

1.1.3 調査対象地域

本調査はタンバクンダ州、ケドゥグ州、マタム州の3州を対象とする。その面積は約84,685km²、人口はANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie) によれば2009年で約130万人ある(巻頭の調査対象地域図を参照)。本調査開始時においては、計画対象州はタンバクンダ州とマタム州の2州であったが、2009年にタンバクンダ州ケドゥグ県が州に昇格したことにより対象州は3州となった。

1.1.4 調査内容と調査工程

(1) 調査内容

調査は、1)現況調査、2)M/P作成、3)F/Sからなり、その内容は以下の通りである。

1) フェーズ 1-1 現況調査 1：計画対象地域の地方給水・衛生に関する調査

既存資料の収集と解析に加えて、現地調査によって計画対象地域の特徴や課題を整理した。調査として以下のような項目を実施した。

- 既存情報収集と解析(法律、行政組織、政策、設計指針、井戸管理台帳等)
- 既存給水施設に関する現況調査
- 浅井戸汚染調査
- 社会条件調査(村落共同体を対象として、村落の概況、水利用・給水状況等の把握)

2) フェーズ 1-2 現況調査 2：水資源調査

計画対象地域の水資源調査として、以下の調査を実施した。

- 自然条件(水理地質、水質、水文気象等)に関する既存資料の収集と解析
- 現地踏査
- 物理探査
- 試掘調査
- 河川流量調査
- 地下水位変動調査
- 現況の課題の把握

3) フェーズ 2-1 マスタープラン(M/P)作成 1：基本方針の設定

現況調査の結果を基にa)M/Pの基本方針についての検討、b)給水計画・施設計画についての検討、c)維持管理体制についての検討を行った。加えて、施設の緒言、維持管理の手法や民営化についての方針を検討した。

4) フェーズ 2-2 マスタープラン(M/P)作成 2：優先サイトの選定

計画対象地域の村落を網羅した村落リストを作成し、新たに給水施設を建設すべきサイトを選定するとともに、優先順位を設けた。加えて、深井戸や施設の改修が必要となっているサイトを整理した。

5) フェーズ 2-3 水資源ポテンシャル評価

水資源ポテンシャル評価として、以下の調査を実施した。

- 地下水かん養量及び地下水揚水量の推計
- シミュレーションモデルの構築とモデルを用いた予測

6) フェーズ 3 フィージビリティ調査 (F/S)

まず社会条件調査を実施して優先プロジェクトサイト候補の現況や困窮度を調査し、優先サイト（13 サイト）を選定した。これら 13 サイトを確認すると共に測量調査を実施して、給水計画及び概略施設設計を行った。その設計を基に建設費を積算するとともに、投資効果や経済評価をおこなって事業の妥当性を検討した。

1.2 報告書の構成

本メインレポートは、I 部：調査概要及び調査対象地域の現況、II 部：マスタープラン、III 部：フィージビリティ調査から構成されている。第 I 部では、調査対象地域の現況として、自然条件、社会経済状況や水利用・給水状況について整理した。第 II 部では、現況調査結果を基にして、マスタープランの基本方針である目標値や具体的な施策を示すと共に、施設の諸元、維持管理や民営化についての検討結果をまとめた。第 III 部では、困窮度の高い村落を対象にした実現可能性調査の結果をまとめ、優先プロジェクトサイトの給水計画及び施設計画を検討すると共に建設費を積算した。加えて、それら事業を評価して実現の可能性を検討した。

本調査の最終報告書は、メインレポートの他に、サマリーレポート、サポーティングブックとデータブックから構成される。サポーティングブックには、メインレポートに記載できなかった調査手法や調査過程について記載した。また、データブックには、調査で収集及び計測したデータを記載した。サマリーレポートには、主にメインレポートの要旨となる部分や提言部分を記載した。

2.2.3 地方衛生に関連する法体系

(1) 公共給水/衛生サービス法 : Loi portant organization du Service Public de l'Eau Portable et de l'Assainissement collectif des eaux usees domestiques : SPEPA (法令番号 : 2008-59, 2008年9月24日提出)

同法令によって、流動的である「地方部の世帯汚水処理サービス」の仕様（トイレの仕様変更や緩和、世帯排水溝の仕様）と実施体制（処理主体の明確化、民間セクター参入の可否や基準）が、どのように規定されていくのか、現在実施主体者が不在となっている、地方部の主要都市、市街地、コミューンにおける都市型の公衆衛生サービスの実施に ONAS の参入が可能となるのか、2009年に本格化した州衛生支所（RSA）の体制や権能の強化が行われるのかなど、導入される適正技術の選択肢を広く持たざるを得ない地方部衛生セクターにとっては、本法令の施行によって期待される新しい潮流は注目されるべき所となる。

(2) 衛生法（Code de l'Assainissement）

本法令の発布によって、都市部の産業、家庭、医療廃棄物、液体廃棄物の直接もしくは間接的な排出、流出、堆積、廃棄、埋め立て、沈殿に関する仕様が規定される。また、ONAS/地方行政/国家間の、雨水排水の取り扱いについても規定されている。上記の公共給水/衛生サービス法の整備が進むに当たり、基本的な地方都市部の公衆衛生に関わる規定などが追補されるか等留意をする必要がある。

2.2.4 地方衛生セクターにおける事業のアプローチ

「セ」国の衛生状況を改善するためには、公共の場所のみならず、各世帯内においても基礎的な衛生施設（排泄物処理/排水処理）にアクセスする数の向上が重要であるとして、公共スペース用施設と世帯用施設の両方に、PEPAM2015の目標値が設定されている（第2章2.1.2）。衛生施設整備事業を「水衛生事業」のコンポーネントの一つとして、地方部の衛生状況改善の責任を担う関係者からそれぞれ予算を確保し、事業を実施する事を、PEPAM 目標値達成のための戦略とした。

(1) 衛生施設整備事業予算の分担者

- 国 : 投資予備国庫 (BCI) の執行
- 地方行政 (CR/コミューン) : 自治体の予算、BCI を通じた地方分権化国家支出金などの充当
- 利用者 (市民/住民) : 公共トイレ設置のための積立金、世帯用衛生施設の一部負担金
- 開発パートナー : プロジェクト予算の実行、地方分権化支援や、NGO のプログラム実施

(2) 衛生施設整備事業における費用負担の配分

衛生施設整備	分担者	分担金	残額
公共トイレ	地方自治体	10%程度*	国／一部村落や地域住民の積立金 開発パートナー、NGO の支援
世帯用衛生施設	世帯	10%程度**	

(3) 対象地域での受益者負担分の支払い方法

対象地域で実施された水衛生施設整備事業では、公共トイレ建設の分担として手洗いや清掃用の給水栓を設置するための配水管拡張部分を地方共同体が分担する、世帯用衛生施設の分担金を労働や材料に換えて負担する等、上記の基本的な枠組みを守りながら社会状況に適した形に変換されて負担されている。

2.2.5 基礎的な衛生施設へのアクセスと目標値

「セ」国上位プログラムである PEPAM において、衛生へのアクセスは以下のとおりに定義がなされている。

「衛生的な方法によって排泄物と生活排水を除去できる技術や施設に、日常的にアクセス可能である事」

PEPAM 開始後 5 年目にあたる 2009 年の年次報告会において、地方衛生分野に係る項目の更新が行われた。WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (以下、JMP とする) に準拠して仕様を緩和した。JMP の安全な衛生施設の定義は以下の通りである。

表 2-2-1 UNICEF/WHO による水と衛生共同モニタリングプログラム (JMP) での衛生施設の定義

改良型 (安全な) 衛生施設	非改良型 (安全とは言えない) 衛生施設
定義： ヒトの排泄物から完全に遮断されたトイレ	定義： 衛生施設ではあるがヒトの排泄物が完全に遮断されたとは言い難いトイレ
<ul style="list-style-type: none"> 水洗式： 下水道接続型 浄化槽接続型 汚物槽接続型 通気孔付き腐敗槽型トイレ (VIP) セメント製の床板付き腐敗槽型トイレ コンポスト用ラトリン 	<ul style="list-style-type: none"> 水洗式であるが、垂れ流し 蓋無し、開口型腐敗槽トイレ バケツなどの容器 (河川/湖面) 水上トイレ 施設では無く、草むらや畑などを利用 (野外排泄)

上記の変更と 2009 年 4 月現在で確定している次期プロジェクトの投入により、以下のような設置数の推移が予想されている。

第3章 水資源に関わる調査

3.1 水資源調査の方法

水資源調査は、図 3-1-1 に示す流れで実施した。本章においては既存資料の収集・整理結果から水資源ポテンシャル評価までについて記し、地下水シミュレーション（予測解析）については「第8章 三次元地下水モデルによる予測」に記す。

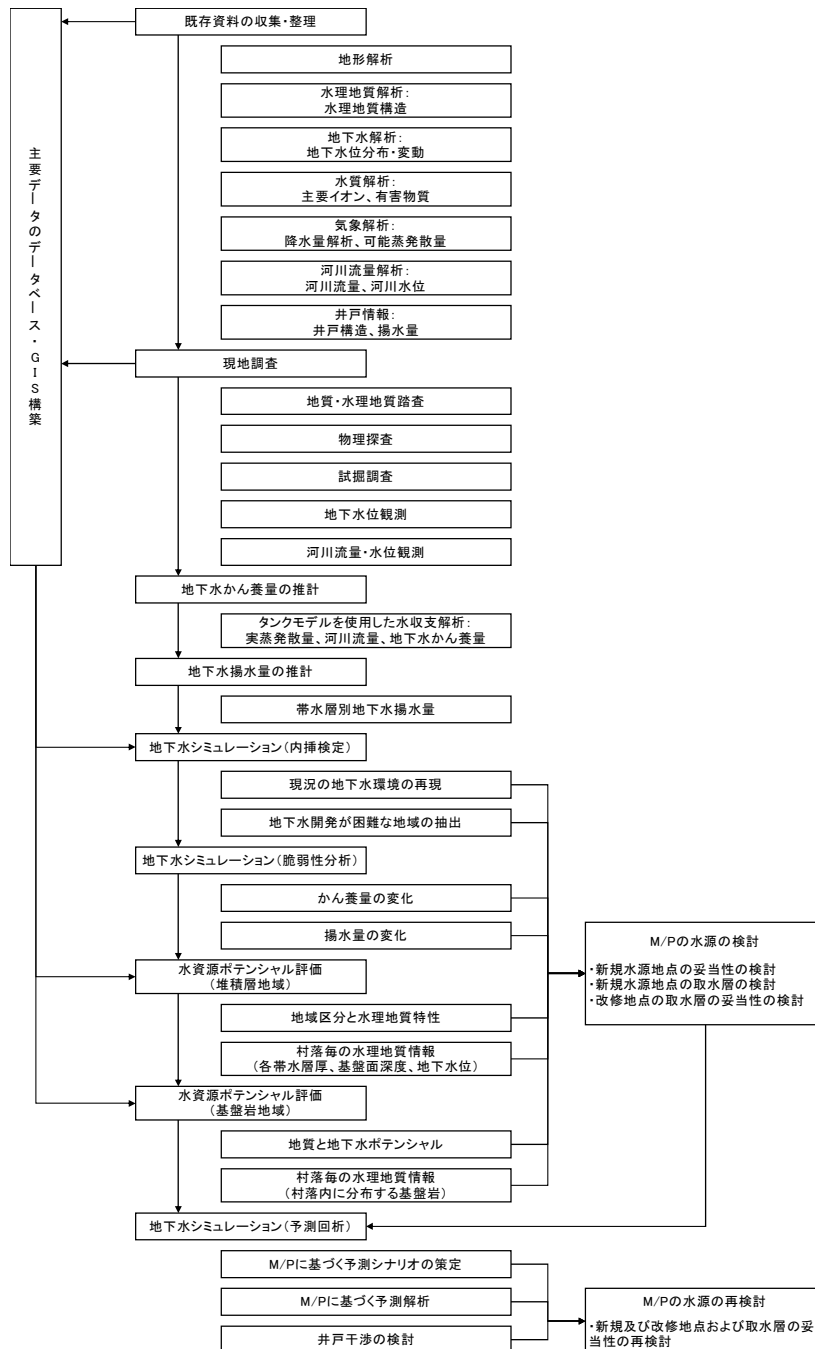


図 3-1-1 水資源調査の流れ

3.2 既存資料の収集・整理・解析

3.2.1 収集既存資料

本プロジェクトにおいて収集・整理・解析した主要なデータ・既存報告書等の項目は、以下に示すとおりである。これらの収集データは、第3.4節に記す水資源ポテンシャル評価の基礎資料として用いた。

- ・ 地形、測量（標高データを含む）
- ・ 地質図、地質構造図、水理地質図、鉱山地質図
- ・ 地質、水理地質、地下水に関連する報告書（井戸掘削、モデリングを含む）
- ・ 物理探査
- ・ GIS/データベース
- ・ 気象（日降水量、月平均気温）
- ・ 河川流量

3.2.2 地形解析

SRTM-90の数値標高データを基にして、調査対象地域の陰陽図および地形断面図を作成することにより、対象地域の広域的な地形特性を把握した。

本プロジェクト地域の地形特性として、以下のことがあげられる。

- ・ ギニア国境付近の急峻な崖の存在
- ・ 玄武岩類分布域等の丘陵の存在
- ・ 南東方向から北西方向に向かう緩やかな傾斜
- ・ 上記の傾斜中に存在する低地は北西側が急で南東側が緩やかな傾向がある
- ・ セネガル川西岸の高まりと南西方向に向かう緩やかな傾斜

3.2.3 地質・水理地質解析

(1) 地質・水理地質概要

本プロジェクト地域の帯水層としては、下位より①Maastrichtien 帯水層（マーストリヒチアン帯水層、以下 Ma 層）、②Paléocène 帯水層（暁新統帯水層、以下 Pa 層）、③Eocene 帯水層（始新統帯水層、以下 Eo 層）、④Continental terminal / Oligo-Miocène 帯水層（コンチネンタルターミナル／漸-中新統帯水層、以下 Co 層）、⑤Quaternaire 帯水層（第四系帯水層、以下 Q 層）、と5層の区分が可能である（図3-2-1、表3-2-1参照）。以下に、これらの帯水層と基盤岩類の概要を記す。

1) 基盤岩類

本プロジェクト地域南部の基盤岩地域に分布する主要な岩石は、玄武岩類（玄武岩、ドレライト（粗粒玄武岩）、スピライトなど）、炭酸塩岩類（石灰岩、泥灰岩など）、花崗岩類（花崗岩、アプライトなど）、片岩類（緑色片岩、雲母片岩、角閃岩など）、珪岩類、砂質岩（砂岩、珪質片岩、グレイワッケなど）、等である。また、岩脈類として、ペグマタイトや石英脈等が、上記の岩石中に貫入している。

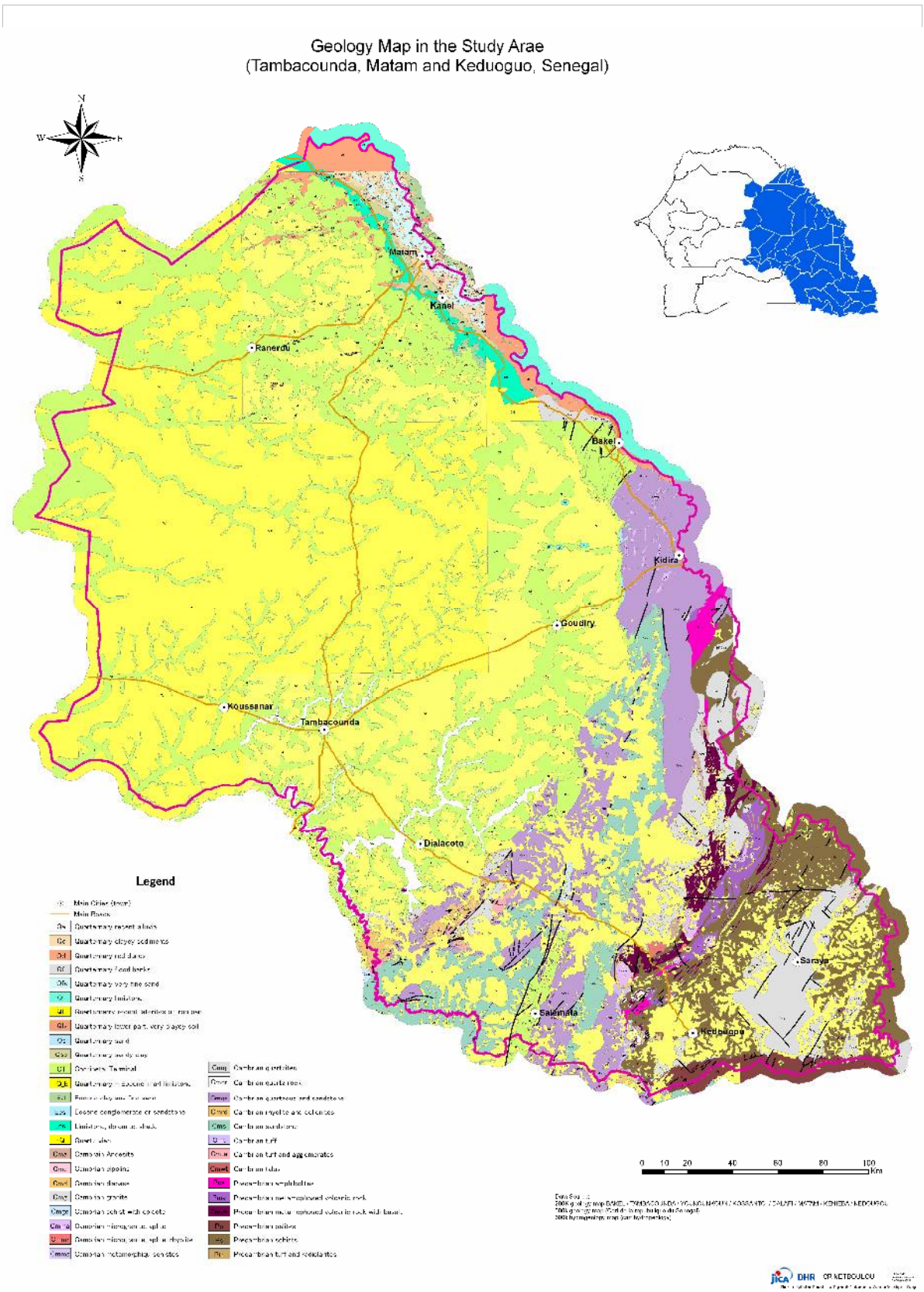


図 3-2-1 本プロジェクトで編集した地質図

表 3-2-1 「セ」国の水理地質層序

ERE	PERIODE GEOLOGIAUE			Regroupement Strati	Zond Nord		Système Aquifère	Zond Sud	
	Syst.	Série	Etage		Lithologie dominante	Aqui..		Lithologie dominante	Aqui..
	QUATERNAIRE				Sables éoliens alluvions tufs volcaniques	Aauière	"Complexe Terminal"	Sables marins et éoliens	Aauière
TERTIAIRE	NEOGENE	PLIOCENE	"CONTINENTAL TERMINAM"		Sables coquilliers sables +/- argileux	Aquitard		Sables ou grès argileux et argiles	Aauiard
		MIOCENE			Marno calcaire	Aquitard		Sables avec bancs d'argile et calcaires	Aauière
		OLIGOCENE			Marnes et agiles	Aquitard			
	PALEOGENE	EOCENE	moy	LUTETIEN SUP.	Calcaires marno-calcaires	Aquiclude	"Système Aquifère du Paléogène"	Calcaires karstifiés	Aauière
				LUTETIEN INF.	Sables	Aauière		Marno calcaires passés sable	Aauiard
			inf	YPRESIEN	Marnes et agiles	Aquiclude		Sables calcaires coailliers ou karstifiés	Aauière
		PALEOCENE	PALEOCENE sup. à moyen		Marno-calcaires calcaires karstifiés marnes	Aauière		Sables calcaires argiles	Aauiard
			DANIEN		Marno calcaires	Aquitard			
SECONDAIRE	CRETACE	CRETACES Supérieur	SENONIEN	MAASTRICHIEN	Sables grès, sables gréseux sables argileux	Aauière	"Système Maastrichtien"	Sableux avec passées d'argile	Aauière
				CAMPANIEN	Grès Sables argileux	Aauière		Sables argileux	Aauière
				SENONIEN INF	Sables argileux et argiles sableuses	Aquitard		Argile sableuse	Aauiard
			TURONIEN	Argiles noires	Aquiclude	Argiles noires		Aquiclude	
		CRETACES moyen	CENOMANIEN		Calcaires argiles sableuses	Aquiclude		Marno calcaire	Aquiclude
			ALBIEN		Calcaire, marno calcaire sables argileux			Marno-calcaires, argiles sableuses	
	APTIEN		Calcaire, marno calcaire argiles sableuses	Marno-calcaires, argiles sableuses					
	CRETACES inférieur	NEOCOMIEN		Calcaire dolomitique					
	JURASSIQUE				Calcaires, calcaires dolomitiques	Aquiclude		Calcaires et bancs de dolomie	Aquiclude
	TRIAS				Couche salifère	Aquiclude		Couche salifère	Aquiclude
	PRIMAIRE				Argiles siliceuses grès quarizites conglomérats	Aquiclude		Argiles siliceuses grès quarizites conglomérats	Aquiclude
	SOCLE CRISTALLIN				Granites, diorites, roches métamorphiques			Aquifère dans les zones superficielles fracturées et arénisées	

(出典：COWI (September 2001)、帯水層・半透水層・難透水層の色区分は本件調査)

2) Maastrichtien 帯水層 (Ma 層)：上部白亜系である Ma 層は、本プロジェクト地域に広く分布して、西側に向かい基底面深度が深くなる。本層は、砂岩、砂層、泥質砂層などの海成堆積物からなり、最下位に黒色粘土層が分布すると考えられている。また、上位の Paléocène 層 (暁新統) との境界部にも黒色粘土層が分布することが多い。

3) **Paléocène 帯水層 (Pa 層)** : Pa 層 (暁新統) は、白亜紀後の海進期の堆積物であり、炭酸塩岩類を主体とする。泥灰質な部分も広く分布して、泥質な層の透水性は低い。

4) **Eocene 帯水層 (Eo 層)** : Eo 層 (始新統) は、Pa 層に続く海進期の堆積物と考えられており、本プロジェクト地域の北東部に露岩する。泥灰岩 (土) や泥質層が卓越して、一部、石灰岩や石灰岩質砂層を挟在する。この石灰岩や石灰岩質砂層が本層の帯水層となる。

5) **Continental terminal / Oligo-Miocène 帯水層 (Co 層)** : 本層は、Continental terminal 層 (コンチネンタルターミナル層) と呼称されるが、Oligo-Miocène 層 (漸-中新統) と称されることもある。本層は泥質砂層から細粒砂層を主体として、石灰質な部分も挟在する。また、本層は、タンバクンダ州南西部に厚く分布しており、そこでは Ma 層の分布深度が深いこともあり、主要な帯水層として開発されている。

6) **Quaternaire 帯水層 (Q 層)** : Q 層 (第四系) は、貝殻を含む海成炭酸塩層や沖積堆積物、湖成堆積物、風性堆積物などから成る。本プロジェクト地域においては、セネガル川沿いの沖積層での地下水開発が一つの課題となっている。

(2) 地質断面図の作成

個々の井戸の掘削記録は、地質柱状図として整理するとともに、図 3-2-2 のようなそれらを並べた断面図を作成して水理地質構造の検討の基礎資料とした。

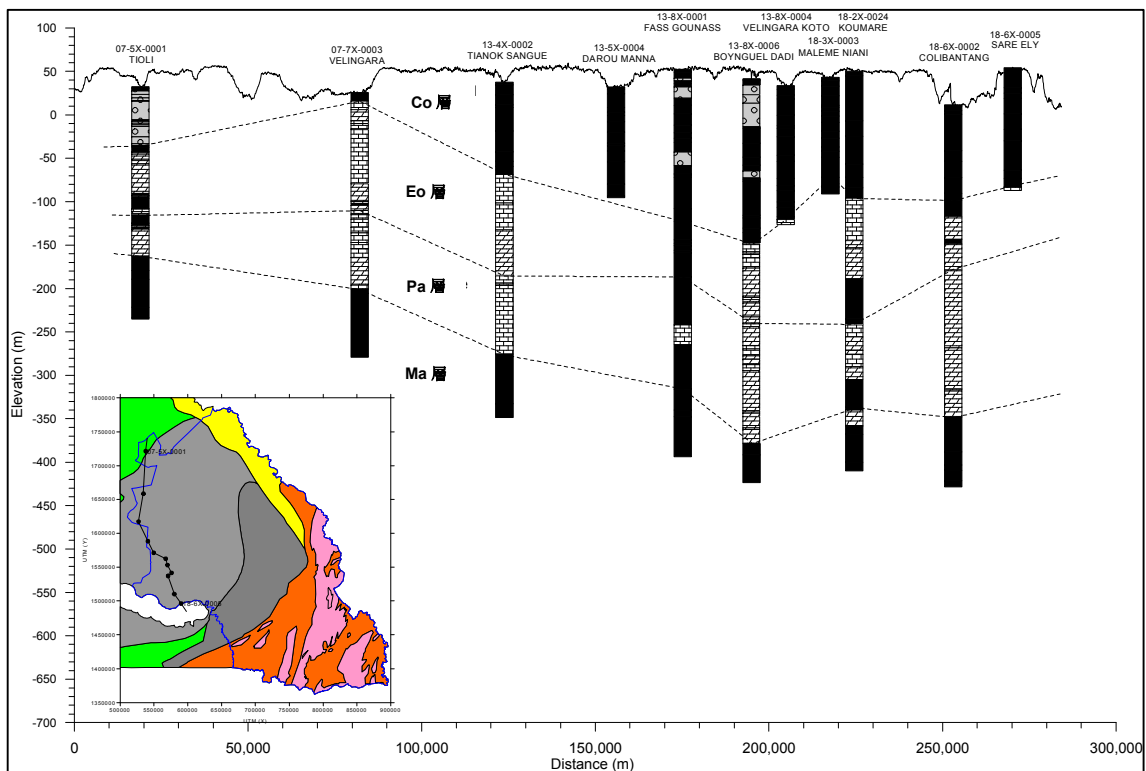


図 3-2-2 地質断面図の例

(3) 帯水層の層厚分布および基底面深度分布

上項で記したように、整理した井戸柱状図を用いて層厚分布図（図 3-2-3）と基底面深度分布図（図 3-2-4）を作成して、シミュレーションモデルの入力データとするとともに、M/P の新規井戸の取水層検討の際の基礎資料とした。

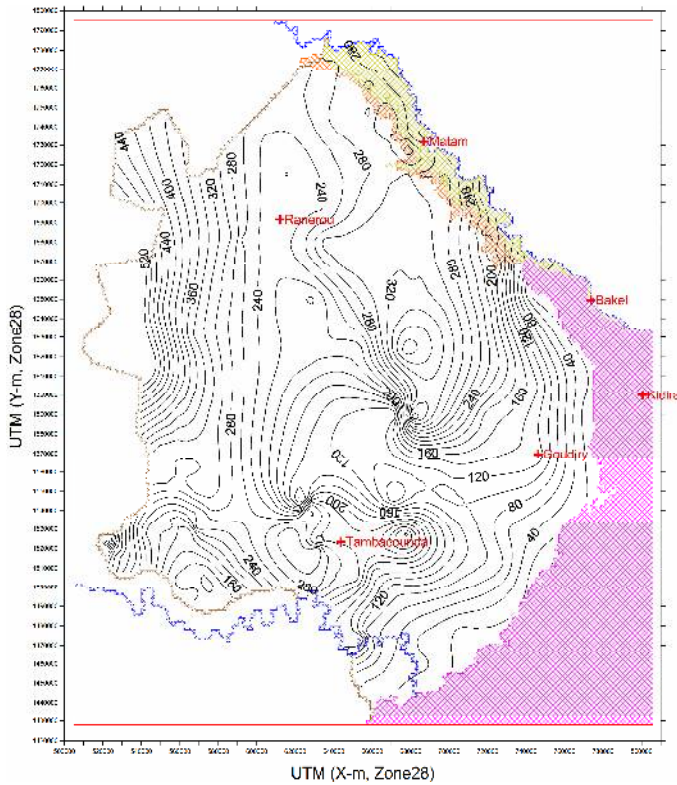


図 3-2-3 層厚分布の例（単位：m）
（Ma 層）

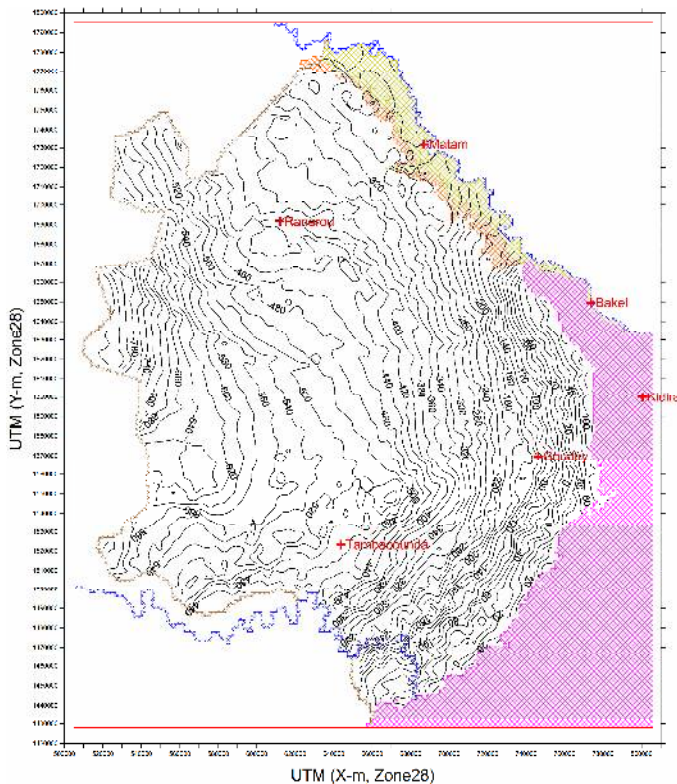


図 3-2-4 基底面深度分布の例
（単位：標高 m）
（Ma 層）

3.2.4 地下水位及び地下水流動

(1) 地下水位変動（DGPRE モニタリングデータの収集と整理）

DGPRE のモニタリング井の諸元を表 3-2-2 にとりまとめる。また、各モニタリング井の地下水位の変動の状況を図 3-2-5 にまとめる。このデータは、地下水モデルの検証データとして使用した。

表 3-2-2 DGPRE モニタリング井諸元

No_IRH	村落	経度 (°)	緯度 (°)	UTM (X)	UTM (Y)	帯水層	井戸のタイプ*	基準点標高 (m) **
20-1X-0001	BANTANANI	-12,9750	13,7222	718 982	1 517 922	Ma 層	ボアホール	56,88
13-2X-0002	BELEL TOUFFLE	-14,5347	14,8856	550 050	1 645 725	Ma 層	ボアホール	23,19
15-7X-0001	BOYNGUEL BAMBA	-12,9400	14,0942	722 413	1 559 118	Ma 層	観測井	52,07
09-7X-0016	DIALLOUBE DIAMOUNGUEL	-12,9250	15,1111	723 005	1 671 667	Ma 層	ボアホール	54,42
18-6X-0007	FADIACOUNDA	-14,1611	13,6269	590 741	1 506 620	Co 層	ボアホール	10,30
08-6X-0011	KANEL F4	-13,1811	15,4883	695 123	1 713 163	Ma 層	観測井	(25,62)
14-1X-0002	KARE KABI	-13,8861	14,7514	619 896	1 631 127	Ma 層	ボアホール	53,46
13-1X-0005	KHOUMOUK	-14,8075	14,9917	520 696	1 657 417	Ma 層	複合井戸	(49,48)
18-2X-0009	KOUNDIAO SQUARE	-14,5167	13,8000	552 237	1 525 660	Ma 層	複合井戸	31,79
19-2X-0002	MAYEL DIBI	-13,6431	13,8861	646 617	1 535 546	Co 層	ボアホール	21,37
08-8X-0001	NAMARY	-13,6456	15,0822	645 564	1 667 865	Ma 層	複合井戸	39,62
18-5X-0004	PAKEBA	-14,3625	13,5556	568 976	1 498 669	Co 層	ボアホール	15,74
08-7X-0001	RANEROU	-13,9569	15,3042	611 986	1 692 241	Ma 層	ボアホール	(40,74)
14-8X-0001	SINTHIU BOCAR ALI	-13,5681	14,2319	654 490	1 573 848	Ma 層	ボアホール	42,01
15-7X-0002	FETE NIEBE	-12,6800	14,2200	750 359	1 573 303	—	—	(71,59)
19-4X-0006	SOUROYEL SALIF	-13,8600	13,5900	623 332	1 502 671	Co 層	観測井	(32,03)
14-7X-0002	TINKOLY MANDINGUE	-13,9500	14,0400	613 376	1 552 402	Co 層	—	(26,91)

* : 複合井戸は上部が手掘り井戸で下部がボアホールになっている構造の井戸を示す。

** : 基準点標高の () は、SRTM-3 から推計した標高を記す。

(2) 地下水位分布

本プロジェクト地域には一斉測水に類する観測記録がない。また、現在、稼働中の井戸には垂直ポンプが設置されている井戸も多く、新たに一斉測水を実施するのも難しい状況である。

このため、掘削時の静水位データを基に後述するシミュレーション解析の開始時（内挿検定の前）に長期非定常計算（準定常計算）を行い、地下水位分布を把握した（図 3-2-6）。この結果は、地下水シミュレーションの初期水位として入力した。

(3) 地下水流動

現在、「セ」国の地下水資源を説明する上で基本となっている調査は、DGPRE（実施コンサルタント：COWI）が1994年から2000年にかけて調査を行ない2001年にまとめたMa層を主体とした全国的な地下水ポテンシャル調査である。その成果の一つが、Ma層の地下水流動方向を明らかにして、河川からの地下水かん養の可能性を提言したことである（図3-2-7）。

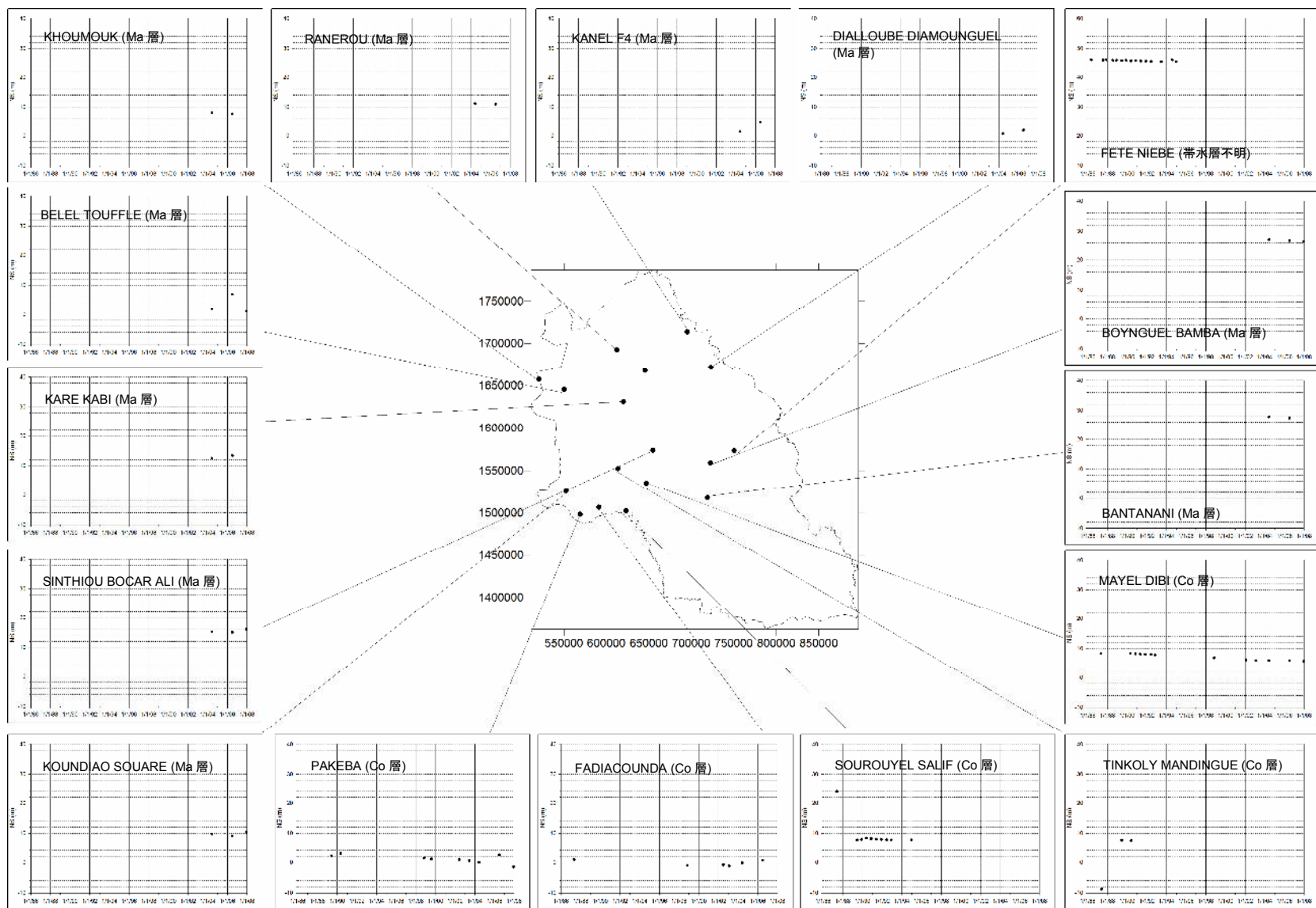


図 3-2-5 DGPRE モニタリング井の地下水位変動

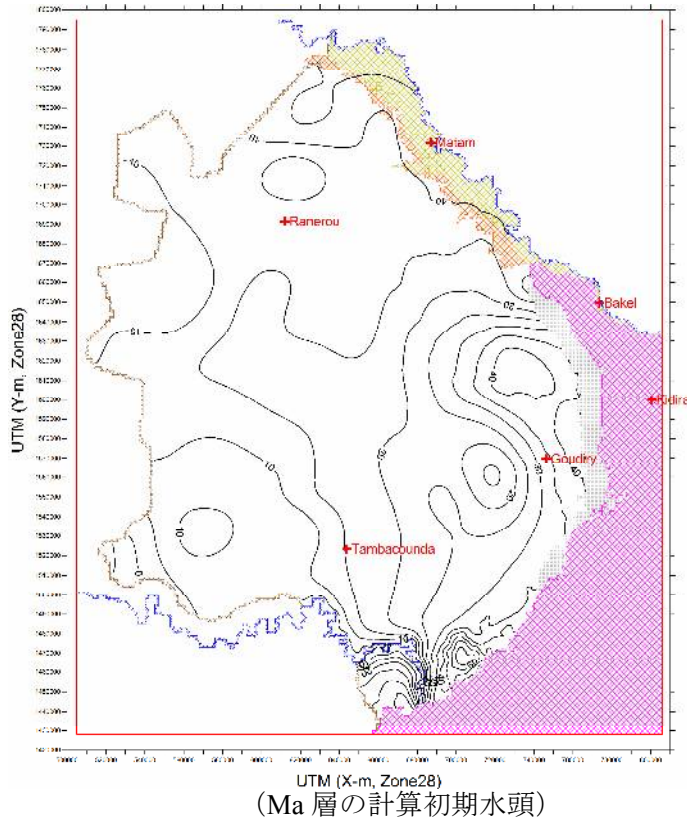


図 3-2-6 計算初期水頭分布の例 (単位: 標高 m)

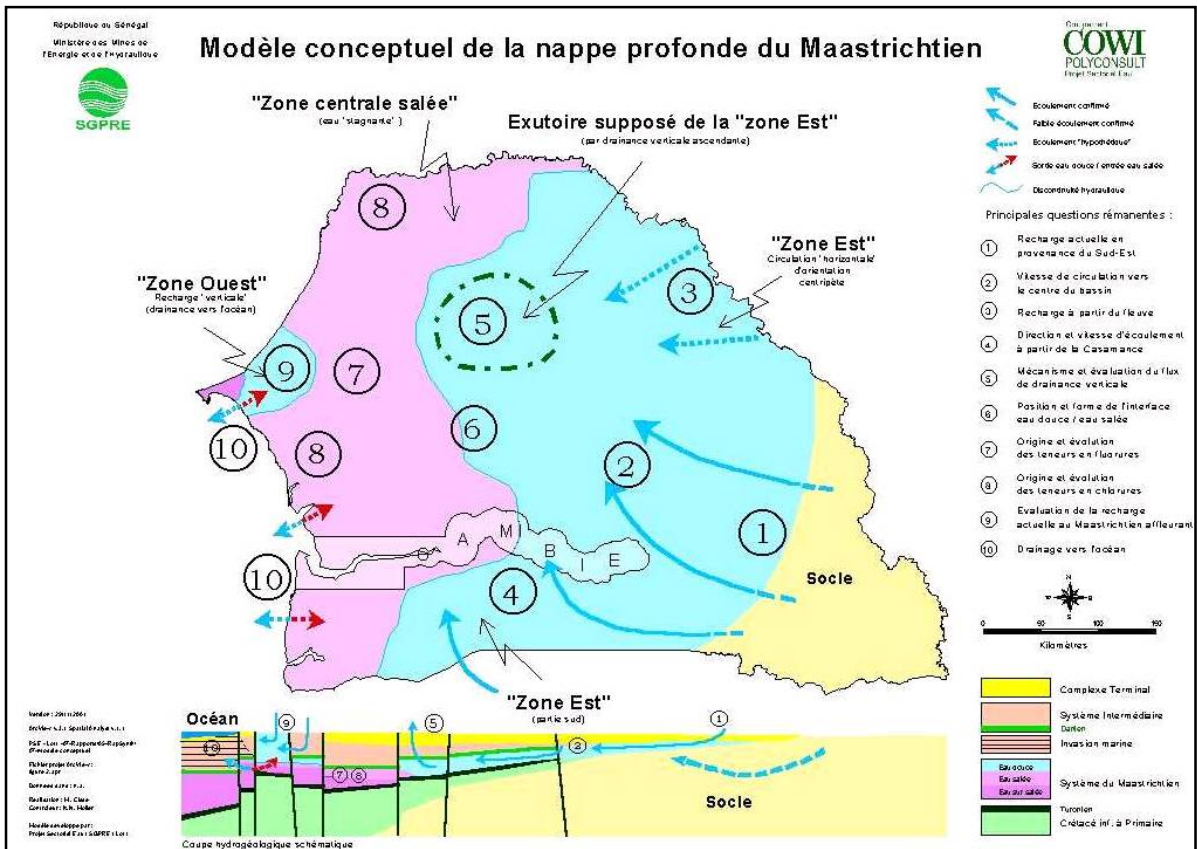


図 3-2-7 Ma 層の地下水流向

3.2.5 地下水質

(1) 主要イオン

DGPRE が保有する水質分析結果を用いて、主要イオンを成分系としてあらわすトリリニヤードイアグラムを作成した。

本プロジェクト地域の地下水質の特徴として、以下のことがあげられる。

- ・ コンチネンタルターミナル層：アルカリ土類炭酸塩に分類される水質に属するものが多い。これは、河川水・浅層地下水に多い種類である。
- ・ マーストリヒチアン層：アルカリ土類非炭酸塩とアルカリ土類炭酸塩に分類されるものが多い。前者は温泉水に多く、後者は上記したように河川水・浅層地下水に多い種類である。
- ・ 基盤岩類：アルカリ土類炭酸塩とアルカリ炭酸塩に分類されるものが多い。前者は上記したように河川水・浅層地下水に多く、後者は深層地下水に多い種類である。

3.2.6 気象データ解析

(1) 雨量データ

表 3-2-3 に示す気象観測所の日雨量データを用いて、第 3.4 節に記す水収支計算および、地下水かん養量の推計のためのタンクモデル計算の基礎資料を作成した。

表 3-2-3 ティーセン分割に使用した気象観測所の諸元

観測所名	国	緯度 (°)	経度 (°)	UTM (X)	UTM (Y)	標高 (m)
Matam	セネガル	15,650	-13,250	687 583	1 730 994	17
Semme	セネガル	15,200	-12,950	720 225	1 681 480	40
Ranérrou	セネガル	15,300	-13,966	611 011	1 691 772	33
Bakel	セネガル	14,900	-12,400	779 733	1 648 898	25
Kidira	セネガル	14,300	-12,100	812 881	1 582 862	35
Goudiri	セネガル	14,183	-12,716	746 512	1 569 203	59
Tambacunda	セネガル	13,767	-13,683	642 377	1 522 347	50
Kédougou	セネガル	12,567	-12,217	802 415	1 390 852	167
Linguere	セネガル	15,383	-15,177	487 444	1 700 692	21
Dialakoto	セネガル	13,317	-13,300	684 138	1 472 821	50
Kenieba	マリ	12,850	-11,233	909 010	1 423 541	132

雨量の地域分布は、図 3-2-8 に示すティーセン分割により区分した。

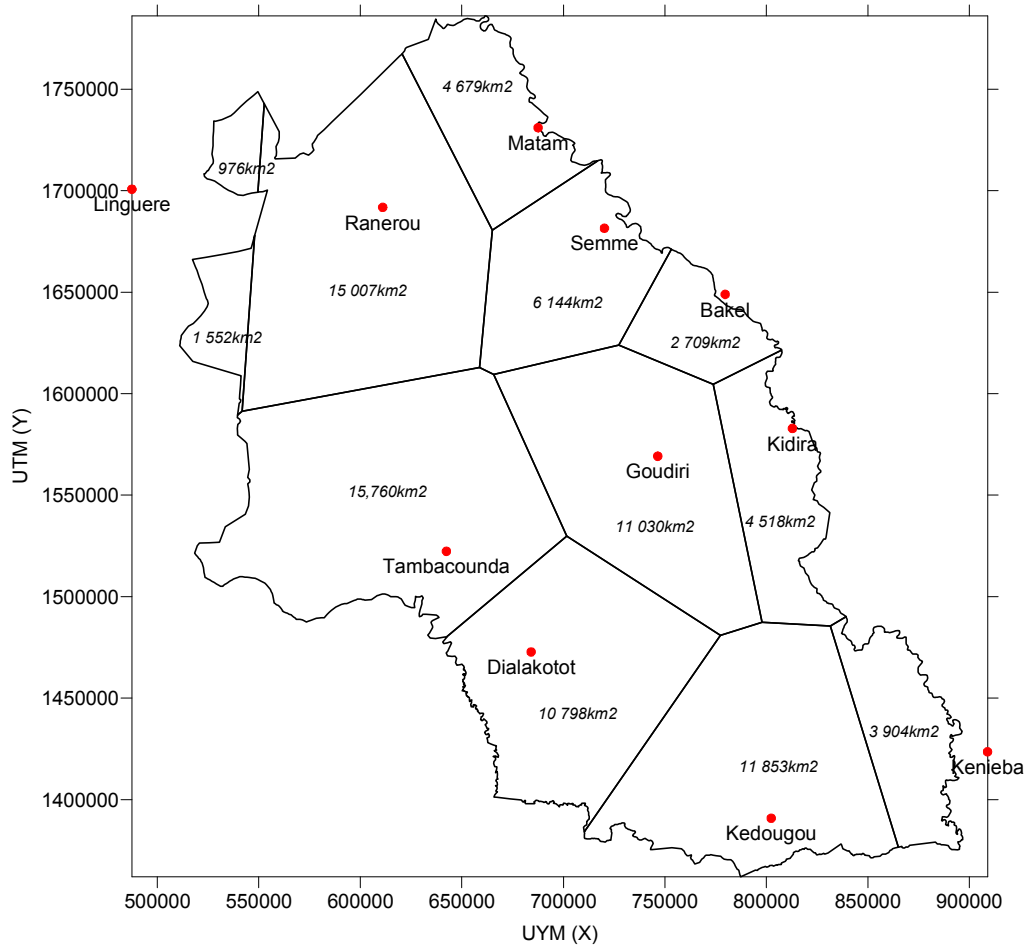


図 3-2-8 ティーセン分割結果

(2) 可能蒸発散量の推計

本プロジェクトでは、ソーンズウェイト法 (Thornthwaite method) を用いて、可能蒸発散量の推計を行なった。また、推計は、前掲のティーセン分割を実施した気象観測所（気温の測定が行われていない Semme、Kidira、Linguere、Dialakoto、Kenieba の 5 観測所を除く）で行った。

表 3-2-4 にタンクモデル計算に用いたマタム観測所の計算結果の例を示す。

表 3-2-4 可能蒸発散量の推計事例 (Matam 観測所、単位: cm/月)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1988	5,84	13,08	17,58	18,62	20,50	19,63	19,39	17,16	16,21	17,48	14,76	7,65
1989	7,32	13,55	16,70	18,43	20,46	19,33	19,12	17,51	17,14	17,24	15,69	13,94
1990	6,04	14,14	18,06	18,77	20,50	19,75	19,39	18,14	17,14	17,90	15,10	9,20
1991	9,33	12,69	16,37	18,43	20,30	19,75	19,39	18,14	17,14	17,24	15,10	10,60
1992	8,83	13,55	16,01	18,23	20,18	19,75	19,39	18,14	17,66	18,08	14,41	13,10
1993	8,15	13,55	17,58	18,91	20,50	19,75	19,63	18,14	16,53	17,71	15,10	8,72
1994	4,87	13,08	17,30	17,18	20,39	19,63	19,12	16,78	16,53	17,24	15,40	9,65
1995	5,63	13,08	17,02	18,43	20,39	19,90	19,85	17,51	16,85	17,48	15,40	8,49
1996	13,94	14,46	17,02	18,43	20,50	19,75	19,39	17,51	17,41	17,71	15,10	8,83
1997	13,53	14,46	15,63	18,00	20,30	19,33	19,12	18,69	16,53	17,48	15,40	7,99
1998	7,70	14,75	17,30	19,10	20,46	19,90	19,39	17,51	16,53	17,48	14,76	9,04
1999	6,45	8,12	17,02	18,62	20,39	19,63	18,16	17,16	16,21	16,97	14,76	9,39

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2000	10,64	12,69	17,83	19,02	20,39	19,14	18,16	16,38	16,53	16,05	14,04	9,23
2001	7,70	12,69	17,30	18,23	20,30	19,49	18,50	18,14	16,53	17,24	14,76	13,94
2002	7,41	13,08	16,70	17,75	20,39	19,49	19,39	18,14	17,14	17,48	14,76	13,10
2003	7,26	13,55	17,58	18,77	20,46	19,49	19,39	17,16	15,47	17,24	15,40	8,84
2004	7,36	13,55	16,70	18,77	20,39	19,63	18,82	17,51	16,53	17,48	15,40	13,10
2005	7,36	12,29	17,83	18,91	20,46	19,49	18,50	17,82	16,53	17,24	15,10	14,34
2006	6,82	12,69	17,30	18,91	20,30	19,75	19,85	17,51	16,85	18,08	15,10	7,65
2007	9,39	13,55	17,30	18,62	20,46	19,75	19,39	17,16	16,53	17,48	14,76	13,10

3.2.7 河川流量調査

DGPRE が実施している河川流量観測結果をとりまとめることにより、本件調査地域内を流下する河川の特性を把握するとともに、後記するタンクモデルの検証データとして河川流量の変化を活用した。また、セネガル川とガンビア川の河川水位変化を、地下水モデルの境界条件の一つとした。

3.3 現地調査結果

3.3.1 地質・水理地質踏査結果

本項目は、調査対象地域の地形・地質状況を確認し、その特性を把握することを目的とした。なお、堆積層の露頭は極めて限られているため、地形・地質踏査は基盤岩地域を中心に、以下の地形・地質特性を持つ既存施設を対象に実施した。

- ・ ギニア国境の急崖下部
- ・ 玄武岩類が分布する丘陵下部
- ・ 片岩分布域
- ・ 片岩分布域（珪岩との断層近傍）
- ・ 珪岩分布域（片岩との断層近傍）
- ・ 花崗岩中の断層近傍
- ・ 石英脈分布域
- ・ カンブリア紀砂岩分布域

調査結果の概要を表 3-3-1 にとりまとめる。これらの結果は、特に基盤岩地域の岩種毎の地下水ポテンシャルを検討する際の基礎資料とした。

表 3-3-1 基盤岩地域の既存施設と水理地質

村落名	地形	1/20 地質図	地質構造	帯水層	主要な井戸の諸元					
					掘削深度 井戸深度	スクリー ン位置	静水位	揚水量	水位 降下	水質
Segou	ギニア境界 の急崖下	花崗岩	—	片岩 (Birrimien) 礫岩 (Birrimien) 断層・破砕帯	40,5m 40,5m	29,1~ 40,5m	16,1m	10m ³ /h	6,6m	
Dindéfello	ギニア境界 の急崖下	花崗岩	—	花崗岩 断層・破砕帯	58,4m 56,9m	32,3~ 56,9m	6,8m	10m ³ /h	35,6m	
Ibel	玄武岩丘 陵の麓	玄武岩類他	—	片岩 断層・破砕帯	37,6m 35,8m	11,2~ 35,8m	7,1m	30m ³ /h	9,6m	
Salemata	周囲が小 丘陵	片岩類	—	結晶片岩、石英脈	88,15m 70,15m	28,15~ 64,15m	6,15m	9m ³ /h	19,8m	
Ebarak	—	片岩・珪 岩・砂岩の 境界	近傍に断層	珪岩 (Paleozoq.) 断層・破砕帯	49,0m 48,7m	14,6~ 48,7m	6,6m	4,3m ³ /h	6,1m	鉄 (5,0mg/l)
Banfarato	—	珪岩・片岩 の境界	近傍に断層	泥質岩 断層・破砕帯	45,0m 45,0m	27,9~ 45,0m	5,0m	1,4m ³ /h	12,6m	
Bandioula	—	花崗岩	断層	斑レイ岩?	45,1m 40,25m	—	7,28m	19,5m ³ /h	1m	
Kondokhou	—	花崗岩	断層	花崗岩 断層・破砕帯	45,0m 45,0m	16,4~ 45,0m	11,1m	5,4m ³ /h	19,5m	鉄 (5,0mg/l 以上)
Daloto	—	片岩、珪岩、 グレイワッ ケ、礫岩他	石英脈	片岩 (Birrimien) 断層・破砕帯	45,1m 45,0m	37,8~ 45,0m	22,6m	12m ³ /h	10,6m	鉄 (3,5mg/l)
Bellé	小丘陵間	珪質砂岩	近傍に断層	珪岩 (Cambrian) 断層・破砕帯	58,6m 58,6m	30,0~ 58,6m	23,1m	3,5m ³ /h	—	

3.3.2 試掘調査

本調査では、水資源ポテンシャルの確認を主目的とするが、二次的目的も考慮して掘さく位置を選定した。

- 1) 基盤岩上の沖積層の確認
- 2) 地質構造の確認

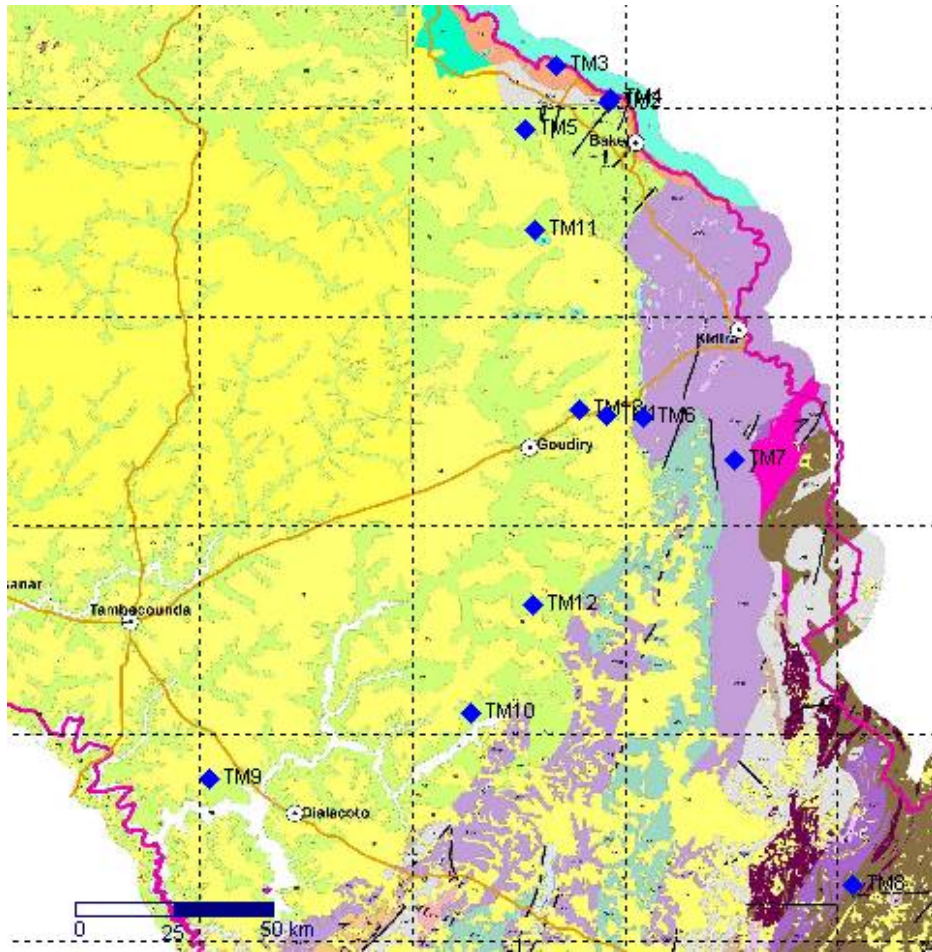


図 3-3-1 試掘地点

表 3-3-2 試掘仕様

対象	工法	予定深度	掘さく口径	ケーシング口径
基盤岩亀裂	MFT	150m	8 インチ	6 インチ PVC
堆積層	泥水 ロータリー	基盤の確認 (100 から 200m)	14 インチ	8 インチ PVC
		基盤の確認 450m	上 14-3/4 インチ 下 8-1/2 インチ	上 10 インチ PVC 下 4 インチ SUS

(1) 試掘結果

試掘調査結果や揚水試験で得られた水理定数を表 3-3-3 に示す。

表 3-3-3 試掘調査の結果

井戸 番号	CR	村落名	帯水層	掘削 深度 (m)	基盤 深度 (m)	仕上 深度 (m)	静水位 (m)	12H 連続揚水試験		
								揚水量 (m ³ /h)	水位 (m)	水位降 下(m)
TM1	Goudiry	AinouMahdi	Ma	72,0	64	70,8	49,3	44,0	53,4	4,1
TM2	Commune	Diawara1	沖積	25,0	12	22,3	2,9	3,4	14,9	13,0
TM3	Moudery	Gande	沖積	26,1	25	26,0	10,4	71,1	11,9	1,4
TM4	Commune	Diawara2	沖積	24,0	21,5	23,6	10,6	21,5	6,4	6,5
TM5	Bokiladji	GangelMaka	基盤	121,0	26	58,9	12,9	35,8	45,2	32,2
TM6	Sinthou Fissa	YariMale	基盤	151,0	18	86,6	46,7	1,5	82,6	36,0

井戸 番号	CR	村落名	帯水層	掘削 深度 (m)	基盤 深度 (m)	仕上 深度 (m)	静水位 (m)	12H 連続揚水試験		
								揚水量 (m ³ /h)	水位 (m)	水位降 下(m)
TM7	Shinthou Fissa	Takoutara	基盤	98,0	5	82,1	9,84	13,3	3,4	3,6
TM8	Khossanto	Khossanto	基盤	150,0	9	92,2	8,1	8,1	71,0	62,8
TM9	Missirah	Medina Diakha	Ma	250,0	248	250,0	17,5	62,7	28,3	10,8
TM10	Bani Israel	Diana	Ma	91,0	60	81,6	18,4	15,5	44,7	26,3
TM11	Aoure	Tiendiel Demba Djibi	Ma	88,0	88	87,0	43,9	55,2	49,7	5,8
TM12	Dougue	Soutouta	Ma	61,0	61	60,2	13,7	66,0	10,8	10,8
TM13	Goudiry	Dinde Daka	Ma	84	84	81	34,5	62,8	36,1	1,6

3.3.3 地下水位観測

(1) 調査目的と調査方法

本プロジェクトにおける地下水位観測の目的は以下のとおりであり、この観点から2008年8月および11月に地点選定を行なった。

- ・ 世銀プロジェクト（セネガル東部堆積層境界部水理地質調査）の観測地点を補完することにより本件調査地域の堆積層分布域の全体の地下水位（特にMa帯水層）の把握
- ・ 浅層地下水の地下水位と周辺河川水位との比較
- ・ 主要地点での地下水位の連続観測

観測は、①11井の浅井戸で携帯式水位計による毎週1回の観測、②9井の深井戸で携帯式水位計による毎週1回の観測、③3井の深井戸で自記水位計による連続観測、により実施した。

調査地点は、下の図表（図3-3-2、表3-3-4）に示すとおりである。

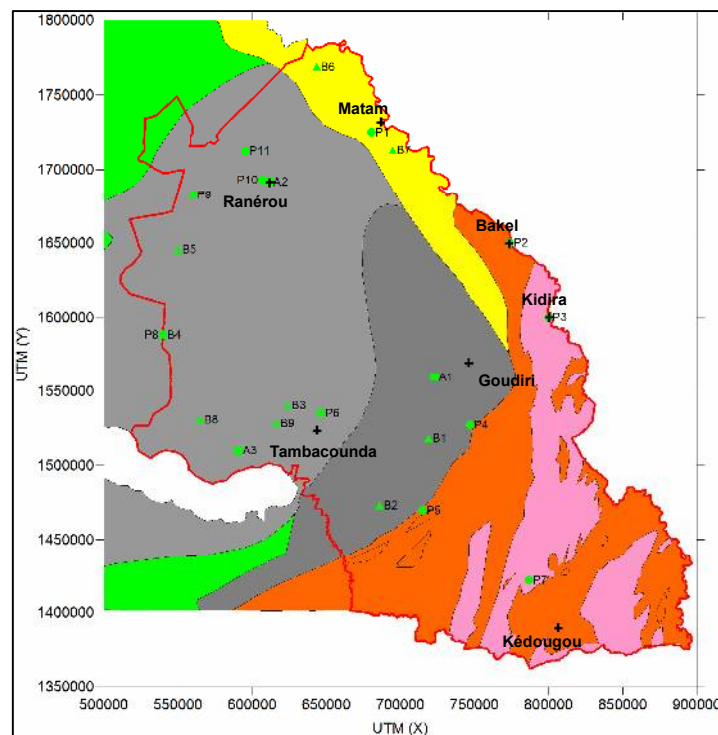


図 3-3-2 地下水位観測地点位置図

表 3-3-4 地下水位観測井座標

No.	村落名	ID_IRH	UTM (X)	UTM (Y)	標高 (m)
手掘り井戸					
P1	OURO SOGUI		680 306	1 725 123	17,950
P2	BAKEL		773 636	1 650 199	24,744
P3	KIDIRA		799 937	1 600 202	31,180
P4	SOUTOUTA		746 897	1 527 139	85,030
P5	MANSADALLA		714 886	1 469 637	30,714
P6	MàYèL DIBI		646 688	1 535 074	23,093
P7	MAKO		786 846	1 422 010	82,298
P8	DAROU MANA		539 832	1 588 413	28,141
P9	NAKAR		560 229	1 682 875	36,250
P10	BELE NDENDI		606 787	1 693 220	28,900
P11	VENDOU KATANE		595 269	1 712 572	48,410
ボアホール					
B1	BANTANANI	20-1X-0001	718 946	1 518 140	93,212
B2	DIALACOTO	19-9X-0001	685 975	1 473 132	41,364
B3	BOUDOR BORDOR		623 971	1 540 170	33,133
B4	DAROU MANA	13-5X-0004	539 832	1 588 413	59,138
B5	BELEL TOUFFLE	13-2X-0002	550 171	1 645 732	19,080
B6	AGNAM CIVOL	08-2X-0004	643 560	1 768 720	7,400
B7	KANEL F4	08-6X-0011	694 685	1 713 056	25,120
B8	DIAGLE SINE	18-2X-0005	564 878	1 530 462	77,229
B9	SINTHIOU MALEME	19-1X-0003	616 249	1 528 300	14,910
自記水位計設置井戸					
A1	BOYNGUEL BAMBA	15-7X-0001	723 111	1 559 478	74,892
A2	RANEROU		611 650	1 691 821	29,610
A3	FADIA KOUNDA	18-6X-0007	590 878	1 509 973	37,960

(2) 携帯式水位計による観測結果

深井戸の観測で典型的な季節変動を表していると考えられる「B6 AGNAM CIVOL」の観測事例を図 3-3-3 に示す。

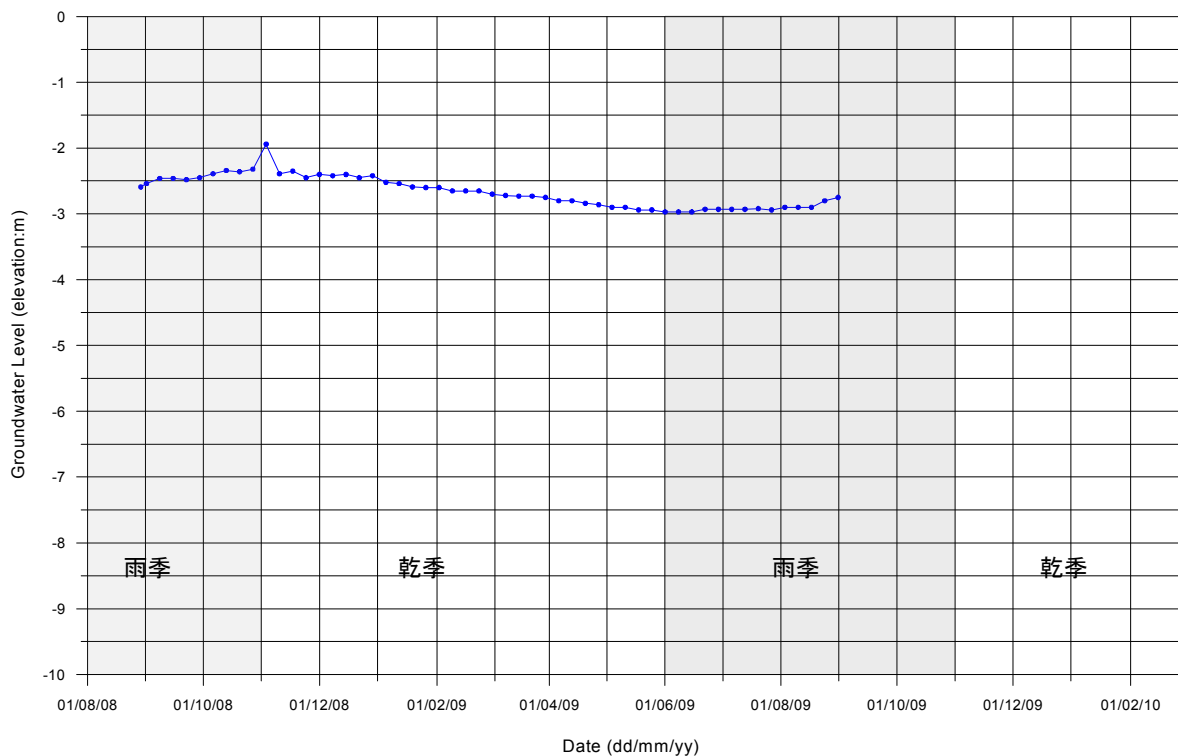


図 3-3-3 地下水位の季節変動の例 (B6 AGNAM CIVOL)

3.3.4 河川流量観測

本プロジェクトでは、図 3-3-4 の地点で河川流量観測を実施した。河川流動変動の概略の傾向は次のようにまとめられる。

- ・ マタム州北部：急激に水位が上昇して、徐々に水位が低下する（R2：Gourél Guéda など）。
- ・ マタム州・タンバクンダ州西部：極めて一時的に河川水が出現する（R11：Mana など）。
- ・ タンバクンダ州南西部：雨期には恒常的に河川水が出現する（R14：Maka など）。
- ・ 基盤岩／堆積層境界付近：水位の変動が激しい。一部には、徐々に水位が上昇して比較的急激に水位が低下する地点もある（R28：Soutouta など）。

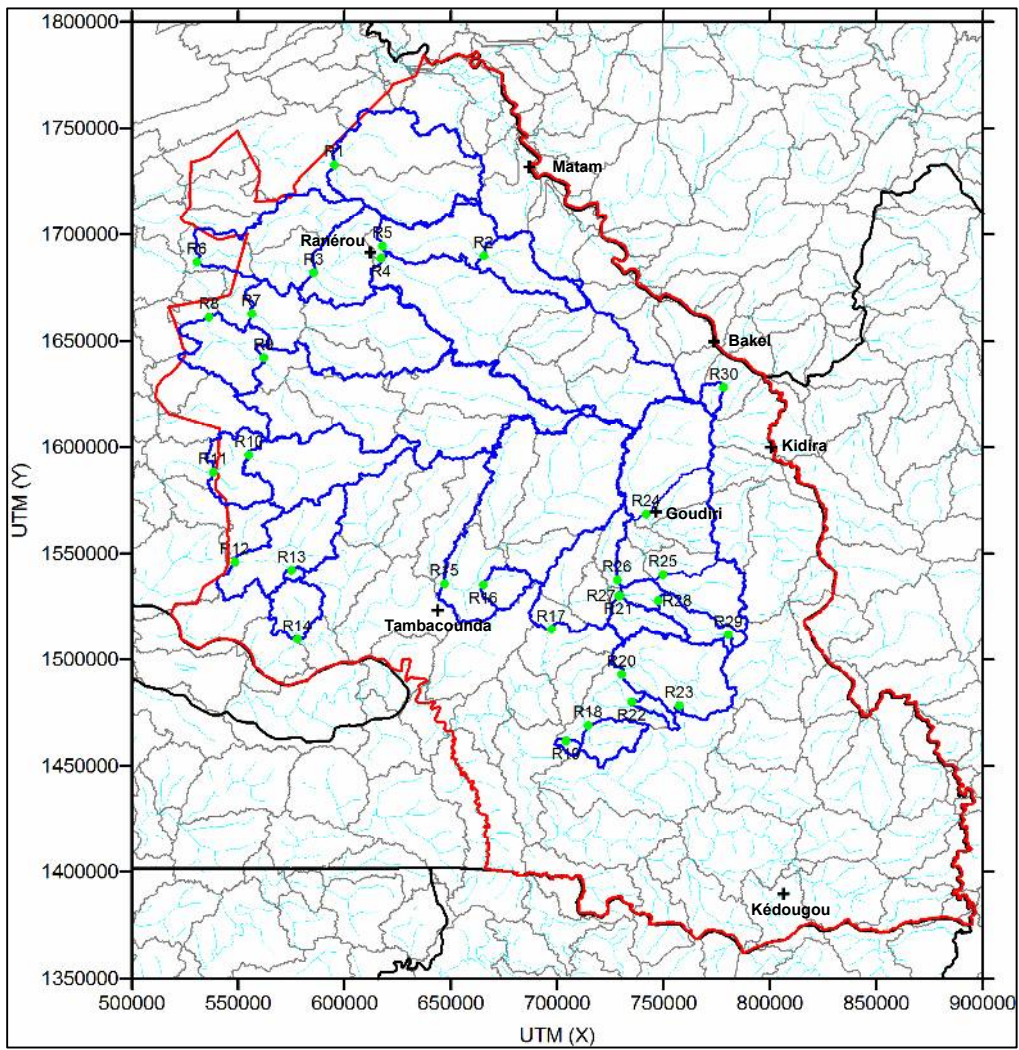


図 3-3-4 河川流量観測地点位置図

3.4 水資源ポテンシャル評価

3.4.1 水資源ポテンシャル評価内容

水文・地質・水理地質・物理探査結果等をもとに、本プロジェクト地域の水資源ポテンシャルについて、以下の観点から検討を行った。

- ・ 地表水：水利用実態調査、流量観測や水収支解析の結果を踏まえて、地表水（河川水）の特性を明らかにして、水利用の可能性を検討する。
- ・ 堆積層地域の地下水：堆積層地域の地下水については、水収支解析および水理地質解析の結果にもとづき、地下水盆の評価を行う。地下水開発に伴う影響を評価するために、地下水流動シミュレーション手法を用いる。
- ・ 基盤岩地域の地下水：既存資料や物理探査・試掘調査結果等による断層・破碎帯の分布や風化層の厚さと既存井戸の分布・揚水量の関係をもとに、1/20 万地質図上で検討を行い、地下水開発の可能性を評価する。

3.4.2 地下水かん養量の推計

(1) タンクモデル

シミュレーションモデル計算に必要なデータの一つである地下水かん養量を推計する方法として、タンクモデルによる流出解析法を採用した。本プロジェクトでは、図 3-4-1 に示す土壤水分構造モデルを付加した 4×4 型モデルを構築した。

地下水かん養量は、11 の気象観所を基にしたティーセン分割（第 3.2 節参照）と地質（堆積層地域と基盤岩地域）を組み合わせるとして 15 の地帯ごとに算出した（図 3-4-4）。なお、タンクモデルの検証は、複数の地帯にまたがらない流域をもつ流量観測所を堆積層地域と基盤岩地域から 1 観測所ずつ抽出して、流量の実測値と計算値を比較することにより実施している（図 3-4-2、図 3-4-3）。

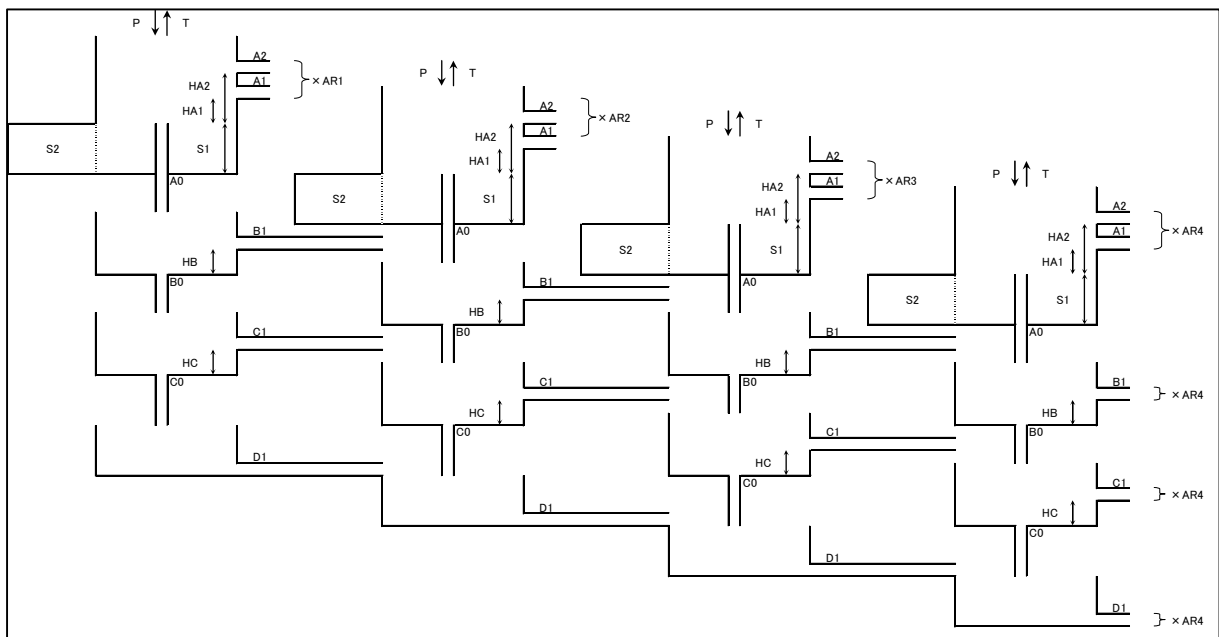


図 3-4-1 本プロジェクトで採用したタンクモデル概念図

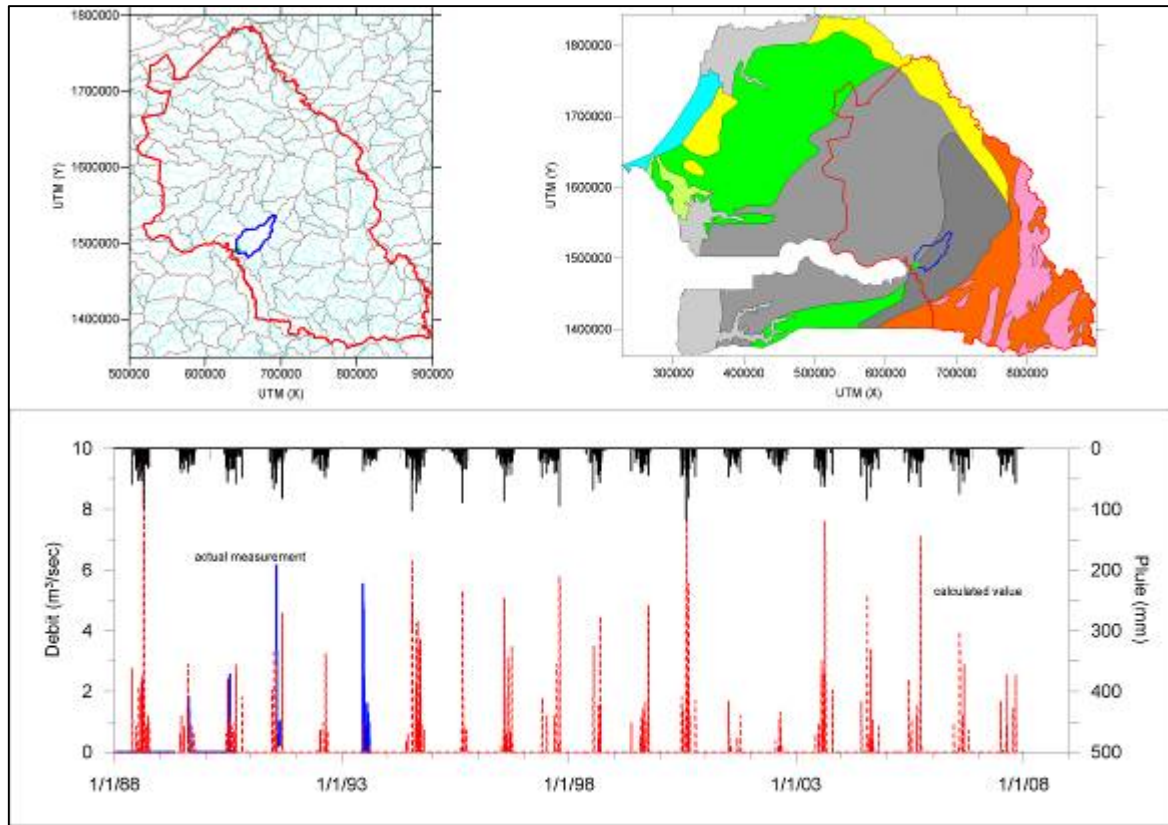


図 3-4-2 堆積層地域のタンクモデル解析 (Niaoule Tanou 流量観測所)

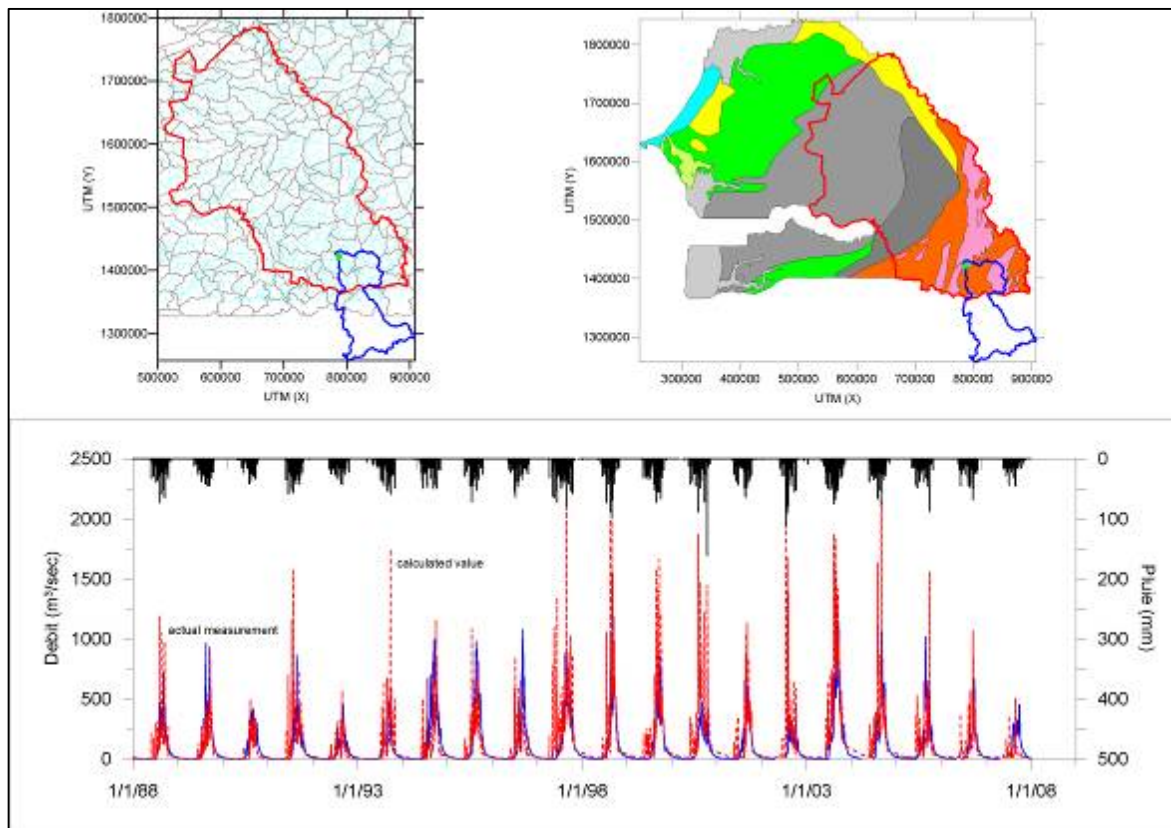


図 3-4-3 基盤岩地域のタンクモデル解析 (Mako 流量観測所)

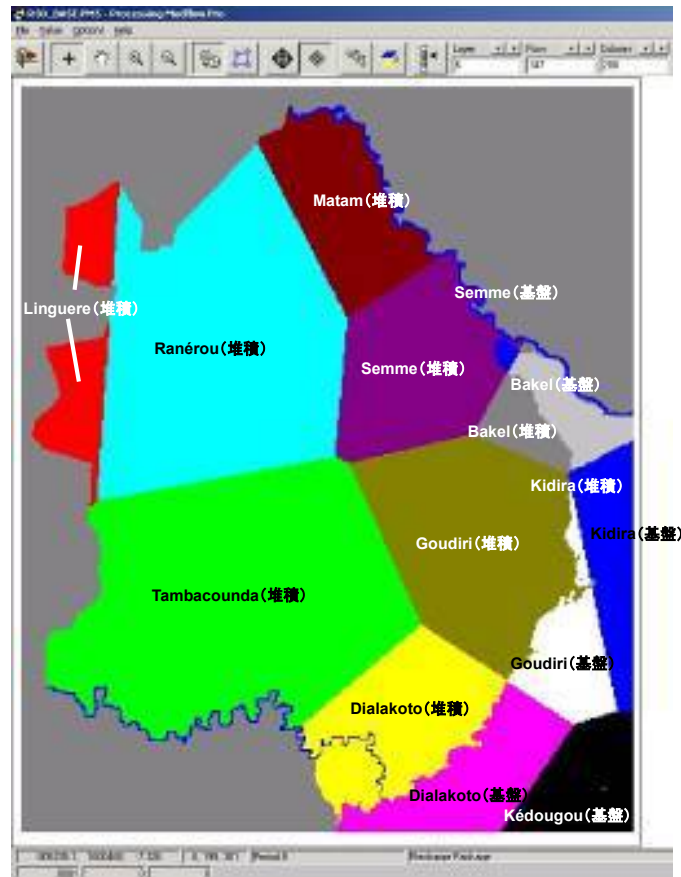


図 3-4-4 月かん養量の入力区分

(2) 水収支

上記したタンクモデルを用いて、15 地帯ごとに水収支計算を行った。計算は日計算で行っているが、1988 年から 2007 年までの 20 年間の平均の単位面積当たりの水収支を表 3-4-1 に示す。また、タンクモデル解析による本プロジェクト地域の 1988 年から 2007 年までの平均値は、以下のような特徴をもつ。

- ・ 降水量：調査地域内の 10 気象観測所の平均降水量は、約 450mm から 1 050mm である。
- ・ 堆積層地域の実蒸発散量：降水量の 91,5%から 96,8%である。
- ・ 基盤岩地域の実蒸発散量：降水量の 72,0%から 96,4%である。
- ・ 堆積層地域の河川流出量：降水量の 0,0%から 0,9%である。
- ・ 基盤岩地域の河川流出量：降水量の 0,1%から 26,6%である。
- ・ 堆積層地域の地下水かん養量：降水量の 2,9%から 7,3%である。
- ・ 基盤岩地域の地下水かん養量：降水量の 0,6%から 3,3%である。

表 3-4-1 タンクモデル解析による単位面積当たりの水収支(1988 年から 2007 年の 20 年間の平均)

地域	降水量 (mm)	実蒸発散量		河川流量		かん養量	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
Matam 堆積	440,6	403,3	91,5	3,9	0,9	32,0	7,3
Semme 堆積	498,1	463,2	93,0	1,5	0,3	32,8	6,6
Semme 基盤	498,1	419,4	84,2	75,2	15,1	0,4	0,9

地域	降水量 (mm)	実蒸発散量		河川流量		かん養量	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
Ranérou 堆積	393,7	376,2	95,6	0,3	0,1	15,9	4,0
Bakel 堆積	501,1	477,4	95,3	0,1	0,0	22,3	4,3
Bakel 基盤	501,1	342,6	86,3	64,1	12,8	3,8	0,8
Kidira 堆積	521,6	492,0	94,3	1,3	0,3	26,9	5,2
Kidira 基盤	521,6	451,4	86,5	65,7	12,6	4,1	0,8
Goudiri 堆積	548,6	531,1	96,8	0,1	0,0	15,9	2,9
Goudiri 基盤	548,6	486,5	88,7	58,4	10,6	3,5	0,6
Tambacounda 堆積	682,2	632,9	92,8	0,3	0,0	46,9	6,9
Kédougou 基盤	1 064,1	765,9	72,0	283,1	26,6	35,3	3,3
Linguere 堆積	301,8	290,7	96,4	0,4	0,1	9,5	3,2
Dialakoto 堆積	614,8	584,0	95,0	0,3	0,1	28,8	4,7
Dialakoto 基盤	614,8	530,5	86,3	77,8	12,7	5,7	0,9

上記したように実蒸発散の降水量に対する割合は約 72%~97%と高いが、本地域で推計した実蒸発散量は 290,7mm~765,9mm(1988 年から 2007 年の 20 年間の平均)である。290,7mm~765,9mm という値は、可能蒸発散量の約 15%~43%であり(表 3-4-2)、既存のアフリカ地域の推計事例と比較しても過大なものではなく、逆に降水量が少ないため蒸発すべき水・かん養する水が無いことを示している。

表 3-4-2 タンクモデル解析による単位面積当たりの実蒸発散量の推計結果と可能蒸発散量との比較(1988 年から 2007 年の 20 年間の平均)

地域	降水量 (mm)	可能蒸発散量 (mm)	実蒸発散量		実蒸発散量/ 可能蒸発散量 (%)
			(mm)	降水量に対する割合 (%)	
Matam 堆積	440,6	1 930,9	403,3	91,5	20,9
Semme 堆積	498,1	1 930,9	463,2	93,0	24,0
Semme 基盤	498,1	1 930,9	419,4	84,2	21,7
Ranérou 堆積	393,7	1 913,8	376,2	95,6	19,7
Bakel 堆積	501,1	1 927,8	477,4	95,3	24,8
Bakel 基盤	501,1	1 927,8	342,6	86,3	22,4
Kidira 堆積	521,6	1 927,8	492,0	94,3	25,5
Kidira 基盤	521,6	1 927,8	451,4	86,5	23,4
Goudiri 堆積	548,6	1 930,5	531,1	96,8	27,5
Goudiri 基盤	548,6	1 930,5	486,5	88,7	25,2
Tambacounda 堆積	682,2	1 915,9	632,9	92,8	33,0
Kédougou 基盤	1 064,1	1 792,3	765,9	72,0	42,7
Linguere 堆積	301,8	1 913,8	290,7	96,4	15,2
Dialakoto 堆積	614,8	1 915,9	584,0	95,0	30,5
Dialakoto 基盤	614,8	1 915,9	530,5	86,3	27,7

3.4.3 地下水揚水量の推計

(1) 地下水揚水量の推計方法

地下水揚水量の推計は、①地下水を水源とする配管給水による施設を対象、②給水人口（村落人口+村落人口×2,57）×原単位で計算、③原単位は最大 35 リットル/人として月毎に変化、④村落人口の増加率は 0、という方針・方法で行った。

(2) 地下水揚水量と地下水かん養量

上記した方針・方法に基づいて、配管給水施設ごとの揚水量を算出し、帯水層別・グリッド別に月揚水量を集計して、シミュレーションモデルの入力値とした。

本プロジェクト堆積層地域の地下水揚水量の推計値を前節で求めた地下水かん養量と比較すると表 3-4-3 のようにまとめられる。また、堆積層地域の地下水揚水量の特徴は次に記すとおりである。

- ・ 1990 年代以降、給水施設の建設も行われているが、休止施設も多く、地下水揚水量の増大は認められない。
- ・ 20 年間の平均では、地下水揚水量は地下水かん養量の 0,6%に過ぎない。
- ・ 地下水揚水量の地下水かん養量に対する割合は、最小で 1988 年の 0,2%、最大で 2002 年の 7,0%である。

表 3-4-3 地下水かん養量（降雨）と地下水揚水量

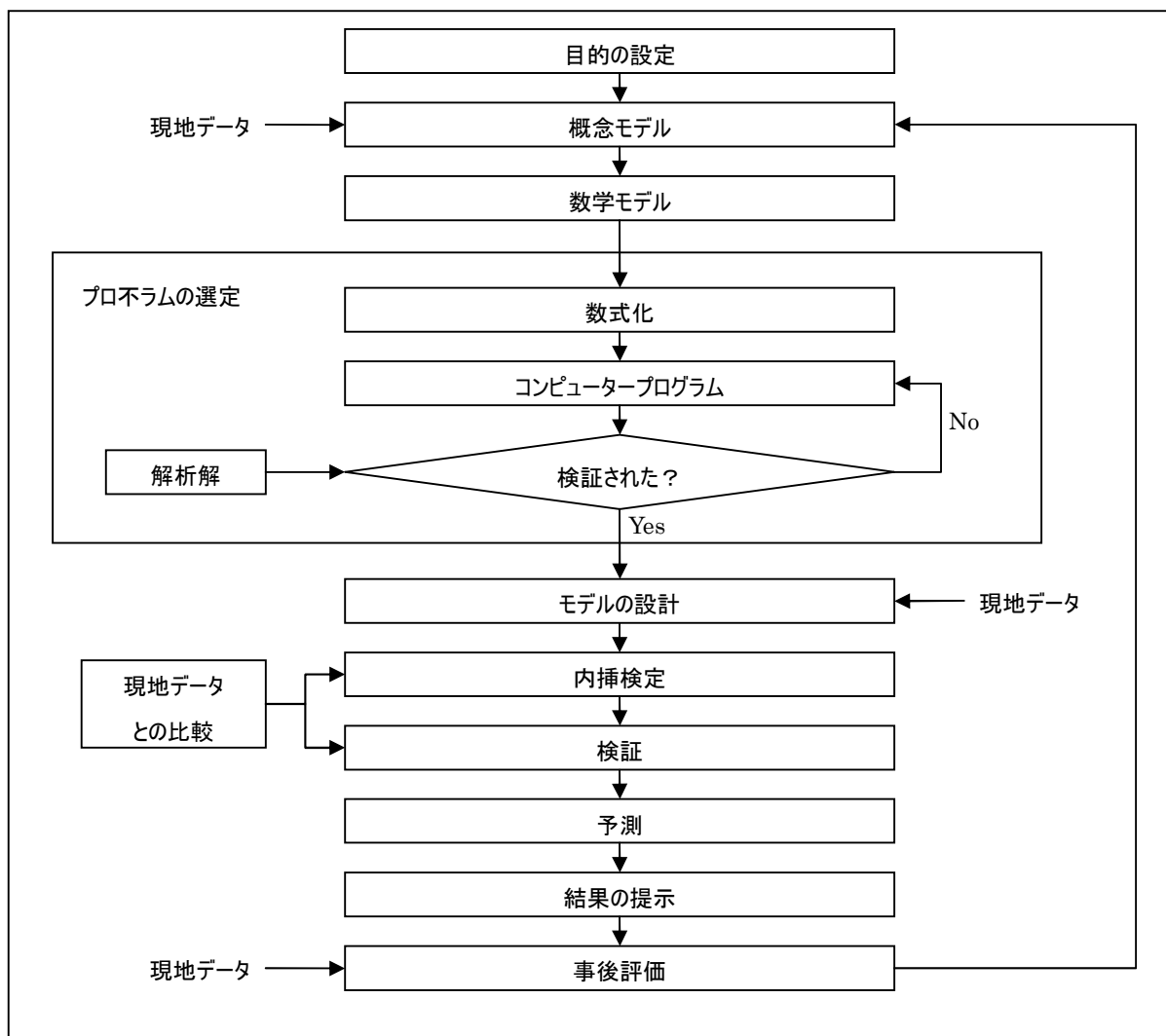
年	かん養量 (m ³ /年)	揚水量 (m ³ /年)						揚水量/ かん養量
		Q 層	Co 層	Eo 統	Pa 統	Ma 層	合 計	
1988	4 072 657 154	164 453	2 041 843	273 536	0	5 540 639	8 020 471	0,2%
1989	813 702 210	180 231	2 034 886	288 191	0	5 536 472	8 039 780	1,0%
1990	472 688 770	180 231	2 034 886	288 191	0	5 934 207	8 437 515	1,8%
1991	762 081 202	271 933	2 034 886	288 191	0	6 453 678	9 048 688	1,2%
1992	681 920 090	311 573	2 075 480	318 360	59 193	6 574 195	9 338 801	1,4%
1993	413 665 640	289 037	2 089 423	315 738	84 566	6 456 712	9 235 476	2,2%
1994	3 584 843 220	310 582	2 095 003	322 124	101 888	6 684 812	9 514 409	0,3%
1995	1 001 058 900	310 582	2 095 003	322 124	101 888	6 684 812	9 514 409	1,0%
1996	1 999 556 230	311 573	2 114 672	323 152	102 213	6 764 243	9 615 853	0,5%
1997	587 334 260	310 582	2 116 813	322 124	101 888	6 767 409	9 618 816	1,6%
1998	1 368 170 370	310 582	2 114 643	322 124	98 261	6 745 957	9 591 567	0,7%
1999	1 085 298 130	310 582	2 116 813	322 124	101 888	6 767 409	9 618 816	0,9%
2000	1 777 965 022	311 573	2 110 755	323 152	102 213	6 782 473	9 630 166	0,5%
2001	224 862 720	310 582	2 148 820	322 124	101 888	6 795 177	9 678 591	4,3%
2002	138 958 880	310 582	2 158 307	322 124	101 888	6 785 274	9 678 175	7,0%
2003	3 315 577 072	310 582	2 039 429	322 124	101 888	6 937 508	9 711 531	0,3%
2004	4 138 338 950	311 573	2 037 291	323 152	102 213	6 978 623	9 752 852	0,2%
2005	1 200 346 080	310 582	2 001 405	322 124	101 888	6 992 174	9 728 173	0,8%
2006	526 235 720	310 582	1 923 210	322 124	101 888	7 084 733	9 742 537	1,9%
2007	964 811 500	310 582	1 840 401	322 124	101 888	7 179 475	9 754 470	1,0%
平均	1 456 503 606	287 429	2 061 198	314 251	78 377	6 622 299	9 363 555	0,6%

3.4.4 シミュレーションモデル

(1) 地下水モデルのモデル化手順

地下水モデルのモデル化は、図 3-4-5 に示す手順で行った。本プロジェクトで実施したモデル化は、プログラムの選定・検証、モデルの設計・内挿検定、予測からなる。事後評価はモデル化が終了して数年後に実施し、その後は、10 年単位程度でモデルの見直しを行っていくのが一般的である。

また、本プロジェクトのシミュレーション解析の目的には、①地下水開発可能地域の選定（地下水開発が困難な地域の抽出）、②地下水開発が可能な帯水層の選定、等も含まれる。本プロジェクトでは、予測解析の段階以降、M/P で計画された水源位置の妥当性や取水層の検討を行いながら、解析を進めた。



(出典：地下水モデル、p6、藤縄克之監訳、1984)

図 3-4-5 モデル化の手順

(2) 使用コード

地下水流動シミュレーション解析には、MODFLOW コードを使用した。MODFLOW コードは

世界的に広く利用されている解析コードであり、入出力用ソフトも多数開発されている。本プロジェクトでは、統合ソフト「Processing Modflow Pro」を用いて解析を行った。

MODFLOW は、米国地質調査所で開発された三次元地下水流動解析コードであり、偏微分方程式で表される三次元地下水流動を差分法で解く。

(3) 使用データ

地下水モデル構築に必要な項目と、本プロジェクトで使用データを下表に示す（表 3-4-4）。

表 3-4-4 地下水モデルに使用したデータ

項目	使用データ
水理地質構造	DHR や DGPPE 等が保有する井戸掘削記録をもとに井戸柱状図を整理するとともに既存地質・物理探査報告を用いて、水理地質構造解析を行った。さらに、このモデルを、物理探査結果・試掘結果に基づいて修正した。
水理地質定数	DHR や DGPPE 等が保有する井戸掘削記録をもとに、透水量係数（透水係数）分布を推定した。貯留係数、有効空隙率、比浸出量の初期値は、帯水層の層相から推定される一般値を用いた。
地下水かん養量	乾燥地型（非湿潤地型）タンクモデルを作成して、1988 年から 2007 年までの 20 年間の地下水かん養量を推定した。タンクモデルに使用したデータは下記のとおりである。
	気象（降水量・気温） 検証データ
地下水揚水量	既存給水施設の稼働状況と 2002 年の人口統計データを基に揚水量を推定した。
初期水頭	検証期間（1988 年 1 月～2007 年 12 月）の前に長期非定常計算（準定常計算）を行い、検証非定常計算開始時の初期水頭とした。
境界条件	河川流量観測結果、河川近傍の地下水位観測結果を基に、境界条件を設定した。
モデルの検証データ	DGPPE の地下水位観測データを検証データとした。

(4) モデルの構造

広域三次元モデルのモデル平面グリッドは、図 3-4-6 に示すように調査地域の堆積層地域全体をカバーするように設定した。モデルグリッドは世界測地系 WGS84 の UTM 座標系第 28 帯を基準として、各グリッドの平面サイズは 1km×1km とした（X 方向：301 グリッド、Y 方向：367 グリッド）。

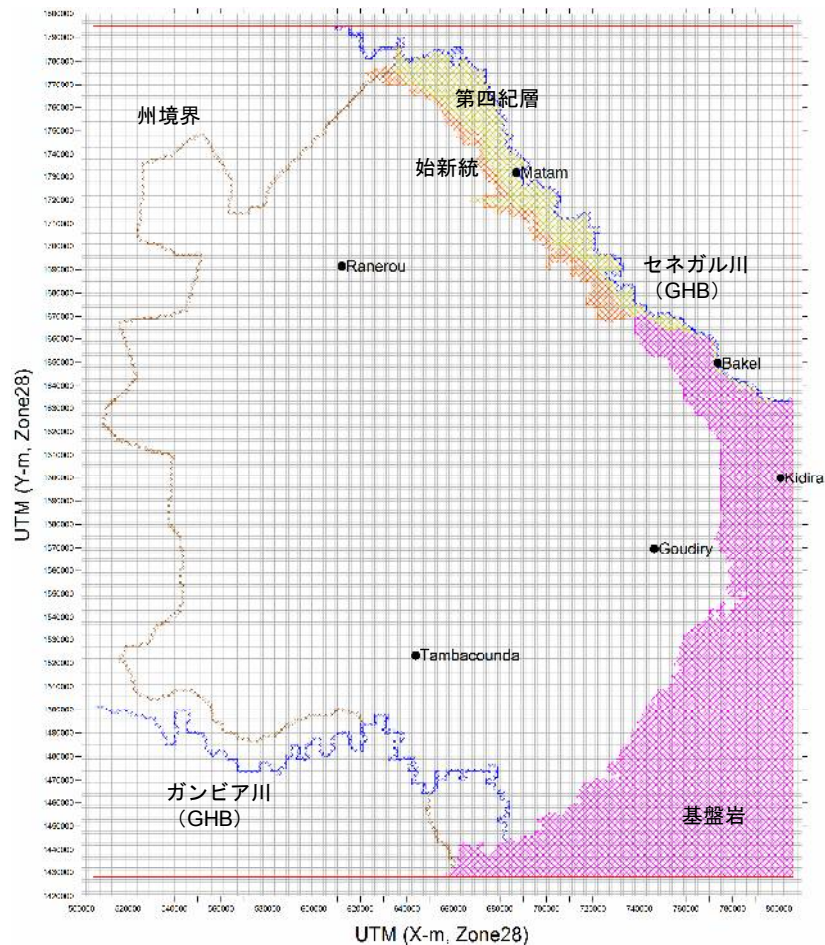


図 3-4-6 シミュレーション解析範囲

広域三次元モデルの断面構造は、深度方向においてもタンバクンダ・マタム両州内の地下水盆全体を立体的にカバーできるような構造とし、地下水盆基底層 (Ma 層下面) までの水文地質条件を反映できるモデルを作成した。帯水層としては以下に記す 5 層の区分が可能であり、この 5 層と基盤岩を含めた 6 層構造のモデル構造とした。

- Quaternaire 帯水層 (Q 層)
- Continental terminal / Oligo-Miocène 帯水層 (Co 層)
- Eocene 帯水層 (Eo 層)
- Paléocène 帯水層 (Pa 層)
- Maastrichtien 帯水層 (Ma 層)
- 基盤岩

また、シミュレーションモデルでは、水文地質条件を考慮した境界条件の設定が必要である。本プロジェクトでは閉鎖境界と一般水頭境界を設定している。

(5) 内挿検定結果

第 3.2.4 節に記した初期水頭を各モデル層に入力して、1988 年 1 月から 2007 年 12 月までの 240 ヶ月について月別に地下水かん養量や揚水量データを入力して検証計算を行った。モデルの精度の検証は、DGPRE モニタリング井の観測地下水位変動と計算水頭変動を比較することにより行っ

た。

また、検証期間中のセネガル川の河川水と地下水の交流の計算結果を下図（図 3-4-7、図 3-4-8）に示す（赤色が河川から地下水への流入量、青色が河川への地下水の流出量を示す）。両者の交流の特徴は以下に記すとおりである。

- ・ Q 層、Ma 層ともに、雨期（特に雨期の末期）にはセネガル川から地下水への流入、乾期には地下水のセネガル川への流出が発生する。
- ・ 20 年間の平均では、Q 層から約 3 000 万 m³/年の河川への流出、Ma 層に約 1 350 万 m³/年の河川水の流入が推定される。
- ・ Q 層では、最大 5 200 万 m³/年（2004 年）、最少 675 万 m³/年（1994 年）の地下水の流出が推定される。
- ・ Ma 層では、2004 年に 3 000 万 m³/年の地下水の流出が推定される一方、1994 年には 10 000 万 m³/年の地下水への流入が推定される。

(6) 脆弱性分析

調査地域の水理地質的脆弱性を評価するために、以下の 2 つのシナリオを作成して、計算水頭降下量の差異を検討した。

- ① かん養量の変化
- ② 揚水量の変化

また、この結果に基づいて、第 8 章に記す M/P に基づく予測計算の取水施設ごとに設定する帯水層の検討資料とした。

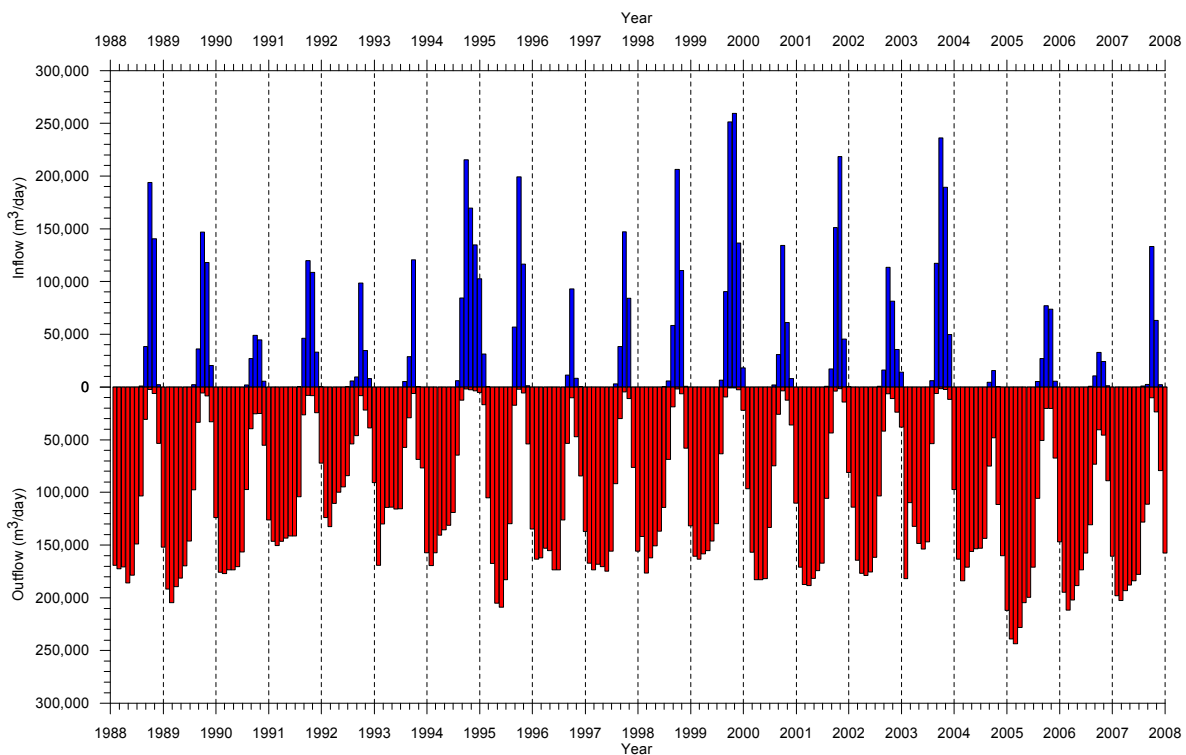


図 3-4-7 セネガル川と地下水の流入出（Q 層）

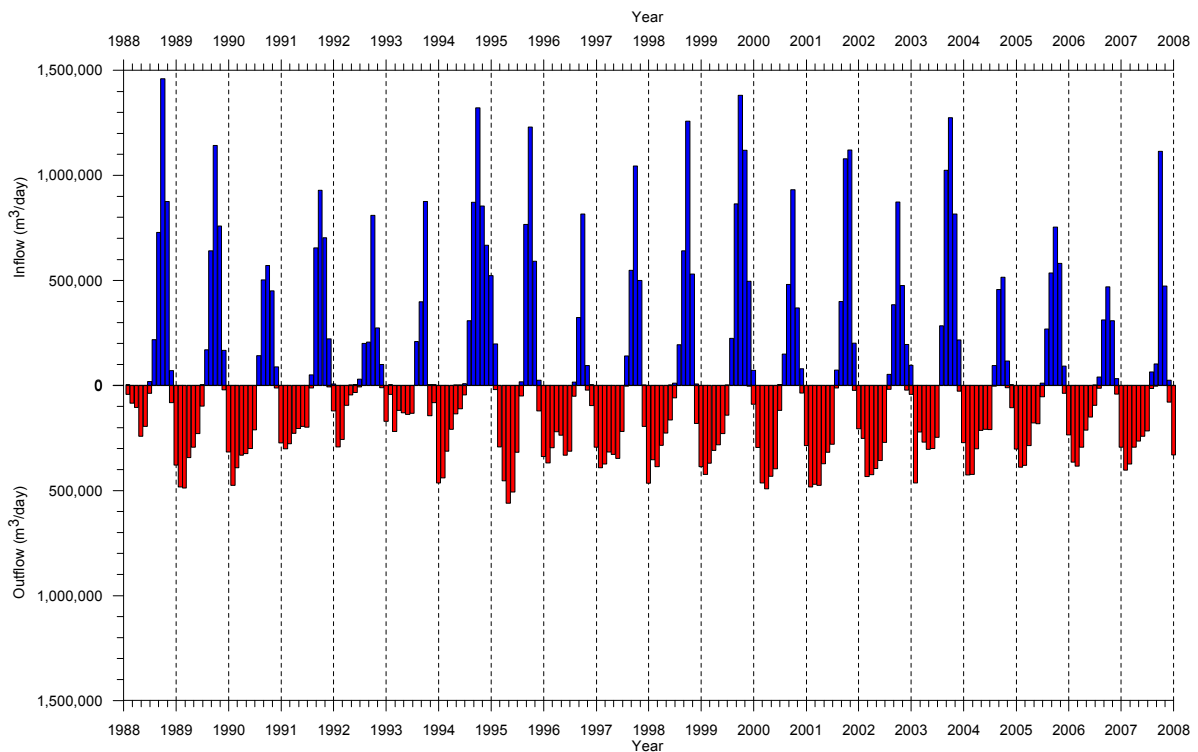


図 3-4-8 セネガル川と地下水の流入出 (Ma 層)

3.4.5 堆積層地域の水資源ポテンシャル評価

水理地質構造・地下水位・脆弱度等から、本プロジェクトの堆積層地域は、水理地質特性の面から図 3-4-9 のように地域区分でき、各地域の水理地質特性は表 3-4-5 のようにまとめられる。また、この地域区分は、マーストリヒチアン層の地下水の主要イオン (Ca、Mg、Na、K、Cl、HCO₃、SO₄) を用いたクラスター分析の結果からも支持されるものである。

また、堆積層地域に位置する各村落の帯水層厚や地下水位等を検討・整理した。

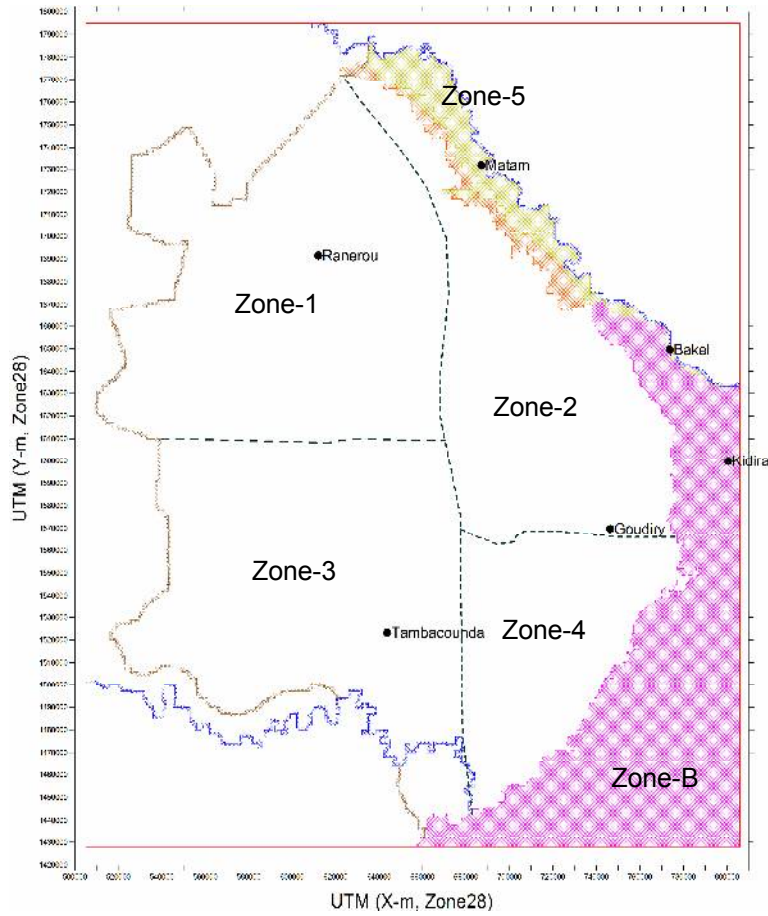


図 3-4-9 堆積層地域の地域区分

表 3-4-5 地域区分と水理地質特性

	Zone-1	Zone-2	Zone-3	Zone-4	Zone-5
Q 層 (河川堆積物)	—	—	—	—	セネガル川から、 雨期にはかん養を 受けて、地下水位 の変化が比較的大 きい。 層厚変化、層相変 化の把握が重要で ある。
Co 層 (一部、第四紀堆 積物を含む)	取水可能な地域も 存在するが、かん 養量・揚水量の影 響を受けやすく、 大規模開発には適 さない。	層厚が薄く、空井 戸となる可能性が 高い。 レンズ状の地下水 の局所的な開発の 可能性はある。	CT 層としては、最 もポテンシャルが 高い。	基底面の谷部等 では取水可能な地 域もあるが、Zone- 3と比較すると可 能な地域が限定さ れる。	—
Eo 層	層相によっては地 下水が存在する箇 所があるが、安定 した取水ができな い可能性が高い。	層厚が薄く、空井 戸となる可能性が 高い。 レンズ状の地下水 の局所的な開発の 可能性はある。	透水性の高い層相 部や地下水の集水 部では揚水可能で ある。	透水性の高い層相 部や地下水の集水 部では揚水可能で あるが、Zone-3よ りも限定される。	—

	Zone-1	Zone-2	Zone-3	Zone-4	Zone-5
Pa 層	層相によっては地下水が存在する箇所があるが、安定した取水ができない可能性が高い。	地下水は存在するが、安定した取水ができない可能性が高い。	透水性の高い層相部や地下水の集水部では揚水可能である。	透水性の高い層相部や地下水の集水部では揚水可能であるが、Zone-3 よりも限定される。	—
Ma 層	主要な帯水層ではあるが、Zone-3 と比較するとその能力は劣る。ただし、井戸深度は Zone-3 より浅い。	他の地域と比較して、かん養量・揚水量変化の影響を受けやすい。	最もポテンシャルが高い。しかしながら、開発深度は深くなる。	基盤岩近くでは、かん養量・揚水量変化の影響を受けやすく、十分な層厚を有することを確認する必要がある。	下流側に向かう程厚くなる。 Kidira-Bakel 付近では層厚が薄く、取水層にはならない。

3.4.6 基盤岩地域の水資源ポテンシャル評価

一般的に、基盤岩地域の地下水開発のためには、①断層・破砕帯等の水理地質構造、②厚い風化帯、③岩脈類の把握が重要である。

基盤岩地域に関しては、既存井戸の地質・地質構造と揚水量の関係から表 3-4-6 のような地下水ポテンシャル区分が可能である。また、堆積層（Q 層）が厚く分布する比較的大きな河川沿いにおいては、表 3-4-5 の Zone-5 と同様の水理地質条件にあり、層厚の厚い地域では有力な帯水層となる。

表 3-4-6 基盤岩地域の地質と地下水ポテンシャル

表層地質	地下水ポテンシャル	
	高	可能
カンブリア系堆積岩	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯を伴う粗粒玄武岩の分布 泥質岩分布域の破砕帯密集域 (石英脈分布域) 	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 Kidira-Bakel 周辺では、本層下位の變成岩類が主要な帯水層となる
カンブリア紀火山岩（安山岩）		<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域
カンブリア紀變成岩（片岩、珪岩）	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯を伴う粗粒玄武岩の分布 (石英脈分布域) 	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域
粗粒玄武岩	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模破砕帯分布域
Birimien 系 (片岩、珪岩、グレイワック、礫岩)	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯を伴う粗粒玄武岩の分布 (石英脈分布域) 	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域
Cipolins（結晶質石灰岩）		<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域
玄武岩類	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模破砕帯分布域
安山岩類		<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域
角閃岩		<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域
花崗岩類（下記以外）		<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 ペグマタイト脈分布域
花崗岩類(造山時火成活動)	<ul style="list-style-type: none"> 粗粒質花崗岩分布域の深層風化 粗粒質花崗岩分布域の貫入岩分布 塩基性岩類の貫入域 	<ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 ペグマタイト脈分布域

表 4-7-2 PEPAM における衛生施設の仕様

1. 都市型公共衛生施設 (Assainissement Collectif) 下水管への各戸接続、汚水、排水を除去する下水管と、除去施設、浄水施設
2. 個別衛生施設 (Assainissement autonom/sur site) i. 世帯衛生施設 (Assainissement Individual) 世帯用トイレ、雨水・雑排水の処理設備 <ul style="list-style-type: none"> 都市部の世帯衛生施設に望まれる施設：合併処理浄化槽、通気腐敗槽付きトイレもしくは水洗浄トイレ、浄化槽接続型排水処理施設、腐敗槽接続型合併処理施設 地方部の世帯衛生施設に望まれる施設：通気型改良トイレもしくは水洗浄トイレ、雑排水処理施設（腐敗槽／浄化槽）整備の促進 ii. 公共衛生施設 (Assainissement des zones publiques) 人の往来が多い公共スペース（市場、病院、学校、宗教施設、道の駅、その他）のトイレ、雨水・雑排水の処理設備
3. 自治型公共衛生施設 (Assainissement Semi Collectif) 小口径埋設管と腐敗槽、浄化槽等の小規模処理施設を用いて、排泄物と生活雑排水を合流させて処理を行う施設。尚、施設所有者（コミュニティや村落）の自治運営が条件となる。

4.7.2 目標年次と計画目標値

対象地域の世帯における改良型衛生施設の整備状況は、村落毎に異なるが、未だ大部分の村落で整備が遅れている状況にある。実施機関と調査団との 2011 年 1 月までの協議結果と対象地域の現況から、衛生 M/P の策定にあたっては、州や県など行政単位での優先順位付は行わないこととした。従い、対象地域全土において上記の年間上昇率 3.7%を同様に採用し、各州における目標値の設定を以下の通りとした。

表 4-7-3 対象地域における基礎的な衛生施設へのアクセス達成目標値

目標年次	短期目標 2015 年	中期目標 2021 年	長期目標 2027 年
全国平均	63%	81%	91%
タンバクンダ州	60%	80%	90%
ケドゥグ州	55%	77%	88%
マタム州	56%	78%	89%

出典：PEPAM-UC のデータを元に PEPAM-UC/DAR/調査団にて作成

4.7.3 衛生マスタープランの内容

本衛生 M/P で立案される内容は、3 つの要素、1) 基礎的な衛生施設の建設、2) 衛生概念および保健衛生知識の定着と実践、3) 村落内で持続可能な実施体制の構築、から構成される。この構成全体を、地方衛生システムと呼称し、以下のコンポーネントの組み合わせにより計画する。計画の最小単位は「村落」とする。

表 6-2-7 揚水機器の改修サイト マタム州

村落名	改修 提案年	人口 (2002)	人口 (2015)	村落共同体	過去事例 からの推定 直接工事 費	1人あたりの 直接工事費	最低限の 改修 直接工事費
					百万 CFA	千 CFA	百万 CFA
Dialloubé	2011 (計画あり)	2 602	4 430	AOURE	66	15	46
Dounoubel	2011 (計画あり)	379	645	OULDALAYE	56	88	46
Ranerou Orient	2011 (計画あり)	186	317	WOUROU SIDY	56	176	46
Hombo Fresbe	2012	1 508	2 567	OGO	61	24	46
Dendoudy (Ndendoudy Travaux)	2012	769	1 309	OGO	58	44	46
Mbem Mbem	2012	196	334	VELINGARA	56	167	46
Velingara Ouolof I	2013	189	322	VELINGARA	56	173	46
合計		5 829	9 923		409	41	320

表 6-2-8 揚水機器の改修サイト ケドゥグ州

村落名	改修 提案年	人口 (2002)	人口 (2015)	村落共同体	過去事例 からの推定 直接工事 費	1人あたりの 直接工事費	最低限の 改修 直接工事費
					百万 CFA	千 CFA	百万 CFA
Daloto	2012	808	1 376	MISSIRAH SIRIMANA	58	42	46
Pelel Kindissa	2012	809	1 377	BANDAFASSI	58	42	46
Niagalancome	2012	540	919	FONGOLEMBI	57	62	46
Dioulafoundou	2013	299	509	SARAYA	56	110	46
Bransan	2013	744	1267	KHOSSANTO	56	175	46
合計		3 387	5766		344	60	275

6.3 中期計画以降の改修

(1) 概要

現在稼働中の管路系施設でも以下のような施設拡充の要望が挙げられている。

- 衛星村落への配管を敷設、水栓の設置による水運搬労働の軽減。
- 拡張した区域への配管延長、公共水栓の設置、また、既に給水している給水区域での公共水栓の増設による水運搬距離の短縮。
- 各戸給水化のためには住居の前まで配管されている必要があるため、配管網密度引き上げのための配管増設。
- 井戸揚水量を引き上げるための揚水機器交換。
- 配水量増加のための大口径配管への敷設替え、バイパス配管の敷設。
- 運営コスト削減のための商業電力の引き込み工事。

本計画では、改修のための積み立て金額の増加を目指し、小規模施設を統合するため、高架水槽と配管の新設、それに伴う揚水機器更新を提案する。

第7章 運営・維持管理計画

7.1 維持管理民間委託事業

7.1.1 維持管理に関わる民間委託政策

2005年に4省合意の水衛生セクター戦略文書に、維持管理業務をDEMから民間に委託する方針が正式に記載された。民間委託後のDEMの組織改編についても、計画はすでに策定されている（報告書は未だ非公開）。しかし、民間委託が先行して始まる予定の「セ」国中央部でも民間企業の受託能力に疑問が呈され、選定には至らない現状である。

対象地域では、施設の老朽化、ASUFOR設立の遅れ、施設密度の低さ、受託できる規模・技術レベルの企業が対象地域内では存在しないなど、中央部と比較した条件も悪く、業務委託までのみちのりは険しい。今後、これらの課題を克服する事業を推し進めないと、中央部との格差がさらに顕著となってしまう。

7.1.2 維持管理業務の民間委託推進の時期

「セ」国における民間委託の推進は、比較的条件の良い「セ」国中央部で先行することとなっている。計画対象地域における民間委託は、中央部での事例や知見に基づいて実施されることが望ましい。そこで、民間委託の推進は中期計画（2016-2021）に位置づける。

一方、計画対象地域は先行する地域と比較して、1)ASUFORへの移行が進んでおらず、2)施設の稼働停止、老朽化が著しい施設が多い。そこで、短期計画の期間中から民間委託の条件（施設の改修、機器の交換、ASUFORの設立、従量制のためのメーター設置）をできる限り整えることとする。

7.1.3 事業計画

(1) 準備段階（短期計画 2011-2015年）

民間委託を推進する準備段階として、1)水管理委員会からASUFORへの移行、2)施設改修の課題を2015年までに解消する。

(2) 実施段階（中期計画 2016-2022年）

BADの民間委託支援表明以外は資金調達の予定がない。そのため、DHRとDEMは下記の業務を推進するため資金調達を行う。

- 民間委託のTOR作成、対象村落の決定
- 民間委託の入札監理業務
- 契約上の課題の解消（施設の改修、機器の交換、ASUFORの設立）
- 民間委託監理業務を行うSM・BPFの業務強化支援
- 民間委託開始後の1年間のモニタリング

第8章 地方衛生改善計画

8.1 地方衛生改善計画策定の目的

「セ」国における安全な水へのアクセスと衛生状況の改善に資するため、プロジェクト対象地域である3州において、水資源開発と地方給水、衛生分野の強化にかかわるM/Pを策定することを目的とする。この中で、衛生分野の強化にあたっては対象地域でのより効率的かつ効果的な水利用と村落環境向上のため、水因性疾患の原因となる社会的・物理的環境の改善をはかる。

8.1.1 水因性疾患の定義

健康に害を与える水因性疾患は、生活用水の水源が微生物等によって汚染された事に起因する疾患と、化学物質起因による疾患と大きく二つに分けることができる。ここでは次の表に示すとおり微生物等による汚染を起因としたものを水因性疾患として定義する。

表 8-1-1 水因性疾患の大別表¹

種類	疾患例	措置
水系病原体由来疾患 Water-born disease	下痢症、コレラ、赤痢、腸チフス、肝炎など	飲料水の水質向上、水源の保護
水欠損疾患 Water-washed disease	下痢症、コレラ、赤痢、トラコーマ、カイセン症、皮膚疾患、眼疾患、急性呼吸疾患(ARI) ² など	安全な生活用水の増量、生活環境や衛生環境の向上と保持
水系寄生虫由来疾患 Water-based disease	住血吸虫症（シストソーマ）、メジナ虫病（ギニアウォーム）など	汚染水源への接触を減じる、表流水の水質や環境の改善と保護
水系害虫由来疾患 Water-related disease	マラリア、オンコセルカ症、デング熱、黄熱病など	表流水、溜まり水の管理強化、河川敷などに発生する害虫温床の破壊と駆除

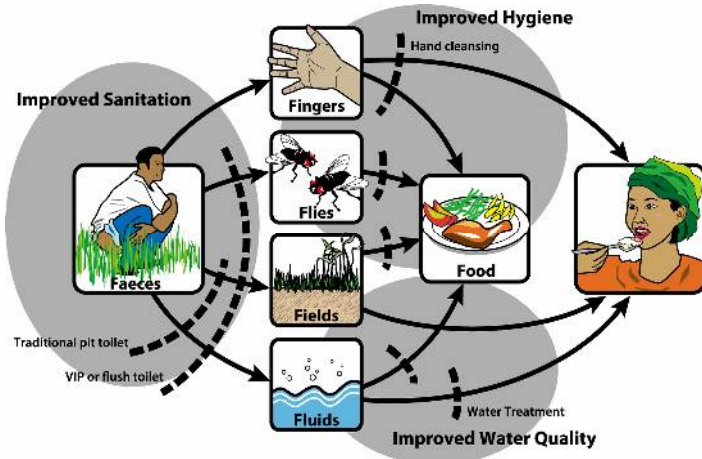
8.1.2 水因性疾患の予防

水因性疾患の要因は、生活環境と人々の行動に由来している。表 8-1-1 の措置の項に示すとおり水因性疾患については、次の方法で予防をする事が可能である。

1. 安全な水を選択を推進する。適正な給水施設からの生活用水を供給する等。
2. 各世帯での適正な水の保管と飲用前処置（浄水）を徹底する。
3. 量・質ともに安全な水の利用促進や野外排泄、溜まり水での水浴等の習慣廃止など個人の衛生概念向上と正しい衛生習慣の定着をはかる。
4. 共同作業での病原体の駆除、害虫温床の撤去を実施する等。

¹“UNICEF Handbook on Water Quality”, 2008, UNICEF, 「伝染病予防必携第4版補訂版」,1998年、日本公衆衛生協会、「国際保健医療学第2版」,2005年、日本国際保健医療学会編

² Acute Respiratory Infection



左は、経口感染糞便性疾患の感染経路と予防方法図「F-Diagram」に、水、衛生、環境との関係を示した図である。

凡例

黒い線：疾患感染経路

黒い点線：疾患感染バリア

灰色地：疾患感染バリアの範疇

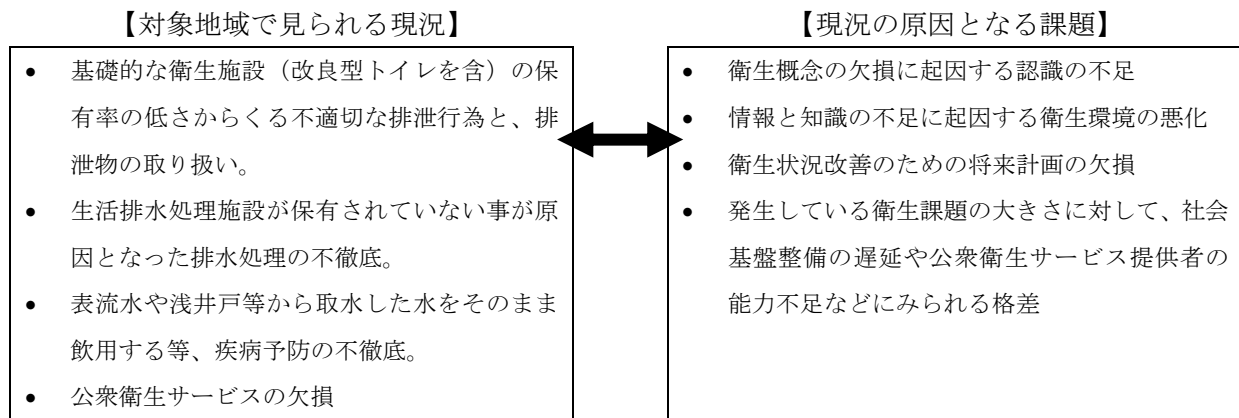
図 8-1-1 糞便性疾患経路と予防、水、衛生施設、衛生概念との関係図³

給水施設整備事業と衛生施設整備事業は、地方部の生活環境の向上を推進するための両輪であり、水と保健衛生の概念普及活動が両輪を支える基軸になる。本 M/P では、対象地域にみられる課題について上記 4 つの対応策を講じるものである。

8.2 衛生改善の課題

(1) 課題の大別

対象地域における調査結果から、安全で安定した水の確保に加えて対処すべき衛生の課題は、以下に大別できる。対象地域でみられる現況は保健／衛生の観点からは、不適切な行動の結果といえる。現況と課題はそれぞれが関連し合っている。



(2) 衛生環境の段階と改善

対象地域における、主要な衛生課題は上述の通りであるが、それぞれ段階的に分類すると、以下の通りとなる。

³出典：「Winbland U.&Daddy,1997」による図を調査団にて改訂し作成。

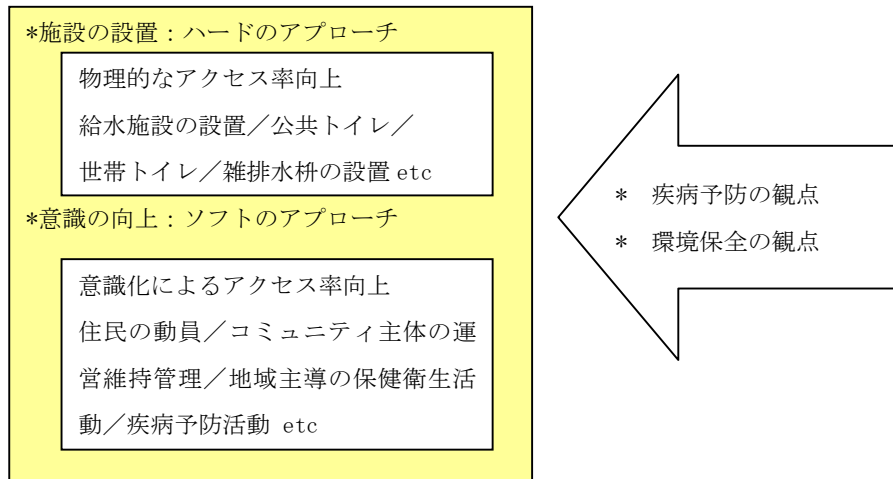


図 8-3-1 持続可能な環境維持の概念図

方針検討の留意事項は以下のとおりである。

- 世帯トイレの設置数の増加には、「施設の所有者としての衛生概念や環境向上の意識を根付かせる」ことが不可欠である。コミュニティ主導型包括衛生アプローチ「ATPC」を開始している。同活動導入の検討については、8.3.4 (4) に後述する。
- 村落や地域社会での包括的な衛生教育には、村落内での意識化活動実施主体となる村落女性保健衛生普及員（ルレ・フェミニナン：Relais Féminine)の養成、村落内衛生意識化活動への支援、村落で衛生施設を建設するテクニシャン（石積工⁴）の養成、マイクロクレジット創設への支援などのコンポーネントと合わせて、村落住民の主体的な参加が不可欠となるような実施のしくみを作ることが望まれる。
- PLHA（地方給水衛生計画）⁵の立案の担い手である、CR レベルでの情報統括機能（衛生施設設置の情報一元化）を向上する支援も必要である。
- 所有者意識の向上が正しい利用と適切な維持管理につながるため、トイレの建設には住民側の負担をもとめる（建設コストの10%⁶程度）。尚、同10%の負担も難しい村落内の貧困層に対しては、ASUFOR 等コミュニティベース組織の積立金や貯蓄を利用した、マイクロクレジット導入なども提案する。

8.3.2 本マスタープランでの各衛生施設の対応方針

対象地域における公共衛生施設と世帯衛生施設の設置状況と、本 M/P での対応を記す。

⁴ 「セ」国では一般的に世帯用の衛生施設を建設する人員を *maçon*（石積工）と呼称する。

⁵ 「Plan Local d'Hydraulique et d'Assainissement : PLHA」世銀による支援にて地方共同体のレベルで立案される地方給水衛生計画（第2章 2.2.2 を参照のこと）。

⁶ 対象地域における世帯訪問調査（質的調査）結果では、100%の世帯が分担金の支払い意思を提示した。また分担としては、現金での支払いを承諾する家庭は少ないが、労働力、現地で入手可能な資材の提供で凡そ10%はまかなえるとの回答が大半を占めた。

表 8-3-1 公共衛生施設の現状と本計画での対応

仕様	設置数の割合	本計画での対応
一式腐敗槽 VIP	約 90%	設置後の経年推移を確認すると共に、維持管理システムの構築が必須となる。 【留意点】 対象地域の学校／保健施設に既存するトイレは腐敗槽が一つしかないVIPトイレが多数を占める。このためトイレの寿命は腐敗槽の容量に限られるものが多い。既に容量を超えていたものもあり、これらを継続して利用することは困難である。また、手洗い場が併設されているトイレは存在しない。対象地域の大多数の地域でこうした状況下にある。よって、優先順位に従い新規に建設することを提案する。
二式腐敗槽 VIP	約 10%	
TCM	極少数	

出典：2009年優先サイト選定ベースライン調査結果／2010年世帯訪問調査（質的調査）結果より

表 8-3-2 世帯用衛生施設の現状と本計画での対応

仕様	設置の割合	本計画での対応
伝統的直穴	約 80%	衛生施設として基準を満たさないため、既存施設として認められない。新規施設建設により対応する。 【留意点】 新規施設完成までは利用を続けるが、完成後はすぐに埋め戻し、その後の利用がないように留意する。
プラットフォーム付直穴	約 20%	基準を満たしているか、目視による確認が必要。 【留意点】 継続して利用する場合にも、衛生階段の一番低い段階として認識し、改良型(VIPラトリン)の設置を目指すように促進する
VIP/TCM/DLV	極少数	正しい利用方法と維持管理の指導を行う

出典：2009年優先サイト選定ベースライン調査結果／2010年世帯訪問調査（質的調査）結果より

8.3.3 基本計画の単位

調査結果から、基本計画による投入対象の最小単位は、村落とする。

対象地域における広範囲に亘るグループでの施策立案を検討したが、州、県、郡などの行政単位や、人口規模などでの相関関係や格差は見られなかった事などを考慮すると、グループ分けを行うパラメータを特定する事は困難である。

8.3.4 衛生基本計画の内容の検討

衛生システムは、以下 3 つの要素 1) 衛生施設建設、2) 衛生概念および保健衛生知識の定着、3) 村落内で持続可能な実施体制、で構成される。コンポーネントは以下の 6 つとなる。

- コンポーネント 1 : 世帯用／公共用衛生施設の建設
- コンポーネント 2 : 地域の資源（人材／予算／既存の手法等）発掘のための活動
- コンポーネント 3 : 人的資源の能力向上の活動
- コンポーネント 4 : 村落内衛生概念向上活動の実施
- コンポーネント 5 : 持続可能な実施体制の構築（モニタリングと評価を含む）
- コンポーネント 6 : その他の活動（野外排泄防止のための活動）

10.5.1 分析方法

(1) 分析の条件 (F/S での条件に準じる)

経済分析の条件は以下の通りである。

- 為替は 2009 年 12 月から 2010 年 5 月までの平均為替レートを用いる (1FCFA=0.193 円)。
- プロジェクトの評価期間は 2011 年から 2030 年までの 20 年間とする。
- 設計期間を 1 年 (2011 年)、工期を 1 年間 (2012) とし、初期投資の年次割合は 1 年目に全体の 5%、2 年目に 95%とする。システム 5 のみ設計期間 1 年、工期 2 年とし、1 年目に全体の 5%、2 年目に 50%、3 年目に 45%とする。
- 建設費用は F/S で算定した事業費を用いる。
- 「セ」国での施設耐用年数は 50 年 (高架水槽)、30 年 (配管、井戸、水栓)、10 年以下 (ポンプ、発電機などの機器) であり、本分析においてもこれに倣う。

(2) 費用

以下の項目を経済費用として算入した。

- 1) 建設費 F/S 積算値
- 2) 運転費 運転運営費 井戸と水槽を除く施設建設費の 5%
- 3) 保守費 (維持管理費) 井戸と水槽を除く施設建設費の 1%、6 年目より 2%
- 4) 更新費 機械・電気機器の 10%

(3) 便益

経済分析では 2 種類の便益を用いる。第一の便益は、水汲みにかかる労働時間の短縮であり、第二は取水地点から世帯までの馬やロバによる輸送費用の削減である。便益の合計は、単位便益に給水量を掛け合わせて算定する。

表 10-5-1 にコストと便益の一覧を示す。建設費については総額を示し、その他の値は 1 年目の値を参考までに示した。計算過程はデータブック第 5 章に添付する。

(4) 感度分析

ケース 1 として基本ケースの経済分析を行うが、コストの条件を変更した以下の 2 つの場合においても分析を行った。

- ・条件変更 1 初期設定条件に対して、維持管理費、更新費を 50%削減した条件とする。
- ・条件変更 2 条件 1 に加え運営運営費の 20%削減を加えた条件とする。

また、ケース 2 として運営運営費を F/S で積み上げた金額に置き換える。また、同様にこの条件下において、上記変更 1、変更 2 の条件を加えて感度を解析する。