報管理、洪水リスク管理、流域保全など IWRM の推進 (P4 : 水資源管理)

IWRM に関連して、組織・法制度上の問題の一つである、多数の水関連機関の権限や機能の重複、対立を是正するため、まず、フィリピン議会で審議中の、水資源省 (DWR) と独立規制機関 (WRC) の設立を早期に行う必要がある。その上で、IWRM 推進との関係で以下を提案する。

1) 計画・規制機関とインフラ事業実施機関の連携強化

DWR 設置法案によると、DWR は主に計画立案・規制を担当することが想定される。計画に沿ったインフラ整備のために、DWR は、インフラの建設・管理を行う組織（DPWH、NIA 等）や、水道事業体との関係を強化する必要がある。

2) 河川流域機関（River Basin Committee（RBC））の機能強化及び活用

18 の主要流域を中心に設置されている流域委員会（RBC）について、多目的ダムのように輻輳する関係者の利害調整を必要とする水インフラ事業の実施を円滑化するため、利害関係者間の合意形成に活用できるよう、機能強化することを提言する。

3) 水資源管理のための地方組織の充実

規制機能を担う現在の NWRB は、業務体制に限られており、水資源管理に関する規制機能を果たすことは困難であると考えられる。NWRB ないし（設立できた場合）DWR は各地域ないし水資源区に地域事務所を設置するなど組織規模を拡大することを提言する。

(2) その他の優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について

その他の提案された優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について、検討の概要については、附属報告書 ANNEX C 別表に示す。

4.3.6 水道事業広域化の検討

(1) 対象となる区域／水道事業体の選定について

「提案された水源がカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合」において水道事業の広域化による事業効率化の可能性について検討を行う。水資源区 VII における検討対象の選定及び当該地域に係る概況を以下に示す。

1) セブ州では、提案事業の一つであるイナバンガダムについては、メトロセブ及びボホール州のイナバンガ町も受益地として想定され、同ダムがカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合にあたることから、検討対象とする。

2) ボホール州では、先述のイナバンガ町水道のほか、提案事業に係る水源がカバーする地域に複数水道事業体が存在する事例はなかった。他方、ボホール州のタグビララン市において、同一地域に 3 水道事業体（Bohol Water Utility Incorporated (BWUI)、Tagbilaran City Waterworks (TCW)、Richli Water）が競合的な事業運営をしており、事業重複に係る課題が見受けられる地域があったので、当該地域及び水道事業体を検討対象として取り上げる。

3) ネグロス州・シキホール州については、「提案された水源がカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合」に該当する事例がなかった。

(2) 各地域・水道事業体に係る広域化の可能性について

1) イナバンガダムについて、受益地域のメトロセブとイナバンガ町が水源を共通にすることを踏まえ、水道事業体間での経営の一体化を検討する可能性はある。イナバンガ

町水道にとっては MCWD との経営の一体化により、管理水準の向上に繋がる可能性があるほか、これを水源地 イナバンガ町へのダム建設に係る補償と扱うことも可能である。

2) タグビララン市 (ボホール州)

聞き取り調査の結果は以下のとおりである。

- ・ タグビララン市においては 3 水道事業体 (BWUI (民間)、TCW (LGU)、Richli (民間)) が競合しており、事業体間で給水区域に重複がある。
- ・ 同じ地域/道路に平行に異なる事業体の配水管が敷設されているなど、配水管の維持管理の面でも重複の問題が生じており、水道管理上の無駄がある。
- ・ 他方、各水道事業体の水道料金の違いなどの理由もあり、直ちに水道事業体の統合を行うことは困難であり、また、BWUI と Richli 間には争いが生じているとの情報もある。

以上の状況を踏まえ、NWRB がこのタグビララン市の水道に係る現況を認識し、その上で NWRB に係属しているとされる BWUI と Richli の間の係争を早期に解決するとともに、同地域の水道事業統合の可能性について NWRB が Bohol 州及びタグビララン市とともに協力して調査を行い、事業統合の可能性の確認、統合に向けた課題の抽出などを行うべきと考えられる。

(3) 広域化に向けた課題と提言

1) 法制度上の課題

- ・ 特にフィリピンにおいては第 2 章で記載したとおり、Water District、LGU-run Utility、Private Service Provider ごとに規制機関が異なる点が、広域化を更に困難にしている。
- ・ 将来的に DWR 設立を通じ、水道事業体に対する規制権限 (Certificate of Public Convenience (CPC)の発出等) も一元化し、水道事業体の事業統合を進めていくのが妥当と考えられる。

2) 供給区域の重複の課題

- ・ ボホール州タグビララン市においては、複数の水道事業間で給水区域の重複の重複もあるとされているが、は効率的な水道事業体運営の観点から避けるべき事態であることから、NWRB など水道事業体の規制機関は、供給区域の重複解消の調整を行うべきである。

3) そのほか広域化推進に向けた課題

- ・ フィリピンにおいては、水道広域化を水道事業効率化のための有力な施策の一つとして認識する必要がある。その上で、NEDA において、補助金制度の設立など、広域化推進のための施策について検討を行う必要があると考えられる。
- ・ そのほか、日本で実施してきた水道事業の広域化に係る経験・知見をフィリピン側と共有する取組も必要と考えられる。

4.3.7 環境影響評価

SEAの一環として、優先事業コンセプトに対する初期的な環境アセスメントを実施した。本調査における環境アセスメントの対象事業としては、重大かつ水域への影響が想定されるダム建設（マナンガIIダム、コトコトダム、イナバンガダム）及び海水塩水化施設の導入を選定した。

(1) 優先事業対象地の環境社会状況

具体的な対象地が決まっているダム建設の各対象地周辺の環境社会状況は以下のとおりである。

表 4.3-20 水資源区 VII における優先事業対象地の環境社会状況

優先事業	水質	保全区域	住民移転/土地取得	貧困
マナンガIIダム @マナンガ川	マナンガ川がクラス A に分類	対象地は保護区内 (Central Cebu Protected Landscape)	被影響家屋：約 70 必要土地：約 30 ha	貧困格差が高く、 貧困格差率がセブ州で 5.7%(全国比率 3.0%)
コトコトダム @コトコト川	コトコト川がクラス A に分類	対象地は保護区内 (Central Cebu Protected Landscape)	被影響家屋：約 30 必要土地：約 62 ha	
イナバンガダム @イナバンガ川	イナバンガ川がクラス A に分類	対象地は保護区外	被影響家屋：想定なし 必要土地：約 136 ha	

出典:JICA 調査団

(2) 初期アセスメントの実施

優先事業周辺の環境社会状況を踏まえ、影響項目のスコーピングを行った。その結果より、特に留意すべき以下の項目について、環境社会影響の評価を行い、緩和策を設定した。

表 4.3-21 水資源区 VII における初期環境アセスメント及び緩和策案

影響項目	初期アセスメント	緩和策案
水質	(建設時)気候を考慮した工事中の濁水管理が必要 (供用時)市街化区域から下水等が未処理で流入する場合、貯水池の水質悪化の可能性あり (供用時)堆砂の除去及び堆砂の蓄積を避けるための施設設計が必要	(建設時)掘削工事時の締切・矢板 (建設時)沈砂池等の濁水対策 (供用時)ろ過や植生による水質の浄化 (供用時)浚渫 (供用時)ダム法面の保護、廃水処理、植林等による負荷流入の防止
保護区域生態系	(建設前)絶滅危惧種及びその生息状況に関する詳細な調査が必要 (供用時)上記の継続的なモニタリングが必要	(建設前)保護地域管理委員会からのクリアランスの確保 (建設時)用地整備の際に生態系に留意、植生の損失を防止 (建設時/供用時)絶滅危惧種の存在の確認・特定と継続的なモニタリング (供用時)植林
水象	(建設前/供用時)下流への水象の影響を考慮し、下流地域の住民との建設前に調査及びコンセンサスの形成が必要	(建設時/供用時)適切な排水計画、取水計画の策定と実施 (供用時)季節の変化に応じた取水量の管理 (供用時)環境フローを考慮した放流管理
住民移転貧困	(建設前)事業地周辺には貧困地域が存在する可能性があり、安全な飲料水へのアクセス及びその利用が制限される可能性があるため、詳細な調査が必要	(建設前)貧困地域と影響を受ける人々のコミュニケーションを確保 (建設前)住民移転計画に基づいた適切な補償及び支援を確保

影響項目	初期アセスメント	緩和策案
	(建設前)上記検討は、住民移転計画の中での考慮が必要	

出典: JICA 調査団

4.4 優先水資源区 XI

4.4.1 水資源の現状

水資源区 XI の水資源開発・管理の現状と詳細水収支解析結果を前章第 3 章に取り纏めた。下表に水資源区 XI の各州、メトロダバオ地区の 2050 年の将来気候変動シナリオにおける渇水安全度 5 年確率のケースの年間の表流水・地下水の水収支の解析結果を示す。

表 4.4-1 水資源区 XI における州別、メトロダバオの年間水収支の総括表（2050 気候変動（低）、1/5 年渇水年）

州、主要都市	2050 年時点の年間水収支 (MCM)		
	表流水	表流水	表流水
Agusan del Sur	○ (+795)	○ (+69)	○ (+864)
Bukidnon	○ (+314)	× (-4)	○ (+310)
Compostela Valley	○ (+961)	○ (+14)	○ (+975)
Davao del Norte	○ (+5,632)	○ (+19)	○ (+5,651)
Davao del Sur	○ (+2,561)	× (-479)	○ (+2,082)
(Metro Davao)	○ (+5,146)	× (-496)	○ (+4,651)
Davao Oriental	○ (+10,781)	○ (+11)	○ (+10,792)
Davao Occidental	○ (+578)	○ (+5)	○ (+583)
North Cotabato	○ (+89)	× (-12)	○ (+77)
Sarangani	○ (+911)	× (-12)	○ (+899)
South Cotabato	○ (+2,475)	× (-147)	○ (+2,328)
Sultan Kudarat	○ (+240)	× (-1)	○ (+238)
Surigao del Sur	○ (+4,710)	× (-5)	○ (+4,705)
水資源区全体 (水資源区 XI)	○ (+30,048)	× (-541)	○ (+29,507)

出典: JICA 調査団

上表に示すように、地域全体では地表水ポテンシャルが豊富であるのに対し、地域全体では地下水ポテンシャルが著しく不足している。自治体別にみると、メトロダバオでは水不足のリスクが高く、推定の年間地下水不足量は 496 MCM となる。

4.4.2 水資源管理代替案の検討

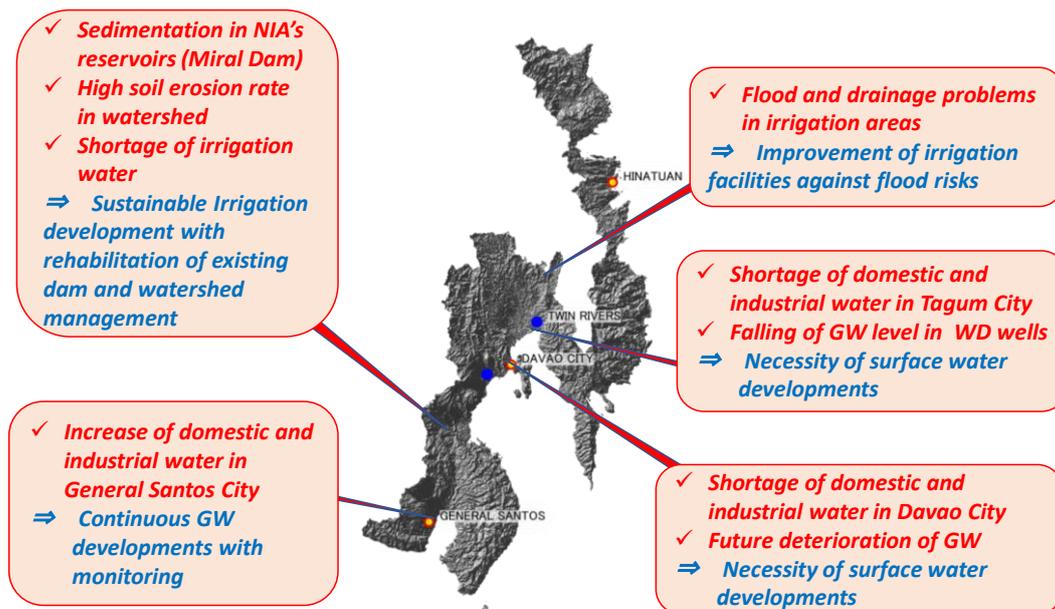
(1) 新規水源地（ダム・堰・貯水池可能地点）図上調査、現地踏査

1998M/P の提案事業も含めた既存計画と新たに考える水源候補地に対し、関連情報を収集し、地形図、地質図、土地利用図を参照してダムまたは堰・導水路地点及び工事用道路の図上調査を実施した。その後、水源地の有力候補地点を絞り込んだ段階で、水資源区 XI では、ダバオ川流域、タグム・リブガノン川流域、ダバオデルソル地区、ジェネラルサントス地区を対象に現地踏査、現地関連機関を行い、各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略を整理した。下表、下図に水資源区 XI の現地調査と水資源評価結果の総括を示す。

表 4.4-2 水資源区 XI の各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略

地区	項目	内容
ダバオ川流域	現状	- 広い流域からの比較的豊富な水ポテンシャルを有している - 民間資金により地表水開発が推進されている（アポアグア） - サマル島の水不足
	課題	a. ダバオ首都圏の上工水需要が高く、将来の地下水賦存量不足が予測される b. 多目的利用のために見直しが必要なダム計画がある
	対策工の戦略	a. 地下水開発から地表水開発への水源の移行 b. 監視と規制による地下水の持続可能な利用 c. 多目的利用を検討した上で実現可能なダム計画を実施（社会影響緩和のためのダウンサイズ、多目的な統合利用）
タグム・リブガノン川流域	現状	- 広い流域からの地表水が比較的豊富な水ポテンシャルを有している - 民間資金により地表水開発が推進されている（マニラウォーターによるタグムバルク給水）
	課題	c. タグム市では上工水需要が高く、将来の地下水賦存量の不足が予測される a. タグム川上流にダム計画（ロクタンダム）があるが、貯水予定地がバナナ農園内に位置するため適さない。 b. 灌漑地域は洪水と排水の問題を抱えている
	対策工の戦略	a. 地下水開発から地表水開発への水源の移行 b. 監視と規制による地下水の持続可能な利用 c. 灌漑地域の洪水・排水対策
ダバオデルソル	現状	- アポ山の麓の沖積地層における比較的豊富な水ポテンシャル - NIA は頭首工による灌漑地域を開発 - PPP によるトゥダヤ川とタグム川の水力発電開発
	課題	a. ミラルダム（NIA）の貯水池はほぼ満砂し、2012 年より放流工が閉塞。流域での開墾が大量の土壌浸食を引き起こしている。 b. 乾季に灌漑用水が不足し、灌漑ダム計画（SRIP）が提案されている。
	対策工の戦略	a. ミラルダムの堆砂対策と流域保全管理の実施 b. 水力発電開発と連携した継続的な灌漑開発
ブアヤン・マルンガン/ジェネラルサントス	現状	- ブアヤン・マルンガン川と山々に囲まれた扇状地の比較的豊かな水資源 - GSWD の主な水源は地下水。無収水率は 29% であり無収水率を改善するためのパイロットプロジェクトが行われている。 - 東部地域の井戸の水質（色）問題を除き、地下水の悪化、水質、塩水の浸入、地盤沈下の問題はない。
	課題	a. ジェネラル・サントス市における生活用水の需要の増加。 b. ブアヤン川では地表水開発計画（USAID）があったが、経済的に成り立たないと評価された。
	対策工の戦略	a. 堰による継続的な地下水と地表水の開発推進 b. 継続的な NWR 改善 c. 地形的、水文的にダム候補地があり、将来的には必要に応じて発電、灌漑、利水などの複合利用を検討

出典：JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.4.1 水資源区 XI の現地調査と水資源評価結果の総括

(2) 新規水源開発オプションの代替案立案

図上調査、現地踏査結果をもとに下表に示す個別の対策案に対し 1 次スクリーニングとして各対策案の採用可能性の比較検討を行い、現実的に採用可能性のある対策を複数案選定した。

表 4.4-3 水資源区 XI おける水源・利水施設の個別対策案の 1 次スクリーニング結果

対策案	表流水開発				地下水開発		海水淡水化	需要管理	下水再生	
	ダム・貯水池	可動堰	小規模貯水池	流域導水	浅層	深層				
概要	流量の季節変動を調節	既存の上水灌漑取水として実績有	既存の灌漑調整池として実績有	流域変更に伴う導水計画	現況の地下水利用	現況より深層の地下水利用	海水・汽水の淡水化利用	節水、漏水対策、雨水利用など	下水の再生水としての利用	
採用可能性	短期	×	◎	○	×	○	△	×	◎	-
	中期	○ ダム再生/ ダバオ 3 ダム	○	○	×	△	○	×	◎	-
	長期	○ (ダバオ 2 ダム)	○	○	×	△	○	△ ダバオ市	◎	○

凡例: ◎非常に有効、○有効、△やや有効。×検討対象外

出典: JICA 調査団

(3) 代替案の水収支解析

前述 4.4.2 に記載した水資源区 VII と同様の方針・手順で短期、中期、長期の段階的開発を考慮した対策オプションを組み合わせた基本案を想定し、その水収支上の効果を評価し、開発可能な水量や施設の規模の検討を行った

(4) 代替案の比較検討

水資源開発・管理計画（案）策定ならびに優先プロジェクト選定のため、NEDA および NWRB との一連の協議を経て、詳細水収支計算、机上調査、現地踏査、関係機関へのヒアリング結果を踏まえ、水資源区 XI における各地区の水資源開発の代替オプションを以下のように設定した。

表 4.4-4 水資源区 XI における水資源開発・管理のための代替案の設定

セクター	代替案	ダバオ川/ ダバオ首都圏	タグム・リプガノ ン川/タグム市	ブアヤン・マルン ガン川/ジェネラル サントス市
表流水開発	ダム・ため池 (利水)	Davao 1 Dam Davao 2 Dam Davao 3 Dam	-	-
	ダム・ため池 (灌漑)	Suawan Dam (SRIP) Pagan Dam (SRIP) Cogon Bacaca Dam (SRIP) Absang Dam (SRIP) Linoan Dam (SRIP) Upper Saug Dam (RIP) Awano Dam (SRIP)	-	-
	ダム・ため池 (治水)	Davao Flood Control Dam	Locutan Dam Gupitan Dam	Buayan Dam Dumolog Dam Maribulan Dam
	既存ダム再生	Miral Dam	-	-
	流域間導水	なし	なし	なし
	灌漑頭首工	NIA'の既存計画 (SRIP/IP)		
	地下水開発	深井戸、地下水涵養施設		
給水施設の開発・管理	バルクウォーター給水、海水淡水化、下水再生利用			
水需要管理	都市用水・工業用水	無収水対策、節水促進、工業用水の再利用、雨水利用、地下水管理		
	灌漑用水	灌漑近代化、灌漑水路の漏水対策		

出典: JICA 調査団

(5) 代替案比較結果

前述 4.3.2 で設定した評価基準を適用して、各セクターの代替オプションの比較評価を行った。比較の結果、下表に示す水資源開発対策と水資源管理対策を選定した。ロードマップを図 4.3 12 に示す。

表 4.4-5 水資源区 XI における水資源開発のための代替案の選定結果

No	水資源開発対策	地区 (州)	関連組織	セクター/ 目的	実施時期		
					短期	中期	長期
1	Construction of Davao 2 Dam	ダバオ	-	Multi WS/IR/FC	-	Study	○
2	Construction of Davao 3 Dam	ダバオ	-	Multi WS/IR	Study	○	-
3	Upgrading of Miral Dam	ダバオ	NIA11	IR	○	○	-
4	Construction of Irrigation Weirs	全地区	NIA	IR	○	○	○
5	Bulk Water Development	全地区	Related Water Utilities	WS	○	○	○
6	Construction of Desalination Plants	ダバオ	-	WS	●	○	○
7	Recycle of Sewerage Water	ダバオ	-	GW	-	Study	○
8	Groundwater Development (Deep Wells)	-	-	GW	Study	○	-

注: ●既存計画あり、○新規提案計画、WS:給水、IR:灌漑、FC:治水

出典: JICA 調査団

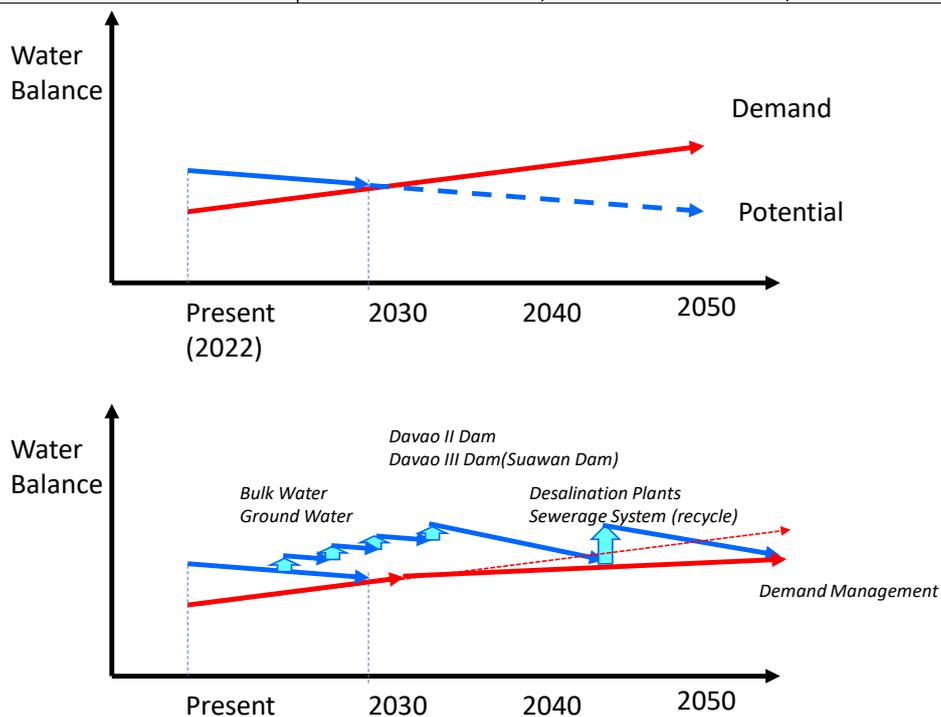
表 4.4-6 水資源区 XI における水資源管理のための代替案の選定結果

No	水資源管理対策	地区	関連組織	セクター/ 目的	実施時期		
					短期	中期	長期
1	Measures for Non-Revenue Water	all	Related Water Utilities	WS	○	○	○
2	Promotion of Water Saving	all	Related Water Utilities w/ Public Promotion Activities	WS	○	○	○
3	Improvement of Recycle Rate of Industrial Water	all	Industrial Water Users	WS	○	○	○
4	Measures for Water Leakage of Irrigation Canals	all	NIA & Related Irrigation Associations	IR	○	○	○
5	Modernization of Irrigation System	all	NIA & Related Irrigation Associations	IR	○	○	○
6	Rainwater Harvesting	all	Related Irrigation Associations	SW	○	○	○
7	Monitoring of Groundwater	all	NWRB	GW	○	○	○
8	Regulation of Groundwater Use	all	NWRB	GW	○	○	○

注: ○新規提案計画、WS:給水、IR:灌漑、FC:治水、GW:地下水

出典: JICA 調査団

Plan	Short (2023-30)	Middle (2031-40)	Long (2041-50)
P1: Management of Water Demands	Management of Domestic and Irrigation Water Demands		
P2: Sustainable Use of Groundwater	Monitoring/ Regulation of GW		
P4: Management of Water Resources	Managements of Information, Flood Risk, Watershed Conservation, Organization and Institution		
P3: Development of Water Resources	Bulk Water Intakes (Apo Agua)	Bulk Water Intakes (Middle)	Bulk Water Intakes (Long)
	Irrigation weirs/ponds(Short)	Irrigation weirs/ponds (Middle)	Irrigation weirs/ponds (Long)
			Desalination Plants (Long)
		Upgrading of Existing Dams (Miral Dam)	
			Davao III Dam (Multi-purpose)
			Davao II Dam (Multi-purpose)
		Groundwater Development (if potential is available)	
			Reuse of Sewerage Water



出典: JICA 調査団

図 4.4.2 水資源区 XI の水資源開発・管理計画ロードマップ (案)

4.4.3 水資源開発・管理計画案

上記までの検討で提案した目標年次 2050 年までの水需給ギャップを解消するための水資源開発オプションに基づいた水資源開発・管理計画 (案) を作成する。各計画の内容は、本調査を通じて得られた各々の現状、課題、検討結果、計画面 (短期、中期、長期計画)、管理面の提言を要約

する程度とし、今後のフィリピン側協力機関の計画更新に資するものとする。計画案の構成は前述 4.3.3 の水資源区 VII と同様である。

(1) 水需要管理計画

1) 水需要管理（都市用水、上水）

都市用水、工業用水の需要管理対策としては、以降(5)都市用水・工業用水管理計画で述べる節水や無収水対策の強化が考えられる。削減効果は、下表に示すように、水資源区 XI 全体で合計 7%と算定される。

表 4.4-7 水資源区 XI における水需要管理（都市用水、工業用水）の効果

Water Resource Region		Municipal & Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)							Reduction Effect in 2050
		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
WRR XI - SOUTHEASTERN MINDANAO	Baseline	580	621	657	698	742	790	830	100%
	Water Saving	580	606	624	647	664	683	691	95%
	Improvement NRW	580	621	657	698	737	779	808	111%
	Water Saving + Improvement NRW	580	606	624	647	659	674	675	93%

出典: JICA 調査団

2) 水需要管理（灌漑用水）

灌漑用水の需要管理対策としては、以降(4)灌漑計画で述べる水路漏水対策、ITS 導入による灌漑効率向上が考えられる。削減効果は、下表に示すように、WRR XI 全体で合計 7.9%と算定される。

表 4.4-8 水資源区 XI における水需要管理（灌漑用水）の効果

Province	Irrigated Area (ha)		Without measures	With measures	Without - With	
	Wet	Dry	Irrigation Water Demands in 2050 (MCM)		Reduction of Irrigation Water Demands in 2050 (MCM)	
Bukidnon	2,852	2,829	42	39	3	6.0%
Compostela Valley	80,415	80,415	694	628	65	9.4%
Davao del Norte	24,378	24,378	425	386	39	9.1%
Davao del Sur	27,246	26,974	664	616	49	7.4%
Davao Oriental	14,819	14,925	310	286	24	7.6%
Sarangani	5,588	5,204	110	110	0	0.0%
South Cotabato	77,194	76,266	612	567	45	7.3%
North Cotabato	116,810	116,299	105	97	8	7.5%
Sultan Kudarat	42,056	34,388	41	40	1	2.3%
Agusan del Norte	39,509	39,331	22	20	2	7.7%
Agusan del Sur	45,471	43,974	97	92	5	5.6%
Surigao del Sur	34,637	31,079	559	507	52	9.3%
Sub Total	510,973	496,061	3,681	3,389	291	7.9%

出典: JICA 調査団

(2) 地下水管理計画

地下水環境を把握するための観測網の構築は地下水資源の持続的管理・開発に不可欠であるが、現時点では DCWD が保有する観測井戸がダバオ市内の一部地域にあるのみで、継続的に利用可能

な地下水観測網は存在しない。

また、2050年まで地下水需要が増加し続けた場合、ダバオ湾東部やサマル島、アポ山東部で過剰揚水に起因する地下水位低下の発生が懸念される。

上記問題の現状を把握したうえで持続的な地下水開発を進めるためには、地下水観測網の整備および現在の地下水環境（水理地質構造、揚水量等）を把握するための地質・水文調査を最優先に実施することが望まれる。

(3) 表流水開発計画

1) 優先検討ダム一覧

水資源区 XI の地表水開発計画として、第 3 章に記載されている現在および計画中のダムと貯水池の一次審査で、以下のダムを選択した。これらのダムについて、配置、規模、および概略建設費について予備的に検討した。各ダムのダム断面、水利用施設、堆積、再定住、および提案されたダムの貯水池の土地取得は、附属報告書 ANNEX G に示す。

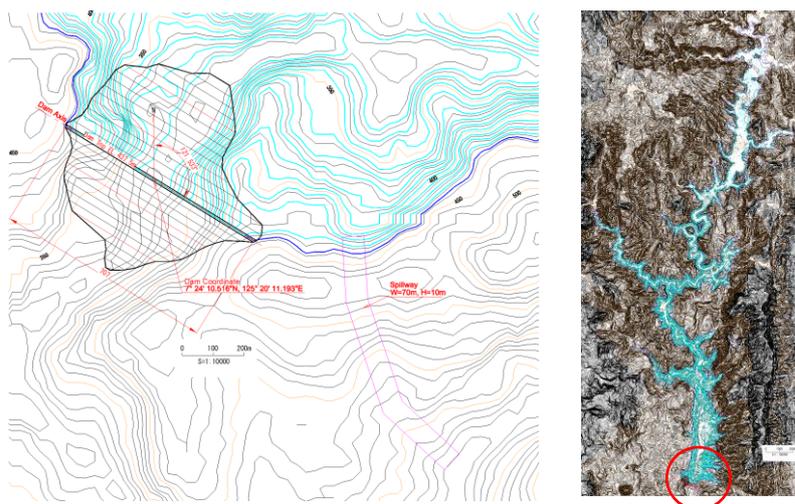
表 4.4-9 優先検討 4.4-10 ダムのリスト(水資源区 XI)

Name of Island	Mindanao	Mindanao	Mindanao
Name of Dam	Davao-II	Davao-III	Davao-III (Low)
Name of River	Davao	Davao	(Same as left)
Catchment Area	814 sq. km	151 sq. km	(Same as left)
Flood Discharge (100-Yr Design)	2,510 cu. m/sec	1,100 cu. m/sec	(Same as left)
Dam Type	Rockfill	Rockfill	(Same as left)
Dam Height (Approximately)	130m	140m	62m
Dam Top Elevation	EL. 437.5m	EL. 499.5m	EL. 421.5m
Dam Crest Length	707m	467m	270m
Dam Volume	12.9 M. cu. m	10.5 M. cu. m	1.2 M. cu. m
Upstream Slope ratio	1:3.0	1:3.0	(Same as left)
Downstream Slope ratio	1:2.5	1:2.5	(Same as left)
Foundation bedrock Elevation	EL. 300.0m	EL. 370.0m	(Same as left)
Foundation bedrock properties	bedrock	good sedimentary rock outcrops (mudstone)	(Same as left)
Channel bottom Elevation (Crest EL. Spillway)	EL. 437.5m	EL. 488.5m	EL. 410.5m
Area of Reservoir	6,125.6 ha	571.9 ha	56.1 ha
Capacity of Reservoir	2,537.7 M. cu. m	215.8 M. cu. m	11.5 M. cu. m
Minimum Operation WL (Top of Dead Storage)	EL. 340.2m	EL. 429.8m	EL. 408.4m
Dead Storage Volume (Sediment Yield 100%)	72.6 M. cu. m	19.6 M. cu. m	5.5 M. cu. m
Dam Coordinates (Latitude)	7° 24' 10.516"N	7° 15' 22.074"N	(Same as left)
Dam Coordinates (Longitude)	125° 20' 11.193"E	125° 18' 50.508"E	(Same as left)
Total Construction Cost	25,684 M. PHP	20,844 M. PHP	2,314 M. PHP

出典:JICA 調査団

2) ダバオ II ダム

ダム軸の位置は、JICA(1998)報告書に示されたマスタープランに基づき、ダバオ市の北ダバオ川の上流に位置する。ダム施設の配置図を以下に示す。

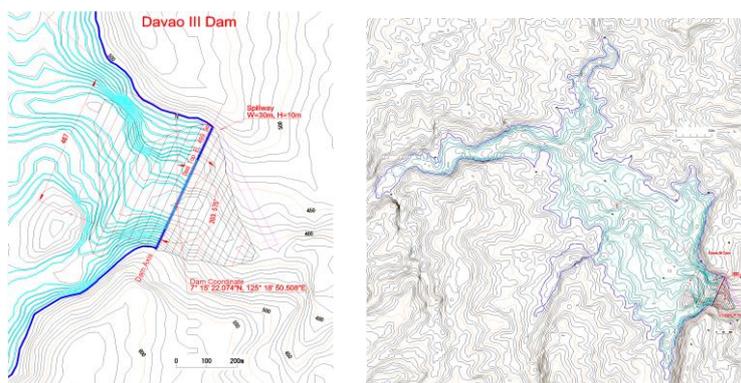


出典:JICA 調査団

図 4.4.3 貯水池およびダム平面図（ダバオ II ダム）

3) ダバオ III ダム

ダム軸の位置は、JICA(1998)報告書で提示されたマスタープランを参考に、ダバオ市の北、ダバオ川の右支川であるスアワン川の中流域に位置する。ダム施設配置図を下図に示す。

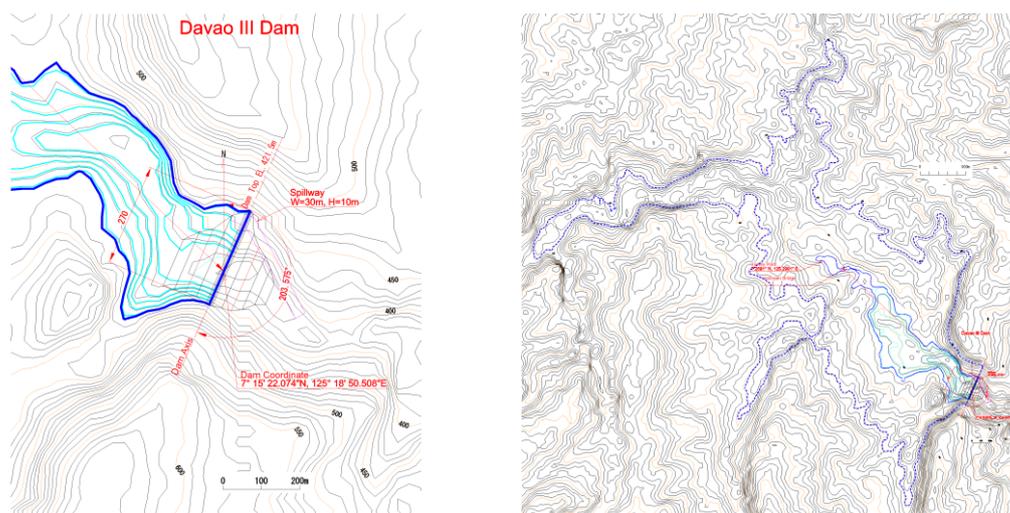


出典:JICA 調査団

図 4.4.4 貯水池およびダム平面図（ダバオ III ダム（高））と貯水池

4) ダバオ III ダム（低）

最大開発規模のダバオ III ダムでは、ダム上流の幹線道路の橋梁の移設が必要なため、ダム軸同一で幹線道路橋が水没しないダム高（51.5m）と小規模化した計画を立案した。



出典:JICA 調査団

図 4.4.5 貯水池およびダム平面図（ダバオ III ダム（低））と貯水池

(4) 灌漑計画

ダバオ・デ・オロ州、北ダバオ州、東ダバオ州については、灌漑開発計画は NIA の過去の灌漑計画に基づく将来灌漑面積を開発することを提案する。南ダバオ州、西ダバオ州は NIMP を基にした将来灌漑開発面積を検証の上、コメ栽培に適した農地を選定し開発計画とする。新規開発、改善事業共に、幹線支線水路のライニング、頭首工土砂吐ゲートの機械式操作型の導入、頭首工ゲートの遠隔操作型の導入、流域管理計画等の実施を提案する。

(5) 都市用水・工業用水管理計画

都市用水・工業用水に係る事業コンセプトとしては、無収水削減対策、節水活動促進、海水淡水化技術導入、下水再生利用技術導入、工業用水改修利用技術導入が挙げられる。このうち効果が高く、実現性の高い無収水削減対策と節水活動促進を優先事業コンセプトとして選定した。

各事業コンセプトの対象都市、水需要節減効果、概算事業費、実施可能性評価を以下に示す。

表 4.4.10 都市用水・工業用水事業コンセプトの概要

Priority Project Concept	Reduction of NRW	Promotion of Water Saving Activity	Introduction of Desalination Technology	Recycling of Sewerage Water	Recycling of Industrial Wastewater
Target City	Large Scale Major Municipalities (Davao, General Santos)	All Municipalities	—	Davao City	—
Reduction Effect (2050)	WRR XI: 22 MCM	WRR XI: 139 MCM	—	WRR XI: 18 MCM(Davao)	—
Very Rough Project Cost	4.6 billion PHP	- (It is included in municipalities public relations budget)	—	2.3 billion PHP (It is not including sewerage development cost)	—
Feasibility	Low (NRW 20% is a high target, but the alternative is an even higher target of 10%.)	Middle (No typical project cost and water demand per capita is already declining in other countries.)	—	Low (The progress of the sewerage project, which is required for sewerage water recycle, is uncertain.)	—

出典: JICA 調査団

(6) 情報管理計画

本節に係る記述については、基本的に 4.3.3(6)節において優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。

(7) 洪水リスク管理計画

洪水リスク管理における課題について、特に洪水リスク管理の重要性が流域として着目した 3 つの主要河川流域（ダバオ川流域、タグムリブガノン川流域、ブアヤンマランゴン川流域）における課題を整理した。また、次の提言を行った。

■全国共通の提言（4.3.3 (7)参照）

■3つの主要河川流域における提言

- 3つの主要河川流域については、現行の治水 M/P に基づいた治水対策を着実に実行すべきである。
- ダバオ川流域では、現行の治水 M/P において治水ダムは計画されていないものの、本調査では水資源開発の目的から2つの多目的ダム（ダバオ2ダム、ダバオ3ダム）を優先事業として提案している。これらのダムに洪水調節機能を持たせることで、より費用対効果の高いダムとなる可能性がある。現行の治水 M/P では、計7つの遊水地建設により、計画流量を 1,700 m³/s 低減させる計画としている。この7つの遊水地建設にかかる費用と、その総貯水容量と同量の洪水調節容量をダバオ2ダムの貯水容量に追加して多目的ダムとした場合に必要となる想定コストと比較したところ、多目的ダム案の方がコストを縮減できる可能性があることが判明した。また、多目的ダム案の方が建設地点が1か所に絞られ、住民移転や用地取得等といった社会影響面でも有利になると考えられる。一方で、多目的ダム案の場合には

事業者間の機能（容量）配分・便益・費用調整、実施スケジュール、実施後の運営管理体制の調整などに係る対応、負担が生じる。統合水管理の視点に立った最適な水資源開発を目指し、両多目的ダムのフェージビリティ調査を実施すべきである。

- 現行の治水 M/P において、タグムリブガノン川流域に2つの多目的ダム、ブアヤンマランゴン川流域に1つの多目的ダムが計画されている。これらのダムは治水のみを目的としたものではなく、干ばつや水不足への対策も含めた長期的な気候変動適応策として提案されている。しかしながら、詳細なダムの検討は行われていないことから、多目的ダムとしてのフェージビリティ調査を実施すべきである。

(8) 流域環境保全計画

水資源区 XI では、将来的な需要増加による地下水不足のリスクがある。また、既存灌漑ダムの堆砂の問題がある。

これら現状課題を踏まえ、水資源区 XI における流域環境保全計画の目的を以下のとおりとする。

- 環境保全対策を通じて、水資源区 XI の良質で十分な量の水資源を確保する
- 地域の発展に向け、自然環境と人による開発・生活活動双方にとって持続可能な水辺環境及び水質を保全・改善する

上記目的を達成するために、以下の3つの戦略及び将来にわたる活動計画を設定する。

表 4.4.11 水資源区 XI における流域環境保全のための戦略及び活動計画

戦略	短期 (2030 年)	中期 (2040 年)	長期 (2050 年)
共通事項	<ul style="list-style-type: none"> • 浚渫による堆砂の除去 • 既存モニタリングステーションにおける水質モニタリングの実施 • 開発事業における保水機能への配慮(雨水浸透、貯水施設の設置、地下水の利用制限、植林等の代替手段の検討等) • 植林 		
豊富な水資源の確保 ・適切な森林管理 ・都市部における保水機能の向上 ・開発事業における保水機能への配慮	<ul style="list-style-type: none"> • 森林計画に基づいた適切な森林管理計画の策定 • 都市緑化等の緑地整備の計画 	<ul style="list-style-type: none"> • 林道網の整備 • 荒廃した森林の修繕・整備 • 都市部の雨水貯留浸透施設の設置による雨水の流出抑制 • 都市緑化等の緑地整備計画の実行 	<ul style="list-style-type: none"> • 荒廃した森林の修繕・整備 • 透水性舗装の整備 • 都市緑化等の緑地整備計画の実行
きれいな水の確保 ・発生源対策 ・河川・湖沼の浄化 ・水質監視	<ul style="list-style-type: none"> • 植物や水生生物を利用した自然の浄化機能の活用 • 水質監視体制及び関係機関連絡体制の計画策定 	<ul style="list-style-type: none"> • 農業排水の整備 • 水域周辺への浄化槽の設置 • 水質監視体制の構築及び水質悪化の把握のための住民、地方自治体、国家機関との緊密な連絡体制の確立 	<ul style="list-style-type: none"> • 下水システムの整備 • 浄化施設の設置・整備 • 水質監視体制及び関係機関連絡体制の改善
自然と人とのふれあいの確立 ・多様な生物が生育・生息する水辺の保全 ・生物多様性の保全 ・親しみやすい水辺づくりと観光振興	<ul style="list-style-type: none"> • 多自然水域の整備計画 • 水域生態系保全の計画 • 水域環境を考慮した観光振興の計画 	<ul style="list-style-type: none"> • 多自然水域整備の振興 • 水域生態系保全の実施 • 水域環境を考慮した観光振興の促進 	

出典:JICA 調査団

(9) 組織・法制度計画

本節に係る記述については、基本的に 4.3.3(9)節において優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。

4.4.4 優先水資源業コンセプトの提案

水資源開発計画・管理計画（案）短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、優先事業コンセプトを検討・提案する。この事業コンセプトに係る検討は、マスタープランの前段階に位置し、優先プロジェクトのコンセプトとして、事業目標、対象組織、対象地域、成果、効果、概算コストなどを事前に予備的に検討するものである。

次表は、前節で提案した 2050 年までの水資源開発管・理計画のロードマップとして、短期（2030 年）、中期（2040 年）、長期（2050 年）の事業実施コンポーネントを示したものである。このうち、優先プロジェクトは表中の赤枠で示されおり、短期案ならびに中期案のうち、実現可能性が高く重要性の高い事業を優先事業として提案する。

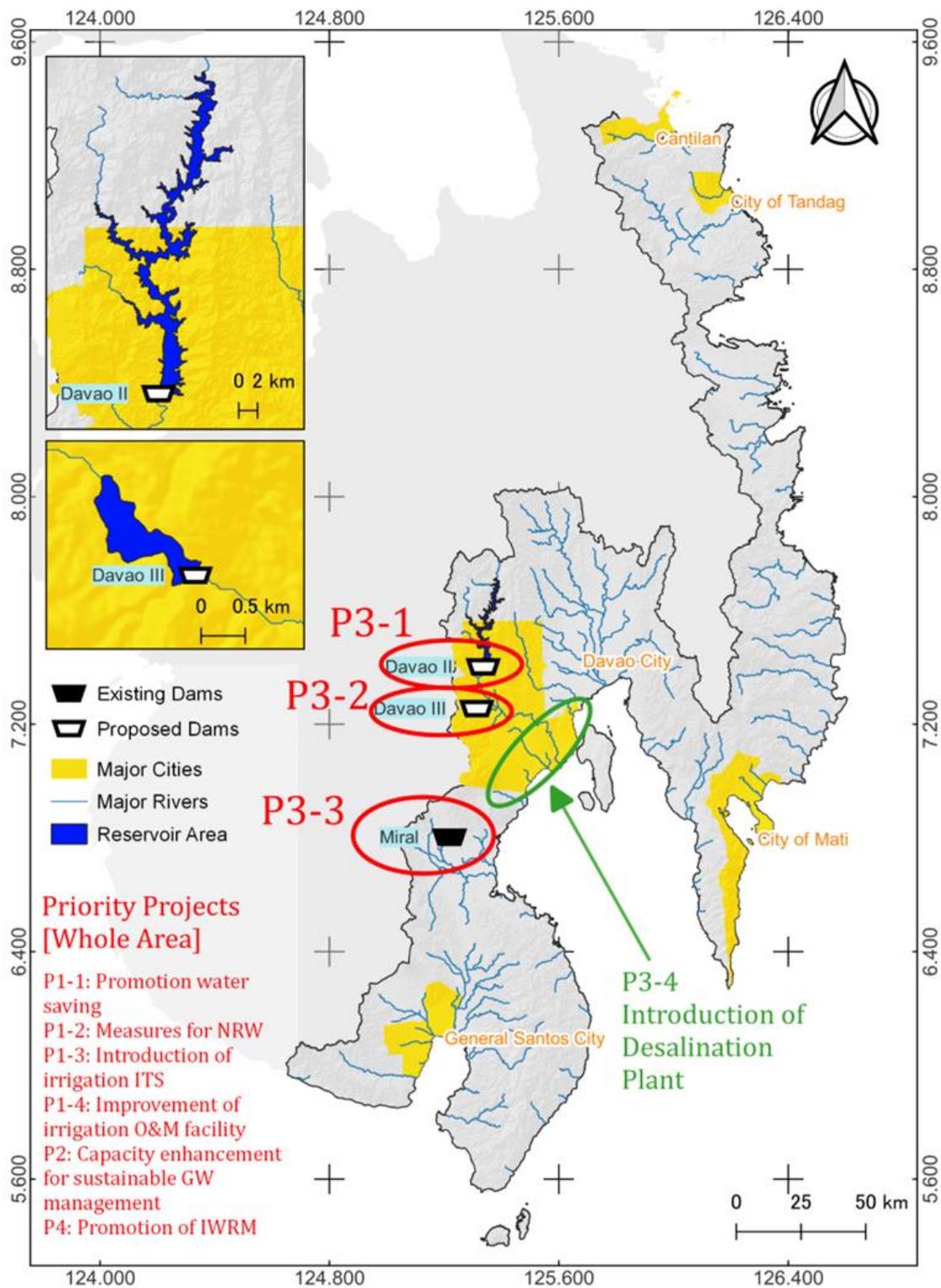
表 4.4.12 水資源区 XI における優先事業

Priority Policy	Development Items	Short-term (2024-30)	Mid-term (2031-40)	Long-term (2041-50)
1	Demand Management	P1-1: Promotion of water-saving P1-2: Measures for NRW (20%) P1-3: Introduction of Irrigation ITS P1-4: Improvement of Irrigation O&M Facility	Promotion of water-saving Measures for NRW (15%) Introduction of Irrigation ITS Improvement of Irrigation O&M Facility	Promotion of water-saving Measures for NRW (10%) Introduction of Irrigation ITS Improvement of Irrigation O&M Facility
2	Groundwater Management	P2: Capacity Enhancement for Sustainable Groundwater Management	Monitoring and regulation of GW	Monitoring and regulation of GW
3(1)	Surface water development	P3-3 Study and Investigation of Upgrading existing dams (Miral) Promotion of mid-long term plans of Multipurpose Dams (P3-1 Davao 3 Dam, P3-2 Davao 2 Dam) ●Development of irrigation weirs and dams (SRIP)	P3-3 Upgrading existing dams (Miral) P3-1 Davao3 Dam (multi-purpose) Development of irrigation weirs and dams (SRIP)	Davao2 Dam (multi-purpose) Development of irrigation weirs and dams (SRIP)
3(2)	Water Supply and Sewerage Development	●Bulk water developments (Apo Agua, Manila Water) ●Groundwater developments (General Santos)	Bulk water developments Groundwater developments (General Santos) Installation of desalination plants	Bulk water developments Groundwater developments (General Santos) Recycle of sewerage water in Davao
4	Water Resources Management Plan	P4: Promotion of IWRM (managements of information, flood risks, watershed conservation, organization and institution)	Promotion of IWRM	Promotion of IWRM

●based on the existing / on-going plans

 Priority Projects

出典: JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.4.6 水資源区 XI における優先事業位置図

(1) P1: 水需要管理

1) P1-1: 無収水対策、P1-2: 節水活動の促進

無収水率(NRW)の削減、節水活動促進事業を水需要管理の優先事業として提案する。事業コンセプトの概要は 4.3.3 と同様である。

2) P1-3: 灌漑遠隔監理システムの導入

水資源区 XI には大規模な灌漑ダムがないため、この事業は水資源区 XI では提案されていない。

3) P1-4: 灌漑維持管理施設の改善

灌漑用水の利用効率向上のため、灌漑水路ライニングによる漏水対策が提案される。また、NIS のいくつかは、出張所から遠隔地に位置しており、アクセス道路は雨季には舗装されておらず、運転が困難な悪路となる。適切な水管理・管理のためには、運営スタッフを配置した維持管理事務所や道路改良工事も必要となる。事業コンセプトの概要は 4.3.3 と同様である。該設備・施設の維持管理費及び更新費は、適切な見積が必要となるが、概算で水路改修費用 3,105 Mil. Peso (all NIS, ISA 38,814ha)、堰・ゲート改修費用 172Mil. Peso (29 か所)と算定される。

(2) P2:地下水管理

地下水観測網の整備や地質・水文調査は、フィリピン側が実施すべきものであるが、現状では技術移転による能力強化が不可欠と考えられる。したがって、以下に示す技術協力プロジェクトの実施を通じて、地下水管理計画の策定・更新までを支援することが最適と考えられる。

Title:	持続可能な地下水管理のための能力向上プロジェクト
Goal:	関係機関の地下水管理能力が強化される
Target:	NWRB、MGB、DCWD、その他関係機関
Location:	ダバオ、タグム
Output:	Output1 : 地下水モニタリングネットワークが構築される Output2 : 地下水モデリングによる将来予測分析が実施される Output3 : 地下水関連問題の対策が立案・実施される Output4 : 地下水管理計画が策定・更新される
Effect:	地下水使用の最適化がなされる

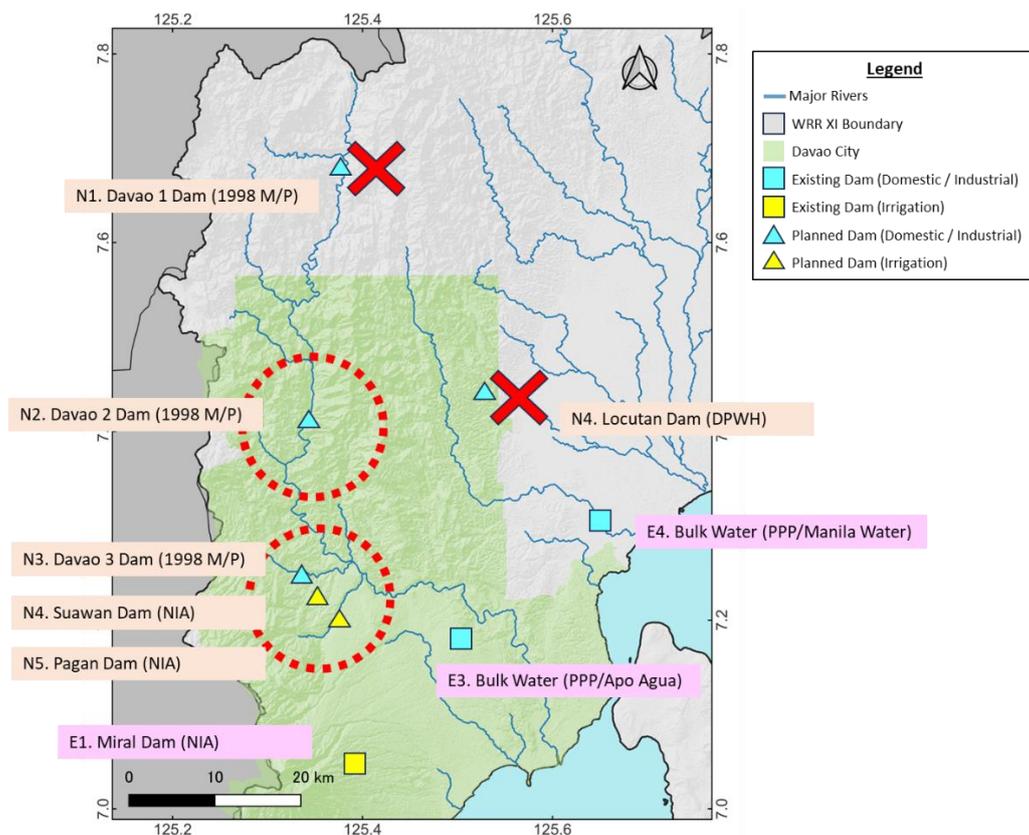
(3) P3(1): 表流水開発

1) P3-1: ダバオ III ダム (多目的ダム) の計画・調査/建設

ダバオIIIダムは 1998 年 M/P で計画されたが、現時点で実現に至っていない。現在、同ダムサイトの近傍に NIA が提案している 2 つの灌漑ダム、パガンダムとスアワダムがある。NIA 現地事務所との協議を通じて、両ダム計画はまだ予備検討レベルであり、ダム機能を統合して貯水容量増加や上水事業等との多目的利用を検討することも可能であることを確認した。これらのダム計画の現状とダバオ地区の水不足の状況を考慮し、ダバオ III ダムは灌漑用水だけでなく上水道も兼ねる多目的ダム開発として検討する。

また、ダム建設予定地の机上調査及び現地調査の結果、当初計画どおりダム高 132m とした場合、水資源開発の規模が大きくなるが、貯水池エリアに幹線道路と橋梁、多くの家屋が存在し大規模な移転が必要となることが判明した。そこで、本調査ではダム高を幹線道路と橋梁が水没しない高さとなるダム高 51.5m まで下げる計画とし、当案を優先事業コンセプトとして提案する。

Title	ダバオ3ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設
Goal	多目的利用のための表流水開発（灌漑、都市給水、治水、水力発電）
Target:	NIA XI の灌漑用水供給システム、MDWD の給水システム
Location	スアワン川（ダバオ川の右支流）、ダバオ市
Profiles	(基本諸元) ダム型式: Rockfill ダム高、堤頂長: H 51.5 m and L 270 m 流域面積: 151 km ² 貯水池面積: 50.1ha 影響家屋数: 2 戸 貯水容量: 11.5 MCM ダム以外にも取水施設、送水管、浄水場、ポンプ場、配水本管などの建設が必要である。また、将来的な土砂・堆砂管理が必要である。
Effect	11.5MCM の貯水池を利用し貯水、灌漑用水・上工水給水
Cost	約 2,3142 mil. PHP (for dam construction) 約 662mil. PHP (for pipelines, WTPs)
Others	事業の実施前に、ダム高さの設計変更の検討や社会・環境評価が必要である。また、ダムの多目的利用に向けた調査・測量や組織体制の検討が必要である。



出典: NIA 11 の情報を基に調査団が作成

図 4.4.7 ダバオ川流域近郊のダムサイト位置図

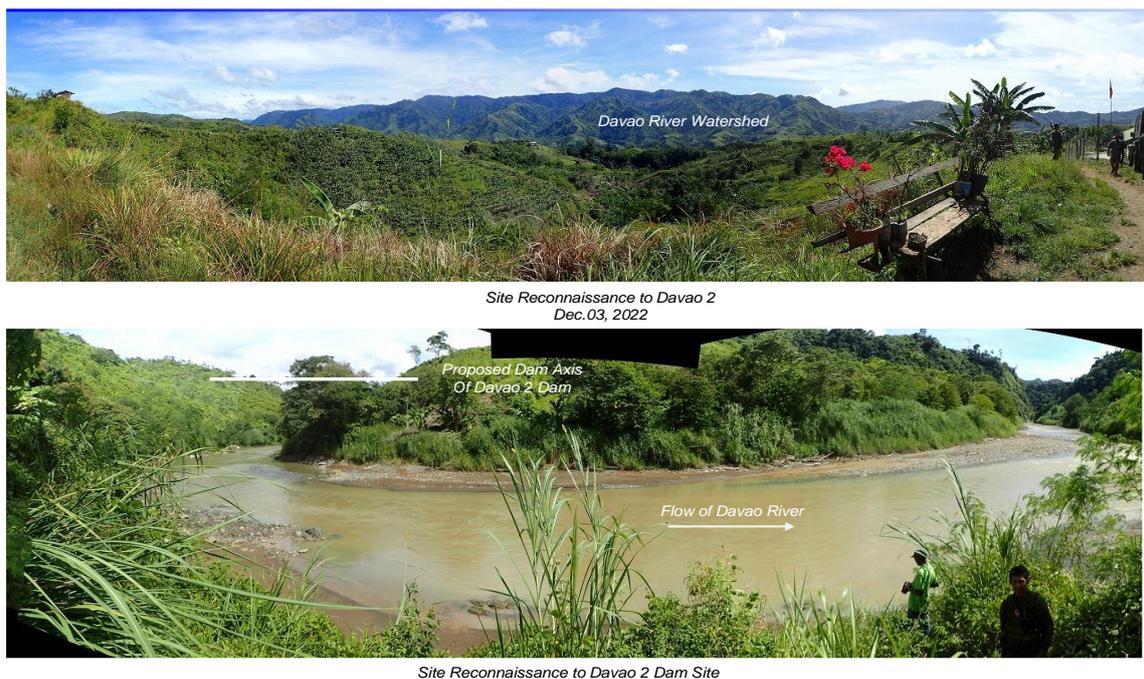
2) P3-2: ダバオ II ダム (多目的ダム) の計画・調査/建設

ダバオ II ダムは 1998 年の M/P で計画されたが、現時点で実現に至っていない。現地調査の結果から、ダム建設予定地の地形・地質は適切であり、ダム軸付近には民家がほとんどないことが確認されたが、最大開発 (ダム高 131.5m) の場合、貯水池エリアに約 2,300 軒の影響家屋が衛星画像データより確認されている。

現時点での計画の適用可能性から、前述のダバオ 3 ダムを中期計画、ダバオ 2 ダムを長期計画に位置づけているが、将来的にはダバオ首都圏の更なる人口増加と経済発展が見込まれ、現在の主要水源を地下水から地表水に転換することが期待され、ダムの計画調査の実施を優先事業として提案する。

また、最近の JICA ダバオ川治水マスタープラン策定調査では、ダバオ川上流に治水ダムを建設するという代替案も示された。しかし、第一次審査で否決され、長期治水計画としてダムサイトの下流に遊水池を建設する計画が採択されている。ただし、このダムは治水のみを目的として設計されたものであり、都市用水や工業用水、灌漑用水の利用・供給などの多目的を目的としたものではない。今後、多目的な比較検討が行われれば、ダム計画の優先順位が高まる可能性がある。また、このダム計画と遊水池の計画は位置が離れているため、物理的に干渉することはない。本調査では、治水と利水の双方のメリットを考慮して多目的ダムとしてその機能と容量配分、実施体制も含めた最適化検討を実施することを提案する。

Title	ダバオ 3 ダム (多目的ダム) の計画・調査/建設
Goal	多目的利用のための表流水開発 (灌漑、都市給水、治水、水力発電)
Target	NIA XI の灌漑用水供給システム、MDWD の給水システム、DPWH の治水
Location	ダバオ市、ダバオ川中流域
Profiles	(基本諸元) ダム型式: Rockfill ダム高と堤頂長: H131.5 m and L 707 m 流域面積: 814 km ² 貯水池面積: 6,125 ha 影響家屋数: 2,322 hh 貯水容量: 2,538 MCM ダム以外にも取水施設、送水管、浄水場、ポンプ場、配水本管などの建設が必要である。また、将来的な土砂・堆砂管理が必要である。
Effect	大規模貯水容量 (最大 2,538MCM) の貯水池を利用した貯水、灌漑用水・上水給水、洪水調節
Cost	約 25,684 mil. PHP (for dam construction) 約 663 mil. PHP (for pipelines, WTPs)
Others	事業の実施前に、ダム高さの設計変更の検討や社会・環境評価が必要である。また、ダムの多目的利用に向けた調査・測量や組織体制の検討が必要である。



出典: JICA 調査団

図 4.4.8 ダバオ 2 ダムサイトの現地状況

3) P3-3: 既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (ミラルダム)

ミラルダムは、1994 年に東ダバオ州のパダダ川に建設された灌漑ダムである。上流の山岳地帯では開墾が高度に進み、流域の土壌侵食と貯水池の堆砂が計画以上に進行した結果、2012 年頃にダム出口放水管が土砂で埋まって閉塞し、それ以降、余水吐きから水が流出し続ける状態が続いている。現在、実際の灌漑面積は雨季で計画の半分の 800 ヘクタール、乾季で 300 ヘクタールである。また、この地域は干ばつによる水不足が問題となっている。

既存ダム整備事業は、開発による社会環境への影響が少なく、貯水池の有効活用が期待でき、効率的に水源開発を行うことが可能であり、ダム運用改善、堆砂対策、発電増設を組み合わせた既存ミラルダムの改修を優先プロジェクトとして提案する。

Title:	既存ダム再生事業の計画・調査/実施 (ミラルダム)
Goal:	ダムの灌漑用水給水機能の拡張・強化
Target:	NIA-XI 東部ダバオ州の灌漑用水システム
Location:	東部ダバオ州、ミラルダム
Profiles:	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム基本諸元 ダム型式: Hardfill, ダム高 27m, 堤頂長 80m, ダム貯水容量約 6.3MCM, サービスエリア 1,500ha. ・ダム再生事業の調査・計画 ・想定されるダム再生事業 (1) 安全点検・健全度調査、(2) 堆砂調査・対策、(3) ダム嵩上と余水吐、減勢工改修、(4) 発電増設 ・土壌侵食抑制対策 (流域保全事業、砂防事業)
Effect:	既存貯水容量 6.3 MCM を利用した持続的な灌漑用水供給
Cost:	事業費は調査・検討の結果に基づいて算定する必要がある。
Others:	ダム再生事業計画を策定する前に、ダムの安全性調査、健全性調査、再生事業に関する検討を行う必要がある。



出典: JICA 調査団

図 4.4.9 既存ミラルダムサイトの現地状況

(4) P3(2): 都市用水・工業用水開発

1) P3-4: 海水淡水化技術の導入

現時点でダバオ首都圏水道区には海水淡水化プラントの建設計画はない。しかし、ダバオ都市圏の経済発展に伴う水需要の急増により、長期計画ではこの対策が必要となる可能性がある。必要に応じ、調査・計画の実施が提言される。

2) P3-5: 雨水貯留・浸透技術の導入

水資源区 VII と同様に、水不足地域への雨水貯留施設の設置促進事業は、節水事業（優先事業）を補完する対策として提案する。

(5) P4: 水資源管理

上記 4.4.3 節で述べた情報管理、洪水リスク管理、流域環境保全、組織・法制度における各水資源管理計画（案）の推進とその短期の活動を優先プロジェクトとして実施することが推奨される。

4.4.5 優先水資源事業コンセプトに係る事業実施体制の提案

(1) 情報管理、洪水リスク管理、流域保全など IWRM の推進（P4：水資源管理）

本節については、基本的に 4.3.5 の内容が優先水資源区 XI についても妥当するので、同節を参照されたい。

(2) その他の優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について

その他の提案された優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について、検討の概要については、附属報告書 ANNEX C 別表に示す。

4.4.6 水道事業広域化の検討

水資源区 XI については、広域的な水資源開発・管理計画（案）及び優先事業コンセプトの提案に当たって、「提案された水源がカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合」に該当する事例がなかった。もっとも、水資源区 XI において今回調査で対象とできなかった水道事業体の中に、経営改善、効率化のニーズを抱えている、または同一地域における複数水道事業体の重複といった問題を抱えている事業体が存在する可能性も否定はできない。将来的には、当該水資源区においても、需要管理方策の一つとして水道広域化を検討する必要も生じうるものと認識する。

4.4.7 環境影響評価

SEA の一環として、優先事業コンセプトに対する初期的な環境アセスメントを実施した。本調査における環境アセスメントの対象事業としては、重大かつ水域への影響が想定されるダム建設（ダバオ II ダム、ダバオ III ダム）を選定した。

(1) 優先事業対象地の環境社会状況

具体的な対象地が決まっているダム建設の各対象地周辺の環境社会状況は以下のとおりである。

表 4.4.13 水資源区 XI における優先事業対象地の環境社会状況

優先事業	ダバオ III ダム	ダバオ II ダム
水質	ダバオ川がクラス A に分類	
保全区域	対象地は保護区外	
住民移転／土地取得	被影響家屋：若干の可能性 必要土地：約 50 ha	被影響家屋：約 2,200 必要土地：約 6,125 ha
先住民族	ダバオ川上流部に複数の先住民族コミュニティが存在	

出典：JICA 調査団

(2) 初期アセスメントの実施

優先事業周辺の環境社会状況を踏まえ、影響項目のスコーピングを行った。その結果より、特に留意すべき以下の項目について、環境社会影響の評価を行い、緩和策を設定した。

表 4.4.14 水資源区 XI における初期環境アセスメント及び緩和策案

影響項目	初期アセスメント	緩和策案
水質	(建設時)気候を考慮した工事中の濁水管理が必要 (供用時)市街化区域から下水等が未処理で流入する場合、貯水池の水質悪化の可能性あり (供用時) 堆砂の除去及び堆砂の蓄積を避けるための施設設計が必要	(建設時)掘削工事時の締切・矢板 (建設時)沈砂池等の濁水対策 (供用時)ろ過や植生による水質の浄化 (供用時)浚渫 (供用時)ダム法面の保護、廃水処理、植林等による負荷流入の防止
生態系	(建設前)絶滅危惧種及びその生息状況に関する詳細な調査が必要 (供用時)上記の継続的なモニタリングが必要	(建設時)用地整備の際に生態系に留意、植生の損失を防止 (建設時/供用時)絶滅危惧種の存在の確認・特定と継続的なモニタリング (供用時)植林
水象	(建設前/供用時)下流への水象の影響を考慮し、下流地域の住民との建設前に調査及びコンセンサスの形成が必要	(建設時/供用時)適切な排水計画、取水計画の策定と実施 (供用時)季節の変化に応じた取水量の管理 (供用時)環境フローを考慮した放流管理
住民移転 先住民族	(建設前) 事業地周辺には住民移転及び先住民族コミュニティが存在する可能性があるため、影響の詳細調査及び住民・コミュニティとの頻繁なコミュニケーションが必要 (建設前)上記検討は、住民移転計画の中での考慮が必要	(建設前)先住民族や被影響住民とのコミュニケーションを確保 (建設前)住民移転計画に基づいた適切な補償及び支援を確保

出典：JICA 調査団

4.5 優先水資源区 V

4.5.1 水資源の現状

水資源区 V の水資源開発・管理の現状と詳細水収支解析結果を前章第 3 章に取り纏めた。下表に水資源区 V の各州の 2050 年の将来気候変動シナリオにおける渇水安全度 5 年確率のケースの年間の表流水・地下水の水収支の解析結果を示す。

表 4.5-1 水資源区 V における州別の年間水収支総括表（2050 気候変動（現況）、1/5 年渇水年）

州、主要都市	2050 年時点の年間水収支 (MCM)		
	表流水	表流水	表流水
Albay	○ (+1,373)	× (-42)	○ (+1,330)
Camarines Norte	○ (+2,291)	× (-25)	○ (+2,267)
Camarines Sur	○ (+3,469)	× (-181)	○ (+3,288)
Catanduanes	○ (+1,039)	○ (+301)	○ (+1,340)
Masbate	○ (+719)	× (-9)	○ (+709)
Quezon	○ (+576)	○ (+12)	○ (+588)
Sorsogon	○ (+1,039)	× (-9)	○ (+1,030)

出典: JICA 調査団

上表に示すように、地域全体では地表水ポテンシャルが豊富であるのに対し、地域全体では地下水ポテンシャルが著しく不足している。自治体別にみると、南カマリネス州では水不足のリスクが高く、推定の年間地下水不足量は 181MCM となる。

4.5.2 水資源管理代替案の検討

(1) 新規水源地（ダム・堰・貯水池可能地点）図上調査、現地踏査

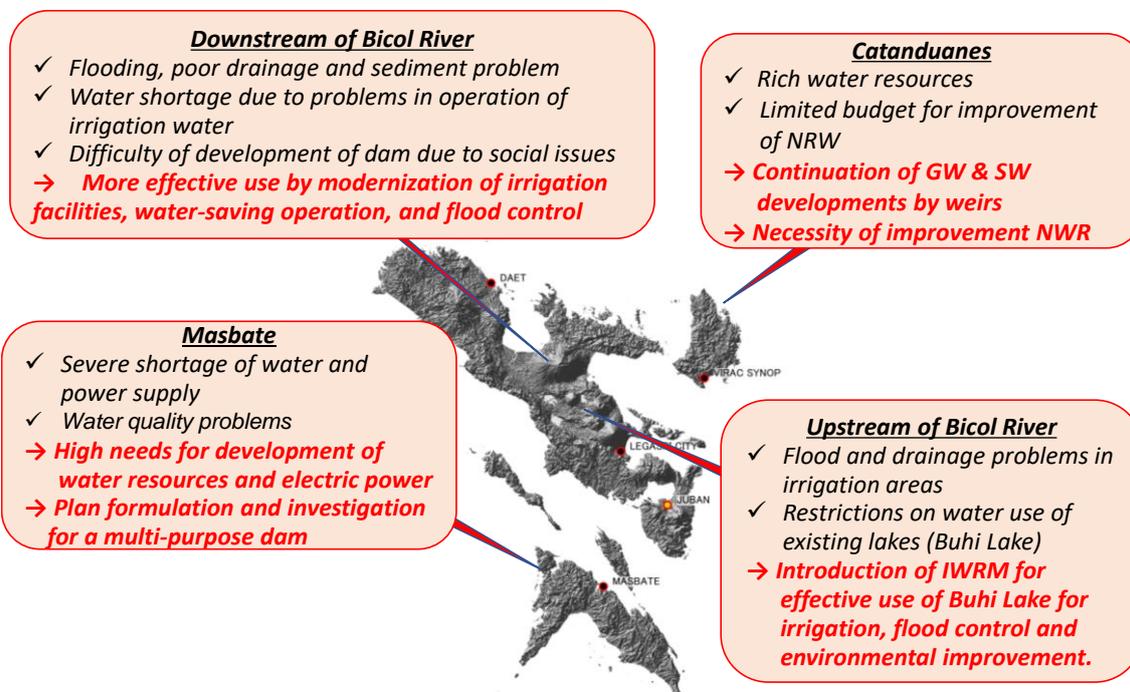
1998M/P の提案事業も含めた既存計画と新たに考える水源候補地に対し、関連情報を収集し、地形図、地質図、土地利用図を参照してダムまたは堰・導水路地点及び工事用道路の図上調査を実施した。その後、水源地の有力候補地点を絞り込んだ段階で、水資源区 V では、ピコール川流域、カタンドゥアネス、ソルソゴン、マスバテ地区を対象に現地踏査、現地関連機関を行い、各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略を整理した。下表、下図に水資源区 V の現地調査と水資源評価結果の総括を示す。

表 4.5-2 水資源区 V の各地区の水資源関連施設の現状、課題、対策工の戦略

地区	項目	内容
ピコール川下流域	現状	- マヨン山の麓からの豊富な地表水のポテンシャルを有する。 - 灌漑施設はため池がなく、排砂ゲートを備えた頭首工となっている - 近年、農業用池やポンプ灌漑システムが導入されつつある。
	課題	a. 灌漑用水の運用問題による水不足。(1) 用水路における土砂の流入・堆積やホテイアオイの繁茂による流下能力不足、(2) 下水の流入による汚染、(3) 施設の老朽化による非効率な取水・給水と復旧の遅れ 洪水被害の後。 (4) モニタリングができない。 b. ピコール川流域における洪水と排水不良の問題。 c. 河口近くの灌漑地域への塩水の侵入。
	対策工の戦略	a. 豊富な地表水ポテンシャルがあるため、水不足は取水口の土砂管理の改善、水路や施設の維持管理、運営の改善によって解決可能。 b. 灌漑施設の近代化、節水、治水が重要となる。
ピコール川上流域/ブヒ湖	現状	- ピコール上流の灌漑地域はブヒ湖（湖面積：17km ² ）の水資源に大きく依存している。湖の端にはブヒ湖管理構造物（NIA）がある。 - 湖畔にはいくつかの村があり、村への移動はボートを利用し、湖は魚の養殖や観光地として利用されている。
	課題	a. ブヒ湖の有効水深は HWL82.8m と LWL82.3m の間のみ 0.5m であるが、元々の計画では LWL79.5m であり、利用水深は 3.3m であった。 b. この規制は、WL を下げると水質が悪化し、湖の魚が死んでしまうという事実によるもの。
	対策工の戦略	a. ブヒ湖を有効活用した IWRM の導入。 b. 有効推進を 1m 増やすことで 17MCM の水を開発する事が可能となる。 c. 浚渫工事により水深を増やし、水質を改善する。 d. 浚渫した土砂を、湖周辺の埋め立て等の土地造成に利用する。 e. ゲート近代化により、灌漑運用だけでなく、湖畔の村や下流河川の治水運用も改善する。 f. 有効水深の変更に伴う湖岸環境整備事業による護岸、
カタンドゥアネス島	現状	- 豊かな森林と降雨により、豊富な地表水と地下水を有する。 - Virac WD の主な水源は地表水である。地下水はバックアップ水源として使用されている。 - NIA の主な水源も地表水である。堰による灌漑開発は行われているが、ダムはない。
	課題	a. WD の予算が少ないため、無収水率が高く、サービス率が低い(45%)。 b. 施設は老朽化しているが、思うように修繕・更新・拡張ができない。

地区	項目	内容
		c. 干ばつ時に給水制限が行われる（一部住民は自分の井戸を使用している）
	対策工の戦略	a. 小規模 WD への技術的・財務的支援 b. 堰による地下水と地表水の開発を継続。 c. 大きな水需要はないため、現時点では大規模なダムは必要ない。 d. 地形学的にも水文学的にもダムの候補地は存在する。将来的には、必要に応じて発電、灌漑、利水などの多目的利用も考えられる。
ソルスゴン	現状	- NIA の灌漑地区が拵がり、主要水源は地下水である。 - 当地の初のダムとなるのイビンガンダムを NIA が建設中（進捗率 82%、工事費 400M Peso）。
	課題	a. 流域面積が 5km ² と小さく、水文的な貯水運用面に課題がある。 b. 半島中央は火山であり、貯水池建設にはあまり適さない。
	対策工の戦略	a. 地下水灌漑、ダム灌漑を中心に表流水開発を継続。
マスバテ	現状	- 水不足が深刻で、干ばつ時に生活用水供給が制限される（日 4～6 時間） - 水の濁り、鉄・マンガンによる地下水汚染といった水質問題が生じている。 - 主な土地利用は比較的植生の少ない草原である。かつて森林伐採により土地が裸地化している。 - NIA は堰による灌漑開発（CIS）を実施中。ラナン川の下流では、BSWM が地元の灌漑用の小規模ダムを建設中である。 - マスバテ WD の水源は表流水と深層地下水。サービス率 68%。
	課題	a. 州政府の開発政策では水資源開発と電力開発が優先されており、早期の開発が求められている。 b. 多目的ダムの提案はあるが、まだ検討されていない。
	対策工の戦略	a. ダム候補地は島最大の川であるラナン川にある。河川での移住や金採掘などの小さな社会問題はあるものの、多目的開発の価値は高い b. 将来的には、ラナンダムの調査と計画、および他の地域の他の水源の調査が推奨される。

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.5.1 水資源区 V の現地調査と水資源評価結果の総括

(2) 新規水源開発オプションの代替案立案

図上調査、現地踏査結果をもとに下表に示す個別の対策案に対し1次スクリーニングとして各対策案の採用可能性の比較検討を行い、現実的に採用可能性のある対策を複数案選定した。

表 4.5-3 水資源区 V おける水源・利水施設の個別対策案の1次スクリーニング結果

対策案	表流水開発				地下水開発		海水淡水化	需要管理	下水再生	
	ダム・貯水池	可動堰	小規模貯水池	流域導水	浅層	深層				
概要	流量の季節変動を調節	既存の上水工取水として灌漑と実績有	既存の灌漑調整池として実績有	流域変更に伴う水計画	現況の地下水利用	現況の深層地下水利用	海水・汽水の淡水化利用	節水、漏水対策、雨水利用など	下水の再生としての利用	
										
採用可能性	短期	×	◎	○	×	○	○	×	◎	×
	中期	○ ブヒ湖 IWRM	○	○	×	○	○	×	◎	×
	長期	○ (ラナンダム)	○	○	×	△	○	×	◎	×

凡例:◎非常に有効、○有効、△やや有効。×検討対象外

出典:JICA 調査団

(3) 代替案の水収支解析

前述 4.4.2 に記載した水資源区 VII と同様の方針・手順で短期、中期、長期の段階的开发を考慮した対策オプションを組み合わせた基本案を想定し、その水収支上の効果を評価し、開発可能な水量や施設の規模の検討を行った

(4) 代替案の比較検討

水資源開発・管理計画(案)策定ならびに優先プロジェクト選定のため、NEDA および NWRB との一連の協議を経て、詳細水収支計算、机上調査、現地踏査、関係機関へのヒアリング結果を踏まえ、水資源区 XI における各地区の水資源開発の代替オプションを以下のように設定した。

表 4.5-4 水資源区 V における水資源開発・管理のための代替案の設定

セクター	代替案	ビコール川	ソルソゴン	カタンドゥアネス	マスバテ
表流水開発	ダム・ため池(利水)	-	-	Viga Dam	Lanang Dam (including irrigation)
	ダム・ため池(灌漑)	Waras Dam Sipocot Dam	Ibingan Dam (on-going)	-	
	既存ダム再生	Upgrading Buhi Lake IWRM (including flood control)	-	Upgrading Balongbong Dam (NAPCOR)	-

セクター	代替案	ビコール川	ソルソゴン	カタンドゥア ネス	マスバテ
	流域間導水	なし	なし	なし	なし
	灌漑頭首工	NIA 軒ぞ御計画 (SRIP/IP)			
地下水開発		深井戸、地下水涵養施設			
給水施設の開発・管理		バルクウォーター給水、海水淡水化、下水再生利用			
水需要管理	都市用水・工業用水	無収水対策、節水促進、工業用水の再利用、雨水利用、地下水管理			
	灌漑用水	灌漑近代化、灌漑水路の漏水対策			

出典: JICA 調査団

(5) 代替案比較結果

前述 4.3.2 で設定した評価基準を適用して、各セクターの代替オプションの比較評価を行った。比較の結果、下表に示す水資源開発対策と水資源管理対策を選定した。ロードマップを図 4.5.2 に示す。

表 4.5-5 水資源区 V における水資源開発のための代替案の選定結果

No	水資源開発対策	地区 (州)	関連組織	セクター/ 目的	実施時期		
					短期	中期	長期
1	Upgrading Buhi Lake IWRM	南カマリ ネス州	NIA5	Multi IR/FC	○	○	-
2	Study/Construction of Lanang Dam	マスバテ 州	Related Water Utilities /NIA5	Multi WS/IR	Study	○	○
3	Development of Irrigation Weirs and Farm Ponds	全地域	NIA5	IR	●	○	○
4	Bulk Water Development	全地域	Related Water Utilities	WS	●	○	○
5	Groundwater Development (Deep Wells)	全地域	-	GW	●	○	○

注: ●既存計画あり、○新規提案計画、WS:給水、IR:灌漑、FC:治水

出典: JICA 調査団

表 4.5-6 水資源区 V における水資源管理のための代替案の選定結果

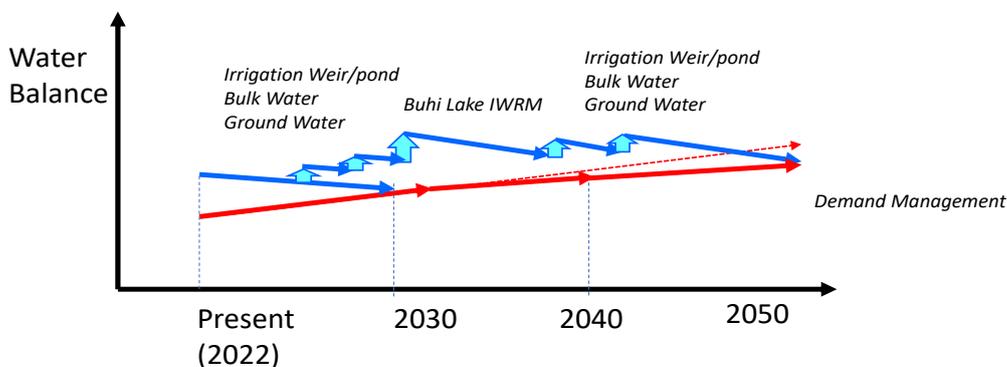
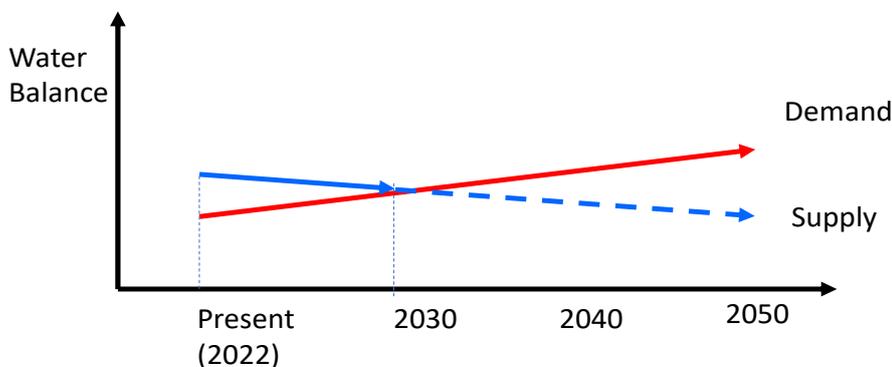
No	水資源管理対策	地区	関連組織	セクター/ 目的	実施時期		
					短期	中期	長期
1	Measures for Non-Revenue Water	all	Related Water Utilities	WS	○	○	○
2	Promotion of Water Saving	all	Related Water Utilities w/ Public Promotion Activities	WS	○	○	○
3	Improvement of Recycle Rate of Industrial Water	all	Industrial Water Users	WS	○	○	○
4	Measures for Water Leakage of Irrigation Canals	all	NIA & Related Irrigation Associations	IR	○	○	○
5	Modernization of Irrigation System	all	NIA & Related Irrigation Associations	IR	○	○	○
6	Rainwater Harvesting	all	Related Irrigation Associations	SW	○	○	○
7	Monitoring of Groundwater	all	NWRB	GW	○	○	○
8	Regulation of Groundwater Use	all	NWRB	GW	○	○	○

注: ○新規提案計画、WS:給水、IR:灌漑、FC:治水、GW:地下水

出典: JICA 調査団

Roadmap for WRDM in WRR V

Plan	Short (2023-30)	Middle (2031-40)	Long (2041-50)
P1: Management of Water Demands	Management of Domestic and Irrigation Water Demands		
P2: Sustainable Use of Groundwater	Monitoring/ Regulation of GW		
P4: Management of Water Resources	Managements of Information, Flood Risk, Watershed Conservation, Organization and Institution		
P3: Development of Water Resources	Bulk Water Intakes (Short)	Bulk Water Intakes (Middle)	Bulk Water Intakes (Long)
	Irrigation weirs/ponds(Short)	Irrigation weirs/ponds (Middle)	Irrigation weirs/ponds (Long)
	Upgrading of Existing Lakes in Bicol River (Buhi and Batu Lakes IWRM)		
	Study and Investigation Lanag Dam in Masbate		Ranau Dam in Masbate (Multi-purpose)
	Groundwater Development (if potential is available)		



出典: JICA 調査団

図 4.5.2 水資源区 V の水資源開発・管理計画ロードマップ (案)

4.5.3 水資源開発・管理計画案

(1) 水需要管理

1) 水需要管理 (都市用水、上工水)

都市用水、工業用水の需要管理対策としては、以降(5)都市用水・工業用水管理計画で述べる節水や無収水対策の強化が考えられる。削減効果は、下表に示すように、水資源区 V 全体で合計 13%と算定される。

表 4.5-7 水資源区 V における水需要管理（都市用水、工業用水）の効果

Water Resource Region		Municipal & Industrial Water Demand Projection (MCM/Year)							Reduction Effect in 2050
		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
WRR V - BICOL	Baseline	356	373	387	419	445	473	494	100%
	Water Saving	356	363	373	395	410	426	436	88%
	Improvement NRW	356	373	387	419	441	467	486	98%
	Water Saving + Improvement NRW	356	363	373	395	407	422	430	87%

出典: JICA 調査団

2) 水需要管理（灌漑用水）

灌漑用水の需要管理対策としては、以降(4)灌漑計画で述べる水路漏水対策、ITS 導入による灌漑効率向上が考えられる。削減効果は、下表に示すように、WRR V 全体で合計 5.8% と算定される。

表 4.5-8 水資源区 V における水需要管理（灌漑用水）の効果

Province	Irrigated Area (ha)		Without measures	With measures	Without - With	
	Wet	Dry	Irrigation Water Demands in 2050 (MCM)		Reduction of Irrigation Water Demands in 2050 (MCM)	
Albay	46,059	43,273	1,096	1,034	61	5.6%
Camarines Norte	18,529	18,488	412	377	34	8.3%
Camarines Sur	86,902	83,273	2,262	2,128	134	5.9%
Catanduanes	3,080	3,138	82	81	1	1.6%
Masbate	16,247	16,543	425	396	29	6.8%
Sorsogon	12,511	12,453	295	290	5	1.7%
Queson	1,053	963	21	21	1	2.5%
Total	184,382	178,131	4,592	4,327	265	5.8%

出典: JICA 調査団

(2) 地下水管理計画

地下水環境を把握するための観測網の構築は地下水資源の持続的管理・開発に不可欠であるが、現時点では、水資源区 V に利用可能な地下水観測網は存在しない。

また、2050 年まで地下水需要が増加し続けた場合、過剰揚水に起因する地下水位低下の発生がナガ市西部、ブヒ湖周辺、カタンドアネス州サンアンドレス周辺、マスバテ州東部で懸念される。上記問題の現状を把握したうえで持続的な地下水開発を進めるためには、地下水観測網の整備および現在の地下水環境（水理地質構造、揚水量等）を把握するための地質・水文調査を最優先に実施することが望まれる。

(3) 表流水開発計画

水資源区 V の地表面水開発計画として、第 3 章に記載した現在および計画中のダムと貯水池の一次審査で、以下のダムを選択した。これらのダムについて、配置、規模、および概略建設費について予備的に検討した。各ダムのダム断面、水利用施設、堆積、再定住、および提案されたダムの貯水池の土地取得は、附属報告書 ANNEX G に示す。

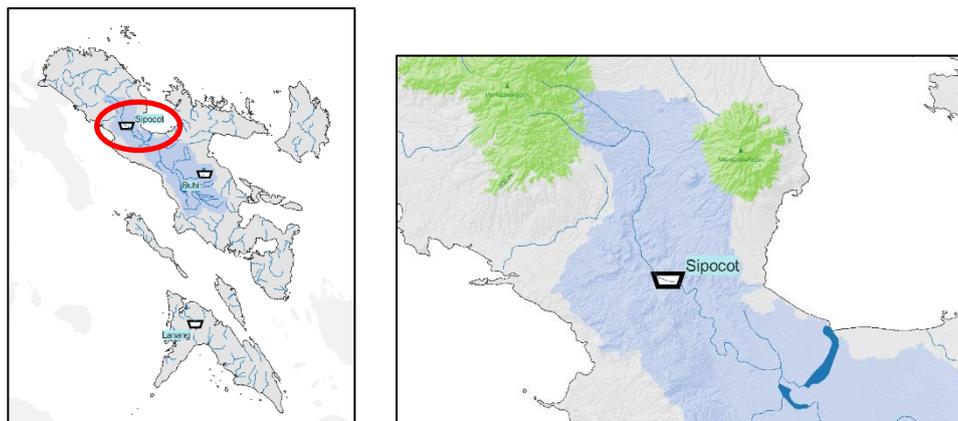
表 4.5-9 優先検討ダムのリスト（水資源区 V）

Name of Island	Luzon	Masbate	Luzon
Name of Dam	Sipocot	Lanang	Buhi
Name of River	Bicol Sipocot	Lanang	Lake Buhi
Catchment Area	470 sq. km	53 sq. km	75 sq. km
Flood Discharge (100-Yr Design)	5,030 cu. m/sec	730 cu. m/sec	1,850 cu. m/sec
Dam Type	Rockfill	Rockfill	Control Wier
Dam Height (Approximately)	40m	60m	20m
Dam Top Elevation	EL. 49.5m	EL. 126.5m	---
Dam Crest Length	327m	561m	(Spillway) 50m (Gate) 10m
Dam Volume	0.8 M. cu. m	2.9 M. cu. m	7,000 cu. m
Upstream Slope ratio	1:3.0	1:3.0	垂直
Downstream Slope ratio	1:2.5	1:2.5	1:0.8
Foundation bedrock Elevation	EL. 10.0m	EL. 60.0m	---
Foundation bedrock properties	---	good sedimentary rock outcrops	---
Channel bottom Elevation (Crest EL. Spillway)	EL. 36.5m	EL. 117.5m	---
Area of Reservoir	3,172.9 ha	657.3 ha	15~18 sq. m
Capacity of Reservoir	446.0 M. cu. m	153.8 M. cu. m	---
Minimum Operation WL. (Top of Dead Storage)	EL. 29.1m	EL. 110.1m	---
Dead Storage Volume (Sediment Yield 100%)	48.8 M. cu. m	76.9 M. cu. m	---
Dam Coordinates (Latitude)	13° 46' 54.611"N	12° 21' 39.473"N	(Control Structure) 13° 25' 58"N
Dam Coordinates (Longitude)	122° 56' 28.007"E	123° 26' 23.356"E	(Control Structure) 123° 30' 34"E
Total Construction Cost	1,558 M. PHP	5,706 M. PHP	837 M. PHP

出典:JICA 調査団

1) シプコットダム

シプコットダムは、ナガ市の北西、リブマナン川の右支川に計画した。

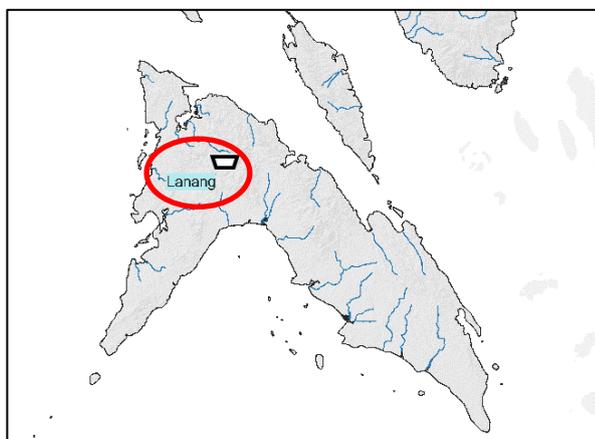


出典:JICA 調査団、Mountain Data © OpenStreetMap contributors

図 4.5.3 シプコットダムの位置図

2) ラナダム

マスバテ市の水不足対策として利用できる河川のうち、集水域の広いラナン川をダム建設対象河川とし、地形図からマスバテの西、ラナン川の上流地点をダム建設位置として計画した。

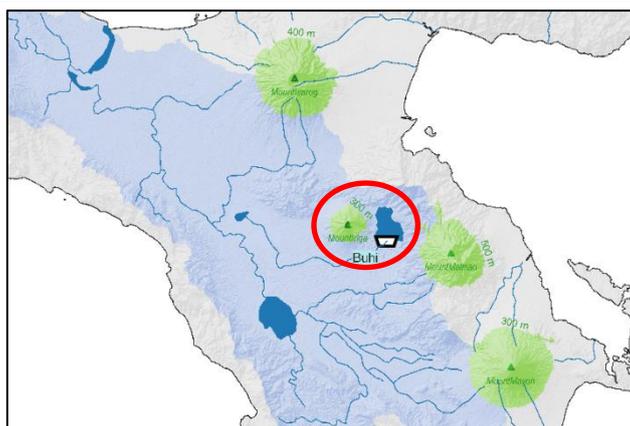


出典:JICA 調査団

図 4.5.4 ラナダム位置図

3) ブヒ湖再開発（調整堰）

現在、ブヒ湖の運用水位の差はわずか 50cm と小さいため、ブヒ湖の有効貯水容量を高めるためには、河出口に設置されている調整堰や放水路の改良が有効である。



出典: JICA 調査団、Mountain Data © OpenStreetMap Contributors

図 4.5.5 ブヒ湖位置図

(4) 将来灌漑計画

アルバイ州、南カマリネス州、北カマリネス州では、灌漑開発計画は NIA の過去の灌漑計画に基づく将来灌漑面積を開発することを提案する。マスバテ州とソルソゴン州では、NIMP を基にした将来灌漑開発面積を検証の上、コメ栽培に適した農地を選定し開発計画とする。灌漑施設の改善を通して既存灌漑組織の生産性を維持向上することは不可欠である。効率的用水管理により水源の有効活用を図り、灌漑面積の拡大を実現する必要もある。効率的用水管理実現には、幹線支線水路のライニング、頭首工土砂吐ゲートの機械式操作型の導入、灌漑テレメーター施設の導入等を積極的に行うことを提案する。

(5) 都市用水・工業用水管理計画

都市用水・工業用水に係る事業コンセプトとしては、無収水削減対策、節水活動促進、海水淡水化技術導入、下水再生利用技術導入、工業用水改修利用技術導入が挙げられる。このうち効果が高く、実現性の高い無収水削減対策と節水活動促進を優先事業コンセプトとして選定した。各事業コンセプトの対象都市、水需要節減効果、概算事業費、実施可能性評価を以下に示す。

表 4.5-10 都市用水・工業用水事業コンセプトの概要

Priority Project Concept	Reduction of NRW	Promotion of Water Saving Activity	Introduction of Desalination Technology	Recycling of Sewerage Water	Recycling of Industrial Wastewater
Target City	Large Scale Major Municipalities (Naga, Legazpi, Virac, Masbate-Mobo)	All Municipalities	—	—	—
Reduction Effect (2050)	WRR V: 8 MCM	WRR V: 58 MCM	—	—	—
Very Rough Project Cost	9.2 billion PHP	(It is included in municipalities public relations budget)	—	—	—
Feasibility	Low (NRW 20% is a high target, but the alternative is an even higher target of 10%.)	Middle (No typical project cost and water demand per capita is already declining in other countries.)	—	—	—

出典: JICA 調査団

(6) 情報管理計画

本節に係る記述については、基本的に 4.3.3(6)節において優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。

(7) 洪水リスク管理計画

洪水リスク管理における課題について、特に洪水リスク管理の重要性が流域として着目したビコール川流域における課題を整理した。また、次の提言を行った。

■全国共通の提言 (4.3.3 (7)参照)

■ビコール川流域における提言

- ・ ビコール川流域については、現行の治水 M/P に基づいた治水対策を着実に実行すべきである。一方で、現行の治水 M/P は見直しが必要であることから、流域スケールでの包括的かつ詳細な治水および砂防の M/P 調査を実施すべきである。
- ・ 本調査では水資源開発の目的からブヒ湖堰の再開発を優先事業として提案している。ブヒ湖の集水面積はビコール川の流域面積に比して小さく、洪水調節効果は限定的であると考えられるものの、ブヒ湖下流における洪水被害低減を目的とした効果的な堰の運用方法について検討すべきである。
- ・ 統合水資源管理の視点よりバト湖およびバアオ湖に洪水を貯留することで、下流への洪水ピーク流量を低減させるだけでなく、乾季における淡水資源を増加させることができる。実際、過去のアジア開発銀行や世銀による事業では、これらの湖の出口に流量調節施設を建設する提案がなされている。これらの提案はまだ実現していないものの、湖の流量調節施設が洪水と渇水の緩和に大きなポテンシャルを有していることを考慮すれば、再検討される可能性もある。洪水や渇水、水質等の問題を含めた統合湖沼管理のための M/P 調査を実施すべきである。

(8) 流域環境保全計画

水資源区 V では施設の老朽化、洪水、排水不良、堆砂管理、河口付近の塩水の侵入等、水資源の不適切な管理により水不足が引き起こされている。また、ブヒ湖では水位の低下により水質が悪化、有効深さは元の 3.3m に対し現在は 0.5m である。

これら現状課題を踏まえ、水資源区 V における流域環境保全計画の目的を以下のとおりとする。

- ・ 環境保全対策を通じて、水資源区 V の良質で十分な量の水資源を確保する
- ・ 地域の発展に向け、自然環境と人による開発・生活活動双方にとって持続可能性な水辺環境及び水質を保全・改善する

上記目的を達成するために、以下の3つの戦略及び将来にわたる活動計画を設定する。

表 4.5-11 水資源区 V における流域環境保全のための戦略及び活動計画

戦略	短期 (2030 年)	中期 (2040 年)	長期 (2050 年)
共通事項	<ul style="list-style-type: none"> • 浚渫による堆砂の除去 • 既存モニタリングステーションにおける水質モニタリングの実施 • 開発事業における保水機能への配慮(雨水浸透、貯水施設の設置、地下水の利用制限、植林等の代替手段の検討等) • 植林 		
きれいな水の確保 • 発生源対策 • 河川・湖沼の浄化 • 水質監視	<ul style="list-style-type: none"> • 植物や水生生物を利用した自然の浄化機能の活用 • 水質監視体制及び関係機関連絡体制の計画策定 	<ul style="list-style-type: none"> • 農業排水の整備 • 水域周辺への浄化槽の設置 • 水質監視体制の構築及び水質悪化の把握のための住民、地方自治体、国家機関との緊密な連絡体制の確立 	<ul style="list-style-type: none"> • 下水システムの整備 • 浄化施設の設置・整備 • 水質監視体制及び関係機関連絡体制の改善
豊富な水資源の確保 • 適切な森林管理 • 都市部における保水機能の向上 • 開発事業における保水機能への配慮	<ul style="list-style-type: none"> • 森林計画に基づいた適切な森林管理計画の策定 • 都市緑化等の緑地整備の計画 	<ul style="list-style-type: none"> • 林道網の整備 • 荒廃した森林の修繕・整備 • 都市部の雨水貯留浸透施設の設置による雨水の流出抑制 • 都市緑化等の緑地整備計画の実行 	<ul style="list-style-type: none"> • 荒廃した森林の修繕・整備 • 透水性舗装の整備 • 都市緑化等の緑地整備計画の実行
自然と人とのふれあいの確立 • 多様な生物が生育・生息する水辺の保全 • 生物多様性の保全 • 親しみやすい水辺づくり	<ul style="list-style-type: none"> • 多自然水域の整備計画 • 水域生態系保全の計画 		

出典: JICA 調査団

(9) 組織・法制度計画

本節に係る記述については、基本的に 4.3.3(9)節において優先水資源区 VII に関して記載した内容が妥当するので、同節を参照されたい。

4.5.4 優先水資源業コンセプトの提案

水資源開発計画・管理計画（案）短期計画のコンポーネントについて、優先政策や優先開発セクターなどを考慮し、優先事業コンセプトを検討・提案する。この事業コンセプトに係る検討は、マスタープランの前段階に位置し、優先プロジェクトのコンセプトとして、事業目標、対象組織、対象地域、成果、効果、概算コストなどを事前に予備的に検討するものである。

次表は、前節で提案した 2050 年までの水資源開発管・理計画のロードマップとして、短期（2030 年）、中期（2040 年）、長期（2050 年）の事業実施コンポーネントを示したものである。このうち、優先プロジェクトは表中の赤枠で示されおり、短期案ならびに中期案のうち、実現可能性が高く重要性の高い事業を優先事業として提案する。

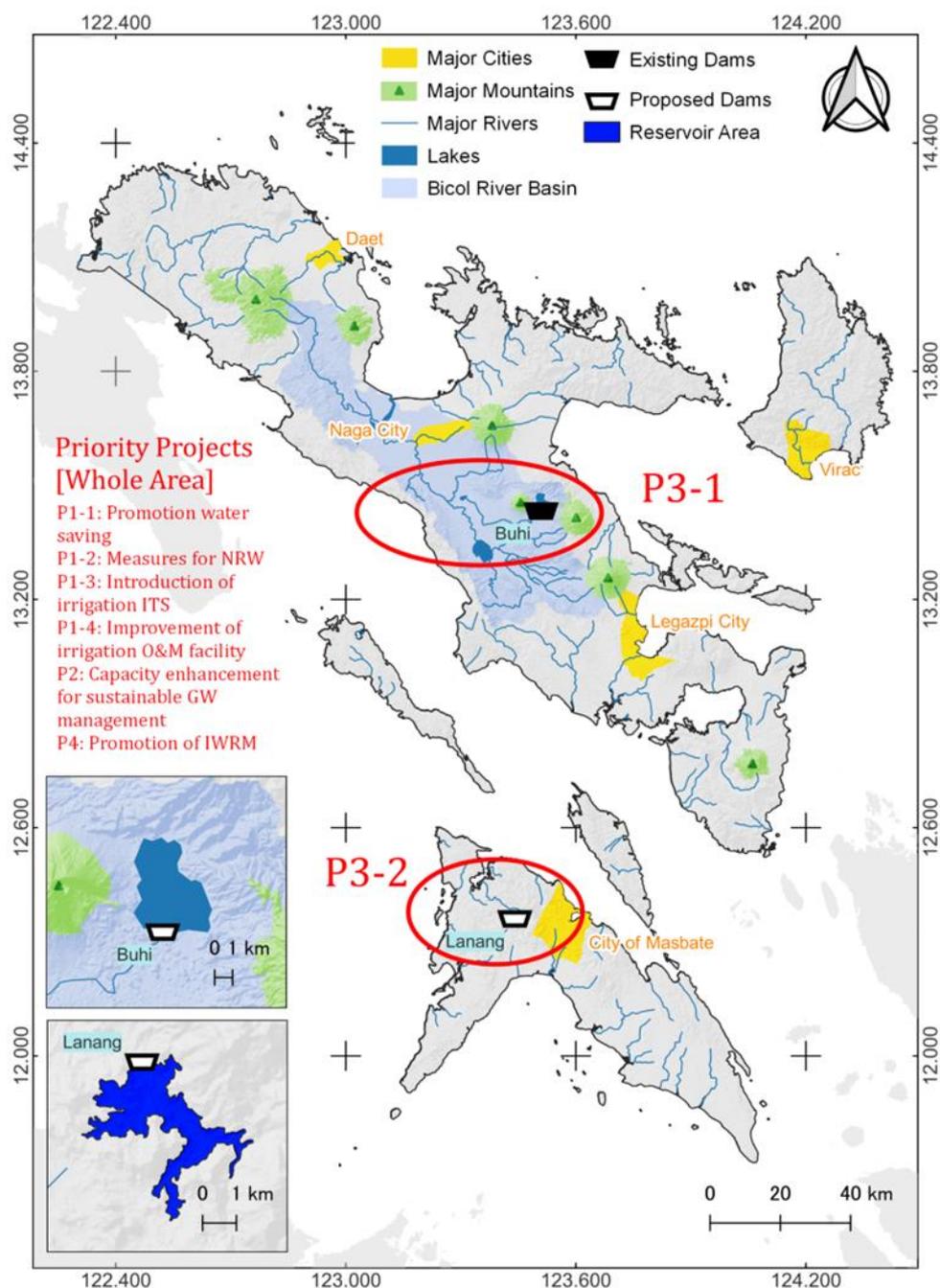
表 4.5-12 水資源区 V における優先事業

Priority Policy	Development Items	Short-term (2024-30)	Mid-term (2031-40)	Long-term (2041-50)
1	Demand Management	P1-1: Promotion of water-saving P1-2: Measures for NRW (20%) P1-3: Introduction of Irrigation ITS P1-4: Improvement of Irrigation O&M Facility	Promotion of water-saving Measures for NRW (15%) Introduction of Irrigation ITS Improvement of Irrigation O&M Facility	Promotion of water-saving Measures for NRW (10%) Introduction of Irrigation ITS Improvement of Irrigation O&M Facility
2	Groundwater Management	P2: Capacity Enhancement for Sustainable Groundwater Management	Monitoring and regulation of GW	Monitoring and regulation of GW
3(1)	Surface water development	P3-1: Upgrading Buhi Lake IWRM Promotion of mid-long term plans (P3-2: Lanang Dam) ●Development of irrigation weirs and dams (SRIP)	Upgrading Buhi Lake IWRM Construction of Lanang Dam (multi-purpose) in Masbate Development of irrigation weirs and dams (SRIP) Upgrading existing Balongbong Dam (NAPCOR) in Catanduanes	Development of irrigation weirs and dams (SRIP)
3(2)	Water Supply and Sewerage Development	●Bulk water developments ●Groundwater developments (Bicol, Sorsogon, Catanduanes, Masbate)	Bulk water developments Groundwater developments (Bicol, Sorsogon, Catanduanes, Masbate)	Bulk water developments Groundwater developments (Bicol, Sorsogon, Catanduanes, Masbate)
4	Water Resources Management Plan	P4: Promotion of IWRM (management of information, flood risks, watershed conservation, organization and institution)	Promotion of IWRM	Promotion of IWRM

●based on the existing / on-going plans

Priority Projects

出典: JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.5.6 水資源区 V における優先事業位置図

(1) P1: 水需要管理

1) P1-1: 無収水対策、P1-2: 節水活動の促進

無収水率(NRW)の削減、節水活動促進事業を水需要管理の優先事業として提案する。事業コンセプトの概要は 4.3.4 と同様である。

2) P1-3: 灌漑遠隔監理システムの導入

適切な灌漑用水管理の最終目標は、利用可能な土地と水資源を最大限に活用し、農業の生産性と農民の経済を向上させることである。灌漑遠隔監理システム (ITS)の導入は、NIS、特に貯水池ダムを備えた NIS で適切な水管理システムを確立するための最も効果的なツールの 1 つとして提案されるものである。事業コンセプトの概要を 4.3.4 と同様である。概算で水資源区 V における本事業の費用は 120Mil. Peso (for Rinconada IIS) と算定される。

3) P1-4: 灌漑維持管理施設の改善

灌漑用水の利用効率向上のため、灌漑水路ライニングによる漏水対策が提案される。また、NIS のいくつかは、出張所から遠隔地に位置しており、アクセス道路は雨季には舗装されておらず、運転が困難な悪路となる。適切な水管理・管理のためには、運営スタッフを配置した維持管理事務所や道路改良工事も必要となる。事業コンセプトの概要は 4.3.3 と同様である。該設備・施設の維持管理費及び更新費は、適切な見積が必要となるが、概算で水資源区 V における水路改修費用 1,931 Mil. Peso (all NIS, ISA 324,135ha)、堰・ゲート改修費用 727Mil. Peso (39 か所)と算定される。

(2) P2:地下水管理

地下水観測網の整備や地質・水文調査は、フィリピン側が実施すべきものであるが、現状では技術移転による能力強化が不可欠と考えられる。したがって、以下に示す技術協力プロジェクトの実施を通じて、地下水管理計画の策定・更新までを支援することが最適と考えられる。

Title:	持続可能な地下水管理のための能力向上プロジェクト
Goal:	関係機関の地下水管理能力が強化される
Target:	NWRB、MGB、その他関係機関
Location:	Camarines Sur
Output	Output1 : 地下水モニタリングネットワークが構築される Output2 : 地下水モデリングによる将来予測分析が実施される Output3 : 地下水関連問題の対策が立案・実施される Output4 : 地下水管理計画が策定・更新される
Effect:	地下水使用の最適化がなされる

(3) P3: 表流水開発

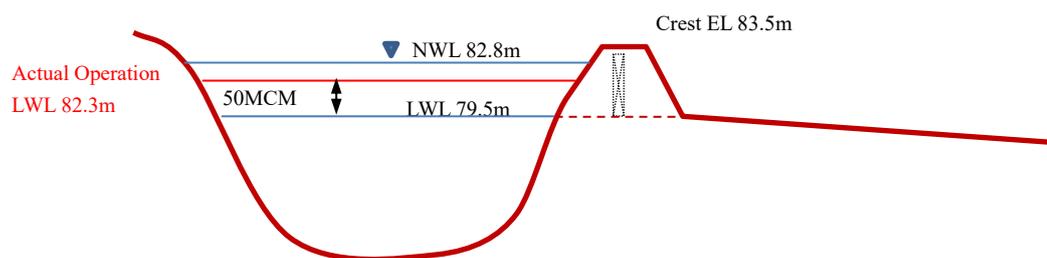
1) P3-1: ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画・調査/建設

ブヒ湖は、ピコール川支流の上流に位置し、湖面積約 18km²、最大深さ 16m、平均深さ約 10m の天然湖である。NIA はこの湖を水源として、下流域に全長 75km の水路と約 7,000 ha (計画 12,923ha)の RINCONADA 総合灌漑システム (RIIS)の開発を行っている。

ブヒ湖の水位、河川放流量の調節施設として、湖南端の河川への流出部に放流調節ゲート 4 基と余水吐 (コンクリート越流堰) が設置されている。現在、ゲートは故障しており、1 つのゲートのみが稼働している。NIA は、気候変動施設近代化基金プログラムの一環として、1 億 2,000 万ペソの予算でこれらのゲートを修復し、自動化する計画を立てている。

ブヒ湖の有効利用水深は、当初計画では、EL.79.5m から 82.8m までの 3.3m と設定されていた。しかし、現在、湖の水位変化に伴う漁場の運営に悪影響を与えることを避けるため、水位変動が制限されており、利用水深が EL.82.3m から 82.8m までのわずか 0.5m となっている。その結果、水深 2.8m に相当する約 50MCM の水が、当初計画されていたように有効に利用されていない。

現地調査時の地元自治体からの聞き取り調査によると、現在、湖の貯水利用を促進するため、漁業利用を湖面積 10%未満に制限するという現行規制に基づいて漁場の一部を撤去し、湖の利用水深の制限を緩和する事を検討中とのことであった。



出典:JICA 調査団

図 4.5.7 ブヒ湖利用水深と放流調節ゲート標高



Buhi Lake Control Structure (Gate)

Buhi Lake Control Structure (Spillway)

出典:JICA 調査団

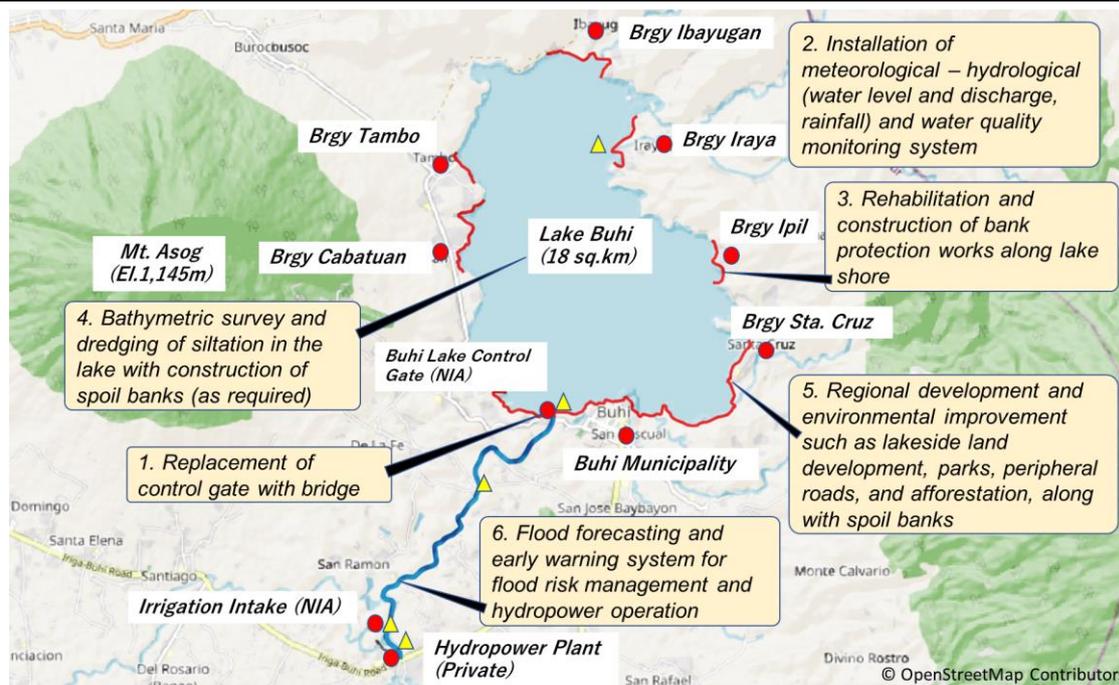
図 4.5.8 ブヒ湖放流調節ゲートと余水吐の現地状況写真

この地方自治体の計画が予定通り実行されれば、計画に従ってより多くの水を使用できる可能性がある。現状の最低使用水位を EL.82.3 より 100cm 程度下げるケースを考えた場合、EL.82.3m から 81.3m の貯水量約 18MCM の水を開発できる。さらに、運用変更後の湖の水の使用状況や漁場の状態を継続的に監視し、もし問題がなければ、運用計画を更に修正し、水開発量と便益（利水、灌漑）の検討を行い、更なる利用水深の拡大も含めた最適運用を検討することも可能である。一方で、湖水を 1m 程度かさ上げするという選択肢もあるが、この場合、湖面の水位上昇による湖岸の土地利用への悪影響や洪水リスクの増

加が懸念される。以上を踏まえ、本調査では、ブヒ湖の水の有効利用を目的とした優先事業として、以下の統合水管理改善事業を提案する。

- ブヒ湖の放流調節ゲートの改修・自動化。これに伴う、ゲート操作方法の見直しに伴い、試験的に最低水位を 1.0m 低下させ、有効貯水量を 18MCM 増加させる。
- ゲートや余水吐の改修に加え、既存の護岸工事の改修・嵩上あるいは新たな護岸工を設置する。これにより、湖岸の村落を洪水リスク（氾濫や河岸侵食）から防御する。
- 湖の利水効率の向上と操作施設の安全な運用を図るため、ブヒ湖上流域、周辺における気象・水文観測システムやゲート操作システムを導入する。このシステムは、湖下流の河川においても洪水予測や早期警報の観点から有効に活用される。
- 湖の 3 次元深浅測量を実施し、必要に応じて堆積物の浚渫を実施する（浚渫船の調達と土捨場整理）
- 浚渫土が再利用できれば、土捨場を兼ねた土地造成を組み合わせる事で、湖岸の土地開発、公園、周辺道路、植林などの地域開発や環境整備に一体的に活用することも可能と考えらる。

Title	ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画・調査/建設
Goal	多目的利用のための表流水開発（灌漑、都市給水、治水、水力発電）
Target	NIA V の灌漑用水供給、湖周辺および下流河川の洪水リスク管理
Location	南カマリネス州、ブヒ湖ならびに Barti 川（ビコール川支川）
Profiles	<p>(基本諸元)</p> <p>湖面積: 18 km²</p> <p>湖水深: 平均 10 m</p> <p>湖水位 (FWL 82.8, LWL 82.3)</p> <p>水位・流量調整施設: 水門 4 基, 余水吐 (越流部標高 El. 83.5m)</p> <p><事業コンポーネント></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 流量調整施設、橋梁の更新 2) 自動化・遠隔操作システムの導入 3) 気象・水文（降雨量、水位、流量）および水質監視システムの設置 4) 湖畔の護岸整備・改修工事 5) 深浅測量と土捨場建設を伴う湖の堆砂浚渫（必要に応じて） 6) 湖畔の土捨場に面した土地の造成、公園、周辺道路、植林、地域開発と環境整備
Effect	18.0MCM の貯水を利用した調整、灌漑用水供給、湖岸整備（下流水力区発電）
Cost	約 5 億 8500 万 PHP（調整設備更新用） その他、浚渫や湖岸の費用が必要である。
Others	プロジェクトを実施する前に、提案された工事の調査、測量、設計、および社会的および環境的評価のための調査が必要である。



出典: JICA 調査団

図 4.5.9 ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画概要図

2) P3-2: ラナンダム (多目的ダム) の計画・調査/建設

ラナンダムは、マスバテ島北西部のラナン川に計画されているダムである。現在、マスバテ島の飲料水の水源は主に地表水と地下水であり、灌漑用水も堰により地表水から取水されているが、水不足と電力不足が深刻化している。既存のダム計画はないもの、州政府の開発政策において水資源開発と電力開発が重視されており、早期の水資源開発が望まれている。

このような状況を踏まえ、関係機関と協議の下、島内最大の河川であるラナン川において、現地調査やダム候補地の地図調査等を行った。その結果、ダム建設に伴うの住民移転や川での金の採掘などの社会問題はあるものの、ダムサイトの地質・地形は適していると考えられ、開発ニーズは高く、多目的水資源開発は有効な対策であることが確認された。本事業は、現在の計画の熟度から長期計画として提案されているが、地域の水資源開発のニーズを考慮し、本事業の調査・計画検討を優先的に実施することを提案する。

Title	ラナンダム (多目的ダム) の計画・調査/建設
Goal	多目的利用のための表流水開発 (灌漑、都市給水、治水、水力発電)
Target	NIA XI の灌漑用水供給システム、MMWD の給水システム
Location	マスバテ州、ラナン川
Profiles	(基本諸元) ダム型式: Rockfill ダム高と堤頂長: H61.5m and L 561 m 流域面積: 53 km ² 貯水池面積: 658ha 影響家屋数: 128 hh 貯水容量: 154 MCM

	ダム以外にも取水施設、送水管、浄水場、ポンプ場、配水本管などの建設が必要である。また、将来的な土砂・堆砂管理が必要である。
Effect	154MCM の貯水池容量を利用した灌漑用水・上水給水、発電、洪水調節
Cost	約. 5,706 mil. PHP (for dam construction) パイプライン等建設費
Others	事業の実施前に、ダム高さの設計変更の検討や社会・環境評価が必要である。また、ダムの多目的利用に向けた調査・測量や組織体制の検討が必要である。



出典:JICA 調査団

図 4.5.10 ラナダムサイトの現地状況写真

(4) P3(2): 都市用水・工業用水開発

1) P3-3: 雨水貯留・浸透技術の導入

水資源区 VII と同様に、水不足地域への雨水貯留施設の設置促進事業は、節水事業（優先事業）を補完する対策として提案する。

(5) P4: 水資源管理

上記 4.4.3 節で述べた情報管理、洪水リスク管理、流域環境保全、組織・法制度における各水資源管理計画（案）の推進とその短期の活動を優先プロジェクトとして実施することが推奨される。

4.5.5 優先水資源事業コンセプトに係る事業実施体制の提案

(1) 情報管理、洪水リスク管理、流域保全など IWRM の推進（P4：水資源管理）

本節については、基本的に 4.3.5 の内容が水資源区 V についても妥当するので、同節を参照されたい。

(2) その他の優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について

その他の提案された優先事業コンセプトに係る事業実施体制等について、検討の概要については、附属報告書 ANNEX C 別表に示す。

4.5.6 水道事業広域化の検討

水資源区 V については、広域的な水資源開発・管理計画（案）及び優先事業コンセプトの提案に当たって、「提案された水源がカバーする地域に水道事業体が複数存在する場合」に該当する事例がなかった。

もっとも、水資源区 V において今回調査で対象とできなかった水道事業体の中に、経営改善、効率化のニーズを抱えている、または同一地域における複数水道事業体の重複といった問題を抱えている事業体が存在する可能性も否定はできない。さらに、2023 年 4 月 25 日にレガスピ市で開催された水資源区 V の第 2 回ステークホルダーミーティングにおいて、一部参加者からレガスピ市の水道に関連して、レガスピ市域外からの水道水源確保や、広域的な水道事業の必要性について認識を示されたことを踏まえると、将来的には、当該水資源区においても、需要管理方策の一つとして水道広域化を検討する必要も生じうるものと認識する。

4.5.7 環境影響評価

SEA の一環として、優先事業コンセプトに対する初期的な環境アセスメントを実施した。本調査における環境アセスメントの対象事業としては、重大かつ水域への影響が想定されるダム建設（ランガダム）及びブヒ湖改善を選定した。

(1) 優先事業対象地の環境社会状況

具体的な対象地が決まっているダム建設の各対象地周辺の環境社会状況は以下のとおりである。

表 4.5-13 水資源区 V における優先事業対象地の環境社会状況

優先事業	ブヒ湖改善	ランガダム
水質	ブヒ湖がクラス B に分類	ランガ川がクラス B に分類
保全区域	対象地は複数の保護区内	対象地は保護区外
住民移転／土地取得	基本的には見込まれない	被影響家屋：約 130 必要土地：約 660 ha
先住民族	ブヒ湖北東部に複数の先住民族 コミュニティが存在	特定なし

出典：JICA 調査団

(2) 初期アセスメントの実施

優先事業周辺の環境社会状況を踏まえ、影響項目のスコーピングを行った。その結果より、特に留意すべき以下の項目について、環境社会影響の評価を行い、緩和策を設定した。

表 4.5-14 水資源区 V における初期環境アセスメント及び緩和策案

影響項目	初期アセスメント	緩和策案
ブヒ湖改善		
水質	(建設時)気候を考慮した工事中の濁水管理が必要	(建設時)掘削工事時の締切・矢板 (建設時)沈砂池等の濁水対策
生態系	(建設前)絶滅危惧種及びその生息状況に関する詳細な調査が必要 (供用時)上記の継続的なモニタリングが必要	(建設時)用地整備の際に生態系に留意、植生の損失を防止 (建設時/供用時)絶滅危惧種の存在の確認・特定と継続的なモニタリング (供用時)植林
先住民族	(建設前)事業地周辺には先住民族コミュニティが存在する可能性があるため、影響の詳細調査及び住民・コミュニティとの頻繁なコミュニケーションが必要 (建設前)上記検討は、住民移転計画の中での考慮が必要	(建設前)先住民族とのコミュニケーションを確保 (建設前)住民移転計画に示された適切な補償及び支援を確保
ランダム		
水質	(建設時)気候を考慮した工事中の濁水管理が必要 (供用時)市街化区域から下水等が未処理で流入する場合、貯水池の水質悪化の可能性あり (供用時)堆砂の除去及び堆砂の蓄積を避けるための施設設計が必要	(建設時)掘削工事時の締切・矢板 (建設時)沈砂池等の濁水対策 (供用時)ろ過や植生による水質の浄化 (供用時)浚渫 (供用時)ダム法面の保護、廃水処理、植林等による負荷流入の防止
生態系	(建設前)絶滅危惧種及びその生息状況に関する詳細な調査が必要 (供用時)上記の継続的なモニタリングが必要	(建設時)用地整備の際に生態系に留意、植生の損失を防止 (建設時/供用時)絶滅危惧種の存在の確認・特定と継続的なモニタリング (供用時)植林
水象	(建設前/供用時)下流への水象の影響を考慮し、下流地域の住民との建設前に調査及びコンセンサスの形成が必要	(建設時/供用時)適切な排水計画、取水計画の策定と実施 (供用時)季節の変化に応じた取水量の管理 (供用時)環境フローを考慮した放流管理
住民移転	(建設前)住民移転及び土地の取得が存在する可能性があるため、影響の詳細調査及び住民との頻繁なコミュニケーションが必要 (建設前)上記検討は、住民移転計画の中での考慮が必要	(建設前)被影響住民とのコミュニケーションを確保 (建設前)住民移転計画に基づいた適切な補償及び支援を確保

出典: JICA 調査団

第5章 結論と提言

5.1 結論

本調査で得られた結論を以下に示す。

1. フィリピン国全国の検討において、以下に示す水資源に係るデータを収集し、整理を行った。
 - ① 一次データ (降雨量、気温、蒸発散量、河川水位、河川流量、地形図、地質、土壌、水理地質、井戸、環境、土地利用・土地被覆図、衛星画像、標高データ、河川流域図、河川線等)
 - ② 一次データの検証後データ (降雨量、河川水位、河川流量等の原データを検証し、棄却・選別、補正、補完したデータ)
 - ③ 2次データ (1次データを入力値として用いた水収支解析結果データ。)

また、本調査では、地形データ、降雨量分布に衛星データ等のリモートセンシング技術を活用し、データ解析を行った。これらの活動は、本邦からのリモート作業による概略水収支解析等に活用できる技術となりうる。

2. フィリピン全国を対象に、2050年を目標年次とし、気候変動影響を考慮した水収支評価を実施した。その結果に基づき、詳細調査の対象として、全国12水資源区から、将来、特に水収支がひっ迫すると予測される優先地域として、3つの水資源区V（ビコール地方）、VII（中部ビサヤ地方）、XI（南東ミンダナオ地方）を特定した。
3. 3つの優先水資源区において、詳細水収支解析を行い、現況、将来の流域別、州別、市町村別、主要都市別の月間、年間の詳細水収支を定量的に評価した。
4. 水資源開発・管理計画（案）の策定に当たり、目標年次として、短期（2030年）・中期（2040年）・長期（2050年）と設定し、水利用の優先順位を設定した。また、既往のマスタープランのレビューから得られた教訓・知見を踏まえ、実効性のある計画を提案するための計画策定の基本方針を設定した。これらは今後の他地域の計画策定においても参照されるべきものである。
5. 各優先水資源区の現地調査、関連機関との協議を通じて、地域の水利用の現状、課題、課題を解決する為の対策戦略を分析し、詳細水収支解析結果と計画策定方針を踏まえ、代替案を検討し、各地区の水不足を解消する為の、2050年までの、有効で、実効性のある水資源開発・管理（案）とそのロードマップを策定した。ロードマップから、短期的ならびに将来重要となる事業を優先事業として選定し、事業の内容、効果、概算事業費、社会環境影響、実施体制を含む優先事業コンセプトの提案を行った。各優先水資源区の優先事業の位置図を図4.3.6、図4.4.6、図4.5.6に示す。
6. 環境社会配慮面の調査では、優先事業コンセプトに関する戦略的環境アセスメント（SEA）として、初期環境影響評価を行い、また3つの優先水資源区で2回（合計6回）のステークホルダー会議を開催した。ステークホルダーとの合意形成の取れた計画策定、事業実施に向けて、水需要ギャップや施設の現状に対する意見聴取、提案の計画、事業コンセプトに関する意見、提言を聴取した。
7. 組織・制度面の調査では、全国レベルの水セクターに係る組織・制度の現状、動向の分析を行った。また、優先水資源区において、提案の優先事業の実施体制ならびに広域水資源開発等の適用に関する検討を行い課題、提言を行った。
8. フィリピンにおける水資源に関する組織・法制度については、大別して「関連組織間の分断による協調不足」「水資源に係る規制機能の脆弱さ」の問題がかねてから指摘されてきたところである。これらの点については改善の動きは見られるものの、それほどは変わってはいない。
9. 各優先水資源区における将来的な水需要の増加に対応するため、多目的事業の実施が有効かつ効率的であると考えるが、フィリピンには多目的ダム事業実施のために組織・法制度が不十分であるのが実態。多目的事業を効率的に実施するためには、流域レベルにおける統合的な水資源開発・管理計画の策定や、事業実施のための組織作りが必要である。
10. 複数の水道事業体間における同一地域での供給区域重複といった、非効率な水利用につながる事例が確認されており、このような問題改善のために水道広域化が一つの有効な手段と考

える。他方、水道広域化については規制機関の Fragmentation など法制度上の問題もあり、当該施策を推進するためには課題もある。

11. 本調査を通じてカウンターパートと協働し、会議での協議等を通じて優先水資源区選定、優先事業選定の選定基準等を設定し、選定を行った。また、調査団から各セクターの技術習熟のためのプログラムを実施した。

5.2 提言

以下に、本調査全体、ならびに優先水資源区への提言を示す。

5.2.1 調査全体への提言

1. 本調査はマスタープランを策定するものではないが、そのためのデータ収集・分析を行い、マスタープラン策定に必要な資料を提供するという位置づけで実施した。本調査の結果に示したように、マスタープラン策定に必要な情報を包括的に収集・分析し、3つの優先水資源区の水資源開発・管理計画（案）が提案された。今後この計画案と詳細レベルに算定、取り纏められたデータ、情報を活用し、実施機関らが協調して、3つの優先水資源区のスケーラーの水資源開発・管理マスタープランを策定していくことを提言する。
2. 同様に、今回の詳細調査の対象には含まれなかった残りの9つの水資源区については、全国レベルの水収支解析に係るデータ・情報が集積、分析され、水資源のひっ迫度の評価が行われた。これらのデータ・情報と、本調査で適用した計画策定の基本方針、手順、手法等を活用し、評価基準や優先順位を参照して、9つ水資源区の水資源開発・管理計画調査を順次実施し、計画を策定、更新していくことを提言する。
3. また、3つの優先水資源区において、水資源開発・管理計画（案）の短期計画コンポーネントと優先政策や優先分野に係る事業を、地域の水問題を解消するための優先事業として位置づけ、その事業コンセプトとして事業目標、対象組織、対象地域、成果、概算コストと環境社会配慮事項を予備的に提案した。これらの提案した水資源開発・管理計画案や優先事業コンセプトが、地域計画に準じ、調和の取れた、統合された事業となるよう、今後フィリピン側で地域間、セクター間の調整や検討の熟度を上げ、計画や事業実施を推進していく必要がある。
4. 本調査で提案された計画や事業は、地域の重要度や効果を考慮し、主に各地域の主要流域や主要都市に着目した提案内容となっている。一方で、地方の小流域単位の詳細水収支データが共有される。それらを最大限活用して、地方へも計画や事業の提案を拡張し、本調査で提案される需要管理（節水、無収水対策、灌漑水路補修、灌漑運用効率化）や、必要に応じ地下水開発・表流水開発の計画・調査を推進していくことを提言する。
5. フィリピン全国、優先水資源区の検討において、水資源に係る広範なデータを収集し、整理を行った。これらのデータを、まず水セクターに係る関連機関と共有することから始め、将来的にデータ・情報の観測、収集、転送、検証、補完、共有などを一元的に管理していくことを提言する。データ一元管理の実施主体としてはNWRBがその役割を担っていくことが期待される。

6. 本調査結果をもとに、将来的な水資源の開発・管理と実践的な事業実施を推進するため、公平・公正な水利用を図ることを理念とした統合水資源管理に係る活動の強化、実施が強く推奨される。
7. 水資源に係る計画は、多セクターに跨り、多くのステークホルダーが関与する。速やかで円滑な合意形成を図り、各セクターの開発計画を統合した上位計画を策定、承認し遂行していくための協議体・共同体の体制づくりの構築、強化を推奨する。
8. 組織制度面の結論・提言については、以降に個別で整理して記載する。

5.2.2 優先水資源区別の提言

水資源区 VII

- ・ 水資源区 VII において、水資源開発・管理計画（案）、優先事業コンセプトとして、59 に示すものを提案した。
- ・ 中心都市のメトロセブでは水不足が深刻化し、既に地下水低下による塩水混入が確認されている。また、これまでダム開発計画が立案されてきたが、社会面、政治面、流域間合意形成面の問題があり、実現できていない。
- ・ 水源を多様化し、また地下水のモニタリングと管理を強化するとともに、近年実施された地下水涵養事業、水源の地下水から表流水への転換、海水淡水化事業を進めていく必要がある。また、限られた水資源に対し、将来増加する水需要に対して本調査で提案する各種の水需要管理対策を推進していくことが提言される。
- ・ 優先事業として提案された「P3-1：マナンガ 2 ダム（ローダム）の計画・調査/建設」は、これまで検討されてきたダム計画に対し、ダム高を低くするよう当初計画の変更を提案した。これにより、社会的影響も比較的小さくなり、またメトロセブの貴重な水源となる施設となることから、調査計画を促進し、早期に事業化していくことを提言する。
- ・ 優先事業として提案された「P3-2：コトコトダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」は、現在、同じ流域に複数のセクター（灌漑、治水、利水）のダム開発が個別で計画されており、これらの複数のダム計画を統合し、さらに水力開発を加えた多目的ダム建設を提案するものである。NIA の既存のダム計画があり計画の熟度が比較的高いことから、NIA の既存計画をベースに、灌漑用水、上工水供給の多目的利用のための容量配分、建設費負担など統合水管理的な視点で関連組織間の協議・連携を深め、調査計画を促進し、早期に事業化していくことを提言する。

水資源区 XI

- ・ 水資源区 XI において、水資源開発・管理計画（案）、優先事業コンセプトとして、79 に示すものを提案した。
- ・ 地域の中心都市であるダバオ市とその北部に位置するタグム市では、将来の都市部の地下水低下が予見され、地下水対策・管理の強化、新規表流水源の開発推進が推奨される。またダバオ市を貫流するダバオ川流域では洪水対策も課題となっており、利水・治水のバランスのとれた、効果や機能が一体となった多目的な水資源開発計画・事業の推進、地下水の豊富なジェネラルサントスでは地下水源の管理・開発の推進が推奨される。

- ・ このうち、優先事業として提案された「P3-1：ダバオ III ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」は、現在 NIA がダバオ川支川に複数の灌漑ダム開発を計画しており、これらの複数のダム計画を統合し、さらにこの計画にダバオ市への上工水供給を加えた多目的ダム建設を提案するものである。既存のダム計画があり計画の熟度が比較的高いこと、また、ダム高を低くするよう当初計画の変更を提案し、社会的影響も比較的小さいことから、NIA の既存計画をベースに、灌漑用水、上工水供給の多目的利用のための容量配分、建設費負担など統合水管理的な視点で関連組織間の協議・連携を深め、調査計画を促進し、早期に事業化していくことを提言する。
- ・ 優先事業として提案された「ダバオ II ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」は、ダバオ川中流本川に計画される多目的ダムである。将来のダバオ市の水不足を賄うために必要な大容量の水資源を確保できる計画となる。さらに、下流域のダバオ市の治水にも大きく貢献する利水・治水の総合的な開発計画となる。一方で、現時点では、計画の熟度が浅く、また移転や用地取得の影響が比較的大規模と想定されることから、長期的視点にたち、まず技術面、環境社会配慮面の基礎調査を早期に実施し、基本計画策定に着手していくことを提言する。

水資源区 V

- ・ 水資源区 V において、水資源開発・管理計画（案）、優先事業コンセプトとして、96 に示すものを提案した。
- ・ 地域の中心を流れるビコール川流域における灌漑・治水が一体となった計画・事業の推進、カタンドゥアネス島では豊富な降水量や地下水を使った効率的な水開発・水管理の実践、マスバテ島では多目的な水資源開発が推奨される。
- ・ このうち、優先事業として提案された「P3-1：ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画・調査/建設」は、既存の自然湖の水資源の効率的な活用を図るもので、技術面、財務面、環境面で比較的高いコンポーネント（流量調整堰の改修、湖の運用改善、土砂の浚渫・土捨場整備など）で構成されている。また、その事業効果は、灌漑開発、周辺の洪水リスク対策、湖周辺地域の地域開発・環境改善に資する事業である。現在、NIA が堰の近代化事業に取り組んでおり、この事業計画を中心に、統合水管理的な視点で関連組織間の協議・連携を深め、調査計画の熟度を高めて、早期に事業化していくことを提言する。
- ・ 優先事業として提案された「P3-2：ランダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」は、マスバテ島の深刻な水資源の量、質に関わる問題や地域の電源開発に資する事業目的となっている。現時点では、計画の熟度が浅いため、まず基礎調査に基づく基本計画策定を目指して着手していくことを提言する。

5.2.3 組織・制度の提言

(1) 組織・制度面の提言（国家レベル）

1) 水資源インフラ計画を主導する主体機関の早期の設立

フィリピン国における組織制度についての改革の現状は、水資源管理室（WRMO）の設立（2023年4月）及び将来的な水資源省（DWR）の設立、及びこれに係る地方事務所の設

置となる。DWR の早期設立は優先的に実現させるべき項目である。

2) 水資源インフラ整備実施機関の関係強化

DWR 設立に係る法案は、複数の議員が国会に提出しており、内容が固まらない状況であるが、DWR は計画・規制を主に扱い、水インフラ整備自体（すなわち水インフラの建設・管理）は実施しないという方向になると思われる。DWR をそのような組織形態にする場合は、策定した計画の実施を確保するため、DWR とインフラ整備の実施機関（DPWH・NIA など）などとの関係強化が必須になる。

(2) 組織制度面の提言（流域レベル）

1) 流域関係者の合意形成のための協議体の構築、強化

流域レベルで水資源開発・管理計画を作るに当たり重要なポイントの一つが、当該流域の関係者の合意形成である。フィリピンでは重要流域において流域管理機関 RBC が設立されており、RBC の機能を強化して、この合意形成に係るフレームワークとすることを提言する。これは、流域レベルにおける計画機関と実施機関の関係強化にもつながる取り組みである。

2) 多目的ダム事業実施及び管理に係る組織体制整備

多目的な水資源開発事業を集中的に実施するための組織や法制度が十分に整備されていない。各省庁や政府組織の管轄を超えた、流域レベルでの多目的ダム事業の実施・維持管理のための単一事業体の設立を提言する。今回調査で提言する多目的ダム事業について、「モデルプロジェクト」として1件抽出した上で、関係機関の協力を得てダム建設事業のための事業体を設立した上で事業を実施する方法も考えられる。

3) 優先水資源区、優先プロジェクト実施のための実施体制の構築・強化

上記「優先水資源区別の提言」で記載した優先プロジェクトのうち、多目的事業ないしこれに類似する事業の実施のための実施体制構築・強化に向け、以下提言したい。

WRR VII

「コトコトダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」について、同一河川流域の近接地域に複数のセクター（治水、かんがい、水道）がダム建設を計画されており、これを多目的事業として実施するため、統合的な事業計画策定及び実施組織体制の組成が必要である。当該事業に係る今後の調査に当たり、このことを踏まえて以下について提言する。

- ・ 事業計画画においては、DWR ないし NEDA が同事業の計画策定を主導するとともに、関係者の合意形成に当たっては、当該流域に既存の RBC”The Central Cebu River Basin Management Committee”を活用できるよう、RBC の機能強化を図る。
- ・ その上で、当該事業に係る関係機関（DPWH、NIA、MCWD 等々）が協力の上、単一の実施組織を組成する。多目的ダム事業に係るモデルプロジェクトとして、実証実験的に実施することも可能である。

WRR XI

「ダバオ III ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」については、かんがい及び水道を目的とすることを想定している。今後の調査において、当該ダムの実施体制については、既存の JV 制度（NIA と DCWD に Bulk Water を供給する民間企業の JV）などを活用して実施主体とできる可能性がないか検討するよう提言する。

「ダバオ II ダム（多目的ダム）の計画・調査/建設」については、治水、かんがい及び水道を目的とすることを想定しており、当該事業に関連する RBC が”The Davao River Basin Management Alliance”であるほかは、基本的には WRR VII の「コトコトダム」と同様の提言となる。

WRR V

「ブヒ湖の統合水資源管理・改修事業の計画・調査/建設」については、NIA、DPWH、地元 LGU など複数の事業主体が関与するとともに、現状ブヒ湖周辺住民の多くが従事する養殖業にも影響を与える可能性がある事業である。多目的事業として、DWR ないし NEDA が同事業の計画策定を主導するとともに、計画及び事業実施に当たっては関係者からなる協議組織を立ち上げるなどして、合意形成を確保しつつ事業を推進することを提言する。当該協議組織としては、当該流域に既存の”The Bicol River Basin Committee”を活用することが望ましく、当該 RBC の機能強化を図ることも併せて提言する。

(3) 組織制度面の提言（水道広域化）

1) 水道事業体間の供給区域重複の解消

今回調査により、複数の水道企業体間で供給区域の重複があり、水道施設管理の無駄を生んでいる実態が確認できた。現在の水道事業体に係る規制機関（NWRB、LWUA 等）は供給区域の重複の実態を認識し、解消に向けた調整を実施すべきである。

2) 法制度上の課題への提言（規制権限に係る Fragmentation の是正）

Water District、LGU-run Utility 及び Private Service Provider ごとに規制機関が異なり、Fragmentation を起こしている点が上記の供給区域重複の問題を生む一因となっているほか、広域化を更に困難にしていると認識する。将来的に DWR 設立を通じ、水道事業体に対する規制権限（Certificate of Public Convenience (CPC)の発出等）を一元化することを提言する。

3) 水道広域化の水道事業効率化施策としての認知及び日本の知見の共有

そのほか、フィリピン国において水道広域化を水道事業効率化に係る有力な施策として位置づけ、広域化推進のための施策（補助金制度など）について検討を行うことが望まれる。日本で実施してきた水道事業の広域化に係る経験・知見をフィリピン側と共有する取組も有益である。

(4) 組織制度面の提言(PPPについて)

今回調査で対象とした WD (MCWD、DCWD など) が関連する表流水の水資源開発においては、実際に PPP スキームで実施された案件が存在した。WDs の表流水開発に係る PPP の活用は、WDs が表流水開発に係る実施能力 (技術的知見・施工実績等) が必ずしも十分でなく、専門の技術者も少ないことから、民間セクターの外部リソースの活用が必要であり、また、公的部門による大規模プロジェクトへの財政負担が十分ではないという点からも、民間資金の活用という選択肢が必要であり、有効な手段の一つであると認識する。

以上に掲げた点を踏まえ、PPP はフィリピンにおいては必要かつ実効性のある事業実施方法の一つと考えており、大規模な WD が関連する表流水開発に係る優先プロジェクトについては、事業実施体制として PPP (BOT、JV など) を提案しているものがある。

その他 PPP による事業実施推進については、事業の採算性向上の観点から、今回提言した優先プロジェクトのうち技術的に可能なものについては、事業計画の立案の際に水力発電の付加を併せて検討することも検討することを提案する。

(5) 組織制度面の提言(計画機関や事業実施機関の立案・実施能力ほか)

- ・ 1998M/P で提言した事業が想定どおり進んでいない原因の一つとして、実施機関の事業実施能力の問題及び予算不足の問題を挙げており、課題の一つと認識する。また、M/P をはじめとした計画策定に係る能力も課題である。
- ・ 組織の計画立案・事業実施能力は一朝一夕に向上する類いのものではないことから、JICA の専門家派遣、技プロ、研修のようなスキームの活用も含めて粘り強く実施していくことが必要である。なおこの点、今回の調査と並行して実施した、水文や地下水解析などに係る Familiarization Program について、対象機関 (NEDA,NWRB) から調査期間終了後の継続的な実施を望む声もあったので、付言する。
- ・ 予算確保は各実施機関の能力というよりはむしろ、政府における競合する行政需要間の優先順位付けの問題という面も強い。この点については本件調査の成果も含め、様々な機会を捉まえ、政府首脳ないし財政当局に水分野への投資の重要性を粘り強く PR していくことが必要である。また、現マルコス大統領は農業を重視している点、また PDP2023-2028 に多目的ダムの必要性について言及があったことを踏まえ、調査団としては、この機会を捉え、フィリピン政府において今後水資源開発・管理により多くの予算を配分するよう提言する。
- ・ また、本調査を踏まえてフィリピン国で M/P を策定するに当たっては、インフラ計画実施に係る将来的な財政負担についても何らかの形で位置づけるとともに、政府内でオーソライズすることも提言したい。
- ・ その他、多目的事業については、単独目的事業と比べて B/C を高くなる可能性もあるので、その点を踏まえて予算獲得に向けた PR を行うことも検討が必要である。

以上