

中華人民共和国
天津市地下水源開発計画
事前調査報告書

昭和60年10月

国際協力事業団

中華人民共和國
天津市地下水源開發計畫
事前調查報告書

JICA LIBRARY



1034072173

昭和60年10月

國際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85.12.26	105
登録No. 12271	61.8
	SDS

序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国天津市北部（黄庄窪地区）の地下水開発計画調査を行うことを決定し、その調査を国際協力事業団が実施することとなった。

国際協力事業団は、昭和60年4月4日より4月14日まで、及び同年6月20日より6月27日までの2回にわたり、事前調査団を現地に派遣した。

同調査団は、現地踏査及び資料収集を行い、あわせて本格調査を行う上での日本および中国政府のとるべき措置と本格調査の枠組みを規定した「実施細則」について協議を行った。

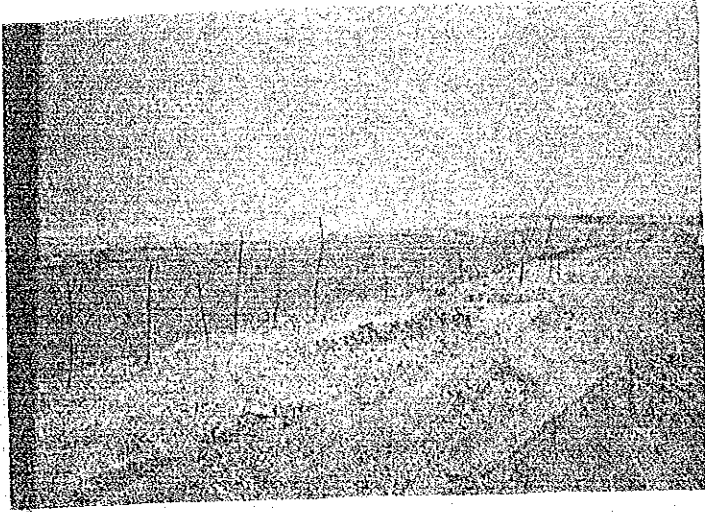
本報告書は中国政府の要請背景、「実施細則」の協議の過程を述べるとともに、今後の本格調査を実施していく上での提言についてとりまとめたものである。

今後の本格調査の立案・実施に際して本報告書が参考になることを期待するとともに調査にあたり多大な御協力をいただいた中国政府、在中国日本大使館ならびに関係機関各位に厚くお礼申し上げる次第である。

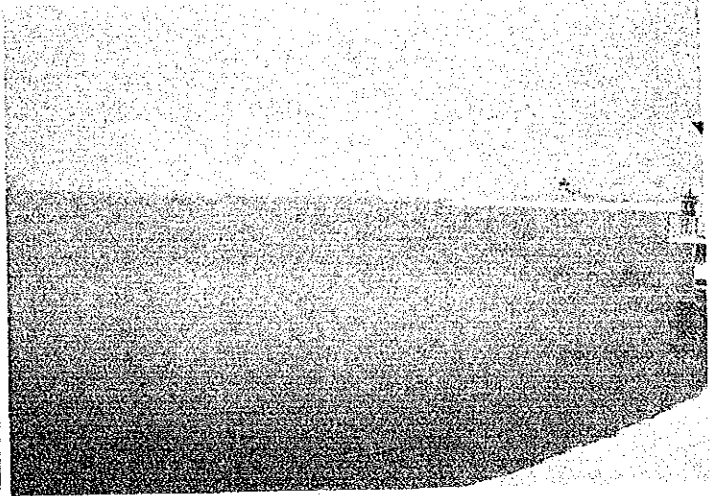
昭和60年10月

国際協力事業団

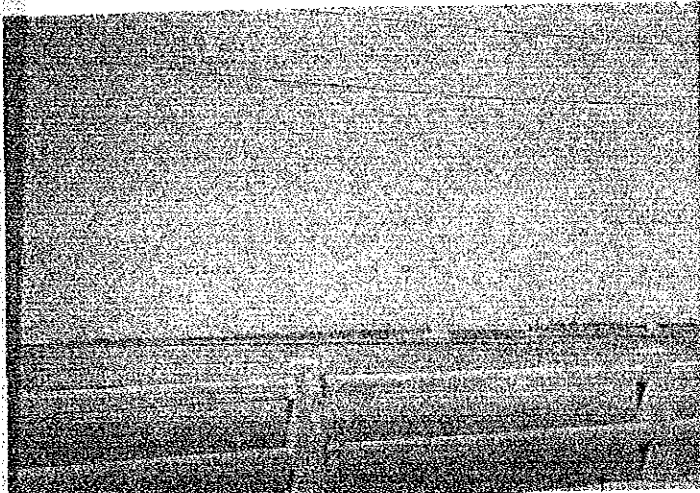
理事 中 澤 式 仁



滦河からの導水路
1983年に完成した。この水路とパイプにより
天津市に6~7億m³/年の水を供給している。



尔王庄水庫



永定新河
海河の支流の一つで、天津市街地付近で合流する。天津市の水源の一つで、これらの河川から5億m³/年前後の水を供給している。



宝坻県潮白新河水門



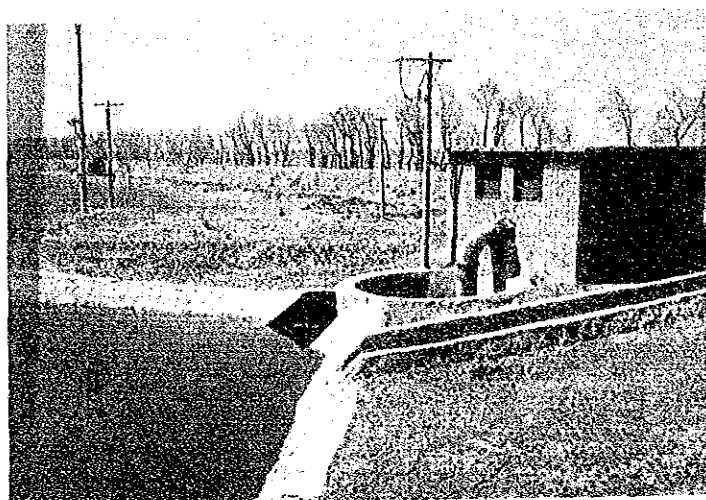
黄庄窪地区の水路
地区内にはこのような水路が縦横に走り、かんがい用水として利用されている。



同上
漁業がおこなわれているが、数cm程度の小魚が多く、漁獲量はわずかである。個人消費用である。



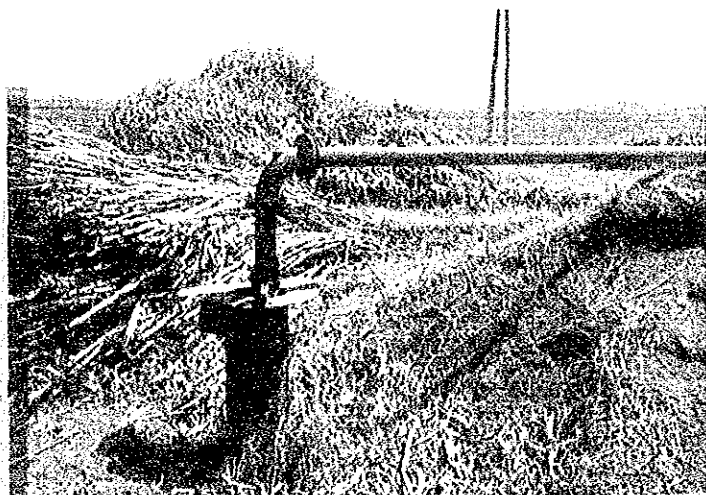
黄庄窪地区内の集落（北清沟）



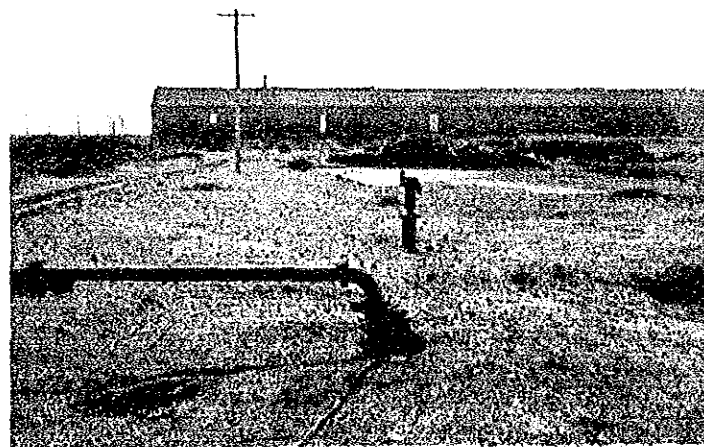
同地区水路の揚水機場
かんがい用水の揚水機場で各所に点在する。



地質鉞産局の試掘井（Hr 5）
口径 250 m/m, 深度 206 m。調査時点の地下
水位は地表下 9.7 mであった。



地質鉞産局の試掘井（Hr 31）の観測井
試掘井（揚水井）はレンガ小屋によって保護さ
れ、見ることができない（近々、生産井として稼
動する予定）。



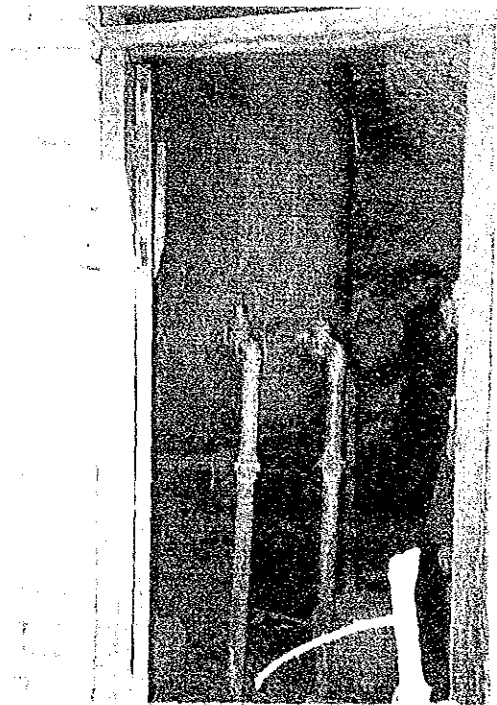
同 左



地区内王建庄の生産井(化17-2)
1978年に掘られた深度500mの井戸で、現在は集落の飲料水として使用されている。



天津市街地の共同栓
100戸近くの民家で共同使用されている。



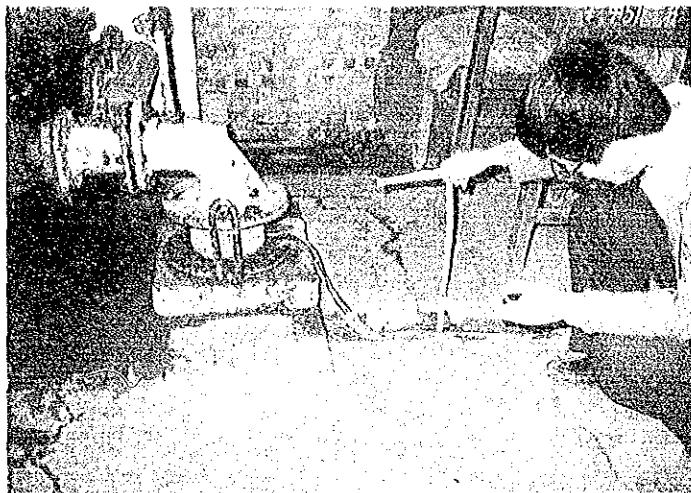
同上井戸の貯水タンク



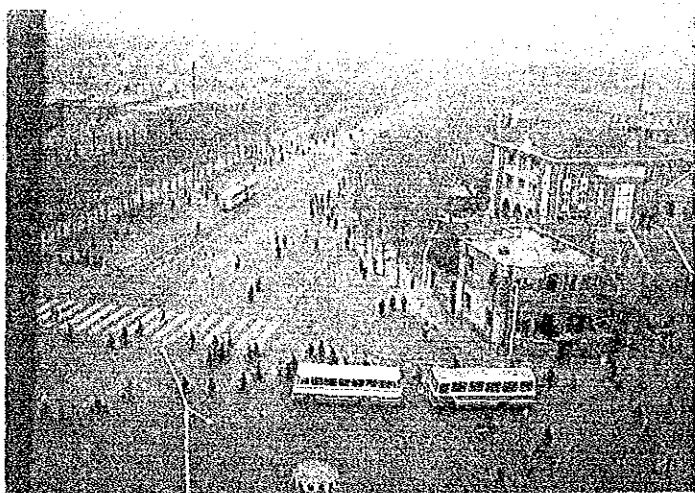
同上
洗濯物のススギ



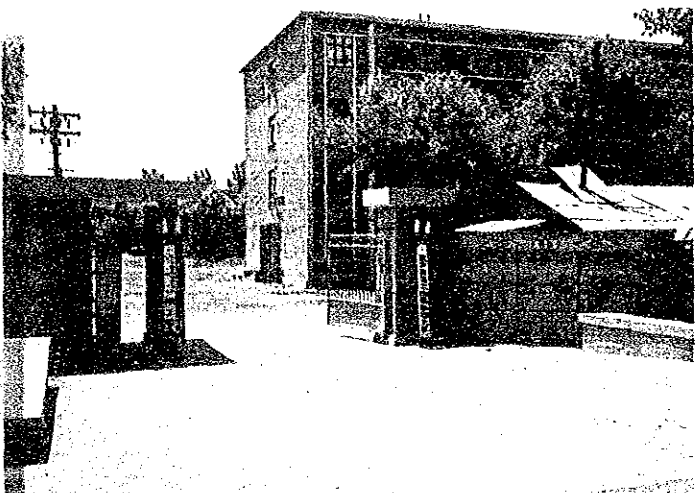
共同栓使用の長屋風景



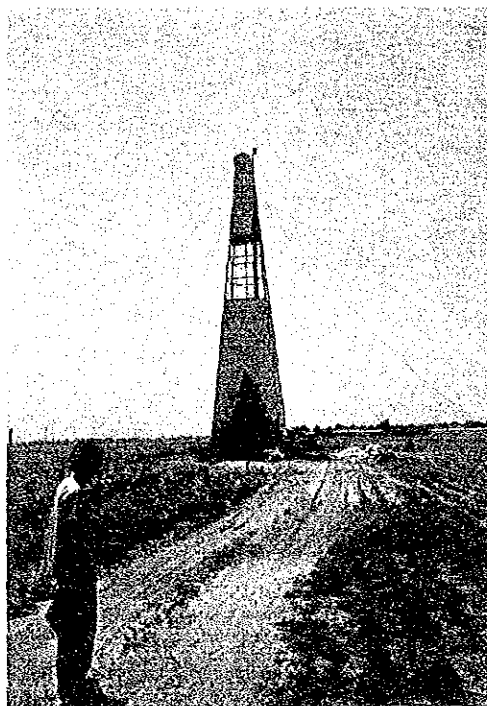
天津市街の地盤沈下状況
東亜化紡廠の井戸の抜け上り。1968年掘削の
深度140mの井戸。井戸を中心として周囲が盛り
上っている。



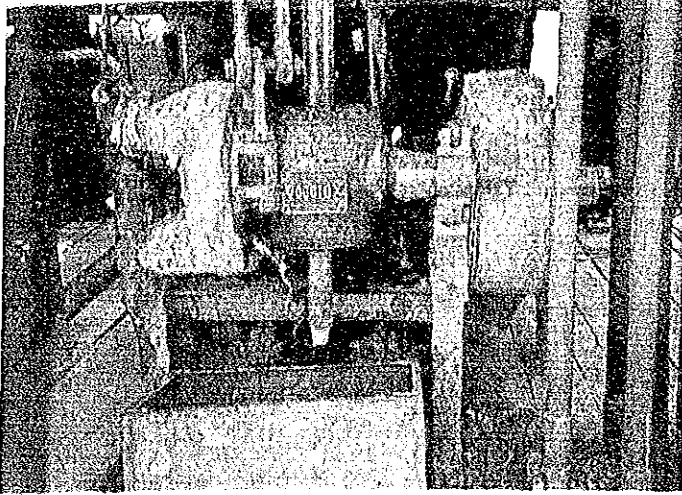
天津市の風景



第二地質勘探大隊庁舎
深度1000m以上の地質調査を担当し、本格調
査の主力となる大隊である。



ボーリングのヤグラ全景
石炭の調査をおこなっている。

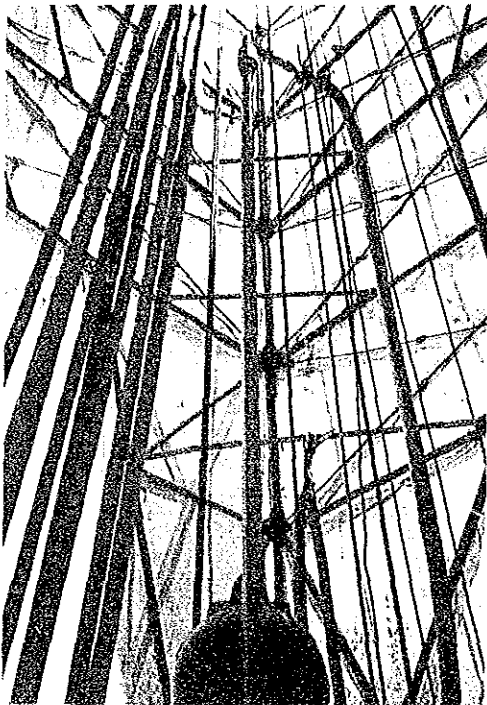


XB1000A (中国製)

最終孔径 56 mm で 1000 m まで掘削できるボーリングマシンである。大口径の水井戸掘削には適さない。



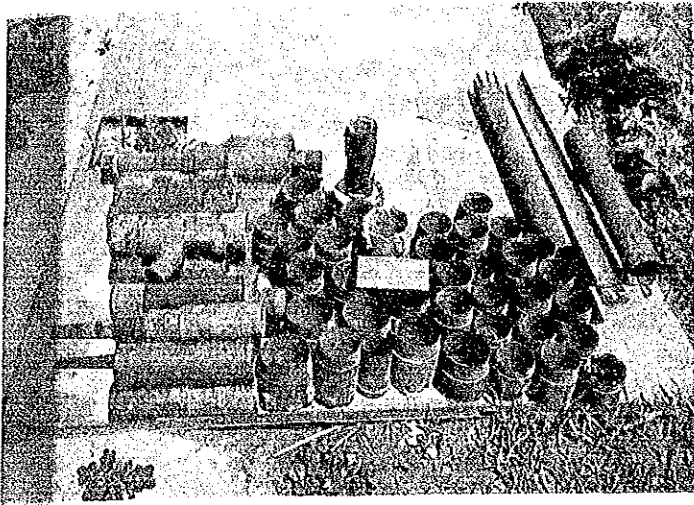
泥水ポンプ



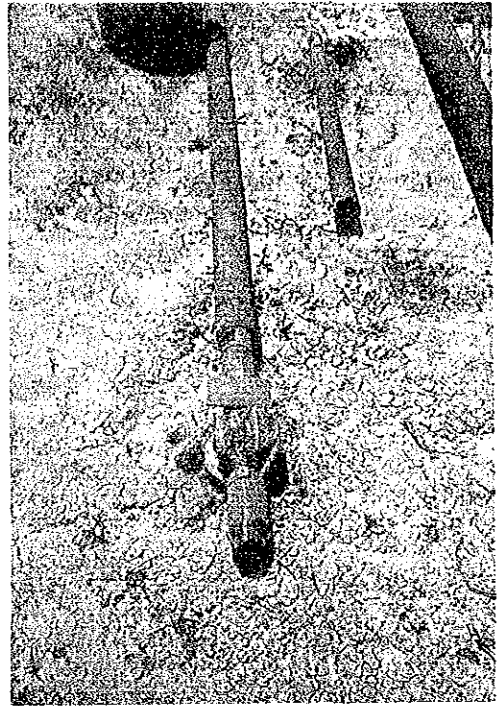
同上のヤグラの内部



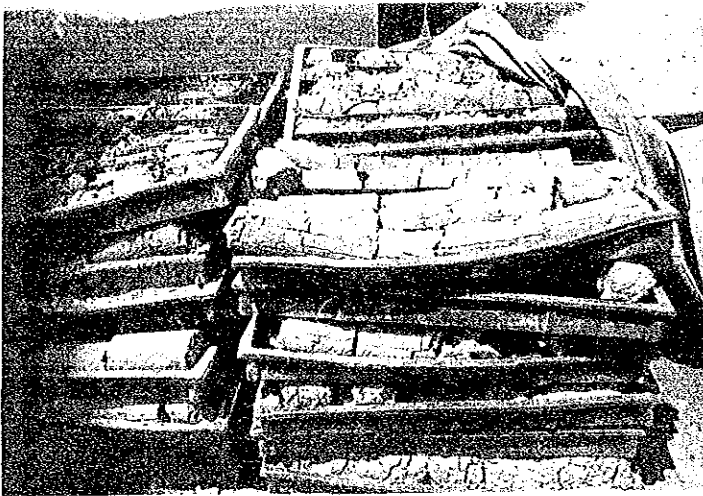
同上現場の泥水だめ



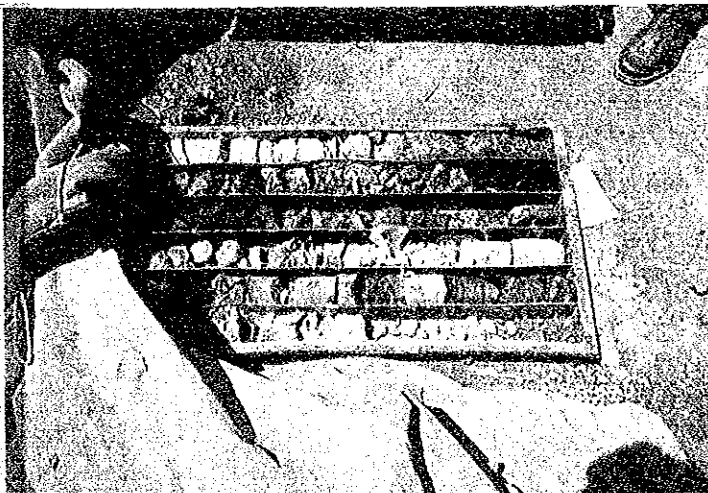
XB 1000 Aのビット
様々な径のものがあるが最大で4"。



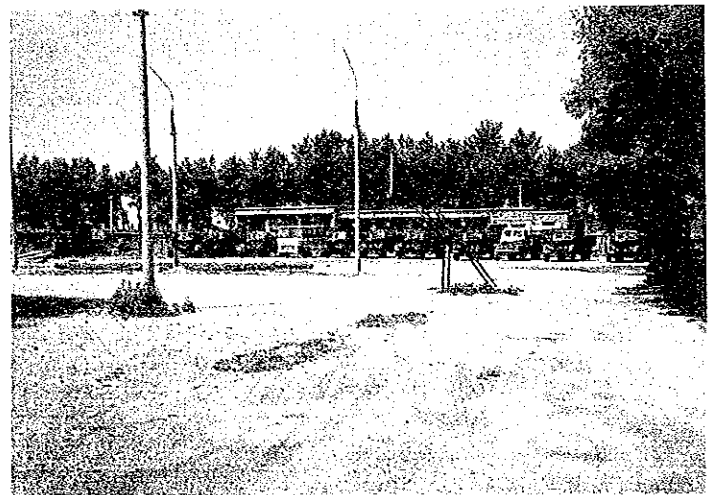
XB1000Aのビット
浅部の掘削に使い、径は約6"。



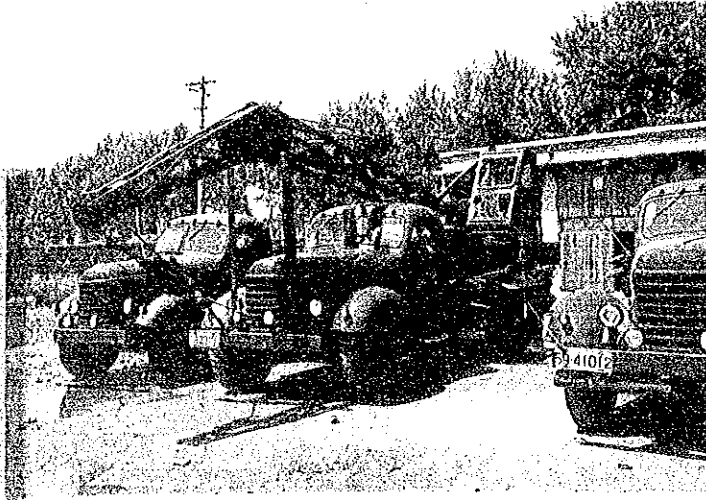
同現場のコア
ほぼ100%のコア採取率である。



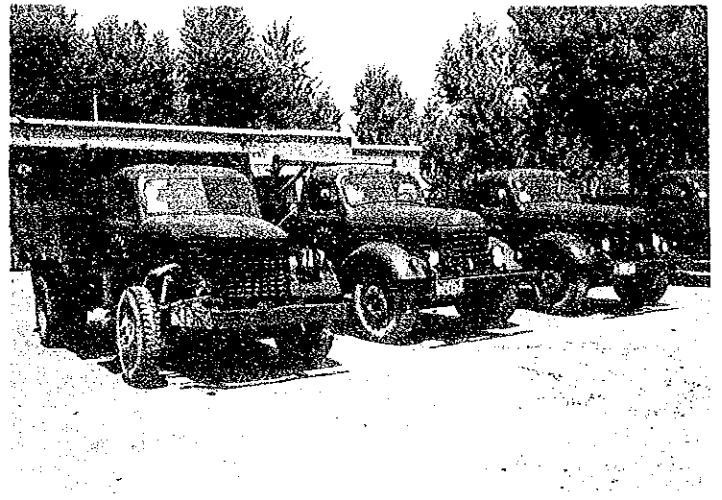
同上
深度約190mで石炭層に達している。



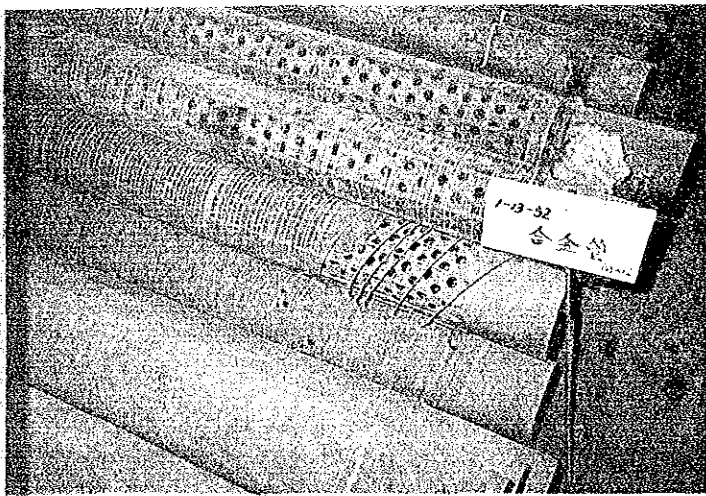
第二地質勘探大のトラック群
41トラック。このうち5台を本格調査で使用する。



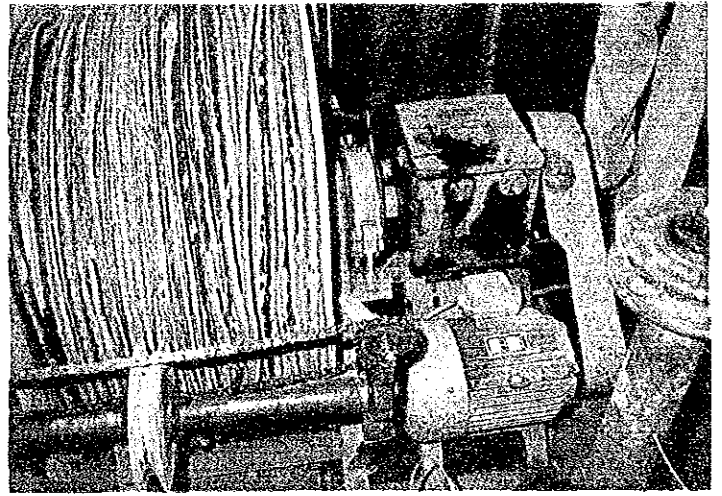
同 クレーン車
5 t クレーン車



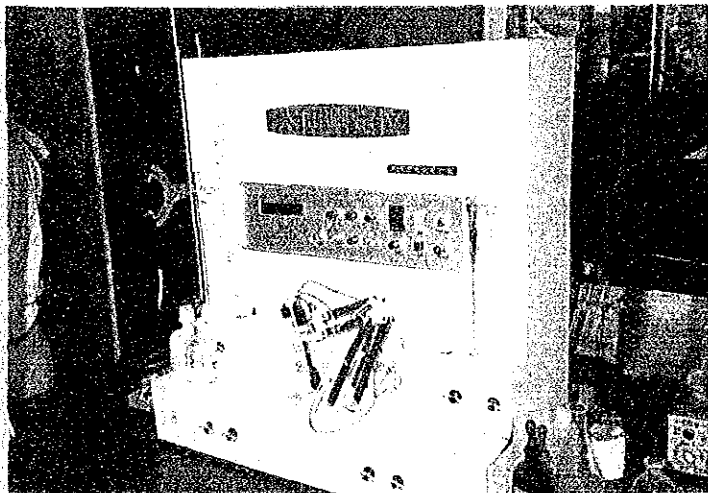
同 トラックの近景



スクリーン
5"のスクリーンである。ウェッジワイヤーは
巻きつけてあるだけで溶接していない。



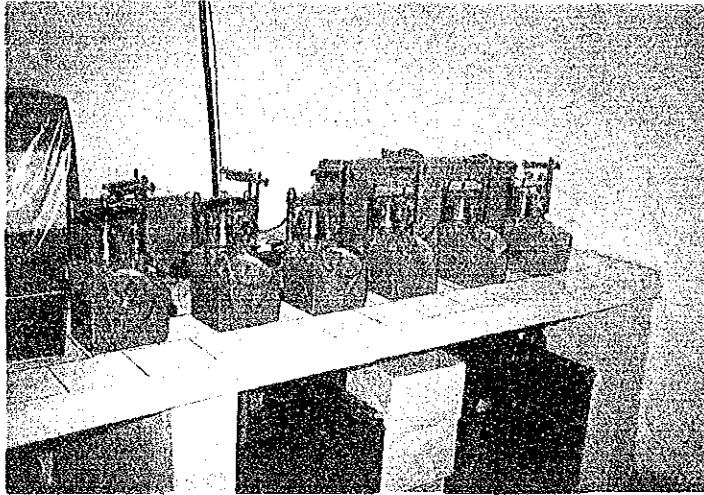
孔内検層機のケーブル
作業車に固定されている。現在故障で使用され
ていない。



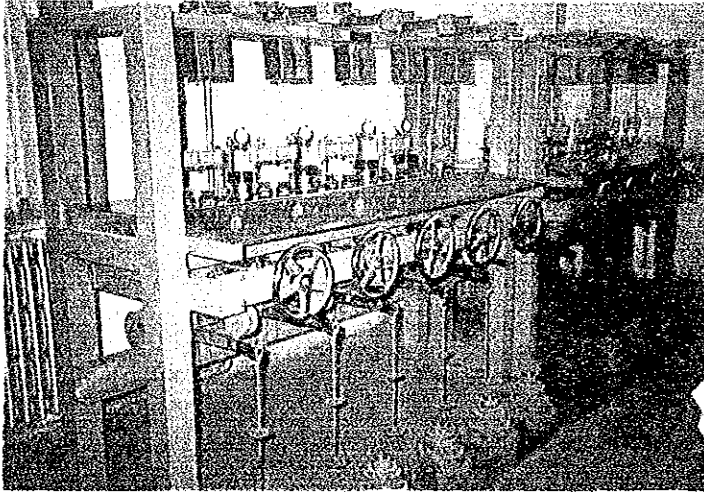
水質分析装置
室内用のイオン濃度計



パーソナルコンピュータ
米国アップル社製のパソコン。この他、3台の
パソコンを所有している。



圧密試験機
中国製の小型試験機



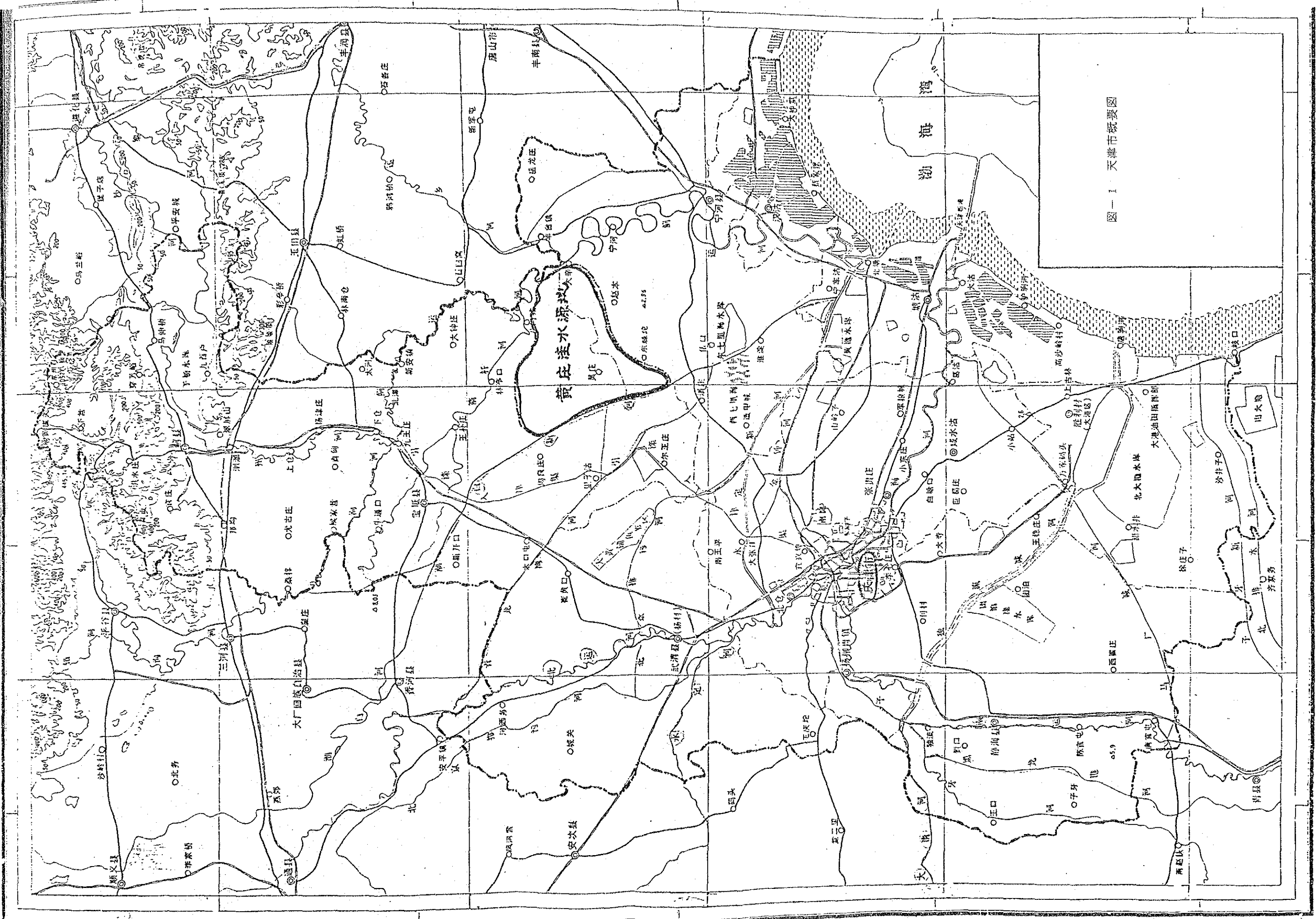
圧密試験機
日本の“マルイ”社製の5連圧密試験機である。
これらの他2種の圧密試験装置を所有しており、
処理能力は高いと思われる。

中国天津市地下水源開発計画事前調査報告書

目 次

I	序 論	1
I-1	事前調査の目的	1
I-2	調査団の構成	1
I-3	調査日程	1
II	要 約	3
III	現地調査結果	7
III-1	自然状況	7
III-2	水需給の現況および予測	13
III-3	中国側の調査実施状況	29
(1)	調査目的	29
(2)	黄庄窪地区の概要	29
(3)	調査内容	30
(4)	調査体制及び機材の現状	37
(5)	問題点	39
IV	本格調査への提言	47
IV-1	調査項目・内容	47
(1)	調査項目	47
(2)	調査内容	47
(3)	調査工程	59
IV-2	調査体制	60
(1)	日本側調査体制	60
(2)	中国側調査体制	61
IV-3	日本側資機材	62
IV-4	調査実施に当たっての留意点	64
卷末資料		
(1)	天津市社会経済状況	67
(2)	中国側との協議内容	69
(3)	要請書	77
(4)	議事録・実施細則	87
(5)	暫定的・技術的所見	115

(6) 面会者リスト	119
(7) 資料収集リスト	120
(8) 用語解説	121



图一 天津市概要图

I 序 論

I-1 事前調査の目的

第1次事前調査(コンタクト・ミッション)

- ① 1990年を目標とした天津市の生活用水改善に資するための、天津市地下水源地「黄庄窪」地区(300km²)における地下水源開発計画調査に係る中国側の要請内容を確認すること。
- ② 日本側として、技術面・調査規模等協力可能な調査内容を検討すること。

第2次事前調査(Scope of Work協議ミッション)

- ① 日本側の協力方針、協力計画を中国側に提示し、本格調査の実施に係る「実施細則」の協議を行うこと。
- ② 引き続き実施される本格調査に際しての調査内容についての提言をとりまとめること。

I-2 調査団の構成

協力企画	木村信雄	国際協力事業団 社会開発協力部開発調査第二課課長代理
水理地質	鎌田烈	国際航業株式会社 地質部部長、理学博士
鑽井・給水計画	大橋幹夫	国際航業株式会社 地質部水文課課長

I-3 調査日程

第1次事前調査(コンタクト・ミッション)

日順	月日	曜日	調査日程	調査内容
1	1985年 4月4日	木	成田発 9:50(JL781) 北京着 13:25 北京→天津移動	JICA北京事務所にて調査内容説明
2	4月5日	金	天津滞在	天津市地質鉱産局にて関係機関と会談・質問書提出
3	4月6日	土		現地踏査(黄庄窪地区)
4	4月7日	日		地質鉱産局で資料収集、質疑応答
5	4月8日	月		" " "
6	4月9日	火		" " "
7	4月10日	水		天津市内の地盤沈下状況見学 現地調査(黄庄窪地区) 地質鉱産局に於て議事録(草案)作成
8	4月11日	木	天津→北京移動	JICA北京事務所にて打合せ

日順	月 日	曜日	調 査 日 程	調 査 内 容
9	4月12日	金	北京滞在	資料整理, 円内打合せ
10	4月13日	土		議事録サイン交換 大使館, JICAにて調査報告
11	4月14日	日	北京発 14:45 (JL782) 成田着 19:30 北京 → 東京移動	

第2次事前調査 (S/W 協議ミッション)

日順	月 日	曜日	調 査 日 程	調 査 内 容
1	1985年 6月20日	木	成田発 9:50 (JL781) 北京着 13:25 北京 → 天津移動	大使館, JICAにて調査日程・内容説明
2	6月21日	金	天津滞在	地質鉱産局にて全体会議 (開発調査の意味, 最終成果のイメージ等)
3	6月22日	土		実施細則協議 持込機材概略仕様協議
4	6月23日	日		現場調査 (第二地質勘探大隊, 中国側資機材等)
5	6月24日	月		実施細則協議及び草案作成 持込機材概略仕様協議
6	6月25日	火	天津 → 北京移動	実施細則署名
7	6月26日	水	北京滞在	大使館, JICAにてS.W協議結果説明
8	6月27日	木	北京発 成田着 北京 → 東京移動	

Ⅱ 要 約

調査団が、天津市関係機関と同市北部地下水源開発計画調査の必要性等について討議し、現地踏査、資料収集を行った結果、要約以下のとおり。

Ⅱ-1 要請の背景

(1) 天津市の概況

- ① 天津市は、河北平野の東北部に位置し、面積 11,305 ㎢、人口約 770 万人（うち市街地人口約 320 万人）、3 直轄市の一つである。
- ② 工業は、機械・冶金・化学・紡織・電子等、工業総生産 229 億元[※]（全国 29 の 1 級行政単位中第 13 位、前年比 8.2 %）。
- 農業は、米・小麦・とうもろこし・綿花等、農業総生産 23 億元[※]（全国第 25 位、前年比 8.4 %）。

※いずれも 1983 年現在。参考：1 元=約 90 円

(2) 同市の水需給の“現況”

- ① 現在の供給量は総計 14 億 m³/年である。
内訳は、地表水（天津市の主要河川である「海河」）4.6 億 m³/年～5.6 億 m³/年、「灤河」^{ルワン}（天津市より北 234 km）からの導水 7.5 億 m³/年、地下水（同市街地約 700 井）1.38 億 m³/年である。
- ② しかしながら、地表水（「海河」）の流量は、近年の干ばつや上流側の取水の影響で激減していること（1950 年代 144 億 m³→1970 年代 44 億 m³/年）、「灤河」からの導水は 1983 年 9 月に完成したが、導水途中の浸透と蒸発で上記の量が不定であること、また地下水も同市街の地盤沈下を引き起こし、揚水規制をせざるを得なくなっている。
- ③ 一方、需要量は、当然上記供給量により規定され、ほぼ見合った形である。（13 億 m³/年）
内訳は、生活用水 1 億 m³/年（市内給水基準 73 ℓ/人・日）、工業用水 9.5 億 m³/年、農業用水 2.5 億 m³/年である。

(3) 同市の水需給の“将来予測”

- ① 1990 年においては、人口増（現在 770 万人→1990 年 840 万人）・工業農業生産の拡大により、水需要量 20.6 億 m³/年（7.6 億 m³/年増）を想定している。
- ② 生活用水をみると、現在の共同栓を各戸給水にする等、4.1 億 m³/年（3.1 億 m³/年増）を見込んでいる。（目標給水基準 250 ℓ/人・日）

(4) 水資源開発計画

- ① 上記(3)に見合った水資源開発として以下の計画が考えられている。
 - a. 地上ダムの建設

b. 地下水開発

c. 黄河、長江からの導水

- ② しかし天津市街地及び郊外の塘沽などでの急激な発展に対応する水源として、上記 b. 地下水開発が緊急性の高いものとなっている。
- ③ 地下水開発の候補地は同市北部の 5 地区程を予定しており、本件調査対象地「黄庄窪」Huang zhuang wa 地区は、その第 1 候補地として位置づけられているものである。

II-2 中国側の意向

(1) 要請内容

- ① 1990 年を目標とした天津市の生活用水改善の事業計画に資するため、同市地下水源地「黄庄窪」地区（天津市街地区より北 40 km、面積 300 km²）における 15～20 年間の地下水開発可能量調査を行うこと。（目標開発量 5000 万 m³/年）
- ② また上記地区で開発される地下水は、パイプまたは水路にて、天津市街地区又は海浜地区に導水する計画である。
しかし、「黄庄窪」地区における生産井事業計画及びその導水計画については、中国側にて、本件調査結果を基に作成する意向である。
- ③ なお、これら事業全体の実施にかかる経費は、現時点では中国側自己資金で充当する予定の由である。

(2) 調査の実施体制について

- ① 中国側（地質鉱産省天津市地質鉱産局）のプロジェクトチーム編成はのべ 100 名を予定。
内訳：掘削部門 30人/1台 × 2台 = 60人
水文地質部門 40人
（うち総括チーム 5人）
- ② 中国側は掘削機 1～2 式（目下石炭探査に使用中）、運搬車（4 t）5 台などの機材を準備する予定。
- ③ したがって日本側からの調査団及び先進的な資機材（大口径の掘削可能な掘削機、孔内検層機など）と合わせることで、より精度の高い調査を目標にしていること。

II-3 中国側の本件基礎調査実施状況

(1) 「黄庄窪」地区の状況

- ① 同地区は 1960 年代は沼沢地であったが近來の乾燥化で、現在は大部分が農地（コーリャン、麦、野菜など）である。人口 67,000 人。
- ② 同地区の地質は、500 m 以浅に第 4 紀の砂層や粘土層が互層となっており、砂層中に被圧地下水が賦存している見込みである。

(2) 中国側がネックとなっている点

現在まで「黄庄窪」地区において数本の試掘（天津市地質鉱産局は6本程度）とその揚水・水質試験を部分的に行っている。

しかしながら以下の点がネックとなっている。

- ① 浅層部に塩分が含まれており、物理探査（電気探査）が困難なこと。
- ② 調査機器類の不足と老朽化により、体系的調査計画を立てられないこと。
- ③ 地下水の定量的評価方法について実践不足であること。
- ④ 地下水管理・モニタリング計画が欠如していること。

II-4 本格調査への提言

上記II-1～II-3に基き、本格調査の骨子は以下のとおりとなる。

- ① 本調査は事業実施計画のF/Sではなく、地下水源からの揚水可能性調査であること。
具体的には、「黄庄窪」地区における1990年から15～20年間における以下の計画策定を行う。

- ・適正井戸配置計画

- ・適正揚水計画

なお事業実施計画（例えば、導水計画）に関しては、助言程度にとどめる。

- ② 試掘井の設置要領については、気象状況（夏期の雨、冬期の地面凍結）等を考慮し、本格調査時に確定させる。深度500mまでを対象とする。
- ③ 日中双方の調査体制については、中国側の基礎的技術力が高いこともあり、以下の分担がのぞましい。

（日本側）a. 掘削機（大口径用）1式等機材を携行し、探査・掘削・各種試験の指導を行う。

- b. 水文地質解析・シミュレーション評価・計画策定を実施する。

（中国側）a. 掘削機（小口径用）1～2式等資機材を準備し、探査・掘削・各種試験を主体的に実施する。

- b. 上記日本側実施部分への協力。

なお本件調査の内容は概ね以下の表にまとめられる。

主要調査項目

調査項目	目的	内容	調査業務分担	
			日本側	中国側
① 既存資料収集 地質踏査	調査工程確定及び地表地質把握	踏査面積：300 km ²	内容を詳細に検討し調査工程を確定する	空中写真等資料を提供し、調査工程を確定する。
② 物理探査	地質構造・層序の広域的概査	電気探査(必要に応じ) 弾性波探査(〃)	具体的探査方法、精度を検討の上、探査解析を指導する	探査目標を明示し、探査、解析を実施する
③ 地質調査ボーリング	コア採取・土質試験・物理検層	3～4地点＝3～4井 目途、深度500m	技術的助言を行う	中国側掘削機により掘削を実施する
④	揚水井掘削	3地点＝9井目途 (1地点3井(250m, 400m, 500m)) 掘削口径20"～14 ³ / ₄ "	日本側掘削機により掘削指導する	日本側掘削機により掘削を実施する
	観測井掘削	3地点＝18井 (一部③兼用) (1地点6井(250m, 400m, 500m))	中国側掘削機により掘削指導する	中国側掘削機により掘削を実施する
⑤ 揚水試験	帯水層の性状把握 (水理定数値)	試験井：9井以上 目途段階試験、定量試験、回復試験	作業計画を作成し技術的助言を行う	作業計画を作成し試験・観測を実施する
⑥ 水質分析	地下水流動の把握 利水のための評価	地下水調査項目 水道調査項目	同上	同上
⑦ 地下水位・ (河川水位)観測	地下水涵養機構の把握	期間：1～2年 観測井：16～18井	同上	同上

主要解析項目

解析項目	目的	内容
⑧ 水文地質解析	(1) 地下水賦存状況把握 (2) 地下涵養系の把握	(1) 水文地質断面図、比湧出量分布図、水質区分図、帯水層基底等高線図等 (2) 地下水賦存量、地下水～地表水の水収支

計画作成

計画名	内容	
生産井配置計画	a. 適正井戸配置計画及び適正揚水計画	(1) 地下水開発許容要件(涵養、水質、地盤沈下、経済他) (2) 準三次元多層モデルによるシミュレーション評価 (3) 1990年より15～20年間の開発計画
	b. 井戸建設費積算	モデル生産井の建設費(概算)
事業実施計画(助言)	a. モニタリング計画	地下水保全・管理の基本方針策定への助言
	b. 導水計画案	中国側調査中の導水計画(水路又は管路)2案に対する助言 (1)黄庄窪～天津市街(又は海浜地区) (2)黄庄窪～塘沽区

Ⅲ 現 地 調 査 結 果

Ⅲ 現地調査結果

Ⅲ-1 自然状況

(1) 地形及び河川

天津市は中華人民共和国内では最も重要な工業都市の一つで、渤海湾に面した、広大な沖積平野に位置している。平野の標高は0～10mと極めて低平であり、いたる所に窪地や沼沢が発達している。

平野を貫流する河川のうち、天津市街を流れるのは海河である。海河は、天津市街の北から南流してくる北運河、永定河と、西および南から東流ないし北流する大清河、牙河、黒龍港河、南運河、子牙河などを天津市街北部で合流し、天津市街を南東に流れ、塘沽付近で渤海湾に注いでいる。

天津市域内の沖積平野内は、自然の河川、沼沢、湖などを結んで人工的に作られた河川、運河、溜池が縦横に発達している。平野内にはこのような河川、運河の主なものとして、北東部には潮白新河、青龍湾河が流れ、これらは寧車沽付近で天津市街の子牙河から分流してくる金鐘河と合流する。

また、南部には大清河を源流とし、平野を東流する独流減河があり、勝利村付近の北大港水庫を経て渤海湾に注いでいる。

なお、天津市の水供給に重要な役割を持つ灤河からの導水は、天津市域最北端の薊県付近の于橋水庫から州河を経て、人工的に開さくされた引灤入津渠を通り尔王庄水庫などを経て、明渠または暗渠で天津市街へ導水されている(図-1)。

(2) 気象・水文

天津市域の年平均降雨量および蒸発量の分布と観測所の位置を図2-1に示す。天津市街付近の平均降雨量は550mm/年であるが降雨量は天津市域最北端の山地に向って大きくなり、650mm/年～800mm/年程度となっている。

図2-2に宝坻県における降雨量・蒸発量の経年変化及び月別変化を示す。降雨量の月別変化をみると7月と8月がとくに大きく、毎年6、7、8月頃の夏期に平均475mmの降雨があって、全降雨量の7割以上がこの時期に集中している。

天津市街の年間平均気温は12.2℃であり、郊外地域はそれよりも低い。月平均気温の最低値は1月で-4.2℃、また月平均気温の最高は7月の26.5℃である。最高気温を示す月は通常6月または7月で、これまでの最高気温は1961年6月12日の39.6℃である。最低気温は1月が多いがこれまでの最低気温は1966年2月22日の-22.9℃である。

河川水の流量については不明な点が多いが、地質鉱産局より提供された資料によれば、海河の流量は表-1のようである。天津市の海河に流入する支流は薊運河、潮白河、永定河、北京排污河、金鐘河、海河干流、独流減河、子牙新河、北排水河の9河川で、1950～

1959年平均の流量は、144.1億 m^3 であったが、それ以降上流側の取水（1958年の大興水利
工程）や干ばつの影響で激減し、1970～1979年平均では44.4億 m^3 となっている。とく
に1980年以降4ヶ年では平均25.3億 m^3 と著しく減少している。

图 2-1 天津市降雨量等值线图

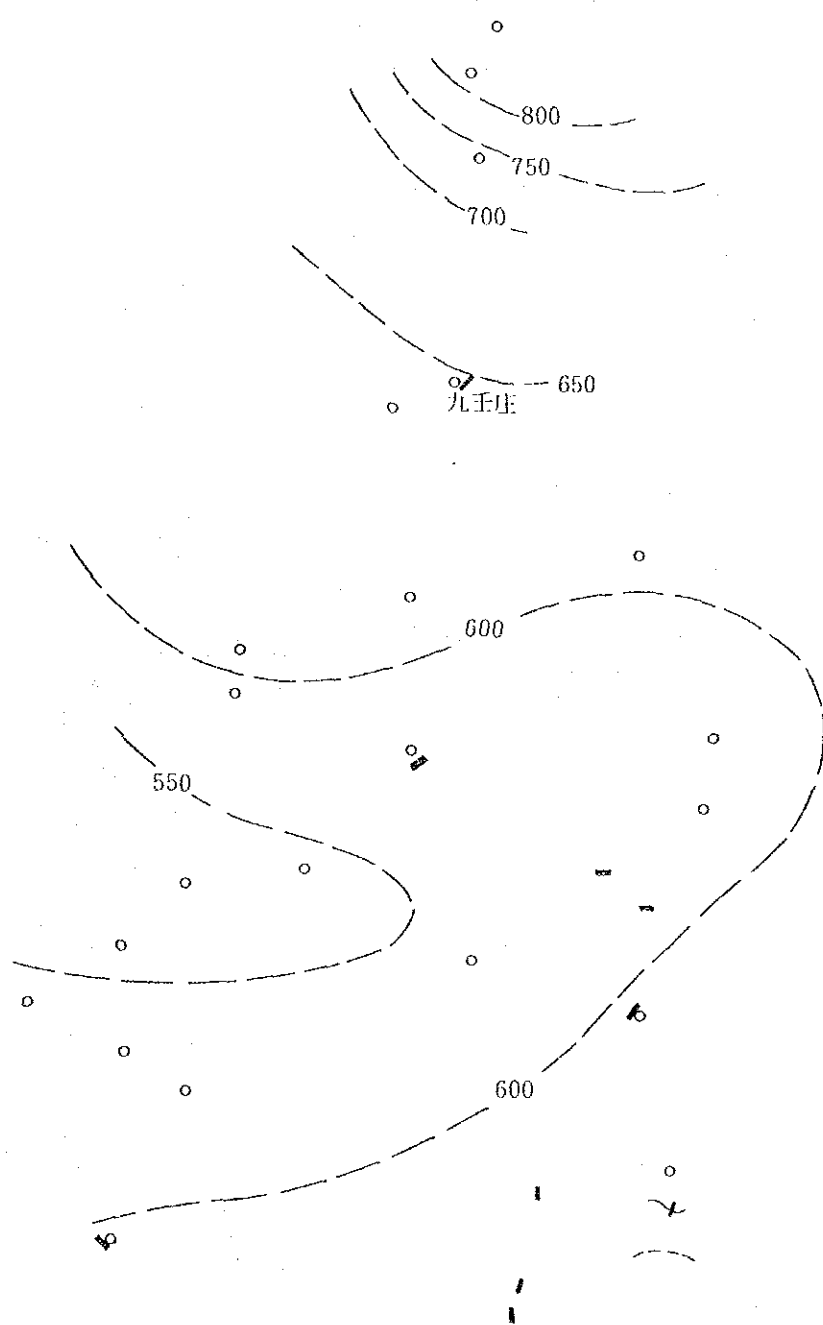
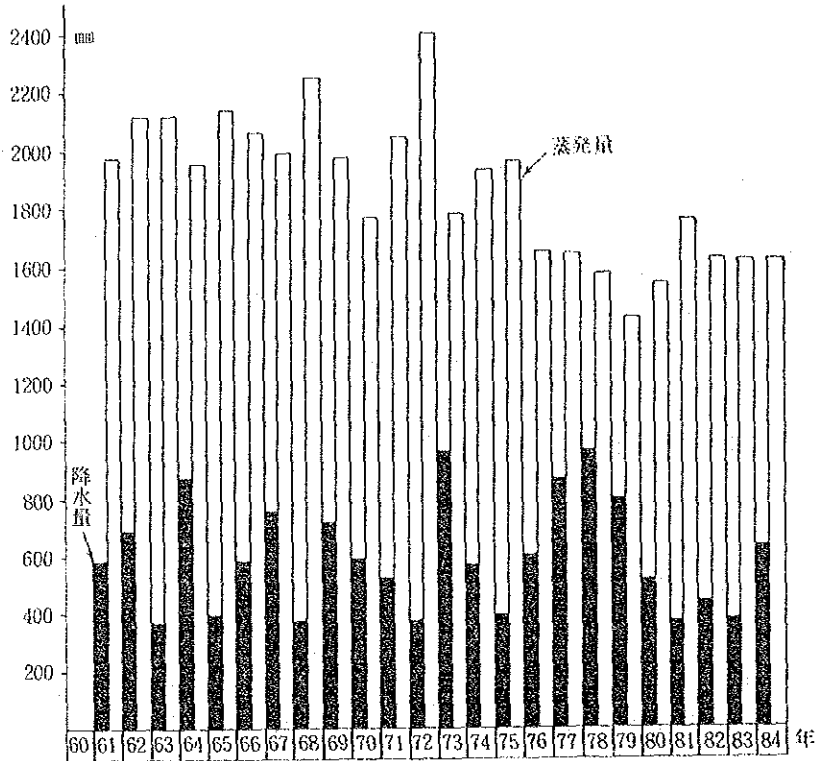


图 2-2 宝坻县降雨量变化图

宝坻县降雨量蒸发量 年变化曲线



年	降水量 (mm)	蒸发量 (mm)
1960	451.9	
1961	594.2	1966.9
1962	692.6	2114.4
1963	362.8	2111.6
1964	873.6	1953.2
1965	390.6	2138.1
1966	577.6	2055.7
1967	753.4	1981.1
1968	373.0	2218.5
1969	715.7	1962.9
1970	560.6	1754.7
1971	508.1	2036.4
1972	786.1	2388.5
1973	949.7	1761.6
1974	551.1	1912.8
1975	783.4	1942.9
1976	598.4	1632.8
1977	851.7	1620.7
1978	963.9	1556.8
1979	783.1	1404.5
1980	501.6	1519.5
1981	358.6	1730.0
1982	621.1	1599.8
1983	365.6	1589.9
1984	614.8	1546.6
平均	622.8	1857.1

年 限	一九六一至一九八〇年											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月平均降水量(mm)	2.3	5.3	6.4	21.4	27.2	82.6	221.6	171.3	41.3	23.1	9.0	2.7
月平均蒸发量(mm)	60.4	71.5	143.7	227.3	294.1	281.1	206.9	171.9	161.5	136.1	79.9	56.3

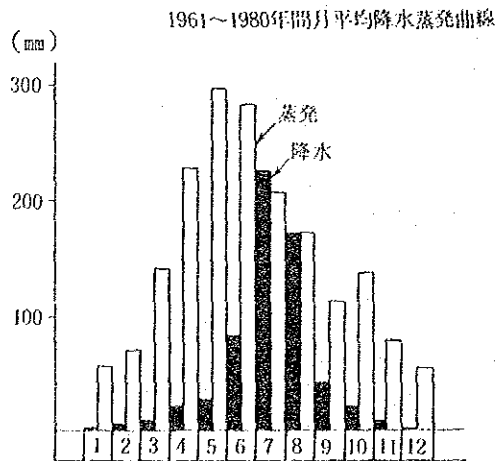


表-1(1) 天津市入海水量統計表

單位：億立

年	潮白河			潮白河運河			運河合計			海						河			天津市 入海水量 總計		
	潮白河	潮白河運河	合計	永定新河	永定		金鐘河	小計	海河干流	独流減河	子牙新河	北排水灣	海		獨流減河	子牙新河	北排水灣				
					北京排汚河	金鐘河							小計	海河干流				独流減河		子牙新河	北排水灣
1950			44.9				31.6	108	0	未	未	未			0	未	未	未	183.5		
1951			9.26				0	32.2	0	未	未	未			0	未	未	未	41.46		
1952			13.3				1.92	36.1	0	未	未	未			0	未	未	未	51.32		
1953			21.4				11.0	56.8	0.53	未	未	未			0.53	未	未	未	89.73		
1954			35.1				39.6	142	74.8	未	未	未			74.8	未	未	未	291.5		
1955			31.7				23.4	93	39.3	未	未	未			39.3	未	未	未	187.4		
1956			42.7				36.1	117	86	未	未	未			86	未	未	未	282.1		
1957			15.5				3.4	45.2	14.2	未	未	未			14.2	未	未	未	78.3		
1958			19.8				3.6	40.6	7.6	未	未	未			7.6	未	未	未	71.6		
1959			42.2				24.2	59.2	38.6	未	未	未			38.6	未	未	未	164.2		
1960			11.0				0	15.4	4.94	未	未	未			4.94	未	未	未	31.34		
1961			13.4				0	37	6.97	未	未	未			6.97	未	未	未	57.37		
1962			19.8				0	35	5.69	未	未	未			5.69	未	未	未	59.99		
1963			3.87				14.0	82.6	120	未	未	未			120	未	未	未	220.67		
1964			30.6				14.9	141	42.5	未	未	未			42.5	未	未	未	229		
1965			6.58				0.789	28	0	未	未	未			0	未	未	未	35.369		
1966			15.4				1.3	27.5	0	未	未	未			0	未	未	未	44.2		

表一 1 (2)

年	潮白河			永定河				海河					天津市	
	潮白河	潮白河 合计	潮白河 合计	永定新河	永定河		海河			独流减河	子牙新河	北部水湾	入海水量 总计	
					北京排污河	金钟河	海河干流							
							金钟河	小计	海河干流					
1967		19.3							0	32.9	0	11.0	0.63	64.333
1968		1.25							0	7.0	0	0	0	8.25
1969		23.3							0	29.9	0	3.04	1.51	57.75
1970		12.0							0	15.3	0	0.972	0.53	28.803
1971		4.49							0	5.53	0.44	0.667	1.94	13.067
1972		1.0							0	0.583	0.02	0	1.22	2.833
1973	10.25	17.32	7.07	3.23	3.8	7.03	18.88	4.39	7.43	0.93	0.93	7.43	0.93	55.989
1974	13.14	17.64	4.5	2.32	2.52	4.92	6.77	0.2	1.34	1.42	1.42	1.34	1.42	32.29
1975	1.44	11.34*	6.9	0.427	2.48	3.21	2.563	0.5	0	0.222	0.222	0	0.222	17.835
1976	17.52	25.63	8.11	1.29	3.11	5.07	0	0.088	1.4	0.73	0.73	1.4	0.73	32.919
1977	18.1	36.2	20.1	4.95	7.5	5.25	21.0	23.3	18.4	5.44	5.44	18.4	5.44	119.29
1978	18.65	39.29	20.64	1.83	7.95	0.7	13.19	1.8	0.701	0.70	0.70	0.701	0.70	66.444
1979	18.07	34.02	15.93	3.36	7.83	11.8	17.01	9.77	1.86	0.09	0.09	1.86	0.09	74.555
1980	0.2459	0.8349	0.589	0	4.0509	4.2425	0.5181	0	0	0	0	0	0	5.5955
1981	0	0.0739	0.0739	0	0.3595	0.3981	0.9155	0	0.17	0	0	0.17	0	1.5575
1982	0.4336	1.9951	1.5615	0	0.0929	0.0929	0.3884	0	0.0945	0.0945	0.0945	0.0945	0.0945	2.6628
1983	0	0	0	0	0	0.628	0.2472	0	0	0	0	0	0	0.31

III-2 水需給の現況および予測

(1) 人口の現状と予測

天津市の総人口は1984年現在約770万人とされ、そのうち市街地人口は320万人である。

1990年および2000年の人口は表-2のように予測されており、市街地(中心区)よりも、郊外で人口増加率が高くなると考えられている。

表-2 天津市人口増加予測 (単位:万人)

項 目	1990年	2000年
全 市 合 計	840.0	950.0
市 中 心 区	345.0	380.0
浜 海 区	85.5	91.5
郊 区	129.2	141.0
県 区	280.3	337.5

(2) 水需給の現況

現在、天津市街の水源は大別すると地表水(海河)、引灤河水、地下水があり、それぞれ4.6~5.6億 m^3 /年、7.5億 m^3 /年、1.38億 m^3 /年の供給能力を有している(図-3参照)。

① 地表水

海河支流からの流入水を取水しているが、先に述べたように上流側の取水や干ばつによって年々流量が減少している。

近年の平均流量(来水量)は33.21億 m^3 /年であり、保証率それぞれ50%、75%および95%の流量は24.69、11.50、3.0億 m^3 /年となっている。供給施設能力は4.6~5.6億 m^3 /年程度と云われるが、極めて不安定な状況であり、水質汚染も進んでおり、取水はますます困難になっている。

② 引灤河水

1982年5月に着工し、突貫工事で1983年9月11日に完成した灤河からの導水路でこれにより天津市街の水不足は一挙に解決した。水路総延長234km、供給能力10億 m^3 /年と云われるが、ほとんどが上水路のため途中の浸透と蒸発でその3~4割が失なわれ、実際の供給能力は7.5億 m^3 /年、干ばつ年には4億 m^3 /年程度になると云われている(図-4)。

③ 地下水

天津市街では深井戸約700井が掘削され、年間1.38億 m^3 取水されている。しかし、多量の揚水を集中的に急激に行なったため地下水位が低下し、これに伴って市街地を中心に地盤沈下が発生している。

地盤沈下量は1959～1982年間で最大2 m以上にも達し埋設物や建物、道路等の被害が発生した。このため、1976年～1980年にかけて新しい深井戸の掘削は禁止され、地下水揚水の規制が行なわれている。これにより、将来の揚水量は0.4億m³/年程度迄削減されるので、新たに別の地域で地下水開発を行なう必要に迫られている（図-5、図-6）。

④ 汚水浄化

汚水の浄化による再利用が天津市内の工場で試みられている。

引滦入津输水工程建成通水

引滦入津输水工程在党中央、国务院的亲切关怀下，在中共天津市委、市政府的正确领导下，经过两年多的选线、勘察、设计与施工，胜利完成了各项任务，已于1983年9月11日全线通水。

引滦入津输水工程是国家“六五”计划中的一项重点工程，它的建成使天津市用水有了新的水源，对保证天津工业的发展和改善居民的用水条件具有极其重要的意义。

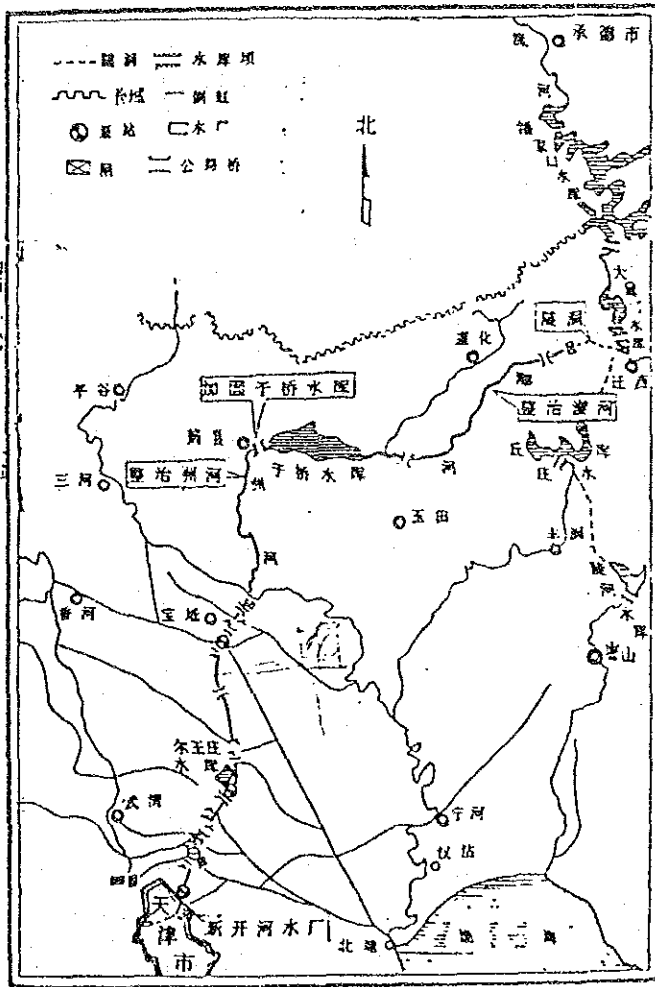
引滦入津工程跨越滦河、海河两流域，全长234公里，每年输水量10亿立方米。包括8个分项工程：引滦入滦隧洞工程，滦河整治工程，续建和完善于桥水库进库工程，州河整治工程，输水明渠工程，尔王庄水库工程，输水暗渠与钢管工程，新开河水厂工程。

输水线路沿线与通水直接有关的工程项目共109项，主要是开凿引水隧洞12.39公里，整治河道108公里，加固于桥水库大坝，开挖专用输水明渠64公里，埋设输水钢管14.34公里，建桥梁75座，水闸7座，倒虹12座（总长2.9公里），大型泵站4座，新建库容4500万立方米平原水库1座，新建自来水厂1座，变电电站3座，并架设通讯线路等。

在紧张的工作中，地质工作者和广大建设者一样，也洒下了辛勤的汗水。参加工程地质勘察的有水电部天津勘测设计院、天津市地质矿产局、天津市水利局勘测设计院、河北省廊坊水利局勘测队、铁道部第三勘测设计院、天津市勘察处、交通部一航局设计院、河北省水利厅勘测设计院等单位。

引滦工程的地质勘察工作，如同工程的其他工作一样，群策群力，千方百计地力争高质量。广大地质工作者战严寒、斗酷暑，克服重重困难，争分夺秒、顽强拼搏，认真分析各项地质资料，密切配合工程设计和施工，出色地完成了各项地质勘察任务，并提交了具有相当水平的各类地质报告57份，较好地满足了设计和施工要求，做出了自己应有的贡献。

在胜利完成全线工程地质勘测任务后，有关地质人员正按照工程指挥部的统一部署，全力以赴地进行着全线工程地质资料总结与汇编工作，并把它作为地质工作者的心愿，献给天津人民。



图一4 引滦入津输水工程示意图
比例尺 1 : 2000000

以上3つの供給水量を合計すると、天津市への供給水量は13.5億 m^3 /年～14.5億 m^3 /年であり、とくに表流水は旱魃年には大きく変動する。

一方、水需要は生活用水、工業用水、農業用水の3つがあり現状では前述の各水源からの供給により充足している。

生活用水は、天津市街地の飲用および家庭用水で、73 ℓ /人・日の給水基準のもとで年間約1.0億 m^3 の需要量である。近年、天津市街でも新たな集合住宅の建設が盛んであり、生活水準の向上とともに水需要の増大が見込まれている。

工業用水は、天津市が全国屈指の工業都市でもありほとんどの業種を持つことから年間約9.5億 m^3 を必要としている。また、農業用水は菜園用水を主とし年間2.5億 m^3 である。

以上を合計すると天津市街の必要水量は13億 m^3 /年となり、ほぼ現状の供給水量と見合ったものとなっている。

(3) 水需給の将来予測

1990年および2000年における水需要の見通しは、図-4に示すように、天津市街地の人口増加、工業、農業の生産増加に伴ない、現状より1990年では7.6億 m^3 増の20.6億 m^3 /年、2000年では、約21億 m^3 増の33.8億 m^3 /年を想定している。この見通しはかなり過大と思われるが、生活用水においては1990年の給水基準を250 ℓ /人・日と先進国並みとし、2000年にはさらに375 ℓ /人・日とかなりの高水準を想定している。

2000年における水供給は、この水需要想定とのギャップ約20億 m^3 /年と新水源の開発により行なわなければならない、現状の約2倍の施設・供給能力を新たに必要とすることになる。

(4) 水資源開発計画

将来の水需要増大に対処するため、天津市では、短期・長期を含め

- ① 地上ダムの建設
- ② 地下水開発
- ③ 黄河、長江からの導水

などを計画中である。

i) 地上ダムの建設

北大港水庫、团泊窪水庫、黄庄窪水庫など地上ダムの増工、新設などを行なうものでこれらにより新規需要の増大に対処するほか、汚水処理については1990年迄に2.5億 m^3 /年の処理能力を持つよう計画中であり、これにより水質汚濁の緩和をめざしている。

ii) 地下水開発

天津市の市区および郊外の塘沽、漢沽、大港などの都市では近年の急激な経済発展に伴ない水需要が増加しており、目前の問題として水源開発が求められている。

このため、地質鉱産省天津市地質鉱産局では天津市北部の黄庄窪地区において年間

5,000万㎡の地下水開発を行ない、これらの都市用水として供給するよう計画しているが、この計画は他の水資源開発計画と比べると極めて緊急性が高い。

このほか、図-7に示す地域を地下水開発候補地としてあげており、順次開発計画を進めることとしている。

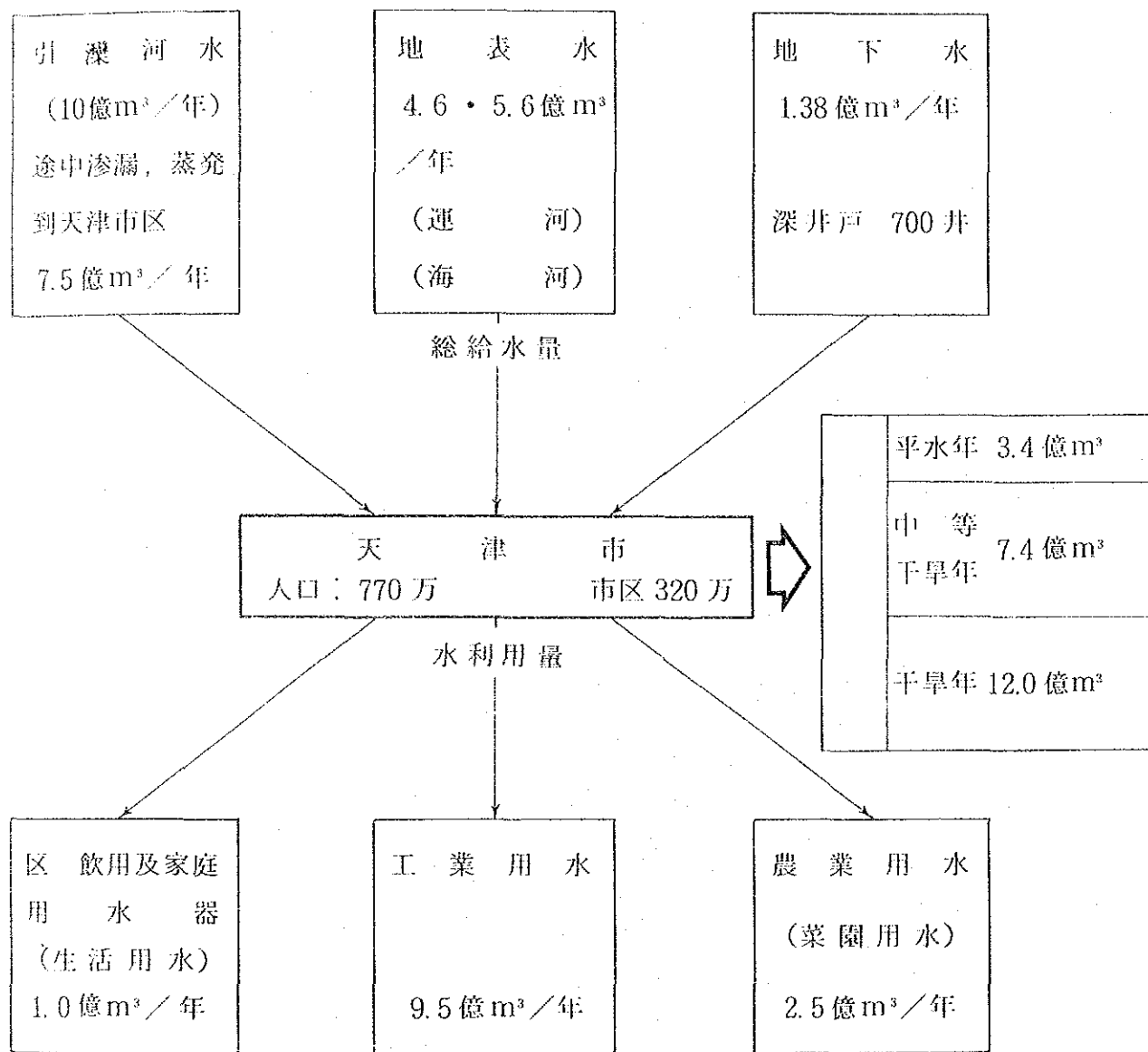
iii) 黄河、長江からの導水

天津市への水供給を長期的に安定させるためには、黄河あるいは長江からの導水が抜本的対策と考えられているが、これらは国家プロジェクトとして、構想段階にあり、短～中期的にみた実現性は乏しいと云わざるを得ない。

图-3 天津市现在所需水量及今后需水量*

1985 YEAR

天津市给水基准
人口: 320万 (73 l / 人·日)

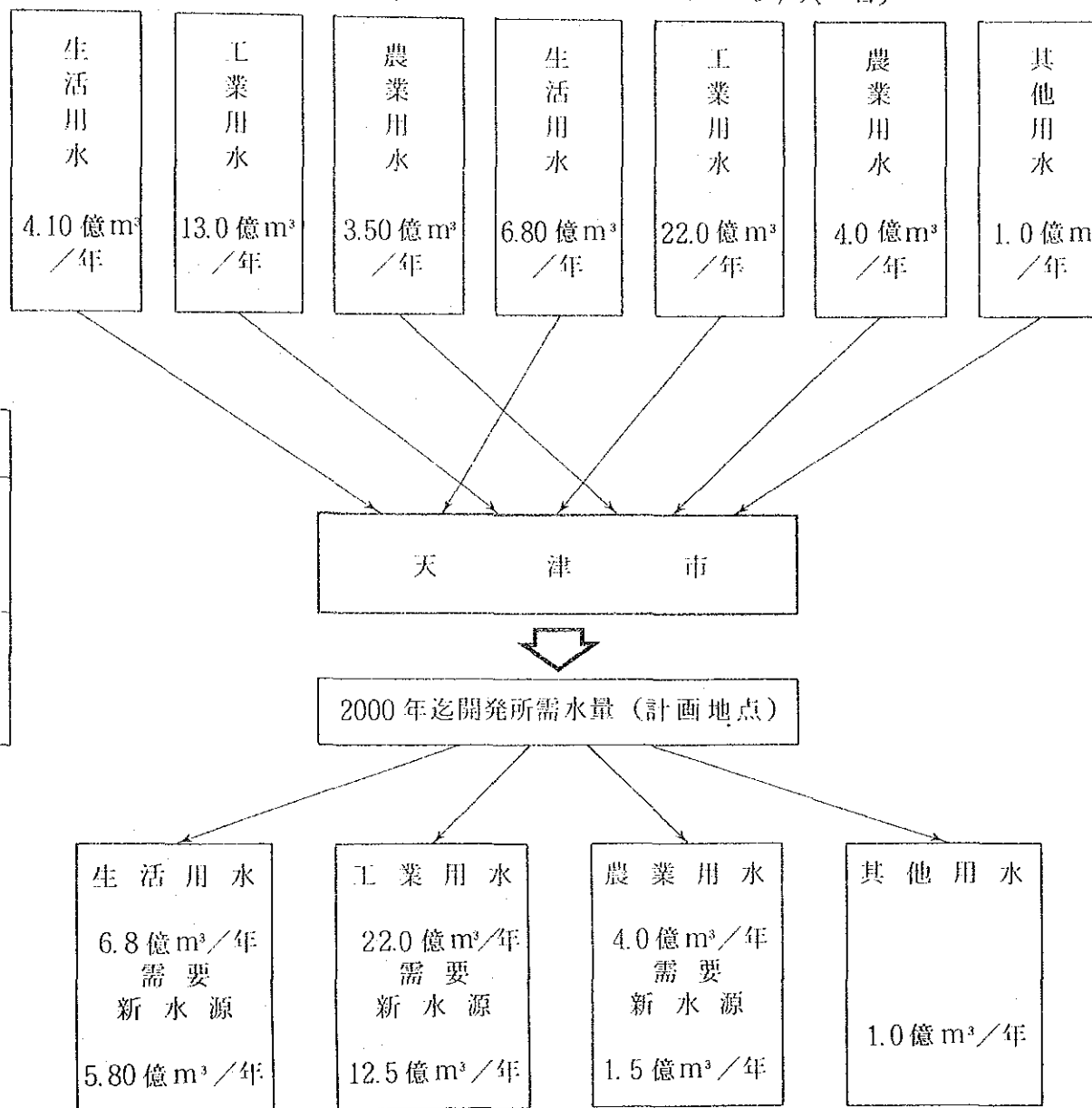


1990 YEAR

天津市给水基准
人口: 450万 (250 l / 人·日)

2000 YEAR

天津市给水基准
人口: 500万 (375 l / 人·日)



*中国側資料に加筆

図5-(1)
 天津市内の地盤沈下等量線図
 (1959-1982年) 単位 mm

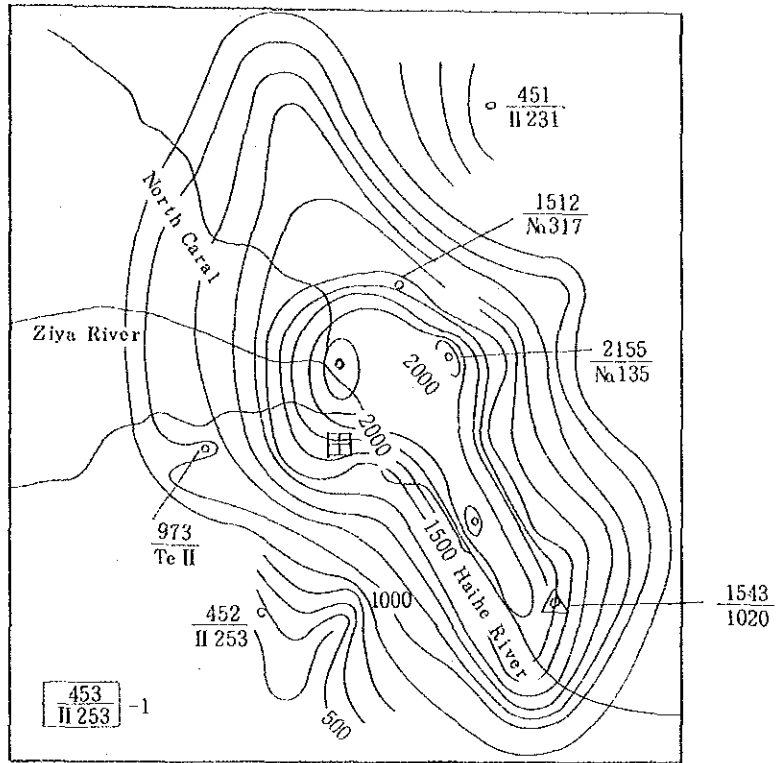


図5-(2)
 天津市内の第2帯水層の被圧
 水頭低下量分布

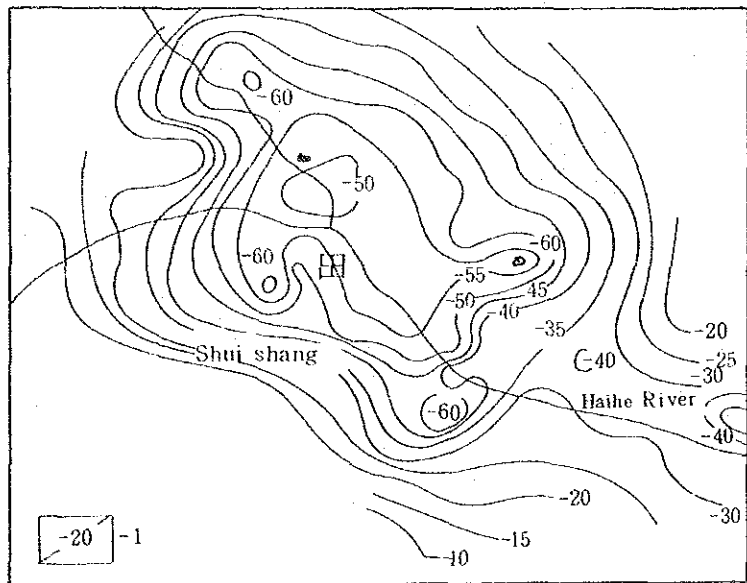


图6 天津市地面沉降量·地下水疏發量時間序列曲線

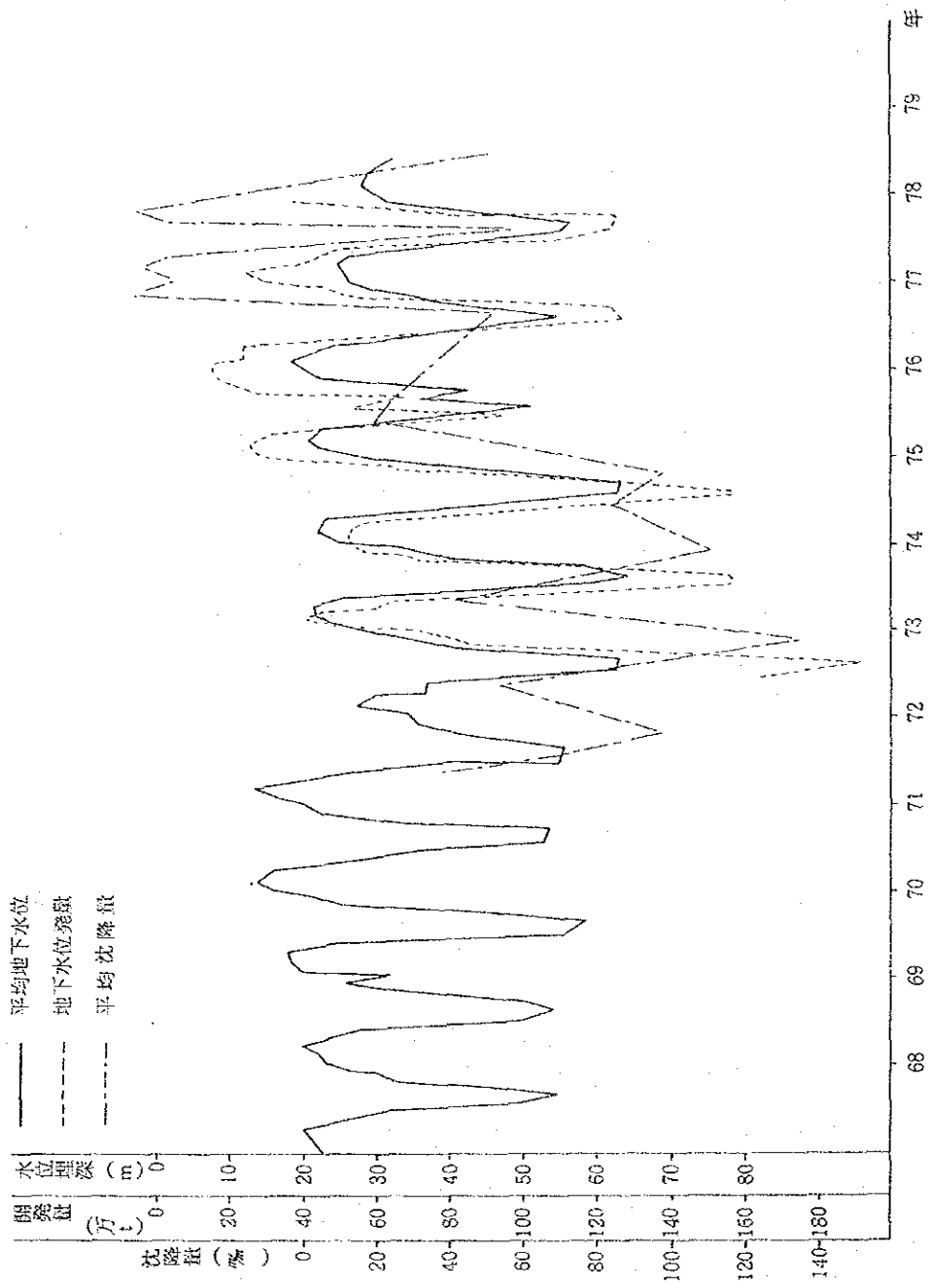
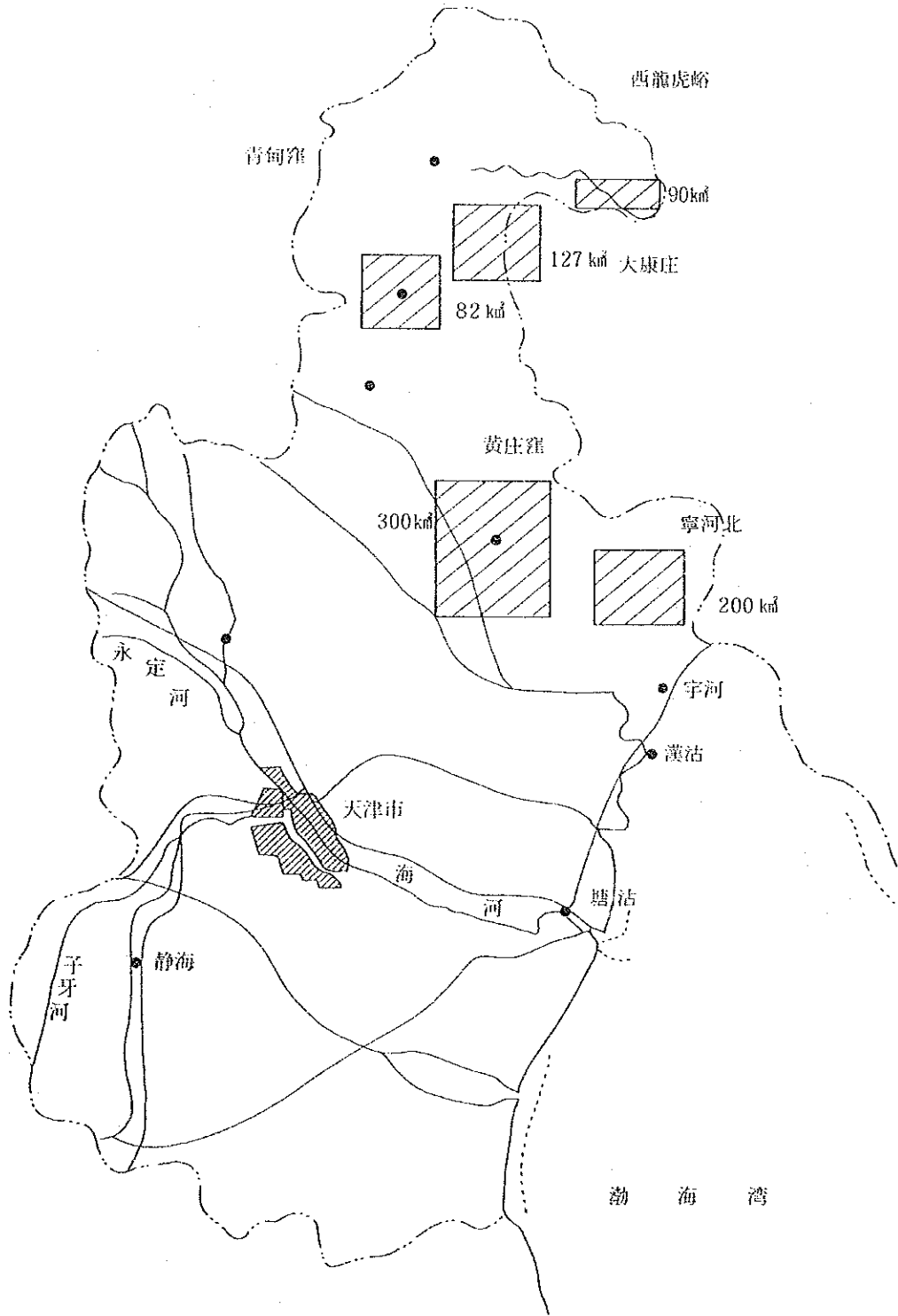
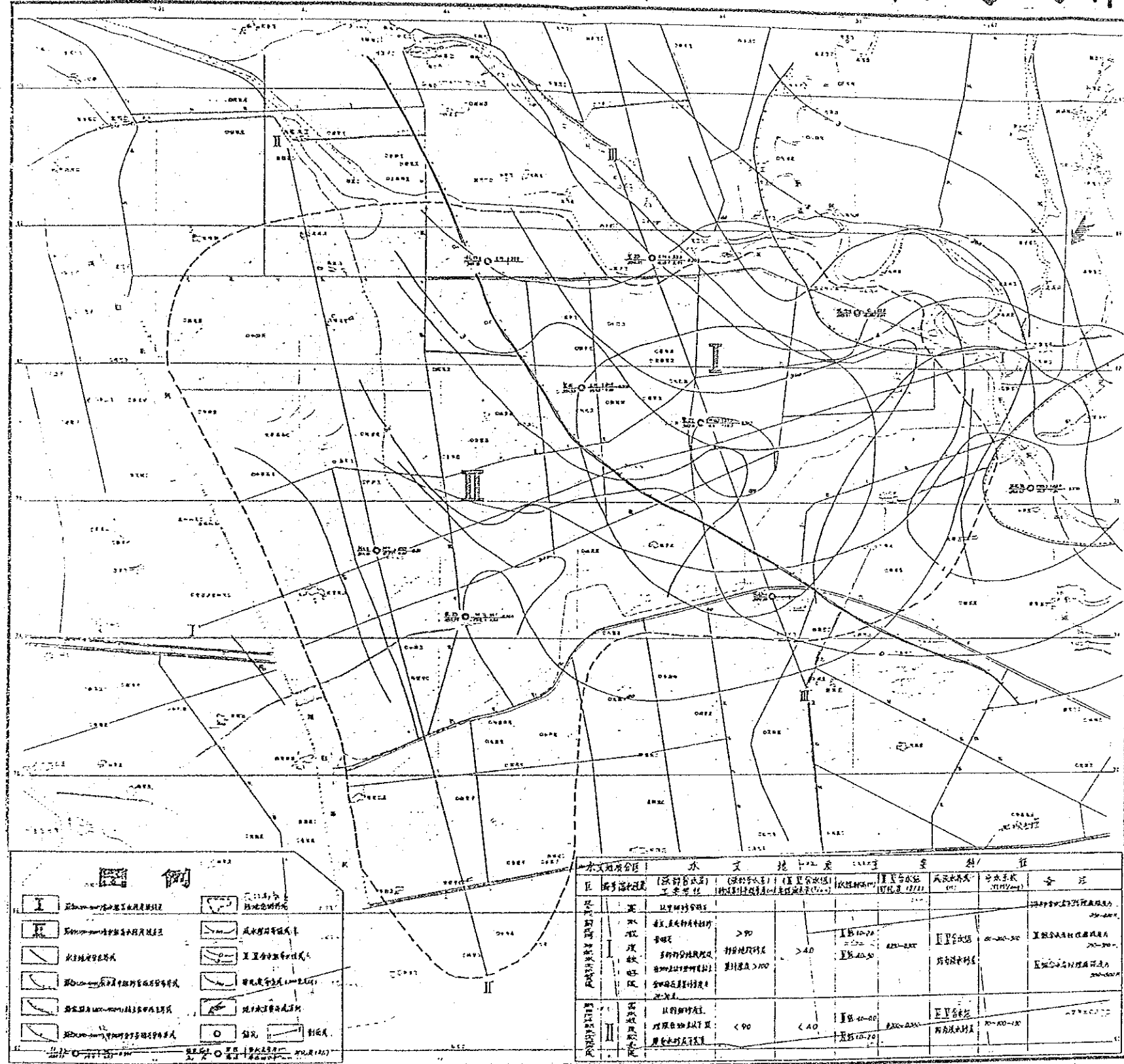


图-7 地下水開發調查予定地位置图

比例尺 1 : 100 万

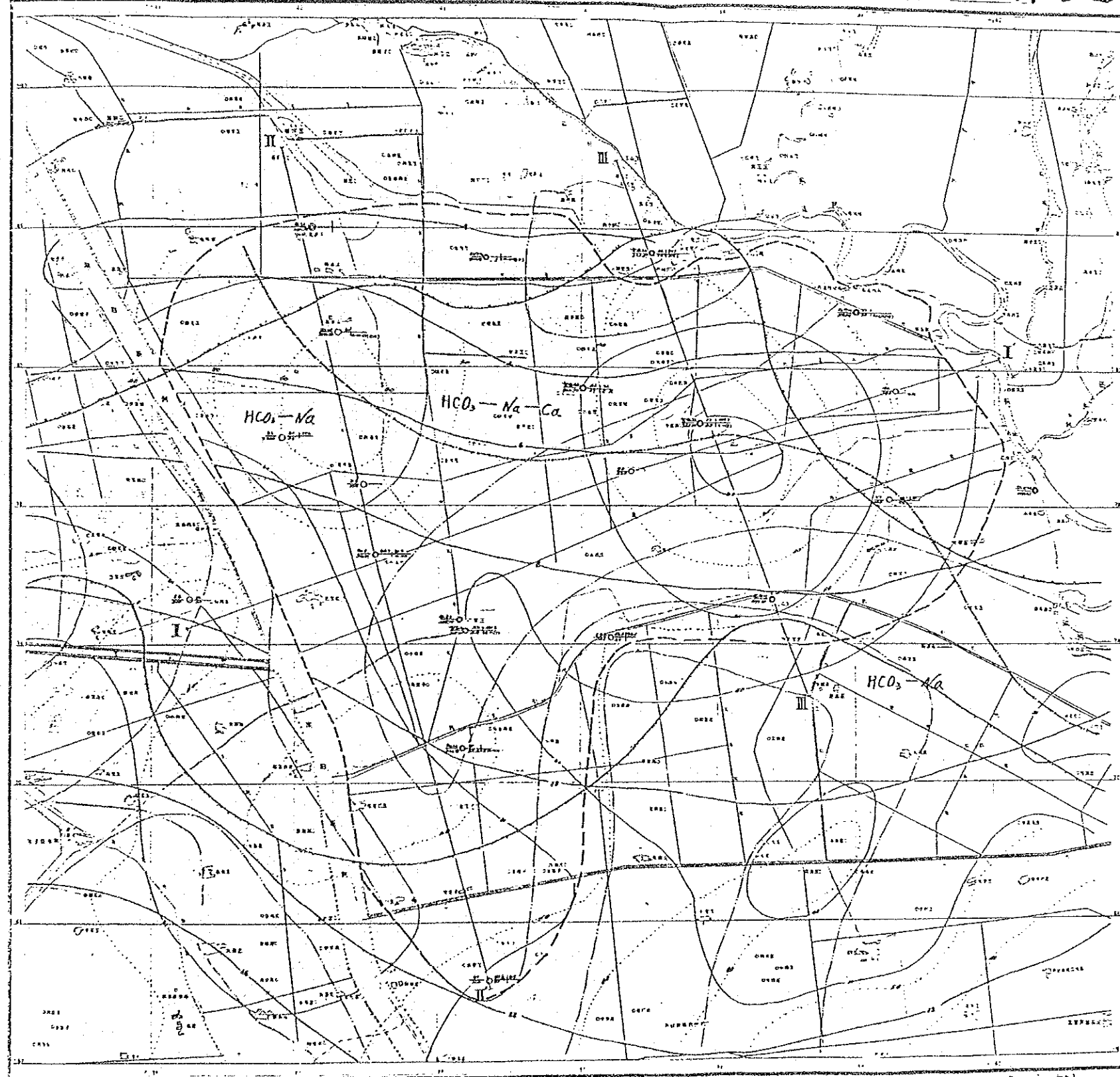


天津市黄庄洼第Ⅳ+Ⅴ含水组水文地质图



注：图中符号比例尺缩小

天津市黄庄洼第II含水组水文地质图



- 图例**
- 潜水埋深 (以地形等高线为准)
 - > 100 (秒)
 - 80-100
 - 60-80
 - 40-60
 - < 40
 - 界限线
 - 含水组界限
 - 含水层界限
 - 可矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 矿化度界限
 - 剖面线
 - A-A
 - B-B
 - C-C
 - D-D
 - E-E
 - F-F
 - G-G
 - H-H
 - I-I
 - J-J
 - K-K
 - L-L
 - M-M
 - N-N
 - O-O
 - P-P
 - Q-Q
 - R-R
 - S-S
 - T-T
 - U-U
 - V-V
 - W-W
 - X-X
 - Y-Y
 - Z-Z
- 注: (A-A, C-C, H-H, T-T)

注: 剖面线原比例尺缩列

III-3 中国側の調査実施状況

(1) 調査の目的

天津市では、前述のように将来の水需要に対処するため黄庄窪地区（300 km²）において、毎秒約 1.6 m³（5,000 万 m³/年）を新規開発する計画を進めている。地区内で開発された地下水は、水路、パイプライン等により天津市街あるいは周辺地区に給水される予定である。地質鉱産省天津市地質鉱産局はこの調査の実施主体であって、その調査目的は地下水開発の可能性を明らかにして開発水量と生産井の配置計画を作成することである。具体的な給配水事業計画は公用局など関係する他の部局によって行なわれることとなっている。

(2) 黄庄窪地区の概要

黄庄窪地区は、天津市北部の宝坻・寧河両県の県境に位置し（図-1、図-7 参照）、天津市街よりの距離は約 40 km で、道路交通網が発達し便利である。地区内には約 14,000 戸の人家が 100 あまりの集落となって散在しており、人口はおよそ 67,000 人と推定されている。

この地域は昔から大きな低地をなし、面積はほぼ 300 km²、地盤標高は 0.3～3 m である。周辺地域に比べ標高は 1～3 m 低く、60年代には常時湛水していたが、それ以降漸次乾燥化が進んできたと云われている。低地内の集落は少く、地区全体はコーリャン、麦、野菜などが栽培される農地が大部分を占め、林地、荒地、沼沢地がそれに次いでいる。

この地域の地下地質は 500 m 以浅に第四紀の砂層や粘土層が分布し、砂層中に被圧地下水を賦存している。地下水のかん養（補給）条件はあまり良好ではなく、地下水開発に伴ない水位低下とともに地盤沈下が発生するものと予想される。中国側では、天津市街における地下水開発と地盤沈下の経験から、この地域の地下水賦存量が極めて大きいと予想し地盤沈下の恐れのない範囲でも相当の地下水揚水が可能と認識している。また、長期間の揚水により地盤沈下が発生したとしても、農地が大部分であり大巾な沈下により窪地が出来れば、従前のような地表湛水が可能となり、これらを養魚など副次的に利用するほか、地下水の補給にも役立つものと比較的楽観している。

〔導水計画〕

黄庄窪地区で開発する地下水の利用については、現在は構想段階にあるが、次の 2 案が有力である。

1) 各生産井から揚水した地下水を管路で、灤河からの導水路（明渠）に流し込み、天津市市街または海浜地区で利用する案

2) 各生産井から揚水した地下水を管路で直接海浜地区の塘沽区に送水する案

いずれの案も、当初の生産井は 120 眼を予定し、送水管建設費、地質調査費、井戸掘削費のほか各種工事費を含めた事業費は 1) 案で約 7,600 万元、2) 案は管路距離が長くなる分だけ高くなり、約 1 億 1,600 万元を計上している。

(3) 調査内容

中国側では黄庄窪地区においてこれまで表-3に示す11ヶ所で、試掘井または調査井を掘削しており、図-8、図-9に示す水文地質図と図-10の地質断面図を作成している。

各調査のとりまとめは、かなり高い水準で実施されており調査実施上のスタッフの技術的能力は十分と思われる。しかし、調査期間は相当長くかかっており、今後1990年を目標とした地下水源開発のためには各種の調査のスピードアップが必要である。

〔水文地質調査結果の概要〕

この地域は広大な河北平野の一角を占め、低平な沖積低地からなる。地下地質は、深度500m程度までは未固結の第四紀堆積物が分布し、その下位には上部第三紀層が分布し、基盤は震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系～二疊系等より構成されている。

上部第三紀以深は熱水及び天然ガス鉱床の存在が推定されるが、地下水開発に関しては、第四系の層序と層相の解明が重要である。

黄庄窪地区の地下地質は、上部より軟弱な粘土・砂の互層よりなり、砂層部分は地下水の帯水層となっている。

中国側は深度500mまでの帯水層を上位からⅠ～Ⅳ層に大別しているが、その概要は次のようである。

Ⅰ層：深度0～120m。砂～粘土の互層よりなる。場所によっては深度80m位まで塩水化しているので、開発利用には不適である。

Ⅱ層：深度120～230m。砂～粘土の互層よりなる。本層と次のⅢ層は水質、水量とも良好であり、今後の開発の対象となる帯水層である。

Ⅲ層：深度230～400m。砂～粘土の互層よりなるが下部は粘土が多いようである。本層の分布深度までの調査はまだ不十分であるが、Ⅱ層と併せ、開発の対象となる帯水層である。

Ⅳ層：深度400m以深。Ⅰ～Ⅲ層と同様に砂～粘土の互層よりなる。本層の分布状況はほとんど未調査であるが、有力な帯水層となる可能性が強い。

Ⅱ～Ⅳ層の地下水は水量、水質とも良好であるがⅡ層については揚水に伴う地下水位低下によりⅠ層からの漏水の恐れもあり、開発対象としてはⅢ～Ⅳ層を主体とすることも考えられる。いずれにしても、各帯水層の分布とその水理定数について、今後詳細な調査が必要である。

〔揚水試験〕

試掘井、調査井においては揚水試験が実施され、透水量係数、比湧出量などの水理定数が求められている。解析は平衡式により行なっているが、今後はタイス、ヤコブからの非平衡式による解析が必要であろう。また、各帯水層の水理定数が把握できるよう揚水試験計画をたてることも必要である。

〔広域調査・物理探査〕

地下水調査の一般的な手順からみると、試掘井・調査井の掘削に先立って広域の地質概査（空中写真判読や地質踏査）が行なわれ、ついで電気探査、弾性波探査が行なわれるのが普通である（図-11参照）。

黄庄窪地区は、前述のように1層の塩水化が進んでいるため、電気探査の適用が難しい。このため、中国側では反射法弾性波探査の実施を望んでいる。

〔水質調査〕

地下水の水質調査は基本的項目の分析が行なわれており、調査機器の精度や老朽化などの問題を除けば、調査としては十分よく行なわれている。

〔水文観測〕

地下水位や河川の水位・流量等についての調査はほとんど行なわれていない。地下水位は掘削時に測水しているが、その後の長期的観測は行なわれていないので、今後は計画的な定点観測が必要である。

〔地下水開発可能量評価〕

水文地質調査の進捗状況が上述のように、まだ始まったばかりの段階にあるため、調査地区全体の水文地質をとりまとめ、シミュレーション手法等を導入した生産井配置計画や適正揚水量の検討が今後の重要課題である。

この方面に関して中国側スタッフは未だ十分な経験を積んでいないので、今後の具体的な調査の進行に沿って、日本側からの技術協力と指導が必要と思われる。

〔中国におけるシミュレーション技術の状況〕

地下水資源の評価方法として地下水モデルによるシミュレーション手法が採用されるようになってすでに20年が経過している。当初はアナログモデルによるシミュレーションが行なわれていたが1960年代後半から70年代にかけてデジタルのコンピュータの発達に伴い、シミュレーションモデルはデジタル（数値）解法で行なわれるようになってきた。

中国の地下水資源評価手法は「供水水文地質手冊 第三冊 地下水資源評価，地質出版社 1983年」に詳しく述べられている。その中でもシミュレーション手法についてはアナログ法と数値解法の基本からプログラムまでが詳しく解説されている。

特徴的なことはアナログ法に多くの紙数がさかれており、実例も豊富なことである。このことは同時期の出版物である「水文地質学，地質出版社，1983年」からもうかがえる。

日本および欧米先進国においてはアナログシミュレーションは大学や研究所の実験を除けば現在はほとんど使われていない。これはアナログモデルの操作性が極めて悪く、一度組立てると、作り直すのが極めて面倒なことによる。

先進国においては実際面ではほとんど汎用大型コンピューターによる数値シミュレーションが主流となっている。

中国におけるアナログコンピューターシミュレーションは水準的には、1950年代末～1960年代初頭の先進国における地下水モデル化技術とはほぼ同様のものであろう。

興味深いアナログシミュレーションの事例が上記の水文地質手冊に紹介されている。アナログシミュレーションが行なわれたのは、黄庄窪からさらに北方の宝坻東部の下倉地区で、この地域の奥陶系（オルドビス系）の灰岩（凝灰岩）および白雲岩の裂隙水の地下水資源評価を目的として実施された。

参考図-1に宝坻東部地区の境界条件図と地質断面図を示す。参考図-2にオルドビス系帯水層分布範囲のアナログモデルを示す。また、参考図-3にはシミュレーションによる計画値と実測値の対比が示され、参考図-4には揚水開始後10年間の長期予測結果が示されている。

数値シミュレーションは差分法、有限要素法（いずれも非定常）が詳しく解説されており、最近は事例も多くなっているのではないかと推測される。しかしそのモデルは二次元単層モデルまでであり、準三次元単層や多層さらには三次元モデルによる非定常解析についての紹介はない。

上述の各解法にもとづき、BASICによるプログラムが紹介されている。これは中国のコンピューター発達状況に大きな原因があるものと思われる。いずれ大型コンピューターの導入に伴ない、FORTRAN等の高級言語によるシミュレーションが地下水分野で行なわれるようになるものと思われる。現状ではパソコン程度を利用した簡単なモデルを使った数値シミュレーションが行なわれようとしている段階であり、応用例はまだ極めて乏しい。

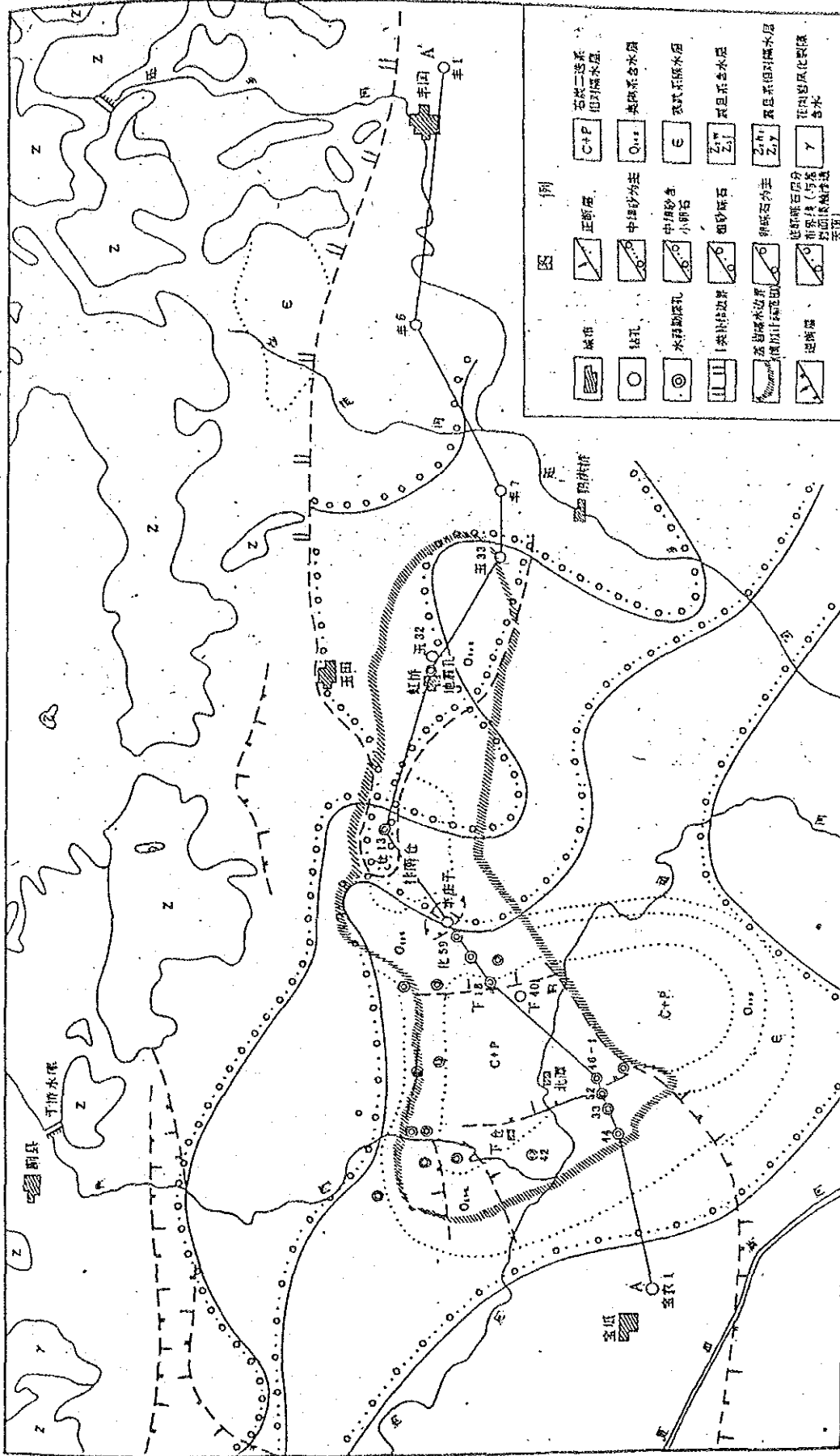
参考図-5は、ある河谷平原約30km²を対象に9,500 m³/日の地下水開発を目的とした評価を数値シミュレーションにより行った事例を示している。図に示されるようにこの地域には揚水孔3孔のほか調査孔・民井あわせ27井が分布している。シミュレーション手法には有限要素法が採用され、調査地域は51ヶの三角形要素に分割され、参考図-6に示すように揚水に伴う地下水位低下を予測している。

中国の地下水分野における数値シミュレーション技術の水準は、ほぼ1970年代初頭の先進国の状況と同じと思われる。今後ハードウェアの導入に伴ない急速な進展が予想されるが、ハードウェアだけではなく、この手法を駆使した地下水資源評価技術の向上のためには、ソフト、ハードを含めた色々な段階での技術移転が必要と考えられる。

〔地下水開発事業計画、導水計画〕

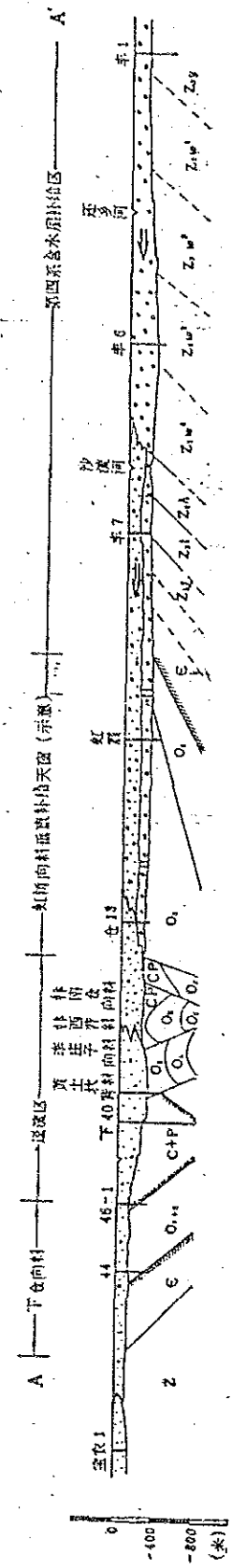
すでに述べたように、天津市地質鉱産局は地下水開発の可能性を調査により明らかにすることが任務となっており、その後の開発事業計画は公用局等の関係部局で実施する。

宝坻东部基岩浅埋区地下水资源模拟边界条件图



图例

城市	正断层	C+P	石炭二叠系
钻孔	中细砂岩	O ₁₋₂	粗砂岩
水井勘探孔	中细砂岩小卵石	E	玄武岩系水层
井类注水井	粗砂岩	Z ₁ W	玄武岩系水层
基岩水边线	砂页岩外注	Z ₂ W	玄武岩系相对隔水层
模拟计算边界线	花岗岩层	花岗岩层	花岗岩层
逆断层	花岗岩层	花岗岩层	花岗岩层



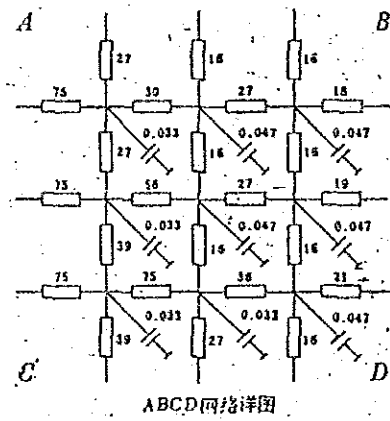
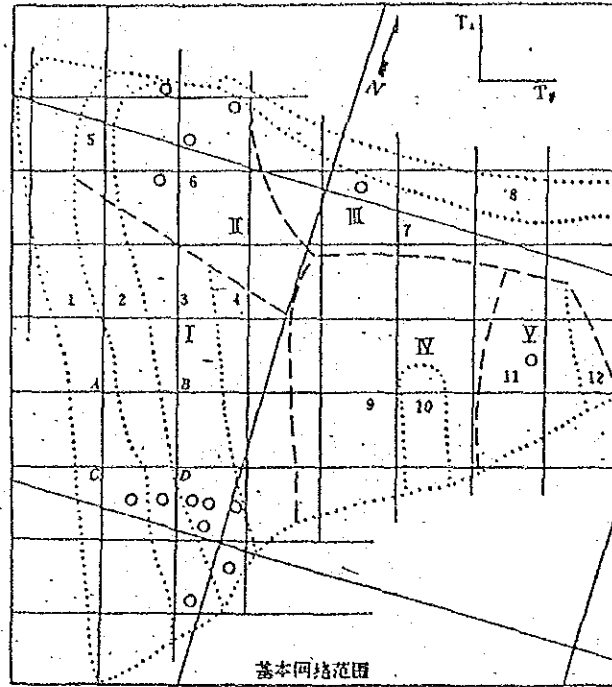


图 2-2-48 下仓地区地下水资源计算电网络模型图
电阻单位 $K\Omega$ ，电容单位 μF

参考-3

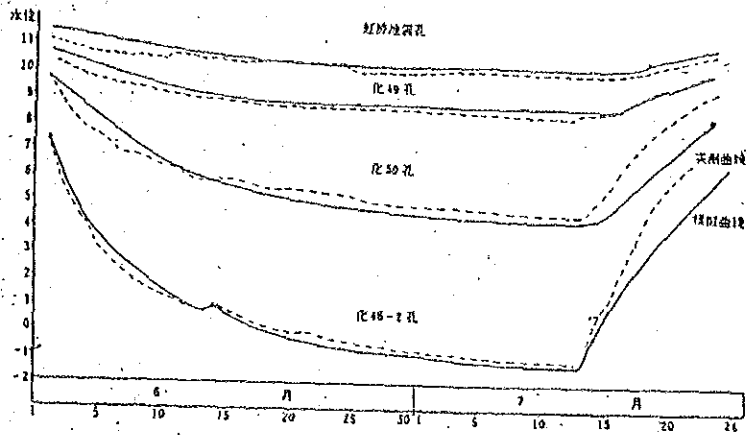


图 2-2-49 抽水实测水位与电模拟曲线对比图

参考-4

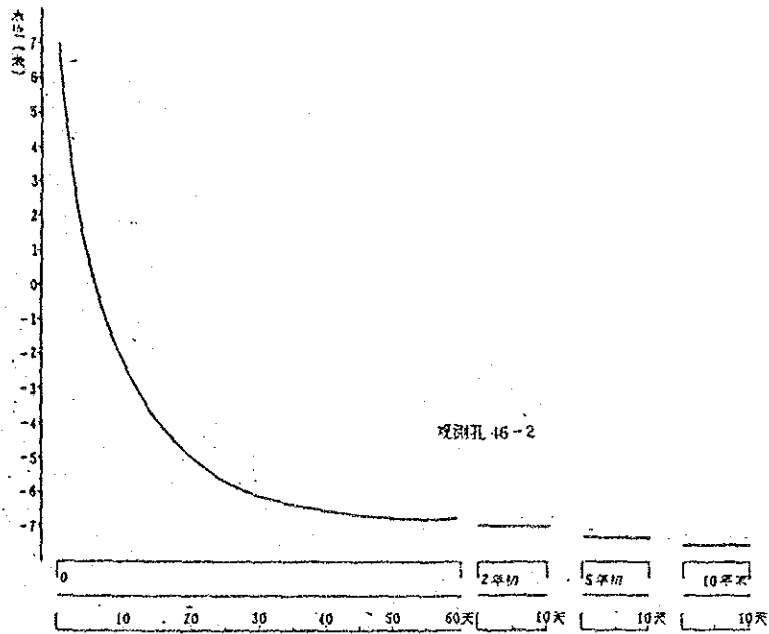


图 2-2-52 预报长期开采区域水位下降曲线图

参考—6

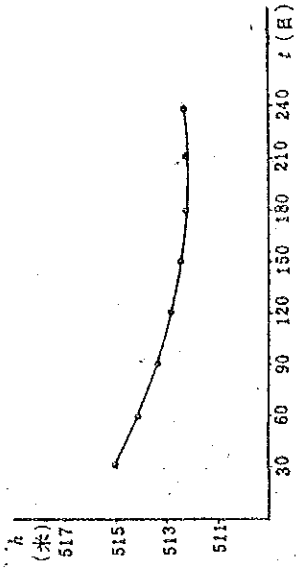


图 2—4—36

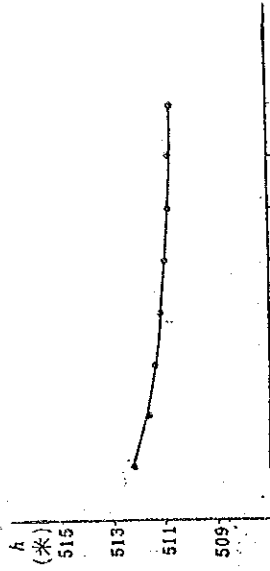


图 2—4—37

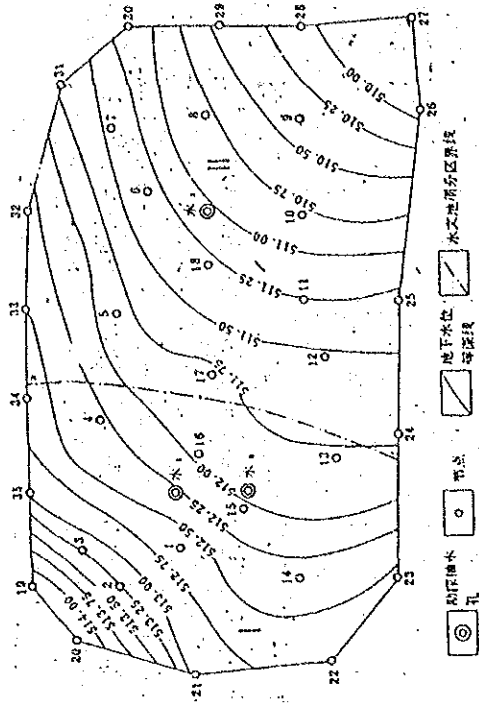


图 2—4—38

参考—5

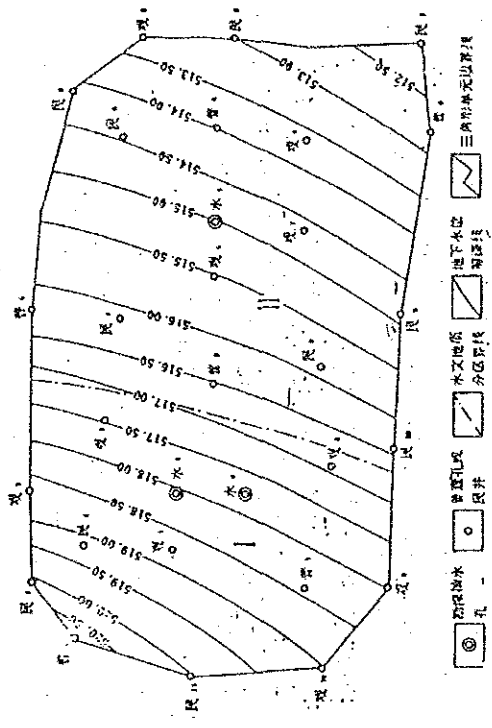


图 2—4—34

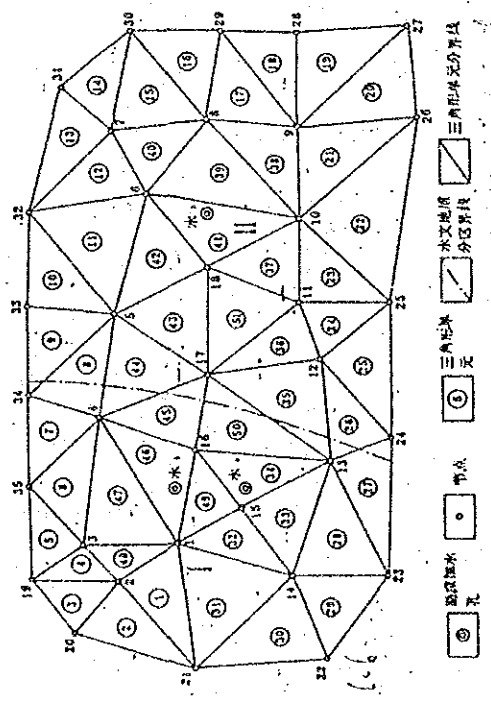


图 2—4—35

従って本格調査ではこの点を考慮し日本側の調査範囲を黄庄窪地区の地下水開発可能性、適正井戸配置、適正揚水量の検討までにとどめることが肝要である。ただし地区内における井戸建設事業費等については積算を行ない、社会経済性についても資料を収集分析し、中国側の事業計画に助言を行なう必要がある。

[モニタリング計画]

天津市街区はすでに地盤沈下が発生し、いくつかの被害も出ているため、調査と観測が実施されている。また、詳細は不明であるが、各用途ごとの揚水規制も行われている。

黄庄窪地区も、基本的に天津市街と同様の軟弱な沖積低地であることから地下水の過剰揚水に伴ない地盤沈下が発生する恐れがある。

中国側は、黄庄窪地区において開発当初から地盤沈下等のモニタリングを行なう必要性については特に言及していないが、本格調査においてはこの点についても指導と助言が必要と思われる。

(4) 調査体制及び機材の現状

i) 天津市地質鉱産局の体制

天津市地質鉱産局は、国务院地質鉱産省に属しており、地下水・鉱物資源および地熱開発の調査研究・計画立案に当たっている。その内部の調査体制は、図-12に示すようになっている。

黄庄窪地区の地下水開発を担当するのは、地質調査研究隊の水文地質・環境地質隊、物探隊、中心実験室などであり、試掘・ボーリング作業などの現場作業は第二地質勘探大隊が担当する。

地下水取水および配水的设计・施工等に関係する部局は天津市建設委員会に属する公用局およびその下部の自来水公司(上水道)、天津市農業委員会に属する水利局および下水道に関係する市政工程局などであり、調査完了後にはこれらの部局が事業主体となるものと考えられる。

天津市地質鉱産局の職員数は約1800人で、このうち技術者は327名である。多数の人員をかゝえているのは、ほとんどの作業を直営で行なっているためと思われる。

黄庄窪地区及びその他の地区の調査は1970年代の始め頃から開始されているようであるがあまり進捗はしていない。調査は天津市地質鉱産局のほか河北省地質局によっても実施されている。このほか、地区内の集落で独自に掘られた井戸もあり、調査資料として利用されている。

ii) 機材の現状

地下水開発調査に当っては多数の探査機器、掘削機、分析機器、コンピューターなどを必要とする。しかし、天津市地質鉱産局ではこれらの機材が著しく不足しており、保有しているものも老朽化が進んでいるため調査に支障を来している。

① ボーリング機械

地質鉱産局では地熱調査用に1000 m級の掘削が可能なボーリング機械を3台保有している。これらは1台がイタリア製であり、他の2台はルーマニア製である。

地下水開発や石炭など鉱物資源探査用としてのボーリング機械は中国製を3台保有している。これはXB・1000 Aと呼ばれるもので巻頭に写真を、図-13に主要規格を示す。この機械では1000 m位の調査ボーリングが可能であるが、大口径での深井戸掘削はかなり困難である。この機械は現在、天津市北部で石炭の探鉱に使用されている(巻頭写真参照)。

地質鉱産局ではこのほか、浅層の地質調査用ボーリング機械(20~30 m級)を4~6台程度保有している模様である。

② 物理探査機器

天津市地質鉱産局には、組織として物探隊があり各種の物理探査を行っており、電気探査及び電気検層は実施している。

しかし、黄庄窪地区一帯では浅層の地下水塩分濃度が高く、電気探査機による地下構造探査が困難となっている。これに代わるものとして、弾性波探査(反射法)が考えられるが、同局は機器を保有していない。

また、各種の孔内検層機器についても、地熱井戸用と共用しており数量、機種とも極めて不十分な状態にあり、老朽化が進んでいる(巻頭写真参照)。

③ 自記水位計

自記水位計による地下水位観測が行なわれていないので、黄庄窪地区ではまだ地下水位の連続観測記録は得られていない。これらの計器類は著しく不足しているためと思われる。

④ 揚水試験機器

水中ポンプは高揚程のものが入手しにくい状況にある。また、量水計、マッチ箱等のこまごました機械も不足がちであり、調査を円滑に進めることができない理由となっている。

⑤ コンピューター等

米国製および香港製と思われるパーソナルコンピューターが数台導入されており、A3版程度のプロッターが設置されているが、地下水のシミュレーション解析、各種データ処理、物理探査結果の解析等を行なうにはコンピュータ容量などのハードウェアとともにソフトウェアが不十分である。

⑥ 室内土質試験機器

物理試験は問題なく実施できる状態にあるが、力学試験装置は十分とは云えない。しかし圧密試験装置は旧式ではあるがかなり数が整っており問題はないと思われる。