

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

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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

1) タンクモデルの構造

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。なお、タンクモデルによる解析方法の詳細は、サポータニングブック（第 6.1 節）に記す。

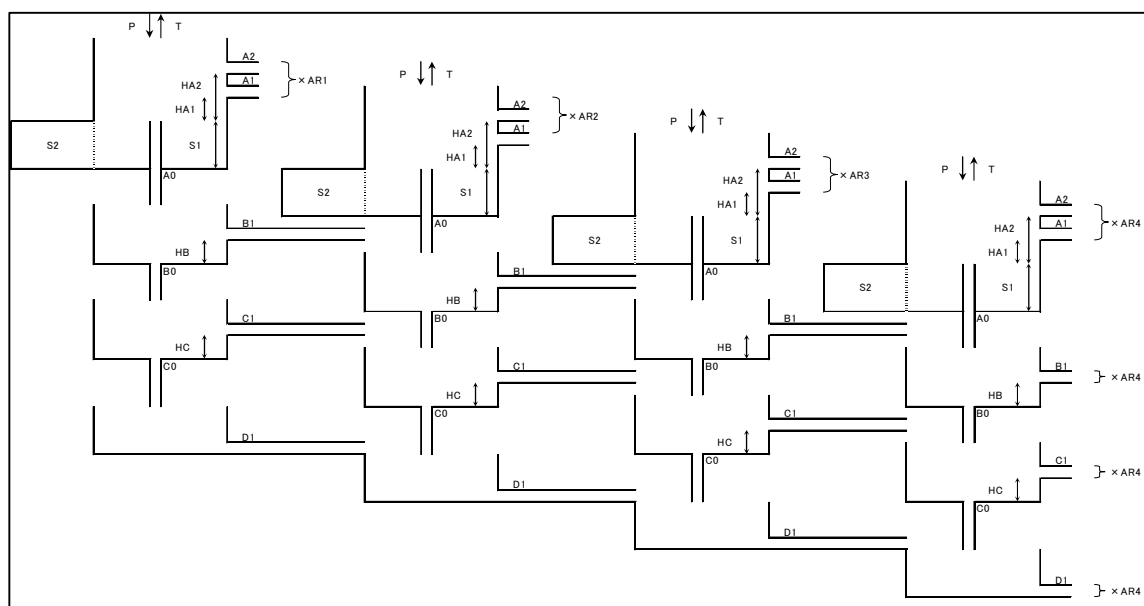


図 3-4-1 本プロジェクトで採用したタンクモデル概念図

2) 地下水かん養量の推計方法

以下の手順で地下水かん養量を推計した。

- ① 地帯区分 (i) : タンクモデルの入力に必要な日降水量と日可能蒸発散を、第 3.2 節に記した気象観測所ごとに求め、ティーセン分割した地帯ごとの入力値とした。
- ② 地帯区分 (ii) : 調査地域を堆積層地域と基盤岩地域に区分して、①で区分した地帯と組み合わせる 15 の地帯に細区分した (表 3-4-1) 。×記号は、モデル計算領域に地帯が存在しないことを示している。

表 3-4-1 タンクモデル用地帯区分

ティーセン分割	堆積層地域	基盤岩地域
Matam	○	×
Semme	○	○
Ranéro	○	×
Bakel	○	○
Kidira	○	○
Goudiri	○	○
Tambacunda	○	×
Kédougou	×	○
Linguere	○	×
Dialakoto	○	○
Kenieba	×	×

③ タンクモデルパラメータ値の検討

②で区分した地帯の中で、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、下表(表 3-4-2) に示すタンクモデルのパラメータを得た。下図に示すように堆積層地域の代表を Naioule Tanou 観測所 (図 3-4-2) 、基盤岩地域の代表を Mako 観測所 (図 3-4-3) とした。

表 3-4-2 タンクモデルのパラメータ

パラメータ	基盤岩地域	堆積層地域
Tank 1	A0	0,3
	HA0 (S1)	5mm
	A1	0,1
	HA1	10mm
	A2	0,1
	HA2	40mm
Tank 2	B0	0,05
	B1	0,2
	HB	4mm
Tank 3	C0	0,003
	C1	0,01
	HC	2mm
Tank 4	D1	0,001
土壌水分構造	S1	5
	S2	150
	K1	3
	k2	15
地帯分割	AR1	53,3
	AR2	26,7
	AR3	13,3
	AR4	6,7

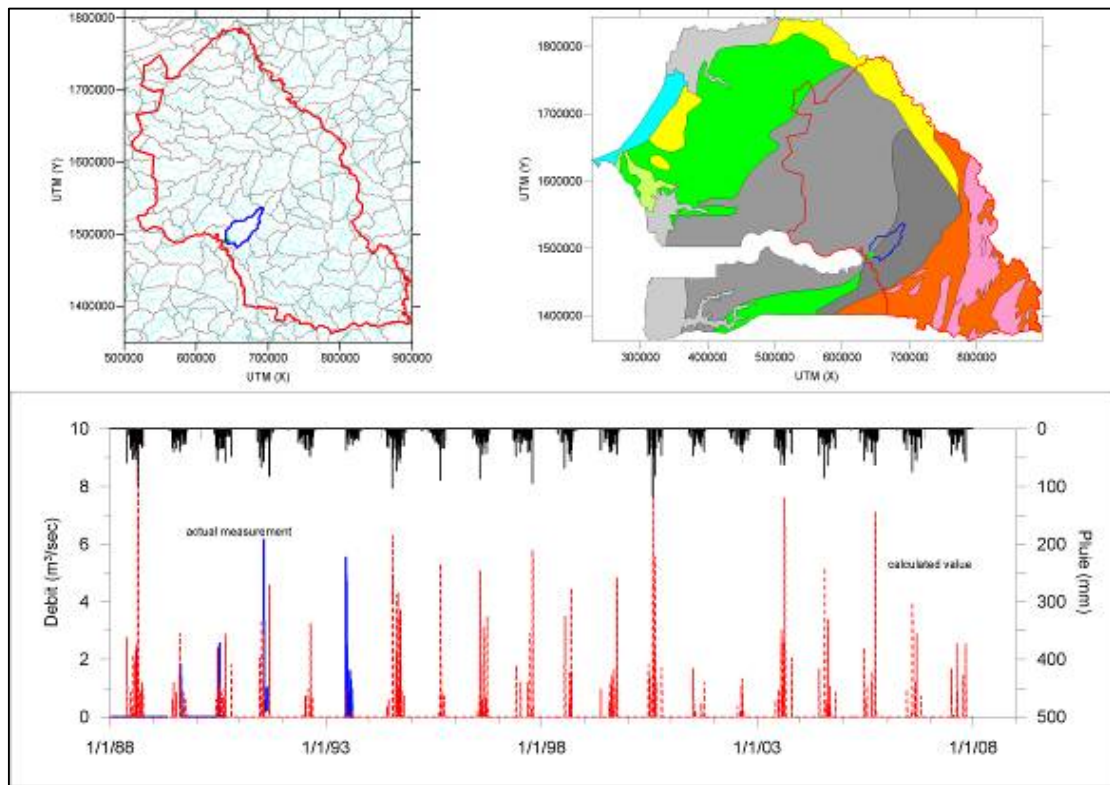


図 3-4-2 堆積層地域のタンクモデル解析 (Niaoule Tanou 流量観測所)

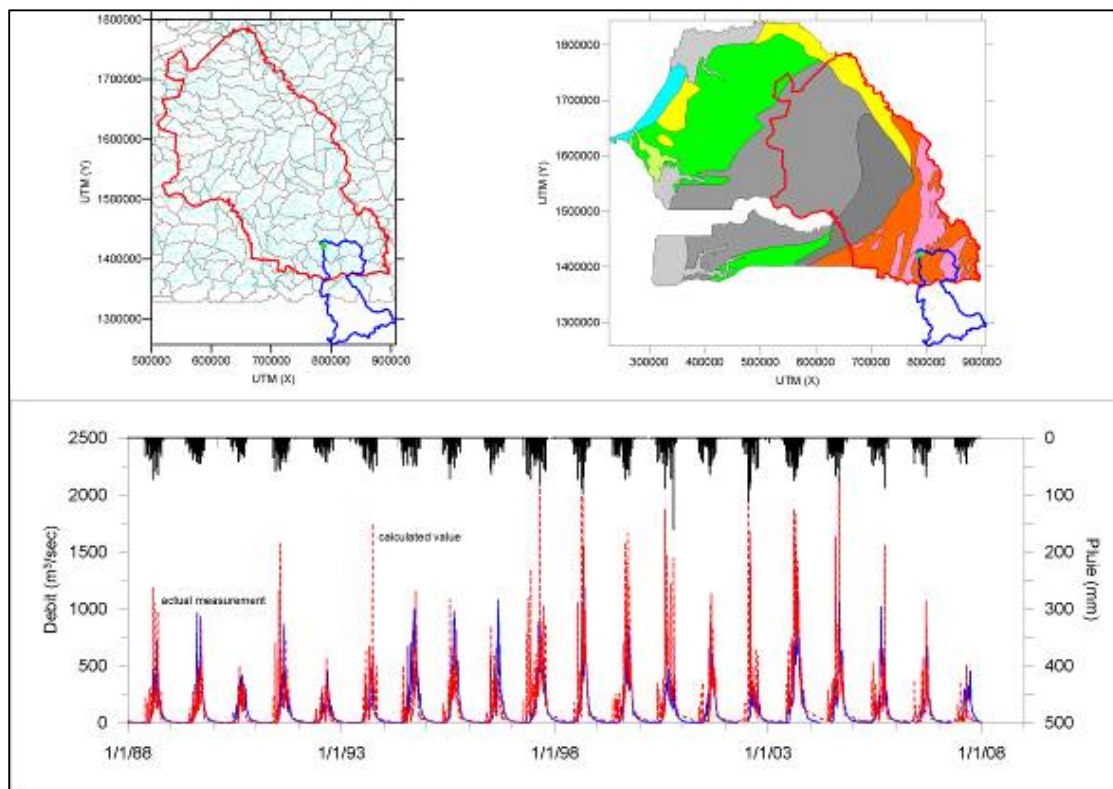


図 3-4-3 基盤岩地域のタンクモデル解析 (Mako 流量観測所)

④ 地帯ごとの計算

③で得られたパラメータを固定して、各気象観測所の日降水量と日可能蒸発散量を入力することにより、②の 15 地帯ごとに実蒸発散量、河川流量、かん養量の計算値を求めた。計算単位は日計算であるが、地下水かん養量は月ごとに集計して地下水シミュレーションのかん養量の入力値とした。下図に、地下水シミュレーションに入力した際の地帯区分を示す (図 3-4-4、同色の地域に同じ月かん養量が入力されている)。

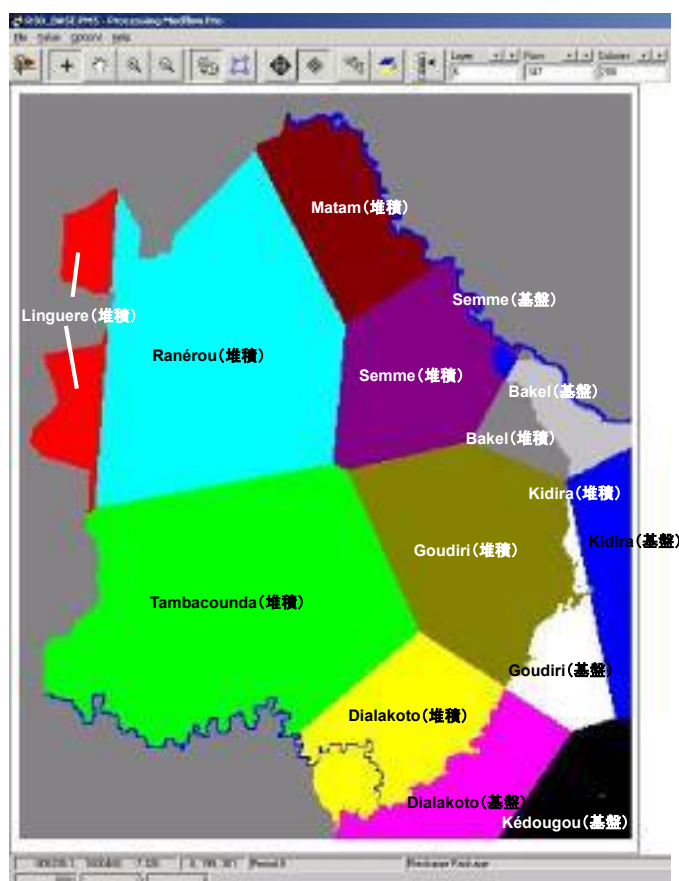


図 3-4-4 月かん養量の入力区分

(2) 水収支

水資源の水収支は、一般的に以下の式で表される。

$$P = D + E + R$$

P: 降水量

D: 河川流出量

E: 蒸発散量

R: 地下水かん養量

前項の地下水かん養量の推計方法中の「④ 地帯ごとの計算」で求めた計算値を用いて 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、集計した単位面積当たりの水収支解析結果を表 3-4-3 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 3-4-3 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
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3-4-4)、既存のアフリカ地域の推計事例¹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 3-4-4 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)	(%)	
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

¹ 例えば、タンクモデルを提唱した菅原正巳は蒸発量という表現を用いているが、「蒸発量のおおよその見当は、日本の年間蒸発量700mm、ヨーロッパで300~500mm、熱帯で1300~1800mmである。」と述べている(菅原ほか(1896):パーソナル・コンピュータのためのタンク・モデル・プログラムとその使い方、国立防災科学技術センター研究報告)。

3.4.3 地下水揚水量の推計

(1) 推計方法

過去の地下水揚水量の推計は、以下の方針・方法で行った。なお、地下水揚水量の将来予測は第8章に記す。

- ① 地下水を水源とする配管給水による施設の揚水量をシミュレーションモデルに入力する揚水量とする。これは、(i)人力（ハンドポンプ、つるべ等）井戸からの取水量は動力ポンプによる揚水量と比較して少なくシミュレーションの計算にほとんど影響を与えない、(ii)人力井戸からの取水量のデータはほとんど存在しない、等の理由による。
- ② 揚水量は、給水人口×給水原単位で計算する。ただし、「第4章 M/Pの方針」に記すように家畜の需要を加える必要があるため、給水人口は（村落人口+村落人口×2,57）として計算する（DHRで給水計画を策定する際に用いている家畜局算出の家畜/人比2,57に基づく）。
- ③ 給水原単位は最大35ℓ/人として、月変化はタンバクンダ州の2004年から2007年の揚水量実績に基づき最大5月を1として他の月は表3-4-5の通りとする。

表 3-4-5 月別地下水揚水量の推計

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
比率	0,88	0,87	0,93	0,97	1,00	0,83	0,53	0,43	0,47	0,58	0,67	0,74

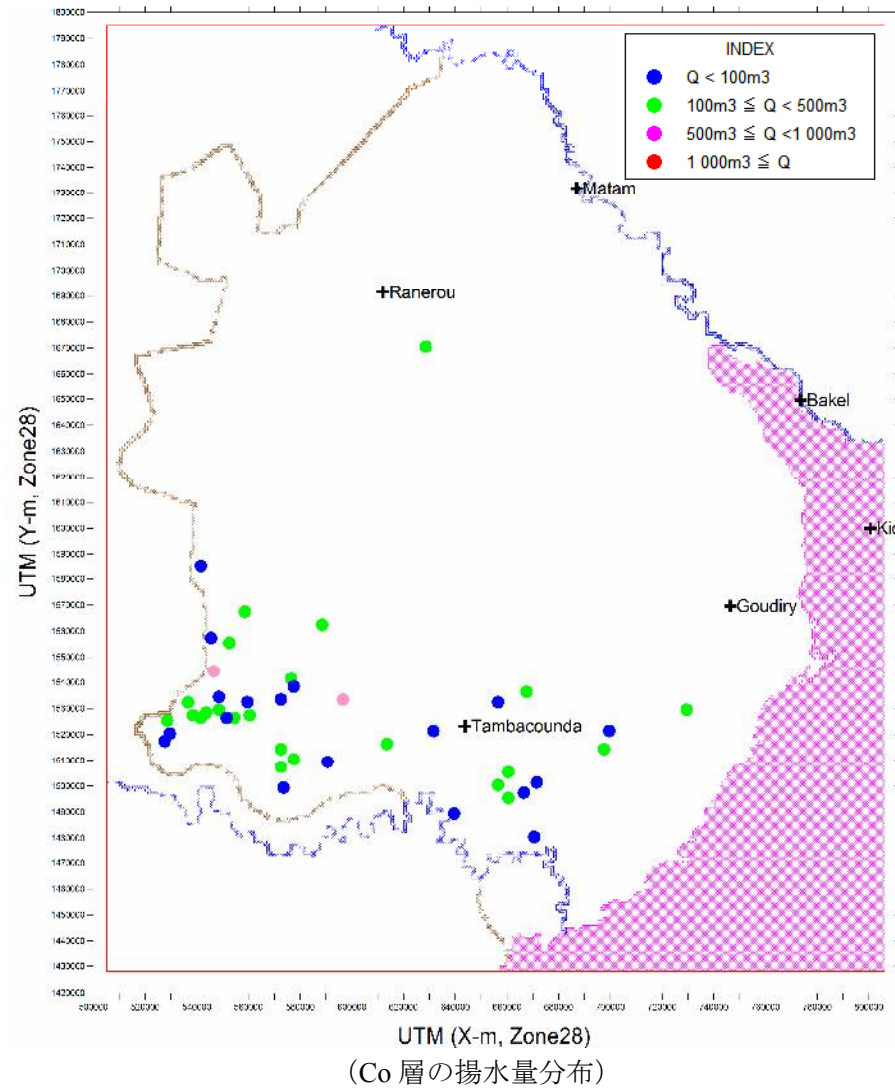
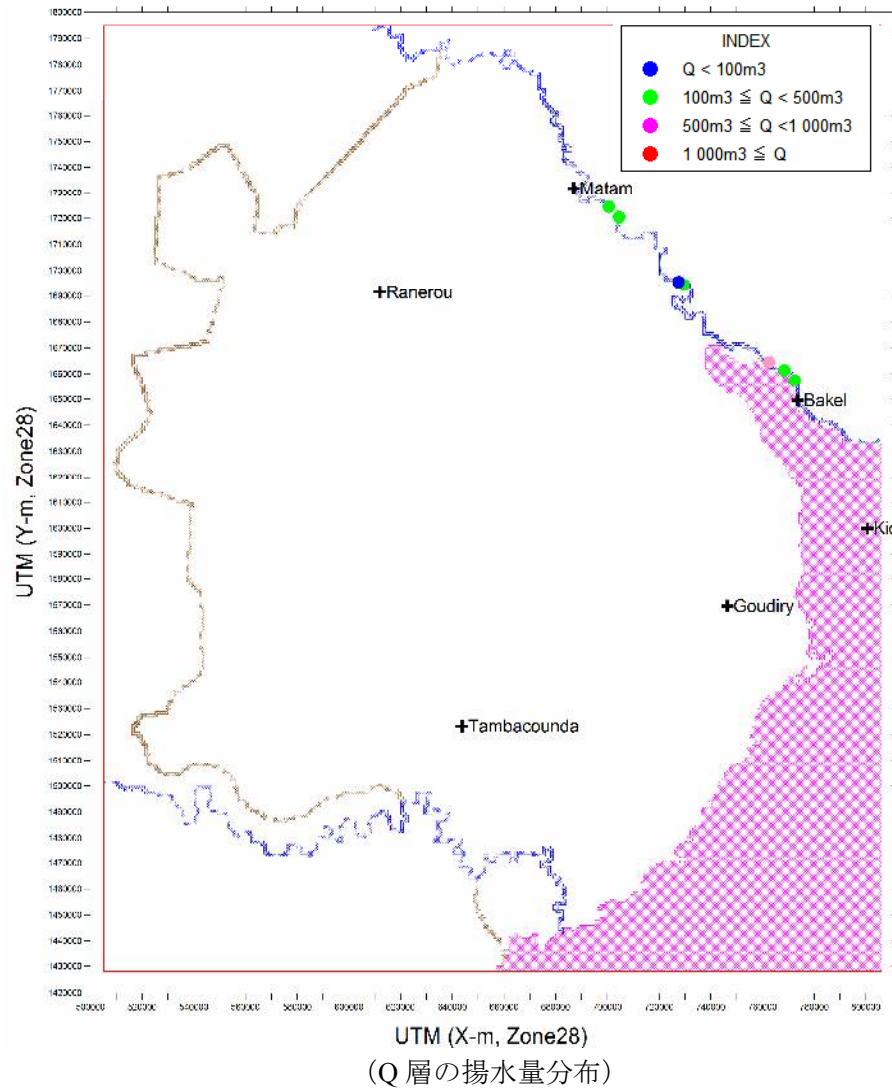
- ④ 過去の村落人口の人口増加率は0として計算を行う。

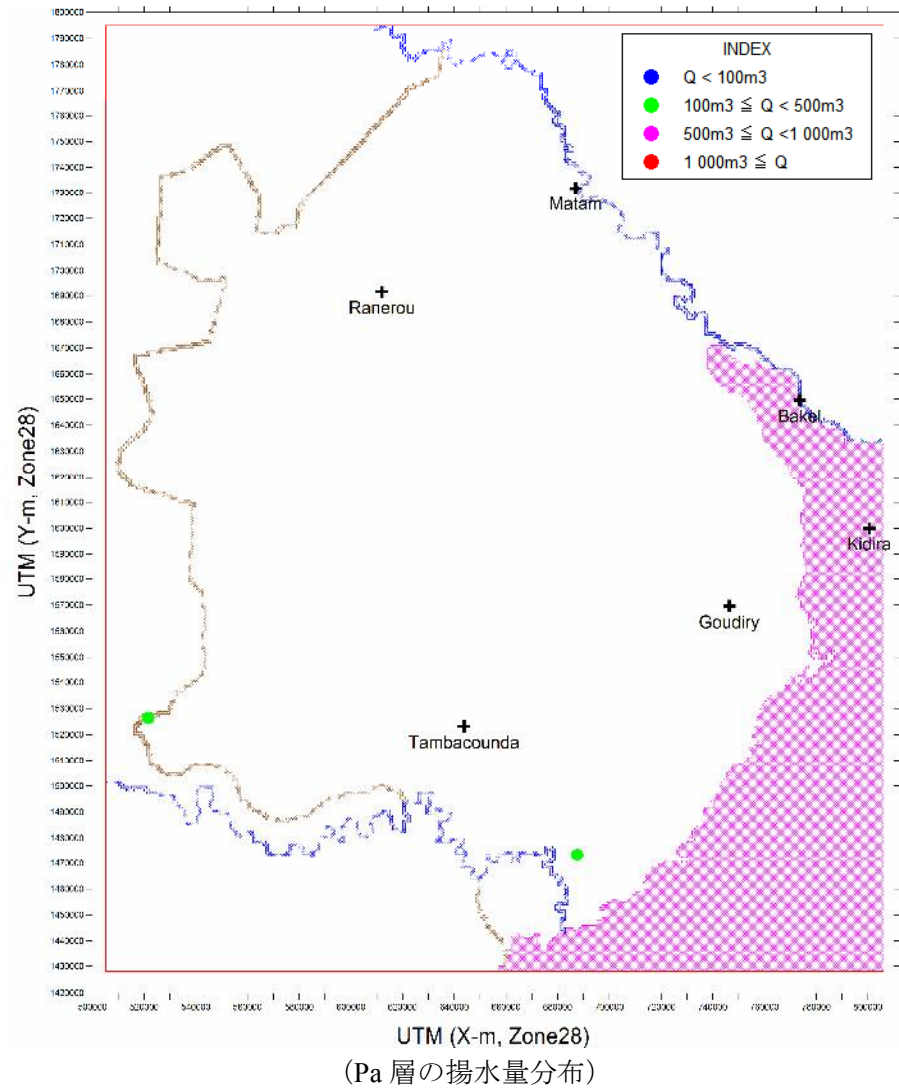
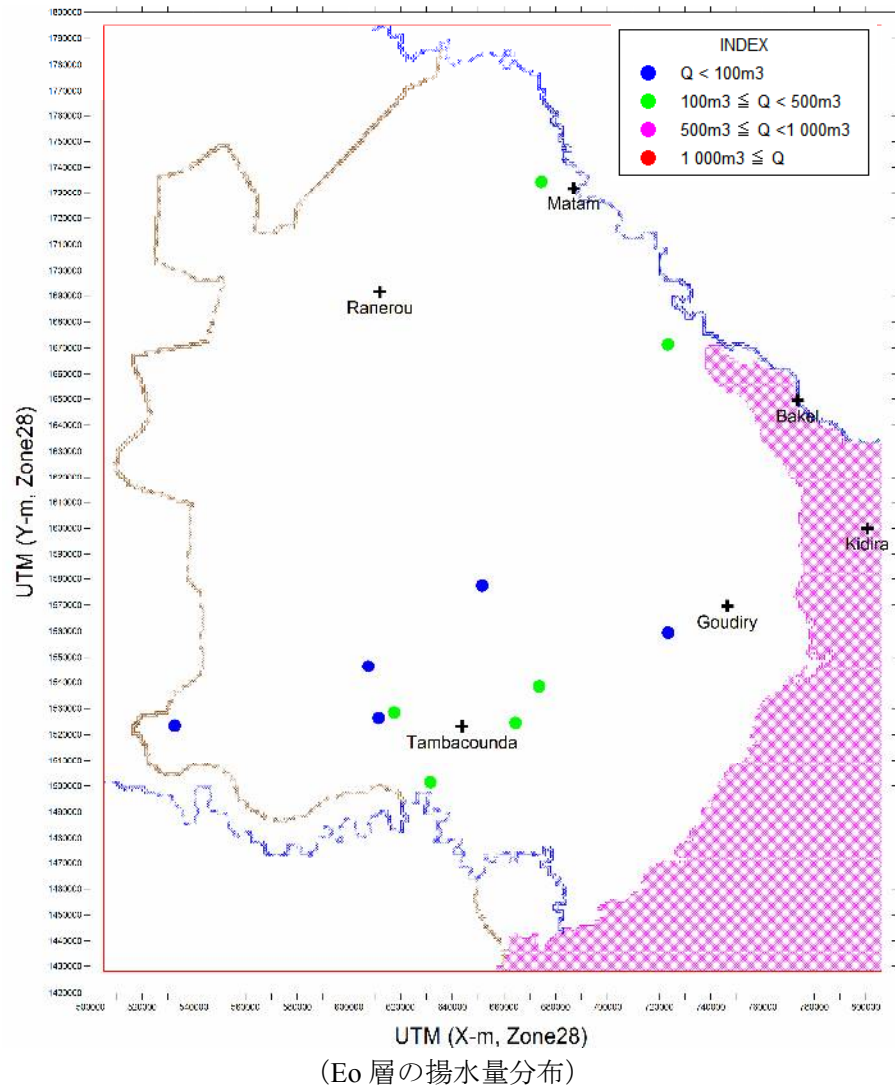
(2) 推計結果

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。揚水量分布の例（2007年5月の揚水量分布）を図3-4-5に示す。

地下水揚水量の推計値を前項で求めた地下水かん養量と比較すると下の図表（表3-4-6、図3-4-6～図3-4-7）のようにまとめられる。また、本プロジェクト地域の地下水揚水量の特徴は以下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。





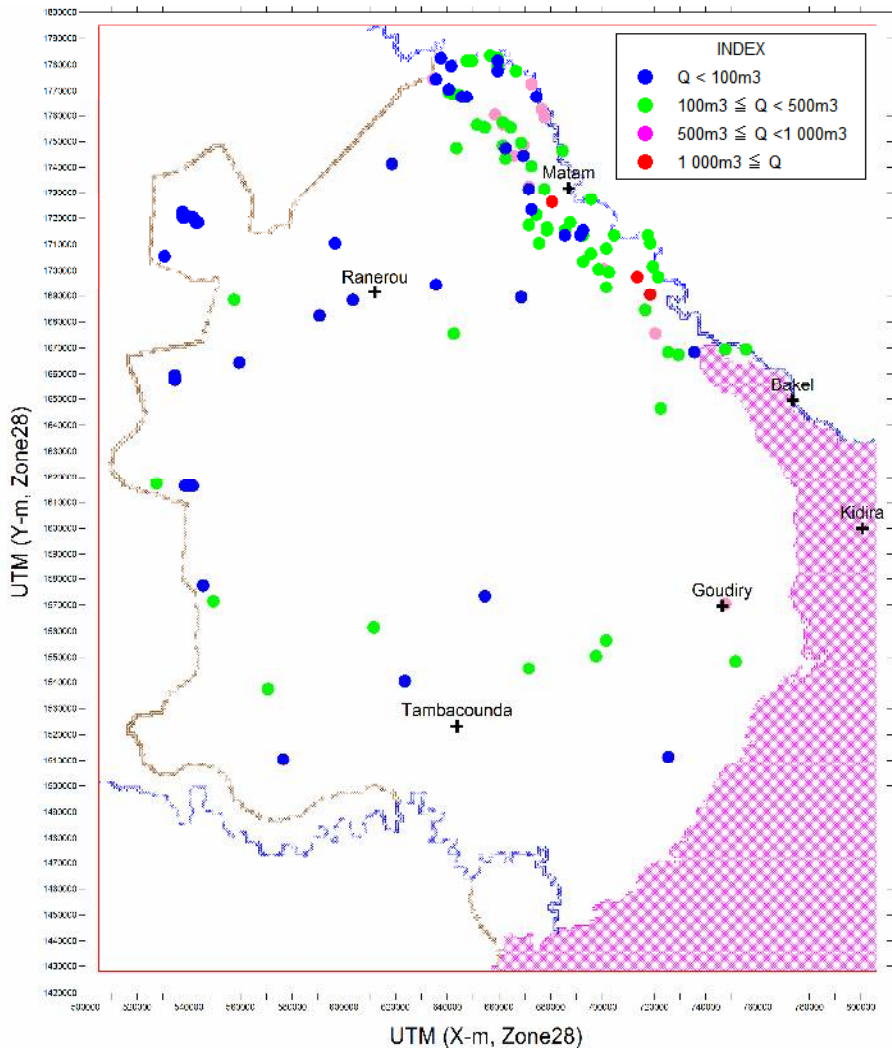


図 3-4-5 揚水量分布の例 (2007 年 5 月)

表 3-4-6 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層	Pa層	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%

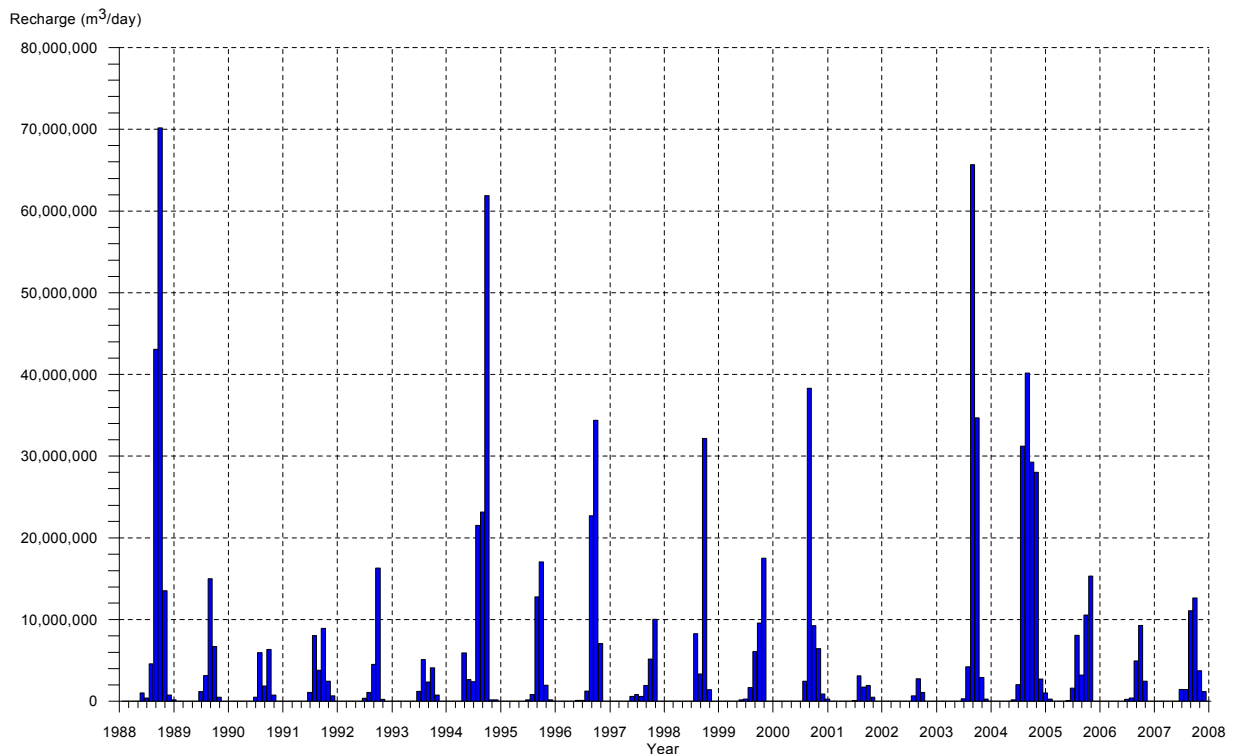


図 3-4-6 月別地下水かん養量（降雨）

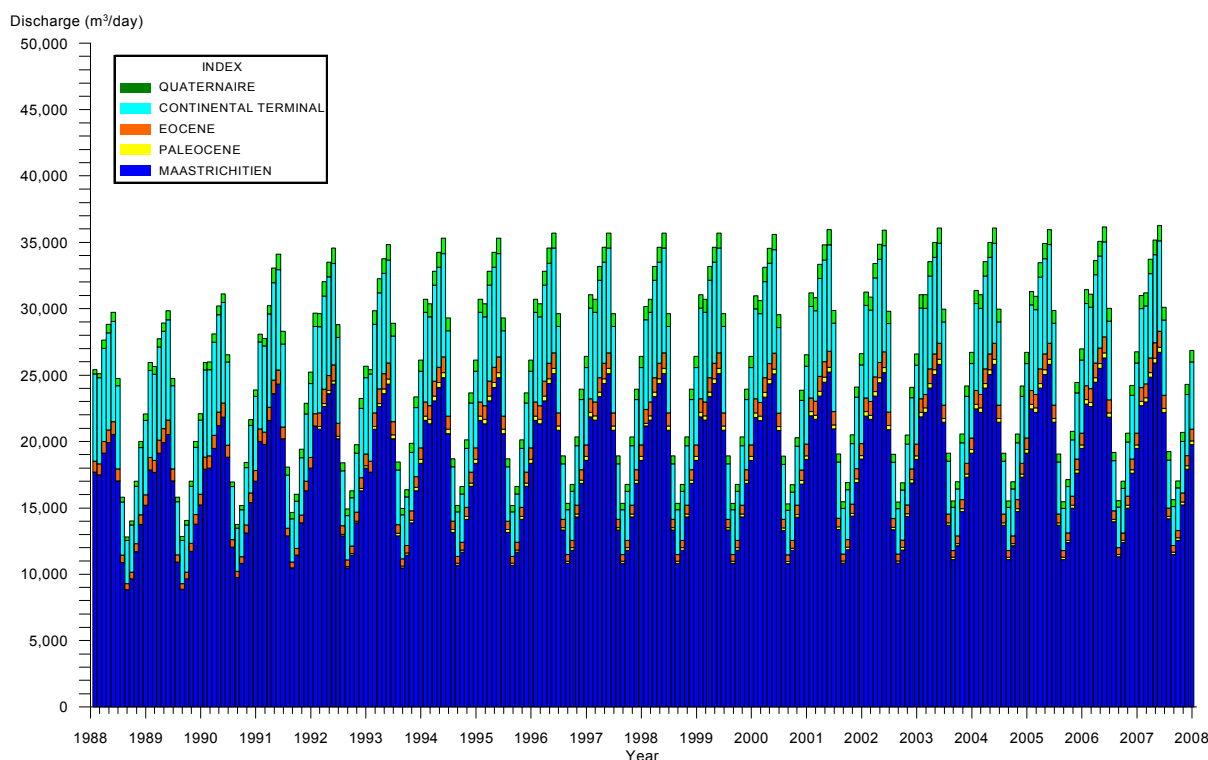


図 3-4-7 月別地下水揚水量

3.4.4 シミュレーションモデル

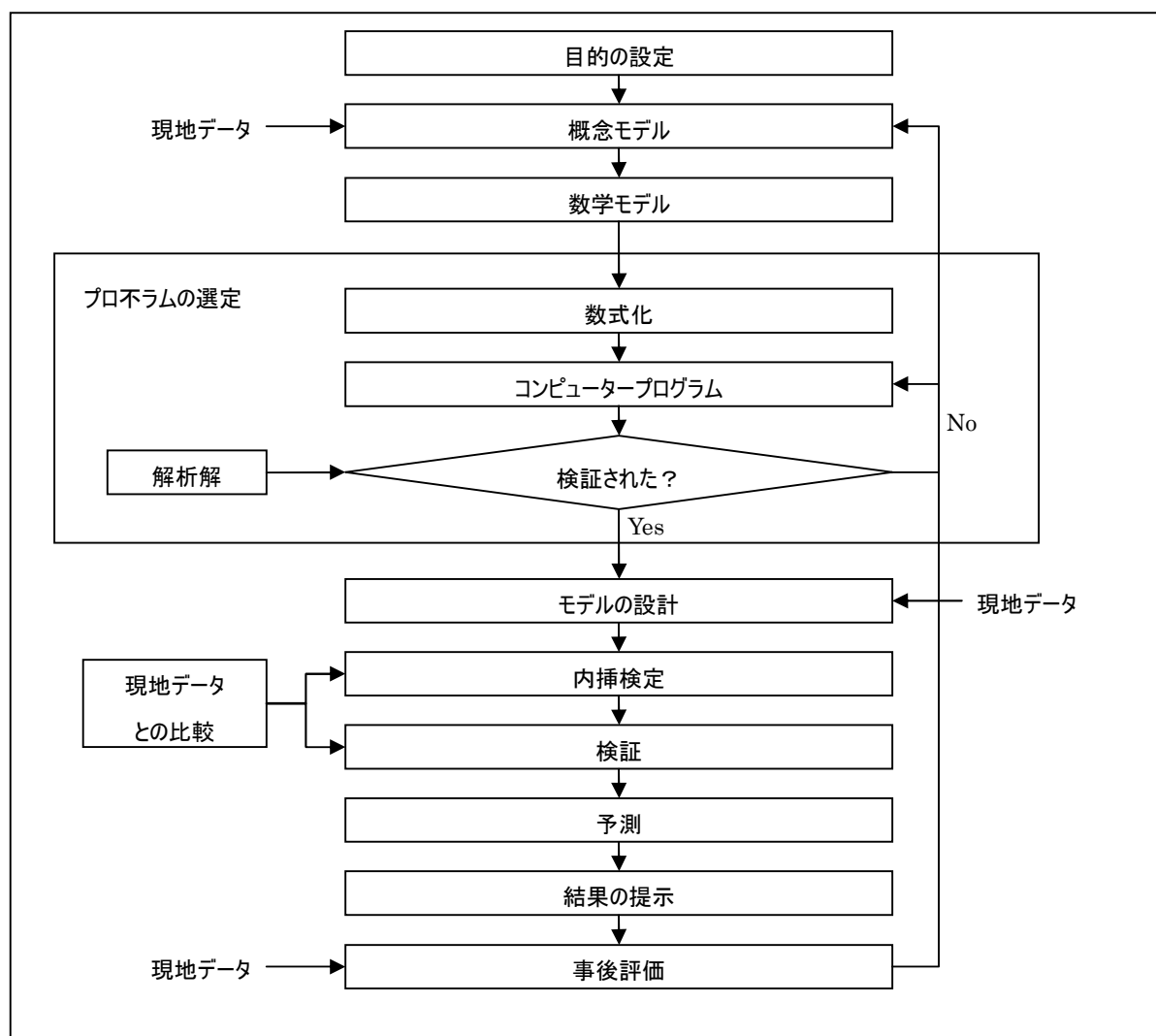
シミュレーションモデルの詳細は、サポーティングブック（第 6 章）に示す。本メインレポートにおいては、シミュレーションモデル解析の概要を記す。

(1) モデル化の手順

地下水モデルのモデル化は次のような手順で行われ、本プロジェクトにおいては経過の揭示までを行う。この後は、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（図 3-4-8）。

- ① 目的の設定：モデルの目的を確立し、支配方程式と選定すべきプログラムを決定する。
- ② 概念モデル：システムの概念モデルを作成する。水文地質単位とシステムの境界を決定し、水収支に関する情報、帯水層定数などのデータを組み込む。現地踏査や試掘結果等の現地調査結果が重要な役目を担う。
- ③ プログラムの選定：支配方程式とプログラム（コード）を選定する。本プロジェクトでは、後記するように地下水流動シミュレーション解析に MODFLOW コードを選定し、MODFLOW2000 や物質輸送シミュレーションコードである MT3DMS などを含む統合ソフト「Processing Modflow Pro」（Webtech 社製）を使用した。
- ④ モデルの設計：概念モデルをモデル化に適するような形で表現する。この段階で、格子の設計、時間刻みの選定、境界条件と初期条件の選定、帯水層定数と水文学的負荷のおおよその値の選定を行う。

- ⑤ 内挿検定・検証：内挿検定によって、現地で実測された水頭や流量と近似できる帯水層定数と水文学的負荷の値を求める。内挿検定は試行錯誤法によるパラメータの調整か、あるいは自動パラメータ推定プログラムによって行うが、本プロジェクトでは試行錯誤法により行った。
- ⑥ 予測：予測は、将来の出来事に対する地下水系の応答を定量化するものである。内挿検定されたパラメータ値をもとに作成したモデルに変化する将来の負荷値を投入して将来の負荷の評価を行う。
- ⑦ 結果の表示：モデル化の作業を効果的に伝えるために、モデルの設計と結果を明確に提示する。
- ⑧ 事後評価：事後評価はモデル化が終了して数年後に実施する。新しい現地データを収集して、予測が正しかったかどうかを決定する。もしモデルの予測が正確であるならば、その特定の現地に対するモデルは確定されたことになる。



(出典：地下水モデル、p6、藤縄克之監訳、1984)

図 3-4-8 モデル化の手順

(2) 解析結果の利用

本プロジェクトにおける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、図 3-4-9 に示すように、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、シミュレーション解析を進めた。なお、本節では地下水ポテンシャルの評価に用いた脆弱性分析までの解析結果を記し、M/P に基づく予測解析結果は第 8 章に示す。

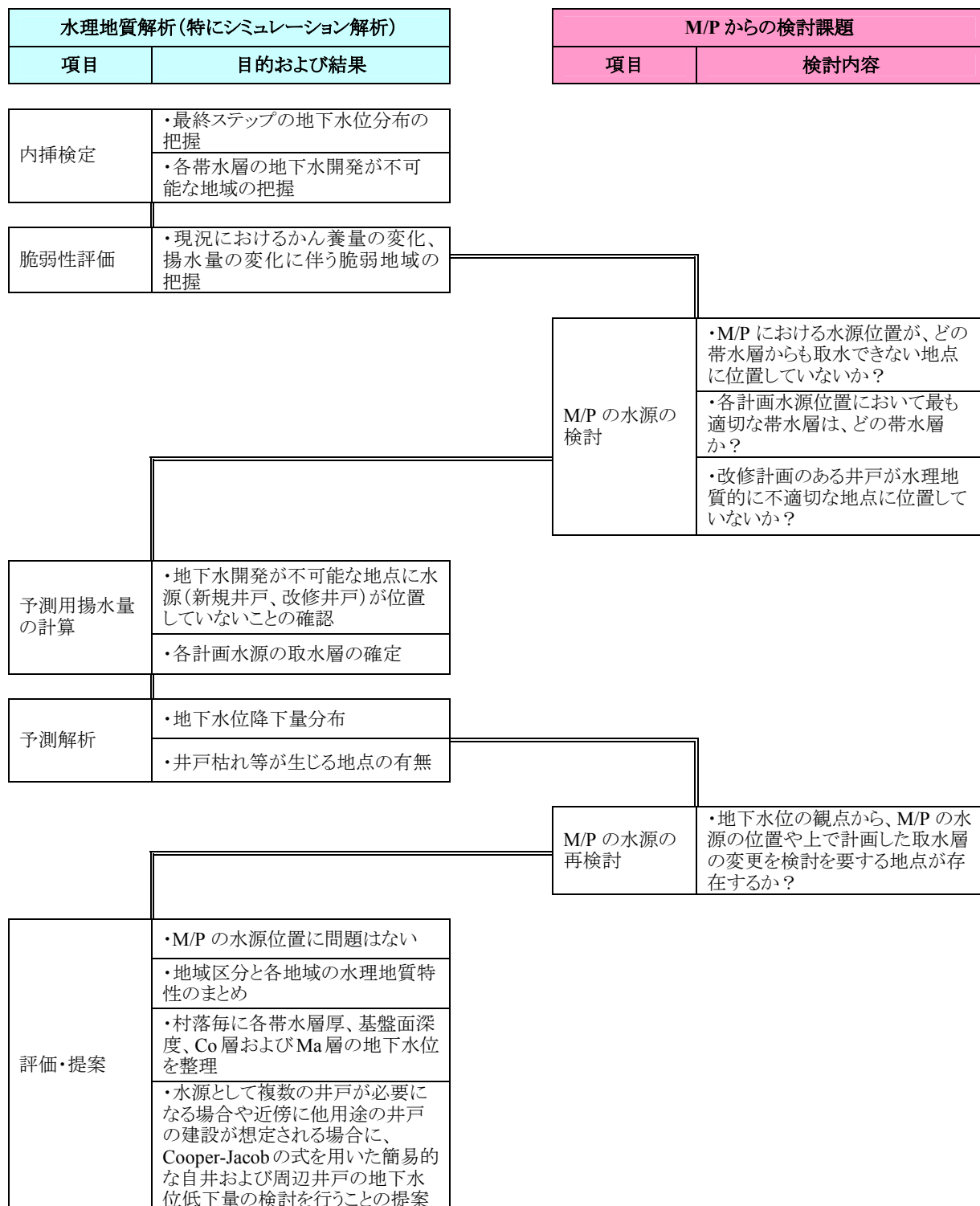


図 3-4-9 シミュレーション解析における M/P の水源の妥当性の検討の流れ

(3) 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。

(4) 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表 3-4-7 に示す。

表 3-4-7 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 DGPRES 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 DGPRES 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(第3.4.2節参照)。
	気象(降水量・気温) Météorologie Nationale 等の1988年から2007年までの観測データを使用した。 検証データ DGPRES の河川流量観測データを検証データとした。
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(第3.4.3節参照)。
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	DGPRES の地下水位観測データを検証データとした。

(5) 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 3-4-10 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)。

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地全体を立体的にカバーできるような構造とし、地下水盆地基底部(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おり、詳細はサポーターブック（第 6.3.1 節）に記す。

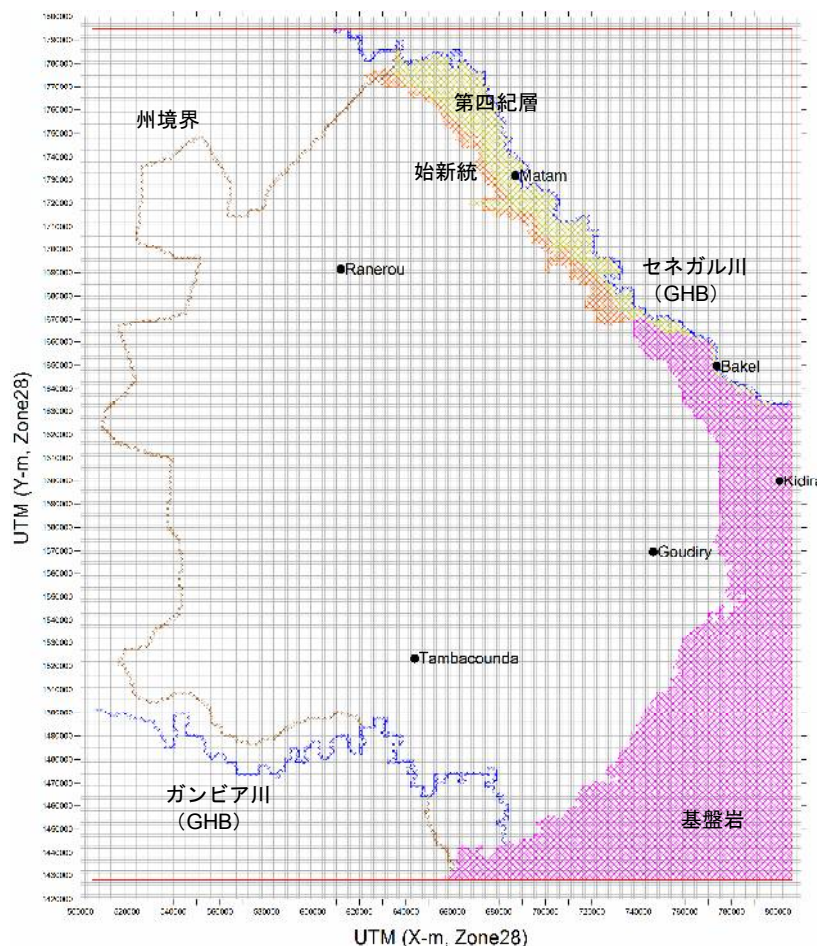


図 3-4-10 シミュレーション解析範囲

(6) 内挿検定結果

1) 初期水頭

広域三次元モデルの検証は、1988年1月から2007年12月までの月別時系列データを入力して非定常計算により実施したが、検証期間の非定常計算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。

本プロジェクトで実施した長期非定常計算（準定常計算）の方法は、以下のとおりである。

- ① 帯水層ごとに掘削時の静水位をもとに地下水位分布を設定
- ② 1989年から1992年の5年間の条件で10サイクル（50年間）の計算を実施
- ③ ②の最終ステップの計算水頭を検証非定常計算の初期水頭として入力

2) 計算水頭変動と実測水頭変動との比較

前項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(図 3-4-11)。検証結果の詳細は、サポーティングブック(第 6.3.2 節)に示す。

3) 検証非定常計算におけるセネガル川河川水と地下水の交流

セネガル川流域では、河川水位と地下水位の関係により、河川水と地下水の交流が発生する(河川水位が地下水位より高い時:河川から地下水へのかん養、河川水位が地下水位より低い時:河川への地下水の流出)。

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 3-4-12、図 3-4-13)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)。また、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。

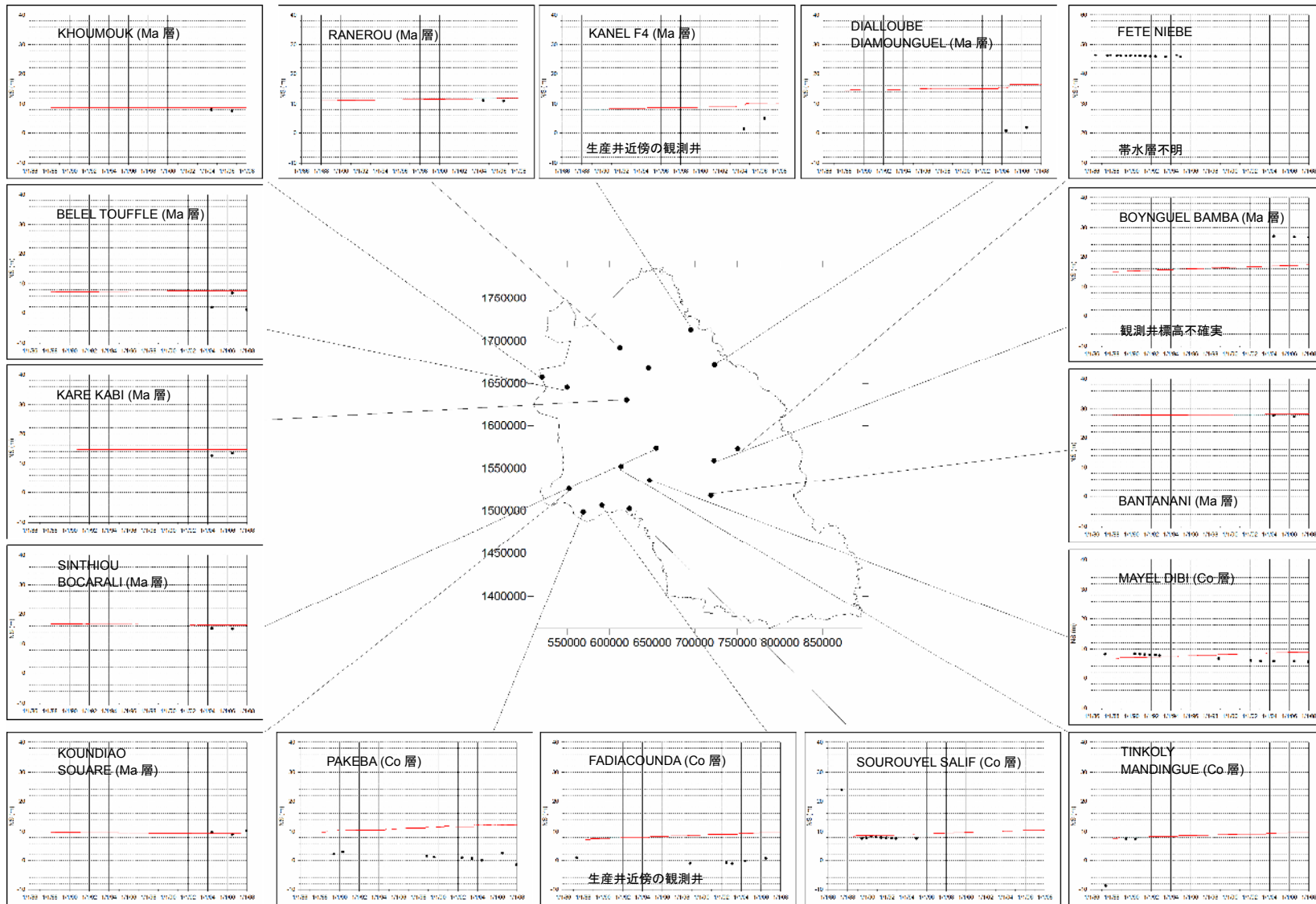


図 3-4-11 DGPRE 観測井の観測地下水位変動 (黒丸) と計算地下水頭変動の比較 (赤線)

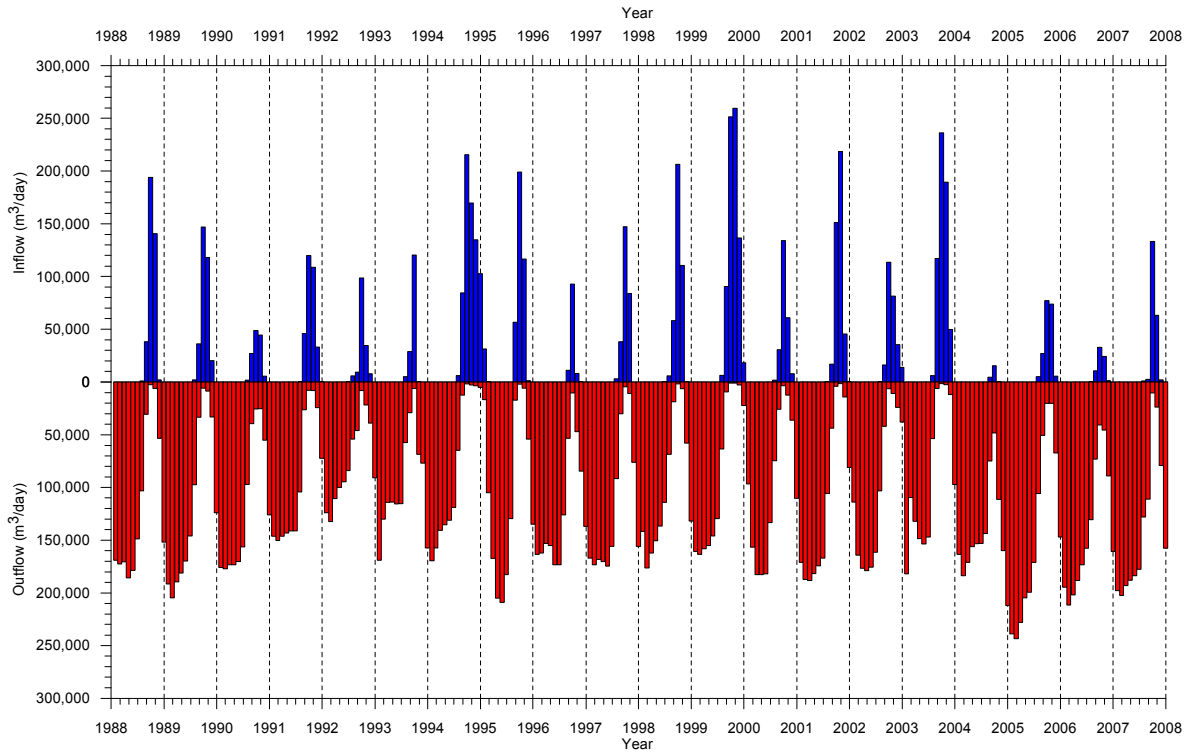


図 3-4-12 セネガル川と地下水の流入出 (Q 層)

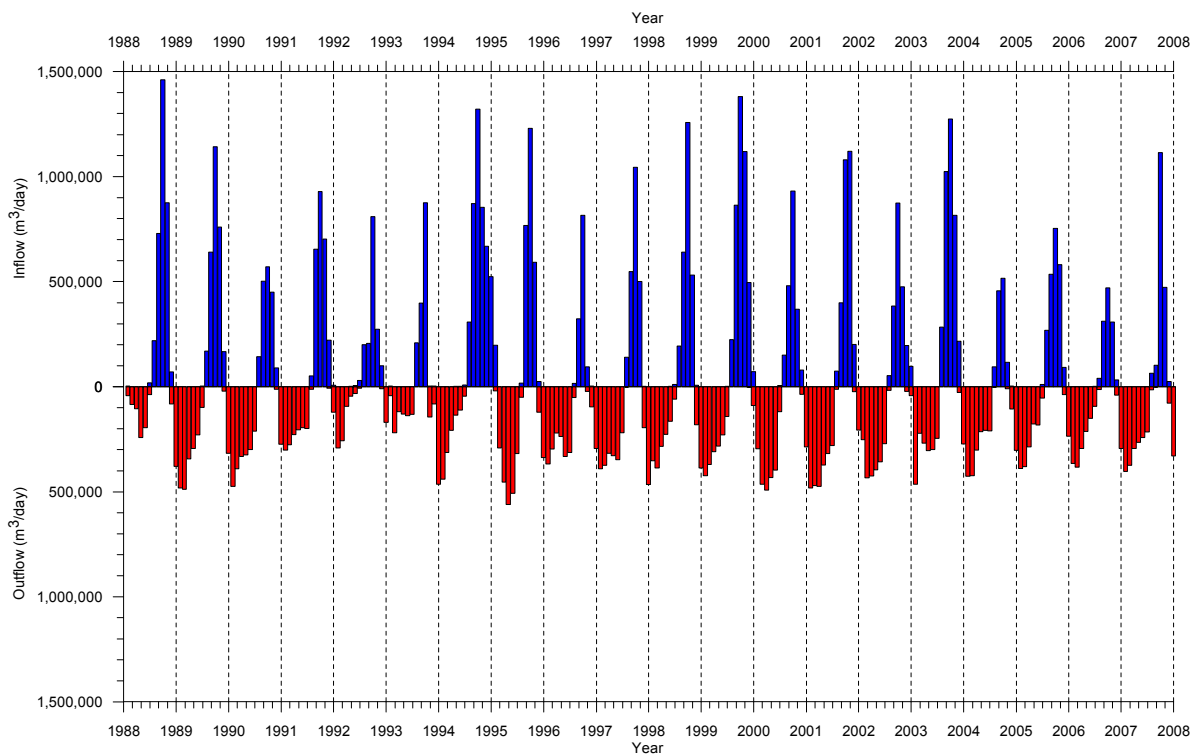


図 3-4-13 セネガル川と地下水の流入出 (Ma 層)

(7) 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、次節に記す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。脆弱性分析結果の詳細は、サポータィングブックに（第6.3.3節）示す。

1) かん養量の変化

表3-4-8に示すような渇水年発生シナリオを作成して、基本型と渇水発生型の水頭差を求めた。最終ステップである10年目12月の両者の水頭差を、図3-4-14に例として示す。

Co層においては、灰色で示している地域が層厚が薄く揚水に適さない地域であるが、それに隣接する西側や広範囲に最大5cm程度の水位の低下が発生する。また、タンバクンダ州南部でも局部的に地下水位の低下が発生するが、このシナリオ程度の渇水では既存施設のCo層からの取水に影響を及ぼすものではない。ガンビア川沿いで最大34cm程度の水位の低下が予測されるが、この地域ではCo層を取水層にしていない。

Ma層においては、マタム州南東部とタンバクンダ州南部の基盤岩との境界付近で地下水位の低下が発生する。マタム州南東部の地下水位低下域に既存の施設が存在するが、低下量は最大で10cm程度であり、施設への影響はほとんどない。また、基盤岩との境界付近で最大52cm程度の水位の下が予測されるが、この地域には既存施設はなく村落も位置していない。

表3-4-8 渇水年発生シナリオ

年	基本型			渇水発生型		
	かん養量	揚水量	河川水位	かん養量	揚水量	河川水位
スタート	2007年12月31日					
1年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
2年目	1989年	2007年	1989年	1989年×0,75	2007年	2006年
3年目	1989年	2007年	1989年	1989年×0,75	2007年	2006年
4年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
5年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
6年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
7年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
8年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
9年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年
10年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年	1989年

2) 揚水量の変化

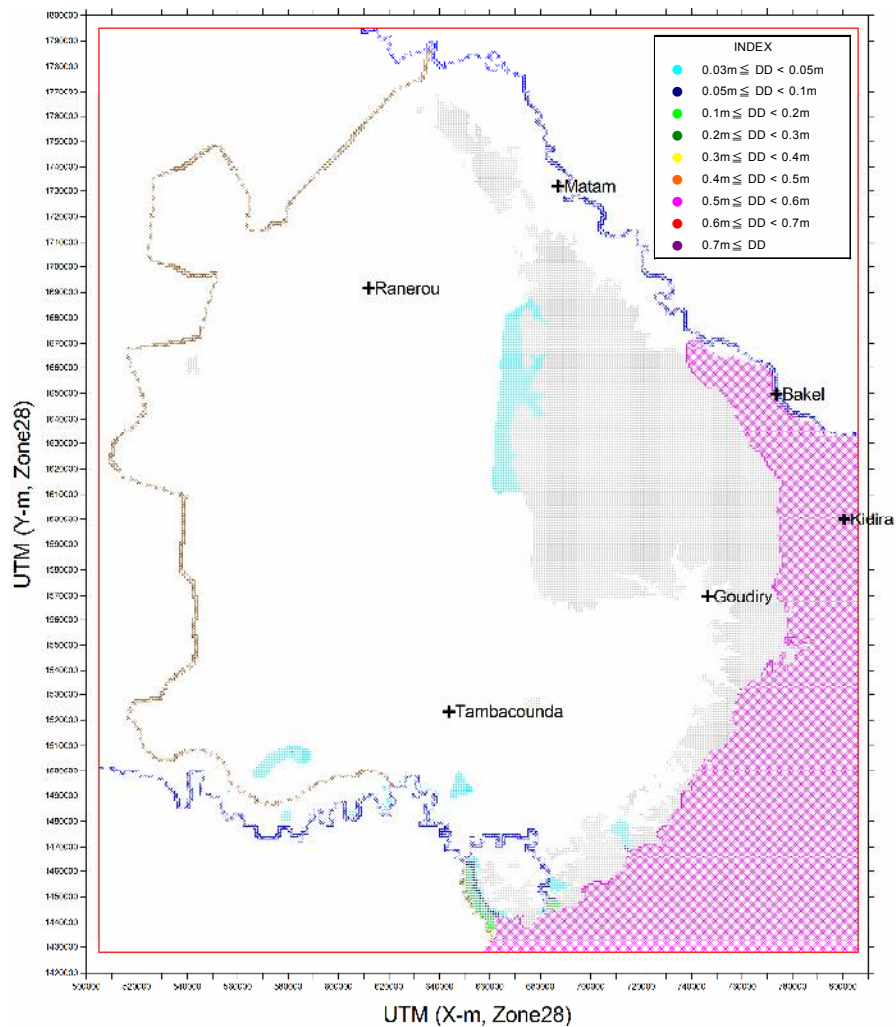
表3-4-9に示すような渇水年発生シナリオを作成して、かん養量を変化させた際と同様に基本型と渇水発生型の水頭差を求めた。最終ステップである15年目12月の両者の水頭差を、図3-4-15に例として示す。

Co層においては、タンバクンダ州南部の既存施設の周辺で、最大44cm程度の水位の低下が発

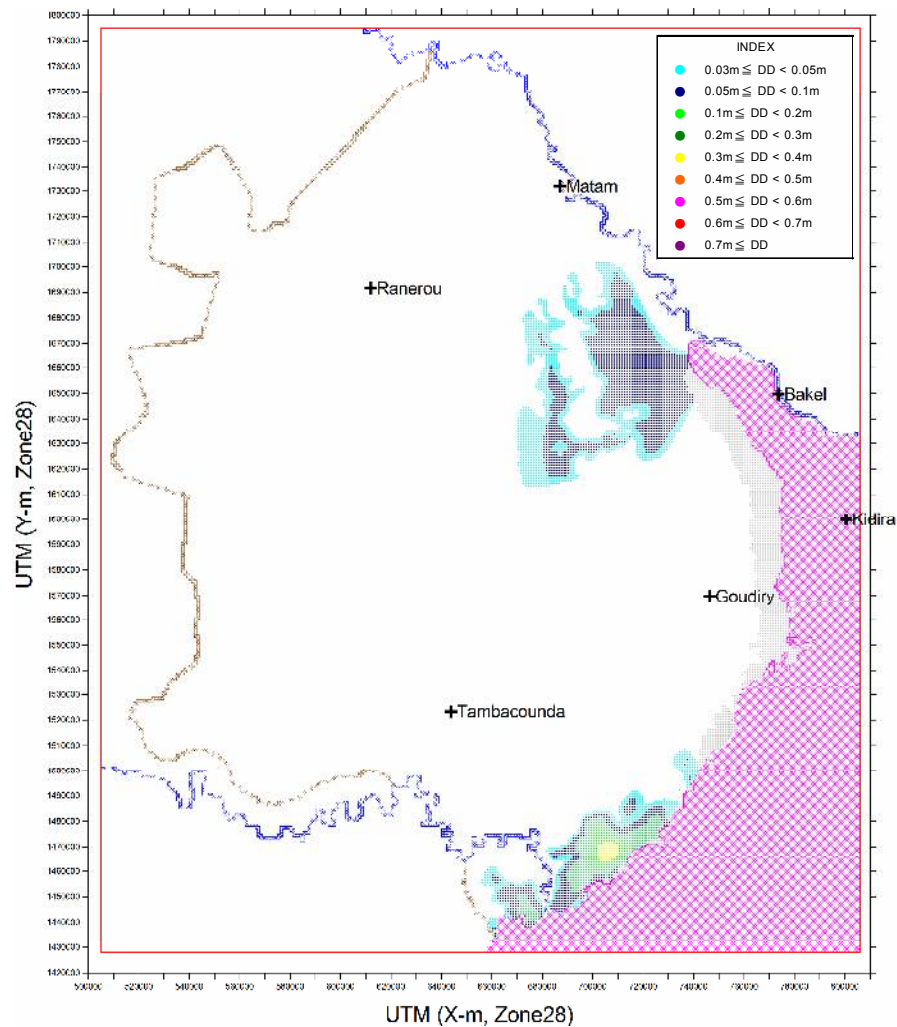
生ずる。また、Ma 層においては、マタム州南東部で、最大 60m 程度の水位の低下が発生する。既存井戸の湛水深は比較的深く、施設への影響はほとんどないものと考えられるが、井戸が近接して建設された場合は互いに干渉して水位の低下量が増大するため、施設間の距離には十分に留意する必要がある。また、井戸効率の悪い井戸は揚水量の増加とともに水位の低下が増大するため（井戸ロス増加）、このような井戸においては過度な低下が発生しないような揚水計画を立案する必要がある。

表 3-4-9 揚水量増加のシナリオ

年	基本型			揚水量増加型		
	かん養量	揚水量	河川水位	かん養量	揚水量	河川水位
スタート	2007年12月31日					
1年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,067	1989年
2年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,129	1989年
3年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,188	1989年
4年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,242	1989年
5年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,293	1989年
6年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,340	1989年
7年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,384	1989年
8年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,426	1989年
9年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,464	1989年
10年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,500	1989年
11年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,500	1989年
12年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,500	1989年
13年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,500	1989年
14年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,500	1989年
15年目	1989年	2007年	1989年	1989年	2007年×1,500	1989年

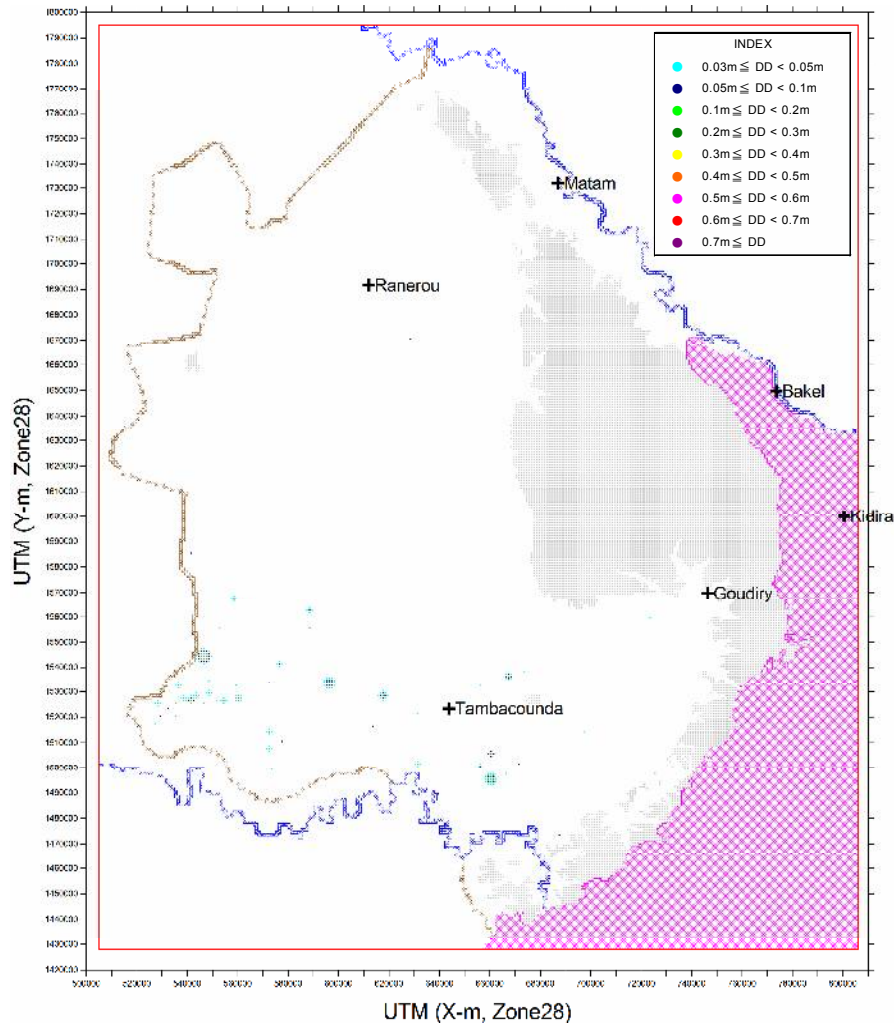


(10年目12月、Co層)

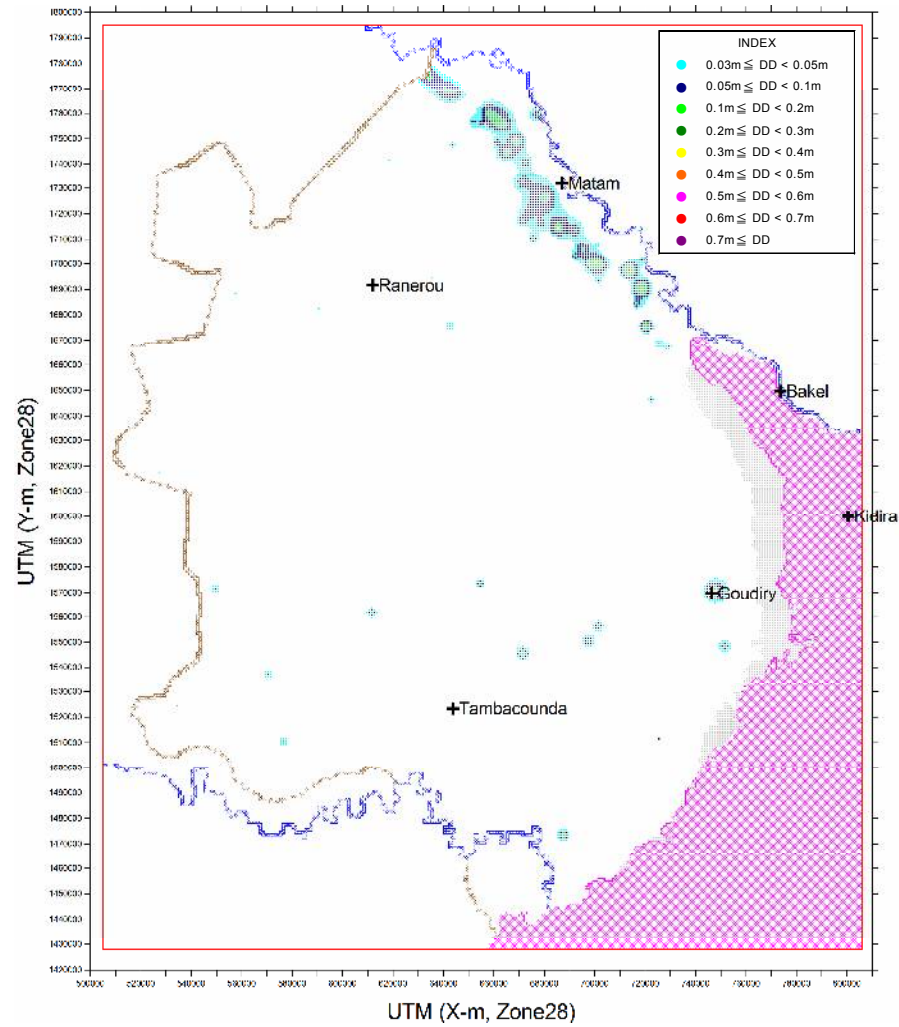


(10年目12月、Ma層)

図 3-4-14 かん養量の変化と計算水頭差分布の例



(15年目12月、Co層)



(15年目12月、Ma層)

図 3-4-15 揚水量の変化と計算水頭差分布の例

3.4.5 堆積層地域の水資源ポテンシャル評価

(1) 地域区分と水理地質特性および帯水層能力

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、水理地質特性および帯水層能力の面から図 3-4-16 のように地域区分できる。

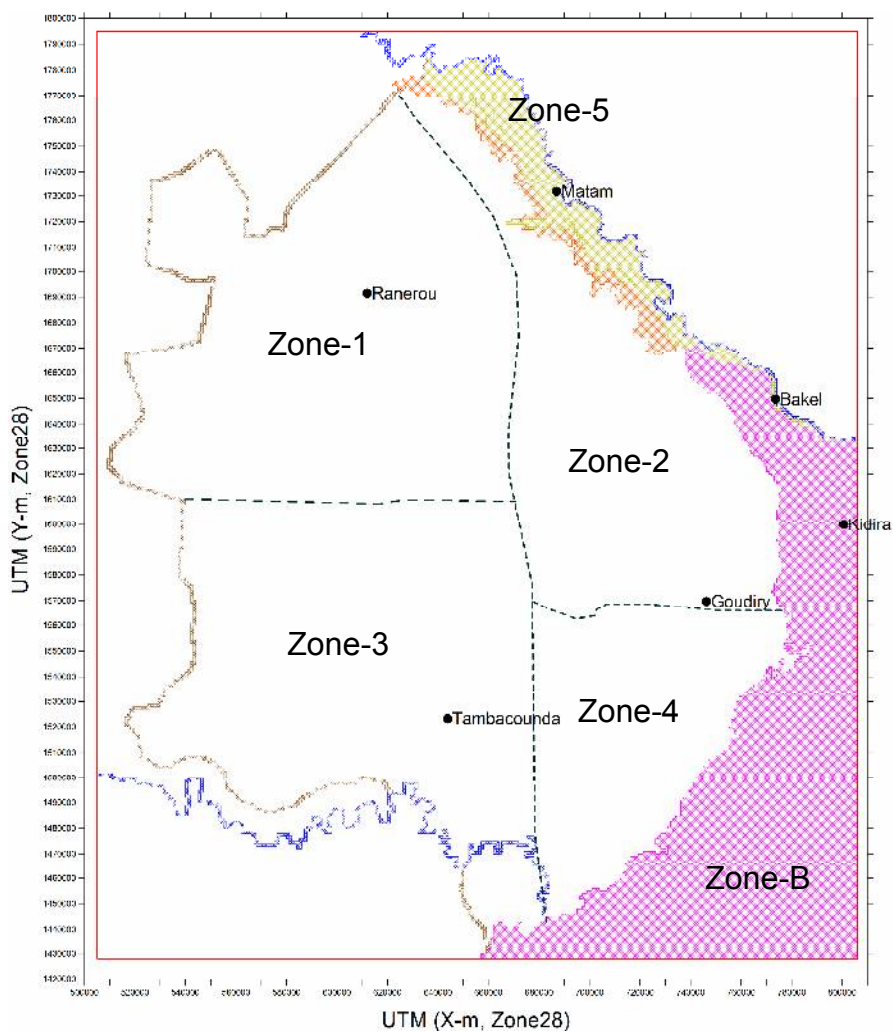


図 3-4-16 堆積層地域の地域区分

各地域の水理地質特性および帯水層能力は下表（表 3-4-10）のようにまとめられるが、堆積層地域に位置する各村落の水理地質特性は、データブックに一覧表にまとめて示している。

表 3-4-10 地域区分と水理地質特性・帯水層能力

	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。	Co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。	—
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。

(2) 水質面からの検討

前節で示した地域区分の妥当性を水質の面から検討した。Ma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は下図（図3-4-17～図3-4-19）に示すとおりであり、ゾーン毎に以下のような特徴があり前項の地域区分を支持するものである。

- Zone-1：第5クラスターを主とする水質
- Zone-2：主とするクラスターが北から南に向かい第1～4、第3、第6と変化する水質
- Zone-3：西部では第8クラスターを主として、南東部では第1クラスターを主とする水質
- Zone-4：分析地点が少ないこともあり特徴的なクラスターが特定されていない
- Zone-5：マタムより上流部では第3クラスターを主として、下流部では第1クラスターを主とする水質

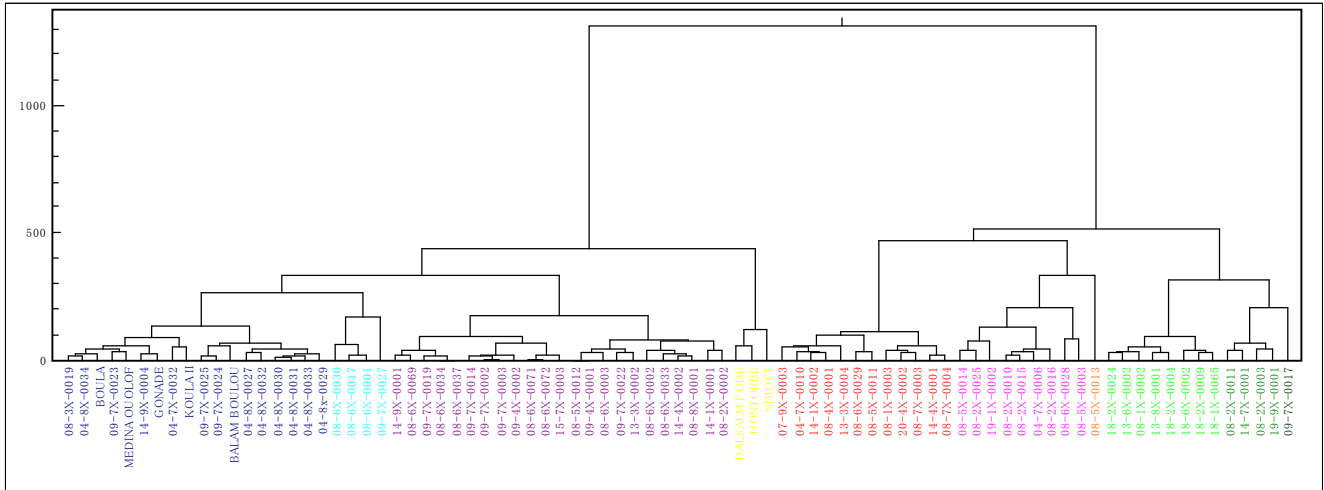


図 3-4-17 Ma 層の地下水の主要イオンのクラスター分析結果（樹形図）

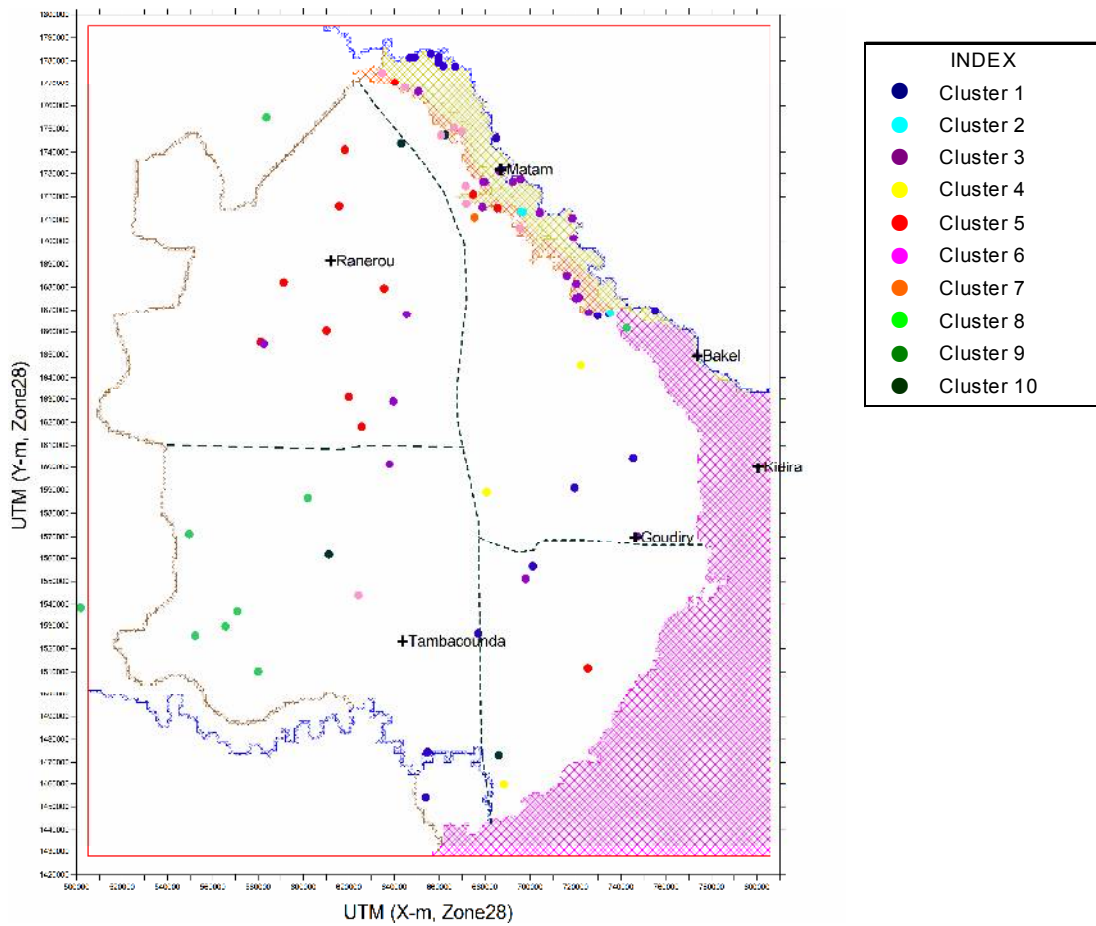


図 3-4-18 Ma 層の地下水の主要イオンのクラスター分析結果（平面分布）

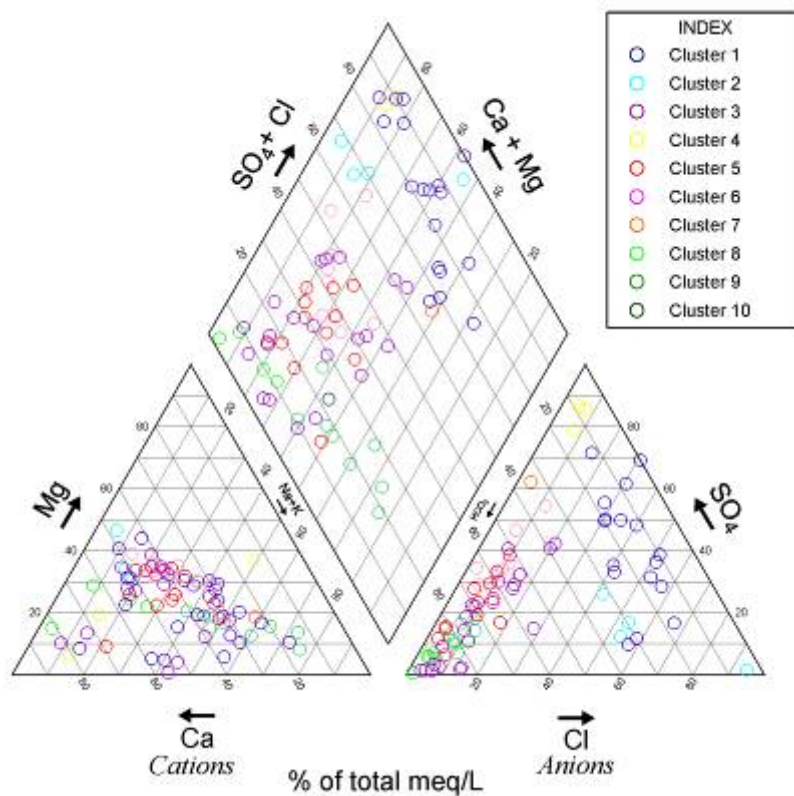


図 3-4-19 トリリニアダイアグラム

3.4.6 基盤岩地域の水資源ポテンシャル評価

(1) 基盤岩地域に分布する堆積層

本プロジェクト地域においては、基盤岩類がケドゥグ州を中心にして分布するが、ガンビア川やその支流のような比較的大きな河川沿いには、堆積層（Q層）が分布している（図 3-4-20、緑色：基盤岩類分布域、黄色：Q層分布域（ローム層分布域を含む））。このQ層が厚く分布している地域は、堆積層地域の 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。しかし、河川からのかん養量の変化の影響を受けて地下水位の変化が比較的大きくなる特徴があり、地下水開発の際には、層厚変化、層相変化の把握のための調査が重要となる。

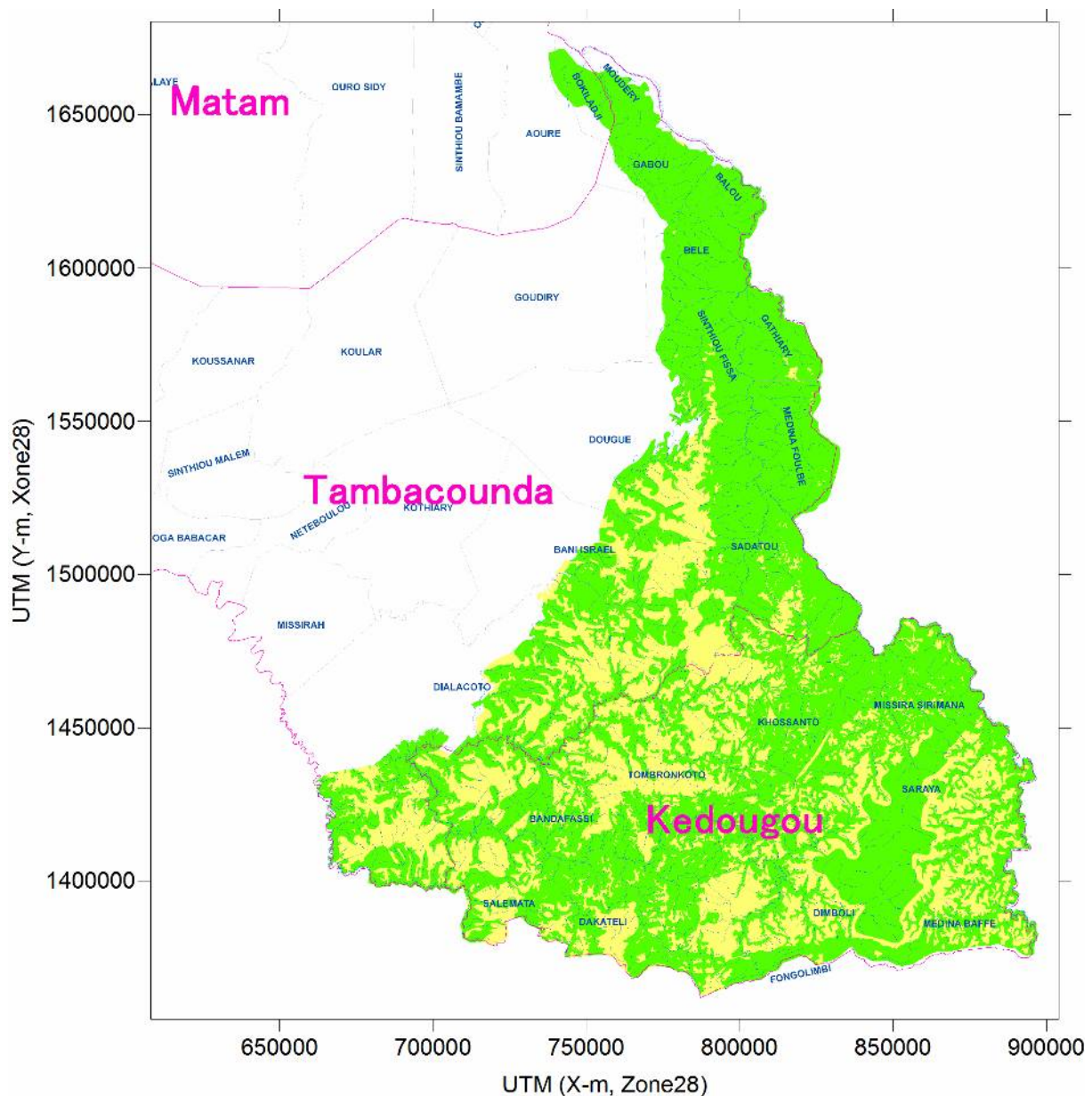


図 3-4-20 基盤岩地域内の堆積層分布（黄色部が堆積層）

(2) 基盤岩類の評価

一般的に、基盤岩類を対象とした地下水開発のためには、①断層・破碎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 3-4-11 のような地下水ポテンシャル区分が可能である。基盤岩地域の村落については、その村落に分布する地質を一覧表に取りまとめた（データブック参照）。また、サポーティングブック（第 6.4 節）に、村落位置と既存位置の関係を既存地質図幅ごとに添付した。

表 3-4-11 基盤岩類の分類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、本層下位の変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
カンブリア紀変成岩 (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、グレイワッケ、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

第II部 マスタープラン

第4章 マスタープランの基本方針

本マスタープランは、「セ」国のミレニアム開発目標（MDGs）達成のために策定された水と衛生に関するミレニアムプログラム（PEPAM）の枠組みのもとで、対象地域における水と衛生課題へ対応するための施策として、安全な給水・衛生施設へのアクセス率向上に資する計画を策定する。PEPAMの方針に則り、水と衛生を一つのパッケージとして、村落環境の向上と人的資源の養成に資する事を基本方針とする。

(1) 事業の組み合わせ方

給水・衛生の事業を同一の村落を対象とし、施設建設にともなう啓発活動や衛生教育、運営・維持管理組織の組織化を一体化して行う。ただし、給水・衛生では管轄する実施機関が異なることや住民負担のあり方、施工実施体制が異なる。

(2) 相乗効果

給水から糞便の処理までのハードの面で、水因性疾患の要因を大幅に低減できる。また、ソフトの面でも水の利用から処理までの一体的な啓発活動を実施するため、水因性疾患への包括的な対応が可能となる。

(3) 留意点

給水体制の確立のみでは必ずしも安全な水利用が可能とならない場合が多い。従って、安全な水へのアクセスと衛生状況の改善が総合的になされるように事業の対象地域を重ねるなどして可能な限り両者を組み合わせるようにする。

給水の部

4.1 給水マスタープランの概要

4.1.1 給水マスタープランの範囲

(1) 目標年次

「セ」国における水・衛生セクターの上位計画 PEPAM は、2015 年を目標年次としており、それ以降については示されていない。本 M/P は 2027 年を最終目標年次とし、計画を短期(2011-2015)、中期(2016-2021)、長期(2022-2027)の3フェーズに区分した。短期の目標年次については PEPAM との整合性を考慮した。中期と長期の期間は、それぞれ3年を実施機関とするプロジェクトを2サイクル分と想定して6年とした。また、2027年の建設予定となる優先順位の低い村落は、現在において周辺村落の人口を合わせても400人以下と小規模である。よって、2027年に社会情勢を踏まえて新たな M/P を策定すべきである。

(2) 対象となる給水施設

マタム州、ケドゥグ州では PM、PMH を含めた給水率は 2015 年の PEPAM 目標を達成する見込みであるものの、1)PEPAM でも PM は水質汚染の問題があるために安全な給水施設とは捉えておらず、DHR は新規建設を停止していること、2)PEPAM で PM から深井戸を水源とする管路系給水施設への更新が推奨される村落（2015 年人口が推定 500 人以上）はマタム州で 66 村落、タンバクンダ州で 125 村落、ケドゥグ州で 41 村落にのぼっている。以上より本 M/P では、管路系給水施設 AE(M)V の建設を主要テーマとする。

(3) 計画目標値

2009 年の計画対象 3 州の管路系給水施設による給水率は大きく異なる。タンバクンダ州は 26%、ケドゥグ州ではわずか 12%、反対にマタム州では 62% である。そこで、対象州別に計画目標値を定めることとし、計画目標値を以下のように設定した（表 4-1-1）。計画目標値は、2005 年以降に対象地域で実施されてきた給水施設建設プロジェクトが今後も同程度以上のペースで維持されることを念頭に設定した。

表 4-1-1 計画目標 AE(M)V による給水率

州	現状 給水率(%) 2009	目標給水率(%)		
		短期目標年次 2015	中期目標年次 2021	長期目標年次 2027
タンバクンダ	26	48	65	75
ケドゥグ	12	40	55	65
マタム	62	78	86	90

4.1.2 給水マスタープランの内容

給水施設新規建設に関する施策では、管路系給水施設による給水率向上を重点項目とした。また、既存給水施設の拡充・改修に関する施策では、深井戸の掘直しと揚水機器の更新を重点項目とした。下図で編みかけのテーマについて詳細を計画している。

稼働していない給水施設のうち、深井戸の掘直しは改修費用が最も大きく、ASUFOR による対応範囲を超えているため、重点的に支援すべき項目である。また、揚水機器の更新は費用対効果が大きい。

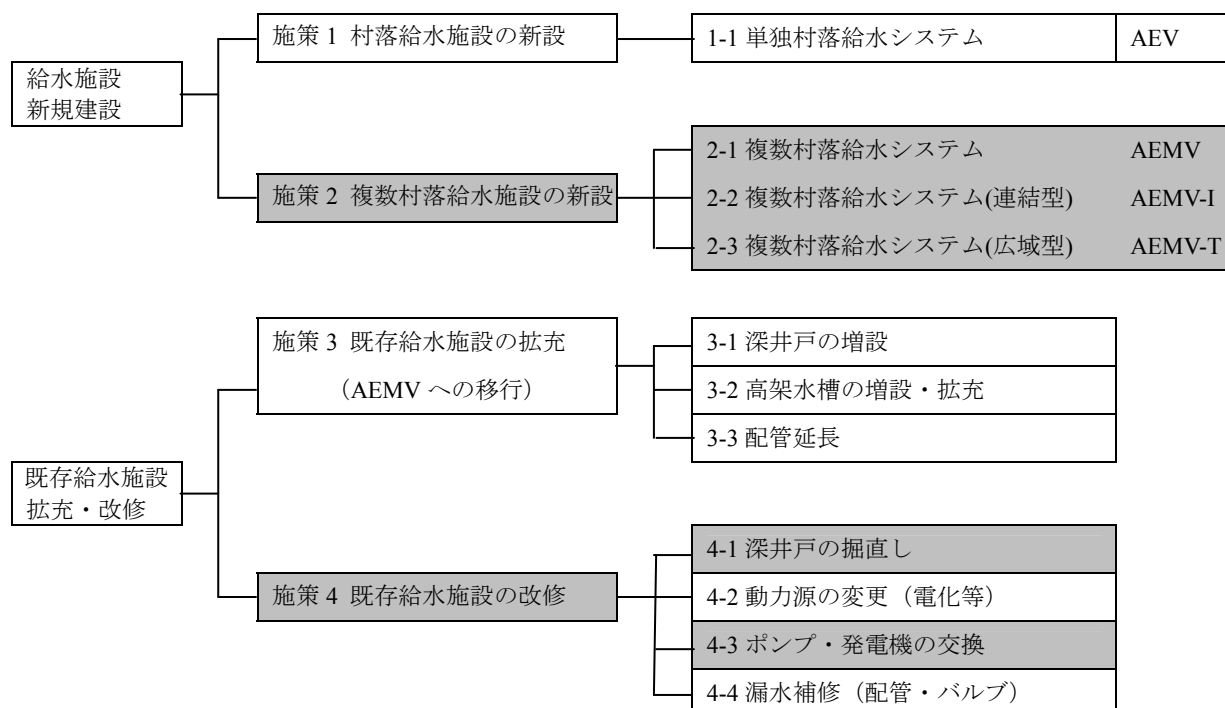


図 4-1-1 給水マスタープランで提案する施策構成

4.1.3 短期・中期・長期毎の給水フレームワーク

水セクター上位計画 PEPAM の目標値は、2015 年までに給水率 82% を達成するというものである。以下のとおり今後の給水計画を短・中・長期の 3 つの期間に区分けして提案する。2015 年までを「短期」とし、国家目標達成に対して管路系給水施設建設によって貢献する。2021 年までを中期として管路系給水施設建設を継続し「浅井戸から安定した水源への転換」を目標とする。更に、2027 年までを長期として管路系給水施設建設を 1000 人以下の規模の村落グループへ推し進める一方、「給水（消費）量の向上・快適な水質へ」「給水サービスの向上」をテーマにしていく（表 4-1-2）。

- ① M/P 短期計画 (2011-2015) : 全国平均を大きく下回る管路系給水施設の普及率を引き上げる。優先上位の村落の大部分は単独で人口 1000 人以上の村落や、地域経済・行政の中心地である。
- ② M/P 中期計画 (2016-2021) : 浅井戸によるポイントソース型給水から深井戸を利用した管路系給水施設による給水へのグレードアップをすすめる。対象は現在人口規模 700-1000 人(実施時には 1000 人以上へ増加)の優先中位の村落群となる。
- ③ M/P 長期計画 (2022-2027) : 新規施設建設の継続による優先下位の人口規模の小さい村の給水状況の改善に加え、使用水量の増加を主要目標とする。

また、公共および世帯での衛生施設の維持管理には水の利用が欠かせないが、水栓を備えている施設は少ない。そのため、衛生施設への手洗い用給水栓設置を推進していく。その他、鉄分の多い水質の除去装置設置などの給水サービスの向上に取り組む。

表 4-1-2 短・中・長期における目標

期間	2015 年まで	2016-2021 年	2022-2027 年																		
定義	短期	中期	長期																		
主要目標	PEPAM 目標給水率 82%達成 (近代的浅井戸を含む) 管路系給水施設建設の寄与率 <table border="1"> <tr> <td>タンバクンダ州</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>ケドゥグ州</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>マタム州</td> <td>1%</td> </tr> </table>	タンバクンダ州	7%	ケドゥグ州	1%	マタム州	1%	・ 浅井戸から管路系給水施設への転換	・ 給水(消費)量の向上												
タンバクンダ州	7%																				
ケドゥグ州	1%																				
マタム州	1%																				
重点課題	・ 管路系給水施設普及率の全国平均への引き上げ <table border="1"> <tr> <td>タンバクンダ州</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td>ケドゥグ州</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>マタム州</td> <td>78%</td> </tr> </table>	タンバクンダ州	48%	ケドゥグ州	40%	マタム州	78%	・ 管路系給水施設普及率の全国平均への引き上げ(継続) <table border="1"> <tr> <td>タンバクンダ州</td> <td>65%</td> </tr> <tr> <td>ケドゥグ州</td> <td>55%</td> </tr> <tr> <td>マタム州</td> <td>86%</td> </tr> </table>	タンバクンダ州	65%	ケドゥグ州	55%	マタム州	86%	・ 管路系給水施設普及率の向上 <table border="1"> <tr> <td>タンバクンダ州</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>ケドゥグ州</td> <td>65%</td> </tr> <tr> <td>マタム州</td> <td>90%</td> </tr> </table>	タンバクンダ州	80%	ケドゥグ州	65%	マタム州	90%
タンバクンダ州	48%																				
ケドゥグ州	40%																				
マタム州	78%																				
タンバクンダ州	65%																				
ケドゥグ州	55%																				
マタム州	86%																				
タンバクンダ州	80%																				
ケドゥグ州	65%																				
マタム州	90%																				
副次的課題	・ 動力式給水施設でありながら、供給量が限定される施設の適正施設への転換。 ・ 維持管理体制の向上	・ 維持管理体制の向上(継続)	・ 基盤岩地域で給水量増加 ・ 維持管理体制の向上(継続) ・ 水質の改善																		
主計画	・ 裨益人口上位のサイトへの新規管路系給水施設建設 ・ 停止施設の再稼働 ・ 商業電源への変更	・ 裨益人口 1000 人前後のサイトへの新規管路系給水施設建設 ・ 商業電源利用への転換 ・ 規模の大きい給水施設の運営移管 ・ 施設修理の民間委託	・ 裨益人口 1000 人以下の新規管路系給水施設建設 ・ 給水プロジェクト推進による衛生条件の改善 ・ 除鉄装置の設置																		

州毎に自然条件、社会条件、村落形態、水理地質条件、給水条件が異なるため、それぞれの地域毎に給水施設計画を提案する。

4.2 給水計画の基本方針

4.2.1 計画年次

「セ」国では、PEPAM の給水マニュアルでの記載や他ドナーの建設案件など給水計画を立案する際の計画年次は一般的に 10 年として実施してきている。揚水機器の耐用年数（5-7 年）や高架水槽の保険期間（10 年）、人口増加率（計画後 10 年で約 1.3 倍）を鑑みれば、施設の寿命や規模の点から、10 年とする設定は妥当と判断する。

4.2.2 計画給水人口・計画給水量

下記の通り、実施機関である DHR が採用している方法及び PEPAM が定めた方針に従うものとする。

1) 世帯への給水

- 人口 : 「セ」国センサス RGPH2002*の調査結果を採用する。
RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
 2002 年以降にセンサスは実施されていない。そのため、2002 年の人口データが最新である。
 *ただし、センサスの人口データは現実と相違していたり、実在する村落が記載から漏れていたりすることから、プロジェクトの実施前に現地調査で数値の妥当性について検証すべきである。
- 人口増加率 : 3,0%
 *各種国家計画および PEPAM では 3,0%が採用されている。ただし、プロジェクト毎、対象地域毎に設定できればより正確である。
- 給水原単位 : 35L/人/日
 *給水原単位としては、WHO の推奨値が採用されている。しかし、実際の水消費量は、PEPAM の調査結果では 28 L/人/日、本調査結果では 21,3L/人/日であった。この結果は公共水栓利用の限界を示しており、推奨値達成のためには各戸給水への移行が必要となる。

2) 家畜への給水

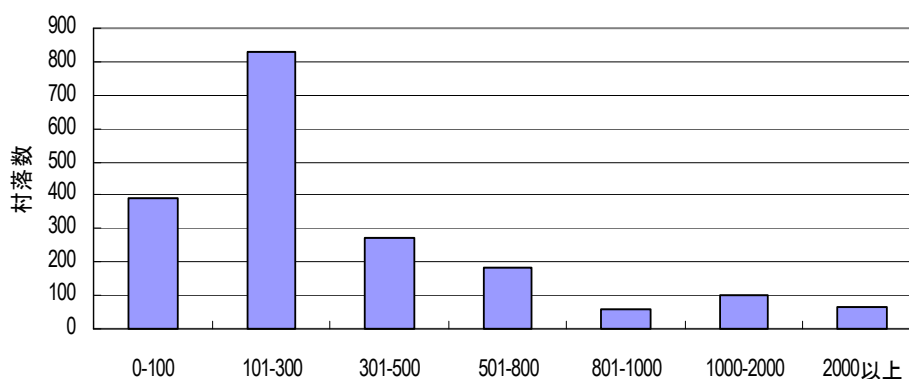
- 家畜数 : 人口に 2,57 を乗じる。
 *農業省基準による
- 家畜数増加率 : 2,0%
 *PEPAM 及び他ドナーとも従来から増加率 2,0%を採用している。
- 水消費原単位 : 40L/UBT/日
 *1UBT : Unités de Bétail Tropical(熱帯地域家畜単位)は体重 250Kg の動物 1 頭相当を意味する。

上記方針に則った給水計画の立案を提案する。ただし、セネガル川およびガンビア川とその支流沿いの村落においては、家畜への給水は年間を通じて表流水を利用しているため、給水施設からの家畜への給水の必要性については、プロジェクト毎に確認する必要がある。

4.3 新設計画についての基本方針

4.3.1 給水システム

計画対象地域においては、人口 1000 人以上の村落における管路系給水施設の整備率は 70% を超えている。M/P の計画目標を達成するためには人口規模の小さい村落の施設整備が不可欠である。計画対象地域は下図（図 4-3-1）が示すように、人口 101～300 人の村落数が最も多く、300 人以下の村落が過半数を占めている。対象地域での管路系給水施設の普及を促進するためには、小規模村落の取り込みが重要な鍵になる。そこで、システムを 4 種類に分けて提案した。



出典：調査結果による最終村落リスト

図 4-3-1 人口区分での村落数

1) 施策 1：単独村落給水システム AEV

AEV は管路系給水施設で単独の村落のみを対象とする給水システムである。PEPAM は、複数村落を給水対象とするシステム（AEMV）の妥当性がない場合（水源の水量不足や近傍村落がない、単独村で人口千人以上等）の代替案として AEV を位置づけている。計画対象地域の一部は、地下水開発の困難な基盤岩地域であることから、新規水源井の揚水量が複数村落の需要量に満たないと予想される。その場合には、給水システムを AEV とせざるを得ない。

2) 施策 2-1：複数村落給水システム(AEMV：Adduction d'Eau Multi Villageoise)

AEMV は中心村落とその周辺の衛星村落を対象とする管路系給水施設であり、給水人口が多いほど、住民 1 人当りの運転維持管理費の負担金額は小さくなる。これは近年「セ」国が複数村落給水システム（AEMV）を推奨している所以でもある。この方針を踏襲して、M/P では AEMV を給水システムの基本と考える。また、動力源を太陽光発電とするシステム AEMV-S や、簡易な浄水施設によって表流水を水源として活用する給水システム AEMV-ST もこの分類となる。

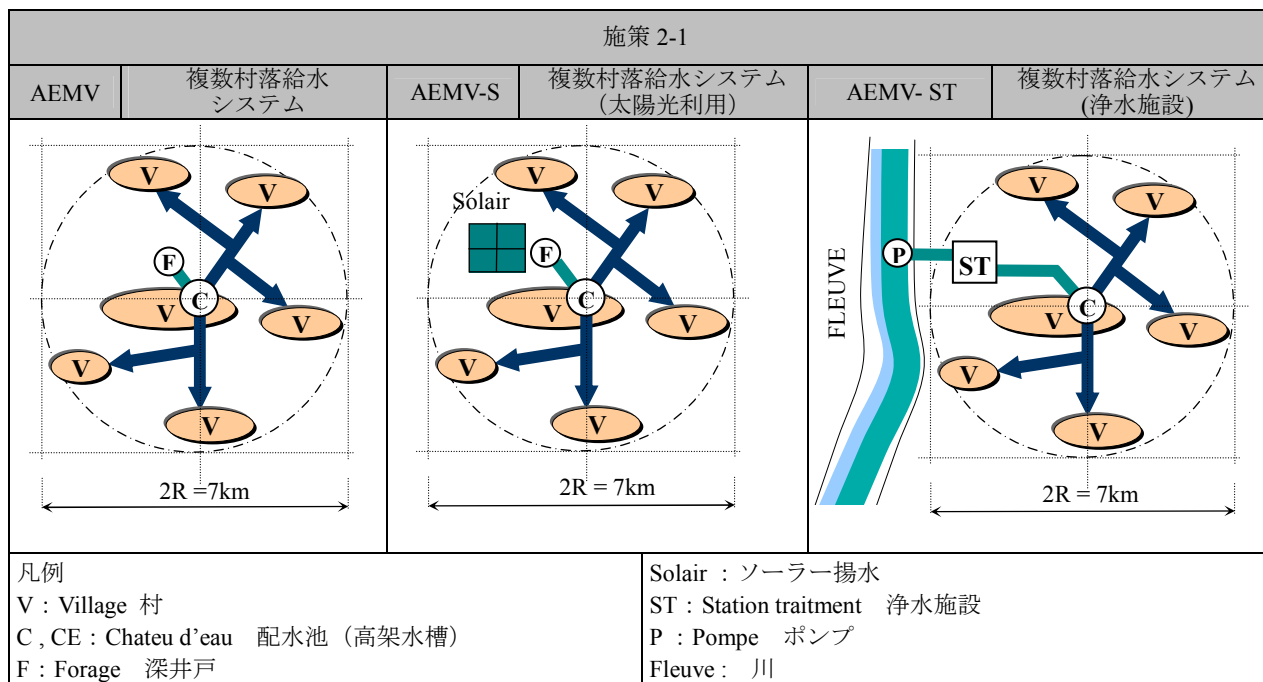


図 4-3-2 給水システムイメージ(AEMV)

3) 施策 2-2 : 複数村落給水システム (連結型) (AEMV-I)

計画対象地域において給水率が低い原因の 1 つは、小規模村落が広範囲に分散しているケースが多いことにある。これらの村落は従来、給水施設建設対象として優先度の低い村落とされてきた。今後、主要村落で給水整備を完了した後の更なる給水率の向上のためには、こうした投資効果の低い小規模村落をいかにカバーするかという課題を解決することが求められる。

小規模村落の多くは、複雑に入り組んだワジ (涸川) に沿って約 3km~5km の間隔で点在している。こうした条件下にある小規模村落に対してはワジの上流に水源井と高架水槽を建設し、ワジに沿って配管を敷設することを提案する。これは、通常の AEMV を複数連結させた程度の規模となる。

高架水槽からの配水管は長距離となるが、ブースターポンプや中継水槽を要せずとも自然流下で長距離配水が可能であり、施設建設費が比較的安価となり、住民の運営・維持管理費の負担軽減に繋がる。

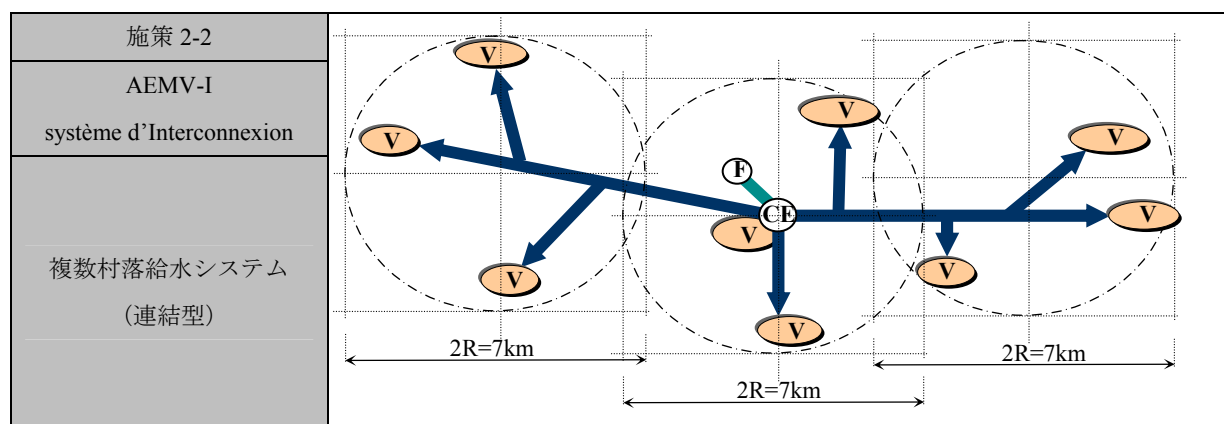


図 4-3-3 給水システムイメージ (AEMV-I)

4) 施策 2-3：複数村落給水システム（広域型）（AEMV-T）

AEMV-T は地下水の賦存量が少ない基盤岩地域に位置する村落群の水需要に応えるため、水量を豊富に確保できる地域に水源を求め、導・配水を行う広域給水システムである。AEMV-T と AEMV-I の相違点は水源 (F) と高架水槽 (CE) の距離にある。AEMV-I の場合は水源と高架水槽は近接し、配水管が従来の AEMV より長い施設であるが、AEMV-T は水源から高架水槽までの距離が 15-20km となり、途中ブースターポンプの設置も必要になる。地下水の賦存量が少ない基盤岩地域に位置する村落では、村内の井戸で需要量を確保できない場合が多い。そのため、これらの地域では従来 PMH が利用されてきた。また、管路系の給水施設が利用されることもあるが井戸の揚水量が小さいために水槽に貯水する間、給水を停止せざるを得ない状態である。需要量を確保するには水量が豊富に確保できる堆積岩地域の地下水や表流水の利用が対処案として考えられる。ただし、運営費用が高くなるため裨益人口を確保できる地域であることと、導・配水のための運転費用低減可能な地形条件が必要となる。

地形的条件では 基盤岩地域と堆積層地域との境界地域の標高は周辺に比べて高くなっており、ここに配水池を設置すれば、堆積層地域の水源を貯水槽まで送水し、自然流下によって基盤岩地域に配水することが可能である。水源地となる堆積岩地域は配水池の適地から 10-15km 離れる。

裨益人口の点では、村落の多くはワジ（涸川）に沿って点在しているため、この地形条件で人口規模の大きい主要村落を複数含む地域を選定する。標高差が充分あるため、自然流下で配水可能な距離を域内の主要村落まで延伸することが可能である。また、裨益人口を確保する観点から可能な限り多くの村落を給水対象に組み込むために、給水エリアは AEMV-I に比べて広域になる。

このシステムは動力源が課題となる。水源井は僻地に位置しているため発電機の燃料調達が難しい。加えて、給水人口規模と揚程の大きさから出力の大きいポンプを選定する必要があるため、発電機では効率が悪く商用電力の延伸が望まれる。

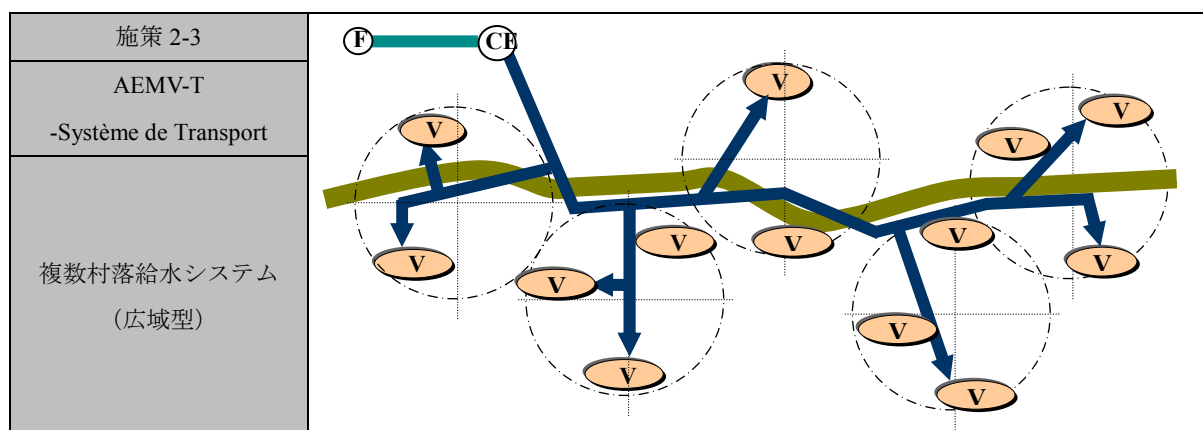


図 4-3-4 給水システムイメージ (AEMV-T)

4.3.2 管路系給水施設の技術オプション

セネガルの村落給水では、水源として地下水を利用し、発電機の動力で揚水する施設が一般的である。しかし、対象地域の中には地下水の賦存量が小さく水源を表流水に求めざるを得ない村落や遠隔地に位置するため燃料の調達が難しくディーゼル発電機利用の給水システムの運転費用が高額になる村落もある。このような村落では、表流水を利用した浄水施設 (AEMV-ST)、太陽光利用施設 (AEMV-S) が代替案となる。また、地下水に含まれる鉄分が 2-4mg/L になる地域では、その水質改善のための除鉄装置を管路系給水施設に設置する施策が考えられる。

水源として、セネガル川の水を利用した浄水施設 (AEMV-ST) は、地下水利用の場合と比較し、運転費用が高額となり、水利用料金をより高く設定することになるため、収支に見合う裨益人口が必要となり、CR BALLOU の村落が対象となる。

村落が僻地に位置し燃料調達費用のかかる場合や、人口規模が小さく水料金収入に対して施設の維持費が大きくなるなど、維持管理費について懸念のある場合、ディーゼル燃料調達費用を削減できる太陽光利用施設が代替となる技術オプションになる。ただし、1 井戸での揚水量が小さく設置するポンプの出力が小さいという条件がつく。

既存の太陽光利用施設の多くが、修繕方法が分からないため故障したままとなっている。そのため、導入にあたっては PRS での方式にならない民間との修繕契約等を導入する。除鉄装置については、水質の向上は可能であるが、維持管理の手間がかかるため試行段階が必要である。それゆえ、長期的な目標として、施設の建設費用を F/S で検討するにとどめる。表流水を利用した浄水施設 (AEMV-ST)、太陽光利用施設 (AEMV-S) 運営・維持管理の方針については 4.6.2 にて記載する。

4.3.3 提案施設と従来の施設の比較

新規に提案する AEMV-I、AEMV-T、AEMV-ST と従来の施設について比較を行う。

表 4-3-1 提案施設と従来施設の比較

提案した新規コンセプト	利点	欠点	代替施設	代替施設の問題点	施設選択で提案する判断基準
AEMV-I	<p>1. 裨益人口が増加するため維持管理費積立額が多くなる。</p> <p>2. AEMV 単独では施設建設の優先順位が低く建設は難しい村落にも配管で給水が可能となる。</p>	<p>1. 埋設配管の増加により、施設あたりの建設費が高騰する。</p>	AEMV 単独	<p>1. AEMV 対象の村落グループの優先順位が低い場合、施設建設時期は長期計画以降となる。</p>	<p>1. 配管長当たりの裨益人口が、連結しない場合と同等の場合</p> <p>2. 連結した場合の 1 人当たりの事業費が、AEMV の 1 人あたりの事業費の 2.0 倍以内になる。</p>
AEMV-T	<p>1. 裨益人口を確保することで、維持管理費積立額をより多く確保できる。</p> <p>2. 単独では施設建設が難しい村落にも配管で給水が可能となる。</p> <p>3. 需要に合った水量を供給できる水源の確保が可能となる。</p>	<p>1. 配水距離が長いいため事業費が大きくなり、1 人あたりの事業費も AEMV と比較して 2-3 倍程度になる。</p> <p>2. 給水範囲が広いため、運営が軌道にのるまで、運営指導期間が比較的長くなる。</p>	AEV	<p>1. 裨益人口に対して、十分な水量の井戸が確保できない村落では、供給水量が充分となるまで井戸を増設する必要がある。村によって管路給水施設を運転できる適切な井戸を確保できないため、PMH のみ建設可能で、特に水利用の利便性において給水状況の改善とはならない。</p> <p>2. 村落毎に給水施設を建設するため、裨益人口が小さい場合、維持費の積立額が不足する。</p>	<p>1. 裨益人口合計が 10 000 人を越える。</p> <p>2. 優先順位の高い村落グループ、PMH から AEV に転換するべき人口 500 人を越える村落を含む。</p> <p>3. 堆積岩地域に隣接すること。</p> <p>4. 配水池から重力で給水できること。</p> <p>5. 各村落に建設する施設の事業費が AEMV-T を実施する事業費と同等である。</p>
AEMV-ST	<p>1. 深井戸に比べて安定した水量が確保可能である。</p>	<p>1. 浄水施設の運営費捻出のために井戸を利用する場合と比較して 2-3 倍の水料金になる。</p>	代替水源を深井戸とする	<p>1. 需要量を賄う井戸の確保が必要となる。試行錯誤の試掘で、試掘本数、生産井戸数の本数が決定する。</p>	<p>1. 試掘を 3 本以上実施して地下水では需要量を満たさないと判断された場合。</p>

4.4 改修計画についての基本方針

(1) 改修計画の内容

停止中の既存施設は建設時期が古いことが示すように地域の拠点として給水整備の優先順位が高いとされた村落にあり、現在でもその位置づけは変わらないことから早急な改修が望まれている。また、安全な水へのアクセス率を限られた投資で効率的に改善するためには、既存施設については耐用面での問題がなければ改修・拡充による対応を行う方が全構成施設を建て替える新規建設よりも効果的である。

管路系給水施設は深井戸、揚水機器、機械室、貯水槽、埋設配管、公共水栓、家畜水飲場、車両給水所で構成される。その中で本 M/P では、施設の稼働停止の主要因である深井戸の掘り直し、および揚水機材改修を主として対象とする。他構成施設は実施するプロジェクト対象村落の経済・社会的な状況により改修レベルは異なるため、各プロジェクト実施時に改修範囲を定義することが望ましい。

(2) 実施体制

改修は、故障施設のある村落から BPF に相談がなされることから始まる。改修費用が高額で村落側の費用負担が困難な場合、村落共同体長と BPF が協力し、州政府、中央政府、ドナー（NGO）に対して支援を要請して、プロジェクトが実施される。そのため、給水施設の改修計画実施に当たり、段階毎に以下のような実施主体が業務を担うことが適切である。

表 4-4-1 施設改修計画の実施主体

段階	実施組織	備考
1. 起案	CR	施主
2. 計画	BPF	実施機関
3. 予算申請	CR	「セ」国政府、NGO によるプロジェクト計画決定と予算措置
4. 設計・施工監理	「セ」国企業	選定、契約は実施機関またはドナーによる
5. 施工	「セ」国企業	選定、契約は実施機関またはドナーによる

4.5 州別給水フレームワークの概要

4.5.1 タンバクンダ州

タンバクンダ州は東西 400km、南北 200km におよび、東西、南北で水理地質条件や社会条件が異なり、給水計画での留意点も異なる。担当範囲が広いため、維持管理局はタンバクンダ、グディリの 2 ヶ所に支所を置いている。

同州では、単独村落人口が 800 人を超える村落共同体庁舎所在地や大規模村落においても AE(M)V が建設されていない。州全体での AE(M)V の新規建設が必要である。

(1) 州の地域性

1) 水理地質的特性

州西部で利用可能な帯水層は Ma 層と OM 層の 2 種に分類される。両層とも AE (M) V で計画する一井当たり $50\text{m}^3/\text{h}$ 程度の揚水量は確保できる。特に Ma 層は粒径も大きいため、 $50\text{m}^3/\text{h}$ 以上の揚水をする場合に砂産出のリスクが低い利点がある。但し、タンバクンダ市より西側の地区では Ma 層の深度は 400m から 500m となり、OM 層を対象とした場合と比べて建設コストが 2 倍になる。さらには、ケーシング強度が必要となるため、鋼製ケーシングの利用が避けられないため腐食による寿命の問題がある。OM 層の問題点は砂粒度が小さいため、 $50\text{m}^3/\text{h}$ 以上の揚水量を設定した場合、砂産出の可能性がある。また、Koumpentoum 南部では鉄含有量が 3mg/L 程度になるため、将来的には水質改善が必要である。

基盤岩地域では $5\sim 10\text{m}^3/\text{h}$ の揚水量を確保できる井戸もあるが、通常 $2\text{m}^3/\text{h}$ 以下で、空井戸も多い。管路系給水施設があっても各戸給水接続制限や家畜への給水制限等があり、人口規模の大きい村落では、供給量の増大が課題となっている。州東部の基盤岩が露頭する地域で Sarre-Sinthou Fissa-Koussane を結ぶラインに位置する村では静水位が深く、浅井戸の深度も 50m 以上、PMH でも単位時間あたり揚水量が少なく、水困窮度が非常に高い。

セネガル川沿いで基盤岩や堆積層の地下水で需要を満たす水源を確保できない場合は、河川水の併用も検討項目となる。

また、浅井戸は全ての村にあるものの、水位が $30\sim 50\text{m}$ と深いため労働負荷が高い。ただし、川沿いや標高の低い地域、基盤岩地域では水位が $5\sim 10\text{m}$ 程度と浅く建設が容易であるため、村内の浅井戸が多い。浅井戸の建設の容易さと、トイレ等の汚水浸透による汚染の進行は表裏一体となっている。

以上より、堆積岩地域は、建設が想定される施設規模に対して水源の水量に関する制約はなく水源を確保可能で、1 井戸の費用対効果の点で裨益人口を多くする施策が求められる。

水量の確保が難しい基盤岩地域では、複数の井戸での運用が検討される他、スケールメリットを出せる裨益人口が確保できる地域では域外の水源を導水する施策も検討対象となる。

2) 社会的特性

対象地域では複数の民族が共存している。特に北部は遊牧を生業としているプル族が多い傾向にある。国道以南では 1980 年代にダカール近郊などから移住により農地開発が進められたため、出身のさまざまな民族が村を形成している。中央部から東はマリの主要民族であるマンディンカ族（マンディング族、バンバラ族、サラホレ族）が増加傾向にある。商業が発達し商店がある村落では、ウォロフ族、ジョラ族が商業に従事している。

遊牧を行う北部では、 $30\sim 100$ 人の集落に分かれて在住している。

上記のように多種多様な民族が在住しているが、給水施設の運営に支障をきたす民族間の関係は特に報告されていないこと、施設改修資金の積立金を確保するためには裨益人口が必要なことから民族毎に給水施設を分ける配慮は計画に考慮しない。但し、ASUFOR 役員の構成で民族バランスを考慮し、また、公共水栓の位置や数について民族を考えて配置し、建設段階での民族配慮は必要である。

3) その他

下記の対象となる地域は村落人口、村落密度とも他地域と比較して小さく、全体における優先順位は最下位となるため、本 M/P の検討対象とはしない。

- ・ バケル県の Falémé 川沿いで地下水塩分が高い地域 (CR Gathiary 全域, Takoutara) があり、これらの地域では近隣水源からの送水が必要である。
- ・ Falémé 川周辺村落や国立公園近傍に立地する村落は、アクセス道路の状態が非常に悪い。

(2) フレームワーク

1) 新設

1 基あたりの井戸で裨益人口を高める施設の新設を推進する。堆積岩地域では水源の制約がないが、基盤岩地域では複数井戸の使用が前提となるため、実施段階で追加水源の試掘を実施し、水源確保を行うことが施設建設の前提となる。また、基盤岩地域への外部からの導水施設は村落密度の高い Goudiry-Kidira 間と、それに加えて Bema-Gabou 周辺までの導水が検討対象となる。

2) 改修

給水を停止している施設が多いため、実際に給水されている率と給水施設の有無で定義した名目の給水率の間で大きな乖離があることや、今後控える修理の民間委託を考慮して、施設改修を短期目標に位置づける。特に老朽化した井戸の損傷による給水停止は各地域の拠点村落で発生しているので対応は緊急を要する。

タンバクンダ州南西部の老朽化した施設は、地上型あるいは高さ 5m の水槽が多く、その配水地域は村落の拡大に対応できていないため、水使用料からの収入が増えず、修理積立金の不足の原因ともなっている。そのため、全般的な改修に加えて、単独村落給水システム AEV から複数村落給水システム AEMV に移行するための拡張を行う必要がある。具体的には、中心村落に高さ 20m 以上の高架水槽を新たに建設する。それにより、高架水槽から半径約 5km 圏内に配水可能となる。

タンバクンダ州北西部は遊牧民が移牧を生業とする地域である。村落の定住人口は少なく、かつ、お互いに離れて分布しているなど村落密度が低い。家畜数は他地域と比較して多い。この地域の中ではタンバクンダ州南西部に次いで給水率が低い地域であるため、数少ない給水施設に家畜や人々が集中し、家畜水飲場、給水ポイントが不足している。そのため、既存施設の改修においては、家畜水飲場および車両給水所を増設することを基本方針とする。

その他の地域では、既存給水施設の改修に際して、維持管理費を下げることを目的に、脚柱が 20m 以上の高架水槽を建設し、給水区域の拡張を基本方針とする。

3) ドナー動向

給水施設の小規模改修に ASUFOR の強化を組み合わせ実施している NGO の支援例がある。EAU VIVE は Gouloubou 村、Netboulou 村、Colibantang 村における改修工事では、ASUFOR の組織化も平行して実施されている。GRDR はバケル県において 20 カ村の ASUFOR の再強化支援 (AGEPA) を行なっている。新設や大規模改修は BAD、IDA の実施が確定しているため、管路系給水施設の普及率を達成するためには従来類似案件を行ってきた日本、サウジアラビア、UEMOA、USAID 等からの協力が期待される。

表 4-5-1 タンバクンダ州 M/P フレームワーク

タイム・フレーム	短期計画：2011-2015					中期計画：2016-2021						長期計画：2022-2027					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
目標達成のための施策	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
PEPAMの目標	安全な水の給水率82%を達成する。					未定						未定					
M/Pで提案する目標-新設	配管による給水率 全国レベルへ引き上げ					浅井戸から配管型給水施設への転換						給水(消費)量の向上					
M/Pで提案する目標-改修	名目と実質の稼働率の整合化					運営移管・修理民間委託の可能な施設へ						各戸給水対応へ					
新設計画																	
1-1	配管型給水施設の普及率向上48%	47施設建設															
	表流水利用浄水場	Koungary, Golmi, Yaferaの3施設															
1-2	配管型給水施設の普及率向上65%					62施設建設											
	長距離導水広域給水計画					Goudiry東部			Bakel南西部								
1-3	配管型給水施設の普及率向上80%											82施設建設					
改修計画																	
2-1	停止施設井戸掘りなおし	4施設	4施設	4施設	4施設	2施設											
2-2	停止施設再稼働(井戸以外の問題)	4施設	2施設	2施設													
2-3	大規模施設の運営移管					Kidira, Koumpentoum, Goudiry, Koussanarの4施設											
2-4	維持管理民間委託支援パッケージ																
2-5	ASUFOR転換支援																
2-6	商業電力利用の推進	15施設															
2-7	各戸給水栓の推進																
2-8	除鉄装置設置																
技術支援計画																	
3-1	ハンドポンプ維持管理システム構築支援	UEMOA実施中(新設案件に付随のパッケージ)															
3-2	ハンドポンプ維持管理状況調査と強化計画																
3-3	ハンドポンプ部品購入店の招致	購入地までの距離が100km以内となるようにKidira, Bakel, Sadatouの3カ所															
ドナー支援状況																	
確定	PEPAM-BAD																
確定	PEPAM-IDA																
確定	UEMOA 2																
確定	PAISD																

4.5.2 マタム州

(1) 州の地域性

社会状況は、1)国道からセネガル川沿いにかけての地域と、2)州西部のフェルロ (Ferlo) 地域で大きく異なり、インフラの格差も大きい。

州全体の管路系給水施設の普及率は全国平均と同等であるが、西部の普及率は低いいため新規建設を優先すべき地域である。また、中・大規模村落が集中する国道沿いには、基盤岩地域であるために地下水を確保できない村落では、堆積層地域からの送水が考えられる。また、人口が3000~4000人を超える大規模村落が5村落存在し、SDEによる運営へ移管すべき対象である。

1) 水理地質的特性

マタム州のほぼ全域において、地下水の開発はMa層が対象となり、揚水量50m³/hを確保できる。ただし、CR Bokeladjiは基盤岩地域に位置するため、揚水量はほぼ1~3m³/hに限定される。5m³/h程度の揚水量を確保できる井戸もあるが、需要量を井戸1本で賄うことができないため、Bokiladji村やThiagnaff村では、複数の井戸を利用している。

MatamではSDEの浄水施設に除鉄装置が設置されているように、マタム州北東部では地下水から鉄2-3mg/Lが確認され、既存施設では鉄分対策の要望も出ている。

以上より、堆積岩地域は、水源の水量に関する制約はなく水源を確保可能で、井戸建設の費用対効果の点で裨益人口を多くする施策が求められる。

水量の確保が難しい基盤岩地域では、Bakel南西部の堆積岩地域に井戸を建設し導水する施策も検討対象となる。

2) 社会的特性

セネガル川沿いはバケル西部がトゥクレール族、東部はソニンケ族が多数を占める。国道より西部ではプル族がほとんどとなる。ただし、国道沿いや川沿いの村落は都市化して様々な民族、出身者が居住している。川沿いの村落には、マリ人が農作業に従事する目的で多く流入している。

市街化した影響で民族の構成が複雑な国道・セネガル川沿いでの給水施設整備はほぼ完了しているが、給水事業の運営に支障をきたすような民族間の関係は特に報告されていない。また、今後、施設建設の中心となる内陸部はプル族のみの居住地域であるため特に複数民族間の配慮は計画に含まない。

(2) フレームワーク

1) 新設

井戸 1 基あたりで裨益人口を高める施設建設を推進する。ただし、国道沿いの村落のように、村落の人口が大きい場合は、運営に適正な施設規模となるように施設の分割も検討する。堆積岩地域では、水源の制約がないが、基盤岩地域では複数井戸の使用が前提となる。また、基盤岩地域への外部からの導水施設は村落密度の高い Bonji 南部が検討対象となる。

国道沿いの村落を対象とした給水施設の整備は短期計画前半にはほぼ完了し、プロジェクト実施の中心地はフェルロとよばれる内陸地域となる。

2) 改修

大部分の既存施設が老朽化し、改修の需要は潜在的に高い。施設数が少ないため、施設あたり裨益範囲が広く、施設故障の影響は大きい。維持管理本部より最も遠い地域に位置するため、今後に予定されている維持管理の民間委託の恩恵の大きい地域といえる。内陸フェルロでは、現在施設数が少ないため改修待ちの施設数も少なく、対応を待っている施設が数十施設にのぼるような状況ではないが、内陸フェルロでの施設建設が進む中期計画以降は大きな課題となる。

国道沿いには建設年代の古い施設が多い。老朽化した施設については、深井戸、高架水槽、機械室、埋設配管の更新を順次進める必要がある。この場合には高架水槽を高くすることにより、給水範囲を広げて国道から数 km に位置する内陸部の村落も受益地域に含めることが有効な対応である。

マタム州南西部は遊牧民が移牧を生業とする地域でフェルロ地域と呼ばれている。村落の定住人口は少なく、かつ、村落は互いに離れて分布しているなど村落密度が低い。家畜数は他地域と比較して多い。この地域はマタム州の中では給水率が低い地域であるため、数少ない給水施設に家畜や人々が集中し、家畜水飲場、給水ポイントが不足している。そのため、既存施設の改修においては、家畜水飲場および車両給水所を増設することを基本方針とする。

3) ドナー動向

国道、セネガル川沿いは NGO や移民組合が関与する PAISD (Programme d'Appui aux Initiatives de Solidarité pour le Développement) の活動が盛んなため ASUFOR 強化や小規模改修等は着実に実施されている。また、PEPAM-IDA でも現在案件実施に向けて対象村落の選定中である。一方、フ

エルロ地域では新設案件もほとんどないことが示すようにこれらのドナーの関与は低いため、政府主導で新規案件の導入をはかることが必要である。

表 4-5-2 マタム州 M/P フレームワーク

	タイム・フレーム	短期計画：2011-2015					中期計画：2016-2021						長期計画：2022-2027					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	目標達成のための施策	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	PEPAMの目標	安全な水の給水率92%を達成する。					未定						未定					
	M/Pで提案する目標-新設	配管による給水率 全国レベルへ引き上げ					浅井戸から配管型給水施設への転換						給水(消費)量の向上					
	M/Pで提案する目標-改修	名目と実質の稼働率の整合化					運営移管・修理民間委託の可能な施設へ						各戸給水対応へ					
新設計画																		
1-1	配管型給水施設の普及率向上78%	25施設建設																
1-2	配管型給水施設の普及率向上86%						26施設建設											
	長距離導水広域給水計画						BAKEL東南部広域											
1-3	配管型給水施設の普及率向上90%												28施設建設					
**	表流水利用浄水場	Koungary, Golimi, Yafera																
改修計画と技術支援																		
2-1	停止施設井戸掘りなおし	1施設																
2-2	停止施設再稼働(井戸以外の問題)	3施設 3施設 1施設																
2-3	大規模施設の運営移管						Ourosogui, Kanel, Boki Diave, Orkadiere, Orefonde, Dembankane											
2-4	維持管理民間委託支援パッケージ																	
2-5	ASUFOR転換支援																	
2-6	商業電力利用の推進	17施設																
2-7	各戸給水栓の推進						コミュニティ、国道沿いの施設											
2-8	除鉄装置設置												CR Sinthou Bamanbe, CR AOUREの地域					
技術支援計画																		
3-1	ハンドポンプ維持管理システム構築支援	UEMOA実施中(新設案件に付随のパッケージ)																
3-2	ハンドポンプ維持管理状況調査と強化計画(AEMV-Tの計画が予定されない場合)																	
ドナー支援状況																		
確定	PEPAM-IDA																	

4.5.3 ケドゥグ州

(1) 州の地域性

基盤岩地域に当たるため一般的に井戸の揚水量は1~3m³/hと小さい。そのためPMHが給水施設の中心となっている。故障して放置されたハンドポンプも多く、この改善のためにポンプ修理人の養成やスペアパーツ販売拠点の誘致がPEPTAC2によって実施された。このシステムが完全に機能するまで継続的な支援が必要である。

主要村落には井戸に動力ポンプが設置されているものの、1980年代に建設された地上型水槽が大半を占める。高架水槽があっても給水システムは貧弱で、5m高の水槽から20m高の水槽への変更や、ポイント給水から配管網を増強して公共水栓の設置などの抜本的な改修が必要である。村落規模として管路系給水施設がふさわしい村落が各CRで3~4村存在するが、現在のところ建設計画はない。そのため、管路系施設の新設・改修を中心にプロジェクトを行う。ただし、井戸の揚水量に制限があるので、各システムの詳細設計は確保可能な水量を念頭に給水システムを検討し、複数の井戸も利用しても供給量が不足する場合には一部の村落ではPMHで対応しなければならない。また、地形の起伏が大きいため、配管経路については、正確な測量調査と水理計算が必要となる。加えて、村落共同体Medina BaffeなどのPMHでは、鉄濃度が高く除鉄装置による改善が必要である。

1) 水理地質的特性

堆積層地域の自然条件とは大きく異なり、揚水量は大きく設定できても5~15m³/hである。また、水理計算や維持管理の観点において適当な地点であっても、必要とされる水量をその地点で

確保できるとは限らない。ガンビア川沿いで基盤岩や堆積層の地下水で需要を満たす水源を確保できない場合は、河川の水の利用も検討項目となる。

UEMOA プロジェクトによりほぼ全村に PMH が整備されているので、揚水量が大きくとれる既存井を利用して管路系施設建設をすすめる方法が検討されている。

複数の井戸で需要量を確保できない場合は、グループ分けした村落群で 1 施設のみではなく、施設を分割し、一部はハンドポンプの増数に切り替える等柔軟な対応が求められる。

2) 社会的特性

ブル族の他、マンディング族、ジャロンケ族、ジャカンケ族、マリンケ族、バサリ族等の様々な民族が住んでいる。国境周辺の村落では、マリ人、ギニア人も在住している。1 世帯あたりの構成人数は 6 人で他州の半分となっており、村の分布範囲も小さい。

民族間の関係は良好であるが在住する民族の種類と民族の組み合わせが他州と異なっており、また、既存の AEMV が無いことから、他州のように過去の経験から民族間の問題がないとは言いきれない。そのため、短期計画で建設した施設において給水事業運営上の多民族居住地域における課題を把握し、必要があれば中期以降の計画に反映していくこととなる。

PMH のある村落でも統計局の村落データに掲載されていないケースが多々確認され、村落が正確に把握されていない問題がある。

また、1 村あたりの人口は地域の拠点村落以外では数百人以下であり、村落密度も小さく、また、他州と異なり集落形態が散村となっている。このため、管路系給水施設の 1 人当たりの建設費は高くなり、村落間を配管でつないで給水する方式に適する村落は限定されてくる。優先度の低い中・長期村落では、具体的な計画策定時に、村落人口とその拡大傾向を見ながら、近傍の村落間の配管接続の是非を検討することになる。

(2) フレームワーク

1) 新設

同州は拠点村落では人口集中が進み、管路系施設の建設に適するようになっている。そのため、1 井戸で裨益人口を高める施設の新設を推進する。建設時には対象とする村落グループ内の水源、地形、民族間の関係確認が欠かせない。中期以降の対象村落では、短期計画での施設計画や ASUFOR 普及に関して得た教訓に留意して事業を進める。

また、民間委託導入に向けて、州内施設数を増加させることは必要条件と考えられる。ただし、M/P において優先して管路系施設を新設するとされた村落グループでも、詳細設計の結果、配管接続が不適であるとされた村では PMH の増設をすすめる。また、PMH を保有していない村落に対しては優先して PMH の建設を行う。管路系給水施設の建設対象とはならない小規模な村落については PMH の建設を継続する。

2) 改修

施設数は少ない、また、ほとんどが 20 年以上経過したポイントソース型施設である。このため既存給水施設の改修が必要な場合においては、十分な揚水量を確保可能で、人口が 500 人を超える地域について管路系給水施設への更新を検討し、脚柱が 20m 以上の高架水槽を建設して給水区

域を拡張することを基本方針とする。また、給水量が少ないことから太陽光発電給水施設の利用を検討する。

なお、PMHの維持管理体制も確立しているとは言い難い状況のため、運営・維持管理強化のための支援継続が必要である。

3) ドナー動向

近年はUEMOA、UNICEF、PNDL、鉱山会社による支援はあったが、PMHの建設のみである。

表 4-5-3 ケドゥグ州 M/P フレームワーク

タイム・フレーム	短期計画：2011-2015					中期計画：2016-2021						長期計画：2022-2027					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
目標達成のための施策																	
PEPAMの目標	安全な水の給水率82%を達成する。					未定						未定					
M/Pで提案する目標-新設	配管による給水率 全国レベルへ引き上げ					浅井戸から配管型給水施設への転換						給水(消費)量の向上					
M/Pで提案する目標-改修	名目と実質の稼働率の整合化					運営移管・修理民間委託の可能な施設へ						各戸給水対応へ					
新設計画																	
1-1	配管型給水施設の普及率向上40%	13	施設建設														
1-2	配管型給水施設の普及率向上55%							10	施設建設								
1-3	配管型給水施設の普及率向上65%												11	施設建設			
	ハンドポンプ建設プロジェクト																
	表流水利用浄水場																人口が増大した場合
改修計画																	
2-1	停止施設井戸掘りなおし	該当施設なし															
2-2	停止施設再稼働(井戸以外の問題)		3施設	2施設													
2-3	大規模施設の運営移管	該当施設なし															
2-4	維持管理民間委託支援パッケージ																
2-5	ASUFOR転換支援																
2-6	商業電力利用の推進		4施設														
2-7	各戸給水栓の推進(施設がほとんどないため、施設建設が優先。長期以降の計画となる。)																
2-8	除鉄装置設置(CR Medina Baffeを中心に設置を検討する。)																
技術支援計画																	
3-1	ハンドポンプ維持管理システム構築支援		UEMOA実施中(新設案件に付随のパッケージ)														
3-2	ハンドポンプ維持管理状況調査と強化計画																
3-3	ハンドポンプ部品購入店の招致		各県に1店としSalemata、Sarayaの2カ所														

4.6 運営維持管理についての基本方針

現在、給水施設の運営・維持管理は水管理委員会あるいは水利用者組合のASUFORにより行われ、水管理委員会はASUFORへの移行を目指している。一般的な管路系給水施設は図4-6-1のような体制となる。従来の水管理委員会と大きく異なる点は、ASUFORは州政府の承認する公的住民組織であり法人格を持つ。さらに、「従量制」の導入と給水事業運営に関わる「情報開示」、運営に必要な規則の住民総会での承認と文書化を義務づけている。本M/Pでも引き続き、このASUFORによる運営を運営・維持管理体制の基本とし、その設立や水管理委員会からの移行、既存ASUFORの運営能力の強化を支援する方針とする。

国家政策として成功を収めているASUFORであるが、一部のサイトでは円滑に機能しない例もあり留意が必要である。円滑に機能しない例としては、ASUFOR事務局の資金管理に住民が不信を抱いて料金の支払いをせず、その結果、燃料調達の資金が不足して水供給が停止し、更に不信が広がって悪循環に陥るケースがある。また、積立額が不十分な状態で揚水機器の故障が発生し、修理できずに給水が停止してしまう問題がある。よって、住民間の疑心暗鬼を取り除く調整など、監督機関の地方自治体やBPFの指導力は重要となっている。

一方、本M/Pで提案するAEMV-T、AEMV-ST、除鉄装置設置施設などは従来の「セ」国地方給水事業では導入例の少ない施設タイプであり運営・維持管理においてはASUFORが第一義的責任を負うものの、施設の運転および維持管理に要求される技術や効率的なシステム運営を考慮する

と、専門性を有する外部リソースの活用が望ましい。「セ」国では給水施設の維持管理の民間委託を進める方針が打ち出されていることから、同方針に沿って、本 M/P で提案する AEMV-T、AEMV-ST の運営維持管理モデルを検討する。

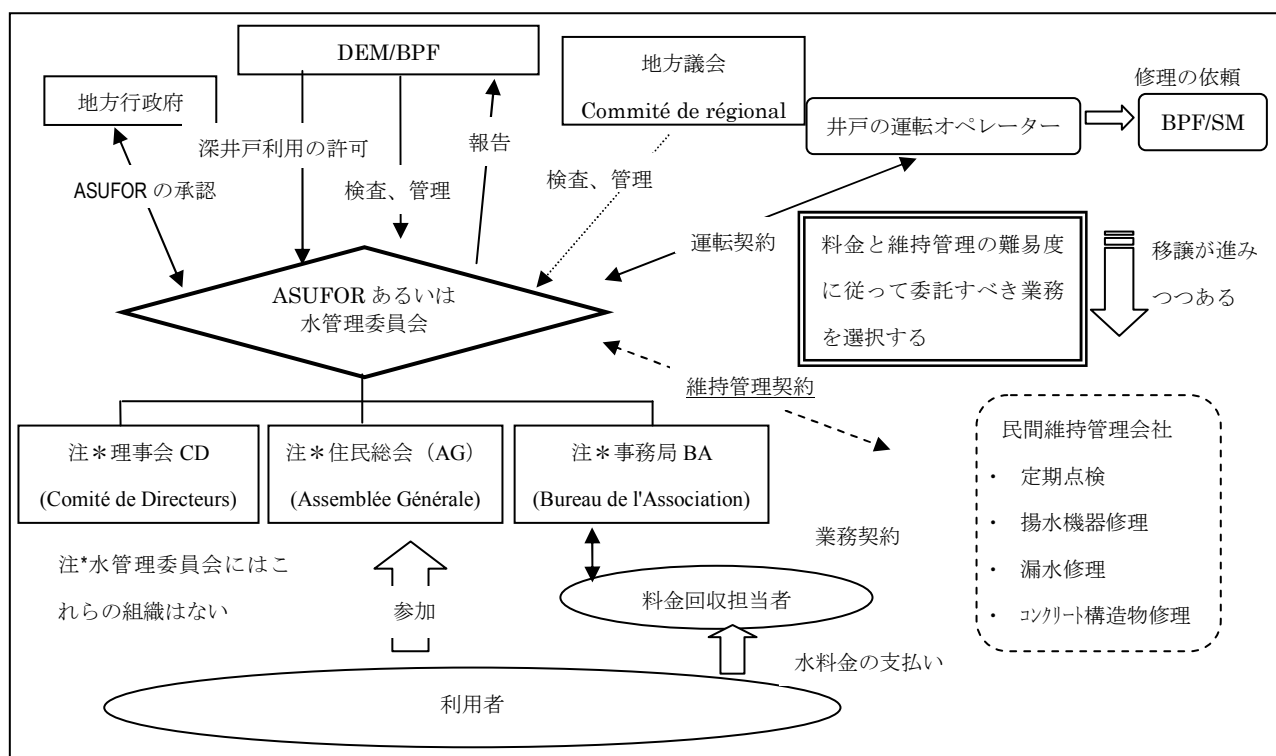


図 4-6-1 従来型の維持管理体制図 (複数村落給水システム AEMV)

施設運転および維持管理業務に関しては、ASUFOR あるいは水管理委員会が村の一個人を施設オペレーターとして契約するか、もしくは、民間業者と契約するかの 2 通りの方法が考えられる。これは運転維持管理の技術的な難しさ、村落住民の知識レベル、民間業者への支払い額について総合的に利用者間で協議して決めるのが妥当である。

4.6.1 民間活用による運営・維持管理オプションの検討要素

以下の 3 つの要素について検討した。

(1) 運営・維持管理を委託可能な現地リソース

1) 大型企業の起用

経営の安定性を欠く地方民間業者との契約に対する危惧から大企業を運営・維持管理契約元請とし、実際の維持管理業務は地方部の民間業者へ再委託とする。この場合は、サービスレベルが一定に保たれる安心感があるが、間接費などコストが高くなり ASUFOR や水管理委員会からの抵抗が予想される。

2) 地域の民間業者

簡単な修繕や各戸給水工事は現在でも各州の現地業者により行われている。行政側で品質維持のための施工業者認証システムを導入することにより、住民が業者の信頼性を確認できれば対応

可能といえる。給水システム全体の運転を委託する場合には、修理技術に加え管理能力が求められる。マネジメント能力のある業者が、上記、修理技術のある業者と共同で業務を請け負う方法も考えられる。また、行政側が現地業者の品質レベルを判定できる技術を習得することが求められる。

(2) 給水施設の維持管理レベルの設定

給水施設の維持管理に係わる作業を下表に示すごとく3つのレベルに大別し、現況と将来のあるべき体制を対比した。1)施設操業及び日常の保守点検、2)定期点検及び小中規模補修、3)ポンプ引き上げを必要とする大規模な補修の3レベルである。

表 4-6-1 給水施設の維持管理レベル

維持管理レベル	現況	今後予定する実施者	実現の条件
施設操業（ポンプ運転、検診、集金、会計等）及び日常保守点検	ASUFOR や水管理委員会で実施	ASUFOR や水管理委員会任命の集金係、会計係、施設オペレータ	実施可能である
		民間会社からの派遣員	
定期点検及び小中規模補修	BPF、地元の小企業対応	地元の中小民間業者	現在でも委託する場合はあるが、工事品質に問題のある場合がある。そのため、業者の工事品質を確認できる認証システムの導入が必要となる。
大規模補修	SM に対応	地方・都市部の民間業者。但し移行完了までには BPF 及び SM による実施を併用する。	「セ」国中央部地域で先行する民間委託により、民間企業の業務実施能力が充分と判断された後に方針が決まる。

(3) 運営・維持管理のコスト内訳

運営・維持管理に関わる固定費を PEPTAC で算定された値を元に試算した。1日の給水量を300m³/日、料金400FCFA/m³と仮定した場合の水料金収入は最大でも3,6百万FCFA/月である。運営委託費は3,33百万FCFA/月となるため、ほぼ収入と均衡する。この他に維持管理費、更新費、水栓人への支払い等の支出があるため収支はマイナスとなり、地方村落給水事業において事業の運営を民間委託とすることは費用的に難しいといえる。

ただし、給水範囲が広域化すれば施設停止による影響は大きくなるため、給水施設の問題を事前に認識し、対応できる人材が求められる。そのため、技術レベルに見合った対価を専従者に支払う方法も考えられる。市街化している村落ではある程度の技術レベルの人材が配置されており、給与（156 000FCA/月）に加えて住居を提供している。このような技術者の給与のみを負担する方式であれば、ASUFOR や水管理委員会でも導入可能である。

表 4-6-2 運営委託費内訳
(コアスタッフ数を 5 名とし、PEPTAC 算定値より想定)

運営業務 スタッフ	管理職 (労務・資金)		FCFA	595 000
	電気機械工権運転員		FCFA	156 000
	機械配管工兼運転員	2010 年調査価格	FCFA	156 000
	運 転 手		FCFA	150 000
	守 衛		FCFA	109 560
	直接人件費合計		FCFA	1 166 560
間接費	間接費	直接人件費 x 1,2	FCFA	1 400 000
	技術経費	直接人件費 x 0,4	FCFA	467 000
合計			FCFA	3 330 000

4.6.2 提案する給水施設の運営・維持管理

(1) 複数村落給水システム (広域型) (図 4-6-2)

ASUFOR による運営、民間から派遣される運転員による施設保守点検、民間への委託修理の体制を採用する。

給水域は 40km x 40km 程度の広域に広がり、典型的な施設構成は、深井戸 1 本、高さ 20~25m の高架水槽、多数の公共水栓および長距離の埋設配管となる。受益者数も 8000 人に上るため、施設規模は、通常の複数村落給水システム AEMV の数倍以上となる。また、多数の公共水栓と長距離の埋設配管があるため、給水区を分けて運営する。

運営は ASUFOR が行うが、大規模な給水システムを適切に運転するためには、民間企業に揚水機器運転業務と修理業務を委託する。

1) ASUFOR の責任

給水区ごとに ASUFOR を設立し、給水区内の料金徴収および公共水栓や配管の軽微な保守作業を行う。給水システムの全体の運営は各給水区の ASUFOR 代表者により構成される ASUFOR 連合体が責任を有し、同事務局で施設の運転、および修理業務に係わる民間業者との契約、各 ASUFOR から集められた運営維持管理費の管理、地域内の給水に係わる利害調整、行政への報告等を行う。

2) ASUFOR からの外部委託の内容および対象となる請負者

一般的な管路系給水施設の運転技術を有する程度の人材では広域に及ぶシステム全体を理解し運転することが困難であることが考えられるため、給水施設に関する知識があり、軽微な修理に対応できる民間業者に揚水機器運転業務と定期点検および修理業務を外部委託する。従来施設オペレーターは 1 名であったが、施設規模に合わせて 2 名以上を配置する。

3) 課題

● 水料金の徴収方式

広域にわたる料金徴収はまとまった村落をグループ化して設立する ASUFOR により徴収する。問題は巨額となる運営に関わる支払いで、料金支払いが滞らないように料金徴収の体制を確立する必要がある。同様に巨額となる積立金の管理は透明性の確保が課題となる。

● 配管の修理

主配管は Ndiosmone-Palmarin の施設に倣い接続部の耐久性を尊重して PE 管を使用し、接続は熱融着とする。その作業には専用融着機を利用するため、施設の保守に対応する要員は機器の扱いを習得する必要がある。配管の補修が必要となるのは建設数年後となるため、その間に保守体制を Ndiosmone-Palmarin の施設に倣い整える。

(2) 表流水浄水施設の場合 (図 4-6-1) (除鉄装置は施設機能が類似しているため同様となる)

ASUFOR による運営・日常の施設の運転、保守点検、民間への委託修理の体制を採用する。セネガル川下流の Gorom Lampsar 地域では地方給水施設として表流水浄水施設を利用している。建設 10 年後の現在も稼動し、ASUFOR によって運営し、修理業務を外部に委託している。想定する施設形態・村落の社会・経済的状況が対象地域と近似しているため、運営方法は同様な体制で可能である。下記に、この施設の維持管理のポイントを検討する。

施設構成は、主に川からの取水施設、浄水施設、高架水槽、公共水栓および埋設配管となる。また、日常運転には、凝集沈殿のためのアルミナ、滅菌の高度さらし粉 (次亜塩素酸カルシウム) が必要となる。薬品をタンバクンダもしくはカオラックで購入することになる。

水料金は、Gorom Lampsar と施設形態と社会条件が同等なため、そこで採用されている 500FCFA/m³ 程度になると想定される。現在の ASUFOR の標準的な水料金 200~400FCFA/m³ と比較すると高額であり、住民の収入が増えないうちは飲料・調理用水程度の利用に留まると思われるが、安全な水へのアクセスには大きく貢献する。

1) ASUFOR の責任

この施設タイプでは、浄水場の運転維持管理がポイントとなる。施設オペレーターを初めとする ASUFOR 事務局メンバーは施設建設開始と同時にサンレイ州 Gorom Lampsar 地域の表流水浄水施設で OJT にて運転維持管理技術を習得することとする。

2) ASUFOR からの外部委託の内容・対象となる請負者

大規模な修理については、BPF の監督および DMA (SAED のひとつの部署) の協力のもとに、民間企業に委託する方法が考えられる。将来的に、このタイプの施設数が増えれば、現在進められている維持管理の民間委託により、民間業者が対応できるようになると考えられる。

また、対象地域では表流水利用施設の管理実績がないため、SM と BPF 職員へのモニタリング手法等の技術研修も事前に実施することが望ましい。民間維持管理会社は施設建設を行った企業、あるいは DEM 業務の民間委託企業が対象となる。

(3) 太陽光発電揚水施設 (図 4-6-3)

ASUFOR による運営、民間から派遣される運転員による日常の施設保守点検、民間への委託修理の体制を採用する。

対象地域で実施された太陽光発電揚水施設建設プロジェクト PRS では、民間企業 1 社と 80 の ASUFOR との間で太陽光発電揚水機器の維持管理契約が結ばれている。現在までのところ ASUFOR の料金不払いなどの問題は確認されていない。

現時点で BAKEL 県以外のタンバクンダ州、ケドゥグ州における太陽光揚水施設数は少ないので民間との維持管理契約例はなく、タンバクンダ市周辺の施設の故障施設は修理されていない。そのため、PRS のような体制で民間に委託することができれば維持管理上の問題は少ないと思われる。

1) ASUFOR の責任

ASUFOR は派遣された運転員の管理、修理業務に係わる民間業者との契約、集められた運営維持管理費の管理を行う。

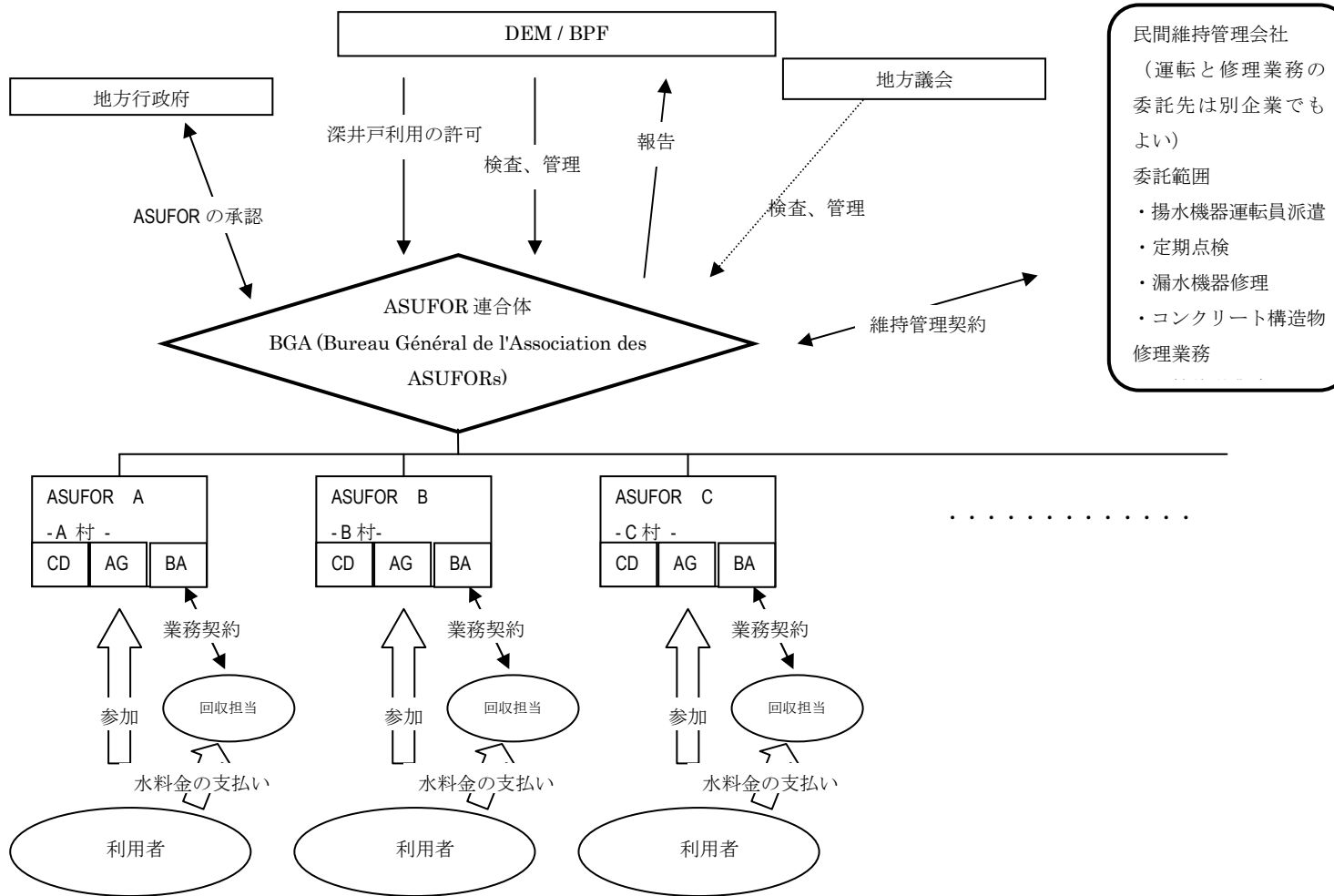
2) ASUFOR からの外部委託の内容・対象となる請負者

運転員は、インバータの定期点検・修理・交換のためにも、民間業者から派遣された要員が適切である。これは村から選定された運転員では故障部位の特定や説明が難しいことや民間業者への連絡が金銭的な問題で滞る可能性があるからである。

修理業務受託企業は南部地域で深井戸給水施設の一括した維持管理の民間委託が導入されるまでは、PRS に倣い機器を納入した業者 (PRS の場合は TENESOL 社) が担当することが望ましい。

4.6.3 実現性の高い民間委託の導入のシナリオ

運転員の派遣や小中規模改修は地元業者の認定を進めて委託が可能である。一方、大規模補修業務を遂行できる地方民間業者を直ちに発掘することが困難であることから維持管理本部が業務を継続し、先行する中央部地域の状況を鑑み今後の方針を検討することになる。また、PEPTAC-1 や AFD (l'Agence Française de Développement) の援助で ASUFOR の設立を推進したプロジェクト REGEFOR(Réforme de la gestion des forages motorisés ruraux)では委託企業は専従して業務にあたる仮定で収益を確保するためには、45-60 ヶ所の対象施設を一括して委託することが必要であると提言された。対象地域の場合には委託を先行することになる広域給水施設や表流水利用施設数は民間業者が専従できるスケールメリットを確保するまでには至らないため、本業を別に行い収益を得ている地場企業との契約が現実的である。



4-24

図 4-6-2 民間委託型の維持管理体制図 (複数村落給水システム (広域型) AEMV-T)

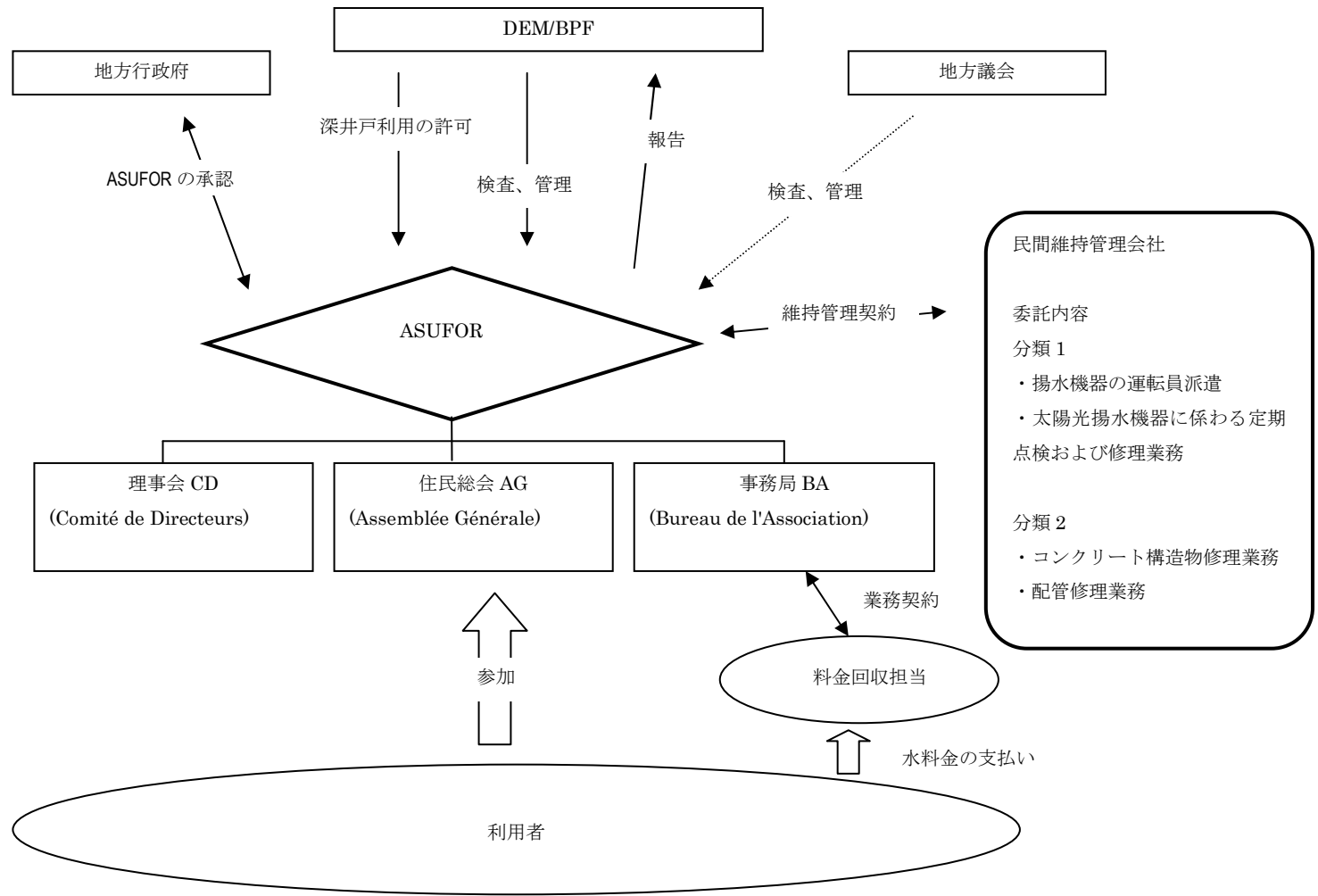


図 4-6-3 民間委託型の維持管理体制図 (ソーラー揚水設備付深井戸)

4.7 給水システムを構成する施設設計に関わる方針

4.7.1 水源

(1) 地下水

1) 井戸仕様

「セ」国での井戸の一般的な工法は以下のとおりである。対象地域において発生している井戸の故障がケーシングの腐食穿孔による土砂流入と考えられるため、新設井戸のケーシング材質を従来の鉄製から PVC に切り替えることを提案する。

表 4-7-1 井戸の仕様

井戸深度	仕様	ポンプ設置部ケーシング呼び径
50~200m	MFT 工法/泥水工法による単一径の深井戸	6 インチ / 8 インチ
150~500m	泥水工法によるテレスコープ型深井戸	10 インチ

2) 揚水時間

PEPAM では、揚水時間を 1 日 12 時間としている。これは、過度の連続運転が発電機の早期老朽化を招くことから、発電機の寿命・耐用年数を配慮したものである。「水需要への対応」と「発電機の適正な維持管理」を勘案し、適正な揚水時間として PEPAM に基づき「最大 12 時間」とする。

(2) 表流水

セネガル川下流の Gorom-Lampsar 地域で表流水を利用した小規模浄水施設が稼働しているほか、計画対象地域のタンバクンダ州 Diawara では PAISD と PACEPAS の支援によりセネガル川の水を利用する施設を建設中である。計画対象地域においてもセネガル川、ガンビア川およびその支流であるファレメ川が乾季にも水流があるため水源として対象となる。水利権や利水慣例に関しては、セネガル川開発機構（OMVS : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal）との協議の上、問題ないことが確認されている。沼や池、雨季にのみ水流のある川は恒常的ではないため、給水施設の水源としては検討しない。

(3) 水質

水質は水利局の水質基準に対する方針を踏襲する。対象地域では、鉄の濃度が基準を超える場合が多々あり住民の要望する給水施設建設に支障をきたすため、DHR は基準を弾力的にとらえて施設を建設してきた。その結果、マタム州 Seno Palel 周辺やタンバクンダ州 Kounpentoum 南部の OM 層利用井戸で 2-4mg/L の鉄濃度が井戸原水に存在する水源も利用中である。原水を高架水槽で一旦滞留させるため、公共水栓では濃度が下がり利用には差し支えない。そのため、除鉄は管路系給水施設の普及率が上がった後の長期的目標として、「質の改善」として取り組む課題であり、本 M/P では除鉄装置の設置に係わる詳細計画は考慮しない。また、Kidira 以南の Faleme 川沿いに

地質起源の塩水の出る地域があるが、人口の少ない地域であり、対策は外部からの導水または淡水化となり M/P での影響は限られているため、本 M/P では考慮しない。

4.7.2 動力源

(1) 選定方法

地方給水で利用されるポンプは、堆積岩地域で揚水量は 20-50m³/h で揚程は 60-100m、よって出力容量は 7.5-22kW 程度である。一方、基盤岩地域では揚水量 5-10m³/h、揚程 50m 前後、よって、出力は 2 から 4kW 程度が利用されている。動力源は起動時の負荷に対応できるように、この 3 倍程度の容量を必要とする。

動力源については、維持管理の観点から商用電力の採用が最も望ましい。商用電力を利用できない場合、図 4-7-1 の選定フローに従えば、7.5-22kW のポンプを利用する堆積岩地域ではディーゼル発電、2-4kW のポンプを利用する基盤岩地域は太陽光発電を選定することになる。ただし、太陽光発電を選定する場合においては、維持管理の観点、特に民間との維持管理契約が可能であるかを検討する。民間との維持管理契約を締結するには PRS (Programme Régional Solaire) のように数 10 施設を州内に一度に建設する計画が求められる。

商業電力利用の場合でも、「セ」国では配電網の貧弱さから頻繁に停電するので、予備電源として発電機を設置する。

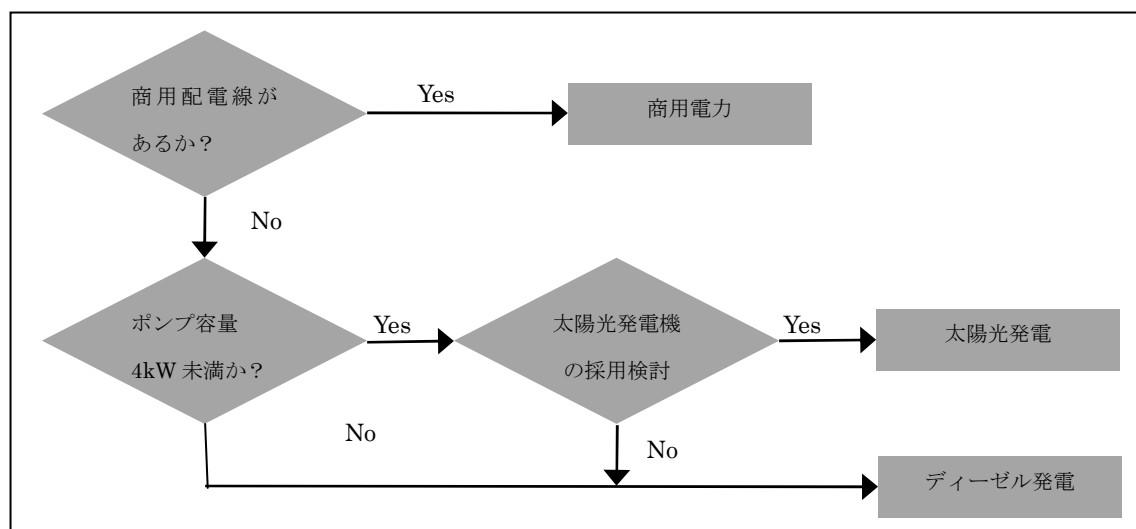


図 4-7-1 動力源の選定フロー

(2) エンジン駆動式縦軸ポンプに対する方針

縦軸タイプのディーゼルエンジン直結式ポンプは「セ」国の管路系給水施設に使用されるポンプ全体の過半数を占めていた。しかし、水中モーターの信頼性向上の結果、近年の新設施設では維持管理の面で優位である水中モーターポンプが主流となっている。今後、ポンプ更新時には水中モーターポンプに置き換える。

4.7.3 貯水槽

(1) 高架水槽

1) 容量・高さ

計画対象地域における標準的な貯水槽は、高架水槽である。中心村落に設置される貯水槽の容量は、一日当たりの計画給水量の 30～50%とする。高さについては、水理計算結果（各給水地点での有効水頭が 5m 以上確保できる条件）に基づくものとする。

2) 地上型水槽に対する方針

PEPAM では、貯水槽の高さを 5m 以上に設定するように定めているが、その一方で中心村落および衛星村落への配水が可能な地形条件が整っている場合においては、地上型水槽の建設を認めている（Manuel des projets d'eau potable, PEPAM, P. 40）。本 M/P でもその方針に従う。

4.7.4 配管

配管の設計においては、PEPAM の基準を参考にする。したがって、管材は PE 管もしくは PVC 管とし、埋設の掘さく深度は 600mm を基本とする。

表 4-7-2 配管径の設定基準

区分	配管径
主 管	φ300—100(110) mm
分 岐 管	φ100(110)—75(90) mm
公共水栓接続管	φ50(63)mm (最長 10 m), バルブボックス手前から φ25(32) mm

4.7.5 公共水栓・家畜水飲場・車輛給水所

各給水施設の設計条件については、PEPAM の基準に従う。

(1) 公共水栓

基本構成 : 蛇口 1 栓 + 量水器

設置数量 : 人口 300 人につき 1 基を基本とするが、村落の広がりを経済的に検討して決定する。

設置位置 : 設置間隔は 250m に 1 基を基本とするが、村落の広がりを経済的に検討して決定する。

(2) 家畜水飲場

基本構成 : 家畜が水を飲む水槽の長さは 10m を基準とする。量水器を設置する

設置数量 : 1 000UBT につき 1 基

設置位置 : 対象村落の要望に応じて選定する。

(3) 車両給水所

- 基本構成 : 馬車と車両の車高を考慮する。量水器を設置する。
設置数量 : 1基を基本とするが、施設毎に必要性を検討して決定する。
設置位置 : 中心村落に設置する

4.7.6 滅菌器

現在、地方給水施設で滅菌器は設置されていない。しかし、配水管の全長が増大して一定の施設規模を越えた場合や人家の密集した村落に給水する場合など、漏水部分から人為汚染の可能性が増大する。そのため、塩素滅菌装置の設置義務化が将来的な検討課題となる。

4.7.7 揚水管の腐食対策

水中ポンプやハンドポンプの揚水管の腐食対策のために、被金属製またはステンレス製の揚水管（FSDのプロジェクトで採用した揚水管は、ポリエステル製ジャケットをポリウレタン樹脂で一体化させたホースになっている。）の利用検討が必要となる。

衛生の部

4.8 衛生マスタープランの概要

4.8.1 衛生マスタープランの範囲

本マスタープランでは、PEPAM の枠組みの中で地方部の衛生パッケージとして推奨される改良された個別衛生施設へのアクセス率向上を目指す事を方針とする。衛生 M/P の詳細については、第 8 章を参照。

PEPAM においては給水施設と衛生施設の改良型技術オプションは以下のように分類されており、衛生施設のアクセス率の規定は、下表 4-8-1 に示す「改良型衛生施設」にアクセスできる住民の数としている。

表 4-8-1 給水・衛生施設における改良と非改良の分類¹

	改良型	非改良
給水形態	<ul style="list-style-type: none"> 配管による各戸給水 公共水栓 ハンドポンプ付深井戸 保護（改良）型浅井戸 保護湧水 雨水貯水システム 	<ul style="list-style-type: none"> 保護されていない浅井戸 保護されていない湧水 水売り人からの売水 瓶水（保護や処理なし）* 給水車から直接給水される未処理の水
衛生施設	<ul style="list-style-type: none"> 公共排水渠接続型下水管路 浄化槽接続型雑排水処理施設 水で洗浄するトイレ 乾燥型トイレ 通気口の配備された VIP トイレ 	<ul style="list-style-type: none"> 汚物壺トイレ** 保護なし開口型ピット式のトイレ 上記方式の公衆トイレ

* 質・量ともに不足する故、非改良とする。

**排泄物の収集に壺やバケツなどを用いて、その排除を手で行うタイプのトイレ

また、同プログラムの中で表 4-8-2 のとおりに改良型衛生施設の仕様について分類²を行っている。

¹出典：“Elaboration d'un document de stratégie pour la réalisation à l'horizon 2015 des objectifs du millénaire pour le développement, Volume 1: ETAT DES LIEUX Rapport definitive” p46 を調査団で和訳）
2008 年 10 月に入手し、プログレスレポート 2 の出典とした同資料中、新版では言葉の使い方に変更があったため再度和訳を行った。（前の版では「伝統的(traditionnelle)」としていたが、「非改良(non-amélioré)」や「保護されていない (Non protégé)」と改訂、また注釈の記載等

²出典：“Elaboration d'un document de stratégie pour la réalisation à l'horizon 2015 des objectifs du millénaire pour le développement, Volume 1: ETAT DES LIEUX Rapport definitive”。

表 4-8-2 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 autonome / sur site) i. 世帯衛生施設 (Assainissement Individuel) 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。

本 M/P は上位計画 PEPAM の提唱する上記の分類に準拠して、地方部における個別衛生施設のアクセス率向上に資するべく、計画を行うことを方針とする。

4.8.2 目標年次

本 M/P の基本方針に則り、給水施設整備事業と包括して実施する地方衛生施設整備事業を検討するため、目標年次も 2027 年を最終目標年次とし、計画を短期（2010-2015）、中期（2016-2021）、長期（2022-2027）の 3 フェーズに区分する。短期の目標年次については PEPAM との整合性と、対象地域における衛生現況を考慮した。中期と長期のそれぞれの期間は、給水率の増加に伴った給水事業の施策の重点の変化への準拠と対応と、給水量の増加などから、村落形態や衛生概念の向上に対する村落側の取り組みなどが変化する可能性を合わせて考慮し、概ね 6 年で妥当とした。

4.8.3 計画目標値

(1) 全国

ミレニアム開発目標(MDGs)ターゲット 7.C(ターゲット 10)では、「2015 年までに、安全な飲料水と基礎的な衛生設備を継続的に利用できない人々の割合を半減する」としている。³ セネガル国の PEPAM についても MDGs 目標設定と同様の考え方を採用し、2015 年における基礎的な衛生設備を利用できる人々の割合（衛生サービスへのアクセス率）目標値の設定をおこなっている。

当該 M/P においては、上記 4.8.2 で検討した目標年次設定の基本方針に則り、給水事業と同じ 3 フェーズに区分した。2015 年以降の中期、長期の目標値の設定にあたっては、MDG/PEPAM と同

³ 出典：国連開発計画 東京事務所 MDGs Goal7, ターゲット 7-C 和文より

じ考え方を採用し、MDGs/PEPAM の目標年次到達後も基礎的な衛生施設へのアクセス率向上を同じ進捗で目指すこととした。年間上昇率 3,7%を維持することを前提として、DAR および PEPAM モニタリング・評価担当者と協議の結果、下記の通り目標値の算出をおこなった。

表 4-8-3 全国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
基本的な衛生施設へのアクセス率	63%	81%	91%

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

(2) 対象地域

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 4-8-4 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	2010 年 3 月 (PEPAM)	短期目標 2015 年	中期目標 2021 年	長期目標 2027 年
全国平均	29%(2009 年)	63%	81%	91%
タンバクンダ州	21,2%	60%	80%	90%
ケドゥグ州	5,6%	55%	77%	88%
マタム州	14,4%	56%	78%	89%

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

4.8.4 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) PEPAM で推奨される仕様の衛生施設の建設、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。(基本計画の単位に関わる検証は第 8 章 8.3.3、衛生システム策定の検証は 8.3.4 を参照。)

表 4-8-5 地方衛生システムのコンポーネント

施設建設	コンポーネント 1	世帯用／公共用衛生施設の建設
技術支援	コンポーネント 2	地域の資源（人・予算・従来工法・資材等）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 地域衛生普及員（女性を中心 ⁴ ）の養成（研修） 衛生整備事業に関連する ASUFOR、地域組合等の養成、再訓練（研修）
	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	そのほか野外排泄防止のための活動（意識化活動）

4.9 衛生システム普及のアプローチ

4.9.1 衛生施設の建設

PEPAMの基準を満たす衛生施設と対象地域で建設がすすめられる4種類の世帯用トイレの仕様の検討、他施設の導入可能性の検討を行い、本 M/P で対象となる衛生施設を表 4-9-1 の通りとした。

表 4-9-1 衛生 M/P における普及対象衛生施設

コンポーネント 1	内容
1-1 世帯衛生施設	(i) 2 槽式（腐敗槽 2 槽）VIP トイレ 排水溝付き洗い場（洗濯や食器洗い掃除等の排水を伴う家事用施設） トイレでの簡易手洗い器:（建設および既製品購入）
1-2 公共衛生施設	(ii) 手洗い場付き 2 槽式（腐敗層 2 槽）VIP トイレの設置 村落内共同利用の排水溝付き洗い場

衛生施設建設に関わる政府からの資金面での支援を全く行うことができない場合には、衛生階段の最下段に位置する事を認識の上、ATPC の導入から検討を行う。野外排泄習慣撲滅だけでなく、住民が基礎的な衛生施設の保有を望み続けるような意識化活動を実施し、村落衛生環境を更に改善するような将来計画が立案されることを視野に入れて、その可能性を村落側に提示した上で事業を進める事が重要である。

4.9.2 衛生システム導入の地域選定

(1) 衛生システムの設置優先順位

衛生システム導入にあたっては、給水施設整備事業が予定されている、あるいは進行中である、もしくは完了している村落にて実施することを前提とした。尚、以下の地域選定の流れに沿って、浅井戸や表流水で取水を続けざるを得ない村落においても、衛生状況改善のための事業は実施さ

⁴ ルレ・フェミナン(Relais feminine)と対象地域では呼称されている。

れることが望ましい。(第8章 8.3.4(2)でも詳述する) 衛生施設整備事業によって望まれる改善された衛生状況が、給水事業との相乗効果によって、村落内により確実に定着することを目指す。以下表 4-9-2 に選定の流れを示す。

表 4-9-2 地域選定の流れ

【選定基準 1 (いずれかに合致)】	
1-1	公共給水施設が既存する。
1-2	公共の給水施設の建設が予定されている。
1-3	公共の給水施設は存在しないが、浅井戸や表流水などで日常の取水が可能である。
↓ いずれかを満たした場合に選定基準 2 へ	
【選定基準 2 (いずれにも合致)】	
2	衛生施設の建設に対して、その施設を保有しない住民の半数以上に要望がある。
3	衛生施設建設に対して、労力や資材費等の負担をする意思が住民にある。
4	管轄する CR が同村落に対する協力や監督義務を果たす意思がある。
↓ 衛生システム導入	

(2) 公衛生施設の設置優先順位

上記により衛生施設整備事業の実施が決定された村落での、公共衛生施設の設置優先順位は、調査期間を通じた先方実施機関 DAR との協議結果により、次の通りとする。

表 4-9-3 公共衛生施設の設置優先順位

優先順位	1 位 / 2 位		3 位	4 位
場所	学校	保健施設	宗教施設	公共スペース
設置仕様	男女 1 棟ずつ 1 箇所 に 2 棟		1 箇所に 1 棟	500 人相当以上の村落 男女 1 棟ずつ / 村落

PEPAM の枠組みで実施されたこれまでの事業では、市場や道の駅など村落外の不特定多数の人々により利用される公共トイレの設置が推奨されてきたが、清掃や利用者側の不衛生な利用方法など、維持管理の面に大きな課題を残し、放置されるケースが多数あったとされている。本 M/P においては、事業効果を上げるために、ある程度利用者を特定でき、村落内では重要な位置づけとなる公共の施設内への整備を計画し、日々利用者や清掃等の維持管理実施者の両方を確保できることを、優先順位付けの方針とした。尚、事業実施が決定されて、村落内で世帯トイレの設置を進める際にどうしても世帯内に設置ができない貧困の世帯が、共同利用できるようなトイレ設置も検討の対象とするため、優先順位の 4 位に公共スペースへの設置を検討する。

4.9.3 衛生事業を単独で実施する場合

衛生施設の整備事業（衛生施設の建設費用を一部または全額支援するような事業）を単独で実

施す場合には、衛生習慣定着と、投入に見合う施設の持続性を確保するため、上述の地域選定の流れに沿って、対象地域を決定する。

事業の単位は村落とするが、地域での相乗効果を狙うために同じ CR に属する近隣村落、または同じ社会文化的背景をもつ村落のまとまりや、一つの ASUFOR が管轄する複数村落で構成される給水範囲など、面的なまとまりを持った実施の検討を行い、合わせてアクセス率の向上を、地方行政と DAR にて把握できるモニタリングシステムの構築を行うことを方針とする。
