

## (5) 給水施設の動力源と運営・維持管理費による検討

給水施設の動力源として、代替 3 種類の、①ソーラー式、②ディーゼル式そして、③商用電力が考えられ、各施設の更新性を考慮に入れた、運営・維持管理費の経済性について検討する。ただし、商用電力については、既存の配電設備が存在することが前提となる。調査対象の 23 サイトのうち、既存給水施設の改修 1 サイト (R-01 Toniataba) のみが商用電力を利用可能である。

給水施設が持続的に運営・維持管理されるためには、住民による水料金の徴収により施設の運営・維持管理費が賄われる事が前提となる。対象サイト別の水料金収入は、対象村落の、①人口規模と②水料金の価格設定により左右される。現在、民間 OM 会社との契約から地方給水の水料金は全国で統一 (2.1GMD/m<sup>3</sup>) であるため、①人口規模が重要なファクターとなる。一方、支出 (施設の更新性を含む) については、①民間 OM 会社維持管理費、②共同メンテナンス基金、③村落水管理委員会の運営・維持管理費にそれぞれ利用される。水料金は全国で統一であるため村落規模 1,000 人の村落と 5,000 人規模の村落では、VWC の収支状況が大きく異なる。ここではその具体例について代替 3 動力源 (ソーラー式、ディーゼル式、商用電力) の運営・維持管理費の面から将来 20 年間を見据えたシミュレーションを行った。(図 3-2 及び図 3-3 を参照)

なお、各村落の収支データは 3-5-2 運営・維持管理で詳述する。また、ここでは、動力源タイプ別の各給水施設の更新性を考慮した経済的優位性について比較検討する。

また、運営・維持管理費は住民負担を前提としているため、計画対象サイトの給水人口のもっとも大きな村落、①N-11 Kerewan Samba Sira (現在人口 4,341 人、増加率 2.0%) 及び最も小さな村落、②N-14 Sotokoi (現在人口 1,079 人、増加率 2.0%) について、下記的前提条件 (表 3-21～表 3-23) に沿って、代替 3 種類の動力源についてその経済性の比較検討を行う。

### [前提条件と検討結果]

下表 3-21～23 に示す代替 3 動力源の前提条件に基づき、現在から 20 年先の経済的妥当性のシミュレーションによる比較検討結果を下図 3-2 及び図 3-3 に図示する。

- ① 水料金は、現在のソーラー式給水施設の全国統一価格(2.1GMD/m<sup>3</sup>)を適用する。
- ② 動力源の代替 3 種類の 20 年先の更新費を含む維持管理費の収支状況をシミュレーションした。シミュレーション結果は、図 3-2 と図 3-3 に示す通りである。
- ③ ディーゼル式及び商用電力の維持管理に関する収支は、施設(ポンプ、発電機)の更新性及びその他一般経費(①管理人への給与、②燃料代、電気代、運転費、③物価上昇ほか)を考慮すると、現在の水料金 (2.1GMD/m<sup>3</sup>) では持続的な運営は成立しない。
- ④ 一方、ソーラー式においても、本プロジェクト対象サイトの最大の村落(現在人口 4,341 人)においては、現在の水料金 (2.1GMD/m<sup>3</sup>) での持続的な運営が成立すると予想されるが、最小の村落(現在人口 1,079 人)においては、9 年目以降は赤字となり、持続的な運

営が成立しないと予測され、水料金の値上げが必要である。

- ⑤ 以上の検討結果より、村落住民による給水施設の持続的な運営・維持管理を考慮すると、民間 OM 会社による維持管理契約に基づき、スペアパーツの供給を含む維持管理体制が構築されているソーラー式が最も経済性と持続性が良く、次いで商用電力、そしてディーゼル式の順となる。このため、本プロジェクトでは動力源としてソーラー式を選定する経済的、技術的な妥当性がある。

a) 動力源別シミュレーション結果

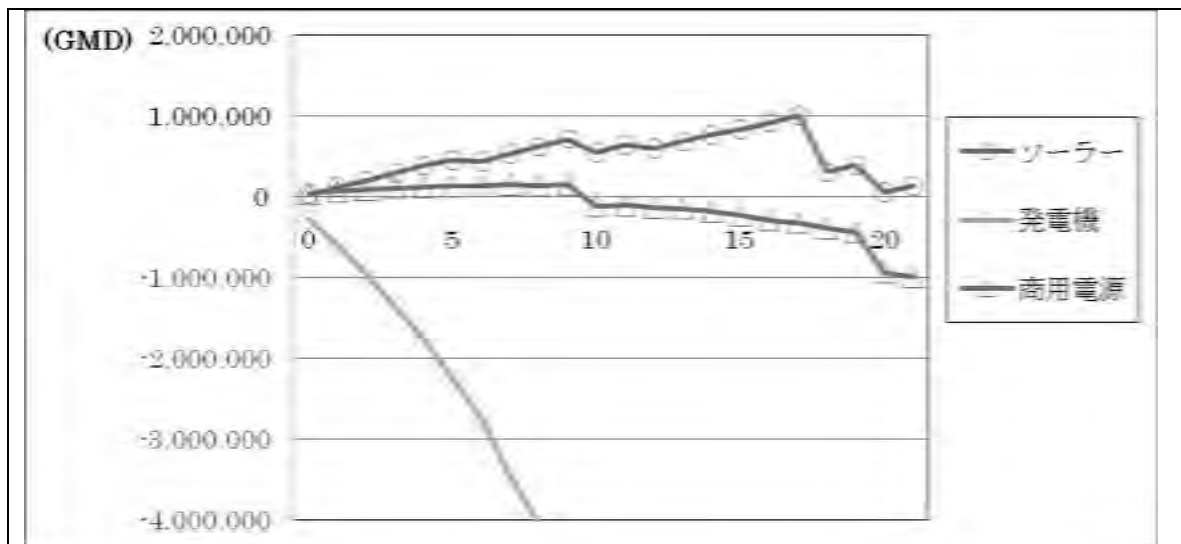


図 3-2 維持管理費の経済収支比較(1)  
 (現在人口 4,341 人 (2009) の計画対象最大の村落  
 (N-11:Kerewan 村)、人口増加率 2.0%、水価 2.1GMD/m<sup>3</sup>)

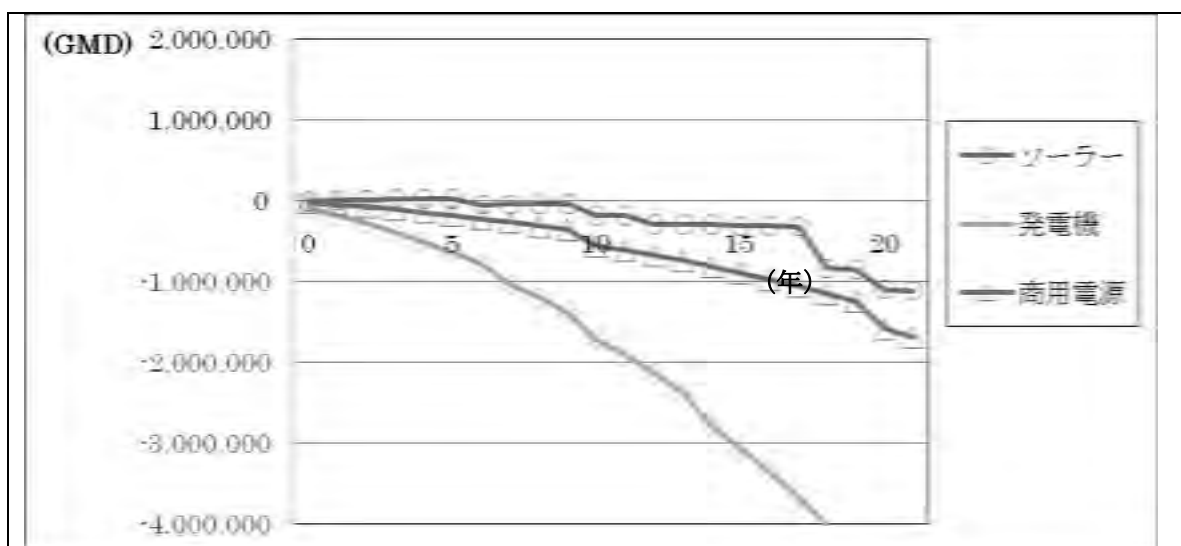


図 3-3 維持管理費の経済収支比較(2)  
 (現在人口 1,079 人 (2009) の計画対象最小の村落  
 (N-14 Sotokoi Sira)、人口増加率 2.0%、水価 2.1GMD/m<sup>3</sup>)

b) シミュレーションの算出根拠

表 3-21 ソーラー発電システムの運営・維持管理の前提条件

● 支出		
1. 管理人への支払い*		700GMD/人・月
2. 維持管理会社への支払い		徴収した料金の 50%
3. その他の維持管理費用**		
1)水中モーターポンプ (10年毎に交換)		132,000GMD・79,000 GMD
2)インバーター (6年毎に交換)		74,000GMD・59,000GMD
3)モジュール (全モジュールの 50%を 18年毎に交換)		11,250GMD/枚
4. その他		
1)物価上昇 (機器類)	4.0%	
2)物価上昇 (燃料)	44.0%	
・ 収入 (水価格)		2.1 GMD/m <sup>3</sup>

\* 給水人口 3,000 人規模に対して 1 名の管理人を雇用する  
\*\* 無償フェーズ I より推定

表 3-22 ディーゼル発電システムの運営・維持管理の前提条件

● 支出		
1. 管理人への支払い*		700GMD/人・月
2. 燃料代**		6.4GMD/m <sup>3</sup>
3. その他の維持管理費用***		
1)水中モーターポンプ (10年毎に交換)		132,000GMD・79,000 GMD
2)ディーゼル発電機 (7年毎に交換)		119,000GMD・71,000 GMD
3)保守点検		9,700GMD/年
4. その他		
1)物価上昇 (機器類)	4.0%	
2)物価上昇 (燃料)	44.0%	
・ 収入 (水価格)		2.1 GMD/m <sup>3</sup>

\* 給水人口 3,000 人規模に対して 1 名の管理人を雇用する  
\*\* 1m<sup>3</sup> を給水塔に揚水するのに必要な燃費を既存施設から算出  
\*\*\* 無償フェーズ II より推定

表 3-23 商用電力システムの運営・維持管理の前提条件

● 支出		
1. 管理人への支払い*		700GMD/人・月
2. 電気代 7.58GMD/kWh		600kWh/月・300kWh/月
3. その他の維持管理費用**		
1)水中モーターポンプ (10年毎に交換)		132,000GMD・79,000 GMD
2)保守点検		9,700GMD/年
4. その他		
1)物価上昇 (機器類)	4.0%	
2)物価上昇 (燃料)	44.0%	
・ 収入 (水価格)		2.1 GMD/m <sup>3</sup>

\* 給水人口 3,000 人規模に対して 1 名の管理人を雇用する  
\*\* 無償フェーズ II より推定

(6) 計画対象サイトの運営・維持管理に対する意識と能力

社会条件調査において、給水施設が整備された場合、その利用料金を「支払う意思がある」と答えた世帯は 97.4%の世帯である。給水事業における運営・維持管理の裨益者負担に対する認識は強く、村落の代表者に対するインタビュー調査では、すべての計画対象村落において、水の使用量に応じた支払への意思があることが確認された。

一方、支払能力額については、計画給水量（35L/人・日）を消費した場合に、ソーラー式給水施設の利用にかかる維持管理費（GMD2.1/m<sup>3</sup>）をもとに、世帯の平均月収（GMD3,200（中央値））に占める維持管理費の割合を試算した。これによると、1世帯当たりの維持管理費は月額平均 GMD33 で、月収に占める割合は平均で約 1.0%である。維持管理費の月収に占める割合が最も大きいサイトでも約 2.4%となっており、世帯収入に占める水利用のコストの割合として世銀等の国際機関により推奨される 4~5%程度の範囲内であり、下表 3-24 に示す通り、計画対象の全サイトにおいて、ソーラー式給水施設の利用にかかる維持管理費の支払い能力があることが確認された。

表 3-24 運営・維持管理費支払い意思及び負担能力

No.	サイト名	世帯人数 (中央値)	世帯当り管理費推計 (GMD/月) 計画給水量： 35L/人・日 O/M 費 <sup>1</sup> ：GMD2.1/m <sup>3</sup>	世帯月収 (GMD) (中央値)	世帯月収に占める管 理費の割合 (%)
N-1	Kabocorr Tampapo & Killing	11	24	1,775	1.4%
N-3	Kekuta Kunda Complex	19.5	43	4,700	0.9%
N-4	Kerr Katim Wolof + Fula	24	53	3,080	1.7%
N-5	Madina Kaif (Sancha)	18	40	1,650	2.4%
N-6	Dongoroba	18.5	41	2,000	2.1%
N-7	Ballangharr Complex (Kerr Ndery, Mbentenki, Hoi)	19	42	3,675	1.1%
N-8	Jimbala Complex	12	26	2,997	0.9%
N-9	Fass	18.5	41	3,500	1.2%
N-10	Kuntaur Fula Kunda & Jakaba	15.5	34	3,543	1.0%
N-11	Kerewan Samba Sira	15.5	34	3,150	1.1%
N-12	Fula Bantang & Sinchu Sora	14.5	32	2,650	1.2%
N-13	Jissadi	9	20	1,975	1.0%
N-14	Sotokoi	10.5	23	2,950	0.8%
N-15	Maka & Njie Kunda	21.5	47	2,650	1.8%
N-16	Lamin Koto + Badala + Sotokoi	14	31	3,900	0.8%
N-17	Gidda	8	18	1,850	1.0%
N-18	Kerr Mama	14	31	4,850	0.6%
N-19	Kerr Cherno	21.5	47	4,525	1.0%
N-20	Banta Killing	13.5	30	5,850	0.5%
R-1	Toniataba	12	26	1,975	1.3%
R-2	Bureng	10	22	1,942	1.1%
R-3	Barrow Kunda	13	29	4,400	0.7%
	平均	15	33	3,200	1.0%

(計画対象サイトのサンプル世帯対象)

<sup>1</sup> 現行の契約上は、最初の 5 年間は GMD2.1/m<sup>3</sup>、6 年目以降はこれに GMD0.6/m<sup>3</sup> がプラスされる。ここでは、GMD2.1/m<sup>3</sup> を用いて試算。

(7) 給水施設の概要

以上の検討結果を踏まえた、管路系給水施設の構成は以下の通りである。

- 1) 水源及び取水/送水施設
- 2) 貯水・配水施設
- 3) 管路施設
- 4) 給水施設
- 5) 付帯施設

給水施設の新設サイト及び改修サイトでの給水施設計画概要は、下表 3-25 に示す通りである。

表 3-25 給水施設の計画概要

施設項目	新設サイト	改修サイト
1) 水源及び取水・送水施設		
a) 水源・揚水	深井戸を水源とし、水中モーターポンプを用いて貯水／配水施設へ送水する。 なお、調査時に試掘を行っていない N-08、N-17、N-18、N-19 等の各サイトについては、本体工事において井戸掘削を行う。	R-01 及び R-03 については、既存深井戸を水源として活用する。R-02 では、詳細設計にて既存深井戸の状態を確認して、活用の可能性を判定し、水源として不適切な場合には実施時に掘削する。 水中モーターポンプについては 3 サイト共に更新する。
b) 動力源	ソーラー発電を採用する。	R-01 については、ディーゼル発電から現地で導入可能な商用電力に変更し、R-02 及び R-03 については、ディーゼル発電からソーラー発電に改修する。
c) 付帯施設	水源から貯水／配水施設の間に圧力計、量水器等必要な付帯設備を設置する。	送水管部分に設置されているバルブを交換する。
2) 配水施設		
a) 配水池	水源から送水された水を貯水するとともに、給水施設へ配水するための配水池を設置する	配水管のバルブを交換する。 配水池付帯設備（フロートスイッチ、水位計）を交換する。
3) 管路施設		
a) 埋設配管	水源、貯水／配水施設及び給水施設を繋ぐ管路を布設する	補修等は実施しない。
4) 給水施設		
a) 公共水栓	裨益住民へ給水するための公共水栓を設置する	補修等は実施しない。
5) 付帯施設		
a) バルブボックス	公共水栓での給水量を把握するための量水器、維持管理用のバルブ類、空気弁及び排泥弁等を適切な場所／数量にて設置する。	公共水栓での給水量を把握するための量水器及びそれらを取るためのバルブボックスを設置する。
b) 防護柵	水源及び送水施設の周囲に防護柵を設置する。	水源及び送水施設の周囲に防護柵を設置する。

### 3-2-2-1 給水施設計画

給水施設設計の検討に係り、「ガ」国における地方給水施設の共通仕様に準拠する。ただし、「ガ」国には、「水道施設設計指針（日本水道協会）」のような統一的な施設設計基準はなく、各ドナー及び国際機関においてもそれぞれの国、地域の設計基準を用いていることから、本プロジェクトにおいても、これらの「ガ」国の様々な仕様を踏まえた上で、「水道施設設計指針（日本水道協会）」に順じて設計する。

#### (1) 計画目標年次

「ガ」国上位計画である「Vision 2020」（1996）及び、「PRSP-II」（2006）に準拠して、計画目標年次を2020年とする。

#### (2) 人口増加率及び対象地域の人口

「ガ」国における最新の人口統計（センサス 2003）を基に推計した現在人口（2009）と計画対象サイトの現状を比較した結果、差異が認められたため、人口調査（2009年6月）を実施した。この調査結果を基に、計画目標年次における給水人口を推計した。計画対象サイトの計画給水人口と給水施設計画概要は、次表 3-27 に示す通りである。なお、下表 3-26 に示すように、人口統計（センサス 2003）によれば、人口増加の傾向は州毎に異なるため、将来人口の予測はこの値を採用して行う。

表 3-26 州別人口増加率

州	人口増加率 (%)
西部州	5.2
下流州	1.0
北岸州	1.0
中流州北岸	1.5
中流州南岸	2.0
全国平均	2.7

#### (3) 給水原単位及び計画給水量

DWR の定める管路系給水施設の給水原単位 35 L/人・日を採用する。計画給水量は、計画給水人口（2020年）に給水原単位及び日最大係数を乗じたものとする（以下の式を参照）。

$$\text{計画給水量} = \text{計画給水人口 (人)} \times \text{給水原単位 (35L/人・日)} \times \text{日最大係数 (1.2)}$$

我が国の簡易給水施設基準においては、日最大係数は 1.2～1.4 と定められている。「ガ」国の季節変動、乾季の給水量の増大、太陽光利用による揚水の特殊性及び経済性などを考慮し、日最大係数 1.2 を採用する。また、家畜への給水は浅井戸等の既存給水施設により考慮されるものとし、本プロジェクトの給水量には含まない。

表 3-27 計画給水人口と施設計画概要

区分	No	サイト名	新設/改修/ 代替/中止	動力源 ソーラー/ 商用電力/	調査人口 (2009)	人口 増加率 (%)	計画給水 人口 (2020)	計画 給水量 (m <sup>3</sup> )	揚水量 (m <sup>3</sup> /h)	タンク 容量 (m <sup>3</sup> )	配管長 (m)	公共水栓 (基)	
プロジェクトサイト	N-1	Kabocorr Tampapo & Killing	新設	ソーラー	1,389	5.2	2,426	102	17.0	50	7,740	29	
	N-4	Kerr Katim Wolof + Fula	新設	ソーラー	1,200	1.0	1,339	56	9.3	30	1,509	11	
	N-5	Madina Kaif	新設	ソーラー	1,661	1.0	1,853	78	13.0	40	2,287	18	
	N-7	Ballangharr Complex	新設	ソーラー	3,139	1.5	3,698	155	25.8	50	6,129	36	
	N-8	Jimbala Complex	新設	ソーラー	1,319	1.5	1,554	65	(10.8)	30	2,490	15	
	N-9	Fass	新設	ソーラー	1,296	1.5	1,527	64	10.7	30	1,702	14	
	N-11	Kerewan Sambia Sira	新設	ソーラー	4,341	2.0	5,397	227	37.8	70	5,430	39	
	N-12	Fula Bantang & Sinchu Sora	新設	ソーラー	1,280	2.0	1,592	67	11.2	30	2,617	16	
	N-13	Jissadi Complex	新設	ソーラー	1,731	2.0	2,152	90	15.0	40	3,955	21	
	N-14	Sotokoi	新設	ソーラー	1,079	2.0	1,342	56	9.3	30	1,377	13	
	N-15	Maka & Njie Kunda	新設	ソーラー	3,807	2.0	4,734	199	33.2	60	4,201	30	
	N-16	Lamin Koto + Badala + Sotokoi	新設	ソーラー	1,449	1.5	1,707	72	12.0	30	4,033	18	
	N-17	Gidda	新設	ソーラー	1,356	5.2	2,368	99	(16.5)	50	6,363	24	
	N-18	Kerr Mama	新設	ソーラー	1,245	1.0	1,389	58	(9.7)	30	2,334	14	
	N-19	Kerr Cherno	新設	ソーラー	1,819	1.0	2,029	85	(14.2)	40	3,064	20	
	N-20	Banta Killing	代替	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	改修	R-01	Toniataba	改修	商用電力	1,996	-	1,996	-	-	-	-	一部改修
		R-02	Bureng	改修	ソーラー	2,331	-	2,331	-	-	-	-	一部改修
		R-03	Barrow Kunda	改修	ソーラー	3,762	-	3,762	-	-	-	-	一部改修

#### (4) 試掘井の取り扱い (水源)

試掘調査で成功判定となった試掘井 (深井戸 11 井) については、本プロジェクトにおいて生産井として利用する。試掘調査 14 井において、鉄イオン濃度が WHO 飲料水水質ガイドラインを超える深井戸が 5 サイトにおいて発生した。DWR との協議の結果、特に鉄イオン濃度の高い 3 サイト (N-03、N-06、N-10) については、不成功と判定した。

#### (5) 本体工事中の深井戸建設と成功率

水源が得られていない 4 サイト (N-08、N-17、N-18、N-19) においては、本体工事中に深井戸掘削を行う。本体工事で失敗井が生じた場合の取扱いは下記の通りとする。

- ① 同一サイト内の再掘削
- ② 上記①で成功井が得られない場合は、代替サイト (N-20) への変更により対処する。
- ③ 代替サイトでも成功井が得られない場合は、最終的に 15 本未満になることもある。

さらに、改修サイト R-02 の既存井についても落下物によるスクリーンの破損と水質の経年変化(特に鉄分の増大)の報告があることから、既存井の活用を前提として本体工事にて井戸孔内の落下物の回収、揚水試験、水質分析を行うが、水源として継続使用が不可能と判断された場合には、現水源付近に新規の生産井を掘削する。

本体工事における、井戸掘削工事の成功率は、試掘調査の結果から 78.6% (11 成功/14 試掘総数) を採用する。

#### 本体工事中の深井戸建設の施工条件

- ・ 成功率 : 78.6%
- ・ 井戸掘削口径 : 10 インチ、平均掘削深度 : 80m
- ・ 上部掘削口径 : 18 インチ
- ・ 上部掘削深度 : 2m
- ・ サーフェス・ケーシング径 : 14 インチ
- ・ スクリーン・ケーシング口径 : 6 インチ PVC 製
- ・ 帯水層部分へのスクリーン設置、掘削孔とスクリーンの間にグラベル充填
- ・ 井戸洗浄
- ・ 上部の遮水とセメンティング
- ・ 揚水試験 (適正揚水量 : 5m<sup>3</sup>/h 以上)
- ・ 水質分析
  - 公的検査機関での分析 (WHO 飲料水水質ガイドラインに準拠するが、鉄濃度が高い場合においては、本体工事实施中に実施機関と協議を行う)
  - 住民代表による飲料水の水質判定



## (6) 取水／送水施設

深井戸を水源として、水中モーターポンプを設置して揚水するため、地上施設は逆止弁、量水器、圧力計、コントロールバルブ等、最低限の管路設備及び保護ボックスを設置する。ボックスは、運用上不都合がなく、維持管理が容易、かつ経済的な施設とする。

## (7) 動力源

初期投資費用と維持管理費用比較及び「ガ」国での実績を考慮すれば、動力源としては商用電力及びソーラー発電が適していると言える。ただし、計画対象サイトで既に商用電力（NAWEC: National Water & Electricity Company）が利用可能なサイトは、Toniataba（R-01）の 1 サイトのみである。「ガ」国では地方における電化が遅れており、計画対象サイト及びその周辺地域が電化されるという将来計画はない。また、3-2-2（4）及び（5）で述べたように、ディーゼル発電方式とソーラー発電方式を比較検討した結果、ソーラー発電方式が有利であることが判明している。このため、R-01 を除く他の全てのサイトでソーラー発電方式を採用する。

## (8) 水源及び送水施設の防護柵

「ガ」国におけるソーラー式給水システムは、民間 OM 会社と VWC が維持管理契約を結ぶことにより運営されている。その契約内容において、VWC はセキュリティ上の責任を負うことになり、警備員の配置と番人小屋の設置が義務付けられている。

防護柵については給水施設と一体とみなされるため、これを給水施設の一部として建設する。第二次地方飲料水計画（2004）ではネットフェンス型を採用しているが、他ドナー施設においては、ネットフェンス下部の切断により賊の侵入が確認されたことから、本プロジェクトでは、ブロックフェンスと照明を組み合わせた防護柵を採用する。夜間照明の電源はソーラー電源とするが給水施設とは別系統とし、汎用性のあるバッテリーを採用する。

## (9) 貯水／配水池

### 1) 材質

鉄筋コンクリート製配水池、FRP パネル製配水池、鋼製パネル製配水池の 3 タイプについて比較した結果、鉄筋コンクリート製の貯水／配水池の採用を提案する。比較検討の結果を表 3-21 に示す。

鉄筋コンクリート製配水池の施工管理は難しいが、①現地施工で最も経済的であること、②現地において修理、修復が可能なこと、③第一次無償(1991-1993)で建設され既に 17 年以上の耐久性の実績があり、配水池内部の補修としてタイル張りによる村落独自の対応実績もある（R-02）、④更に今後 10 年以上継続して利用可能なほど堅固であることなどの理由