

ナイジェリア連邦共和国
連邦水資源省（FMWR）

ナイジェリア国
全国水資源管理開発基本計画策定
プロジェクト報告書

第2編
要約報告書

平成26年1月
(2014)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

八千代エンジニアリング株式会社
株式会社建設技研インターナショナル
株式会社三祐コンサルタンツ

環境
JR
14-011

ナイジェリア連邦共和国
連邦水資源省（FMWR）

ナイジェリア国
全国水資源管理開発基本計画策定
プロジェクト報告書

第2編
要約報告書

平成26年1月
(2014)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

八千代エンジニアリング株式会社
株式会社建設技研インターナショナル
株式会社三祐コンサルタンツ

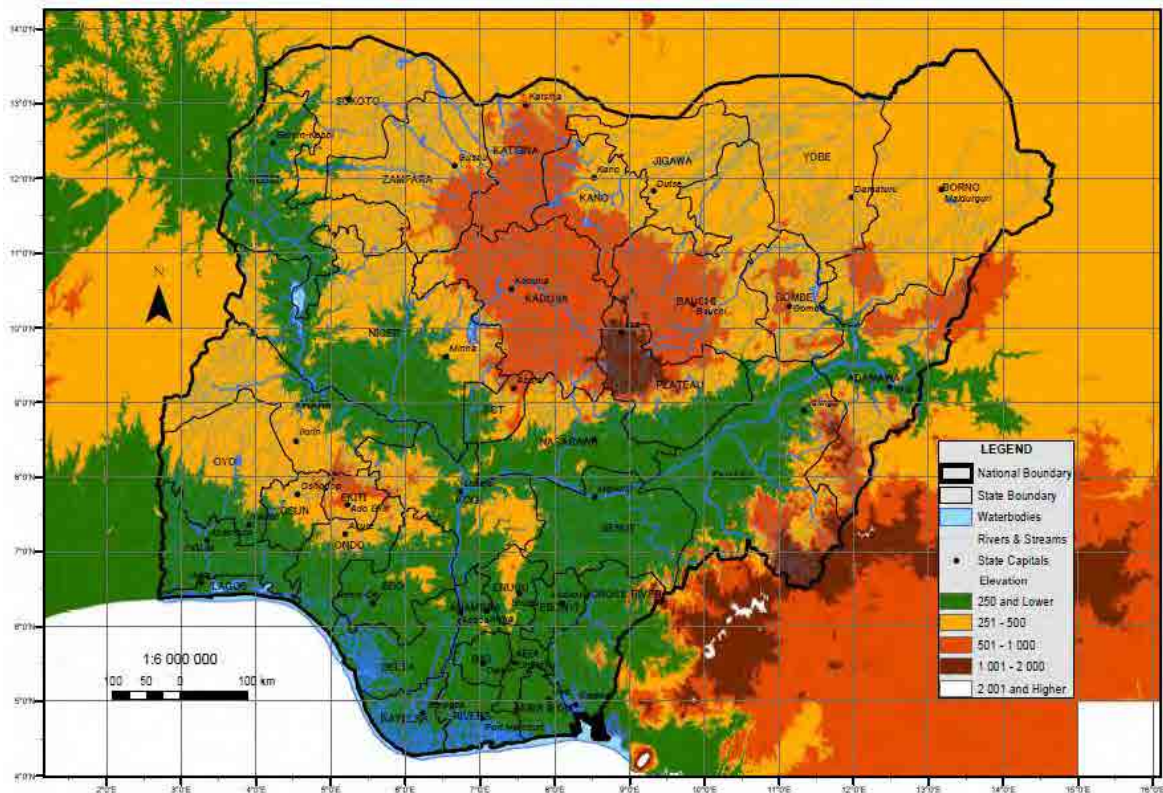
Foreign Exchange Rate

USD1.00 = NGN155.27 = JPY86.5

(31st Dec. 2012)



ナイジェリア国の位置図



プロジェクト区域図

目次

	ページ
プロジェクト区域図.....	巻頭
目次	(1)
図表目次	(3)
略字表	(14)

第2編 要約報告書

プロジェクトの要約.....	(1)
第1章 プロジェクトの概要.....	1-1
1.1 プロジェクトの概要	1-1
1.2 プロジェクトの運営	1-2
第2章 全国水資源マスタープラン 2013.....	2-1
2.1 既存の全国水資源マスタープラン 1995 の見直し.....	2-1
2.2 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト.....	2-5
2.3 将来水需要の予測	2-10
2.4 水資源ポテンシャルの評価	2-23
2.5 需要と供給の水バランス	2-30
2.6 水源開発計画	2-38
2.7 水資源サブセクター開発計画	2-51
2.8 水資源管理計画	2-62
2.9 事業実施プログラム	2-74
2.10 全国水資源マスタープラン 2013 の評価	2-79
2.11 勧告	2-84
第3章 流域管理計画（案）	3-1
3.1 計画対象地域の概要	3-1
3.2 流域管理計画のフレームワーク	3-2
3.3 将来水需要の予測	3-5
3.4 水資源ポテンシャルの評価	3-6
3.5 需要と供給の水バランス	3-8
3.6 水源開発計画	3-10
3.7 水資源サブセクター開発計画	3-12
3.8 水資源管理計画	3-15
3.9 事業実施プログラム	3-18
3.10 流域管理計画の評価	3-21
3.11 勧告	3-24

図表目次

図目次

図 1-1 「ナ」国の水文地域図	1-2
図 1-2 プロジェクト運営組織	1-2
図 1-3 水文地域ワークショップ開催都市	1-6
図 2-1 M/P1995 の計画図	2-3
図 2-2 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト	2-6
図 2-3 全国水資源マスタープラン 2013 の内容	2-7
図 2-4 水需要予測フロー	2-11
図 2-5 作付カレンダー	2-15
図 2-6 水需要量計算フロー	2-16
図 2-7 家畜の水需要量	2-19
図 2-8 淡水養殖の水需要量	2-20
図 2-9 セクターによる水需要量シェアの変化	2-22
図 2-10 HA 及びセクターごとの水需要量	2-22
図 2-11 表流水源の水需要量	2-23
図 2-12 地下水源の水需要量	2-23
図 2-13 年降水量, 年可能蒸発散量の空間分布	2-24
図 2-14 長期降雨-流出解析モデルがカバーする範囲	2-24
図 2-15 平均年流出高の空間分布	2-25
図 2-16 「ナ」国全土における年総流出量からみた長期平均の水バランス	2-26
図 2-17 水バランスの検討手順	2-30
図 2-18 2030 年における広域的地下水位低下の予測	2-33
図 2-19 気候変動の影響を考慮した 2030 年における広域的地下水位低下の予測	2-34
図 2-20 詳細水バランスの検討	2-36
図 2-21 井戸群による給水の概念	2-39
図 2-22 地下水開発計画で考慮する内容	2-39
図 2-23 井戸郡の井戸本数と揚水量の関係の例	2-40
図 2-24 段階的な地下水開発のイメージ	2-42
図 2-25 既存ダムと建設中ダムの位置図	2-43
図 2-26 新規水源開発の候補地	2-45
図 2-27 総合開発事業概念図	2-46
図 2-28 選定ダムサイト	2-47
図 2-29 提案される表流水源開発事業の実施スケジュール	2-47
図 2-30 モニタリング、予測、対策サイクルからなる地下水管理概念図	2-48
図 2-31 地下水管理・開発手法	2-49
図 2-32 表流水保全のフレームワーク	2-50
図 2-33 施設画面上の給水開発計画における需要-供給グラフ	2-55
図 2-34 総合開発事業位置図	2-58
図 2-35 各 HA の年間発電電力量	2-59
図 2-36 連邦水資源省の今後取り組むべき分野	2-60
図 2-37 水資源管理の目指すべき姿	2-63
図 2-38 ダム管理の塾度向上に向けた優先度検討フロー	2-66
図 2-39 流域単位での水資源の計画、管理、規制を行う枠組み	2-71
図 2-40 流域レベルでの CMO の活動の枠組み	2-72
図 3-1 流域管理計画 (CMP) の内容と構成	3-3
図 3-2 セクターによる水需要量シェアの変化 (HA-1)	3-5
図 3-3 水源別にみたセクターごとの水需要 (HA-1)	3-5
図 3-4 各セクターの水需要量のシェア (Ogun-Oshun 流域)	3-6
図 3-5 水源別にみたセクターごとの水需要量 (Ogun-Oshun 流域)	3-6

図 3-6 推定された HA-1 および Ogun-Oshun 流域の水資源ポテンシャル 3-8
 図 3-7 HA 毎の年間発電電力量（賦存量） 3-14

表目次

表 1-1 プロジェクトの全体工程 1-2
 表 1-2 日本側メンバー 1-3
 表 1-3 運営委員会メンバー 1-3
 表 1-4 技術諮問委員会メンバー 1-4
 表 1-5 カウンターパート・チームメンバー 1-4
 表 1-6 主要会議 1-5
 表 1-7 全国ワークショップの開催 1-5
 表 1-8 水文地域ワークショップの実施行程 1-5
 表 1-9 流域管理計画（案）に係るステークホルダー会議の日程と概要 1-9

表 2-1 M/P1995 の計画指標 2-2
 表 2-2 水源開発基本コンセプト 2-8
 表 2-3 水源保全基本コンセプト 2-9
 表 2-4 水サブセクターの開発計画の基本コンセプト 2-9
 表 2-5 国連による「ナ」国の推計人口（百万人） 2-11
 表 2-6 「ナ」国の州別、水文地域別の推計人口（千人） 2-11
 表 2-7 居住地分類および水需要予測上の分類 2-12
 表 2-8 居住地分類別、目標年別の全国給水普及率 2-12
 表 2-9 州別の給水人口 2-13
 表 2-10 生活用原単位水量 2-13
 表 2-11 州別の水需要予測 2-13
 表 2-12 天水陸稲・天水水稲のコメ生産量（2030 年） 2-14
 表 2-13 灌漑水稲のコメ生産量（2030 年） 2-15
 表 2-14 現況作付パターン 2-16
 表 2-15 計画作付パターン 2-16
 表 2-16 単位用水量の月別変化パターン（表流水源-(mm)） 2-17
 表 2-17 単位用水量の月別変化パターン（伏流水、地下水源-(mm)） 2-17
 表 2-18 現況水需要量 2-18
 表 2-19 計画水需要量 2-18
 表 2-20 気温変化による係数 2-18
 表 2-21 気候変動による計画水需要量の変化 2-18
 表 2-22 家畜頭数の予測 2-19
 表 2-23 推定された水源別都市・村落給水需要量 2-22
 表 2-24 推定された水源別総水需要量 2-22
 表 2-25 HA ごとに空間平均された年降水量、年平均気温、年可能蒸発散量 2-24
 表 2-26 水文地域ごとの地下水涵養量 2-27
 表 2-27 降水量、気温の変化に関するシナリオ 2-27
 表 2-28 推定された水資源ポテンシャル 2-29
 表 2-29 地下水涵養量と地下水需要量（2030 年） 2-31
 表 2-30 気候変動の影響を受けた場合の地下水涵養量と地下水需要量（2030 年） 2-32
 表 2-31 水文地域全体のスケールからみた水需要量と水源供給可能量の比較 2-35
 表 2-32 詳細水バランスの検討項目 2-35
 表 2-33 大規模ダムにおける発電力量の推定 2-37
 表 2-34 解析結果の地下水開発可能量 2-38
 表 2-35 都市・村落給水における地下水開発コンセプト 2-39
 表 2-36 井戸群当たりの最適揚水量 2-40
 表 2-37 井戸の仕様 2-40
 表 2-38 2030 年の給水需要を満たすための新規井戸掘削・リハビリ本数 2-41
 表 2-39 1 年当たりの平均リハビリ井戸本数（全国） 2-42

表 2-40	1年当たりの平均新規井戸掘削本数（全国）	2-42
表 2-41	代表ダムの管理実態調査結果のまとめ	2-43
表 2-42	表流水開発の戦略	2-44
表 2-43	新規ダム候補地点	2-44
表 2-44	表流水開発の提案事業	2-45
表 2-45	総合開発事業	2-46
表 2-46	「ナ」国の地下水汚染のタイプと対策	2-48
表 2-47	地下水管理計画規模と担当機関	2-49
表 2-48	表流水源保全に関わる課題	2-50
表 2-49	近年公表された給水・衛生普及率とプロジェクト試算値	2-51
表 2-50	各給水事業形態における公的給水スキームの構成	2-51
表 2-51	既存の表流水利用給水スキームの概要と稼働率	2-52
表 2-52	2006年時点の既存地下水利用給水スキーム数と稼働率	2-52
表 2-53	衛生普及率と下水道利用率	2-52
表 2-54	居住地分類別による原単位水量	2-52
表 2-55	開発事業の給水スキーム施設構成	2-53
表 2-56	衛生施設基準	2-53
表 2-57	衛生開発事業のメニュー	2-54
表 2-58	水資源収支上の給水開発計画	2-54
表 2-59	施設計画上の給水開発計画	2-54
表 2-60	衛生開発計画	2-55
表 2-61	衛生施設（家庭用便所）の開発数	2-55
表 2-62	公共灌漑事業の分類	2-56
表 2-63	整備終了事業	2-57
表 2-64	整備実施中事業	2-57
表 2-65	整備拡張予定事業	2-57
表 2-66	総合開発事業	2-58
表 2-67	流域別計画灌漑面積（2030年）	2-59
表 2-68	連邦水資源省の洪水セクターにおける役割	2-60
表 2-69	組織開発と強化のためのアクションプラン	2-64
表 2-70	ダム管理に関する今後の対応方針	2-66
表 2-71	水源施設としての今後の運用改善の方向性	2-67
表 2-72	表流水に関わる水文モニタリング改善の戦略	2-68
表 2-73	基礎的な調査項目（案）	2-70
表 2-74	提案事業の概要	2-74
表 2-75	積算条件	2-78
表 2-76	水源開発事業の事業費とその内訳	2-78
表 2-77	サブセクター開発事業の事業費とその内訳	2-78
表 2-78	水資源管理関連事業の事業費その内訳	2-78
表 2-79	水資源開発投資の財務プログラム	2-79
表 2-80	給水事業の経済評価	2-79
表 2-81	既往灌漑・排水事業の経済評価	2-79
表 2-82	新規灌漑・排水事業の経済評価	2-79
表 2-83	給水事業の資金調達	2-80
表 2-84	灌漑・排水事業の資金調達	2-80
表 2-85	全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業数	2-81
表 2-86	全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業の IEE 及び EIA 調査の必要性に 基づく分類	2-81
表 2-87	スコーピングマトリックスの要約（ダムおよび都市・村落給水セクター）	2-82
表 2-88	スコーピングマトリックスの要約（灌漑・排水および衛生セクター）	2-83
表 2-89	推奨される緩和策	2-84
表 3-1	対象流域における水資源開発・管理に関わる戦略的課題	3-4

表 3-2	推定された HA-1 および Ogun-Oshun 流域の水資源ポテンシャル	3-7
表 3-3	対象水文地域における総水需要量と水資源ポテンシャルの全体的なバランス	3-9
表 3-4	水バランス検討結果の要約	3-10
表 3-5	帯水層の区分	3-10
表 3-6	最適揚水量の算定式	3-11
表 3-7	2030 年の給水需要を満たすための新規井戸掘削・リハビリ本数	3-11
表 3-8	表流水開発の戦略	3-11
表 3-9	表流水開発の提案事業 (HA-1)	3-12
表 3-10	表流水開発の提案事業 (Ogun-Oshun 流域)	3-12
表 3-11	施設画面上の給水開発計画 (HA-1)	3-13
表 3-12	施設画面上の給水開発計画 (Ogun-Oshun 流域)	3-13
表 3-13	衛生開発計画 (HA-1)	3-13
表 3-14	衛生開発計画 (Ogun-Oshun 流域)	3-13
表 3-15	公共灌漑事業の分類	3-14
表 3-16	流域別計画灌漑面積 (2030 年)	3-14
表 3-17	洪水・土壌侵食対策	3-15
表 3-18	水資源管理計画の記載・提案内容	3-15
表 3-19	提案事業の区分	3-18
表 3-20	水源開発事業の事業費とその内訳	3-18
表 3-21	サブセクター開発事業の事業費とその内訳	3-18
表 3-22	水資源管理関連事業の事業費その内訳	3-18
表 3-23	水資源開発投資の財務プログラム	3-19
表 3-24	水源開発事業の事業費とその内訳 (シナリオ A)	3-19
表 3-25	サブセクター開発事業の事業費とその内訳 (シナリオ A)	3-19
表 3-26	水資源管理関連事業の事業費その内訳 (シナリオ B)	3-19
表 3-27	水源開発事業の事業費とその内訳 (シナリオ B)	3-20
表 3-28	サブセクター開発事業の事業費とその内訳 (シナリオ B)	3-20
表 3-29	水資源管理関連事業の事業費その内訳 (シナリオ B)	3-20
表 3-30	水資源開発投資の財務プログラム (シナリオ A)	3-20
表 3-31	水資源開発投資の財務プログラム (シナリオ B)	3-20
表 3-32	給水事業の経済評価	3-21
表 3-33	既往灌漑・排水事業の経済評価	3-21
表 3-34	新規灌漑・排水事業の経済評価	3-21
表 3-35	給水事業の経済評価	3-22
表 3-36	既往灌漑・排水事業の経済評価	3-22
表 3-37	新規灌漑・排水事業の経済評価	3-22
表 3-38	給水事業の州別およびステージ別事業費	3-23
表 3-39	灌漑・排水事業のスキームおよびステージ別事業費	3-23
表 3-40	流域管理計画 (案) を構成する事業数	3-24
表 3-41	流域管理計画 (案) を構成する事業の IEE および EIA 調査の必要性に基づく分類	3-24

略語表

略 語	説 明
ACGSF	Agricultural Credit Guarantee Scheme Fund
ADP	Agricultural Development Project
AEPB	Abuja Environmental Protection Board
AfDB	African Development Bank
BADC	British Atmospheric Data Centre
BCM	Billion Cubicmeter
BOD	Biochemical Oxygen Demand
BOT	Build-Operate-Transfer
CCU	Climate Change Unit
CD	Capacity Development
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species
CMCC	Catchment Management Coordinating Committee
CMO	Catchment Management Office
CMP	Catchment Management Plan
CPI	Consumer Price Index
CWIQS	Core Welfare Indicators Questionnaire Survey
DDRO	Department of Dam and Reservoir Operations
DEM	Digital Elevation Model
DFID	Department for International Development in UK (UKAID)
DID	Department of Irrigation and Drainage
DO	Disolved Oxygen
DPRS	Department of Planning and Research and Statistics
DRBOI	Department of River Basin Operation and Inspectorate
DWQ&S	Department of Water Quality Control and Sanitation
DWS	Department of Water Supply
EA	Environmental Assessment
EC	European Commission
ECN	Energy Commission of Nigeria
EIA	Environment Impact Assessment
EL	Elevation
EMSS	Environmental Management Support System
ERICA	European Rivers and Catchment
ET	Evapotranspiration
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organization
FCA	Fadama Association Committee
FCT	Federal Capital Territory
FEPA	Federal Environmental Protection Agency
FEWS	Flood Early Warning System
FGN	Federal Government of Nigeria
FIWD	Federal Inland Waterways Department
FMANR	Federal Ministry of Agriculture and Natural Resources
FMARD	Federal Ministry of Agriculture and Rural Development
FME (d)	Federal Ministry of Education
FME (n)	Federal Ministry of Environment
FMH	Federal Ministry of Health
FMP	Federal Ministry of Power
FMT	Federal Ministry of Transport
FMWA	Federal Ministry of Women' s Affairs
FMWR	Federal Ministry of Water Resources

略 語	説 明
FMWRRD	Federal Ministry of Water Resources and Rural Development
GCM	Global Climate Models
GDMA	Gurara Dam Management Authority
GDP	Gross Domestic Product
GIS	Geographical Information System
GWMA	Gurara Water Management Authority
HA	Hydrological Area
HYCOS	Hydrological Cycle Observation System
ICT	Information and Communication Technology
IEE	Initial Environmental Evaluation
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUCN	International Union for Conservation of Nature
IWRM	Integrated Water Resources Management
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JICA	Japan International Cooperation Agency
JMP	Joint Monitoring Programme
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-Hour
LCBC	Lake Chad Basin Commission
LGA	Local Government Authority
M&E	Monitoring and Evaluation
M/P	Master Plan
MANR	Ministry of Agriculture and Natural Resources
MCM	Million Cubicmeter
MDG	Millennium Development Goals
MICS	Multiple Indicator Cluster Survey
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Japan
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-Hour
NACRDB	Nigeria Agricultural Cooperative and Rural Development Bank
NAFDAC	Nigeria Food Drug Administration and Control
NAFSS	National Agriculture and Food Security Strategy
NASRADA	Nigeria Space Research and Development Agency
NBA	Niger Basin Authority
NBN	National Bank of Nigeria
NBS	National Bureau of Statistics
NCC	Nigeria Cameroon Commission
NCWR	National Council on Water Resources
NDHS	National Demographic and Health Survey
NEED	National Economic Empowerment and Development Strategy
NEMA	National Emergency Management Agency
NERA	National Emergency Relief Agency
NESREA	National Environmental Standards and Regulations Enforcement Agency
NEWMAP	Nigerian Erosion and Watershed Management Project
NFDP	National Fadama Development Project
NFSSP	National Food Security Support Project
NGO	Non Governmental Organization
NGSA	Nigeria Geological Survey Agency
NIHSA	Nigeria Hydrological Services Agency
NIMET	Nigerian Meteorological Agency
NIS	Nigerian Industrial Standard
NIWA	National Inland Waterways Authority

略 語	説 明
NIWRMC	Nigeria Integrated Water Resources Management Commission
NNJC	Niger-Nigeria Joint Commission
NPC	National Population Commission
NPC	Nigeria Planning Commission
NRDS	National Rice Development Strategy
NRW	Non Revenue Water
NTN	National Training Network
NWRI	National Water Resources Institute
NWSSBS	National Water Supply and Sanitation Baseline Survey
OORBDA	Ogun-Osun River Basin Development Authority
PET	Potential Evapotranspiration
PHCH	Power Holding Company of Nigeria
PPP	Public-Private Partnership
PSP	Private Sector Participation
RBDA	River Basin Development Authority
RBMC	River Basin Management Commission
RCM	Regional Climate Models
ROPSIN	Review of the Public Irrigation Sector of Nigeria
RUWASSA	Rural Water Supply and Sanitation Agency
SEA	Strategic Environmental Assessment
SHA	Sub Hydrological Area
SON	Standards Organisation of Nigeria
SRRBDA	Sokoto-Rima River Basin Development Authority
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SSHA	Small Sub Hydrological Area
STWSS	Small Town Water Supply and Sanitation
STWSSA	Small Town Water Supply and Sanitation Project
STWSSP	Small Town Water Supply and Sanitation Agency
SWA	State Water Agencies
TOR	Terms of Reference
UAC	Users Association Committee
UFW	Unaccounted for Water
UNDP	United Nations Development Programme
UNEP	UN Environment Programme
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNICEF	United Nations Children's Fund
UNISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
VAB	Visual Basic Application
WASHCOM	Water, Sanitation and Hygiene Committee
WATSAN	Water and Sanitation
WB	World Bank
WCA	Water Consumers Association
WHO	World Health Organization
WRDP	Water Resources Development Plan
WRMP	Water Resources Management Plan
WRUP	Water Resources Utilization Plan
WSSSRP	Water Supply Sanitation Sector Reform Programme
WTP or WTW	Water Treatment Plant or Works
WUA	Water Users Association

プロジェクトの要約

ナイジェリア国 全国水資源管理開発基本計画策定プロジェクト

プロジェクト期間：2011年8月～2014年1月
受入機関：ナイジェリア国 連邦水資源省

1. プロジェクトの背景と目的

(1) プロジェクトの背景

近年、「ナ」国では、人口増や経済発展に伴い灌漑、飲料水、エネルギー開発などに必要な水資源開発のニーズが高まってきた。かかる状況の下、「ナ」国政府は日本に対して、今後の適切な水資源管理行政の推進に向けて、1995年に策定された全国水資源マスタープラン（M/P1995）を改訂する目的で、技術協力を日本に対して要請した。これを受け、国際協力機構（以後、JICAと呼称）は、2011年2月に詳細計画策定調査団を派遣し、要請経緯、要請内容、組織体制、他ドナーによる協力、現況、本格調査で実施される調査内容等について説明・協議を行い、2011年3月に先方実施機関の連邦水資源省（FMWR）と実施細則（S/W）を署名・交換した。これを受けて、JICAはコンサルタントからなるプロジェクトチームを結成し、2011年8月から現地調査開始した。

(2) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、「ナ」国の「全国水資源マスタープラン（M/P2013）」を策定することを目的とする。併せて、2つの流域について流域管理計画（案）を先行的に策定し、以後行われる他流域での同計画の策定に資することを目的とする。

2. 全国水資源マスタープラン

(1) 全国水資源マスタープラン（M/P2013）の基本コンセプト

上位計画

M/P2013の上位計画となるビジョン20:2020や水セクターロードマップ等では、「ナ」国の現状の水セクターの以下の課題を改善する目標を掲げている。すなわち、1)安全な飲料水や衛生施設への低いアクセス率、2)灌漑農業の食糧自給率への低い貢献度、3)再生可能エネルギーの包蔵水力の不十分な活用等である。M/P2013は、これらの課題を解決する手法を具体的に進めていく計画であり、従来の開発中心の計画に留まらず、統合水資源管理（IWRM）の理念に基づいて、水資源ポテンシャル評価や需要予測により水資源開発・管理を統括した計画を策定する。

水資源管理開発の主要課題と戦略

M/P2013では、「ナ」国の水資源に関わる主要課題とそれを解決するための戦略を念頭におき、以下の戦略に従って水資源開発・管理計画を立案する。すなわち、1)偏在する水資源量、水需要量を考慮した水資源の管理開発、2)現況の低い施設運転率を踏まえた将来の給水水需要量増加への対応、3)堅実な自立性のある灌漑開発の促進、4)既存水源施設の今日的観点からの有効活用、5)水関連基礎情報の充実と一元管理、6)増加する水資源に関わるリスクへの対応、7)水資源管理者による重要河川・氾濫原管理への積極的関与、8)清浄かつ安全な水の確保のための水質モニタリングおよび9)流域単位 - 水資源管理のための協力的・参加型の組織・制度の開発・強化である。

(2) 水需要予測・水資源ポテンシャル評価・需要供給バランス

水需要予測

給水の水需要については、「ビジョン 20:2020」が目標とした 2025 年で 100%給水率とした。原単位は、連邦水資源省の標準原単位に従い、都市：120 ㍉/人/日、小都市：60 ㍉/人/日、村落：30 ㍉/人/日とした。人口の伸びは国連推計値を採用している。また、灌漑の水需要については、2030 年の人口予測に対してコメの自給率 100%を目標としている。ただし、コメの消費量は農業省の計画値である 30kg/人/年(現状の消費レベルと同一)としている。

主要な水サブセクター（給水・灌漑・水産養殖・畜産）の水需要量を合計した全水需要量は 2010 年時点で 5,933MCM/年であり、M/P2013 の目標年である 2030 年には 16,585MCM/年に増加するものと推定された。現在（2010）および将来（2030）の全水需要量に占める給水需要量の割合は、それぞれ、51%および 53%となる。また、灌漑水需要量の割合は、2010 年の約 30%から 2030 年には約 40%となる。流域（HA）ごとの水需要についても特色が見られる。すなわち、現在の総水需要量は人口規模に応じて HA-6 が最も大きく HA-8 が続いている。将来（2030）にもこの傾向は変わらない。給水需要量についても同様な傾向である。また、HA-3 においては優良な農業適地に恵まれ多くの灌漑事業を計画したため、灌漑水需要の伸びが他の HA と比べて顕著である。

水資源ポテンシャル評価

水資源ポテンシャルは、1970～2009年の40年間の降水量、気温およびそれを入力条件とした長期降雨-流出解析モデルの出力結果を用いて評価されている。全国の過去40年間の平均降雨量は 1,150mm である。降雨量の約 24%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。国土内での内部総流出量は 244BCM/年であり、表流水のポテンシャルは 333BCM/年である。総水資源ポテンシャルは、表流水ポテンシャルに地下水涵養量のうち基底流出として出現しない分を加えたものとして評価され、国土内での内部生産によるものは 287BCM/年であり、「ナ」国外からの流入水を含めると、合計 375BCM/年と評価される。88BCM/年は国外起源のものであり、概ね、「ナ」国の総水資源ポテンシャルの 24%は隣接国からの貢献によるものであるといえる。地下水涵養量の推定から、更新可能な資源としての地下水ポテンシャルは 156BCM/年であると推定される。

需要供給バランス

上述した結果から、水利用率（総水資源ポテンシャルに対する総水需要量の比）は、2010 年ではわずか 1.6%に過ぎないが、2030 年には 4.4%となる。2030 年における国全体でみた総水需要量は依然として総水資源ポテンシャルと比較してはるかに小さい。しかし、水資源ポテンシャルとは安定して供給可能な水量ではなく、現時点で安定して供給可能な水量もまた総水資源量よりはるかに小さいことに留意しなければならない。さらには、水資源量と水需要量の地域差が大きいことから、地域内での水需給バランスの検討から水源開発を検討することが重要である。

(3) 水源開発計画

表流水開発

表流水開発では、2 つの戦略（戦略-1：既存ダムの機能回復、向上および戦略-2：偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備）を掲げている。2030 年までに新たに開発すべき表流水開発量は、6.5BCM/年（都市給水：2.2BCM/年、灌漑：4.3BCM/年）である。これを充足するために、上記戦略に基づいて行う提案事業は、1) ダム管理能力強化事業、2) ダムの適正運用管理のための機材リハビリテーション事業、3) ダムリハビリテーション事業、4) 都市用水水源開発事業、5) 灌漑用水水源開発事業および 6) 総合開発事業である。

地下水開発

2030 年時点の給水需要のための新規地下水開発では、新規井戸の設置と既存井戸のリハビリを行う。2030 年までに新たに開発すべき地下水開発量は、3.6BCM/年（都市給水：2.8BCM/年、村落給水 0.8BCM/年）である。これを充足するために、新規井戸の設置で 2.6 BCM/年および既存井戸のリハビリで 1.0BCM/年を確保する。2030 年の水需要に対応する新規動力ポンプ井戸は約 16 千本

(都市および小都市/町) および約 10 千本 (村落) である。一方、ハンドポンプの新規掘削数量は約 83 千本となる。

(4) 水サブセクター開発計画

給水事業

M/P2013 の給水の開発計画は、2 つの主要事業、すなわち、1) 既存施設の改修事業および 2) 新規施設の開発事業 (拡張含む) による構成とする。さらに、セクター上位計画、各水文地域 (HA) の水資源ポテンシャル、水需給バランス、その地域に位置する各州の既存州開発計画等の内容、既存給水事業の現状と新規計画を鑑みて、実態に即し実用性のある計画とする。この結果、提案する給水事業 (2015~2030 年) の開発水量は、改修事業と新規事業を併せて、水資源収支上では「12,620MLD (1 Million Litter per Day = 1,000m³/日)」、施設計画上は「14,880MLD」となる。

灌漑事業

灌漑セクターの開発方針は次の通りである。すなわち、1) 現在実施中の公的灌漑スキームの早期完工、2) 連邦水資源省が特定する重要度の高い公的灌漑スキームのリハビリ及び整備拡張の実施、3) 重要度の高い公的灌漑スキームの水源地追加開発、4) 既存ダムの有効活用と公的灌漑スキームの拡張、5) 新規灌漑農地の整備および 6) 円滑なスキーム運営管理体制の構築である。

この開発方針に基づいて次のような事業を提案している。すなわち、1) 整備実施中事業、2) 整備拡張予定事業、3) 補給灌漑事業、4) ダム掛り灌漑事業および 5) 総合開発事業である。これらの事業と既存事業との合計の公的灌漑面積は、2030 年時点で約 469 千 ha となる。

その他サブセクターへの提言

FMWR が所管する上記の給水事業と灌漑事業以外の他省が所管する水力発電 (連邦電力省)、洪水・エロージョン対策 (連邦環境省)、内陸水運 (連邦交通省)、内陸漁業および畜産 (連邦農業・農村開発省) については、今後の取り組みについての提言を行っている。

(5) 水資源管理計画

水資源管理の目的は、水資源開発計画 (すなわち、水源開発計画と水サブセクター開発計画) に基づいて設置された施設と運用システムを使って、充足性・効率性・公平性・安全性・持続性を基本に、【水の有効利用】・【洪水の減災】・【水質の保全】を期待する水ユーザーにこれらのサービス (水サービス) を適切に提供することである。水資源管理計画は、この目的を達成する手法を取りまとめたものである。水資源管理は次のような戦略に基づいて計画されている。すなわち、1) 公共水サービス組織の改善、2) 適切な水サービスの提供、3) 水資源の配分と規制および 4) 水資源開発管理の促進と改善である。

(6) 勧告

M/P2013 では、今後の適切な水資源管理行政の推進に向けて、1) M/P2013 の活用と定期的なレビュー、2) 水資源開発計画の着実な実施、3) 水資源管理計画の着実な実施、4) 着実な投資 (政府の直接投資、民間資金の活用、国際開発パートナーの活用、利用者負担の推進) および 5) プロジェクト実施推進機能・母体 (特命プロジェクト推進ユニット) の確立、の 6 事項の実施を勧告している。

3. 流域管理計画 (1st Draft)

(1) 計画対象流域

計画対象流域は HA-1 (Niger North) 流域と Ogun-Oshun (HA-6 西部) 流域の 2 流域である。HA-1 流域には面積や人口構成から、Katsina 州、Kebbi 州、Sokoto 州、Zamfara 州の 4 州が主要な州で、その他、Jigawa 州、Kano 州および Niger 州が含まれる。また、Ogun-Oshun 流域には面積や人口構成から、Lagos 州、Ogun 州、Osun 州、Oyo 州の 4 州が主要な州で、その他、Ekiti 州、Kwara 州および Ondo 州が含まれる。

(2) 流域管理計画の目的と上位計画

流域管理計画 (CMP) は、対象流域の中で「水資源管理」を実現するための、一つのガイドラインであり事業実施計画書である。「水資源管理」とは、政府や民間機関によって準備された各種の施設やシステムによって、対象流域に住む住民の水資源に対する需要を満たすことを目標としている。流域管理計画の計画目標年次は、M/P2013 と同様に、2030 年とし、流域管理計画の上位計画は、「国家レベルの水政策」およびこの戦略に基づいて作成された M/P2013 である。さらに、計画対象流域にある各州の水政策や州水マスタープランがある場合は、これらの政策や計画も上位計画に含まれる。

(3) 水需要予測・水資源ポテンシャル評価・需要供給バランス

水需要予測

<HA-1 流域> この流域では、M/P2013 で予測した水需要を採用している。主要な水サブセクター (給水・灌漑・水産養殖・畜産) の水需要量を合計した HA-1 における全水需要量は 2010 年時点で 791MCM/年であり、2030 年には 1,625MCM/年に増加するものと推定される。

<Ogun-Oshun 流域> この流域では、2 つの需要シナリオを検討した。すなわち、1) シナリオ A: M/P2013 で予測した水需要および 2) シナリオ B: Lagos 州独自の都市用水需要予測を取り込むシナリオである。主要な水サブセクター (給水・灌漑・水産養殖・畜産) の水需要量を合計した Ogun-Oshun 流域における全水需要量は 2010 年時点で 1,111MCM/年であり、2030 年にはシナリオ A の場合 2,589MCM/年、シナリオ B の場合 3,193MCM/年にそれぞれ増加するものと推定される。

水資源ポテンシャル評価

両流域とも、M/P2013 で求めた水資源ポテンシャルを採用している。

需要供給バランス

上述した結果から、HA-1 流域の水利用率 (総水資源ポテンシャルに対する総水需要量の比) は、2010 年では 2.1%に過ぎないが、2030 年には 4.3%となる。2030 年における総水需要量は依然として総水資源ポテンシャルと比較してはるかに小さい。しかし水需要と水資源が偏在するため、今後、水資源の慎重な開発が必要である。

一方、Ogun-Oshun 流域の水利用率は、2010 年では 8.5%であるが、2030 年にはシナリオ A の場合 20.0%、シナリオ B の場合 24.6%となる。すなわち将来水需要は現在の 2 倍以上となるが、水資源開発サイトが残されているため新たな水源開発により対応が可能である。

(4) 水源開発計画

HA-1 流域および Ogun-Oshun 流域 (シナリオ A) の場合は、M/P2013 で提案された水源開発計画を採用している。一方、Ogun-Oshun 流域 (シナリオ B) の場合は、シナリオ A の計画に次の 2 ダムを追加している。すなわち、1) Aiyete Dama Project および 2) Oba Dam Project である。

(5) 水サブセクター開発計画

HA-1 流域および Ogun-Oshun 流域（シナリオ A）の場合は、M/P2013 で提案された給水事業計画および灌漑事業計画を採用している。一方、Ogun-Oshun 流域（シナリオ B）の場合は、次の通りである。すなわち、提案する給水事業（2015～2030 年）の開発水量は、改修事業と新規事業を併せて、施設計画は 6,122MLD（1 Million Litter per Day = 1,000m³/日）となる。この値は、シナリオ B（3,167MLD）の約 194%である。

(6) 水資源管理計画

水資源管理計画は、M/P2013 と同様の事業である。

(7) 勧告

流域管理計画では、先ず、流域管理体制の整備と流域管理計画の確立を勧告している。FMWR は JICA の技術協力を得て、30 か月の作業を経て M/P2013 が策定し、流域管理計画は、この M/P2013 に基づいて、FMWR の外局である NIWRMC と JICA プロジェクトチームの共同作業によって策定された初版という位置づけのものである。流域管理計画は M/P2013 に基づいているとはいえ、1) 短期間で約半年でまとめられたためステークホルダーの合意形成が十分ではない、また、2) 流域管理計画を公式文書として認可する組織・制度が未整備であること等、流域管理計画には実施に向けた課題が残っている。これらの課題を解決するため、1) 流域管理体制の整備（CMCC、TAC および State IWRM Committee の 3 新組織の設立）および 2) 流域管理計画の確立（ステークホルダーの十分な合意形成）を勧告している。

以上の勧告の他に、流域管理計画の活用と定期的なレビュー、水資源開発の実施、水資源管理の実施および着実な投資についての勧告が述べられている。

第1章 プロジェクトの概要

1.1 プロジェクトの概要

1.1.1 プロジェクトの背景

近年、ナイジェリア（「ナ」国）では、人口増や経済発展に伴い灌漑、飲料水、エネルギー開発などに必要な水資源開発のニーズが高まっている。また、北部を中心とした渇水は深刻化しており、乱開発を防ぎつつ希少な水資源の適切な開発・管理は喫緊の課題となっている。

「ナ」国政府の要請の下、国際協力機構（JICA）は1995年に開発調査「全国水資源総合開発計画」を実施し、「全国水資源マスタープラン」（以下、M/P1995）の策定を支援した。M/P1995の提言を受け、2008年には連邦水資源省（FMWR）下に、水資源管理全般や利害関係者の調整、水資源開発にかかる許認可制度の改善などを包括的に行うナイジェリア総合水資源管理庁（Nigeria Integrated Water Resources Management Commission: NIWRMC）が設立された。

しかし、M/P1995策定から15年が経過し、以下のような問題点・課題が生じてきている。

- 人口増加や経済発展により、水需要が拡大している。
- 乾季には河川流量が減るのが通例であるが、特に近年では12月から1月にかけて完全に干上がる河川が以前と較べ多く出現し、また、北部を中心に乾季に完全に枯渇する地下水源も以前と較べ増加するなど、M/P1995が前提とする水資源状況と現状に乖離が生じている。
- 気候変動等の影響により、極端な気象状況の頻度が増加し、渇水、豪雨等による被害が増加しており、適切な水資源の管理・利用に向けて予報/予防といった新しい観点を計画に組み込む必要性が生じている。
- 水資源管理行政を国家レベルで司るNIWRMCの設置に加えて、全8流域にNIWRMCの下部組織である流域管理事務所を設置し、水資源の配分等に関するステークホルダーとの調整・合意のもとで「流域管理計画」を策定し実施することが制度化されるなど、水資源管理・開発行政の制度的な変更が生じている。

かかる状況の下、「ナ」国政府は適切な水資源管理行政の推進に向けて、M/P1995を改訂するため、開発計画調査型技術協力を日本に対して要請した。これを受け、JICAは2011年2月に詳細計画策定調査団を派遣し、要請経緯、要請内容、組織体制、他ドナーによる協力、現況、本格調査で実施される調査内容等について説明・協議を行い、2011年3月に先方実施機関の連邦水資源省（FMWR）と実施細則（S/W）を署名・交換した。JICAはコンサルタントからなるプロジェクトチームを結成し、2011年8月に現地調査が開始された。

1.1.2 プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、以下のとおりである。

- ① M/P1995を見直し、改訂した、2030年を目標年とする「全国水資源マスタープラン 2013（M/P2013）」の策定
- ② HA-1（Niger North）及びHA-6西部Ogun-Oshunの流域を対象とした各「流域管理計画（案）」の策定

流域管理計画（案）を先行的に策定することにより、以後行われる他流域での同計画の策定に資することが期待される。

1.1.3 プロジェクト区域

対象地域は、「ナ」国を構成する全8水文地域（Niger North:HA-1、Niger Central:HA-2、Upper Benue:HA-3、Lower Benue:HA-4、Niger South:HA-5、Western Littoral:HA-6、Eastern Littoral:HA-7、Lake Chad:HA-8、総面積:923,700km²、総人口:1億4043万人）とする。図1-1参照。

本プロジェクトでは、①基礎調査、②マスタープランの策定、③流域管理計画（案）の策定の3つのフェーズに分割され、①及び②は全国（全8水文地域）を対象とし、③については、HA-1:Niger North及びHA-6:Western Littoral西部/Ogun-Oshun流域の2流域を対象とする。表1-1参照。



図 1-1 「ナ」国の水文地域図

表 1-1 プロジェクトの全体工程

フェーズ-1 (2011年8月～2012年10月、15ヶ月)	フェーズ-2 (2012年11月～2013年4月、6ヶ月)	フェーズ-3 (2013年5月～2014年1月、9ヶ月)
基礎調査 ◆ データ収集 ◆ 水資源量評価 ◆ 水需要量評価 ◆ 課題の抽出 ◆ 水資源管理の方向性の確認	マスタープランの策定 ◆ 全国水資源マスタープラン2013の策定	流域管理計画(案)の策定 ◆ 対象2水文地域の流域管理計画(案)の策定 - HA-1:Niger North - HA-6:Western Littoral 西部のOgun-Oshun 流域

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2 プロジェクトの運営

1.2.1 プロジェクトの運営組織

本プロジェクトの運営組織は、図 1-2 に示すとおりである。

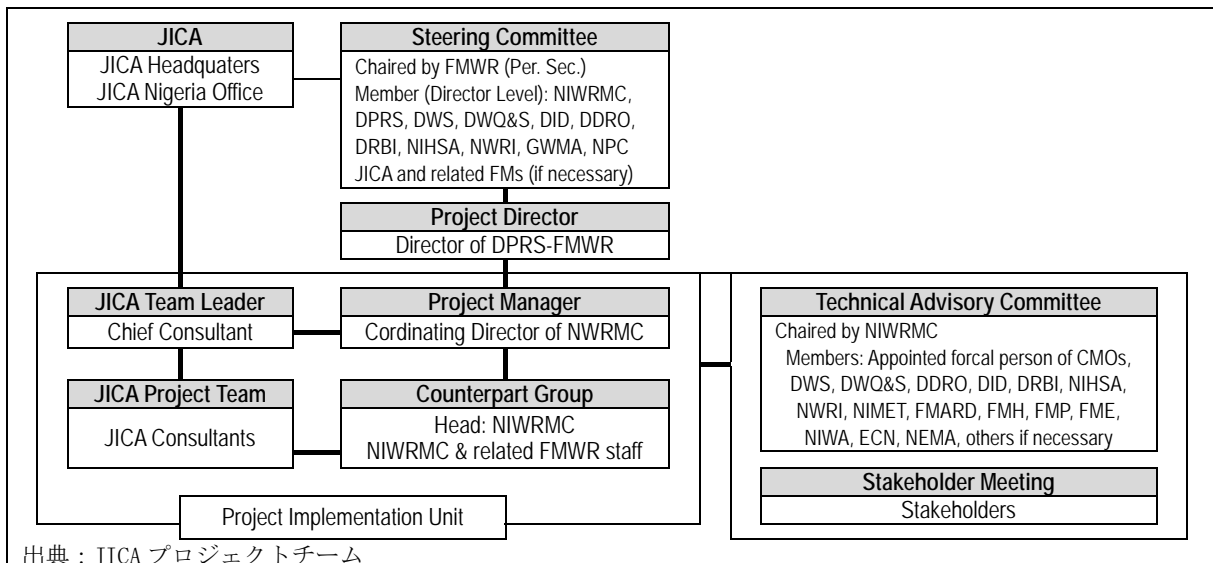


図 1-2 プロジェクト運営組織

1.2.2 日本側メンバー

本プロジェクトの日本側メンバーを表 1-2 に示す。

表 1-2 日本側メンバー

氏名	所属	役職
JICA 本部		
天野 雄介	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ参事役
大槻 英治	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ参事役
涌井 純二	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ課長
今井 達也	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ課長
高嶋 清史	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ職員
渡辺 利一	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ職員
宮川 聖史	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ職員
山崎 正則	JICA 本部	地球環境部水資源・防災グループ職員
JICA ナイジェリア事務所		
鷺見 佳高	JICA ナイジェリア事務所	所長
関 徹男	JICA ナイジェリア事務所	所長
増田 吉朗	JICA ナイジェリア事務所	所員
美甘 政門	JICA ナイジェリア事務所	所員
下平 千恵	JICA ナイジェリア事務所	所員
JICA プロジェクトチーム		
渡辺 正知	八千代エンジニアリング(株)	総括/水資源管理・開発計画
北村 忠紀	(株)建設技研インターナショナル	表流水管理・開発/水文
中村 浩	八千代エンジニアリング(株)	地下水管理・開発/水理地質
三好 聡憲	八千代エンジニアリング(株)	給水・衛生
松本 裕一	(株)三祐コンサルタンツ	灌漑・排水
柴田 秀英	(株)三祐コンサルタンツ	営農
橋口 泰三	八千代エンジニアリング(株)	ダム・水力発電 1
原 成市	八千代エンジニアリング(株)	ダム・水力発電 2
井上 和則	(株)建設技研インターナショナル	治水計画
山崎 順吉	八千代エンジニアリング(株)	組織制度・人材育成
長下部 昇	八千代エンジニアリング(株)	社会経済分析
セバスチャン・ハラ	(株)建設技研インターナショナル	水環境・環境社会配慮
田中 宇祐	八千代エンジニアリング(株)	水資源情報管理
大浦 寿	八千代エンジニアリング(株)	業務調整・水資源情報管理補佐

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.3 「ナ」国側メンバー

運営委員会メンバーを表 1-3 に、技術諮問委員会メンバーを表 1-4 に、カウンターパート・チームメンバーを表 1-5 に示す。

表 1-3 運営委員会メンバー

氏名	所属	役職
Mr. Baba Umar Farouk	FMWR	Chairman of Steering Committee, Perm. Secretary
Amb. (Dr) Godknows B. Igali	FMWR	Chairman of Steering Committee, Perm. Secretary
Mrs. LD Bagaiya	FMWR	Director PRS
Dr. E. A . Adanu	FMWR	Director Dams & Reservoir Operation
Engr. J Kwanashie	FMWR	Director Irrigation & Drainage
Engr. Bello Tunau	FMWR	Director Water Supply
Engr. S. O Ome	FMWR	Director Water Quality Control & Sanitation
Mr. Nelson Nwosu	FMWR	Dir. River Basin Operations & Inspectorate
Mr. Reuben A. Habu	NIWRMC	Coordinating Director of NIWRMC
Engr. R. A. K Jimoh	NIWRMC	Coordinating Director of NIWRMC
Engr. Halidu Yusuf	SRRBDA	Managing Director
Engr. Jimi Omobki	OORBDA	Managing Director
Mr. J.A. Shamonda	NIHSA	Director General
Dr. Olusanjo A. Bamgboye	NWRI	Executive Director
Engr. Babaji I.	FMWR	Director Gurara
Mr. Ojo Sunday	NPC	Director, International Cooperation Dept.

出典：JICA プロジェクトチーム

表 1-4 技術諮問委員会メンバー

氏名	所属	役職
Engr. (Mr.) Okon Ekpenyong	ECN	Deputy Director
Engr. (Mr.) James Akinjobi	NEMA	Senior Scientific Officer
Mr. John A. Onov Biona	FMARD	Chief Fish Officer
Mr. Temitope R. Omotola	NPC	Deputy Director
Engr. (Mr.) N. D. Madu	FMWR	Assistant Director
Mr. Adetunji Idowu	FMWR	Deputy Director
Engr. (Mr.) Peter Y. Manjuk	FMWR	Deputy Director
Engr. (Mr.) R. A. K. Jimoh	NIWRMC	Coordinating Director
Baryr (Mrs.) Von Emeka-Aneke	FMWR	Deputy Director
Engr. (Mr.) Mohammed U. Galadima	NIWRMC	Deputy Director
Mr. Philip D. Abah	FMARD	Deputy Director
Mrs. R. A. Bako	FMWR	Assistant Director
Rev. Engr. Dr. (Mrs.) Nwosah G. C.	FMWR	Assistant Director
Rev. (Mr.) M. I. Nwabuofo	NIHSA	Director
Mr. Lawal Kola Maroof	NIWRMC	Deputy Director
Mr. S. Zakari	FMWR	Deputy Director

出典：JICA プロジェクトチーム

表 1-5 カウンターパート・チームメンバー

氏名	所属	役職
Mrs. L. D. Bagaiya	FMWR	Project Director
Mr. Reuben A. Habu	NIWRMC	Project Manager
Engr. R. A. H. Jimoh	NIWRMC	Project Manager
Engr. K. S. Sunmonu	NIWRMC	Deputy Project Manager
Mr. Ogbonna Kenneth E.	FMWR	Hydrogeologist., DWS
Mr. Bitrus Joshua	NIWRMC	Principal Technical Officer
Mr. Oyakhirome Florence	FMWR	Chief Scientific Officer, DDRO
Engr. Enyi Hycinth	FMWR	Principal Technical Officer, DWQC
Engr. A. O. Mebude	FMWR	Assistant Director, DID
Mr. Ihuoma Anthony	FMWR	Senior Statistical Officer, DPRS
Mr. G. A. Agwuma	FMWR	Senior Statistician, DPRS
Mr. S. O. Abdulyekeen	NIWRMC	Senior Hydrogeologist
Mr. S. O. Okpara	NIHSA	Assistant Chief Hydrogeologist
Mr. B. C. Ojo	NIHSA	Principle Hydrogeologist
Engr. J. A. Gbadegesii	NIHSA	Principle Engineer
Mr. E. O. Oton	NIWRMC	Assistant Director
Engr. Kassim Bello	FMWR	Civil Engineer, DWS
Ms. Yemisi	FMWR	Senior Scientific Officer, DWQC
Engr. Anthea Ochedikwu	FMWR	Assistant Chief Irrigation Engineer, DID
Mr. Ikpeamaeze Joseph	FMWR	Assistant Chief, Administration Office
Engr. N. D. Madu	FMWR	Assistant Director, DDRO
Mr. D. A. Amodu	NIHSA	Principle Engineer
Ms. Alice O. Ojowu	FMWR	Assistant Director, DPRS
Mr. A. Olayinka	FMWR	Assistant Statistician, DPRS
Mr. Charles Ikediashi	FMWR	Chief Scientific Officer
Mr. E. A. Bassey	FMWR	Chief Statistician, DPRS
Ms. Biritu Ali	GWMA	Hydrogeologist

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.4 主要な会議

本プロジェクトの最も重要な会議は、運営委員会とステークホルダー会議である。調査開始（2011年8月）から調査終了（2014年1月）までに開催された主要会議は表1-6のとおりである。

また、これらの会議に加え2013年1月に技術諮問委員会会議が開催され全国水資源マスタープラン2013の計画条件が議論され、基本的合意が得られた。

表 1-6 主要会議

開催日	会議名	内容
2011年8月9日	第1回運営委員会	インセプションレポートの説明と協議
2011年8月12日	第1回ステークホルダー会議	インセプションレポートの説明と協議
2012年2月14日	第2回運営委員会	プログレスレポート(1)の説明と協議
2012年7月10日	第3回運営委員会	プログレスレポート(2)の説明と協議
2012年7月12日	第2回ステークホルダー会議	プログレスレポート(2)の説明と協議
2013年3月6日	第4回運営委員会	インテリムレポート(案)の説明と協議
2013年5月16日	第5回運営委員会	インテリムレポートの説明と協議
2013年5月23日	第3回ステークホルダー会議	インテリムレポートの説明と協議
2013年11月27日	第6回運営委員会	ドラフトファイナルレポートの説明と協議
2013年12月3日	セミナー	ドラフトファイナルレポートの説明と協議

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.5 全国水資源マスタープラン 2013 の作成に係るワークショップ

JICA プロジェクトチームは、全国ワークショップと水文地域ワークショップの2段階のワークショップを実施した。その目的と成果は以下のとおりである。

(1) 全国ワークショップ

全国ワークショップは連邦首都区 Abuja で実施され、関連機関の本プロジェクトへの参加を依頼するとともに、水資源管理・開発に関する情報・事業計画・課題に関する情報交換を行った。本プロジェクトのフェーズ-1 の期間に、合計3回の全国ワークショップを実施した(表 1-7 参照)。

表 1-7 全国ワークショップの開催

No.	協議内容	開催日	参加者数
第1回	水問題と水需要	2011年10月20日	71
第2回	水問題と水資源開発ポテンシャル	2012年3月19日	75
第3回	マスタープランの策定方針	2012年5月16日	75

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 水文地域ワークショップ

水文地域ワークショップは、各水文地域における水資源管理・開発にかかわる問題を明らかにするとともに、関係各機関に対して情報提供の依頼を行うこと目的として実施した。ワークショップでは各州からの参加者が水問題に関し広範な議論と情報交換を行った。ワークショップの実施行程を表 1-8、開催地を図 1-3 に示す。

表 1-8 水文地域ワークショップの実施行程

開催 順序	水文地域		都市 ^{注)}	開催日	参加者		
	No.	名称			参加者数	RBDA	州
第1回	2	Niger Central	Minna	2011年10月6日	73	Upper Niger	Niger, Kaduna, Kwara, Kogi, FCT
第2回	8	Chad Basin	Kano	2011年11月1日	58	Hadejia Jama' are	Kano, Boruno, Jigawa
第3回	2	Niger North	Sokoto	2011年11月3日	54	Sokoto Rima	Sokoto, Katsina, Kebbi, Zamfara
第4回	5	Niger South	Benin	2011年11月17日	67	Bennin Owena	Delta, Edo, Ekiti, Ondo, River
第5回	7	Eastern Littoral	Owerri	2011年11月22日	79	Anambra Imo, Cross River and Niger Delta	Anambra, Abia, Imo, Ebonyi, Enugu, Cross River, River
第6回	4	Lower Benue	Makurdi	2011年11月24日	36	Lower Benue	Benue, Nassarawa, Plateau
第7回	3	Upper Benue	Yola	2011年11月29日	103	Upper Benue	Adamawa, Taraba, Yobe, Bauchi, Gombe
第8回	6	Western Littoral	Abeokuta	2011年12月7日	60	Ogun Oshun	Ogun, Osun, Ooyo, Lagos

注) 開催都市と水文地域が必ずしも一致していない理由は、会場の所在地や治安を考慮したため

出典：JICA プロジェクトチーム



図 1-3 水文地域ワークショップ開催都市

1.2.6 流域管理計画（案）の作成に係るステークホルダー会議

JICA プロジェクトチームは流域管理計画（案）の作成に関連し、対象地域である HA-1 及び HA-6 西部 Ogun-0shun 流域のステークホルダーと一連の会議を実施した（表 1-9 参照）。

表 1-9 流域管理計画（案）に係るステークホルダー会議の日程と概要

日程	活動	内容
2013年5月23日	• 全体ステークホルダー会議	• M/P2013 の説明と質疑応答を行った。
2013年5月24日	• HA-1 および Ogun-0shun 流域ステークホルダー会議	• ステークホルダーのリストアップ、役割分担の確認を行った。
2013年6月12日	• HA-1 (Zamfara 州) ステークホルダー会議	• M/P2013 実施上の課題の抽出と協議を行った。
2013年6月24日 ～6月28日	• Ogun-0shun 流域（主要 4 州）ステークホルダーとの協議 • ステークホルダー会議（6月26日）	• 調査団が Ogun-0shun 流域の主要 4 州政府機関を訪問し情報収集を行い、M/P2013 の内容を説明し協議した。 • ステークホルダー協議では、M/P2013 実施上の課題を抽出し協議した。
2013年7月3日	• HA-1（主要 3 州）ステークホルダー会議	• HA-1 の 3 州の M/P2013 実施上の課題抽出と協議を行った。
2013年7月15日 ～7月19日	• Ogun-0shun 流域（主要 4 州）ステークホルダーと協議 • Ogun-0shun 流域ステークホルダー会議（7月18日）	• 調査団が Ogun-0shun 流域主要 4 州政府機関を訪問し情報収集を行い、M/P2013 の内容を説明し協議した。 • ステークホルダー会議では課題解決のための方策を議論した。 • 主要 4 州独自の水需要量予測結果の提出を依頼した。
2013年7月24日	• HA-1（主要 4 州）ステークホルダー会議	• M/P2013 提案事業の内容を説明した。 • 課題解決のための対策を提案した。 • 主要 4 州独自の将来水需要量予測結果の有無に関する確認を行った。
2013年9月26日	• HA-1（主要 4 州）ステークホルダー会議	• 流域管理計画の進捗状況説明しまた組織制度に関し提案した。
2013年10月2日 2013年10月3日	• Ogun-0shun 流域ステークホルダー会議	• 流域管理計画の進捗状況を説明し、組織制度に関し提案した。更に Lagos 州独自の水需要に対する開発計画を説明した。

出典：JICA プロジェクトチーム

第2章 全国水資源マスタープラン 2013

2.1 既存の全国水資源マスタープラン 1995 の見直し

2.1.1 概説

(1) 全国水資源マスタープラン調査の経緯

「ナ」国では、1970年代から本格的な水資源開発事業が実施されてきた。連邦水資源・農村開発省（FMWRRD）は、水資源開発・管理の効率的な運用を目指して、「全国水資源マスタープラン」の立案作業をFAOの援助により実施した。しかし、この作業は、資金不足等により予備的なドラフト・レポートが作成されたのみで完結に至らなかった。このマスタープランを完結するために、FMWRRDは日本政府にその調査実施を要請した。日本政府の要請受諾により、国際協力事業団（JICA）は、1991年10月に事前調査団を「ナ」国に派遣し、マスタープラン調査の枠組みをまとめた「Scope of Work」を協議し、同年11月6日に合意し、署名した。

その後、JICAはコンサルタントチームを結成し、1992年3月末から1995年3月末まで、3年間にわたって調査を実施した。調査の成果を取りまとめた最終報告書は、メインレポート、セクターレポート、インベントリー総括表、データベース図および衛星画像解析図等で構成されている。メインレポートでは、水資源に関わる現状と問題点が分析され、水源開発、給水、灌漑などの諸事業を計画している。また、提案事業に関わる事業実施計画を示している。

(2) 計画立案の基本方針

「国家長期計画案（1992年12月、NPC）」に示された基本的なアプローチにそって、全国水資源マスタープランの基本方針が設定された。国家長期計画案は、「構造調整プログラム（Structural Adjustment Program: SAP）」の実施に基づいて、従来の政府全面依存から住民の自立達成を促進する政策に切り替えることを大方針として、人間中心の発展プラン（Human-Centered Development Plan）を目的としている。水資源関連としては、「人口増に伴う食糧需要増大に応える灌漑農業の拡大」、「安全な生活用水を供給する施設整備」、「水環境の質の保全」が重要政策として織り込まれている。この基本方針に沿って、全国水資源マスタープランは以下の戦略をもって策定された。

- 水資源事業実施・管理にかかる手順の改善
- 連邦水資源法（Federal Water Resources Decree 1993年8月）の適正な執行
- 既存水資源開発事業の水管理・リハビリと未完成部分の完結
- 新規水資源開発事業推進

(3) 主要セクターの事業計画骨子

上述の基本方針に従って、目標年を2020年として立案された「全国水資源マスタープラン 1995」（以下、M/P1995）に示された主なセクターの計画骨子は以下の通りである。M/P1995の計画指標を表2-1に、M/P1995の計画一般図を図2-1に示す。

貯留ダム事業

2020年時点の公的灌漑需要と給水需要の新規需要（120億 m^3 ）のうち100億 m^3 を開発する新規の貯留ダム事業がある。また、Chad流域やSokoto-Rima流域にある既存ダムの貯水池運用プログラムの改善や約50箇所の既存ダムのリハビリ事業を含む。

灌漑・排水事業

既存の灌漑・排水事業計画（320,000ha）のうち実施分（70,000ha）については、リハビリが必要。未実施分（250,000ha）については、2005年頃までに実施する。2020年までの新規の公的灌漑事業は、800,000haとなる。2020年における灌漑面積は、公的灌漑事業（1,120,000ha）と私的灌漑事業（380ha）とを合わせて1.5百万haとなる。灌漑の年間需要量は168億 m^3 となる。

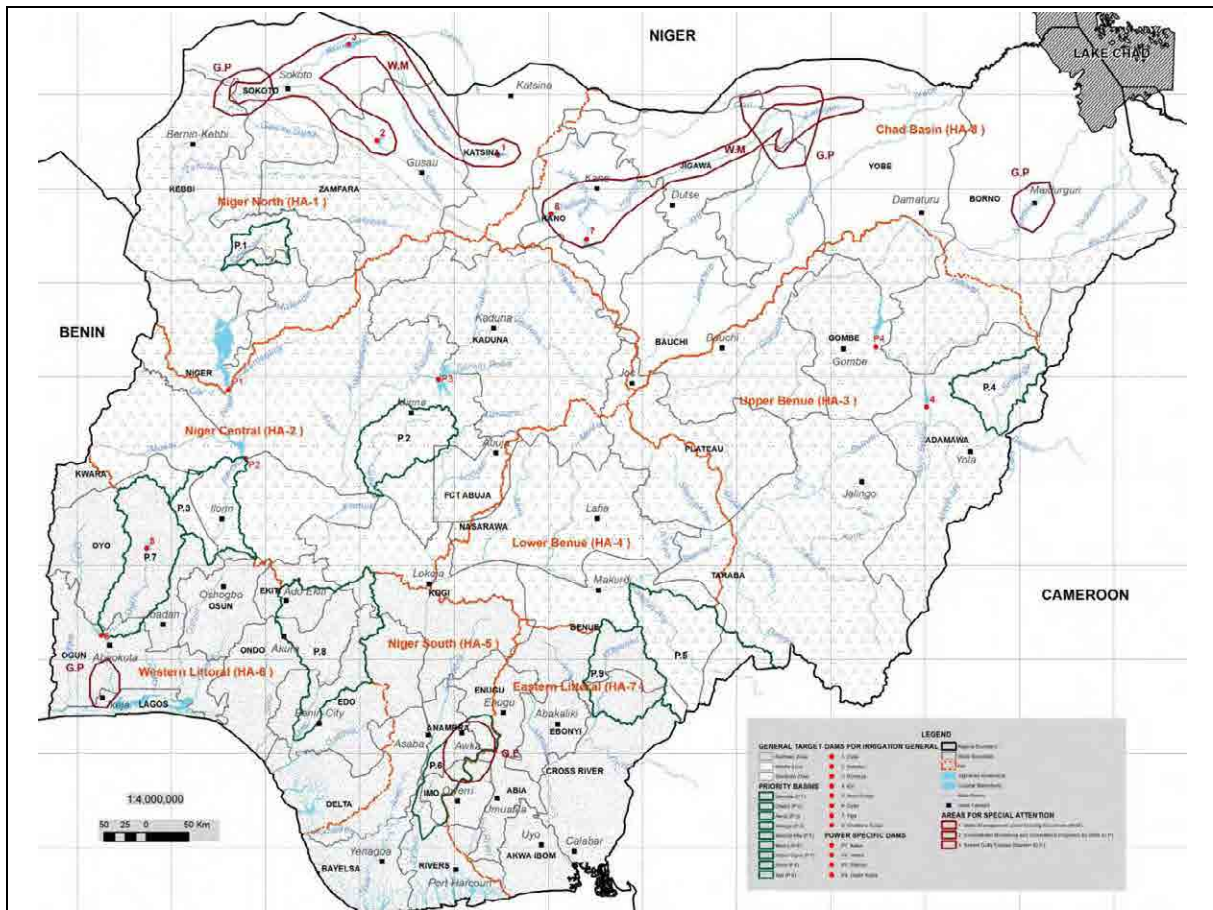
上水道事業

既存の上水道施設をリハビリして、年間給水量は地表水施設で620百万 m^3 から910百万 m^3 に、地下水施設で260百万 m^3 から460百万 m^3 に増加する。この増加給水量を考慮した新規の年間供給量は、都市給水4,440百万 m^3 、村落給水1,590百万 m^3 となる。上水の年間需要量は74億 m^3 となる。

表 2-1 M/P1995 の計画指標

項目	地域 水文流域	NW	NE	CW	CE	SW	SE	合計/ 平均
		HA-1	HA-8	HA-2	HA-3 HA-4	HA-6	HA-5 HA-7	
1. 国土面積 (1000km ³)		131.6	188.0	158.1	231.9	100.5	113.7	923.8
2. 人口	- 1991年 (百万人)	10.3	16.8	10.6	9.7	22.3	18.9	88.5
	- 2020年 (百万人)	17.0	28.2	25.3	24.4	49.3	41.8	186.0
	- 増加率 (%/年)	1.74	1.80	3.08	3.23	2.77	2.77	2.69
3. 水資源量								
3.1 表流水	(a) 流量(百万 m ³ /年)	22.4	8.2	32.6	83.0	35.4	85.7	267.3
	(b) 流出高(mm/年)	38	44	206	245	352	674	178
3.2 地下水	(a) 流量(百万 m ³ /年)	4.3	5.6	8.2	11.4	9.0	13.4	51.9
	(b) 流出高(mm/年)	33	30	52	49	132	118	56
4. 水源開発施設								
4.1 既存施設	(a) ダムの数	20	23	32	35	32	18	160
	(b) 有効貯水容量(百万 m ³)	13,269	5,951	7,980	2,413	1,053	2	30,668
	(c) 貯水率(%)	59	73	24	3	3	0	11
4.2 計画施設	(a) ダムの数	64	20	304	362	141	193	1,084
	(b) 有効貯水容量(百万 m ³)	950	100	4,090	4,690	1,410	1,720	12,960
	(c) 貯水率(%)	4	1	13	6	4	2	5
4.3 合計	(a) ダムの数	84	43	336	397	173	211	1,244
	(b) 有効貯水容量(百万 m ³)	14,219	6,051	12,070	7,103	2,463	1,722	43,628
	(c) 貯水率(%)	63	74	37	9	7	2	16
	(d) 平均貯水量(百万 m ³ /ダム)	169	141	36	18	14	8	35
5 灌漑・排水								
5.1 既存灌漑面積	(a) 公的灌漑 (1000ha)	8	27	12	12	3	8	70
	(b) 私的灌漑 (1000ha)	35	98	10	3	0	4	150
	(c) 合計 (1000ha)	43	125	22	15	3	12	220
5.2 灌漑面積 2020	(a) 公的灌漑 (1000ha)	120	95	305	304	115	180	1,120
	(b) 私的灌漑 (1000ha)	75	190	40	45	10	20	380
	(c) 合計 (1000ha)	195	185	345	349	125	200	1,500
6 上水道								
6.1 給水量	(a) 既設施設	取水地点給水量：都市 108LCD、村落 40LCD						
	(b) 新設施設	取水地点給水量：都市 216LCD、村落 80LCD						
6.2 給水率	(a) 既設-都市 (%)	67	58	82	44	45	35	60
	(b) 既設-村落 (%)	10	9	10	9	10	6	9
	(c) 新設施設 (%)	都市・農村とも 80%						
6.3 深井戸	(a) 既設(1000本)	32.8	54.0	3.0	2.9	41.6	54.8	265.4
	(b) 新設：(1000本)	4.2	5.2	38.4	49.7	3.1	3.0	21.4
	(c) 合計：(1000本)	37.0	59.2	35.4	46.8	44.7	57.8	286.8
7 水利用率								
7.1 既存施設	(a) 表流水 (%)	2.1	14.6	1.1	0.3	0.8	0.2	1.0
	(b) 地下水 (%)	0.5	1.1	0.2	0.1	0.9	0.5	0.5
	(c) 合計 (%)	2.6	15.7	1.3	0.4	1.7	0.7	1.5
7.2 計画施設	(a) 表流水 (%)	9.1	35.6	13.5	5.5	9.8	3.3	7.6
	(b) 地下水 (%)	7.8	11.1	4.5	3.7	10.8	8.9	7.5
	(c) 合計 (%)	16.9	46.7	18.0	9.2	20.6	12.2	15.1

出典:M/P1995



General Target

1. Northern Zone: Water Resources Management
2. Middle Zone: Water Resources Development for Irrigation and Water Supply
3. Southern Zone: Water Resources Development for Water Supply and Irrigation

Priority Basins for Water Resources Development

- P.1 Danzaki (SHA 110): Sokoto-Rima RBDA
- P.2 Gbako (SHA 214): Upper Niger RBDA
- P.3 Awun (SHA 204): Lower Niger RBDA
- P.4 Kilange (SHA 301): Upper Benue RBDA
- P.5 Katsina-Ala (SSHA 4052-3): Lower Benue RBDA
- P.6 Mamu (SHA 504): Anambra Imo RBDA
- P.7 Upper Ogun (SSHA 6022-3): Ogun-Oshun RBDA
- P.8 Osse (SHA 608): Benin-Owena RBDA
- P.9 Aya (SHA 702): Cross RBDA

Area for Special Attention

- WM : Water Management under Existing Dams
- GE : Gully Erosion Disaster
- GP : Groundwater Monitoring and Surveillance Programs by 2000

Existing Major Dams

- (For Irrigation Dam)
- 1. Zobe, 2. Bakolori, 3. Goronyo, 4. Kiri, 5. Ikere Gorge, 6. Oyan, 7. Tiga, Challawa Gorge
- (For Hydropower Generation)
- P1 Kainji, P2 Jebba, P3 Shiroro, P4 Dadin Kowa

出典：M/P1995

図 2-1 M/P1995 の計画図

2.1.2 結論とフィードバック

M/P1995 で提案された事業やその実施実績およびその総括を踏まえて、本プロジェクトでは次のようなことを考慮するべきである。

(1) 国家政策と M/P 基本方針・戦略

M/P1995 は、「国家長期計画（1992 年 12 月、NPC）」に掲げられた水資源関連政策：①「人口増に伴う食料需要増大に応える灌漑農業の拡大」、②「安全な生活用水を供給する施設整備」、③「水環境の質の保全」を重要政策として織り込んでいる。この基本方針にそって M/P1995 の戦略が策定された。この政策は今でも国家の重要な水政策であり、最新の国家政策（ビジョン 20：2020、水セクターロードマップ）と合わせて本プロジェクトにも引き継がれるべきである。

(2) 水資源ポテンシャルの評価

M/P1995 では、1970 年代から 1980 年代の観測流量や観測雨量を用いて水資源ポテンシャルを評価している。当時は、国全体の水資源を包括的に取り扱った初めての評価であった。しかしながら、適切な水資源管理の観点から、幾つかの欠点を有している。例えば、表流水ポテンシャルについて述べると、データを用いた評価期間が短い、ポテンシャルが平均値のみで取り扱われており渇水状態の水資源量が評価されていない等である。本プロジェクトでは、できるだけ長期間の観測データ（降雨データは利用可能）を用いて、表流水ポテンシャルの流況評価や確率評価を実施すべきである。地下水ポテンシャルについても、気象条件のみならず、地域ごとの滞水層特性を考慮したポテンシャル評価をすべきである。

(3) 水需要の予測および水源開発事業・セクター開発事業の実施

M/P1995 では、国家計画達成のための水需要を示しているが、水供給や灌漑の整備計画の基になる最終的な需要量を決定するプロセスが不明確である。各種の発展シナリオに基づいた水需要オプションを比較検討すべきである。現時点の評価としては、若干の計画需要量が過大に見える。これについては、逆に、各種事業の進展が遅れているとも言える。事業進展の遅れは、水源開発（既設のリハビリ事業や新規の事業—ダム・貯水池による表流水開発や井戸による地下水開発）、水供給事業および灌漑事業等に表れている。事業の遅れは、新規事業のみならず、既存施設のリハビリ事業におよんでいる。これら事業の遅れは予算不足が指摘されているが、それだけでなく事業実施体制等の問題が想定され、議論が必要である。

M/P1995 での水供給や灌漑以外のサブセクターについての取り組みについては、他省管轄のためか、議論が不十分である。近年、需要が高まっている洪水・浸食対策事業や小水力発電事業についても、統合水資源管理（IWRM）の観点から、議論が必要である。

(4) 水資源管理計画の実施

M/P1995 では、水資源（気象、表流水、地下水）の量と質を監視するモニタリングシステムの創設を提案しているが、その実施は非常に遅れている。水資源のモニタリングは水資源管理の要であるので、水資源モニタリングシステムの早期実現の方策を検討すべきである。

M/P1995 で提案された組織・制度は、形は同一ではないもののその趣旨を引き継いだ新しい組織（NIHSA や NIWRMC 等）が出来てきている。しかしながら、既存の組織に加えこれら新組織にも、重要な課題を抱えている。その課題の一つが、人材育成である。また、近年、その重要度が高まったテーマ（情報管理、O&M、リスク管理：渇水/洪水・気候変動・越境水等、水利権の付与、水環境、PPP、M&E 等）についても議論し、その実現方策を検討すべきである。

(5) まとめ

M/P1995 は計画立案当時の国家重要政策（給水や灌漑）を達成する道筋を描いたものである。計画立案から 20 年近く経った現在、提案された事業の実施が予定通り進まず、また、計画目標年（2020 年）での目標達成も困難なようである。この原因（課題）としては、次のような事項が挙げられる。

- 需要予測が適正であったか？

- 給水原単位、灌漑規模、クロッピングパターン、天水農業＋補助灌漑、等々
- 実施体制が弱いのではないかと？
Regulatory/Operational System の不備、人材の能力不足、利害関係者の巻き込み不足、等々
 - 予算が不足していたのではないかと？
住民合意形成等の事業環境の不備、Project Justification Note の不備、予算獲得のロビー活動不足等

2.2 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト

2.2.1 全国水資源マスタープラン 2013 のフレームワーク

全国水資源マスタープランの上位計画となるビジョン 20:2020 や水セクターロードマップ等では、「ナ」国の現状の水セクターの以下の課題を改善する目標を掲げている。

- 安全な飲料水や衛生施設への低いアクセス率
- 灌漑農業の食糧自給率への低い貢献度
- 再生可能エネルギーの包蔵水力の不十分な活用等

全国水資源マスタープランは、これらの課題を解決する手法を具体的に進めていく計画である。これらの課題を解決するためには、従来の開発中心の計画に止まらず、統合水資源管理（IWRM）の理念に基づいて、水資源ポテンシャル評価や需要予測により水資源開発・管理を統括した計画を策定する必要がある。本項は、このような手順で策定される全国水資源マスタープランのフレームワーク（枠組み）を紹介する。

(1) 計画の定義

全国水資源マスタープラン 2013 : [National Water Resources Master Plan 2013 : M/P2013]

JICA の技術協力によって策定された既存の全国水資源マスタープラン（M/P1995）を、同じく JICA の技術協力によってレビュー、アップデートしたマスタープランである。目標年次を 2030 年とする全国水資源マスタープラン 2013 は法的な手続きを経て正式な国家計画の一部となるが、JICA プロジェクトチームは「ナ」国側のカウンターパートチームと協力して、その素案、ドラフト全国水資源マスタープラン 2013 を策定する。全国水資源マスタープラン 2013 は、利用できる最新の諸情報を分析し、統合水資源管理（IWRM）の理念に基づいて策定され、主要な計画コンポーネントは、水資源開発計画（①水源開発計画と②水サブセクター計画で構成）および③水資源管理計画である（図 2-2 参照）。

統合水資源管理（IWRM: Integrated Water Resources Management）

統合水資源管理（IWRM）は、水資源を開発・管理するうえで有効な手法として国際的に認識されつつある。統合水資源管理とは水や土地、その他関連資源の調整をはかりながら開発・管理していくプロセスのことで、その目的は欠かすことのできない生態系の持続発展性を損なうことなく、結果として生じる経済的・社会的福利を公平な方法で最大限にまで増大させることにある。統合水資源管理では、以下の 3 つの「統合」を目指す。

- 自然界を統合的に考慮
- 様々な水関連部門を統合的に考慮
- 様々な利害関係者の関与

水源開発計画（WSDP: Water Sources Development Plan）

水源開発計画は、水源のポテンシャル評価や利用者の需要予測に基づいて、水利用者のニーズを満たす水の開発手法（ダム・貯水池、取水堰、水路、井戸等）を示すものである。本計画は施設の設計のみならず基本的な運転システムも設計する。本計画は、原則的には新規の施設を対象とするが、既存施設の改造やシステムの変更等により水開発が可能な場合は、これを再開発事業として水資源開発計画で取り扱う。多目的ダムによる洪水被害軽減手法もこの計画で取り扱う。開発対象の水源は、在来型水資源（表流水と地下水）が一般的であるが、半乾燥地域では非在来型水資源（海水淡水化水、下水処理水等）も開発対象となることもある。

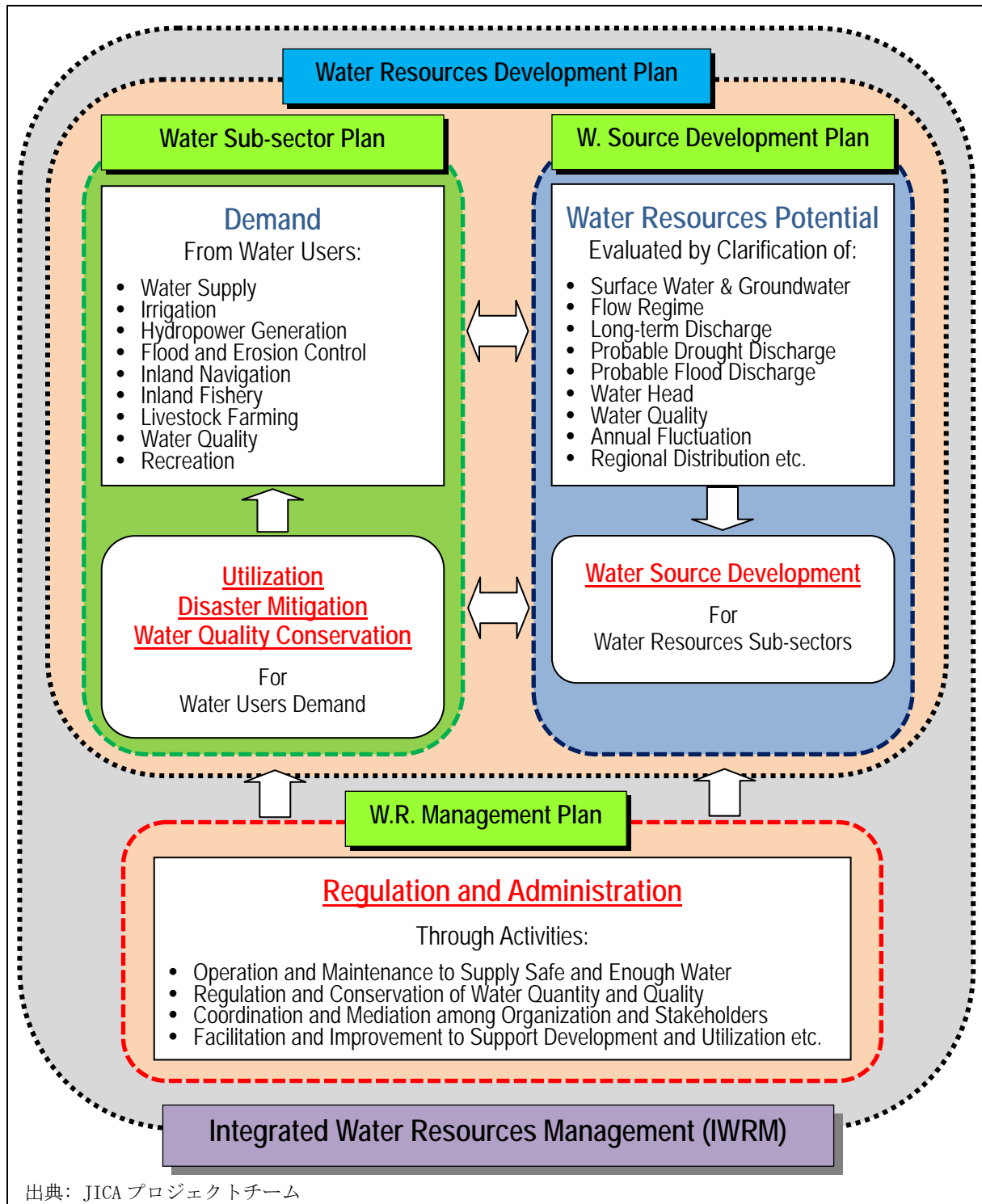


図 2-2 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト

水サブセクター開発計画 (WSDP: Water Sub-sector Development Plan)

水サブセクター開発計画は、各サブセクター（給水、灌漑、水力発電等）の需要（ニーズ）を満たす施設やシステムの利用手法を示すものである。本計画は、セクター開発計画（給水開発計画や灌漑開発計画等）と呼称されることもある。本計画が水資源開発計画に影響を受ける場合は、本計画は水源開発計画と密接に連携して策定されなければならない。

水資源管理計画 (WRMP: Water Resources Management Plan)

水資源管理計画は、水源開発計画や水サブセクター開発計画に基づいて設置された施設と運用システムを使って、充足性・効率性・公平性・安全性・持続性を基本にして、水ユーザーのニーズ（給水、灌漑、水力発電、洪水防御、水質保全等）を充足するような水サービスを適切に提供する手法を示している。水資源管理の基本は、モニタリング・予測（判断）・運転のプロセスをルーチン化して施設やシステムを運転することである。また、水資源開発・管理のための施設やシステムを修繕・維持・改善していくことも水資源管理の重要な要素である。さらに、水資源の開発・管理の技術や人材をサポート・改善するアクションプランも本計画に含める。

(2) 全国水資源マスタープラン 2013 の内容

全国水資源マスタープラン 2013 は、上述の主要な 3 計画（水源開発計画、水サブセクター開発計画および水資源管理計画）を中心にして取りまとめられる（図 2-3 を参照）。また、第 2 章で議論した M/P1995 のレビュー結果に基づいて、そのフィードバックを全国水資源マスタープラン 2013 の議論に反映させている。

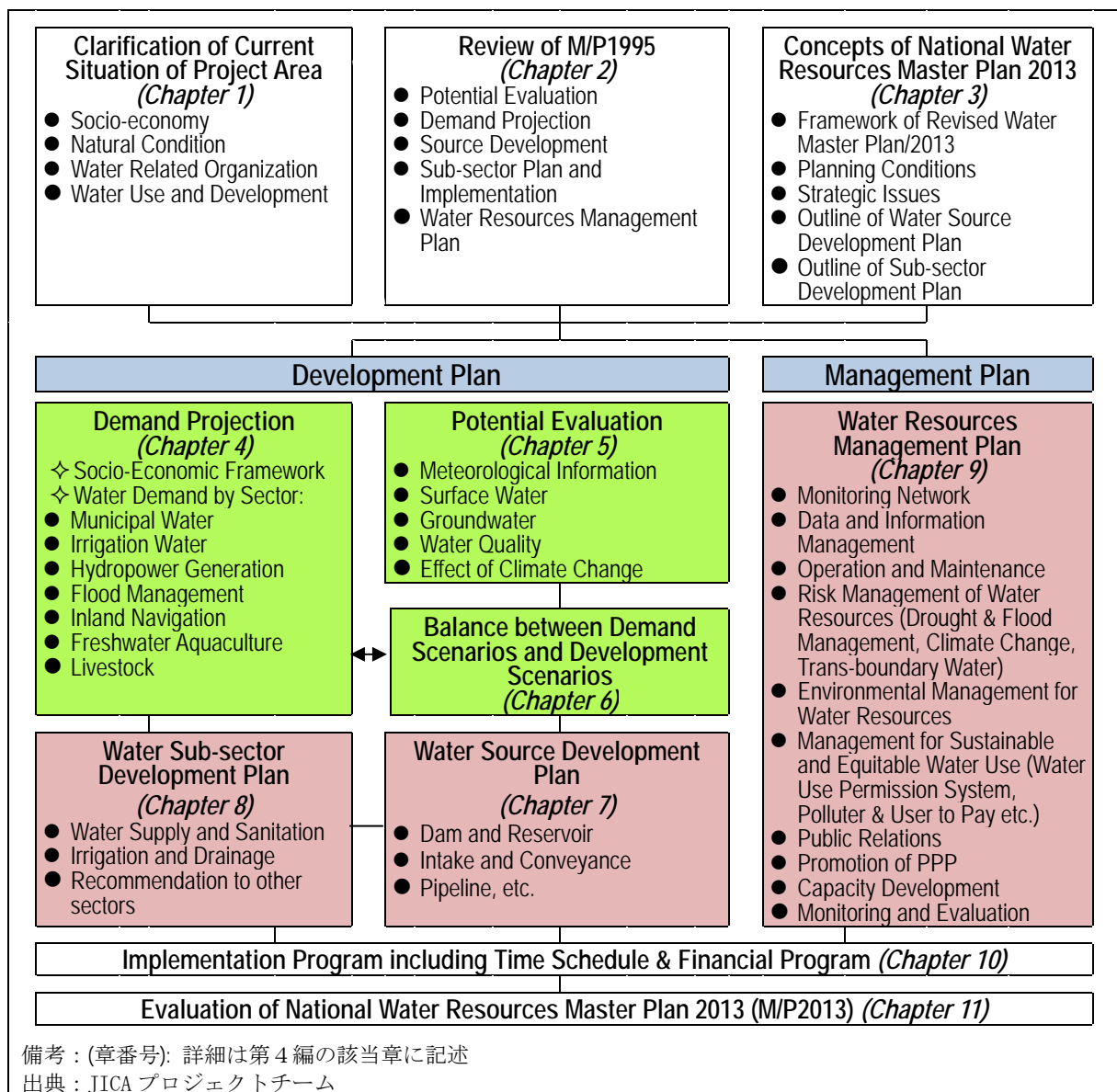


図 2-3 全国水資源マスタープラン 2013 の内容

(3) 全国水資源マスタープラン 2013 の活用

全国水資源マスタープラン 2013 は、「ナ」国全体の水資源の開発・管理を包括的に取り扱っている。従って、水資源開発管理を主幹する連邦水資源省にとっては、都合のよい計画書となっている。しかし、水資源開発管理は、水文流域レベルや州レベルで実施されるべき事項が多い。また、水セクターの中には連邦水資源以外の他の連邦省庁が主幹するサブセクターも多い。従って、以下のような事項について全国水資源マスタープラン 2013 が活用出来るように取りまとめる。

- 水文地域ごとのマスタープランとしての流域管理計画への展開に活用
- 「給水・衛生」および「灌漑・排水」以外の水サブセクター開発計画へ展開に活用

2.2.2 全国水資源マスタープラン 2013 の計画概要

(1) 「ナ」国の水資源開発・管理に関わる主要な課題と戦略

本プロジェクトにおける調査結果に基づき、「ナ」国の水資源に関わる主要課題とそれに対応する戦略を以下に取りまとめる。全国水資源マスタープラン 2013 では、以下の主要な課題と戦略を念頭におき、水資源開発・管理計画を立案する。

- 課題と戦略-1：偏在する水資源量、水需要量を考慮した水資源の管理開発
- 課題と戦略-2：現況の低い施設運転率を踏まえた将来の給水水需要量増加への対応
- 課題と戦略-3：堅実な自立性のある灌漑開発の促進
- 課題と戦略-4：既存水源施設の今日的観点からの有効活用
- 課題と戦略-5：水関連基礎情報の充実と一元管理
- 課題と戦略-6：増加する水資源に関わるリスクの考慮
- 課題と戦略-7：水資源管理者による重要河川・氾濫原管理への積極的関与
- 課題と戦略-8：清浄かつ安全な水の確保のための水質モニタリング
- 課題と戦略-9：流域単位 - 水資源管理のための協力的・参加型の組織・制度の開発・強化

3.3.2 水源開発計画の概要

水源開発計画は、水需要量と水資源ポテンシャルの地域分布を考慮し、水需要量と水源供給可能量のバランスを検討したうえで、提案される。表流水、地下水それぞれの水源開発基本コンセプトは、表 2-2 に示す通りである。

表流水、地下水それぞれの水源保全に関わる基本コンセプトは、表 2-3 に示す通りである。

表 2-2 水源開発基本コンセプト

項目	基本コンセプト
表流水 開発	<p><u>既存ダムの機能回復、向上</u> 維持管理不足、貯水池運用情報とその管理の欠如などにより、多くのダムはそのままの機能を十分に発揮しているとは言い難い。増加する水需要量に対応するためにもこうした既存ダムの早急な機能回復、向上を図る。</p> <p><u>偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備</u> 新規水源開発により、地域的に偏在しつつ増加が予想される灌漑用水や給水のための水源を準備する。この表流水開発にあたっては以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● M/P1995 で提案されたダムやその他の新規サイトをポテンシャルサイトとして活用しつつ、水需要量に応じて必要な水源開発を提案する。 ● 水バランスの検討から、各水源ポテンシャルサイトの効率性を概略評価し、効率の良いサイトを優先して開発する。 ● 水資源量がかなり限定されており、将来想定される水需要量が水源供給可能量を上回ることが予想される地域については、利水者間のコンフリクトを避けるための方策として、将来の計画灌漑面積の縮小を提案する。 ● 水力発電および灌漑コンポーネントが含まれる総合開発を提案し、自立できる事業を促進する。

項目	基本コンセプト
地下水 開発	<p><u>持続的および効率的地下水開発</u></p> <p>地下水開発においては以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 持続的地下水開発とするためには地下水涵養量の範囲内での地下水開発とする。 ● 各地域の帯水層の揚水能力に応じた開発とする。 ● 地下水位の低下を最小限としつつ揚水量を最大とする効率的な井戸配置を計画する。 <p><u>井戸施設のリハビリ・改良</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 現在「ナ」国の深井戸の稼働率は 63%である。稼働しない原因の大部分はポンプの故障でありポンプの修理によって井戸の回復を図るとともに維持管理の充実により高い稼働率を維持する。 ● ハンドポンプを動力ポンプに変更することによって井戸 1 本当たりの揚水量を増大し最小限の井戸本数の増加によって将来の水需要に対応する。

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-3 水源保全基本コンセプト

項目	基本コンセプト
表流水 保全	表流水の保全はダム貯水池内と集水域において実施され、それらはお互いに関連している。ダム管理者によるダム貯水池管理については、ダム管理技術の向上として提案され、集水域での保全活動としては、環境管理、水質管理、土砂管理などからなる幅広い利害関係者の協調が提案される。
地下水 保全	地下水の量・質の保全は、持続的に利用していくために重要である。1) 地下水の過剰くみ上げによる揚水量の低下や地下水の枯渇あるいは地盤、2) 塩水侵入や家庭廃水・工場廃水等の侵入による水質の悪化が、多くの井戸で発生している。量的な保全対策としては、帯水層の能力を正しく評価し揚水制限をかけることになる。質的な保全対策としては、塩水侵入の場合は揚水制限、廃水侵入の場合は、廃水水質基準による規制等がある。今後は、それぞれの場合の対策手順書を整備し、地下水保全管理の担当機関である NIWRMC、CMO、NIHSA への技術移転（説明・解説）が必要になる。

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 水サブセクターの開発計画の概要

水資源開発に関係する各サブセクターの計画の基本構想は、連邦水資源省（FMWR）が管轄する給水・衛生および灌漑・排水の 2 つのセクターを対象とする。他省庁が管轄するその他セクター（水力発電、洪水・侵食対策、内陸水運、内水漁業、畜産、水質保全およびクリエーション）については提言を行う。表 2-4 に各サブセクターの開発計画の基本コンセプトを示す。

表 2-4 水サブセクターの開発計画の基本コンセプト

サブセクター	基本コンセプト
給水・衛生	<ul style="list-style-type: none"> ● 水需要の増加に対応した新規開発計画、既存施設の更新・改修計画 ● 給水需要の地域的分布と水資源（表流水・地下水）の地域分布を考慮した最適かつ持続可能な水資源開発を考慮した計画 ● 居住地分類によって設定された国民が有すべき衛生施設基準に準じた衛生施設計画
灌漑・排水	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在実施中の公的灌漑スキームの早期完工 ● 水資源省が特定する重要度の高い公的灌漑スキームのリハビリ及び整備拡張の実施 ● 重要度の高い公的灌漑スキームの水源追加開発 ● 既存ダムの有効活用と公的灌漑スキームの拡張 ● 新規灌漑農地の整備 ● 円滑なスキーム運営管理体制の構築
水力発電	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源ポテンシャルの検討結果を活用して、水力発電の有力サイトに関する概略検討を行い、水資源管理の観点から将来の水力発電開発に向けた提言として取りまとめる。 ● 連邦水資源省が管理する多目的ダムにおける水力発電施設整備時の利水者間の調整の必要性について概略検討し、提言として取りまとめる。
洪水・侵食 対策	<ul style="list-style-type: none"> ● 洪水・侵食対策セクターにおける水資源に関わる戦略は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> - Niger 川、Benue 川等河川氾濫原の適正な管理 - 災害管理としての都市の洪水・浸水対策、洪水予警報の充実 - エロージョン対策の実施 ● 上述の戦略を考慮し、洪水・侵食対策セクターの取扱方針は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> - 連邦環境省と州政府が都市環境改善として主管する同セクターに対して、水資源管理の役割（主要河川の氾濫原管理、水文モニタリング、洪水リスク評価等）を明確にし、連邦水資源省がなすべき事項を提案する。

サブセクター	基本コンセプト
内陸水運	<ul style="list-style-type: none"> ● 内陸水運セクターにおける国家的な戦略は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> - 河川航路の維持管理 - 内陸水運の陸路、空路との連携促進と十分な投資の確保 ● 上述の戦略を考慮して、水資源の観点からの取扱いの方針を以下の通りとする。 <ul style="list-style-type: none"> - 氾濫原管理に必要な各種施策の中に、航路管理への視点を取り入れる提言を行う。
内水漁業	<ul style="list-style-type: none"> ● 淡水養殖の水需要量を推定し、水源供給可能量とのバランスを確認する。また、他の利水者との調整に関する提言を行う。
畜産	<ul style="list-style-type: none"> ● 畜産の水需要量を推定し、水源供給可能量とのバランスを確認する。また、他の利水者との調整に関する提言を行う。

出典：JICA プロジェクトチーム

(4) 水資源管理計画の概要

水資源管理計画は、水資源開発計画（すなわち、水源開発計画と水サブセクター開発計画）に基づいて設置された施設と運用システムを使って、充足性・効率性・公平性・安全性・持続性を基本に、水の有効利用・洪水の減災・水質の保全を期待する水ユーザーにこれらのサービス（水サービス）を適切に提供する手法を示すものである。

水資源管理は次のような戦略に基づいて計画される。

- 戦略-1【Operation & Maintenance：水資源の量と質の提供のための運転と維持管理】**
- 戦略-2【Regulation & Conservation：水資源の量と質の規制・保全】**
- 戦略-3【Coordination & Mediation：組織間の調整とユーザー間の調停】**
- 戦略-4【Facilitation & Improvement：水資源開発・利用・管理の促進と改善】**

適切な水資源管理を達成するために、全国水資源マスタープラン 2013 では、以下のような管理項目にかかわる計画を提案している。

- 公共水サービスに係る組織・制度
- 水資源開発施設の運営維持管理
- 水文モニタリング
- 水資源データ・情報管理
- 氾濫原の管理
- 気候変動、越境水に起因するリスクの考慮
- 水環境管理
- 水配分と規制
- 水資源広報活動
- 官民連携
- 人材育成
- モニタリング・評価

2.3 将来水需要の予測

2.3.1 将来の社会・経済のフレームワーク

(1) 人口推計

人口は社会経済フレームワークの中の重要な構成要件である。目標年度 2030 年までの将来人口推計にあたって次のデータを基礎として活用した。

- 1991 年度および 2006 年度国勢調査による人口
- 2010 年人口（国連による推定）

国連は「The 2010 Revision of World Population Prospects」で、伸び率を高位、中位、低位とした 3 通りの「ナ」国人口推計を行っている（表 2-5）。それによると、ケース 2、即ち「中位」の数値が FMWR の予測値に最も近い。従って、JICA プロジェクトチームは、このケース 2 数値に基づき、目標年度 2030 年までの人口推計を行った（表 2-6 参照）。

表 2-5 国連による「ナ」国の推計人口（百万人）

将来人口		2010年	2015年	2020年	2025年	2030年	2050年
ケース 1	人口	158.4	181.1	207.6	237.1	269.2	433.2
高位伸び率	(率)	-	(2.72%)	(2.77%)	(2.69%)	(2.58%)	(2.41%)
ケース 2	人口	158.4	179.7	203.8	229.7	257.8	389.6
中位伸び率	(率)	-	(2.56%)	(2.55%)	(2.42%)	(2.33%)	(2.09%)
ケース 3	人口	158.4	178.4	200.0	222.4	246.3	348.3
低位伸び率	(率)	-	(2.41%)	(2.31%)	(2.15%)	(2.06%)	(1.75%)

出典：国連「The 2010 Revision of World Population Prospects」

表 2-6 「ナ」国の州別、水文地域別の推計人口（千人）

地域	国勢調査 ¹⁾		推定値 ²⁾	推計値 ²⁾			
	1991年	2006年	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
ナイジェリア全国	88,992	140,432	158,423	179,791	203,869	229,796	257,815
人口伸び率	-	3.18%	3.06%	2.56%	2.55%	2.42%	2.33%

注記：2015年以降の推定値は、表 4-3 に示すケース 2 の中位伸び率に基づく。

出典：1) NPC-国勢調査値、2) と 3) 国連 - 「ナ」国の推定値および推計値、3) JICA プロジェクトチーム - 国連推計値に基づいた推計値

(2) 産業別経済成長

本プロジェクトにおける検証を経て、Vision 20:2020 で掲げる国家ビジョン「GDP に占める製造業割合 40%以上」の、全国水資源マスタープラン 2013 への反映は行わない。但し、以下の観点から製造業セクターの GDP 伸び率を目標年度である 2030 年まで毎年 8.5%とし、工業用水需要予測に用いる。

- NBS 策定の「Revised Economic Outlook for 2012 - 2015, September 2012」では平均 GDP 成長率を 7.3%としている。
- 製造業セクターの伸び率は、GDP 全体の伸び率を概ね上回っている。
- 2006 年～2011 年の製造業セクターの平均実質伸び率は 8.4%であった。

2.3.2 都市・村落給水（生活用水、業務・商業用水、工業用水）

(1) 水需要予測の手法

図 2-4 に示すとおり、水需要を予測する。

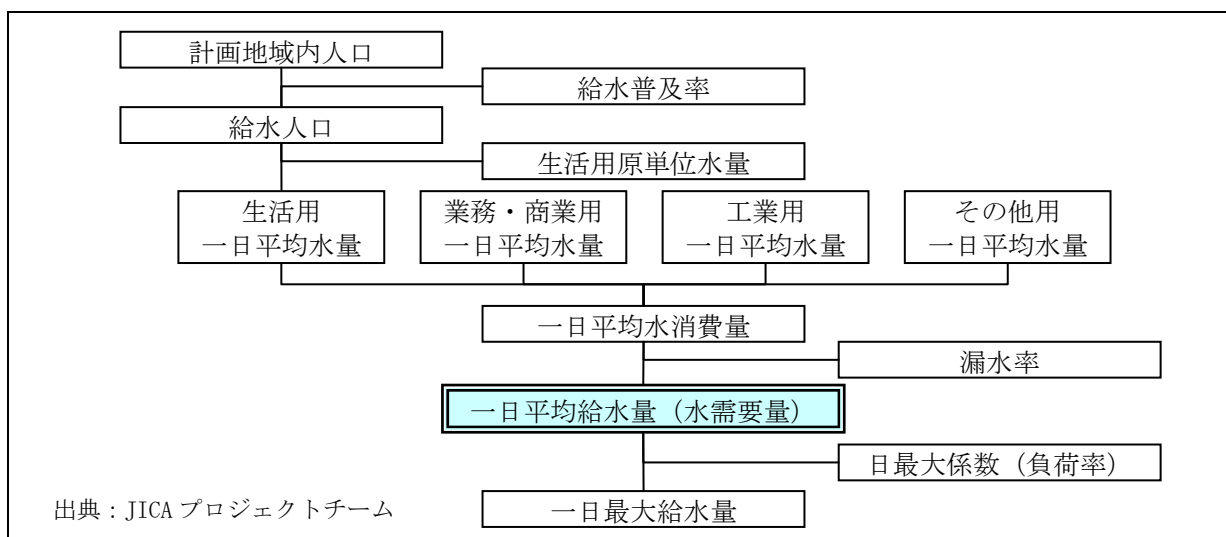


図 2-4 水需要予測フロー

(2) 水需要予測の条件および基本フレーム

(2-1) 生活用水

生活用水は家庭内の日常生活に係る使用水であり、飲料水、調理、入浴・シャワー設備、トイレ

の水洗、洗濯、清掃など家庭内で利用される用水である。そのため、生活用水は給水人口の増加だけでなく、生活水準の向上などによって増加する。

生活用一日平均水量は、給水人口と人口規模別の生活用原単位水量（リットル/人/日）との積によって算定する。

人口

LGA を最小単位として、将来人口は 2.3.1 節に記述のとおりである。

居住地分類および水需要予測上の分類

連邦水資源省（FMWR）では、給水計画上の分類として、表 2-7 に示すとおり居住地をコミュニティの人口規模によって都市、都市周辺もしくは小都市・町、地方村落の 3 つと定義しており、全国水資源マスタープラン 2013 においても同分類に準拠する。さらに、水需要予測においては、この分類事毎に生活用水原単位が設定される。

しかしながら、多様な給水形態、多様な生活・水利用形態、多様な所得層が混在していることから、人口規模のみに基づく居住地分類に従った水需要予測では、その精度が低くなると想定される。そこで、水需要の実態に沿うべく、表 2-7 に示す水需要予測上の分類を設けて、参考指標をもとに人口を配分する。

表 2-7 居住地分類および水需要予測上の分類

	人口規模	居住地分類	想定される給水形態	水需要予測上の分類
1	20,000 人を 超える	都市	主に表流水利用、配管網、各戸接続	都市生活的水利用（参考指標：水洗トイレ所有世帯数、Census 2006）
2	5,000 人以上 20,000 人以下	都市周辺もしくは小都市・町	表流水・地下水利用、配管網、共同水栓、各戸接続	準都市生活的水利用（上記 1 と下記 3 以外）
3	5,000 人未満	地方村落	主に地下水利用、250m 以内、250～500 人/地点	地方村落的水利用（参考指標：主にハンドポンプ利用世帯数、Census 2006）

出典：連邦水資源省（FMWR）および JICA プロジェクトチーム

給水普及率

給水普及率設定に際して、連邦水資源省（FMWR）の 2011 年ロードマップにおいて達成目標とされている全国の給水普及率、2015 年（中期）に 75%、2025 年（長期）に 100% をそれぞれ目安とする。しかし、給水普及率は、水道施設整備の必要性が社会経済活動に依拠するため、上述の人口規模による居住地分類別に将来的な給水普及率を設定することにより、より実際的なものにする。

現在の給水普及率として、州レベルで居住地分類別に普及率を見ることができる基本福祉指標質問票調査（Core Welfare Indicators Questionnaire Survey：CWIQS、2006）の結果値を採用し、各州下の LGA に平均値として一律適用する。同普及率に基づく水消費量の積み上げと、2025 年の普及率 100% 達成とそれまでの一定の普及率での改善を条件としたところ、表 4-5 のとおりに 2010 年の全国普及率が 56% と算出され、2015 年に 71%、2020 年に 85% が、それぞれの目標年次の達成値として試算される結果となった（表 2-8 参照）。

表 2-8 居住地分類別、目標年別の全国給水普及率

目標年	全国給水普及率			
	全国	都市	都市周辺もしくは小都市・町	地方村落
2010（現在）※試算値	56%	72%	51%	40%
2015	71%	81%	68%	60%
2020	85%	91%	84%	80%
2025	100%	100%	100%	100%
2030	100%	100%	100%	100%

出典：JICA プロジェクトチーム

(1-4) 給水人口

上述の給水普及率に基づき、算出した給水人口は表 2-9 のとおりとなる。

表 2-9 州別の給水人口

地域	給水人口 (千人)				
	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
ナイジェリア全国	79,848	120,287	170,100	229,796	257,815

出典：JICA プロジェクトチーム

生活用原単位水量

生活用原単位水量は、連邦水資源省 (FMWR) により居住地 (給水形態) 分類別に表 2-10 に示す 3 つの標準原単位水量が設定されており、これらを採用する。なお、将来的な生活水準の向上による原単位水量の見直しの余地があるものの、現況の給水普及率、人口増加に伴う水需要の拡大などの背景を鑑み、給水普及率の向上が最優先されるべきと判断されることから、現在の標準原単位を目標年次 2030 年に亘って採用することが妥当と判断する。

表 2-10 生活用原単位水量

	居住地 (給水形態) 分類	水需要予測上の分類	原単位水量 (Lit/人/日)
1	都市	都市生活的水利用	120
2	都市周辺もしくは小都市・町	準都市生活的水利用	60
3	地方村落	地方村落的水利用	30

出典：連邦水資源省 (FMWR)

(2-2) 業務・商業用水

業務・商業用水は、官公庁、事務所、商業施設、宿泊施設、病院、学校、緑化などにおいて使用される用水である。これは、都市的な活動の発展だけでなく、各施設の設備整備により増加する。

全国水資源マスタープラン 2013 では、州単位で地方村落を除く生活用一日平均水量の 10% (Kano 州、Lagos 州、FCT Abuja は 20%) に相当する水量を、業務・商業用水一日平均水量として簡便算定する。

(2-3) 工業用水

工業用水は、製品の原料用、処理用、産業冷却用、洗浄用など多岐にわたって使用される。そのため、工業の需要水量は社会経済活動の活発化に伴い増加する。

全国水資源マスタープラン 2013 では、州単位で生活用一日平均水量の 1.25% (北部)、2.5% (南部) もしくは 5% (Kano 州、Lagos 州) に相当する水量を、2010 年の業務・商業用水一日平均水量として簡便算定し、以降 2030 年まで年率 8.5% (GDP 成長率) の増加とした (4.1.3(4)参照)。

(2-4) 漏水率

漏水は、都市、都市周辺および小都市の上水道のポンプ設備類、配水池、管路などからの水漏れを主として、不法接続により失われる水量、盗水を含んだ漏水と定義して扱う。ただし、「ナ」国における上水道サービスは各州の水道公社によって行われているが、各戸に水道メータが設置されていないこと (料金徴収が実施されている場合は定額制) が一般的であり、水道公社も漏水率を正確に把握していない。さらに、既存管路網などの基礎的なデータ管理の不備から定量的な実態把握は非常に困難である。これらを鑑み、各州の水道公社への聞き取りをもとに漏水率を一律 30% と仮定した。

(3) 水需要予測の結果

表 2-11 に、上述の基本条件に基づく水需要量予測を示す。この結果によると、2010 年から 2030 年に全国の水需要予測が約 3 倍に増加することが分かるが、各州によって増加の程度に差がある。

表 2-11 州別の水需要予測

No	地域	水需要量 (Million Liter per Day : MLD)					2030/2010 比率
		2010 (現在)	2015	2020	2025	2030	
	ナイジェリア全国	8,254	11,666	15,890	20,994	23,876	2.9

出典：JICA プロジェクトチーム

2.3.3 灌漑用水

(1) 農業および灌漑政策

「ナ」国の主な作物は、コメ、キャサバ、ヤム、メイズ、ソルガム、ミレット、グランドナッツなどである。キャサバ、ヤムなど基本的な主食は自給できているが、コメ、小麦、砂糖、肉製品、魚などの農産物や加工品は輸入に依存している。政策ビジョンはすべての国民に食糧を安定的に供給し、食糧輸出国への転換を目指すものである。

(2) 農業および灌漑開発計画

「ナ」国の農業及び灌漑政策は、a) 農業生産性の向上、b) 灌漑農地の拡張、c) 灌漑農業の体質改善を目標としている。これらを達成するために次のことに取り組むことが肝要である。

- 既存灌漑スキームのリハビリと事業の完工
- 新規灌漑農地の開発
- コメの生産性拡大
- 天水農地の拡張と作物生産量の増大
- 雇用の創出

(2-1) 天水稲作の作付面積、単位収量の推移

「ナ」国の稲作は天水陸稲と天水水稲が主であり、灌漑水田は極めて僅かである。2008年時点でその面積はそれぞれ510,050ha、1,243,151ha、47,799haである。国家統計局資料および州毎の統計資料によると、1994/95から2009/10までの16年間の作付面積増加率は0.83%と小さいが、近年5年間では増加率3.98%と高くなる。1994/95から2009/10までの16年間の単位収量増加率は0.92%である。

(2-2) 自給率100%を達成するために必要なコメ生産量

「National Rice Development Strategy, Nigeria」によると、2030年の人口予測に対してコメ自給率100%を達成するには、コメ生産量11.9百万トンが必要である。

- 年間1人当たりコメ消費量30kg/人/年（出典：NRDS）
- 2030年の人口予測 257.8百万人、
- コメ消費量予測 257.8百万人×30kg/人/年×1.0（自給率）=7.7百万トン（精米）
- コメ必要生産量（精米前の種籾重量）7.7百万トン/0.65=11.9百万トン

(2-3) 天水陸稲・天水水稲のコメ生産量

前述の作付面積と単位収量の年間増加率をもとにして、2030年の天水陸稲および天水水稲のコメ生産量を算出する（表2-12参照）。

表2-12 天水陸稲・天水水稲のコメ生産量（2030年）

	面積 増加率	作付面積 (ha)	単収増加率 1.0%		単収増加率 1.5%		単収増加率 2.0%		単収増加率 2.5%	
			単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)	単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)	単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)	単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)
天水陸稲	1.0%	634,950	2.0	1,270	2.2	1,397	2.5	1,587	2.8	1,778
天水水稲		1,547,535	2.5	3,869	2.8	4,333	3.1	4,797	3.4	5,262
計		2,182,485		5,139		5,730		6,384		7,040
天水陸稲	2.0%	788,460	2.0	1,577	2.2	1,735	2.5	1,971	2.8	2,208
天水水稲		1,921,678	2.5	4,804	2.8	5,381	3.1	5,957	3.4	6,534
計		2,710,138		6,381		7,116		7,928		8,742
天水陸稲	3.0%	977,160	2.0	1,954	2.2	2,150	2.5	2,443	2.8	2,736
天水水稲		2,381,588	2.5	5,954	2.8	6,668	3.1	7,383	3.4	8,097
計		3,358,748		7,908		8,818		9,826		10,833
天水陸稲	4.0%	1,208,700	2.0	2,417	2.2	2,659	2.5	3,022	2.8	3,384
天水水稲		2,945,910	2.5	7,365	2.8	8,249	3.1	9,132	3.4	10,016
計		4,154,610		9,782		10,908		12,154		13,400
天水陸稲	5.0%	1,491,750	2.0	2,984	2.2	3,282	2.5	3,729	2.8	4,177
天水水稲		3,635,775	2.5	9,089	2.8	10,180	3.1	11,271	3.4	12,362
計		5,127,525		12,073		13,462		15,000		16,539

出典：JICAプロジェクトチーム

(2-4) 公的灌漑スキームの開発面積とコメ生産量

これまでの実績により 2030 年までに天水稲作の作付面積は増加率 4.0%/年で、単収量は 1.0%/年で推移すると想定する時、天水稲作のコメ生産量は 9.8 百万トンと算定される。これは 2030 年人口予測に対してコメ自給率 82%に相当する。

現在、既存公的灌漑スキームの計画灌漑面積は 440,853ha、灌漑整備面積は 128,097ha である。2030 年までにこれらのうち有力な既存公的灌漑スキームの拡張を完了し、さらなる新規灌漑農地を開発する計画である。

後述の灌漑開発計画によれば 2030 年までに公的灌漑スキームの計画灌漑面積は 468,752ha（後述の表 2-67 参照）となり、計画作付パターンに基づき稲作作付面積 385,711ha¹となる。

一方、私的小規模灌漑農業は 2030 年までに計画灌漑面積 335,000ha となり、そのうち稲作作付面積は 39,319ha²となる。公的灌漑スキーム及び私的灌漑農業における灌漑水稻のコメ生産量は、下表に示すように想定される単収量の年間増加率に応じて約 1.9~2.6 百万トンとなる。これに天水稲作のコメ生産量 9.8 百万トンを加えると、その総計は 11.7~12.4 百万トンとなる。このことから 2030 年までに計画どおりに稲作の作付面積が順調に増加するならば、概ねコメ自給率 100%以上を達成できる。

表 2-13 灌漑水稻のコメ生産量 (2030 年)

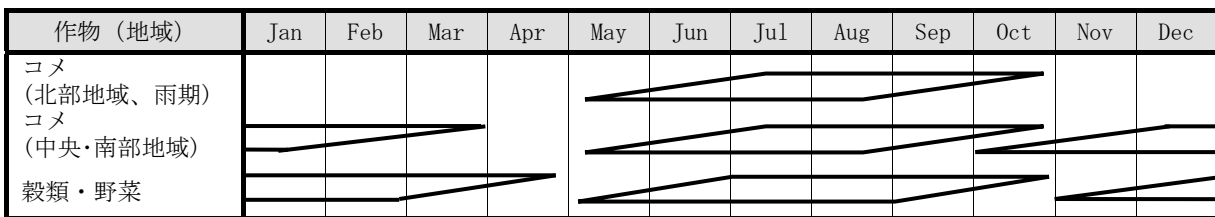
灌漑形態	稲作 作付面積 (ha)	単収増加率 1.0%		単収増加率 1.5%		単収増加率 2.0%		単収増加率 2.5%	
		単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)	単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)	単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)	単収 (t/ha)	生産量 (,000ton)
公的灌漑	385,711	4.4	1,697	4.9	1,890	5.4	2,083	6.0	2,314
私的小規模	39,319	4.4	173	4.9	193	5.4	212	6.0	236
計	425,030		1,870		2,083		2,295		2,550

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 計画作付パターン

(3-1) 作付カレンダー

地域の気候、現況の作物作付時期、収集資料や聞き取り調査により作物の作付時期は図 2-5 のとおりとする。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-5 作付カレンダー

(3-2) 現況作付パターン

RDBAs からの収集資料や公的灌漑スキームの作付パターンより表 2-14 のように設定する。私的小規模灌漑農業は野菜や穀類が主体である。

(3-3) 計画作付パターン

公的灌漑スキームの計画作付パターンは、現況作付パターンやコメを重視した農業政策を反映して表 2-15 のように設定する。

¹公的灌漑スキームの計画灌漑面積に年間のコメ作付率を乗じた値
²私的灌漑スキームの計画灌漑面積に年間のコメ作付率を乗じた値

表 2-14 現況作付パターン

HA	公的灌漑スキーム (%)				私的小規模灌漑 (%)			
	雨季		乾季		雨季		乾季	
	水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作
1	40	25	5	60	20	50	0	70
2	10	60	10	30	10	60	0	70
3	10	60	10	30	10	60	0	70
4	10	60	10	30	10	60	0	70
5	70	5	0	0	30	40	0	70
6	35	25	0	35	20	50	0	70
7	70	30	5	15	30	40	0	70
8	80	15	0	25	30	40	0	70

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-15 計画作付パターン

HA	公的灌漑スキーム (%)				私的小規模灌漑 (%)			
	雨季		乾季		雨季		乾季	
	水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作
1	40	50	0	50	20	70	0	80
2	60	30	20	60	10	80	0	80
3	60	30	20	60	10	80	0	80
4	60	30	20	60	10	80	0	80
5	80	10	60	20	30	60	0	80
6	60	30	40	40	20	70	0	80
7	80	10	60	20	30	60	0	80
8	80	10	0	50	30	60	0	80

出典：JICA プロジェクトチーム

(4) 水需要量

水需要量は、図 2-6 のフローに従って計算する。

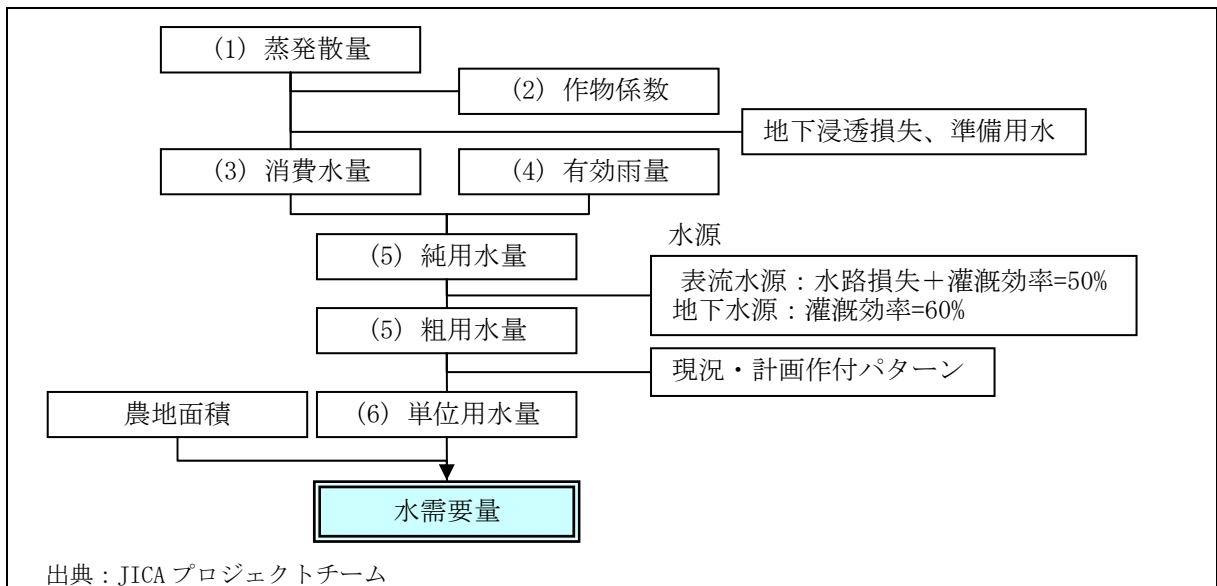


図 2-6 水需要量計算フロー

(4-1) 基準蒸発散量

本計算ではハーモン (Hamon) 式により基準蒸発散量を算出する。

(4-2) 作物係数

FAO 技術資料をもとに地域における生育段階毎の作物係数を適用する。

(4-3) 消費水量

蒸発散量と作物係数、灌漑水が地下へ浸透する損失分および植付け前の準備用水を考慮して消費水量を算出する。

ここでは地下浸透損失を 2mm/日、準備用水は水田で 150mm（代掻き用水）、畑地で 60mm とした。

- 消費水量 = 蒸発散量 × 作物係数 + 地下浸透損失 + 準備用水

(4-4) 有効雨量

有効雨量とは灌漑期間中に耕地に降った雨水のうち作物の栽培に利用できる雨量である。水田の有効雨量は降水量の 80%とし、一方、畑地の有効雨量は水田の有効雨量の 70%とする。

(4-5) 純用水量、水路損失、灌漑効率、粗用水量

消費水量から有効水量を差し引いて純用水量を算定する。作物生育期間中に降水量が多い場合、純用水量はゼロとなる。公的灌漑スキームは主に表流水を水源とし、氾濫原に位置する Fadama 農業や一部の私的小規模灌漑農業は洪水減衰後の伏流水を主な水源とし、氾濫原以外の私的小規模灌漑農業は地下水を主な水源とする。表流水を水源とする場合、河川やダム取水地点から圃場までの水路損失を考慮し、また圃場での灌漑効率を考慮して粗用水量を算出する。

一方、伏流水や地下水を水源とする場合、圃場での灌漑効率のみを考慮して粗用水量を算出する。「ナ」国では重力方式の場合、灌漑効率 60%が通常使われている。

- 表流水源：水路損失 + 灌漑効率 = 50%
- 地下水源：灌漑効率 = 60%

純用水量を上記の水路損失及び灌漑効率で除して粗用水量を算定する。

(4-6) 単位用水量

粗用水量に上述の作付パターンを考慮して単位用水量を算定した。

(4-7) 各流域の単位用水量の月別変化パターン

将来計画における各流域の単位用水量の月別変化パターンを表 2-16 に示す。表流水源の灌漑スキームの場合、北部地域（HA-1、8）では雨季灌漑の開始時期の 6 月で最も単位用水量が大きくなる。降水量の多い中部・南部地域では乾季灌漑の中期の 12 月、1 月で最も単位用水量が大きくなる。なお、HA-5 と HA-7 では雨期の降雨量が多いため、雨季の灌漑用水をほとんど必要としない。

表 2-16 単位用水量の月別変化パターン（表流水源-(mm)

HA	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	71	78	51	5	130	204	142	101	62	47	44	73
2	162	152	98	0	61	100	65	20	0	37	121	156
3	152	142	102	2	73	119	35	0	0	40	119	152
4	166	154	88	0	24	71	41	0	0	14	115	160
5	240	158	19	0	0	0	0	34	0	0	183	236
6	206	155	44	0	17	50	67	139	0	14	157	202
7	242	158	12	0	0	0	0	0	0	0	192	238
8	66	71	48	5	196	292	177	105	94	71	44	70

出典：JICA プロジェクトチーム

伏流水や地下水源の Fadama 農業や小規模灌漑の場合（表 2-17 参照）、北部地域（HA-1、8）では雨季灌漑の開始時期の 6 月で最も単位用水量が大きくなる。中央・南部地域では乾季灌漑の中期の 12 月、1 月で最も単位用水量が大きくなる。尚、氾濫原の伏流水を水源とする Fadama 農業や小規模灌漑農業では洪水減衰後の乾季作のみとなる。

表 2-17 単位用水量の月別変化パターン（伏流水、地下水源-(mm)

HA	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	95	104	68	7	81	134	94	68	45	29	59	97
2	107	125	91	0	9	24	12	3	0	1	59	101
3	99	116	93	3	10	38	5	0	0	1	57	99
4	109	127	83	0	3	10	6	0	0	0	53	104
5	111	124	48	0	0	0	0	11	0	0	29	101
6	112	124	56	0	5	14	22	81	0	0	45	104
7	112	124	40	0	0	0	0	0	0	0	36	104
8	88	95	64	7	96	155	88	52	58	35	59	93

出典：JICA プロジェクトチーム

(4-8) 私的小規模灌漑

私的小規模灌漑は約 70%が一般の耕作地に分布し、残り 30%が氾濫原に位置する。Fadama と呼ばれる氾濫原に位置する所では、農作物の作付は洪水減衰後の乾季のみとなる。

(4-9) 民間企業灌漑スキーム

民間企業が経営する灌漑スキームでは、主にサトウキビ、野菜が生産され、表流水を使用している。水需要量計算においては、公的灌漑スキームと同様にこれらのスキームの水需要量も考慮して SHA 水収支バランスを検討する。

(4-10) 現況の水需要量

表流水を水源とする灌漑スキーム、伏流水を水源とする Fadama 農業と小規模灌漑農業、地下水を水源とする小規模灌漑農業の水需要量はそれぞれ表 2-18 のとおりである。全体水需要量は、雨季 872MCM、乾季 1,054MCM、総量で 1,926MCM である。その総量は「ナ」国の総水資源ポテンシャル（内部生産分のみ）286,600MCM の 0.7%に相当する。

表 2-18 現況水需要量

水源	区分	面積 (ha)	雨季 (MCM)	乾季 (MCM)	計 (MCM)
表流水源	既存灌漑スキーム	142,106	741	345	1,086
伏流水 (氾濫原)	Fadama 農業+小規模灌漑農業一部	93,000	0	361	361
地下水源	小規模灌漑農業	90,000	131	348	479
計		325,106	872	1,054	1,926

出典：JICA プロジェクトチーム

(4-11) 計画水需要量

全体水需要量は、雨季 2,052MCM、乾季 4,193MCM、総量で 6,245MCM である。その総量は「ナ」国の総水資源ポテンシャル（内部生産分のみ）286,600MCM の約 2.2%に相当する。

表 2-19 計画水需要量

水源	区分	面積 (ha)	雨季 (MCM)	乾季 (MCM)	計 (MCM)
表流水源	灌漑スキーム	494,252	1,720	2,712	4,432
伏流水 (氾濫原)	Fadama 農業+小規模灌漑農業一部	139,000	0	617	617
地下水源	小規模灌漑農業	196,000	332	864	1,196
計		829,252	2,052	4,193	6,245

出典：JICA プロジェクトチーム

(4-12) 気候変動を考慮した計画水需要量変化の予備的考察

計画水需要量に対する気候変動の影響は 2.4.4 節において設定される気候変動シナリオのケース 1 をもとに、将来予測される気温変化の影響を考慮し、基本となるポテンシャル蒸発散量に表 2-20 に示す気温変化による係数を乗じてポテンシャル蒸発散量 (PET) を設定して、考察する。ここで、気温変化による係数については Hamon 式をもとに算出している。

表 2-20 気温変化による係数

	HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8
気温変化 (°C)	+2.5	+2.4	+2.4	+2.3	+2.1	+2.2	+2.2	+2.5
PET 変化係数	1.168	1.160	1.160	1.153	1.139	1.146	1.146	1.168

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-21 のとおり、気候変動の影響を考慮した場合の全体水需要量は、全体でほぼ 16%増しとなる。乾季よりも雨季の水需要量への影響が大きく、さらに地下水源が想定される小規模灌漑の水需要量への影響がより大きくなる事が分かる。

表 2-21 気候変動による計画水需要量の変化

水源	区分	面積 (ha)	雨季	乾季	計
表流水源	灌漑スキーム	494,252	+22%	+12%	+16%
伏流水 (氾濫原)	Fadama 農業+小規模灌漑農業一部	139,000	0%	+14%	+14%
地下水源	小規模灌漑農業	196,000	+28%	+14%	+18%
計		829,252	+22%	+13%	+16%

出典：JICA プロジェクトチーム

2.3.4 その他サブセクター

(1) 畜産

「ナ」国の南部地域において家畜用水は表流水への依存度が高い。家畜密度が圧倒的に高い北部地域では、地下水と Fadama の残留滞留水への依存度が高い。家畜の年間水需要量の予測には「FAO Livestock Guideline in African Region (FAO のアフリカ地域における家畜飼養指導書)」に準拠し、ウシ、ヤギ、ヒツジ、ブタ、ラクダ、ウマ、ロバ、及び家禽の年間成獣 1 頭当たり用水量をそれぞれ 7.88、0.84、0.73、1.20、8.98、8.10、3.07 及び 0.039m³ とした。年間水需要量は 2010 年で 232.8MCM、2030 年で 320.8MCM であり、20 年間で約 38% 増が見込まれる。

表 2-22 家畜頭数の予測 (単位：1,000 頭/羽)

畜種	2007	2008	2009	2010	2030
ウシ	16,279	16,538	16,488	17,893	27,102
ヤギ	51,208	52,489	54,200	52,085	61,831
ヒツジ	32,300	33,090	33,674	32,178	33,279
ブタ	9,298	9,555	9,808	10,108	15,461
家禽	92,035	84,781	86,601	92,134	93,439
ラクダ	-	-	-	147	147
ウマ	-	-	-	789	789
ロバ	-	-	-	371	371

注：1) 家禽には鶏、アヒル、ホロホロ鳥を含む。

2) ヒツジは長期的には減少傾向にある。

3) ラクダ、ウマ、ロバの頭数は 2010 年の資料しかなく、将来予測困難のため 2010 年の頭数を使用した。

出典：JICA プロジェクトチーム

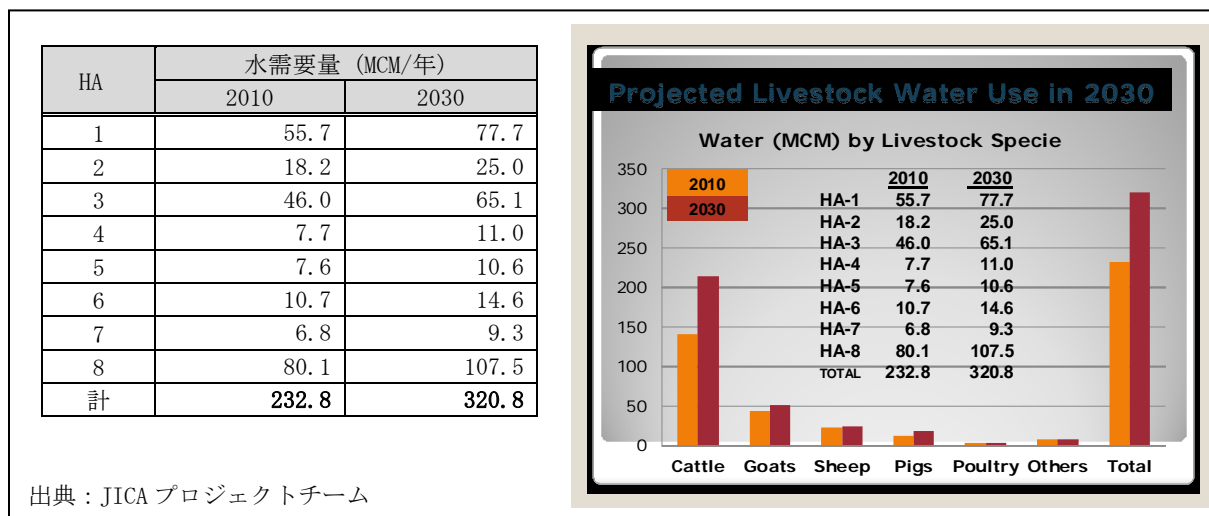


図 2-7 家畜の水需要量

(2) 淡水養殖

淡水養殖は近年施設導入に対する補助金制度の適用や魚国内に対する国内需要の急伸に伴い急速に進展しつつあるセクターである。養殖池、養殖魚槽などの淡水養殖場用水は大幅に地下水に依存しているが、とくに乾期における依存度が大きい。現在、「ナ」国南部地域の HA-5 や HA-6 が淡水養殖事業の中心地である。淡水養殖における水需要予測については農業省漁業局の「Inventory of Private and Government Fish Farm, 2007」の養殖面積に準拠し、2004 年当該調査時点の全国淡水養殖場面積 6,126ha を推定初年度 (2007) の基底値とした。2007 年の年間養殖魚収量は 1.4t/ha であるが、2030 年には 8.6t/ha に達すると見込まれ、2030 年の養殖魚消費量を賄うために 38,880ha の養殖水面が必要となる。養殖場水面の増加に伴う水需要は 2007 年の 728MCM から 2030 年には 1,166MCM に達する。地下水には溶存酸素が多く含まれて養魚に適すること、水質汚濁の危険のある地表水より安全なことなどの理由により、水需要量の多くは地下水から供給されると見込まれる。

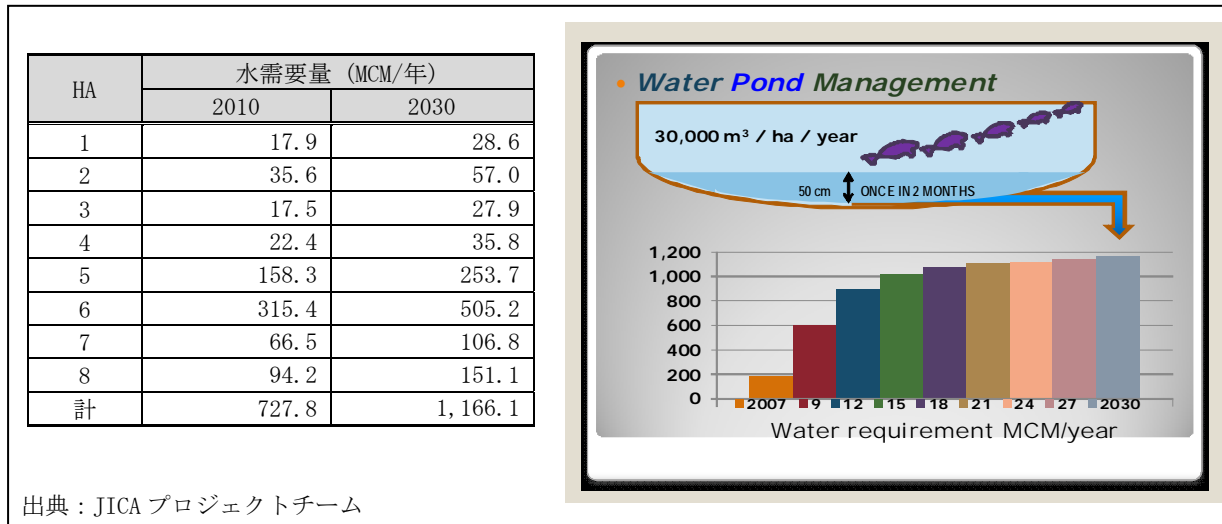


図 2-8 淡水養殖の水需要量

(3) 水力発電

「ナ」国では電力の安定供給が地域社会の発展のための一つの重要な要素となっている。水力発電は、そうした地域の電力の安定供給に貢献できるものとして、積極的な導入が行われようとしている。

水力発電は基本的には非消費型の水利用であり、基本的には水量の総量を減少させることはない。しかしながら、貯留式の水力発電では下流河道の流れのパターンを変化させることがある。流れ込み式の場合でも、水流をタービンに導く際に河川の減水区間を生み出す可能性がある。

下流河道での河川環境、上水・灌漑のための水利用、を阻害しない範囲で、水力発電の最適化された活用が望まれている。

(4) 洪水防御

洪水は、常時、流水のない場所に雨水の滞留や河道からの水が氾濫する現象を指し、洪水防御は、その現象を、雨水や流水を池やダムによって貯水したり、水路を通じて下流へ安全に流したりして、コントロールすることである。

都市・村落給水や農漁業関連用水における水需要量は、概念的には自然の流水状態を人工的に当該用途の用に資するために、取水し、利用する量を意味している。洪水防御においては、このような取水、消費的な利用の形態を取らないため、水需要量の定量的な算定は行わない。

しかし、多目的ダムによる洪水の貯留や、乾燥地における Water Harvesting 等の雨水や流水貯留による洪水防御と組み合わせた水資源量への寄与は、今後「ナ」国において注目されるべきと考えられる。

(5) 内陸水運

内陸水運は、これまで「ナ」国では歴史的、政策的に道路交通に取って代わられてきた。また、運輸省の NIWA の管轄であるため、全国水資源マスタープラン 2013 では情報が非常に限られていて、必要な流量の評価は出来無い。

しかし、内陸水運は、「ナ」国が掲げている道路、空路、水運のマルチモードの運輸体系の今後の1つの柱であり、今後、航行可能な河川の維持管理は重要となってくる。

内陸水運における水需要量は、個別河川区間の平常時の流量の一部として、他のセクターの河川沿いの詳細な面的な水需要の検討と総合的に行われるべきである。

(6) 河川維持流量

前節までに示された水需要量とは別に、水域の環境を維持するため、もしくはその他の特定の理

由により河川維持流量がより高い優先度を持って確保される必要がある。「ナ」国においては、河川維持流量の公認された設定方法は存在していない。

本プロジェクトは国家レベルのマスタープランの策定を行うものであることから、河川維持流量の設定にあたり水文的手法を適用する³。水文的手法によって河川維持流量を決定するための基準は多く存在するが、本プロジェクトにおいては、「ナ」国の各地域における流況特性を反映した渇水状況を代表する指標である $Q_{97DS,90\%Y}$ (90%年の信頼度を有する単独年の97%日流量) を河川維持流量として適用する。英国においても類似の指標が使用されており、通常 Q_{95D} (長期複数年の95%日流量) が河川維持流量として適用されている⁴。

本プロジェクトで議論される河川維持流量は水資源計画および水資源管理の大枠のガイドとして利用されるものであり、特定のプロジェクトの実施に際しては、より詳細な調査が必要となる可能性がある。将来的に、より多くの信頼できる流量観測データや河川の状況に対するデータがそろった時点で、ステークホルダー間の協議により、個別河川ごとによりふさわしい河川維持流量が設定されるのが望ましい。

2.3.5 水需要量の構造

水需要予測に関する基本的考え方とその予測結果については、これまでの節で示された通りである。ここでは、以下に基づき、水需要量の構造が議論される。

- 生活用水、工業用水、商業用水を含む都市・村落給水水需要量については、2.3.2 節で示された基本シナリオについて2010年及び2030年段階について着目する。
- 都市・村落給水については、州ごとの給水施設の現状と将来の給水施設開発計画をもとに、表流水と地下水開発の割合を算定する。表流水については、水源から浄水施設までの導水と浄水場でのロスをも5%見込んで、表流水の水源における水需要量とする。地下水に関して導水ロスは無視できるものとする。
- 他のセクターについては、灌漑用水、畜産用水、淡水養殖用水について、2010年及び2030年段階について着目する。
- 畜産用水、淡水養殖用水については、雨期の河川流量が豊富な時期に主として表流水を利用し、表流水が十分でない乾季には主として地下水を利用するものとし、表流水25%、地下水75%の割合での水利用と仮定する。

各セクターの水需要量を合計した全水需要量は2010年時点で5.93BCM/年であり、2030年には16.58BCM/年に増加するものと推定される。

図2-9は各セクターの水需要量のシェアを示したものである。都市・村落給水需要量のシェアは、現在(2010)、将来(2030)ともに、約50%となる。灌漑水需要量のシェアは、2010年の約30%から、2030年には約40%となる。

図2-10は、HAごとに、セクターごとの水需要量を示したものであり、以下の点が読み取れる。

- 現在の都市・村落給水需要量はHA-6が最も大きく、HA-8が続いている。将来(2030)にも同様の傾向は変わらない。
- 現在の総水需要量もまたHA-6が最も大きく、HA-8が続いている。将来(2030)にも同様の傾向は変わらない。
- HA-3においては灌漑水需要の伸び他HAと比べて顕著である。

表2-23は水源別の都市・村落給水水需要量を示したものである。都市・村落給水水需要量に対する平均的な表流水源の占める割合は、現在(2010)では約24%であり、将来(2030)には約33%に増加すると見込まれる。

表2-24は水源別総水需要量を示したものである。現在(2010)における総水需要量に占める平均的な表流水源の割合は約40%と推定された。この割合は、将来(2030)において約50%となる。

³ IUCN: Flow-The Essentials of Environmental Flows

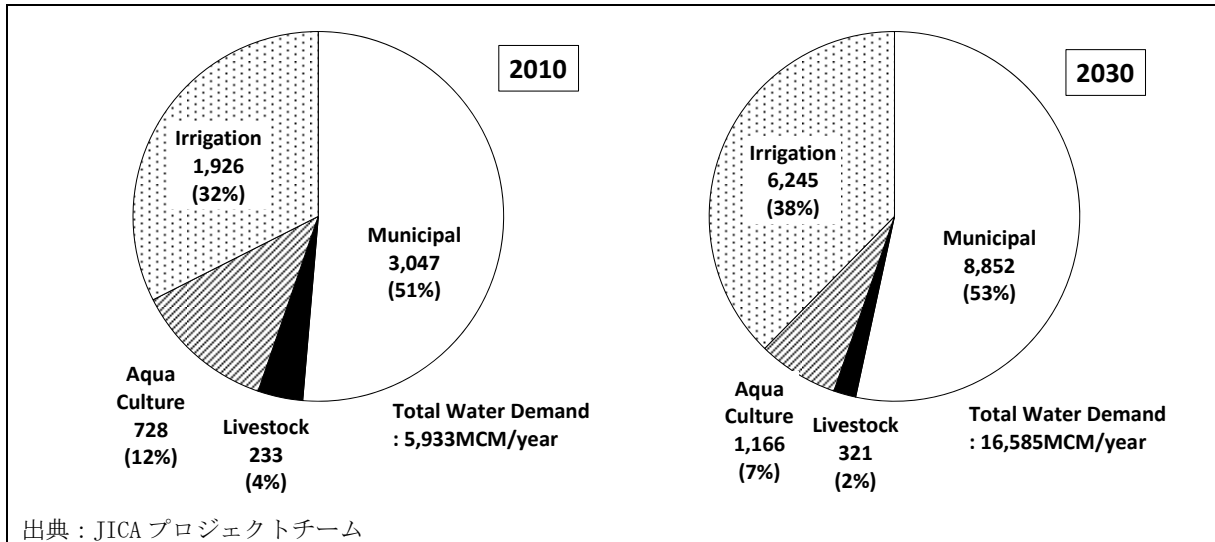


図 2-9 セクターによる水需要量シェアの変化

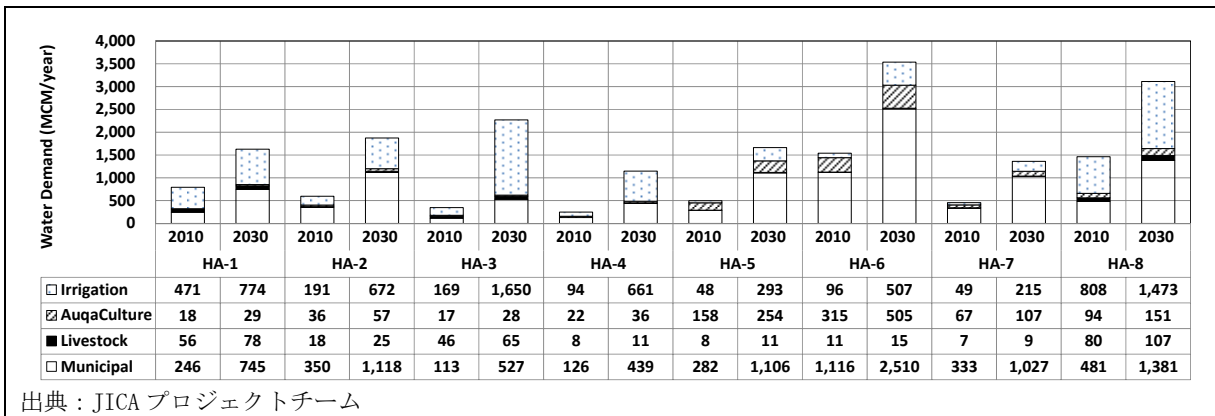


図 2-10 HA 及びセクターごとの水需要量

表 2-23 推定された水源別都市・村落給水需要量

		HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	合計
現在 (2010)	合計	246	350	113	126	282	1,116	333	481	3,047
	表流水	81	159	38	38	18	241	58	82	716
	地下水	164	190	75	88	265	875	275	398	2,330
将来 (2030)	合計	745	1,118	527	439	1,106	2,510	1,027	1,381	8,852
	表流水	162	476	131	147	181	1,242	189	359	2,888
	地下水	583	641	395	292	925	1,268	838	1,021	5,964

単位：MCM/年

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-24 推定された水源別総水需要量

		HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	合計
現在 (2010)	合計	791	594	345	250	496	1,538	455	1,463	5,933
	表流水	489	307	172	102	79	345	89	820	2,403
	地下水	302	288	173	148	417	1,193	367	643	3,530
将来 (2030) - S1	合計	1,625	1,872	2,270	1,147	1,663	3,537	1,359	3,113	16,584
	表流水	754	1,029	1,679	727	471	1,697	341	1,611	8,309
	地下水	871	843	591	420	1,192	1,840	1,018	1,502	8,276

単位：MCM/年

出典：JICA プロジェクトチーム

HA ごとの表流水源の水需要量、地下水源の水需要量について、それぞれ図 2-11、図 2-12 に示した。

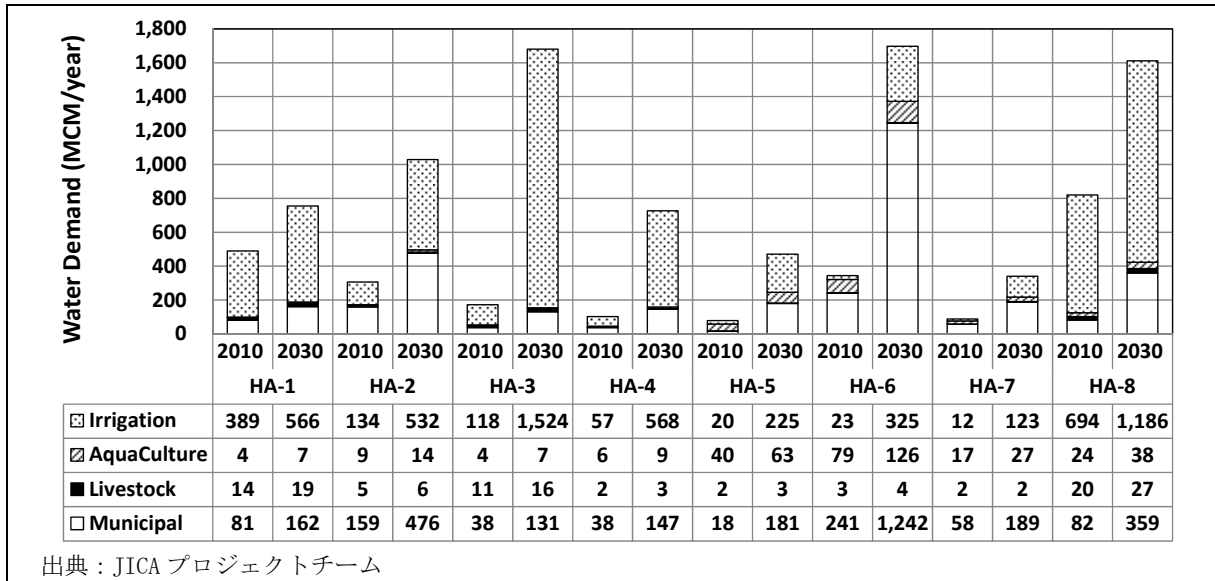


図 2-11 表流水源の水需要量

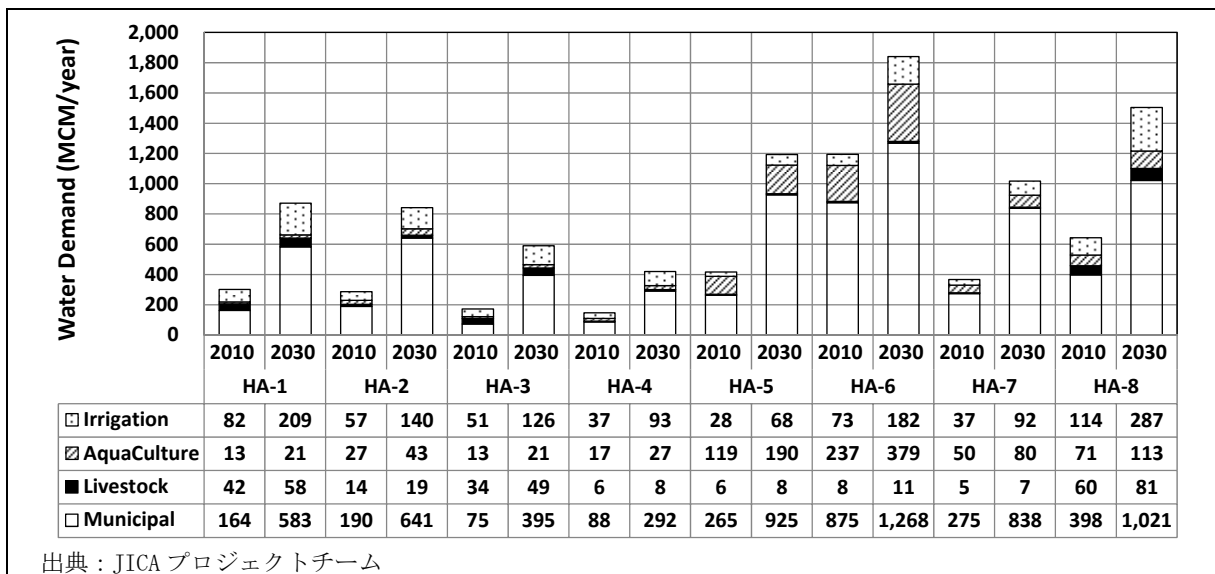


図 2-12 地下水源の水需要量

2.4 水資源ポテンシャルの評価

2.4.1 気象状況

過去 40 年間（1970～2009 年）における「ナ」国全土の平均降水量、気温は、それぞれ 1,150mm/年、26.6 度である。図 2-13 は年降水量と年可能蒸発散量の空間分布を示したものである。年降水量は Niger デルタ地帯の 3,000mm/年から最北端地域の 400mm/年まで幅広く分布している。年可能蒸発散量は標高により影響を受ける。Jos 高原や「ナ」国南東国境付近の高標高地帯では年可能蒸発散量は小さくなる。表 2-25 は、HA ごとの年降水量、年平均気温、年可能蒸発散量を要約したものである。

年降水量は過去 50 年間にわずかな減少傾向にあり、その割合は 50 年間に-1.7%である。年平均気温は上昇傾向にあり、50 年間に+3.0%の割合となっている。

年降水量の 10 年期ごとの変化について、1960 年代は相対的に湿潤（多雨）な時期であり、1970～1980 年代は逆に乾燥（少雨）時期であったことがわかる。1990～2000 年代は再び湿潤傾向となっている。このような変化は過去 50 年間の線型変化率と比べても非常に大きい。一方、年平均気温は大きな変動なく、50 年間に徐々に上昇してきている。

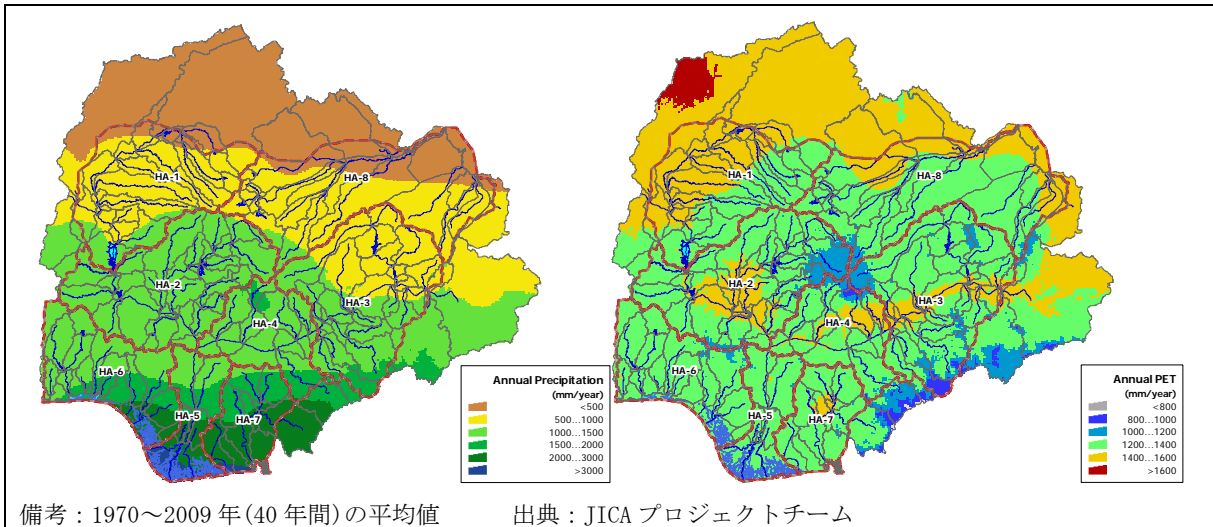


図 2-13 年降水量, 年可能蒸発散量の空間分布

表 2-25 HA ごとに空間平均された年降水量、年平均気温、年可能蒸発散量

	全国	HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8
年降水量 (mm/年)	1,148	767	1,170	1,055	1,341	2,132	1,541	2,106	610
年平均気温 (度)	26.6	27.4	16.5	26.0	26.8	26.7	26.5	26.9	26.5
年可能蒸発散量(mm/年)	1,337	1,419	1,318	1,290	1,338	1,325	1,314	1,338	1,347

出典：JICAプロジェクトチーム

2.4.2 表流水

長期降雨-流出解析モデルにより計算された結果を用いて、疑似自然状態の表流水ポテンシャルを推定する。計算された結果は、Benue 川とその支川のすべての流域、Benin の Malanville より下流の Niger 川とその支川のすべての流域、さらには「ナ」国外に発し「ナ」国内に流れ込むその他の流域をカバーしている (図 2-14 参照)。表流水ポテンシャルを包括的に推定するためには、境界条件として Malanville の流量を与える必要がある。Malanville における観測流量は 1970 年代以降のデータが利用可能である。よって、長期降雨-流出解析は 1960～2009 年までの 50 年間分実施しているものの、1970～2009 年までの 40 年間分の結果をもとに、水資源量の推定を行うこととした。

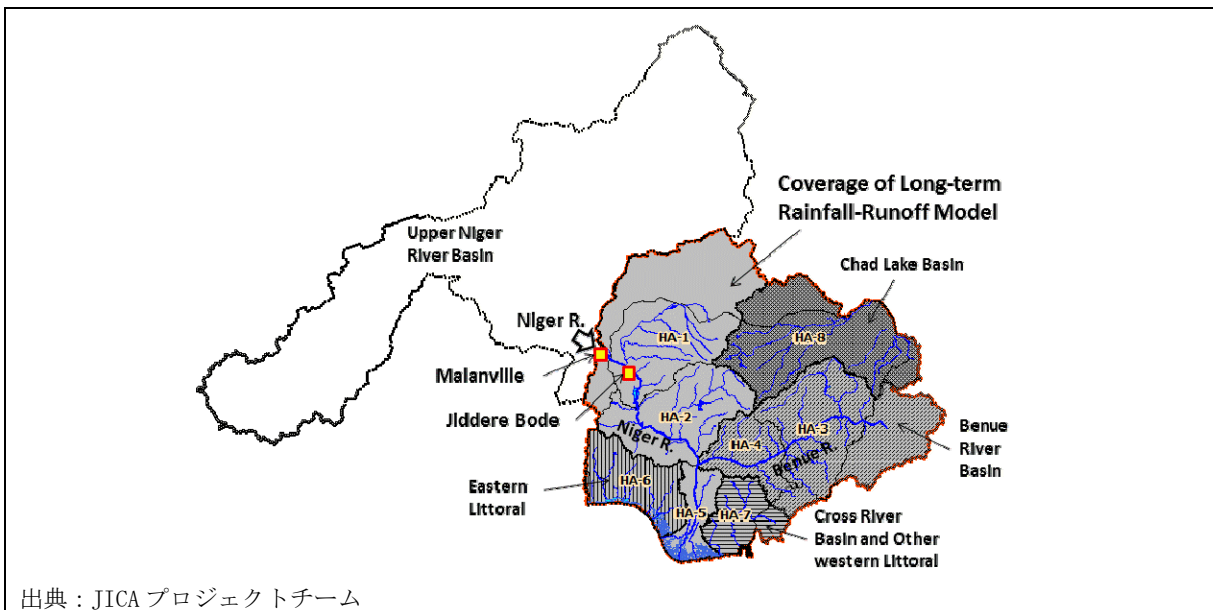


図2-14 長期降雨-流出解析モデルがカバーする範囲

図 2-15 は平均年流出高の空間分布を示したものである。平均年流出高は国の中で大きく変化する。最北部では 20mm/年以下であるのに対し、最南部では 1,000mm/年に達する。

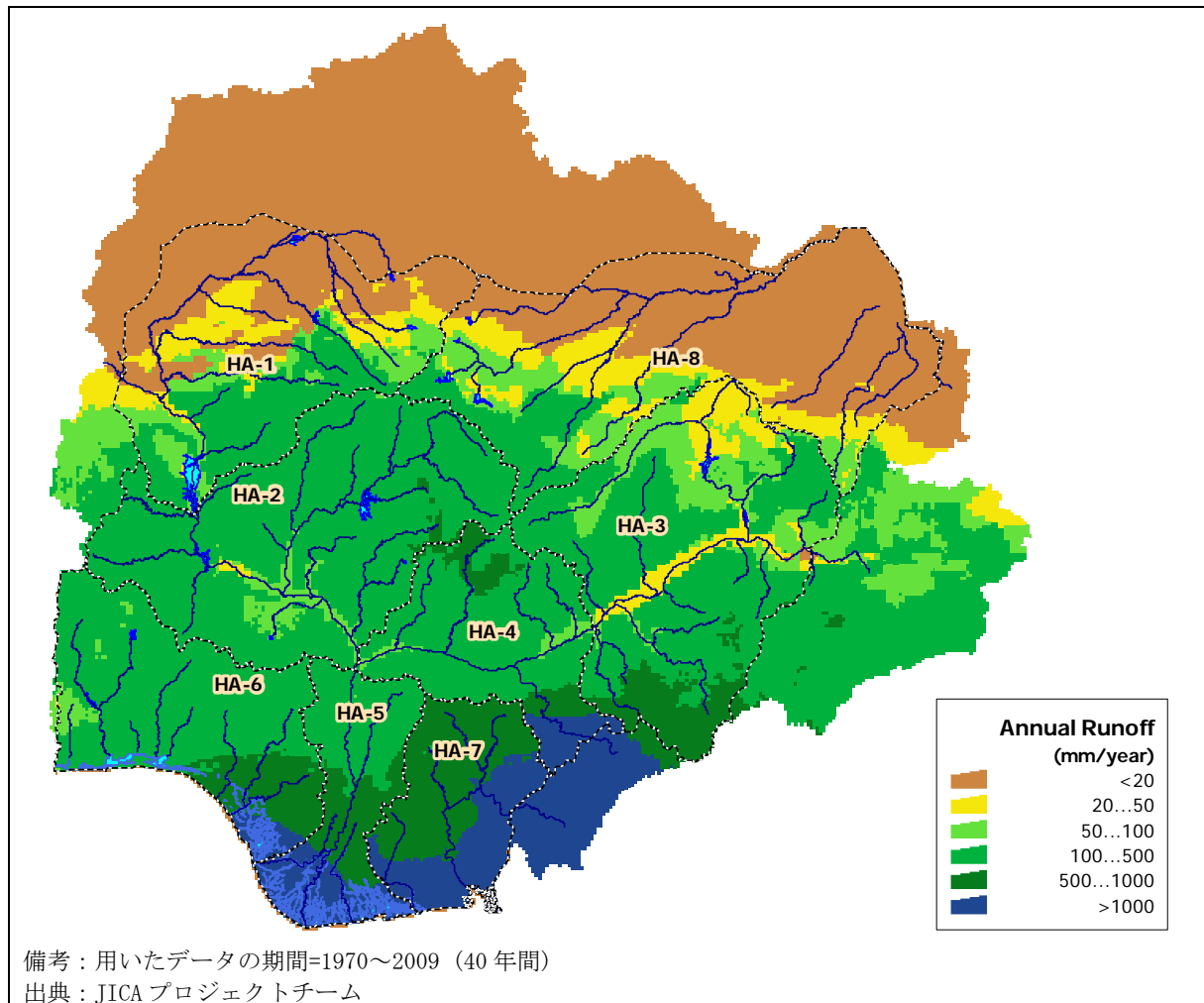


図 2-15 平均年流出高の空間分布

図2-16は「ナ」国全土における年総流出量からみた長期平均の水バランスを示したものである。

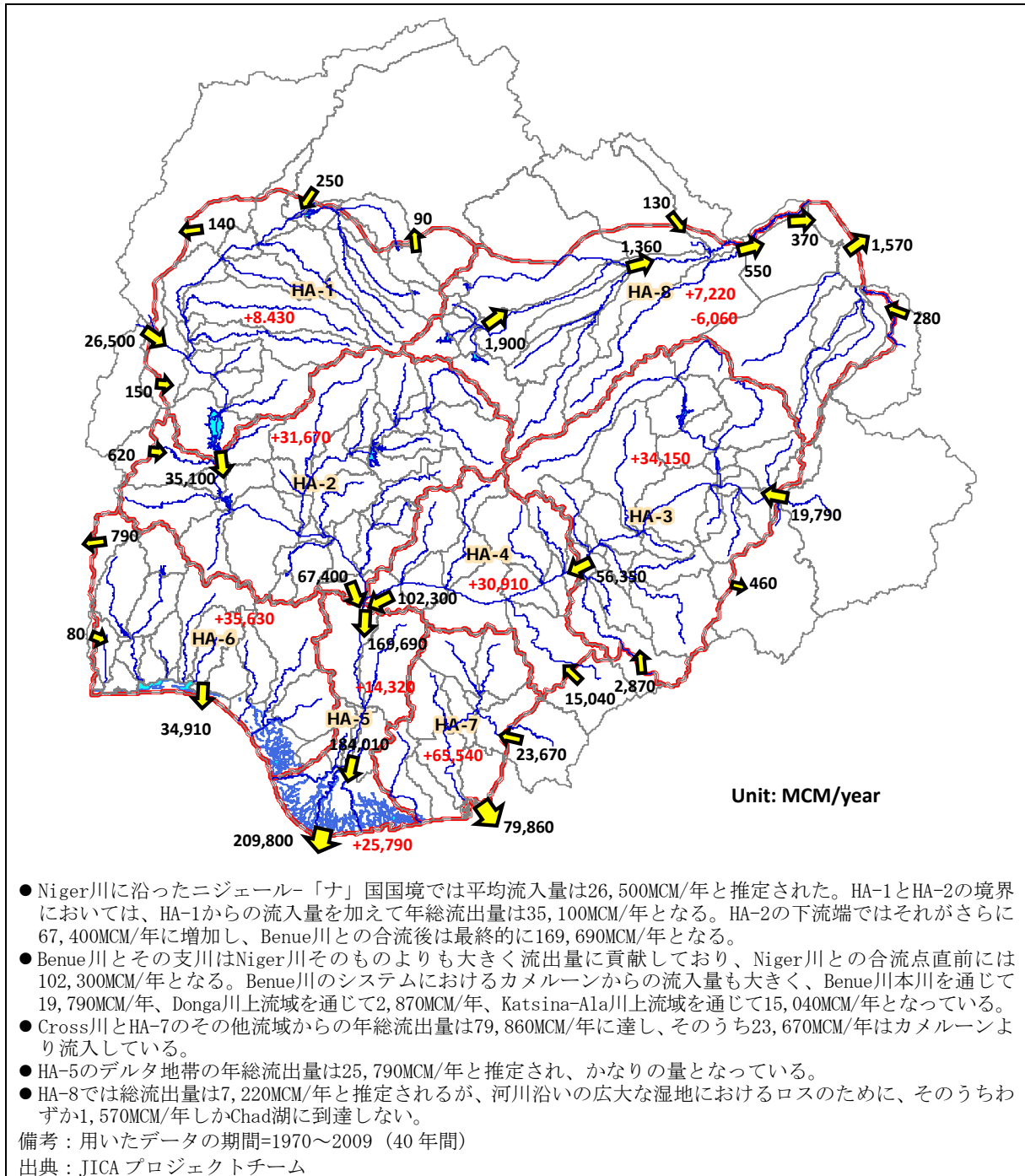


図 2-16 「ナ」国全土における年総流出量からみた長期平均の水バランス

2.4.3 地下水

地下水ポテンシャルは地下水涵養量を意味し、地下水開発が可能な最大値に等しい。一方、実際に開発可能な地下水量は地下水ポテンシャルと帯水層の能力によって決まる。ここでは、まず帯水層の特性に概略を述べ、次いで地下水涵養量に関して述べる。

(1) 帯水層のタイプ

基盤岩のタイプと水理地質特性

基盤岩は、1) 片麻岩・ミグマタイト帯、2) 結晶片岩帯、3) 新規花崗岩帯の3者に区分される。3者の間に地下水開発可能量の面で際立った違いはないが、次に点に留意する必要がある。

- 結晶質で粗粒な岩石（片麻岩、ミグマタイト）の方が泥質な岩石よりも、風化した場合に砂

質であり透水性が高く帯水層として優れている。

- 泥質な岩石（結晶片岩）は風化した場合に粘土質であり透水性が低く不透水層となる。
- 新規花崗岩は古期花崗岩の中に貫入した岩体で、亀裂が多く帯水層として有望である。

堆積岩のタイプと水理地質特性

「ナ」国の堆積岩は主に砂岩（砂層）と頁岩（粘土層）で構成される。砂岩層の中で層厚が大きくまた水平方向に良く連続するものは大規模な帯水層を形成する。帯水層の規模が大きく帯水層の透水性が高い場合、個々の井戸から揚水できる地下水量が大きい。かかる地域では地下水涵養量以上に地下水を揚水することが可能であり、その結果として帯水層に貯留された地下水が次第に消費され、地下水位が経年的に低下する危険が高い。すなわち堆積岩地域では、地下水涵養量以上に地下水を利用することが可能であり、持続的な地下水開発とするためには、地下水許容量を地下水涵養量以下とすることが必要である。

(2) 地下水涵養量

地下水涵養量は長降雨-流出解析モデルの中の浸透余剰成分のうち遅い流出成分を参考に求めた。表 2-26 に結果を示す。解析結果の解釈には以下の点に留意する必要がある。

- 浸透余剰成分は 2 つのパートに分けられる。初めのパートは 1 か月以内に河川に流出する成分、2 つ目のパートは降雨後翌月以降に流出する成分である。例えば、基盤岩地帯の地下水は薄い風化帯が帯水層となるため比較的早期に河川に流出すると考えられる。一方、堆積岩地帯では帯水層の地質構造にしたがって、早期に流出するものから数か月以上を要するものまで変化に富んでいると考えられる。
- 地下水は最終的には河川や海に流出すると考えられるため地下水涵養量の大部分は河川流量の一部分である。

表 2-26 水文地域ごとの地下水涵養量

項目	全国	水文地域区分							
		HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8
面積(km ²)	909,979	135,128	154,616	156,546	74,519	53,914	99,333	57,440	178,483
平均降雨量(mm/年)	1,148	768	1,170	1,055	1,341	2,132	1,541	2,106	610
年平均地下水涵養量(mm/年)	171	37	132	123	250	592	236	570	24
同(%)	14.9	4.8	11.3	11.7	18.7	27.7	15.3	27.1	3.9
同(BCM/年)	155.8	5.0	20.5	19.3	18.6	31.9	23.4	32.8	4.3

出典: JICA プロジェクトチーム

2.4.4 気候変動の影響

気候変動が流出に及ぼす影響について検討するために、降水量および気温の変化に関するシナリオを表 2-27 のように設定した。ここでは、2050 年時点を想定し、GCM 出力結果のうち 2050 年を中心とする前後 30 年分の結果を用いている。

表 2-27 降水量、気温の変化に関するシナリオ

ケース	項目	季節	HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	HA-1e	HA-3e	HA-8e
1	P (%)	ANN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T (°C)	ANN	+2.5	+2.4	+2.4	+2.3	+2.1	+2.2	+2.2	+2.5	+2.6	+2.4	+2.5
2	P (%)	DJF	+1.1	+0.9	+3.3	+2.7	-8.3	-3.2	-2.6	+12.3	+4.7	+10.0	+33.3
		MAM	-0.5	-4.3	-2.8	-4.2	-6.3	-7.5	-3.2	-0.5	+0.7	-2.2	+0.6
		JJA	+5.3	+3.2	+3.4	+3.4	+3.2	+1.9	+6.0	+7.9	+9.7	+2.8	+12.5
		SON	+7.6	+4.2	+5.2	+1.8	+1.9	+2.3	+4.0	+7.6	+13.1	+5.2	+11.8
	T (°C)	ANN	+2.5	+2.4	+2.4	+2.3	+2.1	+2.2	+2.2	+2.5	+2.6	+2.4	+2.5

備考: P = 降水量、T=気温 2) HA-1e: HA-1 に流れ込む「ナ」国外の流域、HA-3e: HA-3 に流れ込む「ナ」国外の流域、HA-8e: HA-8 に流れ込む「ナ」国外の流域 3) DJF= 12, 1, 2 月、MAM=3, 4, 5 月、JJA=6, 7, 8 月、SON= 9, 10, 11 月、ANN=年間

出典: JICA プロジェクトチーム

降水量および気温の変化が流出量に及ぼす影響を推定するために、長期降雨-流出解析モデルが用いられた。流出解析においては、降水量および可能蒸発散量のみが、表 2-27 に示されたシナリオに基づき修正された。降水量、気温の変化に対する「ナ」国内で内部発生する年間流出量の変化は以下のように要約される。

- 想定される気温の変化は年間流出量の 20%程度の減少をもたらす可能性がある(ケース-1)。
- 想定される降水量変化に対する流出量の変化は降水量の少ない地域でより敏感となる。北部地域では、気温の変化に対する流出量の変化を緩和する可能性がある(ケース-2)。
- 一般的に 80% および 90%信頼年間流出量の減少率は、平均年間流出量のそれよりも大きい。このことは、渇水状態がより深刻になることを示している。

地下水涵養量は気候変動の影響を受けて減少する傾向にある。全国平均では、ケース 1 の場合-20%、ケース 2 の場合-14%の地下水涵養量の減少となるが、水文地域ごとに減少幅が異なる。注目すべきは、もともと地下水涵養量の少ない地域では、地下水涵養量の減少量が他流域と同様であっても減少の影響が大きいことである。その例は北部地域(HA-1 および HA-8)であり、地下水涵養量の減少量の絶対値は他流域と比較し大きなものではないが、現時点における地下水涵養量が少なく減少後の地下水涵養量は更に小さくなるため影響は大きい。

地下水涵養量の減少による地下水位の低下は、地下水の流出先である河川付近では地下水位が河床付近で一定するためその変動が小さいのに対して、河川から離れるにつれて増大する。したがって、流域全体で地下水涵養量が同じ割合で減少したとしても、河川から遠く離れた高原奥地の方が地下水位低下の影響が大きいことに留意し対策を検討する必要がある。

2.4.5 水資源ポテンシャルのまとめ

水資源ポテンシャル推定のベースは以下の通りである、推定された水資源ポテンシャルは、表2-28に示す通りである。

- 1970～2009年の40年間の降水量、気温およびそれを入力条件とした長期降雨-流出解析モデルの出力結果を用いる。
- 長期降雨-流出解析モデルは、主要水文観測地点における利用可能な実測河川流量をもとに設定されたものであり、Niger川上流域を除く、「ナ」国内及び「ナ」国に流入する河川流域のすべてをカバーする。

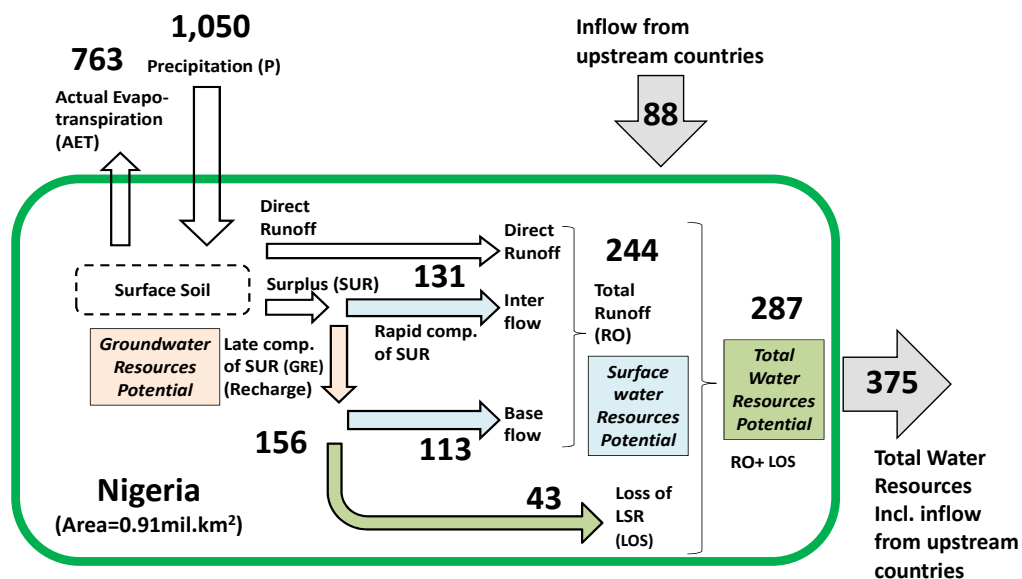
全国平均降雨量は1,150mmである。降雨量の約24%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。国土内での内部総流出量は244BCM/年であり、表流水のポテンシャルは333BCM/年である。総水資源ポテンシャルは、表流水ポテンシャルに地下水涵養量のうち基底流出として出現しない分を加えたものとして評価され、国土内での内部生産によるものは287BCM/年であり、「ナ」国外からの流入水を含めると、合計375BCM/年と評価される。88BCM/年は国外起源のものであり、おおよそ、「ナ」国の総水資源ポテンシャルの24%は隣接国からの貢献によるものであるといえる。地下水涵養量の推定から、更新可能な資源としての地下水ポテンシャルは156BCM/年であると推定される。

表 2-28 推定された水資源ポテンシャル

	HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	Total	
水資源ポテンシャル										
総水資源ポテンシャル ¹⁾										
「ナ」国外からの流入水を含む量	(BCM/年)	37.4	40.9	60.2	47.9	50.7	43.7	84.0	10.3	375.1
「ナ」国内の内部生産分のみ	(BCM/年)	10.7	40.3	37.9	32.8	50.7	43.6	60.3	10.3	286.6
表流水ポテンシャル										
「ナ」国外からの流入水を含む量	(BCM/年)	35.1	32.3	56.4	46.0	40.1	35.7	79.9	7.2	332.7
「ナ」国内の内部生産分のみ	(BCM/年)	8.4	31.7	34.1	30.9	40.1	35.6	56.2	7.2	244.2
地下水ポテンシャル										
地下水涵養量	(BCM/年)	5.0	20.5	19.3	18.6	31.9	23.4	32.8	4.3	155.8
流出状況（「ナ」国内の内部生産分のみ）										
降水量 (P)	(mm/年)	767	1,170	1,055	1,341	2,132	1,540	2,106	609	1,148
総流出量 (RO)	(mm/年)	62	205	218	415	744	359	978	40	268
地下水涵養量 (GRE)	(mm/年)	37	132	123	250	592	236	570	24	171
地下水涵養損失量 (LOS)	(mm/年)	18	56	24	25	197	80	72	17	47
流出率 (RO/P)	(%)	8.1	17.5	20.7	30.9	34.9	23.3	46.4	6.6	23.4
地下水涵養量率 (GRE/P)	(%)	4.8	11.3	11.7	18.7	27.7	15.3	27.1	3.9	14.9
地下水涵養損失量率 (LOS/P)	(%)	2.3	4.8	2.3	1.9	9.2	5.2	3.4	2.9	4.1
総水資源量率 ((RO+LOS)/P)	(%)	10.4	22.3	22.9	32.8	44.1	28.5	49.8	9.5	27.4

注記：

- 1) 総水資源ポテンシャル
= 表流水ポテンシャル + 地下水涵養量 - 基底流出量
= 表流水ポテンシャル + 地下水涵養損失量
- 2) HA-5 の水資源ポテンシャルは、デルタ地帯における流出量を含むものである。
- 3) HA-8 の水資源ポテンシャルは、湿地帯によるロスを考慮しない総流出量を示したものである。



Unit: BCM/year (Billion m³/year)

出典：JICA プロジェクトチーム

2.5 需要と供給の水バランス

2.5.1 全体的な水需要と水資源ポテンシャルのバランス

2.3 節で示されたとおり、現在の総水需要量は 5.93BCM/年と推定され、これが 2030 年には 16.58BCM/年に増加する見込みである。

水利用率は HA ごとに異なる。HA-8 の水利用率は 2010 年時点で 14% であり、他の HA のそれよりもはるかに大きい。2030 年には HA-8 の水利用率は 30% 程度となる見込みであるが、他の HA のそれは 10% 以下である。

2030 年における国全体でみた総水需要量は依然として総水資源ポテンシャルと比較してはるかに小さい。しかしながら、水資源ポテンシャル=安定して供給可能な水量ではなく、現時点で安定して供給可能な水量もまた総水資源量よりもはるかに小さいことに留意しなければならない。さらには、水資源量と水需要量の地域差が大きいことから、地域内での水バランスの検討から水源開発を検討する必要がある。

2.5.2 水バランスの検討手順

「ナ」国においては、現在（2010）の表流水と地下水の利用割合はそれぞれ 40%、60% と推定されている。都市・村落給水における地下水利用率は高く、一部都市域で表流水利用が伸びているものの、2030 年時点においても多くの地域で地下水への依存度は高いものと想定される。このような背景から、地下水利用の持続性の確認を行ったうえで、地下水、表流水利用それぞれの水バランスの検討を行う。水バランスの検討は、図 2-17 に示す手順で実施される。

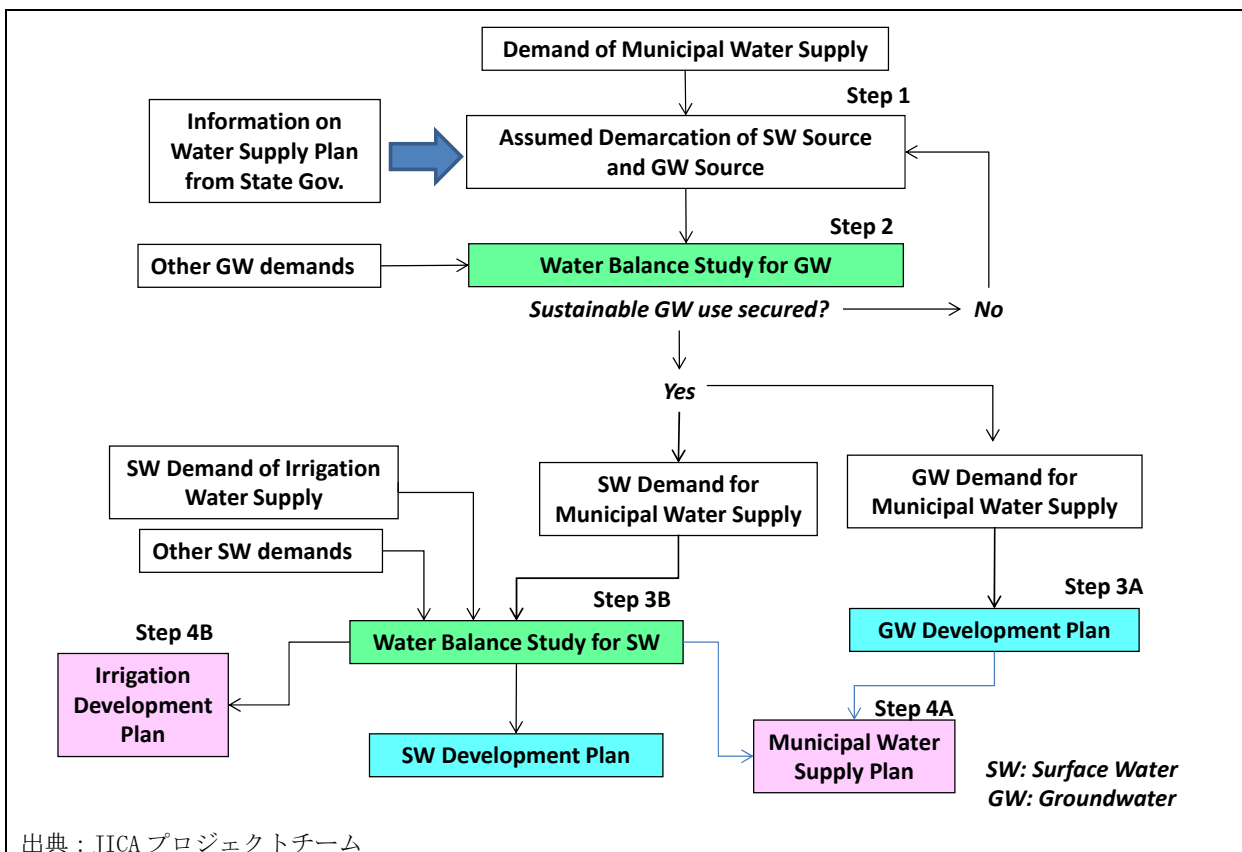


図 2-17 水バランスの検討手順

2.5.3 地下水の需要・供給バランス

(1) 既存施設による地下水供給可能量

全国の既存地下水施設は次のとおりである。

- 動力ポンプ井戸 : 19,758 本
- ハンドポンプ井戸 : 44,736 本
- 手掘り浅井戸 : 13,108 本

調査結果によると公共給水のための深井戸本数（動力ポンプ井戸＋ハンドポンプ井戸）は 64,494 本であり、地下水使用量は約 634 万 m³/日となる。

(2) 地下水の水需給

地下水に対する水需要を表 2-29 に示す。地下水涵養量に対する地下水需要は全国平均で 5% であるが州ごとに見ると 1～86% と大きなバラツキを示し、これは地下水涵養量の差によるところが大きい。地下水涵養量に対する地下水需要量の割合が大きい地域は北部の堆積岩地域であり、地下水涵養が少ない地域である。しかし、この地域の帯水層は州全体にまたがって連続して分布しているケースが多く、井戸から広範囲の地下水を取水し水需要を満たすことができる。

表 2-29 地下水涵養量と地下水需要量 (2030 年)

No	州	地下水涵養量 (MCM/年)	地下水に対する水需要 (2030年) (MCM/年)					水需要量/地下水涵養量
			給水	私的灌漑	畜産	淡水養殖	合計	
1	Abia	2,810	165	9	1	7	182	6%
2	Adamawa	3,707	96	26	17	4	142	4%
3	Akwa Ibom	5,759	221	12	1	8	242	4%
4	Anambra	1,728	125	8	2	5	140	8%
5	Bauchi	3,970	205	69	13	3	290	7%
6	Bayelsa	11,010	100	4	1	2	107	1%
7	Benue	10,655	152	50	1	3	206	2%
8	Borno	570	197	47	26	2	272	48%
9	Cross River	14,620	84	24	0	52	160	1%
10	Delta	13,056	260	19	3	344	626	5%
11	Ebonyi	2,174	43	12	3	0	58	3%
12	Edo	6,867	187	38	1	2	228	3%
13	Ekiti	863	59	11	0	11	82	9%
14	Enugu	2,504	171	15	1	1	188	8%
15	Gombe	943	83	20	13	1	117	12%
16	Imo	3,135	195	9	1	9	214	7%
17	Jigawa	349	207	70	14	9	301	86%
18	Kaduna	8,446	157	53	7	8	225	3%
19	Kano	1,028	354	66	23	102	545	53%
20	Katsina	670	231	74	14	4	324	48%
21	Kebbi	1,626	126	40	7	8	180	11%
22	Kogi	4,142	148	46	3	5	202	5%
23	Kwara	2,521	87	26	1	12	126	5%
24	Lagos	736	425	5	1	10	441	60%
25	Nasarawa	4,657	67	29	2	11	109	2%
26	Niger	8,402	156	57	7	4	224	3%
27	Ogun	1,928	106	38	1	14	159	8%
28	Ondo	3,973	145	27	0	5	178	4%
29	Osun	888	100	18	1	68	187	21%
30	Oyo	1,329	154	46	6	81	287	22%
31	Plateau	3,917	113	31	10	27	181	5%
32	Rivers	9,957	370	8	2	41	421	4%
33	Sokoto	315	131	42	27	2	202	64%
34	Taraba	13,147	81	41	4	0	127	1%
35	Yobe	421	118	51	13	1	183	44%
36	Zamfara	1,539	126	51	12	5	195	13%
37	FCT Abuja	1,374	216	7	1	2	226	16%
	合計	155,736	5,964	1,199	241	875	8,276	5%

出典：JICA プロジェクトチーム

気候変動の影響（シナリオ・ケース 1）の場合の地下水水需給のバランスを表 2-30 に示す。地下水涵養量に対する地下水需要は全国平均で 7% であり、気候変動の影響のない場合の 5% と比べ微々たる増加であるが、州ごとに見ると 1~136% と州ごとの差は一段と大きくなる。気候変動の影響は州ごとの水の過不足を拡大する方向に作用している。

表 2-30 気候変動の影響を受けた場合の地下水涵養量と地下水需要量（2030 年）

No	州	地下水涵養量 (MCM/年)	地下水に対する水需要(2030年) (MCM/年)					水需要量/地下水涵養量
			給水	私的灌漑	畜産	淡水養殖	合計	
1	Abia	2,415	165	10	1	7	183	8%
2	Adamawa	2,567	96	29	17	4	145	6%
3	Akwa Ibom	5,086	221	13	1	8	243	5%
4	Anambra	1,383	125	9	2	5	141	10%
5	Bauchi	2,841	205	78	13	3	299	11%
6	Bayelsa	9,892	100	5	1	2	108	1%
7	Benue	9,182	152	55	1	3	211	2%
8	Borno	295	197	53	26	2	278	94%
9	Cross River	13,067	84	26	0	52	162	1%
10	Delta	11,372	260	20	3	344	627	6%
11	Ebonyi	1,776	43	13	3	0	59	3%
12	Edo	5,462	187	42	1	2	232	4%
13	Ekiti	572	59	12	0	11	83	14%
14	Enugu	2,037	171	16	1	1	189	9%
15	Gombe	586	83	23	13	1	120	20%
16	Imo	2,739	195	10	1	9	215	8%
17	Jigawa	229	207	78	14	9	309	135%
18	Kaduna	6,511	157	61	7	8	233	4%
19	Kano	679	354	74	23	102	553	81%
20	Katsina	405	231	83	14	4	333	82%
21	Kebbi	965	126	45	7	8	185	19%
22	Kogi	2,719	148	52	3	5	208	8%
23	Kwara	1,335	87	30	1	12	130	10%
24	Lagos	531	425	14	1	10	450	85%
25	Nasarawa	3,349	67	32	2	11	112	3%
26	Niger	5,616	156	65	7	4	232	4%
27	Ogun	1,298	106	97	1	14	218	17%
28	Ondo	3,005	145	32	0	5	183	6%
29	Osun	593	100	20	1	68	189	32%
30	Oyo	747	154	52	6	81	293	39%
31	Plateau	2,945	113	34	10	27	184	6%
32	Rivers	8,856	370	9	2	41	422	5%
33	Sokoto	152	131	47	27	2	207	136%
34	Taraba	10,723	81	46	4	0	132	1%
35	Yobe	265	118	57	13	1	189	71%
36	Zamfara	1,017	126	58	12	5	202	20%
37	FCT Abuja	964	216	9	1	2	228	24%
	合計	124,178	5,964	1,409	241	875	8,486	7%

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 地下水シミュレーションによる地下水需給の検証

(3-1) 2030 年における地下水位低下の予測

前項では地下水の水需給に関し州単位で整理したが、地下水涵養量の分布と水需要の分布は州内で均等に分布しているのではなく偏って分布している。地下水シミュレーションでは地下水涵養、水需要、帯水層の空間的な分布・偏在をより正確に扱うことが可能であり、地下水需給条件をシミュレーションモデルで再現し定常計算を行った。計算結果の定常地下水位が井戸から揚水可能な範囲にあることが地下水開発の持続性の条件となる。地下水位の低下予測結果を図 2-18 に示す。

図 2-18 に示す結果から、提案する地下水開発を実施した場合の現時点における地下水位からの水位低下量は、大部分の地域で 5m 以下であり、井戸の深度を確保することによって十分に対応が可能であると結論できる。

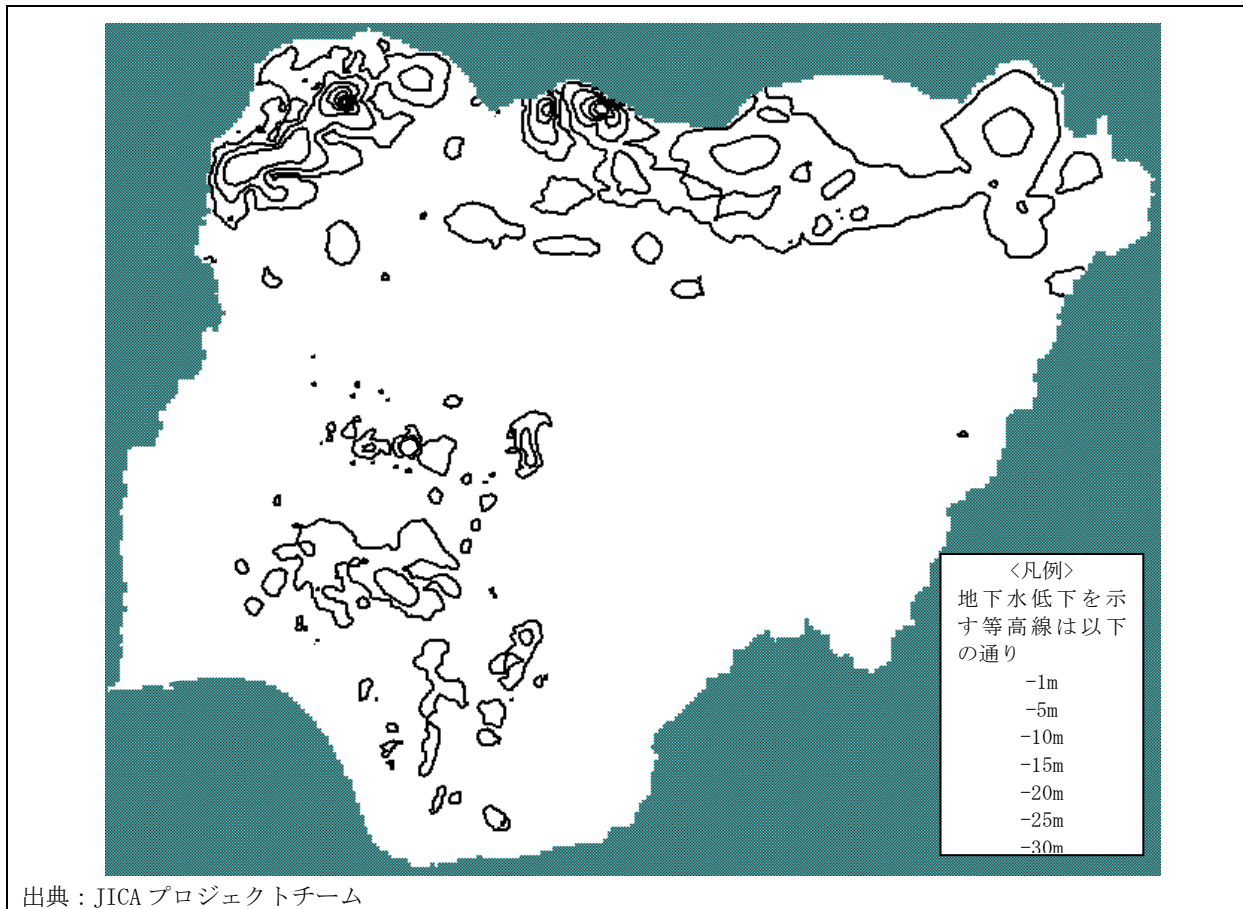


図 2-18 2030 年における広域的地下水位低下の予測

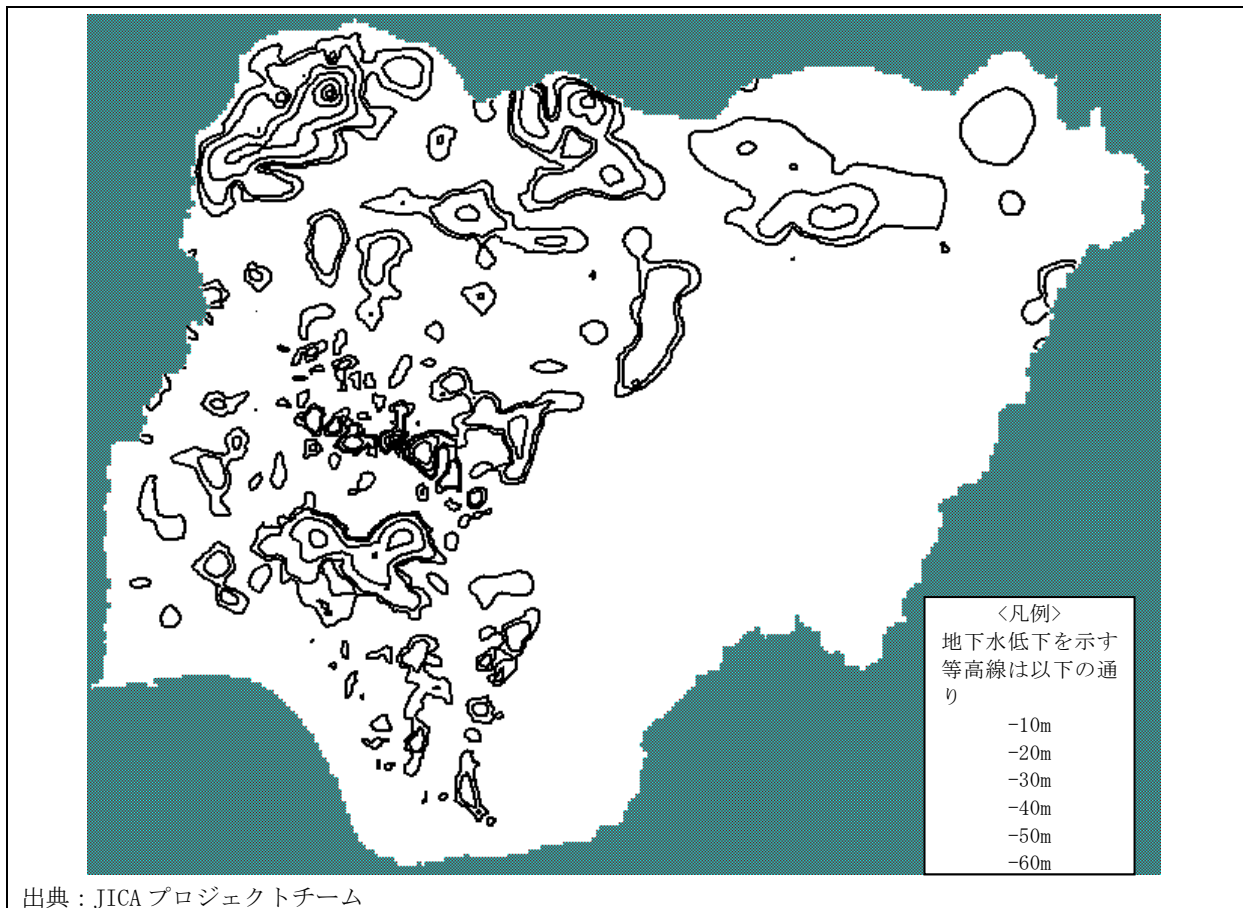
(3-2) 気候変動の影響

気候変動の影響（シナリオ・ケース 1）によって地下水涵養量が減少した場合の地下水位の低下（2030 年）を予測した。計算結果を図 2-19 に示す。

図 2-18 と図 2-19 を比較した場合、地下水涵養量の減少に対応し「ナ」国全体に地下水位低下が発生し、気候変動の影響がない場合と比べ更に 5~20m 程度の追加的な地下水位低下が予想される。たとえ揚水量が地下水涵養量の範囲内であっても、気候変動の影響による自然地下水位の低下によって現在の井戸深さやポンプの深度では揚水量が不十分となる可能性がある。気候変動による地下水位低下を念頭に置いた今後の井戸建設に係る対策として以下を提案する。

- 井戸の深さを現在の井戸の深さより 20m 程度深くする。
- 地下水位の低下に対応し取水ポンプの設置深度を深くする（20m 程度）必要があり、これを前提として井戸計画を行う。

井戸干渉による地下水位の低下は気候変動による地下水の低下の影響を拡大するため、井戸が集中する地域では気候変動の影響の進行と連動した揚水規制が必要となり、これをサポートする地下水位モニタリングシステムや揚水規制のための法的・制度的な枠組みが必要となる。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-19 気候変動の影響を考慮した 2030 年における広域的地下水位低下の予測

2.5.4 表流水の需要・供給バランス

(1) 水文地域全体のスケールからみた水需要量と水源供給可能量の比較

疑似自然状態においては 1 年を通じて安定的に利用できる水量は極めて限られている。貯水ダム
の設置と運用による流況の制御は、このような安定して取水できる水量を増加させることができる。「ナ」国においては、安定して取水できる水量を増やすために、これまでに確実に確認できる
ものだけでも 170 あまりの大小の貯水ダムが建設されてきた。これら貯水ダムによる表流水源供
給能力について、年間一定の水需要量を仮定した貯水池における水収支計算を行うことにより、
概算する。

表 2-31 に、HA の代表地点（HA の下流端）において HA 全体のスケールでみた場合の水需要量と水
源供給可能量の比較を示す。ここで、供給可能量としては巨大水力発電ダム（Kainji、Jebba、
Shiroro）による開発水量を考慮しないケースを示している。全水文地域において、90%年信頼供
給可能量は将来（2030）の水需要量を上回っている。このことから、HA 全体のスケールでみた場
合には、既存及び建設中のダムによる流況制御により、2030 年の水需要量を概ね供給することが
できる。

しかしながら、同一 HA 内においても、水源と需要地には偏りがあり、異なる水源を需要地が融
通しあうことが困難な場合が多い。このため、HA 内でのより詳細な水バランスの検討により不足
量が生じることが想定される場合には新規水源開発等の対策が必要となる。

表 2-31 水文地域全体のスケールからみた水需要量と水源供給可能量の比較

水文地域	代表地点	巨大水力発電ダムによる開発水量を考慮しない場合の供給可能量***				水需要量 (MCM/年)	
		90%年信頼供給可能量 (MCM/年)		80%年信頼供給可能量 (MCM/年)		現在 (2010)	将来 (2030)
		既存ダムあり	既存・建設中ダムあり	既存ダムあり	既存・建設中ダムあり		
HA-1	HA-1 の下流端	1,190	1,208	1,665	1,666	489	754
HA-2	HA-2 の下流端	2,032	2,466	3,218	3,492	796	1,783
HA-3	HA-3 の下流端	2,195	2,306	2,421	2,594	172	1,679
HA-4	HA-4 の下流端	2,496	4,177	3,993	5,097	275	2,405
HA-5	HA-5 の河川下流端の総和	2,098	3,069	6,000	6,402	1,150	4,660
HA-6	HA-6 の河川下流端の総和	1,306	1,840	2,086	2,324	345	1,697
HA-7	HA-7 の河川下流端の総和	459	556	1,427	1,502	89	341
HA-8	湿地帯流入前の値の総和*	1,107	1,107	1,348	1,348	411**	870**

* SHA 802_i, 80401, 806, 807, 808061, 8080741, 808075 の下流端における値の総和

** Lake Chad を水源とする水需要量は含まれない。

***Lagdo ダムによる開発水量は考慮されていない。

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 詳細水バランス

(2-1) 概要

詳細水バランスの検討にあたっては、表 2-32 に示す項目を考慮した。

表 2-32 詳細水バランスの検討項目

項目	内容
地下水取水量の考慮	詳細水バランスの検討にあたっては、疑似自然流量をもとに地下水利用による基底流出流量の減少を見込んだ流出量を概略推定し、これをもとに表流水の水バランスの検討を行う。
水利施設の種類	<p>「ナ」国全土に分散する大小様々なスケールの水利施設を一括して同様の取り扱いで水バランスを検討することは非効率であることから、水利施設を以下のように分類して、水バランスを検討する（図 2-20 参照）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● SHA をまたぐ主要河川および大規模ダムを水源とする水利施設 <ul style="list-style-type: none"> ➢ MODSIM-DSS のモデルネットワークにおいて直接モデル化する。MODSIM-DSS のモデルネットワークは、基本的に SHA 単位で流出量を与えるノードを配置し、総貯水容量 100MCM 以上の大規模ダムおよび重要ダムを直接モデル化する。 ➢ 都市用水 43 ヶ所、灌漑用水 49 ヶ所について、需要ノードを配置する。 ● SHA 内部の流域から取水する水利施設 <ul style="list-style-type: none"> ➢ SHA 内で集約化して取り扱い、スプレッドシートによるモデル化を行う。この結果を SHA 内での水利用が行われた状態での流出量として、MODSIM-DSS モデルネットワークモデルの入力データとする。
SHA 内部の流域から取水する既存水利施設と水源の個別検討	<p>SHA 内部の流域から取水する既存水利施設に関して、以下に示すような規模が比較的大きなものについては、個別の水バランス検討により水源供給能力を推定し、それに基づき、必要に応じた新規水源開発が提案される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 都市用水：1 ヶ所での水源取水量 3MCM/年以上が想定される浄水場（群）（58 ヶ所） ● 灌漑用水：計画面積 500ha 以上の大規模灌漑スキーム（75 ヶ所）
新規水源開発候補地における水バランス需給検討	2.6 節に示される新規水源開発候補地点 (288 地点) に関しても個別サイトごとに水バランス計算を行い、開発水量、開発可能灌漑面積の算定を行い、ダム概略コストと合わせてダム候補地点ごとの経済的効率性の概略評価を行う。

備考：上記以外に、SHA をまたぐ水バランス検討にも留意した。

出典：JICA プロジェクトチーム

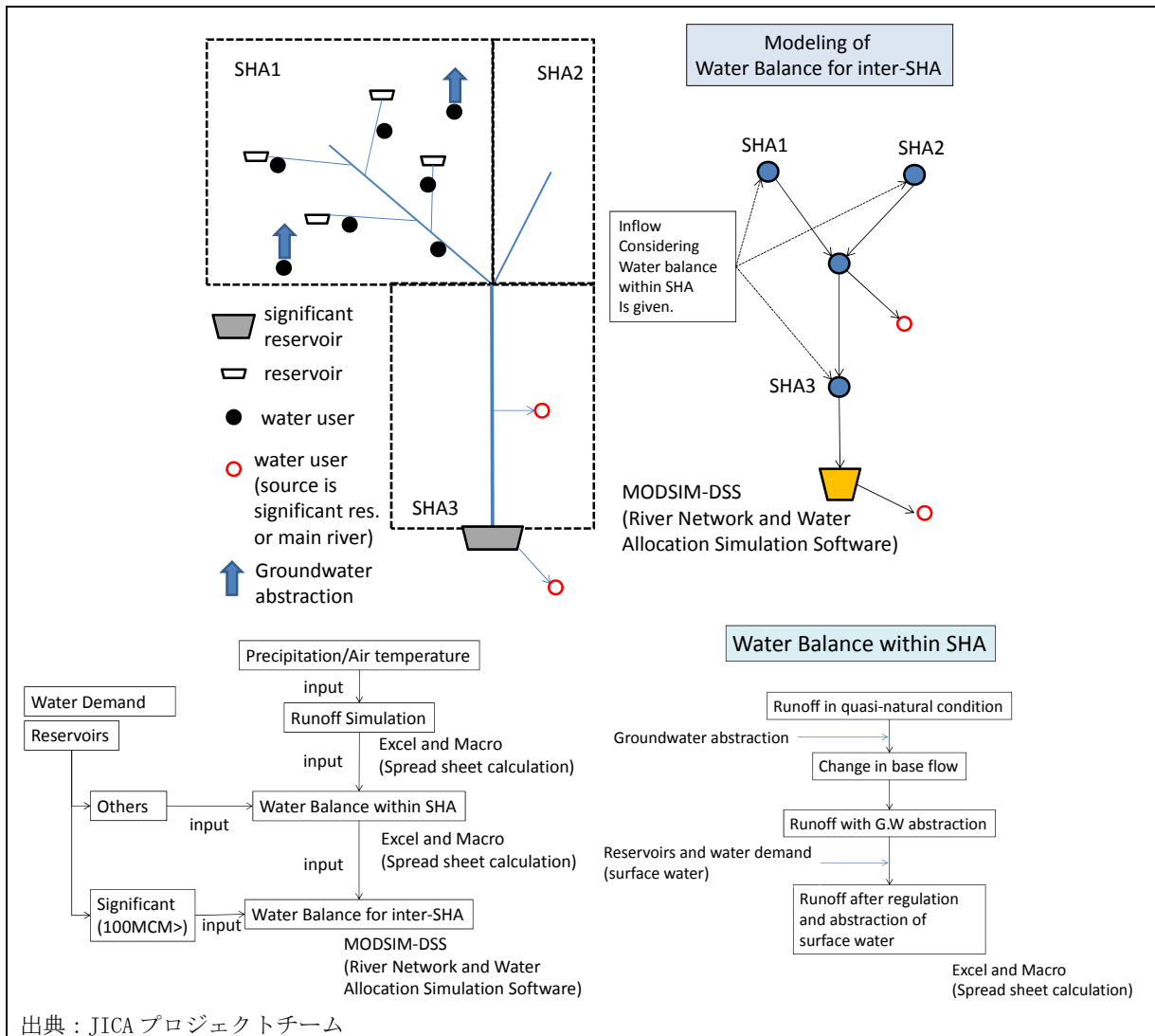


図 2-20 詳細水バランスの検討

(2-2) 水バランス検討結果

都市用水水源

比較的大規模な浄水場（群）に対する水バランス計算の結果、2030年に必要とされる都市用水水需要量について 1/10 安全度で供給できる水量がいくつかの水源で不足し、合計の不足水量が 387.6MCM/年と評価された。この評価結果に基づき、1/10 安全度での都市用水水源の供給を行うための州ごとの対策案を提案する。

灌漑用水水源

計画面積 500ha 以上の大規模灌漑スキームに対する水バランス計算の結果（合計灌漑計画面積 126,000ha）、いくつかの既存灌漑スキームにおいて、全国水資源マスタープラン 2013 で設定されたクロッピングパターンに対して 1/5 安全度で水源水を供給しうる灌漑面積が計画面積よりも小さくなると評価された（合計評価面積 39,000ha）。水源開発計画、灌漑開発計画はこれらの評価結果を参照して策定する。

大規模ダムにおける発電力量

水バランス計算の結果として得られる 2030 年に想定される水需要量に対応したダム放流量を基に、連邦水資源省（FMWR）によって水力発電のポテンシャルがあるとされる大規模ダムおよび Kainji, Jebba, Shiroro の大規模水力発電ダムによる発電力量を推定し、その結果を表 2-33 に示す。

表 2-33 大規模ダムにおける発電力量の推定

ダム		総発電容量 (MW)	平均総発電力量 (Gwh/年)	80%年保障総発電 力量(GWh/年)
FMWR 管轄のダム	Gurara, Oyan, Ikere Gorge, Bakolori, Dadin Kowa, Tiga, Kiri, Jibiya, Challawa Gorge, Zobe, Omi, Kashimbilla	162	522	445
FMP 管轄の水力 発電ダム	Kainji, Jebba, Shiroro	1,590	5,260	4,104

注1) 発電効率は0.7とした。

注2) Ikere Gorge, Bakolori, Dadin Kowa, Kiri, Kainji, Jebba, Shiroro については、H-V-A 関係についての情報が得られているため、ダム湖の水位変動を考慮して水頭を算定し、発電力量の推定を行った。その他のダムについては、水頭が最大水深の50%で一定であると近似して発電力量の推定を行った。

出典：FMWR および FMP からの情報を基に JICA プロジェクトチームが作成

大規模ダムにおける余剰貯留容量

水バランス計算の結果、2030年に必要とされる都市用水、灌漑用水を考慮しても、貯水に余裕が生じる大規模ダムが存在することが明らかとなった。こうした大規模ダムにおける、余剰貯留容量を利用して1/10安全度で一定量を供給する場合の追加供給可能量を算定した(合計5.7BCM/年)。こうした余剰貯留容量は、灌漑用水供給、都市用水供給、ファーム発電量の増強、下流の洪水ピーク流量の低減、環境保全のための放流など、様々な用途への活用が考えられるが、各水文地域における利害関係者との協議を通じて最適な利用を検討する必要があり、各水文地域における流域管理計画(CMP)策定の際の重要検討項目の一つとなる。

(3) 気候変動、越境水に起因する水需給面のリスクの推定

(3-1) 気候変動に起因する水需給面のリスクの確定

気候変動に起因する水需給面のリスクを推定するために、2.4節で設定した気候変動シナリオ・ケース1(気温変化のみを考慮するケースであり、降水量の変化も考慮するケース2と比べると水資源量は小さめになると評価される)について、流出量の変化、灌漑水需要量の変化を考慮した水バランスの検討を行った。

取水量が3MCM/年を超えるような比較的大規模な都市用水取水地点について気候変動シナリオ・ケース1に対する水バランス計算を行った結果、いくつかの取水地点において給水安全度が1/10を下回ると予想される。HA-3、8において給水安全度が1/5を下回る取水地点が多くみられ、これらの水文地域において都市用水水源に対する気候変動の影響が大きい傾向にある。

計画面積500ha以上の大規模灌漑スキームについて気候変動シナリオ・ケース1に対する水バランス計算を行った結果、1/5安全度で灌漑可能な面積は縮小する場合が出てくる。灌漑可能面積の縮小が顕著なのはHA-8であり、都市用水と灌漑用水の利用が競合している地域である。

連邦水資源省(FMWR)によって水力発電のポテンシャルがあるとされる大規模ダムおよびKainji、Jebba、Shiroroの大規模水力発電ダムにおける発電力量は、気候変動シナリオ・ケース1においては60~90%程度に減少するものと想定される。

(3-2) 越境水に起因する水需給面のリスクの確定

2.4節で記述したように、「ナ」国の総水資源量の24%は「ナ」国の上流国から流入する越境水によるものである。そのほとんどは、「ナ」国を貫流するNiger川及びBenue川を通して流入するものであり、こうした越境水の影響はNiger川及びBenue川の本川に沿って出現する。

Niger川本川には、Kainji、Jebbaといった巨大発電ダムが設置されており、Niger川上流から流入する流量の変化は、これらのダムにおける発電力量に大きな影響を及ぼす可能性がある。ベニン国Malanvilleにおける過去40年間(1970~2009年)の流量パターンは変わらず、平均流量が過去40年間の平均値の10、30、50%減少となるシナリオを設定し、これらのケースについて需給水バランス計算を行い、Kainji、Jebbaダムにおける発電力量の変化を推定した結果、流入流量の減少率が小さい場合には、発電力量の減少率は流入流量の減少率とほぼ等しくなるが、流入流量の減少が大きくなるに従い、発電力量の減少率は流入流量のそれよりも小さめとなる。

越境水に関わるリスクとしては、上述したような長期的な流況変化に加え、上流国に位置するダ

ム操作による短期的な流況変化によるリスクにも留意する必要がある。このような短期的な流況変化に対しては、上流国との綿密な情報交換ならびにリアルタイムの河川流況のモニタリングを行い、突発的な流況変化に対して柔軟に対応できる体制を整える必要がある。

2.6 水源開発計画

2.6.1 地下水開発

(1) 地下水開発の現状

(1-1) 地下水開発の利点

地下水利用の利点は以下のとおりである。

- 地下水は帯水層に貯留され、「ナ」国内に普遍的に存在している。
- 地下水は乾季においても使用可能である。乾季が長い地域では、地下水はこの点で河川水や雨水に優っている。
- 開発水量が少ないうちは表流水開発に比べ地下水の開発コストは安い。したがって、水源開発のための多くの投資が期待できない村落給水や小都市給水の水源として適している。
- 地下水は河川水に比べて水質が良好であり、飲料水とする場合でも浄水処理が不要である。

(1-2) 地下水利用における課題

連邦水資源省（FMWR）が 2006 年に行った給水施設調査結果によると約 37%の井戸は使用不可能である。深井戸の稼働率が低い理由は、深井戸に設置されたハンドポンプや動力ポンプの故障が原因と考えられる。小都市給水や村落給水の場合は、施設の利用者住民組織がポンプの維持管理を行うことになっており、利用者組織が機能していない場合が多いため、ポンプが故障したまま深井戸が放置されるケースが多く、今後改善が強く求められる。

(2) 適切な地下水開発方法

「ナ」国の帯水層を表 2-34 に示す 6 つのモデルの区分し、各地域の地下水涵養量を用いて群井とした場合の地下水開発可能量を示す。群井からの最適揚水量は、地下水涵養量、井戸本数、井戸間隔の関数として算出される。

表 2-34 解析結果の地下水開発可能量

帯水層区分				井戸 1 本当たりの揚水量 (m ³ /日)	
				平均	範囲
WH	高透水性	風化帯水層	基盤岩風化部や泥質・シルト質岩の風化部	480	100~1,000
WM	中透水性	風化帯水層		380	300~500
WL	低透水性	風化帯水層		150	100~300
MH	高透水性	複合帯水層	砂質堆積岩(砂岩・頁岩互層)	990	700~1,500
MM	中透水性	複合帯水層		560	500~900
ML	低透水性	複合帯水層		280	200~500

出典：JICAプロジェクトチーム

(3) 帯水層ごとの地下水開発計画

(3-1) 基本方針

地下水開発の基本方針は次のとおりである。

- 持続的な揚水が可能であること
- 揚水の効率性（経済性）を高めること

地下水開発は、都市・村落給水、私的灌漑、畜産、淡水養殖の各セクターに対して行うが、ここでは地下水利用の中核をなす都市・村落給水における地下水開発計画に関して述べる。

(3-2) 都市・村落給水における地下水開発コンセプト

都市・村落給水における地下水開発コンセプトを表 2-35 に示す。

表 2-35 都市・村落給水における地下水開発コンセプト

給水計画上の区分	地下水開発コンセプト
大都市/小都市・町	大都市、小都市・町の周辺部に複数の井戸群を配置し井戸群ごとに独立した給水システムを構築し給水する。図 2-21 参照。
村落	村落コミュニティごとに動力ポンプとハンドポンプによる単独井戸を配置しポイント給水を実施する。動力ポンプとハンドポンプの揚水量比率は現況では 6:4 と推定され、これを 2030 年まで維持すると仮定する。

出典：JICA プロジェクトチーム

LGA ごとに水需要に対応する井戸群を計画する（図 2-21 参照）。計画に当たって考慮する要素を図 2-22 に示す。すなわち、帯水層と地下水涵養量の分布を LGA ごとに考慮した。

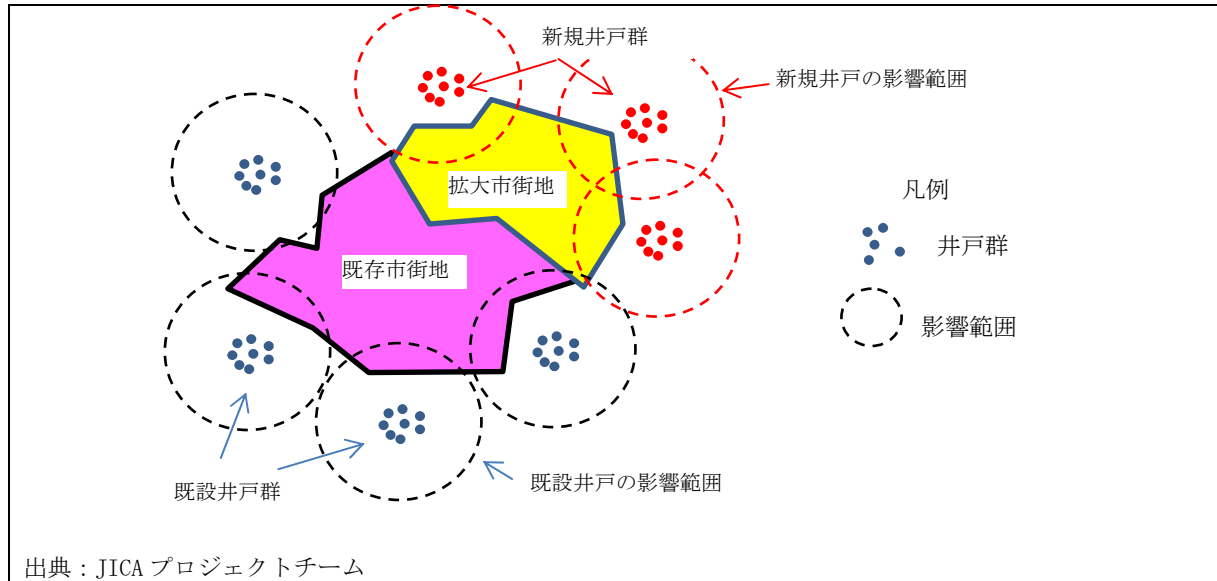


図 2-21 井戸群による給水の概念

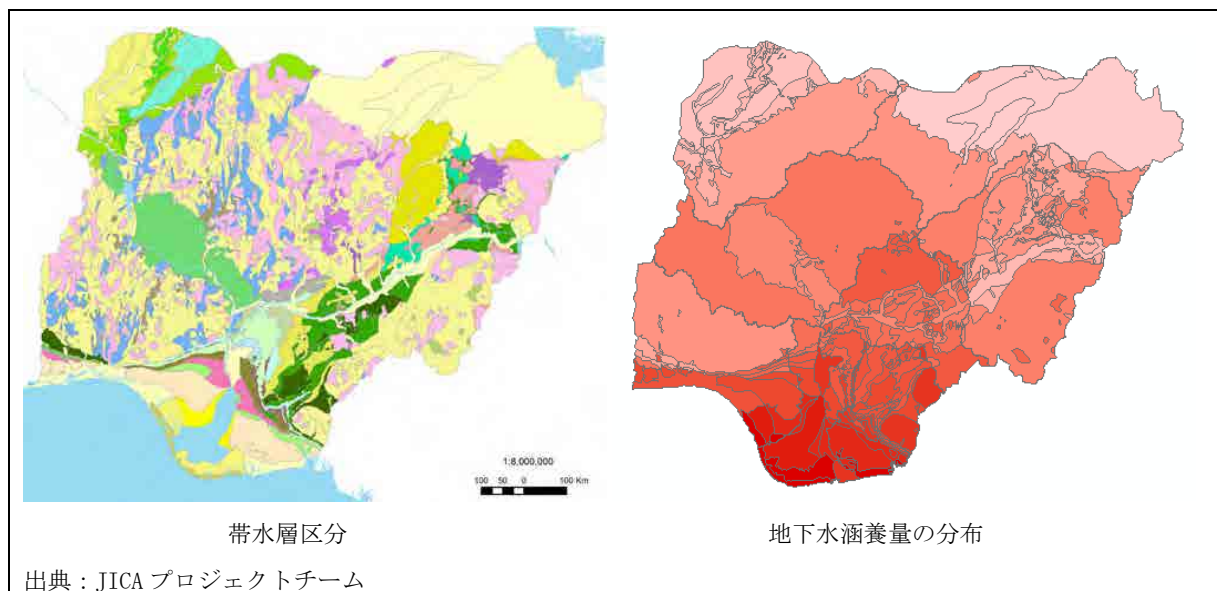


図 2-22 地下水開発計画で考慮する内容

井戸群当たりの揚水量

井戸本数を最少にするための井戸群当たりの揚水量を、帯水層ごとに表 2-36 に示す。

表 2-36 井戸群当たりの最適揚水量

帯水層	都市・小都市・町		村落 ^{注)}			
	動力ポンプ井戸		動力ポンプ井戸		ハンドポンプ井戸	
	井戸群当たりの最適揚水量 (m ³ /日)	給水人口の目安 (人)	井戸群当たりの揚水量 (m ³ /日)	給水人口の目安 (人)	単独井戸 (m ³ /日)	給水人口の目安 (人)
WH	1,000	10,000	150m 以下	5,000 以下	10	300 以下
WM	500	5,000				
WL	400	4,000				
MH	1,500	15,000				
MM	1,000	10,000				
ML	900	9,000				

注) 村落給水の井戸群当たりの揚水量は帯水層の能力ではなく村落の人口規模の制約によって決まる。
出典：JICAプロジェクトチーム

井戸群当たりの井戸本数

1つの群井内の井戸本数が増えるにしたがって、個々の井戸の揚水可能量は井戸干渉によって減少する(図 2-23 参照)。地下水開発の経済性を考慮し、1つの群井における井戸本数の上限を 10本に制限する。

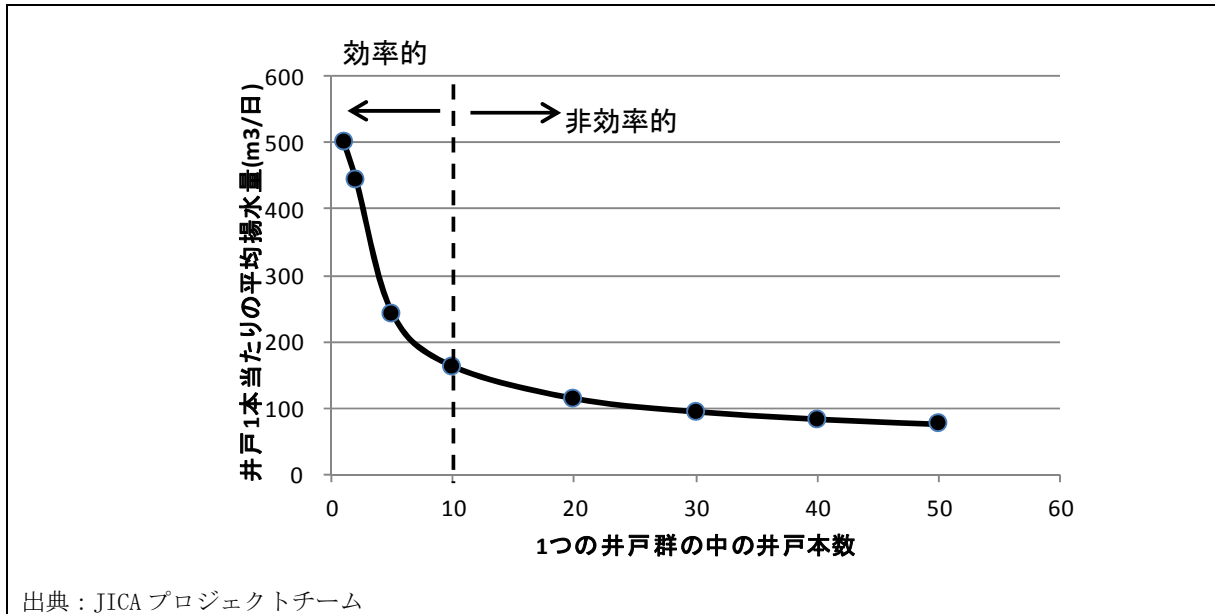


図 2-23 井戸群の井戸本数と揚水量の関係の例

井戸の仕様

井戸の仕様は帯水層タイプに対応し、表 2-37 に示すとおりである。

表 2-37 井戸の仕様

帯水層 タイプ		都市/小都市・町		村落		備考
		動力ポンプ		動力ポンプ	ハンドポンプ	
		井戸深度 (m)	井戸径 (インチ)	井戸深度 (m)	井戸深度 (m)	
WH	風 化 岩	50	6	50	50	井戸群とした場合の 井戸間隔は 200m
WM		50	6	50	50	
WL		50	6	50	50	
MH	堆 積 岩	200	6	200	50	
MM		200	6	200	50	
ML		200	6	200	50	

出典：JICAプロジェクトチーム

リハビリ可能揚水量と新規開発地下水量との関係

新規井戸掘削によって開発する地下水量はリハビリ可能地下水量を考慮し、以下の関係から求める。

新規井戸掘削による 地下水開発量	=	2030年までに 開発する地下水量	-	リハビリによる 揚水可能量
---------------------	---	----------------------	---	------------------

新規井戸掘削・リハビリ計画

前記の方法によってLGAごとに井戸掘削・リハビリ計画を策定し、州ごとに整理し表2-38に示す。

表 2-38 2030年の給水需要を満たすための新規井戸掘削・リハビリ本数

州	新規井戸掘削本数							リハビリ本数			
	都市・小都市・村落			村落給水				都市・小都市・町	村落		
	動力ポンプ井戸			動力ポンプ井戸			ハンドポンプ	動力ポンプ井戸	動力ポンプ井戸	ハンドポンプ	
	200m	50m	合計	200m	50m	合計					
1 Abia	108	215	323	78	63	140	1,217	170	14	73	
2 Adamawa	29	546	575	50	295	345	3,116	43	3	179	
3 Akwa Ibom	133	45	178	215	34	249	2,242	214	34	0	
4 Anambra	71	76	147	189	54	243	2,266	144	11	40	
5 Bauchi	141	333	474	234	270	504	4,661	170	20	332	
6 Bayelsa	208	0	208	56	0	56	542	32	59	0	
7 Benue	16	218	234	23	326	349	3,066	71	18	620	
8 Borno	353	303	656	311	106	418	3,910	172	11	165	
9 Cross River	18	161	179	40	145	185	1,595	186	98	0	
10 Delta	208	0	208	178	0	178	1,612	94	10	269	
11 Ebonyi	0	0	0	4	203	206	1,867	0	4	180	
12 Edo	145	234	379	139	95	234	2,078	0	0	204	
13 Ekiti	0	101	101	0	88	88	792	25	11	123	
14 Enugu	95	1,180	1,275	79	165	244	2,087	70	19	59	
15 Gombe	33	525	558	53	169	221	2,011	419	8	873	
16 Imo	212	243	455	226	98	324	3,014	233	49	102	
17 Jigawa	317	210	527	176	49	225	2,044	147	0	1,697	
18 Kaduna	2	168	170	1	246	248	2,298	105	71	897	
19 Kano	26	542	568	115	596	711	6,804	281	15	886	
20 Katsina	335	975	1,310	143	325	468	4,328	234	61	709	
21 Kebbi	228	278	506	161	109	270	2,317	240	55	750	
22 Kogi	95	374	469	79	154	233	2,085	127	19	219	
23 Kwara	19	200	219	13	73	85	759	91	16	422	
24 Lagos	0	0	0	33	0	33	286	0	1	335	
25 Nasarawa	22	110	132	29	90	119	937	242	50	340	
26 Niger	179	184	363	129	134	263	2,272	36	5	749	
27 Ogun	0	0	0	154	73	226	1,925	0	12	77	
28 Ondo	20	185	205	54	153	206	1,869	189	51	341	
29 Osun	0	146	146	0	140	140	1,200	34	19	208	
30 Oyo	2	89	91	6	251	258	2,386	0	28	510	
31 Plateau	12	347	359	25	299	324	2,926	39	6	180	
32 Rivers	322	0	322	309	0	309	2,956	111	8	346	
33 Sokoto	246	539	785	150	45	195	1,580	294	89	409	
34 Taraba	15	430	445	33	238	270	2,470	39	6	84	
35 Yobe	183	99	282	183	20	203	1,808	511	61	422	
36 Zamfara	39	337	376	64	194	258	2,408	37	6	280	
37 FCT Abuja	25	1,397	1,422	10	74	84	804	80	1	284	
合計	3,857	10,790	15,361	3,736	5,369	9,105	82,538	4,880	949	13,364	

出典: JICA プロジェクトチーム

2030年の水需要に対応する新規動力ポンプ井戸は15,361本(都市および小都市・町)、9,105本(村落)である。一方、ハンドポンプの新規掘削数量は82,538本となる。

(4) 地下水開発・管理に係る問題点

地下水は主に都市・村落給水水源として管理・開発されており、その問題点を列挙する。

- 地下水涵養の促進（降雨量が少なく蒸発散量が多い北部地域での、河床からの地下水涵養）
- 村落給水における問題
低い井戸成功率（基盤岩地帯：50～70%）、地下水の汚染（家庭排水等の侵入に起因する塩素、硝酸など）
- 都市部における問題
過剰揚水による地下水位低下と地盤沈下（南部海岸平野など、観測未実施）、海水の侵入（南部沿岸部。大都市における過剰揚水に起因）、地下水汚染（Lagos 周辺の工業地帯における廃棄物投棄に起因想定）
- Benue 盆地の堆積層中の塩水
- 北部鉱山地域の地下水汚染（鉱山からの採掘した鉱石残滓の不適切な処分に起因）
- 地下水位低下と干ばつの関係
- ハンドポンプから動力ポンプへの転換（地下水開発ポテンシャルの最大活用）

(5) 事業実施スケジュール

地下水開発は、2014 年を準備期間とし 2015～2029 年まで毎年同一量の地下水開発を行い 2030 年に目標を達成する。図 2-24 に年度ごと地下水開発のイメージを示す。

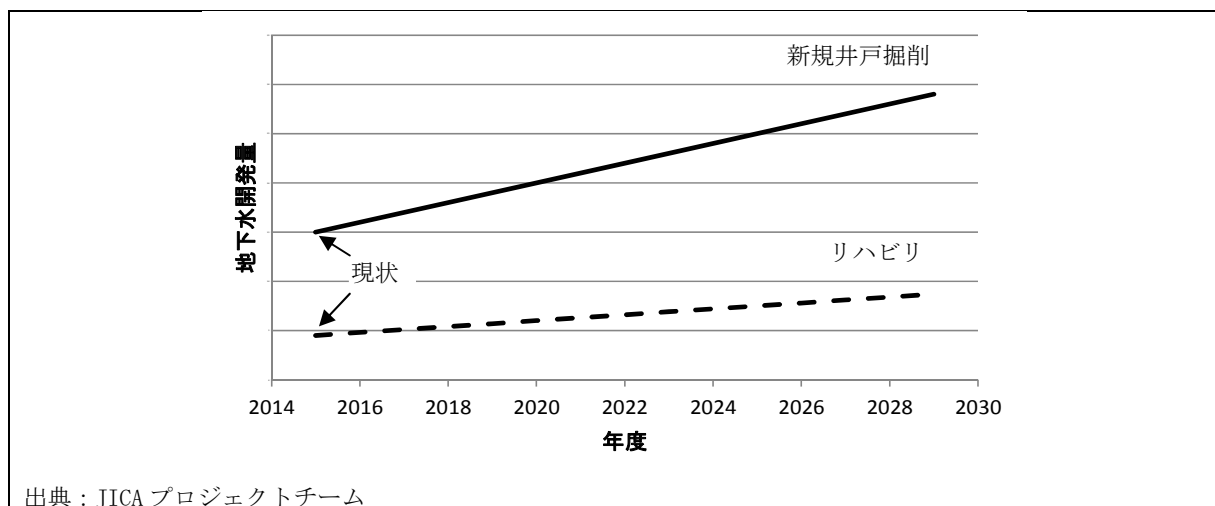


図 2-24 段階的な地下水開発のイメージ

年ごとの地下水開発量は州ごとに異なる。表 2-39 に州ごとの 1 年当たりのリハビリ本数、表 2-40 に 1 年当たりの新規井戸掘削本数を示す。

表 2-39 1 年当たりの平均リハビリ井戸本数（全国）

都市		村落	
動力井戸		動力井戸	ハンドポンプ井戸
325		62	892

出典 JICA プロジェクトチーム

表 2-40 1 年当たりの平均新規井戸掘削本数（全国）

都市・小都市・町			村落			
動力井戸			動力井戸			ハンドポンプ
200m	50m	合計	200m	50m	合計	
255	719	978	252	359	611	5,502

出典 JICA プロジェクトチーム

2.6.2 表流水開発

(1) 表流水開発の現状

(1-1) 既存の水資源開発施設

「ナ」国における既設ダムの総数は、主として以下の文献をもとに確認できたものが 171 である。これらのダムの位置は図 2-25 に示すとおりである。

- FMWR: Nigeria Register of Dams, 1995
- FMWR: Compendiums of Nigerian Dams, 2007
- NIWRMC: Inventory of Water Infrastructure Project in Nigeria, Appendix II, 2010

既存ダムの総貯水容量は 374 億 m³ である。このうち、Kainji、Jebba、Shroro の巨大水力発電ダムが 258 億 m³ を占め、残りの 116 億 m³ が主として都市給水、灌漑用水供給を目的とするダムによるものである。平均的な総貯水容量に対する有効貯水量の割合は 78% である。

(1-2) 建設中のダム

連邦水資源省 (FMWR) ダム局によれば、連邦政府によって建設中のダム数は約 30 であり、その総貯水容量は約 15 億 m³ である。これは Water Sector Roadmap の中期目標・戦略における貯水容量の増分に合致する。貯水量用の大きい代表的な建設中ダムとしては、Kashimbilla ダム、Galma ダム、Kontagora (Auna) ダムが挙げられる。建設中ダムの位置についても図 2-25 に併示している。

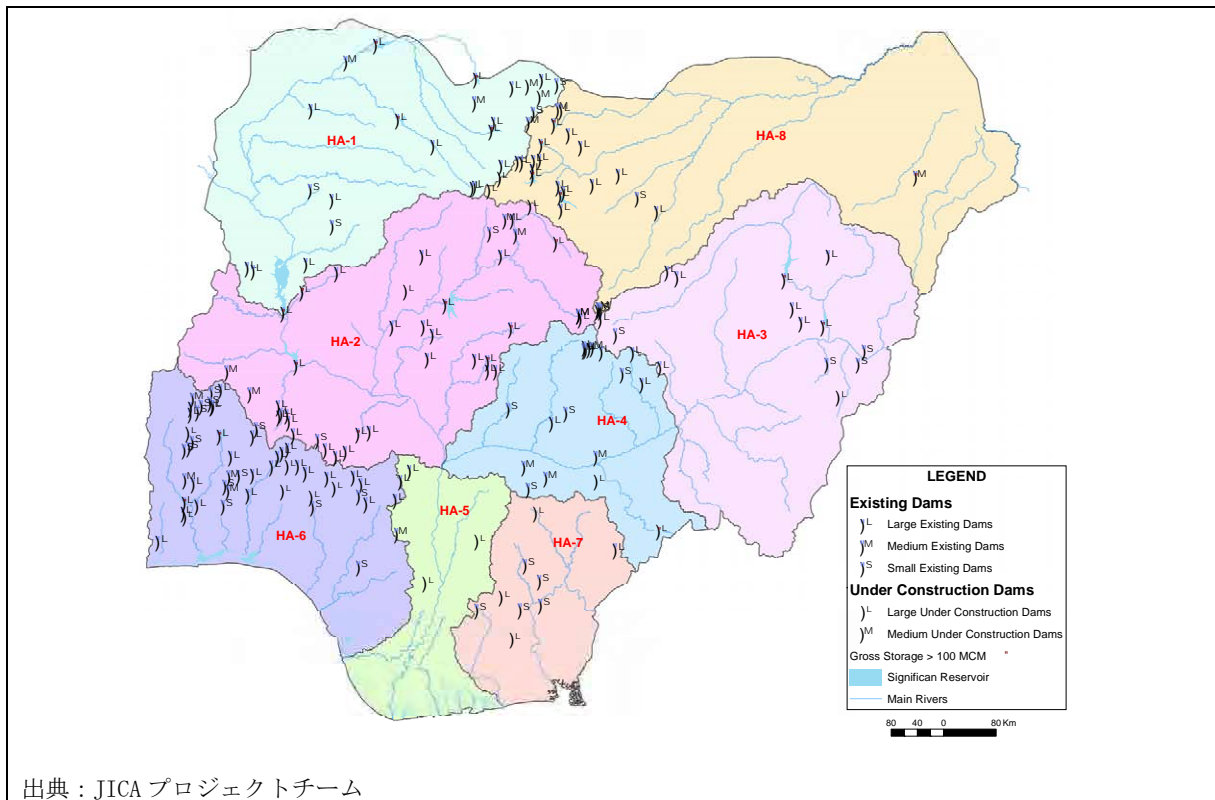


図 2-25 既存ダムと建設中ダムの位置図

(1-3) 代表ダムの管理実態調査

M/P2013 および流域管理計画 (案) の策定のために実施された代表ダム (計 26) の管理状況調査の結果を、表 2-41 に示す。

表 2-41 代表ダムの管理実態調査結果のまとめ

項目	状況	
運用データの管理状況	一部のダムを除き殆どの重要なデータが管理・記録がされていない。	
ダム本体、設備、貯水池の状況	貯水池の水質	水質に問題があると認識しているケースが多い。
	貯水池の堆砂	堆砂に問題があると認識しているケースが多い。
	堤体の安全性	クラック、植生など課題が多いダムが存在する。特に乾燥地帯である HA-1、HA-8 の損傷が激しい。
	洪水吐き	洪水吐き自体の構造、また関連設備は比較的管理がされているが、放流能力はさらなる確認が必要。
管理用道路	一部のダムで劣悪な状況となっている。	
貯水池運用実績	雨期の貯留によって乾期の補給能力が決まるため、その貯留操作の面を含め難しい運用を強いられている。また、回転率が低いいため満水に回復しないダムも存在する。	

出典：JICA プロジェクトチーム

(1-4) 関連する大規模ダム建設をめぐる動向

Manbilla HPS（最大出力：3,050MW）および Zungeru HPS（同：700MW）の2つの大規模ダム建設を伴う水力発電開発事業が、連邦電力省の主管により実施されようとしている。

一方、Benue 川のカメルーン国境付近では、Dasin Hausa ダムの建設計画が議論され始めた。同計画は1982年にプレF/Sが実施された水力発電、灌漑、内陸水運改善を目的とする多目的ダム事業である。2008年にはF/Sが実施され、灌漑ポーションを除く事業コンポーネントに対する経済評価などがなされている。ダム湖総貯水容量160億m³、貯水池水面1,530km²となる巨大ダムであり、貯水池の70%はカメルーン領土内となる。貯水池水没に伴い10万人規模の移転が必要になるとされている。

2012年に生じたBenue川における大規模な洪水氾濫を契機として、Dasin Hausa ダムの洪水バッファ機能としての役割についても着目されており、「ナ」国－カメルーン間の対話の中で両国共通の便益を追及するための同ダムの建設可能性についての対話が開始されたところである。

(2) 表流水開発の問題点

表流水開発の問題点は以下のとおりである。

- 高まる水需要（人口増加と産業活動の活性化）
- 偏在する水資源（地域によって異なる水文環境）
- 本来の機能を十分に発揮していない既存ダム（劣悪な運用維持管理）
- M/P1995で提案された水資源開発の未実施

(3) 表流水開発の戦略

以上の問題点を踏まえ、表流水開発の戦略を表2-42のように設定する。

表 2-42 表流水開発の戦略

戦略項目	戦 略
既存ダムの機能回復、向上	<p>「維持管理不足、貯水池運用情報とその管理の欠如などにより、多くのダムはそのもともとの機能を十分に発揮しているとは言い難い。増加する水需要量に対応するためにもこうした既存ダムの早急な機能回復、向上を図る。機能回復、向上にあたっては以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ダム管理マニュアルの準備を含むダム管理の熟度向上 ● ダムのリハビリテーション ● ダム高度化運用
偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備	<p>新規水源開発により、地域的に偏在しつつ増加が予想される灌漑用水や給水のためのM/P1995で提案されたダムやその他の新規サイトをポテンシャルサイトとして活用しつつ、水需要量に応じて必要な水源開発を提案する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水バランスの検討から、各水源ポテンシャルサイトの効率性を概略評価し、効率の良いサイトを優先して開発する。 ● 水資源量がかかなり限定されており、将来想定される水需要量が水源供給可能量を上回ることが予想される地域については、利水者間のコンフリクトを避けるための方策として、将来の計画灌漑面積の縮小を提案する。 ● 水力発電および灌漑コンポーネントが含まれる総合開発を提案し、自立できる事業を促進する。

出典：JICA プロジェクトチーム

(4) 水源開発候補地

M/P1995で提案されたダムサイトに加え、i)大スケールダムの候補地点、ii)都市用水水源としての観点から都市近郊における中小スケールダム候補地点を検討し、これら合計288地点を新規ダム候補地点とした（表2-43参照）。新規ダム候補地点を図2-26に示す。

表 2-43 新規ダム候補地点

種類	サイト数	総貯水容量(億 m ³)
M/P1995で提案されたダム候補地点	252	7.35
大スケールダム候補地点	18	7.46
都市用水水源としての観点から都市近郊における中小スケールダム候補地点	18	0.24

出典：JICA プロジェクトチーム

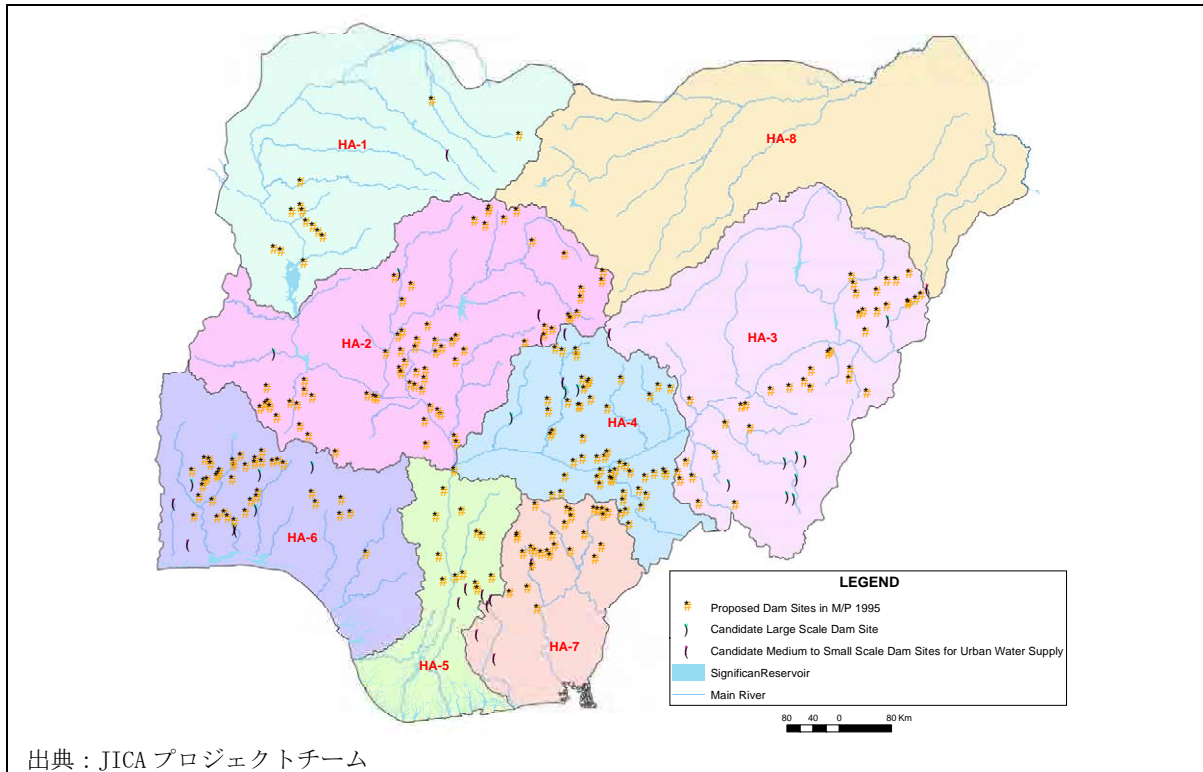


図 2-26 新規水源開発の候補地

(6) 提案事業

表流水開発に関わる戦略に基づき、提案事業は表 2-44 のとおりである。

表 2-44 表流水開発の提案事業

戦略項目	提案事業	
既存ダムの機能回復、向上	1-1	ダム管理能力強化事業
	1-2	ダムの適正運用管理のための機材リハビリテーション事業
	1-3	ダムリハビリテーション事業
偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備	2-1	都市用水水源開発事業
	2-2	灌漑用水水源開発事業
	2-3	総合開発事業

出典：JICA プロジェクトチーム

事業 1-1: ダム管理能力強化事業

ダム管理改善の方向性については水資源管理の重要な要素として 2.8 節で示されている。こうしたダム管理状況の改善のため、FMWR ダム局職員、ダム管理者である RBDAs 職員、州水道公社職員等を対象とした能力強化事業である。パイロット地域（ダム）を選定し、以下の内容を含む活動を実施する。3 年間程度の事業を想定する。

事業 1-2: ダムの適正運用管理のための機材リハビリテーション事業

ダム管理改善のために、現在劣悪な状況にある気象・水文観測施設、貯水池水位観測機材、放流量観測機材などダム運用管理に資する機材のリハビリテーションを実施する事業である。ダム管理者によるダム施設における観測データと NIHSA による河川の水文観測データの統合的利活用を考慮する。

事業 1-3: ダムリハビリテーション事業

ダム本体の劣化などダムの安全性に影響を及ぼすと考えられるものに対して、2030 年までに随時リハビリテーションを実施していく事業である。現況を調査し、その結果から個々のダムの対策を実施する。

事業 2-1: 都市用水水源開発事業

2030 年に必要とされる都市用水用表流水について、1/10 安全度で供給できないと評価される水源について、ダム建設により安定した水源供給を行う事業である。2.5 節で示された水バランス検討に基づき、23 の新規ダム（全貯水容量：381MCM）の建設が提案される

事業 2-2: 灌漑用水水源開発事業

灌漑開発計画に従い、ダムを水源とする灌漑スキームの水源開発を行う事業である。2.5 節で示された水バランス検討に基づき、21 の新規ダム（全貯水容量：969MCM）の建設が提案される。

事業 2-3: 総合開発事業

灌漑開発と水力発電を組み合わせた総合事業である。灌漑開発にはポンプ揚水による用水供給のために同一事業内で開発する電力を用いることで自立性、持続性のある事業とする（図 2-27 参照）。Benue 川の本支川において以下の 3 スキーム（全貯水容量：960MCM）を提案する（表 2-45 参照）。ダム、灌漑、水力発電施設の規模はあくまでも現時点での想定であり、今後、事業実施にあたっては詳細な調査によって最適な規模と組み合わせを検討する必要がある。

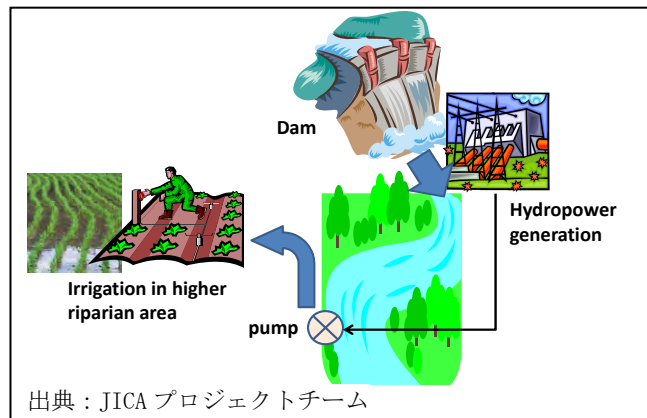


図 2-27 総合開発事業概念図

表 2-45 総合開発事業

	事業名	HA	州	灌漑/水力発電スキーム	ダム SN	ダム高 (m)	総貯水容量 (MCM)
1	Nasarawa Integrated Project	4	Nasarawa	新規灌漑スキーム 19,000ha 水力発電 4MW、総発電力量 29GWh/年	3011	24	30
2	Taraba integrated project	3	Taraba	新規灌漑スキーム 45,000ha 水力発電 9MW、総発電力量 67GWh/年	3001 3004	37 39	240 290
3	Donga-Suntai Integrated project	3	Taraba	新規灌漑スキーム 35,000ha 水力発電 9MW、総発電力量 60GWh/年	3005	78	400

注 1) ダムの規模は、灌漑および灌漑用水ポンプアップのための必要電力量を得るための放流量で規定される水需要量を 1/5 安全度で供給できるダム容量を算出することにより設定した。

注 2) 水力発電の容量は以下の仮定のもと発電によるネットの便益（便益-コスト）が最大となる容量と灌漑用水のポンプアップのための必要容量のうち小さなものを仮設定した。

仮定：a) 発電効率=0.7、b) 水力発電施設の事業費=2.53mil. US\$/MW、c) プロジェクト期間=50 年、d) 設備の交換
え=20 年ごと、e) O&M 費=プロジェクトコストの 0.5%/年、f) 割引率=10%、g) 売電価格=0.05US\$/kWh

出典：JICA プロジェクトチーム

選定ダムサイトに関する留意点

ここでのダムサイトの選定は全国レベルのマスタープラン策定過程における予備的検討に基づくものである（図 2-28 参照）。提案スキームは概念計画レベルであり、今後これらの実施のためには更なる詳細な調査が必要となる。

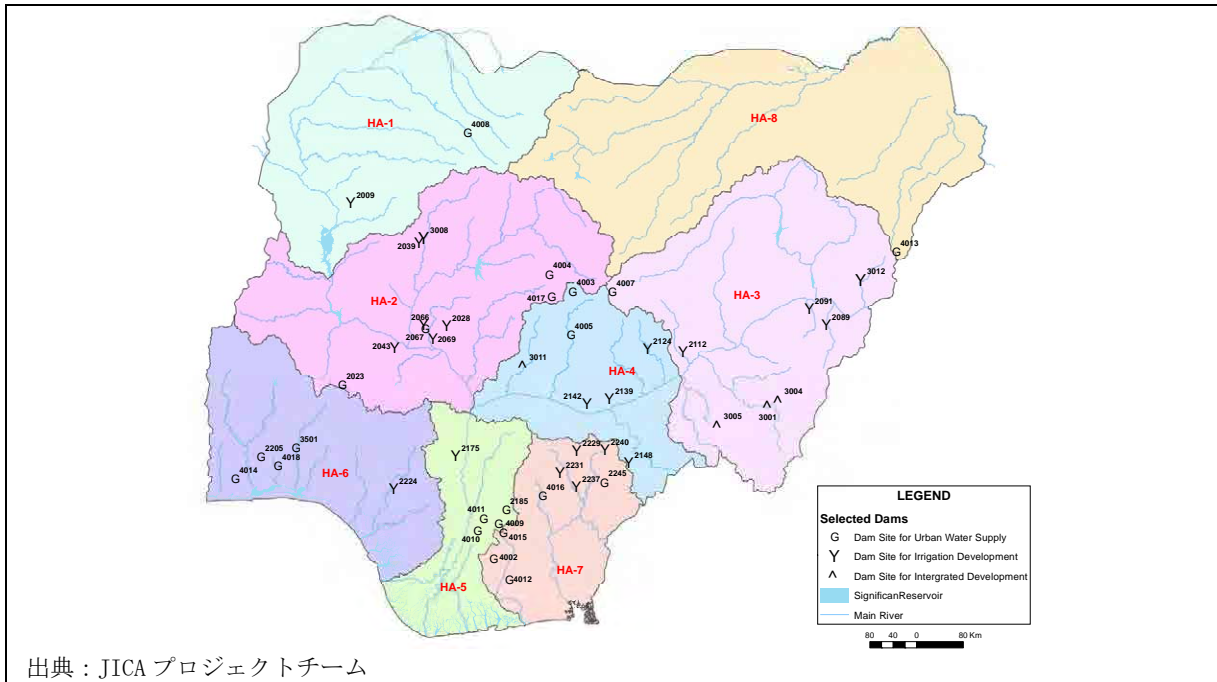


図 2-28 選定ダムサイト

(6) 都市用水、灌漑用水水源開発事業における水力発電の可能性

都市用水、灌漑用水水源開発事業におけるダム運用は、基本的には、それぞれ都市給水需要量、灌漑用水需要量に応じた放流を行うため、水力発電施設が設置されたとしても、それらの需要を優先する従属発電となる。このようなダムにおいて、発電機容量は発電によるネットの便益（便益-コスト）が最大となる容量とする場合、どの程度の出力および発電力量を得ることができるかについて概略検討を行った結果、都市用水水源用ダム、灌漑用水水源用の合計の発電容量と平均的な発電力量は、それぞれ 4.6MW、30GWh/年程度得られる可能性がある。こうした水力発電施設設置の可能性については、それぞれの事業の実施段階において詳細に検討されることが望ましい。

(7) 事業実施スケジュール

表流水水源開発事業について、図 2-29 に示すように段階的に実施することを提案する。

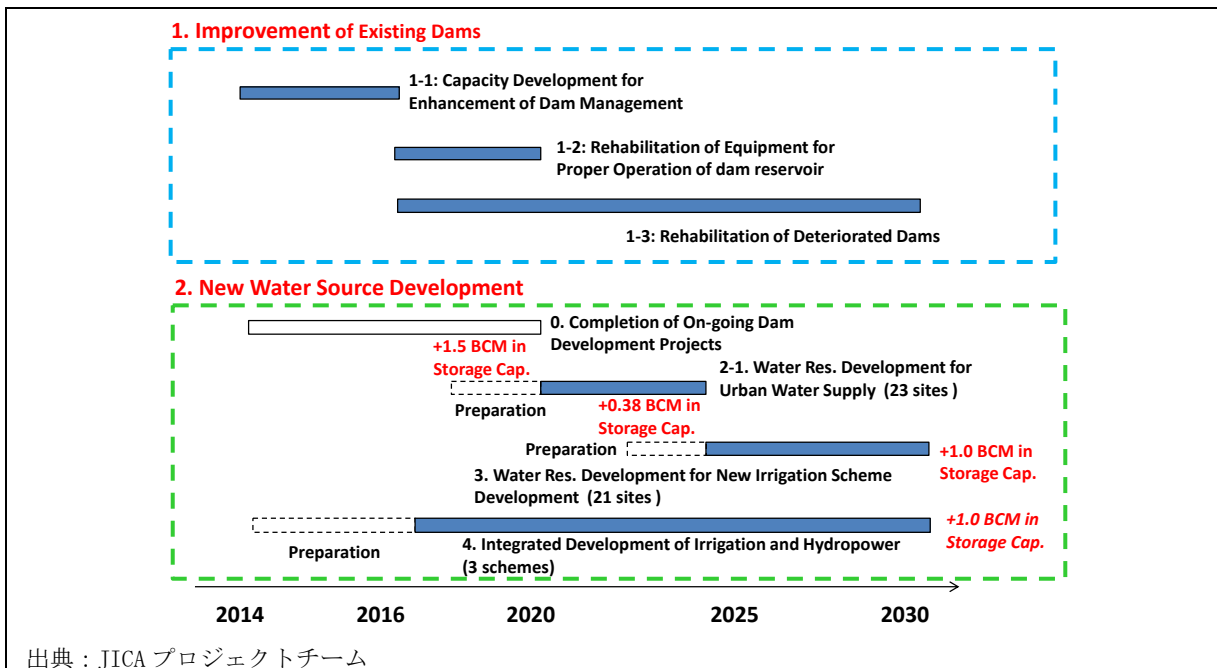


図 2-29 提案される表流水水源開発事業の実施スケジュール

2.6.3 水源保全

水源の保全は、水資源の量と質を保全・維持するための様々な利害関係者による取り組みによるものである。表流水と地下水の両方が保全対象となる。

(1) 地下水の保全

(1-1) 地下水保全の目的と意義

持続的な地下水資源の使用を可能とするために、地下水資源は質的・量的に保全されなければならない。地下水資源を保全するために地下水資源の管理が必須となる。

量的保全

地下水涵養量を上回る揚水を行った場合、過剰揚水による広域的な地下水位の低下が発生し、揚水量の低下や井戸枯れ、地盤沈下が発生する。それを防ぐために図 2-30 に示す地下水モニタリング、予測、対策のサイクルを継続することが必要である。この役割は NIWRMC と CMO が担当する。

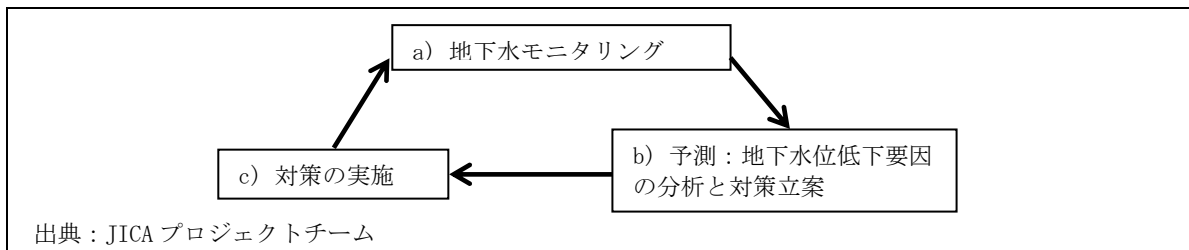


図 2-30 モニタリング、予測、対策サイクルからなる地下水管理概念図

質的保全

地表から汚染水が帯水層に浸透することによって地下水は汚染される。また、海水が帯水層に侵入することによって地下水が塩水化する。地下水汚染のタイプを表 2-46 に示す。

表 2-46 「ナ」国の地下水汚染のタイプと対策

地下水汚染のタイプ		原因	対策
人為的汚染	海水の帯水層への侵入	過剰揚水	揚水規制
	家庭排水・工場排水などの帯水層への浸透	<ul style="list-style-type: none"> • 下水処理の不備 • 井戸の施工不良 • 井戸への汚染物質の投棄 	<ul style="list-style-type: none"> • 下水処理の充実 • 井戸の遮水工の完備 • 不法投棄の規制
地質由来の汚染	地層に含まれ有害成分による地下水汚染	<ul style="list-style-type: none"> • 塩分を含んだ頁岩 • 鉱山活動の伴う有害物質 	汚染帯水層を特定しその使用を禁止する。

出典：JICA プロジェクトチーム

(1-2) 地下水保全の方針

地域ごとの水利用形態と水理地質特性に応じて、地域ごとに異なった管理手法が定められる。共通的手法として、図 2-31 に示す内容が地下水管理の標準的な方法となる。今後、この標準的手法に従って、NIWRMC 及び NIHSA が中心となって全国レベルの地下水資源の管理を主導する事が期待される。

地下水管理計画の立案にあたっては、対象とする帯水層の規模を考慮した管理計画が望ましい。規模とは、①局所、②小規模、③中規模、④大規模と区分可能であり、それぞれ表 2-47 の範囲に相当し、区分に応じた管理主体が設定される。

(1-3) 地下水管理における制度的課題

地下水管理における問題を解決するためには技術面だけでなく制度的な改革が必要である。将来 NIWRMC が以下に示す内容の活動を行うことが重要である。

- 井戸の登録制度
- 許容揚水量の設定
- 地下水マニュアル作成
- 地下水管理者と使用者の情報共有
- 井戸業者の登録制度

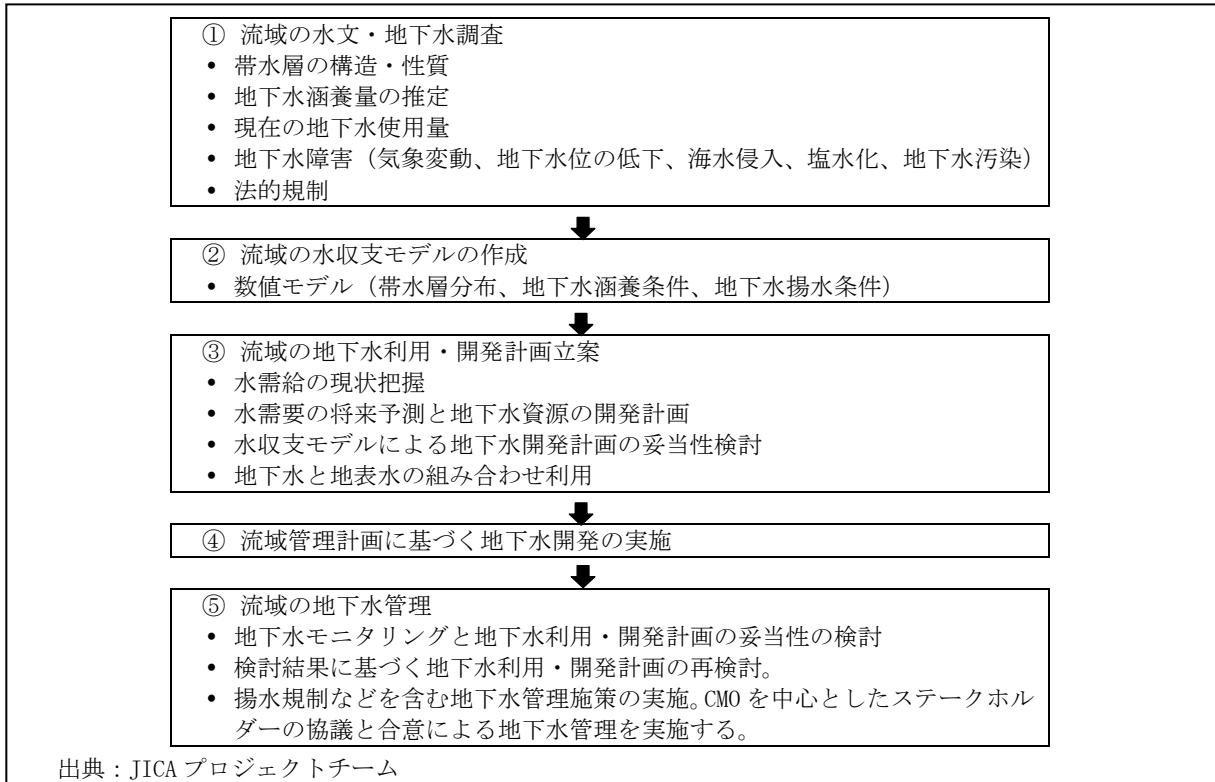


図 2-31 地下水管理・開発手法

表 2-47 地下水管理計画規模と担当機関

面積規模		計画規模	地下水管理の目的	管理主体
大規模	複数流域レベル	全国水資源マスタープラン、流域管理計画	地下水盆地の管理	<ul style="list-style-type: none"> ・NIWRMC ・CMO ・NIHSA
中規模	流域レベル	州レベルの管理計画	地下水揚水量の地域配分、揚水井戸の密度分布、地下水障害（塩水化、地盤沈下、地下水汚染）	<ul style="list-style-type: none"> ・州政府 ・LGA
小規模	LGA レベル			
局所	コミュニティ			

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 表流水の保全

(2-1) 表流水源保全に関わる課題

表流水源保全に関して以下の課題が挙げられる（表 2-48 参照）。

(2-2) 表流水保全の枠組み

表流水の保全は、ダム湖内と集水域において実施され（図 2-32 参照）、それらはお互いに関連している。前者は、ダム管理の一部であり、既存ダムの機能回復、向上に関する対策とともに改善されるように提案され、主としてダム管理者によって実施されるものである。一方、後者は幅広い利害関係者の協調が必要であり、水環境保全、水質管理、侵食対策などからなる。

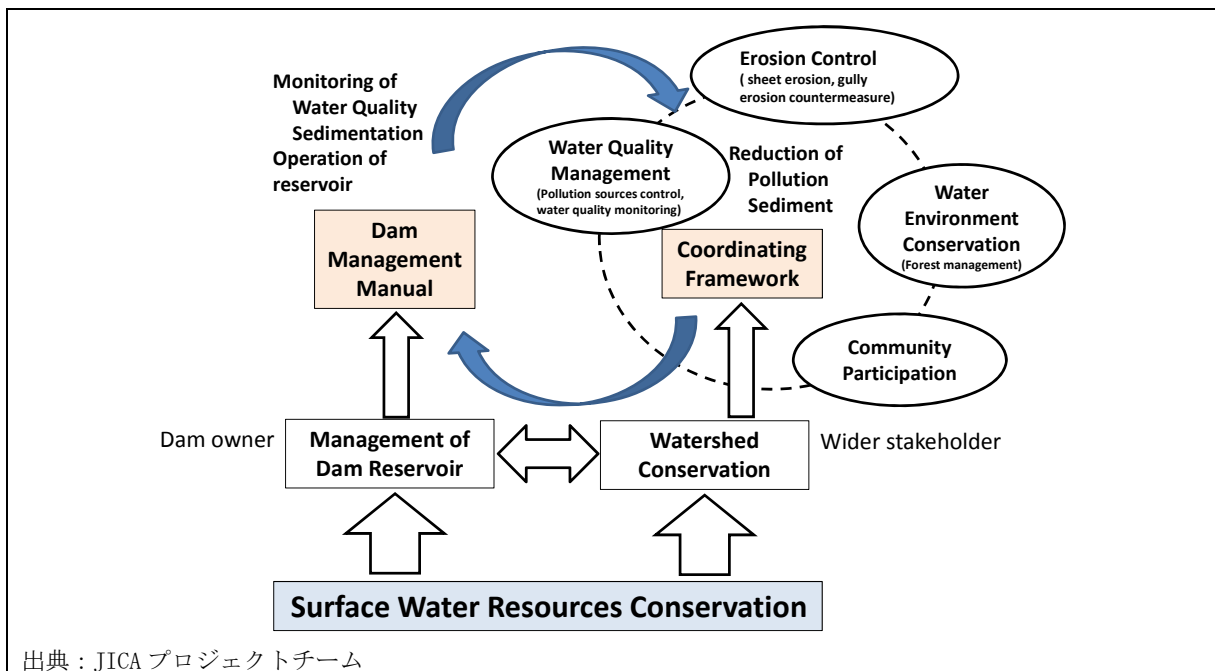
(2-3) 表流水保全に関わる活動と利害関係者の責任分担の提案

流域レベルでの水資源マスタープランである流域管理計画（CMP）の策定、実施を通じて、NIWRMC が様々な利害関係者による流域レベルでの水源保全活動の調整役となることを提案する。流域管理計画の策定過程においては、流域レベルでのより実践的な体制について議論されるべきである。

表 2-48 表流水源保全に関わる課題

主要課題	提言
汚濁物のポイントソース	
国内の水質汚染を防止するための法律、条例および基準の施行が不十分である。	環境への流出物（液体および固形）の放出を防止する法律、条例および基準の施行を改善する必要がある。
環境問題への国民の意識が低く、そのため固形廃棄物と家庭廃水による水質汚染を防ぐための協力が不足している。	水資源を汚染から守る環境教育と意識醸成キャンペーンを、小学校、中等学校、一般大衆に向けて実施しなくてはならない。
水質汚染防止に関わる機関の間で、調整と協力が不足している。	FME、FMWR、州政府の間で、家庭用の水源として利用される水源の水質汚染防止事業を優先するという合意の覚書を推進する。
「ナ」国の農村部では、職人あるいは小規模レベルでの採掘活動が非常に広く行われている。しかし、これらの活動のほとんどは、適正な鉱山操業基準に従っておらず、環境汚染を引き起こしている。	水源への鉱山活動の影響を評価し、可能な対策を決定するために、NESREA、FMM、FMWRの共同作業を提案する。
汚濁物のノンポイントソース	
農薬や殺虫剤の使用は水域や農業用ため池の水質汚染をもたらす。	水域の汚濁を減少させるために、農薬と殺虫剤の適切な使用が推奨される。農地からの排水は淡水養殖用の池には使われるべきでない。
「ナ」国の多くの都市において不法廃棄物が水域に流出している。	水域の汚濁負荷を軽減させるためにも適切な廃棄物処理が必要である。
土壌侵食	
侵食が顕著なサイトは散在しており、多くのサイトで小規模な対策を行う必要がある。しかしながら、その持続的な資金手当てが十分でない。	重点プロジェクトを実施するために国レベルでの侵食リスク診断が行われるべきである。
現状では侵食対策は人間の居住地とそのインフラ保護を主目的として実施されている。集水域保全のための対策にはほとんど目が向けられていない。	<ul style="list-style-type: none"> 水源保護のための環境教育、啓蒙活動 様々なスケールの集水域における重点プロジェクトを取り上げるための国レベルでの侵食リスク診断
ダム貯水池	
ダム貯水池内に異常発生する水生植物はダムの運用を妨げる厄介な存在である。集水域における窒素やリンといった栄養塩類の増加がこの現象を促進している。	2011年まで連邦環境省は多くのダム貯水池において水生植物の繁殖抑制事業を実施しており、その継続事業の実施が準備段階にある。ダム貯水池における事業のために、連邦環境省連邦と水資源省の協働が必要である。
本プロジェクトで調査を実施した多くのダムで堆砂の進行が報告され、貯水池容量への影響が懸念される。	以下のようなアクションが取られるべきである。 <ul style="list-style-type: none"> 様々なスケールの集水域における重点プロジェクトを取り上げるための国レベルでの侵食リスク診断 集水域での侵食軽減対策費用と浚渫費用の経済比較

出典：JICA プロジェクトチーム



出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-32 表流水保全のフレームワーク

2.7 水資源サブセクター開発計画

2.7.1 給水・衛生

将来の給水水需要量の増加への対応として、既存施設の低い稼働率の改善を優先的、短期的に行いつつ、その一方で、新規で必要となる給水施設の増強を計画する。給水開発計画は、以下の2つの主要事業による構成とする。

- 既存施設の改修事業
- 新規施設の開発事業（拡張含む）

(1) 給水・衛生の現状

(1-1) 全国給水・衛生普及率

公表されている全国の給水および衛生の普及率は、各政策、調査、機関によって異なり、表 2-49 に近年の公表値をまとめる。連邦水資源省（FMWR）は現在、2011 年作成の Water Sector Roadmap において、2008 年の WHO/Unicef Joint Monitoring Programme（JMP）による算出値を最新値として採用している。

本プロジェクトは、州レベルで都市、都市周辺、地方村落ごとに普及率を当て嵌めることが可能で、2008 年 JMP の全国レベルでの給水普及率と大きな乖離がない、2006 年の基本福祉指標質問票調査（Core Welfare Indicators Questionnaire Survey: CWIQS）を水需要予測に際して利用した。その結果、LGA 単位の給水人口から積み上げ直したところ、給水普及率は全国で 56.2%、都市で 72.2%、地方で 39.9% となり（都市周辺・小都市で 51.3%）、これらをベースライン値とする。

また、州レベルでの普及率を見ることが可能な全国人口保健調査（National Demographic and Health Survey：NDHS, 2008）による衛生普及率をベースライン値とする。

表 2-49 近年公表された給水・衛生普及率とプロジェクト試算値

普及率 (%)		1990 JMP	2000 NWSSP	2006 JMP	2006 CWIQS	2006 NWSSBS	2007 MICS	2008 NDHS	2008 JMP	2011 JICA-M/P
給水	都市	80.0	48.0	65.0	73.4	69.3	75.7	75.0	75.0	72.2
	地方	34.0	39.0	30.0	40.0	49.9	37.4	45.0	42.0	39.9
	全国	50.0	-	47.0	51.4	54.3	49.1	56.0	58.0	56.2
衛生	都市	33.0	-	35.0	77.0	85.2	70.0	31.0	36.0	31.0
	地方	22.0	-	25.0	47.6	59.6	31.0	25.0	28.0	25.0
	全国	26.0	-	30.0	-	65.6	42.9	27.0	32.0	27.0

出典：JICA プロジェクトチーム

JMP: Joint Monitoring Programme (WHO and Unicef)

NWSSP: National Water Supply and Sanitation Policy (FMWR)

CWIQS: Core Welfare Indicators Questionnaire Survey (National Bureau of Statistics: NBS)

NWSSBS: National Water Supply and Sanitation Baseline Survey (FMWR)

MICS: Multiple Indicator Cluster Survey (National Bureau of Statistics: NBS)

NDHS: National Demographic and Health Survey (National Population Commission: NPC)

(1-2) 公的給水スキームの現状

「ナ」国における公的な給水スキームの構成は表 2-50 のように概ね分類することができるが、都市給水事業、都市周辺もしくは小都市・町給水事業においては、これらの給水スキームが混在しているケースが多くある。さらに、各世帯、各施設もしくは宅地開発地域内に私的な水源を所有・共有しているケースも全国的に至るところで見られ、そのほとんどが小規模な地下水利用給水スキーム（ハンドポンプもしくは小規模動力ポンプを利用）である。

表 2-50 各給水事業形態における公的給水スキームの構成

	給水事業形態	主水源	基本的なスキーム構成
1	都市	表流水利用（下記2の地下水利用との混在もある）	浄水施設、送水・圧送ポンプ、配管網、各戸給水、共同水栓（一部）
2	都市周辺もしくは小都市・町	地下水利用（上記1からの配水、単独の表流水利用もある）	必要に応じて塩素滅菌、揚水ポンプ、配水池、管路網、共同水栓、各戸給水（一部）
3	地方村落	地下水	深井戸ハンドポンプ、250m 以内、250～500 人/地点。また、動力ポンプ利用の小規模管路系システム。

出典：JICA プロジェクトチーム

表流水利用給水スキーム

表 2-51 は、本プロジェクトで確認された既存の公的表流水利用給水スキーム、主に浄水施設の概要である。全国に大小 240 以上の表流水（伏流水含む）利用施設が確認されており、設計浄水量に対する現状の浄水量の割合、つまり浄水量でみた全国の既存表流水利用スキームの平均稼働率は 45.2%である。この非効率性は、必ずしも計画的な運転調整に因るものではなく、商用電力の不安定供給、施設・設備の経年劣化、保守保全の不備に起因すると思われるポンプ等の設備類の故障などに因っており、加えて過大設計（水需要の過剰予測）も原因として推定される。

表 2-51 既存の表流水利用給水スキームの概要と稼働率

	浄水施設数（簡易浄水含む）※1			浄水量（m3/日）※2		
	表流水	伏流水	小計	設計	現状	稼働率
全国合計	225	18	243	4,239,776	1,915,820	45.2

※1 2010 年時点の既存の施設数 ※2 2012 年時点の浄水量および稼働率

出典：JICA プロジェクトチーム

地下水利用給水スキーム

表 2-52 は、2006 年に連邦水資源省（FMWR）によって実施され全国給水・衛生ベースライン調査（National Water Supply and Sanitation Baseline Survey：NWSSBS）の生データを整理、精査して、州別に集計したものである。この結果、確認できる総水源施設数は約 38,000 で（Borno 州除く）、全国の既存地下水スキームの稼働率は 54.3%となった。

表 2-52 2006 年時点の既存地下水利用給水スキーム数と稼働率

	ハンドポンプ			動力ポンプ			合計		
	本数	稼働数	(%)	本数	稼働数	(%)	本数	稼働数	(%)
全国合計	25,470	14,748	57.9	12,421	5,836	47.0	37,891	20,584	54.3

出典：National Water Supply and Sanitation Baseline Survey (NWSSBS), 2006 のデータを基に、JICA プロジェクトチームが精査、再集計の上で作成

(1-3) 衛生施設の現状

全国人口保健調査（National Demographic and Health Survey:NDHS, 2008）による衛生普及率と、併せて、下水道整備状況を概観するため複合指標群調査（Multiple Indicator Cluster Survey:MICS, 2007）による下水道利用率を、表 5-53 にまとめて示す。既存の下水道については、Abuja 連邦行政区や Lagos などの大都市の一部地区において下水道施設が整備されているのみで、それ以外の地方都市にある下水道は適切な下水処理プロセスを経ていない可能性が高い。

表 2-53 衛生普及率と下水道利用率 (%)

	衛生普及率(NDHS, 2008)	下水道利用率(MICS, 2007)
全国合計	27.0	3.9

出典：National Demographic and Health Survey (NDHS), 2008
Multiple Indicator Cluster Survey (MICS), 2007

(2) 給水・衛生開発計画の基本計画条件

以上を考慮して、下記のような給水・衛生計画の基本計画条件を設定する。

(2-1) 給水

原単位水量

連邦水資源省（FMWR）では給水計画上の分類として、居住地をコミュニティの人口規模によって給水形態を 3 つに分けて定義し、それぞれに原単位水量を設定している（表 2-54 参照）。給水開発計画の策定に際しては、水需要予測の基本条件に従って同原単位水量を用いる。

表 2-54 居住地分類別による原単位水量

居住地分類（給水事業にも対応）	原単位水量（リットル/人/日）
1 都市	120
2 都市周辺もしくは小都市・町	60
3 地方村落	30

出典：The National Water Supply and Sanitation Policy, 2000、連邦水資源省（FMWR）

水源の設計生産水量

水需要に対して新規事業を計画する際には、各水源の設計生産水量の設定が必要となるが、表流水利用スキームの場合は表流水のポテンシャルを鑑み取水可能量範囲内で水需要量を設計生産水量とする。一方、地下水利用スキームの場合は一水源当たりの能力が、地域の水理地質特性によって左右される上に、揚水設備能力も限度があることから、これらを考慮して設定する。

既存施設の改修事業

既存の表流水利用給水スキームについて、給水量として定量的に把握できる表流水利用施設（主に浄水場）の全国平均稼働率 45.2%（2012 年）を、本プロジェクトの基準年 2010 年の既存施設の給水能力として全州一律適用し、改修事業によって短期目標 2020 年にすべての既存施設の稼働率が 80%まで改善、以後、目標年次 2030 年まで同率が維持されるものと仮定した。事業費の算出にあたっては、改修事業による回復分をそのまま開発水量として計上する。

一方、既存の地下水利用給水スキームについて、必要な全開発水量から表流水開発水量を差し引いた地下水開発水量のうち、改修によって回復できる最大量を既存施設の改修事業で開発するとするが、州によって異なる。施設計画に際しては、改修事業による回復分をそのまま開発水量として計上する。

新規施設の開発事業

新規に建設される表流水利用給水スキームについて、水資源収支上は計画された浄水場の施設能力の稼働率 80%を開発水量とし、2030 年まで同率が維持されるものと仮定した。事業費の算出にあたっては、計画された浄水場の施設能力の 100%を開発水量として計上する。

一方、新規に建設される地下水利用給水スキームについて、地下水開発水量から改修事業による開発量を差し引いた水量を新規施設の開発事業で開発することとする。施設計画に際しては、125%（稼働率 80%の逆数）を乗じた開発水量（施設能力）として計上する。

給水スキーム施設構成

表 2-55 に示す分類ごとに、開発事業の給水スキーム施設構成を標準化した。ただし、居住地分類の都市と都市周辺・小都市・町においては、それぞれで水源による配水区分が容易ではないため、便宜上、双方を併せた分類とした。

表 2-55 開発事業の給水スキーム施設構成

分類 1	分類 2	分類 3	給水スキーム施設構成（標準）
改修 もしくは 新規	都市もしくは 都市周辺・ 小都市・町	表流水	浄水場～送水管～配水池～配水管～各戸給水＋公共水栓
		地下水	深井戸（動力ポンプ）～送水管～配水池～配水管～各戸給水＋公共水栓
	村落	地下水	深井戸（動力ポンプ）～併設水槽～公共水栓
			深井戸～ハンドポンプ

出典：JICA プロジェクトチーム

(2-2) 衛生

居住地分類別による衛生施設基準

2004 年に策定された National Water Sanitation Policy によって、給水と同様に人口規模に基づく居住地分類に沿って、国民が有すべき衛生施設基準が設定されており、開発計画においても同基準に準拠する（表 2-56 参照）。

表 2-56 衛生施設基準

	居住地分類	人口	衛生サービス基準	基本的な施設構成
都市	都市	20,000 人超	注水式水洗便所	各戸設置、送水システム利用
	都市周辺もしくは 小都市・町	5,000 人以上 20,000 人以下	換気・スラブ改良型ピット式便所 (SanPlat など)	各戸設置、環境調和、改良ス ラブ・構造
	地方村落	5,000 人未満	改良型ピット式便所	各戸設置、蠅・臭気削減等

出典：National Water Sanitation Policy, 2004、連邦水資源省（FMWR）

開発事業のメニュー

衛生開発事業は、表 2-57 に示すメニューとする。

表 2-57 衛生開発事業のメニュー

事業	居住地分類	主な内容
公衆便所建設	都市	市場、バスターミナル等、4棟/20,000人
	都市周辺もしくは小都市・町	市場、バスターミナル等、2棟/20,000人
最終処分場建設	都市	し尿処理施設（各戸浄化槽から回収・運搬）
下水道建設	都市	下水処理場、下水管
衛生教育	都市周辺もしくは小都市・町	従来型の衛生教育、普及活動
	村落	CLTS アプローチ

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 給水・衛生の開発計画

(3-1) 給水開発計画

4.2 節で既述の水需要に対して、目標年次 2030 年の全国の開発水量を、水資源収支上および施設計画上のそれぞれを算出し、表 2-58 および表 2-59 に示す。

水需要予測の基準年が 2010 年であり、2011 年から 2030 年までの 20 年間の水需要の増加分が最終的な計画開発水量となるが、提案する給水開発計画（事業費算出の根拠）は 2015 年～2030 年であり、2011 年～2014 年の期間は全国水資源マスタープラン 2013 の想定する開発ペースで事業が実施されるものと仮定した場合、全国水資源マスタープラン 2013 が事業計画する開発水量は、改修事業と新規事業を併せて、水資源収支上では「12,620MLD (1 Million Litter per Day = 1,000m³/日)」、施設計画上は「14,880MLD」となる。図 2-33 に、施設計画上の給水開発計画における需要と供給のグラフを示す。

表 2-58 水資源収支上の給水開発計画

開発事業	事業分類	既存施設能力 (2010)	GAP期間 (2011-2014)	計画対象期間 (2015-2030)	合計 (2030)
改修事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)	1,870	-	1,388	3,257
	都市・都市周辺・小都市(地下水)	5,667	425	1,761	7,852
	地方村落(地下水)	718	126	430	1,274
	小計	8,254	551	3,578	12,383
新規事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)		964	3,317	4,280
	都市・都市周辺・小都市(地下水)		1,109	4,449	5,558
	地方村落(地下水)		379	1,276	1,655
	小計		2,452	9,041	11,493
合計	(MLD)	8,254	3,003	12,620	23,876

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-59 施設計画上の給水開発計画

開発事業	事業分類	既存施設能力 (2010)	GAP期間 (2011-2014)	計画対象期間 (2015-2030)	合計 (2030)
改修事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)	1,870	-	1,388	3,257
	都市・都市周辺・小都市(地下水)	5,667	425	1,761	7,852
	地方村落(地下水)	718	126	430	1,274
	小計	8,254	551	3,578	12,383
新規事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)		1,204	4,146	5,350
	都市・都市周辺・小都市(地下水)		1,386	5,561	6,947
	地方村落(地下水)		474	1,595	2,069
	小計		3,065	11,302	14,367
合計	(MLD)	8,254	3,616	14,880	26,750

出典：JICA プロジェクトチーム

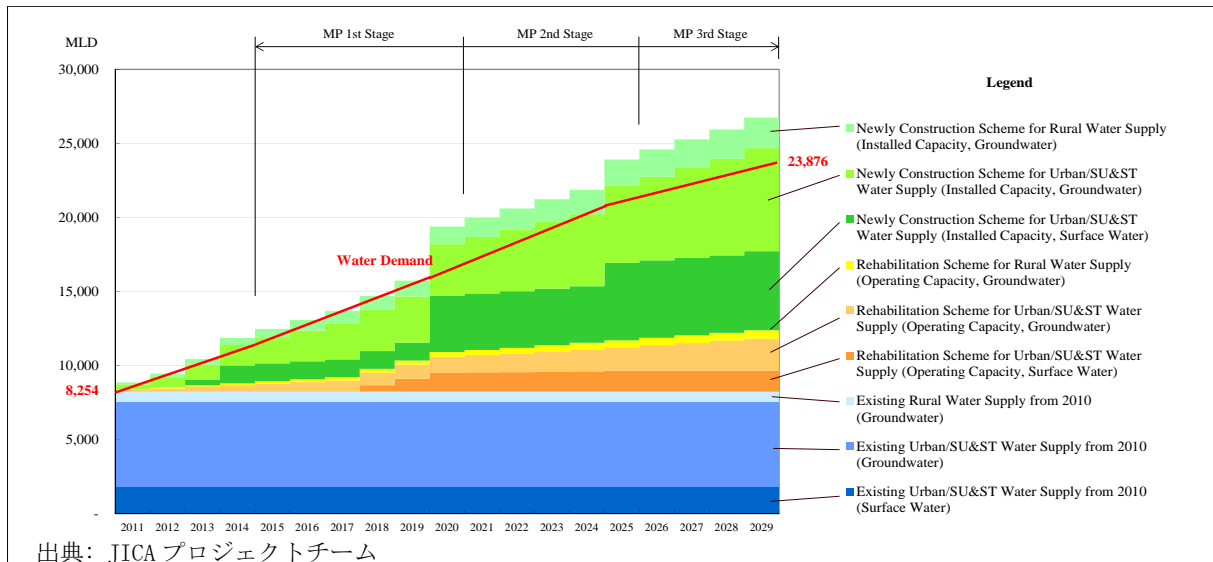


図 2-33 施設画上的給水開発計画における需要-供給グラフ

(3-2) 衛生開発計画

現在の衛生普及率を基準として、衛生普及率 100%の目標年でもある目標年次 2030 年までの開発需要に対する計画とするが、提案する衛生開発計画（事業費算出の根拠）は 2015 年～2030 年であり、2011 年～2014 年の期間は全国水資源マスタープラン 2013 の想定する開発ペースで事業が実施されるものと仮定する。表 2-60 に衛生開発計画を示す。

表 2-60 衛生開発計画

事業	居住地分類	開発数量
公衆便所建設	都市	8,564 箇所
	都市周辺もしくは小都市・町	11,762 箇所
最終処分場建設	都市	9,325,745 世帯を対象
下水道建設	都市（主要都市）	876,758 世帯を対象（処理量 473,266m ³ ）
衛生教育	都市周辺もしくは小都市・町	16,650,716 世帯を対象
	村落	13,406,807 世帯を対象

出典：JICA プロジェクトチーム

全国水資源マスタープラン 2013 の衛生開発計画には、し尿処理に係る事業を含めているが、事業推進に際しては以下の 2 つのマスタープランの作成が欠かせない。

- 全国衛生マスタープラン
（浄化槽やピットの汚泥の回収・運搬・最終処分によるし尿処理を含む）
- 全国下水道マスタープラン
（主要都市における下水道、下水処理の開発）

一方、全国水資源マスタープラン 2013 の衛生開発計画の 2015 年から 2030 年までの間で必要な各世帯の衛生施設（家庭用便所）の数は、都市、小都市、村落をすべて合わせて 36.8 百万に上る。

表 2-61 衛生施設（家庭用便所）の開発数

(x1,000)	居住分類	既存施設数 (2010)	GAP期間 (2011-2014)	計画対象期間 (2015-2030)	合計 (2030)
人口	都市	7,018	6,105	29,614	42,736
	都市周辺・小都市・町	20,649	16,827	79,971	117,447
	地方村落	16,812	13,997	66,823	97,632
	小計	44,479	36,928	176,407	257,815
世帯	都市	1,511	1,396	6,739	9,646
	都市周辺・小都市・町	3,989	3,510	16,651	24,149
	地方村落	3,149	2,813	13,407	19,369
	小計	8,649	7,719	36,796	53,164

出典：JICA プロジェクトチーム

2.7.2 灌漑・排水

(1) 灌漑スキームの現状

公的灌漑スキームの運営・維持管理は RBDAs や州政府が主体であり、一部の灌漑スキームでは農民の参画も見られる。灌漑スキームの多くの灌漑・排水施設では、ポンプ施設は修理や更新を必要とし、水路構造物は損傷・老朽化・雑草・堆砂が見られ、荒廃した状況にある。

(2) 基本方針・開発方針・開発スキーム

(2-1) 基本方針

灌漑セクターの開発は、国家や水分野セクターの開発方針、気象・水文・地勢・人口などの地域特性、経済性および上述の灌漑スキームの現状を踏まえて計画する。

(2-2) 開発方針

灌漑セクターの開発方針は次の通りである。ただし、開発は優先度に応じて段階的に進める。

- 現在実施中の公的灌漑スキームの早期完工
- 連邦水資源省が特定する重要度の高い公的灌漑スキームのリハビリ及び整備拡張の実施
- 重要度の高い公的灌漑スキームの水源追加開発
- 既存ダムの有効活用と公的灌漑スキームの拡張
- 新規灌漑農地の整備
- 円滑なスキーム運営管理体制の構築

(2-3) 公共灌漑事業の分類

全国水資源マスタープラン 2013 の開発計画においては、既往及び新規の公的灌漑事業を次のように分類する。

表 2-62 公共灌漑事業の分類

No.	事業の名称	説明
1.	既往灌漑事業 (Existing Irrigation Scheme)	全国水資源マスタープラン 2013 以前に存在した灌漑計画。
1.1	整備終了事業 (Completion with No Extension Scheme)	既に圃場・灌漑施設の整備が終了・中止した事業で、今後の拡張計画がない事業。
1.2	整備実施中事業 (Ongoing Scheme)	現在進行中の事業で、ある程度の整備が終了しているが、今後の拡張計画 (圃場・灌漑施設の整備) のある事業。
1.3	整備拡張予定事業 (Extension Scheme)	未着手の事業であるが、今後着手の拡張計画 (圃場・灌漑施設の整備) のある事業。
2.	新規灌漑事業 (New Irrigation Scheme)	全国水資源マスタープラン 2013 に新たに加えられた灌漑計画。
2.1	補給灌漑事業 (Supplementary Irrigation Scheme)	圃場整備と補助的な灌漑施設の整備を行う事業。水資源に恵まれた HA-5 と HA-7 に限定する。
2.2	ダム掛り灌漑事業 (Dam Irrigation Scheme)	全国水資源マスタープラン 2013 に新たに加えられたダムと灌漑地の整備を行う事業。
2.3	総合開発事業 (Integrated Development Scheme)	多目的ダムで開発された水と電力を活用して灌漑を実施する総合事業。

出典: JICA プロジェクトチーム

(3) 開発計画

(1) 整備終了事業 (Completion with No Extension Scheme)

既存公的灌漑スキーム 301 地区のうち、既に圃場・灌漑施設の整備が終了もしくは中止した事業で、今後の拡張計画がない事業は 177 地区である。設定したクロッピングパターンで 1/5 年渇水を条件として灌漑スキームの表流水ポテンシャルに基づき評価面積を算出した。このポテンシャル評価では、水源を将来の上水使用を優先し、その残水を灌漑用水へ利用するようにした。この結果、既に開発された整備済み面積 43,403ha に対して評価面積 38,018ha となり、灌漑の水需要量に対して表流水ポテンシャルが不足するスキームがある。

表 2-63 整備終了事業

	スキーム数			整備済み面積 (ha)			計画灌漑面積 (ha)			評価面積 (ha)
	L	M	計	L	M	計	L	M	計	
合計	66	111	177	34,980	8,423	43,403	107,605	17,102	124,707	38,018

注) L: Large Scale Scheme, M: Medium and Small Scale Scheme

- ・評価面積は、設定したクロッピングパターンで 1/5 年渇水でも耕作可能な面積のことであるが、ここでは、今後拡張計画がないので、整備済み面積と同一とした。

出典: JICA プロジェクトチーム

(3-2) 整備実施中事業 (Ongoing Scheme)

現在、連邦水資源省 (FMWR) が実施中の公的灌漑スキームは 32 地区であり、これらのスキームは早期に完工すべきである。表流水ポテンシャルに基づく評価面積が計画灌漑面積より小さくなる灌漑スキームは 9 地区である。

表 2-64 整備実施中事業

	整備済み面積 (ha)	計画灌漑面積 (ha)	評価面積 (ha)
合計	37,170	116,039	98,897

注) L: Large Scale Scheme, M: Medium and Small Scale Scheme

- ・評価面積とは、設定したクロッピングパターンで 1/5 年渇水でも耕作可能な面積のことである。

出典: JICA プロジェクトチーム

参考資料: 1) FMWR 予算書 2) Utilization of Natural Resources Fund for Water Resources and Agricultural Development, FMWR, FMARD

(3-3) 整備拡張予定事業 (Extension Scheme)

「Proposed Master Plan for Irrigation and Dam Development for 2009-2020, FMAWR」によれば、リハビリのみを対象とする灌漑スキーム (37 地区)、リハビリと整備拡張を対象とする灌漑スキーム (45 地区) を挙げている。表流水ポテンシャル評価によれば、リハビリのみを対象とするほとんどのスキームでは水源に豊富な水量を有していることから、計画灌漑面積まで整備拡張を行うことは可能である。2030 年に向けて灌漑農地を拡大するためには、リハビリのみならず計画灌漑面積まで整備拡張することを推奨する。

表 2-65 整備拡張予定事業

	整備済み面積 (ha)	計画灌漑面積 (ha)	評価面積 (ha)
合計	47,524	200,357	103,937

注) 評価面積とは、設定したクロッピングパターンで 1/5 年渇水でも耕作可能な面積のことである。

出典: JICA プロジェクトチーム

参考資料: 1) Baseline studies for National Water Resources Draft Final Report, ENPLAN, 2009
2) Masterplan for Irrigation and Dam Development for 2009-2020, FMAWR

(3-4) 補給灌漑事業 (Supplementary Irrigation Scheme)

HA-5 及び HA-7 の地域の特色を活かし、経済的な灌漑整備を計画する。「ナ」国南部地域は熱帯雨林気候帯に位置し、天水による稲作が盛んである。しかしながら、稲作開始時期には十分な水が必要であり、その時期の不安定な降雨に対応できる補給的な水源が確保されていることが望ましい。その後の生育期には豊富な天水によって生育に必要な水量は供給される。従って、これらの地域ではほ場整備と溜池・地下水による補給灌漑による新規灌漑スキームを計画する。この場合、水源が小規模であるため雨期のみの灌漑となるが、灌漑効果による単位収量の増加は確実である。この整備方法は南部地域の特徴を活かしたもので、州政府レベルの稲作灌漑でも実施されており、他の新規灌漑整備メニューと比較して灌漑整備コストは最も小さくなる。

HA-5 及び HA-7 の耕作可能地は広大であり、地形が平坦で土壌が稲作に適する場所であれば、この開発方式は何処でも適用可能である。新規開発面積は、下記(3-5)項のダム選定段階で外れたダムの灌漑面積相当分とし、HA-5 で 19,000ha、HA-7 で 29,000ha とする。

(3-5) ダム掛り灌漑事業 (Dam Irrigation Scheme)

「ナ」国の農業は天水に依存している。しかしながら、国民の食料確保のためには、作付け期間を雨期のみから通年に延長でき、単位収量や生産性を高め、旱魃や気候変動の影響を緩和できる

灌漑農業の推進が不可欠である。新規の灌漑スキームの開発計画は、原則として全国的に新規灌漑スキームを分散させて計画する。ここでは M/P1995 で計画されたダム群及び新たに提案するダムを水源とし、ダムの下流部にて通年灌漑を可能とする灌漑スキーム開発を計画する。中規模ダムの位置は、経済性、計画ダム下流の灌漑適地の有無、ダム効率、上水や既存灌漑スキームとの競合回避、住民移転の必要性の有無を考慮して選定する。中規模ダムによる新規灌漑開発サイトは 17 箇所（合計評価灌漑面積：80,900ha）である。

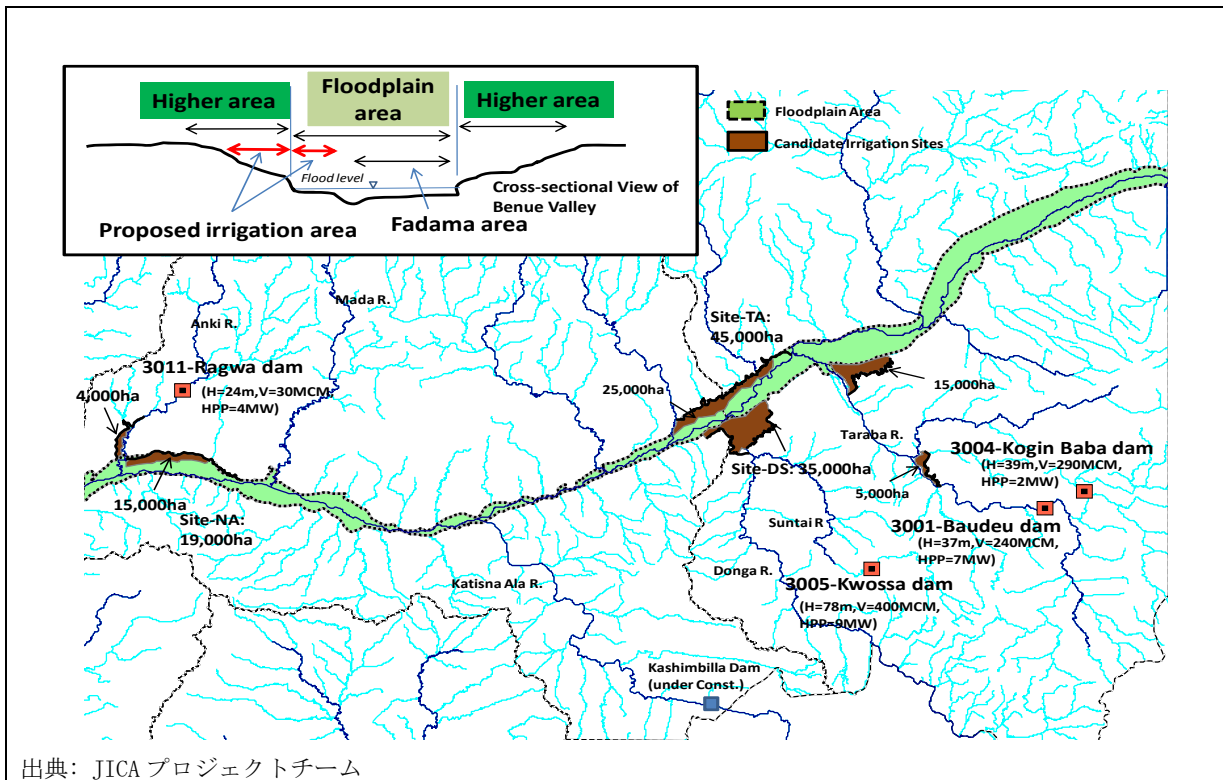
(3-6) 総合開発事業 (Integrated Development Scheme)

「ナ」国の灌漑セクターの長期的な目標は、3.14 百万 ha とされる灌漑ポテンシャルを有する土地を灌漑農地へ開発することである。ここでは Benue 川の支流に多目的の中・大規模ダムを建設し、水力発電で得た電気を新規灌漑地のポンプ運転に使用し、大規模灌漑スキームを開発する計画である。この開発方式はダム完成までに長期間を要するため、灌漑開発区域では費用が低廉で維持管理が容易で即効性が高い私的小規模灌漑農業を集团的に先行開発し、後発のダムの完成によって水源を確保ができた時点で公的灌漑スキームを移行させる計画とする。

表 2-66 総合開発事業

No	HA	スキーム名	計画ダム名とその諸元	計画灌漑面積 (ha)
1	3	Donga-Suntai Integrated Scheme	Kwossa Dam(3005) H=78m V=400MCM P=9MW	35,000
2	3, 4	Taraba Integrated Scheme	Baudeu Dam(3001) H=37m V=240MCM P=7MW Kogin Baba Dam(3004) H=39m V=290MCM P=2MW	HA-3: 5,000 + 7,500 + 25,000 = 37,500 HA-4: 7,500
3	4	Nasarawa Integrated Scheme	Ragwa Dam(3011) H=24m V=30MCM P=4MW	4,000+15,000= 19,000
合計				99,000

H: Dam Height, V: Dam Capacity
出典: JICA プロジェクトチーム



出典: JICA プロジェクトチーム

図 2-34 総合開発事業 位置図

(3-7) 流域別計画灌漑面積

既往公的灌漑事業の評価面積及び新規公的灌漑事業の計画灌漑面積は、表 2-67 の通りである。

表 2-67 流域別計画灌漑面積 (2030 年)

	HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	計
既往灌漑事業	41,041	26,946	20,265	12,494	17,700	29,398	8,410	84,598	240,852
整備終了事業	24,441	3,048	905	877	630	1,449	2,250	4,418	38,018
整備実施中事業	9,750	5,200	11,110	1,100	11,490	24,617	1,000	34,630	98,897
整備拡張予定事業	6,850	18,698	8,250	10,517	5,580	3,332	5,160	45,550	103,937
新規開発事業	1,500	7,400	111,700	48,000	23,100	1,500	34,700	0	227,900
補給灌漑事業	0	0	0	0	19,000	0	29,000	0	48,000
ダム掛け灌漑事業	1,500	7,400	39,200	21,500	4,100	1,500	5,700	0	80,900
総合開発事業	0	0	72,500	26,500	0	0	0	0	99,000
計	42,541	34,346	131,965	60,494	40,800	30,898	43,110	84,598	468,752

出典：JICA プロジェクトチーム

2.7.3 その他サブセクターへの勧告

(1) 水力発電

大型の水力発電所の建設は環境面、社会面に与える影響が大きいこと、またそれだけの容量を確保できるダム適地が乏しいこともあり、現実的には今回提案するダムサイトにおいて利水従属発電による水力発電所を設置することが現実的と考える。

また、電力省が計画している大型の発電ダムによる開発については、例えば減水区間の存在の有無を確認し、確保流量を放流することを指導するなど、河川環境を管理する立場として適切な指導を継続的に行うことが重要である。

(1-1) 水力発電賦存量 (ダムの従属発電) の評価

調査により整理された各ダムサイト地点の流況及びダム高から、各地点での発電電力量の賦存量を整理した。その結果を用いて今後の水力発電ポテンシャルの導入について概略で検討を行った。その結果は以下のとおりである。賦存量が大きいのは地形的、流況的に恵まれている HA-2 と HA-3 のエリアである。

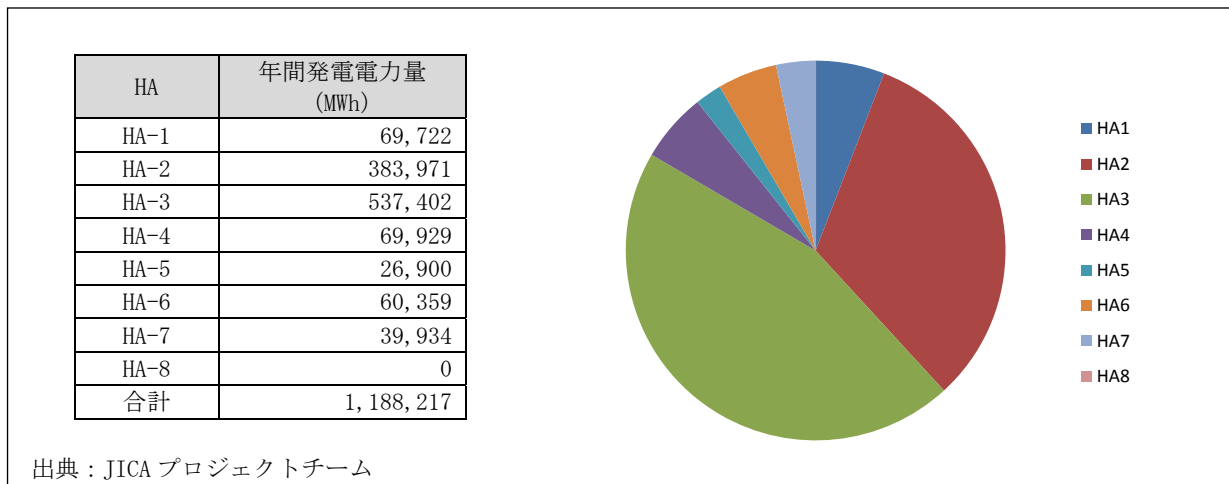


図 2-35 各 HA の年間発電電力量

(1-2) 低落差水力発電設備の導入検討

ダム式の水力発電はその出力が大きいことが利点である一方、ダムの建設コストが高く、また河川環境へ与える影響が大きいという欠点もある。そこで現在注目されているのが低落差で流量による発電に主眼を置いた水力発電所である。低落差のものであれば河川環境の改変も最小限に抑えることが可能である。

(1-3) 試験施工の必要性

水力発電所の管理において最も重要となるのが除塵である。河川から水を直接取水することがおいため、河川を流れる塵芥をどのように処理するかがきわめて重要である。このうちダム式で

あれば取水口が水面から低い箇所にあることが多いが、低落差の場合は取水口が河川水位とほぼ同等であるため、水面を流れてくる塵芥が水車へ流入しやすく、故障の原因となりやすい。このため、まずは規模が比較的小さい河川や水路を対象にパイロット的に水車の設置を行うことが望ましい。この試験施工により実際の発電出力や塵芥処理の程度などを確認した上で、本格導入を進めることが重要である。

(2) 洪水・土壌侵食対策

「ナ」国における洪水対策セクターでは、連邦政府、州政府、地方政府等の各レベルがそれぞれの環境管理、災害管理の枠組みの中で事業を行っている。連邦水資源省は、全国レベルの水文モニタリングネットワークを有し、主要な河川流域において多数のダムを管理していることから、主要河川の氾濫原の管理、特に多目的ダムの下流区間の洪水対策に関与を深めるべきである。同時に、連邦水資源省の水文モニタリングは、水資源量の把握に加えて、短期的な洪水現象の把握にも対応できるものに改善していくべきである。さらに、「ナ」国でこれまであまり行われていない洪水リスクの評価、つまり灌漑事業が展開されている、あるいは市街化が進行している主要河川の氾濫原における洪水の予測と影響の程度の研究を連邦水資源省として積極的に推進していく必要がある。

エロージョン対策について、実施主体の州政府からは、連邦からの適切な予算配分に対する要望の他、対策立案の基本となる降雨流出量の把握に対する技術支援が求められている。連邦水資源省と NIHSA は水文モニタリングを通じて、この分野に貢献するべきである。

表 2-68 連邦水資源省の洪水セクターにおける役割

目的	大規模小規模灌漑の高いポテンシャルをもつ主要河川の氾濫原の利用を高め、沿川市街地の洪水に対応した土地利用に資すること
連邦水資源省の役割	1. 大規模灌漑地に付随した洪水対策施設の建設と維持管理（連邦水資源省、RBDA） 2. 多目的ダムの運用による下流への放流量の管理（連邦水資源省、RBDA） 3. 洪水を対象とした水文観測の強化（NIHSA） 4. 氾濫原における洪水リスクエリアの評価（NIHSA） 5. これら情報の州政府、NEMA、FMARD、FME、NIWA 等への公開

出典：JICA プロジェクトチーム

責任政府機関		州政府/ FME			FMWR
カテゴリ/タイプ		都市排水	低地の洪水対策(Nigerデルタなど)	河川沿いの洪水対策(Niger川、Benue川など)	氾濫原の洪水対策(灌漑開発など)
現況	構造物対策	環境セクターにより実施 水路改修、浚渫、築堤			RBDAによる灌漑開発 に関わる事業
	非構造物対策	FMEによる早期洪水予警報システム			
提案	構造物対策	環境セクターにより実施 水路改修、浚渫、築堤			RBDAによる灌漑開発 に関わる事業
	非構造物対策	FMEによる早期洪水予警報システム 土地利用規制			NIHSAによる洪水モニタリング、洪水予警報、 洪水リスクマッピングの強化
プロジェクトサイト			Lagosおよびデルタ地 域	Lokoja, Yola, Makurdi, Kaduna, Abeokuta, Ibadanなど	Niger川、Benue川、 Sokoto-Rima川

出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-36 連邦水資源省の今後取り組むべき分野

連邦水資源省の行うべきアクション（提案）

- アクション 1：氾濫原における洪水リスクの評価
- アクション 2：Benue 川氾濫原における提案灌漑事業における洪水対策

(3) 内陸水運

「ナ」国の内陸水路は、Lokoja で合流している Niger 川、Benue 川の主要河川システム、小規模水路、ラグーン、湖沼、沿岸水域から構成されている。これらの内陸水路は 1997 年の政令で連邦可航水路として規定されている。基本的に全ての可航水路は、NIWA の管理、監督、規制の下になっている。

連邦水資源省は、「ナ」国の可航区間の流況に影響を与える一部のダムを所有、管理している。また、連邦水資源省には NIWA が管轄する氾濫原における大規模灌漑地の管理や沿川市街地への防災情報の提供の必要がある。連邦水資源省が今後行っていく氾濫原の管理において、内陸水運への影響を考慮することが必要である。具体的には以下の活動を提案する。

- 水文モニタリングデータおよび水理解析データの NIWA との共有
- 航路区間に属する氾濫原の横断測量データの NIWA との共有
- 氾濫原内の大規模灌漑施設建設に際しての内陸水運への影響配慮

(4) 内陸漁業

漁業セクターを主幹する連邦農業省は、「ナイジェリア漁業マスタープラン 1998 年（案）」に同セクターの政策を示している。

- 生産、加工、貯蔵、販売、資源保全に係る方法の開発・近代化
- 漁村の生活水準の向上
- 漁業に関する研究の増進
- 研修施設の充実と人材育成
- 民間企業の漁業投資への参入の促進
- 全国に活力ある漁業協同組合の組織化
- 漁具の購入への補助金交付
- 漁民の公的金融機関へのアクセスを促進
- 養殖技術普及のために全国でモデル事業の実施
- 漁業に関する法の整備
- 水産加工技術の改善と高付加価値化
- 漁業サブセクター開発に係る情報収集

内水面漁業は、水利用において灌漑セクターと基本的には競合する。一方、人造湖や農業用ため池で淡水養殖をするなど、灌漑開発に養殖を取り入れることが提案される。とくに水田において日本及び中国で行われている水田養魚を導入すれば、用水の競合を来すことなく副収入機会を創出できる。また、畜産の屠場廃棄物や畜糞は餌料に利用できる。このように漁業セクターの開発構想と灌漑・農畜産諸部門の開発構想は密接に関連するので、これらの関連部門間で協議し、水資源の有効利用を図りながら開発を進めることが提案される。

(5) 畜産

畜産セクターを主幹する連邦農業省は、「畜産政策・戦略 2010 年」に同セクターの政策を示している。

- Nigeria Agricultural Cooperative and Rural Development Bank (NACRDB) の融資を利用し民間セクターの畜産業への参入を促し、より大規模な畜産業を確立する。
- 民間の畜産業経営が安定し、生産物の品質・量を維持できるように、飼料、予防接種、薬、情報、資金（融資）を提供する。
- 官民連携下に鶏の孵化場を全国で整備する。また経済的な孵化事業ができるように、技術的研究を進める。
- 酪農業を促進し、国内消費及び輸出に必要な牛乳を生産する。
- 官民連携によって優良草地・飼料作付けを増やし、飼料作物・乾草を増産する。

畜産業の振興に関して水資源開発は含まれていない。しかし実際には、移牧による家畜は湖沼、河川、農業用貯水池、用水路等の水を飲用している。また商業規模で畜産業を営む場合は家畜専

用の水施設が必要となることも考えられる。従って、畜産セクターの開発構想と灌漑セクターの開発構想は密接に関連することから、両セクターで協議して、水資源の有効利用を図りながら開発を進めることが必要である。

2.8 水資源管理計画

2.8.1 概説

(1) 水資源管理の目的と戦略

(1-1) 水資源管理の目的

水資源管理の目的は、水資源開発計画（すなわち、水源開発計画と水サブセクター開発計画）に基づいて設置された施設と運用システムを使って、充足性・効率性・公平性・安全性・持続性を基本に、【水の有効利用】・【洪水の減災】・【水質の保全】を期待する水ユーザーにこれらのサービス（水サービス）を適切に提供することである。水資源管理計画は、この目的を達成する手法を取りまとめたものである。

(1-2) 水資源管理の戦略と管理項目

水資源管理は次のような戦略に基づいて行われる。

- **戦略-1【Organization & Institution：公共水サービス組織の改善】**

現状の水資源開発・管理の組織制度の課題と問題点を分析した結果、水資源開発・管理に関わる組織を強化・改善する必要がある。

- **戦略-2【Operation & Maintenance：適切な水サービスの提供】**

適切な水サービスの提供は、水資源管理の最も重要な管理項目である。全国水資源マスタープラン 2013 では、水資源開発施設（ダム、井戸、給水施設、灌漑施設）について、適切な運転・維持管理を提言している。

- **戦略-3【Allocation & Regulation：水資源の配分と規制】**

水資源の配分と規制は、新設された NIWRMC の重要な任務である。新規ユーザーへの取水の許認可や規制のために必要な制度や体制を構築する必要がある。

- **戦略-4【Facilitation & Improvement：水資源開発管理の促進と改善】**

水資源開発・利用・管理の技術や人材をサポート・改善する活動計画や事業の効率的な促進を促す活動計画も本計画に含める

適切な水資源管理を達成するために、全国水資源マスタープラン 2013 では、図 2-37 に示すような管理項目にかかわる計画を現状の課題を分析し改善手法を検討して提案する。

(2) 水資源モニタリングの枠組み

水資源モニタリングは水資源管理を支える基本要素の 1 つである。水資源モニタリングは水文モニタリングに限定せず、適切な水資源管理のためのその他の重要な要素をカバーし、以下の 4 つの要素を含むものとなり、これらはお互いに関連し支えあうものである。

- 水資源アセスメントとその普及・伝達のための水文モニタリング
- 安全な水利用のための水質モニタリング
- 水資源施設の日常管理活動のためのモニタリング
- 水の規制を執行するための管理モニタリング

＜水資源管理の目的＞

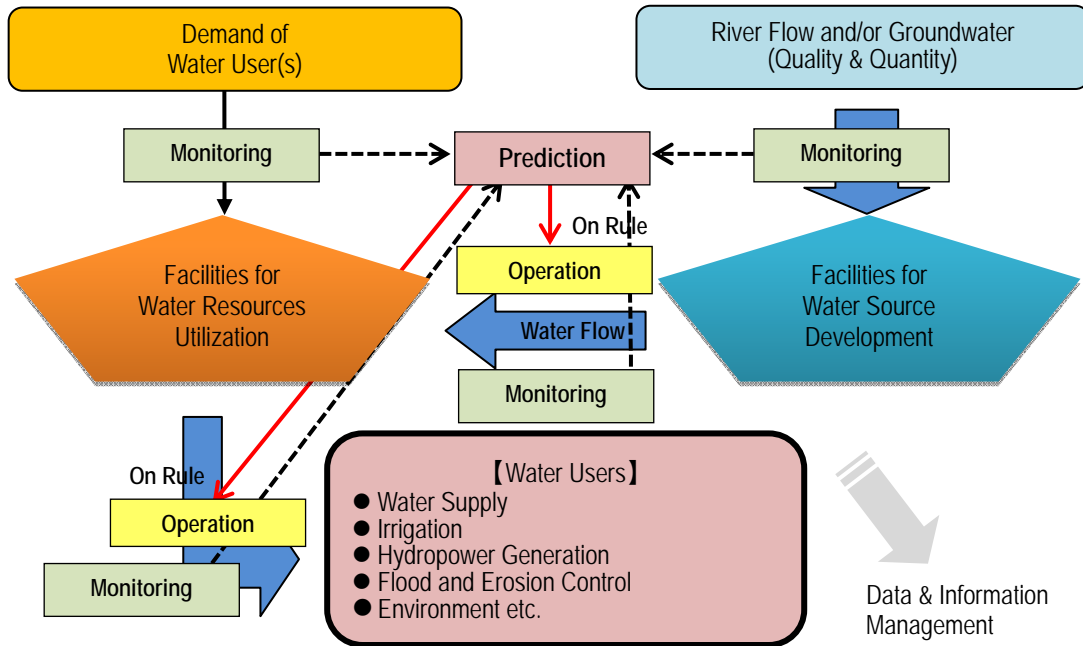
「ナ」国の水資源管理の目指すべき姿、すなわち、1) 水資源の有効利用、2) 洪水・土砂災害の減災、及び3) 水環境の保全を、充足性・効率性・公平性・安全性・持続性を基本にして達成する。

戦略-1 組織・制度 【公共水サービス組織の改善】

＜関連管理項目＞

- 公共水サービスに係る組織・制度

戦略-2 運転・維持 【適切な水サービスの提供】



＜関連管理項目＞

- 水資源開発施設の運営維持管理
- 水文モニタリング
- 水資源データ・情報管理
- 氾濫原の管理
- 気候変動、越境水に起因するリスクの考慮
- 水環境管理

戦略-3 配分・規制 【水資源の配分と規制】

＜関連管理項目＞

- 水配分と規制

戦略-4 促進・改善 【水資源開発・管理の促進と改善】

＜関連管理項目＞

- 水資源広報活動
- 官民連携
- 人材育成
- モニタリング・評価

出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-37 水資源管理の目指すべき姿

2.8.2 公共水サービスに係る組織制度

組織制度の開発と強化の具体的な目的は、全国水資源マスタープラン 2013 に盛り込まれた開発プロジェクトとプログラムを効果的に実行することを目指して、統合水資源管理（IWRM）のアプローチに基づいて水資源管理を行うことである。

この目的を達成するために、上位方針（国家水政策、国家水資源法）の下、織開発と強化のための基本方針を以下のとおり強く提案する。

- 基本方針-1：協調的な組織編制
- 基本方針-2：参加型管理行政
- 基本方針-3：規制に関する公正な組織フレームワーク
- 基本方針-4：分権化と調整

基本方針に基づいて、表 2-69 に示すアクションプランを提案する。

表 2-69 組織開発と強化のためのアクションプラン

No.	活動	主導する組織
【基本方針-1】 協調的な組織編制		
1.1	【課題・問題点】 国家水法の未整備 【活動】 ● 水法 No. 101 of 1993 に代わる国家水政策の完成、承認、発行及び普及	NCWR/Dept. of PRS/ NIWRM/RBDAs
1.2	【課題・問題点】 国家水資源法の未整備 【活動】 ● 国家水資源法の完成、承認及び発布 ● 国の水資源を管理するための国家水資源法に基づく関連法令のレビューと改訂	NCWR/Dept. of PRS/ NIWRM/RBDAs
1.3	【課題・問題点】 関係組織間連携の欠如 【活動】 ● 水資源管理の共通問題を討議するための主要な利害関係者による定例会議の推進を通じた関連省庁間連携の拡大と発展	NCWR/Dept. of PRS/ NIWRM/RBDAs
1.4	【課題・問題点】 水資源に係るデータ・情報に関わる管理の改善 【活動】 ● 水文データ等に関連組織間で共有するための組織的フレームワークの整備 ● 統合モニタリング・評価システムの開発と改善	NCWR/Dept. of PRS/ NIWRM/RBDAs/ NIHSA/FMEvn/ NIMET/State MDAs
1.5	【課題・問題点】 様々な水セクターの統合が必要な総合プロジェクトと事業実施のための組織的フレームワークの整備 【活動】 ● 国家的総合プロジェクト・プログラムのためのタスクフォースの設置	NCWR/Dept. of PRS/ NIWRM/RBDAs/NWRI/ IHSA/Fed. Ministries concerned
【基本方針-2】 参加型管理行政		
2.1	【課題・問題点】 参加型水資源管理のための住民の意識啓発と社会的動員 【活動】 ● 水問題に対する住民意識や影響に関する調査の実施及びより良い調査プログラム策定を目的とした調査結果のデータベース化 ● 水の保全と管理に住民意識を反映させるためのワークショップとセミナーの開催	NIWRM/COMs/ RBDAs/NIHSA/ State MDAs/CBOs
2.2	【課題・問題点】 不適切な流域管理 【活動】 ● 適切な流域管理の実現のため、すべての利害関係者の参加が可能となる総合的な組織制度の構築 ● CMOs と流域組織（CMCC など）との間の密接な対話と相互作用を通じた関連政府機関間の連携促進	NIWRM/COMs/ RBDAs/NIHSA/ State MDAs/CBOs
2.3	【課題・問題点】 健康、ジェンダー、貧困、人権など水関連問題の主流化 【活動】	PR Unit/ Gender and Human RightsUnit/

	<ul style="list-style-type: none"> ● 水、衛生、ジェンダー、エンパワーメントなどに関する教育キャンペーン、その他の方法と手段に対する援助と支援（連邦保健省、連邦女性問題省など関連組織と連携して実施） 	Dept. of PRS/ NIWRMC/NWRI/ State MDAs
	【基本方針-3】 規制に関する公正な組織的フレームワーク	
3.1	【課題・問題点】 規制に関する法定規制フレームワークの弱さ（法制度） 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 法定規制フレームワークの根本的なベースとしての NIWRMC 設置法案の法制化プロセスの完了と立法化 ● 取水及び水配分に関わるライセンス発行を含む関連法制度のレビューと改訂（RBDA Act, NIWA Act, Mineral Act など） 	NCWR/ Dept. of PRS/ NIWRMC/RBDAs/ FMT/FMM&SD
3.2	【課題・問題点】 規制に関する法定規制フレームワークの弱さ（NIWRMC の権限と機能） 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 業務運用手続きの整備など効果的な規制に必要な NIWRMC 及び CMOs の組織フレームワークの整備（NIHSA、RBDAs、NWRI など関連する流域組織との連携による） 	NIWRMC/CMOs/RBDAs/N IHSA/NWRI/ Dept. of PRS/ State MDAs
3.3	【課題・問題点】 規制に関する法定規制フレームワークの弱さ（組織及び人材に関する能力開発—強化） 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 能力開発に関するニーズ評価と結果に基づく NIWRMC と CMOs の組織能力の強化 ● 採用、教育及び訓練と流域における IWRM に必要な人材へのトレーニング実施 	NIWRMC/CMOs/ Dept. of HR/ Dept. of PRS/ NIHSA/RBDAs/NWRI
	【基本方針-4】 分権化と調整	
4.1	【課題・問題点】 州の給水機関と LGAs への権限移譲を考慮した給水衛生セクターにおける持続性と任務遂行能力の向上 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 連邦政府による技術支援を通じプロジェクトとプログラムの効率性を上げるための州の水道公社（State Water Agencies）、小都市給水衛生公社（STWSSA）、地方給水衛生公社（RUWASSA）等の強化 ● 州政府や地方政府が担当する給水衛生分野における品質基準を確保するための国家技術指針とマニュアルの作成、普及 ● 州レベルにおける PPP 推進に関する組織計画の策定に対する援助と支援（関連連邦機関と協議による） 	NCWRI/Dept. of PRS/ PPP Unit/NWRI /RBDAs/NIWRMC/ State MDAs/ICRC/NESREA
4.2	【課題・問題点】 灌漑・排水セクターにおける RBDAs 機能の最適化 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● RBDAs の運用及び管理の改善（予算、料金制度、業務監査など） ● 灌漑と農業のための給水に関する RBDAs と農民や水利用組合（Water User Associations: WUA）など利害関係者との連携の推進 ● 国家水政策など政策文書を踏まえた RBDAs の機能の見直し 	NCWR/RBDAs/ NIWRMC/ Dept. of PRS/PPP Unit/ ICRC
4.3	【課題・問題点】 能力に欠ける熟練技術スタッフ 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● National Water Resources Capacity Building Network (NWRCBNet) の開発（NWRI の調整による） ● 民間参加が不十分のため水セクターにおける不十分な資金調達に対応するため政府の様々なレベルで PPP に関する能力開発を実行 	NWRI/ Dept. of HR/ Dept. PRS/ PPP Unit/ State MDAs/ICRC

備考：

NCWR: National Council on Water Resources/Dept. of PRS: Department of Planning, Research and Statistics of FMWR/NIWRMC: Nigeria Integrated Water Resources Management Commission of FMWR/RBDAs: River Basin Development Authorities of FMWR/NIHSA: Nigeria Hydrological Services Agency of FMWR/FMEnv: Federal Ministry of Environment/NIMET: Nigeria Meteorological Agency of FMEEnv/State MDAs: State Ministries and Agencies /CMOs: Catchment Management Offices of NIWRMC/CBOs: Community-Based Organizations/PR Unit: Press and Public Relations Unit of FMWR/Gender and Human Rights Unit: Gender and Human Rights Unit of FMWR/NWRI: National Water Resources Institute of FMWR/ICRC: Infrastructure Concessionaire Regulatory Commission/PPP Unit: Water Sector Reform and PPP Unit of FMWR/CMCC: Catchment Management Coordinating Committee/LGA: Local Government Authorities or Areas/NESREA: National Environmental Standards and Regulations Enforcement Agency of FMEEnv/NIWA: National Inland Waterways Authority of FMT/STWSSA: Small Town Water Supply and Sanitation Agencies/RUWASSA: Rural Water Supply and Sanitation Agencies

出典：JICA プロジェクトチーム

2.8.3 水資源開発施設の運営・維持管理

(1) 表流水開発施設

本プロジェクトで実施した、「ダムの実態調査」とその分析結果から、「ナ」国の殆ど全てのダム・貯水池で「適切な運転」と「適切な維持管理」の改善の必要性が明らかになった。そのため、「ダム管理の熟度向上」、「ダム・貯水池の運転・操作」、「安全管理の改善」について、それぞれ提案する。

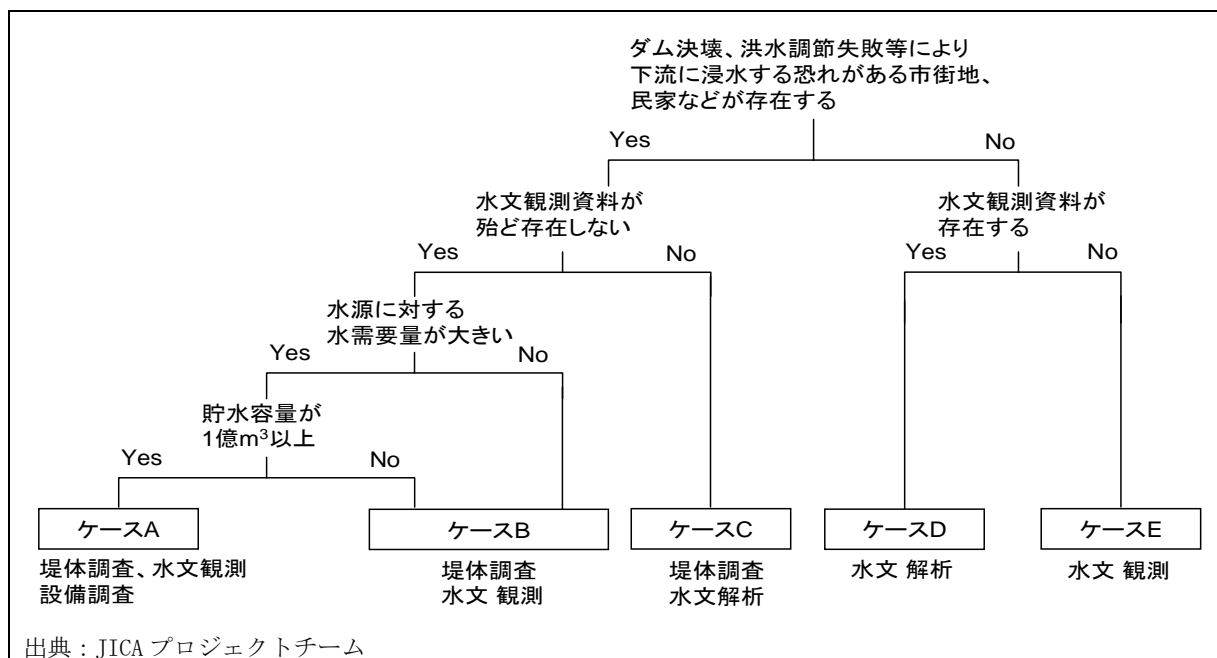
(1-1) ダム管理の熟度向上

既設ダムの管理状況があまりにも劣悪であるため、今後は表 2-70、図 2-38 に示すフローに従い、優先度が高いダムの順に管理の熟度を高めていくこと提案する。

表 2-70 ダム管理に関する今後の対応方針

ケース	調査項目	内容
A	堤体調査 水文観測 設備調査	ダム堤体の決壊により被害がでる可能性が高く、利水的にも重要で、規模が比較的大きいため、水文観測（リハビリ）、堤体調査、その他設備調査（機械、貯水池含む）を早急を実施する必要があるダム
B	堤体調査 水文観測	ケース A に対してやや規模が小さいため、当面は堤体の安全度と水文データの蓄積（水文観測リハビリと観測）に重点をおいて調査を実施する必要があるダム
C	堤体調査 水文解析	水文データの蓄積があるため、当面は堤体調査に加えて、設計洪水流量や最適ダム運用操作方法の解析など、水文解析を優先的に実施することが適当なダム
D	水文解析	ダム決壊により被害が発生する恐れがないこと、水文データの蓄積があることから、まずは水文解析を優先して、設計洪水流量やダム最適運用方法の検討を実施することが適当なダム
E	水文観測	水文解析を行うにせよ、そのデータがないため、まずは水文データの蓄積（水文観測リハビリと観測）を優先することが適当なダム

出典：JICA プロジェクトチーム



出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-38 ダム管理の熟度向上に向けた優先度検討フロー

また、全てのダムで必ず「ダム操作規則」を作成することが義務づけられるべきである。そして各ダムの管理者はそれに従い日々適切な管理を行う。

(1-2) ダム・貯水池の運転・操作

今後の水源施設としての改善の方向性についてまとめたものを表 2-71 に示す。

表 2-71 水源施設としての今後の運用改善の方向性

項 目	今後の検討の方向性
利水ユーザーとダム管理者の連携	ダム管理者と利水ユーザーの間で日々連携を密にするような意識をもつことと、そういった体制作りについて検討を行う必要がある。
水利権	特に利水運用において水利権は重要なファクターとなるため、許認可の在り方を含め慎重な議論が必要である。
調整機関	日本における国土交通省のように、調整の主体となる河川管理者が誰であるべきかを、「ナ」国の法制度や組織制度に照らして決定していく議論が必要である。
水文情報管理	低水管理には水文情報の収集、分析、伝達が欠かせないため、現行の課題点を踏まえた新たな水資源情報管理の在り方を議論する必要がある。
ダム計測設備	ダムの水文観測設備のリハビリを進める必要がある。

出典：JICA プロジェクトチーム

(1-3) 安全管理

ダム堤体施設の安全管理

「ナ」国内のダムは殆どがアースフィルダム形式である。フィルダムの堤体安全度においてもっとも重要なことは、堤体の変形や欠損によるパイピングである。大きなクラックやクラックの基となる灌木があるダムが多数存在する。また、漏水量の計測も殆ど行われていない状況にあるため、今後は優先度の高いダムにおいて、堤体の安全性調査を実施していく必要がある。特に優先度が高い管理項目は以下の通りである。

- 漏水量の計測
- 灌木の除去（クラックの要因）
- ダム堤体上流面の状況確認

今後は洪水吐き設備、停電時のバックアップ電源、水文観測設備などを含め、特に優先度が高いダムについては設備の安全管理調査も堤体調査と併せて幅広く実施する必要がある。

ダム貯水池の安全管理

本プロジェクトでは、毎年の堆砂量や水質観測結果は得られなかった。恐らく定期的な計測は行われていないものと考えられる。その一方で、各ダムへの聞き取り調査によれば、大きな問題として認識されているのは Aquatic Grass と Hyacinth で、次いで堆砂である。Aquatic Grassなどは貯水池の富栄養化が要因と考えられるが、貯水池対策と併せて流入源対策も行う必要があるなど、対応が多岐にわたる。しかしいずれにせよダム湖の水質計測は対策の検討においても重要となるため計測・蓄積を行うことが重要である。

ダム貯水池操作の安全管理

ダム貯水池操作は言い換えればダム放流設備を用いたダムからの放流操作であり、この放流操作は以下の2つが存在する。

- 高水操作：洪水調節を行い、下流地域の浸水被害を防除する
- 低水操作：洪水時以外の流入量と放流量をコントロールし、利水補給を行いつつ、可能であれば貯水位を速やかに回復させる操作

このような高水操作と低水操作を高度に行うためには、長い期間の実測データの解析に裏付けられた合理的な運用操作マニュアル（＝前述したダム管理マニュアルの一部に該当する）が必要である。しかし、高水時や低水時の具体的な放流操作などをまとめた操作マニュアルは、今回の調査対象ダムには存在していない。今後はこういったダム操作マニュアルの作成（＝前述したダム管理マニュアルの一部に該当する）が急務となるが、このマニュアル作成のためには当該ダム地点での長期間の貯水位、流入量、雨量、放流量のデータが欠かせないことは言うまでもない。また、近隣に既設ダムがある場合はそのダム管理データも必須である。

(2) 地下水開発施設

地下水開発・地利用施設の運営・維持管理に関する現状の分析から、以下が明らかになり、改善が必要であることが判明した。

(2-1) 帯水層の管理

帯水層の管理が適切に行われていないため過剰揚水・地下水汚染などが発生している。地下水モニタリングの実施とそれに基づく揚水規制が必要である。

(2-2) 深井戸利用施設の運営・維持管理

深井戸施設の運営・維持管理が不足しているため、施設の稼働率が低い。この問題を解決すべく深井戸利用施設の運営・維持管理の改善策として以下の内容を提案する。

- 井戸建設対象コミュニティの適切な選定
- 住民の意識改革
- コミュニティによる水料金徴収体制の確立
- LGA による支援強化
- スペアパーツ供給

(2-3) 深井戸の揚水能力

ハンドポンプ付きの深井戸の揚水の能力は 10m³/日程度しかないため井戸の揚水能力を生かすことができない。将来の給水需要を満たすためには井戸の揚水装置をハンドポンプから動力ポンプに変更し帯水層の能力をフルに活用する必要がある。

(2-4) 深井戸建設体制

地方給水事業における深井戸建設には多くの機関が関与している。効率的な地下水開発事業を実施するためには、今後以下の課題を検討すべきである。

- 州に存在する複数の実施機関が独自に深井戸掘削事業を実施するのではなく、実施機関を RUWASSA に一元化する。
- 実施機関は井戸掘削の長期計画を策定しこれに基づき効率的な事業を実施する。

効率的な地下水開発を進めるためには、州政府実施機関の技術力と組織力を向上させ、村落・小都市給水事業の中心的存在としての機能を強化し、同時に州政府実施機関の主導により民間井戸掘削業者の技術レベルを高めることが必要である。またこれを目的として連邦府機関であり NIWRMC や NIHSA が井戸業者の登録制度や地下水開発技術移転において州政府と連携することが期待される。

2.8.4 水文モニタリング

(1) 表流水に関わる水文モニタリング

問題点と課題に基づき、表流水モニタリング改善の戦略を表 2-72 に示すように設定する。

表 2-72 表流水に関わる水文モニタリング改善の戦略

項 目	戦 略
目的・重要度に応じた観測所の分類とその配置計画	<ul style="list-style-type: none"> - 観測所ごとのモニタリングの目的を明確にし、その目的に応じて観測方法、必要となるデータの質、観測及びデータ転送時間間隔等を決定する。 - 水文観測所を主観測所、2次観測所、3次観測所に分類して、その配置計画を立案する。 - 観測所の設置、維持管理のための予算は限られていることから、主観測所、2次観測所、3次観測所の順に優先度を設定する。優先観測所では、限定された予算の中であっても、長期の連続したデータを確保するためにより状態に保たれなければならない。
観測所の持続性の確保	<ul style="list-style-type: none"> - 観測所設置、改修時に自動観測装置が導入される場合でも、ゲージ観測者としての地元の人々との協働体制を構築し、観測バックアップシステムとして導入する。ゲージ観測者への報酬を十分に確保する。 - その他持続性を確保できるあらゆる可能な方策が考慮する。
良質の水位-流量曲線の設定と維持	<ul style="list-style-type: none"> - 水位-流量曲線を早急に確立し、定期的に更新する。 - 水位-流量曲線の設定は主観測所、2次観測所、3次観測所と優先度を定め、順次進める。 - 定期流量観測に加え、洪水時の観測を実施する。 - 流量観測及び水位-流量曲線の設定に関する能力強化を実施する。
水文情報と気象情	<ul style="list-style-type: none"> - 「ナ」国における気象観測に責任を持つ機関は NIMET である。しかしながら、NIMET

項目	戦略
観測の同時観測	<p>が管理している総観測所の数は限定されており、水文データと組み合わせた適切な水文サービスの実施のためには不十分であると考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 降雨、気温等重要な気象パラメータについては、水文観測の主観測所、2時観測所において同時に気象観測を実施する。これはNIMETから提供されるデータを補足することから、NIMETとNIHSAのデータ交換体制を推進する。
土砂・水質パラメータの同時観測	<ul style="list-style-type: none"> - 河川・氾濫原管理の観点から、国全体のレベルでの土砂、水質等の物質動態を概略把握するために、水文観測の主観測所における定期流量観測実施時に併せて、土砂、水質観測を実施する。土砂観測はNIHSA、水質観測は連邦水資源省水質衛生局がそれぞれ担当する。
品質管理体制の確立	<ul style="list-style-type: none"> - NIHSAはデータ収集、処理、保管、普及・伝達といったデータ管理の適切な体制を確立する。そのために必要となる能力強化を行う。
水文モデリングに関する能力強化	<ul style="list-style-type: none"> - 流出解析、氾濫解析といった水文モデリングは水資源アセスメントのための観測データを補足できる。モデリングの過程においては、観測データの品質確認も可能となる。 - 洪水警報や長期的な表流水の状況予測といった情報の普及・伝達は水文サービスの一部である。水文モデリングはそのための必要な道具となる。 - NIHSAは水文モデリングに関する能力を強化する。
水資源モニタリングに関する協力体制の構築	<ul style="list-style-type: none"> - 水資源モニタリングにおけるNIHSAの主たる責任は「水資源アセスメントとその普及・伝達のための水文モニタリング」にあるが、その他の関連活動に対する貢献についても、水文サービスとして必要な事項である。水資源モニタリングに責任を有する水資源開発施設管理者(RBDAs等)、NIWRMC、連邦水資源省水質・衛生局との協力体制、特にデータ・情報の流通体制を構築、維持する。 - 貯水池運用データを表流水モニタリングデータとして統合する。
水文モニタリングに関わる意識向上活動	<ul style="list-style-type: none"> - 水文データの重要性が公衆に広く認識、理解されるべきである。 - NIHSAは水文に関わる意識向上活動を積極的に実施する。こうした活動が究極的には適切な水資源モニタリングをサポートすることになる。

出典：JICAプロジェクトチーム

戦略に基づき、表流水モニタリングを主管するNIHSAによる実施が提案される事業は以下の通りである。

事業1：表流水モニタリングネットワーク整備事業

表流水モニタリングネットワークを段階的に整備していくものである。表流水観測所は、既存のNiger-Hycos観測ネットワークをベースとし、目的に応じて4タイプ（主、優先2次、2次、3次）に分類する。

事業2：水文データ管理能力強化・利活用促進事業

水文データ管理状況を改善するための事業である。

事業3：水文モデリングセンター事業

水文観測データの利活用、観測データの質確保を図るために「ナ」国政府がNIHSA内に水文モデリングセンターを設置する。

事業4：水文情報啓発促進事業

NIHSA職員による水文情報の重要性を啓発促進する事業である。

(2) 地下水に関わる水文モニタリング

NIHSAは全国に11箇所のモニタリング井を設置し地下水位の観測を継続している。これらのモニタリング井は、堆積岩地帯の被圧帯水層に設置され、井戸の深さは80～100mであり自記水位計が設置されている。このモニタリングの目的は、都市給水の水源となっている帯水層の地下水位を把握することにある。モニタリング井データの蓄積が不足しているため、地下水位変動の長期的傾向を把握するには至っていない。観測の継続によるデータ集積と、新たなモニタリング井の設置が期待される。

モニタリング目的・手法の明確化

モニタリングの目的と手法を明確化することによって、モニタリング活動に対する目的意識が生まれ作業の効率化が期待される。地下水モニタリングの目的は以下の2つに大別される。

- 地下水開発可能量を評価する。
- 地下水環境問題の有無・原因を判断し対策を検討する。

モニタリング担当機関の役割分担の明確化と組織・能力強化

連邦レベルで地下水のモニタリングを担当するのは NISHA であり、その役割・機能を明確にし組織・能力強化を図る必要がある。また NIHSA は地下水管理を行う NIWRMC や地下水開発を行う州政府機関（水道公社や RUWASSA）に対する技術的指導を行う立場にある。

2.8.5 水資源データ・情報管理

(1) 戦略目標

水資源関連データの管理の戦略的目標は、以下のものとする。

- 知見を共有することで、全ての人々が「詳細な情報を得たうえでの決断」を行えるようにする。
- NIHSA と NIWRMC がデータベースの運用及び保守を行う中心的な機関としての役割を担う。

現状では、観測体制が脆弱であり、観測データを取得する上で以下に示す問題が発生し、収集データに継続性やデータの品質低下がみられる。

このような脆弱性を回避するため、特に重要な観測点では、人力による観測の多重化（例：自動水位観測システムと並列で、目視による水位観測）を行い、観測データの品質（継続性・データ精度）の改善を図る。

(2) データ収集及び蓄積に係る管理

戦略目標（ビジョン）上、観測データ及び諸元データは、流通環境の整備のとも、利用・流通を通じて検証された収集データの蓄積を行うことになっている。一方で、流通体制の整備を待つまでもなく、基本的なデータのチェック及び収集体制の改善を行う仕組みを NIHSA、NIWRMC の主要 2 機関をはじめ観測に係る機関に整備する必要がある。

データの観測・蓄積状況を示すデータ等を定期的に収集し、マネジメント（評価・判断）層に報告する仕組みが必要である。このような仕組みを通じて、マネジメント層がデータの蓄積状況の把握・監督することを提言する。

2.8.6 氾濫原の管理

プロジェクトで確認された課題を考慮して、連邦水資源省は、大規模河川の氾濫原、とりわけ大規模灌漑のポテンシャルが大きい Benue 川とその主要支川区間、Niger 川（Lokoja 上流）、Kaduna 川、Sokoto-Rima 川、等を対象として氾濫原の基礎的な調査を戦略的に開始すべきである。

表 2-73 基礎的な調査項目（案）

項目	内容
過去の河道変遷状況	植民地時代の地図、空中写真、衛星画像により、河道位置の変遷を整理し、氾濫原内の安定度を検討する。
横断測量	段丘間の横断測量を行い、現状の微地形を示す横断面図を作成。河道内についても測量を行い、滞筋の位置を確認する。
土質調査	ボーリング調査により土質断面図を作成する
河道の流下能力	横断測量図を元にして、水位一流下能力を水力計算し、氾濫原の氾濫頻度を評価する

出典：JICA プロジェクトチーム

2.8.7 気候変動、越境水に起因するリスクの考慮

気候変動および越境水はいずれも自ら制御できない不確実な要素を含んでいる。気候変動、越境水に起因するリスクへの対処のため、に以下を推奨する。

- 水関連情報の精度向上によるリスク特定の前向きな精緻化
- 順応的管理の推進
- 洪水・渇水に対する危機管理体制の強化
- 水需要管理の推進

2.8.8 水環境管理

JICA プロジェクトチームによって確認された主な問題と課題に基づき、「ナ」国での水環境管理改善のために、以下の2つの計画を提案する。

事業1：全国飲料水水質観測改善事業

「全国飲料水水質観測改善計画」の目的は、国民の健康を守るために、「ナ」国国内の水源水および飲料水の水質に関する科学的データを生み出すことである。対象となる検体は、水資源（地表および地下水）と国民に摂取される浄水であり、分析対象とする水質パラメータは、水源水および飲料水の水質の診断に必要となるものとする。

事業2：重要河川水質モニタリング事業

「ナ」国の重要河川における水質状況を把握するため、重要河川で実施される水量に関する主要観測所において水質観測を実施する。

2.8.9 水の配分と規制

1993年のWater Resources Actに述べられている商用スケールの取水と水利用に対する許認可取得の必要性にもかかわらず、その実施フレームはいまだ導入されていない。

こうした状況を改善するために、2007年にNational Water Resources Billが起草された。これは、1) National Water Policy (2004)、2) Water Resources Strategy (2006)、3) Draft National Irrigation Policy and Strategy (2006)に基づいているが、いまだレビューを繰り返しているという段階である。

NIWRMCは、「ナ」国における水配分と規制に責任を持つ機関となるべく、設立された。NIWRMCは8水文地域におけるCatchment Management Offices (CMOs) 及びと中央調整機関からなる。NIWRMCは2008年より活動を開始しており、現在、正式な設立承認を待っている状況である。

(1) 枠組み

2.8.2節「公共水サービスに係る組織・制度」の基本方針-3では、公正な規制・監視組織制度の構築にあたり、流域単位での水資源の計画、管理、規制を原則として掲げている。NIWRMCを中心として、こうした流域単位での水資源の計画、管理、規制を行う枠組みは図2-39に示すように提案する。

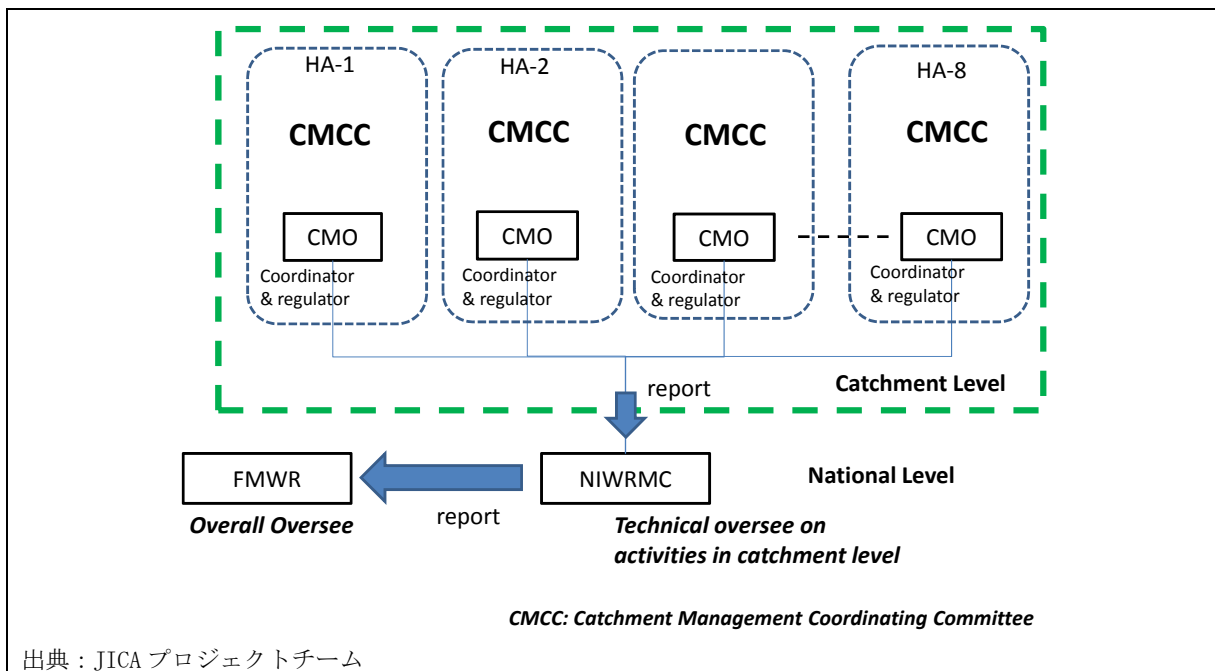
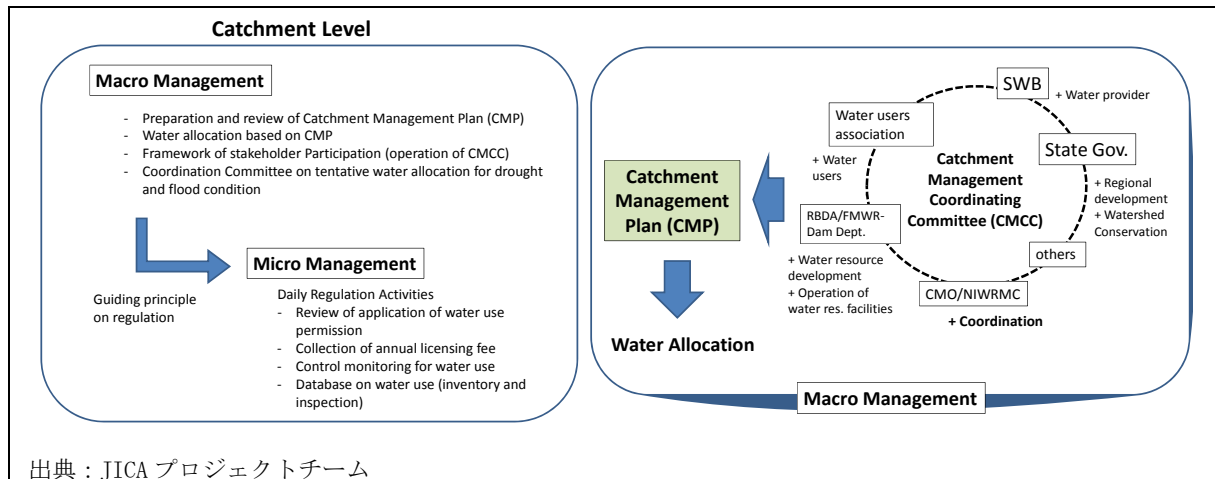


図2-39 流域単位での水資源の計画、管理、規制を行う枠組み

水資源の管理実務を行う流域の単位として、全国で8つに分割した水文地域とする。各水文地域での水資源管理の実務はNIWRMCの水文地域ごとの事務所であるCMOsが主体となって実施する。これらの活動の技術的側面はAbujaにあるNIWRMC本部により監督される。さらに、連邦水資源省は監督官庁としてこれらの活動全般を監督する。NIWRMCは流域単位での水資源の計画、管理、規制に関わる活動を総括して連邦水資源省計画・研究・統計局に定期的に報告し、活動全般にわたる助言を得る。

流域レベルでのCMOの活動の枠組みは図2-40のように提案される。流域レベルでのCMOの活動は、以下の2つに大きく分かれる。

- マクロ管理におけるステークホルダー間の調整
- ミクロ管理における規制者としての日常的水管理活動



出典：JICA プロジェクトチーム

図 2-40 流域レベルでの CMO の活動の枠組み

水の配分と規制に関わる枠組みを実現するために、NIWRMC 主体となって以下に示す事業を実施することを提案する。

事業 1：流域管理計画策定事業

8つの水文地域の流域管理計画を策定する事業である。

事業 2：水利用許認可・規制能力強化事業

NIWRMC および CMO による水利用許認可・規制能力を強化するための事業である。

事業 3：流域管理促進事業

事業 1 および 2 の経験をもとに、水利用許認可・規制システムの運用を含む流域管理を全水文地域で適正に実践するよう促進する事業である。

事業 4：水料金ガイドライン策定事業

水利用に関わるコスト算定と適正な水利用ライセンス料、水料金設定のための標準ガイドラインを策定する事業である。

2.8.10 水セクターにおける広報活動

水セクターにおける効果的かつ持続的な広報活動実施の基本方針は以下のとおりとする。

- 広報活動を通じて、FMWR の貢献を広く明らかにするとともに、水資源開発と管理における FMWR のすべての活動に関する透明性と説明責任を果たすことによって FMWR と市民社会との相互理解を確立、維持する。
- 広報活動を通じて、水資源管理における利用者、計画立案者、政策決定者などの参画を促す。
- 広報活動を通じて、水、衛生、ジェンダー、コミュニティにおける環境保全などに関する教育を啓発、拡大する。

基本方針を踏まえ、関連する他機関と連携して、以下に述べるアクションプランを提案する。

- 連邦水資源省 (FMWR) の季刊誌「WATER」の充実を通じて PR を強化する。
- 新聞、TV、ラジオ、雑誌を含め広報活動のツールを強化、多様化する。
- 省内公文書の厳格かつ効率的な管理を行う (電子化など)
- ジェンダー平等化・女性のエンパワーメント、家庭とコミュニティにおける日常活動などに配慮し、水資源管理における参加型プロセスを支援する。
- PR Unit とジェンダー・人権ユニット (Gender and Human Rights Unit) の人材確保及び能力開発を推進する。

2.8.11 官民連携 (PPP)

以下の分野は水資源セクターにおける潜在的に実施可能な分野であり、水資源セクターの民間投資を誘引すると考えられる。

- 灌漑プロジェクト (中・大規模灌漑)
- 給水プロジェクト (商工業地域、田園地域)
- 水力発電プロジェクト
- 水質管理プロジェクト
- 水産養殖及び園芸
- 付加価値プロジェクト
- 観光プロジェクト

PPP を推進するために、政府および連邦水資源省は以下の責任を果たしていくことが要求される。

- 意識形成や投資説明会を通じて、インセンティブや代替的資金手当など優遇措置を提示し、民間セクターの公共水サービスへの参入促進
- PPP を支援する持続的な実施環境 (政策、法律、規制等) の整備
- 資金調達可能な PPP プロジェクト発掘と開発
- ライセンス、許可等の発行促進
- 民間セクターを誘引するためのインセンティブの付与 (租税優遇措置、VGF など)
- 意図した Value for Money が発現しているかどうかを確認するためのモニタリングと評価

上述の政府および連邦水資源省の責任に加えて、以下のアクションプランを提案する。

- PPP ユニットの強化
- PPP プロジェクトの準備と実施に関する能力開発
- PPP プロジェクト準備のための予算配分
- Project Delivery Team 及び Steering Committee の設置
- PPP プロセスに関わる定期的利害関係者協議
- 民間セクター参入を促進するための政策と戦略の定期的更新

2.8.12 人材開発・能力開発

全国水資源マスタープラン 2013 における HRD に関する基本方針を以下のとおり提案する。

- トレーニング機会へのアクセスの開発拡大
- 流域レベルのニーズに相応するトレーニング強化
- NWRI の訓練機能の強化拡充

基本方針を踏まえ、全国水資源マスタープラン 2013 のための HRD プランを提案する。これは、連邦水資源省 (FMWR) の様々な組織によって行われる水資源のすべての面をカバーするものであり、NWRI、人材資源局、計画・研究・統計局など全ての関係機関は、HRD プランの達成に向けて協力することが求められる。

2.8.13 モニタリング・評価

モニタリングと評価 (Monitoring and Evaluation : M&E) は、プロジェクトの実施を管理する有効な手法として各分野で活用されている。「ナ」国でも、全国水資源マスタープラン 2013 の上位

計画である現下の重要国家計画「Nigeria Vision 20:2020」の実施を管理するためにこの手法が用いられている。国家計画委員会（NPC: National Planning Commission）は、連邦や州の政府機関（省：Ministry、局：Department、外郭団体：Agency、所謂 MDA）のパフォーマンスや貢献度を追跡するために、M&E のための MDA スコアカードを開発した。

MDA スコアカードは、それぞれの政府機関の成果（Outputs や Outcomes）を主要業績評価指標（Key Performance Indicators : KPI）によって把握し、各政府機関の年間目標に対する進捗状況を理解し、各政府機関の事業の効率性（Efficiency）を評価することを目的にしている。

M&E に関する、現状の連邦水資源省（FMWR）の役割と責任は、水セクターを構成する各サブセクターの KPI を決め、それを定期的（毎年）に計測し、NPC に報告することである。連邦水資源省（FMWR）では、計画・研究・統計局の「モニタリング・評価部」が NPC の M&E に対応する責任部署（Sub-Department: Monitoring & Evaluation）となっている。

連邦水資源省（FMWR）で実施されている現行の M&E は、2011 年から始まった新しい水資源事業の進捗を評価するシステムである。今後、実施上の経験を基に改善が進められるが、M&E への提案を以下に示す。

- FMWR の内局（Department）外局（Agent）レベルでのモニタリングと評価の徹底
- FMWR の外局（Agent）である NIWRMC および CMO に関する M&E 改善
- プロジェクト準備段階に関する M&E システムの設計

2.9 事業実施プログラム

2.9.1 事業実施工程

(1) 事業概要

全国水資源マスタープラン 2013 で提案された事業の概要を表 2-74 に示す。

表 2-74 提案事業の概要

プロジェクト名	事業概要	主幹組織
A. 水源開発事業		
A.1 表流水開発		
A.1.1 実施中表流水源開発事業		
● 実施中表流水源開発事業	現在実施中の表流水源開発事業。30 ダム。全貯水容量 1,500MCM	FMWR
A.1.2 既存ダムの機能回復、向上		
● ダム管理能力強化事業	ダム管理状況の改善のため、FMWR ダム局職員、ダム管理者である RBDAs 職員、SWA 職員等を対象とした能力強化事業	FMWR
● ダムの適正運用管理のための機材リハビリテーション事業	ダム管理改善のために、現在劣悪な状況にある気象・水文観測施設、貯水池水位観測機材、放流量観測機材などダム運用管理に資する機材のリハビリテーションを実施する事業	FMWR
● ダムリハビリテーション事業	ダム本体の劣化などダムの安全性に影響を及ぼすと考えられるものに対して、2030 年までに随時リハビリテーションを実施していく事業	FMWR
A.1.3 新規水源開発		
● 都市用水水源開発事業	2030 年に必要とされる都市用水用表流水について、1/10 安全度で供給できないと評価される水源について、ダム建設により安定した水源供給を行う事業。23 ダム、全貯水容量 207MCM	FMWR
● 灌漑用水水源開発事業	灌漑開発計画に従い、灌漑スキームの水源開発を行う事業。21 ダムの、全貯水容量 969MCM	FMWR
● 総合開発事業	灌漑開発と水力発電を組み合わせた総合事業。Benue 川の本支川における 3 スキーム。全貯水容量 970MCM	FMWR
A.2 地下水開発		
A.2.1 既存井戸のリハビリ		
● 大都市・中小都市・町	4,880 本の動力ポンプ井戸 (2,193,335m ³ /日) のリハビリ	州水道公社
● 村落	949 本の動力ポンプ井戸 (422,640m ³ /日)、13,364 本のハンドポンプ井戸 (133,640m ³ /日) のリハビリ	RUWASAA
A.2.2 新規井戸の設置		

プロジェクト名	事業概要	主幹組織
● 大都市・中小都市・町	動力井戸の建設：200m 井戸 3,857 本、50m 井戸 10,790 本、総揚水量 6,937,613 m ³ /日	州水道公社
● 村落	● 動力井の建設：200m 井戸 3,736 本、50m 井戸 5,369 本、総揚水量 1,241,448 m ³ /日 ● ハンドポンプ井戸の建設：82,538 本、総揚水量 825,380m ³ /日	RUWASSA
B. サブセクター開発事業		
B.1 給水・衛生事業		
B.1.1 給水改修事業		
● 大都市・中小都市・町	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における都市および都市周辺もしくは小都市・町 事業内容：表流水（浄水場）利用もしくは深井戸利用の管路系給水施設の改修（2015～2030 年） 裨益人口：25,957 千人 開発水量：3,148 MLD（表流水 1,388、地下水 1,761）	FMWR、州政府、州水道公社、STWSSA
● 村落	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における村落 事業内容：深井戸利用のポイントソース型給水施設（動力ポンプもしくはハンドポンプ）の設備改修（2015～2030 年） 裨益人口：14,633 千人 開発水量：430 MLD（地下水）	FMWR、州政府、RUWASSA
B.1.2 給水新規事業		
● 大都市・中小都市・町	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における都市および都市周辺もしくは小都市・町 事業内容：表流水（浄水場）利用もしくは深井戸利用の管路系給水施設の建設（2015～2030 年） 裨益人口：57,479 千人 開発水量：9,707 MLD（表流水 4,146、地下水 5,561）	FMWR、州政府、州水道公社、STWSSA
● 村落	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における村落 事業内容：深井戸利用のポイントソース型給水施設（動力ポンプもしくはハンドポンプ）の設備設置（2015～2030 年） 裨益人口：43,561 千人 開発水量：1,595 MLD（地下水）	FMWR、州政府、RUWASSA
B.1.3 衛生事業		
● 公衆便所建設事業	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における都市および都市周辺もしくは小都市・町 設置場所：市場、バスターミナル等 開発数量：20,326 箇所	FMWR、州政府
● 最終処分場整備事業	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における都市 事業内容：し尿処理施設（各戸浄化槽から回収・運搬） 裨益世帯：9,326 千世帯	FMWR、FME、FEPA、SEPA
● 下水道建設事業	事業対象：Edo 州 Benin、Lagos 州中心部、Osun 州 Osogbo、Oyo 州 Ibadan、FCT Abuja の主要都市部 事業内容：下水処理場、下水管を含む下水道システムの建設 裨益世帯：877 千世帯（処理量 473,266m ³ /日）	MWR、FME、FEPA、SEPA
● 衛生教育事業	事業対象：全国 36 州と FCT Abuja における都市周辺もしくは小都市・町および村落 事業内容：コミュニティ主導型トータルサニテーションなどによる衛生教育、普及活動 裨益世帯：30,058 千世帯	FMWR、州政府、LGA
● 衛生施設建設（各世帯負担）	対象：全国 36 州と FCT Abuja における都市、都市周辺もしくは小都市・町および村落の住民 内容：家庭用便所の設置 世帯数：都市－6,739 千世帯、都市周辺もしくは小都市・町－13,407 千世帯、村落－36,796 千世帯	
B.2 灌漑・排水事業		
B.2.1 既存施設のリハビリ	事業対象地区 37 地区、面積 A=36,163ha	FMWR、州政府
B.2.2 新規施設の建設		
● 整備実施中事業	現在、連邦水資源省（FMWR）が実施中の公的灌漑スキームの早期完工を目指す。 事業対象地区 32 地区、面積 A=98,897ha	FMWR
● 整備拡張予定事業	灌漑農地を拡大するため、既往灌漑スキームの未着手エリアを今後整備拡張する。	FMWR、州政府

プロジェクト名	事業概要	主幹組織
	事業対象地区 92 地区、面積 A=103,937ha	
● 補給灌漑事業	降雨量の多い HA-5、HA-7 において、圃場整備と溜池・地下水による補給灌漑による新規灌漑スキームを開発する。 事業対象面積 HA-5 A=19,000ha, HA-7 A=29,000ha	FMWR、州政府
● ダム掛り灌漑事業	通年灌漑を可能とするダム掛りの新規灌漑スキームを全国に開発する。事業対象地区 17 地区、面積 A=80,900ha	FMWR
● 総合開発事業	Benue 河の支流の Nasarawa、Taraba 川、Donga-Suntai 川に多目的ダムを建設し、水力発電で得た電気を新規灌漑地のポンプ運転に使用し、大規模灌漑スキームを開発する。 事業対象地区 3 地区、面積 A=99,000ha	FMWR
B.3 水力発電事業		
B.3.1 既存ダムへの設置	自立型の灌漑農業のため、可能性のある既設ダムへの水力発電設備の設置を勧める。今後、可能性調査が必要	
B.3.2 新規ダムへの設置	Nasarawa、Taraba、Donga-Suntai のダムの従属発電を行う	
C. 水資源管理関連事業		
C.1 水文モニタリング		
● 表流水モニタリングネットワーク整備事業	表流水モニタリングネットワークを段階的に整備する事業。目的に応じて主観測所(18)、優先2次観測所(22)、2次観測所(35)、3次観測所(93)の4タイプに分類して整備する	NIHSA
● 地下水モニタリングネットワーク整備事業	地下水モニタリングネットワークを整備する事業。①地下水ポテンシャル評価(120箇所)、②地下水環境監視(過剰揚水、広域地下水水位低下、地盤沈下、海水侵入:22箇所)	NIHSA
● 水文データ管理能力強化・利活用促進事業	水文データ管理状況を改善するための事業。フェーズ1ではパイロット地域を選定して、能力強化を図る。フェーズ2では利活用促進事業としてフェーズ1で強化された能力を継続的に発展させる	NIHSA
● 水文モデリングセンター事業	水文観測データの利活用、観測データの質確保を図るために「ナ」国政府が NIHSA 内に水文モデリングセンターを設置する。モデリングセンターの設置促進、活動強化のために能力強化事業を実施	NIHSA
● 水文情報啓発促進事業	NIHSA 職員による水文情報の重要性を啓発促進する事業	NIHSA
C.2 水の配分と統制		
● 流域管理計画策定事業	8つの水文地域ごとの流域管理計画を策定する事業	NIWRMC
● 水利用許認可・規制能力強化事業	NIWRMC および CMO による水利用許認可・規制能力を強化するための事業	NIWRMC
● 流域管理促進事業	水利用許認可・規制システムの運用を含む流域管理を全水文地域で適正に実践するよう促進する事業	NIWRMC
● 水料金ガイドライン策定事業	水利用に関わるコスト算定と適正な水利用ライセンス料、水料金設定のための標準ガイドラインを準備する事業	NIWRMC
C.3 水環境管理		
● 全国飲料水水質観測改善計画	水源および飲料水の水質に関する科学的データを生み出すために、水質観測に関する能力開発および水質観測を実施する事業	FMWR
● 重要河川水質モニタリング計画	重要河川における水質状況を把握するための水質観測を実施する事業	FMWR

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 実施工程

(2-1) 水源開発事業

表流水開発事業

実施中事業

少なくとも 2020 年までに現在実施中の事業を完工する。

既存ダムの機能回復、向上事業

緊急短期事業としてダム管理に関わる能力強化事業を実施し、その活動を通じて、ダム運用管理のための機材およびダム本体のリハビリ事業の内容を固めていく。リハビリにあたってはダム運用管理のための機材のリハビリを優先して実施する。

新規水源開発

都市給水事業については給水率 100%の実現を目指す 2025 年までに安定した水源水の供給を行

うことを目標とする。灌漑事業に関しては、灌漑事業の実施に合わせた水源開発を行う。総合開発事業については、提案 3 事業のうち、比較的規模の小さい事業をパイロット的に先行して実施し、総合開発事業の経験を蓄積したのち、比較的大規模な事業を実施していく。

地下水開発事業

多数の新規深井戸掘削と稼働していない既設井戸のリハビリによって地下水を開発する。水需要の伸びに密着して地下水開発量を増加させることが最も効率的な開発方法であるため、2014～2030 年までの期間で水需要が直線的に増加すると仮定し、地下水開発量（リハビリ井戸・新規井戸による揚水量）もこの期間で直線的に増加させる。すなわち、毎年同数量の井戸リハビリと新規井戸掘削を行う。

(2-2) サブセクター開発事業

給水・衛生事業

表流水利用の給水スキームについて、第 1 ステージにおいては、既存給水スキームの改修事業および計画が具体化している給水スキームの新規事業を優先的および早期に実施し、第 2～3 ステージにおいて、水源開発（ダム建設）の進捗にも併せつつ新規事業を継続する。地下水利用の給水スキームについて、改修もしくは新規に関係なく、第 1～3 ステージの全期に亘り事業を実施する。

衛生事業について、公衆便所建設事業を全期に亘り実施し、第 1 ステージに最終処分場整備事業を短期的に実施する一方、第 2～3 ステージに下水道建設事業を実施する。

灌漑・排水事業

既往灌漑スキームの整備実施中事業は最も優先度が高いため早期の完工を目指し、第 2 ステージまでに完工させる。新規灌漑事業である補給灌漑事業は事業規模が小さく経済的であり、事業効果が早期に発現されることから早期に着工し、第 2 ステージまでに完工させる。整備拡張予定事業や総合開発事業はそれぞれ整備面積が大きいいため、第 1 ステージから準備を始め、第 3 ステージまでに完工させる。ダム掛り灌漑事業は、灌漑用水水源開発事業のダム建設期間に準じて、第 3 ステージまでに完工させる。また、総合開発事業も第 3 ステージまでに完工させる。

(2-3) 水資源管理関連事業

水文モニタリング

モニタリングネットワーク整備については段階的に整備・拡張を行う。水文モニタリングに付随する各種サービス（水文データ管理、水文モデリング）については、短期事業として初期段階で能力開発事業を実施したうえで、引き続きそれを活かした事業を展開する。啓発促進は全事業期間継続して実施する。

水の配分と統制

短期事業として、流域管理計画策定事業を実施するとともに、パイロット地域を対象として水利用許認可・規制に関する能力強化事業を実施する。さらに、水料金ガイドライン策定事業を行う。それらの経験をもとに流域管理を実践する流域管理事業を継続して行う。

水環境管理

短期事業として、全国飲料水水質観測改善計画のうち、水質モニタリングに関わる能力開発事業を実施する。そのうえで、継続的に飲料水水質観測および全国重要河川水質モニタリング計画を継続的に実施していく。

2.9.2 事業費の積算

全国水資源マスタープラン 2013 で提案された各種事業の内、連邦水資源省が所管する「水源開発

(1) 積算条件

積算条件を表 2-75 に示す。

表 2-75 積算条件

内訳	内容と積算条件
(1) 建設工事費	労務費、材料費、建設機材費等
(2) 機器調達費	建設工事に係らない調達機器（水力発電設備、揚水ポンプ・モーター等）
(3) 調査・設計費	上記(1)(2)合計の10%
(4) 政府事務経費	上記(1)(2)合計の5%
(5) 予備費	(1)～(4)の10%

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 事業費

優先プロジェクトの事業費とその内訳を表 2-76 から表 2-78 に示す。表流水開発事業費は 3,756 億ナイラ、地下水開発事業費は 1,001 億ナイラで両者の合計額は 4,757 億ナイラである。給水・衛生事業費は 4 兆 1,173 億ナイラ、灌漑・排水事業費は 1 兆 5,314 億ナイラである。また、水資源管理関連事業費は 293 億ナイラである。

水源開発費と水資源管理関連事業費の合計額は上記の全体事業費の約 8%を占め、給水・衛生事業費は 67%、灌漑・排水事業費は 25%であり、給水・配水事業費が占める割合が大きい。

表 2-76 水源開発事業の事業費とその内訳

プロジェクト名	事業概要の内訳（百万ナイラ）					合計 （百万ナイラ）
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 表流水開発事業	295,722	1,228	29,695	14,848	34,149	375,642
2. 地下水開発事業	79,124	0	7,912	3,957	9,099	100,092
合計	374,846	1,228	37,607	18,805	43,248	475,734

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-77 サブセクター開発事業の事業費とその内訳

プロジェクト名	事業概要の内訳（百万ナイラ）					合計 （百万ナイラ）
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 給水・衛生事業	3,254,770		325,477	162,738	374,298	4,117,284
1.1 給水改修事業	186,282		18,628	9,314	21,422	235,646
1.2 給水新規事業	2,409,720		240,972	120,486	277,118	3,048,296
1.3 衛生事業	658,768		65,877	32,938	75,758	833,342
2. 灌漑・排水事業	1,180,086	30,725	121,080	60,317	139,221	1,531,429
2.1 既存施設のリハビリ	39,670	568	4,023	2,012	4,627	50,900
2.2 新規施設の建設	1,140,416	30,157	117,057	58,305	134,594	1,480,529
合計	4,465,581		446,557	223,055	513,519	5,648,713

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-78 水資源管理関連事業の事業費その内訳

プロジェクト名	事業概要の内訳（百万ナイラ）		合計 （百万ナイラ）
	機器調達費	運用・維持管理費	
1. 水文モニタリング	10,512	13,115	23,627
2. 水環境管理	3,700	2,009	5,709
合計	14,212	15,124	29,336

出典：JICA プロジェクトチーム

2.9.3 事業実施の財務プログラム

積算した水源開発事業、給水・衛生事業および灌漑・排水事業の財務プログラムを表 2-79 に示す。

水源開発事業費（表流水と地下水）のステージごとの投資比率は、第 1 ステージ 30%、第 2 ステージ 31%、第 3 ステージ 39%となっており、各期において均衡しているが第 3 ステージの投資比率が他ステージより高い。

給水・衛生事業の投資比率は第 1 ステージ 45%、第 2 ステージ 34%、第 3 ステージ 22%であり第 1 ステージにおける投資比率が最も高くその後には漸減する。

灌漑・排水事業の投資比率は第1ステージ23%、第2ステージ50%、第3ステージ27%となっており第2ステージにおける投資比率が高い。

表 2-79 水資源開発投資の財務プログラム

事業	ステージ別の投資額 (Billion ナイラ)			合計投資額 (Billion ナイラ)
	第1ステージ 2014-2020	第2ステージ 2021-2025	第3ステージ 2026-2030	
A. 水源開発事業	144.0	146.8	184.8	475.7
A.1 表流水開発	98.4	108.8	168.4	375.6
A.1.1 実施中表流水源開発	98.4	0	0	98.4
A.1.2 新規水源開発	0	108.8	168.4	277.2
A.2 地下水開発	45.6	38.0	16.4	100.1
A.2.1 既設井戸の機能回復	1.4	1.2	1.0	3.6
A.2.2 新規井戸掘削	44.2	36.8	15.4	96.5
B. 給水・衛生事業	1,836.9	1,393.5	886.9	4,117.3
B.1 給水改修事業	142.5	49.8	43.3	235.6
B.2 給水新規事業	1,489.4	994.6	564.3	3,048.3
B.3 衛生事業	205.0	349.1	279.3	833.3
C. 灌漑・排水事業	353.8	757.6	420.0	1,531.4
C.1 既存施設のリハビリ	14.7	33.8	2.4	50.9
C.2 新規施設の建設	339.1	723.8	417.6	1,480.5
合計	2,334.7	2,297.9	1,491.7	6,124.4

出典：JICA プロジェクトチーム

2.10 全国水資源マスタープラン 2013 の評価

2.10.1 経済・財務面の評価

(1) 経済評価

2.9節で示したサブセクター開発事業の「B.1 給水事業」および「B.2 灌漑・排水事業」について、各々の事業の経済評価を行う。

(1-1) 給水事業

各事業とも州によりばらつきがあるが、国全体では EIRR が資本の機会費用である 10%を上回るあるいはそれに近い数値を示し、概ね経済的に妥当と認められる。

表 2-80 給水事業の経済評価

	給水改修事業						給水新規事業					
	都市			村落			都市			村落		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	50.0%	3.6	314.7	27.6%	2.2	11.1	10.1%	1.01	13.5	9.2%	0.94	-4.9

注) NPV=10 億ナイラ 出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 灌漑・排水事業

各事業とも HA によりばらつきがあるが、国全体では EIRR が資本の機会費用である 10%を上回るあるいはそれに近い数値を示し、概ね経済的に妥当と認められる。

表 2-81 既往灌漑・排水事業の経済評価

	改修事業			整備実施中事業			拡張予定事業		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	41.8%	4.1	47.9	13.2%	1.3	33.4	10.8%	1.1	5.2

注) NPV=10 億ナイラ 出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-82 新規灌漑・排水事業の経済評価

地域	補給灌漑事業			ダム掛かり灌漑事業			総合開発事業		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	20.3%	2.0	66.5	9.6%	0.96	-3.9	10.4%	1.0	4.3

注) NPV=10 億ナイラ 出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 財務考察

2009～2011年間の連邦政府および州政府を合計した年度予算配分額は、給水事業約1,480億ナイラ、灌漑・排水事業約350億ナイラである。この配分額は今後とも維持されるものとし、全国水資源マスタープラン2013に対する配分を以下のように仮定する。

- 第1ステージ（2014～2020）：既存の実施中プロジェクトの促進を優先し、全国水資源マスタープラン2013への配分は50%とする。
- 第2ステージ（2021～2025）：既存の実施中プロジェクトは完了し、全国水資源マスタープラン2013への配分を100%とする。
- 第3ステージ（2026～2030）：全国水資源マスタープラン2013への配分を100%とする。

(2-1) 給水事業

連邦政府および州政府予算は、投下資本効率の高い改修事業に第一義的に配分し、残余分を新規事業に配分するものとする。この場合、新規事業に必要な資金の全額は上記前提による連邦政府および州政府の合計予算内では賅えないが、給水率100%目標達成のためには政府追加予算及びソフトローン調達を避けて通れないところであり政府による積極的な財政支出が望まれる。

特に州政府は、「ナ」国給水事業費の約80%を担っているように、給水事業分野では州政府の果たすべき役割は大きい。事業実施にあたっての州政府の必要資金調達額（事業費の80%とした場合）は、第1ステージで年約2,240億ナイラ（ \div 2,800億ナイラ \times 80%）、第2ステージで年約1,860億ナイラ、第3ステージで年約1,000億ナイラとなり、特にそれぞれのステージで追加予算として各1,650億ナイラ、680億ナイラ、50億ナイラが必要となることから、連邦政府との密接な連携および支援が望まれる。

表 2-83 給水事業の資金調達

項目	資金調達（10億ナイラ）							
	第1ステージ 2014-2020		第2ステージ 2021-2025		第3ステージ 2026-2030		合計 2014-2030	
	通期	年平均	通期	年平均	通期	年平均	通期	年平均
1. 現状(2009～2011年度平均)の連邦及び州政府予算配分額	445	74 100%	741	148 100%	593	119 100%	1,779	105 100%
2. 今後の事業資金調達	1,679	280 379%	1,163	233 191%	625	125 105%	3,467	204 194%
1) 改修事業(連邦及び州政府予算)	145	24	112	22	45	9	302	18
2) 新規事業(連邦及び州政府予算)	300	50	629	126	548	110	1,477	87
3) 新規事業(追加予算)	1,234	206	422	85	32	6	1,688	99

出典：JICAプロジェクトチーム

(2-2) 灌漑・排水事業プロジェクト

連邦政府予算は、投下資本効率の高い改修事業及び補給事業に第一義的に配分し、残余分を新規事業に配分するものとする。この場合、新規事業に必要な資金の全額は上記前提による連邦政府予算内では賅えないが、2030年における米自給率100%目標達成のためには追加予算措置及びソフトローン調達といった連邦政府による積極財政支出が望まれる。

表 2-84 灌漑・排水事業の資金調達

項目	資金調達（10億ナイラ）							
	第1ステージ 2014-2020		第2ステージ 2021-2025		第3ステージ 2026-2030		合計 2014-2030	
	通期	年平均	通期	年平均	通期	年平均 ³⁾	通期	年平均 ⁴⁾
1. 現状(2009～2011年度平均)の連邦予算配分額	121	17 100%	173	35 100%	138	35 100%	432	27 100%
2. 今後の事業資金調達	353	50 294%	776	155 442%	578	144 411%	1,707	107 396%
1) 改修事業(連邦政府予算)	15	2	33	7	2	0.5	50	3
2) 補給事業(連邦政府予算)	94	13	94	19	-	-	188	12
3) その他事業(連邦政府予算)	12	2	46	9	136	34	194	12
4) その他事業(追加予算 ²⁾)	232	33	603	120	440	109	1,275	80

注：その他事業は整備実施中事業、拡張予定事業、ダム掛り事業、並びに総合開発事業を示す。

出典：JICAプロジェクトチーム

2.10.2 社会・環境面の評価 (IEE)

(1) 事業リストと概略事業内容

全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業は 5 つのセクターにわたり、64 の実施中事業と 934 の提案事業からなる (表 2-85 参照)。

表 2-85 全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業数

セクター	実施中事業	提案事業	合計
1. ダム (表流水開発)	32	49	81
2. 都市・村落給水	0	489	489
3. 灌漑・排水	32	114	146
4. 衛生	-	264	264
5. 水資源管理その他	-	18	18
合計	64	934	998

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 事業の分類 (スクリーニング)

Procedural Guidelines on Environmental Impact Assessment, Decree 86, 1992 に基づき事業のスクリーニングを行った。スクリーニングの結果は表 2-86 に示すとおりである。

表 2-86 全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業の IEE 及び EIA 調査の必要性に基づく分類

EIA カテゴリー	要求調査レベル	環境省 EIA 部局に 提出が必要となる書類	事業	
			セクター	事業数
1	完全な EIA 調査が要求される。	事業提案書もしくは事業実施可能性調査レポート、EIA 調査の調査指示書	ダム (表流水開発)	55
			都市・村落給水	179
			灌漑・排水	45
			衛生	42
			水資源管理その他	0
			カテゴリー1 合計	321
2	部分的な EIA 調査が要求される。	事業提案書もしくは事業実施可能性調査レポート、EIA 調査の調査指示書	ダム (表流水開発)	25
			都市・村落給水	276
			灌漑・排水	96
			衛生	74
			水資源管理その他	0
			カテゴリー2 合計	471
3	EIA 調査は必要ない。	EIS 申請のレター	ダム (表流水開発)	1
			都市・村落給水	34
			灌漑・排水	0
			衛生	148
			水資源管理その他	18
			カテゴリー3 合計	201
	マスタープラン事業として考慮しない事業*		灌漑・排水	5
合計				998

*：水源水不足と評価される 5 つの灌漑・排水事業については、ここではマスタープラン事業として考慮しない。

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 潜在的な社会・環境インパクトの特定とその大きさ

IEE を実施する事業について、スコーピングマトリックスに基づき、潜在的な社会・環境インパクトとその大きさを特定した。その結果の要約を表 2-87 および表 2-88 に示す。

表 2-87 スコーピングマトリックスの要約（ダムおよび都市・村落給水セクター）

Environmental Component	N°	Likely Impact Items	Overall Rating										
			Sector Dams				Sector Municipal Water Supply						
			Dams with surface area > 200 has- Group 1	Dams with surface area < 200 has - Group 2	Dam with surface area > 200 has located in Protected Areas- Group 3	Dam with surface area < 200 has located in Protected Areas - Group 4	WS with Treatment Plant Capacity more than 4,500 m3/d- Group 1	WS with Treatment Plant Capacity less than 4,500 m3/d- Group 2	WS with Field Motorized Boreholes Capacity > 4,500 m3/d- Group 3	WS with Single Motorized Borehole- Group 4	WS with Single Borehole with Hand Pump- Group 5	Rehabilitation of Facilities with big scale of activities- Group R1	Rehabilitation of Facilities with small scale of activities- Group R2
Social Environment	1	Involuntary resettlement	A-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Local Economy such as Employment & Livelihood, etc.	A+	B+	A+	B+	A+	B+	B+	-	-	A+	B+
	3	Land use and utilization of local resources	A-	B-	A-	B-	B-	B-	-	-	-	-	-
	4	Social institutions such as social infrastructure and local decision-making institutions	C-	C-	C-	C-	-	C-	C-	-	-	-	-
	5	Existing social infrastructure & Services such as Traffic/Public Facilities	A-	B-	A-	B-	A-	B-	-	-	-	A-	B-
	6	The poor, indigenous and ethnic people	C-	C-	C-	C-	-	-	-	-	-	-	-
	7	Inequality between beneficiaries and project-affected peoples	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	Cultural heritage	-	-	C-	C-	-	-	-	-	-	-	-
	9	Local conflict of interests	C-	C-	A-	A-	-	C-	-	-	-	-	-
	10	Water use right and common land use right	C-	C-	C-	C-	-	-	-	-	-	-	-
	11	Water supply and/or Irrigation with Potential Power generation	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	-	-
	12	Vector of diseases	A-	A-	A-	A-	-	-	-	-	-	-	-
	13	Disaster (natural risk) and infectious diseases such as HIV/AIDS	A-	B-	A-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
Natural Environment	14	Topography and geographical features	C-	B-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-
	15	Accumulation of sediment into Dams	B-	B-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-
	16	Protected Area	-	-	A-	A-	C-/C+	C-/C+	C-/C+	-	-	-	-
	17	Ground water	C-/C+	C-/C+	C-/C+	C-/C+	-	-	-	-	-	-	-
	18	Soil erosion	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-	-	-	-	-
	19	Hydrological situation (flow regime)	B-	B-	B-	B-	B-	B-	C-	-	-	-	-
	20	Coastal zone	-	-	-	-	C-	C-	-	-	-	-	-
	21	Flora, Fauna and Biodiversity	A-	B-	A-	A-	B-	B-	-	-	-	-	-
	22	Meteorology	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23	Landscape	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24	Global warming	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pollution	25	Air pollution	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	
	26	Water pollution	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	
	27	Soil pollution	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	28	Waste	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-	B-	
	29	Noise and vibration	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	
	30	Ground subsidence	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	31	Offensive odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	Bottom sediment	C-	C-	C-	C-	B-	B-	-	-	-	-	
	33	Accident	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	

Rating Criteria

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Some positive/negative impact is expected.

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is required in the further project formulation)

• -: No impact is expected.

Source: JICA Project Team

表 2-88 スコーピングマトリックスの要約 (灌漑・排水および衛生セクター)

Environmental Component	N°	Likely Impact Items	Overall Rating						
			Sector Irrigation and Drainage				Sector Sanitation		
			Irrigation Schemes with Area > 5,000 ha - Group 1	Irrigation Schemes with Area < 5,000 ha - Group 2	Irrigation Schemes with Area > 5,000 ha located in protected area - Group 3	Irrigation Schemes with Area < 5,000 ha located in protected area - Group 4	Construction of Sewerage- Group 1	Construction of Septage Treatment System- Group 2	Construction of Public Toilets- Group 3
Social Environment	1	Involuntary resettlement	A-	B-	C-	C-	-	-	-
	2	Local Economy such as Employment & Livelihood, etc.	A+	A+	A+	B+	B+	B+	-
	3	Land use and utilization of local resources	A-	B-	A-	B-	B-	B-	-
	4	Social institutions such as social infrastructure and local decision-making institutions	C-	C-	C-	C-	-	-	-
	5	Existing social infrastructure & Services such as Traffic/Public Facilities	A-	B-	A-	B-	B-	B-	-
	6	The poor, indigenous and ethnic people	C-	C-	C-	C-	-	-	-
	7	Inequality between beneficiaries and project-affected peoples		-	-	-	-	-	-
	8	Cultural heritage		-	-	-	-	-	-
	9	Local conflict of interests	C-	C-	C-	C-	A-	A-	-
	10	Water use right and common land use right	B-	B-	C-	C-	-	-	-
	11	Sanitation	-	-	-	-	A+	A+	A+
	12	Vector of diseases	A-	B-	A-	B-	B-	B-	B-
	13	Disaster (natural risk) and infectious diseases such as HIV/AIDS	B-	B-	A-	B-	B-	B-	-
Natural Environment	14	Topography and geographical features	-	-	-	-	-	-	-
	15	Accumulation of sediment into Dams	-	-	-	-	-	-	-
	16	Protected Area	-	-	A-	A-	C-/C+	C-/C+	-
	17	Ground water	-	-	-	-	-	-	-
	18	Soil erosion	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-
	19	Hydrological situation (flow regime)	B-	B-	B-	B-	-	-	-
	20	Coastal zone	-	-	-	-	-	-	-
	21	Flora, Fauna and Biodiversity	A-	B-	A-	A-	B-	B-	-
	22	Meteorology	-	-	-	-	-	-	-
	23	Landscape	-	-	-	-	-	-	-
	24	Global warming	-	-	-	-	-	-	-
Pollution	25	Air pollution	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-
	26	Water pollution	A-	B-	A-	A-	B-	B-	B-
	27	Soil pollution	B-	B-	B-	B-	-	-	-
	28	Waste	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
	29	Noise and vibration	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-
	30	Ground subsidence	-	-	-	-	-	-	-
	31	Offensive odor	-	-	-	-	A-	A-	A-
	32	Bottom sediment	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-
	33	Accident	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-

Rating Criteria

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Some positive/negative impact is expected.

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is required in the further project formulation)

- -: No impact is expected.

Source: JICA Project Team

(4) 負の社会・環境影響に対する緩和策

スコーピングマトリックスに基づき、各セクター事業に対して、以下の表に示される緩和策が推奨される。

表 2-89 推奨される緩和策

セクター	主要インパクト	主要緩和策
ダム (表流水 開発)	住民移転	事業によって影響される人々 (PAPs)、地域住民を交えたパブリックコンサルテーションの実施により、事業内容とその便益の説明を行う。事業によって影響される人々 (PAPs) への補償について詳細調査を実施する。
	ローカル資源の活用	ダム建設のために使用されるローカル材料の提供サイトの有効活用計画を準備する。
	交通	建設工事中の交通渋滞を最小限化するよう交通量をコントロールする。
	疫病および HIV/AIDS の蔓延	医療チェックプログラムの実施。
	動植物	生物多様性の源泉となる植林の実施、およびダム建設に伴う伐採に対する補償。
給水	交通	建設工事中の交通渋滞を最小限化するよう交通量をコントロールする。
灌漑・ 排水	住民移転	事業によって影響される人々 (PAPs)、地域住民を交えたパブリックコンサルテーションの実施により、事業内容とその便益の説明を行う。事業によって影響される人々 (PAPs) への補償について詳細調査を実施する。
	ローカル資源の活用	ダム建設のために使用されるローカル材料の提供サイトの有効活用計画を準備する。
	交通	建設工事中の交通渋滞を最小限化するよう交通量をコントロールする。
	疫病および HIV/AIDS の蔓延	医療チェックプログラムの実施。
	動植物	生物多様性の源泉となる植林の実施、およびダム建設に伴う伐採に対する補償。
	水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> 施設から漏れる化学物質、油類の適正な管理。 農薬類の適切な使用に関する農民への啓蒙・教育の実施。 認定農薬のみを使用することに対する確認。 既存飲料水用井戸の水質モニタリングの実施。水質が影響を受けていると判断される場合の新規井戸建設。
衛生	社会的 コンフリクト	施設の配置に関わる地域住民間のコンフリクトが生じる可能性があるため、事業内容の地域住民に対するパブリックコンサルテーションの実施が推奨される。事業実施機関は、視察の適正管理のために地域住民のコンセンサスを得る必要がある。
	不快なにおい	Proper management of the facility 施設からの不快なにおいを防ぐための適切な管理。

出典：JICA プロジェクトチーム

(5) 社会・環境面の評価の結論と勧告

全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業は、主として都市・村落給水、灌漑・排水、衛生の 3 つのセクターに対して便益をもたらす。都市・村落給水に関しては、事業実施による飲料水供給は裨益者のより良い健康、衛生状態をもたらすなど高い便益が期待される。灌漑・排水に関しては、食糧の安全保障の改善とともに農業生産と雇用機会の増加により社会経済状態の高度化が期待される。衛生事業については、下水、汚物の安全な処理を通じて公衆衛生の大幅な改善が期待される。

事業実施によるいくつかの社会・環境面での負のインパクトが想定されるが、提案される緩和策の実施によりそれらのインパクトは緩和される。特に、ダム事業については、比較的大規模な建設工事および住民移転を伴う可能性があることから、留意が必要である。

2.11 勧告

2.11.1 全国水資源マスタープラン 2013 の活用と定期的なレビュー

(1) 全国水資源マスタープラン 2013 の活用

全国水資源マスタープラン 2013 は、「ナ」国が目指す 2030 年までの水資源開発・管理のロードマップを示したもので、「ナ」国全体の水資源の開発・管理を包括的に取り扱っている。従って、水資源開発管理を主幹する連邦水資源省 (FMWR) にとっては、都合のよい計画書となっている。しかし、水資源開発管理は、水文流域レベルや州レベルで実施されるべき事項が多い。また、水セクターの中には連邦水資源 (FMWR) 以外の他の連邦省庁が主幹するサブセクターも多い。

従って、以下のような事項について全国水資源マスタープラン 2013 が活用出来るように取りまとめている。

- 水文地域ごとのマスタープランとしての流域管理計画（CMP）への展開に活用
- 「給水・衛生」および「灌漑・排水」以外の水サブセクター開発計画へ展開に活用

このプランは、日本の技術協力を得て、JICAより派遣されたコンサルタントチーム（JICAプロジェクトチーム）と連邦水資源省からのメンバーで構成された「ステアリングコミッティー（運営委員会）」、「テクニカルアドバイサリーコミッティー（技術諮問委員会）」および「カウンターパートチーム」との約2年半にわたる共同作業により作成されたものである。換言すれば、このプランは水資源開発・管理に関する日本の技術と「ナ」国の水ビジョンへの熱意が作り出した作品である。

今後は、全国水資源マスタープラン2013を磨き上げ、より良く活用することを勧告する。

(2) 全国水資源マスタープラン2013の定期的なレビュー

全国水資源マスタープラン2013は、2030年までの人口予測や経済成長に基づいた水需要予測と科学的なアプローチに基づく水資源ポテンシャルを根拠に基づいて策定されている。今後、人口増加や経済成長の実績をみて水需要予測を確認する必要がある。

また、水資源ポテンシャルについても定期的な確認が必要となる。その最初の理由は越境水の問題である。「ナ」国の水資源量（374BCM/年）の約1/4（88BCM/年）はNiger川やBenue川を通して国外から流入している。両河川の上流域の水資源開発によっては流入量の低減が起こる。次の理由は、地球規模の気候変動の問題である。大洪水の発生や旱魃頻度の増加が予見されている。状況によって、水資源ポテンシャルも変化するかもしれない。

以上のような観点から、全国水資源マスタープラン2013の定期的なレビュー（例えば、5年ごと）を勧告する。

2.11.2 水資源開発計画の実施

全国水資源マスタープラン2013には、水資源開発計画として、水源開発（表流水開発と地下水開発）を含んだ2つの水サブセクターの開発計画、すなわち「給水開発計画」と「灌漑・排水開発計画」が示されている。

(1) 給水開発計画

給水開発計画は今後2030年までに増加する人口増加（1億人）による新規の水需要や給水率の向上に対応した事業計画である。現状の給水率は、都市：71%、小都市：51%、村落で40%、全国平均で56%となっているが、連邦水資源省（FMWR）のロードマップ（2011年）に従って、この給水率を、2025年に、それぞれの給水率を100%達成するようになっている。

給水システムは国の基本となる重要なインフラで、水源開発施設（ダムや井戸）、浄水施設や配水施設等への投資は大規模となるので、政府レベル（連邦政府や州政府）の投資が必須となる。これらの計画で示された各事業の着実な実施を勧告する。

(2) 灌漑・排水開発計画

灌漑・排水開発計画は、2030年までに天水稲作の振興と併せてコメの自給率100%を目指した事業計画である。計画では投資効率のよい事業が選定されている。開発効率の良い水源開発の地域や重力灌漑を使える地域が選ばれている。降雨量の多いHA-5やHA-7の流域で提案された「補給灌漑事業」は、特に投資効率が高い。

ポンプ灌漑システムの場合は、水源開発のためのダムを利用した水力発電を使った自立型灌漑の推進を提言している。全国水資源マスタープラン2013で新規事業として3カ所で計画した「総合開発事業」は多目的ダム（灌漑と発電）と灌漑圃場整備を提案している。既存ダム等への水力発電設置の可能性については、今後の調査が必要である。

旱魃に強く収穫量の多い灌漑農業の推進は、国の食糧安全保障上、特に重要である。都市化が進むにつれコメの需要は増加の傾向にある。都市化の進む「ナ」国では、今後、コメの需要が増える。また、灌漑農業等の大規模事業は、農村部の雇用機会の創出にも大きく貢献することになる。

このような観点から連邦政府の計画的な投資が必要となる。これらの計画で示された各事業の着実な実施を勧告する。

(3) その他サブセクターへの関与

所管が異なる水資源関連事業についても、連邦水資源省（FMWR）の関与が今後益々重要になる。例えば、水力発電や洪水管理等が重要な分野である。

上述したように、自立型灌漑農業の一環として、灌漑に使う動力源として水源開発に使うダムでの水力発電を提言している。全国水資源マスタープラン 2013 での提案は、灌漑水源開発のダム規模での小水力発電に留めているが、灌漑と大規模発電との多目的ダム事業が今後の検討課題となる。電力を所管する連邦電力省等との今後の連携が必要になってくる。

2012 年、Niger 川や Benue 川で起きた洪水被害を契機に、連邦水資源省（FMWR）の洪水管理への関与が重要になってきた。連邦水資源省（FMWR）の機能を増強すれば、大河川の氾濫原の洪水管理や洪水予測・避難警報等に、貢献できる。洪水を所管する連邦環境省等との今後の連携が必要になってくる。

このような背景から、他省が所管する水資源関連事業について、連邦水資源省（FMWR）は積極的に関与すべく関係の省との連携を強めていくことを勧告する。

2.11.3 水資源管理計画の実施

水資源管理計画は、水資源開発計画に基づいて設置された施設と運用システムを使って、充足性・効率性・公平性・安全性・持続性を基本に、【水の有効利用】・【洪水の減災】・【水質の保全】を期待する水ユーザーにこれらのサービス（水サービス）を適切に提供する手法を示すものである。

全国水資源マスタープラン 2013 の水資源管理計画で示された各事業や行動計画の着実な実施を勧告する。これによって、以下に示す状態を目指している。

- よい計画があり、適切な行動が取れる。
- 望ましい水サービス組織やシステムが構築されている。
- 水ユーザーには満足する水サービス（安全・安心）が提供される。
- 水サービスは滞ることはない。水サービス提供システムに故障があれば、誰かが速やかに修復する。
- 水サービスは適切価格のため水ユーザーは喜んで対価を払う。
- 水サービスに係る情報が収集・解析される。この情報が管理され、水サービスの向上のために活用される。
- 水サービスに従事する人々は、向上心を持って、日々研鑽を積んでいる。
- 水サービスは、常に水ユーザーからモニターされ、その成果は評価される。

2.11.4 着実な投資

(1) 政府の直接投資

「ナ」国の国家予算は 4.9 兆ナイラ、その内投資予算は 1.5 兆ナイラで 28.5%に相当する。

一方、国債等借款を除いた国家収入 3.6 兆ナイラの内、所得税及び付加価値税の割合はわずか 14%で、石油収入（55%）に過度に依存している。「ナ」国政府は国家収入の伸びが大きく望めない中、増加する人口に対応せねばならないという難しい財政政策を迫られている。

全国水資源マスタープラン 2013 には、2030 年目標である給水率 100%、米自給率 100%実現に向け提案された各事業の投資計画が示されている。給水事業については、最近 3 年間平均年予算の約 2 倍（194%）のペースの投資（年間 2,000 億ナイラ）が必要である。特に、第 1 フェーズ（2014～2020）では、最近 3 年間平均年予算の約 4 倍（380%）のペースの投資（年間 2,800 億ナイラ）となる。

灌漑・排水事業については、最近 3 年間平均年予算の約 4 倍（390%）のペースの投資（年間 1,070 億ナイラ）が必要となる。第 1 フェーズ（2014～2020）では、最近 3 年間平均年予算の約 3 倍（294%）

のペースの投資（年間 500 億ナイラ）となる。これらの国家目標達成のためには財政支援は欠かせなく、厳しい財政状況下とは言え「ナ」国政府はかかるセクターに対し優先的に予算を配分し目標実現の後押しをすることを勧告する。

給水事業と灌漑・排水事業を直接管轄する連邦水資源省（FMWR）には、以下のことを勧告する。

- 大枠予算の担保に向け MTSS（Medium-term Sector Strategy）に基づき、全国水資源マスタープラン 2013 の第 1 ステージの 2020 年までの中期実施・財政計画を確実にかつ明瞭に立案する。
- 「プロジェクト準備段階の M&E システム」の各ステップを通じて着実に予算を獲得し事業実施を行う。

(2) その他資金源

全国水資源マスタープラン 2013 で提案された給水事業や灌漑・排水事業への投資は、現況の政府年間投資レベルの 2~4 倍の集中投資となっている。上述のように政府直接投資を増やす努力も重要であるが、以下の様なその他資金源を探ることも必要である。

- **民間資金の活用：**
水道事業や灌漑事業を民間との連携事業（PPP 事業）や民営化を推進し、政府直接投資額を軽減させる。
- **国際開発パートナー（IDPs）の活用：**
政府の直接投資の一部を、IDPs からの無償協力（Grant Technical Aid and Grant Financial Aid）や有償協力（Soft Loan）を得て、政府の直接投資を軽減させる。より効率的・具体的な投資プログラムを実現するために、「ナ」国の水道事業や灌漑事業について、各事業に関連するステークホルダー会議やドナー協調プラットフォーム等を活用して、IDPs 間に情報を共有してもらおう。
- **利用者負担の推進：**
水道利用者や灌漑利用者は利用に応じて、利用料を払わなければならないが、現状ではこれが徹底されず事業収益が極端に少ない。広報活動等を通じて水道や灌漑利用者に利用者負担の必要性を理解してもらい、事業収益を増やす。この収益をこれからの投資に使うことにより政府直接投資の軽減を図る。

連邦水資源省は、全国水資源マスタープラン 2013 の着実な実現のために、これからの政府直接投資の軽減に貢献する、上記の 3 行動を実施することを勧告する。

2.11.5 プロジェクト実施推進機能・母体の確立

最初が肝心である。（The first step is always the hardest.）

連邦水資源省（FMWR）がオーナーシップ意識の元で、全国水資源マスタープラン 2013 を有効に活用し、その過程で事業実施体制を強化し、将来的な問題・課題に対して柔軟に対応すべく、連邦水資源省（FMWR）内にプロジェクト実施推進機能・母体、例えば「特命プロジェクト推進ユニット」を早急に確立することを提言する。同ユニットの主要な任務（案）は、以下を想定する。

- **政策文書化のフォロー**
全国水資源マスタープラン 2013 の確実な政府文書化を図るため、省内外での調整、手続きを行う。
- **水資源開発計画の実施**
全国水資源マスタープラン 2013 で提案された水資源開発計画、つまり「水源開発（表流水および地下水）」「給水開発計画」「灌漑・排水計画」「その他サブセクターへの関与」の行動計画や事業を速やかに且つ着実に進める。
- **水資源管理計画の実施**
水サービスの適切な提供を目的とした水資源管理計画の行動計画や事業を速やかに且つ着実に進める。
- **関係省庁との連携**
水力発電や洪水管理などの所管が異なる水資源関連事業について、所管の関係省庁と積極的に連携を推進するための窓口となる。

同ユニットは、連邦水資源省（FMWR）事務次官の直轄組織で、リーダーは大臣に任命され、常勤の10人程度のメンバーによる構成とし、案件によって各部局からのサポートを受けることができる。また、先進技術の導入や人材育成の観点から、国際開発パートナーからの技術協力を仰ぐべきである。

また、全国水資源マスタープラン2013の定期的レビューの提案期間である5年間の期間限定の組織として、同ユニットは少なくとも行動計画、事業の実施プロセスを5年間で確立させる。

さらに、同ユニットによる活動のモニタリング・評価を実施し、全国水資源マスタープラン2013の更なる活用のためにフィードバックされるべきである。

第3章 流域管理計画（案）

3.1 計画対象地域の概要

3.1.1 HA-1: Niger North

(1) 計画対象地域

計画対象地域には面積や人口構成から、Katsina 州、Kebbi 州、Sokoto 州、Zamfara 州の4州が主要な州で、その他、Jigawa 州、Kano 州およびNiger 州が含まれる。

(2) 社会経済条件

HA-1 全体では、人口は「ナ」国で11%を占めるにも拘わらず、GRDP の対「ナ」国比率は2.8%と低いことがわかる。HA-1 の主要な経済活動は農業を主とした第1次産業であり、農業以外ではKatsina 州での牧畜業が、Kebbi 州での養魚業が目立つ。

(3) 自然条件

HA-1 は南東部に標高700m程度の高原が存在するが、その他の地域では標高が300m程度以下の地域が広がっている。特に、Sokoto-Rima 川に沿った地域は広く低地を形成している。HA-1 の地質は、基盤岩と堆積岩に区分される。基盤岩はHA-1 東半部の高原・高地を形成し分布している。HA-1 はサバンナ気候から半乾燥気候に属している。JICA プロジェクトチームの分析によれば、過去40年間（1970～2009）におけるHA-1 の年間降水量と年平均気温は、それぞれ平均767mm/年、27.4度であると推定される。過去40年間（1970～2009）のデータに基づく気象・水文データの分析によれば、HA-1 全域の平均でみれば、降雨量の約8%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。

(4) 現状の水利用と水資源開発

本プロジェクトによる調査結果に基づけば、HA-1 における2010年時点での総水利用量は791MCM/年であり、都市・村落給水、灌漑、その他農業（畜産、淡水養殖）の利用割合は、それぞれ31%、60%、9%となっている。水源別にみると、表流水、地下水の利用はそれぞれ489MCM/年（62%）、302MCM/年（38%）の割合である。

(5) 現状の水資源管理の体制

(5-1) 連邦組織

多くの連邦省庁が水資源セクターに関係している、各省庁の権限と機能は政策や法律の制定から規制、さらにサービスの提供まで及んでいる。

(5-2) 州政府組織

州政府機関は飲料及び工業用の給水、かんがい、水力発電、洪水及び浸食防止、内陸水運、内水面漁業、家畜、農業、水質保全などに責任を負っている。水資源に係わるのは州水資源省、環境省、農業省、水道公社、村落給水衛生公社などである。

(5-3) 地方政府（LGAs）組織

LGAs はコミュニティに対し、給水、衛生及びその他の村落インフラ分野において各種サービスを提供する。また、公衆トイレ、下水処理、ゴミ処理施設の維持補修を行っている。更にWASHCO やWASCOM あるいはWESCOM などコミュニティ組織の活動を通じて、地方給水衛生公社（RUWASSA）の業務を支援している。

3.1.2 Ogun-Oshun 流域（HA-6:Western Littoral 西部）

(1) 計画対象地域

Ogun-Oshun 流域には面積や人口構成から、Lagos 州、Ogun 州、Osun 州、Oyo 州の4州が主要な州で、その他、Ekiti 州、Kwara 州およびOndo 州が含まれる。

(2) 社会経済条件

対象地域合計 GRDP の対「ナ」国比率は 24.7%と大きい。Osun 州および Oyo 州では第 1 次産業が、Lagos 州および Ogun 州では第 3 次産業が主要産業となっている。第 2 次産業は Lagos 州および Ogun 州が多いが、主流は製造業となっている。Lagos 州政府の予算規模は他 3 州に比べ遙かに大きい。

(3) 自然条件

Ogun-Oshun 流域は北部に標高 400～500m 程度の高原が存在するが、その他の地域では標高が 200m 程度以下の地域が広がっている。海岸部に沿った地域は広く低湿地やラグーンを形成している。HA-6 の地質は基盤岩と堆積岩に区分される。基盤岩は HA-6 中央～北部の高原・高地を形成し分布している。過去 40 年間 (1970～2009) における Ogun-Oshun 流域の年間降水量と年平均気温は、それぞれ平均 1,289mm/年、26.7 度であると推定される。年降水量は、Ogun-Oshun 流域の南東部における 1,600mm/年以上から北部地域の 1,000mm/年程度まで分布している。雨季と乾季の区分が明確であり。過去 40 年間 (1970～2009) のデータに基づく気象・水文データの分析によれば、Ogun-Oshun 流域全域の平均で降雨量の約 16%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。国土内での内部生産による地下水・表流水を含む総水資源ポテンシャルは 13.0BCM/年である。

(4) 現状の水利用と水資源開発

Ogun-Oshun 流域における 2010 年時点での総水利用量は 1,094MCM/年であり、都市・村落給水、灌漑、その他農業 (畜産、淡水養殖) の利用割合は、それぞれ 81%、5%、14%となっている。水源別にみると、表流水、地下水の利用はそれぞれ 267MCM/年 (24%)、844MCM/年 (76%) の割合である。

(5) 現状の水資源管理の体制

(5-1) 連邦組織

水セクターに関係する連邦省庁は多数存在する。各省庁の権限と機能は政策や法律の制定から規制、さらにサービスの提供まで及んでいる。

(5-2) 州政府組織

州政府組織は Osun-Ogun 流域において、飲料及び工業用の給水、かんがい、水力発電、洪水及び浸食防止、内陸水運、内水面漁業、家畜、農業、水質保全などに責任を負っている。Oyo 州と Osun 州には州水資源省があるが、他 2 州では州環境省がその機能を持っている。灌漑は州農業省、洪水対策は州環境省、その他水道公社、村落給水衛生公社などあるが、州ごとに名称が異なっている。

(5-3) 地方政府 (LGAs) 組織

LGAs はコミュニティに対し、給水、衛生及びその他の村落インフラ分野において各種サービスを提供する責任を持っている。また、公衆トイレ、下水処理、ゴミ処理施設の維持補修を行っている。更に WASHCO や WASCOM あるい WESCOM などコミュニティ組織の活動を通じて、地方給水衛生公社 (RUWASSA) の業務を支援している。

3.2 流域管理計画のフレームワーク

3.2.1 流域管理計画の目的

流域管理計画の目的は、対象流域の中で「水資源管理」を実現するための、一つのガイドラインであり一つの事業実施計画書である。「水資源管理」とは、政府や民間機関によって準備された各種の施設やシステムによって、以下に示す「3S と 2E」に基づき、対象流域に住む住民の水資源に対する需要を満たすことを目標としている。

- 3S: 充足性 (Sufficiency)、永続性 (Sustainability) および安全性 (Safety)
- 2E: 効率性 (Efficiency) および公平性 (Equitability)

流域管理計画の計画目標年次は、「全国水資源マスタープラン 2013 (M/P2013)」と同様に 2030 年

とし、流域管理計画の上位計画は、「国家レベルの水政策」およびこの戦略に基づいて作成された全国水資源マスタープラン 2013 (M/P2013) である。さらに、計画対象流域にある各州の水政策や州水マスタープランがある場合は、これらの政策や計画も上位計画に含まれる。

3.2.2 流域管理計画の構成

流域管理計画の構成を図 3-1 に示す。

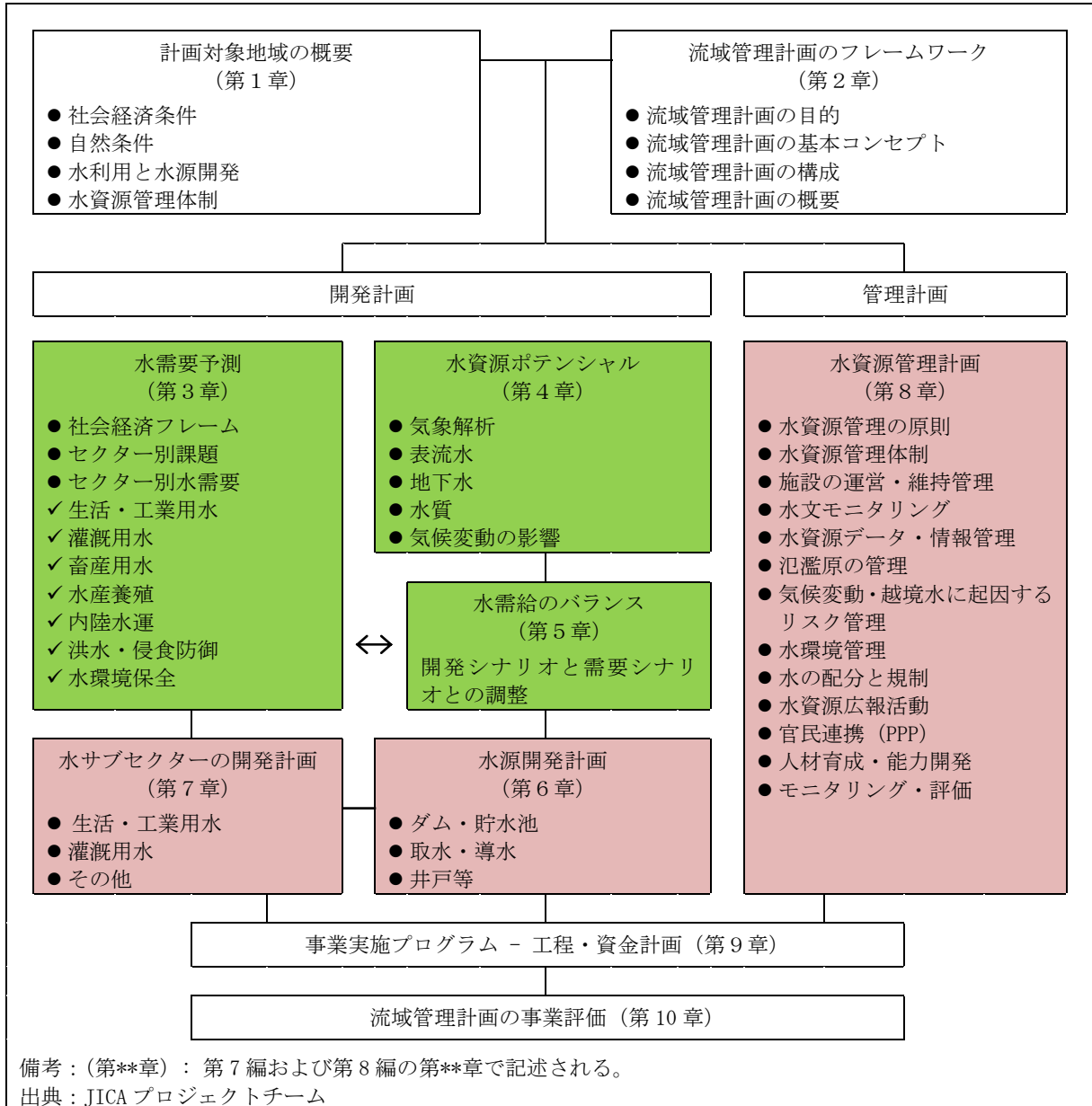


図 3-1 流域管理計画 (CMP) の内容と構成

3.2.3 流域の水資源開発・管理に関わる戦略的課題

流域レベルのマスタープランである流域管理計画を取りまとめるにあたり、全国水資源マスタープラン 2013 で掲げた 9 項目の切り口から流域の課題を整理し、表 3-1 に取りまとめる。

表 3-1 対象流域における水資源開発・管理に関わる戦略的課題

戦略的課題		HA-1	Ogun-Oshun 流域
1	偏在する水資源量、水需要量を考慮した水資源の管理開発	全国の中でも水資源量に乏しい地域であるが、地域内でも偏差が大きく、このうち、Katsina 州はほぼ流域の最上流に位置しているため水資源の最も苦しい地域である。一方、Sokoto 州は多くの水資源を上流州で発生するものに依存している。	地域の抱える人口の大きさに起因して、1人あたり水資源量は全国的にみても小さい。また Lagos 州は他州と比べてはるかに小さい。Lagos 州は上流州において発生する水資源量の活用が可能であるが、多くの水資源を上流州で発生するものに依存している。
2	現況の低い施設運転率を踏まえた将来の給水水需要量増加への対応	主要 4 州における確認された全浄水場の実績稼働率は 48.4%と低い状況にある。	主要 4 州における浄水場の実績稼働率は 40.3%であるが、ステークホルダーによる意見では必ずしも数字ほど稼働率が高いわけではない可能性もある。
3	堅実な自立性のある灌漑開発の促進	灌漑スキームの多くの灌漑・排水施設では、ポンプ施設は修理や更新を必要とし、水路構造物は損傷・老朽化・雑草・堆砂が見られ、荒廃した状況にある。Bakalori 灌漑事業は設備の維持管理が困難となったため、スプリンクラー灌漑地区では灌漑は行われていない。	計画灌漑面積が数千 ha を超えるスキームは存在するものの、これまでに実際に数千 ha 規模の灌漑整備がなされた実績がなくほとんどが小規模灌漑となっている。今後の都市用水需要の伸びを考慮し堅実な灌漑開発を促進する必要がある。
4	既存水源施設の今日的観点からの有効活用	水バランス検討の結果、既存大規模ダムである Bakalori 及び Goronyo ダムは貯水に余裕があることが確認された。こうした余剰貯留容量は様々な用途への活用が考えられるが、ステークホルダーとの協議を通じて最適な利用を検討する必要がある。	水バランス検討の結果、既存大規模ダムである Oyan 及び Ikere Goreg ダムは、貯水に余裕があることが確認された。しかしながら、Lagos 州独自の水需要予測を考慮する場合この水需要を満たすために必要不可欠となる。このような状況を勘案して、ステークホルダーとの協議を通じてダムの余剰水の最適な利用を検討する必要がある。
5	水関連基礎情報の充実と一元管理	水資源関連施設（ダム、浄水場、灌漑施設、生産井戸など）に関する情報は一元管理されていない。	水資源関連施設（ダム、浄水場、灌漑施設、生産井戸など）に関する情報は一元管理されていない。
6	増加する水資源に関わるリスクの考慮	想定される気候変動シナリオのもと HA-1 内部からの流出量の減少率は全国平均を上回るなど、HA-1 は気候変動による水資源量の変動の受けやすい地域である。さらには、Kanji ダム地点での Niger 川の流量は上流国から流入する量が 80%以上を占め、水資源が上流国の状況に影響される越境水のリスクも存在する。	想定される気候変動シナリオのもと、流出量の変化を推定すると、Ogun-Oshun 流域内部からの流出量の減少率は全国平均程度である。越境水についても、Yewa 川の上流部がわずかに隣国に位置している程度であり、越境水に関わるリスクは顕著ではないと判断される。
7	水資源管理者による重要河川・氾濫原管理への積極的関与	HA-1 内を貫流する Sokoto-Rima 川は大規模な氾濫原を形成している。同川の上流に位置する Goronyo、Bakalori ダムにおいては、洪水時にダムの下流区間で河川沿いの集落が浸水する場合に、ダムの放流が原因とされ、ダム運用に関連する氾濫原の管理に課題がある。	Ogun-Oshun 流域内の Ogun 川と Oshun 川は水利用が進んだ河川であり、今後その氾濫原の利用もますます進むことが想定される。同河川の上流に位置する Oyan、Ikere Goreg ダムの運用に関わる氾濫原の管理、洪水予警報の整備に課題がある。
8	清浄かつ安全な水の確保のための水質モニタリング	水域の水質汚濁、上水水源のコロイド状の高濁度等の問題がステークホルダーから指摘されているものの、現状把握は十分でない。	Ogun-Oshun 流域の下流端に存在するラグーンは、流域内のほぼすべての汚濁物質が集積することになる。Lagos 州による将来の適切な水源の選択という観点から、ラグーンの水質および水量に関わる包括的な調査を実施することが推奨される。
9	流域単位 - 水資源管理のための協力的・参加型の組織・制度の開発・強化	M/P2013 の組織強化方針のうち、参加型アプローチを強化することが、流域単位における水資源管理にとって核心的な課題である。流域の全域に跨る総合的な組織は CMCC などで構成される考えられる。	M/P2013 の組織強化方針のうち、参加型アプローチを強化することが、流域単位における水資源管理にとって核心的な課題である。流域の全域に跨る総合的な組織は CMCC などで構成される考えられる。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.3 将来水需要の予測

3.3.1 HA-1: Niger North

各セクターの水需要量を合計した HA-1 における全水需要量は 2010 年時点で 791MCM/年であり、2030 年には 1,625MCM/年に増加するものと推定される。図 3-2 は各セクターの水需要量のシェアを示したものである。都市・村落給水水需要量のシェアは、現在（2010）では約 30%であるが、将来（2030）には約 50%に増加する。逆に、灌漑水需要量のシェアは、2010 年の約 60%から 2030 年には約 50%に減少する。これは、将来想定される灌漑用水量の増加に対して、人口増加に伴う都市・村落給水水需要量の増加が上回るためである。また、HA-1 における表流水源、地下水源それぞれのセクターごとの水需要量について図 3-3 に示した。

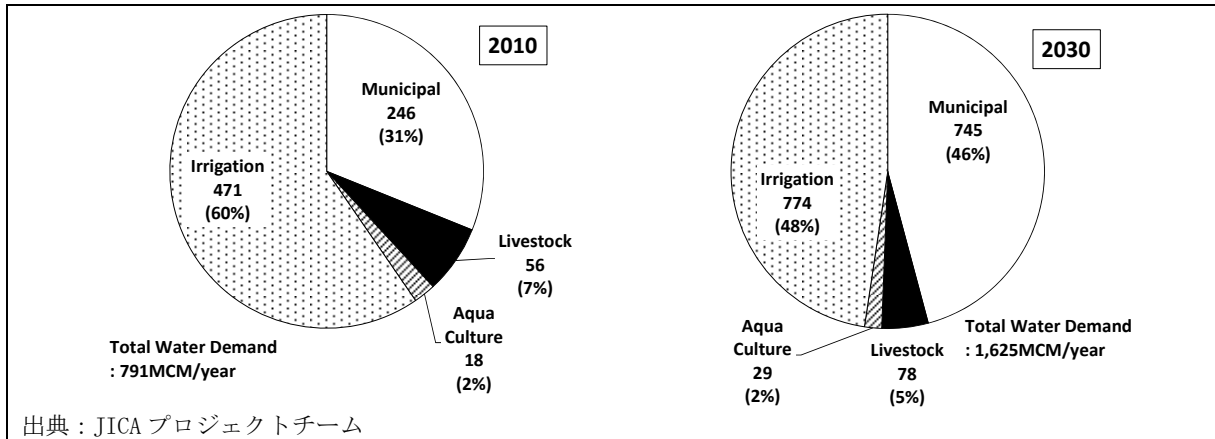


図 3-2 セクターによる水需要量シェアの変化 (HA-1)

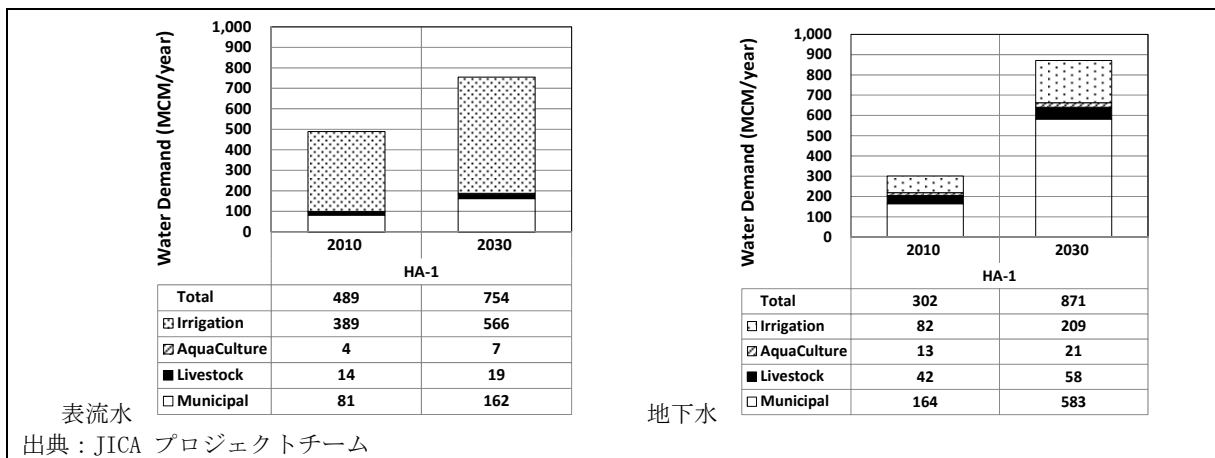


図 3-3 水源別にみたセクターごとの水需要 (HA-1)

3.3.2 Ogun-Oshun 流域 (HA-6:Western Littoral 西部)

Ogun-Oshun 流域の水需要予測に関し、以下の 2 つのシナリオを対比し水需要の構造を示す。

- シナリオ A：M/P2013 の社会経済フレーム、水需要量算出手法に基づくシナリオ
- シナリオ B：州独自の都市用水水需要予測を取り込むシナリオ

各セクターの水需要量を合計した Ogun-Oshun 流域における全水需要量は 2010 年時点で 1,111MCM/年であり、2030 年にはシナリオ A の場合 2,589MCM/年、シナリオ B の場合 3,193MCM/年にそれぞれ増加するものと推定される。図 3-4 は各セクターの水需要量のシェアを示したものである。都市・村落給水水需要量のシェアは他の水利用に比べて圧倒的に大きく、現在（2010）は 81%であり、将来（2030）には 76%（シナリオ A）、80%（シナリオ B）とわずかに減少する。灌漑水需要量のシェアは、2010 年の約 5%から 2030 年には約 16%（シナリオ A）、約 13%（シナリオ B）に微増する。

また、Ogun-Oshun 流域における表流水源、地下水源それぞれのセクターごとの水需要量について、それぞれ図 3-5 に示した。

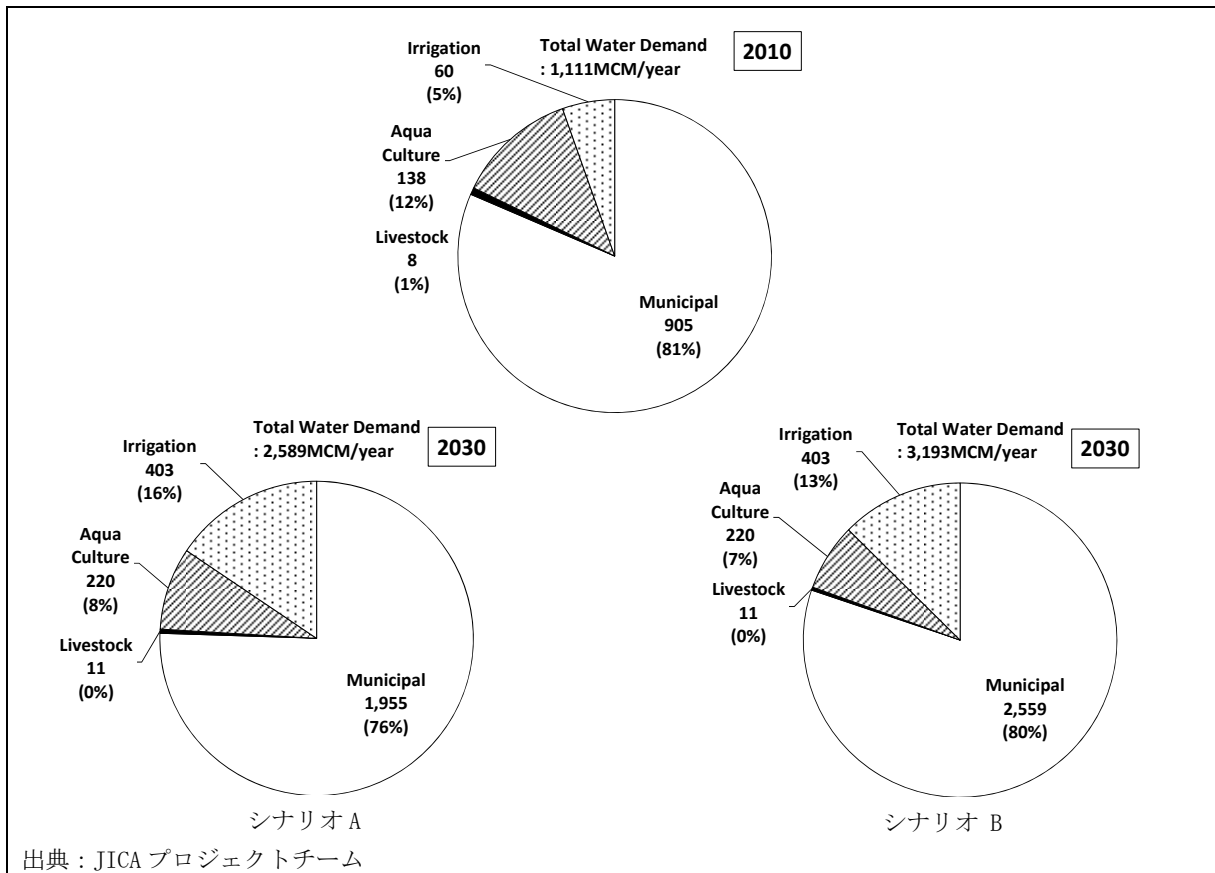


図 3-4 各セクターの水需要量のシェア (Ogun-Oshun 流域)

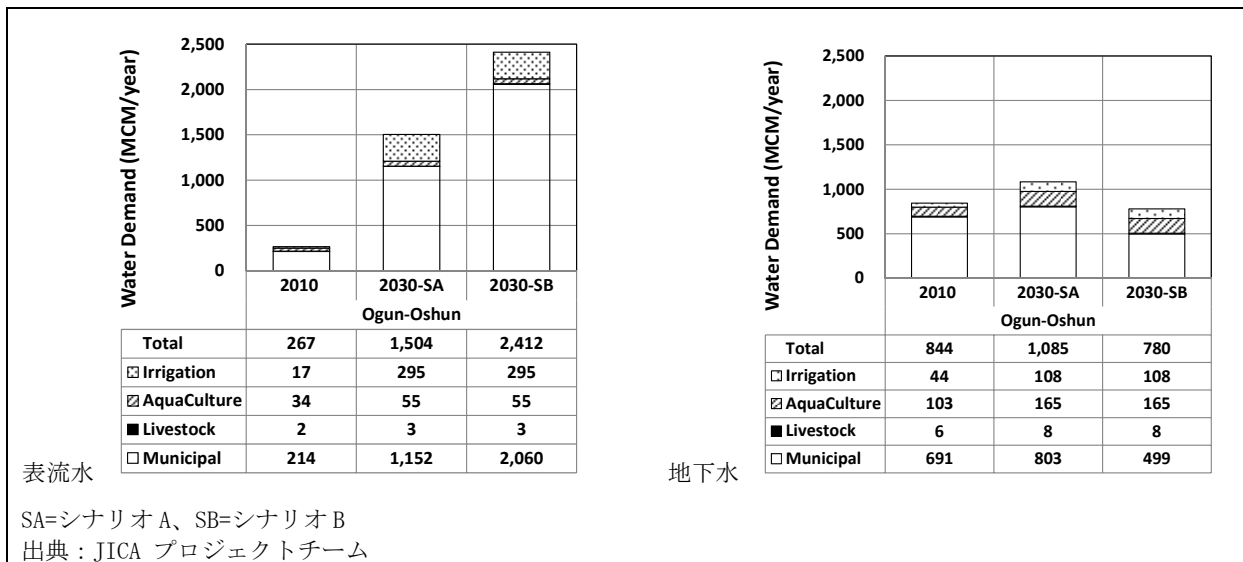


図 3-5 水源別にみたセクターごとの水需要量 (Ogun-Oshun 流域)

3.4 水資源ポテンシャルの評価

計画対象地域の水資源ポテンシャルについてはまず、水資源を議論する際の基礎となる流域分割を行った。次いで、水資源への入力条件としての気象状況を解析した。全国水資源マスタープラン 2013 で導入した長期降雨-流出解析結果に基づき疑似自然状態の表流水・地下水ポテンシャルを推定した。

3.4.1 HA-1: Niger North

HA-1の平均降雨量は767mmである。降雨量の約8%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。国土内での内部総流出量は8.3BCM/年であり、表流水のポテンシャルは35.1BCM/年である(表3-2、図3-6参照)。総水資源ポテンシャルは、「ナ」国外からの流入水を含めると、合計37.4BCM/年と評価される。地下水涵養量の推定から、更新可能な資源としての地下水ポテンシャルは5.0BCM/年であると推定される。

3.4.2 Ogun-Oshun流域 (HA-6:Western Littoral西部)

Ogun-Oshun流域の平均降雨量は1,289mmである。降雨量の約16%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。国土内での内部総流出量は11.4BCM/年であり、表流水のポテンシャルは11.5BCM/年である(表3-2、図3-6参照)。総水資源ポテンシャルは「ナ」国外からの流入水を含めると、合計13.1BCM/年と評価される。地下水涵養量の推定から、更新可能な資源としての地下水ポテンシャルは4.9BCM/年であると推定される。

表 3-2 推定された HA-1 および Ogun-Oshun 流域の水資源ポテンシャル

		HA-1	Ogun-Oshun 流域	国全体
水資源ポテンシャル				
総水資源ポテンシャル¹⁾				
「ナ」国外からの流入水を含む量	(BCM/年)	37.4	13.1	375.1
「ナ」国内の内部生産分のみ	(BCM/年)	10.7	13.0	286.6
表流水ポテンシャル				
「ナ」国外からの流入水を含む量	(BCM/年)	35.1	11.5	332.7
「ナ」国内の内部生産分のみ	(BCM/年)	8.3	11.4	244.2
地下水ポテンシャル				
地下水涵養量	(BCM/年)	5.0	4.9	155.8
流出状況 (「ナ」国内の内部生産分のみ)				
降水量 (P)	(mm/年)	767	1,289	1,148
総流出量 (RO)	(mm/年)	62	199	268
地下水涵養量 (GRE)	(mm/年)	37	85	171
地下水涵養損失量 (LOS)	(mm/年)	18	28	47
流出率 (RO/P)	(%)	8.1	15.4	23.4
地下水涵養量率 (GRE/P)	(%)	4.8	6.6	14.9
地下水涵養損失量率 (LOS/P)	(%)	2.3	2.1	4.1
総水資源量率 ((RO+LOS)/P)	(%)	10.4	17.5	27.4
注記： 1) 総水資源ポテンシャル = 表流水ポテンシャル + 地下水涵養量 - 基底流出量 = 表流水ポテンシャル + 地下水涵養損失量				

出典：JICA プロジェクトチーム

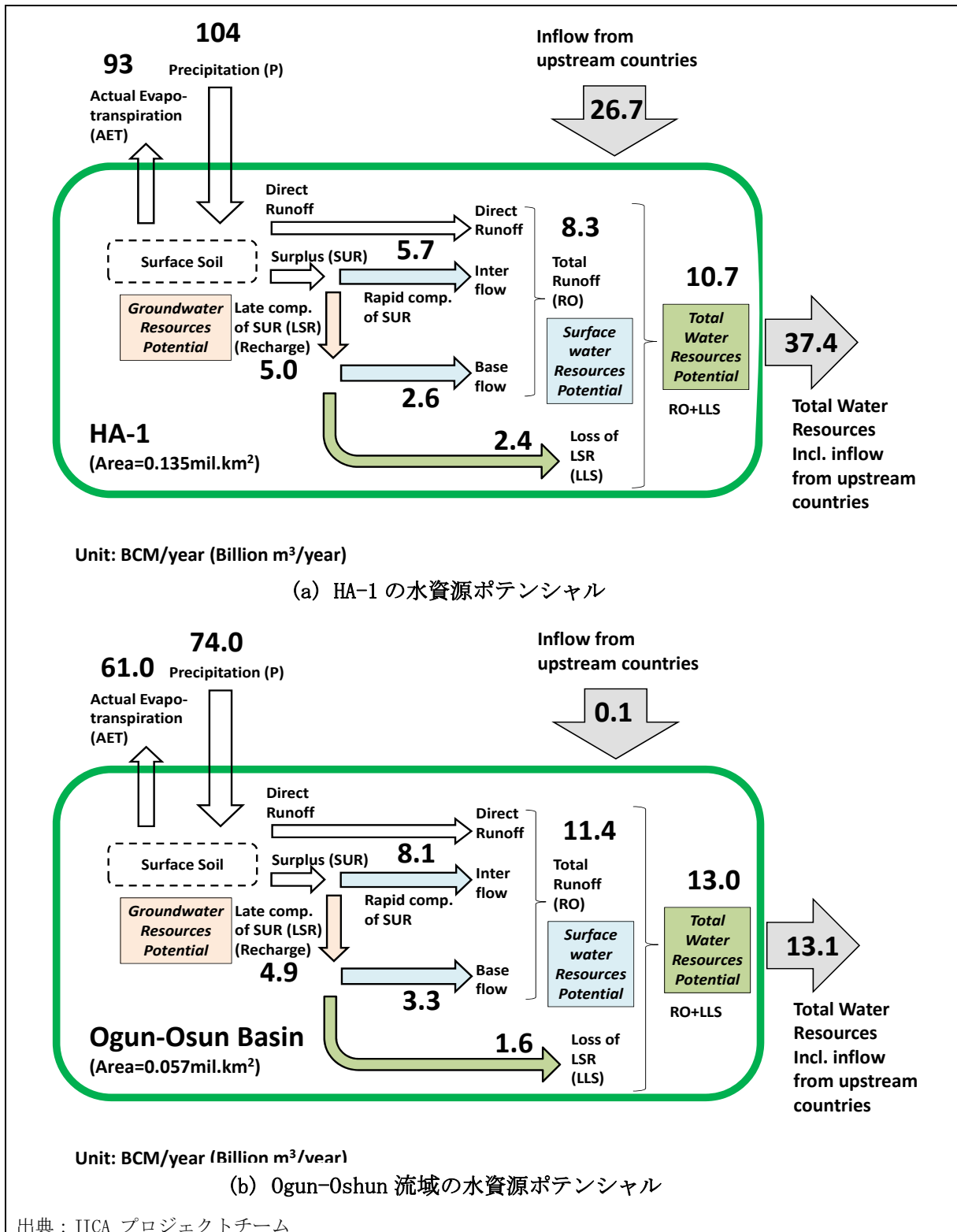


図 3-6 推定された HA-1 および Ogun-Oshun 流域の水資源ポテンシャル

3.5 需要と供給の水バランス

水需要量と水資源ポテンシャルの解析結果に基づき、水需要と水供給力のバランスを検討した。まず、HA-1 および Ogun-Oshun 流域における全体的な水需要量と水資源ポテンシャルの比較を行い、次いで、地下水、表流水の水バランスの検討結果を示す。

3.5.1 水バランスの検討手順

水の需要・供給バランスは、以下の2つの方法で検討した。

- ① 水文地域全体のスケールからみた水需要量と水源供給可能量の比較
- ② 詳細水バランスの検討

水資源の利用形態は、地下水利用と表流水利用に大別される。水バランス検討は以下のステップで実施される。

- **Step1**：都市・村落給水の水需要量に対し、州政府が有する給水計画等の情報を参照して、地下水利用と表流水利用の割合を設定する。
- **Step2**：都市・村落給水およびその他の地下水利用に関わる地下水水需要量をもとに、地下水の水バランスを確認し、想定される地下水利用量に対して持続的な利用が可能であるかどうかを確認する。持続的であると判断される場合には、Step1 で設定された地下水と表流水利用割合をもとに、各種計画を策定に進む。持続的でないと判断される場合には、Step1 に戻り、持続的な利用が可能となる地下水利用量となるよう地下水、表流水の利用割合を調整する。
- **Step3A**：Step2 結果をもとに、必要となる地下水開発量を定め、地下水開発計画を検討する。
- **Step3B**：Step2 結果をもとに、都市・村落給水における表流水分担分を定め、灌漑用水水需要量その他の表流水水需要量と併せて、表流水利用の調整、開発計画を検討する。
- **Step4A**：Step3 結果をもとに、都市・村落給水における地下水利用施設、表流水利用施設の概略施設計画を検討する。
- **Step4B**：Step3B 結果を利用しつつ、灌漑開発計画を検討する。

3.5.2 水バランスの検討結果

(1) 水文地域全体のスケールからみた水需要量と水源供給可能量の比較検討結果

水文地域全体のスケールからみた水需要量と水源供給可能量の比較結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 対象水文地域における総水需要量と水資源ポテンシャルの全体的なバランス

項目	単位	HA-1	Ogun-Oshun 流域	
			シナリオ-A	シナリオ-B
「ナ」国外からの流入水を含む量	(BCM/年)	37.4	13.1	
「ナ」国内の内部生産分のみ	(BCM/年)	10.7	13.0	
地下水ポテンシャル	(BCM/年)	5.0	4.9	
現在(2010)	(BCM/年)	0.79	1.1	
	(%)	2.1	8.4	
	(%)	7.4	8.5	
将来(2030)	(BCM/年)	1.63	2.6	3.2
	(%)	4.3	19.8	24.4
	(%)	15.2	20.0	24.6

出典：JICA プロジェクトチーム

現在の HA-1 における総水需要量は 0.80BCM/年と推定され、これが 2030 年には 1.65BCM/年に増加する見込みである。水利用率は、2010 年では 2.1%に過ぎないが、2030 年には 4.3%となる。2030 年における総水需要量は依然として総水資源ポテンシャルと比較してはるかに小さい。

一方、現在の Ogun-Oshun 流域における総水需要量は 1.11BCM/年と推定され、これが 2030 年には、シナリオ A の場合 2.59MCM/年、シナリオ B の場合 3.20MCM/年にそれぞれ増加する見込みである。水利用率は、2010 年では 8.5%であるが、2030 年にはシナリオ A の場合 20.0%、シナリオ B の場合 24.6%となる。

(2) 水バランスの検討結果

地下水

HA-1 および Ogun-Oshun 流域の両地域に対して 2030 年の地下水需要に対応する井戸開発計画を地下水シミュレーションモデルに組み込み開発を実施した場合の地下水位の低下量を予測した。その結果、地下水位の低下量は大部分の地域で 5m 以下であり提案した地下水計画は可能であると結論できる。

表流水

HA-1 および Ogun-Oshun 流域の両者とも 2030 年における総水需要量は依然として総水資源ポテンシャルと比較して小さい。しかしながら、水資源量と水需要量の地域差が大きいことから、地域内での水バランスの検討から水源開発を詳細に検討した。詳細水バランス検討結果によると、都市用地下水需要量について 1/10 安全度で供給できる水量がいくつかの水源で不足し、また 1/5 安全度で水源水を供給しうる灌漑面積が計画面積を下回ると評価された。水源開発計画、灌漑開発計画はこれらの評価結果を参照して策定する。

検討結果と推奨対策は以下のように要約される。

表 3-4 水バランス検討結果の要約

流域/州	検討結果
HA-1: Niger North	
Katsina 州	Katsina 州の水資源はとでも限られたものである。都市用水供給を優先する場合、将来の灌漑計画面積すべてを灌漑するための水供給は難しい。ダムを水源とする灌漑スキームでは、計画灌漑面積を縮小する、あるいは作付パターンや作付割合の再考が必要である。
Zamfara 州	水バランス検討により、Gusau ダムは将来の Gusau の都市用水供給を賄えない。Gusau の都市用水供給のための新規ダムの建設を提案する。
Sokoto および Kebbi 州	既存の Goronyo ダムと Bakolori ダムは 2030 年に想定される水需要量を十分に賄えるものと評価された。これらのダムには余剰水が存在するが、その最適な活用が考慮されるべきである。余剰水を洪水防御機能を維持しつつ、河川環境の改善や地下水涵養促進のための施御された洪水に利用することが提案される。
Ogun-Oshun 流域 (HA-6:Western Littoral 西部)	
Lagos 州	シナリオ A に対しては、ローカルの小規模な水源を除いては、既存ダムにより十分に必要水量を供給可能である。シナリオ B については、追加水源が必要となり、上流域での 2 つの新規ダム建設が暫定的に推奨される。Lagos 州はラグーンの水を淡水化して利用する計画も有しているがラグーン環境に関する包括的調査の実施が強く推奨される
Ogun 州	水バランス検討により、Ogun 州のいくつかのローカル水源については安定した供給が難しいと判断された。こうした水源に対しては、水源用ダムの建設が推奨される。
Oyo 州	シナリオ A に対しては、水バランス検討により、Ibadan の将来の都市用水供給のためには、提案されている Odedele ダムの建設は不可欠であることが確認された。シナリオ B の場合、Oyo 州内に Lagos 州の都市用水供給を主目的としたダムの建設が推奨される。
Osun 州	シナリオ A に対しては、水バランス検討により、州内の主たる上水水源は 2030 年に想定される需要に対して、十分な水量を供給できるものと判断される。シナリオ B の場合、Osun 州内に Lagos 州の都市用水供給を主目的としたダムの建設が推奨される。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.6 水源開発計画

3.6.1 地下水開発

地下水開発の基本方針は次のとおりである。

- 持続的な揚水が可能であること
- 揚水の効率性(経済性)を高めること

地下水涵養量と群井の理論を用いて HA-1 および Ogun-Oshun 流域の帯水層ごとの地下水開発ポテンシャルを検討し帯水層を表 3-5 に示す 6 パターンに区分した。また、水理地質的特性に基づき風化帯水層と複合帯水層の代表的パラメーターを設定した。

表 3-5 帯水層の区分

モデル	帯水層地質		帯水層厚	透水量係数	地下水位
風化 帯水層	WH	基盤岩風化部や泥質・シルト質岩の 風化部	50m	0.69	GL-10m
	WM			0.39	
	WL			0.19	
複合 帯水層	MH	砂質堆積岩(砂岩・頁岩互層)	200m	1.56	GL-50m
	MM			0.78	
	ML			0.39	

出典：JICA プロジェクトチーム

揚水可能量は、地下水涵養量、井戸本数、井戸間隔の関数として表 3-6 に示す近似式で示した。

表 3-6 最適揚水量の算定式

帯水層タイプ T:透水量係数(m ² /日) K:透水係数(m/日) L:帯水層厚さ(m)		群井戸の持続的揚水可能量Yの算定式(m ³ /日) N:井戸本数 P:地下水涵養量(mm/年) D:井戸間隔(m)			井戸1本当たりの揚水量(m ³ /日)	
記号	T=K*L	井戸1本の場合	井戸2本以上の場合		平均	範囲
WH	62	Y=11.08xT*P ^{0.06}	Y=T*(0.74+0.43)xN ^{0.53} xP ^{0.25} xD ^{0.47}		480	100~1,000
WM	31				380	300~500
WL	16				150	100~300
MH	104	Y=13.58xT*P ^{0.05}	Y=T*(0.81+1.20xN ^{0.42} xP ^{0.20} xD ^{0.37})		990	700~1,500
MM	58				560	500~900
ML	29				280	200~500

出典：JICA プロジェクトチーム

算定結果の帯水層ごとの地下水開発計画を表 3-7 に示す。

表 3-7 2030年の給水需要を満たすための新規井戸掘削・リハビリ本数

HA	州	新規井戸掘削本数						リハビリ本数			
		都市・小都市			村落給水			都市・小都市	村落		
		動力ポンプ井戸			動力ポンプ井戸				動力ポンプ井戸	動力ポンプ井戸	ハンドポンプ
		200m	50m	合計	200m	50m	合計				
HA-1	Katsina	338	984	1,321	143	325	468	4,328	234	60	708
	Kebbi	229	279	508	161	109	270	2,317	239	55	750
	Sokoto	246	540	786	150	45	195	1,580	295	88	407
	Zamfara	43	368	410	64	194	258	2,408	36	5	280
Ogun-Oshun	Lagos	0	0	0	33	0	33	286	0	1	334
	Ogun	0	0	0	154	73	226	1,925	0	12	76
	Osun	0	235	235	0	140	140	1,200	67	19	208
	Oyo	6	424	430	6	251	258	2,386	160	27	510

出典：JICA プロジェクトチーム

3.6.1 表流水開発

HA-1 および Ogun-Oshun 流域の表流水開発の戦略を表 3-8 に示す。

表 3-8 表流水開発の戦略

戦略項目	戦略
既存ダムの機能回復、向上	維持管理不足、貯水池運用情報とその管理の欠如などにより、多くのダムはそのままの機能を十分に発揮しているとは言い難い。増加する水需要量に対応するためにもこうした既存ダムの早急な機能回復、向上を図る。機能回復、向上にあたっては以下を考慮する。 <ul style="list-style-type: none"> ダム管理マニュアルの準備を含むダム管理の熟度向上 ダムのリハビリテーション ダム高度化運用
偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備	新規水源開発により、地域的に偏在しつつ増加が予想される灌漑用水や給水のための水M/P1995で提案されたダムやその他の新規サイトをポテンシャルサイトとして活用しつつ、水需要量に応じて必要な水源開発を提案する。 <ul style="list-style-type: none"> 水バランスの検討から、各水源ポテンシャルサイトの効率性を概略評価し、効率の良いサイトを優先して開発する。 水資源量がかなり限定されており、将来想定される水需要量が水源供給可能量を上回ることが予想される地域については、利水者間のコンフリクトを避けるための方策として、将来の計画灌漑面積の縮小を提案する。 水力発電および灌漑コンポーネントが含まれる総合開発を提案し、自立できる事業を促進する。

出典：JICA プロジェクトチーム

HA-1 の表流水開発の提案事業を表 3-9 に示す。

表 3-9 表流水開発の提案事業 (HA-1)

戦略項目	事業	戦略	事業名
既存ダムの機能回復、向上	1-1	ダム管理能力強化事業	
	1-2	ダムの適正運用管理のための機材リハビリテーション事業	
	1-3	ダムリハビリテーション事業	
偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備	2-1	都市用水水源開発事業	Sakin Noma/Gusau dam project
	2-2	灌漑用水水源開発事業	Kasanu dam project
	2-3	総合開発事業	資源量に乏しいHA-1ではこのスキームは提案しない。

出典：JICA プロジェクトチーム

Ogun-0shun 流域の表流水開発の提案事業を表 3-10 に示す。

表 3-10 表流水開発の提案事業 (Ogun-0shun 流域)

戦略項目	事業	戦略	シナリオ A	シナリオ B
既存ダムの機能回復、向上	1-1	ダム管理能力強化事業		
	1-2	ダムの適正運用管理のための機材リハビリテーション事業		
	1-3	ダムリハビリテーション事業		
偏在する水資源量を考慮しつつ増加する水需要量に対応する表流水水源の準備	2-1	都市用水水源開発事業	- Ibu dam project - Ota dam project - Araromi Ake/jebu-0de-Yemoji dam project - Odedele dam project	- Ibu dam project - Ota dam project - Araromi Ake/Ijebu-0de-Yemoji dam project - Odedele dam project - Aiyete dama project - Oba dam project
	2-2	灌漑用水水源開発事業	新規ダムの建設を伴う新規灌漑スキームは提案されない	
	2-3	総合開発事業	都市用水の伸びが大きく水需要が切迫する Ogun-0shun 流域ではこのスキームは提案しない。	

出典：JICA プロジェクトチーム

3.7 水資源サブセクター開発計画

3.7.1 給水・衛生

給水・衛生開発計画の策定に当たっては、表流水利用スキームと地下水利用スキームの施設の稼働率を把握した。給水・衛生開発計画の策定において以下の計画条件を設定した。

給水：原単位水量、水源の設計生産水量、既存施設の改修事業、新規施設の開発事業、開発事業の給水スキーム施設構成

衛生：居住地分類別による衛生施設基準、開発事業のメニュー

給水開発計画

給水水需要予測の結果に対して、本プロジェクトの目標年次 2030 年の対象流域の施設計画上の開発水量を算出し、表 3-11 および表 3-12 に示す。水需要予測の基準年が 2010 年であり、2011 年から 2030 年までの 20 年間の水需要の増加分が最終的な計画開発水量となるが、全国水資源マスタープラン 2013 に倣い流域管理計画（案）で提案する給水事業の開発計画（事業費算出の根拠）は 2015 年～2030 年であり、2011 年～2014 年の期間は流域管理計画（案）の想定する全体の開発ペースで事業が実施されるものと仮定する。

衛生開発計画

現在（2010 年）の衛生普及率を基準として、衛生普及率 100%の目標である流域管理計画（案）の目標年次 2030 年までの開発需要に対する計画とするが、提案する衛生事業の開発計画（事業費算出の根拠）は 2015～2030 年であり、2011～2014 年の期間は流域管理計画（案）の想定する全体の開発ペースで事業が実施されるものと仮定する。表 3-13 および表 3-14 に衛生開発計画（2015～2030 年）を示す。

表 3-11 施設画面上の給水開発計画 (HA-1)

開発事業	事業分類	既存施設能力 (2010)	GAP期間 (2011-2014)	計画対象期間 (2015-2030)	合計 (2030)
主要4州					
改修事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)	217	-	153	370
	都市・都市周辺・小都市(地下水)	349	50	192	591
	地方村落(地下水)	102	19	63	184
	小計	668	69	408	1,145
新規事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)		46	28	74
	都市・都市周辺・小都市(地下水)		186	677	863
	地方村落(地下水)		63	209	272
	小計		295	913	1,208
合計	(MLD)	668	364	1,321	2,354

出典: JICA プロジェクトチーム

表 3-12 施設画面上の給水開発計画 (Ogun-Oshun 流域)

開発事業	事業分類	既存施設能力 (2010)	GAP期間 (2011-2014)	計画対象期間 (2015-2030)	合計 (2030)
主要4州 (シナリオA)					
改修事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)	546	-	421	967
	都市・都市周辺・小都市(地下水)	1,784	3	36	1,823
	地方村落(地下水)	102	15	55	172
	小計	2,432	19	512	2,962
新規事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)		31	2,497	2,528
	都市・都市周辺・小都市(地下水)		4	45	49
	地方村落(地下水)		32	113	145
	小計		67	2,655	2,722
合計	(MLD)	2,432	86	3,167	5,685
主要4州 (シナリオB)					
改修事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)	546	-	421	967
	都市・都市周辺・小都市(地下水)	1,784	3	36	1,009
	地方村落(地下水)	102	14	51	159
	小計	2,432	17	508	2,135
新規事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)		31	5,462	5,493
	都市・都市周辺・小都市(地下水)		4	45	49
	地方村落(地下水)		30	107	138
	小計		65	5,614	5,680
合計	(MLD)	2,432	83	6,122	7,814

出典: JICA プロジェクトチーム

表 3-13 衛生開発計画 (HA-1)

事業	居住地分類	単位	Katsina	Kebbi	Sokoto	Zamfara	主要4州
公衆便所建設	都市	箇所	172	82	136	72	462
	都市周辺・小都市・町	箇所	481	256	290	267	1,294
最終処分場建設	都市	世帯	142,917	37,206	135,867	64,955	380,944
下水道建設	都市 (主要都市)	m3	-	-	-	-	-
衛生教育	都市周辺・小都市・町	世帯	463,689	148,063	307,582	330,637	1,249,971
	村落	世帯	440,064	167,653	314,209	366,016	1,287,942

出典: JICA プロジェクトチーム

表 3-14 衛生開発計画 (Ogun-Oshun 流域)

事業	居住地分類	単位	Lagos	Ogun	Osun	Oyo	Ogun-Oshun
シナリオA							
公衆便所建設	都市	箇所	1,688	311	197	374	2,570
	都市周辺・小都市・町	箇所	763	324	253	446	1,786
最終処分場建設	都市	世帯	2,092,658	484,781	244,859	462,706	3,285,004
下水道建設	都市 (主要都市)	m3	239,273	-	11,042	34,109	284,424
衛生教育	都市周辺・小都市・町	世帯	1,437,537	766,513	488,501	870,682	3,563,233
	村落	世帯	102,557	515,919	525,804	824,239	1,968,518
シナリオB							
公衆便所建設	都市	箇所	3,985	311	197	374	4,867
	都市周辺・小都市・町	箇所	1,949	324	253	446	2,972
最終処分場建設	都市	世帯	3,320,268	484,781	244,859	462,706	4,512,614
下水道建設	都市 (主要都市)	m3	564,908	-	11,042	34,109	610,059
衛生教育	都市周辺・小都市・町	世帯	3,952,549	766,513	488,501	870,682	6,078,244
	村落	世帯	-	515,919	525,804	824,239	1,865,962

出典: JICA プロジェクトチーム

3.7.2 灌漑・排水

公共灌漑事業を表 3-15 のとおり分類し開発計画を立案した。

表 3-15 公共灌漑事業の分類

事業の名称			
1. 既往灌漑事業 (Existing Irrigation Scheme)		2. 新規灌漑事業 (New Irrigation Scheme)	
1.1	整備終了事業 (Completion with No Extension Scheme)	2.1	補給灌漑事業 (Supplementary Irrigation Scheme)
1.2	整備実施中事業 (Ongoing Scheme)	2.2	ダム掛り灌漑事業 (Dam Irrigation Scheme)
1.3	整備拡張予定事業 (Extension Scheme)	2.3	総合開発事業 (Integration Scheme)

出典：JICA プロジェクトチーム

灌漑開発計画

既往公的灌漑事業の評価面積及び新規公的灌漑事業の計画灌漑面積は、表 3-16 の通りである。

表 3-16 流域別計画灌漑面積 (2030 年) (ha)

公共灌漑事業の分類	HA-1	Ogun-Oshun 流域
既往灌漑事業	41,041	27,891
1.1 整備終了事業	24,441	474
1.2 整備実施中事業	9,750	24,617
1.3 整備拡張予定事業	6,850	2,800
新規開発事業	1,500	0
2.1 補給灌漑事業	0	0
2.2 ダム掛り灌漑事業	1,500	0
2.3 総合開発事業	0	0
計	42,541	27,891

出典：JICA プロジェクトチーム

Ogun-Oshun 流域の灌漑事業計画に関しては、Lagos 州独自の水需要を考慮しナリオ A とシナリオ B では事業実施工程を変える。シナリオ A の場合の工程は M/P2013 と同じとし 2025 年までに全事業を完成する。一方、シナリオ B の場合は Lagos 州の独自の水需要を考慮し灌漑事業の実施を後倒し 2030 年までに全事業を完成させる計画とする。

3.7.3 水力発電

大型の水力発電所の建設は環境面、社会面に与える影響が大きいこと、またそれだけの容量を確保できるダム適地が乏しいこともあり、現実的には提案するダムサイトにおいて利水従属発電による水力発電所を設置することが現実的と考える。

(1) 水力発電賦存量 (ダムの従属発電) の評価

調査により整理された各ダムサイト地点の流況及びダム高から、各地点での発電電力量の賦存量を整理した。その結果を用いて今後の水力発電ポテンシャルの導入について概略で検討を行った (図 3-7 参照)。

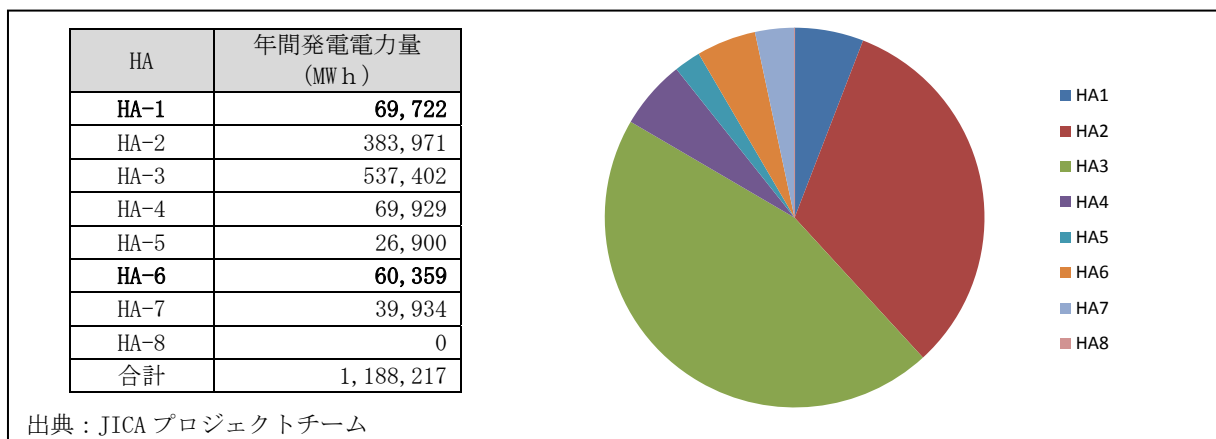


図 3-7 HA 毎の年間発電電力量 (賦存量)

HA-1 は流況が悪く、年間で安定した発電出力を期待できない。しかし、全国水資源マスタープラン 2013 で提案しているダムには貯水容量の余剰が生じるものもあるため、そのダムの運用を見直すことで効率的な水力発電を行える可能性がある。

一方、Ogun-Oshun 流域のある HA-6 は地形的に大きな落差がとれず、やや流況も悪いため、年間で安定した発電出力を期待できない。また、Oyan ダムは豊富な流量を有しているにもかかわらず、メンテナンス不足により発電設備が故障して今ではそれが全く機能していない。

3.7.4 洪水・土壌侵食対策

洪水・土壌侵食に関する以下の対策が推奨される（表 3-17 参照）。

表 3-17 洪水・土壌侵食対策

流域	項目
HA-1	Sokoto-Rima 川において、上流ダムの放流管理と、下流の氾濫原の管理（水位予測、影響範囲の予測）を行う。
	Rima 川は土壌流出が激しく濁度 250NTU を下回らないことが多い。Rima 川の河川から取水をして、Sokoto 浄水場に送水されている水道用の原水は、濁度が高く、浄水場の運用に影響を与えている。土壌侵食による河川水の高い濁度の原因を調査し、その軽減を図る
	Rima 川の取水地点周辺の河道の安定を図り、ひいては乾季の養魚場としての河道の利用、地元住民の水運の利便性を高める。
Ogun-Oshun 流域	Ogun 川の氾濫原の管理
	Ibadan 都市浸水対策
	Lagos 都市浸水対策
	都市内の土壌侵食対策
	Ogun 川等における内陸水運の開発

出典：JICA プロジェクトチーム

3.8 水資源管理計画

水資源管理計画の内容を表 3-18 に示す。

表 3-18 水資源管理計画の記載・提案内容

項目	記載・提案内容
8.1 概説	<p>(1) 水資源管理の目的と 4 つの戦略</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水資源の量と質の提供 ● 水資源の量と質の規制・保全 ● 組織間の調整とユーザー間の調停 ● 水資源開発・利用・管理の促進と改善 <p>(2) 水資源モニタリング</p> <p>水資源モニタリングは水資源管理を支える基本要素の 1 つであり以下の 4 つの要素を含み互いに関連し支えあうものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水資源アセスメントとその普及・伝達のための水文モニタリング ● 安全な水利用のための水質モニタリング ● 水資源施設の日常管理活動のためのモニタリング ● 水の規制を執行するための管理モニタリング
8.2 水始原管理体制の提案	<p>(1) 組織強化のための基本的アプローチ</p> <p>組織強化のため流域管理における参加型アプローチに焦点を当てるのが重要である。最も重要なことは、流域内のすべての利害関係者が適切な流域管理の実行に参加する流域全域にわたる総合的な組織体制を構築することである。そのような体制は、流域管理調整委員会 (Catchment Management Coordinating Committee: CMCC)、技術諮問委員会 (Technical Advisory Committee) 及び州政府統合水資源管理委員会 (State IWRM Committee) で構成される。</p>
8.3 水資源開発施設の運営・維持	<p>(1) 表流水</p> <p>表流水を開発する施設としてダム役割は大きい。いずれのダムにおいてもその管理の対象となるのは基本的に以下のものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ダム堤体施設の管理 ● ダム貯水池の管理 ● ダム貯水池の制御操作（高水操作、低水操作） <p>HA-1 には Sokoto-Rima 川に Bakorori、Goronyo、Zobe、Jibiya、その他 Gusau や新規ダムが運用・計画されていることから、これら複数のダム群を効率よく高度に運用することが、限られた水資源開発にはきわめて重要である。アースダムが多いが、堤体の損傷が激しい</p>

項目	記載・提案内容
	<p>ダムが多く、特に HA-1 は北部の乾燥した気候も影響してか損傷が激しい傾向にある。HA-6 は Ogun 川、Osun 川に新規ダムが運用・計画されていることから、これら複数のダム群を効率よく高度に運用することが、限られた水資源開発にはきわめて重要である。</p> <p>(2) 地下水 地下水利用施設の運営・維持管理の現況と課題、その改善策に関連し以下の 12 項目に関して提案した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 帯水層の運営・維持管理 ● 深井戸利用施設の運営・維持管理 ● 深井戸の揚水能力 ● 深井戸の建設体制 ● 過剰揚水による地下水位低下 ● 海水侵入 ● 地盤沈下 ● 地下水汚染 ● 井戸成功率の向上 ● 地下水位低下観測と干ばつ対策北部鉱山地域の地下水汚染 ● 地下水涵養の促進
8.4	<p>水文モニタリング</p> <p>(1) 表流水 全国水資源マスタープラン 2013 では表流水に関わる水文モニタリングの問題点と課題を抽出し表流水に関わる水文モニタリング改善の戦略を提案した。提案事業は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 表流水モニタリングネットワーク整備事業 ● 水文データ管理能力強化・利活用促進事業 ● 水文モデリングセンター事業 ● 水文情報啓蒙促進事業 <p>一方、HA-1 および Ogun-Oshun 流域における RBDA や州政府関係者へのヒアリングおよびステークホルダー会議における協議内容から、HA-1 および Ogun-Oshun 流域においては、現時点で RBDA や州政府による独自の表流水モニタリングは限定的あるいは実施されていない。これは、水文モニタリングに投入できる予算の不足が最大の要因となっているものと推定される。このような現状を考慮して、RBDA および州政府による表流水モニタリングについて戦略を推奨した。</p> <p>(2) 地下水 現況の地下水モニタリングの課題を抽出し今後期待される地下水モニタリングの方向性を以下の通り示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 地下水開発可能量の評価 ● 地下水環境問題 ● モニタリング担当機関の役割分担の明確化と組織・能力強化 ● NIHSA、NIWRMC、州政府機関の役割分担の提案
8.5	<p>水資源データ・情報管理</p> <p>現在の HA-1 および Ogun-Oshun 流域には、データ蓄積と管理を長期にわたり実施してきた機関は少なく、HA 全体をカバーする信頼性の高いデータを見付けることは困難である。両流域の現状を考慮した、観測データ取得方針とデータ収集及び蓄積に係る管理の方針を示した。戦略目標を以下のとおり設定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 知見を共有することで、全ての人が「詳細な情報を得たうえでの決断」を行えるようにする。 ● NIHSA と NIWRMC がデータベースの運用及び保守を行う中心的な機関としての役割を担う。 <p>地域に現状に沿って以下に関して提案した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 管理対象のデータについて ● 観測データ取得方針 ● データ収集及び蓄積に係る管理
8.6	<p>気候変動、越境水に起因するリスクの考慮</p> <p>(1) 気候変動 気候変動に起因する水資源に関するリスクを示した。</p> <p>(2) 越境水</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 越境水に関する問題の事例として以下のダムを記載した。 ● Niger 川上流に計画される Kandaji ダム (HA-1) ● 越境水に起因する水資源に関するリスクを推定した。 ● HA-1 の越境地下水の例として、Sokoto 地下水盆の越境地下水を検討した。 ● Ogun-Oshun 流域の越境地下水の例としてを Benin 国境の越境地下水を検討した。 <p>(3) リスクへの対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水関連情報の精度向上によるリスク特定の詳細化 ● 順応的管理の推進 ● 洪水・渇水に対する危機管理体制の強化

項目	記載・提案内容
	● 水需要管理の推進
8.7	<p>水環境管理</p> <p>HA-1 および Ogun-Oshun 流域における水環境管理に関し以下の3項目に関して問題と課題を抽出し、解決策を提言した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 飲料水の水質 ● 水質汚濁防止 ● 水環境保全
8.8	<p>水の配分と規制</p> <p>全国水資源マスタープラン 2013 で提案した水の配分と規制に関わるフレームワークをここでも提案した。HA-1 および Ogun-Oshun 流域における水の配分と規制に関わるフレームワークの推進するために以下を提案する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本流域管理計画（案）の策定は HA-1 および Ogun-Oshun 流域における水の配分と規制に関わるマクロ管理の第1歩と位置付けられる。この流域管理計画に関するステークホルダーの協議を積み重ねることにより、流域管理計画を最終化する。 ● 流域管理計画策定のために実施したステークホルダー会議をさらに発展させ、ステークホルダーフォーラムを形成し、CMCC のベースとする。将来的には、流域管理計画の最終化とともに CMCC を正式に立ち上げる。 <p>また、地下水の配分と規制に関し流域レベルの方策を提案した。</p>
8.9	<p>水資源管理のためのコミュニケーション戦略</p> <p>全国水資源マスタープラン 2013 では、広報戦略として以下に示すアクションプランを示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 季刊誌「WATER」の充実を通じた広報活動の強化拡充 ● FMWR ウェブサイトの充実 ● TV、ラジオなど多様なメディアを活用した広報活動の強化充実 ● 効率的な公文書管理の徹底（電子化など） <p>上記のアクションプランに合わせて、流域水資源管理の視点から、CMP の広報に関する提案を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国家水政策、水資源管理に係る法制度及び CMP の普及（PR Unit と協働・連携）。 ● 流域経済・社会における水の役割に関するプログラム、ワークショップ、セミナーの開催。
8.10	<p>官民連携 (PPP)</p> <p>全国水資源マスタープラン 2013 で提案したアクションプランを流域管理計画でも提案する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● PPP Unit の強化 ● PPP プロジェクトの準備と実施に関する能力開発 ● PPP プロジェクト準備のための予算配分 ● Project Delivery Team 及び Steering Committee の設置 ● PPP プロセスに関わる定期的利害関係者協議 ● 民間セクター参入を促進するための政策と戦略の定期的更新 <p>流域州政府に対する具体的な提案は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 民間セクターの支援と主導による財務的効率性の高い水サービスの提供 ● 流域内各州政府に対する PPP Unit の設置
8.11	<p>人材育成/能力開発</p> <p>全国水資源マスタープラン 2013 における人材資源開発（Human Resources Development: HRD）に関する方針に照らし、流域レベルにおける IWRM に焦点を当てた HRD のニーズを強調することは意義がある。全国水資源マスタープラン 2013 では以下を基本方針とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● トレーニング機会へのアクセスの開発拡大 ● 流域レベルのニーズに相応するトレーニング強化 ● NWRI の訓練機能の強化拡充 <p>上記に加え CMP では以下を提案する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 流域レベルの IWRM に焦点を当てた人材及び組織能力開発プロジェクト
8.12	<p>モニタリング・評価</p> <p>計画された事業を着実に実施するためには、プロジェクト準備段階の M&E システムの検討が必要である。既存の M/P1995M/P で示された事業の実施が大きく遅れている原因の一つに「プロジェクト準備段階のプロセス」の不備が考えられる。</p> <p>「プロジェクト準備段階のプロセス」とは次の通りである。① M/P に基づいたプロジェクトの起案（起案書作成）⇒ ② 実現性調査（F/S）の実施 ⇒ ③ 事業計画書（Project Explanatory Note:）の作成⇒ ④ 予算要求 ⇒ ⑤ 予算確保 ⇒ ⑥ 事業開始。このプロセスのモニタリング・評価によって、事業の促進が期待できる。作成・実施にあたっては FMWR および関連機関である NIWRMC、RBDA、CMO 並びに対象となる州政府との密接な連携が必要となる。</p>

出典：JICA プロジェクトチーム

3.9 事業実施プログラム

3.9.1 事業概要

流域管理計画（案）で提案された事業の区分を表 3-19 に示す。

表 3-19 提案事業の区分

A. 水源開発事業	B. サブセクター開発事業	C. 水資源管理関連事業
A.1 表流水開発	B.1 給水・衛生事業	C.1 水文モニタリング
A.1.1 実施中表流水源開発事業	B.1.1 給水改修事業	C.2 水の配分と統制
A.1.2 既存ダムの機能回復、向上	B.1.2 給水新規事業	C.3 水環境管理
A.1.3 新規水源開発	B.1.3 衛生事業	
A.2 地下水開発	B.2 灌漑・排水事業	
A.2.1 既存井戸のリハビリ	B.2.1 既存施設のリハビリ	
A.2.2 新規井戸の設置	B.2.2 新規施設の建設	

出典：JICA プロジェクトチーム

3.9.2 HA-1: Niger North の事業実施プログラム

(1) 実施工程

各事業の実施実施を、第 1～第 3 ステージ（第 1：2014～2020、第 2：2021～2025、第 3：2026～2030）に区分し、各事業（水資源開発、給水・衛生、灌漑・配水、水資源管理関連）の実施工程はそれぞれの開発方針に基づき提案した。

(2) 事業費

提案した各事業事業費と内訳を表 3-20～3-22 に示す。表流水開発事業費は 87 億ナイラ、地下水開発事業費は 151 億ナイラで両者の合計額は 238 億ナイラである。一方、給水・衛生事業費は 2,563 億ナイラ、灌漑・排水事業費は 516 億ナイラである。また、水資源管理関連事業費は 35 億ナイラである。水源開発費と水資源管理関連事業費の合計額は上記の全体事業費の約 8%を占め、給水・衛生事業費は 77%、灌漑・排水事業費は 15%であり、給水・配水事業費が占める割合が大きい。

表 3-20 水源開発事業の事業費とその内訳

プロジェクト名	事業概要の内訳 (百万ナイラ)					合計 (百万ナイラ)
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 表流水開発事業	6,854	0	685	343	788	8,670
2. 地下水開発事業	11,990		1,189	600	1,378	15,157
合計	18,844	0	1,874	943	2,166	23,827

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-21 サブセクター開発事業の事業費とその内訳

プロジェクト名	事業概要の内訳 (百万ナイラ)					合計 (百万ナイラ)
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 給水・衛生事業	202,615		20,261	10,130	23,300	256,308
2. 灌漑・排水事業	40,696	80	4,077	2,039	4,689	51,581
合計	243,391		24,338	12,169	27,989	307,889

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-22 水資源管理関連事業の事業費その内訳

プロジェクト名	事業概要の内訳 (百万ナイラ)		合計 (百万ナイラ)
	機器調達費	運用・維持管理費	
1. 水文モニタリング	1,310	1,452	2,762
2. 水環境管理	463	251	714
合計	1,773	1,703	3,476

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 事業実施の財務プログラム

水源開発事業、給水・衛生事業および灌漑・排水事業の財務プログラムを表 3-23 に示す。

表 3-23 水資源開発投資の財務プログラム

事業	ステージ別の投資額 (Billion ナイラ)			合計投資額 (10 億ナイラ)
	第 1 ステージ 2014-2020	第 2 ステージ 2021-2025	第 3 ステージ 2026-2030	
A. 水源開発事業	7.5	10.3	6.0	23.8
B. 給水・衛生事業	121.6	79.8	55.0	256.2
C. 灌漑・排水事業	21.4	16.2	14.0	51.6
合計	150.5	106.3	75.0	331.6

出典：JICA プロジェクトチーム

3.9.3 Ogun-Oshun 流域 (HA-6:Western Littoral 西部) の事業実施プログラム

(1) 実施工程

各事業の実施実施を、第 1～第 3 ステージ (第 1：2014～2020、第 2：2021～2025、第 3：2026～2030) に区分し、各事業(水資源開発、給水・衛生、灌漑・配水、水資源管理関連)の実施工程はそれぞれの開発方針に基づき提案した。

(2) 事業費

(2-1) シナリオ A

提案した各事業事業費と内訳を表 3-24～3-26 に示す。表流水開発事業費は 246 億ナイラ、地下水開発事業費は 53 億ナイラで両者の合計額は 299 億ナイラである。一方、給水・衛生事業費は 1 兆 2,995 億ナイラ、灌漑・排水事業費は 1,069 億ナイラである。また、水資源管理関連事業費は 32 億ナイラである。水源開発費と水資源管理関連事業費の合計額は上記の全体事業費の約 2%を占め、給水・衛生事業費は 90%、灌漑・排水事業費は 7%であり、給水・配水事業費が占める割合が大きい。

表 3-24 水源開発事業の事業費とその内訳 (シナリオ A)

プロジェクト名	事業概要の内訳 (百万ナイラ)					合計 (百万ナイラ)
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 表流水開発事業	19,412	0	1,941	971	2,232	24,556
2. 地下水開発事業	4,213	0	422	210	484	5,329
合計	23,625	0	2,363	1,181	2,716	29,885

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-25 サブセクター開発事業の事業費とその内訳 (シナリオ A)

プロジェクト名	事業概要の内訳 (百万ナイラ)					合計 (百万ナイラ)
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 給水・衛生事業	1,027,291		102,729	51,365	118,139	1,299,524
2. 灌漑・排水事業	82,134	2,400	8,454	4,226	9,721	106,935
合計	1,111,825		111,183	55,591	127,860	1,406,459

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-26 水資源管理関連事業の事業費その内訳(シナリオ B)

プロジェクト名	事業概要の内訳 (百万ナイラ)		合計 (百万ナイラ)
	機器調達費	運用・維持管理費	
1. 水文モニタリング	1,307	1,165	2,473
2. 水環境管理	463	251	714
合計	1,770	1,416	3,187

出典：JICA プロジェクトチーム

(2-2) シナリオ B

提案した各事業事業費と内訳を表 3-27～3-29 に示す。表流水開発事業費は 679 億ナイラ、地下水開発事業費は 50 億ナイラで両者の合計額は 729 億ナイラである。一方、給水・衛生事業費は 2 兆 6,693 億ナイラ、灌漑・排水事業費は 1,069 億ナイラである。また、水資源管理関連事業費は 32 億ナイラである。水源開発費と水資源管理関連事業費の合計額は上記の全体事業費の約 3%を占め、給水・衛生事業費は 94%、灌漑・排水事業費は 4%であり、給水・配水事業費が占める割合が大きい。

表 3-27 水源開発事業の事業費とその内訳（シナリオ B）

プロジェクト名	事業概要の内訳（百万ナイラ）					合計 （百万ナイラ）
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 表流水開発事業	53,712	0	5,371	2,686	6,177	67,946
2. 地下水開発事業	3,944	0	396	196	454	4,990
合計	57,656	0	5,767	2,882	6,631	72,936

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-28 サブセクター開発事業の事業費とその内訳（シナリオ B）

プロジェクト名	事業概要の内訳（百万ナイラ）					合計 （百万ナイラ）
	建設費	機器 調達費	調査・ 設計費	管理費	予備費	
1. 給水・衛生事業	2,110,097		211,010	105,505	242,662	2,669,274
2. 灌漑・排水事業	82,134	2,400	8,454	4,226	9,721	106,935
合計	2,194,631		219,464	109,731	252,383	2,776,209

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-29 水資源管理関連事業の事業費その内訳（シナリオ B）

プロジェクト名	事業概要の内訳（百万ナイラ）		合計 （百万ナイラ）
	機器調達費	運用・維持管理費	
1. 水文モニタリング	1,307	1,165	2,473
2. 水環境管理	463	251	714
合計	1,770	1,416	3,187

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 財務プログラム

(3-1) シナリオ A

水源開発事業、給水・衛生事業および灌漑・排水事業の財務プログラムを表 3-30 に示す。水源開発事業費（表流水と地下水）の投資比率は第 2 ステージの投資比率が他ステージより高い。給水・衛生事業の投資比率は第 1 ステージにおける投資比率が最も高くその後漸減する。灌漑・排水事業の投資比率は第 1 ステージにおける投資比率が高い。

表 3-30 水資源開発投資の財務プログラム（シナリオ A）

事業	ステージ別の投資額（Billion ナイラ）			合計投資額 （10 億ナイラ）
	第 1 ステージ 2014-2020	第 2 ステージ 2021-2025	第 3 ステージ 2026-2030	
A. 水源開発事業	5.4	22.1	2.5	30.0
B. 給水・衛生事業	676.6	397.9	225.1	1,299.6
C. 灌漑・排水事業	62.7	41.9	2.3	106.9
合計	744.7	461.9	229.9	1,436.5

出典：JICA プロジェクトチーム

(3-2) シナリオ B

水源開発事業、給水・衛生事業および灌漑・排水事業の財務プログラムを表 3-31 に示す。水源開発事業費（表流水と地下水）のステージごとの投資比率は第 2 ステージの投資比率が他ステージより高い。給水・衛生事業の投資比率は第 2 ステージにおける投資比率が他ステージより高い。灌漑・排水事業の投資比率は第 3 ステージにおける投資比率が高い。

表 3-31 水資源開発投資の財務プログラム（シナリオ B）

事業	ステージ別の投資額（Billion ナイラ）			合計投資額 （Billion ナイラ）
	第 1 ステージ 2014-2020	第 2 ステージ 2021-2025	第 3 ステージ 2026-2030	
A. 水源開発事業	5.2	40.3	27.3	72.8
B. 給水・衛生事業	727.2	1,183.8	758.3	2,669.3
C. 灌漑・排水事業	18.9	10.6	77.4	106.9
合計	751.3	1,234.7	863.0	2,849.0

出典：JICA プロジェクトチーム

3.10 事業評価

3.10.1 経済評価

サブセクター開発事業の「給水事業」および「灌漑・排水事業」について各々の事業の経済評価を行った。

(1) HA-1: Niger North

(1-1) 給水事業

給水事業の経済評価を表 3-32 に示す。

表 3-32 給水事業の経済評価

地域	給水改修事業						給水新規事業					
	都市			村落			都市			村落		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	50%	3.6	314.7	28%	2.2	11.1	10.1%	1.0	13.5	9.2%	0.9	-4.9
対象4州	41%	3.1	30.6	24%	2.0	1.5	8.0%	0.9	-13.9	8.7%	0.9	-1.1
1 Katsina 州	36%	3.1	5.6	19%	1.7	0.2	7.4%	0.8	-9.6	8.0%	0.9	-0.6
2 Kebbi 州	48%	3.6	7.3	24%	2.0	0.4	9.1%	1.0	-1.1	9.1%	0.9	-0.2
3 Sokoto 州	42%	1.0	11.1	26%	2.1	0.5	7.8%	0.9	-1.8	7.9%	0.8	-0.3
4 Zamfara 州	36%	2.3	3.8	26%	2.1	0.2	9.9%	0.9	-0.1	10.0%	1.0	0.0

注) NPV=10 億ナイラ 出典: JICA プロジェクトチーム

給水改修事業

都市給水では HA-1 全体で EIRR は 41%と経済的妥当性は極めて高い。一方、村落給水では都市と同じように、HA-1 全体で EIRR 24%と高い経済的妥当性を示した。

給水新規事業

都市給水では HA-1 全体で EIRR 8%と資本の機会費用である 10%を下回る結果となった。一方、村落給水では、EIRR は 9.2%と資本の機会費用 10%を下回ったが、村落部の低レベルの水支払可能額を勘案すれば経済的には概ね妥当とみられる。

(1-2) 灌漑・排水事業

灌漑・排水事業の経済評価を表 3-33 および表 3-34 に示す。

表 3-33 既往灌漑・排水事業の経済評価

地域	改修事業			整備実施中事業			拡張予定事業		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	41.8%	4.1	47.9	13.2%	1.3	33.4	10.8%	1.1	5.2
HA-1	30.5%	2.9	1.7	9.7%	1.1	-0.2	9.0%	0.9	-0.5

注) NPV=10 億ナイラ 出典: JICA プロジェクトチーム

表 3-34 新規灌漑・排水事業の経済評価

地域	補給灌漑事業			ダム掛かり灌漑事業			総合開発事業		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	20.3%	2.0	66.5	9.6%	0.96	-3.9	10.4%	1.0	4.3
HA-1	-	-	-	4.6%	0.5	-0.9	-	-	-

注) NPV=10 億ナイラ 出典: JICA プロジェクトチーム

灌漑改修事業は、EIRR は 30.5%を示した。灌漑整備実施中事業は、水稻は雨期のみだが、雨期でも作付面積は耕作可能面積の 40%程度と低いことが起因し EIRR は 9.7%となった。拡張予定事業、ダム掛かり事業は、両事業とも EIRR 10%を下回る結果となった。

(2) Ogun-Oshun 流域 (HA-6:Western Littoral 西部)

(2-1) 給水事業

給水事業の経済評価を表 3-35 に示す。

表 3-35 給水事業の経済評価

地域	給水改修事業						給水新規事業					
	都市			村落			都市			村落		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	50.0%	3.6	314.7	27.6%	2.2	11.1	10.1%	1.01	13.5	9.2%	0.94	-4.9
<シナリオ A>	59%	6.1	96.3	37%	2.8	2.1	13.3%	1.3	145.4	13.9%	1.3	1.5
1 Lagos 州	74%	8.2	49.6	27%	2.2	0.1	14.7%	1.4	140.1	11.7%	1.1	0.0
2 Ogun 州	40%	4.0	7.8	41%	2.9	0.3	8.6%	1.0	-5.2	17.4%	1.4	0.6
3 Osun 州	51%	5.0	16.7	41%	3.0	0.7	10.5%	1.0	1.0	12.9%	1.2	0.2
4 Oyo 州	47%	4.8	13.4	37%	2.7	0.8	9.3%	0.9	-3.6	13.0%	1.2	0.5
<シナリオ B>												
1 Lagos 州	74%	8.2	49.1	-	-	-	15.3%	1.5	324.4	-	-	-

出典：JICA プロジェクトチーム

給水改修事業

都市給水はシナリオ A 全体およびシナリオ B とも経済的妥当性は極めて高い。村落給水は 都市と同じように、EIRR 37%と高い経済的妥当性を示した。

給水新規事業

都市給水は、EIRR は州によってばらつきがあるが、シナリオ A 全体およびシナリオ B とも資本の機会費用である 10 % を超え経済的妥当性を示した。村落給水は、EIRR は 13.9%と資本の機会費用 10%を上回った。

(2-2) 灌漑・排水事業

灌漑・排水事業の経済評価を表 3-36 および表 3-37 に示す。

表 3-36 既往灌漑・排水事業の経済評価

	改修事業			整備実施中事業			拡張予定事業		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	41.8%	4.1	47.9	13.2%	1.3	33.4	10.8%	1.1	5.2
シナリオ A	45.5%	4.3	2.9	14.6%	1.4	16.9	14.3%	1.3	0.7
シナリオ B	-	-	-	10.5%	1.0	1.3	-	-	-

注) NPV=10 億ナイラ 出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-37 新規灌漑・排水事業の経済評価

	補給灌漑事業			ダム掛かり灌漑事業			総合開発事業		
	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
全国	20.3%	2.0	66.5	9.6%	0.96	-3.9	10.4%	1.0	4.3
シナリオ A	-	-	-	8.0%	0.8	-0.4	-	-	-
シナリオ B	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) NPV=10 億ナイラ 出典：JICA プロジェクトチーム

灌漑改修事業は、EIRR は極めて高く 45.5%を示した。灌漑整備実施中事業はシナリオ A およびシナリオ B とも EIRR は 10%を超え、経済的妥当性を示した。拡張予定事業、ダム掛かり事業のうち拡張予定事業は、EIRR 14.3%と経済的に妥当な数値を示した。一方、ダム掛かり事業は、10%を若干下回った。

3.10.2 事業実施のための資金調達

(1) 財務スケジュール

表 3-38 に目標年度 2030 年までの対象州の給水事業の州別およびステージ別事業費を示す。

表 3-39 に目標年度 2030 年までの対象州の灌漑・排水事業のスキーム別およびステージ別事業費を示す。

表 3-38 給水事業の州別およびステージ別事業費 (10 億ナイラ)

ステージ	第1	第2	第3	合計	ステージ	第1	第2	第3	合計
州名	2014- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2014- 2030	州名	2014- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2014- 2030
HA-1	121.2	89.2	56.3	266.7	Ogun-Oshun シナリオA	605.5	202.8	53.8	862.1
Katsina	65.2	43.8	24.4	133.4	Lagos 州	490.3	32.1	0.0	522.4
Kebbi	23.5	17.7	10.9	52.1	Ogun 州	6.7	116.8	2.3	125.8
Sokoto	19.2	12.3	10.4	41.9	Osun 州	39.9	3.0	12.6	55.5
Zamfara	13.3	15.4	10.6	39.3	Oyo 州	68.6	50.9	38.9	158.4
					Ogun-Oshun シナリオB	634.7	760.3	414.2	1,809.2
					Lagos 州	519.5	589.6	360.4	1,469.4
					他3州合計	115.2	170.7	53.8	339.8

出典：JICA プロジェクトチーム

表 3-39 灌漑・排水事業のスキームおよびステージ別事業費 (10 億ナイラ)

ステージ	第1	第2	第3	合計	ステージ	第1	第2	第3	合計
スキーム	2014- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2014- 2030	スキーム	2014- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2014- 2030
HA-1	21.5	16.2	18.2	55.9	Ogun-Oshun シナリオA	65.4	41.6	11.0	118.0
改修事業	1.4	0.8	0.6	2.8	改修事業	2.2	-	-	2.2
既存事業	16.9	6.4	-	23.3	既存事業	60.2	39.6	-	99.7
拡張事業	3.2	9.0	7.2	19.4	拡張事業	3.0	2.0	0.0	5.1
補給灌漑事業	-	-	-	-	補給灌漑事業	-	-	-	-
ダム灌漑事業	-	-	10.4	10.4	ダム灌漑事業	-	-	11.0	11.0
総合灌漑事業	-	-	-	-	総合灌漑事業	-	-	-	-
					Ogun-Oshun シナリオB	18.9	10.7	88.4	118.0
					既存事業	13.7	8.6	77.4	99.7
					他事業の合計	5.2	2.1	11.0	18.3

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 資金調達の促進

(2-1) 給水事業

「ナ」国での給水事業開発は連邦政府と州政府が執り行っているものの、特に州政府は開発事業費の80%以上を担っており給水事業分野での果たすべき役割は大きい。しかしながら、州政府の財政状況は厳しく必ずしも十分な開発事業予算が充当されていない。従って、事業の開発・実施にあたっては、連邦政府との緊密な連携・資金支援が望まれる。一方、州政府は、事業に対する民間資金の活用および国際援助機関の支援など資金調達の多様化を図る努力が必要である。国内外の民間資金を引きつけるためには、ビジネスモデルを精選し州政府保証を伴うような提案が欠かせない。

(2-2) 灌漑・排水事業

HA-1 の目標年度までの期間の年平均事業費は 35 億ナイラであり、Ogun-Oshun 流域では 69 億ナイラである。上記の値は連邦政府の最近 3 年間 (2009~2011 年度平均) の平均年間灌漑・排水事業投資額である 350 億ナイラの HA-1 は 10%、Ogun-Oshun 流域では 20%に相当する。連邦政府予算は、全 HA の灌漑・排水事業を対象に、立地・土壌・ニーズ・経済性等を勘案の上配分決定されるべきであるが、全国水資源マスタープラン 2013 で提言したように、HA-1 および Ogun-Oshun 流域の対象州でも投下資本効率の高い改修事業に第一義的に配分し、暫時既存事業・新規事業に配分されることが望まれる。

3.10.3 社会環境面の評価

社会環境面の評価の目的は流域管理計画 (案) の提案事業が社会・環境面に対する潜在的影響を調べることにある。負の影響が予測される場合には必要な緩和策について検討した。流域管理計画 (案) で提案される事業について初期環境影響評価 (IEE) によって評価した。流域管理計画 (案) を構成する事業は、水資源管理関連事業を除き、4 つのセクターにわたる。対象流域で流域管理計画を構成する事業数を表 3-40 に示す。

表 3-40 流域管理計画（案）を構成する事業数

セクター	HA-1			Ogun-0shun流域					
	実施中 事業	提案 事業	合 計	シナリオA			シナリオB		
				実施中 事業	提案 事業	合 計	実施中 事業	提案 事業	合 計
ダム（表流水開発）	2	2	4	4	4	8	4	6	10
都市・村落給水	0	43	43	0	120	120	0	120	120
灌漑・排水	6	8	14	4	10	14	4	10	14
衛生	0	28	28	0	31	31	0	31	31
合計	8	81	89	8	165	173	8	167	175

出典：JICA プロジェクトチーム

EIA カテゴリーと要求調査レベルは次のとおりである。

- 1: 完全なEIA 調査が要求される。
- 2: 部分的なEIA 調査が要求される。
- 3: EIA 調査は必要ない。

上記からカテゴリー1に分類される事業とカテゴリー2に分類される事業についてIEEを実施した(表3-41参照)。IEEはEIAのガイドライン及びJICA環境社会配慮ガイドライン(2004年版)に従って実施した。

表 3-41 流域管理計画（案）を構成する事業のIEEおよびEIA調査の必要性に基づく分類

セクター	EIA カテゴリー1			EIA カテゴリー2		
	HA-1	Ogun-0shun		HA-1	Ogun-0shun	
		シナリオA	シナリオB		シナリオA	シナリオB
ダム（表流水開発）	4	4	6	0	4	4
都市・村落給水	16	33	37	23	83	80
灌漑・排水	5	4	3	9	10	10
衛生	4	7	7	8	8	8
合計	29	47	53	40	105	102

出典：JICA プロジェクトチーム

HA-1 および Ogun-0shun 流域における流域管理計画（案）を構成する事業は、主として都市・村落給水、灌漑・排水、衛生の3つのセクターに対して便益をもたらす。都市・村落給水に関しては、事業実施による飲料水供給は裨益者のより良い健康、衛生状態をもたらすなど高い便益が期待される。灌漑・排水に関しては、食糧の安全保障の改善とともに農業生産と雇用機会の増加により社会経済状態の高度化が期待される。衛生事業については、下水、汚物の安全な処理を通じて公衆衛生の大幅な改善が期待される。

HA-1 および Ogun-0shun 流域ともに事業実施によるいくつかの社会・環境面での負のインパクトが想定されるが、提案される緩和策の実施によりそれらのインパクトは緩和される。特に、ダム事業については、比較的大規模な建設工事および住民移転を伴う可能性があることから留意が必要である。

3.11 勧告

3.11.1 流域管理体制の整備と流域管理計画の確立

連邦水資源省（FMWR）は、JICAの技術協力を得て、2011年8月から全国水資源マスタープランの改定作業を始め、30か月の作業を経て全国水資源マスタープラン2013を策定した。本流域管理計画は、この全国水資源マスタープラン2013に基づいて、連邦水資源省（FMWR）の外局であるNIWRMCとJICAプロジェクトチームの共同作業によって策定した初版である。流域管理計画が全国水資源マスタープラン2013に基づいているとはいえ、1)短期間で約半年でまとめられたことによる必ずしも十分でないステークホルダーの合意形成、また、2)流域管理計画を公式文書として認可する組織・制度が未整備であること等により、流域管理計画には、今だ課題が残る。これらの課題を解決し、区域の住民の水資源にたいする需要（すなわち、水利用・洪水被害軽減・水質保全）を充足する水資源開発・管理が重要である。

(1) 流域管理体制の整備

流域管理計画では、流域管理体制の重要な機関として、流域管理調整委員会（CMCC）、技術諮問委員会（TAC）および州統合水資源管理委員会（State IWRM Committee）の3つの新組織の設立を提案しているが今だこれらの組織は設立されていない。水資源に関わる全ての関係者の代表が各委員会のメンバーに選定されるべきである。

HA-1域内に含まれる主要な州は、Katsina州、Kebbi州、Sokoto州およびZamfara州の4州であるが、Niger州については、面積および人口とある程度の割合を占めることから、CMCCやTACのメンバーになるべきと考えられる。域内に入るその他の州（Jigawa州とKano州）の各委員会への参加については、今後の課題となる。

また、Ogun-Oshun流域域内に含まれる主要な州は、Lagos州、Ogun州、Osun州およびOyo州の4州であるが、Ogun-Oshun流域に含まれるその他の州（Ekiti州、Kwara州およびOndo州）については、CMCCやTACのメンバーになるべきかどうかは、今後の検討課題である。

連邦水資源省（FMWR）およびNIWRMCは、流域管理体制の整備を速やかに着手すべきである。

(2) 流域管理計画の確立

流域管理計画の初版は、準備期間が短いこともありステークホルダーの合意形成が不十分である。特に、給水・衛生や灌漑・排水分野以外の水サブセクター（例えば、水力発電、畜産、内水面漁業、洪水、水質保全等）のステークホルダーの合意形成が必要となる。また、政府機関だけでなく、水ユーザー、NGO、Academics等のステークホルダーを含めた合意形成も必要である。

更に、Ogun-Oshun流域の場合は、Lagos州独自の給水需要予測に対する水源開発計画をオプションを示しているが、このオプションの認可は、今後設置されるCMCCで認可されるべきである。

連邦水資源省（FMWR）およびNIWRMCは、ステークホルダー会議を重ねて、流域管理計画を速やかに確立すべきである。

3.11.2 流域管理計画の活用と定期的なレビュー

(1) 流域管理計画の活用

流域管理計画は、日本の技術協力を得て、JICAより派遣されたコンサルタントチーム（JIAプロジェクトチーム）と水資源省からのメンバーで構成された「プロジェクト運営委員会（ステアリングコミッティー）」、「技術諮問委員会（テクニカルアドバイザーコミッティー）」および「カウンターパートチーム」との共同作業により作成されたものである。換言すれば、このプランは水資源開発・管理に関する日本の技術と「ナ」国の水ビジョンへの熱意が作り出した作品である。今後は、この作品である流域管理計画（を磨き上げ、より良く活用することを勧告する。

(2) 流域管理計画の定期的なレビュー

流域管理計画は、2030年までの人口予測や経済成長に基づいた水需要予測と科学的なアプローチ

に基づく水資源ポテンシャルを根拠に基づいて策定されている。今後、人口増加や経済成長の実績をみて水需要予測を確認する必要がある。

また、水資源ポテンシャルについても定期的な確認が必要となる。その最初の理由は越境水の問題である。例えば、国境を越えて Niger 川上流から HA-1 に流入する水資源は、26.7 Billion/年になる。これは、HA-1 域内生産水資源量 (10.7 Billion/年) の約 2.5 倍に相当する。上流域の水資源開発によっては流入量の低減が起こる。次の理由は、地球規模の気候変動の問題である。大洪水の発生や旱魃頻度の増加が予見されている。このような状況によって、水資源ポテンシャルも変化するかもしれない。

以上のような観点から、NIWRMC および State IWRM Committee による流域管理計画の定期的なレビュー (例えば、5 年ごと) を勧告する。

3.11.3 水資源開発の実施

流域管理計画には、水資源開発計画として、水源開発 (表流水開発と地下水開発) を含んだ 2 つの水サブセクターの開発計画、すなわち「給水開発計画」と「灌漑・排水開発計画」が示されている。

(1) 給水開発計画

給水開発計画は今後 2030 年までに計画区域内の人口増加 (HA-1 の場合は約 10 Million、Ogun-Oshun 流域の場合はシナリオ A で約 16 Million、シナリオ B で約 31 Million) による新規の水需要や給水率の向上に対応した事業計画である。現状の給水率は、都市:71%、中都市:51%、村落で 40%、全国平均で 56%となっているが、連邦水資源省のロードマップ (2011 年) に従って、流域管理計画では、この給水率を、2025 年にそれぞれの給水率を 100%達成するようになっている。

また Ogun-Oshun 流域の Lagos 州の給水計画は、需要予測として、シナリオ A : 全国人口センサスに基づく給水需要予測 (全国水資源マスタープラン 2013 で採用) とシナリオ B : 州独自の人口センサスに基づく給水需要予測 (シナリオ B に比べて約 600MCM/Year の需要増) がある。流域管理計画 (HA-6/Ogun-Oshun 流域) では、シナリオ A に対して 4 基の新規ダム、シナリオ B に対して、追加 2 基を加えて合計 6 基の新規ダムを提案している。

給水システムは国の基本となる重要なインフラで、水源開発施設 (ダムや井戸)、浄水施設や配水施設等への投資は大規模となるので、政府レベル (連邦政府や州政府) の投資が必須となる。これらの計画で示された各事業の着実な実施を勧告する。

(2) 灌漑・排水開発計画

灌漑・排水開発計画は、2030 年までに天水稻作の振興と併せてコメの自給率 100%を目指した事業計画である。計画では投資効率のよい事業が選定されている。開発効率の良い水源開発の地域や重力灌漑を使える地域が選ばれている。現在、HA-1 の Jibiya, Zobe, Middle Rima Valley, Sabke、また、Ogun-Oshun 流域の Lower Ogun, Middle Ogun の大規模灌漑事業が建設中である。これらの事業により雨季のコメ生産は可能となりコメの自給率向上に貢献する。

ポンプ灌漑システムの場合は、全国水資源マスタープラン 2013 では、水源開発のためのダムを利用した水力発電を使った自立型灌漑の推進を提言している。域内の既存ダム等への水力発電設置の可能性については、今後の調査が必要である。

旱魃に強く収穫量の多い灌漑農業の推進は、国の食糧安全保障上、特に重要である。都市化が進むにつれコメの需要は増加の傾向にある。都市化の進む「ナ」国では、今後、コメの需要が増える。また、灌漑農業等の大規模事業は、農村部の雇用機会の創出にも大きく貢献することになる。このような観点から連邦政府の計画的な投資が必要となる。これらの計画で示された各事業の着実な実施を勧告する。

(3) その他サブセクターへの関与

所管が異なる水資源関連事業についても、流域管理計画で議論すべき分野である。例えば、水力

発電や洪水管理等が重要な分野である。水力発電については、電力を所管する連邦電力省および関連州政府との今後の連携が必要になってくる。また、洪水管理については、洪水を所管する連邦環境省および関連州政府等との今後の連携が必要になってくる。畜産や淡水養殖は、灌漑セクターと競合する場合があります、水資源の有効利用を図りながら利害関係者間の調整が必要となる。

このような背景から、他省が所管する水資源関連事業について、連邦水資源省は積極的に関与すべく関係の連邦各省や州政府各省との連携を強めていくことを勧告する。

3.11.4 水資源管理の実施

流域管理計画に示された水資源管理計画は、水資源開発計画に基づいて設置された施設と運用システムを使って、3S（充足性、持続性、安全性）と2E（効率性、公平性）を基本に、【水の有効利用】・【洪水の減災】・【水質の保全】を期待する水ユーザーにこれらのサービス（水サービス）を適切に提供する手法を示すものである。

流域管理計画の水資源管理計画で示された各事業や行動計画の着実な実施を勧告する。これによって、以下に示す状態を目指している。

水資源管理の最善の状態：

- よい計画があり、適切な行動が取れる。
- 望ましい水サービス組織やシステムが構築されている。
- 水ユーザーには満足する水サービス（安全・安心）が提供される。
- 水サービスは滞ることはない。提供システムに故障があれば、誰かが速やかに修復する。
- 水サービスは適切価格のため水ユーザーは喜んで対価を払う。
- 水サービスに係る情報が収集・解析される。この情報が管理され、水サービスの向上のために活用される。
- 水サービスに従事する人々は、向上心を持って、日々研鑽を積んでいる。
- 水サービスは、常に水ユーザーからモニターされ、その成果は評価される。

HA-1 流域管理計画の水資源管理計画では、網羅的に事業や行動計画が示されているが、計画対象区域特有の水資源管理項目は、「ダム群の効率的な運用」である。Sokoto-Rima 川では、Bakorori ダム、Goronyo ダム、Zobe ダム、Jibiya ダムがあり、Gusau ダムが新規に計画されている。FMWR および RBDA は、ダムの安全管理を含めて、ダム群の効率的な運用を速やかに検討し、その結果を実施することを勧告する。

3.11.5 着実な投資

(1) 政府の直接投資

流域管理計画のベースとなっている全国水資源マスタープラン 2013 には、2030 年目標である給水率 100%、米自給率 100% 実現に向け提案された各事業の投資計画が示されている。給水事業については、最近 3 年間平均年予算の約 2 倍（191%）のペースの投資（年間 2,000 億ナイラ）が必要である。特に、第 1 フェーズ（2014～2020）では、最近 3 年間平均年予算の約 4 倍（380%）のペースの投資（年間 2,810 億ナイラ）となる。

一方、灌漑・排水事業については、最近 3 年間平均年予算の約 4 倍（390%）のペースの投資（年間 1,050 億ナイラ）が必要となる。第 1 フェーズ（2014～2020）では、最近 3 年間平均年予算の約 3 倍（288%）のペースの投資（年間 490 億ナイラ）となる。

これらの国家目標達成のためには財政支援は欠かせなく、厳しい財政状況下とは言え「ナ」国政府はかかるセクターに対し優先的に予算を配分し目標実現の後押しをすることを勧告する。

(2) その他資金源

流域管理計画で提案された給水事業や灌漑・排水事業への投資は、現況の連邦政府や州政府の年間投資レベルを超えるものがある。政府直接投資を増やす努力も重要であるが、以下のようなその他資金源を探ることも必要である。

民間資金の活用： 水道事業や灌漑事業を民間との連携事業（PPP 事業）や民営化を推進し、政府直接投資額を軽減させる。国内外の民間資金を引きつけるためには、ビジネスモデルを精選し州政府保証を伴うような提案が欠かせない。

- 国際開発パートナー（IDPs）の活用： 政府の直接投資の一部を、IDPs からの無償協力（Grant Technical Aid and Grant Financial Aid）や有償協力（Soft Loan）を得て、政府の直接投資を軽減させる。より効率的・具体的な投資プログラムを実現するために、「ナ」国の水道事業や灌漑事業について、各事業に関連するステークホルダー会議やドナー協調プラットフォーム等を活用して、IDPs 間に情報を共有してもらおう。
- 利用者負担の推進： 水道利用者や灌漑利用者は利用に応じて、利用料を払わなければならないが、現状ではこれが徹底されず事業収益が極端に少ない。広報活動等を通じて水道や灌漑利用者に利用者負担の必要性を理解してもらい、事業収益を増やす。この収益をこれからの投資に使うことにより政府直接投資の軽減を図る。

連邦政府および州政府は、流域管理計画で示された事業の着実な実現のために、政府直接投資の軽減に貢献する上記の 3 行動を実施することを勧告する。

