

第 3 章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの目的

ジブティ国の首都であるジブティ市向けの給水は、ジブティ帯水層(Nappe de Djibouti)からの地下水に依存している。ジブティ帯水層に建設された既存井戸は、集中的な配置と過剰揚水により年々塩水化が進行していることが確認され、上水道の水質悪化は緊急の事態となって久しい。水質調査結果並びに過去の水質データより、塩水化進行は今後も継続することが予測されることから、ジブティ帯水層の保全により持続的な地下水利用の実現し、水質向上及びサービスの安定化を図ることが求められている。

これに対してジブティ国政府は、ジブティ市給水事業向けの行動計画を策定した。この行動計画は、1～2年以内に実施すべき行動計画と中期的に実施すべき行動計画により、水質改善、水源確保と実施機関の組織改革を目標としている。本プロジェクトは同行動計画のうち、緊急行動計画の第1番目の目標に位置付けられる「ジブティ帯水層管理と保全」に対して、新規井戸建設、既存井戸の更新並びに生産井の揚水量調整による水質改善から、ジブティ帯水層の持続的な利用と保全を行なうことを目的としている。

3-2 プロジェクトの基本構想

3-2-1 プロジェクト基本構想策定の流れ

本プロジェクトの目的であるジブティ帯水層の長期的な利用と保全の計画は、次の基本構想に基づき、策定することとする。

計画目標	本プロジェクトは塩水化が進行しているジブティ帯水層の保全と持続的な利用を目標としており、給水量の増加を目標としていない。
協力範囲	水質改善に必要となる施設建設を日本側の協力にて実施し、その後の揚水管理及び水質モニタリングはジブティ側が行なう。
計画施設規模及び水準	最大取水可能量 1,500 万 m ³ /年を超えない取水計画とし、実施機関が現在の財務状況で十分維持管理可能な施設規模・水準とする。
既存施設の利用	建設工事は既存施設への影響を極力さける施工計画を策定する。既存生産井、既存導水管及び既存送電施設の利用については、技術的に問題とならない施設について、利用することとする。
プロジェクト内容の策定	プロジェクト内容策定にあたっては、次の技術調査フローに従い技術調査を行い、その結果をもとに全体プロジェクト内容を策定する。

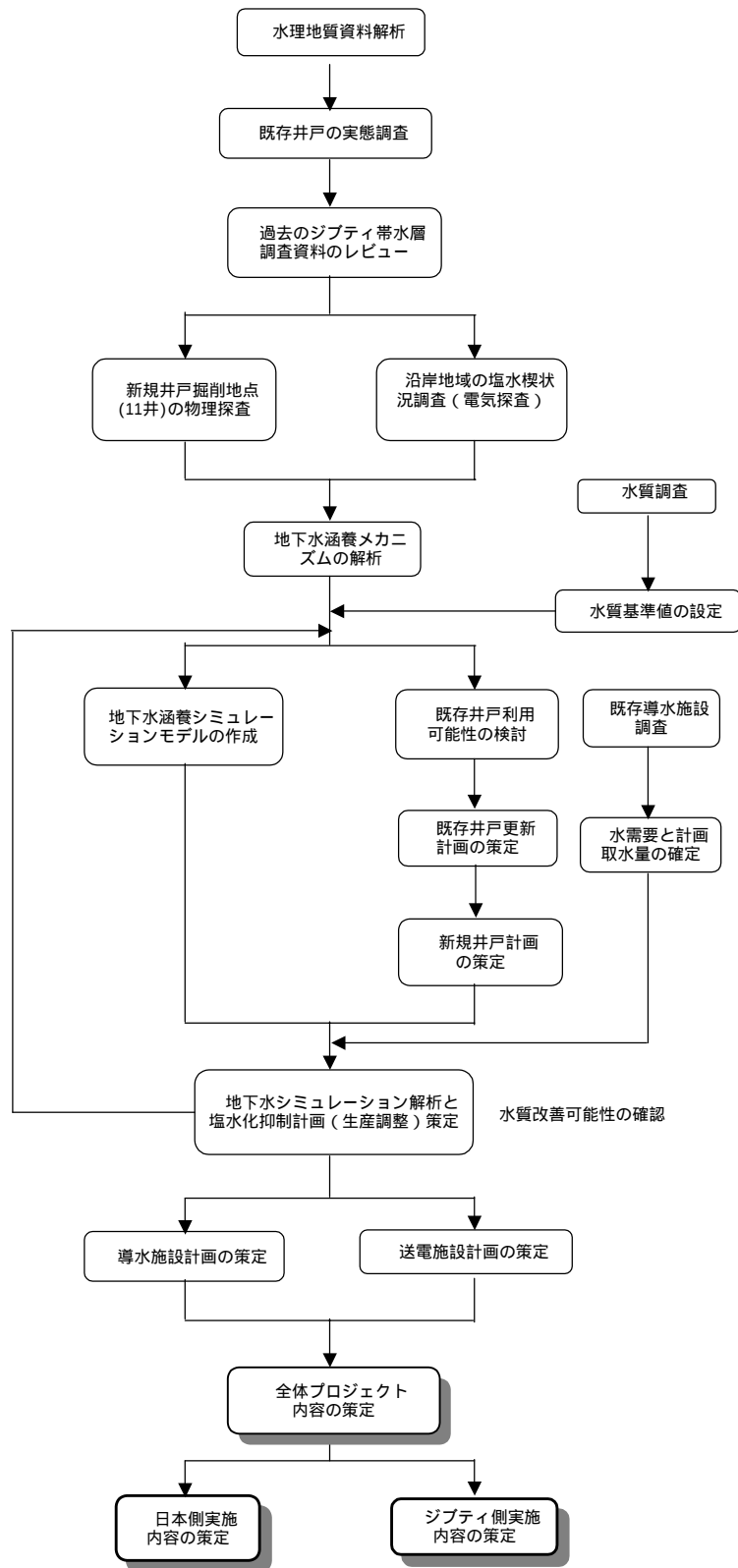


図3.1 プロジェクト内容策定実施フロー

3-2-2 井戸建設予定地の検討

(1) 地下水調査結果

新規井戸建設予定地並びに更新井戸建設予定地は、空中写真、電気探査結果、VLF 探査結果より、地下水涵養に有利であることが確認され、また、過去に実施された物理探査結果を同様な値が確認されたため、水量的には有望であるものと判断された。以下に各調査結果からの判定を述べる。

(2) 空中写真判読結果からの判定

Godchabel 地区では井戸掘削サイト周辺に大規模なワジや断層は認められないが、小規模なワジや無数のリニアメントが認められた。Gegada 地区井戸掘削サイト付近に位置する Deydey ワジは、部分的に直線区間となっており、その部分は断層起源と推定されることから、帯水層への地下水涵養に有利であると判断される。

(3) 電気探査結果からの判定

過去の物理探査結果から、比抵抗値 $20\ \Omega\text{m} \sim 100\ \Omega\text{m}$ を帯水層の指標と提案しており、ジブティ帯水層の大部分の地域で連続的な広がりを持つ低比抵抗層(概ね比抵抗値 $20\ \Omega\text{m}$ 以下)がジブティ帯水層の基盤であると考えられている。

電気探査の結果、大部分の測定点でこの低比抵抗層基盤の存在が確認され、また、過去の電気探査結果と整合している。測定誤差や解析精度を考慮すると帯水層の比抵抗値の範囲を $20\ \Omega\text{m} \sim 200\ \Omega\text{m}$ 程度としても大差がないものと判断され、今回要請された井戸掘削候補サイトの大部分は井戸掘削地点として有望であると判断される。

(4) VLF 探査結果からの判定

VLF 探査で検出された断裂のうち地表下に伏在したリニアメントは、空中写真では判読できないが、ジブティ側から要請された井戸掘削計画地点の周辺を数本のリニアメントが通っていることから、計画地点の近傍に断裂帯が存在していることが期待される。従って、要請された井戸掘削計画地点は VLF 探査の結果からも有望であると判断される。

3-2-3 既存井戸利用の可能性

(1) 既存生産井利用の考え方

水質試験の結果、WHO 飲料水ガイドラインにおける健康に影響を与える物質については確認されなかったが、TDS、ナトリウムといった味覚に関する物質について同ガイドラインの目標値を超えていることが確認された。沿岸地区に位置する既存井が、味覚に関するガイドライン提唱値を超えており、経年的に上昇している。水質分析と水理地質調査の結果、この上昇傾

向は、地下水の塩水化が原因と判断された。また、既存井戸のうち、この上昇傾向が過剰揚水と相関関係にある井戸も存在していることも確認された。従って、既存井の利用は揚水量の調整により、塩水化改善の見込みがない井戸の利用を避けることに留意し、既存井の利用を判定することとする。

既存生産井のうち、1960年代から70年代に建設されている生産井は鋼管が使用されており、過去の調査からケーシングやスクリーンの腐食、スケールの付着や損傷が確認されている。特に60年代に建設されている既存井戸は腐食状況からほぼ寿命に差し掛かっており、更新もしくは放棄井戸にすべきと判断する。

環境面については、Nagad 地域及び Balbala 地域の一部にスクラップ集積場があり、既存井戸の一部がこの地域内に位置している。一般車両、重車両等のバッテリーや廃液からの汚染の影響が予想され、将来的にこのスクラップ集積場は移動もしくは撤去される模様はないため、この地域に位置する既存井戸は閉鎖にすべきと判断される。

以上より、既存生産井の評価は次に示すように 水質分析結果、井戸構造の状況、O&M 上からの問題点並びに 環境面からの問題点より評価することとする。

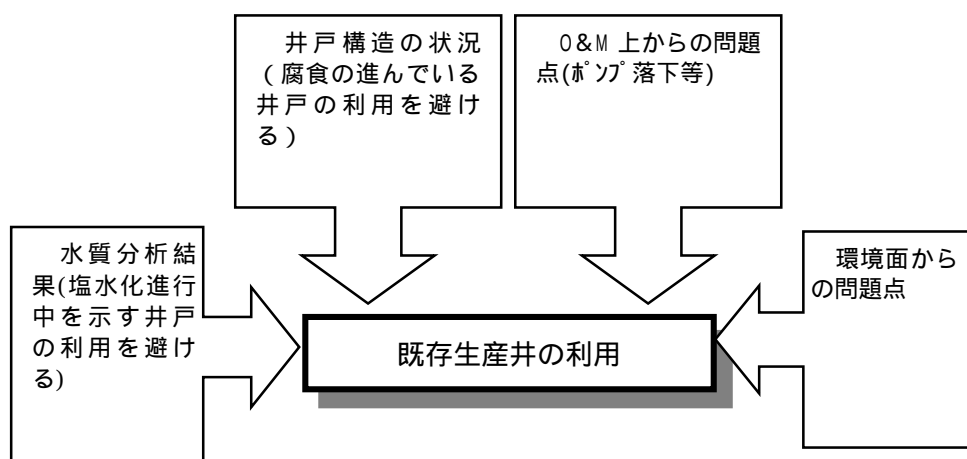


図 3.2 既存生産井利用評価の概念図

(2) 既存生産井利用判定結果

上記を基に既存井戸を評価した結果を表 3.1 に取りまとめた。

表3.1 既存生産井の評価(1/2)

井戸番号	水質面からの判定				井戸構造からの判定			O&Mからの判定		環境面からの判定		ONED 要請	総合判定	備 考
	全溶存 塩分 (mg/L _{Ca})	TDS (mg/L _{Ca})	状況	判定	建設 年度	材質	状況	判定	状況	判定	状況	判定		
1 RG1	1,957	1,999	塩水化 進行	閉鎖	1965	銅管		閉鎖			廢液影響を 受けやすい		閉鎖	塩水化傾向にあり、過去5年以上、塩素イオンが800mg/L ₂ を超えていることと、井戸構造もRG2と同様に老朽化しているものと思われるため閉鎖にすべきと判断された。
2 RG2	1,835	1,882	塩水化 進行	揚水量 減	1965	銅管	ケージが老朽化	閉鎖				更新 (調整)	更新	水質面では塩水化傾向にあるが、過去の推移から揚水量調整により継続運転可能であり、井戸構造が老朽化していることより、更新対象とする。
3 RG3	1,983	2,033	塩水化 進行	揚水量 減	1965	銅管		閉鎖					閉鎖	RG1と同じ。
4 E 1	2,909	2,951	塩水化 進行	閉鎖	1962	銅管		閉鎖					閉鎖	RG1と同じ。
5 E 2	1,605	1,630	良好	継続	1962	銅管		閉鎖					更新	井戸構造のみRG2と同様に老朽化しているものと判断されるため、更新対象とする。
6 E 3	2,536	2,579	塩水化 進行	閉鎖	1963	銅管		閉鎖					閉鎖	RG1と同じ。
7 E 5	1,199	1,252	良好	揚水量 減	1964	銅管	ケージが老朽化	閉鎖				更新	更新	水質面で問題なく、井戸構造が老朽化しているため、更新対象とする。
8 E 6	1,728	1,764	ほぼ良好	揚水量 減	1964	銅管	ケージが老朽化	閉鎖					更新	水質面で問題なく、井戸構造が老朽化しているため、更新対象とする。
9 E 7	1,383	1,420	良好	揚水量 減	1964	銅管	ケージが老朽化	閉鎖				更新	更新	水質面で問題なく、井戸構造が老朽化しているため、更新対象とする。
10 E 8	1,009	1,042	良好	継続	不明	PVC		継続		継続			継続	水質面で問題なく、ONED側の井戸更新工事を完了したことから、今後も継続可能。
11 E 9b	1,316	1,349	良好	継続	1972	銅管	ケージが一部腐食	継続					継続	今後も継続可能と判断される。
12 E 11	1,809	1,842	ほぼ良好	継続	1965	銅管	ケージが老朽化	閉鎖	周辺住民の考慮する必要がある			更新	更新	過去の推移から判断すると、水質が目標値まで回復する可能性はあるものの井戸構造は老朽化している。周辺住民への供給も考慮し、更新対象とすべきと判断される。
13 E 12	2,026	2,067	不良	閉鎖	1965	銅管	ケージが老朽化	閉鎖	ポンプの落下	改修 可能			閉鎖	水質面の過去の推移から、更新しても目標値以下の水質は得られないものと判断される。
14 E 13	1,725	1,760	ほぼ良好	揚水量 減	1972	銅管		継続					継続	水質面では、過去の推移から目標値以下の水質に戻る可能性が高いが、井戸構造的には不明な点が多いため、様子を見ながら継続運転すべきと判断される。
15 E 15	1,848	1,890	要注意	閉鎖	1975	銅管		継続	ポンプの落下	改修 可能		更新	改修	ONEDからの要請では更新対象であるが、水質面で塩水化の傾向が強いいため、ポンプ引き上げの改修井戸とし、様子を見ながら継続運転すべきと判断される。
16 E 16	2,153	2,183	要注意	閉鎖	1974	銅管	ケージが損傷 スクリュー未設置	継続	ポンプの落下	改修 可能		更新	改修	同上の理由に加え、スクリーン未設置は岩盤であるため未設置と考えられるため改修対象と判断される。
17 E 17	1,887	1,886	要注意	閉鎖	1977	銅管	ケージが老朽化	継続	ポンプ施設撤去				継続	水質面から、流量調整により目標値まで回復の可能性が少ないが、継続利用し、今後の変化を見ることとする。
18 E 18	2,229	2,269	不良	閉鎖	1975	銅管		継続					継続	過去の水質経年変化をみると当初より、水質の目標値を超えているが、継続利用し、今後の変化を見ることとする。

表3.1 既存生産井の評価(2/2)

井戸番号	水質面からの判定				井戸構造からの判定			O&Mからの判定		環境面からの判定		ONED 要請	総合判定	備 考
	全溶存塩分 (mg/L _{Ca})	TDS (mg/L _{Ca})	状況	判定	建設 年度	材質	状況	判定	状況	判定	状況	判定		
19 E 19	2,041	2,061	不良	揚水量減	1977	銅管	ケーシング一部腐食	継続					継続	過去の水質経年変化をみると当初より、水質の目標値に回復する可能性があることから、継続運転し、水質モニタリングする必要がある。
20 E 21	1,594	1,637	要注意	継続	不明	銅管	スクリン底部損傷	改修可能					改修	スクリン底部が損傷しており、二重スクリンは栗石による閉鎖にて対応可能と判断する。
21 E 22	1,512	1,543	普通	揚水量減	不明	銅管	スクリン詰まり	継続					継続	水質的に問題なく、構造的にも問題ないことから継続運転可能と判断される。
22 E 24	2,573	2,592	不良	閉鎖	1978	銅管	ケーシング一部腐食	継続	過剰揚水	休止			継続(調整)	過剰揚水から、塩水化の傾向を示しているものと推定されるため、揚水量調節しつつ継続運転可能と判断される。尚、流量調整後の水質モニタリングを行う必要がある。
23 E 25	2,218	2,243	不良	閉鎖	1975	銅管		継続	過剰揚水	休止			継続(調整)	同 上
24 E 26	2,108	2,128	不良	揚水量減	1978	銅管		継続	過剰揚水付近住民の考慮	継続			継続(調整)	
25 E 27	2,043	2,065	不良	閉鎖	1985	PVC		継続					継続(調整)	
26 E 29b	1,251	1,276	良好	継続	1995	PVC	ケーシング破損	継続					継続	水質的に問題ないが、PVCスクリンの破損が確認される。現在まで、砂の流入や揚水量に問題ないことから、当分の間は使用可能と判断され、このまま継続利用することとする。
27 E 30	1,157	1,186	良好	継続	1996	PVC		継続					継続	水質及び井戸構造とも問題ないものと推定されることより、継続運転可能と判断される。
28 E 31	1,377	1,419	ほぼ良好	揚水量低減	1991	PVC		継続					継続	同 上
29 E 33	1,756	1,788	要注意	継続	1993	PVC		継続	ポンプ落下	継続可能			継続	
30 E 35	863	900	良好	継続	1994	スクリン		継続					継続	
31 E 36	713	728	良好	継続	1994	スクリン		継続	ポンプ設備撤去				継続	E35と同様な位置付けであるが、ジブティ側のポンプ設置により継続運転可能となる。
32 PK20-1	733	781	良好	継続	1997	スクリン		継続					継続	全般的に問題ないため、今後も継続運転可能。
33 PK20-2	751	781	良好	継続	1997	スクリン		継続	ポンプ詰まり	改修不能		更新	更新	ポンプ改修不能と判断されるため、更新対象にすべきと判断される。
34 PK20-3	895	946	良好	継続	1997	スクリン		継続					継続	全般的に問題ないため、今後も継続運転可能。
35 PK20-4	908	977	良好	継続	不明	不明		継続					継続	既存データがないが、関係者からの聴取から、現在まで全般的に問題ないため、今後も継続運転可能と判断される。

3-2-4 水質改善度(効果)の確認

(1) 取水井戸計画

取水井戸計画を策定するにあたっては、プロジェクト実施による効果(水質改善度)を短期的に効果が現れる新規井戸と既存井戸の地下水混合による希釈と長期的に効果が現れる沿岸地域の塩水・淡水境界の低下予測結果に基づき策定した。また、短期的に効果が現れる地下水混合による希釈については、“With-project”と“Without-project”の両ケースの比較を行なった。更に、“With-project”は費用対効果を考慮して、新設井戸予定地のうちから Godchabel 地区を除いたケースを加えた 2 つのケースで確認した。各ケースの内容は次に示す通りであり、また、合計 3 ケースの井戸取水計画を表 3.2 に示す。

ケース Without-Project (現況)

ケース With-Project (既存利用可能井戸 + 全要請新規井戸 + 生産調整)

ケース With-Project (既存利用可能井戸 + Gegada + Nagad + PK20 + 生産調整)

(2) 水質改善度(希釈面からの効果)試算結果

希釈による水質改善度は、全溶存塩分と水質の快適性として TDS の改善から確認した。尚、PK20 地区や Gegada 地区のような良質な地下水が得られる内陸部における地下水開発可能性は、過去の調査から低いものと判断される。従って、WHO ガイドラインにおいて、TDS 値は 1200 mg/l 以上を不可としているが、現在のジブティ帯水層の状況から考えると、この地域における、TDS 目標値は 1600 mg/l を目標とすることが現実的と判断される。

この条件のもと各ケースを試算した結果、Balbala 配水区向けの上水はケース 及び とも WHO ガイドラインの TDS 目標値内に収まることが予測された。さらに、Balbala 配水区では現在より 2 倍の給水量の増加が期待できる。

Djibouti 配水区向け上水は、ケース の場合、現状の TDS 値より約 2 割改善され、ケース の場合は約 1.5 割改善されることが予測された。全溶存塩分は TDS と同じ傾向となることから説明は省いた。生産計画を表 3.2 に示し、水質改善結果を表 3.3 に示す。尚、各ケースの希釈度計算結果を巻末資料に添付した。

表3.2 生産計画比較

区分	井戸番号		地区名	Without-project		With-project			
				ケース		ケース		ケース	
				運転計画	揚水量 (m ³ /時)	運転計画	揚水量 (m ³ /時)	運転計画	揚水量 (m ³ /時)
ジブティ井戸群	1	RG1	Nagad	継続	8	閉鎖		閉鎖	
	2	RG2	Nagad	継続	57	更新(調整)	35	更新(調整)	35
	3	RG3	Nagad	継続	35	閉鎖		閉鎖	
	4	E 1	Nagad	継続	48	閉鎖		閉鎖	
	5	E 2	Nagad	継続	32	更新	30	更新	30
	6	E 3	Nagad	継続	65	閉鎖		閉鎖	
	7	E 5	Nagad	継続	4	更新	30	更新	30
	8	E 6	Nagad	継続	21	更新	30	更新	30
	9	E 7	Nagad	継続	37	更新	30	更新	30
	10	E 8	Nagad	閉鎖		継続	40	継続	40
	11	E 9b	Nagad	継続	40	継続	40	継続	40
	12	E 11	Nagad	継続	46	更新	30	更新	30
	13	E 12	Nagad	継続	38	閉鎖		閉鎖	
	14	E 13	Nagad	継続	81	継続	81	継続	81
	15	E 15	Nagad	閉鎖		改修	30	改修	30
	16	E 16	Nagad	閉鎖		改修	30	改修	30
	17	E 17	Nagad	継続	21	閉鎖		継続	21
	18	E 18	Nagad	継続	86	閉鎖		継続	86
	19	E 19	Godchabel	継続	84	継続	80	継続	80
	20	E 21	Godchabel	継続	37	改修	37	改修	37
	21	E 22	Godchabel	継続	69	継続	70	継続	70
	22	E 24	Godchabel	継続	43	継続(調整)	40	継続(調整)	40
	23	E 25	Godchabel	継続	53	継続(調整)	40	継続(調整)	40
	24	E 26	Godchabel	継続	89	継続(調整)	40	継続(調整)	40
	25	E 27	Godchabel	継続	164	継続(調整)	40	継続(調整)	40
	26	E 29b	Godchabel	継続	76	継続	76	継続	76
	27	E 30	Godchabel	継続	91	継続	91	継続	91
	28	E 31	Godchabel	継続	61	継続	61	継続	61
	29	E 33	Godchabel	継続	46	継続	46	継続	46
	30	F3	Godchabel	-		新設	40	-	
	31	F4	Godchabel	-		新設	40	-	
	32	F5	Godchabel	-		新設	40	-	
	33	E 35	Gegada	継続	44	継続	44	継続	44
	34	E 36	Gegada	継続	50	継続	50	継続	50
	35	Z2	Gegada	-		新設	45	新設	45
	36	Z3	Gegada	-		新設	45	新設	45
	37	Z25	Gegada	-		新設	45	新設	45
	小 計				1,526		1,376		1,363
PK20井戸群	38	F3bis	PK20	-		新設	45	新設	45
	39	F9bis	PK20	-		新設	45	新設	45
	40	F10bis	PK20	-		新設	45	新設	45
	41	PK20-1	PK20	継続	56	継続	56	継続	56
	42	PK20-2	PK20	継続	36	更新	40	更新	40
	43	PK20-3	PK20	継続	23	継続	23	継続	23
	44	PK20-4	PK20	継続	66	継続	66	継続	66
	小 計				181		320		320
合 計 (m ³ /時)					1,707		1,696		1,683
合 計 (m ³ /年)					14,953,320		14,856,960		14,743,080

(3) 水質改善度(塩水・淡水境界低下効果)の確認

水収支解析および塩水化解析

ISERST は 1994 年に地下水涵養量の評価のために水収支モデルを作成しており、同組織との了承のもと、このモデルを拡張し、新規井戸を開発した場合の水収支解析および海水進入状況の解析を行なった。

図 3.4 にその水収支・海水侵入解析モデルを示す。このモデルの北半部は ISERST によるモデルと同一のものであり、南半部が本解析で新たに追加されたものである。ジブティ帯水層の厚さは不明であるため、本解析では、ジブティ帯水層の下限を海拔-100m と仮定した。モデル領域の南東端は $x=270000 \cdot y=1250000$ 、また北東端は $x=311000 \cdot y=1283000$ (UTM 座標) であり、セル (モデルを構成する各要素) の間隔は図 3.5 に示す様に $500\text{m} \times 500\text{m}$ である。図 3.6 にモデルの透水係数分布を示す。

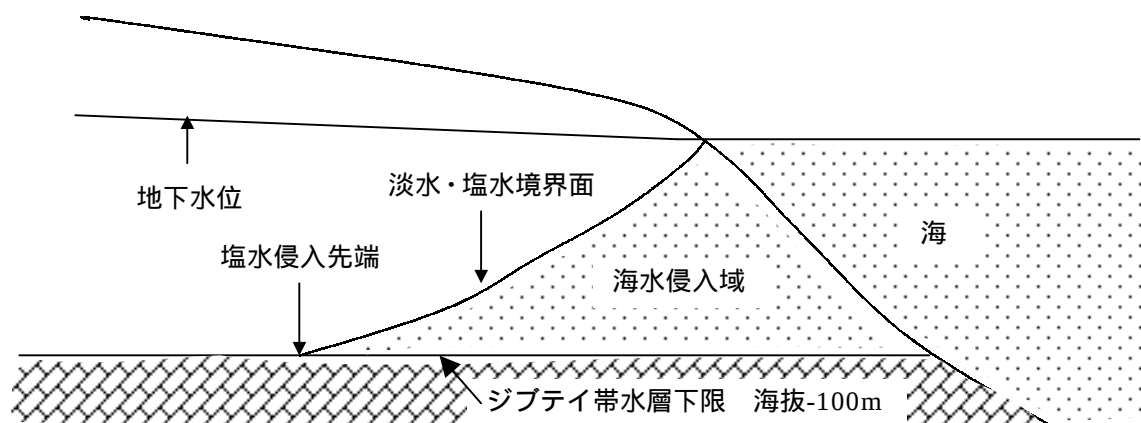


図 3.3 塩水解析シミュレーション結果の模式図

ワジからの地下水涵養

ジブティ帯水層への地下水涵養はワジの河床を通して行われ、その量は $15,000,000\text{m}^3/\text{年}$ 程度であることがジブティでは定説となっており、本解析でもワジからの涵養量 $15,000,000\text{m}^3/\text{年}$ を採用する。モデル内のワジ (Hambouli、Douda、Damerdjog、Deydey ワジ) に位置する各セルに涵養量を均等に割当てて。セルへの涵養量の割当ては以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{1 個のワジ部セルへの涵養量割当て} &= \frac{15,000,000 (\text{m}^3/\text{年})}{\text{ワジの位置にあるセルの合計}} \\ (\text{m}^3/\text{年}) & \end{aligned}$$

涵養を与えたセルの位置を図 3.7 に示す。また本モデルには Hambouli、Douda、Damerdjog、Deydey ワジ以外に Wahayyi ワジがモデルの最南部に含まれており、このワジに相当するセルにも上記割当て量と等しい涵養量を割当てて。以上の結果、モデル内のワジからの涵養量の合計値は $16,762,000 (\text{m}^3/\text{年})$ となる。

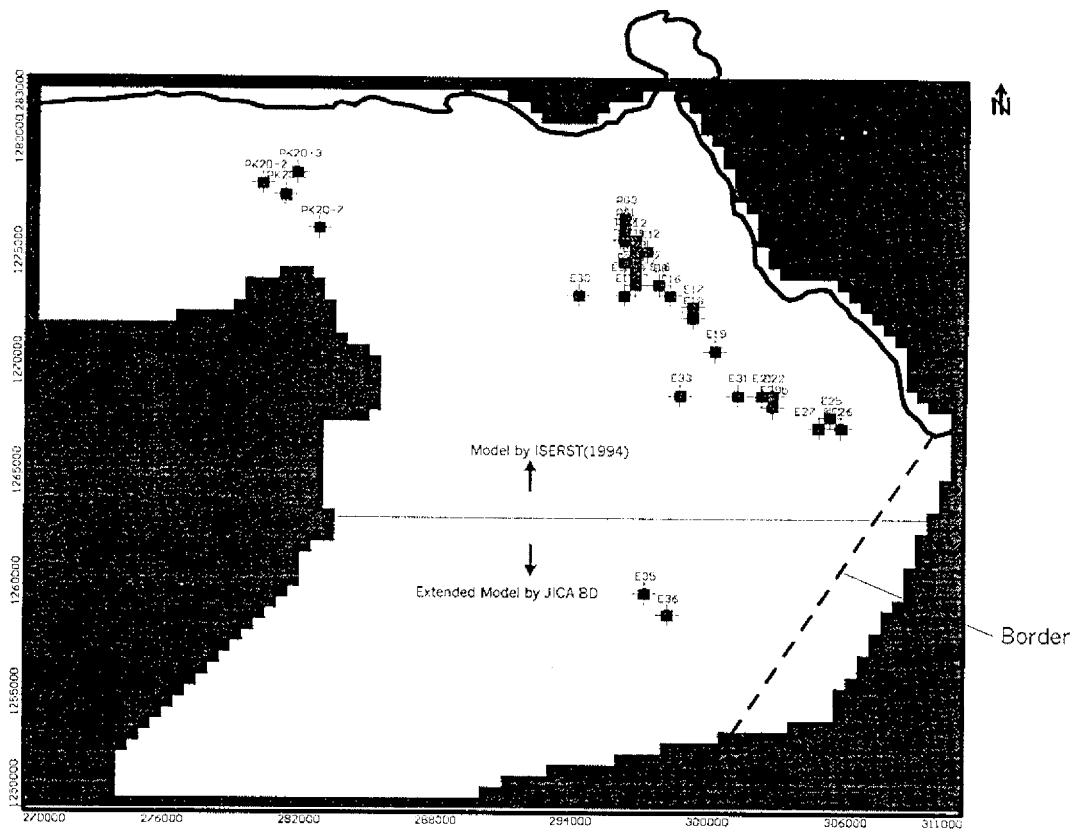


図 3.4 地下水シミュレーションモデル

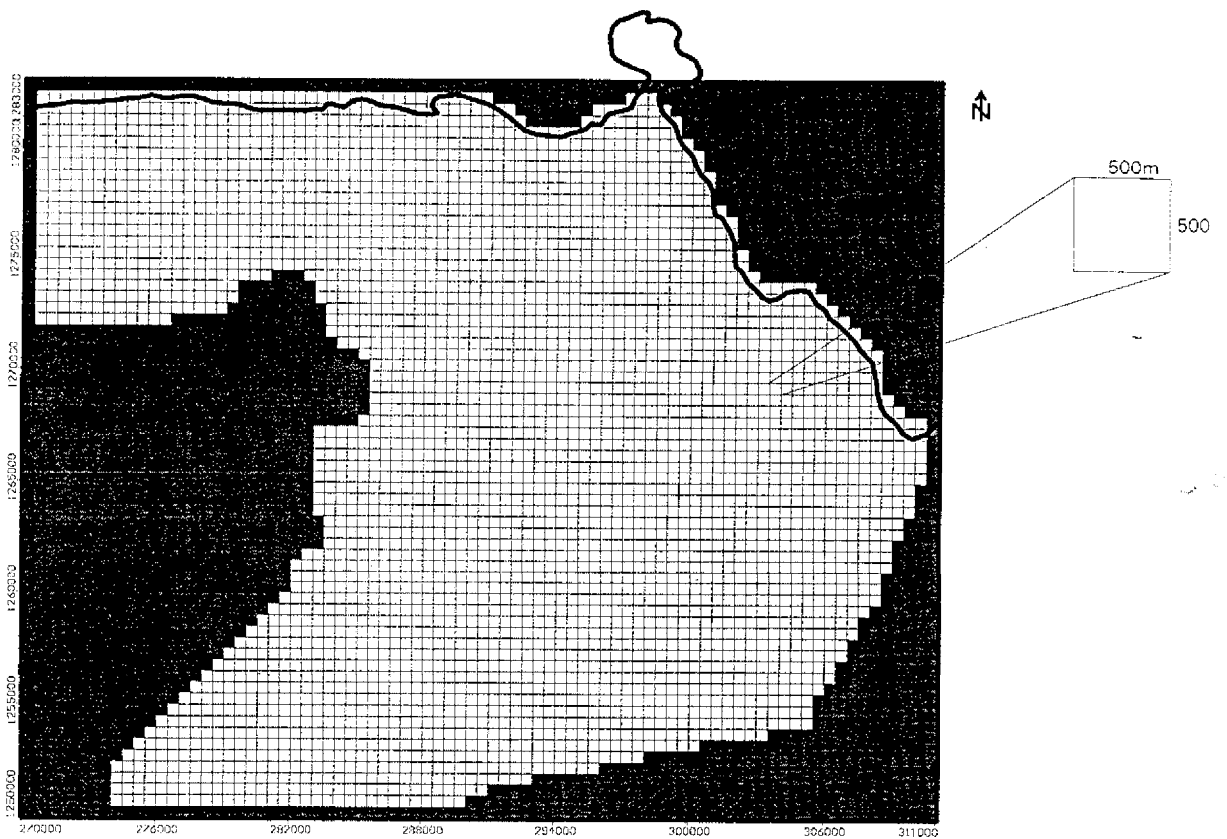


図 3.5 地下水シミュレーションモデルのセル分割図

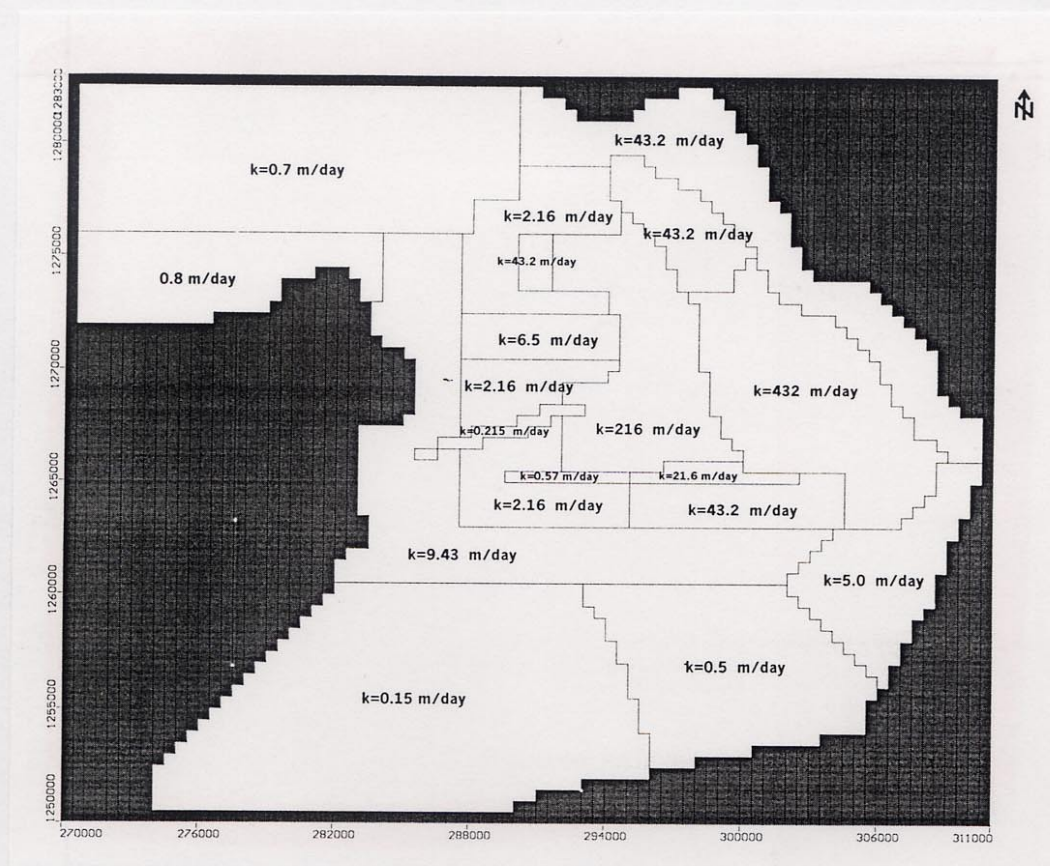


図 3.6 透水係数分布



図 3.7 ジブティ帯水層への地下水涵養量及び地下水流入量

ジブティ帯水層の外側に存在する帯水層からの地下水流入

先に述べたように、ジブティ帯水層への地下水涵養はワジの河床を通して行われることが定説となっているが、ジブティ帯水層とソマリア側に位置する帯水層（Dalha 玄武岩帯水層と Somalia 玄武岩帯水層）との水理地質的な連続性を考慮すると、ジブティ帯水層の外側に存在する帯水層からジブティ帯水層に地下水が流入しているものと見なすのが妥当である。

この地下水流入は地下水涵養と同等の効果を持っており地下水開発の対象となる。本解析では、ジブティ帯水層の境界部から流入する地下水量を、境界部における地下水位の勾配とダルシーの法則を用いて推定し、この推定値を初期値として地下水シミュレーションの実施の過程でトライアンドエラーによって修正した。（図 3.7 参照）。

現状シミュレーション

現状シミュレーションの目的はモデル境界からの地下水流入量を推定することと、現況の淡水・塩水の境界面深度を推定することであり、観測結果の地下水位分布が適合するまで、モデルのパラメーターをトライアンドエラーで修正した。

現況再現シミュレーション結果によるジブティ帯水層への地下水涵養量と地下水流入量の合計は以下の通りとなるが、ジブティ帯水層の場合、地下水開発可能量を決定する要因は地下水涵養量・地下水流入量の合計値だけではなく、海水侵入状況も要因のひとつになる。

ワジからの涵養量*(1)	ジブティ帯水層の外側の帯水層からの地下水流入量*(2)	ジブティ帯水層内の全体地下水流動量
16,762,000m ³ /年	8,804,500m ³ /年	25,566,500m ³ /年

註：*(1)：Golfe 玄武岩地層におけるワジからの涵養量 15000m³/年（1994、ISERST；1997、CHDA；1993、Tractebel）を、Somali 玄武岩地域にも拡大した値

*(2)：既往データに基づく地下水シミュレーション結果による値

ジブティ帯水層の地下水流動量と推定された約 2,500 万 m³/年の量は、今後の調査により確認すべき値であり、この値が地下水開発可能量を示しているわけではない。理論的に上記の揚水量が可能であったとしても（現実には限られた数の井戸からは不可能であるが）その場合には、塩分濃度は飲料水の許容最大値をはるかに超え、地下水は確実に塩水化する。従って、塩分濃度を考慮して、最大揚水可能量は 1,500 万 m³/年のままとすべきである。

シミュレーションの結果、淡水・塩水の境界面深度は Nagad 地区で海拔-40m～-50m、Atar 地区で海拔-45m 程度となっており、現況の推定深度とほぼ一致すると判断できる。

将来予測シミュレーション

現況シミュレーションモデルを基に、ケース 及びケース に関する塩水挙動の将来予測を定常計算で行なった。この結果、両ケースとも淡水・海水の境界面は海側に後退することが予測された。これは、現況の揚水量に対して、これとほぼ等しいケース 及びケース で

も、海岸沿いの既存井戸を生産調整し、内陸側に新規井戸を掘削し生産調整分を補うことによって、海岸部の塩水化が軽減されることを意味する。

従って、本計画の実施によって、淡水・海水の境界面は海側に後退し、塩水化が抑止されることとなることから、既存井戸の水質は将来的に改善されるものと判断される。

尚、現状及び将来予測シミュレーション結果による地下水分布を図 3.8、3.9、3.10 に示し、同様に、現状及び将来予測シミュレーション結果による淡水・塩水境界面深度分布を図 3.11、3.12、3.13 に示す。また、図 3.14 に既存井戸群の位置する代表的な断面を 3 本選び、現況再現と将来予測の結果を同時に示す。

3.2.5 取水井戸計画の決定

希釈度の面では、ケース 並びにケース のいずれもケース の現況より改善されることが確認され、TDS では WHO ガイドラインにおける目標値に近づき、Balbala 配水区域では目標値以下に収まることが予想される。

また、塩水・淡水境界の低下面では、希釈度と同様にケース とケース のいずれも低下傾向を示しており、ほぼ同じ程度と推定されることから、Godchabel 地区の開発は、現在、塩水化の進んでいる沿岸地域の塩・淡水境界の改善には反映されないものと判断される。ケース とケース を比較した場合、費用対効果の点で総事業費が最小でかつ効果が目標値におさまるケースの取水計画案が最適であるものと判断される。

3-2-6 観測井

ジブティ帯水層の塩水化は、基本的に既存井戸の揚水量低減や停止等により進行を妨げ、揚水量低減させた分を内陸部への取水井戸建設で補うこととなる。現在、ジブティ帯水層内で利用している観測井は 8 井であり、内陸部の Gegada 地区には観測井は皆無であることから、プロジェクト完了後の水質変化が計測できない状況にある。また、取水井戸では観測井の代替ができないことから、Gegada 地区に建設予定の 3 本の新規井戸からの影響を代表できる位置に観測井を 1 井建設することとする。

この観測井でのモニタリングから、Gegada 地区の地下深部に分布する低比抵抗基盤の性状や塩水の存在・流動状況を明らかにし、Gegada 地区に新規に掘削される 3 本の井戸の影響による塩水の挙動を捕らえることとなる。

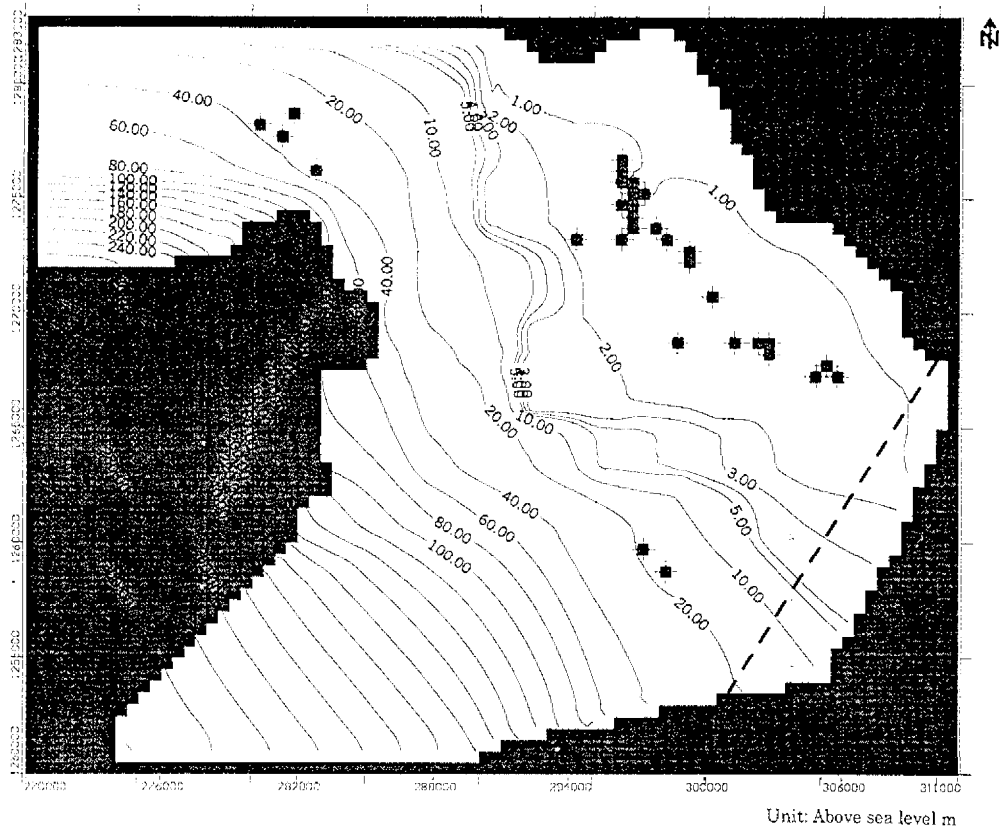


図 3.8 Case 1 現状シミュレーション結果の地下水分布

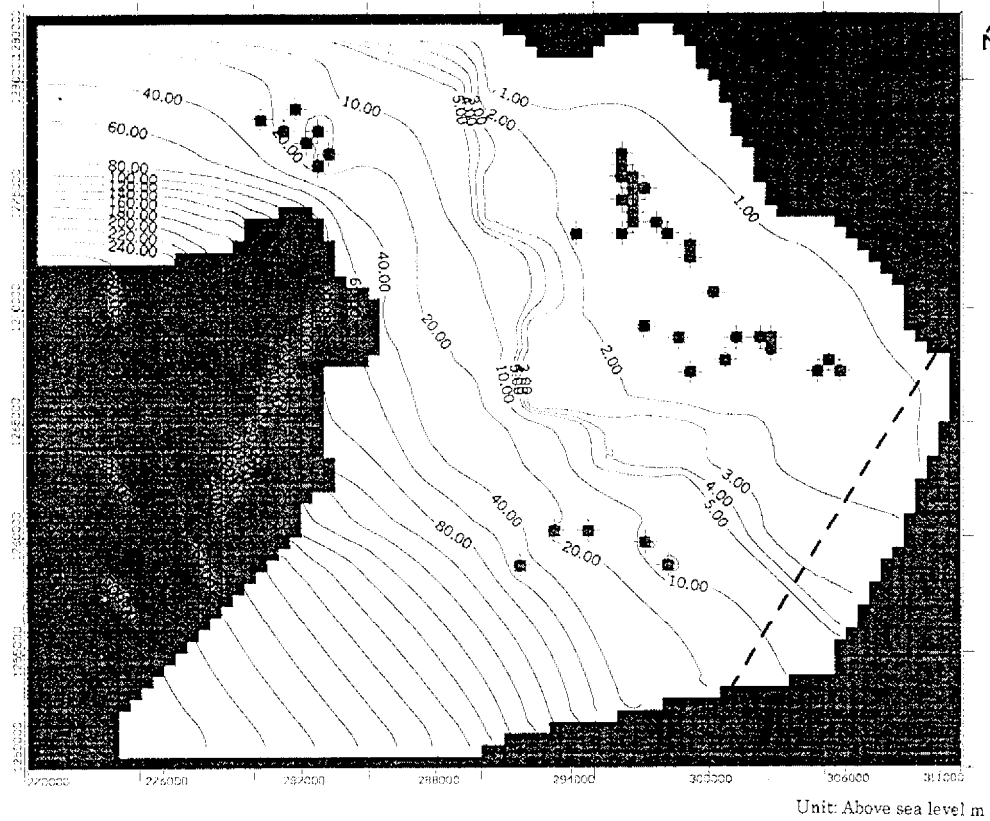


図 3.9 Case 2 将来予測シミュレーション結果の地下水分布

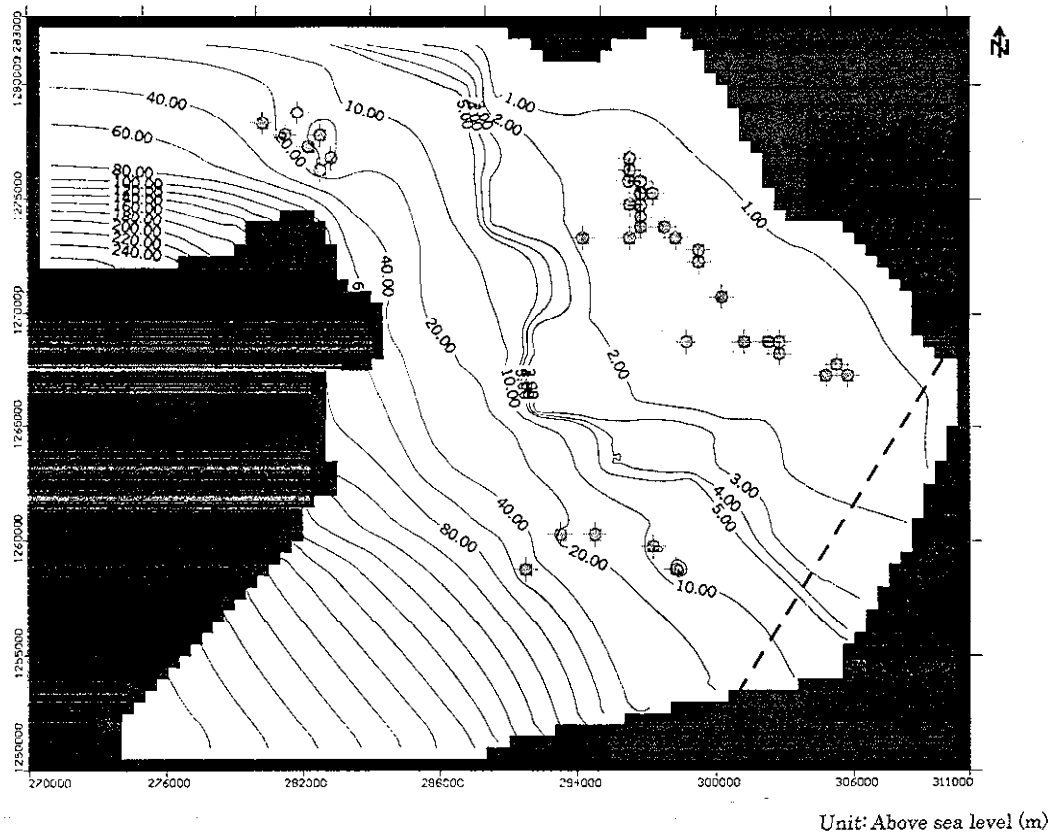


図 3.10 Case3 将来予測シミュレーション結果の地下水分布

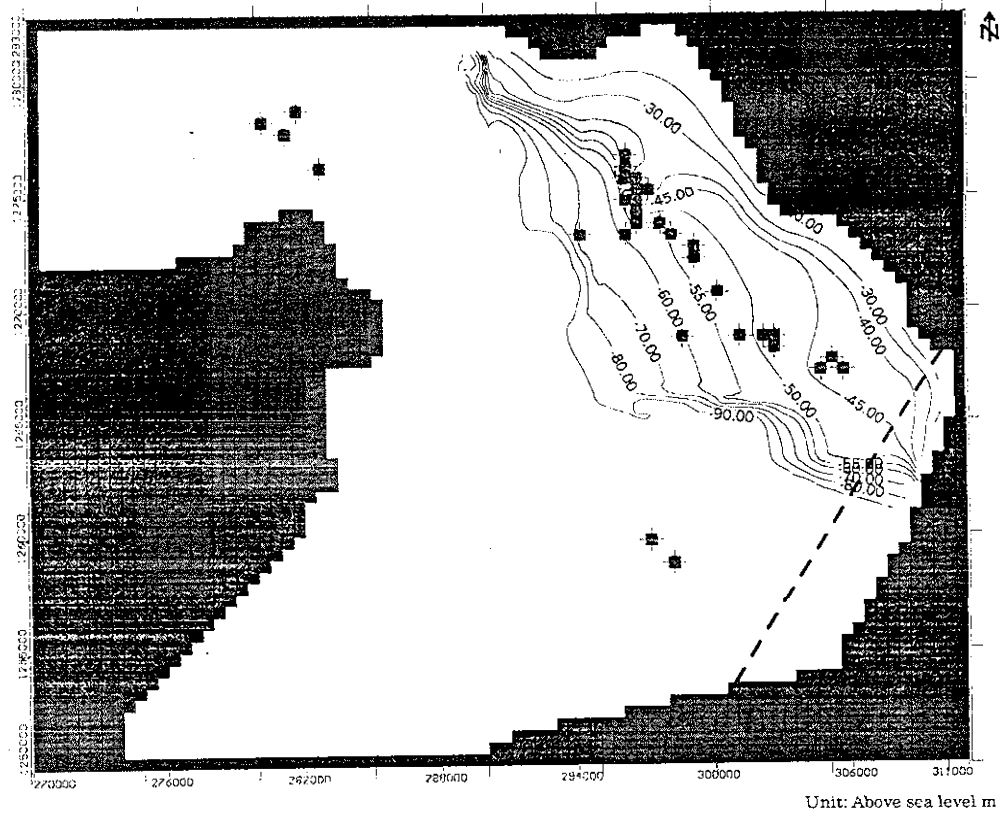


図 3.11 Case1 現状シミュレーション結果の淡水・塩水境界面深度分布

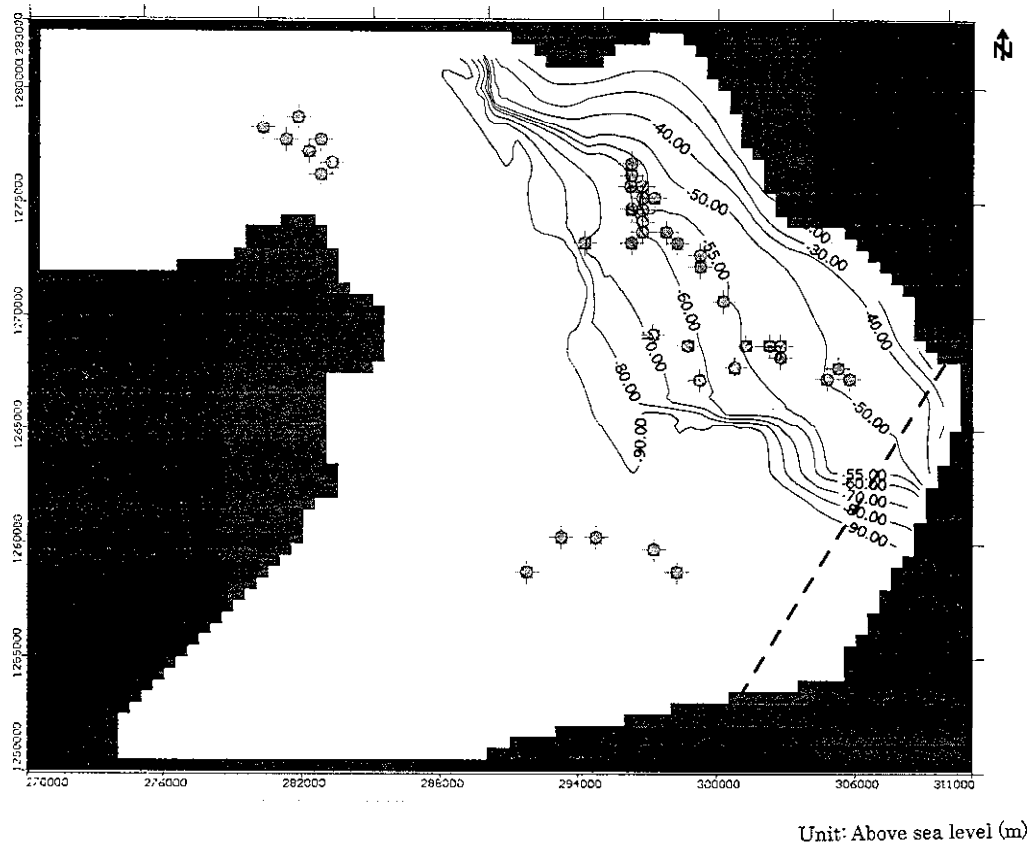


図 3.12 Case2 将来予測シミュレーション結果の淡水・塩水境界面深度分布

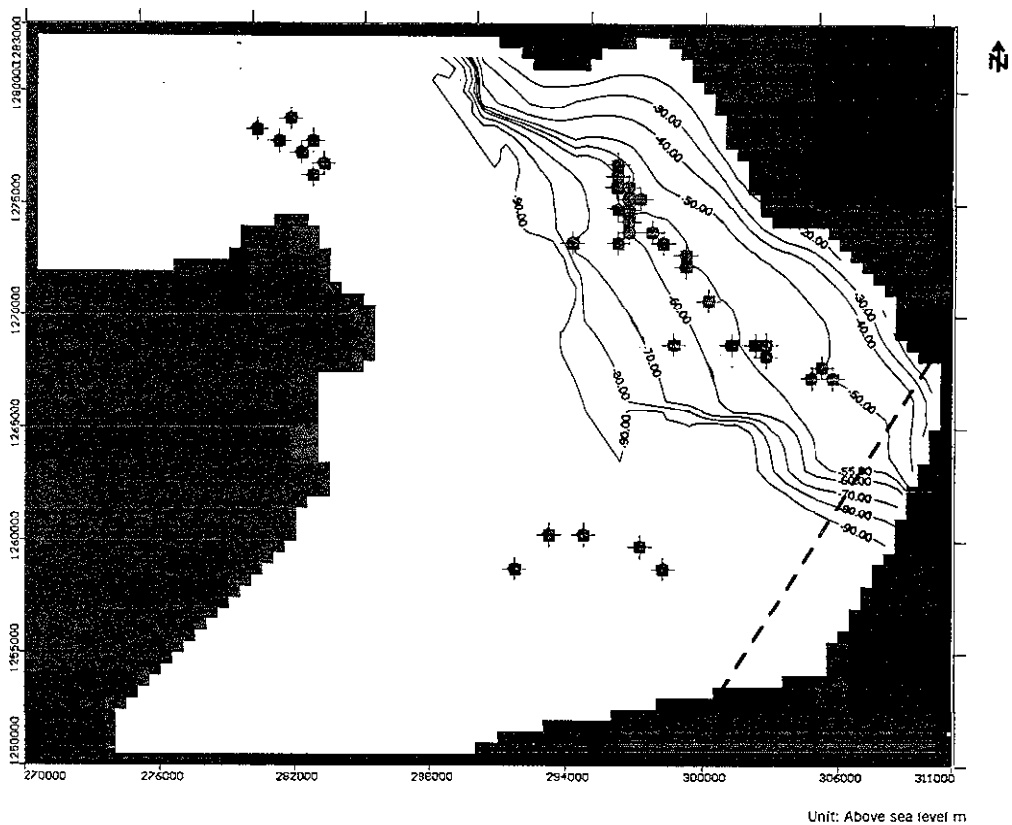
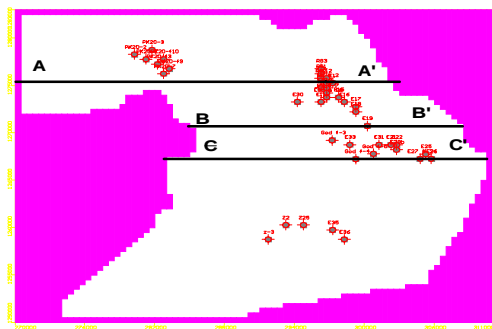


図 3.13 Case3 将来予測シミュレーション結果の淡水・塩水境界面深度分布



凡 例

——	現況再現 (Case-1)
- - - -	将来予測 (Case-2)
.....	将来予測 (Case-3)

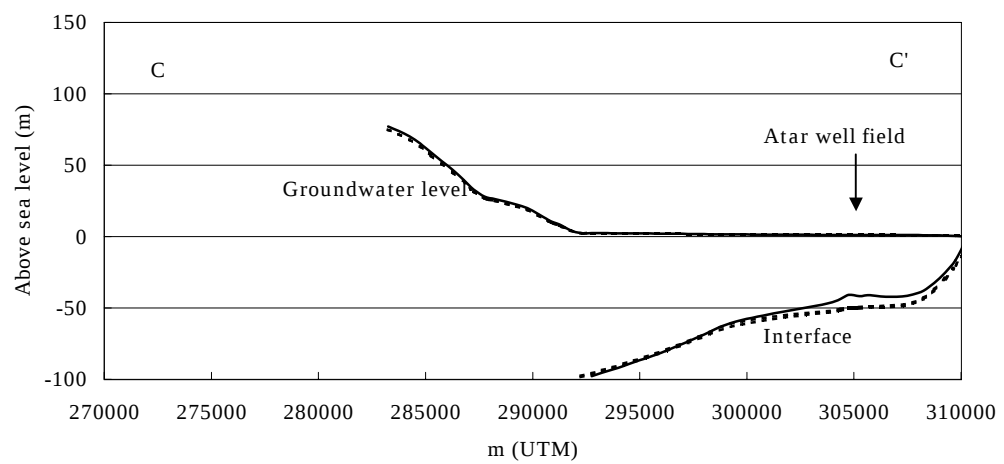
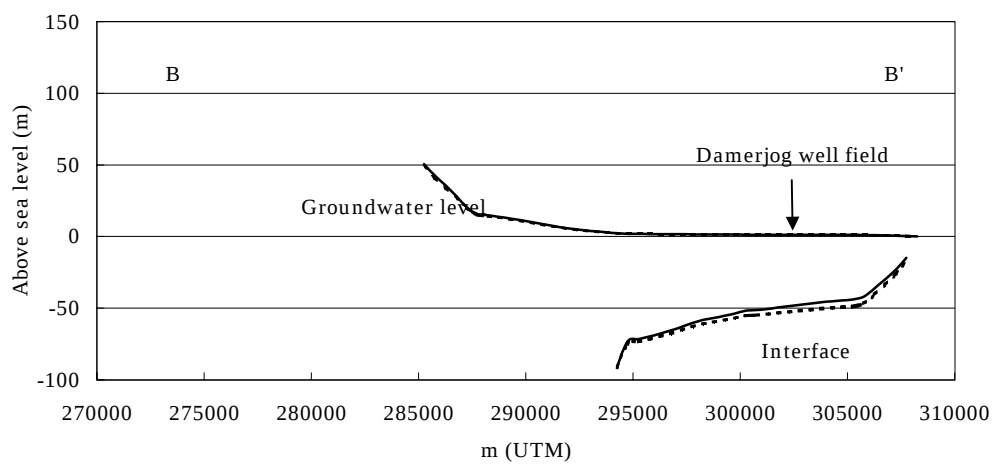
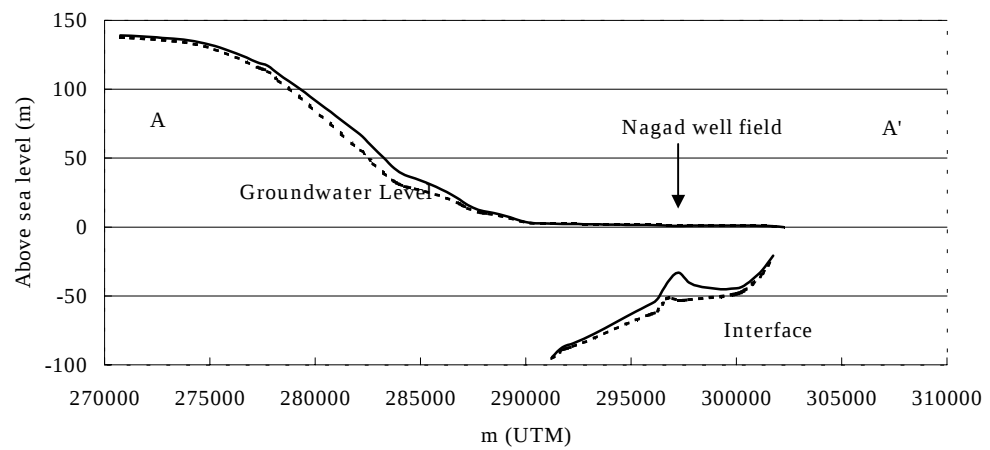


図3.14 代表的断面における淡水・塩水境界面の変化

3-2-7 資機材調達

(1) 既存井戸用井戸元周り付帯設備

プロジェクトが実施された場合、新設及び更新井戸の井戸元には流量計、圧力計、逆止弁、仕切り弁等が設置される。一方、1980 年代以前に建設された生産井には、これらの付帯機器のうち圧力計、逆止弁、仕切り弁が設置されていない。また、流量計が故障又は稼動状況が悪い生産井が確認され、実施機関では故障の原因は高温耐用の製品が使われていないものと推定されている。

現在は揚水量が計測できず、実施機関はポンプの仕様から推定する方法と、年 1 回、200 ㍓のドラム缶を用いて流量測定行なっている。調査対象地区のように井戸群と 1 基の着水井により水量管理を行なう場合は、井戸元における流量測定が肝要となることから、既存生産井へ圧力計、逆止弁、仕切り弁及び流量計の設置が必要となる。従って、本プロジェクトでは前述の井戸生産計画にて策定された既存井戸 18 井を対象とした井戸元周り付帯設備を調達することとする。

(2) 深井戸維持管理用クレーン付き車輛

現在、維持管理担当部署(生産課、配水課)の保有車両や建設機械等は次のとおりであった。このほかに工具類は所有しているが、漏水探査等の調査用機材は保有していない。これらの機材にてジブティ市のみならず他 5 都市(Arta 市、Dikil 市、Ali-Sabieh 市、Tajourah 市及び Obock 市) の維持管理を行なっている。

表 3.3 保有機材リスト

資機材及び車輛	管理部署	台数	備 考
ピックアップ	生産課	5	
	保全課	3	
	配水課	4	
	接続課	1	
	車両修理課	1	
	電気保全課	1	
キャブバック・クレーン	生産課	2	1 台は KfW より 1998 年に供与、残り 1 台は老朽化しており、殆ど使用されていない状況にある。
ダンプ・トラック	生産課	1	
発電機 1kW		1	
ポンプ		2	
コンプレッサー		1	

現在、既存井戸の水中ポンプの引き上げには、キャブバッククレーンを使用しており、建設や建築工事などでの荷役作業に使用している。この車両の仕様は次のとおりとなっている。現在の井戸建屋からの水中ポンプ引き上げには、ブーム長が約 8.0m を要している。この時の吊り上げ能力 2.08t となることから、揚水管長さが 100m 程度の井戸のまでの全重量約 1.7t (揚水管 $100 \times 12.5\text{kg/m} = 1.25\text{t}$ 、水中ポンプ及びケーブル約 0.45t) しか対応できない状況にある。

表 3.4 既存キャブバッククレーン車仕様

	仕様又はメーカー名	
車体	Mercedes-Benz	
荷台長さ	5.1m	
クレーン部	Hiab Type175-2	
クレーン能力	ブーム長さ(m)	能力(t)
	2.3	6.5
	4.5	3.7
	6.2	2.64
	7.8	2.08
	9.7	1.58
	11.7	1.25
アウトリガー反力	7.9t/点、2点	

車両銘版及びカタログより調査団が作成

生産課では Gegada や PK20 地域における揚水管が 150mを超える井戸では、ブームの油圧シリンダによる起伏にて吊り上げ作業を行なっている。基本的にこの作業は不適切であり、ポンプ引き上げは鉛直状態によるウィンチ作業が基本であり、また、ブームの起伏ではポンプや揚水管が井戸本体と接触し、落下事故にもつながりやすい。本地域では鋼管製揚水管のネジ接続部の腐食が確認されていることから、過去の落下事故もこのような作業にて生じたものもあったことと判断される。

本プロジェクトが実施された場合、PK20 並びに Gegada での新規井戸の井戸深は 230～250m となり、ポンプ施設の重量は 2.1～4.5t になる。また、この他の既存井戸は 5 井 (PK20-1、PK20-3、PK20-4、E35、E36、揚水管 150m 程度) がキャブバッククレーン車では吊り上げ不可能であり、合計 12 井の水中ポンプの吊り上げが不可能となる。従って、プロジェクト完成後の維持管理を考慮して、常時、吊り上げ能力 4.5 t を確保できるクレーン付き車両を調達することとする。

尚、現在までのキャブバッククレーンの運行状況より、調達するクレーン付き車両の台数は 1 台にて十分なものと判断される。

表 3.5 キャブバッククレーンの運行実績

	Djibouti	Arta	Ali-Sabieh	Dikhil	Tadjourah	Obock	計
井戸本数	30	4	8	3	2	3	50
片道走行時間	1	1	2	3	4	6	
稼働日数	2	2	2	3	3	4	
1998 年度実績	25	4	6	3	3	2	43
1999 年度実績	22	4	6	3	2	2	39
2000 年度実績	25	4	5	3	3	2	42
年平均運行平均	24	4	6	3	3	2	42
稼働日数	48	8	12	9	9	8	94

ONED 生産課より聴取した結果を調査団が作成

3-2-8 プロジェクトの基本構想

以上までの検討結果より策定されたプロジェクト基本構想は、次の表に示すように総括される。

表 3.6 プロジェクトの基本構想

工事	基本構想	備 考
1. 新規井戸建設	PK20 地区 : 3 井 Gegada 地区 : 3 井 合計 : 6 井 総深度 : 1,440m 期待揚水量 : 270m ³ /時	・ 井戸建設には井戸掘削,ケーシング・スクリーンの据付,水中ポンプ 及び操作盤,井戸元配管,井戸建屋等が含まれる。
2. 更新井戸建設	PK20 地区 : 1 井 Nagad 地区 : 6 井 合計 : 7 井 総深度 : 560m 期待揚水量 : 225 m ³ /時	・ 井戸建設には井戸掘削,ケーシング・スクリーンの据付,水中ポンプ 及び操作盤,井戸元配管,井戸建屋等が含まれる。
3. 観測井建設	Gegada 地区 : 1 井 総深度 : 300m	・ 井戸建設には井戸掘削,ケーシング・スクリーンの据付が含まれる。
4. 導水施設建設	PK20 地区 : 2,646m Gegada 地区 : 10,315m 計 12,961m	・ 新規井戸分導水缶施設,更新井戸施設との接続,各種弁室建設
5. 送電施設工事	PK20 地区 : 1,000m Gegada 地区 : 7,500m 合計 : 8,500m	・ 送電線布設,電柱設置,変圧器等設置
6. 工事用道路建設	PK20 地区、Gegada 地区	
7. 資機材調達	既存井戸ポンプ 周り機材 : 18 式 深井戸維持管理用車両 : 1 台	・ ポンプ 周り機材(空気弁,逆止弁,流量計,仕切弁,分岐管等)

3-3 基本設計

3-3-1 設計方針

現地調査にて実施した水質試験、収集した自然条件データ、建設事情調査、既存井戸調査の結果、基本設計の対象となる施設・機材の設計/選定は、次の方針により策定する。

自然条件に対する方針

- ・ ジブティ帯水層の地下水は地域的に 40 を超える水温、TDS 平均 1700 mg/L を示す特徴を有している。現地調査では水中ポンプ、揚水管にスケール付着や流量計の故障が確認されていることから、水中ポンプを含む取水施設付帯設備(圧力計、流量計等)は水温 60 まで利用可能な温泉耐用とする。また、水中ポンプ、揚水管、ケーシング等の材料選定には電触防止を考慮する。
- ・ 沿岸部地域では地下水の自然水位と淡・塩水境界までの距離が少ないため、水中ポンプ設置はスクリーン設置以下になることも考慮する。
- ・ ジブティ市は年間気温平均気温が 34.5 であり、夏期での最高気温は 45 を記録している。井戸建設工事や導水管敷設工事は原野で行なわれ、紫外線をさける遮へい物もないことから、建設工事労働時間は自然状況を考慮することとする。

社会条件に対する方針

- ・ ジブティ国民は 99% が回教徒であることから、断食等の宗教行事を考慮した建設工事工程を立てる。

既存施設に対する方針

- ・ 本プロジェクトで建設される取水施設は最終的に既存導水管への接続となることから、極力、既存生産井の運転に支障がないように施工計画に反映させることとする。
- ・ 既存取水施設の拡張となる取水井戸建設サイトでは、既存導水管(石綿管)への影響を考慮し、必要に応じて減圧施設を設置することとする。

建設事情に対する方針

- ・ 本プロジェクトは深井戸建設、導水管施設等を含む水道施設工事であるが、ジブティ国内では本プロジェクト規模の水道工事経験を有している地元業者は限定され、井戸建設が実施できる企業も 3 社(仏国系、中国系、ジブティ業者)と限定される。仏国系業者は常時、掘削リグを有しておらず、中国系業者はリグの仕様では 100m 以下は可能であるが、リグとコンプレッサーは各 1 台しか所有しておらず、機械の老朽度が目立っていたことから、安定した施工が期待できない。また、ジブティ業者の所有するリグは故障中であり、回復の見込みが予測できない状況にある。従って、井戸建設

工事に対して、日本国業者に加え、第 3 国井戸建設業者の可能性も考慮する。

- ・ ジブティ国では熟練工を有する地元業者が少なく、特に電気及び機械技術者が少ない状況にある。本プロジェクトでは水中ポンプ設置や送電施設 2 次側等の工事も含まれるため、建設工程に合わせて電気、機械技術者を派遣する。

3.3.2 基本計画

(1) 井戸建設

井戸建設は新規生産井 6 本、更新生産井 7 本と観測井 1 本となる。ケーシング材料は鋼管、PVC、FRP 並びにステンレス・スチール (SS) 製が考えられ、地下水の特徴から FRP と SS が適している。したがって、生産井は強度面を考慮して、深度が 55m 程度の Nagad 地区の井戸については FRP 製とし、深度 230 ~ 250m の Gegada 及び PK20 地区の井戸については SS 製と鋼管の組合せとする。SS 製と鋼管の組合せの場合、自然水位以上を鋼管とし、自然水位以下を SS 製とする。また、SS と鋼管接続部は、材料の電位差からの電触を防止する材料にて接続する構造とする。

既存井戸のスクリーン構造はスリット形式(開口率が 5%程度)であり、地下水位以下から底部までほぼ全面に設置されている傾向にある。したがって、水中ポンプがスクリーン範囲内に設置されている井戸も多い。水中ポンプをスクリーンの範囲外に設置することを考慮し、スクリーンは開口率 20%以上を確保できる SS 製の線巻タイプとする。

尚、要請のケーシング径はアメリカ油井規格(API)の寸法であり、水井戸用の規格と異なることから、井戸径は近似の 250mm(10")とし、ケーシング設置時の挿入時の余裕と掘削ビット径の関係から、掘削径は 316mm(12"1/4)とする。

表 3.7 取水井戸計画概要

区分	地域	井戸番号	期待揚水量 (m ³ /時)	深さ (m)	口径 (mm)	掘削径 (mm)	ケーシング 材料	スクリーン 材料
新規井戸	PK20	F3bis	45	230	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール
		F9bis	45	230	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール
		F10bis	45	230	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール
	Gegada	Z2	45	250	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール
		Z3	45	250	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール
		Z25	45	250	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール
更新井戸	Balbala	RG2	35	50	250	316	FRP	ステンス・スチール
	Nagad	E2	30	50	250	316	FRP	ステンス・スチール
		E5	30	55	250	316	FRP	ステンス・スチール
		E6	30	55	250	316	FRP	ステンス・スチール
		E7	30	55	250	316	FRP	ステンス・スチール
		E11	30	55	250	316	FRP	ステンス・スチール
	PK20	PK20-2	40	240	250	316	ステンス+鋼管	ステンス・スチール

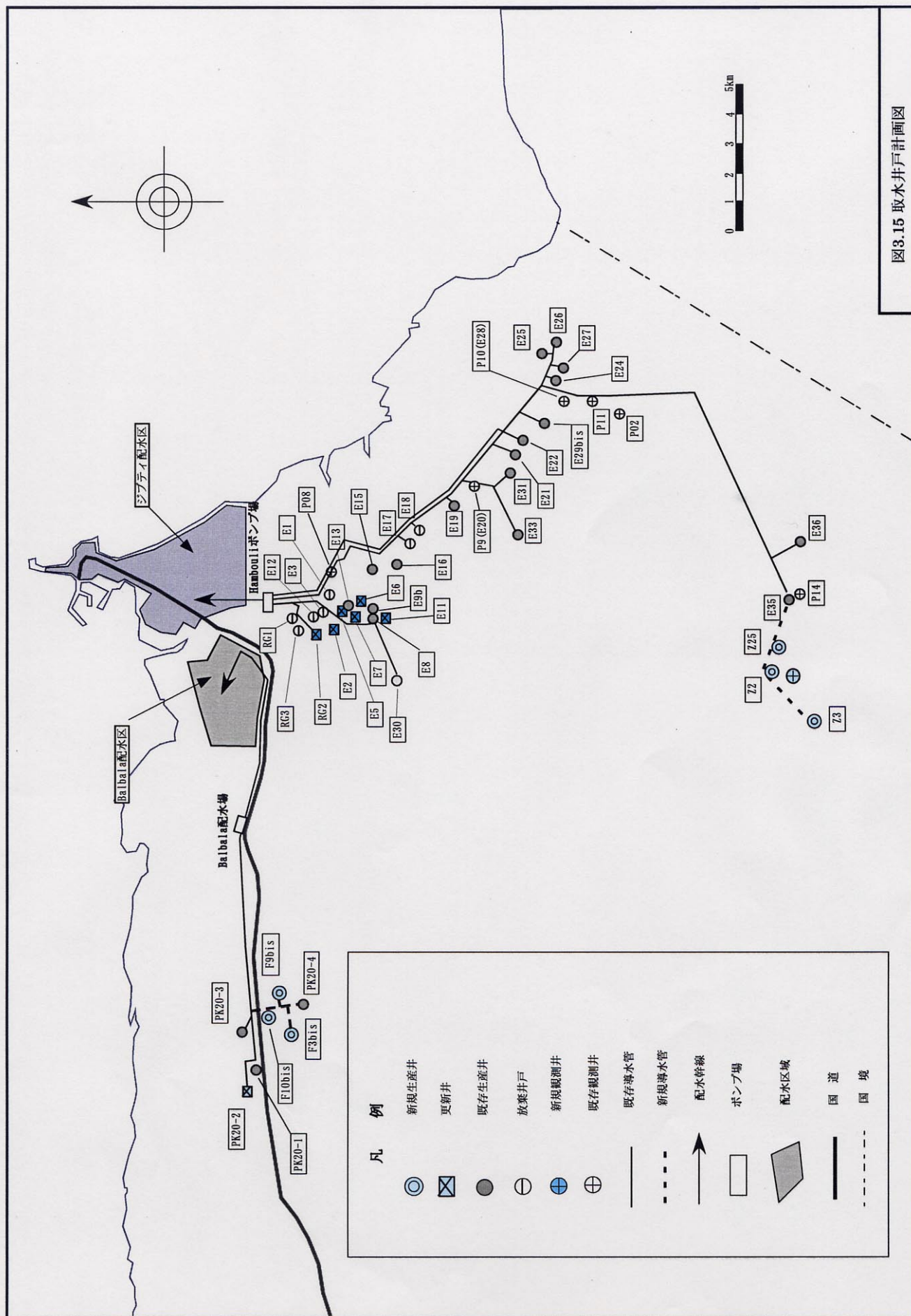


図3.15 取水井戸計画図

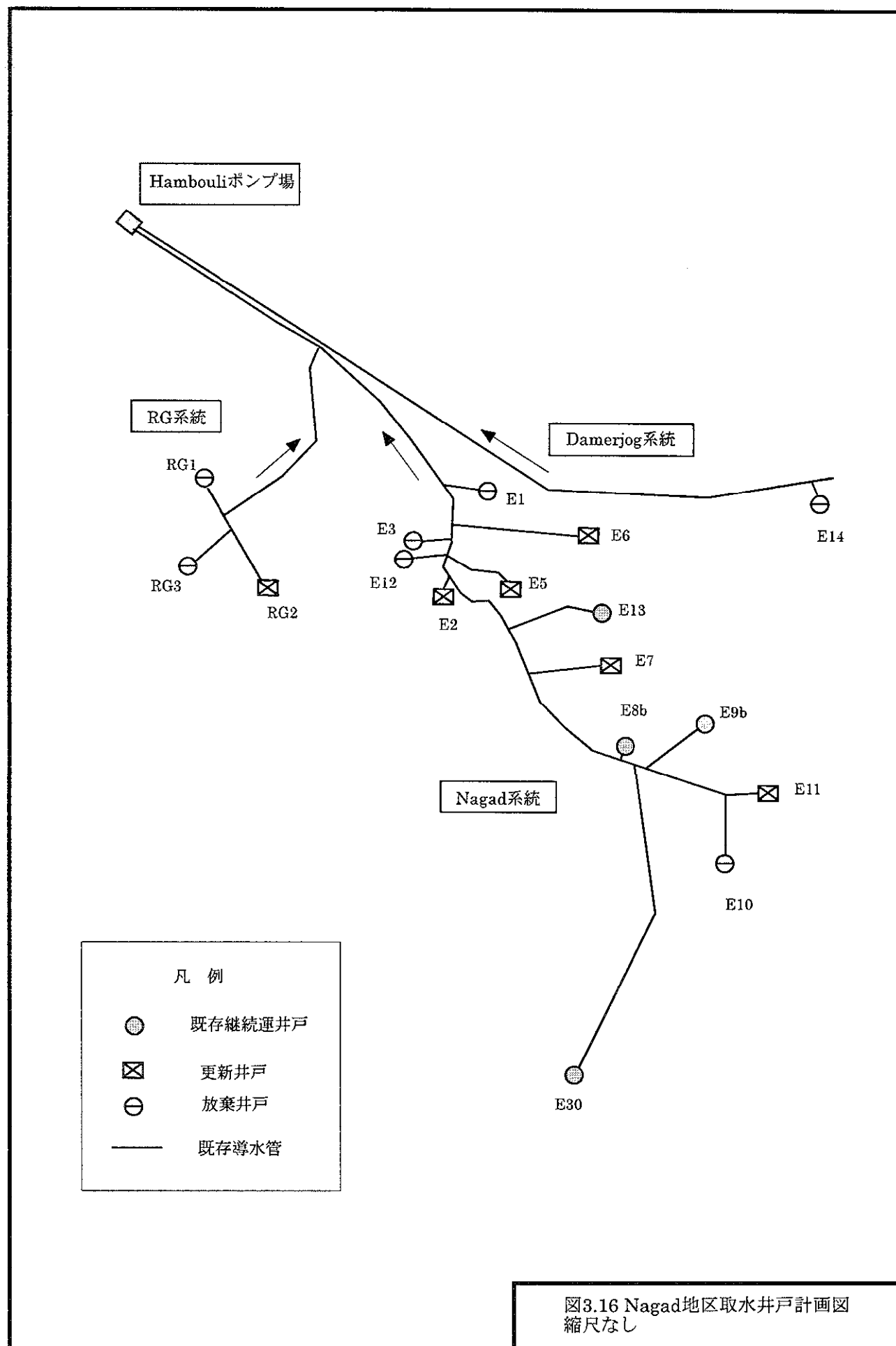


図3.16 Nagad地区取水井戸計画図
縮尺なし

(2) 水中ポンプの設計

水中ポンプの仕様については、各井戸における全揚程よりポンプの必要軸動力を求め、その値の直近上位の定格出力電動機を選定する。尚、揚程算出に用いる損失水頭計算式並びにポンプ軸動力の計算は次の式より求める。

全揚程の計算

$$\Sigma H(\text{全揚程}) = H_1(\text{導水管路摩擦損失水頭}) + H_2(\text{実揚程})$$

H_1 (導水管路摩擦損失水頭)

導水管路摩擦損失水頭はヘーゼン・ウィリアムス(Hazen-Williams)の公式より求める。

$$H_1 = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

ここに、

H_1 : 管路摩擦損失水頭(m)

C : 流速係数(110)

D : 管内径(m)

Q : 流量($\text{m}^3/\text{秒}$)

L : 管路延長(m)

H_2 実揚程

$$H_2 = \text{導水管水位} - \text{揚水位}$$

ここに、

導水管水位:パイプライン内の動水位

水中ポンプ軸動力の計算

水中ポンプの所要軸動力は次の式より求める。

$$P = 0.163 \times \gamma \times Q \times \Sigma H \times (1 + \alpha) / \eta$$

ここに、

P :ポンプの所要軸動力(kW)

γ :揚液の単位体積重量($1.0\text{kg}/\text{kgf}$)

Q :吐き出し量($\text{m}^3/\text{分}$)

ΣH :全揚程(m)

α :余裕値(20%)

η :ポンプ効率

水中ポンプ仕様

上記の式を用いて行った計算結果をもとに決定した水中ポンプ仕様を次の表 3.8 に示す。
また、計算過程を巻末資料に示す。

表 3.8 水中ポンプの仕様

吐出量 (m ³ /時)	揚程(m)	電動機仕様	台数	該当井戸
30	55	11kW × 380V × 50Hz × 3 相	2	E2、E5
	60	11kW × 380V × 50Hz × 3 相	3	E6、E7、E11
35	55	11kW × 380V × 50Hz × 3 相	1	RG2
40	175	37kW × 380V × 50Hz × 3 相	1	PK20-2
45	140	37kW × 380V × 50Hz × 3 相	1	F10b
	145	37kW × 380V × 50Hz × 3 相	2	F3b、F9b
	220	55kW × 380V × 50Hz × 3 相	1	Z25
	225	55kW × 380V × 50Hz × 3 相	1	Z2
	240	55kW × 380V × 50Hz × 3 相	1	Z3

また、温泉耐用の観点から、次に示すような耐食及び高温対策を考慮する必要がある。

- ・ 高温対策として、モータ絶縁レベルを上げるとともに、モータフレームのサイズを大きく取り、冷却効率を上げる。
- ・ 耐食対策としてポンプ及びモータにステンレスを採用する。

(3) 導水施設

PK20 地区並びに Gegada 地区とも、既存導水管始点の上流部に新規井戸が建設されることから、導水量が増加することとなり、既設導水管の増径による敷設替え又は新規導水管を並列に敷設することとなる。なお、合流地点は基本的に増径の影響が生じない地点とする。また、導水管付帯施設として、空気弁室、仕切り弁室、泥はけ弁室並びに減圧施設が挙げられる。

新設導水管管径は 150mm ~ 250mm となることから、管種はダクトイル鋳鉄管、PVC 並びに鋼管が考えられる。鋼管の場合は溶接継手となり、ダクトイル鋳鉄管より施工性が悪いことと地下水の高塩素イオンからの腐蝕の問題から、本地域での採用には適していない。PVC 管については、本地域での高い地下水の温度により、強度低下することと、施工後の安定性が求められる導水管であることから、同様に望ましくないことから、安定性並びに自然条件に特に問題のないダクトイル鋳鉄管を採用することとする。

(4) 減圧施設

本地区の既存導水管としては石綿セメント管(AC 管)が使用されている。本プロジェクトが実施された場合、PK20 及び GEGADA 地区の新規井戸により、各地区内の井戸生産量が増加し、既存導水管の通水量が増加することに加え、GEGADA 地区では新規井戸施設は既存井戸施設よりもより標高の高い位置に設置されるため、既存導水管に作用する内圧は現在より

も増加することとなる。従って、既存導水管の水圧に対する耐圧強度を確認し、またプロジェクト実施後の運転管理において発生すると予測される作用水圧を推定して、既存管が耐圧的に安全かどうかの確認を行う。作用する水圧が既存導水管の許容水圧を超える場合は、導水管の防護のために減圧施設の設置が必要となる。

AC 管の耐圧強度（許容内水圧）

既存 AC 管の規格は BS486 の Class20 である。この規格に示される水圧条件は下表に示すように 1987 年に廃止された JISA5301 の 2 種管とほぼ同等である。

表 3.9 AC 管規格

規 格	使用静水圧	試験水圧	保証水圧	破壊水圧
BS486	10kg/cm ² (TP の 50%)	20kg/cm ² (Test Pressure)	規定なし	30 kg/cm ²
JISA5301	規定なし	22 kg/cm ² (保証水圧の 80%)	28 kg/cm ² (破壊水圧の 90%)	31 kg/cm ²

AC 管の耐圧強度は、管体に作用する荷重（土圧、地表面の上載荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力）を考慮した場合の許容内水圧（静水圧と水撃圧の合計）として表す。JISA5301 の 2 種管として既存管の口径 φ 350、φ 300、φ 200 について管体の構造計算を行い許容内水圧を求める。計算方法は、農林水産省構造改善局土地改良設計基準「パイプライン」の「管路の構造設計」に準じた。各既存管路の最大土被りは約 2m であり、この場合の計算結果は下記に示す通りである。また、PK20 地区における導水管布設工事の試験水圧は 13.0kg/cm² で実施されているため、許容内水圧を計算結果に多少の安全を見込み 13.0kg/cm²（水の圧力水頭 130m）と設定した。（管体の構造計算結果は巻末資料参照）

表 3.10 許容内水圧

管口径	許容内水圧 (kg/cm ²)
φ 350	13.2
φ 300	13.3
φ 200	13.4

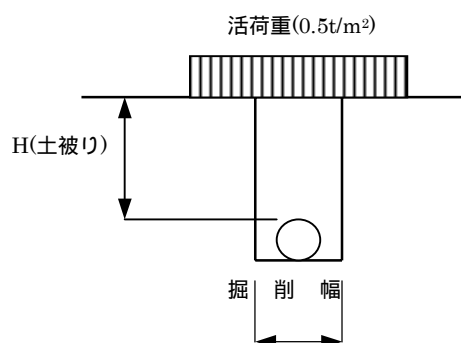


図 3.17 構造計算断面

作用水圧の考え方

実際の運転管理上発生する水圧は、管路のその地点における静水圧と水撃圧の合計である。管路の水圧条件は作用水圧が許容内水圧を超えないように設計され、かつ運転管理されなければならない。よって、PK20、GEGADA 両地区の既存管路において作用水圧が許容内水圧を超える状態が発生する場合、管体破損の危険性があるため、減圧施設の設置

が必要となる。

PK20 地区並びに Gegada 地区とも既存パイプライン形式は、管内にバルブが設置されたクローズタイプである。この場合、水撃圧の推定方法としては農林水産省構造改善局土地改良設計基準「パイプライン」の「経験則による水撃圧の予測方法」によれば、静水圧の 40%を水撃圧と推定することができる。また、水撃圧の発生時の最高圧力点は、導水管最下流部のバルブ設置地点であり、バルブ閉塞時の最高圧力線は下図に示すように発生する。

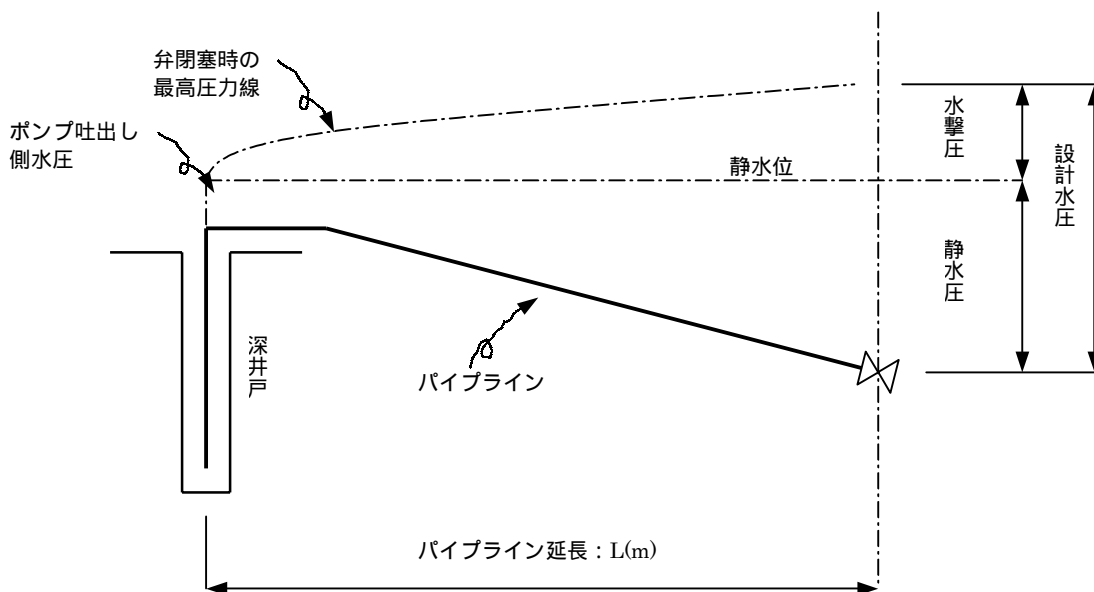


図 3.18 クローズタイプの設計水圧

減圧水槽の構造

減圧施設は水槽の場合とパイプの途中に設けるインラインタイプがあるが、本プロジェクトの場合は管の耐圧強度以内に管内水圧を減圧することを目的とするため、減圧効果の確実な水槽タイプとする。

PK20 幹線

減圧水槽を設けない場合、水理の結果、PK20 地区の管路の中で井戸ポンプの吐出し側（導水管との合流部）の静水位が最高となる井戸は新規建設予定の井戸 F3b で、その静水位は 212.3m である。また、導水幹線の末端には PK12 配水槽が位置し、その地盤高は 111.7m である。

よって、その間に静水圧 100.6m が生じ、またその 40% の水撃圧 40.2m を合計した 140.8 m の管内水圧が PK12 地点で発生することとなり、水撃圧発生時の最高水位 252.5m による水圧が全管路に作用する。従って同水理計算表に示される通り、Sta.5587 から最末端の PK12 配水槽の位置する Sta.11007 の 5,820m の区間において許容内水圧 130m

(13.0kg/cm²)を超える水圧が発生する。よって、適切な位置に減圧水槽を設置し、許容内水圧を超える水圧が発生する区間がないようにすることが必要となる。

表 3.11 減圧水槽を設置しない場合の PK12 地点最高水位

F3b 井戸地点 最大静水位(m)	PK12 地点 地盤高(m)	PK12 地点におけ る最大内水圧(m) = $(\quad - \quad) \times 1.4$	PK12 地点最 高水位.(m) +
212.3	111.7	140.8	252.5

減圧水槽の設置場所としては、地形的に縦断勾配が大きくなる手前の水平部で、減圧水槽を設置しても PK12 配水槽に送水するために水圧不足の生じない位置であることとし、Sta700 地点を選定した。水理計算の結果では、減圧水槽下流の管路の中で井戸ポンプの吐き出し側の静水位が最高となる井戸 F3b の静水位は 182.9m となる。PK12 配水槽地盤高との間に静水圧 71.2m が生じ、またその 40% の水撃圧 28.5m を合計した 99.7m の管内水圧が PK12 地点で発生することとなり、水撃圧発生時の最高水位 211.4m による水圧が管内に作用する。管内水圧の最高値は 121.8m であり、管の許容内水圧以下であるため、Sta.700 に減圧水槽を設置することは適切であると判断される。

表 3.12 減圧水槽を設置した場合の PK12 地点最高水位

減圧水槽 地点標高 (m)	減圧水槽 水位(m)	F3b 井戸地点 最大静水位(m)	PK12 地点地 盤高(m)	PK12 地点における 最大内水圧(m) = $(\quad - \quad) \times 1.4$	PK12 地点最 高水位.(m) +
171.9	173.0	182.9	111.7	99.7	211.4

尚、減圧水槽より下流管路内の最高水位は F3b の 182.9m であり、井戸ポンプが締め切り運転となった場合、管内水位は減圧水槽の水位 173m よりも高くなる。この場合の減圧水槽内への逆流防止用に、減圧水槽下流側に逆止弁を設ける。

Gegada 幹線

新規井戸 Z3 (標高 226.6m) \ Z2 (標高 190.4m) \ Z25 (標高 170.5m) の導水管 (Z3 支線) は、既存井 E35 (標高 149m) 地点の上流に建設されることとなる。新規導水管を既存導水管始点の E35 地点で接続すると、E36 支線合流点以降の管内流速が 2.02m/秒となり、圧力水頭が負の値を示し通水能力が不足する。従って、既存井戸 E35、E36 の通水については既存管 (ACφ200) を利用し、Z3 支線の導水については既存の導水管に並列に新規の専用管を布設して、既存管の口径が φ300 となる Sta.10047 地点で既存管に合流させることとする。

水理計算の結果、管路の中で井戸ポンプの吐き出し側の静水位が最高となる井戸は、新規建設予定の井戸 Z3 で、その静水位は 234.4m となる。また、導水幹線末端の井戸 E28 の地盤高は 27.7m である。よってその間に静水圧 206.7m が生じ、またその 40% の水撃圧 82.7m を合計した 289.4m の管内水圧が E28 地点で発生することとなり、水撃圧発生

時の最高水位 317.1m による水圧が全管路に作用する。本ケースでは同水理計算表に示される通り、GEGADA 地区の既存導水管全線において AC 管の許容内水圧 130m を超える水圧が発生するため、Z3～E28 の間に減圧水槽 2 ヲ所の設置が必要とされる。

表 3.13 Gegada 減圧水槽を設置しない場合の E28 地点最高水位

Z3 井戸地点 最大静水位(m)	E28 地点 地盤高(m)	E28 地点にお ける最大内水圧(m) =() $\times$ 1.4	E28 地点最 高水位.(m) +
234.4	27.7	289.4	317.1

新規 Z3 支線は既存幹線と併設し、既存幹線の口径 ϕ 300 変化点 (Sta.10047) にて合流させるものとし、減圧水槽設置位置については地形的条件と減圧量を考慮し、下記に示す 3 ケースについて、施設内容、工事費、管路内の水圧につき比較検討した。但し、各ケースとも下流側の減圧水槽設置位置は、E28 における必要水頭が 85.0m であることから Sta.13540 とした。建設費は Case1 が高く、Case 2 と Case 3 の差はない。また、最大内水圧の点では Case 3 が一番低く、安全性が高い。よって、Case 3 を採用案とする。各ケースの水理計算を巻末資料添付した。

減圧水槽容量

減圧水槽の流入側には、水槽の水位制御のために減圧バルブを設ける。この場合水槽水位は、減圧バルブに過剰なキャピテーションが発生しないように留意して設定する。また、水槽の有効容量は減圧バルブの開閉頻度がある程度抑えるために必要で、流入量の 15 分容量とした。躯体は鉄筋コンクリート製の矩形とする。

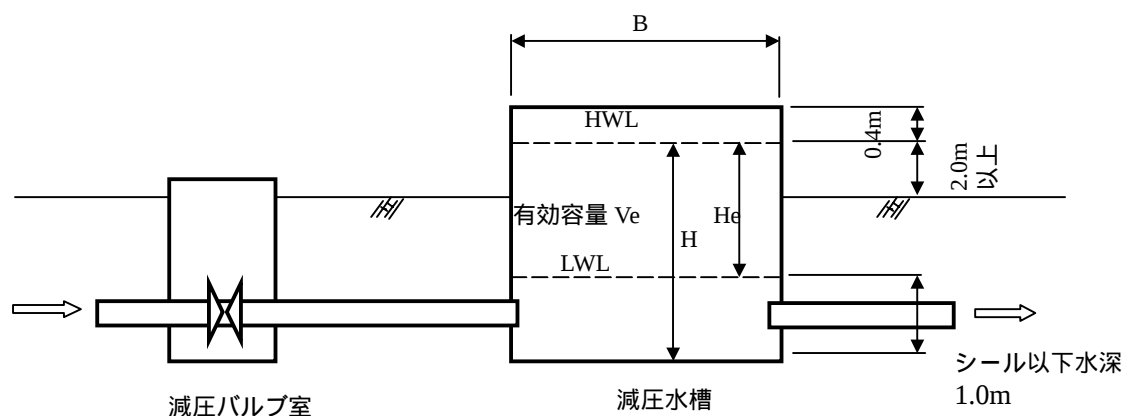


図 3.19 減圧水槽概略構造

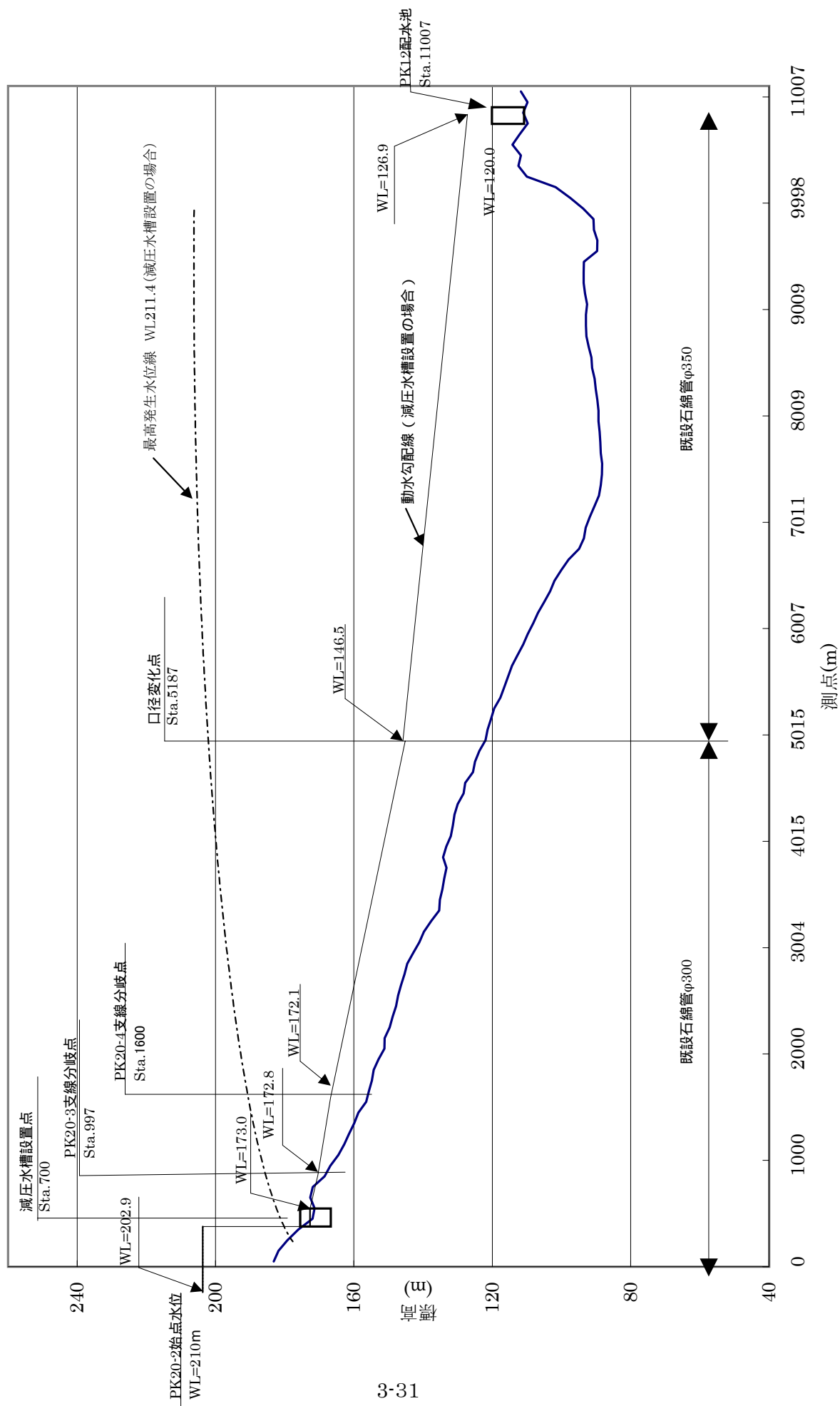


図3.20 PK20導水管路水理検討図 縮尺なし

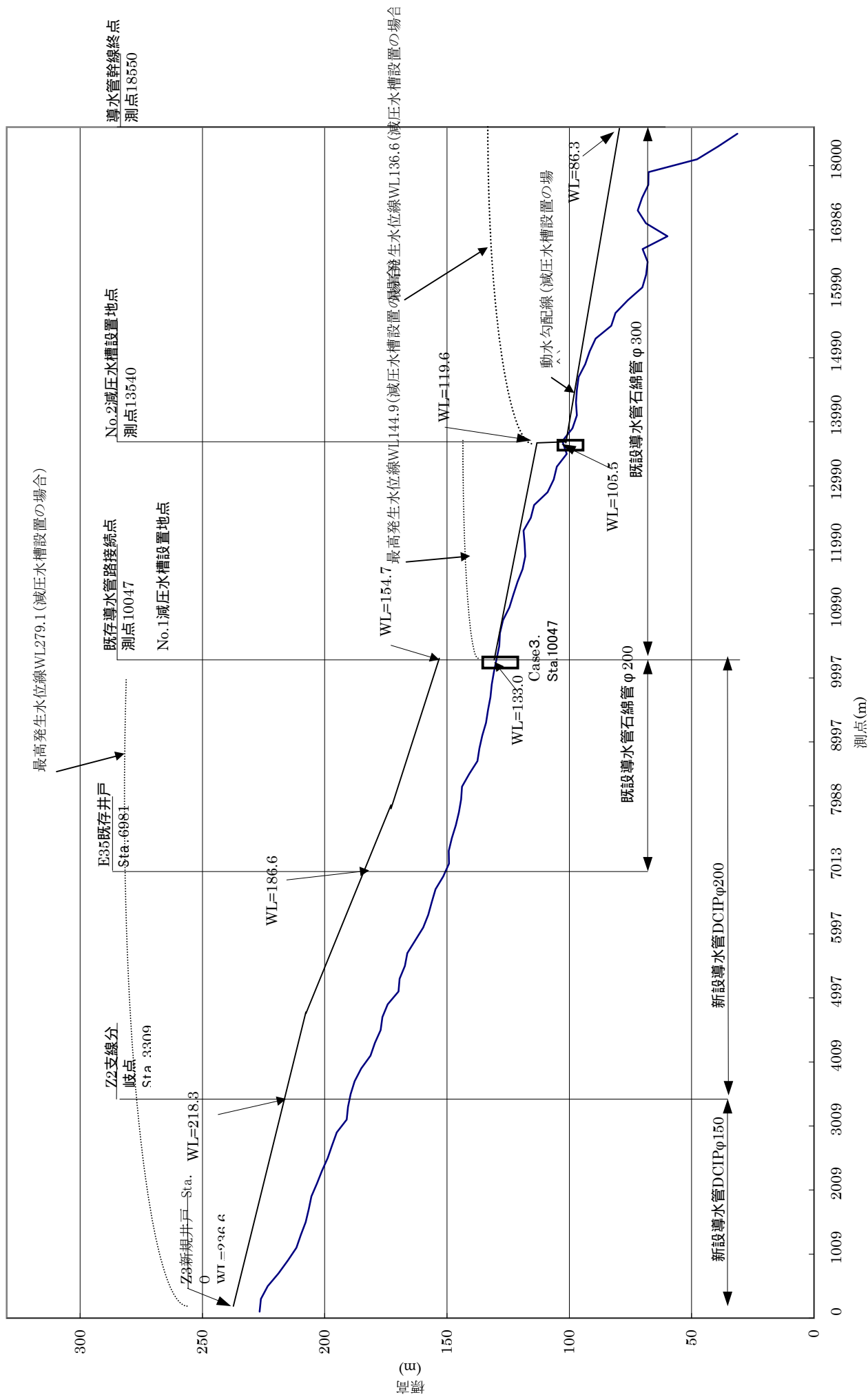


図3.21 Gegada導水管路水理検討図 縮尺なし

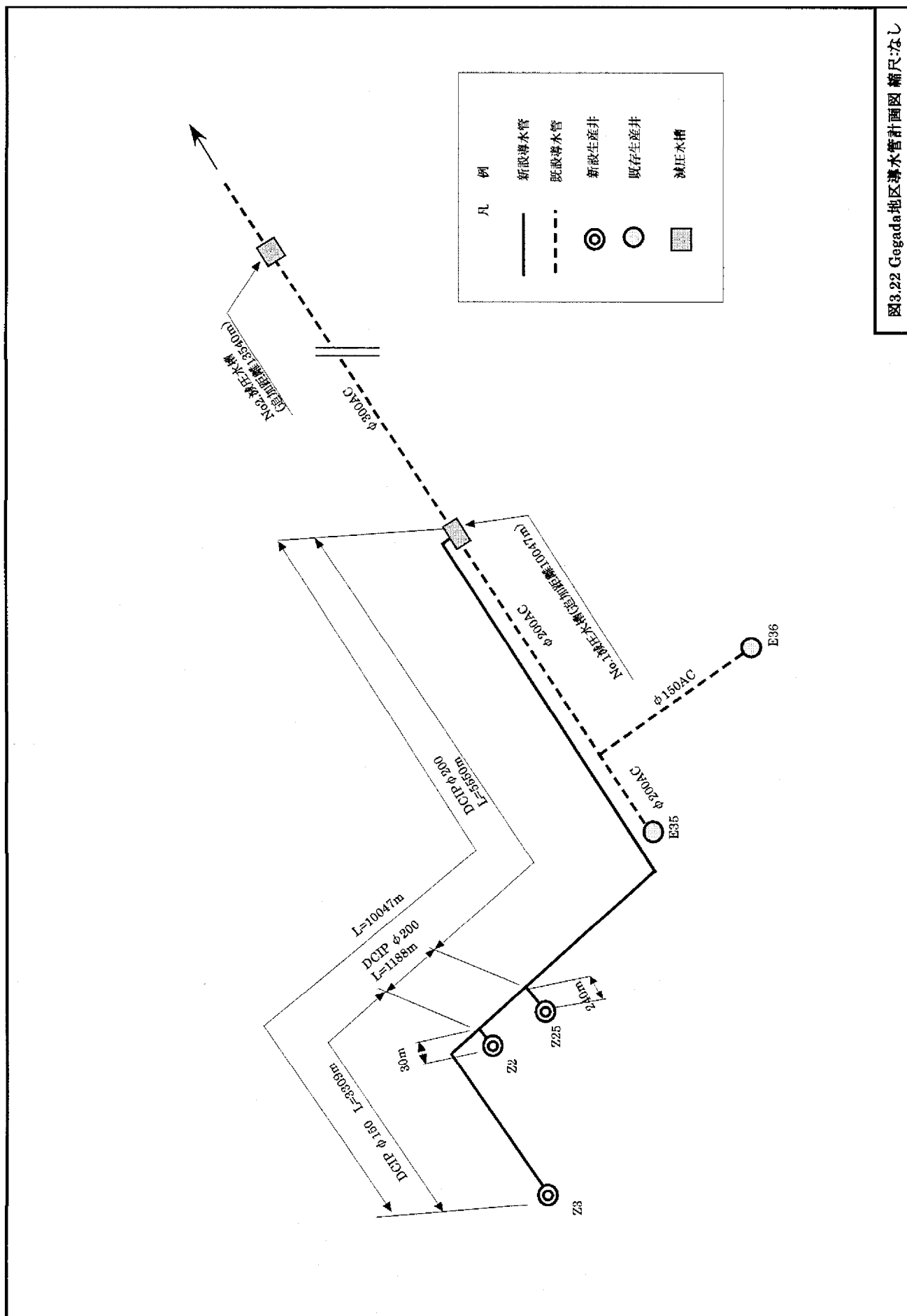
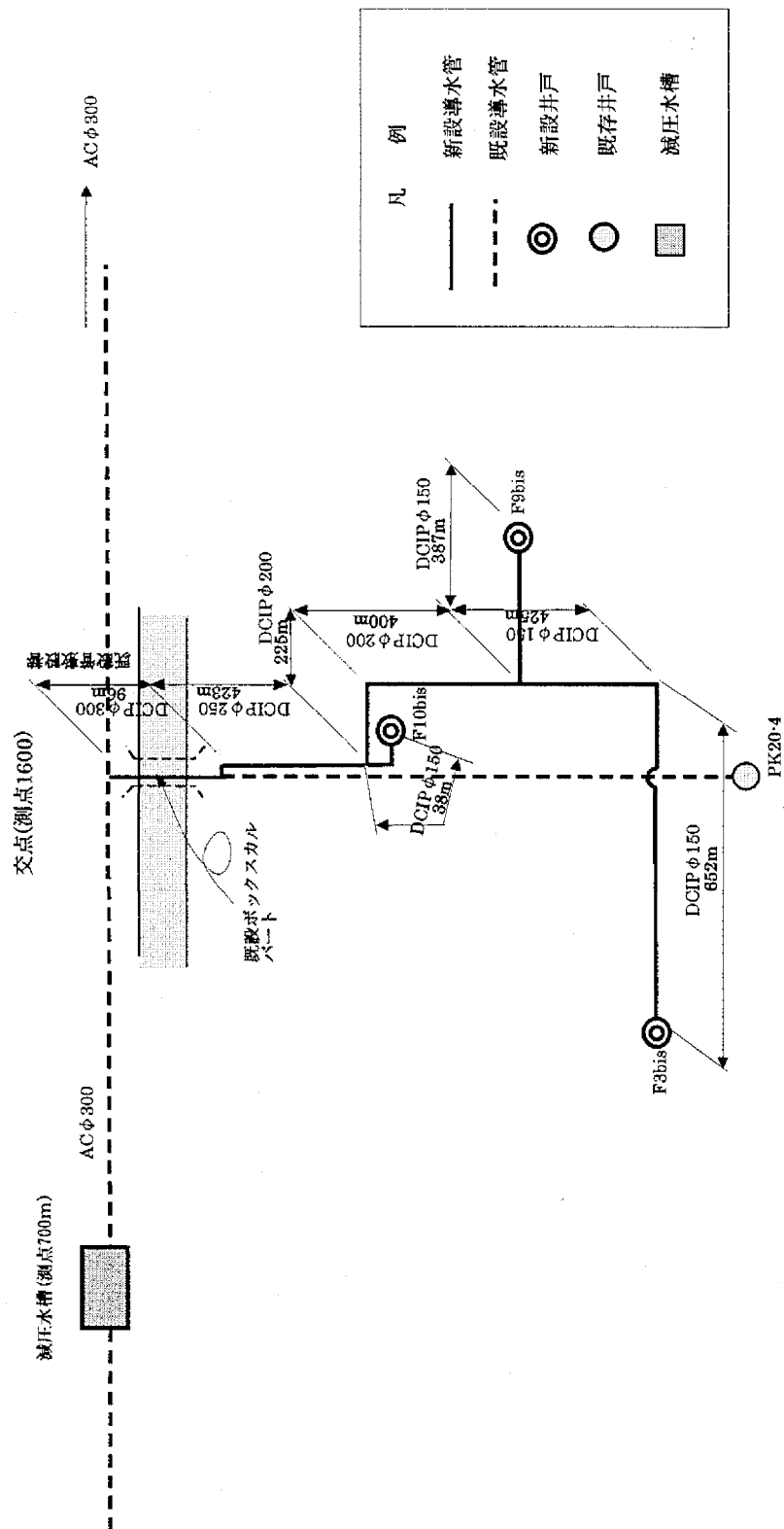


図3.22 Gegada地区導水管計画図 縮尺:なし



(5) 送電施設

2 次側変圧器

変圧器容量は次の式より求める。

$$T = \Sigma P_m \times (1 + \alpha) / (\Sigma \eta \times Pf)$$

ここに、 T:変圧器容量 (k VA)

ΣP_m :定常負荷の総出力(kW)

α :余裕率 0.1

Pf:総合力率 (0.85)

$\Sigma \eta$:定常負荷の総合力率(水中ポンプ 0.84)

今回、新設井戸建設地区 (Gegada 及び PK20 地区) に変圧器が設置され、取水井戸の水
中ポンプ出力は 37kW 並びに 55kW であることから、変圧器容量は 75kVA、100 kVA とな
る。

表 3.14 2 次側変圧器仕様

地域	定常負荷の 総出力(k W)	必要変圧器 容量(k VA)	定格変圧 器容量(k VA)	変圧器仕様	台 数	該当井戸
PK20	37	57	75	1 次側電圧 20 k V(3 線 3 相式) 2 次側電圧 380V/220V(線 3 相式) 50 サイクル	3	F10b、F3b、 F9b
Gegada	55	84	100	同上	3	Z2、Z3、Z25

送電線

送電線の径は電圧降下量を確認し、その径を決定する。電圧降下は次の簡略式より求める。

$$e = 30.8 \times L \times I / (1000 \times A)$$

ここに、 e : 電圧降下 (v)

L : 電線長 (m)

I : 線電流 (A)

A : ケーブル断面積(mm²)

計算の結果は表 3.15 に示すとおりであり、各地点の 2 次側電圧は 380V 以上確保でき
ることが確認された。したがって、送電線は 34.4mm² の 3 線 3 相式とする。

表 3.15 電圧降下量の計算

送電線地区名称		L(m)	I(A)	A (mm ²)	E(v)	初期電圧 (V)	降下後 電圧(V)	2 次側電圧 (V)
Nagad 線		3,220	4.2	34.4	12	20,000	19,988	399
Gegad 線	B 点	13,500	24.5	34.4	296	20,000	19,704	394
	C 点	27,200	24.5	54.6	596	20,000	19,404	388
	D 点	34,400	24.5	34.4	754	20,000	19,246	385

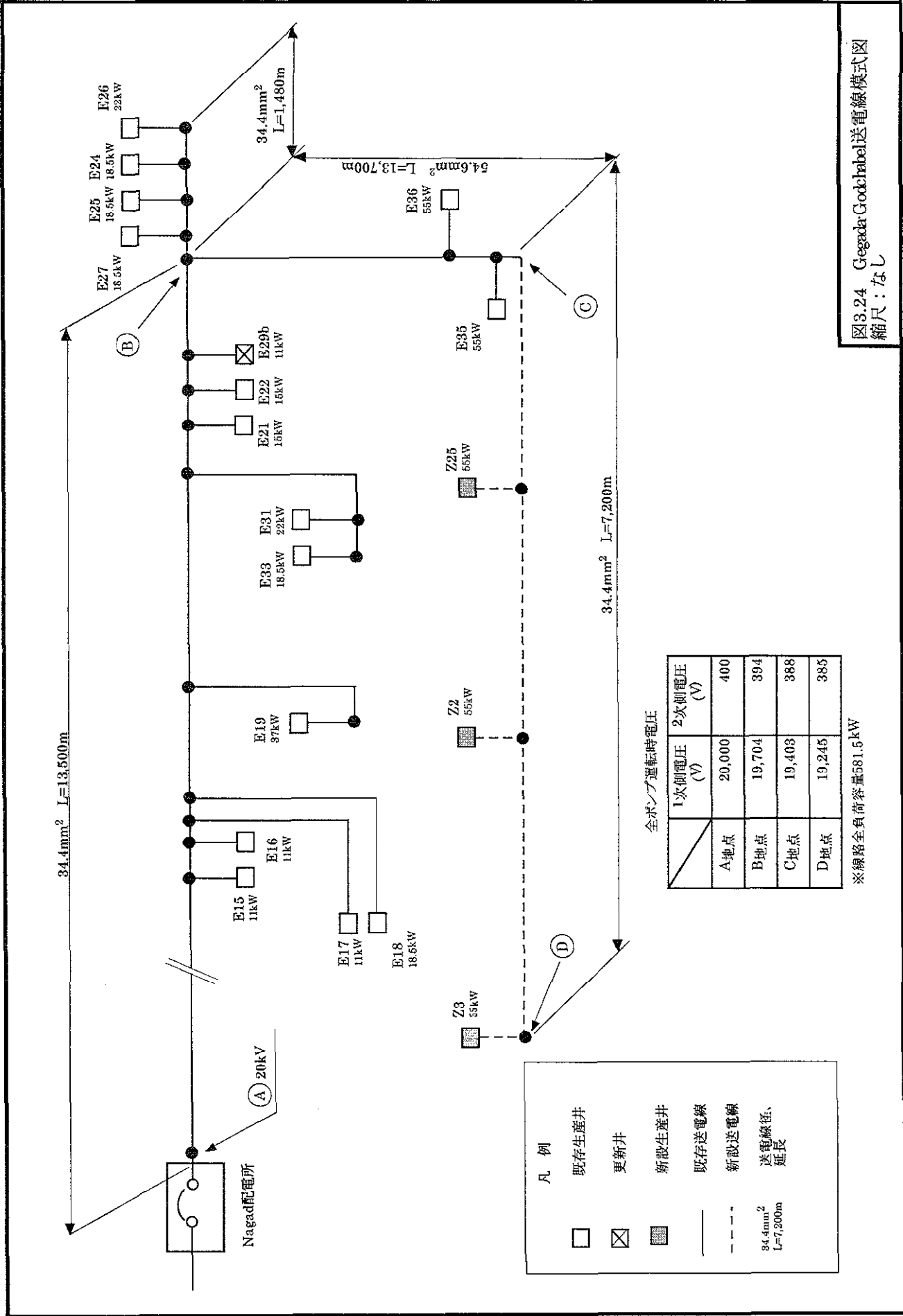
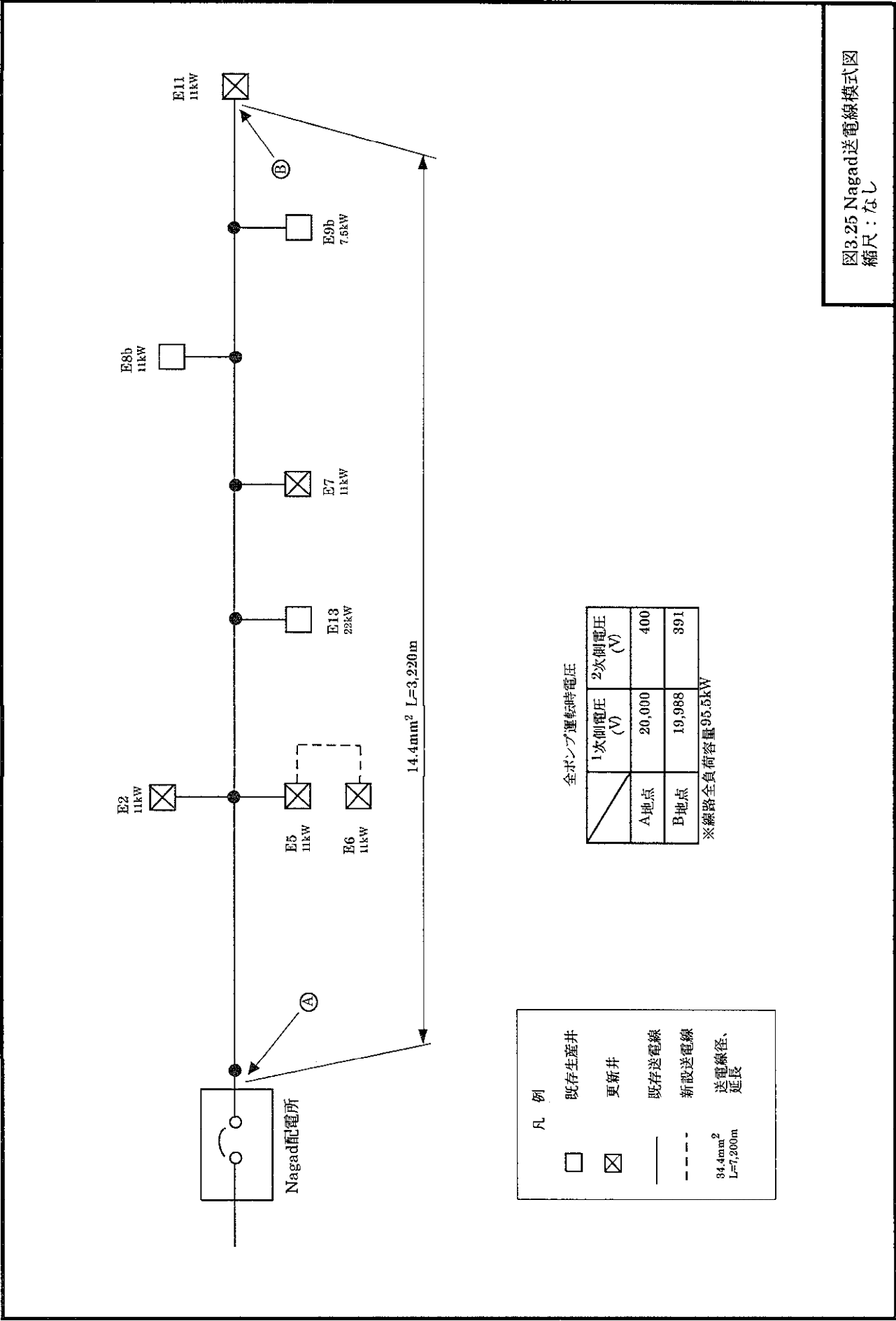


図3.24 Gogada Godchabel送電線模式図
縮尺：なし



(6) 観測井

井戸深度は低比抵抗基盤に到達する十分な深度 300m とし、地下水面以下を全範囲スクリーンとする。ケーシング及びスクリーン材料は鋼管とし、スクリーンはスリット形式とする。スリット数はスクリーン開孔率 5%程度確保できる数とし、スリットサイズは幅 3mm×長さ 180mm とする。尚、地下水は地表面より約 - 220m 程度と推定され、スクリーンの範囲は 77 mの区間となるが、スリット形式のスクリーンの採用により特に鉛直荷重による挫屈の問題はない。

観測井口径は、建設時にのみ揚水試験を実施することを考慮して、水中ポンプが挿入できる最低口径の 6”とする。尚、観測業務は水位測定ならびに採水作業が主であり、口径 6”の観測井であれば同作業には特に支障はない。

また、地下水面は地表より約 - 220m と推定されるため、観測作業はトラッククレーンに滑車をつけ作業を行なうか、井戸元にて手動ウィンチにより作業が行なわれるものと推定される。従って、図 3.26 に示すように、井戸元は幅 50cm×長さ 80cm 程度のウィンチが設置でき、計測員 3 名程度が作業できる幅 2.0m×長さ 2.0m の作業スペースをコンクリートにて建設する。尚、観測井には特に管理小屋は設けないこととし、井戸元は計測時以外、鋼製の蓋をボルトにより固定することとする。

(7) 資機材調達計画

取水井戸付帯設備

取水井戸付帯設備は圧力計、空気弁、流量計、逆止弁及びステンレススチール管から構成され、既存井戸 18 井を対象とする。尚、流量計は温泉耐用の温度 60℃まで使用可能とし、新設井戸の流量計も同様の仕様とする。

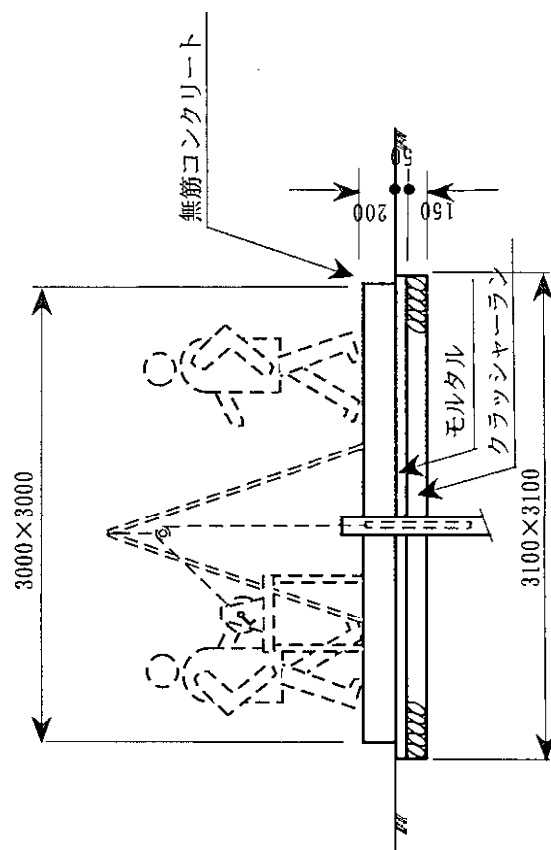
表 3.16 既存生産井付帯設備

	井戸数	対象井戸番号
既存井戸揚水管径 80mm	3	E15、E16、E17
既存井戸揚水管径 100mm	15	E8、E9b、E13、E18、E19、E21、E22、E24、E25、E26、E27、E29b、E30、E31、E33
合 計	18	

深井戸維持管理用クレーン付き車輛

深井戸維持管理に必要となるクレーン付き車輛の仕様を表 3.17 に示す。

側 面 図



井戸開口部構造図

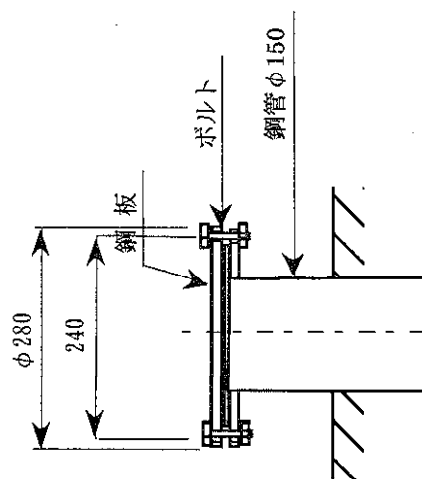


図3.26 観測井構造図

表 3.17 深井戸維持管理用クレーン付き車輛仕様

各部名称	仕 様
車輪駆動方式	4 輪駆動
主ドラム吊上げ能力、巻能力	5 t 以上、50 m 以上（14 mm ロープ）
主ドラムロープスピード	35 m/分以上、自由落下機構付き
サンドリール吊上げ能力、巻能力	2 t 以上、300 m 以上（12 mm ロープ）
サンドリールロープスピード	80 m/分以上、自由落下機構付き
マスト	油圧起倒方式、高さ：地上より 9 m 以上
本体レベリング	油圧ジャッキ 4 本装備されていること （前部・後部各 2 本）
備品	主ドラム・サンドリール用ワイヤーロープ トラベリングブロック ウォッシングパイプ（300 m 分） ブラッシングツール、ペイラー、 ジェッティングツール、タップ他

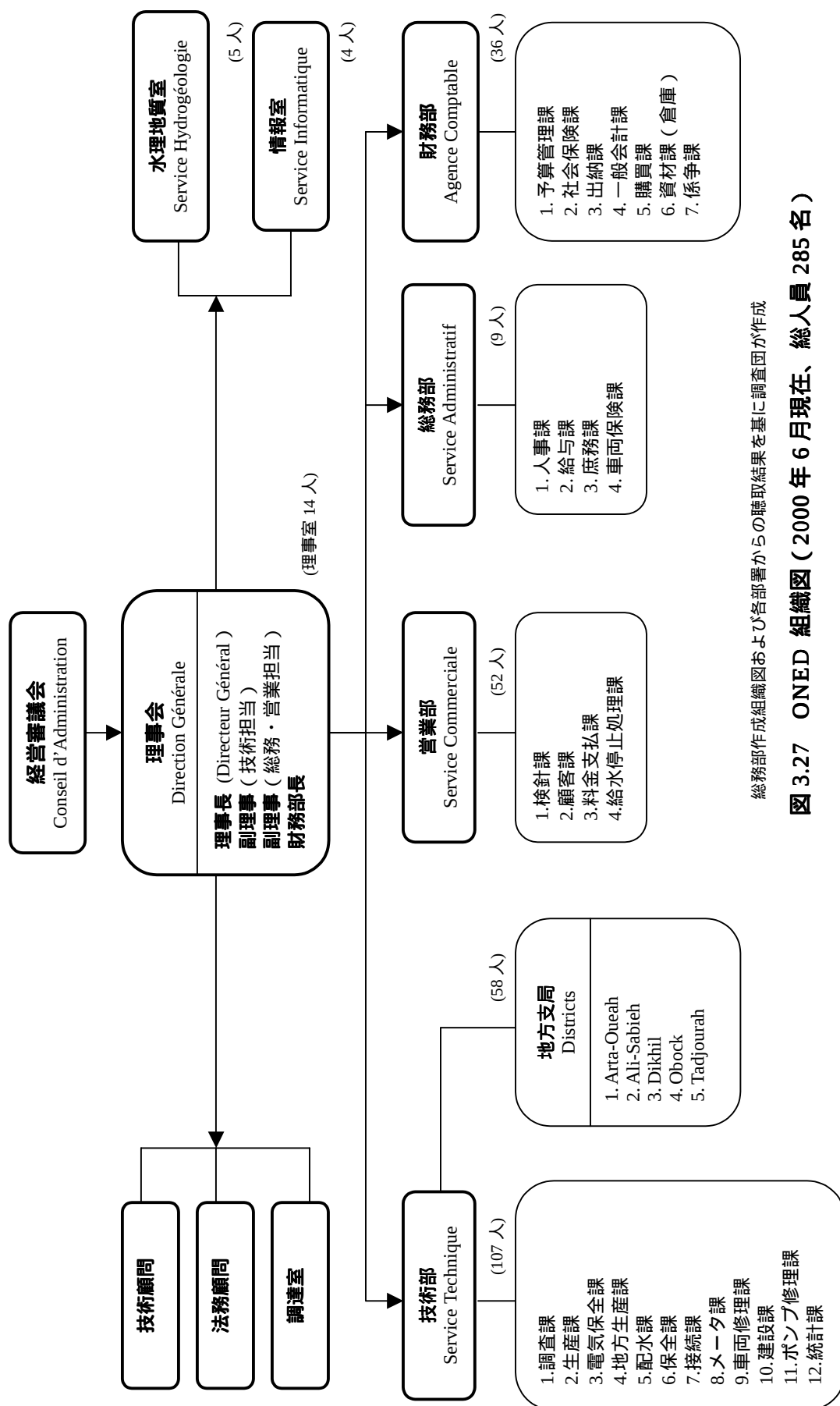
3-4 プロジェクトの実施体制

3-4-1 組 織

(1) 組織概要

本プロジェクトを主管する省庁は、農業・牧畜・水産省であり、実施機関は全国水道公社 (ONED) である。ONED は準拠法では財務的に独立企業体であるが、政府が経営審議会メンバーおよび理事会メンバーの任命、人事・料金・資産取得等重要事項の決定権を有しており、実質的には政府管理下の公社という位置付けにある。

組織構成は図 3.27 に示すとおりとなっており、経営審議会は最高決定機関として、予算や決算等を年 2 回の定例審議会で決定している。理事会は理事長、総務・営業及び技術部門を掌握している 2 名の副理事及び財務部長から構成されており、日常業務の執行責任を担っている。経営及び施設運転等は技術部、営業部、総務部並びに財務部が担当しており、情報室、水理地質室、調達室、技術顧問や法務顧問が実務を補佐している。



総務部作成組織図および各部署からの聴取結果を基に調査団が作成

図 3.27 ONED 組織図 (2000 年 6 月現在、総人員 285 名)

(2) 施設維持管理実施部署

水道施設の維持管理は、Hambouli ポンプ場内の技術部が実施しており、この技術部は 12 の課から構成されている。各課の分掌規定は次のとおりとなっている。

表 3.18 技術部各課の分掌規定

部 署	分 掌 規 定
1.調査課	新規加入希望向けの調査・見積り作成 顧客からのクレーム内容調査・対応 新規分譲地域における配水管網拡張の調査・図面作成
2.生産課	生産井の運転管理 送水ポンプ施設運転管理
3.電気保全課	電気施設管理
4.地方生産課	地方都市の生産井・ポンプ管理
5.配水課	配水管の応急修理 新設配水管の敷設（実績としては少ない）
6.保全課	導水・配水管の修理（配水課との連携で修理にあたる。また、大規模な修理は社外の機関に依頼。）
7.接続課	新規給水管敷設
8.メータ課	量水メータの検査・修理
9.車両修理課	車両・発電機等の修理
10.建設課	主として井戸管理小屋の補修・建設
11.ポンプ修理課	水中ポンプの点検・修理
12.統計課	ONED 所有機材の管理

施設の運営を担当している生産課及び保全課の運営実施状況は、次のとおりであった。

生産課

取水施設を 24 時間運転するため、1 日 3 交代で常時 1 班(4 人/班)の体制を敷いている。定期点検として取水施設及び送水ポンプ施設を週 2 回点検し、電気操作盤を毎月 1 回定期点検している。また、着水井における水量の確認から水中ポンプの異常運転に注意を払っており、異常時には水中ポンプの一斉点検を行っている。

Hambouli ポンプ場には 1994 年にフランスの援助にて井戸遠隔操作装置が設置されたが、湿度の問題が原因と見られる基板回路の故障から現在は使われていない。従って、現在は異常時の対応はマニュアルにて行なわれている。

保全課

保全課は 24 時間体制を敷いており、巡回点検と顧客からの連絡により漏水修理を実施している。関係者からの聴取では、顧客からの連絡には現場が不明瞭で修理できなかったものやメータより先の顧客負担部分が含まれており、これらを除いた配水支管のほぼ 100%は修理されているとのことであった。1995 年～2000 年の修理実績は次のとおりであった。

表 3.19 修理実績

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1995	434	408	494	291	280	250	270	217	394	394	369	346
1996	199	215	226	177	151	172	160	140	133	183	222	290
1997	126	179	132	123	125	102	119	129	125	120	200	205
1998	140	178	166	139	165	80	128	109	116	206	248	335
1999	272	211	191	162	133	182	160	121	129	182	246	258
2000	200	111	166	166	174							

電気保全課

電気施設の維持管理は ONED の電気保全課とジブティ電力公社（EDD）が行っている。ジブティ電気公社は送電施設から井戸元の変圧器までの 1 次側の維持管理を行っており、電気保全課は井戸元から井戸操作盤までの 2 次側の維持管理を行っている。

3-4-2 予 算

1994 年度～1999 年度の損益計算書及び貸借対照表(表 3.21 及び 3.22 参照)をもとに分析を行った。水道収益のうち未収滞納金は依然として多いものの、諸費用の支払いは可能な範囲で抑えられていることが確認された。従って、手持ち資金および短期的な支払い能力から、資金状況はほぼ健全ラインを保っており、減価償却費を除く維持管理費用は、現状の徴収金にて賄うことが可能な状況にある。

しかしながら、減価償却費を上回る滞納金が毎年発生しており、滞納金の確実な回収が見込めない現状では、新たな設備投資や更新資金の確保は容易でないと見うけられた。

(1) 収益状況

1996～2000 年度の最終損益は過年度未収滞納金償却等の結果、赤字であった。しかしながら、営業利益および経常利益の段階では黒字基調であり、公共的性格の強い給水事業であることを考慮すれば、ONED の収益水準は、ほぼ妥当と見うけられる。

ONED は表 3.20 に示すように大口需要者を対象とした料金値上げを 2000 年 12 月より行っており、それに伴い 2001 年度計画では、最終損益が黒字転換し約 3 億 DF の純利益達成が見込まれる。

表 3.20 ONED 水道料金表

分類	使用量 (m ³ /月)	料金 (DF/m ³)	
		旧	新
1	30 以下	62	変更なし
2	31～80	102	変更なし
3	81～120	142	変更なし
4	121～200	163	変更なし
5	201～1000	—	200
6	1001 以上	—	250

(2) 資金財務状況

表 3.22 貸借対照表に示すとおり、水道料金の未払いは依然多く(1999 年度徴収率 44%)、資金状況は厳しい状況にあると言える。このため、新たな設備投資や設備更新資金の確保は容易でなく、またフランス開発庁 (AFD) に対する外貨借入金の元利金 (約 1.7 億 DF) の支払い滞りも起きている (但し、これはフランス政府による債務救済援助が行われ、2001 年初に解消している) のが実情である。

しかし、諸費用の支払いは可能な範囲で抑えられ、減価償却費を除く維持管理費用は現状の徴収金にて賄うことが可能な状況にある。2001 年度以降は、水道料金値上げによる増収により資金状況の好転が見込まれる。

借入残高は、1999 年度末で外貨借入金約 60 億 DF (約 34 百万 US\$)、政府からの国内借入金約 4 億 DF (2 百万 US\$) となっている。借入金依存度 (借入金 / 資産合計) は約 50% と高いが、借入金はいずれも長期・低利でありデッドサービス・レシオ (年間元利返済金 / 営業収益) は約 14% と許容範囲内である。料金の滞納がなければ返済可能と判断される。

表 3.21 ONED 損益計算書：1996 年～2000 年

(単位:百万 DF)

項 目		1996 年 実績	1997 年 実績	1998 年 実績	1999 年 実績	2000 年 実績見込	2001 年 計画 ⁽¹⁾
営業収益	給水収益	1,447.3	1,415.8	1,400.0	1,458.7	1,581.7	1,669.3
	受託工事収益	33.3	52.8	101.4	51.7	75.4	139.0
	計	1,480.6	1,468.6	1,501.4	1,510.4	1,657.1	1,808.3
営業費用	人件費	482.7	485.8	473.2	474.1	467.4	390.5
	給与削減額戻入 ⁽²⁾	0.0	0.0	-18.4	-27.4	-20.3	0.0
	小計	482.7	485.8	454.8	446.7	447.1	390.5
	減価償却費	407.0	404.3	442.7	549.1	580.1	560.0
	無償供与分戻入 ⁽³⁾	-80.2	-83.2	-85.2	-91.7	-90.2	-110.0
	小計	326.8	321.1	357.5	457.4	489.9	450.0
	消耗品・材料費	156.3	177.9	82.5	100.6	113.0	95.6
	電気	291.7	263.8	304.7	281.3	249.9	232.0
	租税公課	8.5	48.2	36.3	34.4	40.4	42.1
	その他	143.8	171.0	150.4	158.2	152.4	130.0
	計	1,409.8	1,467.8	1,386.2	1,478.6	1,492.7	1,340.2
営 業 利 益		70.8	0.8	115.2	31.8	164.4	468.1
営業外収益	受取金利	45.2	35.9	31.4	31.2	30.5	33.5
	その他	1.6	0.1	1.9	1.9	0.0	2.7
	計	46.8	36.0	33.3	33.1	30.5	36.2
営業外費用	支払金利	51.1	74.7	90.8	84.8	76.6	76.6
	過年度調整 ⁽⁴⁾	0.0	0.0	36.5	0.0	0.0	0.0
	小計	51.1	74.7	127.3	84.8	76.6	76.6
	その他	1.7	0.2	1.1	1.7	2.2	0.6
	計	52.8	74.9	128.4	86.5	78.8	77.2
営 業 外 利 益		-6.0	-38.9	-95.1	-53.4	-48.3	-41.0
経 常 利 益		64.8	-38.1	20.1	-21.6	116.1	427.1
特別収益	諸引当金戻入等	450.2	348.0	16.2	260.5	101.3	15.4
特別費用	為替変動引当	72.1	27.4	45.6	21.9	15.4	10.0
	未収延滞金償却 ⁽⁵⁾	152.2	188.8	195.2	125.2	80.0	75.0
	その他	35.1	182.5	76.6	235.9	200.2	33.0
	計	259.4	398.7	317.4	383.0	295.6	118.0
特 別 利 益		190.8	-50.7	-301.2	-122.5	-194.3	-102.6
税 引 前 利 益		255.6	-88.8	-281.1	-144.1	-78.2	324.5
法人税		0.0	16.5	14.2	16.0	7.6	16.0
純 利 益		255.6	-105.3	-295.3	-160.1	-85.8	308.5

注(1) 料金値上げによる増収 3 億 DF を折り込む

(2) 給与削減額戻入:1998 年から全社員一律 10%削減分を戻入

(3) 無償供与分戻入:無償供与された償却資産の減価償却費相当分を戻し入れ

(4) 借入金(バルバラ貯水池建設)の過年度(1991 年から)金利

表 3.22 ONED 貸借対照表：1996 年～2000 年

(単位:百万 DF)

項 目			1996 年 実績	1997 年 実績	1998 年 実績	1999 年 実績	2000 年 実績見込
資 産	流動資産	現預金	338.3	31.7	163.9	206.4	322.1
		棚卸資産	180.1	166.8	185.5	153.0	153.0
		前渡金	1.1	16.9	4.5	6.3	14.5
		売掛金	956.0	958.4	1,080.2	1,463.9	1,635.3
		その他	154.1	38.8	38.0	7.4	159.2
		計	1,629.6	1,212.6	1,472.1	1,837.0	2,284.1
	有形固定資産	土地	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
		建物、構築物	1,382.0	1,435.7	2,643.5	2,782.1	2,736.6
		機械、器具、装置	3,673.2	3,389.1	5,753.0	6,755.3	6,613.2
		車両	15.5	19.7	17.8		
		備品	84.9	138.3	116.1	302.5	338.4
		建設仮勘定	4,213.4	5,158.1	2,215.1	405.8	156.4
		計	9,378.2	10,150.1	10,754.7	10,254.9	9,853.8
	金融資産	国庫預金	0.0	170.9	172.6	174.6	174.6
	繰延資産	試験研究費	71.4	48.4	28.8	13.5	3.9
	その他		0.0	16.3	2.2	94.6	147.6
	合計		11,079.2	11,598.3	12,430.4	12,374.6	12,464.0
負 債 ・ 資 産	流動負債	買掛金	275.2	590.2	749.3	919.4	1,184.7
		未払金・預り金	144.0	151.7	656.8	579.4	496.6
		その他	144.6	25.9	95.7	49.4	185.9
		計	563.8	767.8	1,501.8	1,548.2	1,867.2
	固定負債	借入金	5,744.8	5,854.7	6,403.6	5,992.2	5,805.7
		為替変動	0.0	266.9	-84.4	439.2	519.0
		計	5,744.8	6,121.6	6,319.2	6,431.4	6,324.7
	引当金		1,103.4	1,041.8	1,063.4	997.3	997.3
	資本	資本金	1,502.0	1,502.0	1,502.0	1,502.0	1,502.0
		法定準備金	203.1	203.1	203.1	203.1	203.1
		無償供与	2,267.4	2,372.6	2,546.8	2,558.6	2,521.5
		前期繰越利益	-560.9	-305.3	-410.6	-705.9	-866.0
		当期利益	255.6	-105.3	-295.3	-160.1	-85.8
		計	3,667.2	3,667.1	3,546.0	3,397.7	3,274.8
	合計		11,079.2	11,598.3	12,430.4	12,374.6	12,464.0

3-4-3 要員・技術レベル

ジブティ国には職業訓練学校はあるものの、技術的研修機関や大学はないため、技術援助にて派遣されている外国人専門家からの技術移転や国際機関からの援助による海外研修から技術を習得している。ONED 職員のうち、部長クラスの職員は海外の大学を修了しており、その人数はごく限られている。また、課長や主任クラスの職員は海外の専門学校やジブティ国内の専門学校を修了程度である。

既存施設の運営・維持管理は技術部生産課が担当し、水質モニタリングは水理地質室が担当している。本プロジェクトが実施された場合も、同様に技術部生産課と水理地質室が担当することとなる。基本的に両部署とも現在の体制で問題はないものと判断されるが、工事段階後、ジブティ帯水層保全のためのモニタリングを行なうにあたり、実施体制を構築し、両部署の相互連絡体制の強化、情報の共有化を行なう必要がある。

また、工事段階後の維持管理及び水質モニタリング段階において、日本側の技術協力として短期専門家又は海外青年協力隊派遣によるの支援が必要なものと判断される。専門分野として水理地質並びに管路技術が挙げられ、コンピュータを用いた水質汚染状況又は改善状況の予測や管路動水位を考慮した取水井運転の提案等の支援が考えられる。

各部署の要員及び技術レベルは以下のとおりである。

(1) 生産課

現在、生産課は 22 名の職員が在籍しており、外国人技術者が課長として、日常業務を管理している。職員構成はエンジニアクラスが 2 名で残り 20 名がテクニシャンクラスである。現在のテクニシャンの中にはさく井技能者も含まれている。

本プロジェクトが実施された場合、建設される施設は既存施設と基本的には同じであることから、技術的には問題はないものと判断されるが、既存施設に関する図面、図書類の保管体制が確立されておらず、既存施設能力がわかりにくい状況にある。過去、Hambouli 川の洪水により図面類を紛失した経緯があり、既存井戸の水理的条件に合致したポンプ類を発注できない状況や技術的検討が行ないにくい状況を考慮すると、新たに図面や図書を管理する体制を敷くことが急務と判断される。

生産課を含む技術部では日常の維持管理には問題はないレベルにあるものの、管路施設や送水施設の水利技術検討が行なえる程度の技術者が限定され、施設が適切に運転されていない状況にある。井戸群における取水ポンプ仕様設定には、管路の動水位を考慮して決定することから、維持管理/水質モニタリング段階における生産井運転計画策定には、管路技術者の参画も重要な点となる。従って、管路技術者の補強又は技術協力による支援が維持管理/水質モニタリング段階に必要なものと判断される。

尚、深井戸維持管理用車輜はこの生産課が運用管理を行なうこととなり、現在、5人構成の井戸維持管理班が編成中である。井戸掘削経験年数が20年を超える技能者が班長となり、深井戸の維持管理を行なう予定となっている。深井戸維持管理用車輜は井戸掘削機械と類似点が多いことから、利用に関する問題点はないものと思われるが、井戸維持管理のうち、改修器具を用いて行なう井戸孔内清掃や落下物引き上げ等の技術訓練を行なうことが望ましい。この訓練はOJT(On-the-Job-Training)にて行い、その期間は車輜の基本的性能の確認に0.5ヶ月、維持管理作業のデモンストレーションに0.5ヶ月、OJTベースによる実施機関による維持管理作業の実行に1.0ヶ月、合計2ヶ月程度のトレーニングが必要と判断される。

(2) 電気保全課

電気保全課は3名の職員から構成されているが、現在、1名の職員がフランス国において技術研修を受けており、2名で日常業務を行なっている。しかしながら、電気施設シーケンス図が判断できる職員が、現在研修を受けている職員のみであることから、電気に関する問題が生じた時は、外部ソースに依存するしかない状況となっている。ジブティ国では、電気関連技術者が基本的に不足している背景はあるものの、将来的には電気テクニシャン1名、補佐1名を補充し、最低5人体制を敷くことが必要と判断される。

(3) 水理地質室

水理地質室は現在6名体制となっており、水理地質エンジニア2名とテクニシャン4名から構成されている。この水理地質室は、毎月水温並びに電気伝導度ECの2項目を観測し、1988年1月～2000年8月までの期間の測定値をデータベース化している。

毎年9月にISERSTに水質分析(11項目:EC、pH、Cl、HCO₃、SO₄、NO₃、Na、K、Ca、Mg、TDS)を依頼し、同様に、1984年～1999年までの分析結果をデータベース化している。本プロジェクトで建設される井戸を対象として、同様の測定業務を行なうこととなるが、井戸本数も従前とほぼ同数であることや地域も同じであることから、現在の体制で問題はないものと判断される。

なお、水理地質課では既存井戸の水質、地下水位、揚水量までのデータベース化までは実施しているものの、これを基にした既存生産井の水質変化予測が行なわれていない状況にある、したがって、工事段階後の維持管理/水質モニタリング段階において、生産井及び観測井からの水質データの計測結果から、コンピュータを用いた水質変化予測やその実施方法につき支援する必要があるものと判断される。