

- ④ VWC と民間 OM 会社との間では、維持管理契約が締結され、水料金徴収額の 10% が共同管理基金として、民間 OM 会社経由で DWR 口座に貯蓄されている。
- ⑤ 当初の維持管理契約では、警備員の給与（月額 600GMD/月）の初期 5 年間は民間 OM 会社の負担としていたが、小規模村落の水使用量では、警備員給与が民間 OM 会社への支払額を上回ることから、DWR の調整により、現在（2009）は村落管理分の費用（40%）から捻出することに変更となっている。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 交通網

「ガ」国の主要道路網は、国土を横断する北岸道路と南岸道路からなり、調査対象地域へのアクセスにはこれら幹線道路を利用する。北岸道路は舗装されており、80km/h 程度で走行可能であるが、南岸道路で舗装道路となっているのは西部州までで、それより内陸は未舗装道路または整備不良の舗装道路となっている。特に整備不良の舗装道路では、30km/h にまで減速して走行しなければならない。幹線道路から計画対象村落までは幅員の狭い未舗装道路で、特に雨季での大型車両の通行は困難となる場合もある。

国土は「ガ」国の中心部を流れるガンビア川により、北（右岸側）と南（左岸側）に二分され、南北をつなぐ橋は建設されていないため、往来はフェリーに頼らざるを得ない。優先される普通車両であっても、時間帯によっては数時間以上フェリーの待ち時間が必要であり、資機材を運ぶための大型車両ともなれば、往来のために一日以上待ち時間に費やす事もある。

(2) 電力・水道

「ガ」国の電力と水道は、国家水電力会社（National Water & Electricity Company、以下、「NAWEC」）が担っている。電力については、地方部では主要 6 都市（Bansang, Janjanbureh, Kerewan, Basse, Farafenni, Mansakonko）とその周辺がカバーされている。計画対象村落としては、Mansakonko に近い Toniataba (R-01) のみが電化されている。ただし、必要電力をまかなえておらず、1 日 12～15 時間のみ供給されている。水道についても、電力と同様、主要都市のみに供給されている。

既存給水施設の改修対象サイト、Toniataba (R-01) は NAWEC の給水対象には含まれておらず、将来的な給水計画も存在しないが、商用電力は地方都市への通過点であるため、NAWEC 電力の利用が可能である。

2-2-2 自然条件

(1) 水文・気象・地形

「ガ」国は、大西洋に流入するガンビア川に沿った東西約325km、東西約50kmの細長い国で、国土全体が標高は50m以下の非常に平坦な地形である。また、乾季における流域内の降水量がほとんどゼロに近いことから河川の上流部からの流入は極端に減少し、海水の干満差による流入量が増大して、ガンビア川に沿って逆流する塩水遡上が河口から上流約200km以上まで及んでいる。

「ガ」国は、サヘル乾燥気候の最南端に位置し、気候的には熱帯性サバナ気候に区分される。下図2-3に示す通り、雨季（6～10月）と乾季（11～5月）が明瞭で、年平均降水量は400～850mmである。過去10年間（1998-2007）で最多の年降水記録は2005年で、各地の年降水量は1000mmを超えた。逆に2002年は大干魃の年であり、年降水量は383mmであったと報告されている。

年平均気温は24～32℃で、気温については大きな変動はないが、年平均降水量については大きな長期変動がDWRによって報告されている。下図2-3および図2-4に「ガ」国の月別平均気温及び降水量(1998-2007)と日平均日照時間と日射量を示す。月平均気温は、25℃以上の高温と晴天の日が連続し、蒸発散量は降水量の2倍以上の1,600～2,200mm/年と報告されている。一方、太陽光発電に関連した日射量は最低でも5.22kWh/m²以上あり、雨季においても十分に確保され、日照時間も年間を通じて6時間以上が、安定して確保される自然条件にある。

しかし、乾季の1～4月にはサハラ砂漠方面から、ハマターン（Hamattan）と呼ばれる乾燥して塵を多く含んだ北東の風が吹くため、太陽光利用を検討する場合にはソーラー・モジュール上に積もることが想定される。砂埃などによるモジュール表面の汚れは、発電効率を低下させるため、定期的な清掃活動が必要であり、既存の給水施設においてはVWCのペレーターによって清掃されている。

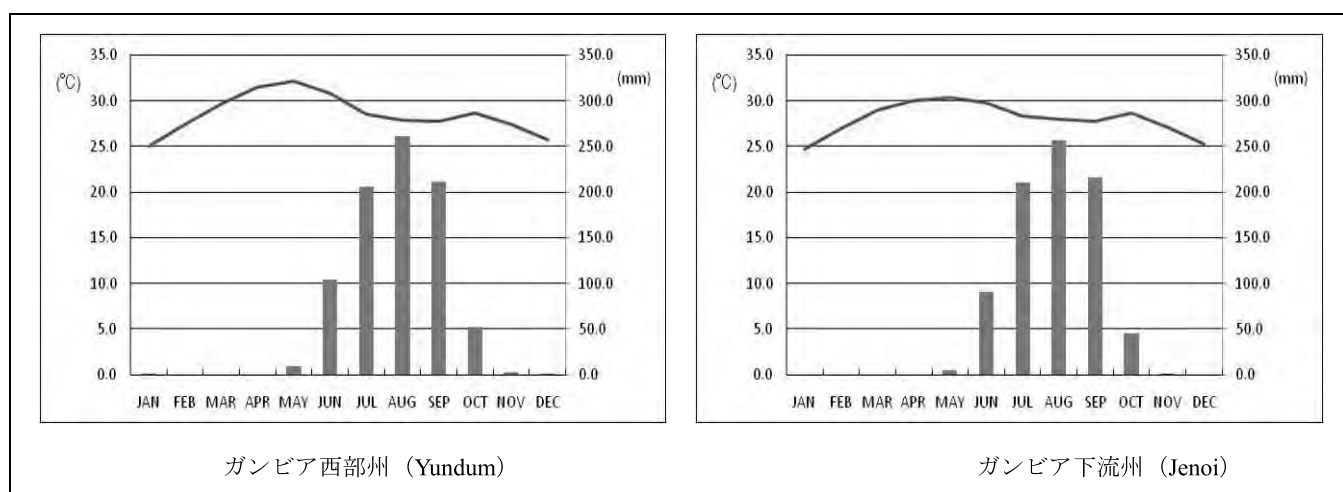


図 2-3 月別平均気温及び降水量（1998-2007）

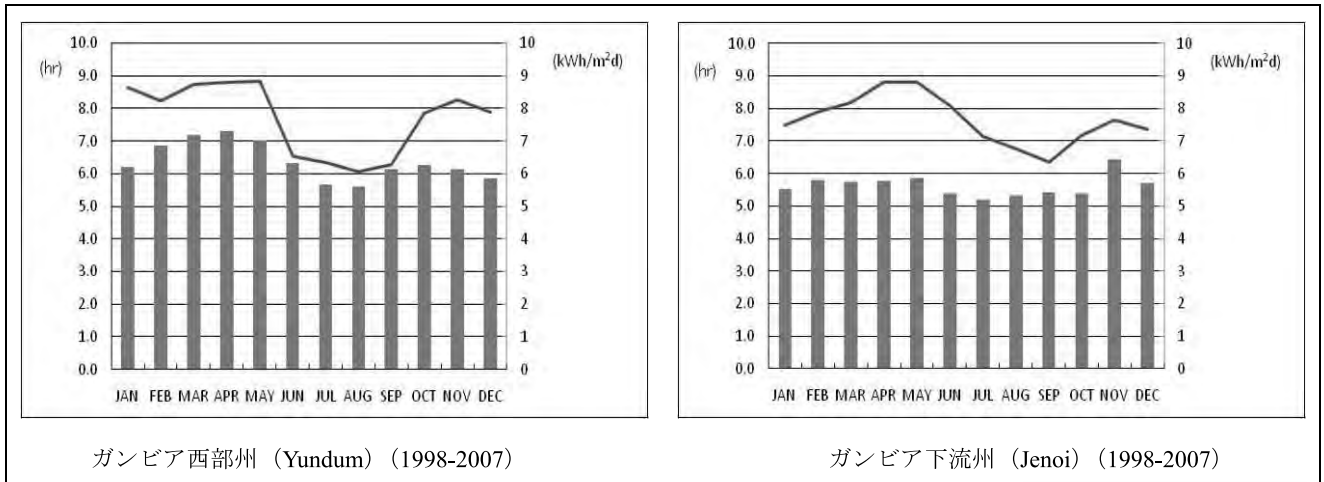
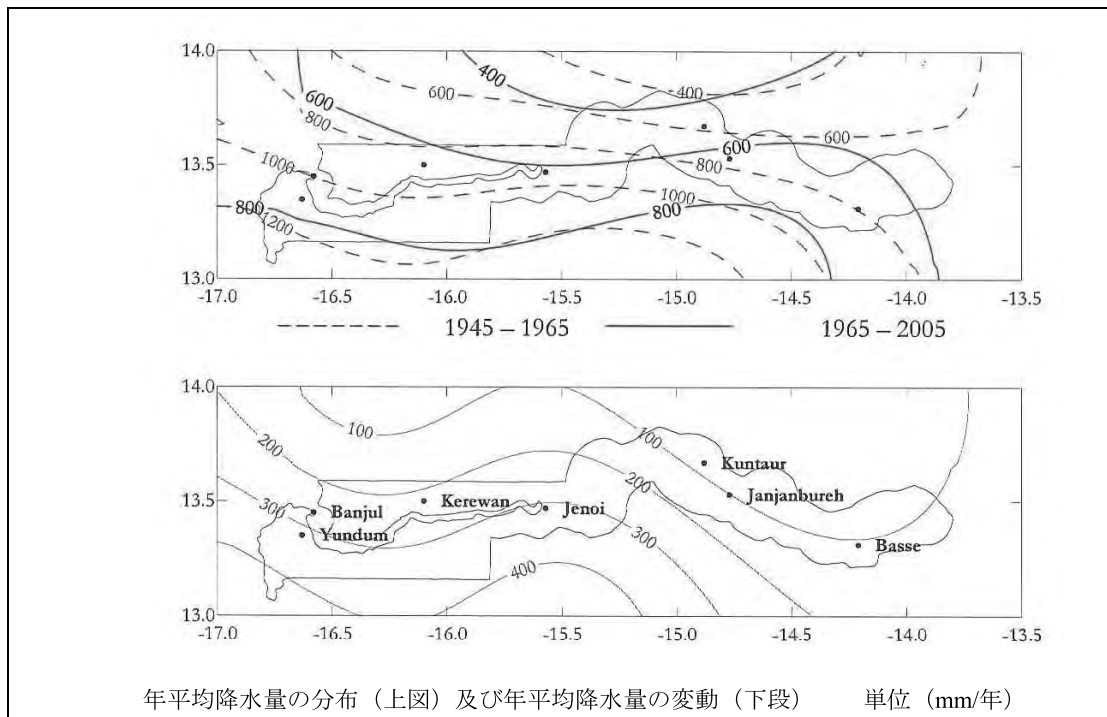


図 2-4 日平均日照時間及び日射量 (1998-2007)

注) 折線：平均日照時間
棒線：平均日射時間

地球規模での気候変動に関連したDWRによる「ガ」国の過去60年間の年平均降水量(1945-2005)の分析結果は、図2-5の通りである。年平均降水量は、初期(1945-1965)の20年間と最近(1965-2005)40年間の分布を区分し、比較対照した解析分布図が作成されている。

「ガ」国の初期20年間の年平均降水量の分布は、図2-5に示す通り、400～1,200 mm/年であったが、最近40年間の年平均降水量の分布は、400～800mm/年となり、年平均降水量の最大値が400mm/年ほど減少している。



年平均降水量の分布 (上図) 及び年平均降水量の変動 (下段) 単位 (mm/年)

図2-5 長期年平均降水量 (1945-1965及び1965-2005)

図2-5では、①1945~1965年の年平均降水量分布（点線）及び②1965~2005年の年平均降水量分布（赤線）を同一図面上に比較し、さらに、①②両期間の降水量の変動差（mm/年）を「ガ」国全体の降水量変動曲線として示した。最近40年間の年平均降水量で地域の変動が最も大きいのは、海岸地域で、400mm/年ほどの降水量が減少している。一方、内陸部では100mm/年程度の減少と変動量が少ない。しかしながら、「ガ」国国土での降水量は、最近の40年間で約30%の実質的な減少であるとのDWRの報告は、もともと降水量の少ない乾燥した地域において、水資源量の更なる減少と地下水涵養量の減少が、砂漠化の進行をより促進する兆候として問題視されている。

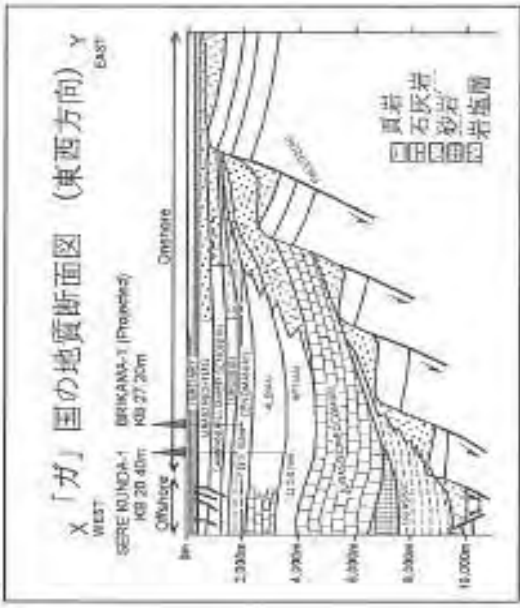
(2) 地質・水理地質

「ガ」国の地質は、セネガル堆積盆の中央部東縁に位置し、国土の大半は標高 50m 以下の平坦な丘陵や台地で、表層はラテライトや風成の細砂が覆っているため、露頭から地質層序を決定することは難しい。しかしながら、周辺部のセネガル国の地質および「ガ」国内の深井戸地質資料等があることから、これらを参考に「ガ」国の地質層序が決定されている。図 2-6 に「ガ」国の地質図を、表 2-3 に地質層序と地下水の賦存状況を示す。

表 2-3 計画対象地域の地質層序と地下水の賦存状況

地質時代		地層名	岩相	深度	地下水賦存	
第四紀	完新世	現世(沖積層)	風成細砂、河成粘土、シルト	3 - 10m	自由～半被圧地下水	△
	更新世	コンチネンタル・ターミナル層 (Continental Terminal)	細粒～中粒砂、シルトと粘土の互層、砂礫、表層はラテライトに覆われている	10 - 70m	半被圧～被圧地下水	○
新第三紀	鮮新世					
	中新世	(Miocene)	灰緑色軟質泥岩、海成細・中砂岩と石灰岩層	70 - 130m	被圧地下水	◎
古第三紀	漸新世	(Oligocene)	石灰岩	130 - 160m	被圧地下水 (亀裂)	×
	始新世	(Eocene)	灰緑色軟質頁岩と砂岩、基底部は硬質となる	160 - 240m	被圧地下水 (亀裂)	×
	暁新世	(Palaeocene)	白墨状石灰岩、暗灰色泥灰岩を挟み東西方向に砂岩層となる	240 - 270m	被圧地下水 (亀裂)	×
中生代	白亜紀 (上部)	マーストリヒチアン (Mestrichtian)	主として細粒～粗粒砂岩層と灰色～黒色頁岩から構成される。部分的にノジュールと褐鉄鉱レンズを挟む	270 - 400m	被圧地下水	◎
		カンパニアン (Campanian)	灰色粘土と泥灰岩を主とし、石灰質砂岩、苦灰岩、褐鉄鉱レンズを挟む	400m 以上	被圧地下水 (亀裂)	×

- ◎ 極めて良好
- 良好
- △ 存在している
- × 乏しい



凡例

- 第四紀
 更新世
 □ 沖積層
 □ 河川堆積物
 □ 海洋成砂
 □ 海成砂層
 更新世
 □ 海成砂層
 □ 鉄質砂層
- 第三紀
 □ ロンチンタル
 ターミナル層

図 2-6 地質図

セネガル堆積盆は、先カンブリア紀の花崗岩や片麻岩、片岩類および古生層を基盤としている。古生代末期から始まった造盆地構造は南北方向の断層で、大西洋の西方向へ階段状に傾斜して中生層、古第三紀層、新第三紀層が厚く堆積している。新第三紀末の鮮新世から第四紀更新世にかけては、コンチネンタル・ターミナルと呼ばれる淡水性の堆積層がある。現在は、その上部に乾燥した地域特有のラテライトや風成の細砂が覆っている。ガンビア川口の石油探査用の試掘井（深度 3,709m）で、白亜紀層の地層が確認され、セネガル堆積盆の堆積層厚は 10,000m 以上と推定されている。

地下水賦存状況については、「ガ」国内全土において、豊富な地下水が存在している。調査結果から想定される計画対象地域における地下水開発対象層は以下のとおりである。

- ① 沖積層の自由地下水(不圧地下水)
- ② コンチネンタル・ターミナルの半被圧地下水
- ③ 中新世の被圧地下水
- ④ 白亜紀の被圧地下水

- ① 沖積層の不圧地下水は堆積物中に植物成分が含まれていること、生活排水や家畜の排泄物等の混入による有機的な汚染の問題があり、適切な帯水層ではない。
- ② 既存井戸の調査結果から、対象地域で現在最も利用されている帯水層は、10～40mのコンチネンタル・ターミナル層の半被圧地下水である。しかし水深が 1m 以下の井戸で、4 月及び 5 月の乾季の最盛期には、枯渇する井戸も多い。また、水質的には、地表よりの人為的汚染の問題があり、既存水源の約 90%以上は一般細菌及び大腸菌に汚染されている。
- ③ 中新世 (Miocene) の被圧地下水は、対象地区に限られた深井戸の水源として利用され、井戸深度は 50～100m 以上である。水量も豊富で一般細菌及び大腸菌にも汚染されていない安全な地下水である。しかし地区によっては鉄イオン濃度が、WHO 飲料水水質ガイドラインの 0.3mg/L 以上となる井戸も見られる。
- ④ 白亜紀の被圧地下水は、隣国のセネガル国では主要帯水層として開発されているが、「ガ」国では例がない。本帯水層は将来の地下水開発層としては有望であるが、本プロジェクトでは深度がより浅く開発の容易な上記③の中新世 (Miocene) の被圧地下水の方が開発対象として望ましい。

我が国の第一次無償及び第二次無償の井戸データの分析結果を表2-4に示す。

表 2-4 北岸州、西部州、下流州、中流州の日本プロジェクトの分析結果

調査対象州	井戸掘削本数	成功井戸数	成功率	井戸深度	揚水量(m ³ /h)		水質問題サイト (mg/L)		静水位
					5以下	5以上	Fe (1以上)	Cl (250以上)	
1. 北岸州	6	6	100%	76 - 93m	0	100%	0%	17%	14 - 25m
2. 西部州	2	2	100%	78 - 86m	0	100%	0%	0%	26 - 27m
3. 下流州	10	8	80%	44 - 101m	0	100%	20%	0%	6 - 24m
4. 中流州	12	12	100%	73 - 102m	0	100%	17%	0%	2 - 21m
対象地域	30	28	93%	44 - 102m	0	100%	5%	3%	2 - 27m

第一次無償掘削井:10井(1992-1994)、第二次無償掘削井:20井(2005-2007)

第一次無償及び第二次無償で利用されている水源は、第三紀中新世の砂礫層を帯水層とした被圧地下水である。井戸深度は44～102m、主要帯水層の深度は25～91m、静水位は2～27mの被圧帯水層で、質量ともに安全かつ安定した水源である。

我が国の無償資金協力により30井の深井戸が建設され、成功井は28井であるため成功率は93%である。失敗井の原因は、水量ではなく水質問題で鉄分が高いことである。技術的には、除鉄装置の導入は可能であるが、「ガ」国では村落住民による維持管理が主体であるため、除鉄装置は導入せず、下流州の第二次無償の2サイトでは、井戸位置の変更と帯水層の深度の変更を行い、安全な地下水を得ている。一方、中流州の第二次無償の2サイトの水質分析で、鉄イオン(1.36～1.50mg/L)が検出されたが、地下水を揚水し高架貯水/配水池内部構造での自然ばっ気処理と配水時の調整を行い、公共水栓では飲料水として許容限度レベルで給水されている。

図2-7は、「ガ」国の地下水位と水質分析資料に基づいた、鉄イオンの高い地下水(3～5mg/L)の存在が予測される地域を示しており、「ガ」国の下流州、中流州そして上流州の南岸においてはかなり広範囲に鉄イオン問題が予測される地域があることが調査によって判明した。

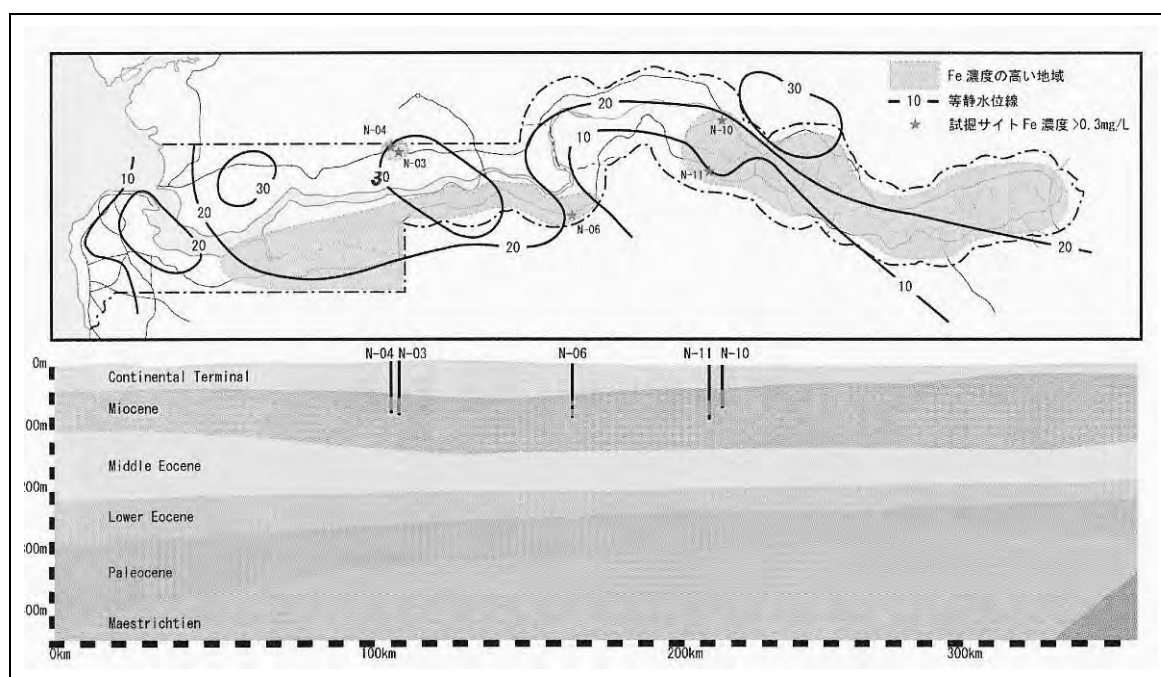


図 2-7 計画対象地域の水理地質断面図と水質（鉄イオン）分布

(3) 自然条件調査の結果

本計画対象地域において、管路系給水施設の計画に係わる水源の確定と地下水ポテンシャルならびに水理地質構造の解明を目的として、自然条件調査（物理探査、試掘調査、水質分析）を実施した。また、配水施設、高架水槽などの構造物の施設設計に係わり地質・地盤調査を再委託で実施した。調査対象村落は、当初要請の30サイトから優先15サイトを選定（第3章 3-2-2 参照）、物理探査と試掘調査を行った。物理探査については、優先15