

第7章 地下水ポテンシャル

7.1 水理地質的観点による地下水ポテンシャル評価

本調査は、高価な浄水処理の必要が無く、安価な維持管理コストで給水が可能な地下水の開発を目標としている。地下水のポテンシャル評価項目は以下となる。

- 帯水層と海水との関連
- 石灰岩中の地下水
- 盆地内の地下水位
- 基盤深度
- 盆地周縁部での地下水流動方向
- 透水係数
- 地層中の高比抵抗体
- 石灰質の地層
- 地層中の塩分

7.1.1 解析

(1) 帯水層と海水との関連

海岸砂丘地帯中に淡水が存在するかどうかを明確にするためには、地下水の流動調査が非常に重要である。収集したデータは、高い透水係数の地層中を通り、地下水は海方向に流動していることを示唆している。

この高い透水係数の地層は静水位の勾配から盆地中部まで広がりを持っている。あるいは、この透水性の良い地層は湖沼から流出していた旧河道とも考えられる。

(2) 石灰岩中の地下水

1) 帯水層

掘さく結果により、石灰質砂岩の分布は一部の限定された地域だけではなく、全ての地域に広く分布している。しかし、石灰岩の厚さは数メートルしかなく、各層の水平方向の連続性も小さい。よって、地下水が石灰岩中を流動したとしても、利用できるほどの水量が貯留されていない。地下水位が海水面とほぼ同じであるため、上部から淡水の涵養は多少期待できるが、石灰岩中の地下水は海岸砂丘地帯でほとんど存在しないことが判明した。

2) 石灰質の地層

堆積層中に石灰質の粒子や成分が広く分布していることが判明した。

海に近い砂層中は貝殻片を大量に含んでいる。

(3) Ambovombe 盆地内の地下水位

F018, F015, F014, F032 における静水位は、自然な動水位勾配で海方向に向かっている。本調査で盆地中心部には試掘を行っていないが、過去に Sarimonto の北にある Ampamorola で掘削された掘削結果がこの傾向を裏付けている。手掘井戸の試掘 (Betioky: P008) では、25m まで掘進したが地下水は全く得られなかった。

(4) 基盤深度

物理探査結果では基盤深度は 200m より浅いと解釈されたが、試掘の結果 F009 と基盤が地表に出ている地域を除いて基盤岩に達することはなかった。過去にも基盤岩まで達した例はほとんどなく、Ferme d'Ambovombe の井戸のみである。この井戸は深度 172m、標高は El-50m (海面下) で大理石 (基盤岩) に当たっている。

(5) Ambovombe 盆地周縁部での地下水流動方向

西縁部の静水位は南北方向で地形に整合しているが、東縁部の地形との関係は明確ではない。例えば、試掘井 F032(Ekonka)、標高 24m (井戸深度 229m) では帯水層は無く、F018 (Ambanisarika) は 標高 50.45m (井戸深度 203m) には静水位があり、地層は新三紀層であった。両井戸で異なる理由のひとつは、基盤までの深度が挙げられ、基盤が東部に傾斜している可能性が考えられる。

(6) 透水係数

多くの試掘井戸は堆積層であるが比湧出量は低く、透水係数も小さい。しかしながら、主要帯水層としての動水位勾配を再現するため、試掘井 F015 の透水係数との比較において、試掘井の各地点の透水係数の値を利用してモデリングを実施している。このため、地質毎の帯水層の透水係数は、第7章 3.2 モデリングと 3.3 補正の項で定義している。

(7) 地層中の高比抵抗体

物理探査の結果では、大部分の地層の比抵抗は非常に低く解析されている。地層は透水性の低いシルトや粘土であると考えられる。試掘井戸の F032, F018, PM006 は、地下水の存在が期待される砂礫の高比抵抗域が 50m 深度にある村落として、給水施設建設に最適な水源地点を考慮して選定した。

(8) 地層中の塩分

掘さく作業中に泥水中の電気伝導度 (EC) は大きく変化し、地層中に塩分が集積していることを示した。電気伝導度 (EC) の変化は 10m 以浅の浅部でも観察された。また、手掘り井戸の掘さく片を水に溶解すると、電気伝導度は急激に上昇し、その後も時間の経過と共に徐々に上昇していく。変化の特徴は深度により異なるが、塩分の含有量を定量的に現場で測定することは難しい。

7.1.2 開発可能性の分類

前項での検討結果、地下水開発可能性は次図のように分類できる。

Zone A 硬岩地域。浅い帯水層を対象にしている。帯水層は亀裂や風化帯である。

Zone B 盆地堆積部北部。対象帯水層は深度 10-70m と幅がある。

Zone C Ambondro 地域。浅い宙水。深度 10 - 20m。

Zone D Ambovombe 地域 (市街地)、深度 10m-30m の宙水で、比較的塩分濃度が低い不圧帯水層。

Zone E 海岸部と海岸砂丘地帯。海水面近くにある塩分濃度の高い不圧帯水層が対象となる。

Zone F 盆地中央部で塩分濃度の高い宙水が一部で存在する。海水面近くにある塩分濃度の高い帯水層とは深度が異なる。雨季には多くの湖沼が出現する地域である。

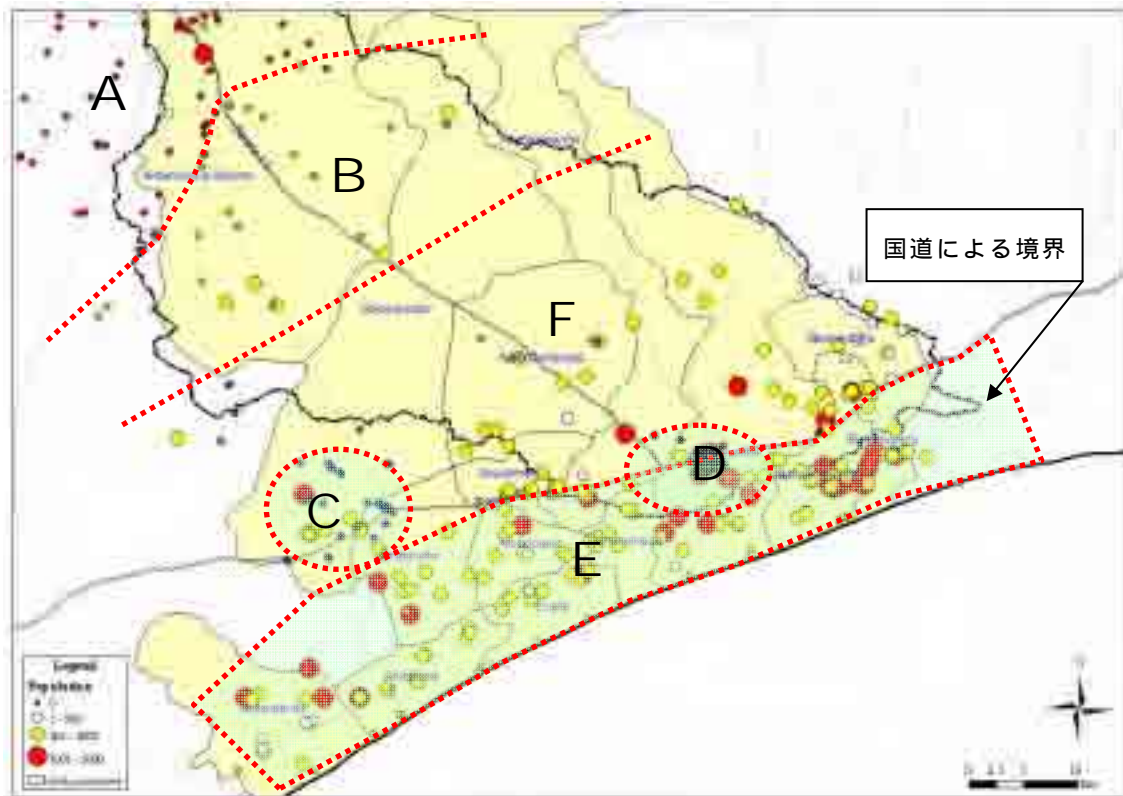


図 7.1.2-1 地下水ポテンシャルの地域性

7.2 水収支解析

(1)目的

地下水開発を行う上では、開発可能量に関する情報が必要不可欠である。また、地下水盆の開発可能量を評価するため、水循環機構を構成する要素を水収支解析により評価する必要がある。

本章では水収支の算定を行って、流域での開発可能な水資源量と地下水ポテンシャル(地下水涵養量)の検討を行った。

(2)調査対象地域

水収支解析の検討範囲は、Ambovombe 盆地である。ただし、ここでは盆地から海側の海岸砂丘地帯についても検討の対象として含めた。調査対象範囲の面積は、GIS アプリケーションソフトウェアでの計算値 1,923km²を用いる。

(3)地下水流動機構

次図 7.2-1 は水理地質断面図および地下水水位モニタリング結果に基づき作成した、Ambovombe 盆地における地下水流動、水循環機構を示す。

図に示すとおり、調査対象地域の Ambovombe 盆地は、Antanimora 地区の基盤岩分布域を涵養域とし、Ambovombe 盆地を流出域とした地下水流動形態と考えられる。

上流部では岩盤の亀裂中や、風化帯を主な帯水層として地下水は流動し、その後これら地下水は盆地内の堆積層（第三紀、第四紀）中を帯水層として流動する。そして、最終的には海岸砂丘部の下部を通過して海に流出する。調査実施以前には、当該盆地は閉鎖水系であるため、地下水も盆地内に留まっているとの説も存在したが、本調査の試掘調査の結果、砂丘地帯の深部には不透水層は存在せず、砂層を帯水層とする地下水は直接、海へ流出していることが確認された。

一方で、Ambovombe 市内周辺に偏在する浅層地下水であるが、通年に渡って地下水が枯渇せず存在することから、上流からの継続的な涵養源が存在することが推察された。涵養源としては、市内周辺の砂丘地帯からの降水による直接涵養が想定される。さらに、Ambovombe 市内北方にある Sarimonto 湿地からの地下水涵養も想定される。同湿地は Ambovombe 盆地上流から流れる Bemamba 川の最末端にあり、同河川が洪水になった場合の貯水池のような働きをしている。また、同湿地周辺を乾季に訪問したところ、付近の住民が地面を掘削して地下水を得ているのを確認した。このことから、この Sarimonto 湿地からも地下への浸透があることが推察される。

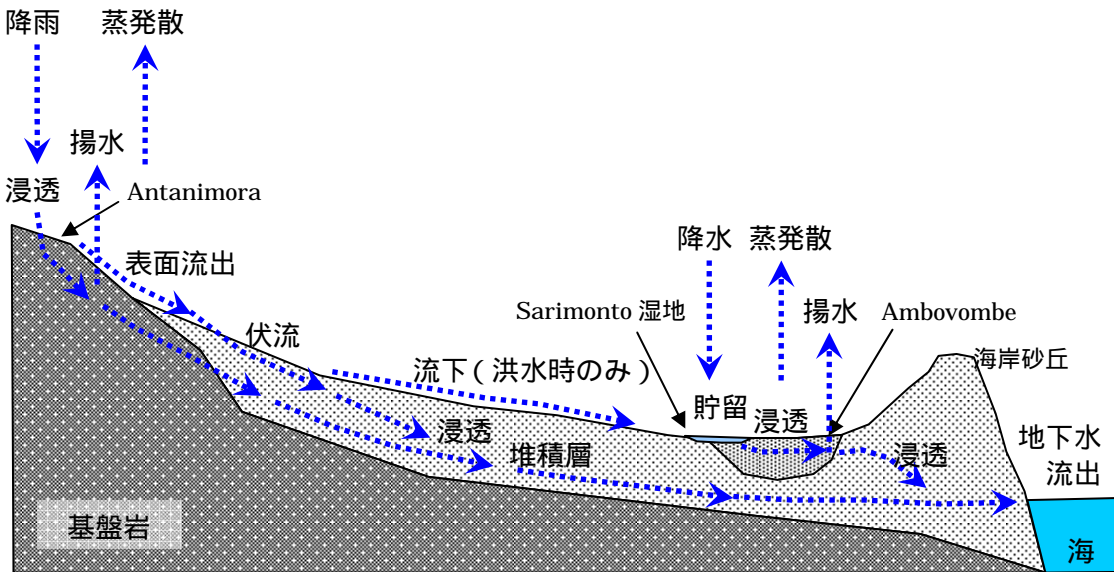


図 7.2-1 Ambovombe 盆地の水循環機構

(4)水収支構成要素と水収支モデル

下図 7.2-2 に地下水流動機構を示す。Ambovombe 盆地は、閉鎖系水系のため、表面流出(河川流出)の流域外の流出要素はなく、水収支モデルは以下の式で表現される。

$$P = E + R \dots\dots\dots (1)$$

$$R = Q + GWout \dots\dots\dots (2)$$

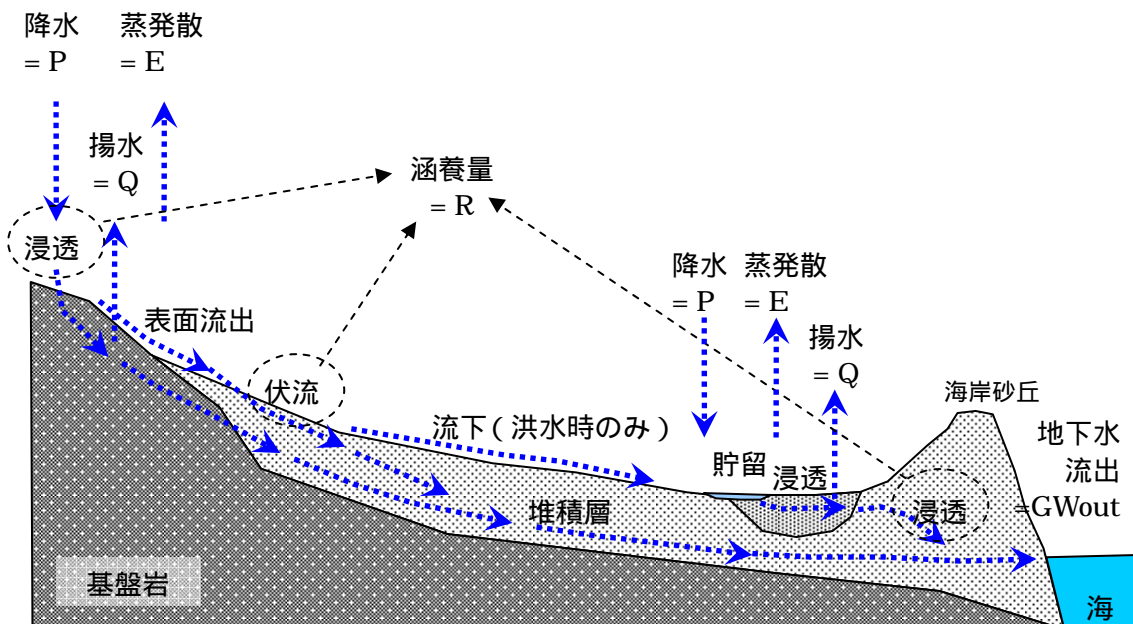


図 7.2-2 水収支モデル

(5)水収支構成要素の算定

1)降水量

降水量は調査対象域における降水量観測所(SAPによる観測所)に対してティーセン分割¹を行い、その分割面積比率に応じた面積降水量を算定することとした。表7.2-1に示すとおり流域年間降水量として543mm/年の値が得られた。

表 7.2-1 面積降水量算定結果 (mm/年)

観測所	(A); ティーセン 分割面積	(B); (A)/総面積 (%)	(C); 平均 降水量 (mm/年)	(B)×(C)	(D); 面積降水量 算定結果 (mm/年)
Antanimora	604.0	31.4	720.3	226.2	(D)=Σ(B)×(C) ≒ 543mm/年 (D)×1,923km ² = 1,044,189,000 m ³ /年
Ambondro	317.0	16.5	399.0	65.8	
Ifotaka	90.5	4.7	506.6	23.8	
Ambanisarika	314.0	16.3	480.9	78.4	
Ambovombe	496.0	25.8	492.5	127.0	
Amboasary	101.5	5.3	414.1	21.9	
Total	1,923 km ²	100%	-	543	約 1,044 百万 m ³ /年

2)地下水流出量

地下水流出量は、Ambovombe 盆地から海岸砂丘を経て海に流出する地下水の量をダルシーの法則に従って算定した。図 7.2-3 および 7.2-4 には地下水流出量算定に必要な要素を示す。

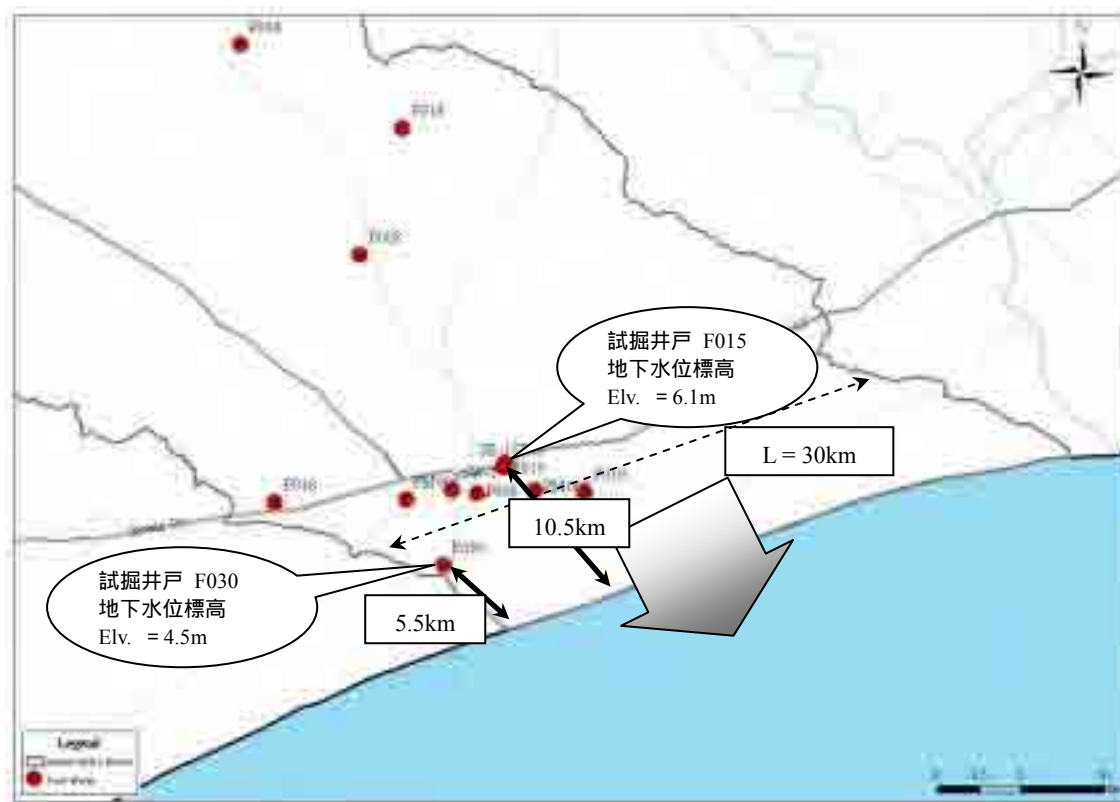


図 7.2-3 地下水流出量算定モデル (1)

注) ¹ティーセン分割は隣接する2つの観測所の垂直二等分線同士により流域を分割したものである

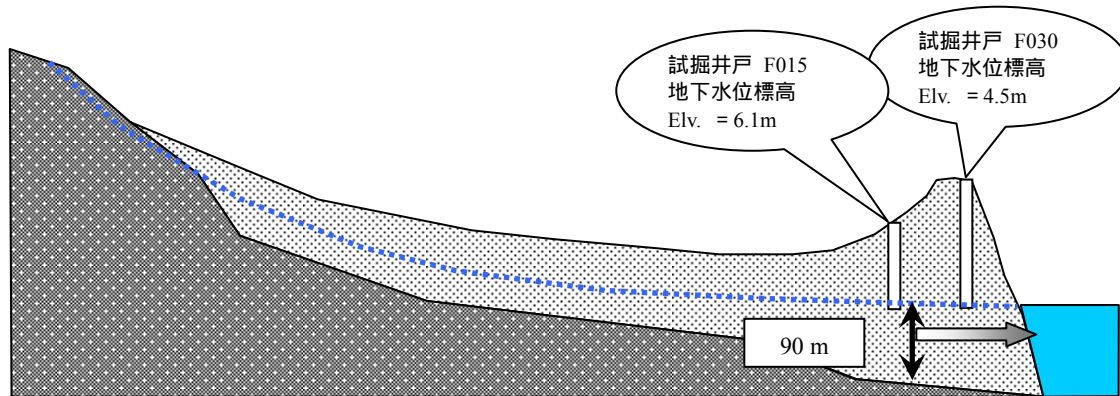


図 7.2-4 地下水流出量算定要素(2)

表 7.2-2 に示す通り試掘井戸 F015 および F030 の地下水位標高から地下水の動水勾配を算定した。

表 7.2-2 地下水動水勾配算定結果

井戸 No.	(A); 地下水位標高 (m)	(B); 海岸からの 距離 (km)	(C); 動水勾配 =(A)/(B)
F015	6.1	10.5	0.00058
F030	4.5	5.5	0.00082
			0.00070

さらに、F015 井戸における揚水試験の回復試験結果から透水係数として 9.2×10^{-2} cm/s および 6.8×10^{-2} cm/s の値が得られている。ここでは両者の平均値をとって 8.0×10^{-2} cm/s を採用する。さらに帯水層の幅は 30km、帯水層の厚さは 90m とした。

こうして得られた値から下式によって地下水流出量が算定される。

$$Q = T \times i \times L \times h = 0.08 \times 10^{-2} \times 0.0007 \times 30,000 \times 90 = 1.512 (\text{m}^3/\text{s}) = 47,682,432 (\text{m}^3/\text{年})$$

Q：地下水流出量(m^3/s)

T：透水係数(cm/s)

i：動水勾配

L：帯水層幅 (m)

h：帯水層厚 (m)

地下水流出量は $47,682,432 \text{ m}^3/\text{年}$ となり、この値を流域面積 ($1,923 \text{ km}^2$) で除すると $24.8 \text{ mm}/\text{年}$ となる。

3)地下水揚水量

調査対象地域の地下水利用量については詳細な情報を得ることは困難であるが、ここでは本調査を通じて行ったインベントリー調査の結果に基づいて地下水利用量の概算を試みる。

a)Antanimora 地区

インベントリ調査の結果、47ヶ所のハンドポンプ井戸が確認されている。また、ポンプが設置されていない井戸は19ヶ所確認されている。さらには同地区にはAESによる給水用の井戸が2ヶ所存在する。表7.2-3にはAntanimora地区の地下水揚水量算定結果を示す。

表 7.2-3 Antanimora 地区地下水揚水量算定結果

井戸タイプ	揚水量 (m ³ /日)	井戸本数	合計 (m ³ /年)
ハンドポンプ	2.00	47	34,310
ポンプ無し井戸	0.50	19	3,468
ソーラポンプ井戸 A	18.2	1	6,643
ソーラポンプ井戸 B	20.7	1	7,556
		合計	51,977

b)Ambovombe 地区

インベントリ調査の結果、ポンプの無い伝統的浅井戸が75ヶ所確認された。また、ポンプの設置されている井戸が3ヶ所確認され、うち2ヶ所はソーラポンプ(5 m³/日)による給水であり、残る1ヶ所は電気による水中モーターポンプでの給水(30 m³/日程度)が行われている。

表7.2-4にはAmbovombe地区の地下水揚水量算定結果を示す。

表 7.2-4 Ambovombe 地区地下水揚水量算定結果

井戸タイプ	揚水量 (m ³ /日)	井戸本数	合計 (m ³ /年)
伝統的浅井戸	0.50	75	13,688
ソーラポンプ井戸	5.00	2	3,650
モーターポンプ井戸	30.0	1	10,950
		合計	28,288

c)総揚水量

a)、b)で算定した値の総計は、51,977 m³/年 + 28,288 m³/年 = 80,265 m³/年となる。

4)地下水涵養量

得られた値を(2)式に代入することで、地下水涵養量が得られる。

$$R = Q + GW_{out} = 80,265 + 47,682,432 = 47,762,697 \text{ m}^3/\text{年}$$

この値を流域面積(1,923km²)で除すると24.8mm/年となる。この値は、流域降水量543mmに対しては4.6%に相当する。

5)蒸発散量

蒸発散量は(1)式より算定することができる。

$$E = P - R = 1,044,189,000 - 47,682,432 = 996,506,568 \text{ m}^3/\text{年}$$

この値を流域面積(1,923 km²)で除すると518.2mm/年となる。算定された蒸発散量の値は流域降水量のほとんどを占めるが、この中には Ambovombe 盆地内に雨季に多数確認される「たまり水」や既述の Sarimonto 湿地といった一時地表上に貯留された後に蒸発するという成分が含まれている。

7.3 地下水シミュレーション

7.3.1 目的

地下水シミュレーションの目的は以下の通りである。

- ・ Ambovombe 市の給水施設整備計画が実施された場合の地下水位と水質(塩分濃度)の変化を予測する
- ・ 予測の結果、地下水位や水質に大きな影響が予測される場合には、揚水井の配置や揚水量を変えた検討により、環境影響が許容範囲内となるような計画に修正する
- ・ 地下水の開発可能性が十分にあると判断される場合は、どの程度まで開発できるか、その可能性を検証する

7.3.2 地下水シミュレーションモデルの構築

(1)モデル化範囲

検討対象範囲は、給水計画における地下水水源の開発箇所(F006 および F015 井戸)が含まれる Ambovombe 盆地とする。図 7.3.2-1 にモデル化の範囲を示した。

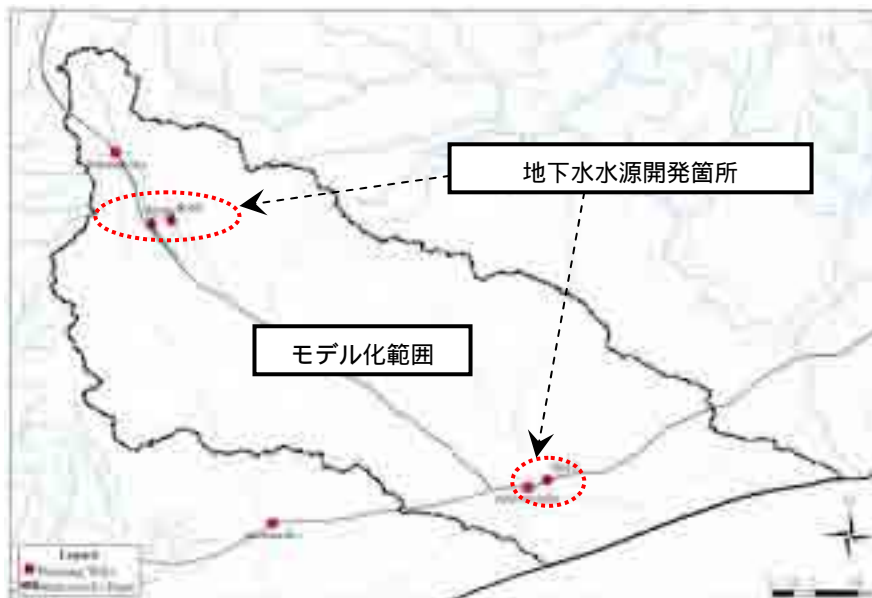


図 7.3.2-1 モデル化範囲

(2)使用モデル

地下水シミュレーションには塩水侵入解析機能(密度流解析機能)を有する米国地質調査所(USGS)による SEAWAT (SEAWAT:A Computer Program for Simulation of Three-Dimensional

Variable-Density Ground Water Flow) を使用した。

本モデルは世界的にも一般的な三次元差分地下水流動解析モデルである MODFLOW(USGS)と、地下水汚染物質の移流・分散・化学反応を解くモデルである MT3D(同)をカップリングさせたもので、地下水流動(密度流解析機能も含む)と物質移動を同時に計算できるものである。

(3)モデルの構築

1)帯水層分布範囲

検討対象地域には盆地中心部を除いてほぼ均等に井戸が分布し、地下水も盆地内に広く分布していると考えられる。また、試掘調査の結果、盆地縁辺部である F009、F014 地点及び F018 地点でも地下水が確認された。従って本検討において、帯水層分布域は Ambovombe 盆地全域とした。

2)地表面標高

地表面標高は、ランドサット画像データから得た地形図(25m 間隔)を使用した。図 7.3.2-2 は、使用した地形等高線を示す。

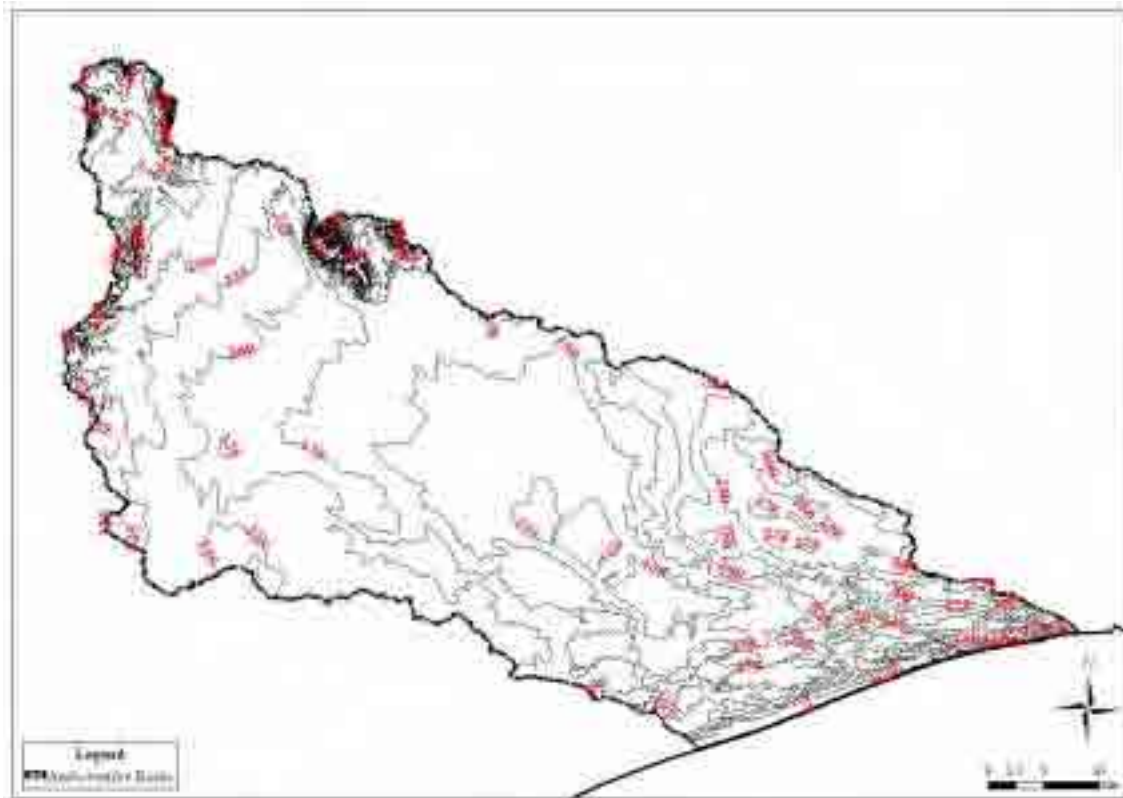


図 7.3.2-2 モデル化に用いた地表面標高

3)基盤標高

基盤深度は、既往のボーリングデータ及び電気探査結果などから調査団が作成した基盤標高等高線図を使用した。図 7.3.2-3 には、使用した基盤標高等高線図を示した。

ただし、北部岩盤分布域については、試掘調査で地下水の確認された最も深い深度 80m を帯水層厚と考え、地表面標高から 80m を差し引いた値を基盤標高としている。

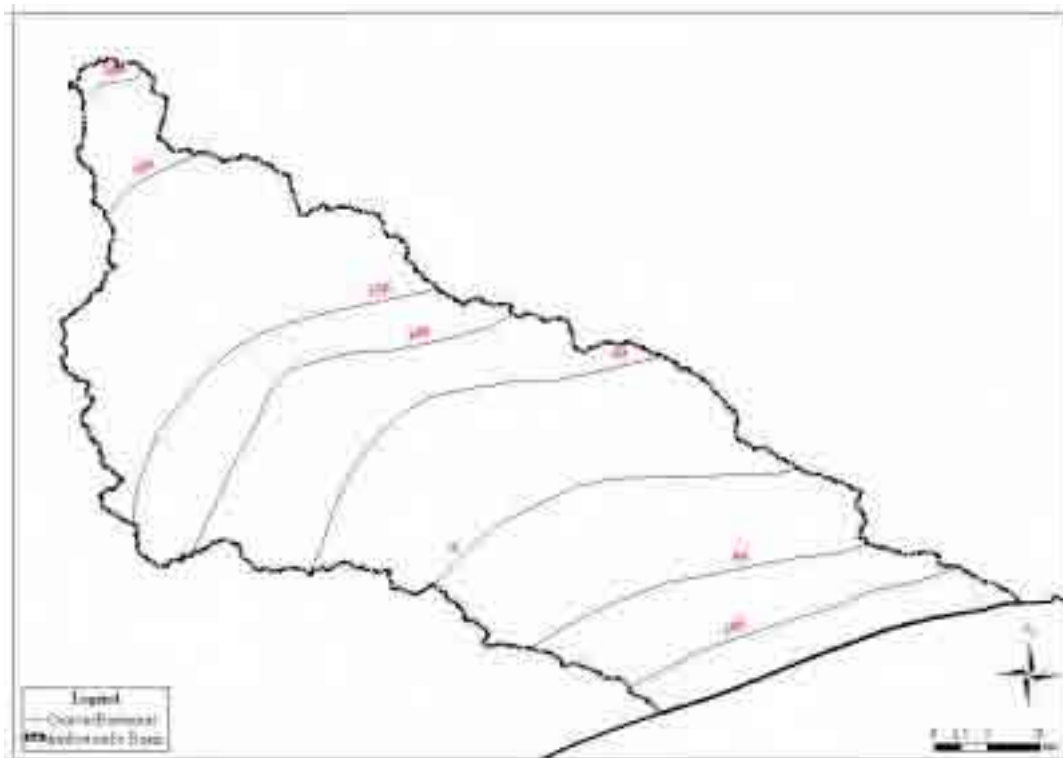


図 7.3.2-3 モデル化に用いた基盤標高

4)解析メッシュ

解析範囲 (94.5km×40.0km) を 500m×500m の正方形の格子に分割した。図 7.3.2-4 に解析メッシュを示した。また、塩水侵入状況をより詳細に把握するため、垂直方向に 6 層に区分している。

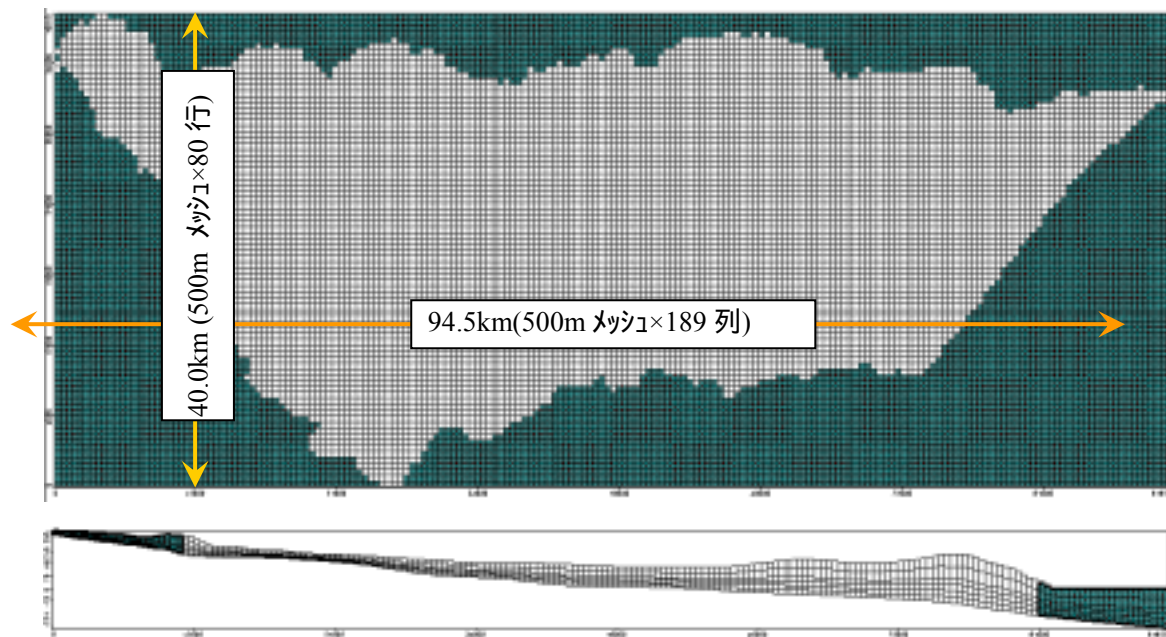


図 7.3.2-4 解析メッシュ

5)水理地質区分

水理地質区分は既往の表層地質分布図を参考とした。図 7.3.2-5 には参考にした地質図を示す。

モデル化に際しては、先カンブリア紀の基盤岩、褐色砂・白色砂（第三紀堆積物）、砂丘堆積物（第四紀堆積物）および沖積層の4種類に区分して取り扱った。

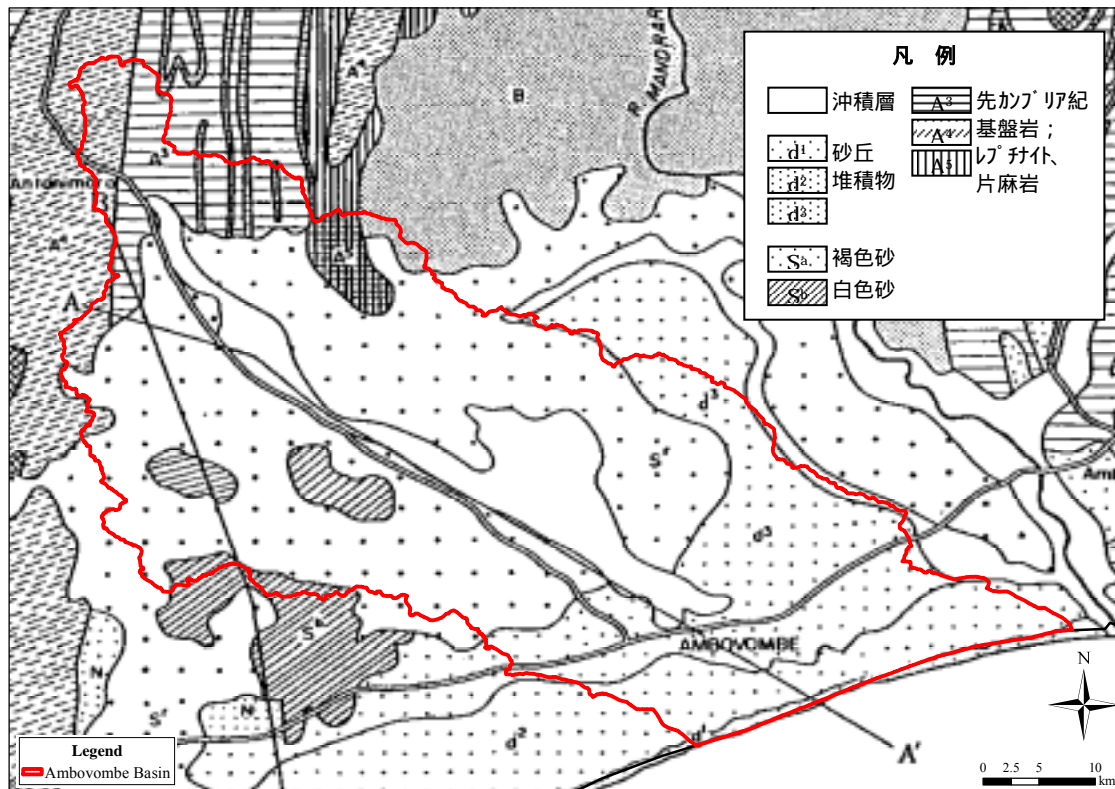


図 7.3.2-5 モデル化に使用した水理地質区分

7.3.3 モデルの検証

(1) 検証方法

モデルの検証は入力パラメータ（水理パラメータ）を変化させて地下水位の平面分布が現地調査結果から得られたものと同等になるように行った。計算は初期水位と最終水位とが同一になるまで（定常状態になるまで）繰り返し行った。

(2) 境界条件と入力条件

1) 固定水頭境界

固定水頭境界としては、海岸線部に標高 0m を、また Ambovombe 盆地最上流部に標高 380m をそれぞれ設定した。Ambovombe 盆地最上流部に固定水頭境界を設定したのは、現地踏査の際、最上流部に湧水（乾期でも枯渇せず）が確認された事実に基づいている。

2) 固定濃度境界

固定濃度境界としては、海岸線部に海水の塩分濃度 35,000mg/l を設定した。

3)初期塩分濃度分布

現地調査結果から Ambovombe 盆地内の塩分濃度分布は、電気伝導度が 200mS/m 以下程度の上流部岩盤分布域と同 400 ~ 700mS/m 程度の堆積層分布域に大きく分けられる。

こうした状況から、本モデルでは塩分濃度の分布を以下のように簡略化して取り扱った。

図 7.3.3-1 に示す電気伝導度平面分布を参照し、図中に示した境界線より上流部を電気伝導度 =200mS/m (塩分濃度 = 1,000mg/l) の区間、下流部を電気伝導度 500mS/m (塩分濃度 = 2,500mg/l) の区間に区分した。モデルへの入力は、電気伝導度の値を塩分濃度に変換した値を適用している。

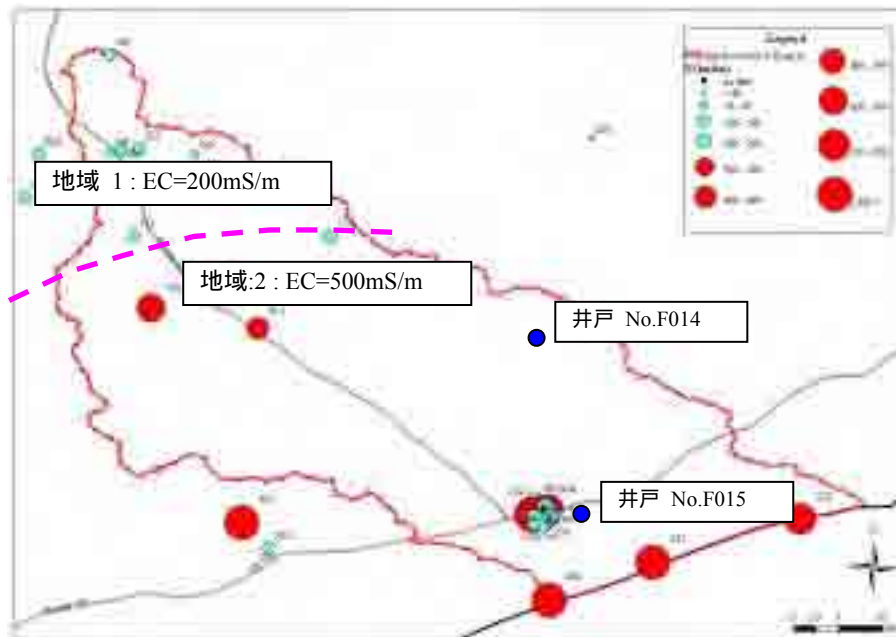


図 7.3.3-1 電気伝導度測定結果 (2005 年 11 月)

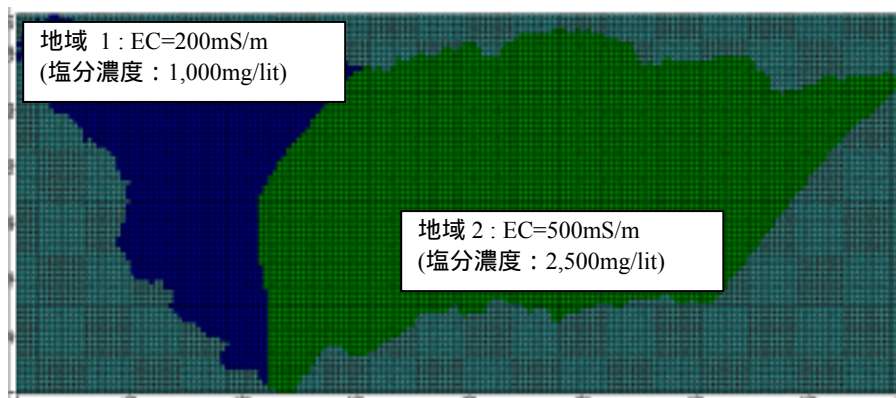


図 7.3.3-2 モデルに入力された初期塩分濃度分布

4)地下水涵養量

地下水涵養量は、水収支検討結果から得られた値に基づき 25mm/年を使用した。また、同地域では降水浸透後に地層中の塩分濃度が地下水中に溶出していると考えられることから、涵養量にも初期塩分濃度条件と同様の塩分濃度値を与えている。

5)分散定数

分散定数は縦方向 1m、横方向 0.1m とした。

6)飽和透水係数

飽和透水係数は、試掘調査結果を参考として表 7.3.3-1 の通り設定した。

表 7.3.3-1 使用した飽和透水係数

地層区分	採用値	参考値
基盤岩	7.0×10^{-5} cm/sec	➤ 試掘井戸 F001 の飽和透水係数= $3.5 \times 10^{-5} \sim 6.6 \times 10^{-5}$ (cm/sec)
第三紀堆積層	3.0×10^{-4} cm/sec	➤ 試掘井戸 F014 の飽和透水係数= $1.0 \times 10^{-4} \sim 2.8 \times 10^{-4}$ (cm/sec) ➤ 試掘井戸 F018 の飽和透水係数= 4.5×10^{-6} (cm/sec) ➤ 試掘井戸 F009 の飽和透水係数= 3.0×10^{-6} (cm/sec)
砂丘堆積層 A	7.0×10^{-2} cm/sec	➤ 試掘井戸 F015 の飽和透水係数= $6.8 \times 10^{-2} \sim 9.2 \times 10^{-2}$ (cm/sec)
砂丘堆積層 B	7.0×10^{-1} cm/sec	地下水水位分布計算結果より同定
沖積層	1.0×10^{-4} cm/sec	試掘井戸 F006 及び F006b の飽和透水係数= $4.9 \times 10^{-5} \sim 9.3 \times 10^{-4}$ (cm/sec)

7)有効空隙率

有効空隙率は 0.15 を使用した。

(3)検証結果

図 7.3.3-3 には地下水位平面分布の再現結果を示す。

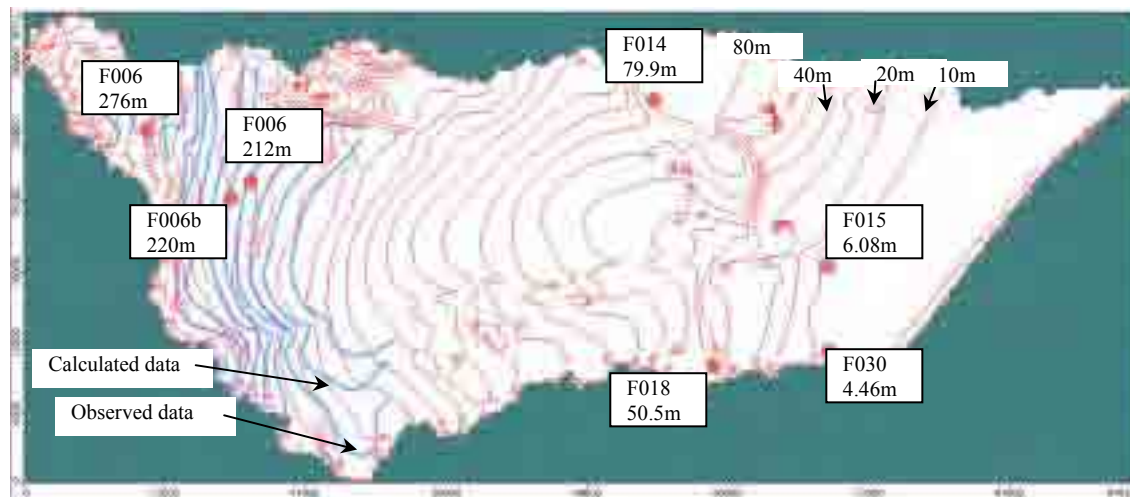


図 7.3.3-3 検証結果

7.3.4 将来予測計算

(1)地下水開発計画

現在地下水開発計画としては、表 7.3.4-1 に示す 4 ケースが想定されている。

表 7.3.4-1 地下水開発計画

ケース	内容	開発井戸	開発量
Case-1	Ambovombe 市内付近の深井戸 F015 を水源として Ambovombe 市内に生活用水を供給する。	F015	230 m ³ /日 (83,950 m ³ /年)
Case-2	北部岩盤地帯の地下水を水源として Ambovombe 市内に飲料水を供給する。	F006	275 m ³ /日 (100,375m ³ /年)
Case-3	Ambovombe 市内付近の深井戸 F015 を水源として Ambovombe 市内及び海岸砂丘地帯に生活用水を供給する。	F015	1,790 m ³ /日 (653,350 m ³ /年)
Case-4	北部岩盤地帯の地下水を水源として Ambovombe 市内及び海岸砂丘地帯に飲料水を供給する。	F006	2,065 m ³ /日 (753,725 m ³ /年)

(2)計算方法

予測計算では設定した地下水開発計画の導入により、地下水位の低下とそれに伴う海水（塩水）侵入域の急激な拡大といった影響が生じるかどうかを確認する。

ここでは以下の通り、ケーススタディを実施して検証を行うこととした。

前項で示した現況再現モデルを使用とする。

F015 井戸の揚水量を 0～5,000(m³/日)まで変化させて地下水位の低下量を確認する。

F006 井戸の揚水量を 0～5,000(m³/日)まで変化させて地下水位の低下量を確認する。

上記地下水位低下量の確認と併せて塩水侵入範囲の変化も確認する。

計算期間は 10 年間とした。

(3)モニタリング箇所の設定

地下水位及び塩水侵入範囲の確認は、F015 井戸から海岸線までの区間におよそ 1km 間隔で観測箇所を設定してこれらの水位及び水質の変化を求めることを行った。

図 7.3.4-1 は、水位・水質モニタリング箇所の設定状況を示す。

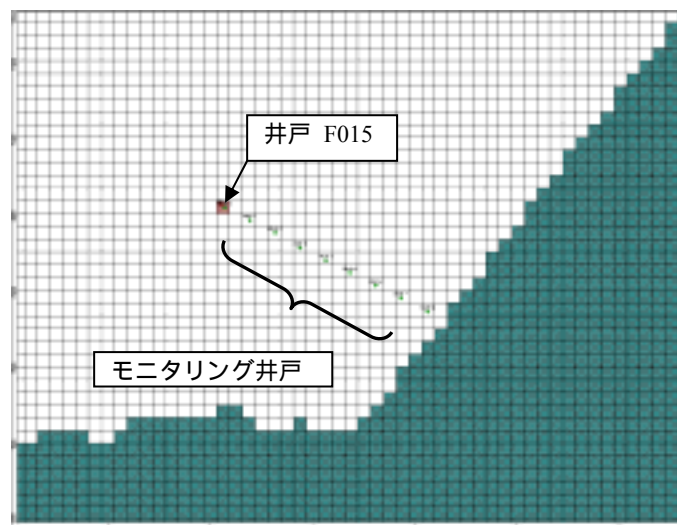


図 7.3.4-1 モニタリング井戸設置箇所

(4)計算結果

図 7.3.4-2 は、予測計算から得られた F015 井戸の揚水量変化 (Q=0、1,000、2,000、3,000、4,000、5,000 m³/日)に伴う観測井戸(含む揚水井戸)の水位低下量と塩分濃度の変化量の関係図を示す。図の通り、F015 井戸の揚水量の増加とともに水位低下量及び塩分濃度は増加しているが、塩分濃度の変化(塩水侵入の程度)は No.6 井戸までのみ確認され、それより内陸側では濃度の変化は生じていない。

さらに、この結果は F006 井戸の揚水条件 (0~5,000 m³/日)を (F015 の揚水条件と同時に) 与えた場合も同様の結果となった。従って給水計画で予定されている地下水開発を行った場合でも、地下水位の大幅な低下による塩水侵入は生じることはないという結果が得られた。

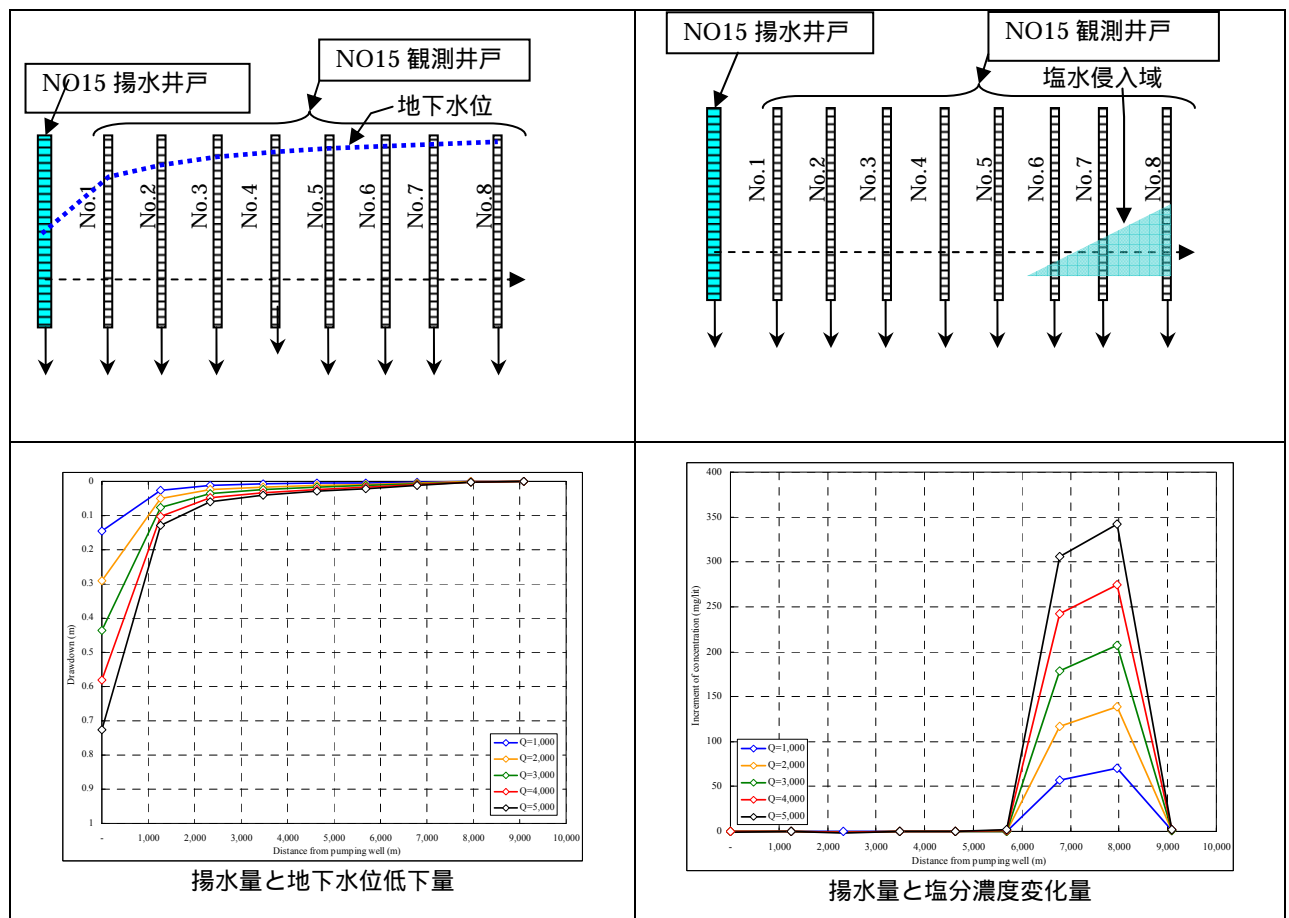


図 7.3.4-2 計算結果

7.3.5 試掘井戸 F015 の地下水開発可能性評価

(1)目的

試掘調査の結果、試掘井 F015 地点において表層に塩分濃度の低い層（電気伝導度 300mS/m ~ 400mS/m 程度）の存在が確認された。

これまで行われた現地調査の結果では、この層の分布範囲やこの層の生成要因等に関する詳細な情報は把握されていない。従い、ここでは現地調査結果から推定される仮定に基づいて当該低塩分濃度層の再現を試み、そのうえで地下水開発を導入した場合の塩分濃度の変化を予測計算により検討する。

(2)境界条件

1)初期塩分濃度

現地調査の結果、沿岸部の試掘井戸 F015 に低塩分濃度の層が存在することが確認された。図 7.3.5-1 は、F015 及び F030 井戸の水質鉛直プロファイルの結果を示す。

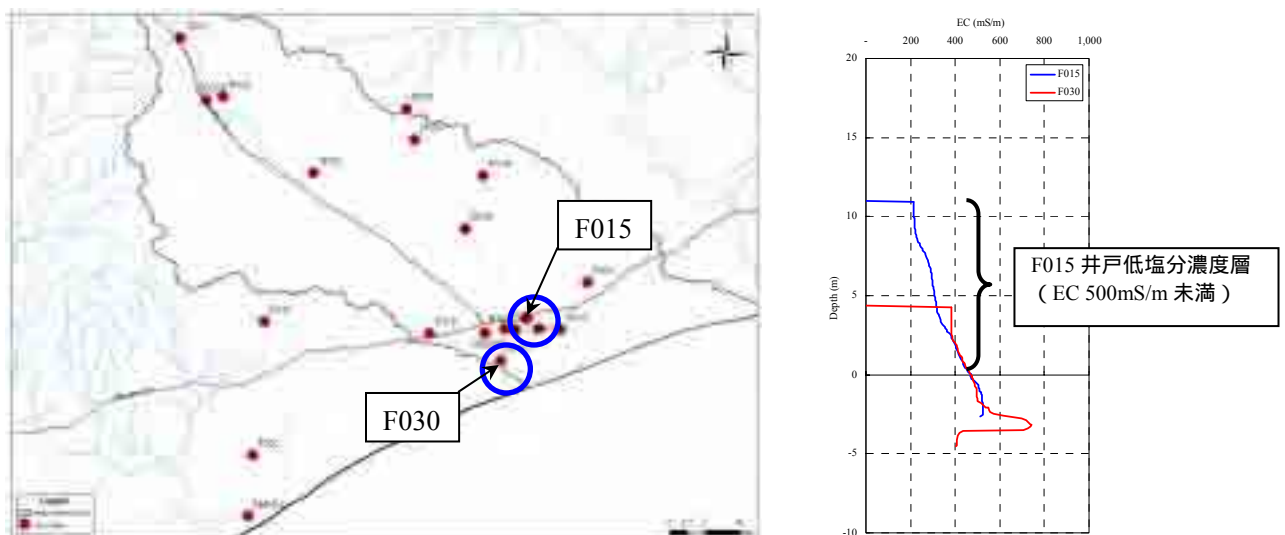


図 7.3.5-1 沿岸部低塩分濃度の分布状況

図の通り、F015 井戸の地下水面下およそ 10m 程度の厚さで電気伝導度が 500mS/m 以下の低濃度層が存在している。また、この層は F030 井戸にはわずかに存在するが、その他の箇所では確認されていないため、F015 井戸を中心として 10km ほどの範囲を分布域と考えた。

そこで、下図に示す範囲に低塩分濃度分布域に相当するエリアとして初期塩分濃度 = 1,500mg/ℓ（電気伝導度換算でおよそ 300mS/m）で（解析メッシュでは第 1 層から第 4 層まで）与えた。図 7.3.5-2 に初期塩分濃度条件を示す。

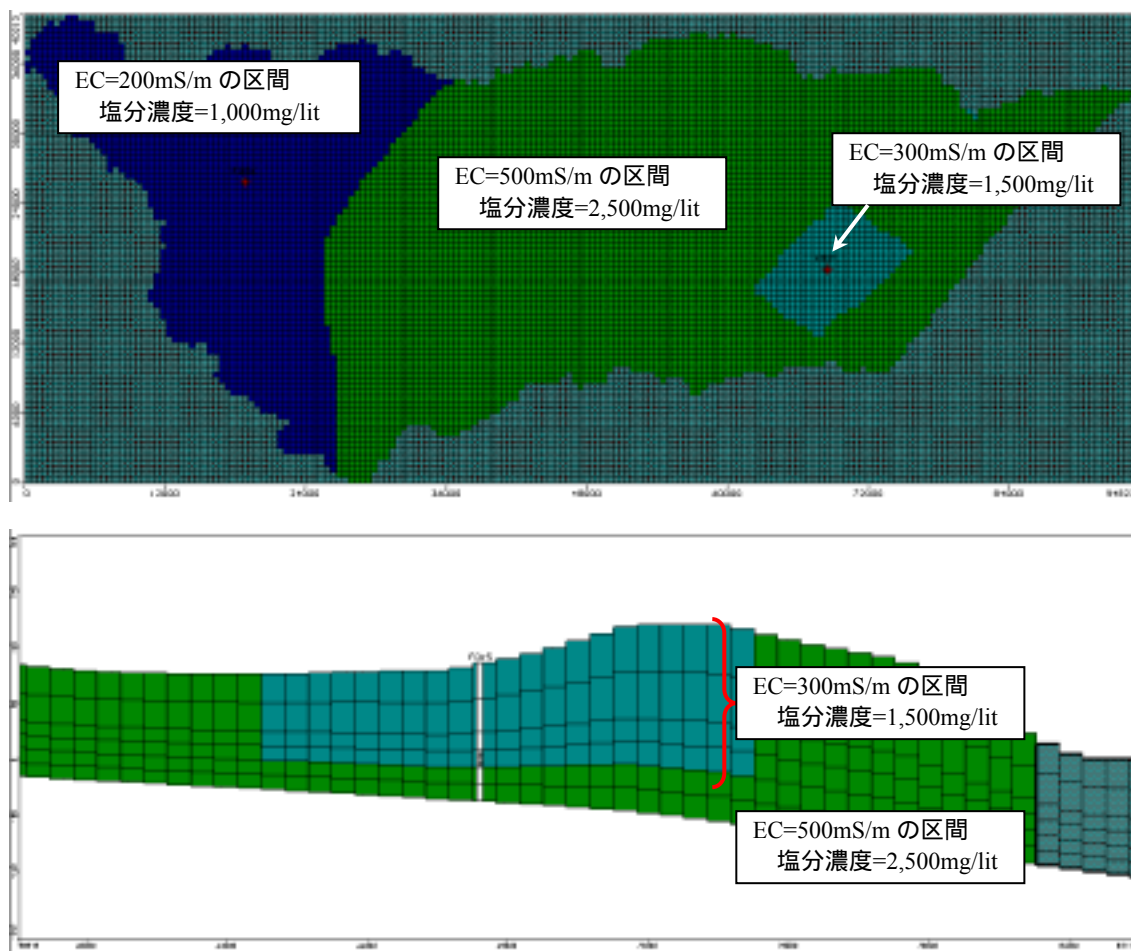


図 7.3.5-2 初期塩分濃度設定状況

2) 涵養量の塩分濃度

涵養量の塩分濃度条件は、上述の低塩分濃度箇所についてのみ Ambovombe 市内の浅井戸内地下水の塩分濃度最低値を参考にして 500 mg/l の値を設定した。

3) 揚水井戸と観測井戸の設置

F015 の水質変化を把握するために、図 7.3.5-3 に示すようなモニタリング井戸を設置した。

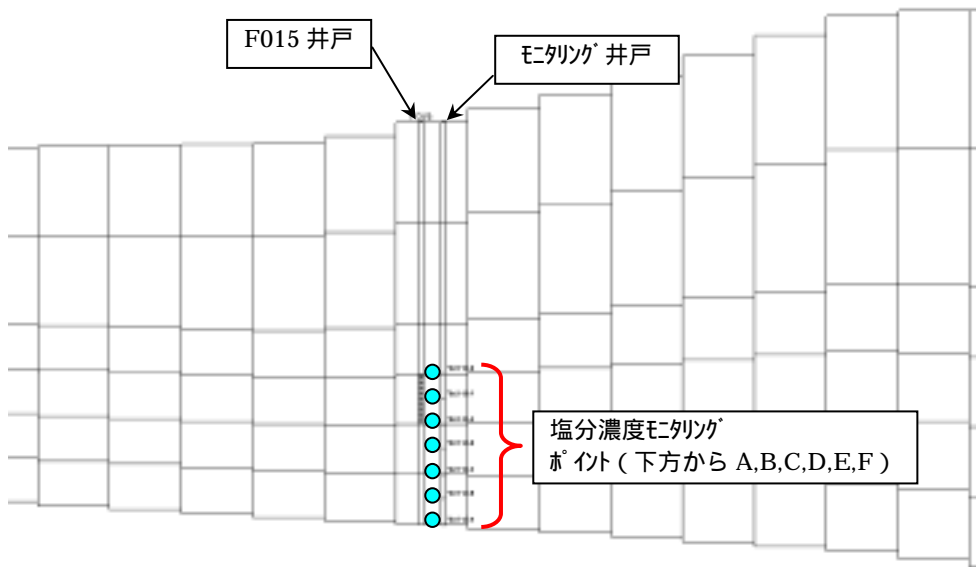


図 7.3.5-3 モニタリング井戸設定状況

(3)計算結果

上記初期設定条件により 10 年間の計算を行った。図 7.3.5-4 に計算結果（第 4 層の塩分濃度平面分布状況と鉛直断面分布状況）を示す。

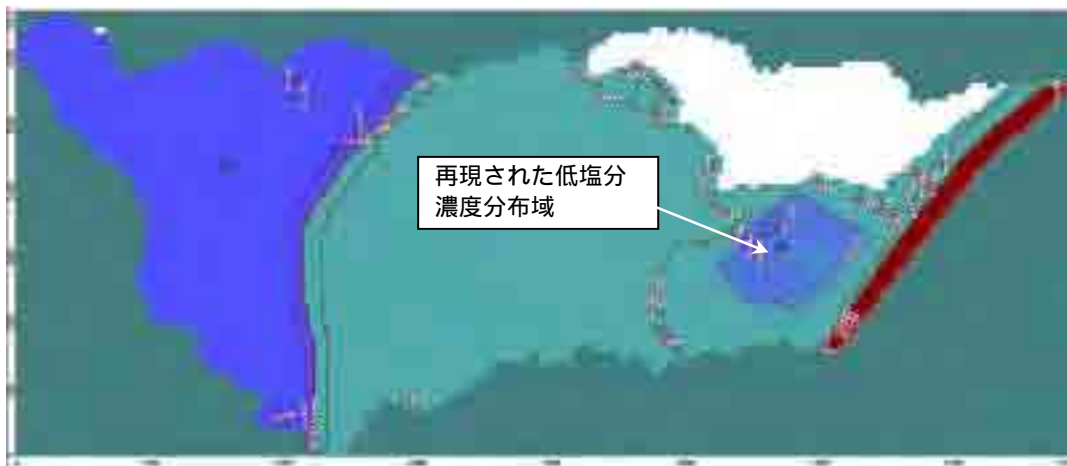


図 7.3.5-4 (a) 塩分濃度分布状況（平面）

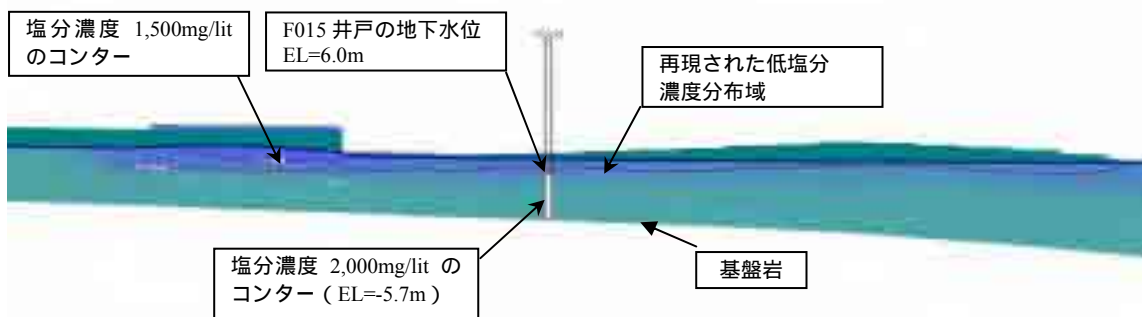


図 7.3.5-4 (b) 塩分濃度分布状況（鉛直断面）

図 7.3.5-4 に示すとおり、F015 井戸の箇所では厚さおよそ 12m の低塩分濃度層が再現されたことがわかる。また、図 7.3.5-5 には、モニタリング箇所の塩分濃度および電気伝導度の計算結果を示す。

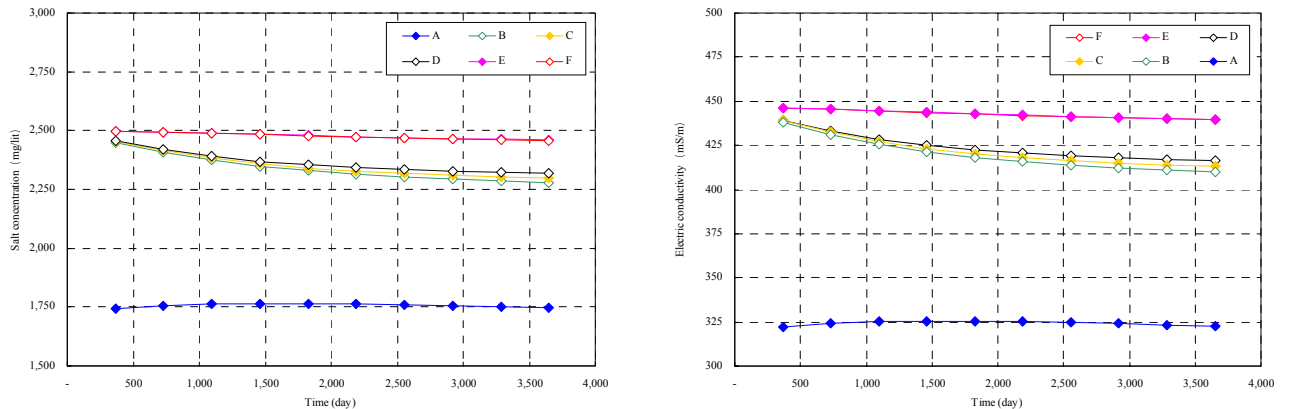


図 7.3.5-5 塩分濃度と電気伝導度の経年変化

(4)揚水時の水質変化

1)揚水井戸の設定

上記の通り、F015 井戸周辺の低塩分濃度層再現モデルを用いて当該井戸で揚水を行った場合の塩分濃度の変化を検討した。ここで、F015 井戸のスクリーンは、低塩分濃度層から取水することを想定し第四層のみに設定した。

2)揚水量

揚水量は、250、500、1,000、1,500、2,000、3,000、4,000、5,000 m³/日の 8 段階に設定した。

3)計算結果

図 7.3.5-6 には、揚水量を 0 ~ 5,000 m³/日に変化させた場合の水質モニタリング井戸第 4 層中間点の塩分濃度変化を示す。

図の通り、揚水量の増加に伴って塩分濃度も上昇していくが、揚水量 3,000 m³/日以上のケースでは最終的な塩分濃度は 2,200mg/l (電気伝導度換算 = 430mS/m) に収束しており、それ以上の塩分濃度の上昇は生じないという結果になった。

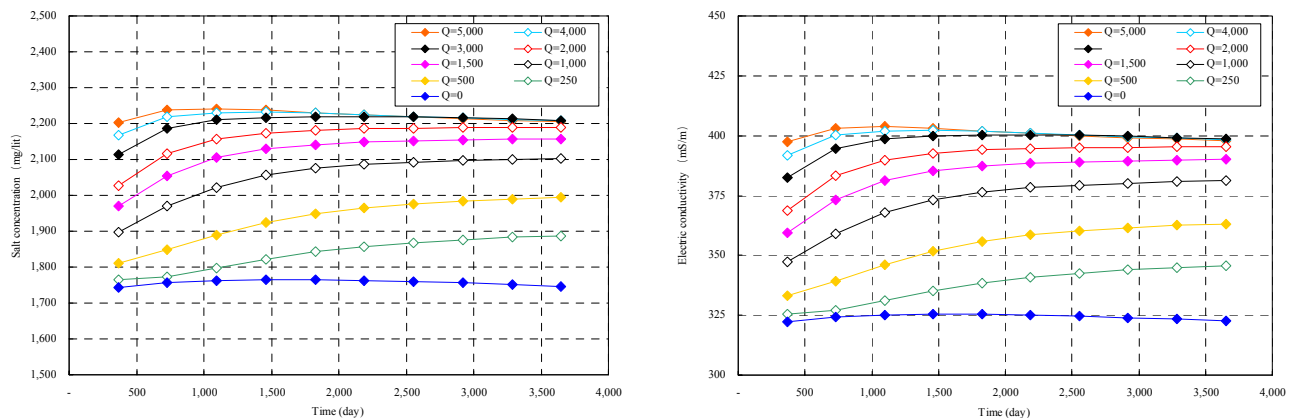


図 7.3.5-6 F015 井戸第 4 層の塩分濃度と電気伝導度の変化

(5) ケーススタディ I (低塩分濃度地域を減少させた場合)

同様のモデルを用いて、いくつかの境界条件を変えた場合について同様に予測計算を行った。ケーススタディ では、低塩分濃度地域の面積が半分になった場合について予測計算を行った。

図 7.3.5-7 には、ケーススタディ での初期塩分濃度条件を示した。

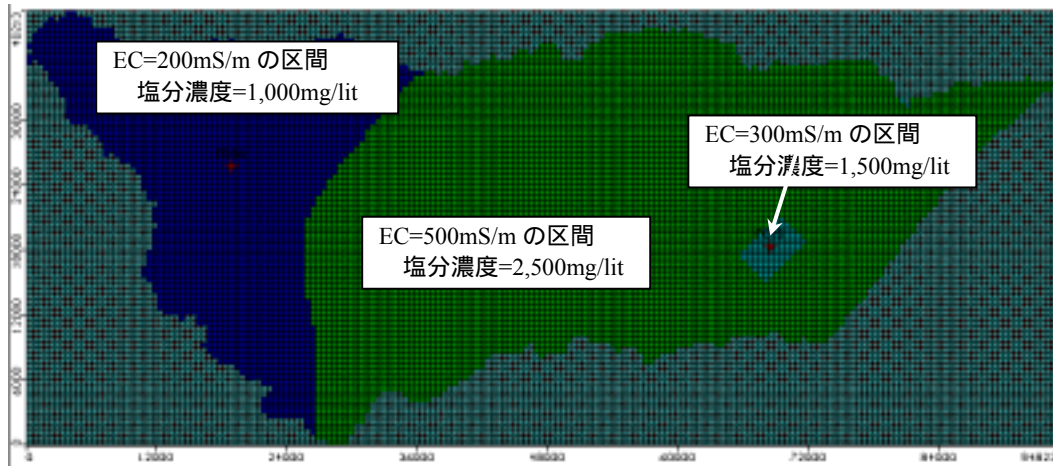


図 7.3.5-7 ケーススタディでの初期塩分濃度条件

図 7.3.5-8 は、揚水量を 0 ~ 5,000 m³/日に変化させた場合の水質モニタリング井戸第 4 層中間点の塩分濃度変化を示す。図の通り、塩分濃度が若干上昇しているが、低塩分濃度地域の面積を半分にする以前とほぼ同等の値となった。従って、面積を半分にした場合でも、影響はほとんどないといえる。

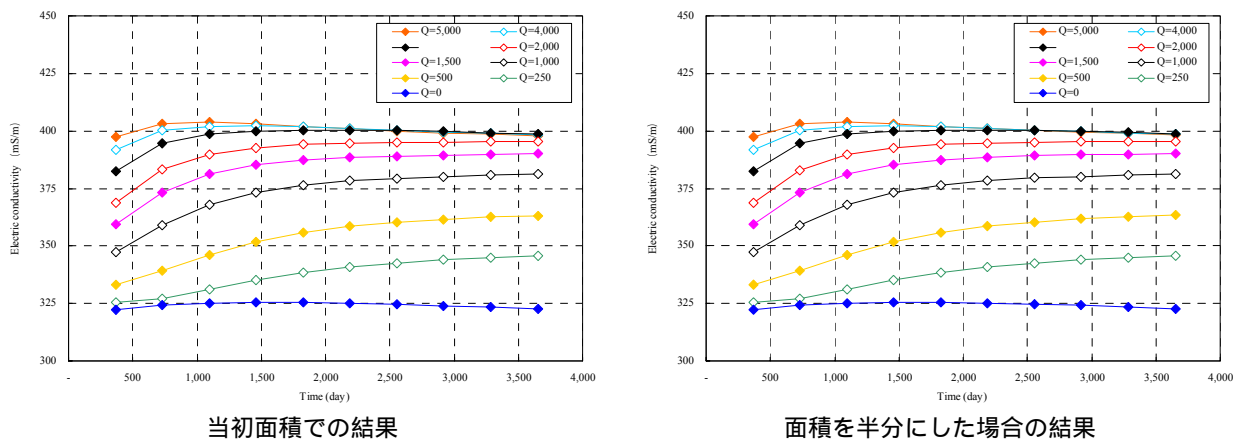


図 7.3.5-8 F015 井戸第四層の塩分濃度と電気伝導度の変化

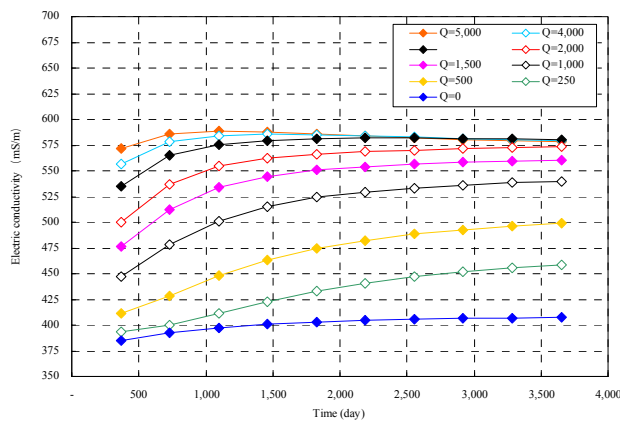
(6) ケーススタディ II (低塩分濃度地域直下帯水層の地下水塩分濃度を变化させた場合)

ケーススタディ では、低塩分濃度層 (モデルでの第 4 層) 直下の第 5、第 6 層の塩分濃度を 2,500mg/l から 4,000mg/l 及び 5,500mg/l に变化させた場合における予測計算を行った。

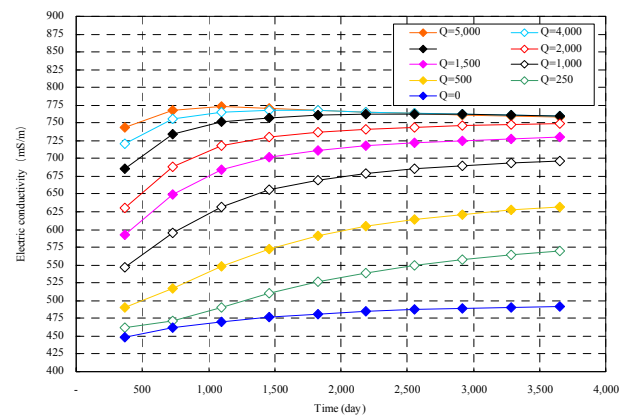
図 7.3.5-9 に計算結果を示す。図の通り、第 5、第 6 層の塩分濃度を变化させた場合、第 4 層での地下水塩分濃度の値は急激に増大するという結果になった。

従って、今後 F015 井戸において地下水開発を行う場合は、低塩分濃度層直下の地下水塩分濃度の

値を精度良くモニタリングすることが重要であると考えられる。



塩分濃度 = 4,000 mg/l (EC=750mS/m)での結果



塩分濃度 = 5,500 mg/l (EC=1000mS/m)での結果

図 7.3.5-9 F015 井戸第 4 層の塩分濃度と電気伝導度の変化

7.4 地下水モニタリング計画

(1)概要

地下水モニタリングは、地下水資源を管理する上で重要な事項である。地下水シミュレーションによって、地下水環境への影響を予測することは可能であるが、実際のモニタリングによりその影響予測の精度を検証することが可能になる。

(2)モニタリング計画

本調査を通じて、地下水位と地下水の水質についてモニタリングを行った。また、自動観測機器によって、水位と水質の連続観測も行われた。

そこで、これら機器を本調査終了後も活用してモニタリングを継続する必要がある。

図 7.4-1 および 7.4-2 には、自動観測機器が設置されている箇所の位置図を示している。これら機器を用いて、基本的には Ambovombe の AES の職員が実際のモニタリングを行い、首都 Antananarivo の MEM の職員が、これらデータの監理を行うという体制での実施を提案する。

図 7.4-3 にはモニタリング実施体制（案）を示す。

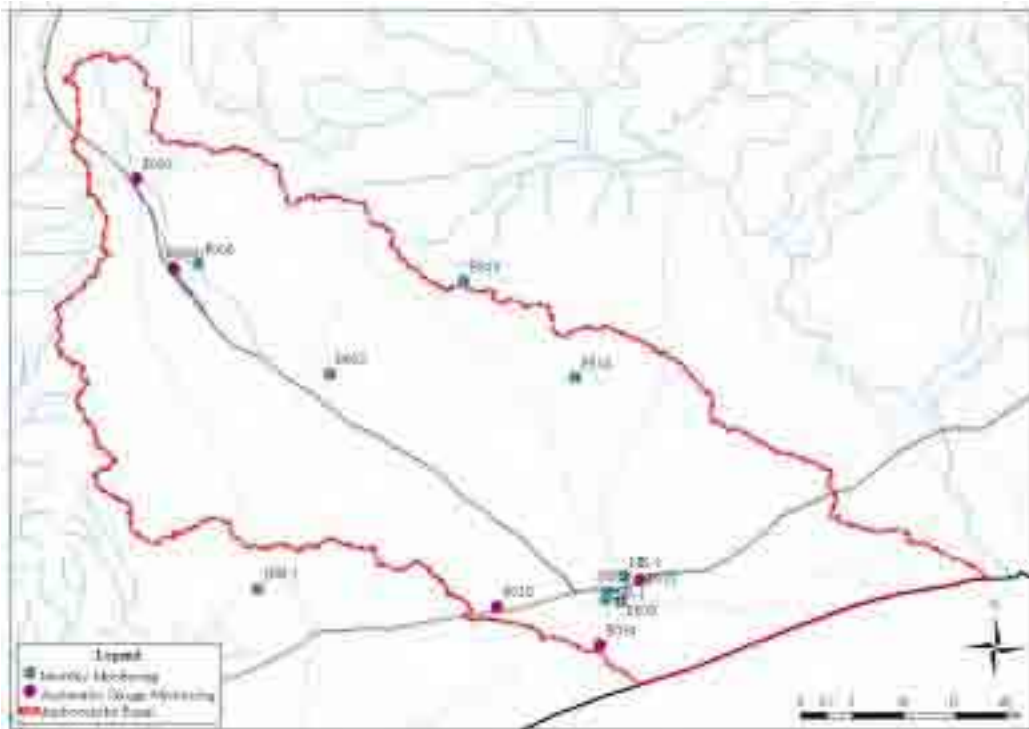


図 7.4-1 地下水モニタリング地点位置図

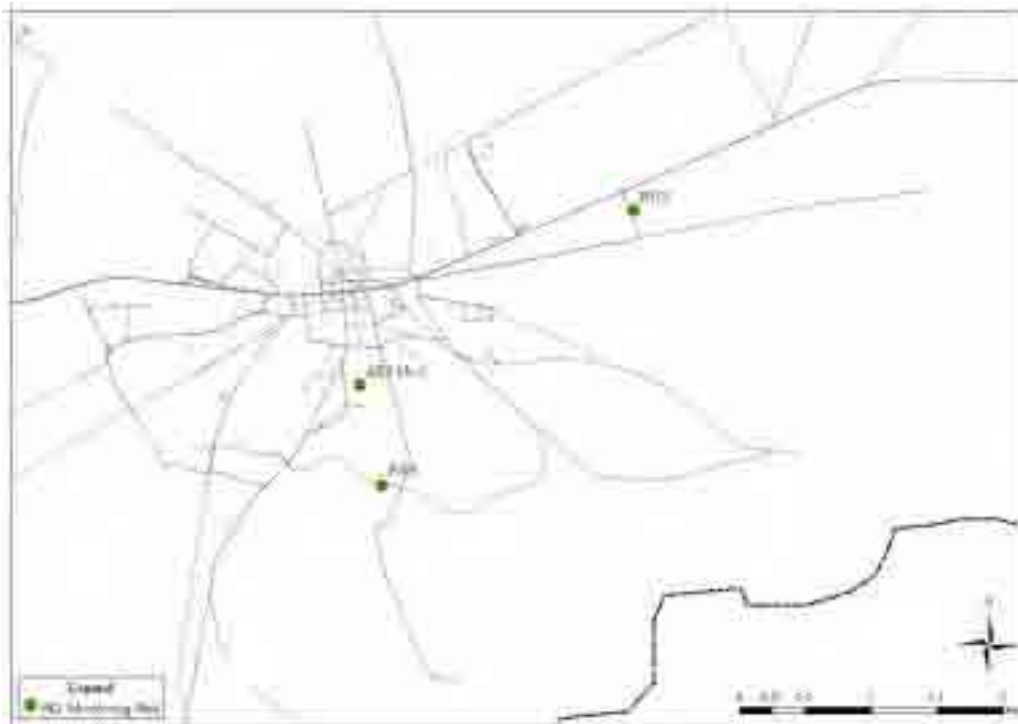


図 7.4-2 地下水モニタリング地点位置図 (Ambovombe 市内)

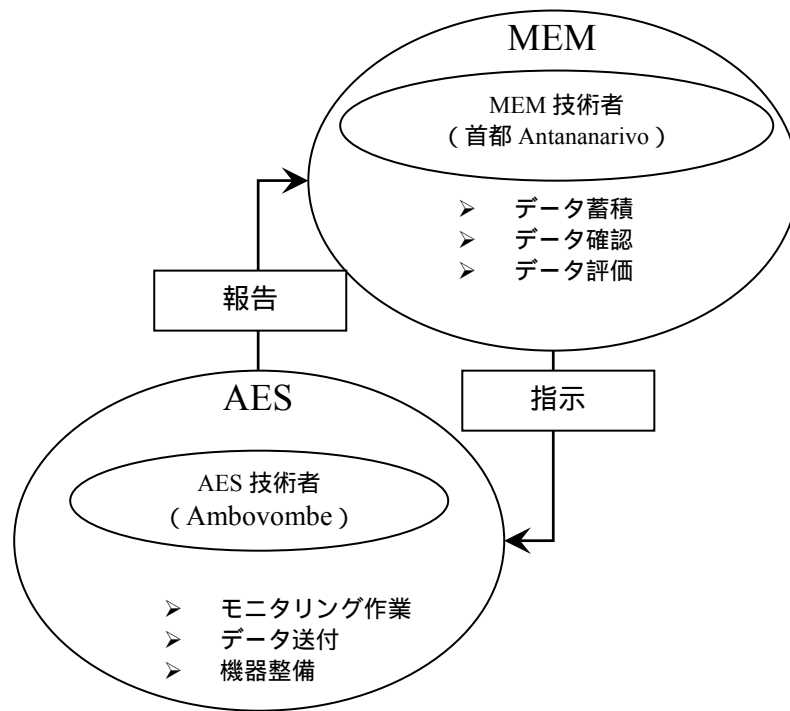


図 7.4-3 地下水モニタリング体制

第8章 給水計画

8.1 基本条件

8.1.1 給水区域

調査対象地域の給水区域は、都市部の Ambovombe 市と村落部のコミューンの2地区に区分される。

(1) 都市部の Ambovombe 市(コミューン)

- 1) 2005年の人口：38,213人、58フクタン

(2) 上記以外の村落部コミューン

- 1) 2005年の人口：239,767人、332フクタン

2) 調査団による給水区域の分類(2005年)と自立的な給水施設の提案

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| -人口300人以下: | 1,183村落: 手押しポンプ揚水施設 |
| -人口300人以上1,000人以下: | 164村落: 手押しポンプないし太陽光利用揚水施設 |
| -人口1,000人以上2,000人: | 3村落: 太陽光利用揚水施設 |

3) 水源：飲料可能な地下水



図 8.1.1 - 給水対象地区

8.1.2 水需要

(1) 給水人口

2005年2月～4月の人口調査によると、調査対象15コミューン、390フクタンの人口は、下表に示す通り、277,980人であった。

表 8.1.2- 給水対象コミュニティの人口と村落数 (フクタン)

No.	コミュニティ	村落数 (フクタン)	人口(2005) (人)	人口予測 (2015) (人)	水需要 (2015) (m ³ /日)	調査村落 (フクタン)
1	Ambanisarika	12	11,112	16,592	166	11
2	Ambazoa	20	15,168	22,648	226	20
3	Aambohimalaza	15	13,395	20,000	200	14
4	Ambonaivo	15	9,001	13,440	134	13
5	Ambondro	23	18,556	27,706	277	22
6	Ambovombe-Androy	58	38,213	42,000	420	50
7	Analamary	15	10,509	15,691	157	14
8	Antanimora	38	22,725	33,931	339	19
9	Antaritarika	24	14,037	20,959	210	23
10	Beanantra	26	12,404	18,521	185	22
11	Erada	17	10,799	16,124	161	17
12	Maroalomainty	32	32,645	48,743	487	32
13	Maroalopoty	50	36,394	54,340	543	41
14	Sihanamaro	28	20,120	30,041	300	12
15	Tsimananada	17	12,902	19,264	193	16
	Antaritarika 除く合計	366	263,943	366,069	3,661	303
	総合計	390	277,980	400,000	4,000	326

(2) 目標年次

給水目標年次は、ミレニアム開発目標年次(MDG)の2015年である。

(3) 人口増加率

人口増加率は、対象2県の2002年～2005年について、Ambovombe-Androy県の人口増加は、16,388人で6.1%の増加率、Tsihombe県は19,568人で27.5%の増加率である。一方、地方村落部15コミュニティの増加率は35.5%と報告されているが、Ambovombe都市部の増加率は比較的少ない。給水対象地区の2015年の人口は、ロジスティック曲線法(Logistic Curve Method)により、総人口は400,000人と推定され、Ambovombe市は42,000人、それ以外の村落部は358,000人である。

(4) 給水原単位

給水原単位は、安全な地下水を10ℓ/人・日を給水する。

(5) 水需要量

Ambovombe市およびそれ以外の村落部の目標年次2015年の水需要量は、給水原単位10ℓ/人・日であるため、それぞれ420m³/日と3,580m³/日となる。

表 8.1.2-2 給水対象人口と水需要量

項目			実績値	予測値
年次			2005	2015
1. 給水対象地区の総人口			278,000	400,000
1-1) Ambovombe 市以外の村落部			239,800	358,000
1-2) Ambovombe 市			38,200	42,000
2. 水需要量			(m ³ /日)	
2-1) Ambovombe 市以外の村落部の水需要量			2,780	4,000
2-2) Ambovombe 市の水需要量			2,398	3,580
10 ℓ/人・日			382	420

8.1.3 水源と給水区域

調査対象地域の最適な水源は、地下水である。地表からの汚染のない深井戸から揚水する。地下水は、乾季においても安全で安定した量が供給可能である。調査対象地域の平坦な Ambovombe 盆地では、厚い第四紀沖積層が基盤岩を覆っている。粘土、砂礫、砂岩や礫岩が、不圧地下水層を形成している。一方、Ambovombe 盆地の北部の Antanimora や Manave の丘陵部では花崗片麻岩や片岩の風化帯が露頭し、半被圧ないし被圧地下水を形成している。給水対象地域を、下図の通り、A, B, C, D, E, F ゾーンの各ゾーンに区分すると、主な給水対象地区は、Ambovombe 市の D ゾーンと海岸地域の E ゾーンである。

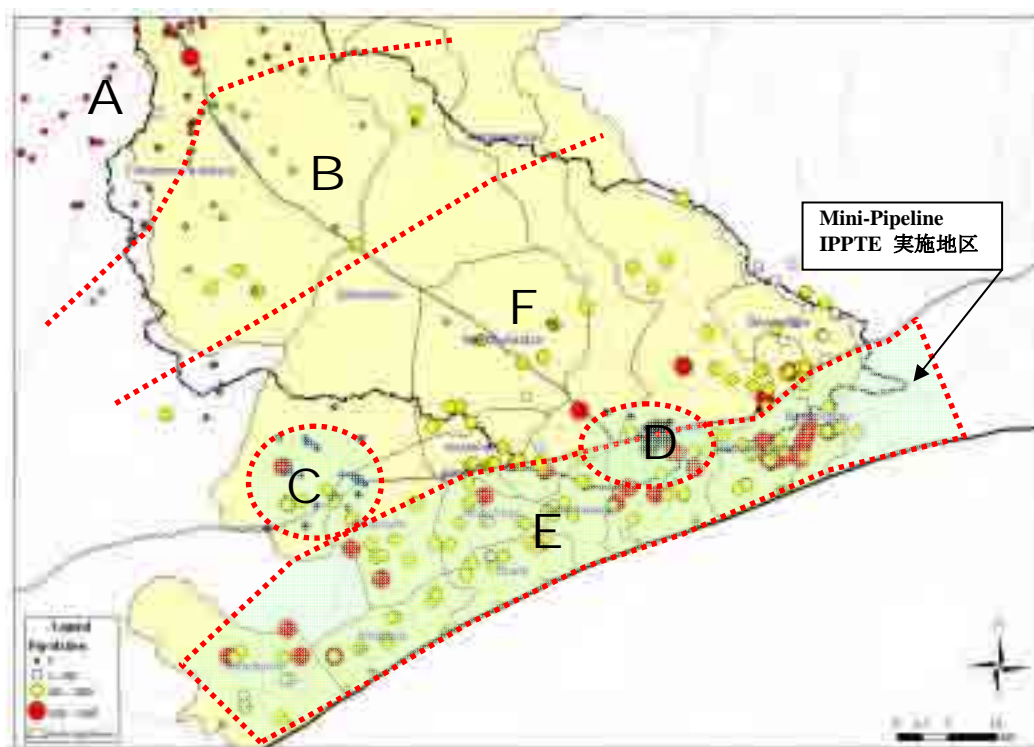


図 8.1.3-1 給水対象地区のゾーン区分

8.2 給水計画代替案

8.2.1 給水計画代替案の検討

水資源調査は、給水対象地区に対して年間を通じて安定で安全な水源としての地下水を中心に総合的に検討した。試掘調査は、給水対象村落に1水源1給水施設を目標に、20井の深井戸と5井の手掘り井戸を試掘した。成功した試掘井を利用して5ヶ所で、パイロットプロジェクトによる給水施設を建設した。試掘調査結果による、安定で安全な水源としての地下水ポテンシャルは、以下の2地区に限定された。

- 1) Ambovombe 市郊外 (F015: 生活用水)
- 2) Antanimora 地区 (F001、 F006 、 F006B: 飲料水)

【D: 飲料水供給計画案】

給水計画代替案(D1 - D3) は、Ambovombe 市郊外の試掘井 (F015) 水源を利用する案で、水質的にはマダガスカル国基準値限界であるが、立地条件が良好なため生活用水として利用することが可能である。一方、給水代替案(D4 - D6)は、Antanimora 地区の試掘井(F001, F006 及び F006B)を活用する計画案で、飲料水水源である。このため、給水計画は、以下の点を考慮して選定する。

- 1) 運営維持管理は現状の AES 技術レベルで可能な施設。
- 2) 水料金は、持続的な給水施設の運営維持管理が可能な更新費を含み、現状の水価格バケツ 1 杯 100Ar/13ℓ (¥5.6/13ℓ)以下で独立採算制が可能な施設。
- 3) 住民の支払い可能な水料金、50~100 Ar/13ℓ (¥2.8~5.6/13ℓ) である。
- 4) 南部給水公社(AES) は 1980 年代に設立されたが、燃料費の高騰、補助金の縮小ほかの理由により、2006 年 7 月現在のバケツ 1 杯の原価は 150~500 Ar/13ℓ となっている。一方、公定水価格は 100 Ar /13ℓ である。
- 5) 給水計画代替案(D1 - D6)のバケツ 1 杯の水価格は、30~50Ar/13ℓ と試算される。

給水計画代替の (D1 と D2) は、Ambovombe 市郊外の水源 (F015) を活用し、最も優先度の高い Ambovombe 市とその周辺地区(ゾーン D)に給水する案である。

給水代替案 (D1) と (D2) の違いは以下となる。

- 1) (D1)は揚水の動力源をディーゼル発電方式で独自に行う。
- 2) (D2)は JIRAMA の商用電源を活用する。

ただし、現状の Ambovombe 市における JIRAMA の電力供給量は十分とはいえない。しかし、運営維持管理費の経済性の点では非常に効率的であるため、現実的な計画としては(D1)から、将来的に(D2)へと転換していくと考えられる。

代替案(D3)は、試掘井(F015)を活用して、海岸砂丘地帯 (ゾーン E) に給水する案である。水源の水質は塩分濃度が高く、WHO 飲料水基準に適合しない生活用水であるが、以下に説明する計画 D4 を採用しない場合の代替案となる。

最も効率の良い給水施設は、1 村落 1 水源である。ただし、地下水水源 (F015) の水質は塩分濃

度が高く（EC：300mS/m）飲料用には適さないが、炊事、洗濯、シャワー等の生活用水として使用可能である。よって、現在、生活用水確保に困窮する Ambovombe 市及び周辺地区 4 万人に対して、緊急に給水改善を行う計画として実施する。給水システムは適正規模で、裨益住民当たりの投資コストも適切である。運営費を含む水の生産コストは 20-30 Ar/13ℓ バケツと試算され、現在の 100 Ar/13ℓ バケツの改善策として、また、運営維持管理機関である南部給水公社（AES）の経営改善に十二分に寄与すると判断される。

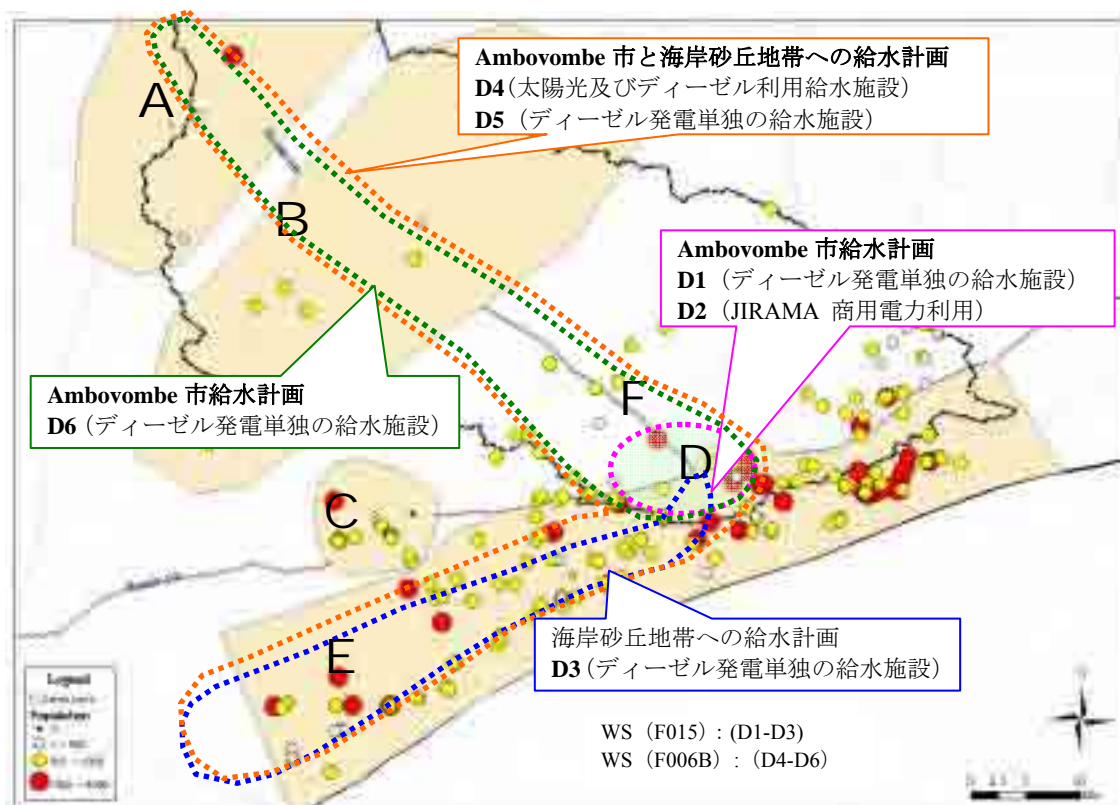


図 8.2.1-1 給水計画代替案 (D1～D6)

表 8.2.1-1 給水計画代替案 (D1 - D6) 基本事項の比較

	水源	裨益人口 (計画対象 給水人口)	直接 工事費	裨益人口一人 当たり建設 コスト	水生産 コスト (施設更新費 含まず)	採算割れ しない 最小 水生産量	月単位の運営・維 持管理費 (生産コ ストによる)
D1	Ambovombe 郊外 (F015)	40,000	¥1.3 億	3,250 (54,000)	¥1.1 (Ar20)	400	¥1.04 (Ar18.5)
D2	Ambovombe 郊外 (F015)	40,000	¥1.3 億	3,250 (54,000)	¥0.84 (Ar15)	400	¥0.78 (Ar13.9)
D3	Ambovombe 郊外 (F015)	179,000	¥11.0 億	6,145 (108,000)	¥1.4 (Ar25)	400	¥1.29 (Ar23.1)
D4	Antanimora 地区(F006B)	206,500	¥23.0 億	11,380 (198,000)	¥0.84 (Ar15)	700	¥1.36 (Ar24.2)
D5	Antanimora 地区(F006B)	206,500	¥23.0 億	11,380 (198,000)	¥1.4 (Ar25)	700	¥2.26 (Ar40.4)
D6	Antanimora 地区(F006B)	84,500	¥13.0 億	15,300 (270,000)	¥1.4 (Ar25)	400	¥1.29 (Ar23.1)

一方、給水代替案 (D4-D6)は、Antanimora 地区の WHO 水質基準を満たす飲料水を水源とする案である。水源から給水区域の Ambovombe 市へは、送水管路約 60km が必要で、さらに最終地点の海岸砂丘地帯の Antaritarika へは 50 数 km の送水管路が必要である。しかし、地形的な利点があり、水源地点からの約 80m の標高差を利用して自然流下で最終地点の Antaritarika に給水が可能である。

給水計画(D4 と D5)は、水源から最終給水地点までの給水対象地域のほぼ全域を一貫したプロジェクトとして給水する計画案で、実施工期は 5 年間程度が必要である。このため、最も必要とされる飲料水の供給計画を期分けして計画するが、それぞれの完結性を持たせて実施する。

- 1) (D4)は、太陽光を利用した給水システムを 4ヶ所以上設置して、燃料費や運営維持管理費の低減を考慮した案である。
- 2) (D5)は、動力源をディーゼル発電として、3ヶ所の揚水施設に集中し、初期投資の低減と運営の効率化を図る案である。(表 8.2.1-1 参照)

給水計画(D6)は、Antanimora 地区の清浄で安定した地下水を、対象地域で最も優先順位の高い Ambovombe 市に飲料水として給水する計画である。

給水計画(D1-D6) は、水料金が現状のバケツ 1 杯 100Ar/13ℓ よりも安価に、給水施設の更新性を含み持続的な運営維持管理を、独立採算制を考慮して計画している。このため、各案の実施に当たっては、上記独立採算制を実行する運営維持管理の組織体制が必要である。体制案としては、既存の AES の活用と新規の独立組織の設立(民営化)などの案がある。調査の結果、対象地域の水問題を総合的に検討している現在の AES の経験を活用した組織改革と強化が最もふさわしいと思料される。このため、計画(D1)緊急実施案(2007)の着手と同時に、AES の技術経営支援のためのプロジェクト技術強化(S1)に着手し、計画(D1)による Ambovombe 市内の給水により得られる水収入をより効率的に活用し、経営改善に取り組む必要がある。さらに、2008 年以降の対象地域の給水改善計画の具現化に向けて、計画(D4) の具体的な実施案を、実施機関 (MEM)、地方自治体、EU やアフリカ開発銀行そして NGO など同地域で活動している組織との連携・協調体制を構築する。具体的には、多様な分野を総合的に技術支援する(S1、S2 そして S3)の実施が必要である。2006 年 11 月、MEM によるミニパイプ (Ambassary-Sampona) も送水を開始したため、技術支援計画 (S4) として Ambovombe 市や海岸砂丘地帯への給水の関連性を検討する。具体的な対応については、下記のものが含まれる。

- 1) 自然流下式の管路給水計画と保健衛生計画に伴う天水溜の改修、建設計画の調整と推進。
- 2) 水料金を住民の支払い意志の範囲内 (50-100 Ar /13ℓ バケツ) で実行するため AES の経営・組織強化、支援。
- 3) 既存パイプライン (Beloha-Tsihombe 間 140km) の技術的・経営・運営組織強化、緊急改善のための技術支援。
- 4) ミニパイプ (Ambasary-Sampona) の送水開始に伴う、Ambovombe 市や海岸地域への給水のための管路の延長に係る技術支援。

次に、天水溜設置の優先順位は、恒久的な給水施設や地下水源のある地域より、10km 以上離れた

地域を優先して実施する。

1) 優先順位 1： 管路系給水の恩恵が小さい 10km 以上離れた地域

Analamary (12 基)、Maroaropoty (43 基)、Maroaromainty (29 基)、Beanantara (25 基)、Shihanamara 北西部 (17 基)、Ambovombe の中央部から北部 (38 基)、計 164 基が対象となる。

2) 優先順位 2： 海岸砂丘地帯の管路系給水が実施されない場合の地域

Antaritarika (27 基)、Ambazoa (15 基)、Erada (14 基)、Tsimananada (8 基)、計 64 基が対象となる。

3) 優先順位 3： 上記条件に適合する地域を除外した 4 フクタン 53 基が対象となる。

天水溜の設置場所については、既存天水溜の評価を含め水源からの距離で選定する。天水溜と既存水源までの距離を 5km に 1 基として、水源の空白地帯をなくするように順次実施する。

給水計画(D7) は、大型天水溜の建設である。2006 年に実施された開発計画策定のための各コミュニティへの要望調査でも上位にはいっており、水源がない条件下では、季節的制限があっても必要とされている。しかし、調査結果では、その稼働率が低く、貯水槽に亀裂や漏水が発生した場合の修繕が技術的、資金的に難易度が高いことも事実である。ただし、天水溜の貯水槽は水がなくなる期間があるなど、施設の耐久性を保障できる条件ではないため、安全で安定な給水がなされない地域に限り、緊急的、一時的対応として設置すべきである。大型天水溜の建設は、保健衛生の技術支援と一体で、目標年次 2015 年に向けて実施すべきである。

1) 優先順位 1 (2007-2010): 管路給水施設の恩恵が少い 10km 以上離れた地域 164 コミュニティ。

2) 優先順位 2 (2011-2013): 海岸砂丘地帯の管路系給水が実施されない場合の 64 コミュニティ。

3) 優先順位 3 (2014-2015): 上記条件に適合する地域を除外した 4 フクタン 53 コミュニティを対象とする。

計画(D8)は、公共施設の屋根を集水面(約 100 m²)として利用する天水溜で、貯水槽の容量は通常 10 m³ が基準となっている。

計画(D9)は、各家庭の屋根を利用して集水するタイプの天水溜で、貯水槽は HDPE タンクを使用し、住民が独自に集水システムを建設する案である。

計画(D10) は、水路などで集めた天水を地下の人工的な貯水空間に遮水シートを活用して建設する地下貯水槽である。コンクリート部は一部分となるため、施工は簡単にできる。

計画 (D11 と D12)は、上記(D7-D10) の天水溜の水を飲料用に利用する場合、保存のための滅菌剤、腐敗防止剤の使用である。

その他の計画は次の通りである。

計画(D13) は、給水トラックに係る検討である。

計画(D14) は、地下水ポテンシャルがある地域への対応策である。

計画 (D15)は、塩分濃度が高い水の淡水化装置で、運転維持管理には圧力をかけるための動力およびフィルター類の交換が必要となる。

計画 (D16)は、安全な飲料水確保に関して、煮沸の普及である。

【DM: 生活用水供給案】

計画 **(DM1)** は、ハンドポンプの活用で、現在パイロットプロジェクトでロープポンプとヴェルニエポンプの2機種を設置する。

計画 **(DM2)** は、くぼ地の活用である。

【P: 地域特性を生かした水供給用動力案】

計画 **(P1)** は、風力発電の導入である。

計画 **(P2)** は、送水管路の落差を利用するマイクロ発電である。

【L: 水供給状況改善をサポートする行政事項】

下記のような課題に対する基本方針を、実際の衛生管理、規制を MEM、地方自治体及びコミュニティとの協議を踏まえ、改善策と規制の公布/適用まで支援する。

計画 **(L1)** は、水の販売に係る法制の問題に対するものである。現在、Ambovombe 市街地で販売する水売りに対して、登録制は取っているものの販売料金に関する規制はない。

計画 **(L2)** は、既存井戸の以下のような問題とそれを改善するための計画である。

- ◆ 蓋がないため、上部から異物が入る。蓋は木の板で製作することになるが、井戸口径が大きく崩壊している井戸など、設置が難しい場合もある。また、設置義務を怠った場合、どのように強制させるか課題となる。
- ◆ 便所は浸透式であるため、住宅密集地にある地下水は糞尿で汚染されている可能性が高い。
- ◆ 井戸近傍で洗濯をしているため、その排水が浸透して井戸に戻る可能性が高い。

計画 **(L3)** は、上記計画 **(L2)** と重複する部分もあるが、井戸立地規制に焦点をあてる。Ambovombe 市の南東部では水質が良く、現在人家もほとんどないが、今後、人口増加に伴い地表からの汚染に対する水源保護対策が必要である。また、南東部に限らず AES が取水している Ambovombe 市内の浅井戸や、他の地域でも重要な水源の立地規制が必要である。**(L2)** と同様、実際に規制を担当することとなるコミュニティと MEM との協議や、どのような規制を制定して公布/適用を行うかなどの具体的な支援が必要である。

計画 **(L4)** は、管路給水施設が建設されても遠隔地へ水の運搬は必要である。しかし、牛車による運搬は、高額料金で販売されたり、あるいは、村落内の互助的ボランティアに頼ったりしているのが現状で、効率よく水が遠隔地に供給されているとは言い難い。水の販売を奨励するためにも、水の販売量によりコミュニティもしくは水供給事業者より、報酬を出すなど、拡販を促進する制度が必要である。

計画 **(L5)** は、南部地域の給水事業を民活で実施する案であるが、受け皿の選定など具体的な作業は進んでおらず、既存の AES の存在は不可欠である。しかし、現状の活動状況と累積赤字から存続が困難な状況であり、緊急にその経営改善が必要である。

計画対象地域はマ国において最貧困地域であり、2015年のミレニアム開発目標の達成に向けて、無償資金協力、技術協力プロジェクト、コミュニティ開発支援無償などを考慮した、総合的な貧困削減、特に飲料水供給課題に対する迅速、かつ、現地の要求に適した柔軟な対応が必要である。

表 8.2.1-2 給水計画代案

調査対象地域給水方法(案)一覧 1/3 概要

主目的	計画案	給水計画内容	対象地域 (給水人口2015)	対象Zone区分					神益対象 人口(人)	建設コスト/神益人口
				A	B	C	D	E		
D1 生活用水 (緊急改善)	Ambovombe市郊外の水源を利用したAmbovombe市街地の給水施設(ディーゼル発電方式)	深井戸2井(φ8", 井戸深150m, 井戸能力300m³/日x2井=600m³/給水施設(水中モーターポンプ、発電機、地上型水槽300m³、市内配管10km、公共水柱20基)	Ambovombe市住民23,000人+周辺(計40,000人)、給水量10L/日/人(400m³/日)	1	*			40,000	130百万円/40,000 =0.33万円/人	
D2 生活用水 (緊急改善)	同上(JIRAMA商用電力方式)	同上、動力源をJIRAMA商用電力とする。	同上	1	*			40,000	130百万円/40,000 =0.33万円/人	
D3 生活用水 (短中期改善)	Ambovombe市郊外の水源(F015)を利用し、海岸砂丘地帯の改修を行う。(ディーゼル発電方式)	深井戸5井(φ8", 井戸深150m, 井戸能力600m³/日)給水施設(水中モーターポンプ、発電機、地上型水槽200m³、送水管6km、配水管52km、公共水柱36基)、地下水リフレッシュ/予測より井戸能力300m³/日/井が妥当であると深井戸10井が必要となる。(ディーゼル発電方式)	海岸砂丘地帯に散在する村落住民179,000人、給水量10L/日/人(1,790m³/日)		1			179,000	1,100百万円/179,000 =0.61万円/人	
D4 飲料水 (緊急・短中期対象地域全域の改善)	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市及び海岸砂丘地帯の改修を行う(ディーゼル発電方式)	深井戸6井(φ6", 井戸深63m, 能力600m³/日)井、太陽光利用揚水能力100m³/日)、自然流下式管路(Antanimora-Ambovombe間φ300mm, L=63km, Q=66m³/hr, Ambovombe-Antanimora間φ200mm, L=52km, Q=37m³/hr)給水施設(水中モーターポンプ、発電機、高架水塔50m、市内管路10km、地上型集水槽800m³、300m³x2基、配水槽50m³x4基、100m³x5基、公共水柱20基)(太陽光利用方式4ヶ所+ディーゼル発電方式2ヶ所)	1) Ambovombe市住民23,000人、 2) 海岸砂丘村落住民179,000人、 3) Antanimora水源住民4,500人、 計: 206,500人、 4) 給水量10L/日/人(2,0650m³/日)	1	1	1		206,500	2,300百万円/206,500 =1.1万円/人	
D5 飲料水 (緊急・短中期対象地域全域の改善)	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市及び海岸砂丘地帯の改修を行う(ディーゼル発電方式)	同上、深井戸3井、(動力源をディーゼル発電方式とする)、揚水能力600m³/日)を活性するための高架調整水塔150m³とすれば、自然流下式送水時間を12hr以上に延長可能(深井戸φ6", 井戸深63m, ディーゼル発電方式揚水能力Q=50m³/hrx12hr=600m³/日/井)	1) Ambovombe市住民23,000人、 2) 海岸砂丘村落住民179,000人、 3) Antanimora水源住民4,500人、 計: 206,500人、 4) 給水量10L/日/人(2,0650m³/日)	1	1	1		206,500	2,300百万円/206,500 =1.1万円/人	
D6 飲料水 (短中期改善)	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市街地のみを対象とした給水施設(ディーゼル発電方式)	深井戸2井(φ8", 井戸深63m, ディーゼル発電揚水能力600m³/日)井、高架調整水塔150m³)自然流下式管路(Antanimora-Ambovombe間φ300mm, L=63km, Q=50m³/hr)給水施設(高架水塔100m³、市内管路10km、配水管10km、公共水柱35基)	1) Ambovombe市住民23,000人、 2) Ambohimalaza村落住民57,000人、 計: 84,500人、 4) 給水量10L/日/人(845m³/日)	1	1	1		84,500	1,300百万円/84,500 =1.5万円/人	
D7 飲料水	天水溜め1 公共大型	雨季+1か月(計5か月)の給水を貯蓄する。 7ヶ所x10m³を貯蓄し、集める面積1000m²、タンク容量120m³	地下水源や既存水塔のための281 フタタン	1	1	1		フタタン平均人口 を500人とする 140,500	10百万円/500人 =2万円/人	
D8 飲料水	天水溜め2 公共中型	公共施設の屋根を利用した1ヶ所、100m³、タンク10m³	上記と同様、タフ1との差別化は今後 つめる。同様にNGOにより建設がほとんどでされている。	1	1	1		神益対象を定める 住民は建設地周辺 住民となるが、1基 で500人程度、 望で数は決定す る。	百万円/500人 =0.2万円/人	
D9 飲料水	天水溜め3 共同小型	民家屋根集水面積50m²、タンク5m³、屋根の改良も含む	Ambovombeを除く全ての地域	1	1	1		1基で2世帯か5 世帯、	60万円/人 =9万円/人	
D10 飲料水	天水溜め4 公共大型	地下に人工的な貯水空間を形成し、雨水を貯蓄するシステム。 ・メーカー等で提案された校庭等に建設されている。 ・集水面積1000m²、貯水槽120m³とする。	地下水源や既存水塔のための281 箇所のフタタン	1	1	1		フタタン平均人口 を500人とする 140,500	13百万円/500人 =2.6万円/人	
D11 飲料水	減菌剤利用教育	減菌剤Sur eau等を使用した水減菌の衛生教育。	Ambovombeを除く全ての地域	1	1	1		231,831	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	
D12 飲料水	防菌剤利用教育	減菌を兼ねた防菌剤と水漏れ防止衛生教育。	Ambovombeを除く全ての地域	1	1	1		231,831	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	
D13 飲料水	給水車1	・AntanimoraからAmbovombeまでのハイブリッド建設が前提である。 ・AmbossaryからAmbovombeを水源としたシステムに切り替える。 ・6m³給水車調達	Ambovombeを除く全ての地域	1	1	1		1	854万円/6000人 =1423円	
D14 飲料水	Imoney周辺ハンドポンプ	・100m程度の深い水層を掘削し、人口100人以上の村落に設置する。 揚程に限界があるため標高100m以下の村落のみ。 ・110m井戸、付帯施設建設、ポンプ部品販売システム、修理人網の構築。	Imoney, Antanimora北部、 Mananovo川流域	1				16,259	754万円/200人 =3.8万円	
D15 飲料水	淡水化装置	塩分濃度の高い水の塩分を除去する。 井戸、高架水塔、公共水柱のシステム構成に淡水化装置を設置する。ポンプと淡水化装置電源としてソーラー電源を設置する。	地下水の塩分濃度が高い全ての地域	1	1	1		252,830	具体的に計画を立て てから判断する	
D16 飲料水	煮沸衛生教育	安全な飲料確保として煮沸の普及をする。	全ての地域	1	1	1		231,831	具体的に計画を立て てから判断する	
DM1 生活用水	ハンドポンプ	EC3,000から10,000L/cm程度の水を期待して、水位100mまで揚水可能なハンドポンプを設置する。対象地域は標高100mまでの地点となるため、崖上の海岸沿い、若しくは、砂丘谷部の標高の低い地域。	海岸部村落 ・盆地東部地域 ・Ambalandrofio周辺	1	1	1		・海岸部で2577ヶ 所 ・盆地東部で307ヶ 所 ・Ambalandrofio周辺 で107ヶ所程度	754万円/200人 =3.8万円	
DM2 生活用水	ため池の建設	海岸地帯では雨季にさえも池が干涸び形成されないため家畜用水さえも事欠く。窪地に泥を張るなどして貯水可能とする。	自然の池が形成されない海岸地域の み			1		海岸部に位置する コミュニティのフタ	具体的に計画を立て てから判断する	
P1 動力源	風力の利用	風力ポンプと風力発電	海岸砂丘地帯及び全域	1	1	1		270,560	具体的に計画を立て てから判断する	
P2 動力源	揚水発電(マイクロ水力発電)	送水管路の標高差と流速を利用したマイクロ水力発電。	AntanimoraからAmbovombe地点と AmbovombeからAntanimoraへの地点		1			183,584	具体的に計画を立て てから判断する	
L1 法規整備	水不足時に高額となる料金を安定させる	AESで建設した水を転売する業者にはライセンス制とし、統制価格以上の販売を禁止するなど	-	1	1	1		252,830	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	
L2 法規整備	衛生状態改善のためボボのデザイン提案	・井戸周辺の衛生ガイドライン制定。 ・井戸元や蓋に関するガイドライン制定。	Ambondro, Ambovombe	1	1			38,684	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	
L3 法規整備	井戸建設と汚染源規制のガイドライン	・水源保護エリアを指定し、人家の建設を規制する。 ・汚染が発生した井戸では使用を中止させる。 ・汚染の原因は蓋がないことによるため、規則化する。	特にAmbovombe	1	1			38,684	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	
L4 法規整備	牛車の組織化による水運搬、効率化	AESで建設した水を転売する業者にはライセンス制とし、統制価格以上の販売を禁止するなど。また牛車のために遠方で販売する場合は割引して卸システムを状況により導入する。	特にAmbovombe	1	1	1		252,830	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	
L5 法規整備	AESの透明化サポート	・職員配置の適正化。 ・会計報告の公開(ボボに対して) ・フタの建設施設運営が軌道このまでのサポート。	-	1	1	1		252,830	フタプログラム、コストは プログラムの内容によ る	

調査対象地域給水方法(案)一覧 2/3 コスト

	建設費			水価			維持管理費			維持管理難易度		
	①直接工事費	②間接費	①+②合計	注:価格根拠	Av/13L	円換算	価格決定方法	Av	円換算		価格決定方法	主要補修事項
D1	130百万円			現地見積り	30	1.7	(運転費+維持管理費+更新費)÷揚水量	27.7百万Av/月	1.55百万円/月	(燃料費+オペレータ費+燃料輸送費+更新費)	発電機+揚水機器	維持管理は普通である。AESなど、中心的な運営組織が必要である。
D2	130百万円			現地見積り	20	1.1	(運転費+維持管理費+更新費)÷揚水量	18.5百万Av/月	1.04百万円/月	(燃料費+オペレータ費+燃料輸送費+更新費)	揚水機器	維持管理は容易である。AESなど、中心的な運営組織が必要である。
D3	1,100百万円			現地見積り	30	1.7	(運転費+維持管理費+更新費)÷揚水量	27.7百万Av/月	1.55百万円/月	(燃料費+オペレータ費+燃料輸送費+更新費)	発電機+揚水機器	維持管理はやや難である。AESなど、中心的な運営組織が必要である。
D4	2,300百万円			現地見積り	25	1.4	(運転費+維持管理費+更新費)÷揚水量	40.4百万Av/月	2.26百万円/月	(燃料費+オペレータ費+燃料輸送費+更新費)	インバータ+揚水機器	維持管理は普通である。AESなど、中心的な運営組織が必要である。
D5	2,300百万円			現地見積り	30	1.7	(運転費+維持管理費+更新費)÷揚水量	48.5百万Av/月	2.72百万円/月	(燃料費+オペレータ費+燃料輸送費+更新費)	発電機+揚水機器	維持管理は普通である。AESなど、中心的な運営組織が必要である。
D6	1,300百万円			現地見積り	35	2	(運転費+維持管理費+更新費)÷揚水量	32.3百万Av/月	1.81百万円/月	(燃料費+オペレータ費+燃料輸送費+更新費)	発電機+揚水機器	維持管理は普通である。AESなど、中心的な運営組織が必要である。
D7	10百万円	30%	13百万円	1981BDの車両よりサイズで比例させて算出。	100	5.6	補修頻度を15年として、補修費用と維持管理を販売量300m ³ で割った。	給料: 1,584,000 Av/年 補修: 1,314,000 Av/年	8.9万円 7.4万円	・維持費 8万9千円 ・110万円/15年 =7万4千円/年 合計 16万3千円/年	・管理人給料 ・防水槽の亀裂補修	・難、補修を実施しても、空腐に海水がたまるとは言い難く、再補修を要しても業者は対応できない。 ・責任を持って工事を請負のできる工事を組織化することが先決となるが地域の社会状況では難しい。
D8	1百万円	30%	1.3百万円	材料費に予想する人件費を足している。	83	4.6	売上げの水量は比例するたため上記と同様になると考える。	補修: 1,080,000 Av/年	6万円/年	建設費の8%とする。	どの補修、屋根の亀裂またははみ替え。	・中、補修を実施しても、空腐に海水がたまるとは言い難く、再補修を要しても業者は対応できない。 ・責任を持って工事を請負のできる工事を組織化することが先決となる。
D9	.5百万円	30%	.65百万円	材料費に予想する人件費を足している。	83	4.6	売上げの水量は比例するたため上記と同様になると考える。	補修: 565,000Av/年	3.2万円/年	建設費の5%とする。	・防水槽の亀裂補修	・低、既存タンクを交換。 ・購入先からの運搬設置にてかかるが、技術的な難易度ではない。
D10	10百万円	30%	13百万円	日本での30%以下の施工車両より、下記は含まれないため概算で2倍とした。海上、国内輸送費、技術者派遣費用、主工、シート工、排水工。	32	1.8	耐用年数を20年として、更新費を算出する。年間販売量300m ³ とする。	-	-	-	補修は不可能で更新のみ	補修は不可能
D11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9000Av/年 (1世帯6人)	504円/年	使用水量1日20L/人	購入のみ	一般に流通しており購入は容易である。
D12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	882,000Av/年 (1世帯6人)	4.9万円/年	使用水量1日10L/人	購入のみ	・流通していないため、流通網の整備が先決である。 ・高価である。
D13	6.6百万円	30%	8.54百万円	積算の基礎価格	更新有 238Av	更新有 13円	・1日18m ³ の水を運ぶ。 ・250km走行 ・積算定率に開ける修理費や管理費を計算	99百万Av/年	5.54百万円/年	車庫基礎価値を657万とし、損料算定率より計算。	燃料、補修、管理費	・補修自体は現在も実施しているため可能である。 ・現在のトラクタが壊されたかた上、現在の体制のままでは難しい。
D14	井戸掘削 500万 付帯施設 50万 ポンプ設置 30万 計580万	30%	7.54百万円	南西部案件建設費	6.1	0.33	・ポンプの更新費用を考慮する。 ・100円/日/人	840,000Av/年	4.7円/年	ポンプ再購入費用も含む	・ポンプ等の消耗部 ・補修人への報酬	・消耗品品の交換は住民レベルで可能である。 ・ポンプを引き上げて機能確認する必要があるときはある程度修理にたれた人員が必要となる。 ・ポンプ修理人と消耗品販売店を設置する必要はある。
D15	試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。					・機能を理解し、電気の技術に精通している必要がある。 ・メーカーの修理人以外では対応できない場合もありうる。
D16	試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。					
DM1	井戸掘削 500万 付帯施設 50万 ポンプ設置 30万 計580万	30%	7.54百万円	南西部案件建設費	6.1	0.33	・ポンプの更新費用を考慮する。 ・100円/日/人	840,000Av/年	4.7円/年	ポンプ再購入費用も含む ・ポンプへの報酬	・ポンプ等の消耗部 ・補修人への報酬	・消耗品品の交換は住民レベルで可能である。 ・ポンプを引き上げて機能確認する必要があるときはある程度修理にたれた人員が必要となる。 ・ポンプ修理人と消耗品販売店を設置する必要はある。
DM2	試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。					・指示を出す管理体を明確にする。住民で汚染物の廃棄除去は単純作業で可能である。
P1	試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。					国内で一般的ではないため難しい。
P2	試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。			試験的に実施して評価して明する。					国内で一般的ではないため難しい。
L1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	供給量が充分にない限り問題ない。
L2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	刑事罰がない限り難易度が高い。
L3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	刑事罰がない限り難易度が高い。
L4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	利用形態が慣習と密接な関係があるため、商業的に運搬者が多くならないと難しい。
L5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	政府の政治力次第。

表 8.2.1 - 3 給水計画代替案詳細

1/25

ID 番号	D1		計画のタイプ：施設	
実施時期	緊急改善 = 1年 2007 (年)		レベル2型給水施設	
水源	Ambovombe 市東部 (Mangarivitra)	水源の種類	地下水(F015)	
対象地域	Ambovombe 市街	対象人口(2015年)	40,000	
主要目的	Ambovombe 市民への緊急生活用水供給			
その他	ディーゼル発電独立方式 (燃料節約型)			
施設計画内容	深井戸2井 (8", 井戸深度150m、能力300m ³ /日) 給水施設1式 (水中モーターポンプ、発電機、地上型水槽300m ³ 、市内配管10km、公共水栓20基)			
建設費	直接経費 (右欄は一人当たり費用)	¥130,000,000	¥3,250	
	間接費			
	計	¥130,000,000	¥3,250	
維持管理費 (百万 Ar/月)	運転費 (燃料 + 人件費 : 各施設30人)		詳細は表 8.2.1-2	
	維持費 (点検修理費) 更新準備費 (15年更新)			
	合計	27.7		
最小水料金 (Ar/バケツ 13l)	更新準備費	含む	含まない	
	(維持管理費+更新費) 従量制	30.0 ~	25.0 ~	
建設期間	1年			
維持管理の困難度	普通			
維持管理システム	管理機関	AES/AEP (独立事業体)		
	維持機関	AES/AEP (独立事業体)		
	AESの組織改善に付いても検討が必要			
まとめ	長所 :	<ul style="list-style-type: none"> Ambovombe 市民への緊急水供給改善への対応。 このプロジェクトの実現を通じて、AESは水料金を徴収し、機構改革と管理改善を進めることが可能となる。 		
	短所 :	水質的には生活用水として利用し、安定した飲料水を確保する必要がある。		
	制約条件 :	<ul style="list-style-type: none"> 水質がマ国基準限度である。 MEMより当該水源を利用した施設建設の要請を挙げても、日本支援の一貫として認められない可能性もある。 		
環境への影響	特になし			
その他	簡潔性があり緊急に着手が可能である。			

ID 番号	D2		計画のタイプ：施設	
実施時期	緊急改善 = 1年 2007 (年)		レベル2型給水施設	
水源	Ambovombe 市東部 (Mangarivitra)	水源の種類	地下水(F015)	
対象地域	Ambovombe 市街	対象人口(2015年)	40,000	
主要目的	Ambovombe 市民への緊急生活用水供給			
その他	Ambovombe 市 JIRAMA 商用電源の利用 (*)			
施設計画内容	深井戸2井 (8", 井戸深度 150m、能力 300m ³ /日) 給水施設1式 (水中モーターポンプ、地上型水槽 300m ³ 、市内配管 10km、公共水栓 20基)			
建設費	直接経費 (右欄は一人当たり費用)	¥130,000,000	¥3,250	
	間接費			
	計	¥130,000,000	¥3,250	
維持管理費 (百万 Ar/月)	運転費 (燃料 + 人件費 : 各施設 30人)		詳細は表 8.2.1-2	
	維持費 (点検修理費) 更新準備費 (15年更新)			
	合計	18.5		
最小水料金 (Ar/バケツ 13l)	更新準備費	含む	含まない	
	(維持管理費+更新費)従量制	20.0~	15.0~	
建設期間	1年			
維持管理の困難度	普通			
維持管理システム	管理機関	AES/AEP (独立事業体)		
	維持機関	AES/AEP (独立事業体)		
	定期的な水料金収入により、現状の AES の運営体制の改善も可能である。			
まとめ	長所 :	<ul style="list-style-type: none"> Ambovombe 市民への緊急水供給改善への対応。 このプロジェクトの実現を通じて、AES は水料金を徴収し、機構改革と管理改善を進めることが可能となる。 		
	短所 :	<ul style="list-style-type: none"> JIRAMA の商用電力容量が不足している。(*) 水質的には生活用水として利用。 		
	制約条件 :	<ul style="list-style-type: none"> JIRAMA の電力容量の改善が必須である。(*) 水質がマ国基準限度である。 MEM より当該水源を利用した施設建設の要請を挙げても、日本支援の一貫として認められない可能性もある。 		
環境への影響	特になし			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 簡潔性があり緊急に着手が可能である。 JIRAMA 電力とディーゼル発電の併用方式も考えられる。(*) すなわち、D1 の計画から D2 の計画への移行ないしは併用型が妥当 			

ID 番号	D3		計画のタイプ：施設	
実施時期	短中期改善 = 2-3 年 (2008 年以降)		管路系給水施設	
水源	Ambovombe 市東部 (Mangarivitra)	水源の種類	地下水 (F015)	
対象地域	海岸砂丘地帯の村落	対象人口(2015 年)	179,000	
主要目的	Ambovombe 市郊外の水源を活用し、海岸砂丘地帯の村落への生活用水供給			
その他	ディーゼル発電方式			
施設計画内容	<p>深井戸 5 井(φ8", 井戸深度 150m、井戸能力 300 m³/日)</p> <p>給水施設 1 式(水中モーターポンプ、地上型集水槽 200 m³、プ-スタ-ポンプ、配水管路 52km、配水槽 600m³、100m³、50m³、公共水栓 36 基)</p> <p>地下水ポテンシャル・シュミレーション予測より井戸能力 300 m³/日/井が妥当となると深井戸 5 井が必要となる。</p>			
建設費	直接経費 (右欄は一人当たり費用)	¥1,110,000,000	¥6,145	
	間接費			
	計	¥1,100,000,000	¥6,145	
維持管理費 (百万 Ar/月)	運転費 (燃料 + 人件費 : 各施設 30 人)		詳細は表 8.2.1-2	
	維持費 (点検修理費)			
	更新準備費 (15 年更新)			
	合計	27.7		
最小水料金 (Ar/バケツ 13l)	更新準備費	含む	含まない	
	(維持管理費+更新費) 従量制	30.0 ~	25.0 ~	
建設期間	2-3 年			
維持管理の困難度	やや難			
維持管理システム	管理機関	AES/AEP (独立事業体)		
	維持機関	AES/AEP (独立事業体)		
	燃料の高騰が進んでいるため、運転費は高額となる傾向にある。			
まとめ	長所 :	海岸砂丘地帯への生活用水の供給が、送水管路を比較的短縮した形で可能となる。		
	短所 :	<ul style="list-style-type: none"> 水質的にはマ国基準限度の生活用水であり、地下水ポテンシャル評価により井戸能力を 600m³/日から 300m³/日に修正する必要がある。 		
	制約条件 :	<ul style="list-style-type: none"> 水質がマ国基準限度である。 MEM より当該水源を利用した施設建設の要請を挙げても、日本支援の一貫として認められない可能性もある。 		
環境への影響				
その他	<ul style="list-style-type: none"> 地下水に係る水量・水質モニタリングが必要である。 アフリカ開発銀行との協調支援の可能性もある。 			

ID 番号	D4		計画のタイプ：施設	
実施時期	全期（緊急・短期・中期）5年		管路系給水施設+レベル2型給水施設	
水源	Antanimoura 南部	水源の種類	地下水 (F006B)	
対象地域	Ambovombe 市および海岸砂丘地帯の村落	対象人口(2015年)	206,500	
主要目的	Ambovombe 市民および海岸砂丘地帯の村落住民への飲料水供給			
その他	ディーゼル発電方式（燃料節約型）+ 太陽光揚水システムの併用			
施設計画内容	深井戸6井(φ6", 井戸深度65m、各井戸能力600m ³ /日) 給水施設1式(水中モーターポンプ、高架水槽50m ³ 、地上型水槽300m ³ x2基+800m ³ 、配水槽50m ³ x4基、100m ³ x5基、公共水栓20基)、ディーゼル発電方式と太陽光利用の併用型			
発電施設	ディーゼル発電方式(2ヶ所：揚水量600m ³ /日/井x2井)、 太陽光システム揚水方式(4ヶ所：揚水量100m ³ /日/井x4井) 計1,600m ³ /日			
建設費	直接経費（右欄は一人当たり費用）	¥2,300,000,000	¥11,138	
	間接費			
	計	¥2,300,000,000	¥11,138	
維持管理費 (百万 Ar/月)	運転費（燃料+人件費：各施設30人）		詳細は表 8.2.1-2	
	維持費（点検修理費） 更新準備費（15年更新）			
	合計	40.4		
最小水料金 (Ar/バケツ13l)	更新準備費	含む	含まない	
	(維持管理費+更新費)従量制	20.0~	15.0~	
建設期間	2-3年			
維持管理の困難度	普通			
維持管理システム	管理機関	AES/AEP（独立事業体）		
	維持機関	AES/AEP（独立事業体）		
	太陽光揚水システムの導入による燃料費の負担軽減を視野に入れている。			
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> Ambovombe 市民と海岸砂丘地帯の村落全域への安定的な飲料水供給計画。 このプロジェクトの実現を通じて、AESは水料金を徴収し、機構改革と管理改善を効果的に進めることも可能である。 		
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 施設建設に数年を要するため、緊急改善には適用できない。 		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 自然流下式により効率的な給水システムであるが、送水管路（約120km）が長いこと、多額の建設コストの支援が必要である。 		
環境への影響	特になし			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 実施機関 MEM の最も望んでいる給水システム。海岸砂丘地帯への安定した飲料水供給が可能となる。 部分的には、アフリカ開発銀行（ADB）との協調融資による施設建設も可能である 			

ID 番号	D5		計画のタイプ：施設	
実施時期	全期（緊急・短期・中期）5年		管路系給水施設+レベル2型給水施設	
水源	Antanimoura 南部	水源の種類	地下水(F006B)	
対象地域	Ambovombe 市および海岸砂丘地帯の村落	対象人口(2015年)	206,500	
主要目的	Ambovombe 市民および海岸砂丘地帯の村落住民への飲料水供給			
その他	ディーゼル発電方式（燃料節約型）			
施設計画内容	深井戸3井(φ6", 井戸深度65m、各井戸能力600m ³ /日) 給水施設1式(水中モーターポンプ、高架水槽50m ³ 、地上型水槽300m ³ x2基+800m ³ 、配水槽50m ³ x4基、100m ³ x5基、公共水栓20基)			
発電容量	ディーゼル発電方式(3ヶ所：揚水量600m ³ /日/井x3井1,800m ³ /日)			
建設費	直接経費（右欄は一人当たり費用）	¥2,300,000,000	¥11,138	
	間接費			
	計	¥2,300,000,000	¥11,138	
維持管理費 (百万 Ar/月)	運転費（燃料+人件費：各施設30人）		詳細は表 8.2.1-2	
	維持費（点検修理費） 更新準備費（15年更新）			
	合計	48.5		
最小水料金 (Ar/バケツ13l)	更新準備費	含む	含まない	
	(維持管理費+更新費)従量制	30.0~	25.0~	
建設期間	2-3年			
維持管理の困難度	普通			
維持管理システム	管理機関	AES/AEP（独立事業体）		
	維持機関	AES/AEP（独立事業体）		
	ディーゼル発電方式単独のため燃料コストが最大となるが、水源は3ヶ所となるため運営維持管理は効率的に実施できる。			
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> Ambovombe 市民と海岸砂丘地帯の村落全域への安定的な飲料水供給計画。 このプロジェクトの実現を通じて、AESは水料金を徴収し、機構改革と管理改善を効果的に進めることも可能である。 		
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 施設建設に数年を要するため、緊急改善には適用できない。 建設コストが大きいと、期分けが必要となる。 		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 自然流下式により効率的な給水システムであるが、送水管路（約120km）が長いと、多額の建設コストの支援が必要である。 		
環境への影響	特になし			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 実施機関 MEM の最も望んでいる給水システム。海岸砂丘地帯への拡充も視野に入れている。 海岸砂丘地帯での、アフリカ開発銀行（ADB）との協調融資による施設建設も可能である。 			

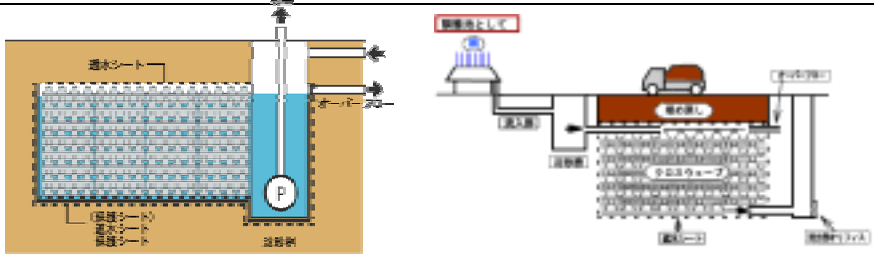
ID 番号	D6		計画のタイプ：施設	
実施時期	短期目標（2 - 3 年）：2008-2010 年		管路系給水施設+レベル 2 型給水施設	
水源	Antanimoura 南部	水源の種類	地下水(F006B)	
対象地域	Antanimora 南部-Ambovombe 市	対象人口(2015 年)	84,500	
主要目的	Ambovombe 市民と村落住民への飲料水供給			
その他	ディーゼル発電方式（燃料節約型）			
施設計画内容	深井戸 2 井(φ8", 井戸深度 63m、井戸能力 600m ³ /日) 給水施設 1 式(水中モーターポンプ、発電機、地上水槽 100m ³ + 150m ³ 、配水槽 5 基、市内配管 10km、公共水栓 20 基)、送水管 63km			
発電容量	ディーゼル発電方式（3ヶ所：揚水量 600 m ³ /日/井×3 井 1,800 m ³ /日）			
建設費	直接経費（右欄は一人当たり費用）	¥1,300,000,000	¥15,300	
	間接費			
	計	¥1,300,000,000	¥15,300	
維持管理費 (百万 Ar/月)	運転費（燃料+人件費：各施設 30 人）		詳細は表 8.2.1-2	
	維持費（点検修理費） 更新準備費（15 年更新）			
	合計	32.3		
最小水料金 (Ar/バケツ 13l)	更新準備費	含む	含まない	
	（維持管理費+更新費）従量制	30.0~	25.0~	
建設期間	2-3 年			
維持管理の困難度	普通			
維持管理システム	管理機関	AES/AEP（独立事業体）		
	維持機関	AES/AEP（独立事業体）		
	AES の運営維持管理体制の改善を視野に入れた活動が可能			
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> Antanimora から Ambovombe 市までを対象に安定的な飲料水供給を行う。 		
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 水源を Antanimora 南部に依存するため送水管路の建設コストが大きい。 		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 自然流下式により効率的な給水システムであるが、送水管路が長いこと、建設コストの支援が必要である。 給水施設の運転は、最も簡便であるが燃料を必要とするディーゼル発電方式を採用する。 		
環境への影響	特になし			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 給水施設は簡便・効率的であるが、燃料費の対応が必要である。 			

ID 番号	D7		計画のタイプ：施設	
実施時期	-		天水溜 1 / 公共大型	
水源	天水	水源の種類	雨水	
対象地域	地下水源のある地域を除くフクタン		対象人口	281ヶ所 = 約 140 千人
主要目的	<p>通年使用できる水源が確保できない場合でも、雨季だけでも給水状況を改善する。 給水期間としては、雨季+1ヶ月（計5ヶ月間）</p>			
その他	施設の大きさ / 容量 = 集水部面積 1,000m ² 、貯水部容量 120m ³			
施設計画内容				
建設費	直接経費	¥10,000,000	-	
	間接費	¥3,000,000	(上の30%とする)	
	計	¥13,000,000		
年間管理費		¥163,000	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照	
	計	¥163,000		
最小水料金	Ar / 13lit バケツ	100Ar		
建設期間	4ヶ月			
維持管理の困難度	日常の維持は簡単であるが、タンク部分の補修は難易度が高い。			
維持管理システム	管理機関	フクタン/CPE		
	維持機関	<p>フクタン/CPE/民間業者</p> <p>タンク部分の補修に関しては難易度が高く、保証ができない。軽微な補修は、住民で実施できるよう実習の機会を設けたり、数年後に再度管理状況を確認したりするなどの工夫が必要。</p>		
まとめ	長所：	補修を除き、維持費はほとんど必要無い。		
	短所：	<p>完璧に建設しても、乾燥する期間がありコンクリートに亀裂が発生する。亀裂が全体的に発生した場合、水漏れの完全補修は難易度が高い。保守を請け負う会社の確保が課題となる。</p>		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 雨季のみ給水する場合、実施機関の要望に適合しない事に成る。 支払い可能な水価設定で、15年毎の補修に対応できる。 一度積立が滞ると、補修費用が高額なため対応できなくなる。 		
優先度	低 水源がない場合			
環境への影響	傾斜地の農地をある面積で接収する必要がある。			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 除外地域はパイプラインより 10km 以内の区域、地下水下のある地域。よって、内陸部、Anlamary、東部地域が優先となる。 目標はフクタン 1ヶ所に複数の施設となり、建設数が膨大となる。このため、優先地域を選定して建設する。 			


ID 番号	D8		計画のタイプ：施設
実施時期	-		天溜 2 / 公共大型
水源	天水（公共施設の屋根を利用する。）	水源の種類	雨水
対象地域	地下水源のある地域を除く	対象人口	1 基当り 500 人程度
主要目的	通年使用できる水源が確保できない場合でも、雨季だけでも給水状況を改善する。 給水期間としては、雨季+1ヶ月（計5ヶ月間）		
その他	施設の大きさ / 容量 = 集水部面積 100m ² 、貯水部分は HDPE タンク容量 10m ³		
施設計画内容			
建設費	直接経費	¥1,000,000	-
	間接費	¥300,000	(上の 30%とする)
	計	¥1,300,000	
年間管理費	維持費	¥65,000	建設費の 5%とする
	計	¥65,000	
最小水料金	Ar / 13lit バケツ	83Ar	
建設期間	1ヶ月		
維持管理の困難度	日常の維持は簡単であるが、塩分含みの風が強いいため屋根材と樋の修理は頻発する。		
維持管理システム	管理機関	CPE/個人	
	維持機関	CPE/個人 個人所有の形態に近くなる。	
まとめ	長所：		
	短所：	利用者数と使用できる集水量のバランスが取れない。	
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 既にほとんどの公共施設で設置済み。 理論的に支払い可能な水価の設定で 15 年毎の補修に対応できる。 補修費用が高額なため支払いが滞らぬよう、住民同士のまとまりが必要である。 	
優先度	低 水源がない場合		
環境への影響	特に無し		
その他	<ul style="list-style-type: none"> NGO にとって最も建設のし易い施設のため建設候補地を実施直前に選定する必要がある。 他の機関が建設する可能性が高いため、わざわざ日本支援として実施する必要性は低い。 		

ID 番号	D9	計画のタイプ：施設	
実施時期	-	天水溜 3 / 共同小型	
水源	天水（公共施設の屋根を利用する。）	水源の種類	雨水
対象地域	地下水源のある地域を除く	対象人口	1 基当り 2-3 世帯
主要目的	通年使用できる水源が確保できない場合でも、雨季だけでも給水状況を改善する。 給水期間としては、雨季+1ヶ月（計5ヶ月間）		
その他	施設の大きさ / 容量 = 集水部面積 50m ² 、雨樋での導水、貯水部分は HDPE タンク容量 5m ³		
施設計画内容	 		
建設費	直接経費	¥500,000	-
	間接費	¥150,000	(上の 30%とする)
	計	¥650,000	
年間管理費	維持費（年）	¥32,000	建設費の 5%とする
	計	¥32,000	
Ar / 13lit バケツ	Ar / 13lit バケツ	83Ar	
建設期間	0.5 ヶ月		
維持管理の困難度	日常の維持は簡単であるが、塩分含みの風が強いいため屋根材と樋の修理は頻発する。		
維持管理システム	管理機関	CPE/個人	
	維持機関	CPE/個人	
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> • 住民にとっては雨季の水源が最短距離になる。 • 管理責任が明確になる。 	
	短所：	自立的ではない住民には放棄される。	
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> • 理論的には支払い可能な水価設定で 15 年毎の補修に対応できる。 • 個人を対象とした配布は不公平感が出る。通常のプロジェクトになりにくい。 • 設置するかどうかは住民の意思によるが、買換る住民は少ないと予想する。 	
優先度	低	水源がない場合	
環境への影響	特に無し		
その他	<ul style="list-style-type: none"> • 集落の形成は家族毎の傾向があり、数家族以上で構成される集落を優先する方法がある。 		

10/25

ID 番号	D10	計画のタイプ：施設	
実施時期	-	天水溜 4 / 公共大型	
水源	天水	水源の種類	雨水
対象地域	地下水源のある地域を除くフクタン 281	対象人口	各フクタン 1 基
主要目的	<p>通年使用できる水源が確保できない場合でも、雨季だけでも給水状況を改善する。 給水期間としては、雨季+1ヶ月（計5ヶ月間）</p>		
その他	<ul style="list-style-type: none"> 地下に人工的な貯水空間を形成し、雨水を貯留するシステム。 地面を掘削してできた凹地に遮水シートで遮水した後、クロスウェーブを積層し、さらに上面を覆ったあとで、埋め戻す。その中に、水路その他で集めた雨水を貯水し、ハンドポンプ等で揚水する。メーカーで提案され、学校の校庭等に建設されている。傾斜地を選択する必要がないが、汚染を防ぐため人家から離す必要がある。また窪地を選定すれば周囲からも集水可能となる。 施設の大きさ / 容量 = 集水部面積 1,000m²、貯水部容量 120m³ 		
施設計画内容			
建設費	直接経費	¥10,000,000	-
	間接費	¥3,000,000	(上の30%とする)
	計	¥13,000,000	
年間管理費			他項目等、詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照
最小水料金	Ar / 13lit バケツ	32Ar	
建設期間	4ヶ月		
維持管理の困難度	補修は不可能		
維持管理システム	管理機関	CPE/フクタン	
	維持機関	CPE/フクタン	
まとめ	長所：	不純物がある程度除去される。	
	短所：	補修はできない。	
	制約条件：	建設価格が安ければ、屋根から集水するシステムより衛生度が高く有利であるが、水量、水質の実証試験が現地で必要である。植物の根の繁茂に対する防水シートの耐久性について未知数である。	
優先度	低	水源がない場合	
環境への影響	ある面積にて用地を接収する必要がある。		
その他			


11/25

ID 番号	D11		計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-		滅菌剤利用教育（衛生教育）	
水源	全水源	水源の種類	全水源	
対象地域	地下水源のある地域を除く	対象人口	232,000（2015年）	
主要目的	Sur Eau 等を利用するための、滅菌に関わる衛生教育			
その他	Sur Eau 等の配付と販売網の整備			
施設計画内容				
建設費	= 購入費	900Ar (¥500)	年経費 / 世帯	
	計	900Ar (¥500)		
年間管理費	= 購入費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照		
	計	900Ar (¥500)	年経費 / 世帯	
最小水料金	NA			
建設期間	NA			
維持管理の困難度	-			
維持管理システム	管理機関	住民		
	維持機関	住民		
まとめ	長所：	既に一般に流通しており購入は容易である。		
	短所：	-		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> ある地域では既に妊婦に対して利用を促進する活動が進められているが、実際に用いているケースがない。 村落内の衛生状態を勘案すると、水質（滅菌）だけに気をつけてもあまり効果があがらない。 		
優先度	低 水源がない場合			
環境への影響	特になし。			
その他	この地域の問題は水の汚染では無く、水自体が無いことであるため、住民のニーズと異なる。当該費用を天水溜建設に当てた方が住民側には歓迎される事である。			

ID 番号	D12		計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-		滅菌剤・防腐剤利用教育（衛生教育）	
水源	全水源	水源の種類	全水源	
対象地域	地下水源のある地域を除く	対象人口	232,000（2015年）	
主要目的	水腐敗防止に関わる衛生教育			
その他	滅菌剤の配布と販売網の整備および衛生教育指導			
施設計画内容				
建設費	= 購入費	882,000Ar (¥49,000)	年経費 / 世帯	
	計	882,000Ar (¥49,000)		
年間管理費	= 購入費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照		
	計	900Ar (¥500)	年経費 / 世帯	
最小水料金	NA			
建設期間	NA			
維持管理の困難度	-			
維持管理システム	管理機関	住民		
	維持機関	住民 流通していないため販売網を構築する必要がある。		
まとめ	長所：	施設建設を伴わない		
	短所：	高額であるため、使用量は限定的にする必要がある。		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 住民の要望とは適合しない。 水の長期保存が可能となるが高額であるため、日常での利用ではなく緊急用である 安価である Eau Sur と併用していく事が望ましい。 		
優先度	低	水源がない場合		
環境への影響	特になし。			
その他	この地域の問題は水の汚染では無く、水自体が無いことであるため、住民のニーズと異なる。当該費用を天水溜建設に当てた方が住民側には歓迎される事である。			

ID 番号	D13		計画のタイプ：機材調達支援	
実施時期	-		給水車の導入	
水源	パイプラインで導水された地下水	水源の種類	-	
対象地域	地下水源のある地域を除く	対象人口	1台当り 6,000人	
主要目的	緊急給水・Ambossary から Ambovombe を水源としたシステムに切り替える。			
その他	Ambossary から Ambovombe を水源としたシステムに切り替えるため、6m ³ の給水車調達			
施設計画内容				
建設費	購入費		¥6,600,000	
	調達管理費（30%）		¥1,980,000	
	計		¥8,540,000	
年間管理費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照			
	計		¥5,540,000	年経費 / 台
最小水料金	Ar / 13lit バケツ		233Ar	
調達期間	6ヶ月			
維持管理の困難度	車両修理自体は現在も実施しているため可能である。			
維持管理システム	管理機関	AES		
	維持機関	AES		
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> 施設建設を伴わない。 需要予測が難しい地域で、確実に保障されない需要に合わせた機動的な対応が可能となる。 Ambossary までの移動費分が軽減されるため運搬経費は半分程度に低減できる。 		
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 燃料代を準備する必要がある、運営費だけでは、パイプでの送水と比較してコストがかかる。 給水車の更新が必要となる。 		
	制約条件：	車輛更新のための方策がマ国より提案されない限り、前例と同じ結果になる。		
優先度	低			
環境への影響	特になし。			
その他	道路状況が悪く車両故障につながっているため、道路整備も必要である。			

ID 番号	D14		計画のタイプ：施設	
実施時期	-		ハンドポンプ付き深井戸給水施設建設	
水源	地下水	水源の種類	地下水	
対象地域	対象地域西部	対象人口	16,000 (2015年)	
主要目的	水源のない地域で通年使用できる水源を建設する。			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 100m 揚程のある HPV100 を想定し、人口 100 人以上の村落に設置する。揚程に限界があるため揚程水位 100m より浅いの村落のみ。 110m 井戸、付帯施設建設、ポンプ部品販売システム、修理システムの構築。 			
施設計画内容				
建設費	直接経費	¥5,800,000	他詳細については、表表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照	
	間接費 (30%)	¥1,740,000		
	計	¥7,540,000		
維持管理費	維持費 (点検費)	¥47,000		
	計	¥47,000		
最小水料金	更新準備費含む	6.1Ar	Ar / 13lit バケツ	
建設期間	0.5 ヶ月 / 1 基			
維持管理の困難度	消耗部品の交換は住民レベルで可能である。			
維持管理システム	管理機関	CPE		
	維持機関	AES/CPE		
まとめ	長所：	維持管理費用は最小限である。		
	短所：	現在、パーツ販売店や修理システムが無く、構築する必要がある。		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 水質分析結果として塩分濃度は EC3,000μS/m 以上と多い。 最も維持管理が確実であるが、対象とできる範囲は水位の制約があるために狭い。 		
優先度	中			
環境への影響	特になし。			
その他				

ID 番号	D15		計画のタイプ：施設・装置設置	
実施時期	-		ポンプおよび淡水化装置の設置	
水源	-		水源の種類	地下水
対象地域	地下水塩分濃度が高いすべての地域		対象人口	250,000 人 (2015 年)
主要目的	塩分濃度の高い水の塩分を除去し、飲料での用途を可能にする			
その他				
施設計画内容				
建設費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。			
年間管理費				
最小水料金				
建設・設置期間				
維持管理の困難度	機能を理解し、電気の技術に精通している必要がある。			
維持管理システム	管理機関	AES/CPE		
	維持機関	AES/CPE		
まとめ	長所：	給水対象地域で水源を確保できる		
	短所：	フィルターを交換する必要がある、消耗部品代がかかる。		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> マ国で流通していないため、故障が発生した場合は国外に対象を求める必要がある。 メンテナンスフリーを標榜しているメーカーもあるが、それほど一般化していないのが現実で、導入が難しいことを示唆している。 		
優先度	低			
環境への影響	特になし。			
その他				

ID 番号	D16		計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-		安全な水の利用教育（煮沸衛生教育）	
水源	-		水源の種類	全ての水
対象地域	すべての地域		対象人口	230,000人（2015年）
主要目的	安全な飲料確保として煮沸の普及をする。			
その他	各フクタンにて滅菌するために煮沸方法とのその目的を説明する啓蒙活動を実施する。			
施設計画内容				
建設費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。			
年間管理費				
最小水料金				
建設・設置期間				
維持管理の困難度	食事を作るのと同じで、一般的な作業である。			
維持管理システム	管理機関	保健省		
	維持機関	保健省 燃料の確保が課題となる。		
まとめ	長所：	新規の機材の導入が必要ない		
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 植生の貧困な地域であるため、燃料の確保が難しい。 燃料確保のために植生伐採を進行させる危険が高い。 		
	制約条件：	ユーカリ等の燃料木の植林等を実施するなど燃料の確保が必要である。		
優先度	低			
環境への影響	草木の伐採につながる。			
その他	燃料の確保が課題となるために、供給と環境破壊への影響に関する目処がつかない限り推進できない。			

ID 番号	DM1	計画のタイプ：施設	
実施時期	-	ハンドポンプ付き深井戸給水施設建設	
水源	地下水	水源の種類	地下水
対象地域	海岸地域および東部盆地地域のフクタン	対象人口 (2015年)	対象フクタン数 75 程度 (37,500 人)
主要目的	水源のない地域で通年使用できる水源を建設する。		
その他	<ul style="list-style-type: none"> EC3,000 から 10,000 μ S/cm 程度の水質を期待して水位 100mまで揚水可能な人力ポンプを設置する。対象地域は標高 100m位までの崖上の海岸沿いと砂丘谷部の標高の低い地域とする。 100m の揚程のある HPV100 を想定し、人口 100 人以上の村落に設置する。揚程に限界があるため、揚水水位は 100m以内村落のを対象とする。 110m井戸、付帯施設建設、ポンプ部品販売システム、修理システムの構築。 		
施設計画内容			
建設費	直接経費	¥5,800,000	他詳細については、表表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照
	間接費 (30%)	¥1,740,000	
	計	¥7,540,000	
維持管理費	維持費 (点検費)	¥47,000	
	計	¥47,000	
最小水料金	更新準備費含む	6.1Ar	Ar / 13lit バケツ
建設期間	0.5 ヶ月 / 1 基		
維持管理の困難度	消耗部品の交換は住民レベルで可能である。		
維持管理システム	管理機関	CPE	
	維持機関	AES/CPE	
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理費用は最小限である。 水汲みのために海岸の急斜面を降りてくる必要が無くなる。 	
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 現在、パーツ販売店や修理システムが無く、構築する必要がある。 塩分濃度が高いため生活用水以外に使用できない。 嗜好性の問題もあり、利用されるとは保証できない。 	
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 数サイトでパイロットプロジェクトにて実施して使用状況を確認する必要がある。 Ambovme 地域だけでなく、Tulear にかけての海岸部にも成果を応用できる。 	
優先度	中		
環境への影響	特になし。		
その他	住民の利用度を検証するために、10 サイト程度で試験的に建設する必要がある。10 サイトとするのはサイトにより条件が異なるため、設置基準を明確にするにはその程度の数が必要となる。		

ID 番号	DM2	計画のタイプ：施設	
実施時期	-	ため池の建設	
水源	雨水	水源の種類	雨水
対象地域	自然に池が形成されない海岸地域など	対象人口	16,000 (2015年)
主要目的	海岸地帯では雨季にさえも池や沼が形成されないため、家畜用水さえも事欠くような状況を改善する。		
その他	窪地に泥（粘土層）を張るなどして貯水を可能とするため池を建設する。		
施設計画内容			
建設費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。		
年間管理費			
最小水料金			
建設期間	NA		
維持管理の困難度	管理主体を明確にすれば、住民で沈殿物の浚渫除去は単純作業で可能である。		
維持管理システム	管理機関	CPE	
	維持機関	CPE 粘土の確保が建設、保守において課題となる。	
まとめ	長所：	維持管理費用は最小限である。	
	短所：	家畜が侵入するため衛生的な利用は期待できない。	
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> 衛生状態を維持できないため、必要性は低い。 漏水防止がどの程度できるか不明で実証試験が必要である。 	
優先度	低		
環境への影響	特になし		
その他	住民の利用度を検証するために、10 サイト程度で試験的に建設する必要がある。10 サイトとするのはサイトにより条件が異なるため、設置基準を明確にするにはその程度の数が必要となる。		

19/25

ID 番号	P1	計画のタイプ：施設	
実施時期	-	風力利用の揚水システム	
水源		水源の種類	地下水
対象地域	海外砂丘地帯および全地域	対象人口	183,000 (2015年)
主要目的	揚水水位の深い地下水、また、標高の高い東部や海岸地域に導水するための動力ポンプの動力源として使用する。		
その他	風力発電システムであるがディーゼル発電等、他方式との併用が考えられる。		
施設計画内容			
建設費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。		
年間管理費			
最小水料金			
建設期間	NA (数ヶ月)		
維持管理の困難度	一般的ではないために、パーツ等第三国調達となる。		
維持管理システム	維持管理機関	AES/MEM 適切な技術力と部品購入のための規律的な財政が必要とされる	
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> • 自然条件としての風力のポテンシャルは高い。 • 省エネ面で期待される発電方式の一つである。 	
	短所：	実績として、風力発電は 1970 年代に静水位の浅い地下水で少量の揚水が実施されているが、現在稼働している施設は皆無である。	
	制約条件：	当地の実績として風力発電の利用はないが海岸地域における風力ポテンシャルが大きく、機器の効率と、他地域の実績から風力発電の計画が噂されている。	
優先度	低		
環境への影響	特になし		
その他	稼働率や、修理頻度などを検証する必要がある。		

20/25

ID 番号	P2		計画のタイプ：施設	
実施時期	-		マイクロ水力発電装置 (送水管路の標高差と流速を利用した発電)	
水源	-		水源の種類	-
対象地域	Ambovombe(導水・送水区間)		対象人口	183,000 (2015年)
主要目的	揚水水位の深い地下水、また、標高の高い東部や海岸地域に導水するための動力ポンプの動力源として使用する。			
その他	Antanimora から Ambovombe の自然流下方式における管路長 62km、標高差 150m、管口径 300mm、送水量 66m ³ /hr とした場合、発電ポテンシャルの試算は以下の通りである。 $P_{th}=9.8 \times 0.0183 \text{m}^3/\text{sx}(150-5)=26\text{kW}$			
施設計画内容				
建設費	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。			
年間管理費				
最小水料金				
建設期間	NA (数ヶ月)			
維持管理の困難度	マ国内で一般的ではないために、装置等は第三国調達となる。			
維持管理システム	維持管理機関	AES/MEM 適切な技術力と部品購入のための規律的な財政が必要とされる。		
まとめ	長所：	自然流下式管路の流水を利用したマイクロ水力発電のポテンシャルがある。		
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> • 同国における実績がなく、マイクロ発電施設の維持管理について不明確な部分がある。 • 発電量が小さいため用途が限定され実効性が薄い。 		
	制約条件：	Antanimorra - Ambovombe のパイプラインの建設(導水・送水)が前提である。		
優先度	低			
環境への影響	特になし			
その他				

21/25

ID 番号	L1	計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-	法規整備：水価安定対策	
水源	-	水源の種類	-
対象地域	水源のない全地域	対象人口	252,000 (2015年)
主要目的	水不足時に高額となる水料金を安定させる。		
その他			
計画内容	AES で建設した水を転売する業者は免許制とし、統制価格以上での販売を禁止するなど、法規制を設ける。		
計画実施費用	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。		
計画実施期間	NA		
実施の困難度	水供給量の確保と搬送手段の状況に拠る。		
規制導入後の管理システム	管理機関	各県	
まとめ	長所：	貧困住民にも水購入の機会が増加する。	
	短所：	<ul style="list-style-type: none"> 供給量の確保と簡便な搬送手段が確立されないと、水売りの販売意欲をそぐことになりかえって住民が不利益を被る。 高額な料金が理由で抑えられていた需要が増大し、計画が成功すればするほど、給水計画見直しが必要になる可能性が高い。 	
	制約条件：	需要を上回る水供給体制の確立が必須である。	
優先度	低		
環境への影響	特になし		
その他			

22/25

ID 番号	L2		計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-		法規整備：衛生状況改善のための設備設置ガイドライン制定	
水源	浅層地下水	水源の種類	浅井戸（vovo）	
対象地域	既存浅井戸（vovo）を有する全地域	対象人口	38,000（2015年）	
主要目的	衛生状態改善のため浅井戸施設の標準デザイン提案			
その他				
計画内容	浅井戸周辺の衛生状況改善のためのガイドライン制定のほか、施設建設に関わる井戸構造や蓋設置に関するガイドラインを制定する。			
計画実施費用	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。			
計画実施期間	NA			
実施の困難度	難			
規制導入後の管理システム	管理機関	各県		
まとめ	長所：	飲料水・生活環境の質を向上できる。		
	短所：	住民にとっては作業量が増える。		
	制約条件：	作業量が増えることで、導入の魅力を感じない場合がある。		
優先度	低			
環境への影響	特になし			
その他	住民側が行政指導をいかに受け入れるかに拠るところが大きいいため、刑事罰がない限りガイドラインの施行には難度が高い。			

23/25

ID 番号	L3		計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-		法規整備：井戸建設および水源汚染源規制のガイドライン制定	
水源	浅層地下水	水源の種類	浅井戸（vovo）	
対象地域	既存浅井戸（vovo）を有する全地域	対象人口	38,000（2015年）	
主要目的	水資源保護と衛生状態改善のため井戸建設に関わるガイドラインを制定する。			
その他				
計画内容	水源地エリアを設定し、人家の建設を規制する、また、病気が発生した井戸の使用を中止させる、水源保護のため井戸蓋の設置を義務付ける等、水源の汚染源を絶つため、規制を行う。			
計画実施費用	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。			
計画実施期間	NA			
実施の困難度	難			
規制導入後の管理システム	管理機関	各県		
まとめ	長所：	地下水資源の持続性を管理できる。		
	短所：	不利益を被る住民も存在する。		
	制約条件：	<ul style="list-style-type: none"> • 立地に関する規制が主となる。 • 住民の受け入れ状況による。 		
優先度	低			
環境への影響	特になし			
その他	住民側が行政指導をいかに受け入れるかに拠るところが大きいいため、刑事罰がない限りガイドラインの施行には難度が高い。			

ID 番号	L4		計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-		法規整備：水販売の効率化に関わる組織化等 規制整備	
水源	AES	水源の種類	AES 供給の水	
対象地域	既存浅井戸を有する全地域	対象人口	250,000 (2015年)	
主要目的	既存する水販売システム（牛車を利用した水販売人）の組織化と効率化を図る。			
その他				
計画内容	AES で生産した水を転売する業者は、免許制とし、統制価格以上での販売を禁止する。また遠方で販売する場合は割引して卸す拡販システムを状況により導入するなど、水販売の効率化に関わる規制の導入。			
計画実施費用	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。			
計画実施期間	NA			
実施の困難度	難			
規制導入後の管理システム	管理機関	各県		
まとめ	長所：	<ul style="list-style-type: none"> 初期投資が大きい施設建設を最小限化し、維持管理コストを押し上げる要因を取り除く。 雇用機会の増大。 		
	短所：	水売り調査より、牛車の水売りは水の値段が高額になって活動が盛んになる。よって、値段の抑制と運搬の組織化とは相反する。		
	制約条件：	住民の受け入れ状況による。		
優先度	低			
環境への影響	特になし			
その他	行政指導を住民がいかに受け入れるかであるが、刑事罰がない限り難度が高い。			

ID 番号	L5	計画のタイプ：ソフト支援	
実施時期	-	法規整備：AES 運営の透明性確保に関わる法規整備	
水源	AES	水源の種類	AES 供給の水
対象地域	全地域	対象人口	250,000 (2015 年)
主要目的	AES の運営維持管理能力の強化をサポートする。		
その他			
計画内容	職員配置の適正化を図り、会計報告の公開（ドナーや県に対して）等透明性の確保等、プロジェクトにて建設した施設の運営が軌道にのるまでの技術支援を行う。		
計画実施費用	詳細は表 8.2.1-2 給水計画代替案を参照。		
計画実施期間	NA		
実施の困難度	難 水セクターにおける行政の実施能力次第		
規制導入後の管理システム	管理機関	MEM	
まとめ	長所：	無駄なコストを削減し、持続性のコスト分岐点を下げることができる。	
	短所：	予想される地域からの反発。	
	制約条件：	政治的介入を排除することが先決であることを、関係者は認識しているものの、現在も実施できていない。	
優先度	高		
環境への影響	特になし		
その他	導入に関わる難度は高いものの、持続性や発展性ともに高く優先順位は高いと判断される。		

8.2.2 給水計画代替案の選定手順

調査対象地域の試掘調査結果より、地下水水源として水量水質的に妥当な水源は Antanimora 地区のみである。このため、地下水水源に固執せず、対象地域で可能な給水により現状を改善する案を、現地の実情に即してロングリストを作成し、その評価から有望な案をショ - トリストする。さらに、その優先順位を詳細に検討する。以下の図 8.2.2-1 に、給水計画案選定手順を説明する。

8.2.3 ロングリストの作成

対象地域は、雨季においても水の確保に困窮する生活環境であるため、生活用水（マダガスカル国飲料水水質基準）が確保されるだけでも改善の効果は大きい。対象地域のさまざまな改善要素について、立案可能な給水改善案を飲料水供給（WHO 飲料水水質ガイドライン）に限定することなく列挙する。また、地下水揚水の課題となる動力費の改善についても、現状の水価格の低減と貧困改善を進める要素となる。さらに、対象地域での利用可能な水源が限定的であるため、無秩序に利用、開発されている実情がある。法律や水法による規制などの整備も効果的と考える。調査対象地域の各給水改善案を、テーマで分類すると以下の図 8.2.3-1 のようになる。

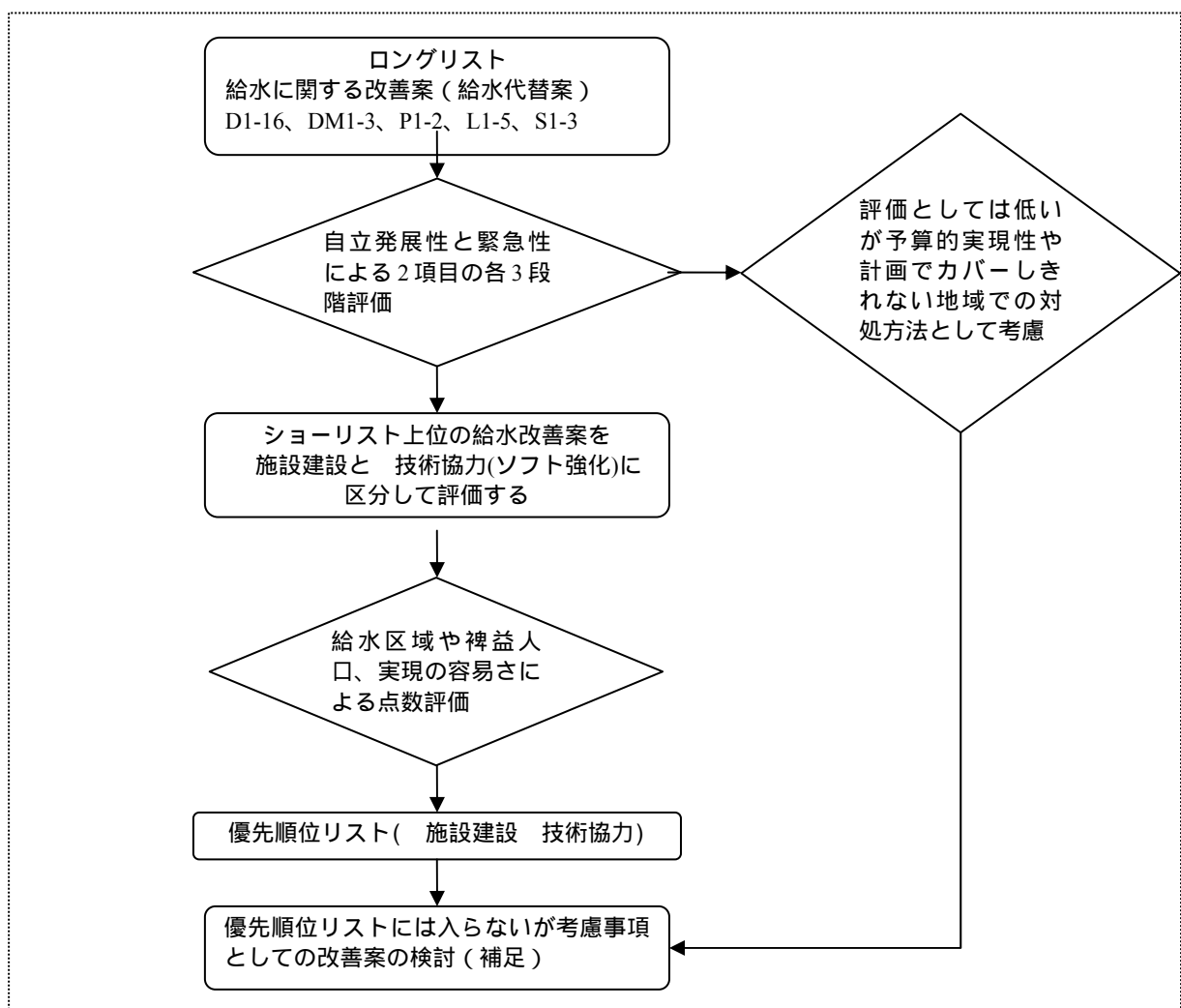


図 8.2.2-1 給水案選定の手順フロー

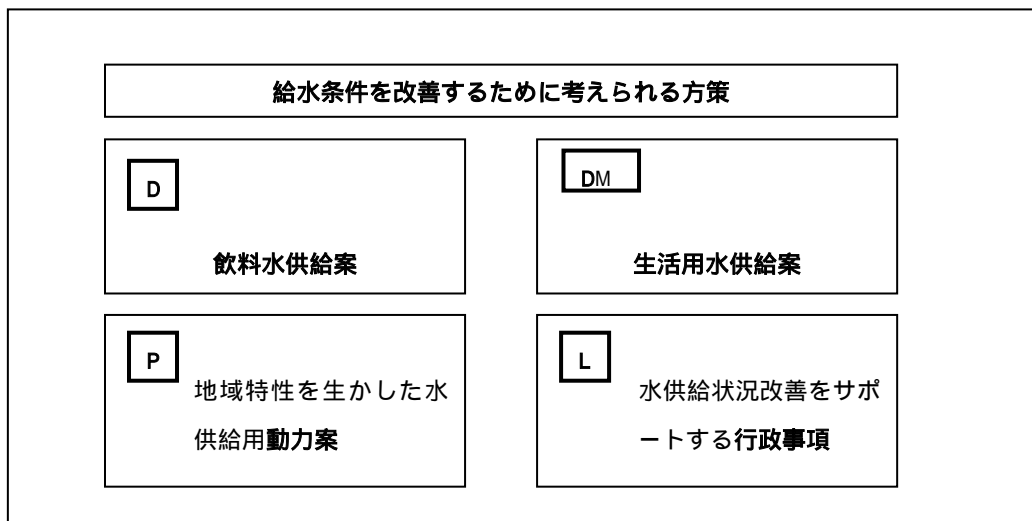


図 8.2.3-1 給水改善案の分類

対象地域において立案可能な給水改善案をリストとして、表 8.2.3-1 に示す。ここで、自立発展性と緊急度について以下の基準で評価する。また、ショートリストでの優先順位検討のために、施設建設と 教育、法律、技術などソフト強化に区分する。

自立発展性: 建設後はドナーの支援なしに、マ国内の人材だけで運営・維持ができること。また、対象地域内給水改善だけでなく、経済効果が国内の類似分野や近隣にも波及していくこと。

高：基盤さえ整えば運営・維持は可能で波及効果も高い。

中：運営・維持の自立性に不安はあるが経済効果は高い。

低：援助機関の支援が前提となる。

緊急度: 住民の水困窮度が非常に高く、実施することで住民の生活改善の裨益効果が大きい。

高：地域社会や地域経済に裨益効果が発生する。

中：現状の地域社会に変化はないが、住民の生活改善に寄与する。

低：地域の要望はある。

表 8.2.3-1 調査対象地域給水方法(案)一覧 (ロングリスト)

	主目的	給水施設	給水計画内容	発展性	緊急度	施設とソフト区分
D1	生活用水 (実質飲料)	レベル2型給水施設	Ambovombe市街地対象(ディーゼル発電方式)	高	高	施設
D2	生活用水 (実質飲料)	レベル2型給水施設	Ambovombe市街地対象同上、動力源をJIRAMA商用電力とする。	高	高	施設
D3	生活用水 (実質飲料)	管路給水施設	海岸砂丘地帯対象(ディーゼル発電方式)	中	中	施設
D4	飲料水	管路給水施設 + レベル2型給水施設	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市及び海岸砂丘地帯の給水施設(太陽光利用 + ディーゼル発電方式)	中	中	施設
D5	飲料水	管路給水施設 + レベル2型給水施設	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市及び海岸砂丘地帯の給水施設(ディーゼル発電方式)同上	中	中	施設
D6	飲料水	管路給水施設 + レベル2型給水施設	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市街地のみを対象とした給水施設(ディーゼル発電方式)	中	高	施設
D7	飲料水	天水溜1 公共大型	雨季 + 1 ヶ月(計5ヶ月)の給水を改善する。 7ヶ所レベルを対象とし、集める面積1000m ² 、タンク容量120m ³	低	中	施設
D8	飲料水	天水溜2 公共中型	公共施設の屋根を利用したレベル 100m ² 、タンク 10 m ³	低	低	施設
D9	飲料水	天水溜3 共同小型	民家屋根集水面積50m ² 、タンク5m ³ 、屋根の改良も含む	中	中	施設
D10	飲料水	天水溜4 公共大型	・地下に人工的な貯水空間を形成し、雨水を貯留するシステム。 ・積水等で提案され校庭等に建設されている。 ・集水面積1000m ² 貯水槽120 m ³ とする	低	中	施設
D11	飲料水	滅菌剤利用教育	滅菌剤Sur eau等を使用した水滅菌の衛生教育	低	低	ソフト
D12	飲料水	防腐剤利用教育	滅菌を兼ねた防腐剤と水腐敗防止と衛生教育	低	低	ソフト
D13	飲料水	給水車 1	・ AntanimoraからAmbovombeまでの管路給水施設建設が前提である。 ・ AntanimoraからAmbovombeを水源としたシステムに切り替える。 ・ 6給水車調達	低	中	施設
D14	生活用水 (実質飲料)	Antaritarika 周辺ハンドポンプ	・ 100m揚程のあるHPV100を想定し、人口100人以上の村落に設置する。揚程に限界があるため標高100m以下の村落のみ。 ・ 110m井戸、付帯施設建設、ポンプ部品販売システム、修理人網の構築。	中	高	施設
D15	飲料水	淡水化装置	塩分濃度の高い水の塩分を除去する。 井戸、高架水槽、公共水栓のシステム構成に淡水化装置を設置する。ポンプと淡水化装置電源としてソーラー電源を装置する。	低	低	施設
D16	飲料水	煮沸衛生教育	安全な飲料確保として煮沸の普及をする	低	低	ソフト
DM1	生活用水	ハンドポンプ	EC3,000から10,000μS/cm程度の水を期待して、水位100mまで揚水可能な人力ポンプを設置する。対象地域は標高100mまでの地点となるため、崖上の海岸沿い、若しくは、砂丘谷部の標高の低い地域。	中	中	施設
DM2	生活用水	ため池の建設	海岸地帯では雨季にさえも池や沼が形成されないため家畜用水さえも事欠く。窪地に泥を張るなどして貯水可能とする。	中	低	施設
P1	動力源	風力の利用	風力ポンプと風力発電	中	低	施設
P2	動力源	揚水発電 (マイクロ水力発電)	送水管路の標高差と流速を利用したマイクロ水力発電	低	低	施設

L1	法規整備	水不足時に高額となる料金を安定させる	AESで建設した水を転売する業者にはライセンス制とし、統制価格以上での販売を禁止するなど(法的)	低	低	ソフト
L2	法規整備	衛生状態改善のためvovoのデザイン提案	・井戸周辺の衛生ガイドライン ・井戸元や蓋に関するガイドライン制定	低	低	ソフト
L3	法規整備	井戸建設と汚染源規制のガイドライン	・水源エリアを設定し、人家の建設を規制する。 ・病気が発生した井戸では使用を中心させる。 ・汚染の原因は蓋がないこともあるため、規則化する。	低	高	ソフト
L4	法規整備	牛車の組織化による水運搬、効率化	拡販のために遠方で販売する場合は割引して卸すシステムを状況により導入する。(組織)	中	低	ソフト
L5	法規整備	AESの透明化サポート	・職員配置の適正化 ・会計報告の公開(ドナーや県に対して) ・プロジェクト建設施設運営が軌道にのるまでのサポート	高	高	ソフト
S1	技術強化	AES技術経営支援	・日本側で着手する給水計画と連携した技術経営支援 ・水料金や現状の給水施設運営維持管理者への技術指導及び経営改善の強化	高	高	ソフト
S2	技術強化	FU支援(改修指導)	・既存給水施設(管路給水施設+浄水場)の改修と運営・維持管理 ・2005年サイクロンによる取水地点の改修を含む運営管理の総合的技術的フォローアップ強化	高	高	ソフト
S3	技術強化	天水利用技術支援	・地方自治体や住民の要望に沿った天水溜建設と現地NGO起用など組織的なソフト技術強化 ・実施機関(MEM)との調整が必要のため、天水溜建設マスタープラン・パイロットの実施、モニタリング、裨益効果の検証	中	中	ソフト
S4	技術強化	既存管路(Sampona)の拡充に係る技術支援	・既存管路系の水源を活用して、Ambovombe市や海岸砂丘地帯への給水の拡張に係る技術支援 ・実施機関(MEM)やアフリカ開発銀などの給水計画との調整 ・Mini-Pipeの具体的な運営維持管理体制をモニタリング評価し体制の強化を支援する	中	高	ソフト

8.2.4 ショートリストの作成

ロングリストで行った給水改善方法(案)の評価を図示すると、図 8.2.4-1 (施設建設)と 図 8.2.4-2 (ソフト技術強化)のようになる。

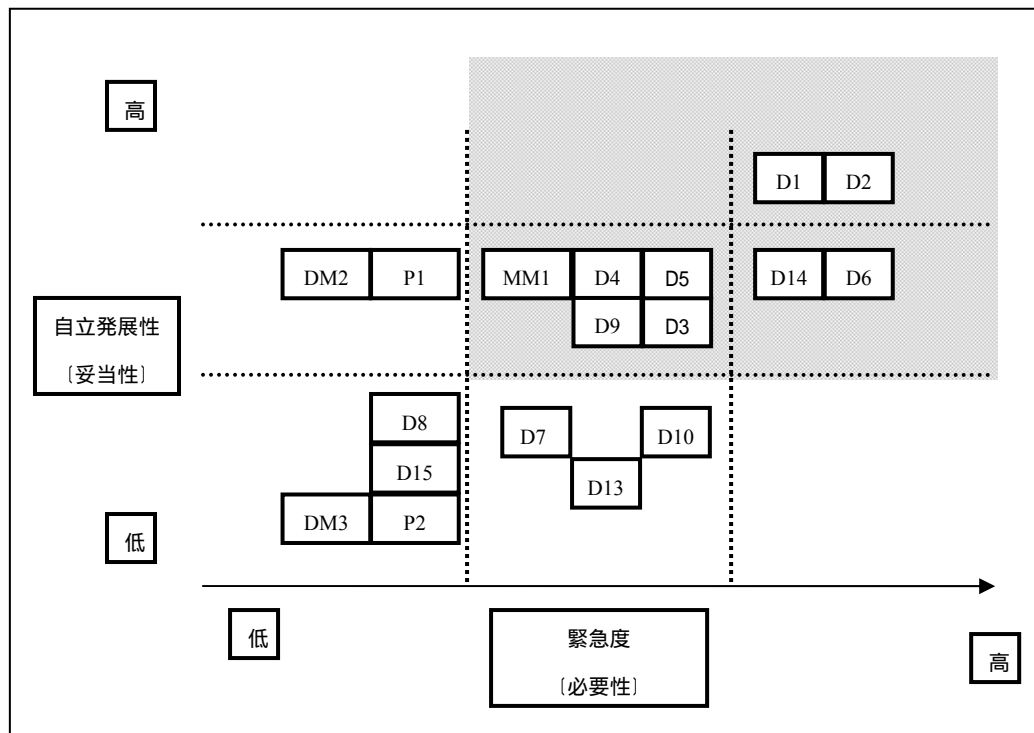


図 8.2.4-1 ロングリストの評価図 (施設建設)

図 8.2.4-1 で、自立発展性および緊急度の評価が中程度以上の施設建設給水改善案に関して、18 案中 9 案をショートリストとし、更に詳細な観点から比較し、優先順位を決定する。また、対象地域で現実に建設が進められている (D7、D8、D9) にあたる天水溜の建設については、別途特別考慮事項として分析する。

一方、ロングリストで行ったソフト技術強化の給水改善方法(案)の評価を図示すると、図 8.2.4-2 のようになる。自立発展性および緊急度の評価が中程度以上の給水改善案に関して、12 案中 5 案をショートリストとし、更に詳細な観点から比較し、優先順位を決定する。また、自立発展性の高い (L3、L4) については、別途特別考慮事項として分析する。

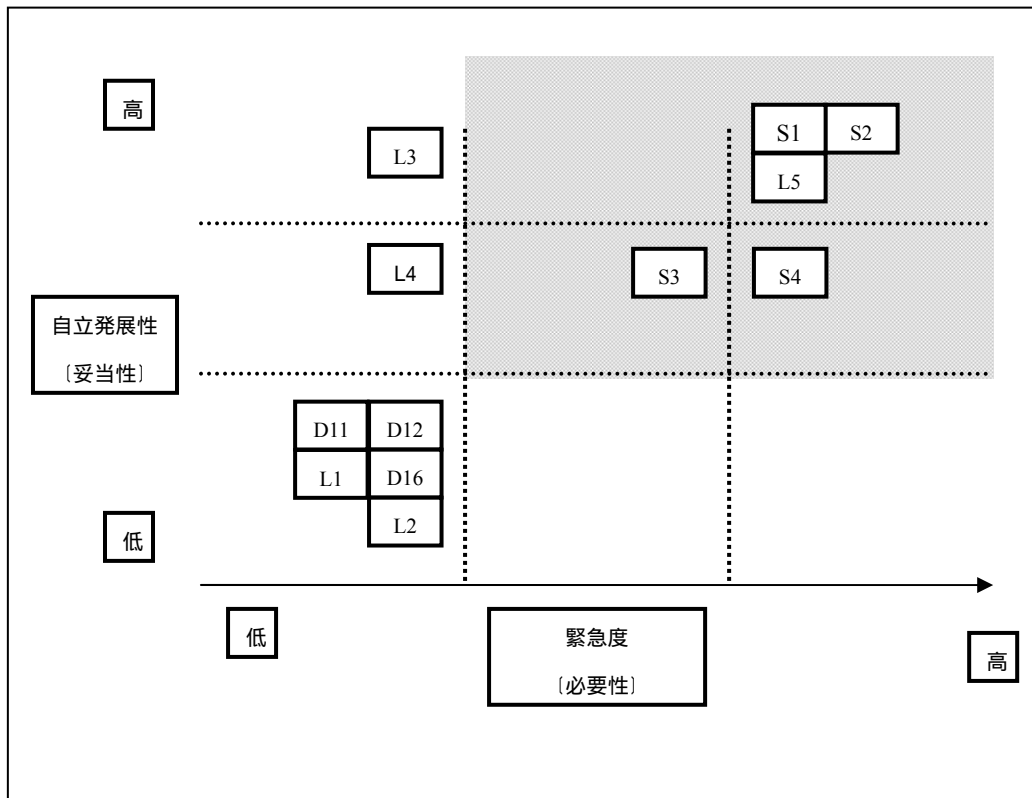


図 8.2.4-2 ロングリストの評価図(ソフト技術強化)

(1) ショートリストの給水施設建設に係る優先順位

下記の給水施設建設に係る優先順位を検討する。

表 8.2.4-1 優先順位を検討する給水施設建設改善(案)一覧 (ショートリスト)

	主目的	給水施設	給水計画内容	発展性	緊急度
D1	生活用水 (実質飲料)	レベル2型給水施設	Ambovombe市街地対象(ディーゼル発電方式)	高	高
D2	生活用水 (実質飲料)	レベル2型給水施設	Ambovombe市街地対象同上、動力源をJIRAMA商用電力とする。	高	高
D3	生活用水 (実質飲料)	管路給水施設	海岸砂丘地帯対象(ディーゼル発電方式)	中	中
D4	飲料水	レベル2型給水施設 + 管路給水施設	Antanimoraの水源 (F006B) を利用したAmbovombe市及び海岸砂丘地帯の給水施設(太陽光利用 + ディーゼル発電方式)	中	中
D5	飲料水	レベル2型給水施設 + 管路給水施設	Antanimoraの水源 (F006B) を利用したAmbovombe市及び海岸砂丘地帯の給水施設(ディーゼル発電方式)同上	中	中
D6	飲料水	レベル2型給水施設 + 管路給水施設	Antanimoraの水源(F006B)を利用したAmbovombe市街地のみを対象とした給水施設(ディーゼル発電方式)	中	高
D9	飲料水	天水溜 ³ 共同小型	民家屋根集水面積50m ² 、タンク5m ³ 、屋根の改良も含む	中	中
D14	飲料水	Antaritarika 周辺ハンドポンプ	・100m揚程のあるHPV100を想定し、人口100人以上の村落に設置する。揚程に限界があるため標高100m以下の村落のみ。 ・110m井戸、付帯施設建設、ポンプ部品販売システム、修理人網の構築	中	高
DM1	生活用水	ハンドポンプ	EC3,000から10,000μS/cm程度の水を期待して、水位100mまで揚水可能な人力ポンプを設置する。対象地域は標高100mまでの地点となるため、崖上の海岸沿い、若しくは、砂丘谷部の標高の低い地域。	中	中

(2) ショートリストのソフト技術強化改善に係る優先順位

下記のソフト技術強化改善に係る優先順位を検討する。

表 8.2.4-2 優先順位を検討するソフト技術強化改善方法(案)一覧 (ショートリスト)

	主目的	給水施設	給水計画内容	発展性	緊急度
L5	法規整備	AESの透明化サポート	・職員配置の適正化 ・会計報告の公開(ドナーや県に対して) ・プロジェクト建設施設運営が軌道にのるまでのサポート	高	高
S1	技術支援	AES技術経営支援	・日本側で着手する給水計画と連携した技術経営支援 ・水料金や現状の給水施設運営維持管理者への技術指導及び経営改善技術支援	高	高
S2	技術支援	FU支援(改修指導)	・既存給水施設(管路給水施設+浄水場)の改修と運営・維持管理 ・2005年サイクロンによる取水地点の改修を含む運営管理の総合的技術的フォローアップ支援	高	高
S3	技術支援	天水利用技術支援	・地方自治体や住民の要望に沿った天水溜建設のため、現地NGO起用など組織的なソフト技術支援 ・実施機関(MEM)との調整が必要のため、天水溜建設マスタープラン・パイロット支援と効果の検証を段階的に実施	中	中
S4	技術支援	既存管路(Sanpona)の拡充に係る技術支援	・既存管路系の水源を活用して、Ambovombe市や海岸砂丘地帯への給水の拡張に係る技術支援 ・実施機関(MEM)やアフリカ開銀などの給水計画との調整 ・Mini-Pipeの具体的な運営維持管理体制をモニタリング評価し体制の強化を支援する	中	高

8.2.5 優先順位の決定

優先順位では、給水施設建設による改善は以下(表 8.2.4-1)の評価項目で点数評価し、ソフト技術強化は以下(表 8.2.4-2)で、それぞれ総合点で優先順位を決定する。

表 8.2.5-1 給水施設改善評価項目

	評価項目	5点	3点	1点
1.	理想的な飲料であるか	飲料水(WHO)	マダガスカル基準	生活用水
2.	対象地域のカバー範囲 (裨益人口)	対象地域の 10万人以上	対象地域の 1万人以上	対象地域の 1万人未満
3.	1人あたりの建設コスト	¥1万以下	¥3万未満	¥3万以上
4.	採算水価格(バケツ13リットル)	50Ar以下	100Ar未満	100Ar以上
5.	影響範囲	地域5km以上	地域内3km	村落内1km
6.	維持管理体制の整備	現状維持でよい	現状改善必要	新設が必要
7.	経常運営費	¥20万/月以下	¥50万/月未満	¥50万/月以上
8.	実現の容易さ(総金額)	十分可能である	予算があれば可	可能性なし

表 8.2.5-2 ソフト技術強化評価項目

	評価項目	5点	3点	1点
1.	飲料水改善の強化であるか	飲料水（WHO）	マダガスカル基準	生活用水
2.	対象地域のカバー範囲 （裨益人口）	対象地域の 10万人以上	対象地域の 1万人以上	対象地域の 1万人未満
3.	1人あたりの強化コスト	¥1万以下	¥3万未満	¥3万以上
4.	採算水価格検討か	水価経済性検討	経済性検討	特になし
5.	影響範囲	地域 5km 以上	地域内 3km	村落内 1km
6.	維持管理体制強化の効果	飛躍的に向上	現状が改善する	変化は少ない
7.	施設建設との相乗効果	非常に大きい	効果がある	変化がない
8.	実現の容易さ（総金額）	¥1億以下	¥5億以下	¥5億以上

上記の評価項目に対する給水施設改善(表 8.2.5-1)とソフト技術強化(表 8.2.5-2)の総合点数を以下に示す。

表 8.2.5-3 点数評価による給水施設改善の順位付け

	主目的	給水施設	飲料	人口	コスト	水価格	影響範囲	体制	運営費	実現性 総金額	総合	優先順位
D1	生活用水 (実質飲料)	レベル2型給水施設 (ディーゼル発電)	3	3	5	5	3	3	3	5	30	2
D2	生活用水 (実質飲料)	レベル2型給水施設 (JIRAMA 電力)	3	3	5	5	3	3	5	5	32	1
D3	生活用水 (実質飲料)	管路給水施設 (ディーゼル発電)	3	5	3	5	5	1	1	3	26	4
D4	飲料水	管路給水施設 + レベル2型給水施設 (太陽光発電)	5	5	3	5	5	1	5	3	32	1
D5	飲料水	管路給水施設 + レベル2型給水施設 (ディーゼル発電)	5	5	3	5	5	1	1	3	28	3
D6	飲料水	管路給水施設 + レベル2型給水施設 (ディーゼル発電)	5	3	3	5	5	1	5	3	30	2
D9	飲料水	天水溜(小型)	1	1	3	1	5	5	5	5	26	4
D14	飲料水 (実質飲料)	Antaritarika 周辺ハンドポンプ	3	1	5	1	1	3	5	5	24	5
DM1	生活用水	ハンドポンプ	1	1	5	1	1	3	5	5	22	6

表 8.2.5-1 及び表 8.2.5-3 の点数評価の結果、下記の通り優先順位が決定される。実際には予算の確保の難易度が実施には大きく影響する。そのため、実施機関ないし日本国政府の投資・支援する予算により、実施される給水計画が選定される。

- 1) 優先順位 1： (D2)は、Ambovombe 市約 4 万人の生活用水改善を実施する。但し、JIRAMA からの電力供給が条件となり、不可能な場合は (D1) と同等の計画となる。ディーゼル発電方式で当初は地下水を揚水するが、JIRAMA からの電力量の増大が可能となれば、将来的には公共電力により運転費を効率化する計画となる。
 - 水源は郊外の試掘井 (F015) を活用する。
 - 水質的に飲料水ではなく、生活用水 (マダガスカル水質基準) となる。
 - 運営維持管理体制は、経験ある AES(Ambovombe)を活用する。ただし、技術と経営面での強化が必要であるため、水料金などの法制度 (L5) (S1)などのソフト強化を同時に実施することにより効果は増大する。
- 2) 優先順位 1： (D4)は、中心都市 Ambovombe 市及び海岸砂丘地帯の村落を含む対象地域全域約 21 万人の飲料水供給改善を、自然流下式送水管路により実施するものである。但し、ソーラー揚水システムを導入した運転コストの効率化を前提とした計画である。
- 3) 優先順位 2： (D6) Ambovombe 市民と管路沿線の住民約 8.5 万人に飲料水改善を自然流下式送水管路により実施するものである。但し、ディーゼル発電方式で地下水を揚水する案で、裨益人口が中程度であるため、プロジェクトコスト全体を縮減する計画案となっている。自然流下式送水管路等は、上記(D4)の Ambovombe 市までの給水と同じで、海岸砂丘地帯の給水を含まない案である。
- 4) 優先順位 3： (D5)は、中心都市 Ambovombe 市及び海岸砂丘地帯の村落を含む対象地域全域約 21 万人の飲料水供給改善を、自然流下式送水管路により実施するものである。(D4)との相違点はディーゼル発電による揚水システムである。
- 5) 優先順位 4： (D3)は、海岸砂丘地帯への給水のため、Ambovombe 市郊外の水源を利用するので、対象人口は約 18 万人の生活用水改善である。自然流下式送水管路を前提とした揚水システムとなる。
- 6) 優先順位 4： (D9)は、天水溜(小型)で、年間を通じた安定した給水改善策とはならないが、計画対象地域内で中心地域から遠いため、改善が望めない給水管路から 10km 以上はなれた地域の対応策である。このため、本計画は給水施設建設として取り扱うのではなく、(S3)のソフト技術強化の中で保健・衛生教育とともに実施する案とする。
- 7) 優先順位 5 と 6： (D14)及び (DM1) は、海岸砂丘地帯の地域が限定的に判明している地下水を、ハンドポンプにより取水するものである。現在パイロットプロジェクトも実施中であるが、水質はマダガスカル国飲料水基準を超える場合でも、村落内の水源として生活用水に利用されている。

上記表 8.2.5-2 の評価項目に対するソフト技術強化各案の総合点数を、下表 8.2.5-4 に示す。

表 8.2.5-4 点数評価によるソフト技術強化の順位付け

	主目的	給水施設	飲料	人口	コスト	水価格	影響 範囲	体制	運営費	実現性	総合	優先順位
L5	法規整備	AESの透明化サポート	5	3	5	5	3	5	5	3	34	1
S1	技術支援	AES技術経営強化										
S2	技術支援	FU強化（改修指導）	5	3	3	5	5	5	3	3	31	2
S3	技術支援	天水利用技術強化	3	3	3	5	3	3	5	5	30	3
S4	技術支援	飲料水と運営維持管理強化	5	5	3	3	5	3	3	3	30	3

(*L1 と S1 は AES 支援でほぼ同一の内容であるため評価は一体で行う)

表 8.2.5-2 及び表 8.2.5-4 の点数評価の結果、緊急に生活用水の現状改善であれば、(D1 と D2)の実施が最優先となり、同時に(L1 と S1)のソフト技術強化を行うことで、対象地域の給水改善は実証される。しかし、飲料水供給のためには、(D4)を確実に実施する必要がある。実際には予算の確保の難易度が実施には大きく影響する。実施機関ないし日本国政府の投資・支援する予算が十分確保される場合には、(D4)と(L1 と S1)を実施する。更に、(S2)の既存施設改修と(S3)の天水溜と保健・衛生の支援も緊急に着手する必要がある。また、ミニパイプライン(Ambassary-Sampona)が 2006 年 11 月に送水を開始したため、これらの給水システムと連携した Ambovombe 市、及び海岸砂丘地帯への給水計画と、運営維持管理に係る技術支援 (S4) が実施機関(MEM)から要請を受けている。

8.2.6 総合評価とその他考慮事項

上記の選定のためには、建設時に運営機関の体制整備が必須となる。現在この地域の給水を担当している南部給水公社 (AES) の再編成が進行中である。このため、上記の計画を実施するに当たっては、(L5) (S1) AES の現状の水料金を含む技術的な給水施設の運営と経営管理についても同時に実施できれば、運営体制はより堅実になり、改善効果は向上する。2006 年の第 3 年次補足調査による AES の経営状態は、2005 年年報の分析の結果、収入源である水販売量が 1 日平均 100 /日であったことが判明した。(S2) 過去の日本の支援による計画販売量は、それぞれの施設で 1 日平均 200 /日である。AES の経営組織改善には、人員削減だけでは対応しきれない収入源の水販売量の現状回復が大前提となる。このため、十分な収入を確立する施設建設ないし改修 (F/U) が必須である。前報した (D1 と D2) は、投資総予算が少ないうえ、緊急に日平均 400 m³/日を Ambovombe 市に給水することが可能である。一方、海岸砂丘地域においては、アフリカ開発銀行等の動向や過去に日本で実施した施設の現況を考慮し、ショートリストから漏れた案も含めて以下に検討する。

(1) 運営機関の体制整備が途上である場合

1) 考慮する案 1 : (D14、DM1) のような生活用水供給を目的としたハンドポンプの建設

- 但し、適地は限定される
- 2) 考慮する案 2：(S3) 天水利用技術支援と住民の衛生管理、コミュン開発支援を早急に実施する。
- 具体的なパイロットプロジェクトとして天水溜(D7 - D9)の1部に着手し、現地で EU、NGO などと、天水溜(大型、中型、小型)の有効性を実証する。
 - 実証性とモニタリング評価を通じて、具現化のための長期実施計画策定を支援する。
 - 特に、実施機関(MEM)ではなく、コミュンないしフクタンの住民の要望により実施するもので、技術協力、NGO 活用案が適切である。
 - 天水溜の特徴とともに、年間を通じて、また安定した水源代替案の有効性が認められない場合は、支援の中で、さらなる代替案を検討する。
- 3) 考慮する案 3：(S2)既存管路給水施設及び浄水場施設が危機的な状況にあり、早急な技術的な改修と AES の現行水販売料金の検討を含む経営改善が必要である。
- F/U(フォローアップ)支援、コミュニティ開発支援ないしプロ技など総合的な改善策を実施する必要がある。
- 4) 考慮する案 4： 2006 年 3 月に表明しているアフリカ開発銀行との協調融資により、海岸砂丘地帯の給水を実施するとともに、日本単独では(D6)の Antanimora の飲料水水源をアンバボンベ市に給水する案についても再考する必要がある。
- 同地域での最重要都市 Ambovombe 市へ自然流下式給水管路約 60km。
 - 利点と弱点は、上記優先順位 4：(D4)案と同様、全体的なプロジェクトコストは相対的に高額(¥13 億)となる。
 - (D4)案より給水範囲が狭くなるため優先順位が下となる。
 - (D4)案より、海岸砂丘地帯への給水施設がない分、建設費は安くなる。
 - (S4)案の追加は、ミニパイプライン(Ambassary-Sampona)で送水された水を活用するための技術支援で、これらの給水システムと連携した Ambovombe 市及び海岸砂丘地帯への給水計画と運営維持管理をアフリカ開発銀行との協調推進する技術支援であり、具体的になれば計画(D6)の優先順位が浮上する。

8.3 給水計画の提案

調査対象地域の給水改善に係る代替案の検討の結果、計画の D1 と D2 は、総合的に優先順位が高く、現状の給水事情を確実に改善できる計画である。しかし本計画だけではなく、計画 D4 の実施も必要である。給水計画の実施は、現実的に、いつ着手できるかと建設予算の問題がある。十分な予算があり、すぐに建設に着手できる場合には、計画 D4 は最重要である。さらに、既存給水施設の改修、計画 S2 についてもフォローアップないし技術協力の早急な実施が必要である。また、MEM が独自に建設している(S4)についても他援助機関との協調の可能性が具体的に becoming いるため、技術協力が必要である。加圧ポンプの常用発電機を別に設置するか起電装置を設置して、燃料節約型とすべき点が指摘される。これにより、設備建設費は若干高くなるが、水生産コスト(送水コスト)を半減できる。

現在、対象地域の水供給組織、南部給水公社 AES の組織改革が行われている。このため、AES

の技術的強化や水料金問題、給水施設の運営維持管理についての改善(計画 L5, S1)が、同時に行われることが必要である。計画 D1 と D2 の建設費は小額で、400 m³/日の水を Ambovombe 市や周辺に給水できるため、計画 D3, D4, D5、そして D6 と同時に行うことが有効である。このため、下記に各計画案に係る、1) 設計概念と 2) 基本事項に係る総合評価を行う。

8.3.1 給水計画代替案 (D1～D7) および既存施設改修案 S2 の評価

(1) 給水計画代替案 (D1～D7) および既存管路給水施設改修案 S2 の評価

表 8.3.1 -1 は、優先順位の高い給水計画代替案 D1 ～ D6 と計画 S2 既存管路給水施設の改修の総合評価である。

- 1) **水源:** 水源は位置が重要である。確認されている水源は、Ambovombe 郊外 F015 と Antanimora 地区の F006B の 2 ケ所の地下水と既存の Ampotaka 浄水場地点の Menarandra 川からの伏流水である。
- 2) **給水人口:** 給水対象 D1 と D2 は Ambovombe 市で給水人口を 40,000 人とし、計画 D4 と D5 は村落地域で給水人口 206,500 人とする。一方、計画 S2 の既存管路給水施設の給水人口は 80,000 人である。
- 3) **建設費:** 直接建設費と裨益者当り建設費の 2 項目について検討した。最も経済的な給水計画は、D1 と D2 の F015 の地下水を水源とする Ambovombe 市 40,000 人の給水である。総建設費は、1 億 3 千万円で、裨益者当りの建設費は 3 千円である。一方、Ambovombe 市と海岸地域に給水する計画 D4 と D5 の給水人口は 206,500 人とし、Antanimora の地下水水源を利用するため 120km の送水管路が必要となる。建設費はそれぞれ 23 億円であり、裨益者当りの建設費は 1 万 1 千円である。
既存管路給水施設 Beloha-Tsihombe の計画 S2 の給水人口は、80,000 人で、Ampotaka で Menarandra 川の伏流水を取水し、140km の管路給水施設で給水している。建設費は 21 億円で、裨益者当り建設費は 2 万 6 千円である。
- 4) **水生産コスト:** 水生産コストは、現実的な収益を検討する場合、重要な指標である。給水計画と運営維持管理費について、施設の更新費を含まない場合の水生産コストについて推計を行った。Ambovombe 市への一日当りの給水量を 400m³ とすると、かかる水生産コストは 1,539 Ar / m³ (¥86/m³)、ないしは、13 リットル入りのバケツ一杯当り 20 Ar (¥1.1)となる。一方、Ambovombe 市と海岸砂丘地帯への一日当りの給水量を 700m³ とすると、1,154 Ar / m³ (¥65/m³)ないしは、バケツ一杯あたり 15 Ar (¥0.8) となり比較して低価格となる。

計画 S2 の既存 Beloha-Tsihombe 管路給水施設 140km においては、2005 年の日平均給水量は 7 m³/日であった。水生産コストは、30,769 Ar / m³ (¥1,723 / m³)ないしは、13 リットル入りのバケツ一杯当り 400Ar (¥22)となり、現在の AES のバケツ一杯の価格 100Ar (¥5.6)の 4 倍となる。このため、持続的な運営を行うためには、太陽光利用揚水施設などの投入による運転コ

ストの縮減が必要である。仮に、一日あたり 50 m³ の給水が可能になれば、水生産コストは、バケツ一杯当り 80 Ar (¥4.5)ないし、6,154 Ar/m³ (¥345/m³)となる。

また、MEM が独自に建設している(S4)についても、加圧ポンプの常用発電機を別に設置するか起電装置を設置して、燃料節約型とすべき点が指摘される。これにより、設備建設費は若干高くなるが、水生産コスト（送水コスト）を半減できる。

5) 水料金の設定

上記、推計の水生産コストは、経常経費支出（収益的支出）のみの額で、施設の更新費等が含まれていない原価計算である。実際の水料金の設定には、耐用年が短いポンプと電気設備等の施設更新費、その他諸経費を含んだ額を含める。このため、計画 D1 ではバケツ一杯当り 30～40 Ar に、計画 D4 では 20～40 Ar/バケツ程度を水料金として設定する。

既存施設の改修 S2 では、料金は 130 Ar /バケツ程度となり、住民の支払い希望価格を上回るため、現時点では、独立採算制での施設更新は困難と判断される。施設更新に当たっては、この地区の特殊性を考慮して、他の給水施設を含めた統一（平均の）料金の設定か、あるいは新たな政府の援助(補助金)が必要となる。

参考：水道企業会計の構成概要

水道企業会計に関する項目	内容
1.収益的収支 (利益剰余金と繰越欠損金)	利益剰余金 ：利益処分で建設改良積立金等に積立て、または、老朽管等の更新改良等の水道施設の整備に活用。（本プロジェクトでは 積立金に繰り入れ ） 繰越欠損金補填 繰越欠損金（赤字額）
1)収益的収入 (経常的な経営活動に伴う収入)	水道料金 、加入金収入、新規加入者給水工事分担金 他会計繰入金（ 補助金 ）や、土地の売却収入等
2)収益的支出 (経常的な経営活動に伴う支出)	人件費 収人件費（料金徴収等諸経費） （ 動力費、薬品費他 ） 物件費 施設整備改良費（ 維持工事、修理費等 ） 支払利息費、減価償却費
2.資本的収支（施設の建設や改良、企業債発行・償還の収支）	資本：財産
1)資本的収入	企業債（本プロジェクトでは 無償を含む援助額 ） 純利益から生じた積立金残高（本プロジェクト 施設更新費積立金 ） 一般会計繰入金他（補助金等）
2)資本的支出	企業債償還額、損益勘定留保資金（現金支出を伴わない減価償却費等）

注) 太字は本プロジェクトに係る項目

表 8.3.1 -1 給水計画代替案の基本事項の評価 (計画 D1 ~ D6、および S2、S4) (1Ar = ¥0.056, 軽油 3,000Ar/ℓ)

項目	水源	計画対象 給水人口 (10ℓ/人・日)	直接工事費		運営維持管理費 (施設更新費は含まず)				備考	
			直接工事費 (共通仮設日 等を含まず)	裨益者当り建 設費	水生産コスト (採算性を基準とした 最小給水量で算出)		支出	収入		採算をとるた めの最小給水量
					1 パケツ /13ℓ	1m ³ 当り	x 百万円 /月	x30 日 収入=支出		
億円	千円/人	Ar	Ar	Ar	Ar	m ³				
D1	Ambovombe 市 (F015)	40,000	¥1.3 億	¥3	¥1.1 Ar 20	¥86 Ar 1,539	¥1.03	¥1.03	400 (/日)	ディーゼル
D2	Ambovombe 市 (F015)	40,000	¥1.3 億	¥3	¥0.8 Ar 15	¥65 Ar 1,154	¥0.77	¥0.77	400 (/日)	JIRAMA Ambovombe
D3	Ambovombe 市 (F015)	179,000	¥11 億	¥6	¥1.4 Ar 25	¥108 Ar 1,923	¥1.28	¥1.28	400 (/日)	ディーゼル
D4	Antanimora (F006B)	206,500	¥23 億	¥11	¥0.8 Ar15	¥65 Ar 1,154	¥1.35	¥1.35	700 (/日)	ソーラー と ディーゼル
D5	Antanimora (F006B)	206,500	¥23 億	¥11	¥1.4 Ar25	¥108 Ar 1,923	¥2.24	¥2.24	700 (/日)	ディーゼル
D6A	Antanimora (F006B)	84,500	¥13 億	¥15	¥1.4 Ar25	¥108 Ar 1,923	¥1.28	¥1.28	200 (/日)	ソーラー
*D6B	Antanimora (F006B)	84,500	¥13 億	¥15	¥0.6 Ar 10	¥43 Ar 769	¥0.51	¥0.51	*400 (/日)	ソーラー
*D6C	Antanimora (F006B)	84,500	¥13 億	¥15	¥0.7 Ar 13	¥56 Ar 1,000	¥0.67	¥0.67	*400 (/日)	ディーゼル
S2 (既設管路 給水施設)	当初計画 (BD) 1995	80,000	¥21 億	¥26	¥2.8 Ar 50	¥215 Ar 3,846	¥1.8	¥1.8	280 (/日)	ディーゼル
	稼働実績値 2005 年	80,000	¥21 億	¥26	¥22 Ar 400	¥1,723 Ar 30,769	¥0.36	¥0.18	7 (/日)	ディーゼル
	改良計画	80,000	¥0.5 億	¥0.6	¥4.5 Ar 80	¥345 Ar 6,154	¥0.51	¥0.51	50 (/日)	ソーラー(1式/ 箇所)
S4	Ambassary Mini-Pipe	20,000	¥1.3 億	¥7	¥8.4 Ar 150	¥646 Ar 11,538	¥1.92	¥1.92	100 (/日)	ディーゼル

注 1) AES の支出は Ar288 百万 (¥16 百万/年 2005 年. 給水量は 99 /日 2005 年)

(2) 給水計画 D1 と D4 の施設設計

試掘調査より確定した水源を利用し、給水計画 D1 と D4 について給水設計を行う。

- 1) 給水計画 D1: Ambovombe 市郊外の水源 F015 を活用する。
- 2) 給水計画 D4: Antanimora 地区の水源 F006B を活用する。

1) 給水計画 D1:

給水計画 D1 は、対象地域の最も優先順位の高い Ambovombe 市に給水する案で、給水人口は 40,000 人である。水源は、地下水で Ambovombe 市の郊外に位置するため、対象地域の中では最も効率的・経済的な給水施設である。しかしながら、地下水の電気伝導度が 302mS/m とマダガスカル国水質基準で、塩分を含むため、飲料水ではなく生活用水として利用する。現在 Ambovombe 市には、安定した給水施設がないため水不足で生活に困窮している。このため、この地下水開発と給水計画によって、飲料水以外の料理、洗濯、水浴などの水利用が改善される。計画給水量を 400 m³/日と想定すると、バケツ 1 杯の新水料金は 30～40 Ar となる。給水施設と給水量は、給水原単位 10ℓ/人・日とし、運営維持管理費に 15 年間の施設更新費を含んでいるため、本計画は持続的である。また現状の水価格 100 Ar/バケツに対して裨益住民の支払い可能額はバケツ一杯当り 50～100 Ar 以内であるため、自立的・持続的な給水計画である。

2) 給水計画 D4:

給水計画 D4 は、対象地域の最も優先順位の高い Ambovombe 市および海岸砂丘地帯に給水する案で、給水人口は 265,000 人である。水源は、Ambovombe 市の北西 60km、Antanimora 地区の F006 と F006B を活用する計画である。また、この計画では標高差を利用した自然流下式管路による給水施設である。試掘井 F006B において、WHO 水質基準を満たす清浄な飲料水が確認され、電気伝導度も 100mS/m であった。対象地域では、安定した給水施設がなく飲料水の確保に困窮している地域であるため、この地下水開発と給水計画によって飲料水及び生活用水が確保される。計画給水量を Ambovombe 市に 200 m³/日と想定すると、バケツ 1 杯の新水料金は 35～40 Ar となり、さらに海岸砂丘地帯に 500 m³/日と想定すると、バケツ 1 杯の新水料金は 20～30 Ar となる。新水料金の試算は、給水原単位を 10 ℓ/人・日とし、運営維持管理費に 15 年間の施設更新費を含んでいる。このため、計画 D4 についても持続的で自立的な給水施設としての検討と新水料金は、住民の希望しているバケツ 1 杯当り、50～100 Ar 以内 である。しかしながら、給水管路が水源地点の Antanimora から Ambovombe 市を経由し、最終地点の Antaritarika まで全体で 120km の長距離となる。このため、建設に当っては水源から Ambovombe 市までの約 65km の給水管路施設を第一段階とし、Ambovombe 市経由最終地点 Antaritarika までの給水管路施設の約 55km を第二段階として 2 分割して実施する。図 8.3.2-1 は、2006 年の管路ルート of 測量結果を考慮した、給水計画 D4 の計画概要である。

3) 既存給水管路施設 142km 改修計画 S2:

日本の支援により、1997 年から 1999 年に完成した Ampotaka ~ Tsihombe 市の給水管路施設 142km の改修計画が必要である。最近の燃料費の高騰と給水車両の老朽化のため、給水施設の運営維持管理と村落への飲料水供給が危機的状態にある。このため、現状の燃料費高騰による維持管理費の縮減や経済性を考慮した太陽光利用揚水システムなどの導入による改修計画が必要である。

日本の支援により、1997年に建設された給水施設の概要は下記の通りである。

- 1) 給水対象人口: 80,437人
- 2) 計画給水量: 284m³/日
- 3) Ampotaka 浄水場と142kmの給水管路: 管路口径 DN75mm-DN150mm
(内径 74mm -160mm)

改修計画 S2 は、下記の通りである。

- 1) 送水施設5ヶ所の改修:
太陽光送水システム5ヶ所の導入、平均日稼動6時間での送水量50/日
- 2) 既存ディーゼル発電施設4ヶ所、8基の修理と改修
- 3) 既存管路の維持管理、漏水と保護
- 4) Ampotaka 伏流水取水地点の保護と改修

2006年現在、南部水公社(AES)のバケツ1杯の水料金は100 Ar/バケツであるが、村落住民にとっては高価である。AESの2005年次報告書によると、2005年1年間の既存給水管路による水販売量は、2,465 m³/年 (6.8 m³/日)と非常に少ない給水量であった。一方、人件費を除く水生産コストは、Ar37,116,000と報告されており、バケツ一杯の生産コストに換算すると196 Ar/バケツとなり、人件費を含むと392 Ar/バケツになる。これは、現在の販売価格100 Ar/バケツと比較すると、生産コストが4倍になり赤字経営の状態となっている。

8.3.2 給水施設水位高低図

Ambovombe 市内を水源とする計画 D1 と、Antanimora を水源として Ambovombe 市から海岸地区を給水する計画 D1 と D4 の概要を、図 8.3.2-1 に示す。

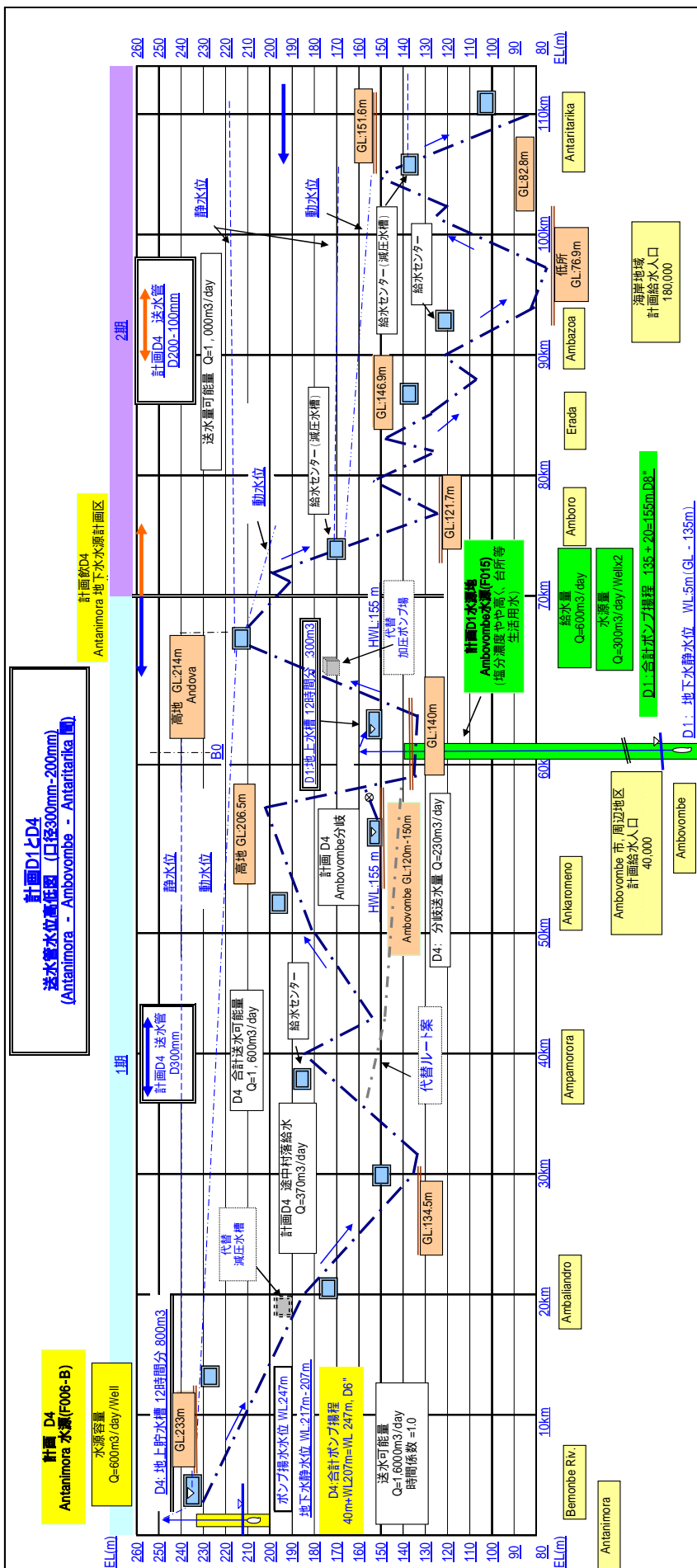


図 8.3.2-1 計画D1,D4送水管施設と水位高低図

8.4 直接工事費の概算

給水計画代替案の概算を下表に示す。概算は、直接工事費のみで諸経費と間接費は含んでいない。

表 8.4-1 給水計画 D1, D4 と既存改修 S2 の概算費

計画	水源	対象	1日最大給水可能量	建設コスト	水生産コスト	維持管理費 (月水生産コスト)
D1	深井戸 (F015)	Ambovombe 市 (レベル 2)	600m ³ /日	Ar2,340 百万 ¥130,000,000	Ar1,539/m ³ ¥86/ m ³	Ar16.5 百万 ¥1,030,000/月
D4	深井戸 (F006B)	管路給水 120km Antaritarika まで	1,600m ³ /日	Ar41,000 百万 ¥2,300,000,000	Ar1,154/m ³ ¥64/ m ³	Ar16.2 百万 ¥1,350,000 月
S2	改修	太陽光利用ポンプ場の 改修(F/U)	50 m ³ /日	Ar900 百万 ¥50,000,000	Ar6,154/m ³ ¥341/ m ³	Ar.9.2 百万 ¥510,000/月

8.5 事業実施計画

事業実施計画は、下図 8.5-1 に示す通りである。給水代替案の事業実施計画は、政策的にまた資金的な優先順位によって決定される。同時に、計画対象地域における南部水公社 AES の運営維持管理に係る、技術的・経営的な支援強化、フローアップ事業についても重要である。

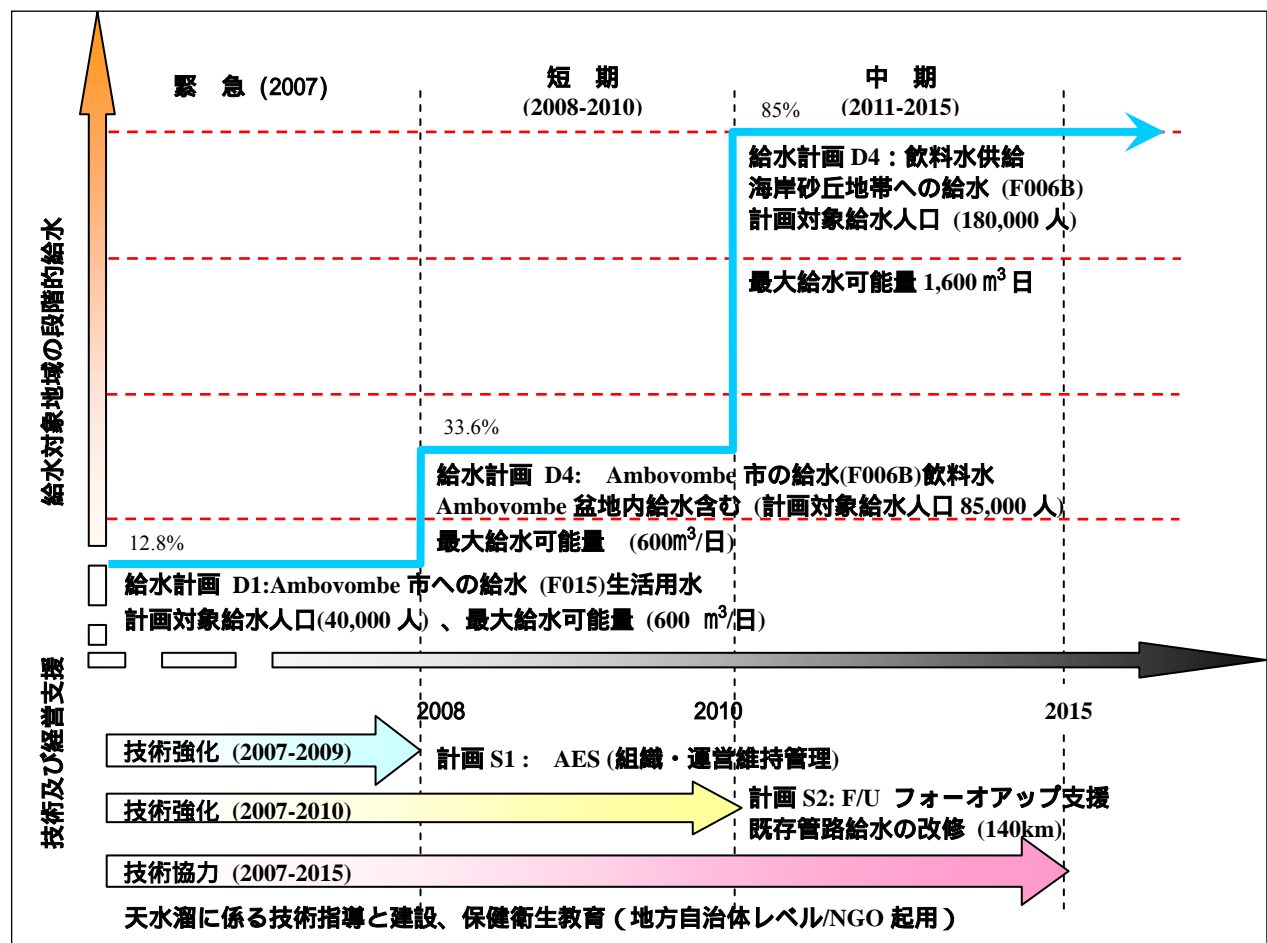


図 8.5-1 給水基本計画 (2007 - 2015)

次表-8.5-1 計画給水人口と給水可能量を参照

表 8.5-1 計画給水人口と給水可能量

項目		緊急計画	中短期計画		摘要
		計画 D1	計画 D4-(1)	計画 D4-(2)	
		Ambovomebe 地下水水源	Antanimora 地下水水源		
目標一人当たり水消費量(ℓ/人・日)		10	10	10	
プロジェクト対象 地区居住人口	Antanimora		5,000		
	途中の村落		57,000		
	Ambovome 市近隣	40,000	23,000		
	海岸砂丘地区			180,000	
合計		40,000	85,000	180,000	
給水普及率		100%	50%	50%	
プロジェクト対象地区内の計画給水人口		40,000	43,000	90,000	
			133,000		
1日平均使用水量(有収水量)(m ³ /日)		400	430	900	A.
目標1日平均給水量	B. 有収率	90%	90%	90%	漏水率(10%)
	(m ³ /日)	440	480	1,000	
目標1日最大給水量	C. 負荷率	70%	70%	70%	雨期低減率: 30% D=A/(BxC)
	(m ³ /日)	D. 630	D. 690	D. 1,430	
			D. 合計 2,120		
最大給水可能量 =送水管容量口径300mm (m ³ /日)		E. 600	600	1,000	最大送水能力
			E. 1,600 口径300mm送水管		
水源量 (m ³ /日)		600	600	1,000	最大給水可能 量と同
		最大水源量	1,600 最大送水管能力と同		
目標1日最大給水量に対する不足水量 (m ³ /日)		30	520		D-E
最大給水可能量による給水可能人口(人)		38,000	38,000	63,000	E*C*B/10(ℓ/ 人・日)
一人当たり使用水量10(ℓ/人・日)			101,000		

8.6 水料金

8.6.1 現状の水料金評価(2005)

現状の水料金の水生産コストを評価し、適切な水料金を検討する。表 8.6.1-1 に、2005年の水販売実績と水生産コストを示す。南部給水公社(AES)の活動は、以下の3点に要約される。

- ・ Ambovomebe 給水(主として給水車による)
- ・ Tsihombe-Beloha 管路系による給水
- ・ 給水センター(5地区)の独立給水施設(AEP/AES)

1) 給水車による Ambovombe 給水

Ambovombe 事務所は、1990 年代に日本の支援によって供与された給水車で給水を行っている。当初、24 台の給水車が供与されたが、現在は 2 台に減少し、2005 年に販売した水量は 6,612 m³/年 (18 m³/日) であり、水生産コストはバケツ一杯 当り 126Ar と試算され、現在の水料金 100Ar/バケツを超えている。一方、給水車一台 (6 m³)の水価格は、2006 年時点で燃料費の高騰で、75,000Ar/台 (168Ar/バケツ) となっている。燃料費は、1990 年 347FMG/ℓ(¥31/ℓ) であったが、2005 年 1,700Ar/ℓ (¥94/ℓ) に上昇、さらに 2006 年では 2,200Ar/ℓ (¥122/ℓ) と高騰している。Ambovombe 市から 35km 離れた Embassy 浄水場は、1990 年代に 200 m³/日を給水していた。

2006 年の現在、AES は Ambovombe 市内で商用電力が利用できるようになったため、手掘り井戸から 約 40 m³/日の揚水を行っている。

2) Tsihombe-Beloha 管路系による給水

日本の支援により 1997 年から 1999 年に浄水場を含む Tsihombe-Beloha 管路 142km と 7 台の給水車によって、給水人口 80,000 人に対して約 280 m³/日が給水される計画であった。施設完成後、2005 年時点における、7 年間の給水実績は 70 m³/日であった。一方、2005/2006 年の給水量は 7 m³/日で、稼動可能な給水車は 2 台となり、燃料の高騰も影響して給水活動実績が大きく減少している。水生産コストの試算は、バケツ一杯当り 392Ar で、水販売価格 100Ar/バケツの約 4 倍となる。

3) 5 センター(地区)の独立給水(AEP/AES)

給水センター(5 地区)の独立給水(AEP/AES)が、Antanimora, Andalatanosy, Beraketa, Isoanala そして Tsirovry で地下水を水源として実施され、2005 年 1 年間で合計 26,385 m³/年 (72 m³/年)の水販売が行われた。水生産コストの試算は、バケツ一杯当り 64Ar で、水販売価格 100Ar/バケツに対して利益が出ている。これは、給水対象内に各戸給水や公共水栓で効率的に給水されていることと、地下水を水源として太陽光利用揚水施設を活用していることによる。給水車は使用していない。このため、AES の組織経営改善として、独立給水 (AEP/AES) センター方式が有効である。

表 8.6.1 - 1 AES 2005 年の水生産コスト分析

A) 水供給コスト分析					
事項	給水量	支出	収入	水生産	注釈
単位	(m ³ /年)	(Ar)	(Ar)	(Ar/バケツ)	
AES 全体	36,116	293,130,856	28,063,377	105	
B) 水生産コストの内訳					
事項	給水量	*水生産コスト	水販売額	*水生産コスト	水生産コスト
Ambovombe 給水	7,266	34,974,200	-	63	126
	(給水車による)				
Tsihombe-Beloha 管路系給水	2,465	37,116,021	14061738	196	392
小計	9,731	72,090,221	-	96	192
*バケツ売り水価格					*(100)
給水 5 センター	26,385	63,300,592	54,489,605	32	64

8.6.2 給水代替案における水料金の検討

収益ラインを考慮した水料金は、十分な運営維持管理費の確保を考慮に入れて、平均給水量以下の最小給水量で算出した。

表 8.6.2-1 給水代替案に係る水料金の検討

事項	給水計画 D1	給水計画 D4		給水計画 S2	注釈
水源	Ambovombe 郊外	Antanimora 地区		既存管路給水施設の改修	
1. 計画 1 日最大給水量 (m ³ /日)	630	2,040		50 (太陽光利用施設の制約条件による)	給水量 10(ℓ/人・日)
2. 計画 1 日平均給水量 (m ³ /日)	440	690	1,430	50	日平均給水量 = 最大給水量の 70%
3. 1 日最大給水可能量 (m ³ /日)	600 (井戸能力による)	600	1,000	50 (太陽光利用施設の制約条件による)	給水施設の地形的制条件による。
		1,600 (管路口径 DN300mm の容量による)			
ポンプ平均稼働時間	ディーゼル発電：8 時間/日以内 太陽光発電の稼働：平均 6 時間/日				
収益レベルでの最小水量 給水量 (m ³ /日)	400	200	500	50	収益レベル最小給水量の設定
		700			
A 案： 生産原価 施設更新費含まず (Ar/バケツ)	20	23	15	80	
B 案： 生産原価 + 施設更新費 (ポンプ及び発電機) (Ar/バケツ)	25	35	20	130	
C その他諸経費 (Ar/バケツ)	5-10	0-5	0-5	—	初期経費 本部経費等
新水料金案(収益レベル の水料金) (Ar/バケツ)	30-40	35-40	20-30	80-100	現在の水料金 =100 Ar/バケツ
追記	独立採算制による 運営が可能	独立採算制による運 営が可能		独立採算制による運 営は困難	給水量の確保が必要
最大給水可能人口 (一人当たり使用水量を 10(ℓ/人・日)	38,000	101,000		80,000 (計画当初給水人口)	送水管口径 300mm の 送水可能量による
		38,000	63,000		

8.7 施設計画図

以下に、本プロジェクトによる Ambovombe 水源(F015)と Antanimora 水源(F006B)を使用した計画 D1-D6 の施設計画を図 8.7.1-1 および図 8.7.1-2 に示す。

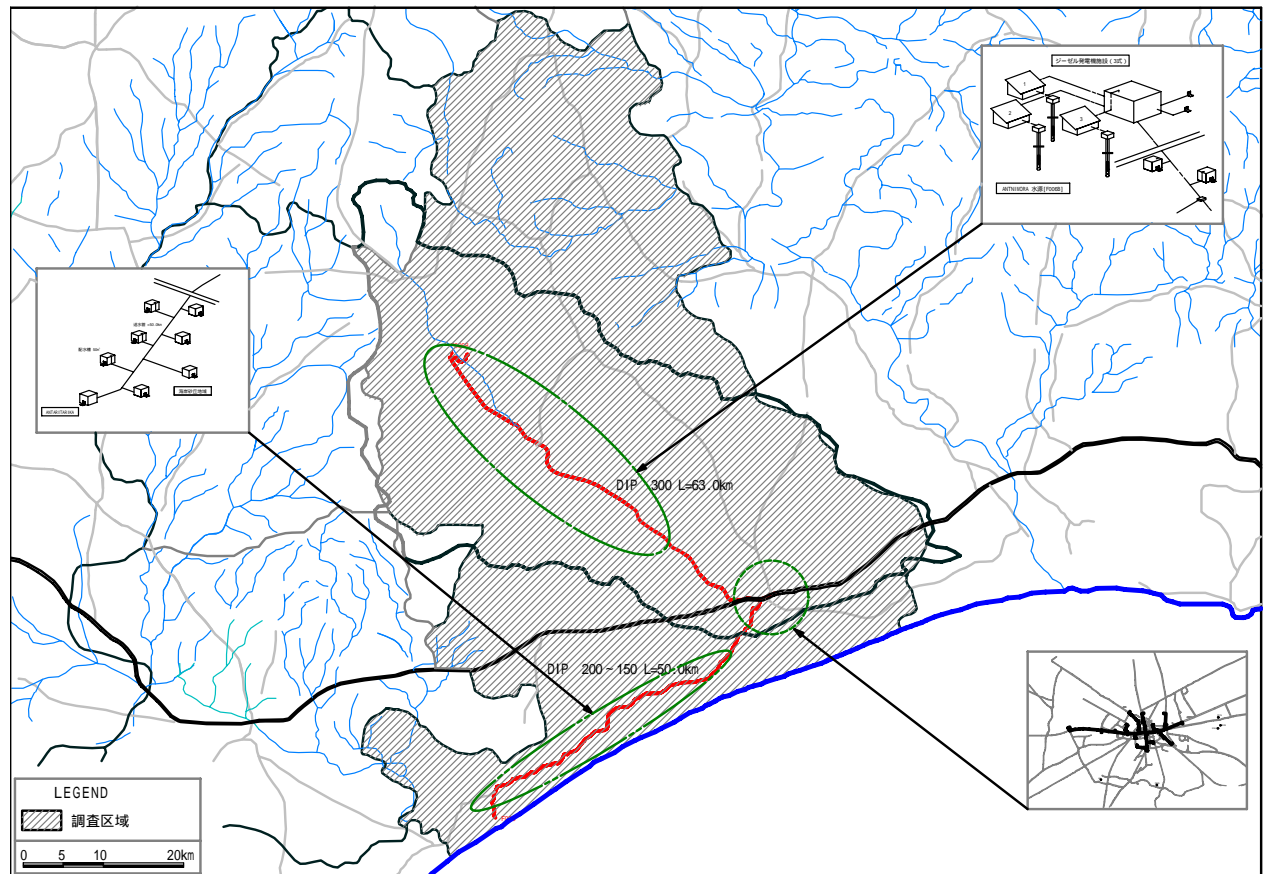


図 8.7.1-1 給水計画代替案

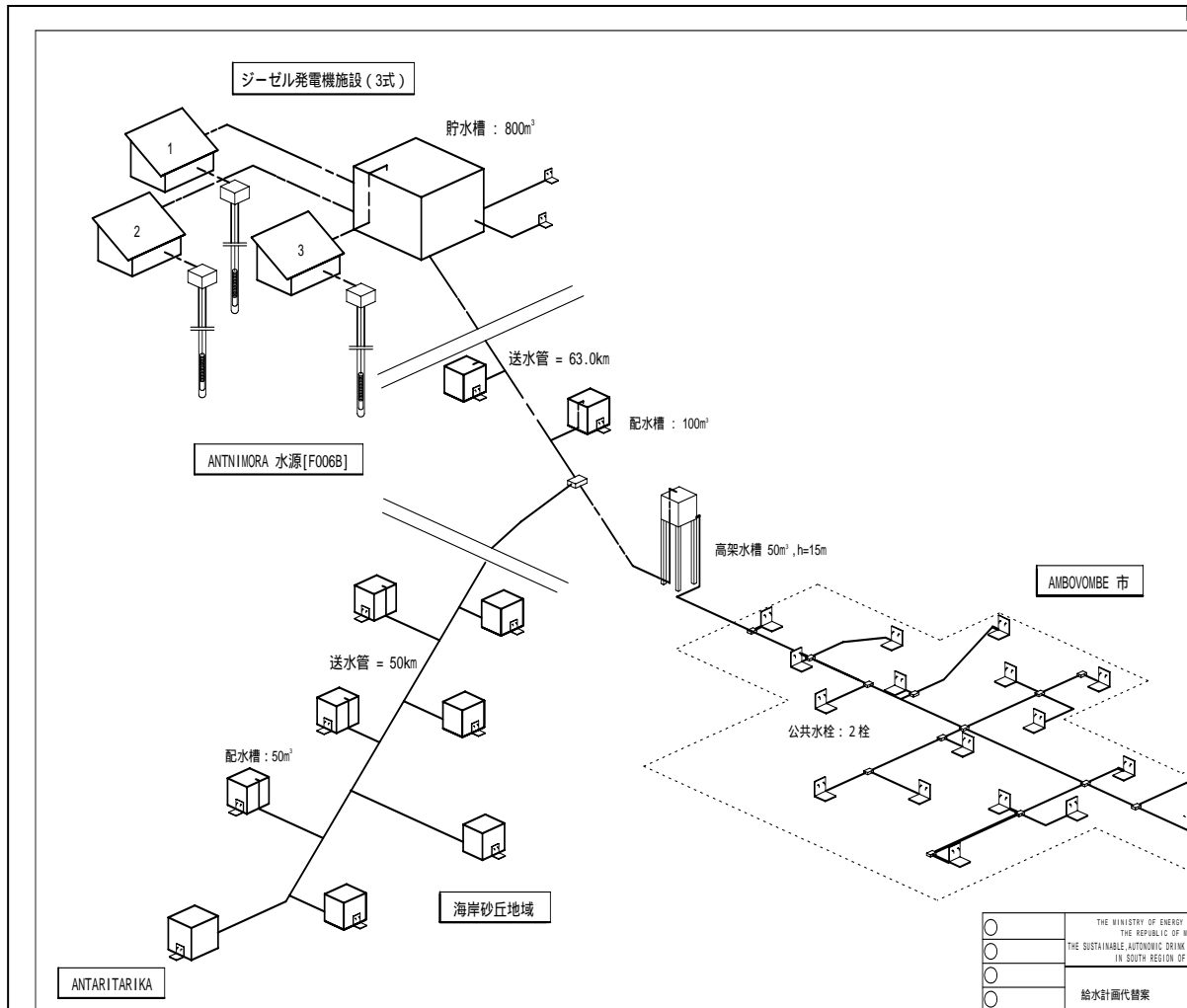


図 8.7.1-2 給水計画代替案 給水システム図

第9章 環境社会配慮

9.1 背景

9.1.1 JICAの環境社会配慮制度

- ・ JICA は 2004 年に「JICA 環境社会配慮ガイドライン」を策定し、JICA の実施する「協力事業」に適用することになった。
- ・ 適用にあたっては、プロジェクトのタイプごとにカテゴリー区分され、本調査は開発調査の B カテゴリーに区分されている。

9.1.2 マ国環境影響評価制度の概要

- ・ 1999 年にマ国は”la mise en compatibilité des investissements avec l’environnement”（環境と調和した投資のための法令、以下、MECIE）を制定した。これにより同国における環境影響評価（EIA）制度が規定された。その後、2004 年に予備的な環境審査に関する手続きを修正した政令が公告された。
- ・ MECIE では、EIA については 54 の事業種を、EEP については 29 の事業種を指定しているが、本プロジェクトに関連すると想定される事業種は下記のとおりである。なお、本プロジェクトに関連する EEP の指定事業種はない：

表 9.1.2-1 本プロジェクトに関連する EIA の対象となるプロジェクト

事業種区分	条件
すべての活動	脆弱な環境におけるすべての活動
すべての活動	自然環境を改変するもしくは自然資源を利用する、もしくは生活環境の質を低下させる可能性のあるすべての計画、事業もしくは政策
土地の掘削	20,000m ³ 以上の土地の掘削
揚水	30m ³ /時間以上の揚水

9.1.3 マ国環境担当者とのヒアリング結果

- ・ マ国環境影響担当者、本件調査で予定されている計画の EIA の必要性の是非について、下記のとおりヒアリングを実施した。

(1)日時：2005 年 4 月 15 日

(2)ヒアリング先：ONE 環境評価局長 Paul ANDRIANAIVOMAHEA 氏

(3)同席者：MEM 水衛生局長 Razanamihaja M E RAKOTOMAHARO 氏

MEM 水衛生局データ管理・環境保護課長 Marcel RAKOTOMAVO 氏

(4)ヒアリング結果

- ・ プロジェクトのサマリー及びスコーピング（案）を提出し、これらの内容について説明

した。

- ・協議した結果、ONEの公式見解として、下記の理由により、本案件については、EIAは実施する必要のない計画であるとの結論を得た。

理由1：開発量が少なく、かつ開発の対象も対象地域内に限定されていること

理由2：開発の目的の社会的必要性が高いこと。

9.1.4 本調査における環境社会配慮の実施方針

- ・上記のように、本案件においては、MECIEに基づくEIAを実施する必要がないと当局により判断されたことにより、本案件に係る環境社会配慮については、本格EIAは実施せず、IEEレベルにとどめて実施することとした。

9.2 計画の概要

9.2.1 計画の背景

- ・対象地域であるマ国南部地域は、年間降水量が500mm前後（海岸地帯は400mm）と少なく、地下水や表流水が少ないため、飲料水の供給量が不足している。とりわけ、Ambovombe市より南部の海岸地帯では、少雨かつ周辺に地下水源がほとんどないこと、さらに公共の給水車の故障が多く、ほとんど機能していないことから、特に乾季において住民は法外な価格で水売り人より生活用水を購入することを強いられている。

9.2.2 計画の目的

- ・対象地域に対して安定的にかつ持続的・自立的に安全な飲料水を供給する計画を立案することを目的とする。

9.2.3 計画対象地域

- ・給水対象地域は、Ambovombe市及び周辺、さらに国道10号より南の海岸地帯に及ぶ地域。対象コミューンは15に及び、総人口は277,980人（2005年現在）。
- ・水源の開発対象地域は給水対象地域ならびにその北方、国道13号より北のAntanimoraまでの地域。

9.2.4 給水計画の概要

・給水計画案（一部）とその概要は次表に示すとおりである。

案	概要	水源	給水地域
D1	・ Ambovombe 市郊外の水源を利用した Ambovombe 市街地の給水施設（ディーゼル発電方式）	Ambovombe 市郊外の深井戸（F015 付近）	Ambovombe 市街地
D2	・ 同上（商用電力方式）	同上	同上
D3	・ Ambovombe 市郊外の水源を利用した海岸砂丘地帯の給水施設（ディーゼル発電方式）	同上	海岸砂丘地帯
D4	・ Antanimora の水源を利用した Ambovombe 市及び海岸砂丘地帯への自然流下式送水方式の給水施設（太陽光揚水方式）	Antanimora の深井戸（F006,F006B 付近）	Ambovombe 市及び海岸砂丘地帯
D5	・ 同上（ディーゼル発電方式）	同上	同上
D6	・ Antanimora の水源を利用した Ambovombe 市街地への自然流下式送水方式の給水施設（ディーゼル発電方式）	同上	Ambovombe 市街地

9.3 対象地域の現状

9.3.1 自然環境

(1) 気候・水象

- ・対象地域はマ国の中で、最も乾燥した地域にある。平均年間降水量（1998-2004年）は対象地域最南端の Antanarika でわずかに 400mm であり、等降水線は北部ほど高くなり、対象地域最北部の Antanimora では平均年間降水量が 700mm 程度になる。対象地域の中心市街地である Ambovombe 市の平均年間降水量は 541mm であった。雨季は例年 12 月から 3 月であり、この期間に年間降水量のほとんどが観測される。
- ・対象地域の西側には Mandrare 川が、東側には Mananvovo 川が流れているが、これらの川の間広がる対象地域の Ambovombe 盆地内ならびに海岸砂丘地帯には常時河川はなく、雨季にのみ川筋が出現する。なお、Mandrare 川は乾季にも流量が見られるが、Mananvovo 川は乾季にはほとんど流れが観測されない。

(2) 地形・地質・水理地質

- ・対象地域の Ambovombe 盆地は標高 120m ~ 250m の間で、緩やかに傾斜している。Ambovombe 市街地が最も低く、標高 130m ~ 136m である。また、南部の海岸地帯は砂丘が広がり、標高 150m ~ 300m の間で推移している。
- ・対象地域の地質は概ね 3 タイプに区分される：北西部の Antanimora 周辺の先カンブリア紀の基盤岩地帯、Ambovombe 盆地の第四紀堆積層及び海岸部の砂丘地帯である。
- ・水理地質的には、Antanimora 周辺の基盤岩地帯には比較的良質な被圧地下水が見られ、一方 Ambovombe 盆地及び海岸砂丘地帯は厚い沖積層に覆われ、塩分を多量に含んだ不圧地下水が存在する。

(3) 生態系

- ・マダガスカルはおおよそ1億5千万年前にアフリカ大陸から分離して以来、生物は独自の進化を遂げており、生息する種の多くはこの島固有のものである。
- ・対象地域は、マ国の中でも最も乾燥した地域にあり、また土壌も砂質で乾燥していることから、基本的に植物の生育環境上、悪条件にある。しかしながら、この特有の条件化に適応するように、この地域には世界的に見ても他に類のない特異的な植物が多種多様に生育している。この意味から、この地域を含む南部地域一帯は、WWFの指定するGlobal200（世界的に見て保全することが重要な238の生態系を指定）に指定されている。
- ・対象地域について、2005年9月（Ambovombe盆地：Antanimora～Ambondoro～Ambovombe）並びに2006年6月（海岸砂丘地帯：Ambovombe～Antaritarika）植生調査を中心とした生態系の概略調査を行った。また、衛星画像解析により植生の分布を把握した。
- ・Ambovombe盆地およびその周辺、特にAntanimoraからAmbovombeに至る国道13号線の両側には、アローディア・プロセラやディデエレア・トロローリーなどのディディエレア科（マダガスカル固有科）やユーフォルビア科が優占する半乾燥林が分布している。生育種の多くはこの地域固有の種である。このような半乾燥林は、かつてはこの地域一帯に見られたと考えられるが、これらの樹木が地域住民にとって重要な燃料源であり材にもなることから、大量に伐採され、今では残された面積もわずかである。なお、調査中にペローシファカを数頭確認しており、また別の調査中にワオキツネザルも確認された。したがって、残された森林はこの地域固有の生態系を支える上で重要な役割を果たしている。
- ・一方、海岸砂丘地帯はほとんど裸地もしくは農耕地が広がるが、墓地の周辺など、地域の伝統により一部半乾燥林が残されている。

9.3.2 社会環境

(1) 行政区分・人口

- ・対象地域の行政区分は、1州(Province)、1地域(Region)、2県(District)、15コミューン(Commune)からなる。人口は2005年現在、全体で277,980人、このうち、38,213人がAmbovombeの都市部に居住している。
- ・また、対象地域15コミューンの人口増加率は過去3カ年で35.5%となっており、地域全体の増加率より高い。ロジスティックカーブによる人口予測によれば、2015年の対象地域の人口は約40万人と推定されている。

(2) 社会・文化

- ・対象地域の主要な民族はAntandroy族である。主要な宗教はキリスト教で、3宗派（プロテスタント、FLM、カトリック）で全体の6割を占める。ただし、伝統宗教も根強く、全体の1/4が伝統宗教である。
- ・対象地域の土地所有形態は、法的には国有地がほとんどであるが、実質的には村のリーダー（olom-be）が決定権を持っている。農耕地などの個人所有の土地もリーダーによって決定されるなど、村の土地利用はすべてリーダーの意見が尊重される。したがって、井戸位置などを決

定する際もリーダーの意見を尊重する必要がある。また、地域内には墓地の周辺やリーダーによって決定された聖なる森など、一切の活動を禁じられた土地があるので、さらに注意を要する。

- ・対象地域は、近年変化しつつあるも、女性の意見はあまり尊重されない。また、水汲みは牛車で運搬する場合は男性が主体であるが、徒歩による場合は女性が主体である。

(3) 経済

- ・対象地域の主要な産業は農業であり、ついで海岸地帯の漁業に従事している人が多い。
- ・一方、主要な産業ではないが、水売り人の存在は本計画にとって考慮せざるを得ない産業である。特に、乾季においては対象地域住民の生活にとって欠かせないものとなっている。ただし、水売り人の一部はこれにより生計を立てているものの、大半の水売り人は農業を別に営んでおり、副業にしか過ぎない。なお、水売り人は組織化されているものでもなく、さらに行政により許認可されているものでもない。

(4) 給水の現状

- ・対象地域はマ国のなかでも最も乾燥地域にあり、給水事情は全般に劣悪である。本地域の主要な給水源は、天水利用の人工構造物（Bassin, impluvium、人工池）、地下水利用（深井戸、浅井戸、vovo）、表流水利用（川、池、水溜り）及び給水サービスの利用（AESの給水車、民間の水売り人）に区分される。
- ・本調査で実施された社会調査によれば、対象地域の43%の村落で地下水が主要な水源となっており、次いで河川、天水溜りなどの天水利用の順である。ただし、地域内は全般的に劣悪な給水事情であるため、どんな形態であれ水があればこれを利用する傾向にあり、例えば雨季などは周辺のたまり水なども重要な水源として利用されている状況である。

9.4 環境社会配慮結果

9.4.1 雇用や生計手段等の地域経済

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3 D4 D5 D6	・パイプラインが開通し、各地に共同水栓ができ、水売り人の料金より安く、容易に飲料水や生活用水が手に入るとすれば、水売り人の活動は相当程度影響を受けることが想定される。ただし、水売り人のほとんどは農業の傍ら従事しており、これらの人々が完全に職を失うことはないと考えられる。	・左記のとおり、専業としている水売り人は少数派のため、特に水売り人に特化した対策は実施する必要はない。ただし、給水事業の実施により、公共水栓の管理人など、新たな雇用形態が発生することから、これらが新たな水売り人の受け皿となることを期待する。

9.4.2 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3 D4 D5 D6	・井戸位置やパイプラインの敷設箇所を含め地域の土地利用には該当村落のリーダーの承認を得て設置する必要があり、この手続きを経ないと、地域住民の協力が得られない。なお、水源の候補地としている本調査の試掘井については、すでに地域のリーダーの承認を得ている。	・新たに井戸を設置する場合やパイプラインを敷設する場合は、必ず該地域の村落の関係者に対しコンサルテーションを行い、村落のリーダーの承認を得る必要がある。特に、墓地や聖なる森などのタブーとされる地域には開発を実施しないように注意する必要がある。

9.4.3 貧困層 / 先住民族 / 少数民族

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2	・Ambovombe 市街地のみへの供給となるため、その他の地域、とりわけ海岸砂丘地帯の貧困層での水不足は依然として解決されない。	・長期的には海岸地帯にもパイプラインを通す必要が出てくるが、短期的には天水だめの設置など、他の水源と組み合わせることで海岸地帯の給水状況の改善を図るように努める。
D3 D4 D5	・公共水栓の配置によっては、地域的な隔たりが生じる可能性がある。	・地域的な隔たりが極力ないように公共水栓を配置する。
D6	D1、D2 と同	D1、D2 と同

9.4.4 被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2	・Ambovombe 市街地のみへの供給となるため、その他の地域、とりわけ海岸砂丘地帯は依然として水不足は解決されない。	・長期的には海岸地帯にもパイプラインを通す必要が出てくるが、短期的には天水だめの設置など、他の水源と組み合わせることで海岸地帯の給水状況の改善を図るように努める。
D3 D4 D5	・公共水栓の配置によっては、地域的な隔たりが生じる可能性がある。	・地域的な隔たりが極力ないように公共水栓を配置する。
D6	D1、D2 と同	D1、D2 と同

9.4.5 地域における利害の対立

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3	・水源と給水地域が同一のため、利害の対立は生じない。	・特になし
D4 D5 D6	・水源が Antanimora にある一方で、主な供給地域が Ambovombe 及び南部の海岸地帯であるため、Antanimora 地域との利害の対立が想定されるが、Antanimora 地域は既に相当程度の地域に井戸が建設されており、また本計画においても水源付近に水栓は設置することから、周辺地域への配慮もなされており、利害が対立するとは考えられない。	・設置に当たっては Antanimora 地域の住民に十分説明をして合意を得ておく必要がある。

9.4.6 ジェンダー

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3 D4 D5 D6	・給水地域の拡大により、女性の労働は軽減されることが予想されるが、水管管理のあり方などでは、地域の伝統から、主たる利用者である女性の十分な参加がないまま決定されることが懸念される。	・地域住民参加方式による管理方法の決定に当たっては、女性が十分に参加できるようにあらかじめ啓発しておく必要がある。

9.4.7 水利権

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3	・水源と給水地域が同一のため、水利権に係る問題は生じない。	・特になし
D4 D5 D6	・水源が Antanimora にある一方で、主たる供給地域が Ambovombe 及び南部の海岸地帯であるため、Antanimora 地域の住民が水利権を主張する可能性がある。Antanimora 地域はすでに相当程度の地域に井戸が建設されており、また本計画においても水源付近に水栓は設置することから、周辺地域への配慮もなされているため、大きな対立が生じるとは考えられない。	・設置に当たっては Antanimora 地域の住民に十分説明をして合意を得ておく必要がある。

9.4.8 地下水

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3 D4 D5 D6	・地下水の利用により、周辺の vovo など既存の井戸の地下水位の低下が懸念されるが、既存の井戸の深さはほとんどが 20m 未満の浅井戸であるのに対して、本計画により掘削される予定の井戸は深度 60m～150m の深井戸である。ターゲットとしている帯水層が異なることから、既存井の地下水位の低下は考えられない。	・特になし

9.4.9 表流水

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2 D3 D4 D5 D6	・地下水利用であることから、表流水への影響は想定されない。	・特になし

9.4.10 生物・生態系

計画番号	想定される影響	配慮案
D1 D2	・ Ambovombe 市内の給水源から Ambovombe 市内への給水であるため、周辺の生態系には全く影響しない。	・特になし
D3	・ Ambovombe～Antaritarika 間のパイプライン敷設候補地にはほとんど植生らしい植生は存在しな。一部墓地周辺など、地域固有種の森林が存在することから、パイプライン敷設地、各中継水槽等の建設地がこれらの森林に重なる可能性がある。	・中継水槽の建設にあたってはこれらの森林地帯はできるだけ避けるとともに、パイプラインの敷設についても同様であるが、やむを得ず森林地帯を通過する場合は伐採面積を最小限にとどめるように留意する。なお、墓地周辺など地域住民にとってタブーとされる地域における開発は一切実施しないように努める。
D4 D5	・ Antanimora～Ambovombe 間には良好な森林が残存していることから、パイプラインの敷設コースによってはこれらの森林を伐採する可能性がある。	・メインのパイプラインは国道沿いに敷設し、森林の伐採を最小限にする。また、水源候補地から国道までのルートについては、一部伐採を余儀なくされる可能性があるが、その面積は最小に留めるよう留意する。
D6	・ Antanimora～Ambovombe 間については D4 に同 ・ Ambovombe～Antaritarika 間については、D3 に同。	・同左

第10章 給水施設の維持管理

10.1 村落給水体制の整備

村落レベルの給水に係る運営維持管理体制を整備するためには、住民による給水委員会と管理委員会を制定していく必要がある。マ国南部地域の村落部では、地域社会と住民は給水施設の維持管理を自ら行っていく意思を持っている。これまでに、ハンドポンプ付深井戸、手掘り井戸や天水集水施設等の給水施設を運営管理してきた経験を有する。

本調査団が2005年から2006年にかけて実施したパイロットプロジェクトでは、マ国のNGOに委託して、地区毎の給水委員会(CPE)の設立し、住民による運転管理や住民自身による水料金徴収方法について説明を行った。それに基づいて、地区毎の給水委員会(CPE)を設立して、太陽光利用揚水施設、足踏みポンプやロープポンプ等による給水施設の建設と運転管理を行った。そして、2006年6月～9月に、住民に対する給水委員会活動のモニタリングを実施した。その結果、得られた結論は、地区毎のCPEでは住民自身による給水施設の運営管理は重要であるが、給水施設の持続性や更新性を配慮すると、この地区の給水と技術的な経験を有するAESが給水の運営管理に直接、あるいは間接的に支援、参加していく事がふさわしいと判断された。

10.2 AES の組織

AESは1982年に南部地域(本調査対象地域)の給水を行うために設立された。首都Antananarivoに本部を置き、マ国南部地域の中心都市であるAmbovombe市に技術本部が置かれている。Ambovombeにある技術本部は、AES所管地区の給水維持管理業務を行っている。さらに、西部のTsihombe市とBeloha市(Tsihombe-Beloha)間には、日本の援助により建設された管路給水施設があり、この施設を管理する地方事務所が置かれている。(管路給水施設の建設は、日本の支援により1995年から1999年に実施された。)

AESが所管する主な維持管理施設は以下である。

- 1) Ambovombe給水車
- 2) 140kmのTsihombe市とBeloha市(Tsihombe-Beloha)間管路給水施設
- 3) AEP5ヶ所の給水センターによる地下水を水源とする給水施設
- 4) 7ヶ所のCPE太陽光利用による地下水を水源とした給水施設
- 5) 世銀とUNICEFの援助によるハンドポンプ利用の地下水開発計画

2005年9月には、世銀のコンサルタントとAES独自の調査に基づいて、AESの改革について幾度もエネルギー鉱山省(MEM)や関係機関を交えた議論がなされた。

MEMを中心に南部の飲料水供給の実行可能性についての重要なシンポジウムが、Ambovombe市で2006年3月24日、25日にわたり、多面的な給水方法の解決策を議題として開催された。

AESの年間の給水量は、36,000 m³/年、日量にするとわずか100 m³/日(2005年)となっている。

AES の主な収入は給水料金で賄われており、このように収入規模が小さい状況では、給水施設の建設投資、既存施設の改修というようなこの地域の健全な給水を行うためには、財政改革無しでは成り立たないであろう。その上でさらなる維持管理技術の改善が必要となる。

したがって、この地区の新規プロジェクトと既存施設改修は、当地と AES の給水事業に弾みをつけることができる。AES は、南部地域の給水を日本や他の援助機関とともに 25 年間行ってきた機関でもあり、新施設が建設された場合は、引き続き AES が運転管理を行うことが望ましいと思われる。

AESは南部地域の給水を行う上では、重要な機関と考えられる。

10.3 AESの財政

直近の AES の経常支出は、主に Ambovombe 地区の給水車の運転や Beloha 市と Tsihombe 市間の管路給水施設の運転経費で構成されている。経常経費の収支は、表 10.3-1 (1999 から 2005 年)、水生産量は、表 10.3-2 (2005 年) 参照。

表 10.3-1 AES の財政状況 1999-2005(Ar)

年	料金収入	運転費	差額 (1999-2004)	中央政府からの補助金
1999	107,601,955	372,327,788	236,535,100	(63.5%)補助金
2000	190,421,539	495,501,068	312,719,400	(63.1%)補助金
2001	184,558,000	496,677,400	312,119,400	(62.8%)補助金
2004	106,682,323	251,329,333	-144,647,010	-(57.6%)
2005	57,212,675	58,626,171	-1,413,495	-(24.1%)

出典：AES 年報 2006 年 2 月

2005 年の AES の給水量は 36,116 m³/年 (98.9 m³/日)で、平均の人件費を含まない給水原価は 105 Ar/13 ℓ バケツとなっている。表 10.1.3-2 参照

石油の高騰が給水コストや価格に大きく影響し、また、生産量が 36,116 m³/年 (98.9 m³/日)と少ないため、AES が自力で給水活動を確保するためには水の生産量の増大が不可欠となる。

既設 AES 施設の生産原価を以下に示す。

- 1) Ambovombe の給水車による給水地区の給水量は、7,266 m³/年 (19.9 m³/日)、2005 年推定の生産原価は 63 Ar/バケツ(13 ℓ)となる。
- 2) Tsihombe 市と Beloha 市間の管路給水施設の給水量は、2,465 m³/年 (6.8 m³/日)、2005 年推定の生産原価は 196 AR/バケツ(13 ℓ)となる。
- 3) 5 給水センター(AEP/AES) の給水量は 26,385 m³/年 (72.3 m³/日)、2005 年推定の生産原価は 32 AR/バケツ(13 ℓ)となる。

表 10.3-2 AES 水の生産量と生産原価 (2005)

項目	給水量 (m ³ /年)	経常支出 (Ar)	料金収入 (Ar)	給水原価 (Ar/バケツ)	摘要
	A	B	C	B/A	
2005年 合計	36,116 (98.9 m ³ /日)	293,130,856	286,063,377	105	政府からの補助金を含む。 総経費の約 50%)
詳細	給水量	経常支出	料金収入	生産原価	人件費は含まず
1) Ambovombe 給水車 給水区	7,266 (19.9 m ³ /日)	34,974,200	-	63	6,612 m ³ /年 (18.1 m ³ /日)の給 水車による給水を含む。
2) Beloha - Tsihombe 管路 給水区	2,465 (6.8 m ³ /日)	37,116,021	14,061,738	196	
小計	9,731 (26.7 m ³ /日)	72,090,221	-	96	
給水センター				100	
3) 5 AEP/AES	26,385 (72.3 m ³ /日)	63,300,592	54,489,605	32	

出典： AES 年報 2006 年 2 月

10.4 AES に対する提言

AES は南部地区給水施設の維持管理を行ってきた経験も有り、引き続きこの地区の給水を行っていくには適切な政府機関と言える。ただし、AES の機構改革は必要であり、これについて以下に提言する。

- 1) 新規プロジェクトがスタートした段階で、AES はプロジェクトの内容に従い、問題解決のためのワーキンググループを立ち上げる。
- 2) AES 独自に、または援助機関とともに新給水施設の経営改革に関する調査、作業を行う必要がある。
- 3) AES やこのプロジェクト実施のために編成されるプロジェクトチームは、日本等の援助側と今までの調査に基づいて、提言にある持続的、自立的飲料水供給計画実現のために適格で優れた経営者の任命をしていくことが重要な条件となる。
- 3) マ国南部地域の給水プロジェクト完成後、研修を受けた AES チームがこのプロジェクトによる新規施設の維持管理を行う。

新規プロジェクトのための職員構成と職務の概略を以下に示す。

(1) 概略

1) 給水管理業務

各給水センターでの水販売と料金徴収、給水施設の維持管理
給水活動の活性化
需要者住民へのサービス業務

2) 経営管理業務

料金徴収管理

企業財務管理

企業経営管理

職員研修

3) 施設維持管理業務

ポンプ、管路施設等、給水施設の運転、維持管理、維持管理技術の確保

機械技術者、電気技術者等の必要専門職の獲得、養成

機器維持管理スペア - パーツの確保、維持管理

修理機材の確保、維持管理

トラックや重量物輸送用の車両の確保、維持管理

他、維持管理業務

(2) 給水施設毎の維持管理業務

- 1) 既設、新設ポンプステーションや管路の運転、維持管理、点検補修、改修、漏水管理
- 2) 運転要員の給水業務や維持管理についての研修
- 3) 給水車の維持管理、給水活動の活性化、実施体制の強化
- 4) 給水施設の電気設備の更新、JIRAMA 受電の実施等

表 10.4-1 職員配置計画の提言内容を参照。

表 10.4-1 職員配置計画

項目	職種	人員数	役割	組織
管理委員会	委員会、監査事務局		経営管理、監査	中央政府、MEM, 地方政府、地域住民
Ambovombe 本部	給水技術、補佐	総裁を含み数名	経営、技術管理	中央政府: AES
	総務	数名	総務、総裁等経営陣の補佐	
	配管工、電工等技术スタッフ	数名	施設維持管理 (施設巡回修理, 老衰修理)	
	経理	数名	経理、会計事務	
	労務	数名	労務、人材研修	
	資材管理	数名	色材管理、調達	
	営業	数名	給水営業、料金徴収の統括	
	その他	数名	運転手、守衛、他	
水源地事務所	施設運転、井戸、ポンプ施設、管路管理	数名	施設の維持管理 (井戸、ポンプ、水槽、管路)	政府: AES または委託機関
給水センター	Ambovombe 市	給水地点毎	給水地点での給水、料金徴収、施設の維持管理業務	政府: AES または委託機関
	コミュニティ村落	給水地点毎 (20ヶ所程度)	給水センター毎の給水営業 給水施設の維持管理	コミュニティ等地域の 水委員会
その他(AEP)	既存施設の維持管理	新しい組織と整合させる		

第11章 プロジェクト評価

11.1 本プロジェクトに対する経済、財政面の評価

この調査における給水計画代案は、マ国南部の乾燥地域住民の基本的な生活におけるニーズ(BHN)と貧困からの脱出を目標とし、また、住民の大部分は水源から遠くに住んでいるため、特に水環境において、彼らの生活水準が向上できることを目標として計画した。また、本調査では合計5ヶ所のパイロットプロジェクトに3種類の給水施設を建設した。(公共水栓:太陽光利用揚水施設、手押しポンプ:ヴェルニエポンプとロープポンプ)住民はこれらの新しい給水施設により、以下の通りの間接的、直接的な利益を受けた。その中で、住民が直接的に受ける利益は以下である。

- 1) 一日の水使用量が増加した。
- 2) 住民の公衆衛生と健康の改善を行うことができた。
- 3) 村外から水を運ぶ時間を節約することができた。
- 4) 水を運ぶための激務を減らすことができた。
- 5) 水売り人から高い水を買うために払うお金を節約することができた。

さらに、期待される間接的な利益は、以下の通りである。

- 1) 現金収入増加のための、(例えば園芸と家畜活動)より多くの時間と経済発展のための機会が増加した。
- 2) 公衆衛生改善の結果として、子供たちの疾病と死亡率が減少し、女性の育児のための時間が増加した。
- 3) 組織化された水管理委員会の活動の結果として、地域住民のコミュニティの活性化を促した。

一方、パイプラインシステムを含む本調査で提案の給水計画は、技術的に可能な案で、経済的にも有効な案となっている。調査の結果、給水施設が計画通りに稼動するならば、運転コストを上回る料金収入が期待されることが確認された。

マ国南部地域の既存給水施設は、AESにより2005年にはわずか $100\text{ m}^3/\text{日}$ ($36,116\text{ m}^3/\text{年}$)の飲料水供給があるのみで、Ambovombe市と海岸砂丘地域は深刻な水不足に苦しんでいる。したがって、第1優先の給水計画案では、経済性を追及し、2006年時点のこの地域の公定水料金 $100\text{Ar}/13\ell$ バケツより安い水料金で、住民のアンケート調査から期待される水料金である $50\text{Ar}/13\ell$ バケツで給水できる計画とする。料金設定においては、計画給水量より少な目の $400\text{ m}^3/\text{日}$ を給水した場合を想定し、計画給水量に近づけば、さらに単位水量当たりの運転コストは低減できる計画とした。さらに、この地域の給水改善が行われると、社会的、経済的にもより大きく地域社会に前向きな影響を与えることができ、地域の発展に貢献することになる。さらに、この給水プロジェクトに起因する好ましい経済効果は波及し、拡大することが期待される。

11.2 環境影響評価

この調査の目的は、給水のための地下水開発である。環境影響評価対象地区は、Ambovombe市と海岸地域給水のためのプロジェクトとであり、環境に影響を及ぼすような巨大な計画ではない。しかし、環境への影響は地下水開発とパイプラインの建設に大きく影響される。給水施設は10年以上長期間運転される施設である。したがって、ポンプ揚水による地下水開発と、パイプラインの建設に関する以下に示される事項を継続的にモニタリングして、環境に影響が生じないように対処していかなければならない。

- 1) 既存深井戸での、ポンプ揚水による地下水水位の変化
- 2) ポンプ揚水による地下水の塩水侵入や水質変化
- 3) 給水ための地下水ポンプ揚水による地盤沈下
- 4) パイプラインの建設による自然環境の破壊の程度

本プロジェクトによるAmbovombe市内と周囲の村落への給水計画は、この地区の環境に対して重大な影響を与えるような規模ではないと考えられる。しかし、ある程度人口の集中したこの地区に、継続的な給水が行われる場合、多少なりとも排水が増加する。排水も野菜の栽培等に有効利用されるようなレベルの問題と思われるが、公衆衛生に関しては、問題が生じないように住民自身によって対応されるべきである。一方、排水による衛生問題への影響が考えられない間は、本給水計画は水運搬のための女性と子供たちの労働を軽減することができ、生活改善を行う上で効果的、かつ、重要なプロジェクトとなる。よって、本プロジェクトは安定して安全な飲料水の供給と、地域の経済活動の発展に大きく貢献できるものであり、本計画を優先的に考えるべきである。

11.3 給水組織と施設の評価

今まで、AES と MEM は、調査対象地域の給水を継続的に改善する努力を行ってきた。今後、財政的には、AES は独立採算で運営できる体制でなければならない。また、給水委員会（CPS/コミュニティ）を支援するためには、多岐にわたる経費を賄い、将来に発展性を残すために、給水料金収入で適切な余裕（利益）を持つ運営としなければならない。

現在は、給水車が激減し、燃料高騰により、以前と比べて給水がほとんど行われない状況となったが、村落単位では政府の援助による給水を期待している状況もある。新しい給水施設で給水活動を推進するためには、AES は対象地域で長い給水の経験を持っており、引き続き飲料水を供給する事ができる機関と判断される。もし、AES とともに、さらに新しく有効な水管理組織や制度を組み込むことができれば、住民に対してより効果的な給水と組織対応を推進することができる。

本パイロットプロジェクトは、給水委員会が村落給水レベルで給水施設の運転と維持管理が可能であることを確認するために実施した。給水委員会は、都市部から遠隔地のため、村落自身で給水するための給水施設を稼働させた経験を持っていなかった。しかし、このパイロットプロジェクト実施により、本調査チームと MEM は、本給水プロジェクト実施のための十分な知識と経験

を得ることができた。その結果、水管理委員会が村落レベルで給水施設の運転と維持管理が可能であることが確認された。特に、本パイロットプロジェクトの計画立案時や実施段階で、実際的な対応策について NGO を通して、水管理委員会と村落住民や AES、他の関係者間で編成されたワークショップで率直な討議を行った。また、これらの経験は AES や村落の部内に蓄積され、将来に対する有益な経験となっている。

既存の AES の組織は、基本的には、給水施設の維持管理を行うにあたって、技術面ではある程度の能力を有する。ただし、長年、耐用年が短く、経費のかかる給水車による給水を主要な業務として、政府からの補助金に頼って給水活動を行ってきたため、公営企業としてあるべき独立採算制による給水事業を行うことができなかった。AES 組織の更なる発展のためには、独立採算に基づく公営企業への体質改善と、不測の経済や社会的な変動に耐えて、公共性が高く、困難な地域での給水事業を継続的に続けていくための政府の役割を明確にして、南部地区の安定給水を確保する体制を確立していかなければならない。

また、AES は継続的な給水をこの地域で行っていくためには、住民との継続的なコミュニケーションを深める努力、住民の要望を満たすような給水計画の策定、給水施設の一般解放、住民の運営参加、適切な住民からの水代金の徴収等を行い、住民の協力を得て給水活動を行っていく必要がある。他方で、パイプラインを含む給水施設が継続的に運転されるためには、今後、AES と援助側とが維持管理面で技術的な協力を十分行っていくことが望まれる。

11.4 本調査によるパイロットプロジェクト給水計画に関する技術的評価

(1) 技術的評価

本調査によるパイロットプロジェクトの給水機能に関する評価を以下に示す。

各々のサイトの太陽光利用揚水施設、ヴェルニエ、ロープポンプと付属の給水施設は、村落委員会 (CPE) と AES/MEM によって良好に運転された。太陽光利用揚水施設等の地下水水位変動等データは、CPE により日報に記録され、また、水料金も CPE によって徴収されている。将来的な地下水水源の動向も、これらのモニタリング結果に基づいて予想できるようになった。特に太陽光利用揚水施設を含むパイロットプロジェクトの建設、また、これら本調査で提案の給水計画は、施設の運転管理の経験に基づいて判断すると、彼らの既存の技術水準で実現可能と判断される。

また、既設 6ヶ所の太陽光利用揚水施設は、1999 年から AES によって維持管理され、現在正常に稼働している。一方パイロットプロジェクトでは、現在、5 年間の保証で地元の設置業者によって保守されており、この地区での昨今の技術改善の進展を示しているといえる。したがって、これら太陽光利用揚水施設は省エネルギーで、また、運転コスト低減が期待でき、持続可能な施設稼働を可能とするために不可欠な方法といえる。今後とも、太陽光利用揚水施設の採用を推進していくことが薦められる。

(2) 建設工事

本調査によるパイロットプロジェクトの建設工事期間は、2005 年 10 月から 2006 年 3 月であった。工事は予定期間内に完成した。ただし、遅延要因を挙げると以下となる。

- 1) 通関手続きに多少の遅れが生じた。(太陽光利用ポンプ機材の税額控除のための法的手続き

の遅延)

- 2) 雨季の悪天候のため、サイトへの機材の搬入の遅れもみられた。
- 4) 住民との土地問題の交渉に要する時間も必要となる。

このような経験を生かして、新規給水プロジェクト実施時には以下の点について考慮しなければならない。

- 1) 建設工事は雨季を避けて、時間的余裕を持つ必要がある。
- 2) 進入路に注意を払う。緊急な問題がある場合に備えて、関係機関と早急に連絡できる体制を整えておく。
- 3) パイロットプロジェクトにおける給水施設の建設工事は、当初の予定から大きく遅れなかった。しかし、マ国の南部地域での工事は、我々がしばしば予測できない事態が起こる。工事実施に当たっては、余裕を持った工期とする必要がある。

11.5 経済評価

本調査における給水計画は、マ国で最も貧しい人々、最も給水条件が悪い人々を対象としたものである。一方、給水を担当する組織は、財政難にあえいでいる。これらの状況から、本調査で提案する給水計画の各案は、住民の生活条件の改善および当該組織の財政状況の改善に寄与するものである。

(1) 給水事業実現による効果

1) 事業実現の効果

優先プロジェクトの Antanimora を水源地とする管路による給水計画 (D1-D6) が実現すると、良質の安定した水供給が可能となり、対象地域の住民の健康が改善される。このことは、健康な生産活動における時間の増大、および、医療費の減少につながる。また、現在の高額の水売りからの水料金の負担が低減され、Ambovombe 市と海岸地帯の住民にとって経済的効果が期待される。

2) 水料金の低減

水料金の低減は、本計画の最も重要な目的の一つである。飲料水供給の優先事業では、水料金は 20Ar から 40 Ar が期待され、(表 8.6.2-1 を参照) これは AES および民間の水売り人の現況価格よりも非常に安価である。しかし、無料の水源地のことも考慮しなければならない。1,204 ヶ所ある水源地のうち、37%の水源地は無料である(河川や沼地)。これらの水源地を利用している住民にとっては、結果的に、事業の実現は経済的に負担の増大となる。

3) 水質の改善

水質の改善は、本計画のもう一つの重要な目的である。優先事業の中では、深井戸による地下水で、水質が良い 2 ヶ所の水源地が選択されている。住民が現在利用している水は、大腸菌によって汚染されているのみならず塩水化した水源地も多く、マ国及び WHO の飲料水水質基準に適

合していない。それゆえ、本プロジェクトによる事業の実現は、地域の全裨益者にとって飲料水の改善をもたらすことになる。このことは、住民の健康が向上し、医療費の削減につながる。

4) 給水時間の短縮

現在、住民は家より 1km 以上離れたところにある水源まで水汲みに行っており、水汲みに毎日の多くの時間を要している。本計画によって提案されている給水施設（配水槽：給水センター）も、各村あるいは各フクタンに毎に配置されない場合もある。配水槽は村落から最大 10km 以内に計画されるが、非常に効果的であると言えない裨益者も含まれることがある。ただし、裨益者にとって、乾期の最悪の水不足の改善は解消される。

(2) AES の経済状況の改善

AES の年次報告書によれば、販売する水の量が限られていることにより、2005 年の収支決算で AES は年間約 140 万 Ar(¥78,000)の損失を出している。1 日に換算すると、約 0.4 万 Ar(約¥210)の損失である。一方、緊急提案の Ambovombe 給水（D1、D2）の事業（F015 の水源活用）が、一日平均 400m³/日を給水する計画である。もし、AES が計画通り 400 m³/日の水を 13ℓ/パケツあたり 40Ar（ポンプと発電機の更新費を含む）で販売すれば、AES の収入は一日当たり 123 万 Ar（約 ¥69,000）に達する。この金額は、上記のような AES の財政難を十二分に改善すると予測される。

第12章 技術移転

12.1 技術移転

本調査の目的の一つである技術移転を、以下の通り実施した。

表 12.1-1 技術移転の内容

目標	技術移転の内容	
技術管理	1.社会経済と世帯状況の調査	1) 地区別現地調査、コミューン、フクタンと村落 2) 地方機関との討議、村レベルの世帯調査
	2.地下水賦存可能性調査と地下水開発、水資源管理	1) 地球物理学的な調査（例えば試掘ポイントの選定） 2) 選択のための VES 調査、IP 調査と TEM 調査）は）水理地質調査、水資源賦存量調査 3) 地下水ポテンシャルの確認、試掘の工事管理、電気検層、揚水試験 4) 水質試験と評価 5) 地下水位と水質の月変化、季節変化の測定と相関性の分析 6) 地下水質特性分析
	3.給水施設の設計	1) 給水施設の調査 2) 給水施設運転、維持管理方法の調査 3) 水源、取水施設と浄水場、パイプラインによる給水施設調査、調査に基づいた給水、施設計画の策定。 4) AEP/AES 太陽光利用揚水施設のモニタリング
	4.維持管理(O&M)	1) 持続可能な給水施設運転、維持管理に関する調査
維持管理	施設維持管理(O&M)	1) 村レベルでの給水施設の運転と維持管理 2) CPE 委託のパイロットプロジェクトによる給水施設のモニタリングと維持管理 3) 毎日の記録とレポート作成 4) MEM/AES から CPE レベルへの技術協力 5) 水代金に関する議論と更新コストを含む維持管理コスト、毎日のデータ記録と報告書作成。

12.2 技術移転のためのセミナーの実施

フェーズ I およびフェーズ II で実施した調査内容の説明と技術移転、MEM と AES のカウンターパートによるパイロットプロジェクトの実施と結果について、関係機関との意見交換のために 2006 年 10 月に首都 Antananarivo 市と南部地域の Ambovombe 市で技術移転セミナーを開催した。各調査団員によるセミナーの報告、参加者リスト、質疑応答内容メモをデータブックのパート 4 および 5 に示した。セミナーの首都 Antananarivo 市の関係機関および住民代表の参加者は 42 名、一方、Ambovombe 市は 53 名であった。

12.3 パイロットプロジェクトに関する村レベル CPE への提言

技術的な指導は、パイロットプロジェクトの建設、施設の運転、維持管理、モニタリング等の作業を通して、パイロットプロジェクトサイトで AES/MEM のスタッフと同様に CPE メンバーにも行った。

維持管理（O&M）方法の技術移転の内容は、以下の通りである。

1. 給水システムと施設の概要説明
2. 水中モーターポンプの維持管理方法
3. 電力源（太陽光利用揚水施設）の維持管理方法
4. 手動ポンプ（ローブポンプとヴェルニエポンプ）の維持管理方法
5. 水料金と保証金を徴収する方法
6. 支障が起きた場合の対処方法
7. 毎日の運転、維持管理方法、料金徴収等の記録方法

第13章 結論及び提言

13.1 結論

本開発調査の実施による結論は以下の通りである。

- 1) 水理地質調査、社会経済調査、物理探査、既存井戸台帳調査、測水調査、水質調査を、実施機関エネルギー鉱山省水衛生局(MEM / DEA)の協力により実施し、調査を通じてカウンターパートへの技術移転を行った。調査対象地域 Ambovombe における調査では、南部給水公社(AES)の支援と協力を得た。
- 2) マ国南部の調査対象地域は、乾燥気候で非常な乾燥地のため水資源が存在せず、住民の飲料水が欠乏している。南部給水公社の2005年の年報によると、給水対象人口278,000人に対して十分な水供給ができず、Ambovombe市及び周辺村落は、非常に困難な状況にある。2005年の年間給水量は36,116 m³/年(99 m³/日)で、1人1日当たり給水量0.4ℓ/人・日に満たない状況であった。これは、給水車台数の問題もあるが、燃料費の高騰が原因である。Ambovombeの地方価格で、2004年に694Ar/ℓ(39¥/ℓ)であったものが、2005年は1,680Ar/ℓ(94¥)、2006年には2,200Ar/ℓ(123¥/ℓ)と3倍以上に高騰したためである。
- 3) 調査中の2005年3月にサイクロンの来襲があり、Mandrare川の洪水のため1990年日本の支援によって建設されたアンバサリ浄水場の取水地点が被害を受けた。同様に、1995年から1999年に日本の支援により建設されたAmpotaka浄水場も被害を受け、早急な改修と保護対策工事が必要な状態となっている。この既存給水システムは、燃料費高騰と給水車の減少により、給水代替案で提案しているように、施設の改修、特に発電機の改修が必要である。2005年の平均給水量は7 m³/日で、1人1日当たり給水量は0.2 ℓ/人・日であった。このため、水生産コストは15,057Ar/m³ (843¥/m³)と公定料金の2倍以上となっている。既存給水システムについては、太陽光発電などの導入による効率性の改善を行う事が必要である。太陽光発電1セットにより得られる最低給水量は、約50 m³/日程度と想定される。
- 4) 調査対象のAmbovombe地域の人口は、1993年の人口統計(センサス)で146,078人、2000年のEDF調査では277,247人、2004年のAmbovombe県事務所統計では207,419人とばらつきが大きい。2005年の調査団による集計では277,980人であり、給水計画目標年次(ミレニアム目標年)2015年は400,000人と予測されている。一方、Ambovombe市の2005年の人口は38,213人で、2015年については42,000人と予測される。調査対象地域の飲料水の最小給水原単位量10 ℓ/人・日を採用すると、2015年の水需要量はAmbovombe市で420 m³/日、その他村落部で3,580 m³/日となり、調査対象地域全体では、合計4,000 m³/日となる。
- 5) 2005年から2006年において南部給水公社は、Ambovombe市内でJIRAMAの商用電力の利用が可能となったため、水中モーターポンプにより30~40 m³/日の地下水を揚水し、給水車による村

落への給水が行われた。南部給水公社の2005年の給水量は、合計36,116 m³/年 (98.9 m³/日)で、Ambovombe市の給水車では7,266 m³/年 (19.9 m³/日)、Tsihombe-Beloha間の管路給水では2,465 m³/年 (6.8 m³/日)そして給水センター(5地区)のAEP/AES給水では26,385 m³/年 (72.3 m³/日)と報告されている。しかし、これは、給水対象人口277,980人に対して、1人当たり1日平均給水量は0.4 l/人・日未満であり、水源不足と給水車不足が原因である。独立給水施設の給水センター5ヶ所(AEP/AES)の給水状況は、2006年の年報によると、独立的に運営管理され、南部給水公社の水販売総量の73%を占め、経営状態が良好で利益を出している。

6) 物理探査を含む水理地質調査の結果、Ambovombe市周辺の深度20m~30mにおいて不圧地下水の存在が認められた。2005年7月から2006年3月に試掘調査を実施し、地下水ポテンシャルを確認した。一方、先カンブリア紀基盤岩の風化帯が露頭するAntanimoraからManave地区は、Ambovombe市の北西50-60kmに位置し、良質の被圧地下水が存在することがMEM, AES, UNICEFや世銀のプロジェクトで判明していた。既存深井戸107井の水理地質解析の結果では、塩分濃度の高い水質問題もあり、成功率64%、井戸1井当りの揚水量約80 m³/日/井戸の地下水ポテンシャルが予測された。一方、本調査における試掘の結果、地下水ポテンシャル(揚水可能量)は500~600 m³/日/井戸と非常に高く、地下水の水質も良好であることが確認された。

7) 試掘調査は2005年9月から2006年3月に実施し、Antanimora地区の試掘地点F001, F006及びF006Bで、水量15~30 m³/時/井戸以上の良質の地下水を発見した。電気伝導度は77mS/mから122mS/m、静水位は地表から14m~17mの被圧地下水である。成功井の標高は250m~300m、給水対象Ambovombe市の標高は150mである。このため、給水対象のAmbovombe市及び途中の村落は、Antanimoraからの飲料水を自然流下で得ることが可能である。地下水ポテンシャルは、揚水試験結果より500~600 m³/日/井戸であることが確認され、良質の飲料水をAmbovombe市や海岸砂丘地域へ標高差を利用して自然流下式に供給可能である。成功した試掘井のF006に、パイロットプロジェクトとして、2006年3月に太陽光利用揚水施設を設置し、住民管理のもとで順調に稼働している。

一方、Ambovombe市においては、深度50mから200mの深井戸5井の試掘調査を実施した。成功は1井のみで、水量は300 m³/日、電気伝導度はマダガスカル国水質基準の上限302 mS/mであった。静水位は地上から134mと非常に深く、不圧地下水であった。Ambovombe市にとっては非常に恵まれた水源であり、また海岸砂丘地帯へも給水可能な水源である。

8) 給水対象の主要地域はAmbovombe市と海岸地域である。海岸砂丘地域は、農業と漁業に従事する人々の村落が散在しており、飲料水は雨季の天水のみに頼っている。試掘調査結果から、海岸砂丘地域には地下水ポテンシャルは無く、在っても塩水であった。このため、海岸砂丘地域の水源は、Antanimora地区ないしAmbovombe市からの水源に依存することになる。

9) 南部給水公社には独立給水センター運営組織(AEP)がある。現在、5ヶ所の給水センター(Antanimora, Andalatanosy, Beraketa, Isoanala, Tsivory)では、独立採算制で運営維持管理が行われている。一方、太陽光利用揚水施設が、1999年から2001年にかけて南部給水公社とフランス

の NGO である FONDEM の支援により建設され、村落レベルの給水委員会(CPE)によって良好に運営維持管理されている。このため、パイロットプロジェクトを含む本開発調査では、村落単位での給水委員会(CPE)と独立給水組織 (AEP) による対象地域の給水改善計画を自立的・持続的な運営維持管理システムとして提案する。

- 10) 調査対象地域における太陽光利用揚水施設の既存給水量は、 $8 \text{ m}^3/\text{日} \sim 44 \text{ m}^3/\text{日}$ で村落水委員会(CPE)が運営維持管理している。給水人口は、各施設 320~3,600 人で、南部給水公社の支援を得て、5 年間以上も問題なく稼働している。建設時の機器の保証期間は 1 年間で、特別なものは含まれていない。本調査のパイロットプロジェクトでの検討結果は、5 年~10 年以上の給水施設の持続的な運営維持管理のため、対象村落住民に対して、「給水施設更新の概念」を導入した。安定した給水を行うためには、村落住民から水料金を徴収し、維持管理費を貯蓄しておく必要がある。このことが給水施設の持続的で長期間の運転を可能にする。このため、パイロットプロジェクトでは、「機器の保証期間を 5 年間」として、 $20 \text{ m}^3/\text{日}$ の給水能力を持つ太陽光利用揚水施設を設置した。維持管理体制は、村落レベルでの給水委員会(CPE)を新たに組織し、水料金の徴収を義務付けた。
- 11) 太陽光利用揚水施設は、水中モーターポンプ、太陽光パネル、インバータ、貯水槽、そして制御機器から構成される。パイロットプロジェクトの Antanimora (F006) における給水施設の運営維持管理について、5 年間保証を現地建設企業の TENEMA が太陽光利用揚水機器と同時に給水施設の運営維持管理についても実施し、順調な稼働結果がモニタリングされた。給水委員会 (CPE) は水料金を徴収し、プロジェクトの保証期間 5 年後の独自の維持管理費として貯蓄している。援助機関による給水施設に関して、「機器の保証 5 年間」が確保されると、その期間に村落住民による水料金が貯蓄され、5 年~10 年以降の持続的な運転に利用されることになる。保証期間中のこれらの水料金は、村落の運営維持管理基金として貯蓄される。水料金の徴収額が、「給水施設更新の概念」を含むものであれば、さらに長期間(15-20 年間) の給水施設の運営維持管理が継続することになる。
- 12) 手押しポンプについては、対象地域において修理が簡単でスペアパーツが入手しやすいことを念頭に選定した。既存の手押しポンプを考慮し、パイロットプロジェクトでは下記の 2 種類の手押しポンプを選定した。
 - a) ローブポンプ : 2 ヶ所に設置(P009 と P010)
 - b) ヴェルニエポンプ(足踏み) : 2 ヶ所に設置(F009 と F022)手押しポンプの運営維持管理は、村落レベルの給水委員会(CPE)によって実施する。調査団は、地域の NGO (TRATRA) を起用して、村落自身による運営維持管理のための能力開発を住民参加型で実施した。世銀や UNICEF プロジェクトによる既存の運営維持管理システムについては、本計画の自立的・持続的視点からモニタリングを行った。調査の最後の時点 2006 年 9 月に、調査団は実施機関とともに、給水委員会 (CPE) の運営維持管理に係る水料金を評価するとともに、太陽光利用揚水施設に係る既存組織(CPE/AEP)の稼働と運営状況をモニタリングし、順調であると評価した。
- 13) 一方、調査対象地域内で太陽光利用揚水施設が稼働しており、既存組織(CPE/AEP)によって運営されている。1999 年から 2001 年に建設された給水施設である。7 施設は村落が関係する

給水委員会(CPE)が、南部給水公社(AES)の維持管理支援を受けて実施している。水料金と住民への給水形態については、運営組織の給水委員会(CPE)と既存組織(CPE/AEP)により形態が異なる。

建設年	村落名	給水量	給水人口	水料金	運営組織
1999	Ambondro Nanahera (Ambobombe)	22 m ³ /日 x 2	3,600	20 Ar/13 ℓ	CPE
2001	Hahavelo Mitsangana (Ambobombe)	10 m ³ /日	1,000	20 Ar/13 ℓ	CPE
2001	Toby Mahavelo (Ambovombe)	8 m ³ /日	360	20 Ar/13 ℓ	CPE
2001	Ifotaka (Ambassary Sud)	18 m ³ /日	1,820	200Ar/月/世帯	CPE
2001	Lovaso Ranopiso (Fort Dauphin),	12 m ³ /日	320	20Ar/13 ℓ	CPE
2003	Antanimora (Ambovombe)	19 m ³ /日	2,000	40Ar/13 ℓ	AEP/AES

- 14) 飲料水は人々の生活に必要な不可欠のものであるが、水不足は、貧困、乾燥気候や半乾燥気候、旱魃、気候変動に起因している。飲料水供給計画は、人々の意識改革、参加意欲、所有財産、教育、能力開発、協力関係の構築、施設の運営、維持、管理などの多様な要素から構成され、貧困削減のための入口であると共にも最も効果的な対策でもある。また、受益者の多くは女性や子供達であり、乳幼児死亡率の改善や、朝から夕方まで毎日、家族のための水運びの労働の低減に大きく寄与する。給水計画の成功の鍵は、自立的・持続的飲料水供給で、運営維持管理に必要な水料金が人々によって快く支払われることにある。

貧困削減の視点から、よく組織化された飲料水供給計画は、地方の貧困村落において、水料金の支払いに必要な現金収入が得られるような具体的な支援についても注意を払うことが必要である。調査団よりステアリングコミッティ(政府監理委員会)や関係機関に望むことは、それぞれの政府関係担当分野から、貧困住民が飲料水購入に必要な現金が得られるような支援が同時に行われるように行動することである。

13.2 提案

調査から得られた提案は、以下の通りである。

- 1) 本調査において、Ambovombe盆地と周辺域の地下水開発に係る総合的調査を実施した。試掘による深井戸20井と手掘り井戸5井は、計画通りに完成した。しかしながら、飲料水用の地下水は、Ambovombe市の北西60kmのAntanimoraのみにおいて発見された。そして、マ国飲料水水質基準に照らして生活用水として利用可能な水源は、Ambovombe市郊外において成功した。
- 2) Ambovombe市を含む海岸地域206,500人のための給水施設は、Antanimoraの水源からAmbovombe市を經由して海岸地域のAntaritarikaまで送水する必要があるため、約120kmの給水管路が必要となる。長距離の給水管路にもかかわらず有利な点としては、良質の飲料水を水源のAntanimoraから終点のAntaritarikaまで自然流下式に送水が可能なことである。試掘結果に

よるF006Bの地下水ポテンシャルは、井戸深度70mで静水位は15mと浅く、水位降下10mを想定すると600 m³/日/井戸 の揚水が可能である。水質は100mS/m と、WHO飲料水水質ガイドラインの基準値以内である。このため、太陽光利用揚水施設による1日平均6時間の稼働で、地下水量100 m³/日/井戸 が揚水可能である。本計画における1日最大送水可能量は、1,600 m³/日として施設計画を作成した。一方、採算を考慮した年間平均の最低給水量は500～700 m³/日と、計画給水量よりやや低く見積もっている。動力源としては、投資コストの最適化を考慮し、給水(D4)の提案では、4ヶ所の太陽光発電施設と2ヶ所のディーゼル発電施設により揚水し、水源のAntanimoraから海岸地帯のAntaritarikaまで送水管路約120kmより自然流下で給水する計画である。この計画でのバケツ1杯(13ℓ)の水生産コスト(=販売価格)は、20～30Ar/バケツ(1.1～1.7¥/バケツ) ないし、1 m³当り1,538～2,307Ar/ m³ (86～129¥/ m³)となる。現在(2006年)のAES水販売価格は、バケツ1杯(13ℓ)が100Ar/バケツ(5.6¥/ m³)であるため、計画が実施されれば、現在の水販売価格を大幅に引き下げることが可能となる。また、年間平均給水量が安定して500 m³/日以上が確保されれば、利益を上げることが十分可能である。

- 3) 一方、アンボボンベ市郊外の試掘井F015において成功した地下水水源は、早急な開発を行い、現在、非常な水不足に困窮するAmbovombe市約40,000人に対する給水することが急務であるため、給水案(D1)の建設を推薦する。給水施設の水源F015は、給水対象地域に最も近い水源であるため、最も経済的な給水案である。地下水ポテンシャルは、水位降下1mで300 m³/日/井戸の揚水が可能であるが、井戸深度150mで静水位は地表から134mと深い。水質は、塩分濃度が高く電気伝導度が302mS/mとマ国飲料水水質基準値上限であるが、地域で利用される生活用水よりは良質で安全な水といえる。このため、地下水は飲料水として適用はできないが、生活用水として、料理、水浴び、洗濯その他に活用が可能である。また、地下水位が深いため、太陽光利用の揚水は困難で、ディーゼル発電施設となる。本計画における1日最大給水量は600 m³/日であるが、採算を考慮した年間平均の最低給水量を200 m³/日で計画している。動力源としては、投資コストの最適化を含め、バケツ1杯(13 ℓ)の水生産コストは30～40Ar/バケツ(1.7～2.2¥/ m³) ないし1 m³当り2,308～3,076Ar/ m³ (129～172¥/ m³)で、2基のディーゼル発電施設により揚水する。年間平均給水量が安定して200 m³/日以上が確保されれば、利益を上げることが十分に可能である。
- 4) 現在、JIRAMAによる商用発電がAmbovombe市にはあるが、電力容量が小さいため、将来的な活用を期待する。南部給水公社はAmbovombe市に技術事務所を持ち、現在のバケツ1杯(13 ℓ)の販売価格は100Ar/バケツ(5.6¥/ m³)であり、給水量はAmbovombe地域で20 m³/日、対象地域全域でも100 m³/日程度を給水車、既存の140kmの給水管路施設、5ヶ所の給水センター(AEP/AES)で行っているに過ぎない。このため、安定して年間平均の給水量400 m³/日以上がAmbovombe市において給水されれば、地域の水不足解消に多大な改善をもたらす。また、困窮するAESの収入向上につながることを期待される。
- 5) 調査対象地域においてパイロットプロジェクトを5ヶ所を実施して、太陽光利用揚水施設、ロープポンプ、ヴェルニエポンプを設置した。完成した給水施設は、実施機関を通じて住民組

織の給水委員会(CPE)に引渡した。運営維持管理に係る技術指導については、パイロットプロジェクトの中で現地NGOを起用して実施した。給水対象地域の人口500人から数千人の村落においては、水源としての地下水を開発し、パイロットプロジェクトと類似の給水施設を設置する計画が、運営維持管理の面から持続的で自立的である。残念ながら、調査対象地域では適切な飲料水水源を全ての村落内に見つけることが出来なかった。Ambovonbe盆地や海岸地域では地下水ポテンシャルは低く、塩分濃度が高い水質であった。しかし、パイロットプロジェクトで提案している形態(モデル)、地下水水源による1村落1給水施設は、地方給水においては最適な給水方法で、マ国全土における地方給水方法として広く適用が可能である。

- 6) 調査対象地域における貧困削減の検討は、安全な水と住民参加が重要なキーワードである。このため、調査期間を通じて社会的な視点を尊重した。特に、南部地域の水供給は、長い間、中央政府の公共サービスの一環として、地方自治体、コミューンそして村落レベルを通じて支援されてきた。しかしながら、政府の財政抑制のため、貧困地方の給水サービスにおいてさえも削減されてきた。給水サービスの復旧や給水施設の運営維持管理の再建に向けて、「裨益者負担の原則」の導入により、持続的で自立的な運営を確かなものとする必要がある。このような目的に沿った住民の理解と概念を、地方自治体、コミューン、村落レベルの地方給水関係者間で取り付けることが必要である。参加を促進するワークショップを、パイロットプロジェクト5ヶ所で、現地NGOの起用によって開催し、計画に最適な上記のキーワードを焦点とした。村落の組織的な活動、住民の支払い可能な水料金、給水施設の運営維持管理体制の立上げ、地方自治体や南部給水公社の支援など、既存の運営体制強化が核心である。
- 7) 本調査で提案する計画に基づき、給水率3%と非常に低率な対象地域の給水率を向上させること重要である。まず、第一に県庁所在地であるAmbovombe市とその周辺村落部の改善が、日本の支援により、本調査の地下水開発と給水計画の教訓を活用して実施されることが求められる。また同時に、地方自治体やコミューンレベルにおいて、利用可能な水が雨季に限定される現状の早急な水環境の改善として、調査団やNGOの技術支援と協調した活動、天水溜の改修と建設、保健・衛生教育を主体的に実施することが求められる。
- 8) パイロットプロジェクトで建設された給水施設の持続的な運営維持管理のために、実施機関による地方自治体やコミューンそして給水委員会へのガイダンスや支援が求められる。このため、短期の専門家派遣についても提案される。現地NGOを通じての村落レベルの活動については、太陽光利用揚水施設や手押しポンプの運営維持管理の支援、保健・衛生教育と村落住民の能力開発、効果的な能力強化のプログラムの紹介が必要である。この短期専門家ないし技術支援チームは、村落民の現金収入の向上による貧困削減についても注意を払い、総合的に地域の給水改善を支援する必要がある。
- 9) 技術移転セミナーやワークショップを通じて、給水改善に係わるプロジェクトの重複を避けるため、他ドナーやNGOとの意見交換やセミナーなど具体的なプレゼンテーションを、調査

を通じて実施し、相互協力関係を構築した。本調査後も、このような親密な協力と協調関係を通じて他の援助機関との連携が提案される。

- 10) 地下水のポテンシャルの確認が重要であるが、数千人から10,000人程度の地方給水は、地下水を水源とする給水計画の策定が推薦される。しかし、海岸地域の地下水の水質問題、塩水化については、注意が必要である。本開発調査において、調査団は困難な地下水ポテンシャル調査と評価のため、物理探査、試掘、帯水層の水質プロファイリングその他調査解析手法を総合的に実施し、これらの調査機器は、実施機関に引渡された。今後、十分に活用されることが望まれる。エネルギー鉱山省は、現状の南部給水公社との協力関係を維持しながら、給水に関する技術的な知見のある地下水開発専門家を育成するための訓練を行うことが必要である。
- 11) マ国南部地域における地方給水は、南部給水公社が長年の経験を生かして主導権を持って調査対象地域の給水改善を行うことが求められる。調査団はパイロットプロジェクトの結果を検討し、それに基づき、技術的、社会的、参加型や意識向上、財務、経済(補助金対策)、法律上の問題など、活動の必要性を提案した。実際に全国レベルでの給水改善計画においても、このような活動モデルの実施が求められる。地方都市や地方村落の給水計画の改善を目的として、実施機関 MEM は、現在進行中の南部給水公社の組織改革において、新規給水施設は商業ベースないしは中央政府や地方政府、県レベルでの支援が可能な効率的な組織とすることが求められる。また、財政的には、実施機関が経済的に脆弱である村落組織を、経済的により健全な地方都市ないし村落からの相互補助によって持続的な運営をより強固にする配慮が求められる。

参考文献

A 1389. Service Géologique. Sondage Ferme AMBOVOMBE. Reprise failing 1958, J. AUROUZE. Août 1958.

A 1357. Service Géologique. Sondage ERADA (ANDROY). Rapport de fin de sondage, J. AUROUZE. 16 Juin 1958.

A 1379. Service Géologique. Sondage d'exploitation ANKATRAFAY. Observation sur les essais de pompages. J. AUROUZE, 17 Juillet 1958.

A 1475. Service Géologique. LES RECHERCHES HYDROGEOLOGIQUE DANS LE BASSIN D'AMBOVOMBE par Henri Besairie, 1^{er} Mars 1959.

HY. 567. Ministère de l'Economie et des finances. Direction Général de l'Economie. Direction des Mines et de l'Energie. Service de l'eau et de l'électricité. Subdivision d'Hydrogéologie. Compte rendu d'une tournée effectuée dans la province de Tuléar (sous préfecture d'Antanimora, Ambovombe, Tsihombe et Beloha) du 27 novembre au 9 décembre 1972.

Haut Commissariat de Madagascar et Dépendances. NOTICE EXPLICATIVE sur la CARTE HYDROGEOLOGIQUE DU SUD DE MADAGASCAR à l'échelle du 1/500 000 par Jean AUROUZE. Service Géologique Tananarive 1957.

Haut Commissariat de Madagascar et Dépendances. TRAVAUX DU BUREAU GEOLOGIQUE numéro 16. Carte hydrogéologique du Sud de Madagascar par Henri BESAIRIE et Rotislav PAVLOVSKY.

Inspection Générale de l'Elevage et des Industries Animales de Madagascar. DONNEES POUR L'EQUIPEMENT D'HYDRAULIQUE PASTORALE DE L'EXTREME SUD DE MADAGASCAR. BURGEAP R 195, décembre 1956.

RECHERCHES HYDROGEOLOGIQUE DANS L'EXTREME SUD DE MADASACAR (CAMPAGNE 1949) par Rotislav Pavlovsky.

HY 733. Les Eaux Souterraines de Madagascar par Rakotondrainibe J.H. avril 1983

HY 648. Projet de Développement des Eaux Souterraines. Rapport sur la mission Japonaise d'étude préliminaire du 25 mars au 8 avril 1979 dans le sud.

HY 567. Compte rendu d'une tournée effectuée dans la province de Tuléar (Antanimora, Ambovombe, Tsihombe, Beloha) du 27 novembre au 9 décembre 1972 par MARCHAL J.

HY 612. HYDROGEOLOGIE DE L'EXTREME SUD (zone comprise entre le Menarandra et le Mandrare)

Leroux B. remarque au sujet du problème dans le secteur de Marovato (sous-préfecture d'Ambovombe-Arrondissement Tsihombe) novembre 1966.

Leroux B. Hydrogéologie de la région d'Ambovombe.

Leroux B. Région sud et sud-est, examen de la situation hydrogéologique de villages situés dans la sous-préfecture de Betioky, Ampanihy Ouest, Ambovombe, Amboasary, et Bekily. Février 1969.

Rakotondrainibe J.H. Essais de pompage à Ambovombe. Juillet 1979.

Rakotondrainibe J.H. Rapport concernant la qualité des eaux des puits de la ville d'Ambovombe.

Rakotondrainibe J.H. Note concernant la structure de gestion et de maintenance des installations de distribution d'eau dans la région de Tsihombe, Ambovombe, et Amboasary. (Région concernée par le projet Japonais).

Recueil des textes officiels sur la structure, le fonctionnement et les attributions des collectivités décentralisées. Direction des Appuis aux structures décentralisées. Octobre 1985. Antananarivo.

Recensement général de la population et de l'habitat, volume I, tableau statistique, tome V. Institut National de la statistique. Novembre 1996. Antananarivo.

Société d'investissement australien (SIAM). Etude d'Impact Environnemental du projet Minier de saphir dans les 8 carres des permis d'exploitation n° 4246/E& 7541/E Toliara à Andranondambo. Préparée par Aquaterre Antananarivo. Décembre 2005.

Campagne de forage à Ambatovy. Rapport de fin de forage. Pierre O BERNER Ph. D. Dynatec Madagascar SARL. 29 novembre 2004.

Direction de l'Eau et de l'Assainissement. PAEPAR-PROJET PILOTE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL. CREDIT N° 3025 MAG « MANUEL DE PROCEDURE POUR LA MISE EN PLACE DES PROJETS EAU ET ASSAINISSEMENT » contrat n° 05/MEM/PAEPAR/BP/AEPG. RAPPORT FINAL PROVISOIRE. Organisation Taratra.

Map Guide of Water Distribution. Daïho Corporation. Issued december 1992

Procès verbal de la réunion extraordinaire du conseil d'administration de AES. Septembre 2005.

Principe de base de la conservation de la biodiversité par Richard B Primack et Joelisoa Ratsirarson. 2005

Plan d'action National de lutte contre la désertification. Ministère de l'environnement. Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification. N°02/2002.

DMD n°958 p. 4&5 : 'Mandrare le vrai développement rural'.

PCD, Plan Communal de Développement, Commune rurale Ambovombe. Avril 2003

PCD, Plan Communal de Développement, Commune rurale Ambovombe. 2006.

PCD, Plan Communal de Développement, Commune rurale Ambanisarika. 2006.
