

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4編

全国水資源マスタープラン 2013

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4編

全国水資源マスタープラン 2013

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

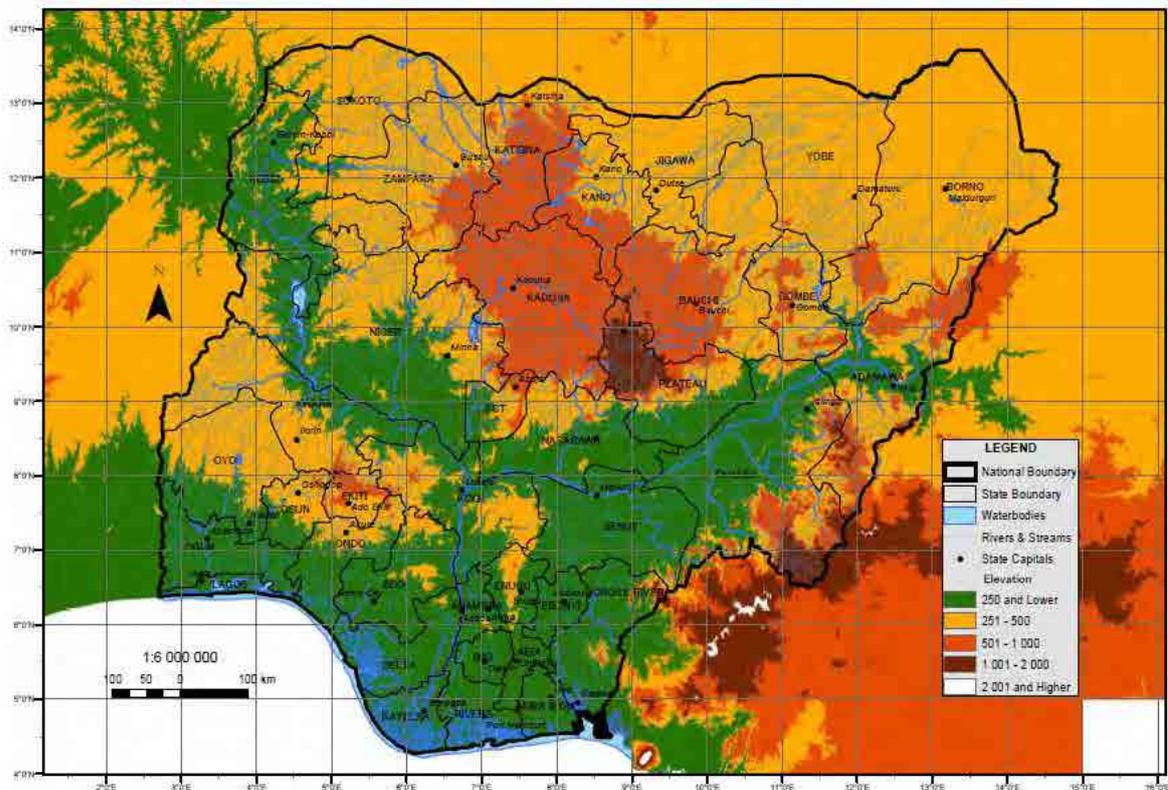
外国為替レート

1.00 米ドル=155.27 ナイラ=86.5 円

(2012 年 12 月 31 日)



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4編 全国水資源マスタープラン 2013

第1章 プロジェクト区域の現状.....	1-1
1.1 社会・経済条件	1-1
1.2 自然条件	1-8
1.3 水資源セクターにおける組織と責任	1-14
1.4 水資源の開発と利用	1-23
第2章 既存の全国水資源マスタープラン 1995 の見直し.....	2-1
2.1 概説	2-1
2.2 水資源ポテンシャルの評価	2-4
2.3 水需要の予測	2-7
2.4 水資源開発計画	2-9
2.5 サブセクター別プログラムとその実施	2-13
2.6 水資源管理計画	2-19
2.7 結論とフィードバック	2-23
第3章 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト.....	3-1
3.1 水資源開発・管理の政策・戦略	3-1
3.2 全国水資源マスタープラン 2013 のフレームワーク	3-3
3.2.1 計画の定義	3-3
3.2.2 全国水資源マスタープラン 2013 の内容	3-6
3.2.3 全国水資源マスタープラン 2013 の計画条件	3-7
3.2.4 環境社会面への戦略的配慮	3-8
3.2.5 全国水資源マスタープラン 2013 の活用	3-8
3.3 全国水資源マスタープラン 2013 の計画概要	3-9
3.3.1 「ナ」国の水資源開発・管理に関わる主要な課題と戦略	3-9
3.3.2 水源開発計画の概要	3-13
3.3.3 水サブセクターの開発計画の概要	3-14
3.3.4 水資源管理計画の概要	3-15
第4章 将来水需要の予測.....	4-1
4.1 将来の社会・経済のフレームワーク	4-1
4.2 都市・村落給水（生活用水、業務・商業用水、工業用水）	4-7
4.3 灌漑用水	4-16
4.4 その他サブセクター	4-25
4.5 水需要量の構造	4-28
第5章 水資源ポテンシャルの評価.....	5-1
5.1 流域分割	5-1
5.2 気象状況	5-2
5.3 表流水	5-5
5.4 地下水	5-12
5.5 水資源ポテンシャルのまとめ	5-19

第 6 章	需要と供給の水バランス	6-1
6.1	全体的な水需要と水資源ポテンシャルのバランス.....	6-1
6.2	水需給バランスの検討手順.....	6-2
6.3	地下水の需要・供給バランス.....	6-3
6.4	表流水の需要・供給バランス.....	6-10
第 7 章	水源開発計画	7-1
7.1	地下水開発.....	7-1
7.2	表流水開発.....	7-15
7.3	水源保全.....	7-28
第 8 章	水資源サブセクター開発計画	8-1
8.1	給水・衛生.....	8-1
8.2	灌漑・排水.....	8-20
8.3	その他サブセクターへの勧告.....	8-35
8.3.1	水力発電.....	8-35
8.3.2	洪水・土壌侵食対策.....	8-37
8.3.3	内陸水運.....	8-44
8.3.4	内陸漁業.....	8-47
8.3.5	畜産.....	8-48
第 9 章	水資源管理計画	9-1
9.1	概説.....	9-1
9.2	公共水サービスに係る組織制度.....	9-5
9.3	水資源開発施設の運営・維持管理.....	9-11
9.4	水文モニタリング.....	9-19
9.5	水資源データ・情報管理.....	9-30
9.6	氾濫原の管理.....	9-33
9.7	気候変動、越境水に起因するリスクの考慮.....	9-35
9.8	水環境管理.....	9-39
9.9	水の配分と規制.....	9-44
9.10	水セクターにおける広報活動.....	9-51
9.11	官民連携（PPP）.....	9-53
9.12	人材開発・能力開発.....	9-56
9.13	モニタリング・評価.....	9-57
第 10 章	事業実施プログラム	10-1
10.1	事業実施工程.....	10-1
10.2	事業費の積算.....	10-6
10.3	事業実施の財務プログラム.....	10-8
第 11 章	全国水資源マスタープラン 2013 の評価	11-1
11.1	経済・財務面の評価.....	11-1
11.2	社会・環境面の評価.....	11-8
第 12 章	勧告	12-1
12.1	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.....	12-1
12.2	水資源開発計画の実施.....	12-1
12.3	水資源管理計画の実施.....	12-2
12.4	着実な投資.....	12-3
12.5	プロジェクト実施推進機能・母体の確立.....	12-4

図表目次

図目次

図 1-1 「ナ」国に関連する流域と周辺諸国	1-8
図 1-2 水文地域	1-13
図 1-3 連邦水資源省 (FMWR) の組織図	1-15
図 1-4 Sokoto-Rima RBDA の組織図	1-19
図 1-5 ナイジェリア統合水資源管理庁 (NIWRMC) の組織図	1-20
図 2-1 M/P1995 の計画図	2-3
図 2-2 流域分割の見直しの過程	2-4
図 2-3 流域別公的灌漑スキーム灌漑面積	2-17
図 2-4 M/P1995 で示されたガリー浸食 (抵抗力) のポテンシャルマップ	2-18
図 3-1 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト	3-4
図 3-2 水資源開発のイメージ	3-5
図 3-3 水資源管理の基本 (モニタリング・予測・運転)	3-5
図 3-4 全国水資源マスタープラン 2013 の内容	3-6
図 3-5 1人あたりの水資源量 (内部生産分のみ)	3-9
図 4-1 2010年～2030年の人口推計グラフ	4-1
図 4-2 LGA 単位の 2010 年推計人口	4-3
図 4-3 LGA 単位の 2030 年推計人口	4-3
図 4-4 LGA 単位の 2010 年推計人口密度	4-4
図 4-5 LGA 単位の 2030 年推計人口密度	4-4
図 4-6 水需要予測フロー	4-7
図 4-7 LGA 単位の 2010 年水需要量	4-12
図 4-8 LGA 単位の 2030 年水需要量	4-12
図 4-9 全国水需要予測の感度分析結果のグラフ	4-15
図 4-10 作付カレンダー	4-18
図 4-11 水需要量計算フロー	4-19
図 4-12 家畜の水需要量	4-25
図 4-13 淡水養殖の水需要量	4-26
図 4-14 セクターによる水需要量シェアの変化	4-28
図 4-15 HA 及びセクターごとの水需要量	4-29
図 4-16 表流水源の水需要量	4-30
図 4-17 地下水源の水需要量	4-30
図 5-1 分割されたサブ水文地域 (SHAs)	5-1
図 5-2 年降水量, 年可能蒸発散量の空間分布	5-3
図 5-3 10 年期ごとの年降水量の変化	5-3
図 5-4 降水量と可能蒸発散量の季節変動	5-4
図 5-5 利用可能な月および日流量データを有する水文観測所の数の経年変化	5-5
図 5-6 長期降雨-流出解析モデルがカバーする範囲	5-6
図 5-7 平均年流出高の空間分布	5-6
図 5-8 「ナ」国国土における年総流出量からみた長期平均の水バランス	5-7
図 5-9 平均流量、Q80M、Q97DS90%Y の分布	5-8
図 5-10 単位面積あたりの汚濁負荷量の分布	5-11
図 5-11 「ナ」国地質図	5-13
図 5-12 解析結果の帯水層ごとの地下水涵養量分布	5-16
図 5-13 モニタリング井戸の位置	5-17
図 5-14 地下水涵養量が減少した場合の地下水位低下の分布	5-18
図 5-10 単位面積あたりの汚濁負荷量の分布	5-11
図 6-1 水需給バランスの検討手順	6-2
図 6-2 2030 年の地下水水需給	6-4

図 6-3	気候変動の影響を受けた場合の 2030 年の地下水水需給	6-4
図 6-4	2030 年における広域的地下水位低下の予測	6-9
図 6-5	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	6-9
図 6-6	詳細水需給バランスの検討	6-13
図 6-7	SHA 内部における水需給バランスの計算点	6-14
図 7-1	帯水層モデル	7-2
図 7-2	風化帯水層の揚水限界のイメージ	7-3
図 7-3	井戸群による給水の概念	7-4
図 7-4	地下水開発計画で考慮する内容	7-5
図 7-5	井戸郡の井戸本数と揚水量の関係の例	7-6
図 7-6	段階的な地下水開発のイメージ	7-12
図 7-7	既存ダムと建設中ダムの位置図	7-16
図 7-8	新規水源開発の候補地	7-19
図 7-9	新規水源開発の開発効率	7-20
図 7-10	総合開発事業概念図	7-23
図 7-11	選定ダムサイト	7-25
図 7-12	提案される表流水水源開発事業の実施スケジュール	7-27
図 7-13	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	7-28
図 7-14	地下水管理・開発手法	7-29
図 7-15	表流水保全のフレームワーク	7-31
図 8-1	セクター関連政策、戦略等の関連図	8-2
図 8-2	各州の給水普及率	8-6
図 8-3	表流水利用給水スキーム（浄水場）の全国位置図	8-10
図 8-4	各州の既存地下水利用給水スキーム数	8-12
図 8-5	各州の既存地下水利用給水スキームの稼働率	8-12
図 8-6	各州の衛生普及率	8-14
図 8-7	施設画面上の給水開発計画における需要-供給グラフ	8-17
図 8-8	補給灌漑 概念図	8-25
図 8-9	総合開発事業 位置図	8-27
図 8-10	総合開発事業（Donga-Suntai および Taraba）	8-27
図 8-11	総合開発事業（Nasarawa）	8-28
図 8-12	灌漑計画（HA-1）	8-30
図 8-13	灌漑計画（HA-2）	8-30
図 8-14	灌漑計画（HA-3）	8-31
図 8-15	灌漑計画（HA-4）	8-31
図 8-16	灌漑計画（HA-5）	8-32
図 8-17	灌漑計画（HA-6）	8-32
図 8-18	灌漑計画（HA-7）	8-33
図 8-19	灌漑計画（HA-8）	8-33
図 8-20	各 HA の年間発電電力量	8-35
図 8-21	日本における低落差の発電所の事例	8-36
図 8-22	気象庁（NIMET）の 10 年確率雨量	8-38
図 8-23	連邦水資源省の今後取り組むべき分野	8-42
図 8-24	Benue 川下流側の大規模灌漑計画地	8-43
図 8-25	Benue 川下流側の大規模灌漑計画地の氾濫原の横断面図	8-43
図 8-26	NIWA の組織構成	8-44
図 8-27	Niger 川と Benue 川の可航水路区間	8-45
図 9-1	水資源管理の目指すべき姿	9-2
図 9-2	水資源モニタリングの 4 要素	9-3
図 9-3	「ナ」国の水資源管理に関わる組織的枠組みの全体像	9-5
図 9-4	組織開発と強化のための基本方針	9-7
図 9-5	ダム管理の塾度向上に向けた優先度検討フロー	9-12

図 9-6	アースダムの堤体の安全性について	9-15
図 9-7	水文モニタリングにおける負のスパイラル	9-19
図 9-8	提案される表流水観測所	9-23
図 9-9	表流水モニタリング改善に関して提案される事業実施スケジュール	9-26
図 9-10	NIHSA の地下水モニタリング地点	9-27
図 9-11	収集データのダム運用への活用・作業フロー概念図	9-30
図 9-12	収集データのダム運用への活用・データフロー概念図	9-31
図 9-13	収集データの集約・分析・判断のデータフロー図	9-32
図 9-14	水環境管理改善に関して提案される事業実施スケジュール	9-43
図 9-15	流域単位での水資源の計画、管理、規制を行う枠組み	9-46
図 9-16	流域レベルでの CMO の活動の枠組み	9-47
図 9-17	ミクロ管理における CMO の役割	9-48
図 9-18	水利用に関するコストリカバリーの枠組み	9-48
図 9-19	水配分と規制の改善に関して提案される事業実施スケジュール	9-50
図 9-20	PPP ライフサイクル	9-54
図 9-21	M&E の結果の鎖 (MDA と NPC の役割分担)	9-57
図 9-22	複数の活動とその成果が戦略的成果を生む例 (保健部門)	9-57
図 9-23	「ナ」国の長・中・短期予算の仕組み	9-58

表目次

表 1-1	「ナ」国の行政機関	1-1
表 1-2	「ナ」国の州別面積及び人口	1-2
表 1-3	名目 GDP 推移 (10 億ナイラ)	1-3
表 1-4	実質 GDP 成長率 (%) : 1990 年価格	1-3
表 1-5	産業別 GDP 寄与率 (%)	1-4
表 1-6	外国貿易の概要 (10 億ナイラ)	1-4
表 1-7	「ナ」国の労働市場推移 (百万人)	1-5
表 1-8	産業別労働従事者数 (百万人)	1-5
表 1-9	物価上昇率および外国為替レート	1-5
表 1-10	貧困率	1-5
表 1-11	連邦水資源省 (FMWR) の予算 (10 億ナイラ)	1-6
表 1-12	6 つの RBDA の営業損益実績 (百万ナイラ)	1-7
表 1-13	州予算 (25 州: 10 億ナイラ)	1-7
表 1-14	「ナ」国の地形区分	1-9
表 1-15	「ナ」国の基盤岩の区分	1-9
表 1-16	「ナ」国の堆積岩 (層) の特性	1-9
表 1-17	「ナ」国の帯水層の水理地質的特性	1-10
表 1-18	「ナ」国の土壌区分	1-10
表 1-19	「ナ」国の植生区分	1-11
表 1-20	「ナ」国の土地利用	1-11
表 1-21	水資源セクターにおける連邦、州、地方政府の主な役割	1-17
表 1-22	流域開発公社 (RBDAs) リスト	1-18
表 1-23	その他の連邦政府機関の責任と関連法制度	1-22
表 2-1	M/P1995 の計画指標	2-2
表 2-2	M/P1995 で評価された表流水ポテンシャル	2-6
表 2-3	M/P1995 における地下水涵養の評価 (全国)	2-6
表 2-4	M/P1995 による推計人口 (百万人)	2-7
表 2-5	水需要量算出および予測の条件	2-7
表 2-6	現況 (1995 年当時) の水需要量	2-8
表 2-7	目標年 (2020 年) の水需要量予測	2-8
表 2-8	M/P1995 における表流水開発計画	2-9
表 2-9	M/P1995 における各水文地域の表流水開発計画	2-9

表 2-10	地下水開発を促進するための活動	2-10
表 2-11	流域ごとの地下水開発の方針と実施状況	2-11
表 2-12	地下水涵養促進方法と地下ダムの提案	2-12
表 2-13	効率的な事業実施のための組織間の事業調整の提案	2-12
表 2-14	井戸掘削データの収集と一元的管理	2-12
表 2-15	既存給水施設の利用率	2-13
表 2-16	地域別の新規開発給水量	2-13
表 2-17	地域別の新規開発深井戸概数	2-14
表 2-18	期間別の新規開発給水計画	2-14
表 2-19	M/P1995における給水目標普及率と現普及率の比較	2-15
表 2-20	M/P1995の実実施計画の進捗状況	2-16
表 2-21	公的灌漑スキーム灌漑面積比較表(1995年当時と2010年)	2-16
表 2-22	M/P1995において表流水管理に関連して提案された事項とその実施状況	2-19
表 2-23	水資源管理に関するM/P1995の実施に関わる課題	2-19
表 2-24	モニタリング井戸ネットワーク	2-20
表 2-25	M/P1995で抽出された課題と本プロジェクトで観察された現状の比較	2-21
表 3-1	ナイジェリア・ビジョン20:2020の概要(水資源セクター)	3-1
表 3-2	水セクターロードマップ長期計画の目標	3-1
表 3-3	計画条件	3-7
表 3-4	水源開発基本コンセプト	3-13
表 3-5	水源保全基本コンセプト	3-13
表 3-6	水サブセクターの開発計画の基本コンセプト	3-14
表 4-1	連邦水資源省(FMWR)による「ナ」国の推計人口	4-1
表 4-2	国連による「ナ」国の推計人口(百万人)	4-1
表 4-3	「ナ」国の州別、水文地域別の推計人口(千人)	4-2
表 4-4	居住地分類および水需要予測上の分類	4-8
表 4-5	居住地分類別、目標年別の全国給水普及率	4-8
表 4-6	州別の給水人口	4-9
表 4-7	生活用原単位水量	4-9
表 4-8	州別の水需要予測	4-11
表 4-9	感度分析のためのシナリオ設定条件一覧	4-14
表 4-10	全国水需要量予測の感度分析結果のシナリオ比較	4-15
表 4-11	地域別政策的な重要作物	4-16
表 4-12	天水陸稲・天水水稲のコメ生産量(2030年)	4-17
表 4-13	灌漑水稲のコメ生産量(2030年)	4-18
表 4-14	現況作付パターン	4-18
表 4-15	計画作付パターン	4-19
表 4-16	基準蒸発散量	4-19
表 4-17	作物係数	4-20
表 4-18	有効雨量(水田)	4-20
表 4-19	有効雨量(畑作)	4-20
表 4-20	表流水源 単位用水量(現況)	4-21
表 4-21	地下水源 単位用水量(現況)	4-21
表 4-22	表流水源 単位用水量(将来計画)	4-22
表 4-23	地下水源 単位用水量(将来計画)	4-22
表 4-24	単位用水量の月別変化パターン(表流水源-(mm))	4-22
表 4-25	単位用水量の月別変化パターン(伏流水、地下水源-(mm))	4-23
表 4-26	民間企業灌漑スキーム	4-23
表 4-27	現況水需要量	4-23
表 4-28	計画法水需要量	4-24
表 4-29	気温変化による係数	4-24
表 4-30	気候変動による計画法水需要量の変化	4-24
表 4-31	家畜頭数の予測	4-25

表 4-32	推定された水源別都市・村落給水需要量	4-29
表 4-33	推定された水源別総水需要量	4-29
表 5-1	利用可能な気象データの長所短所	5-2
表 5-2	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	5-3
表 5-3	M/P1995 における表流水ポテンシャルの推定値と本プロジェクトの比較	5-8
表 5-4	降水量、気温の変化に関するシナリオ	5-10
表 5-5	水文地域ごとの地下水涵養量	5-14
表 5-6	帯水層ごとの地下水涵養量	5-14
表 5-7	HA-1 の地下水涵養量	5-17
表 5-8	HA-6 の地下水涵養量	5-17
表 5-9	降雨量、気温の変化に対する「ナ」国内における地下水涵養量の変化	5-18
表 5-10	推定された水資源ポテンシャル	5-20
表 6-1	総水需要量と水資源ポテンシャルの全体的なバランス	6-1
表 6-2	地下水涵養量と地下水需要量 (2030 年)	6-5
表 6-3	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)	6-6
表 6-4	地下水モデルの概要と計算条件	6-7
表 6-5	気候変動の影響を考慮した地下水シミュレーション	6-7
表 6-6	HA ごとの代表地点における貯水ダムを伴う場合の表流水源供給可能量	6-11
表 6-7	巨大水力発電ダム (Kainji、Jebba、Shiroro) による開発水量を考慮しない場合の HA ごと の代表地点における貯水ダムを伴う場合の表流水源供給可能量	6-11
表 6-8	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	6-12
表 6-9	都市用水水源供給能力評価および不足水量に対処するための対策案	6-15
表 6-10	水源水供給能力からみた既存灌漑スキームの評価	6-17
表 6-11	大規模ダムにおける発電力量の推定	6-18
表 6-12	大規模ダムにおける余剰貯留容量	6-19
表 6-13	気候変動シナリオ・ケース 1 における都市用水供給安全度の低下の予測	6-20
表 6-14	気候変動シナリオ・ケース 1 における灌漑可能面積の縮小	6-20
表 6-15	気候変動シナリオ・ケース 1 における発電力量の減少	6-21
表 6-16	Niger 川上流国からの流入量の減少に対する Kainji、Jebba ダムの発電力量の変化	6-21
表 7-1	井戸 1 本からの揚水能力目安	7-1
表 7-2	帯水層タイプと深井戸深度の関係	7-1
表 7-3	帯水層のモデル化	7-2
表 7-4	帯水層モデル区分	7-2
表 7-5	解析結果の地下水開発可能量	7-3
表 7-6	地下水開発コンセプト	7-4
表 7-7	全国の地層と帯水層タイプの区分	7-5
表 7-8	井戸群当たりの最適揚水量	7-6
表 7-9	井戸の仕様	7-7
表 7-10	既設井戸の揚水量	7-7
表 7-11	新規井戸掘削による地下水開発量とリハビリ可能量	7-8
表 7-12	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	7-9
表 7-13	地下水開発方針	7-10
表 7-14	帯水層タイプと持続可能な地下水開発可能量の関係	7-10
表 7-15	2030 年の私的灌漑・畜産・淡水養殖水需要を満たすための井戸本数	7-10
表 7-16	1 年当たりのリハビリ井戸本数	7-13
表 7-17	1 年当たりの新規井戸掘削本数	7-14
表 7-18	国家水指針 (2009) におけるダム・水源施設に関する達成目標、戦略	7-15
表 7-19	代表ダムの管理実態調査結果のまとめ	7-16
表 7-20	連邦電力省が実施予定の大規模ダム建設を伴う水力発電事業	7-17
表 7-21	表流水開発の問題点と課題	7-17
表 7-22	表流水開発の戦略	7-18
表 7-23	新規ダム候補地点	7-19

表 7-24	都市用水新規水源の選定基準	7-20
表 7-25	灌漑用新規水源の選定基準	7-20
表 7-26	表流水開発の提案事業	7-20
表 7-27	都市用水水源開発事業	7-22
表 7-28	灌漑用水水源開発事業	7-23
表 7-29	総合開発事業	7-24
表 7-30	総合開発事業における水力発電最大出力および最大発電力量の推定	7-24
表 7-31	都市用水、灌漑用水水源開発事業における水力発電の検討条件	7-25
表 7-32	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	7-26
表 7-33	「ナ」国の地下水汚染のタイプと対策	7-28
表 7-34	地下水管理計画規模と担当機関	7-29
表 7-35	表流水源保全に関わる課題	7-30
表 7-36	表流水源保全に関わる活動と責任分担の提案	7-32
表 8-1	「Vision 20:2020」における給水・衛生セクター優先事項	8-1
表 8-2	給水・衛生セクター関連政策、戦略	8-2
表 8-3	近年公表された給水・衛生普及率とプロジェクト試算値	8-4
表 8-4	給水セクターの主要な所轄政府機関等と責任範囲	8-4
表 8-5	各州の給水普及率（2006年）	8-5
表 8-6	各給水事業形態における公的給水スキームの構成	8-7
表 8-7	M/P1995 策定時の給水スキーム利用（稼働）率	8-8
表 8-8	既存の表流水利用給水スキームの概要と稼働率	8-9
表 8-9	2006年時点の各州の既存地下水利用給水スキーム数と稼働率	8-11
表 8-10	各州の衛生普及率と下水道利用率（%）	8-13
表 8-11	居住地分類別による原単位水量	8-14
表 8-12	水源別の開発事業における開発水量算出の考え方	8-15
表 8-13	開発事業の給水スキーム施設構成	8-15
表 8-14	衛生施設基準	8-15
表 8-15	衛生開発事業のメニュー	8-16
表 8-16	水資源収支上の給水開発計画	8-16
表 8-17	施設計画上の給水開発計画	8-17
表 8-18	衛生開発計画	8-17
表 8-19	衛生施設（家庭用便所）の開発数	8-18
表 8-20	公共灌漑事業の分類	8-21
表 8-21	整備終了事業	8-21
表 8-22	整備実施中事業	8-22
表 8-23	整備拡張予定事業	8-23
表 8-24	補給灌漑事業	8-25
表 8-25	ダム掛り灌漑事業	8-26
表 8-26	総合開発事業	8-26
表 8-27	流域別計画灌漑面積（2030年）	8-28
表 8-28	期別計画灌漑面積	8-29
表 8-29	「ナ」国の過去の主要な洪水災害	8-38
表 8-30	連邦環境省による劣化している土地面積	8-39
表 8-31	現在の各組織の役割分担、行われている事業種別	8-40
表 8-32	連邦水資源省の洪水セクターにおける役割	8-41
表 9-1	組織開発と強化のためのアクションプラン	9-9
表 9-2	ダム管理の構成	9-11
表 9-3	ダム管理に関する今後の対応方針	9-11
表 9-4	ダム管理マニュアルに記載すべき項目（暫定案）	9-12
表 9-5	水源施設としての今後の運用改善の方向性	9-14
表 9-6	アースダムにおける健全度診断について	9-15
表 9-7	ダム堤体以外の安全管理が必要な設備	9-15
表 9-8	ダム貯水池操作の管理における重要なデータ	9-17

表 9-9	気象と水理地質特性の組み合わせによる帯水層の運営・維持管理の現況と課題	9-18
表 9-10	表流水に関わる水文モニタリングの問題点と課題	9-20
表 9-11	表流水に関わる水文モニタリング改善の戦略	9-21
表 9-12	表流水観測所の分類、目的、基本仕様	9-22
表 9-13	表流水モニタリングネットワーク整備事業で必要となる機材、観測・維持活動項目	9-24
表 9-14	水文モデリングセンター事業で必要となる機材、運用・維持活動項目	9-26
表 9-15	地下水涵養調査のためのモニタリング	9-28
表 9-16	地下水環境問題に関するモニタリング	9-28
表 9-17	観測データ取得上の問題点	9-31
表 9-18	データの観測・蓄積	9-32
表 9-19	氾濫原の管理	9-33
表 9-20	基礎的な調査項目（案）	9-34
表 9-21	水環境管理に関する重要な問題と課題	9-40
表 9-22	水環境管理改善事業で必要とされる機材	9-42
表 9-23	提案される事業コンポーネントごとの関連機関の責任分担	9-43
表 9-24	取水・水利用に関わる職務権限	9-44
表 9-25	NIWRMC の機能	9-45
表 9-26	PPP 関連主要機関	9-53
表 9-27	人材資源開発計画（HRD プラン）	9-56
表 9-28	連邦水資源省の管理する 2011 年度の KPI 目標値と実績値	9-59
表 9-29	サブセクターの成果達成のための活動および投入計画表（案）	9-60
表 9-30	NIWRMC が管理する KPI の目標値と実績値	9-60
表 9-31	プロジェクト起案書（案）	9-61
表 9-32	灌漑 A 事業の進捗・達成状況	9-61
表 10-1	提案事業の概要	10-1
表 10-2	水源開発事業の実施工程	10-4
表 10-3	給水・衛生事業の実施工程	10-5
表 10-4	灌漑・排水事業の実施工程	10-5
表 10-5	水資源管理関連事業の実施工程	10-5
表 10-6	積算条件	10-6
表 10-7	水源開発事業の事業費とその内訳	10-6
表 10-8	サブセクター開発事業の事業費とその内訳	10-7
表 10-9	水資源管理関連事業の事業費その内訳	10-7
表 10-10	水資源開発投資の財務プログラム	10-8
表 11-1	経済評価方法および諸元	11-1
表 11-2	消費者支払可能額の算定	11-1
表 11-3	給水事業の経済評価	11-2
表 11-4	便益算定のための前提	11-3
表 11-5	既往灌漑・排水事業の経済評価	11-3
表 11-6	新規灌漑・排水事業の経済評価	11-4
表 11-7	給水事業の感度分析	11-5
表 11-8	灌漑・排水事業の感度分析	11-5
表 11-9	給水及び灌漑事業に対する政府予算	11-6
表 11-10	給水事業及び灌漑・排水事業の事業費	11-6
表 11-11	給水事業の資金調達	11-7
表 11-12	灌漑・排水事業の資金調達	11-7
表 11-13	全国水資源マスタープラン 2013 を構成する事業数	11-8
表 11-14	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	11-9
表 11-15	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）	11-10
表 11-16	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）	11-11
表 11-17	推奨される緩和策	11-12

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

第1章 プロジェクト区域の現状

ナイジェリア連邦共和国（以下、「ナ」国）は、北緯 3° ～14°、東経 3° ～15° の範囲内に位置し、国土面積は 923,768km² である。「ナ」国土は南部で Guinea 湾に臨み、西部はベナン、北部はニジェール、東部はカメルーンと国境を接し、北東端は Chad 湖に面している。

1.1 社会・経済条件

1.1.1 「ナ」国の行政執行体制

(1) 国家

「ナ」国は大統領を国家元首とする連邦共和国家であり、大統領が「ナ」国行政府の長となる。また、「ナ」国は、立法権、行政権、司法権の 3 権分立制を採っている。国会が立法権を司り上院及び下院の 2 院から成っている。上院は 109 議席（36 州：108 議席、FCT：1 議席）、下院は 360 議席から成り、それぞれ 4 年毎に改選される。行政府の長である大統領及び各連邦省が行政府を司る。大統領は 4 年ごとの直接選挙で選ばれる。各連邦省の大臣は大統領任命による。「ナ」国行政機関を表 1-1 に示す。最高裁判所が、「ナ」国司法権を司る最高機関となる。

表 1-1 「ナ」国の行政機関

I. 連邦省 (27)			
1	Agriculture and Rural Development	15	Land and Housing
2	Aviation	16	Mines and Steel Development
3	Communication and Technology	17	Niger Delta
4	Defense	18	Petroleum Resources
5	Education	19	Power
6	Environment	20	Science and Technology
7	Federal Capital Territory	21	Tourism, Culture and National Orientation
8	Finance	22	Trade and Investment
9	Foreign Affairs	23	Transport
10	Health	24	Water Resources
11	Information	25	Women Affairs
12	Interior	26	Works
13	Justice	27	Youth Development
14	Labour and Productivity		
II. 委員会 (11)			
1	Federal Character	7	National Population
2	Federal Civil Service	8	National Sports
3	Fiscal Responsibility	9	Police Service Commission
4	Infrastructural Concession Regulatory	10	Revenue Mobilization Allocation & Fiscal
5	National Human Right	11	Public Complaints
6	National Planning		

出典：「ナ」国政府および連邦予算局の Website

(2) 地方政府

地方政府は、州政府及び地方自治体（Council of Local Government Area）の 2 層から成る。「ナ」国は、36 州及び FCT Abuja（連邦特別区）の合計 37 州に分かれる（表 1-2 参照）。1996 年までは 31 州であったが分割されて今の 37 州に増えた。行政は州知事を長とする州政府により執行される。州知事は 4 年毎の直接選挙で選ばれる。州は更に地方行政区（Local Government Area: LGA）に分かれ、「ナ」国全土の LGA 数は 775 にのぼる（表 1-2 参照）。LGA は市議会議長を長とする市議会により行政管理される。

1.1.2 人口

(1) 国勢調査人口

「ナ」国では、1991 年および 2006 年に全国規模の国勢調査が行われている。同調査によると「ナ」

国の人口は、各々88.9百万人、140.0百万人であり、同期間の人口伸び率は年平均3.18%であった（表1-2参照）。尚、1991年の州別人口は、1996年の6州（Bauchi、Enugu、Ondo、Plateau、Rivers、Sokoto）分割後の現状にあわせてNPCが調整している。

(2) 2010年の推定人口

国家人口委員会（NPC）は2006年の国勢調査に基づいた将来人口を推計中である。

一方、国連は「The 2010 Revision of World Population Prospects」にて「ナ」国の2010年人口を158.4百万人と推定しており、調査団は将来人口推計に際し、この国連の2010年推定値を基準年度人口とした（表1-2参照）。尚、2010年の州別人口は、JICAプロジェクトチームが国連による2010年推定値及び2つの国勢調査間の増加率に基づき配分した。

表1-2 「ナ」国の州別面積及び人口

州名	面積 (km ²)	州内の LGA数	人口(千人)				
			1991年 国勢調査	2006年 国勢調査	増加率 (%)	人口密度 人/ km ²	2010年 推定
1 Abia	4,900	17	1,914	2,845	2.77	581	3,157
2 Adamawa	38,700	21	2,102	3,179	2.89	82	3,543
3 Akwa Ibom	6,900	31	2,410	3,902	3.36	566	4,427
4 Anambra	4,865	21	2,796	4,178	2.80	859	4,642
5 Bauchi ¹⁾	49,119	20	2,862	4,653	3.39	95	5,284
6 Bayelsa	9,059	8	1,122	1,705	2.92	188	1,902
7 Benue	30,800	23	2,753	4,254	3.04	138	4,767
8 Borno	72,609	27	2,536	4,171	3.47	57	4,751
9 Cross River	21,787	18	1,911	2,893	2.89	133	3,225
10 Delta	17,108	25	2,590	4,112	3.22	240	4,641
11 Ebonyi	6,400	13	1,454	2,177	2.82	340	2,420
12 Edo	19,187	18	2,172	3,233	2.78	169	3,589
13 Ekiti	5,435	16	1,536	2,399	3.11	441	2,696
14 Enugu ¹⁾	7,534	17	2,125	3,268	3.00	434	3,658
15 Gombe	17,100	11	1,489	2,365	3.23	138	2,670
16 Imo	5,288	27	2,486	3,928	3.19	743	4,427
17 Jigawa	23,287	27	2,876	4,361	2.91	187	4,864
18 Kaduna	42,481	23	3,936	6,114	3.07	144	6,861
19 Kano	20,280	44	5,810	9,401	3.36	464	10,663
20 Katsina	23,561	34	3,753	5,802	3.04	246	6,503
21 Kebbi	36,985	21	2,068	3,257	3.17	88	3,668
22 Kogi	27,747	21	2,148	3,314	3.03	119	3,713
23 Kwara	35,705	16	1,548	2,365	2.96	66	2,643
24 Lagos	3,671	20	5,725	9,114	3.24	2,483	10,293
25 Nassarawa	28,735	13	1,208	1,869	3.05	65	2,096
26 Niger	68,925	25	2,422	3,955	3.42	57	4,496
27 Ogun	16,400	20	2,334	3,751	3.31	229	4,247
28 Ondo ¹⁾	15,820	18	2,250	3,461	3.01	219	3,875
29 Osun	9,026	30	2,158	3,417	3.21	379	3,854
30 Oyo	26,500	33	3,453	5,581	3.35	211	6,328
31 Plateau ¹⁾	27,147	17	2,105	3,207	2.94	118	3,581
32 Rivers ¹⁾	10,575	23	3,188	5,199	3.41	492	5,908
33 Sokoto ¹⁾	27,825	23	2,397	3,703	3.03	133	4,150
34 Taraba	56,282	17	1,512	2,295	2.91	41	2,560
35 Yobe	46,609	17	1,400	2,321	3.53	50	2,650
36 Zamfara	37,931	14	2,073	3,279	3.20	86	3,697
37 FCT (Abuja)	7,607	6	372	1,406	9.28	185	1,974
「ナ」国	909,890	775	88,992	140,432	3.18	154	158,423

出典：「Annual Abstract of Statistics 2009, NBS」及びNPCの情報、並びに国連 “The World Population Progress - the 2010 Revision”

1.1.3 経済状況

(1) 国民総生産(GDP)

2011年度の「ナ」国 GDP は 37.4 兆ナイラ、米ドル換算で 2,400 億ドルであった。(表 1-3 参照)
1人当たりの GDP は、1,470 米ドルと見られる。

表 1-3 名目 GDP 推移(10 億ナイラ)

産業セクター	分類		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
第 1 次産業	農業		6,024	7,115	8,201	9,160	10,323
	畜産業		434	513	584	662	756
	漁業		216	255	291	328	374
	森林業		84	99	111	124	140
	合計		6,758	7,981	9,187	10,274	11,593
第 2 次産業	鉱物・採掘業	原油・天然ガス	7,533	9,098	7,418	9,747	15,285
		その他	31	36	41	46	52
		小計	7,564	9,134	7,459	9,793	15,337
	製造業			586	612	647	695
	建設業			307	348	394	456
	電気・水道・ガス			53	62	71	81
	合計			10,080	8,481	10,905	16,569
第 3 次産業	卸・小売業		3,045	3,502	4,082	4,668	5,386
	その他		2,457	2,732	3,044	3,359	3,862
	合計		5,502	6,234	7,126	8,027	9,248
GDP 合計				24,295	24,794	29,206	37,410
1 人当たり GDP	ナイラ		142,900	163,300	162,000	185,400	230,200
	米ドル		1,230	1,250	1,100	1,250	1,470

注意：1人当たり GDP 算定には、表 1-2 及び表 4-4 の人口、表 1-9 の米ドル為替を用いた。

出典：「Annual Abstract of Statistics 2009, NBS」及び NBS の Website

2011 年の実質 GDP 成長率は、7.5%であった。(表 1-4 参照) 産業別伸び率では、例年第 3 次産業が最も高い。

表 1-4 実質 GDP 成長率(%):1990 年価格

産業セクター	分類		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
第 1 次産業	農業		7.2	6.2	5.8	5.6	5.8
	畜産業		6.9	6.8	6.5	6.4	6.1
	漁業		6.1	6.1	5.9	5.8	5.8
	森林業		6.6	6.6	6.2	6.0	4.5
	合計		7.2	6.3	5.9	5.6	5.8
第 2 次産業	鉱物・採掘業	原油・天然ガス	-4.5	-6.2	0.5	5.0	0.4
		その他	12.7	12.8	12.1	12.3	13.1
		小計	-4.3	-5.9	0.7	5.1	0.6
	製造業		9.6	8.9	7.9	7.6	7.2
	建設業		13.0	13.1	12.0	12.1	11.7
	電気・水道・ガス		4.9	3.7	3.2	3.3	3.2
	合計		-0.6	-1.6	2.9	5.8	7.0
第 3 次産業	卸・小売業		16.7	14.0	11.5	11.2	11.4
	その他		11.4	12.2	12.8	13.9	15.3
	合計		14.3	13.2	12.0	12.4	13.1
GDP 合計			6.7	6.0	7.0	7.9	7.5

出典：「Annual Abstract of Statistics 2009, NBS」及び NBS の Website

GDP の産業別比率は、第 1 次産業及び第 2 次産業が拮抗して高い（表 1-5 参照）。とりわけ、農産業と原油採掘業が高い比率を示している。

表 1-5 産業別 GDP 寄与率(%)

産業セクター	分類	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	
第 1 次産業	農業	29.2	29.3	33.1	31.4	27.6	
	畜産業	2.1	2.1	2.4	2.3	2.0	
	漁業	1.0	1.0	1.2	1.1	1.0	
	森林業	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
	合計	32.7	32.8	37.1	35.2	31.0	
第 2 次産業	鉱物・採掘業	原油・天然ガス	36.5	37.4	29.9	33.4	40.9
		その他	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
		小計	36.6	37.6	30.1	33.5	41.0
	製造業		2.4	2.5	2.2	1.9	
	建設業		1.3	1.4	1.3	1.2	
	電気・水道・ガス		0.2	0.3	0.2	0.2	
	合計		41.5	34.3	37.2	44.3	
第 3 次産業	卸・小売業	14.7	14.4	16.5	16.0	14.4	
	その他	12.0	11.3	12.1	11.6	10.3	
	合計	26.7	25.7	28.6	27.6	24.7	

出典：「Annual Abstract of Statistics 2009, NBS」及び NBS の Website

(2) 外国貿易

貿易概要を表 1-6 に示す。「ナ」国貿易では、輸出では原油、輸入では機械・車両が際だっている。農産物の輸入額は輸出額より多く、輸入超過となっている。

表 1-6 外国貿易の概要（10 億ナイラ）

貿易	分類	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
輸出	鉱物	6,531	8,805	6,720	11,416	
	農産物	49	48	80	182	-
	その他	975	716	635	1,412	
	合計	7,555	9,569	7,435	13,010	10,665
輸入	機械・車両	1,427	1,525	2,437	3,285	
	諸製造品	942	791	950	1,412	
	化学製品	685	401	680	709	
	農産物	777	289	561	605	
	その他	297	293	421	638	
	合計	4,128	3,299	5,048	6,649	9,318
差額		+3,427	+6,270	+2,387	+6,361	+1,348

出典：「Annual Abstract of Statistics 2009, NBS」及び NBS の Website

(3) 労働力と雇用

表 1-7 に過去 6 年間の「ナ」国の労働市場の推移を示す。2011 年度の労働力人口は 67.3 百万人を数え 6 年間で 17% 増加している。

一方、被雇用者数は 51.2 百万人と同期間にわずか 2% しか増えていない。このため失業者数は 6 年間で 127% 増加し、2011 年には 16.1 百万人に、失業率は 23.9% に達し過去 6 年間で最悪となっている。

表 1-7 「ナ」国の労働市場推移（百万人）

Social Status	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	6年間の変化率
経済活動人口	78.9	81.4	84.0	86.7	89.5	92.4	17%
労働力人口	57.5	59.3	61.2	63.1	65.1	67.3	17%
被雇用者数	50.4	51.8	52.1	50.7	51.2	51.2	2%
失業者数	7.1	7.5	9.1	12.4	13.9	16.1	127%
(%)	12.3	12.6	14.9	20.0	21.4	23.9	-

出典：2011 Annual Socio-economic Report, NBS

表 1-8 は、2007 年までの過去 5 年間の「ナ」国の産業別労働人口で、2007 年で 54.0 百万人であった。全労働人口の内、農林漁業に従事する人口は約 60%と圧倒的に多い。

表 1-8 産業別労働従事者数（百万人）

産業	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
農林漁業	27.8	28.4	29.0	30.7	31.3
製造業	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8
電気・水	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
行政	4.9	5.0	5.1	5.3	5.3
教育	8.4	8.8	9.5	10.0	10.4
その他	4.5	4.6	4.6	5.0	5.9
合計	46.8	48.0	49.5	52.3	54.0

出典：Annual Abstract of Statistics 2009, NBS

(4) 物価上昇および外国為替

表 1-9 に、過去 6 年間の消費者物価（CPI）上昇率およびナイラの対米ドル相場を示す。CPI 上昇率は、2008 年以降毎年 10%を越えている。

表 1-9 物価上昇率および外国為替レート

項目	単位	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
CPI	% (年平均)	5.4	11.6	12.5	13.7	10.8	12.2
外国為替レート	ナイラ/米ドル (年末)	116.3	130.75	147.6	148.67	156.2	155.27

出典：「Annual Abstract of Statistics 2009, NBS」および中央銀行 Website

(5) 貧困

表 1-10 に「ナ」国の貧困率を示す。NBS の“2010 Poverty Profile Report”によると、「ナ」国人口の内貧困層^(注)の占める割合は、2004 年には 54%であったが 2010 年には 69%に増加した。この割合は、実数値では 112.5 百万人に相当するものである。

表 1-10 貧困率

区域	2004年		2010年	
「ナ」国全体	54.4%		69.0%	
	最高率	最低率	最高率	最低率
地域	北東部 72.2% 北西部 71.2%	南東部 26.7%	北西部 77.7% 北東部 76.3%	南西部 59.1%
州	Jigawa 州 95.0%	Anambra 州 22.0%	Sokoto 州 86.4%	Niger 州 43.6%

注：主に家計支出調査を基に NBS が算出している Relative Poverty Indicator による。

出典：Nigeria Poverty Profile 2010, NBS

1.1.4 財政

(1) 「ナ」国政府予算

表 1-11 は、最近 4 年間の「ナ」国政府予算である。「ナ」国政府全体予算は増加傾向にあるが、連邦水資源省（FMWR）の予算配分は、主に RBDA 資本投資費減により減少傾向となっている。

表 1-11 連邦水資源省（FMWR）の予算（10 億ナイラ）

配賦先	予算項目	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度
FGN	経常費	2,137.6	2,425.1	2,425.0	2,412.0
	債務返済費	542.4	495.1	559.6	591.8
	資本投資費	1,563.7	1,146.8	1,520.0	1,540.8
	法定移転費 (Statutory Transfer)	183.6	417.8	372.6	380.0
	合計	4,427.2	4,484.7	4,877.2	4,924.6
FMWR (関連部局予算を連結)	経常費	6.0	8.9	8.6	7.9
	資本投資費	112.4	62.1	76.4	39.9
	合計	118.4	71.0	85.0	47.8
関連部局予算の内訳					
FMWR	経常費	1.0	1.8	1.7	1.5
	資本投資費	54.5	23.5	26	22.6
	合計	55.5	25.3	27.7	24.1
NIWRMC	経常費	0.4	0.4	0.4	0.3
	資本投資費	0.4	0.2	0.1	0.2
	合計	0.8	0.6	0.5	0.5
NHSA	経常費	0.3	0.4	0.32	0.3
	資本投資費	0.3	0.2	0.15	0.5
	合計	0.6	0.7	0.5	0.8
Gurara WMA	経常費	0.1	0.2	0.1	0.1
	資本投資費	0.0	0.2	0.1	0.2
	合計	0.1	0.4	0.2	0.3
NWRI-Kaduna	経常費	0.2	0.4	0.3	0.3
	資本投資費	0.1	0.2	0.2	0.5
	合計	0.4	0.6	0.5	0.8
RBDA (12)	経常費	3.9	5.7	5.8	5.4
	資本投資費	57.1	37.8	49.8	15.9
	合計	61.0	43.5	55.6	21.3

注：2013 年度は要求予算、その他年度は承認予算

出典：連邦予算局及び FMWR

(2) 流域開発公社 (RBDA)

流域開発公社 (RBDA) は流域レベルの水資源開発、ダム・灌漑・給水施設の建設・管理を担う連邦水資源省 (FMWR) 傘下の機関である。JICA プロジェクトチームは、6 つの RBDA から財務諸表を入手した。同財務諸表は、貸借対照表、損益計算書、キャッシュ・フロー表等で構成され外部監査人による監査を受けている。表 1-12 は、6 つの RBDA の営業損益を示し、RBDA は毎年大幅な赤字となっていることがわかる。尚、同損益には、政府助成金、資本投資等の非営業項目は除外しているが、減価償却費は含めている。RBDA の財務諸表で特に注意が必要なのは、RBDA 間の会計原則・方針が一定ではなく異なっていることである。下記は、その一例である。

- 政府からの投資助成金：ある RBDA は、収入として計上。一方、他の RBDA は、資本金として計上している。
- 減価償却費：RBDA 間で、償却資産の定義・償却年数がバラバラである。

このような会計方針は RBDA の適切な財務管理の執行を妨げるとともに、連邦水資源省 (FMWR) にとり RBDA 間の財務比較が困難になっている。従って、早急に統一した会計方針を採用することが望まれる。

表 1-12 6つのRBDAの営業損益実績 (百万ナイラ)

RBDA	勘定項目	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度
1. Upper Niger	営業収入		26.2	25.1			
	営業費用	n/a	224.6	184.1	n/a	n/a	n/a
	損益		-198.4	-159.0			
2. Hadeja-Jama' are	営業収入	55.4	63	55.5			
	営業費用	399.2	467.3	456.8	n/a	n/a	n/a
	損益	-343.8	-404.3	-401.3			
3. Sokoto Rima	営業収入		41.6	38.9	26.5		
	営業費用	n/a	461.7	632.2	542.5	n/a	n/a
	損益		-420.1	-593.3	-516.0		
4. Benin Owena	営業収入		56	41.2	45.6	78.8	
	営業費用	n/a	479.7	644.1	644.7	668.3	n/a
	損益		-423.7	-602.9	-599.1	-589.5	
5. Anambra Imo	営業収入	46.0	78.0	143.9	72.4		
	営業費用	406.8	486.3	547.2	479.2	n/a	n/a
	損益	-360.8	-408.3	-403.3	-406.8		
6. Ogun-Oshun	営業収入		142.3	72.3	170.2	205.3	50.4
	営業費用	n/a	492.5	530.2	588.5	765.7	822.8
	損益		-350.2	-457.9	-418.3	-560.4	-772.4

注：政府助成金は、営業収入から除外して算出した。

出典：各 RBDA の財務諸表

(3) 州政府予算

「ナ」国 25 州の予算集計を下表に示す。支出総額は約 3.6 兆ナイラ、その内資本投資総額は約 2.2 兆ナイラと約 60%を占める。上水事業への投資総額は約 0.8 兆ナイラ、25 州資本投資総額の約 4%を占めている。

表 1-13 州予算 (25 州:10 億ナイラ)

予算項目		2010 年度	2011 年度
収入	経常	652.3	641.2
	政府交付金	1,733.2	1,822.3
	計	2,385.5	2,463.5
支出	経常	1,310.5	1,528.9
	資本投資	2,214.1	2,146.8
	計	3,524.6	3,675.7
収支バランス (前年度繰越金、補助金、借入金等で赤字はカバーされている)		-1,139.1	-1,212.2
資本投資の内、上水事業投資	金額	95.2	73.1
	割合	4.3 %	3.4 %

注：11 州及び FCT を除いた 25 州の集計

出典：各州の予算書から集計

1.2 自然条件

1.2.1 地形

「ナ」国は地形学的にはアフリカ楕状地に位置し、その地形的特徴として、急峻な山岳地帯が少なく平坦な高原が広く分布している。「ナ」国の地形は「高原」と「低地」に2大区分される。「高原」は海拔200～300m以上、「低地」はそれ以下である。高原と低地の地形区分は地質区分と密接に対応しており、高原地域には基盤岩類が分布し、低地には堆積岩や堆積層が分布している。

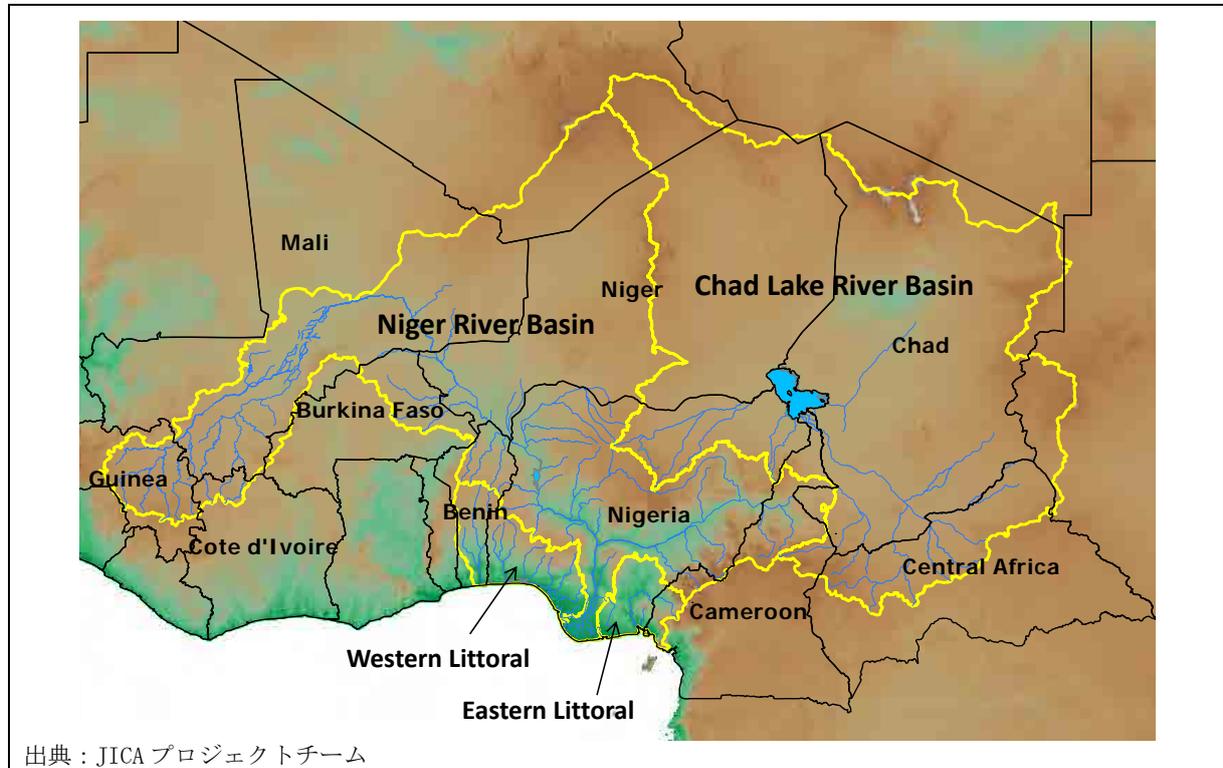


図 1-1 「ナ」国に関連する流域と周辺諸国

大部分の高原は標高が300～900mである。Jos 高原（最高点1800m）や Adamawa 高原（最高点約2,400m）を含むカメルーンとの国境を形成する山地は標高が900m以上である。高原の地形面は開析を受け極めて平坦である。その中でインゼルベルグと呼ばれる大小の急傾斜孤立丘が平坦な地方面から聳え立ち独特の景観を示している。

一方、「低地」は概ね標高300m以下で、主に大河川沿いや海岸に分布するが、「ナ」国の場合、Sokoto 地域や Chad 盆地などの内陸部に大規模に分布するのが特徴である。図 1-1 に示されるように、「ナ」国は水文地形的には、Niger 川流域（全長4,180km、流域面積2,090,000km²）、Chad 湖流域（流域面積2,400,000km²）、東部沿岸流域、西部沿岸流域の4つに大きく分けられる。

Niger 川は隣国ベナンから「ナ」国北西部の Kebbi 州に流入し、その後北西から南東方向に流れる。「ナ」国南部で西流する Benue 川と合流後にその流れを南北方向に変え、Niger Delta を経て Guinea 湾に注ぐ。Niger 川および Benue 川の流路は、先カンブリア紀基盤岩が形成する高原地帯に対して低地帯を形成しており、この低地はナイジャー-ベヌエトラフと呼ばれている。Niger 川と Benue 川の流路は巨大な Y 字を描いているが、この Y 字によって「ナ」国は北部、南西部、南東部に概略3分される。以上の基本的特性を踏まえ、「ナ」国は以下に示す9の地形区分が可能である。

表 1-14 「ナ」国の地形区分

大分類	小分類
高原地域	1. 中央 Niger 高原、2. 東部・北東部高原、3. 西部高地
低地	4. Sokoto 平野、5. Niger-Benue トラフ、6. Chad 盆地、7. 陸海岸低地および西部ナイジェリア、8. 南東部低地および傾斜台地、9. 海岸地域

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.2 地質

「ナ」国の地質は、基盤岩と堆積岩に区分される。基盤岩は「ナ」国の高原・高地を形成し、国土の約半分の地域に分布している。基盤岩は以下の3区分が可能である。

表 1-15 「ナ」国の基盤岩の区分

区 分	概 要
片麻岩・ミグマタイト複合岩帯	先カンブリア代の片麻岩、ミグマタイト等からなる。
結晶片岩帯	先カンブリア代の変成度の低い変堆積岩（結晶片岩、千枚岩、大理石、ドロマイト、角閃岩）からなり、片麻岩・ミグマタイト複合岩帯に取り囲まれる様な形態でナイジェリア西半に分布する。
新規花崗岩帯	ナイジェリア中央部を南南西—北北東方向に分布し、中生代オルドビス紀～ジュラ気にかけて流紋岩、石英閃長岩、花崗岩などで構成され、円環状の分布形態を示し基盤岩に貫入したものである。

出典：JICA プロジェクトチーム

一方、堆積岩は基盤岩を不整合に覆って堆積し基盤岩とは対照的に低地に分布する。以下の5つの堆積盆に区分可能である。すなわち、1) Benue-Niger トラフ、2) Sokoto 堆積盆、3) Chad 堆積盆、4) Niger Delta および 5) Dahomey 堆積盆である。これらは白亜紀から第四紀にかけての堆積岩（層）であり、その特性は表に示すとおりである。

表 1-16 「ナ」国の堆積岩（層）の特性

地 層	特 性
白亜紀層	<ul style="list-style-type: none"> • 各堆積盆には白亜紀の海成の頁岩・石灰岩および陸成の砂岩から成る地層が厚く堆積し、基盤岩に不整合に覆っている。 • 厚い堆積層を持つ Benue トラフは白亜紀にアフリカ大陸と南米大陸が分離し始めた時に発生した地溝帯である。また Niger Delta の堆積もこの時期に開始された。 • 白亜紀の Santonian 期に地質構造運動が発生し、それ以前に堆積した地層は褶曲・断層運動を受けた。したがって、Santonian 期以前の地層は褶曲によりその分布深度が場地域によって異なっている。一方、それ以降の地層はほぼ水平に分布している。
第三紀層	<ul style="list-style-type: none"> • 北部から南部にかけて広く存在し、砂岩・泥岩・石灰岩などからなる。 • Niger Delta には白亜紀層から引き続き第三紀層が厚く堆積している。
第四紀	<ul style="list-style-type: none"> • 第三紀に玄武岩溶岩を含む火山岩が Jos 高原や Benue トラフ地域で噴出活動が行われ、第四紀には Chad 盆地や Sokoto 堆積盆地に泥・砂が厚く堆積した。 • Niger Delta には第三紀から引き続き砂・泥が厚く堆積した。
白亜紀以降の大規模な海進と海退の影響に関して	
<ul style="list-style-type: none"> • 「ナ」国の堆積岩が分布する低地は、現在まで繰り返して海進と海退を受け、泥質岩と砂質岩が交互に入れ替わる堆積構造をもっている。海進時には頁岩・泥岩などの泥質な海成層が、一方、海退時には砂岩などの陸成層が堆積した。 • 海進時の頁岩・泥岩などの堆積物は一般に不透水性であり、帯水層となりがたい。一方、海退時の砂岩は一般に透水性であり、帯水層を形成する。 	

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.3 水理地質

水理地質的観点から「ナ」国の帯水層の特性は以下の通りである。

表 1-17 「ナ」国の帯水層の水理地質的特性

区 分	概 要
先カンブリア紀基盤岩地帯	先カンブリア紀基盤岩地帯は「ナ」国の中央～北部に分布し、高原地帯を形成する。基岩は、先カンブリア紀の花崗岩・片麻岩・結晶片岩などから構成される。地表から深度 30～100m 区間が風化作用を受け岩盤が砂礫状を呈し不圧帯水層を形成している。この風化帯水層は地下水貯水規模が小さいものの、「ナ」国の広範囲に分布し村落給水の水源として適している。また、基盤岩中に発達した割目も帯水層を形成しているが、風化帯水層が広範囲に分布するのに比較し、割目帯水層の分布は局所的である。
堆積岩地帯	堆積岩は白亜紀～第三紀の砂岩・頁岩（泥岩）から構成される。地形的には、基盤岩が高原を形成しているのに対して、堆積岩は低地帯を形成している。その結果として、Niger 川や Benue 川などの大河川は、堆積岩の分布地域を流れる。堆積岩の中で、砂岩の風化部分や亀裂部分が良好な帯水層となっている。この帯水層は砂岩・頁岩の互層である場合が多く、砂岩層は被圧帯水層となる。通常、堆積岩帯水層の地下水位は深い。例えば、北西部の Sokoto-Rima 川流域では地下水位が GL-50m～GL-100m であることが報告されている。
第四紀堆積層地帯	第四紀堆積層は、北東部の Chad 湖周辺や、Niger Delta に広大に分布し、また、Guinea 湾に面した海岸平野に分布している。また、内陸部の河川沿いにも、流出規模に応じて大～小規模に第四紀層（沖積層）が分布している。第四紀堆積層は未固結～半固結の砂層・粘土層で構成され、この中の砂層は透水性が高く優れた帯水層を形成している。地下水位に関しては、内陸部の北東部の Chad 湖周辺の帯水層は地下水位が深く（GL-50m～GL-100m）、逆に、南部 Niger Delta 地帯では地下水位が高い（GL-1m 以浅）ことが報告されている。

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.4 土壌

土壌のタイプと分布は、母岩、植生、気候状況に支配される。水資源における土壌の持つ重要性は、土壌からの蒸発や植生からの発散は、土壌の水分保有能力（圃場容量）に強い関係を持つことである。「ナ」国の土壌分布は以下のように大別される。

表 1-18 「ナ」国の土壌区分

区 分	概 要
北部砂質土壌	北部では乾季が長くまたサハラ砂漠のからの風砂の影響を受け、砂質の土壌が発達している。
ラテライト土壌	表層部の土壌から鉄とアルミニウム以外の化学成分が溶脱したものであり、土壌は鉄とアルミニウムに富んでいる。雨季と乾季が明確な熱帯地域で特徴的な土壌であり、「ナ」国の中央部の広範に広がっている。
森林土壌	Niger Delta の沖積土壌帯とラテライト土壌帯の中間に位置する森林土壌帯は、雨季が長く乾季が短いため、土壌は豊かな植生に覆われている。母岩のタイプに応じ、砂質ローム～粘土質ロームが分布している。
沖積土	南部 Niger Delta 地域では 1 年を通じて豊富な降雨量があり、低平に広がるデルタの各所で河川の氾濫に起因した砂・シルト・粘土で構成される沖積土壌が分布している。また、Niger 川や Benue 川などの大河川周辺は河川の氾濫原を受け沖積土壌が分布している。

出典：JICA プロジェクトチーム

1.2.5 植生

「ナ」国の植生区分ごとの特性は以下に示す通りである。

表 1-19 「ナ」国の植生区分

区 分	概 要
マングローブ地帯 海水/淡水湿地帯 熱帯低地雨林	マングローブ地帯、海水/淡水湿地帯、熱帯低地雨林は年間降雨量 1,500mm 以上の地域に分布している。Guinea 湾に沿って、海岸線から内陸部に向かって、マングローブ地帯、海水/淡水湿地帯、熱帯低地雨林の順序で海岸線と平行して配列している。これらの地域は長短の密生した常緑樹に覆われている。
ギニアサバンナ	ギニアサバンナは年間降雨量 1,000～1,500mm、雨季の継続期間が 6～8 ヶ月の地域に分布している。ギニアサバンナは「ナ」国の南部～中央部の広大な地域を占め、「ナ」国植生区の面積として最大である。過去～現在までの大規模な農耕や生産活動によってギニアサバンナの大部分は 2 次植生となっている。
スーダンサバンナ	スーダンサバンナは、年間降雨量 600～1,000mm、雨季の継続期間が 4～6 ヶ月の地域に分布している。「ナ」国北部の大部分の地域がスーダンサバンナに区分されている。高さ 1m～2m の草本が多く育成し、またアカシアやバオバブなどの樹木が特徴的である。
サハラサバンナ	サハラサバンナは、年間降雨量 600mm 以下、雨季の継続期間が 4 ヶ月以下の地域に分布している。「ナ」国北東端のチャド湖周辺域がこの条件に該当する。サハラサバンナでは高さ 0.5m～1m の草本が砂丘の合間に散在し、また樹木はアカシアで特徴づけられる。

出典：Geograph of Nigeria

1.2.6 土地利用

「ナ」国の土地利用状況は以下に示すとおり、農地が 60%以上を占め、草地・灌木地が 20%程度と続く。森林面積はわずか 5%に過ぎない。

表 1-20 「ナ」国の土地利用

項目	合計	森林	草地灌木	農地	湿地	水域	都市域	その他
面積 (km ²)	909,958	46,038	197,164	586,516	37,449	10,555	5,344	26,891
割合 (%)	100.0	5.1	21.7	64.5	4.1	1.2	0.6	3.0

出典：FME, Land Degradation Mapping and Assessment for the Prevention and Control of Potential Erosion Hazard in Nigeria, Final Report, 2010 のデータをもとにプロジェクトチームが算定

1.2.7 気象

「ナ」国は、熱帯低地の年間を通じて高温な気象特性を示すが、国土が広大であるため、Guinea 湾に面した南部と Sahara 砂漠に近い北部で大きく異なる気象特性を示す。南部は高温多湿の熱帯低地雨林気候であり、Guinea 湾沿いの全長 800km ほどの海岸部には、多数のラグーン（潟湖）が散在し、マングローブが密生する。しかし、北部に向かって降雨量が減少するに従って熱帯雨林気候からサバンナ気候に変化し、最北端のニジェールやチャドとの国境付近では半乾燥気候となる。

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「ナ」国の年間降水量と年平均気温は、それぞれ平均 1,150mm/年、26.6 度であると推定される。年降水量は Niger Delta 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。

「ナ」国では雨季と乾季の区分が明確であり、雨季の継続期間は南部では 9～12 ヶ月間であるのに対して、北部では 2～3 ヶ月間と短い。また、南部では降雨量のピークが 7 月と 9 月の 2 回出現するのに対して、北部では降雨量のピークは 8 月の 1 回のみである。

1.2.8 水文

JICA プロジェクトチームによる過去 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、国全体の平均でみれば、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 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、おおざっぱに言って、「ナ」国の総水資源ポテンシャルの約 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。

降雨量の地域分布と相まって流出量地域差も大きく、平均降水量約 500mm/年、流出率約 5%、水資源量 25mm/年の最北端地域から、平均降水量約 2,000mm/年、流出率約 50%。水資源量 1,000mm/年の南部地域までが偏在している状況である。

「ナ」国を貫流する Niger 川の水文特性は上流域の影響を受けた特異なものとなっている。Guinea 高地に端を発する Niger 川は、マリ国内の内陸デルタと呼ばれる湿地帯において貯留を行うとともに、その流量の約半分を蒸発により失う。その影響を受けて「ナ」国に流入する河川流量は上流域の降雨現象に対して数ヶ月～年のオーダーの遅れを伴うことになり、ピークは 3-4 月ごろに出現する。

一方、「ナ」国をはじめとする Niger 川下流域の流域からの流出現象は降雨に反応した流出であり 8-9 月にピークを持つ。Niger 川下流域の河川流量はこうした異なる 2 つの流出現象が組み合わせられたものとして出現することになる。なお、Niger 川下流域の河川流量に対しては、その流域面積と比較して Benue 川の貢献が非常に大きいことも特徴となっている。

1.2.9 水文地域

「ナ」国においては、地形、水文特性に鑑みて、水資源管理の観点から国土を図 1-2 に示す 8 つの水文地域に区分している。

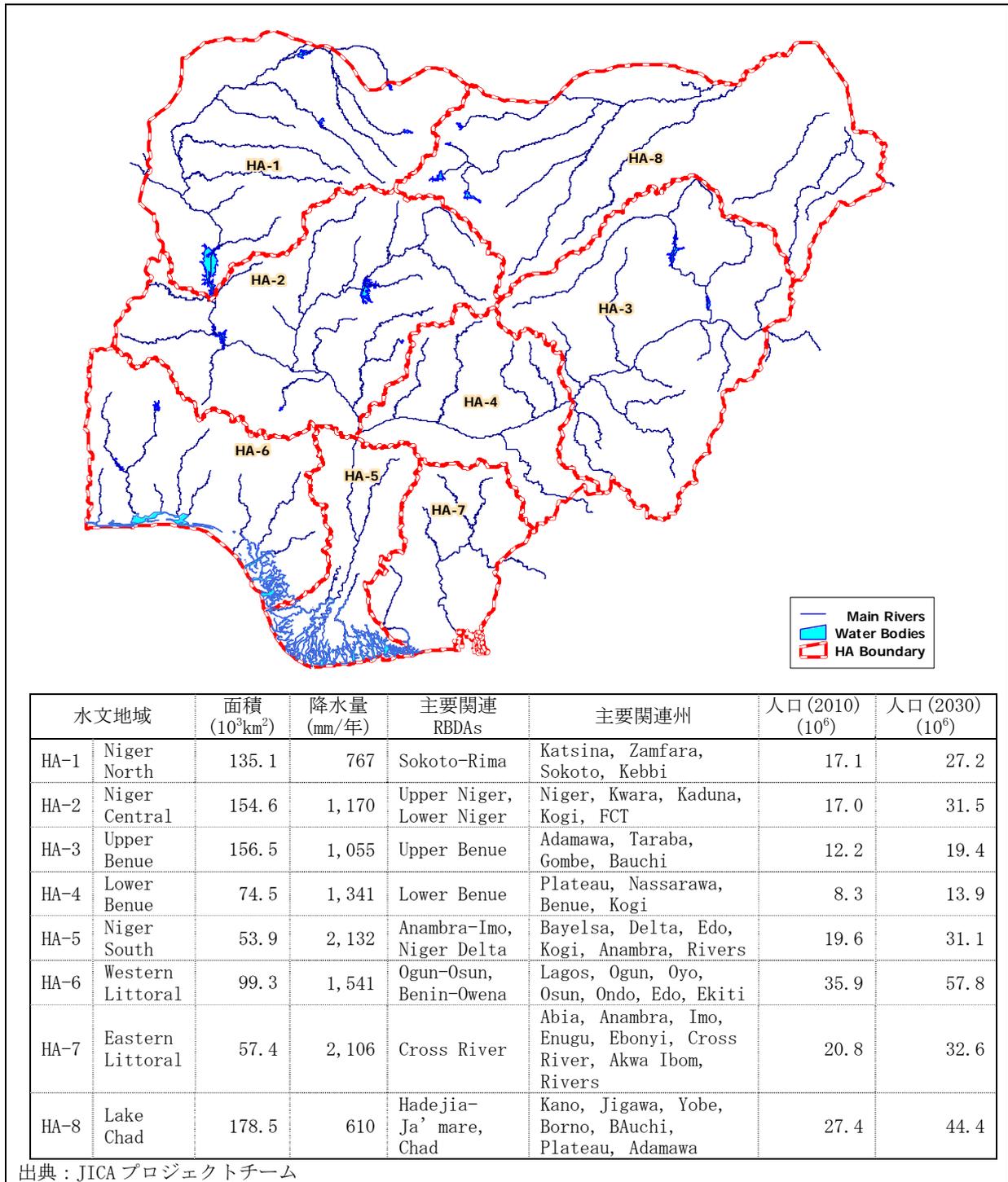


図 1-2 水文地域

1.3 水資源セクターにおける組織と責任

1.3.1 連邦水資源省 (FMWR) の歴史的経緯

「ナ」国において、連邦政府レベルの水資源管理に関する組織構成は、1960年代における連邦農業省 (Federal Ministry of Agriculture: FMA) の内局として水資源局 (Water Resources Division) の設立が最初である。以来、数度にわたり連邦農業農村開発省等との離合集散を繰り返した。2010年に連邦農業水資源農村開発省 (Federal Ministry of Agriculture, Water Resources and Rural Development: FMAWR&RD) から分離して、水資源セクターにおける独立機関となった。

連邦水資源省 (FMWR) には、12の流域開発公社 (RBDA)、ナイジェリア水文サービス庁 (NIHSA)、ナイジェリア統合水資源管理庁 (NIWRMC)、Gurara 水管理庁 (GWMA) 及び国家水資源研修所 (NWRI) から構成される16の外局がある。最初の2つのRBDAは、1973年に、1973年の法令No. 32及びNo. 33に基づいて設立されたChad River Basin Development Authority (CBDA) と Sokoto-Rima River Basin Development Authority (SRRBDA) である。1976年に、法令No. 25、1976に基づいて、さらに9つのRBDAが整備され、RBDAの数は11になった。1984年に、Niger River Basin Development Authority がUpper Niger River Basin Development Authority (UNRBDA) と Lower Niger River Basin Development Authority (LNRBDA) の2つに分割され、RBDAの数は12となり現在にいたっている。

国家水資源研修所 (NWRI) は1985年の法律NWRI Act No. 3で法的に設置が認められた。しかしながら、正式な設置より約6年早い1979年に国家レベルの水資源研修センターとして運用を開始した。

水資源問題に関する世界的な動きの中で、統合水資源管理 (Integrated Water Resources Management: IWRM) の理念を明示的に示したのは、1992年にダブリンで開催された「水と環境に関する国際会議」におけるダブリン宣言 (1992年) であった。同宣言は、さらに1992年にリオデジャネイロで開催された「国連環境開発会議」(UNCED地球サミット) でプレッジされた。1997年にマラケシュで開催された最初の「世界水フォーラム」に引き続いて、2000年には国連総会ミレニウムサミットでミレニウム開発目標 (Millennium Development Goals: MDGs) が宣言された。

上述のとおりの水資源セクターにおける国際的な動向と公約の下で、2003年に国家水政策 (National Water Policy) の改訂作業が開始された。さらに、2006年10月に、「国家水資源法案 (National Water Resources Bill)」の策定が開始された。これら政策文書は最終段階を迎えているといわれている。法案が1993年の水法 (Water Decree No. 101 of 1993) に代わる水の基本法として、できる限り早期に完成、法制化されることが期待されている。

過去数年間における組織制度変更・改革には、2007年の統合水資源管理庁 (NIWRMC) の設立があげられる。また、2010年には、水文サービス庁 (NIHSA) も設立された。水資源管理を流域単位で実行するための組織に関するアイデア (River Basin Management Commission: RBMCs) は欧州共同体 (Commission of the European Communities) の技術協力で作成された「Nigeria Water Resources Strategy」のなかで最初に提案されたと言われている。そのアイデアは現在NIWRMCに引き継がれた。「ナ」国の国会は2011年6月にNIWRMC設置法案 (Bill for an Act to Establish NIWRMC) を決議し、その後大統領に提出されたが、統領の承認は保留のままとなっている。

1.3.2 連邦水資源省 (FMWR) の組織と機能

(1) 組織

水資源セクターに関する権限・機能はサブセクターによって様々な組織によって行使されている。連邦水資源省 (FMWR) は、主に「水資源開発 (表流水・地下水)」、「給水・衛生」及び「灌漑・排水」分野に責任を負っている。上記以外のサブセクター、すなわち、水力発電、洪水や浸食災害防止、内陸水運、水産・養殖・畜産、鉱業は、連邦電力省 (FMP)、連邦環境省 (FMEnv)、連邦運輸省 (FMT)、連邦農業・農村開発省 (FMA&RD)、連邦鉱山鉄鋼開発省 (FMM&SD) がそれぞれ責任を分担している。

同一水サブセクターの中でも、権限と機能は重複している。たとえば、連邦水資源省 (FMWR) は、

給水局と水質管理・衛生局を通じて、給水分野に関する国家レベルの政策・戦略・ガイドラインの策定、水質管理及び水衛生に関する科学技術に責任を有している。

一方、連邦環境省 (FMEEnv) と NESREA は、水質・衛生・汚染に関する政策と戦略の策定及び汚染防止と水質基準に関する法の執行といった類似した範囲の権限を有している。ダム及び貯水池の分野に関しても、水力発電用に開発されたダムの建設・運営維持管理は連邦電力省 (FMP) の主要な権限のひとつである。これに対し、連邦水資源省 (FMWR) は、RBDAs を通じて、RBDA の機能を果たすために必要な水力発電施設を付帯した貯水ダムの建設・運営維持管理に責任を負っている。

以上述べたとおりの水資源セクターにおける組織権限の分担を基礎に、連邦水資源省 (FMWR) は、4 サービス局と 5 事業局の合計 9 局 (Department)、10 部 (Unit) 及び 16 の外局 (Parastatals and Agencies) からなる垂直的構造を成している。しかしながら、水資源管理における官僚的なアプローチと他省庁との連絡調整の不十分さは各組織による任務執行を困難にしている。

連邦水資源省 (FMWR) の組織図を図 1-3 に示す。

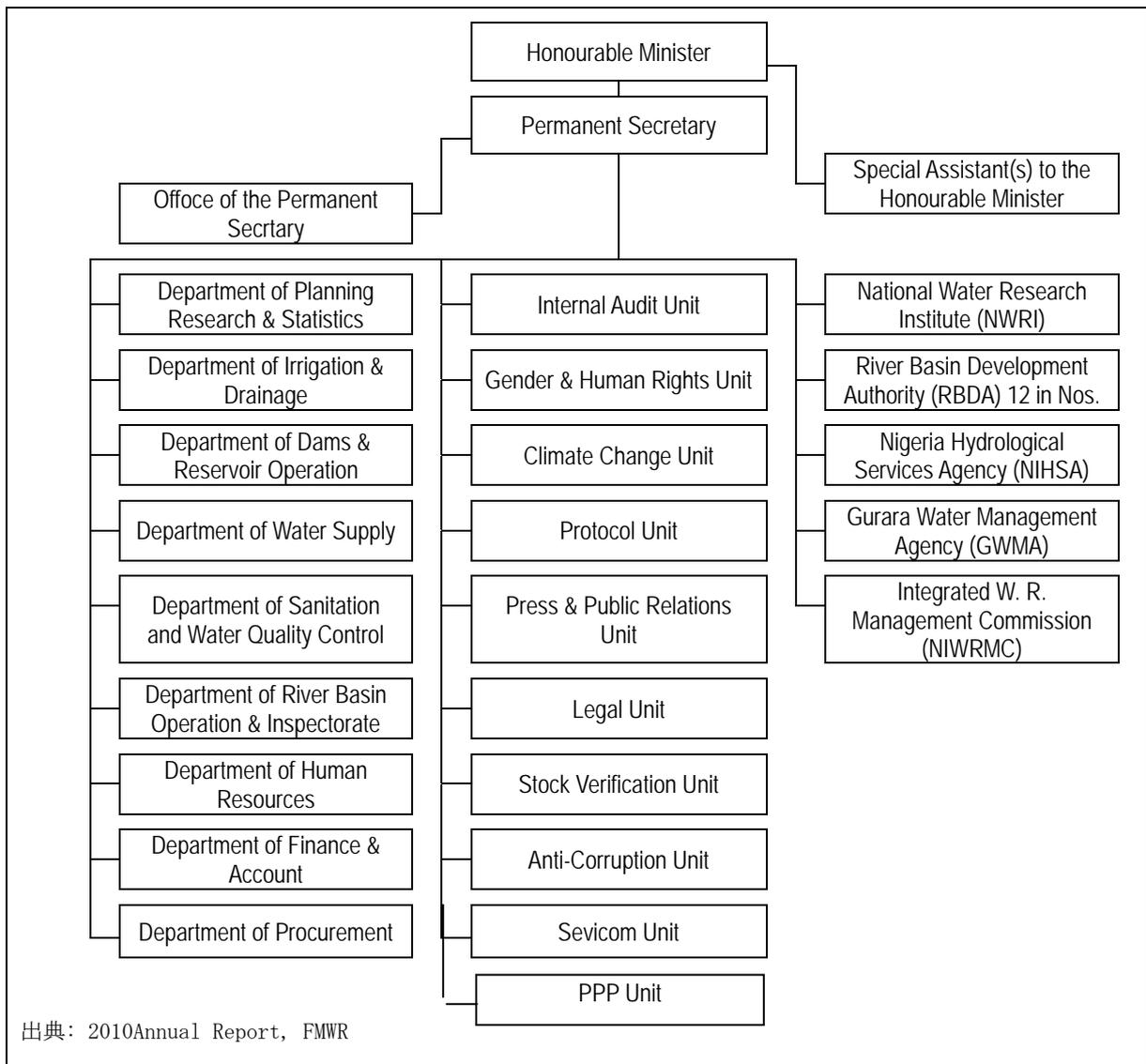


図 1-3 連邦水資源省 (FMWR) の組織図

(2) 機能

連邦水資源省 (FMWR) の権限と機能は、14 節 90 項から成る国家水資源法案 (第 4 版) 第 3 部のなかで明確に述べられている。以下は連邦水資源省 (FMWR) の中核的権限・機能の要約である。

一般的権限

- 国全体の水資源の保護、利用、開発、保全及び管理を推進すること。
- 国家水資源法に定める規定を実行するための法律、政策及び戦略を立案すること。

「ナ」国国内の国際河川に関わる権限

- 水資源開発と管理が2水文地域以上にわたって影響を及ぼす場合には、連邦水資源省（FMWR）がNIWRMCを通じて各水文地域に調整委員会を設立し、調整及び支援を行う。

国際的取り決め、交渉及び会議に関する権限

- 国際河川流域及び国際問題に関する調整、協働

給水・衛生に関する権限

- 州政府と協議の上、州の水供給・衛生セクターの開発に関わるガイドラインの作成及び財政支援を行う。この支援には、給水・衛生セクターにおける官民連携の推進が含まれる。また、上記のガイドラインには、水サービスの国家基準と料金基準の設定、並びに水サービス実施事業体、仲介者に適用する規制の枠組み及び説明責任に関する事項が含まれる。

「ナ」国の国家統治システムは、連邦政府、州政府及び地方政府（LGAs）の3層構造となっている。LGAは行政の末端組織である。州政府にはFCT（Federal Territory of Capital）と36の州が含まれる。LGAsの数は現在775である。

水資源セクターの組織権限は、連邦制度の下で連邦政府、州政府及び地方政府に分任されている。連邦政府（FMWR）、州政府（州水資源省、州環境省、州農村開発省、州農業省など）、地方政府の主な役割と責任は表1-21に示すとおりである。すでに述べたとおり、水資源管理においては責任の重複がある。「給水・衛生」分野を例にとれば、連邦水資源省（FMWR）は地方給水プロジェクトとプログラムに対して連邦政府として直接的に介入している。これらのプロジェクトにはUNICEF、アフリカ開発銀行、JICAなど国際機関や開発パートナーによる経済協力事業が多数含まれる。しかし、多くの場合、都市給水、小都市給水、地方給水の3つに区分される給水事業の組織責任は、州の給水事業体（州水道公社、小都市給水衛生公社、地方給水衛生公社）並びにLGAsの地方給水衛生部がそれぞれの州の法律に基づいて分掌されている。複雑な役割が与えられている組織にRBDAsがある。ダム・排水セクターでは、連邦水資源省（FMWR）はRBDAsを通じて、連邦政府直轄の灌漑インフラのみならず、州の水資源省や農業省と連携して小規模な公共灌漑プロジェクトも整備している。上述のとおり状況ではあるが、水資源管理における国家的責任は連邦水資源省（FMWR）にあることには間違いはない。

国土面積約924千平方キロ、人口1.5億人以上（2010年推計）を擁する「ナ」国において、3つの政府レベルが中央集権的なやり方、官僚的あるいは上位下達方式で効率的に水資源開発と管理を実施することはますます困難になってきている。連邦水資源省（FMWR）は、国家の水資源管理を総覧する重大な責任を持つと共に、協力的な管理システムの下で、全ての政府レベルの垂直的ラインに沿って組織化されることが求められている。

表 1-21 水資源セクターにおける連邦、州、地方政府の主な役割

統治レベル	主な役割と責任	組織
連邦政府 (FMWR)	<ul style="list-style-type: none"> ● 国家水資源政策・戦略・M/P の立案 ● 大規模水資源インフラ開発 ● ダム・貯水池・灌漑・給水事業等の計画立案・実施・管理 ● 水文・水文地質データの調査・管理 ● 水資源法制度の整備・更新 ● 国際河川に関する調整・協働 ● 水資源に関する国際機関等との折衝・条約等の締結 	<ul style="list-style-type: none"> ● 国家水資源審議会 (NCWR) ● FMWR 及びその外局 (RBDAs, NIWRMC、NWRI、GWMA、NIHSA)
州政府	<ul style="list-style-type: none"> ● 水源開発事業 (水文、水文地質調査・データ保管) ● 給水・衛生事業の建設/改良 (都市、小都市、地方) ● 灌漑事業に関する計画・建設・改良 (州農業省との協働、他) ● 給水・衛生分野における LGAs への指導・支援 	<ul style="list-style-type: none"> ● 州水資源省、州環境省、州農村開発省、州農業省など ● 州給水公社等 (水道公社、小都市給水衛生公社、地方給水衛生公社)
地方政府	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方給水・衛生分野におけるコミュニティに対するサービスの提供及び完成したインフラの維持管理 ● WASHCOM や WASCOM 活動を通じた地方給水衛生公社 (RUWASSA) が実施する家庭やコミュニティにおける公衆衛生等衛生習慣などサービスの支援 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方政府の給水衛生部

出典：JICA プロジェクトチーム

1.3.3 流域開発公社 (RBDA) の組織と機能

(1) 組織

全国に 12 ある RBDA を表 1-22 に示す。図 1-4 は 1973 年に設立された最も古い RBDA の一つである Sokoto-Rima River Basin Development Authority (SRRBDA) の組織図である。すべての RBDA がほぼ同様な組織になっている。12 の RBDA の総職員数は 2011 年現在 4400 人を超えており、Abuja の連邦水資源省 (FMWR) 本省にある部局の総職員数を上回っている。

表 1-22 流域開発公社 (RBDA) リスト

	RBDA	管轄地域	本部所在地	職員数
1	Anambra-Imo River Basin Development Authority (AIRBDA)	Abia, Anambra, Ebonyi, Enugu and Imo States	Oweri	458
2	Benin Owena River Basin Development Authority (BORBDA)	The regions of the River Benin and Owena and the senatorial district in Delta State	Benin-City	321
3	Chad Basin Development Authority (CBDA)	Borno, Yobe State and northern part of Adamawa State	Maiduguri	329
4	Cross River Basin Development Authority (CRBDA)	Akwa Ibom and Cross River States	Calabar	324
5	Hadejia Jama' Are River Basin Development Authority (HJABDA)	Kano, Jigawa States and north and central parts of Bauchi State	Kano	415
6	Lower Benue River Basin Development Authority (LBRBDA)	The catchment states of Benue, Plateau, Nassarawa States and Kogi State East of the River Niger	Mukardi	327
7	Lower Niger River Basin Development Authority (LNRBDA)	Entire geographical boundaries of Kwara State and a part of Kogi State, west of the River Niger	Ilorin	471
8	Niger Delta Basin Development Authority (NDBDA)	Delta and Bayelsa States	Port Harcourt	409
9	Ogun-Osun River Basin Development Authority (OORBDA)	Lagos, Ogun, Oyo and Osun States	Abeokuta	307
10	Sokoto-Rima River Basin Development Authority (SRRBDA)	Katsina, Zamfara, Sokoto and Kebbi	Sokoto	520
11	Upper Benue River Basin Development Authority (UBRBDA)	Gombe, Taraba, two senatorial districts of Adamawa State and one senatorial district of Bauchi State	Yola	305
12	Upper Niger River Basin Development Authority (UNRBDA)	Niger, Kaduna States and the FCT	Minna	256

出典：連邦水資源省 (FMWR) 提供資料に基づく

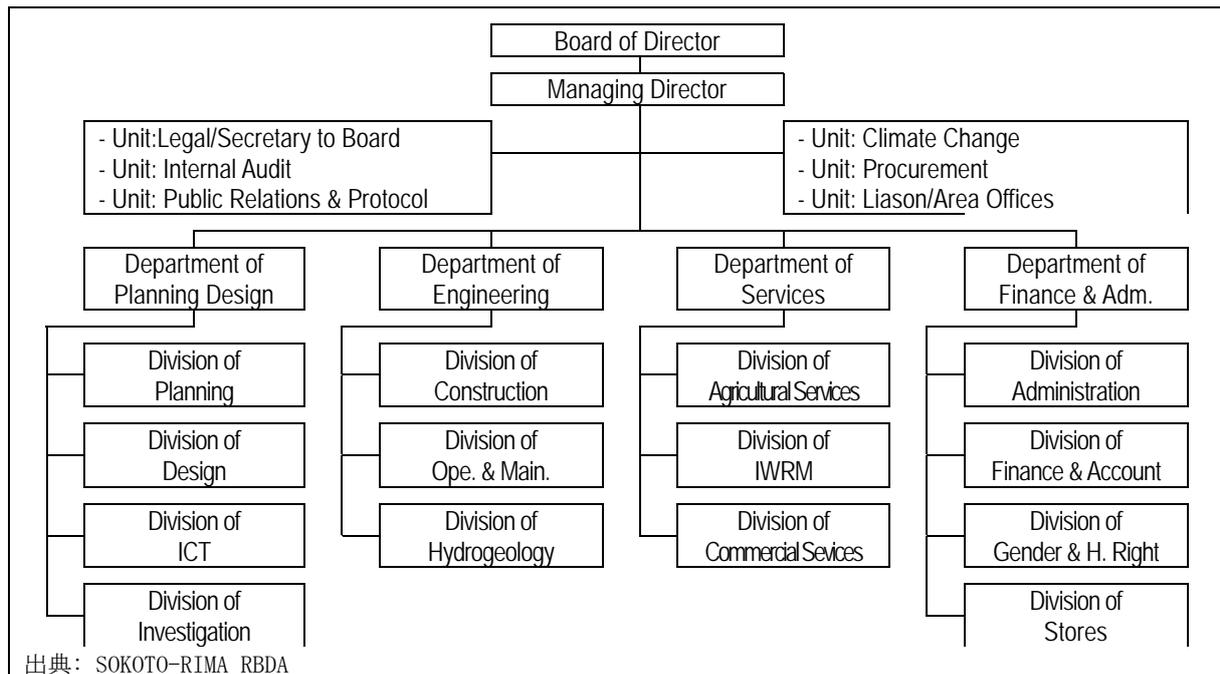


図 1-4 Sokoto-Rima RBDA の組織図

(2) 機能

すべての RBDAs に共通する機能は以下のとおり要約される。

- 灌漑、洪水及び浸食防止など多目的な利用に供する表流水及び地下水に関する総合水資源開発を行うこと。
- 貯水ダム、堤防、干拓地、井戸、灌漑・排水システムの建設・運営・維持管理を行うこと。
- 全ての利用者に対し、水供給サービスを RBDAs にとって必要なコストを賄えるような料金(有償)で提供すること。料金(利用者料金)は、当該 RBDAs 決定し、FMWR の承認を得なければならない。
- 道路、橋梁など RBDAs のプロジェクトに関連するインフラの建設・運営・維持管理を行うこと。
- 当該管轄地域における水資源に関するすべての要求事項を確認し、総合水資源開発計画を立案、更新すること。

上記の通り、RBDAs には水供給・分配、水インフラの建設・運営維持管理、総合水資源計画の策定・更新に至るまで幅広い権限と機能が付託されている。

RBDAs が直面している重要な課題は以下のとおりである。

- 主要な機能のうち、RBDAs は灌漑事業のための水資源と土地の開発に傾注している。
- RBDAs は、RBDA 法 (RBDA Act) によって「水の供給者」と「水の利用者」の両方の立場で事業を実施している。(一つの組織に2つの相反する機能が備わっている)
- RBDAs は、RBDA Act によって有償で水を供給する権限が認められている。しかし、州の水供給公社など主要な水利用者から完全に料金を徴収していない。このため、ほとんどすべての RBDAs は財源を連邦政府に依存している。

RBDAs 改革については過去にいくつもの提言があった。たとえば、1990 年代には民営化が真剣に検討された。1995 年の JICAM/P でも、当時の RBDAs の職務権限が検討され、灌漑インフラの観点から権限範囲の改訂が提言された。改訂中の「国家水資源法(案) (National Waetr Resouces Bill)」には、公的灌漑サービス提供、管理及び活用の面で民間セクターの介入を奨励、推進する必要性が論じられている。

1.3.4 ナイジェリア統合水資源管理庁 (NIWRMC) の組織と機能

(1) 組織

NIWRMC の組織を図 1-5 に示す。現在 (2013 年) の職員総数は 131 名である。内訳はが 5 つある局所属職員が 80 名、調整理事及び最高経営責任者 (CEO) が 21 名、全国に 8 つある流域管理事務所 (CMOs) (Niger-North、Lake Chad、Niger-Central、Upper-Benue、Lower-Benue、Niger-South、Western Littoral、Eastern Littoral) の職員が 30 名である。なお、CMOs のうち、Upper Benue CMO には今のところ職員は一人も配置されていない。

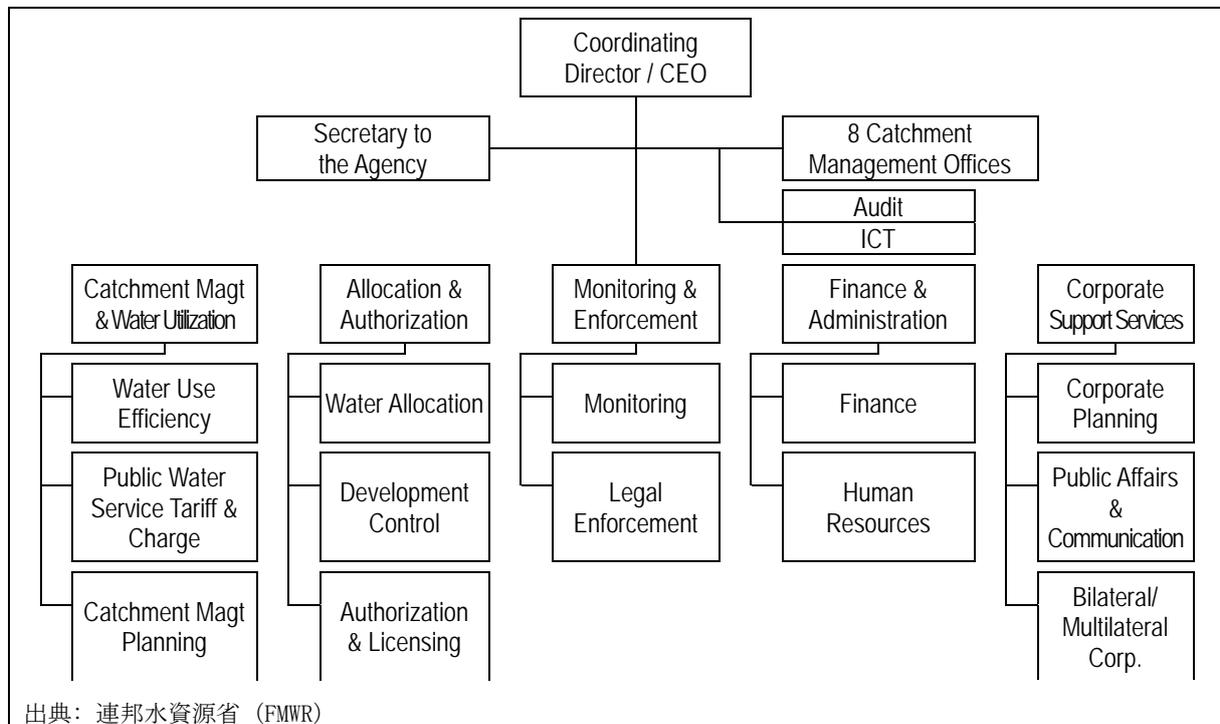


図 1-5 ナイジェリア統合水資源管理庁 (NIWRMC) の組織図

(2) 機能

NIWRMC の権限と機能は、NIWRMC 設置法案第 II 部第 8 項に詳しく述べられている。要約すると、NIWRMC は以下の 3 つの重要な役割を織って担っている。

- 民間、公的機関を含むすべての利害関係者の水の利用と規制に関わる事項 (規制的機能の実行)
- 統合的アプローチに基づく、ミレニアム開発目標達成 (MDGs) 達成に向けた流域レベルにおける水資源管理の強化 (流域レベルでの管理機能の実行)
- 流域管理に関わる戦略と計画の策定 (計画機能の実行)

既に述べたとおり、2011 年 6 月、国会は NIWRMC 設置法案を議決したものの法案は未決のままになっていて、法案に対する大統領による承認遅れがその機能実行上の大きな制約となっている。一方、「国家水資源法案 (National Water Resources Bill, Fourth Draft-2011 年 7 月)」には、NIWRMC 設置法案と国家水資源法案には、重複する部分があるため、関係機関による両法案の調整が必要と指摘がある。NIWRMC が必要な法的根拠に立脚して、その役割、責任を十分に果たすために、同設置法案の一日も早い法制化が待望される場所である。

NIWRMC 各部門の主な役割は次の通りである。

流域管理・水利用局 (Catchment Management & Water Utilization Department)

水利用効率化部 (Water Use Efficiency Division) は、飲料水、農業用水、工業用水など様々な水利用政策とガイドライン、並びに水の効率化戦略の策定に責任を有している。公共水サービス

料金・課金部 (Public Water Service Tariff & Charge Division) は、行動規範を含むすべての水利用者に適用する安全な水の価格を提供することに関する戦略の推進を担っている。流域管理計画部 (Catchment Management Planning Division) は、流域管理に関わる戦略と計画の策定と改訂に責任を持つ。

配分・許認可局 (Allocation & Authorization Department)

水配分部 (Water Allocation Division) は、水の地域別配分と規制、汚染者負担・利用者負担原則の実施、並びに関係する他の組織と協働して、水文地域における水質基準に適う排水の許容汚染レベルに関して責任を有している。開発規制部 (Development Control Division) の重要な任務には、ダムの運用と安全、プロジェクトの現場モニタリング・評価、EIA のレビューが含まれる。許認可部 (Authorization and Licensing Division) は、河川及び帯水層からの取水に関するライセンス承認と監督河川への放流に対して責任を持つ。

モニタリング・法施行局 (Monitoring & Legal Enforcement Department)

モニタリング部 (Monitoring Division) は、プロジェクトとプログラムの効果的なモニタリングと評価 (M & E) に責任を有している。これには、免許所有者の行動とコンプライアンスに対するモニタリングも含まれる。法施行部 (Legal Enforcement Division) は利害関係者間の紛争の仲裁・調停を取扱い。また、免許保有者、開発者、消費者などの利害関係者からの苦情の受付も行う。

経営支援サービス局 (Corporate Support Services Department)

経営企画部 (Corporate Planning Division) は、戦略的な計画とプログラムの開発予算措置を所掌する。広報コミュニケーション部 (Public Affairs and Communication Division) は、広報活動、住民説明会・懇談会など、たとえば、すなわち、IWRM に関するワークショップ、セミナー、会議の開催、ジェンダー主流化行動に係る調整などを担当している。二国間・多国間協力部 (Bilateral and Multilateral Cooperation Division) は、「ナ」国内外における様々な機関との連絡折衝に責任を持っている。

財務・総務局 (Finance & Administration Department)

財務部 (Finance Division) は予算と支払を担当している。人材資源部 (Human Resources Division) は人事管理と福利厚生に責任を有している。これには、人的資源 (HR) に係る政策、手続きや統制並びに能力開発が含まれる。

流域管理事務所 (Catchment Management Offices: CMOs)

水資源を含む天然資源の流域レベルでの開発に関する政策、執行及び調整の観点から、各水文地域に流域管理事務所 (CMOs) が設立された。CMOs は、各水文地域における NIWRMC の実施組織として、流域における意思決定の場で、水資源、土地及び環境の各部門を代表する委員によって構成される流域管理調整委員会 (Catchment Management Coordinating Committees: CMCCs) に対する事務局的業務及び技術協力・支援を行うことが要求されている。

NIWRMC が現在直面している主な課題は以下のとおりである。

- NIWRMC に関する行政規則を定める NIWRMC 設置法案が、大統領の承認がなく施行されていない。法的根拠の欠落が NIWRMC の役割と責任の遂行に影響を及ぼす人事、予算配分等の面で難しい問題を招来している。
- 上記の理由から、ほとんどの CMOs で必要なスタッフの配置が困難になっている。流域レベルで水資源管理を前進させるためには、CMOs の人的資源強化が急がれる。
- CMOs の人的資源強化に加えて、NIWRMC は、上級及び中堅技術者を含む学際的でセクター横断的な技術者や専門家を配置しなければならない。

1.3.5 連邦水資源省 (FMWR) のその他の外局の概要

12 の RBDAs 及び NIWRMC に加えて、連邦水資源省 (FMWR) の機能は3つの外局、すなわち、「国家水資源研修所 (National Water Resources Institute: NWRI)」、「Gurara 水管理庁 (Gurara Water

Management Authority: GWMA)」、及び「ナイジェリア水文サービス庁 (Nigeria Hydrological Services Agency: NIHSA)」によって果たされている。3 機関の既存の責任と関連法制度の概要は表 1-23 示すとおりである。

表 1-23 その他の連邦政府機関の責任と関連法制度

組織名	設立	関連法	職員数	主な責任
National Water Resources Institute (NWRI)	1979	National Water Resources Institute Act No. 3 of 1985	123	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源における研修コースの開発と推進、及び政府機関に対する水資源専門分野における様々観点からの訓練供与 ● 水資源に関する研究開発 ● 水文・水文地質データの管理、普及
Gurara Water Management Authority (GWMA)	2007	Executive Council's Meeting of May 16, 2007	29	<ul style="list-style-type: none"> ● Usuma Dam から FCT への水供給 ● 水力発電 (30MW) ● 水供給 (6000 hectares Irrigation land) ● Gurara Dam 及び 水移送パイプライン(75km) の維持管理 ● 管轄域内における観光、漁業、農業関連産業の開発と環境
Nigeria Hydrological Services Agency (NIHSA)	2010	NIHSA Establishment Act, 2010	172	<ul style="list-style-type: none"> ● 水文データ、水文地質データの収集、加工、分析及び保管 ● 水資源の開発ポテンシャルの質・量及び分布に関する評価 ● 水資源開発プロジェクト/プログラムの計画、設計及び運営に対する情報提供 ● 水資源に関する M & E

出典：連邦水資源省 (FMWR) 2010 年報及び JICA プロジェクトチームからの質問に対する回答 (GWMA 及び NIHSA)

1.4 水資源の開発と利用

(1) 水利用の現状

本プロジェクトによる調査結果に基づけば、2010年時点での総水利用量は5.9BCM/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52%、32%、16%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2.4BCM/年（41%）、3.5BCM/年（59%）の割合である。

都市・村落給水の水利用量は3.1BCM/年であり、都市・村落給水の給水率は全国平均で約50%である。水源としては、表流水24%、地下水76%の利用となっており、地下水の利用率が高い。

「ナ」国の穀物生産の大部分は天水農業によるものである。現在の灌漑地面積は約31万（全農地面積の約0.5%）であり、灌漑用の水利用量は1.9BCM/年である。灌漑スキームとしては、公的灌漑スキーム、私的小規模灌漑に大別される。公的灌漑スキームは主として表流水を利用する。計画灌漑面積は44万ha、灌漑整備面積は13万haであるが、現在実際に灌漑が行われている面積は7万haとなっている。私的小規模灌漑には、Fadamaと呼ばれる河川沿いの氾濫原において洪水減衰後の伏流水を利用して行われるもの（93,000ha）と、地下水を主水源とするその他のもの（90,000ha）に分けられる。前者は乾季のみ作付けを行う。

畜産、淡水養殖用の水利用は1.0BCM/年である。近年淡水養殖面積の急増に伴う淡水養殖用水の増加が特徴的である。

(2) 表流水開発施設

本プロジェクトによる調査で確認された既存ダムは、総数171、総貯水容量37.46BCMである。これは、「ナ」国の総水資源ポテンシャルの約10%に相当する。このうち、25.80BCMはKainji、Jebba、Shiroroといった巨大水力発電用ダム（総発電容量約1,200MW）によるものであり、残りの11.66BCMが主として、都市・村落給水、灌漑に利用される。平均的な有効貯水容量は総貯水容量の78%である。

現状では、都市・村落給水、灌漑用水供給を目的とするダムの総貯水容量は表流水水利用量に比較して十分に大きいものの、需要地と供給地の整合が必ずしもとれているわけではなく、将来的には、国全体でみるとダム貯水量に余裕がある場合でも、地域的に見れば十分でないというケースが出てくる可能性がある。

表流水を利用する浄水場は全国で合計1.54BCM/年の浄水能力を有しているが、平均稼働率は45%程度と低い。

(3) 地下水開発施設

地下水は「ナ」国の全土に分布し広く使用されている。現在公共給水のための深井戸本数は約57,600本であり約458万m³/日の地下水が揚水されている。地下水の用途は給水・私的灌漑・牧畜・水産と多岐にわたっている。井戸には揚水装置としてハンドポンプや動力ポンプが設置されている。基盤岩地帯の井戸は平均深度約50mであり風化帯の地下水を揚水している。

一方、堆積岩地帯の井戸は深度50～400mと地域ごとに異なる。井戸の揚水量は基盤岩地帯では10～150m³/日、堆積岩地帯では10～500m³/日程度である。井戸の稼働率は63%程度でありポンプの故障が原因でありポンプの維持管理の向上が指摘されている。

(4) 国際河川としてのNiger川とBenue川の水利用

「ナ」国に流入する国際河川は、Niger川とBenue川で、この二つの河川は河口から約400kmの地点(Lokoja)で合流しGuinea湾に流入している。これらの河川は、水資源の利用の観点から「ナ」国に重要な役割をになっている。「ナ」国の年間発生水資源量(374BCM)の24%に相当する水資源(89BCM)がギニア、マリ、ニジェールおよびカメルーンの国々から越境水として流入している。

越境水が流下する区間のNiger川とBenue川では、あらゆる水利用（給水、灌漑、水力発電、水運、漁業等）が行われている。Niger川にはKainjiダム（最大出力700MW）とJebbaダム（最大

出力 570MW) があり水力発電が行われている。これこれらのダムは、発電の他に、灌漑、給水、漁業等の目的を持っている。

一方、国境近くの上流域に、「ナ」国への流入量に影響を与えるダムがある。Niger 川の上流のニジェールには Kanda ji ダム (総貯水容量 : 15 億 m³、目的 : 水力発電と灌漑) が建設中である。また、Benue 川の上流のカメルーンには Lagdo ダム (総貯水容量 : 80 億 m³、目的 : 水力発電と灌漑) が存在している。

国際河川の適正な水利用のために、「ナ」国は NBA (Niger Basin Authority)、NNJC (Niger-Nigeria Joint Commission)、NCC (Nigeria Cameroon Commission) 等の国際組織に参加し、関係国との問題解決を探るための協調関係を強化しているが、水の利用に係る取り決めはまだなされていない。

第2章 既存の全国水資源マスタープラン 1995 の見直し

2.1 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。

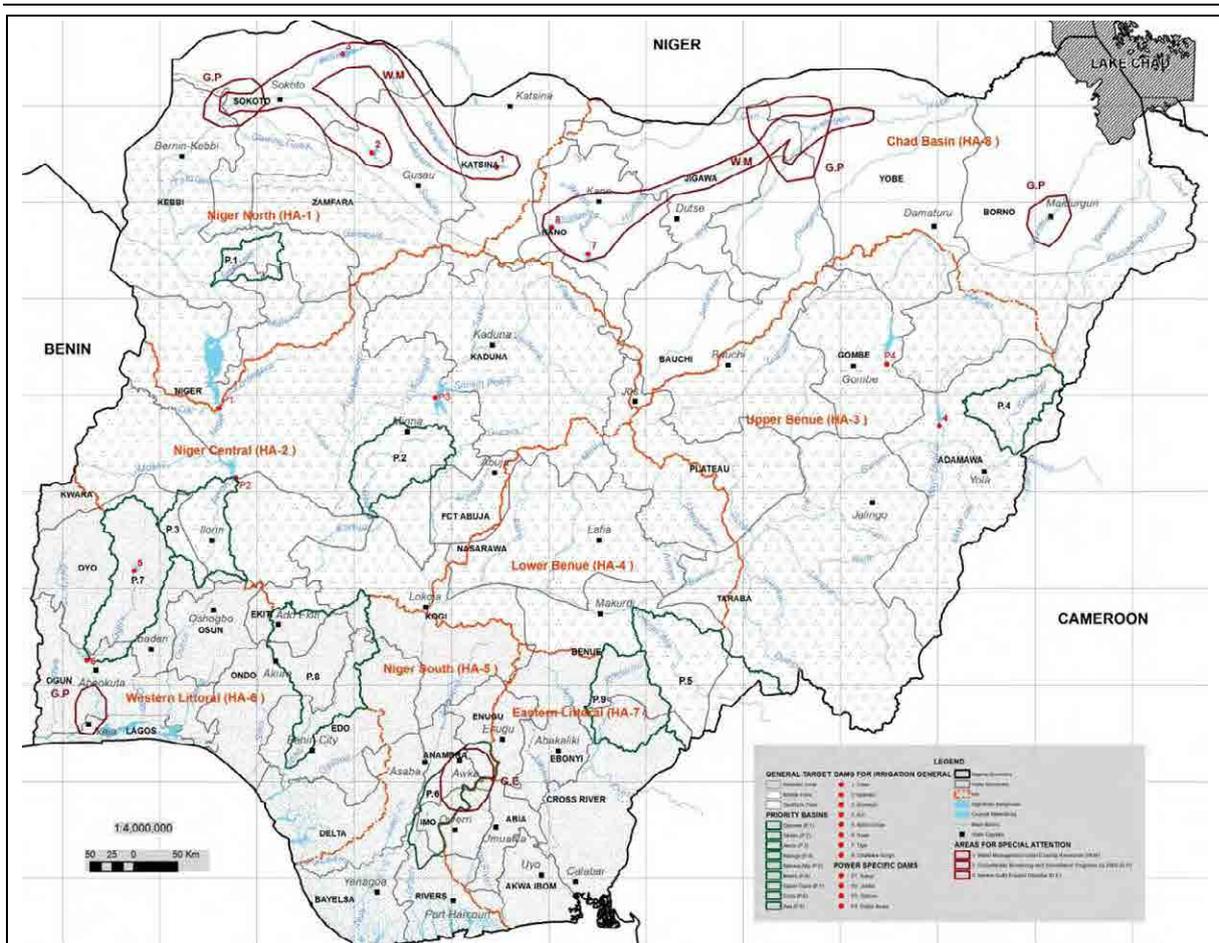
上水道事業

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-Osun 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

2.2 水資源ポテンシャルの評価

2.2.1 流域分割

「ナ」国における水資源管理のために、水文特性に応じて、「ナ」国全土は8つの水文地域に分割されている。水文地域（HAs）ならびにサブ水文地域（SHAs）の境界はその概略がM/P1995以前に設定されていた。JICAの支援によって策定されたM/P1995では、1/500,000および1/250,000地形図、ランドサット画像を基に、HAsおよびSHAsの境界を確定した。その結果、8つのHAsは89のSHAsと200の小SHAs（SSHAs）に分割された。M/P1995における水資源量の評価は、この分割されたHAs、SHAs、SSHAsに基づいて行われており、それは今日まで利用され続けている。

一方で、NIHSAは最近HAsの境界を示すマップを作成しているが、それは、M/P1995によるものと異なったものになっている。

本プロジェクトの事前調査において、JICA事前調査団と連邦水資源省（FMWR）は、M/P1995で定められたHAsの境界と最近NIHSAが作成したマップに示されたその違いを認識した。協議の結果、両者は以下について合意している。

- 本プロジェクトにおいては、基本的にはM/P1995で定められた境界に従う。しかしながら、
- 両者は、M/P1995で定められた境界に一部不正確な点があり、見直しが必要である点を認識した。
- 両者は、本プロジェクトの早い時期に、NIHSAの協力を得て、境界を見直し、洗練されたものにする事で合意した。

(1) 流域分割の見直しに関する手順

JICAプロジェクトチームは、本プロジェクトの開始後、NIHSAと流域分割に関わる問題に関して議論を開始した。図2-2は流域分割の見直しに関するNIHSAとJICAプロジェクトチームとの協働作業の過程を示したものである。

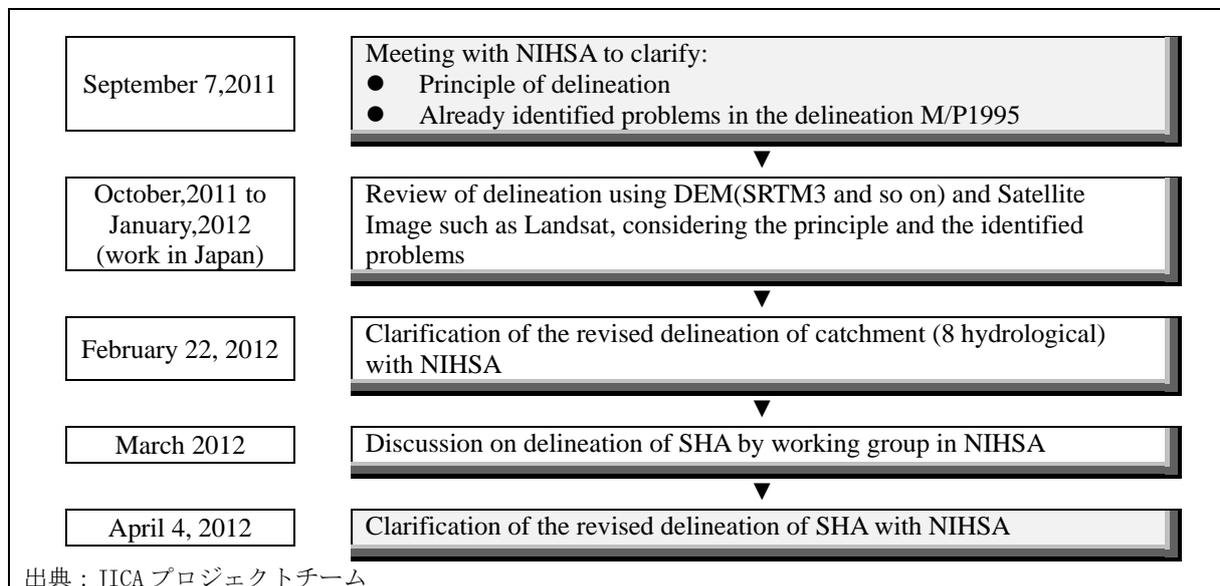


図 2-2 流域分割の見直しの過程

(2) 水文地域境界に関する NIHSA との議論

2011年9月7日のNIHSAとの会議において、JICAプロジェクトチームはまずNIHSA職員に対して流域境界の見直しと洗練化作業の手順とスケジュールを説明した。その上で、NIHSA職員とJICAプロジェクトチームの間で、流域境界分割に関する原則、ならびにM/P1995の流域分割についてすでに認識されている問題点、についての議論を行った。その結果、NIHSAとJICAプロジェクトチームの間で以下の原則が合意された。

- Niger川上でのHA-1とHA-2の間の分割位置は、Kainjiダム（Kaijiダム貯水池の下流端）とする。

● Benue 川上での HA-3 と HA-4 の間の分割位置は、Donga 川との合流点の直下流の位置とする。
さらに、NIHSA は以下の地域について注意深く境界をレビューする必要があると指摘した。

- Katsina 地域における HA-1 と HA-8 間の境界
- Damaturu 地域における HA-3 と HA-8 間の境界
- Imo 川地域における HA-5 と HA-7 間の境界
- HA-6 と HA-2 ならびに HA-5 間の境界

JICA プロジェクトチームは、上記のように合意された原則および NIHSA の指摘事項に基づき流域分割作業を実施すること、を合意した。流域分割は、数値標高データ及びランドサットといった入手可能な衛星画像に基づいて行われた。

2012 年 2 月 22 日、NIHSA に対して、見直された水文境界が示され、NIHSA の基本的合意が得られた。さらに、見直しに用いたデータの制約から、水文境界は空間分解能と精度にある限界を持つことを明示することが合意された。このため、将来的に、より正確で信頼できるデータが利用可能になった場合には、NIHSA によって修正が施される可能性がある。

(3) サブ水文地域境界に関する NIHSA との議論

2012 年 2 月 22 日の会議後に、より詳細に流域分割を議論するための、サブ水文地域 (SHA) 境界の見直しに関するワーキンググループが形成された。ワーキンググループメンバーによる数回の会合がもたれ、以下の事項が議論された。

- 従来の SHA の問題点
- SHA 分割の原則
- SHA 分割の基準
- HA、SHA および SSHA 分割データの取扱いの原則
- SHA のコード化
- 留意事項

ワーキンググループでは、以下に示される従来の SHA の問題点を認識した。

- 従来の SHA は支川流域と本川の残流域を複合したものとなっている。
- 河川左右岸側の流域が分割されている。
- この場合、支川の水資源量の推定は難しくなる。

この認識された問題点に基づき、ワーキンググループでは、以下に示す SHA 境界分割に関する原則を設定することとした。

- SHA は基本的には支川合流地点において分割されるべきである。
- SHA は河川中心線上で分割されるべきではない。

2012 年 4 月 4 日、見直された SHA 境界が NIHSA において示され、以下に示す留意事項とともに、原則合意された。

- SHA の分割は、利用可能な情報とデータに基づく、机上作業によるものである。現地での確認作業についても現在の「ナ」国における治安状態により限定されたものとなっている。このため、将来的に現地確認作業等によって流域分割が正確ではないと判明された場合には、NIHSA によって流域分割の修正が施される可能性がある。そのために流域分割のすべての作業に関連した GIS データは NIHSA に提供される。
- 河川網に関するより良い GIS データがプロジェクトチームに提供される場合、それは SHA 分割の改善に利用される。

2.2.2 表流水ポテンシャル

M/P1995では、表流水ポテンシャルは以下に基づいて評価された。

- 1970～1980 年代の欠測を多く含む観測流量が使用された。
- 1970～1980 年代の降水量データを用いることで流出率が評価された。
- 平均的な流出率をもとに、平均年間流出量が評価された。

評価された表流水ポテンシャルは表2-2に示す通りである。

表 2-2 M/P1995 で評価された表流水ポテンシャル

水文地域	ポテンシャル(MCM/年)	備考
HA-1	22,400	HA-1 の下流端、「ナ」国外からの流入量も含む
HA-2	32,600	HA-2 の下流端、「ナ」国外からの流入量も含む
HA-3 & 4	83,000	HA-4 の下流端、「ナ」国外からの流入量も含む
HA-5 & 7	85,700	「ナ」国外からの流入量も含む。デルタ地域を除く。
HA-6	35,400	デルタ地域を除く。
HA-8	8,200	HA-8 の下流端ではなく、幾つかの代表的観測所における流出量の合計
合計	267,300	

出典：M/P1995

これは「ナ」国における国全体を包括的に扱った初めての評価であった。しかしながら、適切な水管理という観点からは、以下に示すような欠点を有している。

- 評価に用いたデータは短い期間（1970～1980年代）に限定された。
- 平均的な年間流出量だけが評価された。データの不足により、渇水状態の水資源量については評価されていない。
- 水資源ポテンシャル評価に際して、大規模貯水ダムとの運用の影響が分離されていない。

本プロジェクトでは、表流水ポテンシャルの見直しに当たり、以下の点に留意する。

- より長い期間の流量データを用いること。
- 大規模貯水ダムとの運用の影響のない疑似自然状態を推定すること。
- 平均年の年平均流量だけでなく、渇水状態の流量、信頼流量、季節変動等についても評価すること。

2.2.3 地下水ポテンシャル

M/P1995 では、地下水涵養量を地下水ポテンシャルとして定義している。地下水涵養量の推定結果と問題点は以下の通りである。

地下水涵養量の評価値

地下水涵養量の評価値は表 2-3 に示す通りである。

表 2-3 M/P1995 における地下水涵養の評価(全国)

項目	基盤岩地帯	堆積岩地帯
面積(km ²)	442,900	480,900
平均降雨量(mm/年)	1,087	1,019
透水性(%)	10	18
補正(%)	35	39
地下水涵養(10 ⁶ m ³ /年)	17,230	34,700

出典：M/P1995

問題点

地下水涵養量評価において、以下の問題点が指摘できる。

- 降雨に対する地下水涵養量の割合が地質条件だけで決まるのは合理的でない。気温や土壌条件などを反映し地域的に変化すると考えられる。また、地質区分が「基盤岩」と「堆積岩」の2区分だけでは不十分と考えられる。
- 地下水涵養量の推定結果に至る計算過程が示されていない。
- 報告書の中で使用されている「透水性」や「補正係数」の意味が不明であり、また、その数値の根拠が明らかにされていない。

本プロジェクトでは、地下水涵養量推定の理論的根拠、解析手法や使用するパラメータを明確にし、その推定結果に対する客観的な評価を可能とする。また、地下水ポテンシャル量を、気象条件と水理地質条件の関数として表現する。

2.3 水需要の予測

2.3.1 人口予測

M/P1995 では、1991 年（推定値：同 M/P 策定時では 1991 年の国勢調査値はまだ未公表であった）、および 2010 年、2020 年（推計値）の人口を表 2-4 のように予測している。人口伸び率は、1991 年をベースに各々 2.65%、2.59%となる。

一方、同 M/P 策定後、2 回の国勢調査値が公表された。表 2-4 参照。2006 年の人口伸び率は、1991 年に比べ 3.18%であった。このことから、M/P1995 の人口予測は、結果的にかかなり低めであったことが伺われる。地域・水文地域別で見た場合、M/P1995 は水文地域 II および水文地域 VI の人口を実際以上に高く予測したことがわかる。

表 2-4 M/P1995 による推計人口（百万人）

地域	NW	NE	CW	CE	SW	SE	合計	伸び率
水文地域	1	8	2	3/4	6	5/7		
M/P 値：推定および推計								
1991 年	10.3	16.8	10.5	9.7	22.3	18.9	88.5	-
2010 年	14.0	23.0	19.0	18.3	38.5	32.6	145.4	2.65%
（構成比）	10%	16%	13%	13%	26%	22%	100%	-
2020 年	17.0	28.2	25.4	24.4	49.3	41.7	186.0	2.59%
国勢調査値								
1991 年	10.3	15.5	10.4	11.2	22.2	19.4	89.0	-
2006 年	15.2	24.2	14.8	18.2	31.9	36.1	140.4	3.18%
（構成比）	11%	17%	11%	13%	23%	26%	100%	-

出典：M/P1995、NSB

2.3.2 水需要予測

M/P1995 において、灌漑および上水道分野における現況（1995 年当時）の水需要量と目標年（2020 年）の水需要予測が行われた。表 2-5 は、水需要量の算出および予測に際しての条件である。

表 2-5 水需要量算出および予測の条件

分野	現況（1995 年）				目標年（2020 年）			
灌漑	計画灌漑面積	公的	320,000 ha		計画灌漑面積	公的	1,120,000 ha	
		私的	150,000 ha			私的	380,000 ha	
上水道	人口	単位給水量	給水率		人口	単位給水量	給水率	
	都市	49,055,000 人	108 lit/c/d	50%	都市	83,800,000 人	216 lit/c/d	80%
	農村	39,462,000 人	40 lit/c/d	9%	農村	65,000,000 人	80 lit/c/d	80%

出典：M/P1995

上述の水需要量の算出および予測の条件をもとに、算出された現況（1995 年当時）の水需要量と目標年（2020 年）の水需要予測は、それぞれ表 2-6、表 2-7 の通りである。

表 2-6 現況 (1995 年当時) の水需要量

流域 大流域	NW HA-1	NE HA-8	CW HA-2	CE HAs-3/4	SW HA-6	SE HAs-5/7	計 (10 ⁶ m ³)
1. 地表水							
(1) 水資源量	22,400	8,200	32,600	83,000	35,400	85,700	267,300
(2) 水需要量	470	1,200	360	210	280	190	2,710
公的灌漑	80	260	140	150	40	110	780
私的灌漑	320	880	70	20	0	20	1,310
上水道	70	60	150	40	240	60	620
(3) 水利用率: (2)/(1) (%)	2.1	14.6	1.1	0.3	0.8	0.2	1.0
2. 地下水							
(1) 水資源量	4,340	5,580	8,180	11,380	9,020	13,430	51,930
(2) 水需要量	20	60	20	10	80	70	260
上水道	20	60	20	10	80	70	260
(3) 水利用率: (2)/(1) (%)	0.5	1.1	0.2	0.1	0.9	0.5	0.5

出典：M/P1995

表 2-7 目標年 (2020 年) の水需要量予測

流域 大流域	NW HA-1	NE HA-8	CW HA-2	CE HAs-3/4	SW HA-6	SE HAs-5/7	計 (10 ⁶ m ³)
1. 地表水							
(1) 水資源量	22,400	8,200	32,600	83,000	35,400	85,700	267,300
(2) 水需要量	2,030	2,920	4,410	4,560	3,470	2,820	20,210
公的灌漑	1,160	910	3,480	3,820	1,680	2,420	13,470
私的灌漑	690	1,710	300	400	70	110	3,280
上水道	180	300	630	340	1,720	290	3,460
(3) 水利用率 (%)	9.1	35.6	13.5	5.5	9.8	3.3	7.6
2. 地下水							
(1) 水資源量	4,340	5,580	8,180	11,380	9,020	13,430	51,930
(2) 水需要量	350	620	360	430	970	1,200	3,930
上水道	350	620	360	430	970	1,200	3,930
(3) 水利用率 (%)	8.1	11.1	4.4	3.8	10.8	8.9	7.6

出典：M/P1995

北東地域の Chad 湖流域 (HA-8) における表流水の予測利用率が 35.6%と相対的に高いものの、それ以外の各流域の地表水および地下水の予測利用率は 3.3~13.5%であり、全体的に水資源量に余裕があると結論づけられる需要予測結果となっている。さらに、上水道分野の水需要予測に際して、生活様式の変化と居住環境の改善を見越して単位給水量(都市 216lit/人/日、農村 80lit/人/日)が採用されたものと思われるが、2012 年現在の標準単位給水量が都市 120lit/人/日、小都市 60lit/人/日、村落 30lit/人/日であることを考慮すると、結果的に過大な単位給水量で予測された水需要となったといえる。

2.4 水資源開発計画

2.4.1 表流水開発

M/P1995において提案された表流水開発は、表2-8に示す通り、a) 短期計画としての水源工リハビリ事業、b) 長期計画としての小規模分散型中小規模多目的貯水池開発事業、の2つのプログラムに大別される。

表 2-8 M/P1995 における表流水開発計画

短期計画(目標年: 2000年)	長期計画(目標年: 2020年)
水源工リハビリ事業の実施	新規分散型中小規模多目的貯水池開発事業 中規模 264 ダム、総有効貯水容量 8,860MCM 小規模 820 ダム、総有効貯水容量 4,100MCM

出典: M/P1995

各水文地域の表流水開発計画については、表2-9に示す通りである。

表 2-9 M/P1995 における各水文地域の表流水開発計画

水文地域	提案された表流水開発計画
8 Chad 湖	Ngadda 川の Alau ダム貯水池利用に関し、Maiduguri 市周辺の都市用水、地下水涵養並びにダム上流の Sambissa 湿地保全を考慮した水管理計画を立案する。
1 Niger 川北部	新規水源として 64 地点のダムを計画する(総貯水容量 950×106m ³)を計画する(2000年以降)。
2 Niger 川中部	水資源が豊富であり、304 地点の中小規模ダムを計画する。Awun、Gbako などの流域の優先度が高い。これらは 2000 年までに F/S を完了させる。
3, 4 Benue 上流 Benue 下流	開発の可能性が最高の地域であり、362 の小規模ダムを計画する。特に Kilange、Katsina-Ala 支流は UBRBDA 及び LBRBDA の代表モデルとして最優先すべきである。Dadin Kowa ダムの水力発電プラントを 2000 年までに完成して NEPA 全国送電網に組み入れることを目指す。
6 西部沿海	新規水資源として 141 の中小規模他目的ダムを計画する。
5, 7 Niger 川南部 東部沿海	水資源が豊富であり、193 の他目的中小規模ダムを計画する。

出典: M/P1995

こうした計画に対し、短期計画として提案された水源工リハビリ事業は徐々に進められてきているものの、長期計画として提案された分散型中小規模多目的貯水池開発事業については、そのほとんどが実施されておらず、現在わずか5ダムの建設について事業実施中であることが確認されているのみである。Dadin Kowaダムにおいて提案された水力発電プラントの設置ははまだ実現されていない。

M/P1995では既存貯水池に関して以下の問題点を指摘している。

- 貯水池運用ルールが殆どのダムにおいて設定されていないため、受益地への放流が適正に実施されていない。
- 北部のダムを中心として、流入量に比較して貯水量の大きなダムが建設されており、不経済なダムとなっている。
- 受益地である灌漑地の整備が進んでおらず、貯水ダムが有効に利用されていない。

上記の問題は基本的に現状でも改善がみられていないことが確認された。さらには、ダム貯水池の運用データのほとんどがダム管理所に散在するか、あるいは消失し、組織的な整理、管理は行われておらず、ほとんどのダムの貯水池運用の実態さえも FMWR は把握できていない現状である。

本プロジェクトでは、新規水源開発の必要性の検討とともに、適切なダム管理によって得られる便益を強調しつつ、いかにして既存ダムの管理を改善していくかについて焦点があてられるべきである。

M/P1995 では表流水開発に関連する水力発電開発に対して多くの関心は向けられなかった。再生可能エネルギー開発の重要性を考慮し、本プロジェクトでは高い小規模水力発電事業のポテンシャルを有する地域の検討について、少なくとも概念レベルの検討が行われるべきである。

2.4.2 地下水開発

M/P1995 では地下水開発に関して以下の提案を行っている。

- ① 地下水開発を促進するための活動
- ② 流域ごとの地下水開発の方針
- ③ 新技術の導入
- ④ 組織間の事業調整
- ⑤ 井戸掘削データの収集と一元的管理

以下、各提案内容とその実施状況を述べる。

(1) 地下水開発を促進するための活動

M/P1995 では、地下水開発を促進するための以下の方策を提案した。表 2-10 参照。

表 2-10 地下水開発を促進するための活動

	M/P1995 提案内容	実施状況
①	井戸成功率の向上のため探査技術（電気探査や電磁気探査）の向上	ナ国水資源研修所などのトレーニングコース整備などを通じて技術力のアップを図られてきた。ナ国の物理探査の技術は、確実に進歩している。
②	適正揚水量の把握のための正しい揚水試験（適切な揚水時間と解析方法）の実施	連邦・州政府機関が実施する井戸掘削の場合は適切な揚水試験を実施されるケースがあるが、機材・技術が不足しているケースも多く、必ずしも十分ではない。民間井戸業者が実施する揚水試験は問題が多い。
③	モニタリング井戸の適切な配置計画	モニタリング井戸の配置に関しては NIHSA が水理地質的検討を行っている。
④	地下水関連技術者（物理探査、水地質探査）の養成	ナ国水資源研修所のトレーニングコース整備や日常業務を通じて技術力のアップを図っている。その一方で、研修所の受講者数は少ない。

出典：M/P1995

M/P1995 以後に地下水開発を促進するための技術的活動が着実に進められているが決して十分ではないと考えられる。また、M/P1995 では地下水開発に重点を置いた技術開発を提案していたが、本プロジェクトでは地下水管理にも重点を置いた技術開発提案する。例えば、過剰揚水による地盤沈下や海水侵入を防ぐための地下水位モニタリング技術等を紹介する。

(2) 流域ごとの地下水開発の方針

M/P1995 では原則として地下水は村落給水および小都市給水に限定すると提案し、流域ごとの地下水開発方針とその実施状況を表 2-11 に示す。

表 2-11 流域ごとの地下水開発の方針と実施状況

流域	M/P1995 提案内容	実施状況
HA-1	過剰揚水によって地下水位が低下傾向にあり、地下水使用を管理する必要がある。地下水位のモニタリングが必要。Sokoto-Rima 川沿いの小規模灌漑の浅層地下水の開発需要が高く、今後ポテンシャル評価すべきである。	地下水位の低下傾向が続いているが過剰揚水に対する特別の規制は行われておらず、井戸本数は着実に増加している。Sokoto-Rima 川沿いの Fadama に係る地下水モニタリング調査は継続されているが、ポテンシャル評価には至っていない。
HA-2	他流域と比べ地下水使用量が少なく、十分な開発ポテンシャルを持っている。今後の地下水開発が期待される。	井戸本数は着実に増加しているが、この流域が他の地域と比べて特に地下水開発が進んでいるわけではない。
HA-3 HA-4	他流域と比べ地下水開発が遅れている。表流水が豊富であり、地下水開発のメリットは他流域と比べ相対的に低い。	井戸本数は着実に増加しているが、表流水に重点を置いた開発が続いている。
HA-6	動力ポンプによる大規模地下水開発が行われている。とりわけラゴス周辺では個々の井戸揚水量が大きい (100m ³ /時)。そのため、帯水層への海水侵入が発生している。モニタリングを行いその結果に基づき揚水規制が必要である。流域の中央部～北部地域には基盤岩が分布し、地下水開発可能量は小さいため、村落給水においても今後は地下水だけではなく表流水の利用も検討すべきである。	データの蓄積が少ない。工場地帯を中心に地下水汚染が指摘されているが、これを示すモニタリング結果はない。また海水侵入により塩分濃度の上昇に関するモニタリング結果はない。これに対して揚水規制などの対策は行われていない。
HA-5 HA-7	井戸の本数は 8 流域の中で最も少ないが、堆積岩層の帯水層の地下水生産能力は他の流域より大きく都市給水に使用されている。都市・村落ともに給水量が少なく、今後の地下水開発が期待される。都市・村落の標高が高く、井戸が深い揚水コストが高い。したがって地下水と表流水のデマケをコスト面から検討すべきである。	井戸本数は着実に増加している。帯水層の能力が高いため、電動ポンプで揚水する井戸が多い。給水源としての、地下水と表流水の使用比率には大きな変化はない。
HA-8	河川水が乏しい地域であり、今後も地下水開発が必要である。地下水の賦存量調査に基づく適切な地下水開発が求められる。Maiduguri 市の給水は過剰揚水となり、地下水位が低下している。モニタリング結果に基づく揚水規制が必要である。河川沿いの伏流水の開発が期待される。	Maiduguri 市の地下水位は継続的に低下している。しかし、枯渇した井戸の報告はない。井戸本数は着実に増加している。地下水使用の規制は行われていない。ステークホルダーによる地下水管理実施の合意はあるが実績はまだない。

出典：JICA プロジェクトチーム

M/P1995 で提案された地下水開発が進行しているとは言い難い。本プロジェクトで各流域の水理地質特性を再検討し開発計画を見直す必要がある。地下水資源が豊富な南部と不足する北部では異なる開発・管理策が求められる。とりわけ、水不足が懸念される HA-1 や HA-8 では特別な地下水管理対策が行われているわけではないため、その影響が顕在化している。かかる地域は地下水管理の必要性が高く本プロジェクトではその手法を提案する。

(3) 新技術の導入

M/P1995 では新技術として地下水涵養促進方法と地下ダムを提案した。その提案内容と実施状況は表 2-12 の通りである。しかしながら、その実施はまだ不十分で、本プロジェクトでは以下のよ

うな考察が必要である。

- ダムからの放流によって河床から地下水涵養が行われることが「ナ国」では経験的に知られており、また計画的な放流は地下水涵養効果を向上させることが他国の例で報告されている。「ナ」国では地下水涵養を意識した放流が行われているとは言い難いが、本プロジェクトでは計画的放流に言及しその適用性を検討する。
- 湖・池底の井戸を通じての地下水涵養は人工涵養とみなせるが、今後その地質的適用条件を検討する。
- 地下ダムは地質条件の制約が大きく適地が限定されている。また、調査や設計・施工に高い技術を要するため「ナ」国での普及は容易でない。本プロジェクトではその適用性や導入の可能性を再検討する。

表 2-12 地下水涵養促進方法と地下ダムの提案

	M/P1995 提案内容	実施状況
①	洪水調節池を建設し洪水を調整する効果と、放流によって、下流域の河床からの地下水涵養を期待する。	北部の一部のダムでは、河床からの地下水の浸透を意識した計画放流が試験的に行われているが、まだ一般的ではない。
②	湖や池底に浅井戸を掘削し、雨季における湖水や池水の地下水涵養を促進し、乾季に浅井戸として利用する。	実用化されていないがナ国側はこの手法に関心を持っている。気候変動対策としても期待されている。
③	地下ダムの建設	地下ダムは実用化されていない。地下ダム自体についても知られていない。

出典：JICA プロジェクトチーム

(4) 組織間の事業調整

効率的な事業実施のための組織間の事業調整の提案を行った（表 2-13 参照）。

表 2-13 効率的な事業実施のための組織間の事業調整の提案

M/P1995 提案内容	実施状況
多くの組織が村落給水事業を実施しているが、事業間の連絡や調整が行われていないため、効率的な事業がなされていない。井戸掘削の優先度や施設の内容は、LGA と州政府によって決定されるべきである。	多くの機関が村落給水事業に関与する状況に変化はない。M/P1995 以降、各州に地方村落給水衛生公社（RUWASSA）が設立され村落給水事業の担当機関として認められているが、依然として他の州政府機関が RUWASSA との調整なしに村落給水事業を実施する状態が続いており、非効率的な事業が行われている。

出典：JICA プロジェクトチーム

(5) 井戸掘削データの収集と一元的管理

井戸掘削データの収集と一元的管理の提案を行った（表 2-14 参照）。

表 2-14 井戸掘削データの収集と一元的管理

M/P1995 提案内容	実施状況
各地下水事業の実施機関が井戸掘削データを保有しており、井戸データが一元的に管理されていない。各機関に保管されたまま使われることなく消失してしまうデータも多い。	給水事業を目的とした地下水開発事業が活発に行われているが、州単位で実施されており、井戸掘削データは州政府の実施機関が保存している。井戸掘削データは井戸台帳として十分に整理されないまま紛失することもあり、有効活用されているとは言い難い。また、NIHSA を担当機関として、統一井戸台帳フォームを完成し、全国レベルの井戸台帳の作成を行っているが、データの収集状況や各州政府機関との協力体制は十分ではない。

出典：JICA プロジェクトチーム

2.5 サブセクター別プログラムとその実施

2.5.1 給水・衛生

(1) 既存給水施設のリハビリ事業

既存給水施設は不十分な運営維持管理により老朽化あるいは欠陥を持ったものが相当数あり、1995年時点の全国レベルの平均給水量は原水、浄水施設の設計給水能力と比較して、その利用率は表流水利用施設で68%、地下水利用施設で57%と推定された。地域別の設計給水能力、1995年当時の給水量および利用率は、表2-15の通りである。M/P1995の開発計画では、2000年を目標に既存給水施設のリハビリを行い、給水能力を回復する計画とし、表流水利用施設で $620 \times 10^6 \text{m}^3$ から $910 \times 10^6 \text{m}^3$ に、地下水利用施設で $260 \times 10^6 \text{m}^3$ から $460 \times 10^6 \text{m}^3$ に増加するものと推定した。

表 2-15 既存給水施設の利用率

項目	水文地域							計 (10^6m^3)
	NW HA-1	NE HA-8	CW HA-2	CE HAS-3/4	SW HA-6	SE HAS-5/7		
1. 設計給水能力								
表流水利用施設	90	110	210	90	330	80	910	
地下水利用施設	40	90	30	20	160	120	460	
2. 1995年の給水量								
表流水利用施設	70	60	150	40	240	60	620	
地下水利用施設	20	60	20	10	80	70	260	
3. 利用率 (2/1)								
表流水利用施設	76%	55%	71%	44%	73%	75%	68%	
地下水利用施設	50%	67%	67%	50%	50%	58%	57%	

出典：M/P1995

(2) 新規開発事業

目標年次2020年の上水需要に対し、リハビリ事業で回復する給水量を除く残りの上水需要については新規事業で対応し、地域別の新規開発すべき給水量は表2-16の通りに計画された。南部地域は都市人口が多いため、新規に開発すべき都市給水量が南西地域と南東地域で、それぞれ $1,950 \times 10^6 \text{m}^3$ 、 $960 \times 10^6 \text{m}^3$ に達し、その合計は全国都市給水量の66%、全国総給水量の48%に相当する。

表 2-16 地域別の新規開発給水量

項目	水文地域							計 (10^6m^3)
	NW HA-1	NE HA-8	CW HA-2	CE HAS-3/4	SW HA-6	SE HAS-5/7		
1. 新規の都市給水量								
表流水利用	90	190	410	250	1,370	210	2,520	
地下水利用	120	210	130	130	580	750	1,920	
2. 新規の農村給水量								
表流水利用	0	0	10	0	20	0	30	
地下水利用	190	320	210	280	230	330	1,560	
3. 合計 (1+2)								
表流水利用	90	190	420	250	1,390	210	2,550	
地下水利用	310	530	330	410	810	1,080	3,470	

出典：M/P1995

新規に開発する都市給水量のうち57%を占める表流水利用の水源は、中小規模多目的ダムの促進と河川水利用のポンプ施設で確保する計画とされた。

一方、都市および農村を合計した地下水利用の給水量は、表流水利用のそれを上回っており、理由として、1) 全国的に農村給水が著しく遅れていること、2) 農村給水の大部分は地下水に水源を依存すること、3) 一部の都市給水で地下水に水源に依存することが挙げられた。

地下水利用による給水量確保のために、新規に開発される深井戸の概数は 2020 年に 265×10^3 と推定された。表 2-17 参照。南部地域の都市用深井戸は、水源能力の高さから動力ポンプによる揚水量 $100\text{m}^3/\text{hr}$ として開発井戸本数が少ない。

一方、農村においてはハンドポンプが主要となることから、揚水量を $12\text{m}^3/\text{hr}$ として開発井戸本数が多くなる。

表 2-17 地域別の新規開発深井戸概数

水文地域 項目	NW HA-1	NE HA-8	CW HA-2	CE HAs-3/4	SW HA-6	SE HAs-5/7	計 (10^3)
都市用深井戸	1.8	1.8	1.7	1.7	5.5	2.1	14.6
農村用深井戸	31.0	52.2	33.7	45.1	36.1	52.7	250.8
合計	32.8	54.0	35.4	46.8	41.6	54.8	265.4

出典：M/P1995

さらに、上述の新規開発給水事業は、表 2-18 の通りに期間別に計画提案された。

表 2-18 期間別の新規開発給水計画

項目	期間	1996 -2000	2001 -2005	2006 -2010	2010 中間計	2011 -2015	2016 -2020	計 (10^6m^3)
1. 都市給水		600	400	790	1,790	1,120	1,550	4,460
表流水利用		280	240	470	990	660	890	2,540
地下水利用		320	160	320	800	460	660	1,920
2. 農村給水		410	180	240	830	330	430	1,590
表流水利用		10	0	0	10	10	10	30
地下水利用		400	180	240	820	320	420	1,560
3. 給水量計 (1+2)		1,010	580	1,030	2,620	1,450	1,980	6,050
表流水利用		290	240	470	1,000	670	900	2,570
地下水利用		720	340	560	1,620	780	1,080	3,480
4. 深井戸本数 (10^3)		67.6	29.6	40.8	138.0	54.4	73.0	265.4
都市給水		2.6	1.3	2.4	6.3	3.4	4.9	14.6
農村給水		65.0	28.3	38.4	131.7	51.0	68.1	250.8

出典：M/P1995

(3) 実績

給水リハビリ事業に関して、2006 年に連邦水資源省 (FMWR) によって実施された深井戸利用状況調査によると、その利用率の結果が 63% であり、M/P1995 時の地下水利用施設の利用率 57% と比較すると、既存の地下水利用施設の大きな改善はない。

一方で、地表水利用施設（主として都市給水）のリハビリ事業は、世界銀行およびアフリカ開発銀行を始めとドナー等の支援による改修事業が継続されているが、その対象は一部の州に限られており全国的な改善は達成されていない。M/P1995 の見直しにあたり、現在の地表水利用施設の利用率の検証を行い、現実的な開発計画の提言に繋げる方針である。

新規開発給水事業については、表 2-19 の期 2010 年時点の中間計との比較検証となるが、給水普及率から開発計画の進捗を考察すると以下の通りである。

表 2-19 の通り、M/P1995 では、1995 年の給水普及率が都市部 50.0%、農村部で 9.0% であり、2010 年および 2020 年の中間・長期目標普及率をそれぞれ設定している。2010 年の目標普及率と 2008 年の現普及率を比較した場合、大きな乖離がなく計画に近い進捗を示しているように見えるが、目標普及率算出の給水原単位が、現普及率算出の標準給水原単位（都市 $1200/\text{人}/\text{日}$ 、小都市 60、地方 30）を大きく上回っていることを考慮すると、給水普及率からみた M/P1995 開発計画の進捗は半分程度の達成率にあると推定される。

表 2-19 M/P1995 における給水目標普及率と現普及率の比較

区分	ベンチマーク (%)	目標普及率 (%)		現普及率 (%)	給水原単位 (ℓ/人/日)			
		1995 (M/P)	2010 (M/P)	2020 (M/P)	2008 (JMP)	1995 (M/P)	2020 (M/P)	2008 (JMP)
給水	都市	50.0	75.0	80.0	75.0	108	216	120 (60)
	地方	9.0	55.0	80.0	42.0	40	80	30
	全国	-	-	-	58.0	-	-	-

JMP: Joint Monitoring Programme, 2008 (by WHO and Unicef)

出典: JICA プロジェクトチーム

2.5.2 灌漑・排水

M/P1995 における灌漑・排水分野の実施計画およびその進捗状況は次の通りである。表 2-20 および表 2-21 参照。

(1) 既存の公的灌漑スキームのリハビリ事業と早期完工

施設に著しい機能低下が見られるスキームではリハビリ事業が少しずつ進められているが、全体的に停滞している。残りの未完成地区については、未だ計画・設計が為されていないスキームもあり、全体的に遅れている。

(2) 公的灌漑スキーム

1995 年当時の計画灌漑面積 320,000ha に対して現時点の既存・新規の計画灌漑面積 441,000ha であり、121,000ha が新規開発された。面積は増加しているが、2020 年までに目標 1,120,000ha を達成するのは困難である。

(3) 私的灌漑スキーム

1995 年当時の計画灌漑面積 150,000ha に対して Fadama 灌漑を含む現時点の面積 183,000ha である。面積は増加しているが、2020 年までに目標 380,000ha を達成するのは困難である。

以上のことから、全体の進捗状況について、2020 年までに M/P1995 の目標を達成することは困難であり、達成率は 42%程度と推定される。実際に計画灌漑面積は増加しているが、実際に作物栽培を行っている灌漑実施面積は現時点で約 67,000ha であり、計画灌漑面積 441,000ha に対して 15%とかなり低い。

公的灌漑スキームで栽培される作物は、コメ、メイズ、トマト、野菜などと多様であるが、雨期には一般的にコメの栽培が主である。全体の灌漑スキームのうち約 8 割で施設のリハビリを必要とし、また、燃料不足や施設破損によって灌漑を中止したスキームが約 6 割あると考えられ、それらの灌漑スキームは天水農業へ後退してしまった。

このような公的灌漑スキームの開発・管理の停滞の要因として次のことが挙げられる。

事業計画

- 灌漑スキームの適切な灌漑計画や開発戦略の欠如
- 不確実な財務状況

施設の維持管理

- 維持管理に対する認識不足
- 脆弱なコスト回収を含む不十分な投資
- 高額な初期投資と運用経費
- 直接受益者の参画意識の低さ
- 貧弱な運用・維持管理体制

農民への支援

- 不十分な農民支援サービス

表 2-20 M/P1995 の実施計画の進捗状況

	実施計画	進捗状況	摘要
既存の公的灌漑スキーム	既存公的灌漑スキームの計画面積 320,000ha のうち、灌漑を行っている 70,000ha のリハビリ事業を 2000 年までに完了する。残りの 250,000ha の未完成地区は、2005 年までに完成する。	緊急性の高いリハビリ事業は少しずつ進められているが、全体的に停滞している。残りの未完成地区については、未だ計画、設計が為されていないスキームもあり、全体的に完成の見込みはない。	予算不足、脆弱な運営維持管理体制が問題である。
新規の公的灌漑スキーム	2020 年までに計画面積 800,000ha を達成する。開発は中小規模スキームを優先して促進する。(中規模 3000ha, 小規模 300ha)	1995 年当時の計画灌漑面積 320,000ha に対して現時点の既存・新規の計画灌漑面積は約 441,000ha であり、121,000ha の新規開発が見られる。	面積は増加しているが、2020 年までに目標 1,120,000ha を達成するのは困難。
私的灌漑スキーム	2020 年までに計画面積 380,000ha を達成する。(1995 年当時 150,000ha)	1995 年当時の計画灌漑面積 150,000ha に対して Fadama 灌漑を含む現時点の計画灌漑面積 183,000ha である。	面積は増加しているが、2020 年までに目標 380,000ha を達成するのは困難
計画灌漑面積	既存公的 新規公的 私的灌漑 320,000 + 800,000 + 380,000 = 1,500,000 ha	既存・新規公的 私的灌漑 441,000 + 183,000 = 624,000 ha	達成率 42%

出典：JICA プロジェクトチーム

表 2-21 公的灌漑スキーム灌漑面積比較表 (1995 年当時と 2010 年)

項目	HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	計
2010 年灌漑面積 (千 ha)									
1. 大規模公的灌漑									
(1) 計画灌漑面積	51.3	37.6	31.5	19.0	27.9	40.0	16.6	189.5	413.4
(2) 整備済み面積	30.2	7.7	1.7	4.3	9.1	4.3	2.4	53.6	113.4
(3) 灌漑実施面積	14.2	5.8	0.8	2.1	2.0	1.6	2.1	30.4	59.0
2. 中小規模公的灌漑									
(1) 計画灌漑面積	2.6	6.7	1.5	1.3	1.4	3.7	6.3	3.9	27.4
(2) 整備済み面積	1.9	3.5	0.8	0.7	0.9	1.5	3.7	1.7	14.7
(3) 灌漑実施面積	1.3	1.7	0.2	0.2	0.4	1.1	2.0	1.2	8.0
3. 上記の計									
(1) 計画灌漑面積	53.9	44.2	33.0	20.3	29.3	43.7	23.0	193.4	440.9
(2) 整備済み面積	32.1	11.3	2.5	5.0	10.0	5.7	6.1	55.3	128.1
(3) 灌漑実施面積	15.5	7.6	1.0	2.3	2.4	2.7	4.1	31.5	67.1
1995 年灌漑面積 (千 ha)									
1. 大規模公的灌漑									
(1) 計画灌漑面積	62.3	45.8	61.2	11.7	18.3	37.1	14.3	180.1	436.8
(2) 整備済み面積	11.2	10.2	9.6	4.8	5.0	1.6	0.6	39.7	82.7
(3) 灌漑実施面積	6.6	8.6	9.0	1.1	4.2	1.6	0.6	24.7	56.4
2. 中小規模公的灌漑									
(1) 計画灌漑面積	3.6	10.8	2.1	3.1	1.9	7.5	4.5	9.7	43.2
(2) 整備済み面積	1.3	3.5	1.0	0.6	0.9	0.8	1.9	4.0	14.0
(3) 灌漑実施面積	1.3	3.1	0.9	0.5	0.5	0.8	1.5	2.5	11.1
3. 上記の計									
(1) 計画灌漑面積	65.9	56.6	63.3	14.8	20.2	44.6	18.8	189.8	474.0
(2) 整備済み面積	12.5	13.7	10.6	5.4	5.9	2.4	2.5	43.7	96.7
(3) 灌漑実施面積	7.9	11.7	9.9	1.6	4.7	2.4	2.1	27.2	67.5

出典：JICA プロジェクトチーム

公的灌漑スキームは降雨の少ない北部地域（HA-1、HA-8）で灌漑整備が進んでおり、比較的雨の多い中部地域や南部地域では整備が遅れている（図 2-3 参照）。

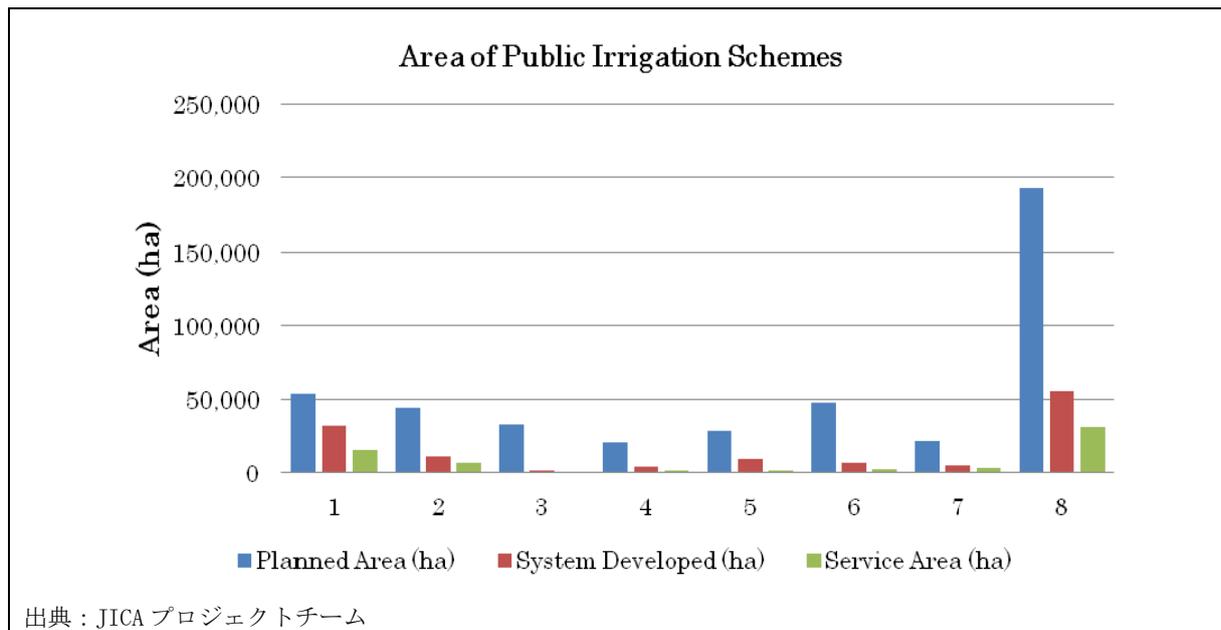


図 2-3 流域別公的灌漑スキーム灌漑面積

2.5.3 洪水対策・エロージョン対策

侵食対策と洪水対策に関するM/P1995の内容は以下のものである。全体として、現状の問題点と課題の指摘と、将来の対策の必要性が述べられたに留まっている。

(1) 1995年時点の現状の問題点と課題

ガリー侵食対策

ガリー侵食は、全国的な問題であるという認識のもと、特に南部のAnambra州とImo州で顕著（大規模かつ破壊的）であるとされた。一般的な規模は、延長100m、幅20m、深さ15m程度である。素因は、脆弱な砂質系の土質、地表の拉致化、高強度の降雨である。誘因としては、既成市街地の周辺付近における道路や住宅建設における不適切な排水処理の問題がある。

洪水対策

洪水対策は、上流のダム建設に伴う下流区間の氾濫原の氾濫レジームを調節することであるという理解が「ナ」国では強い。

河川管理

十分に調整された河川管理は、地域と国の経済発展に有効であるという認識のもと、河川管理は中央政府の責務であるとされた。1975年にFMWRが組織された際、全国的な河川管理の権限は付与されておらず、FIWDがNiger川とBenue川の水運管理に責任を有していた。1983年の水資源法が制定される以前は、水資源と河川システムの利用と保全に関して総合的に管理を行う組織は実態として存在していなかった。

(2) M/P1995の内容

ガリー侵食対策

M/P1995報告書（7C.3）にガリー侵食対策のM/Pが示されている。その内容は、関係機関の間の調整、ガリー侵食対策技術の向上の必要性が謳われたほか、計画・設計・施工・監理のガイドラインがM/P1995報告書の付属資料として提示された。

さらに、M/P1995当時、全国で約1,000箇所以上であると推定されたガリー侵食箇所に対しての対策実施プログラム案が示された。その実施プログラム案では、最初に各箇所の特性から、各箇所を全部で6つのランクに分類し、各ランクに適切な、標準的な対策工と工事単価が示され、全国とし

て必要な対策工の事業規模が算定された。M/P時点で、各サイトの調査費用を含めて約76億ナイラであった。ガリー侵食対策の計画設計ガイドラインとしては、水理検討手法に加え、具体的な対策工の事例が紹介されていた。それらは、土のう積工、テラス工、砂防ダム、山腹工、植栽工であった。上記の対策が必要な地点は、M/P報告書には掲載されていないが、添付図（26番）にガリー侵食のポテンシャルが示されている。図2-4にその図をGIS化したものを参考に示す。

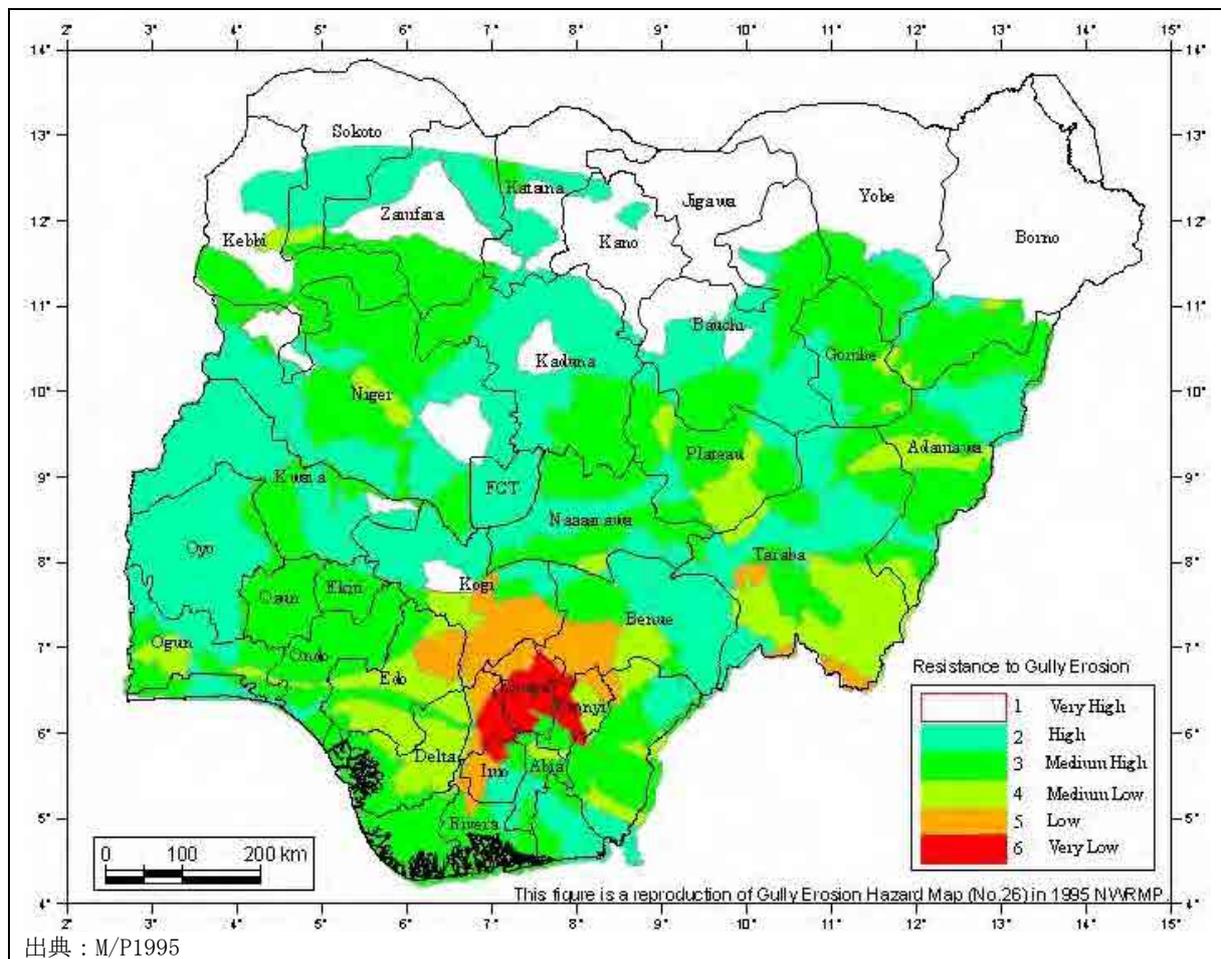


図 2-4 M/P1995 で示されたガリー侵食（抵抗力）のポテンシャルマップ

洪水対策

M/P1995報告書（7B.3）に、洪水対策に関わる計画が示されている。洪水対策の意味を、低地地域を洪水から守ることとした場合、その必要な対策は、土砂の流入を制御することと、輪中堤の防護である。前者に対しては、上流域の植林と氾濫する市街地における施設の適切な計画と建設である。特にNiger Delta地域における開発が最優先されるべきであるとされた。

「ナ」国においては、氾濫原における伝統的な農業、すなわち洪水収束期の河川水を灌漑として利用するというスタイルが継続されるべきである。そのための洪水対策は、そのような灌漑農業に悪影響を与えないようにすることである。具体的な対策工としては、丸太や竹を利用した河岸防護工と蛇籠工が紹介された。

大規模な河川改修工事は、特に北部では2020年までには特に実施される必要はないとされた。但し、道路、橋梁、集落を洪水から防護するための局所的な河川改修工事はその限りではないとされた。

(3) M/P1995以降の進展

1998年にNational Policy on the Environmentが策定され、さらに、1999年に連邦環境省設立の際、当時の連邦農業水資源省が有していた砂防、洪水対策に関わる権限は、組織ごと連邦環境省へ移管された。このため、基本的にM/P1995で提案された砂防、洪水対策は、新環境政策に吸収され、現在まで主として連邦環境省の手によって実施されている。本プロジェクトでは、こうした変化を考慮した検討、提案を行っていく必要がある。

2.6 水資源管理計画

2.6.1 表流水管理

M/P1995において表流水管理に関連して提案された事項とその実施状況は、次の表2-22にまとめる通りである。

表 2-22 M/P1995 において表流水管理に関連して提案された事項とその実施状況

M/P1995 において提案された事項	実施状況
リハビリ、新設を含む水文観測所の設立 1) 降雨観測所：70 2) 蒸発量観測所：66 3) 水文観測所：434 4) 深井戸による地下水観測所：68 5) 浅井戸による地下水観測所：300	1) FMWR による降雨、蒸発量観測所の新設はほとんどない。 2) 維持管理不足により、利用可能な水文観測所の数は減少した。 3) 1990 年代以 2005 年ごろまでに観測された水文データは分散しており、多くの観測所のものが利用できない状況である。 4) NIHSA 設立後水文観測所の設置とデータ復旧が活性化してきた。
水資源インベントリデータのための統合データバンクの構築	各セクターによるインベントリ調査は実施されてきた。統合データバンクは設置されていない。
既存貯水池の水運用プログラム作成	基本的には実施されていない。研究事例は見られる。
パイロット流域における「河川流域総合管理プログラム」（開発調査）の実施	提案どおりには実施されていないが、提案の思想を反映し、いくつかの流域において流域管理計画を策定するための調査が行われている。
積極的な住民参加システムの導入による受益地区の便益向上	例えば、世界銀行支援の Fadama 事業において、住民参加システムが考慮されている
既存大貯水池の有効利用、受益地の拡大、湿地の環境保全の改善	2006 年に実施された Lake Chad 水文地域における流域管理計画策定時に配慮された。

出典：JICA プロジェクトチーム

2011 年 9 月 20 日、JICA プロジェクトチームは NIHSA のスタッフと M/P1995 の提案事項と現状とのギャップを確認するための会議を行った。参加者による自由討論の結果、以下の課題（表 2-23 参照）が確認された。本プロジェクトでは、これらの課題を考慮した検討が行われるべきである。

表 2-23 水資源管理に関する M/P1995 の実施に関わる課題

課 題	説 明
十分な資金調達	提案事業を実施するための資金が不足していた。
政策の一貫性	M/P1995 は事業実施のガイドとしては有効利用されなかった。
事業実施をモニタリング、評価するための調整機関	M/P1995 策定のための調査が完了した後、提案事業を実施していくための調整が行われなかった。このことから、本プロジェクトにおけるモニタリング、評価に関するストラテジーは重要である。
M/P を実施するためのアクションプランの準備	M/P1995 には水文モニタリングシステムに関する目標と戦略は述べられており、それは現在でも有効と考えられる。しかしながら、いかにしてその目標を達成するかはよく議論されていなかった。
ステークホルダーの参加	M/P1995 の策定時には、水文モニタリングに関するステークホルダーが関与すべきである。
キープレーヤーとしての NIHSA との協議	本プロジェクトの過程で水文モニタリングに関する NIHSA との協議が重要である。NIHSA と JICA プロジェクトチームとの定期的な会議は必要不可欠である。
水資源モニタリングに関する組織制度面の分析	水資源モニタリングに関する関連機関の責務について、それらの設立法にたらし合わせた分析が必要である
水文データに関するデータバンクの整備	M/P1995 においては“National Water Resources Databank”の構築が提案されたものの、実施されなかった。NIHSA は、水文データに限定した“Hydrological Databank”の構築を提案しており、また、それは水量と水質の両者を含むべきとしている。
洪水予報	M/P1995 において洪水予報は M/P に含まれなかった。本プロジェクトには洪水予報が含まれるべきである。

出典：JICA プロジェクトチーム

2.6.2 地下水管理

M/P1995 では、地下水管理に関する以下の活動を提案している。

- Chad 盆地と Sokoto 盆地でのモニタリングシステムを稼働し地下水位の変動を調査する。
- Lagos や沿岸地域の帯水層に塩分濃度を観測する観測井戸を設置する。
- Fadama 灌漑を促進するための観測井戸の設置

M/P1995 の提案内容と実施状況を表 2-24 に示す。

表 2-24 モニタリング井戸ネットワーク

		提案内容		実施状況	
給水目的 モニタリング	Maiduguri 地域	5 サイト×3 本 (d=50m, 250m, 500m)	3 本	① 給水に係る地下水モニタリングは、堆積岩地域を対象として、12 箇所のモニタリング深井戸に自記水位計を設置し、2007 年頃から観測を開始した。 ② 一方、Fadama 灌漑に係る地下水モニタリングは、50 箇所のモニタリング深井戸に自記水位計を設置し調査を行っている。モニタリング井戸は北部地域の主要河川の氾濫原に位置する。 ③ モニタリング井戸は提案に従って設置されたが設置箇所数が提案数量よりも少ない。その理由は以下の通りである。	
	Chad 盆地	4 サイト×2 本 (d=40m, 200m)			
	Sokoto-Rima 流域	3 帯水層×3 本 (d=150m)+1 本(基盤岩)	3 本		
	Lagos 地域	5 本(d=100m)、 水位と塩分濃度観測。	2 本		
	Niger 南部	-	2 本		
	東部海岸	-	1 本		
	合計	38 本	11 本		
Fadama 灌漑	流域-1	40 本	50 本	・「ナ」国側技術者がモニタリング井戸設置の全量設置の必要性を認めなかった。 ・予算承認者に M/P1995 提案内容の重要性が理解されなかった。 ・予算不足のため一部井戸の設置しか認められなかった。	
	流域-2	60 本	0		
	流域-3	35 本	0		
	流域-4	30 本	0		
	流域-5	20 本	0		
	流域-6	10 本	0		
	流域-7	25 本	0		
	流域-8	80 本	0		
合計	300 本	50 本			

出典：JICA プロジェクトチーム

モニタリング井戸の設置が M/P1995 の提案どおりに進んでいない。

その一方で、地下水環境の悪化は着実に進行していると考えられている。地下水モニタリング活動が活発でない理由は予算不足だけでなくその重要性に対する理解不足があると思われる。本プロジェクトでは地下水管理におけるモニタリングの重要性を繰り返し説明する。

M/P1995 の実施状況とその理由に鑑み、本プロジェクトの提案内容を実施するために担当技術者レベルだけでなく、政策意思決定者である水資源省の幹部、国家計画委員会 (NPC) などの幹部と JICA プロジェクトチームが協議しモニタリングの重要性を訴えることも方策の一つとの指摘がある。

2.6.3 水環境管理

M/P1995 で抽出された水環境に関連する課題と本プロジェクトで観察された現状を比較したものを表 2-25 に示す。現状については、本プロジェクトの中でさらに確認する必要がある。

表 2-25 M/P1995 で抽出された課題と本プロジェクトで観察された現状の比較

	M/P1995 において抽出された課題	本プロジェクトで観察された現状
A	表流水	
1	地表水の水質をモニタリングする国家的な計画が存在していない。	FMWR は、水質をモニタリングするために、現在、6 つの試験所を運用している。けれども、財政的問題及び十分な人材の不足のため、これらの試験所は対象地域を効率的に網羅できず、分析できるサンプル数はとても少ない状況である。
2	地方において利用されている水（地表水及び地下水）の水質はほとんどモニタリグされていない。	一方、新しい 6 つの試験所が建設中である。それらは 2013 年から運用が開始される予定である。12 の試験所により、FMWR は、「ナ」における全水文地区を網羅するためのシステムチックな水質モニタリングプログラムを計画している。
3	水質に関して利用できる情報は短期間の情報のみである。一般的に調査、設計、大規模プロジェクトの建設時に収集される。	
4	FEPA は主として、産業からの汚染水について関わっている。	
B	地下水	
	いくつかの地域における地下水の水質悪化は以下のことが原因である。	
	a) 過剰開発による井戸への海水侵入	この問題は「ナ」国において現在も継続している。
	b) 地表水の地下水への浸透	2002 年までに、汚染された地表水の地下水への浸透がいくつか確認された。
	c) 地下水へ影響する化学肥料	2004 年までに、農薬による地下水汚染が確認された。
	d) 不十分な衛生施設による掘削孔における高い硝酸塩濃度及びバクテリアの存在	2008 年までに、衛生関連施設付近にあるため汚染された 40 の浅井戸が確認された。
	e) 石油製品による地下水（掘削孔）の汚染	この問題は「ナ」国において現在も継続している。
C	貯水池を覆う密集した水生雑草及び取水口の閉口	2007 年から 2011 年に、アフリカ開発銀行の支援による既設ダムにおける雑草除去のプロジェクトが進行中である。
D	水関連の病気	
1	腸チフス、コレラ、下痢は「ナ」国における全ての州の風土病である。	国レベルで、2010 年までに水関連の病気を報告した全てのケースの 55% が下痢によるものであった。
2	「ナ」国の全ての州におけるギニア虫の流行	現在までに、より多くのケースは報告されていない。
3	マラリア、回旋糸状虫症、住血吸虫症	「ナ」国においてマラリアは未だ大きな問題である。
E	飲料水	
1	適切に処理されていない汚染された生活廃水は多数の既存の給水設備によって供給されている。	2004 年から 2005 年に行われた飲料水の水質に関する調査により、多数のサンプルにおいて、汚染や水道会社の低い処理のため、大腸菌が存在していたことが明らかとなった。
2	水質基準の欠如	現在、2007 年の水質基準が活用されている。
F	汚染源	
1	家庭から排出される汚物は家屋付近の開水路に投げ込まれている。	「ナ」国の多数の地域において、未だ見られる。
2	「ナ」国において下水道システムはほとんど整備されていない。	概観に変化はない。現在、下水道システムの建設は促進されていない。
3	未処理の産業用水は水質を悪化させている。	多数の産業は、未だ「ナ」国の水路を汚染している。
4	固形廃棄物処分場からの浸出液が問題。	この問題は現在まで継続していると考えられ。
5	農薬の流出で地表水及び地下水が汚染されている。	この問題は現在まで継続していると考えられる。
6	水路は固形廃棄物の排出先となっている。	この問題は「ナ」国において現在も継続している。
G	Lagos、Ogun、Ondo、Bende l 州における濁りの水の富栄養化が問題となっている。	この問題は「ナ」国において現在も継続している。

出典： JICA プロジェクトチーム

2.6.4 組織・制度

(1) M/P1995 提案内容

組織・制度の観点から、以下にのべることが M/P1995 で提言された。

- a. 1993 Water Resources Decree の施行を受けて、水資源管理・開発の一元的管理と適切な調整を達成するため、
 - 連邦水資源省 (FMWR) の中に新たに Department of Water Administration を創設する (既存の Department of Hydrology and Hydrogeology に代えて)。
 - Department of Water Administration の中に以下の 3 部門を設ける。
 - Water Use Coordination
 - Hydrology and Hydrogeology
 - Environmental Management (for EIA and Watershed Management)
- b. 1988 Privatization and Commercialization Decree を考慮して、12 ある RBDAs の責任範囲を見直し、
 - RBDAs の灌漑事業に係る灌漑排水路と上水導水路の建設・維持管理について、灌漑排水路は水利委員会 (WUA) への業務引き継ぎ地点まで、上水導水路は州水道公社 (SWA) との業務引き継ぎ地点までにそれぞれ限定する。
 - 州政府の技術力を考慮し、暫定的に州政府が実施する水資源開発事業を RBDA が代行する。
- c. 水資源開発・管理における地方分権化、民営化及び利用者参加を促進するため、
 - 利用者による機能的な利用者組織作り
 - プロジェクト実施の制度化
 - プロジェクトの建設・管理への参加
- d. M/P1995 の円滑な実現のため、
 - NWRI のスタッフ・トレーニング部門の強化
 - 技術や行政分野における外部専門家による技術移転プログラムの推進

(2) M/P1995 の実施状況

連邦水資源省 (FMWR) は「Ministerial Press Briefing 2010」と題する公式文書を発行した。この公式文書は、連邦水資源省 (FMWR) の次のような組織改革措置に関する情報が記述されている。

- 現在の組織改革は 1999 年の FMAWR の分割以前から始まった。
- FMWR の組織改革の下で、2つのエージェンシーとひとつのコミッションの創設についての議案が国会に送られた。
- そのうちのひとつが「NIHSA」の設立に関するものであり、それはすでに立法化された。「NIWRMC」の正式の規則 (権限規定) については、現在大統領の承認待ちである。「GDMA」の権限規定については、国会上程前段階である。

加えて、NWRI では、2010 年から村落給水・衛生分野におけるステークホルダーの能力開発プロジェクト (RWSSC Project) が現在も実施されている。

現時点で FMWR の組織は、M/P1995 で提言されているものと同一ではない。しかし、水文学・水文地質学的業務を担当する新組織である「NIHSA」や統合水資源管理を担当する新組織である「NIWRMC」の設立は、M/P1995 の提言から派生したものである。これは組織改革の明らかな一例と言える。人材養成の面でも水資源セクターの人的必要性に応じて、Kaduna にある NWRI が水資源セクターのステークホルダーのための様々な研修が実施されている。

2.7 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？
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？
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

本プロジェクトでは、上述の諸課題を解決できるような方策（すなわち、計画を実現するための効果的な手段）を十分に検討すべきである。

第3章 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト

3.1 水資源開発・管理の政策・戦略

「ナ」国政府の水資源開発・管理の関する政策・戦略に関して、以下の主要な政策文書がある。全国水資源マスタープランは、これらの上位計画に従って作成される。

- ナイジェリア・ビジョン 20:2020 (Nigeria Vision 20:2020)
- 水セクターロードマップ (The Nigeria Water Sector Roadmap)
- ミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals, 2000)
- アフリカ水ビジョン (The Africa Water Vision)
- 国家水資源政策 (National Water Resources Policy, 2009) (2009年改訂版ドラフト)

(1) ナイジェリア・ビジョン 20:2020

従前の国家開発計画 (NEED 及び NEED-2) と同様、水資源セクターは国家の重点開発セクターとして位置づけられている。水資源セクターの達成目標は以下の通りである。

表 3-1 ナイジェリア・ビジョン 20:2020 の概要 (水資源セクター)

サブセクター	基本目標	開発内容
給水・衛生	飲料水と基本的衛生施設への持続的なアクセスの提供	安全な水に対するアクセス率:100%および基本的な衛生施設へのアクセス率:80%
水力発電	持続的な経済発展を支えるための充分かつ効果的なインフラの整備	電力供給の安定性を確保するため、水力発電を含め発電能力を 35,000MW まで増強する。
灌漑・排水	極度の貧困撲滅と経済成長	食料の安定供給 (農産物を増産) するため、灌漑面積を拡大する。
洪水・浸食防御	持続的な社会経済発展のための環境保全	土壌劣化の防止

出典：ナイジェリア・ビジョン 20:2020

(2) 水セクターロードマップ

水セクターロードマップは、ナイジェリア・ビジョン 20:2020 の達成を目的に策定された事業計画である。その内容は、国家水資源審議会並びに M/P1995 の成果に基づき策定された。計画は、短期計画、中期計画及び長期計画に分けて提示されている。短期計画と中期計画の目標と戦略には、主要な当面の事業計画が示されているが、長期計画には具体的な事業は盛り込まれていない。長期計画 (2016年-2025年) の概要は以下の通りである。

表 3-2 水セクターロードマップ長期計画の目標

サブセクター	計画概要
給水・衛生	給水普及率 100%、衛生的な施設へのアクセス率 95%
農業・灌漑	3.14 百万 Ha の灌漑実現に向けた灌漑施設の拡張
ダム	水力発電、10,000MW ミニハイドロプロジェクトの推進

出典：水セクターロードマップ

(3) ミレニアム開発目標

子供の死亡率削減、妊産婦の健康改善及び持続可能な環境作りなどの 8つの目標と 18のターゲットが掲げられた。そのなかの目標 7 (環境の持続可能性確保) のターゲット 10 では「2015年までに安全な飲み水へのアクセスがない人口の割合を半減する」との目標が掲げられた。前掲の水セクターロードマップによれば、給水普及率の中期目標として 75%達成を掲げているが、現状は全国で 58%、地方給水は 45% (JMP による算出値) であり、実績は計画より遅れている。

(4) アフリカ水ビジョン

西アフリカ諸国が中心となり、地域的水ビジョンとして発表されたものが「アフリカ水ビジョン (The Africa Water Vision)」である。このビジョンでは、ポスト MDGs 目標値として、2025 年までに安全な飲み水供給施設へのアクセス率 100%、衛生施設へのアクセス率 95%を掲げている。

(5) 国家水資源政策 (2009 年改訂)

2004 年度の国家水資源政策の改訂版である「国家水資源政策 2009」には、連邦水資源省の管轄する水資源開発管理に関する国家水政策、諸原則及び戦略が盛り込まれている。この「国家水資源政策 2009」は、前版に盛り込まれている政策とセクター別主要課題とともに、新しい法制度の整備など新政策を取り入れたものとなっている。

3.2 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。

3.2.1 計画の定義

本プロジェクトでは、全国水資源マスタープランの策定に関わる計画を次のように定義する。

(1) 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 3-1 参照）。

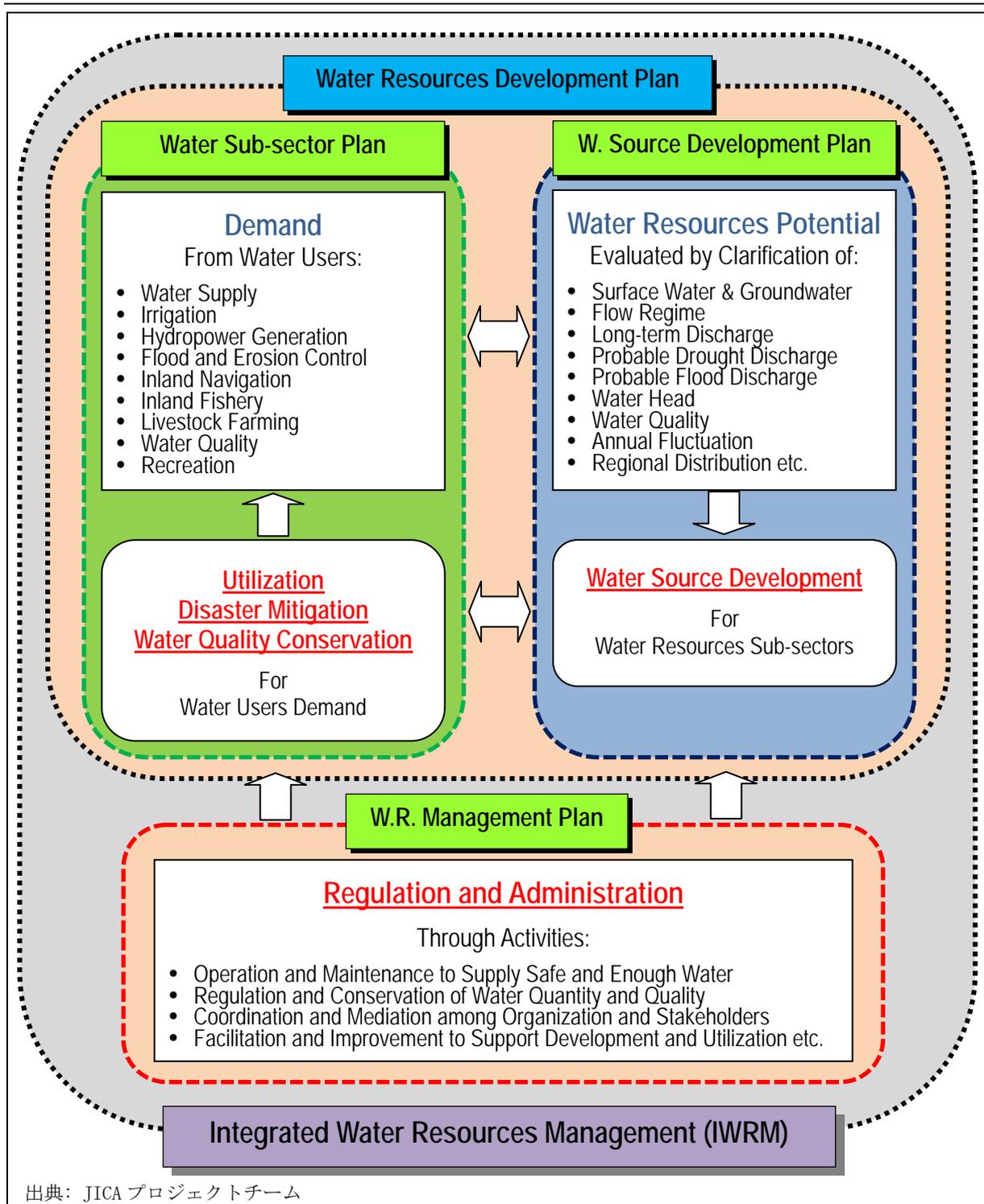
(2) 統合水資源管理（IWRM: Integrated Water Resources Management）

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。図 3-1 を参照。

- 自然界を統合的に考慮：水資源と土地資源、水量と水質、表流水と地下水など、自然界での水循環における水のあらゆる形態・段階を統合的に考慮する。 ➡ 水資源ポテンシャルの評価
- 様々な水関連部門を統合的に考慮：従来別々に管理されていた水に関連する様々な部門を統合的に考慮する。（あるべき姿の河川、治水、上下水道、農業用水、工業用水、環境のための水等） ➡ 需要の把握と予測
- 様々な利害関係者の関与：中央政府、地方政府、民間セクター、NGO、住民などあらゆるレベルの利害関係者を含む参加型アプローチを図る。 ➡ 利害関係者の合意形成

(3) 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 3-1 を参照。



出典： JICA プロジェクトチーム

図 3-1 全国水資源マスタープラン 2013 のコンセプト

(4) 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。図 3-2 を参照。

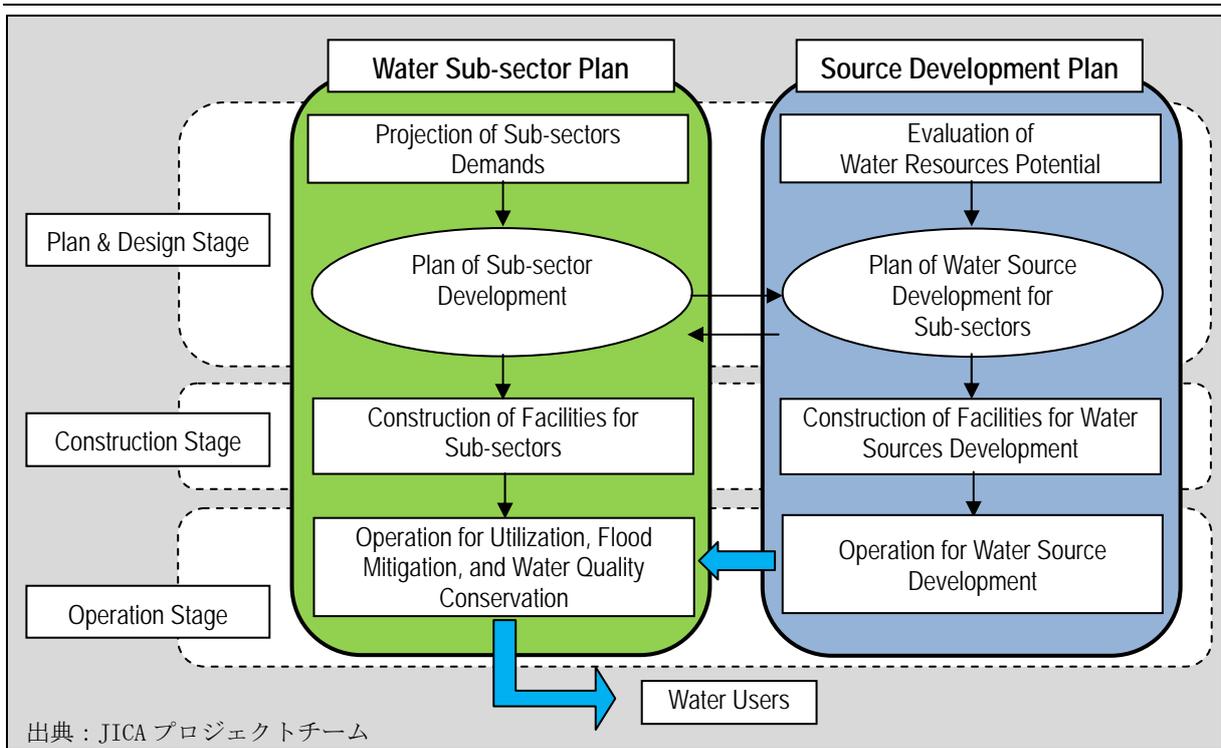


図 3-2 水資源開発のイメージ

(5) 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。図 3-3 を参照。

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。

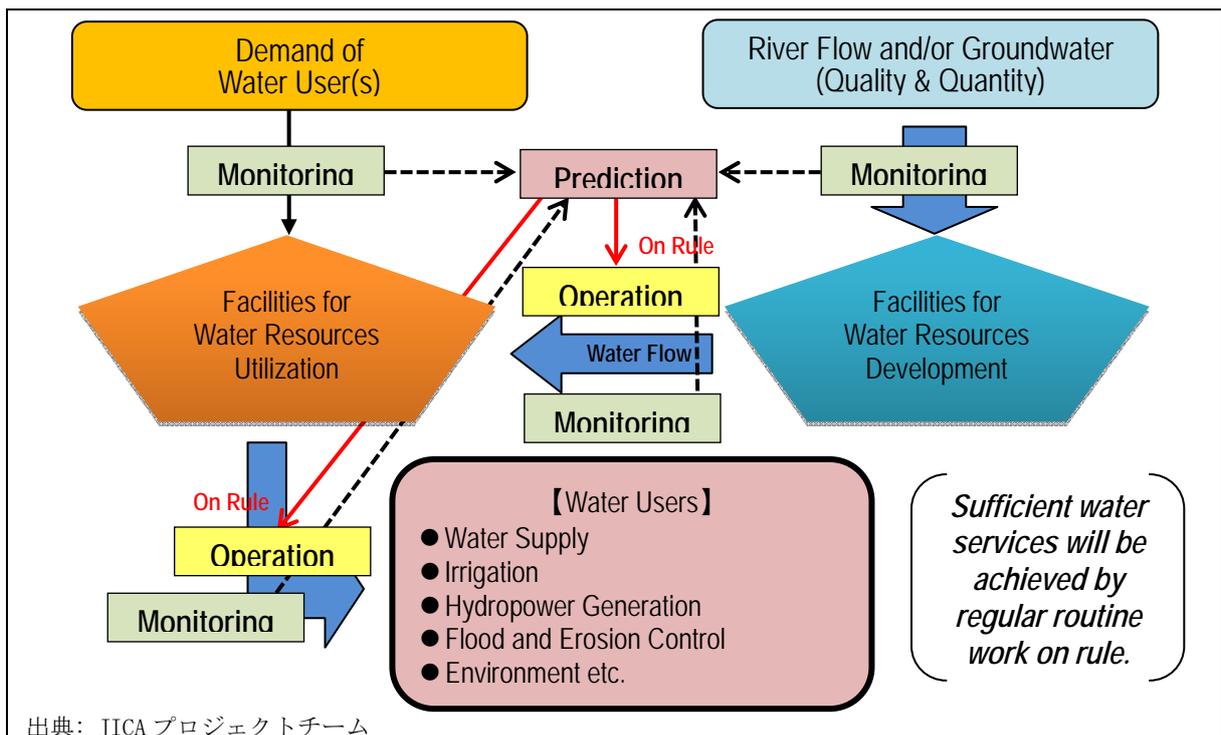


図 3-3 水資源管理の基本 (モニタリング・予測・運転)

3.2.2 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 3-4 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。その主なポイントは以下の通りである。

- M/P1995 の水資源ポテンシャル評価では、1) データを用いた評価期間（1970 年代と 80 年代の 20 年間）が短いことと、2) 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が指摘された。全国水資源マスタープラン 2013 では、1990 年代と 2000 年代の加え、長期間データ（40 年間）を用いた評価を行い、ポテンシャルの流況評価や確率評価を求めている。これらの値は、給水や灌漑の安全度の計画に用いられている。
- 実施の進捗が遅れている連邦水資源省（FMWR）管轄の水源開発・給水・灌漑事業について、より実現可能な計画を議論している。また、他省管轄であるが、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、全国水資源マスタープラン 2013 では議論している。
- 水資源管理計画では、M/P1995 では議論されなかった水管理の重要テーマである開発施設やシステムの運転・維持管理について深く議論している。また、重要課題である人材育成に加え、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）についても議論している。

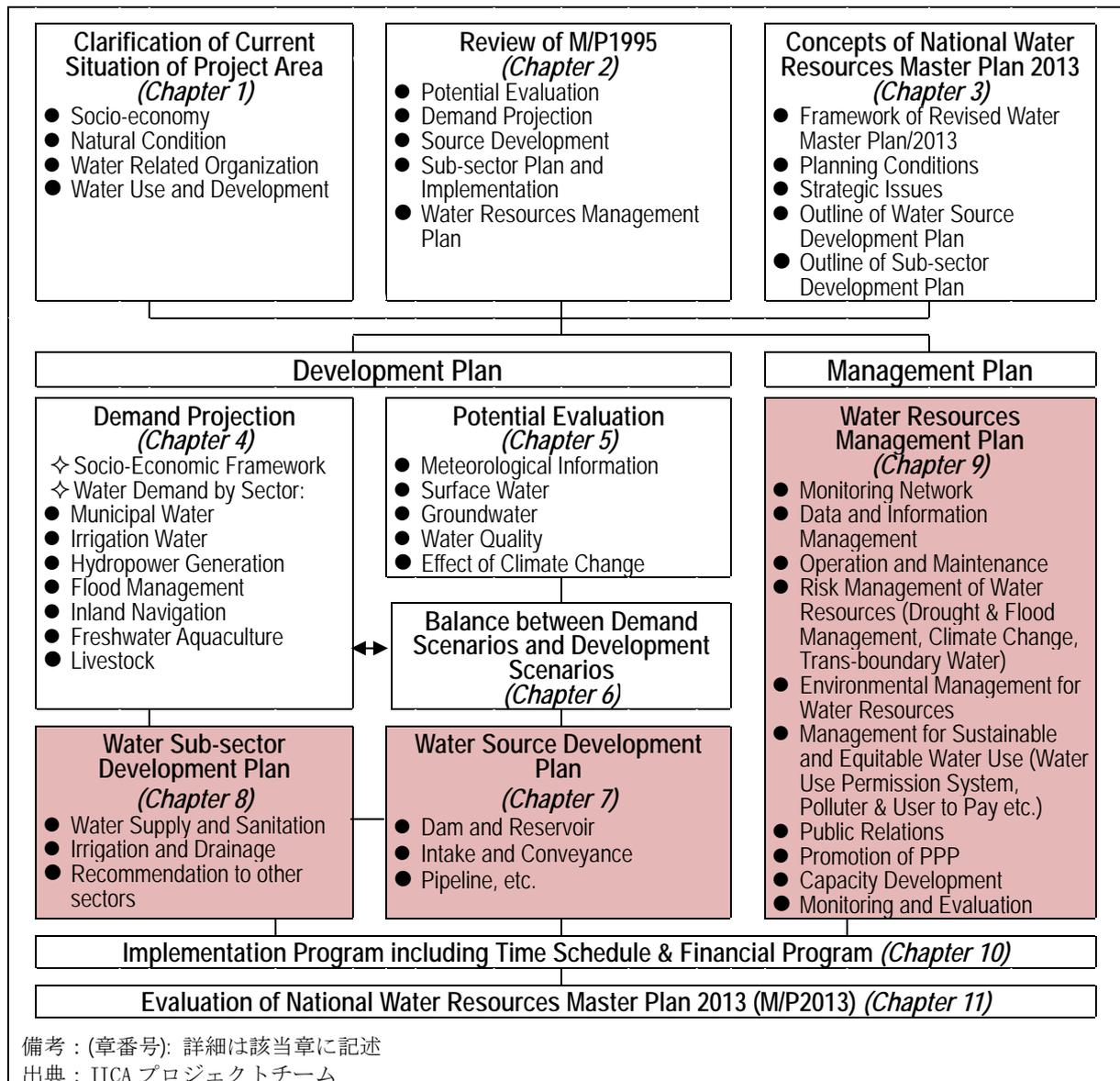


図 3-4 全国水資源マスタープラン 2013 の内容

3.2.3 全国水資源マスタープラン 2013 の計画条件

全国水資源マスタープラン 2013 における計画策定にあたり、原則として、以下の計画条件をもとに施設計画を行う。

なお、本計画条件は、全国水資源マスタープラン 2013 策定の過程において開催された技術諮問委員会において議論され、基本的合意が得られたものである。

表 3-3 計画条件

項 目	計画条件
流況・気象条件	1) 将来の気象条件は不確実性が大きいため、既存の流況、気象条件をもとに策定する。 2) 基本的流況、気象条件として、既存（1970～2009年）の流況、気象条件を適用する。この基本条件をもとに水需要、水源開発に関するオプションを検討する。
気候変動の影響	1) 将来生じる可能性のある水資源に対する気候変動の影響については、制御できない不確実なリスク要因として取り扱う。気候変動に伴うリスク要因に対する水資源量の感度分析を行う場合がある。 2) 気候変動シナリオに関しては、GCMの出力結果に基づく、シナリオを設定する。
越境水	1) 「ナ」国周辺上流国から流入する水資源については、周辺諸国における水資源開発の影響を受ける可能性があり、制御が難しいリスク要因となる。こうしたリスク要因に対する感度分析を必要に応じて行う。 2) 特に、カメルーン国の既設 Lagdo ダム、ニジェール国に建設予定の Kanda ji ダムの運用には慎重に対処する必要がある。これらのダムで流況調整された水は、「ナ」国とこれらの国々の間での最低流量に対する取り決めが存在しない限りは「ナ」国内では利用できないものとして、計画を策定する。
利水安全度	1) 原則として、以下の利水安全度を満たすように表流水管理開発計画を策定する。 a) 都市用水：1/10年安全度（10年に一度の水不足を許容する） b) 灌漑用水：1/5年安全度（5年に一度の水不足を許容する） c) その他用水：1/5年安全度（5年に一度の水不足を許容する） ここで、都市用水には生活用水、工業用水、商業用水が含まれる。
利水優先度	1) 計画策定における利水優先度の設定にあたり、以下の原則を考慮する。 a) 環境の悪化に対して妥協しないことを前提に、生活に必要な水の確保を最優先する。 b) 次に、食糧の安定供給の観点から必要とされる灌漑用水の確保を優先する。 2) 以上の原則より、計画策定における利水優先度を以下のように設定する。 ・第1優先：河川維持流量 ・第2優先：都市用水 ・第3優先：灌漑用水 ・第4優先：水力発電を含むその他用途 ここで、水力発電は非消費型の水利用であり、上記優先度を考慮したうえで、最適な利用を図る。 3) 水資源施設の実運用時の利水優先度については、ステークホルダー間の協議によってケースバイケースで決定されるべきである。このため、各水文地域における利水調整委員会の設置を提言していく。
河川維持流量	1) $Q_{97\%}$ (1/10 渇水年における 97% 日流量) を河川維持流量として設定する。これは、「ナ」国の各河川の渇水時の流量を代表する指標である。 2) 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。
地下水開発	1) 原則として、地下水涵養量で規定される安全揚水量を超える地下水利用は行わない。

出典：JICA プロジェクトチーム

3.2.4 環境社会面への戦略的配慮

全国水資源マスタープラン 2013 の実施によりいくつかの環境社会面の負のインパクトが生じるかもしれないものの、全国水資源マスタープラン 2013 の主たる目的はビジョン 20:2020 といった国家計画に基づく社会福祉の向上と経済成長への貢献である。環境社会面での大きな負のインパクトを防ぐために、全国水資源マスタープラン 2013 の策定にあたっては、以下について戦略的に考慮することとする。

- 水源開発
 - 地下水の持続的利用を確保するために、地下水開発は安全揚水量以下とする。
 - 必要となる新規ダムサイトは入手可能な情報、データに基づく水バランスの検討結果により提案する。
 - 経済効率が高いとしても大きな町が水没する可能性のあるポテンシャルダム貯水池サイトは選定しない。これにより、住民移転による大きな社会的インパクトを避ける。
- 給水・衛生
 - 施設のリハビリによる既存給水施設の有効活用を推進することにより、新規施設建設を最小化する。
 - 給水需要量および利用量の増加による廃水量の増加が予想されることから、清浄で安全な水の確保のために、M/P1995 と比較して、衛生、廃水管理にも重点を置く。
- 灌漑・排水
 - 水文地域ごとの降雨量、河川流量を考慮して水文地域ごとの標準作付パターンを提案する。これにより水資源の有効活用を図る。
 - 原則として Fadama 地区には新規灌漑スキームを提案しない。これにより Fadama 地区における既存の小規模灌漑農家が現在の生活スタイルを確保できるように配慮する。
 - 水源開発が最小となるように、HA-5、7 といった降水量が多い地域では降雨を有効に活用する補助灌漑を推進する。

3.2.5 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

3.3 全国水資源マスタープラン 2013 の計画概要

3.3.1 「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

「ナ」国における水文環境は地域により大きく異なり、水資源量は大きく偏在している。「ナ」国において内部生産される水資源ポテンシャル量は、HA-1、8 といった北部地域では、100 億 m³/年以下であるのに対し、HA-5、6、7 といった南部地域では 400 億 m³/年を超えるものとなっている。一方で、潜在的水需要量を示す人口規模の偏りも大きい。このため、1 人あたりの水資源量（内部生産分のみ）は、「ナ」国平均が 2010 年において 1,800m³/年/人、2030 年において 1,100m³/年/人であるものの、水文地域によって 10 倍以上の開きがあり、HA-1、8 において極端に小さい。効果的かつ持続的な水利用のために、このような偏在する水資源量と潜在的水需要量を考慮した水資源管理開発を提案する。具体的には、地域ごとの水資源ポテンシャルを考慮し、水供給可能性と水需要量のバランスの分析に基づく水資源管理開発計画を立案する戦略とする。なお、全国水資源マスタープラン 2013 では、流出解析の結果から SHA の単位で水文量の整理を行っており、それに基づき、水バランスの検討を行っている。

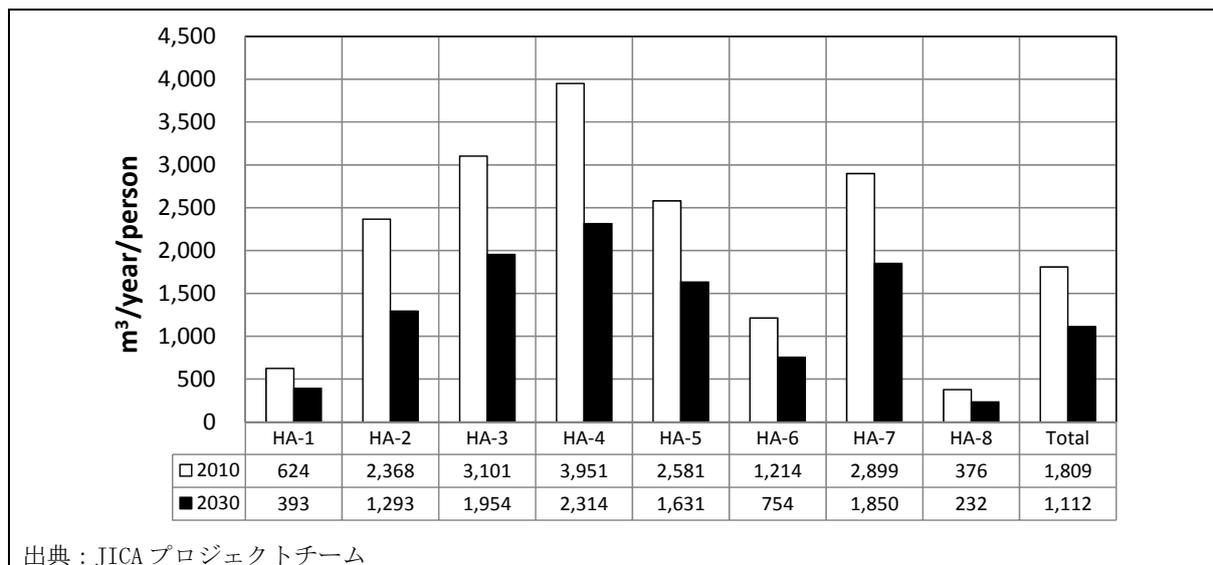


図 3-5 1 人あたりの水資源量（内部生産分のみ）

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

「ナ」国における現在（2010 年）の 1.5 億人あまりの人口は全国水資源マスタープラン 2013 の目標年次である 2030 年には 2.5 億人を超えるものと推定されている。こうした増加する人口を支えるための十分な生活用水の確保は、国民生活のための基本的サービスの提供という観点から水セクターの基本的かつ重要な課題である。

国家開発計画であるナイジェリア・ビジョン 20:2020 および水セクターロードマップに従って、現在の給水率 50%程度が 2030 年時点では 100%に改善されることを目標とすると、2010 年における給水水需要量 31 億 m³/年は 2030 年には 90 億 m³/年に増加し、現在よりも 3 倍弱の供給水量を要求する。

一方で、給水施設の現状は、浄水場の実績稼働率が全国平均で見ると設置能力の 45.2%（浄水能力ベース）、生産井戸の稼働率が 63%程度（施設数ベース）と低い値を示すなど、既存施設が十分に活用されているとは言い難い。このことが平均 50%程度と推定されている低い給水率の最大の要

因となっていると考えられる。既存施設の稼働率改善および新規に建設される施設の適切な稼働率の確保が、給水率の向上のための重要な課題となる。

将来の給水水需要量の増加への対応としては、既存施設の低い稼働率の改善を行いつつ、追加が必要となる給水施設の増強を計画する戦略とする。

課題と戦略-3：堅実な自立性のある灌漑開発の促進

国家開発計画であるナイジェリア・ビジョン 20:2020 によれば、灌漑・排水サブセクターについて、食料の安定供給（農産物を増産）を実現するために灌漑面積を拡大することを目標として掲げている。

一方、現状の「ナ」国の公的灌漑整備面積は既存計画灌漑地面積 44 万 ha に対して 13 万 ha と低い水準となっている。さらには、整備済面積のうち実際に稼働している灌漑面積は 7 万 ha となっており、現状の灌漑農業の低調さが伺われる。このような施設稼働率の低さは、ポンプなど外部動力を大量に必要とする灌漑方式の灌漑スキームで特に顕著であり、施設の老朽化と維持管理費の高さが稼働率の低さの主要因となっていると考えられる。

このような中、将来の灌漑面積の増加を図るうえで、必ずしも既存計画灌漑地に固執することなく、より経済的に有利、あるいは自立性のある灌漑システムを新規提案し、将来の灌漑面積の拡張を計画していく必要がある。具体的には、ポンプ等の外部動力が極力少なくなる重力配水スキーム、電力などの動力を自己調達できる総合開発スキームが考えられる。

既存スキームのうち、経済性、自立性の観点から有望なスキームを選定して修復・拡張したうえで、有望な新規スキームの導入を図る戦略とする。「ナ」国における穀物生産のほとんどが天水農業で賄われている現状であるが、コメの生産については、天水稲作の拡大・改良と合わせれば、2030 年時点で灌漑面積 50 万 ha 程度を達成すれば、コメの自給率 100%の確保は可能である。これは、既存のコメ生産計画と合致するものである。

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

「ナ」国には、これまでに総貯水容量 374 億 m³のダム群が建設されている（確認されたダム数 170 余り）。このうち、巨大水力発電ダム（Kainji、Jebba、Shiroro）が 258 億 m³をカバーし、残りの 116 億 m³が主として上水、灌漑目的に建設されたものである。総貯水量としては、国全体の水需要量を十分に賄うことが可能であるが、地域的な観点からは必ずしも水源施設と水需要の整合が取れておらず、水需給が極端に切迫して利水者間のコンフリクトが生じる地域もあれば、ダム貯水に余裕が十分にあり、2030 年時点でも利用が計画されないものも存在している。これらの水源は距離的に大きく離れていることから、水源間の水の融通はほぼ不可能であり、基本的には地域内での問題の解決が必要になる。

特に、予測される水需要量からみて、2030 年時点でも利用が計画されない貯水については、ダムが建設されたころのもともとの利水構想に固執することなく、今日的ニーズという観点からより有効に活用することが課題となる。例えば、下流地域で洪水が問題になっている箇所があれば貯水容量の一部を治水容量に転用したり、水力発電やダム下流環境改善のための放流に貯水容量の一部を転用することが考えられる。「ナ」国では電力供給の安定化が地域発展の大きなカギとなっており、より有効な出力を得るための貯水容量の水力発電用途への転用は有力な方向性であると考えられる。以上より、利用されていない貯水の用途転用による最適な水利用を促進する戦略とする。

これらのダムの有効活用と貯水容量の転用は、地元の利水者との合意を得て進める必要があり、全国水資源マスタープラン 2013 の中で個別ダムの方向性を定めるのは難しい。これについては、流域管理計画策定時のステークホルダー協議の重要な課題となる。

課題と戦略-5：水関連基礎情報の充実と一元管理

現在、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。このため、水資源関連施設の現状を迅速かつ正確に把握することはきわめて困難な状況である。このことは、いかなる水資源関連計画、施設設計における大きな阻害要因になっており、非効率かつ精度の低い計画、設計をもたらして、多くの無駄を生み出している。さらには、水資源管理開発の基礎となる水文、気象情報、水利用実態に関する情報についても一元化されておらず、計画立案時ばかりか日常の水資源管理活動に対しても大きな阻害要因になっている。

水関連基礎情報の定期的収集と一元管理に関する枠組みを早急に整え、そのシステムを維持することが重要な課題である。水関連基礎情報の充実と一元管理に要する費用は大規模施設建設事業への投資に比較して微々たるものである。このわずかな費用の確保が最終的には水関連事業全体への大きな裨益があることをすべての関係者が認識し、これを十分に確保する必要がある。

以上より、連邦水資源省（FMWR）および関連機関における水関連基礎情報の定期的収集と一元管理の仕組みの整備、それに関わる能力開発、水関連基礎情報の重要性に関する啓蒙・啓発活動の促進、を戦略とする。

課題と戦略-6：増加する水資源に関わるリスクの考慮

気候変動に伴う水資源量の変動は、安定した水供給を阻害し、洪水ハザードの増加をもたらす可能性がある。将来の気候状態については、ある程度全世界的な方向性は予測されつつあるものの、局所的な予測については、予測モデルの結果にばらつきが大きく存在し正確な予測は難しい。しかしながら、少なくとも気候変動が生じる可能性があることは確かであり、それによって水資源量が変動する可能性も無視できない。このような不確実な要素については、水資源に関するリスク要因として扱い、リスクに対応する準備を行うことが重要な課題である。

一方、「ナ」国の上流国から流入する越境水についても、上流国の水資源管理開発動向に左右されるというリスクを伴っており、これに対応する準備が重要である。

気候変動、越境水ともに、リスク管理という観点からは、リスクの把握、リスク対応策の準備が重要である。リスクの的確な把握のために、隣接国との的確なコミュニケーションを含む水関連基礎情報の充実を図る戦略とする。リスク対応策の面では、将来の状況がより確実に把握できた時点での状況に応じた柔軟な計画規模の変更を伴う事業実施体制の構築、洪水・渇水などの危機管理対応の強化を戦略とする。これについても水関連基礎情報の充実が基本となる。

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

河川・氾濫原は水資源の利用の場であるにもかかわらず、現状ではその管理主体が必ずしも明確になっていない。2012年に生じたNiger川、Benue川における大規模洪水時には、こうした河川・氾濫原において大きな被害が生じた。洪水の影響や水利用の場としての河川・氾濫原の管理の重要性は増しているが、その管理のためには、水をある程度コントロールする貯水施設を管理している水資源管理者の関与が必要不可欠であると考えられる。

このため、水資源管理者である連邦水資源省の河川・氾濫原管理へのより積極的な関与が大きな課題となっている。大規模な水源施設が設置された主要河川を中心として重要河川区域として特定し、その重点的なモニタリングにより、洪水状況の把握、予測、情報提供、低水状態の河川の管理等を実施していく戦略とする。そのための仕組みづくりと能力開発が必要となる。

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

適切な水環境保全による清浄かつ安全な水の確保は、水量の保全、開発と並ぶ重要課題である。しかしながら、現状では、表流水、地下水ともにその水質状況の把握が十分ではなく、現況水質並びに将来想定される水質状況の評価、それに基づく水資源管理における意思決定に支障をきたしている。

このため、適切な水環境保全にむけて、水資源管理者である連邦水資源省による水質モニタリングの強化を図り、水利用にかかる水質状況の的確な把握を行う戦略とする。

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

水セクターの管理は、連邦水資源省（FMWR）が「水資源開発（表流水・地下水）」、「給水・衛生」及び「灌漑・排水」を主に所掌しているが、それ以外の分野、すなわち、水力発電、洪水、水運、水産、畜産・養殖などは、連邦電力省や連邦環境省等の省庁が分掌している。また、ひとつのサブセクターの中でも水管理に関わる水行政は、複数の省庁に細断されている。その結果、効率的、効果的な水管理には多面的なマネジメントが必要であるにも関わらず、連邦水資源省（FMWR）と他省庁との連絡調整が欠けていることが今日の水管理の重要な課題となっている。また、統治レベルの面でも、連邦政府、州政府、地方政府レベル間の政策整合性が十分でないとの問題も指摘されている。

こうした状況下、政府は、統合水資源管理（IWRM）の管理原則に沿って、行政単位ではなく、流域単位による効果的な水資源管理組織の構築を目指しおり、その前提となる、国家水法（National Water Policy）や国家水資源法案（National Water Resources Bill）の成立が喫緊の課題となっている。また、2007年に設置された統合水資源管理庁（NIWRMC）の設置法案の大統領承認も待たれるところである。

水資源管理に関する関連組織制度を強化するとともに、今後需要が増大すると考えられる官民連携方式による水関連インフラの整備及び水サービスの提供についても、不当に高い料金設定などによって特に貧困層の安価な水へのアクセスが奪われることなどが無いよう、政府として適切な管理・監視組織の強化も必要である。

全国水資源マスタープラン 2013 では、上述の通りの現状と課題を踏まえて、水管理に係る法制度・組織体制の視点からは、「協力的な組織制度（Cooperative Institutional Arrangement）」、「参加型組織制度（Participatory Management Administration）」、「公正な規制・監視組織制度（Fair Regulatory Framework）」及び「機能・権限の委譲（Decentralization）」を戦略とする。

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、以下に示す通りである。

表 3-4 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。</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。
地下水 開発	<p><u>持続的および効率的地下水開発</u> 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、以下に示す通りである。

表 3-5 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	<p>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。</p>
地下水 保全	<p>地下水量・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。</p>

出典：JICA プロジェクトチーム

3.3.3 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なう。表3-6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3-6 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害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。
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、他の利害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、他の利害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

3.3.4 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

第4章 将来水需要の予測

4.1 将来の社会・経済のフレームワーク

4.1.1 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：詳細は第 1.1.2-(1) 章及び表 1-2 を参照。
- 2010 年人口（国連による推定）：詳細は第 1.1.2-(2) 章及び表 1-2 を参照。

国家人口委員会（NPC）は 2006 年の国勢調査に基づいた将来人口を推計中としているが公式発表はなされていない。他方、連邦水資源省（FMWR）は、「Road for Nigeria Water Sector, January 2011」にて表 4-1 のように「ナ」国人口を推計している。

表 4-1 連邦水資源省（FMWR）による「ナ」国の推計人口

年	2020 年	2025 年	2050 年
「ナ」国人口	210 百万人	225 百万人	389 百万人

出典：Roadmap for Nigeria Water Sector, January 2011、FMWR

一方、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 4-2、図 4-1）。それによると、ケース 2、即ち「中位」の数値が、上記 FMWR の数値と最も近いことがわかる。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 年までの州別、水文地域別の人口推計を行った（表 4-3 参照）。なお、人口推計は LGA 別およびサブ水文地域ベースでも行った。2010 年及び 2030 年推計人口を LGA 単位で GIS 化し図 4-2 と図 4-3 に、人口密度を図 4-4 と図 4-5 に示す。また、Volume-5 Supporting Report の SR1.1.1 節を参照。

表 4-2 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 高位伸び率	人口	158.4	181.1	207.6	237.1	269.2	433.2
	(率)	-	(2.72%)	(2.77%)	(2.69%)	(2.58%)	(2.41%)
ケース 2 中位伸び率	人口	158.4	179.7	203.8	229.7	257.8	389.6
	(率)	-	(2.56%)	(2.55%)	(2.42%)	(2.33%)	(2.09%)
ケース 3 低位伸び率	人口	158.4	178.4	200.0	222.4	246.3	348.3
	(率)	-	(2.41%)	(2.31%)	(2.15%)	(2.06%)	(1.75%)

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

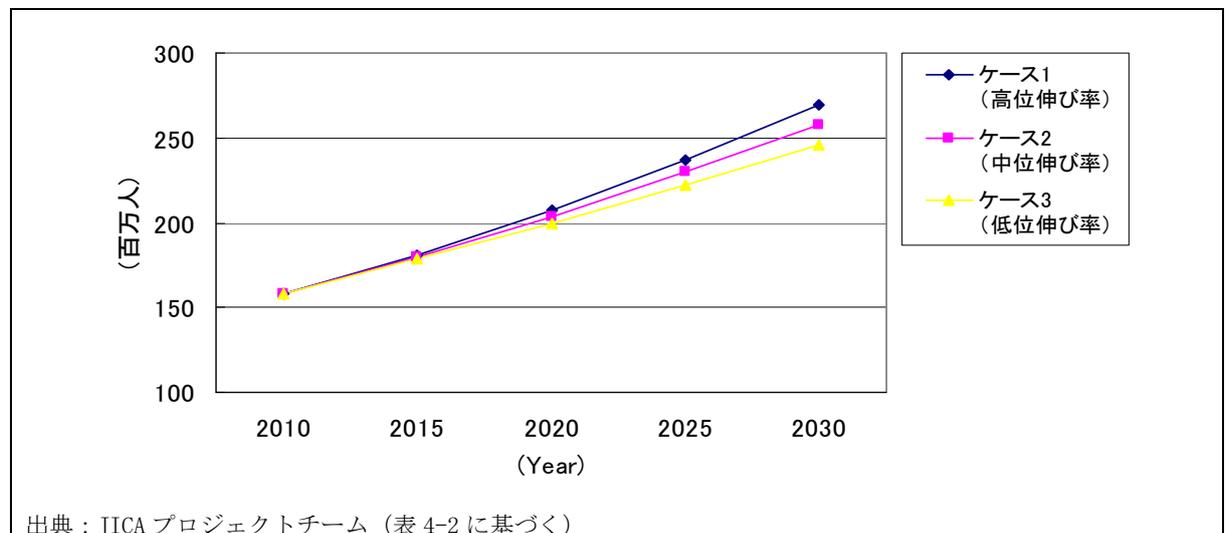


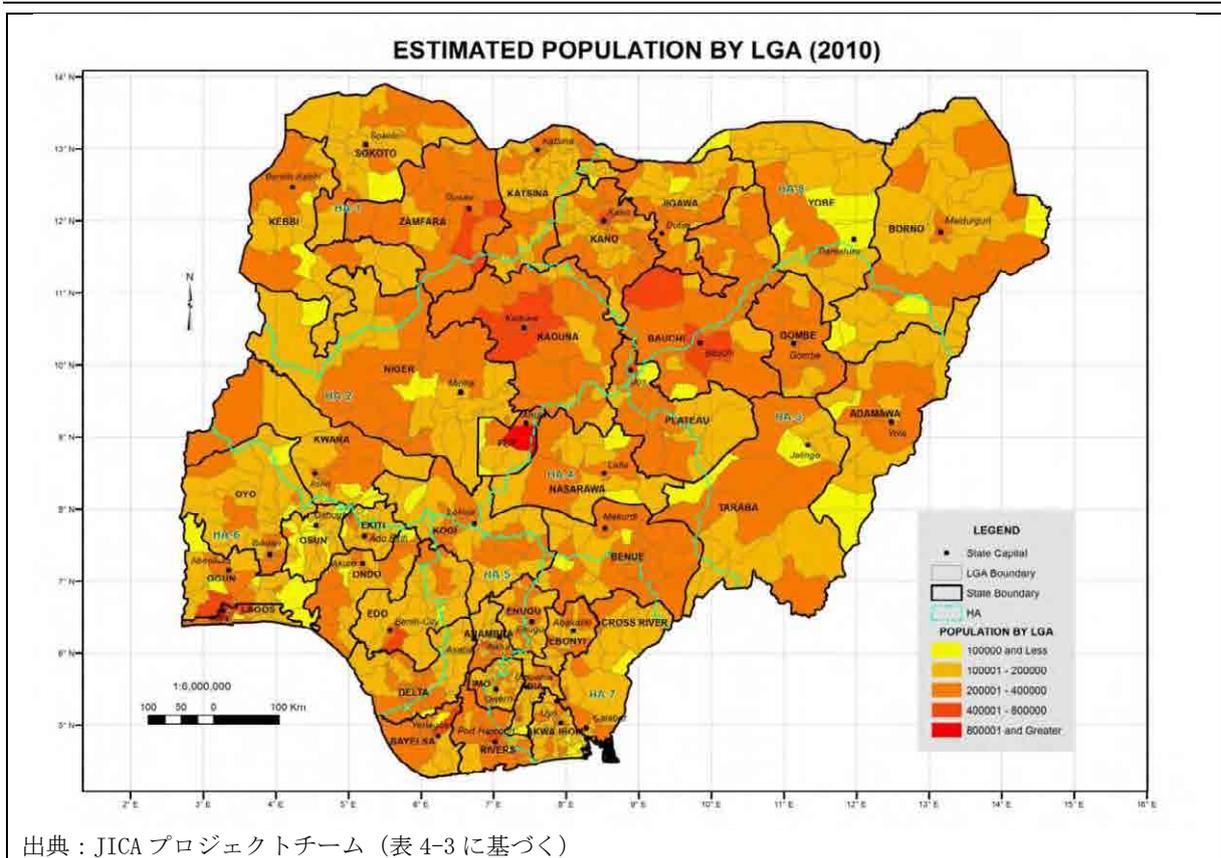
図 4-1 2010 年～2030 年の人口推計グラフ

表 4-3 「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%	
州別の人口 ³⁾								
1	Abia	1,914	2,845	3,157	3,519	3,918	4,334	4,771
2	Adamawa	2,102	3,179	3,543	3,968	4,436	4,930	5,450
3	Akwa Ibom	2,410	3,902	4,427	5,049	5,749	6,500	7,305
4	Anambra	2,796	4,178	4,642	5,180	5,774	6,396	7,050
5	Bauchi	2,862	4,653	5,284	6,034	6,878	7,783	8,756
6	Bayelsa	1,122	1,704	1,902	2,133	2,388	2,656	2,940
7	Benue	2,753	4,254	4,767	5,370	6,038	6,746	7,497
8	Borno	2,536	4,171	4,751	5,442	6,222	7,062	7,966
9	Cross River	1,911	2,893	3,225	3,612	4,040	4,490	4,965
10	Delta	2,590	4,112	4,641	5,266	5,965	6,710	7,505
11	Ebonyi	1,454	2,177	2,420	2,703	3,014	3,341	3,684
12	Edo	2,172	3,233	3,589	4,002	4,456	4,932	5,432
13	Ekiti	1,536	2,399	2,696	3,046	3,435	3,848	4,288
14	Enugu	2,125	3,268	3,658	4,115	4,621	5,157	5,724
15	Gombe	1,489	2,365	2,670	3,029	3,431	3,860	4,318
16	Imo	2,486	3,927	4,427	5,017	5,675	6,377	7,124
17	Jigawa	2,876	4,361	4,864	5,451	6,100	6,783	7,504
18	Kaduna	3,936	6,114	6,861	7,739	8,715	9,750	10,849
19	Kano	5,810	9,401	10,663	12,160	13,843	15,646	17,581
20	Katsina	3,753	5,802	6,503	7,326	8,239	9,205	10,231
21	Kebbi	2,068	3,257	3,668	4,152	4,692	5,267	5,880
22	Kogi	2,148	3,314	3,713	4,181	4,699	5,248	5,831
23	Kwara	1,548	2,365	2,643	2,968	3,327	3,707	4,108
24	Lagos	5,725	9,114	10,293	11,687	13,247	14,912	16,690
25	Nassarawa	1,208	1,869	2,096	2,362	2,657	2,970	3,302
26	Niger	2,422	3,955	4,496	5,141	5,866	6,646	7,484
27	Ogun	2,334	3,751	4,247	4,835	5,495	6,200	6,955
28	Ondo	2,250	3,461	3,875	4,359	4,896	5,464	6,066
29	Osun	2,158	3,417	3,854	4,369	4,946	5,559	6,214
30	Oyo	3,453	5,581	6,328	7,215	8,211	9,278	10,423
31	Plateau	2,105	3,207	3,581	4,018	4,501	5,011	5,550
32	Rivers	3,188	5,199	5,908	6,752	7,703	8,723	9,821
33	Sokoto	2,397	3,703	4,150	4,674	5,255	5,871	6,524
34	Taraba	1,512	2,295	2,560	2,869	3,211	3,572	3,952
35	Yobe	1,400	2,321	2,650	3,042	3,486	3,964	4,481
36	Zamfara	2,073	3,279	3,697	4,190	4,742	5,329	5,955
37	FCT (Abuja)	372	1,406	1,974	2,816	3,998	5,569	7,639
水文地域別の人口 ³⁾								
1	Niger North	-	15,252	17,142	19,361	21,829	24,448	27,231
2	Niger Central	-	14,802	17,018	19,779	23,064	26,828	31,171
3	Upper Benue	-	10,866	12,220	13,807	15,565	17,427	19,398
4	Lower Benue	-	7,299	8,301	9,513	10,909	12,454	14,173
5	Niger South	-	17,504	19,644	22,161	24,959	27,924	31,078
6	Western Littoral	-	31,864	35,910	40,690	46,036	51,735	57,821
7	Eastern Littoral	-	18,578	20,803	23,410	26,302	29,359	32,593
8	Lake Chad	-	24,267	27,385	31,070	35,205	39,621	44,350

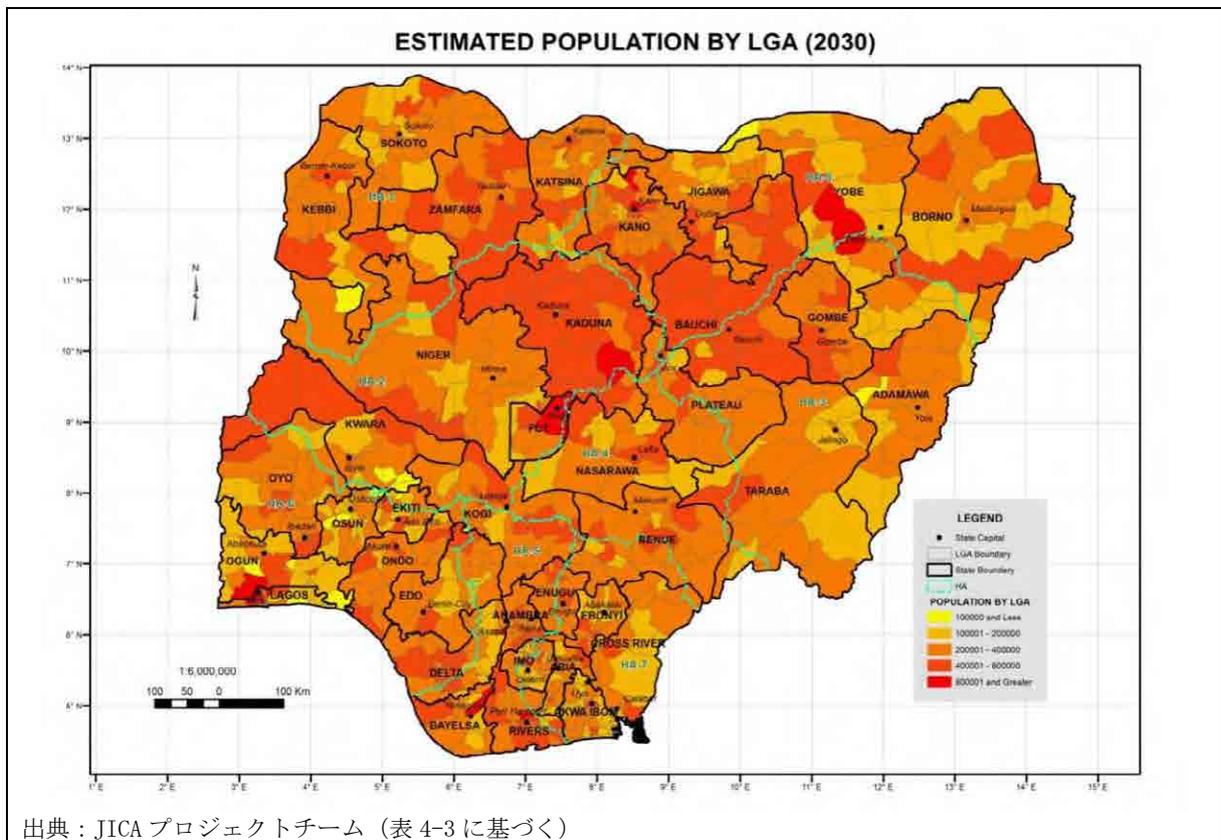
注記：2015年以降の推定値は、表4-3に示すケース2の中位伸び率に基づく。

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州別・流域別推計値



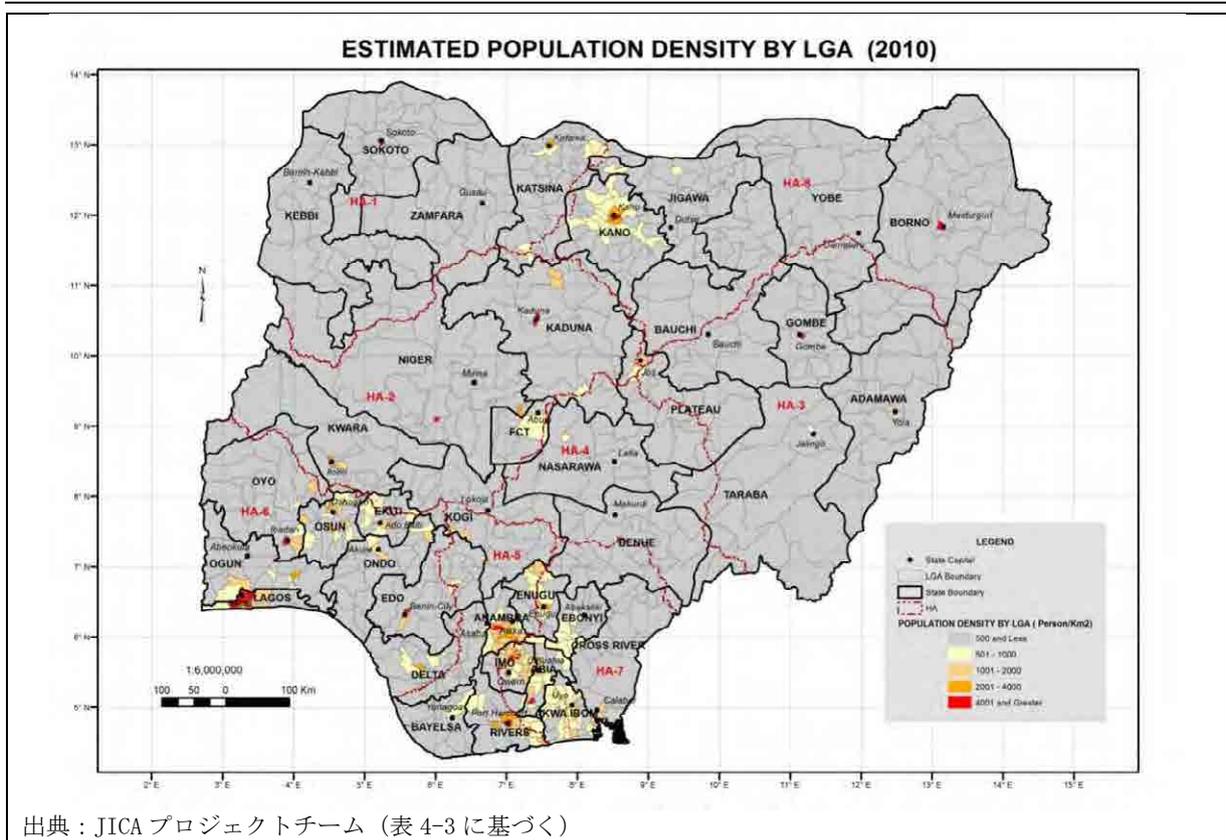
出典：JICA プロジェクトチーム (表 4-3 に基づく)

図 4-2 LGA 単位の 2010 年推計人口



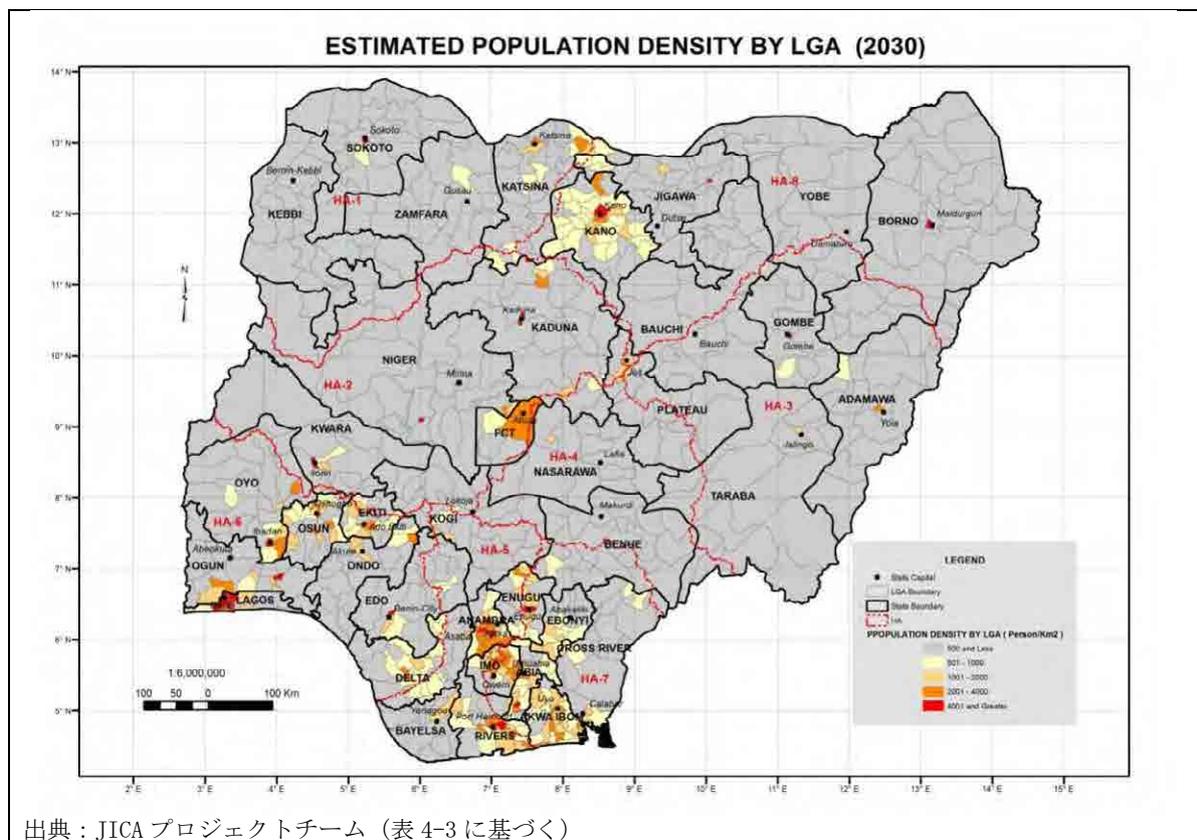
出典：JICA プロジェクトチーム (表 4-3 に基づく)

図 4-3 LGA 単位の 2030 年推計人口



出典：JICA プロジェクトチーム（表 4-3 に基づく）

図 4-4 LGA 単位の 2010 年推計人口密度



出典：JICA プロジェクトチーム（表 4-3 に基づく）

図 4-5 LGA 単位の 2030 年推計人口密度

4.1.2 産業別経済成長

GDP も同様に社会経済フレームワークの中の重要な構成要件である。本章では、特に製造業の成長予測を試みる。

(1) 「ナ」国の国家ビジョン

「ナ」国政府は、「Nigeria Vision 20:2020」にて、2020 年度までに 2 つの経済指標の達成を目標に掲げている。

- GDP 目標 : 9,000 億米ドル以上
- 1 人当たり所得 : 4,000 米ドル以上

また、上記の目標を達成するために、「Nigeria Vision 20:2020」は次のような指針を掲げている。

- 農業分野 : 輸出向け農産品の育成
- 製造業 : GDP に占める割合-40%以上

(2) 産業開発拠点

上記指針達成のため、「Nigeria Vision 20:2020」では次の 4 種類の産業開発拠点設置の必要性を示している。すなわち、大規模工業団地、産業クラスター、企業誘致地区（税制優遇・規制緩和地区）そしてインキュベーター（ベンチャー企業育成）である。

(2-1) 大規模工業団地：規模 3,050km² 以上

立地および産業分類は以下の通りである。

- North East : 農産/鉱物加工業/石膏、バイオマス、エタノール、バイオディーゼル等
- North West : アラビア糊、畜産加工、なめし革、バイオ燃料等
- North Central : 果物加工、綿、諸工業、一般薬、プラスチック、革製品、縫製等
- South east : 椰子油精製、椰子の木加工板等
- South West : 諸工業（縫製、メタノール、プラスチック等）
- South-South : 石油化学、諸工業（プラスチック、肥料等）

(2-2) 産業クラスター：規模 100~1,000 ヘクタール

地域の中堅中小企業・ベンチャー企業等が大学、研究機関等のシーズを相互間で活用して、IT、バイオ、環境、ものづくり等を行うものである。クラスター形成にあたり、州および LGA の支援・参加を求めている。

(2-3) 企業誘致地区：規模 5~30 ヘクタール

インフォーマルセクタ（「ナ」国では私企業の 70%以上を占める）を組織化された私企業（フォーマルセクタ）へと組み替えるプラットフォームとする。税制優遇・規制緩和等で州都および LGA 内に誘致する。

(2-4) インキュベーター

主に、情報・通信技術（ICT）分野のベンチャー企業の育成を目指す。

(3) 優先産業の選定

「Nigeria Vision 20:2020」は、下記のような 10 分野を優先産業として選定している。

- 「高」優先産業：2015 年まで
化学および医薬品、非鉄金属品、基金属、鉄・スチール、金属加工、食品・飲料・タバコ、繊維、被服、絨毯、皮革/革靴
- 「中」優先産業：2020 年まで
プラスチック、ゴム、紙パルプ、印刷、出版、木材、木材加工品製品
- 「低」優先産業：2020 年以降
電器製品、電子製品、自動車等の組立

(4) 製造業経済成長予測

2011年度の「ナ」国の名目GDP総額は、約2,400億米ドルであった。Vision 20:2020で目標に掲げた2020年の「ナ」国のGDP総額9,000億ドルを達成するには、毎年16%以上のGDP成長率（実質ベース）が必要となる。しかしながら、2011年までの直近5年の間での最も高い成長率を示したのは2010年の7.9%でしかなかった。また、同期間での製造業のGDPに占める割合は非常に小さく、2009年の4.2%が最高値であった。

製造業の経済成長を推定するにあたっては、Vision 20:2020で掲げられた経済目標を慎重に吟味する必要があり、政府関係機関であるNPC及びFMTIに上述(2)の「産業開発拠点」の実施進捗状況を確認した。その結果、現段階では産業開発拠点の青写真が描かれていない、また策定作業のための予算が附かずフォローアップ体制の目処がついていない、ことが判明した。工場団地計画・造成、企業進出・生産稼働までには10年超単位の期間を要し、製造業がVision 20:2020で描かれたような「GDPに占める割合を40%に高める」の実現性は低い。

従って、Vision 20:2020で掲げる上述の国家ビジョン「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、工業用水需要量予測に用いる。

- 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。

4.2 都市・村落給水（生活用水、業務・商業用水、工業用水）

4.2.1 水需要予測の手法

(1) 基本的な考え方

水資源ポテンシャルとのバランスを精査するためだけでなく、適切で安定的な給水を行い、且つ適正な給水インフラ施設整備を行うためにも、将来的に必要な水需要を予測することが極めて重要である。なお、水需要予測を行うにあたっては、全国水資源マスタープラン 2013 は給水普及率向上を優先するものとし、さらに比較検討のため複数のシナリオを用いた感度分析を行う。

(2) 水需要予測のフロー

図 4-6 に示すとおり、水需要を予測する。

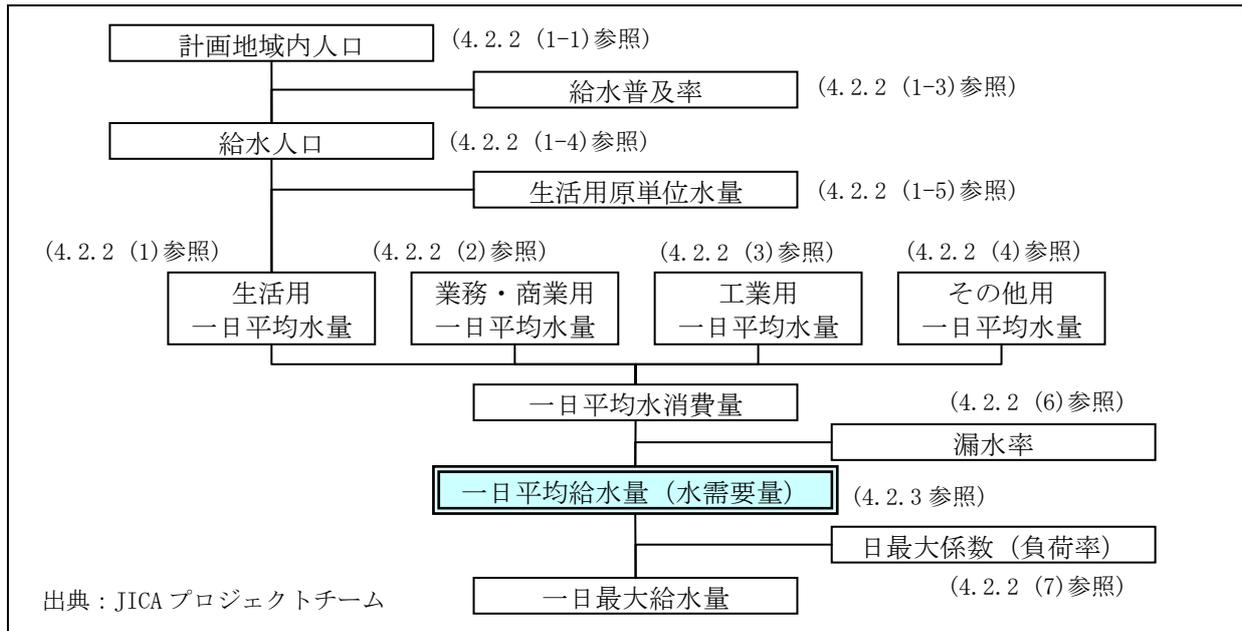


図 4-6 水需要予測フロー

4.2.2 水需要予測の条件および基本フレーム

水需要予測は、以下の基本条件およびフレームで行う。

(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。

(1-1) 人口

LGA を最小単位として、将来人口は、4.1.2 節に記述のとおりである（表 4-3 参照）。

(1-2) 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 4-4 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（4.2.2 節(1-5) 参照）。

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 4-4 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 4-4 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	地方村落的な水利用（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

(1-3) 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（8.2.3（3）表 8-5 参照）、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 4-5 参照）。

なお、現実の整備目標が計画通り進まない場合を想定して、全国給水普及率を変数とした感度分析を行う。

表 4-5 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 4-6 のとおりとなる。

表 4-6 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
州別の給水人口					
1 Abia	1,657	2,392	3,285	4,334	4,771
2 Adamawa	783	1,908	3,284	4,930	5,450
3 Akwa Ibom	2,349	3,468	4,848	6,500	7,305
4 Anambra	1,398	2,765	4,427	6,396	7,050
5 Bauchi	1,971	3,510	5,438	7,783	8,756
6 Bayelsa	215	868	1,677	2,656	2,940
7 Benue	2,419	3,605	5,045	6,746	7,497
8 Borno	2,257	3,532	5,127	7,062	7,966
9 Cross River	965	1,919	3,090	4,490	4,965
10 Delta	1,761	3,087	4,731	6,710	7,505
11 Ebonyi	1,083	1,707	2,458	3,341	3,684
12 Edo	2,228	2,985	3,886	4,932	5,432
13 Ekiti	1,603	2,223	2,971	3,848	4,288
14 Enugu	789	1,963	3,413	5,157	5,724
15 Gombe	799	1,614	2,629	3,860	4,318
16 Imo	1,625	2,900	4,478	6,377	7,124
17 Jigawa	3,387	4,348	5,483	6,783	7,504
18 Kaduna	4,537	5,983	7,723	9,750	10,849
19 Kano	5,829	8,482	11,748	15,646	17,581
20 Katsina	2,359	4,215	6,490	9,205	10,231
21 Kebbi	1,467	2,491	3,754	5,267	5,880
22 Kogi	1,260	2,340	3,664	5,248	5,831
23 Kwara	1,595	2,182	2,886	3,707	4,108
24 Lagos	7,961	9,921	12,246	14,912	16,690
25 Nassarawa	975	1,520	2,184	2,970	3,302
26 Niger	2,944	3,957	5,190	6,646	7,484
27 Ogun	2,838	3,767	4,889	6,200	6,955
28 Ondo	2,171	3,080	4,177	5,464	6,066
29 Osun	2,892	3,641	4,534	5,559	6,214
30 Oyo	4,678	5,954	7,490	9,278	10,423
31 Plateau	1,167	2,206	3,483	5,011	5,550
32 Rivers	3,110	4,619	6,486	8,723	9,821
33 Sokoto	2,265	3,258	4,459	5,871	6,524
34 Taraba	479	1,315	2,342	3,572	3,952
35 Yobe	1,070	1,832	2,793	3,964	4,481
36 Zamfara	2,165	3,032	4,086	5,329	5,955
37 FCT (Abuja)	796	1,698	3,206	5,569	7,639

出典：JICA プロジェクトチーム

(1-5) 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 4-7 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 4-7 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	地方村落的な水利用	30

出典：連邦水資源省 (FMWR)

(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。

なお、業務・商業用水の一日平均水量の算定にあたっては、これまでの調査において明確なデータが確認されていないため、5 国・地域（日本、マニラ市、ボゴタ平原、パリ、ブラジル・セルジッペ州）のデータを参考にした（Volume-5 Supporting Report の SR1.2.1 節参照）。

(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）。

なお、2010 年の工業用水の一日平均水量の算定にあたっては、これまでの調査において明確なデータが確認されていないため、業務・商業用水と同様に、上述 5 国・地域の「製造業セクターの GRDP 貢献度」および「生活用水に対する工業用水消費割合」のデータを参考にした（Volume-5 Supporting Report の SR1.2.1 節参照）。

(4) その他用水

その他用水は、水道事業用水、水道メータ不感水量などが該当するが、通常は全体用水量に占める比率が非常に小さく、上述の営業・商業用水、下記の漏水に含有されているものとして扱う。

(5) 下水の再利用

下水再生水の活用について、下水再生水の現況、施設整備の進捗や将来の普及と向上を考慮して再利用率を設定する必要があるが、「ナ」国では下水再生水が普及しておらず（統計的な情報もない）、高コストと維持管理の点でも実現が容易ではないことから、再生水利用はないものと仮定した。

(6) 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。

なお、既存管路の布設替え改修、水需要管理による無収水削減を考慮して、将来的に低減されることが期待される漏水率を変数とした感度分析を行う。

(7) 日最大係数（負荷率）

総水需要量に対する水資源ポテンシャルおよび水需給バランスの評価が主目的であることから、水需要予測では、給水施設計画において通常考慮される日最大係数（負荷率）は適用しない。

一方、給水分野の開発計画の策定にあたっては日最大給水量を考慮する。ただし、全国水資源マスタープラン 2013 では、稼働率を考慮した割増しを行うことから、日最大係数は適用しない。

4.2.3 水需要予測の結果

表 4-8 に、上述の基本条件に基づく州別の水需要量予測を示す。用水分類別の水需要量を加えたものは Volume-5 Supporting Report の SR1.2.2 節に示す。

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。

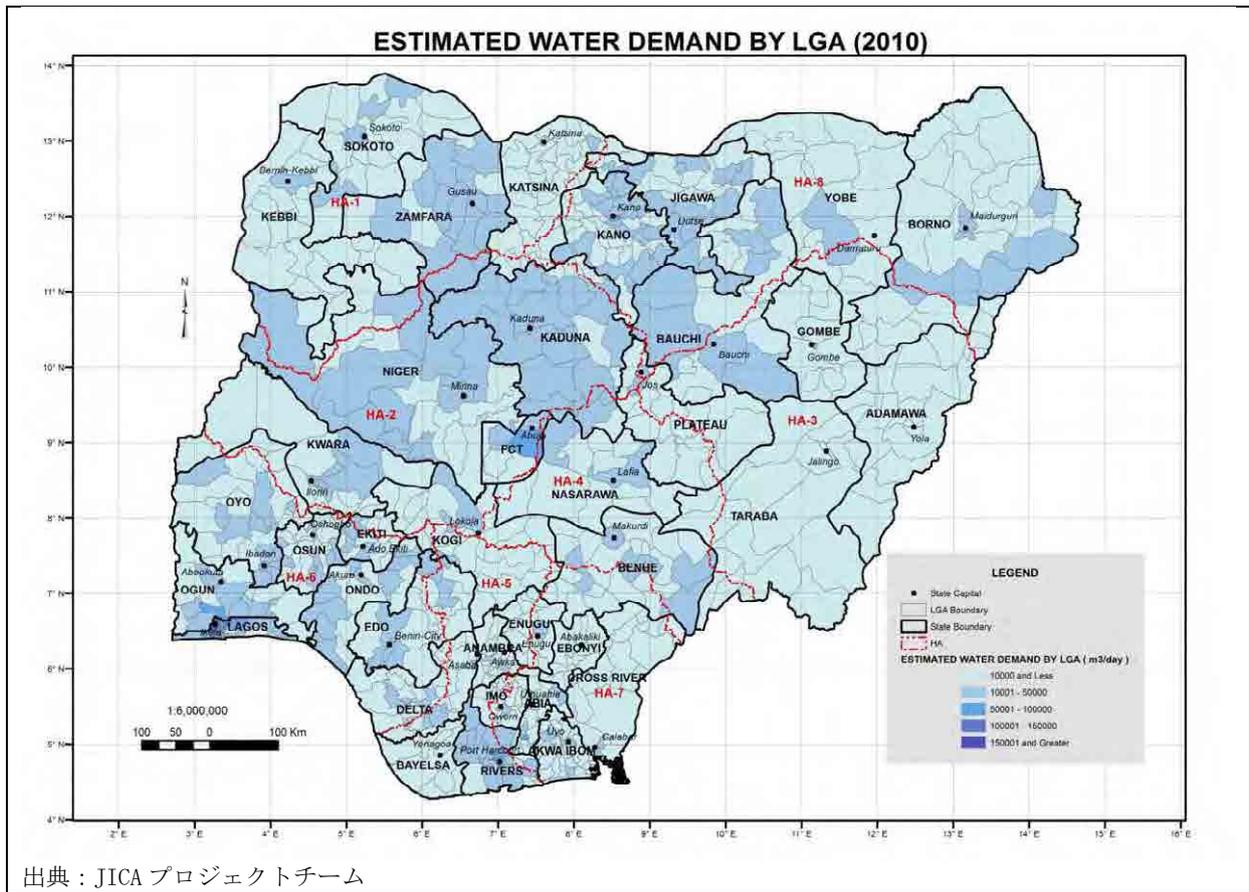
さらに、2010 年および 2030 年の水需要量を LGA 単位で GIS で図化したものを、図 4-8 と図 4-9 に示す。

表 4-8 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
州別の水需要量							
1	Abia	211	276	355	447	495	2.3
2	Adamawa	60	142	241	360	398	6.6
3	Akwa Ibom	225	308	411	534	606	2.7
4	Anambra	157	292	454	646	7149	4.5
5	Bauchi	174	274	398	547	617	3.5
6	Bayelsa	9	70	149	245	275	31.3
7	Benue	202	282	378	492	552	2.7
8	Borno	199	293	407	545	613	3.1
9	Cross River	107	173	253	348	386	3.6
10	Delta	189	309	457	635	713	3.8
11	Ebonyi	88	131	182	242	270	3.0
12	Edo	266	328	401	486	541	2.0
13	Ekiti	150	203	267	343	388	2.6
14	Enugu	78	186	319	479	534	6.8
15	Gombe	67	125	198	285	319	4.8
16	Imo	155	260	390	548	618	4.0
17	Jigawa	265	335	419	516	576	2.2
18	Kaduna	394	498	622	767	852	2.2
19	Kano	629	869	1,165	1,521	1,741	2.8
20	Katsina	186	322	489	689	770	4.1
21	Kebbi	114	183	268	370	416	3.7
22	Kogi	111	195	298	422	473	4.3
23	Kwara	151	200	259	327	364	2.4
24	Lagos	1,397	1,716	2,102	2,555	2,934	2.1
25	Nasarawa	87	128	178	237	267	3.1
26	Niger	253	327	417	523	592	2.3
27	Ogun	319	402	502	620	707	2.2
28	Ondo	197	262	341	433	486	2.5
29	Osun	258	319	392	478	541	2.1
30	Oyo	458	566	696	848	959	2.1
31	Plateau	123	194	280	381	422	3.4
32	Rivers	355	500	679	893	1,014	2.9
33	Sokoto	197	268	353	453	506	2.6
34	Taraba	39	99	172	261	291	7.4
35	Yobe	84	138	206	289	327	3.9
36	Zamfara	171	227	294	374	420	2.5
37	FCT Abuja	130	267	496	855	1,182	9.1

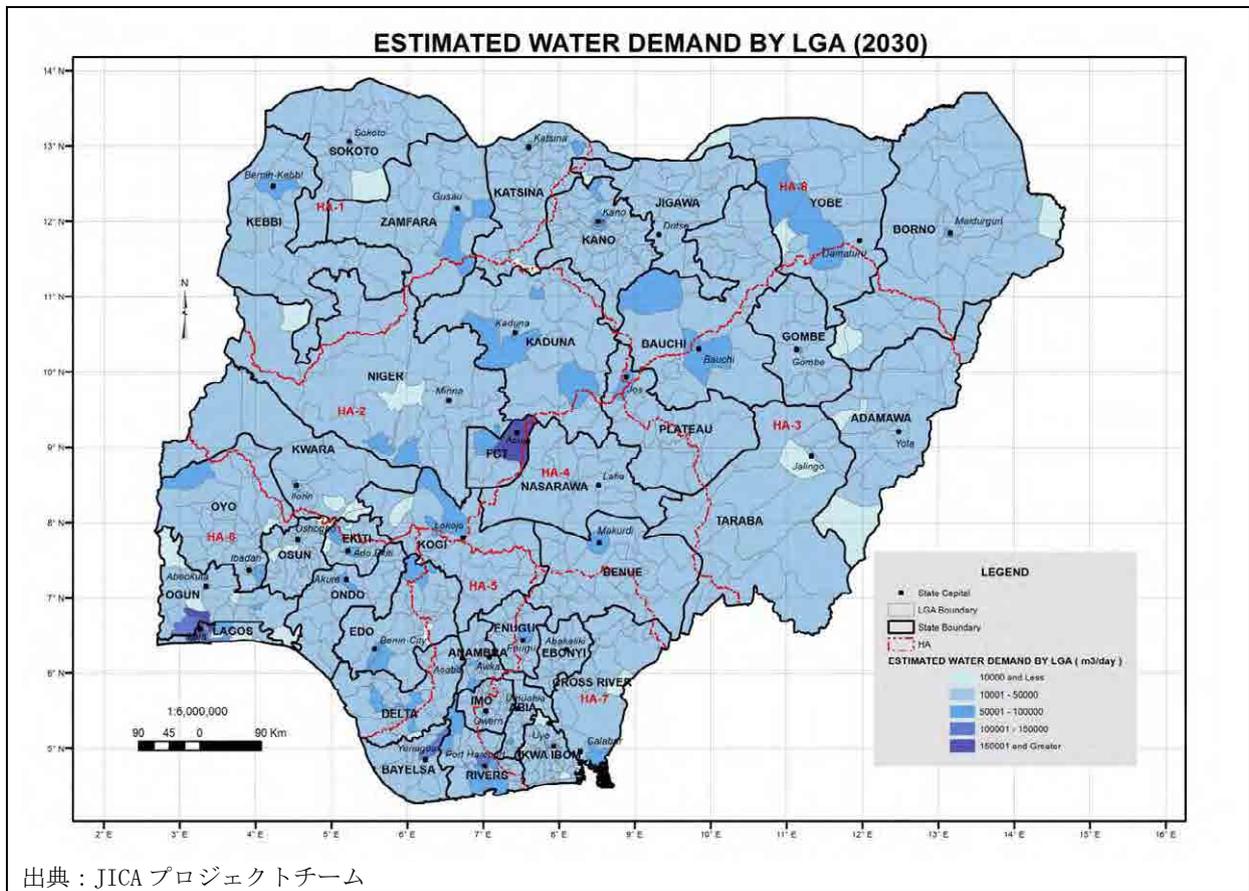
注記 1) : Bayelsa 州の 2030 年/2010 年比率が大きい理由は、2010 年の給水普及率が他州と比べて低いことに起因する (8.2.3 (3) 表 8-5 参照)。

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 4-7 LGA 単位の 2010 年水需要量



出典：JICA プロジェクトチーム

図 4-8 LGA 単位の 2030 年水需要量

4.2.4 水需要予測に関する感度分析

(1) シナリオの設定

水需要管理によって水需要量が変動すること、給水普及率の現実性などを踏まえ、上述 4.2.2 の基本条件に基づくシナリオに 3 つのシナリオを加え、予測された水需要を比較した。

基本シナリオ : **基本条件を用いた需要予測**

4.2.2 の基本条件を用いた需要予測であり、基本シナリオとする。

シナリオ-1 : **基本条件のうち 2025 年の給水普及率 100%が達成されない需要予測**

実際のインフラ整備等が計画通り進まない場合を想定して、2025 年に 89%、全国水資源マスタープラン 2013 の目標年次 2030 年に 100%の給水普及率がそれぞれ達成されるシナリオ

シナリオ-2 : **基本条件のうち漏水率が 30%から 10%に削減される需要予測**

水需要管理と無収水対策が効果的に行なわれることにより、2030 年までに段階的に漏水率が 30%から 10%に削減されるシナリオ

シナリオ-3 : **基本条件のうち 2025 年の給水普及率 100%が達成されず、且つ漏水率が 30%から 10%に削減される需要予測**

シナリオ-1 とシナリオ-2 が組み合わされたシナリオ

上記のシナリオの設定条件を、以下の表 4-9 にまとめて示す。

表 4-9 感度分析のためのシナリオ設定条件一覧

項目	基本シナリオ	シナリオ-1	シナリオ-2	シナリオ-3
生活用水、原単位水量 (lit/人/日)				
都市	120	120	120	120
都市周辺および小都市	60	60	60	60
地方村落	30	30	30	30
業務・商業用水 (生活用水比)	10%, 20%	10%, 20%	10%, 20%	10%, 20%
工業用水 (生活用水比)	1.25%, 2.5%, 5%	1.25%, 2.5%, 5%	1.25%, 2.5%, 5%	1.25%, 2.5%, 5%
給水普及率				
全国				
2010年 (現在)	56%	56%	56%	56%
2015年	71%	67%	71%	67%
2020年	85%	78%	85%	78%
2025年	100%	89%	100%	89%
2030年	100%	100%	100%	100%
都市				
2010年 (現在)	72%	72%	72%	72%
2015年	81%	79%	81%	79%
2020年	91%	86%	91%	86%
2025年	100%	93%	100%	93%
2030年	100%	100%	100%	100%
都市周辺 および小都市				
2010年 (現在)	51%	51%	51%	51%
2015年	68%	64%	68%	64%
2020年	84%	76%	84%	76%
2025年	100%	88%	100%	88%
2030年	100%	100%	100%	100%
地方村落				
2010年 (現在)	40%	40%	40%	40%
2015年	60%	55%	60%	55%
2020年	80%	70%	80%	70%
2025年	100%	85%	100%	85%
2030年	100%	100%	100%	100%
漏水率				
※地方村落 給水除く				
2010年 (現在)	30%	30%	30%	30%
2015年	30%	30%	25%	25%
2020年	30%	30%	20%	20%
2025年	30%	30%	15%	15%
2030年	30%	30%	10%	10%

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 感度分析結果とシナリオ比較考察

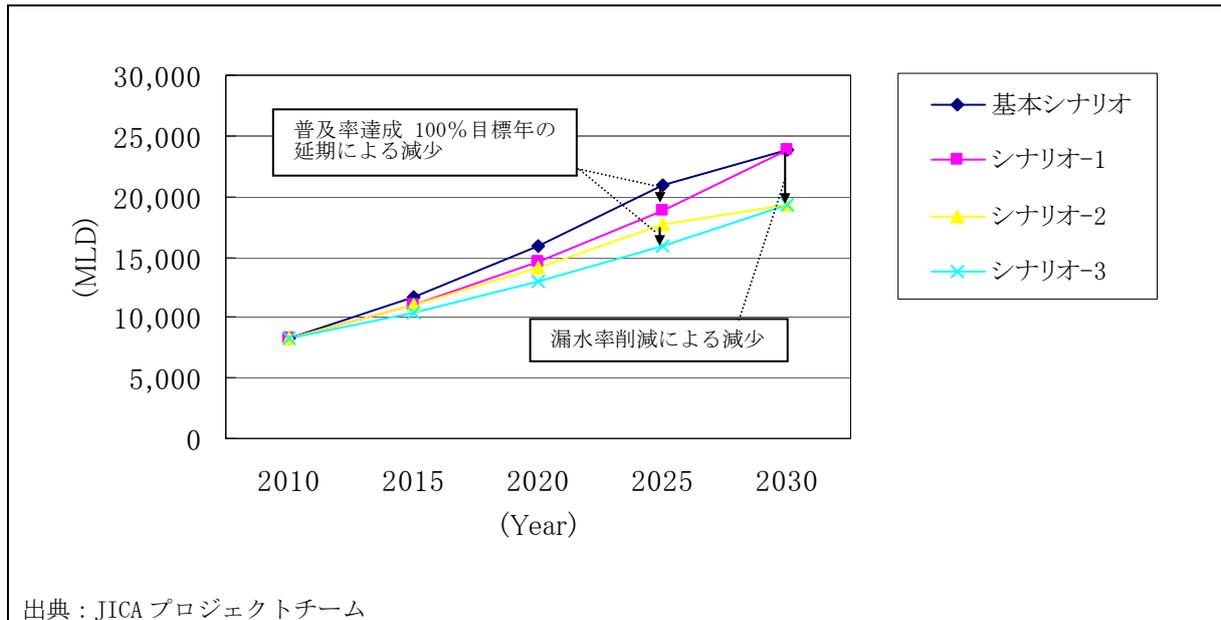
表 4-10 および図 4-9 は、上述の表 4-9 のシナリオ設定条件で算出した全国水需要量予測の感度分析結果と、基本シナリオの水需要量に対する各シナリオの水需要量の割合を示したものである。

なお、各州および各水文地域 (HA) の水需要量予測の感度分析結果のシナリオ比較は、Volume-5 Supporting Report の SR1.2.3 節に示す。

表 4-10 全国水需要量予測の感度分析結果のシナリオ比較

項目	水需要量 (MLD) もしくは比率 (%)				
	2010 (現在)	2015	2020	2025	2030
(1) 基本シナリオ水需要量	8,254	11,666	15,890	20,994	23,876
(2) シナリオ-1 水需要量	8,254	11,106	14,614	18,827	23,876
対基本シナリオ比率(2)/(1)	100.0%	95.2%	92.0%	89.7%	100.0%
(3) シナリオ-2 水需要量	8,254	10,970	14,135	17,750	19,221
対基本シナリオ比率(3)/(1)	100.0%	94.0%	89.0%	84.5%	80.5%
(4) シナリオ-3 水需要量	8,254	10,440	12,990	15,896	19,221
対基本シナリオ比率(4)/(1)	100.0%	89.5%	81.8%	75.7%	80.5%

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 4-9 全国水需要予測の感度分析結果のグラフ

- **基本シナリオとシナリオ-1 の比較**
各年の給水普及率および 100%達成目標年の設定の違いであり、2030 年の水需要量は同じである。2015 年、2020 年、2025 年の水需要量が、基本シナリオと比較してそれぞれ 4.8%、8.0%、10.3%の減少となる。
- **基本シナリオとシナリオ-2 の比較**
漏水削減の違いである。2011 年以降の水需要量が、基本シナリオと比較して減少し、段階的にその減少幅が大きくなり全国水資源マスタープラン 2013 の目標年次 2030 年の減少幅は約 20%になる。
- **基本シナリオとシナリオ-3 の比較**
シナリオ 1 とシナリオ 2 の組み合わせであり、各年の給水普及率および 100%達成目標年の設定、漏水率削減の違いである。2030 年の水需要の減少幅はシナリオ 2 と同じ約 20%であるが、2010 年～2030 年の間の水需要が全シナリオのなかで最も少ない。

以上の比較から、給水普及率および 100%達成目標年の設定はより実現可能な給水整備計画を検討する上で重要であり、水需要管理、無収水対策による漏水率の改善は水需要の抑制に高い効果があることが改めて分かる。

全国水資源マスタープラン 2013 では、連邦水資源省 (FMWR) の 2011 年ロードマップにおける給水普及率 100%達成目標を優先し、漏水率については現状値の不確実性に加え、漏水・盗水および既存配管網の情報不足ゆえ、現状維持が妥当と判断し、基本シナリオを水需給バランスの分析に採用する。

4.3 灌漑用水

4.3.1 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。

- 短期目標：農業生産性の向上
- 中期目標：大規模事業の拡張、農産物の貯留・加工能力の向上、安定的な食糧供給を支えるのに必要なインフラ整備
- 長期目標：農産物輸出による国内保有外貨の50%以上の獲得

政策的に重要な作物は下表のとおりであり、特にコメとキャサバを重要視している。「ナ」国には3.14百万haと推定される灌漑可能地があるが、灌漑稲作は4.8万haで行われている。食料の安定供給のためにはさらなる灌漑農地の開発や天水稲作の拡大が必要であり、現行灌漑事業の灌漑施設の早急なリハビリと整備拡張、新規灌漑農地の開発を推進すべきである。

表 4-11 地域別政策的重要な作物

作物	北西部	北部中央	北東部	南西部	南部中央	南東部
コメ	○	○	○	○	○	○
小麦	○		○			
メイズ	○	○	○			
ミレット	○	○	○			
ソルガム	○	○	○			
野菜	○	○	○	○	○	○
サトウキビ	○	○	○			
キャサバ	○	○	○	○	○	○
カウピー豆	○	○	○	○		
トマト	○	○	○			
綿花	○	○	○			
ショウガ	○					
ヤム		○		○	○	○
カカオ				○	○	○
パームオイル				○	○	○

出典：National Agriculture and Food Security Strategy (NAFSS) (2010-2020), 2010

4.3.2 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

(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、稲作作付面積および単位収量の推移は次のとおりである。

- **作付面積**：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。
- **単位収量**：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。近年、単位収量には作付面積のような大きな変化は見られない。

(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

(3) 天水陸稲・天水水稻のコメ生産量

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稻のコメ生産量を算出する（表 4-12 参照）。

表 4-12 天水陸稲・天水水稻のコメ生産量（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
天水水稻		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
天水水稻		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
天水水稻		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
天水水稻		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
天水水稻		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

(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、単位収量は 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（Volume-5 Supporting Report の SR5.2.1 節参照）。

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 8-27 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位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を 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。

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 4-13 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

備考：Volume-5 Supporting Report の SR1.3.2 節参照

出典：JICA プロジェクトチーム

4.3.3 計画作付パターン

水需要量の算定のため、計画対象地域の標準的な作付カレンダー及び作付パターンを次のように設定する。

(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次のとおりとする。

作物 (地域)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
コメ (北部地域、雨期)												
コメ (中央・南部地域)												
穀類・野菜												

出典：JICA プロジェクトチーム

図 4-10 作付カレンダー

(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次のように設定する。私的小規模灌漑農業は野菜や穀類が主体である。

表 4-14 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

(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次のように設定する。

表 4-15 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

4.3.4 水需要量

水需要量は、次のフローに従って計算する。

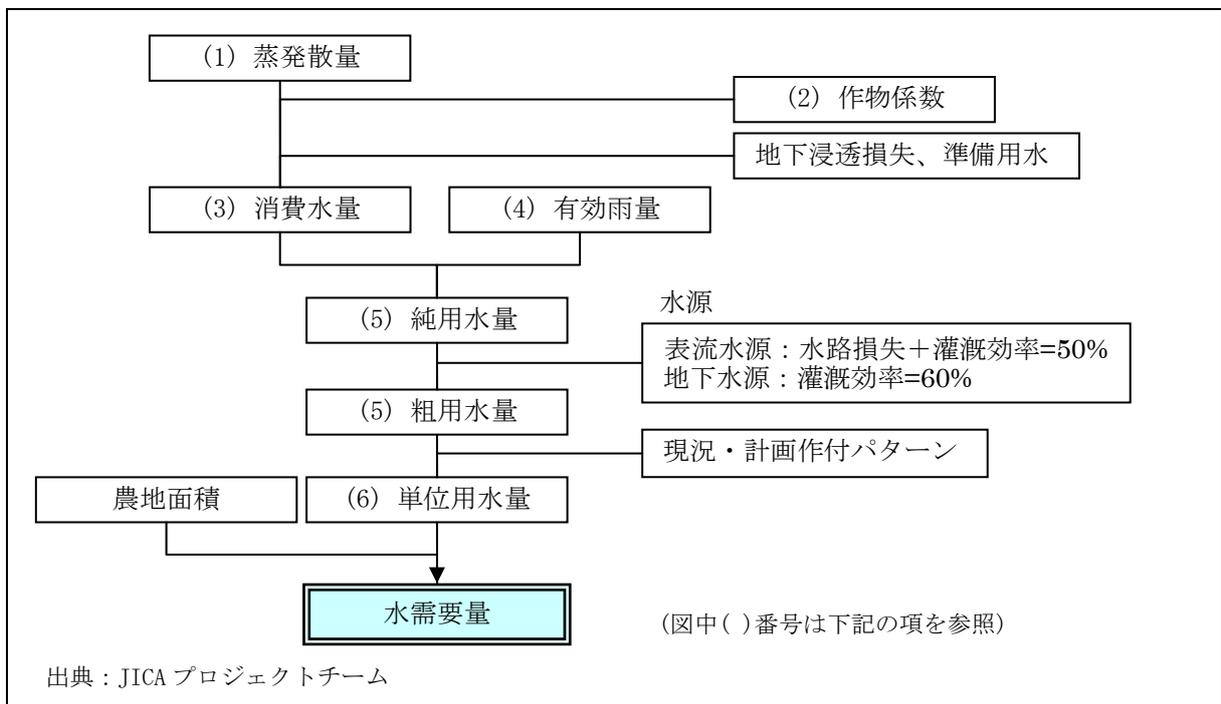


図 4-11 水需要量計算フロー

(1) 基準蒸発散量

本計算ではハーモン (Hamon) 式¹⁾により基準蒸発散量を算出する。

表 4-16 基準蒸発散量 (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	81	92	133	161	175	155	137	123	118	120	96	82
2	96	103	129	134	132	115	111	104	99	104	98	94
3	88	96	129	136	133	115	110	104	98	104	95	88
4	99	104	128	126	124	111	109	105	100	104	100	95
5	107	107	125	122	122	111	108	105	102	106	106	105
6	106	107	125	121	122	111	106	102	100	105	105	105
7	106	107	123	118	120	110	108	104	102	105	105	104
8	74	83	122	150	164	147	129	115	112	114	90	76

出典：JICA プロジェクトチーム

¹⁾修正ペンマン法は、日平均気温(°C)、1日当たりの日照時間(h)、日平均風速(m/s)、日平均相対湿度(%)のデータを必要とするが、現状ではこれらのうちいくつかの情報が得られない。ハーモン(Hamon)式はより少ない気象パラメータで計算可能である。

(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は下表のとおりとする。

表 4-17 作物係数

HA	作物	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	コメ	-	-	-	-	0.17	0.69	1.04	0.99	0.61	0.15	-	-
	その他	0.88	0.85	0.39	0.05	0.11	0.41	0.75	0.85	0.54	0.14	0.15	0.52
2, 3	コメ	1.10	0.66	0.16	-	0.17	0.69	1.04	0.99	0.61	0.32	0.69	1.11
	その他	0.84	0.91	0.57	0.15	0.13	0.45	0.78	0.86	0.54	0.14	0.15	0.50
4	コメ	1.10	0.66	0.16	-	0.17	0.69	1.04	0.99	0.61	0.32	0.69	1.11
	その他	0.84	0.91	0.57	0.15	0.13	0.46	0.79	0.86	0.54	0.14	0.14	0.50
5, 6, 7	コメ	1.10	0.66	0.16	-	0.17	0.69	1.04	0.99	0.61	0.32	0.69	1.11
	その他	0.81	0.87	0.54	0.14	0.13	0.46	0.79	0.86	0.54	0.14	0.14	0.48
8	コメ	-	-	-	-	0.17	0.69	1.04	0.99	0.61	0.15	-	-
	その他	0.89	0.85	0.39	0.05	0.11	0.41	0.75	0.85	0.54	0.14	0.16	0.53

出典：FAO をもとに JICA プロジェクトチームの設定

(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) 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。水田用水計画では 5~80mm の日降雨量の 80%程度を有効雨量とすることが多いことから、水田の有効雨量は降水量の 80%とする。

一方、畑地は水田のような貯留機能が無いため、畑地の有効雨量は水田よりも小さく算出され、「ナ」国では平均的に水田の有効雨量の 70%程度が畑地の有効雨量に相当すると考えられる。

表 4-18 有効雨量 (水田) (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	0	0	2	4	18	40	82	100	56	6	0	0
2	1	0	9	29	76	105	122	146	150	42	2	1
3	0	0	5	26	67	93	145	167	122	40	2	0
4	1	0	15	46	106	123	139	169	174	88	6	0
5	6	0	46	83	151	206	183	143	225	153	33	6
6	3	0	37	71	112	140	116	66	154	105	15	3
7	3	0	51	95	158	192	203	200	226	178	26	3
8	0	0	0	4	15	32	88	111	43	4	0	0

出典：JICA プロジェクトチーム

表 4-19 有効雨量 (畑作) (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	0	0	1	3	13	28	57	70	39	4	0	0
2	1	0	6	20	53	74	85	102	105	29	1	1
3	0	0	4	18	47	65	102	117	85	28	1	0
4	1	0	11	32	74	86	97	118	122	62	0	0
5	4	0	32	58	106	144	128	100	158	107	23	4
6	2	0	26	50	78	98	81	46	108	74	11	2
7	2	0	36	67	111	134	142	140	158	125	18	2
8	0	0	0	3	11	22	62	78	30	3	0	0

出典：JICA プロジェクトチーム

(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。

(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算定した単位用水量は次のとおりである。尚、将来計画においては、流域 HA-1 及び HA-8 では降水量が少なく、乾季には稲作を行わない計画であり、水田（乾季）の作付率はゼロである。

表 4-20 表流水源 単位用水量（現況）

HA	期間	純用水量 (mm)		粗用水量 (m ³ /ha)		作付パターン (%)		単位用水量 (m ³ /ha)
		水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作	
1	雨季	579	221	11,580	4,420	40	25	5,737
	乾季	0	322	0	6,440	5	60	3,864
2	雨季	204	10	4,080	200	10	60	528
	乾季	720	362	14,400	7,240	10	30	3,612
3	雨季	187	17	3,740	340	10	60	578
	乾季	706	350	14,120	7,000	10	30	3,512
4	雨季	113	0	2,260	0	10	60	226
	乾季	670	357	13,400	7,140	10	30	3,482
5	雨季	21	0	420	0	70	5	294
	乾季	593	310	11,860	6,200	0	0	0
6	雨季	205	45	4,100	900	35	25	1,660
	乾季	642	331	12,840	6,620	0	35	2,317
7	雨季	0	0	0	0	70	30	0
	乾季	598	312	11,960	6,240	5	15	1,534
8	雨季	559	203	11,180	4,060	80	15	9,553
	乾季	0	304	0	6,080	0	25	1,520

出典：JICA プロジェクトチーム

表 4-21 地下水源 単位用水量（現況）

HA	期間	純用水量 (mm)		粗用水量 (m ³ /ha)		作付パターン (%)		単位用水量 (m ³ /ha)
		水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作	
1	雨季	579	221	9,650	3,683	20	50	3,772
	乾季	0	322	0	5,367	0	70	3,757
2	雨季	204	10	3,400	167	10	60	440
	乾季	720	362	12,000	6,033	0	70	4,223
3	雨季	187	17	3,117	283	10	60	482
	乾季	706	350	11,767	5,833	0	70	4,083
4	雨季	113	0	1,883	0	10	60	188
	乾季	670	357	11,167	5,950	0	70	4,165
5	雨季	21	0	350	0	30	40	105
	乾季	593	310	9,883	5,167	0	70	3,617
6	雨季	205	45	3,417	750	20	50	1,058
	乾季	642	331	10,700	5,517	0	70	3,862
7	雨季	0	0	0	0	30	40	0
	乾季	598	312	9,967	5,200	0	70	3,640
8	雨季	559	203	9,317	3,383	30	40	4,148
	乾季	0	304	0	5,067	0	70	3,547

出典：JICA プロジェクトチーム

表 4-22 表流水源 単位用水量 (将来計画)

HA	期間	純用水量 (mm)		粗用水量(m ³ /ha)		作付パターン(%)		単位用水量 (m ³ /ha)
		水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作	
1	雨季	579	221	11,580	4,420	40	50	6,842
	乾季	0	322	0	6,440	0	50	3,220
2	雨季	204	10	4,080	200	60	30	2,508
	乾季	720	362	14,400	7,240	20	60	7,224
3	雨季	187	17	3,740	340	60	30	2,346
	乾季	706	350	14,120	7,000	20	60	7,024
4	雨季	113	0	2,260	0	60	30	1,356
	乾季	670	357	13,400	7,140	20	60	6,964
5	雨季	21	0	420	0	80	10	336
	乾季	593	310	11,860	6,200	60	20	8,356
6	雨季	205	45	4,100	900	60	30	2,730
	乾季	642	331	12,840	6,620	40	40	7,784
7	雨季	0	0	0	0	80	10	0
	乾季	598	312	11,960	6,240	60	20	8,424
8	雨季	559	203	11,180	4,060	80	10	9,350
	乾季	0	304	0	6,080	0	50	3,040

出典：JICA プロジェクトチーム

表 4-23 地下水源 単位用水量 (将来計画)

HA	期間	純用水量 (mm)		粗用水量(m ³ /ha)		作付パターン(%)		単位用水量 (m ³ /ha)
		水田	畑作	水田	畑作	水田	畑作	
1	雨季	579	221	9,650	3,683	20	70	4,508
	乾季	0	322	0	5,367	0	80	4,294
2	雨季	204	10	3,400	167	10	80	474
	乾季	720	362	12,000	6,033	0	80	4,826
3	雨季	187	17	3,117	283	10	80	538
	乾季	706	350	11,767	5,833	0	80	4,666
4	雨季	113	0	1,883	0	10	80	188
	乾季	670	357	11,167	5,950	0	80	4,760
5	雨季	21	0	350	0	30	60	105
	乾季	593	310	9,883	5,167	0	80	4,134
6	雨季	205	45	3,417	750	20	70	1,208
	乾季	642	331	10,700	5,517	0	80	4,414
7	雨季	0	0	0	0	30	60	0
	乾季	598	312	9,967	5,200	0	80	4,160
8	雨季	559	203	9,317	3,383	30	60	4,825
	乾季	0	304	0	5,067	0	80	4,054

出典：JICA プロジェクトチーム

(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 4-24 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。

一方、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 4-24 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 4-25 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。

一方、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 4-25 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

(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。

(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。

表 4-26 民間企業灌漑スキーム

No	HA	スキーム名	州	SHA	整備済み面積(ha)	計画灌漑面積(ha)	評価面積(ha)
1	2	Basitao	Niger	209	5,600	9,000	9,000
2	3	Sabannah Sugar	Adomawa	311	7,000	12,200	12,200
3	3	Savannah Integrated Farm	Gombe	31405	109	4,000	4,000
4	3	Vegetablefru	Borno	31407	300	300	300
計					13,009	25,500	25,500

備考：1) 評価面積：表流水ポテンシャルから評価した結果、流域からの流出量は計画灌漑面積を灌漑可能。

出典：JICA プロジェクトチーム

(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次のとおりである。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 4-27 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

(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 4-28 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

(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、第 5 章 5.3.4 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 4-29 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第 5 章 5.3.4 節で示すように Hamon 式をもとに算出している。

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のが分かる。

表 4-29 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 4-30 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

4.4 その他サブセクター

4.4.1 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。

一方、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 4-31 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

HA	水需要量 (MCM/年)	
	2010	2030
1	55.7	77.7
2	18.2	25.0
3	46.0	65.1
4	7.7	11.0
5	7.6	10.6
6	10.7	14.6
7	6.8	9.3
8	80.1	107.5
計	232.8	320.8

出典：JICA プロジェクトチーム

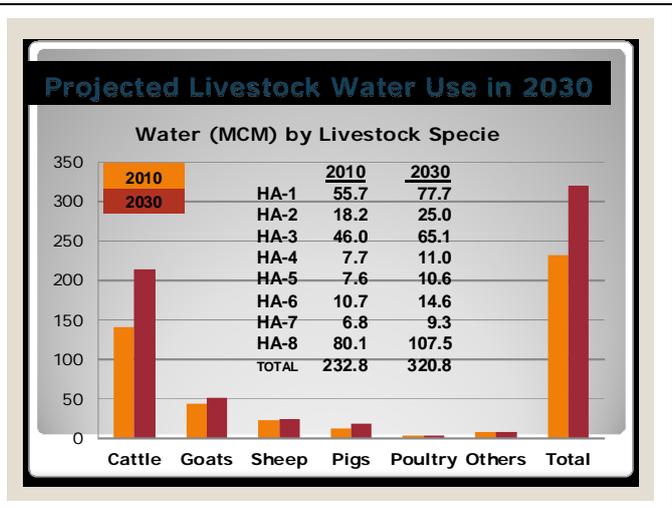
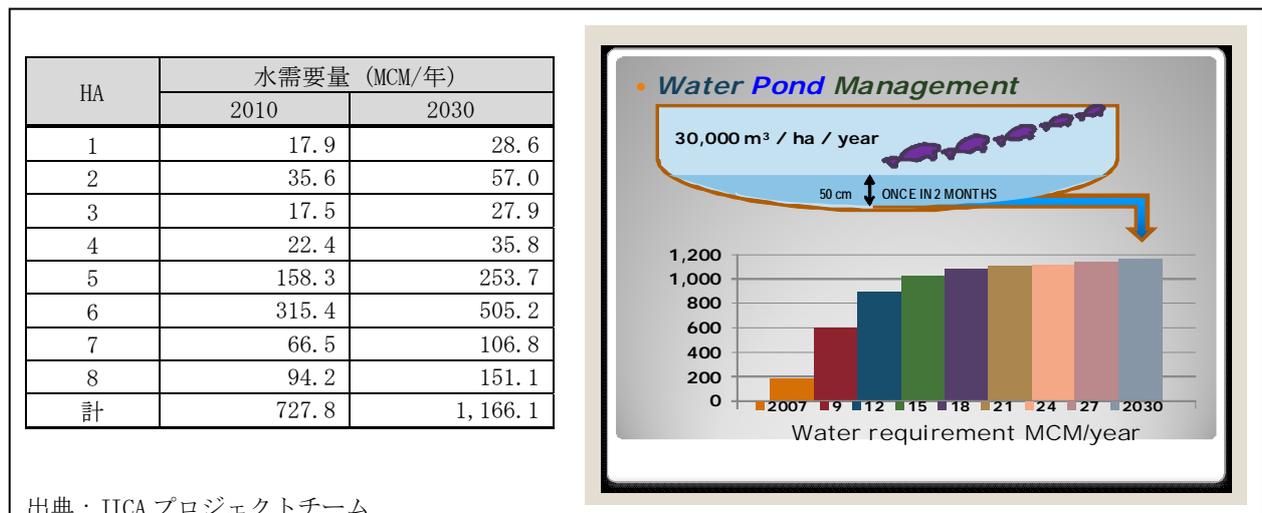


図 4-12 家畜の水需要量

4.4.2 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。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 4-13 淡水養殖の水需要量

4.4.3 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¹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。

4.4.4 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滞留や、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。

4.4.5 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。

¹ 貯留式の水力発電では貯水池からの蒸発等によるロスが生じるが、一般的に全体水質量と比較してロスは小さい。

4.4.6 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¹。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¹。

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。

¹ IUCN: Flow-The Essentials of Environmental Flows

4.5 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、第 4.2 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、第 8 章 8.2 節に示されるように、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 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 4-14 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。

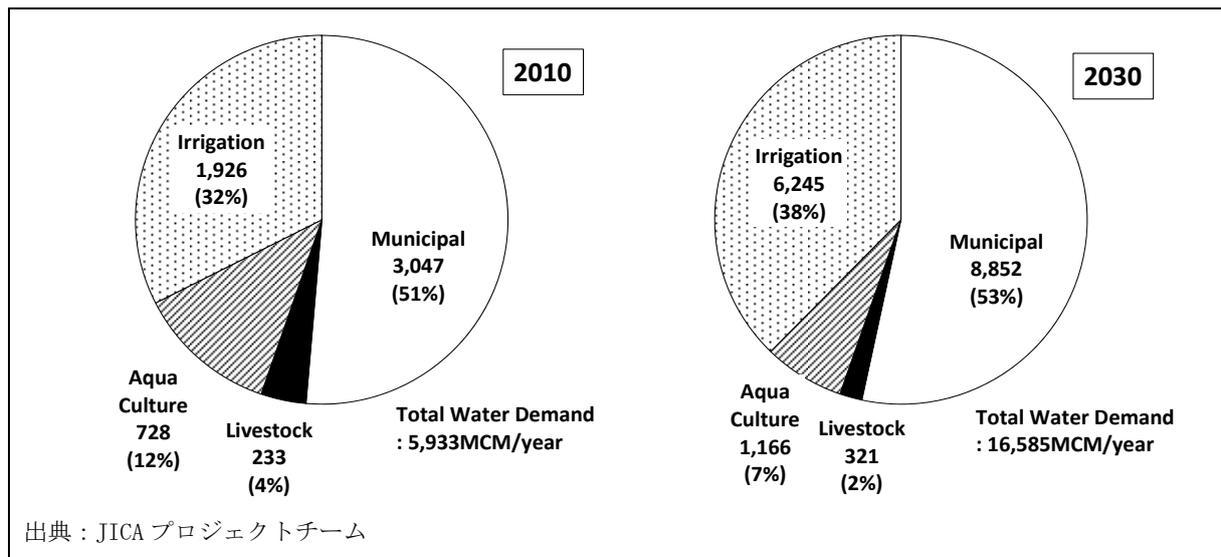


図 4-14 セクターによる水需要量シェアの変化

図 4-15 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。

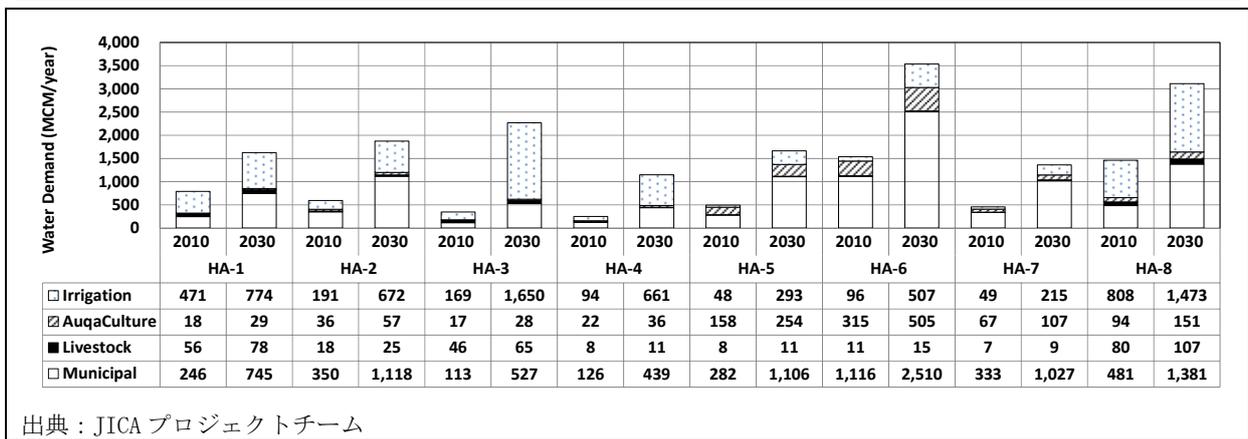


図 4-15 HA 及びセクターごとの水需要量

表 4-32 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 4-32 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 4-33 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。

表 4-33 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 4-16、図 4-17 に示した。

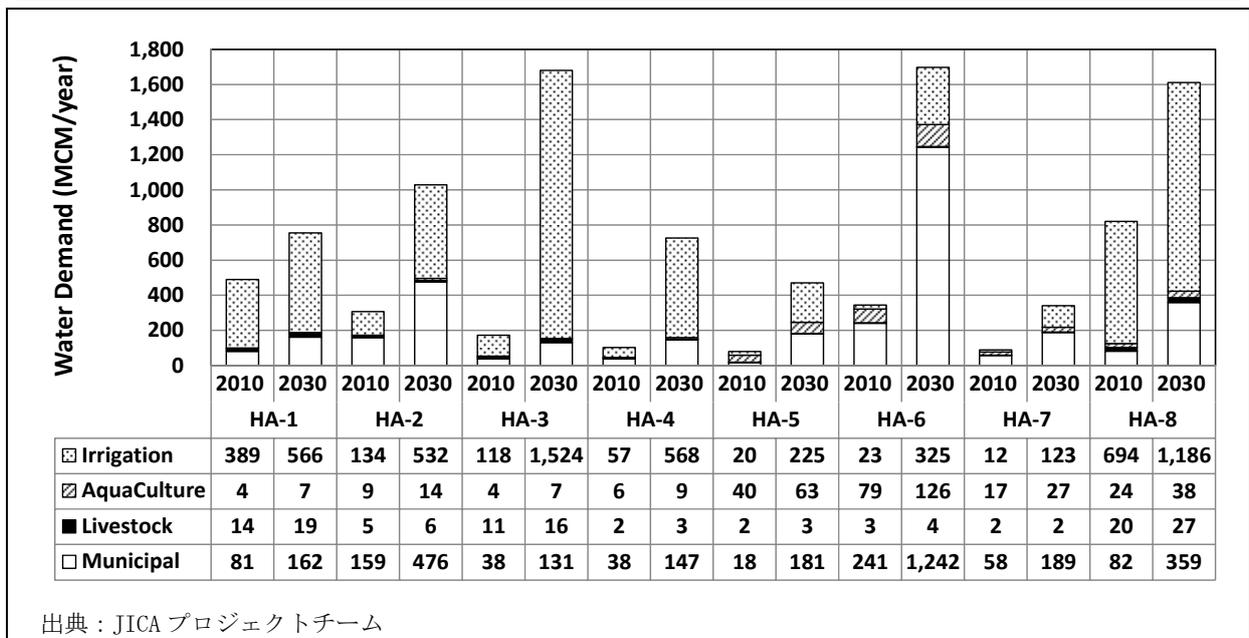


図 4-16 表流水源の水需要量

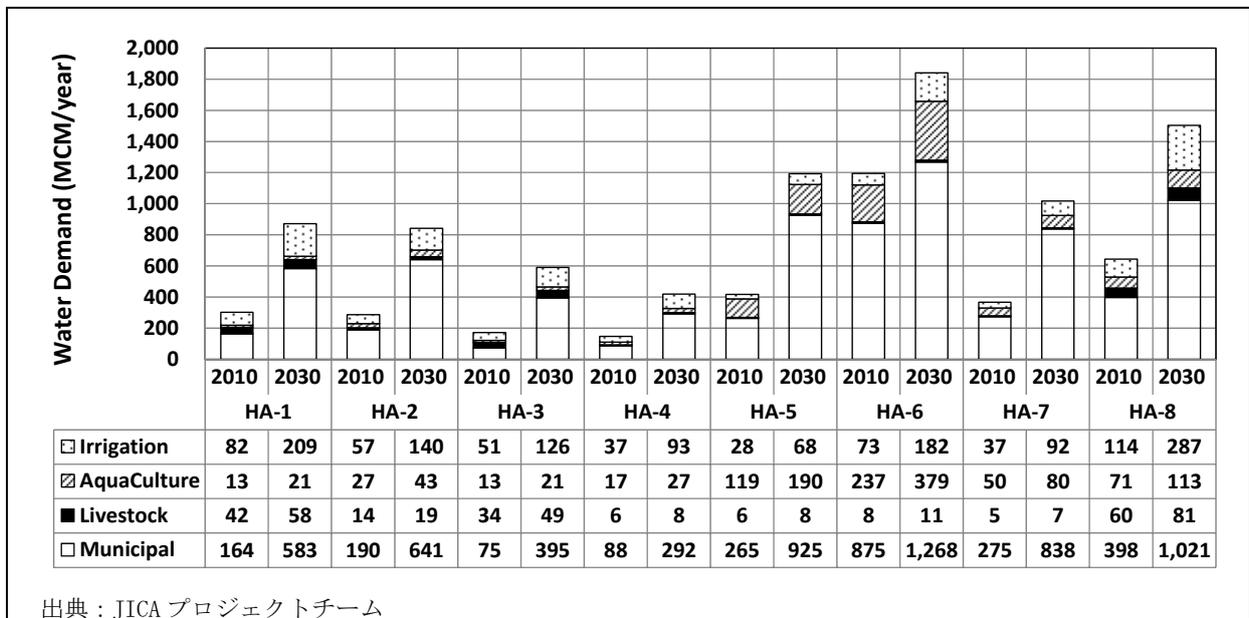


図 4-17 地下水源の水需要量

第5章 水資源ポテンシャルの評価

5.1 流域分割

本プロジェクトを通じて、流域分割の見直しに関する NIHSA と JICA プロジェクトチームによる協働努力が行われ、流域分割の原則と基準が議論され合意された。

流域分割の見直しの結果、M/P1995 からの大きな修正は Katsina 地区にみられる。その他の地域では微小な修正のみである。合計 168 の関連サブ水文地域 (SHA) が分割されたが、そのうち 3 つは完全に「ナ」国外に位置している。いくつかの SHA は「ナ」国境をまたいで国外に続いている。これらの SHA は「ナ」国境線で分割され、結局 194 の SHA に分割された。「ナ」国内の特定の水文地域 (HA) に属する SHA を集積すると HA 境界に一致する。分割された SHA 境界は図 5-1 に示す通りである。

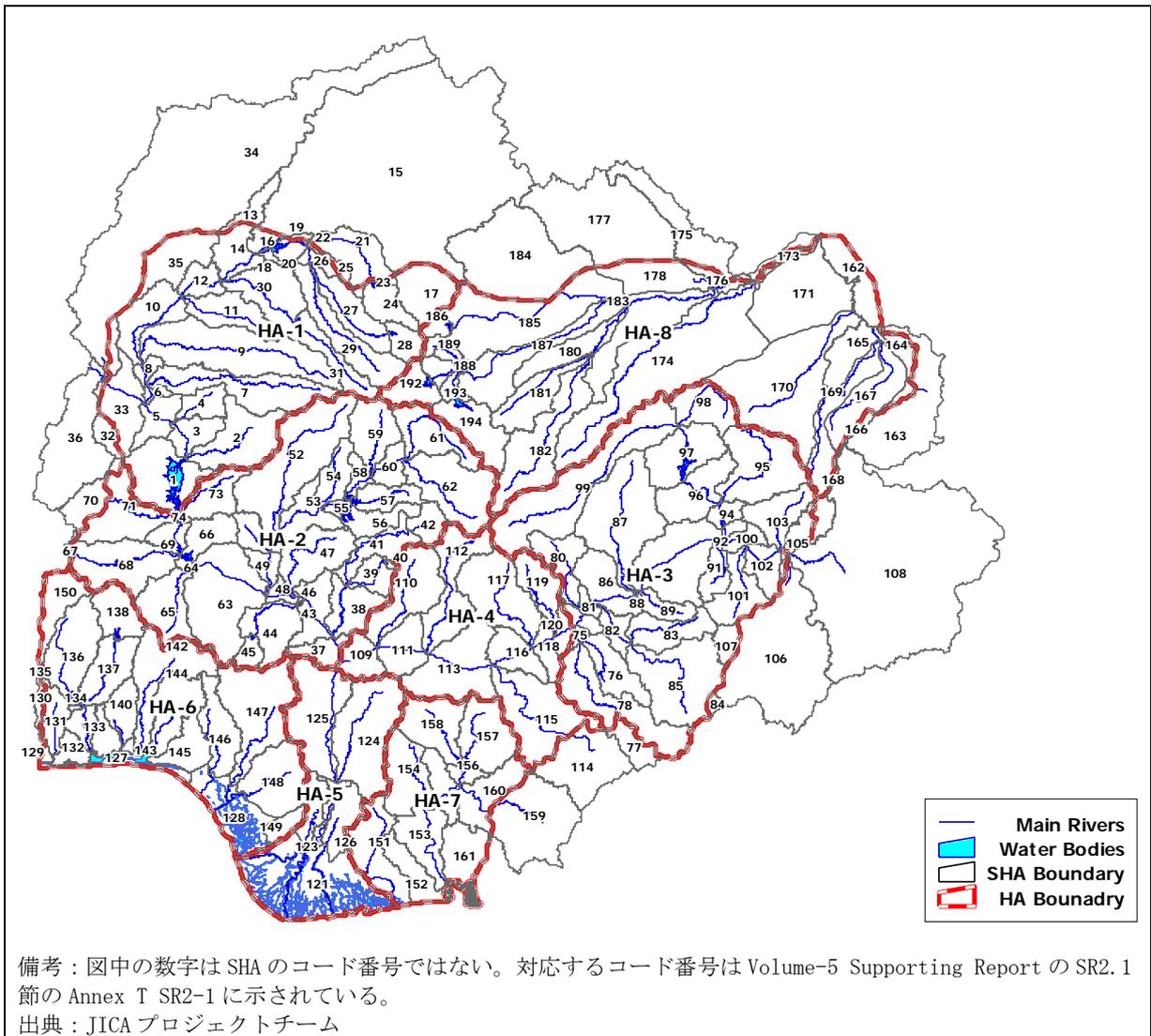


図 5-1 分割されたサブ水文地域 (SHAs)

HA および SHA の分割は、主として空間分解能と精度にある限界を持つ利用可能な情報とデータに基づく、机上作業によるものである。活用したデータソースを考慮すると、流域分割データの空間精度はせいぜい 1/100,000 スケールマップに相当する程度と考えられる。現地での確認作業についても現在の「ナ」国における治安状態により限定されたものとなっている。このため、将来的に現地確認作業等によって流域分割が正確ではないと判明された場合には、NIHSA によって流域分割の修正が施される可能性がある。

流域分割の詳細については、Volume-5 Supporting Report の SR2.1 節を参照されたい。

5.2 気象状況

気象データには 2 つのソースがある。1 つは「ナ」国内において入手可能な内部データであり、もう 1 つはグローバルデータセットである。前者は主として「ナ」国における気象観測に責任を有する機関である NIMET によって管理されている。後者はウェブサイトから入手可能である。これらのデータは水資源アセスメントへの利用に対してそれぞれ長所短所を有している。表 5-1 はこれらの長所短所を要約したものである。

表 5-1 利用可能な気象データの長所短所

データソース (データ管理者)	要 約	長所・短所
NIMET 総観気象観測所 (NIMET)	- 信頼できる観測システムによる長期観測データ - データ入手のための費用が発生する。NIMET は過去30年間の優先観測所における重要気象パラメタ（日雨量を含む）を推奨。	【長所】 - 最も信頼性が高い正式データ - 日雨量が利用可能 【短所】 - 27の点観測データのみが推奨された - フルセットのデータ入手は費用が高い
CRU-TS 3.1 ¹ (BADC)	- 各国の気象観測機関による観測データをもとに月データをグリッド化したもの。 - 気象関連研究にしばしば利用されている。 - グリッドサイズ = 0.5度 - 期間 = 1901-2009 - ウェブサイトから無償で入手可能。	【長所】 - 中程度の空間解像度の月単位時系列 - 「ナ」国外のデータも利用可能 - 無償 【短所】 - 標高の影響は考慮されていない。
Worldclim ² (Robert J. Hijman)	- 観測値をもとに標高の影響も考慮した長期平均（1950-2000）のグリッド別月単位降水量及び気温 - グリッドサイズ = 0.5, 2.5, 5.0 及び10分 - ウェブサイトから無償で入手可能。	【長所】 - 標高の影響を考慮した高い空間分解能 - 「ナ」国外のデータも利用可能 - 無償 【短所】 - 長期平均値のみ利用可能。
GSMaP ³ (JAXA)	- TRMMといった衛星情報に基づく日・時間単位のグリッド別降雨 - グリッドサイズ = 0.25 度 - 期間 = 1998-2006 - ウェブサイトから無償で入手可能。	【長所】 - 高い時間分解能と中程度の空間分解能 - 「ナ」国外のデータも利用可能 - 無償 【短所】 - 利用する前にバイアス補正が必要になる可能性がある - 近年のデータ

NIMET: Nigerian Meteorological Agency、BADC: British Atmospheric Data Centre、JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency

出典: JICAプロジェクトチーム

このような長所短所を考慮し、本プロジェクトでは、以下のようにデータ利用の戦略を設定した。

- 「ナ」国全土及び関連する周辺流域をカバーする、利用可能水資源量のアセスメントに関する長期解析のために、CRU-TS3.1 および Worldclim を用いてグリッド化された月別降水量、気温、可能蒸発散量（PET）⁴ を準備する。準備するデータの期間は 1959-2009 年の 51 年間とする。
- NIMET による日雨量の点観測データは月内の降水量パターンの確認や洪水現象と関連した短期豪雨事象の確率解析等に利用される。
- 必要に応じて洪水解析のための降雨以外の必要情報が利用可能な特定のパイロット地域に限定した洪水解析に GSMaP が利用する。ただし、GSMaP は 1998 年以降のデータのみ利用可能であることに留意する必要がある。

¹ University of East Anglia Climatic Research Unit (CRU). [Phil Jones, Ian Harris]. CRU Time Series (TS) high resolution gridded datasets, [Internet]. NCAS British Atmospheric Data Centre, 2008. Available from http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk__ATOM__dataent_1256223773328276

² Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978. Available from <http://www.worldclim.org/>

³ http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP_crest/index.html

⁴ Hamon 法により推定する (Hamon, W.R.: Estimating potential evapotranspiration, Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v. 87, p. 107-120, 1961.)

2.5度のメッシュでグリッド化された月別降水量、気温、可能蒸発散量（PET）に基づき、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5-2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5-2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。

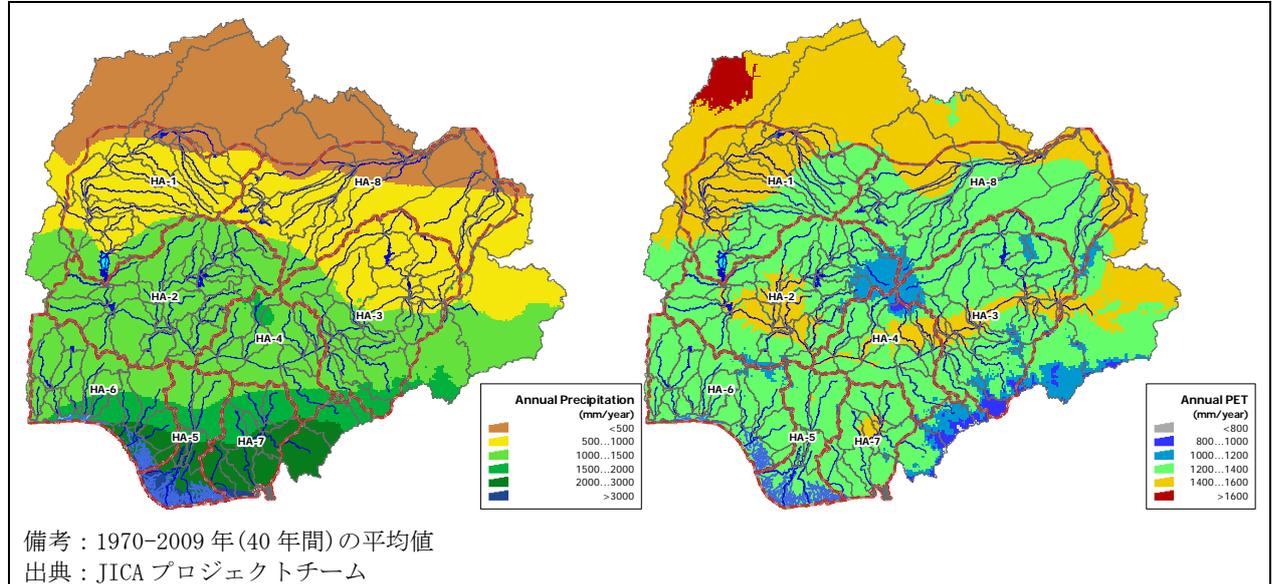


図5-2 年降水量,年可能蒸発散量の空間分布

表5-2 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

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。

図5-3は年降水量の10年期ごとの変化を示したものである。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。

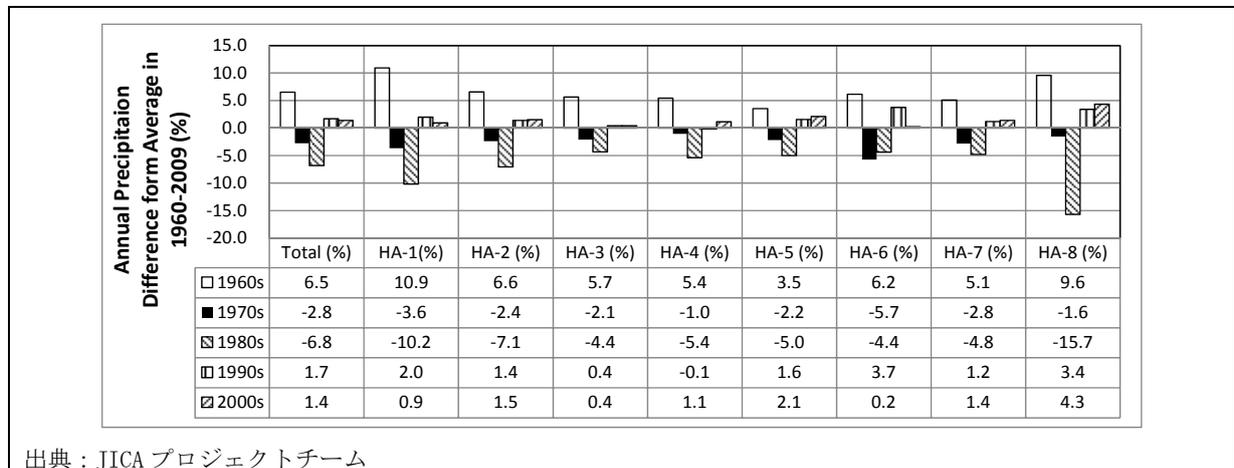


図5-3 10年期ごとの年降水量の変化

HA ごとの降水量と可能蒸発散量の季節変動は図 5-4 に示される通りである。図には、平均月雨量、平均月可能蒸発散量、月ごとの 80%年信頼月雨量が示されている。明確な雨季と乾季の存在がわかるが、HA-5,6 といった南部の水文地域においては雨季に 2 つのピークが出現する。北部の水文地域では、乾季の降水量はほぼゼロとなる。

気象データの詳細については、Volume-5 Supporting Report の SR2.2 節を参照されたい。

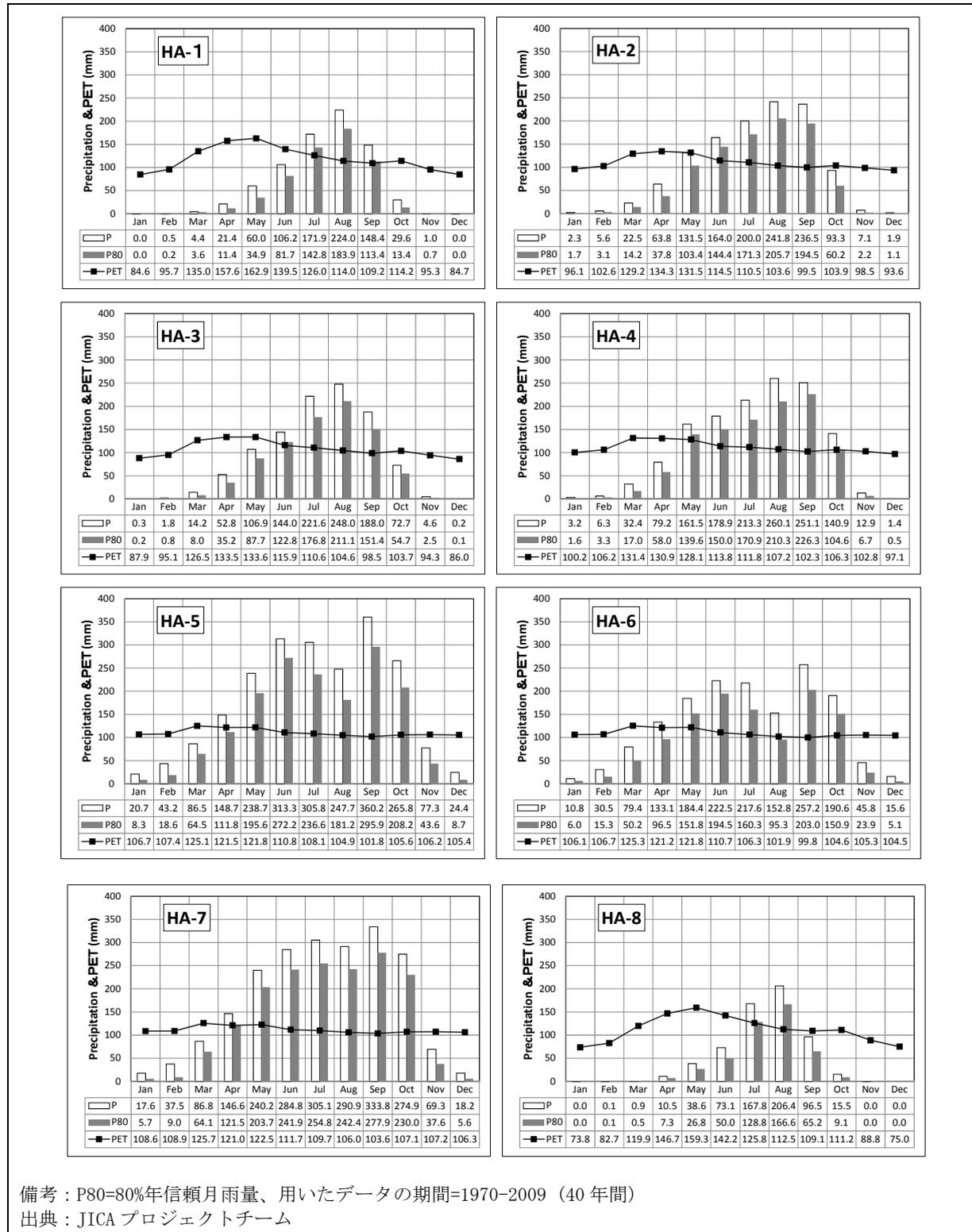


図 5-4 降水量と可能蒸発散量の季節変動

5.3 表流水

5.3.1 利用可能な水文データ

本プロジェクトでは、NIHSA の協力により利用可能な水文データが収集された。収集された水文データを統合して、101 の観測所における月流量のデータが整理された。水文データのインベントリから利用可能な水文データに関して以下の点が伺える。水文データの詳細については、Volume-5 Supporting Report のSR2.3.1 節を参照されたい。

- Niger 川およびBenue 川の本川およびHadejia-Jammare-Komadugu-Yobe 川システムでは、一般的に長期の日流量データが利用可能である。しかしながら、多くは大規模貯水ダムの影響を受けたデータとなっている。
- その他の地域については一般的には限定された期間の月流量データのみ利用可能である。
- 「ナ」国外のNiger 川およびBenue 川の本川の観測所では月流量のみが利用可能である。
- HA-6 においては、利用可能な流量データは極めて限定される。

図 5-5 は、利用可能な月および日流量データを有する水文観測所の数の経年変化を示したものである。1970-1980 年代にかけて最大となるが、1990 年代以降徐々に減少している。

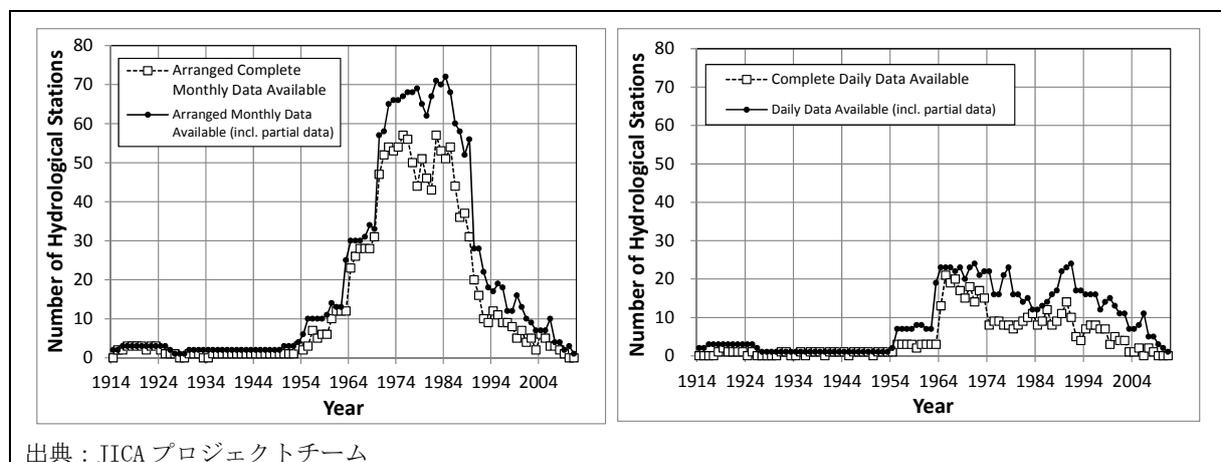


図 5-5 利用可能な月および日流量データを有する水文観測所の数の経年変化

5.3.2 疑似自然状態における表流水のポテンシャル

もし精度のよい直接的な流量観測データが十分に利用できるならば、それらを利用するほうが良い。しかしながら、本プロジェクトでは、水資源量を評価するための時空間的に十分な観測流量が揃っていない。さらには、多くの観測流量は大規模ダムの影響を受けたものとなっている。大規模ダムの影響を受けない疑似的自然状態⁵の流出量に関する時空間的な情報を補足することを目的として、長期降雨-流出解析モデルが導入される。なお、解析モデルは気候変動が流出量に及ぼす影響を検討するためにも利用できる。

本プロジェクトでは、Thorntwaite月単位水バランスモデル⁶と呼ばれる、月単位の計算ステップの土壌水分追跡モデルをセミ分布型^{7,8,9}に適用することとした。モデルパラメータは選定された水文観測所の実測データに対して同定された。長期降雨流出解析の詳細については、Volume-5 Supporting ReportのSR2.3.3節を参照されたい。

⁵ 全く人間活動の影響のない自然状態を知ることは不可能である。本プロジェクトでは、大規模貯水ダムや大規模取水による影響のない状態を疑似自然状態と定義する。

⁶ G.J. McCabe and S.L. Markstrom: A Monthly Water-Balance Model Driven by a Graphical User Interface, USGS Open-File Report 2007-1088, 2007.

⁷ Moore, J.W. Trubilowicz and J.M. Buttle: Prediction of Streamflow Regime and Annual Runoff for Ungauged Basins using a Distributed Monthly Water Balance Model, J. of the American Water Resources Association, Vol.48, No.1, pp.32-42, 2012.

⁸ C. Gregory Knight, Heejun Chang, Marieta P. Staneva & Deyan Kostov : A Simplified Basin Model For Simulating Runoff: The Struma River GIS, The Professional Geographer, 53:4, 533-545, 2001

⁹ FAO: Water Resources and irrigation in Africa, available from <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/watresafrika/index4.stm>

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 5-6 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。

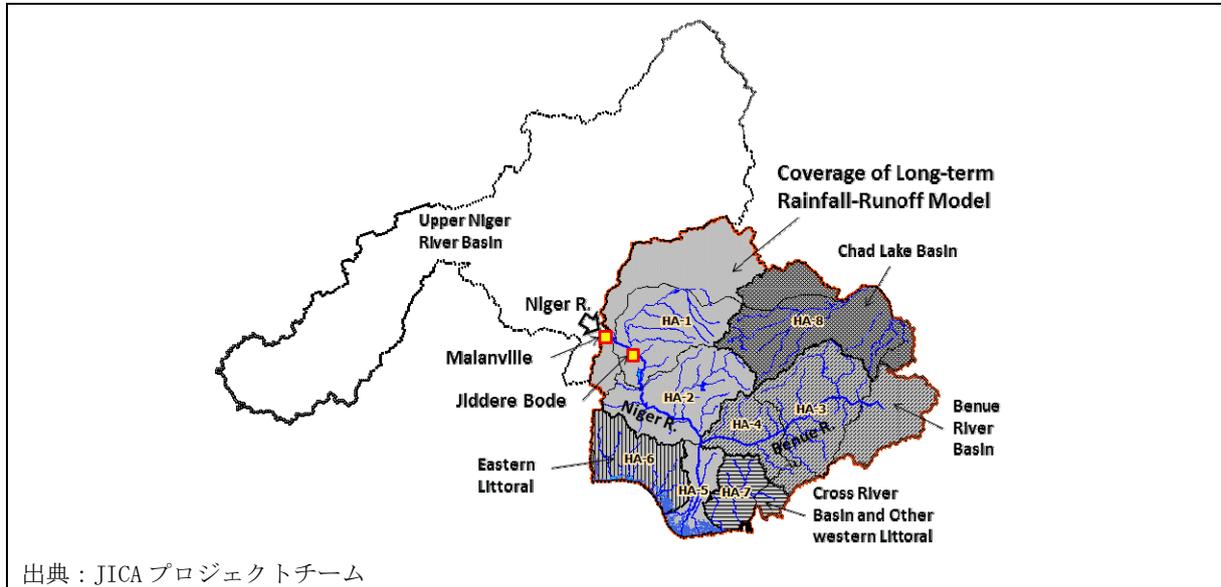


図5-6 長期降雨-流出解析モデルがカバーする範囲

図 5-7 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。

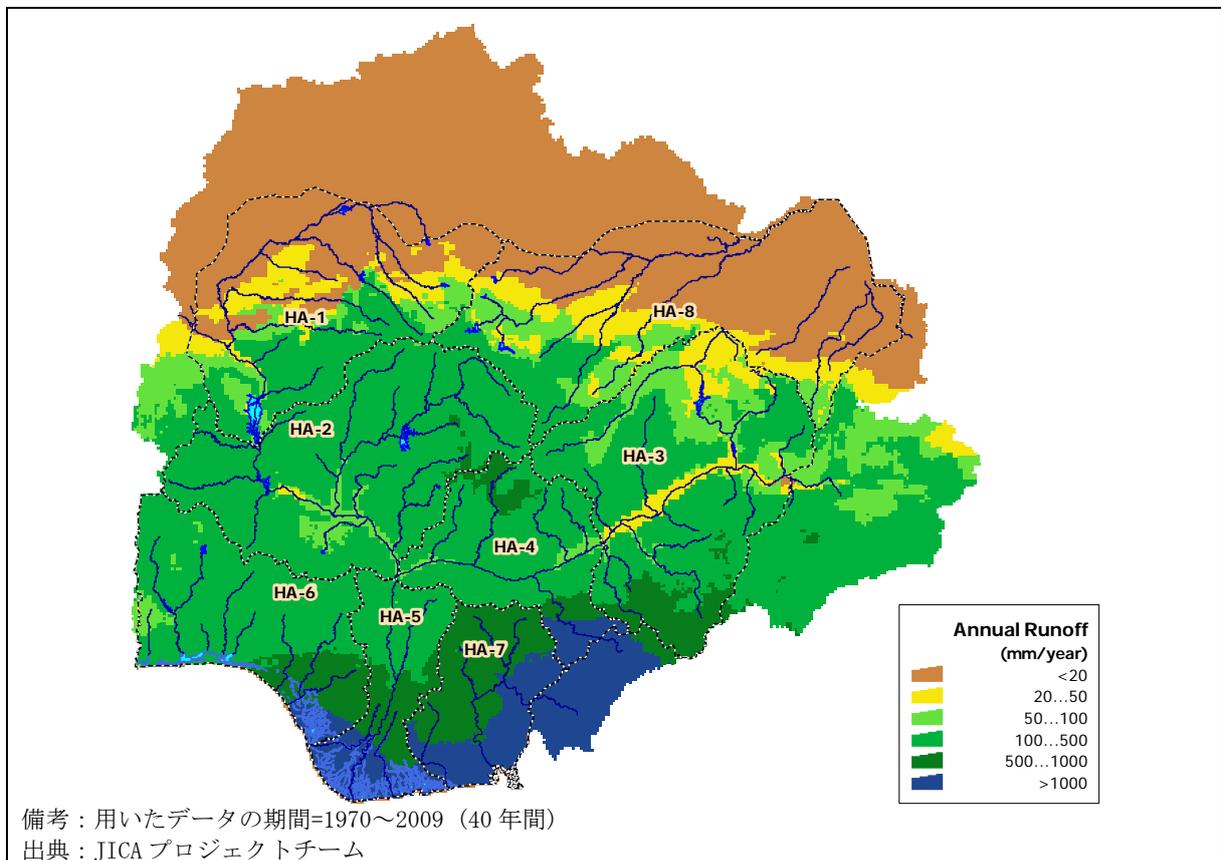


図 5-7 平均年流出高の空間分布

図5-8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。

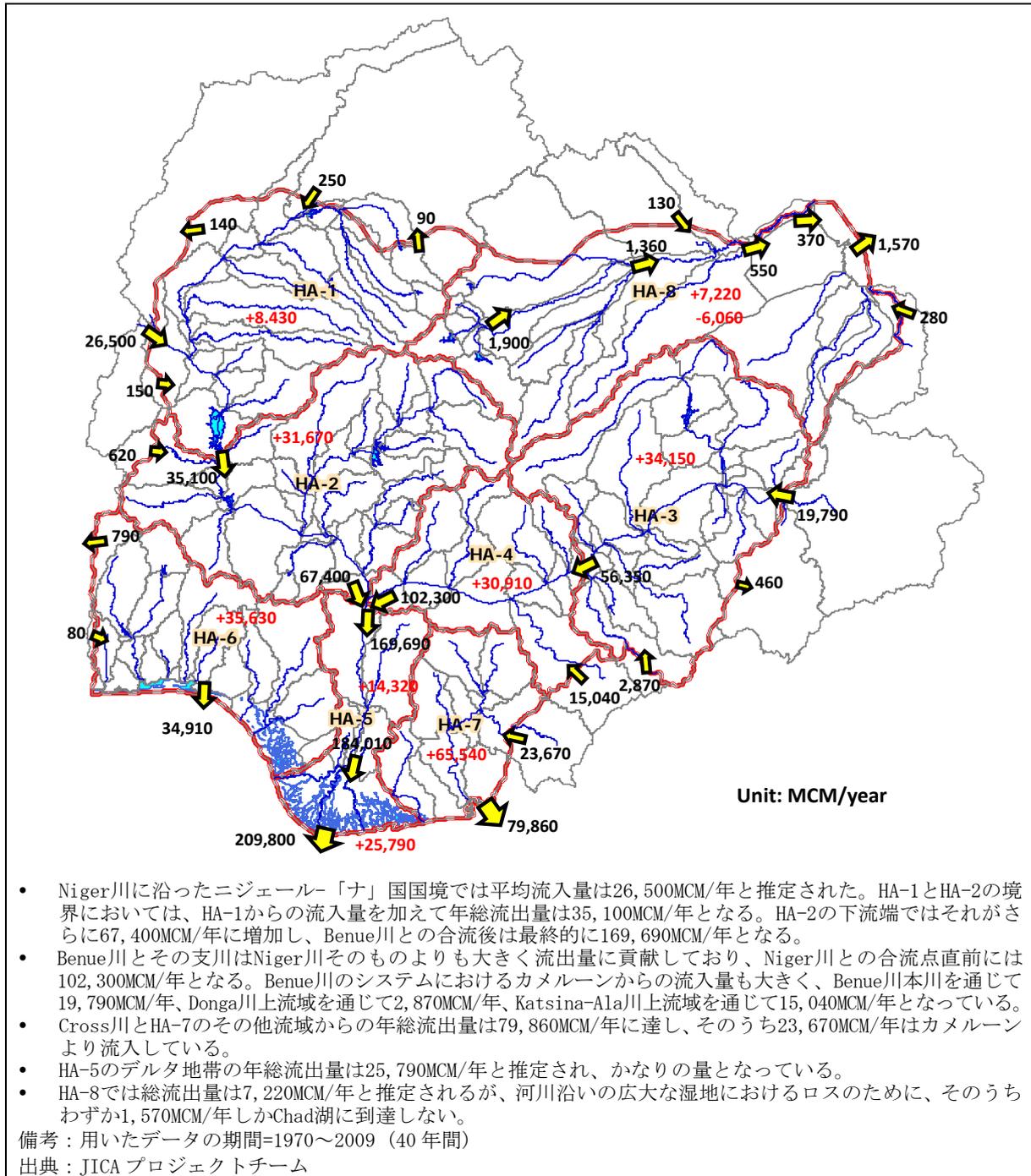


図 5-8 「ナ」国全土における年総流出量からみた長期平均の水バランス

表5-3はM/P1995における表流水ポテンシャルの推定値と本プロジェクトによるその比較を要約したものである。本プロジェクトにおける総水資源ポテンシャルはM/P1995よりも若干大きな値となった。この違いは以下に示す推定のベースの違いに起因するものと考えられる。

- M/P1995：1970年代から1980年代（最大20年間）における観測流量データ
- 本プロジェクト：観測流量をもとにパラメタ同定された解析モデルの1970～2009年（40年間）の計算結果

1990～2000年代が相対的に多雨の時期であったことを考慮すると、推定された表流水ポテンシャルのわずかな増加は妥当であると考えられる。

表 5-3 M/P1995 における表流水ポテンシャルの推定値と本プロジェクトの比較

水文地域	推定表流水ポテンシャル		備考
	M/P1995 (MCM/年)	本プロジェクト (MCM/年)	
HA-1	22,400	35,100	HA-1 の下流端、「ナ」国外からの流入量も含む
HA-2	32,600	32,300	HA-2 の下流端、「ナ」国外からの流入量も含む
HA-3 & 4	83,000	102,300	HA-4 の下流端、「ナ」国外からの流入量も含む
HA-5 & 7	85,700*	94,180*	「ナ」国外からの流入量も含む *HA-5 のデルタ地域 (25,800MCM/年) を除く。
HA-6	35,400	35,700	
HA-8	8,200*	7,200** (1,600)***	*HA-8 の下流端ではなく、いくつかの代表的観測所における 流出量の合計 **河川沿いのロスを含まない流出量の総和 ***HA-8 の下流端
合計	267,300	306,780* (301,180)**	*HA-5 のデルタ地域 (25,800MCM/年) を除く。 ** HA-8 の水資源ポテンシャルを 1,400MCM/年とする場合。

出典：M/P1995 および JICA プロジェクトチーム

5.3.3 疑似自然状態において利用可能な表流水

「ナ」国では明確な雨季と乾季が存在し、乾季においても安定的に利用可能な水量は疑似自然状態における年平均流量よりも圧倒的に小さい。安定的に利用可能な表流水水量を評価するために、以下に示す指標が代表地点において計算された。これらの計算された値は図5-9に示される。

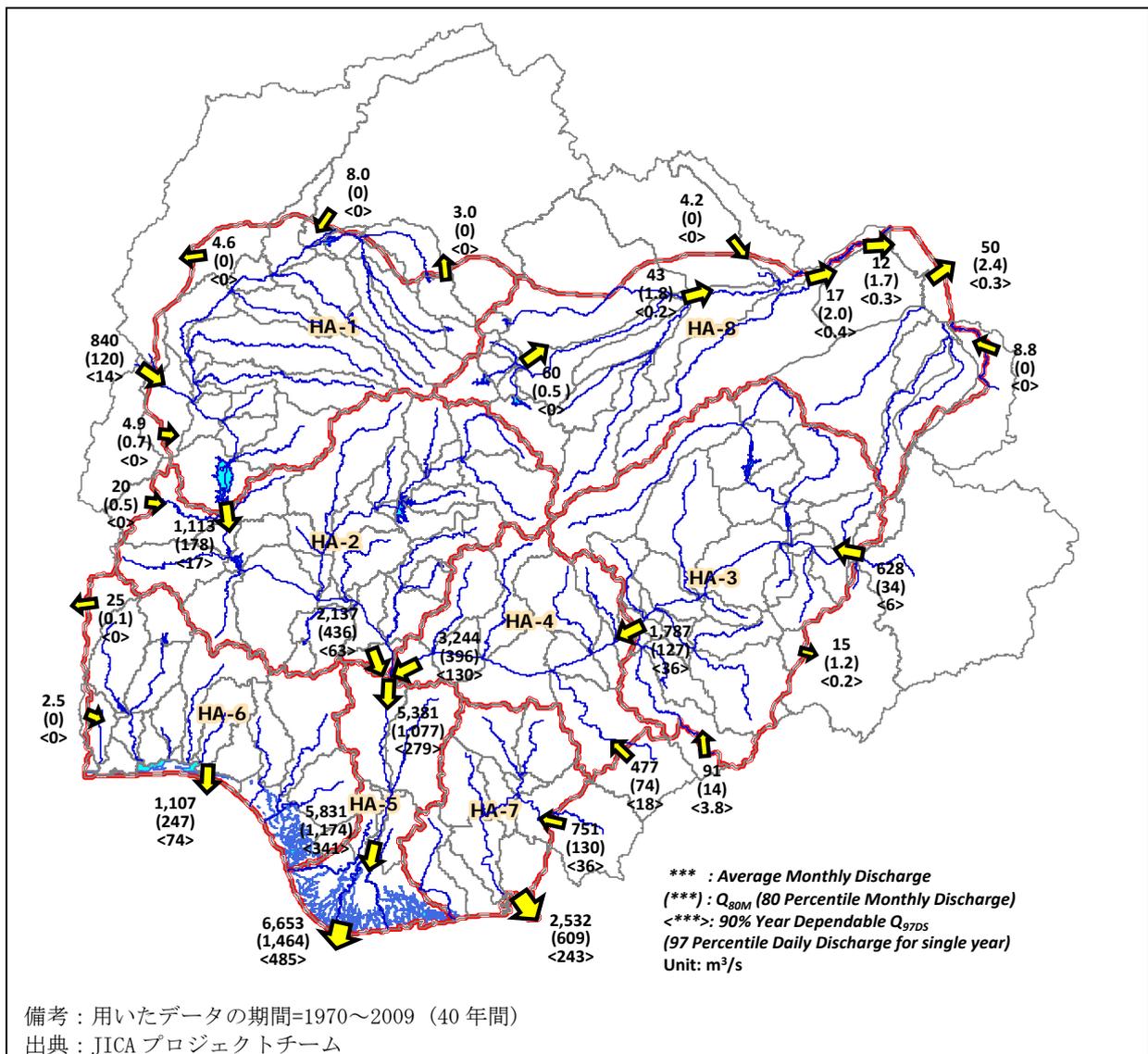


図 5-9 平均流量、 Q_{80M} 、 Q_{97DS} 90%Y の分布

Q_{80M}

- 80%月流量、ここで添字 M は月流量をベースとしていることを示している。
- これは、計算された月流量を用いて直接的に算出される。

$Q_{97DS}90\%Y$

- 90%年の信頼度で得ることができる単一年の 97%日流量 (Q_{97DS} : しばしば渇水流量と呼ばれる。ここで、添字 D は日流量をベースとしていることを表現し、添字 S は単一年の流量データによることを示している。)
- この指標は、河川の渇水時の流量を代表している。

Q_{80M} は Benue 川及びその支川流域、Cross 川流域をはじめとする中南部において大きく、低水時における相対的に大きな流量を示している。

一方、北部では、 Q_{80M} はほぼゼロに近くなり、低水流量はとても小さい。

$Q_{97DS}90\%Y$ は中南部では平均流量の 2-5%程度となる。しかしながら、北部では、多くの場所ではほとんどゼロとなり、疑似自然状態の流況では、1 年を通じて安定して取水できる水はないことを示している。北部においては、表流水の安定取水のためには、貯水ダムの開発は避けられない。

5.3.4 気候変動の影響

将来生じうる気候状態を検討するために、CCAFS¹⁰によって提供されている統計的ダウンスケールがなされた GSM の出力結果が分析された。統計的ダウンスケールとバイアス補正は Worldclim のデータセットをもとになされている。ここでは、A1B シナリオに対して 10 秒メッシュでダウンスケールされたデータについて、HA ごとの空間平均量を求めたうえで分析を行った。

降水量に対する GCM 出力結果はモデルごとのばらつきが大きい、それらの平均値と分散について計算し、それより以下のことが分かる。

- 一般的に、異なる GCM の出力結果の平均変化率はその分散よりもとても小さい。これは、降水量の変化について大きな不確実性があることを示すものである。
- すべての水文地域について、降水量は MAM (3、4、5 月) に減少し、JJA (6、7、8 月) 及び SON (9、10、11 月) に増加する傾向にある。
- 水文地域 5、6、7 といった南部地域では、降水量は DJF (12、1、2 月) に減少するが、その他の地域では増加する傾向にある。
- このような傾向は、特に南部地域において、より少雨の乾季およびより多雨な雨季をもたらすことになる。
- 変化率は、初期の変化傾向を維持しつつ、時間の経過とともに徐々に大きくなる。

GCM 出力結果に基づく気温の変化について、同様に以下のことが分かる。

- 一般的に、異なる GCM の出力結果の平均変化率はその分散よりもかなり大きい。このことは、気温の変化がかなり確かなものであることを示している。
- 気温の変化は、すべての季節、すべての水文地域に対してほぼ同じである。
- 変化率は時間の経過とともに徐々に大きくなる。

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 5-4 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。

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 5-4 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)。

¹⁰ Ramirez, J.; Jarvis, A. 2008. High Resolution Statistically Downscaled Future Climate Surfaces. International Center for Tropical Agriculture (CIAT); CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Cali, Colombia. Data are available from web-site of CCAFS <http://www.ccafs-climate.org/>

- 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。

表 5-4 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

気候変動が流出に及ぼす影響の詳細については、Volume-5 Supporting Report のSR2.3.5節を参照されたい。

5.3.5 表流水の水質

「ナ」国では系統だった水質モニタリング、分析が行われていないことから、表流水の水質概要を評価することは難しい。FMWRの水質試験所によって実施されている現状の水質モニタリングは、財政面の制約により、水域の適切な水質評価のためには十分ではない。いくつかの調査が、EIAのフレームに基づきあるいは政府機関からの要請によりアドホック的に行われているにすぎない。

連邦水資源省の水質管理・衛生局が実施中の「水質試験所とモニタリング用のベースライン開発のためのデータ収集」調査のドラフトレポートによれば、表流水水質の一般的な状況は以下のようである。

- 北部地域においては、一般論として、BODが水性生物環境のための基準値を下回り、DO値が基準値を上回るという事実から判断して、河川水の水質は、雨季においては良好である。一般的に、河川水の水質は乾季において低下する傾向があり、その傾向は他の原因と合わせて、水路の流水の減少による自浄能力の低下のせいと考えられる。
- 南部地域においては、BODが水性生物環境のための基準値を下回り、DO値が基準値を上回るという事実から判断して、河川水の水質は、雨季及び乾季において良好である。このことは他の原因と合わせて、この地域におけるより多い降雨パターンが水路の自浄能力を維持することに寄与していると考えられる。
- 幾つかの川において重金属の存在が認められたため、その原因の把握と当該汚染河川の水質管理を推進するために、よい詳細な水モニタリング調査が求められる。
- ある河川における幾つかの測定値は、その質を評価するための再確認が必要である。

ここで述べた状況は雨季と乾季の2回の測定のみに基づくものであることに留意する。水質状況の把握のためには継続したモニタリングを実施していくことを強く推奨する。

「ナ」国においては、廃水管理が十分ではなく、ほとんどが未処理のまま水域に放出されている。河川の水質は人的活動の影響を強く受け、その影響は特に都市域、工業地域、農業地帯を通過する際に顕著である。汚濁量が増加すれば、利用可能な水を得るために必要となる費用が大きくなる。現時点で入手可能なデータ情報は、いくつかのHAにおいて都市、工業地域近傍での表流水水質の悪化が示されている。

表流水の水質については、Volume-5 Supporting Report のSR2.3.6節(1)および(2)に補足データ等を示した。

汚濁負荷は、現在と将来の状況下での表流水水質への影響を評価するために推定される。汚濁負荷を推定するために有機物汚濁の指標として水質項目のBODが選定された。汚濁負荷は、その影

響の大きさと配分に係る理解を深めるために、家庭、産業及び農業の発生源から推定される。汚濁負荷量の推定方法については、Volume-5 Supporting Report のSR2. 3. 6 節(3)を参照されたい。

予備的に推定された全国の総汚濁負荷量は、2010 年時点で $4,667 \times 10^6 \text{kg/年}$ 、2030 年時点で $7,436 \times 10^6 \text{kg/年}$ である。このうち、生活用水による負荷量が 50-70% を占めている。図 5-10 は単位面積あたりの総汚濁負荷量の分布を示したものである。Lagos、Kano といった大都市周辺地域における汚濁負荷量が極端に高いことがわかる。比較的汚濁負荷量が高い地域は、2030 年には HA-5、6、7、8 の広い範囲に広がっていくことが予想される。

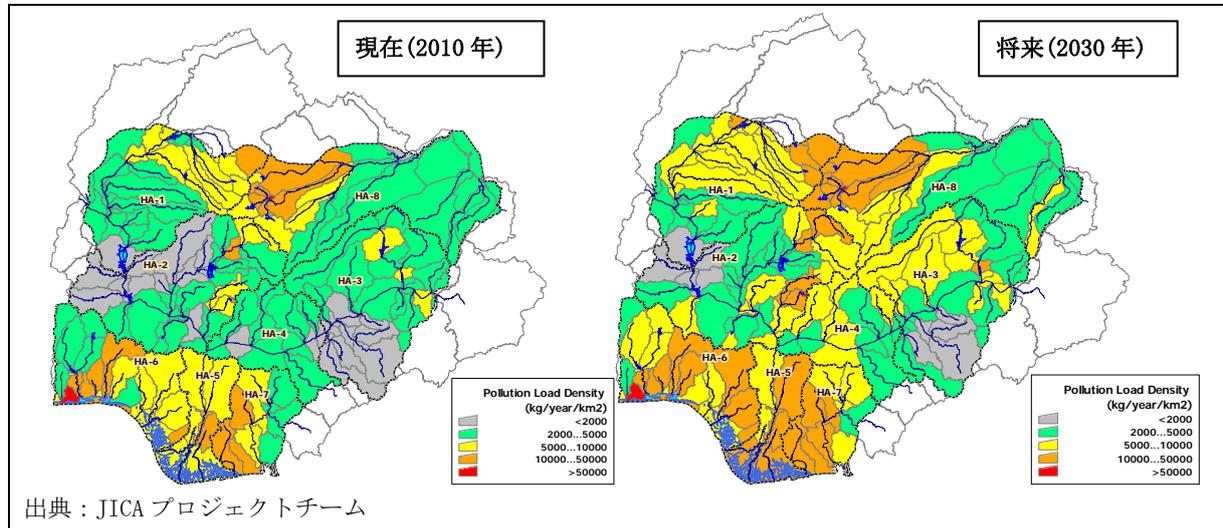


図 5-10 単位面積あたりの汚濁負荷量の分布

5.4 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。

5.4.1 帯水層のタイプ

「ナ」国の帯水層は基盤岩と堆積岩からなる。「ナ」国の地質を図 5-11 に示す。

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

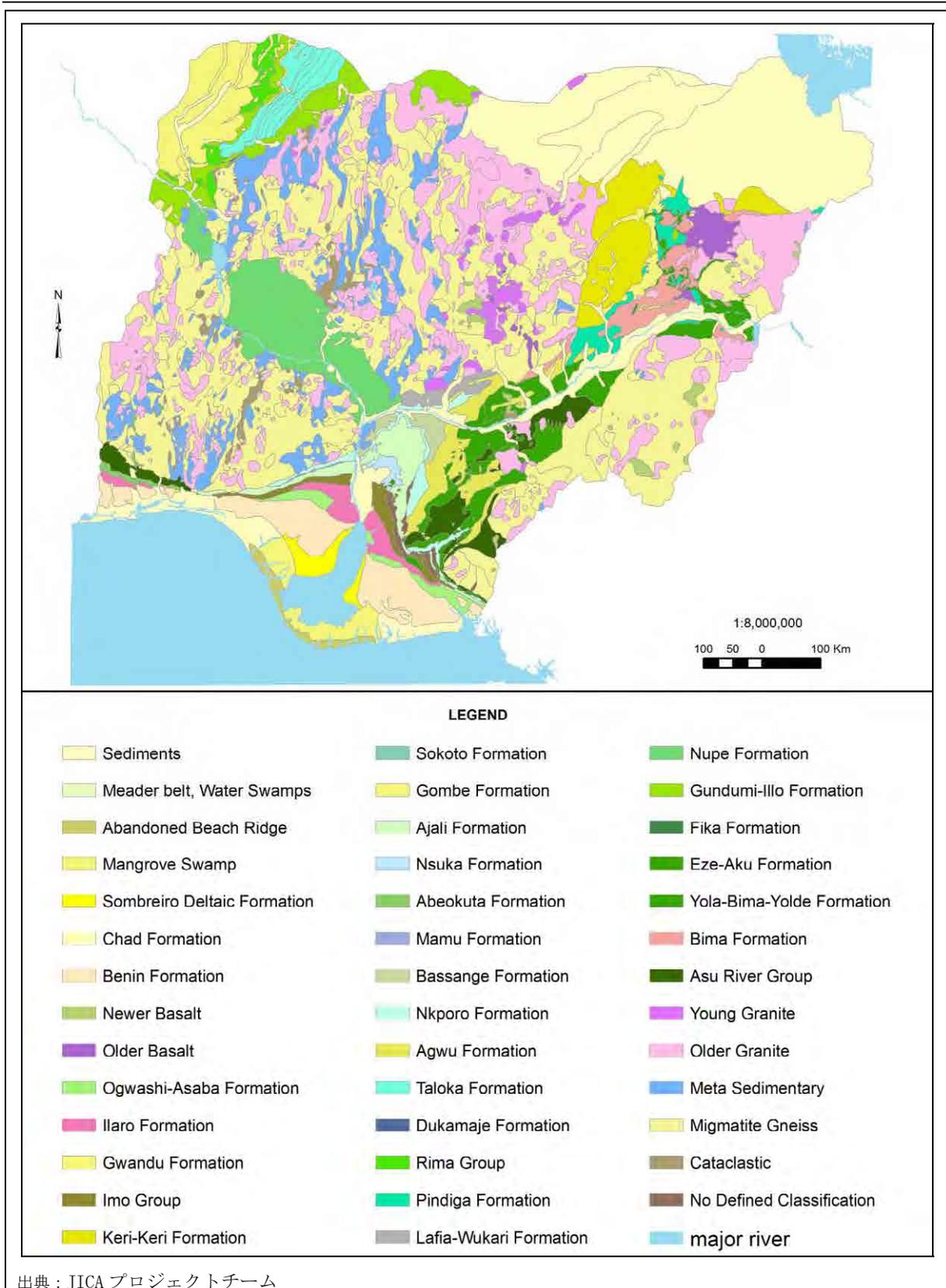
「ナ」国の堆積岩は主に砂岩（砂層）と頁岩（粘土層）で構成される。砂岩層の中で層厚が大きくまた水平方向に良く連続するものは大規模な帯水層を形成する。帯水層の規模が大きく帯水層の透水性が高い場合、個々の井戸から揚水できる地下水量が大きい。かかる地域では地下水涵養量以上に地下水を揚水することが可能であり、その結果として帯水層に貯留された地下水が次第に消費され、地下水位が経年的に低下する危険が高い。すなわち堆積岩地域では、地下水涵養量以上に地下水を利用することが可能であり、持続的な地下水開発とするためには、地下水許容量を地下水涵養量以下とすることが必要である。

5.4.2 地下水涵養量

(1) 地下水涵養量

地下水涵養量は 5.3.2 で記載されている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 5-5 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である。



出典：JICA プロジェクトチーム

図5-11 「ナ」国地質図

表 5-5 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

SHA ごとに集計された地下水涵養量を帯水層ごとに再集計した。その結果を表 5-6 および図 5-12 に示す。

表 5-6 帯水層ごとの地下水涵養量

時代区分	地層名	地下水涵養量(mm/年)
HA-1		
Eocene	Gwandu Formation	24
Paleocene	Kalambaina Formation (Sokoto group)	1
	Dange Formation (Sokoto group)	1
	Wurno Formation (Rima Group)	18
Maestrichtian	Dukamaje Formation (Rima Group)	34
	Taloka Formation (Rima Group)	6
	Ill Formation	10
	Gundumi Formation	10
Pre-Cambria	Basement complex	40
HA-2		
第四紀	沖積層	18
第三紀	Patti 層	51
白亜紀	Lokoja 砂岩/Nupe 砂岩	37
先カンブリア	基盤岩	51
HA-3		
完新世	沖積層	7
更新世	Chad 層	9
暁新世 e	Kerri-Kerri 層	32
Maestrichtian	Lamja 砂岩/ Gombe 砂岩	19
Campanian	Numanha 頁岩/gulani 砂岩/Pindiga 層	20
Santonian	Sekule 層/Pindiga 層	20
Turonian	Jessu 層/Pindiga 層	20
	Dukul 層/Pindiga 層	20
	Yolde 層	17
Cenomanian	Bima 砂岩	43
先カンブリア	基盤岩	132
HA-4		
暁新世	火山岩	301
Maestri-chtian	Lafia 層	176
Senonian	Awgu 層	128
Turonian	Ezeaku/makurdi 層	59
	Keana 層	128
Cenomanian	Awe 層	128

時代区分	地層名	地下水涵養量(mm/年)
Albian	Asu River 層	59
先カンブリア	基盤岩	277
HA-5		
暁新世	火山岩	590
Maestri-chtian	Lafia 層	458
Senonian Turonian Cenomanian Albian	Awgu 層	450
	Ezeaku/makurdi 層	331
	Keana 層	189
	Awe 層	51
	Asu River 層	83
先カンブリア	基盤岩	122
暁新世	火山岩	91
Maestri-chtian	Lafia 層	63
Senonian	Awgu 層	62
HA-6		
第四紀 第三紀	Benin 層	792
	Ameki 層	532
	Imo 層	291
	Nsukka 層	124
	Ajali 層	180
	Mamu 層	86
	Nkporo 頁岩	93
HA-7		
第四紀	Benin 層	872
第三紀	Ameki 層	516
	Imo 層	378
	Nsukka 層	378
	Ajali 層	295
	Mamu 層	295
	Nkporo 頁岩	222
白亜紀	Awgu 層	173
	Ezeaku 層	208
	Asu 層	268
先カンブリア	基盤岩	416
HA-8		
更新世	Chad 層	7
暁新世	Kerri-Kerri 層	7
白亜紀	Gundumi 層	1
ジュラ紀	Yonger Granite Complex	103
先カンブリア	基盤岩	61

出典: JICA プロジェクトチーム

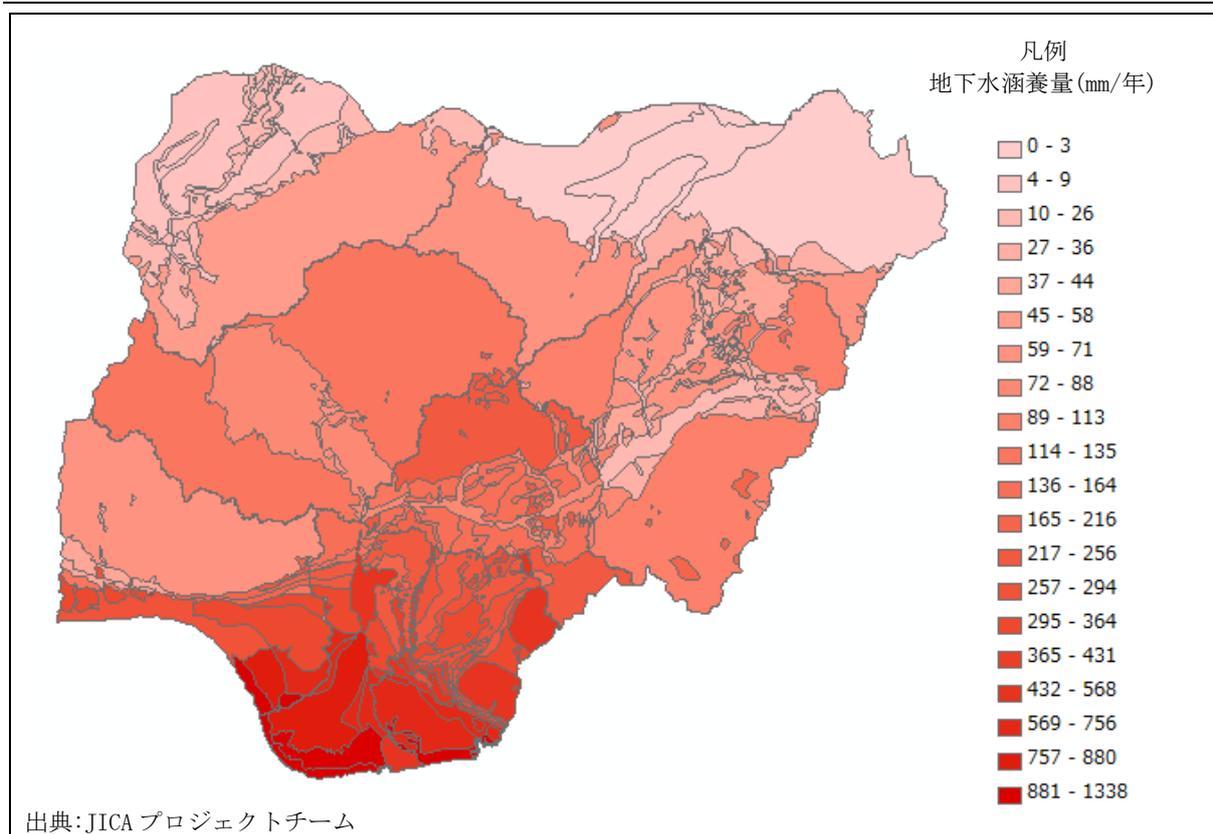


図 5-12 解析結果の帯水層ごとの地下水涵養量分布

(2) 地下水モニタリングによる水収支

表 5-6 に示した地下水涵養は河川・地下水を一体として解析する手法によって得られた解析結果であり、「ナ」国全土の地下水涵養量を均一な精度で推定し比較することができる。

その一方で広大な面積を持った「ナ」国の変化に富む地下水涵養機構を同一の手法で評価することには限界があると考えられる。この欠点を補うために、流域管理計画を策定する北部と南部の 2 水文地域で地下水モニタリングを実施し、その結果から地下水涵養量の評価を行う。

解析原理

降雨は土壤に達した後、土壤水分バランスにより土壤保水の残余部分が浅層帯水層に排水される。したがって、浅層帯水層の地下水面の変化を観測することによって、土壤から排水された地下水涵養量を直接的に観測することが可能である。浅層地下水の地下水面は浅井戸¹¹によって観測可能であり、本プロジェクトでは浅井戸をモニタリング井戸として建設した。

地下水モニタリング井戸の設置

JICA プロジェクトチームと NIHSA が共同で 30 箇所のモニタリング井戸位置を選定した。選定条件として代表的な地質状況であることとアクセスの容易さを重視した。JICA プロジェクトチームは、本プロジェクトのフェーズ-1 の期間にモニタリング井戸の地下水位観測を行った。フェーズ-2 以降は、プロジェクトチームに代わって NIHSA が地下水位の観測を行っている。モニタリング井戸の位置を図 5-13 に示す。

¹¹ 浅井戸は手掘り井戸(shallow hand dug well) を意味する。

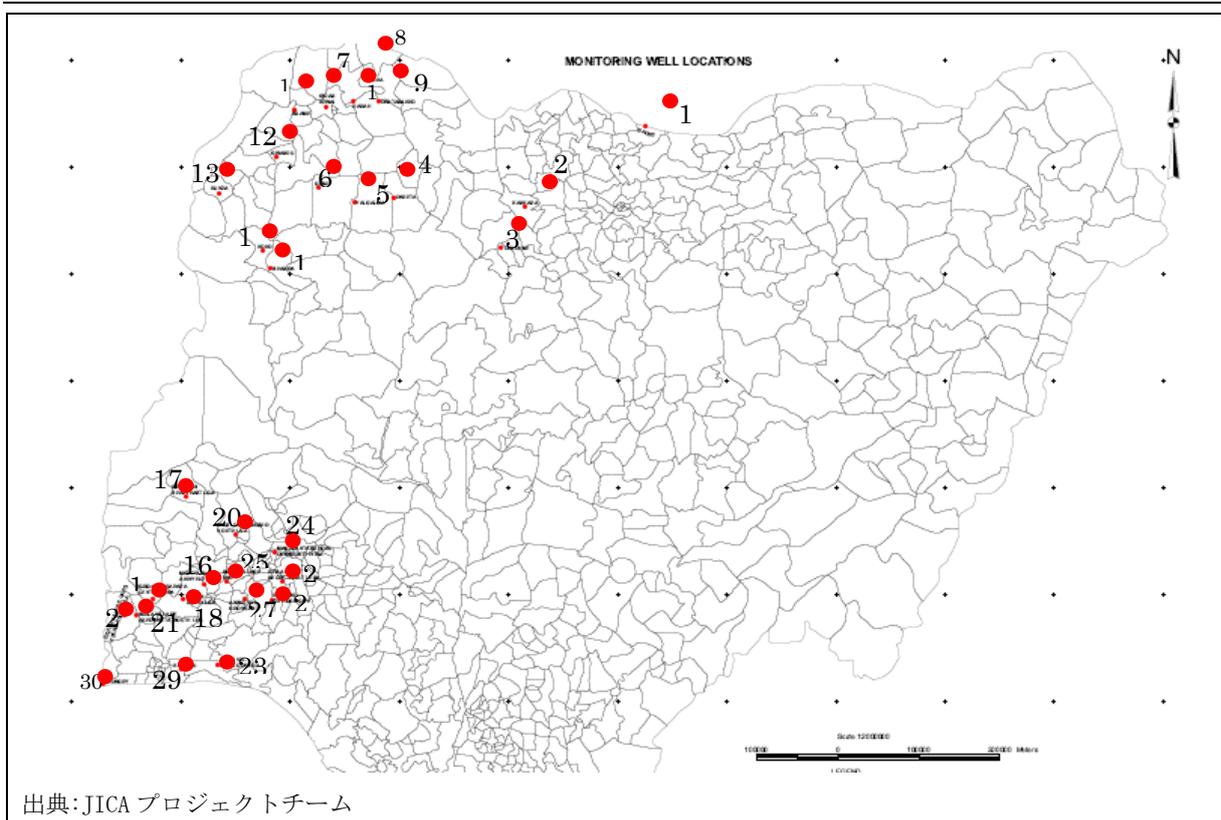


図 5-13 モニタリング井戸の位置

解析結果

HA-1 および HA-6 の各々15箇所モニタリング井戸で2011年12月～2012年5月に期間に地下水が観測された。その結果から地下水涵養量を算出しその結果を、表 5-7 と表 5-8 にそれぞれ示す。

表 5-7 HA-1 の地下水涵養量

井戸No	地下水涵養量 (mm/年)	井戸No	地下水涵養量 (mm/年)
1	96	9	18
2	80	10	29
3	95	11	21
4	37	12	66
5	99	13	29
6	40	14	76
7	28	15	90
8	26	平均	55

出典: JICA プロジェクトチーム

表 5-8 HA-6 の地下水涵養量

井戸No	地下水涵養量 (mm/年)	井戸No	地下水涵養量 (mm/年)
16	300	24	260
17	201	25	163
18	255	26	167
19	285	27	178
20	205	28	220
21	177	29	342
22	256	30	246
23	134	平均	226

出典: JICA プロジェクトチーム

解析結果による HA-1 の地下水涵養量の平均値は 55mm/年、HA-6 は 228mm/年であり、長期流出解析で算出した値と整合している。したがって、本プロジェクトでは長期流出解析結果の地下水涵養量を採用する。

今後のモニタリング調査方針

2012年7月以降現在まで NIHSA は地下水モニタリングを継続しており本プロジェクト終了後に本モニタリングを継続し、地下水変動特性の把握と地下水涵養量の把握に努めることが期待される。

(3) 気候変動の影響

気候変動による地下水涵養量への影響予測結果を表 5-9 に示す。同表に示すように、地下水涵養量は気候変動の影響を受けて減少する傾向を示している。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。

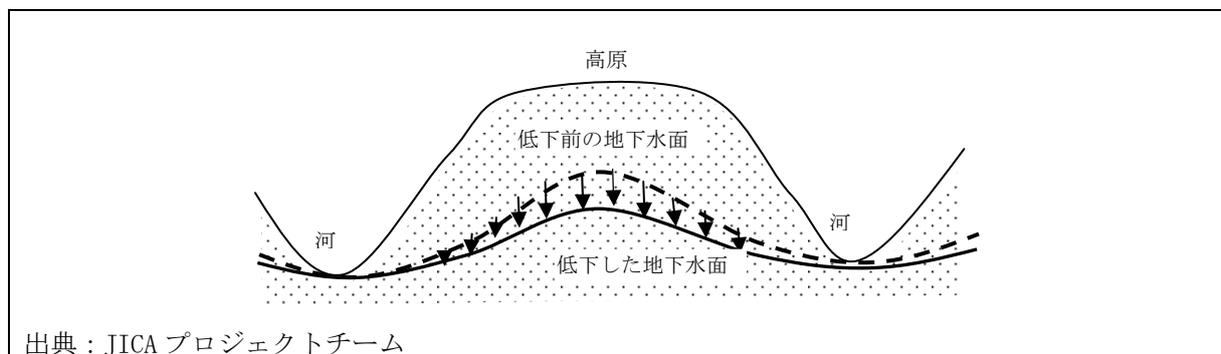
表 5-9 降雨量、気温の変化に対する「ナ」国内における地下水涵養量の変化

水文地域 (HA)		HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	全国平均
現状の地下水涵養量 (mm/年)		37	132	123	250	592	236	570	24	171
ケース 1	地下水涵養量 (mm/年)	22	91	92	204	509	186	499	17	136
	現状に対する比率	59%	69%	75%	82%	86%	79%	88%	71%	80%
ケース 2	地下水涵養量 (mm/年)	31	105	105	217	508	188	538	24	147
	現状に対する比率	84%	80%	85%	87%	86%	80%	94%	100%	86%

出典：JICA プロジェクトチーム

気候変動の影響の地域格差

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（図 5-14 参照）。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。また、高原から河川までの地下水導水勾配が大きな地域でも涵養量の減少とそれに伴う地下水流動量の減少は導水勾配の大きな減少となって現れ、高原中央部において大きな地下水位低下の原因となる。例えば、Plateau 高原などの高標高地帯でその可能性が高い。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 5-14 地下水涵養量が減少した場合の地下水位低下の分布

5.5 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5-10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。

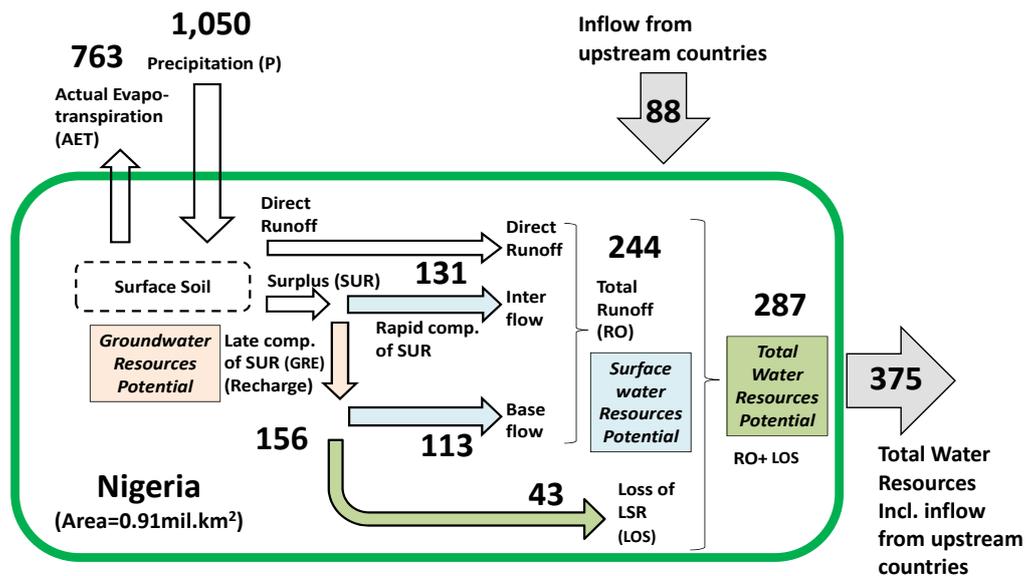
全国の平均降雨量は1,150mmである。降雨量の約24%が流出し、残りは蒸発散その他で消失する。国土内での内部総流出量は244BCM/年であり、表流水のポテンシャルは333BCM/年である。総水資源ポテンシャルは、表流水ポテンシャルに地下水涵養量のうち基底流出として出現しない分を加えたものとして評価され、国土内での内部生産によるものは287BCM/年であり、「ナ」国外からの流入水を含めると、合計375BCM/年と評価される。88BCM/年は国外起源のものであり、おおよそ、「ナ」国の総水資源ポテンシャルの24%は隣接国からの貢献によるものであるといえる。地下水涵養量の推定から、更新可能な資源とし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

表 5-10 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

第6章 需要と供給の水バランス

6.1 全体的な水需要と水資源ポテンシャルのバランス

表 6-1 は、HA ごとの総水需要量と水資源ポテンシャルを示したものである。

表 6-1 総水需要量と水資源ポテンシャルの全体的なバランス

		HA-1	HA-2	HA-3	HA-4	HA-5	HA-6	HA-7	HA-8	合計	
総水資源ポテンシャル											
「ナ」国外からの 流入水を含む量	(BCM/ 年)	(1)	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)	(2)	10.7	40.3	37.9	32.8	50.7	43.6	60.3	10.3	286.6
地下水ポテンシ ャル	(BCM/ 年)	(3)	5.0	20.5	19.3	18.6	31.9	23.4	32.8	4.3	155.8
総水需要量											
現在(2010)	(BCM/ 年)	(4)	0.79	0.59	0.35	0.25	0.50	1.54	0.46	1.46	5.93
	(%)	(4)/(1)	2.1	1.5	0.6	0.5	1.0	3.5	0.5	14.2	1.6
	(%)	(4)/(2)	7.4	1.5	0.9	0.8	1.0	3.5	0.8	14.2	2.1
将来(2030)	(BCM/ 年)	(5)	1.63	1.87	2.27	1.15	1.66	3.54	1.36	3.11	16.58
	(%)	(5)/(1)	4.3	4.6	3.8	2.4	3.3	8.1	1.6	30.2	4.4
	(%)	(5)/(2)	15.2	4.6	6.0	3.5	3.3	8.1	2.3	30.2	5.8

注記：

- 1) 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。
 - 2) 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。
- 出典：JICA プロジェクトチーム

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。

ここでは水利用率を総水資源ポテンシャルに対する総水需要量の比と定義する。水利用率は、2010 年ではわずか 1.6%に過ぎないが、2030 年には 4.4%となる。

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、地域内での水需給バランスの検討から水源開発を検討する必要がある。

6.2 水需給バランスの検討手順

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。地下水と表流水それぞれについて持続的かつ効率的に利用可能となるよう、それぞれの水バランスに配慮して水資源開発を計画する。

「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。水需給バランスの検討は、図 6-1 に示す手順で実施される。

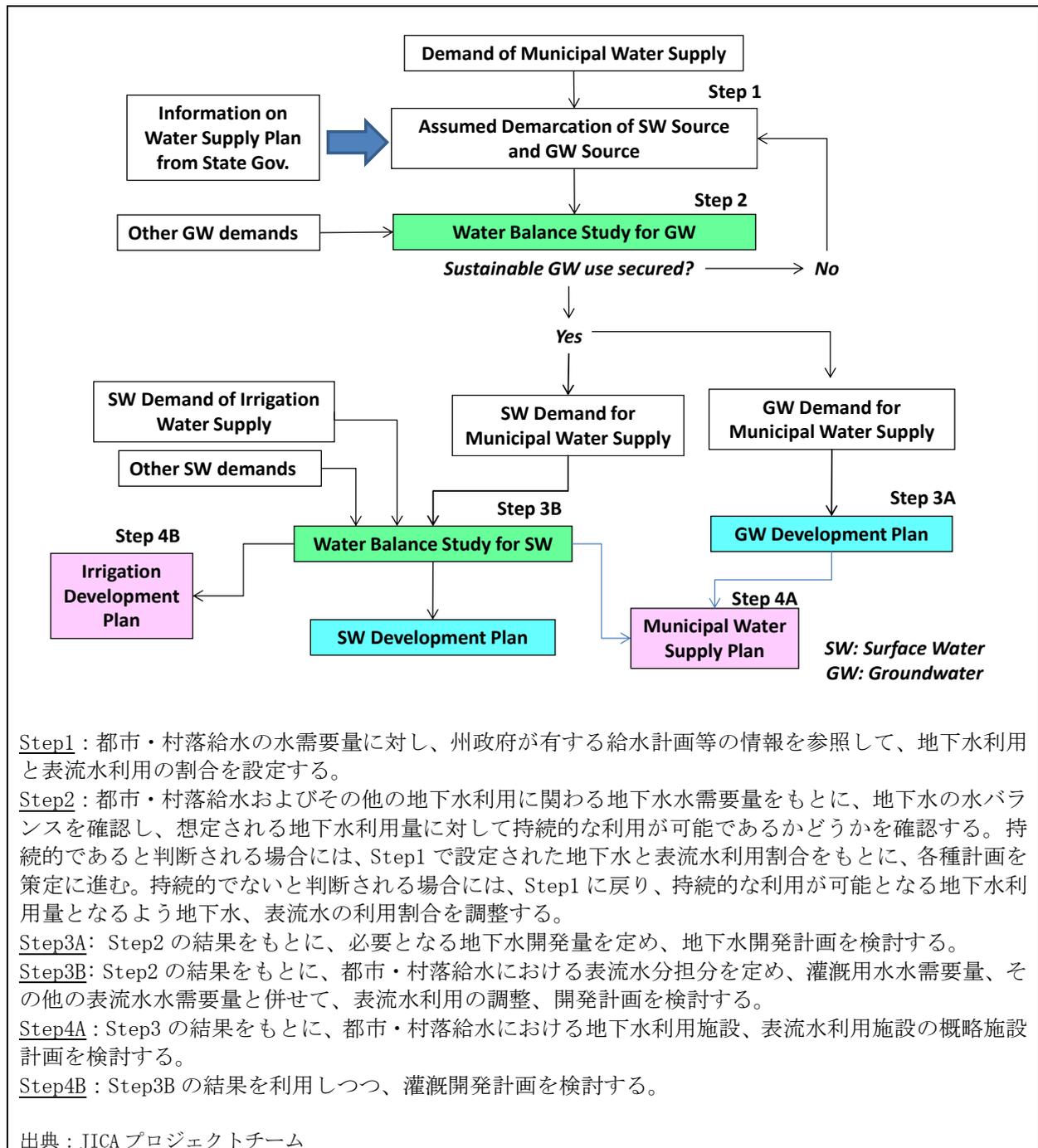


図 6-1 水需給バランスの検討手順

6.3 地下水の需要・供給バランス

6.3.1 既存施設による地下水供給可能量

(1) 既存地下水供給施設

全国の地下水施設に関する資料として、全国給水・衛生ベースライン調査（2006年、FMWR）があり、また本プロジェクトで井戸台帳調査を行った。その結果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) 潜在的地下水供給可能量

井戸の稼働率を改善した場合

全国平均の井戸の稼働率の平均値は63%と非常に低い数字である。したがって井戸の稼働率を上げることによって給水率が飛躍的に向上する。

- 現況の揚水量 : 634 万 m³/日
- 井戸が100%稼働した場合の地下水揚水量 : 1,006 万 m³/日

また、井戸の稼働率の低下の原因として井戸能力の経年的な低下も考えられる。しかし、かかるデータは存在しないためその評価はできない。

一方、「ナ」国では井戸の稼働率の低下の原因はポンプの故障にあると考えられる。

揚水ポンプを交換した場合

村落給水の水源として使用されている水源井戸の大部分にはハンドポンプが設置されている。ハンドポンプの揚水能力は約10m³/日となっているが、ハンドポンプを動力ポンプに交換することによって、井戸の揚水可能量が増大する。

上記の数字はあくまで仮定にも基づく数値であり、もちろん全ての井戸が動力ポンプの設置に相応しい揚水量を持っているわけではない。ハンドポンプの揚水量ですら産出できない井戸も存在することも事実であることに留意する必要がある。

結論

既存井戸からの揚水可能量として、以下の4つが考えられる。

- a) 帯水層の供給能力
- b) 既設井戸からの現況供給量
- c) 既設井戸の稼働率を100%に改善した場合の供給能力
- d) 既設井戸のハンドポンプを動力ポンプに交換した場合の供給能力

本プロジェクトでは、上記「b)既設井戸からの供給量」を既往給水施設からの供給能力とみなす。また、将来需要に対しては新たに井戸を掘削し上記「a)帯水層の供給能力」を使用すると考える。すなわち、将来水需要の可否に関しては帯水層の能力との比較によって検討する。

6.3.2 地下水の水需給

地下水に対する水需要を州ごとに整理し表6-2と図6-2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。

気候変動の影響（シナリオ・ケース 1、5.4.2 (3)参照）の場合の地下水水需給のバランスを表 6-3 と図 6-3 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。

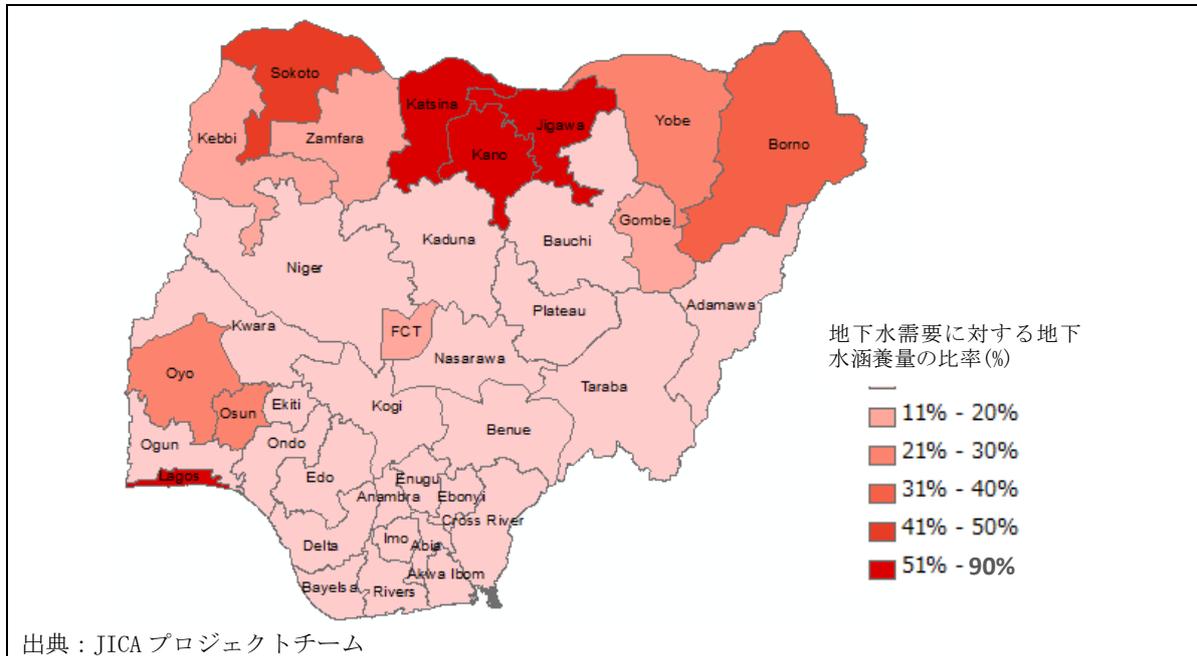


図 6-2 2030 年の地下水水需給

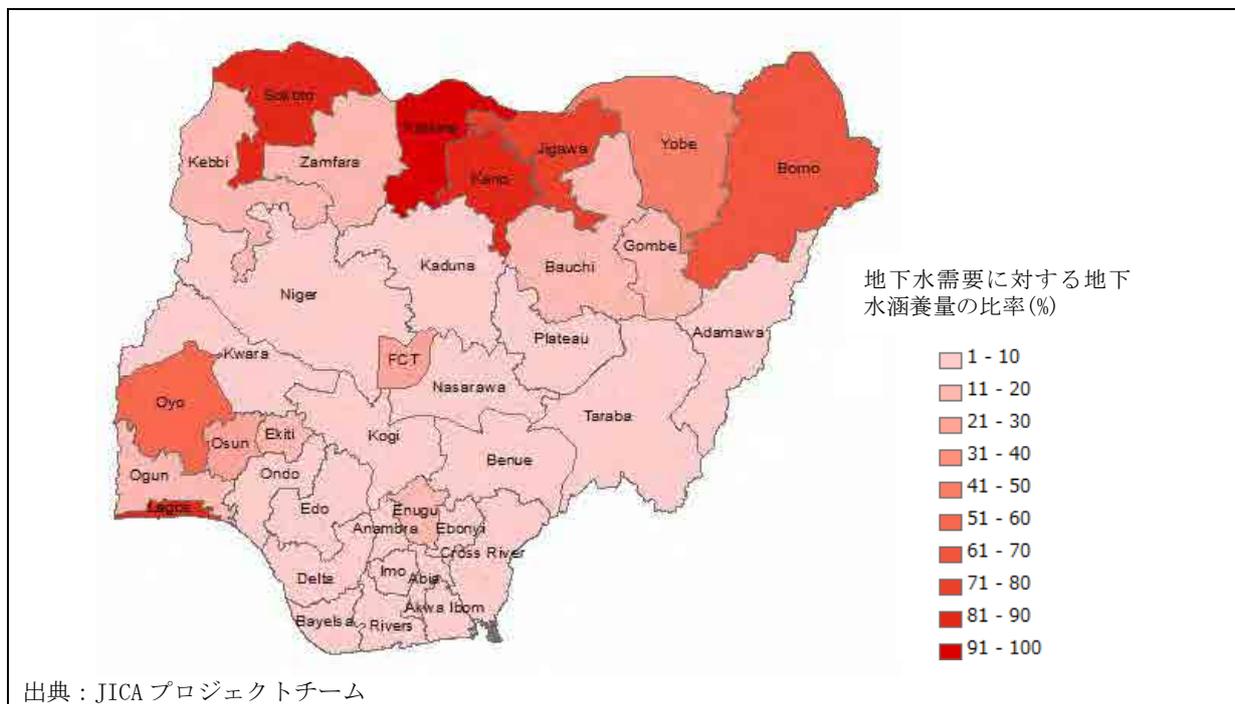


図 6-3 気候変動の影響を受けた場合の 2030 年の地下水水需給

表 6-2 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

表 6-3 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

6.3.3 地下水シミュレーションによる地下水需給の検証

(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。しかし、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。例えば給水需要は州内の LGA ごとのバラツキが大きい。また、帯水層は州の境界を越えて分布しており、地下水需給を州単位で評価することは水理地質的観点からは適切でない。上に述べた問題点を解決するために地下水シミュレーションを行った。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る。

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。モデルと計算条件を表 6-4 に示す。

表 6-4 地下水モデルの概要と計算条件

項目	内容
使用したソフト	Visual Modflow
モデルの構造	平面的に 5km×5km のセル 36,255 個で「ナ」国全土をカバーし、深度方向には地表から深さ 500m までは均一深度の 10 層構造で表現した。透水係数は帯水層区分に応じて与えた。
地下水涵養	第 5 章に示される地下水涵養量の解析結果をモデルに与えた。
水需要の分布	給水水需要に対しては、各 LGA の地下水開発量をモデル内で各 LGA の領域に含まれるセルに与えた。 一方、私的灌漑・畜産・淡水養魚に対する地下水需要に対しては、地下水需要を地下水涵養量に換算し自然状態の地下水涵養量から差し引くことによって水使用の効果を表現した。
境界条件と初期条件	境界条件として、基盤岩地帯には不透水条件、堆積岩地帯では水位一定条件を与えた。また内部境界条件として主要河川への地下水流出条件を与えた。現状における初期地下水位として GL-10m をモデルに与えた。

出典：JICA プロジェクトチーム

表に示す条件で提案した地下水開発を実施した場合の広域的地下水位の低下を定常計算によって求め、図 6-4 に示す。

図 6-4 に示す結果から、提案する地下水開発（2030 年）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。地域的にみると、Katsina、Sokoto、Osun 地域での地下水低下が他州より相対的に大きい。一方、Chad 盆地地区の地下水低下はさほど大きなものではない。

(2) 気候変動の影響

気候変動の影響（シナリオ・ケース 1、5.4.2 (3) 参照）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。計算条件を表 6-5 に示し計算結果を図 6-5 に示す。

表 6-5 気候変動の影響を考慮した地下水シミュレーション

計算条件	内容
地下水涵養	気候変動シナリオ・ケース 1 の条件を使用した。HA ごとの地下水涵養量の減少量の平均値を用いて表 6-4 の地下水涵養量を低減した。
その他の条件	表 6-4 と同一とした。

出典：JICA プロジェクトチーム

図 6-4 と図 6-5 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。また、Plateau 高原においては 2030 年の揚水量の増大のみによる水位低下量は他地域と較べ大きな値ではないが気候変動の影響による地下水位の低下の方が顕著である。これが意味するところ

は、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。かかる現象は5章で示したように地下水涵養量の減少による地下水位の低下が高標高地帯においてより顕著になることで説ける。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。この任はNIWRMCが担当することになる。

以上の議論は、気候変動という不確定なリスクに対するものであり、今後より慎重な解析と偽議論が必要である。

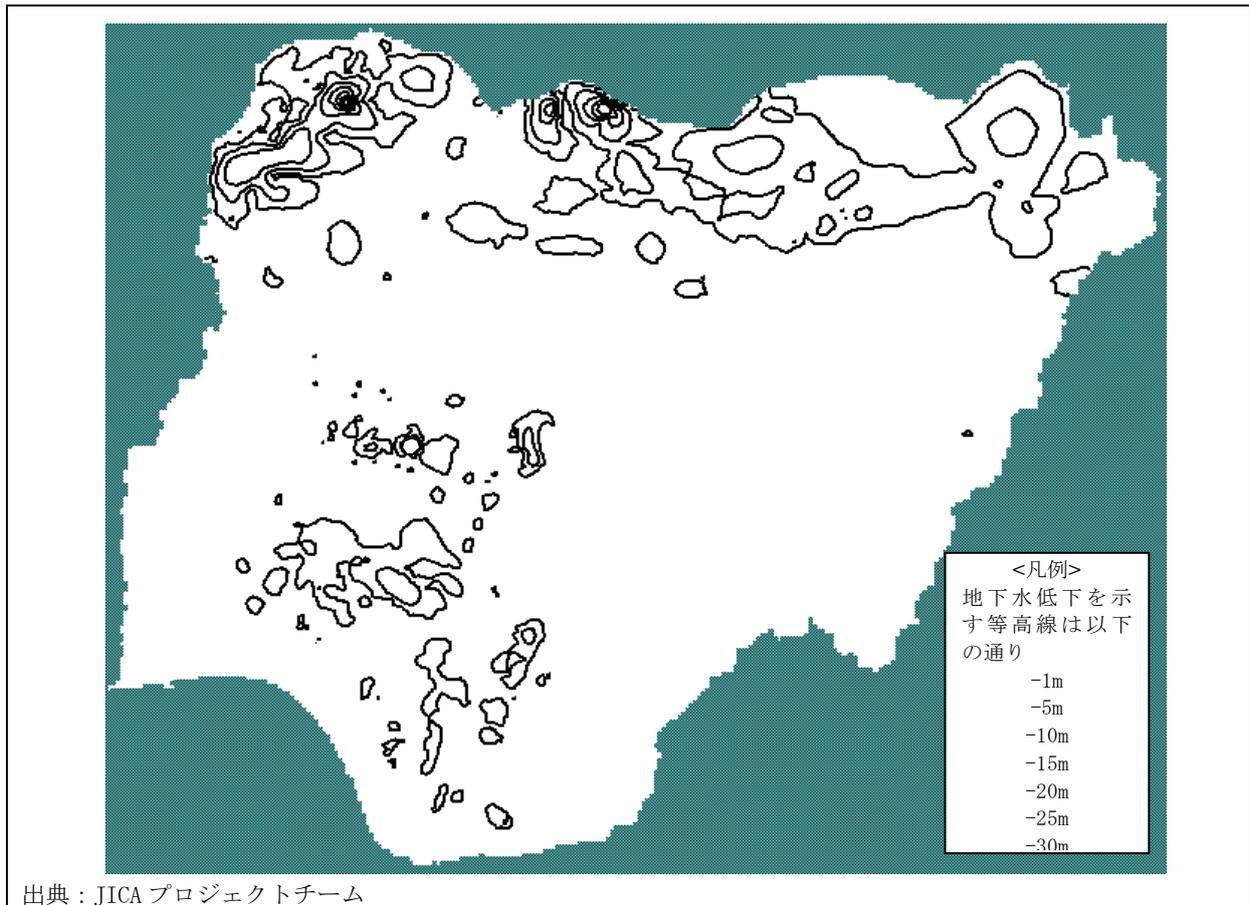


図 6-4 2030 年における広域的地下水位低下の予測

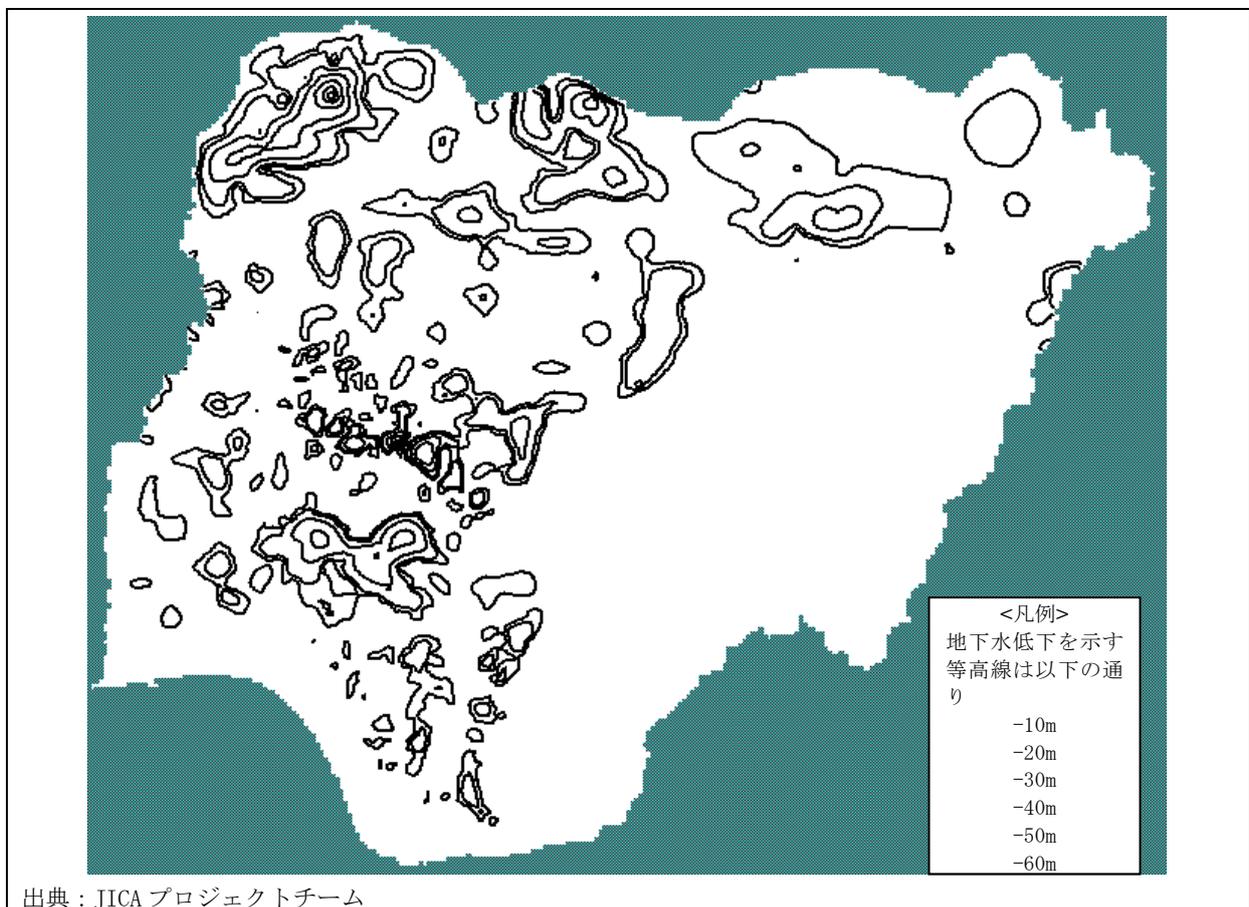


図 6-5 気候変動の影響を考慮した 2030 年における広域的地下水位低下の予測

6.4 表流水の需要・供給バランス

6.4.1 貯水ダムを伴う表流水源供給能力の概算

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。ここでは、まず、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(水収支計算の手法については、Volume-5 Supporting ReportのSR3.4.2節を参照)。

既存貯水ダムについては、全国レベルでの流況に影響を及ぼすと考えられる貯水容量100MCM以上の18ダムについて単独のダムとしてモデル化し、残りのダムについてはSHA単位で集約して取り扱うこととした。取り扱うダムは、既存および建設中ダムのうちダムの位置と緒元が明らかなものとした。また、「ナ」国の外部に存在するもののBenue川の流況に影響を与えると考えられるLagdoダムについても、入手できた情報をもとにモデルに取り込んだ。これらのダムの有効貯水容量のすべてが下流利水者の水利用に供されるとした場合の表流水供給可能水量を推定した。

推定された貯水ダムを伴う場合の表流水源供給可能量について、各HAの代表地点での値を表6-6に示す。ここで、Benue川上流のLagdoダムによって増加する表流水源供給可能量は、90年および80年についてそれぞれ5,000MCM/年(157m³/s)および5,500MCM/年(175 m³/s)の供給が可能と、大きなものとなるが、Lagdoダムの運用に対して「ナ」国は直接関与できないこと、さらにLagdoダム下流における灌漑開発計画が存在することから、「ナ」国における利用可能量を考えるうえで、これらの開発水量に期待することは危険であると考えられる。このため、表6-6には、Lagdoダムによる開発水量をさし引いた値を示している。

表より、HA-2下流端の位置においては、90年および80年についてそれぞれ34,000MCM/年(1,080 m³/s)および36,000MCM/年(1,140 m³/s)の供給が可能となる。HA-2およびその下流に位置するHA-5において、供給可能量が大きく増加しているのは、Kainji、Jebba、Shiroroといった電力ダムが持つ巨大な貯水容量による流況制御による効果のためである。比較のために、表6-7には、巨大水力発電ダム(Kainji、Jebba、Shiroro)による開発水量を考慮しない場合のHAごとの代表地点における貯水ダムを伴う場合の表流水源供給可能量を示した。

このほか、HA-1における利用可能量の増加は、同地域で大きな貯水容量を有するGoronyoダム、Baloroliダムの効果が大きい。HA-3、4については、既存ダムについては、DadinKowaおよびKiri、建設中ダムについてはKashimbillaダムの効果が大きい。

表 6-6 HA ごとの代表地点における貯水ダムを伴う場合の表流水源供給可能量

水文地域	代表地点	河川維持流量 (MCM/年)	総供給可能量 - 河川維持流量					
			90年信頼供給可能量 (MCM/年)			80年信頼供給可能量 (MCM/年)		
			疑似自然状態	既存ダムあり	既存・建設中ダムあり	疑似自然状態	既存ダムあり	既存・建設中ダムあり
HA-1	HA-1 の下流端	544	34	1,190	1,208	367	1,665	1,666
HA-2	HA-2 の下流端	1,993	3	33,647	33,987	572	35,927	36,023
HA-3	HA-3 の下流端	963	8	2,195	2,306	195	2,421	2,594
HA-4	HA-4 の下流端	4,083	513	2,496	4,177	1,545	3,993	5,097
HA-5	HA-5 の河川下流端の総和	13,093	989	33,713	34,589	3,265	38,708	38,933
HA-6	HA-6 の河川下流端の総和	1,848	33	1,306	1,840	471	2,086	2,324
HA-7	HA-7 の河川下流端の総和	6,731	460	459	556	1,367	1,427	1,502
HA-8	湿地帯流入前の値の総和*	0	0	1,107	1,107	0	1,353	1,348

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

** 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

表 6-7 巨大水力発電ダム (Kainji, Jebba, Shiroro) による開発水量を考慮しない場合の HA ごとの代表地点における貯水ダムを伴う場合の表流水源供給可能量

水文地域	代表地点	河川維持流量 (MCM/年)	総供給可能量 - 河川維持流量					
			90年信頼供給可能量 (MCM/年)			80年信頼供給可能量 (MCM/年)		
			疑似自然状態	既存ダムあり	既存・建設中ダムあり	疑似自然状態	既存ダムあり	既存・建設中ダムあり
HA-1	HA-1 の下流端	544	34	1,190	1,208	367	1,665	1,666
HA-2	HA-2 の下流端	1,993	3	2,032	2,466	572	3,218	3,492
HA-3	HA-3 の下流端	963	8	2,195	2,306	195	2,421	2,594
HA-4	HA-4 の下流端	4,083	513	2,496	4,177	1,545	3,993	5,097
HA-5	HA-5 の河川下流端の総和	13,093	989	2,098	3,069	3,265	6,000	6,402
HA-6	HA-6 の河川下流端の総和	1,848	33	1,306	1,840	471	2,086	2,324
HA-7	HA-7 の河川下流端の総和	6,731	460	459	556	1,367	1,427	1,502
HA-8	湿地帯流入前の値の総和*	0	0	1,107	1,107	0	1,353	1,348

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

** 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

6.4.2 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

表6-8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 6-8 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

6.4.3 詳細水需給バランス¹

(1) 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需給バランスの検討を行う。

(2) 利水施設の分類

「ナ」国全土に分散する大小様々なスケールの利水施設を一括して同様の取り扱いで水需給バランスを検討することは非効率であることから、利水施設を以下のように分類して、水需給バランスを検討する（図6-6参照）。

- SHA をまたぐ主要河川および大規模ダムを水源とする利水施設
 - MODSIM-DSS²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 ケ所、灌漑用水 49 ケ所について、需要ノードを配置する。
- SHA 内部の流域から取水する利水施設
 - 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 内部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。

(3) SHA 内部の流域から取水する既存利水施設と水源の個別検討

SHA内部の流域から取水する既存利水施設に関して、以下に示すような規模が比較的大きなものについては、個別の水需給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。水需給バランスの計算点は図6-7に示すとおりである。

¹ 水需給バランス検討方法の詳細については、Volume-5 Supporting Report の SR 3.4.4 節を参照。

² MODSIM-DSS は Colorado State University により、流域レベルの水配分の検討用に開発されたソフトウェアである。グラフィカルユーザインタフェースを有し、種々の異なるセクターの利水者間の優先度を考慮した水配分を検討できる。http://modsim.engr.colostate.edu/ から、無償で入手可能。

- 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）

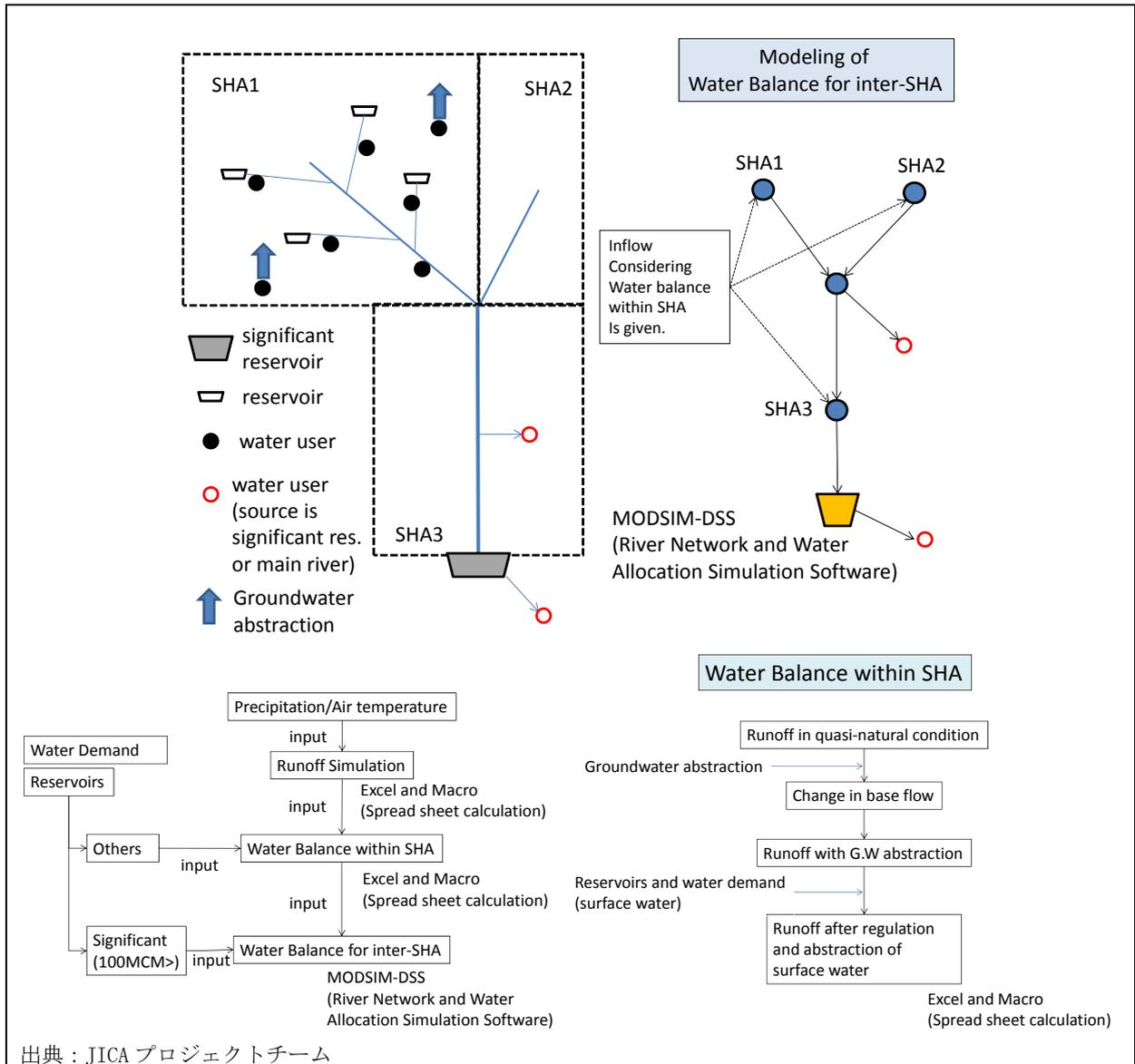


図 6-6 詳細水需給バランスの検討

(4) 新規水源開発候補地における水需給バランス検討

第7章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需給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。水需給バランスの検討にあたっては、以下を考慮する。

- 同一 SHA 内に存在する新規ダムサイト候補地点下流の既存利水者の水需要量については、下流利水者の取水地点における全流出流量に対する新規ダムサイトにおける流出流量の割合を既存利水者の水需要量に乘じ、その水量分を義務放流量として、環境維持流量とともに下流に放流する、と想定する。

(5) SHAをまたぐ水需給バランス検討における留意点

- Fadama による水利用に関して、以下を考慮する。
 - 大規模ダムが存在しない場合には、Fadama における灌漑水需要量に応じた伏流水の取水分を補うように河川氾濫原への地下水涵養として河川水のロスが生じるものとする。年間の総ロスは年間灌漑水需要量に等しいものとし、ロスのパターンは河川水量に比例するものとする。

- 大規模ダムが存在する場合には、当該大規模ダムによる流況制御の影響が顕著となる河川区間を想定し、その区間における Fadama の年間灌漑水需要量に相当する水量を一定量で下流に放流し、それが地下水涵養されるとする（河川流量としてはロスとなる）。
- HA-8 においては、一部地域ですでに CMP が準備されている。それに基づき、Hade ja 川下流の湿地帯保全のための維持流量として 86MCM/年を追加的に確保するものとする。
- 都市用水利用の河川還元は水需要量の 10%と仮定する³。
- 灌漑用水利用の河川還元は水需要量の 10%と仮定する。河川還元の時間遅れを考慮し、遅れ時間係数は 0.5 とする（灌漑還元量の 50%が取水された月のうちに還元し、残りは翌月以降に繰り越されて還元される）⁴。
- カメルーン国内の Benue 川上流に位置する Lagdo ダムの運用に対して「ナ」国は直接関与できないことから、水需給バランス検討上は、Lagdo ダムの流況調整による低水流量の増加は考慮しない。

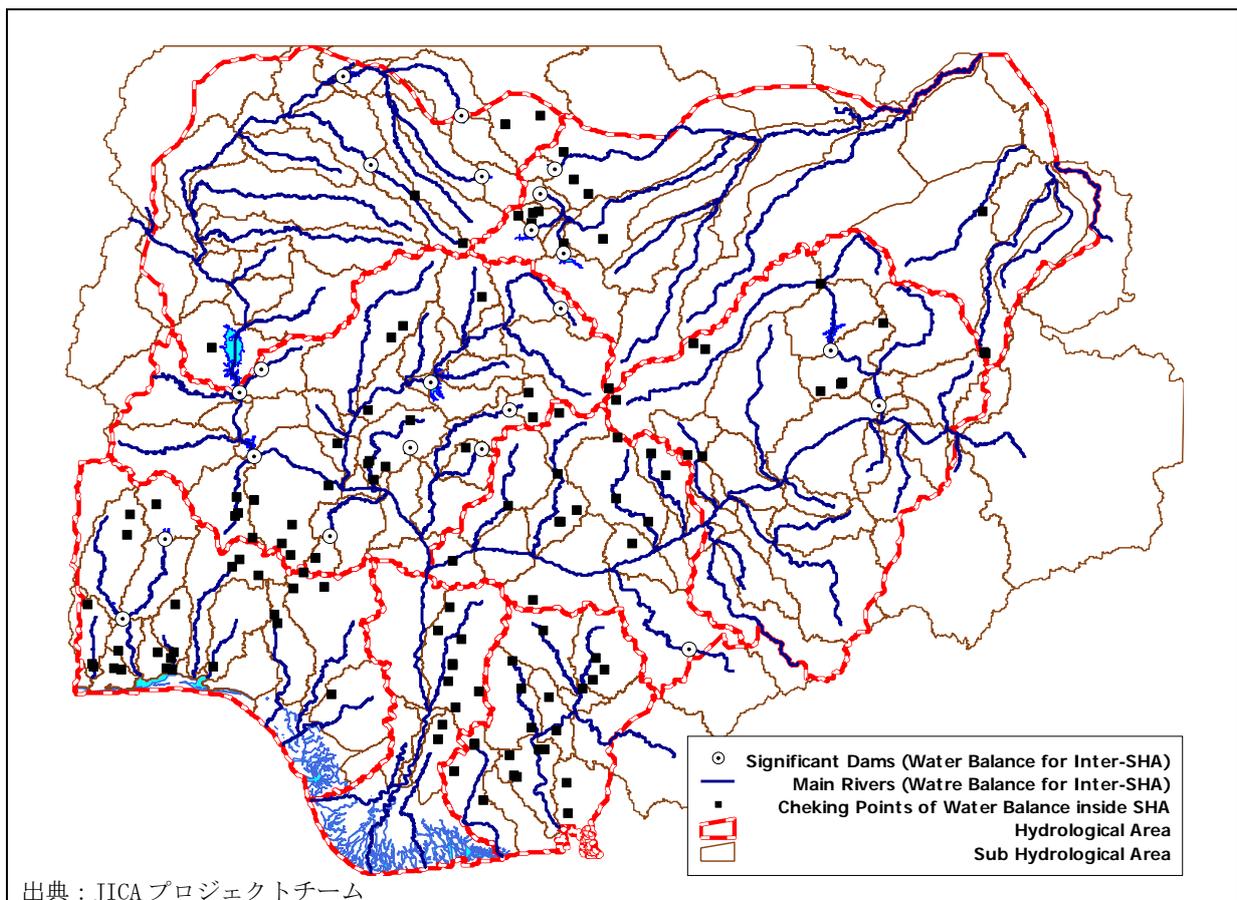


図 6-7 SHA 内部における水需給バランスの計算点

³ 「ナ」国における下水道の普及率が極めて低いことを考慮し、水道水として使用されるほとんどの水が近傍の河川に戻らないものと仮定する。ここでは控えめにみて 10%程度の河川還元を仮定する。

⁴ 灌漑用水のうち作物に利用されない水（用水量の 50%程度）は表層土層に浸透して最終的には流出するものと仮定する。このときの付加的な流出量は用水量の 50% x 24%（「ナ」国の平均的な流出率）=12%程度と考えられ、ここでは控えめにみて 10%程度の河川還元を仮定する。

(6) 水需給バランス検討結果

(6-1) 都市用水水源

比較的大規模な浄水場（群）に対する水需給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すると評価された。都市用水水源供給能力の評価結果および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表6-9に示す。第7、8章における水源開発計画、都市・村落給水計画はこれらの評価結果、対策案を参照して策定する。

表 6-9 都市用水水源供給能力評価および不足水量に対処するための対策案

州	表流水需要量 (MCM/年)		不足水量 (2030) (MCM/年)	水源開発に関する対策案	浄水場に関する対策案
	2010	2030			
A b i a	9.18	16.25	-15.05	1. Aba スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4012 GS=3.4MCM)	
A d a m a w a	14.90	52.06	-3.68	1. Mubi スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:3013 GS=6MCM)	
A n a m b r a	0.00	142.57	-68.71	1. Greater Awka スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4009 GS=9.5MCM) 2. Ihiala Regional スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4010 GS=3.4MCM) 3. Nnewi Regional スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4011 GS=24.2MCM)	
B a u c h i	8.66	21.46	0.00	1. 3.88MCM 分の水源を Gubi ダムから Waya ダムに変更。	1. Waya ダムに 新規浄水場を建設 (少なくとも 20,000 m ³ /日)
B o r n o	12.13	27.90	-6.50	1. Alau/Maiduguri スキームへの水供給のために Yedserem 川に分派堰を建設	
C r o s s R i v e r	23.91	60.06	-5.36	1. Ogoja スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:2245 GS=5.4MCM)	
E b o n y i	4.40	69.10	-7.78	1. Ishielu/Ezzilo スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4016 GS=2.3MCM)	
E k i t i	32.25	86.58	-0.38	1. Ureja ダムにおける 0.38MCM 分の水源を Ogbesse ダムに変更	1. Ogbesse ダムに新規浄水場を建設 (少なくとも 1,240m ³ /日)
E n u g u	13.34	24.83	-23.61	1. Ajali スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:2185 GS=16.9MCM)	
I m o	18.19	32.19	-31.16	1. Okigwe スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4015 GS=9.2MCM) 2. Owerri/Otamiri スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4002 GS=3.9MCM)	
J i	2.52	4.46	-1.33	1. 不足分 1.27MCM (=1.33/1.05) もしくは 3470m ³ /日)を地下水源に転換	

州	表流水需要量 (MCM/年)		不足水量 (2030) (MCM/年)	水源開発に関する対策案	浄水場に関する対策案
	2010	2030			
g a w a					
K a d u n a	63.45	161.66	-11.02	1. Kwoi スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4017 GS=2.5MCM) 2. Kafanchan スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4003 GS=3.1MCM) 3. Kachia スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4004 GS=3.5MCM)	
K a n o	52.32	296.11	-21.06	1. Guzuguz ダムの 6.44MCM、Kareya ダムの 3.38MCM、Watari ダムの 10.93MCM の水源を Challawa 川に変更	1. Challawa 川に新規浄水場を建設 (少なくとも 67,667 m ³ /日)
K a t s i n a	27.62	52.05	-8.32	1. 8.32MCM 分の水源を Ajiwa ダムから Zobe ダムに変更	1. Zobe ダムに新規浄水場を建設 (少なくとも 27,136 m ³ /日)
K w a r a	27.28	48.29	-3.92	1. Oyun スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:2023 GS=18.9MCM)	
L a g o s	93.71	678.51	-5.58	1. Otta Ikos スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:2205 GS=20.6MCM)	1. 2030 年までの水需要量に対して以下の浄水場建設の延期 1) Yewa Phase-2 (227,300 m ³ /日) 2) Odomola Phase-3 (431,870 m ³ /日)
N a s a r a w a	10.99	31.67	-15.89	1. 3.09MCM 分の水源を Lafia ダムから Doma ダムに変更 2. Keffi/Mada スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4005 GS=3.1MCM)	1. Doma ダムに新規浄水場を建設 (少なくとも 10,078 m ³ /日)
N i g e r	31.57	62.77	-9.20	1. Bida スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:2067 GS=3.2MCM)	
O g u n	30.17	159.77	-15.21	1. Ota スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4014 GS=6.4MCM) 2. Ijebu-Ode/Yemoji スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4018 GS=3.3MCM) 3. Ogere/Oshagamu スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:2205 GS=20.6MCM)	1. 2030 年までの水需要量に対して以下の浄水場建設の延期 1) Yewa Regional-1 (100,000m ³ /日) 2) Yewa Regional-2 (100,000m ³ /日) 3) Apoje Regional-2 (200,000m ³ /日) 4) Mokoloki Regional Phase-2 (250,000m ³ /日) 5) Mokoloki Regional Phase-3 (200,000m ³ /日)
O y o	43.49	205.58	-109.92	1. Constructon of proposed Odedele dam for Odedele/Ibadan Scheme (Dam SN:3501 GS=182MCM)	
P l a t e a u	21.30	43.18	-13.33	1. Barakin ダム (Dam SN:4007 GS=20.1MCM) を新規建設し、Yakubu Gowon/Jos における 13.33MCM 分水源を Barakin ダムに変更	1. 新規 Barakin ダムに新規浄水場を建設 (少なくとも 43,477m ³ /日)
Z a m f a r a	8.38	21.59	-10.59	1. Gusau スキームにおける新規ダム建設 (Dam SN:4008 GS=29.7MCM)	

注1) GS=総貯水容量

注2) 表中に記載のない州は、1ヶ所での水源取水量 3MCM/年以上が想定される比較的大規模な浄水場 (群) に対しては既存水源により 1/10 安全度で水源水の供給が可能であると評価された。

出典: JICA プロジェクトチーム

(6-2) 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需給バランス計算の結果、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。表6-10にこうしたスキームとその評価面積を示す。第7、8章における水源開発計画、灌漑開発計画はこれらの評価結果を参照して策定する。

表 6-10 水源水供給能力からみた既存灌漑スキームの評価

SN	HA	スキーム名	計画灌漑面積 (ha)	整備済み面積 (ha)	評価面積 (ha)	備考
1	1	Jibiya	3,500	3,000	2,300	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
2	1	Zobe	8,200	60	2,000	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
6	1	Sabke	1,200	540	130	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
7	1	Ajiwa	1,900	500	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
14	2	Omu-Aran	1,300	400	0	
19	2	Oke Oyi	500	100	60	
20	2	Oloru	500	20	0	
22	2	Oro-Ago	500	80	10	
25	2	Agaie/ Lapai	1,000	20	1,000	新規ダム (Dam SN : 2028) の建設を前提とする。
27	2	Duku-Lade	2,000	200	1,200	新規ダム (Dam SN : 2043) の建設を前提とする。
29	2	Guzan	1,500	400	0	
34	2	Zara	500	50	0	
35	2	Tubo	620	100	600	
37	2	Manta	500	300	0	Zungel ダムの建設により水没。
38	2	Badeggi	830	830	830	新規ダム (Dam SN : 2066) の建設を前提とする。
47	3	Wase	500	100	90	
50	3	Bagal	5,700	10	1,600	
51	3	Balanga	4,400	500	3,800	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
52	3	Kaititingo	2,300	0	0	
57	4	Longkat	2,000	800	1,100	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
62	4	Awe	500	0	80	
63	4	Umogidi	1,500	0	660	
66	4	Bokkos	1,000	18	370	
77	5	Ejule Ojebe	2,000	25	1,100	
78	5	Ofarachi	1,000	10	520	
80	5	Ada-Rice	5,000	1,000	1,000	
81	5	Uzo Uwani	1,000	315	50	
82	6	Upper Ogun	2,000	10	600	
83	6	Ofiki (A)	2,000	24	60	
85	6	Sepeteri (A)	2,000	24	30	
87	6	Iwo	1,000	0	0	
88	6	Ilero	2,000	0	70	
89	6	Otta	1,000	340	0	
90	6	Eyinwa	1,000	300	10	
91	6	Oke-Odan	600	250	400	
93	6	Okuku	600	0	30	
94	6	Igbonla	1,500	130	130	
96	6	Oye	500	100	0	
99	7	Nkari	2,080	0	610	
100	7	Ijegu Yala	2,000	80	910	
102	7	Imo (Igwu and Ibu)	1,200	80	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
105	7	Isi-Uzo	500	71	360	
107	7	Igbere	1,300	250	440	
109	7	Adim Rice	1,000	545	340	
110	7	Idomi	1,000	100	530	
115	8	Kano River Phase II	40,000	203	15,000	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
120	8	Jere Bowl Rice	1,300	0	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
122	8	Michika	500	200	0	
124	8	Gari	4,100	2,200	300	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
126	8	Jakara	2,000	820	430	
127	8	Baguwai (Watari)	872	273	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
130	8	Dembo	700	60	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
131	8	Guzuguzu	530	530	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
132	8	Magaga	600	300	70	都市用水供給を優先する場合の評価面積。
133	8	Bagauda	610	300	430	
140	8	Gwarzo	600	0	0	都市用水供給を優先する場合の評価面積。

注1) ここに記載されていない灌漑スキームについては、既存水源により1/5安全度で計画灌漑面積に対する水供給が可能であると評価された。ただし、湿地帯およびLake Chadを水源とする灌漑スキームについては水バランスによる評価を行っていない。

出典：JICA プロジェクトチーム

(6-3) 大規模ダムにおける発電力量

水需給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た。推定結果は表6-11に示すとおりである。

表 6-11 大規模ダムにおける発電力量の推定

	ダム	発電容量 (MW)	平均発電力量 (GWh/年)	80%年保障発電力量 (GWh/年)	備考
1	Gurara	30	45.9	36.2	Abuja都市用水への導水を除いたダム放流量による発電を仮定
2	Oyan	9	24.9	15.2	ダム全放流量による発電を仮定
3	Ikere George	6	21.9	16.7	ダム全放流量による発電を仮定
4	Bakolori	3	13.2	11.8	ダム全放流量による発電を仮定
5	Dadin Kowa	34	94.6	80.2	ダムからの直接的な都市用水供給を除いたダム放流量による発電を仮定
6	Tiga	6	26.1	19.8	ダム全放流量による発電を仮定
7	Kiri	20	60.4	47.3	ダムからの直接的な灌漑用水供給を除いたダム放流量による発電を仮定
8	Jibiya	3	0.7	0.3	ダム全放流量による発電を仮定
9	Challawa Gorge	6	10.6	5.7	ダム全放流量による発電を仮定
10	Zobe	3	1.9	0.9	ダム全放流量による発電を仮定
11	Omi	2	5.9	4.5	ダム全放流量による発電を仮定
12	Kashimbilla	40	216.0	206.2	ダムから直接的な都市用水供給を除いたダム放流量による発電を仮定
13	Kainji	500	1,825.9	1,325.7	1/5安全度で一定供給可能な水量が一定放流されるとし、ダム全放流量による発電を仮定
14	Jebba	540	2,026.0	1,601.0	1/5安全度で一定供給可能な水量が一定放流されるとし、ダム全放流量による発電を仮定
15	Shiroro	550	1,408.4	1,177.2	1/5安全度で一定供給可能な水量が一定放流されるとし、ダム全放流量による発電を仮定

注1) 発電効率は0.7とした。

注2) Oyan、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

(6-4) 大規模ダムにおける余剰貯留容量

水需給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、表6-12に示す。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る、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。

表 6-12 大規模ダムにおける余剰貯留容量

No	ダム	HA	有効貯留容量 (MCM)	余剰貯留容量 (MCM)	追加供給可能量の確認地点	追加供給可能量 (1/10 安全度) (MCM/年)
1	Jibiya	1	121	0		0
2	Zobe	1	170	0		0
3	Goronyo & Bakolori	1	1,336	906	Wamako 地点	216
4	Galma	2	141	91	Galma ダムの直下流	132
5	Aula	2	180	150	Aula ダムの直下流	156
6	Gurara	2	700	700	Gurara ダムの直下流	708
7	Omi	2	220	190	Omi ダムの直下流	144
8	Usuma	2	100	0		0
9	Dadin Kowa & Kiri	3	3,090	2,540	Kiri ダムの直下流	2,280
10	Kashimbilla	4	378	368	Kashimbilla ダムの直下流	1,680
11	Oyan & Ikere Gorge	6	830	365	Lagos 州 Akute 取水地点	360
12	Tiga & Challawa Gorge	8	2,126	0		0
13	Watari	8	93	0		0
14	Gari	8	203	0		0
15	Alau	8	106	0		0

出典：JICA プロジェクトチーム

(6-5) 水バランス検討に関する留意点

本プロジェクトにおける水バランスの検討は、現時点入手可能な利水施設に関するデータ、情報ならびに推定された疑似自然流況を基にしている。また、環境維持流量の設定など多くの仮定が含まれる。これらすべては水バランスの検討結果に影響する可能性があり、ここでの結果はそうしたデータ、情報に基づくものであることに留意する。

水資源開発事業の実施に向けて、水文観測や利水施設のデータ情報の改善による継続的な流況推定の改善が推奨される。個別の事業が実施される際には、より精緻化された水バランスの検討がなされるべきである。

6.4.4 気候変動、越境水に起因する水需給面のリスクの推定

(1) 気候変動に起因する水需給面のリスクの推定

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、5.4.2 (3) 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需給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に対する水需給バランス計算を行った結果、表6-13に示すように、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。

表 6-13 気候変動シナリオ・ケース 1 における都市用水供給安全度の低下の予測

HA	都市用水取水地点数				合計
	給水安全度 1/10 以上	給水安全度 1/5-1/10	給水安全度 1/2-1/5	給水安全度 1/2 以下	
1	5	4	1	0	10
2	9	5	1	0	15
3	8	0	1	2	11
4	10	0	0	0	10
5	6	0	0	0	6
6	19	5	1	0	25
7	7	5	0	0	12
8	8	3	4	0	15

出典：JICA プロジェクトチーム

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に対する水需給バランス計算を行った結果、表6-14に示すように、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。

HA-6のOgun川流域では、ベース気候条件では、OyanおよびIkere Gorgeダムにおいて貯水容量に余剰が見られたにもかかわらず、気候変動を考慮する条件では、ダムへの流入量自体の減少によりダムの容量を十分に活かせなくなる。さらには、Osun川流域では都市用水供給の安全度1/10を確保できなくなるものと想定される。

HA-8においては、都市用水供給を優先する場合には、Kano River Phase-2、Hadejia Valleyへの灌漑水の供給が困難になるほか、Kano River Phase-1においても灌漑可能面積は18,000ha程度になるものと想定される。

表 6-14 気候変動シナリオ・ケース 1 における灌漑可能面積の縮小

HA	ベース気候条件における灌漑可能面積に対する 気候変動シナリオ・ケース 1 の灌漑可能面積の比 (%)
1	92
2	94
3	87
4	84
5	93
6	99
7	97
8	52

注) 計画面積 500ha 以上の大規模灌漑スキームのみ評価結果を示している。

出典：JICA プロジェクトチーム

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量は、気候変動シナリオ・ケース1においては表6-15に示されるように、60~90%程度に減少するものと想定される。

表 6-15 気候変動シナリオ・ケース 1 における発電力量の減少

	ダム	発電容量(MW)	ベース気候条件における平均発電力量に対する 気候変動シナリオ・ケース 1 の平均発電力量の 比(%)
1	Gurara	30	77
2	Oyan	9	73
3	Ikere George	6	81
4	Bakolori	3	78
5	Dadin Kowa	34	81
6	Tiga	6	73
7	Kiri	20	78
8	Jibiya	3	47
9	Challawa Gorge	6	63
10	Zobe	3	63
11	Omi	2	76
12	Kashimbilla	40	97
13	Kainji	500	87
14	Jebba	540	87
15	Shiroro	550	75

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) 越境水に起因する水需給面のリスクの推定

第5章で議論したように、「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。上流国からの流入量の変化を予測することは難しいが、ここでは、平均流入量が減少するシナリオを設置し、その影響を推定する。

シナリオとしては、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する。これらのケースについて、水需給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を表6-16に示す。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。

表 6-16 Niger 川上流国からの流入量の減少に対する Kainji、Jebba ダムの発電力量の変化

ダム	ベースケース（過去 40 年間、1970～2009 年）の流入流量時の発電力量 に対する流入量減少時の発電力量の減少率		
	平均流入量 10%減少	平均流入量 30%減少	平均流入量 50%減少
Kainji	-9%	-23%	-38%
Jebba	-6%	-18%	-30%

出典：JICA プロジェクトチーム

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。

第7章 水源開発計画

7.1 地下水開発

7.1.1 地下水開発の現状

(1) 地下水使用の利点

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。

一方、以下の点で地下水は表流水と較べ不利である。

- 地下水は帯水層の貯水量の規模に比べ流動量が小さく、地下水を大量取水した場合は取水量に補充量（涵養量）が追いつかないため広域の地下水位の低下を起こす。その結果、地盤沈下や海水侵入などの環境被害が発生する。

(2) 井戸の特性

井戸の揚水能力

既設井戸の平均的揚水能力を表 7-1 に示す。

表 7-1 井戸 1 本からの揚水能力目安

帯水層タイプ		揚水の能力
堆積岩および堆積層	砂層・礫層	20～500m ³ /程度
	砂岩	20～500m ³ /日程度
	泥質岩	20m ³ /日以下
基盤岩		20m ³ /日以下

出典：JICA プロジェクトチーム

井戸の深さ

帯水層のタイプと井戸深度の関係を表 7-2 に示す。

表 7-2 帯水層タイプと深井戸深度の関係

帯水層タイプ		井戸の深さ
堆積岩（層）	砂層・礫層	10～300m
	砂岩	30～300m
	泥質岩	30～50m
基盤岩		30～50m

出典：JICA プロジェクトチーム

井戸の稼働率

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い。

7.1.2 適切な地下水開発方法

地下水涵養量と群井の理論を用いて帯水層ごとの地下水開発ポテンシャルを検討した。

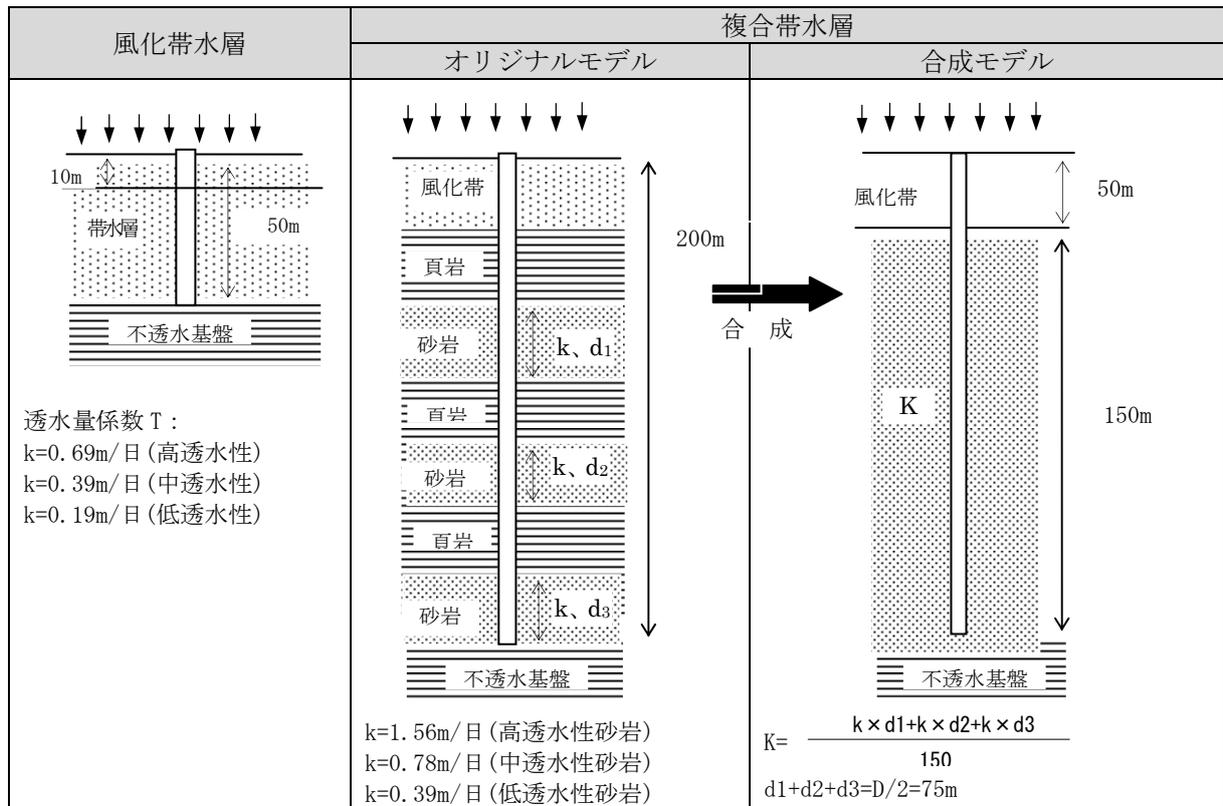
「ナ」国の帯水層を表に示す2パターンに区分した。

表 7-3 帯水層のモデル化

地質		モデル
基盤岩	風化部	風化帯水層
堆積岩	風化部	
	砂岩・泥岩互層の中の砂岩	

出典：JICA プロジェクトチーム

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。それを図 7-1 と表 7-4 に示す。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 7-1 帯水層モデル

表 7-4 帯水層モデル区分

モデル	記号		帯水層地質	帯水層厚	透水量係数 (図 7-1 参照)	地下水位
風化帯水層	Weathered High permeability	WH	基盤岩風化部や泥質・シルト質岩の風化部	50m	0.69	GL-10m
	Weathered Middle permeability	WM			0.39	
	Weathered Low permeability	WL			0.19	
複合帯水層	Multiple High permeability	MH	砂質堆積岩(砂岩・頁岩互層)	200m	1.56	GL-50m
	Multiple Middle permeability	MM			0.78	
	Multiple Low permeability	ML			0.39	

出典：JICA プロジェクトチーム

帯水層水理定数の設定にあたっては、現在の地下水開発量と井戸本数を参考とした。水理定数に基づき表 7-4 に示す 6 つの帯水層モデルに対して、地下水涵養量を仮定し群井とした場合の地下水開発可能量を算出した。

揚水の限界

- **風化帯水層**：図 7-2 に示す様に、群井戸の井戸干渉による最低水位と不透水基盤との距離が 10m となった時点を揚水の限界と設定した。すなわち揚水による地下水位低下 30m を揚水限界とした。
- **複合帯水層**：上記と同様に揚水による地下水位低下 50m を揚水限界とした。

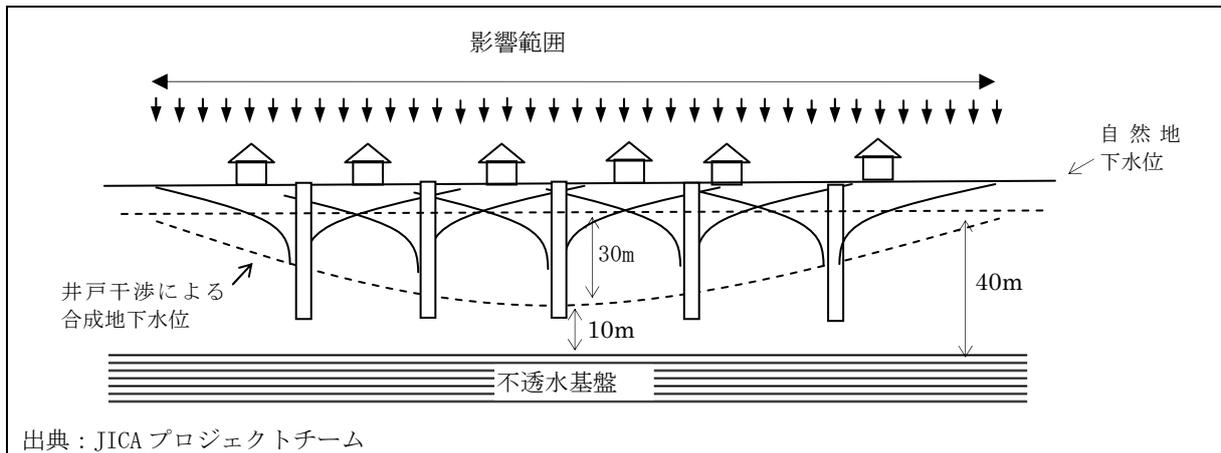


図 7-2 風化帯水層の揚水限界のイメージ

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 7-5 に示す近似式で示した。

表 7-5 解析結果の地下水開発可能量

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) ● 井戸本数(N) ● 地下水涵養量(P, mm/年) ● 井戸間隔(D, m)		井戸1本当たりの揚水量(m ² /日)	
		T=K*L	井戸1本の場合	井戸2本以上の場合	平均	範囲
WH	高透水性 風化帯水層	62	Y=11.08*T*P ^{0.06}	Y=T*(0.74+0.43)*N ^{0.53} *P ^{0.25} *D ^{0.47}	480	100~1,000
WM	中透水性 風化帯水層	31			380	300~500
WL	低透水性 風化帯水層	16			150	100~300
MH	高透水性 複合帯水層	104	Y=13.58*T*P ^{0.05}	Y=T*(0.81+1.20*N ^{0.42} *P ^{0.20} *D ^{0.37})	990	700~1,500
MM	中透水性 複合帯水層	58			560	500~900
ML	低透水性 複合帯水層	29			280	200~500

出典：JICAプロジェクトチーム

全国の帯水層を 6 つに区分し、それぞれの地下水涵養量に対して表 7-5 に示す関係式を使用して最適な井戸群の開発計画を作成した。なお、最適な地下水開発とは、井戸配置と揚水量の適正化を図ることによって井戸群の影響範囲内の地下涵養量を効率的に使用することを意味する。

7.1.3 帯水層ごとの地下水開発計画

(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。各セクターにおける地下水計画方針は以下のとおりである。

(2) 都市・村落給水

(2-1) 水需要の分布

給水における地下水開発は他のセクターの地下水開発に比べて集中度が高く大規模である。そのため、給水のための地下水開発計画は LGA 単位で立案し最終的に州単位で集計した。

(2-2) 地下水開発コンセプト

給水のための地下水開発コンセプトを表 7-6 に示す。

表 7-6 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 7-3 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 7-3 参照）。計画に当たって考慮する要素を図 7-4 に示す。具体的な計画項目は以下のとおりである。

- 井戸群数
- 井戸群の揚水可能量
- 井戸本数

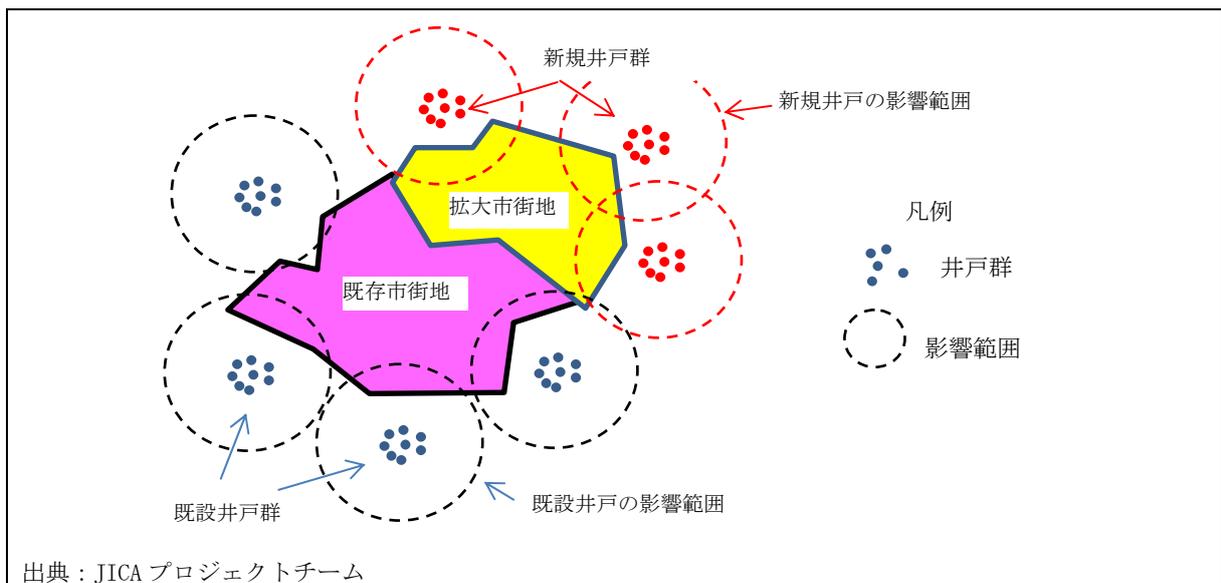


図 7-3 井戸群による給水の概念

各井戸群における持続可能な揚水可能量 (Y) と井戸本数 (N) は、帯水層タイプ、地下水涵養量 (P)、井戸間隔 (D) を用いて表 7-5 と表 7-7 を用いて算出する。

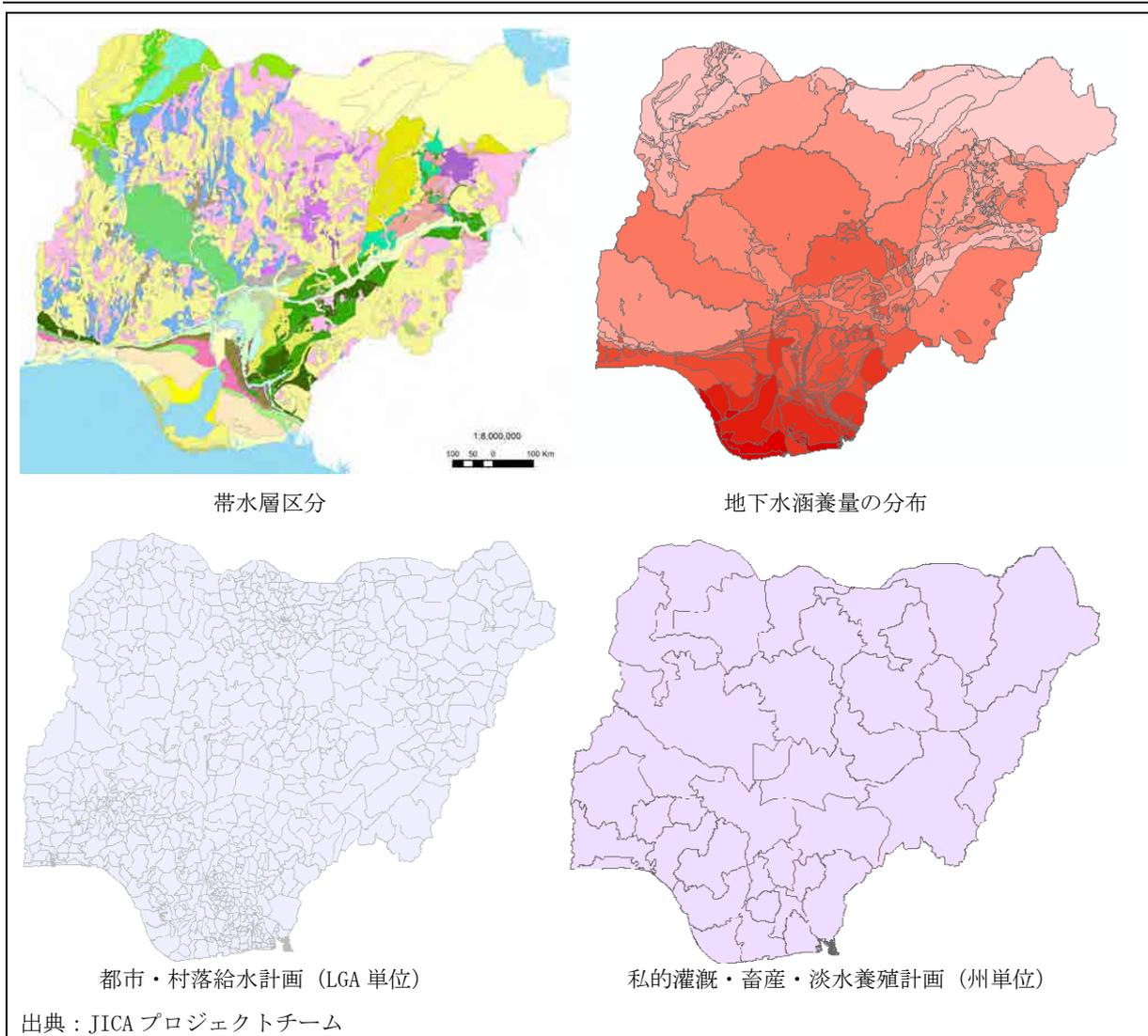


図 7-4 地下水開発計画で考慮する内容

表 7-7 全国の地層と帯水層タイプの区分

地層名	帯水層	地層名	帯水層
Alluvial Sediments	MH	Bassange Formation	WL
Meador belt, Back swamps, Water Swamps	MH	Nkporo Formation	WL
Abandoned Beach Ridge	MH	Agwu Formation	WH
Mangrove Swamp	MH	Taloka Formation	ML
Sombreiro Deltaic Formation	MH	Dukamaje Formation	WL
Chad Formation	MH	Rima Group	WL
Benin Formation	MH	Pindiga Formation	WL
Newer Basalt	WH	Lafia-Wukari Formation	MM
Older Basalt	WL	Nupe Formation	ML
Ogwasbi-Asaba Formation	WM	Gundumi-Ilo Formation	MM
Ilaro Formation	MH	Fika Formation	ML
Gwandu Formation	MM	Eze-Aku Formation	WM
Imo Group	WL	Yola-Bima-Yolde Formation	WM
Keri-Keri Formation	MM	Bima Formation	WM
Sokoto Formation	ML	Asu River Group	WL
Gombe Formation	WL	Young Granite	WM
Ajali Formation	MH	Older Granite	WM
Nsuka Formation	WL	Meta Sedimentary	WM
Abeokuta Formation	MM	Migmatite Gneiss	WM
Mamu Formation	WL	Cataclastic	WM

出典：JICAプロジェクトチーム

(2-3) 井戸群計画上の制約条件

井戸群当たりの揚水量

図 7-3 に示す様に井戸群は都市の人口増加に応じて拡大していく。一つの井戸群からの揚水量を適切に設定することによって「ナ」国全体の井戸本数を最少とすることができるが、その揚水量は帯水層の能力できまる。本プロジェクトでは、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算定した。その結果を表 7-8 に示す。

表 7-8 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) 村落給水の井戸群あ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 7-5 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。

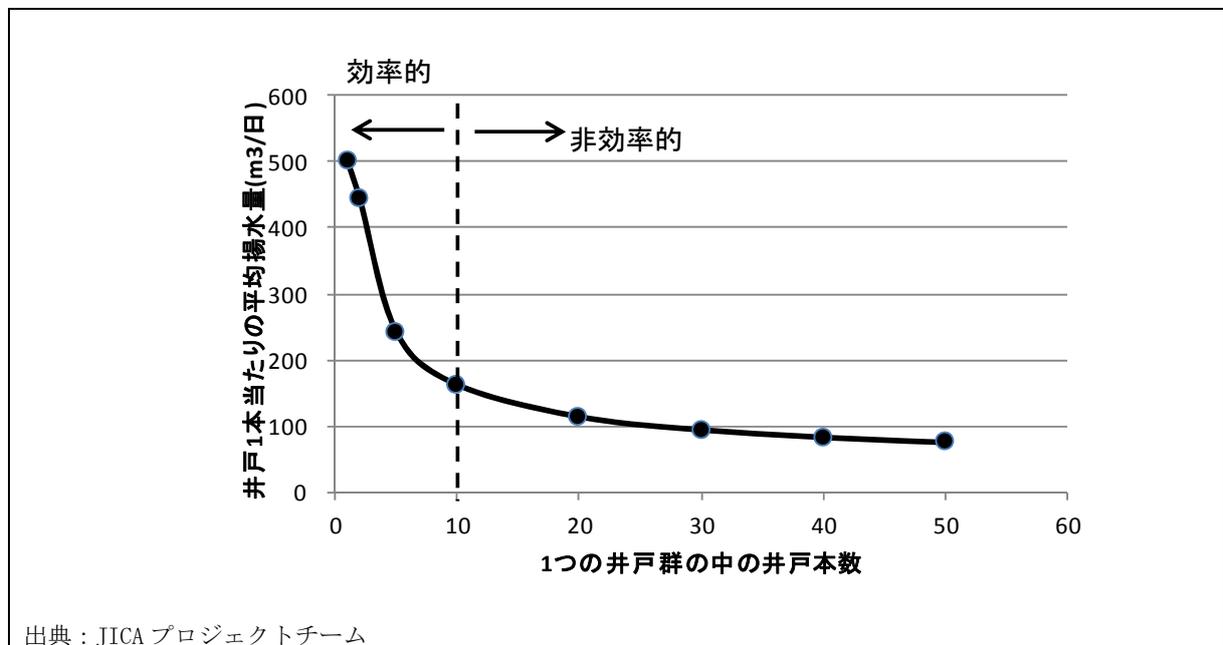


図 7-5 井戸群の井戸本数と揚水量の関係の例

地下水涵養量による制限

持続的な地下水開発とするために、各 LGA における地下水開発量は原則として LGA 内の地下水涵養量以下であることとする。

一方、LGA 内の地下水開発量が LGA の地下水涵養量を超えた場合は別途考慮する。

井戸の仕様

井戸の仕様を表 7-9 に示す。井戸の仕様は帯水層タイプに対応している。留意点を以下に記す。

- 風化風化岩帯では井戸の深さを 50m に統一した。
- 堆積岩地帯では井戸の深さは地質状況に応じて 50～600m であるが全国を統一的に扱うため本プロジェクトでは井戸新深度 200m で代表した。
- 井戸径は動力ポンプで 6 インチ、ハンドポンプで 4 インチが標準であるが、将来的にハンドポンプから動力ポンプへの転換することを考慮しハンドポンプでも 6 インチとした。
- 動力ポンプによる井戸群の井戸間隔は 200m とした。

表 7-9 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 堆 積 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		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

(2-4) 新規井戸掘削計画

現況揚水量

新規井戸掘削計画の立案に当たって既設井戸からの現況開発量を把握する必要がある。表 7-10 に現況揚水量を州ごとに示す。

表 7-10 既設井戸の揚水量

州		都市・小都市・町			州	村落給水			
		動力井戸		ハンドポンプ		動力井戸		ハンドポンプ	
		m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日		m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	
1	Abia	171,464	13,642	1,701	20	Katsina	75,731	19,524	13,748
2	Adamawa	9,349	1,259	10,115	21	Kebbi	54,890	12,529	6,385
3	Akwa Ibom	204,237	20,288	0	22	Kogi	78,468	11,562	2,190
4	Anambra	126,283	9,138	869	23	Kwara	63,444	10,686	4,952
5	Bauchi	131,820	15,272	3,893	24	Lagos	1,142,528	2,619	5,456
6	Bayelsa*1	3,027	5,748	0	25	Nasarawa	43,972	7,583	2,671
7	Benue	154,788	20,894	6,985	26	Niger	138,811	19,460	11,706
8	Borno	151,168	9,578	6,568	27	Ogun	231,094	14,301	1,056
9	Cross River	35,052	5,986	0	28	Ondo	157,154	20,936	3,405
10	Delta	170,787	16,368	1,788	29	Osun	121,265	30,226	2,867
11	Ebonyi	63,702	7,159	5,998	30	Oyo	305,109	37,604	7,644
12	Edo	247,183	8,773	915	31	Plateau	54,851	7,178	1,800
13	Ekiti	49,233	14,362	1,225	32	Rivers	328,610	20,916	5,184
14	Enugu*4	33,225	8,946	882	33	Sokoto	87,675	22,135	3,297
15	Gombe	36,092	615	7,137	34	Taraba	22,435	3,060	3,336
16	Imo	87,194	18,041	2,359	35	Yobe	70,622	8,335	4,571
17	Jigawa	216,661	0	41,319	36	Zamfara	124,408	18,098	6,231
18	Kaduna	171,991	44,063	10,654	37	FCT Abuja	18,489	90	2,322
19	Kano	443,575	18,706	20,664		全国合計	5,626,388	505,683	307,828

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
---------------------	---	----------------------	---	------------------

表 7-11 新規井戸掘削による地下水開発量とリハビリ可能量

州		2030年までに開発する必要がある地下水量		リハビリ可能量		新規井戸掘削による地下水開発量		
		都市	村落	都市	村落	都市	村落	
						動力	動力	ハンドポンプ
		m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日
1	Abia	234,836	30,910	73,485	6,576	161,351	14,600	9,734
2	Adamawa	176,499	64,336	3,435	2,007	173,064	37,397	24,931
3	Akwa Ibom	311,393	69,628	155,697	24,797	155,697	26,899	17,933
4	Anambra	134,954	49,824	56,736	4,496	78,218	27,197	18,131
5	Bauchi	300,186	109,555	112,291	16,326	187,895	55,937	37,291
6	Bayelsa	246,612	19,464	4,540	8,622	242,072	6,506	4,337
7	Benue	146,595	86,034	73,298	24,723	73,298	36,786	24,524
8	Borno	290,589	82,243	37,792	4,037	252,797	46,924	31,283
9	Cross River	121,148	63,719	60,574	31,859	60,574	19,116	12,744
10	Delta	465,063	59,466	232,531	27,234	232,531	19,339	12,893
11	Ebonyi	0	41,270	0	3,930	0	22,404	14,936
12	Edo	212,275	43,604	0	2,036	212,275	24,941	16,628
13	Ekiti	65,945	31,420	32,973	15,587	32,973	9,500	6,333
14	Enugu	377,139	48,300	22,150	6,552	354,988	25,049	16,699
15	Gombe	134,299	49,695	44,113	9,475	90,186	24,132	16,088
16	Imo	356,887	69,027	37,369	8,743	319,519	36,171	24,114
17	Jigawa	251,869	57,835	26,778	16,964	225,091	24,523	16,348
18	Kaduna	110,091	91,901	55,045	45,951	55,045	27,570	18,380
19	Kano	323,421	153,056	161,710	16,974	161,710	81,649	54,433
20	Katsina	416,521	103,700	39,013	17,140	377,509	51,936	34,624
21	Kebbi	201,880	68,542	64,437	22,203	137,443	27,803	18,535
22	Kogi	257,044	55,443	78,468	13,752	178,576	25,014	16,676
23	Kwara	129,600	28,500	54,045	13,321	75,555	9,107	6,071
24	Lagos	0	10,676	0	4,949	0	3,436	2,291
25	Nasarawa	94,527	31,785	47,263	13,051	47,263	11,241	7,494
26	Niger	191,784	65,360	88,748	19,926	103,036	27,260	18,174
27	Ogun	0	49,617	0	11,120	0	23,098	15,399
28	Ondo	154,922	61,726	77,461	24,341	77,461	22,431	14,954
29	Osun	78,834	48,011	39,417	24,006	39,417	14,403	9,602
30	Oyo	0	77,890	0	30,165	0	28,635	19,090
31	Plateau	173,722	67,490	54,851	8,978	118,870	35,107	23,405
32	Rivers	583,030	76,512	219,073	17,400	363,957	35,468	23,645
33	Sokoto	181,504	62,983	90,752	31,491	90,752	18,895	12,597
34	Taraba	143,180	51,001	5,609	1,599	137,571	29,641	19,761
35	Yobe	192,148	48,067	65,190	11,913	126,958	21,692	14,462
36	Zamfara	133,053	63,761	55,893	10,930	77,160	31,699	21,132
37	FCT Abuja	551,877	19,035	22,598	2,948	529,279	9,653	6,435
	全国合計	7,743,426	2,211,389	2,193,335	556,123	5,550,091	993,159	662,106

出典：JICAプロジェクトチーム

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 7-12 に示す。以下の 2 点に留意する。

- 新規井戸掘削本数は水需要増加と井戸の稼働率(80%)を考慮し井戸本数を割増しする。
- リハビリによる揚水量は、2030 年までに新たな開発を必要とする水量の 50%を上限とする。

表 7-12 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。

(3) 私的灌漑・畜産・淡水養殖

私的灌漑・畜産・淡水養殖における地下水開発の基本方針を以下に示す。これらのセクターにおいて、地下水開発は単独井戸による開発を前提とする。

表 7-13 地下水開発方針

給水計画上の区分	地下水計画方針
私的灌漑	深井戸の単独井戸による地下水開発
畜産	手掘り浅井戸の単独井戸による地下水開発
水産	深井戸の単独井戸による地下水開発

出典：JICA プロジェクトチーム

(3-1) 需要の分布

水需要は各州内で均等に分布すると仮定し、州内に分布する帯水層の能力を考慮しながら井戸本数を決めた。すなわち、同一の揚水量に対して能力の高い地域では井戸本数が少なく、能力の低い地域では井戸本数が増える。

(3-2) 帯水層ごとの揚水可能量

各井戸における持続可能な揚水可能量(Y)は、帯水層タイプに基づいて7-14を用いて算出する。

表 7-14 帯水層タイプと持続可能な地下水開発可能量の関係

帯水層タイプ		揚水可能量 (m ³ /日)		
		私的灌漑	畜産	淡水養殖
WH	高透水性 風化帯水層	100	10	100
WM	中透水性 風化帯水層	50	10	50
WL	低透水性 風化帯水層	10	10	10
MH	高透水性 複合帯水層	200	10	200
MM	中透水性 複合帯水層	100	10	100
ML	低透水性 複合帯水層	50	10	50

出典：JICA プロジェクトチーム

(3-3) 井戸掘削計画

前記の方法で州ごとに計画した地下水開発計画を表 7-15 に示す。

表 7-15 2030年の私的灌漑・畜産・淡水養殖水需要を満たすための井戸本数

No	州	私的灌漑	畜産	淡水養殖	No	州	私的灌漑	畜産	淡水養殖
1	Abia	371	69	192	20	Katsina	2,190	1,073	1,862
2	Adamawa	845	1,421	86	21	Kebbi	1,125	461	74
3	Akwa Ibom	186	92	83	22	Kogi	2,082	243	231
4	Anambra	308	160	120	23	Kwara	821	68	111
5	Bauchi	1,864	971	54	24	Lagos	42	83	61
6	Bayelsa	34	52	9	25	Nasarawa	898	158	196
7	Benue	2,279	61	81	26	Niger	1,859	518	228
8	Borno	1,146	2,015	27	27	Ogun	1,713	55	120
9	Cross River	1,346	14	1,837	28	Ondo	866	23	282
10	Delta	158	272	1,772	29	Osun	577	29	99
11	Ebonyi	1,440	226	30	30	Oyo	1,507	451	1,395
12	Edo	1,238	49	41	31	Plateau	1,419	868	2,367
13	Ekiti	353	17	218	32	Rivers	66	136	137
14	Enugu	1,145	66	29	33	Sokoto	1,701	2,217	1,026
15	Gombe	1,331	1,003	66	34	Taraba	1,556	343	48
16	Imo	154	55	15	35	Yobe	1,008	993	5
17	Jigawa	900	644	71	36	Zamfara	1,557	946	26
18	Kaduna	1,712	550	183	37	FCT Abuja	241	41	107
19	Kano	1,963	1,640	159		合計	40,001	18,084	13,445

出典：JICA プロジェクトチーム

7.1.4 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・開発されている。以下に、管理・開発における問題点を記載する。

(1) 地下水涵養の促進

「ナ」国の北部地域は降雨量が少なく蒸発散量が多いため地下水涵養量に乏しい。地下水開発を進めるためには地下水涵養を促進するのが望ましい。北部地域では大規模河川の河床から地下水が涵養されている可能性が高い。これに着目し、ダムによって河川流量を調整し河床からの地下水涵養量を増やすべきである。

(2) 村落給水における問題

低い井戸成功率

基盤岩地帯では、村落給水の水源として基盤岩風化帯の地下水が使用されているが、成功井戸の確率は50%~70%程度であり、井戸成功率を高めるための探査技術の向上が必要である

地下水の汚染

基盤岩地帯の村落給水はハンドポンプ付き深井戸による給水を行っている。基盤岩の地下水の水質は概して良好であるが、井戸が村落内に位置するため、井戸の地下水の中に家庭排水が混入し、地下水汚染（塩素と硝酸）が発生しているケースが多い。

(3) 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

「ナ」国南部の海岸平野には第四紀砂層が分布し帯水層として優れている。また Lagos や Port Harcourt などの大都市が海岸平野に位置し、都市用水や工場用水として大量の地下水が揚水され、広域的な地下水位の低下が指摘されている。過剰揚水による広域的な地下水位の低下は、他の地下水利用に影響を与え、またそれだけでなく広域的な地盤沈下を引き起こす。現在、地盤沈下の観測が行われていないため、地盤沈下の有無を示すデータは存在しない。

海水の侵入

沿岸部における地下水位の低下によって海水が帯水層へ侵入し、地下水の塩水化を引き起こしている。「ナ」国南部の海岸地帯には第四紀の砂層からなる優れた帯水層が分布している。地下水位低下の原因は、大都市における過剰揚水である。南部地域の大都市部では、塩水化が進行しているとの情報があり、今後 NIHSA が中心となって、地下水位と塩分濃度を継続的にモニタリングし、塩水侵入の挙動を予測し必要に応じて対策を検討する必要がある。

地下水汚染

Lagos 周辺の工場地帯では井戸に廃棄物を投棄するケースがあり、地下水位汚染が発生していると言われている。

(4) Benue 盆地の堆積層中の塩水

Benue 地域では、帯水層（Awe 層など）の中に塩分を多く含む頁岩層が存在し、この影響で地下水の塩分濃度が高い。これを防ぐ対策を必要である。

(5) 北部鉍山地域の地下水汚染

鉍山から採掘した鉍石残滓の不適切な処理によって、地下水汚染が発生する場合がある。Zamfara 州では鉍石採掘跡地の池の中に有害重金属を含む残滓が堆積し、これが池周辺の地下水を汚染している。

(6) 地下水位低下と干ばつの関係

降雨に対する地下水位変動パターンは地域ごとに異なる。ある地域（帯水層）の地下水位は降雨と敏感に対応するが、他の地域（帯水層）の地下水は降雨への対応は鈍い。長期的な地下水位モニタリングによって、経年地下水位変動のパターンを地域ごとに把握し干ばつに対する脆弱性を把握し対策に供することが望ましい。

(7) ハンドポンプから動力ポンプへの転換

現在村落部を中心に使用されているハンドポンプは揚水能力が低いため、「ナ」国の豊富な地下開発ポテンシャルを有効に使用しているとは言い難い。ハンドポンプに代わって動力ポンプを多用すれば地下水開発ポテンシャルをフルに活用可能となる。井戸の揚水能力としてハンドポンプ井戸の場合は10m³/日あれば十分であるが、これに動力ポンプを設置した場合50～150m³/日以上の上揚水能力が必要となるが、揚水記録によると「ナ」国の多くの井戸で対応可能と考えられる。全国水資源マスタープラン2013では、村落給水における動力ポンプとハンドポンプの揚水量の比率を6:4に設定し村落における動力ポンプの普及を推進する。

7.1.5 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7-6に年度ごと地下水開発のイメージを示す。

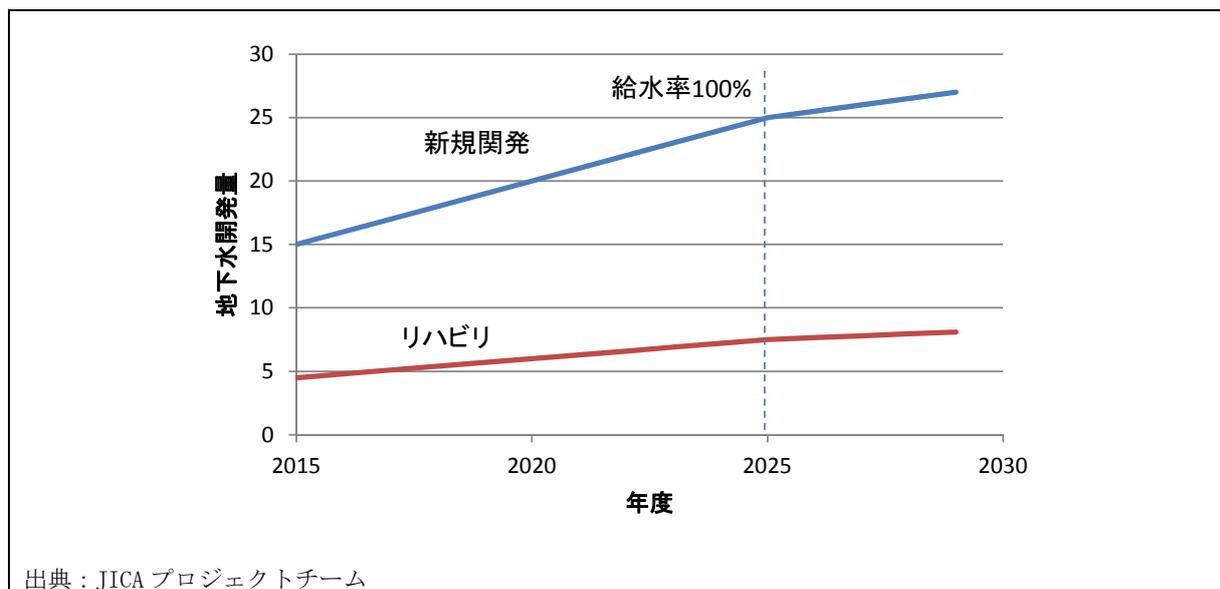


図 7-6 段階的な地下水開発のイメージ

年ごとの地下水開発量は州ごとに異なる。表 7-16 に州ごとの 1 年当たりのリハビリ本数、表 7-17 に 1 年当たりの新規井戸掘削本数を示す。

表 7-16 1年当たりのリハビリ井戸本数

州	州	都市	村落		州	都市	村落	都市	
		動力井戸 本数	動力井戸	ハンドポ ンプ井戸		動力井戸 本数	動力井戸	ハンドポ ンプ井戸	
1	Abia	11	1	5	20	Katsina	16	4	47
2	Adamawa	3	0	12	21	Kebbi	16	4	50
3	Akwa Ibom	14	2	0	22	Kogi	8	1	15
4	Anambra	10	1	3	23	Kwara	6	1	28
5	Bauchi	11	1	22	24	Lagos	0	0	22
6	Bayelsa	2	4	0	25	Nasarawa	16	3	23
7	Benue	5	1	41	26	Niger	2	0	50
8	Borno	11	1	11	27	Ogun	0	1	5
9	Cross River	12	7	0	28	Ondo	13	3	23
10	Delta	6	1	18	29	Osun	2	1	14
11	Ebonyi	0	0	12	30	Oyo	0	2	34
12	Edo	0	0	14	31	Plateau	3	0	12
13	Ekiti	2	1	8	32	Rivers	7	1	23
14	Enugu	5	1	4	33	Sokoto	20	6	27
15	Gombe	28	1	58	34	Taraba	3	0	6
16	Imo	16	3	7	35	Yobe	34	4	28
17	Jigawa	10	0	113	36	Zamfara	2	0	19
18	Kaduna	7	5	60	37	FCT Abuja	5	0	19
19	Kano	19	1	59		合計	325	62	892

出典：JICA プロジェクトチーム

表 7-17 1年当たりの新規井戸掘削本数

州	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		
1	Abia	7	14	22	5	4	9	81
2	Adamawa	2	36	38	3	20	23	208
3	Akwa Ibom	9	3	12	14	2	16	149
4	Anambra	5	5	10	13	4	17	151
5	Bauchi	9	22	32	16	18	34	311
6	Bayelsa	14	0	14	4	0	4	36
7	Benue	1	15	16	2	22	24	204
8	Borno	24	20	44	21	7	28	261
9	Cross River	1	11	12	3	10	13	106
10	Delta	14	0	14	12	0	12	107
11	Ebonyi	0	0	0	0	14	14	124
12	Edo	10	16	25	9	6	15	139
13	Ekiti	0	7	7	0	6	6	53
14	Enugu	6	79	85	5	11	16	139
15	Gombe	2	35	37	4	11	15	134
16	Imo	14	16	30	15	7	22	201
17	Jigawa	21	14	35	12	3	15	136
18	Kaduna	0	11	11	0	16	16	153
19	Kano	2	36	38	8	40	48	454
20	Katsina	22	65	88	10	22	32	289
21	Kebbi	15	19	34	11	7	18	154
22	Kogi	6	25	31	5	10	15	139
23	Kwara	1	13	15	1	5	6	51
24	Lagos	0	0	0	2	0	2	19
25	Nasarawa	1	7	10	2	6	8	62
26	Niger	12	12	24	9	9	18	151
27	Ogun	0	0	0	10	5	15	128
28	Ondo	1	12	14	4	10	14	125
29	Osun	0	10	16	0	9	9	80
30	Oyo	0	6	29	0	17	17	159
31	Plateau	1	23	26	2	20	22	195
32	Rivers	21	0	21	21	0	21	197
33	Sokoto	16	36	52	10	3	13	105
34	Taraba	1	29	31	2	16	18	165
35	Yobe	12	7	19	12	1	13	121
36	Zamfara	3	22	27	4	13	17	161
37	FCT Abuja	2	93	95	1	5	6	54
合計		255	719	1,014	252	359	611	5,502

出典：JICA プロジェクトチーム

7.2 表流水開発

7.2.1 表流水開発の現状

(1) 関連する既存政策、計画

(1-1) 国家開発計画 (Vision20:2020)

「ナ」国における国家開発の基本計画となる Vision 20:2020 においては、ダム・水源施設の開発・管理には直接言及していない。しかしながら、ダム・水源施設の開発・管理は、水供給、灌漑、水力発電等に関わる開発目標の達成を支えるものと位置づけられる。

(1-2) 国家水指針 (National Water Policy, 2009)

2009年に改訂された国家水指針によれば、ダム・水源施設に関する達成目標、戦略は以下のとおりである。

表 7-18 国家水指針 (2009) におけるダム・水源施設に関する達成目標、戦略

項目	内容
達成目標	<ul style="list-style-type: none"> - ダム建設により、様々な社会・経済、環境目的のための1年を通じた表流水利用を可能とする。 - 豊富な表流水資源の適切な保全、利用を行う。 - 実現可能な場所における水力発電施設の設置を行う。
戦略	<ul style="list-style-type: none"> - 広く認められた工学的標準に従った大中規模ダムの建設、運用、維持管理を行う。 - M/P1995に従った大中規模ダムの建設を行う。 - 余剰水のある地域から水不足の地域への流域間導水を行う。 - 越境水及び州をまたぐダム建設は連邦政府の管轄とする。 - 連邦政府が所有するダムの運用、維持管理は、連邦政府によって行う。

出典：国家水指針 (2009)

(1-3) Water Sector Roadmap (2011)

2011年に策定された Water Sector Roadmap においては、ダム・水源施設の開発・管理に関わる達成目標、戦略は以下のように設定されている。

- 中期目標・戦略：総貯水容量を 34,000MCM から 35,500MCM に増加する。
- 長期目標・戦略：記述なし。

(2) 既存の水資源開発施設

(2-1) 既存ダムのインベントリー

本プロジェクトでは、主として以下の文献をもとに既存ダムのインベントリーを作成した。

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

位置の不明確なものについては、衛星画像等を参照して可能な限り位置の特定を行った。また、衛星画像、写真等でその存在が確認できないダムは、不明ダムとして分類した。インベントリーの詳細については、Volume-5 Supporting Report の SR4. 2.2 節(1)を参照されたい。

「ナ」国における既設ダムの総数は、本プロジェクトにおいて確認できたものが 171 である。これらのダムの位置は図 7-7 に示すとおりである。

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。

(2-2) 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 7-7 に併示している。

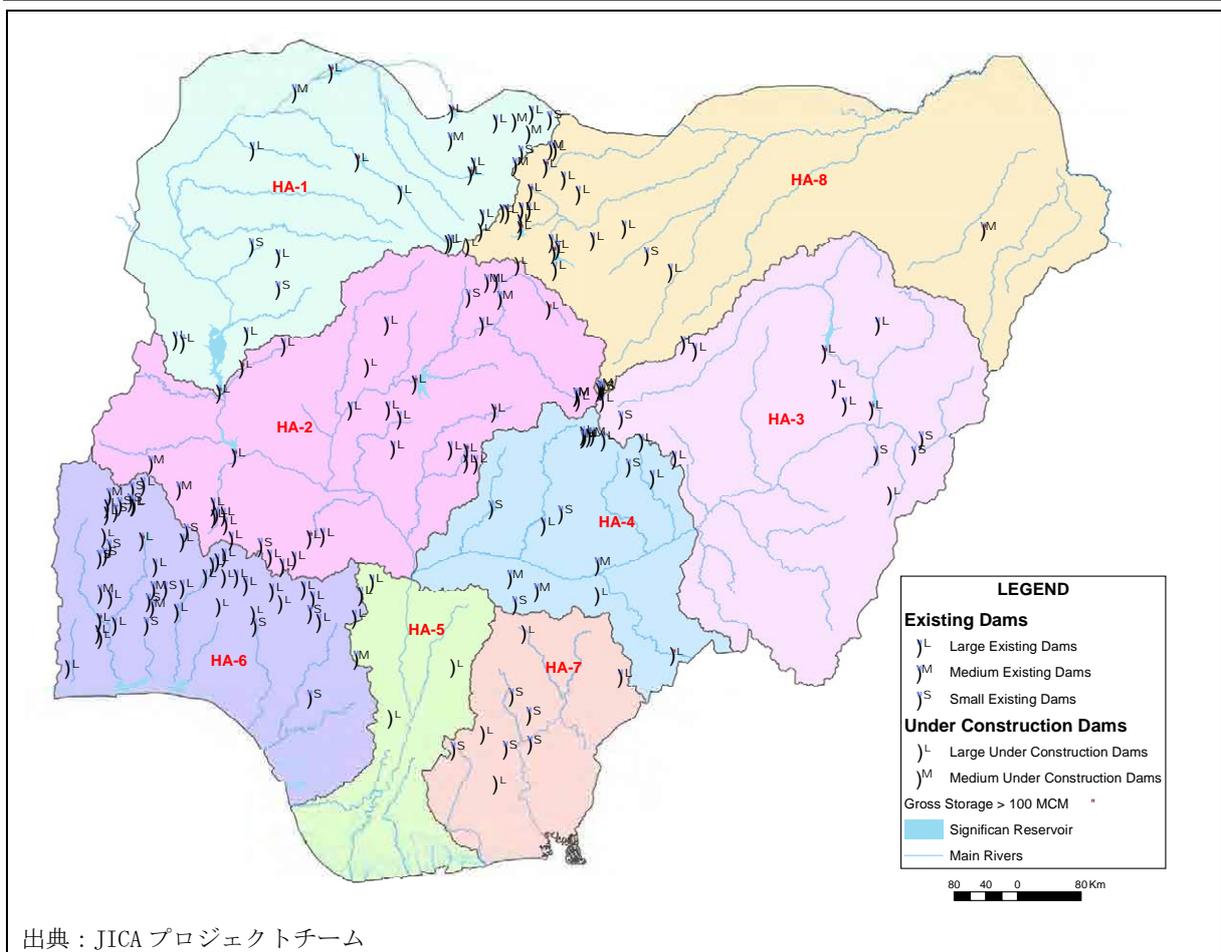


図 7-7 既存ダムと建設中ダムの位置図

(2-3) 代表ダムの管理実態調査

本プロジェクトでは、貯水容量が大規模もしくは流域管理計画（案）を策定する HA-1 および HA-6 における主要ダムの計 26 ダムについて、これらダムの現在の管理状況を把握するための調査を実施した。その結果を以下に示す。

表 7-19 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

調査結果の詳細については、Volume-5 Supporting Report の SR4. 2. 2 節(2)を参照されたい。

(3) 関連する大規模ダム建設をめぐる動向

表 7-20 に示す 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 Hasusa 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 Hasusa 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。

表 7-20 連邦電力省が実施予定の大規模ダム建設を伴う水力発電事業

プロジェクト	プロジェクトサイト	概要
Manbilla HPS	Donga 川上流域 (HA3)	最大出力:3,050MW、設計流量:373m ³ /s、有効水頭:927m ダム: Nya ダム (H=23m)、Sumsum ダム (H=70m)、 Nghn ダム (H=75m)、Api ダム (H=150m)
Zungeru HPS	Kaduna 川中流域 (HA2)	最大出力:700MW、設計流量:220m ³ /s、有効水頭:92m ダム: 高さ 90m

出典: FMP

7.2.2 表流水開発の問題点と課題

表流水開発の問題点と課題は以下のとおりである。

表 7-21 表流水開発の問題点と課題

問題点	課題
高まる水需要	「ナ」国における現在 (2010) の 1.5 億人あまりの人口は 2030 年には 2.5 億人を超えるものと推定されている。こうした増加する人口を支えるための十分な生活用水の確保、さらには産業活動の活性化に伴う必要水源水量の確保が水セクターの基本課題である。水需要予測に基づけば、今後さらに表流水への依存が高まることが予想され、そのための表流水源の確保が課題である。
偏在する水資源	「ナ」国における水文環境は地域により大きく異なり、水資源量は大きく偏在している。効果的かつ持続的な水利用のために、このような偏在する水資源量を考慮した水源開発が課題である。
本来の機能を十分に発揮していない既存ダム	水需要量の増加が予想される中、劣悪な運用維持管理状況にある既存ダムの早急な機能回復、改善が課題である。 既存ダムの開発水量を十分に使い切っていない地域における貯水の用途転用を含む有効活用の促進が課題である。
M/P1995 で提案された水源開発の未実施	M/P1995 では多くの中小規模ダムによる水源開発が提案されたが、それら提案されたダム以外の新規ダム建設が進められているのが実態である。これは、提案されたダムと現在の水需要の実態が必ずしも整合が取れていなかったことが 1 つの要因であると考えられる。今後想定される給水および灌漑水需要を精査し、新規水源開発の候補としてこれら提案ダムの有効性を確認することが課題である。

出典: JICA プロジェクトチーム

7.2.3 表流水開発の戦略

以上の問題点と課題を踏まえ、表流水開発の戦略を以下のように設定する。

表 7-22 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

7.2.4 既存ダムのリハビリテーションの方向性

既存ダムの機能回復、向上のためには、ダム管理マニュアルの準備を含むダム管理の熟度向上が必要である。この点については、水資源管理の一部として第9章9.3節において議論される。

既存ダムのリハビリテーションの方向性は、本プロジェクトで実施した「代表ダムの管理実態調査」結果をもとに、以下のとおりとする。

- 水文観測施設ならびにダム流入・放流量等のダムの適正運用に関わる観測施設については、早期にその機能改善を図る。機能改善にあたっては、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。
- 堤体のクラック損傷が激しいダムはその修復を行う。

これらの事業を実施していくためには、個別ダムについて、洪水吐き設備、停電時のバックアップ電源、水文観測施設などを含めた施設の安全管理調査、および堤体調査を実施する必要がある。このため、短期的緊急事業としてダム管理能力強化事業を実施し、その中でダム管理マニュアルの準備を含むダム管理の熟度向上に係る FMWR および関連機関の能力向上を図ることとする。さらに、その活動の一環として、可能な限り施設の安全管理調査、堤体調査を概略実施し、リハビリテーション事業として必要な事業実施内容を固めていく方針とする。これらの調査ならびにリハビリテーションは、ダムの運用の影響が広域にわたると考えられる総貯水容量 100MCM 以上の大規模ダムおよびその他重要ダムを優先して実施する。

本プロジェクトで実施した「代表ダムの管理実態調査」結果によれば、総貯水容量 100MCM 以上の大規模ダムのうち、以下のダムについて堤体のリハビリテーションが必要となる可能性が高い。

- Goronyo, Jibiya, Zobe, Gari, Ruwan Kanya, Tiga, Watari

7.2.5 水源開発候補地

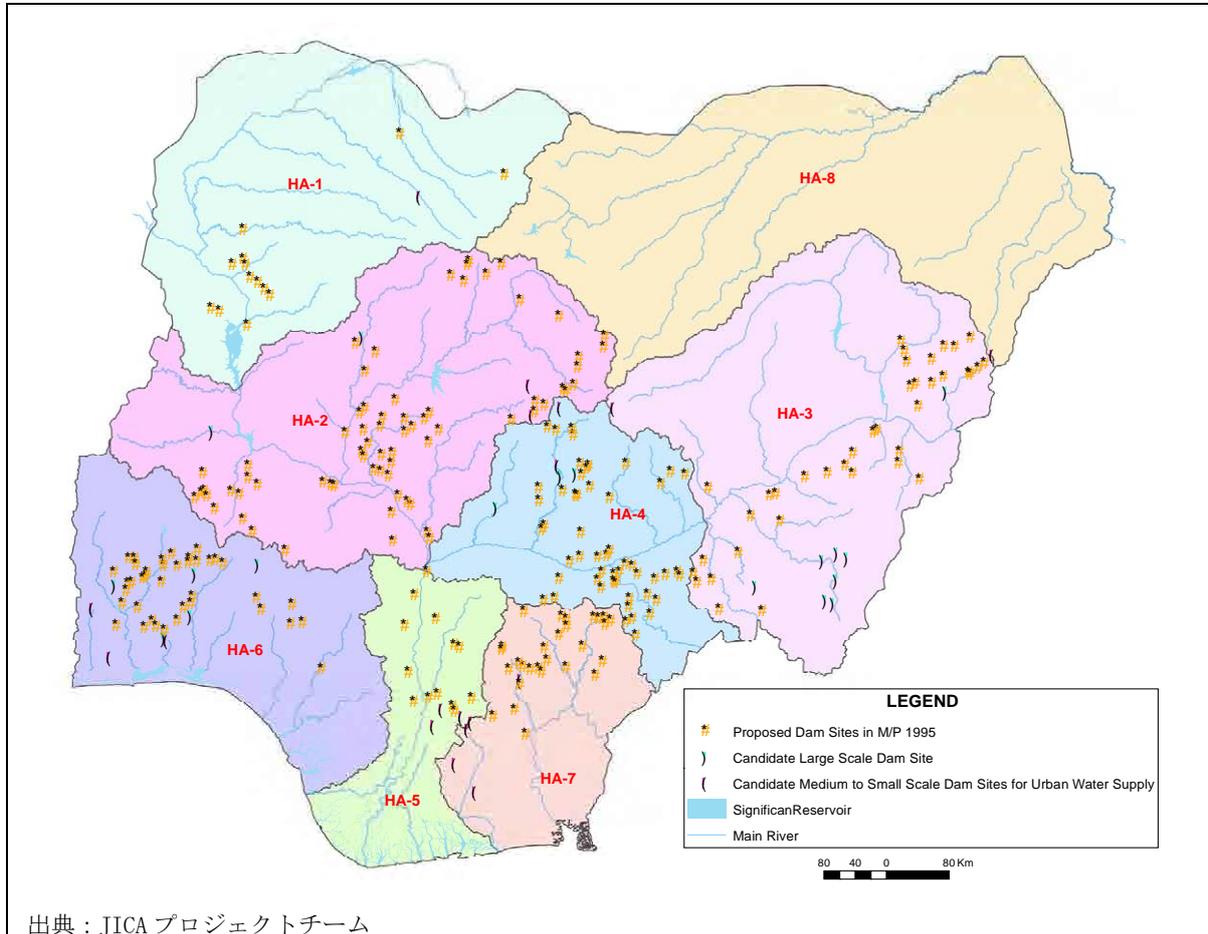
(1) 新規水源開発候補地

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 7-23 参照）。新規ダム候補地点を図 7-8 に示す。

表 7-23 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



出典：JICA プロジェクトチーム

図 7-8 新規水源開発の候補地

(2) 新規水源開発候補地の開発効率

第6章で示したように、各新規ダム候補地点について、個別サイトごとの水バランス計算を実施して、a) 作付パターンに応じた灌漑水需要量に対応した 1/5 安全度で給水できる灌漑面積、b) 都市用水を想定した年間一定の水需要量に対応した 1/10 安全度で供給できる水量、が算定された。さらに、個別サイトごとの建設費用を概算したうえで、プロジェクト期間=50年、維持管理費=事業費の0.5%、割引率=10%との仮定のもと、a) 灌漑面積 1ha あたりの年経費、b) 水量 1m³ 当たりの年経費を算出した。これらの指標は、新規水源の開発効率を示すものであり、単位数量当たりの年経費が小さいほど開発効率が良いことを示している。

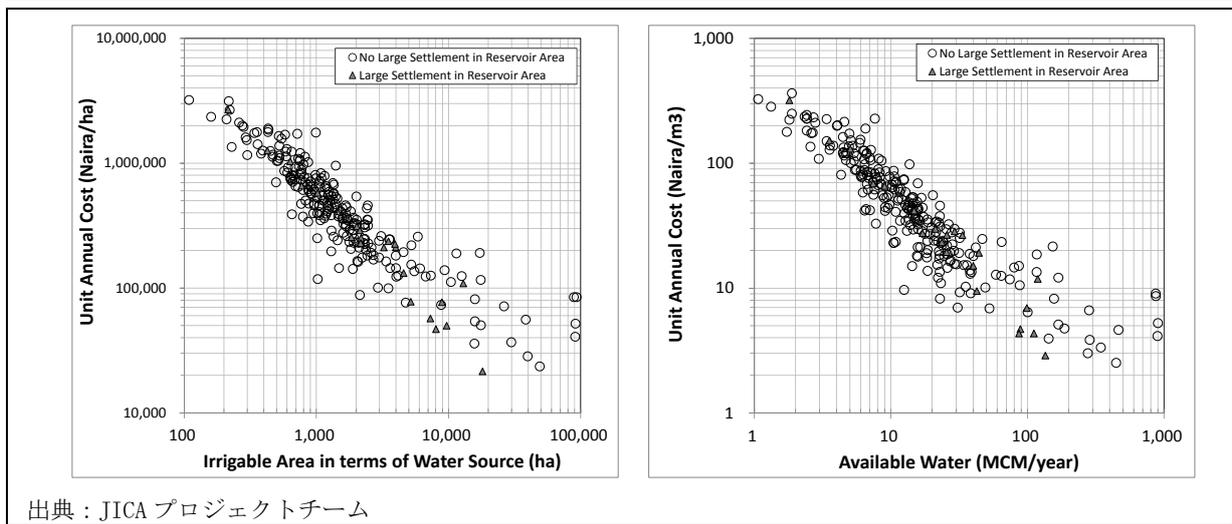


図 7-9 新規水源開発の開発効率

(3) 新規水源開発地の選定基準

新規ダム候補地点の中から、都市用水、灌漑開発のニーズをもとにして、以下の選定基準により新規ダムが選定される。

表 7-24 都市用水新規水源の選定基準

項目	基準
1 表流水利用のニーズ	ダム近傍で表流水利用のニーズがあるかどうか。
2 環境社会インパクト	大規模な移転が生じないか→大きな町が水没することが想定されるようなサイトは避ける。
3 開発効率	開発単価が安価なもの。ただし、都市用水に関しては、あらかじめ、浄水場の位置が決まっている場合が多いため、サイトの選択肢は限定されたものとなる。

出典：JICA プロジェクトチーム

表 7-25 灌漑用新規水源の選定基準

項目	基準
1 灌漑適地の有無	ダム下流において、ある程度のまとまりのある重力配水できる灌漑整備候補地があるかどうか
2 環境社会インパクト	大規模な移転が生じないか→大きな町が水没することが想定されるようなサイトは避ける。
3 開発効率	開発単価が安価なもの

出典：JICA プロジェクトチーム

7.2.6 提案事業

表流水開発に関わる戦略に基づき、提案事業は以下のとおりである。

表 7-26 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 9.3 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。

- ダム管理マニュアルの作成
- ダム点検の実践
- 必要に応じて簡易なダム・モニタリング資機材（気象水文観測、ダム水位観測、貯水池地形計測用）の設置
- 気象水文観測の実践
- 貯水池堆砂状況調査の実践
- ダム運用データの記録、保管、転送の実践
- ダム安全度を含む機能の診断
- ダム運用ルールの検討
- ダム運用データのステークホルダーとの共有、情報伝達
- ステークホルダー協議を通じたダム余剰水の最適利用促進

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。

現在故障している設備についてはその要因調査を行い、長期間の使用に耐えられるような施設配置、保全計画を検討する。また日常のメンテナンス計画も立案する。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。

フィルダムタイプの場合、堤体からの漏水（下流面、堤体法尻、地山との境界付近）状況の観察（漏水の増加傾向がないか、濁りがないか）が重要である。また、堤体下流面のクラック（単なる亀裂か、滑りか）、浸食、陥没状況の現地調査が必要である。これらは、堤体の安定性を脅かす要因になる。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。第 6 章で示された水バランス検討に基づき、以下に示す新規ダムの建設が提案される。全貯水容量は 381MCM である。図 7-11 にダム位置を示す。

表 7-27 都市用水水源開発事業

No	事業名	HA	州	水道事業スキーム	SN	H (m)	GS (MCM)
1	Aba dam project	7	Abia	Aba Water Supply Scheme	4012	11	3.4
2	Mubi dam project	8	Adamawa	Mubi Water Supply Scheme	4013	22	6.0
3	Umuseke dam project	5	Anambra	Greater Awka Water Supply Scheme	4009	16	9.5
4	Ihiala dam project	5	Anambra	Ihiala Regional Water Supply Scheme	4010	11	3.4
5	Nnewi dam project	5	Anambra	Nnewi Regional Water Supply Scheme	4011	20	24.2
6	Yedseram diversion	8	Borno	Alau/Maiduguri Water Supply Scheme	分派堰		
7	Monaya/Ogoja dam project	7	Cross River	Ogoja Water Supply Scheme	2245	10	5.4
8	Ezillo dam project	7	Ebonyi	Ishielu/Ezilo Water Supply Scheme	4016	20	2.3
9	Oji/Ajali dam project	5	Enugu	Ajali Water Supply Scheme	2185	20	16.9
10	Okigwe dam project	7	Imo	Okigwe Water Supply Scheme	4015	10	9.2
11	Owerri dam project	7	Imo	Owerri/Otamiri Water Supply Scheme	4002	16	3.9
12	Kwoi dam project	2	Kaduna	Kwoi Water Supply Scheme	4017	11	2.5
13	Kafanchan dam project	2	Kaduna	Kafanchan Water Supply Scheme	4003	11	3.1
14	Kachia dam project	2	Kaduna	Kachia Water Supply Scheme	4004	11	3.5
15	Faloku/Oyun dam project	2	Kwara	Oyun Water Supply Scheme	2023	19	18.9
16	Ibu dam project	6	Ogun	Ota Ikosi/Ogere/Shagamu Water Supply Scheme	2205	19	20.6
17	Kumpa/Keffei-Mada dam project	4	Nasarawa	Keffi/Mada Water Supply Scheme	4005	12	3.1
18	Emiziko/Bida dam project	2	Niger	Bida Water Supply Scheme	2067	15	3.2
19	Ota dam project	6	Ogun	Ota Water Supply Scheme	4014	16	6.4
20	Araromi Ake/Ijebu-Ode-Yemoji dam project	6	Ogun	Ijebu-Ode/Yemoji Water Supply Scheme	4018	12	3.3
21	Barakin dam project	3	Plateau	Yakubu Gowon/Jos Water Supply Scheme	4007	26	20.1
22	Sakin Noma/Gusau dam project	1	Zamfara	Gusau Water Supply Scheme	4008	20	29.7
23	Odedele dam project	6	Oyo	Odedele/Ibadan Water Supply Scheme	3501	30	182.6

注) SN=ダムシリアル番号、H=ダム高、GS=総貯水容量

出典：JICA プロジェクトチーム

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。第 6 章で示された水バランス検討に基づき、以下に示す新規ダムの建設が提案される。全貯水容量は 969MCM である。図 7-11 にダム位置を示す。

表 7-28 灌漑用水水源開発事業

No	事業名	HA	州	灌漑スキーム	SN	H (m)	GS (MCM)
1	Lade dam project	2	Kwara	Duke Lade irrigation scheme (1,200ha)	2043	25	29.5
2	Agaie dam project	2	Niger	Agaie/ Lapai irrigation scheme (1,000ha)	2028	16	44.0
3	Mussa dam project	2	Niger	Badeggi irrigation scheme (830ha)	2066	17	13.2
4	Bakogi dam project	2	Niger	Bakogi irrigation scheme (2,000ha)	2069	17	48.7
5	Kasanu dam project	1	Kebbi	新規提案スキーム 1,500ha	2009	18	21.0
6	Ukusu dam project	2	Niger	新規提案スキーム 1,400ha	2039	14	11.5
7	Bado dam project	3	Plateau	新規提案スキーム 2,200ha	2112	15	28.6
8	Mayo Ine dam project	3	Adamawa	新規提案スキーム 9,000ha	2089	15	72.6
9	Aneri dam project	4	Benue	新規提案スキーム 1,500ha	2139	12	14.2
10	Kereke dam project	4	Benue	新規提案スキーム 2,000ha	2142	13	16.7
11	Dula dam project	4	Benue	新規提案スキーム 2,000ha	2148	20	19.9
12	Obe dam project	5	Edo	新規提案スキーム 4,100ha	2175	27	52.4
13	Okhuo dam project	6	Edo	新規提案スキーム 1,500ha	2224	27	9.6
14	Ombi dam project	7	Benue	新規提案スキーム 2,000ha	2229	19	24.1
15	Ogege dam project	7	Benue	新規提案スキーム 1,000ha	2231	14	12.6
16	Abe dam project	7	Cross River	新規提案スキーム 1,200ha	2237	13	13.0
17	Konshisha dam project	7	Benue	新規提案スキーム 1,500ha	2240	18	16.0
18	Bejagira dam project	2	Niger	新規提案スキーム 6,000ha	3008	21	30.0
19	Mayo Belwa dam project	3	Adamawa	新規提案スキーム 18,000ha	2091	33	240.0
20	Muleng dam project	3	Adamawa	新規提案スキーム 10,000ha	3012	41	113.0
21	Shemankar dam project	4	Plateau	新規提案スキーム 16,000ha	2124	22	138.5

注) SN=ダムシリアル番号、H=ダム高、GS=総貯水容量
出典：JICA プロジェクトチーム

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 7-10 参照)。Benue 川の本支川において以下の 3 スキームを提案する。全貯水容量は 960MCM である。図 7-11 にダム位置を示す。

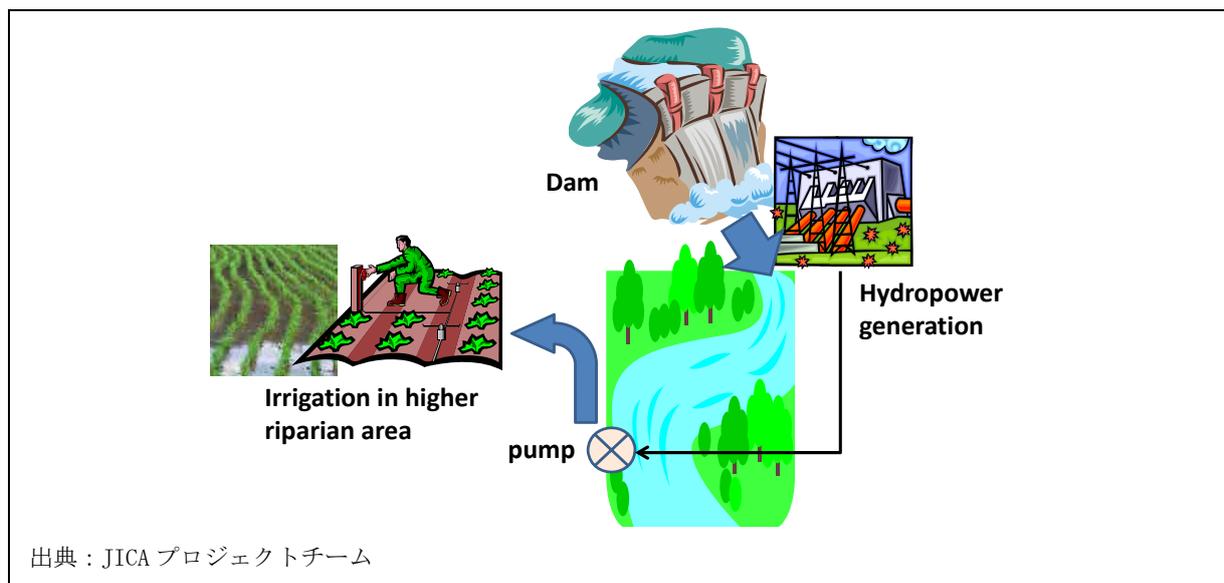


図 7-10 総合開発事業概念図

表 7-29 総合開発事業

No	事業名	HA	州	灌漑/水力発電スキーム	ダム SN	ダム名	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 灌漑用水使用電力量 2GWh/年 余剰発電力量 27GWh/年	3011	Ragwa	24	30
2	Taraba integrated Project	3	Taraba	新規灌漑スキーム 45,000ha 水力発電 7MW ; 総発電力量 52GWh/年 灌漑用水使用電力量 12GWh/年 余剰発電力量 40GWh/年	3001	Baudeu	37	240
				水力発電 2MW ; 総発電力量 15GWh/年 灌漑用水使用電力量 10GWh/年 余剰発電力量 5GWh/年	3004	Kogin Baba	39	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 灌漑用水使用電力量 37GWh/年 余剰発電力量 23GWh/年	3005	Kwossa	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=2.53mi1.US\$/MW、c) プロジェクト期間=50年、d) 設備の取換え=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

表 7-29 に示されたダム、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。参考までに、年平均流量を最大使用水量とする場合の潜在発電力量は以下の表に示すように推定される。

表 7-30 総合開発事業における水力発電最大出力および最大発電力量の推定

No	事業名	ダム規模	最大出力 (MW)	最大発電力量 (GWh/年)
1	Nasarawa Integrated Project	暫定案 (ダム高 24m)	11	54
		最大開発 (ダム高 37m)	18	89
2	Taraba integrated project	3001: 暫定案 (ダム高 37m)	38	167
		3001: 最大開発 (ダム高 37m)	38	167
		3002: 暫定案 (ダム高 39m)	6	25
		3002: 最大開発 (ダム高 55m)	7	31
3	Donga-Suntai Integrated project	暫定案 (ダム高 78m)	16	75
		最大開発 (ダム高 105m)	22	112

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 (図 7-11 参照) 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。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。

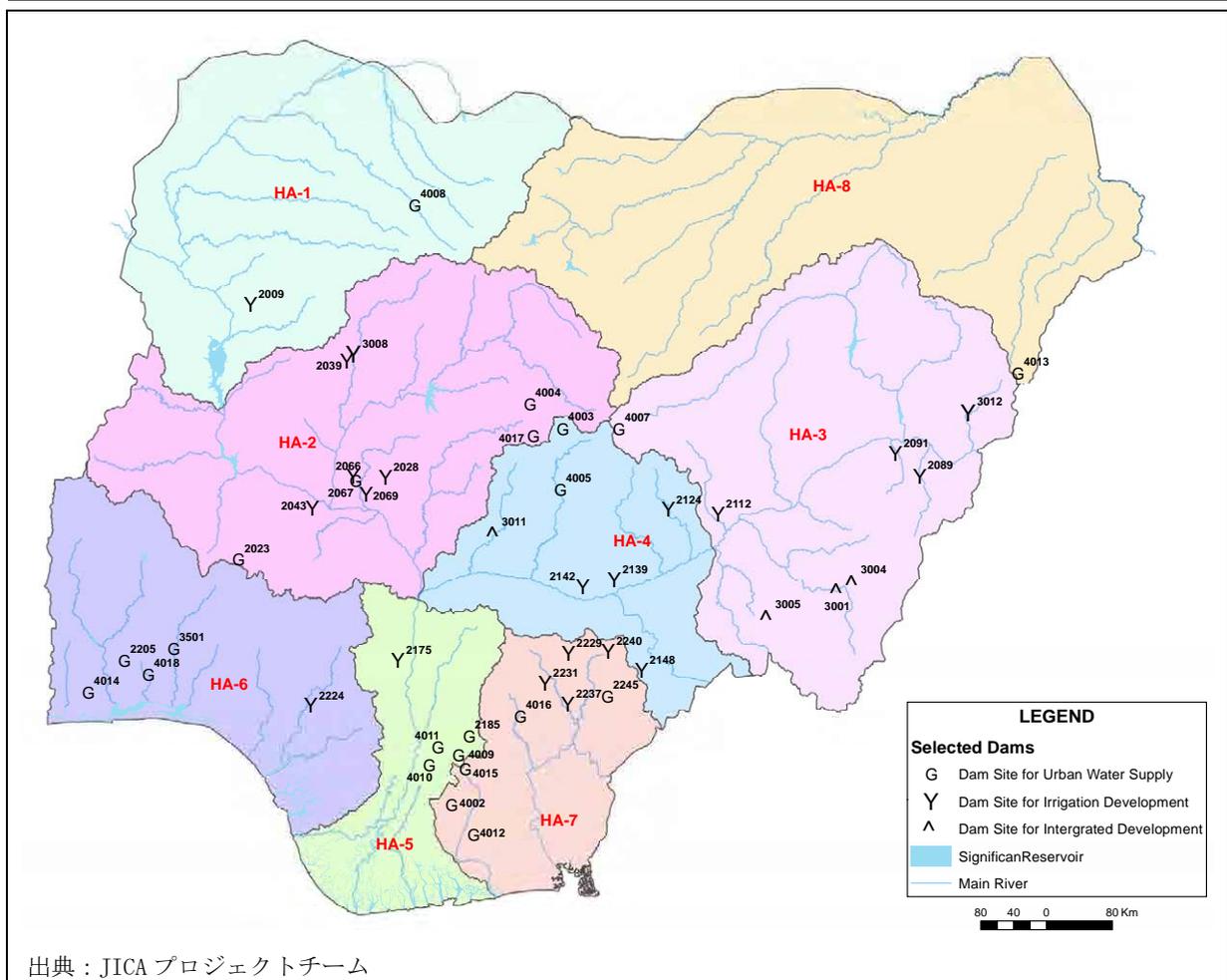


図 7-11 選定ダムサイト

7.2.7 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、表 7-31 に示す条件で概略検討を行った。

表 7-31 都市用水、灌漑用水水源開発事業における水力発電の検討条件

検討条件
● 各ダムにおいて所定の水重要量を供給できるようにダムの運用を行った際の放流量により発電を行う。
● 有効水頭は最大水深の 50% で一定と仮定する。
● 発電効率=0.7
● 水力発電施設の事業費=2.53mil. US\$/MW
● プロジェクト期間=50 年
● 設備の取換え=20 年ごと
● O&M 費=プロジェクトコストの 0.5%/年
● 割引率=10%
● 売電価格=0.05US\$/kWh

出典：JICA プロジェクトチーム

表 7-32 は、こうして算出された各ダムにおける発電容量と平均的な発電力量を示したものである。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。

表 7-32 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

No	都市用水水源開発事業	発電容量 (MW)	発電力量 (GWh/年)	No	灌漑用水水源開発事業	発電容量 (MW)	発電力量 (GWh/年)
1	Aba dam project	0.100	0.768	1	Lade dam project	0.025	0.161
2	Mubi dam project	0.000	0.000	2	Agai dam project	0.030	0.202
3	Umuseke dam project	0.040	0.285	3	Mussa dam project	0.015	0.010
4	Ihiala dam project	0.130	0.954	4	Bakogi dam project	0.025	0.163
5	Nnewi dam project	0.090	0.756	5	Kasanu dam project	0.025	0.187
6	Yedseram diversion Project	0.000	0.000	6	Ukusu dam project	0.030	0.216
7	Monaya/Ogoja dam project	0.020	0.132	7	Bado dam project	0.040	0.280
8	Ezillo dam project	0.000	0.000	8	Mayo Ine dam project	0.200	1.447
9	Oji/Ajali dam project	0.090	0.761	9	Aneri dam project	0.030	0.206
10	Okigwe dam project	0.030	0.238	10	Kereke dam project	0.000	0.000
11	Owerri dam project	0.140	1.080	11	Dula dam project	0.000	0.000
12	Kwoi dam project	0.000	0.000	12	Obe dam project	0.000	0.000
13	Kafanchan dam project	0.020	0.158	13	Okhuo dam project	0.120	0.834
14	Kachia dam project	0.050	0.379	14	Ombi dam project	0.090	0.541
15	Faloku/Oyun dam project	0.000	0.000	15	Ogege dam project	0.040	0.262
16	Ibu dam project	0.035	0.244	16	Abe dam project	0.020	0.120
17	Kumpa/Keffei-Mada dam project	0.200	1.519	17	Konshisha dam project	0.040	0.237
18	Emiziko/Bida dam project	0.000	0.000	18	Bejagira dam project	0.300	2.147
19	Ota dam project	0.000	0.000	19	Mayo Belwa dam project	0.700	4.495
20	Araromi Ake/Ijebu-Ode-Yemoji dam project	0.080	0.519	20	Muleng dam project	0.600	4.205
21	Barakin dam project	0.050	0.414	21	Shemankar dam project	0.400	0.003
22	Sakin Noma/Gusau dam project	0.070	0.580				
23	Odedele dam project	0.800	5.987				
	合計	1.945	14.774		合計	2.730	15.716

注) ネットの便益が最大となる容量が 0.01MW 以下となる場合は、発電容量をゼロとした。
出典：JICA プロジェクトチーム

7.2.8 事業実施スケジュール

表流水水源開発事業について、図 7-12 に示すように段階的に実施することを提案する。

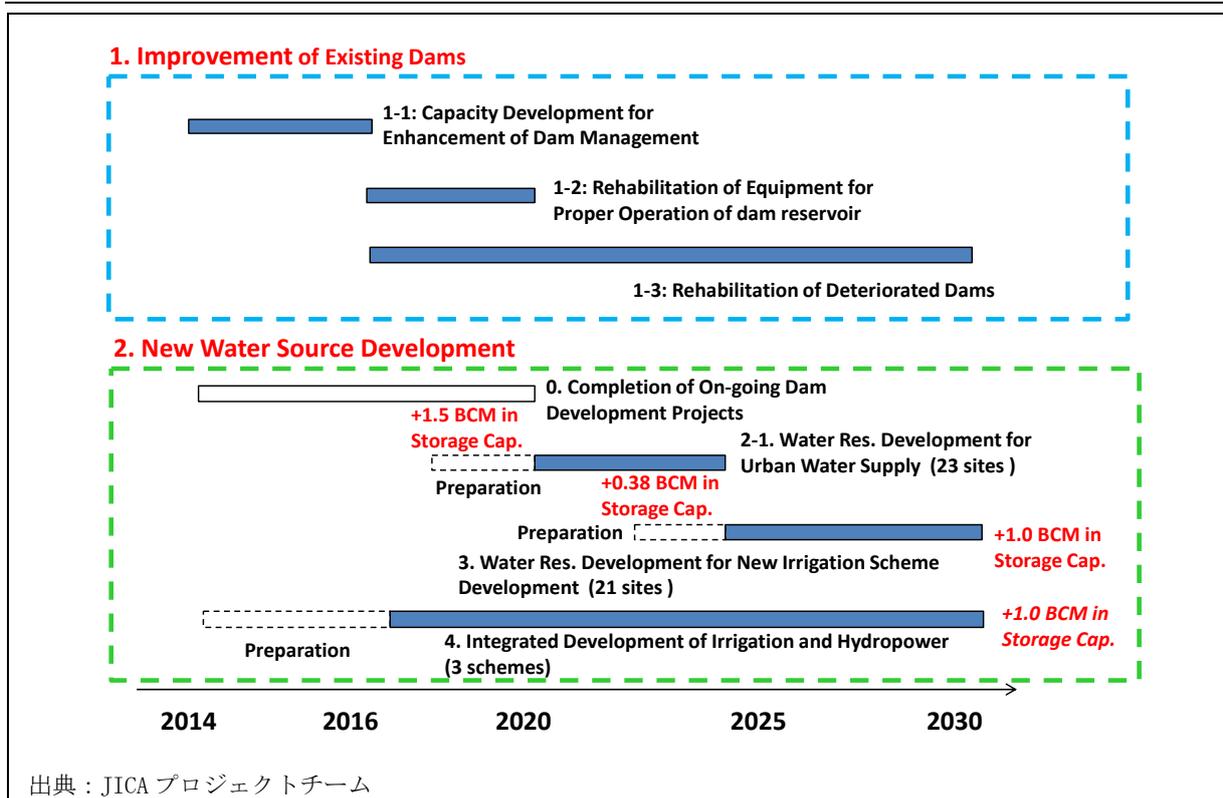


図 7-12 提案される表流水水源開発事業の実施スケジュール

7.3 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。

7.3.1 地下水の保全

(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 7-13 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。

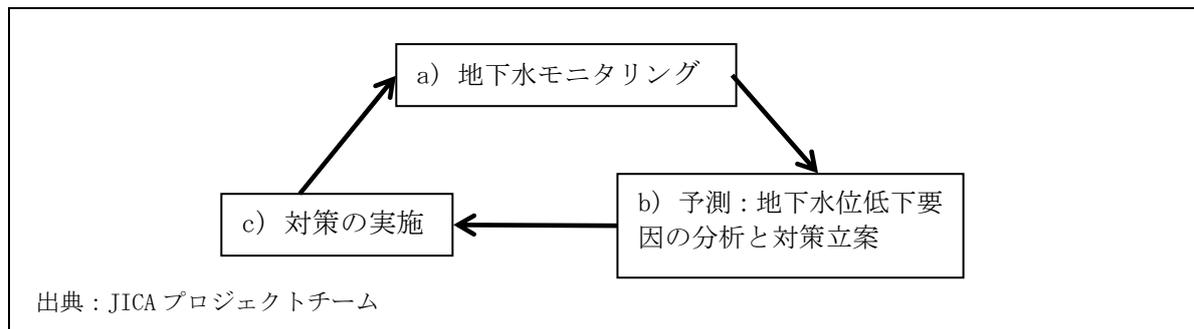


図 7-13 モニタリング、予測、対策サイクルからなる地下水管理概念図

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 7-33 に示す。

表 7-33 「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

(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 7-14 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。

(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

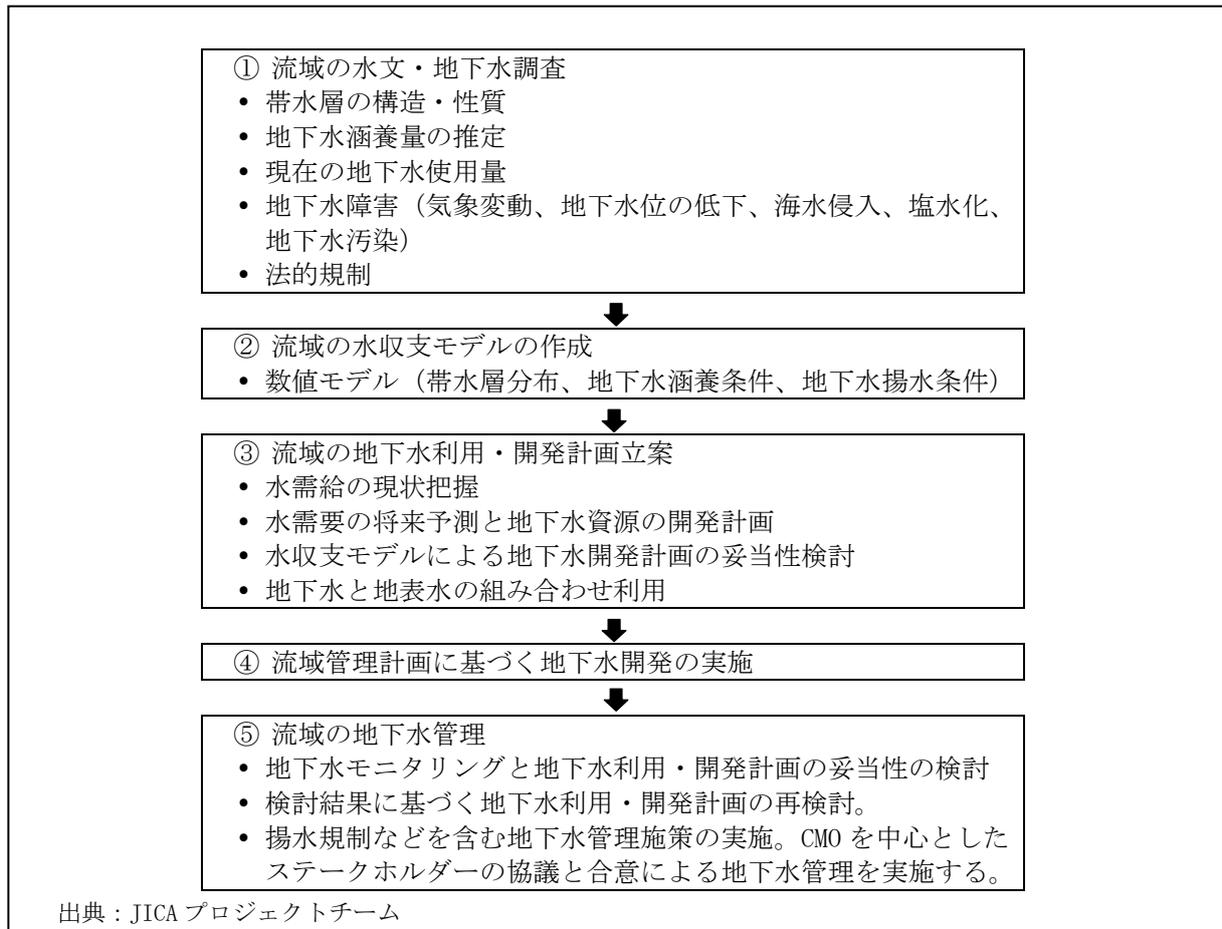


図 7-14 地下水管理・開発手法

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 7-34 の範囲に相当し、区分に応じた管理主体が設定される。

表 7-34 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 州レベルの管理計画	地下水盆の管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ NIWRMC ・ CMO ・ NIHSA
中規模	流域レベル		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）	
小規模	LGA レベル		必要な揚水量の確保、井戸干渉を防ぐ井戸間隔、適正揚水量、地下水汚染防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 州政府 ・ LGA
局所	コミュニティ			

出典：JICA プロジェクトチーム

7.3.2 表流水の保全

(1) 概説

表流水源は、汚濁物質のポイントソース、ノンポイントソースの両面に対して保全される必要がある。ポイントソースは未処理の生活、工業、鉱工業廃水や廃棄物処分場からの漏水によるものである。ノンポイントソースは広範囲の農地などから水文循環を通じて水域に運ばれるものである。これらに加えて、土壌侵食は表流水源に直接影響を及ぼす重要な要素である。

汚濁物のポイントソースは、汚濁物が水域に至る前の適切な処理により減少させることが期待される。また、ノンポイントソースは、適切な農業の実施により減少させることが期待される。

土壌侵食は、急傾斜地などにおける適切な森林、保全地域の管理により、それを減少させること

が期待される。

以下には、こうした表流水源保全の課題について述べたうえで、表流水源保全の枠組みを提案する。

(2) 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。表中にはそれぞれ課題に対処するための提言も示されている。

表 7-35 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濁をもたらす。	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

(3) 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 7-15 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。

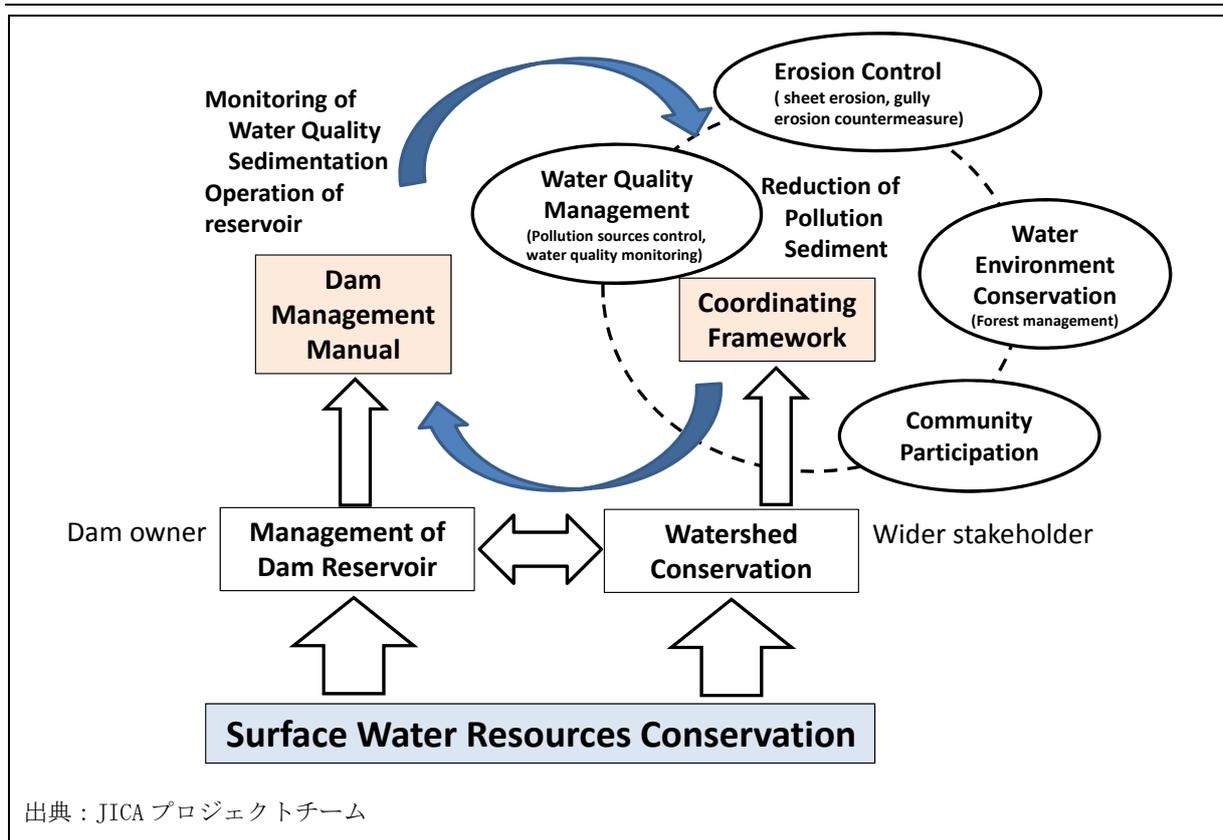


図 7-15 表流水保全のフレームワーク

(4) 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

表流水保全に関してダム湖内で実施される活動と集水域で実施される活動内容について、それぞれの活動に対する利害関係者の責任分担と併せ、表 7-36 に示すように提案する。ここで、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。

なお、ダム管理、水質管理・水環境保全、侵食対策活動の詳細については、それぞれ以下に示す節に記述されている。

- ダム管理：9.3 節
- 水質管理・水環境保全：9.9 節
- 侵食対策：8.3.2 節

表 7-36 表流水源保全に関わる活動と責任分担の提案

Surface Water Resources Conservation		Responsibility Assignment Matrix: M=Main Responsibility, S=Sub Responsibilities, d=Participation in discussions																									
		dam owner (RBdA, SWB, etc)	RBdA	State Water Board	FMWR (dams division)	FMWR (Water Quality & Sanitation division)	FMWR (Irrigation & drainage division)	NIWRMC	NIHSA	Ministry of Power	NIMET	NESREA	FME (Pollution Control and Environmental Health)	FME (EIA division)	FME (Forestry department)	FME (Flood & erosion control)	FME (Aquatic plant control program)	Federal/State Ministry of Health	States Ministry of Environment	Federal Ministry of Mines	Federal Ministry of Trade and Investment	Oil Spill Agency	National Orientation Agency	Farmer Association	Industrial Association	NGOs	Nigerian Citizens (community participation)
Activities																											
1.	Management of dam/Receiver																										
1.1	Proper operation of water release	M	S	d	S		S	d	d																		
1.2	Observation of hydro-meteorological condition	M	S	d	d		d	S		S																	
1.3	Monitoring of water quality and sedimentation	M	S	d	d	S		d	S																		
1.4	Removal of weeds	M	S	d	d	S										S											
1.5	dredging of sediment	M	S	d	S	d							d														
1.6	Inspection of physical-structure condition	M	S	d	S					S																	
1.7	Operation of hydropower station	M	S	d	d					S																	
2.	Watershed Conservation																										
2.1	Coordination of Watershed Conservation Activities	d	S	d	d	d	d	M	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
2.2	Water Quality Monitoring (water source and drinking water)	d	S	S	d	M	d	S	d	d	d	d				d	S	d	d	d				d	d	d	d
2.3	Control of pollution sources (domestic, industrial, agriculture, mining, etc.)	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	M	S	d		d	d	S	S	d	d		d	d	d	d	d
2.4	Water Quality Monitoring (water environment)	d	d	d	d	M	d	d	d	d		M	d	d		d	d	d	d	d				d	d	d	d
2.5	Erosion control	d	S	d	d	d	d	d	d	d		d	d	S	M			S	d					d	d	d	d
2.6	Weeds Control on Rivers and Channels (excluding navigation)	d	S	d	d	d	d	d				d				S		M						d	d	d	d
2.7	Water environment conservation (forest management)	d	d	d	d		d	d						M	d			S	d					d	d	d	d
2.8	Environmental education & awareness campaign	d	d	d	d	d	d	d				d	d	d	d	d	d	M	d			S	d	d	d	d	d

出典：JICA プロジェクトチーム

第8章 水資源サブセクター開発計画

8.1 給水・衛生

8.1.1 基本方針

後述するように、給水施設の現状は、浄水場の実績稼働率（浄水能力ベース）が全国平均でみると設計能力の45.2%、深井戸の稼働率（施設数ベース）が54.3%と低い値を示すなど、既存施設が十分に活用されているとは言い難い。このことが全国平均51.4%と本プロジェクトで推定された低い給水率の最大の要因となっていると考えられる。既存施設の稼働率改善および新規に建設される施設の適切な稼働率の確保、つまり既存施設・設備の機能回復および適切な維持管理が給水率の向上のための重要な課題となる。

将来の給水水需要量の増加への対応としては、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）

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開発計画とする。

8.1.2 セクター上位計画

(1) 国家レベルのセクター開発計画

「Nigeria Vision 20: 2020」の3本柱の一つである「生産性及び福祉の確保」の基本課題の1つとして「飲料水と基本的衛生施設への持続的なアクセスの提供」が挙げられ、給水・衛生分野は重点セクターの位置付けである。給水・衛生セクターにおける戦略的に取り組む優先事項は、表8-1のとおりである。

表8-1 「Vision 20:2020」における給水・衛生セクター優先事項

<ul style="list-style-type: none"> ・ インセンティブ提供を通じた給水・衛生に関わる市場育成による、官民の給水・衛生関連機関の強化実現のための、住民参加、民間参入、官民連携の推進 ・ 大都市、小都市、地方村落の給水・衛生事業の運営維持管理に関わる総合的な事業成功例の展開 ・ 人口増に伴う水需要増加に対応するため、既存給水・衛生施設の拡張・改修と近代高度化の促進。例えば、ポンプ動力源として太陽光、風力、再生可能代替エネルギーなどの活用の奨励 ・ 衛生管理強化のためのモニタリング評価プログラムの確立 ・ 廃棄物の削減、資源リサイクルおよび再利用の促進のための教育キャンペーンの実施、衛生サービスへの住民参加、民間参入、官民連携の推進の奨励 ・ 基本的な給水・衛生の設備・機器の国内生産能力の確保。全国トレーニング・ネットワーク（NTN）設立のための国立水資源研究所（NWRI）特別助成金。健全な環境管理のための環境科学者の能力開発 ・ 廃棄物管理および汚染規制の連携促進 ・ 意識変化の創出のためコンプライアンス、モニタリングおよび基準施行。環境悪化および汚染の管理、自然資源の持続的利用および保全のための環境プログラム実施の効率的な調整 ・ 廃棄物と環境汚染の軽減のための啓発活動の実施

出典：Vision 20:2020

(2) セクター関連政策

給水・衛生セクターに関連する連邦政府の政策、戦略等を図8-1に、連邦水資源省（FMWR）の3つの主要政策、つまり同図内の1)、2)、3)を表8-2にまとめる。

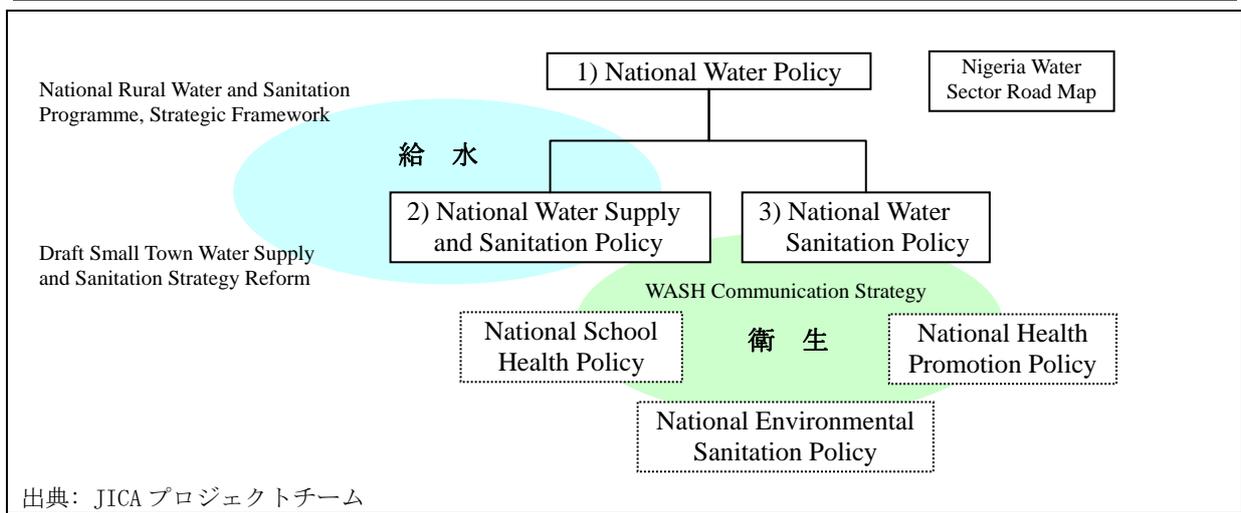


図 8-1 セクター関連政策、戦略等の関連図

表 8-2 給水・衛生セクター関連政策、戦略

1) National Water Policy, 2009 / Revised (2000, 2004/Revised)
<p>現在の水セクター全般の政策文書であり、給水・衛生を含む連邦水資源省が所掌する各分野の指針が明記されている。</p> <p>目的 全国の社会経済面での水需要を満たすために、以下の3つの取り組みによって全国的に給水・衛生普及率を向上させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 過大設計、過剰供給を避けるべく入念な需要予測に基づく新規事業 - 漏水および水損失対策 - 不明水 (UfW) の削減 <p>戦略</p> <ul style="list-style-type: none"> - 給水・衛生に係る情報管理システムの構築 (既存施設・配管の拡張、改修、近代・高度化に係る情報を含む) - 啓発活動と給水事業者に対する基準提示を通じた、水浪費の防止と漏水管理 - 既存事業における水消費の全測定 (メータ設置) の促進、都市給水新規事業におけるメータ設置の実施強化 - 不法接続対策プログラムの実施 - 商工業、行政などの商業用水における水損失削減プログラムの実施 - 節水装置のソーシャル・マーケティングの促進 - 国家水質試験場の設立 - 給水・衛生施設の民有化、コミュニティ所有化の奨励 - 給水・衛生設備および水処理薬品の現地製作の奨励 - 給水・衛生研修機関の強化 - 給水・衛生関係機関への事業運営権限の付与 - 州政府および地方自治体への資本投資、運営維持管理、改修、再投資の責任帰属 - 給水・衛生事業の運営維持管理の全国的な能力強化 - 給水・衛生事業による高品質な基準 (水質含む) の保証 - 給水・衛生セクターの実績モニタリング
2) National Water Supply and Sanitation Policy, 2000
<p>2000年に策定された給水・衛生分野の政府指針であり、同時に給水・衛生セクター改革によって具現化が試みられてきたが、今後、改訂が見込まれている。</p> <p>目的 連邦政府、州政府、地方自治体、民間、裨益者による参加型の負担 (出資) を通して、安価で持続的な手段で、すべての国民に十分な飲料水と適切な衛生を提供する。(※給水・衛生の普及率の目標値を挙げているが、2003年に60%、2007年に80%、2011年に100%と、結果的に実現性のない設定だったと言える。)</p> <p>基本原則</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地方分権化 - 住民参加と所有意識 - 費用の共同負担 - 自立運営 - 経済材として水 - 水質管理 - 民間参画 - 低所得層への助成 <p>構成要素</p> <ul style="list-style-type: none"> - 全国の社会経済面での水需要を満たすため、全国的な給水・衛生普及率の向上 - 給水・衛生事業による高品質な水質基準の保証 - 給水・衛生サービスに係る適切な公共料金の保証 - 低所得層に対する BHN レベルの給水・衛生サービスへのアクセスの保証 - 給水・衛生事業の運営維持管理の全国的な能力強化 - 低所得者層に十分に配慮した上下水道の民営化 - 給水・衛生セクターの実績モニタリング - 給水・衛生に係る法律制定、規制・条例、基準 - 国際標準の達成および維持のための給水・衛生セクター改革

3) National Water Sanitation Policy, 2004

2000年に策定された National Water Supply and Sanitation Policy が給水に重点が置かれた背景から、2004年に衛生分野に限定して作成された政府指針である。

目的

連邦政府、州政府、地方自治体、NGO、開発支援機関、民間、コミュニティ、世帯、個人の積極的な参加を通して、すべての国民が安価で持続的な衛生施設・設備にアクセスできる。

(※衛生普及率の目標値を2010年に65%、2015年に80%、2020年に90%、2025年に100%と挙げているが、現在の普及率と比較すると目標を下回っている。)

基本指針 (題目のみ)

- | | |
|------------------|-------------|
| - 衛生の優先 | - NGOの参画 |
| - 衛生習慣 | - 需要応答型 |
| - 政治的意思 | - 法律制定 |
| - 衛生施設の環境影響 | - 所有意識と責任意識 |
| - 統合的アプローチ | - 社会的受容 |
| - ジェンダー応答型 | - 現行習慣の構築 |
| - 公平性と貧困削減 | - 資金調達 |
| - 持続的、適切な、安価な選択肢 | - モニタリング・評価 |
| - 民間部門の参入 | - 研究開発 |

戦略 (題目のみ)

- | | |
|-------------------|-------------|
| - アドボカシー (政策提言活動) | - サービス提供 |
| - 動員・可動化 | - 参加型アプローチ |
| - 能力開発 | - モニタリング・評価 |
| - コミュニティ所有意識と管理 | - 法律制定 |
| - 資金調達方法 | - 研究開発 |

出典：National Water Policy, 2009 / Revised (2000, 2004/Revised)
National Water Supply and Sanitation Policy, 2000
National Water Sanitation Policy, 2004

8.1.3 給水・衛生の現状

(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 8-3 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。

2008年の JMP 算出による普及率は、高精度と認識されている過去3回 (1990、1999、2003) の全国人口保健調査 (National Demographic and Health Survey: NDHS) 結果の回帰分析を行い、且つ2006年の JMP による算出値を基に求められており、2008年に実施された NDHS 結果と比較しても乖離がないことから、現時点の公式な普及率としては妥当な数値であると思われる。

しかしながら、維持管理不備による施設の機能不全、設備の部分稼働、給水時間制限などの実際の施設利用・稼働、民間水売業者・人からの買水などの実態を考慮すると、必ずしも正確な給水普及状況を反映したものではないであろうことを念頭におく必要がある。

一方、2006年の基本福祉指標質問票調査 (Core Welfare Indicators Questionnaire Survey: CWIQS)、2006年の全国給水・衛生ベースライン調査 (National Water Supply and Sanitation Baseline Survey: NWSBS)、2007年の複合指標群調査 (Multiple Indicator Cluster Survey: MICS) について、調査方法 (データ収集方法、サンプル数)、指標の定義の違いなどから、普及率に差異が生じたものと思われる。

ただし、CWIQS 結果は既存調査結果の中で、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あり、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ことから、本プロジェクトの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%)、これらを本プロジェクトの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本プロジェクトのベースライン値とする。

表 8-3 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	2000	2006	2006	2006	2007	2008	2008	2011
		JMP	NWSSP	JMP	CWIQS	NWSSBS	MICS	NDHS	JMP	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)

(2) 給水・衛生セクターの所轄政府機関等

「ナ」国の給水セクターは、原則として連邦(Federal)、州(State)、地方自治体(Local Government)の3層行政によって事業、運営維持管理等の責任区分がされているが、制度不備、調整不足、能力不足などに加えて、ドナーを含め多くの機関による事業実施および給水衛生サービスの重複などから、結果的に非効率を招いていることが指摘されている。

表 8-4 は、人口規模に基づいて分類された大都市、都市周辺および小都市・町、地方村落の各居住地区分に従って給水事業を3つに分類し(4.2.2節(1)参照)、各行政レベルの所轄機関およびコミュニティ組織の各事業への責任範囲をまとめたものである。しかし、実態としては、州によって給水事業の責任区分が異なる上、給水事業の混在と重複ゆえに、人口規模に基づく居住地形態に従う単純な給水事業の分類化は難しい。

連邦政府レベルでは、連邦水資源省(FMWR)が給水・衛生セクターの主要な所轄政府機関であり、給水担当の給水局があり、大都市給水、小都市給水、地方村落給水の各部(ユニット)などから形成される。

表 8-4 給水セクターの主要な所轄政府機関等と責任範囲

行政レベル	政府機関等	給水事業			備考
		都市	都市周辺・小都市	地方	
連邦	連邦水資源省 (FMWR)	✓	✓	✓	国全体の所轄
州	州水資源省 (SMWR)	✓	✓	✓*	州全体の管轄 * 一部の州で直接実施
	州水道公社 (SWA)	✓	✓	✓*	* 一部の州
	小都市給水・衛生公社 (STWSSA)		✓		STWSS プロジェクト実施州
	地方給水衛生公社 (RUWASSA, WATSAN Project)		✓*	✓	* 小配管給水
地方	地方自治体 (LGA)		(✓)	✓	実施能力がある場合
コミュニティ (O&M)	水消費者組合 (WCA)		✓		STWSS プロジェクトのみ
	水・衛生委員会		(✓)	✓	従来型組織。持続性に課題

出典：JICA プロジェクトチーム

一方、「ナ」国の衛生セクターについて、連邦水資源省(FMWR)には衛生担当部署として水質管理・衛生局があり、主に水質管理と地方村落部でのコミュニティ衛生事業などを管轄している。さらに、環境衛生、水質汚染、下水事業などを所掌する連邦環境省(環境保護庁)、飲料水水質基準、水因性疾患および衛生関連疾患の予防などの所掌する連邦保健省(公衆衛生局)が主要省庁として挙げられ、学校衛生などを所掌する連邦教育省のほか、連邦女性課題省、連邦青年開発省などの多くの機関が関係している。州レベルでは、各省庁の州政府機関があり、州水資源省下では小都市給水・衛生公社(STWSSA)および地方給水衛生公社(RUWASSA)がコミュニティ衛生事業を担

う。さらに、地方レベルでは LGA の衛生関連部門、コミュニティでは水・衛生委員会などが関わる。

(3) 給水事業の現状

全国レベルの普及率は 8.1.3 (1) に記述のとおりであるが、州レベルで都市、都市周辺、地方村落の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) による各州の給水普及率を、表 8-5 および図 8-2 に示す。これらの値は本プロジェクトの水需要予測に際して利用した。

表 8-5 各州の給水普及率 (2006 年) (%)

	州	都市	都市周辺	地方村落	全体
1	Abia	94.8	22.6	52.5	63.6
2	Adamawa	34.9	18.5	23.6	26.7
3	Akwa Ibom	82.4	58.8	37.9	43.5
4	Anambra	39.4	27.6	26.3	30.8
5	Bauchi	78.1	44.6	25.0	33.8
6	Bayelsa	1.9	1.8	31.1	29.6
7	Benue	65.6	61.8	39.0	43.4
8	Borno	44.1	61.7	29.1	34.4
9	Cross River	66.2	36.5	13.7	31.1
10	Delta	61.1	26.6	39.1	46.1
11	Ebonyi	65.1	49.7	37.1	43.8
12	Edo	90.0	71.4	28.6	60.2
13	Ekiti	70.4	61.7	52.1	61.9
14	Enugu	33.2	13.2	26.4	28.9
15	Gombe	39.1	35.7	22.0	23.9
16	Imo	59.0	28.0	36.4	38.5
17	Jigawa	76.8	74.2	63.5	64.0
18	Kaduna	90.9	62.3	62.7	71.4
19	Kano	59.4	67.8	34.1	40.0
20	Katsina	62.6	30.0	38.1	42.9
21	Kebbi	58.9	43.5	34.4	38.7
22	Kogi	51.9	32.5	31.4	36.9
23	Kwara	81.9	54.6	60.3	71.4
24	Lagos	89.3	66.2	51.0	86.6
25	Nasarawa	67.2	49.1	38.6	38.6
26	Niger	82.7	72.1	54.0	62.6
27	Ogun	87.6	76.0	38.7	65.1
28	Ondo	83.5	60.6	44.7	62.0
29	Osun	81.2	81.1	66.9	71.6
30	Oyo	85.4	74.9	66.5	77.4
31	Plateau	81.9	33.8	19.1	43.3
32	Rivers	68.4	48.6	44.2	48.6
33	Sokoto	81.4	57.3	45.5	51.7
34	Taraba	31.8	18.2	16.9	19.2
35	Yobe	50.4	42.5	36.5	42.4
36	Zamfara	71.9	71.9	44.7	47.6
37	FCT Abuja	49.4	31.5	35.8	42.2
	全国合計	73.4	-	40.0	51.4

出典 : Core Welfare Indicators Questionnaire Survey : CWIQS, 2006

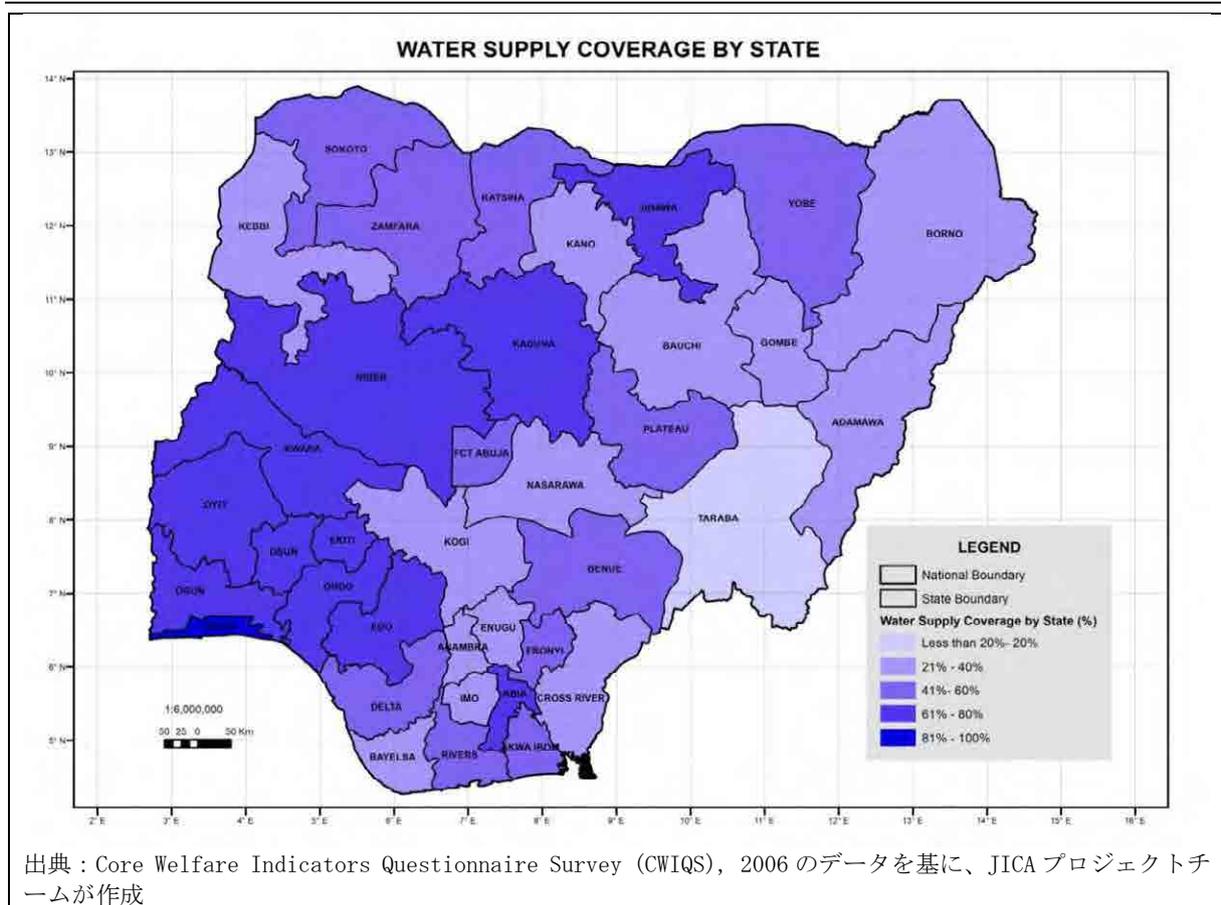


図 8-2 各州の給水普及率

(3-1) 都市給水事業

都市給水事業は、給水人口 20,000 人以上と定義されており、全国 36 州都と Abuja 連邦行政区 (Federal Capital Territory: FCT) だけではなく、人口規模の大きい地方都市もこの給水形態の対象に入る。

給水事業は Abuja 連邦行政区を含む各州に設立された水道公社 (State Water Agency: WSA) によって行われており、公社は州によって State Water Board もしくは Corporation と呼称される。主として表流水を水源として浄水処理後に配水しているが、一部の都市では地下水との併用、水源として地下水を単独利用している。末端給水は、主に各戸給水として一部に共同水栓もある。一般的に、これらの施設は老朽化が進み、維持管理の不備も相まって設計能力以下の稼働状況であり、主要な配水管網にはアスベスト管が多用され、漏水などの不明水なども多い。さらに、不安定な電力供給ゆえに給水時間制限が常態化しているケースも多く、安定的に給水を行うための発電機利用による設備運転費の増額等が深刻な問題となっている。このような公的サービスの不備を補うかたちで、私有の水源 (主に地下水) の利用、民間の水売業者・人による高額な飲料水売買も全国的に見られる。

各州の水道公社は、原則として水消費者からの料金徴収による独立採算経営を求められているが、水道メータの未設置、低額に設定された水道料金、定額制による料金徴収、高い無収水率などの問題から、水道事業収入は限定的であり、州政府からの助成金に頼る構造的な課題を抱えている。

(3-2) 小都市・町給水事業 (都市周辺および小都市・町の給水)

小都市・町給水事業は、給水人口 5,000 人~20,000 人規模の Semi-Urban もしくは Small Town を給水対象とした事業と定義されている。大都市と地方村落の中間に当たるこれらの小都市・町は全国に多数存在し、国民の多くが居住していると言われている (本調査の水需要予測に際しては 45% と推定)。主に深井戸を水源とし、高架水槽への動力揚水後に重力配水し、共同水栓もしくは各戸給水で給水を行うスキームを想定している。

2000 年以前、これらの小都市・町における給水事業の多くは、上述の水道公社や州政府などの複

数の機関によって、料金徴収が行われず社会事業的に行われてきた。結果として、維持管理体制の不備、運営維持管理費の欠乏、地域住民のオーナーシップの欠如ゆえに、持続的に事業が行われてきた例は少ない。

このような背景から、2000年のNational Water Supply and Sanitation Policyにおいて、小都市・町給水を含めた給水事業分類が行われ、その一方で、世界銀行、欧州連合によって、計6州でパイロット事業として小都市給水・衛生（Small Town Water Supply and Sanitation：STWSS）プロジェクトが実施された。それらの州には小都市給水衛生（STWSS）公社が設立され、各小都市で組織化された水利用者組合（Water Consumer Association：WCA）が料金徴収を伴うコミュニティ運営維持管理を行っている。

しかしながら、STWSS プロジェクトが実施されていない大部分の小都市・町では、事業責任の区分整理が行われているものの、比較的規模の大きな小都市は水道公社、それ以外は後述する村落給水公社（RUWASSA）、地方自治体（LGA）、連邦政府（MDG プロジェクト）などによって事業が行われており、給水サービスの重複もある。さらに、依然として、既存の小都市給水施設の多くは、維持管理体制の不備、運営維持管理費の欠乏など様々な理由によって改修が行われず長期間放置されているのが実情である。

(3-3) 地方村落給水事業

地方村落給水事業は、給水人口 5,000 人以下を給水対象とした事業と定義しており、地方村落部が対象となる。

地方村落給水の事業主体は本来であれば地方自治体（LGA）であるが、人材、資金、機材、能力などの不足により、地方自治体が地方給水事業を担っているケースは稀である。それを補うかたちで、州政府傘下の地方給水衛生公社（RUWASSA）もしくは水衛生プロジェクト（WATSAN Project）、州政府水資源省などが地方給水事業を行っている。給水施設は主に深井戸ハンドポンプであるが、電動ポンプと高架水槽を併設した小規模管路給水もある。

給水施設の日常的な運営・維持管理は村落住民組織によって行われるが、維持管理費の捻出のための恒常的な使用料金の徴収は行われるケースは少なく、実際は、ポンプ故障時に地方給水衛生公社（RUWASSA）などが資金・技術支援しており、支援が行き渡らない場合は施設が改修されず長期間放置され利用されていない。

(4) 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 8-6 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 8-6 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

既存給水スキームの現状把握を行うに際して、連邦水資源省（FMWR）による「National Water Supply and Sanitation Baseline Survey, 2006」は、主に地下水利用給水スキームの数量と稼働しているか否かの把握には有用であるが、地下水利用給水スキームの定量的な稼働状況および表流水利用給水スキームの現状把握には実用的ではないと判断された。さらに、各州の給水実施機関も、これらの既存給水スキーム（とくに地下水利用）の現状を定量的に把握できていない。

このような状況から、地下水利用スキームについては既存資料および関係機関への聞き取り調査

による、全国にある公的な既存給水スキームの現状を定量的に把握することは困難と判断し、稼働率を用いた推計による現状把握とする。

一方、表流水利用給水スキームは浄水容量から定量的な分析を行う。

(4-1) 水源でみた給水スキームの利用（稼働）率

「ナ」国における既存の給水スキームの状況について、経年劣化、維持管理の不備に起因する劣化・不具合などによる給水能力の低下が、給水施設の規模に関係なく、また都市、地方を問わず全国的に見られる。加えて、不安定な電力供給ゆえに、商用電力に頼る給水スキーム（主に浄水場や動力ポンプ場を有する）では、安定的な水供給が困難な状況にある。

M/P1995 では、策定時の「ナ」国全体の原水もしくは浄水施設の設計給水能力に対する給水量の割合、利用（稼働）率は、地表水利用スキームで68%、地下水利用給水スキームで57%と推定されている（表 8-7 参照）。

表 8-7 M/P1995 策定時の給水スキーム利用（稼働）率

地域	北西	北東	中央西	中央東	南西	南東	全国
a) 設計給水能力 (10 ⁶ m ³)							
表流水利用給水スキーム	90	110	210	90	330	80	910
地下水利用給水スキーム	40	90	30	20	160	120	460
b) 1995 年給水量 (10 ⁶ m ³)							
表流水利用給水スキーム	70	60	150	40	240	60	620
地下水利用給水スキーム	20	60	20	10	80	70	260
c) 利用率 (b/a) (%)							
表流水利用給水スキーム	78	55	71	44	73	75	68
地下水利用給水スキーム	50	67	67	50	50	58	57

出典：JICA プロジェクトチーム

2006 年には連邦水資源省（FMWR）が地下水利用給水スキームの利用率を 63%と算定し、M/P1995 策定時の地下水利用給水スキームの利用率 57%と単純比較すると、改善は限定的である。

一方、表流水利用給水スキーム（都市給水スキーム全般）は、世界銀行やアフリカ開発銀行の支援も含めて改修事業が進められているが、対象州が限られていることから全国的な取り組みには至っていない。

(4-2) 表流水利用給水スキーム

表流水（伏流水含む）を利用した公的な給水スキームは各州の水道公社により運営維持管理され、ダムもしくは河川から取水し、浄水処理を経て主として都市、都市周辺および近郊の小都市・町に配水されている。浄水規模が大きいところは従来型（ろ過方式は主に急速）の浄水施設が一般的であるが、小規模のところはユニット型浄水設備を利用する場合もある。さらには可動式の浄水設備を利用しているケースが Kano 州で確認されている。表流水利用の給水スキームは全国の主要な都市部もしくはその近郊で見られるものの、南部デルタ地域に位置する Abia、Akwa Ibom、Bayelsa、Delta、Rivers などの各州では確認されていない。その理由は表流水の汚染、高濁度、高塩分濃度などに起因した浄水処理の高コスト、地理・自然条件に起因した施設建設の高コストなどが想定される。また、北部地域の Yobe 州では水源としての表流水が限られていることから、表流水利用スキームは確認されていない。

表 8-8 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り（各施設の浄水量等は Volume-5 Supporting Report の SR5.1.1 節を参照）、図 8-3 は施設の位置図である。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。

さらに、これらの浄水場には建設後 50 年を経過しているものもあり、同時期に建設された配水池、布設された配管（石綿管が多用されている）も併せて、耐用年数を考慮して抜本的な改修もしくは建て替え、布設替えの必要性も想定される。

表 8-8 既存の表流水利用給水スキームの概要と稼働率

	州	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
1	Abia	1	0	1	53,000	10,600	20.0
2	Adamawa	4	9	13	86,000	24,542	28.5
3	Akwa Ibom	0	0	0	0	0	-
4	Anambra	3	0	3	46,000	0	0.0
5	Bauchi	2	0	2	50,000	36,500	73.0
6	Bayelsa	0	0	0	0	0	-
7	Benue	17	0	17	42,201	9,000	21.3
8	Borno	1	3	4	70,000	31,500	45.0
9	Cross River	8	0	8	144,150	38,600	26.8
10	Delta	0	0	0	0	0	-
11	Ebonyi	1	0	1	25,380	10,930	43.1
12	Edo	3	0	3	20,000	8,600	43.0
13	Ekiti	5	0	5	186,175	67,425	36.2
14	Enugu	1	0	1	77,000	23,100	30.0
15	Gombe	1	1	2	51,000	45,500	89.2
16	Imo	2	0	2	105,000	22,500	21.4
17	Jigawa	2	0	2	14,560	7,200	49.5
18	Kaduna	10	0	10	366,280	176,838	48.3
19	Kano	17	2	19	319,600	180,800	56.6
20	Katsina	8	0	8	169,380	43,340	25.6
21	Kebbi	4	0	4	87,800	51,500	58.7
22	Kogi	10	0	10	40,200	16,988	42.3
23	Kwara	7	0	6	157,500	119,250	75.7
24	Lagos	3	0	3	540,974	344,360	63.7
25	Nasarawa	5	0	5	70,875	15,300	21.6
26	Niger	11	0	11	182,222	103,840	57.0
27	Ogun	16	0	16	178,450	70,360	39.4
28	Ondo	8	0	8	34,915	10,880	31.2
29	Osun	45	0	45	242,480	38,840	16.0
30	Oyo	14	0	14	251,029	34,946	13.9
31	Plateau	4	0	4	130,500	56,250	43.1
32	Rivers	0	0	0	0	0	-
33	Sokoto	3	0	3	184,500	114,000	61.8
34	Taraba	2	3	5	24,230	6,050	25.0
35	Yobe	0	0	0	0	0	-
36	Zamfara	4	0	4	47,925	28,013	58.5
37	FCT Abuja	2	0	2	240,000	168,000	70.0
	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

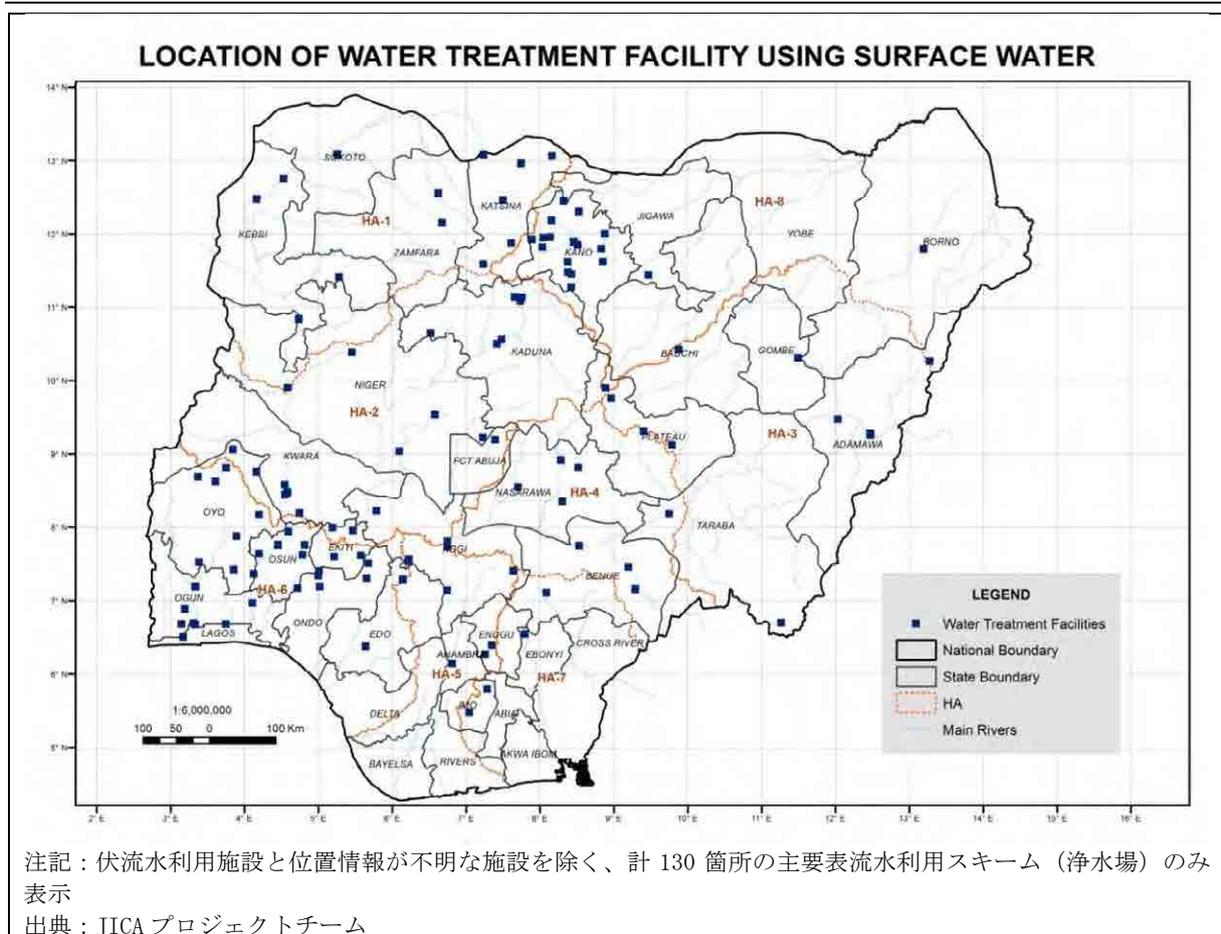


図 8-3 表流水利用給水スキーム（浄水場）の全国位置図

(4-3) 地下水利用給水スキーム

地下水を利用した公的給水スキームは、給水事業規模に関係なく全国的に見られる。都市給水事業において、中心的な水源として利用されるケースは Taraba 州の州都 Jalingo を始め多くの都市で見られるが、副次的な位置づけで表流水利用の都市給水スキームと混在している。

一方、小都市・町給水もしくは地方村落給水においては主要な水源であり、動力ポンプ（ソーラー含む）もしくはハンドポンプが据え付けられた深井戸から地下水を取水する。数は限定されるものの地域によっては湧水も見られるが、全国水資源マスタープラン 2013 では地下水利用給水スキームとして扱う。

表 8-9 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、全国の既存地下水スキームの稼働率は 54.3%となった。図 8-4 および図 8-5 はそれぞれ、各州の既存地下水利用給水スキーム数と稼働率を表したものである。

表 8-9 2006 年時点の各州の既存地下水利用給水スキーム数と稼働率

	州	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	(%)
1	Abia	153	58	37.9	610	359	58.9	763	417	54.7
2	Adamawa	649	439	67.6	157	87	55.4	806	526	65.3
3	Akwa Ibom ^{*1}	0	0	0	633	218	34.4	633	218	34.4
4	Anambra	68	24	35.3	496	371	74.8	564	395	70.0
5	Bauchi	603	341	56.6	199	60	30.2	802	401	50.0
6	Bayelsa ^{*1}	0	0	0	149	54	36.2	149	54	36.2
7	Benue	969	433	44.7	110	43	39.1	1,079	476	44.1
8	Borno ^{*3}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cross River ^{*1}	0	0	0	1,151	92	8.0	1,151	92	8.0
10	Delta	447	190	42.5	175	69	39.4	622	259	41.6
11	Ebonyi	769	611	79.5	16	14	87.5	785	625	79.6
12	Edo ^{*2}	295	93	31.5	0	0	0	295	93	31.5
13	Ekiti	253	122	48.2	82	31	37.8	335	153	45.7
14	Enugu ^{*4}	147	34	23.1	132	63	47.7	279	97	34.8
15	Gombe	61	17	27.9	556	119	21.4	617	136	22.0
16	Imo	270	217	80.4	754	518	68.7	1,024	735	71.8
17	Jigawa	5,537	3,909	70.6	574	403	70.2	6,111	4,312	70.6
18	Kaduna	1,440	602	41.8	734	67	9.1	2,174	669	30.8
19	Kano	2,952	1,798	60.9	417	266	63.8	3,369	2,064	61.3
20	Katsina	2,083	1,410	67.7	827	550	66.5	2,910	1,960	67.4
21	Kebbi	245	186	75.9	226	121	53.5	471	307	65.2
22	Kogi	438	176	40.2	266	81	30.5	704	257	36.5
23	Kwara	913	477	52.2	212	110	51.9	1,125	587	52.2
24	Lagos	61	40	65.6	667	407	61.0	728	447	61.4
25	Nasarawa	245	94	38.4	195	66	33.8	440	160	36.4
26	Niger	1,650	848	51.4	116	68	58.6	1,766	916	51.9
27	Ogun	82	22	26.8	489	296	60.5	571	318	55.7
28	Ondo	418	165	39.5	489	232	47.4	907	397	43.8
29	Osun	389	144	37.0	367	165	45.0	756	309	40.9
30	Oyo	606	388	64.0	280	148	52.9	886	536	60.5
31	Plateau	360	165	45.8	48	14	29.2	408	179	43.9
32	Rivers ^{*2}	864	352	40.7	0	0	0	864	352	40.7
33	Sokoto	692	174	25.1	600	215	35.8	1,292	389	30.1
34	Taraba	347	304	87.6	80	74	92.5	427	378	88.5
35	Yobe	173	153	88.4	349	338	96.8	522	491	94.1
36	Zamfara	903	604	66.9	131	48	36.6	1,034	652	63.1
37	FCT Abuja	388	158	40.7	134	69	51.5	522	227	43.5
	全国合計	25,470	14,748	57.9	12,421	5,836	47.0	37,891	20,584	54.3

*1 ハンドポンプが存在しない結果

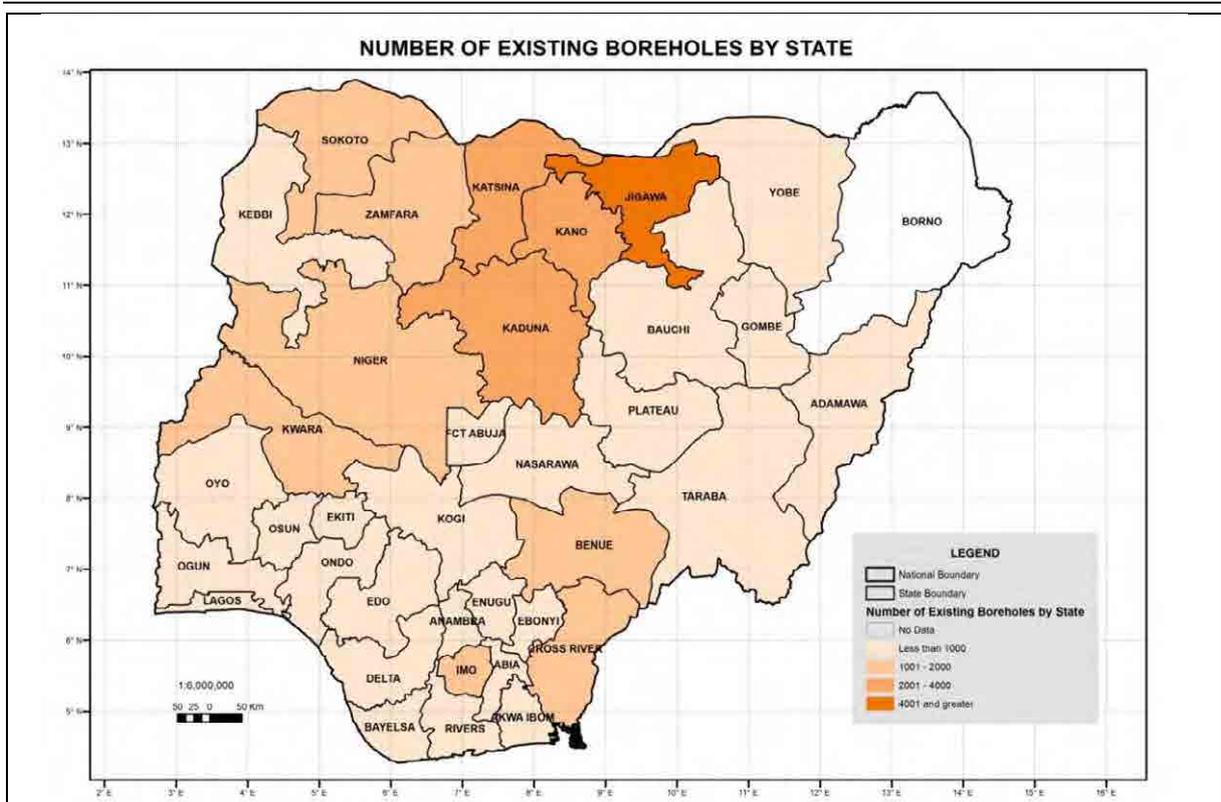
*2 動力ポンプが存在しない結果

*3 調査当時の現地治安状況悪化のため調査結果がない

*4 分類が不可能な井戸 128 本について、ハンドポンプとして計上

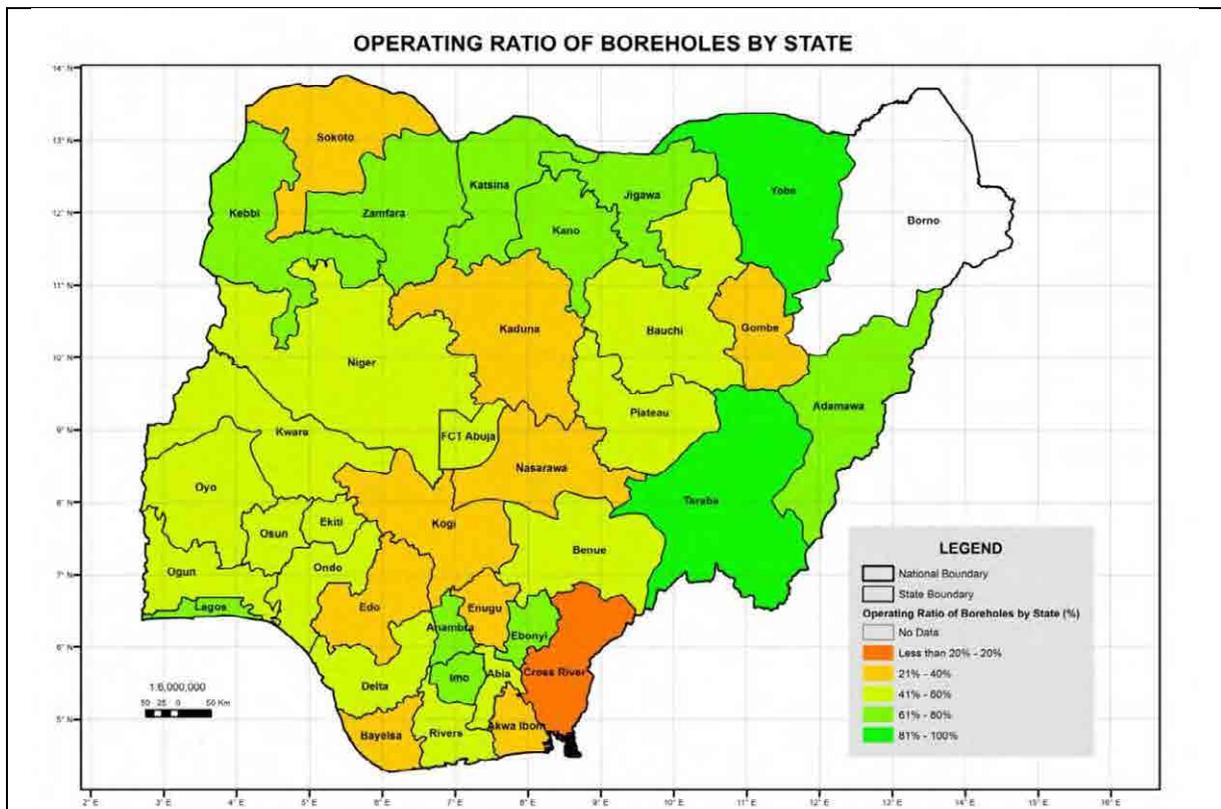
*5 湧水は本表の数量には含まれていない。

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



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

図 8-4 各州の既存地下水利用給水スキーム数



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

図 8-5 各州の既存地下水利用給水スキームの稼働率

(5) 衛生施設の現状

「ナ」国における世帯の衛生施設は、衛生的なものとして、下水道を利用した水洗便所、浄化槽併設水洗便所、換気改良型ピット式便所などが挙げられ、それ以外は、非衛生的な環境で用便が行われている。

全国レベルの普及率は 8.1.3 (1) に記述のとおりであるが、州レベルでの普及率を見るのが可能な全国人口保健調査 (National Demographic and Health Survey:NDHS, 2008) による各州の衛生普及率と、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) による各州の下水道利用率を、表 8-10 にまとめて示す。図 8-6 は、各州の衛生普及率を表したものである。

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 8-10 各州の衛生普及率と下水道利用率 (%)

	州	衛生普及率 (NDHS, 2008)	下水道利用率 (MICS, 2007)
1	Abia	38.7	0.3
2	Adamawa	21.3	0.3
3	Akwa Ibom	39.0	0.0
4	Anambra	43.2	12.6
5	Bauchi	22.2	0.2
6	Bayelsa	6.1	0.0
7	Benue	14.5	2.8
8	Borno	25.6	3.3
9	Cross River	10.1	0.9
10	Delta	21.8	0.5
11	Ebonyi	13.1	4.9
12	Edo	29.9	10.0
13	Ekiti	16.7	2.0
14	Enugu	18.8	5.1
15	Gombe	44.8	0.7
16	Imo	52.6	12.9
17	Jigawa	21.8	1.3
18	Kaduna	28.9	3.6
19	Kano	63.3	1.1
20	Katsina	47.0	0.2
21	Kebbi	38.3	1.5
22	Kogi	16.4	6.6
23	Kwara	9.6	6.8
24	Lagos	23.8	17.3
25	Nasarawa	38.2	3.6
26	Niger	22.9	3.5
27	Ogun	12.5	4.3
28	Ondo	14.7	2.5
29	Osun	13.3	0.0
30	Oyo	7.1	4.2
31	Plateau	13.8	1.3
32	Rivers	19.6	5.4
33	Sokoto	56.5	0.7
34	Taraba	9.5	0.4
35	Yobe	27.4	0.5
36	Zamfara	27.5	0.2
37	FCT Abuja	37.6	17.6
	全国合計	27.0	3.9

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

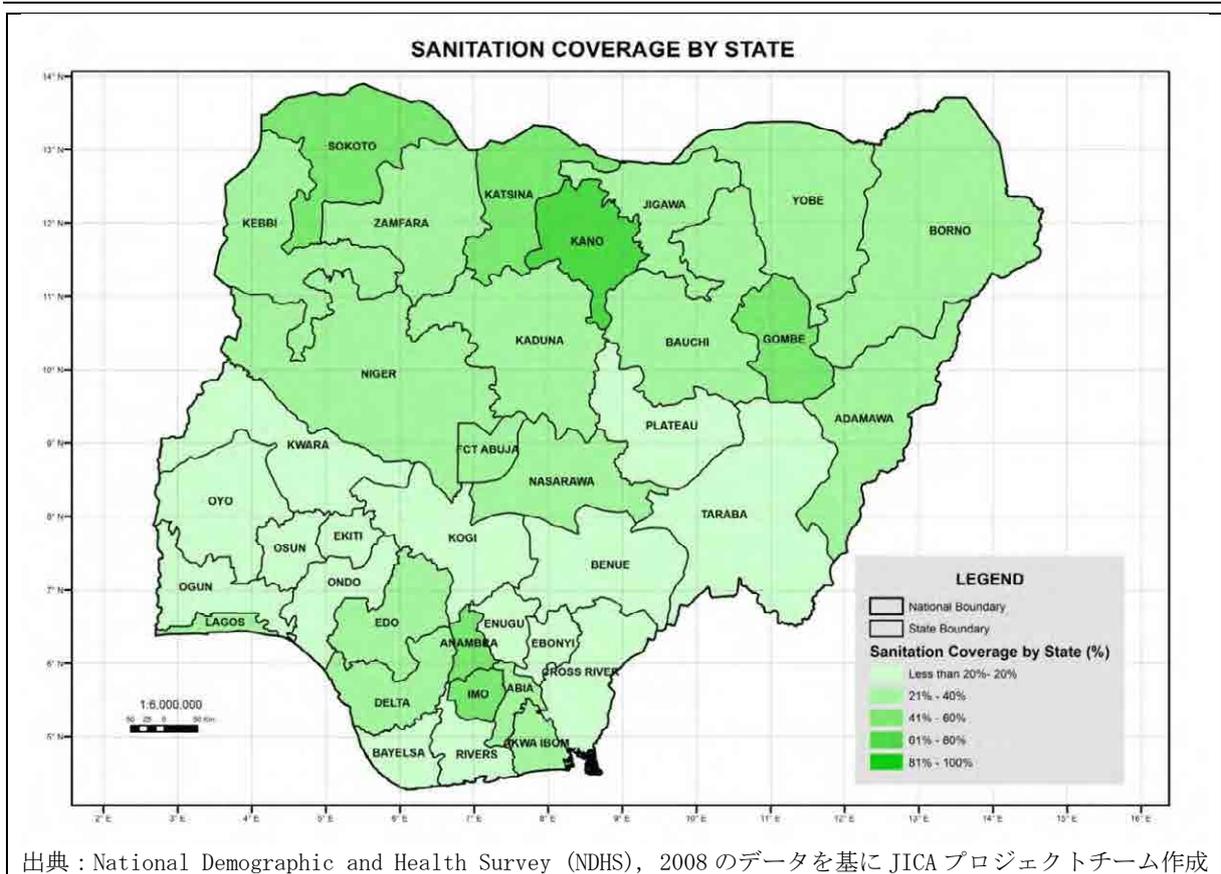


図 8-6 各州の衛生普及率

8.1.4 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。

(1) 給水

8.1.1 の基本方針に既述のとおり、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）

(1-1) 原単位水量

4.2.2 節において記述のとおり、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 8-11 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 8-11 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）

(1-2) 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。

(1-3) 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（7.1.3 節の表 7-11 参照）、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。

(1-4) 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。

表 8-12 水源別の開発事業における開発水量算出の考え方

給水スキーム		水資源収支上の開発水量	事業費算出（施設計画）上の開発水量
改修事業	表流水	既存施設能力の稼働率 80%への回復分	既存施設能力の稼働率 80%への回復分
	地下水	改修可能な最大限の地下水開発水量(7.1.3 節の表 7-11 参照)	改修可能な最大限の地下水開発水量(7.1.3 節の表 7-11 参照)
新規事業	表流水	計画施設能力の稼働率 80%	計画施設能力の 100%
	地下水	全地下水開発水量から改修事業による地下水開発水量を差し引いた分	全地下水開発水量から改修事業による地下水開発水量を差し引いた分に 125%乗(稼働率 80%の逆数)

出典：JICA プロジェクトチーム

(1-5) 給水スキーム施設構成

表 8-13 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 8-13 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) 衛生

(2-1) 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 8-14 参照）。

表 8-14 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、蝇・臭気削減等

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

(2-2) 開発事業のメニュー

衛生開発事業は、表 8-15 に示すメニューとする。

家庭用便所は、その建設が各戸の自己負担によるものであるため、公的な衛生開発事業に含まれないが、必要な開発数量を別途算出する。各世帯に1つとし、Annual Abstract of Statistics (2009, National Bureau of Statistics)による州別の世帯構成人数を適用し、人口から求める。

公的な衛生開発事業として、全国の都市部の公衆衛生環境の向上のため、主要公共施設に公衆便所の建設を計画する。

また、汚濁負荷の抑制の観点からも、都市部の衛生施設（水洗便所）から排泄されるし尿処理について、衛生施設の併設の浄化槽（各戸負担）～浄化槽汚泥の収集・運搬～最終処分場を標準的な処理プロセスとし、一部の州の主要都市部で下水道システム（ただし対象都市部に対して普及率 50%）を提案する。下水道システムを提案する都市部の選定に当たっては、下水道事業の高額な事業・運営コストを考慮して、州平均世帯収入が月額 50,000 ナイラ以上の州に限定した。主要都市部は、Edo 州 Benin、Lagos 州中心部、Osun 州 Osogbo、Oyo 州 Ibadan、Abuja 連邦行政区 Abuja 市とする。

さらに、各戸が家庭用便所を自己負担で設置する一方、行政側は適切な施設建設指導、衛生教育などを実施する。とくに村落部においては、コミュニティ主導型トータルサニテーション (CLTS) によるアプローチを全国的に推進する。

表 8-15 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

8.1.5 給水・衛生の開発計画

(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 8-16 および表 8-17 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。

さらに、図 8-7 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し、各州の給水開発計画、各開発事業については、Volume-5 Supporting Report の SR5.1.2 節に示す。

表 8-16 水資源収支上の給水開発計画

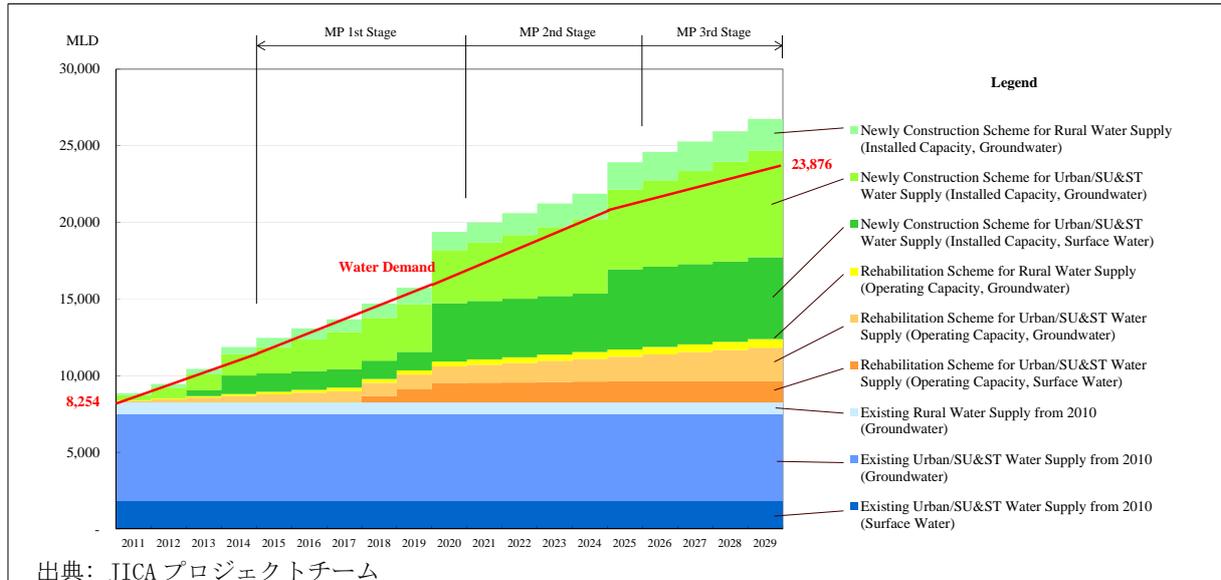
開発事業	事業分類	既存施設能力 (2010)	GAP期間 (2011-2014)	計画対象期間 (2015-2030)	合計 (2030)
改修事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)	1,870	-	1,388	3,257
	都市・都市周辺・小都市(地下水)	5,667	425	1,761	7,852
	地方村落(地下水)	718	126	430	1,274
	小計	8,254	551	3,578	12,383
新規事業	都市・都市周辺・小都市(表流水)		964	3,317	4,280
	都市・都市周辺・小都市(地下水)		1,109	4,449	5,558
	地方村落(地下水)		379	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 8-17 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



出典：JICA プロジェクトチーム

図 8-7 施設計画上の給水開発計画における需要-供給グラフ

(2) 衛生開発計画

8.1.3(5)で述べた現在の衛生普及率(表 8-10)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 8-18 に衛生開発計画を示す。

表 8-18 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。

- ー 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)
- ー 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 8-19 に、開発数を示す。

各州の衛生開発計画および衛生施設（家庭用便所）の開発数については、Volume-5 Supporting Report の SR5.1.3 節に示す。

表 8-19 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

8.1.6 運営・維持管理計画

(1) 運営・維持管理の現状と課題

既述の通り、「ナ」国における給水事業は人口規模によって都市、都市周辺および小都市・町、地方村落の3つに凡そ分類され、施設構成だけでなく運営・維持管理の形態および現状もそれぞれ異なる。

(1-1) 都市給水事業

首都 Abuja および各州都、LGA センターなど全国の主要都市における給水事業は、各州の水道公社 (SWA) が担っているが、これらの都市給水事業における共通する運営・維持管理の現状として、程度の差はあるものの、事業の非効率性と無収水の高さが挙げられる。具体的には、既存施設の設計能力以下での運転、施設の経年劣化および不十分な保守整備、水道メータの未設置によるモニタリング不足、漏水、水道料金の徴収率（費用回収）の低さおよび低額設定などである。かかる状況を受け、一部の州では世界銀行やアフリカ開発銀行の支援により国家都市給水セクター改革 (National Urban Water Sector Reform Programme: NUWSRP) が進められている。さらに、都市部における民間・個人の水売人の存在、低所得層への対策など、取り扱われるべき事項は多岐に亘る。

(1-2) 都市周辺および小都市・町給水事業

都市給水事業および村落給水事業の中間にある事業分類としての位置づけであるが、小規模ながら運営・維持管理上の課題が多く手間暇を要する給水事業として認識する必要がある。従来、行政サービスとしての日常的な運営・維持管理が行われず、その代わりにコミュニティによって運営・維持管理がなされることが一般的であるが、既存の給水事業の多くが適切な保守保全ができず、施設・設備の破損、故障などをきっかけに事業が中断、放置されてきた。これは、地下水利用施設の稼働率の低さに顕れている。この実態に対処すべく、2000 年以降、世界銀行や欧州連合の支援により、持続性を確保するために利用者オーナーシップを前提とした多岐に亘るソフトコンポーネントを盛り込んだ小都市・町給水・衛生プロジェクトが一部の州で実施され、それらの州には公的な実施機関として小都市・町給水・衛生公社 (STWSSA) が設立されている。

(1-3) 地方村落給水事業

主として、ハンドポンプもしくは動力ポンプを利用した小規模管路系の給水事業であり、日常的な運営・維持管理は、村落住民組織が行う。ただし、運営・維持管理費の捻出のための恒常的な使用料金の徴収は行われることは少なく、実際は、ポンプ故障時に LGA や地方給水衛生公社 (RUWASSA) などが資金・技術支援しており、支援が行き渡らない場合は施設が改修されず長期間放置され利用されていない。これは、地下水利用施設の稼働率の低さに顕れている (8.2.3 参照)。JICA 始め、国際機関、主要なドナー、NGO が実施する地方村落給水事業においては、住民組織啓

発、能力開発などのソフトコンポーネントが組み込まれており、このような状況に対する取り組みが行われている。

(1-4) 衛生事業

低い衛生普及率にも顕れているように、「ナ」国の衛生は依然として非衛生的な施設利用が多く、下水道事業に限っては Abuja、Lagos などの大都市の一部地区に限定されている。その他の都市部、都市周辺・小都市・町においては、浄化槽やピットを利用した家庭用便所も見られるが、汚泥の適切な最終処分が行われていない。

一方、衛生分野の主要関係機関は、連邦省庁、州省庁、LGA など多岐に亘り、その調整不足が指摘されてきたが、近年、国際機関の主導のもと積極的に調整が推進されつつある。

(2) 適切な運営・維持管理体制の構築

(2-1) 都市給水事業

改修事業による低い稼働率の回復に併せて、回復された稼働率を維持すべく、また新規事業によって建設される施設の高い稼働率を確保すべく、水道公社（SWA）は適切な運営維持管理、モニタリング体制を構築することが求められる。そのためには、施設および設備の運転、維持管理に十分な予算を配分、人材を育成、配置するだけでなく、独立採算制による事業を目指し、適切な水道料金の設定、有収水量を高める施策が必要である。低所得層への給水についても、内部相互支援による水道料金負担抑制およびコミュニティ組織の参画、雇用創出などを図り、民間・個人の水売人については肯定的にその存在を認識しつつ、安全な給水を実現する。

(2-2) 都市周辺および小都市・町給水事業

主として、水道公社（SWA）および一部の州に設立された小都市・町給水・衛生公社（STWSSA）が運営維持管理の主体となるが、将来の人口増の受け皿になる都市周辺および小都市・町における給水事業の効果的な実施が求められる。そのためには、コスト削減の工夫、適正技術の導入、コミュニティ組織の積極的な参画、雇用創出、住民の啓発、事業のモニタリング強化などを図ることが必要である。そのためには、小都市・町給水・衛生公社（STWSSA）の設立、能力開発を全国的に展開することを念頭に、現在実施されている小都市・町給水・衛生プロジェクトをモニタリング・評価し改善を重ね、事業実施体制を強化する。

(2-3) 地方村落給水事業

適切な運営維持管理が機能する仕組みを、制度、流通などを含めて整えることが求められる。そのためには、住民の啓発、住民組織、LGA および地方給水衛生公社（RUWASSA）の能力強化、迅速な維持管理が行える体制作り、予算化が必要である。併せて、地方部におけるスペアパーツの流通経路（サプライ・チェーン）の充実のために、民間事業者との連携を図る。

(2-4) 衛生事業

とくに、非衛生的な施設利用、屋外排泄が依然として習慣的になっている地方村落では、コミュニティ主導型トータルサニテーション（Community-Led Total Sanitation: CLTS）によるアプローチを推進し、衛生普及率を向上、水因性疾患の症例削減を図る必要がある。

一方、都市部、都市周辺・小都市・町における衛生事業については、し尿および下水の適切な処理事業サイクルを確立するために、事業主体の能力開発、体制強化、適正な技術移転を図り、住民に対しては衛生教育、啓発活動を展開することで衛生意識の向上および受益者負担による運営維持管理を構築する。

8.2 灌漑・排水

8.2.1 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。灌漑スキームの現状は以下の通りである。

流域開発公社 RBDAs

南部地域の多くの公的小規模灌漑スキームでは効率的に運用されているが、いくつかの公的大規模灌漑スキームでは運用が円滑でなく作付率も低く、整備済み施設を維持できない状況にある。

灌漑施設

重力式灌漑のスキームは維持管理費が比較的安価で、機械施設のトラブルは少ない。しかし、多くの公的灌漑スキームはポンプを使用しており、ポンプの老朽化、故障、修理、高い燃料費が負担となっている。水路は損傷や老朽化、雑草の繁茂や堆砂が生じている状況にある。

不適切な水配分

幹線水路から支線水路への流量配分は通常、チェックゲートや手動式スルースゲートの水位流量早見表を使って行われるが、水位標が無いものや信頼性が乏しいものが多い。そして用水路システムの実際の水位記録は無いのが実情である。また、スプリンクラー灌漑では農民がシステムを操作する能力に欠けている。

水利組合 (WUAs) と農民

まれに灌漑スキーム内に水利組合が組織されているが、目立った活動は行っていない。農民は水料金に維持管理費が含まれるべきと考えており、スキームの維持管理活動に参画し協同する意識が薄い。

Cost-Recovery

ほとんどの灌漑スキームで課せられている水料金は約 500～3,000 ナイラ/ha・シーズンであり、その料金も水供給コストに比べてかなり低額である。その不適切な価格設定が不十分な水供給サービスの原因となっており、農民が水料金を払いたくない理由となっている。

灌漑用機械と耕作用機械

スキームには大別して灌漑用機械と農業用機械が配備されている。灌漑用機械は主に水源から水を汲み上げるためにポンプ設備である。ほとんどのポンプは1980年代に購入されたもので、スペアパーツを調達できない状況である。トラクター、コンバインなどのほとんどの農業用機械は維持管理が十分でないため運用されていない。スキームではメンテナンスの人員がほとんど配置されず、RBDAsの作業所の設備や人員も低調である。スペアパーツはまれに在庫はあるが、その記録は保存されていない状況にある。

8.2.2 基本方針・開発方針・開発スキーム

(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) 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
- 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

(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 8-20 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

8.2.3 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 8-21 整備終了事業

HA	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	
1	3	12	15	23,700	1,241	24,941	26,900	1,950	28,850	24,441
2	14	35	49	2,603	1,725	4,328	15,500	4,018	19,518	3,048
3	7	4	11	560	355	915	12,250	820	13,070	905
4	6	6	12	607	270	877	6,500	850	7,350	877
5	5	3	8	625	270	895	7,000	320	7,320	630
6	8	14	22	1,234	995	2,229	10,100	2,445	12,545	1,449
7	9	15	24	351	1,899	2,250	11,145	2,969	14,114	2,250
8	14	22	36	5,300	1,668	6,968	18,210	3,730	21,940	4,418
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

(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 8-22 整備実施中事業

No	HA	分類	スキーム名	州	整備済み 面積 (ha)	計画灌漑 面積 (ha)	評価 面積 (ha)
1	1	L	Jibiya	Katsina	3,000	3,500	2,300
2	1	L	Zobe	Katsina	60	8,200	2,000
3	1	L	Middle Rima Valley	Sokoto	1,188	5,000	5,000
4	1	L	Sabke	Katsina	540	1,200	130
5	2	L	Kampe/Omi	Kogi	1,000	4,000	4,000
6	2	L	Duku-Lade *1)	Kwara	200	2,000	1,200
7	3	L	Dadin Kowa	Gombe	250	6,660	6,660
8	3	L	Lower Taraba (Gassol)	Taraba	30	3,000	3,000
9	3	L	Chouchi	Adamawa	0	1,200	1,200
10	4	L	Longkat	Plateau	800	2,000	1,100
11	5	L	Lower Anambra	Anambra	3,850	5,000	5,000
12	5	L	Isampou Rice	Delta	110	1,280	1,280
13	5	L	Peremabiri Rice	Bayelsa	348	1,280	1,280
14	5	L	Kolo Rice	Bayelsa	140	1,300	1,300
15	5	L	Ejule Ojebe	Kogi	25	2,000	1,100
16	5	L	Ada-Rice	Enugu	1,000	5,000	1,000
17	6	L	Middle Ogun (I.G)	Oyo	750	12,000	12,000
18	6	L	Lower Ogun (Mokoloki)	Ogun	500	12,000	12,000
19	7	L	Abakaliki/ Iwa	Ebonyi	1,000	1,000	1,000
20	7	L	Imo (Igwu and Ibu)	Imo	80	1,200	0
21	8	L	Kano River Phase I	Kano	16,000	22,000	22,000
22	8	L	Hadejia Valley	Jigawa	5,255	12,500	12,500
23	8	L	Bagwai (Watari)	Kano	273	872	0
24	1	M	Zauro Polder	Kebbi	100	100	(100)
25	1	M	Shagari	Sokoto	220	220	(220)
26	3	M	Waya	Bauchi	30	250	(250)
27	5	M	Ukhun/ Erah	Edo	50	250	(250)
28	5	M	Anyama-Ogbia	Rivers	24	180	(180)
29	5	M	Kpong	Rivers	89	100	(100)
30	6	M	Owiwi	Ogun	45	302	(302)
31	6	M	Itoikin	Lagos	141	315	(315)
32	8	M	Galala	Bauchi	72	130	(130)
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。
- ・評価面積欄の() 値は、詳細な位置の特定が難しい中小規模スキームについて個別スキームごとの水バランス評価は実施していないものの FMWR の計画値程度に拡張が可能であると判断されたものである。

*1) 新規ダム (No. 2043 Lade Dam) の建設により、1,200 ha まで灌漑可能となる。

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) 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。

一方、既存灌漑スキームの中には既存ダムの水量が豊富にも拘らず、計画灌漑面積まで整備することを断念したものもある。これらの灌漑スキームでは新たなダム建設を必要としないため、経済的な灌漑開発が可能である。従って、既存ダムの有効利用の観点から、新たに Swashi Valley、Kontagora、Bagoma、Tubo、Sendam (1) の 5 地区の灌漑スキームでは計画灌漑面積まで整備拡張することを推奨する。

表 8-23 整備拡張予定事業

No	HA	分類	スキーム名	州	整備 レベル		整備済み 面積 (ha)	計画灌漑 面積 (ha)	評価 面積 (ha)
					R	E			
1	1	L	Kalmalo	Sokoto	R	E	400	800	800
2	1	L	Gafara	Niger	R	E	150	500	500
3	1	L	Wurno	Sokoto	R	E	700	1,500	1,500
4	1	L	Kware	Sokoto	R	E	300	800	800
5	1	L	Swashi Valley *1)	Niger		E	200	2,900	2,900
6	2	L	Tungan Kowa	Niger	R	E	800	800	800
7	2	L	Agaie/ Lapai *2)	Niger	R	E	20	1,000	1,000
8	2	L	Badeggi *3)	Niger	R	E	830	830	830
9	2	L	Tada Shonga	Kwara		E	435	4,100	4,100
10	2	L	Kangimi	Kaduna	R	E	1,200	1,600	1,600
11	2	L	E. Lapai	Niger		E	100	2,000	2,000
12	2	L	Bakogi *4)	Niger		E	100	2,000	2,000
13	2	L	Galma	Kaduna		E	55	610	610
14	2	L	Kontagora *5)	Niger		E	250	2,000	2,000
15	2	L	Bagoma *6)	Niger		E	50	500	500
16	2	L	Tubo *7)	Kaduna		E	100	620	600
17	3	L	Lake Geriyo	Adamawa	R	E	320	4,000	4,000
18	3	L	Balanga	Gombe	R	E	500	4,400	3,800
19	4	L	Dep	Nasarawa	R	E	300	2,000	2,000
20	4	L	Katsina-Ala	Benue	R	E	200	2,000	2,000
21	4	L	Makurdi	Benue	R	E	200	1,000	1,000
22	4	L	Doma	Nasarawa		E	1,600	2,037	2,037
23	4	L	Awe	Nasarawa		E	0	500	80
24	4	L	Oguma	Kogi		E	100	1,000	1,000
25	4	L	Jato-Aka	Benue		E	20	1,000	1,000
26	4	L	Shendam(1) *8)	Plateau		E	500	1,000	1,000
27	5	L	Ilush-Ega	Edo		E	3,000	5,000	5,000
28	6	L	Iwo	Osun		E	0	1,000	0
29	6	L	Ilero	Oyo		E	0	2,000	70
30	6	L	Asa	Oyo	R	E	0	500	500
31	6	L	Okuku	Osun	R	E	0	600	30
32	6	L	Owena	Ondo		E	500	500	500
33	6	L	Esa Odo Dam	Osun	R	E	800	800	800
34	6	L	New Erinle	Osun	R	E	500	500	500
35	7	L	Ekoi	Akwa Ibom	R	E	80	500	500
36	7	L	Adim Rice	Cross River	R	E	545	1,000	340
37	7	L	Igbere	Abia		E	250	1,300	440
38	7	L	Mbiabet	Akwa Ibom	R	E	100	500	500
39	8	L	Kano River Phase II	Kano	R	E	203	40,000	15,000
40	8	L	Daya	Borno	R	E	960	960	960
41	8	L	Gashua	Borno		E	100	2,000	<2,000>
42	8	L	Baga Polder	Borno		E	2,000	20,000	[2,000]
43	8	L	South Chad	Borno	R	E	22,000	67,000	[22,000]
44	8	L	Jere Bowl Rice	Borno		E	0	1,300	0
45	8	L	Katagum	Bauchi		E	50	700	<700>
46	8	L	Yobe	Borno		E	637	2,820	<2,820>
47	8	L	Guzuguzu	Kano	R	E	530	530	0
48	8	L	Magaga	Kano	R	E	300	600	70
49	1	M	Kwakwazo	Sokoto	R	E	250	250	(250)
50	1	M	Argungu/ Tabarau	Kebbi	R	E	100	100	(100)
51	2	M	Ero	Ekiti	R	E	200	200	(200)
52	2	M	Edozhigi	Niger	R	E	100	100	(100)
53	2	M	Odugbo	Kogi	R	E	100	150	(150)
54	2	M	Chanchanga	Niger	R	E	302	302	(302)
55	2	M	Agaie	Niger	R	E	76	76	(76)
56	2	M	Papiri	Niger	R	E	80	80	(80)
57	2	M	Loguma	Niger	R	E	100	125	(125)
58	2	M	Tamani	Niger	R	E	10	10	(10)
59	2	M	Bangi	Niger	R	E	50	50	(50)
60	2	M	Galama	Kaduna	R	E	300	300	(300)
61	2	M	Toroko	Niger	R	E	80	80	(80)
62	2	M	Tafa/ Jere	Kaduna		E	52	355	(355)
63	2	M	Birnin Gwari	Kaduna	R	E	200	430	(430)
64	2	M	Kogun	Kaduna	R	E	150	400	(400)
65	3	M	Dwan	Adamawa	R	E	200	200	(200)
66	3	M	Dasin Hausa	Adamawa	R	E	200	200	(200)

No	HA	分類	スキーム名	州	整備 レベル	整備済み 面積 (ha)	計画灌漑 面積 (ha)	評価 面積 (ha)
67	3	M	Mayo	Adamawa	R E	50	50	(50)
68	4	M	Loko	Nasarawa	R E	50	50	(50)
69	4	M	Allam	Benue	R E	50	50	(50)
70	4	M	Sabon Gida	Nasarawa	R E	200	200	(200)
71	4	M	Bassa	Nasarawa	R E	50	50	(50)
72	4	M	Rutu	Nasarawa	R E	50	50	(50)
73	5	M	Ogboji	Anambra	R E	100	130	(130)
74	5	M	Otuokpoti	Rivers	E	50	100	(100)
75	5	M	Enugu abor Ufuwa	Enugu	R E	350	350	(350)
76	6	M	Oogi	Osun	R E	0	400	(400)
77	6	M	Ipetu-Ijesha	Osun	R E	0	250	(250)
78	6	M	Orile Owu	Osun	R E	100	100	(100)
79	6	M	Old Erinle Dam	Osun	R E	150	150	(150)
80	6	M	Ikere-Ogbese	Ekiti	E	32	32	(32)
81	7	M	Ogoja	Cross River	R E	125	125	(125)
82	7	M	Bende	Abia	R E	150	300	(300)
83	7	M	Igwu-Ohafia	Abia	R E	160	300	(300)
84	7	M	Nung Obong	Akwa Ibom	R E	100	200	(200)
85	7	M	Owutu	Abia	R E	280	480	(480)
86	7	M	Oniong Nung Nden	Akwa Ibom	R E	177	400	(400)
87	7	M	Obubra	Cross River	E	315	315	(315)
88	7	M	Ihitti-Uboma	Imo	R E	200	310	(310)
89	7	M	Ezeiyieku Esu	Ebonyi	E	0	200	(200)
90	7	M	Ezillo Farm	Ebonyi	R E	150	150	(150)
91	7	M	Ozara Okangwu	Ebonyi	E	0	300	(300)
92	7	M	Item-Ikwo	Enugu	R E	100	300	(300)
計						47,524	200,357	103,937

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

R: Rehabilitation, 機能が低下した施設を建設当初の機能まで修復する。

E: Expansion, 計画灌漑面積まで施設を建設する。

- ・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。
 - ・評価面積欄の()値は、詳細な位置の特定が難しい中小規模スキームについて個別スキームごとの水バランス評価は実施していないもののFMWRの計画値程度に拡張が可能であると判断されたものである。
 - ・評価面積欄の< >値は、水流が滞留・貯留される大規模湿地を水源とするものであり、FMWRの計画値程度に拡張が可能であると判断されたものである。
 - ・評価面積欄の[]値は、チャド湖を水源とするスキームについて、当初計画時には想定されなかったチャド湖の縮小状況を考慮し、リハビリによる整備済面積の確保程度が限界であると判断したものである。
- *1) 既存ダム (No. 12 Swashi Dam) の活用により、2,900 ha まで灌漑可能となる。
 *2) 新規ダム (No. 2028 Agaie Dam) の建設により、1,000 ha まで灌漑可能となる。
 *3) 新規ダム (No. 2066 Mussa Dam) の建設により、830ha まで灌漑可能となる。
 *4) 新規ダム (No. 2069 Bakogi Dam) の建設により、2,000ha まで灌漑可能となる。
 *5) 既存ダム (No. 1014 Kontagora Dam) の活用により、2,000 ha まで灌漑可能となる。
 *6) 既存ダム (No. 19 Bagoma Dam) の活用により、500 ha まで灌漑可能となる。
 *7) 既存ダム (No. 145 Kerawa Dam) の活用により、600 ha まで灌漑可能となる。
 *8) 既存ダム (No. 54 Shendam Dam) の活用により、1,000 ha まで灌漑可能となる。

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

(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(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。

表 8-24 補給灌漑事業

No	HA	分類	スキーム名	州	整備済み 面積 (ha)	計画灌漑 面積 (ha)	評価 面積 (ha)
1	5	Sup	HA-5 Supplementary Irrigation Scheme	Anambra, Bayelsa, Delta, Edo, Enugu, Kogi, Rivers	0	19,000	19,000
2	7	Sup	HA-7 Supplementary Irrigation Scheme	Abia, Abalaliki Iwa, Akwa Ibom, Benue, Cross, River, Ebonyi, Enugu, Imo, Ukum	0	29,000	29,000

注) Sup: Supplementary Irrigation Scheme

出典: JICA プロジェクトチーム

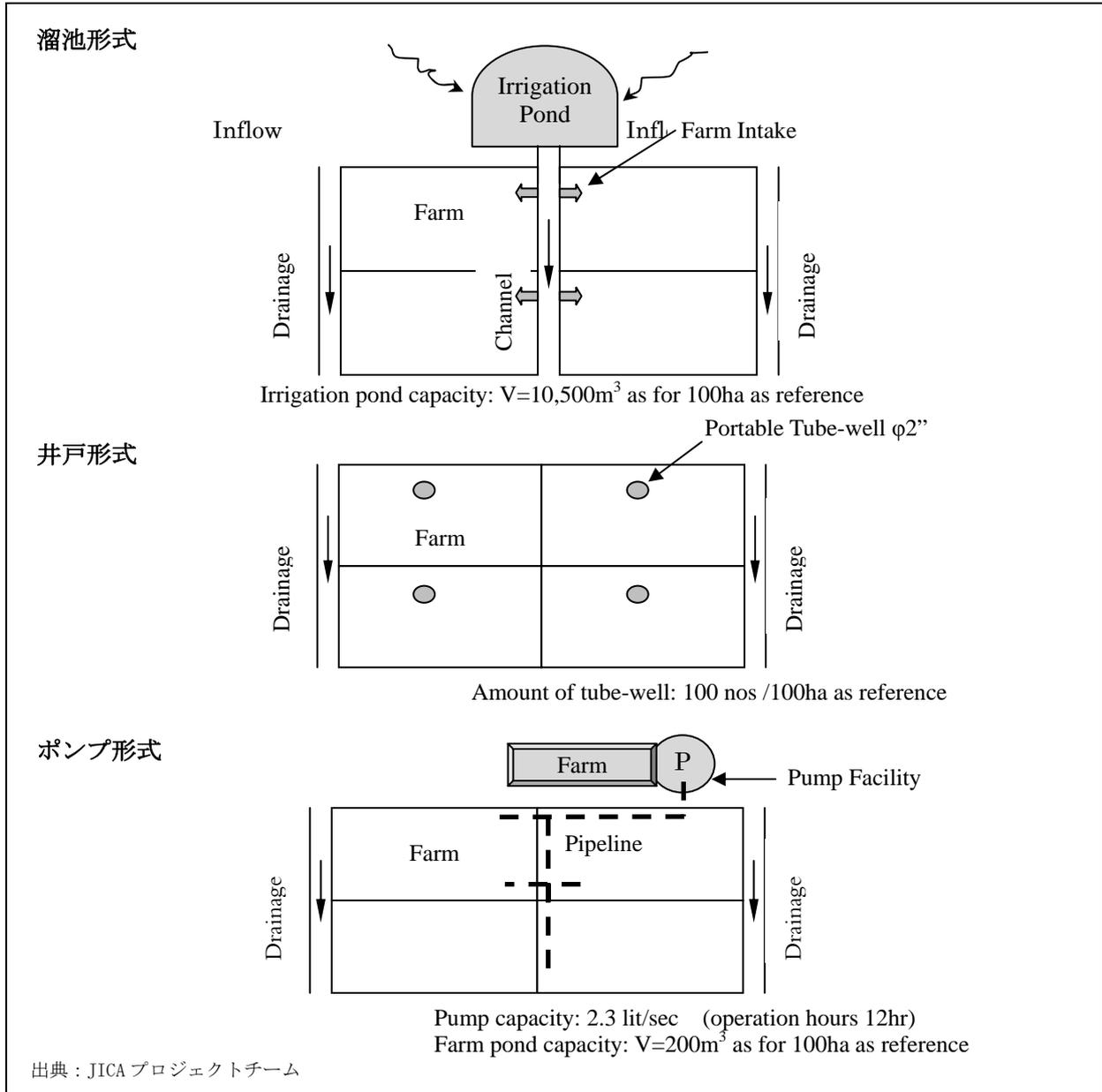


図 8-8 補給灌漑 概念図

(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 箇所である。

表 8-25 ダム掛り灌漑事業

No.	HA	SHA	州	ダム番号	ダム名	総貯水量 (MCM)	安全度を見込んだ評価灌漑面積 (ha)
1	1	103	Kebbi	2009	Kasanu	21	1,500
2	2	20804	Niger	2039	Ukusu	12	1,400
3	2	20804	Niger	3008	Bajegira	30	6,000
4	3	316	Adamawa	2089	Mayo Ine	73	9,000
5	3	312	Adamawa	2091	Mayo Belwa	240	18,000
6	3	304	Plateau	2112	Bado	29	2,200
7	3	318	Adamawa	3012	Muleng	113	10,000
8	4	410	Plateau	2124	Shemankar	139	16,000
9	4	407	Benue	2139	Aneri	14	1,500
10	4	405	Benue	2142	Kereke	17	2,000
11	4	406_i	Benue	2148	Dula	20	2,000
12	5	50403	Edo	2175	Obe	52	4,100
13	6	614	Edo	2224	Okhuo	10	1,500
14	7	704043	Benue	2229	Ombi	24	2,000
15	7	704043	Benue	2231	Ogege	13	1,000
16	7	704043	Cross River	2237	Abe	13	1,200
17	7	704042	Benue	2240	Konshisha	16	1,500
					Total	836	80,900

出典：JICA プロジェクトチーム

(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 8-26 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

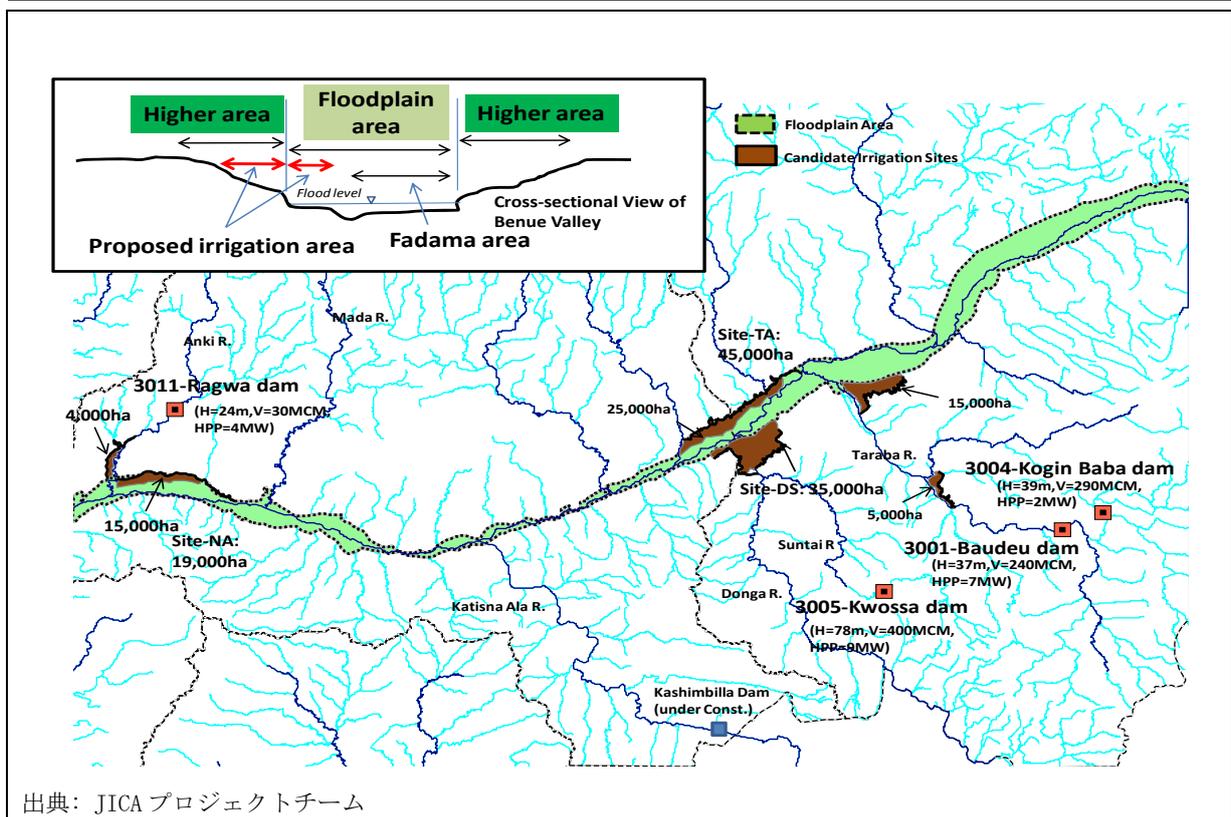


図 8-9 総合開発事業 位置図

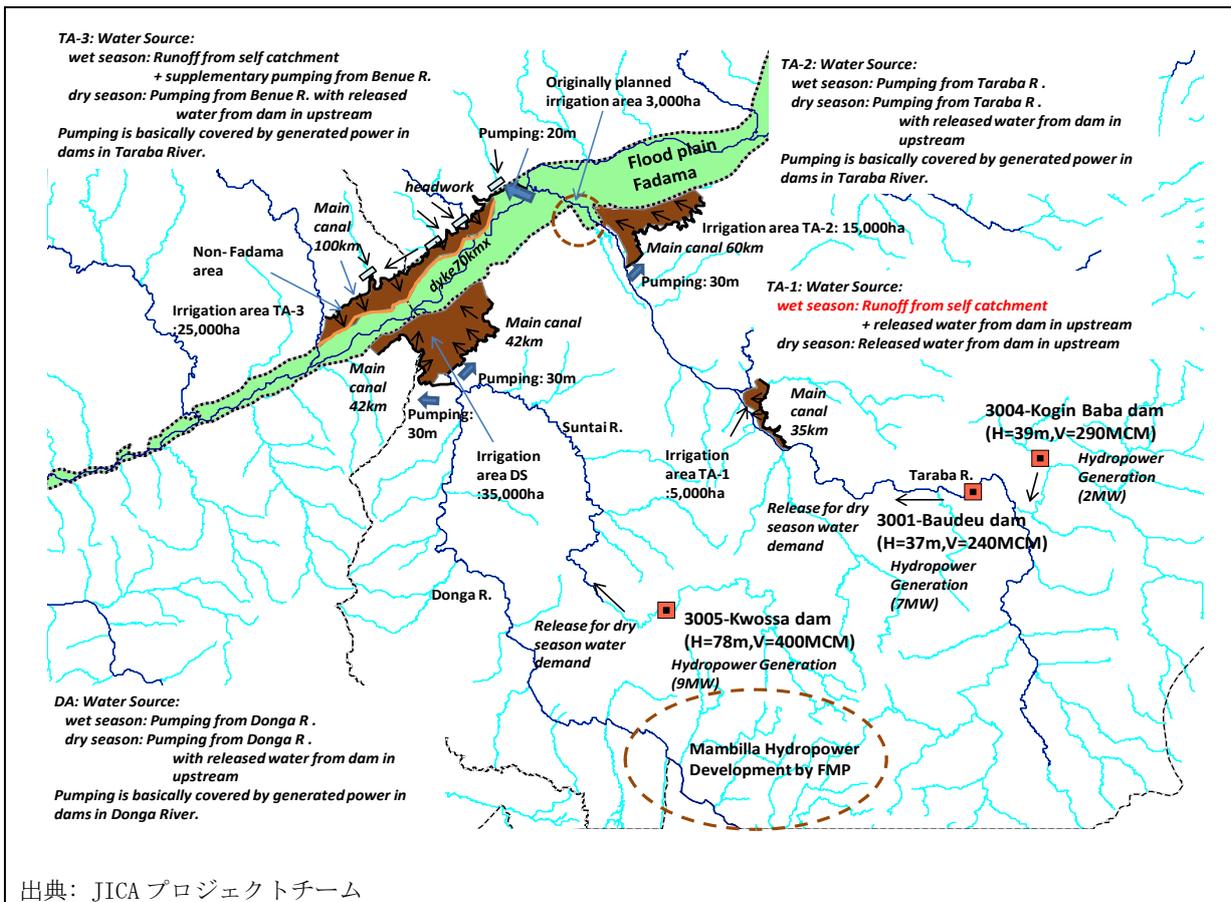


図 8-10 総合開発事業 (Donga-Suntai および Taraba)

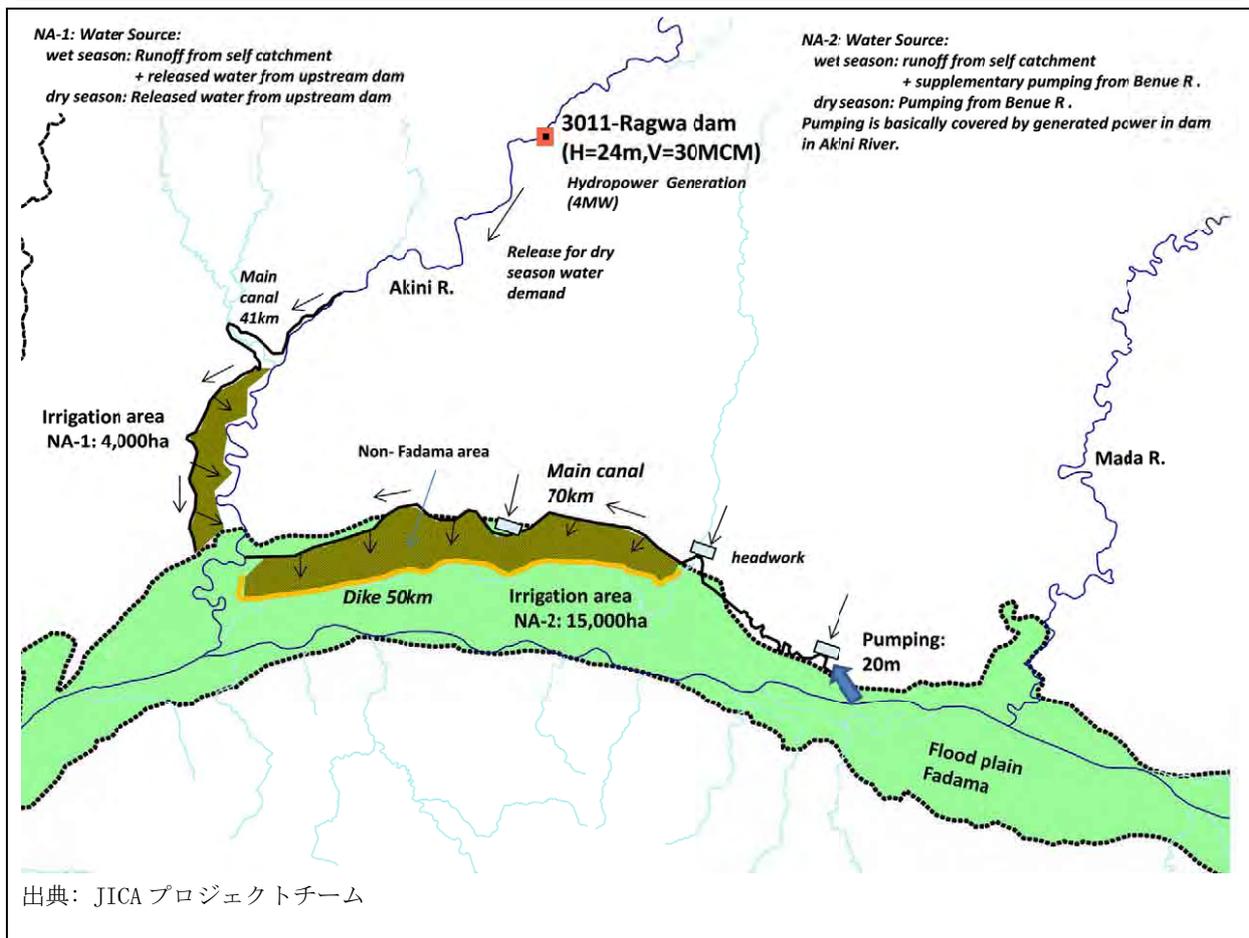


図 8-11 総合開発事業 (Nasarawa)

(7) 流域別計画灌漑面積

上記の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下表の通りである (図 8-12 から図 8-19 参照)。

表 8-27 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
1.1	24,441	3,048	905	877	630	1,449	2,250	4,418	38,018
1.2	9,750	5,200	11,110	1,100	11,490	24,617	1,000	34,630	98,897
1.3	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
2.1	0	0	0	0	19,000	0	29,000	0	48,000
2.2	1,500	7,400	39,200	21,500	4,100	1,500	5,700	0	80,900
2.3	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

事業名:

- 1.1 : 整備終了事業 (Completion with No Extension Scheme)
- 1.2 : 整備実施中事業 (Ongoing Scheme)
- 1.3 : 整備拡張予定事業 (Extension Scheme)
- 2.1 : 補給灌漑事業 (Supplementary Irrigation Scheme)
- 2.2 : ダム掛り灌漑事業 (Dam Irrigation Scheme)
- 2.3 : 総合開発事業 (Integrated Development Scheme)

出典: JICA プロジェクトチーム

(8) 実施工程に応じた計画灌漑面積

第 10 章に示す事業実施工程に応じた計画灌漑面積の推移は下表の通りである（図 10-4 参照）。

表 8-28 期別計画灌漑面積

	短期(2020)	中期(2025)	長期(2030)
既往灌漑事業	164,617	221,426	240,852
1.1	38,018	38,018	38,018
1.2	73,602	98,897	98,897
1.3	52,997	84,511	103,937
新規開発事業	24,000	67,000	227,900
2.1	24000	48000	48,000
2.2	0	0	80,900
2.3	0	19000	99,000
計	188,617	288,426	468,752

出典：JICA プロジェクトチーム

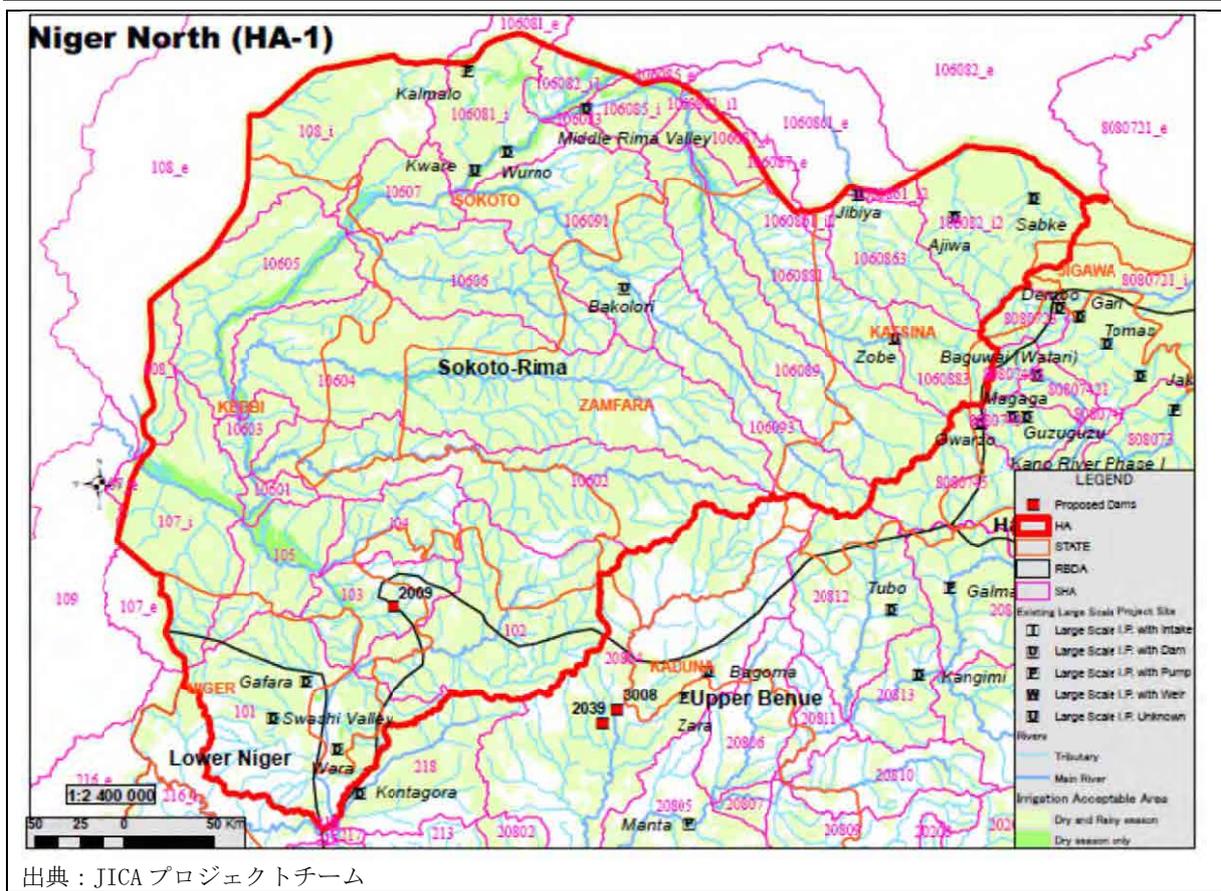


図 8-12 灌漑計画 (HA-1)

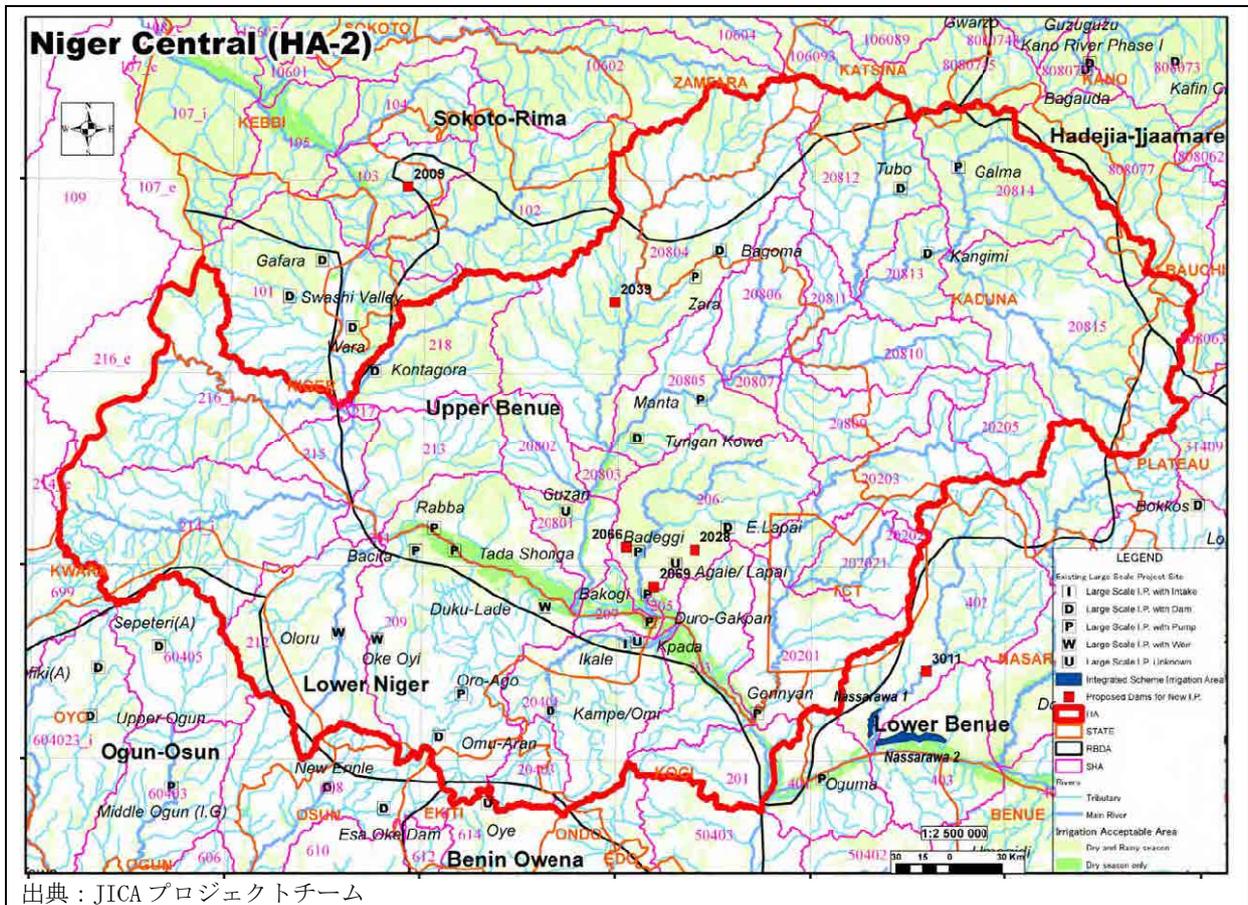


図 8-13 灌漑計画 (HA-2)

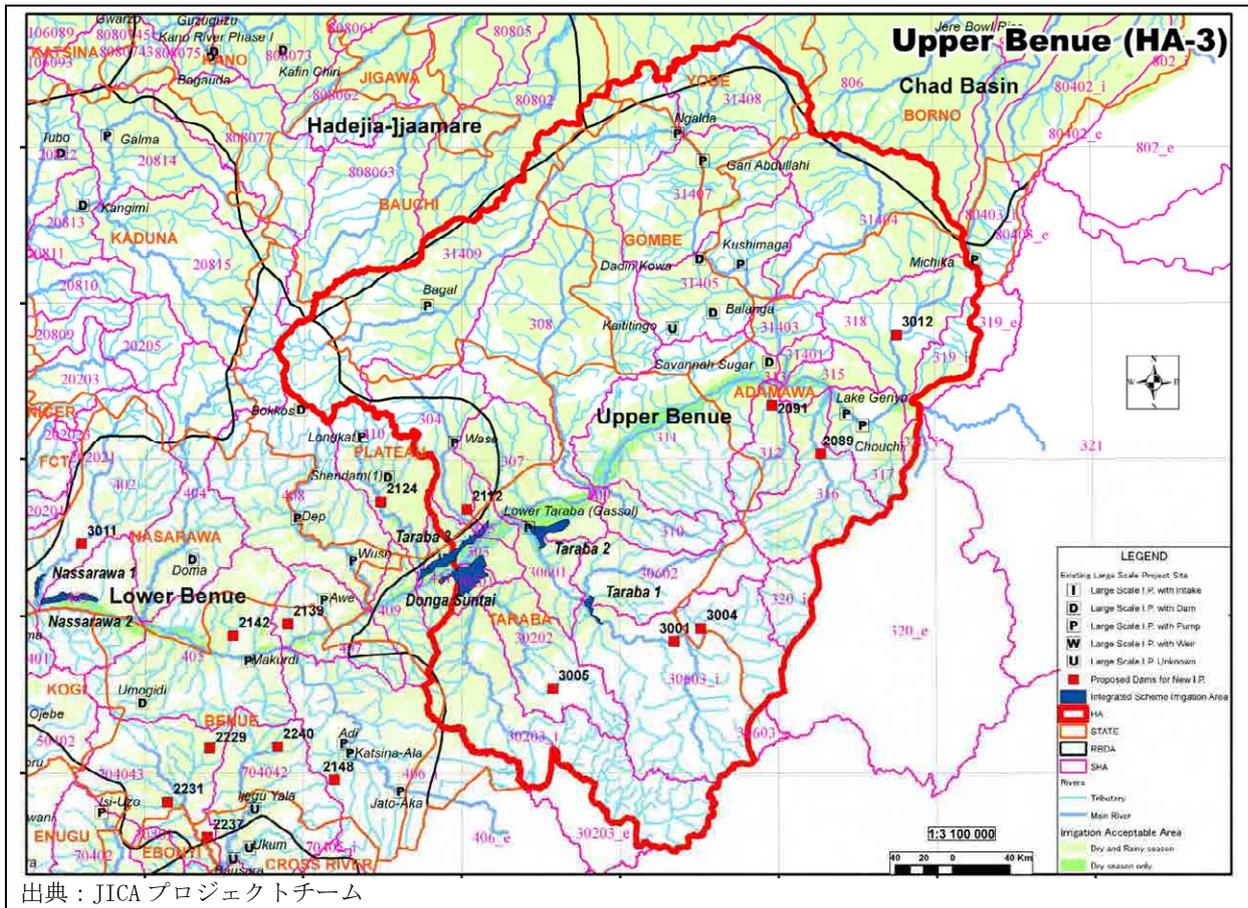


図 8-14 灌漑計画 (HA-3)

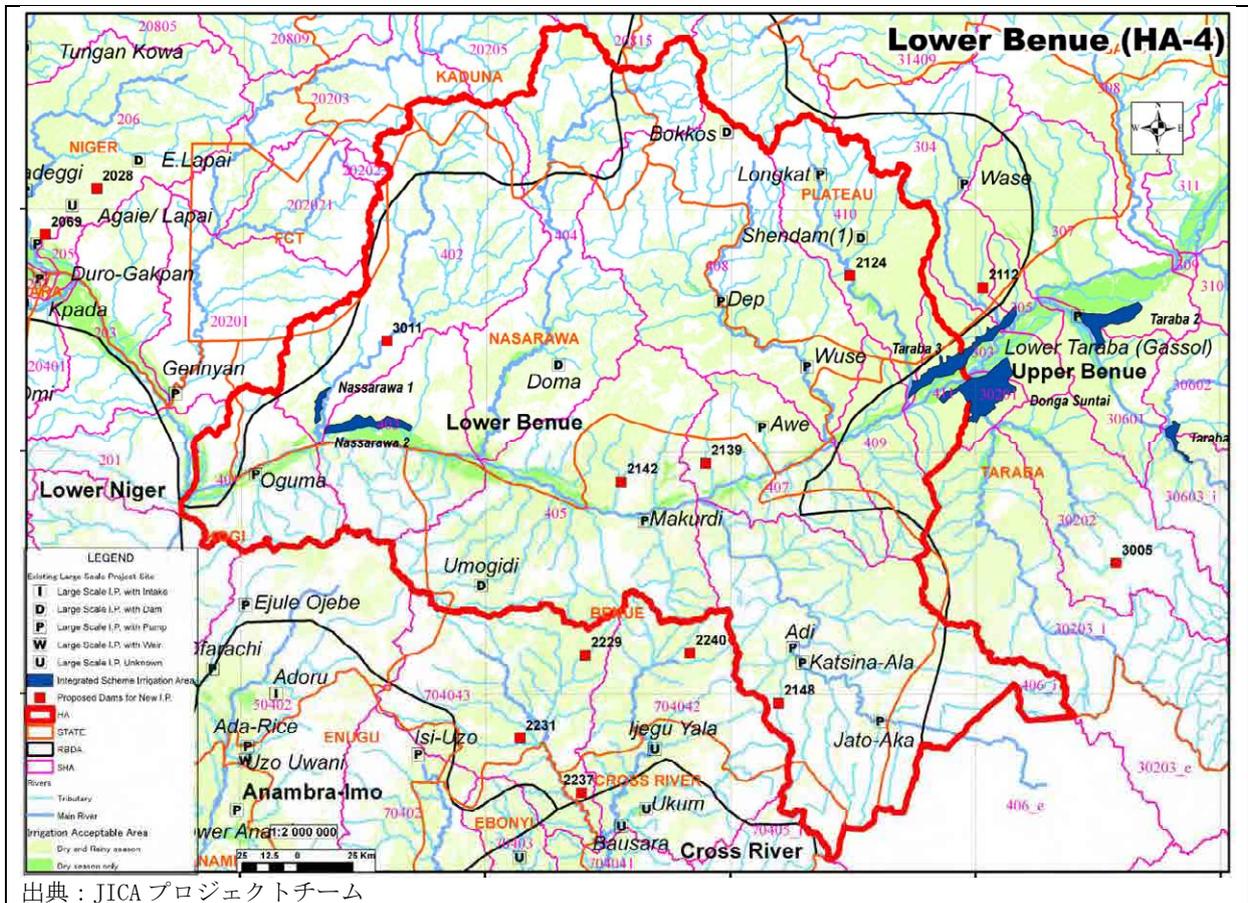
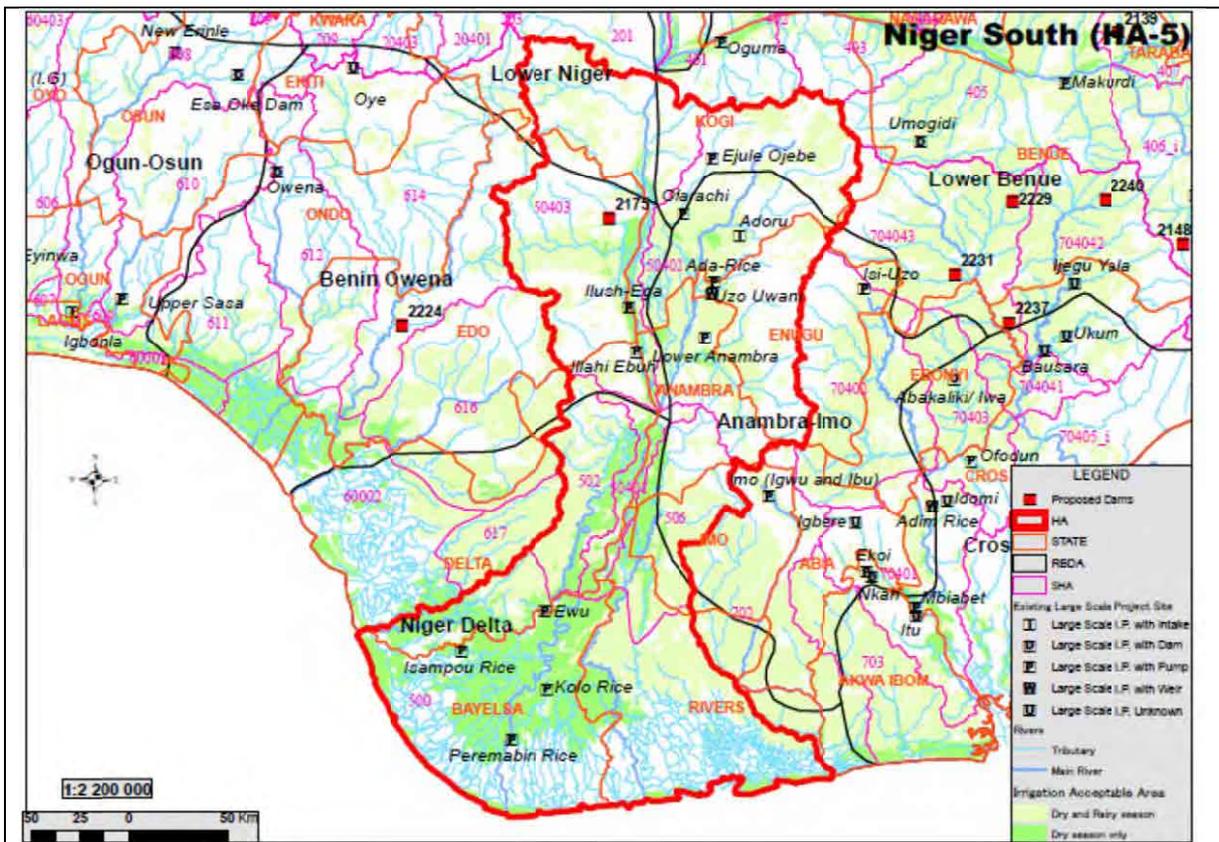
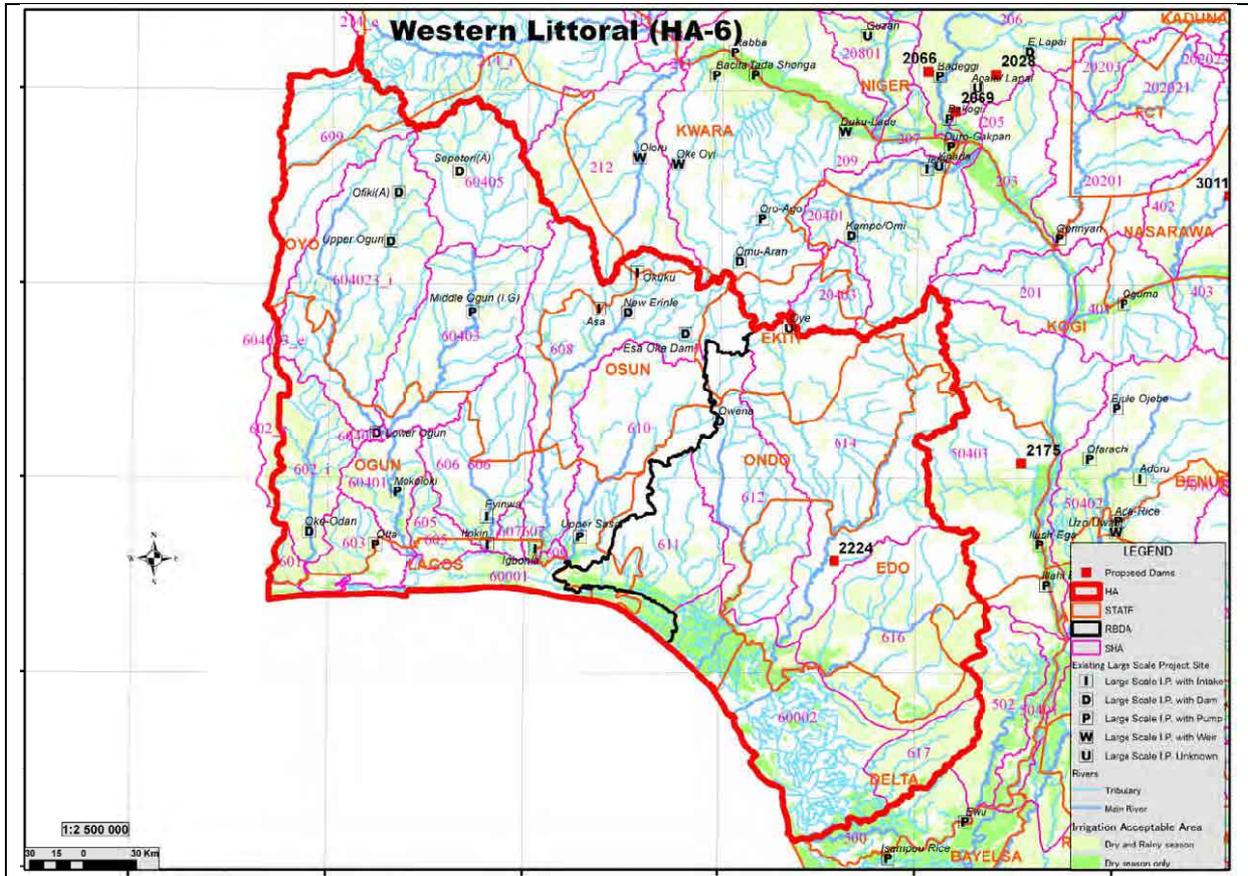


図 8-15 灌漑計画 (HA-4)



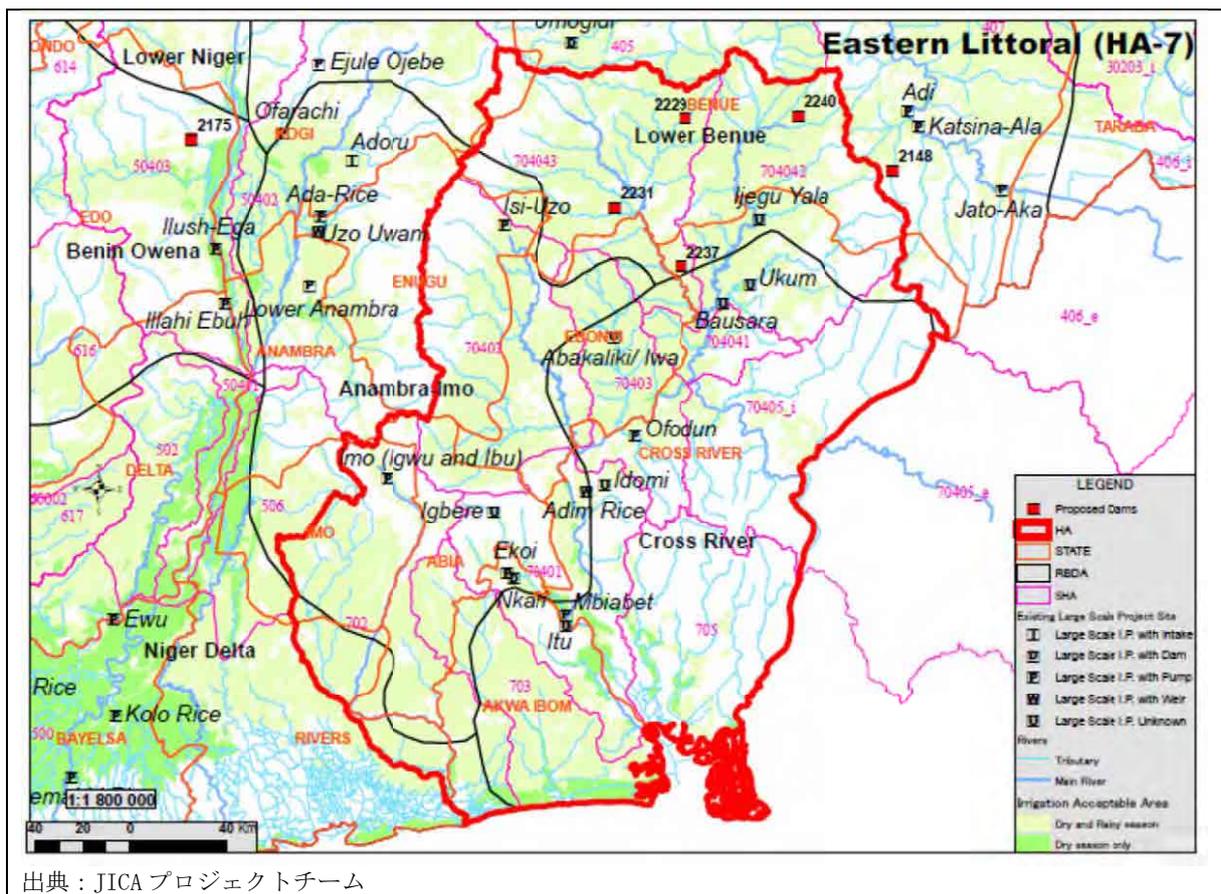
出典：JICA プロジェクトチーム

図 8-16 灌漑計画 (HA-5)



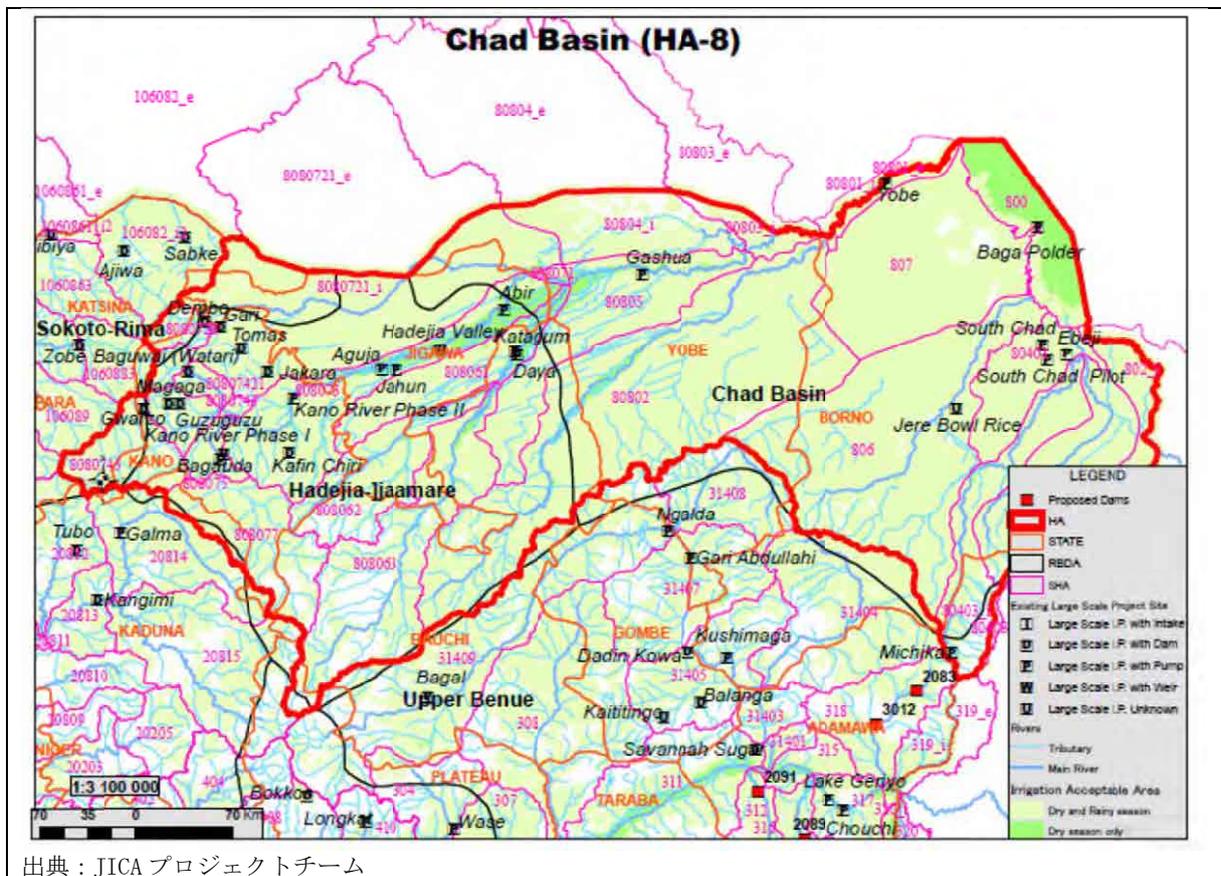
出典：JICA プロジェクトチーム

図 8-17 灌漑計画 (HA-6)



出典：JICA プロジェクトチーム

図 8-18 灌漑計画 (HA-7)



出典：JICA プロジェクトチーム

図 8-19 灌漑計画 (HA-8)

8.2.3 円滑なスキーム運営管理体制の構築

公的灌漑スキームの運用・維持管理はRBDAs や州政府が主体となって行っている。しかしながら、灌漑スキームには、RBDAs の運営能力や維持管理能力の低さ、予算の制約、灌漑施設のトラブルと老朽化、不適切な水配分、水利組合や農民の参画意識の希薄さ、水料金の徴収とコストリカバリー、灌漑用機械と農業用機械の整備不備など、多くの問題を抱えている。円滑なスキームの運営や維持管理を行っていくには次のことが重要である。

- 1) RBDAsの運営能力や維持管理能力の強化、スタッフの技術力向上
スキーム運営が比較的円滑なスキームを成功モデルとして捉え、これを他地区へ展開する。
- 2) 水利組合の組織強化と農民の参画意識の啓発
成功地区の事例紹介やWorkshopによる啓発活動、RBDAsと農民代表である水利組合による水使用計画協議を通しての連帯感を醸成する。
- 3) 適切な運営を行うため水料金値上げによる資金の調達
水料金を支払う農民の信頼を得るために水供給サービスを高め、水料金を経済的に適正な価格（運営費に見合う価格）まで値上げすることを視野に入れる。さらに、スキームにおいて徴収できる水料金と運営・維持管理に要する費用の差額を補完する予算措置が必要である。
- 4) 灌漑方法の変更、施設の補修・改修・維持管理の強化
立地条件に応じて重力式灌漑への転換を図る。施設の補修や改修はRBDAsが主体となって行うが、施設の維持管理には水利組合や農民の参画を図る。
- 5) 適正な水配分と効果的なモニタリングシステムの構築
チェックゲート操作と運用についてモニタリングとその評価を通して、水配分の適正化を図る。また、水配分に係わるRBDAsスタッフや農民の技術力向上を図る。
- 6) 機械類の整備と更新の推進
機械類の整備や更新のための予算措置が必要である。また、メンテナンススタッフの能力強化を図る。

8.3 その他サブセクターへの勧告

8.3.1 水力発電

水力発電は落差と流量のエネルギーを電気として回収する仕組みで、施設構造自体はシンプルであり、導入自体は大規模なプラント設備が必要となる火力発電所などと違って導入が容易である。しかし、その反面ある程度の落差と流量が得られない場合は費用対効果的に採算性がとれないケースが多いため注意が必要である。また、水車は流水を利用するという性質上、ゴミなどの流入による故障が多発する恐れがあり、適切なメンテナンスを行うことも重要である。

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) 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。

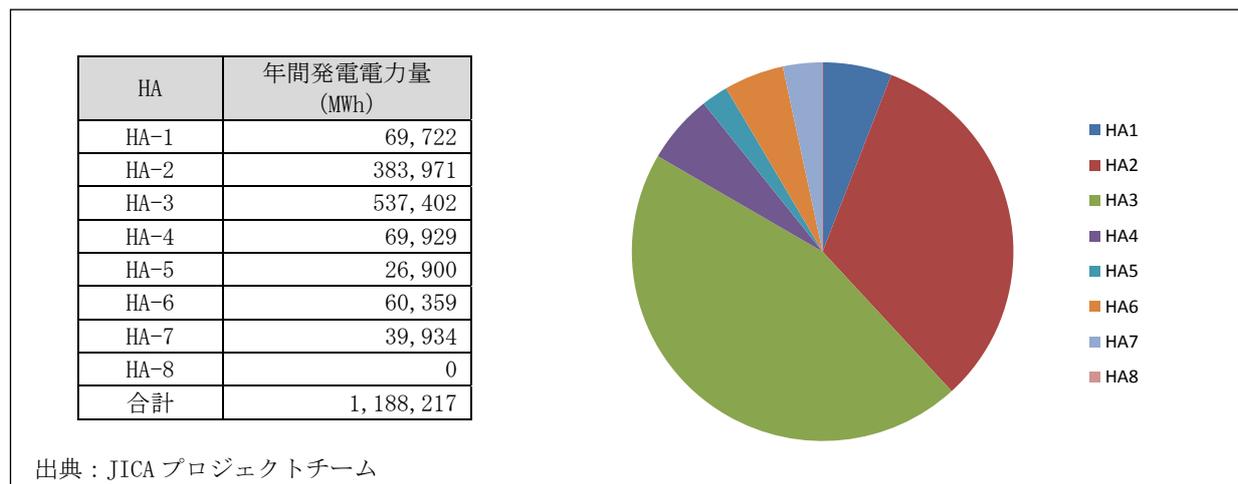


図 8-20 各 HA の年間発電電力量

(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現に抑えることが可能である。

日本における低落差の発電所は以下のとおりであり、落差は 3m から 9m 程度である。七ヶ用水路は農業かんがいのための用水路に設置された水車であり、本調査の農業スキームの中にこのような発電所の適地が存在する可能性がある。



設置河川名	七ヶ用水路
有効落差	5.45m
最大使用水量	15.00m ³ /s
最大出力	630kW
年間発電電力量	4,011MWh

出典：手取川七ヶ用水土地改良区 Website
<http://www.shichika.or.jp/work/plant.html>

七ヶ用水発電所(事業者:石川県)



設置河川名	阿賀川
有効落差	9.00m
最大使用水量	45.00m ³ /s
最大出力	3,300kW
年間発電電力量	17,036MWh

出典：福島県企業局 Website
<http://www.pref.fukushima.jp/development/denki/main1.html>

小谷発電所(事業者:東星興業)



設置河川	木津川
有効落差	3.30m
最大使用水量	27.80m ³ /s
最大出力	710kW
年間発電電力量	不明

出典：いづみ路観光協議会 Website
<http://www.kizu.ed.jp/kyoui/izumijikanko/>

相楽発電所(関西電力)

図 8-21 日本における低落差の発電所の事例

上記に示した発電所は落差がとれない分最大使用水量が大きくなっており、流量が豊富な箇所でないとならない。また、流量が多い箇所での施工となるため、仮締切りなど施工が難しい箇所も多いため十分な検討が必要である。

そのような面で見ても上記の七ヶ用水路のように新設水路の施工と併せて発電所を設置することは、大がかりな仮締切りが不要であるため非常に合理的である。このため、灌漑スキームの水路整備のうち、農業用水量が大きい箇所は積極的に導入を検討することが望ましい。低落差の水力発電所であれば地形的な条件は殆ど制約とならないため、設置可能箇所は多く存在すると思われる。

(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。

8.3.2 洪水・土壌侵食対策

(1) 「ナ」国の背景

「ナ」国の主な河川は、基盤岩上に長い年月をかけて堆積した堆積岩地帯の平坦な谷の中に形成されている広い氾濫原を流下している。気候は半乾燥または亜熱帯で、流量の変化は基本的に季節的である。このような気候と河川のため、ニジェール川、Benue 川およびその支川において、Fadama と呼ばれる伝統的な氾濫地耕作が今でも行われている。

このような河川のため、氾濫地耕作は比較的容易に、つまり河川水の利用が最小限の構造物で可能であったために、歴史的には大規模で機械的な灌漑はそれほど発達しなかった。このため「ナ」国では、労働集約的な灌漑というものが今でも多い。このような背景から、アジアの灌漑文明が発達している諸国とは異なり、「ナ」国では大規模構造物により治水を行うことは少ない。

「ナ」国の内陸水運は、19 世紀後半から 20 世紀前半までヨーロッパ諸国のビジネスとして最も繁栄した。しかし、その後、内陸水運は、20 世紀前半のイギリス植民地政府の政策（鉄道と道路輸送へのシフト）により衰退し、さらに石油の発見を契機に主要貨物である農業の軽視と、道路網の発達により、さらに衰退した。

「ナ」国の都市は、比較的国土に分散して発達しており、標高 100m 超の場所に人口の大部分が住み、大規模な河川の洪水の影響を受ける立地の都市は限られている。しかし近年の市街地の拡大により、新規の市街地は川沿いの条件の悪い場所に進出するケースがあり、近年の洪水被害の顕在化の原因となっている。

「ナ」国は、河川と人々との関係は長い歴史を有するが、1960 年の独立時における舟運の衰退傾向と過去の大規模灌漑事業の未発達のため、河川管理という面において、政府組織の関与の歴史が比較的短くなっている。

(2) 課題

(2-1) 洪水による被害

「ナ」国における洪水は、季節的な増水と降雨によるフラッシュ洪水が主なものである。季節的な増水は Niger 川、Benue 川、Imo 川、Anambra 川等の自然河道の多くの区間で生じる。フラッシュ洪水は、降雨からの流出が市街地で氾濫して生じる。南部のデルタ低地では、高潮位や増水の影響を受けた内水による洪水が生じる。

図 8-22 は、NIMET から提供を受けた過去 30 年間の日降雨を統計解析した確率降雨量である（10 年確率の日雨量と 3 日雨量）。南部の沿岸地帯の場所では日雨量が 150mm を超えるが、中間地帯は地域によって日雨量にばらつきがある。

「ナ」国の過去洪水実態を取りまとめた資料は乏しい。個別の資料や新聞記事に情報が分散している。表 8-29 は主として多くの犠牲者をもたらした洪水災害を抽出したものである。近年の洪水災害として大きく報道されたものとしては、2010 年 9 月の Sokoto 州洪水、2011 年 8 月の Ibadan 州洪水、2011 年 7 月の Lagos 州洪水が挙げられる。前者 2 つの洪水は、いずれも上流のダムあるいは貯水池からの放流により、下流区間で増水が生じ、それがために氾濫原に被害が発生したものである。後者は、沿岸の低地地域である都市部での浸水であった。

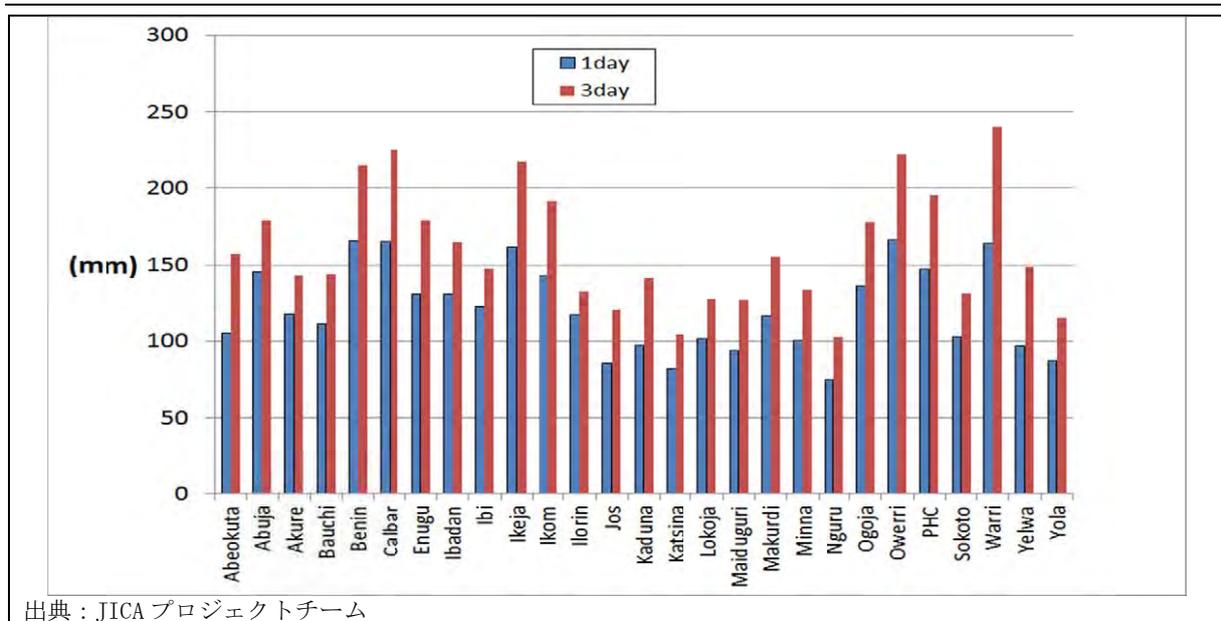


図 8-22 気象庁 (NIMET) の 10 年確率雨量

表 8-29 「ナ」国の過去の主要な洪水災害

年/月	州(都市)/河川名	Description of Cause and Damage
1980 年	Oyo (Ibadan) / Ogunpa 川	12 時間で 274.1mm の降雨。死者 100 人、被災者 50,000 人。
1988 年 8 月	Kano	Bagauda ダムの崩壊により、18,000 家屋、200,000 人の被災者、23 人の死者をもたらした。
1999 年 9 月	Kaduna / Kaduna 及び Niger 川	死者 39 人、300,000 人の被災者。
2010 年 9 月 8 日	Sokoto, Kebbi / Sokoto-Rima 川	降雨と Goronyo ダムからの放流。
2011 年 8 月	Oyo (Ibadan)	ダム崩壊によるフラッシュ洪水により 120 人の死者。
2011 年 7 月	Lagos, Ogun, Oyo	7 月 10 日の豪雨により、25 人の死者。
2012 年 8-10 月	33 州 (特に Kogi, Adamawa Delta) / Benue 川, Niger 川	363 人の死者。220 万人が被災し、多くの耕作地、家屋、資産に被害が出た。

出典：JICA プロジェクトチーム

2012 年 7 月から 10 月にかけて、「ナ」国は Benue 川、ニジェール川の記録的な増水により、大河川の 1 ヶ月以上に渡る洪水の流下が、沿川都市部の被害をもたらした。NIMET 資料¹によれば、洪水規模は過去 80 年で最悪で、ニジェール国上流の多雨による「ナ」国への洪水流入と、7 月における「ナ」国内外での記録的な流出量が原因であるという。全国 36 州の内、33 州が洪水の影響を受け、中でも 14 州の被害が深刻であった。全国で 770 万人が 7 月から 10 月の間に洪水の影響を受けた。犠牲者は 363 名、18 千人が怪我をし、618 千戸の建物が被害を受けた。

(2-2) エロージョン

「ナ」国の地形は、アフリカ盾状地の先カンブリア基盤岩の高まりからなる地域と、Niger 川～Benue 川に沿う標高の低い地域からなる。前者は侵食平坦面、後者は堆積面であり海成や河成の平坦地でもある。侵食平坦面と、現在の河川沿いの堆積面の境界は、ペディメントと呼ばれる緩傾斜地となっている。この緩傾斜地は、河川の側侵食や崩壊で後退するばかりではなく、ガリー侵食が生じたり、湧泉のところで谷が出来たりして後退していく場となっている。侵食平坦面においては、降雨強度があり、かつ植被のない裸地において、ガリー侵食が発達することが多い。

¹ NIMET, 2012 Nigeria Climate Review

「ナ」国のガリー侵食は19世紀のイギリス植民地時代から問題視されており、中でもAnambra州のAgulu-Nanka地区^{2,3}（約1,100km²）は、最も規模が大きく、20世紀前半から構造的対策が試みられるなど、全国的にガリー侵食問題の象徴となっている。

ガリー侵食は一般に規模が大きく、それ故、注目されるが、それに至るまでには、複合的な要因がある。Agulu-Nanka地区では、源頭部を通る道路建設による雨水排水系統の変化により、リル、そしてガリー侵食が発達し、道路本体に影響を与えている例が報告されている⁴。また、「ナ」国南東部におけるガリー侵食をもたらしている主要な人為的活動は、道路等のインフラ建設、土砂採掘、耕作、人道建設、放牧、都市化（人口集中）である。

連邦環境省は、「ナ」国の土地劣化状況を調べるために、「潜在的な土壌侵食の防止と管理のための土地劣化状況の図化と評価」を2010年に実施した。成果として、「ナ」国全土を縮尺25万分の1の99枚のシートに分けて、土地劣化状況が示された。そのシートに基づき、JICA調査団がHA毎に劣化している土地面積を集計した結果を以下に示す。この面積はリルとガリー侵食のポテンシャルを示すと解釈される。

表 8-30 連邦環境省による劣化している土地面積

HA	面積(km ²)	HA	面積(km ²)
1	8,904	5	411
2	21,664	6	10
3	3,140	7	1,140
4	86	8	4,822

出典：JICAプロジェクトチーム

(3) セクターの現況

(3-1) 洪水・エロージョン対策の方針（国、州レベル）

1999年に連邦環境省設立の際、当時の連邦農業水資源省が有していたエロージョン、洪水対策に関わる権限は、組織ごと連邦環境省へ移管された。このため、基本的にM/P1995で提案されたエロージョン、洪水対策は上述の国家環境政策に吸収される形で、現在まで主として連邦環境省の手によって実施されている。

a) 1998年のNational Policy on the Environment

1998年に策定されたNational Policy on the Environmentによれば、「ナ」国全土に2,000箇所以上のぼる活発なガリー侵食サイトが広がっており、これらの適正な制御が必要とされている。同指針によれば、洪水氾濫、侵食防止のためには、以下の戦略が要求されるとしている。

洪水防御に関する戦略

- 都市計画および関連法令に対する法令順守の徹底
- 洪水防御のための築堤
- 洪水予警報システムの確立
- 気象、河川および潮汐のモニタリングシステムの確立とモニタリングの実施
- ダムの適正な管理
- 既存都市排水路の適正な維持
- 都市域における環境衛生に関わる法の徹底

エロージョンに関する戦略

- 包括的な国家政策の準備と実施
- 特に侵食に対する脆弱地域に対する水土保持に関する規制の強化
- 国の水土の質確保のためのプログラムの徹底とより積極的な管理のための集水域の特徴

² Egboka, Okpoko, Gully erosion in the Agulu-Nanka region of Anambra State, Nigeria, Proceedings of the Harare Symposium, July 1984, pp. 335-347

³ Floyd, B., Soil Erosion and Deterioration in Eastern Nigeria, Nig. Geogr. J. 8(1965), pp33-43

⁴ Enuvie G. Akpokodje, Akaha C. Tse, Nnamdi Ekeocha, Gully Erosion Geohazards In Southeastern Nigeria and Management Implications, Scientia Africana, Vol. 9 (No.1), March, 2010, pp 20-36

づけに関する調査の実施

- 侵食防止のための定期的なマスタープランの準備および計画実施のために要求される資金に関する連邦政府へのアドバイスの実施
- 侵食防止対策のための科学的な調査および事業実施可能性調査の実施
- 貧弱な水土管理に起因する環境劣化に関する啓蒙活動の実施
- 水土保全、浸食、洪水現象に関わる教育訓練の推進
- 農業、水、土地、村落開発に関連する機関との統合的生態システム管理の推進
- 気候関連生態系問題に関わる教育訓練の提供による能力強化
- 環境・防災関連データバンクの開発、リモートセンシング、GIS 技術のための環境管理支援システムの強化
- アグロフォレストリーの支援
- 土壌改良種による放置農地の回復の推進
- 有機農薬等の利用と保全農業の推進
- 侵食災害に起因する社会経済問題に対応できるコンティジェンシー計画の確立

b) 国家開発計画 (Vision 20:2020)

Vision 20:2020 の柱の1つである「持続的社会的育成と経済開発」の基本課題には「持続的な社会経済発展のための環境保全」がある。その中では、土壌劣化の防止がイニシアチブの1つとして挙げられており、洪水防御、エロージョンに関わる事業は、この基本課題の解決のために貢献するものと考えられる。

(3-2) 現在の各組織の役割分担

当該セクターの現在の各組織の役割分担、行われている事業種別について、表 8-31 に示した。当該セクターは、基本的に都市環境行政の一部として連邦環境省と各州政府に担当されている。連邦水資源省は、管轄する多目的ダム下流区間に対する放流（としての洪水対策）、管轄する大規模灌漑事業における農業堤防や土砂流出対策を当該事業に位置づけているのが現状である。

表 8-31 現在の各組織の役割分担、行われている事業種別

機関		洪水対策	侵食対策
Federal Ministry of Environment	中央官庁	早期洪水予警報の開発と運用	Federal Ministry of Environment
Federal Ministry of Water Resources	中央官庁	多目的ダムの運用	Federal Ministry of Water Resources
	RBDA	灌漑施設と関連した構造物対策の実施	
	NIHSA	水文モニタリング	
State Governments	環境管理部門	構造物対策の実施	State Governments

出典：JICA プロジェクトチーム

(3-3) 現行の主要なプロジェクト

当該セクターに関わる連邦レベルの現行の主要なプロジェクトは、連邦環境省が主体となっている「ナイジェリア国土侵食対策と流域管理プロジェクト (NEWMAP)」と「洪水予警報システム整備」である。

世銀の資金援助によるナイジェリア国土侵食対策と流域管理プロジェクト (NEWMAP) は、関係 9 州と地方自治体が土壌侵食の脆弱性を低減することを支援するために行われる。連邦政府機関は、財務省、環境省、農業村落開発省である。総合的な流域管理のアプローチを適用して、関係州で選定された地域において、有効な技術的対策と生態系の保護策を講じる。関係 9 州⁵は、Anambra、Abia、Imo、Enugu、Ebonyi および Kaduna、Kano、Sokoto、Ogun 州である。プロジェクトは、主

⁵ This Day (Newspaper) 2012 March 09.

に2つのコンポーネント、すなわち対象地域における対策事業の実施コンポーネントと、土壌侵食管理と流域管理に関わる組織整備および情報管理システムの整備コンポーネントである。世銀の総支援額は約508百万ドルである。

連邦環境省は他の関連機関と協力をして、ウェブ上の洪水予警報システムを立ち上げ、全国の様々な場所の状況をモニタリングし、人命と資産への被害軽減のための警報を出している。このシステムは都市部、河川流域、ダム貯水池に対応する予定である。予測データは、このウェブサイト上で、様々な都市を対象に提供されている。予測データは、降雨、気温、湿度、大気圧等である。

また連邦環境省は UNDP と他の関係機関の協力を得て、衛星ベースの洪水モニタリングシステム、コミュニティーベースの予警報システムを立ち上げた。

当該セクターの構造的な対策は主として州政府の環境部局が実施をしている。各事業は個別の小規模なもので、市街地の排水路整備（ライニング、浚渫）、法面排水処理、植栽工、沿岸部の簡易な護岸工などである。

(4) 連邦水資源省の今後の役割のあり方

このように「ナ」国における当該セクターは都市環境問題として、連邦水資源省からこのセクター一部局を移管された連邦環境省と州政府が担当している。現在、連邦水資源省における当該セクターは活発ではなく、灌漑事業に付随する事業が行われているのみである。

しかし、近年、特に2012年洪水を契機として、「ナ」国政府として洪水による災害管理を全国的に推進していく動きがある。NIMET と連邦水資源省の NIHSA は、水文情報の交換に一層の協力体制を強化し、特に NIHSA は、洪水予測（降雨流出の予測）に本格的に取り組みたい旨の表明をしている。

「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 8-32 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	<ol style="list-style-type: none"> 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
カテゴリー/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			水文モニタリング
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 8-23 連邦水資源省の今後取り組むべき分野

(5) 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

背景

2012 年洪水では、Benue 川や Niger 川等の大規模な河川が増水し、「ナ」国全体として洪水被害への懸念が大きくなっている。そのような中で、連邦水資源省、NIHSA はそれぞれ大規模河川に多くのダム、全国的な水文モニタリング網を有しており、NIMET との協働を通じて、ダム下流の氾濫原における洪水予測の実現が期待されている。

アクションの内容

- 法的に氾濫原の管理を行う河川、氾濫原区間の指定
- 洪水のリスクを評価していく氾濫原区間の選定
- 基礎的な調査と解析の実施（氾濫原の横断測量、洪水解析モデル作成、洪水観測）
- 洪水リスクエリア評価の実施

成果の活用

- 指定氾濫原における灌漑事業者、農民への洪水情報の提供
- 将来の氾濫原開発への基礎資料
- 沿川市街地における防災対策、土地利用計画への反映

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

灌漑セクターの将来計画において、Benue 川の氾濫原において大規模灌漑事業が 2 カ所計画されている。何れも右岸側の低水路沿いで、洪水時には氾濫の可能性がある場所である。

図 8-24 は Benue 川下流区間の大規模灌漑事業計画地の位置、図 8-25 は灌漑地の代表的な横断面を示す。横断面は SRTM3 のデータであり、標高精度は数メートルあると言われているが、氾濫原には自然堤防が認められる。灌漑予定地は 2012 年洪水時には氾濫しており、将来の事業化に際しては自然堤防の位置を利用した道路兼用堤防などの洪水対策が必要となる場合も想定される。連邦水資源省は「事業 1」の氾濫原の洪水リスク評価成果を活用して、管轄する大規模灌漑事業における必要な洪水対策立案への技術貢献をしていくべきである。

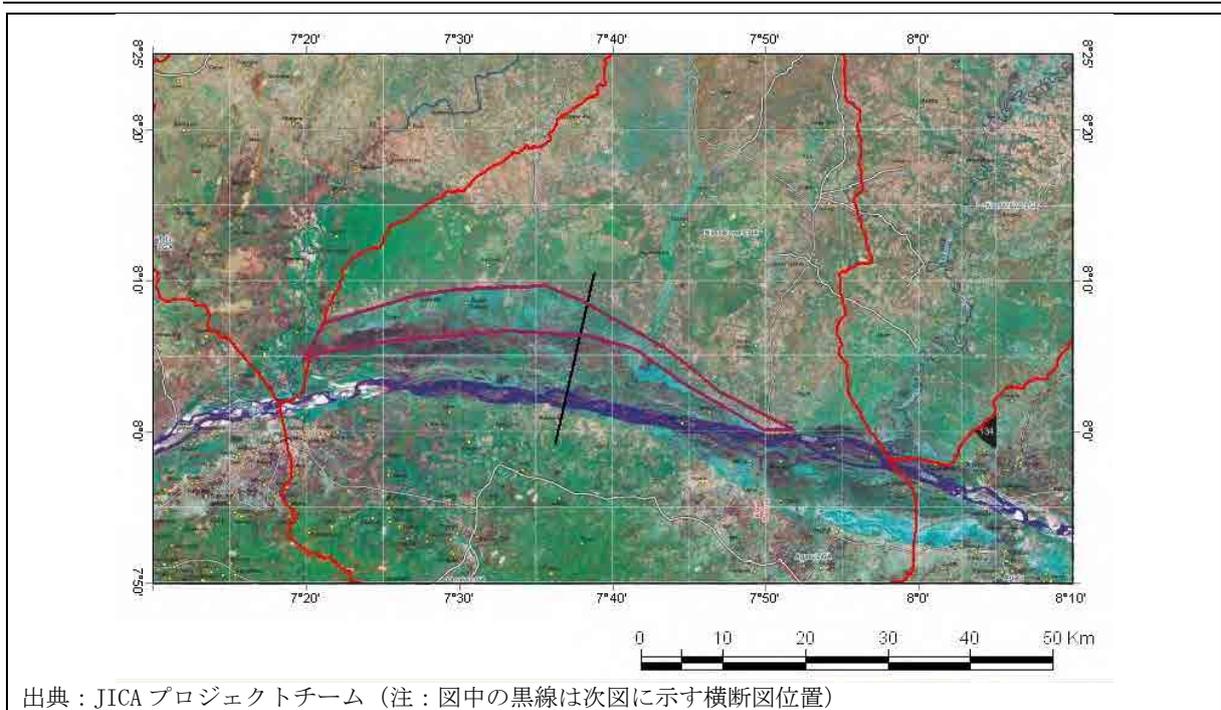


図 8-24 Benue 川下流側の大規模灌漑計画地

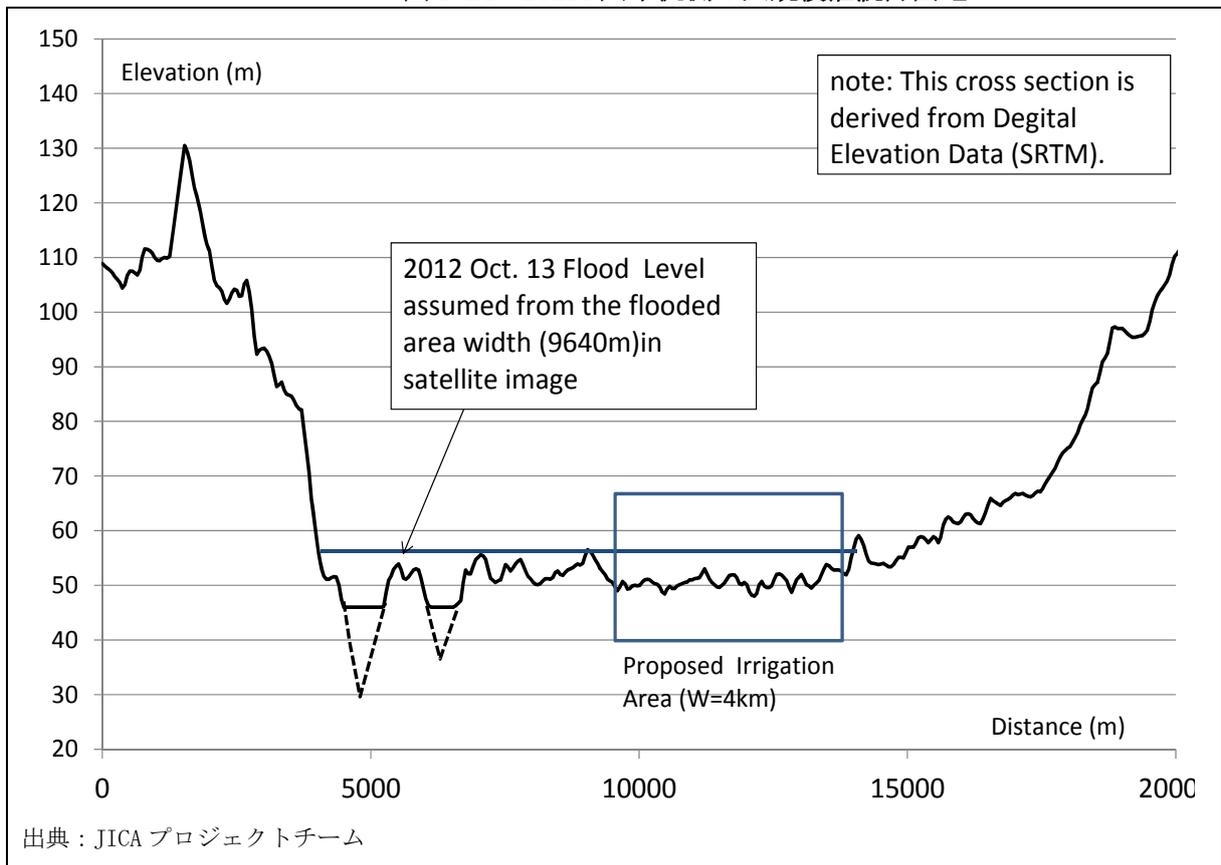


図 8-25 Benue 川下流側の大規模灌漑計画地の氾濫原の横断面図

8.3.3 内陸水運

(1) 既存の政策、戦略、計画

「ナ」国連邦政府は、2010年8月に、国家運輸政策（案）を作成した。その政策によると、「ナ」国の運輸システムは以下のように述べられている。

「ナ」国の現代の運輸システムは以下の2つの別々のフェーズに分類できる。

a) 近代的な運輸システムが生まれた植民地時代

鉄道網、水運、道路の発達に伴い、換金作物（落花生、ココア、綿花、パーム類）の輸出と、廉価で大量の消費財の輸入に対応すべく交通網が整備された。この初期の運輸システムは最も経済的な手段で計画されたため、道路や鉄道の路線はサブ標準、道路の路盤も標準以下で建設され、後に重量のある交通には不十分であることが示された。

b) 植民地後・独立直後

国家の方向が最設定され、運輸分野は国家の統合のツールとなり、そして社会と経済の発展のための重要なツールとなった。1950年代からの石油資源の開発は、国の社会経済成長に重要なインパクトを与え、それに伴い運輸システムへの需要が高まった。

「ナ」国の貨物と乗客の動きは、主として道路によって担われ、鉄道と水運は重要であるが、それほど重きを置かれなかった。国際貨物の動きは原則として海上交通で賄われ、空路は乗客の輸送を行った。

沿岸部と内陸水運のシステムは、長距離を安いコストで輸送できる点で、国の鉄道や道路の運輸インフラへの圧力を和らげる働きがあった。内陸水運のエネルギー需要は低く、環境への負の影響も最小である。従って、内陸水運の輸送のための利用はもっと推し進められるべきである。

(2) 現状

「ナ」国の内陸水運は、国内の36州の中の20州を結んでいる主要な天然資源である。主要な河川に隣接する地域は国の重要な農業に適した湿地帯である。特に中部ベルト特に Makurdi と Lafia の区間で生産された農作物は、水路を通じて、Onitsha や Port Harcourt へ運ばれる。

全国内陸水運庁 (NIWA) は1997年に、政令第13号により設立された。この政令は、NIWA に対して内陸水路の管理、監督、規制の権限を託している。図8-26にNIWA組織図を示す。この権限は、「ナ」国のニジェール国境とカメルーン国境から大西洋に至る3,000kmに及ぶ可航水路を対象としている。「ナ」国は人々と物資が南北間で移動することに対して有利な河川特性に恵まれている。

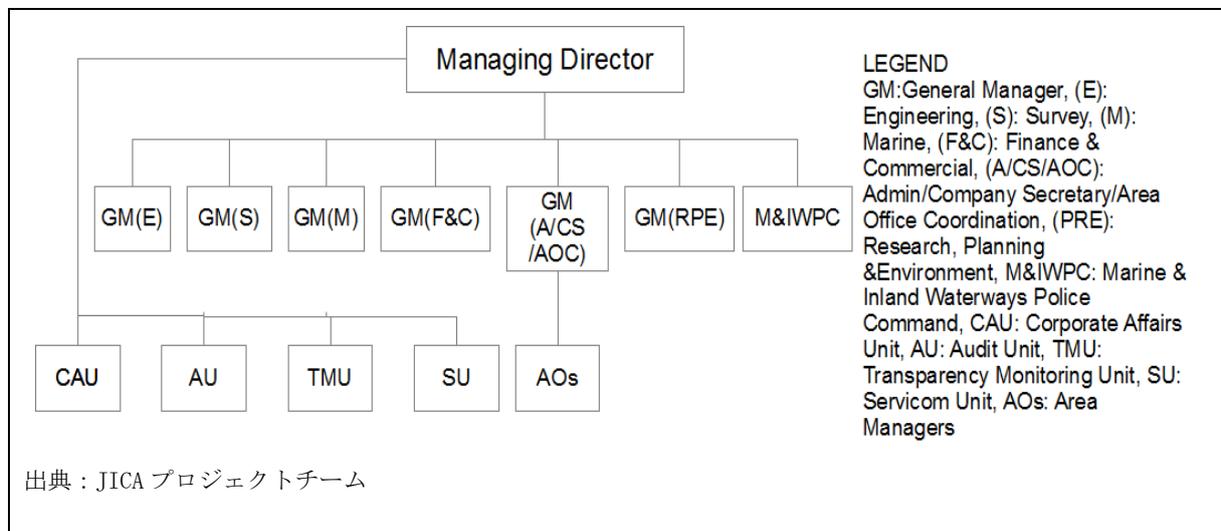


図8-26 NIWAの組織構成⁶

「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。舟運改善と関連施設の建設のための土地利用権は、水路の両岸と、100年確率洪水で水面下になる地域に及ぶ。増水時に越流は生じないような切り立った河岸をもつ水路の場合、ROWは河岸から100mの範囲内に及ぶ。

⁶ NIWA's Charter of Service Compact(SERVICOM)

世界銀行の報告書（2005）によると、「ナ」国においては沿岸のラグーン地域と Niger Delta 地域の可航水路は 6000km 以上であり、その半分は Niger 川、Benue 川の河川システムである。Niger 川の場合、大型の平底船は、Onitsha（河口から 1,127km）まで通年舟航可能であり、Jebba（1,448km）までは 8 月から 2 月の期間可能である。Kainji ダム貯水池は、130km に渡って舟航可能である。Benue 川は、Makurdi までは 6 月から 12 月が、カメルーンの Garoua までは 8 月から 11 月まで舟航可能である。

Kainji ダムと Jebba ダムは、どちらも閘門を有している。

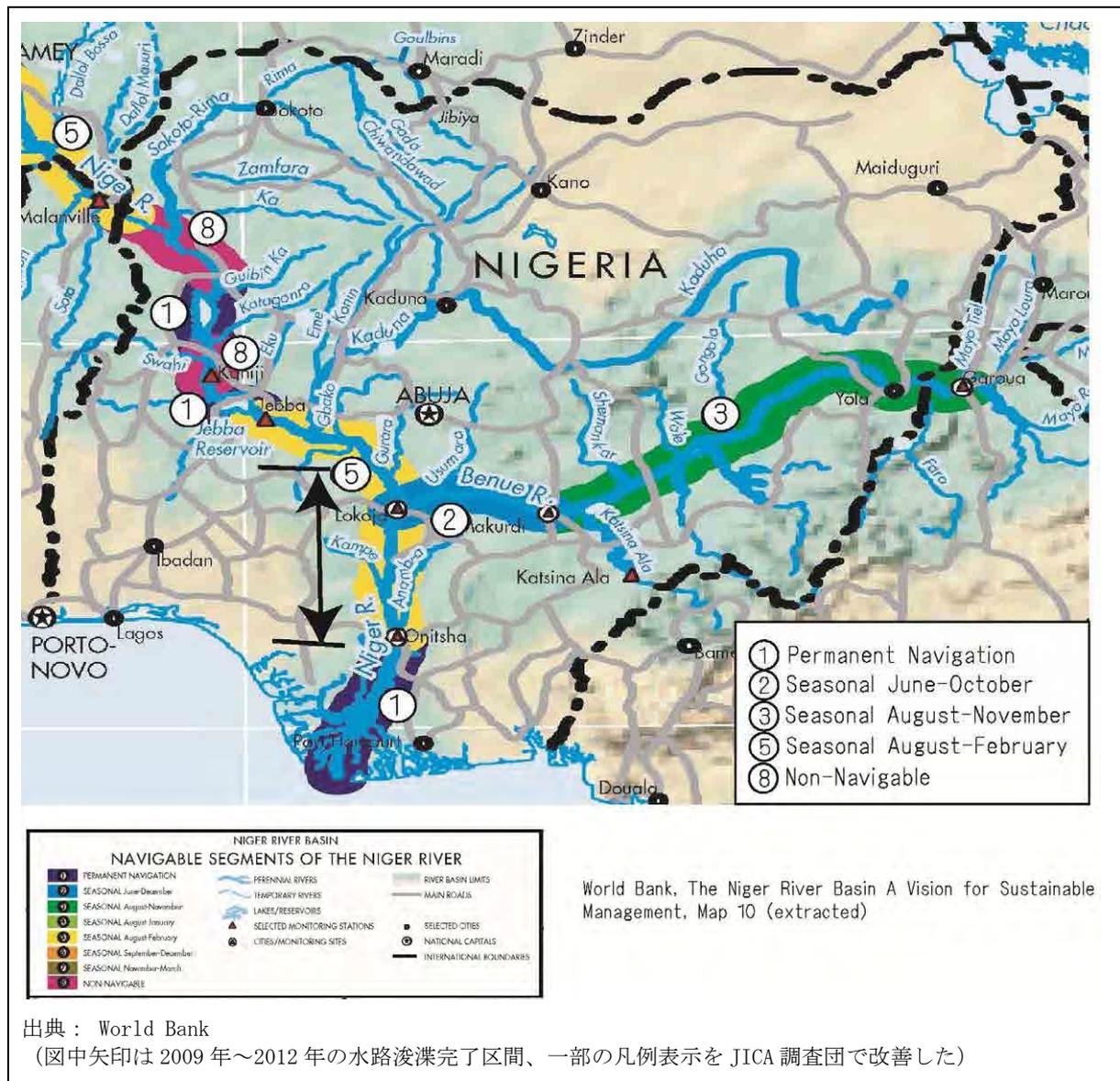


図 8-27 Niger 川と Benue 川の可航水路区間

Niger 川下流区間の航路浚渫は、1958 年と 1978 年に行われている。そして 1996 年、連邦陸軍政府は、Delta 州の Warri から Niger 州の Baro までの 572km 区間の浚渫事業を認可した。その事業は 2009 年になって開始され、2012 年までに水路浚渫部分が終了した。

Niger 川下流区間は、横断面形状が台形となるように浚渫される。

- 水準面からの深さ 2.5m
- 底幅 60m
- 上部幅 (@CD) 100m

浚渫航路水準面 (CD) とは、2 月と 3 月の低水時の浚渫前に設定された水際線の水準点である。

(3) 問題、課題

多くの有利性にもかかわらず、内陸水運の利用は特に過去 30 年間、縮小傾向にある。その理由は以下の物理的、投資面、運用面での制約である。

- 水路に沿った高い土砂堆積の割合
- 多くの露岩した浅瀬、取り残された座礁船
- 施設建設への不十分な政府の投資
- 河川港への不十分な陸側アクセス
- 不十分な通信システムと航行安全標識

(4) 改善の方向性

政府は、内陸水運の多大な潜在力を認識し、国がこの運輸システムを十分に活用できるように上記の課題を解決する用意がある。それ故、政府は内陸水運と沿岸水運の開発に際して民間セクターの参加を目的としている。

この目的を達成するために、政府は主として以下の事項を進めていく⁷。

- 「ナ」国の内陸水路で舟航に障害となっている物理的な要因を除去する
- 物流が内陸水運に移行するような価格政策の推進
- 内陸水路を管理している NIWA の組織改革を通じて、水路の管理、運営に民間セクターの参加を推進する
- 地元住民に、内陸水運の利用を奨励する

NIWA によると、2011 年に連邦運輸省 (FMT) は、内陸水運マスタープランと投資可能性調査を行った。この報告書は航路維持管理のコンセッション、官民連携のプロジェクト案などが含まれている。

(5) 連邦水資源省の今後の役割のあり方

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

8.3.4 内陸漁業

(1) 漁業セクターの政策

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
- 漁業に関しての法整備
- 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

⁷ Federal Government of Nigeria, Draft National Transport Policy, P.17

(2) 提言

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。

8.3.5 畜産

(1) 畜産セクターの政策

畜産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。

(2) 提言

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。

第9章 水資源管理計画

9.1 概説

本節では、まず「水資源管理の目的と戦略」を議論する。多くの管理項目には水資源の量・質の把握が重要になることから、次に「水資源モニタリングの枠組み」について議論し、水資源管理の管理項目や管理者等に応じた水資源モニタリングを明らかにする。

9.1.1 水資源管理の目的と戦略

(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。

(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。9.2節で議論しているが、4つの組織・制度の強化・改善方針（①協調的な組織編制、②参加型管理行政、③規制に関する公正な組織的なフレームワーク、④分権化と調整）に従って、合計14個のアクションプランを提案している。

● 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。第8章では、給水施設の運転・維持管理（8.1.6節）および灌漑施設の運転・維持管理（8.2.3節）について提案している。本章では、9.3節で、水源開発施設（ダムや井戸）の適切な機能維持のために、モニタリング・予測（判断）・運転のプロセスをルーチン化し施設を運転・維持すべきことを議論している。ダムについては、1)ダム管理の熟度向上、2)運転・操作の改善の方向性、3)ダムの安全管理等を提案している。井戸については、1)帯水層維持管理、2)深井戸利用施設の運営維持管理、3)深井戸の揚水能力、4)深井戸の建設体制等を提案している。

また、適切な運転・維持管理に関わる管理項目として、水文モニタリング（9.4節）、水資源データ・情報管理（9.5節）、氾濫原の管理（9.6節）、気候変動、越境水に起因するリスクの考慮（9.7節）および水環境管理（9.8節）について詳細に議論している。

● 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。9.9節で議論しているが、水の配分と規制に関わる現状分析およびフレームワーク分析し、4つの事業（①流域管理計画策定事業、②水利用許認可・規制能力強化事業、③流域管理促進事業および④水料金ガイドライン策定事業）を提案している。

● 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。本戦略に関わる項目として、水資源広報活動（9.10節）、官民連携（9.11節）、人材育成（9.12節）およびモニタリング・評価（9.13節）について詳細に議論している。

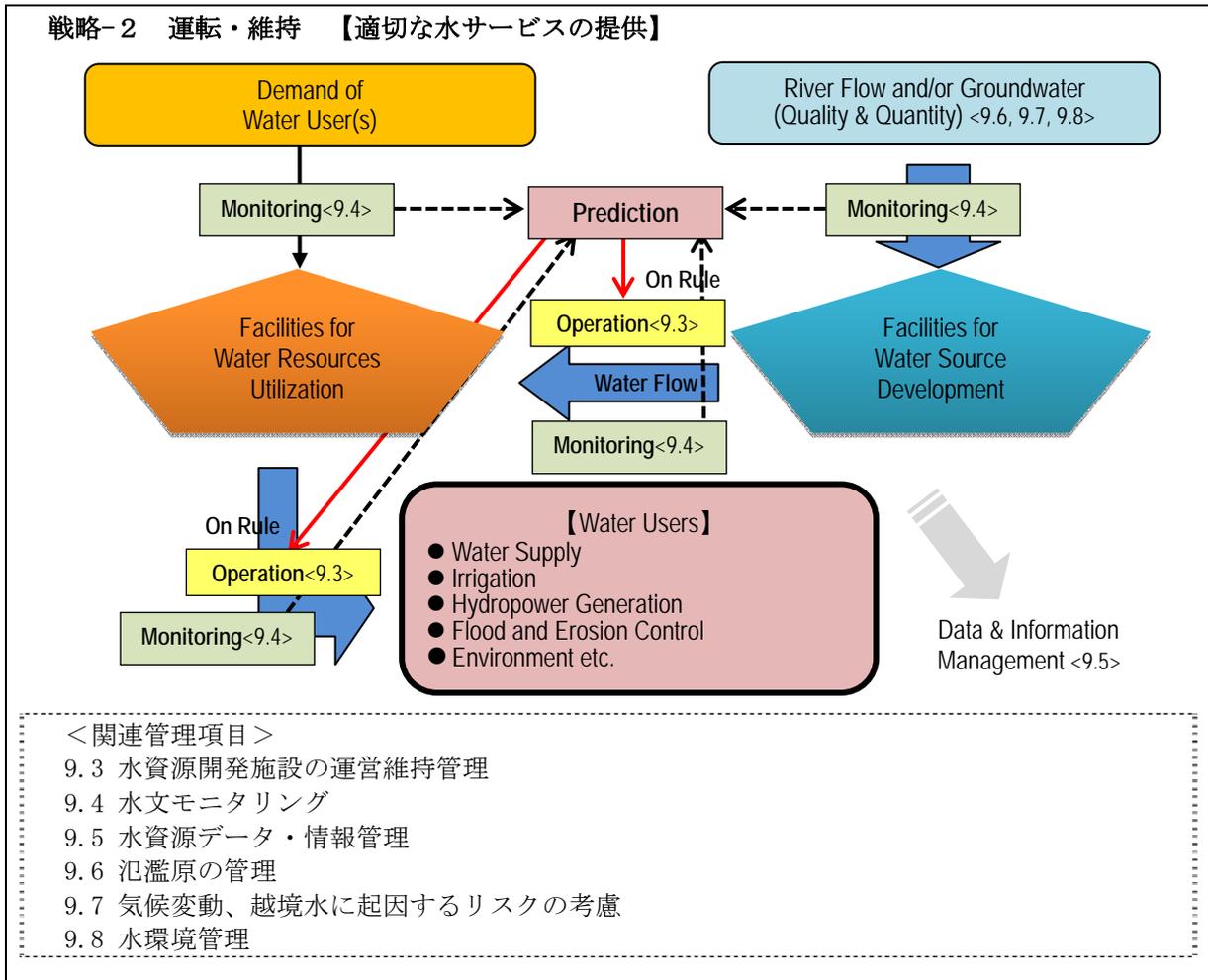
適切な水資源管理を達成するために、全国水資源マスタープラン 2013 では、図 9-1 に示すような管理項目にかかわる計画を現状の課題を分析し改善手法を検討して提案する。

<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>
9.2 公共水サービスに係る組織・制度



戦略-3 配分・規制 【水資源の配分と規制】

<関連管理項目>
9.9 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>
9.10 水資源広報活動
9.11 官民連携
9.12 人材育成
9.13 モニタリング・評価

出典：JICA プロジェクトチーム

図 9-1 水資源管理の目指すべき姿

9.1.2 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（図9-2参照）、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

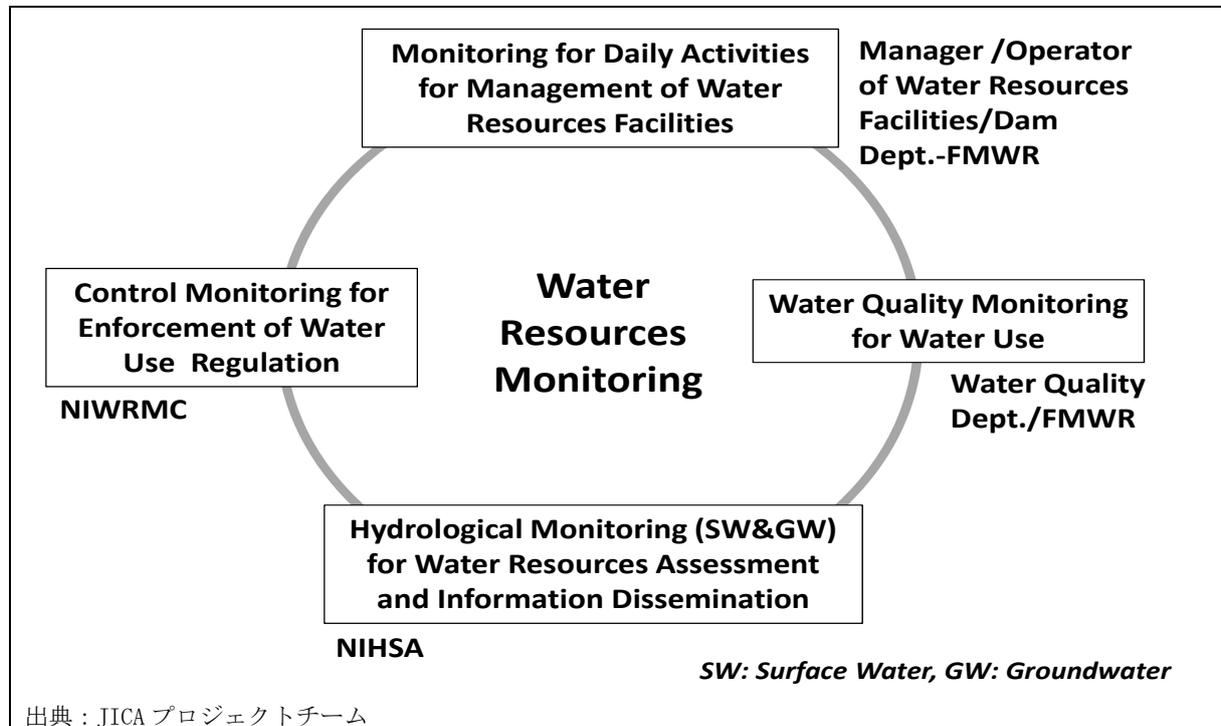


図 9-2 水資源モニタリングの 4 要素

(1) 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

これは水資源モニタリングの最も基本的な要素であり、河川、水域、帯水層における表流水、地下水のモニタリングを含むものである。主たる目的は対象管理区域における水文状態を把握することである。観測された水文データに基づき、水資源アセスメントが実施できる。アセスメントの結果は水資源計画、設計に利用される。さらに、モニタリングデータは洪水や渇水状態の解析といった水文サービスに利用されるべきである。洪水や渇水の解析を含む処理された水文データは他の水資源関連ステークホルダーに普及・伝達されるべきである。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に責任を持つ機関は NIHSA である。NIHSA による水文モニタリングの現状とその改善の方向性は 9.4 節 水文モニタリングに示される。

(2) 安全な水利用のための水質モニタリング

安全な水の供給のためには、水源水質のモニタリングが必要となる。水質汚濁の要因となる各種汚濁源の管理・規制は NESREA の職務権限であるが、水資源管理者自らが水を利用する立場から水源水質の状態を常時把握し、その情報がステークホルダーと共有されるべきである。連邦水資源省水質衛生局は、水利用にかかる水質モニタリングに責任を有しており、その現状と改善の方向については、9.9 節 水環境管理に示される。

(3) 水資源開発施設の日常管理活動のためのモニタリング

貯水ダム、頭首工、生産井戸といった水資源開発施設は、灌漑、給水といった水利用者へ水を分配するための水源施設であり、その管理者は施設の運用に責任を持つ。連邦政府が所有するダムを管理している RBDAs は典型的な水資源開発施設管理者かつ運用者（オペレータ）である。

施設を有効かつ効率的に利用するためには、その管理者は施設運用に関する意思決定を含む日常活動実施のための施設運用状況のモニタリングをしなければならない。モニタリングされたデータは、関連する地域の気象、水文情報を含むことがある。また、モニタリングされたデータは他のステークホルダーと共有されるべきである。対象管理地域の水配分を管理する水の規制者（レギュレータ）への水利用に関する報告は、水利用ライセンスの維持のためには、必須である。

貯水池運用のモニタリングに代表される水資源開発施設の日常管理活動のためのモニタリングについては、維持管理を含めた運転改善を含め、9.3 節 水資源開発施設の運用・維持管理において示される。

(4) 水利用の規制を執行するための管理モニタリング

水利用の規制者は水配分を管理し、種々の利水者による水利用を規制する。水利用の規制者は水利用に関する報告を受ける。この報告は水資源開発施設管理者による自主モニタリングに基づくものである。定期的に報告内容を確認するために、水の規制者による管理モニタリングが必要となる。

ナイジェリア統合水資源管理庁（NIWRMC）のドラフト設立法によれば、水の規制を執行するための管理モニタリングに責任を持つ機関は NIWRMC となる見込みである。しかしながら、NIWRMC の設立法は依然として大統領の最終承認待ちの状態であり、管理モニタリングに関する実際の活動は実施されていない。このことから、「ナ」国においては、水の規制者による水管理はいまだ行われていない。現状では、RBDAs に代表される水資源開発施設管理者が事実上の水配分を行っているのみである。

NIWRMC による水配分と規制の枠組みの提案とその実現に向けた取り組みについては、9.8 節 水配分と規制に示される。

(5) 水資源データ・情報管理

水資源に関わるデータ管理は、上述した水資源モニタリングの 4 要素のすべてとそれらの情報共有に関わってくる。データ・情報管理については、9.5 節 水資源データ・情報管理に示される。

9.2 公共水サービスに係る組織制度

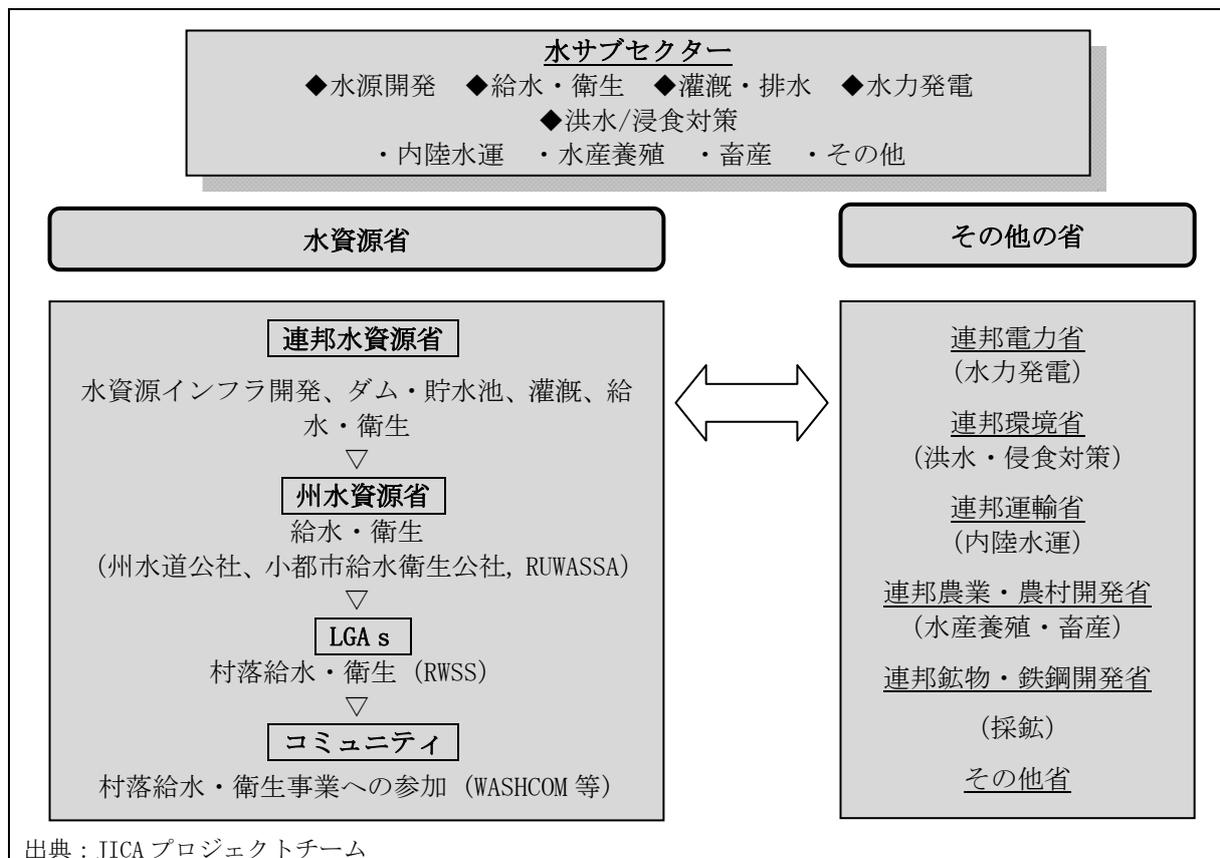
9.2.1 現状

「ナ」の水資源セクターの組織の現状については、第1章1.3節に述べた。FMWRが公表している過去における偉大な業績にもかかわらず、連邦水資源省（FMWR）は以下に述べるとおり多くの組織的課題と問題を抱えている。

(1) 水セクターにおける組織的枠組みの概要

「ナ」国の水セクターにおける権限と機能は著しく分散化され複雑である。様々な水サブセクターのうち、水資源省（FMWR）は主として、水資源開発（表流水び地下水）、給水・衛生及び灌漑・排水に責任を有している。それ以外のサブセクターである水力発電、洪水・浸食対策、内陸水運、水産養殖・畜産及び鉱業は、連邦電力省（FMP）、連邦環境省（FME_{env}）、連邦運輸省（FMT）、連邦農業・農村開発省（FMA&RD）及び連邦鉱物・鉄鋼開発省（FMM&SD）がそれぞれ分担している。

図9-3に「ナ」国の水資源セクターの組織的枠組みの全体像を示す。



出典：JICA プロジェクトチーム

図9-3 「ナ」国の水資源管理に関わる組織的枠組みの全体像

権限と機能がいくつかの組織に重複乃至複写されている現在の組織的編制の下で、組織的問題の深刻さと重大さが益々顕在化してきている。例えば、連邦環境省（FME_{env}）は水質基準やガイドラインの作成を含む水質、衛生及び汚染防止に関わる政策立案に責任を持っている。一方、同じサブセクターで、連邦水資源省（FMWR）の給水局は国家の水供給プログラムに関する政策とガイドラインの策定、モニタリング及び調整業務に責任を負っている。更に、連邦水資源省（FMWR）の水質管理・衛生局も、別途に水質管理、水衛生工学並びにモニタリング・評価（M&E）を通じて安全な水の供給に責任を負っている。水力発電セクターを例にとれば、連邦電力省（FMP）とナイジェリア電力公社（PHCN）は協働して発電用ダムの開発と運営を行っている。これに対し、連邦水資源省（FMWR）のダム・運営局も国家のダムに関する政策、計画、設計、建設及び維持管理の責任を分担している。この場合、連邦水資源省（FMWR）とRBDA_sが建設するほとんどのダムと発電施設を含む付帯施設は、飲料水の供給及び灌漑、漁業、畜産あるいは多目的利用を目的に計画されたものである。洪水対策に関して、連邦環境省が国全体の洪水対策を所掌しているのに対し、連邦水資源省（FMWR）も様々な経済的目的のために水を蓄える仕事以外にも洪水対策に関する責

任も分掌している。洪水及び浸食対策に関連する組織には NIHSA や NIMET などもある。

連邦組織に加えて、州政府及び地方政府（LGAs）がそれぞれの権限上の地位において個別に水資源開発と管理に責任を負っている。つまり、連邦水資源省（FMWR）が国全体の水資源の保護、利用、開発、保全及び管理を総覧する責任を有しているのに対し、州の水資源省、環境省あるいは農村開発省など州政府諸機関が州レベルの水資源セクターについて全般的な責任を負っている。しかしながら、州政府機関による水資源管理もまた多くの課題と問題を抱えている。たとえば、給水衛生セクターで、州政府傘下の水道公社（State Water Agencies:SWAs）、小都市給水衛生公社（STWSSA）、地方給水衛生公社（RUWASSA）の脆弱な組織能力は、州政府と地方政府レベルで水資源管理上の不調和と混乱を招くなど深刻な問題となっている。

(2) 課題と問題点

組織上の課題及び問題点は以下のとおり要約される。

(2-1) 権限及び機能の重複

連邦水資源省（FMWR）は取水と水の配分に関する許認可権を有している。同時に、RBDAs と連邦運輸省（FMT）の外庁の Nigeria Inland Waterways Authority にも同種ライセンスの発行など水資源管理に関わる問題に関し重複した権限が付与されている。同様な現象は水文データの収集と保管、水質管理などに関わる役割にも見られる。このため、現在策定中の国家水資源法案（National Water Resources Bill）で明瞭かつ首尾一貫した規制をベースに権限の重複や矛盾に関する全ての問題が取り上げられることが期待されている。

(2-2) 組織間の適切な協力と連携の欠如

連邦組織の管理における官僚的アプローチあるいはトップダウンアプローチは組織間の適切な協力と連携の不在に陥り、その結果として非効率的で信頼性のないプロジェクトとプログラムが行われてしまうといった問題の原因となっている。連邦水資源省（FMWR）の組織構成の円滑な運用を図るためには定例会議開催など、組織間対話の促進が必要である。

(2-3) 流域レベルにおける管理の不在

国家水政策（National Water Policy）は、水法（Water Decree No.101 of 1993）が現在の水資源管理の課題と要求に適切に対応していないことを指摘している。その上で、水資源管理は水資源の開発と管理の全ての局面において受益者の強力な参加による統合された方法で行われなければならないことを明確に述べている。同政策は更に「ナ」国の 8 つの水文地域に流域管理事務所（CMO）を設立すると述べている。流域レベルで管理するにはこれらの地域が最も適した組織単位と考えられるからである。前述の政策文書の観点から見て、政府、民間セクター、住民などの利害関係者が水資源開発・管理に参加する参加型管理を強化することが重要である。

(2-4) 水資源管理における規制に関わるフレームワークの弱さ

統合水資源管理（IWRM）では、流域において統合的かつ参加型アプローチによって計画、管理及び規制を行うことが主要な原則である。規制担当組織として 2007 年に設立された NIWRMC はこの統合水資源管理の要求事項を効果的に実施する重要な役割を担うことが期待されている。一方、RBDAs は水資源管理組織とは見てとれない。RBDAs は灌漑事業への給水に特に重視した連邦レベルの事業実施組織である。しかしながら、すでに論述したとおり、NIWRMC 設置法案の承認遅れは NIWRMC のすべての機能を執行する上で大きな制約となっている。

9.2.2 提案

(1) 目的と基本方針

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。

前述の目的を達成するために、組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。また、図 9-4 に全体図を示す。

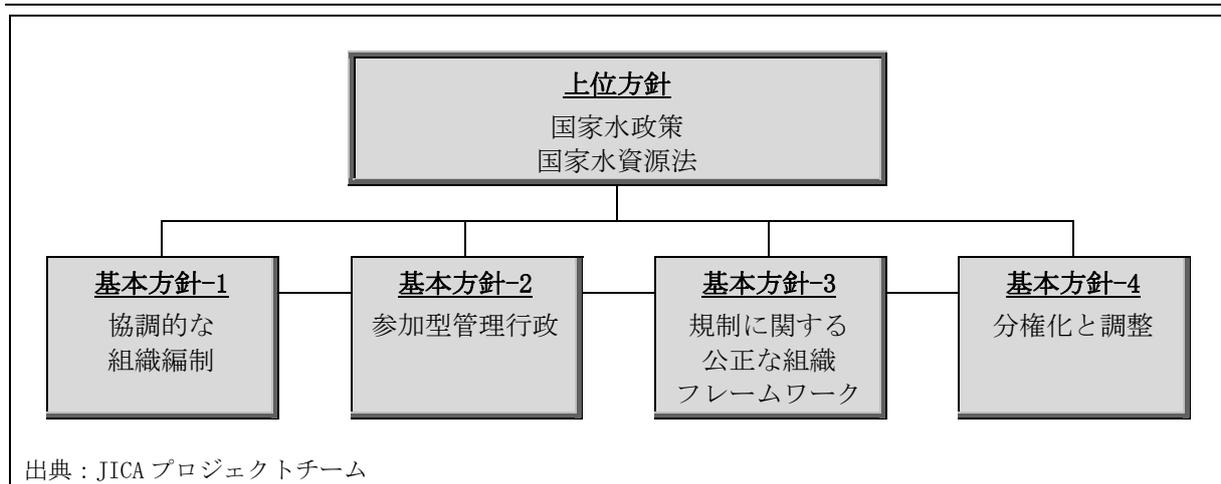


図 9-4 組織開発と強化のための基本方針

基本方針-1：協調的な組織編制

連邦水資源省（FMWR）は、FMEnv、FMA&RD、FMP、FMT など水資源活動で関係している他の連邦組織と協働している。加えて、その組織編制において3つのレベル、すなわち連邦政府、州政府及び地方政府が関係している。このような組織的枠組みのもとで、組織間の協力と協働の欠如が各組織による効率的、効果的な任務遂行の妨げになっている。

こうした状況に鑑み、長期的な視点からは、国家水政策と国家水資源法（法案）に盛り込まれている水資源政策、戦略、法制度を考慮して組織編制を検討することが望まれる。しかしながら、最初のそして優先的な行動として、連邦水資源省（FMWR）は、強固で協調的な組織編制を推進するための処置をとることが求められる。現在準備中の国家水資源法がこの行動の法的なベースになることに注意が払われるべきである。また、連邦水資源省（FMWR）の計画・研究・統計局は、この処置に関係する行動について主導的な役割を果たすことが重要である。

基本方針-2：参加型管理行政

水資源管理における官僚的あるいはトップダウンアプローチが水資源開発と管理に対する住民参加を妨げている。その結果、例えば、給水衛生セクターでは、利用者のニーズや利用目的に合致しないプロジェクトが実施されている。したがって、トップダウンアプローチからボトムアップアプローチに変えることが重要である。ボトムアップアプローチは、政府（連邦、州、地方）を含むすべての利害関係者がそれぞれの資金負担を含め水インフラに対する投資、メンテナンス及び改良に関して理解と協力を得ようとするものである。また、水、衛生、ジェンダーなど住民及びその他の利害関係者の人々の生活に影響を与える水問題に対する参加意識を推進することが重要である。CMOs、州政府、LGAsはこのための重要な役割を担う。

基本方針-3：規制に関する公正な組織フレームワーク

流域単位の水資源管理がもっとも適当であることを踏まえ、統合水資源管理（IWRM）においては、流域単位での計画、管理、規制を原則とする規制に関する公正なフレームワークを必要とすることが強調されている。規制官庁の様々な権限と機能のうち、取水及び水の配分に係るライセンスの発行に関する管理と規制は重要な機能のひとつである。NIWRMC 及び NIWRMC の系列組織である CMOs は、NIHSA、NWRI、RBDAs など関連する組織と協働してこの重要任務を適切に果たすことが求められている。水規制者（レギュレーター）として活動に参加する職員的能力向上もとりわけ必要である。

基本方針-4：分権化と調整

連邦政府の権限と機能を州政府や LGAs レベルに委譲するメリットは、次の通りと考えられる。

- コミュニティの能力並びに意思や願望に合致するよう水インフラの開発と管理が実行されることになり、結果として住民やコミュニティなど受益者の便益が増大する。
- 分権化によって各省庁の役割と責任並びに組織間の関係が明確化、合理化されることから、「ナ」国全体で水資源セクターの効率的かつ効果的な組織構造が進むことが期待できる。

分権化を円滑に進めるため、連邦水資源省（FMWR）は以下の点を考慮しなければならない。

- 連邦水資源省（FMWR）は、水資源セクターにおける連邦レベルのトップ機関として、国の水資源の保護、利用、開発、保全及び管理に関し引き続き全国的な責任を果たさなければならない。
- 越境河川あるいは一つ以上の州に影響を与える地域における水インフラの開発、運用・維持管理は連邦水資源省（FMWR）による直轄管理とする。
- 給水・衛生セクターにおいて、事業の効率性と持続性を増加させるため、州の給水機関を含む州政府と地方政府がプロジェクトとプログラムの実施の自由裁量権を持つことが望ましい。これに対し、連邦水資源省（FMWR）は、州政府と地方政府に対して、各州政府の政策、戦略に関連づけられた目標と目的、とりわけ、ミレニアム開発目標（MDGs）を達成するために、様々な援助と支援を与えることが求められる。連邦水資源省（FMWR）による援助と支援には、政策、戦略の策定、能力開発及び、国家の戦略に沿って実施される外国援助機関（External Support Agencies: ESA）支援プロジェクトとプログラムについては州政府への財政支援が含まれるべきである。
- 公的灌漑スキームの開発と運用に関しては、中長期的な達成目標としては、既存の組織の権限と役割を新しい管理組織への移行が検討される必要がある。しかしながら、RBDAの喫緊の問題は、財務的持続性を含む行政、技術並びに財務能力の改善に役立つ行動である。
- 連邦水資源省（FMWR）の権限・機能の州政府、LGAs レベルへの移行は、委譲を受ける組織の行政、技術及び財務能力に配慮して段階的に展開すべきである。

(2) アクションプラン

基本方針に基づいて、表 9-1 に示すアクションプランを提案する。実施の優先順位の観点からはアクションプラン間に明確な差はなく、実施期間中にすべてのアクションプランが同時に実施されることは理想的である。しかしながら、実際問題として、各組織の不均等や異なる制約を考慮して、現実的なアプローチとして、可能なものから計画に沿って行動を開始することを推奨する。このアクションプランのターゲットグループは、大部分の連邦水資源省（FMWR）及びその外庁に優先をおいている。

表 9-1 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】 <ul style="list-style-type: none"> ● 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/ NIWRMC/RBDAs
1.2	【課題・問題点】 国家水資源法の未整備 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 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/ NIWRMC/RBDAs
1.3	【課題・問題点】 関係組織間連携の欠如 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 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/ NIWRMC/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】 <ul style="list-style-type: none"> ● 水文データ等を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/ NIWRMC/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】 <ul style="list-style-type: none"> ● 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/ NIWRMC/RBDAs/NWRI /NIHSA/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】 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	NIWRMC/COMs/ RBDAs/NIHSA/ State MDAs/CBOs
2.2	【課題・問題点】 不適切な流域管理 【活動】 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	NIWRMC/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】 <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） 	PR Unit/ Gender and Human RightsUnit/ 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】	NCWR/ Dept. of PRS/ NIWRMC/RBDAs/

	<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) 	FMT/FMM&SD
3.2	<p>【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)</p> <p>【活動】</p> <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 /NIHSA/NWRI/ Dept. of PRS/ State MDAs
3.3	<p>【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)</p> <p>【活動】</p> <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	<p>【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</p> <p>【活動】</p> <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	<p>【課題・問題点】 灌漑・排水セクターにおける RBDAs 機能の最適化</p> <p>【活動】</p> <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	<p>【課題・問題点】 能力に欠ける熟練技術スタッフ</p> <p>【活動】</p> <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 FMEnv/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 FMEnv/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

9.3 水資源開発施設の運営・維持管理

9.3.1 表流水開発施設

(1) 現状

ダム・貯水池は、表流水開発のための重要な施設である。ダム・貯水池は建設して完成すれば自動的にその機能を100%発揮できるものではなく、むしろ完成した後の適切な維持管理によって、その機能を完全に発揮できる土木構造物である。これは言い換えればダムは「適切な管理を毎日行わなければ、本来の機能を全く発揮できない土木構造物」であるということ、まず認識しなければならない。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。

(2) 提案

(2-1) ダム管理の熟度向上

ダムの目的には洪水調節、水道補給、農業用水、発電など様々な目的があるが、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（表9-2参照）。

- 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）

表9-2 ダム管理の構成

管理の内容	管理項目	「ナ」国内のダム管理状況
ダム堤体施設の管理	ダム堤体、管理用道路、放流設備、取水設備、自家発電設備	殆ど管理されていない。Kainji、Jebba、Shiroro ダム、及び一部のダムで管理されているが、まだ完全ではない。
ダム貯水池の管理	堆砂、水質、湖岸	殆ど管理されていない
ダム貯水池の制御・操作	貯水池観測・記録、流入量観測・記録、その他水文観測・記録、ゲート操作記録下流への情報伝達	Kainji、Jebba、Shiroro ダムを除き、殆ど管理、記録がされていない。

出典：JICA プロジェクトチーム

本来はダム完成と同時に上記に示した管理を即座に、そして適切に管理できる体制と設備が整っていないからではないが、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9-3、図9-5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。

また、各ダムとも「ダム管理マニュアル」が存在しておらず、それが管理状況の劣悪化を招いている要因の一つである（要するにどんな管理をすれば良いのか、誰も知らない、わかっていない）。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。ダム管理マニュアルに記載すべき事項は暫定的に表9-4に示す通りである。

表9-3 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

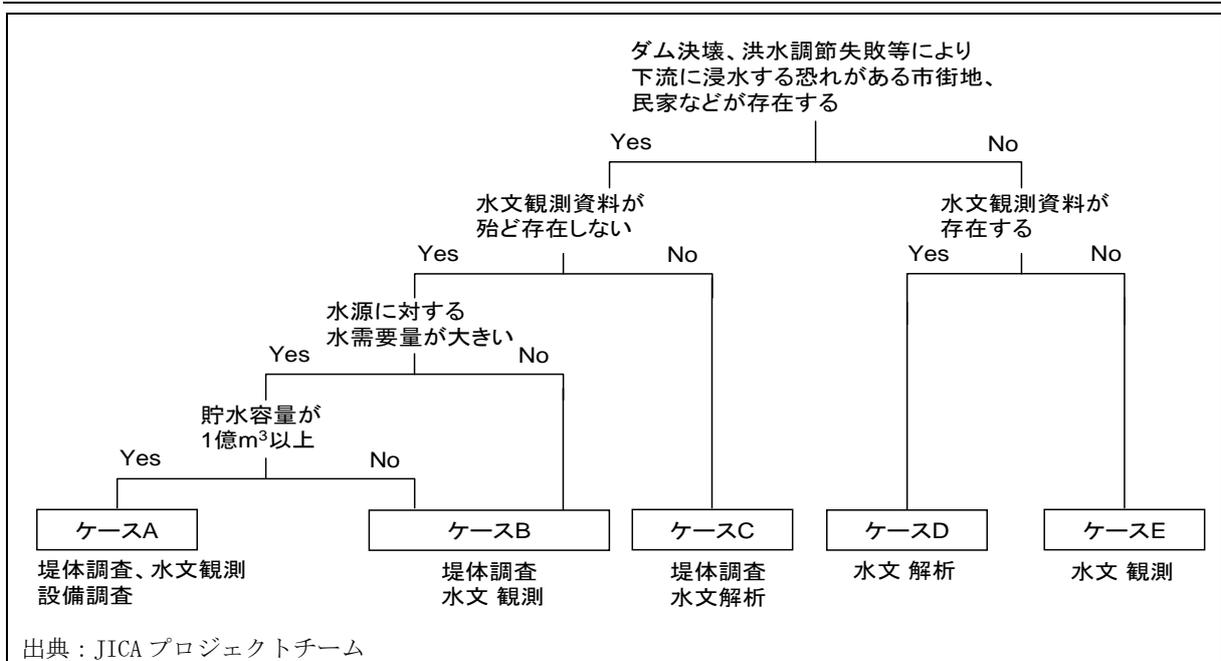


図 9-5 ダム管理の整備度向上に向けた優先度検討フロー

表 9-4 ダム管理マニュアルに記載すべき項目（暫定案）

大項目	小項目	内容と説明	備考
ダム管理者の 責務の定義	ダム管理職員の 役割分担	【内容】ダム管理職員の役職とそれに応じた職責（役割分担、責任分担）を明文化する。【補足説明】職責（役割分担と責任分担）は、平常時、洪水時、異常時、緊急時、点検時など想定される状態毎に定める。	
ダム貯水池の 制御・操作	水文観測	【内容】ダムにおいて管理すべき水文データの種類とその内容を定義する。更にはその計測頻度や故障の際の対応方法について定める。【補足説明】水文データのとりまとめ様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	
	水文記録	【内容】ダムにおいて記録すべき水文データの種類とその内容、計測頻度を定義する。【補足説明】水文データ、堤体情報のとりまとめ様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	
	バルブ、ゲート 操作記録	【内容】ダムにおいて記録すべきバルブ、ゲート操作の記録方法について定義する【補足説明】ゲート開度記録の様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	
	ダム操作ルール （洪水調節） （利水補給）	【内容】雨期、乾期の貯水池の操作ルールを定義する。【補足説明】今回のケーススタディとして示す Kainji、Jebba、Shiroro ダムのような運用ルールを明文化する。	
	下流への情報伝 達方法	【内容】ダムからの放流時、緊急時、異常時などの情報を下流の住民や関連機関へ伝達する方法と内容について定義する。	
ダム堤体施設	ダム堤体情報の 観測・記録	【内容】堤体の安全性を検証するための漏水量、変形量などの計測データの種類と計測頻度、記録方法を定義する。【補足説明】データのとりまとめ様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	
	点検・整備	【内容】ダム堤体、付属設備の点検・整備の内容について、その項目、頻度などを定義する。【補足説明】点検・整備を行った内容の記録様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。ここにはダム堤体をはじめ、管理用道路、ゲート、電気設備などあらゆる設備の点検・整備の内容が盛り込まれる。	
ダム貯水池	水質	【内容】ダムにおいて管理すべき水質データの種類とその内容を定義する。【補足説明】データのとりまとめ様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	
	堆砂	【内容】ダムの堆砂量計測方法についてその方法と頻度を定義する。【補足説明】データのとりまとめ様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	
	湖岸	【内容】貯水池湖岸に対する点検・整備の内容について、その項目、頻度などを定義する。【補足説明】点検・整備を行った際の内容の記録様式も定める。この様式は「ナ」国内全てのダムで統一する。	

出典：JICA プロジェクトチーム

(2-2) ダム・貯水池の運転・操作

「ナ」国のダムは、農業用水や水道用水の補給のための適切な管理が行われているとは言い難い状況にある。利水ユーザーへの補給に対する明確なダム・貯水池の運用ルールは存在しているとは言い難い。灌漑や水道に必要な水の量は、本来は現時点での各セクターの需要状況で大きく変動するはずである。例えば、水道で言えば供給先の人口が計画の50%にしか達していない場合は、補給量（言い換えればダムの貯水容量）も簡単に言えば半分しか必要ないことになる。

本来、ダムからの補給量は水利権量という形で利水ユーザーに付与される。各利水ユーザーは現在の需要量の算定根拠を作成し、河川管理者に水利権を申請する。河川管理者はこの根拠を厳格に審査した上で、補給量を水利権量という形で利水ユーザーに付与する。利水ユーザーはこの水利権量の範囲内でダムからの補給量を日々ダム管理者へ要請する。要請を受けたダム管理者はその日の流況、貯水池の状況、今後の流量予測結果などを総合的に勘案し、その日の補給量を決定してダムからの補給操作を行う。これを通常時は毎日繰り返すことがダムにおける低水管理の方法である。

「ナ」国においてはこのような低水管理を行おうとする場合、以下のような問題が存在する。

- そもそも利水ユーザー側（灌漑、水道）が、現状でどのくらいの需要が必要であるのかを判断できない。また、誰が責任を持ってそれを判断するのかが明確ではない。更に、日々の確にダムからの必要な補給量を算定する方法が確立されていない。
- ダム管理者側でも、そもそも流入量、放流量、貯水位を計測していないダムが多い現状からして、仮に利水ユーザーからの要請を受けても、下流の流況などを勘案した適切なダム補給量を算定する方法が確立されていない。
- 特に渇水時において、ダムの貯水池を利用するユーザーが複数存在したり、RBDAs と州のダムが複数混在したりする流域のダムからの補給量を調整する場合の、各ユーザーの利害関係を誰が主体となって調整するのかが明確になっていない。
- 水資源データ・情報管理の部分と関連するが、こういった低水管理は幅広い水文情報の収集・分析が欠かせない。しかし、データの管理者とダム管理者が異なる場合、誰が責任を持って水文解析や分析、情報の伝達・周知をどのようなルートで行うのかが明確になっていない。
- そもそも、殆どのダムで水文観測施設が機能していない。壊れても修理していない。各ユーザーへの放流量も適切に計測が行われていないダムが殆どである。

利水ユーザー（補給量を要請する立場）とダム管理者側（バルブ操作を行う管理者側）による運用の改善点を記述する。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 9-5 に示す。この表に示す通り、この問題は単に「ダム管理者と利水ユーザーの関係」のみならず、「組織制度」、「水資源データ・情報管理」、「水利権に関連する機関」とも関連する箇所であり、今後、そういった機関との幅広い議論・調整が必要である。今後はこのような利害関係者を巻き込んだ議論を活発に行い、「ナ」国の法制度、組織制度に合致する適切な水源施設の運用方法について、議論を深めることが重要である。

表 9-5 水源施設としての今後の運用改善の方向性

項 目	現状の課題	今後の検討の方向性
利水ユーザーとダム管理者の連携	補給量については日々ダム管理者と利水ユーザーでの協議・連携が必要である。	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	利水ユーザーの水利権量を適切に管理する必要がある。	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	ダム管理者、利水ユーザーが多岐にわたる場合、利害関係を主体的に調整する役割を誰が果たすのかが明確になっていない。	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	水文情報の計測、管理、伝達のシステムが確立されていない。またどの機関が主体的に運用を行うのかが明確になっていない。	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	本来ならば重要な水文管理設備であるダムの計測設備が機能していない。	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

(2-3) 安全管理

1) ダム堤体施設の安全管理

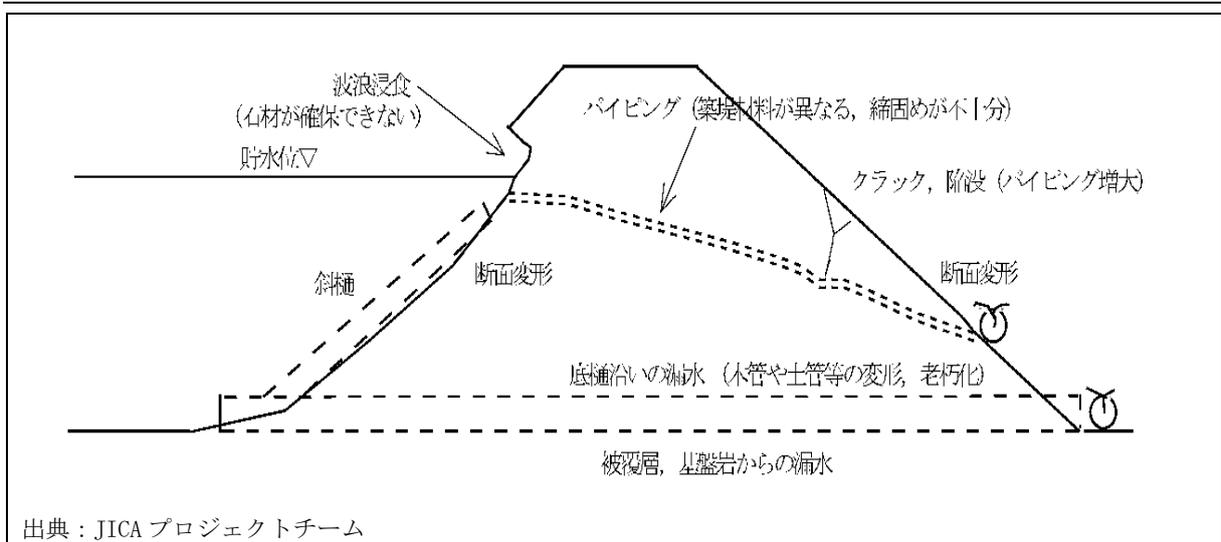
「ナ」国内のダムは殆どがアースフィルダム形式である。フィルダムの堤体安全度においてもっとも重要なことは、堤体の変形や欠損によるパイピングである(図 9-6 参照)。大きなクラックやクラックの基となる灌木があるダムが多数存在する。また、漏水量の計測も殆ど行われていない状況にあるため、今後は前述した優先度の高いダムにおいて、堤体の安全性調査を実施していく必要がある。表 9-6 参照。特に優先度の高い管理項目は以下の通りである。

- 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

クラックの修復などはまずは安全性調査を行い、その対策方法を検討してから実施するべきである。なお、「ナ」国のダムは堤頂長が長いものが多いため、堤体の管理・巡視を行うための移動手段(管理車両)が必要であることも重要な点である。また、ダム堤体以外の安全管理が必要な設備には表 9-7 に示すものがある。

本プロジェクトで実施した「ダムの実態調査」結果によれば、洪水吐きゲートなどの放流設備や操作制御装置については大きな問題がないようであった。洪水吐きゲートが故障して放流ができなくなるということは極めて大きな問題となるため、ある程度定期的なメンテナンスが行われているようである。しかしその一方で、直接堤体の危険に直結しない水文観測装置などは故障したまま修理されていないダムが多数見受けられた。

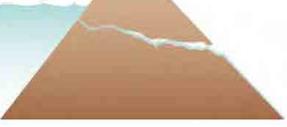
上記のような状況を踏まえ、今後は洪水吐き設備、停電時のバックアップ電源、水文観測設備などを含め、特に優先度の高いダムについては上記のような設備の安全管理調査も堤体調査と併せて幅広く実施する必要がある。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 9-6 アースダムの堤体の安全性について

表 9-6 アースダムにおける健全度診断について

安全項目とその概要図	要因と特徴・要改修の判定基準
 <p>堤体からの漏水</p>	<p>【要因と特徴】</p> <p>堤体等からの漏水は、堤体盛土部、堤体と基礎地盤又は両岸地山との境界部のほか、底樋や洪水吐き等の堤体横断施設の周囲からのものが多い。このうち、局所的に漏水が認められる箇所については、パイピング等の発生する可能性が高い。</p> <p>【要改修の判定基準】</p> <p>満水位に堤体からの漏水量が、堤長 100m 当たりで毎分 60 リットルを超えるとき。貯水位一定の場合、1 ヶ月間に漏水量が 10%以上増加するとき</p>
 <p>堤体のクラック及び陥没</p>	<p>【要因と特徴】</p> <p>パイピングを起こす漏水は、クラックに起因することが多い</p> <p>【要改修の判定基準】</p> <p>堤体断面が当初に比して 5%以上の面積率で変形しているとき</p>
 <p>断面の変形</p>	<p>【要因と特徴】</p> <p>波浪による上流斜面保護工の破損、斜面浸食や雨水、漏水等による下流面の浸食等により堤体が弱体化していく</p> <p>【要改修の判定基準】</p> <p>斜面が急勾配で安定性を欠くとき</p>

要因と特徴・要改修の判定基準は日本における事例である。

出典：JICA プロジェクトチーム

表 9-7 ダム堤体以外の安全管理が必要な設備

項目	主な設備	
放流設備	放流設備	洪水吐き、ゲート
	取水設備	取水塔、バルブ、放流管
管理支援設備	操作制御装置	制御装置、ゲート開度計
	電気設備	受変電設備、発電設備、負荷設備（照明、動力設備）
	観測設備	雨量計、水位計、蒸発散量
	通信設備	無線設備、有線設備、インターネット
付帯設備	ダム管理所など	管理宿舎、車庫、巡視用車両、宿舎
	発電設備	水車、発電機、送電設備など

出典：JICA プロジェクトチーム

2) 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。

堆砂測量については特に貯水池面積が大きい「ナ」国ではその測量などの費用が高額になりがちであるが、例えば、1) 毎年行うのではなく大きな出水後のみ計測を行う、2) 地形変化点のみ計測を行うことで測線を少なくするなど、ある程度の簡略化をはかりつつ経年的な堆砂形状の変化についてデータの蓄積を行うことが重要である。このようなデータの蓄積があれば、例えばそれらの値を使った堆砂量の長期予測が可能となり、これらはダム堆砂対策を検討する上でも貴重なデータとなる。このためダム貯水池の安全管理においては、水質データと堆砂量の計測・記録をまずは確実に継続することが重要である。

3) 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

前述の Shiroro ダムや Kainji ダムの貯水池運用実績のところでも述べた通り、「ナ」国のダムは雨期の流量を貯留して乾期に補給することから、洪水時にはどうしても貯留（回復）操作重視になってしまっているが、長い乾期に向けた補給を行う責任を背負っているダムとしてはやむを得ない側面がある。

また、低水操作については、現在のようにその年の流況を考慮せずに、ただ感覚的にバルブ操作を行うのは望ましくなく、本来はその年の流況をある程度予測しながら、他のダム補給操作と連携した補給を行いつつ、貯水池の温存を図ることが重要である。

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。

本プロジェクトで実施した「ダムの実態調査」結果を見る限りは、水力発電主要3ダムを除くと、殆どデータの蓄積が無い、データがあってもその精度に難があり長期間の解析に耐えうる物はほとんど存在していない状況である。これでは、いつまでたっても必要となるダム操作マニュアルの作成を行うことは不可能である。このため、将来的なダム管理マニュアル作成のためには、すぐにもデータの計測・記録に励まなければならない。

特に計測と記録が必要となるデータについては表 9-8 に示す通りである。これらデータの重要性を十分に理解した上で、日々のダム管理において精度良いデータの計測・記録に努めることが、最大のダム操作の安全管理であることを、重々認識する必要がある。

表 9-8 ダム貯水池操作の管理における重要なデータ

項目	内容
貯水位	放流量算定の基本諸元となるデータである他、貯水池運用を検証する際には欠かせないデータである。自動計測でなくても、管理者が毎朝量水標から目視で計測できるため、欠測はあり得ない。
流入量	流入量は本来、貯水位と放流量から逆算すれば計算可能であり、特に計測設備は必要ない。これは言い換えれば流入量データが無いということは、放流量か貯水位のどちらか、或いは両方を計測していないということの現れである。
放流量	放流量については、発電放流量や利水放流量だけでなく、クレストからの放流量を含めた「全放流量」が必要である。 各放流量は貯水位とゲート（バルブ）開度の関係から求められるため、基本的には日々のゲート（バルブ）開度を記録しておけば良い。 利水、発電放流量だけでなく「全放流量」が無ければ流入量が算定できないため、必ず「全放流量」を計測するようにしなければならない。
放流特性	クレストゲートや利水放流バルブの放流特性（ゲート開度と貯水位から放流量をもとめる式）。今回の再委託調査では整理が行われているダムもあるが、まだ完全ではない。
貯水位～容量曲線	流入量の算定時には貯水位を貯留量に換算しなければならないため、その際に必要となる。今回の再委託調査では整理が行われているダムも存在するが、まだ完全ではない。

出典：JICA プロジェクトチーム

9.3.2 地下水開発施設

(1) 現状

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、以下の事項が明らかになり、改善が必要であることが判明した。

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。

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。

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。

深井戸の建設体制

村落給水の建設事業には多くの公的機関が参入しているが互いの調整が行われていないため非効率な事業実施となっている。

(2) 提案

上述した 4 項目に対して以下の改善策を提案する。

(2-1) 帯水層の管理

「ナ」国の地下水管理における課題を表 9-9 に整理して示す。

表 9-9 気象と水理地質特性の組み合わせによる帯水層の運営・維持管理の現況と課題

気象と水理地質の 組み合わせ	地域 ^{注)}	帯水層の 規模	井戸からの揚 水可能量	開発・管理上の問題	
				原因	具体例
多雨—堆積岩	南部	大	大	・過剰揚水 ・都市排水	・地盤沈下 ・海水侵入 ・地下水汚染
多雨—基盤岩	南部	小	小	干ばつ	乾季の水不足
少雨—堆積岩	北部	大	大	過剰揚水	広域的地下水位低下
少雨—基盤岩	北部	小	小	干ばつ	乾季の水不足

注) 中部地域は南部地域と北部地域の中間的な性質を持つ。

出典：JICA プロジェクトチーム

上記課題の解決のためには、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。地下水モニタリングに関しては9.4.2節で詳述する。

(2-2) 深井戸利用施設の運営・維持管理

現在、「ナ」国の深井戸（機械掘り井戸）の総本数は約 57,000 本であるが、この大部分は村落・中小地方都市の給水を目的とした深井戸であり、村落あるいは中小都市のコミュニティが運営・維持管理しているケースが多い。しかし現実には施設の維持管理のための住民組織が整っているコミュニティの数は全体の5分の1程度との報告もあり、その結果、ハンドポンプが故障した場合、軽微な故障ですら修理されることなく放置され深井戸は使用不能となっている。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

村落給水を目的とし多数の深井戸が掘削され、その深井戸にはハンドポンプが設置されている。ハンドポンプの揚水能力はたかだか 8m³/日である。一方、ハンドポンプを動力ポンプに変えた場合、深井戸 1 本からの揚水量は井戸の能力に応じて大幅に増大する。すなわち、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。また、かかる変更によって今後建設が必要な深井戸本数が大幅に減少し深井戸建設コストの大幅な削減が可能となる。一方、ハンドポンプに比べ動力ポンプは維持管理が複雑である。また、運転コストの面でもハンドポンプに比べ動力ポンプは高額である。したがって、井戸を使用するコミュニティの技術・費用面での負担が増大するためその対応策が必要となる。

(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。それは州政府水資源省、村落給水衛生公社（RUWASSA）、流域開発公社、ミレニアム開発目標事務所その他であり、それぞれの機関が独自に給水事業を実施しているためその非効率性が指摘されている。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。

9.4 水文モニタリング

本節では、9.1 節に示した水資源モニタリングの枠組みのうち、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ついて記述される。

「ナ」国における水文モニタリングに責任を有する機関はナイジェリア水文サービス庁（NIHSA）であり、同機関は 2010 年に設立された。その設立法によれば、NIHSA の機能は以下のとおりである。

- 水文に関するすべての側面について連邦及び州政府に助言する。
- 水文に関する政府の政策を準備する。
- 洪水予報について気象サービスと協働する。
- 干ばつ及び砂漠化に関連した水文サービスを促進する。
- 水文、水資源活動における水文サービスを提供する。
- 「ナ」国内のすべての水文データ、情報を収集、整理、公表する。
- アーカイブによりすべての水文記録を安全に保管する。
- すべての水文現象の観測に関して「ナ」国における統一基準を確かなものとする。
- 水文に関する国際基準と最良事例を確保する。
- 表流水、地下水、及び水文関連分野の研究を実施する。
- 水文に関するコンサルティングサービスを提供する。
- 産業活動に伴う地下水汚染を含む環境問題の水文的側面をモニタリングする。
- 水文観測所の設置。
- 土砂輸送モニタリングを含む河川の流下能力改善のための河川改修を実施する。
- 地下水開発、ダム基礎および塩水浸入に関する物理探査を実施する。

JICA プロジェクトチームは NIHSA における問題分析ワークショップ等 NIHSA との協働作業を通して、図 9-7 に示されるような水文モニタリングに関わる負のスパイラルが存在する可能性を認識した。このような負のスパイラルをいかにして正のスパイラルに転換するかは水文モニタリングの重要な課題である。

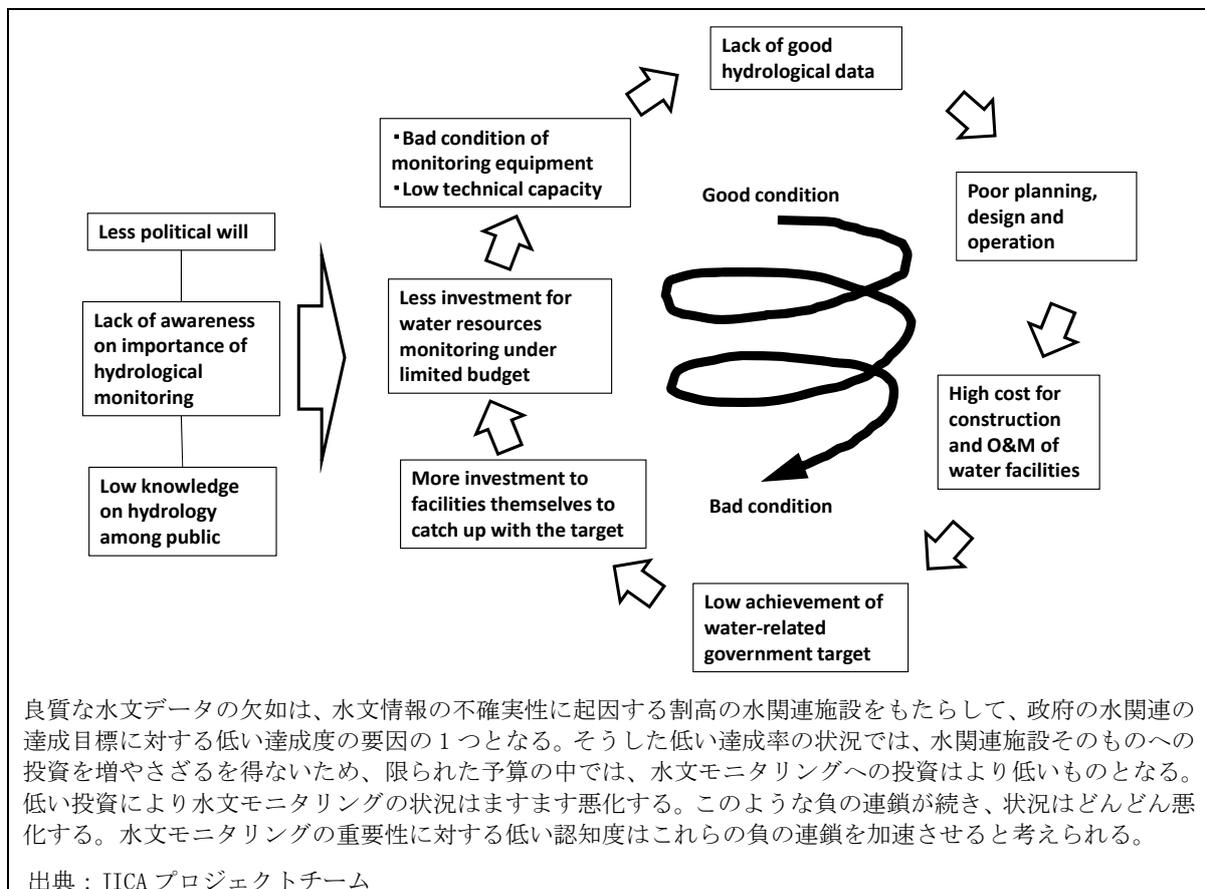


図 9-7 水文モニタリングにおける負のスパイラル

9.4.1 表流水に関わる水文モニタリング

(1) 現状

NIHSAにおける水文モニタリング活動の現状および保有する水文データを検討した結果、表9-10に示すような問題点と課題が抽出された。

表 9-10 表流水に関わる水文モニタリングの問題点と課題

問題点	課 題
観測所の持続性	<ul style="list-style-type: none"> - 多くの水文観測所は機能していないか破壊された状態にある。観測所が機能していない期間はその場所での流量を指定する機会を永遠に失うことになる。欠測期間が最小となるよう、これら観測所は早急に復旧されるべきである。さらには、自動観測機器がダメージを受けたとしても観測が継続できるように、バックアップ観測として観測者による手動観測を併用すべきである。
不完全な水文観測所のインベントリ情報	<ul style="list-style-type: none"> - 観測所位置情報は不正確な場合がある。これは水資源量の把握の際に混乱をもたらす。完全なインベントリが早急に準備されるべきである。
多くの観測所で水位-流量曲線が存在しない	<ul style="list-style-type: none"> - 多くの観測所、特にデータロガーを新規設置した観測所には、水位-流量曲線がない。 - 低平地の観測所では水位-流量曲線は背水の影響を受けている可能性があり、低流量時の不自然な流量データの要因となっている。そのような不自然なデータが観察された場合には、本プロジェクトでは、そうしたデータは使用しないこととしている。 - 将来的にこのようなデータについても有効活用するために、良質の水位-流量曲線の確立と定期的な見直し（例えば、大洪水の後など）が必要とされる。
長期観測データの不足	<ul style="list-style-type: none"> - 多くの観測所では利用可能な観測データの期間は短い（10年以下）。 - 1990年以降日及び月流量を有する観測所数は急激に減少した。 - 過去のデータを回復するのは難しい。より良い水資源アセスメントのためには、既存観測網の再活性化と観測網の強化により、良質のデータを蓄積していかなければならない。
重複する情報/流量データ間の矛盾	<ul style="list-style-type: none"> - 異なるデータソースによる異なる流量データが存在することがある。 - 隣接する観測所間の流量がお互いに矛盾することがある（例えば、下流側の観測所の流量が上流側のそれと比べて極端に小さいなど）。 - 水文データに責任を持つ機関として、NIHSAはこれらのデータを確認し、適切なデータについて品質保証されたデータとして保管すべきである。

出典：JICAプロジェクトチーム

(2) 提案

(2-1) 戦略

上記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9-11に示すように設定する。

表 9-11 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い状態に保たなければならない。
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。
水文情報と気象情報の同時観測	<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。 - 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次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

(2-2) 提案事業

(2)に示された戦略に基づき、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タイプに分類する。それぞれの目的、基本仕様を表9-12に示す。

表9-12 表流水観測所の分類、目的、基本仕様

種類	目的	観測所数・配置密度	基本仕様				
			水位観測方法	データ転送方法、頻度	ゲージ観測と観測者の配置	気象観測	土砂・水質観測
主観測所	全国の水の動きの概況を把握するために活用	HAごとに1-数ヶ所の最重要箇所を選定*。合計：18	圧力センサー	DCP, データ転送 頻度:1回/1時間	あり	DCPに組み込んで観測	定期流量観測時に実施。
優先2次観測所	水文地域内の水管理の精度向上および洪水管理に活用	HA内の水管理上重要な主要河川に配置*。過去の洪水被害実績のある河川。合計：22	圧力センサー	DCP, データ転送 頻度:1回/1時間	あり	DCPに組み込んで観測	なし
2次観測所	水文地域内の水管理の精度向上のために活用	HA内の水管理上重要な主要河川に配置。合計：35	圧力センサー	短期(2020)ロガー記録、1ヶ月に1回程度の定期情報収集 中長期(2030)：DCP, データ転送 頻度:1回/1時間	あり	短期(2020)なし 中長期(2030)：DCPに組み込んで観測	なし
3次観測所	全国の水資源量の動向把握のために活用	SHAごとに最低限1ヶ所配置。合計：93	ゲージの 手動読み取りのみ	1ヶ月に1回程度の定期情報収集	あり	なし	なし

注) * : Niger-Hycos 観測所と併用する場合がある。

DCP : Data Collection Platform (衛星回線による観測データ通信システムの総称)

出典 : JICA プロジェクトチーム

これらの観測所は、原則として、ダム管理者によるダム貯水池の水位、流入量、放流量観測とは区別して取り扱い、水管理上重要な地点にダム貯水池が存在する場合には、その下流部の河道区間の適地に観測所を配置する。NIHSA 職員との協議の結果、これら観測所の位置を暫定的に図9-8に示すように提案する。これらの詳細な位置については、現地踏査等による確認が必要である。

整備工程は次の通り提案する。

Phase-1 (緊急) (2014~2016年)

- 既存 Niger-Hycos ネットワークの復旧
- 主観測所の整備
- Niger-Hycos ネットワークと主観測所の統合データ管理
- HAごとの流量観測機材の整備
- 主観測所における水位-流量曲線の確立
- 主観測所における土砂量の把握

Phase-2 (2017~2020年)

- 2次観測所の整備と主観測所ネットワークへの統合
- 主要ダム観測・運用データと主・2次観測所データの統合データ管理
- 既存観測所がある場合の3次観測所としての修復
- HAごとの流量観測機材の整備拡張
- 主観測所における水位-流量曲線の精緻化
- 2次観測所における水位-流量曲線の確立
- 主観測所における土砂量の把握

Phase-3 (2021~2030年)

- 2次観測所へのDCP導入
- 3次観測所の整備拡張
- 3次観測所における水位-流量曲線の確立
- 主、2次観測所における水位-流量曲線の精緻化
- 主観測所における土砂量の把握
- モニタリング施設、機材の更新、維持管理

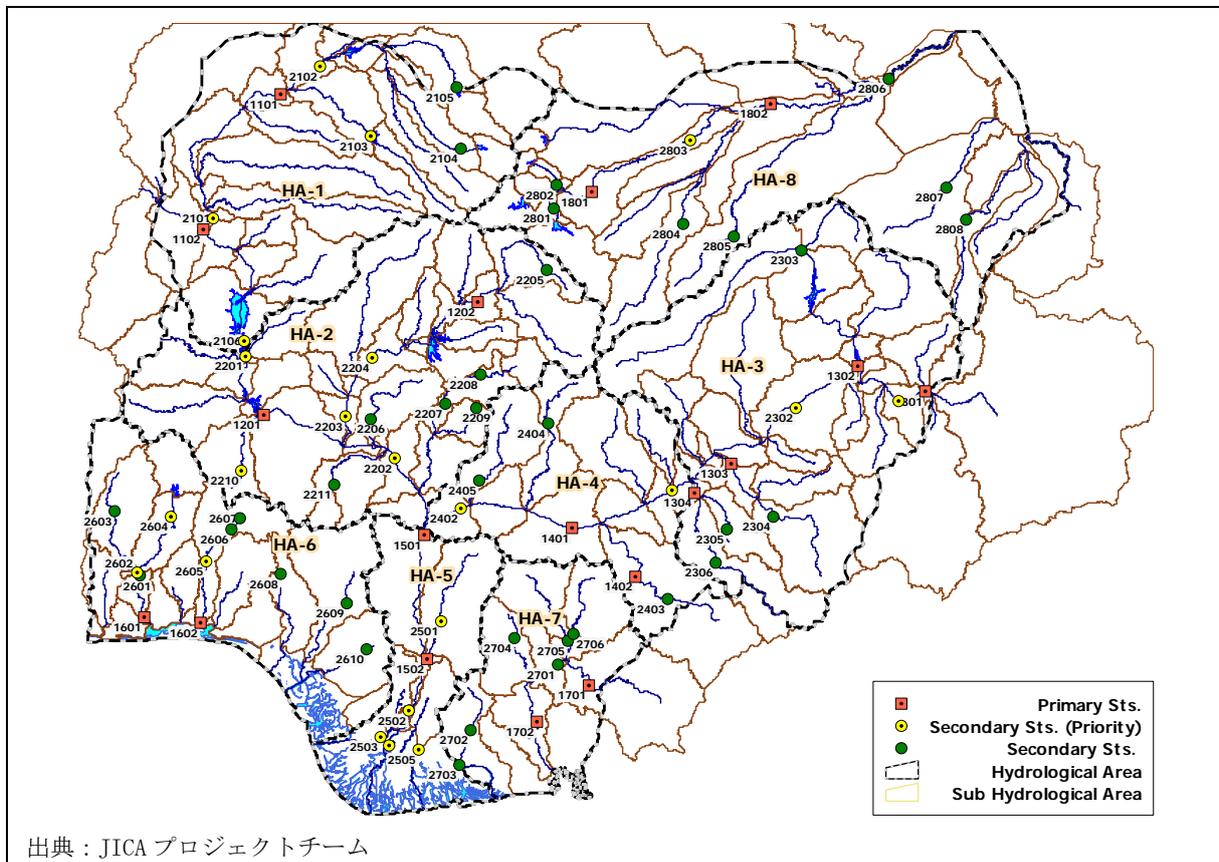


図 9-8 提案される表流水観測所

必要となる機材とその数量、観測・維持活動項目は、以下に示す通りである。

表 9-13 表流水モニタリングネットワーク整備事業で必要となる機材、観測・維持活動項目

No	機材（設置を含む）	総数(2014-2030)
1	Manual staff gauge	243
2	DCP	115
3	Data Loggers & Bubble Sensor	35
4	Current Meters	32
5	ADCP	32
6	Sediment Samplers	32
7	Leveling Equipment	32
	観測、維持	
	1) Allowance for Gauge Reader 2) Maintenance of DCP and logger Sts. 3) Discharge & Sediment Measurement (Primary Sts.) (Once/month) 4) Discharge Measurement (Secondary Sts.) (Once/2months) 5) Discharge Measurement (Tertiary Sts.) (Once/3months)	

注記：機材は10年ごとの更新を想定した。

出典：JICAプロジェクトチーム

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。2フェーズによる事業実施を想定する。

フェーズ1は、2014～2016年の3年間程度の期間を想定し、以下の項目について、パイロット地域を選定して、能力強化を図る。

- 水文データ管理マニュアルの策定
- 水文データベースの構築
- 水文データ収集、保管の実践（水文観測所、ダム運用データの統合を含む）
- 水文データの品質管理
- 流量観測と水位-流量曲線の作成、改善
- 水文データの質のチェック機能としての水文モデリングへの水文データの活用
- 水文情報の発信

フェーズ2では、フェーズ1で強化された能力を継続的に発展させるものと位置付け、NIHSAによるより主体的かつ自立的活動とする。これにより水文データの利活用を促進する。2017～2030年の14年間の事業期間を想定する。

- 水文データベースの更新
- 水文データ収集、保管の実践（水文観測所、ダム運用データの統合を含む）
- 流量観測の継続と水位-流量曲線の更新
- 水文モデリングの実施と水資源量の再評価
- 水文情報の発信

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こと提言する。NIHSA内に設置される水文モデリングセンターは、水文情報の適正な利活用を促進することを目的とし、観測水文情報と水文モデリングのベストミックスを行い、さらにはそれに基づく、水文情報の発信を行う。モデリングセンターの設置促進、活動強化のために、3年間程度の緊急実施事業として、以下に示す内容の能力強化事業の実施を提案する。

<洪水流出モデリングおよび洪水予警報システムの支援>

洪水氾濫実態の把握

対象となる Niger 川、Benue 川等の主要河川の沿川で近年洪水氾濫被害のあった地域において、住民への聞き取りによる氾濫実態調査（水深、継続時間、被害の実態）を行う。調査は、今後の

予警報システムの効果的な運用のため、NIHSA 職員、SEMA、コミュニティの協働により行う。NIHSA 職員は、洪水解析をする上で、現地の実態を把握する。

水位観測の意義の住民への啓発

「表流水モニタリングネットワーク整備プロジェクト」で設置される水位観測所や既設の水位観測所においては、機器による自動観測と同時にゲージリーダーによる水位の目視と記録が行われる。洪水予警報が必要な地域における水位観測においては、避難する住民が、NISHA によって観測され発表される水位の意味を理解することが不可欠であるので、NIHSA 職員、SEMA、コミュニティの協働により、水位観測活動の重要性を啓発する活動を行う。

洪水流出モデリング

Niger 川、Benue 川等の主要河川の本川の流量を対象に、洪水流出モデルの構築を行う。降雨データは、NIHSA、NIMET の地上観測データ、必要に応じて入手可能な衛星起源の降雨データとする。いくつかの流出モデル手法を比較し、Lokoja 等の主要地点での、過去の流量の再現検討を行う。この上で、各地点の流量の相関を検討し、利用可能な降雨予測情報を参照して、洪水の予測可能性について検討する。

洪水氾濫モデリング

Niger 川、Benue 川等の主要河川の本川を対象に、流量規模に応じた氾濫範囲が評価できる洪水氾濫モデルを構築する。主要河川沿川で近年洪水氾濫被害のあった地域においては、詳しい地形と市街地の情報を得て、洪水リスクを評価する。

洪水予警報システムの支援

これら NIHSA が主体となって整備した洪水流出モデル、氾濫モデル情報を、「ナ」国レベルの洪水予警報システムへ組み込むため、関係各機関との協議を行い、連邦水資源省（FMWR）としての洪水予警報システム体制の実用化を図る。

<長期流出解析・水循環モデリングと水資源量推定精度の向上>

長期流出解析モデル

- 月単位の長期流出現象を再現できるモデルの考え方を学ぶ。
- モデルの設定のために必要となる降雨その他の入力データの準備方法を習得する。
- モデル定数の同定を実際に体験する。
- モデル出力結果を用いて、水資源量の評価を行う。
- 予想される気象状態による流出量の予測を実施する。
- モデルの適用限界を理解する。

水循環モデル

- 地下水と表流水を一体化した水循環モデルの考え方を学ぶ。
- モデルの設定のために必要となる降雨その他の入力データの準備方法を習得する。
- 日流量データ等のデータが十分に存在する流域を対象として、モデル定数の同定を実際に体験する。
- モデル出力結果を用いて、水資源量の評価を行う。
- 予想される気象状態による流出量の予測を実施する。
- モデルの適用限界と全国への適用について必要となる事項を整理する。

本事業のために必要となる機材とその数量、運用・維持活動項目は、以下に示す通りである。

表 9-14 水文モデリングセンター事業で必要となる機材、運用・維持活動項目

No	機材	総数 (2014-2030)
1	Web Server	4
2	Personal Computer	40
3	Printer	20
4	GIS Software License	10
5	Hydrological/Hydraulic Simulation Software License	10
6	Vehicle for Field Survey	6
	運用・維持	数量/年
1	Office Rental	L. S.
2	Fee for Data Transfer through Satellite	L. S.
3	GIS Software License Maintenance	10
4	Hydrological/Hydraulic Simulation Software Maintenance	10
5	Survey for River Section	L. S.
6	Web Programming	L. S.

注記：機材は10年ごとの更新を想定した。

出典：JICA プロジェクトチーム

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。定期的なセミナー、ワークショップの開催により、NIHSA が実施している事業内容を広く公表していく。さらには、NIHSA 職員による出前講座などの活動を促進する。これらを NIHSA におけるベースワークとして定着させる。

(4) 提案される事業実施スケジュール

以上の事業について、図 9-9 に示すように段階的に実施することを提案する。

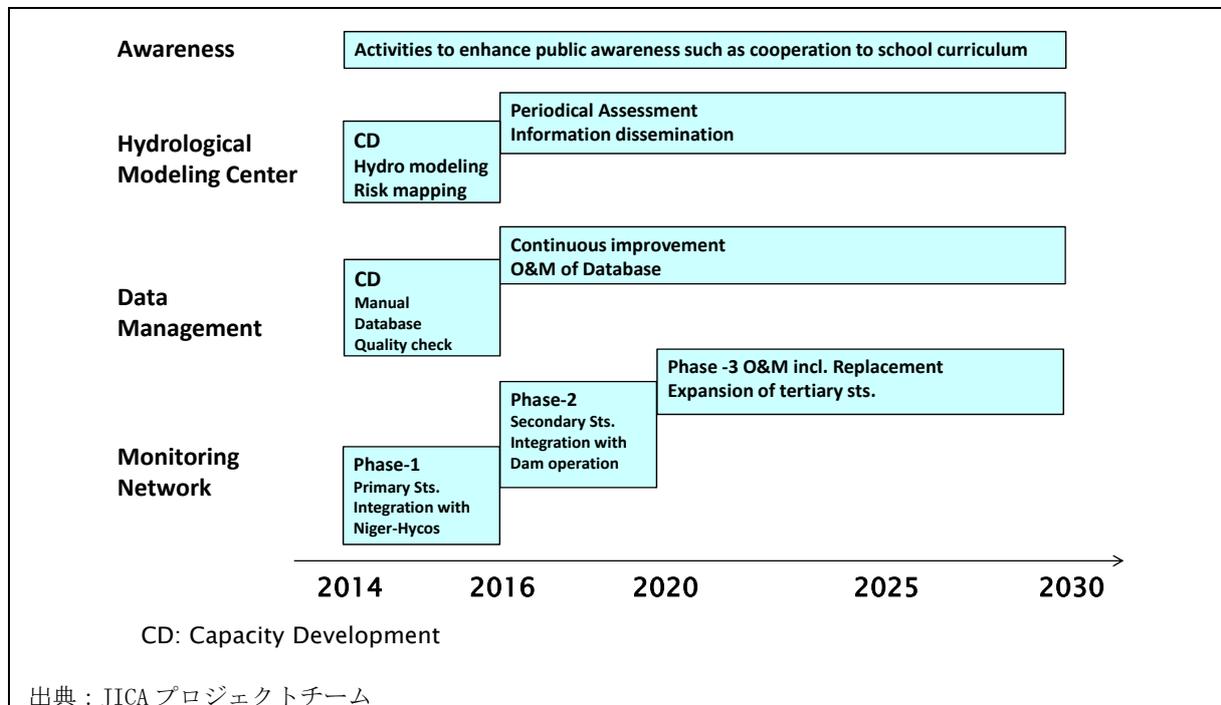


図 9-9 表流水モニタリング改善に関して提案される事業実施スケジュール

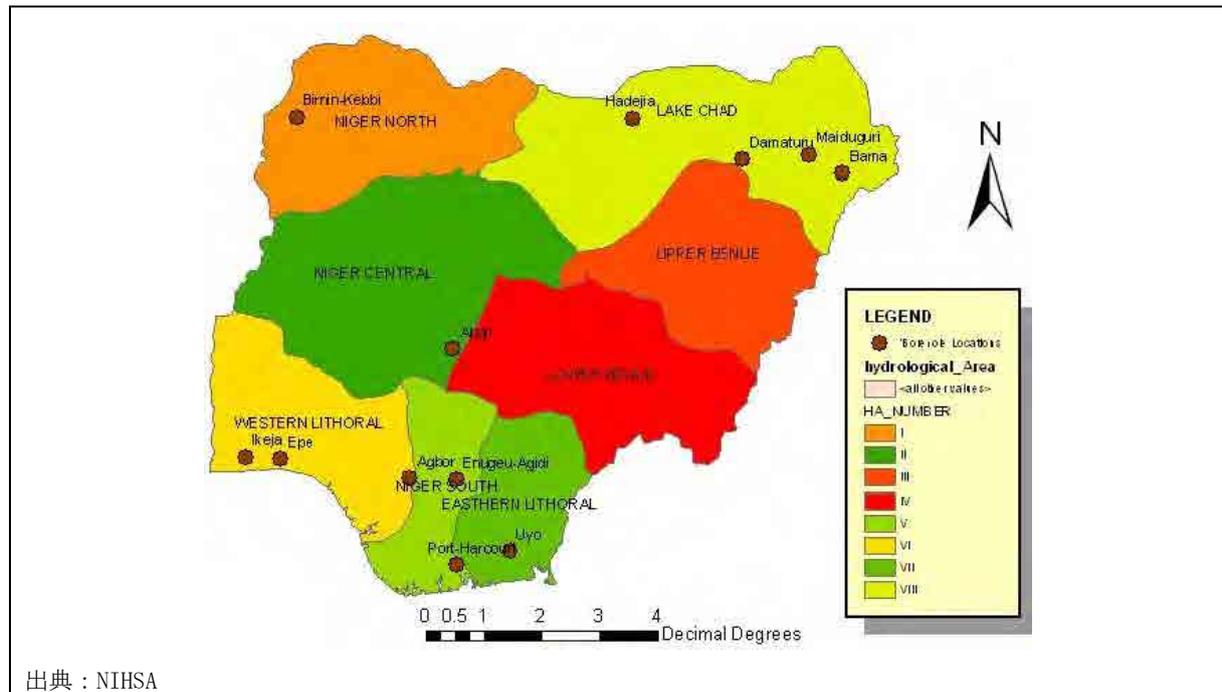
9.4.2 地下水に関わる水文モニタリング

(1) 現状

連邦政府機関である NISHA が地下水モニタリングを担当している。NISHA はモニタリング結果に基づき地下水管理・開発に関する調査と評価を行う。

(1-1) NIHSA の地下水位のモニタリングの現況と課題

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。図 9-10 参照。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。



出典：NIHSA

図 9-10 NIHSA の地下水モニタリング地点

(1-2) NIHSA の深井戸地下水位のモニタリングの現況と課題

11 箇所の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。

(2) 提案

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、その役割分担を明確にして組織・能力強化を図り、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。

(2-1) 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。

地下水開発可能量の評価

地下水開発可能量を評価する目的のモニタリングでは、浅層地下水位の変化を長期間にわたって観測し、これと気象観測データを総合し地下水涵養量を推定する。これを目的としたモニタリングの方法を表 9-15 に示す。

表 9-15 地下水涵養調査のためのモニタリング

観測箇所	観測方法・観測期間	観測箇所
<p>基盤岩地帯： 基盤岩地帯に広範囲に観測所が分布するのが望ましい。本プロジェクトで JICA チームが HA-1 と HA-6 設置した 30 箇所のモニタリング井が継続的に観測されるのが望ましい。</p> <p>堆積岩地帯： 基盤岩地帯の場合と同様に、広範囲に観測地点が分布するのが望ましい。</p>	<p>観測方法：自記水位計による観測が理想的であるが、人里離れた観測地点における観測器具の管理は困難であるため、原則として観測員の定期的な巡回観測とする。</p> <p>観測期間：2 回/月程度</p>	90

出典：JICA プロジェクトチーム

JICA プロジェクトチームが本プロジェクトで 30 箇の浅井戸観測井戸を建設し、Niger 北部地域 (HA-1) と南西地域 (HA-6) で地下水位モニタリング調査を実施した。同調査の終了後にも NIHSA がモニタリング調査を引き継ぎ継続するとともに、同様のモニタリング活動を他の水文地域に拡大することが期待される。

地下水環境問題

地下水環境問題は過剰揚水により発生する。その原因と発生地域およびモニタリング方法を表 9-16 に示す。

表 9-16 地下水環境問題に関するモニタリング

原因と観測対象地域	観測方法・観測期間	観測箇所
<p>過剰揚水： 堆積岩地帯で優れた帯水層から大量の地下水が揚水されている地域で深刻な過剰揚水が発生しやすい。都市給水の水源として使用されている群井を対象としてモニタリングを行う。特に、各州の州都で給水源としている使用している井戸群を対象とする。</p>	<p>観測方法：自記水位計による地下水位観測</p> <p>観測期間：継続観測</p>	11 箇所
<p>地盤沈下： 第四紀帯水層地帯の軟弱粘土層が圧密沈下することによって地盤沈下が発生する。揚水規模や軟弱粘土層が厚いほど地盤沈下の規模が大きい。南部の臨海平野に位置する大都市では第四紀帯水層からの過剰揚水によって地盤沈下が発生している可能性が高いためその様な地域を対象として観測を行う。</p>	<p>観測方法：</p> <p>①水準測量、②地盤沈下井による観測、③上記観測地点における自記水位計による地下水観測モニタリングとともに下記の調査を実施する。</p> <p>④砂層(帯水層)と軟弱粘土層の地層構造の調査、⑤軟弱粘土層の圧密パラメータの調査</p> <p>観測期間：継続観測</p>	
<p>海水侵入： ギニア湾に面した都市で過剰揚水によって地下水位が低下した場合に、海水/淡水境界面が内陸側に移動し、揚水井戸の中に侵入し地下水汚染を引き起こす。</p>	<p>観測方法：</p> <p>①自記水位計による地下水位観測</p> <p>②地下水の塩分濃度観測</p> <p>モニタリングとともに下記の調査を実施する。</p> <p>③砂層(帯水層)と不透水層(粘土層)の地層構造調査</p>	

出典：JICA プロジェクトチーム

表中の過剰揚水の問題は北部地域において、地盤沈下と海水侵入は南部地域で発生する可能性が高い。これらの地域は現在 NIHSA が実施している深井戸モニタリング井戸の設置地域と一致するが、現在よりも質・量を充実する必要がある。ギニア湾に面した大都市では地下水を主要な給水源としているケースが多く、近年、海水の井戸への侵入による塩水化が指摘されており喫緊の課題としてモニタリングを強化すべきである。また、上述の問題(過剰揚水・地盤沈下・海水侵入)はすべて堆積岩地帯特有の現象であり、新たに大深度のモニタリング井戸(深度 300~600m)を設置し水理地質構造を把握することは新たな地下水資源開発や地下水環境問題の解決に重要な情報の提供が可能となる。

(2-2) 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。関係機関の役割を以下に記す。

NIHSA

NIHSA は「ナ」国の地下水モニタリング担当機関として、全国レベルの地下水位モニタリングを行い地下水開発ポテンシャル評価を行い適切な開発量を設定するとともに、地下水環境問題に関するモニタリングを行い異常が検知された場合は原因の分析と対策の検討を行う。また、井戸掘削を担当する州政府機関から井戸掘削データや探査データを効率的に収集しデータベース化を行う。

NIWRMC

NIHSA が行った地下水開発ポテンシャル評価に基づき NIWRMC が地下水水利権の発出や井戸登録を行う。また地下水環境に関する NIHSA の観測・解析・予測結果に基づき NIWRMC が揚水規制などの対策を提案する。

州政府機関

州政府機関である RUWASSA、WATSAN Project や Water Board (水道公社) などは地方および都市の給水を目的とした地下水開発を担当しているが、地下水位のモニタリングは実施していないため、水資源量の評価や管理を行うことはできない。その役割は連邦政府の NIHSA が担当している。しかし、NIHSA には資金的・人材的な限界があり、NIHSA が単独で広大な「ナ」国の 37 州を高い精度でモニタリングすることは不可能である。したがって、今後は州政府機関が NIHSA の技術的指導を受けつつ独自に地下水位モニタリングを行い、NIHSA や NIWRMC と連携しつつその成果を地下水開発・管理に役立てることが期待される。

9.5 水資源データ・情報管理

9.5.1 現状

水文観測データからは、統計解析などの分析から、降雨流出現象、河川構造物の設計に必要な諸元、河川構造物の運用ルールなど、持続可能な水資源の利用を推進するために必要な貴重なデータが得られる。

こうした貴重なデータを得るためには、長期間にわたり定常的な水文観測とデータの蓄積を行う必要がある。このため、持続可能な水資源の利用を推進するためには、観測、データ収集及び蓄積に係る管理の重要性は非常に高い。

一方、残念ながら現在の「ナ」国国内には、こうした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、全土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。

このためここでは、国内事情を考慮した、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す。

9.5.2 提案

(1) 戦略目標

水資源関連データの管理の戦略目標（ビジョン）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。

また、次に示すようなデータ流通の仕組みを整備し、利活用を通じて検証された収集データが、NIHSA および NIWRMC の 2 機関に蓄積されるような体制の構築を目指す。

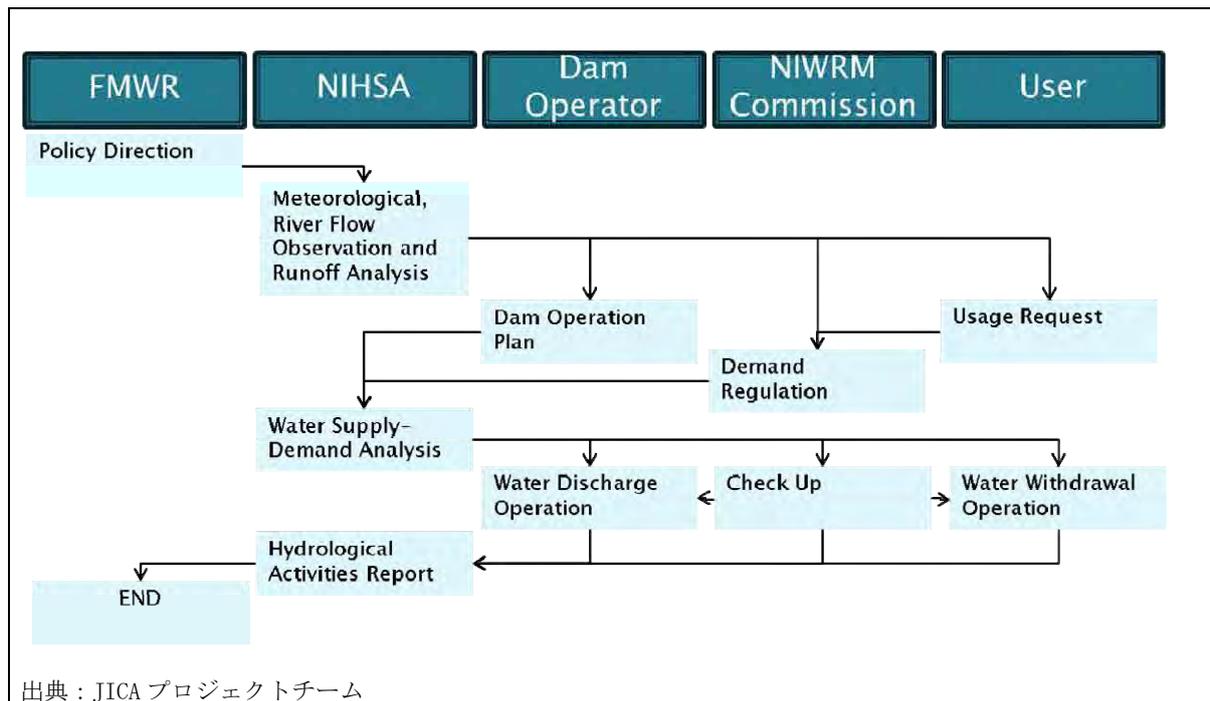
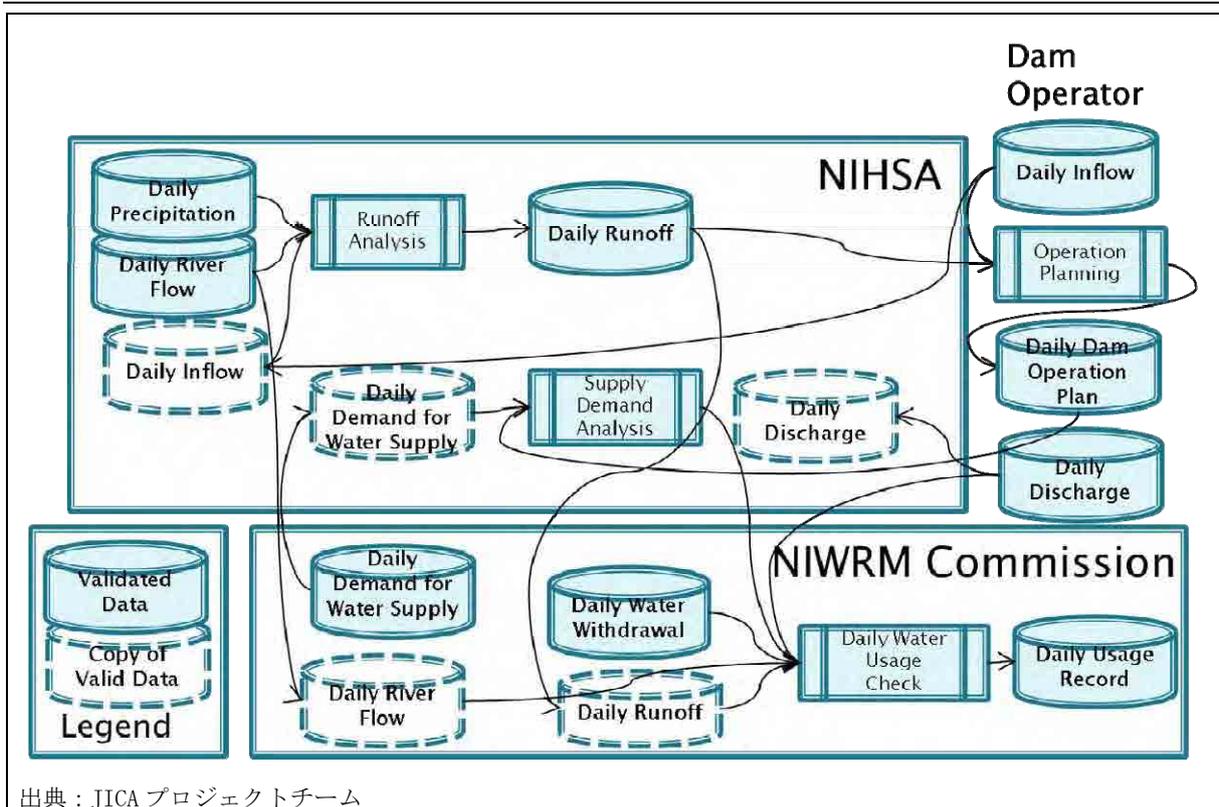


図 9-11 収集データのダム運用への活用・作業フロー概念図



出典：JICA プロジェクトチーム

図 9-12 収集データのダム運用への活用・データフロー概念図

(2) 管理対象のデータについて

ここでは、水資源の利用に関連した以下の 2 種類のデータを対象としてデータ収集及び蓄積に係る管理の方針を示す。

- 降雨量、河川水位、河川流量などの観測データ
- 観測所、ダム、取水口、灌漑プロジェクトなどの諸元データ

(3) 観測データ取得方針

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。

表 9-17 観測データ取得上の問題点

問題	要因
頻繁に発生する欠測	停電などにより
低品質データの混入	データの流通体制が存在せず、部局間で相互チェックが行われない
データの途絶	運用資金の不足により機器の更新・補修が行われない

出典：JICA プロジェクトチーム

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。多重化により得られた観測データは、以下の用途に使う。

- 欠測時の予備データ
- 計測数値の比較（自己チェックに用いる）
- 国内で安価に入手できる機材を用い、更新・補修を確実にを行いデータ途絶を回避

(4) データ収集及び蓄積に係る管理

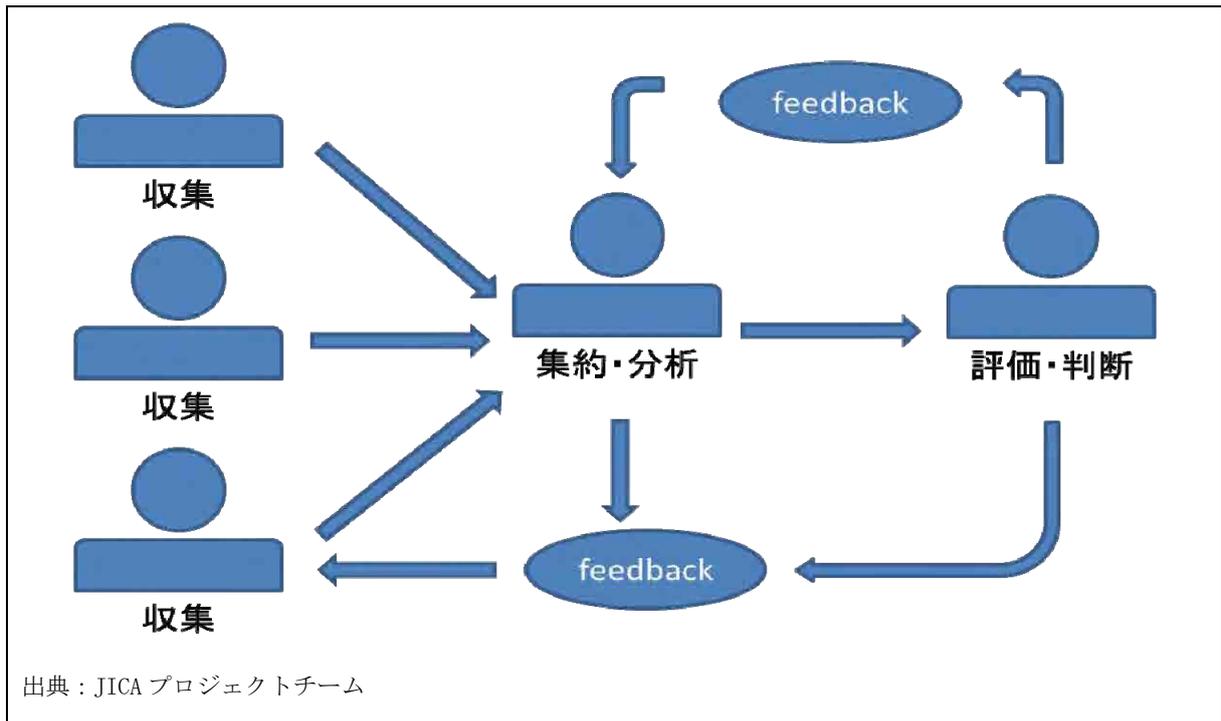
戦略目標（ビジョン）上、観測データ及び諸元データは、流通環境の整備のとも、利用・流通を通じて検証された収集データの蓄積を行うことになっている。一方で、流通体制の整備を待つまでもなく、基本的なデータのチェック及び収集体制の改善を行う仕組みを NIHSA、NIWRM の主要 2 機関をはじめ観測に係る機関に整備する必要がある。

表 9-18 に、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を示す。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。図 9-13 にデータ収集及び蓄積に係る管理を行う為の集約・分析・判断のデータフローを併せて示す。データの収集状況を示すデータは、収集環境に応じて変更や追加を加える。

表 9-18 データの観測・蓄積

	収集		集約・分析		評価・判断		Feedback	
	頻度	方法	頻度	方法	頻度	方法	時期	方法
観測データ								
欠測日数	月 1 回	観測値整理	月 1 回	フォーム集計	月 1 回	フォーム確認	随時	投入変更
観測誤差*	毎日	観測値比較	月 1 回	フォーム集計	月 1 回	フォーム確認	随時	投入変更
欠測時補填用データ	欠測時 毎日	手動観測	毎日	データ追記	随時	フォーム確認	随時	補修部品投入
諸元データ								
位置情報	年 1 回	GPS 利用	年 1 回	フォーム集計	年 1 回	フォーム確認	随時	予算変更
補足データ	随時	手動計測	随時	フォーム追記	随時	フォーム確認	随時	

出典：JICA プロジェクトチーム 観測の多重化を行った、重要観測地点のみ。



出典：JICA プロジェクトチーム

図 9-13 収集データの集約・分析・判断のデータフロー図

(5) まとめ

以上、「ナ」国国内事情を考慮した上で、水資源関連データの管理の中長期的な戦略目標（ビジョン）を達成するための方策を示した。特に重要な観測点では、観測の多重化を行い、観測データの品質（継続性・データ精度）の改善を図ることを提言する。

また、データの観測・蓄積状況を定期的に点検し、マネジメント層へ直接報告する仕組みを提案し、マネジメント層の DB 構築へのコミットを併せて提言する。

9.6 氾濫原の管理

9.6.1 現状

(1) 氾濫原の管理の現状

現在の「ナ」国領土における本格的な河川の利用は、19世紀にヨーロッパ諸国が、Niger川の水運を利用してヨーロッパ本土との交易を開始したことに始まる。内陸水運は、20世紀初めまで、特にイギリスの国策会社を中心となり、Niger川、Benue川を通じた農産物の物資輸送で栄えた。その後、内陸水運はイギリスの鉄道、道路輸送への方針転換と、1950年代の石油発見による農業への関心低下のために、規模は拡大せず、縮小傾向で現在に至っているが、「ナ」国の河川管理の主要セクターの一つとなっている。

河川の流水の消費的な利用は、Niger川、Benue川等の氾濫原における小規模で伝統的な氾濫地耕作がある他、20世紀から導入された大規模貯水池による灌漑、給水がある。このような貯水池や堰を使った取水により流水を利用するセクターが「ナ」国の河川管理の主要セクターの一つとなっている。ただし、オイルブームの際に築造された大規模ダムの中には、洪水を貯留する狙いがあったものがあるが、洪水対策目的としては計画的に利用されていない現状である。

「ナ」国における氾濫原は、市街地を下方侵食して縦貫する幅数メートルの中小河川沿いの土地から、Niger川、Benue川等の段丘に挟まれた幅20kmにも及ぶ広大な平原まで多様性がある。「ナ」国の都市の形成過程は、平坦な高台が多い地形条件もあり、(アジア等一部の国の灌漑文化を基盤とする集落形成の歴史とは異なり)河川の氾濫原で生じる洪水の危険とは距離をおいた場合が多く、そのような場所では、洪水対策ひいては氾濫原の管理に対しては関心を持たれなかった。ただし、HA-8のようなAlluvial Plainが多くを占める地域では、氾濫原の制御の必要性が早くから言われていた。

このように「ナ」国では内陸水運セクターは現存するものの、広大な国土全体から見れば、河川の流水を「点」の貯水池で利用することに風土的なニーズがあり、河川規模が大きいこともあり、河川を縦断的に「線」や「面」として扱う視点の必要性があまりなかったといえる。

(2) 問題

しかし、「ナ」国においても、人口の増加による市街地の拡大が、既成市街地周辺の氾濫原にまで無秩序に及び、水路沿いの洪水氾濫やエロージョンによる物理的被害が社会問題化するようになった。上流にダムがある氾濫原において洪水被害が発生すると、ダムの運用に社会的な眼が向けられるようになることが増えた。2012年のNiger川、Benue川等の近年稀に見る増水は、Lokojaなどの川沿いの市街地に甚大な被害を与えたが、改めて河川が縦断的に連続していることを一般に印象つけた。さらに、環境流量の重視により、平常時の流水の連続性といった、河川を「線」として扱うことにより関心が集まっている。Niger川、Benue川等の段丘に挟まれた広大な氾濫原は、灌漑ポテンシャルを有しているが、その利用が十分になされていない。表9-19は、対象とする氾濫原を、都市部の小河川沿い、中規模河川の都市近郊の氾濫原および主要河川の氾濫原に区分し、現在、関係省庁が取り組んでいる施策を示したものである。

表 9-19 氾濫原の管理

	対象とする氾濫原			
	都市部の小河川沿い		中規模河川の都市近郊の氾濫原	主要河川の氾濫原
	高標高の地域	デルタ地域		
州政府	都市部の環境改善 土地利用計画	都市部の環境改善 土地利用計画	都市部の環境改善 土地利用計画	土地利用計画
連邦環境省	都市部の環境改善 洪水予警報	都市部の環境改善 洪水予警報	都市部の環境改善	—
連邦水資源省	—	—	ダムによる放流管理 水文モニタリング	ダムによる放流管理水 文モニタリング 大規模灌漑事業
連邦Niger Delta省	—	デルタ地域都市部 の環境改善	デルタ地域都市部 の環境改善	
連邦運輸省内陸 水運庁	—	—	可航区間の管理	可航区間の管理

出典：JICAプロジェクトチーム

州政府と環境省が取り組んでいる「都市部の環境改善」は、氾濫原管理の観点としては、自然河川のライニング、浚渫、護岸整備および洪水予警報などである。なお、州政府は、土地利用計画の担当部局を有し、氾濫原の土地利用に責任がある。連邦Niger Delta省は、Niger Deltaの関係9州（Ondo、Edo、Delta、Bayelsa、Rivers、Imo、Abia、Akwa Ibom、Cross River）を統括する立場であり、氾濫原の管理にも一定の関与を有していると思われる。

(3) 課題

「ナ」国の氾濫原の管理は、変動する河川の流況（水位、流量、流速）に応じて、洪水の被害を最小限にし、平常時の河川の利用を促進し、土地利用の高度化を図ることであると意味づけることとする。

都市部の環境管理の一面としての氾濫原の管理を含め、「ナ」国の氾濫原の管理は今後重要な国の政策に位置づけられる必要がある。

都市部の中を流れる小規模な氾濫原については、州政府、連邦環境省が環境行政の一環として推進していくことが「ナ」国の基本的な政策であるが、対策事業に要する予算の十分な手当、連邦政府からの技術的な支援（水文情報の提供、計画設計手法）が必要とされている。

洪水被害の軽減については、「ナ」国では連邦環境省による都市部での降雨による洪水予警報が整備途中であるが、2012年洪水のような大河川の増水現象に対する洪水流量の予警報への取り組みが十分に出来ていない。

食糧増産のために、大規模河川の氾濫原における灌漑事業に期待が寄せられる中、氾濫原の基礎的な情報（過去からの河道変遷状況、現状の微地形を示す横断面図、土質断面、河道の流下能力）が不十分である。

大規模河川の航路区間を管理しているNIWAは、管理対象が航路のある氾濫原全幅とされているが、その管理実態が一般に不明確である。

9.6.2 提案

上記の課題がある中、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 9-20 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、滲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理計算し、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

この基礎調査を行うことによって、河道の安定度の評価、氾濫原内の冠水頻度の評価、沿川の都市部の氾濫可能性評価が可能となり、上流のダム放流操作規則への反映、大規模灌漑事業のサイト選定、航路管理の参考情報提供、沿川の都市部の防災情報提供と土地利用計画への反映が可能となる。

9.7 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。本節はこうした気候変動、越境水に起因する水資源管理上のリスクの考慮について議論するものである。

9.7.1 現状

(1) 気候変動

(1-1) 気候変動にかかわる政策

Nigeria's First National Communication (2003)

Nigeria's First National Communicationでは、以下に示す気候変動適応策が提案されている。

- 既存構造物の改良
- 新規構造物の建設による水供給能力の増強
- 異なる新規構造物の管理と水供給システムの統合
- 水のリサイクルと再利用の促進
- 地下水供給の開発
- 開発済み水源の効率性の向上
- 植林による集水域の保全
- 地下水のモニタリング
- 雨水利用技術の改善と雨水貯留タンクの建設。

ドラフト National Climate Change Policy (2011)

2011年に準備されたドラフトNational Climate Change Policyでは水資源に関する以下の政策と戦略が示されている。

政策

- 降水量の減少を伴う気候変動状況において種々の目的に供する十分な水を確保するための水供給計画を策定し、実施していくことを継続する。

戦略

- 水源涵養を含む水供給の管理のための規制、会計手法の利用を継続する。
- 水供給、廃水に関する既存の組織・制度、規制の枠組みをレビューする。
- 水の貯留、輸送におけるロスを減少するとともに、その能力を高めるための水路、貯留施設の改善プログラムに投資する。
- 原水貯留の増強を最適化するためのより小規模なアースダムの開発
- すべてのセクター、レベルにおける水の保全促進に関する既存の努力を継続する。
- 流域間・流域内導水、淡水化を通じた海水、汽水の利用といった代替水源を模索する。
- 廃水の水質改善のための下水処理施設への投資と管理を行う。
- 上下流の異なる利水者の調整による流域管理に関わる国際協力をスケールアップする。
- 水源涵養と水域生態系を促進するため集水域の確定と保全
- 貯留施設の貯留能力および河川の流下能力を改善するための堆積物除去プログラムを継続する。
- 河川流と洪水を監視するための水文ネットワーク整備を継続する。

その他

連邦環境省のSpecial Climate Change Unitによれば、Second Communicationが現在最終レビュー段階となっており、そのレビューが完了次第、同文書が公表されることになっている。

世界銀行はClimate Risk Analysis in Nigeriaを実施し、「ナ」国における農業および水資源に対する気候変動のインパクトを議論している。

(1-2) 気候変動に起因する水資源に関するリスクの推定

第4～6章では、それぞれ、水需要量、水資源ポテンシャル、水需給バランスという観点から気候変動の影響評価を試みた。以下に、それらに基づき推定される気候変動に起因する水資源に関するリスクを示す。

- GCM の出力結果に基づき、気温変化と降水量変化に関わるシナリオを設定した。シナリオは 2050 年時点の気候状態を対象としている。
- 設定したシナリオに基づき、以下のリスクが予測される。
 - 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。
 - 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。
 - 灌漑水需要量は、ベース気候状態の約 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。
 - 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て 5~20m 程度の追加的な地下水位低下が予想される。
 - 表流水を水源とする都市用水の給水安全度はベース気候状態と比べて低下し、1/5 安全度の灌漑可能面積も減少する。灌漑可能面積の縮小が顕著となるのは HA-6, 8 であり、いずれも都市用水と灌漑用水の利用が競合している地域である。
 - 水力発電ダムにおける平均発電力量は気候変動の影響により 60-90%程度に減少する可能性がある。

(2) 越境水

(2-1) 越境水に関する政策

「ナ」国の多くの部分は国際河川の流域によってカバーされている。もっとも顕著なものは、i) Niger 川流域（総流域面積：2,090,000km²）、ii) Chad 湖流域（総流域面積：2,400,000km²）である。第 5 章における水資源ポテンシャルの検討に基づけば、「ナ」国における総水資源量の約 1/4 は隣国から流入する水量に依存している。

「ナ」国は、国際河川を適切に取り扱うための以下の 4 つの国際組織に参加している。

- NBA (Niger Basin Authority)
- LCBC (Lake Chad Basin Commission)
- NNJC (Niger-Nigeria Joint Commission)
- NCJC (Nigeria Cameroon Joint Commission)

National Water Policy (2009) では、越境水に関わる主要課題と戦略が以下のように示されている。

主要課題

- 流域を共有する人々の生活条件改善のために合理的かつ最適な水利用
- 流域間の問題解決を探るための協調関係の強化

戦略

- 流域を共有する隣接国との協調を促進する。
- 地域委員会における相談による効果的な紛争解決メカニズムを確立する。
- 国際河川協定をレビューする。
- 流域を共有する隣接国間の情報共有の促進のために包括的な水資源モニタリングシステムを確立する。
- 地域機関の活動を支援する。

(2-2) 越境水に関する問題の事例

Benue 川における Lagdo ダム

Lagdo ダムは 1982 年に「ナ」国国境から約 100km 上流の Benue 川のカメルーン領土内に建設された。総貯水容量は 80 億 m³（有効貯水容量 45.7 億 m³）であり、灌漑、水力発電を主たる目的とする。推定平均流入量は 260m³/s とされている。

このダムは、既存の協定を無視して建設され、さらには下流の利水者に配慮した運用が行われて

いない、と報告されている¹。ダムの影響としては、i) 河床と取水施設周辺の堆積物の増加、ii) レジーム変化による Fadama 灌漑と漁業のための水域の消滅、が観察されている。また、レジーム変化は、洪水緩和、干拓、乾季における河川流況の改善に対してある程度貢献できる可能性がある。このため、2 国間での相互便益を考慮したダムの管理が求められている。2012 年に生じた大規模な洪水時には、Lagdo ダムからの放流が Yola 周辺の洪水被害を助長したとされている。

Katsina-Ala 川および Kashimbilla ダム

Katsina-Ala 川はカメルーン領土内から流れ出ている。Katsina-Ala 川の最上流端には、Nyos 湖と呼ばれるカルデラ湖が存在している。この湖は約 50m 幅の天然ダムによって閉鎖されており、構造的に脆弱で継続的な侵食にさらされ、10 年以内の崩壊発生の危険があるとされている²。過去の報告によれば、この天然ダムの崩壊は最大 17,000m³/s にいたる破壊的なダム崩壊洪水を下流にもたらすとされている。また、推定されたハイドログラフは、湖よりも約 100km 下流の「ナ」国国境付近での流量を 3,400m³/s を越えないもの、1,400m³/s 程度となることを示している³。

このような Nyos 湖崩壊の可能性は、Katsina-Ala 川沿川の住民の心配の種となっている。可能性のあるダム崩壊に適切に対処するためには、2 国間における協調した湖の管理が必要となる。

Kashimbilla ダムはこのような Nyos 湖におけるダム崩壊洪水の緩衝となるべく企画されたものであり、総貯水容量 5 億 m³ の建設中の多目的ダムである。

Niger 川上流に計画される Kandaji ダム

ニジェール国内の Niger 川において計画されている Kandaji ダムは 2011 年 5 月にその建設が開始された⁴。Kandaji ダムはニジェール国の首都 Niamey より約 187km 上流の地点に建設が予定されている。総貯水容量は 16 億 m³ であり、180MW の水力発電、45,000ha の灌漑用水利用（目標年 2034 年）が想定されている他、Niger 川の環境改善のために乾季においても常時 120m³/s の放流を行うことを目的としている。

乾季における常時 120m³/s の放流は「ナ」国における Niger 川の乾季の流況を改善するという意味では便益を受けるが、将来的にダムの水が灌漑用に使用、消費されることになれば、「ナ」国に流入する水資源量の総量は減少する。

越境地下水

地下水は地形や帯水層の構造にしたがって流動しており隣国と国境を接する「ナ」国では地下水が国境を越えて流動する可能性が高い。「ナ」国の場合、地下水越境水は堆積岩地域の地下水に限定される。以下の 4 つの地下水盆（Groundwater basin）の中で地下水が国境を超えて流動している。

- (a) Sokoto 地下水盆
- (b) Chad 地下水盆
- (c) Dhahomey 地下水盆
- (d) Upper Benue 地下水盆

上記のうち、(a)と(d)は地下水が隣国から流入して来るタイプであり、(b)は逆に「ナ」国から隣国に流出するタイプである。(d)は両者の性質を持つ。現在のところ国境を挟んだ両国で越境水に関する問題(水量・水質)は起きていない。しかし、今後地下水の大規模な開発が計画されている北部地域の(a)と(c)では地下水水位モニタリングを強化し、越境水の問題発生に対処可能なデータの蓄積が求められる。

¹ Toro, S. M. : Post-Construction Effects of the Cameroonian Lagdo Dam on the River Benue, J. CIWEM, 11, April, pp. 109-113, 1997.

² Joint UNEP/OCHA Environment Unit: Lake Nyos Dam Assessment, 2005.

³ Lockwood, J. P. et al. : The potential for catastrophic dam failure at Lake Nyos maar, Cameroon, Bulletin of Volcanology, 50, pp. 340-349, 1988.

⁴ Office of the Presidents of Republic of Niger: Technical Information File for “Kandaji” Program of Ecosystems Regeneration and Niger Valley Development, 2011.

(2-3) 越境水に起因する水資源に関するリスクの推定

「ナ」国の総水資源量の約24%は上流国から流入する越境水によるものであるが、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、越境水の影響は主として Niger 川及び Benue 川の本川に沿って出現すると考えられる。Niger 川本川に建設された Kainji、Jebba ダムにおける発電力量に対する越境水の影響について、水バランス計算の結果によれば、「ナ」国への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、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。

9.7.2 提案

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見直し
 - 気象、水文モニタリングならびに水文モデリングの見直しを推進し、水資源量の推定精度を高める。
 - 水利用に関わる情報の集約、見直しを推進し、水需要量の推定精度を高める。
 - 近隣諸国とのコミュニケーションを推進し、水資源に関わる情報の共有化を図る。
 - 越境水の影響を受けやすい Niger 川、Benue 川本川やその他重要河川に沿った河川および氾濫原の詳細調査を実施し、洪水リスクマップを準備する。
- 順応的管理の推進
 - 気候変動、越境水の影響は不確実な要素を含むものであるが、これらのリスクが確実なものとなった場合に、それに応じて柔軟に計画を修正できる管理体制を構築する。そのためには計画の実施状況の的確なモニタリングと評価がより重要となる。
- 洪水・渇水に対する危機管理体制の強化
 - 気候変動、越境水の影響により、洪水・渇水の頻度が大きくなる可能性がある。水文地域ごとの水資源調整委員会（CMCC）を中心として、洪水、渇水の緊急時における水配分を定める体制を構築し、実践する。さらには、連邦、州、LGA 各レベルの災害対応委員会と連携し、洪水、渇水に対する事前準備、災害対応を強化する。
- 水需要管理の推進
 - 将来生じうる水資源量の減少に備えるために、都市用水の送配水ロスの低減、導水ロスの低減等による灌漑効率の向上、といった水需要管理を推進する。これにより、渇水時のリスクを軽減する。

9.8 水環境管理

水環境保全と水質管理という 2 つの要素が、適正な水環境管理の根本をなすと考えられる。水環境保全に関しては、良好な森林管理が流域の水資源を守るために重要な役割を担う。水質管理に関しては、汚染源のコントロールと水質モニタリングが、水源水質保全の基本サブコンポーネントとなる。

JICA プロジェクトチームは、現地調査、既存情報の検討、および種々の関係機関職員への聞き取り調査を通じて、「ナ」国内の水環境管理セクターにおける主な問題と課題を特定した。これに加えて、レクリエーション水域についても、現状の把握と改善への提言を行うための検討を実施した。これらの調査結果に基づき、以下に示す提言を行う。

9.8.1 現状

「ナ」国における水環境管理は、非常に不十分であり、水資源の劣化の増大を許している。「ナ」国の河川の多く、とくに州都などの地方都市中心部を通過する区間は、水質汚染の傾向を示している。汚染の程度は場所によって異なるが、汚染の原因は、市民生活および産業活動で発生する廃水にある。

水環境管理に関して特定された重要な問題と課題は、以下の通りである。なお、詳細については、Volume-5 Supporting Report の SR6.4 節に示す。

表 9-21 水環境管理に関する重要な問題と課題

重要な問題	提言
水質汚染防止	
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。この意味において、水質汚染の現状に対処するため、NESREA を国および支部レベルで強化する必要がある。
水域への廃水放流に関する企業経営者の法令遵守の水準が低い。	企業経営者の意識を高め、産業内に廃水処理施設を設置するための財政的メカニズムを確立する。
水質汚染を防止するための国レベルの政策が不足している。廃水発生量、その特性、処理装置の有無、その汚染物質除去効率、および水域への放流の影響を把握するための産業施設の評価が不足している。	「ナ」国は「水質汚染防止のための政策および方針」を確立しなくてはならない。この意味において、FME は、まず産業施設と下水処理状況の総合的評価を含めて、国内の水質汚染の現状を分析するべきであり、次に、必要な「政策および方針」を策定するべきである。これらの「政策および方針」は、産業的な汚染を最も経済的に低下させるものに適合しなくてはならない。
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。アブジャ市など一部の地域で整備されている、下水道への接続を普及させるために、特別な意識醸成キャンペーンを実施する必要がある。
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。
地下水に関する大きな懸念の一つは、現行の NESREA の条例で許可されている、廃棄物や液体の注入に用いる井戸によって発生する汚染の可能性である。国内でそのような行為を評価する水質観測の情報が存在しない。	廃棄物や液体の注入に用いる井戸によって発生する汚染の可能性から地下水源を守るために、「ナ」国国内で FME により、厳格な水質管理計画を実施するべきである。
「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。
「ナ」国の都市部の多くでは、空地、道路沿い、河川などに固形廃棄物の違法投棄が見られ、環境を汚染している。	河川や水資源の汚染を防ぐために、国内で固形廃棄物管理を改善する必要がある。
以上の課題により、「ナ」国の河川の多く、とくに州都などの地方都市中心部を通過する区間は、水質汚染の傾向を示している。汚染の程度は場所によって異なるが、汚染の原因は、市民生活および産業活動で発生する廃水と固形廃棄物にある。	FME を主たる実施機関とする「全国水質汚染防止基本計画」を提言する。この基本計画では、主な汚染源（点汚染源と非点汚染源）を対象とし、汚染者と国民を巻き込んで、現状の水質汚染レベルを低下させる事業への地域参加を実現するべきである。
飲料水の水質モニタリング	
全国レベルでの水資源の質に関する信頼できるデータベースが必要である。	全国レベルでの水資源の質に関する信頼できるデータベース体系を確立することが不可欠である。このデータベースは、FMWR により運用され、関係機関に共有されるべきである。
「ナ」国では飲料水の水質観測が非常に不十分であり、国民の公衆衛生へのリスクが生じている。水質観測体系の確立における主な制約は、財政、技術的能力、機材の不足、および労働力の不足である。各検査施設は担当地域を有効にカバーできておらず、分析検体数が非常に少なく、現実的な水質評価のためには不十分である。	消費者の公衆衛生を確保するための「全国飲料水水質観測改善計画」を提案する。主たる実施機関は、FMWR とするべきである。計画の主な内容は、国内のすべての流域を対象とする観測ネットワークの設計、スタッフのトレーニング、および機材の整備を含むべきである。この計画のために、FMWR はとくに細菌学、有機物、重金属を専門分野とする職員をより多く採用するべきである。
水環境保全	
森林の管理計画は実施されておらず、その結果、「ナ」国の多くの地域で無秩序な森林伐採が行われている。そのため、水域に影響を与える侵食が増加している。	森林資源の持続可能な生産、保護、保全を実現するために、森林の管理計画を制定するべきである。

重要な問題	提言
「ナ」国の多くの河川やダム湖において、水生植物の異常繁茂が見られる。	2007-2011 年にかけて連邦環境省は 25 の州において水生植物の繁殖抑制事業を実施しており、このプロジェクトの第 2 フェーズは現在準備段階となっている。「ナ」国の重要な水域におけるこうした迷惑植物の持続的な管理のために、連邦水資源省が積極的にこのプロジェクトに参加することを推奨する。
「ナ」国は、観光産業界で観光対象として活用できるレクリエーション水域に恵まれている。また、多様な文化的集団で構成された人々による文化的な祭典は、歴史や文化を愛する旅行者に絶好の観光対象となる。しかし、国内の観光セクターを振興するために、これらの観光資源の適切な開発が必要である。	雇用と収入を生み出すために、「ナ」国国内で観光を推進することが不可欠である。最善の出発点は、既存の「観光セクター基本計画」を実行することである。水に関連するレクリエーションサイトの存在は、水資源関連事業の実施に際して考慮されなければならない。また、これらのサイトの管理は集水域保全活動の一部として考慮されるべきである。

出典：JICA プロジェクトチーム

9.8.2 提案

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

提案理由

国内のすべての流域を対象とする、連邦水資源省（FMWR）による効果的な「水質監視計画」を確立することが、強く推奨される。この意味において、新たに 6 ヶ所の「標準水質検査施設」を建設するという現在進行中の事業は、国内の水質観測の改善に向けた、省による最も重要な事業である。

しかし、連邦水資源省（FMWR）は、老朽化した検査施設の現行機材を更新するため、および竣工間近の新規検査施設に機材を整備するための援助を必要としている。さらに、観測計画の設計、検体の分析、および検査結果の解釈を実行するためには、連邦水資源省（FMWR）の人材育成が不可欠である。

目的

「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。

計画立案方針

本「計画」の対象となる検体は、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なものとする。

戦略

- 「計画」は、水源水および飲料水の水質観測における連邦水資源省（FMWR）および関係機関の能力を強化するように策定する。
- 「計画」は、その円滑な実施に向けて理解と協力を向上させるため、州の水委員会、流域管理当局、環境団体等、および一般大衆の参加を強化するように策定する。

コンポーネント

- 「全国飲料水水質観測改善計画」を策定するための調査
- 以下の機材の整備：
 - 1) 既存の検査施設：水中の有機物と重金属に関する分析機材の更新と整備
 - 2) 新規の検査施設：全面的な物理化学、有機物、および重金属に関する分析機材の整備
- 水質観測の設計、水の分析、および検査結果の評価に関する検査施設スタッフおよび技師のトレーニング。
- 策定された改善計画をパイロット事業として実施し、「全国飲料水水質観測改善計画」にどのような修正が必要であるかを学び取ること。

事業 2：重要河川水質モニタリング事業

提案理由

「ナ」国の重要河川における水質状況に関する情報は、その現状把握および将来生じうる状況の予測のために必要となる。現状ではこうした情報は極めて限られていることから、本事業の実施は不可欠である。

目的

「ナ」国の重要河川における水質状況を把握すること

計画立案方針

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。

戦略

- 分析対象とする水質パラメータは、種々の水利用のための要求される水質レベルの診断のために必要となるものとする。
- 分析と意思決定に資するため、堅牢なデータベースを構築する。
- 「全国飲料水水質観測改善計画」において強化される連邦水資源省（FMWR）の水質試験所及びそのスタッフを有効活用する。

コンポーネント

- 「重要河川水質モニタリング計画」を策定するための調査
- 「重要河川水質モニタリング計画」の実施

事業実施のために必要となる機材

これらの事業実施のために必要となる機材は、以下に示す通りである。

表 9-22 水環境管理改善事業で必要とされる機材

No	活動	水質パラメータ	機材
1	野外におけるサンプリングと計測	水温、pH、電気伝導度、溶存酸素	Field Monitoring Multi Tester, Conductivity/TDS/°C Meter Portable (2), Ph/ion meter (2), DO meter (2)
2	水質試験室における分析	物理化学パラメータ、バクテリア類	Flame photometer with accessories (2), Spectrometer (1), COD Analyzer (1), BOD respirometer (2), Incubator (3), colony counter (1), Colorimeter (2), Microscope (2), digital thermometer (2), miscellaneous material and equipment for supporting analysis*
		重金属類	Atomic Absorption Spectrometer with Accessories, Digestor (1)
		有機物、農薬	HPLC System with accessories (1)

*: 水質分析をサポートするための機材は以下を含む。

Rotary pumps (2), balance (6), compressor (2), water batch (3), blender (1), Series Block Heaters (1), thermometer (1), centrifuge (4), Ice maker (1), Chamber furnace (1), hotplate (6), Fluidized bath (2), Drying oven (2), Overhead stirrer (8), Refrigerator (2), Water Solvent Delivery System (1), Industrial Fume Cupboard (1), Microfiltration system (1), Dessicator (5), Shaker (1), etc.
Glasswares/miscellaneous/chemicals/reagents, Laboratory safety wares, etc.

備考：これらの機材は、必要とされる備品、設備（例えば、机、ガス・水道パイプ、電気設備など）とともに設置されなければならない。ここに示されたリストは暫定的なものであり、水質モニタリング計画策定時に調整される必要がある。

出典：JICA プロジェクトチーム

提案される事業実施スケジュール

提案される事業実施スケジュールを図 9-14 に、提案される事業コンポーネントごとの関連機関の責任分担を表 9-23 に、それぞれ示す。

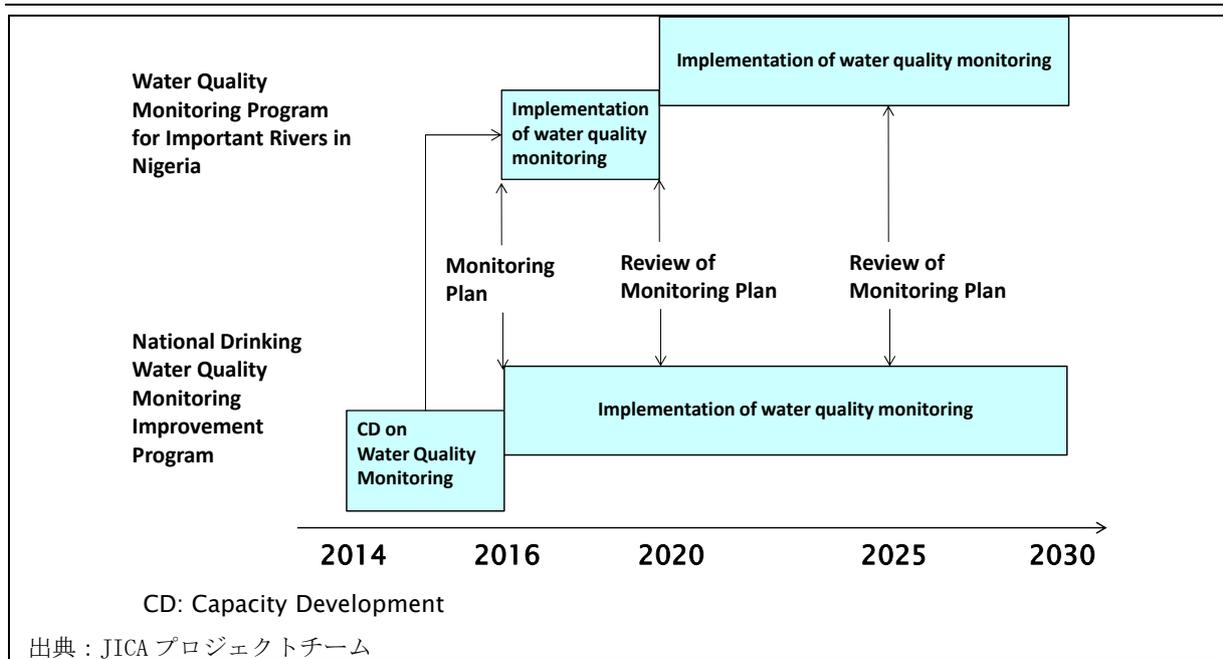


図 9-14 水環境管理改善に関して提案される事業実施スケジュール

表 9-23 提案される事業コンポーネントごとの関連機関の責任分担

		Organization																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	National Drinking Water Quality Monitoring Improvement Plan																		
(1)	Formulation of National Drinking Water Quality Monitoring Improvement Plan by International Assistance	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	S	P
(2)	Procurement of equipment for old Laboratories of FMWR	S																	M
(3)	Procurement of equipment for new Laboratories of FMWR	S																	M
(4)	Procurement of vehicles double-cab type for water monitoring (for laboratories)	S																	M
(5)	Procurement of vehicles sedan type (for supervision of laboratories)																		
(6)	Procurement of computers, printers, software (for laboratories and supervision)																		
(7)	Training program for staff of Laboratories of FMWR	S																	M
(8)	Implementation of National Drinking Water Quality Monitoring Improvement Plan (pilot project)	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	S	P
(9)	Sustainable Implementation of National drinking Water Quality Monitoring Improvement Plan by FMWR	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
2	Water Quality Monitoring Program for Important Rivers of Nigeria																		
(1)	Formulation of the Program for water quality monitoring in primary rivers by FMWR	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
(2)	Sustainable Implementation of the Program for water quality monitoring in primary rivers by FMWR	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Organization:		12 Abuja Environment Protection Board 13 Federal Ministry of Mines 14 Federal Ministry of Trade and Investment 15 Industrial Associations 16 NGOs 17 Donor Organizations 18 Nigerian Citizens Responsibility Assignment Matrix: M=Main Responsibility S=Sub Responsibilities P=Participation in Discussions																	
1	FMWR (Water Quality & Sanitation Division)																		
2	Nigeria Integrated Water Resources Management Commission																		
3	FMWR (NIHSA)																		
4	FMWR (Water Research Institute)																		
5	FMWR (River Basin Authorities)																		
6	State Water Board																		
7	Federal Ministry of Environment (NESREA)																		
8	Federal Ministry of Environment (Pollution Control and Environmental Health)																		
9	Federal/State Ministry of Health																		
10	States Ministry of Environment																		
11	Lagos Environment Protection Agency																		

出典：JICA プロジェクトチーム

9.9 水の配分と規制

9.9.1 現状

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。これは、Water Resources Actを適切に実施していくための実施細則の不在によるところが大きい。取水と水利用に関する許認可の現状は以下の通りである⁵。

- 多くの州水公社は地下水取水の許認可を得ることなく、地下水開発と取水を行っている。
- 州水公社とRBDAによる水供給に関する契約が表流水利用の許認可に相当している。

表 9-24 に示すように、水資源に関する許認可システムにはいくつかの重複する法が存在しており、このような複雑な状況は水資源管理を難しいものとしている。

表 9-24 取水・水利用に関わる職務権限

法	授権者	職務権限
Water Resources Act, 1993	FMWR	<ul style="list-style-type: none"> • 取水位置の特定 • 渇水時の取水量の特定 • 公衆の健康を脅かす場合の取水停止命令 • 井戸、水理構造物の運用管理停止命令 • 水量、水質を脅かす行為の停止命令 • FMWR 大臣により決定された条件による原水の販売・供給
River Basin Development Authority Act, 1987	RBDA	<ul style="list-style-type: none"> • 多目的利用のための表流水、地下水の開発 • ダム、堤防、井戸、灌漑施設、排水施設等の建設、運用・管理 • 水源施設からの水供給とそれによる料金徴収 • 水資源マスタープランの準備 • National Council of Ministers で承認された場合の灌漑スキームの管理と水管理
National Inland Waterways Authority Act, 1997	NIWA	<ul style="list-style-type: none"> • 取水許可とライセンスの付与 • 河川、ダムにおける水理構造物の設置、河川改修の実施 • 陸水に関する政府機関へのアドバイス • 河川敷における永久構造物の建設
Minerals and Mining Act, 1999	FMM	<ul style="list-style-type: none"> • 採掘権と取水権の付与 • 取水、送水、貯留施設の建設 • 上記に関わる土地の利用

出典：NIWRMC, Final Report on Review of Water Related Policies, Legislation and Institutional Framework

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。NIWRMCのドラフト設立法に基づけば、NIWRMCの機能は以下の通りである。

⁵ NIWRMC, Final Report on Review of Water Related Policies, Legislation and Institutional Framework

表 9-25 NIWRMC の機能

分類	機能
計画	<ul style="list-style-type: none"> ● 水バランスと流域管理計画、効率的な水利用戦略の策定にあたり、関連機関と連携する。 ● 水資源開発に係る国際標準に取り入れるための「ナ」国のインプットを定めるために、統合水資源管理に従事する国内外の機関と連絡・相談、関連機関と連携する。 ● 越境水の効率的公平の利用のための隣接国との連携推進方法について、連邦水資源省大臣にアドバイスする。 ● 関連機関と連携して水資源開発管理に関する国際条例について連邦水資源省大臣にアドバイスする。 ● 「ナ」国の状況および国際的な経験を考慮しつつ、水資源サービスの質に関する達成指標を開発する。 ● 統合水資源管理に関わるすべての側面に対する技術的支援を支援する。
管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 水セクタープログラムを効率的にモニタ・評価し、連邦水資源省大臣に対し、国外からの資金、技術支援を含む水セクタープログラム全般の助言を行う。 ● 水供給サービス事業の参入を希望者の手助けをする。 ● ステークホルダー間の水争いを調停する。 ● 水セクター関係者の不平を受け付け、調査する。 ● 関連機関と連携して水資源に関する2国間もしくは他国間の覚書について連邦水資源省大臣にアドバイスする。 ● 水利用者から徴収したライセンス料とライセンス保有者の状況について連邦水資源省大臣に報告する。 ● 「ナ」国における適切な水資源管理のために、国際機関や非政府組織から資金、技術援助を得る。 ● NIWRMC がその設立目的を達成するために必要となるその他の機能の中で、水法に記載された連邦水資源省大臣の機能から時に応じて移譲される機能について実践する。
規制	<ul style="list-style-type: none"> ● 「ナ」国における水資源管理のために必要となる規制、取り締まり活動を実施する。 ● 公的・私的水資源施設の経済的、技術的側面の規制について責任を持つ。 ● 安全かつ質の高い水資源開発、公共水サービスを確かなものとする。 ● 公共水サービスにおける競争原理の促進。 ● 競争原理を破壊するような水資源開発・水サービス提供者から、公共水サービスとその施設を保護する。 ● 市場原理を誤って利用する開発者・サービス提供者から、ライセンス保有者を保護する。 ● NIWRMC 設立法に規定される公共の利益の保護に責任を持つ。 ● ライセンス保有者やその他水供給者の不公平なふるまいから最終水消費者を保護する。 ● NIWRMC 設立法に基づき、水利用ライセンスを発行する。 ● ライセンス発行条件に記載される条件での水利用が実施されているかをモニタする。

出典：NIWRMC ドラフト設立法

NIWRMCの設立趣旨にみられるように、「ナ」国においては、適切な水利用許認可と規制に基づく、公平かつ環境に配慮した持続的な水資源開発や適切な水資源配分が求められている。このような現状をもとに、主要な課題は以下のようなものである。

- 水使用許認可と規制に関わる法制度面の早急な整備
- NIWRMC を中心とする水の規制者（レギュレータ）の能力強化
- 適切な水配分を行うための水資源量の推定精度の向上
- 適切な許認可実務を行うための、水資源施設、水利用の実態に関するデータ・情報の充実

9.9.2 提案

(1) 枠組み

「9.2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9-15に示すように提案する。

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。

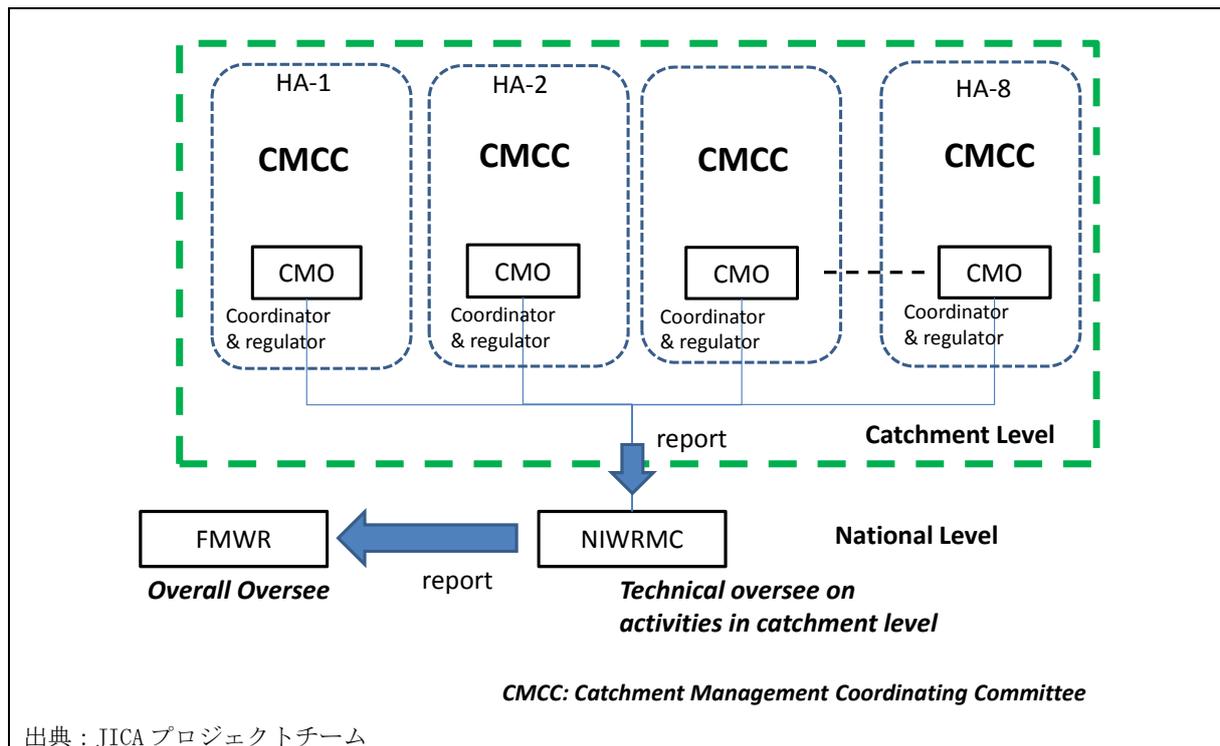


図9-15 流域単位での水資源の計画、管理、規制を行う枠組み

流域レベルでのCMOの活動の枠組みは図9-16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な水管理活動

ここで、マクロ管理およびミクロ管理は以下のように定義される。

- マクロ管理
 - 流域管理計画の中で規定される水利用計画、水資源開発計画を前提とした流域レベルでの大枠の水配分を管理する。流域における水利用状況、水資源開発施設の状況をモニタリングすることにより、流域管理計画の進展状況を管理し、それを水配分に反映させることが要求される。
 - 流域管理計画は、水文地域のステークホルダーによって構成される水資源管理に関するコミッティ (CMCC) の合意により策定される。CMO および NIWRMC はその策定、更新に係る技術的支援とステークホルダー間の調整を行う役割を担う。
 - 渇水、洪水など異常時における暫定的な水配分を調整する。
- ミクロ管理
 - マクロ管理においてステークホルダー間で合意された大枠の水配分を原則的ガイドとし、水利用の規制者として水利用許認可申請の審査、水利用ライセンス料の徴収、水利用許認可データの管理、管理モニタリング等の日常的な管理活動を実施する。

マクロ管理なくしてミクロ管理は不可能であるし、日常のミクロ管理活動の内容はマクロ管理にフィードバックされるべきである。

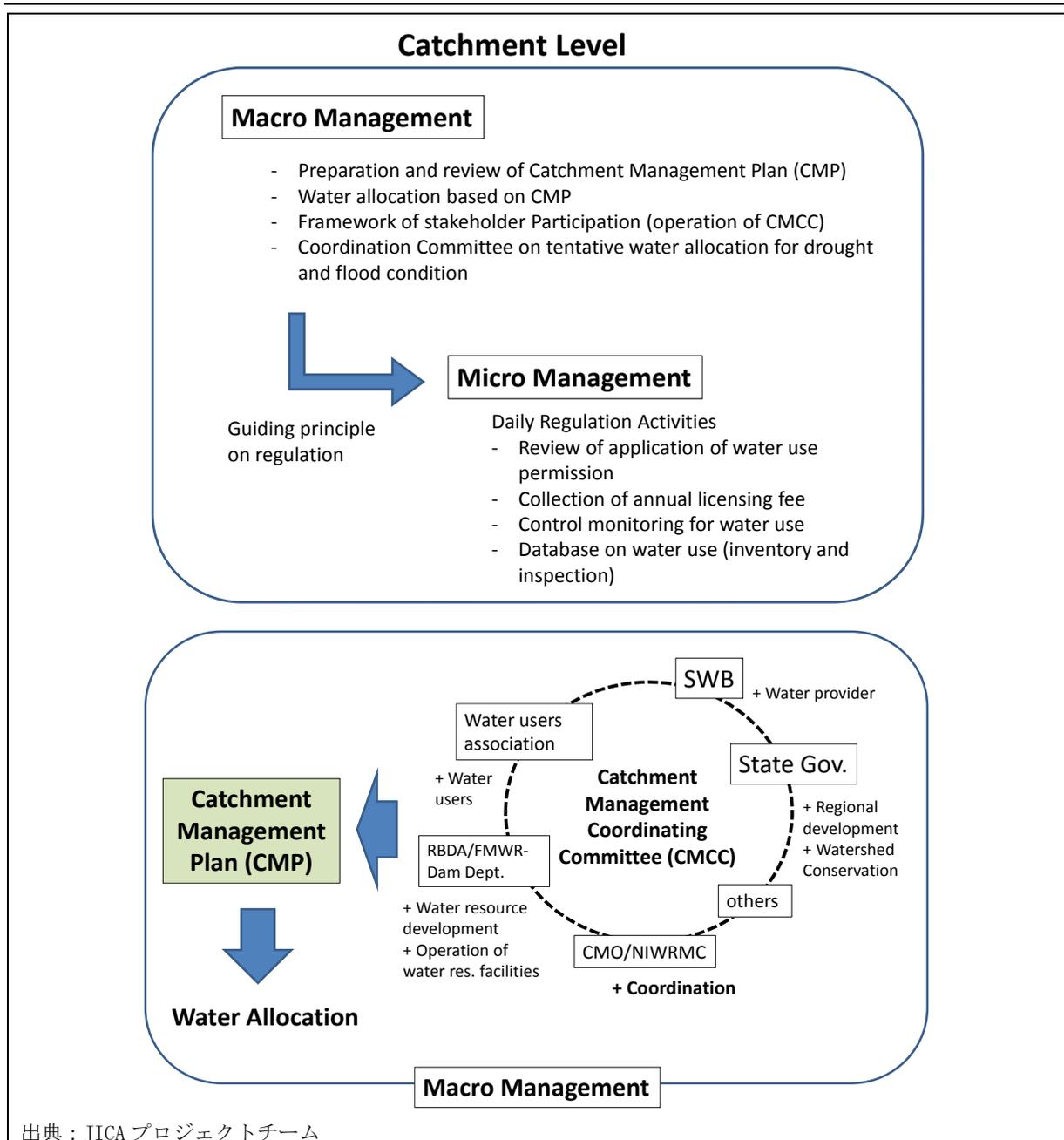


図9-16 流域レベルでのCMOの活動の枠組み

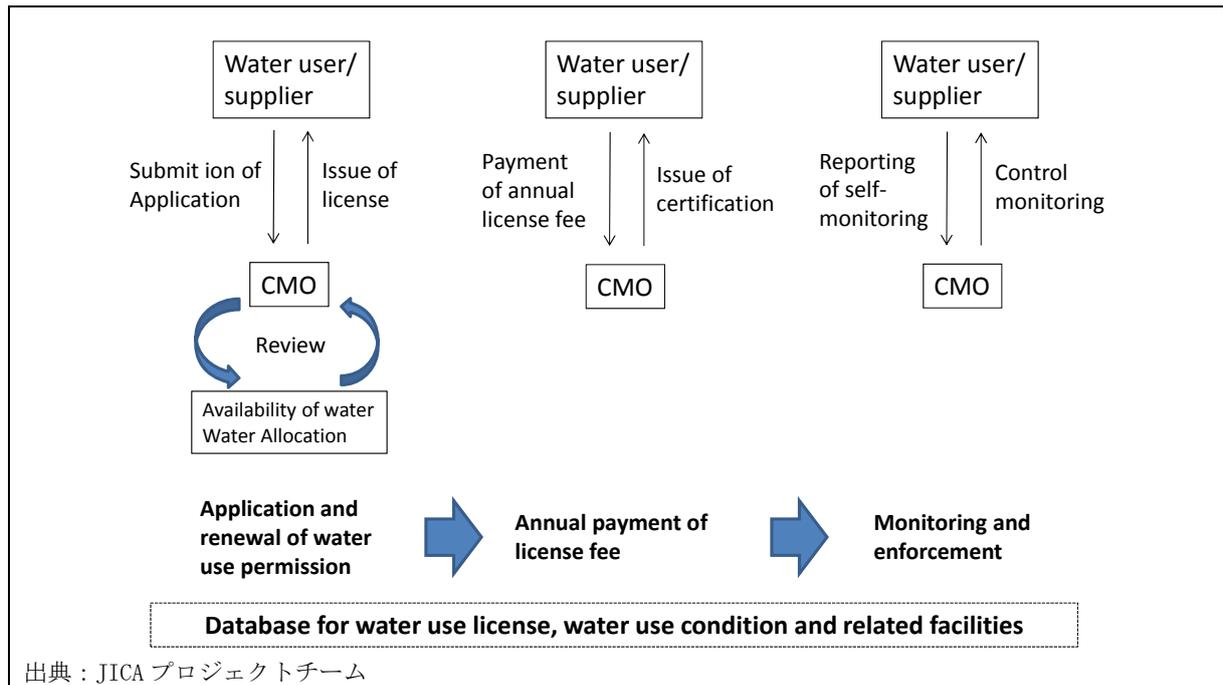
図9-17に、ミクロ管理におけるCMOの役割を示す。水利用の規制者としての日常の水利用に関わる管理活動は、1) 水利用許認可の申請の審査、ライセンスの発行、2) ライセンス料の徴収、3) 管理モニタリング、が挙げられる。

水利用に関するコストリカバリーの枠組みについて、幾つかのパターンごとに図9-18に示す。

CMOが水の規制者として徴収する水利用に関するライセンス料は、例えば都市給水のサービスプロバイダーであるSWBが徴収する水料金やRBDAが農民から徴収する灌漑サービス料金とは異なる性質のものであることに留意する。これら水料金は、サービス提供のためにかかった経費（施設の建設費や維持・管理費など）をユーザーに負担してもらうという性格のものであるのに対し、CMOが徴収する水利用に関するライセンス料は、水が特定の目的で利用されずに自然状態で流れている場合の機会費用に対して支払われるべきものを徴収するというものである。そして、このライセンス料は、最終的な水料金に上乗せされて最終ユーザーの負担となる。

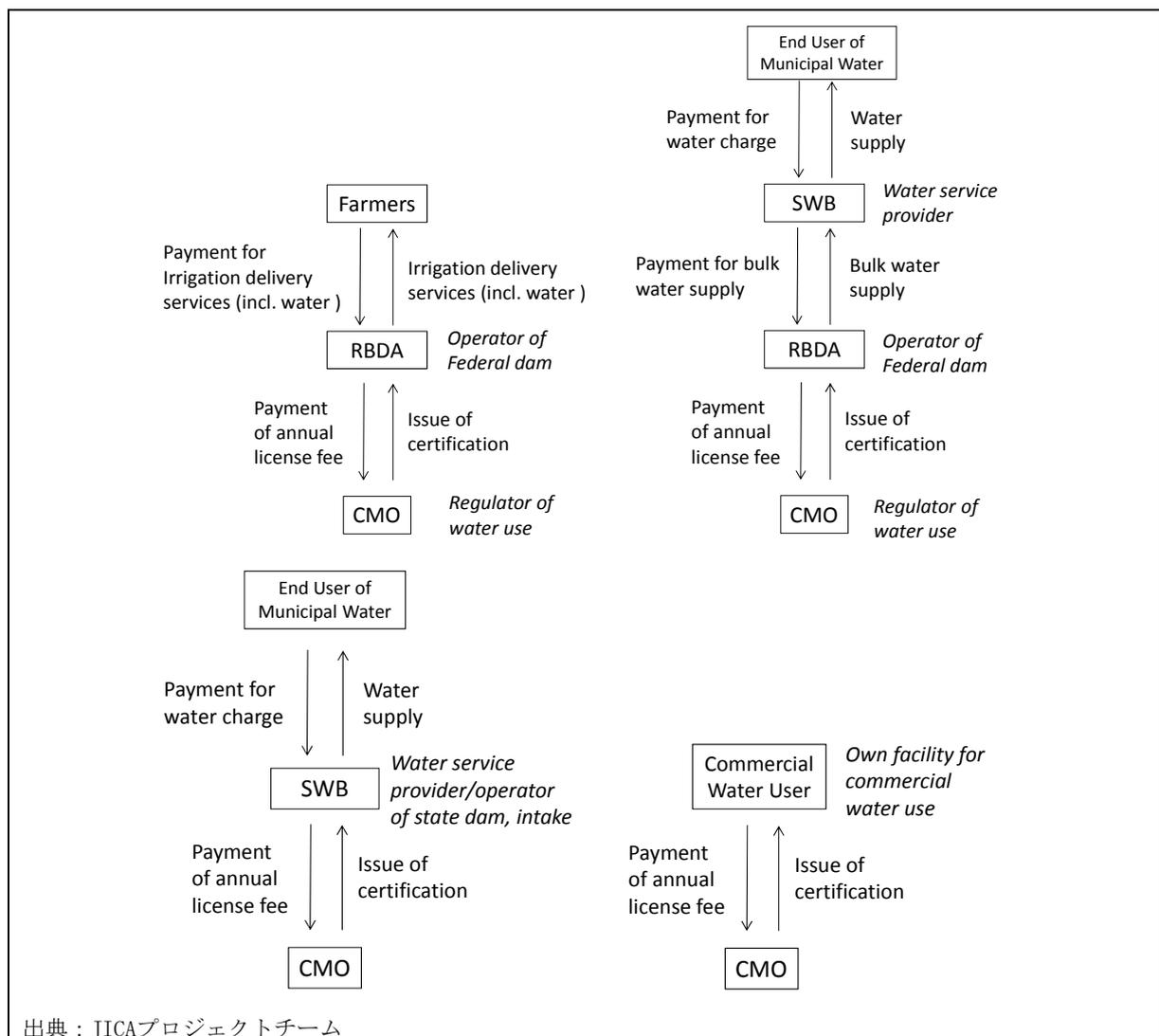
水資源管理者である連邦水資省が NIWRMC を通じてこうした水利用に係るコスト算定に対する標準的ガイドラインを準備することを提案する。また、CMO が収集する水利用のライセンス料は、CMO や水文地域のステークホルダーによって構成される水資源管理に関するコミッティの活動経

費など水資源管理活動のために使用されるべきである。



出典：JICA プロジェクトチーム

図9-17 ミクロ管理におけるCMOの役割



出典：JICAプロジェクトチーム

図9-18 水利用に関するコストリカバリーの枠組み

(2) 提案事業

9.9.1 節に示された主要な課題を踏まえつつ、9.8.2 節で提案された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。2014～2016 年の 3 年間程度の期間を想定する。

9.9.2 節に示された水の配分と規制に関わるフレームワークにあるように、水の配分と規制の枠組みを整備していくうえで、まず実施しなければならないことは、マクロ管理の出発点となる流域管理計画の策定を行うことである。このことから、本事業は「ナ」国における水の配分と規制を推進する重要なプロジェクトと位置付けられる。

NIWRMC および CMO は誕生したばかりであり、流域管理計画を単独で策定するための十分な能力を有していない。一方で、RBDAs はその設立から長い歴史を有しており、これまでにその管理地域での実質的な水管理を行ってきた実績がある。このため、現実的な体制として、NIWRMC、CMO および RBDAs の共同体制により流域管理計画を策定していくことを提案する。

NIWRMC および CMO は、策定される流域管理計画に基づくマクロ管理の実践において、調整者という立場から中心的な役割を担わなければならない。流域管理計画のうち、水資源開発を実際に実施していくのは水利用者の 1 つである RBDAs であるが、その進展状況をモニタリングしつつ適切な水配分を管理していくのは、各水文地域の水資源管理に関するコミッティ (CMCC) であり、CMO はその調整役となる。NIWRMC および CMO は流域管理計画の策定を通じて、ステークホルダー間の調整能力向上などの能力開発を行っていくことになる。

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。2014～2016 年の 3 年間程度の期間を想定し、以下の項目について、能力強化を図る。

- 水利用許可・規制マニュアルの作成
- パイロット地域における水利用許可・規制の実践
- 全国水管理施設インベントリ調査の実施
- 水管理施設、許認可データベースの構築
- 水配分モデリング

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。2017～2030 年の 14 年間程度の期間を想定し、以下の項目を含む事業とする。

- NIWRMC と CMO の人員体制の強化
- 流域管理計画の更新
- ステークホルダー協議
- 水利用許可・規制の実践
- 水管理施設、許認可データベースの更新

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。以下の内容が含まれる。2014～2017 年の 3 年間程度の事業実施を想定する。

- 水利用ライセンス料設定のための水資源開発がない場合の原水価値 (raw price) の評価
- RBDAs 等による水資源開発にかかるコストリカバリーのための水料金設定に係るガイドラインの策定

提案される事業実施スケジュール

以上の事業について、図 9-19 に示すように段階的に実施することを提案する。

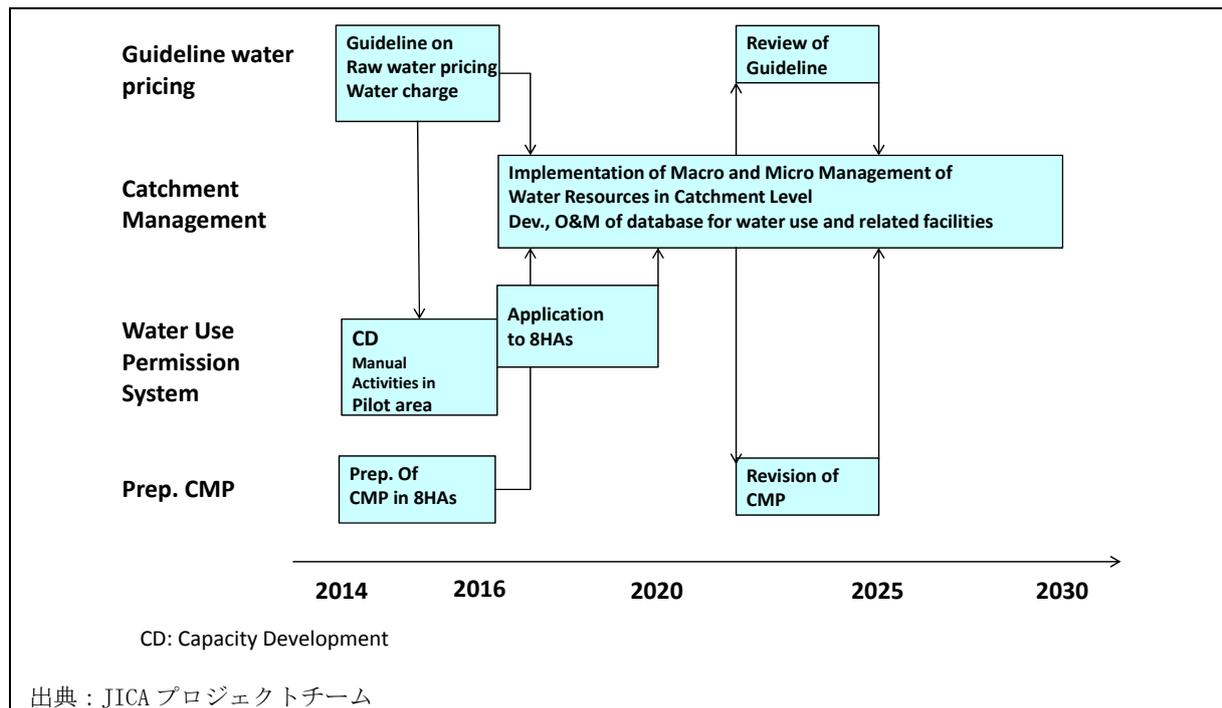


図 9-19 水配分と規制の改善に関して提案される事業実施スケジュール

9.10 水セクターにおける広報活動

9.10.1 現状

(1) 広報活動の使命

水セクターにおける広報活動（Public Relations: PR）の使命は、「国家水政策（案）」及び「国家水資源法（案）」に明確に記述されている。それは以下のとおり要約される。

- 水の保全と管理に関する市民意識の啓発、啓発と効果的な水資源管理のための参加アプローチを通じて、水資源管理における政府と市民社会のパートナーシップを確立、推進すること（国家水政策）
- すべての政府機関が実行する水資源開発の開発と管理における透明性と説明責任を果たすこと。（国家水資源法案）

前述の使命に従って、連邦水資源省（FMWR）は以下の点を含む広報戦略を打ち立てた。

- 国家の水資源の発展に向けて、連邦政府の取り組みを正しく認識するため、職員を公共の教育に動員する。
- 水に関連する問題に関する情報を普及させるためメディアと共同する。
- 水関連事項に関する政府の投資に対するインパクトを、計画にフィードバックするための意見発表の場を提供する。
- 水セクターにおける透明性と説明責任を推進する。
- 水セクターにおける民間投資を誘致する。

(2) FMWR 報道広報ユニットの役割

連邦水資源省（FMWR）における広報活動は報道広報ユニット（PR Unit）が担当している。報道広報ユニットの役割は、連邦水資源省（FMWR）の活動を、ウェブサイトその他、新聞、TV、ラジオ、雑誌などメディアを通じて公表、紹介することである。報道広報ユニットの重要な役割のひとつに季刊誌「WATER」の定期的発行がある。また、水資源の開発と管理に関する国際的な情報や動向の収集と管理も重要な役割の一つである。

9.10.2 提案

(1) 広報活動の基本方針

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。

連邦水資源省（FMWR）の活動をタイムリーに公表、国民に開示することは、水セクターにおける連邦水資源省（FMWR）のイメージを上げることになるため、最も重要な活動のひとつである。人々に水問題に関する政策と活動を開示することは、国の水資源計画、開発及び管理に対して多くの利害関係者から理解を得ることに大いに貢献するものと考えられる。

- 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。

政府とコミュニティの協力的な関係を構築という意味で、広報活動は重要な仕事である。たとえば、公的灌漑事業において、農民がプロジェクトの計画と実施に参加することの重要性を認識しないことによって、不適切なインフラの開発と維持管理という結果を招いた。同様に、給水・衛生セクターでも、住民参加の欠如がやはり不適切な給水衛生施設という結果に陥った。

- 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。

ジェンダー平等と主流化の推進も水セクターにおける広報活動の重要な役割である。また、コミュニティでの女性のエンパワーメントも適切な水資源管理の実現にとって決定的に必要なことである。エンパワーメントとジェンダーを推進することに関連して、広報活動はすべての利害関係者、とりわけ女性と若者のための水問題に関する教育の啓発と拡大において重要な役割を担うことが期待されている。

(2) アクションプラン

上述の基本方針を踏まえ、前述した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。

9.11 官民連携（PPP）

9.11.1 現状

(1) PPP の背景

「ナ」国では、政府が水インフラの整備の主たる出資者であった。人口の絶え間ない増加に伴い、水インフラと水サービスに対するこれまで以上の需要の増加が続くものと予想されている。しかしながら、政府の限られた予算は水インフラの整備とリハビリを困難なものにしている。こうした状況下、民間セクターからの追加的投資を確保するために水サービスに PPP が導入されている。

PPP は、公共機関（連邦、州、地方政府）と民間セクターの間の契約上の協定である。PPP が公共サービスの費用対効果（Value for Money）を担保すること、及び事業権契約期間終了後当該インフラの資産に対する所有権が政府に帰属することに注意が必要である。政府は常に、当てになりかつ持続的な資金提供、増大する説明責任、加速するインフラ整備及び PPP プロジェクトの実施について考慮しなければならない。

(2) 水資源セクターにおける PPP の方針と戦略

国家の政策文書によれば、水資源セクターの上位方針と戦略は以下のとおりである。

- コミュニティの参加、民間セクターの参加及び給水衛生プロジェクトとサービスにおける PPP を促進する。
- 水サービスにおける民間セクター参入を通じて、全ての利用者によりよい、そして効率的なサービス提供を達成する。

国家水政策（案）は PPP に関する戦略を以下のとおり設定している。

- 国内外の民間会社の事業に対し事業目的が達成できるような条件を確保するため関連法制度を整備する。
- 水の利用者を適切に保護するため、水サービスの活動の規制に関わるフレームワークを確立する。
- BOT 方式など様々な参入方式を促進する。
- 民間セクターとの契約管理に関する要求事項に対応するため、全てのレベルの政府機関を支援する。
- 民間セクターがコミュニティレベルでの地方給水衛生事業に参入する重要性を促す。
- 政府と民間セクター間の契約に関する調停、仲裁、規制を担う独立した組織を設置する。

(3) PPP 促進のための主要機関

PPP に関連する主要機関は下表に示すとおりである。

表 9-26 PPP 関連主要機関

組織	役割
Infrastructure Concessionaire Regulatory Commission (ICRC)	政策 (PPP 国家政策), ガイドライン, 法律, 能力開発, 契約法令遵守
Federal Ministry of Water Resources (FMWR)	政策, ガイドライン, 水セクター開発に関する全般的な指揮
Water Sector Reform and PPP Unit of FMWR	PPP プロジェクトの発掘, 準備, 調達
River Basin Development Authorities (RBDAs)	流域管理・開発
Nigeria Integrated Water Resources Management Commission (NIWRMC)	水配分, 流域保全, 規制

出典: 連邦水資源省 (FMWR)

連邦水資源省 (FMWR) は、プロジェクトとプログラムの資金手当てを改善するため、水資源セクターにおける PPP 活動を拡大しようとしている。この目的のため、2012 年に PPP ユニット (以下、PPP-Unit) が水資源セクターの PPP プロジェクトに関する中核的組織として設立された。PPP-Unit は、PPP プロジェクトの発掘、準備及び調達のプロセスをすでに開始した。

9.11.2 提案

(1) PPP のライフサイクル

PPP のライフサイクルは以下に示すとおりである。

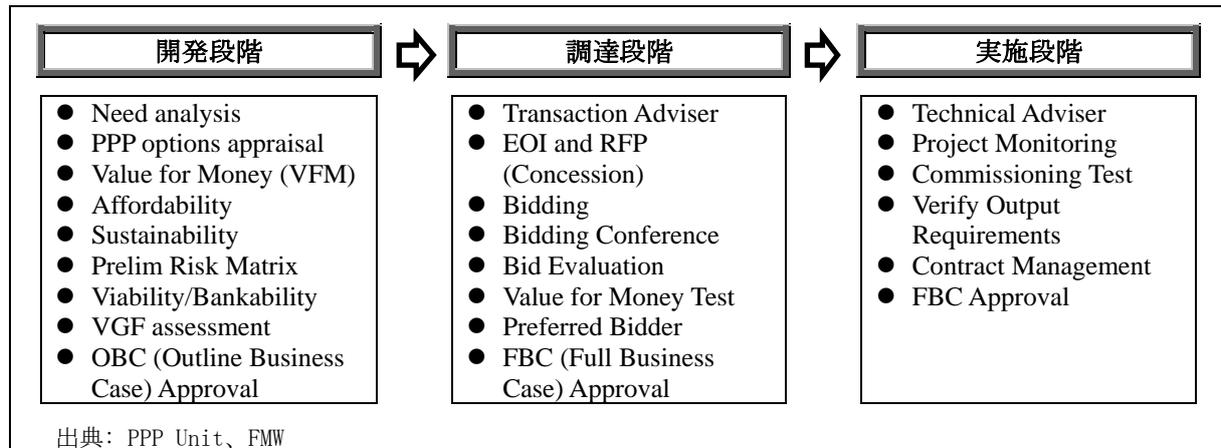


図 9-20 PPP ライフサイクル

(2) 投資機会分野

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

(3) PPP 事業実施上の政府の責任

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

(4) アクションプラン

上述の政府の責任に加えて、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

9.12 人材開発・能力開発

9.12.1 現状

M/P1995やその他の公式報告書の中にある人的労働力強化と能力開発に関する重要な意見のうち、EC委員会（Commission of the European Communities）から技術協力を得て策定された「Nigeria Water Resources Management and Policy」は人材資源開発（Human Resources Development: HRD）の問題を以下に示すとおり明確に指摘している。

- 様々な職種のエンジニア、水文専門家、水文地質専門家にとって、それは若手から中堅、上級レベルまで含むが、彼らが技術的トレーニングを受ける機会は十分ではない。
- 各流域で適切な統合水資源管理（IWRM）を実現することに関しては、様々な分野の専門家—経済、コミュニティ、地域計画、土地利用など—の不足が深刻な問題となっている。
- 経験ある熟練技術スタッフの不足は、効果的な水資源管理の実行にとって問題となっている。NWRIは、全ての種類のトレーニングが可能となるトレーニングコースと訓練場所の拡大のために重要な役割を引き続き果たさなければならない。

こうして状況の下で、「国家水政策（修正案）」は、以下に述べるようなHRDの戦略を打ち立てた。

- 組織単位で職員の技術や管理能力を評価すること、及び周期的なベースでトレーニングプログラムを実行するため、総合的人事情報システムを構築する。
- 国家計画に盛り込まれた人材に関する要求事項にしたがって水セクターのスタッフに関する後継者育成計画を作成する。
- 水資源プロジェクトの管理に必要な技能と知識に関するエンパワーメントをコミュニティで実施する。
- 現場での職業訓練（On-the-Job Training: OJT）のための訓練用インフラ施設を整備する。
- 下級から中級レベルまでの人材育成に関する調整業務を実行するため、NWRIの機能を強化する。
- NWRIの調整の下で国の様々の地域にトレーニングネットワークセンターを設置する。

9.12.2 提案

(1) 基本方針

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

流域単位の水資源管理を中心的原則とする統合水資源管理（IWRM）を実現するためには、様々な分野でHRDに対するニーズと優先順位が増大している。HRDに責任を負うべき様々な組織のうち、連邦水資源省（FMWR）の人材資源局とNWRIを中核的組織に据えて、統合水資源管理に従事する全スタッフの能力開発を確実なものとするトレーニング機会に対するアクセスを開発、拡大する。

流域レベルのニーズに相応するトレーニング強化

流域レベルでの管理を促すためのトレーニング強化に対するニーズについては、NIWRMC、8つのCMOs及びその中で流域での水資源管理に責任をおうべきスタッフが最も重要かつ優先度の高いHRD問題である。

NWRIの訓練機能の強化拡充

国内的にも国際的にも持続的な水資源管理のためのHRDに関し最も重要な組織であるNWRIの全国的なトレーニング機能を強化・拡充を図る必要がある。

(2) 人材資源開発計画

以上述べた基本方針を踏まえ、表9-27示すとおり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。

表 9-27 人材資源開発計画 (HRD プラン)

項目	内容
ターゲットグループ	<p>全体としては、HRD プランのターゲットグループには、水資源開発、給水衛生、灌漑排水などの分野に従事している様々なレベルの政府機関（連邦、州及び地方政府）及びその職員が含まれるべきである。HRD プランでは FMWR を優先的ターゲットグループとすることを推奨する。それは最初に FMWR とその外局において HRD の成功を見ることが、州や地方政府より優先すると考えるからである。優先ターゲットグループには、FMWR とその外局にはすべての局、部及び NIWRMC、12 ある RBDAs、NIHSA、NWRI 及び GWMA が含まれる。ターゲットグループは次のステップで州政府と地方政府に拡大される。FMWR は彼らの HRD プランの実施に援助と支援を行うことが求められる。</p>
配慮事項	<ul style="list-style-type: none"> ● HRD プランは、全国水資源マスタープラン 2013 で提案された組織強化策と一貫性をもって実施されること。 ● NWRI は、HRD プランの計画、実施及びモニタリングと評価に主導的役割を果たすこと。 ● 効果的な HRD プランのため、国外資源（先進外国技術）の導入を考慮すること。 ● 「国家水政策」、「国家水資源法案」及び「NIWRMC 設置法案」の早期実施を図ること。
ターゲット専門分野	<ul style="list-style-type: none"> ● 地下水開発関連技術（井戸掘削計画） ● 灌漑事業の運営・維持管理能力 ● ダムの安全管理 ● 水文・水文地質データのモニタリング ● 水資源基礎情報の収集・管理 ● 洪水・渇水などに対する危機管理能力（洪水リスク評価など） ● 水利用許認可・規制システム ● 水環境管理（水質観測技術など） ● 官民連携（PPP） ● その他
活動	<p>トレーニング機会へのアクセスの開発拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ターゲットとする水サブセクター、職種、職階における HRD ニーズと優先度を考慮した HRD プランの策定。人材に関し、その現状と目指すべき能力を決めるために周期的な調査を実施することが強く求められる。その結果、人的ギャップを埋める適切な計画が作成されることになる。 ● 予算計画（開発パートナーからの支援を考慮） ● NIHSA 等関連機関との連携強化を通じた多面的で効果的なトレーニングコース開発 ● M&E システムの充実 ● 当該セクターにおける資金不足問題を解決するため、PPP に関する包括的な HRD プログラムの開発（ガイドライン、マニュアルの作成など） ● 中堅技術者や官吏の中途採用を含む、人事採用・昇進システムの改善 <p>流域レベルに相応するトレーニングの強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 流域での水資源管理のための HRD プログラムの策定（ガイドラインなど） ● NIWRMC (CMOs 含む)、NIHSA、RBDAs など流域管理組織との連携による質の高い HRD プランの推進 ● 流域管理戦略などの策定と実施を通じた包括的な HRD ● インフラの維持管理に関係する全ての利害関係者の参加拡大を促す支援拡充 <p>NWRI の訓練機能の強化拡充</p> <ul style="list-style-type: none"> ● NWRCBNet (National Water Resources Capacity Building Network) の構築

出典：JICA プロジェクトチーム

9.13 モニタリング・評価

9.13.1 現状

(1) 国家計画委員会によるモニタリングと評価

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 : Departmen、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。

NPC は、各政府機関の成果 (特に、戦略的な成果 : Outcomes) によってインパクト・持続可能性を評価し、各セクターの政策の有効性 (Effectiveness) を判断する。また、収集されるデータや情報は、予算編成プロセスに利用されるばかりでなく、他の分野の科学的根拠に基づいた計画立案や政策決定にも参照されることが位置づけられている。図 9-21 を参照。

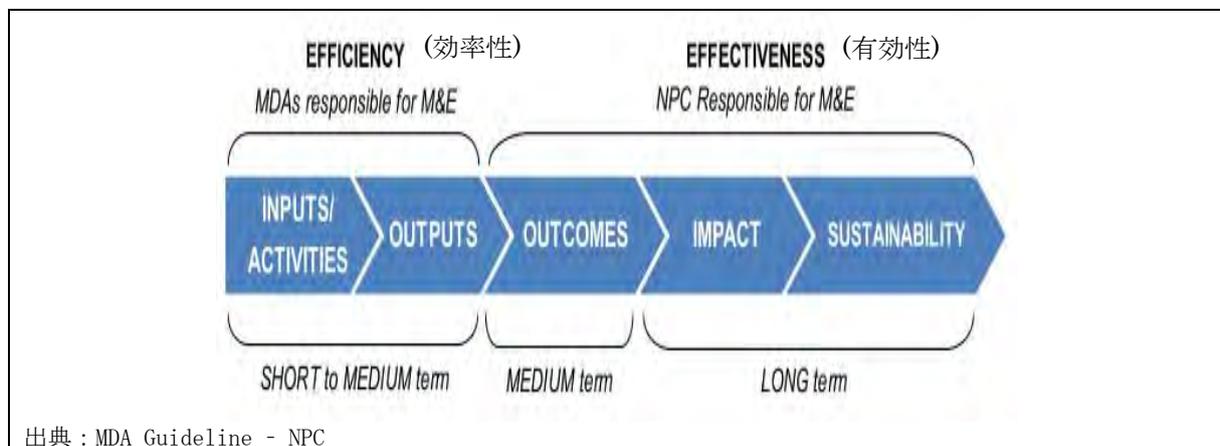


図 9-21 M&E の結果の鎖 (MDA と NPC の役割分担)

M&E の結果の鎖の重要な側面は、多くの異なる利害関係者の多くの活動とその成果 (Outputs) が一つの Outcome (戦略的な成果) を生むことである。言い換えれば、MDA レベルの多くの利害関係者の Inputs (投入) と Activities (活動) から生まれた多くの Outputs (成果) が一つの Outcome (戦略的な成果) を生む可能性がある。図 9-22 を参照。

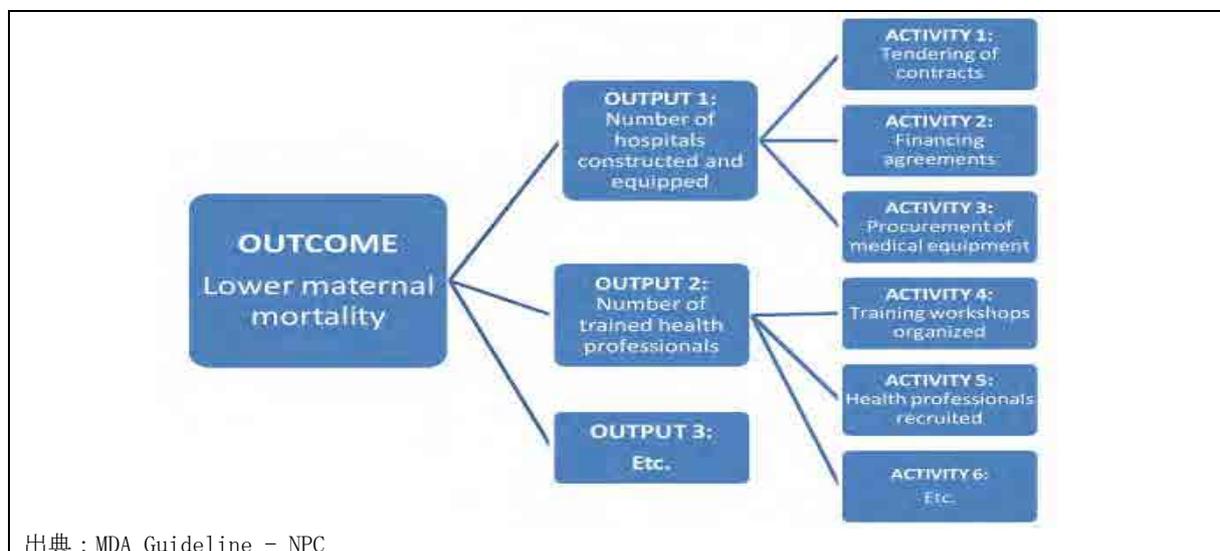


図 9-22 複数の活動とその成果が戦略的成果を生む例 (保健部門)

上述の MDA スコアカードは、2011 年度から実施が義務づけられたが、NPC は試行中のカードと位置づけており、今後、改良を重ねる意向である。

同カードは、Vision 20:2020 の達成を見据えた長期視点の政策評価ツールであり、NPC は将来的には中期のツールである既存の MTSS (Medium-term Sector Strategy : MDA の中期計画) および検討中の PBB (Performance-based Budgeting:業績評価に基づく予算編成) システムを取り入れた図 9-23 に示すような国家予算編成を目指している。

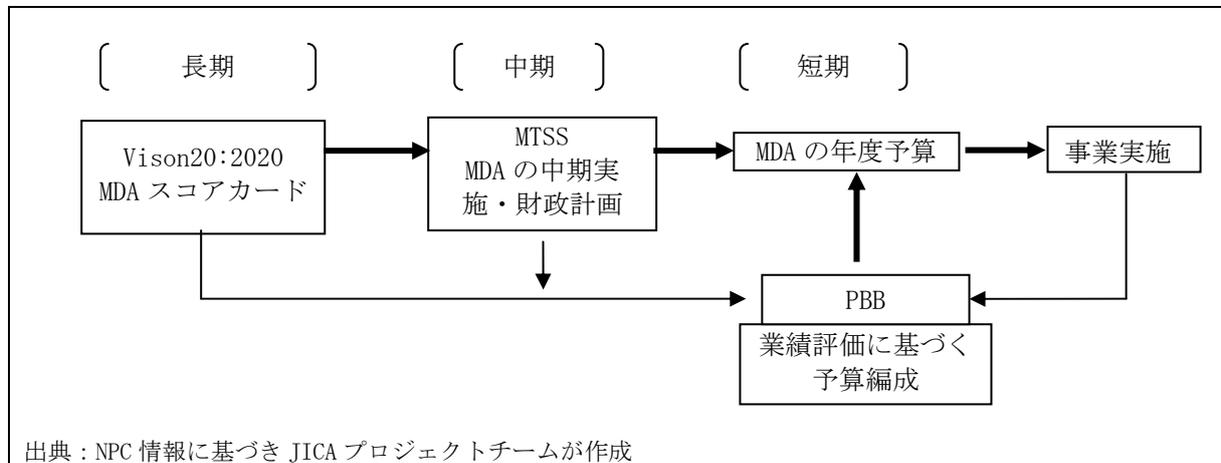


図 9-23 「ナ」国の長・中・短期予算の仕組み

(2) 連邦水資源省によるモニタリングと評価

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) の 6 つの戦略的な成果 (Outcome) と 13 のサブセクターの成果 (Output) に関する KPI 目標値および実績値を表 9-28 に示す。この数値は、連邦水資源省 (FMWR) および関連の各局・庁が実践する Activities (活動) および Inputs (投入) を通じて達成されるものである。

表 9-28 連邦水資源省の管理する 2011 年度の KPI 目標値と実績値

Outcome および Output の指標項目		Key Performance Indicator (KPI)					
		ベースライン	実績	目標値			
		2010 年	2011 年	2011 年	2012 年	2015 年	2020 年
<戦略的な成果 (Outcome) >							
1. 給水	給水率 (%)	58	60	63	66	100	100
2. 衛生	1) 衛生施設普及率 (%)	32	46	46	50	70	80
	2) 衛生普及キャンペーン実施数	40	57	n/a	65	85	95
3. ダム	建設増加率 (%)	(88 カ所)	0	29.5	31.8	40.1	40.9
4. 灌漑	灌漑面積 (千 ha)	60	96.5	96.5	147.5	275.3	519.4
5. 研修・調査	1) 研修受講者数 (人)	642	689	800	960	1,382	2,304
	2) 調査実施数	26	10	21	24	49	111
6. モニタリング	水質検査実施数	1,850	3,050	5,520	8,570	15,640	34,040
<サブセクターの成果 (Output) >							
上記成果 1 (給水)	1) 都市給水施設の建設	2	2	3	111 百万ナイ	224 百万ナイ	111 百万ナイ
	2) 村落給水施設の建設	該当なし	93	204			
	3) 小都市給水施設の建設	11	16	28			
	4) 井戸施設の建設	710	117	228			
上記成果 2 (衛生)	衛生施設アクセス可能な コミュニティ数	695	1,017	1,007	85 百万ナイ	123 百万ナイ	163 百万ナイ
上記成果 3 (ダム)	貯水量 (BCM)	12.9	12.9	13.0	13.4	15.4	15.7
	建設したダムの数	220	223	223	230	254	283
上記成果 4 (灌漑)	1) 灌漑事業の実施数	15	21	21	40	45	該当なし
	2) 灌漑地耕作農家数(千人)	202.0	236.5	245.0	294.0	800.0	該当なし
上記成果 5 (研修・調査)	研修・調査実施数	該当なし	1,099	1,000	1,765	1,795	1,795
上記成果 6 (モニタリング)	1) 水質検査ラボ数	6	6	6	12	17	37
	2) 表流水モニタリング観測所数	213	252	253	313	402	482
	3) 地下水モニタリング観測所数	12	20	20	30	52	100

出典：連邦水資源省 (FMWR)

9.13.2 提案

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

(1) 連邦水資源省の内局 (Department) 外局 (Agent) レベルでのモニタリングと評価の徹底

現状の課題

戦略的な成果 (Outcome) とサブセクターの成果 (Output) の KPI 目標値は、前年度の実績をベースラインとして当該年度分が改訂される制度になっており、国家計画委員会 (NPC) と各省の間の同意事項となっている。連邦水資源省 (FMWR) では毎年これを踏襲している。

しかし、図 2-21 及び図 2-22 で示す活動および投入は、各 MDA の責任であるが連邦水資源省 (FMWR) では明確に策定されていない。活動と投入は、連邦水資源省 (FMWR) のサブセクターの成果 (Outputs) を実現するための必須項目である。的確で無理なく達成可能な KPI 目標値設定及び達成のためには、従前に練られた活動計画と投入計画がリンクされてなければならない。

対応策

サブセクターの成果 (Outputs) を担保するための活動計画、活動を担保するための投入計画は、図 9-23 に示すように連邦水資源省 (FMWR) の予算と密接に関連するので、表 9-29 のような責任部署を明示し、具体的に策定・運用・レビューすることが望まれる。

全国水資源マスタープラン 2013 では、サブセクターごとの総事業規模や年度ごとの事業規模が示されるので、既存の KPI の見直しと共に、必要に応じ新たなサブセクターの成果 (Output) の追加およびそれに関連する KPI 目標値の設定が検討されねばならない。例えば、ダム部門については準備中 (企画レベル、F/S レベル、詳細設計レベル、発注レベル等) ダムの数、灌漑部門については、主要作物の生産高等が新たな KPI 目標値となる。その際、表 9-30 に示すような活動および投入計画が伴うことになる。

表 9-29 サブセクターの成果達成のための活動および投入計画表 (案)

サブセクターの成果 (Outputs)		活動計画 (例)	責任部署	実施時期	投入計画
1.	都市給水事業施設が建設される	1. プロジェクトの F/S を行う			
		2. プロジェクト外の PPP 化を検討する			
		3. プロジェクト完成後、収支均衡運営を目指す			
2.	村落給水事業施設が建設される	1. 掘削能力を増強する			
		2. NGO と協同する			
		3. 住民運営組織の CD			

出典：JICA プロジェクトチーム

(2) NIWRMC および CMO に関する M&E システムの改善

現状の課題

NIWRMC は、2012 年度から MDA スコアカード制度を準用開始し、表 9-30 に示すような MDA スコアカード制度を利用している。

表 9-30 NIWRMC が管理する KPI の目標値と実績値

戦略的成果 (Outcome)	PKI		
	指標単位	2012 年	
		目標値	実績値
1. 公平かつ持続的な水資源の開発で発生する水利用権の許認可料の収入化	許認可件数	20 件	0 件
2. 河川流量の改善と環境保全の確保	流域管理計画による水管理関連活動数 (河川の浚渫、洪水防御堤防、水需要管理の啓発等)	1 回	0 回
3. 総合水資源開発に関する利害関係者との調整	会合開催数	2 回	2 回

出典：NIWRMC

NIWRMC は、水資源セクターの政策・立案・M&E を含む利害関係者の調整及び規制機関として 2010 年 8 月に設立された。その役割は、多岐にわたっているが、関連する Mandate の未認可もありまだ完全には機能していない。この意味で、NPC の開発した MDA スコアカードは、NIWRMC の役割機能化を促進するツールとして活用されるべきであるが、表 9-30 を見る限りまだ初歩的段階である。

対応策

そのための対応策として以下を提案する。

- CMO を含む NIWRMC の機能、及び「Vision20:2020」に沿って NIWRMC が達成すべき戦略的成果 (Outcome) が果たして網羅されているか再検討する必要がある。
- 上記戦略的成果 (Outcome) を担保するサブセクターの成果 (Outputs) に関する項目が作成・明示されていない。これは、図 9-22 に示すように NIWRMC 独自の役割と密接に関わる成果であるので早急なる検討を要する。
- サブセクターの成果 (Outputs) を担保するための活動計画、活動を担保するための投入計画が作成されていない。これらは、NIWRMC の中長期政策・予算編成と関連するので、表 9-31 のような具体的な活動・投入計画の策定が望まれる。

(3) プロジェクト準備段階の M&E システムの検討

2 章の M/P1995 のレビュー (2.7 参照) で述べたように、M/P1995 で示された事業の実施が大きく遅れている。この遅れの原因の一つに「プロジェクト準備段階のプロセス」の不備が考えられる。この段階のプロセスは次のようであろう。

- ① 全国水資源マスタープラン 2013 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。

PDCA (Plan-Do-Check-Action) で例えると①～③は「Plan」に、④～⑥は「Do」となる。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。以下が、プロセスの具体的内容となる。

プロジェクト起案書の作成

全国水資源マスタープラン 2013 で提案のプロジェクトに関し、責任部署は下表のようなプロジェクト起案書を作成する。

表 9-31 プロジェクト起案書 (案)

20XX 年度	責任部署 : AAA		起案日 : xx/xx/xx		
プロジェクト	実施内容		実施時期	概算事業費	プロジェクトの直接効果
1. 灌漑 A	1. ダム	貯水量 MCM	20XX 年～XX 年	YY 百万ナイ	・灌漑面積 : ZZ ha ・作物収量増加 : ZZ トン/ha ・農家所得増 : ZZ ナイ
	2. 幹線水路	xx km	同上	YY 百万ナイ	
	3. 圃場整備	yy ha	同上	YY 百万ナイ	
2. 灌漑 B					

出典 : JICA プロジェクトチーム

実現性調査 (F/S) の実施

連邦水資源省 (FMWR) は、上記の各起案書を詳細吟味の上、緊急度、直接効果、並びに連邦水資源省 (FMWR) リソース (人・財務) を勘案し優先プロジェクトを選定し、責任部署の管掌の下で F/S 調査を実施し、詳細設計、事業行程、詳細事業費、経済評価、環境社会配慮等を取り纏める。

事業計画書の作成

F/S 調査結果に基づき、責任部署は事業の詳細計画 (工事および調達機材内容、時期、資金調達等) を作成する。

以上の PDCA の「Plan」を実施することにより、PDCA の「Do」である予算要求、予算確保、事業開始、という実施段階に繋がる。プロジェクト実施までの所謂「Plan」段階でのモニタリング・評価は、下表のように行うことを提案する。

表 9-32 灌漑 A 事業の進捗・達成状況

実施項目	時期	活動	計画	評価	今後の対応
起案書	上半期	起案書の作成・提出	50%	40%	省内の予算会議で検討予定
	下半期		100%	100%	F/S 実施に繋げる予算準備
F/S	上半期	F/S の準備	30%	30%	TOR 作成
	下半期		60%	60%	発注書の作成
---	上半期				
	下半期				

出典 : JICA プロジェクトチーム

第10章 事業実施プログラム

10.1 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 10-1 に示す。

表 10-1 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		
● 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	① 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 ② 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		

プロジェクト名	事業概要	主幹組織
● 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ンネ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。 事業対象地区 92 地区、面積 A=103,937ha	FMWR、州政府
● 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		
● 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	
● 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

プロジェクト名	事業概要	主幹組織
● 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

提案された事業の実施工程を表 10-2 から表 10-5 に示す。各事業の実施工程は次のような方針に基づいて決められた。

(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) 水資源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。

表 10-2 水源開発事業の実施工程

事業	第1ステージ								第2ステージ					第3ステージ				
	2014-2020								2021-2025					2026-2030				
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1. 表流水開発																		
1.1 実施中表流水源開発事業	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX											
1.2 既存ダムの機能回復、向上																		
● ダム管理能力強化事業	XXX	XXX	XXX															
● 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				XXX	XXX	XXX	XXX											
● ダムリハビリテーション事業				XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
1.3 新規水源開発																		
● 都市用水水源開発事業					***	***	***	XXX	XXX	XXX	XXX							
● 灌漑用水水源開発事業					***	***	***	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 総合開発事業	***	***	***	***	***	***	***	***	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
2. 地下水開発事業																		
2.1 既設井戸の機能回復																		
● 大都市・小都市・町	***	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
● 村落	***	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
2.2 新規井戸掘削																		
● 大都市・小都市・町	***	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
● 村落	***	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								

備考 ***: 準備、XXX: 実施 出典: JICA プロジェクトチーム

表 10-3 給水・衛生事業の実施工程

事業	第1ステージ								第2ステージ					第3ステージ				
	2014-2020								2021-2025					2026-2030				
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 給水改修事業																		
● 大都市・小都市・町	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
● 村落	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
2 給水新規事業																		
● 大都市・小都市・町	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
● 村落	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
3 衛生事業																		
● 公衆便所建設事業	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
● 最終処分場整備事業	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX											
● 下水道建設事業							**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 衛生教育事業	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								
● 衛生施設建設（世帯負担）	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX								

備考 ***: 準備、XXX: 実施
出典：JICA プロジェクトチーム

表 10-4 灌漑・排水事業の実施工程

事業	第1ステージ								第2ステージ					第3ステージ				
	2014-2020								2021-2025					2026-2030				
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1. 既往灌漑事業																		
1.1 整備実施中事業	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX						
1.2 整備拡張予定事業		**	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
2. 新規灌漑事業																		
2.1 補給灌漑事業	**	**	XXX	XXX	XXX	XXX												
2.2 ダム掛り灌漑事業					**	**	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
2.3 総合開発事業	**	**	**	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	

備考 ***: 準備、XXX: 実施
出典：JICA プロジェクトチーム

表 10-5 水資源管理関連事業の実施工程

事業	第1ステージ								第2ステージ					第3ステージ				
	2014-2020								2021-2025					2026-2030				
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
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	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 地下水モニタリングネットワーク整備事業	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 水文データ管理能力強化・利活用促進事業	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 水文モデリングセンター事業	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 水文情報啓発促進事業	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
2. 水の配分と統制																		
● 流域管理計画策定事業	XXX	XXX	XXX															
● 水利用許認可・規制能力強化事業	XXX	XXX	XXX															
● 流域管理促進事業				XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 水料金ガイドライン策定事業	XXX	XXX	XXX															
3. 水環境管理																		
● 全国飲料水水質観測改善計画	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
● 重要河川水質モニタリング計画	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
4. 氾濫原の管理																		
● 氾濫原のリスク評価事業	XXX	XXX	XXX															
● Benue 川氾濫原の灌漑事業洪水防御-能力強化事業	XXX	XXX	XXX															
5. 財務力強化																		
● RBDA 会計能力強化事業	XXX	XXX	XXX															
6. 運営維持管理																		
● RBDA の灌漑料金適正化事業	XXX	XXX	XXX															
● ダム管理の人材育成事業	XXX	XXX	XXX															
7. プロジェクト管理																		
● 水資源関連プロジェクト管理の能力開発事業	XXX	XXX	XXX															
● 水資源開発・管理能力開発事業	XXX	XXX	XXX															

備考 ***: 準備、XXX: 実施
出典：JICA プロジェクトチーム

10.2 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「水源開発事業」、「給水事業および衛生事業」と「灌漑・排水事業」について、事業費の積算を行う。また、水資源管理に関する事業については、事業スコープの明確な事業については、その事業費を示している。

事業費は、基準年 2012 年 12 月時点の単価および為替レート（US\$1=155 ナイラ）で積算されている。基準年の単価は、連邦水資源省の工事発注実績より設定した。事業費の内訳は表 10-6 に示す通りである。

(1) 積算条件

積算条件を表 10-6 に示す。

表 10-6 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 10-7 から表 10-9 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 10-7 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
1.1 実施中表流水源開発事業	77,830		7,783	3,892	8,950	98,455
1.2 新規水源開発	217,832	1,228	21,912	10,956	25,199	277,187
● 都市用水水源開発事業	63,000		6,300	3,150	7,245	79,695
● 灌漑用水水源開発事業	98,800		9,880	4,940	11,362	124,982
● 総合開発事業	56,092	1,228	5,732	2,866	6,592	72,510
2. 地下水開発事業	79,124	0	7,912	3,957	9,099	100,092
2.1 既設井戸の機能回復	2,851		285	143	328	3,607
● 大都市・小都市・町	1,109		111	56	128	1,403
● 村落	1,742		174	87	200	2,204
2.2 新規井戸掘削	76,273		7,627	3,814	8,771	96,484
● 大都市・小都市・町	20,228		2,023	1,012	2,326	25,589
● 村落	56,045		5,604	2,802	6,445	70,895
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 10-8 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
● 大都市・小都市・町	171,917		17,192	8,596	19,770	217,475
● 村落	14,365		1,436	718	1,652	18,171
1.2 給水新規事業	2,409,720		240,972	120,486	277,118	3,048,296
● 大都市・小都市・町	2,320,863		232,086	116,043	266,899	2,935,891
● 村落	88,858		8,886	4,443	10,219	112,405
1.3 衛生事業	658,768		65,877	32,938	75,758	833,342
● 公衆便所建設事業	26,424		2,642	1,321	3,039	33,426
● 最終処分場整備事業	151,480		15,148	7,574	17,420	191,622
● 下水道建設事業	480,865		48,086	24,043	55,299	608,294
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
● 整備実施中事業	206,449	4,431	21,088	10,322	24,229	266,520
● 整備拡張予定事業	191,372	7,726	19,909	9,954	22,896	251,856
● 補給灌漑事業	148,800	0	14,880	7,440	17,112	188,232
● ダム掛り灌漑事業	259,249	0	25,925	12,962	29,814	327,950
● 総合開発事業	334,546	18,000	35,255	17,627	40,543	445,971
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 10-9 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
● 表流水モニタリングネットワーク整備事業	2,022	9,845	11,867
● 地下水モニタリングネットワーク整備事業	8,400	1,900	10,300
● 水文モデリングセンター事業	90	1,370	1,460
2. 水環境管理	3,700	2,009	5,709
● 全国飲料水水質観測改善計画	3,700	1,912	5,612
● 重要河川水質モニタリング計画	0	97	97

注1) 機器調達費および運用・維持管理費が大きくなると想定される事業について記載した。

注2) 能力開発に関わる専門家派遣等の費用は含まれない。

出典：JICA プロジェクトチーム

10.3 事業実施の財務プログラム

前項で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 10-10 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 10-10 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
● 都市用水水源開発	0	79.7	0	79.7
● 灌漑用水水源開発	0	7.7	117.3	125.0
● 総合開発事業	0	21.4	51.1	72.5
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
● 大都市・小都市・町	0.5	0.5	0.4	1.4
● 村落	0.9	0.7	0.6	2.2
A.2.2 新規井戸掘削	44.2	36.8	15.4	96.5
● 大都市・小都市・町	10.5	8.7	6.3	25.6
● 村落	33.7	28.1	9.1	70.9
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
● 大都市・小都市・町	134.5	43.2	39.8	217.5
● 村落	8.0	6.7	3.5	18.2
B.2 給水新規事業	1,489.4	994.6	564.3	3,048.3
● 大都市・小都市・町	1,439.3	952.8	543.7	2,935.9
● 村落	50.1	41.8	20.5	112.4
B.3 衛生事業	205.0	349.1	279.3	833.3
● 公衆便所建設事業	13.4	11.1	8.9	33.4
● 最終処分場整備事業	191.6	0.0	0.0	191.6
● 下水道建設事業	0.0	337.9	270.4	608.3
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
● 整備実施中事業	177.1	85.4	4.0	266.5
● 整備拡張予定事業	27.9	151.1	72.8	251.9
● 補給灌漑事業	94.1	94.1	0.0	188.2
● ダム掛り灌漑事業	0.0	145.4	182.6	328.0
● 総合開発事業	40.0	247.8	158.2	446.0
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

第 1 1 章 全国水資源マスタープラン 2013 の評価

11.1 経済・財務面の評価

11.1.1 経済評価

本章では、第 10 章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、表 11-1 に基づき各々の事業の経済評価を行う。

表 11-1 経済評価方法および諸元

経済評価対象	プロジェクトコスト			便益
	水源開発事業費	固有事業費	他	
1. 給水事業				
1) 改修事業計画		-		
・都市給水	州別		施設更新	O&M 水供給量増加効果
・村落給水	州別		施設更新	O&M 水供給量増加効果
2) 新規給水事業計画				
・都市給水	州別	ダム・地下水	浄水場・管網	O&M 水供給量増加効果
・村落給水	州別	地下水	井戸掘削	O&M 水供給量増加効果
2. 灌漑・排水事業				
1) 既往灌漑				
・改修事業計画			改修費	O&M 生産高純増効果
・整備実施中事業計画	HA 別	一部ダム	灌漑・圃場	O&M 生産高純増効果
・整備拡張予定事業計画	HA 別	一部ダム	灌漑・圃場	O&M 生産高純増効果
2) 新規事業				
・補給灌漑事業計画	HA 別		灌漑・圃場	O&M 生産高純増効果
・ダム掛かり事業計画	HA 別	ダム	灌漑・圃場	O&M 生産高純増効果
・総合開発事業計画	個別	ダム	灌漑・圃場	O&M 生産高純増効果
<評価のための諸元>				
1. 評価	経済内部収益率 (EIRR)、便益・費用比率 (B/C Ratio)、現在価値額 (NPV)			
2. 資本の機会費用	10% (十国における他援助機関の実施例を参照)			
3. 評価年数	事業の工事最終年翌年から 30 年間			
4. 施設の経済耐用年数	給水：40 年、灌漑・圃場：50 年、ダム：80 年、井戸：40 年、機器：15 年			
5. 事業費	第 10 章記載数値			
6. O&M 費	構造物：事業費の 0.1%、機器：事業費の 2.5%、海水淡水化装置：事業費の 10%			
7. 事業費の経済転換係数	施設・機器：0.8、その他 0.72 (他途上国例を参照)			

出典：JICA プロジェクトチーム

(1) 給水事業

給水事業の評価は、第 10 章の事業行程および事業費、並びに下記の給水事業便益に基づき行う。なお、消費者支払可能額は表 11-2 のように算定した。

$$\text{給水事業便益} = \text{事業計画実施による消費増加量} \times \text{消費者支払可能額}$$

表 11-2 消費者支払可能額の算定

水需要	算定にあたっての前提	算定結果
1. 家庭	・1人当たり水消費量の算出 (リッター/人)	都市：67～91、村落：30
	・家族当たり人数 (NBS データ)	5.2 人
	・家計収入の推計 (NBS データに基づく)	州別 (村落は都市の 1/2)
	・家計収入に対する水支払可能額	都市：3%、村落：1%
	・算定結果 (ナイラ/m ³)	都市：65～170、村落：20～40
2. 商業・工業	他国例参照 (インドネシア、ブラジル)	家庭用水の 1.6 倍

出典：JICA プロジェクトチーム

上記に沿って行った給水事業の経済評価を州別に表 11-3 に示す。

表 11-3 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
ナイジェリア		50.0%	3.6	314.7	27.6%	2.2	11.1	10.1%	1.01	13.5	9.2%	0.94	-4.9
州別													
1	Abia	34%	2.2	3.8	24%	2.0	0.1	5.8%	0.71	-5.9	7.6%	0.82	-0.2
2	Adamawa	13%	1.2	0.5	12%	1.2	0.0	5.0%	0.64	-12.1	6.5%	0.74	-0.7
3	Akwa Ibom	59%	3.5	9.3	27%	8.2	0.4	7.6%	0.83	-3.3	7.3%	0.80	-0.4
4	Anambra	61%	3.6	2.7	29%	2.3	0.1	5.3%	0.64	-30.4	9.1%	0.93	-1.4
5	Bauchi	32%	2.5	5.1	15%	1.4	0.1	3.8%	0.58	-11.8	4.5%	0.60	-1.8
6	Bayelsa	121%	5.2	0.5	42%	3.0	0.3	13.7%	1.26	8.0	11.8%	1.14	0.1
7	Benue	77%	4.5	7.9	36%	2.6	0.6	12.9%	1.19	1.6	12.2%	1.17	0.5
8	Borno	23%	2.0	2.0	10%	1.0	0.0	3.8%	0.58	-15.4	4.3%	0.58	-1.5
9	Cross River	52%	3.7	9.8	40%	2.9	0.9	9.0%	0.93	-1.2	11.8%	1.14	0.2
10	Delta	122%	5.1	25.3	40%	2.9	0.8	12.9%	1.20	5.4	11.5%	1.12	0.2
11	Ebonyi	4%	0.5	-0.7	16%	1.4	0.0	-	-	-	6.6%	0.75	-0.4
12	Edo	36%	3.5	0.9	22%	1.9	0.0	12.7%	1.19	5.3	12.4%	1.18	0.4
13	Ekiti	51%	4.8	11.9	40%	2.9	0.4	9.7%	0.97	-0.5	12.9%	1.22	0.2
14	Enugu	49%	2.9	4.2	40%	2.9	0.2	12.7%	1.19	9.0	12.7%	1.21	0.4
15	Gombe	33%	2.7	3.1	12%	1.1	0.0	4.1%	0.58	-10.3	6.4%	0.73	-0.5
16	Imo	19%	1.6	2.3	24%	2.0	0.1	6.1%	0.73	-10.8	7.6%	0.82	-0.5
17	Jigawa	47%	3.2	1.0	14%	1.3	0.1	5.7%	0.70	-10.9	7.4%	0.81	-0.4
18	Kaduna	24%	2.1	9.1	23%	1.9	0.7	4.7%	0.60	-14.7	8.1%	0.86	-0.3
19	Kano	45%	3.9	21.9	22%	1.8	0.3	8.1%	0.85	-11.6	9.8%	1.00	-0.1
20	Katsina	36%	3.1	5.6	19%	1.7	0.2	7.4%	0.82	-9.6	8.0%	0.85	-0.6
21	Kebbi	48%	3.6	7.3	24%	2.0	0.4	9.1%	1.00	-1.1	9.1%	0.93	-0.2
22	Kogi	71%	4.2	8.2	33%	2.5	0.3	11.2%	1.08	1.8	11.1%	1.08	0.2
23	Kwara	32%	2.4	6.9	24%	2.0	0.2	8.7%	1.00	-0.8	9.6%	1.00	0.0
24	Lagos	74%	8.2	49.6	27%	2.2	0.1	14.7%	1.41	140.1	11.7%	1.13	0.0
25	Nasarawa	57%	3.2	5.4	57%	2.5	0.4	8.7%	1.00	-1.5	11.7%	1.13	0.1
26	Niger	27%	2.2	6.7	16%	1.5	0.2	5.3%	0.67	-4.4	6.0%	0.70	-0.6
27	Ogun	40%	4.0	7.8	41%	2.9	0.3	8.6%	1.00	-5.2	17.4%	1.40	0.6
28	Ondo	125%	5.4	10.3	38%	0.0	0.7	14.2%	1.31	3.3	12.6%	1.20	0.3
29	Osun	51%	5.0	16.7	41%	3.0	0.7	10.5%	1.04	1.0	12.9%	1.22	0.2
30	Oyo	47%	4.8	13.4	37%	2.7	0.8	9.3%	0.94	-3.6	13.0%	1.23	0.5
31	Plateau	25%	1.7	3.2	32%	2.4	0.2	9.3%	1.00	-1.1	11.5%	1.12	0.3
32	Rivers	112%	5.0	20.5	37%	2.8	0.5	14.4%	1.27	14.1	12.7%	1.21	0.6
33	Sokoto	42%	1.0	11.1	26%	2.1	0.5	7.8%	0.85	-1.8	7.9%	0.84	-0.3
34	Taraba	26%	2.3	0.7	15%	1.4	0.0	4.6%	0.62	-9.4	6.6%	0.75	-0.6
35	Yobe	60%	3.6	4.1	20%	1.7	0.2	7.6%	0.83	-2.9	7.3%	0.80	-0.4
36	Zamfara	36%	2.3	3.8	26%	2.1	0.2	9.9%	0.99	-0.1	10.0%	1.00	0.0
37	FCT Abuja	48%	4.4	12.8	21%	1.8	0.1	12.6%	1.18	10.8	12.9%	1.21	0.1

注) NPV=10 億ナイラ 出典: JICA プロジェクトチーム

上表の評価結果によると、各事業共州によりばらつきがあるが、EIRR が国全体では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。

(1-1) 給水改修事業

都市: 「ナ」国全体で EIRR は 50% と経済的妥当性は極めて高い。これは改修事業費が新規に比べ低いことが大きな要因である。特に地下水改修事業が主たる州の EIRR は高い。尚、Ebonyi 州のみ EIRR が低いが、これは新規のダム設置費が負担となっているためである。

村落：都市と同じように、「ナ」国全体で EIRR 28%と高い経済的妥当性を示した。村落は全て地下水改修事業であり事業費が低いことが主因である。

(1-2) 給水新規事業

都市：新規の井戸・浄水施設、また州によっては新規のダム設置で事業費が高くなることもあり、EIRR は州によってばらつきがあるが、「ナ」国全体で EIRR 12%と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：新規の井戸掘削・揚配水設備費が負担となり、EIRR 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。

(2) 灌漑・排水事業

灌漑・排水事業の評価は、第 10 章の事業行程および事業費、並びに下記の灌漑・排水事業便益に基づき行う。

灌漑・排水事業便益

1. 総合開発事業

= 生産者純所得 (With-project 純所得 - Without-project 純所得) + 売電利益

2. その他事業

= 生産者純所得 (With-project 純所得 - Without-project 純所得)

生産者純所得および売電利益の算定にあたっては、以下の前提に基づき行った。

表 11-4 便益算定のための前提

生産者純所得					
With-project		Without-project		共通	
農産物	単収 ト/ha	農産物	単収 ト/ha	生産者価格 ナイ/kg	生産者原価
水稻	4.9	天水陸・水稻()	2.6	170	価格の 50%
トウモロコシ()	3.0	トウモロコシ	1.7	80	
—	—	ミレット：HA1, 8のみ	1.1	40	
売電利益					
発電力量	日	Nassarawa : 6MWx24h, Taraba : 9MWx24h, Donga : 15MWx24h			
売電単価	ナイ/MWh	9,563 : 2012 年卸売業者契約単価 (出所：MYTO)			

注) ①米生産者価格は入手困難なため JICA プロジェクトチームが推定した (市場調査による価格から推定小売り利益及流通経費を差し引き推定)。②生産者原価は人件費等を家族労働としここでは比例費のみを考慮した。
出典：トウモロコシ及びミレット生産者価格は、NBS データを参照。その他は JICA プロジェクトチーム

上記に沿って行った灌漑・排水事業の経済評価を HA 別に表 11-5 および表 11-6 に示す。

表 11-5 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
ナイジェリア	41.8%	4.1	47.9	13.2%	1.3	33.4	10.8%	1.1	5.2
HA 別									
HA-1	30.5%	2.9	1.7	9.7%	1.1	-0.2	9.0%	0.8	-0.5
HA-2	39.6%	3.8	7.3	14.9%	1.4	2.6	8.2%	0.9	-2.7
HA-3	39.6%	3.8	1.7	12.7%	1.2	5.2	12.0%	1.0	1.4
HA-4	39.6%	3.8	1.3	11.0%	1.1	0.1	11.5%	1.0	1.3
HA-5	57.4%	5.5	1.3	15.3%	1.5	7.1	16.7%	1.4	1.6
HA-6	45.5%	4.3	2.9	14.6%	1.4	16.9	14.3%	1.3	0.7
HA-7	57.3%	5.5	5.0	-	-	-	18.6%	1.7	3.5
HA-8	39.7%	3.9	26.6	10.9%	1.1	1.9	9.9%	0.9	-0.3

注) NPV=10 億ナイラ 出典：JICA プロジェクトチーム

表 11-6 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
ナイジェリア	20.3%	2.0	66.5	9.6%	0.96	-3.9	10.4%	1.0	4.3
HA 別									
HA-1	-	-	-	4.6%	0.5	-0.9	-	-	-
HA-2	-	-	-	8.9%	0.9	-0.9	-	-	-
HA-3	-	-	-	9.3%	0.9	-3.0	-	-	-
HA-4	-	-	-	9.7%	1.0	-0.8	-	-	-
HA-5	20.3%	2.0	26.3	13.2%	1.3	1.6	-	-	-
HA-6	-	-	-	8.0%	0.8	-0.4	-	-	-
HA-7	20.3%	2.0	40.2	10.7%	1.1	0.4	-	-	-
HA-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
総合開発事業									
1. Nasarawa	-	-	-	-	-	-	10.1%	1.0	0.7
2. Taraba	-	-	-	-	-	-	10.4%	1.0	2.1
3. Donga-Suntai	-	-	-	-	-	-	10.4%	1.0	1.5

注) NPV=10億ナイラ 出典: JICA プロジェクトチーム

上表の評価結果によると、各事業とも HA によりばらつきがあるが、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す HA が多く、国全体でも概ね経済的に妥当と認められる。

灌漑改修事業: 灌漑改修事業は新規事業に比べ事業費が低く済むことから、EIRR は各 HA とも極めて高く、「ナ」国全体では 41.8% を示した。

補給灌漑事業: 対象流域は HA-5 及び HA-7 である。両流域とも、補給灌漑によって乾季の稲作も可能となることから EIRR 20.3% と高い経済的妥当性を示した。

灌漑整備実施中事業: 「ナ」国全体で EIRR 13.2% と経済的妥当性を示した。HA-1 の場合、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唯一 EIRR 10% を下回る結果となった。

拡張予定事業、ダム掛かり事業: 拡張予定事業「ナ」国全体では、EIRR 10.8% と経済的に妥当な数値を示した。一方、ダム掛かり事業は、「ナ」国全体では 10% を若干下回ったものの HA-5 および HA-7 は経済的妥当性を示した。

総合開発事業: Nasarawa、Taraba 並びに Donga-Suntai の 3 事業の合算 EIRR は 10.4% と経済的に妥当性を示す数値であった。しかし、3 事業とも大規模灌漑開発のため灌漑・圃場建設が約 9 年と長期期間に渡り、このため EIRR は経済的妥当性を示す数値であったものの、資本の機会費用 10% をわずかに超える程度にとどまった。尚、この建設期間を 5 年程度に短縮した場合、EIRR は 12%、NPV は 160 億ナイラとなりより大きな経済性が期待できることとなる。

ダムによる治水効果: ダムが整備されることにより、洪水、土砂流出によって生じる人命被害、資産被害並びに生産活動阻害を回避することが可能となり、また回避可能によって新規に農地等の開拓ならびに住宅開発等が可能となる。このような治水による経済効果は今回算定出来ないが、この効果を便益として算入した場合、本事業の経済評価数値を大きく高めることになることを念頭に置く必要がある。上記の「ダム掛かり事業」も同様である。

(3) 感度分析

事業費（投資+O&M）および便益の増減を変動要因とした感度分析を行った。

(3-1) 給水事業

表 11-7 に給水事業の感度分析結果を示した。いずれも、若干ではあるが便益よりも事業費に対する感度が高いことがわかる。

一方、EIRR 10% 以上堅持（ブレイクイーブンポイント=BEP）するための事業費の増減度合いを見た場合、改修事業は EIRR が高いことからかなりの事業費の増加があっても BEP は堅持可能となる。同様に、新規事業/都市給水の場合は事業費が 1.1% 増加すると BEP になり、新規事業/村落給水の場合は事業費が 6.5% 減少すると BEP となる。

表11-7 給水事業の感度分析

I. 改修事業							
対象地域	都市給水			村落給水			
経済分析項目	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	
1. ベースケース	50.0%	3.6	314.7	27.6%	2.2	11.1	
2. 感度分析							
1) 事業費の変動	+20%	39.2%	3.0	290	21.5%	1.8	9
	+10%	43.9%	3.3	302	24.4%	2.0	10
	-10%	58.2%	4.0	327	31.8%	2.5	12
2) 便益の変動	-20%	37.2%	2.9	227	20.7%	1.8	7
	-10%	43.3%	3.3	271	24.1%	2.0	9
	+10%	57.3%	4.0	358	31.3%	2.4	13
II. 新規事業							
対象	都市給水			村落給水			
経済分析項目	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	
1. ベースケース	10.1%	1.01	13.5	9.2%	0.94	-4.9	
2. 感度分析							
1) 事業費の変動	+10%	8.9%	0.92	-128	-	-	-
	-10%	11.6%	1.1	155	10.5%	1.0	3
2) 便益の変動	-10%	8.8%	0.9	-129	-	-	-
	+10%	11.4%	1.1	156	10.4%	1.0	2
3) EIRRが10%となる事業費の変動率	+1.1%	-	-	-	-6.5%	-	-

注) 事業費とは投資コストとOMコストの合計を示す。NPV=百万ナaira 出典：JICAプロジェクトチーム

(3-2) 灌漑・排水事業

表11-8に灌漑・排水事業の感度分析結果を示した。給水事業同様、いずれも便益よりも事業費に対する感度が若干高い。BEP堅持に対する事業費の増減度合いは、整備実施中事業で増加30%、拡張予定事業で増加5%、補給事業で増加90%、ダム掛かり事業で減少5%、総合開発事業で増加3%となる。改修事業はEIRRが高いことからかなりの事業費の増加があってもBEPは堅持可能となる。

表11-8 灌漑・排水事業の感度分析

I. 既往灌漑・排水事業									
対象地域	改修事業			整備実施中事業			拡張予定事業		
経済分析項目	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
1. ベースケース	41.8%	4.0	47.8	13.2%	1.3	33.4	10.8%	1.1	4.6
2. 感度分析									
1) 事業費の変動	+25%	33.3%	3.2	43.8	10.3%	1.0	4.2	-	-
	+20%	34.7%	3.3	44.6	10.8%	1.1	10.1	-	-
	+10%	38.0%	3.6	46.2	-	-	-	9.7%	0.97
	-10%	-	-	-	-	-	-	12.2%	1.2
2) 便益の変動	-25%	31.2%	3.0	31.9	9.6%	0.96	-4.1	-	-
	-20%	33.3%	3.2	35.1	10.3%	1.0	3.4	-	-
	-10%	37.6%	3.6	41.5	-	-	-	9.5%	0.96
	+10%	-	-	-	-	-	-	12.1%	1.2
3) EIRRが10%となる事業費の変動率	-			+30%			+5%		
II. 新規灌漑・排水事業									
対象	補給灌漑事業			ダム掛かり灌漑事業			総合開発事業		
経済分析項目	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV	EIRR	B/C	NPV
1. ベースケース	20.3%	2.0	66.5	9.6%	0.96	-3.9	10.4%	1.0	4.3
2. 感度分析									
1) 事業費の変動	+25%	16.2%	1.57	49.4	-	-	-	-	-
	+20%	16.8%	1.64	52.8	-	-	-	-	-
	+10%	18.4%	1.8	59.7	8.7%	0.9	-13.1	9.4%	0.94
	-10%	-	-	-	10.6%	1.1	5.2	11.5%	1.1
2) 便益の変動	-25%	15.1%	1.5	32.7	-	-	-	-	-
	-20%	16.2%	1.6	39.5	-	-	-	-	-
	-10%	18.2%	1.8	53.0	8.6%	0.9	-12.7	9.3%	0.93
	+10%	-	-	-	10.5%	1.1	4.8	11.4%	1.1
3) EIRRが10%となる事業費の変動率	+90%			-5.0%			3.0%		

注) 事業費とは投資コストとOMコストの合計を示す。NPV=百万ナaira 出典：JICAプロジェクトチーム

11.1.2 財務考察

「ナ」国では、灌漑開発事業は主として「ナ」国政府が、給水開発事業は「ナ」国政府と州政府が担っている。本欄では、「ナ」国政府と州政府の財政規模を鑑み、全国水資源マスタープラン 2013 で提案する給水事業及び灌漑・排水事業に必要な事業費調達の観点から考察する。

(1) 政府予算の規模

2009～2011 年間の「ナ」国政府及び州政府の給水事業及び灌漑事業に対する年平均予算は、表 11-9 に示す通りである。給水事業で約 1,480 億ナイラ、灌漑事業で約 350 億ナイラとなる。「ナ」国政府は国家投資予算の中から両事業に各々2%、また州政府は投資予算の内、給水事業に対し4%を配分している。この予算額は3年間ほぼ同じように推移していることから今後とも同額程度予算化されるものと推察する。

表 11-9 給水及び灌漑事業に対する政府予算

項目			政府予算 (10 億ナイラ/年)		合計
			給水事業	灌漑事業	
政府	連邦	FMWR	11	19	30
		RBDA	17	16	33
		計	28	35	63
	州	37 州	120	-	120
	合計		148	35	183

注) 政府予算は 2009～2011 年度平均。但し、11 州は予算書が入手出来なかった。

出典：JICA プロジェクトチームが各政府予算書から抽出し、未入手の 11 州政府分は人口按分で推定した。

(2) 給水事業及び灌漑・排水事業の積算事業費

表 11-10 に、水源開発事業費合算後の給水事業及び灌漑・排水事業毎の総事業費を示す。事業実施期間 17 年間で、給水事業は 3.5 兆ナイラ、また灌漑・排水事業は 1.7 兆ナイラ、総額 5.2 兆ナイラとなる。

表 11-10 給水事業及び灌漑・排水事業の事業費

プロジェクト		事業費 (10 億ナイラ)			合計
		第 1 ステージ 2014-2020	第 2 ステージ 2021-2025	第 3 ステージ 2025-2030	
給水事業	改修事業	145	112	45	302
	新規事業	1,534	1,051	580	3,165
	合計	1,679	1,163	625	3,467
灌漑・排水事業	改修事業	15	33	2	50
	整備実施中事業	179	84	11	274
	拡張予定事業	27	155	85	267
	補給灌漑事業	94	94	-	188
	ダム掛り事業	0	153	278	431
	総合開発事業	38	257	202	497
	合計	353	776	578	1,707

出典：JICA プロジェクトチーム

(3) 事業資金の調達

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、表 11-9 に示すように給水事業約 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：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：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：全国水資源マスタープラン 2013 への配分を 100%とする。

(3-1) 給水事業

上記の前提に基づいた事業資金の調達内容を表 11-11 に示す。同表から分かるように、全国水資

源マスタープラン 2013 で提案された給水事業を完成するためには、3 兆 4,670 億ナイラの資金が必要になる。この金額は、連邦政府と州政府の最近 3 年間（2009～2011 年度平均）の平均年間水道事業投資のペースの投資額（1 兆 7,790 億ナイラ）の約 2 倍（194%）に相当する。

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賄えないが、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（表 11-9 参照）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（≒ 2,800 億ナイラ x 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 11-11 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

注：追加予算とは、ソフトローンも含めた連邦および州政府による本事業に対する追加配分を示す。

出典：JICA プロジェクトチーム

(3-2) 灌漑・排水事業プロジェクト

同じく上記の前提に基づいた事業資金の調達内容を表 11-12 に示す。同表から分かるように、全国水資源マスタープラン 2013 で提案された灌漑・排水事業を完成するためには、1 兆 7,070 億ナイラの資金が必要になる。この金額は、連邦政府の最近 3 年間（2009～2011 年度平均）の平均年間灌漑・排水事業投資ペースを基に換算した通期投資額（4,320 億ナイラ）の約 4 倍（396%）に相当する。

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賄えないが、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 11-12 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 ¹⁾ （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：1) その他事業は表 11-10 の整備実施中事業、拡張予定事業、ダム掛け事業、並びに総合開発事業を示す。

2) 追加予算とは、ソフトローンも含めた連邦および州政府による本事業に対する追加配分を示す。

3) 建設が 2029 年末終了と見込むため 4 年間で計算。4) 16 年間で計算。

出典：JICA プロジェクトチーム

11.2 社会・環境面の評価

11.2.1 評価の目的

本評価の主目的は、全国水資源マスタープラン 2013 の提案事業が社会・環境面に対して潜在的にどのような影響を与えるか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も検討される。

11.2.2 評価方法

全国水資源マスタープラン 2013 で提案される事業について初期環境影響評価（IEE）によって評価する。IEE の詳細方法については Volume-5 Supporting Report の SR7.2.2 節 Annex SR7-1 に示される。

11.2.3 IEE による評価

(1) 調査対象地域の自然、社会・環境状況

調査対象地域の自然、社会・環境状況は、第 1 章、第 5 章に示されるとおりである。それらの概要は Volume-5 Supporting Report の SR7.2.3 節(2)に示される。

(2) 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 11-13 参照）。これらの個別事業のリストと事業概要は Volume-5 Supporting Report の SR7.2.3 節 Annex SR7-2～SR7-6 に示される。

表 11-13 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

備考（*）：「ナ」国政府による既存提案事業及び全国水資源マスタープラン 2013 の目標を達成するために必要となる対策に基づく JICA プロジェクトチームによる提案事業

（**）：IEE 実施の目的のため、地下水開発事業は都市・村落給水事業に含めている。

出典：JICA プロジェクトチーム

ここで、都市・村落給水事業の IEE 実施のためには、地下水揚水量によるカテゴリー分離が必要となるため、井戸のリハビリテーション、開発といった地下水開事業は、都市・村落給水事業に含めて IEE による評価を行う。

(3) 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 11-14 に示すとおりである。

能力開発事業、啓蒙促進事業などカテゴリー3 に分類される事業は EIA を必要としないことから、ここでは IEE は実施しない。

上表より、カテゴリー1 に分類される 321 事業、カテゴリー2 に分類される 471 事業の合計 792 事業について IEE を実施する（ダム/表流水開発、都市・村落給水、灌漑・排水、衛生の 4 セクター）。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）に従って実施する。

表 11-14 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事業コード IG21, IG24, IP39, IP42, IP109 の 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

(4) 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 11-15 および表 11-16 に示す。詳細なスコーピングマトリックスは Volume-5 Supporting Report の SR7.2.3 節(5)に示す。

表 11-15 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-	B-
	26	Water pollution	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
	27	Soil pollution	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	28	Waste	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	-	B-	B-
	29	Noise and vibration	B-	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-	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 11-16 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	-	-	-	-	-	-	-
Pollution	24	Global warming	-	-	-	-	-	-	-
	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

(5) 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 11-17 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。
衛生	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。
	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。
	不快なおい	Proper management of the facility 施設からの不快な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

(6) 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。

第12章 勧告

12.1 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ザーコミッティー（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。

12.2 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。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。

12.3 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。

12.4 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・財政計画を確実かつ明瞭に立案する。
- 第 9 章で示した「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。

12.5 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。

