

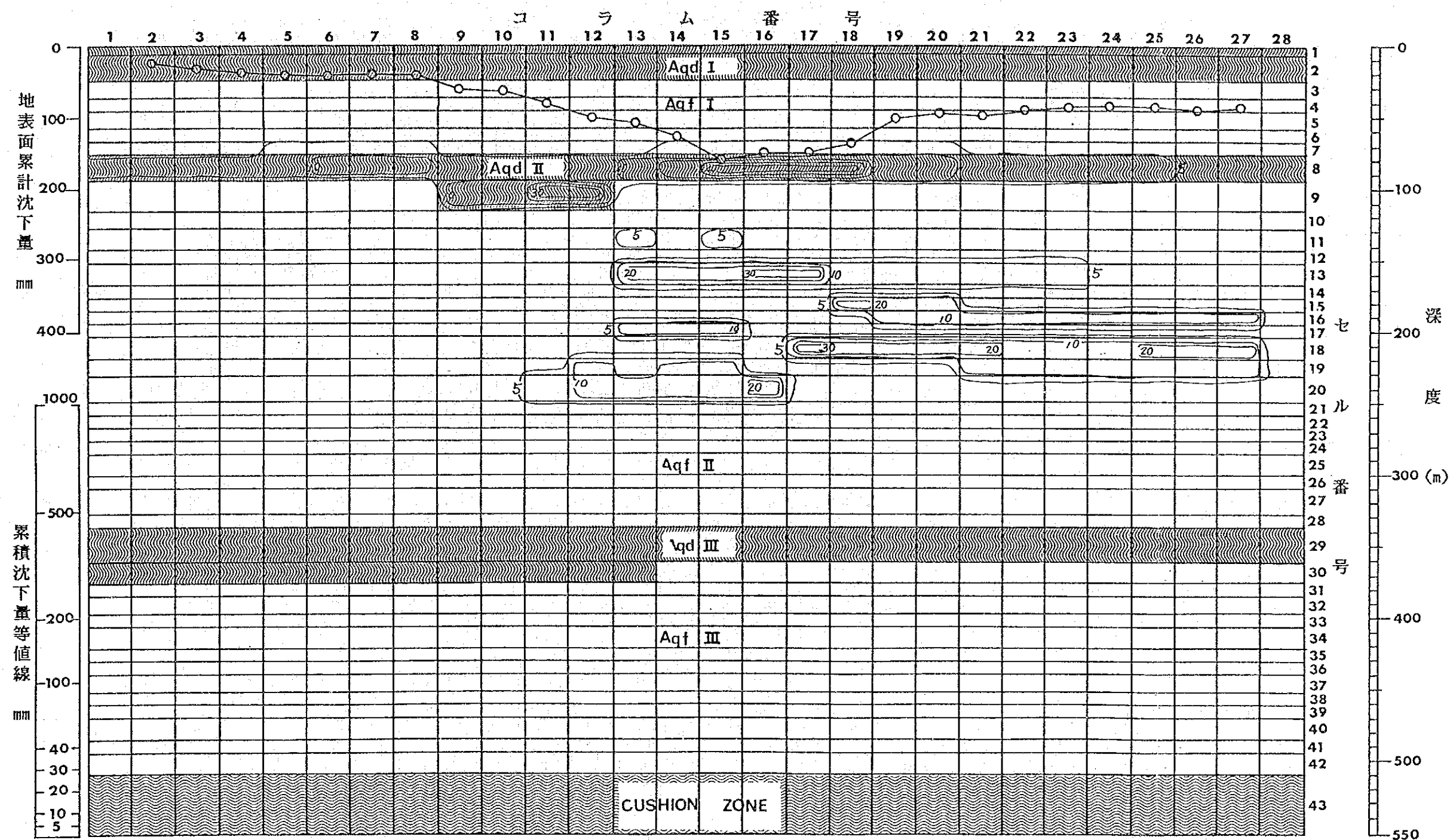


図4.3.13 (4) 将来予測計算による累積沈下量(第1断面、第IIケース)

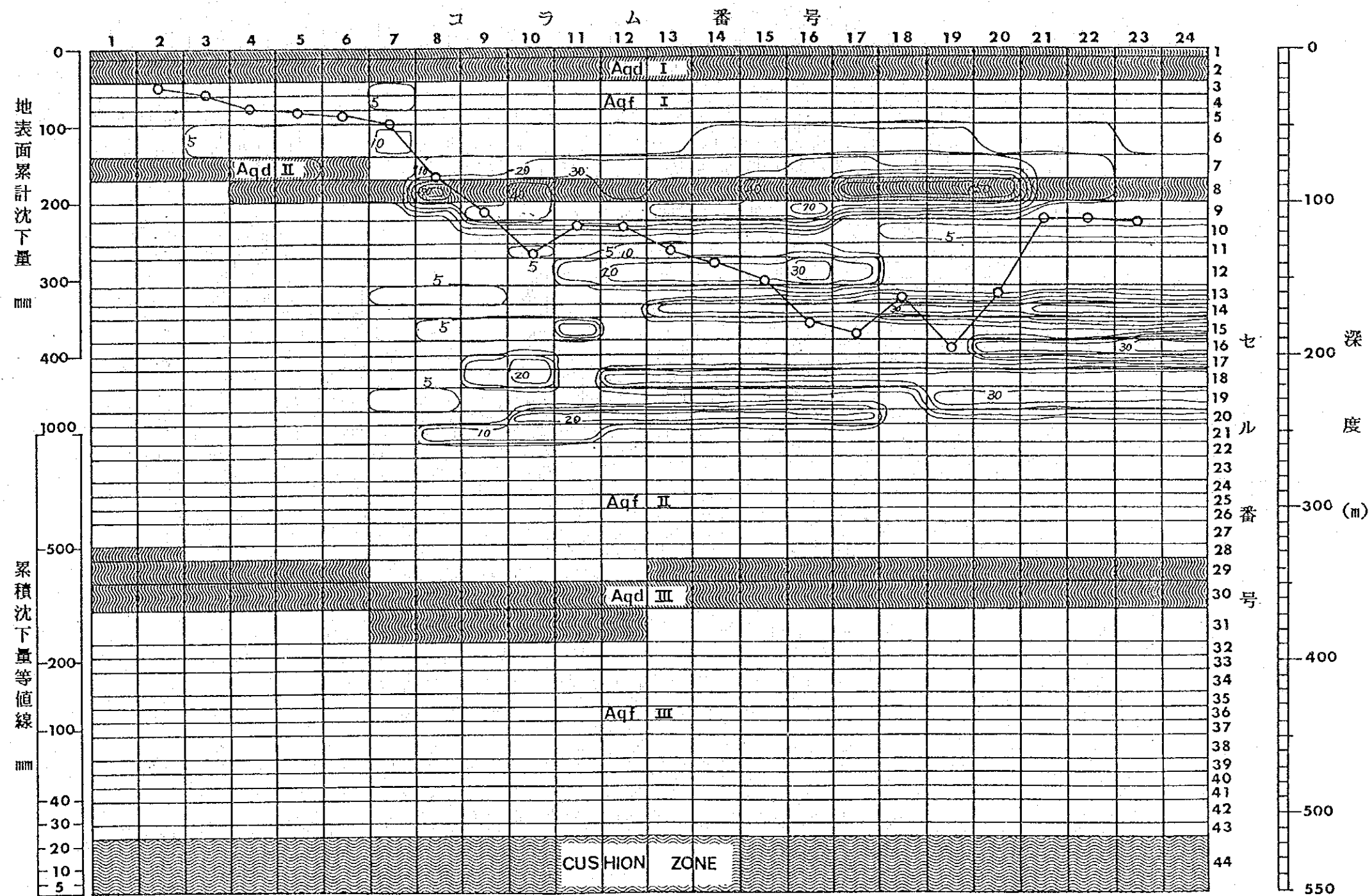


図4.3.13 (5) 将来予測計算による累積沈下量(第2断面、第IIケース)

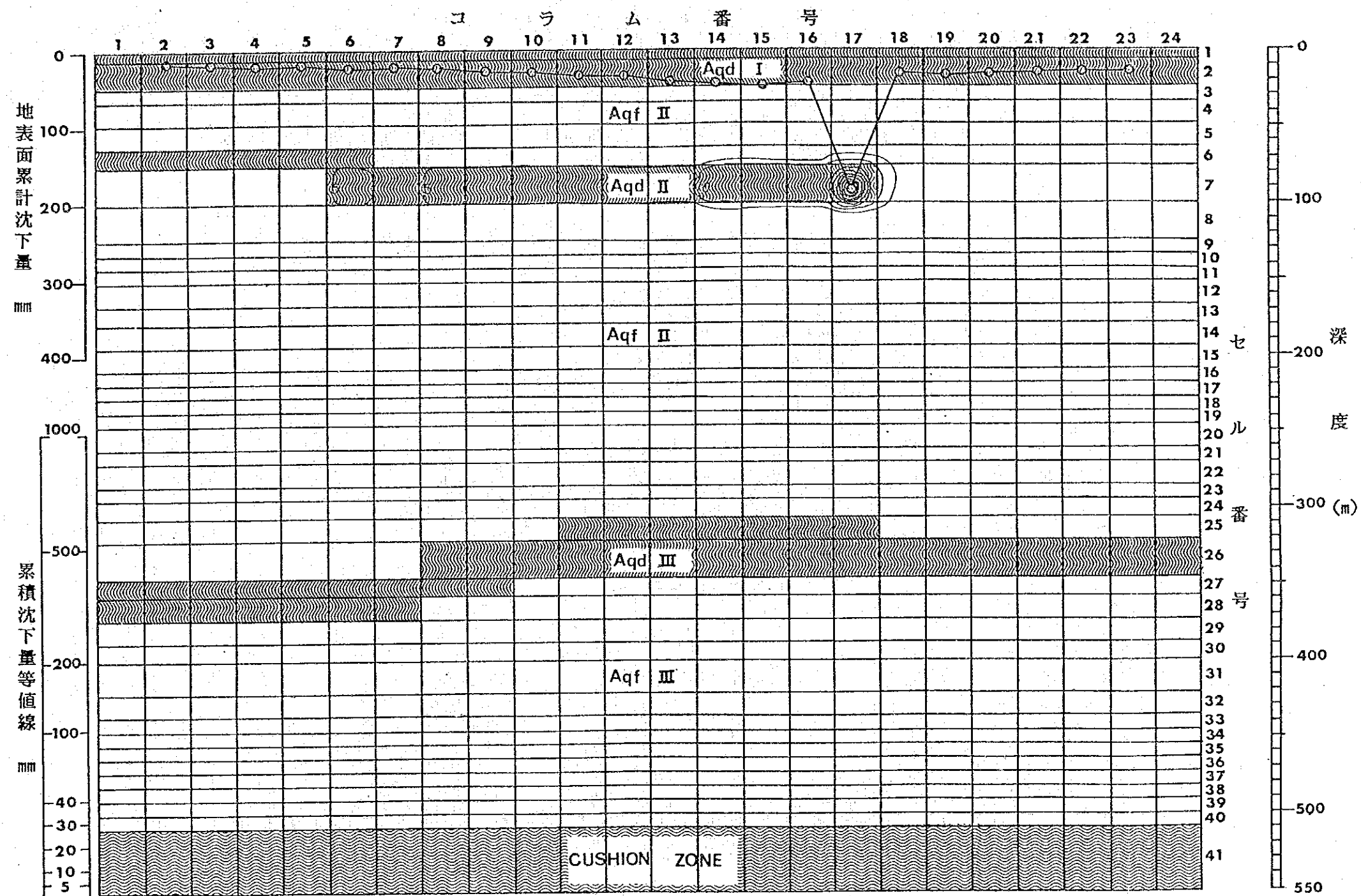


図4.3.13 (6) 将来予測計算による累積沈下量 (第3断面、第IIケース)

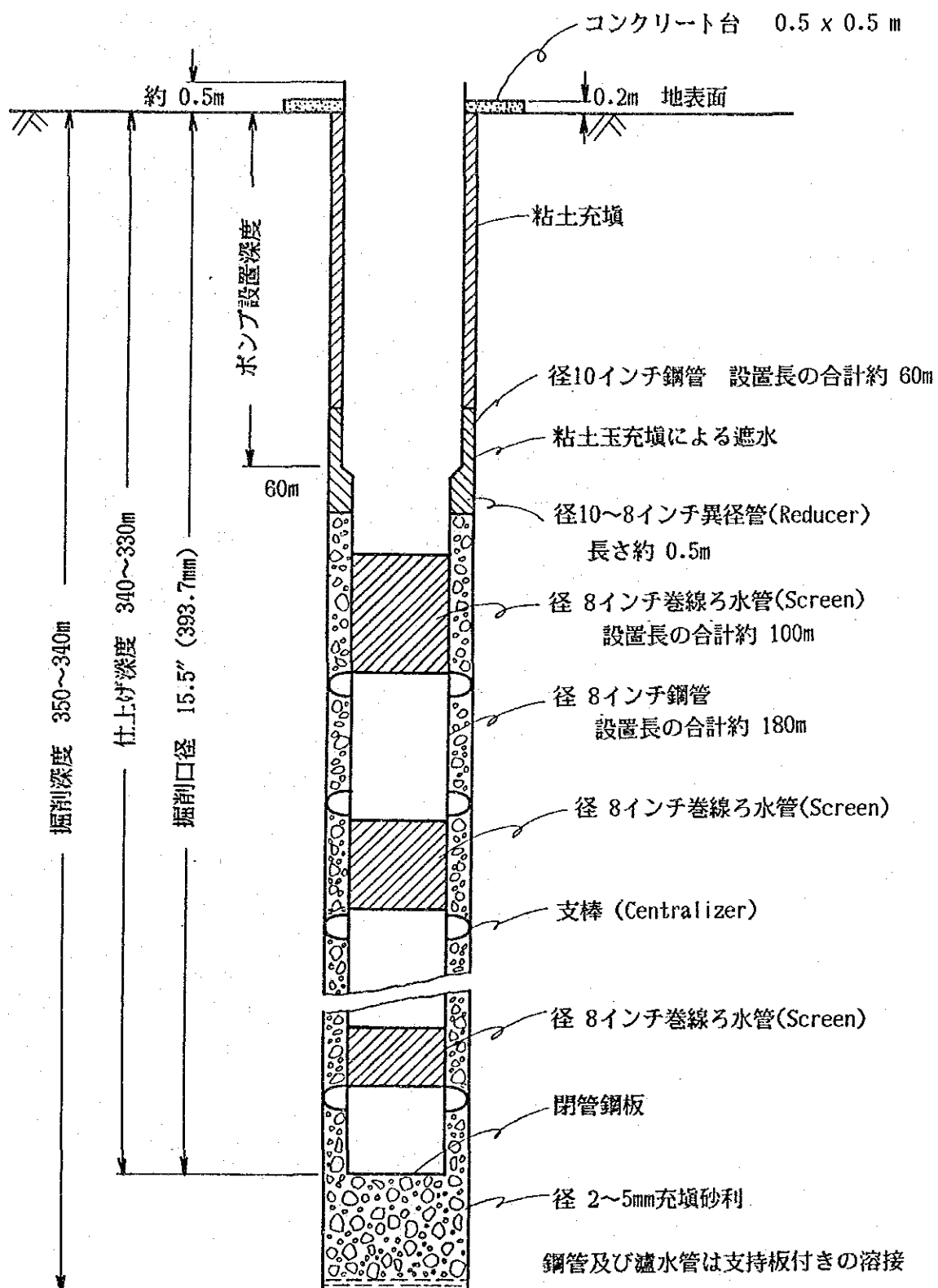


図4.5.1 標準生産井戸

中華人民共和国
天津市地下水源開発計画調査
国際協力事業団

第 5 章

導 水 計 画 構 想

第5章 導水計画構想

5.1 天津市水需要・給の現況及び将来予測

天津市の水需要、水供給の現況及び将来（1990年、2000年）の状況は表5.1.1のとおりである。必要水量は生活、工業、農業、その他共に、今後大きく増加する傾向にあり、天津市は節水の呼びかけをして、極力使用水量の低減化を進めようとしている。そのような中、生活用水も現況（1984年）の1.39億 m^3 （87 t /人/日）から、1990年に2.68億 m^3 （146 t /人/日）、2000年に4.12億 m^3 （185 t /人/日）必要であると予測している。調査団が調査した1985年の実績は1.33億 m^3 （114 t /人/日）であり、今後、節水を行っても必要水量が増加することは当然と考えられる。

一方、水供給の現況は、引滦入津などからの4.49億 m^3 /年は確実な水量であるが、地下水やその他汚水処理水の再利用などは不確実な水源であり、かつ、その量も少ない。今後、1990年、2000年には黄河引水による3.8億 m^3 /年が予定されており、これに加え、地下水や汚水処理水などの利用、海水の淡水化利用、あるいは干橋水庫の利用方法の見直し・合理化などを行って、水需要に対処する計画である。しかしながら、こうした対応策を採ったとしても総供給水量は、総必要水量に対し1990年で1.47億 m^3 、2000年には3.89億 m^3 が不足すると予測されている。

このようなことから、新規水源の開発は、天津市街と工業区における生活環境の改善・向上の著しい中で増加する生活用水需要に対処するために、緊急の課題として進められて来ている。ここに当黄庄窪地下水源開発計画が、時宜を得た重要なプロジェクトであると判断される状況がある。

5.2 天津市水道給水施設の現況

現在の水道給水施設の概要は、図5.2.1、図5.2.2に示すとおりである。

図からもわかるとおり、干橋水庫から天津市街地及び塘沽区などに送水される引滦入津は全長234kmにも及ぶ施設であり、1982年5月に1年4ヶ月の工期で完成している。

この用水は、生活、工業、農業などの多目的に使用され、天津市の非常に重要な施設である。各施設の管理も十分な体制で行われている。

表 5.1.1 天津市、市区部及び濱海区に於ける水需要・給水バランス表

(単位：億 m^3)

域 年 鎮 全人口 市 人口 項目 人口	1984	1990		2000	
	437万人	502万人		610万人	
	796万人	856万人		< 950万人	
是否採取開源節流措施 (水源開発及び節水の有無)		不采取措施 (無)	採取措施 (有)	不采取措施 (無)	採取措施 (有)
1. 供給水量	8.00	5.43	10.48	5.43	12.55
地 表 水	4.49	0	0	0	0
引梁入津		4.13	4.13	4.13	4.13
黄河引水	—	—	3.8	—	3.8
地 下 水	3.09	0.7	1.0	0.7	1.0
そ の 他	0.42	0.6	1.55	0.6	3.62
2. 必要水量	8.00	14.34	11.95	22.54	16.44
生活用水	1.39	3.15	2.68	5.15	4.12
工業用水	4.22	6.76	5.56	11.88	7.91
農業用水	2.39	4.16	3.44	4.96	3.86
そ の 他	—	0.27	0.27	0.55	0.55
差 引 水 量	0	-8.91	-1.47	-17.11	-3.89
摘 要	指浄水量 (実水量)	指 毛 水 量 (計画・予測水量)		指 毛 水 量 (計画・予測水量)	

・上表数値は、概略値である。

・水供給の1990年と2000年の保証率は 95%である。

・地下水利用は、市内地盤沈下対策上から減らす必要があると考えられている。

・水資源開発予定案件は次表のとおり。

一九九〇年	・黄圧窪地下水開発 0.5億m ³ /年 ・引黄濟津 3.8 “ ・汚水資源化 1.2 “ ・千橋水庫合理化利用 0.4~0.6 “	二〇〇〇年	・汚水資源化 2.4億m ³ /年 ・海水冷却水利用 ・海水淡水化
-------	--	-------	--

ただ、干橋水庫から、尔王庄水庫に至る途中にある約40kmの州河は水路の大部分が現在河川を利用した土水路のためか、用水の蒸発、及び浸透が著しく、干橋水庫からの放流水の約3～4割が損失しているということである。このことについては現在調査中であり、今後合理的利用について検討を進めるということである。

5.3 施設基本計画

5.3.1 全体計画

天津市から提案された導水予定地区は、漢沽区、塘沽開発区、李庄（工業区）、大港地区の4ヶ所である。これら予定地区はいずれも天津市の重要な工場地区であり、今後大きく発展させるためには、そこに働く人々の生活用水の確保が必要であるため、黄庄窪地下水開発計画に期待している地区である。表5.3.1はこれら4地区の現状及び将来計画について調査した結果を整理したものである。

黄庄窪水源から、4つの導水予定地区に至る平面ルートは図5.3.1のとおりである。これは、天津市から提案されたルートとほぼ同様であり、道路や水路、河川などの状況を考慮し、できるだけ最短距離を通す計画となっている。これら4つのルートに対する縦断図は図5.3.2、図5.3.3に示すとおりである。また、各ルートに対する種々の比較項目を整理すると表5.3.2のとおりとなる。なお、導水管径 $\phi 1200\text{mm}$ などの根拠は後述の5.3.4で述べる。

5.3.2 取水施設計画

黄庄窪地区における水源開発地域は 1) 既存井戸から遠いか、既存井戸が少ないこと 2) 土地利用上牧場か荒地であること 3) 既存集落から遠いこと 4) 開発地域が散在せず、一つの線上に並ぶこと 5) シミュレーション計算上安全側であること 6) 運河及び道路添いであり、取水・送水配管配置に有利であることなどの条件を考慮して図5.3.4のように8地区（A～H地区）が選定された。

黄庄窪からの計画取水量は約 $137,000\text{m}^3/\text{日}$ であり、生産井1本当たりの揚水量を $1,500\text{m}^3/\text{日}$ とすると、総生産井本数は約91本となる。また、シミュレーション計算で用いる格

表5.3.1 黄庄窪地下水源開発計画に伴う導水予定地区の現状及び将来計画

項目 予定地	管 径 延長 揚 程	現 状 (工業種別・人口・給水現況等)	将来計画及び必要水量 (工業種別・人口・給水現況等)
(第一案) 漢沽区	mm 径1200 41km 73m	・天津市の重要な化学工場地区である。 ・面積約13km²、2地区に分かれ、新地区は主に住宅地で1977年に築造された。約5万人。旧地区も5万人で工場主体である。 ・用水源は深井戸で新地区、井戸8本、ポンプ場4ヶ所(深さ約300m)、旧地区は12ヶ所で井戸20本である。(深いのは700m) ・年間1000万～2000万m³を使用している。 ・工場では一部 運河の水を使用することもあり。	・大工場の建設を予定しており、水が必要。 (化学工場、紡績工場、機械、ラジオ、建築材料工場) ・住宅地及び工場用地の面積の拡大を考えている。 ・黄庄窪からの水に期待している。
(第二案) 塘沽開発区	mm 径1200 42km 74.8m	・天津市、対外業務地区、1984年に開発開始、総面積33km²、3地区に分け3段階開発中。 ・第一段階(1990年目標) ・総人口 50,000人 ・工業、生活区 計 4.55km² ・工業生産高 20～24万元/年 ・給水量—尔王庄から 合計 60,000m³/日 (内、工業用45,000m³/日)	・第二段階 ・総人口 約180,000人 (従業員120,000人) ・工業区、生活区 計 15km² ・工業生産高 90億元/年 ・必要水量 200,000m³/日 ・第三段階—2015年位、完成目標 ・開発スピード 1.0km²/年、と計画 ・必要水量、未定(予想不可能)
(第三案) 李 庄 (工業区)	mm 径1200 49km 87.3m	・経済発展区 ・鋼管工場(資材、米国、西ドイツから輸入)が完成予定。 ・銅製錬工場(日本、加ナ、ウツ等)の設備を計画中である。 (2～3km²)	・尔王庄か黄庄窪からの取水を考えている。 ・天津市工業発展主要地区であり、約25km² ・年間必要水量約2000～2500万m³
(第四案) 大 港	mm 径1200 75km 133.6m ÷2=67 m	・中国石油化学工総公司工場 ・油類、化学繊維等を製造中 ・生活人口 100,000人 (内 労働者 20,000人)(既住宅含) ・給水量→宝坻、対拳水源から 約50,000m³/日(1981通水) ・水質良好にて浄水施設無し	・種々化学工業関連企業の発展を計画中である。(石油と天然ガスを原料とした大、中型連合工場) ・化学繊維部門、水質要求が高い。 (塩素含有量35mg/l以下) ・黄庄窪への水質、量に期待している。

表5.3.2 黄庄窪から目的地に至る各ルート案に対する施設・導水計画検討項目、並びに概要と比較表
(図5.3.1「黄庄窪地下水源導水計画平面図」参照)

項目	1	2	3	河川・湖等の関係(横断)				9	10	11	12	13	14	要 摘
				湖白新河	青竜河 (曾日河)	東七海 西(水庫内通 過不要)	永定新河	海河	その他の 主要な河 (1ヶ所 約100m)					
(第一案) 目的地	導水管内径 (mm)	導水延長 (km)	全揚程 (m)											
(第一案) 漢沽区	径1200	41km	73.0	無	曾日河 約100m	横断無	無	無	水路 1ヶ所 100m	・1ヶ所 (漢沽 付近)	41-0.2 =40.8	・貯留施設 Q=6,000m ³ (円形)	(横型面吸 込みうず 巻ポンプ) φ450mm× 250mm× 600KW	
(第二案) 塘沽開発区	径1200	42km	74.8	(堰の下流部 横断) 840m 790m	350m 300m	同上	約700m	無	無	・1ヶ所	42-1.89 =40.11	φ30m×4m →3池 A=6,000m ²	(横型面吸 込みうず 巻ポンプ) φ450mm× 250mm× 600KW	
(第三案) 李庄	径1200	49km	87.3	同上	同上	同上	同上	無	・北塘排 汚河 100m	・5ヶ所	49-1.99 =47.01		(横型面吸 込みうず 巻ポンプ) φ450mm× 250mm× 700KW	
(第四案) 大港	径1200	75km	133.6 ×0.5=66.8	同上	同上	同上	同上	約250m	・北塘排 汚河 ・汚水河 ・馬場 ・碱河 計300m	・7ヶ所	75-2.44 =72.56		(横型面吸 込みうず 巻ポンプ) φ450mm× 250mm× 600KW	中継ポン プ場とし て中間部 に1ヶ所設 置する。

子当りの開発量を $3,500\text{m}^3/\text{日}$ とすると、総格子は39格子となる。今、8つの開発区に各格子を考慮して井戸を配置すると図5.3.5の様になり、また、1地区の拡大想定図は図5.3.6の様になる。なお、井戸は500m以上離して井戸間の干渉を少なくする。

以上、A～Hの各地区内の生産井で揚水された原水は図5.3.7に示すP1～P7の送水ポンプ場（貯水池）に取水管で送水される。各送水ポンプ場は、それを受けて、最終の導水ポンプ場 P7に導くが、送水系統は大きく、A,B,H地区とD,E,F,G地区の2系統に分け、各地区の揚水量の変化や、非常時の対応が容易な方式とする。送水管網計算（概略）は表5.3.3に示すとおりである。

表5.3.3 送水管網計算表

項目 番号	路 線	流 量		管径 (mm)	流速 (m/秒)	距離 km	管路 摩擦 損失 水頭	送 水 地 区 名 称
		日 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	分 量 ($\text{m}^3/\text{分}$)					
1	P ₁ →P ₂	18,000	12.50	径 500	約 1.0	3.3	約 8.6	A地区
2	P ₂ →P ₃	31,500	21.88	径 600	1.2	3.0	8.2	A・B地区
3	P ₃ →P ₇	45,000	31.25	径 700	1.3	3.3	9.0	A・B・H 地区
4	P ₄ →P ₆	21,000	14.58	径 500	1.2	3.0	10.7	D地区
5	P ₅ →P ₆	18,000	12.50	径 500	1.0	4.2	10.9	E・F地区
6	P ₆ →P ₇	73,500	51.04	径 900	1.3	9.8	85 22.	D・E・ F・G地区
7	P ₇ →	137,000	95.14	径 1200	1.5	別紙	別紙	A・B・C・ D・E・F・ G地区

なお、導水ポンプ場は、各井戸や各地区の揚水量の変化に対応し、かつポンプ運転変

動負荷を小さくする目的と維持管理上から、図5.3.7に示すP7のポンプ場に設ける。容量は天津市の実例を参考とし、1時間程度の貯留能力を有するものとし、1池を予備として2池+1池=3池とする。

貯水池の計算表を表5.3.4に示す。

表5.3.4 貯水池計算表

項目 池番号	貯水池容量(1時間分)		二池の場合の形状		摘 要
	一 池 の 場 合	二池の 場 合	有効水深 3.0m ²	池(半径) 長 m	
P ₁ ,P ₅	m ³ /日 h m ³ 18,000 ÷ 24 = 750	m ³ 375	m ² 125	m 6.5	
P ₂	31,500 ÷ 24 = 1312.5	656	220	8.5	
P ₃	45,000 ÷ 24 = 1875	938	313	10.0	
P ₄	21,000 ÷ 24 = 875	438	146	7.0	
P ₆	73,500 ÷ 24 = 3062.5	1531	510	13.0	
P ₇	137,000 ÷ 24 = 5708.3	2854	有効水深 4.0m 713.5	15.0	

ただし、池は、予備を1池とし、計3池とする。

5.3.3 ポンプ施設計画

1) 全揚程の計算

ポンプの全揚程は、吸込液面・吐出し液面の高低差または圧力差のほかに、管路・弁の損失水頭及び吐出し管端における速度水頭も計算して求める必要がある。当

計画の場合、土地が平坦なため、吸込液面・吐出し液面の高低差は取水ポンプ以外ではほとんど無く、むしろ長距離圧送という条件から管路の損失水頭が大きくなり、その余裕を考慮することで、他の損失水頭も見込める。管路の損失水頭の計算はHazen & Williams公式を用いて行ったが、その結果を表5.3.5と表5.3.6に示す。

表5.3.5 全揚程計算表（単位 m）

距離 損失水頭	500	1000	1500	2000	2500	3000
井戸ポンプ揚程	60	60	60	60	60	60
曲管損失	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23
弁損失	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
摩擦損失	4.2	8.4	12.6	16.8	21.0	25.2
全揚程	70.53	74.73	78.93	83.13	87.33	91.53

2) ウォータハンマー (Waterhammer) の検討

送水管路が長い場合や揚程が大きい場合には、停電などにより非常停止した時、管路内に高い圧力上昇が生じ、管や弁を破損することがある。今回もその恐れが考えられ、計算上では導水管ルート第1案～第4案共に大きい負担（-38m～-44m）が発生するという結論を得た。この問題の解決のため、まず、フライホイールを設けて対応することを検討した。この結果第1案～第3案は負圧が軽減し、問題無いが、第4案は、長距離で揚程が大きいために、フライホイールやワンウェイサージタンクを設けても実際の対処に問題が残る。なお、以上の計算を行った時の各案に対する基本条件は表5.3.7のとおりである。

結論として、第4案については、途中、中間付近に中継ポンプ場を設けることで対処する。

表5.3.6 送水管及び導水管損失水頭

項目 番号	路線	送水量		管径 (mm)	流速 (m/m)	距離 (km)	損失水頭 (m)				摘要
		日量 (m ³ /日)	分 量 (m ³ /min)				he	計算値	余裕 37%	計	
1	P ₁ →P ₂	18,000	12.50	径 500	1.0	3.3	0.19	6.27	2.32	8.59	送水管
2	P ₂ →P ₃	31,500	21.88	径 600	1.2	3.0	0.20	6.0	2.22	8.22	送水管
3	P ₃ →P ₇	45,000	31.25	径 700	1.3	3.3	0.20	6.6	2.44	9.04	送水管
4	P ₄ →P ₆	21,000	14.58	径 500	1.2	3.0	0.26	7.8	2.89	10.69	送水管
5	P ₅ →P ₆	18,000	12.50	径 500	1.0	4.2	0.19	7.98	2.95	10.93	送水管
6	P ₆ →P ₇	73,500	51.04	径 900	1.3	9.8	0.17	16.66	6.16	22.85	送水管
7	第1案	137,000	95.14	径1200	1.5	41.0	0.13	53.3	19.72	73.02	導水管
8	第2案	137,000	95.14	径1200	1.5	42.0	0.13	54.6	20.20	74.80	導水管
9	第3案	137,000	95.14	径1200	1.5	49.0	0.13	63.7	23.57	87.27	導水管
10	第4案	137,000	95.14	径1200	1.5	75.0	0.13	97.5	36.08	133.58	導水管

表5.3.7 各案に対する基本条件表

	第 1 案	第 2 案	第 3 案	第 4 案
ポンプ形式	両吸込渦 ポンプ × 3	両吸込渦 ポンプ × 3	両吸込渦 ポンプ × 3	両吸い込み 多 段 渦 巻 ポンプ × 3 台
ポンプ口径	φ 450mm × φ 250mm	φ 450mm × φ 250mm	φ 450mm × φ 250mm	φ 450mm × φ 250mm
吐 出 量	31.5m ³ /分	31.5m ³ /分	31.5m ³ /分	31.5m ³ /分
全 揚 程	73m	74.8m	87.3m	133.6m
ポンプ効率	83%	83%	83%	80%
出 力	600KW (6P-980rpm)	600KW (6P-980rpm)	700KW (6P-980rpm)	1000KW (6P-980rpm)
導水管距離 (L)	41,000m	42,000m	49,000m	75,000m

3) ポンプ機種の検討

各生産井に設置する水中モーターポンプは、取水・送水延長によって、その能力が多少変化するが、井戸の標準揚水量を1500m³/日 (1.04m³/分) とすると、全揚程はおおよそ70m～90mであり、ポンプ口径100mm、30kwを標準とすればよい。送水ポンプ及び導水ポンプは両吸込うず巻ポンプが適しその各々の型式は表5.3.8のとおりである。

4) 機場レイアウト

送水ポンプ場及び導水ポンプ場の基本的なレイアウトを定める場合、各々のポンプ場で扱う水量に多少の差があることと、全揚程の差でポンプ施設の規模が多少変化する相違点はあるが、その他はほぼ同一な条件だとして考えればよい。基本的には、貯水槽から吸込水槽に入り、横軸両吸込うず巻ポンプによって、送水する形

表5.3.8 ポンプ形式一覧表

項 番 目 号	ポンプ NO.	送 水 量			ポンプ 台 数 ()予備	全揚程	ポ ン プ 型 式	
		日 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	分 量 (m^3/min)	1台・分量 (m^3/min)				
1	P ₁	18,000	12.50	12.50	1(1)	8.6	mm mm kw $\phi 350 \times 300 \times 45$	6P 980 rpm
2	P ₂	31,500	21.88	10.94	2(1)	8.2	$\phi 350 \times 250 \times 45$	6P 980 rpm
3	P ₃	45,000	31.25	15.63	2(1)	9.0	$\phi 350 \times 300 \times 45$	6P 980 rpm
4	P ₄	21,000	14.58	14.58	1(1)	10.7	$\phi 350 \times 300 \times 45$	6P 980 rpm
5	P ₅	18,000	12.50	12.50	1(1)	10.9	$\phi 350 \times 300 \times 45$	6P 980 rpm
6	P ₆	73,500	51.04	25.52	2(1)	22.9	$\phi 450 \times 350 \times 185$	6P 980 rpm
7	第1案	137,000	95.14	31.71	3(1)	73.0	$\phi 450 \times 250 \times 600$	6P 980 rpm
8	第2案	137,000	95.14	31.71	3(1)	74.8	$\phi 450 \times 250 \times 600$	6P 980 rpm
9	第3案	137,000	95.14	31.71	3(1)	87.3	$\phi 450 \times 250 \times 700$	6P 980 rpm
10	第4案	137,000	95.14	31.71	3(1)	133.6 ÷2 =66.8	$\phi 450 \times 250 \times 600$	6P 980 rpm

式である。標準的な配置を導水ポンプ場を例として、図示すると図5.3.8～5.3.9のとおりとなる。

5.3.4 導水施設計画

1) 導水管の検討

導水管は内圧及び外圧のいずれにも耐うる強度を有することが必要である。これに加え、施工路線の諸条件を考慮し、また、維持管理も考慮した上で、経済的な管種を選定する必要がある。天津市は、プレストレストコンクリート管を使用する考えを持っているが、当管は、耐食性に優れ、電食の恐れがなく、また内面粗度の変化がないなどの特徴を持ち、経済的にも優れていることから、今回の土質条件（塩分濃度が高く鋼管の腐食事例あり）や、経済的条件を考慮すると適切な判断である。ただし、重量が大であることや、異径管がないなどの欠点も有するのでその点の対処・検討を必要とするが、天津市との協議の中では、実績があるから問題ないという判断であった。

今回の一日計画送水量は、 $137,000\text{m}^3$ ($95.14\text{m}^3/\text{分}$)であり、平均流速を約 $1.5\text{m}/\text{秒}$ とすると、必要管径は 1200mm であり天津市の案と合致する。

ただし、ウォーターハンマーの検討結果でも、管にかかる負担が大きくなるので、特に曲線部では、防護工や特殊押輪継手や、鋼製曲管の採用が必要である。具体的には、潮白新河などの大河川部では、縦断的に曲がり角度が $22^\circ 1/2$ 程度と大きくなることと、また横断距離も長いことから、施工性や将来性を考えて、横断部全体を鋼管使用とする。

5.4 概算事業費の算出

積算資料の収集については、中国側の諸情勢により、短期間に目的を達成することは困難と予測し、現地調査に先だって入手必要資料リストを作成提出し、専門家人津後すみやかな提出を依頼した。また、現地調査期間中にも積算資料入手の必要性を会議などの中で説明依頼したが、結果的に満足な資料の入手は不可能であった。

したがって、限られた資料ではあるが、入手できた取水施設費に関する単価と、既存施設建設費（実績）から換算提出されたポンプ施設と導水施設の単価によって当開発計画に伴う概算事業費を算出した。その結果は表5.4.1のとおりである。

表5.4.1 概算事業費

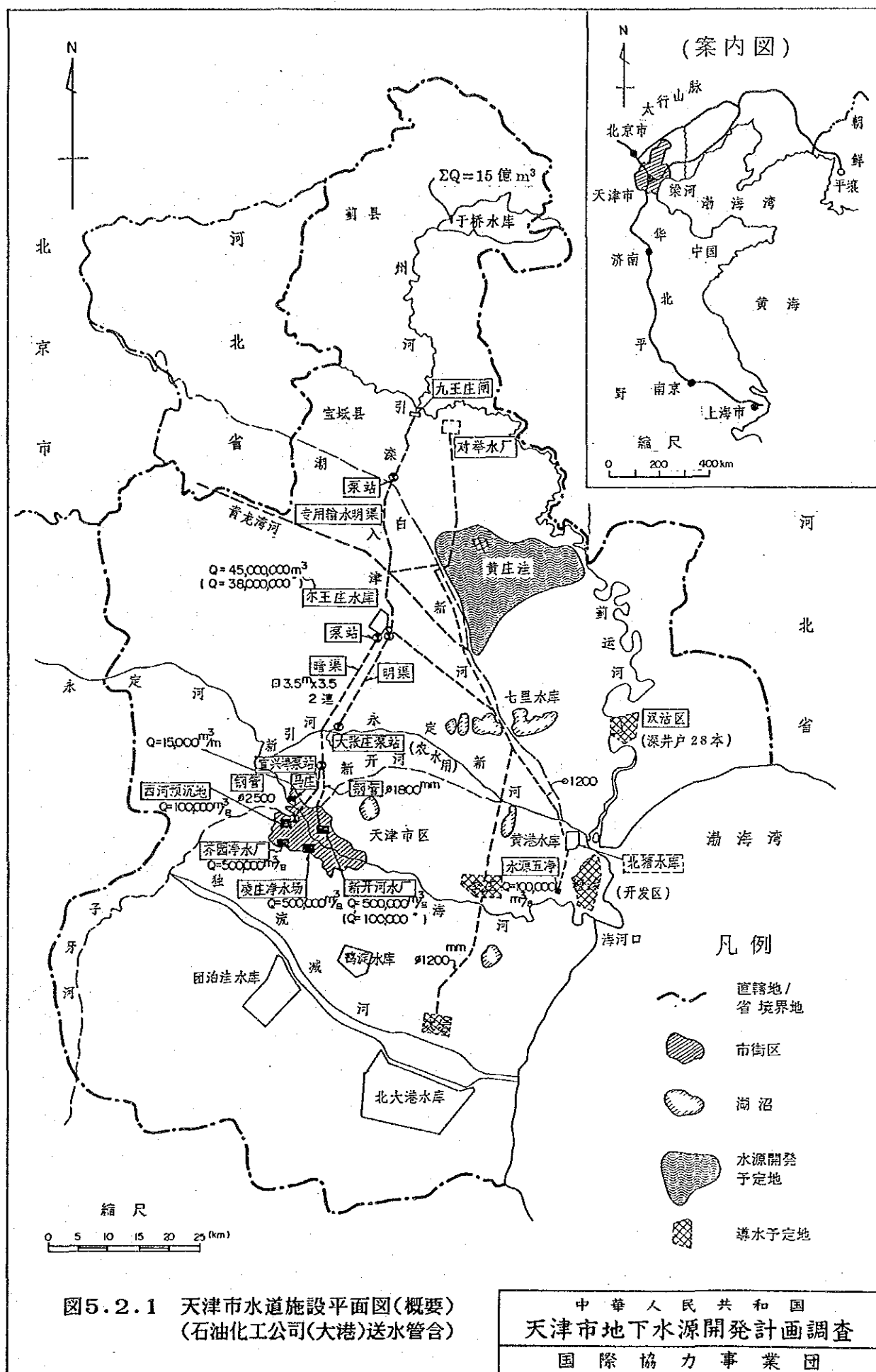
案 項 目	第1案 (漢沽区)	第2案 (塘沽開發区)	第3案 (李 庄)	第4案 (大 港)
1.取 水 施設費	1.井戸掘削費 5,096,000元 2.ケーシングパイプ 7,186,600元 3.水中ポンプ 910,000元 4.ポンプ小屋 910,000元 5.変圧器 450,000元	6.取水管、送水管費 32,564,000元 7.農業用井戸補償費 1,500,000元 8.運河、水路築堤費 480,000元 9.西閘引河築堤費 480,000元 10.潮白新河築堤費 500,000元 計 50,076,600元		
2.ポンプ 施設費	1.送水ポンプ場 8,887,500元			8,887,500元
	2.導水ポンプ場 8,631,000元			17,262,000元
3.導 水 施設費	53,819,000元	57,900,150元	67,327,650元	102,425,400元
合 計	121,414,100元	125,495,250元	134,922,750元	178,651,500元

5.5 導水計画案の比較と評価

導水計画予定地4案に対する比較検討を行い、評価することは、経済性以外の要因が加わって大変に難しいが、天津市における現地調査結果を踏まえて、概要を整理すると表5.5.1のようになる。実際的には、生活用水の緊急必要性をより明らかにすることが重要ではないかと考えられる。

表5.5.1 比較検討評価表

項目 予定地	管 径 延 長 程 度	現 状 (工業種別・人口・給水現況等)	将来計画及び必要水量 (工業種別・人口・給水現況等)	概算事業費(元)	比 較 検 討	評 価
(第一案) 濱沽区	mm 径1200 41km 73m	・天津市の重要な化学工場地区である。 ・面積約13km ² 、2地区に分かれ、新地区は主に住宅地で1977年に築造された。約5万人。旧地区も5万人で工場主体である。 ・用水源は深井戸で新地区、井戸8本、ポンプ場4ヶ所(深さ約300m)、旧地区は12ヶ所井戸20本である。 ・深いのは700m) ・年間1000万~2000万m ³ を使用している。 ・工場では一部 運河の水を使用することもあり。	・大工場の建設を予定しており、水が必要。 ・化学工場、紡績工場、機械、ラジオ、建築材料工場 ・住宅地及び工場用地の面積の拡大を考えている。 ・黄庄荘からの水に期待している。	120,140,100	・経済性や導水計画上の対応性は他の3案より特に優れている。 ・生活用水としての緊急性は感じられない。	・経済性からは第1位。 ・緊急性は第3位と考えられるが、他に水源が考えられない。
(第二案) 塘沽開発区	mm 径1200 42km 74.3m	・天津市、対外業務地区、1984年に開発開始、総面積33km ² 、3地区に分け3段階開発中。 ・第一段階(1990年目標) ・総人口 50,000人 ・工業、生活区 計 4.55km ² ・工業生産高 20~24万円/年 ・給水量-尔王庄から 合計 60,000m ³ /日 (内、工業用45,000m ³ /日)	・第二段階 ・総人口 約180,000人 (従業員120,000人) ・工業区、生活区 計 15km ² ・工業生産高 90万円/年 ・必要水量 200,000m ³ /日 ・第三段階-2015年位、完成目標 ・開発比「1」1.0km ² /年、と計画 ・必要水量、未定(予想不可能)	124,221,250	・経済性や導水計画上の対応性は第2位である。 ・現状、将来共に確かに開発区として、発展しているが、塘沽区(旧区)に計画中の導水場Q=60,000m ³ /日で対応不可能が疑問である。 ・北塘水庫(Q=1000万m ³)の水の有効利用は不可能か。	・経済性からは第2位。 ・開発区としての要求度は高い。 ・緊急性からは第2位と考えられるが、他の水源との関係が不明。
(第三案) 李 庄 (工業区)	mm 径1200 49km 87.3m	・経済開発区 ・鋼管工場(資材、米国、西ドイツから輸入)が完成予定。 ・鋼製煉工場(日本、かが、ランタ等の設備)を計画中である。 (2~3km ²)	・尔王庄か黄庄荘からの取水を考えている。 ・天津市工業発展主要地区であり、約25km ² ・年間必要水量約2000~2500万m ³	133,618,750	・経済性や導水計画上の対応性は第3位である。 ・現状、将来共に確かに開発区として、発展しているが、塘沽区(旧区)の水は使用できないか。 ・計画中の工場の完成予定年度が不明である。	・経済性からは第3位。 ・緊急性及び他の水源との関係が他の3案より明らかでない。
(第四案) 大 港	mm 径1200 75km 133.6m ÷2=67 m	・中国石化化学工業総公司工場 ・油類、化学繊維等を製造中 ・生活人口 100,000人 (内 労働者 20,000人) (既住宅舎) ・給水量→宝坻、対水水源から 約50,000m ³ /日(1981通水) ・水質良好にて浄水施設無し	・種々化学工業関連企業の発展を計画中である。(石油と天然ガスを原料とした大、中型連合工場) ・化学繊維部門、水質要求が高い。 (塩素含有量35mg/l以下) ・黄庄荘への水質、量に期待している。	177,377,500	・経済性や導水計画上の対応性は第4位である。 ・長距離輸送にポンプ圧送、不経済である。 ・既存の対水水源からの能力増加は不可能が疑問である。 ・水量、水質に対する必要性は十分に感じられた。	・経済性からは第4位。 ・緊急性からは第1位と考えられる。



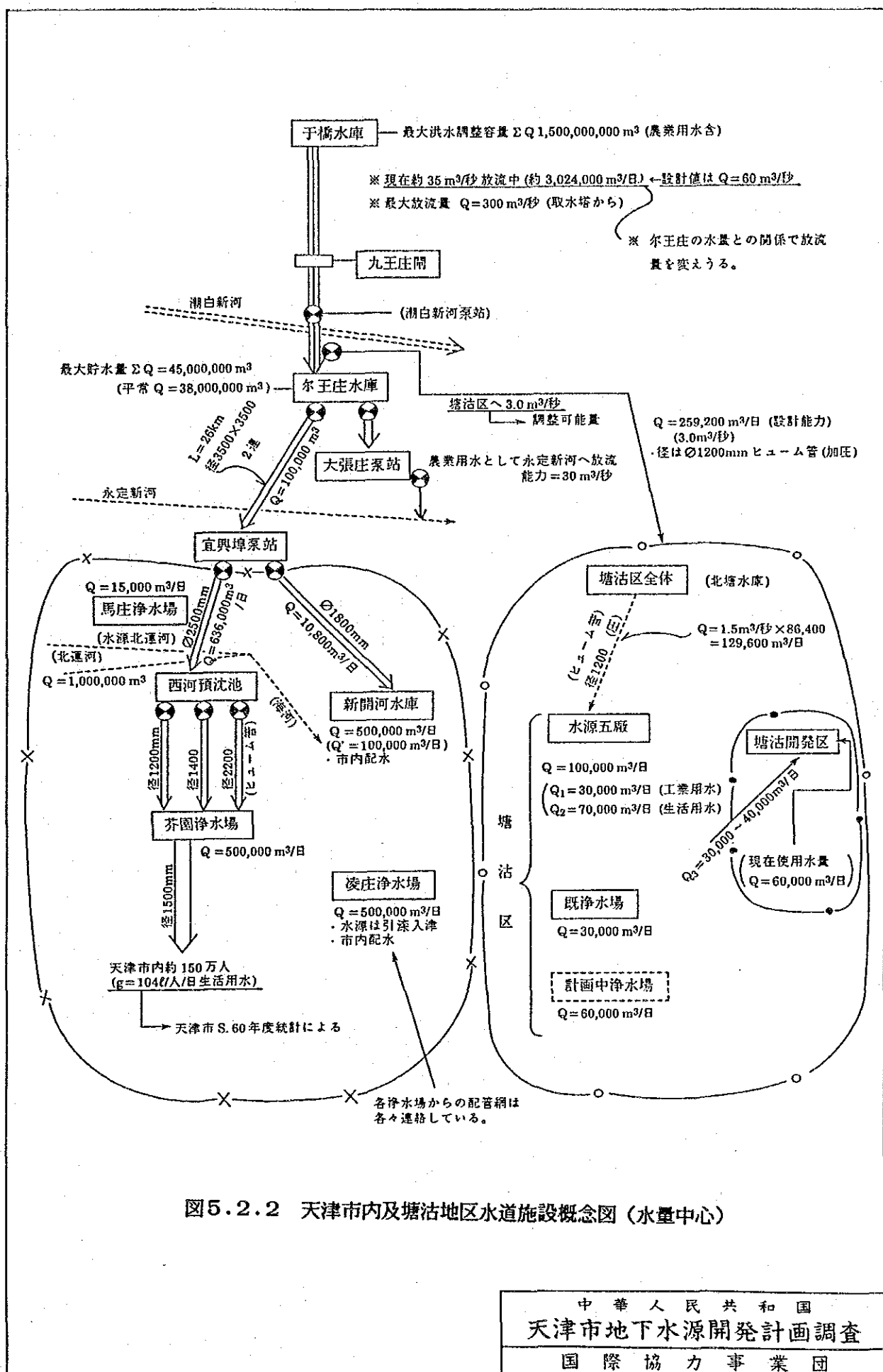


図5.2.2 天津市内及塘沽地区水道施設概念図 (水量中心)

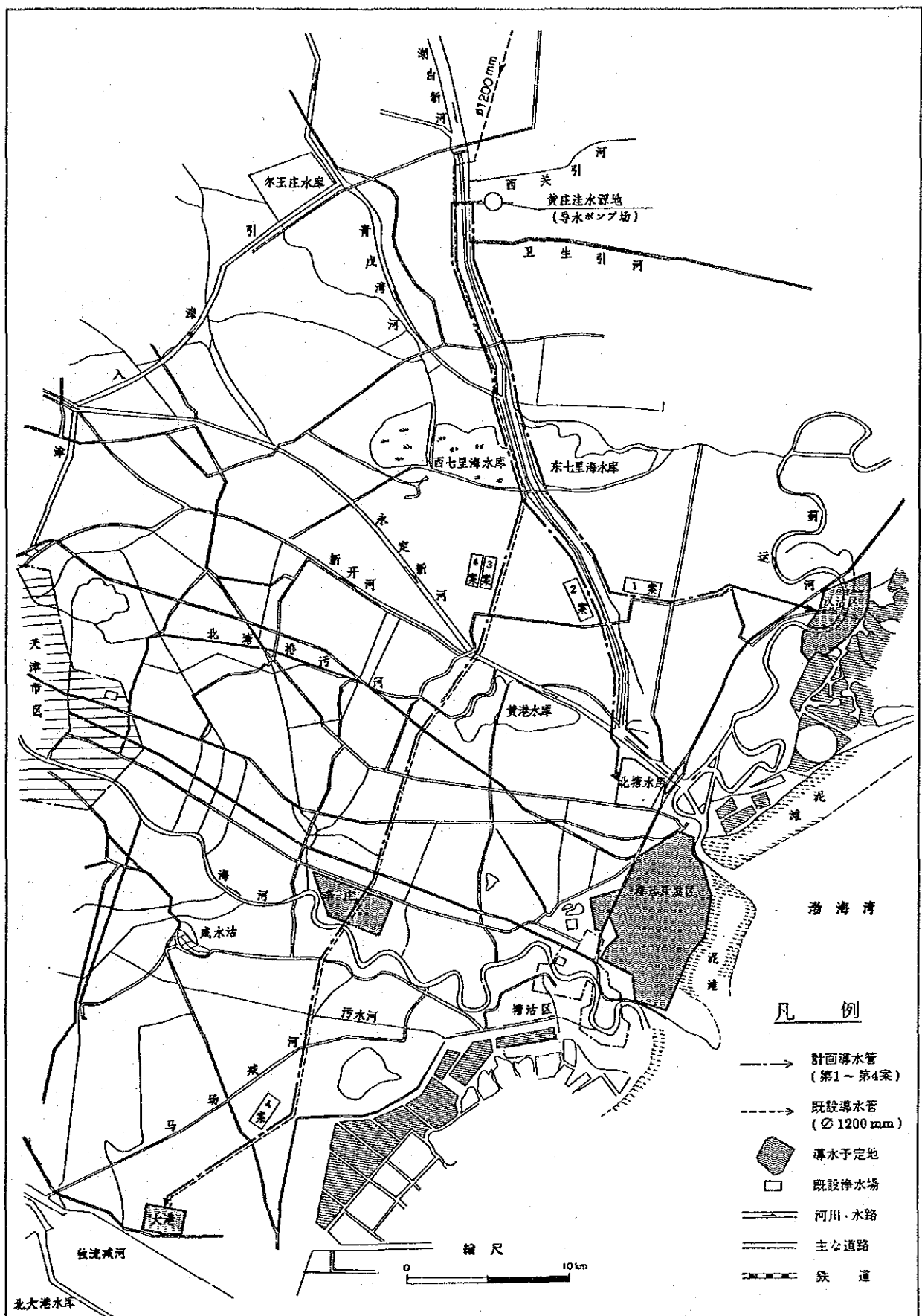


图5.3.1 黄庄洼地下水源导水計画平面图

中 華 人 民 共 和 国
天 津 市 地 下 水 源 開 発 計 画 調 査
国 際 協 力 事 業 団

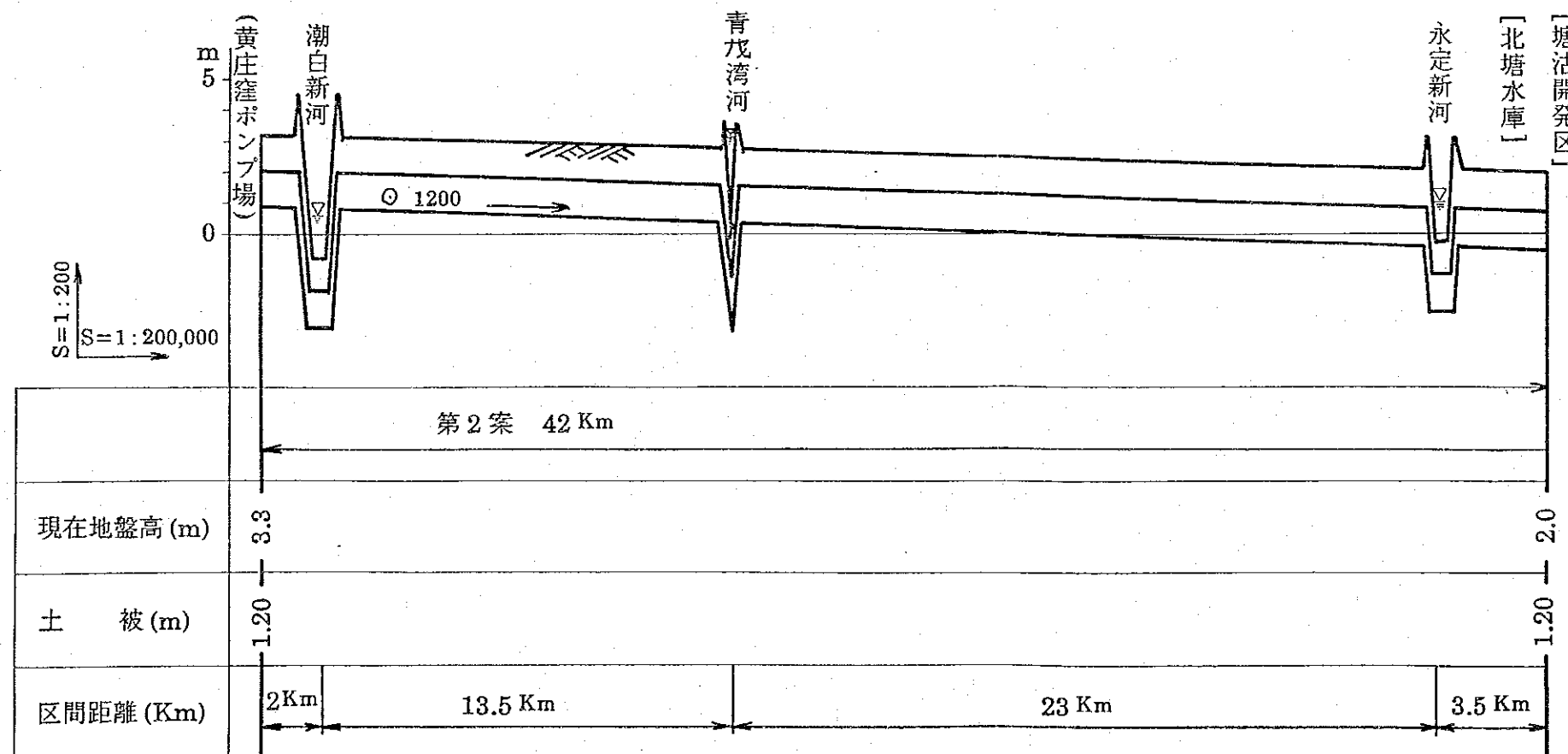
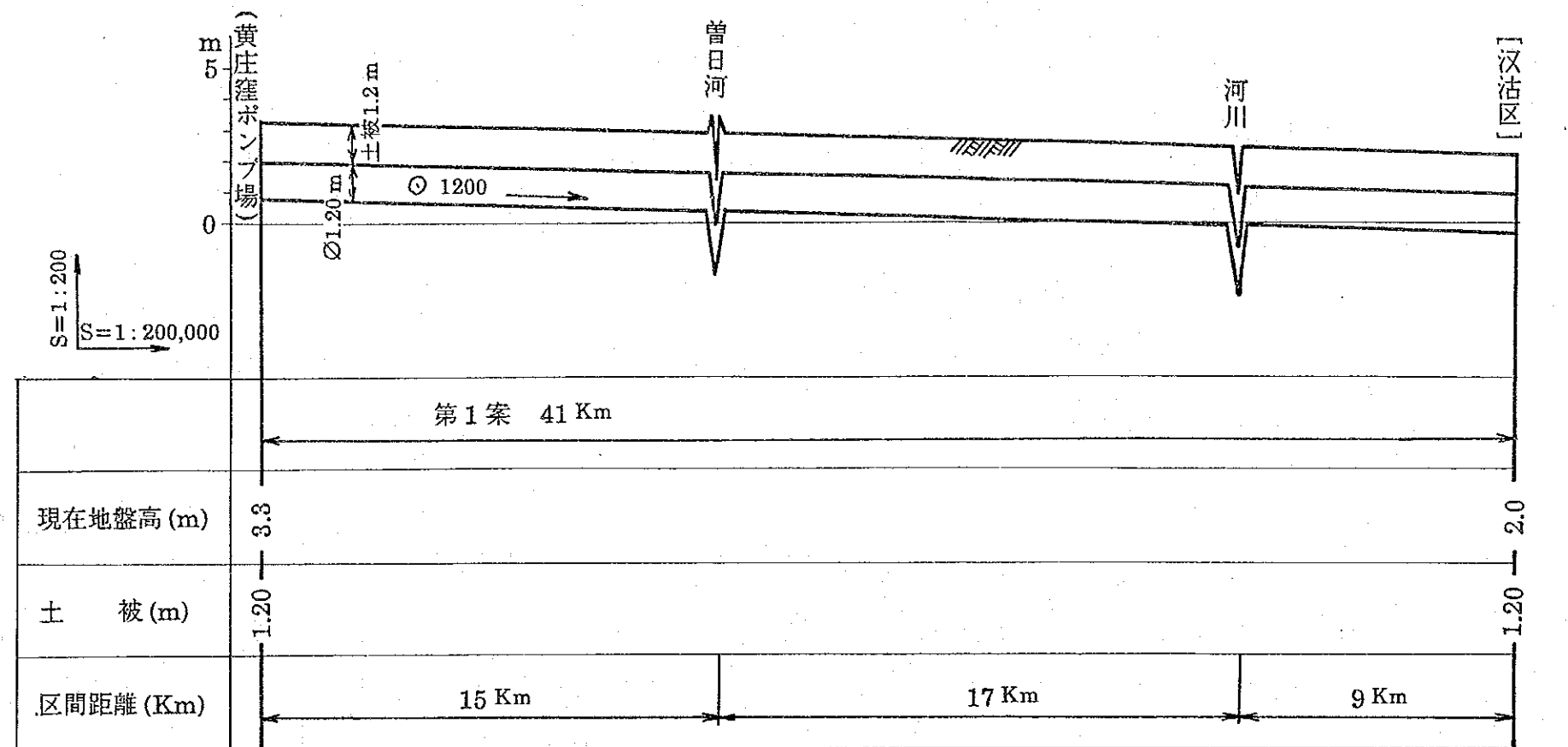


図 5.3.2 漢沽区と塘沽開発区に対する縦断図

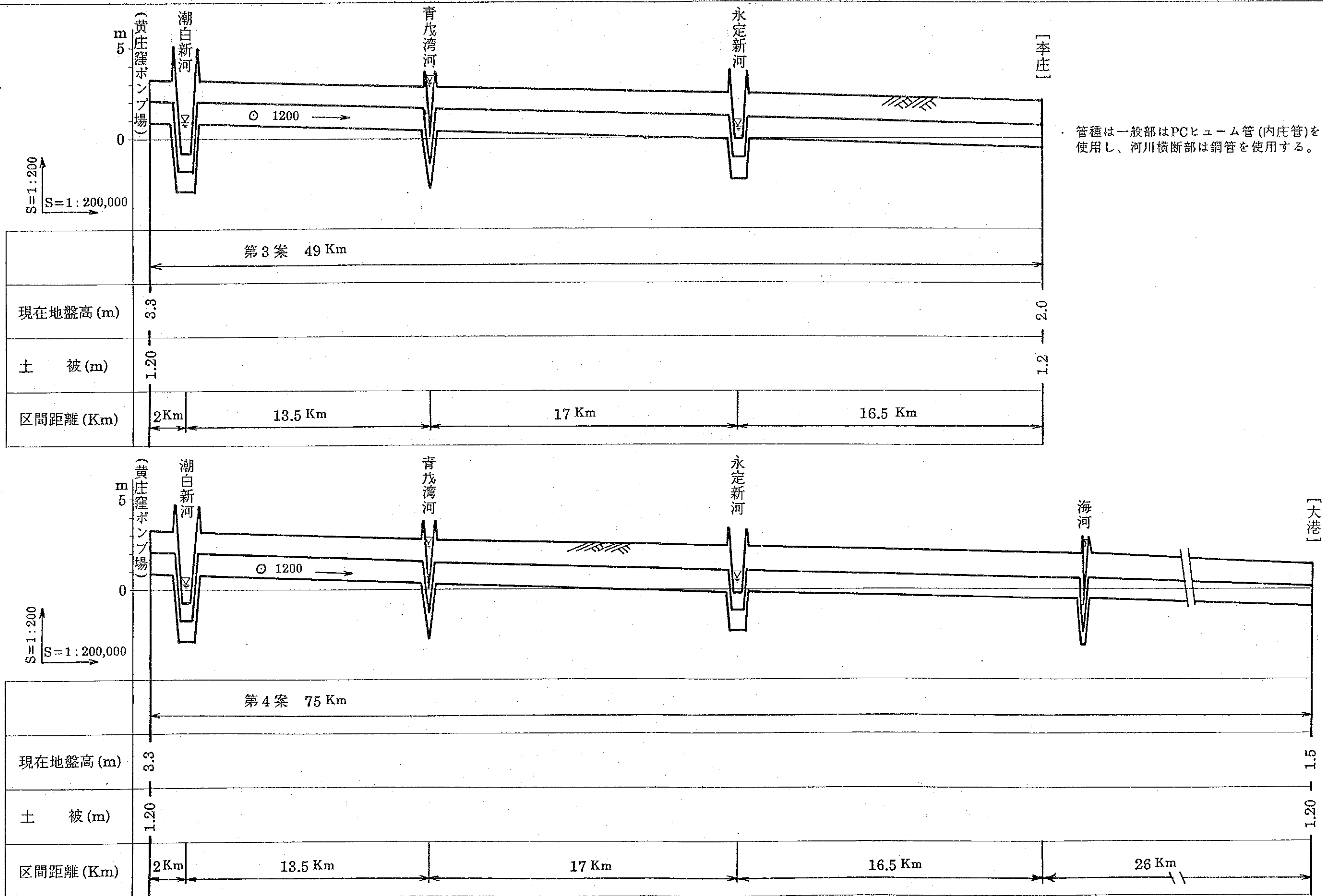
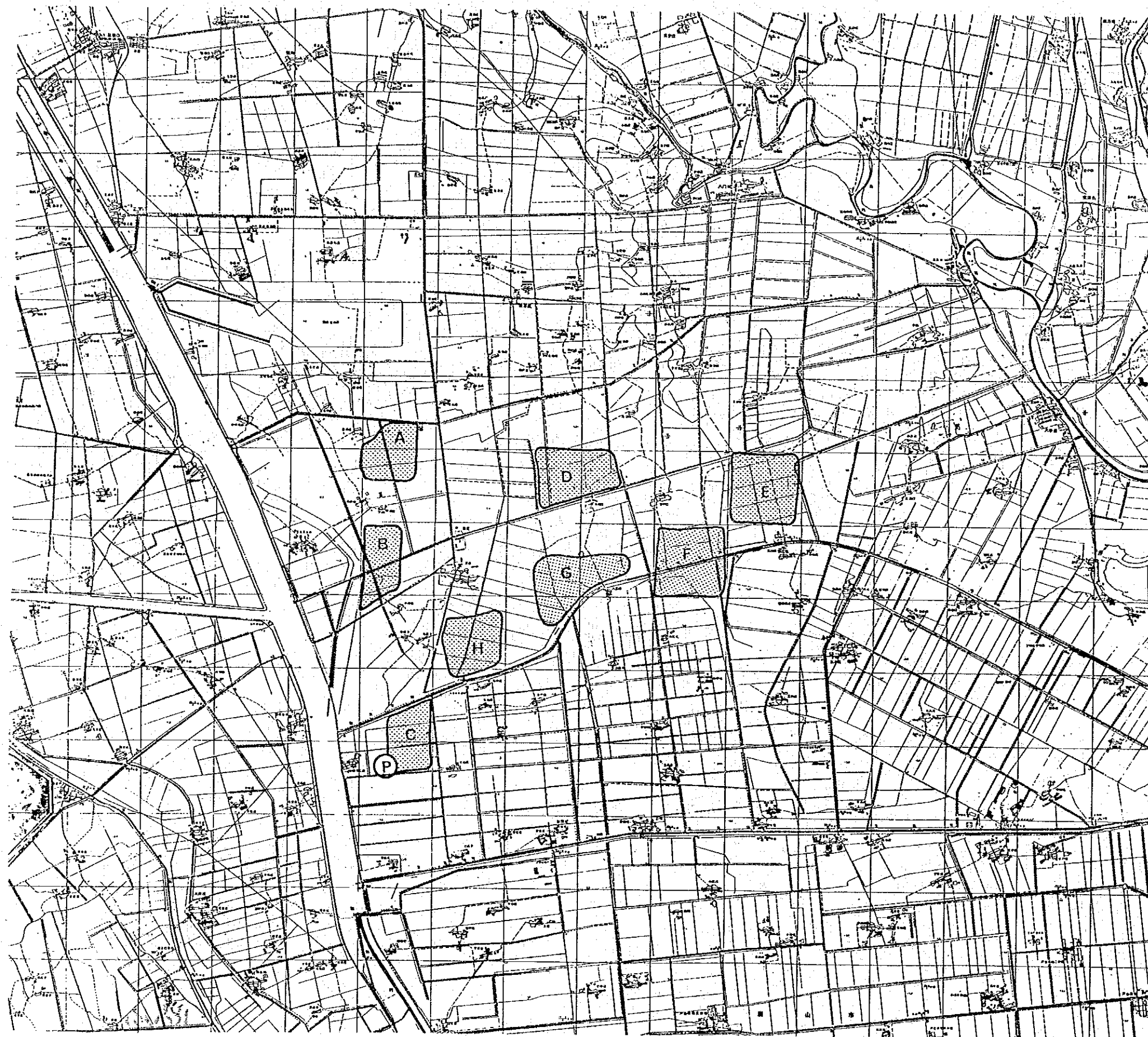


図 5.3.3 李庄と大港に対する縦断図

中華人民共和国
天津市地下水源開発計画調査
国際協力事業団



凡 例



水源開発地域



導水ポンプ場

中華人民共和国
天津市地下水源開発計画調査
水源開発地域図

図番
5.3.4

1987 年12月

製図

校正

JICA 国際協力事業団

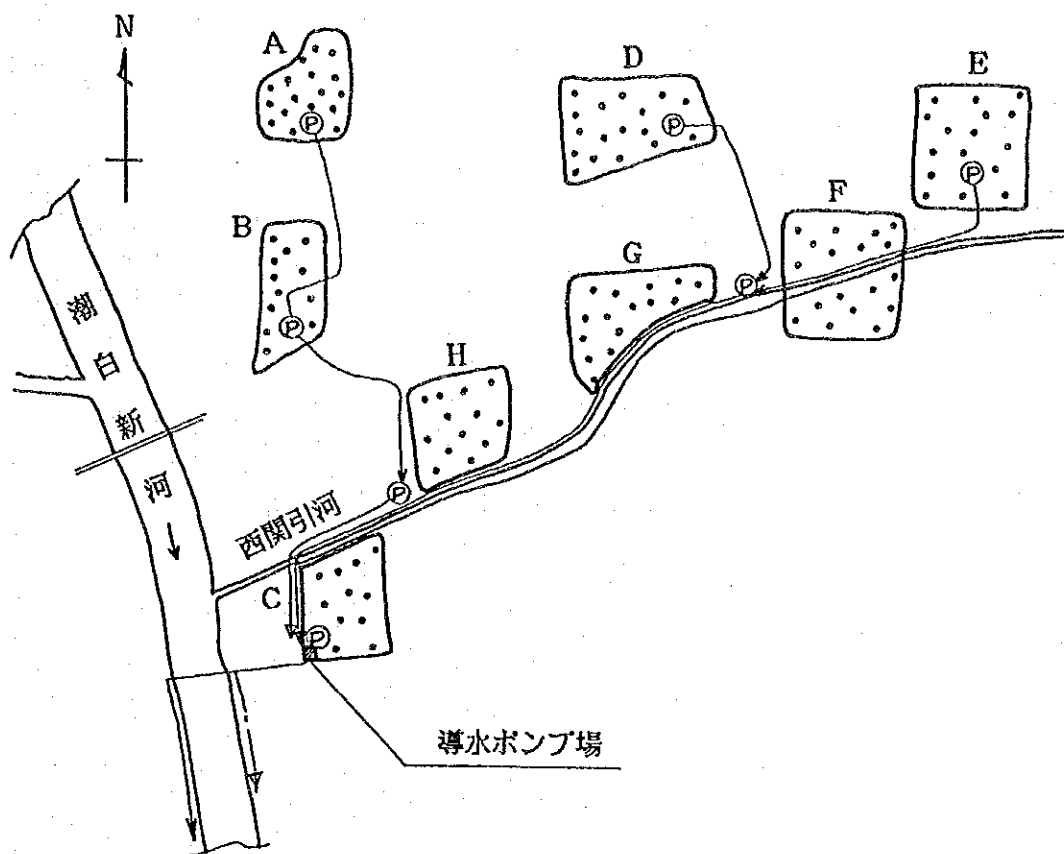


図5.3.5 黄庄窪開発地区平面図

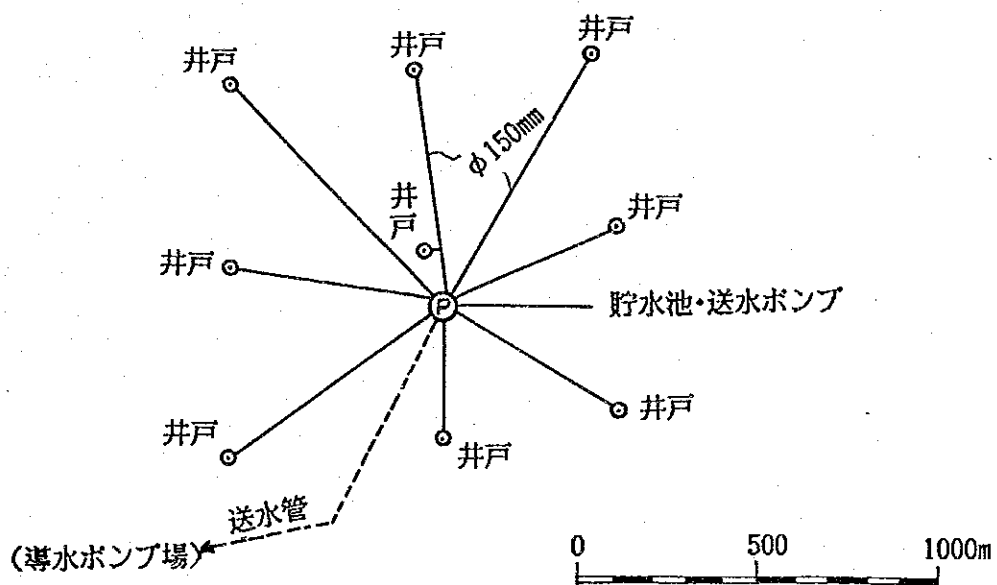


図5.3.6 井戸及び貯水池・送水ポンプ位置関係標準図

中華人民共和國
天津市地下水源開発計画調査
国際協力事業団

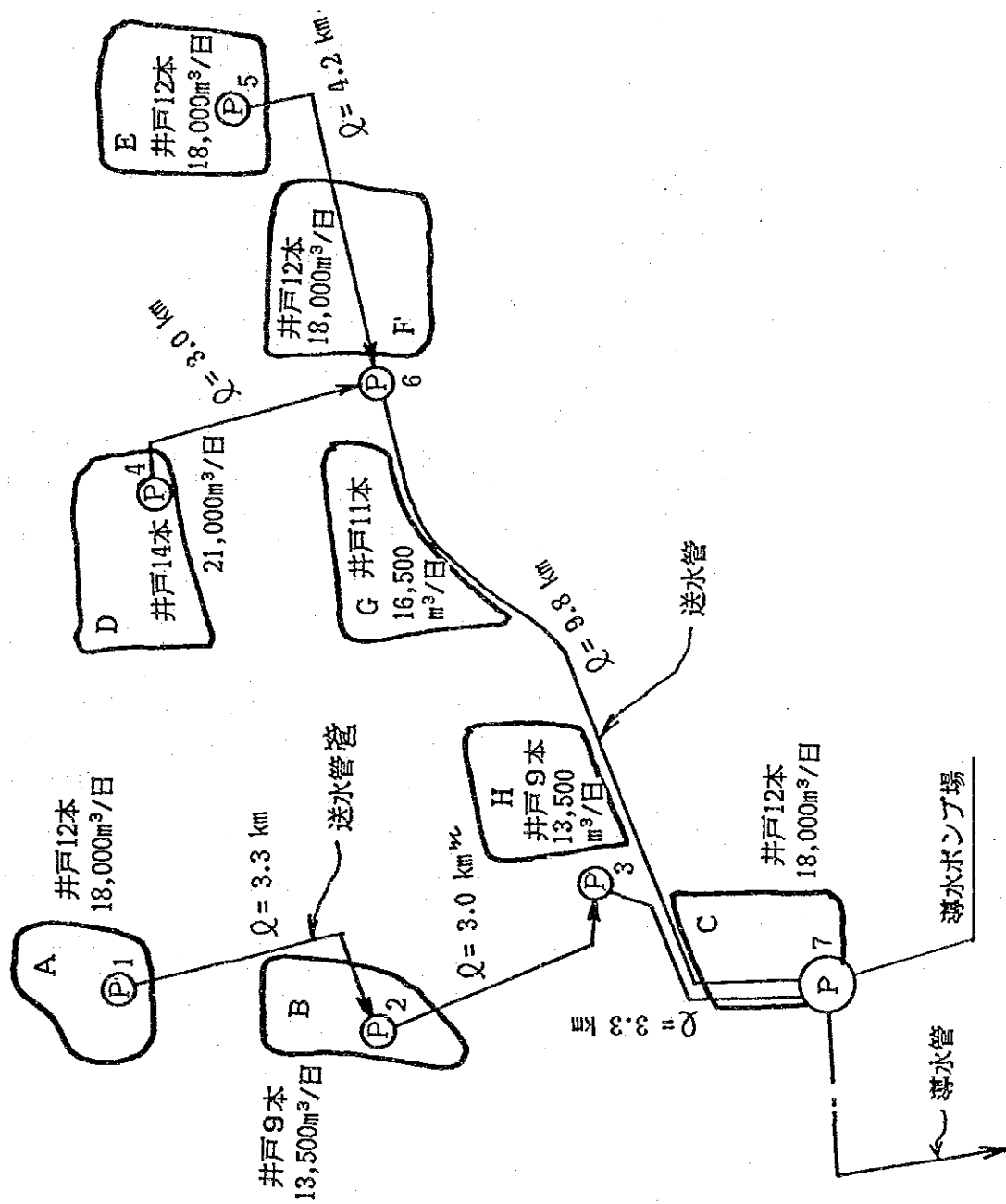


圖 5.3.7 送水管網圖

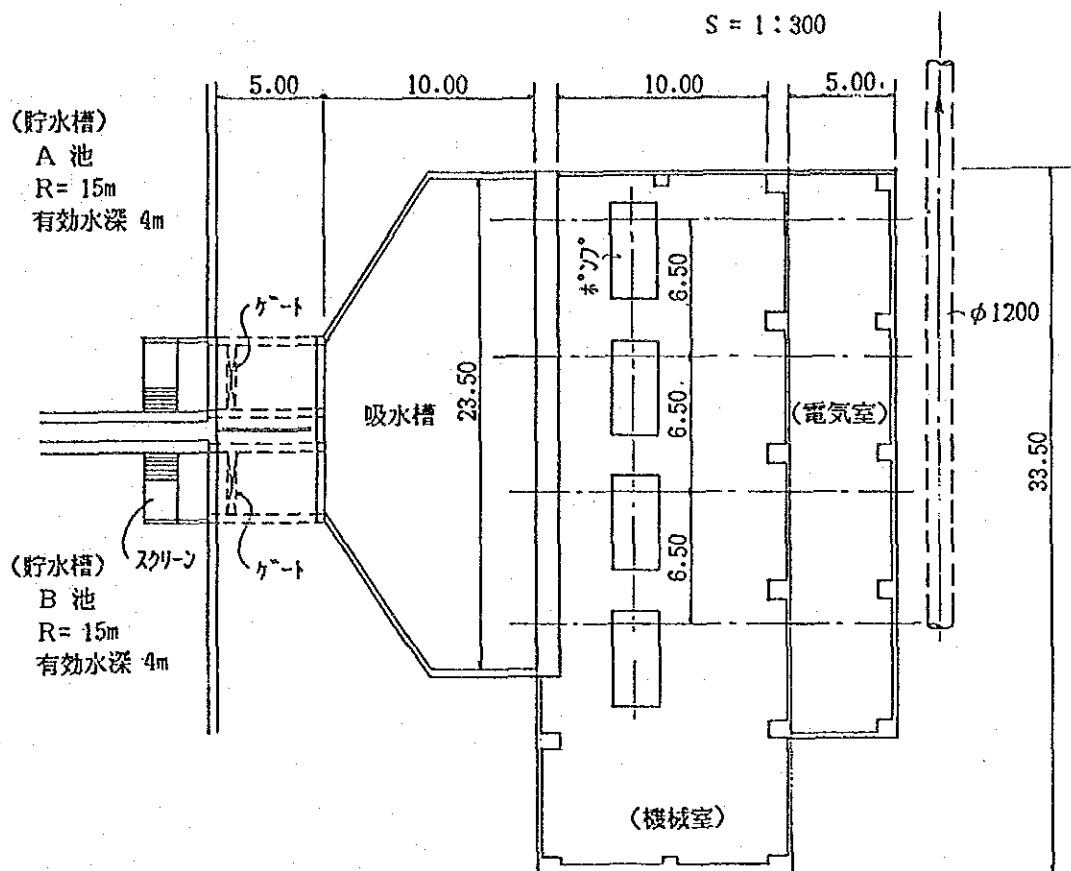


図5.3.8 導水ポンプ場平面図

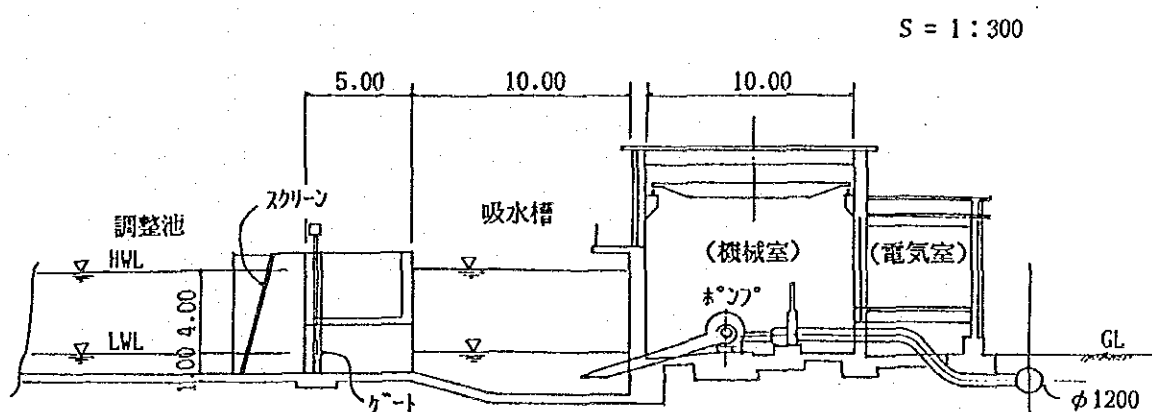


図5.3.9 導水ポンプ場断面図

第 6 章

今 後 の 課 題

第6章 今後の課題

6.1 環境影響予測と対策

6.1.1 周辺の地下水位降下

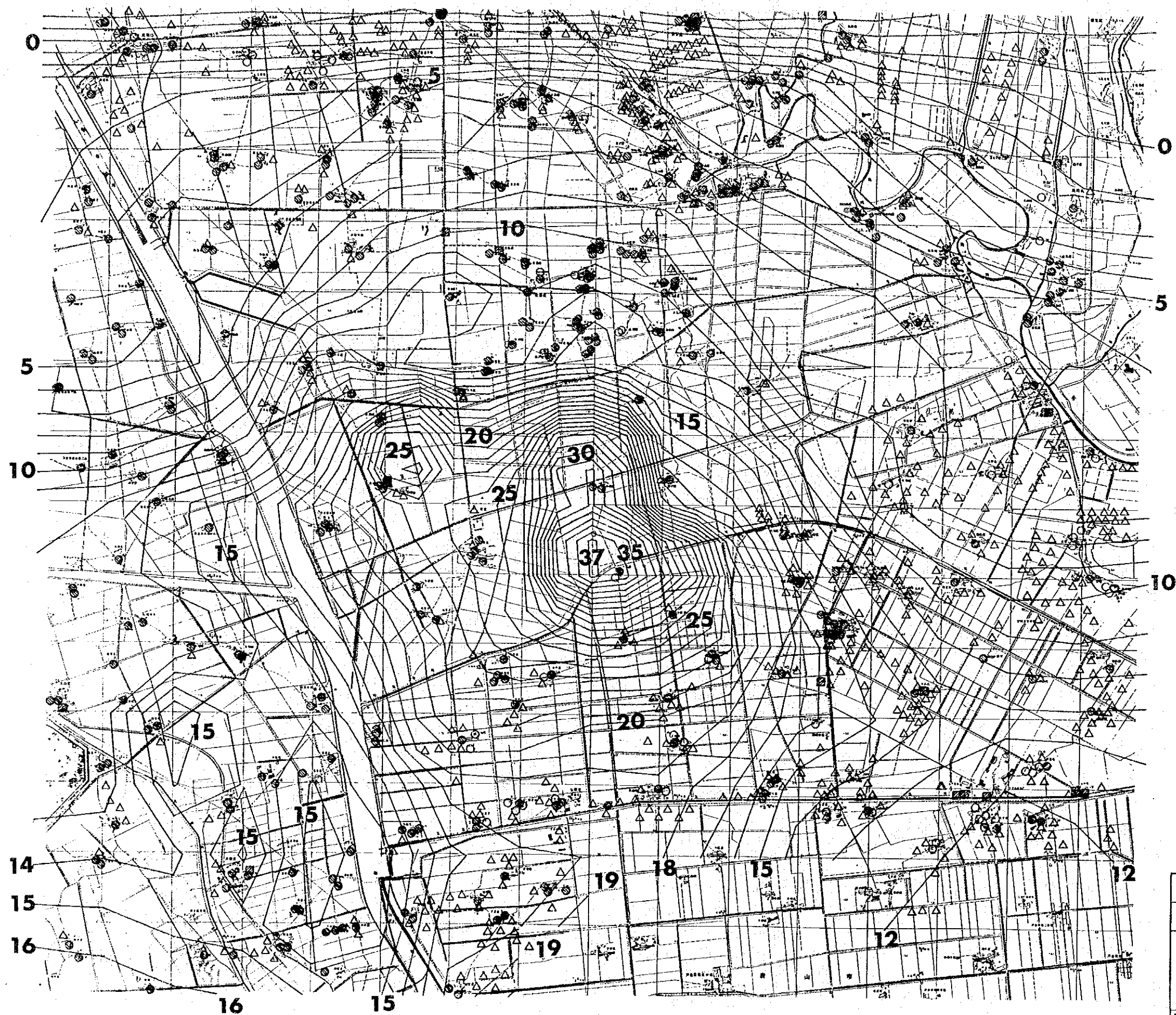
本調査地域における開発地区は、1986年8月調査団と中国側で合意された計画対象地域（約300km²）から選定された。この際の選定基準は、1)既設井戸への影響ができる限り少ない 2)集落からできるだけ遠く、土地利用上からも問題が少ない 3)集水や導水に有利な、運河や幹線道路に沿った地域とするなどであり、これらを比較検討して、8地域を選定した。最適取水法の計算上は間隔1kmの格子点から3500m³/日の揚水をする配置としたが、実際には、一本当たり1500m³/日（1730m³/日までの余裕は考慮してある）の揚水とし、井戸間は原則として約500m離して、井戸間の地下水位降下の干渉をできるだけ避けるようにした。漏水のない非定常流計算では500m地点における水位降下は最大2.3m（揚水開始後1年）となる。この場合地下水は水平方向の流れのみが考慮された理論値であり、当地域のような帯水層の上下が難透水層で挟まれた水文地質構造のところでは、垂直方向の漏水による涵養が相当量存在するから、実際には水位降下は上記の数字より小さなものとなる。地下水の新規開発による地下水位降下量は、中国側より提示された「年間5000万m³/日の地下水を今後30年間にわたって開発した場合、起りうる最大の地下水位の降下を地面下60mとする」の限度内で数値予測された。その結果、最大の水位降下は開発地域東部で発生しその深さは標高-40m（地面下約45m）と予測される。現況の水位は1986年6月で標高-1mから-6m（地面下6～11m）、1986年9月で標高-2mから-5m（地面下7～10m）にあるから、水位降下は39～34mほどである。井戸内の水位は、水理常数に従った理論的水位降下（帯水層損失）のほかに、井戸損失による水位降下を加える必要がある。「井戸試掘」編で述べるように、今回掘削した揚水井の井戸損失は13～45%の間にある。入念な洗浄によって損失はもっと小さくなると思われるので、これを20%と見積れば井戸内における実際の水位降下は次頁の表のようになる。

年 月	地下水位 標高(m)	地面下 水位(m)	予測水位 降下(m)	井戸損失(m)	全水位 降下量(m)
1986.6	-1~-6	6~11	39~34	8~7	47~41
1986.9 1986.12	-2~-5	7~10	39~34	8~7	47~41

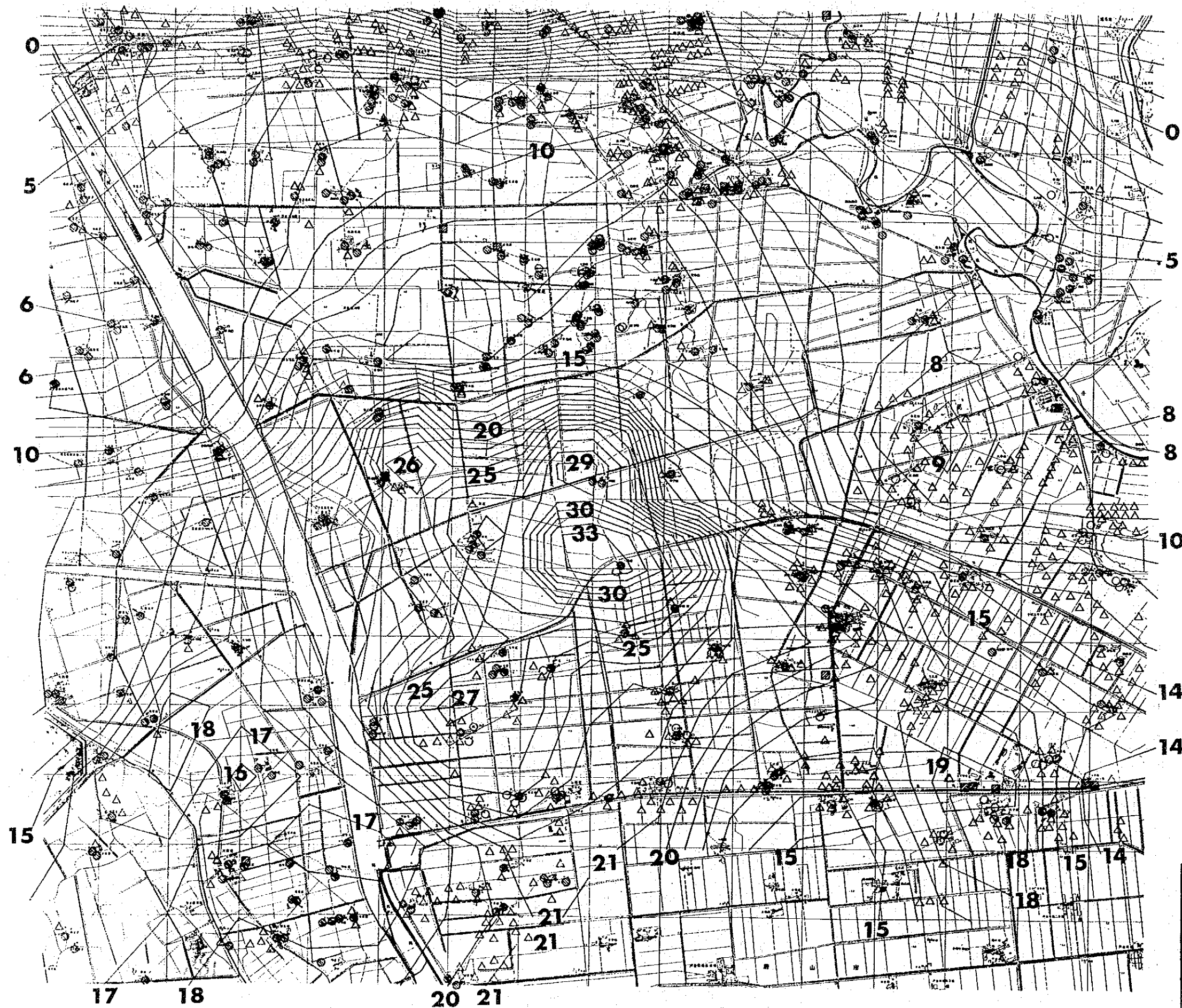
この値は中国側の許容限度内にある。

次に新規の地下水開発による地下水位降下の予測を1985年12月と1986年6月の現況水位との差分の形で図6.1.1~2に示した。水位降下は当然のことながら開発地区を中心とした概略同心形を示している。最大の降下量は、12月に農業用地下水の取水がなく地下水位が全般に高くなる関係で、開発地域東部で37mと予測されるが、降下域の広がりには農業用地下水の利用が盛んになる6月の方が大きくなっている。この水位降下の影響は、既設井戸の構造や揚水ポンプの種類や規模によって現れ方が異なる。

- 1) 調査地域の井戸はコンクリート製の水泥管を埋設したものが多く、管一本の長さは約1mで内径200mmである。これをアファルトや合成接着剤で接続しながら挿入している。このため異径管を用いた井戸は少ない。また揚水ポンプは地面の管頭にとりつけた電気モーターを動力源とするタービンポンプ型と、水中ポンプ型がある。前者では径の小さな（通常内径50~75mm以下）揚水管の下位にタービンポンプが付いており、後者の場合には同様の揚水管の下位に水中ポンプが付いている。ポンプ外径と井戸内径の間には通常数cm程度の余裕が設けてある。
- 2) 降下水位以下に揚水ポンプを下げて設置できる井戸の構造になっており、揚水ポンプの揚程に余裕があるものであれば、揚水に特に障害はなく、揚水にかかる電気料が多少増加する程度であろう。しかし揚水管や電気ケーブルの増分や設置工事費が必要となる。
- 3) 異径管で接続し、ポンプ設置可能深度に制限がある井戸では、降下水位との関係で、影響の出方が大きく違う。降下水位が設置可能深度より深い場合にはポンプの変更が必要となる。井戸内径がポンプの規格とあわないような最悪の場合は井



中華人民共和國		
天津市地下水源開發計畫調查		
地下水位降下予測 (2019年12月-1985年12月)		図番 6.1.1
		1987 年12月
製図	校正	JICA 国際協力事業団



中華人民共和國		
天津市地下水源開發計画調査		
地下水位降下予測 (2019年6月-1986年6月)		図番 6.1.2
		1987 年12月
製図	校正	JICA 国際協力事業団

戸の使用ができなくなる。この際には井戸更新費及び工事費が必要となる。

4) 開発地域内及び周辺地域で降下水位が15mを超える井戸の中には井戸の更新や使用不能など相当の出費を伴う何らかの影響が及ぶものがあると考えられ、井戸深度、井戸構造、ポンプの規格や設置深度の調査・みなおしをして、現況の調査表を作成しておく必要がある。特に東棘垵、黄庄、赵本の西側には、この圏内に入る井戸が多く、細心の注意が必要である。

5) 降下水位が15m以内の井戸については、揚水管を継ぎまし揚水ポンプを降下させることで対応できるのではないかとと思われるが、開発前に現状をよく把握し、慎重に対応できる体制を作っておくことが大切である。

6.1.2 地盤沈下

地下水位の低下に伴う地盤沈下は、よく知られているように、種々の被害を発生させる。周辺地域に比べて相対的に標高の低い地域の発生と拡大によって、排水不良、浸水被害が増大する。これは湿田化や農作地の水没、河川（運河）水の逆流などを引き起こす。また道路や堤防など公共施設に被害が発生する。集落にあっては、建物の基礎や井戸の抜け上がりなどを社会的損失を招く。

ここでは、第4章で得られた本調査地域の地下水開発に伴う地盤沈下の予測値の評価と、日本で行われている地盤沈下防止に関連する対策について述べる。

日本では地盤沈下は東京では1910年代から、大阪では1920年代の後半から注目され始めた。特に1950年代に入り、地盤沈下は激しくなり、大きな社会問題となった。それ以降は東京や大阪ばかりでなく、地方の平野部にも被害が拡大した。

しかし1950年代後半より地下水採取規制及び水源の転換（表流水への転換）などの対策が講じられた結果、かつての深刻な地盤沈下地域では、沈下が鎮静化した。近年全国的には地盤沈下の鈍化傾向が継続していると見ることができる。しかし現在でもなを地盤沈下地域は全国で50地域あり、このうち沈下量が、最近の1年間で1cm以上、もしくは累計沈下量が20cm以上の地域は33地域である。

これら地盤沈下地域での地下水利用は、大都市圏では水道水と工業用の取水が主体を

なしており、最近では水道水の取水量の伸びが目立っている。地方都市では千葉県九十九里地区、新潟平野のような天然ガスを含む地下水の取水、佐賀平野、山形盆地のような農業用水、青森平野、長岡地区のような消雪用水など、多岐にわたる用途の地下水取水が原因となっている。

この間地盤沈下は、地下水位の異常低下によって、土中における有効土被り圧が増大し、粘性土層が圧密することによって発生することがつきとめられた。また天然ガス採取のような深部（数百m以上）の揚水による地盤沈下は、単に上位の軟弱地盤の圧密収縮だけでなく、更新統の地層の弾性変形収縮によるものと考えられている。

以上のような地盤沈下の挙動は、1) 適切な帯水層構造と地盤の物性値や地下水位の変化（揚水量）を整合させたモデルを構築し、2) 現状を再現する模擬数値計算モデルを試行錯誤によって決定した後、3) 任意の条件によって計算予測するといういわゆるシミュレーション計算の手順を踏むことによって知ることができる。

今回の調査地域と堆積した地質時代や地層の性状が類似した日本の平野では、いくつか地盤沈下のシミュレーション解析が行われている。

東京湾に面する千葉縣市原市では、第四紀更新世中期から後期にわたる礫層や砂・泥互層から構成される堆積層（深さ約300m）より地下水が取水され、地盤沈下が発生した。その現況は図6.1.3に示すとおりである。

この結果によれば、3ヶ年間連続して3600万 m^3 /年（98,000 m^3 /日）の地下水を採取した時に地下水位は約19m降下したところで平衡に達し、地盤沈下量は、約12cmで落ち着いている。

また同様の地層より構成される神奈川県平塚市の海岸平野での例は、図6.1.4に示すとおり、日量90,000～100,000 m^3 （3285万～3650万 m^3 /年、その90%以上は工業用水）の地下水を取水した時に、地盤沈下、地下水位降下とも最大となり、その値はそれぞれ30cm、50mである。さらに地盤沈下、地下水位記録の解析により、地盤沈下を阻止するための許容限界水位を予測し、その水位に対応する地下水取水量（56,000 m^3 /日）を計算して許容揚水量を求めた。その後の地盤沈下の状況は計算による予測とおりに推移している。この例は代替水源の対策を行わないで、地盤沈下を停止させたものとして高く評価されている。平塚市では許容限界水位と許容限界揚水量を地盤沈下対策のなかで行政目標とし、各々の工場ごとに揚水量の削減目標を決め、節水の指導を進めた。

以上の観測記録や解析を参照する限りでは、巨視的に見た場合、開発地区において新

図 6.1.3 地下水くみ上げ・地下水位・地盤沈下の関係

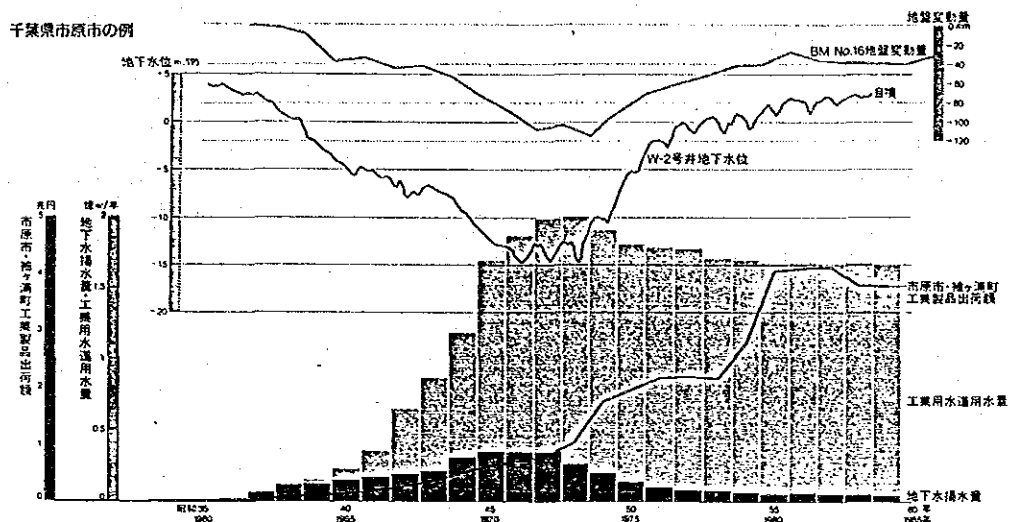
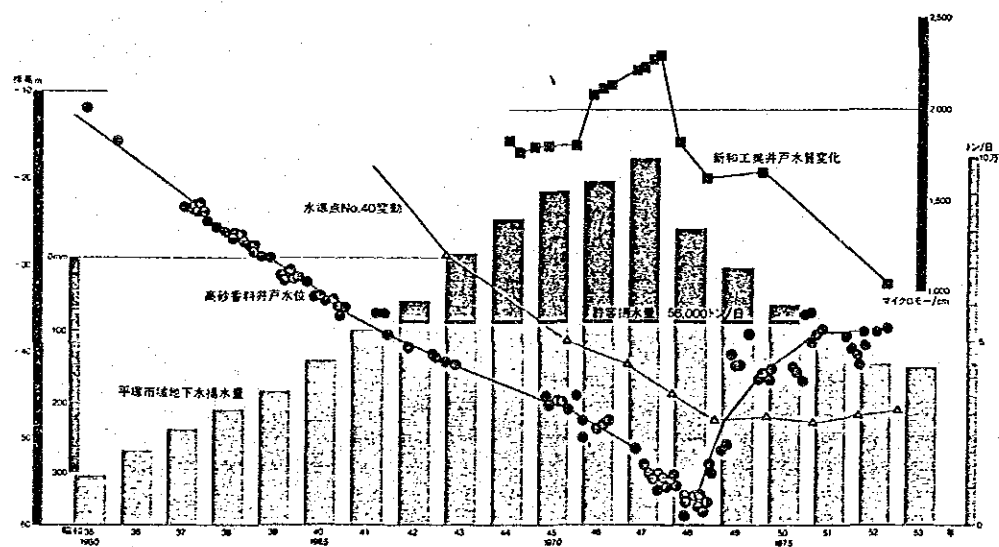


図 6.1.4 節水で止まった地盤沈下・平塚市の例



中華人民共和國
天津市地下水源開發計畫調查
國際協力事業團

規に $137,000\text{m}^3/\text{日}$ ($5000\text{万m}^3/\text{年}$) の地下水を開発した場合、現況水位から最大37mの水位降下があり、累計の地盤沈下は最大で40cmという予測は、妥当な値であろうと考えられる。

天津市街区では深度60m～200m区間の第Ⅱ帯水層が主たる帯水層となっており、圧密収縮はこの帯水層に挟まれる粘性土で発生しているとされている。その沈下の形状は、ほぼ第Ⅱ帯水層の水位降下分布（最大海面下60m）で決っており、1959年から1982年までの累積沈下量は最大で2mに達している。揚水量の集計値が明らかでないので、本調査地域と比較することはできないが、上記の形状から地層はほぼ水平であること、調査地域に比べ、第四紀における海侵の度合いが強く、圧密収縮が発生するような粘性土の割合が大きいことなどから地下水位降下量に対する地盤沈下量はより大きな値となることは十分考えられる。

日本における地盤沈下対策は、国の段階では、1956年に制定された「工業用水法」、1962年に制定された「建築用地下水の採取の規制に関する法律」（略してビル用水法）がある。両法には適用される地域（都道府県単位）が指定されており、前者が10都道府県、後者が4都道府県となっている。また地方自治体でもそれぞれ地下水採取規制に関する条例や要綱を定めている。各地域ではこれらの法律や条例に従い採取量の削減が図られ、地盤沈下などの障害の進行の緩和に役立ってきた。

しかし、これらの規制は、1) 地域や規制の対象となる用途が限定されていること 2) 障害が発生する前の予防策とはなっていないこと 3) 代替水源の確保などの対策と必ずしも一体となっていないことなどの問題点が指摘されている。

当地域の場合、地盤沈下をある程度許容しても地下水開発を進めるのであれば、予測される地盤沈下地域では、将来どのように土地利用が進められるのか方針を事前に決めておく必要がある。また水質の良い地下水を上水源として優先的に利用するのであれば、影響を受ける農業用井戸を表流水に転換することもある程度考えられるべきであろう。

6.1.3 地下水の塩水化

一般に地下水の塩水化と呼ばれる現象の塩の起源には三種類がある。それは(1)海水の侵入(2)化石塩水の侵入(3)人工的汚染水の侵入である。一般に塩水化と呼ばれているものは(1)を指しており、臨海部における地下水の過剰採取によって海水が内陸側に侵入し、

飲用不適、工業用水の水質悪化、農作物への被害が生じる。日本の海岸平野では、程度の差はあれ、多くの所で塩水化は発生している。当調査地域では第Ⅰ難透水層と第Ⅰ帯水層に弱い塩水が認められ、前者の塩素（Cl）濃度は最高1800ppm、後者は1500ppm程度である。海水のCl⁻濃度は19,000ppmであるから、海水の1/10ほどの塩分を含んでいる。ちなみに世界の水道水の水質基準ではClは200～300ppmである。

この塩分は今回調査の結果、現在の海水の侵入によるものではなく、化石塩水であると考えられる。その理由は 1) 現在の海岸から約35km内陸側にあること 2) 有楽町海進時には調査地域は干潟ないし浅海と考えられていること 3) 塩水化は地下水開発以前から存在していたと思われること 4) 地域が平面的にも、深度的にも均一な分布を示さない。平面的には浅層の塩水化地域は東南から中央部に湾入するように分布し、周縁部は塩水化していない。この傾向はVLF探査結果にも良く示されている。その濃度は北西から南東に漸次高くなることから、海侵時の干潟あるいは海岸線を反映しているように思える。深度的には、中国側の電気検層によって判定された塩-淡水境界線の深さが凸凹で一定していない、ことなどである。また一般的な事実として、日本の海岸平野に分布し、当調査地域と同時代相当層（東京低地の有楽町層や七号地層、大阪低地の難波累層など）に含まれる地下水は、海退後降水や地表水による濾過や洗い出しによって化石塩水を含まないのが通常である。本調査地域は標高が5m前後と低く、黄庄窪という地名が示すように、近年まで感潮河川と連がった沼地で、排水不良のため、塩分の洗い出しが進まなかったことは十分考えられる。大阪の河内盆地では深度150m以浅の浅い被圧帯水層（上部更新統）において、100ppm以上の高濃度の塩素イオンを含む地下水域が知られている。これは地層が盆状構造をなしているため、地層中の淡水化が進行しなかった結果であると説明されている。以上の状況から考えると、化石塩水は難透水層に封鎖されたレンズ状の帯水層に含まれる、あるいは第Ⅰ難透水層や、第Ⅰ帯水層に頻互層で挟まれる難透水層に吸着水として残留しているように思われる。したがって当地域では第Ⅰ帯水層には最高濃度1800ppmの化石塩水が残留しているけれども、1) その供給源は無限にある訳ではないこと、2) 浸出しにくい水文地質構造があること、3) 第Ⅱ帯水層に漏水する場合にも、第Ⅱ難透水層と帯水層に頻互層で挟まれる難透水層を通過するため塩素イオンが吸着されることは第Ⅱ帯水層へ塩水が侵入することを遅滞させる要因となる。一方、1981年夏ころから1984年に第Ⅱ帯水層の地下水位が寧河県に於て1980年以前の水位に比べ最高18m（地面下24m）降下した時には、第Ⅰ帯水層から第Ⅱ帯水層へ漏水があったと

思われるが、第Ⅱ帯水層から揚水する井戸が塩水化し使用不能になったという報告例は無い。このことは、上記の推察を支持する事象であろう。

しかしながら、地下水頭差によって生ずる漏水に伴う化石塩水の浸透や拡散の問題を濃度分布と時間の関係で解く手法はまだ開発されていない。したがって当地域の地下水の塩水化について厳密な答を準備できる段階ではないので、楽観的に考えることは慎まなければならないが、実用的には、上記の開発に有利な状況を勘案して、次のような生産井戸の塩水化防止対策が考えられる。

- 1) 第Ⅱ帯水層の開発水量分だけ、第Ⅰ帯水層の地下水が降下浸透すると考え、浸透する速度を算出する。30年間の開発期間中同じ速度で浸透すると仮定すれば、第Ⅱ帯水層から下向きの浸透深度が求まる。この深度より下位にスクリーンを設置すればよいことになる。試算では50mとなり、深度140～150m以下にスクリーンを設ければ良いと思われる。実際には、浸透の過程で水平方向から涵養される淡水や既存の包蔵淡水によって塩水は希釈されるので、上記の数字はかなり安全側の数字であろうと思われる。
- 2) 井戸建設の際スクリーンより上位にある裸孔と鋼管間の空隙の密封が非常に重要で、在来の粘土球投入による密封を入念に行う必要がある。
- 3) 6.2で述べる監視体制によって水質を定期的に注意深く監視しながら、末長く利用することが肝要である。

6.1.4 地下水の人工涵養

地下水の人工涵養は地下に浸透する地表水の量を人工的に増加させ、また直接地下に注入することによって地下水を有効に利用することがねらいである。その方法は大きく拡水法と井戸注入法に別れる。拡水法は浸透池、河床、水田、地下埋管などを利用して地表（または地表近く）から地下水涵養を促進する方法である。井戸注入法は地下に掘り込んだ井戸から直接水を注入する方法である。その用途と効用は、1) 低下した地下水位の回復、2) 地盤沈下の防止、3) 海水侵入の防止、4) 地下貯留、5) 地下水温の有効利用、6) 地下水の水質改善、7) 洪水調節、8) 温泉保全などがある。実際に人工涵養を行うに当たっては、上記の目的を踏まえ、対象地域の地形、水文地質構造、地下水位、

土地利用などの自然条件や地下水や地表水の利用形態、工事費という社会的経済的条件を考慮して、立案し実施する必要がある。また人工涵養によって生ずる二次的な公害として 1)、地下水水質汚染、2) 地下水温の変化、3) 地下水位上昇による排水不良などの障害、4) 地すべりの誘発などが考えられ、利益と損失の両面から総合的に問題点を事前にできるだけ調査し評価しておく必要がある。当調査地域では、地下水開発に伴って、1) 周辺の地下水位降下、2) 地盤沈下、3) 地下水の塩水化が発生することが予想される。これらの影響は既に第4章で述べたように、30年間取水では社会的、経済的にさほど甚大な障害を引き起こすものとは考えられないが、影響の軽減という視点から当地域での人工涵養の適用性について考えてみる。

当調査地域は、地表から深さ10~45mまで透水性の低い粘性土層（第Ⅰ難透水層）が堆積し、その下位に主として細砂からなる第Ⅰ帯水層がある。またタンクモデルによるシミュレーションでは地表からの垂直涵養（降水や灌漑水による）は平水年で日平均0.1mmと極めて小さい。さらに第Ⅰ帯水層の地下水位は地面下1~3mと浅く、被圧状態にある。

以上の条件から考えると、拡水法による地下水の人工涵養に適した水文地質条件とは言えない。ただ調査地域の中央から南部にかけて、浅層の粘性土は最大1500~1800ppmのCl（塩素）を含んでおり、第Ⅰ帯水層の水質改善を計る目的で粘性土中の塩分の濾過・洗い出しを促進するため、トレンチや運河を開削して地表水を流すことは効果があると思われる。現在既に地域内に縦横に開削されている運河はこの点で大きな働きをしていると考えられる。

上海では1921年に地盤沈下が始まり、1965年には市と近郊区が大きな地盤沈下盆を形成し、沈下の最も著しいところは2.37m（累積沈下）に達している。井戸に直接注入する人工涵養法は上海のこの地盤沈下地帯に採用され、地下水位の上昇と地盤沈下の（ある程度の？）回復に効果があったと報告されている。また冬季に低温の水を帯水層に注入し、夏に冷却用として利用し、多大のエネルギーを節約でき、また逆に夏比較的高温の水をあるいは工業の回収水を処理してのち、これを帯水層に注入して地盤沈下を緩和させ、冬にボイラー用水として揚水し、石炭電力を節約したとされている。人工涵養の第一年目（1966年）は1965年に比べ、地下水位は10m余高くなり、地面の平均上昇量は6mmであったとの報告がある。

日本では注入井戸による地下水涵養実験が各地で試行錯誤的に行われてきた。この結

果は、いずれの場合にもストレーナーの目詰まりが程度の差こそあれ発生し、比注入量（注入量/注入井内水位上昇量）は指数関数的に減少している。目詰まりの原因は主として水質に関係し、空気泡、酸化鉄、懸濁物質（SS）、微生物などが考えられている。注入する帯水層の浸透係数と目詰まりの関係は明確でなく、 $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ cm/秒オーダーの帯水層では、目詰まりの発生と進行は主に水質に依存すると報告されている。注入水の前処理法として礫層で濾過させる方法、注入井の構造を工夫する方法があるが、いずれも室内実験の結果であり、経済性は議論されていない。当調査地域では實際上注入水として河川（運河）水が考えられるが、この水質と帯水層が細砂を主体とすることを考慮すれば、目詰まりの防止は極めて困難であると予想される。したがって当地域での井戸注入法による人工涵養は効果が大いとは思われない。

ちなみに、現在日本で地盤沈下対策として人工涵養を採用している所は、千葉や新潟県での天然ガス採取後、かん水を注入する実験的事業のみである。国として1985年に策定された地盤沈下防止対策要綱に基づき地盤沈下対策に総合的に取り組んでいる、濃尾平野と筑後・佐賀平野での対策事業の内容は、代替水源の確保（ダム建設、導水）、代替水源の供給（灌漑排水、工業用事業）、復旧事業（河川改修、湛水防除、海岸保全）で、地下水の人工涵養は含まれていない。

また、もし中国で地下水の人工涵養が行われるとすれば、人工地下水の利用について社会的な、また法制的な位置づけがなされなければならない。

6.2 モニタリング体制

前節で詳しく述べたように、地下水を開発することによって種々の影響が引き起こされる可能性がある。このため地下水の開発前と開発後における地下水の動態と関連する分野の変化は注意深く監視されなければならない。

まず地下水を揚水することによって、自然的、社会的、経済的に好ましからざる影響を発生させないように、地域ごとの環境基準を作ることが求められる。その後地下水資源を持続的に活用するために、その基準の許容する範囲内で地下水が利用されているかどうかを監視する機構（モニタリングシステム）が設置されなければならない。

このためには、経済的にも費用がかかり、技術的にも難しい面があり、関係機関や行政側及び地元の深い理解が不可欠である。

また地域全体を統一して管理できる体制を作るためには、地下水資源の利用が、できるだけ私権の範囲外にあることが望ましい。この点中国の法律制度では地下水資源に限らず、地下に存在する資源は国有となっており、統一して管理できる体制ができています。

調査地域は、これから開発しようとする段階にあるから、モニタリングシステムの設立は、

I) 現況のより正確な把握

II) 環境基準の作成

III) 監視機構の設置

IV) より広域な地下水盆管理への発展

の4つの段階に分けて、進められるべきであろう。

I) 現況のより正確な把握

- 地下水利用量の実態：特に利用量が多い、農業用の井戸について統一化された方法・様式に従って、少なくとも郷単位・年単位の数量が大切である。幸い各郷には水利管理站があるから、その組織を拡充し、ここが中心となってアンケート方式か抽出方式によって、できるかぎり正確な利用量を把握することが必要である。
- 井戸の現況調査：開発地区や周辺地区での、新規地下水開発による水位降下の影響を詳細に把握するため、黄庄、東棘坨、赵本、八門城、欢喜、各郷にある井戸の構造、ポンプ位置、揚水量などの資料を現地調査によって収集する。これは後に補償問題が生じた場合の基礎資料となるものである。
- 地下水位観測網の充実：現在進められている人手による、5日毎の定時観測、自記水位計による連続観測を継続することと、渇水期（12月）と豊水期（6月）の一斉測水が望まれる。また観測井戸の拡充を計る必要がある。特に第I帯水層の地下水位を示す井戸は極端に少ないから、第I帯水層のみにストレーナーがあり、運河や河川から離れた場所にあるものを探るのが望ましい。第III帯水層の地下水位は今回の調査で掘削した黒狼口、苑洪橋、后邦道沽の三井戸で観測することが大切である。
- 第I帯水層の残留塩水域の把握：できる限り第I帯水層部分にストレーナーのある井戸を探し、残留塩水域を把握するため、電気伝導度検層を行いその平面的、垂直的分布を明らかにする。その中で代表的な井戸を地域ごとに数本選定し、モニター

井戸を設置する。この井戸を渇水期と豊水期に測定し、電導度の経年変化を監視する体制を作る。

- 一 地下水開発前の水準測量網の設定：現地盤の水準測量（新設・既設の水準点）を実施し、地盤沈下監視の標準面を設定する。測量網は地盤沈下が発生する可能性が大きい粘性土の厚い所、地下水開発量が多い所、人口が集中し社会的・経済的影響が大きく発生しやすい所に重点的に設ける必要がある。
- 一 表流河川水、運河水量の把握：調査地域の地下水利用は地域内を縦横に走る河川や運河の水利用と密接に結びついている。このため河川・運河の水門の開閉時期や流動経路、水量、利用量について、できるだけ正確に把握する必要がある。これは将来水質の良い地下水を上水源として優先的に利用するため、既存の農業用地下水を表流水へ転換する必要が生じた場合、政策決定の基礎資料となるものである。

II) 環境基準の作成

持続的に地下水資源を有効に活用するため、揚水量がどこまで許容されるのか、具体的な指針を作ることが必要となる。指針にはいろんな考え方がある。揚水量で規制する型、地下水位で規制する型、揚水量の間接的な応答ではあるが、人間生活には重大な影響を及ぼす地盤沈下量で規制する型などが考えられる。

地域を統一して管理するために、何らかの型で法的に規制する力を持った環境基準が制定されるべきであろう。

III) 監視機構の設置

現況の把握の段階で設定され、実施された各種の調査結果を初期基準として、地下水が将来開発された後の各種現象の変化が監視されなければならない。

- 一 定期的な水準測量：地盤沈下を平面的に監視する方法である。地質鉱産局の測量隊によって定期的に実施されることが望ましい。
- 一 地盤沈下観測井：できるだけ地域の特性を代表でき、地下水開発の影響が及ぶと思われる所に地盤沈下観測井を新設し、垂直方向の地盤沈下量を監視する。本地域には3つの帯水層が存在し、第Ⅱ帯水層が開発の最有力層ではあるが、第Ⅰ及び第Ⅲ帯水層にも影響が及ぶと予想されるので、帯水層別の沈下量が監視されることが望ましい。地盤沈下観測井の設置法は付属報告書「井戸試掘」編に詳しく述べるとお

りであるが、経済的にも技術的にも容易でないことであるので、観測地点や深度は慎重に検討されなければならない。

- － 一定基準以上の井戸の揚水量の集計：統一化した方法、様式に従って少なくとも郷別年単位の揚水量が経年的に追跡、監視される必要がある。この中には一定基準以上の揚水をすると思われる既存井戸（特に農業用井戸）と新規開発の井戸が含まれる。現在機能している各郷の水利管理站の組織を拡充し、そこが中心となって揚水量を毎年監視し、集計する。
- － 電気伝導度の測定：現況の把握の段階で設定された電気伝導度の観測網を使い、経年的な変化を監視する。この測定には高価な機器を使い、技術を要することから、地質鉱産局の技術者によって実施されることが望ましい。

IV) より広域な地下水盆管理への発展

本地域は広大な華北平野の一部を占めており、周囲が閉じられた地下水盆ではない。本地域の地下水開発は隣接する地域に影響を及ぼすと共に、逆に隣接地域の地下水開発は本地域に影響を及ぼす。したがって各地域にわたって持続的に地下水が有効利用されるためには、隣接する地下水盆全体が統一して管理される体制が確立されねばならない。特に現在のところ、本地域の地下水流動に大きな影響を及ぼしていると思われ、下流に隣接した寧河県での地下水開発量、水質の把握、特に地下水水位の異常降下や、水質の悪化（主として塩水化）、及び地盤沈下について現況の把握と将来の監視機構の確立が強く望まれる。このため、天津市人民政府の強い行政指導のもとに幅広い組織に跨る地下水管理協議機関の設立が必要で関係各県人民政府、公司などの協力が求められる。その場では、水供給源の地下水と地表水のふり分けや地域間の配分、代替水源、新規水源の開発（再生利用や海水の淡水化）など基本的な方針が協議され、決定される必要がある。

参考文献

- 建設省河川局河川計画課編(1986)地下水の保全と利用 28p
- 山本莊毅(1982)新版地下水調査法 古今書院 490p
- 建設省(1980)地下水涵養技術の開発 報告書 390p
- 市原実、水収支研究グループ、応用地質研究会編(1987)日本の平野 平凡社 121p
- 水収支研究グループ・柴崎達雄(1975)地下水盆の管理 東海大学出版会 242p

付 録

- 1) 技術移転の概要
- 2) 調査団が携行し管理した資機材の目録と仕様

付 録

1. 技術移転の概要

技術移転は1985年6月に中国政府と国際協力事業団との間で合意された実施細則の協力の内容と範囲に明記してある通り、本調査の中でも重要な項目である。

1985～1986年度作業は現地作業が大部分を占めるため、調査団が活動を開始して以来、主として日常の野外調査あるいは室内での解析作業を通じて、中国側専門家に技術の移転を行った。1987年度は日本国内での地下水評価シュミレーションを主とする解析作業が主体であったので、地質矿产局より日本に派遣された中国側専門家2名に対し技術の移転を計った。その主な内容は下記の通りである。

水文地質：－地質鑑定、諸検層結果に基づく帯水層の判別

－揚水試験と結果の解析

－帯水層別の地下水採水

－帯水層の粒度組成と開孔管の選定

－各種調査結果のとりまとめ

－地質断面図の作成と水文地質構造解析

さく井：－日本側掘削機の操作法

－各種ビットの選択等

地下水観測：－一斉水調査

－自記水位計の設置と保守管理

水 質：－イオン濃度計等日本側分析機器の取り扱い、水質分析法

－分析結果のとりまとめ

物理探査：－V L F 電磁探査法

－電気探査機器の取り扱い

－電気探査法と解析

－電気検層機器の操作方法

－電気探査シミュレーション解析法

地下水評価：－電子計算機及び周辺機器の操作

－気象、地下水位観測記録のデータベース作成

- 準三次元多層帯水層シミュレーションモデル
- 垂直二次元多層帯水層モデルによる地盤沈下予測
- 取水井戸最適化手法

導水計画： —日本や外国での地下水を利用した上水道計画全般

また期間中には、中国側の要請により、本調査に関連する内容について日本側専門家の知識や経験を紹介する講義を行った。その専門家、題目、日時、受講者数は下に示す通りである。また講義の内容はそのつど、現地報告書と着手報告書にまとめ中国側に提出した。

氏 名	題 目	日 時	受講者 (名)
団 長 官本 昇	日本の代表的第四紀層の堆積盆地 「関東平野と地下水」	1985.12.4	16
副団長/ 水文地質 辻 和毅	インドネシア東部ジャワ 地下水調査	1986.1.29	27
団 長 官本 昇	地下水の流れのモデル化の問題	1986.10.8	33
さく井指導 吉武 長栄	水井戸掘削における一般的かつ重要な留意点	1986.10.8	20
地下水探査 鈴木 忠男	電気探査の自動反復法による解析と弾性波反射法	1986.10.20	10
積算/施設 計画 柳田 泰邦	日本国内における水道計画一般の事例について	1986.11.27	40

受講者は本調査の中国側実務実施機関である天津市地質鉱産局のほかに、天津市科学技术委員会、同市规划局、水利局、農林局ほか天津市の関係部門、さらに天津大学、石油化工公司、自来水公司等に及んでいる。本調査が広く中国側の関心を呼び、講義を通して本調査の意義がよく理解されたものと思われる。

2. 調査団が携行し管理した資機材の目録と仕様

1) トラック登載型井戸掘削機及び付属品

I. 掘削機 1台

- a) 形式：ロータリートップヘッド、ドライブダイブ
- b) 駆動方式：トラックエンジンP.T.Q
- c) 掘削能力：3・1/2 IF ロッド、14・3/4 ビットで600m
- d) ダウンザホールハンマーの使用可能

e) パワースイベル

- ①油圧駆動
- ②最大荷重 14,000kg
- ③最大トルク 800kg・m
- ④回転数：低速 0～50 r.p.m
高速 0～100 r.p.m
- ⑤イクステンションロッド 3・1/2 IF
- ⑥ウオータスイベル（組込式、ホース付）

f) ブルダウン

- ①形式：油圧シリンダーとワイヤーロープの運動方式
- ②最大給圧力 14,000kg（上下共）
- ③ストローク長 7.6m

g) ドローワークス

- ①形式 油圧駆動シングルドラム型
- ②巻揚容量 $\phi 16\text{mm}$ ワイヤーロープで120m
- ③巻揚能力（シングル） 5,000kg
- ④巻揚速度 0～60m/min

h) サンドリール

- ①形式：油圧駆動シングルドラム型
- ②巻揚容量 $\phi 9\text{mm}$ ワイヤーで600m
- ③巻揚能力（シングル） 1,000kg
- ④巻揚速度 0～80m/min

i) マスト

- ①構造：電気溶接による組立
- ②起倒方式：油圧シリンダー（2本）
- ③耐荷重：40,000kg
- ④フック荷重：20,000kg
- ⑤シーブ 6車
- ⑥高さ 12.5m

j) マッドポンプ

- ①形式：二重管ピストンタイプ
- ②ピストン径 155mm
- ③吐出量 1,500ℓ/min
- ④最大吐出圧力 20kg/cm²
- ⑤標準装備 圧力計、エアーチャンバー、リリーフ、バルブ、ピストンロッド用
オイラー

k) コンバウンドケース

l) レベリングジャッキ

独自制御式ジャッキ安全装置付（4本）

m) リグフレーム

スチール製、ノンスリッププレート付

n) コントロールパネル

掘削作業用（集中式）

o) ブレークアウト機構

油圧シリンダー式

p) 照明装置

夜間作業用照明

q) スペアーパーツ

II. トラック（リグ登載用）

- a) 駆動方式：6×6駆動 1式
- b) ステアリング 左ハンドル

- c) G.V.W 26,000kg
- d) タイヤ 11.00-20-14PR (スベア 1ヶ付)
- e) エンジン デイゼルエンジン
- f) スベアパーツ

III. 標準付属品

a) ホイスティングブラグ (トラベリングロックとピンジョイント)

①吊荷重 6ton

②ジョイント API 3・1/2 IF ピン

b) ホイスティングワイヤーロープ (ワーク用) 及び付属品 $\phi 16\text{mm} \times 120\text{m}$ 1ヶ

c) ホイスティングワイヤーロープ (サドル用) 及び付属品 $\phi 9\text{mm} \times 600\text{m}$ 1本

d) トラベリングロック 吊荷重 20ton 2車 1ヶ

e) ブレークアウトトング

①3・1/2 IF ドリルパイプ用 1式

②6・3/4 ボデイドリルカラー/スタビライザー用 1式

③5" ボデイドリルカラー用 1式

f) ジェットホッパーミキサー $\phi 75\text{mm} \times 6\text{m}$ ホース付 1式

g) サクションホース及び付属品 $150\text{mm} \times 6\text{m}$ 1本

h) フートバルブ (ノズル付) 150mm 1ヶ

i) 分解工具 (リク、トラック、マッドポンプ、インジェクションポンプ他) 1式

j) バックアップレンチ

①3・1/2 IF ドリルパイプ用 1ヶ

②6・3/4 ボデイドリルカラー/スタビライザー用 1ヶ

③5"ボデイドリルカラー用 1ヶ

k) インジェクソンポンプ 1式

吐出量 25 ㍓/min

最大吐出量 20 kg/cm²

l) ラインオイラー 1式

m) ドリルパイプエレベーター、リンク付、3・1/2"用 1式

IV. 掘削用具（井戸用）

a) ドリルパイプ 3 1/2 I F ×6m 両端レンチフラット付	92本
b) スタビライザー	
① 16ビット用×1.5m API 3・1/2 IF(P) ×(B)	3本
② 14・3/4ビット用×1.5m API 3・1/2 IF(P) ×(B)	3本
c) ドリルカラー	
① 6・3/4×6m API 1/2 IF (P) ×(B)	3本
② 5"×6m API 1/2 IF (P) ×(B)	3本
スタビライザー兼用ブレード付	
d) ドラッグビット	
① 20" API 7・5/8 REG (P)	1ヶ
② 16" API 7・5/8 REG (P)	2ヶ
③ 14" API 7・5/8 REG (P)	5ヶ
④ 6 1/4×API 3 1/2 REG (P)	5ヶ
e) トリコンビット	
① 14・3/4 × API 6・5/8 REG (P) 軟岩用	10ヶ
② 14・3/4 × API 6・5/8 REG (P) 中硬岩用	10ヶ
③ 6・1/4 × API 3・1/2 REG (P) 軟岩用	5ヶ
④ 6・1/4 × API 3・1/2 REG (P)	5ヶ
f) ビットサブ	
① API 5/8 REG (B) × AIP 3・1/2/IF (B)	1ヶ
② API 1/2 REG (B) × AIP 3・1/2/IF (B)	1ヶ
③ API 5/8 REG (B) × AIP 3・1/2/IF (B)	1ヶ
g) ビットブレーカー	
① 20" ドラッグビット用	1ヶ
② 16" ドラッグビット用	1ヶ
③ 14・3/4 ドラッグビット用	1ヶ
④ 6・1/4 ドラッグビット用	1ヶ
⑤ 14・3/4 トリコンビット用	1ヶ
⑥ 6・1/4 トリコンビット用	1ヶ

h) ベイラー5”、ベイラー受付 1式

V. ケーシング用具

a) ケーシングバンド

- ① 18”サーフェスケーシング用 1式
- ② 10”ウェルケーシング用 1式
- ③ 8”ウェルケーシング用 1式
- ④ 3”ウェルケーシング用 1式

b) ケーシングエレベーター

- ① 18”サーフェスエレベーター用 1ヶ
- ② 10”ウェルケーシング用 1ヶ
- ③ 8”ウェルケーシング用 1ヶ
- ④ 3”ウェルケーシング用 1ヶ

c) ケーシングスバイダー及びブッシング

- ① ケーシングスバイダー（ブッシング付）10”用 1式
- ② ブッシング8”用 1式

VI. 泥水処理機器 1式

a) 振動マッドスクリーン 1台

- ① 処理能力 1.0m³/min
- ② 電動モータ 1.5 KW, 380W
- ③ 付属品付

VII. 事故回復用具

- a) インサイドタップ 3・1/2 IF ドリルパイプ用 1ヶ
- b) アウトサイドタップ 3・1/2 IF ドリルパイプ用 1ヶ
- c) ロッドバンド 3・1/2 IF ドリルパイプ用 1ヶ
- d) 油圧ジャッキ 50ton 2ヶ
- e) ドライブハンマー 100kg 1ヶ

f) ノッキングブロック

① 3・1/2 IF(P) × 2・3/8 IF (B) 1ヶ

② 3・1/2 IF(P) × 2・3/8 IF (B) 1ヶ

g) ドライブパイプ用ガイドパイプ 2・3/8 IF (P)×(B),1.5m 1ヶ

h) ダイオーバースョット 3・1/2ドリルパイプ用 1式

VIII. エンジニアリングツールズ

a) スーパートング ① ST-2,② ST-3 各2ヶ

b) バイブレンチ

① 1200mm 2ヶ

② 900mm 2ヶ

③ 600mm 2ヶ

④ 450mm 2ヶ

c) 大ハンマー 4.5kg 2ヶ

d) 工具セット 1式

IX. エアリフチングツールズ 1式

a) 揚水パイプ カップリング付 5"×3m、両端ネジ付 67本

b) エアーパイプ (ソケット及びネジ付又はカップリング) 1 1/2×3m 57本

c) パイプホルダー

① エアーパイプホルダー (スリッパ) 1・1/2" 1ヶ

② 揚水パイプホルダー 5" 1ヶ

d) ホイスチングプラグ (エアーパイプ) 1・1/2" 1ヶ

e) エアーホース (両端金具式) 1 1/2"×20m 1本

f) ヘッドアッセンブリー5"揚水パイプ用 1式

X. 電動サンドポンプ 1式

形式 100 ENE 537

a) 仕様

能力: 1m³/min, φ4"

揚 程： 10m

水中モーター：3.7KW,380V

b) 付属品

- | | |
|--------------------|----|
| ①ホース | 2本 |
| ②レベルスイッチ (ケーブル20付) | 1式 |
| ③エルボパイプ 4"×90" | 2ヶ |
| ④ビクトリックジョイント 4" | 5ヶ |

XI. ディーゼルエンジン溶接機 (発電機兼用)

1式

形式 PDW 350SC

a) 仕様

溶接電流：70～350 A

溶接棒：2.6～8.0mm

エンジン出力：30PS,300R.P.M

ジェネレーター：15 KVA,50/60 Hz, 380V

ホルダーアースクリップ・マスク付

- | | | |
|-----------|-----|------|
| b) 同上用溶接棒 | 4mm | 50kg |
|-----------|-----|------|

XII. ケーシングパイプ及びスクリーン

a) ケーシングパイプ

溶接継手の炭素鋼鋼管

径10" × 5.5m、肉厚 6.4mm	57本
----------------------	-----

径 8" × 5.5m、肉厚 6.4mm	157本
----------------------	------

b) スクリーン

炭素鋼鋼管使用亜鉛メッキ巻線型スクリーン (溶接継手付)

径 8" × 5.5m	111本
-------------	------

c) 異型管

溶接継手付

径10" - 径 8"	3ヶ
-------------	----

2) 孔内検層機 1 式

形式: GEOLOGGER 3400 応用地質 (株)

測定深度: 600m

測定項目: 比抵抗、温度、自然電位、自然放射能 (γ -検層)、
放射能 (γ - γ 検層: 密度検層)、キャリバー

3) 揚水試験装置

I. 水中モーターポンプセット 1 台

a) 125 BHS (8E) 3-15, 口径8"用

揚程: 40m、用水量 1.4m³/min

始動スターターレス方式、380V、50Hz、三相

b) 125 BHS (8E) 3-22 1 台

口径10"用、揚程: 40m 用水量2.0m³/min

始動スターターレス方式、380V、50Hz、三相

c) 付属品

井戸蓋(1ヶ)、吐出曲管(5"×1ヶ)、空気抜弁(1ヶ)、圧力計(1ヶ)、

スチール弁(1ヶ)、チャッキ弁(1ヶ)、アイフランジ(1ヶ)、

井戸フランジ(1ヶ)、水中ケーブル(1ヶ)、スペアパーツ(1式)

d) サニーホース 5"×40m、片側ジョイント、フランジ付 2 本

e) 揚水パイプ 5"×2.75m、カップリング両端ネジ付 46 本

f) 水中ケーブル延長分

①5.5mm×3シン×40m 2 本

②8.0mm×3シン×40m 2 本

g) 水中ポンプ据付用具

①パイプホルダー 5" 2 ヶ

②三脚パイプヤグラ 2.5ton用、脚高5m、2ton用フック付 2 式

③ホイストリングプラグ 2ton×5"パイプネジ付 2 本

h) 三角堰 (流量測定用) 2 ヶ

II. ポータブルジーゼル発電機

- a) NES 55 BH, 40 KVA, Hz 380 V, 三相 1 式
NES 40 BH, 31 KVA, Hz 380 V, 三相 1 式

4) 深井戸用自記水位計

- a) W-761-00-00 10 式
フロート(70mmφ) 式、0~10m (±1cm) 2ペン式、1ヵ月記録式
電池(単1×4本) 式、水晶時計方式、標準付属品付
- b) W-731-01 6 式
フロート(32mmφ) 式、0~3m or 6m (±2cm)、ドラム式(直線書き)
1ヵ月記録式、電源(単2×1本) 電池式、水晶時計方式、標準付属品付
- c) 記録紙
- ① S-114-06-01012(W-761用) 10冊
- ② S-133-12-001D(W-731用) 3冊
- d) カートリッジペン
- ① N-015-11(W-761用) 10本
- ② N-015-12(W-731用) 6本
- e) 測水ワイヤー 各16本
- ① P-021-06 フロート用、40m
- ② P-021-10 ウェイト用、4m

5) 水質分析装置

- I. イオン濃度計 1 式

形 式: 1M-7B

測定範囲: PH 0~14(±0.1), 0~±700mV, 10n 0.01~5,000mg/l(±2%)

AC220V, 50Hz 及び電池式、標準付属品付

II. 附属装置及び消耗品

- a) イオン電極(形式番号: 数量)

Na⁺(NA-115B:3本), Cl⁻(CL-125B:1本), F⁻(F-125:1本), K⁺(K-135:1本),

Ca²⁺(CA-135:1本), NO₃⁻(N-135:1本), NO₂(95-46:1本)

比較電極(HS-305DS:9本), フッ素用(HS-305DP:1本), PH電極(GST-155C:3本)

b) 標準液 (容量×本数)

PH 6.86(500ml×5), PH 4.01(500ml×5), Na標準液(500ml×5),

Cl(500ml×5), F(500ml×5), K(500ml×5), Ca(500ml×5),

NO₃(500ml×5), NO₂(475ml×5)

c) イオン強度調整剤 (容量×本数)

ISA-NA(500ml×5), TSA-CL(500ml×5), TISAB-01(500ml×5), TSA-CA(500ml×5),

TSA-NO(500ml×5), TSA-K(500ml×5)

d) 比較電極外筒液及び内筒液 (容量×本数)

KNO₃(100ml×5), CH₃COLi(100×5), KCl(100ml×10)

e) その他

コネクタプラグ T-0G, T-0R(各1ヶ)

6) 電子計算機

a) 本体 PC-98XA Model 3, 電源 AC 220V, 50 Hz, AVR式 1式

b) 拡張装置 各1台

増設 RAM:ホートPC-98XA-01, 増設 RAMサブボード:PC-98XA-02,

I/O 拡張 unit:PC-98XA-11, 数値データプロセッサ:PC-98XA-03,

GP-IR(IEEE-488):PC-9801-29, 拡張 interface board:PC-9861,

通信制御 adapter:PC-9862, net-work & interface set:PC-9864,

マウス:PC-9872

c) display:N5923, 14 inch color 1台

d) printer及び消耗品

日本語 color serial pinter:PC-PR201CL, 1台

color ink-ribbon cartridge:PC-PR 201 CL-01, 50箱

第二水準 漢字 ROM board:PC-PR 201-02K, 1台

トラクタフィーダ:PC-PR-201-13, 1台

sheet feeder:PC-PR 201-14, papers:(PC-PR 201 CL専用) 10箱

5"floppy disk :PC-9836-11 10箱

e) software

各1式

日本語コンカレント:PS-98XA135-HMW,

N88-日本語BASIC(86) compiler:PS98-XA315-HMW,

N88-日本語BASIC(86):run-time-support package PC98-XA316-HMW,

日本語 PC-FORTRAN:compiler PS98-323-HMW,

日本語 PC-FORTRAN:run-timesupport package:PS-324-HMW

7) 複 写 機

a) 本体 NP 155カセット B5,B4,A4,A3各1付, 電源AC220V,50Hz 1台

b) 消耗及び予備品

用紙 A3 1500 枚/箱 1箱

用紙 A4 2500 枚/箱 10箱

用紙 B4 2500 枚/箱 3箱

用紙 B5 2500 枚/箱 1箱

トナー黒 4本/箱 5箱

予備ドラム 4ヶ入り 1箱

パーツセット B 1式

8) AIR MAN エアー コンプレッサー

品 名: POSH 750 1台

仕 様: 21.1m³/min 17.5kg/cm², 三菱8DC 9 PT

4サイクル水冷エンジン, 16031cc, 347 PS/2,200 r.p.m

9) 作業車

a) 三菱デリカ、キャブオーバー、ロングバン、4WD、左ハンドル 1台

8人乗り、5ドア、153PS/5,000r.p.m, L037GWGFL型、パワーステアリング、

フロントエアコン架装、スベアパーツ(1式)

b) 三菱デリカ、ハイルガン、L065PWQNL型、左ハンドル8人乗り、5ドア、フロントエアコン架装、

スベアパーツ(1式) 1台

- 10) V L F 電磁探査器
EM-16 (Geonics,CANADA) 測定範囲 0~30,000(ohm・m)
- 11) 孔内流速測定器 (湧水量検層器) 1 式
形式 CM-3B、東邦電探 (株)
測定深度 500mケーブル、ウインチ、カウンタプーリー (CP-102型) 付
測定範囲 0.1~3m/sec
- 12) 孔内電導度・水温検層器 1 式
形式 EST-3型、東邦電探 (株)
測定深度 500mケーブル;ウインチ付
- 13) 水質分析装置
- a) 簡易比色試験機 共立理化 1 式
全硬度、Ca 硬度、アルカリ度 200回測定
 - b) 溶存酸素計 DO-メーター、UC-12、セントラル科学 1 式
ポーラロ方式
 - c) シリカ試験機 東洋科学
 - d) 水質計 イオン電極 IM-7B用 東洋科学 1 式
 Cl^- , F^- , Ca^{2+} , NO_3^- , NO_2^- , F^- , Cu^{2+} , NH_4^+
 - e) 簡易光電光度計 WAL-M 共立理化 1 式
 SO_4 , Zn, Mn, Fe^{2+} , T-Fe, Cr^6 , Pb
- 14) 比重計泥水測定用
マッドバランス TS-110 日本理化 1 式
- 15) 粘性測定装置
泥水用ビスコシテーター TS-120 日本理化 1 式

16) 電子計算機（日本電気PC-98XA）周辺機器

a) プロッター GP9101-2-00 グラフテック 1 台

漢字インターフェース、接続ケーブル

記録紙20冊、ペン5色1組

b) デジタイザー K0-1290 グラフテック 1 台

スタイラスペン、電源ユニット

スタンド、接続ケーブル

