

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。

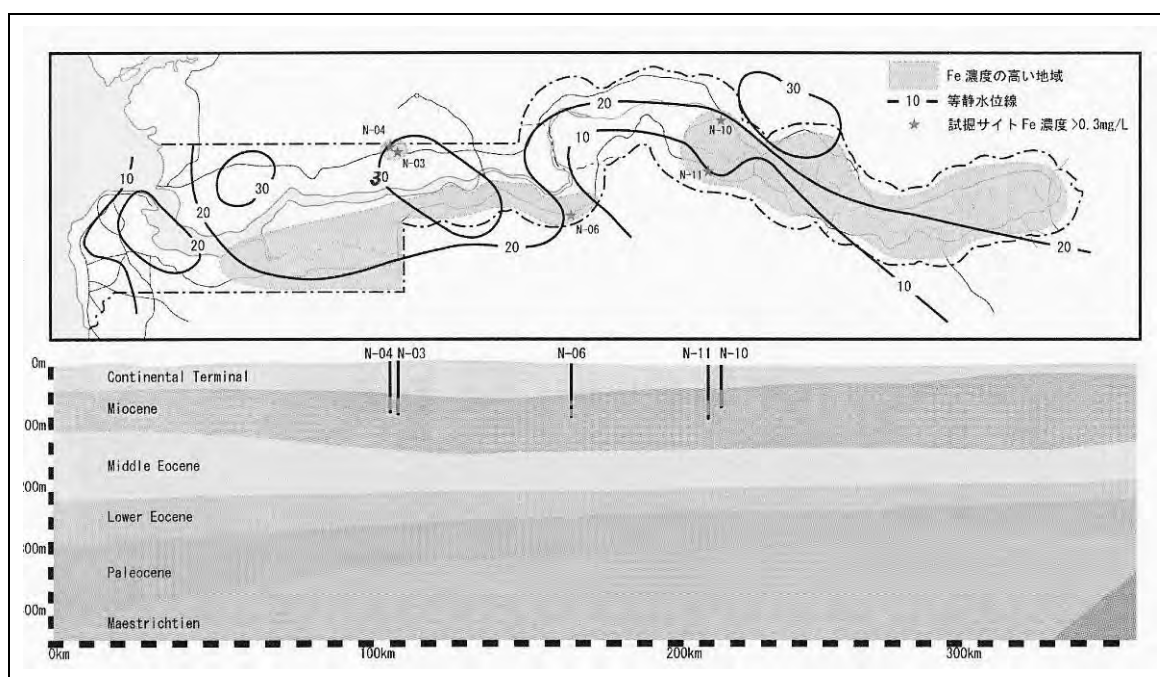


図 2-7 計画対象地域の水理地質断面図と水質（鉄イオン）分布

(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

サイトで試掘井が失敗する場合は想定して、代替 5 サイトを含めた計 20 サイトで実施した。調査結果を以下に記述する。

1) 物理探査

試掘調査に先立ち、井戸位置と井戸深度の判定のため物理探査を実施した。物理探査は、DWR から提案のあった優先 15 サイトのうち他ドナーと重複が判明した 1 サイトを除く 14 サイト及び代替 5 サイトの合計 19 サイトで実施した。調査手法は、①海水遡上などの塩水化の影響の受けやすい 5 サイトは比抵抗二次元探査を、②他の 14 サイトでは垂直探査法による電気探査を探査深度 200m で実施し、試掘地点を選定した。比抵抗二次元探査と垂直探査の仕様は、以下の通りである。

表 2-5 物理探査の仕様

種類	手法	測線・測点数	探査測線長・深度	探査箇所数
比抵抗二次元探査	2 極法	10 測線	310 - 470m (測線長)	5 サイト
垂直探査	ウェンナー法	40 測点	200m (深度)	14 サイト

物理探査時期が乾季の後半であったため、電極の接地抵抗が高く通常の測定時間より多くの時間を要した。電極棒の打ち直し・塩水の散布・電極棒の複数本使用等を行い良好なデータを得ることに勤めた。下図 2-8 に調査地点 N-07 の比抵抗二次元探査結果を示す。

ガンビア川に近接したサイトで図 2-8 の比抵抗二次元探査結果の断面図に示した青色の地層は、低比抵抗層(20-40 Ω-m 程度)で、塩水化ではなく粘土・シルト層と判定され、褐色から赤色部分は高比抵抗層(300 Ω-m 以上)を示し、第四紀～第三紀の堆積岩地帯であるため多くの地下水は期待できない。帯水層が期待できるのは、青色～緑色系の中比抵抗層(50-150 Ω-m 前後)である。また、比抵抗二次元探査の結果、計画対象サイトでの地下水の塩水化の問題はないことが判明した。

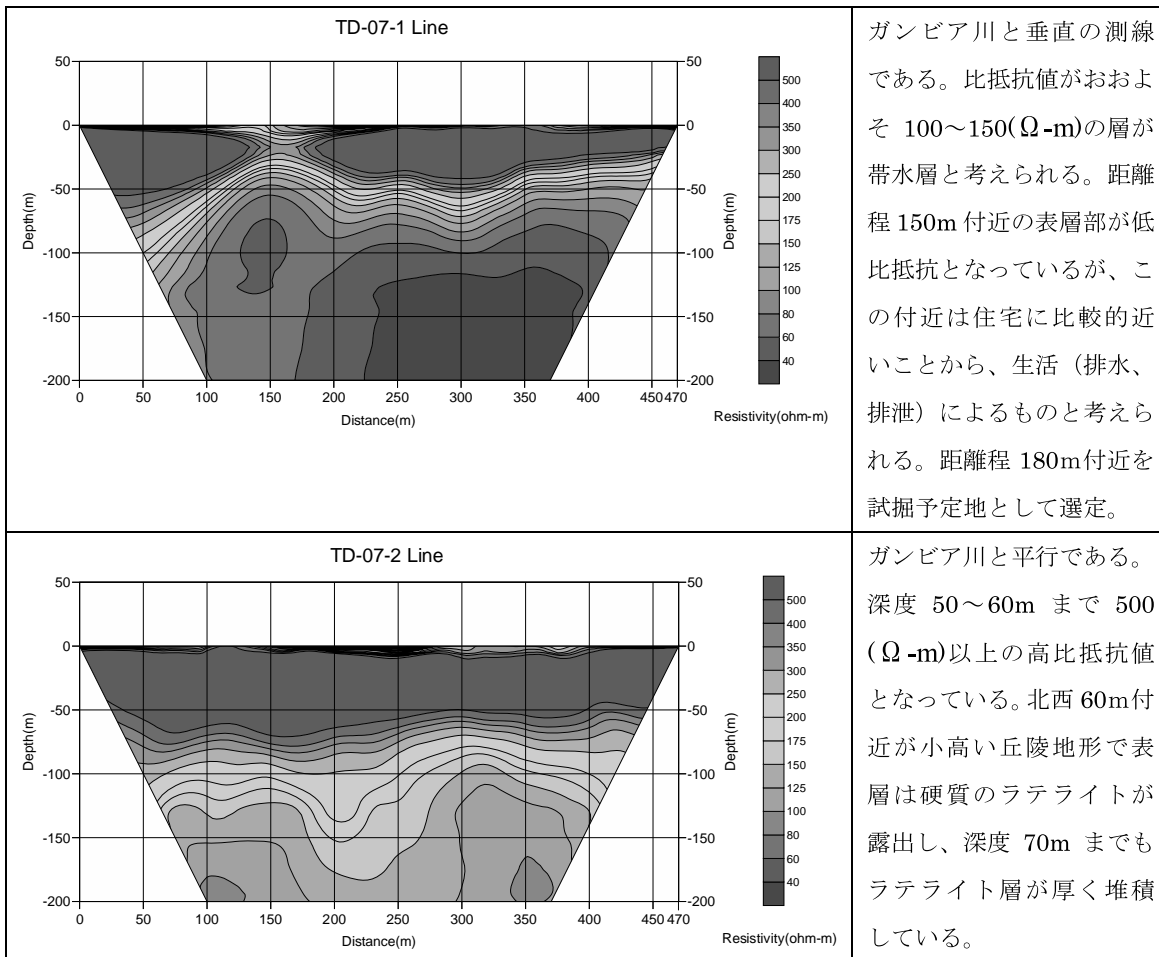


図 2-8 比抵抗二次元探索結果例 (N-07)

図 2-9 に調査地点 N-08 Jimbala Complex (中流州北岸)の垂直探索の結果を示す。

調査対象サイトでは、一般的に 3 地点の電気探索の測定を実施して、試掘調査の最適地点の選定を行ってきた。図 2-9 に示す通り、計測深度と地下の見かけ比抵抗の関係を両対数グラフ ρ -a 曲線に示している。解析では両計測地点ともに、深度 40~80m 間に帯水層が予測される。VES 08-3 測定地点の南約 200m に既存深井戸(深度 76m)が存在するため、地形等を考慮して VES 08-1 を試掘予定地点に選定した。

表 2-6 にサイト別電気探索(垂直探索)の解析結果を取りまとめ、その他関連サイトのデータ類は資料編 7-5 に添付する。

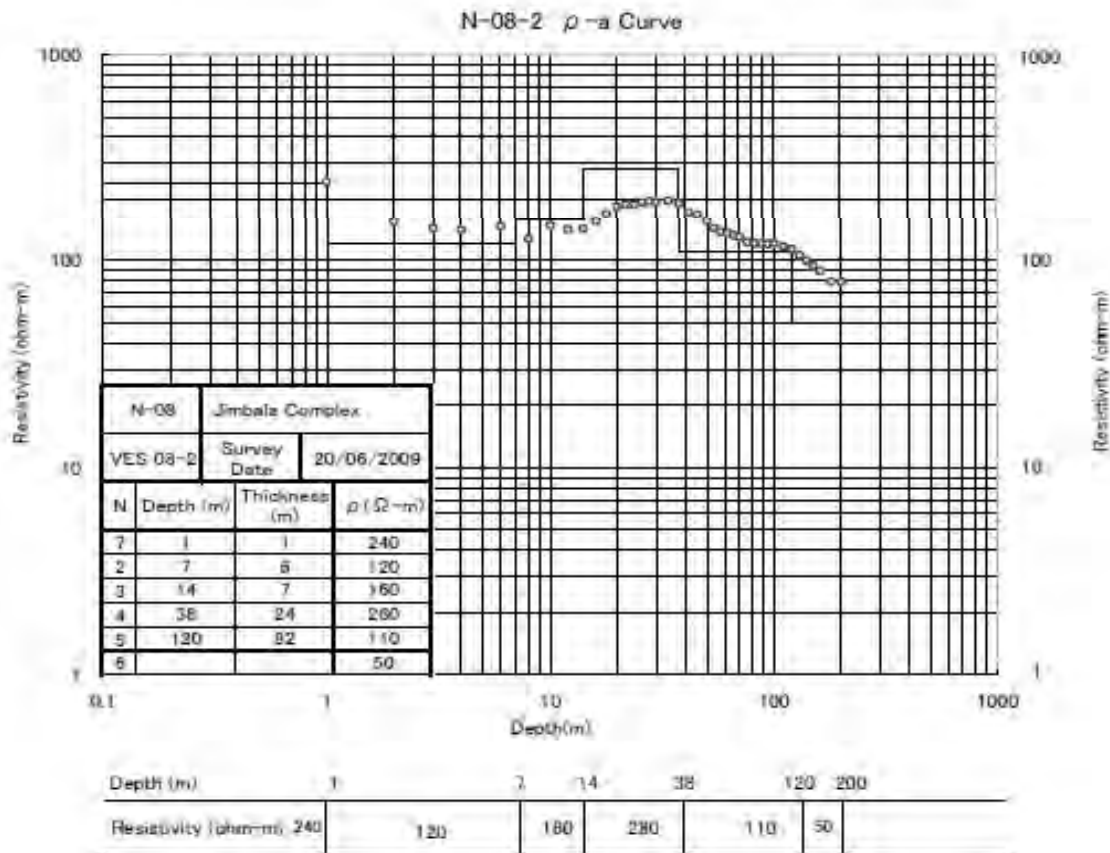
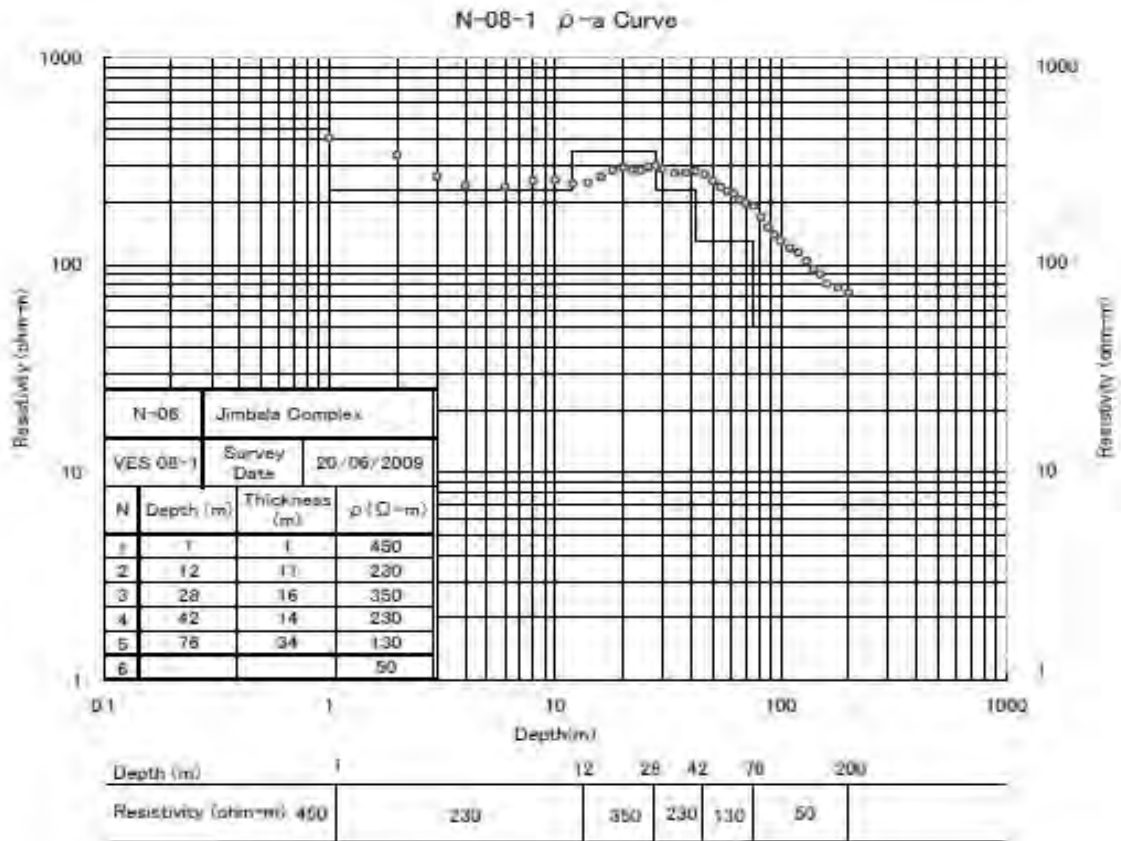


图 2-9 垂直探查结果例 (N-08)

表 2-6 サイト別電気探査(垂直探査)結果の解析

No.	調査結果
N-01	測点 VES 01-2 は帯水層と予想される深度が 40~54m 深く薄い。一方、測点 VES 01-1 と VES 01-3 は帯水層深度が 30~50m で砂層と解析される。給水区域と地形を考慮し、VES 01-1 を試掘地点に選定した。
N-04	測点 VES 4-2 及び VES 4-3 は深度 54m より下部は、低比抵抗層（粘土層）であるため、砂層が厚いと判定される測点 VES 04-1（82m より下部は低比抵抗の粘土層）を試掘地点に選定した。
N-05	測点 VES 05-2 は帯水層の判定が困難。測点 VES 05-1 と VES 05-3 を比較検討し、地形と給水区域の関係から測点 VES 05-1 を試掘予定地点に選定した。
N-06	測点の 3 地点ともに深度 40~80m に良好な帯水層が予測され、地形と給水区域を考慮し、測点 VES 6-1 を試掘地点に選定した。
N-08	測点 3 地点ともに深度 40~80m に帯水層が予測された。しかし、測点 VES 08-3 の南約 200m に既存深井戸(深度 76m)が存在するため、影響圏を考慮し、測点 VES 08-1 を試掘予定地点に選定した。
N-09	測点 3 地点ともに深度 70~80m で深は粘土層と考えられる低比抵抗層が存在するが、その上部に良好な帯水層が存在する。地形と給水区域を考慮し、測点 VES 09-2 を試掘予定地点に選定した。
N-11	測点 VES 11-1 は深度 70m まで、厚い粘土層である。測点 VES 11-2 は深度 50m より砂質の帯水層と判断される。一方、測点 VES 11-3 は、深度 30~70m の砂層が帯水層と判断されるため、測点 VES 11-3 を試掘地点に選定した。
N-12	測点 3 地点ともに比抵抗値が深部ほど高くなる傾向を示す。上部は粘土質であるが、下部には砂礫層が堆積していると判断される。測点 VES12-1 は低比抵抗層（粘土層）が深度 80m まで、測点 VES 12-2 は低比抵抗層（粘土層）が深度 60m まで、測点 VES 12-3 は深度 70m まで粘土層が予測されるため、測点 VES 12-2 を試掘地点に選定した。
N-15	比抵抗値の低い粘土層が、測点 VES 15-1 は深度 76m より、測点 VES15-2 は深度 50m より、そして測点 VES 15-3 では深度 50m と計測されるため、砂層が最も厚いと判断される測点 VES 15-1 を試掘地点に選定した。
N-16	給水区域の制約から、計測は 2 地点となった。表層が硬質のラテライトのため、大きな比抵抗値を示している。測点 VES 16-2 は帯水層が不明瞭なシルト質砂層と判定されるため、測点 VES 16-1 を試掘地点に選定した。
N-17	測点 3 地点ともおよそ深度 50~90m に帯水層が存在する。地形と給水区域を考慮し、測点 VES 17-2 を試掘地点に選定した。
N-18	測点 VES 18-3 は帯水層がシルト質と判定される。測点 VES 18-1 と VES18-2 は深度 50~80m に砂質の帯水層が存在する。地形と給水区域を考慮し、測点 VES 18-1 を試掘地点に選定した。
N-19	測点 3 地点ともに深度 30m より粘土層と判定される低比抵抗層が存在する。砂層は薄く、深度 100m 以深には良好な帯水層が存在する。地形と給水区域を考慮し、測点 VES 19-1 を試掘地点に選定した。
N-20	対象サイトの地形的制約から 2 地点で測定を行なった。両地点ともに深度 40~70m に良好な帯水層が存在する。地形と給水区域を考慮して測点 VES 20-1 を試掘地点に選定した。

2) 試掘調査

a) 調査方法

物理探査に基づき、試掘調査を実施した。試掘調査に当たっては、「ガ」の現地掘削企業および同国での経験を有する周辺第三国(セネガル国業者)の参加も可能とする競争入札を新聞公示し、「ガ」国の最適な企業を選定し実施した。

井戸の仕様は以下の表 2-7 の通りで、調査期間約 2 ヶ月間で試掘井 14 井を掘削した。なお、当初の計画は 15 井の試掘調査であったが、最終 15 番目の試掘井戸 N-08 については、雨季とラマダンにより継続が不可能となったため、試掘を打ち切った。

表 2-7 試掘井戸の調査仕様

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">① 井戸掘削口径：φ10 インチ、平均掘削深度：100m② サーフェス・ケーシング上部掘削口径：φ14 インチ③ スクリーン・ケーシング口径：φ6 インチ PVC 製④ 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砂利充填⑤ 井戸洗浄⑥ 上部の遮水とセメンティング⑦ 揚水試験（段階揚水試験、定水量試験、回復試験）⑧ 水質分析（WHO 飲料水水質ガイドライン準拠）⑨ 住民代表による飲料水水質評価 |
|---|

b) 水量

試掘井の水量評価については、「ガ」国の動力ポンプを導入する場合の基準水量 5m³/時以上を成功とした。試掘調査 14 井では量的に問題のあるサイトはない。水量評価の手順としては、下記に示す通り、井戸掘削後、帯水層評価を目的として地質層序の検層を行い、帯水層震度を判定してスクリーン位置を含む井戸構造を決定した。さらに、地下水ポテンシャル検討のために揚水試験（段階、連続及び回復試験）を実施し、適正揚水量及び水理地質常数を判定した。図 2-10～12 に評価事例を示す。

Borehole Logging Results

date : 10/08/2009

Bor No.	N-10	Community	Kuntaur Fula Kunda, Jakaba	Contracter	FMK Drilling Co.,Ltd
---------	------	-----------	----------------------------	------------	----------------------

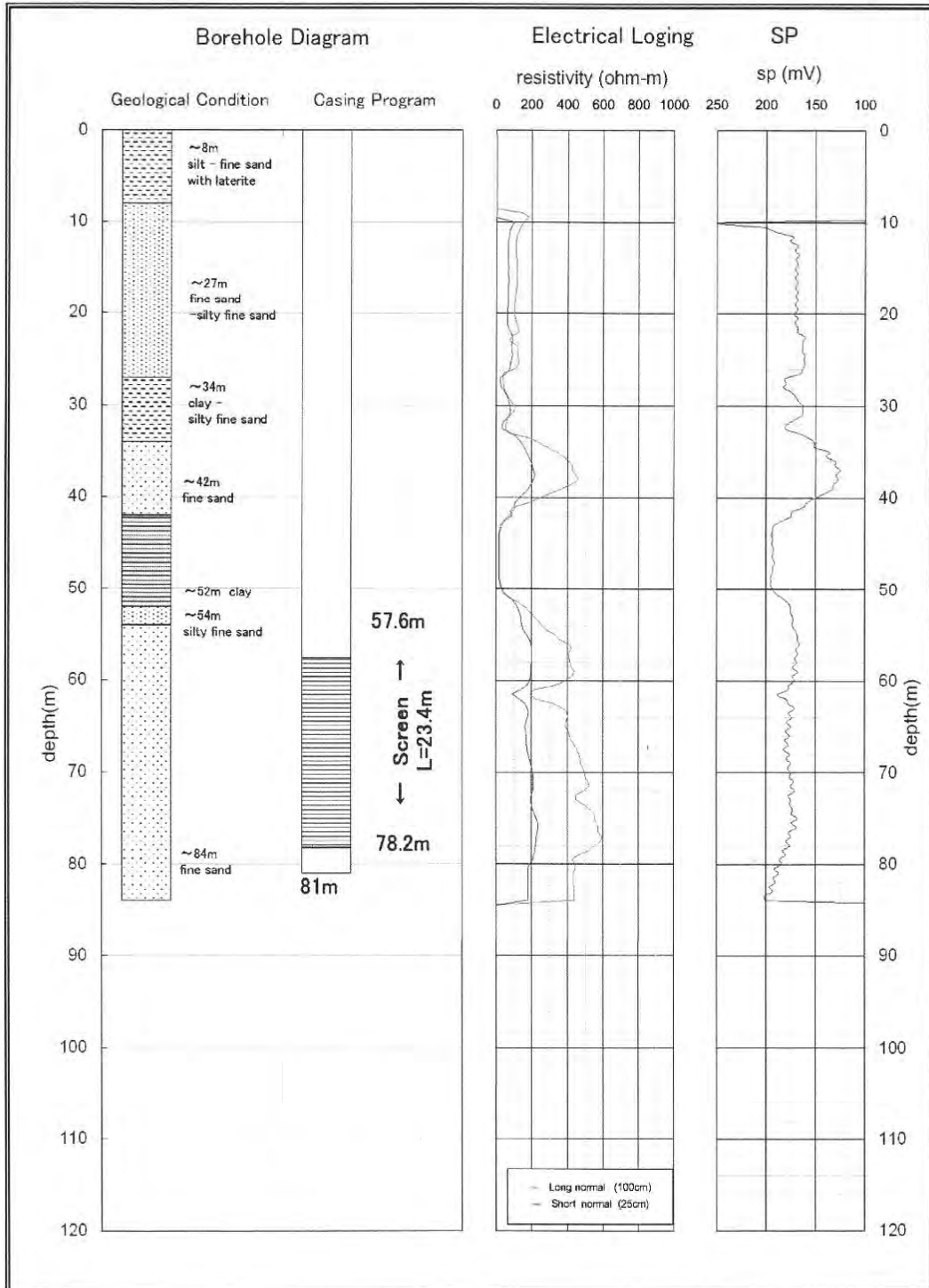


図 2-10 孔内検層結果による地質層序、井戸構造の判定例 (N-10)

Step Draw Down Pumping Test Results

Date **24/07/09 - 25/07-09**

Casing Depth(m)	80
Screen Position (m-m)	53.8-77.2
Static Water Level (m)	22.34

Borehole No.	N-15
Community	Maka, Njie Kunda
Contractor	FMK Drilling Co.,Ltd
Submersible Pump	Model: SP30-6
Riser Main	Material: Polyted Tube 3in Depth: 49 m

Record of Step Draw Down Test

Step	Duration (min)	Q		Draw Down: s(m)	Q/s (L/s/m)	Cleanliness	Measurement of Water Quality			Remarks
		(L/s)	(m ³ /hr)				Ec (µs/cm)	pH	Temp	
1	360	2.78	10.0	0.72	3.9	Clean	149.1	6.20	32.1	
2	360	4.23	15.2	1.05	4.0	Clean	146.0	6.25	32.1	
3	360	5.64	20.3	1.37	4.1	Clean	145.6	6.13	31.8	
4	360	7.09	25.5	1.64	4.3	Clean	143.0	6.23	31.8	
5	360	8.46	30.5	1.90	4.5	Clean	141.4	6.22	31.5	

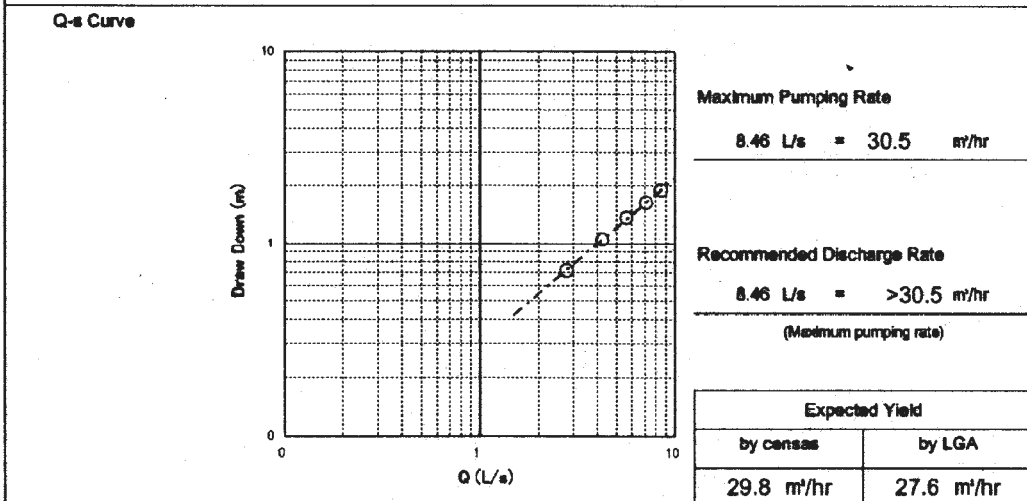
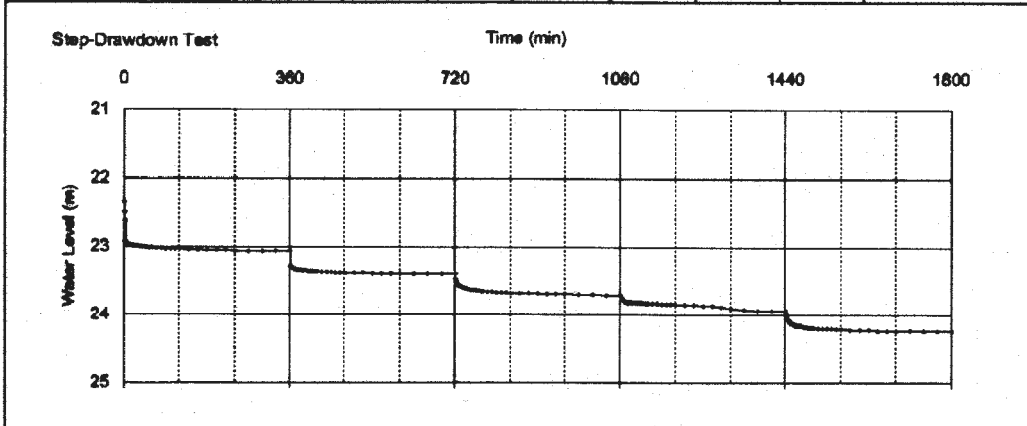
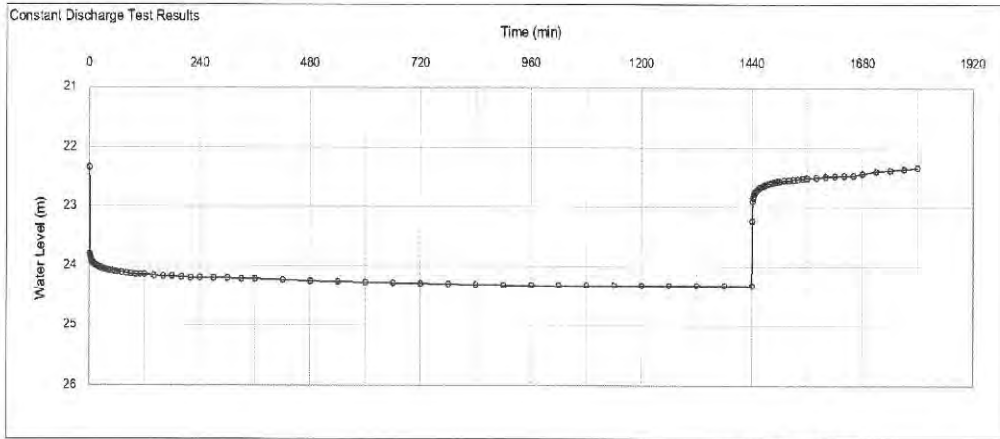


図 2-11 段階揚水 (5 段階各 6 時間揚水) 試験結果及び適正揚水量の検討例 (N-15)

Constant Discharge Test & Recovery Test Results

Borehole No.	N-15	Community	Maka, Njie Kunda	Division	Central River Region	Date	26-27/07/09
Casing Depth(m)	80	Screen Position (m-m)	53.8-77.2	Static Water Level (m)	22.34	Dynamic Water Level(m)	24.32
Pumping Rate	8.5 L/s = 30.5 m ³ /hr	Expected Yield	by census 29.8 m ³ /hr by LGA 27.6 m ³ /hr	Q/s	4.3 L/s/m = 15.4 m ³ /hr/m	Contractor	FMK Drilling Co.,Ltd

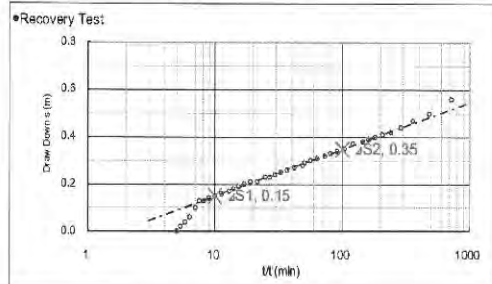
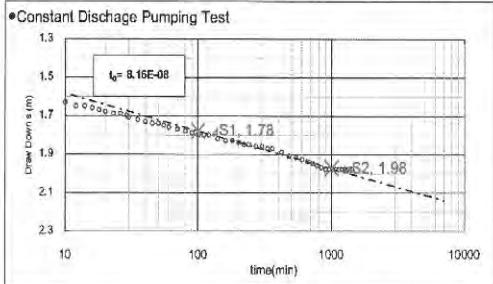


Measurement of Water Quality

Time (min)	Ec (µs/cm)	pH	temp (°)
1170	9.5	6.18	29.6

Analysis Results of Constant Discharge Pumping Test & Recovery Test

Borehole No.	N-15	Community	Maka, Njie Kunda	Contractor	FMK Drilling Co.,Ltd	Date	26-27/07/09
--------------	------	-----------	------------------	------------	----------------------	------	-------------



●Analysis Results of Constant Discharge Pumping Test

Q: Pumping Rate	30.5 m ³ /hr = 0.51 m ³ /min	L: Screen Length	23.4m
s: s ₁ -s ₂	0.20 m	s ₁ : 1.78	s ₂ : 1.98
		t ₁ : 100	t ₂ : 1000
		t ₀ : t ₂ -s=0	5.2E-08min
		r ² :	6m
			0.006 (m)

Jacob's Method

$$T = \frac{0.183Q(m^3/min)}{s(m)} = \frac{0.09}{0.20} = 4.76 \cdot E-01 = 7.93 \cdot E-03 \text{ (m/s)}$$

$$K = \frac{T(m/s)}{L(m)} = \frac{7.9E-03}{23.4} = 3.39 \cdot E-04 = 3.39 \cdot E-02 \text{ (cm/s)}$$

$$S_w = \frac{2.25T_0}{r^2(m)} = \frac{8.7E-08}{0.006} = 1.50 \cdot E-05$$

●Analysis Results of Recovery Test

Q: Pumping Rate	30.5 m ³ /hr = 0.51 m ³ /min	L: Screen Length	23.4m
s: s ₁ -s ₂	0.20 m	s ₁ : 0.15	s ₂ : 0.35
		t ₁ : 10	t ₂ : 100
		r ² :	6m
			0.006 (m)

Jacob's Method (Recovery)

$$T = \frac{0.183Q(m^3/min)}{s(m)} = \frac{0.09}{0.20} = 4.68 \cdot E-01 = 7.80 \cdot E-03 \text{ (m/s)}$$

$$K = \frac{T(m/s)}{L(m)} = \frac{7.8E-03}{23.4} = 3.33 \cdot E-04 = 3.33 \cdot E-02 \text{ (cm/s)}$$

図 2-12 連続揚水 (24 時間) ・回復試験結果及び水理常数の検討例 (N-15)

c) 水質

水質については WHO 飲料水水質ガイドラインに基づき評価するため、「ガ」国の公的な水質分析機関、DWR 水質分析室で実施した。同時に村落住民の代表 10 名による飲料水の「味」に係る合意形成を現場で実施した。村落住民による判定では、試掘 14 サイト全てにおいて受け入れの合意が得られたが、WHO 飲料水水質ガイドラインに沿った水質分析の結果では、3 サイトで鉄イオン濃度が 0.3mg/L 以上と高い結果となった。DWR との協議の結果、プロジェクトの生産井として採用するのは 11 サイトとし、鉄分の多い 3 サイトは飲料水供給施設の水源としては採用しない判定とした。

表 2-8 WHO 飲料水水質ガイドライン 単位(mg/L)

	水質項目	WHO		水質項目	WHO
1	TDS	1,000	2	濁度	-
3	M-アルカリ度	-	4	ヒ素 (As)	0.01
5	ナトリウム (Na)	200	6	カリウム (K)	-
7	マグネシウム (Mg)	0	8	カルシウム(Ca)	-
9	鉄 (Fe)	0.3	10	アンモニア	1.5
11	マンガン(Mn)	0.1	12	銅-	1
13	塩化物	250	14	硫酸塩	250
15	硝酸塩	50	16	亜硝酸塩	3
7	フッ素	1.5	18	COD	-
19	大腸菌群	0/100mL	20	電気伝導度	-

d) 総合評価

試掘調査では飲料水として水質水量ともに安全な水源を選定した。調査結果として、水量的には基準量 5m³/時以上が全 14 サイトで確保された。しかし WHO 飲料水水質ガイドラインの水質分析 21 項目では、3 サイトで高濃度の鉄イオンが検出されたため、成功井は 14 井中 11 井で成功率 78.6%である。但し、村落住民の要望により、水質問題で不採用とした 3 井は飲料水以外の多目的井戸としての利用が見込めることから、DWR の責任において、村落住民が有効利用することになった。

下表 2-9 に試掘 14 井の給水計画の水源としての地下水ポテンシャルと計画給水量、揚水量を評価し、表 2-10 に水理地質結果の詳細と表 2-11 に水質分析結果を示す。

表 2-9 地下水ポテンシャルと計画給水量、揚水量の評価

No.	掘削深度(m)	井戸深度 (m)	静水位 (m)	揚水水位 (m)	比湧出量 (m ³ /h/m)	地下水ポテンシャル (m ³ /h)	計画給水量 (m ³ /日)	揚水量 (m ³ /h)	運転時間 (hr/日)
N-1	63	53	23.6	30.3	3.65	36.5	102	17.0	6
N-3	87	82.5	12.5	13.2	26.9	269	-*	-	-
N-4	81	79	27.7	28.3	25.8	258	56	9.3	6
N-5	77	75.8	39.2	42.2	7.04	70	78	13.0	6
N-6	87	86.2	19.6	22.7	9.81	98	-*	-	-
N-7	81	79	20.6	21.4	19.41	194	155	25.8	6
N-9	90	82	25.2	45.3	0.4	15	64	10.7	6
N-10	84	81	10.7	12.5	18.4	184	-*	-	-
N-11	75	71.8	9.5	10.5	33.4	334	227	37.8	6
N-12	78	74.6	7.3	8.9	19.6	196	67	11.2	6
N-13	87	86	13.5	17.4	7.88	79	90	15	6
N-14	72	70	9.2	12.0	10.9	109	56	9.3	6
N-15	84	80	22.3	24.3	15.4	154	199	33.2	6
N-16	84	83	13.0	15.4	14.0	140	72	12	6

*鉄分濃度が高いため、計画せず

表 2-10 試掘調査の水理地質評価

No.	建設年	井戸口径 (mm)	掘削深度 (m)	井戸深度 (m)	揚水量 (m ³ /hr)	静水位 (m)	揚水水位 (m)	水位降下 (m)	比湧出量 (m ³ /hr/m)	帯水層	帯水層 深度(m)
N-1	2009	152	63.00	53.00	24.7	23.58	30.34	6.76	3.65	砂・シルト	33 - 51
N-3	2009	152	87.00	82.50	18.8	12.52	13.22	0.70	26.86	細砂	60 - 80
N-4	2009	152	81.00	79.00	15.2	27.73	28.32	0.59	25.78	砂	54 - 76
N-5	2009	152	77.00	75.80	21.4	39.20	42.24	3.04	7.04	細砂	58 - 69
N-6	2009	152	87.00	86.15	30.5	19.59	22.70	3.11	9.81	細砂	60 - 85
N-7	2009	152	81.00	79.00	16.5	20.55	21.40	0.85	19.41	細砂	60 - 76
N-9	2009	152	90.00	82.00	8.0	25.17	45.34	20.17	0.40	砂・シルト	62 - 79
N-10	2009	152	84.00	81.00	34.4	10.65	12.52	1.87	18.40	細砂	57 - 78
N-11	2009	152	75.00	71.75	34.4	9.49	10.52	1.03	33.40	細砂	43 - 69
N-12	2009	152	78.00	74.60	30.5	7.34	8.90	1.56	19.55	砂	57 - 72
N-13	2009	152	87.00	86.00	30.5	13.5	17.37	3.87	7.88	細砂	60 - 84
N-14	2009	152	72.00	69.55	30.5	9.21	12.0	2.79	10.93	細砂	43 - 67
N-15	2009	152	84.00	80.00	30.5	22.34	24.32	1.98	15.4	砂	53 - 77
N-16	2009	152	84.00	83.00	34.4	12.98	15.43	2.45	14.04	細砂	60 - 80
R-01	1993	152	92.00	(92.00)	15.6	9.93	13.94	4.01	3.89	砂	40 - 60
R-02	1987	152	56.00	(52.60)	6.2	7.30	8.40	1.10	5.60	礫	45 - 55
R-03	1993	152	101.00	(101.00)	18.0	18.83	20.99	2.69	6.69	砂礫	68 - 92

表 2-11 試掘調査の水質分析結果

Parameter	WHO Guideline Values	N-01 N-03 N-04 N-05 N-06 N-07 N-08 N-09 N-10 N-11 N-12 N-13 N-14 N-15 N-16 R-01 R-02 R-03																	
		29.8 <5 5.24 5.76 53.2 22.60 0.0 Absset Normal Normal	31.5 <5 5.76 6.11 331.0 139.00 0.1 Absset Normal Normal	30.9 <5 4.60 5.09 48.3 20.00 0.0 Absset Normal Normal	31.2 <5 4.73 5.11 29.6 12.00 0.0 Absset Normal Normal	31.3 <5 5.27 5.89 86.0 35.90 0.0 Absset Normal Normal	30.8 <5 5.15 5.92 125.6 52.70 0.0 Absset Normal Normal	Project Project Project Project Project Project	33.5 <5 5.89 6.29 129.7 52.10 0.0 Absset Normal Normal	29 <5 4.55 5.52 65.8 28.50 0.0 Absset Normal Normal	30.6 <5 4.17 5.47 44.4 18.50 0.0 Absset Normal Normal	30.5 <5 4.52 5.53 24.0 9.70 0.0 Absset Normal Normal	31.4 <5 4.93 5.22 117.7 49.20 0.0 Absset Normal Normal	31.7 <5 5.16 5.33 59.1 24.40 0.0 Absset Normal Normal	30.8 <5 5.08 5.29 165.5 68.50 0.0 Absset Normal Normal	32.5 <5 6.06 6.23 50.8 20 0 Absset Normal Normal	Project Project Project Project Project Project	31.6 <5 5.14 5.76 83.6 34.6 0 Absset Normal Normal	Project Project Project Project Project Project
Temperature (°)	Acceptable	29.8	31.5	30.9	31.2	31.3	30.8	Project	33.5	29	30.6	30.5	31.4	31.7	30.8	32.5	Project	31.6	Project
Turbidity (NTU)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	Project	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	Project	<5	Project
pH	6.5 - 8.5	5.24	5.76	4.60	4.73	5.27	5.15	Project	5.89	4.55	4.17	4.52	4.93	5.16	5.08	6.06	Project	5.14	Project
A.pH	6.5 - 8.5	5.76	6.11	5.09	5.11	5.89	5.92	Project	6.29	5.52	5.47	5.53	5.22	5.33	5.29	6.23	Project	5.76	Project
Ec (µs/cm)	1300	53.2	331.0	48.3	29.6	86.0	125.6	Project	129.7	65.8	44.4	24.0	117.7	59.1	165.5	50.8	Project	83.6	Project
TDS (mg/l)	1000	22.60	139.00	20.00	12.00	35.90	52.70	Project	52.10	28.50	18.50	9.70	49.20	24.40	68.50	20	Project	34.6	Project
Salinity (promite)	NS	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	Project	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	Project	0	Project
Colour	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Project	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Absset	Project	Absset	Project
Odor	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Project	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Project	Normal	Project
Taste	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Project	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Project	Normal	Project
Suspended Solids (mg S.S./l)	NS	1.0	40.0	3.0	1.0	3.0	0.0	Project	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2	Project	3	Project
Phosphate (mg PO ₄ ³⁻ /l)	NS	0.70	0.45	0.24	0.00	0.00	0.25	Project	0.17	0.15	0.00	0.00	0.25	0.16	0.00	0.1	Project	0.17	Project
Nitrate (mg NO ₃ ⁻ /l)	10	0.5	1	0.9	0.1	0.2	3.8	Project	0.2	0.2	0.2	0.3	0.9	0.9	0.6	0.4	Project	1.2	Project
Nitrate (mg NO ₂ ⁻ /l)	0.03	0.000	0.030	0.001	0.000	0.004	0.005	Project	0.006	0.003	0.002	0.004	0.000	0.015	0.000	0.005	Project	0.009	Project
Total Iron (mg Fe ²⁺ /l)	0.3	0.00	5.28	0.62	0.01	3.00	0.27	Project	0.21	1.84	0.77	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	Project	1.63	Project
Sodium (mg Na ⁺ /l)	150	5.0	19.2	3.0	1.0	3.0	4.0	Project	3.0	2.0	1.0	0.0	2.0	1.0	2.0	1	Project	8	Project
Chloride (mg Cl ⁻ /l)	250	4.0	21.1	6.2	3.3	7.8	63.8	Project	4.8	2.9	3.1	1.4	14.0	4.3	3.8	2.9	Project	48	Project
Alkalinity (mg CaCO ₃ /l)	>20	9.5	15.5	12.0	6.9	20.7	17.2	Project	42.2	16.4	11.2	6.9	15.5	10.3	48.2	16.4	Project	16.3	Project
FreeCarbonDioxide (mg CO ₂ /l)	NS	109.0	53.0	602.0	256.0	109.0	243.0	Project	108.0	924.0	1514.0	416.0	364.0	142.5	801.6	28	Project	236	Project
Hardness (mg CaCO ₃ /l)	200	21.5	294.0	18.6	9.8	130.0	63.8	Project	77.0	31.4	117.7	9.8	47.1	27.5	119.7	20.9	Project	215.8	Project
Calcium (mg Ca ²⁺ /l)	200	6.3	60.0	4.7	2.8	13.0	23.6	Project	22.1	9.8	5.5	3.1	12.6	9.0	31.9	6.5	Project	47.2	Project
Magnesium (mg Mg ²⁺ /l)	150	1.4	34.1	1.7	0.7	15.5	1.2	Project	5.3	1.7	25.3	0.5	3.8	1.2	9.8	1.2	Project	23.8	Project
Fluoride (mg F ⁻ /l)	1.5	0.28	0.13	0.20	0.29	0.42	0.70	Project	0.24	0.22	0.18	0.06	0.54	0.18	0.03	0.01	Project	0.3	Project
Sulfate (mg SO ₄ ²⁻ /l)	250	1.0	6.0	2.0	1.0	6.0	6.0	Project	2.0	2.0	3.0	1.0	3.0	2.0	3.0	1	Project	3	Project
Manganese (mg Mn ²⁺ /l)	0.5	0.1	1.70	0.4	0.1	0.45	0.0	Project	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.03	Project	0.3	Project
Potassium (mg K ⁺ /l)	150	0.8	3.4	0.7	0.2	3.3	0.5	Project	4.6	3.7	3.1	0.9	2.3	0.5	0.8	1	Project	1.3	Project
Copper (mg Cu ²⁺ /l)	1.0	0.10	0.83	0.15	0.00	0.08	0.33	Project	0.00	0.00	0.09	0.05	0.00	0.00	0.10	0.21	Project	0.14	Project
Ammonia (mg NH ₄ ⁺ /l)	0.5	0.00	0.65	0.00	0.06	0.20	0.07	Project	0.08	0.06	0.01	0.06	0.07	0.00	0.15	0.26	Project	0.06	Project
Faecal Coliform (No./100ml)	nil	0	0	0	0	0	0	Project	0	0	0	0	0	0	0	0	Project	0	Project
Total Coliform (No./100ml)	nil	0	0	0	0	0	0	Project	0	0	0	0	0	0	0	0	Project	0	Project
Sanitary Survey	clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Project	Clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Clean	Project	Clean	Project

3) 地盤調査

地盤調査は、貯水/配水池建設の候補地点で地下の地質・土質状況を分析するために実施した。調査サイトは、試掘調査により成功井と判定されたサイトに限定し、高架水槽の安全設計に必要な地盤情報を得るために、ボーリング調査による現位置試験および地質サンプルの室内土質試験を行った。試験項目とその目的を下表 2-12 に示すと共に、試験結果と検討結果を第 3 章及び資料編に添付する。

表 2-12 地盤調査試験項目とその内容

試験項目	目的	得られる情報
標準貫入試験	基礎地盤の地耐力の確認、基礎深度の検討、基礎形式の検討	強度 各種支持力
粒度試験	粒度による土の分類、材料としての土の規定	粒径加積曲線 有効径 均等係数
液性限界試験	コンシステンシー限界による土の分類	液性限界 流動指数
塑性限界試験	自然状態の粘性土の安定性の判定	コンシステンシー指数 液性指数
密度試験	土の状態を表す諸定数の算定	湿潤密度 乾燥密度
含水量試験	土の基本的性質の計算、含水比	含水比
比重試験	土の基本的性質の計算	土粒子の比重 間隙比 飽和度
せん断試験	土の支持力、安定性の計算	粘着力 せん断抵抗角
一軸圧縮試験	土の支持力、安定性の計算、地盤改良における改良率の検討	一軸圧縮強度 粘着力 鋭敏比
pH 試験	安定処理剤の適否、構造物の腐食性の判定	pH
硫酸塩含有量試験	ソイルセメントの適用性、構造物の腐食性の検討	硫酸塩含有量

地盤調査は、標準貫入試験とボーリングによりサンプル採取し、土質調査を再委託で実施した。調査結果は、配水池の基礎として十分な地耐力が得られるかの評価を行ない、地耐力が十分でない場合は、下記に示す設計を行なうこととしていたが、下記の設計が必要なサイトはなく、結論として、全サイトにおいて適切な深度にベタ基礎を設定すれば、地盤改良及びくい基礎等、現地で採用されていない工法を採用することなく、配水池の建設が可能と判定された。

- ① 高架水槽基礎面積の増加（ベタ基礎など）
- ② 地盤調査結果から基礎深度を大きく取る
- ③ ソイルセメントなどによる地盤改良
- ④ その他（杭基礎など）