

(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

により、本プロジェクトにおいて鉄筋コンクリート製を選定する。ただし、鉄筋コンクリート製の貯水/配水池について、第二次無償（2004）サイトの一部において、コンクリート壁に亀裂が発生し、補修を行なっている。これは、施工時のコンクリートの打設・養生の不適切な管理、防水処理の不備などが原因と考えられた。これらを教訓とし、施工・品質の改善を図るものとする。

「ガ」国における地下水の水質は全般的に遊離炭酸により酸性を示すため、モルタル防水とした場合、劣化の進行が非常に速く、コンクリート本体への影響も避けられない。このため、本プロジェクトにおいては化学的に耐酸性に優れ、飲料水供給施設用として公に認められたウレタン樹脂系の防水剤を水槽部内面に塗布する。

2) 容量

配水地の容量は、下図 3-4 に示すソーラー発電と時間帯別水利用状況と揚水稼動状況の検討に沿って以下の通りである。

- ・基本容量＝計画給水量×水消費ピーク（午前）までの累加消費率（29.5%）
- ・付加容量＝揚水量（Q/h）×1 時間

但し、基本容量が 40m³ を超えない場合、上述の付加容量を基本容量に追加する。

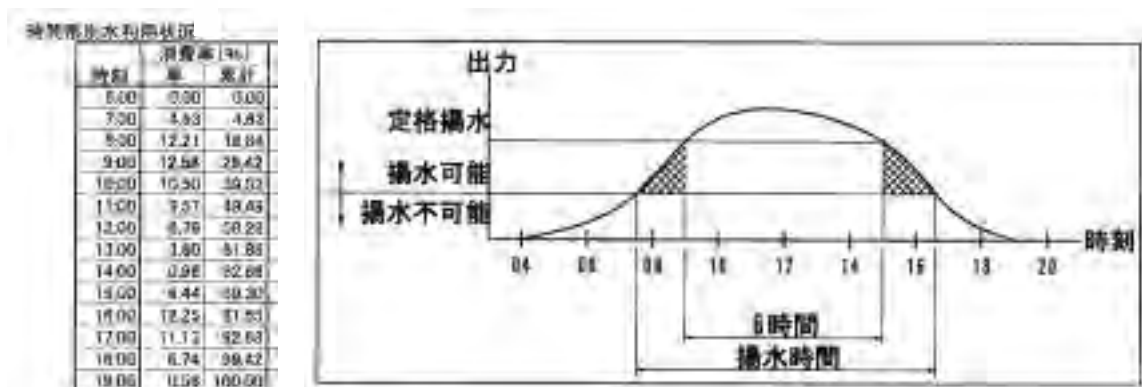


図 3-4 ソーラー発電による時間帯別水利用状況と揚水稼動状況

動力源がソーラー発電である場合、太陽光がパネルに当る事によって発電を開始するが、図 3-4 に示す通り、その照度が発電出力の定格に達してから午後 3 時頃までの定格出力が十分に確保できる時間帯が有効稼動時間で、「ガ」国では平均 6 時間程度となる。また、図 3-4 はソーラー発電による揚水量の変化をグラフに示しているが、網掛け部分については、揚水は行われているが定格出力に達していない状態であるため、計画水量を得るための通常の時間帯として計算に加えていない。

対象地域を含むアフリカに全般、特にイスラム教の影響が強い地域においては宗教的時間帯による水利用が習慣的で、早朝の水汲みは午前 4 時頃から開始されている。一方、ソーラー揚水システムが太陽光を得て揚水可能になるのは午前 7 時以降で、徐々に日照量が増大して定格揚水に達するのは午前 9 時前後であり、7～9 時の 2 時間分と 9 時から 10 時の午前の

給水ピーク時の水量は、前日に揚水され、貯水されている必要がある。このため、配水池容量は計画給水量に対する水消費ピーク（午前）までの累加消費率（約 29.5%）を基本容量とする。ただし、基本容量が 40m³ を超えない小規模村落の場合、時間帯別水利用状況にばらつきがあることに加え、日照時間が減少する雨季を考慮して、付加容量（1 時間分の揚水量）を加える容量を採用した。

3) 形態

配水池の形態は、末端における公共水栓の残存水頭 1.0m 以上、流速 0.3m/秒を確保できるように流量計算の結果、各サイトにおいて GL+5.0m の高架型とする。

4) 基礎

建設地点において現地再委託により地盤調査を実施した結果から、各サイトにおける基礎深度を決定する。

現時点では、①類似した基礎深度で区分する。②詳細設計及び実施時に再度基礎深度の確認を行ない、適切な基礎深度、形状を採用する。

現状での想定地盤応力度は、以下の通り検討している。

$$\text{地盤応力度}(X) = \{\text{貯水槽(自重)} + \text{風荷重}\} / \text{底面積} \times \text{安全率} 3 < \text{長期支持力}(Y)$$

$$\text{地盤応力度}(X) = 180 \sim 230 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{長期支持力}(Y) = 230 \sim 1,550 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{基礎深度}(Z) = 1.5 \sim 5.0\text{m}$$

建設地点において現地再委託により地盤調査を実施した結果から、各サイトにおける基礎深度を下記の通り検討した。（資料編 7-7 参照）

各対象サイトにおける配水池容量および基礎深度の一覧を下表 3-28 に示す。

表 3-28 対象サイトの配水池容量と基礎深度

基礎深度 (m)	水槽容量 (m ³)	数 (基)	基礎深度 (m)	水槽容量 (m ³)	数 (基)
GL-1.5	30	1	GL-4.0	40	3
GL-3.0	30	3		50	3
GL-5.0	30	3	GL-3.5	60	1
				70	1

表 3-29 貯水／配水池構造材比較検討表

主要材料	鉄筋コンクリート (50m ³ , H=5m)		鋼製パネル (50m ³ , H=5m)		FRP パネル (50m ³ , H=5m)	
	建設費	7,100 千円程度 建設費が最も経済的である	◎	22,500 千円程度 最も高価である	×	16,000 千円程度 鉄筋コンクリート製に比べて高価
調達先	現地またはセネガル	○	第三国または日本	△	第三国または日本	△
工期	約 3 ヶ月程度	△	約 1 ヶ月程度 (輸送期間除く)	○	約 1 ヶ月程度 (輸送期間除く)	○
施工者	本邦施工管理技術者の下、現地又はセネガルの施工業者。	○	第三国又は日本からの技能工派遣による組立て。	△	第三国又は日本からの技能工派遣による組立て。	△
施工/品質管理	コンクリートは、近傍にプラントがないため現場練りとなり、材料管理、打設時の施工管理・品質管理が重要となる。暑中コンクリート管理と防水処理が重要である。我が国の第一次無償及び第二次無償において採用しているが、第二次無償の一部に施工不良による亀裂があり瑕疵検査で補修を行なった。これは、防水処理の不備と、養生の監視不足が原因であり、これらを教訓として暑中コンクリート管理を徹底する必要がある。特に、現場練りであるため、材料、配合、練り混ぜ、打設時の施工管理・品質管理の徹底を図ることが重要であり、本プロジェクトでの徹底した改善を図る。	△	1m×1m 程度のパネルを組合せて全体の「水槽」部分を見込まれる。短縮が見込まれる。既製品であるため、防水処理は工場での品質管理されている。	○	1m×1m 程度のパネルを組合せて全体の「水槽」部分を構成するため、工期短縮が見込まれる。既製品であるため、防水処理は工場での品質管理されている。	○
維持管理	第一次無償の水槽は、2009 現在の 17 年以上経過しても堅固であり、村落住民により維持管理 (補修) が行われている。また、第二次無償においては、一部施工不良によりコンクリート壁に亀裂の発生が見受けられたが、村落住民による維持管理 (補修) が容易である。そのような点から DWR は、日本の無償資金協力と同型式の鉄筋コンクリート製配水池を「ガ」国の標準型とするための検討が行なわれている。	○	1990 年代中期から UNDP/EDF などの国際機関と EU などにより標準的に利用されている。首都及びその周辺の都市においては、施工業者による維持管理が行われている。一方、地方村落においては、建設後、住民による維持管理が主体となるため、腐食・漏水の対応を十分に行うことが困難である。	×	1990 年代初期に建設されたが、腐食の問題と村落住民による管理 (修理・補修) ができないため、放置され、現在は DWR により推奨されていない。また、維持管理においては左記の鋼製パネルタンクと同様、住民による自主的な管理 (修理・補修) が困難な場合が多い。	×
総合評価	○	×	△	×	△	△

以上の評価より、鉄筋コンクリートを採用する。ただし、鋼製パネル及び FRP パネルの見積り価格は日本企業：積水アークアシシステム社 (2006) による。

(10) 管路施設

1) 管材

水源、貯水／配水施設及び給水施設を繋ぐ管路は、可能な限り道路（公共用地）に沿って布設することを原則とするが、地形などを考慮した上で状況によっては畑地などを通すことも検討する。また、やむを得ず民地を占用する必要がある場合には、地権者の了解を得て布設し、配管布設後は現況復旧し、地権者の確認・同意を得ることを原則とする。

また公共用地においても地権者の了解取り付けが必要な場合もあるが、添付資料に示す通り、本プロジェクトに必要な土地取得と関連作業についての村落代表からの協力体制を示す文書が実施機関の指導により提出されているため、実施段階における実作業での問題は生じない。

配管材料については、「ガ」国で一般的に流通している材料を使用する。全て輸入品となるが ISO 規格品が日常的に市場に出回っており、本計画のために輸入手続きを取る必要は生じない。本計画で使用する配管材を下表 3-30 記に示す。またそれに準じたフィッティング類およびバルブ類も同様に調達可能である。

表 3-30 「ガ」国の配管材料

管材料（略称）	耐圧 (Mpa)	規格（ISO）	使用箇所
塩ビ管（PVC 管）	1.0	ISO 4422-1,2（PN10）	埋設配水管
鋼管（GIP）	1.0	ISO 65-1981	露出配水管
ステンレス鋼管（SSP）	1.0	ISO 9329-4, ISO 9330-6	送水管

配管材は土圧・水圧に対し必要な強度を有する管を採用し埋設することを基本とするが、PVC 管の場合は外部からの大きな衝撃や紫外線に対し脆弱であり、構造物などで外部に露出する部分では採用できない。そこで、露出などの PVC 管では配管に適さない箇所については、ステンレス鋼管（SSP）または鋼管（GIP）を用いる。

「ガ」国の深井戸水源の地下水は酸性であるため、配管材料として GIP を採用した場合、錆による劣化が早急に進行する。そのため、経済性を考慮して地下水がそのまま流入する配水池を境界とし、水源から配水池までを SSP、配水池からの配水管で露出する箇所については GIP として使い分ける。

道路横断や河川（水路）横断が必要な場合、その方法と布設後の保護を適切に設計する。河川横断の延長が直管 1 本程度（6.0m）の場合は GIP により架空越しを基本とする。延長がそれより長い場合は PVC 管により伏越するか、または洗掘を避けるため鋼管による鞘管方式とした上でコンクリート巻き立てによる防護工を施す。

2) 施工方法

埋設深度については水道施設設計指針に従い、土被り 0.6m とすることを基本とする。道

路横断箇所については道路管理者（NRA: National Road Agency）の指定に従う（日本の場合は 1.20m）。施工（管材布設工）は人力施工とする。岩質部の掘削残土及び舗装箇所における布設により破砕された舗装材は、NRA の指定する所定の場所に廃棄する。

下図 3-5 に埋設標準断面を示す。

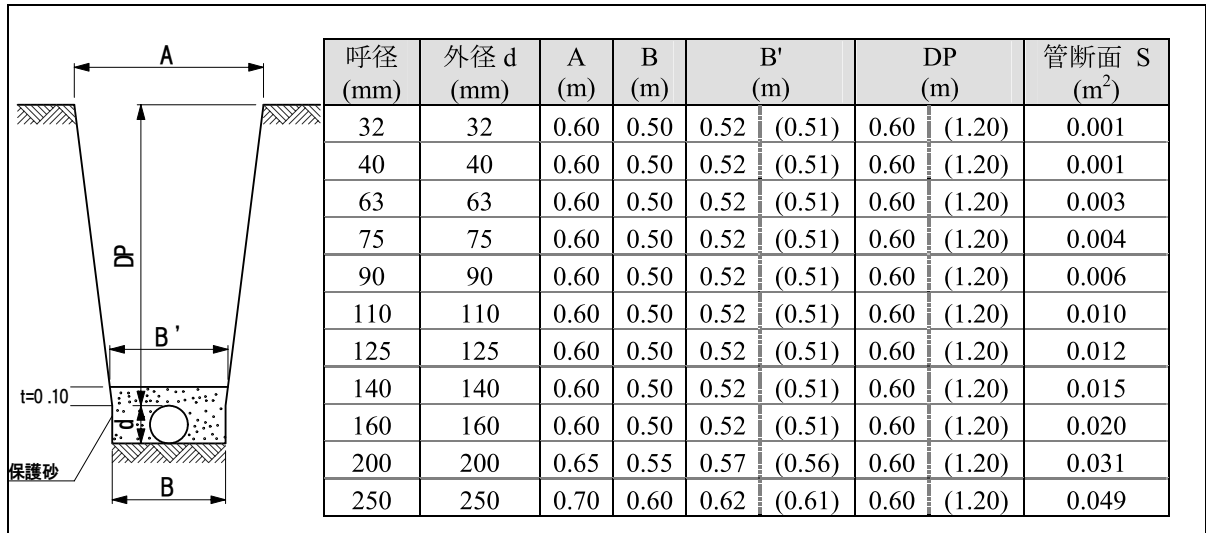


図 3-5 人力掘削による標準掘削断面及び土工数量

(1 1) 公共水栓

公共水栓のデザインについては、「ガ」国に標準的なものはないため、他ドナーや我が国の過去の施工例を踏まえ、改良すべき点などを考慮した上で実施機関と協議／調整の上決定する。本体の材料は鉄筋コンクリート製とする。

公共水栓は、計画給水人口（2020）と、設計上設定された公共水栓 1 基当たりの給水人口（100 人/基）から必要数量を算出し、DWR、裨益住民及び調査団にて村落の密集度や、村落の拡張状況、地形条件など現場状況に応じて適切な場所に設置する。

(1 2) 付帯施設（配管設備類）

配水施設における区画調整弁や空気弁などは、水道施設設計指針に則り適切に配置する。公共水栓には維持管理用の量水器とバルブをバルブボックスに収めて設置する。その付帯バルブボックスも含め、各付帯施設のデザインは、過去の施工例を踏まえて設計する。

3-2-2-2 資機材計画

(1) 調達機材に係る方針（調達機材の必要性について）

機材調達についての要請内容は、車両、揚水試験機材、物理探査機材、孔内検層機材及び GPS である。

1) 車両

車両の調達に関しては、DWRから2009年9月16日付のレターが提出され、下記の3分野の用途に関する車両各1台の調達が要望された。

- ① 水質のモニタリングに係る車両
- ② 地下水モニタリング車両と物理検層と物理探査機材
- ③ プロジェクト管理車両

2009年5月22日の協議議事録において、車両調達の妥当性確認の資料として、DWRの既存車両の活動実績、燃料費の予算及び将来的な利用計画の提出を求めたところ、本調査実施中の9月の車両利用状況と、活動計画が提出（2009年10月）された。それらの概要を下表3-31に示す。

表3-31 DWRの既存車両の活動状況と燃料費の予算状況（2009年9月）

	1. 水質モニタリング車両	2. 地下水モニタリング車両 (物理探査含む)	3. プロジェクト運営・ 管理車両
1. DWR 所属部署	水質モニタリング管理室	水文・水資源及び ガンビア流域開発調査 (OMVG) 部	地方給水部
2. 燃料代等の年間予算 (GMD)/year	GMD230,400.00 (約¥92万) 燃料 7,200 L ×@GMD32	GMD153,600.00 (約¥61万) 4,800L ×@GMD32	GMD96,000.00 (約¥38万) 3,000L ×@GMD32
3. 野外調査に係る要員数	9人	16人	10人
4. 野外調査日数	27日/月	25日/月	20日/月
5. 野外調査を対象とする サイト数	村落の給水施設 1,700 サイト 及び小学校 300 ヶ所	地下水モニタリング 31 地点 (月例観測) 及び給水を要望 する新村落年間 25 ヶ所の調 査	新規 JICA18 サイト及び既 存 JICA30 サイト他、地方 自治体との会議、他ドナ ー調査他
6. 本プロジェクトが開始 された場合の野外活動日 数	28日/月 (水質サンプル採取等で1日 の増大)	25日/月 (新村落調査として現状で対 応)	25日/月 (対象村落での説明業務 調整で5日間の増大)
7. 2009年9月の活動実績 (1か月分)	野外日数：25日/月 首都 Banjul：5日/月 その他：0日/月	野外日数：23日/月 首都 Banjul：7日/月 その他：0日/月	野外日数：12日/月 首都 Banjul：8日/月 その他：10日/月

下記の理由により、車両の調達は行わないこととする。

- ・2009年9月時点の活動は、調査団との同行を含んでおり、常時の使用実態の判断材料になりえない。
- ・プロジェクトの実施により増える車両運行日数は僅か6日であり、現状の車両で賄い得る範囲と判断される。
- ・車両の調達については、2009年3月及び同5月の協議においても、基本的に車両調達は難しいとの日本側方針を伝えている。

2) 揚水試験機材

下記の理由により、揚水試験機材の調達は行わないこととする。

- ・以前は、DWRが「ガ」国唯一の地下水開発を行う機関であり、井戸掘削及び揚水試験を直営で行っていたが、改組により、水資源モニタリング及び給水施設の運営・維持管理

における村落や地方自治体を支援する機関となった。このため、井戸掘削及び揚水試験は民間井戸掘削企業に委託され、DWRが直営で行うこともなくなった。

- ・本調査においては、既存給水施設の改修サイトにおいて、DWRの老朽化した揚水試験機材を活用して調査を行った。
- ・一方、試掘調査においては、DWRの地下水開発機材は老朽化により修理が必要であったため、民間企業を再委託により活用した。
- ・民間企業は揚水試験機材を所有し、数社が商業活動を行っていることから、DWRが機材を所有し直営で村落の支援を実施する機会も減少している。
- ・DWRによるモニタリング調査と村落支援での必要性は認められるが、民間企業の商業ベースでの活動が増大している。

3) 物理探査機材

下記の理由により、物理探査機材の新規調達の妥当性があると判断される。

- ・DWRの要請によると対象地域の地下水は塩水化の影響を受けている可能性が示唆されたため、試掘調査に先立つ物理探査では、DWR所有の既存の物理探査機と日本から携行した二次元電気探査が可能な機材を用い、調査団の主導のもとに物理探査を実施した。これらの作業には、DWR技術員も同行し物理探査を実施した。しかしながら、DWRの所有する既存物理探査機材は、第一次無償（1991）により調達されたもので、18年以上活用され老朽化しているため機材の更新の必要性が認められた。
- ・現在のDWRの調査チームの活動は、年間100村落から地下水開発・給水施設建設の要望があり、具体的に地下水開発が必要な年間25～30サイトで物理探査を実施している。調査に当たっては5名のDWR技術員が物理探査機材を活用している。
- ・今後も「ガ」国独自の給水施設建設において、村落における井戸掘削地点の選定はDWRの業務であるため、物理探査機材の更新の必要性があり、継続して利用されると判断される。
- ・また、物理探査機材は民間企業が所有しておらず、今後もDWRの業務に必要である。

4) 孔内検層機材

下記の理由により、孔内検層機材の調達は行わないこととする。

- ・DWRが地下水開発を独自に行う場合は必要な機材であったが、井戸掘削業務を民間企業が行うようになったため、井戸掘削時のDWRの孔内検層機材の必要性は減少した。一方で、水資源モニタリングや帯水層評価には今後も必要な機材である。
- ・民間井戸掘削企業は孔内検層機材を所有していない。
- ・DWRが専用機材を持ち、民間企業の技術支援を行うことは必須ではない。「ガ」国の試掘調査の結果、良質の帯水層は砂層の被圧地下水で粘土層との互層が明瞭な水理地質条件

であるため、上記で検討中の物理探査機材に簡易検層付属機器を備えた併用型機材が存在し、本地域の水理地質条件であれば、この併用型機により必要な測定も可能である。

5) 機材調達に関する結論

表3-32に示すとおり、機材調達の可能性を過去の使用実績、将来的な利用計画の面から検討した結果、物理探査機材以外の妥当性が認められなかったため、物理探査機のみを調達とする。

表 3-32 機材調達の内容と評価

要請内容 (2009年5月)	数量	評価	協力準備調査結果 (2009年12月)
1) 水質モニタリング車両*	1台	×	物理探査機材 1式
2) 地下水モニタリング車両*	1台	×	
3) プロジェクト管理車両*	1台	×	
4) 揚水試験機材	1式	×	
5) 物理探査機材	1式	○	
6) 孔内探査機材	1式	×	
7) GPS	1式	×	

*車両の用途は、DWR 要請レター (2009年9月16日) に基づく。

3-2-3 概略設計図

概略設計図を下記の通り示す。

図 3-6 給水施設概念図

図 3-7 配水池姿図

図 3-8 井戸構造図

図 3-9 公共水栓姿図

図 3-10～24 給水施設配置図