

三軸圧縮試験装置は小型であり、1台保有しているのみである（巻頭写真参照）。

⑦ 水質分析機器

室内分析装置は一応整備されているが、旧式である。また、 Na^+ と K^+ の分離ができない。なお、野外での携帯用分析機器はない。

⑧ ケーシング等の資材

水井戸工事に必要なケーシング、スクリーン、ポンプ及び掘削時の消耗品は基本的には中国国内で調達できる。しかし、資材は常に不足がちであり、必要な時期に必要な数量を整えられるような状況にはない。

天津市地質鉱産局第二地質勘探大隊は、これらの資材置場になっており、ある一定量の資材は確保されている（巻頭写真参照）。

(5) 調査の問題点

総じて中国側の調査は、初期の定性的調査段階においては比較的水準も高く、基礎的な技術力もあり地下水調査にたずさわる専門家、技術者の能力は高いと判断される。しかしながら、黄庄窪地区の地下水開発を進めるにあたっては、次の3点の問題点を解決する必要がある。

- ① 調査機器類の不足と老朽化
- ② 地下水の定量的評価方法についての実践不足
- ③ 地下水管理・モニタリング計画の欠如

全体的にみて、1990年をめぐりに黄庄窪地区の地下水の利用を開始するためには、日本側の技術協力による調査のスピードアップが不可欠である。表-4にはこれまでの中国側の調査進捗状況と、今後行なうべき調査項目を示した。

表-3 天津市北部黃庄窪鑽孔統計表

孔号	鑽孔類別	鑽孔深度(m)	口徑(m/m)	掘削機類型	施工單位	施工日期(年,月)	試水情況	濾水管			電測有否	水質有否	井原安裝
								類型	口徑(吋)	管長(米)			
H 42	觀測孔	240.0	200	XB-600	地質局	1983.5.5 ~ 6.5	無	鋼	4"	40	有	有	無
H 32	觀測孔	240.43	200	XB-600	"	1983.4.16 ~ 5.20	有	"	4	45	有		無
H 35	水文勘探	238.16	200	XB-600	"	1982.5.4 ~ 6.10	無	"	4	50	有		無
化23	觀測孔	485.75	350	資料なし	資料なし	1976.4.20 ~ 5.6	有	鑄鐵	8	50	有		有
化19	水文勘探	495.51	200	"	"	1977.3.21 ~ 4.22	無	銅	4		有		有
補化74	觀測孔	498.00	150	"	"	1978.9.2 ~ 11.5	無	未下管	/	/	有		無
化17-2	地層孔	500.00	150	"	"	1978.12.12 ~ 1979.1.1	無	鋼	/	/	無		無
宝農-40	地質孔	501.00	400	XB-600	河北省	1974.4.5 ~ 7.45.13	有	"	10"	70	無		有
宝農-20	水文勘探	307.00	350	XB-500	地質局	1970.7.5 ~ 8.10	有	"	8	65	無		有
宝農-22	水文普查孔	347.00	350	XB-500	"	1970.1.19 ~ 12.23	有	"	8	65	無		有
化13-1	水文勘探	499.60	305	資料なし	資料なし	1976.6.27 ~ 7.15	無	"	8	40	無		無
Hs4(3本)	水文勘探	501.80	200	XB-600 地質局	地質局	1982.9.10 ~ 8.33.30	有	"	8	37.3 66.77 34.03	無		無

注：其他孔井（農村打井）無資料。

表 - 4 黄庄窪地区地下水開発調査進捗状況

	1. 完了項目	2. 未了項目	3. 追加必要項目	※) その他の他
I. 現地調査	① 地質調査ボーリング及び 試掘井(一部) i) 電気検層 ii) 柱状図 ② 揚水試験 i) 比湧出量 ii) 透水量係数(チーム法) ③ 水質分析 i) 地下水調査一般項目	① 地下水位分布(短期測水) ② 地下水位変動観測 ③ 貯留係数の算出 ④ 気象資料の収集・整理	① 地質(層序)ボーリング ② 揚水試験 ③ 水質分析	① 土質試験試料採取ボーリング ② 圧密試験 ③ 孔内検層(浅層部) (L.L.T, P.S検層)
	II. 解析	① 地質構造解析 i) 地質断面図 ii) 富水性区分 iii) 水質区分 iv) 層相区分	① 帯水層基底等高線 ② 粘性土(加圧層)層厚分布 ③ 地下水賦存量 ④ 水収支	① 地質構造解析補足
III. 生産井配置計画		① 井戸配置計画(深度・数量・地点・構造) ② シミュレーションによる予測 ③ 生産井長最適配置計画		

図-11 地下水開発調査概略フローチャート

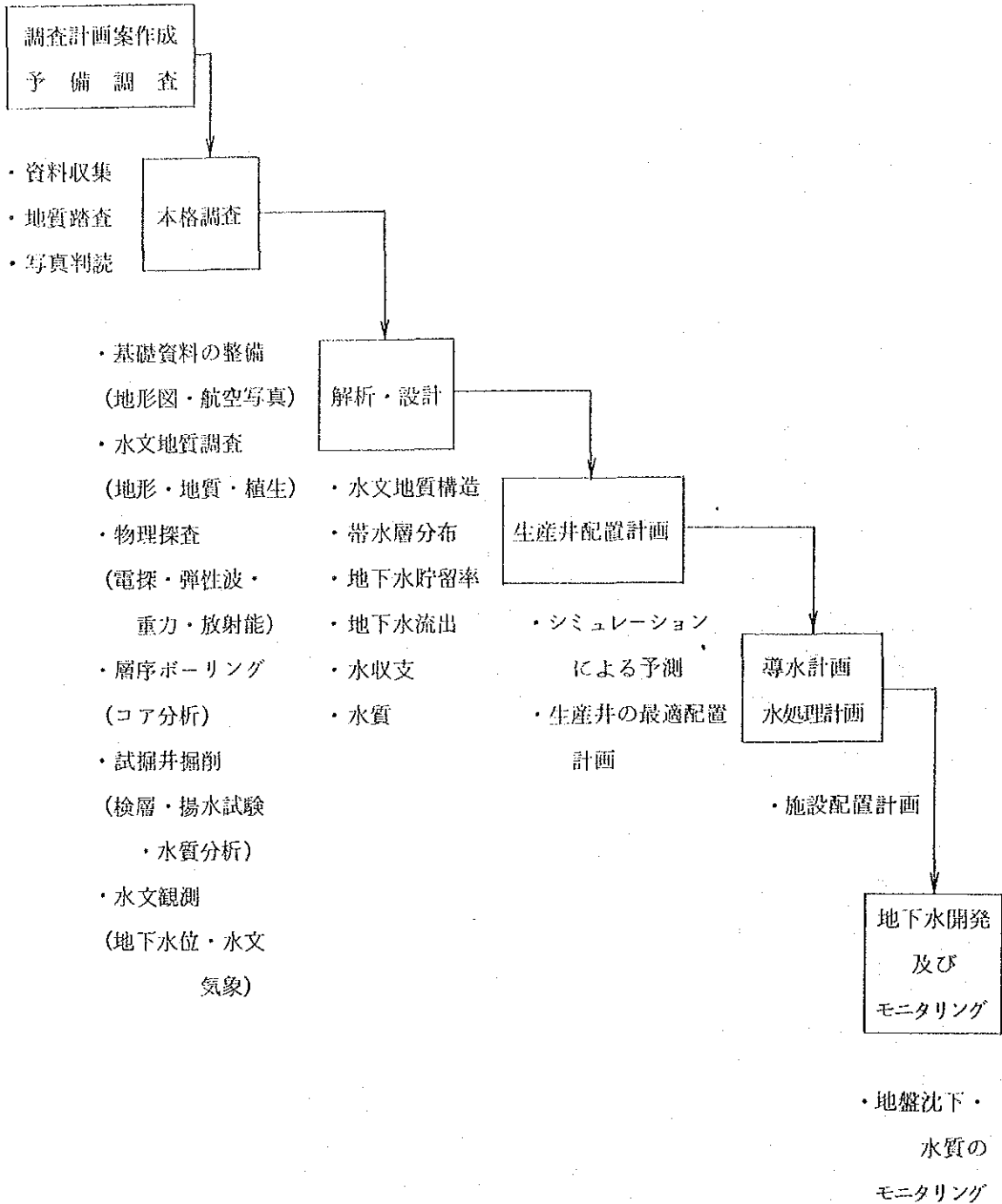


圖-12 天津市地質鈹產局組織圖

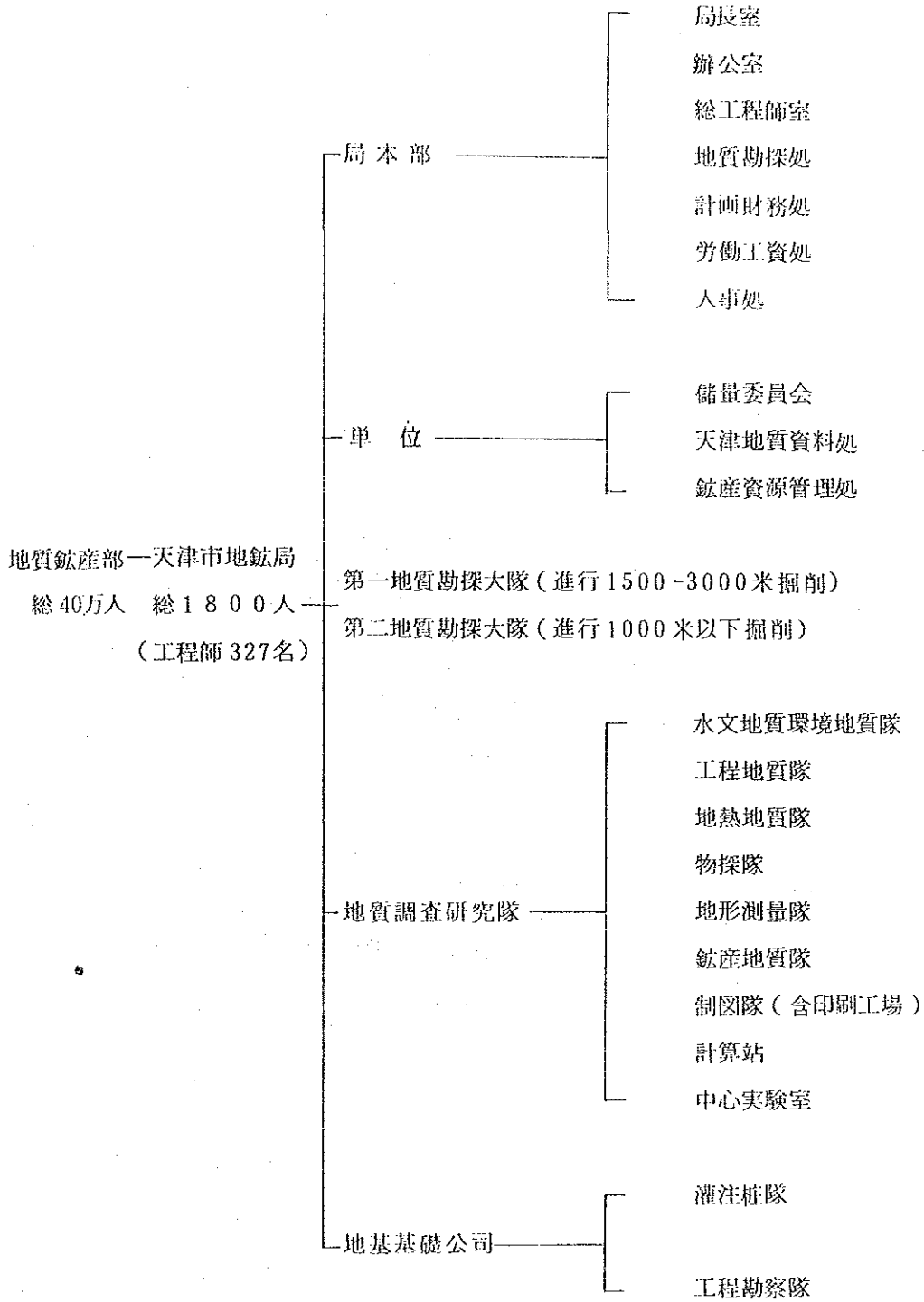


图-13(1)

XB·1000 A 型 钻 机

X B·1000 A型钻机主要用于钻进垂直和倾斜 45° 以内的地质勘探孔、煤田勘探孔。也可供石油勘测等用。

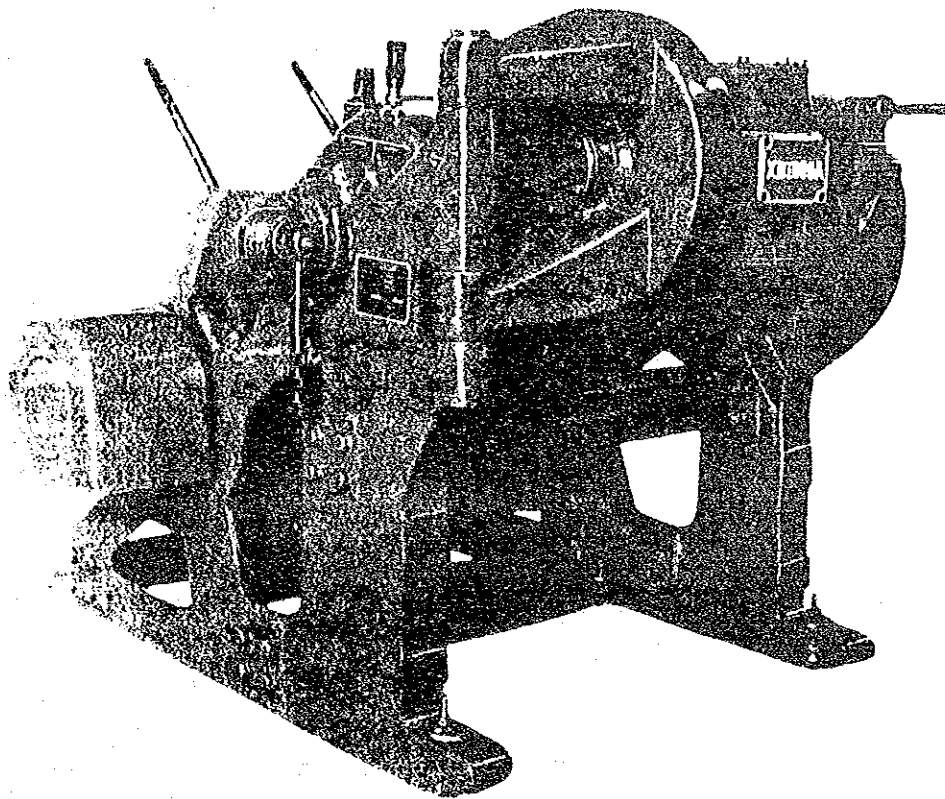
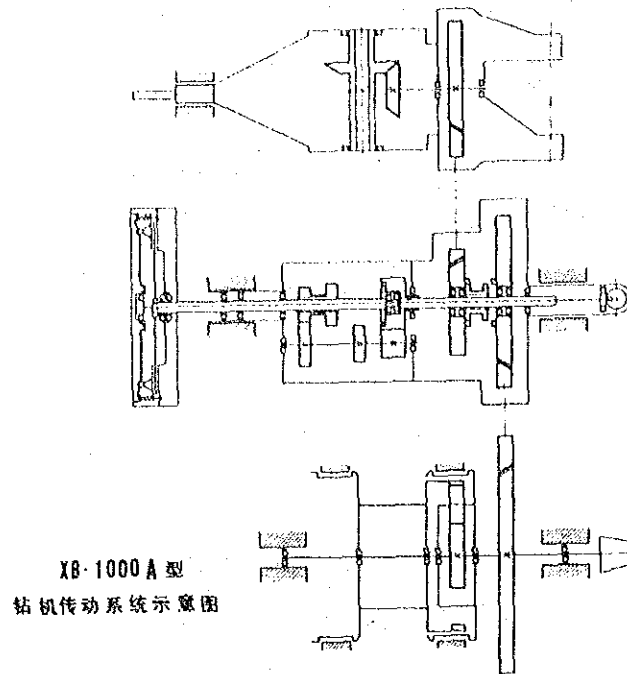


图-13(2)



主要规格

基本规格	钻孔深度	米	1000		
	开孔直径	毫米	146		
	终孔直径	毫米	56		
	钻杆直径	毫米	63.5, 50		
	立轴回转角度	度	90~45		
	钻机重量	公斤	2850		
	外形尺寸(长×宽×高)	毫米	2925×1625×2440		
回转器	主动钻杆(六角对边×对角×内孔)	毫米	80×92×φ30		
	立轴转速	转/分	75, 150, 300		
卷扬机	最大起重量	公斤	3000		
	卷筒直径	毫米	350		
	卷筒容量	米	50		
	卷筒圆周线速度	米/秒	0.8, 1.6, 3.2		
	钢丝绳直径	毫米	21.5		
动力机 (选用)	名称	型号	功率	转速	重量
	电动机	JQO ₂ -82-4	40 瓩	1470转/分	425公斤
	柴油机	4135T型	80 马力	1500转/分	1280公斤

生产厂： 张家口探矿机械厂

IV 本格調査への提言

本調査は1990年を目標とした天津市の生活用水改善に資するため、天津市地下水源地「黄庄窪」地区（300km²）における地下水源開発基本計画を策定するものである。

日本側は、本調査の期間中、調査に参画する中国側専門家に対し調査業務を通じ、技術移転を行なうものとする。

前章までに述べた中国側の調査実施状況や調査体制、さらに調査資機材の現状をふまえ、黄庄窪地区の地下水源開発のための本格調査について考慮すべき事項を述べると次のようになる。

IV-1 調査項目・内容

1. 調査項目

本格調査において必要と考えられる調査項目は次の10項目となる。

- (1) 既存資料の整理
- (2) 物理探査
- (3) 地質調査ボーリング及び土質試験
- (4) 揚水試験井及び観測井の掘削
- (5) 揚水試験
- (6) 水質分析
- (7) 測水調査
- (8) 水文地質解析
- (9) 生産井配置計画作成
- (10) 事業実施計画に関する助言

これらの調査をフローチャートで示せば図-14のようになる。

2. 調査内容

(1) 既存資料の収集・整理

黄庄窪地区の地下水かん養、貯留、流動の実態を解明するための基礎資料として、次の項目について既存資料の収集・整理を行なう。この場合、地区内だけではなく、広く周辺地域も含めて収集・整理を行なうことが必要である。

- ① 地質柱状図及び検層図
- ② 揚水試験記録
- ③ 地下水水質分析資料
- ④ 気象資料（日降水量，月平均気温，月蒸発散量：20ヶ年程度）
- ⑤ 河川流量資料（日別・月別）
- ⑥ 土地利用資料

⑦ 水利（用水系統，使用量）関連資料

⑧ 地下水利用実態資料

(2) 物理探査（弾性波探査）

一般に物理探査は，広域の地質構造を把握し試掘地点決定のための資料を得るために行なうものである。地下水調査で通常よく実施される電気探査は，本地区の浅層部の塩分濃度が高いため，深部の探査に問題があり，本調査では弾性波探査を予定する。

しかし，調査地区の地下地質は未固結の砂層・粘土層が頻りに互層しており，通常の物理探査手法では地層区分を行なうことは極めて難しいと判断される。とくに屈折法弾性波探査ではよい成果が期待できない。

本調査では，中国側の実施要望が極めて強いので石油・天然ガスなどの資源探査の分野で行なわれている反射法弾性波探査を比較的浅層部について試みるものとする。

(3) 地質調査ボーリング及び土質試験

既存のボーリング資料の不足を補なうためにコアボーリングを実施する。掘削深度は約 500 m とする。100 m 以浅の数点でシンウォールサンプリングを行ない，採取資料を用いて土質試験（圧密試験）を実施することが望まれる。

掘削終了後，検層及びケーシングを行ない，後述する揚水試験の観測孔として利用する。ストレーナーは，第Ⅳ層に設置するものとする。なお，調査位置は，図-16の4ヶ所程度を予定する。

(4) 揚水試験井及び観測井の掘削

揚水試験井と揚水試験観測井の掘削を行なう。黄庄窪地区の主帯水層はⅠ～Ⅳ層の4つに大別される。このうちⅠ層は塩分濃度が高いため対象から除外し，Ⅱ～Ⅳ層の各層に試験井と観測井を配置する。配置は下図に示したように，試験井1本に対して観測井2本を配列する形とするが，このうち500 mの観測井1本は，前述した地質調査ボーリング孔を利用する。

掘削地点は，図-16の地点を予定するが，既存の資料の有無を勘案し，一例として掘削数量は，表-5のようになる。

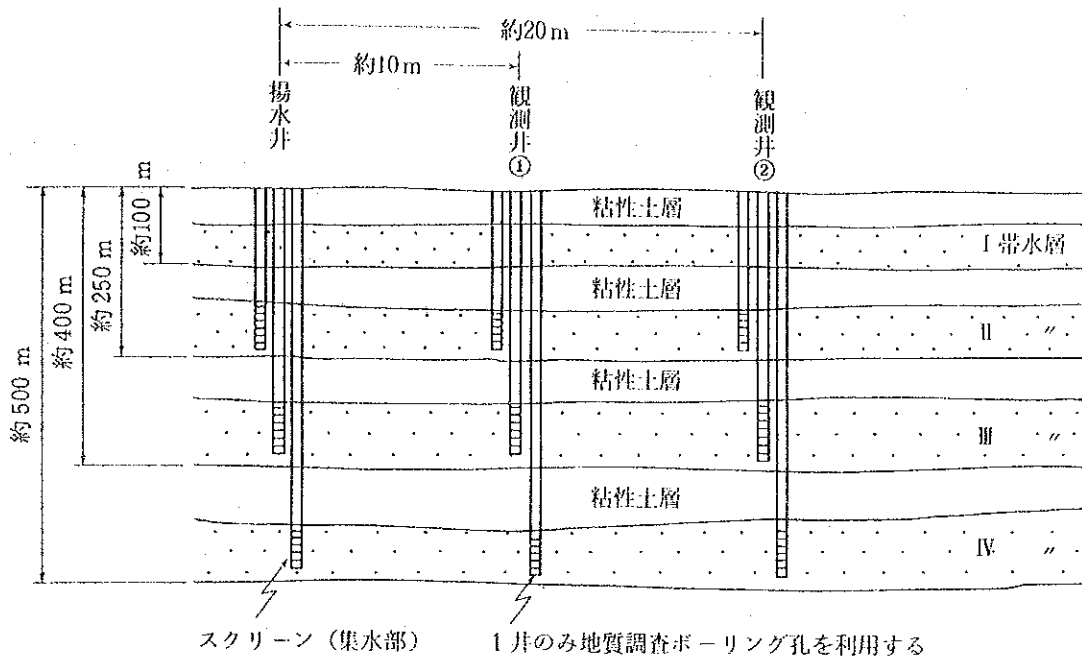


図 - 15 揚水試験井・観測井配置模式図

表 - 5 地点毎の試験井・観測井の設置要領〔例〕

地点	揚水試験井			観測井		
	500 m	400 m	250 m	500 m	400 m	250 m
①	○	○	○	○	○	○
②	○	○	—	○	○	—
③	—	○	○	—	○	○
④	○	○	○	○	○	○
⑤	○	○	○	○	○	○
計 (ヶ所)	4	5	4	(4)*	10	8

○印のみ掘削

* 1本は調査ボーリング井代用

なお、調査期間内には上表の5ヶ所の実施が困難と思われるので、現地条件に応じ3ヶ所程度の実施を目標とする。

(5) 揚水試験

前項の揚水試験井と観測井等を用いて揚水試験を実施する。これにより、実際の一井当り揚水量と水位降下の関係を求める。また、開発可能量算定に不可欠な水理定数を求

めるとともに、水質分析資料を採取する。

① 揚水試験は、本調査で掘削した揚水試験井・観測井で行なう他に、H32, H4, H5 など既存の井戸で実施可能なものについても実施する。また、実施不可能なものについても掘削時の試験記録を整理し再解析を行なう。

② 揚水試験は、段階試験（3段階以上）、定量試験、回復試験の3通り実施する。

③ 揚水試験結果の解析は、タイス、ヤコブ等の解析法の他に、ハンタッシュ・ヤコブの標準曲線法、ハンタッシュのt-s曲線法など漏水補給を考慮した方法も併用して実施する。この結果から次の水理定数を算定する。

a) 透水量係数

b) 貯留係数

c) 漏水係数

d) 比湧出量

(6) 水質分析

揚水試験及び既存井戸より採取した地下水の水質分析を行ない、帯水層別及び地域別の水質特性を明らかにし、地下水のかん養・流動機構を検討する。また、水道水源としての適否も明らかにする。分析項目は次のものとする。

1) 地下水調査一般項目

HCO_3^- , Cl^- , SO_4^-

K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}

2) 水道項目

NO_3^- , NO_2^- , NH_3^- , F^- , ClO_3^-

Cr^{6+} , Fe , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , 総硬度

その他必要項目

(7) 測水調査

地下水のかん養状況等を把握するために、地下水及び河川水の水位の観測を実施する。

① 地下水位の一斉観測

黄庄窪地区及び周辺地域の既存井戸、本調査で掘削した観測井を利用して地下水位の一斉観測を実施する。一斉観測は豊水期、濁水期を含めて年4回程度実施する。この結果より、時期別・帯水層別の地下水位等高線図を作成し、調査地域周辺の地下水の分布と流動状況を明らかにする。

② 地下水位の長期観測

本調査で掘削した揚水試験及び既存井戸の代表的なものについて自記水位計による地下水位の長期観測を実施する。この結果より、各点・各帯水層毎に日平均水位を求め、降水量資料と対比した地下水位変動図を作成する。

なお、地表水との収支を考察する上から第Ⅰ帯水層についても1～2ヶ所の長期観測を実施する。

観測ヶ所は図-16に示した16ヶ所を予定する。

③ 河川水位の観測

地表水と地下水の収支を考察するために、黄庄窪地区の河川、主要水路の水位変動を観測する。

(8) 水文地質解析

前項までの調査結果にもとずき、黄庄窪地区及び周辺地域の水文地質状況の解析を行なう。解析結果から次の図を作成する。

- ① 水文地質断面図
- ② 富水性区分図(比湧出量分布図)
- ③ 地下水水質区分図
- ④ 帯水層基底等高線図
- ⑤ 粘性土(加圧層)層厚分布図

また、これらの図などにもとづき、次の事項について解析を行なう。

- ① 地下水賦存量
- ② 地下水～地表水の水収支

(9) 生産井配置計画

以上の水文地質解析結果にもとづき、シミュレーションにより黄庄窪地区の適正井戸配置計画と適正揚水計画(開発可能量)を求める。

シミュレーション手法による地下水開発可能量評価の手順を図-17に示す。

1) 地下水開発許容要件の検討

地下水開発可能量(適正揚水量)を評価するための要件はいろいろなものが考えられるが、黄庄窪地区においては具体的に下記の要件を検討する必要がある。

- ① 地下水かん養要件：水収支計算により検討する。
- ② 水質要件：主として塩水化の観点から汚染および漏えいの可能性を評価する。
- ③ 地盤沈下要件：地下水位低下に伴う地盤沈下量試算により検討する。
- ④ 経済要件：地下水位低下に伴う揚水コストの増加の面から検討する。
- ⑤ その他

これらを総合的に評価し、さらに個々の深井戸の水理条件を加味して、暫定的な許容限界水位(管理目標)を設定する。

2) 適正揚水配分案の検討

前項で求めた暫定許容限界水位以内で可能な最大揚水量とその地域配分案を検討す

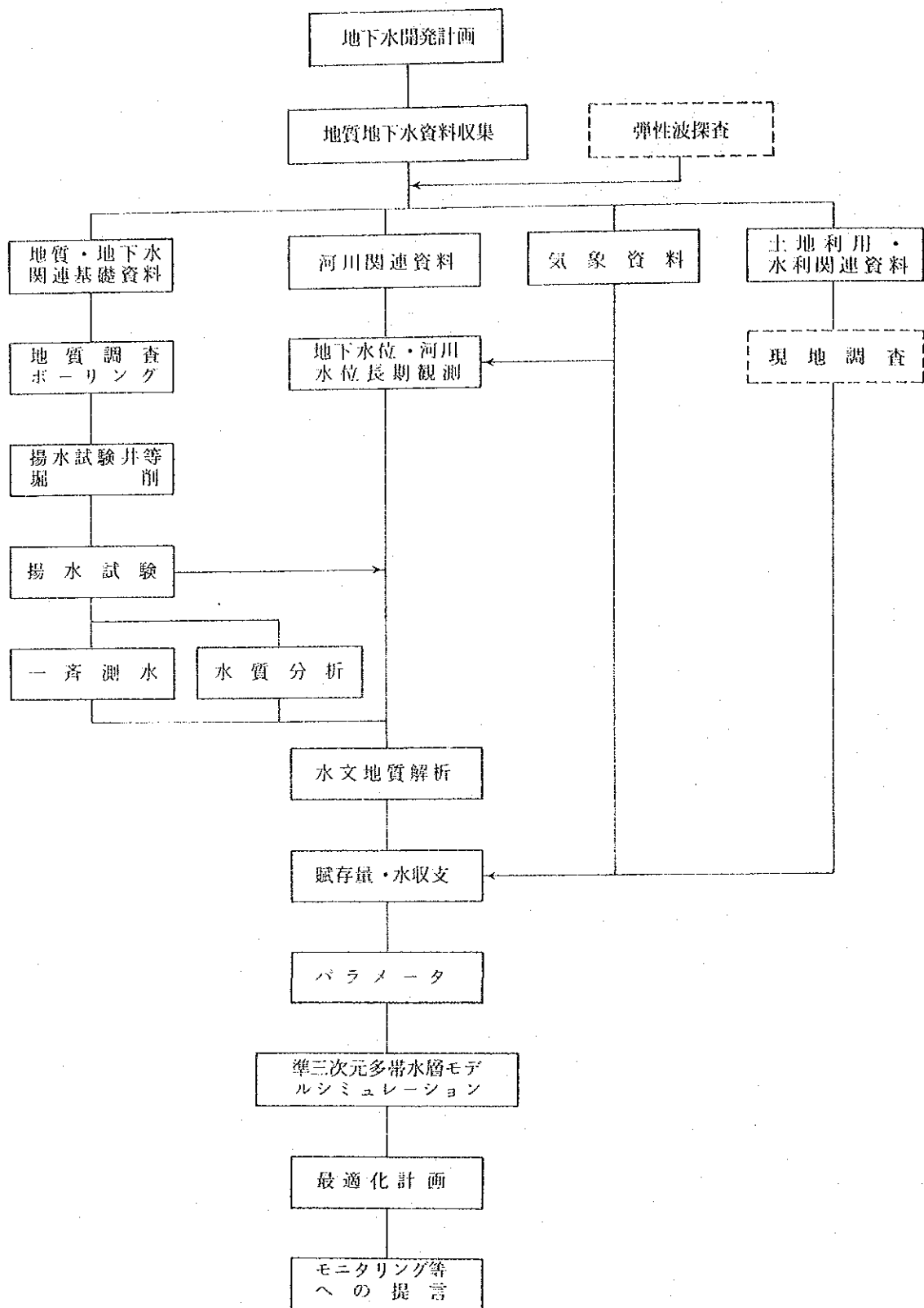


図14 黄庄窪地区地下水開発調査流れ図

る。その手法としては、線型計画法(L.P.)と帯水層モデルのカップリングが考えられる。

- ① 帯水層モデルは、水文地質構造解析結果にもとづき単純化した水平二次元単層モデル、または準三次元単層モデルを作成する。
- ② 上記の帯水層モデルと線型計画法のカップリングを行なう。
- ③ 生産井配置案を作成して、上記のモデルにより地区全体の揚水量のある限界水位内で最大になる揚水量(適正揚水量)を求める。

3) 地下水位・地盤沈下の将来予測

前項で求めた適正揚水量配分により、将来の地下水位、地盤沈下予測を行ない、それが暫定許容限界水位以内におさまるかどうかの確認を行なう。このため、帯水層モデルは水文地質解析結果にもとづく詳細な準三次元多層モデルを作成し、その非定常解析を行なう。

① 水文地質構造のモデル化

黄庄窪地区の水文地質構造は少なくとも4層に大別されるので、図-18のような多層モデルを作成する。

② 初期・境界条件、帯水層定数の入力

黄庄窪地区の水文地質、揚水試験結果、測水結果及び水収支解析の結果から帯水層モデルの諸条件を設定し、各定数やかん養量を入力する。

③ モデルの内挿検定

前項①、②により作成されたモデルが現実の地下水位の流動状況をよく再現しているかどうかの検定を行ない、適合度が悪い場合には各条件や定数の入力値を修正し、モデルを完成させる。

本格調査の期間中に黄庄窪地区の地下水位観測を行ない、この結果を内挿検定のための入力データと検定データとして使用する。期間が短かく、地下水揚水が開始される前の地下水流動を表わしているので、内挿検定の精度は低いと予想される。従って、本格調査後も地下水位観測を継続し、そのデータを用いた内挿検定を行なってモデルの精度を向上させて行く必要がある。

④ 地下水位・地盤沈下の将来予測

内挿検定により固定化されたモデルを用い、黄庄窪地区の生産井が稼動した後、地下水位がどのように変化するかを予測する。あわせて、地盤沈下量の予測も実施する。ただし、地盤沈下量はあくまでも本格調査で実施する圧密試験結果にもとづく理論値(試算)であり、この点についても本格調査後の観測による修正が必要と思われる。

予測結果を地下水開発許容要件および暫定許容限界水位にてらして許容しうるか

どうか判定する。許容要件をみたさない場合やさらに別の観点からの代替案は2)の手順に戻り再び適正揚水量配分案を求め、その結果をモデルに入力し、予測を繰り返す。

予測期間は開発後20年間程度とする。

予測結果は、各予測年次の地下水位分布図、地盤沈下量分布図、地下水位変化図(時系列図)、地盤沈下量変化図(時系列図)であらわす。

⑤ 適正井戸配置計画・適正揚水計画

予測結果から最も適正と判断される揚水配分案とその時の井戸配置案をもって開発計画案にとりまとめる。

⑩ 事業実施計画に関する助言

黄庄窪地区の地下水開発のための井戸建設費の積算を行ない事業計画への提言を行なう。また、地下水保全、地盤沈下防止のためのモニタリング計画についても助言を行なう。

1) 井戸建設費積算および事業計画への助言

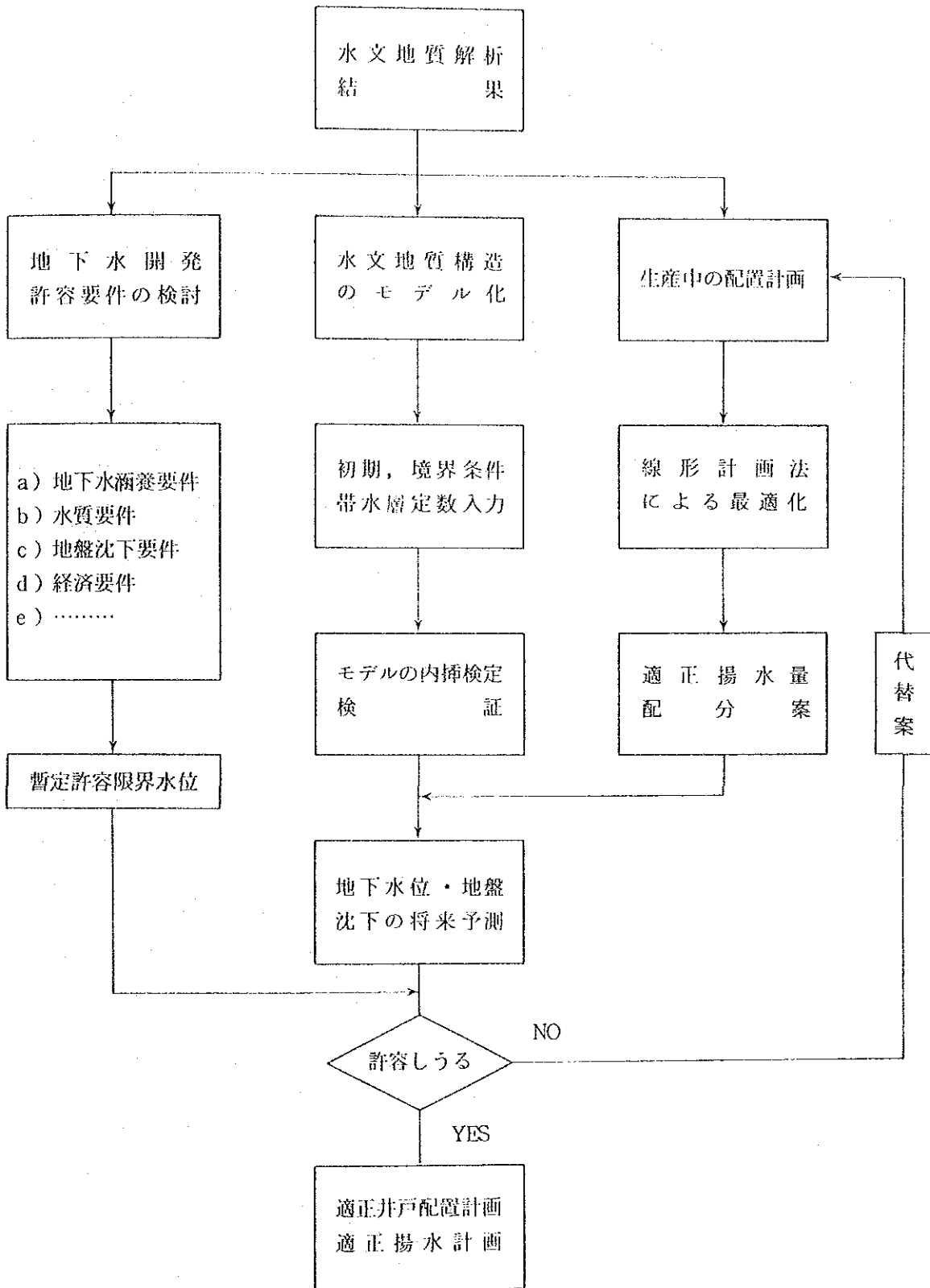
シミュレーションで求めた適正井戸配置計画と各井戸の標準諸元にもとづき生産井の建設費を算定する。あわせて、黄庄窪地区内での取水、送水に関する施設の概念を設定し、その建設費を試算するものとする。

中国側関連部局よりヒアリングおよび資料収集を行ない、黄庄窪地区から消費地までの送水路、ポンプ場、浄水施設、配水施設等の導水建設事業計画について提言をとりまとめる。

2) モニタリング計画への助言

地下水位、水質、地盤沈下の3項目の観測場所、観測方法、観測項目等の提案を行なう。さらに中国側の地下水管理方式との調整を行いつつ、黄庄窪地区の地下水保全・管理の基本方針策定に関し、助言を行なう。

図17 黄庄窪地区 地下水開発可能評価フローチャート



水収支シミュレーション

水収支シミュレーションの概要

シミュレーションとは、現実のシステムの動態を調べるにあたって、システムそのものを対象とせずその要素だけを取りだして現実の状況を反映するモデルを設定し、そのモデルで実験をおこなう手法です。

地下水の量的評価にもこのシミュレーション手法を適用することができます。この手順は右の図に示したような流れをおこないます。

モデルシミュレーションプログラムの概要

モデルは現実のシステムを単純化し、相似するようにあらわしたものと定義することもできます。そこで限定された条件のもとでは、現実のシステムの動態を良く反映したものでなければなりません。それゆえにモデルの同定(内挿検定)は重要な作業となります。

固定化されたモデルは現実のシステムに対する外からの働きかけやある条件下での影響を評価するために利用されます。

水収支モデルのプログラムは種々用意されています。また数値解法には差分法(FDM)や有限要素法(FEM)を用います。

進一次元多層帯水層系モデル

水収支基本式

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_1 \frac{\partial h_1}{\partial y} \right) = S_1 \frac{\partial h_1}{\partial t} + (W)$$

$$W = Qd_1 - L_1 + L_2$$

T : 透水量係数、 S : 貯留係数

h : 被圧水頭、 H : 不圧水位、 Qd : 揚水量

添字は帯水層の番号、 L : 漏水量

$$L_1 = k_1/b_1(H-h_1)$$

$$L_2 = k_2/b_2(h_1-h_2)$$

k/b : 漏水係数

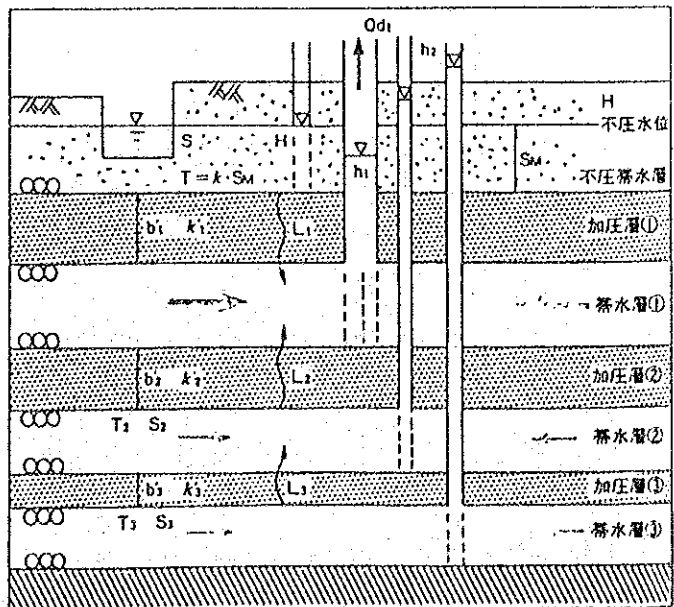
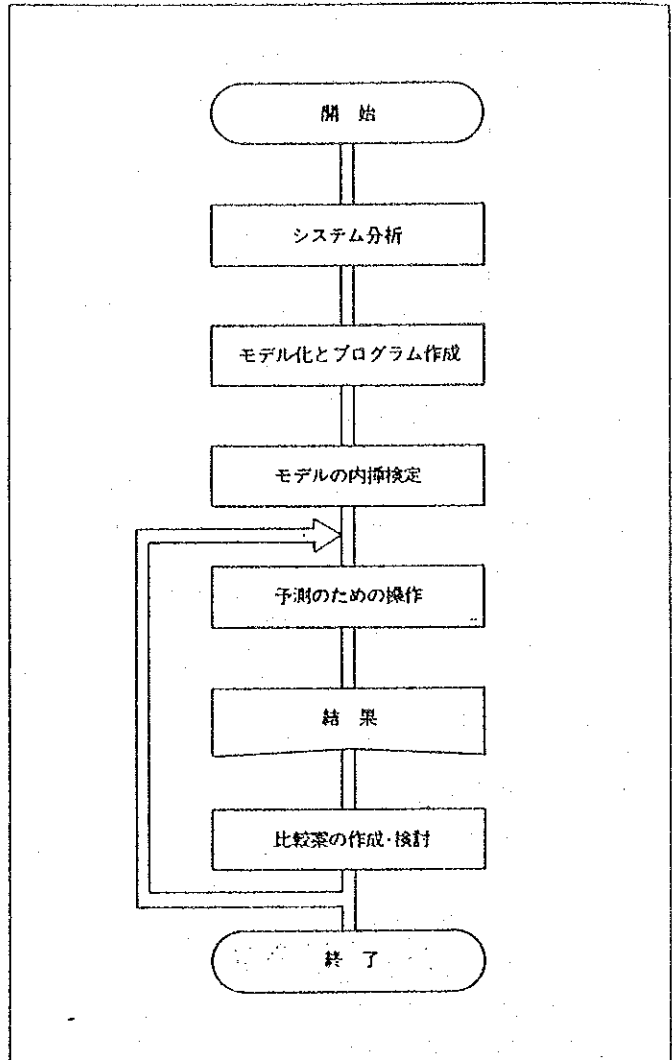


図-18 多層帯水層モデル

3. 調査工程

表-6 調査工程表 (暫定案)

—— 調査実施主体
 - - - - 調査協力

調査工程	第 1 次					第 2 次					備考														
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月		9月	10月	11月											
調査全体工程	11月2日	11月12日	11月23日	11月31日	12月5日	4月5日	4月8日	4月10日	4月11日	4月12日	4月13日	4月14日	4月15日	4月16日	4月17日	4月18日	4月19日	4月20日	4月21日	4月22日	4月23日	4月24日	4月25日	4月26日	
(資機材調達)																									
① 既存資料収集整理 調査工程確定																									
② 物理探査																									
③ 調査ボーリング (中国側機材)																									
④ 揚水井掘削 (日本側調査機材)																									
⑤ 観測井掘削 (日本側調査機材)																									
⑥ 揚水試験																									
⑦ 水質分析																									
⑧ 河川水位観測																									
⑨ 水文地質解析																									
生産井配置計画 (シミュレーション等)																									
報告書																									
備考																									

VI-2 調査体制

1. 日本側調査体制

本調査の特徴の第一は、日本側より携行する新鋭の調査機器を投入した計画的調査により1990年を目標とした地下水開発のスピードアップをはかることである。第二の特徴は中国側ではほとんど実施されていない、シミュレーション手法を用いた地下水資源の定量的評価を行なって適正な生産井配置計画と適正揚水計画を立案することである。

このため、現地調査の大半は中国側で実施し日本側調査チームは現地においては個々の専門的事項の要所をおさえる方針で対処する。また、日本側は、最終的な成果となる生産井配置計画及び適正揚水計画のための解析評価に注力するものとし、併せて中国側への技術移転をはかるものとする。

日本側調査チームの、各担当ごとの役割及び必要な資格をまとめると、次のようになる。

(1) 総括

本調査全般にわたる企画、調整、運営の全責任をもち、本開発調査の総括を行なう。水資源全般についての知識があり、プロジェクトの社会経済性についても視野を開くことのできる水文地質家が望ましい。

(2) 水文地質

地下水開発のための水文地質調査及び解析を担当する。物理探査、地質調査ボーリング、さく井、揚水試験の各作業を各担当とともに企画し、中国側を指導する。それらの各調査結果を総合して水理地質図、断面図等の地下水資源評価の基礎資料を作成する。地下水評価担当と協同で、本調査地区の適正井戸配置計画及び適正揚水計画をとりまとめる。本担当はさらに中国側の事業実施計画に関する助言を行なう。

(3) 物理探査

電気探査、弾性波探査、各種の孔内検層など物理探査全体を担当し、中国側に機器の操作方法、探査手法、解析手法を技術指導する。また、各探査結果について解析・評価を実施し、水文地質担当へ資料を提供する。

最新の物理探査機器のハード・ソフト両面に詳しい地球物理技師が望ましい。

(4) さく井指導A

トラック搭載型大口径深井戸掘削機の機長を担当する。日本側より携行する掘削機及びその関連機器を組立て、中国側機長、助手、作業員を動員して深度500m前後の深井戸掘削を実地指導する。

(5) さく井指導B

深井戸掘削の間、さく井指導Aに協力し、スクリーン及びケーシングのセットを指導する。さらにケーシングセット後の井戸仕上げ作業を担当し、中国側を技術指導する。

なお、仕上げ後の揚水試験も併せて担当し、水文地質担当に資料を提供する。本担当は深井戸工学の専門技術者であることが望ましい。

(6) 水質分析

地下水の水質分析を担当し、地球化学的観点及び各種用水の水質基準の観点から地下水水質を評価し、水文地質担当に資料を提供する。水質分析機器の取り扱い方法を熟知している地球化学技師、または化学技師が望ましいが、この方面を経験している水文技師でも可能である。

(7) 地下水評価

水文地質調査結果を総合して、黄庄窪地区の地下水シミュレーションを実施する。水文地質担当と協同で、シミュレーション結果にもとづき本地区の地下水資源の評価を行ない、適正井戸配置及び適正揚水計画をとりまとめる。

本担当は地下水モデリング・評価作業に十分な経験を有する水文技師が望ましい。あわせて、マイクロコンピューター及び周辺機器の操作及びプログラミングの技術指導を行なう能力を必要とする。

(8) 事業費積算

適正井戸配置及び適正揚水計画案にもとづき、標準的仕様による井戸建設費の積算を行なう。黄庄窪地区の地下水開発の事業化は本調査により開発可能性を明らかにした後、中国側で別途に検討することになるので、その導水計画案等について助言を行なう。給・配水計画の経験のある設計技師が望ましい。

2. 中国側調査体制

本調査の現地作業は中国側が主体的に実施し、要所について日本側調査チームの技術指導をうける。また、解析・評価は日本側に協力し、技術移転を受ける。

本調査の中国側体制は、天津市地質鉱産局付少華(Fu Shao Hua)副局長の総括のもとで、同局の地質調査研究隊および第二地質勘探大隊がプロジェクトチームを編成して対応する。

地質調査研究隊は主として調査解析を担当する。水文地質調査、物理探査、室内分析等を担当するカウンターパートは約5名を地質調査研究隊内部の水文地質環境地質隊、物探隊、中心実験室等から配置する予定である。

第二地質勘探大隊は、調査ボーリング及び水井戸掘削等の現場作業を担当する。同隊は天津市北部郊外に位置し、黄庄窪地区までは約1時間の距離にあり、現場作業の基地となるものである。

通常のボーリング作業では、掘削機1台に機長、助手、人夫あわせ約30人を配し、24時間3交代制で掘進している。

本調査では、日本側調査団の不在の間にも、中国側掘削機により調査ボーリングを行な

う計画である。これについては、従来より中国側で実施しているのと同様の機材及び人員を配置する予定である。

調査用機材の主要なものは日本側が携行するので大きな問題はないと思われるが前述のように、調査ボーリング及び室内土質試験は中国側機材により実施することになっている。また、掘削用資材の大半は中国側で準備するが、水井戸スクリーン及びケーシングの一部を日本側が携行する。ケーシングは原則的に中国側で準備するものであるが、国内事情により必要数量が確保できない恐れがあるので、日本側が一部携行する。

現地調査に伴う諸手続、渉外、仮設、消耗資材購入、運搬、機材組立、給排水、掘進作業、解体、跡片付け等の現場作業は中国側が実施する。またこれに伴う諸費用（材料費、動力費、借地費、その他、但し日本側機材の修理費は除く）についても中国側が予算措置をとる予定である。

IV-3 日本側資機材

本調査の実施にあたっては、調査項目と内容にてらして必要な調査機材を携行し、短期間のうちに精度の高い調査データを取得し、地下水開発計画のスピードアップをはかる必要がある。

中国側機材の現状はすでに述べたように調査機材が全くない状態ではないが、全てが旧式であり老朽化が進み、絶対数も不足している。そこで、本調査では、必要度が極めて高く、効果が期待できるものに限定し、表-7に示す10項目の調査機材を現地に持ち込み、これら新鋭の機器類を駆使して調査、精度の向上と工程の短縮をはかることとする。

(1) 弾性波探査機（本格調査を通じ、必要と判断した場合）

深井戸掘削ポイント、掘削深度を設定するためには地下の水文地質構造を物理探査などの間接的方法により把握する必要がある。弾性波探査機は、その一方法として、弾性波（P.S波など）を利用して地下構造の調査を行なうための機械で、本調査地区においては反射法弾性波探査を行なうため、携行するものである。

黄庄窪地区は表層の塩分濃度が高く、通常行なわれる比抵抗法電気探査の適用が難しい。これに代わるものとしては重力探査、弾性波探査などが考えられるが、天津市地質鉅産局においては機器を保有していない。

弾性波探査（屈折法）は一般に地下水調査において適用される機会は少いのが日本の現状である。とくに、黄庄窪地区のように軟弱な未団結堆積物が厚く発達するところでは、屈折法弾性波探査の結果から有意な結果を得ることはほとんど不可能である。

最近、機器類の発達や、コンピューター解析（ハード・ソフトとも）の発展により浅層部軟弱地盤の反射法弾性波探査が可能となりつつある。本調査においては電気探査が適用できないため、また弾性波探査について中国側の実施要望が極めて強いため、実施するな

らば比較的浅層部の地下の水文地質構造の解析に限られると思われるが、本方法を試みるものである。

(2) 井戸掘削機

本調査においては、帯水層の性質を判定するため3～5地点で各々250、400、500mの揚水試験井・観測井を掘削する予定であるが、この井戸掘削機はこれらの大口径深井戸掘削、井戸仕上げのために持ち込むものである。

中国側ボーリング機器は地熱や石炭の探鉱と併用しており本調査には地質調査ボーリング用に1台用意できる程度である。大口径の水井戸に仕上げるには中国側ボーリング機では多大な困難を伴うため、日本側の新鋭掘削技術を導入して深井戸施工期間を短縮する。

(3) 孔内検層機

ボーリング機械による掘削後、帯水層を判定し適切な井戸仕上げを行なうため、比抵抗、自然電位、温度、自然放射能、密度、キャリパーなどの孔内検層機器が必要である。

これらの検層項目の一部は中国側でも実施可能であり、かつ比抵抗、温度などの基本的項目だけでも十分な場合もあるが、帯水層の総合判定を行ない井戸仕上げの精度を向上させるため実施する。

(4) 揚水試験装置

揚水試験井・観測井掘削完成後、実際に地下水を揚水し、揚水量と種々の帯水層定数を把握するために揚水試験を行なうものである。これらも部分的に現地調達は不可能ではないが、揚程が高く、揚水能力の大きい水中ポンプ等は入手困難である。また、揚水試験装置としてセットにしておくことが調査上効率的かつ機動的であるため、本装置を携行する。

(5) ウェルスクリーン

井戸ケーシングに接続する収水部分は井戸の心臓部にあたり最も重要であり、湧水能力、水位降下量、砂の流出量、耐用年数などさく井の成果の優劣を左右する要素である。中国側でも在来の工法で作成したスクリーンを所有しているが必要数量の確保ができない状況にある。また材質、性能についても日本側のそれに比べ劣るようなので、本調査の揚水試験井のものを全量持ち込むものとする。

なお、ケーシングは基本的に中国側で用意されるが、資材調達の面に不安があるので、一部予備用として日本側から携行する。

(6) 自記水位計

既存井および本調査の観測井に設置し、地下水位の長期連続観測を行なうため携行するものである。この結果は、黄庄窪地区の地下水変動特性の解析や水収支解析の資料として、またシミュレーションの検証資料として利用価値は高く、効果が大きい。

現在、黄庄窪地区では地下水位観測が行なわれておらず、機器類も不ぞろいで、新しい機器の入手は全く困難である。

(7) 水質分析装置

地下水の水質分析を行ない、地球化学的観点と用水の水質基準の観点の双方から本調査地区の地下水水質を解析し、地下水開発可能性の資料を得るために行なうもので、極めて重要である。

水質分析は、中国側でも基本的に実施可能であり機材も不十分ながらも整えられている。しかし、これらはいずれも旧式であり分析に手間がかかる。また、 Na^+ と K^+ の分離が出来ない、野外での分析ができないなど問題も多い。本調査では、これらの問題を解決し、分析の高精度化、省力化、簡便化をはかるものとする。

(8) 小型電子計算機

現地調査により収集・観測する各種の水文資料の整理、シミュレーションモデルパラメータの作成・処理のためには、マイクロコンピュータ及びその周辺機器が必要である。

中国側では米国製のアップルおよび香港製とおもわれる8ビットのマイコンを設置しているが、容量が小さく、地質鉱産局内のごく一部の電算処理を実行しているにすぎない。また、ソフトウェアも不十分と考えられる。

調査地域の地質状況からみて、シミュレーションモデルは多帯水層モデルとする必要があると考えられ、多量のデータ処理が必要となる。そのため、日本側から最新鋭の16ビットマイコンを携行し、データの処理能力をパワーアップするものとする。また、16ビットマイコンは、計算時間の問題はあるが、簡便なシミュレーションの実施が可能であり、技術移転の観点からも効果的である。

(9) 作業車

現地調査の弾性波探査機、孔内検層機の運搬と、日本側調査チームの移動に利用する。日本側調査チームの移動は車輛の現地借上によることも不可能ではないが、中国の自動車事情と精密機器類の運搬という点を考慮しバンを2台持ち込むものとする。

(10) 複写機

現地事務所においては多量のコピー需要が発生するので、拡大・縮小可能な機種を一台携行する。

IV-4 調査実施に当たっての留意点

(1) 中国側との役割分担(現地作業)

本調査は、多数の掘削を始めとして、約1年間で基礎データを取得しなければならず、中国側との役割分担を明確にし、共同して作業を進めていくことが不可欠である。

① 日本側は、技術指導(移転)を主体とする。

② 地質ボーリング、観測井掘削、揚水試験、水質分析等は中国側で対応できるものと考えられ、日本側は機器の取扱い指導、選点等を主とし、中国側で大部分を実施する形が

〈中国天津市地下水源開発調査〉

表-7 日本側資機材リスト(事前調査団案)

項 目	構 成 又 は 概 略 仕 様	数 量	持込時期
I 弾性波探査機 (必要な場合)	<ul style="list-style-type: none"> ◦24成分増巾器, ディスプレイユニット, プロセッシングユニット, エンハンスメンユニット ◦探査付属品, ソフトウエアパック 	1 式	第2次
II 井戸掘削機及び 付 属 品	<ul style="list-style-type: none"> ◦トラック搭載型 ◦トップヘッドドライブ ◦掘進能力14$\frac{3}{4}$ビットで600m以上 	1 式	第2次
III 孔内検属機	<ul style="list-style-type: none"> ◦測定深度: 600m ◦測定項目: 比抵抗, 温度, 自然電位, 自然放射能密度, キャリパー 	1 式	第1次
IV 揚水試験装置	<ul style="list-style-type: none"> ◦井戸口径8インチ用, スターデルタ, 220V ◦揚水能力 1~1.5 m³/分 ◦揚 程 70~100m ◦ディーゼル発電機, 制御板他 	2 式	第2次
V スクリーン及び ケーシング	<ul style="list-style-type: none"> ◦スクリーン: $\phi 8"$(亜鉛メッキ), スロットサイズ 0.5mm, 開孔率15%以上 ◦ケーシング { $\phi 10"$ 310m $\phi 8"$ 850m 	600m 1160m	第2次
VI 自記水位計	<ul style="list-style-type: none"> ◦フロート式, 1ヶ月巻(フロート径: 40mm 6台, 50~80mm 10台) ◦測定範囲0~10m, 測定限界深度100m以上 	16 台	第1次
VII 水質分析装置	<ul style="list-style-type: none"> ①イオン濃度計(携帯用): Cl, NO₃, NO₂, Na, K, Ca, Fの各イオン電極 ②イオンクロマトグラフィ(必要な場合) ③自動適定装置 (") 	1 式 1 式 1 式	第2次
VIII 小型電子計算機	<ul style="list-style-type: none"> ◦C.P.U. 16ビット ◦主記憶装置 64~512KB ◦Disk Driver, Printer 	1 式	第1次
IX-1 作業車(1) (機器運搬用)	<ul style="list-style-type: none"> ◦キャブオールタイプバン, 5~6人乗, 積載量 750kg以上, 4WD, ディーゼルエンジン, クーラ付 	1 式	第1次
IX-2 作業車(2) (機器, 人員運搬用)	<ul style="list-style-type: none"> ◦キャブオーバータイプバン, 8~9人乗, 積載量500kg以上, 左ハンドル, ディーゼルエンジン, クーラ付 	1 式	第1次
X 複 写 機	<ul style="list-style-type: none"> ◦乾式, 縮少機能付 ◦ディスクトップタイプ ◦最大サイズA3 	1 式	第1次

考えられる。

(2) 測水調査の早期着手

測水調査は、長期間のデータが必要であることから、現地調査完了を待つのではなく、できるところから早期着手することが必要である。

(3) 機材の運搬・移動

ボーリングマシンは大型のものとなることが予想されるため、運搬・移動のための道路事情、対応等を中国側と十分な協議が必要である。

(4) 解析

生産井配置計画に伴う地下水シミュレーションは高度な内容を含むものであり、コンピューター事情等から中国々内で実施することは困難と考えられる。このため、研修員受入れの形で、技術移転を計ることも考えられる。(簡便なシミュレーションの試算は可能な限り中国国内で実施する。)

卷 末 資 料

(II) 天津市社会経済状況

① 工業総生産

(『経済年鑑』1983年版より)

工業名称	1983年産値	比1982年±%
合計	229.20亿元	8.2
冶金工業	20.99亿元	9.4
電力工業	4.91亿元	3.6
石油工業	10.22亿元	8.5
化学工業	35.92亿元	4.8
機械工業	63.70亿元	13.5
建材工業	4.37亿元	6.6
食品工業	17.39亿元	4.7
紡績工業	41.22亿元	7.4
造紙工業	3.58亿元	4.1

主要工業産品産量如下:

産品名称	1983年産量	比1982年±%
原油	310.41万吨	2.7
発電量	77.34度	3.1
鋼	133.86万吨	7.5
鋼材	152.25万吨	2.8
セメント	82.68万吨	1.1
板ガラス	40.17万標箱	-2.8
炭酸ソーダ	46.15万吨	1.4
カセイソーダ	21.27万吨	0.3
化肥	7.05万吨	20.5
農薬	3.65万吨	-47.2
自動車	7.119輛	4.3
トラックター	7.700台	-25.3
化学纖維	22.864吨	24.7
粗紡糸(混合)	11.95万吨	3.9
布(混合)	4.68米	2.2
毛織物	9.01万米	3.6
自転車	448.81万輛	15.4
ミシン	83.83万架	21.3
時計	351.34万只	17.1
テレビ	43.62万部	20.8
レコーダー	19.70万部	18.7
洗濯機	8.24万台	-30.8
原塩	201.87万吨	0.9
巻タバコ	41.00万箱	1.2

②-1 農村漁業の構成

農、林、牧、副、漁産値及各業所占比重

項 目	1983年産値	比1982年±%	各業所占比重(%)
合 計	22.87 元	8.4	100
農業(種植業)	6.24 元	-2.0	27.3
林 業	0.11 元	22.2	0.5
牧 畜 業	2.02 元	16.8	8.8
工 副 業	14.12 元	12.2	61.7
漁 業	0.38 元	18.8	1.7

②-2 農業総生産

主要農産品産量如下:

産 品 名 称	1983年産量	比1982年±%
穀 類	22.2 斤	- 9.5
棉 花	2,270万斤	1.5 倍
油 料	6,178万斤	-30.3
蔬 菜	25.61 斤	- 1.0
(其中商品菜)	18.69 斤	10.3)
豚 肉	9,755万斤	- 8.0
牛 羊 肉	366万斤	12.3
牛 乳	6,746万斤	15.5
卵	8,987万斤	70.7

(2) 中国側との協議内容

① 総論(要旨)

中国側：(本件の要請背景説明一本文参照)

要請内容は、天津市北部「黄庄窪」地区において地下水 5,000 万 m³/年の開発を行うための井戸配置計画をたてること。同地区から天津市街地又は海浜地区への導水計画は別途、中国側にて策定するつもりである。

日本側： 開発調査の主たる目的は、事業実施にかかる技術的・経済的な可能性を評価することにある。

本件の事業実施の資金は借金を充てるつもりですか。

中国側： 現在のところ、すべては自己資金を調達するつもりである。

日本側： 本調査の主旨は地下水源の可能量(適正揚水量)を評価することとなり、生産井配置計画を策定することが成果となる。しかし、その水源の用途についても、本件の妥当性を判断する上で関心をもたざるを得ない。従って中国側の検討する導水計画について、必要に応じ参考意見を報告書に記述することとなる。

中国側： 了解した。

② 調査体制について(要旨)

中国側： 中国側プロジェクトチームは天津市地質鉱産局のべ 100 名を予定している。

内訳

}	掘削部門
	第二地質勘探大隊 30 人 / 1 台 × 2 台 = 60 人
	水文地質部門
	地質調査研究大隊 40 人

(うち総括チーム 5 人)

また、調査機材としては、小口径の掘削機(1~2 式、目下石炭探索中)、運搬トラック、工場、パイプ・電線類などを準備する。

調査中の運転経費(たとえば掘削機・車輛の燃料費)は中国側で負担する。ただし、日本側資機材の調査中の修理は日本側負担でお願いしたい。

日本側： 了解した。

中国側： 本調査の精度を上げるために、気候状況が厳しい時期(夏期の雨、冬期の地面凍結)について出来る限り調査を実施したい。

また同じ目的から日本側の先進的な調査機材を供与願いたい。

具体的には、弾性波探査装置、電気検層、掘削機、揚水試験装置、スクリーン、マイクロバス、水質分析装置、電子計算機、クレーン車などである。

日本側： 開発調査は、機材供与が目的でなく、具体的な計画づくりを行うことがねらいである。そのために必要な資機材を調査団が携行し、原則として調査終了後、持

ち帰るものである。

ただし、終了時に中国側から供与の要請があり、日本側として本件の継続性から必要と判断した機材は引き渡すことがある。

中国側： 了解した。本調査の成果が上がるよう、我々の要望を充分検討願いたい。

日本側： 開発調査の目的に照らし、出来る限りの検討をしたい。

(注：機材に関する討議の詳細は以下の③に述べるとおり)

③ 調査資機材について (詳細)

日本側： 4月の訪中時の打合せ結果に基づいて、日本側持込資機材について別紙リストの通り考えてきた。細部をつめるのは時間的に困難であるので、主要な仕様にしてぼってつめたい。まず、弾性波探査機から話しあいたい。

中国側： 弾性波探査機の前に、リモートセンシングの解析システムについて話しあいたい。先日渡した要請書に書いてある通り、ランドサット写真を用いて地形・地質・地下水についての種々の解析をおこなえば、報告書の精度を向上させることができる。そのためには、解析システムが必要だ。

日本側： 一般の航空写真で十分と考えている。航空写真が入手できないのであれば、ランドサット写真を日本側で購入することもできるが、解析システムまでは考えられない。

中国側： 写真は我々でも撮ることができるが、それにしても解析システムがないと十分な解析がおこなえない。

日本側： 写真を撮れるというのであれば、航空写真を撮れば十分である。ランドサット写真を用いたりモセンは広大な地域を対象とした場合、それなりの効果が期待できるが、今回の調査地域のような狭い範囲では精度的に問題にならない。今回の調査に関してリモセンの解析システムを持込むことは全く考えられないので、この話は打ち切りたい。

日本側： 本地域の水文地質構造を把握するために弾性波探査をおこなうのは疑問がある。中国側は、どんな方法で何を目的にやろうとしているのか。

中国側： 反射法を用いて帯水層の分布を把握したい。

日本側： 反射法であれば帯水層区分はある程度可能であり、実施してみる価値はあると思う。しかし、日本製の市販の弾性波探査機では、あまり深度の大きい反射法探査はできないが、この点をどう思うか。

中国側： その点は了解した。できる範囲でぜひやりたい。

日本側： 孔内検層機に進みたい。地下水調査では、比抵抗、温度、自然電位ぐらいが良いと思うがどうか？

中国側： 中国では、その三つの他に自然放射能を最低限加えることにしている。その他、

様々な方法を合わせることによって帯水層区分の精度を上げたいので密度もぜひいれてほしい。

日本側： 密度検層は放射能線源を用いるので、日本から中国に持ちこめるかどうかわからない。検討したい。流量（孔内微流速）は別な機械となるので認められない。また、車装とあるが、このためだけに特別な車を用意することはできない。作業車を持込む予定であるのでそれを利用してもらいたい。

日本側： 井戸掘削機は、トラック搭載型、トップヘッドドライブ型で14 $\frac{3}{4}$ 口径で500 m掘進可能なものを考えている。先日の要請書では、この他細部について様々な項目があげられているが、日本側にまかせてほしい。

中国側： 了解した。掘進能力については600 m以上としてはほしい。

日本側： 今回の調査では、500 mの掘進を予定している。なぜ600 m必要か？

中国側： 能力が500 mぎりぎりであれば、2～3本掘っただけで機械がだめになる心配があるので余裕をみてほしい。

日本側： そんな心配はないと考えているが、考慮する。

日本側： スクリーンとケーシングについては、4月の話と先日の要請書と内容がかなり違うがどうなのか？

中国側： ケーシングについては、この前の話のように中国側で全部用意することが可能である。しかし、割当の問題があるので予定通り入手できないことも考えられるので、予備的に準備してほしい。数量については要請書にこだわらない。

スクリーンについては、割当や品質の問題があるので全量用意してほしい。

日本側： ケーシングについては了解した。国内で検討する。4月に要請のあった $\phi 3'$ のスクリーンは不要なのか？ また、 $\phi 8'$ スクリーンは1井当り50 mとして、6井分300 mとなっているが、足りるのか？

中国側： $\phi 3'$ スクリーンは不要である。 $\phi 8'$ スクリーンは、日本側の計画案をみても足りないので増量してほしい。

日本側： $\phi 8'$ スクリーンは4月の話の通り600 m用意する。

ケーシング・スクリーンの下にフランジや水量メータについての要請があるが、揚水試験装置のところで話しあいたい。

中国側： 了解した。また、スクリーンの開孔率は15%以上としてはほしい。

日本側： 15%前後で考慮する。

日本側： 自記水位計についてはどうか？

中国側： 日本案で結構だ。細部はまかせる。ただ、地下水面が100 m前後でも測定できるように配慮してほしい。

日本側： 了解した。

日本側： 揚水試験装置は、揚程75 mで揚水量 2.7 m³/分と、ずいぶん大きなものとなっている。しかし、調査実績をみると、水位降下20 mで揚水量 1,500 m³/日位となっている。生産井で水位降下20 mというのは大きすぎると思われるので、調査でももっと小さいポンプで良いのではないか。

中国側： その通りだ。日本側案を、揚程 70 ~ 100 m, 揚水量 1 ~ 1.5 m³/分にしてほしい。

日本側： 了解した。その他細部はまかせてほしい。

中国側： 結構だ。

日本側： 水質分析装置は、4月の話にもとづき、イオン濃度計、イオンクロマトグラフィ、自動適定装置が要請にあがっており、今回そのつもりで考えてきた。しかし、先日の要請書では、簡単な現場計測セットだけとなっているが、これで良いのか？ また、色度、味など調査という観点からみると関係ないのではないか？

中国側： 先日の要請書は関係ない。日本側リストの機材が良い。味、色、大腸菌などは水道水質用の適否まで調べたいから入れた。

日本側： イオン濃度計は現地測定用に考えているが、電極の種類が全項目はないが良いか？

中国側： 結構だが、フッ素(F)があれば入れてほしい。

日本側： 了解した。

日本側： 電子計算機はメンテナンスなども考慮して資材リストの様なものを考えているかどうか？

中国側： これはスーパーミニコンか？

日本側： 違う。スーパーミニコンは、日本では製作されておらず、メンテも大変だ。今回考えているのは、日本の最新鋭のパーソナルコンピュータだ。

中国側： 了解した。

日本側： 自動車については要請ではマイクロバスとなっているが、ワゴン車程度で良いと思うが。

中国側： 中身についてはまかせる。しかし、孔内検層機の車装が認められないということだが、それでは精密機械の運搬が大変だ。考慮してほしい。また、クーラーが入っていないが、日本側調査員が乗るのだからあった方が良いのではないか？

日本側： 両方について国内で検討する。

日本側： 複写機について1×1 mの複写可能なものが要請にあがっているが、この様な大型機は全く必要がないと考えている。

すべての資機材についてもそうだが、今回持ち込むものは日本側調査団が現地を使用することを前提に考えている。複写機についても、現地報告書やその他資料のコピーに使用するもので、A3サイズで十分である。

- 中国側： わかった。しかし、縮小機能のあるものを考えてほしい。
- 日本側： 他の調査とのバランスもあるので検討する。
- 中国側： その他の資機材についても話し合いたい。トラック、クレーン車も必要だ。
- 日本側： 両方とも中国で準備可能で、これにより調査の困難や効率に関係するとは考えられないので認められない。
- 中国側： 平板載荷試験装置も必要だが。
- 日本側： 大きな構造物を作るための調査ではないのだから、全く無関係である。
- 中国側： 孔内横方向載荷試験をやってみたい。
- 日本側： 先の孔内検層結果と合わせて検討すれば、全く何の情報も得られないという訳ではないが、本来違う目的に使用されるもので効果は薄い。
- 中国側： エアコンプレッサーは、井戸の洗浄にぜひとも必要だ。空気圧 50 ~ 100 kg/cm² のものがぜひほしい。
- 日本側： エアコンプレッサーは要請書の 3ヶ所に重複してでてくるが、なぜなのか？
- 中国側： 一般のボーリングマシンに付属するものは圧力が小さく、黄庄窪のように砂の多い地区の井戸洗浄には適さないので、マシンとは独立した大型エアコンプレッサーがぜひ必要だ。
- 日本側： 井戸の掘削には直接エアコンプレッサーは必要ではない。井戸洗浄とかねたものが一台あれば十分と考えられる。
- 中国側： それにしても大型のものがぜひ必要だ。
- 日本側： 50 ~ 100 kg/cm² のエアコンプレッサーはいくらぐらいすると思っているのか？
- 中国側： 40万元ぐらいだ。
- 日本側： 今回の日本側資機材リストは国内で十分に検討してきた案であり、そのような要請の対応はとても無理だ。しかし、意向はわかったので、できる範囲で大型のものを考慮する。
- 日本側： ビット等の準備の都合上、中国で考えているケーシングプログラムを教えてほしい。
- 中国側： (別紙図面提示)
- 日本側： 図によれば上部が外径 $8\frac{5}{8}$ " ケーシング、下部が外径 7" ケーシングを入れることになっている。日本では管径は一般に内径であらわす。いずれにしても、要請書の内容と異なるのはどういうことか？
- 中国側： 要請書の内容は生産井用として考えている。調査はこの図でいく。
- 日本側： 日本側が持ち込むスクリーンとケーシングは今回の調査で使用しないということか？
- 中国側： そんなことはない。

日本側： そうすると、日本側と中国側のスクリーン、ケーシングの径に違いがあるがどうするのか。先日確認したものよりもっと小さい径のものを用意した方が良いのか？

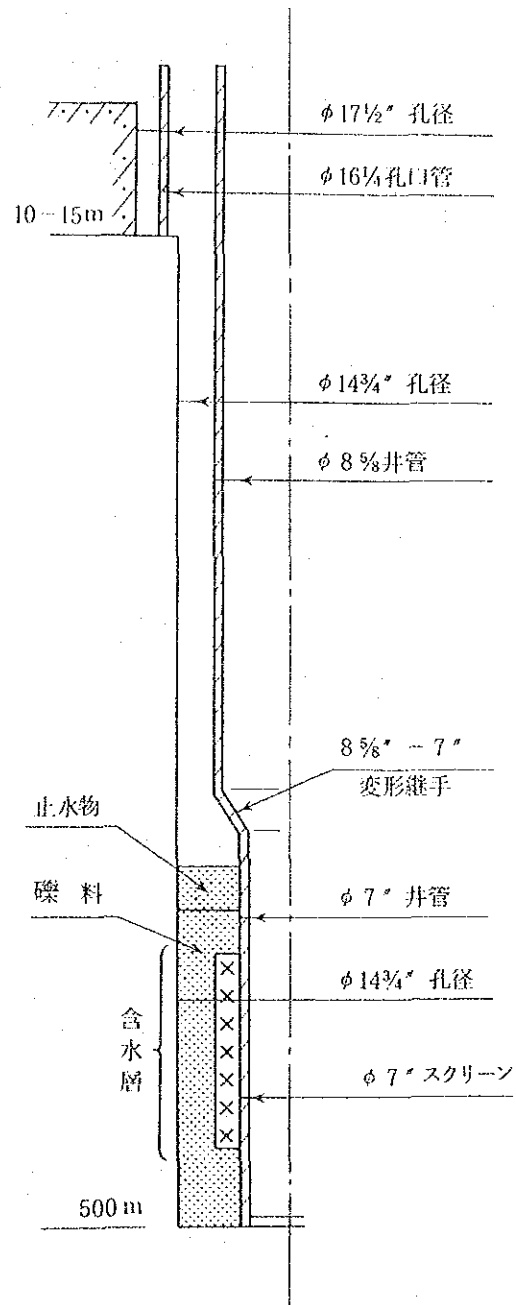
中国側： 径の問題は異径管を使えば対応できるので大した問題とは考えていない。

日本側： それでは凸凹のケーシングプログラムになってしまう。

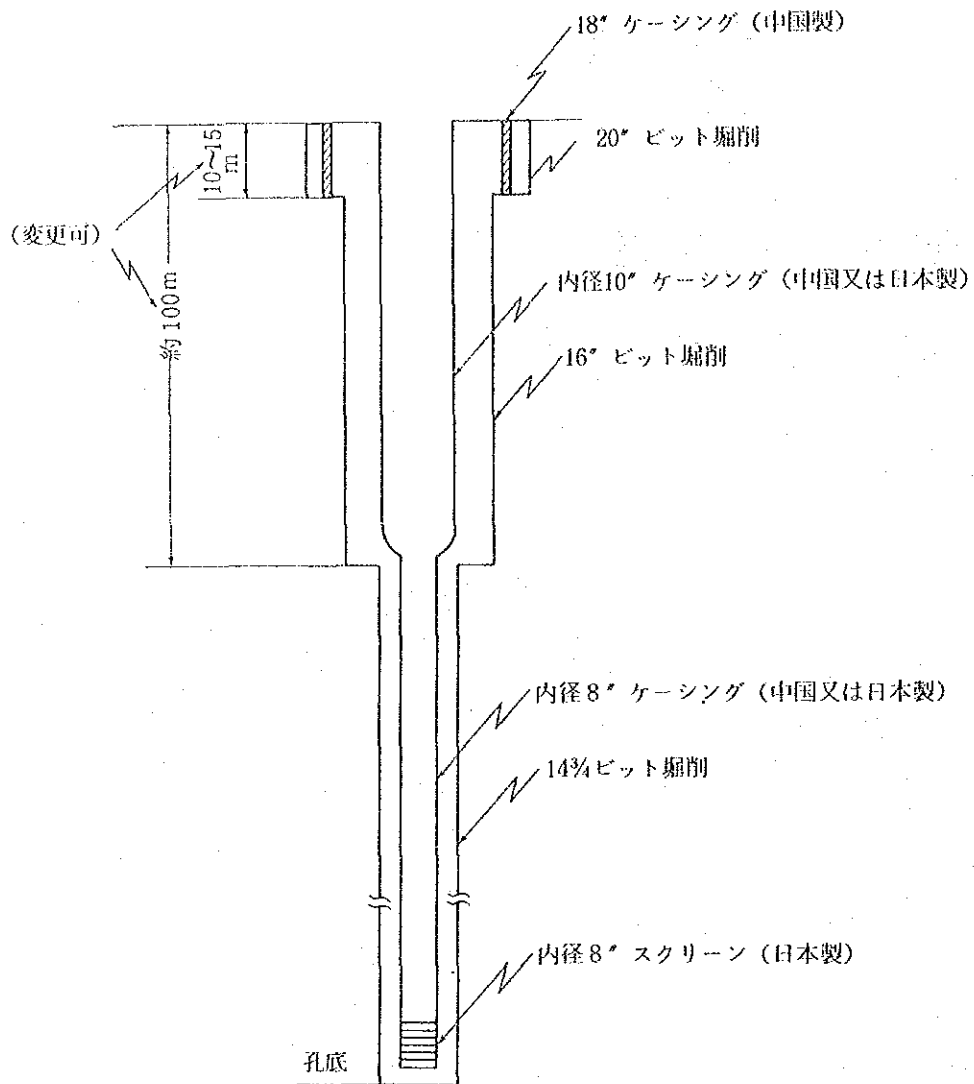
中国側： この図は一案でありとくにこだわらない。ケーシングプログラムは日本側にまかす。

日本側： 我々としては、どのようなケーシングプログラムでもかまわないが、中国側、日本側とも資機材の準備があるので基本的な事項は決めておく必要がある。

日本側： ケーシングプログラム案を提示（別紙）。



中国側ケーシングプログラム案



調査団提示ケーシングプログラム案

(3) 要 請 書

开 发 调 查 申 请 表

国名	中华人民共和国	项目名称	天津市北部生活用水水源地开发调查		
申请国合作机关名称	天津市人民政府		实际实施机关名称	天津市科学技术委员会	
申请年。月。日形式	一九八二年十一月十日(最初申请) 一九八四年八月二十日修正稿				
申 请 项 目 内 容	<p>天津人民生活用水历来十分紧张，枯水季节人均73升/日最低标准也无法保证。随着天津市国民经济的迅速发展，解决目前供水紧张状况，改善人民生活条件拟进行天津市北部生活用水水源地开发调查，其目的就是寻找新的水源地，进一步满足人民对生活用水日趋增长的需要。</p> <p>调查要求查清：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 地下水水源地水文地质条件 2. 地下水资源储量及其评价 3. 地下水开采条件(单井出水量、井深、井径、井距、开采地段、层位、布井形式等) 4. 对水源地开采后的水位、水量、水质等进行预测 <p>调查内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 调查面积300平方公里 2. 野外地质调查 3. 物探工作(地面电法、电测井) 4. 水文地质钻探和抽水试验 5. 地下水动态观测 6. 水的物理化学性质实验分析 7. 水文地质参数计算及水文地质报告的编写 <p>根据开发调查工作的需要，请日方携带先进设备器材和先进技术给予援助。</p>				
优先程度(在全部开发调查申请项目中本项目的优先顺序如何)及紧急程度	<p>本项目已列为天津市开发调查的第一位重点项目，急待作开发调查，并于一九八二年十一月经国家科委向日本政府申请援助，共同进行水源地的生活用水开发调查。</p>				
希望实施调查的时期和时间	<p>一九八四年十月至一九八六年九月为期二年</p>				
当调查完毕实施计划时此项目成本的估计资金准备经营体制如何	<p>作(实施设计)(予计钻探总进尺一万零八百米)，向日本政府申请无偿援助二百五十万人民币，其余差额由天津市人民政府负担，以解决施工材料、劳务、供电线路、各种试验及部分设备等。</p> <p>天津市地质矿产局</p> <ul style="list-style-type: none"> 地质调查研究队 地质勘探二队 <ul style="list-style-type: none"> 物探分队 化探实验室 水文地质分队 				

申请原因(包括以访问第三国或国际机构申请的情况及效果如何)	巩固和发展中日两国友好关系,学习日本先进技术,引进先进设备,加快勘探速度,及早获得社会效益。本项目与第三国、国际组织无关。仅向日本政府申请。	
第三国(或国际机构)在类似项目中援助实际效果如何(包括实施中及计划中项目)	与第三国无类似计划	
与日本其它技术合作项目的关系如何	无	
有无现成的地形图、气象等资料及种类内容	有地形图纸、水文地质图、地质剖面图、砂层厚度图、水质报告等地质资料及气象数据。	
背景	开发计划的名称	天津市北部生活用水水源地开发计划
	开发计划的目 的及内 容	在天津市北部黄庄洼周围300平方公里范围内计划年采5000万立方米地下水,计划施工生产井80眼,用管道输水至城市水厂以补充天津市人民生活用水之不足。
	开发计划的实施予定日期及时间	一九八六年底至一九八八年,为期二年。开发调查施工的抽水试验孔作为开发生产井利用。
	本项目在开发计划中的地位	水源开发在天津市开发计划中占优先地位,本项目已列为市开发生活用水水源地的重点工程项目。
	对此开发计划有无第三国(或国际机构)的援助(包括各种资金技术合作)及其大概情况如何	无

別紙 I

天津人民の生活用水はきわめて緊迫している。枯水期には1人平均一日73ℓの必要最低標準量も確保することが困難である。

天津市の国民経済の迅速な発展にしたがい、現在の水供給の緊迫状況を解決し、人民の生活条件を改善することであり、天津市北部生活用水水源地開発調査が計画されている。

その目的はすなわち、新しい水源地を探し、さらに一歩、人民の生活用水に対する日益に増大する需要を満足させることである。

調査の要望：

1. 地下水水源地の水文地質条件
2. 地下水資源の储量とその評価
3. 地下水開発条件（単一井の出水量、井深、井径、開採地層、層位、井戸配置形式等）
4. 水源地開採後の水位、水量、水質等に対する予測

調査内容：

1. 調査面積：300平方キロ
2. 野外地質調査
3. 物探作業（地面電法、井戸の電気計測）
4. 水文地質ボーリング調査及び抽水試験
5. 地下水の動態観測
6. 水の物理・化学性質の実験分析
7. 水文地質の参数計算、及び水文地質報告書の作成

開発調査業務の必要に応じ、日本側が先進的な機材及び技術を供与するようお願いする。

天津市北部生活用水水源地开发调查

补充说明

1. 因天津市存在整体的供水不足问题，是制约经济发展计划的重要因素。

2. 引滦工程完成后，在一定程度上改善了供水不足问题。但因长途输水。渗透。蒸发。损失严重，约损失20~30%；且滦河也属中国北方河流，流量在时间上分布极不均匀，干旱年份仍然存在供水不足问题。

3. 天津虽属中国第三大城市，但生活用水的现状只能达到73升人·日。

4. 天津市市区内只有在枯水期才抽取700眼井的地下水作为自来水及工业用水。为控制市区地面沉降之急需，随着新水源开发，应尽快停止使用这些井。

5. 虽然正在规划新的引外地水方案，但因规模大。技术复杂，投资额巨大，近期尚难实施。

6. 流经天津市内的海河水已被污染，不适合用作生活用水，而且也只能在8~9月分汛期来水时由工业利用。

7. 以前，天津市民住宅中有相当一部分是公用水笼头。所以，用水量是比较少的，随着人口的增长，新住宅楼的建设，自来水将输入到各家各户。使生活用水量猛增。预计到1988年，在人口增加到

450万的同时，人均供水量也增加到250升/人·日。所需生活用水量是现在的4倍左右。

8. 予计包括工业用水的总需水量到1988年时是20.5亿吨。约为现在的1.58倍；到2000年是32.8亿吨，约为现在的2.5倍。单靠天然水解决供水问题很困难，今后还要研究废水再生，循环利用，海水淡化等课题。

9. 综上所述，生活用水严重不足是我们面临的一大问题。作为近期规划，要充分利用可能利用的地下水，为此，我们计划就近开发黄庄洼水源地，在为实施此项目的开发调查中，迫切希望得到日本政府的援助，并打算把开发调查中成井的抽水井转为供水生产井。

10. 此项目与天津人民生活密切相关并定会为中日两国友好作出巨大贡献，希望日本政府予以特别考虑。

11. 此项目按原计划完成后，决定利用其地下水时，估计要打80眼生产井。开发调查过程中的抽水井将有10余眼酌情转成其中的生产井，并将观测井中有希望的井扩孔后转为生产井。

其余的生产井及管道的费用在未得出调查结果前虽没最后决定，但我们初步考虑，天津市政府的单方经济预算完全有可能解决。

申请日本国援助的设备器材

- | | | |
|----|----------------|-----|
| 1. | 地面物探电法装置及其附属设备 | 1 套 |
| 2. | 物探测井仪器 (车载) | 1 套 |
| 3. | 钻机及其附属设备 | 1 套 |
| 4. | 抽水试验装置及其动力设备 | 2 套 |
| 5. | 各种类型的滤水管 | 1 套 |
| 6. | 自动记录式水位测定仪 | 1 套 |
| 7. | 水质分析装置 (室内、外用) | 1 套 |
| 8. | 小型电子计算机及其附属设备 | 1 套 |
| 9. | 车辆 (人员用旅行轿车) | 1 辆 |

中国方面准备的设备器材

- | | | |
|----|-------------------------|-----|
| 1. | 钻机及其附属设备 | 2 套 |
| 2. | 各种类型滤水管 (按设计实物工作图配备) | 1 套 |
| 3. | 运输用货车 | 5 辆 |
| 4. | 机修车间、仓库、通信联络、分析室等根据设计备齐 | |

请日本国专家来中国

1. 主任 1名
2. 副主任 1名
3. 物探专家 2名
4. 测井专家 1名
5. 钻探专家 1名
6. 电子计算机专家 1名

中国派往日本国专家

1. 水文地质专家 2名
2. 物探专家 1名
3. 钻探专家 1名
4. 电子计算机专家 1名

天津市北部生活用水水源地開発調査

補 充 説 明

1. 天津市には全体として、水の供給不足の問題が存在しているため、これが経済発展計画の重要な制約要因となっている。
2. (北の) 灤河からの引水工事が完成(1983年)後はある程度、水供給の問題が改善されたが、しかし、長距離の水の輸送のため、滲透、蒸散、があり、損失は非常に多く、約20%~30%は損失する。しかも灤河は中国北部の河川であり、流量は時期によって、はなはだ不均一である。早ばつの時には依然として、水の供給不足の問題が存在する。
3. 天津は中国第三の大都市に当たるが、生活用水は現状ではただ、1人1日平均73ℓに達するのみである。
4. 天津市市区内には、ただ、枯水期の時期にはじめて、採水する700本の井戸の水があって、これが上水道や工業用水となっている。市部の地盤沈下の抑制が急務となり、新水源の開発にしたがい、これら、井戸の使用を出来るだけ早く停止すべきである。
5. 現在、新に他の地方の水を引く計画があるけれども、規模が大きく、技術面も複雑であり、投資額も巨大なので、近いうちに実施に移されることは困難である。(当館注：揚子江からの引水工事(いわゆる南水北調計画)をさしているものと思われる。)
6. 天津市内を流れる海河の水はすでに汚染されており、生活用水には適さず、ただ、8月~9月の水の流れ速い時期に工業用水として利用するのみである。
7. 以前、天津市民の住宅の相当な部分には公共の給水施設があったため、住民の用水量は比較的少量で済んだが、人口の増加に伴い新住宅が建設され、各戸に上水道が引かれるようになったため、生活用水の使用量が急増した。1988年には人口が増加し、全人口は450万人となる。同時に、1人当り・1日に供給する水の量も250ℓに増加する。すなわち、生活に必要な水の量は現在の4倍前後となる。
8. 1988年の工業用水をも含めた水の総需要量は20.5億トンと予想され、現在の約1.58倍となる。2000年になると32.8億トンで、現在の2.5倍となる。そのため、天然の水にたよることではこの水供給の問題の解決は困難である。今後はさらに水の再生循環利用や海水淡水化等の課題を研究する必要がある。
9. 上に述べたことをまとめると、生活用水の深刻な不足は我々の当面する一大問題であり、短期の計画では利用可能な地下水は十分利用し、このため、我々は黄庄窪の水源地の開発を計画するのである。このプロジェクトの開発調査において、日本政府の援助を得ることを緊急に希望し、さらに開発調査の実施の中で、掘井した汲とり井戸を将来、生産井とすることを計画しているのである。
10. 本プロジェクトは天津人民の生活と密接に係りあっており、同時に日中両国の友好に巨大

な貢献をするはずであり、日本政府の特段の配慮を希望するものである。

11. 本プロジェクトが本来の計画に沿って、完成した後、その地下水の利用を決定する際、80本の汲取井戸を掘さくする予定であるが、開発調査実施過程において、掘さくした抽水井のうち、10本余をその時の状況を見て、汲取り井戸（生産井）として転用する。同時に観測井のうち、有望な井戸を、その井孔を拡張した後、生産井に転用する。

その他の生産井およびパイプの費用は調査結果の出る以前であり、最終決定ではないが、我が国の初歩的な考えでは天津市政府の一方のみの予算措置で完全に解決できよう。

(4) 議事録・実施細則

中華人民共和國

天津市地下水源開發計畫調查

協議議事録

日本国国際協力事業団

中華人民共和國天津市科學技術委員會

協 議 議 事 録

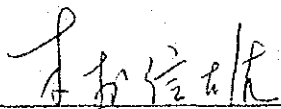
中華人民共和国国家科学技術委員会の招請に応じて、天津市地下水源開発計画調査に係る日本国国際協力事業団の事前調査団は、1985年4月4日から4月14日まで中華人民共和国を訪問し、同計画調査の実施可能性について中華人民共和国天津市関係機関代表者と友好的かつ真摯な一連の協議を行なった。

1. 中国側は、天津市地下水源開発計画調査の背景及び目的について説明し、またこれまで中国側で実施された基礎調査結果等関連資料を提供した。
2. 日本側は、天津市黄庄窪地下水源地現場の概査及び質問事項表による質疑応答を通じ、本プロジェクト要請内容の確認を行なった。
3. 中国側は、天津市の水不足解決のため、本プロジェクトの調査実施の要請が不可欠である旨、表明した。
4. 日本側は、中国側より提供された資料に基づき、暫定的な技術的所見を述べた。また、今後の開発調査の可能性については、帰国後更に検討を加え、関係機関と協議する旨、表明した。

この協議議事録は、下記の二者の署名により確認されるものとする。

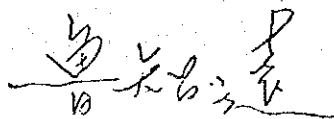
1985年4月13日

日 本 国
国 際 協 力 事 業 団
事 前 調 査 団 長



木 村 信 雄

中 華 人 民 共 和 国
天 津 市 科 学 技 術 委 員 会
外 事 処 処 長



魯 志 遠

日方参加会谈人员名单

事前调查团

团长 木村信雄 团员 鎌田烈
 团员 大桥干夫

国际协力事业团北京事务所 所长 八岛继男

中方参加会谈人员名单

姓名	单位	职务
万慎青	天津市科学技术委员会	外事处付处长
苏海潮	" " "	干部
刘连长	天津市计划委员会	长远规划处付处长
王振河	中国国际贸易促进委员会 天津分会	干部
付少华	天津市地质矿产局	付局长
阔维凡	" "	工程师
季凤忠	" "	" "
张治兴	" "	" "
金爱善	" "	助理工程师

中 华 人 民 共 和 国

天 津 市 地 下 水 源 开 发 计 划 调 查

会 谈 纪 要

中 华 人 民 共 和 国 天 津 市 科 学 技 术 委 员 会

日 本 国 际 协 力 事 业 团

会谈纪要

应中华人民共和国国家科学技术委员会的邀请，日本国际协力事业团派出的事前调查团于一九八五年四月四日至四月十四日对中华人民共和国进行了访问。访问期间与中华人民共和国天津市的有关单位代表就天津市地下水源开发调查的实施可能性进行了一系列诚挚友好的会谈。

一、中方介绍了天津市地下水源开发调查计划申请的背景及目的，并提供了到目前为止中方已进行的初步调查的有关资料。

二、日方通过对天津市黄庄洼地下水源地现场的概略调查和按提出的调查提纲进行了提问，中方进行了解答，日方对本项目申请内容进行了确认。

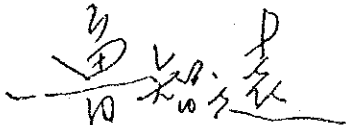
三、中方表明为解决天津市水源不足，申请实施黄庄洼水源地开发调查计划十分必要。

四、日方根据中方提供的资料，阐述了简要的技术见解。另外，关于今后开发调查的可能性，表示回国后进一步加以研究并和有关部门予以协商。

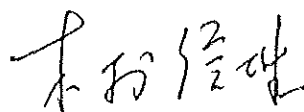
本会谈纪要由下述两人签字后予以确认。

一九八五年四月十三日

中华人民共和国
天津市科学技术委员会



日本国
国际协力事业团事前调查团长



日方参加会谈人员名单

事前调查团

团长 木村信雄 团员 鎌田烈
 团员 大桥干夫
 国际协力事业团北京事务所 所长 八岛继男

中方参加会谈人员名单

姓名	单位	职务
万慎青	天津市科学技术委员会	外事处付处长
苏海潮	" " "	干部
刘连长	天津市计划委员会	长远规划处付处长
王振河	中国国际贸易促进委员会 天津分会	干部
付少华	天津市地质矿产局	付局长
陶维凡	" "	工程师
李凤忠	" "	" "
张治兴	" "	" "
金爱善	" "	助理工程师

中華人民共和國

天津市地下水源開發計畫調查

實施細則

日本國國際協力事業團

中華人民共和國天津市科學技術委員會

この実施細則は下記の二機関により合意されるものである。

日本国国際協力事業団

中華人民共和国天津市科学技術委員会

この実施細則は下記の二者の署名により確認されるものとする。

1985年 6月 25日

日 本 国
国際協力事業団
事前調査団長

木村信雄

中華人民共和国
天 津 市
科学技術委員会

王成中

日方参加会谈人员名单

事前调查团

团长	木村信雄	国际协力事业团
团员	鎌田烈	”
团员	大桥幹夫	”

中方参加会谈人员名单

姓 名	单 位	职 务
万慎青	天津市科学技术委员会	外事处付处长
苏海潮	”	外事处 官员
刘连长	天津市计划委员会	长远处付处长
叶继德	”	长远处官员
付少华	天津市地质矿产局	付局长
李福林	”	外事办公室付主任
金爱善	”	工程师
陶维凡	”	工程师
张志兴	”	”

日本国政府は中華人民共和国政府の提案に基づき、1985年6月25日 天津市地下水源開発計画調査の実施に関する口上書を中華人民共和国政府と交換した。

日本国政府による技術協力の実施機関である国際協力事業団は、日本国において施行されている法律及び規則に従い本調査を実施する。

天津市は中華人民共和国政府の本調査に関する担当機関として、中華人民共和国において施行されている法律及び規則に従い中華人民共和国関係機関の調整をはかる。

1985年6月25日日本国政府が中華人民共和国政府へ発した口上書 5. 及び中華人民共和国政府の口上書による回答に基づき、国際協力事業団と中華人民共和国天津市は協力の内容、範囲及び調査日程並びに協力を進めるに当たって両国政府がとるべき措置等の詳細について本実施細則を定めた。

1. 協力の内容及び範囲

- (1) 日本側は1990年を目標とした天津市の生活用水改善に資するため、天津市地下水源地「黄庄窪」地区(300Km²)における地下水源開発基本計画を策定する。
- (2) 日本側は本調査の期間中、調査に参画する中国側専門家に対し調査業務を通じ、技術移転を行う。

2. 調査の内容

調査は中国における現地調査と日本における国内調査より構成される。

- (1) 現地調査においては主として以下の業務を行う。

但し、②～⑦の実施主体は中国側とする。

- ① 既存資料の収集整理
 - a. 地質柱状図及び検層図
 - b. 揚水試験記録
 - c. 地下水水質分析資料
 - d. 気象資料
 - e. 河川流量資料
 - f. 土地利用資料
 - g. 水利関連資料
 - h. 地下水利用実態資料
- ② 物理探査(必要に応じ実施する)
- ③ 地質調査ボーリング及び土質試験

④．揚水試験井及び観測井の掘削

⑤．揚水試験

⑥．水質分析

⑦．測水調査

⑧．水文地質解析

a．水文地質断面図

b．富水性区分図

c．地下水水質区分図

d．帯水層基底等高線図

e．粘性土層厚分布図等

(2) 国内調査においては主として以下の業務を行い、本計画をとりまとめる。

①．水文地質解析とりまとめ

a．地下水賦存量

b．地下水地表水の水収支

②．生産井配置計画作成（上記（1）及び（2）－①に基づく）

a．適正井戸配置及び適正揚水計画（水量、水位、地盤沈下等 予測を考慮する）

b．井戸建設費積算

③．事業実施計画に関する助言

a．モニタリング計画

b．中国側調査中の導水計画案

3. 調査期間及び工程

調査期間及び工程は別表のとおり概ね26ヶ月間とする。

4. 報告書

国際協力事業団は下記の報告書（日本語で作成）を天津市に提出する。

(1) 着手報告書 (1) (30部)

調査実施計画と実施工程を内容とするもので、調査（第1次）の開始時1ヶ月以内に提出する。

(2) 現地報告書 (1) (30部)

現地調査結果を内容とするもので、現地調査終了時点に提出する。

(3) 着手報告書 (2) (30 部)

調査実施計画と実施工程を内容とするもので、調査(第2次)の開始時点に提出する。

(4) 現地報告書 (2) (30 部)

現地調査結果を内容とするもので、現地調査(第2次)終了時点に提出する。

(5) 最終報告書(案) (30 部)

2.-(2)①から③までを内容とするもので、現地調査終了後5ヶ月以内に提出する。

天津市は本報告書(案)受理後1ヶ月以内に本報告書(案)に関する意見を国際協力事業団に提出する。

(6) 最終報告書 (50 部)

最終報告書(案)に関する意見を受けた後2ヶ月以内に提出する。

5. 中国側がとるべき措置

現地調査を円滑に実施するために、中国側は中華人民共和国において施行されている法律及び規則に従い以下の措置をとる。

- (1) 中国側専門家、事務職員及び作業員等の提供及びそれに係る全ての経費負担
- (2) 現地調査に必要な作業所及び机、椅子等備品の無償提供及び宿舎の斡旋
(但し調査サイトにおいて通常の方法で借上げが困難な場合は宿舎の無償提供)
- (3) 現地調査のために必要な通訳の無償提供
- (4) 現地調査のために必要な航空機、鉄道、車両及び船舶等の手配
(但し通常の方法で借上げが困難な車両及び船舶等については運転手等を含め無償提供)
- (5) 現地調査のために必要な中国国内間電話設備の提供及びそれに係る経費負担
- (6) 現地調査に必要な諸許可の手続きの実施
- (7) 調査のために必要な資料及び情報の提供
- (8) 調査のために必要な資料の中国から日本への移送許可
- (9) 現地調査期間中、調査団員に病気、怪我が発生した場合の病院の手配
- (10) 現地調査期間中の調査団員の安全の確保
- (11) 日本から持込む資機材の中国国内輸送費の負担
- (12) 日本から持込む資機材の輸入及び再輸出に必要な手続き
- (13) その他軽微な資機材等一部経費の負担

6. 日本側がとるべき措置

日本側は調査に当たって以下の措置をとる。

- (1) 日本側調査団員の技術費、渡航費、現地調査期間中の食費、旅費、宿泊費及び医療費の経費負担(上記 5. (2),(4) の中国側が負担する場合を除く。)
- (2) 日本から持込む資機材の日本から中国の港までの往復輸送費の負担
- (3) 上記 4. の報告書の作成

7. 本実施細則に定めていない事項については、本調査期間中両者協議して定めるものとする。

表一 調査工程表（暫定案）

調査実施主体
調査協力

調査項目	分担	第1次					第2次					備考															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
調査全体工程																											現地作業 7.5 10.5 13.5
(資機材調達)	(日本側)	(-----)																									
① 既存資料収集整理 調査工程確定	日本側 中国側																										
② 物理探査	日本側 中国側																										
③ 調査ボーンリング (中国側機材)	日本側 中国側																										
④ 揚水井掘削 (日本側調査機材)	日本側 中国側																										
	中国側 (中国側機材)																										
⑤ 揚水試験	日本側 中国側																										
⑥ 水質分析	日本側 中国側																										
⑦ 地海川水位観測	日本側 中国側																										
⑧ 水文地質解析	日本側 中国側																										
生産井配管計画 (シミュレーション等)	日本側 中国側																										
報告書	日本側																										着手報告書(1) 現地報告書(1) 着手報告書(2) 現地報告書(2) 最終報告書(案) 最終報告書 O O O C O A
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

表2

現地調査業務分担

作業項目	国際協力事業団	天津市
①既存資料収集・整理 及び調査工程確定	内容を詳細に検討し、 調査工程を確定する。	詳細な資料・基礎数値等を 提供し、日本側と協議の上 調査工程を確定する。
②物理探査	探査方法・精度につい て天津市と協議の上確定 し、探査・解析の指導を 行う。	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・ 土質試験	技術的助言を行う。	中国側掘削機による地質 調査ボーリング及び土質 試験を実施する。
④揚水井・観測井の 掘削	日本側掘削機により 揚水井掘削の指導を 行う。	日本側掘削機による揚水井 掘削及び中国側掘削機によ る観測井掘削を実施する。
⑤揚水試験 ⑥水質分析	作業計画を作成し 技術的助言を行う。	作業計画作成に協力し 試験・観測を実施する。
⑦地下水位・河川水位 観測		
⑧水文地質解析	解析作業を行う。	解析作業に協力する。

中华人民共和国
天津市地下水源开发调查计划
实施细则

中华人民共和国天津市科学技术委员会
日本国际协力事业团

此实施细则由以下双方达成协议：

中华人民共和国天津市科学技术委员会

日本国国际协力事业团

此实施细则由以下双方签字确认。

一九八五年六月二十五日

中华人民共和国
天津市科学技术委员会
主任

日本国国际协力事业团
事前调查团
团长

王成中

李守信

日方参加会谈人员名单

事前调查团

团长	木村信雄	国际协力专业团
团员	鎌田烈	”
团员	大桥粹夫	”

中方参加会谈人员名单

姓 名	单 位	职 务
万慎青	天津市科学技术委员会	外事处付处长
苏海潮	”	外事处 官员
刘连长	天津市计划委员会	长远处付处长
叶继德	”	长远处官员
付少华	天津市地质矿产局	付局长
李福林	”	外事办公室付主任
金爱善	”	工程师
陶维凡	”	工程师
张志兴	”	”

日本国政府根据中华人民共和国政府的建议，决定对天津市地下水源开发计划进行调查，并于一九八五年六月二十五日与中华人民共和国政府交换了照会。

日本国国际协力事业团为日本政府进行技术合作的执行机构，将按照日本国现行法律和规章进行该项调查。

天津市科学技术委员会为中华人民共和国政府进行本调查的执行机构，将按照中华人民共和国的现行法律和规章，负责中华人民共和国有关部门的协调工作。

根据一九八五年六月二十五日日本政府致中华人民共和国政府的照会中第五条及中华人民共和国政府复照确认，中华人民共和国天津市科学技术委员会和日本国国际协力事业团就本项合作的内容范围，调查日程以及两国政府为推进本项合作应采取的具体措施等问题，制定了本实施细则。

1. 合作的内容和范围

(1) 日本方面为有助于以1990年为目标的天津市生活用水的改善问题，制定天津市地下水源地黄庄洼地区(300 Km²)的地下水源开发调查计划。

(2) 在进行本项调查过程中，日本方面将通过现场调查向中国方面参加调查的专业人员进行技术转让。

2. 调查内容

本调查包括在中国的现场调查和在日本国内的调查

(1) 现场调查的主要内容如下:

但②~⑦主要由中国方面实施。

① 现有资料的收集整理

a. 地质柱状图及测井曲线图

b. 抽水试验记录

c. 地下水水质分析资料

d. 气象资料

e. 河流流量资料

f. 土地利用资料

g. 有关水利资料

h. 地下水实际利用资料

② 物探 (根据需要实施)

③ 地层调查钻探及土工试验

④ 抽水试验井及观测井的钻探

⑤ 抽水试验

⑥ 水质分析

⑦ 地下水动态观测

⑧ 水文地质解析

a. 水文地质剖面图

b. 需水性分区图

- c. 地下水水化学图
- d. 含水层基底等高线图
- e. 粘性土层厚分布图等

(2) 日本国内调查, 主要进行以下工作, 以完善本计划。

① 完善水文地质解析

- a. 地下水贮量
- b. 地下水地表水的水平衡

② 完成生产井布局计划 (根据上述(1)及(2)一(1))

a. 合理的井位布局及合理的抽水计划 (考虑水量、水位、地面沉降等预测)。

b. 打井经费估算

③ 关于工程实施计划的建议

- a. 监测计划
- b. 中方调查中的输水计划方案

3. 调查时间和调查程序, 调查时间和调查程序如表所示约为26个月。

4. 报告书

国际协力事业团向天津市科学技术委员会提出下述报告书 (用日文)。

(1) 开始报告书(1) (30份)

内容为进行实施调查的计划 and 程序，自调查（第一次）开始起一个月内提出。

(2) 现场报告书(1) (30份)

内容为现场调查结果，于现场调查结束时提出。

(3) 开始报告书 (2) (30份)

内容为调查实施计划和实施程序，于调查（第二次）开始时提出。

(4) 现场报告书 (2) (30份)

内容为现场调查结果，于现场调查（第二次）完毕时提出。

(5) 最终报告书草案 (30份) 现场调查结束后，于5个月内将2-(2)①至③的内容，提交天津市科学技术委员会。天津市科学技术委员会收到上述本报告书（草案）后于一个月内，将对报告书意见提交日本国国际协力事业团。

(6) 最终报告书 (50份)

在最终报告书（草案）交换意见后2个月内提出。

5. 中国方面应当采取的措施

为使现场调查顺利进行，中方将根据中华人民共和国现行法律和规章，采取以下措施：

(1) 配备中方专业人员、行政人员和作业人员并负担与上述

人员有关的全部经费。

(2) 在进行现场调查时，无偿提供必要的工作场所以及桌、椅等物品，安排调查成员的宿舍（如在调查现场、难以用通常租赁方法解决宿舍时，则由中方无偿提供宿舍）。

(3) 无偿配备进行现场调查所需的翻译人员。

(4) 为进行现场调查，联系飞机、火车、车辆及船舶等交通工具（如用通常租赁方法难以解决车辆和船舶等时，则由中方无偿提供交通工具和司机）。

(5) 为进行现场调查，提供在中国国内通话的电话设备并负担其相应的经费。

(6) 办理进行现场调查所需的许可手续。

(7) 提供调查所需的信息和资料。

(8) 允许日方人员将调查所需的资料送回日本。

(9) 负责为现场调查期间生病或受伤的调查团员安排医院进行治疗。

(10) 保障调查团成员在现场调查期间的安全。

(11) 负担从日本带进中国的资料和器材在中国国内的运费。

(12) 办理从日本带进中国的资料和器材的入关和再出关手续。

(13) 负担其他轻微的资料和器材等部分经费。

6. 日本方面应采取的措施

日本方面在调查期间采取以下措施。

(1) 负担日方调查团成员的技术经费、国际旅费、现场调查期间的食宿费、中国国内旅费及医疗费等各项经费（上述第5条第(2)、(4)款中规定由中方负担的部分除外）。

(2) 负担从日本带进中国的资料和器材从日本至中国港口之间的往返运费。

(3) 编写上述第4条规定的报告书。

7. 有关本实施细则中未规定的各项，应由双方在进行调查期间另行商定。

表一 1 调查工程表（草案）

表 2 现场调查、业务分工

表-1 調査工程表 (暫定案)

調査室室長主任
調査協力

調査項目	第 1 次			第 2 次			備 考
	月	日	分	月	日	分	
調査全体工程 (各種材料調達)	分						調査開始日 : 昭和24年
(1) 既存資料収集作業完了 調査工程完了	日	23	0	日	22	0	
(2) 現地調査 (中国側種籽)	日	22	0	日	21	0	
(3) 抽水機調製 (日本側調査機)	日	21	0	日	20	0	
(4) 現地調査機 (中国側種籽)	日	20	0	日	19	0	
(5) 現地調査機	日	18	0	日	17	0	
(6) 分 析	日	17	0	日	16	0	
(7) 地下水位 測用水位観測	日	15	0	日	14	0	
(8) 水文地质解析	日	14	0	日	13	0	
水文地质设计圖 (シュ、ミッシュン等)	日	12	0	日	11	0	
報 告 書	日	10	0	日	9	0	

表2

现场调查业务分工

作业项目	国际协力专业团	天津市
① 现有资料收集整理及确定调查程序	详细研究内容确定调查程序	提供详细资料、基础数据等，在和日方协商的基础上确定调查程序。
② 物探	关于探查方法精度在和中方协商的基础上确定，并进行探查和解译的指导	明确探查目标，探查和解译
③ 地质调查钻探土工实验	进行技术协助	用钻机进行地质调查钻探和土工实验
④ 抽水井和观测井的钻探	对用日方钻机钻探抽水井进行指导	用日方钻机钻探抽水井和用中方钻机钻探观测井
⑤ 抽水试验 ⑥ 水质分析 ⑦ 地下水位，河流水位观测	完成作业计划，进行技术协助	协助完成作业计划，进行实验和观测
⑧ 水文地质解析	进行解析作业	协助进行解析作业

(5) 暫定的・技術的所見

《 参考資料 》

天津市地下水源開発計画に関する

暫定的・技術的所見

1985年4月

国際協力事業団 事前調査団

今回の事前調査において天津市地質鉱産局より黄庄窪地区の地下水源開発計画に関し、説明、現地案内、及び資料の提供を受けた。ここでは、これにもとづき、一般的な地下水開発調査の項目・手順に沿って、中国側でこれまで実施してきた地下水調査に関し、中間的な技術的所見を述べるものとする。

1. 調査計画案作成（事前調査）

天津市は、河北平野の東北部に位置し、面積 11,300 km²、人口 770 万の中国第三位の都市である。人口 770 万のうち、320 万人は市部に集中している。市部における現在の水需要は、生活用水 1 億 m³、工業用水 9.5 億 m³、農業用水 2.5 億 m³で、これに対する水源はルワン川からの運河から 6～7 億 m³、その他河川から約 5 億 m³、地下水約 1.4 億 m³によって給水している。

天津市では、1990 年に人口 450 万人に対して生活用水 4.1 億 m³、工業用水 13 億 m³、農業用水 3.5 億 m³、2000 年に人口 500 万人に対して同 6.8 億 m³、22 億 m³、4 億 m³の水需給目標を設定しているが、地表水を主とした広域利水計画はいまだ構想段階である。

地下水開発計画は、主要なものだけでも 5ヶ所予定されており、黄庄窪地区は、これらのうちで最大規模のものである。

黄庄窪地区 300 km²（図-1）の地下水源開発計画は、毎秒約 1.6 m³（5,000 万 m³/年）を地下水により新規に開発しようとするもので、水需要が逼ばくする中で唯一の具体性のある計画であることが理解できる。天津市の都市部では主として工業用水源として地下水利用が進められ、年間用水量は、1.4 億 m³に達しているが、広域的に地盤沈下が発生し、1959 - 1982 年間の最大累積沈下量は 2 m 以上にも達している。

従って、市の東部や北部に新たな地下水源を求めざるを得ない点もまた理解できる場所である。

同地区の既存調査資料によれば、地下水開発の可能性は水量、水質とも極めて有望と考えられるので、科学的・合理的な地下水調査を実施して当面の開発目標値 5,000 万 m³/年の開発可能性を評価することは意味のあることと考える。

ただし、地盤沈下対策については、調査段階からよく検討しておくことが必要であり、モニタリング体制の構築を考慮しつつ進めることが望ましい。

II. 現場調査

現在までに黄庄窪地区において中国側が行なってきた水文地質調査全般についてみると、他の諸外国に比べ相対的にかなり高い水準で進行している。しかしながら、この資料を得るまでには、相当の年数が経過しており、技術的にも相当な困難があったことと推察される。

1. 基礎資料の整備

地形図は1/50,000が整備されており地下水開発調査においては十分と考えられる。調査地区の微地形や土地利用を判読するためには航空写真が有効と思われるが、撮影がなされていないようである（LANDSATデータの利用を検討する）。

気象、水文等の観測資料については不足しており、関係機関からの資料収集を必要とする。項目によっては新たに観測しなければならない。

2. 地形・地質・土地利用等（一般事項）

これらの基礎的資料は中国側でも行なっていると判断されるので関係機関も含めた資料収集が必要である。とくに、土地利用状況や農作物（コーリャン、麦、米、野菜等）、魚類、等の生産状況についても調査が必要である。

3. 物理探査

一般に物理探査は広域の地質構造を把握し試掘地点決定のための資料を得るために行うものである。本地区は、浅層部が塩水化していることもあって通常よく実施される電気探査は行なっておらず、調査ボーリングと試掘井掘削から始めている。

これらの資料によれば、本地区の地下地質は未固結の砂層・粘土層が頻りに互層しており、通常の物理探査手法では、地層区分を行なうことは極めて難しいと判断される。従って、調査は層序試錐（調査ボーリング）から始め、その結果により試掘井を掘削するのが妥当と思われる。弾性波探査等は余分な手間がかかる割には効果が少ないと判断する。しかし、本地区について弾性波探査あるいは他のどのような物理探査が適用可能か、専門的立場からさらに検討を要する。

4. 層序試錐（調査ボーリング）

黄庄窪地区の地下水地質層序（地学的時代区分）を明らかにすることは、今後、他の地区の地下水開発を行なう際にも重要な指標となるものと思われる。本地区は天津市都市部の地下地質と同様に深度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るものと考えられる。

上部第三紀層以深は熱水及び天然ガス鉱床の存在の可能性が推定されるが、黄庄窪地区の地下水開発に関しては、第四系の層序、層相の解明が重要である。

調査内容としては、コア採取、 C^{14} による年代測定、重鉱物分析、各種の微化石分析が考えられるが、中国における第四紀層序学の水準を併せ考慮しつつ今後検討していく必

要があろう。

5. 試掘井掘削

〈掘削〉

これまでの調査により黄庄窪地区の地下には4層の被圧帯水層が存在することが明らかになっている。(図-2)

しかし、調査ボーリング、試掘井とも未だ十分な数が掘削されてはおらず既存井の資料も不十分なものが多いので、新たに掘削を必要とする。

帯水層の性状は、I～II層について比較的良くわかっているがIII～IV層など深層部は不十分である。とくに、水質的にはI層を利用できないので、地下水開発の主力はII～IV層に向けられよう。II～IV層は水質、水量とも良好であるがII層についてはI層からの漏水の恐れもあり、安全策をとればIII～IV層を主とすることが考えられる。

いずれにしても、各帯水層の分布及び帯水能については詳細な調査が必要であり、今後は既存資料を十分吟味し、調査ボーリングと試掘井掘削を行なうものとする。

〈検層〉

これまでの調査でも行なわれているが、各検層値(比抵抗、温度、自然電位等)の表示がない。また、検層機器は老朽化し、台数も不足している。

〈揚水試験〉

平衡式による解析が行なわれている。開発に伴う地下水位、水量の予測のためには、貯留係数や漏水係数などの水理定数を求める必要があるので、既存の試掘井(調査井)については再び揚水試験を行なうことが望ましい。また、今後の試掘井は各層の水理定数が把握できるよう揚水試験計画をたてる必要があろう。

解析方法としては、Theis, Jacob, Hantush, Witherspoonらの非平衡式を用いるのが良いであろう。

〈水質分析〉

現場で、水温、pH、電気伝導度を測定できる性能の良い機器があった方がよい。室内分析項目は、地下水調査に関しては、現在行なわれている項目でも十分であろう。しかし、用水の水質基準を満たしているかどうかの分析は、別の機器装置を必要としよう。

6. 水文観測

試掘井掘削時の水位測定のみ行われており、十分とは云えない。少なくとも次のような観測は必要と思われる。

- (1) 地下水位連続観測(自記水位計による観測:全試掘井)
- (2) 地下水位一斉観測(試掘井, 既存深井戸, 浅井戸を年間4回程度一斉に測定)
- (3) 河川水位・流量観測

III. 解析・設計

基本的にこの項目は、II. の調査結果の解析と、とりまとめを意味する。黄庄窪地区の地下水開発計画においては、地区の地質・地下水に関する定性的・定量的総括を行うものである。

この点に関し、中国側の調査はほとんど未了であるが、水文地質構造については、かなり説明が進んでいると考えられる。しかし、先に述べたようにIII～IV層の分布と帯水能についてさらに調査を行ない、水文地質構造を確定することが必要と考える。

地下水貯留、流動、水収支など黄庄窪地区の地下水の定量的説明はまさに、これからであり、II. 現場調査の試掘井の掘削、揚水試験、水文観測の進展により、解析とりまとめが可能となるものと思われる。

IV. 生産井配置計画

黄庄窪地区の生産井の配置に当っては、I～IIIの各調査結果を総合し、下記の要件を制約条件として、最適配置及び最大開発可能量を求めることとなろう。

- (i) 水文地質条件 (帯水層厚, 透水性, 水位)
- (ii) 水収支条件 (かん養量)
- (iii) 地盤沈下条件^(※)

その方法としては、非定常被圧地下水モデル(有限要素法または差分法)と、線型計画法のカップリング(連成)モデルの適用が考えられる。

V. 導水計画, 水処理計画(参考)

天津市地質鉞産局の管轄外となり、本計画外の事項となるものであろうが、地下水の用途、給水地域については次の3つの案が考えられている。

- 第1案: 水源池からルワン川へ水路等によって導水する。
- 第2案: 水源池からパイプによって海浜技術開発区に導水する。
- 第3案: 水源池からパイプによって塘沽地区に送水する。

これらについては、今後の中国側の検討により明確にすることが必要と思われる。

VI. 開発・モニタリング(参考)

本計画が開発段階に到った後、地下水位、水質、地盤沈下のモニタリングを行なうことが是非とも必要である。これは、貴重な地下水資源を保全するとともに、地区内で発生する障害を最小限にとどめるためである。黄庄窪地区の地下水開発に当っては当初より、地下水モニタリングシステムの構築を念頭におき、調査を進めていくことが肝要と思われる。

(※) なお、本地区の地下水開発に伴い地盤沈下が発生するものと予想される。揚水に伴う地盤沈下予測が必要になるとと思われるので、軟弱泥層の試料採取と圧密試験、砂層部分の弾性係数の測定等が必要になるものと思われる。

(6) 面接者リスト

1. 国家科学技術委員会

- ① 劉 永 翔 : 国際科技合作局処長
- ② 張 愛 平 : " 官員
- ③ 封 兆 良 : " "

2. 天津市科学技術委員会

- ① 張 准 : 副主任
- ② 魯 志 遠 : 外事処処長
- ③ 萬 慎 青 : 外事処副処長
- ④ 蘇 海 潮 : 対外科技交流中心, 幹部

3. 中国国際貿易促進委員会

- ① 李 醒 民 : 天津分会国際展覽交流部
- ② 王 振 河 : 天津分会經濟貿易連絡部, 幹部

4. 天津市地質鋳産局

- ① 卞 昭 浩 : 局長
- ② 付 少 華 : 副局長
- ③ 陶 維 藩 : 地質調査研究大隊水文隊, 工程師
- ④ 王 之 栄 : " " , "
- ⑤ 金 愛 善 : " " , 助理工程師
- ⑥ 李 鳳 忠 : " 電算站, 工程師
- ⑦ 張 治 興 : 地勘処, 工程師
- ⑧ 李 副 林 : 外事辦公室, 副主任
- ⑨ 顏 淑 惠 : 通訳官

5. 天津市計画委員会

- ① 劉 速 長 : 長遠規画処, 副処長

(7) 収集資料リスト

1. 水道, 水需給

- 1 - 1 灤河水路位置図
- 1 - 2 天津市水需給計画図

2. 地形・地質

- 2 - 1 地形図 50万分の1
- 2 - 1 地形図 175万分の1
- 2 - 3 水文地質図 5万分の1
- 2 - 4 井戸柱状図(水質分析・揚水試験結果記入済)
- 2 - 5 水文地質断面図

3. 井戸・機械

- 3 - 1 黄庄窪地区既設井諸元一覧表
- 3 - 2 地質鉱産局ボーリングマシンの写真及び主要規格表

4. 気象・水文

- 4 - 1 天津市降雨量・蒸発散量等値線図(1964~1984年平均) 1/1,000,000
- 4 - 2 海河流量変動グラフ(1950~1984年)

5. 地盤沈下

- 5 - 1 Analysis of the Cause of Land Subsidence in TIANJIN, CHINA
— Tianjin Municipal Bureau of Geology and Mineral Resources
- 5 - 2 天津市の地下水位及び地盤沈下経年変動グラフ

(8) 用語解説

〈地下水シミュレーション〉

地下水の流れを模擬するモデルを作成し、そのモデルの上で地下水の揚水に伴って地下水の流れがどのように変化するかを予測して、実際の地下水開発や保全計画を検討する手法である。

1950年代末から米国で発展し、60～70年代を通じて先進国の地下水定量評価の手段として定着した。

シミュレーションのための地下水モデルの作り方は大別してアナログとデジタルの2通りがある。アナログモデルは電気回路を作成して地下水の流れを模擬するもので、1950年代～1960年代初めまで米国を中心に発達したが現在は大学や研究所に保存されているだけではほとんど利用されていない。

デジタルモデルは、その名の通り数値モデルと呼ばれ、シミュレーションは、地下水の分野に限らず、このデジタルシミュレーションを意味している。この方法は、地下水の流れをあらゆる方程式（モデル）を差分法や有限要素法のような数値解法を応用して解析するもので、一般に大型コンピューターを用いる。地下水の定量評価の方法としては数値モデルによるシミュレーションがほとんどで、アナログモデルは大学などの特殊な実験以外には用いられていない。

また、地下水シミュレーションモデルは最初は、地下水の流れだけを模擬していたが、最近では流動に伴う地盤沈下（圧縮）、塩水化、熱の移動などを扱えるようになっている。

〈地下水モデル〉

地下水の流れだけを扱うシミュレーションモデルにも様々なものがあり、実際の水文地質構造や地下水データの精度に応じて使い分けられている。また一般にモデルが複雑になればなるほど、計算に要するコンピューターは大容量のものが必要となり、計算時間も長くなる。

現在、地下水流動（地盤沈下を含む）を解析するためのシミュレーションモデルでよく使われているのは次の4種類である。（ただし、ここでは被圧地下水を対象とする）

(1) 水平二次元（単層）モデル

地下水の流れを、被圧帯水層内の水平方向のみと考える地下水モデルで、次図(上)の矢印Rの方向の成分（紙面の垂直な方向と平行な方向）より成り立つものとする。

(2) 準三次元（単層）モデル

水平二次元（単層）モデルに縦方向の流動量（図中のL）を加えたものである。Lは漏水（leakage）と呼び、上部の不圧帯水層から下部の被圧帯水層に向って難透水層を通して流入すると考える。

(1)、(2)のモデルと、次の(3)準三次元多層モデルや(4)の三次元モデルでも、シミュレーショ

ンの範囲を右図(F)のように、メッシュまたは三角形要素に分割するので、立体的には、右図(E)のような構造をもつメッシュまたは三角形要素が縦横に連結されたものとなる。

(3) 準三次元多層モデル

実際の水文地質構造は単層ではなく右図のように帯水層と難透水層が互層し、多層構造となっていることが多い。準三次元多層モデルは(2)の準三次元単層モデルを発展させたもので、各被圧帯水層内の地下水流れは、図中に示すように水平成分から成り、これに上下の難透水層を通して縦方向の漏水により地下水流動が生じると考えるものである。

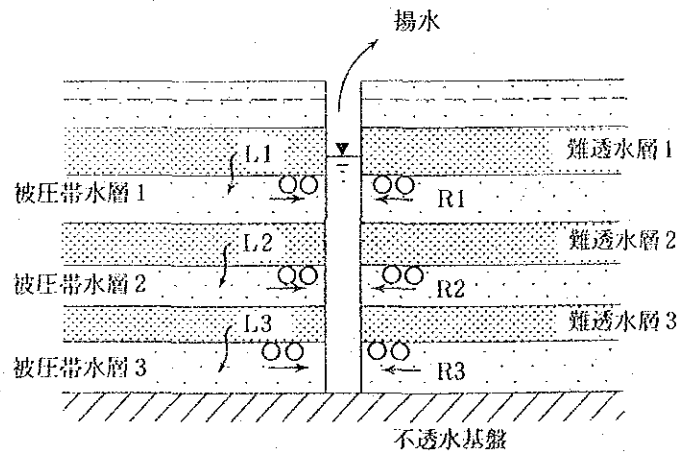
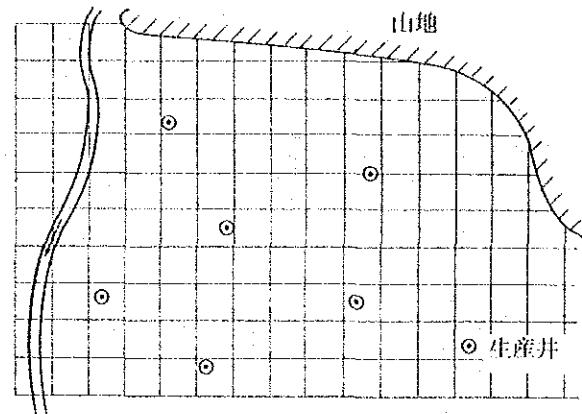
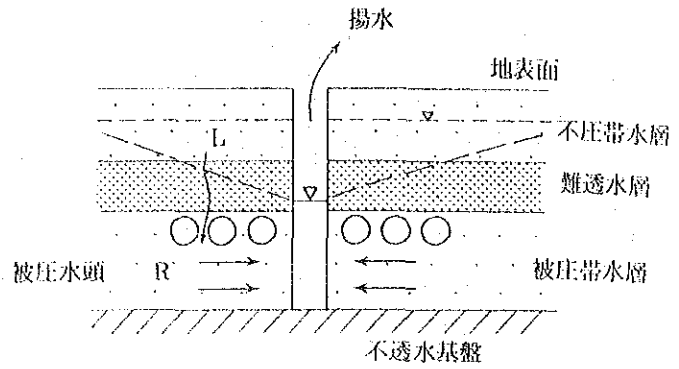
(4) 三次元(単層~多層)モデル

三次元モデルとは上記(1)(2)(3)の各モデルでは無視されている垂直方向の流れを考慮するものである。すなわち、被圧帯水層内においても垂直(z), 水平(x, y)の3方向の流れを、また難透水層内でも縦方向の漏水だけでなく水平方向の流れを考慮に入れてモデル化する。しかし、実際の地下水問題では流れの性質を考えると完全な三次元化をするためには地下水データも完璧でなくてはならず、局所的な問題(とくに土木工事に伴う地下水解析)をのぞき、広域の地下水開発評価に使われている例は少ない。

実用的には(2)または(3)のモデルが普及しており、標準的なプログラムも販売されている(例: PLASM, AQUIFEMなど)。

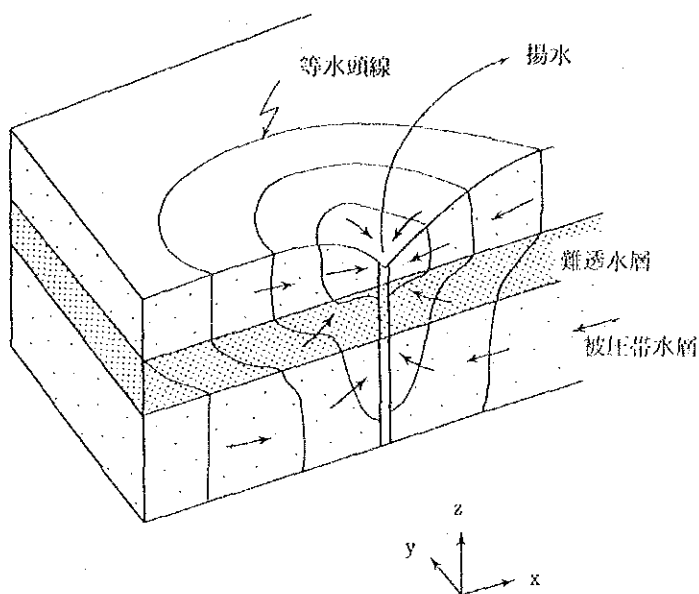
〈差分法, 有限要素法〉

地下水シミュレーションモデルは地下水の流れを模擬するもので、連続の式とダルシーの式により運動方程式(微分方程式)の形で表わされている。この方程式を具体的に解くため

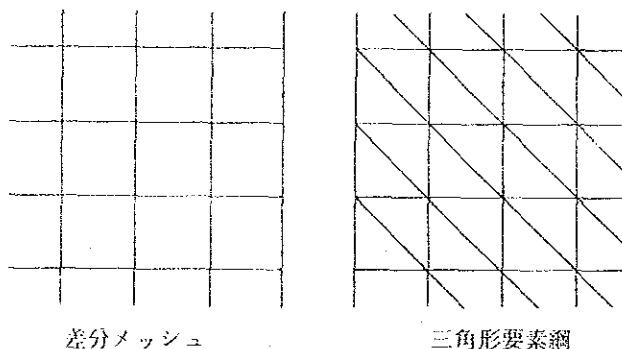


の数値解法として差分法、有限要素法などが応用される。

運動方程式を解くためのもうひとつの重要な解法はいわゆる解析解（厳密解）であるが、この方法による答が得られるのは理想的な条件や仮定をおいた場合である。（たとえば、均質な、水平な、等しい層厚の帯水層が無限に広がる……というような条件）。この方法は紙と鉛筆、数表、卓上計算器があれば答が得られるので、地下水定量評価の初期的段階において行なわれる（またこの方法による評価で十分な場合も多い）。



これに対して差分法、有限要素法などの数値解法は複雑な水理条件を考慮した解析ができ、実際との比較もしやすくなるが、解をうるためには一般に大型コンピューターが必要で、計算の手間も複雑である。



差分法と有限要素法とでは、アプローチの基本原理が違うが、シミュレーションモデルから得られる出力（Output）は同じである。両方法とも最終的には、地下水シミュレーションの範囲はある距離をもったメッシュや三角形に分割され、生産井や観測井は、そのメッシュや三角形内に含まれる。詳細なモデルの場合には三角形やメッシュの頂点が井戸を表わすようにする場合もある。地下水揚水後の任意の時間の地下水位が答として得られ、メッシュの中央点、あるいは三角形の頂点に出力される。

広域地下水問題では一般に差分法と有限要素法の解には精度の差はなく、どちらを採用するかは取り扱おう技術者の慣れの問題でもある。局所的な問題では一般に有限要素法の精度が良いと云われている。

〈線型計画法による最適化〉

地下水位をある値以上に保って、最大限くみ上げ得る揚水量を求める問題を解く際に応用される手法である。

これは井戸本数を n 本とすると、 m ヶ所の地点で n 本の井戸の揚水による水位低下を限界

水位低下量以内にして、 n 本の井戸の揚水量の合計を最大にするということで、このような問題を線型計画問題という。

線型計画法とは、ある制約条件（ここでは、地下水位をある値以下に低下させないという条件）のもとで、目的関数（ここでは、 n 本の井戸の揚水量の合計）を最大にする問題を解くための手法であり、ここで得られる解は数学的な最適解となる。

線型計画法はいろいろな問題に応用される。例えば、ある施設の建設にあたり、特殊な制約条件のもとでコストを最小化するか、逆に利得を最大化するための施設の最適配置を求めるというような問題である。

地下水揚水量の最適化のために線型計画法を使うわけであるが、地下水揚水による地下水揚水による地下水位の変化は、前述の地下水モデル（運動方程式）によって表わされるので、実際にこのような問題を解くためには、地下水モデルと線型計画法を数学的に結合（カップリング）する必要がある。

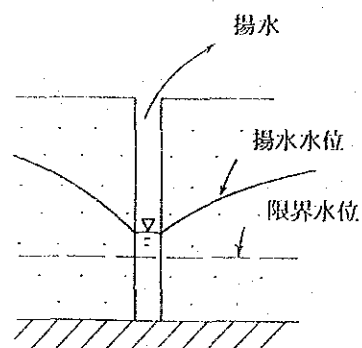
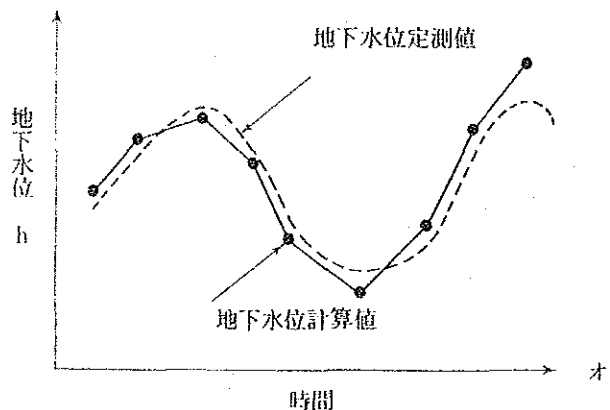
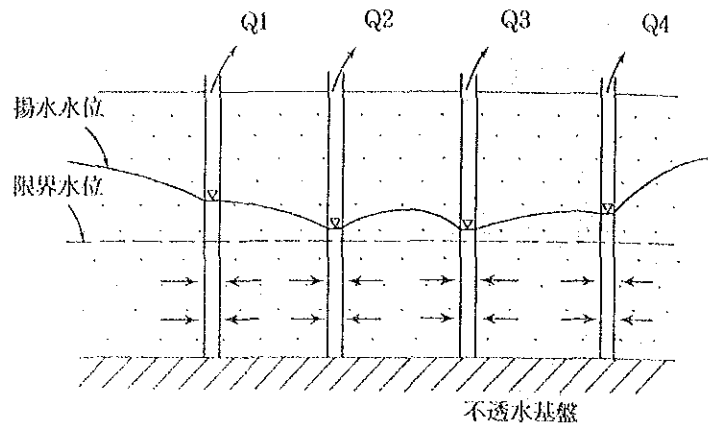
〈内挿検定〉

シミュレーションとはモデルによって実際の地下水の挙動を模擬するものである。内挿検定とは、いろいろな条件を考えて作成したシミュレーションモデルによる計算値がどれくらい実際と合致しているかを調べることである。

実際の値との適合性が悪い場合には、モデルに入力した諸条件やパラメータのうち精度の悪いものを修正する。このプロセスを繰り返して、最終的に良好な結果が得られた段階で内挿検定を終了する。内挿検定によって固定されたモデルを用いて、将来予測を行なう。

〈許容限界水位〉

地盤沈下や塩水化などの地下水くみ上げによる障害を引き起さないで、くみ上



げ得る地下水揚水量を許容揚水量[※]と呼ぶ。このときの地下水位が「許容限界水位」である。「許容限界水位」と云う場合、何をもって許容しうると云うかが問題であるが、その決め方の要件としては様々なものが考えられる。

- (1) 地下水の水収支 (かん養量とバランスのとれた水位)
 - (2) 地盤沈下 (地盤沈下を起さない水位)
 - (3) 水質 (塩水化を起さない水位)
 - (4) 経済 (揚水コストの限界)
 - (5) 法律 (他の井戸への影響)
 - (6) 帯水層の性質 (排砂などを引き起さない水位)
- ： これらを総合して暫定的な水位が決定される。

※ この概念は我国では必ずしも統一した定義はなされていない。

JICA