

社会開発調査部報告書

No. 42

国際協力事業団

中華人民共和国水利部

中国
内蒙古自治区托克托県
地下水開発計画調査

最終報告書
主報告書

1999年3月

ICS LIBRARY



J1149821(9)

住鋳コンサルタント株式会社
八千代エンジニアリング株式会社

社調二
SIC
99-049

住鋳コンサルタント株式会社
583

国際協力事業団
中華人民共和国水利部

中国
内蒙古自治区托克托県
地下水開発計画調査

最終報告書
主報告書

1999年3月

住鋌コンサルタント株式会社
八千代エンジニアリング株式会社

通貨換算率

(1999年 1月10日現在)

1 中国元 = 13.75 円
7.27 中国元 = 100 円



1149821 [9]

序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の内蒙古自治区托克托県地下水開発計画にかかる調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成9年3月から平成11年3月までの間3回にわたり、住鉱コンサルタント株式会社の篠田晃一氏を団長として、同社および八千代エンジニアリング株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、中華人民共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、本調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 11 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 藤 田 公 郎

伝 達 状

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎 殿

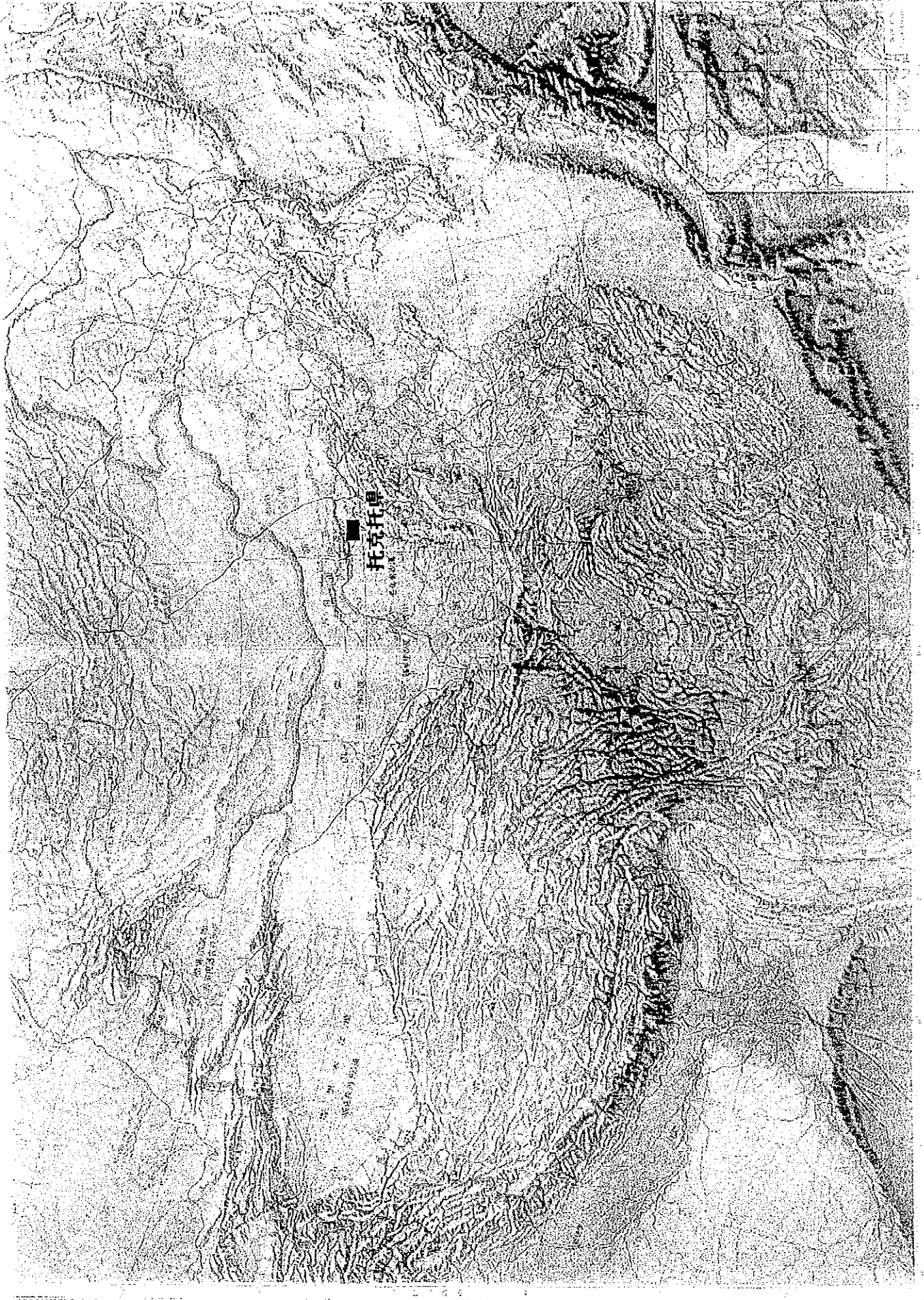
今般、中華人民共和国内モンゴル自治区トクト県地下水開発計画調査が終了しましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約により、住鉱コンサルタント株式会社と八千代エンジニアリング株式会社が平成9年3月から平成11年3月まで実施してまいりました。調査団は調査期間中3回にわたり現地調査を行い、中華人民共和国および関係機関との協議を行うと共にその協力を得て、内モンゴル自治区トクト県の永聖域郷、伍什家郷及び黒城郷を対象に清浄な地下水の分布、地下水賦存量の評価、給水施設の運営維持管理にかかる留意点の抽出及び各郷の地下水開発計画の策定をいたしました。

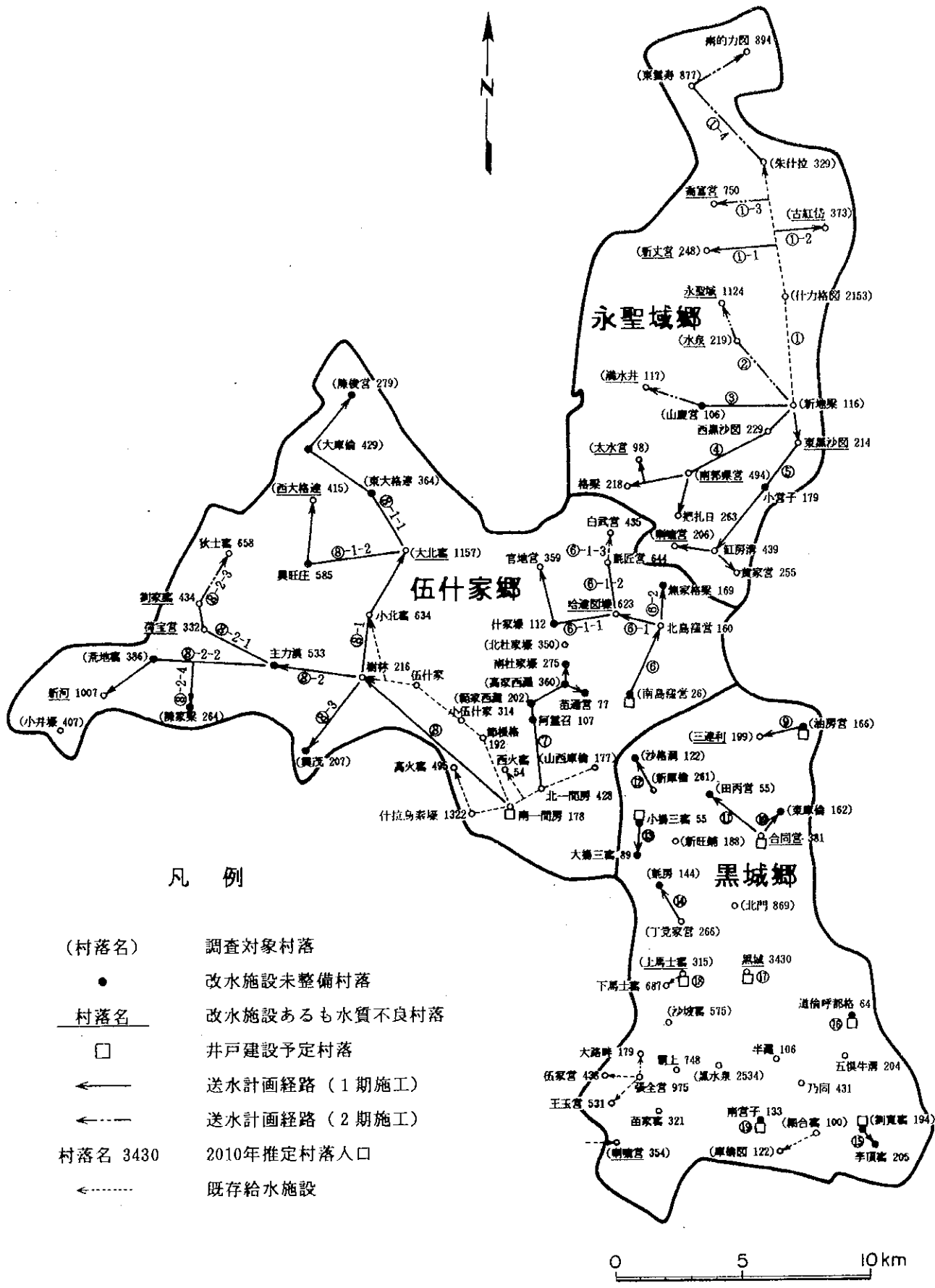
本報告書を提出するにあたり、貴事業団、同事業団中華人民共和国事務所、在中華人民共和国日本国大使館その他関係者に全調査期間にわたって多大なご支援、ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。また中華人民共和国におきましては、水利部、水利部牧区水利科学研究所、内蒙古自治区、呼和浩特市、托克托県および3郷の関係機関各位から貴重なご助言とご支援を賜りました。ここに記し心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果が対象地域住民の生活条件の向上と衛生状態の改善ならびに経済発展の一助となることを切に希望する次第であります。

平成11年3月

調査団長 篠田 晃一



調查地域位置圖



凡 例

- (村落名) 調査対象村落
- 改水施設未整備村落
- 村落名 改水施設あるも水質不良村落
- 井戸建設予定村落
- ← 送水計画経路 (1期施工)
- ← 送水計画経路 (2期施工)
- 村落名 3430 2010年推定村落人口
- ← 既存給水施設

給水施設設計画図

中国内蒙古自治区托克托県地下水開発計画調査

調査期間：1997年3月～1999年3月

受入機関：水利部牧区水利科学研究所

概要

1. 背景

中国内蒙古自治区托克托県（総面積1,398.7km²、人口17.7万人）は大陸内陸部の高原地帯にあり、降水量が少なく地表水も限られており、水不足がこの地域の発展を妨げている。最貧県に属する同県は、経済的に非常に厳しく、国家計画の第8次、第9次5カ年計画にも深層地下水の開発利用が組み入れられていたにも係わらず、資金不足から十分な調査は未だ行われていない。

また、同県は地表水、地下水に含まれる濃度の高いフッ素、ヒ素に起因する風土病の発生率が高く、加えて、現在利用されている地下水は、一部を除いて浅い地層より得られたものであり、生活排水、牧畜等の排水の影響も受けている。このように、事態は深刻であり、地下水の開発利用と水環境の整備は、この地区の経済発展と住民生活の改善に大きく資するものである。ついてはこれら問題解決のために、安全かつ安定的な地下水の利用可能量等の詳細な調査を実施する必要がある。

2. 目的

本調査の目的は次の3項目である。

- 1) 内蒙古自治区托克托県の3郷（永聖城郷、伍什家郷及び黒城郷）において、地下水資源開発の可能性を調査する。
- 2) 安定的かつ安全な飲料水を供給するため、地下水による水供給計画を策定する。
- 3) 本件調査を通じて、中国側カウンターパートに技術移転を行う。

3. 調査対象地域

本調査の調査対象地域は、内蒙古自治区托克托県の3郷（永聖城郷、伍什家郷及び黒城郷、面積計556km²）、対象村落数は中国側との協議で最終的に43か村となった。

4. 計画の概要

調査地域の地下水賦存状況は、調査地域の中央部を北北東—南南西に伸びる伏在断層によって2分される。この断層の北側では、下部更新統が深層被圧帯水層を形成し、南側では白亜系の砂岩・泥岩互層が深層被圧帯水層となっている。これら帯水層の水質は、前者の帯水層地域は南東端の一部を除きほぼ全面的にヒ素、フッ素に汚染され、飲料水としては不適で、永聖城郷及び伍什家郷の大部分がこの地域に含まれる。これに対し後者の帯水層の水質は良好で、黒城郷がこの地域に含まれる。

以上の水理特性から、永聖城郷及び伍什家郷では、飲用水として安全な地下水水源の賦存は、地域的に極めて限定されており、かつ、既に改水事業が実施された村落についても水質改善の必要性が高く、この2つの郷における給水計画の基本は次のように要約される。

- 1) 飲用水として安全な地下水水源の賦存地域から、不適な地下水の地域へ送水する等、広域的な対応の計画と成る。
- 2) 広域的な給水計画では、計画対象村落として選定された43村落のみを対象とした計画は現実的でなく、3郷内の全村落を対象とする計画が妥当と考える。

4-1 基本方針

- (1) 目標年を2010年とする。
- (2) 給水施設建設対象村落は3郷内の給水施設未建設村と、給水施設建設村落での水質の悪い村落とする。
- (3) 計画給水率は、2010年で100%給水を目指とする。
- (4) 3郷の将来人口は42,700とする。

- (5) 給水計画原単位は50L/人・日とする。
- (6) 3郷合計の年間給水量は約780,000M³/年となる。
- (7) 給水水質基準は農村生活飲用水衛生基準、準則3級を適用し、フッ素(F)、ヒ素(As)についてはそれぞれ1,5mg/L、0.05mg/Lとする。

4-2 計画内容

(1) 給水方式

計画目標年2010年での給水方式は、原則として、村落内に良質な水質の水源がある場合には、村落毎に独立した給水系統の各戸給水施設の設置。一方、村落内に安全な水が確保できない場合には、外部からの導水を考慮する(広域送水幹線網)。ただし、運営・維持管理の組織面の理由から、外部導水の場合も同一の郷内に水源を求める。

(2) 村落給水計画及び水源

各郷の概略施設計画での計画対象村落は、給水施設未設置村と、施設はあり当面水量・水質に問題ないが(若干の水質汚染が生じている場合も有る)計画目標年までには水質悪化あるいは水量不足のため、新水源から導水の必要となる可能性の高い村で、その数と位置は表一1と給水施設計画図に示す。

表一1 対象村落数、掘削井戸数及び2010年人口

郷名	対象村落数	掘削井戸数	2010年人口(人)
永聖城郷	19 (2)	—	7,303
伍什家郷	27 (16)	2	10,599
黒城郷	16 (11)	8	6,401
合計	62 (29)	10	24,303

* () 内は給水施設設置村数、内数

永聖城郷

全ての地域が主要伏在断層の北部に含まれ、郷南東部、新地梁村の近辺を除く地域では水質基準を満たす水源は得られない。水源は新地梁村生産井(可能揚水量1,000m³/日、最終揚水量500m³/日)を使用する。新地梁村に送水センターを設置し、5系統の送水幹線による全村落への送水とする。

伍什家郷

主要伏在断層の北部では、水質基準を満たす水源は得られない。一部の浅層地下水を利用する既存給水施設では、将来の水質悪化の恐れもあり広域的な水源確保の対応が必要である。水源は伍什家郷内の主要伏在断層の南部に胚胎する白亜系帯水層を対象とする。

既存の世銀開発計画である一間房系統の完成に加え、南一間房付近と南島窪営に新たに水源井戸を設置し、それぞれ、郷西部地域及び北部地域へ3系統の送水幹線を通じ、全村落への導水とする。灌漑用水を用いた代案は比較検討の結果、今回の給水計画では、郷内で水源が確保される地下水利用案が経済的であると判断された。計画案は地下水開発+送水ポンプシステムとする。

黒城郷

全域が伏在断層南部に位置し、飲用水水質基準を満たす白亜系帯水層が開発対象となる。

南部の張全営、黒水泉及び乃同周辺は給水施設の整備が完了しているが、黒城あるいは合同営等の浅層地下水を利用する一部の既存給水施設では、現在水質悪化が進み、水質改善の必要が生じている。本郷では基本的に運営、維持管理の容易な独立系の給水施設を計画する。一部の人口の少ない村落では井戸掘削費用との比較で2~3か村の共同利用を考慮する。新規井戸掘削8ヶ所およびそれに伴う水源共同施設が計画される。

(3) 給水施設

1) 広域送水幹線網

- ① 水源用深井戸 ② 送水ポンプ ③ 送水幹線 ④ 中継ポンプ

2) 村落内給水施設

- ① 水源用深井戸 ② 送水ポンプ ③ 圧力タンク ④ ポンプ建屋 ⑤ 各戸給水用配管網

5. 必要な事業費

表一 2 給水施設毎事業費 単位(千円)

郷名	1期施工			2期施工			合計		
	広域	村落	小計	広域	村落	小計	広域	村落	小計
永聖城	1,536	91	1,627	1,361	—	1,361	2,897	91	2,988
伍什家	9,359	1,375	10,734	484	—	484	9,843	1,375	11,218
黒城	3,443	444	3,887	617	—	617	4,060	444	4,504
				合計			16,800	1,910	18,710

6. 運営・維持管理計画

農村給水事業を円滑にするために、監督機能と運転機能を強化する組織整備を行う必要がある。また組織整備のための要員育成が早急に始められるべきである。

監督組織として、県の水利局・改水項目弁公室・衛生局(防疫站)が主体となり、運転組織に対する技術的指導と財政的支援を行う必要がある。必要な機能としては主に料金設定、運転修理等に関する基準作成と運営の監督、運転要員訓練及び施設建設・更新にかかわる技術・財政支援である。運転組織としては、郷毎に農村供水公司を設立し管理小組により実施される各村落系統の運転・日常点検等を指導支援するとともに、広域送水系統については直接運転を行うことを提案する。

施設建設後の運転・維持管理費は水道料金収入により賄われるべきである。さらに小規模で経済的に貧しい村落の負担を軽減するため、会社の費用、広域施設の運転・維持管理費および村落内施設の修理積立金は、郷全体の均一料金で負担されることが望ましい。しかし、村落内給水の運転費は使用量を管理するため村落毎に設定し徴収することとしたい。

水道料金は、三郷で施設内容が異なり、1.3~1.7元/人・月と推計され、ほぼ全村落で住民の負担が可能であると考えられる。

7. 評価

7-1 経済・財務分析

(1) 経済評価

本計画の事業効果を経済便益として定量化することは難しいが、給水施設が新たに整備され、衛生的な水が供給されることによる水汲み労働時間の軽減、疾病の減少による医療費の減少および生産の増大は、事業の経済費用を上回るものと評価できる。また副次的効果として、雇用の増大、生活のアニメティの向上等が期待できる。

(2) 財務評価

これまでの村落内の水源による給水と異なり、広域での水源確保・送水の必要性が生じたことにより、施設建設の費用が増大し、建設費のほぼ全額補助がなければ計画事業は財務的に成立しない。しかし政府補助を前提とすれば、本計画で設定された水道料金は、住民の負担が可能であり、施設の維持管理の実施が財務的に可能なものとなっている。

7-2 社会評価

(1) 住民のニーズ・対象地域の特性との適合性

水質と水因性疾病の関連について住民の理解は高く、また給水事業を望む住民の比率も高いことから、施設は住民の要望にそったものとなっている。また対象地域では家畜、家禽の放し飼いが多くがこれにより水源(井戸)が汚染されないような計画となっている。

(2) 実現の可能性

- 1) 事業用地は、主に村落内の共用地が使用されており、用地確保は比較的容易である。
- 2) 担当行政機関である托克托県水利局および衛生局は、農村給水の維持管理面についてはまだ体制が十分に整備されていない。このため運営組織計画において管理・指導・監督・支援する

ために必要な組織が実現可能性を考慮して立てられている。また衛生改善のため衛生教育委員会の設立が提言されている。

(3) 持続可能性

料金設定については、料金の一部をすでに給水されている村落を含めて、郷レベルでの一律料金制が提言されており、料金支払い能力の低い世帯・村落での事業実施可能性を高めるよう配慮されている。

(4) 便益分配の公平性、社会的不利益の最小化についても評価されている。

7-3 環境・技術評価

1) 環境

環境への影響は、地下水開発による飲用水供給事業であることから、「揚水による地下水源への影響」と「給水による生活污水の発生」が指摘される。その何れについても、影響が軽微であることが確認された。

2) 水源開発

—安全な水の確保

良好な水質の白亜系帯水層の賦存が地域的に特定され、永聖域、伍什家郷ではその安全な水の得られる開発可能な地域が明確化された。全て村落内で処置することはできないが、郷内での補完が可能となった。

—持続的開発

計画給水量と農業利用を含む揚水量を用い、長期的揚水による地下水位の低下及び水質への影響が、シミュレーションにより検討され、持続的な開発が可能であることが確認された。

3) 給水計画／給水施設計画

—安全な水の供給

調査対象地域内では、給水施設が未整備で不衛生な水使用の村落がまだかなりある。また、多くの地域で、地下水にフッ素が高濃度で含まれ、その中毒症状が発生している。これらに対し、本計画では飲用水水質基準を満たす安全な水が、郷内の全住民に供給されることになる。

—適正技術

計画された給水施設が持続的に運営維持されて行くためには、計画対象地域の社会・経済条件及び技術的水準に見合った適正技術の適用が重要である。本計画では日常的な維持管理は村民の手で実施されることになり、この点が給水施設設計において考慮されており、これらの事項は以下の通りである。

- ・ 維持管理の容易な極めて簡単な給水機構の採用
- ・ 凍結防止対策
- ・ 運転員が農業を兼ねることを考慮し、農作業前後のみの給水時間
- ・ 公共水栓の採用

8 提言

次の2項目について提言する。

- (1) 水質監視の継続
- (2) 広域調査の実施

中華人民共和国内蒙古自治区托克托县地下水開發計画調査

最終報告書

主報告書

目次

序文	伝達	調査地域位置図	給水施設計画図	概要	文状図	要	目次
第1章	序章	.....	.....	.....	.....	.....	1 - 1
1. 1	調査の背景	.....	.....	.....	.....	.....	1 - 1
1. 2	調査の目的	.....	.....	.....	.....	.....	1 - 1
1. 3	調査対象地域	.....	.....	.....	.....	.....	1 - 2
1. 4	調査の内容	.....	.....	.....	.....	.....	1 - 2
1. 5	調査実施体制	.....	.....	.....	.....	.....	1 - 3
第2章	調査地域の概要	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 1
2. 1	社会経済状況	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 1
2. 1. 1	内蒙古自治区	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 1
2. 1. 2	呼和浩特市	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 2
2. 1. 3	托克托县	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 3
2. 1. 4	調査対象3郷	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 5
2. 1. 5	調査対象村落の社会経済概況	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 8
2. 2	給水事業の現況	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 13
2. 2. 1	改水事業概況	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 13
2. 2. 2	調査対象村における改水事業実施状況	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 15
2. 2. 3	給水施設内容	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 21
2. 3	住民の水因性罹患状況	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 27
2. 3. 1	水因性疾病調査	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 27
2. 3. 2	調査の結果	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 29
2. 3. 3	今後の調査課題	.....	.....	.....	.....	.....	2 - 35

第3章 水文地質	3 - 1
3.1 広域の水文地質	3 - 1
3.1.1 広域の水文地質的特徴	3 - 1
3.1.2 広域の水文地質	3 - 3
3.1.3 呼包平原の帯水層	3 - 3
3.1.4 物理探査	3 - 10
3.2 調査地域の地形および地質	3 - 18
3.2.1 調査地域の地形	3 - 18
3.2.2 調査地域の水系	3 - 20
3.2.3 調査地域の地質	3 - 20
3.3 調査地域の地質構造	3 - 23
3.4 地下水汚染	3 - 24
3.4.1 地下水のヒ素汚染の傾向	3 - 24
3.4.2 地下水のフッ素汚染の傾向	3 - 27
3.4.3 岩芯詳細試験	3 - 27
3.4.4 汚染に関する考察	3 - 35
3.4.5 地下水開発への提言	3 - 38
第4章 地下水賦存量の評価	4 - 1
4.1 水文地質構造の検討	4 - 2
4.1.1 調査地域の水文地質構成	4 - 2
4.1.2 帯水層の水力定数	4 - 4
4.1.3 地下水面の形状	4 - 10
4.1.4 涵養機構の検討	4 - 12
4.2 地下水賦存量の量的検討	4 - 18
4.2.1 水文地質モデルの構築	4 - 18
4.2.2 地下水賦存量の量的評価	4 - 23
4.3 地下水賦存量の質的検討	4 - 29
4.3.1 地下水の水質分布	4 - 29
4.3.2 地下水賦存量の質的評価	4 - 36
4.3.3 水質を考慮した地下水開発可能量のまとめと考察	4 - 41
第5章 試行事業の監視（モニタリング）	5 - 1
5.1 水源監視	5 - 1
5.1.1 水源監視業務の内容	5 - 1
5.1.2 水源監視業務の結果	5 - 1

5.2 給水施設計画及び運営・維持管理監測	5 - 2
5.2.1 監測業務の実施概要	5 - 2
5.2.2 監測業務の結果	5 - 3
5.2.3 給水施設計画及び運営・維持管理監測結果	5 - 8
第6章 開発計画	6 - 1
6.1 計画諸元	6 - 1
6.1.1 計画目標年	6 - 1
6.1.2 計画対象村落	6 - 1
6.1.3 計画対象人口	6 - 3
6.1.4 農村開発計画	6 - 5
6.1.5 計画給水量・水需要予測	6 - 8
6.1.6 水質基準	6 - 9
6.1.7 地下水開発地区	6 - 9
6.2 地下水開発計画	6 - 11
6.2.1 地下水開発地点と開発量	6 - 11
6.2.2 地下水開発に伴う井戸内水位低下量と水質変化予測	6 - 13
6.2.3 生産井の掘削数量と構造	6 - 16
6.2.4 地下水管理計画	6 - 17
6.3 村落給水計画	6 - 18
6.3.1 給水計画	6 - 18
6.3.2 施設計画	6 - 20
6.3.3 資材調達計画	6 - 35
6.3.4 維持管理/運営組織計画	6 - 36
6.3.5 事業費概算	6 - 42
6.3.6 投資計画	6 - 43
6.4 衛生改善/衛生教育	6 - 47
6.4.1 衛生改善	6 - 47
6.4.2 衛生教育	6 - 50
第7章 事業評価	7 - 1
7.1 経済財務評価	7 - 1
7.1.1 財務評価	7 - 1
7.1.2 経済評価	7 - 7

7. 2 社会評価	7 - 11
7. 3 環境・技術評価	7 - 13
第8章 実施計画	8 - 1
8. 1 優先事業	8 - 1
8. 2 年次計画	8 - 5
第9章 提 言	9 - 1

図 表 一 覧 表

表	類		
表 2. 1 -	1	呼和浩特市の経済指数	2 - 2
表 2. 1 -	2	托克托県の経済指数	2 - 3
表 2. 1 -	3	托克托県構成郷 一般情報 (1995 年統計資料)	2 - 3
表 2. 1 -	4	托克托県 統計	2 - 4
表 2. 1 -	5	調査対象 3 郷の一般情報	2 - 5
表 2. 1 -	6	調査対象村落の人口・世帯数	2 - 8
表 2. 1 -	7	一戸当たりの耕地面積と主要農作物生産高	2 - 8
表 2. 1 -	8	一戸当たりの家畜・家禽保有数	2 - 8
表 2. 1 -	9	平均世帯収入	2 - 9
表 2. 1 -	10	一人当たりの支出	2 - 9
表 2. 2 -	1	調査対象三郷の農村改水事業の実施状況	2 - 16
表 2. 2 -	2	調査対象村での農村改水事業の実施状況	2 - 16
表 2. 2 -	3	調査対象村(1)	2 - 18
表 2. 2 -	4	調査対象村(2)	2 - 19
表 2. 2 -	5	調査対象村(3)	2 - 20
表 2. 2 -	6	国家基準 GB11730 農村生活飲用水量衛生標準(単位:L/人日)	2 - 21
表 2. 2 -	7	調査対象村における水利用の実態表	2 - 24
表 2. 2 -	8	調査対象行政村における改水事業内容の一覧	2 - 26
表 2. 3 -	1	水因性疾病調査世帯・人数	2 - 28
表 2. 3 -	2	水因性疾病調査結果	2 - 30
表 2. 3 -	3	骨フッ素症の症状	2 - 31
表 2. 3 -	4	新地梁村学童の斑状歯	2 - 32
表 2. 3 -	5	新地梁村フッ素関連疾病追加調査 (1998 年 9 月 27 日)	2 - 33
表 2. 3 -	6	什力格図村年齢層別フッ素中毒患者数	2 - 34
表 2. 3 -	7	什力格図小学校学童の斑状歯	2 - 35
表 3. 1 -	1	層序表	3 - 4
表 3. 1 -	2	呼包平原の地下水賦存量	3 - 9
表 3. 1 -	3	電気探査仕様	3 - 10
表 4. 2 -	1	帯水層区分	4 - 18
表 4. 2 -	2	深層被圧地下水開発以前の自然状態地下水水収支	4 - 23
表 4. 2 -	3	深層被圧地下水開発後の現況地下水水収支	4 - 23

表4. 2- 4	水質を考慮しない場合の 調査地域の地下水開発可能量算定結果	4 - 28
表4. 3- 1	調査地域における水質を考慮した深層地下水開発可能量	4 - 41
表5. 2- 1	農村改水項目事業に関する、托克托県政府機関の管理責任及び 職務権限聞き取り調査結果	5 - 5
表5. 2- 2	給水施設計画監測結果：丁党家営村	5 - 8
表5. 2- 3	水道の設定使用量と実際の使用量：丁党家営村	5 - 9
表5. 2- 4	給水施設計画監測結果：細合窰村	5 - 11
表5. 2- 5	郷政府機関による指導・監督・支援の監測結果	5 - 14
表6. 1- 1	給水計画対象村落	6 - 2
表6. 1- 2	3郷の人口推移(1995-1997)	6 - 3
表6. 1- 3	3郷の要因別人口移動(1997)	6 - 3
表6. 1- 4	3郷の人口予測(2000年・2010年)	6 - 5
表6. 1- 5	1戸当り耕地面積と年収	6 - 5
表6. 1- 6	托克托県“九五”計画及び2010年長期計画	6 - 7
表6. 1- 7	国家基準 GB11730 農村生活飲用水量衛生標準(単位：L/人日)	6 - 8
表6. 1- 8	調査対象三郷将来水需要	6 - 9
表6. 2- 1	地下水開発地点と開発量	6 - 11
表6. 2- 2	生産井の構造諸元	6 - 16
表6. 3- 1	対象村落	6 - 21
表6. 3- 2	ポリエチレン管寸法表	6 - 26
表6. 3- 3	ポリエチレン管の損失水頭	6 - 30
表6. 3- 4	広域送水幹線網施設一覧表(永聖城郷, 黒城郷)	6 - 31
表6. 3- 5	広域送水幹線網施設一覧表(伍什家郷)	6 - 32
表6. 3- 6	村落内給水施設概要表	6 - 34
表6. 3- 7	各郷一人当たりの運転・維持管理費の概算	6 - 41
表6. 3- 8	各郷の水道料金	6 - 41
表6. 3- 9	概算事業費集計	6 - 43
表6. 3-10	対象村民の投資資金負担可能額(ケース2の計算)	6 - 45
表6. 3-11	投資計画	6 - 46
表7. 1- 1	3郷のNPV	7 - 2
表7. 1- 2	年間維持管理費積算	7 - 3
表7. 1- 3	永聖城郷 FIRR	7 - 4
表7. 1- 4	伍什家郷 FIRR	7 - 5
表7. 1- 5	黒城郷 FIRR	7 - 6

表 7. 1 - 6	水道料金の感度分析—NPV (千元)	7 - 7
表 7. 1 - 7	経済価格による費用	7 - 9
表 8. 1 - 1	永聖城郷優先事業	8 - 2
表 8. 1 - 2	伍什家郷優先事業	8 - 3
表 8. 1 - 3	黒城郷優先事業	8 - 4
表 8. 2 - 1	年次計画	8 - 7

図 類

図 2. 1 - 1	内蒙古自治区の行政区	2 - 1
図 2. 1 - 2	呼和浩特市の行政区	2 - 2
図 2. 2 - 1	呼和浩特市愛衛会弁公室／水利局関連組織図	2 - 15
図 2. 2 - 2	調査対象三郷村落配置図	2 - 17
図 2. 2 - 3	給水設備標準フローダイアグラム	2 - 25
図 2. 3 - 1	水因性疾病調査結果 (フッ素中毒有症率)	2 - 37
図 3. 1 - 1	呼包平原地勢図	3 - 2
図 3. 1 - 2	呼包平原地質図	3 - 5
図 3. 1 - 3	呼包平原の帯水層	3 - 6
図 3. 1 - 4	広域の電気探査測定地点配置図	3 - 11
図 3. 1 - 5	調査地域の電気探査測定地点配置図	3 - 12
図 3. 1 - 6	比抵抗断面図 永聖城郷	3 - 15
図 3. 1 - 7	比抵抗断面図 伍什家郷	3 - 16
図 3. 1 - 8	比抵抗断面図 黒城郷	3 - 17
図 3. 2 - 1	調査地域の地形分類図	3 - 19
図 3. 2 - 2	調査地域の水系図	3 - 21
図 3. 2 - 3	調査地域の表層地質図	3 - 22
図 3. 4 - 1	呼包平原のヒ素汚染地域	3 - 25
図 3. 4 - 2	調査地域周辺の山区	3 - 26
図 3. 4 - 3	呼包平原の地下水フッ素汚染地域	3 - 28
図 3. 4 - 4	岩芯試料採取試掘井位置図	3 - 29
図 3. 4 - 5	岩芯試料採取深度図	3 - 30
図 3. 4 - 6	呼包平原の水理地質模式断面図	3 - 40
図 4. 1 - 1	地下水賦存量の評価手順	4 - 1
図 4. 1 - 2	各層の透水係数 (単位: m/日)	4 - 4
図 4. 1 - 3	調査地域の水文地質図	4 - 5
図 4. 1 - 4	調査地域の水文地質断面図 (A-A')	4 - 6

図 4. 1 - 5	調査地域の水文地質断面図 (B-B')	4 - 7
図 4. 1 - 6	調査対象地域模式地質断面図	4 - 9
図 4. 1 - 7	浅層不圧地下水水位等高線 (1997 年 4 月測定)	4 - 11
図 4. 1 - 8	深層被圧地下水水位等高線 (1966 年~1967 年実施の試掘調査結果による)	4 - 11
図 4. 1 - 9	托克托県の月別平均降水量と蒸発量 (1976 年-1996 年)	4 - 12
図 4. 1 - 10	地下水位観測井位置図	4 - 14
図 4. 1 - 11	地下水位変動記録 (1997 年~1998 年)	4 - 15
図 4. 1 - 12	深層被圧地下水の流動模式図	4 - 17
図 4. 2 - 1	地下水解析対象領域鳥瞰図	4 - 19
図 4. 2 - 2	帯水層構造模式断面図 (中央部、南北方向)	4 - 19
図 4. 2 - 3	第 1 層 (完新統) 底面標高等高線図	4 - 21
図 4. 2 - 4	第 2 層 (第三系、上部更新統) 底面標高等高線図	4 - 21
図 4. 2 - 5	地下水揚水量分布図	4 - 22
図 4. 2 - 6	深層被圧地下水開発以前の地下水水収支模式図	4 - 24
図 4. 2 - 7	深層被圧地下水開発後の地下水水収支模式図	4 - 25
図 4. 3 - 1	浅層不圧地下水のフッ素濃度分布図	4 - 32
図 4. 3 - 2	深層被圧地下水のフッ素濃度分布図	4 - 33
図 4. 3 - 3	浅層不圧地下水のヒ素濃度分布図	4 - 34
図 4. 3 - 4	深層被圧地下水のヒ素濃度分布図	4 - 35
図 4. 3 - 5	水質分布と既往の地下水開発から 決定される地下水開発候補地域	4 - 37
図 4. 3 - 6	JW5 の地下水揚水量と フッ素濃度変化、井戸内水位低下の関係	4 - 38
図 4. 3 - 7	JW5 の地下水揚水に伴う ヒ素の引き込み予測 (粒子追跡法)	4 - 40
図 6. 2 - 1	地下水開発地点	6 - 12
図 6. 2 - 2 (1)	地下水開発に伴う生産井の 地下水フッ素濃度変化と水位低下予測	6 - 14
図 6. 2 - 2 (2)	地下水開発に伴う生産井の 地下水フッ素濃度変化と水位低下予測	6 - 15
図 6. 2 - 3	生産井の構造図	6 - 16
図 6. 3 - 1	永聖城郷給水施設計画図	6 - 22
図 6. 3 - 2	伍什家郷給水施設計画図	6 - 23
図 6. 3 - 3	黒城郷給水施設計画図	6 - 24
図 6. 3 - 4	施設フロー	6 - 21
図 6. 3 - 5	村落内給水施設実施例 丁党家営村	6 - 25

図6.3-6	農村給水の運営組織	6 - 40
図8.2-1	年次計画	8 - 6

第1章 序 章

第1章 序章

1. 1 調査の背景

中国内モンゴル自治区托克托県（総面積 1,398.7 Km²、人口 17.7 万人）は大陸内陸部の高原地帯にあり、降水量が少なく地表水も限られており、水不足が此の地域の発展を妨げている。最貧県に属する同県は、経済的に非常に厳しく、国家計画の第8次、第9次5ヶ年計画にも深層地下水の開発利用が組み入れられていたにも係わらず資金不足から十分な調査は未だ行われていない。

また、同県は地表水、地下水に含まれる濃度の高いフッ素、ヒ素に起因する風土病の発生率が高く、患者の数は 27,000 人に達し、そのうち 5,000 人は重いフッ素病であり、ヒ素患者は 1,800 人に及んでいる。加えて、現在利用されている地下水は浅い地層より得られたものであり、生活排水、牧畜等の排水の影響も受けている。その影響は住民のみならず農作物、牧草、家畜にまで及び事態は深刻であり、地下水の開発利用と水環境の整備は、この地区の経済発展と住民生活の改善に大きく資するものである。ついては、これら問題解決のために安全かつ安定的な深層地下水の利用可能量等の詳細な調査を実施する必要がある。

このような背景のもとに托克托県の内、3 郷（黒城郷、伍什家郷及び永聖城郷、）を対象として地下水開発可能性を調査し、地下水開発計画を策定するよう中国側より要請があった。

これを受けて国際協力事業団（以下、JICAと言う）は 1996 年 10 月に事前調査団を派遣し、同月 28 日に実施細目及び協議議事録を署名・交換した。この実施細目に基づき、JICAは調査団を編成し、1997 年 3 月から 99 年 3 月まで調査を実施した。

なお、この地方のヒ素に起因する疾病には、「内モンゴル地方病防治研究所」（呼和浩特市）、日本の NGO「アジアヒ素ネットワーク」が早くからその現状調査に取り組み、前者は 1993 年「内モンゴルヒ素中毒の健康調査、飲料水等環境中のヒ素分析」等として調査結果の報告を行っている。一方アジアヒ素ネットワーク」はその関係者が同じく 1993 年、現地を視察したのが内モンゴルのヒ素中毒症にかかわる最初となり、以後、托克托県調査地の西北部河套平野で活動を行っている。

1. 2 調査の目的

本調査の目的は次の 3 項目である。

- 1) 内モンゴル自治区托克托県の 3 郷（黒城郷、伍什家郷及び永聖城郷）において、地下水資源開発可能性を調査する。
- 2) 安定的かつ安全に飲料水を供給するため、地下水による水供給計画を策定する。
- 3) 本件調査を通じて、中国側カウンターパートに技術移転を行う。

1. 3 調査対象地域

本調査の調査対象地域は、内蒙古自治区托克托県の3郷（黒城郷、伍什家郷及び永聖城郷、面積は計 556Km²）とし対象村落数は約 43 ケ村とする。

1. 4 調査の内容

調査は、計画対象地域における現地調査と、日本国内における国内作業からなり、現地調査は 1997 年 3 月～1997 年 10 月の第 1 次調査および 1998 年 5 月～1998 年 9 月の第 2 次調査からなる。

現地調査における調査主要項目及び内容は以下のとおりである。

第 1 次現地調査は既存資料・情報の収集とその解析、および現地再委託業務の結果を基に、現地の現況を把握し、第 2 次現地調査の細目策定のための資料とする。

- 水理地質調査（既存資料の収集・解析）
- 電気探査（合計 50 測定地点、現地再委託）
- 試掘調査（観測井 3 本・揚水試験井 3 本計 6 本、総延長計 1200m 及び付随する基礎調査（揚水試験、水質分析等）、現地再委託
- 水質調査・分析（既存分析資料収集および既存井戸 50 ケ所と観測井 3 ケ所の分析、現地再委託）
- 給水現況調査（既存井戸・給水施設の現況等聞き込みおよび資料調査）
- 村落実態調査（水利用・生活実態／住民意識、43 ケ村、1034 戸、現地再委託）
- 水因性疾病調査（1023 世帯）
- 社会経済等調査（既存資料の収集及び聞き込み・解析）
- 初期環境評価

第 2 次現地調査は地下水賦存量調査を中心として地下水開発計画の策定に必要なデータ・情報を得ると共に、給水施設の運営維持管理に係る留意点の抽出を図る。

- 試掘調査（試掘井 7 本、総延長計 1,862.39m 及び付随する基礎調査、現地再委託）
- 給水試行事業の実施（給水施設と施設間の送水幹線の建設、現地再委託）
- 水需要予測、計画諸元策定

また、国内作業は次の内容からなる。第1次作業は第1次現地調査結果のとりまとめと、それをもとに第2次現地調査の細目策定を主眼とする。第2次作業では第2次現地調査結果をもとに、調査対象地域の給水計画策定とその実施後の維持管理の方法・組織等を検討、立案する。

国内作業の主な項目は次の通りである。

第1次国内作業

- 社会分析
- 水理地質解析（既存収集資料並びに観測井掘削結果の解析による）
- 水理地質図、水収支解析（水収支シミュレーション解析）

第2次国内作業

- 地下水賦存量の評価（水質評価、開発可能量の算定）
- 地下水開発計画
- 給水計画の策定（水需要予測、計画諸元、代案検討、給水計画）
- 地下水管理・給水施設モニタリング計画
 - 給水施設概略設計、事業費積算
 - 維持管理。組織計画
- 衛生改善計画
- 経済・財務分析
- 事業評価

1. 5 調査実施体制

JICAは、本調査を進めるに当たり調査団を編成し、調査・解析作業を行った。一方中国側は、水利部牧区水利科学研究所（呼和浩特市）が調査団の受入れ機関となり、JICA調査団との共同調査を実施するためのカウンターパートを指名すると共に、関係諸機関からなる運営委員会を設置し、調査の進行が容易となるよう努めた。以上の関係者は次の通りである。

また、JICAは牛木国際協力専門員を中心として調査監理会議を随時開催し、調査に対する指導を行なった。

(1) 運営委員会 (項目弁公室)

幹事	魏永富	水利部牧区水利科学研究所副所長
	(李宝貴)	水利部牧区水利科学研究所副所長)
副幹事	雲志俊	呼和浩特市 人民政府副秘書長
	李文毓	呼和浩特市 水利局局長
	呂文善	托克托县 人民政府副縣長
	蘭生皋	托克托县 水利局局長
秘書	丁力群	水利部牧区水利科学研究所副處長
	周程翔	呼和浩特市水利局水政課長
	賈同光	托克托县 水利局
	鄭愛軍	通訳
	任其騰	通訳

() 内は調査開始時

(2) カウンターパート

魏永富	地下水開發
楊配文	水文地質
陳孝民	物理探査
劉偉	試掘調査
段勁秋	水質分析/水因性疾病調査/衛生教育
李振剛	村落給水計画
楊苏荣	經濟財務
梁占岐	住民組織形成/維持管理計画

(3) J I C A 調査団

篠田晃一	総括/地下水開發
西元弘隆	副総括/水文地質
高橋直良	物理探査
佐々木洋介	地形地質/試掘調査 I
廬金凱	試掘調査 II
王曉昌	水質分析/環境
渡部欣愛	水因性疾病調査/衛生教育

佐伯 昇	村落給水計画
米谷浩之	施設設計
原 尚生	住民組織形成/維持管理計画
望月典雄	経済/財務/組織
葉 驍華	通 訊

第 2 章 調査地域の概要

第2章 調査地域の概要

2. 1 社会経済状況

2. 1. 1 内蒙古自治区

調査対象地域の呼和浩特市托克托県の位置する内蒙古自治区は、総面積 118 万 km^2 、広さでは中国第 3 番目の自治区である。一方、人口は、全国の 12%強を占める面積に比して少なく、1995 年の資料で 2,284 万人、全国の 1.9%である。内蒙古自治区は 1947 年に自治区が制定され、1997 年に制定 50 周年を迎えたが、それ以前の 1920 年頃から漢民族の入植が始まり、現在の自治区総人口に対する蒙古族等の少数民族の割合は 18%程度となっている。

内蒙古自治区は、3 地区級市及び 9 つの盟から成り、地区級市及び盟は 18 の県・12 の県級市・51 の旗及び 3 つの自治旗に分かれる。県の下には、郷と鎮があり、その下に行政村がある。同様に、牧畜地である旗・自治旗の構成は、郷・鎮に相当する蘇木（ソム）、行政村に相当するカチャから成っている。

下図は内蒙古自治区の行政組織図である。村民委員会及び居民委員会は全村民によって選ばれた村長・助役等によって構成される最小行政単位である。

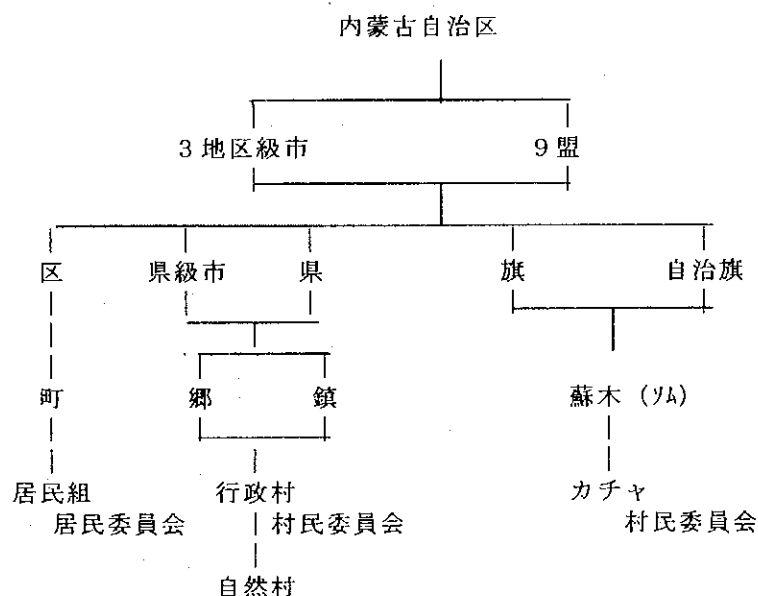


図 2. 1 - 1 内蒙古自治区行政図

2. 1. 2 呼和浩特市

自治区の首府である呼和浩特市は、自治区の政治、経済、文化の中心であり、自治区のほぼ中央部に位置する。市の行政範囲は近年、拡大され、都市部の他、現在、下図に示される4郊区、4県及び1旗を包含している。総面積は17,259km²、人口は、177.5万人である。

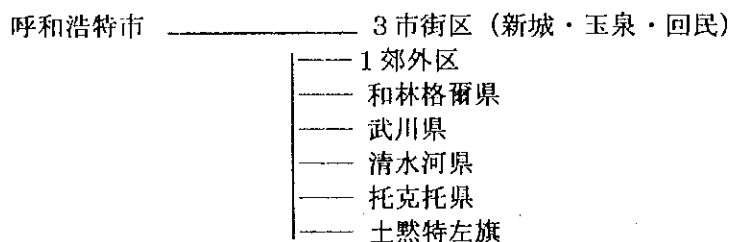


図2. 1-2 呼和浩特市の行政区

内蒙古自治区は華北経済圏に属し、石炭等の鉱物資源に恵まれ、中央政府が開発のため重点的に投資を集中している地域の1つである。特に、石炭の埋蔵量は2,204億^トで全国の4分の1以上と推定されており、現在鉱山開発、火力発電開発が進んでいる。

呼和浩特市域の経済は近年、著しい勢いで進展しており、都市住民1人当り年収は1995年に約360米^F (3,008元)になった。最近の呼和浩特市の各種経済指標は、表2. 1-1に示されるとおりである。

表2. 1-1 呼和浩特市の経済指数

	単位	1993年	1994年	1995年
総人口(年末)	万人	173.2	175.7	177.5
農業総生産	万元	99,015	110,858	120,258
工業総生産	万元	702,226	949,430	913,453
農工業総生産	万元	801,241	1,060,288	1,033,717
都市住民1人当り年収	元	1,981	2,735	3,008
実質農工業総生産(注1)	万元	693,115	737,302	611,246
実質成長率(注2)	% p. a.	—	+6.4	-17.1
消費者物価上昇率(注3)	% p. a.	+15.6	+24.4	+17.6

注1 : 基準年=1992年; 呼和浩特市「住民消費価格指数」による。

注2 : 「実質農工業総生産」の前年比伸び率。

注3 : 呼和浩特市「住民消費価格指数」。

参考 : 直近の人民元為替相場 827.96元/100USD; 15.97円/元 (1998年1月15日現在)

2. 1. 3 托克托県

托克托県は自治区の西南部に位置し、面積は 1,416km²で、県内には、9 郷 2 鎮の下部行政組織がある。総人口は 1995 年の統計で約 18 万 6 千人である。県内の蒙古族等の少数民族の比率は小さく、3%以下である。

托克托県の主要産業は農業である。その他、相当規模の林業、牧業、漁業も行われており、県の三つの郷は自治区の商品生産基地として指定されている。県内での主たる農業作物は、小麦、タマネギ、高粱、粟、とうもろこし、大豆、じゃがいもである。

工農業総生産は 1987 年に 5,526 万元（工業 2,545 万元、農業 2,981 万元）であったのが、表 2. 1-2 托克托県統計に示されるように、1995 年には、68,856 万元（工業 24,945 万元、農業 43,911 万元）と大幅の伸びを示している。

表 2. 1-2 托克托県の経済指数

	単位	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年
実質国内総生産 (注 1)	万元	23,734	30,554	37,305	40,715
実質成長率 (注 2)	% p. a.	--	+28.8	+22.1	+9.1
消費者物価上昇率 (注 3)	% p. a.	--	+15.6	+24.4	+17.6

注 1 : 基準年=1992 年；呼和浩特市「住民消費価格指数」による。

注 2 : 「実質国内総生産」の前年比伸び率。

注 3 : 呼和浩特市「住民消費価格指数」。

托克托県は上述したように、9 の郷と 2 の鎮で構成されている。それらの郷・鎮の概要は下の表 2. 1-3 「托克托県構成郷 一般情報」にとりまとめられているとおりであり、調査対象地域の 3 郷（表の丸印）、黒城郷、伍什家郷及び永聖城郷は、農業耕作地が多く、牧畜頭数も多い典型的な農・牧業地域である。

表 2. 1-3 托克托県構成郷 一般情報 (1995 年統計資料)

対象郷	郷名	人口 人	総戸数 戸	面積 km ²	耕地面積 km ²	人口密度 人/km ²	蒙古族 (人)	牧畜頭数 (頭)
	城関鎮	28,298	10,708	19.3	4.3	1,466	2,602	2,632
	中灘郷	18,201	4,388	135.6	35.8	134	376	19,403
	南坪郷	16,228	4,440	111.8	25.4	145	108	13,466
	燕山營郷	16,368	4,071	134.7	34.3	122	194	14,520
	新宮子鎮	15,896	3,861	77.9	29.3	204	95	15,618
◎	黒城郷	14,909	3,695	161.4	38.5	92	255	25,521
◎	伍什家郷	15,593	3,960	237.1	57.7	66	237	28,940
◎	永聖城郷	10,369	2,588	157.1	36.0	66	350	10,878
	古城郷	15,309	3,696	153.2	52.7	100	536	36,350
	乃只蓋郷	20,184	5,613	125.3	56.0	161	264	26,906
	五申鎮	15,086	3,588	103.4	28.9	146	341	15,224
	托克托県計	186,441	50,608	1,416.8	399.0	132	5,358	209,458
	対象郷計	40,871	10,243	555.6	132.2	73	842	65,339

托克托県の各種統計を表 2. 1-4 に示す。

表 2. 1 - 4 托克托县 統計

	単位	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年
総面積	平方キロ	1,417	1,417	1,417	1,417	1,417
総人口 (年末)	万人	17.53	17.70	17.83	18.49	18.64
郷人口 (年末)	万人	14.93	15.07	13.77	15.10	15.20
国内総生産	万元	15,202	23,734	35,320	53,647	68,856
1人当り国民総生産	元	867	1,341	1,981	2,901	3,694
農業総生産	万元	11,318	11,570	17,857	30,631	43,911
農作物	万元	7,846	7,936	12,417	20,271	27,449
牧 畜	万元	2,342	2,410	4,432	9,139	14,884
家畜総数	万頭	17.05	12.06	14.68	18.33	21.12
大型家畜	万頭	2.36	2.21	2.69	3.08	3.71
豚	万頭	3.37	2.72	3.27	4.47	5.42
羊	万頭	11.32	7.13	8.72	10.78	11.99
工業企業数	個	889	761	1,457	1,671	1,542
従業員総数	人	6,700	6,700	14,100	13,900	14,200
工業生産高	万元	8,600	13,191	26,999	47,826	73,566
道路総延長	k m	368	388	380	373	373
郷鎮企業数	個	4,125	4,819	6,522	8,961	11,020
郷鎮企業従業員数	人	13,000	18,011	19,000	27,900	39,000
地方財政収入	万元	1,023	1,474	2,543	1,572	2,025
地方財政支出	万元	2,780	3,644	4,448	4,834	5,972
住民貯蓄残高	万元	4,966	6,584	8,567	13,458	12,951
城鎮民貯蓄残高	万元	2,698	3,431	4,293	7,912	8,063
村 民 貯蓄残高	万元	2,268	3,153	4,274	5,546	4,888
自然科学技術者数	人	479	510	510	533	535
農業技術者数	人	150	136	145	158	166
医療機関数	個	23	24	24	26	26
ベッド数	個	173	215	194	217	217
医師数	人	265	306	362	355	357
住民1人当り消費額	元	513	614	772	1,036	1,377
農牧民1人当り純収入	元	588	703	853	1,027	1,228

2. 1. 4 調査対象3郷

本調査の調査対象となる3郷は、それぞれ永聖城郷が行政単位としての9の行政村、22の自然村、伍什家郷が15の行政村、40の自然村及び黒城郷が7の行政村、34の自然村から構成されており、一般的な状況は表2. 1-5に示される。なお、これらの内、調査の対象となる村落は、自然村43ヶ村である。

表2. 1-5 調査対象3郷の一般情報

永聖城郷

番号	行政村	村名	人口	戸数	給水施設	耕地面積	牧畜頭数	学校	病院
1	東雲寿		875	232	有	1.67	2,720	小学校	防疫站
2	南的力図		892	242	有	1.67	2,830	小学校	防疫站
3	喬富營		1,323	317	有	5.13	4,370		
3-1		喬富營	748	157	有			小学校	防疫站
3-2		朱什拉	328	75	有			小学校	
3-3		新丈營	247	85	有			小学校	
4	永聖城		1,339	332	有	4.99	3,700		
4-1		永聖城	1,121	280	有			中小学校	病院
4-2		水泉	218	52	有			小学校	
5	什力格図		2,520	620	有	7.85	5,130		
5-1		什力格図	2,148	521	有			小学校	防疫站
5-2		古紅岱	372	99	有			小学校	
6	満水井		117	54	有	1.40	2,180	小学校	防疫站
7	郭県營		1,070	328	有	5.73	3,150		
7-1		南郭県營	493	156	有			小学校	防疫站
7-2		太水營	98	28	有				
7-3		格梁	217	64	有			小学校	
7-4		把扎日	262	80	有			小学校	
8	缸房溝		897	218	有	4.73	2,700		
8-1		缸房溝	438	98	有			小学校	防疫站
8-2		黄家營	254	65	有				
8-3		喇嘛營村	205	55	有				
9	黒沙図		842	206	一	4.60	3,470		
9-1		東黒沙図	213	51	有			小学校	防疫站
9-2		西黒沙図	228	48	有			小学校	
9-3		山慶營	106	24	無			小学校	
9-4		小營子	179	48	無			小学校	
9-5		新地梁	116	35	有			小学校	

伍什家鄉

番号	行政村	村名	人口	戶數	給水施設	耕地面積	牧畜頭數	學校	病院
1	伍什家村		2,040	537	有	6.33	3,411		
1-1		1組	370	104	有			中小學校	病院
		2組	398	111	有				
		3組	478	130	有				
		4組	353	93	有				
1-2		小伍什家	274	64	有			小學校	
1-3		節根格	167	35	有			小學校	
2	大北窩村		1,008	262	有	4.88	2,378	小學校	防疫站
3	樹林村		1,384	367	一	5.00	2,939		
3-1		樹林村	188	58	有			小學校	防疫站
3-2		小北窩	552	142	有			小學校	
3-3		主力漢	464	125	無			小學校	
3-4		興茂	180	42	無			小學校	
4	興旺庄村		510	132	無	2.32	1,195	小學校	防疫站
5	劉家窩村		667	159	有	2.52	1,346		
5-1		劉家窩	378	94	有			小學校	防疫站
5-2		荷寶營	289	65	有				
6	荒地窩村		921	233	一	1.89	1,690		
6-1		荒地窩	336	81	無			小學校	防疫站
6-2		陳家梁	230	59	無			小學校	
6-3		小井壕	355	93	有			小學校	
7	狄土窩村		573	171	有	2.16	1,498	小學校	
8	西大格達		362	88	有	1.27	1,133	小學校	防疫站
9	新河		877	213	有	2.75	1,367	小學校	防疫站
10	大庫倫村		934	225	無	3.56	1,831		
	10-1	大庫倫村	374	94	無			小學校	防疫站
	10-2	東大格達	317	72	無			小學校	
	10-3	陳俊營	243	59	無			小學校	
11	什拉烏素壕		1,152	251	有	2.82	883	小學校	防疫站
12	一間房村				有	4.35	2,104		
	12-1	北一間房	373	90	有			小學校	防疫站
	12-2	南一間房	155	40	有				
	12-3	山西庫倫	154	35	有			小學校	
	12-4	高火窩	431	104	有			小學校	
	12-5	西火盤	47	12	有				
13	氈匠營		1,087	292	一	4.13	1,805		
	13-1	氈匠營	561	162	有			小學校	防疫站
	13-2	白武營	379	93	有				
	13-3	焦家格梁	147	37	無			小學校	
14	哈達圖托沙佐		1,046	251	有	4.75	1,970		
	14-1	哈達圖托	543	138	有			小學校	防疫站
	14-2	官地營	313	80	有			小學校	
	14-3	北烏窪營	139	33	有				
15	杜家壕村		1,316	358	一		2,356		
	15-1	苗通營	67	15	無				
	15-2	南烏窪營	23	6	無				
	15-3	阿靈召	93	22	無				
	15-4	高家西灘	314	94	無			小學校	防疫站
	15-5	什家壕	98	25	無			小學校	防疫站
	15-6	北杜家壕	305	85	有			小學校	
	15-7	南杜家壕	240	61	無				
	15-8	範家西灘	176	50	無			小學校	

黑城鄉

番号	行政村	村名	人口	戸数	給水施設	耕地面積	牧畜頭数	学校	病院
1	黑城村村		3,885	998	有	8.15	6,406		
1-1		黑城村	3,100	805	有	5.79		中学校	病院
1-2		北門	785	193	有	2.36		小学校	
2	黑水泉村		2,290	609	有	5.08	3,455	小学校	
3	乃同村		1,408	362	一	5.84	5,257		
3-1		乃同村	390	101	有	0.91		小学校	防疫站
3-2		半灘村	96	26	有	0.19			
3-3		南當子	120	32	無	0.64		小学校	
3-4		道倫呼都格	58	14	無	0.39			
3-5		五棋半溝	184	41	有	0.49		小学校	
3-6		劉寬窩	175	44	無	0.83			
3-7		李頂窩	185	48	無	1.23		小学校	
3-8		細合窩	90	22	有	0.43			
3-9		庫倫圖	110	34	有	0.73		小学校	
4	張全營村		2,529	734		5.68	5,542		
4-1		張全營村	881	252	有	2.01		小学校	防疫站
4-2		大路畔村	162	46	有	0.35			
4-3		苗家窩村	290	83	有	0.77			
4-4		王玉營村	480	137	有	1.02			
4-5		伍家營村	396	113	有	0.84			
4-6		喇嘛營村	320	103	有	0.68			
5	霸上村		1,196	287	有	2.67	1,383		
5-1		霸上村	676	169	有	1.51		小学校	防疫站
5-2		沙坡窩村	520	118	有	1.16			
6	馬士窩村		1,276	364	一	3.69	4,296		
6-1		上馬士窩村	285	81	有	0.82		小学校	防疫站
6-2		下馬士窩村	621	178	有	1.64			
6-3		丁党家營村	240	69	有	0.69			
6-4		氈房村	130	36	無	0.53			
7	合同營村		1,516	341	一	7.44	6,506		
7-1		合同營村	344	78	有	1.47		小学校	防疫站
7-2		東庫倫村	146	33	無	0.63			
7-3		三達利村	180	40	有	0.99		小学校	
7-4		油房營村	150	34	無	0.66		小学校	
7-5		新庫倫村	236	54	有	1.00		小学校	
7-6		田丙營村	50	12	無	0.23			
7-7		沙格洞村	110	25	無	0.74			
7-8		大揚三窩村	80	18	無	0.53			
7-9		新旺鋪村	170	39	有	0.86		小学校	
7-10		小揚三窩村	50	8	無	0.33			

2. 1. 5 調査対象村落の社会経済概況

(1) 人口・世帯数・家族数

村長からの聞き取りデータを集計した調査対象村落（43ヶ村）の人口・世帯数は表2. 1-6のとおりである。表から明らかなように、改水事業が規模の大きな村落から行われている（改水事業が行われていない村落の平均人口は既に行われている村落の1/3以下である）。各郷での1村落当たりの人口と世帯数は、永聖城郷、伍什家郷、黒城郷の順で、444人、316人、352人、および115戸、80戸、91戸となっている。世帯当たりの家族数は改水事業の有無、郷による差異はほとんど見られない。

表 2. 1-6 調査対象村落の人口・世帯数

	合計	改水事業有り	改水事業無し
1村落当たり平均人口 (人/村)	366	727	209
1村落当たり平均世帯数 (戸/村)	94	188	53
1世帯当たり人数 (人/戸)	3.89	3.88	3.92

(注) 該当する村落の単純平均

(2) 農業生産・収入・家計支出

調査対象世帯の99%が農業に従事している。1戸当たりの耕地面積・主要作物生産は表2. 1-7に示されるとおりである。また、1戸当たりの家畜・家禽保有数を表2. 1-8に示す。これらの数字は、村落によってバラツキが大きい、郷毎の特色も多少ある。

表 2. 1-7 1戸当たりの耕地面積と主要農作物生産高

郷名	耕地面積 (ha/戸)	生産高 (kg/戸)					
		小麦	トウモロコシ	ジャガイモ	向日葵	糜黍類	豆類
全体	10.4	243	1,483	1,870	569	452	153
永聖城	11.8	116	1,550	2,023	454	829	95
伍什家	11.1	559	1,640	1,476	603	308	63
黒城	8.8	73	1,306	2,086	623	304	269

(注) 該当する村落の単純平均

表 2. 1-8 1戸当たりの家畜・家禽保有数

(単位: 頭 (羽) / 戸)

郷名	耕牛	肉牛	乳牛	豚	羊	馬	鶏	家鴨	その他
全体	0.42	0.18	0.29	1.05	3.23	0.03	4.17	0.13	0.04
永聖城	0.45	0.04	0.84	1.03	1.83	0.06	5.36	0.04	0.07
伍什家	0.62	0.47	0.03	1.07	5.03	0.04	3.15	0.38	0.02
黒城	0.25	0.09	0.00	1.04	3.16	0.00	3.86	0.03	0.03

(注) 該当する村落の単純平均

世帯収入については、非常に大きくばらついており、各村落での平均値にも大きなバラツキが

ある。郷毎の平均値を見ると、それぞれの収入構造に特色があることが分かる（表2. 1-9）。また、調査対象村落は農村であるにもかかわらず、農業外収入（季節労働の賃金、家族からの送金、農業従事者以外の所得等）がかなりの割合を占めている。永聖域郷で副業収入が非常に高いのは同郷内に乳製品加工工場があり、その工場への牛乳の販売が寄与している（同郷の1戸当たりの乳牛飼育数も非常に高い）。世帯収入の面についても、改水事業が既に行われている村落の平均の方がかなり高い（改水事業を行っていない村落平均の約1.3倍）。

表2. 1-9 平均世帯収入

(単位：元/戸・年)

郷名/ 改水事業有無	農作物 販売収入	副業収入 (家畜等)	その他収入 (農業外)	総収入
全体	1,387	912	613	2,912
永聖域	421	2,260	364	3,045
伍什家	990	585	904	2,478
黒城	2,396	231	549	3,176
[改水事業有り]	1,447	1,241	718	3,407
[改水事業無し]	1,361	770	567	2,698

(注) 該当する村落の単純平均

1人当たりの年間支出（農産物の自家消費金銭換算分を含む、表2. 1-10）について、改水事業が行われていない村落の総支出は既に行われている村落の87%であるが、医薬・医療費は改水事業が行われていない村落の方が高い（差額は約0.6元/人・月）。改水事業が行われていない村落の水光熱費は既に行われている村落の同費の73%である。この差（約2元/人・月）には水道料金の有無等が関連している可能性もあるが、改水事業を既に行っている村落の方が収入・支出ともに大きいことによる他水光熱費の差の影響も大きいと思われる。

表2. 1-10 一人当たりの支出

(単位：元/人・年、借金額・貯蓄額は元/人)

郷名/改水事業有無	総支出	飲食費	水光熱費	医薬医療費	借金額	貯蓄額
全体	1,679	935	75	72	384	7
(%)	(100%)	(56%)	(4%)	(4%)		
[改水事業有り]	1,843	978	93	67	341	1
[改水事業無し]	1,608	916	68	74	403	9

(注) 1：該当する村落の単純平均

2：総支出、飲食費は自家消費金額換算分を含む。

(3) 自治活動の現況

調査対象の22行政村の全てにおいて、道路、灌漑施設、保健施設、学校等の維持修繕等の自治活動が行われている。これらの活動において、全ての行政村で村民の役務が提供されている。なお、全ての行政村長は選挙で選ばれており、任期は3年である。村民委員会の委員は2~9名で（多くは3名、5名もしくは7名）、1つの行政村を除いて女性委員が1名いる。委員の選出についても、ほとんど全て選挙で行われている（村長による任命が2件）。

8割以上の自然村において、自然村独自の自治活動が行われている。活動内容は道路・灌漑施設の維持修繕が主体である。自治活動に伴う拠出金・役務負担も自治活動を行っているほぼ全ての村落で行われている。

以上から、対象地域においては行政村・自然村のそれぞれのレベルで自治活動が行われており、活動に伴う村民の費用・役務負担は習慣化されていると見られる。

(4) 水利用の現況と衛生状況

改水事業が行われていない村落の水源のほとんどが浅井戸である（深さ 5~13m）。井戸を各戸専用・共用で使う村落はほぼ半々である。1村を除き村民はその水質に不満足である。また、水因性疾病についての認識度も非常に高い（特に水質に問題のある永聖域郷・伍什家郷では 90%以上の村民が水質による疾病について認識している）。

浅井戸を水源とする場合は（特に各戸専用の井戸を水源とする場合は）、家庭用水の確保について時間的には問題が少ないが、川・小川を水源としている村落も極少数ながら存在し、これらの村落では飲料水の確保に各世帯日々 30 分以上かけている。

改水事業が行われた村落においても 5%の世帯には給水が行われていない。集落または住居が離れすぎている、生活困難のため接続費が負担できなかった、複数世帯が同居しているといったことが主な理由である（行政村長からの聞き取り）。世帯訪問調査では「必要性を感じなかった」といった回答もある。

家庭用水の溜め置きについては、ほぼ全ての世帯で蓋付きの瓶が使われているが、水を汲むとき以外も蓋をしていない例も多く見られた。また、数多くの世帯で、瓶の底に沈殿物が見られたり、瓶の汚れによる水質の悪化が認められた。改水事業が既に行われている場合でも、24 時間給水の例は全くないため、溜め置きはほぼ全ての家庭で行われている。この瓶の大きさはほぼ同じで、50~60 リットルの容量である。

調査対象村落のかなり多くの世帯で家畜・家禽が飼育されており、住居敷地内外で放し飼いされているのがほとんどである（特に夜間は敷地内で放し飼いの場合が多い）。各戸の浅井戸を水源とする場合、敷地内にある場合が多く、家畜の糞尿等で汚染される危険性はかなり高いように見られる。

家庭排水については、ほぼ全ての世帯で庭に捨てられている。家庭用水の使用量・排水量が少ないため、浅井戸水質への影響は少ないとも考えられるが、問題ではある。

トイレはほぼ全て掘り割りであるため、浅井戸の水質への影響が問題である。トイレが敷地外の場合も多く、その場合の浅井戸とトイレとの距離は 20m 程度のことが多い。敷地内の場合でも敷地の隅の場合が多い。

瓶の衛生状態、人畜の糞尿による等による水質悪化の問題の解決には施設整備等の必要もあるが、適切な衛生教育の果たす役割も大きいと考えられる。

(5) 給水事業実施の可能性

上述のとおり調査対象村落では、公共施設建設・維持修繕のための村民による費用負担・役務

提供が行われることは日常的である。行政村長・自然村長からの聞き取りによれば、未改水村落での建設用地確保、ポンプの電源確保、役務提供、煉瓦等の材料提供についての可能性は、ほぼ全村落で高いとのことである。ただし、費用負担については、例として「井戸掘削・幹線敷設等において 200 元/戸、支線敷設・各戸への接続のために 500 元/戸、各戸が負担できるか」との質問には、可能性が「中」ないし「低」との回答が多い。

改水事業が行われていない村落（30 ヶ村）における世帯訪問調査においても村落平均で、井戸掘削・幹線敷設等において 5～15 人・日/戸、支線敷設・各戸への接続のためにも同程度の役務負担が可能であるとの回答が得られている。費用負担についてはそれぞれ 20～100 元/戸（全く拠出できないが 8 村落）、20～300 元/戸（全く拠出できない村落はなし）の拠出が可能であると回答であった。費用について同一村落平均で両者を比較すると支線敷設・各戸への接続費用負担可能額の方がかなり高く、各戸接続への要望が高いことが窺える。

なお、役務提供時期は冬季以外の農閑期（10～11 月および 7・8 月）の希望が非常に多い。

（6） 持続的維持管理の可能性

改水事業が既に行われている村落の維持管理において、ポンプの修理費用不足、修理時の給水停止の問題が 1/3 の村落で発生している。

改水事業が既に行われている村落においては 0.2～1.0 元/人・月の料金徴収が行われている。徴収率はほとんどの村で 100%であるが、80%という村も 1 ヶ村ある。修理代金については別途徴収している村落も多い。改水事業の会計を見ると累積赤字を抱えているところが多く、最高赤字額は 5 万元（2 ヶ村）である。未改水の村落の世帯による料金支払い可能（意志）額平均は 0.65 元/人・月である。

改水事業が行われている村落で水質監視の有無、水質の専門家による点検の有無を問う質問に対し、有りと答えたのはそれぞれ 4 件、3 件しかなかった。また、会計簿の有無に関する質問に、有りと答えたのは 2/3 に留まった。

（7） 社会分析

社会分析の方法、詳細については補助報告書 F：村落実態調査/社会分析に述べられている。分析の結果、給水計画立案時、社会的に見て配慮・反映されるべき主要事項は以下のとおり。

1) 行政による維持管理支援体制の強化

これまで改水事業が行われた村落では運転・維持は各系統毎（村落毎）に行われているため、水源（水量・水質）管理はあまり行われておらず、料金設定も各村まちまちに行われ、ポンプ等の故障時には給水を停止せざるを得ないといった問題が生じている。こうした点から、揚水量・水位・水質等の記録指導、記録解析、施設・設備点検指導、大規模修理についての技術的・財政的支援等を行う行政側の体制整備が必要である。

2) 井戸・ポンプ建屋の家畜家禽等による汚染防止

対象地域の村落では家畜・家禽が放し飼いをされている例が多い。このため、井戸・ポンプ建屋・公共栓等の施設計画の際には家畜・家禽による汚染防止対策は不可欠である。

3) 貧困世帯・村落の費用負担・料金支払い能力を考慮した給水計画

既に改水事業が実施された村落でも給水されていない世帯がある。その中には建設時の費用負担、料金支払いが困難なため給水事業に参加できなかった例もある。今後の給水事業は比較的貧困な村落を対象としていくことになるが、そうした中で貧困世帯も含めて全世帯が給水事業に参加できるような計画とする必要がある。

4) 水利用・衛生教育の強化

給水事業による効果を増大・持続させるためにも、衛生教育の果たす役割は大きい。

2. 2 給水事業の現況

2. 2. 1 改水事業概要

(1) 国家政策

本調査の調査対象地域における地下水開発計画では、地域の社会・経済特性が全面的に農業・牧畜を主体としており、「農村における飲料水／家畜用水」が開発の対象となる。中国における農村での給水施設整備事業は、水質改善と水量の確保の意味を含め、「農村改水事業」と呼ばれ、中央政府の組織である中央愛国衛生運動委員会の主導により全国規模で実施されている。このため、自治区政府、市政府、県政府の各行政段階に、愛国衛生運動委員会の下部組織である改水項目弁公室が設置され、事業実施にあたっている。

この愛国衛生運動は、1981年から1990年にかけて行われた国連の「水と衛生の10年」活動に連動する形で、第8次国家5ヶ年計画（1991-1995）に組み入れられ中国全土に展開して行われた。これには世銀資金が活用され、各種開発マニュアルの整備に始まり、施設建設、運営維持管理の人材育成／訓練を行っている。この結果、1993年には安全な水が入手可能な人口は一挙に倍増し、9億2千万人の農村人口の内、57%の5億2千万人となり、大きな成果を上げている。さらに、第9次国家5ヶ年計画(1996-2000)では、2000年に農村人口の65%に安全な水を供給することを目標として、総額235億元をかけ、新たな給水人口8千8百万人を増やす計画を含んでいる。

以上のように、世銀はこれまで中国での農村給水事業に大きな役割を果たしており、1985年に第1次融資が、80百万ドル1995年には第2次融資が110百万ドル実施された。また、第3次融資が上記の第9次5ヶ年計画の一環として始まっており、計画対象人口4.6百万人で事業総額11.9億元（134百万ドル相当）の内、世銀融資が70百万ドルである。この事業計画では4省1自治区の給水・衛生事業から構成され、内蒙古自治区の6県も対象となっているが、調査対象地域の托克托県は含まれていない。

(2) 内蒙古自治区

内蒙古自治区における農村給水事業について言えば、上記の国家政策にともない1990年から1995年の期間に整備が進み、自治区人口22.8百万人の内の農村人口14.1百万人に対し、8.8百万人、約62%が改水事業の恩恵を受けている。1996年からの5ヶ年計画では、未整備人口5.2百万人に全て給水するとする目標を立てている。このうち第2次世銀融資事業により1.3百万人が整備されたのを受け、残りの3.8百万人に対する事業を意味する「380項目計画」が自治区水利庁により策定され、事業総額は836百萬元が想定されている。したがって、本計画調査による開発計画は、「380項目計画」の一部として取り扱われることになる。

(3) 托克托県（調査対象地域）

托克托県における農村村落での生活用水・家畜用水給水のための事業は、1979年ごろまでの呼和浩特水利局と托克托県水利局により進められた、井戸掘削、集中（公共）水栓を基本とし管

路を伴わない整備が第一段階と考えられる。この段階では、財源の問題から中断する時期もあったようである。その後、全国規模の衛生部、愛国衛生運動委員会改水弁公室を中心とし、農村での管路配水を基本とする給水事業の法制度の整備に伴う、本格的な改水事業が第二段階として、82年頃から95年まで実施されてきた。92年からは世銀資金による改水事業（現在は第2期）が始まり、96年までに、托克托県の農村人口16万人の内、既に11万人が整備を受けている。これを村落の数で示せば、全県120の行政村の内、84行政村において改水事業が実施されたことになる。なお、この世銀資金による改水事業では、96年までに改水事業の施設建設が行われ、この後2年で、それらの施設建設村落に対する、環境衛生教育・維持管理指導が行われる。

第3段階としては、第2段階で取り残された、財政的、規模的に条件の悪い村落への給水施設の整備が課題となるが、前述したように内蒙古自治区政府は、380項目計画と称する2000年までに100%の自治区内給水達成の目標を掲げ推進しており、托克托県でも未整備村落人口（5万人程度）への対応が課題となっている。この第3段階については、第3次の世銀資金による開発計画には含まれておらず、実施の具体的な計画は策定されていない。呼和浩特市、托克托県の水利局、改水項目弁公室の関係当局は、中央政府の解放路線による急速な経済成長を背景とした、税収の増加により、2000年には完了したいとしている。

（4） 改水事業組織

農村での給水事業は基本的に、都市部の水道事業が都市建設部の所管であるのに対して、衛生部の所管となっている。ただ、施設整備に関しては国家の重要政策として愛国衛生運動があり、呼和浩特市においても農村改水事業の整備は愛衛会弁公室と水利局の2つの部局にまたがった形で実施されている。水利局は、農村での給水事業を含め、総合的な表流水、地下水の水資源関連事項を幅広く所管しているのに対し、愛衛会改水項目弁公室は農村改水事業をプロジェクトベースで実施している。2つの組織の関係を図で示せば下図のとおりである。

ただし、呼和浩特市愛国衛生運動委員会は常設機関ではなく、関係部局の責任者により構成されており随時開催されるので、その事務局として愛国衛生運動委員会弁公室が日常的な活動を運営している。また、第1次の整備が終わり、施設の運営維持管理に関わる指導・監督が必要な時期になっている。これらの指導・監督は衛生部の所管であり、市及び県の衛生局及び防疫站が実施することになるが、専任部署が必要であり、その設立について、時期あるいは改水項目弁公室、水利局の関与等明確には決定がなされていない。

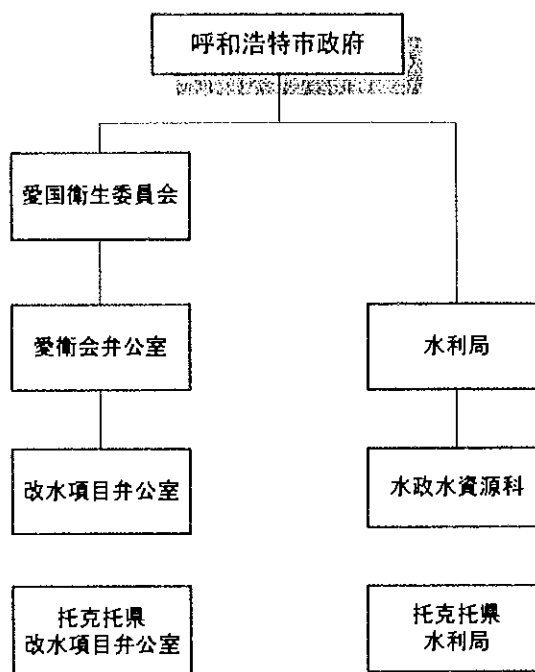


図 2. 2 - 1 呼和浩特市愛衛会弁公室／水利局関連組織図

2. 2. 2 調査対象村における改水事業実施状況

(1) 改水事業実施率

調査対象の、永聖城、伍什家、及び黒城の 3 郷では、1982 年からの改水事業の実施の成果として農民人口約 3 万 9 千人（托克托県 95 年統計資料の人口と若干異なる）に対し、75%の 2 万 9 千人、村落数で言えば、99 ケ村中の 53 ケ村が管路による深層地下水の各戸給水を受けており、水量の確保とともに、いわゆる、フッ素及び砒素による水質汚染は改善されたとされている。この実施率は托克托県の平均とほぼ等しい状況である。各郷の詳細は表 2. 2 - 1 に示される。一方、本地下水開発計画調査の対象村落として、3 郷から選ばれた、43 ケ村は当然のことながら事業実施率は低く、人口比で 60%程度の達成率となっている。特に伍什家郷は 40%と低い数字である。3 郷全体で、施設計画対象となる全く給水事業が行われていない村落数は 30 ケ村、1600 戸で計画対象人口は約 6000 人である。郷別の詳細は表 2. 2 - 2 に示される。

表 2. 2-1 調査対象三郷の農村改水事業の実施状況

郷名	全 体			改水事業実施村			人口比率
	村数	人口	戸数	村数	人口	戸数	%
永聖城郷	22	9,875	2,549	13	8,007	2,036	81.1
伍什家郷	43	14,986	3,820	24	10,129	2,561	67.6
黒城郷	34	14,100	3,695	16	11,300	3,015	80.1
合計	99	38,961	10,064	53	29,436	7,612	75.6

表 2. 2-2 調査対象村での農村改水事業の実施状況

郷名	調査対象村			改水事業実施村			人口比率
	村数	人口	戸数	村数	人口	戸数	%
永聖城郷	12	5,323	1,416	5	3,851	1,015	72.3
伍什家郷	14	4,377	1,120	4	1,879	478	42.9
黒城郷	17	5,987	1,546	4	3,680	986	61.5
合計	43	15,687	4,082	13	9,410	2,479	60.0

(2) 施設建設資金

これらの改水事業実施における建設資金は、前述の世銀借款を用い、市、県政府補助金と住民負担により調達されている。これまでの実施例では、200戸程度の給水施設の1ヶ所あたりの建設費用は平均的に20万元程度とされており（施設別の建設費用及び内容については、表2.2-5調査対象行政村における改水事業内容の一覧、を参照）、各資金の負担割合は原則的に下記のようなになる。したが、この例では1戸あたりの負担額は300元程度である。なお、地元村落負担分について、現金での提供とともに建設における労務での負担も可能とされている。また、基本的に世銀資金/地方政府資金についても、施設運営開始後の水道料金で返済されることが原則となっている。

一施設建設事業費負担割合と平均的負担額

平均的建設費	100%	200,000元
市政府・県政府資金	30%	60,000元
世銀資金（自治区政府）	40%	80,000元
地元村落負担	30%	60,000元

(3) 調査対象村落

調査対象3郷の中で、調査対象村落として選ばれた自然村43ヶ村について、改水事業の実施の有無、実施形態を含む一覧表を永聖城郷、伍什家郷及び黒城郷の別に、表2.2-3、4及び5に、調査対象村として示す。なお、村に付けられた番号は、調査の最終段階での開発計画のために各郷について調査対象となっていない村落を含めた全村落の通し番号を設定しているため連続するものとなっていない。

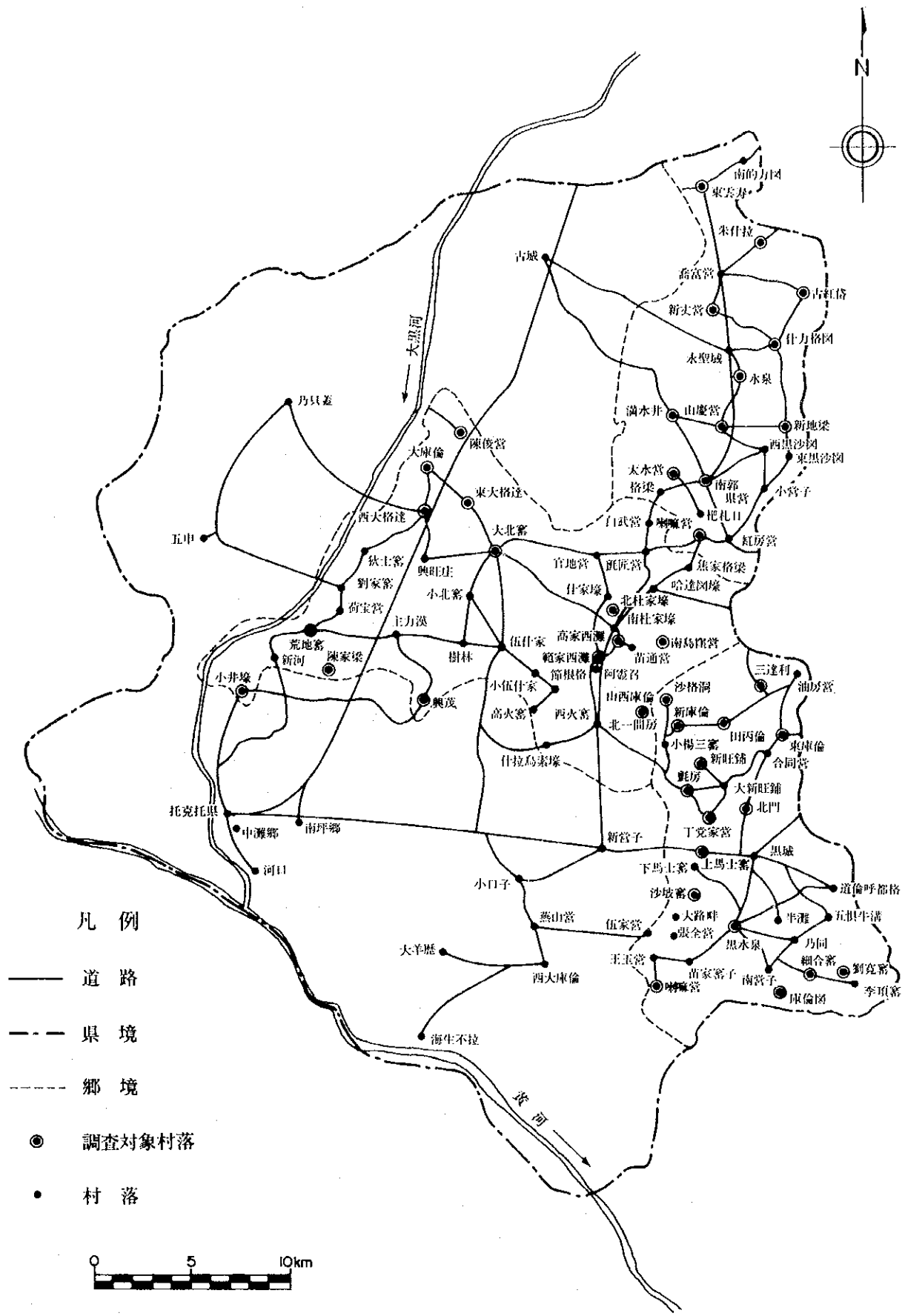


图2.2-2 調查対象三郷の村落配置図

表 2. 2-3 調査対象村(1)

調査対象番号	行政村	村名	人口	戸数	事業	給水施設	建設年	F-1	F-2	F-3	As-1	As-2	As-3
○ 1	東梁村	東梁村	875	232	P-WB	改水事業済、比較的水質よし。	1992		0.88				
○ 2	陶的方園	陶的方園	892	242	P-WB	改水事業済、比較的水質よし。	1992	1.20			20		
○ 3	番富營	番富營	1,323	317									
○ 3-1		番富營	748	157	P-WB	改水事業済(自噴井)、フッ素濃度高い。	1995	2.10		2.36	35		
○ 3-2		朱什拉	328	75	P-JICA	試行事業で管距離送水	1998		0.69			184	
○ 3-3		新文營	247	85	P-WB*1	改水事業済だがフッ素濃度高い。	1993		2.52				
○ 4	永聖城	永聖城	1,339	332									
○ 4-1		永聖城	1,121	280	P-WB	改水事業済だがフッ素濃度高い。	1996		1.86	1.79		19	
○ 4-2		永泉	218	52	P-WB	永聖城から送水を受けている。	1996						
○ 5	什力格園	什力格園	2,520	620									
○ 5-1		什力格園	2,148	521	P-WB	改水事業済、比較的水質よし。	1996		1.24				
○ 5-2		古紅岱	372	99	自力	村独自に井戸を掘削した。フッ素濃度高い。	1999		2.73	3.90			
○ 6	澆水井	澆水井	117	54	P3	改水事業済だがフッ素濃度高い。	1986		1.60		31		
○ 7	郭咀營	郭咀營	1,070	328									
○ 7-1		南郭咀營	493	156	P3	フッ素処理を考慮した改水事業あるが機能していない。	1987	3.30	4.10	3.85	30		
○ 7-2		太水營	98	28	P4	フッ素処理を考慮した改水事業あるが機能していない。	1997		3.48				
○ 7-3		格梁	217	64	P4	改水事業済だがフッ素濃度高い。	1997						
○ 7-4		杜扎日	262	80	P3	フッ素処理を考慮した改水事業あるが機能していない。	1986						
○ 8	紅房溝	紅房溝	897	218									
○ 8-1		紅房溝	438	98	P-WB	改水事業済、比較的水質よし。	1996	1.20			40		
○ 8-2		西衣營	254	65	P-WB	改水事業済、比較的水質よし。	1996						
○ 8-3		柳麻營	205	55	P4	フッ素処理を考慮した改水事業あるが機能していない。	1997		6.31				
○ 9	黑沙園	黑沙園	842	206									
○ 9-1		東黑沙園	213	51	P3	フッ素処理を考慮した改水事業あるが機能していない。	1984	1.90		2.63			
○ 9-2		西黑沙園	228	48	P3	改水事業済(自噴井)、比較的水質よし。	1984	0.76			30		
○ 9-3		山慶營	106	24		改水事業なし、後井戸フッ素濃度高い。			5.55				
○ 9-4		小堂子	179	48		改水事業なし、水質データがないが汚染地域。							
○ 9-5		新地梁	116	35	P-JICA	改水事業済、試行事業により400m深度で水質確保された。	1998		5.44				

P-WB : 世帯改水事業
 P-JICA : 調査試行給水
 P3 : 防漏改水弁公室事業
 P4 : 改水弁公室97年事業
 1 : 防汚分析(F mg/l, As ug/l)
 2 : 調査団97年分析(F mg/l, As ug/l)
 3 : 調査団98年分析(F mg/l, As ug/l)

表 2.2-4 調査対象村(2)

調査対象番号	行政村	村名	人口	戸数	事業	建設年	F-1	F-2	F-3	As-1	As-2	As-3
1	伍什家	伍什家	2,040	537	給水施設							
1-1		1組	370	104	一間房改水事業で解決。	1996		1.08				
		2組	398	111	一間房改水事業で解決。	1996						
		3組	478	130	一間房改水事業で解決。	1996						
		4組	353	93	一間房改水事業で解決。	1996						
1-2		小伍什家	274	64	一間房改水事業で解決。	1996						
1-3		頭根格	167	35	一間房改水事業で解決。	1996						
○		大北郷	1,008	262	フッ素対策を考慮した深井戸改水事業あるが、水質悪化	1994	1.90	3.20	4.10	6	49	
2		樹林	1,384	367								
3-1		樹林	188	58	一間房改水事業で解決。		2.20					
3-2		小北郷	552	142	一間房改水事業で解決。	1997	3.90	3.45	0.88	30	52	
3-3		主力漢	494	125	改水事業なし、水質データがないが高汚染地域。							
○		鳳茂	180	42	改水事業なし、比較的水質よい。			0.76				
4		鳳旺庄	510	132	改水事業なし、水質データがないが高汚染地域。							
5		劉家郷	667	159								
5-1		劉家郷	378	94	古い井戸(自噴井)を利用した改水事業、フッ素濃度高	1994			3.20			56
5-2		荷室營	289	65	改水事業済(自噴井)、フッ素濃度高い。	1994			4.37			42
6		荒地郷	921	233								
○		6-1	336	81	400m深さで水質確保できず。	1998		6.95				
○		6-2	230	59	改水事業なし、浅層地下水フッ素濃度高い。			1.91				
○		6-3	355	93	改水事業済、浅層地下水比較的水質よい。	1996	1.05	0.73		50		
7		狄士郷	573	171	改水事業済、比較的水質よい。	1994	0.92			35		
○		8	362	88	改水事業済(自噴井)、砒素濃度高い。	1994		0.80	0.93	230		126
9		新河	877	213	改水事業済(自噴井)、フッ素濃度高い。	1995			4.25			25
10		大車輪	934	225								
○		10-1	374	94	改水事業なし、浅層地下水フッ素濃度高い。			1.41				130
○		10-2	317	72	改水事業なし、浅層地下水フッ素濃度高い。			7.92				58
○		10-3	243	59	改水事業なし、浅層地下水フッ素濃度高い。			1.76				
11		什拉島東環	1,152	251	一間房改水事業で解決。	1996						
12		一間房										
12-1		北一間房	373	90	一間房改水事業で解決。	1996						
12-2		南一間房	155	40	一間房改水事業で解決。	1996		1.08				
○		12-3	184	35	一間房改水事業で解決。	1996						
12-4		高火郷	431	104	一間房改水事業で解決。	1996						
12-5		西火郷	47	12	一間房改水事業で解決。	1996						
13		賈旺營	1,087	292								
13-1		賈旺營	561	162	改水事業済、水質データがないが高汚染地域。		1.40			30		
13-2		白武營	379	93	改水事業済、水質データがないが高汚染地域。							
13-3		焦家格梁	147	37	改水事業なし、水質データがないが高汚染地域。							
14		哈達圖達沙佐	1,046	251								
14-1		哈達圖達	543	138	改水事業済、フッ素濃度高い。	1995	1.90		2.13	40		
14-2		官地營	313	80	改水事業済、水質データがないが高汚染地域。	1996						
14-3		北島窪營	139	33	改水事業済、水質データがないが高汚染地域。	1995						
15		杜家壕	1,316	358								
15-1		苗通營	67	15	一間房改水事業の拡張計画。							
○		15-2	23	6	改水事業なし、浅層地下水比較的水質よい。			0.58				
15-3		阿蘭召	93	22	一間房改水事業の拡張計画。							
○		15-4	314	94	一間房改水事業の拡張計画。			1.96				
15-5		什家壕	98	25	一間房改水事業の拡張計画。							
○		15-6	305	85	P-JICA 試行事業で改水事業済、水質良。	1998		2.70				
15-7		兩杜家壕	240	61	一間房改水事業の拡張計画。							
○		15-8	176	50	一間房改水事業の拡張計画。			6.11				

P: 世銀改水事業 WFP: 世界食料計画
 P-JICA: 調査試行給水
 P3: 防汚改水弁公室事業
 P-WB-Ext: 一間房時来延長計画
 1: 防汚給水分析 (F mg/l, As ug/l)
 2: 調査前97年分析 (F mg/l, As ug/l)
 3: 調査前98年分析 (F mg/l, As ug/l)

表 2. 2-5 調査対象村(3)

系列号	行政村	村名	人口	戸数	事業	給水施設	建築年	F-1	F-2	F-3	As-1	As-2	As-3
1	果城		3,385	998									
1-1		果城	3,100	805	P-WB	改水事業済、フッ素濃度高い、比較的水質よい。	1992	2.30			30		
1-2		北門	785	193	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1994		0.65				
2	馬水泉		2,290	609	P3	改水事業済、比較的水質よい。	1991	0.79	0.83		20		
3	乃同		1,408	362									
3-1		乃同	390	101	P3	改水事業済、比較的水質よい。	1990	1.25					
3-2		半灘	96	26	P3	改水事業済、比較的水質よい。	1990						
3-3		固營子	120	32		改水事業なし。							
3-4		道倫呼都格	58	14		改水事業なし。							
3-5		五根牛漢	184	41	P3	改水事業済、比較的水質よい。	1988						
3-6		劉慶喜	175	44		改水事業なし。			0.71				
3-7		李頂喜	185	48		改水事業なし。			0.30				
3-8		細合喜	90	22	P-JICA	試行事業で改水事業済、水質良。	1998						
3-9		庫倫因	110	34	P-JICA	試行事業で改水事業済、水質良。	1998						
4	張金營		2,529	734									
4-1		張金營	881	252	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1993	1.00					
4-2		大路畔	162	46	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1993	1.00					
4-3		苗家喜	290	83	P3	改水事業済、比較的水質よい。							
4-4		王五營	480	137	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1993	1.00					
4-5		伍家喜	396	113	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1993	1.00					
4-6		喇嘛營	320	103	P5	改水事業済、比較的水質よい。			1.00				
5	廟上		1,196	287									
5-1		廟上	676	169	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1992		1.31				
5-2		沙塔喜	520	118	P-WB	改水事業済、比較的水質よい。	1992						
6	馬土喜		1,276	364									
6-1		上馬土喜	285	81	P-WB	改水事業済、フッ素濃度高い。	1986		2.59				
6-2		下馬土喜	621	178	P-WB	改水事業済、フッ素濃度高い。	1993						
6-3		丁克家喜	240	69	P-JICA	試行事業で改水事業済、水質良。	1998		0.67				
6-4		郵房	130	36	P-JICA	改水事業なし、丁克家喜と共同使用予定。			4.84				
7	合同營		1,515	341									
7-1		合同營	344	78	P3	改水事業済、フッ素濃度高い。	1980	3.20			20		
7-2		東庫倫	146	33		改水事業なし。			1.50				
7-3		二達利	180	40	P4	改水事業済、フッ素濃度高い。	1997		4.81				
7-4		油房營	150	34		改水事業なし。			0.64				
7-5		新庫倫	236	54	P-JICA	試行事業で改水事業済、水質良。	1998		5.16				
7-6		田西營	50	12		改水事業なし、フッ素濃度高い。			3.09				
7-7		沙格師	110	25	P-JICA	改水事業なし、新庫倫と共同使用予定。			4.88				
7-8		大溝三喜	80	18		改水事業なし。							
7-9		新旺鋪	170	39	P-JICA	試行事業で改水事業済、水質良。	1998		4.94				
7-10		小溝三喜	50	8		改水事業なし。							

1: 防護站分析 (F mg/l, As ug/l)
 2: 調査団97年分析 (F mg/l, As ug/l)
 3: 調査団98年分析 (F mg/l, As ug/l)

P-WB: 世帯改水事業
 P-JICA: 調査試行給水
 P3: 防沸改水弁公室事業
 P4: 改水弁公室97年事業
 P5: 燕山營鄉麻忽龍村より給水

2. 2. 3 給水施設内容

(1) 給水事業開発基準

中国における農村改水事業については、中央政府の組織である、衛生部及び全国愛国衛生運動委員会の主導で全国規模で実施されており、事業計画・実施のための標準図書及び国家基準の整備が行われている。

1) 給水計画量

国家基準として、1989年に、農村における給水事業のための計画給水量が独自に規定され、衛生部の名前で発布されている。規定は全国の気候区分により異なるが、本調査対象地域に適用される部分は以下のとおりである。

表 2. 2-6 国家基準 GB 11730 農村生活飲用水量衛生標準 (単位: L/人日)

気候区分	給水条件	類型及び最高日生活用水量		
		集中給水栓方式	各戸給水栓方式	
			洗濯場なし	洗濯場・シャワー有り
I	計量・有料給水	20-35	30-40	40-70
I	無料給水		40-60	85-120

注1) 気候区分は中国全土の気候により5区分に分類している。呼和浩特市は第一分区に属する。

注2) 洗濯場とは中国の農村住宅で一般的に使用される固定式の洗い場を意味する。

注3) この用水量には農村家庭が飼っている豚、羊、鶏等の用水量を含む。ただし、これらの家畜を飼育する集団及び飼育を専業とする家庭用の用水量は含まない。

また、給水計画の際の流量の時間変動係数が、計画対象人口と全日給水と定時給水の分類で、別途定められている。托克托県の小規模改水事業の場合、給水時間が午前・午後の農作業の前後の2回各1時間程度とされているため、その間に送水する必要があり、その合計時間(2時間)で日給水量を送水することになる。

2) 飲料水水質基準

農村改水事業用の飲料水水質基準は、農村実施《農村生活飲用水量衛生標準》準則があり、91年に、愛国衛生運動委員会と衛生部の連名で発布されている(詳細は水質調査報告参照)。この基準では給水の状況に応じて、各水質項目について期待値、許容値、及び暫定限界値を定めている。

3) 給水事業計画手冊(マニュアル)

愛国衛生運動委員会が編纂したもので、三分冊の手冊と一冊の最新情報を取り入れた改訂設計規範からなっている。水源(表流水/地下水)設備、取水設備、導水/配水・給水設備等の給水

施設を含む、給水事業全体の、計画・調査・経済評価・設計・施工・運営・維持管理の分野において、詳細に規定されている。したがって、本開発調査における給水計画は基本的に本手冊に準拠する。

なお、本マニュアル類は世銀での評価が高く、発展途上国の地方の小規模管路配水事業計画用に英文で再編され、各国で活用されている。

- 中国農村給水工程 給水設計手冊
(計画・設計標準、88年)
- 中国農村給水工程 施工技術手冊
(施工標準、89年)
- 中国農村給水工程 給水工程運行管理手冊
(運営・維持管理標準、89年)
- 農村給水設計規範
(施工標準、95年)

(2) 調査対象地域での農村給水の実態

a. 未改水事業村落

調査対象村落の内、まだ、改水事業を実施されていない村落は、30ヶ村であり、人口及び戸数は、それぞれ、23人～374人、6戸～94戸の範囲となっている。これらの村は下記の改水事業実施村の数字からも明確に示されるように、地域内では小規模な村落に属し、村落実態調査によると、各戸の収入額が低い貧しい村となっている。

これらの村では大半が浅井戸を生活用水の水源としており、井戸が村落で数本の場合と各戸に持っている場合とがある。これは浅井戸と言っても深さが数メートルから数十メートルと水理地質・水質条件が異なるためと考えられる。浅井戸の他、ごくまれに溜まり水、河川水から取水している場合もあるがいずれも、水運搬、水量及び水質の問題を抱えている。とくに、水質の問題は、水質調査、水因性疾病調査の報告で詳しく述べられているように、フッ素による地下水汚染の範囲は広く、最低でも25%以上の住民が病状を持っているとの結果であり、事態は深刻である。

村落実態調査の結果から、生活用水（飲用、洗濯、その他）は1人1日あたり、平均で約20リットルを使用している。1戸の平均家族数は4.1人なので1戸あたりで言えば1日80リットル強となる。また、ごく一般に、農家では畑作と同時に、牛、豚、馬、鶏等の家畜を自宅で飼っており家畜用水に各戸1日あたり、平均で110リットルを使用している。これらは改水事業村落とほぼ等しい結果となっている（表2. 2-5 調査対象村落における水利用の実態参照）。

開発計画の策定では、これまで整備が見送られてきた、開発効果の悪い小規模施設を、財政的に苦しい村で実施することになる。このためにはこれまでと同じ尺度では開発の妥当性は得られないことは明らかで、集中（公共）水栓方式等の低コスト施設の検討が必要となる。

b. 改水事業村落

調査対象村落の内、既に改水事業を実施した村落は、13ヶ村である。実施の時期は87年から96年までほぼ十年間に限られているが、施設内容は実施方法により、異なっている。すなわち、初期の防フツ改水事業では浅井戸+薬品処理の方式をとっている例もある。また、自己の資金により独自の給水施設を持っている例もある。これらの13ヶ村の人口及び戸数は、それぞれ、116人～2,290人、35戸～609戸の範囲となっている。これらの村は調査対象村落の中では比較的大小規模な村落に属し、村落実態調査の結果では各戸の収入額が比較的大きく、住民負担に耐えられる豊かな村が多いことが明らかである。

これらの改水事業では原則的に深層の地下水を水源としており、すべて各戸給水方式の給水施設となっている。この結果、当然ながら、水量の確保と水運搬の労力削減に大きな効果を上げたことはいうまでもないが、村落実態調査の結果によれば、生活用水（飲用、洗濯、その他）は1人1日あたり、平均で約20リットルを使用している。1戸の平均家族数は4.0人なので1戸あたりで言えば1日80リットル前後となる。また、牛、豚、馬、鶏等の家畜のための用水に各戸1日あたり、平均で110リットルを使用している。

一方、フッ素汚染に関わる水質対策の問題では、水質調査、水因性疾病調査の報告で詳しく述べられているが、一部の地域で、改善はされたが、まだ、飲料水基準を大きく上回る濃度となっていることに留意しなければならない。特に、伍什家郷西部ではかなりの数の村の改水事業でフッ素濃度が高く、基準値を超えている。

表 2. 2-7 調査対象村における水利用の実態表

村名	人口	戸数	改水 事業	家族平 均人数	飲料水		洗濯水		他家庭用水		家庭用水合計					
					夏 liter/日戸	冬 liter/日戸	夏 liter/日戸	冬 liter/日戸	夏 liter/日戸	冬 liter/日戸	夏 liter/戸日	冬 liter/戸日	夏 liter/人日	冬 liter/人日		
伍什家 大北窯村	1008	262	P	3.8	59.1	50.5	35.5	26.8	11.3	11.3	106	27.8	89	23.3		
興茂	180	42		3.8	46.3	45.0	28.1	19.8	0.0	0.0	74	19.6	65	17.0		
荒地窯	336	81		4.3	64.5	63.9	29.5	23.9	17.6	17.6	112	26.0	105	24.5		
陳家梁	230	59		4.2	44.4	39.0	16.9	13.0	0.0	0.0	61	14.6	52	12.4		
小井壕	355	93	P	4.1	55.0	52.5	19.7	13.9	0.0	0.0	75	18.2	66	16.2		
西大格達	362	88	P	3.9	40.0	34.0	14.3	10.9	0.0	0.0	54	13.9	45	11.5		
大庫倫村	374	94		4.0	42.1	35.0	17.0	11.9	0.0	0.0	59	14.8	47	11.7		
東大格達	317	72		3.9	57.0	51.4	41.7	36.9	14.6	15.0	113	29.1	103	26.5		
陳俊營	243	59		3.5	42.0	34.6	18.9	12.9	2.2	1.7	63	18.0	49	14.0		
山西庫倫	154	35	P	4.2	66.7	66.7	25.8	21.7	20.0	20.0	113	26.8	108	25.8		
南島窪營	23	6		4.7	56.7	50.0	43.3	30.0	0.0	0.0	100	21.3	80	17.0		
高家西灘	314	94		4.0	51.7	42.1	28.0	22.0	1.9	1.9	82	20.4	66	16.5		
北杜家壕	305	85		3.9	47.3	41.1	16.7	12.1	0.0	0.0	64	16.4	53	13.6		
範家西灘	176	50		3.8	72.1	72.1	20.6	17.1	16.6	16.6	109	28.8	106	27.8		
永聖城 東雲壽	875	232	P	4.2	65.5	47.6	58.5	44.9	34.9	22.9	159	37.8	115	27.5		
朱什拉	328	75		3.7	42.9	37.4	25.3	20.6	44.8	8.3	113	30.6	66	17.9		
新文營	247	85	P	4.0	31.8	26.8	13.7	9.7	0.0	0.0	45	11.4	37	9.1		
水泉	218	52		4.1	59.4	47.2	55.6	43.3	16.7	10.6	132	32.1	101	24.7		
什力格因	2148	521	P	3.8	36.7	29.8	20.6	14.5	0.0	0.0	57	15.1	44	11.7		
古紅岱	372	99		3.8	39.2	33.1	38.2	29.6	0.0	0.0	77	20.4	63	16.5		
溝水井	117	54	P	4.9	46.7	36.1	45.6	27.2	11.1	9.4	103	21.1	73	14.9		
南郭渠營	493	156	P	4.2	60.8	47.5	39.2	23.1	32.9	20.0	133	31.6	91	21.6		
太水營	98	28		4.4	39.5	39.5	18.7	14.4	0.7	0.0	59	13.4	54	12.2		
喇嘛營村	205	55		4.1	52.4	51.9	25.7	24.0	8.6	5.7	87	21.1	82	19.9		
山慶營	106	24		4.1	56.7	53.3	24.4	17.8	23.3	14.4	104	25.5	86	20.9		
新地梁	116	35	P	4.1	42.1	31.5	39.6	27.7	35.7	22.5	118	28.7	82	19.9		
黑城 北門	785	193	P	3.6	37.9	31.1	12.6	9.5	0.0	0.0	51	14.0	41	11.3		
黑水泉村	2290	609	P	3.8	41.9	36.4	31.7	29.2	6.2	6.2	80	21.0	72	18.9		
劉寬營	175	44		3.7	40.0	29.4	21.9	20.1	0.9	0.0	63	17.0	50	13.4		
綜合營	90	22		4.2	52.8	42.2	10.1	7.9	0.0	0.0	63	15.0	50	11.9		
庫倫因	110	34		4.2	56.9	51.5	29.2	25.4	25.4	28.5	112	26.6	105	25.1		
喇嘛營村	320	103	P	3.9	58.1	53.9	41.1	38.9	16.7	16.4	116	29.7	109	28.0		
沙坡營	520	118	P	4.2	50.7	42.4	10.6	9.0	0.0	0.0	61	14.6	51	12.2		
上馬士營村	285	81	P	3.9	64.6	53.6	29.6	20.7	3.9	4.6	98	25.2	79	20.2		
丁党家營村	240	69		4.2	51.7	45.5	53.5	38.1	15.8	14.4	121	28.8	98	23.3		
甄房村	130	36		3.9	36.4	36.4	27.1	25.4	0.0	0.0	64	16.3	62	15.8		
東庫倫村	146	33		3.6	49.2	42.3	33.5	24.2	8.1	5.7	91	25.2	72	20.1		
三達利村	180	40		4.5	40.0	30.0	30.7	19.3	22.7	21.5	93	20.7	71	15.7		
油房營村	150	34		4.2	40.8	32.7	11.5	8.1	12.8	9.2	65	15.5	50	11.9		
新庫倫村	236	54		4.5	61.7	53.6	50.5	48.2	10.3	8.3	122	27.2	110	24.5		
田丙營村	50	12		4.4	42.0	33.0	34.0	27.0	14.0	6.0	90	20.5	66	15.0		
沙格洞村	110	25		4.4	54.0	43.0	14.5	10.0	0.0	0.0	69	15.6	53	12.0		
新旺舖村	170	39		3.7	37.0	30.7	35.3	39.7	32.3	29.3	105	28.3	100	26.9		
家庭用水				家族数	飲料水		洗濯水		他家庭用水		家庭用水合計					
				人	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬		
					liter/日戸	liter/日戸	liter/日戸	liter/日戸	liter/日戸	liter/日戸	liter/戸	liter/人	liter/戸	liter/人		
				調査対象村全平均	4.1	50	43	29	23	11	8	89	22	74	18	
				改水事業あり村平均	4.0	50	43	29	22	12	9	91	22	73	18	
				改水事業なし村平均	4.1	49	43	29	23	10	8	88	22	74	18	
				家畜用水	夏 冬 平均											
					liter/日戸											
				調査対象村全平均	113	109	111									
				改水事業あり村平均	120	105	112									
				改水事業なし村平均	109	111	110									

(3) 標準的改水事業内容

調査対象地域は主として小麦、玉蜀黍を生産する農村地域で、自然村と呼ばれる 50 戸から 300 戸の農家から構成される集落を耕作地の中心部に形成し、これらの自然村は 1~5km の間隔で散在している。したがい、改水事業として実施される、生活用水の給水施設は、村あるいは集落単位（小規模集落が接近している場合では複数の集落、200 ないし 300 戸を限度として）で、それぞれ、1 本の井戸を単位とした独立した給水施設となっている。給水方式は各戸給水を原則としており、1970 年代から 80 年代にかけて建設された集中（公共）水栓方式は採用されていない。これらの給水施設の内容は、いずれも前述の全国愛国衛生委員会による農村改水事業の基準に則って建設されており、1 人 1 日あたりの給水量は 20L 程度である。その給水施設構成は標準的に下図のフローダイアグラムに示されるとおり、井戸、水中ポンプ、圧力タンク、機器を凍結から保護する半地下式のポンプ建屋及び各戸への配管網からなっている。

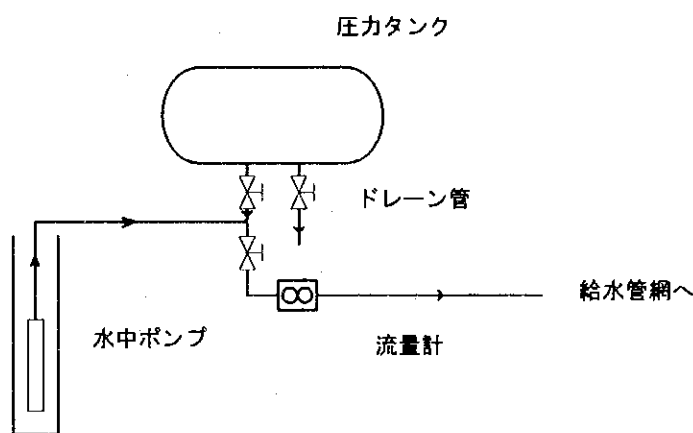


図2. 2-3 給水設備標準フローダイアグラム

給水戸数	: 20~700 戸
完成年	: 1980~1996 年
総建設費用	: 20000~1600,000 円
地元負担	: 150,000 円（資金 50%、労働提供 50%）
給水方式	: 各戸給水/公共水栓
料金	: 各月、各 1 人あたり固定費徴収 0.2~1 元/人・月
井戸ポンプ	: 揚程 30~80m
給水量	: 20~150m ³ /日
圧力水槽	: 10 m ³

表 2. 2-8 調査対象行政村における改水事業内容の一覧

	BH	行政村	構成村	建設年	井戸位置	揚程	総建設費	給水戸数	運転時間	日給水量	電気代	維持費	維持費計	住民負担	住民負担計
					m	m	万元		(h/d)	(t/d)	元/年	元/年	元/年	元/人・月	元/年
永聖城郷	1	B-1 東業秀	東業秀	92	130	50	13.0	232	3.00	45	4,200	900	5,100	0.70	3,500
	2	B-3 喬軍營	喬軍營	95	200	0	13.0	140	3.00	30	1,320	1,720	3,040	0.50	3,100
	3		新文營	93	100	30	6.0	80	2.00	20	840	1,800	2,640	0.60	2,400
	4	B-4 永聖城	永聖城	96	0	50	22.0	292	5.00	75	6,240	0	6,240	0.55	8,000
	5	B-5 什力格因	什力格因	96	2,500	50	35.0	501	7.00	105	7,200	3,000	10,200	0.70	18,000
	6	B-6 溝水井	溝水井	86	40	50	2.5	54	2.00	20	2,400	0	2,400	1.00	2,000
	7	B-7 郭軍營	把扎日?	86	30	80	12.0	75	1.00	20	2,160	3,000	5,160	0.50	1,800
伍什家郷	8		郭軍營	87	50	50	7.0	140	2.00	30	3,000	1,200	4,200	0.50	3,000
	9		格梁	87	0	50	4.0	65	0.50	7.5	840	0	840	0.50	1,200
	10	B-8 紅磨溝	紅磨溝	84	200	50	21.0	160	1.50	15	1,200	500	1,700	0.50	2,750
	11	B-9 東黑沙因	東黑沙因-1	84	20	35	10.0	20	0.50	5	540	700	1,240	0.50	500
	12		東黑沙因-2	84	30	35	10.0	28	0.50	5	540	700	1,240	0.50	600
	13	A-2 大北營村	大北營村	94	500	70	18.6	255	1.00	30	1,800	0	1,800	0.20	2,520
	14	A-3 樹林村	小北營村	96	100	50	12.0	94	1.00	20	1,200	0	1,200	0.30	1,600
	15	A-6 荒地營村	小井漢	96	250	50	10.0	90	1.00	20	1,200	0	1,200	0.40	1,110
	16	A-8 西大格達	西大格達	94	0	70	7.5	88	1.50	30	2,400	0	2,400	0.20	500
	17	A-12 一間房村	?	96	1,000	50	160.0	299	4.00	80	5,760	500	6,260	0.50	6,500
黑城郷	18	C-1 黑城村	黑城村	92	500	78	26.0	700	3.00	150	12,000	2,000	14,000	0.80	18,000
	19		北門	94	250	78	5.0	80	0.75	37	4,320	100	4,420	1.00	5,400
	20	C-2 黑水泉村	黑水泉村	91	50	50	14.5	601	2.50	80	9,000	1,000	10,000		
	21	C-3 乃同村	乃同村	90	0	78	5.2	101	1.00	50	5,400	1,000	6,400	0.50	2,400
	22		五保片溝	88	20	50	7.0	41	1.00	25	3,960	0	3,960	0.50	1,560
	23		半灘村	90	300	78	2.0	26	1.00	50	5,400	0	5,400	0.50	600
	24	C-4 張全營村	張全營村他2村	93	80	28	38.0	550	3.00	150	12,000	2,000	14,000	0.85	18,000
	25		?	95	500	78	24.0	80	0.80	50	3,600	0	3,600	0.60	1,900
	26		?	95	300	50	17.0	85	1.00	32	3,600	0	3,600	0.50	2,000
	27	C-5 額上村	額上村	92	500	78	20.0	286	1.50	25	12,000	5,000	17,000	0.80	9,000
	28	C-6 馬士營村	上馬士營村	96	750	78	22.0	80	0.33	18	1,728	0	1,728	0.80	2,400
	29		下馬士營村	93	300	78	18.0	160	1.00	50	5,400	1,600	7,000	0.60	5,000
	30	C-7 合同營村	合同營村	80	100	78	10.0	100	0.60	30	3,000	4,000	7,000	0.50	3,180

11 村
 4 村
 15 村
 30 村
 1 村
 1 村
 20
 全村
 10 元/月
 170 元/月
 72 元/月

運転時間
 午前中のみ
 午後のみ
 午前午後の二回

流量計
 運転記録
 会計簿
 運転員
 給与

あり
 あり
 あり
 最低
 最高
 平均

2. 3 住民の水因性罹患状況

2. 3. 1 水因性疾病調査

(1) 托克托県の水因性疾病

内モンゴル自治区には、地下水に起因する深刻な水因性疾病としてフッ素中毒とヒ素中毒の2つがある。フッ素中毒の多発が最初に報告されたのは1962年のことで、それ以来、内モンゴルの地方病（風土病）として関心が向けられ、各地からフッ素によると思われる歯や骨の障害が報告されるようになった。1982年に自治区人民政府が内モンゴル全域でフッ素汚染の総合調査を実施した結果、8600余の井戸の47%から中国の飲料水の基準値（1ppm）を超えるフッ素が検出され、フッ素中毒の病区は内モンゴルの100旗のうちの73旗におよぶことが明らかになり、190万人の歯牙フッ素症（中国では「フッ斑牙」という）と23万人の骨フッ素症（中国では「フッ骨症」）の患者が確認された。今回の調査対象である托克托県永聖域、伍什家、黒城の3郷は、内モンゴルのフッ素中毒の病区の中で最も罹患率の高い地域に含まれている。

フッ素による疾病の調査が進む中で、1990年に報告されたのが、内モンゴルにおけるヒ素中毒の発生であった。中国の飲料水中のヒ素の基準値（0.05ppm）を大幅に超える井戸水を飲んでいた住民に、ヒ素中毒の特徴的な症状である皮膚の角化症や色素異常が見つかり、その後の調査で、3つの病区から約1800人の患者が発見された。病区ごとの患者数は、陰山山脈と黄河にはさまれた河套病区に1450人、呼和浩特と包頭の間によこたわる土默特病区に230人、ヒ素鉱山の近くにある赤峰病区に100人とされ、今回の調査対象となった永聖域郷と伍什家郷は、この中の土默特病区にきわめて接近した地域にあたる。一方、内モンゴルのヒ素中毒に関しては、日本のNGOである「アジアヒ素ネットワーク」も、1993年来、中国側の地方病防治研究所と共同し、五原県勝利村を中心とした調査・活動を続けており、本調査はそれらの成果を踏まえたものとなっている。

以上のように、托克托県の3つの郷には、ほぼ全域にフッ素中毒患者が、一部にフッ素中毒とヒ素中毒の複合した患者が存在することが予測され、その症状や程度を正確に把握することは、地下水開発計画を策定するうえで重要な指針になるものと考えられた。

(2) 調査の実施

水因性疾病に関する健康調査は、表2.3.1に示すように、托克托県永聖域、伍什家、黒城3郷43か村の4082世帯のうち1000世帯を対象に実施することを目標とした。調査を担当したのは、内モンゴル自治区地方病防治研究所の郭小娟医師を代表にする医師2人と助手4人で、1997年5月5日から8月22日までの間、2班に分かれて各集落を訪れ、「水因性疾病調査表」（資料として添付）をもとに戸別訪問しながらおこなった。調査は、一般項目（年齢、出生地、民族、職業、5年内移転有無等）、疫学項目（生活用水、飲料水、飲食の習慣、既往歴、家族史等）、主訴、身体状況（身長、体重、栄養、発育、精神状態等）、臨床症状（頭部、面部、眼、耳、鼻、口、頸部、胸部、肺、心血管、腹部、背部、四肢、手、足、外陰、神経等）の約150項目にわたり、助手に

表 2. 3-1 水因性疾病調査世帯・人数

番 号	村 落 名	世 帯 数	人 口	調 査 世 帯	調 査 人 数
永聖城郷					
1-1	東雲寿	232	875	69	140
3-2	朱什拉	75	328	19	56
3-3	新丈营	85	247	20	55
4-2	水泉	52	218	11	19
5-1	什力格図	521	2148	104	244
5-2	古紅岱	99	372	19	39
6-1	滴水井	54	117	10	25
7-1	南郭鼎营	156	493	42	112
7-2	太水营	28	98	19	45
8-3	喇嘛营	55	205	20	54
9-3	山慶营	24	106	22	48
9-5	新地梁	35	116	27	44
伍什家郷					
2-1	大北窰	262	1008	56	143
3-4	興茂	42	180	10	31
6-1	荒地窰	81	336	19	56
6-2	陳家梁	59	230	20	56
6-3	小井壕	93	355	20	62
8-1	西大格達	88	362	20	56
10-1	大庫倫	94	374	20	48
10-2	東大格達	72	317	19	48
10-3	陳俊营	59	243	21	48
12-3	山西庫倫	35	154	10	25
15-2	南島窪营	6	23	5	10
15-4	高家西灘	94	314	21	57
15-6	北杜家壕	85	305	19	47
15-8	範家西灘	50	176	10	26
黒城郷					
1-2	北門	193	785	27	267
2-1	黒水泉	609	2290	129	82
3-6	劉寬窰	44	175	10	24
3-8	細合窰	22	90	13	34
3-9	庫倫図	34	110	10	25
4-6	喇嘛营	103	320	20	39
5-2	沙坡窰	118	520	32	80
6-1	上馬士窰	81	285	18	44
6-3	丁党家营	69	240	23	59
6-4	氈房	36	130	11	21
7-2	東庫倫	33	146	10	18
7-3	三達利	40	180	9	21
7-4	油房营	34	150	9	20
7-5	新庫倫	54	236	21	63
7-6	田内营	12	50	9	23
7-7	沙格洞	25	110	10	31
7-9	新旺鋪	39	170	10	28
三郷合計		4082	15687	1023	2473
全体の割合 (%)				25.1	15.8

よる問診と検査、医師による診察を行って全身の健康状態の把握につとめた。なお、その中のフッ斑歯、脊柱、四肢畸形、筋萎縮、四肢の関節と運動等はフッ素中毒の判定に、頬粘膜や手、足、外陰の色素沈着、白斑、角化等はヒ素中毒の判定に有用な項目として設定したものである。だが、こうした水因性疾病の確定診断に使われる毛髪、爪、尿、血液中フッ素とヒ素量の測定や変形した骨のレントゲン撮影はおこなっていない。

村落ごとの調査世帯および調査人数は表 2. 3-1 に示した通りである。調査世帯は 1023 世帯で全体の 25.1%、調査人数は 2473 人で人口の 15.8%にのぼった。調査世帯の比率と調査人数の比率に 10%近い差が生じたのは、現地の事情を考慮して戸別訪問方式を採用した結果、訪問時に不在だった家族の調査が抜け落ちてしまったからだと思われる。調査員の話によれば、家にいることの多い高齢者に比べ、登校して家にいない学童のサンプルは少なくなる傾向にあったようである。

(3) 学童対象の補足調査

戸別訪問方式の欠点を補うために、9月 16、17 日に郭小娟医師が学校を訪れて、視診による学童の歯牙調査をおこなった。対象にしたのは、永聖城郷の新地梁村の小学生 12 人、什力格図小学校の小学生 199 人と学前クラスの 16 人、満水井村の小、中、高校生 39 人と托克托城市にある托克托民族学校の 6 年生 69 人である。フッ素は、年少期の歯に強い影響を与えるとされており、学童の歯牙調査は欠かせないものと考えた。なおこの補足調査の結果は、表 2. 4-2 の統計には加えていない。

2. 3. 2 調査の結果

(1) 水因性疾病の発生状況

今回の健康調査で判明したヒ素中毒とフッ素中毒の村落別発生状況をまとめたのが表 2. 3-2 である。As 欄の a はヒ素中毒の症状のなかった者、b は皮膚の角化や色素沈着から軽度のヒ素中毒とされた者、c は中等度、d は重度の症状があると判定された者を表し、b+c+d でヒ素中毒の有症率を示した。F 欄の a はフッ素中毒の症状のなかった者、b は歯牙および骨格の病変から軽度のフッ素中毒とされた者、c は中等度、d は重度の症状があると判定された者を表し、b+c+d でフッ素中毒の有症率を示している。ヒ素中毒は軽度の患者が 2 人 (0.1%) 見つかっただけだったが、フッ素中毒は軽度 347 人 (14.0%)、中等度 954 人 (38.6%)、重度 9 人 (0.4%) の合計 1310 人 (53.0%) の患者が確認されて、調査対象にした 3 郷は住民の半数がフッ素中毒に罹患しているきわめて重大な患者発生地域であることが明白になった。郷別に有症率をみると、永聖城郷は 53.3%、伍什家郷は 62.7%、黒城郷は 44.7% となり、フッ素の健康障害は伍什家が最も深刻で、ついで永聖城、黒城の順となることがわかった。

表 2. 3 - 2 水因性疾病調査結果

番号	村落名	調査人数	As					F				
			A	b	c	d	b+c+d	a	b	c	d	b+c+d
			人数	人数	人数	人数	%	人数	人数	人数	人数	%
永聖城郷												
1-1	東雲寿	140	140	0	0	0	0.0	84	26	30	0	40.0
3-2	朱什拉	56	56	0	0	0	0.0	28	8	19	1	50.0
3-3	新丈營	55	55	0	0	0	0.0	21	5	29	0	61.8
4-2	水泉	19	19	0	0	0	0.0	8	0	11	0	57.9
5-1	什力格図	244	242	2	0	0	0.8	146	19	78	1	40.2
5-2	古紅岱	39	39	0	0	0	0.0	22	7	10	0	43.6
6-1	滿水井	25	25	0	0	0	0.0	16	4	4	1	36.0
7-1	南郭泉營	112	112	0	0	0	0.0	30	10	72	0	73.2
7-2	太水營	45	45	0	0	0	0.0	11	6	27	1	75.6
8-3	喇嘛營	54	54	0	0	0	0.0	32	0	22	0	40.7
9-3	山慶營	48	48	0	0	0	0.0	11	7	29	1	77.1
9-5	新地梁	44	44	0	0	0	0.0	2	7	35	0	95.5
伍什家郷												
2-1	大北窩	143	143	0	0	0	0.0	43	15	85	0	69.9
3-4	興茂	31	31	0	0	0	0.0	22	2	7	0	29.0
6-1	荒地窩	56	56	0	0	0	0.0	7	23	24	2	87.5
6-2	陳家梁	56	56	0	0	0	0.0	17	26	13	0	69.6
6-3	小井壕	62	62	0	0	0	0.0	16	23	23	0	74.2
8-1	西大格達	56	56	0	0	0	0.0	27	4	25	0	51.8
10-1	大庫倫	48	48	0	0	0	0.0	24	5	19	0	50.0
10-2	東大格達	48	48	0	0	0	0.0	15	9	24	0	68.8
10-3	陳俊營	48	48	0	0	0	0.0	26	4	18	0	45.8
12-3	山西庫倫	25	25	0	0	0	0.0	10	4	11	0	60.0
15-2	南島窪營	10	10	0	0	0	0.0	5	1	4	0	50.0
15-4	高家西灘	57	57	0	0	0	0.0	26	5	26	0	54.4
15-6	北杜家壕	47	47	0	0	0	0.0	16	4	27	0	66.0
15-8	範家西灘	26	26	0	0	0	0.0	12	5	9	0	53.8
黑城郷												
1-2	北門	267	267	0	0	0	0.0	175	27	65	0	34.5
2-1	黒水泉	82	82	0	0	0	0.0	33	36	12	1	59.8
3-6	劉寬窩	24	24	0	0	0	0.0	14	4	6	0	41.7
3-8	細合窩	34	34	0	0	0	0.0	25	2	7	0	26.5
3-9	庫倫図	25	25	0	0	0	0.0	16	3	6	0	36.0
4-6	喇嘛營	39	39	0	0	0	0.0	23	5	11	0	41.0
5-2	沙坡窩	80	80	0	0	0	0.0	37	5	37	1	53.8
6-1	上馬土窩	44	44	0	0	0	0.0	19	4	21	0	56.8
6-3	丁党家營	59	59	0	0	0	0.0	32	7	20	0	45.8
6-4	黓房	21	21	0	0	0	0.0	10	2	9	0	52.4
7-2	東庫倫	18	18	0	0	0	0.0	10	3	5	0	44.4
7-3	三達利	21	21	0	0	0	0.0	12	3	6	0	42.9
7-4	油房營	20	20	0	0	0	0.0	11	2	7	0	45.0
7-5	新庫倫	63	63	0	0	0	0.0	32	5	26	0	49.2
7-6	田丙營	23	23	0	0	0	0.0	12	6	5	0	47.8
7-7	沙格洞	31	31	0	0	0	0.0	13	3	15	0	58.1
7-9	新旺鋪	28	28	0	0	0	0.0	12	1	15	0	57.1
合計人数		2473	2471	2	0	0	0.1	1163	347	954	9	53.0

(2) ヒ素中毒

永聖域郷什力格図村の男性2人に手掌の点状角化と軀幹の色素沈着が見つかり、軽度のヒ素中毒と判定された。この2人は中等度のフッ素中毒症状をあわせもつ複合中毒患者であった。調査地域が土黙特ヒ素中毒病区に近接しているため、調査前から複合中毒患者の存在が予想されていたが、その数が思ったより少なかったことで、健康調査の結果、現在飲用されている井戸水のヒ素濃度がヒ素中毒を多発させるほど高くないことが推定できる。そのことは、50か所の既存井戸の水質分析によって、中国の基準値(0.05ppm)を大幅に超える井戸が2本しかなかったことにより裏付けられた。

(3) フッ素中毒

フッ素中毒には、歯牙フッ素症と骨フッ素症の2つの典型的な症状があり、今回の調査で確認されたのは、歯の症状だけの者1294人、骨の症状だけの者1人、歯と骨の症状をあわせもつ者15人であった。歯牙フッ素症は、門歯や犬歯が光沢・透明度をうしなって白濁し始めることを前兆にして、「斑状歯」と呼ばれる歯牙の症状が進行する。今回の調査では、歯牙フッ素症の程度について、正常および前兆をa、前歯に点状ないし線状の黄着色が見られ、その箇所が侵蝕されぼつぼつと小さい孔が開いた段階をb、歯の黄色が濃くなり侵蝕が広範囲におよんだ段階をc、さらに歯の色が黒くなり実質欠損の起こった段階をdとした。骨フッ素症については、骨や関節の変形および運動障害の程度をみて、軽度をb、中等度をc、重度をdとし、骨と歯の症状をもつ者は両方を勘案してその症度とした。

中国には、1.正常 2.疑問有り(透明度を失い白濁が少しみられる) 3.軽度マイナス(白濁が歯の4分の1に広がる) 4.軽度(黄着色の歯がある) 5.中度(小さい孔の侵蝕が広がる) 6.重度マイナス(黄着色が濃くなり侵蝕が前面の歯全体におよぶ) 7.重度(全ての歯に障害があり歯が黒くなる)といった7級分類法もあるが、今回の調査では独自に4段階の症度分けをおこなった。1982年に内モンゴル全域で調査がおこなわれたときは、白濁の段階もフッ素症に含めており、それよりも今回は斑状歯とみた範囲が狭くなっていて、両者の有症率を単純に比較することはできない。

表2. 3-3 骨フッ素症の症状

症 状	脊椎	四肢畸形	筋萎縮	四肢関節	四肢運動	手指関節 変形	足指関節 変形
件 数	3	6	4	11	5	7	0

表2. 3-3は、骨フッ素症の16人の症状の頻度をまとめたものである。四肢関節の障害が11人にみられ、ついで多い順に手の指関節の変形、四肢畸形、四肢運動障害、筋萎縮、脊椎の障害となっている。こうした症状から、関節が腫れ、骨が変形して、手足の運動障害を引き起こし、生活に甚大な影響を与えている様子がうかがえる。なお類似の症状をもたらす骨・関節系疾患との鑑別診断には、レントゲン等も必要とされるが、今回はそうした検査はおこなっていない。

永聖域郷新地梁村の66歳の女性は、寝たきりの重度骨フッ素症の患者である。35年前に全身の関節が痛みだし、しだいに骨に痛みが広がり、両膝がくの字に曲がって6年前から動けなくなってしまった。医師から診察されたことはなく、家族の介護を受けながら生活しており、こうした患者の治療と救済も忘れてならない課題だといえる。

(4) 学童の歯牙フッ素症

調査した43か村の中でフッ素中毒の有症率のいちばん高かったのが新地梁村の95.5%であった。村の人口116人のうち44人を対象にしたが、年齢層をみると、10代3人、20代7人、30代7人、40代13人、50代5人、60代以上9人となっていて、18歳未満の者は1人もいなかった。そこで同村の小学生12人の視診による歯牙の補足調査をおこない、結果を表2. 3-4にまとめた。1、2年生の歯は大部分が乳歯でa(症状なし)なのに、永久歯にはえ変わった5、6年生は4人ともb(軽度の斑状歯)で、3年生はaとbが混じっている。しかも1年生1人と2年生2人のはえたばかりの前歯は、光沢・透明度をうしない白濁もみられ、斑状歯の前兆を示していた。このことは、永久歯のできるときに歯牙がフッ素の影響を最も強く受けることをうかがわせる。

表2. 3-4 新地梁村学童の斑状歯

(単位:人)

学 年	a	b
1 年 生	3	0
2 年 生	2	0
3 年 生	2	1
4 年 生	0	0
5 年 生	0	2
6 年 生	0	2
合 計	7	5

また、第2次現地調査において、新地梁について再度、現地での聞き取りによる追跡調査を行った(1998年9附き7日)。聞き取りは9世帯(全世帯の約25%相当)について、訪問及び任意参加の形で行った。その結果は表2. 3-5に示す。

永久歯のできるときにフッ素の影響を強く受けることと関連して注目されるのが表2. 3-5に示すように、フッ素中毒のない土地で成長期を過ごしてから結婚してきた女性の有症率の低さである。托克托県は四川省からの嫁入りの多いことで知られ、調査した中に四川省出身女性が113人含まれていた。このうちフッ素中毒に罹患していたのは15.0%の17人で、全体の有症率53.0%をはるかに下回り、しかもそのうち12人が軽度の症状だった。結婚した年齢や移住後の年数など不明な要素もあるが、このデータも、フッ素の影響を強く受けるのが骨や歯

表2. 3-5 新地梁村フッ素関連疾病追加調査 (1998年9月27日)

番号	性別	年齢	歯牙フッ素病の有無	骨フッ素病の有無	備 考
1	男	82	有	有	60才から腰と足に痛み開始
	女	72	無	無	20才清水河県から嫁入り
	男	48	有	無	
	女	41	有	無	18才和林県から嫁入り
	男	23	有	無	
	女	21	有	無	20才和林県から嫁入り
	男	17	有	無	
2	男	10ヶ	無	無	
	女	80	有	有	40才から腰と足に痛み開始
	男	48	有	有	39才から腰と足に痛み開始
	男	24	有	無	
	女	23	有	無	小営子村から嫁入り
	女	14	有	無	
	男	2	無	無	
3	男	70	有	有	30才から関節痛み
	男	43	有	有	30才から関節痛み
	女	41	無	無	四川省から嫁入り
4	男	64	有	有	60才から腰と足に痛み開始
	男	44	有	無	
	女	41	有	有	30才から関節痛み、行動困
	女	19	有	無	
	男	17	有	無	
5	男	45	有	有	40才から腰と足に痛み開始
	女	44	有	有	40才から腰と足に痛み開始
	女	23	有	無	
	男	13	有	無	
6	女	67	有	有	長年腰痛、行動不能
	男	45	有	無	
	女	45	有	無	
7	男	34	有	無	腰と足に痛み始めている
	女	30	有	無	
	男	7	有	無	出た大人の歯が黒い
8	男	53	有	有	
	女	42	有	有	山西省から嫁入り
	男	22	有	無	
9	男	52	有	有	
	女	42	有	有	
	男	32	有	無	
	女	29	有	無	
	男	25	有	無	歯が抜けた
	女	20	有	無	
	女	7	無	無	乳歯

の成長する時期であることを示唆していると思われる。ただ成長期を過ぎてのフッ素摂取によっても、歯や骨に障害がでることは、15%の患者がでていることから明らかである。

なお新地梁村では、1987年に地下水をポンプで揚水して活性アルミナでフッ素を除く改水事業をおこなっている。しかし、上に述べた学童の歯牙フッ素症の発生は、この村の活性アルミナによる改水が効果をあげていないことを物語っており、この方法による改水事業について再検討する必要があると思われる。

(5) 改水事業の重要性

永聖域郷什力格図村は、フッ素中毒の防止に飲料水の改善がいかに重要であることを証明した村として知られている。20年前までは、深さ60mの1本の浅井戸を村中で使っていた。その水は塩辛いうえ、それを飲んだ村のほとんどの子供は、10歳ごろより歯が黄色くなっていた。そこで1976年に、深さ150mの自噴井戸を3本掘って共同で使うようにしたところ、それ以来、水はおいしくなって黄色い歯になる子供がでなくなったというのである。

表2. 3-6は、什力格図村で調査した244人を10歳ごとに区切って、フッ素中毒の発生をみた表である。b+c+dの有症率は10歳未満0%、10代15.2%、20代20.0%、30代52.6%、40代61.9%、50代80.0%、60代以上37.9%で、30代から50代にかけて急激に増加していることがわかる。細かくみると、患者が増えるのは28歳からであり、飲料水を改善した当時6、7歳未満だった世代に、その効果が明瞭に現れたことを読みとることができる。

表2. 3-6 什力格図村年齢層別フッ素中毒患者数

()内は%

年齢層	調査人数	a	b	c	d	b+c+d
0~9	23	23 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
10~19	46	39 (84.8)	6 (13.0)	1 (2.2)	0 (0)	7 (15.2)
20~29	25	20 (80.0)	2 (8.0)	3 (12.0)	0 (0)	5 (20.0)
30~39	38	18 (47.4)	3 (7.9)	17 (44.7)	0 (0)	20 (52.6)
40~49	63	24 (38.1)	6 (9.5)	33 (52.4)	0 (0)	39 (61.9)
50~59	20	4 (20.0)	2 (10.0)	14 (70.0)	0 (0)	16 (80.0)
60~69	29	18 (62.1)	0 (0)	10 (34.5)	1 (3.4)	11 (37.9)
合計	244	146 (59.8)	19 (7.8)	78 (32.0)	1 (0.4)	98 (40.2)

この村の小学校を訪ねて、学童 199 人に対する歯牙の補足調査をおこなった結果が表 2. 3-7 である。斑状歯が見つかったのはわずか 5 人 (2.5%) で、しかも 5 人の中の 3 人は隣の古紅袋村から通学しており、什力格図村の児童は 2 人にすぎなかった。ただこのとき、学前クラスの児童 16 人の歯をみると、1 人の前歯に点状の黄着色が見つかった。乳歯に起こった斑状歯である。こうした例外もあったが、歯牙フッ素症が高率発生している托克托県にあって、什力格図村の学童の歯の白さは特筆すべきことである。飲料水の改善によってもたらされた学童の美しい歯が、改水事業でフッ素除去をおこなうことの重要性を教えている。

表 2. 3-7 什力格図小学校学童の斑状歯

学 年	a	b	有症率 %
1 年生	24	0	0
2 年生	30	1	3.2
3 年生	29	0	0
4 年生	32	0	0
5 年生	37	0	0
6 年生	42	4	8.7
合 計	194	5	2.5

2. 3. 3 今後の調査課題

(6) 有症率の分布図

図 2. 3-1 は、表 2. 3-2 の F 欄の $b+c+d$ で示されたフッ素中毒有症率を 20% 区切りの印で地図に表したものである。これを見ると、患者高率発生のこの地域の中に、特に有症率の高い場所が 3 カ所あることがわかる。永聖域郷の新地梁村 (95.5%)、山慶營村 (77.1%)、太水營村 (75.6%)、南郭県營村 (73.2%) 一帯、伍什家郷の荒地窩村 (87.5%)、小井壕村 (74.2%)、陳家梁村 (69.6%) 一帯、同郷の大北窩村 (69.9%)、東大格達村 (68.8%)、北杜家壕村 (66.0%) 一帯の 3 カ所である。また有症率の比較的低い場所が、永聖域郷の満水井村 (36.0%)、伍什家郷の興茂村 (29.0%)、黒城郷の北門村 (34.5%)、同郷の細合窩村 (26.5%) と庫倫図村 (36.0%) の 4 カ所に散在している。内モンゴルの研究者によるフッ素中毒の疫学的研究の成果として、「歯牙フッ素症の罹患率と飲料水のフッ素含有量は正の相関関係を呈している」と報告されている。そうだとすれば、地図に描かれた有症率の分布に、飲料水のフッ素濃度の分布が反映されていることになり、この地域の改水事業の水源を探す手がかりの一つになるであろう。とともにこの地図は、改水を緊急にやらねばならない高率発生地周辺では、フッ素値の低い水源を探すことが困難で、患者の低率発生地ほど新しい水源を発見する可能性が大きいことを示している。これは村を単位にして給水計画を考える際に直面する難題であって、この問題を解決するには、地域的な広がりをもって水源および給水範囲を検討していく必要がある。

(7) 再点検の必要性

永聖城郷満水井村の小学生から高校生までの歯牙調査を進めるうちに、同村の生徒が進学した托克托城市にある托克托民族学校を訪れることになった。ここでは、近隣の村から集まった小学5年生以上の生徒たちが寮生活をしながら学んでいる。校長の許可を得て、小学6年生の1クラス69人の歯牙を調べた結果、軽度の斑状歯16人(23.2%)、中等度の斑状歯3人(4.3%)の合わせて19人(27.5%)に症状が見つかった。この19人の出身地を調べると、托克托城内が11人のほか、永聖城郷の満水井村、伍什家郷の氈匠営村、什家壕村、範家西灘村、黒城郷の道倫呼都格村、合同営村、燕山営郷の大石窩村、郷は不明の秃泉営村が各1人であった。この中の調査対象3郷に含まれる6村についてみると、満水井村と氈匠営村と合同営村はすでに給水施設が設置され、改水がおこなわれたことになっている。先に述べたように、フッ素は永久歯のはえる時期に歯牙に強い影響を与えると考えられ、それから数年を経た6年生の歯の状態は、彼らが飲用してきた水のフッ素濃度の指標となるものである。改水が終わった村の6年生に斑状歯が見つかったことで、この3村の改水事業ではたしてフッ素除去の成果があったかどうか、疑問をもたざるをえない。また城内の学童11人に斑状歯がみられたことに、托克托県が抱える飲料水問題の重大さを改めて認識させられるとともに、3郷43村にとどまらず、全県的に健康や飲料水を再点検することの必要性を痛感させられた。

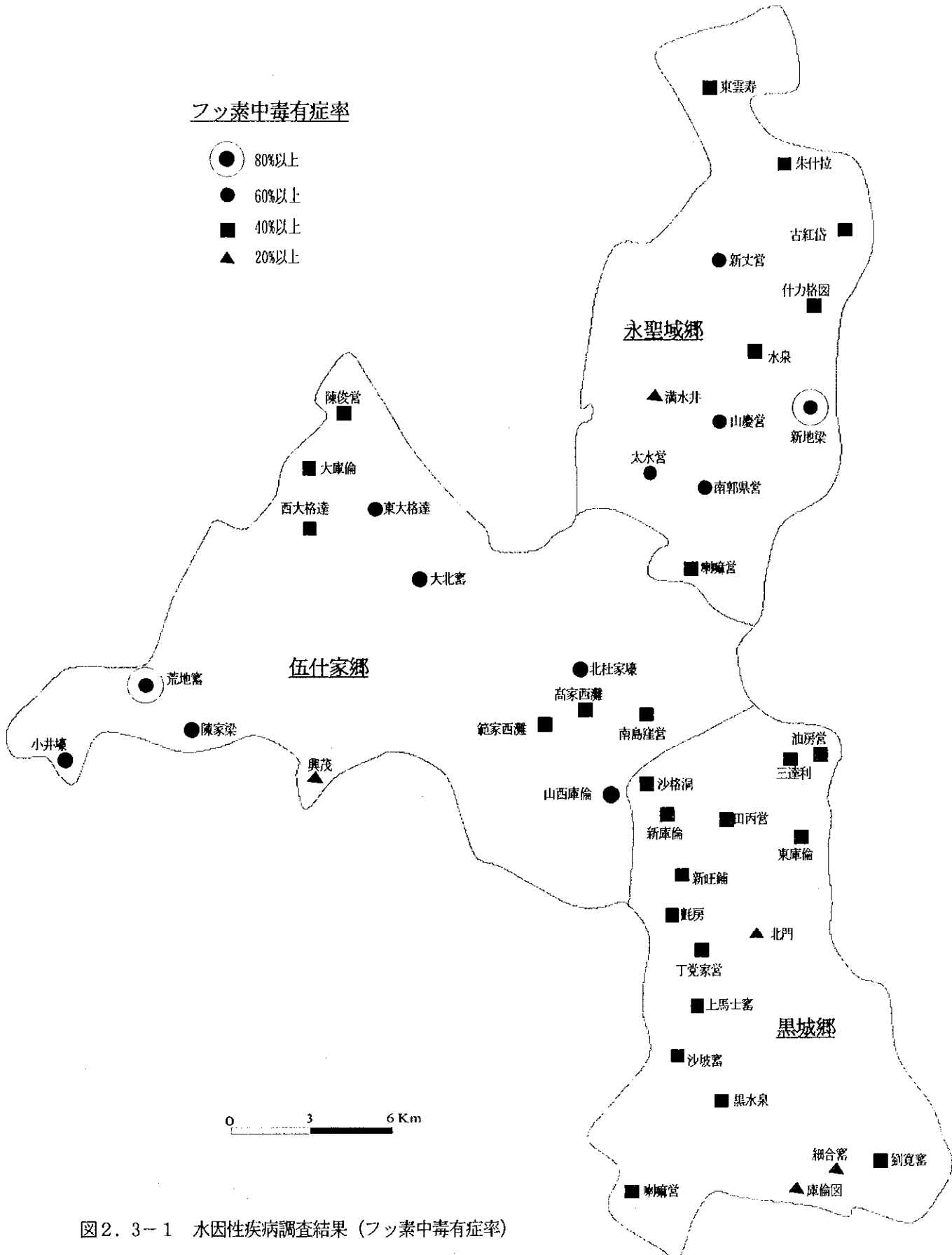


図 2. 3-1 水因性疾病調査結果 (フッ素中毒有症率)

第3章 水文地質

第3章 水文地質

3. 1 広域の水文地質

3. 1. 1 広域の水理地質的特徴

調査対象地域は北方、東方、南方をそれぞれ内蒙古高原(陰山山脈が南縁部を構成する)、蛮汗山地、馬蘭高原に囲まれ、西方を、黄河を介して鄂尔多斯高原に画された盆地のほぼ中央に位置する。この盆地は“呼包平原”と呼ばれ、東西140km、南北70km、広さ9,800km²におよび、そのうち調査対象地域の面積は約550km²である(図3. 1-1)。

内蒙古高原、蛮汗山地、馬蘭高原などは呼包平原に対して“山区”と呼ばれる。

呼包平原は白亜紀には既に形成されており、以後断層運動を受けながら第四紀更新世中期に至るまで沈降を継続している。沈降の程度が特に大きい部分は、呼包平原の北壁を形成する内蒙古高原(陰山山脈)と調査対象地域の中央部に挟まれる幅50kmの地域で、北東-南西方向に伸びた地溝状を呈する。総沈降量は最大部で1,000m以上に達する。南壁は平原面を形成する更新世中期の地層に覆われ地表では確認できない。南壁は更新世初期頃まで地表に露出していたが、その後南壁自体の緩やかな沈降が始まり、沈降域が南に拡大して現在の山区全体の地勢が形成されたと考えられる。地溝の東部は蛮汗山地へと連なり、西部は鄂尔多斯高原に連なって、地溝は広域的には東西に伸びた広大な盆地状を呈している。

地溝の沈降は白亜紀以前に始まり、当初の南壁は白亜紀以前の地質であったが第四紀更新世早期の終わり頃には第三紀の地層であった可能性が高い。更新世早期の或る時期に南壁の南側に新しい断層が生じ、以後沈降域が南側にわずかに広がっている。しかし、沈降の程度は従来の南壁以北が大きく、更新世晚期前には湖沼の最深部付近が最大の沈降量になっている。沈降に伴い、低地には後背地(山区)から絶えず碎削物が供給されている。

碎削物は、全沈降期間を通じて常に山区のそれぞれの地域の地質条件を反映して供給され、低地のそれぞれの部分にその地質条件を反映して堆積している。

沈降域は白亜紀には既に湖沼化しており、湖沼の外形は沈降帯の伸長方向に伸びた長方形を呈し、湖沼の最深部は時代によって南北に移動を繰り返しながら、完新世早期まで常に沈降帯の中央部より北西方にずれて分布している。湖沼の最深部は白亜紀から拡大、縮小を繰り返し、更新世中期からは縮小に転じて完新世に至って縮小の程度を増している。現在の哈素海(湖: 5km x 8km)は完新世時代の湖の北西端に位置する。

山区から供給される碎削物は、湖沼の深度に応じた粒度の土質を呈して堆積し、湖沼の最深部には微細な泥質相が形成されている。そのため広域的には地質学的に同一層でも、

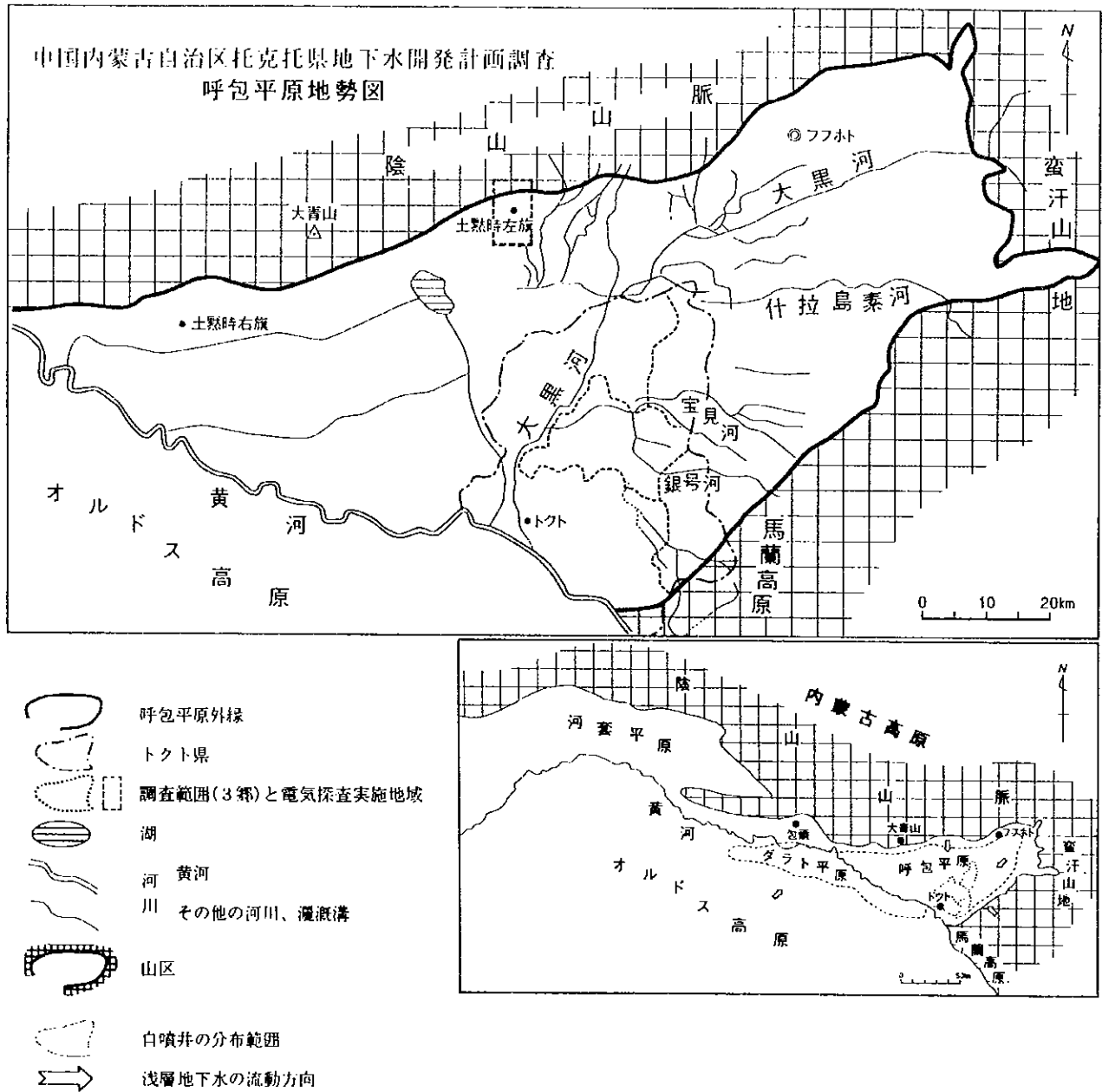


図 3. 1—1 呼包平原地勢図

水平方向に岩相のばらつきが見られるため、呼包平原全域を対象にするような規模の調査では同一層準の地層でも、水理地質学的には異なった地層として取り扱う。

3. 1. 2 広域の水理地質

呼包平原および山区の地質は表 3. 1-1、図 3. 1-2 のようにまとめられる。

3. 1. 3 呼包平原の帯水層

呼包平原は“山区”に囲まれた広大な水文区である。この水文区の帯水層は、地史と岩相の関係からつぎのように細分されている(図 3. 1-3)。

- (a) 浅層地下水の帯水層
 - a) 山前傾斜平原帯水層 : I
 - b) 沖積湖積平原帯水層 : II
- (b) 深層地下水の帯水層
 - a) 山前湖岸帯水層 : I
 - b) 沖積湖積湖岸帯水層 : II
 - c) 湖積浅湖湖心帯水層 : III
 - d) 山前黄土山区帯水層 : IV

これらのうち広域の地下水開発では、従来(1)のすべておよび(2)の a) から c) に属する帯水層が対象にされ、伍什家郷の南部と黒城郷では(2)の d) が対象にされてきたのに対して、本試行事業の結果本調査地域では(2)の c) と d) が優勢な帯水層であることが明らかになっている。

(1) 浅層地下水の帯水層

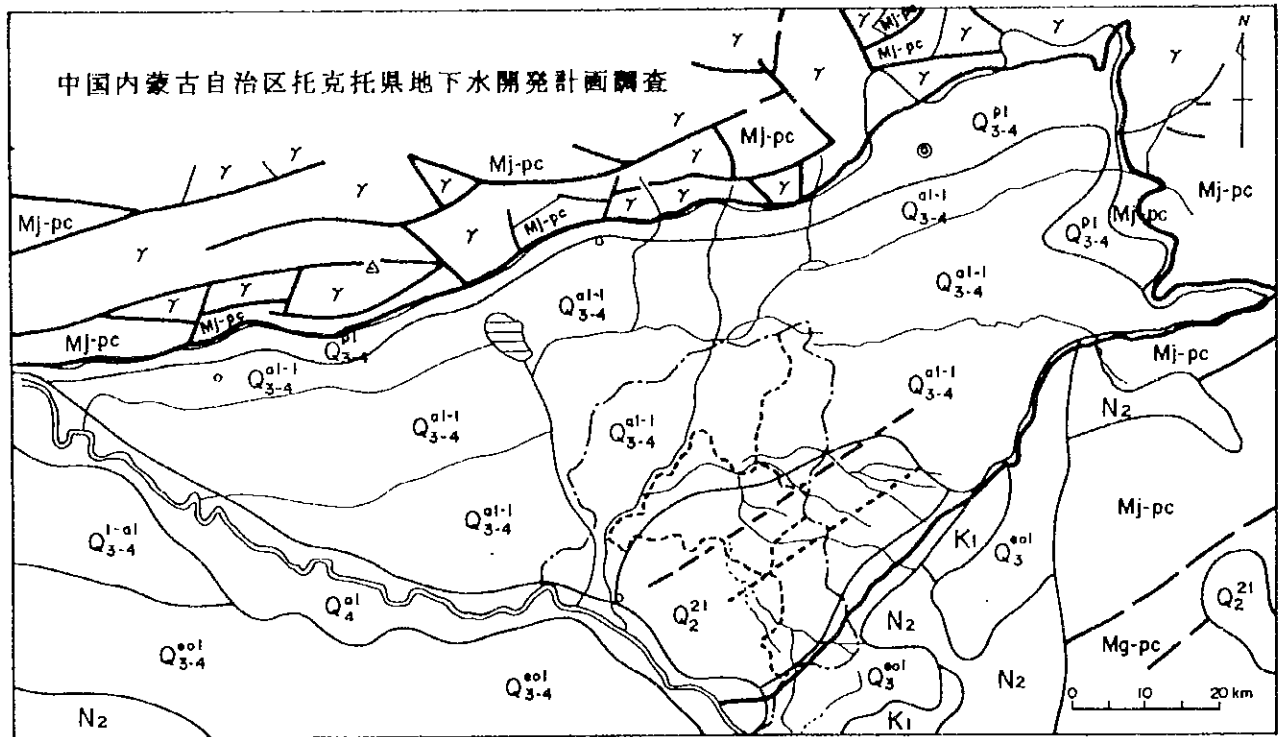
地溝帯の南壁を形成する正断層の北西側に広く分布する。この帯水層は2つの帯水層に区分される。

- a) 山前傾斜平原帯水層 : I

地溝帯北壁の南側前面に北壁に沿って配列する扇状地の分布域に存在する。分布幅は北西-南東方向 4 ~ 9 km 程度、南西-北東方向 100 km 以上に達する。層厚 8~60m、貯留係数 $2.00 \times 10^{-1} \text{m}^2/\text{d}$ 程度である。

表3. 1-1 層序表

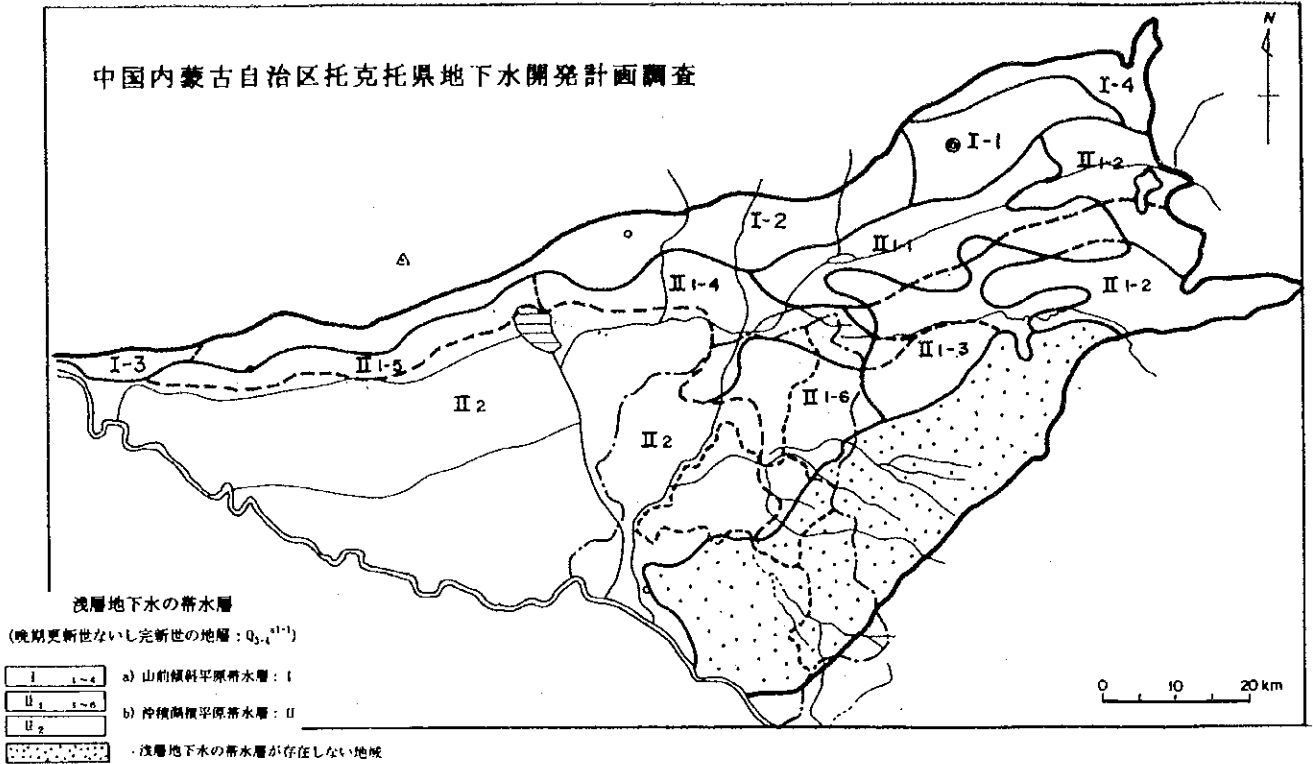
時代	地層			地質	地質物	記号	地層		真質地下水																
	系	統	組				統	層																	
中生代	白堊系	上統	固陽組	顶部：砂岩、泥岩(紅色)	石炭	Q ₁ ¹⁻¹	晚新統	風積層	成層黃色灰白色 微粒砂																
				中上部：灰褐色泥岩、頁岩、砂岩、礫石(灰色)、含石炭層																					
				下部：礫岩(灰色、褐色)、砂礫岩、砂岩																					
				大青山組						顶部：砂岩、泥岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)	石炭	Q ₂ ¹⁻¹	新統	沖積層	Q ₂ ¹⁻¹	新統	沖積層	灰黃色、褐色、粘土質砂、砂質粘土、砂礫層							
										中部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)															
										下部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)															
				長漢溝組						顶部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)	石炭	Q ₂ ¹⁻²	新統	沖積層	Q ₂ ¹⁻²	新統	沖積層	灰白色、灰黃色、褐色、未固結砂、砂礫、中ないし大礫							
										中部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)															
										下部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)															
				召子溝組						顶部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)	石炭	Q ₂ ¹⁻³	新統	沖積層	Q ₂ ¹⁻³	新統	沖積層	灰白色、灰黃色、褐色、未固結砂、砂礫、中ないし大礫(灰粘土質砂泥層)							
										中部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)															
										下部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)															
五当召組	顶部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)	石炭	Q ₂ ¹⁻⁴	新統	沖積層	Q ₂ ¹⁻⁴	新統	沖積層	灰白色、灰黃色、褐色、未固結砂、砂礫(中ないし大礫)																
	中部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)																								
	下部：砂岩、頁岩、砂岩、礫石(紫紅色)																								
古生代	石炭系	下統	大紅山組	礫岩(暗色)	石炭	Q ₃ ¹⁻¹	第四系	沖積層	灰白色、灰黄色、青灰色、未固結砂、砂礫、黄灰色粘土(不厚互層)																
				上統						松馬組	綠色頁岩、石英質砂岩、灰石炭含礫石英質砂岩	Q ₃ ¹⁻²	晚新統	風積層	Q ₃ ¹⁻²	晚新統	風積層	成層黄色、黄土、局所的にかたまりの砂礫、並置節理、沖積粘土質砂土							
											厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩								Q ₃ ¹⁻³	中期	湖積層	Q ₃ ¹⁻³	中期	湖積層	黄褐色、黄綠色、泥質微砂、微細砂、粘土質砂土(含青灰色淤泥)
				厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩						Q ₃ ¹⁻⁴	早期	湖積層	Q ₃ ¹⁻⁴	早期	湖積層	灰白色、黄褐色、粗粒粉砂、粗砂、微細砂、粘土質砂土(含青灰色淤泥)									
																	泥質(石)灰岩、砂質頁岩、雲母状(石)灰岩	Q ₃ ¹⁻⁵	新統	湖積層	Q ₃ ¹⁻⁵	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)	
																									厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	Q_{3}^{1-6}	新統	湖積層	Q_{3}^{1-6}	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)
				厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩						Q ₃ ¹⁻⁷	新統	湖積層	Q ₃ ¹⁻⁷	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)									
																	泥質(石)灰岩、砂質頁岩、雲母状(石)灰岩	Q ₃ ¹⁻⁸	新統	湖積層	Q ₃ ¹⁻⁸	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)	
																									厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	Q_{3}^{1-9}	新統	湖積層	Q_{3}^{1-9}	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)
				厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩						Q ₃ ¹⁻¹⁰	新統	湖積層	Q ₃ ¹⁻¹⁰	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)									
																	泥質(石)灰岩、砂質頁岩、雲母状(石)灰岩	Q ₃ ¹⁻¹¹	新統	湖積層	Q ₃ ¹⁻¹¹	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)	
厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	Q ₃ ¹⁻¹²	新統	湖積層		Q ₃ ¹⁻¹²	新統	湖積層	成層黄色、泥質砂岩、砂質泥岩互層(含細粒砂礫、下位はわずかに黄斑点を伴い、黑色)																	
原生代	中元古界	馬家屯群	厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	金	K ₁	白堊系	中生代	湖積層	紅色砂岩、泥岩(一部含鐵物片)																
			厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩																						
			厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩																						
			二道塔群							厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	金、鉄	Q ₄ ¹⁻¹	原生代	二道塔群	Q ₄ ¹⁻¹	原生代	二道塔群	紅色砂岩、泥岩(一部含鐵物片)							
										厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩															
										厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩															
			馬拉山群							厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	金、鉄	Q ₄ ¹⁻²	原生代	馬拉山群	Q ₄ ¹⁻²	原生代	馬拉山群	紅色砂岩、泥岩(一部含鐵物片)							
										厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩															
										厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩															
			馬拉山群							厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩	金、鉄	Q ₄ ¹⁻³	原生代	馬拉山群	Q ₄ ¹⁻³	原生代	馬拉山群	紅色砂岩、泥岩(一部含鐵物片)							
										厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩															
										厚層状(石)灰岩、白雲質(石)灰岩															



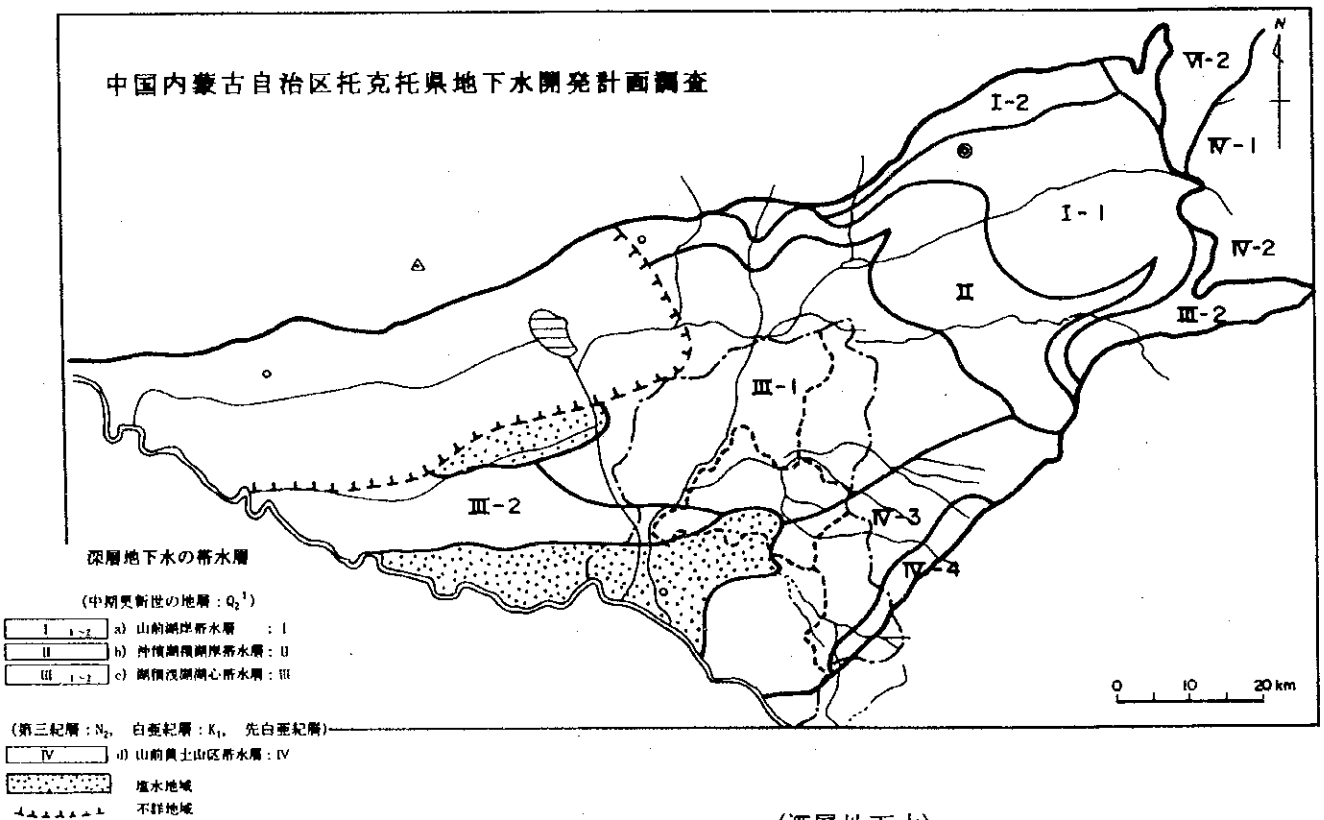
- 呼包平原外縁
- トクト県
- 調査範囲(3帯)
- 湖
- 河 黄河
- 河 其他の河川、灌漑渠

Q_{3-4}^{al}		
Q_4^{al}		
Q_{3-4}^{al-1}	Q_{3-4}^{al-1}	晩期更新統ないし完新統
Q_{3-4}^{al-1-1}	Q_{3-4}^{al-1-1}	
Q_{3-4}^{al-1}		
Q_3^{al}		晩期更新統
Q_2^{al}		中期更新統
N_2		第三系
K_1		白堊系
M_{j-pc}		変成岩(先ジュラ紀)
γ		花崗岩類(先白堊紀)

図 3. 1—2 呼包平原地質図



(浅層地下水)



(深層地下水)

図3. 1—3 呼包平原の帯水層

b) 沖積湖積平原帯水層：Ⅱ

地溝帯の全域から上記の山前傾斜平原帯水層Ⅰの分布域を除く地域に広く分布する。この帯水層は東西の2地域に区分され(Ⅱ₁地域:東部、Ⅱ₂地域:西部)、Ⅱ₁が永聖城郷と伍什家郷の東部に、Ⅱ₂が伍什家郷の西部に存在する。黒城郷は地溝帯の南側に位置し当時の山区に相当するためこの地層が堆積する環境ではなく、黒城郷にこの帯水層は分布しない。層厚9~45m、貯留係数 $7.00 \times 10^{-2} \sim 1.70 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{d}$ 程度である。

(2) 深層地下水の帯水層

この帯水層は浅層地下水の帯水層の分布地域と重複してその下位に存在し、浅層地下水の帯水層が分布しない地溝帯の南壁以南にも分布する。

地溝帯の南壁以北に分布する本帯水層は3つに細分され(山前湖岸帯水層Ⅰ、沖積湖積湖岸帯水層Ⅱ、湖積浅湖湖心帯水層Ⅲ)、浅層地下水の帯水層が分布しない南壁以南には“山前黄土山区帯水層Ⅳ”が分布する。山前黄土山区帯水層Ⅳが本試行事業の主要な対象になっており、この帯水層は調査地域外南側から地溝帯東部の山区(蚕汗山地)にまで連続している。

この帯水層はつぎのような特徴を有している。

a) 山前湖岸帯水層：Ⅰ

地溝帯北壁に沿って山前傾斜平原帯水層Ⅰ(浅層地下水)の下位に幅5kmの帯状を呈して分布し、東部では内蒙古高原(陰山山脈)と蚕汗山地に画された山区前面に広く張り出している。地溝帯北壁の東西中央部から北東方向に連続して分布するが、北壁南西部のこの帯水層に関する資料はない。層厚60~70m、貯留係数 $2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{d}$ 程度である。

b) 沖積湖積湖岸帯水層：Ⅱ

山前湖岸帯水層Ⅰの分布域の内側に幅5~15kmの帯状に分布する。山前傾斜平原帯水層Ⅰ(浅層地下水)の下位に相当し、地溝帯北壁の東西中央部から以東に見られるが、北壁南西部のこの帯水層に関する資料はない。層厚20m、貯留係数 $1.20 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{d}$ 程度である。

c) 湖積浅湖湖心帯水層：Ⅲ

沖積湖積平原帯水層Ⅱ(浅層地下水)分布域のうち中西部域の下位に分布する。永聖城郷と伍什家郷はこの帯水層分布域に位置する。層厚は一般に20~50m程度であるが、最大1000mに達すると推定されている。貯留係数 $7.00 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{d}$ 程度である。この帯水層については、3.7節で“深層被圧帯水層:下部更新統”として記載する。

d) 山前黄土山区帯水層 : IV

地溝帯南壁を形成する正断層の南東側に分布し、伍什家郷の南部の極一部と黒城郷の全域にこの帯水層が分布する。層厚 100~500m、貯留係数 7.00×10^{-4} 程度とされている。

(1) 広域の地下水賦存量

広域の帯水層をつぎのように区分し、“呼包平原の地下水ポテンシャル”の目安として内蒙古自治区水文地質工程地質隊(1985)の資料を基礎にした地下水賦存量を表3. 1-2に示す。

一部の水理定数等については、周辺の類似する水理地質条件の地区の値を用いた。

(1) 浅層地下水の帯水層

- a) 前傾斜平原帯水層 : I
- b) 沖積湖積平原帯水層 : II
 - 東部 : II₁
 - 西部 : II₂

(2) 深層地下水の帯水層

- a) 山前湖岸帯水層 : I
- b) 沖積湖積湖岸帯水層 : II
- c) 湖積浅湖湖心帯水層 : III
- d) 山前黄土山区帯水層 : IV

表3. 1-2 呼包平原の地下水賦存量

浅層地下水賦存量(晩期更新世ないし完新世の地層: Q_{3-4}^{a1-1})

区	亜区	面積 km ²	帯水層層厚 m	被圧水頭 m	貯留係数 -	透水量係数 m ² /d	地下水賦存量 10 ⁶ m ³		
							容積	弾性	合計
I	I-1	242.4	11.46		2.00E-01		555.5808		555.5808
	I-2	579.0	56.81		2.20E-01		7,236.4578		7,236.4578
	I-3	63.2	8.03		2.00E-01		101.4992		101.4992
	I-4	145.2	10.70		2.00E-01		310.7280		310.7280
	小計	1,029.8	-	-	-	-	8,204.2658	-	8,204.2658
II ₁	II-1	514.8	22.17	9.200	1.70E-01	5.1E-03	1,940.2297	24.1544	1,964.3841
	II-2	294.0	8.93	5.283	1.20E-01	9.8E-05	315.0504	0.1522	315.2026
	II-3	333.6	10.50	10.839	1.00E-01	2.4E-03	350.2800	8.6781	358.9581
	II-4	340.4	19.65	24.267	1.10E-01	4.5E-03	735.7746	37.1722	772.9468
	II-5	146.4	42.00	6.270	1.00E-01	9.7E-03	614.8800	8.9039	623.7839
	II-6	390.4	13.07	11.900	9.00E-02	5.6E-04	459.2275	2.6016	461.8291
小計	2,019.6	-	-	-	-	4,415.4422	81.6624	4,497.1046	
II ₂		2,480.8	45.17	12.504	7.00E-02	1.5E-03	7,844.0415	46.5299	7,890.5714
合計		5,530.2	-	-	-	-	20,463.7496	128.1923	20,591.9419

深層地下水(中期更新世の地層: Q_2^1)

区	亜区	面積 km ²	帯水層層厚 m	被圧水頭 m	貯留係数 -	透水量係数 m ² /d	地下水賦存量 10 ⁶ m ³		
							容積	弾性	合計
I	I-1	886.8	67.41	41.942	2.20E-01	1.1E-04	13,151.4214	4.0914	13,155.5128
	I-2	196.0	70.13	38.100	2.20E-01	1.1E-04	3,024.0056	0.8214	3,024.8270
	小計	1,082.8	-	-	-	-	16,175.4270	4.9128	16,180.3398
II		591.2	21.24	43.908	1.20E-01	3.4E-05	1,506.8506	0.8826	1,507.7332
III	III-1	1,506.0	20.50	96.673	7.00E-02	1.4E-04	2,161.1100	20.3825	2,181.4925
	III-2	548.4	47.62	84.464	7.00E-02	5.7E-05	1,828.0366	2.6402	1,830.6768
	小計	2,054.4	-	-	-	-	3,989.1466	23.0227	4,012.1693
合計		3,728.4	-	-	-	-	21,671.4241	28.8181	21,700.2422

深層地下水(第三紀層: N_2 , 白亜紀層: K_1)

区	亜区	面積 km ²	帯水層層厚 m	被圧水頭 m	貯留係数 -	透水量係数 m ² /d	地下水賦存量 10 ⁶ m ³		
							容積	弾性	合計
IV		590.0	100.00	90.000	7.00E-04	7.0E+01	41.3000	4.0914	45.3914

深層地下水賦存量

区	亜区	面積 km ²	帯水層層厚 m	被圧水頭 m	貯留係数 -	透水量係数 m ² /d	地下水賦存量 10 ⁶ m ³		
							容積	弾性	合計
I, II, III, IV		-	-	-	-	-	-	-	21,745.6336

総地下水賦存量

区	亜区	面積 km ²	帯水層層厚 m	被圧水頭 m	貯留係数 -	透水量係数 m ² /d	地下水賦存量 10 ⁶ m ³		
							容積	弾性	合計
I, II, III, IV		-	-	-	-	-	-	-	42,337.5754

3. 1. 4 物理探査

(1) 物理探査の内容と仕様

この調査で対象にする深度では、水平・断面両方向に未固結ないし半固結の地層が広く堆積する地域で、物性の変化に乏しい各時代の地層間の構造を解明する場合、地震探査や音波探査のような反射波を捕らえる物理探査では良い結果を得にくい。このような地域で地層の僅かな物性の差を検出する方法として、一般に電気比抵抗値を得る方法が用いられる。

電気比抵抗値を得る物理探査には、電気探査法、MT法、CSMT法、TEM法などがある。本調査では、準備期間と調査期間を考慮し電気探査法を採用した。

対象村落を包括する50測定地点と周辺の重要な地質構造地域で断面構造を把握し、試行事業の試掘実施地点を最終決定し、試掘結果の解析に必要な資料を得るため垂直探査法を採用した。測定方法には本調査規模で最も作業効率の良いシュランベルジャー法を採用し、1測定につき、電流電極間隔(AB/2)を3～600mの間で23段階に変化させ、電位電極間隔(MN/2)を1～150mの間で5段階に変化させた(表3. 1-3)。探査深度はおおよそ400m程度である。電極間隔を変化する場合、前の電極間隔で既に測定した深度を新しい電極間隔で数点重複して測定しそれらの結果を補正に利用した。

調査地域周辺の断面構造を電氣的構造として理解するため、50測定地点で複数箇所の測定を行い、そのほか構造解析が必要となる地溝帯の基盤を構成する岩石の比抵抗値を確認する目的で、地溝帯北壁を構成する大青山の麓から調査地域を横断する測定点の配置を行い(図3. 1-4および5)、解析の結果を各種試行事業の実施地点計画の最終検討と試掘の結果の検討に利用した。

表3. 1-3 電気探査仕様

調査範囲	托克托県： 永聖域・伍什家・黒城の各郷
測点箇所	50測定地点および周辺地域
測点設定	対象村落周辺の特徴ある地物を基点として簡易測量で測点を決定し、測点配置図を作成した。
測定方法	シュランベルジャー法による垂直探査
電流電極間隔(AB/2)	3, 4.5, 6, 8, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600 m
電位電極間隔(MN/2)	1, 5, 20, 75, 150 m
解析方法	測定記録を1次元解析後、比抵抗分布を求め、比抵抗柱状図を作成する。

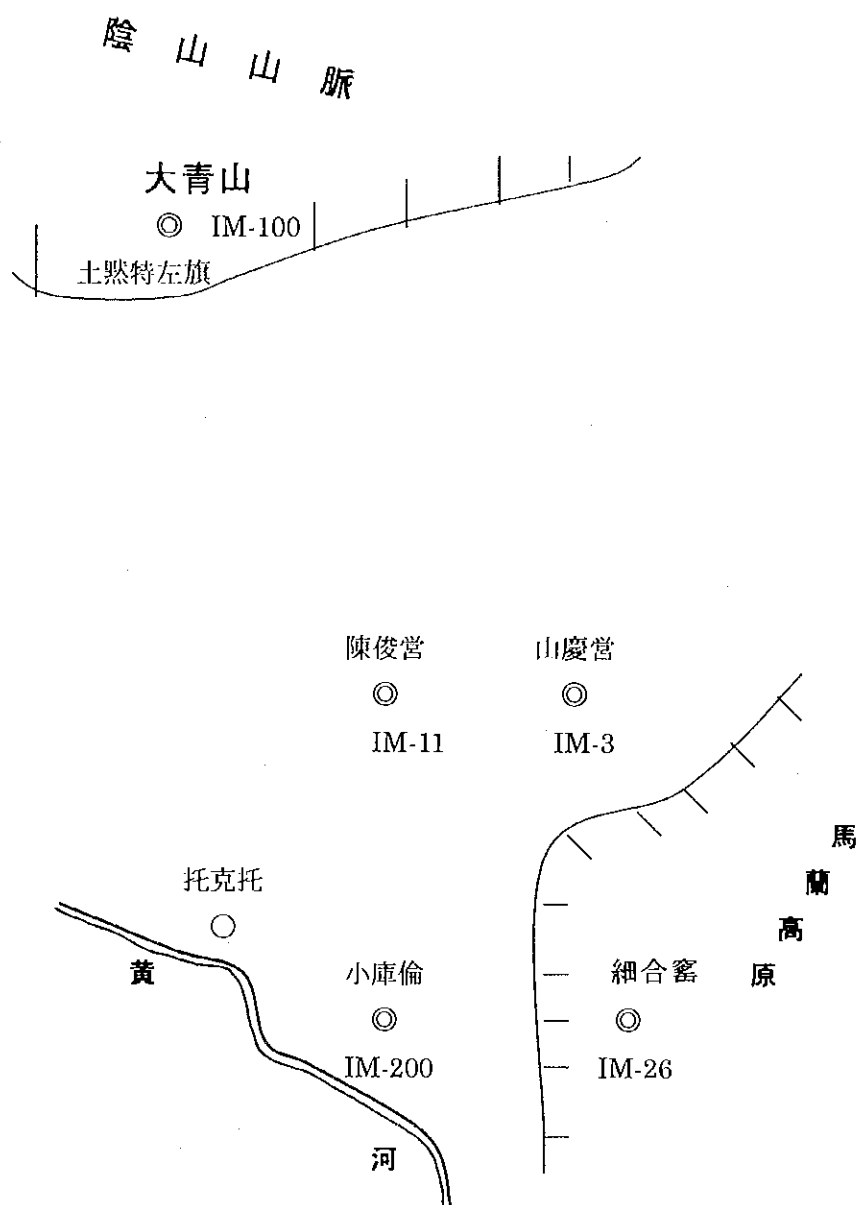


図 3. 1—4 広域の電気探査測定地点配置図

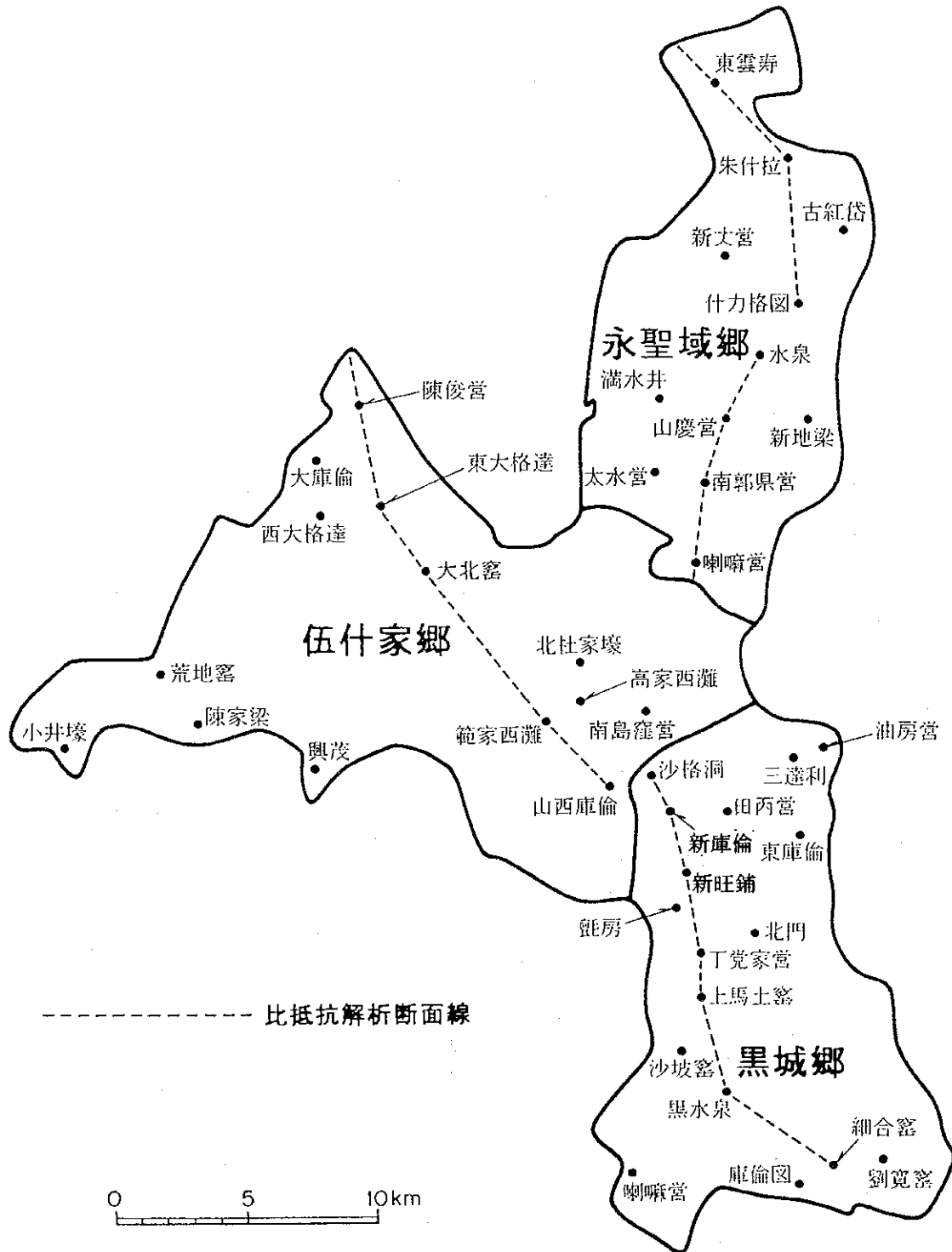


圖 3. 1 - 5 調查地域の電気探査測定地点配置図

(2) 電気探査結果

呼包平原を横断する方向では、フフホト市と包頭市を結ぶ呼包国道に近い土黙時左旗の大青山麓で測定を行った。電流電極間隔 $AB/2$ が 600m (探査深度、約 400m) 以内には高い比抵抗値の基盤岩は検出されなかった。この付近は大青山の山前扇状地の扇端に当たる。この地域の測定の結果から地溝の北壁を形成する大青山前部の正断層の傾斜は急傾斜で、そこから南側、呼包平原の中心地域までの沈降量が大きいことが実証された。探査深度の最深部まで比抵抗値が $10 \sim$ 数 $10 \Omega \cdot m$ 程度と低いことから、その沈降部を埋める第四紀の地層が厚いことや、大青山の山前であっても巨礫に乏しい地区が存在することなども明らかになった。

呼包平原の地質構造を特徴づける地溝帯の南壁を構成する断層の存在は、土黙時左旗から伍什家郷を経て黒城郷南部に至る測点断面図(後出、図3、1-7～8)で明らかになった。結果からは伍什家郷の大北窩村付近と範家西灘村付近に不連続構造が読み取れる。他の分野の資料から判読するとこれらのふたつの不連続構造は同一の構造を北西側と南東側で捕らえたものではなく、互いに別の構造を形作るものである。これらのうち呼包平原の地溝帯南壁を構成する大構造は、範家西灘村付近の比抵抗の不連続構造に一致する。この構造は複数の試掘井で得られた地質の関係から確認され、これらの試掘井で調査地域の小さい比抵抗値の差が帯水層と難透水層の差として捕らえられることも確認された。

この断層構造のさらに南寄りの山西庫倫村付近にも構造の歪みが判別される。範家西灘村から山西庫倫村とは逆方向にある大北窩村付近の不連続構造は、関連する他分野の資料が得られず構造の究明ができていない。

そのほか調査対象地域周辺の電気探査では帯水層の不連続構造が判読され、半固結あるいは未固結として受け取られがちな調査対象地域の第四紀の地層も各所に高い比抵抗値を呈する地層が存在するなど複雑な構造を有している。

調査対象地域の帯水層と難透水層の比抵抗値の差は乾燥地に特有の傾向どおり小さい。帯水層の比抵抗値は主として $25 \Omega \cdot m$ 以上の2桁程度、一部地区で3桁程度の値を呈する。

主要な帯水層部は、永聖域郷で2層、伍什家郷で2層、黒城郷で1層が検出される(図3、1-6～8)。帯水層構造は大局的には地形の起伏に整合的な傾斜を呈し、その傾斜の中で僅かな起伏を伴っている。

帯水層間に挟まれる難透水層の比抵抗値は $15 \sim 27 \Omega \cdot m$ 以下の1～2桁程度である。

帯水層の深度は永聖域郷で $10 \sim 50m$ 付近および $74 \sim 120m$ 付近にあり、これらが一部の地区でそれぞれ深度 $30m$ および $160m$ ないし $200m$ 以深まで連続している。什力格図村付近の比抵抗の不連続は断層構造と解され、この村に存在する被圧水地下水に関連する構造である可能性があり、南郭県営村付近の不連続構造は新地梁村の被圧地下水に関連する構造の可能性もある。

比抵抗値 $25 \Omega \cdot m$ 以上の2桁程度を呈する帯水層の岩相はシルト混じりの砂層であり、砂の増減によって比抵抗値が変動していると考えられる。比抵抗値が3桁程度の地層の岩相はシルト混じり粗砂層や半固結した砂層である。地溝状部の未固結状の第四紀層中に同様の値の部分が各所で検出される。

比抵抗値 $15 \sim 27 \Omega \cdot m$ 以下の1～2桁程度を呈する難透水層の岩相は粘土混じりシルトであ

る。岩相に比較して高い比抵抗値を有するのは、碎削物粒子間にカルシウムによる膠結物が生じていたり碎削物間にカルシウムが沈澱しているためであると考えられる。永聖城郷の西部や伍什家郷の西部地域に比較的高い値の難透水層がみられる。この地域は古い湖沼の中心付近に相当し、地層中に暗黒色の有機物や過去の貝化石片を多数伴い、過去に造られた多くの井戸が気泡とメタンガス系の異臭を発している。これらの現象は地層が還元性の条件下にあることを示しており、このような環境はカルシウムの沈澱環境としても都合がよい。この地域は第四紀更新世の碎削物堆積時の当初から現在に至るまで地形的にカルシウム濃集の条件下にさらされやすい地域であった。

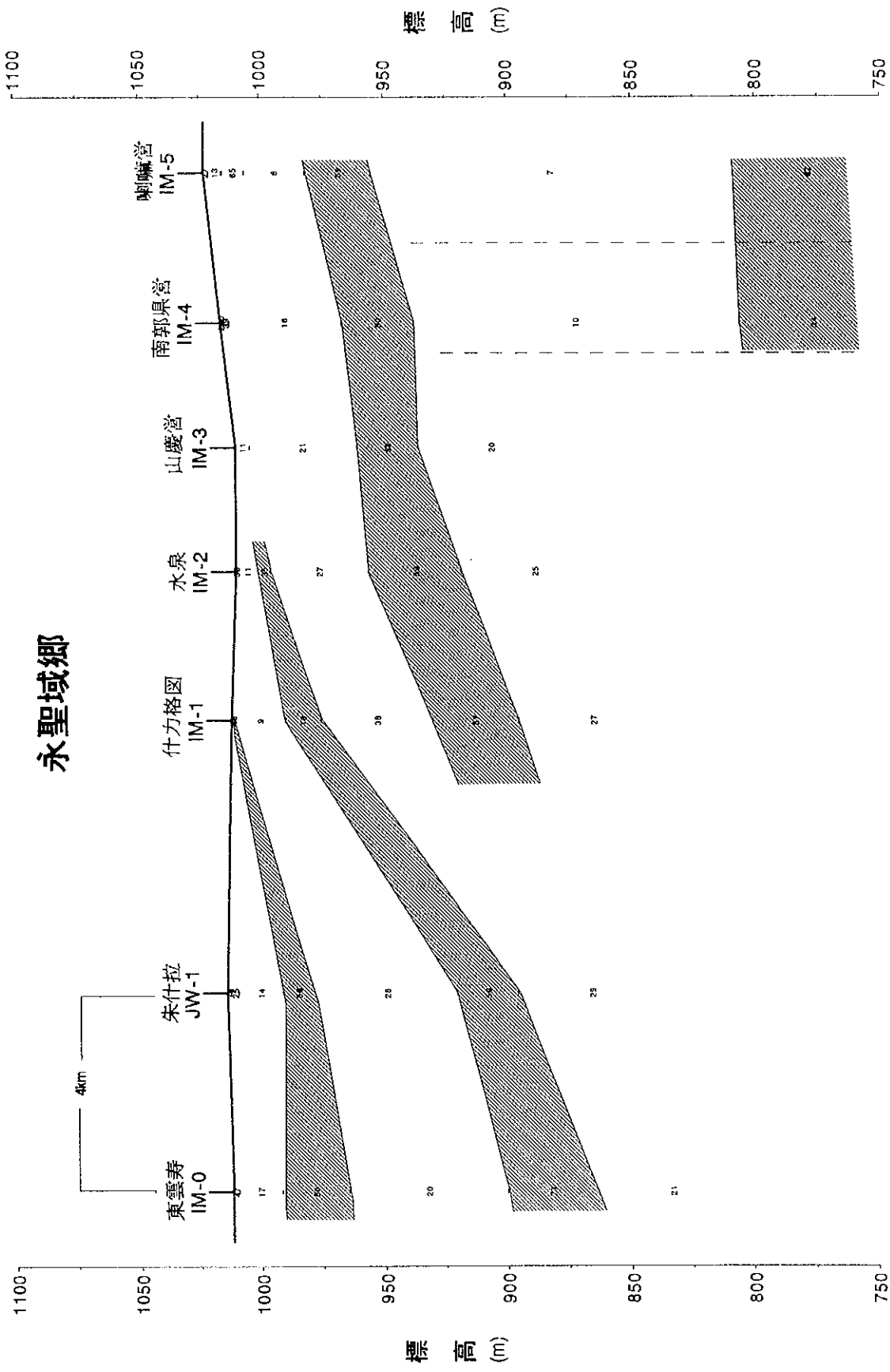


圖 3. 1—6 比抵抗断面圖 永聖域鄉

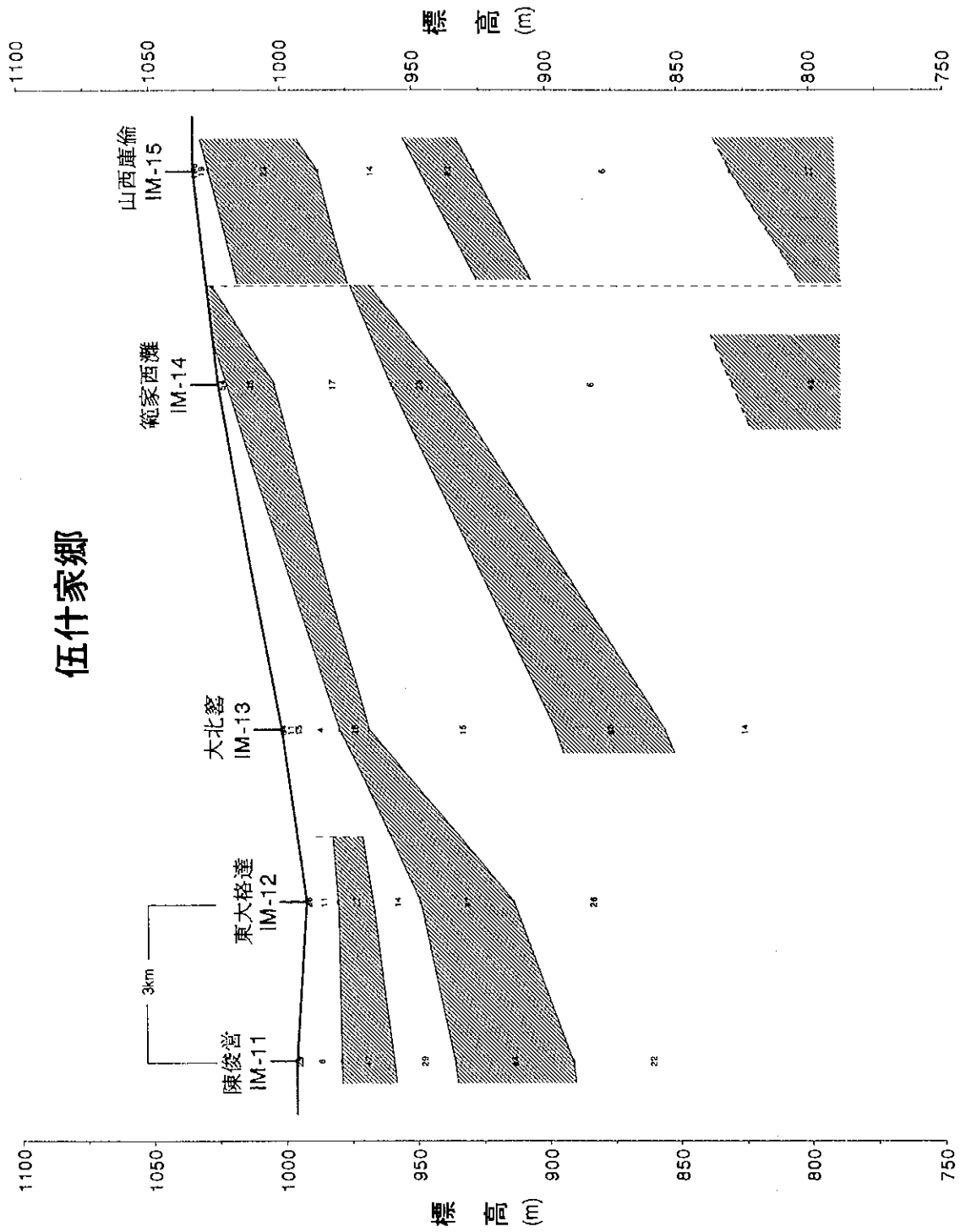


圖 3. 1—7 比抵抗断面圖 伍什家鄉

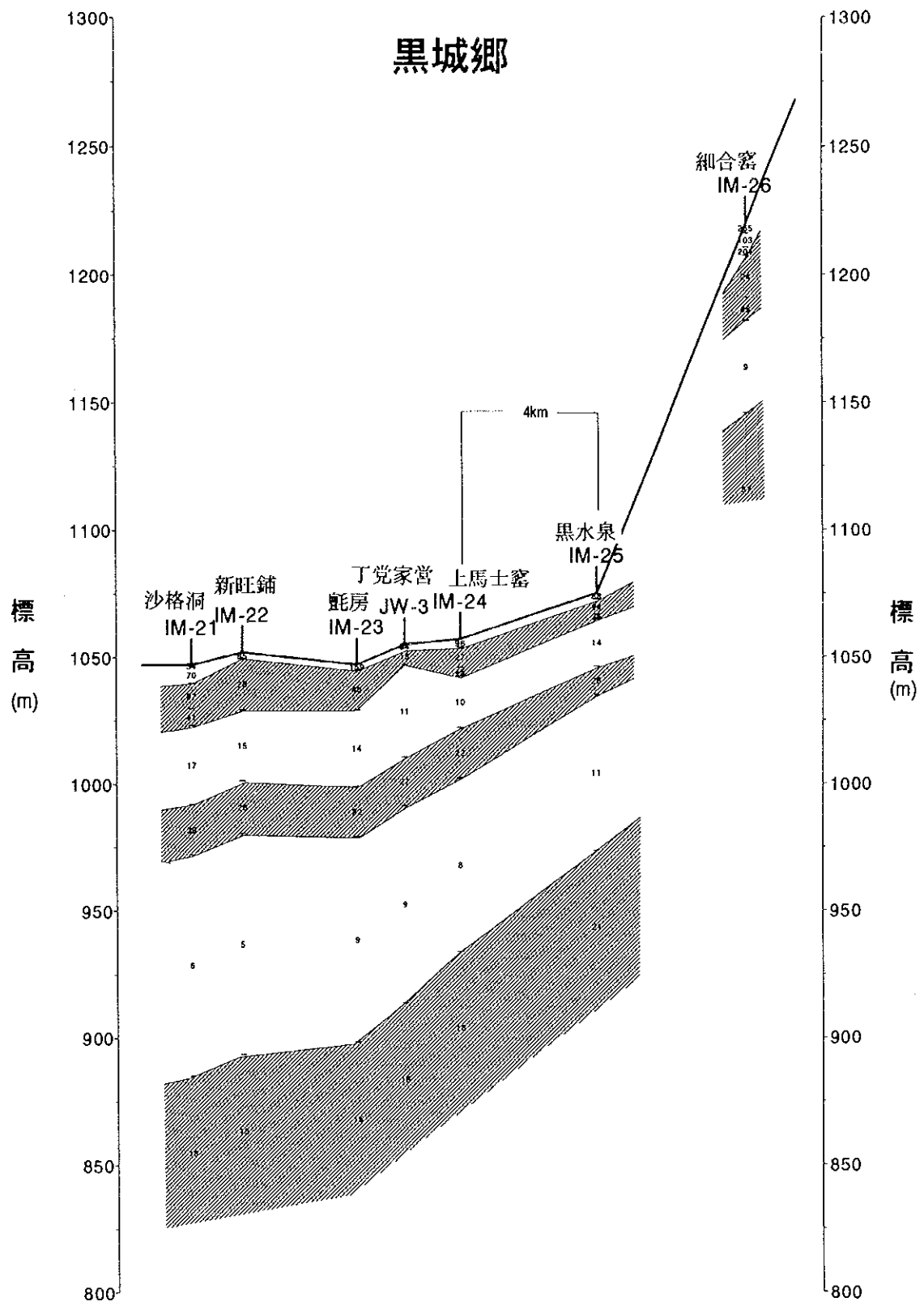


圖 3 . 1—8 比抵抗断面图 黑城鄉

3. 2 調査地域の地形および地質

3. 2. 1 調査地域の地形

調査地域の位置する托克托（トクト）県は黄河の左岸に広がる呼包平原と呼ばれる平地に位置する。この平原は土默特（トムト）川平野とも呼ばれ、克托県はこの平原の南東端に位置している。

呼包平原は幅約 70km、長さ約 140km の北東－南西方向に延びる平原であり、その中央部では大黒河が南西方向に流下している。呼包平原の北側には東西に連なる大青山（陰山山脈の一山系）が横たわり、東側には蛮汗（man han）山地が北東－南西方向に分布し、南側では黄河が東流する。

1980 年撮影の衛星写真判読によると、調査地域周辺の地形は東側の山地（蛮汗山山地）、中央部から北側にかけての平原、山地と平原の間に帯状に分布する山前斜面、南側の黄河左岸に分布する丘陵地の 4 つの地形区に区分される。この分布を図 3. 2-1 に示す。

(1) 山地

標高約 1,100m から 1,300m の山地であり、谷が深く切れ込んでいる。調査地域周辺の南側では山容が比較的なだらかであるが、北に行くに従い標高が高くなるとともに山容も険しくなる。

(2) 山前斜面

山地と平原の遷移部であり、幅約 7km で北北東－南南西方向に帯状に連続している。山前斜面の標高は約 1,100m から 1,050m であり、西側に向かい 1:100 程度の勾配で傾斜している。

(3) 平原

調査地域の大半が平原である。平原は標高約 1,050m から 1,000m のほぼ平らな地域であり、西側に向かい 1:300 程度の勾配で傾斜している。

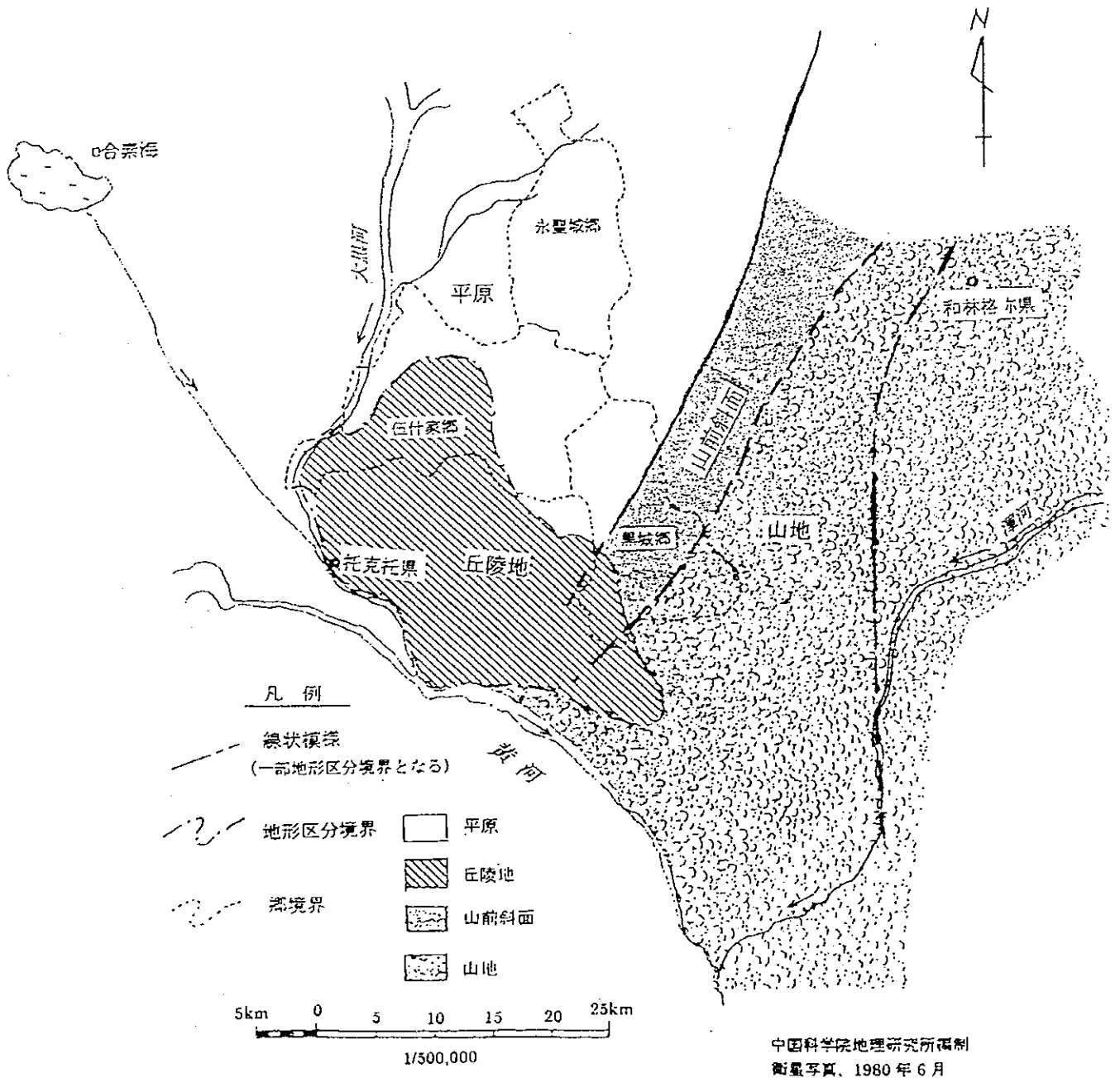


图 3. 2-1 调查地域の地形分類図

(4) 丘陵地

丘陵地は、標高約 1,020m から 1,060m のなだらかにうねる地貌を呈し、所々に比高 2m から 3m 程度の丘が残丘状に点在する。

3. 2. 2 調査地域の水系

調査地域の水系図に示すように、調査地域の西側には恒常河川である大黒河が流れているが、調査地域内では自然の水系はほとんど発達しておらず、これらは全て降雨時にのみ水の流れる季節性の河川である。これらは東側の山地に源を発し北西方向に流下しているが、河川水の地下浸透あるいは農業用取水により、平原地域で流路が消滅してしまう。

一方、調査地域周辺では黄河からの導水による灌漑が盛んに行われており、このための灌漑水路が網目状に張り巡らされている。灌漑用水への通水は 4 月と 5 月に集中して行われており、その他の時期では水がほとんど流れていない。

3. 2. 3 調査地域の地質

調査地域の地質は、下位から白亜系、新第三紀鮮新統、第四紀更新統、第四紀完新統よりなる。白亜系と新第三系、および新第三系と第四系の間は不整合関係にある。調査地域の表層地質図を、図 3. 2-3 に示す。

(1) 白亜系

白亜系は調査地域周辺では露頭しておらず、黄河の河岸や蛮汗山地の北部に露頭している。ボーリング調査によると、調査地域の白亜系は砂岩と泥岩の互層よりなり、固結度は高い。砂岩の一部は礫質となっている部分がある。また、黄河の河岸の露頭観察によれば、一部の砂岩で溶出による空洞が認められる。白亜系の層厚は不明であるが、少なくとも 200m 以上である。

(2) 新第三紀鮮新統

新第三紀鮮新統は、表層地質図に示すように、調査地域の東南端、黒城郷の東端に分布する山地を形成している。新第三紀鮮新統は主として、軟質な黄褐色のシルト岩、細砂岩、泥岩よりなり、一部礫層や泥灰質の結核を含む。これらの地層は、全体に層理が不明瞭で塊状の産状を呈するが、中には斜交葉理構造が認められるものもあり、水成の堆積岩であることをうかがわせる。調査地域における新第三紀鮮新統の層厚は、厚いところで 150m 程度、平均して 20m から 50m 程度である。

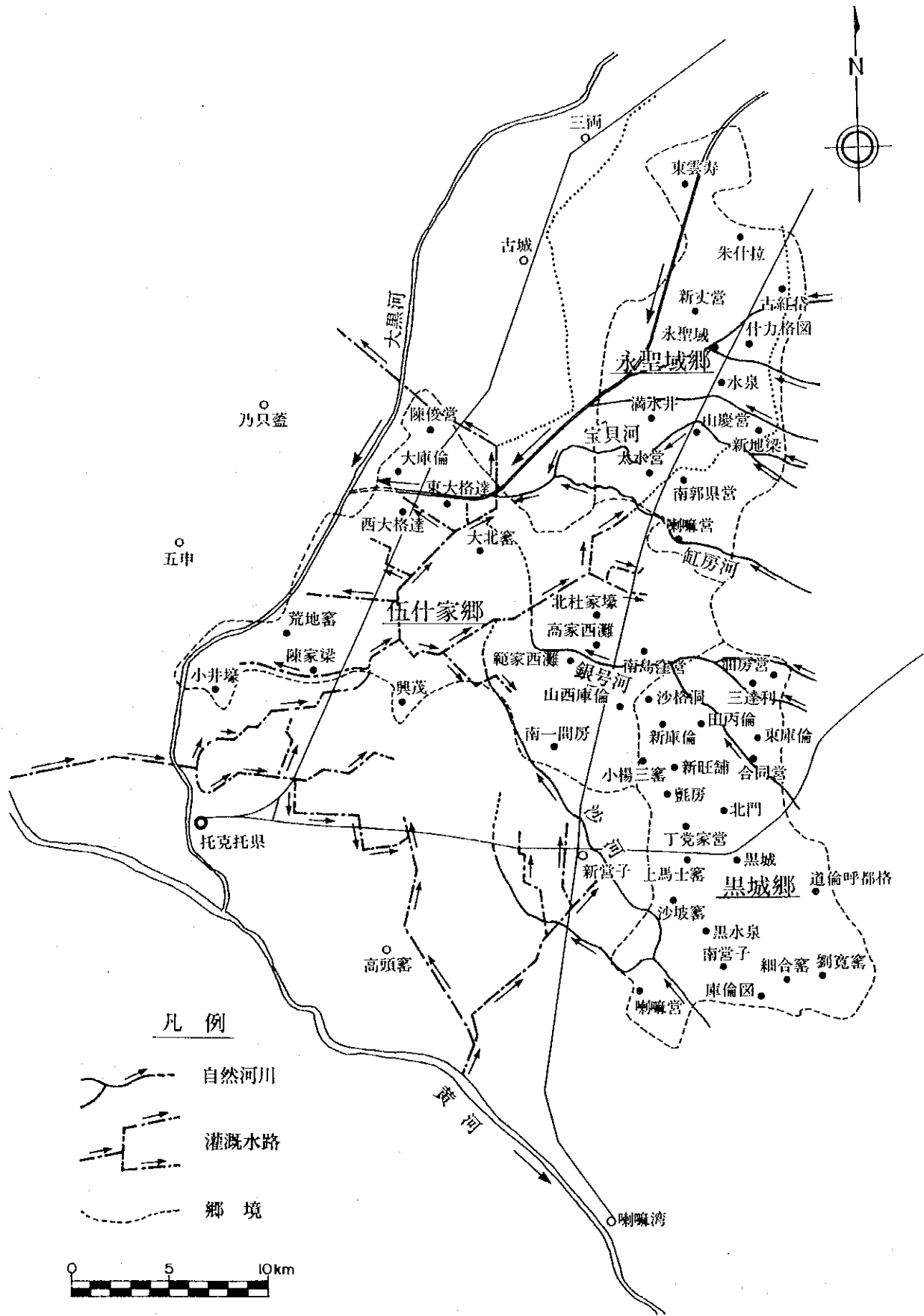


図3.2-2 調査地域の水系図

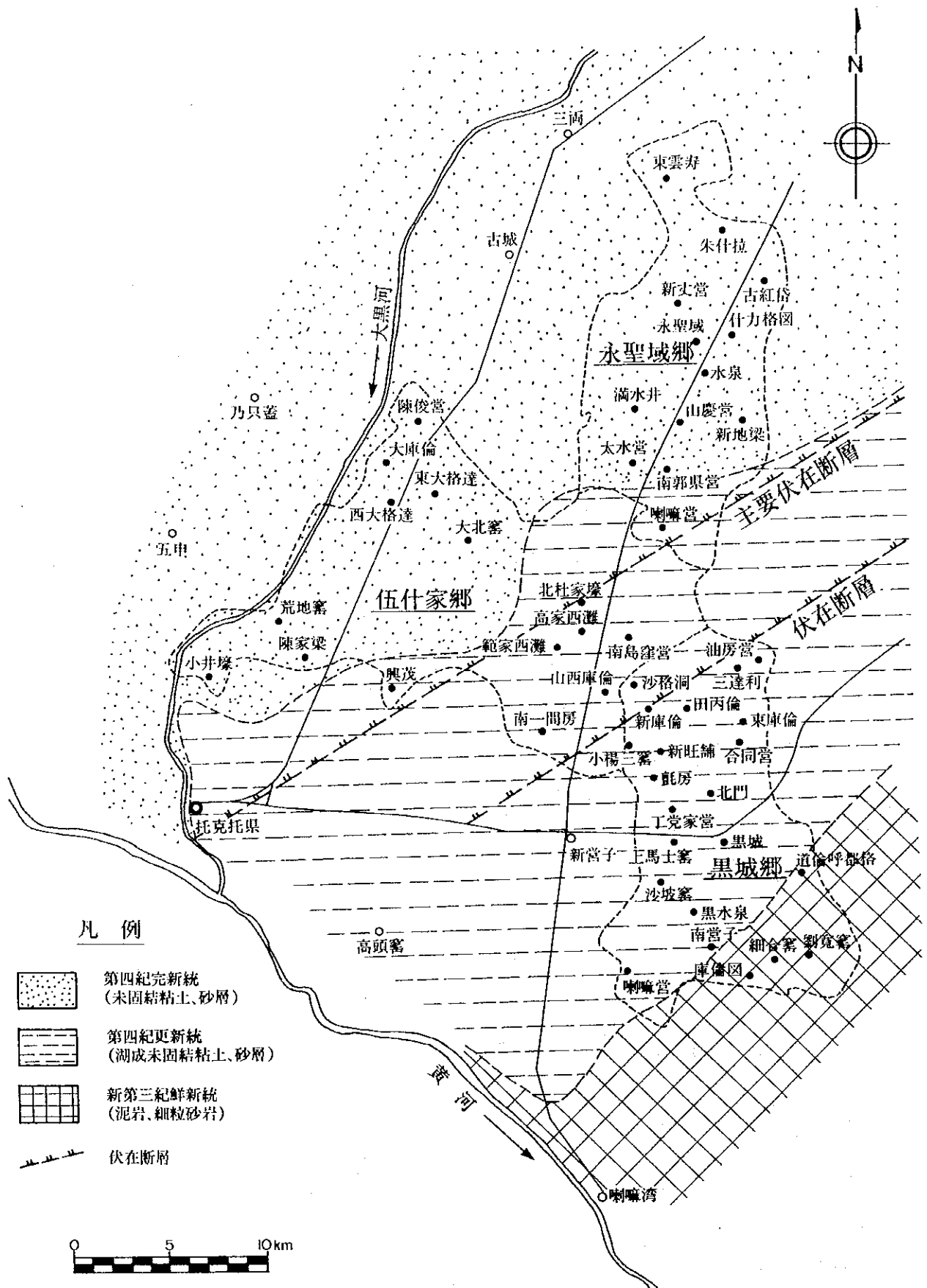


図3.2-3 調査地域の表層地質図

(3) 第四紀更新統

第四紀更新統は、表層地質図に示すように、調査地域の南側を広く覆っており、山前斜面および丘陵地と平原の一部に分布している。第四紀更新統は、既存のボーリング資料によると、上部層と下部層に分けられる。下部層は砂層を所々に挟在する未固結粘土・シルト層より成り、上部層は砂層をわずかに含む未固結粘土・シルト層および泥炭層より成る。下部層の層厚は不明であるが、調査地域においては少なくとも 200m 以上である。上部層の層厚は、約 50m から 100m 程度である。

(4) 第四期完新統

第四期完新統は調査地域の北側に広く分布し、平坦な平原を形成している。第四紀完新統は、主として未固結砂層、シルト・粘土層より成る。第四紀完新統は北西方向に向かい厚さを増して行き、調査地域の北西端では厚さが 50m 程度になるものと予想される。

3. 3 調査地域の地質構造

調査地域の位置する呼包平原は構造性の陥没地であり、北の大青山山地と東の蛮汗山地とは断層で画される、いわゆる地溝帯を形成している。この陥没を第四系が埋積し、現在の呼包平原が形成されている。陥没の深さは不明であるが、最深部では 1,000m を越すと言われている。

調査地域はこの地溝帯の南東端に位置し、調査地域の中央部を構造帯の東側を画する大規模伏在断層が北東-南西方向に走っている。この断層は、表層地質図に示した北側の断層であり、この断層の北側では基盤岩（新第三系、白亜系）が大きく陥没している。この断層の南側では、基盤岩の深さは 50m から 100m 程度であるが、北側では不明であり少なくとも 300m 以上である。

上記の断層の南側には、上記断層と平行する断層が通っているが、これの規模はそれほど大きくはなく、落差は 20m 程度と推定される。

基盤岩中には顕著な褶曲構造は認められず、緩く北西方向に傾斜している。また、第四系はほとんど水平に堆積しているが、全体的に極めて緩やかに北西方向に傾斜している。

3. 4 地下水汚染

3. 4. 1 地下水のヒ素汚染の傾向

呼包平原のヒ素汚染地域は、1地域が5km x 10km ~ 8km x 30km程度の規模で、呼包平原の南北方向ほぼ中央を東西方向に約100kmに亘って配列し、その数は7地域以上に及ぶ。それらのうち、最東部の汚染地域の広がり調査対象地域の北部に及んでいる。これらの汚染の程度は130ppb程度、全国愛国衛生運動委員会と衛生部により定められた農村生活飲料水衛生基準値の2.6倍である。呼包平原の地下水のヒ素汚染は後背地の地質や周辺環境のヒ素含有量の関係で、一義的(定性的)に地史(地質)と地質構造に規制されて生じており、二義的に汚染物質の“蓄積作用”が関連して高濃度化していると考えられる。

全国愛国衛生運動委員会(1990)¹⁾は、地質鉱産部環境地質研究所(1992)²⁾記載の未固結層(Unconsolidated soil)が分布する地域(銀川・河套平原)を、地下水の強いヒ素汚染地域としている。それらは西北西-東南東方向に点在する(フフホト市街地の南東方、包頭市街地の北西方、銀川市の北方)。

呼包平原も地質鉱産部環境地質研究所(1992)の未固結層の分布地域に属し、東西方向に配列するヒ素汚染地域の、最東部地域の広がり調査地域の永聖城郷(東雲寿)と伍什家郷(陳俊營)周辺に及んでいる(図3. 4-1、これらは全国愛国衛生運動委員会<1990>¹⁾に示されていない)。

呼包平原や河套平原の未固結層分布域の中心部は、かつて黄河の氾濫原或いは湖沼であったとされる地域である。これらの未固結層分布地域の北方外縁を構成する“山区(図3. 4-2)”には、変成岩や変成鉱化帯、熱水鉱化帯が点在する(Tan Huijing ほか, 1992³⁾、陳紀明 ほか, 1996⁴⁾)。

このことから、呼包平原の地下水のヒ素汚染は、山区に分布する変成岩、変成鉱化帯、熱水鉱化帯の分布やそれらが削剥、運搬されて堆積した平原の氾濫原堆積物、特に黒色細粒未固結層の分布などに関連して分布すると考えられる。

全国愛国衛生運動委員会(1990)に示されていない東雲寿、陳俊營などのヒ素汚染地域は、白垩紀以後晩期更新世ないし完新世のある次期まで湖沼の最深部であった地域であったとされている地域である。中期更新世の早い時期までは拡大の傾向にあったこの湖沼は中期更新世の中期以降縮小に転じている。

呼包平原の中でこの湖沼の最深部から北方の近隣に位置する地域は、地質時代を通して常に北方山区の変成岩帯から碎屑物を供給されてきているため、地層の組成に影響されてヒ素汚染を受ける可能性が高い。

しかし、これらの地域と北方の大青山(陰山山脈の一山系)に挟まれる扇状地地域では、地下水のヒ素汚染に関する報告はない。その理由は扇状地の地層が中礫から大礫に至る碎屑物で構成されたため、地下水流動速度が速くヒ素の溶出濃度が小さいこと、あるいは地下水流動量が多量であるため地層のヒ素そのものが既に溶脱され、付近の地層に問題となるほどのヒ素が残留していないことなどが考えられる。

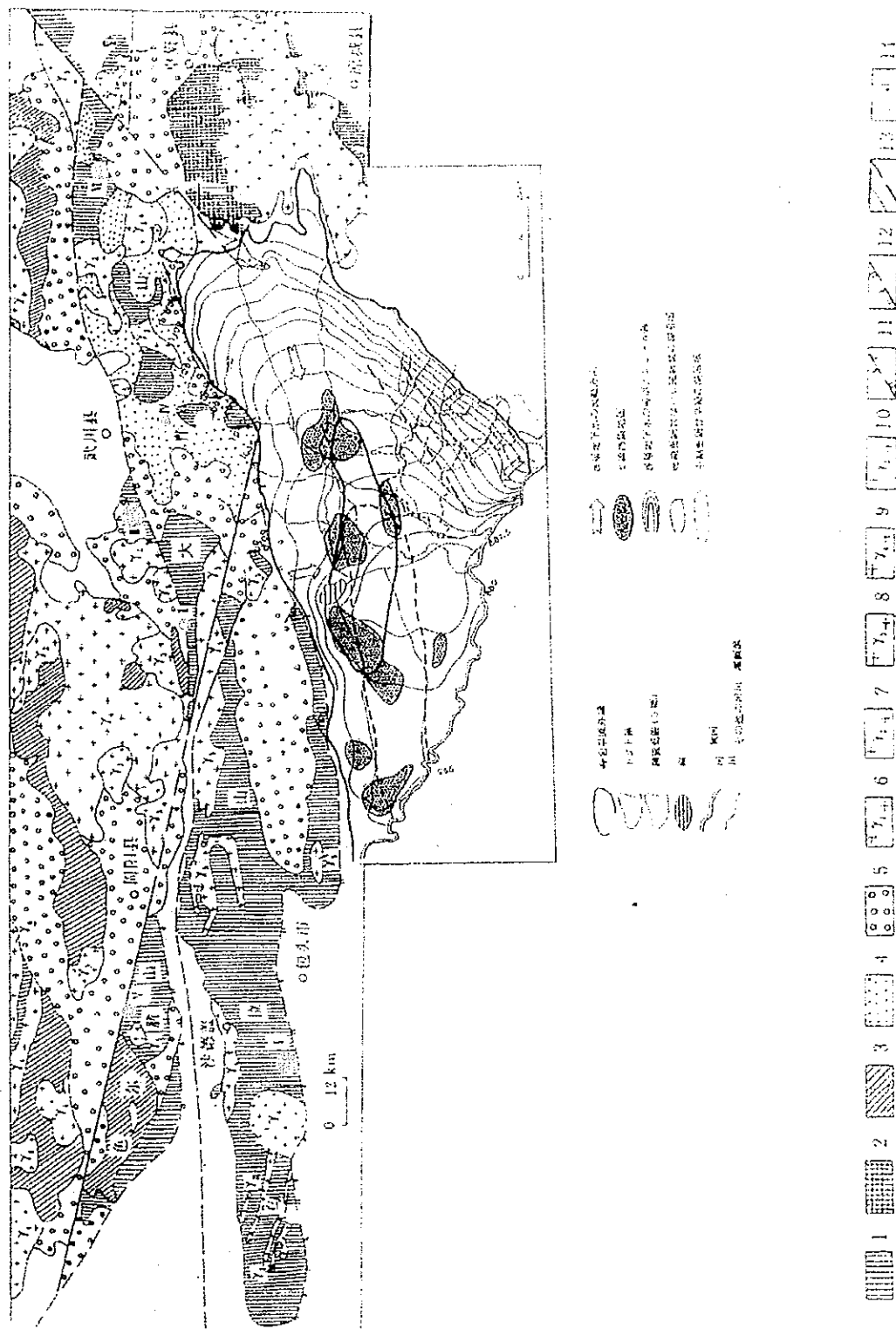
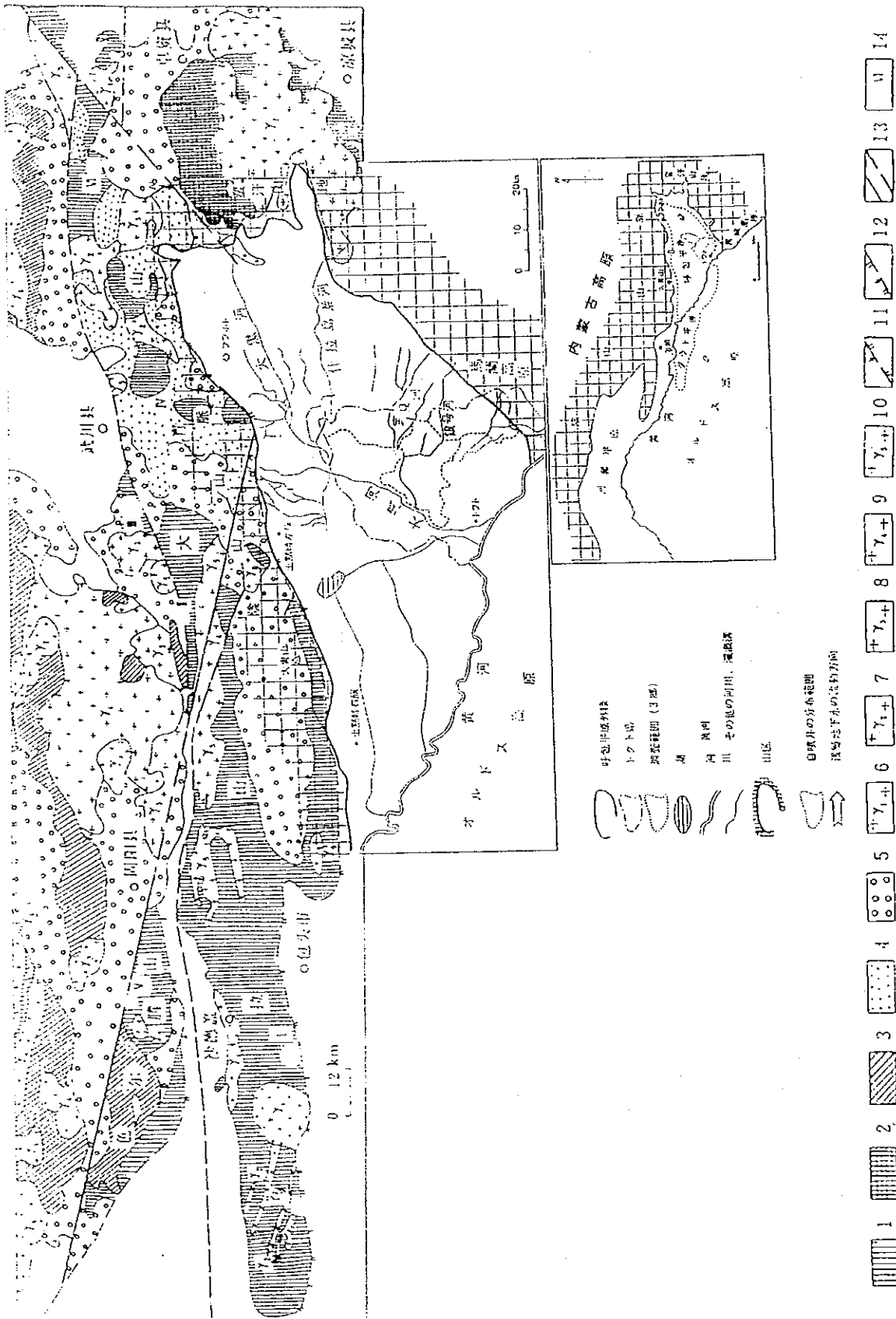


图 3. 4—1 呼包平原の地下水と素汚染地域

I—太古宇马拉山群: 2 太古宇集贤组; 3 中元古界二道洼群—马家庄群; 4 下—中元古界; 5 中生代地层; 6 中生代地层; 7 元古宙岩层; 8 元古宙岩层; 9 晚古生代岩层; 10 中生代岩层; 11 止斯层; 12 逆斯层; 13 新裂及褶皱断裂; 14 金矿体。

IV 康乐砂页岩; V 十八里砂页岩; VI 大西沟砂页岩



马拉山—大青山地域概略地质

1—太古宇乌拉山群; 2—太古宇集字群; 3—中元古界; 4—下—中元古界; 5—中生代地层; 6—太古宙岩类; 7—元古宙岩类; 8—早古生代岩类; 9—晚古生代岩类; 10—中生代岩类; 11—正断层; 12—逆断层; 13—断裂及推渊断裂; 14—金矿床。I—乌拉山金矿; II—后石花金矿; III—东伙房金矿; IV—摩天岭金矿; V—十八顷金矿; VI—大西沟金矿点

图 3. 4—2 调查地域周辺の山区

3. 4. 2 地下水のフッ素汚染の傾向

フッ素汚染地域は、3km x 40 km の規模で調査対象地域外西方のヒ素汚染地区に小規模に見られる。しかし主たるフッ素汚染地域はこれとは別に調査対象地域全域を覆う形で 30km x 50km の範囲におよびヒ素汚染地域と異なった分布をしている(図 3. 4-3)。調査で観測された汚染の程度は最も高い地区で 8ppm 程度である。地下水の汚染の程度と、後背地の地質や周辺環境のフッ素含有量の関係で、汚染は一義(定性)的に地史と地質構造に規制されて生じており、二義的に汚染物質の“蓄積作用”が関連して生じていると考える。

3. 4. 3 岩芯詳細試験

岩芯詳細試験は地下水の汚染元素あるいは汚染物質がどのような形で存在するか確認し、汚染の機構を解明するとともに適切な地下水開発計画の策定に資する目的で実施した。

試験に供する試料は地下水汚染の解明を目的とする観点から、水質が良好でない“地溝”内部の試掘井を対象とし、第一次現地調査で掘削した試掘井の岩芯から、高ヒ素濃度、高フッ素濃度の部分を後述のようにそれぞれ 2 試料抽出した。

高ヒ素濃度試料には第一次現地作業で行なったヒ素含有量試験でヒ素濃度が高かった試料を、高フッ素濃度試料には、フッ素の含有量試験を実施していないためフッ素の溶出量が高かった試料を抽出した。

試験の内容は X 線回折分析(XRD)および X 線マイクロアナライザー分析(EPMA)である。

(1) 岩芯詳細試験の試料

試料は“地溝”内部の JW-1 井および JW-2 井を対象井として次のように抽出した。

郷名	村落名	試掘井	試料番号	採取深度 m	選定目的	含有量		
						ヒ素 mg/kg	ヒ素 mg/kg	フッ素 mg/kg
永聖域	朱什拉	JW-1	JW-1_1	8.00	高フッ素試料	9.05	0.031	330
			JW-1_8	150.00	高ヒ素試料	26.18	0.356	70
伍什家	荒地窪	JW-2	JW-2_2	58.00	高ヒ素試料	24.01	0.464	150
			JW-2_5	99.50	高フッ素試料	25.89	0.179	200

これらの試掘井の位置は図 3. 4-4 のとおり、岩芯試料採取深度は図 3. 4-5 のとおりである。

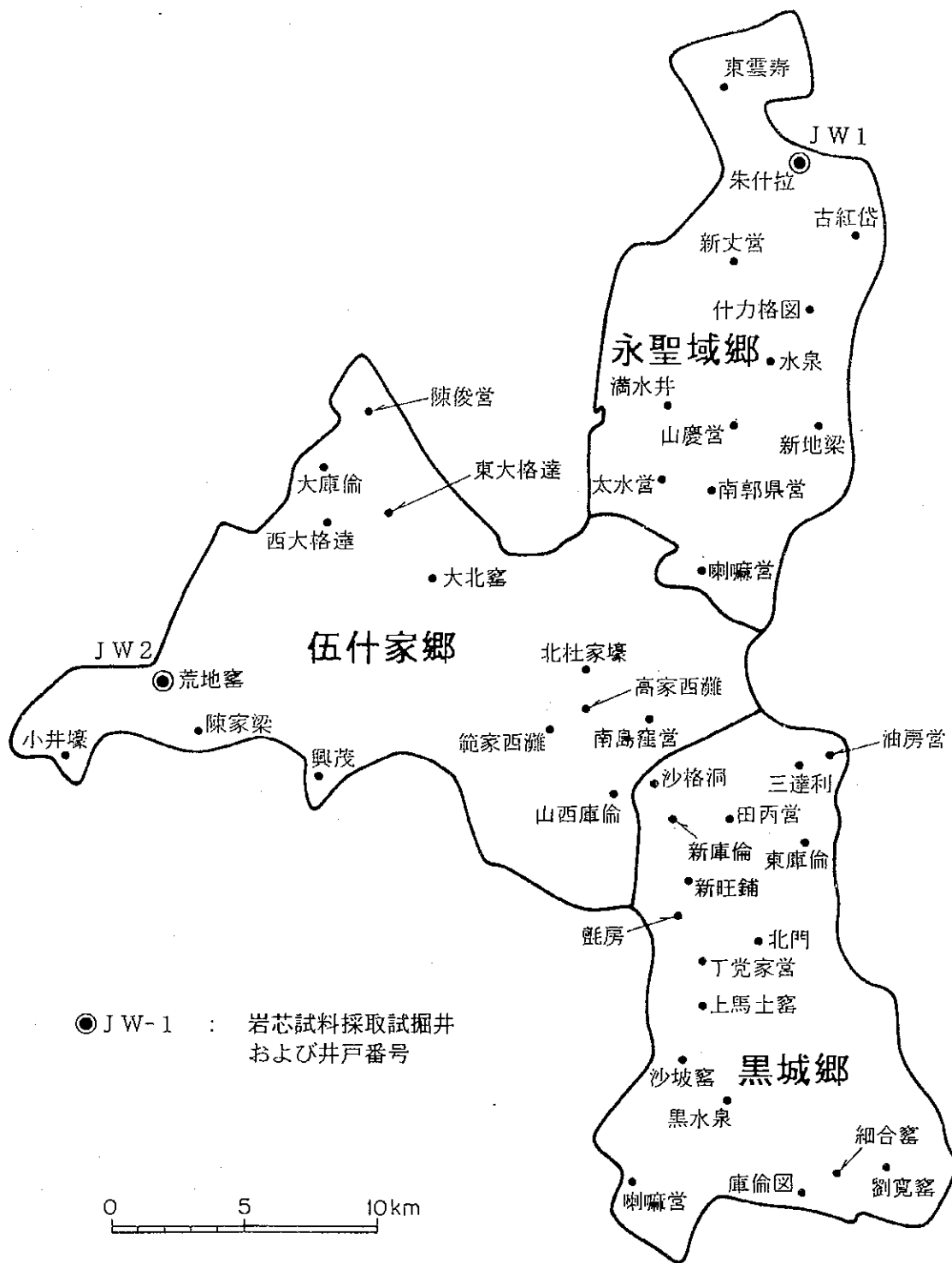


図 3. 4 - 4 岩芯試料採取試掘井位置図

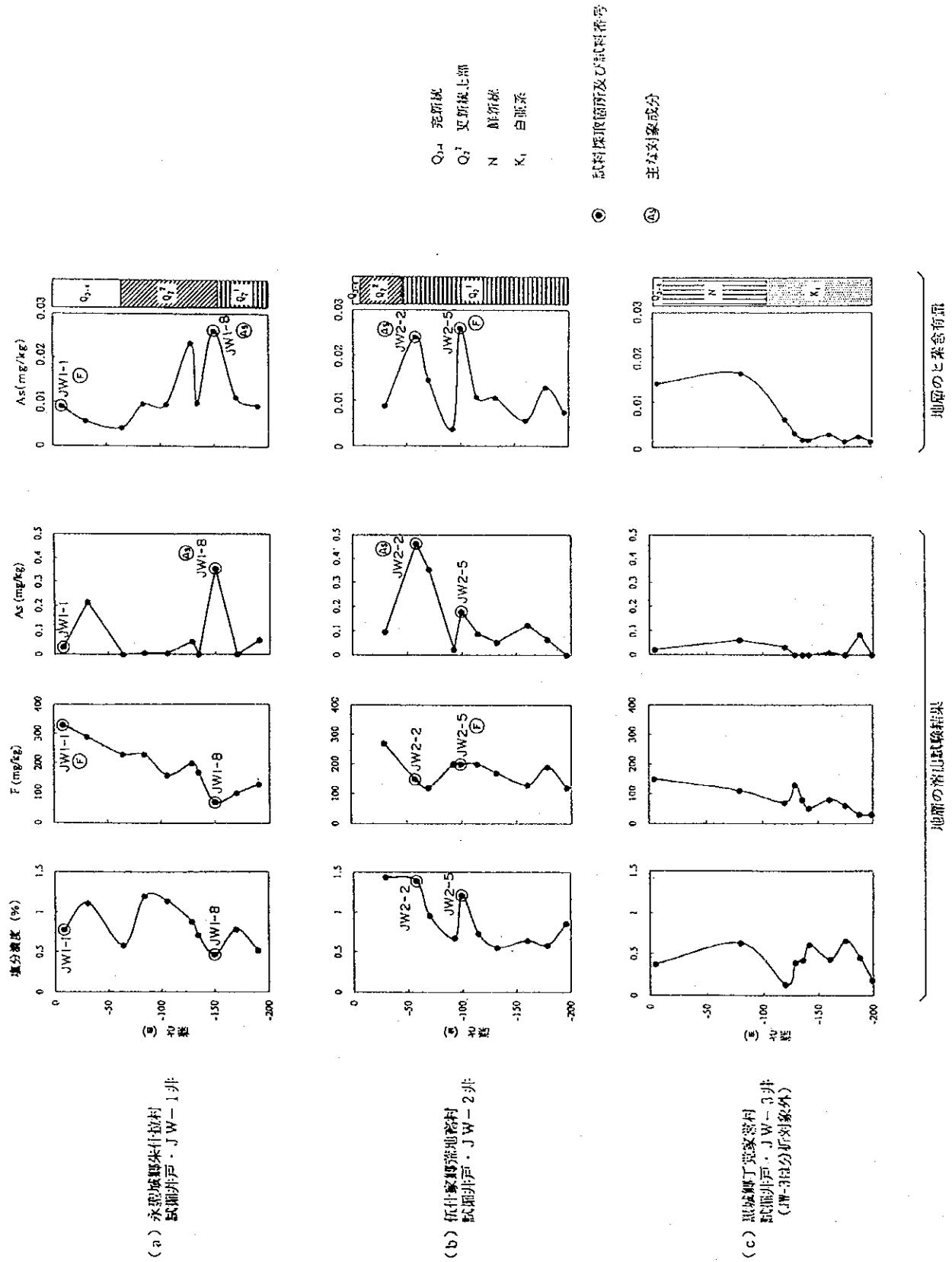


図 3. 4 - 5 岩心試料採取深度図

試料を採取した井戸および試料採取部分の特徴はつぎのとおりである。

1) JW-1井

永聖域郷朱什拉村で掘削した深度 200.93m の試掘井である。深度 0.00m ~ 8.80m 間は黄色未固結粘土層でやや砂質感を伴う。深度 8.80m ~ 62.8m 間は類似の岩相を呈し、砂質感が高く、灰色ないし黒色を呈する。深度 62.80m ~ 159.04m 間は灰色、白色、灰緑色の“へどろ(淤泥)”質シルトないしシルト質砂が互層状に存在し、有機質粘土や微弱な亜硫酸ガス性臭気を伴う。

(a) JW-1_1 試料

JW-1 井の深度 8.00m 部分、やや砂質感を伴う黄色未固結粘土層部である。ヒ素の含有量が 9.05mg/kg、ヒ素の溶出量が 0.031mg/kg、フッ素の溶出量が 330mg/kg である。

(b) JW-1_8 試料

JW-1 井の深度 150.00m 部分、有機質粘土や微弱な亜硫酸ガス性臭気を伴う灰色、白色、灰緑色の“へどろ”質シルトないしシルト質砂の互層部である。局部的に水平層理を伴い、褐色の微砂の薄層を挟む。ヒ素の含有量が 26.18mg/kg、ヒ素の溶出量が 0.356mg/kg、フッ素の溶出量が 70mg/kg である。

2) JW-2井

伍什家郷荒地窰村で掘削した深度 201.00m の試掘井である。深度 0.00m ~ 7.80m 間は黄色粘土質砂、細粒砂で構成され、少量の石英、長石、雲母や暗色鉱物等の鉱物片を伴う。深度 7.80m ~ 48.20m 間は灰色、黒色ないし灰黒色、灰褐色を呈する“へどろ”状細砂質粘土である。微弱な亜硫酸ガス性臭気を伴う。深度 48.20m ~ 85.40m 間は褐色、灰褐色、黒灰色を呈する粘土質細砂ないし粘土である。深度 55m 付近、85m 付近に巻貝の貝殻片を伴い、70m 付近に少量の石英、長石、雲母や暗色鉱物等の鉱物片を伴う。深度 85.40m ~ 201.00m 間は深度 48.20m ~ 85.40m 間の岩相に類似するが貝殻片が見られなくなり、少量の石英、長石、雲母や暗色鉱物等の鉱物片を頻繁に伴う。

(a) JW-2_2 試料

JW-2 井の深度 58.00m 部分、巻貝の貝殻片を伴う 55m 付近の地層の直下に位置し、灰褐色を呈し、微弱な亜硫酸ガス性臭気を伴う地層である。ヒ素の含有量が 24.01mg/kg、ヒ素の溶出量が 0.464mg/kg、フッ素の溶出量が 150mg/kg である。

(b) JW-2_5 試料

JW-2井の深度 99.50m 部分、黄色を呈する粘土質砂で、少量の石英、長石、雲母や暗色鉱物等の鉱物片を伴う。ヒ素の含有量が 25.89mg/kg、ヒ素の溶出量が 0.179mg/kg、フッ素の溶出量が 200mg/kg である。

(2) 岩芯詳細試験結果

1) X線回折分析 (XRD) 結果

試料調整等については「補助報告書E 岩芯詳細試験」に記載する。分析結果は次のとおりである。

(a) 高ヒ素濃度試料

① JW-1_8 試料

主要構成鉱物として石英、長石、方解石が認められ、フィロ珪酸塩鉱物として雲母、カオリン鉱物、緑泥石が認められる。定方位分析では同様の鉱物のほかスメクタイトが認められる。

② JW-2_2 試料

主要構成鉱物として石英、長石、方解石が認められ、フィロ珪酸塩鉱物として雲母、カオリン鉱物、緑泥石が認められる。定方位分析では同様の鉱物のほかスメクタイトが認められる。

(b) 高フッ素濃度試料

① JW-1_1 試料

主要構成鉱物として石英、長石、方解石が認められ、フィロ珪酸塩鉱物として雲母、カオリン鉱物、緑泥石が認められる。定方位分析では同様の鉱物のほかスメクタイトが認められる。

② JW-2_5 試料

主要構成鉱物として石英、長石、方解石が認められ、フィロ珪酸塩鉱物として雲母、カオリン鉱物、緑泥石が認められる。定方位分析では同様の鉱物のほかスメクタイトが認められる。

高ヒ素濃度試料、高フッ素濃度試料ともにX線回折分析では類似の結果が得られ、得意な結晶性鉱物は検出されなかった。すなわち、不定方位試料で主要構成鉱物として石英、長石、方解石が認められる。フィロ珪酸塩鉱物として雲母、カオリン鉱物、緑泥石が認められ、定方位分析では同様の鉱物のほかスメクタイトが認められる。

これらの鉱物はずぎのような性質を有する。

石英、長石は一般的な造岩鉱物、方解石は続成作用や乾燥により形成されたものである。フィロ珪酸塩鉱物は一般に粘土鉱物といわれる層状を呈する珪酸塩鉱物である。層間にアルカリイオン、アルカリ土類イオンや水分子が入り、この性質によって、緑泥石は風化作用や続成作用でスメクタイト類のひとつであるモンモリロナイト鉱物に変化し、珪酸塩層間に Mg が固定される条件下でモンモリロナイト鉱物は緑泥石鉱物に変わる。

雲母もこれと類似の性質をもち、風化作用や続成作用によって雲母からモンモリロナイトへ、モンモリロナイトから雲母へと変化する。

スメクタイトはモンモリロナイト鉱物をはじめとする 2:1 型の層状珪酸塩粘土鉱物で、層間に水分子のほか極めて多くの有機物分子を吸着し粘土-有機複合体をつくる。

試料が以上のように通常の造岩鉱物や続成作用、風化作用で形成される鉱物からなり金属鉱物等が顕著なピークを示さないことや、X線回折分析で検出された鉱物の性質が 3.1.1 ~ 3.3.4 項で述べた地溝構造や湖沼環境、その後の環境変化などを裏付けることから、調査地域の地下水汚染には、層状フィロ珪酸塩粘土鉱物の層間に有機物分子が吸着した粘土-有機複合体の存在が大きな影響を与えていると考えられ、地溝構造域で掘削された試掘井の岩芯に見られる“へどろ(淤泥)”や有機質粘土、微弱な亜硫酸ガス性臭気などがこのことを示していると考えられる。

2) X線マイクロアナライザー分析 (EPMA) 結果

試料調整などについては「補助報告書E 岩芯詳細試験」に記載する。分析結果は次のとおりである。

ヒ素およびフッ素が結合しやすく、調査地域の地域環境から両元素との関連性が推定される As、Fe、S、F、Si、Ca、P、K の 8 成分を分析対象元素としてマッピングを行ない、資料集K資料にまとめた。

(a) 高ヒ素濃度試料

① JW-1_8 試料

走査領域全域の As のカウントレベルは高いがフッ素のカウントレベルは非常に低い。As と P 間に明瞭な正の相関性がみられ、As(P) と F 間に微弱な正の相関性がみられる。

② JW-2_2 試料

走査領域全域の As のカウントレベルは高いがフッ素のカウントレベルは低い。As と P 間、As(P) と F 間に明瞭な正の相関性がみられ、As(P, F) と Ca 間、As と Fe 間に負の相関性が、F と K 間に微弱な負の相関性がみられる。

(b) 高フッ素濃度試料

① JW-1_1 試料

走査領域全域の As のカウントレベルは非常に高くフッ素のカウントレベルも高い。As と P 間、As(P) と F 間に明瞭な正の相関性がみられ、As(P, F) と S 間に弱い負の相関性が、F と K 間に微弱な負の相関性が見られる。

② JW-2_5 試料

走査領域全域の As のカウントレベルは高くフッ素のカウントレベルはやや高い。As と P 間、As(P) と F 間に明瞭な正の相関性がみられ、As(P) と Fe 間に弱い正の相関性が見られ、F(P) と Ca 間、F と K 間、As と Fe 間に負の相関性が見られる。

顕著な傾向は、高ヒ素濃度試料、高フッ素濃度試料ともに As と F 間、As と P 間、F と P 間に顕著な正の相関性が見られることである。P のカウントレベルが非常に高く、ついで As、F の順序である。これらのことから本分析で対象にした成分からはりん灰石の存在が推定される。

As と S 間および As と Fe 間には負の相関性が見られ、調査地域の地下水のヒ素汚染に鶏冠石 (realger: AsS)、雄黄 (orpiment: As_2S_3)、硫砒鉄鉱 (arsenopyrite: FeAsS) の存否は大きな意味を持たない。

F と Ca には負の相関性が見られ、調査地域の地下水のフッ素汚染に螢石 (fluorite: CaF_2) の存否は大きな意味を持たない。

りん灰石は $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ と表わされ、 $\text{F} > \text{Cl}, \text{OH}$ のものをフッ素りん灰石と総称し、通常りん灰石と呼ぶ場合フッ素りん灰石を意味する。P は As、V、Si と置換される。りん灰石はほとんどの火成岩、変成岩中に副成分鉱物としてきわめてふつうに産し、淡水や海水からの沈澱物としても堆積岩中に産する。堆積性のりん灰石には非常に微細でほとんど非晶質のものがあ、このため X 線回折分析でりん灰石が検出されにくい可能性がある。腕足類の殻は $\text{OH} > \text{F}, \text{Cl}$ の水酸りん灰石であるが、結晶性が低いため $\text{Ca} \rightarrow \text{P}$ など種々の置換を行ない、 $\text{Ca} \rightarrow \text{P}$ の置換の場合低い Ca/P 値を呈する。JW-2_2 試料や JW-2_5 試料に P と Ca 間に負の相関性が見られるのはこの置換による可能性が考えられる。腕足類の水酸りん灰石の OH 基は次第に F に置換されるため、各地質時代に湖岸環境であった地域で比較する場合には、古い時代の湖岸の地層ほど F に富む可能性がある。

X 線マイクロアナライザー分析では、岩芯詳細試験試料の As、F はりん灰石起源として解釈でき、りん灰石の供給は後背地からの供給としても、地層堆積中或いはその後の湖沼環境としての堆積条件からも行われた可能性が考えられる。

フッ素汚染に関しては、X 線回折分析で雲母が普遍的に検出され、試掘井の岩芯に雲母が存在することや、既存の資料から地下水のフッ素汚染地域の分布が Q_2^2 層に関連していると解析できることから、 Q_2^2 層堆積時の条件や堆積以後の続成作用や乾燥・風化作用によって雲母 ($X_{0.5}$

$\sim_1 Y_{2-3} Z_4 O_{10} (OH)_2$) の OH 基の一部が F に置換されて生じている可能性が考えられる。

しかし雲母の主成分である K、Fe、Si と F 間に正の相関性は認められていないため今後の検討を要する。

3. 4. 4 汚染に関する考察

(1) ヒ素汚染

試掘井 (JW-1, 2, 4) の岩芯(地質)で 20~30ppb のヒ素が検出され、これらの溶出の程度は 0.4~0.5mg/kg 程度である。岩芯は黒色泥質相、多数の貝殻片、黒色繊維などを含み、試掘井からはメタンガス、希薄な硫化水素臭、高いヒ素濃度などが観察されている。湖沼の中心部の堆積物を指示する泥質堆積物やメタンガスの存在は地溝帯の中心部付近が還元性の環境であることを示しており、浅湖環境時の貝類、水草等の存在は酸化環境を、炭化物である黒色繊維は還元性の環境を示している。

試験井 (JW-2 および 3) の岩芯詳細試験では、呼包平原の地層にはスメクタイトを始めとするフィロ珪酸塩鉱物が存在し、地層を構成する粒子にはヒ素(As)とフッ素(F)の存在、ヒ素とリン(P)の存在に正の相関性、ヒ素と鉄 (F) およびヒ素と硫黄 (S) の存在に負の相関性が認められる。

試掘井の岩芯の状況からスメクタイトは粘土-有機複合体であることが明らかであり、X 線マイクロアナライザー分析で対象にした成分からは調査地域の地下水のヒ素汚染に鶏冠石 (realger: $As_2 S_3$)、雄黄(orpiment: $As_2 S_3$)、砒鉄鉱(arsenopyrite: $FeAsS$) の存否は大きな意味を持たず、りん灰石 ($Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$) の P が As に置換されたものが関連する可能性が考えられる。しかし周辺の地質状況や岩芯詳細試験の結果からはそのままでは地下水のヒ素汚染の原因とは考えられない。調査地域の地下水のヒ素汚染には “へどろ(淤泥)”、有機質粘土、微弱な亜硫酸ガス性臭気等の存在(試掘井)や、粘土-有機複合体の存在(X 線回折分析)で示される還元環境と、貝殻片、黒色繊維の存在(試掘井)で示される酸化環境の環境変化に原因するヒ素の “蓄積作用” が働いていると思われる。

JE-2_2 試料では X 線マイクロアナライザー分析に先立って予備的に行った透過電子顕微鏡観察で黄鉄鉱中にヒ素のピークが認められた。調査地域では一般にヒ素と鉄 (F) およびヒ素と硫黄 (S) の存在に負の相関性が認められるので、この傾向には時代性 (地質) あるいは局地性があると思われるが、このような状況はつぎのような環境で形成されたと考えられる。

無機質のヒ素は還元環境で溶液中から晶出或いは吸着し、酸化環境で水中に溶解或いは遊離しやすい性質を有するため、永い還元環境時にヒ素鉱物やヒ素イオンの晶出/吸着が継続されその後の酸化環境時に溶解/遊離が生じると汚染の程度が大きくなる。水中の還元環境では嫌気性のバクテリアがメタンガスや硫黄を発生させ、鉄は第一鉄イオンとして存在する。鉄は還元環境では硫黄と結合し硫化鉄が生成する。この時ヒ素は黄鉄鉱などの結晶中に取り込まれる

以上の考察の内容はつぎのような呼包平原の地史に関する考察に適合する。

“呼包平原の地下水盆を規制する地溝構造 (図 3. 4-6 本章末図) は白亜紀以前に形成され、白亜紀には地溝は既に湖沼化していた。湖沼の最深部は時代によって南北に移動を繰返

しながら、更新世中期からは縮小に転じて完新世に至って縮小の程度を増している。現在の哈素海(湖: 5km x 8km)はその名残と考えられ、完新世時代の湖の北西端に位置する。これらの時代の間、湖沼の最深部は完新世早期まで常に沈降帯の中央部(湖沼最深部)より北西方にずれており、最大沈降量は 1,000m を超える。⁵”

地溝の沈降は白亜紀以前に始まり、当初の南壁は白亜紀以前の地質であったが第四紀更新世早期の終わり頃には第三紀の地層であった可能性が高い。更新世早期の或る時期に南壁の南側に新しい断層が生じ、以後沈降域が南側にわずかに広がっている。しかし、沈降の程度は従来の南壁以北が大きく、更新世晚期前には湖沼の最深部付近が最大の沈降量になっている。沈降に伴い、低地には後背地(山区)から絶えず砕削物が供給されている。

砕削物は全沈降期間を通じて、常に山区のそれぞれの地域の地質条件を反映して供給され、低地のそれぞれの部分にその地質条件を反映して堆積している。このことは後背地のひとつである北方山区が変成岩地帯であることと関連して、呼包平原の地下水のヒ素汚染が永い地史上の時間を介して、北方山地の地質条件に一義(定性)的な影響を受けていることを示す。

しかし、変成岩地帯の各岩石のヒ素含有量は 0.2~2.4ppm 程度であり、蛇紋石化橄欖岩のヒ素含有量でも 5.5ppm 程度である。これらの岩石からの溶出で、数 ppm という地下水汚染が広範囲に生ずるとは考え難い。

このようにして一義的に取込まれた呼包平原の地下水のヒ素は、二義的に“蓄積作用”が作用して生じている。蓄積に最も寄与しているのは呼包平原の地溝帯に形成された湖沼と湖沼堆積物、生態系環境が示す還元環境であると考えられる。

(2) フッ素汚染

呼包平原を覆う第四紀の地層は雲母片、貝殻片、黒色植物繊維、メタンガスや希薄な硫化水素ガスなどを伴う。調査地域西部で掘削した試掘井(JW-2)は地下水のフッ素濃度が高く、岩芯は雲母や暗色鉱物などを多量に伴う。

北方山区は先カンブリア紀から白亜紀の堆積岩および炭酸塩岩中に塩基性、酸性の火成岩が進入している。堆積岩中に進入する火成岩は一般に周囲を変成岩化し、進入岩と変成岩の接触帯に螢石(CaF_2)、りん灰石($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$)類のフッ素鉱物や雲母類などの変成鉱物類を形成し、りん灰石のCaがFと置換されたフッ素りん灰石($(\text{Ca}, \text{F})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$)なども形成される。

岩芯詳細試験ではフッ素(F)とりん(P)の存在に顕著な正の相関性が見られ、フッ素とカルシウム(Ca)の存在に負の相関性が見られることから、調査地域の地下水のフッ素汚染には螢石(fluorite: CaF_2)の存否は大きな意味を持たず、りん灰石の存在が大きく寄与していると考えられる。

山区の基盤岩地域は変成岩、塩基性岩、火山岩、富フッ素花崗岩、炭酸塩岩などフッ素を含む地質を伴い、呼包平原の粘土質砂層なども比較的多量にフッ素を伴う。

これらの地質地帯に存在する水のフッ素含有量はつぎのとおりである。

地質	Bond(1945)		
	水中フッ素含有量		資料数
	範囲	平均値	
花崗岩	0 - 9.0	1.4	78
白雲岩	0 - 0.3	0.02	21
炭酸塩岩	0.7 - 35.1	8.7	7
玄武岩	0 - 0.5	0.1	44
安山岩	-	-	-
砂岩	0 - 2.7	0.1	69

調査地域周辺の小河川の河川水には 0.25 ~ 1.35ppm のフッ素が含まれ、トクト県付近の黄河水のフッ素濃度は 0.32ppm(1980)である。世界河川平均では 0.1 ~ 0.2ppm 程度といわれている。

河川名		フッ素含有量 mg/l	試料数	主要地質
大 青 山 区	美岱溝	0.60 - 0.62	3	変成岩
	水洞溝	0.72	1	変成岩、頁岩
	五当溝	0.78 - 1.35	7	変成岩、頁岩

降雨中にも 0.1ppm 程度のフッ素が含まれる。

変成岩地帯には一般に次のような雲母類が形成され、変成岩の風化により分離されて単独の結晶片として存在したり微細片化して粘土鉱物として存在する。岩芯詳細試験の X 線マイクロアナライザー分析で K、Fe、Si と F 間に正の相関性は認められないが、X 線回折分析試料では普遍的に雲母類を含んでいるため地下水のフッ素汚染への雲母の関与を完全には否定できない。雲母の一般的化学式は $X_{0.5-1}Y_{2-3}Z_4O_{10}(OH)_2$ のように記載され、つぎのような種類がある。

雲母類の理想的化学式

- ①. 白雲母(muscovite) : $K(Li,Fe,Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- ②. ソーグ雲母(paragonite) : $K(Li,Fe,Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- ③. 金雲母(phlogopite) : $K(Li,Fe,Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- ④. 黒雲母(biotite) : $K(Li,Fe,Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- ⑤. 鱗雲母(lepidolite) : $K(Li,Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- ⑥. ツィンワルト雲母(zinnwaldite) : $K(Li,Fe,Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- ⑦. 真珠雲母(margarite) : $CaAl_2(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$

雲母中の OH 基は風化作用により一部が F に置換されフッ素雲母($X_{0.5-1}Y_{2-3}Z_4O_{10}(OH, F)_2$)に変

化する。

呼包平原の地下水のフッ素汚染は主に Q_2 層の層準で高く、地質環境が地下水のフッ素汚染に関連していることを示すが、総合的には地下水のフッ素汚染は前述のような要素に、地下水が流動する過程の地球化学的な影響や降雨量 350mm/年、蒸発量 1,800mm/年という気象条件などが錯綜して生じていると考えられる。

調査地域の地下水は呼包平原に降る降水や大黒河の河川水が浸透したもののほか、山区の降水、山区からの表流水が浸透したものである。山区の表流水は麓の扇状地の扇頂部で浸透して地下水となって流動を始める。流動の過程で地下水はカルシウムに富んでくるが、扇状地は粗粒物質で形成されているため地下水が流動する間に、不飽和帯を介して地下水は蒸発を始め扇状地表面には炭酸塩が晶出する。地下水中のフッ素は炭酸塩の結晶中に取り込まれるため扇状地では地下水のフッ素の問題は生じにくい。

地下水は流動を続け、扇状地の扇端部では pH 値がアルカリ成分寄りに変化する。炭酸塩に取り込まれているフッ素はアルカリ寄りの成分で溶出するため、扇状地先端部から平原寄りの地域でフッ素汚染の問題が生じ始める。これらの問題は地下水面の上下動変化でも生ずる⁶。

平原では流動速度が低下し滞留時間が永くなるため、地層からのフッ素の溶出がより永く行われフッ素濃度が高くなる。この間に有機質物の分解により還元環境になると pH 値がアルカリ成分寄りに変じ結晶中に取り込まれるフッ素が溶出する。

呼包平原の地下水のフッ素汚染は一元的な原因で説明されるものではなく、山区から平原に至るこのような過程で諸要素が錯綜して生じていると考えられる。

3. 4. 5 地下水開発への提言

一般に地層や河川には浄化能力があるが、河川は現在地層を形成しつつある堆積箇所と考えることができ、この表現は“地層には浄化能力がある”と言い表わすことができる。しかし河川は地表環境の変化の影響を受けやすいため、河川水の水質は不安定である。これに対して帯水層と呼ばれる地層から得られる地下水は、地層が外界と隔離しているため水質は比較的安定しており衛生的でもある。このことが地下水利用の利点であり、水処理のための経済力のない貧困層の給水に有利である。

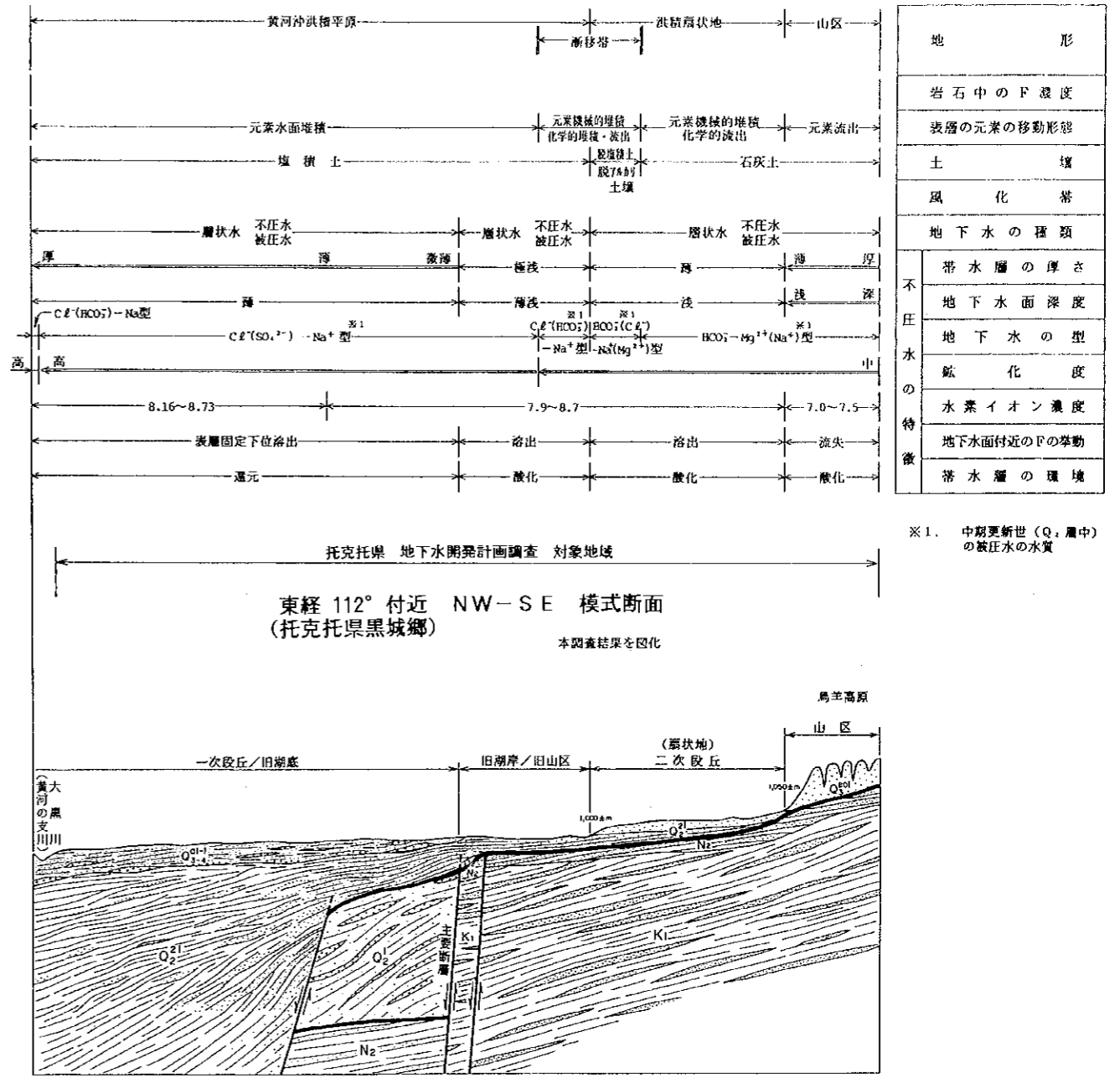
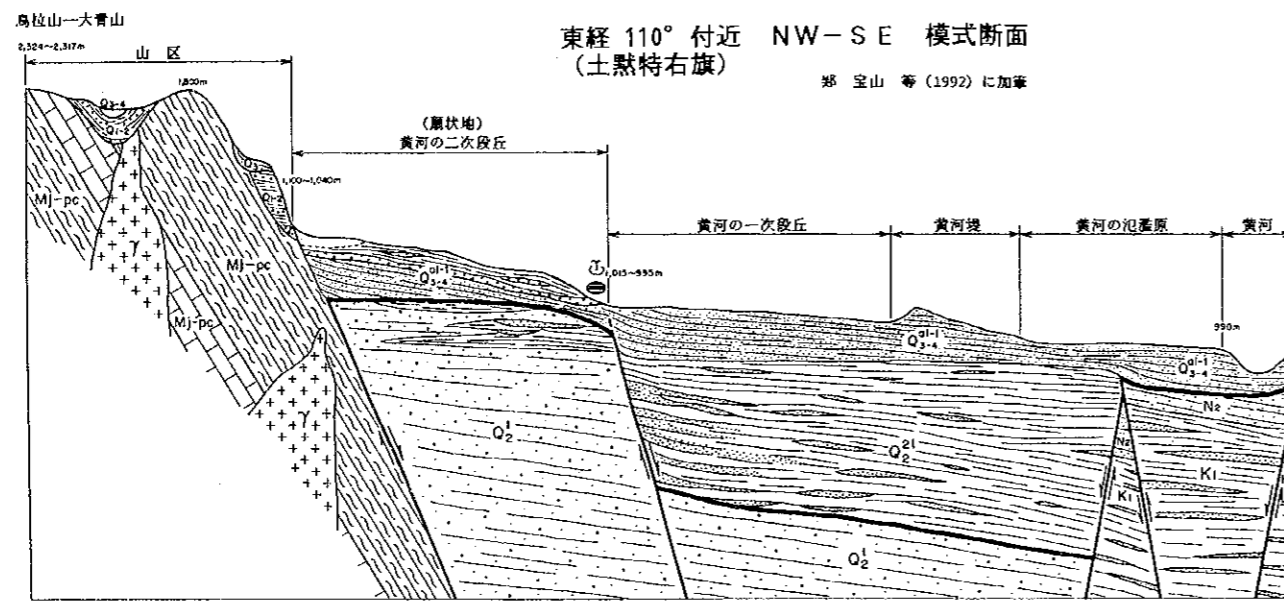
地層は碎屑物の供給地と堆積箇所の地殻運動に関連して形成され、そのため地層は“地質構造”と堆積環境を反映して形成される。地層中に賦存する地下水の水質もまたこれらの地質環境の要素に左右される。火成岩や変成岩に関連する地質や地下水でも同様であり、“地質構造”と堆積環境を無視した地下水開発はあり得ない。

地下水開発後の地下水管理面では水質管理が重要な課題である。そのため地下水利用計画の内容を十分に検討する必要があるばかりでなく、定期的な水位・水質監測、住民の保健衛生上の監測、地表の環境変化の監測などが重要である。

このような諸環境や保健衛生が関連する地下水開発上の問題は、多面的要素が組合わされて生じているため、地下水開発には開発に伴う帯水層情報の蓄積、各行政機関間の協力、各科学分野間の協力、長期の調査や監測、各分野間の研究資料の有効利用などが必要である。

-
- 1 全国愛国衛生運動委員会, 1990 : 中国生活飲用水地図集 1:12,000,000
 - 2 地質鈹産部環境地質研究所, 1992 : 中国環境地質分区図 1: 6,000,000
 - 3 Tan Huijing ほか, 1992 : Mineral Resources Maps of China 1: 5,000,000
 - 4 陳 紀明 ほか, 1996 : 内蒙古烏拉山—大青山綠岩型金鈹床地質
 - 5 内蒙古自治区水文地質工程地質隊, 1985 : 内蒙古自治区呼包平原水文地質工程地質環境水文地質綜合監察報告書
 - 6 郑 宝山 ほか, 1992 : 地方性氟素及工業氟污染研究

地形	山区	冲積扇状地	漸移帯	黄河冲積平原	黄河	黄河冲積平原	漸移帯	洪積扇状地	山区
岩石中のF濃度									
表層の元素の移動形態	元素流出帯	元素機械的堆積化学的流出	元素機械的堆積化学的堆積・流出	元素水面堆積	元素水面堆積	元素機械的堆積化学的堆積	元素機械的堆積化学的流出	元素流出	
土壌	山区石灰土	粘土	暗褐色石灰土	壤積土	深 壤	壤積土	粘質土	石灰土	
風化帯	シアル-炭酸塩帯 浅部、厚層	シアル-炭酸塩帯 深部、厚層	粘質土 炭酸塩帯 粘質土						
地下水の種類	裂隙水・不圧水 層状水	層状水	不圧水 被圧水	層状水	不圧水 被圧水	層状水	不圧水 被圧水	層状水	不圧水 被圧水
帯水層の厚さ	薄	厚	厚	厚	厚	厚	厚	厚	厚
地下水面深度	深 30.0m	深 1.0~1.7m	浅	4m以浅	浅	浅	浅	深	深
地下水の型	HCO ₃ -Ca ⁺⁺ 型	HCO ₃ -Ca ⁺⁺ 型	HCO ₃ -Na ⁺ 型	HCO ₃ -Ca ⁺⁺ 型	HCO ₃ -Ca ⁺⁺ 型	Cℓ ⁻ (HCO ₃)-Na ⁺ 型	Cℓ ⁻ (SO ₄ ²⁻)-Na ⁺ 型	HCO ₃ -Mg ⁺⁺ (Na ⁺)型	HCO ₃ -Mg ⁺⁺ (Na ⁺)型
鉱化度	低	低	高	低	低	高	高	中	中
水素イオン濃度	中性	弱アルカリ	弱アルカリ	弱アルカリ	弱アルカリ	弱アルカリ	弱アルカリ	弱アルカリ	弱アルカリ
地下水面付近のFの挙動	溶出・流失	吸着	固定	溶出	固定・吸着	固定・吸着	溶出の繰り返し	溶出	溶出
帯水層の環境									



※1. 中期更新世(Q₂層中)の被圧水の水質

凡 例

- Mj-pc: 先ジュラ紀 7: 先白亜紀 K1: 白亜系 N2: 第三系 Q1-2: 初期ないし中期更新統 Q₂¹: 中期更新統(湖積層) Q₂²: 中期更新統(湖積層) Q₃, Q₃^{hol}: 晩期更新統 Q₃₋₄, Q₃₋₄^{ol-1}: 晩期更新統ないし完新統
- 変成岩
 石灰岩
 花崗岩類
 砂(風成層)
 砂
 礫
 シルト
 レンズ状砂
- 断層
 泉
 池

図 3.4-6 呼包平原の水理地質模式断面図

第4章 地下水賦存量の評価

第4章 地下水賦存量の評価

地下水賦存量の評価は、3つの段階で実施した。まず最初の段階として、本調査で実施した既存資料収集・分析、調査井掘削結果、地下水位観測結果、揚水試験結果等に基づき、調査地域の水文地質構造につき検討を行った。第2の段階として、水文地質構造検討結果に従い、水文地質モデルの構築および現況再現を主体とした地下水浸透流解析を実施し、水質を考慮しない調査地域における地下水賦存量の全体評価を行った。最終段階として、今回の一連の調査により明らかとなった調査地域の地下水の水質分布（ヒ素およびフッ素）に基づき、前の段階で構築した水文地質モデルを用いて汚染物質の移流・分散解析を行い、開発に伴う将来の水質変化を予測し、水質の観点からの地下水賦存量の評価を行った。以上に述べた一連の検討の流れを、以下の流れ図に示す。

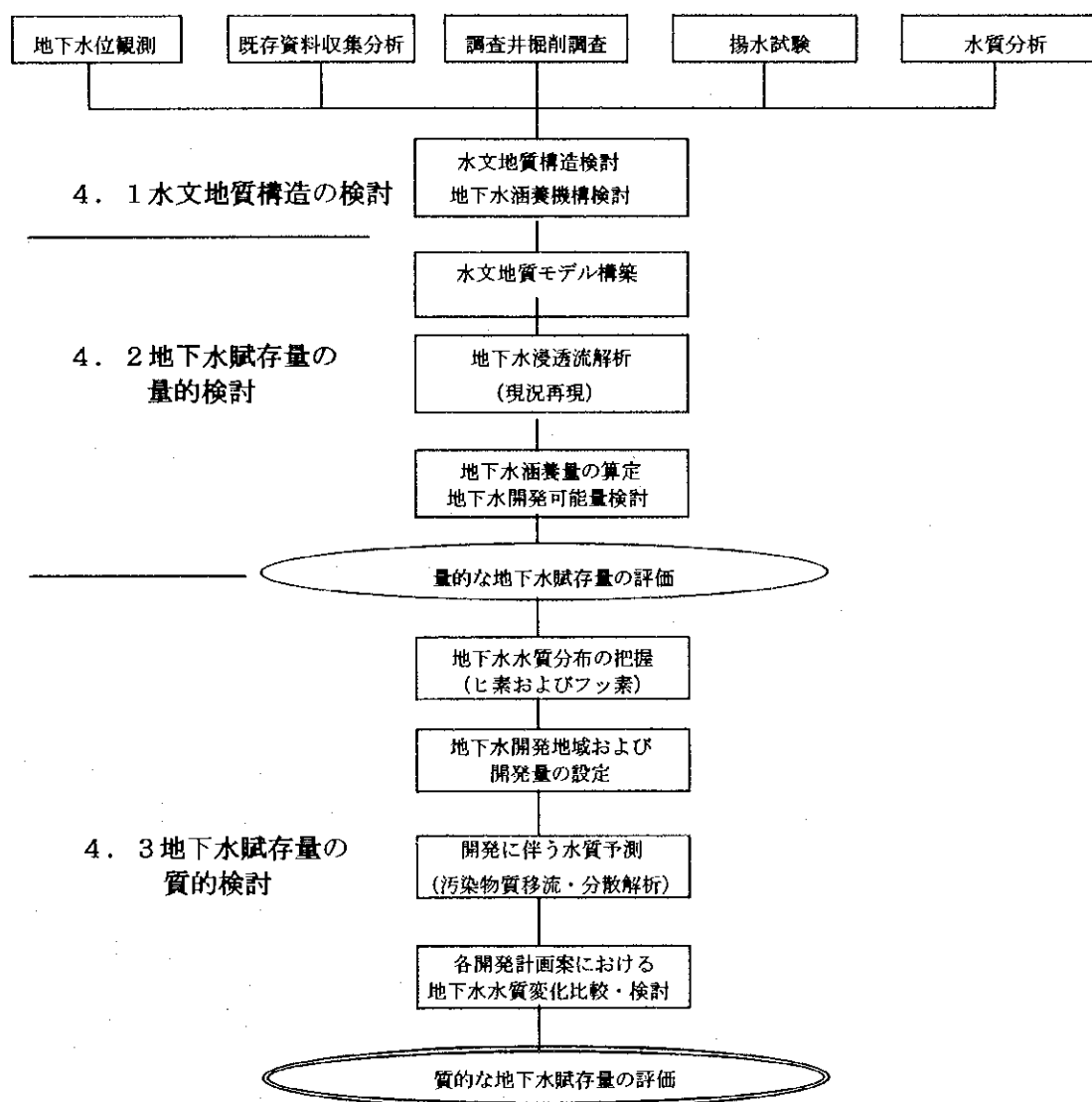


図4. 1-1 地下水賦存量の評価手順

4. 1 水文地質構造の検討

4. 1. 1 調査地域の水文地質構成

図4. 1-3に調査地域の水文地質図、図4. 1-4および図4. 1-5に水文地質断面図を示す。これらの図面は、内蒙古自治区地質鉱産局が作成した水文地質図および断面図を基としている。

水文地質断面図に示されるように、調査地域の地層は下位より白堊系 (K_1)、第三系 (N_2)、下部更新統 (Q_2^1)、上部更新統 (Q_2^2)、完新統 ($Q_{3,4}$) よりなる。白堊系および下部更新統は深層被圧帯水層を形成し、第三系と上部更新統は被圧帯水層の加圧層を形成する。また、第三系と上部更新統の一部、および完新統は浅層不圧帯水層を形成している。この関係を模式的に図4. 1-6に示す。

(1) 深層被圧帯水層

深層被圧帯水層は、調査地域の中央を横断する主要伏在断層を境に、南側の白堊系帯水層と北側の下部更新統より構成される。

南側の白堊系帯水層は砂岩と泥岩の互層よりなり、第三系を加圧層とする被圧帯水層となっている。白堊系帯水層では、地下水は主に砂岩中を流れていると判断される。白堊系帯水層の厚さは、おおそ400mから500m程度と推定される。

北側の下部更新統帯水層は、未固結の砂層と泥層からなり、上部更新統を加圧層とする被圧帯水層となっている。下部更新統帯水層では、地下水は主に砂層中を流れていると判断される。下部更新統帯水層の厚さは、調査地域近傍での具体的資料は無いが、既存の広域地質資料等から、1,000m以上にも達するものと想定される。

この2層の深層被圧帯水層は断層を介して水理的に連続しており、地下水は白堊系帯水層から下部更新統帯水層に向かって流れている。

(2) 加圧層

第三系は細粒なシルト岩や泥岩より成る難透水層であり、主要伏在断層の南側で深層被圧帯水層の加圧層となっている。調査地域における第三系の層厚は、30mから100m程度である。

上部更新統は砂層を挟在する泥層より成るが、後述するように既存の揚水試験結果からは、下位の深層被圧帯水層に比べ、透水性がほぼ同じかあるいは多小高い傾向があるとの資料が得られている。一方、図4. 1-5に示した調査井戸 ZK9 の水位記録に示されるように、本層を境にして下位の下部更新統帯水層が自噴水頭を有するようになる。このことから、上部更新統は下部更新統被圧帯水層の加圧層となっていることは明らかである。このような事実から、上部更新統では地層の異方性が強く、透水性の低い粘土層等が連続して挟在されているために縦方向の透水係数が横方向に比べ非常に小さくなり、下位の被圧帯水層の加圧層となっている。調査地域における上部更新統の層厚は、30mから100m程度

である。

第3系と上部更新統は、連続する一枚の加圧層として下位の深層被圧帯水層を広く覆っているが、後述するように、加圧層と言えども地下水を賦存しており、これらの地層が地表に露出する調査地域南部では、浅層不圧帯水層を形成している。

(3) 浅層不圧帯水層

浅層不圧帯水層は調査地域全域に分布し、完新統および加圧層を構成する上部更新統と第三系の一部に形成されている。

a) 完新統不圧帯水層

完新統は砂層と泥層よりなり、調査地域の南方の永聖域郷と伍什家郷に分布する。完新統帯水層は北方に向かって厚くなり、調査地域の北縁では100m以上にも達する。

b) 加圧層中の不圧地下水

調査地域の南側において完新統は欠如し、下位の上部更新統が地表に露出する。上部更新統は前述したように、下位の下部更新統被圧帯水層に対し加圧層の役目を果たす地層であるが、砂層などの比較的粗粒な層をレンズ状（透鏡体状）に挟在し、本層が地表に露出する調査地域南部において不圧帯水層を形成している。

さらに南方の山地部には、シルト岩や泥岩を主体とする泥質岩から成る第三系が露出する。第三系は下位の白亜系被圧帯水層の加圧層となっているが、本層中にも地下水が存在し、山地部において不圧帯水層を形成している。

4. 1. 2 帯水層の水理定数

今回の調査で実施した揚水試験の結果、および内蒙古地質鉱産局がこれまでに調査地域で実施した揚水試験の結果から、各層の透水係数は次の図のようにまとめられる。

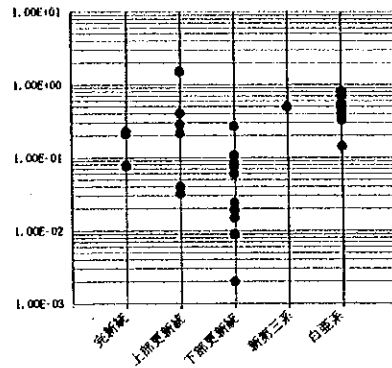


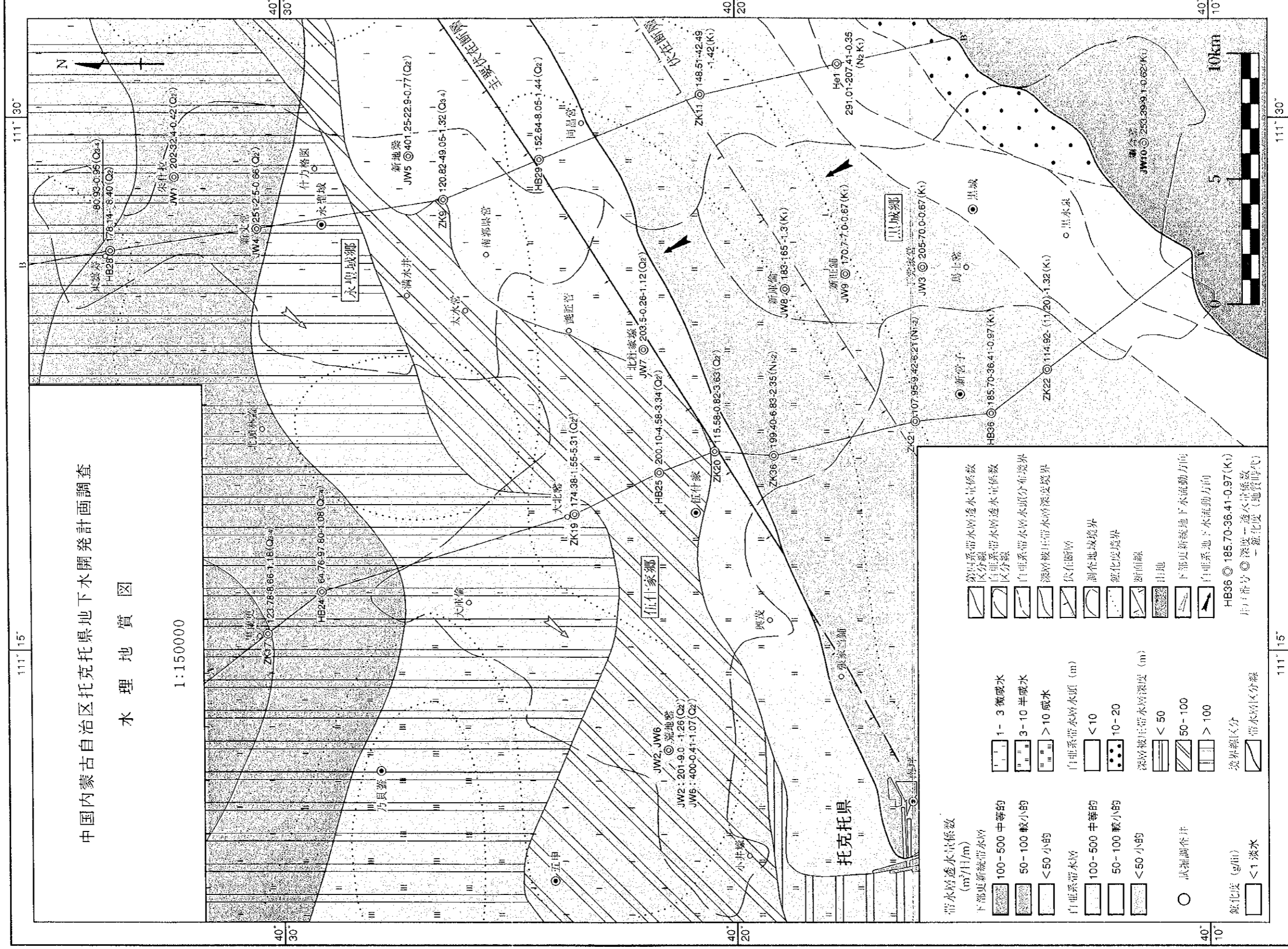
図 4. 1 - 2 各層の透水係数 (単位 : m/日)

上図に示されるように、各層の透水係数には最大と最小で 10 倍以上の差がある。また注目すべき点として、完新統帯水層と下部更新統帯水層を隔てる加圧層である上部更新統の透水性が、これの上下に分布する 2 層の帯水層の透水性よりも高い傾向を示すことが挙げられ、これは水文地質構造と矛盾するものとなっている。この理由としては、上図に示した透水係数は横方向のものであるが、前述した様に、上部更新統中には透水性の低い有機質粘土層が連続して挟在されることから、縦方向の透水性が横方向のそれに比べ著しく低くなっているために、加圧層としての役割を果たしているものと考えられる。

中国内蒙古自治区托克托县地下水開發計画調査

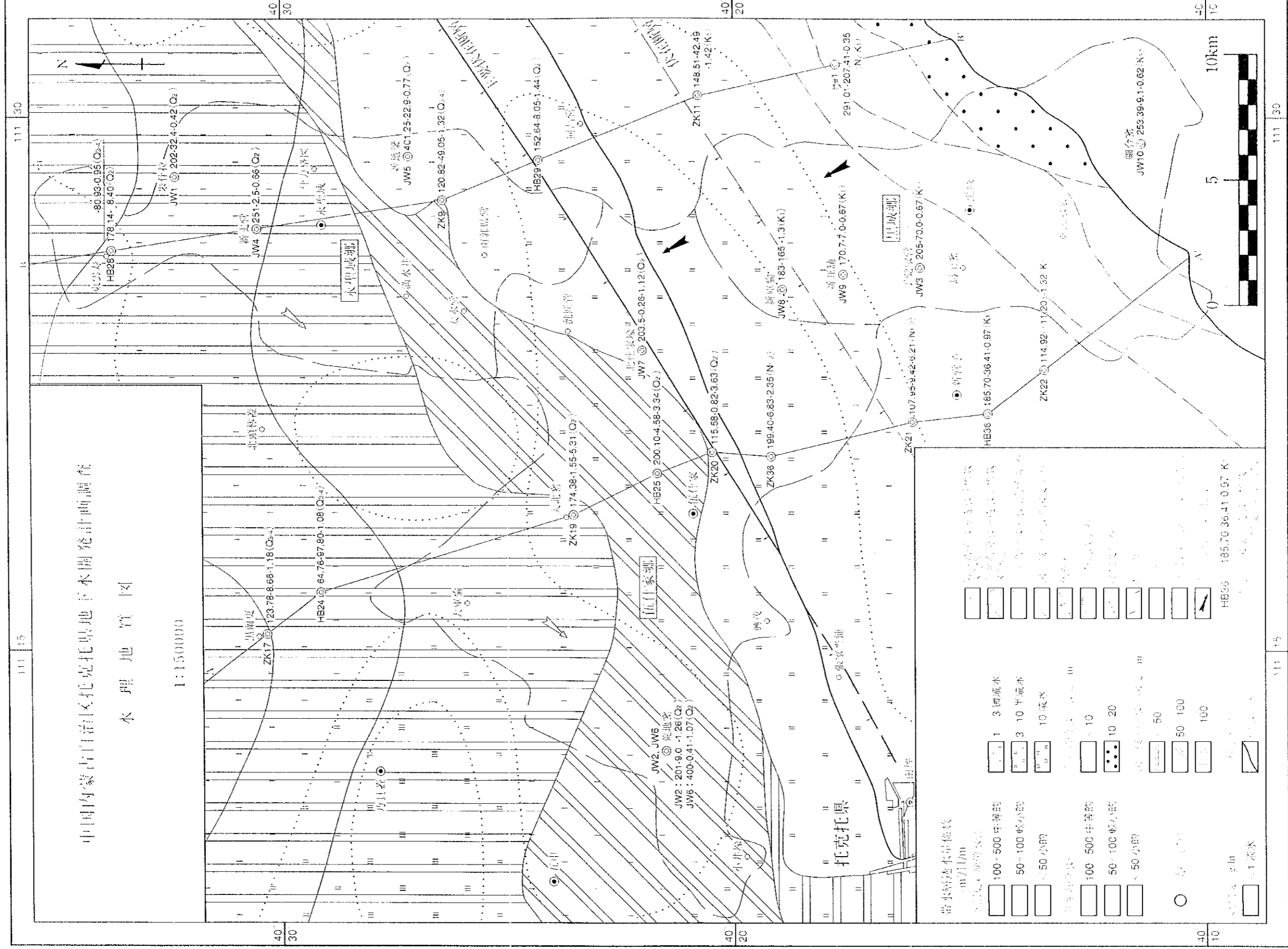
水理地質図

1:150000



帯水層透水量係数 (m ³ /日/m)	帯水層透水量係数	第四系帯水層透水量係数
下部更新統帯水層	1-3 微咸水	白堊系帯水層透水量係数
100-500 中等的	3-10 半咸水	白堊系帯水層透水量係数
50-100 較小的	>10 咸水	白堊系帯水層透水量係数
<50 小的	白堊系帯水層水頭 (m)	深層被圧帯水層透水量係数
白堊系帯水層	<10	伏在斷層
100-500 中等的	10-20	調查地境界
50-100 較小的	深層被圧帯水層透水量係数 (m)	氾濫度境界
<50 小的	<50	断面線
○ 試掘調査井	50-100	出地
氾濫度 (g/lit)	>100	下部更新統地下水流動方向
<1 淡水	境界線区分	白堊系地下水流動方向
	帯水層区分	HB36 ● 185.70-36.41-0.97 (K1)
		井番号 ● 深度-透水量係数-氾濫度 (地質時代)

图4. 1-3 調査地域の水文地质图



内蒙古自治区托克托县水文地质图

图 1-1-3 调查地区水文地质图

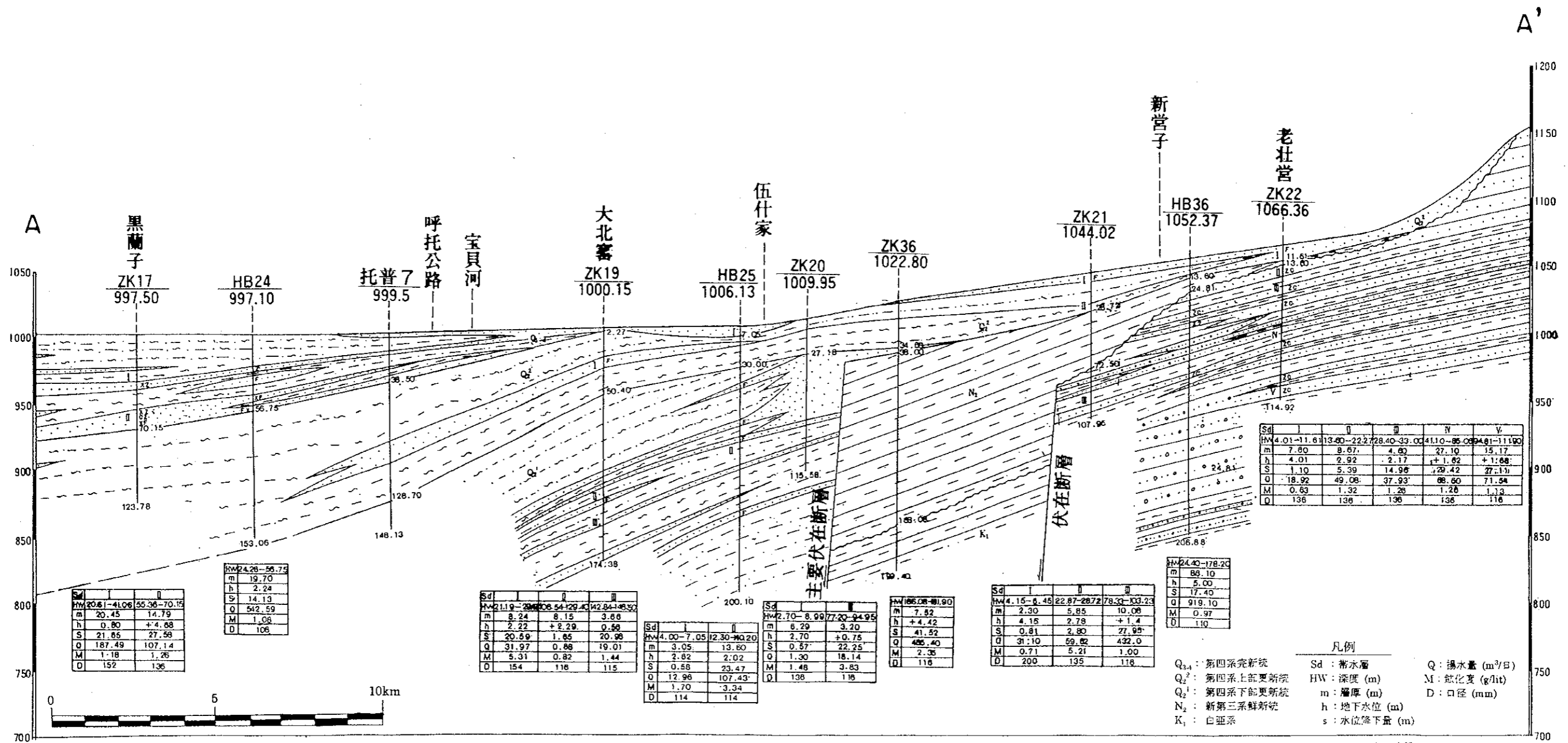


图 4. 1-4 调查地域の水文地质断面图 (A-A')

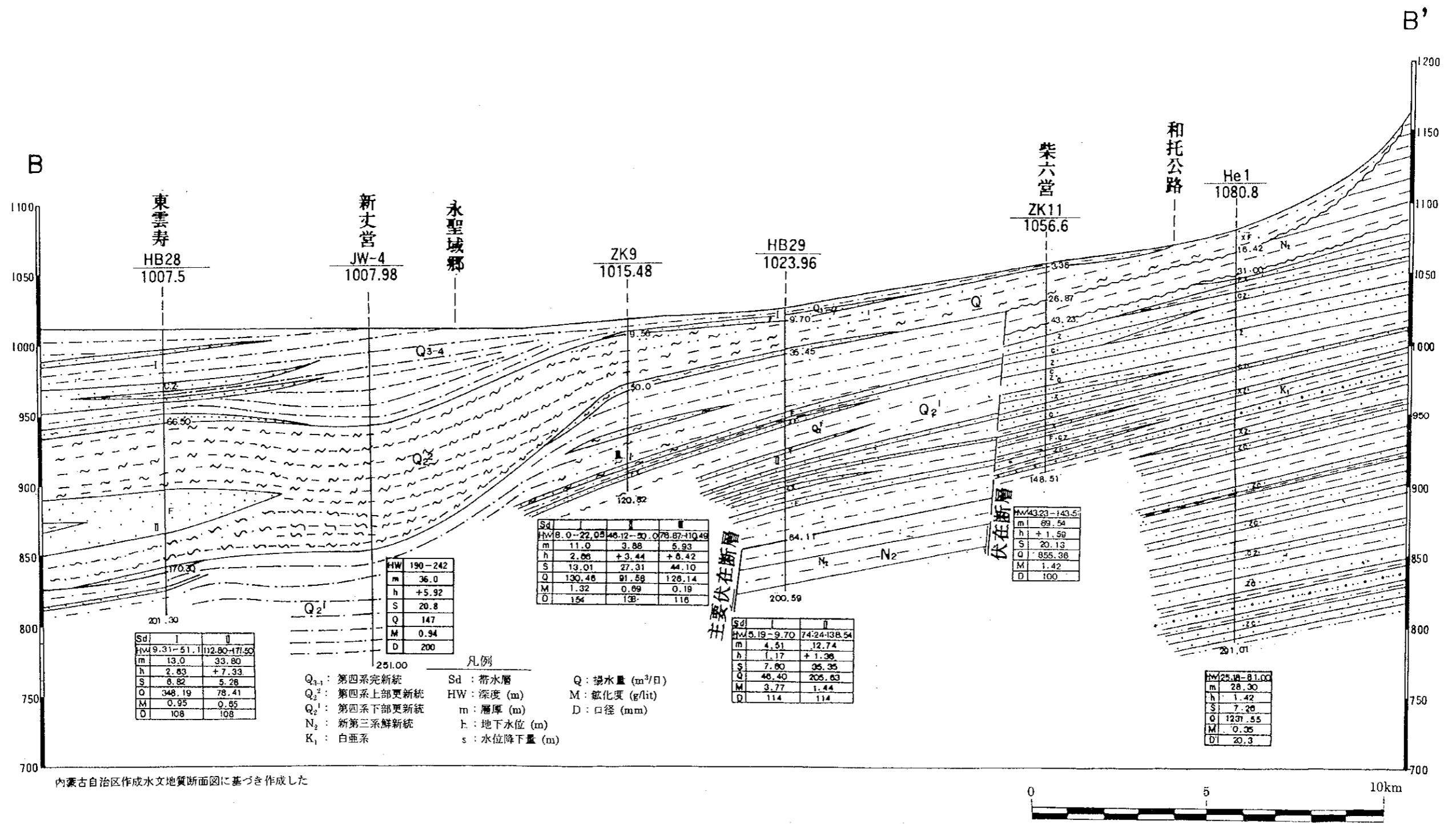


图 4. 1—5 調查地域の水文地質断面図 (B-B')

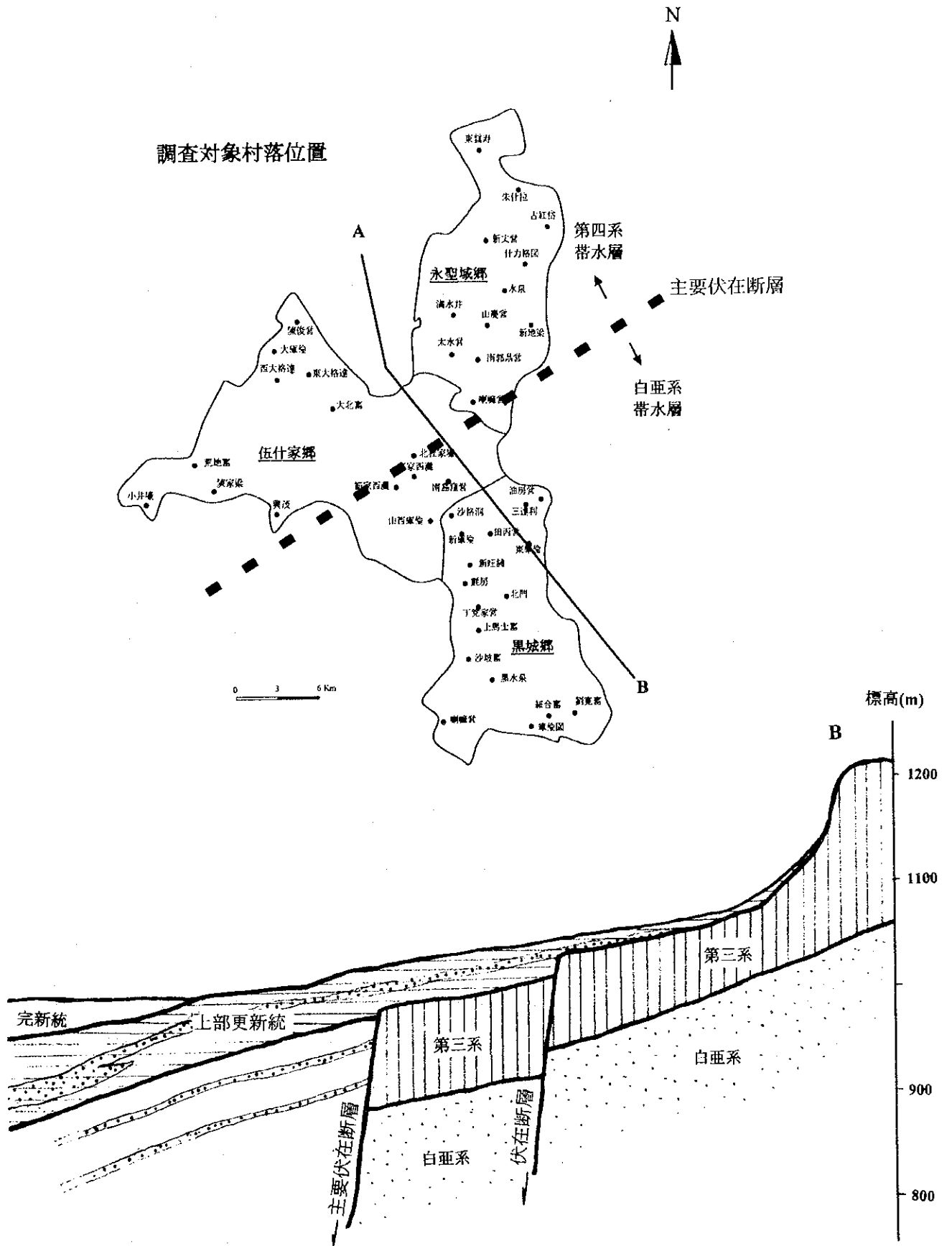


圖 4. 1—6 調查對象地域 模式地質斷面圖

4. 1. 3 地下水面の形状

(1) 浅層不圧地下水

図4. 1-7に1997年4月の観測結果に基づく、浅層不圧地下水位等高線図を示す。この図に示されるように、浅層不圧地下水の水位等高線はほぼ地形面と平行し、地表からの降水涵養の影響を受けていることをうかがわせるが、後述する深層被圧地下水の水面形状とも類似しており、深層被圧地下水からの涵養の可能性も考えられる。

浅層不圧地下水位等高線図に示されるように、浅層不圧地下水面は北西側に1/300程度の動水勾配で傾斜しており、大黒河沿いに地下水面の谷が想定される。このことから、調査地域を流れる浅層地下水は、最終的に大黒河に流出しているものと考えられる。また、浅層不圧地下水の水位は、調査地域を西流する大黒河の支川である沙河、銀号河、缸房河、宝贝河等の自然河川の河床とほぼ一致するか、あるいはわずかに低い程度である。このことから、浅層不圧地下水はこれらの小河川にも流出し、大黒河を通じ最終的に黄河に注いでいるものと判断される。

(2) 深層被圧地下水

図4. 1-8に、深層被圧地下水位等高線図を示す。この図は、1966年から1967年にかけて内蒙古地質鉍産局により行われた、灌漑用水開発計画調査の調査井資料に基づき作成したものである。この図に示される水位等高線（被圧水頭分布）は、1966年から1997年当時の、深層被圧地下水が開発される以前の、自然状態の深層被圧地下水の水頭分布を示すものである。

この図に示されるように、主要伏在断層を境として、その北側の下部更新統帯水層と南側の白亜系帯水層では、地下水等高線の形状が大きく異なる。つまり、南側の白亜系被圧帯水層の水位（水頭）は南側の山地部で高く、北側の平野部および南西を流れる黄河に向かって低くなっており、その動水勾配はおおよそ1/250である。

一方、主要伏在断層北側の下部更新統被圧帯水層の水位等高線は南西方向に向かい傾斜し、その動水勾配はおおよそ1/800と、南側の白亜系被圧帯水層のそれに比べ非常に緩やかになっている。

図4. 1-8に示した深層被圧地下水位等高線図から、調査地域の深層被圧地下水は主として南側の山地から流入し、主要伏在断層以北で北東方向から流れてくる被圧地下水と合流して、最終的に黄河に流出しているものと推定される。

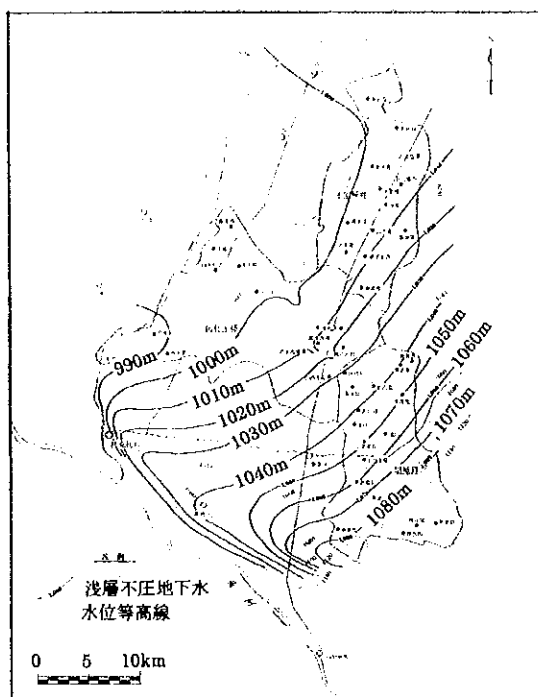


図4. 1-7 浅層不圧地下水水位等高線 (1997年4月測定)

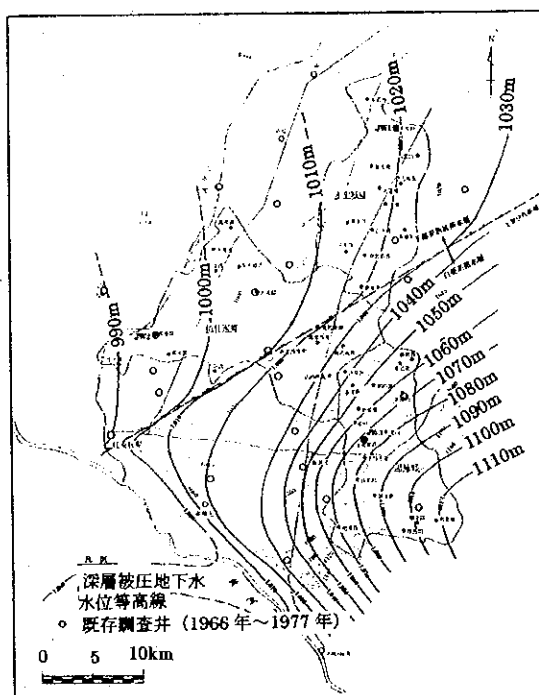


図4. 1-8 深層被圧地下水水位等高線 (1966年~1977年実施の試掘調査結果による)

4. 1. 4 涵養機構の検討

(1) 降水量、蒸発量

図4. 1-9に、托克托県における月別平均降水量と蒸発量を示す。この図は托克托県の気象観測所で、1976年から1996年の21年間にわたって観測された降水量および蒸発量の記録をとりまとめたものである。

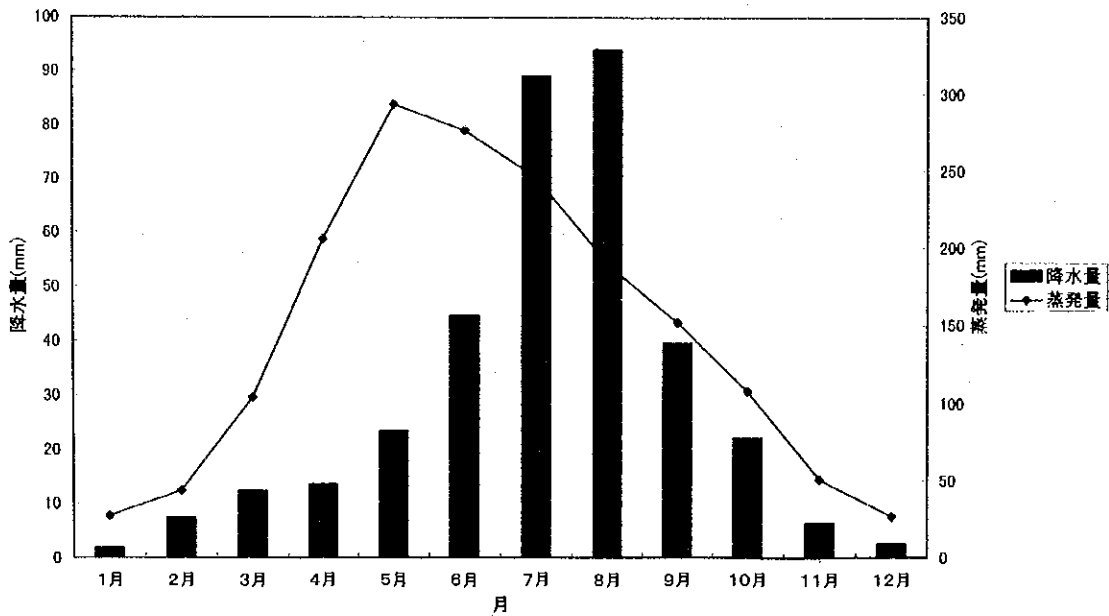


図4. 1-9 托克托県の月別平均降水量と蒸発量 (1976年-1996年)

この図に示されるように、托克托県における降水量は夏季にあたる6月から9月にかけて多く、8月の月平均降水量は90mmを越す。一方、12月から1月にかけての冬期の月平均降水量は5mm以下である。托克托県における21年間の平均年間降水量は、357mmである。

蒸発量に関しては、その最大値は春季にあたる5月から6月に認められ、その最大値は月平均で300mm近くにも及ぶ。蒸発量は冬期にあたる12月から1月にかけて最小となり、月平均20mm以下となる。托克托県における21年間の平均年間蒸発量は、1,721mmである。

図4. 1-9に示すように、調査地域においては、全ての月で月平均蒸発量が月平均降水量を大幅に上回っており、その差が最も大きい5月では、月平均蒸発量は月平均降水量の10倍以上にも及んでいる。その差が最も小さい8月においても、月平均蒸発量は月平均降水量の約2倍となっている。このような気象条件から、調査地域は乾燥地域であると言え

る。調査地域のような乾燥地域においては、降水の地下浸透率が湿潤地域に比べ非常に小さいものと想定され、一般に湿潤地域における降水の地下浸透率が 10%から 20%程度の値をとることから、調査地域の降水の地下浸透率は、5%以下と想定される。

(2) 地下水位変動特性

a) 浅層不圧地下水

調査地域における浅層不圧地下水の水位観測は、1997年4月から翌年3月までの1年間実施した。水位観測は月に1回行い、月の月上旬から中旬にかけて実施した。図4. 1-10に水位観測井戸の位置を示し、図4. 1-11に浅層不圧地下水の水位変動記録を示す。

観測井戸は現在も使用されているため、灌漑用の揚水が多い4月から8月にかけて急激な地下水位の低下が認められる井戸が幾つか認められるものの、全体として水位変動曲線はほぼ平坦であり、地下水位の季節変動はほとんど認められない。

前項の「降水量、蒸発量」で述べたように、調査地域では夏季に降水が多く、冬期に少ないという傾向が明瞭に認められる。浅層不圧地下水の場合、涵養はもっぱら降水によりもたらされることから、その水位は降水量と連動して変化するのが通常である。調査地域の浅層不圧地下水の水位変動が、降水の影響をほとんど受けない理由としては、以下の2点が考えられる。

一前項の「降水量、蒸発量」で述べたように、調査地域では降水の地下浸透率が極端に小さいため、地下水位は降水の影響をほとんど受けない。

一浅層不圧地下水は、水頭の高い深層被圧地下水から涵養を受けている可能性が考えられる。このような場合、降水からの涵養が多くなり浅層地下水の水位が上昇し始めると、深層被圧地下水との水頭差が減少し深層地下水からの涵養が減り、その結果として水位の上昇は抑えられ、逆に降水からの涵養が少なくなり浅層地下水の水位が下降し始めると、深層被圧地下水との水頭差が増大し深層地下水からの涵養が増え、その結果として水位の下降は抑えられることが考えられる。このように下位の被圧帯水層が上位の不圧帯水層の水位変動に対し、これを緩衝するような役目を果している可能性も考えられる。

浅層不圧地下水位が年間を通じてほとんど変動しない理由として、現在のところ、この2つの理由が考えられるが、これらが複合していることも考えられる。

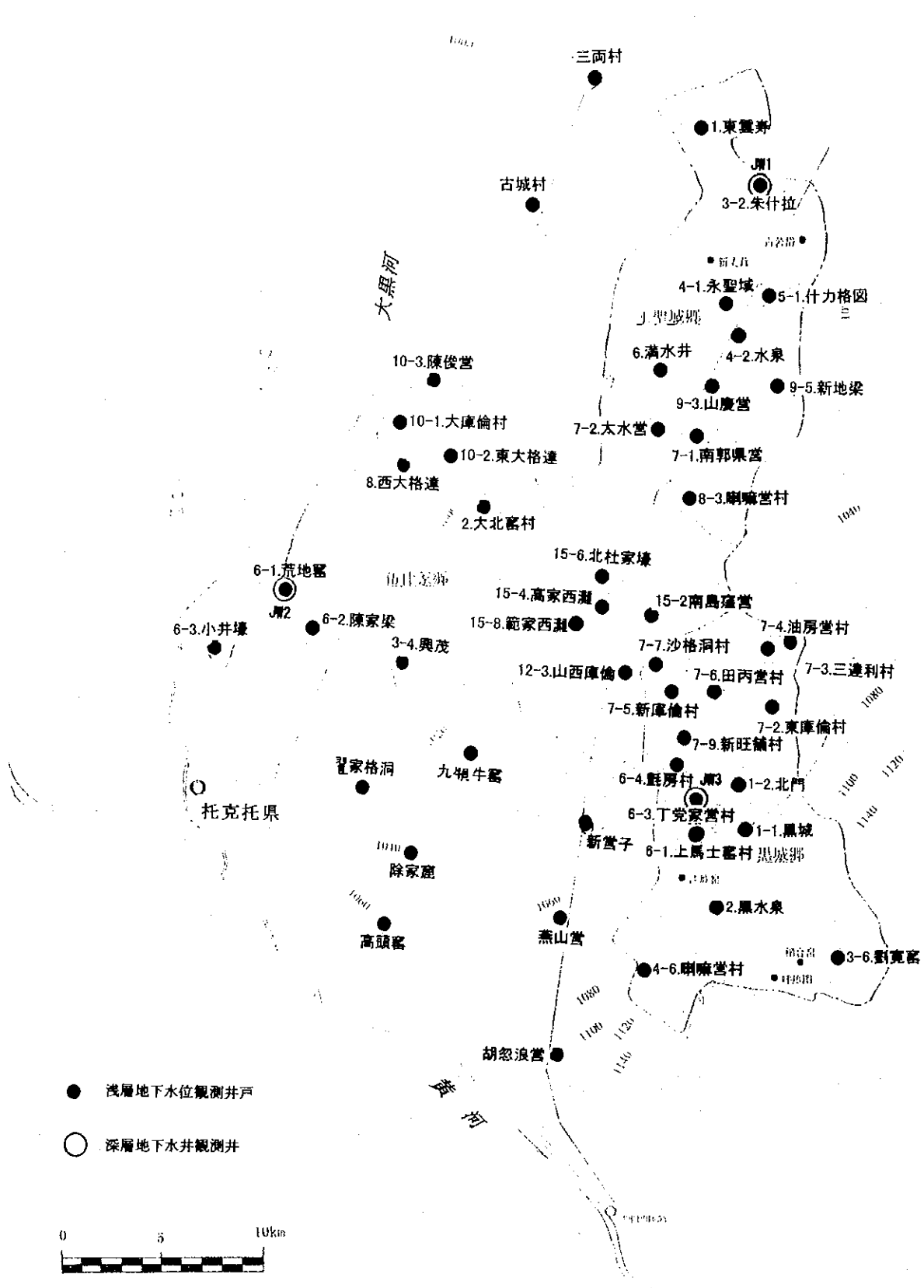


図4. 1-10 地下水位観測井位置図

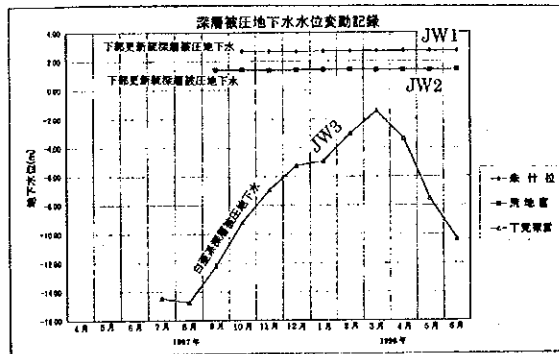
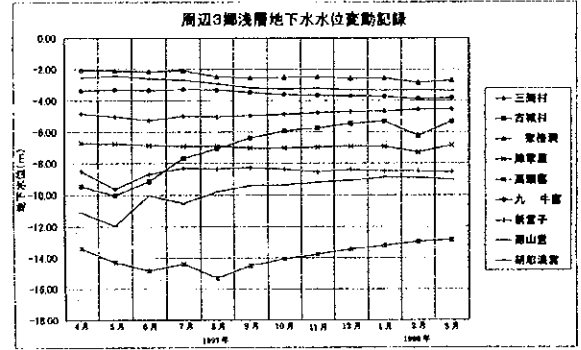
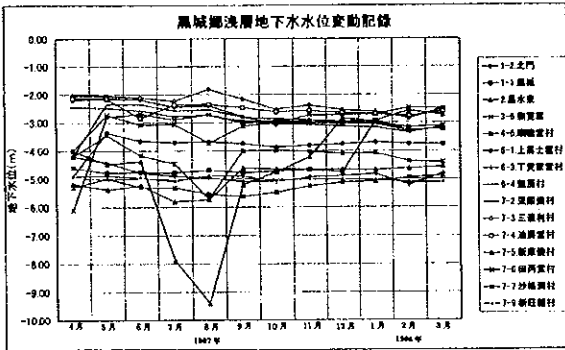
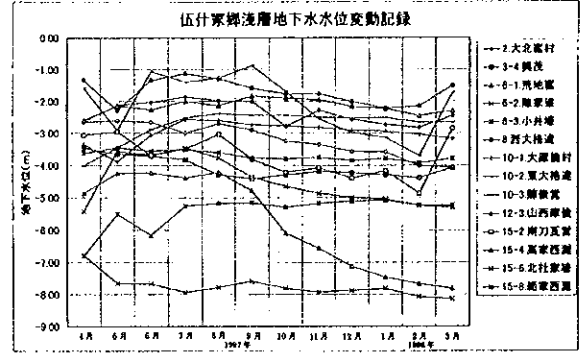
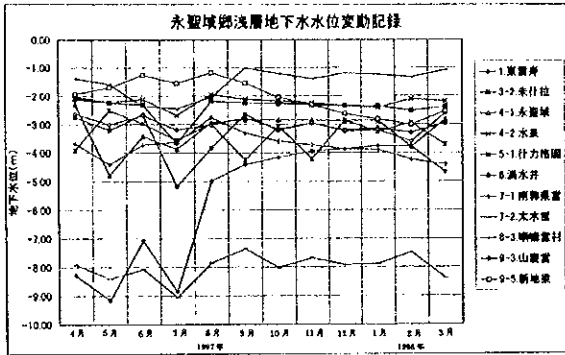


图 4. 1 - 1 1 地下水位變動記錄 (1997年~1998年)

b) 深層被圧地下水

調査地域における深層被圧地下水の水位観測は、1997年に掘削した3本の観測井を用いて、1997年7月から開始し翌年6月まで続行した。水位測定は毎月1回の頻度で行い、水位測定は、自噴地下水の場合は水位測定管を用いて被圧水頭を測定し、自噴しない地下水水位は通常の水位測定器を用いて行った。図4. 1-10に水位観測井戸の位置を示し、図4. 1-11に水位変動記録を示す。

朱什拉村および荒地窰村では、水位変動はほとんど認められず、毎月の変動幅は1cmから3cm程度と非常に僅かで、ほとんど測定誤差の範囲に収まっている。一方、丁党家営の観測井では、年間14m以上の水位変動を示し、最低水位を示すのは7月から8月の夏季であり、最高水位を示す時期は、1月から2月にかけての冬季である。

朱什拉村および荒地窰村付近では、深層被圧帯水層は下部更新統であるため、水質や水量の問題があり、深層地下水の開発はほとんど行われていないが、丁党家営村付近には水質、水量ともに良好な白亜系帯水層が広く分布しているため、灌漑のための深層地下水開発が盛んに行われている。丁党家営村での水位変動を見ると、灌漑用に地下水の揚水が集中的に行われる春から夏（4月から8月）にかけての農繁期で地下水位が低下し、灌漑が行われない秋から冬にかけて地下水位が上昇している。

このことから、丁党家営村での水位変動は、灌漑用の深層地下水揚水に伴う、人為的な影響によるものと判断される。このような人為的な影響が無い場合には、深層地下水はほとんど涵養を受けていないと想定されることから、朱什拉村および荒地窰村と同様に、水位変動はほとんど無いものと推測される。

(3) 地下水の涵養機構

a) 浅層不圧地下水

調査地域の浅層不圧地下水は、これまで述べてきたように、気象条件や地下水位変動特性から、一般的な浅層不圧地下水と異なり、降水からの涵養はそれほど多くはないと想定され、その量は降水量の5%以下であろうと推定される。

一方、浅層不圧地下水の水位は、下位の被圧地下水よりも数メートル低いことから、被圧地下水から上方に向かう漏水涵養を受けていることが想定され、浅層不圧地下水と深層被圧地下水が混合している可能性が考えられる。このような地下水の混合は、浅層不圧地下水の主要イオン組成が、非常に多様性に富んでいることからもうかがえる（補助報告書「B. 水文地質的水質検討」参照）。

b) 深層被圧地下水

炭素14分析の結果、調査地域の被圧地下水の年代は1万年から2万年以前と推定され、降水等の新しい水の涵養を受けていない、現在の水循環から隔離された古い地下水であると判定され、本調査で行ったトリチウム分析結果も、このことを裏付けている（補助報告

書「B. 水文地質的水質検討」参照)。

この他に、炭素 14 分析の結果で注目すべき点は、調査地域における深層被圧地下水の年代が、主要伏在断層以北の下部更新統帯水層の地下水と、以南の白亜系帯水層の地下水で年代が若干異なり、白亜系地下水と下部更新統地下水とでは涵養源や涵養機構が異なることが推察される。

深層被圧地下水の地下水面の形状から、調査地域の深層被圧地下水には、白亜系帯水層中を南側の山地から流入する流れと、主要伏在断層以北で下部更新統帯水層中を北東方向から流れてくる2つの流れが推定されることを述べた。前述したように、今回の炭素 14 分析による地下水年代測定の結果からもこのことが推論され、同じ深層被圧帯水層であっても、南側の白亜系帯水層と北側の上部更新統帯水層では、次の図に示す様に地下水の流れが異なっていると判断される。

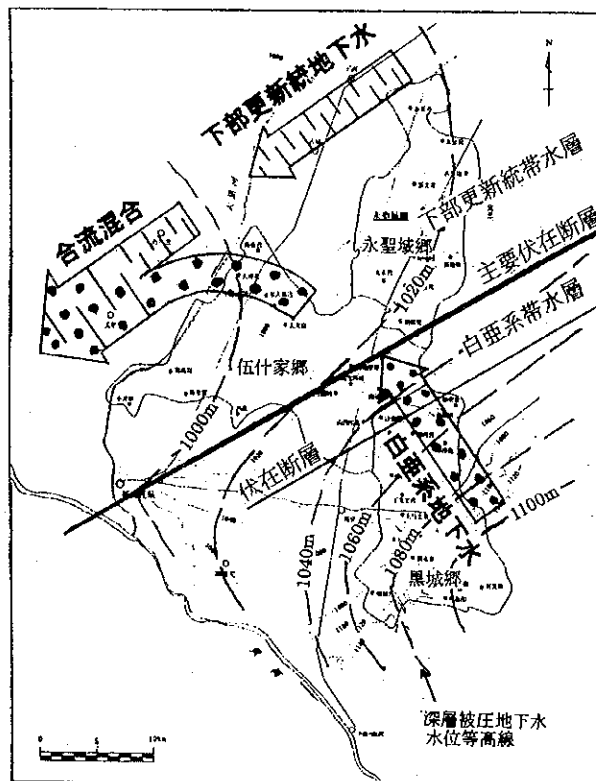


図4. 1-12 深層被圧地下水の流動模式図

4. 2 地下水賦存量の量的検討

4. 2. 1 水文地質モデルの構築

地下水解析の領域を鳥瞰図として図4. 2-1に示す。この図に示すように、解析対象領域は、調査対象地域の3郷全域をカバーするように設定した。

(1) 帯水層の構造

水文地質構造の検討の項で述べたように、地下水解析に用いる層構造は図4. 2-2に示すように、完新統（浅層不圧帯水層）、更新統上部層および第三系（加圧層、南部で浅層不圧帯水層となる）、更新統下部層および白亜系（深層被圧帯水層）、不透水性基盤の4層構造とした。

更新統下部層は主要伏在断層以北で急激に層厚が増し、これを単層として取り扱い地下水解析を実施した場合、計算精度問題が大きく生ずることから、白亜系帯水層の底面である標高400mで2層に区分した。この結果図4. 2-2に示すように、標高400m以上の白亜系および更新統下部層を第3層とし、主要伏在断層以北に分布する標高400m以下の更新統下部層を第4層とし、不透水性基盤を第5層とする5層構造を設定した。なお、第4層の更新統下部層と第5層には同様の水理定数を与えるものとした。以下の表に、地下水解析のための帯水層区分を示す。

表4. 2-1 帯水層区分

帯水層区分	地質区分	帯水層特性
第1層	完新統	浅層不圧帯水層
第2層	上部更新統、第三紀系	加圧層
第3層	白亜系、下部更新統	深層被圧帯水層
第4層	下部更新統	深層被圧帯水層
第5層	三疊系、火成岩、変成岩等	不透水性基盤

不透水性基盤に関しては、既存地質柱状図等の資料はほとんど無いが、調査地域周辺での白亜系の層厚は、既存資料（内蒙古地質史、内蒙古地質鉱産庁編纂）によると450m程度との記述があり、その下位には三疊系が分布するとされている。このため、主要伏在断層以南に分布する白亜系の厚さを450mから500m程度と想定し、標高400mに白亜系帯水層の不透水性基盤面を設定した。

主要伏在断層以北においては、火成岩や変成岩が第四系の基盤岩となっており、調査地域における基盤岩の深さに関する具体的な資料は無いが、調査地域の位置する呼包平原野では、基盤岩の深さが2,000m以上にも達すると報告されていることから（内蒙古地質史）、標高-1,600mに不透水性基盤面を設定した。

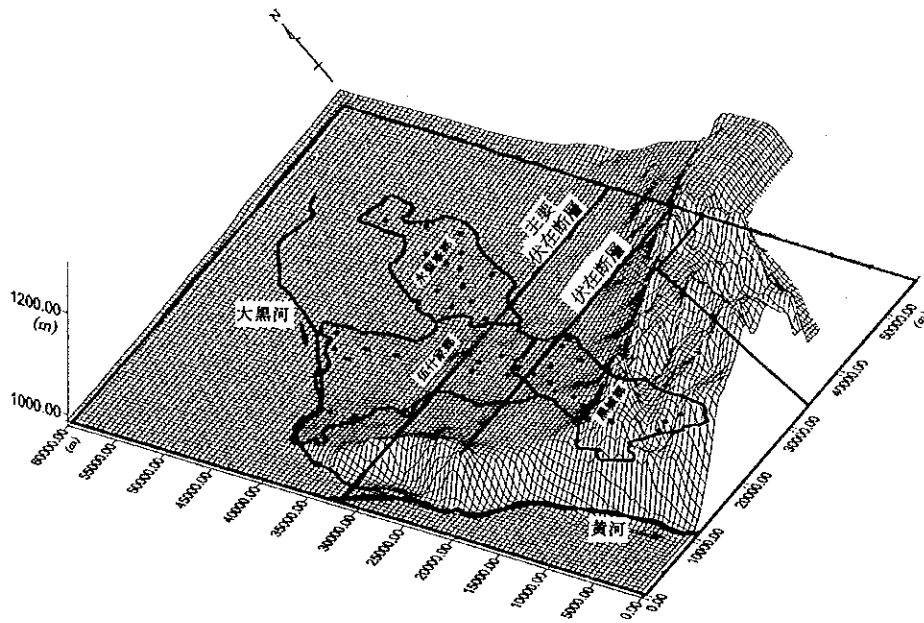


図4. 2-1 地下水解析対象領域鳥瞰図

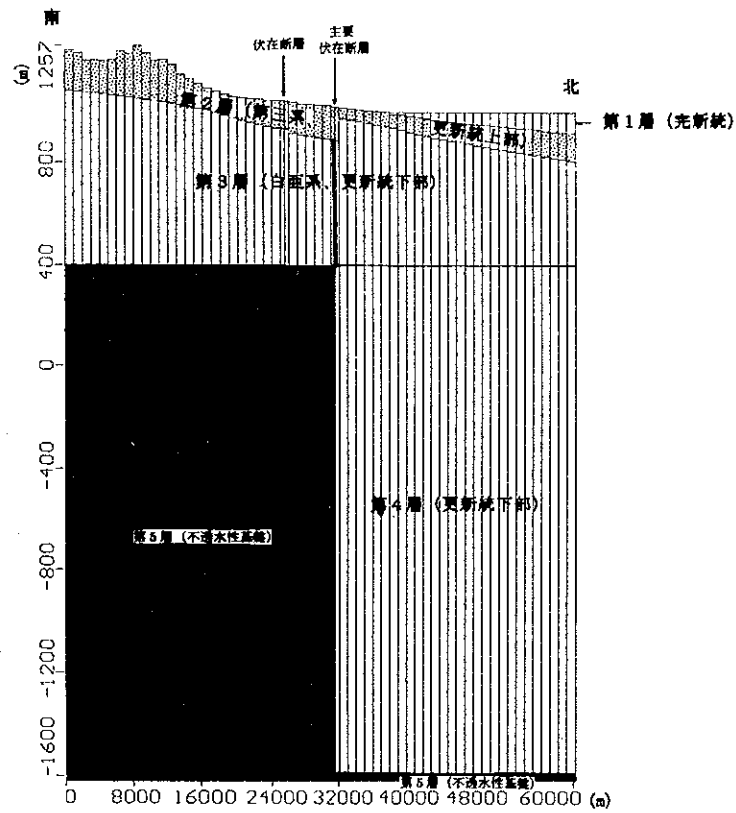


図4. 2-2 帯水層構造模式断面図 (中央部、南北方向)

「水文地質構造の検討」で示した水文地質断面図に基づき作成した、浅層不圧帯水層である第1層の底面標高等高線を図4. 2-3に示す。この図に示すように、第1層（完新統帯水層）の下面は北西方向に向かい1/300程度の緩い勾配で傾斜している。また、第3層の加圧層となっている第2層の下面（第3層の上面）は、図4. 2-4に示すように2本の伏在断層により階段状に低くなりながら、1/200程度の勾配で北西方向に傾斜している。

(2) 地下水の既開発量

調査地域周辺では、生活用水および農業用水として既に地下水開発が進んでおり、地下水解析を行なう際の重要な入力項目となる。調査地域の地下水揚水量分布図を、図4. 2-5に示す。

生活用水用の地下水開発量算定は、今回の調査で実施した村落実態調査で明らかになった各村落毎の戸別揚水原単位（家畜用水も含む）に基づき行なった。深井戸により給水事業が行なわれている村落については深層被圧帯水層（第3層）からの揚水とし、給水事業が実施されていない村落については浅層不圧帯水層（第1層）および難透水層（第2層）からの揚水とした。

農業用水用の地下水開発量は、托克托県水利局の資料に基づき算定した。農業用井戸については、地質情報や井戸構造の記録がほとんど残されていないため、本調査で検討した水文地質構造に基づき、深度100m以上の井戸は深層被圧帯水層（第3層）からの揚水とし、これより浅い井戸は浅層不圧帯水層（第1層）および難透水層（第2層）からの揚水とした。

調査地域の深層被圧地下水の開発は、農業用水の開発を主目的としており、開発が開始された時期は十数年前の1980年代初頭であり、開発の歴史は浅い。一方、浅層不圧地下水の利用目的は主に生活用水であることから、深層被圧地下水の開発に比べ、かなり以前から開発されていたと想定される。

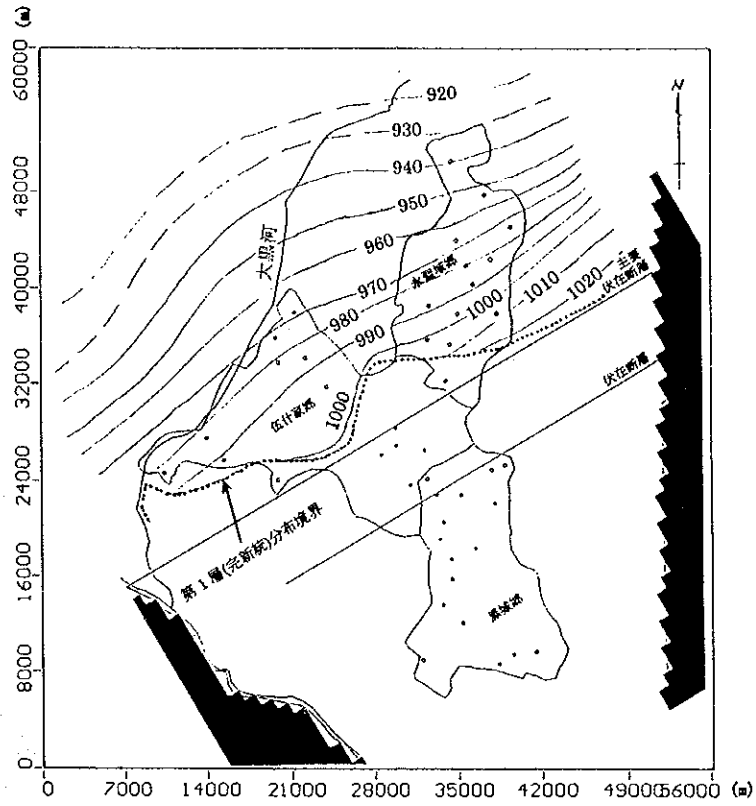


图 4. 2-3 第 1 層 (全新統) 底面標高等高線圖

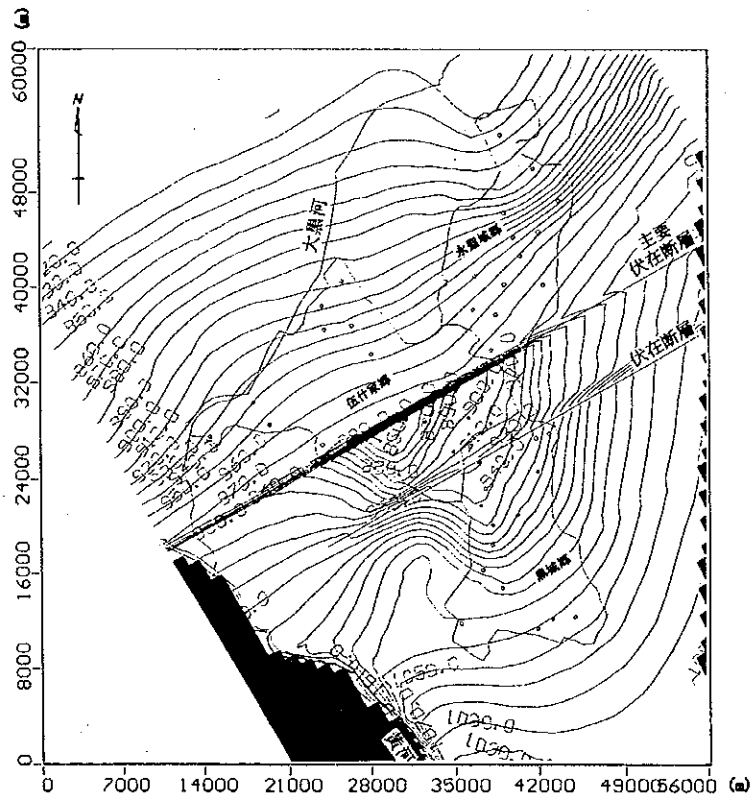


图 4. 2-4 第 2 層 (第三系、上部更新統) 底面標高等高線圖

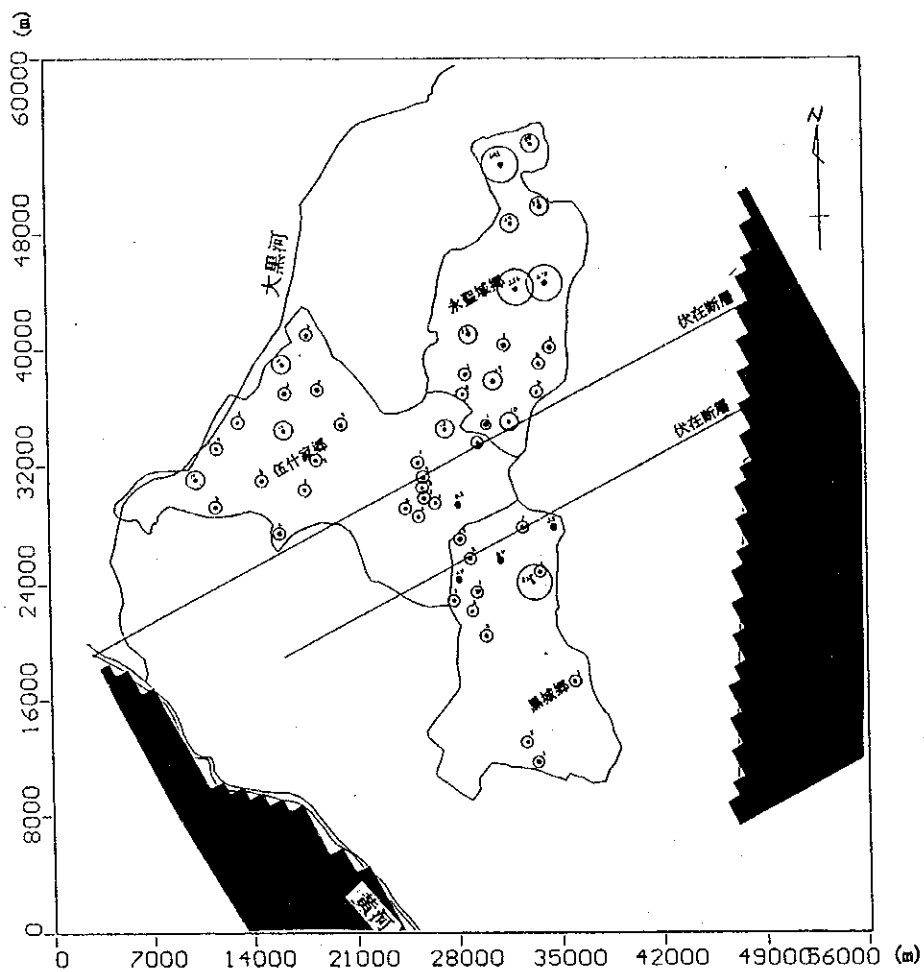


图 4. 2 - 5 地下水揚水量分布图

4. 2. 2 地下水賦存量の量的評価

ここでは、補助報告書「E. 地下水解析」に示した地下水浸透流解析の結果に基づき、調査地域 3 郷における概略の地下水の水収支を検討し、地下水の水質を考慮しない地下水賦存量（地下水開発可能量）の量的評価を行なう。

(1) 地下水水収支の検討

地下水浸透流解析により求められた、深層被圧地下水開発以前の自然状態地下水水収支と、深層被圧地下水開発後の現況地下水水収支をそれぞれ以下の表に示す。この計算水収支は、調査地域である 3 郷についての値であり、周辺地域は含まれない。

表 4. 2-2 深層被圧地下水開発以前の自然状態地下水水収支

(第 1 段階浸透流解析結果より)

帯水層	涵養量 (MCM/年)					流出量 (MCM/年)					
	地表から	上層から	下層から	側方から	計	河川へ	上層へ	下層へ	側方へ	揚水	計
第 1 層	3.4	0	1.8	6.3	11.5	4.8	0	0	5.2*	1.5	11.5
第 2 層	1.6	0	1.6	1.2	4.4	1.4	1.8	0.2	0.9	0.1	4.4
第 3 層	0	0.2	0.8	10.8	11.8	0	1.6	1.2	9.0	0	11.8
第 4 層	0	1.2	0	19.0	20.2	0	0.8	0	19.4	0	20.2
計	5.0	1.4	4.2	37.3	47.9	6.2	4.2	1.4	34.5	1.6	47.9

*)大黒河へ流出 MCM：百万 m³

表 4. 2-3 深層被圧地下水開発後の現況地下水水収支

(第 2 段階浸透流解析結果より)

帯水層	涵養量 (MCM/年)					流出量 (MCM/年)					
	地表から	上層から	下層から	側方から	計	河川へ	上層へ	下層へ	側方へ	揚水	計
第 1 層	3.4	0	1.4	6.3	11.1	4.5	0	0	5.1*	1.5	11.1
第 2 層	1.6	0	0.8	1.2	3.6	0.3	1.4	1.2	0.6	0.1	3.6
第 3 層	0	1.2	1.8	10.8	13.8	0	0.8	0.8	6.6	5.6	13.8
第 4 層	0	0.4	0	19.0	19.4	0	1.2	0	18.2	0	19.4
計	5.0	1.6	4.0	37.3	47.9	4.7	3.4	2.0	30.6	7.2	47.9

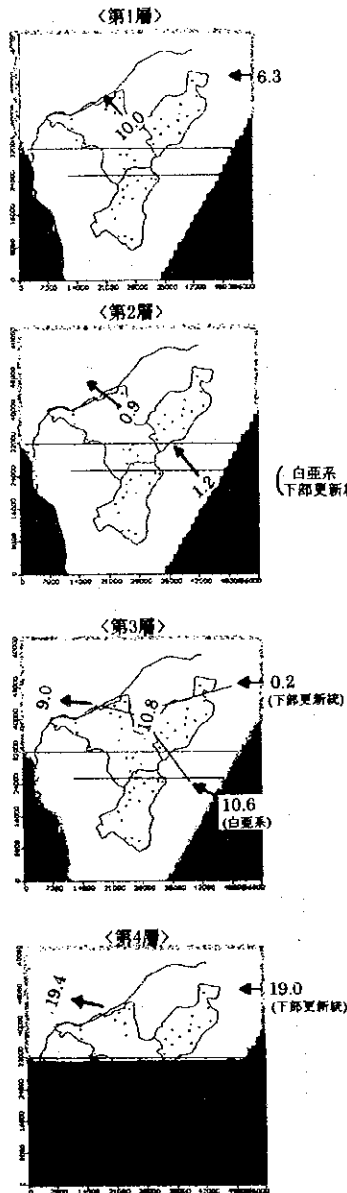
*)大黒河へ流出 MCM：百万 m³

上の 2 表に示すように、調査地域 3 郷全体での地下水涵養量の総量は、約 48MCM/年と算定される。その内、浅層不圧地下水（第 1 層および第 2 層地下水）の現況における涵養量は、約 15MCM/年と算定され、深層被圧地下水（第 3 層）の涵養量は、約 14MCM/年と算定される。

上の 2 表を比較した場合、深層被圧地下水（第 3 層地下水）を開発しても、調査地域で

の地下水涵養量の総量は変化しないが、第3層へ上位の第2層と下位の第4層から地下水が流入し、第3層の涵養量が相対的に増え、逆に他の層の涵養量が相対的に減少することが判明する。この関係を模式的に図4. 2-6および図4. 2-7に示す。

側方の流入・流出収支 (MCM/年)



水収支断面 (MCM/年)

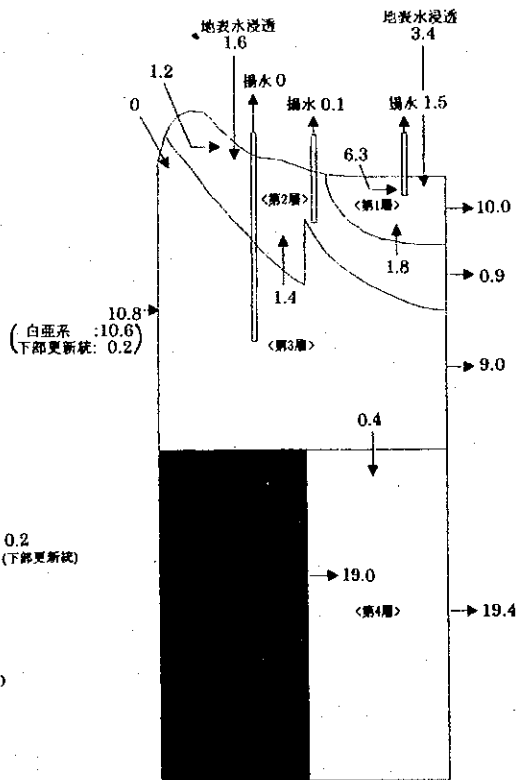
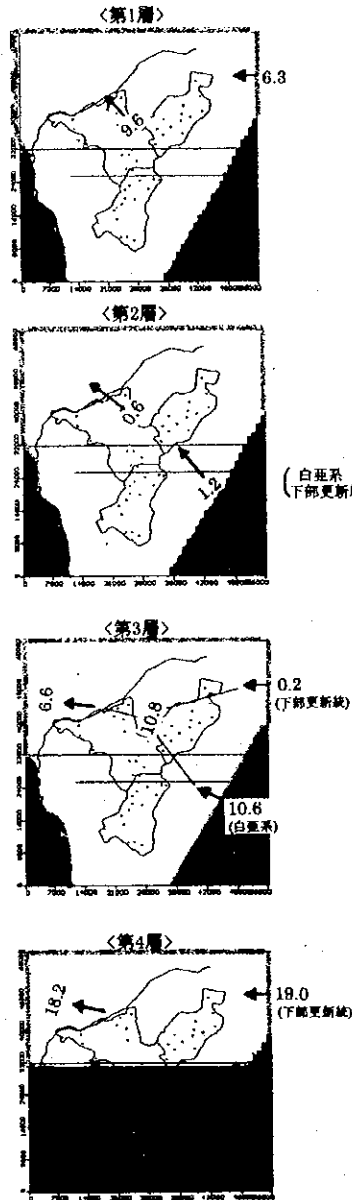


図4. 2-6 深層被圧地下水開発以前の地下水水収支模式図

側方の流入・流出収支 (MCM/年)



水収支断面 (MCM/年)

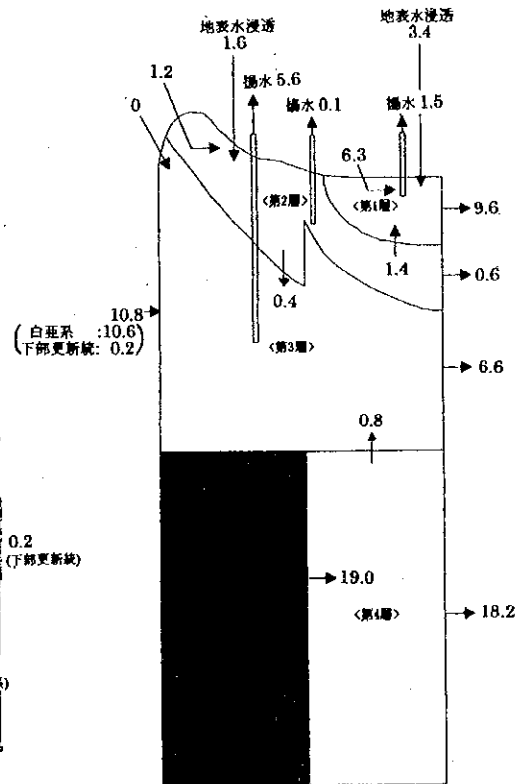


図4. 2-7 深層被圧地下水開発後の地下水水収支模式図

これらの図に示されるように、第3層の深層被圧地下水を開発する以前の自然状態では、第3層の被圧水頭が上下の層よりも高いことから、第3層から上位の第2層へ1.4MCM/年、下位の第4層へは0.4MCM/年の地下水が漏水補給されていた。しかし、1980年代初頭に第3層被圧地下水の開発が開始されると、第3層の地下水頭が減少し始め、現在では第3層は逆に上下層より漏水補給を受ける帯水層となり、上位の第2層から0.4MCM/年、下位の第4層からは1.0MCM/年程度の地下水が流入していると想定される。今後更に深層被圧地下水の開発が進むと、これに伴い上下層からの漏水補給が増えていくものと予想される。

(2) 量的な面からの地下水開発可能量の検討

調査地域の水文地質特性および地下水の水質特性から、調査地域における地下水開発可能量（持続的開発可能量）を検討する際には、開発に伴う水質の変化が極めて重要な開発制限要素となり、開発に伴う水質変化予測を行なう必要がある。これについては、次の章で検討するものとし、ここでは水質の変化を考慮せず、量的な側面から調査地域の地下水開発可能量を概略検討する。

以上の方針に従い、ここでは今後地下水開発の対象となる第1層と第2層中の浅層不圧地下水および第3層深層被圧地下水の開発可能量につき検討する。なお、第4層については、帯水層の深度が地表から600m以上にも及び、本層での地下水開発が困難であるとの判断から、検討から除外した。

a) 浅層不圧地下水

前項で述べたとおり、浅層不圧地下水が賦存する第1層および第2層の涵養量は15MCM/年と算定され、浅層不圧地下水の既開発量は1.6MCM/年である。このことから、浅層不圧地下水に関しては、涵養量のわずか10%程度しか開発されていないと判定される。

一般的に、地下水の開発可能量（持続的開発可能量）は、その涵養量の30%から80%程度とされ、可能量を超過して開発した場合には、過剰揚水による広域的な地下水低下が引き起こされる。開発可能量は帯水層の透水性により、その涵養量に対する割合が決まる。第1層および第2層は泥質な堆積物が優勢で、その透水性は一般の帯水層よりも低いと判定されることから、開発可能量としては涵養量の40%から50%程度の割合が妥当と考えられる。

以上のことから、浅層不圧地下水の開発可能量は6.0MCM/年から7.5MCM/年程度と想定され、既地下水開発量を差し引くと、量的な面からは今後4.6MCM/年から5.9MCM/年程度の開発は可能と想定される。

今後の浅層不圧地下水の開発にあたっては、「今後第3層の深層地下水が開発されると、浅層不圧地下水の地下浸透量が増加し、涵養量が減少する」、「浅層不圧地下水を開発すると必然的に河川（沙河、銀号河等）に流れ込む水量が減り、河川流量が減少する」、「浅層不圧地下水は一般にフッ素濃度が高く、生活用水としての利用が困難である」等の諸条件を考慮し、水量（地下水位や河川流量）および水質（特にフッ素）の両面から注意深く監視していく必要がある。

b) 深層被圧地下水

深層被圧地下水が賦存する第3層の現況涵養量は14.0MCM/年と算定され、深層被圧地下水の既開発量は5.6MCM/年である。このことから、深層被圧地下水に関しては、涵養量の約40%が既に開発されていると判断される。

前述したように、深層被圧地下水には、調査地域の南側に分布する白亜系帯水層に賦存されるものと、調査地域の北側に分布する下部更新統帯水層に賦存されるものがあり、両者の涵養源や流動方向が異なると考えられる。したがって、深層被圧地下水の開発可能量を、白亜系帯水層と下部更新統帯水層に分けて検討する。

(a) 白亜系帯水層

図4. 2-7に示されるように、第3層に側方から流入する白亜系地下水の量は約10.6MCM/年であり、この水量に上層からの漏水補給が加わるものの（白亜系の下位層はモデル上不透水性基盤としていることから下層からの漏水補給は無い）、その量は第3層全体で0.4MCM/年と少なく、基本的にこの10.6MCM/年の側方流入量が白亜系地下水の涵養量と想定される。この量は、第3層の全体涵養量である13.8MCM/年の77%を占める。

白亜系地下水の開発は、黒城郷および伍什家郷の南部で行われており、その総量は5.4MCM/年である。このことから、白亜系地下水に関しては、涵養量の約50%が既に開発されていることとなる。

白亜系帯水層の透水係数は、既存井戸資料や観測井での揚水試験結果から、一般的な帯水層よりも高いと判定され、涵養量の60%から70%程度の開発は可能と想定される。このことから、白亜系深層被圧地下水の開発可能量は6.4MCM/年から7.4MCM/年程度と想定され、既地下水開発量を差し引くと、量的な面から見て、今後1.0MCM/年から2.0MCM/年程度の開発は可能と想定される。

ただし、白亜系の深層被圧地下水の開発にあたっては、「白亜系地下水を開発した際、開発の程度によっては、フッ素を高濃度に含んだ上位の浅層不圧地下水を大量に引き込み、将来水質が悪化することが懸念される」と言った問題がある。この問題に対しては、次の章で検討する。

(b) 下部更新統帯水層

下部更新統地下水の涵養量は、第3層全体の涵養量から上述の白亜系地下水の涵養量を差し引いたものであり、その量は約3.2MCM/年と算定される。この量は、第3層の全体涵養量である13.8MCM/年の23%を占める。

下部更新統地下水の開発は、永聖城郷および伍什家郷の北部で行われており、その総量は0.2MCM/年と、白亜系地下水に比べ非常に少ない。このように、下部更新統地下水に関しては、涵養量の約6%しか開発されていないこととなる。

下部更新統帯水層の透水係数は、その層相が第1層および第2層と同様に泥質で

あることから、その透水性は一般の帯水層よりも低いと判定され、開発可能量としては涵養量の40%から50%程度の割合が妥当と考えられる。このことから、下部更新統深層被圧地下水の開発可能量は1.3MCM/年から1.6MCM/年程度と想定され、既地下水開発量を差し引くと、量的な面からは今後1.1MCM/年から1.4MCM/年程度の開発は可能と想定される。

ただし、下部更新統の深層被圧地下水の開発にあたっては、「下部更新統帯水層は、広範囲にわたって高フッ素濃度の地下水を含んでおり、開発可能地域がきわめて狭い範囲に限定される」、「永聖域郷の新丈営村以北では、下部更新統地下水の中に高濃度の砒素が含まれ、生活用水用の地下水開発ができない」、「下部更新統帯水層中に狭い範囲で分布する水質の良好な地域においても、揚水量によっては周辺域からフッ素や砒素に汚染された地下水を引き込み、将来水質が悪化する恐れがある」等の問題がある。これらの問題に対しては、次の章で検討する。

c) 量的な観点からの地下水開発可能量のまとめ

以上に述べた、地下水の涵養量から想定される調査地域における、水質を考慮しない、地下水の開発可能量計算結果を、次の表に取りまとめる。

表4. 2-4 水質を考慮しない場合の調査地域の地下水開発可能量算定結果

地下水	帯水層	地下水涵養量(MCM/年)	涵養量に対する開発可能量の割合(%)	地下水開発可能量(MCM/年)	既往地下水開発量(MCM/年)	将来の地下水開発可能量(MCM/年)
浅層不圧地下水	第1層および第2層	15.0	40-50	6.0-7.5	1.6	4.4-5.9
深層被圧地下水	第3層白亜系帯水層	10.6	60-70	6.4-7.4	5.4	1.0-2.0
	第3層下部更新統帯水層	3.2	40-50	1.3-1.6	0.2	1.1-1.4
合計	—	28.8	—	13.7-16.5	7.2	6.5-9.3

注) 本表に示した地下水開発可能量は、地下水の水質を考慮せずに地下水涵養量の面から算定したものである

4. 3 地下水賦存量の質的検討

4. 2章で示した地下水開発可能量は、地下水の水質を考慮せずに地下水涵養量の面から推算したものである。既存調査資料や今回の調査で実施した試掘調査井での水質分析の結果、調査地域の浅層地下水のほとんど全てがフッ素濃度が高く飲料水には適さず、また主要伏在断層以北に分布する下部更新統深層被圧地下水は、一部を除き砒素あるいはフッ素濃度が高く、飲料水には適さないことが明らかになっている。

また、ガンジス川の河口部のデルタ地帯における、地下水ヒ素汚染のように、地下水の開発に伴って地下水のヒ素濃度が上昇したとされる事例もあることから、地下水の開発に伴う水質変化についても検討を加える必要がある。

このように、水質を考慮すると、生活用水として開発できうる地下水の量は、前章の表4. 2-4に示した地下水開発可能総量である6.5MCM/年から9.3MCM/年を、大きく下回るものと判断される。本章では、地下水水質の分布および地下水開発に伴う水質変化について検討を行い、水質の面からの地下水開発可能量の算定を行う。

4. 3. 1 地下水の水質分布

補助報告書「水質調査」で述べているように、調査地域における地下水の水質の問題は、地下水に含まれるフッ素およびヒ素に集約される。

本調査では、調査対象地域における代表的井戸を、浅層不圧帯水層と被圧帯水層との二種類に分類し、地下水中フッ素およびヒ素濃度の分布を検討した。図4. 3-1～図4. 3-4は調査対象地域における地下水（不圧地下水と被圧地下水）中のフッ素とヒ素濃度の分布図である。これらの分布図の作成に利用したデータには、下記のものを含む。

- a. 第1次現地調査で行った既存井戸水質調査結果（不圧地下水と被圧地下水の分類を見直したもの）
- b. 第1次現地調査で行った試掘井戸水質分析結果（合計3本）
- c. 第2次現地調査で行った試掘井戸水質分析結果（合計7本）
- d. 第2次現地調査で行った既存井戸追加水質調査結果（永聖域と伍什家2郷における改水井戸12本）
- e. 調査対象区域に隣接する古城郷、五申郷と乃之蓋郷における深井戸の水質分析結果（合計4本）

(1) 浅層不圧帯水層におけるフッ素濃度の分布

図4. 3-1に示すように、永聖城郷北側の東雲寿村と南的力図村、伍什家郷南西部の小井壕村、黒城郷黒水泉村以南の区域を除き、調査対象地域におけるほとんどの浅井戸（不圧地下水）のフッ素濃度が、WHO 飲料水水質基準値 1.5mg/L を超えている。（中国の農村生活飲料水衛生基準一級は 1.0mg/L、三級は 1.5mg/L となっている）。特に伍什家郷西部に 6.0mg/L を超えるフッ素濃度のピーク、また伍什家郷南部と永聖城郷南部に 5.0mg/L を超えるフッ素濃度のピークが認められる。

(2) 深層被圧帯水層におけるフッ素濃度の分布

図4. 3-2に示すように、被圧帯水層について伍什家郷の北部にフッ素濃度が 6.0mg/L を超えるピークが存在し、これを中心にフッ素濃度が広がり、1.5mg/L の等濃度線が伍什家郷のほぼ全域と永聖城郷南西部を覆っている。本調査で行った水文地質調査の結果、伍什家郷南部地域を横断する、北東-南西方向の主要断層が伏在していることが確認された。図に示すように、伍什家郷の区域内の 1.5mg/L のフッ素等濃度線がほぼ同断層と一致している。即ち断層の北側では深層地下水までフッ素汚染が進行しているが、断層の南側の深層帯水層には、フッ素汚染がほとんど及んでいない。また、永聖城郷北東部の黒沙図村、什力格図村、新丈営村付近が 1.0mg/L のフッ素等濃度線上にあり、この東側の地域ではフッ素濃度が非常に低くなっている。第2次現地調査で掘削した、水質が良好でかつ水量が豊富な新地梁村試掘井は、この地域に位置する。

(3) 浅層不圧帯水層におけるヒ素濃度の分布

浅層不圧帯水層に属す井戸の内、永聖城郷朱什拉村における手掘り井戸から、飲料水水質基準値 0.05mg/L (50ppb) を超えるヒ素濃度が検出された。図4. 3-3に示すように、朱什拉村の周りを除いて、調査対象地域における浅層不圧帯水層ではヒ素による水質汚染がほとんど認められない。

(4) 深層被圧帯水層におけるヒ素濃度の分布

深層被圧帯水層について、第1次現地調査で掘削した朱什拉村での試掘調査井戸と、伍什家郷北西部で掘削された数箇所の深井戸から、基準値を超えるヒ素濃度が検出された。永聖城郷と伍什家郷に隣接する3郷の深井戸からも、100~200ppb もの高いヒ素濃度が検出されていることから、図4. 3-4に示すように調査対象区域の北と北西側に、ヒ素による水質汚染区域が存在しているものと判断される。内モンゴル自治区水文地質工程地質隊が1985年に行った広域地下水調査の結果によると、本調査対象地域の北と北西部に隣接する区域がヒ素汚染区として示されていることから、その影響が本調査対象地域に及んでいるものと考えられる。

(5) 調査対象区域における地下水水質の総合評価

以上(1)～(4)で述べたフッ素とヒ素に関する水質分布から、調査対象地域における地下水を飲料水の水源とした場合の、その利用と開発の可能性について、以下のように評価する。

- 1) 調査対象区域における浅層不圧地下水は、ほとんどの村でフッ素濃度が水質基準値を超えているため、飲料水としての利用が不適である。
- 2) 伍什家郷の主要伏在断層以北の区域における深層被圧地下水は、フッ素或いはフッ素とヒ素両方ともに水質基準値を超えているため、飲料水としての利用と開発が不適であるが、断層以南の区域ではフッ素とヒ素ともに水質基準値以下となっているため、飲料水の水源として利用と開発が可能である。
- 3) 永聖城郷の一部の限られた地域（新地梁村を中心とした黒沙図村以東、什力格図村以南の地域）では、深層被圧地下水中のフッ素とヒ素濃度が、ともに水質基準値以下であるため、飲料水の水源として利用と開発が可能であるが、その他の地域では、フッ素あるいはヒ素濃度が水質基準値を超えているため、飲料水の水源として利用と開発が不適である。
- 4) 黒城郷全域における深層被圧地下水の水質は、フッ素とヒ素濃度から評価すると、非常に良好であるため、飲料水の水源として利用と開発が可能である。

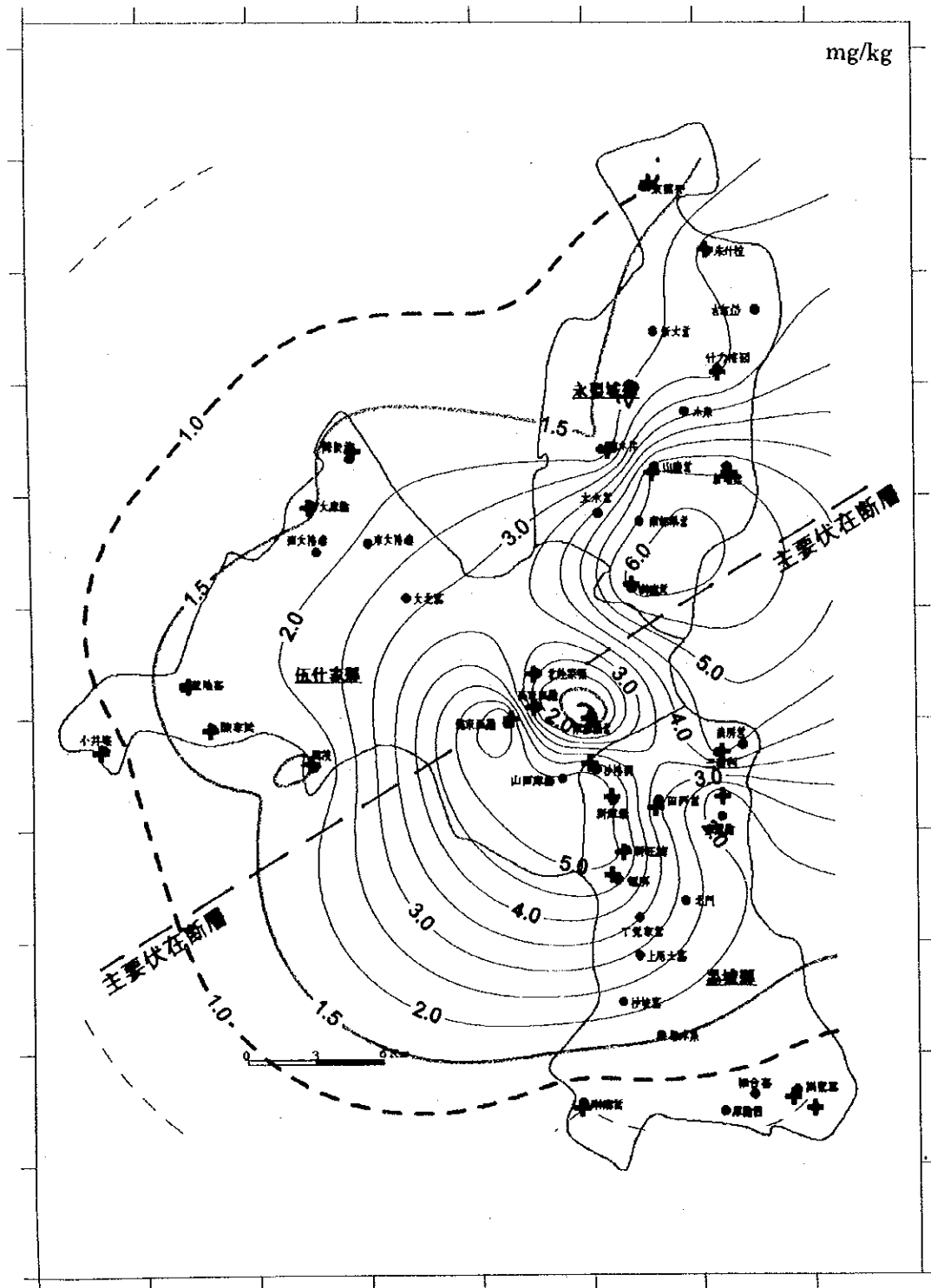


図4. 3-1 浅層不圧地下水のフッ素濃度分布図

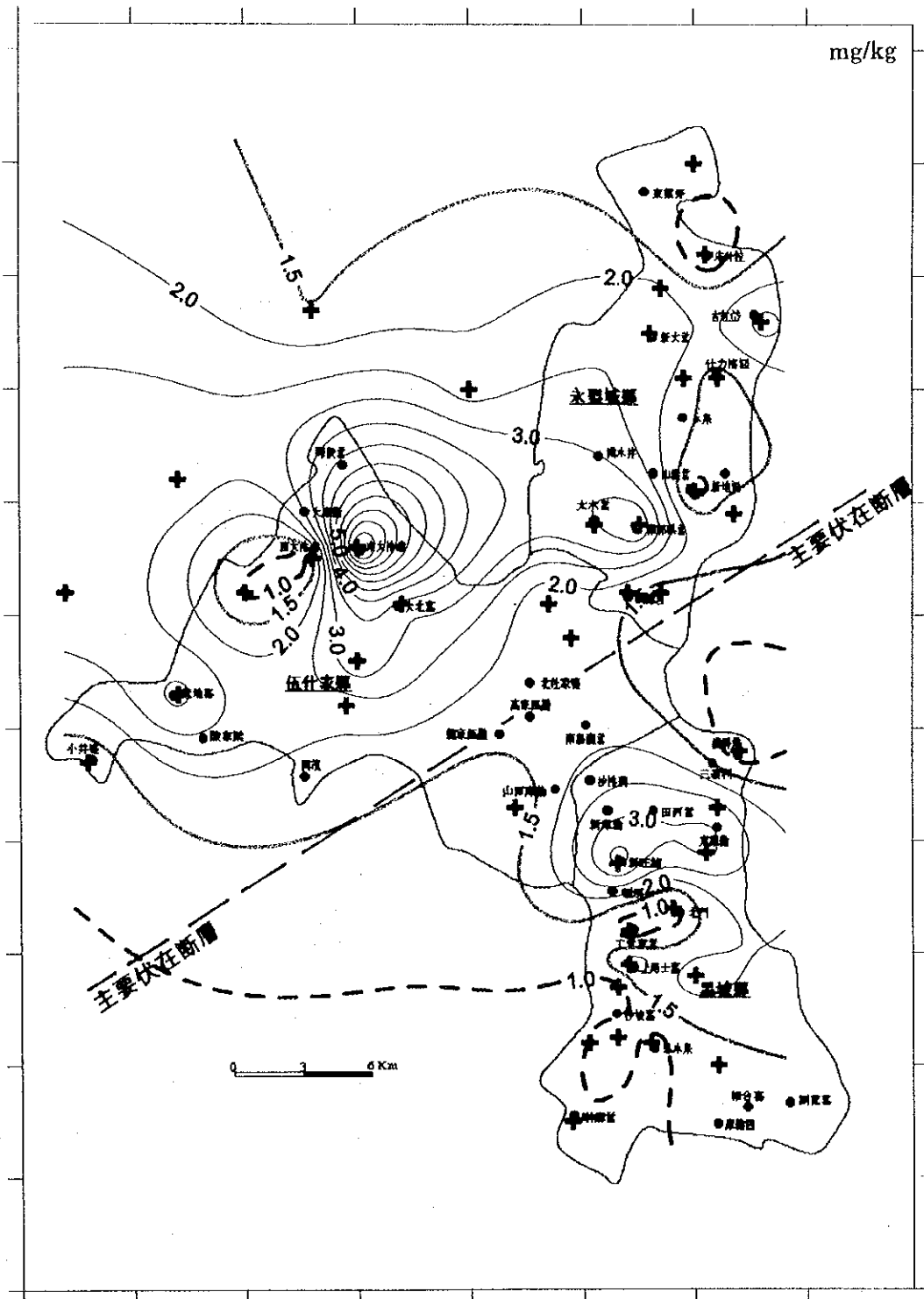


図4. 3-2 深層被圧地下水のフッ素濃度分布図

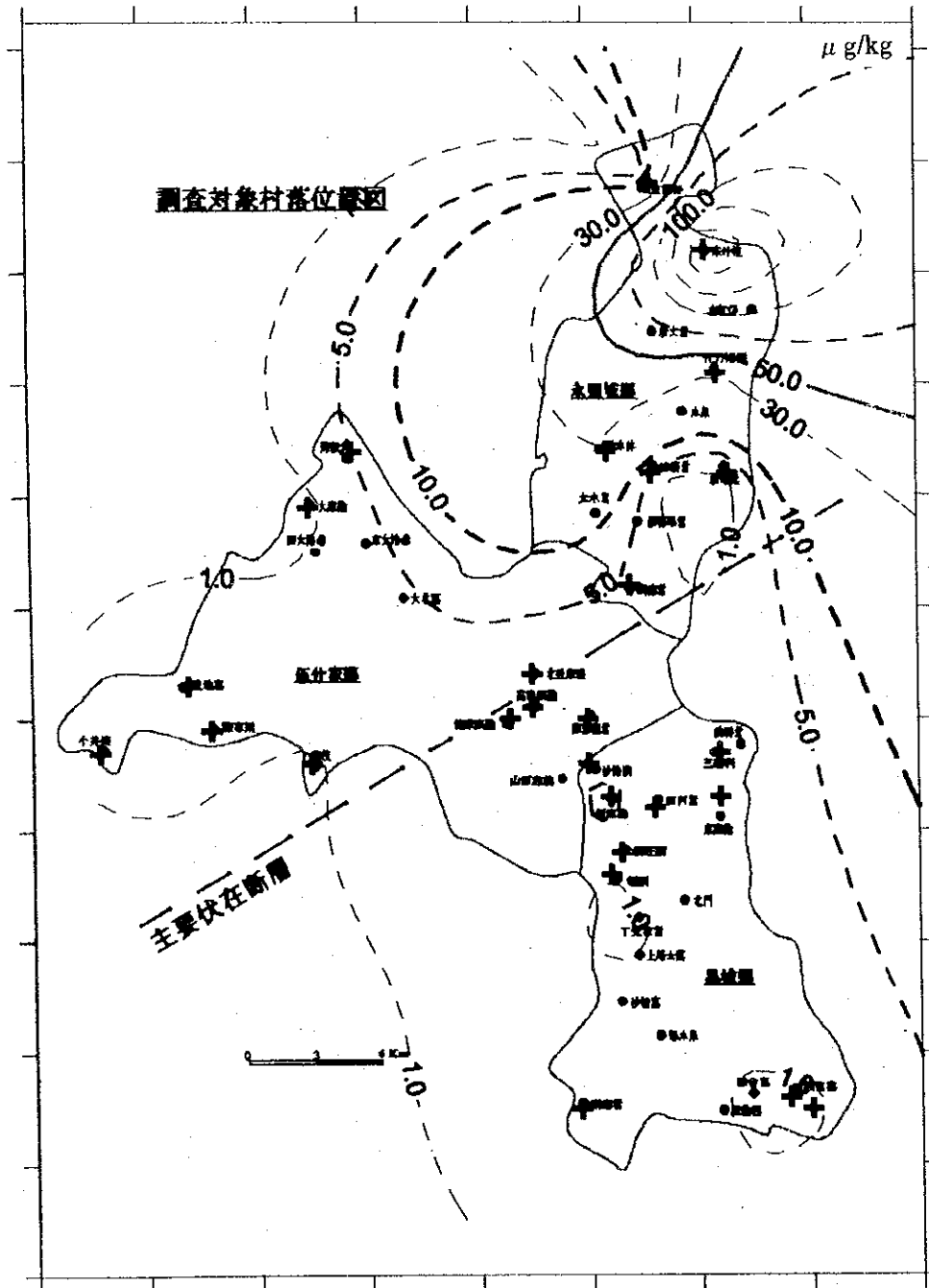


図 4. 3-3 浅層不圧地下水のヒ素濃度分布図

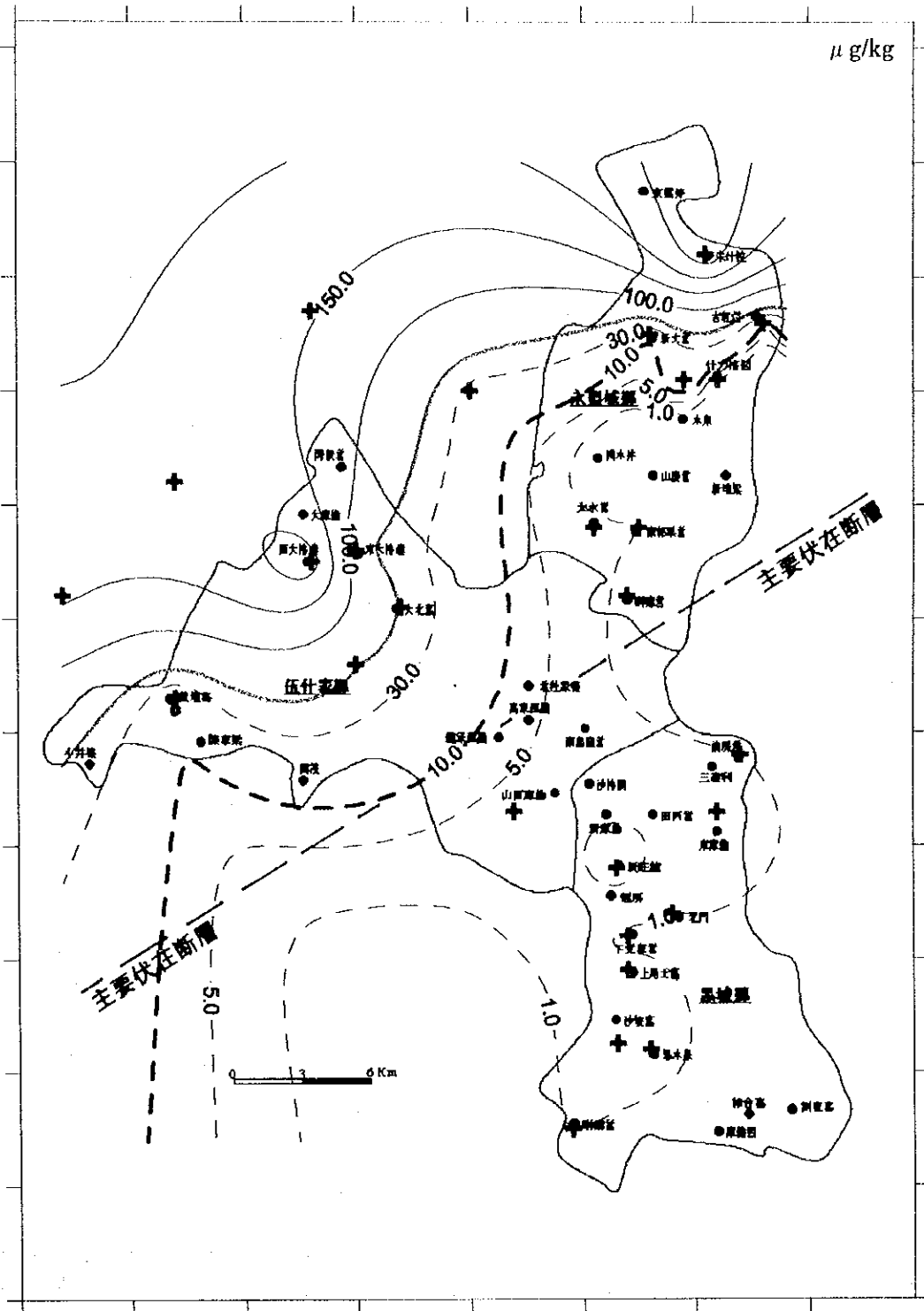


図4. 3-4 深層被圧地下水のヒ素濃度分布図

4. 3. 2 地下水賦存量の質的評価

補助報告書「E. 地下水解析」に示した汚染地下水の移流・分散解析の結果に基づく、調査地域における質的な面での地下水開発可能量は、以下のように推算される。

(1) 白亜系地下水

白亜系地下水は、地下水賦存量の量的検討で述べたように、既に 5.4MCM/年 (1MCM=100 万 m³) の開発が行われており、今後新規に開発できる量は 1.0MCM/年から 2.0MCM/年程度と推算されている。白亜系地下水の開発は調査地域南部の黒城郷に集中し、ここでは 30m を越える広域水位低下が発生している。従って、今後白亜系地下水を大規模に開発できる地域は、補助報告書に示した移流・分散解析で、地下水開発地域に設定したように、地下水開発がほとんど行われていない主要伏在断層沿いの南側の地域に限定されてくる。従って、ここでの地下水開発可能量が、白亜系地下水の今後の地下水開発可能量とみなすことができる。この地域を図 4. 3-5 に示す。

a) フッ素

補助報告書「E. 地下水解析」に示した汚染地下水の移流・分散解析の結果から、主要伏在断層沿いの南側で白亜系地下水の開発を行なった場合、800,000m³/年程度の開発では、大きなフッ素濃度の上昇はないものと予想されたが、1,800,000m³/年程度の開発では、伏在断層沿いに大幅なフッ素濃度の上昇が予想された。

従って、地下水開発に伴うフッ素濃度の上昇を開発制限要因とした場合、白亜系地下水の将来の開発可能量は、おおよそ 1MCM/年程度であろうと推算される。

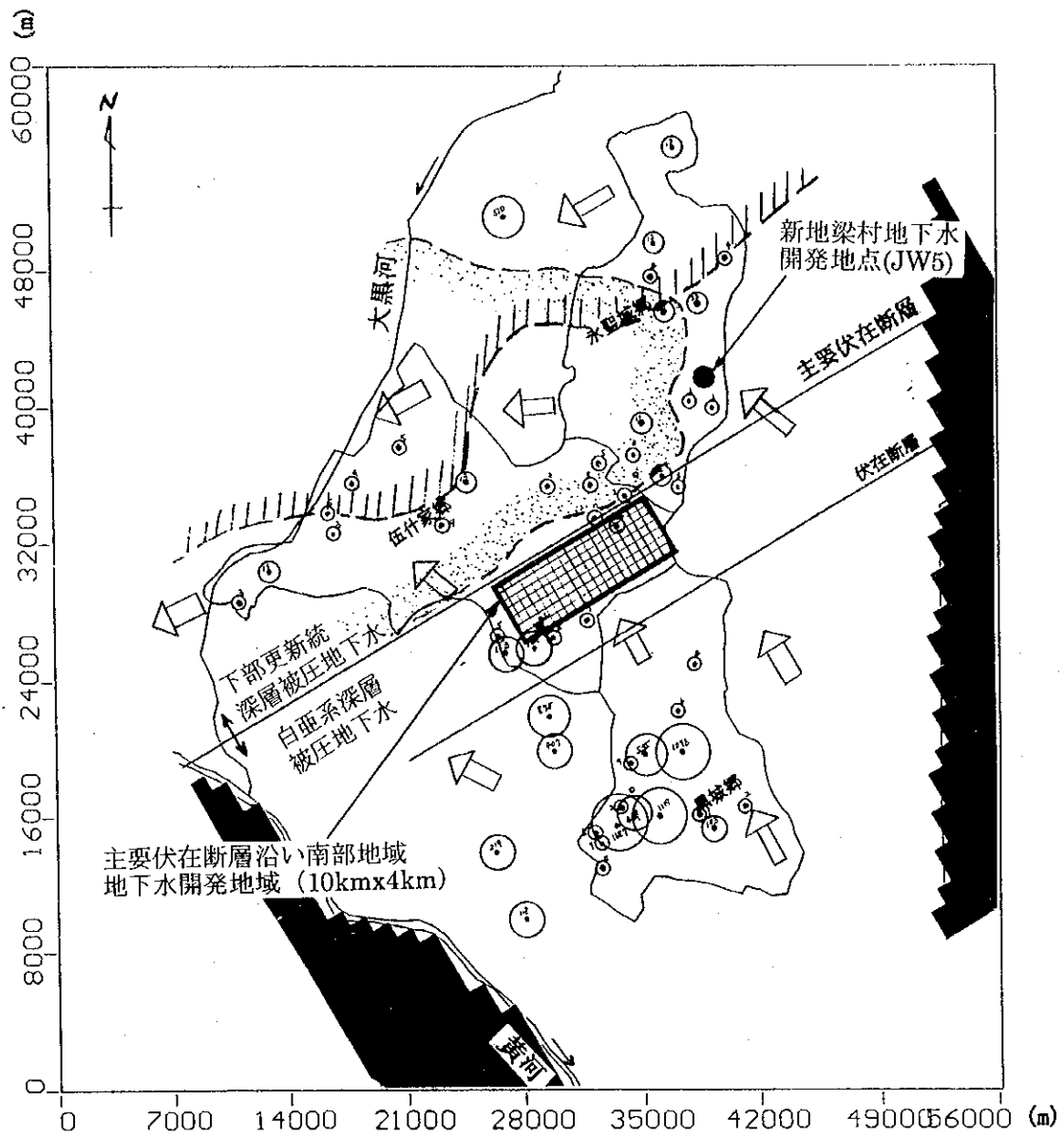
b) ヒ素


後述するように、新地梁村における、地下水開発に伴うヒ素の引き込み解析では、高濃度ヒ素地下水の分布域からの距離が 5km と近いにも拘わらず、全くヒ素を引き込まないことが予測された。


白亜系帯水層の分布する主要断層以南地域は、ヒ素汚染地域から 10km 以上離れており、この検討の結果から、地下水開発に伴うヒ素の引き込みは発生しないものと予測される。


(2) 新地梁村付近の下部更新統地下水

主要伏在断層以北に分布する下部更新統地下水は、地下水のヒ素およびフッ素濃度が高く飲料に適さない地域が広く分布するため、開発が可能な地域は新地梁村一帯の地域に限定



 ヒ素濃度が飲料水基準 (50 μg/L) を越える地域

 フッ素濃度が飲料水基準 (1.5mg/L) を越える地域

 深層被圧地下水の流れ

深層被圧地下水既揚水量

- 1,000m³/年以下
- ◎ 1,000m³ ~ 10,000 m³/年
- ⊙ 10,000m³ ~ 100,000 m³/年

- 100,000m³ ~ 500,000 m³/年
- 500,000m³ ~ 1,000,000 m³/年
- ⊙ 1,000,000m³/年以上

図4. 3-5 水質分布と既往の地下水開発から決定される地下水開発候補地域

される(図4. 3-5参照)。

地下水の開発地域や井戸本数等が変わると、当然水位低下量やフッ素およびヒ素の引き込みも変化するが、新地梁村一帯における地下水開発は、現在のところ今回の調査で掘削した試掘調査井(JW5)を利用する計画が立てられている。このことから、新地梁村の試掘調査井(JW5)での地下水開発可能量を、調査地域における下部更新統地下水の今後の地下水開発可能量とみなし、検討を行なった。将来地下水開発計画を新たに策定する場合には、地下水開発地域、井戸本数、揚水量等の計画条件に基づき、地下水解析を行なう必要がある。新地梁村の位置を図4. 3-5に示す。

a) フッ素

補助報告書「E. 地下水解析」に示したフッ素汚染地下水の移流・分散解析の結果から、JW5において下部更新統地下水を300,000m³/年開発したとしても、フッ素濃度の上昇はほとんど認められないという計算結果が得られた。このため、JW5における地下水開発量を500,000m³/年および700,000m³/年に増やした場合につき、フッ素濃度変化を計算した。この結果を以下の図に示す。なお、この図には揚水に伴うJW5の井戸内水位の低下を、合わせて示してある。

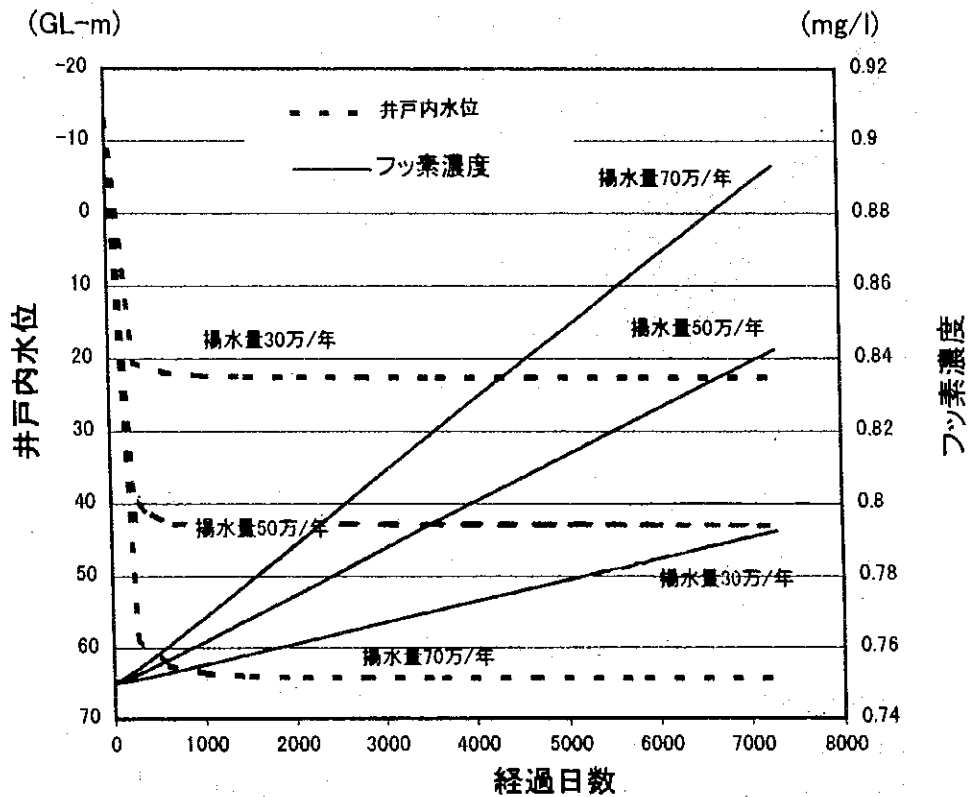


図4. 3-6 JW5の地下水揚水量とフッ素濃度変化、井戸内水位低下の関係

この図に示すように、新地梁村の JW5 において 700,000m³/年の揚水を 20 年間行ったとしても、フッ素濃度は 0.9mg/lit に増加するだけであり、十分に飲料水基準を満たす結果が得られている。

一方、JW5 の井戸内水位低下に着目した場合、700,000m³/年の揚水では、井戸内水位が地表面下-64m にまで低下し、揚水効率が悪くなると予想される。500,000m³/年の揚水では井戸内水位は地表面下-42m となり、300,000m³/年の揚水の場合は-22m となる。

以上の検討の結果から、JW5 における地下水開発可能量については、開発に伴う水質の劣化が開発の制限要因とはならず、井戸内水位の低下により開発量が制限されると予測される。

一般的な水中ポンプの揚程が 50m 程度であることを勘案すると、井戸内水位は GL-40m 程度が限界であると判断される。従って、新地梁村の JW5 における地下水開発可能量は、おおよそ 50 万 m³/年程度であろうと想定される。

b) ヒ素

地下水開発に伴う高ヒ素濃度地下水の引き込み検討は、粒子追跡法で行った。この方法は図 4. 3-7 に示すように、新地梁村の北方約 5Km に分布する高ヒ素濃度地下水の境界沿いに、ヒ素に見立てた汚染物質粒子を配置し、新地梁村の JW5 で地下水開発を行った場合に、これら粒子の移動の軌跡を追跡することにより、汚染物質が水源地に及ぶか否かを検討するものである。

高ヒ素濃度地下水の境界としては、ヒ素の飲料水基準である 50 μg/L の等濃度線とした。この濃度境界線は図 4. 3-4 に示したように、新地梁村の北方約 5Km に北東-南西方向に伸びているが、この濃度境界線は今回の調査で実施した、限られた水質分析結果に基づき、各井戸間のヒ素濃度勾配を平均的に分割して設定したものであり、厳密なものではない。従って、この濃度境界線としては、図 4. 3-4 に示された 50 μg/L のヒ素濃度境界線は採用せず、図 4. 3-7 に示すように現時点で想定されうる最も水源地に接近した境界線を想定した。つまり、図 4. 3-7 に示したように、永聖城村および什力格図村の深層被圧地下水のヒ素濃度はそれぞれ 18.9 μg/L および 1.2 μg/L であり、ヒ素濃度 50 μg/L の等濃度線がこれらの村を越えて南側に位置することはあり得ない事から、ヒ素濃度 50 μg/L の等濃度線を、図 4. 3-7 に示すように、これらの村の北側に近接する位置に設定した。また、JW5 での地下水揚水量は 700,000m³/年に設定した。以上の条件に基づく、粒子追跡法による粒子流動軌跡の計算結果を図 4. 3-7 に示す。

この図に示されるように、以上の条件の基で新地梁村の JW5 で 700,000m³/年の地下水開発を行った場合でも、新地梁村に向かう粒子の流れは認められず、高ヒ素濃度地下水の引き込みはないものと予測される。

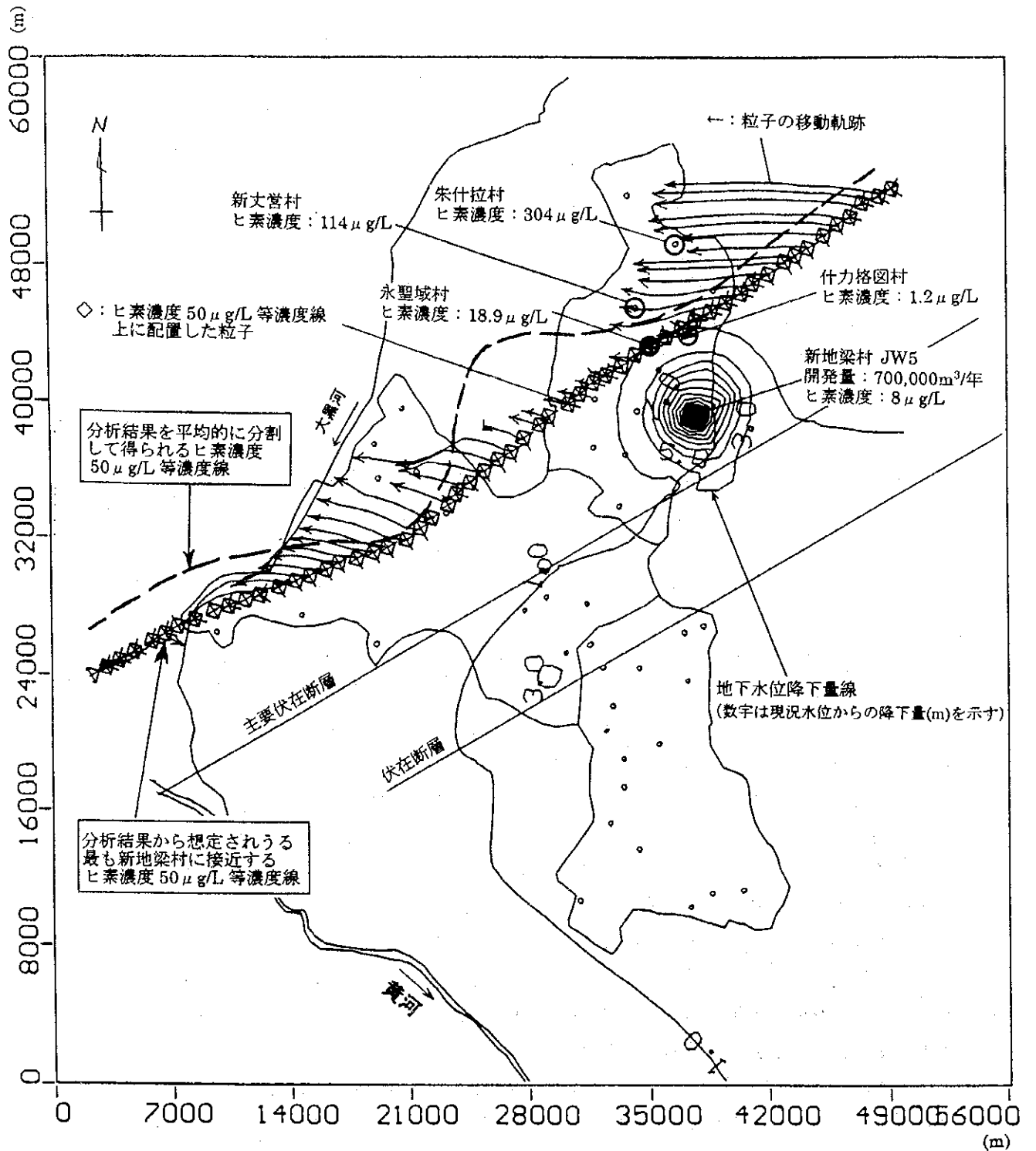


図4. 3-7 JW5の地下水揚水に伴う砒素の引き込み予測 (粒子追跡法)

4. 3. 3 水質を考慮した地下水開発可能量のまとめと考察

(1) 水質を考慮した地下水開発可能量のまとめ

地下水の開発制限要因である地下水水質分布や、開発に伴う水質変化および井戸内水位の低下を考慮して、調査地域における深層地下水の開発可能量を検討した結果を、次の表に取りまとめる。

表 4. 3 - 1 調査地域における水質を考慮した深層地下水開発可能量

地下水水質分布により限定される地下水開発地域	各制限要因による開発可能量			開発可能量
	フッ素濃度	ヒ素濃度	井戸内水位	
主要伏在断層沿い南部の白亜系地下水分布地域	1.0MCM/年	制限要因とならない	制限要因とならない	1.0MCM/年
新地梁村一帯の下部更新統地下水分布地域（試掘調査井 JW5）	制限要因とならない	制限要因とならない	0.5MCM/年	0.5MCM/年
合計	—	—	—	1.5MCM/年

上表に示すように、白亜系地下水の開発制限要因は開発に伴う地下水のフッ素濃度の上昇であり、新地梁村の JW5 における下部更新統地下水の開発制限要因は、水質変化ではなく、井戸内水位の低下量であると予想される。

(2) 考察と提言

調査地域において、地下水の水質を考慮した場合、生活用水として今後開発できうる地下水量は、上表に示すように、合計でおおよそ 1.5MCM/年程度と予想される。ただし、この量は計算で仮定した地下水開発計画の試案により変化するものであり、新地梁村一帯で複数の井戸により地下水開発を行なった場合には、開発可能量がいくらか増加することになる。しかし、現時点での新地梁村一帯における地下水開発計画は、試掘調査井 JW5 でこの地域の地下水開発を行なうこととなっていることから、本調査では安全側に開発可能量を評価し、上表に示した値を、調査地域における水質を考慮した地下水開発可能量とする。

「4. 2 地下水賦存量の量的検討」で検討したように、水質を考慮しない場合の、将来の地下水可能量は 6.7MCM/年から 9.3MCM/年（浅層不圧地下水を含む）と推算される。このことから、安全な地下水の開発可能量は、全地下水開発可能量の僅か 15%から 20%に過ぎず、調査地域においては、安全な地下水の量は非常に限られていると言える。

調査地域では灌漑用として、既に 5MCM/年を越える深層被圧地下水の大規模開発が行われている。このように、地下水は調査地域の重要な灌漑用水源となっており、今後更に、灌漑のために地下水が大量に開発されていくものと予想される。

しかし、新地梁村一帯の水質が良好な地域においては、帯水層の透水性が低いことから、灌漑用の大規模な深層地下水開発を行なった場合、広域的地下水位の低下をきたすとともに、上部の浅層地下水の引き込みにより、深層地下水のフッ素濃度が大きく上昇する恐れ

がある。また、主要伏在断層以南の白亜系地下水が分布する地域においても、大規模深層地下水開発により、局部的ではあるがフッ素濃度が大幅に上昇する地域が出現することが予想されるとともに、現在でも 30m 以上の広域的地下水位低下が発生している状況がさらに悪化し、揚水不能となる既存井戸が続出する恐れがある。

従って、生活用水として深層被圧地下水を持続的に利用していくためには、主要伏在断層以南や新地梁村一帯の水質が良好な地域における深層地下水開発を、生活用水の確保等の小規模なものにとどめ、灌漑用等の大規模開発は、今後制限していくべきであると考えられる。

今後新規に開発できる地下水量としては、これまで述べてきたように、新地梁村の JW5 で約 50 万 m³/年程度、主要伏在断層以南の地域で約 100 万 m³/年程度が目途となろう。ただし、この検討は現時点までに得られた、限られた水文地質情報および地下水水質情報に基づくものであり、あくまでも予測に過ぎない。従って、今後の地下水開発にあたっては、定期的な水位と水質の監視を継続していく必要がある。

第5章 試行事業の監測

第5章 試行事業の監測(モニタリング)

監測業務は水源監測と給水施設運営・維持管理監測で構成される。

5. 1 水源監測

5. 1. 1 水源監測業務の内容

揚水井の水位観測と地下水の水質測定よりなる。

(1) 揚水井の水位観測

揚水井の水位観測は1ヶ月間以上毎日測定を行い、それ以降は1週間に1回程度を目途とした。水位の測定は水位計あるいは自噴井の場合可能な限り圧力計を用いて行うものとし、井戸の管理責任者に委託した。

(2) 地下水の水質測定

現場簡易測定と飲料水基準に基づく詳細分析を行った。

現場水質測定は1ヶ月に1回、水温、pH、酸化還元電位(ORP)、電気伝導度(EC)について調査団の現場水質測定器を用いて調査団の監督員が簡易分析を行った。

飲料水基準に基づく詳細分析は、中国のヒ素およびフッ素を含む飲料水基準に基づいて実施する予定であったが、今回の監測業務では施設利用期間が短かったため現在までに分析が行われていない。監測業務期間終了後、春(雨季前)と秋(雨季後)の年2回程度定期的に詳細分析を行うよう村民管理組織に指導した。

5. 1. 2 水源監測業務の結果

給水を1998年9月中旬時点で開始できた村は黒城郷丁党家営村だけであり、その水源監測業務期間は約1ヶ月である。

丁党家営村ではこの間揚水時の水位降下はほぼ一定して約2m程度であった。水質については、監測業務期間が短かったため現在までに詳細分析が行われていないが、井戸建設試行時の、数日間に及ぶ連続揚水試験時で約1,000m³/日の揚水量に対して水質がほとんど変化していない。このことから、本監測業務期間の揚水量が約5~20m³/日程度、揚水時間が1時間以内でありため地下水の水質変化は皆無であると判断される。

5. 2 給水施設計画及び運営・維持管理監視

5. 2. 1 監視業務の実施概要

(1) 目的及び目標

この監視業務の目的はつぎのとおりである。

- ①. 第一次及び第二次の現地調査で概略設定した各施設仕様の適格性を把握する。
- ②. 施設の維持管理組織の適正さ及び同組織の運営計画の適正さなどを検討する。
- ③. 給水施設の永続的利用のために必要と思われる行政の支援を含む運営管理・維持管理事項を確認する。
- ④. 施設を利用することが環境に与える影響や衛生に対する配慮などについて地域住民の知識を高める。

その目標は、監視業務の結果を最終事業計画の施設設計、運営計画の各種仕様に盛り込み、衛生や環境にも配慮した給水計画を策定することである。

(2) 地域社会の監視業務への参加

監視業務は地域社会の積極的な参加なくしては実施し得ないものである。地域社会の参加には特に地域リーダーの協力が不可欠であるため、監視業務の実施に際しては、地域リーダーと接触の回数を可能な限り多く取れるように配慮し、その都度逐次新たな監視業務の内容と実施の方法を説明する方策を採用して、地域リーダーが敬遠することなく興味を示すように心がけた。

その他の維持管理責任者や一般の地域住民には、それらの人々が施設の維持管理業務の意義を理解できるよう村民へのアンケート調査や任意の聞き取りを行い、村民の監視業務への協力を得るように努めた。

(3) 監視事項

監視業務では給水施設の各種仕様項目について監視を実施するほか、運営・維持管理監視について注意を喚起する目的で、実施する計画によって地域住民が受ける明暗両方の影響とそれらの程度、村民や土地の脆弱性、実施計画が将来土地や地下水資源そのものに対して与えると考えられる影響など事前に予想される事態を含めて、関係行政機関の支援監視と郷政府支援の監視、地域住民の運営・維持管理実施の監視を行った。

(4) 第二次現地調査期間と監視業務実施期間

監視業務を調査団滞在期間中に監視可能な範囲と、その後の村民の努力に負う範囲とに区

分し、調査回滞在期間中に実施可能であった範囲について後述5. 2. 2に記載するような結果を得た。

その後の村民の努力に負う範囲については、行政側、現地雇用の調査員、村民を交えて検討を行い、調査員の毎月の巡回指導を計るなど第2次現地調査以後も地域住民が継続して監測業務を実施できるよう配慮した。

5. 2. 2 監測業務の結果

監測業務は、施設計画の妥当性を観測する“施設計画監測業務”と施設完成後の“運営・維持管理監測業務”で構成される。

(1) 施設計画監測業務

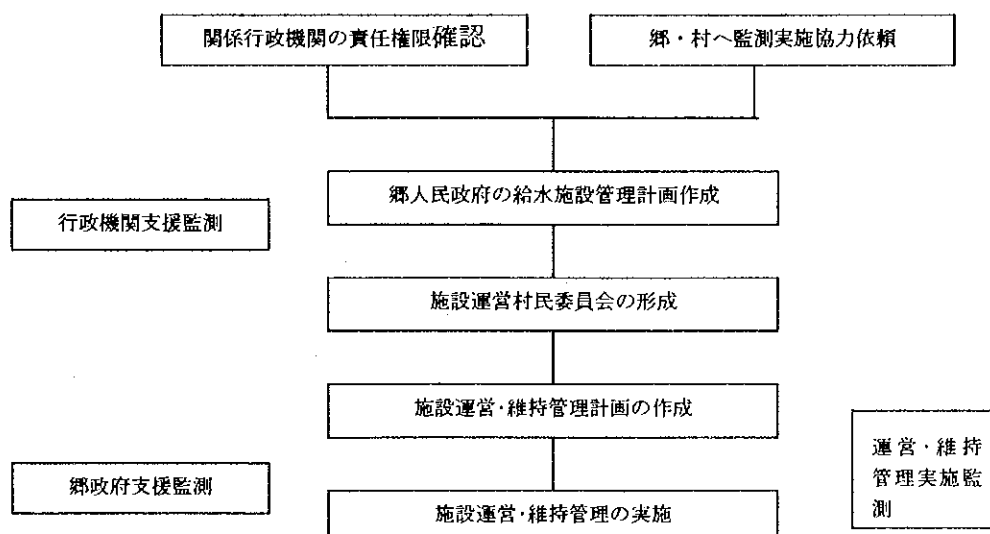
施設計画監測業務では給水施設内容・仕様で計画した項目について実際の機器の運転・使用の結果を監測し、施設の使用がある程度進んだ段階で給水施設計画担当団員が調査し、評価を行った。監測の結果は後述の5. 2. 3の(1)に記載する。

運営・維持管理監測業務では、行政機関支援の監測、郷政府機関支援の監測、各村の村民管理組織(管理小組)自体の監測を行った。監測業務の結果は後述の5. 2. 3の(2)に記載する。

運営・維持管理監測業務では、行政機関支援と郷政府機関支援が効果的に実施できるよう他の諸監測業務の実施に先立って事前準備に努め、試行事業(パイロットスタディー)の初期の段階からそれぞれの機関に働きかけた。その結果については他の諸監測業務の結果とは別に次項2)に記載する。

(2) 運営・維持管理監測

施設の運営・維持管理監測に関しては、関係者が多岐にわたること及び時系列的な監測が必要なことから専門の調査員を配し以下の手順で実施した。



1) 関係行政機関の責任権限確認

試行事業監測の前提となる托克托県の関係行政機関、水利局、防疫站、改水項目弁公室の農村改水事業に関する管理責任／職務権限に関し、聞き取り調査を実施し、次ページの表に集約される結果を得た。

表5. 2-1 農村改水項目事業に関する、托克托州政府機関の
管理責任及び職務権限聞き取り調査結果

	水利局	防疫站	改水弁公室
1. 施設計画・設計の監理			
施設の計画・設計	○*1	×	○*1/*7
施設の仕様・設計の照査・承認	○	×	○
設計図書の管理	○	×	○
完成時の施設検査	○	×	○
2. 運営指導			
村民管理組織形成の指導	○*1	×	○*1
施設運営管理規則の承認	○	×	○
料金徴収指導	○	×	○
施設の計画・設計	○*1	×	○*1/*7
施設の仕様・設計の照査・承認	○	×	○
設計図書の管理	○	×	○
完成時の施設検査	○	×	○
2. 運営指導			
村民管理組織形成の指導	○*1	×	○*1
施設運営管理規則の承認	○	×	○
料金徴収指導	○	×	○
運営責任者の指導	○	×	○
管理人の指導	○	×	○
3. 水源管理			
地下水揚水量の管理	○*2	×	×
水位の観測・記録管理	×	×	×
水質分析・記録管理	×*3	○*8	×*3
4. 施設運営管理			
給水状況	×*4	×*4	×*4
水質	×	×	×
水処理（集中型）設備	×	×	×
家庭内水処理器具	×	×	×
料金徴収	×	×	×
費用支出・会計簿記載指導	×	×	×
修理費用積立	×	×	×
共通水源共同運営	×	×	×
5. 衛生教育			
住民衛生教育	×	○*5	○*5
フッ素・砒素汚染教育	×	○	○
6. 維持管理			
施設・機器定期点検実施機関	×*6	×	×*6
漏水検査	×	×	×
管理人技術訓練	×	×	×

- 注1) 現状では、水利局が担当する農村改水事業(380項目、水利局予算)と改水弁で担当する事業(世銀プロジェクトに限る)により2系統で管理が行われている。本調査での施設がどこに帰属するかによって管理の担当が分かれる。施設図面の保管・管理については、あるというが水利局・改水弁公室とも、見ることはできなかった。
- また、古い改水項目弁公室は既に消滅しており、そこで建設された施設の行政側の管理は全く行われていないのが実状である。
- 注2) 井戸の建設に伴う、取水許可は水利局に一本化されており、井戸の登録・管理が郷政府を通じ行われている。揚水量の管理は97年から始まったばかりで、具体的な内容は不明であった。
- 注3) 水質分析はいずれも施設完成時に一度だけ実施する。定期的な分析は無い。ただし、全国愛国衛生運動委員会(NPHC)の世銀に対する説明では数が多いので数年に一度のローテーションで分析調査を行うとしている。
- 注4) 完成後の施設の運営について、三者とも全く管理していない。強いていえば郷政府にやらせているという姿勢である。都市給水の所管は建設部、村落給水は衛生部との法律があるが、村落給水については有名無実である。三者から聞き取りを行った印象では、むしろ、世銀のプロジェクトでの維持管理に関する組織作りによる、愛国衛生運動委員会につながる改水項目弁公室が受け手となるのが望ましいように見える。
- 注5) 県の防疫站は、水道施設への衛生管理・教育はその一部で、特にそれだけを取り出した教育はやっていない。各郷には防疫站があり、行政村には防疫員がいるのでそれらを通じ行う。
- 注6) 維持管理に対する県レベルの支援は、日常的・定常的なものはなく、問題が生じた場合にその都度行うことが現状のようである。したがって、通常の維持管理は村の管理人と郷政府水利站で費用を含め処理されている。
- 注7) 規模により、自治区改水弁公室が実施する(例、96年一間房施設)場合と県の改水弁で行う場合がある。
- 注8) 県の防疫站による水質分析は、改水事業(改水弁、380、改水弁)の水源に対し、数が多いので数年に一度のローテーションで分析調査を行っている。結果はそれぞれの機関及びフフホト市防疫站へ報告している。今回の試行事業の給水施設については、水質監視体制に組み入れることは当然であるとしている。
- 注9) 情報源
- 水利局： 蘭 生舉局長、買 同光弁公室主任
- 改水項目弁公室： 劉 国平弁公室主任、翟 俊雄氏
- 防疫站： 郭蘭丁站長、王 德玉地方病防止科長

2) 郷政府・村長への監測実施の協力依頼

試行給水施設建設に先立ち、対象3郷の郷政府（郷長、水利監理站責任者）及び村長に対し、郷別に試行給水事業実施の目的を説明し、施設の運営・維持管理の実施及びそれに対する調査団の監測への協力の依頼を行った。これに対し、郷政府・村長は、既設の改水事業で経験済みのことで事例も多数あることから、実施には問題が無く、監測にも協力することに合意し、それぞれ、郷政府の管理・指導・支援計画、村民組織の形成及び運営・維持管理の計画を作成し、調査団へ写しを提供した。

これらの郷政府・村民委の計画書が全ての対象村落から施設建設の完了前に提示された。その内容は、監測結果の冒頭に示されるように、完全とはいえないものであったが、その後の監測の基本となった。

(3) 監測業務実施の中国側責任者

監測業務実施に先立って、給水施設の運営管理、維持管理の総管理責任者としてそれぞれの地域リーダーを専任し、さらにそれらのリーダーや郷政府との打合わせに基づいて各監測事項に関する実施責任者3名を専任した。実施責任者の中には事情の許す限り適切な担当部署に女性を含め、女性の立場からの意見や発想が反映されるよう配慮した。

監測業務は、当初は現地雇用の調査員がこれらの責任者へ監測業務記録の指導を行い、次第に各責任者が独自に実施する形に構成した。

(4) 監測業務実施の中国側連携体制

中国側の給水施設運営維持管理に関する連携体制は次のとおりである。

- ①. 給水施設に関する直接の運営管理・維持管理業務は各村落の施設運営村民委員会が責任を持って実施する。
- ②. 各階層の行政側は給水事業に関する a 施設計画、b 運営管理、c 水源管理、d 施設運営管理、e 衛生管理、f 維持管理 など各管轄業務に関連する部分の支援と協力を行うが、将来は“農村供水公司”のようなものを設立するなど、県内の農村供水施設の維持管理を集中管理化する方法を考案する。

各行政側はこれまで施設建設後の村落給水に関するこのような支援と協力の経験が少ないため、本監測業務では初期の段階では行政側、地域住民間の調整を現地雇用の調査員が本調査団の指導のもとに行った。

(5) 第二次現地調査期間及び同期間終了後の監測

監測業務は給水施設建設が最も早く完了した黒城郷の丁党家営村から開始し、給水施設建設試行が進行中の各村については、この監測業務の状況を参考にして監測業務実施の啓蒙を断続的に行った。

丁党家営村の監測業務が1ヶ月程度経過した段階で、他の監測実施予定村落の総責任者、或いは各事項の実施責任者を丁党家営村に集めて同村の施設を視察させ、監測業務の実施方法を体験させてその後の監測業務が順調に進行できるよう配慮した。

この間にも、調査団と現地雇用の調査員は托克托県水利局、郷政府と行政村政府等各階層の行政側と施設運営村民委員会への支援と協力の方法について協議を行った。

(6) 監測事項

監測事項は補助報告書-H1.3、施設運営村民委員会の記録様式は資料集-Gのとおりである。

5.2.3 給水施設計画及び運営・維持管理監測結果

(1) 給水施設計画監測結果

丁党家営村(各戸給水)及び細合窰~庫倫図(公共水栓)の2施設について行った監測結果はつぎのとおりである。

1) 丁党家営村

表5.2-2 給水施設計画監測結果：丁党家営村

監測項目		計画時の設定値	監測結果	備考
給水計画量	給水量の過不足	—	不足無し	
	使用量の実績	4.32 m ³ /hr	8.65 m ³ /hr	
	運転時間の適否	2.0 hr/日	0.75 hr/日	
各家給水施設	管渠末端水圧	1.0 kgf/cm ²	1.8 kgf/cm ²	
	管渠末端流量	0.06 m ³ /hr	0.36 m ³ /hr	
	水の色・濁り	—	無色、濁り無し	
	圧力効の水圧	2.1~4.0 kgf/cm ²	1.2~3.7 kgf/cm ²	
	井戸の水位低下	10.0 m	2.0 m	
	設備の使い易さ	—	良好	
	設備配置の適否	—	良好	
	深井戸用 ポンプ性能	—	良、トラブル無し	
製造会社別差違	—	同上	包頭製水中ポンプ使用	

・給水量の過不足

監測対象者からの給水量不足に関する意見や施設の運営・維持管理に関する困難さ、維持

コストに対する不満などはない。

・ 使用量の実績

施設計画時に設定した1人当りの供水量は30 l/人・日である。村民代表の6名の監測対象者家庭の使用量の実績を設定使用量と比較して表5. 2-3に示す。

表5. 2-3 水道の設定使用量と実際の使用量：丁党家営村

対象者	家族人数(人)	設定使用量(1/日)	使用量実績(1/日)
党文小	4	120	160
丁応堂	2	60	100
丁喜采	6	180	240
石満威	5	150	150
劉二仁	4	120	200
党徳汀	4	120	160

使用量実績は1戸を除き設定量を大きく上回っており、維持・管理面の運営において今後節水に対する意識向上の指導を徹底する必要がある。

・ 運転時間の適否

供水施設の運転は現在毎日1日1回、午前11時から約50分間程度行っている。これは施設稼働後わずかな期間しか経ていないため圧力タンクの圧力微調整が充分に行われていないことや、農繁期が重なっており村民が望む給水量について村民間で十分な話し合いが持たれていないことに原因がある。運転時間が1日約50分間と短いのは、調査期間が農繁期と重なっていたため村民の在宅時間が短いことなどに原因があると考えられる。水道利用の保健・衛生効果や便利さなどに目覚めると、水道水利用量は増加してくると考えられる。しかし、地域住民の運転コストに関する意識は大きいので、利用期間が永くなるに従って運転時間の適切な時間が決まってくることは明らかである。現在の保健・衛生状態で、托克托県内の同規模村の給水施設の運転時間は2時間/日程度である。

・ 管渠末端水圧

測定結果は現在設定値よりも大きい値で運転されている。これは測定時間が、通常の村民の使用時間とずれたため、測定した民家の蛇口以外の家庭の蛇口が閉められていたことによると考えられる。その後の調査員による調査で、この時期はポンプの水圧タンク内部圧力によるスイッチリレーの微調整中であつたため、まだ適切な水圧に設定されていないことが明らかになった。今後も適宜微調整を行って最適の水圧に変えていくことを村民管理組織で考

えている。

- ・管渠末端流量

管渠末端水圧と同様の理由により、村民管理組織は今後も適宜圧力タンクの圧力微調整を行い、村民には蛇口の全開を避け蛇口を適切な水量に開くよう指導を徹底し最適の流量に変えていく必要がある。

- ・水の色・濁り

蛇口を開放し、勢いよく水を出すと一見白濁しているように見える。これは微細で高密度に渦巻いている気泡によるもので、放置しておく数分で消滅し、水質に影響するものではない。施設建設の技術面で改善目標とされるものである。

- ・圧力タンクの水圧

設定圧力範囲内の $1.2\sim 3.7\text{kgf/cm}^2$ の範囲で運転されている。ポンプの水圧タンクの圧力によるスイッチリレーの微調整中であり、村民管理組織が今後最適の水圧に調整する。

- ・井戸の水位低下

井戸の水位低下は平均約 2.0m で、ポンプ設置深度に問題はなく、試掘井の揚水試験結果を裏付けている。

- ・設備の使い易さ

管理責任者や監測対象者からの給水施設に関する不満や施設の運営・維持管理に関する困難さに対する不満などはない。

- ・設備配置の適否

どの民家も水瓶を 2 個以上有しているため、各個人に蛇口に数 10cm 程度のホースを取付けると便利であることを伝えている。しかし、設備の使い易さと同様に、管理責任者や監測対象者からの給水設備の配置に関する不満はない。

- ・深井戸用ポンプ性能

現状では余裕のある運転が行われていると思われる。しかし、運転時間の適否の記載で述べたように、村民が水道利用の保健・衛生効果や便利さなどに目覚めると、水道水利用量は増加してくる。現在の保健・衛生状態で、托克托県内の同規模村の給水施設の運転時間は 2 時間/日 程度であるが、早朝に始まり夜暗くなって終わる農繁期の仕事の時期には、どの民家でも短時間で給水する必要があり、ポンプ性能には余力を持たせておく必要がある。

- ・製造会社別差違

順調な運転が行われており、製造会社の違いによる差は認められない。

2) 細合窯村

表5. 2-4 給水施設計画監測結果：細合窯村

監 測 項 目		計画時の設定値	監 測 結 果	備 考
給水計画量	給水量の過不足	—	不足無し	
	使用量の実績	5.00 m^3/hr	6.35 m^3/hr	
	運転時間の適否	2.0 hr/日	1.2 hr/日	
各家給水施設	管渠末端水圧	—	—	各戸給水施設なし
	管渠末端流量			
	水の色・濁り			
	圧力 Δ の水圧			
	井戸の水位低下			
	設備の使い易さ			
	設備配置の適否 深井戸用 ポンプ性能			
	製造会社別差違			
公共水栓施設	位置・数の適否	2村に3箇所	村民から各戸給水を望む声があり。	
	井戸の水位低下	20.0 m	測定できず。	
	設備の使い易さ	—	良好	
	設備配置の適否 深井戸用 ポンプ性能	—	良好	
	—	—	良、トラブル無し	
	製造会社別差違	—	同上	鳥海水中ポンプ製使用

・給水量の過不足

帯水層の透水量係数による制約や、深い静水位と丘陵頂部の水槽までの高度差を考慮して揚程を200mとするポンプに関する制約があり大容量のポンプを選定していない。現在ポンプの調整中のため全性能の運転を避けていたことなどの制約によって十分な揚水条件の状態を観測していないが、人口が少ないことや村民の従来からの生活様式が急変しないこともあって、地域住民の水量に関する不満足の見解はない。

・使用量の実績

記録によると時間当りの使用実績量が設定量を上回っている。これは村民が水瓶を多量に保有していることに原因する。従来この村の村民は水を遠方から運んでおり、運べるとき貯水する必要に迫られるため水瓶を4個以上保有している。また冬季には遠方の溜り水が氷結した氷を得て解氷して利用する。解氷に時間がかかることが、水瓶を多く保有する理由のひとつになっている。給水施設稼働後も村民はこの水瓶全部に水を溜める習慣を改めていないため、現段階では給水時に比較的多量の給水量を必要とする。しかし、貯水が比較的大量で

あるため、給水は2日に1回行われることもある。

・ 運転時間の適否

原則的に供水施設の運転は1日1回、約70分間程度行われているが、使用量の実績の項で述べたとおり、給水は2日に1回行われることもある。

・ 位置・数の適否

村民に公共水栓の位置に対しての不満は無く、給水量に関する不満もない。給水施設の便利さを評価し各戸給水に改善したいという積極的な意見が聞かれる。

・ 井戸の水位低下

静水位が約130mと非常に深いため、丘陵頂部の水槽までを含めて揚程200mのポンプを設置しており、現在まで水位降下による支障はない。

・ 設備配置の適否

降雨によるV字形谷が無数に発達する黄土地帯に位置するため、井戸孔の位置はもとより、水槽の位置、庫倫図村までの給水管敷設の路線など選択の余地の少ない地域である。設備配置については村民管理組織との協議を交えて、このような地域の施設が雨季や氷結季の打撃を受けないように技術的な観点から施設配置を検討した。

・ 深井戸用ポンプ性能

通常は設定量に適応した運転が行われており、選定したポンプは性能的に適切なものである。しかし、運転時間の適否の項で述べたとおり給水は2日に1回行われることもあり、設備に不規則な負荷を与えている。将来は慣習化した貯水方式を改めポンプに不規則な負荷を与えない利用方法をとる必要がある。

・ 製造会社別差違

順調な運転が行われており、製造会社の違いによる差違は認められない。

(2) 運営・維持管理監測の結果

a. 托克托県行政機関による監理・指導・支援の監測

県レベルの行政機関による監理・指導・支援は、托克托県の水利局が中心的な役割を果たしている。村民に対して直接行われずに、主に郷政府の水管理駅の責任者に対して行われている。

a-1. 施設計画・設計の監理

施設の仕様・設計の照査・承認については、試行事業では水利局を含めて打ち合わせの上計画されたため、工事着工前に改めて行われていない。設計図書管理、完成時の施設検査に対しては、今後行う予定とされているが、未だなされていない。

a-2. 運営指導

運営指導についても同県の水利局が、村民管理組織（管理小組）形成、運営規則作成指導、ならびに料金設定指導を、7月～9月にかけて、郷政府の水管理駅の責任者に対して行っている。

a-3. 水源管理

水源管理については、県水利局内の水政水資弁公室により行われている。取水井戸の許可・登録は8月までに終了した。揚水量・水位・運転については、記録方法につき郷政府の責任者に説明されているが、収集・解析は今後行うとしている。水質分析は県の防疫站到依頼されつつあるが、記録の保管・解析等は未だ行われていない。

a-4. 施設運営管理

県内の改水事業の運営状況は、年毎程度で郷政府から県水利局への報告で把握している。

a-5. 衛生教育

衛生教育は防疫站により行われているが、特に試行事業に伴う衛生教育としては行われていない。

a-6. 維持管理

管理人訓練については、県水利局が郷の水管理駅の責任者を集めて指導が行われた。施設・機器の定期点検は県水利局により、年に2度程度行う予定としている。漏水検査については、漏水が起これ次第検査するとしている。

以上の観測結果に加えて、托克托県政府水利局からの聞き取りによれば、県政府は以下の管理を行うための組織整備（農村供水公司設立）を考慮している。

- ① 図面・技術資料の集中管理
- ② 水源管理
- ③ 給水施設・設備管理
- ④ 許可証の管理
- ⑤ 水質・衛生管理、衛生教育
- ⑥ 管理者訓練
- ⑦ 料金設定基準の管理

b. 郷政府機関による指導・監督・支援の監測

郷政府の指導・監督・支援は各郷の水管理站により行われている。各項目の観測結果は、下表にまとめられている。

表 5.2-5 郷政府機関による指導・監督・支援の監測結果

監測項目		永聖城郷	伍什家郷	黒城郷
b-1. 住民組織形成支援 実施の有無	実施の有無 実施日 既設改水窪除	実施 6月 有	実施 6月16日 有	実 施 6 月 15 日 有
b-2. 村民負担に関する指導・援助の有無	接続費用負担説明 説明実施時期 役務提供斡旋	実施 6月 一部実施	実施 7月21日 一部実施	実 施 6 月 15 日 実施
b-3. 水道料金設定・徴収 会計指導の有無	指導の有無 指導実施時期 基準の有無	実施 6月30日 有	実施 7月23日 有	実 施 6 月 15 日 有
b-4. 施設運営・水質管理 に関する現状把握の有無	状況把握の有無 現状調査の時期 把握項目	不実施 — —	一部実施 7月26日 水質	一 部 実 施 8 月 10 日 ~ 水質、料金徴収、 会計、修理費積立
b-5. 運転・維持管理に関する指導の有無	指導の有無 指導実施時期 指導項目	一部実施 —	実施 7月22日 運転員訓練、揚水量管理、 日常点検・修理、 漏水点検体制、整備	一 部 実 施 揚水施設完成直後 運転員訓練、 揚水量管理、日常点 検・修理支援
b-6. 衛生教育実施の有無	実施の有無 実施時期実施項目	不実施	実施 7月25日 水利用教育、フッ素・ ヒ素教育	一 部 実 施 8 月 10 日 水利用教育、フッ素・ ヒ素教育

c. 村民委員会（行政村/自然村）による運営維持に関する監測

各給水系統毎に村民委員会により運営維持組織（管理小組）が設立されており、運営維持は同組織により始められている。各村における観測結果は以下のとおり。

c-1. 村民管理組織設立

試行事業実施村全てについて郷の運営規則に基づく各村の運営規則が各戸代表の出席による村民委員会で決定されており、その規則に基づき事業毎の管理組織（管理小組）が設立された。管理責任者は村長がほとんどである。複数の村落（自然村）が対象となる場合は行政村長が管理責任者に決められている。管理小組には運転担当者、会計担当者が含まれているが、衛生担当員を任命している例も多い。それぞれの担当者の役割は文書で定められているが、規則を見ると努力目標のような表現が多い。

c-2. 村民費用負担

試行事業では、井戸掘削、ポンプ設置、ポンプ室建設、幹線敷設、公共栓設置など国際協力事業団の資金で行われたため、各戸接続の費用（接続が済んだ村落では50元/戸）が村民の費用負担となっている。役務提供は管路敷設のための掘削工事に充てられている。斡旋

は村長が行っており、区間を指定して各戸に役務を提供させている。費用負担・役務提供ができない世帯（高齢者世帯が多いとのことである）に対しては、村長・村民が援助している例が多いが、他村の者（親戚と思われる）が援助しているとの回答もある。金銭負担ができない貧困世帯について、役務提供に負担を替えている例もある。こうした援助で給水はほぼ全世帯になされている（あるいは予定である）。

c-3. 水道料金設定

料金は郷の指導により、電気代・運転担当者給与・修理積立金（各村 240 元／年程度）を賄える料金が設定されており、ほぼ 1 元／人・月で設定されているが、細合窯／庫倫図では 2.5 元／人・月と設定されている。細合窯／庫倫図では 1 人当たりの揚水量が異常に高く、料金設定の参考とはならない。実際には運転後の実費で再計算されるとのことである。料金設定に関する説明は村長によりなされている。説明済みの村落では、1%（丁党家営）、20%（北杜家塚）、14%（新庫倫）、60%（細合窯）の村民が料金は適切でないと感じている。しかしながら全ての村民が負担は可能としている。

電気料金は大半の村落で運転・維持費の 50～60%を占めている。また、電気代は揚水量すなわち使用水量とほぼ比例する（比例係数は給水単位により異なる）。従って、料金設定は使用量管理と密接に関わり、試行事業のように各戸での使用量を計測せずに一律料金設定にすることは使用量管理を困難にする可能性がある。実際に試行事業において使用水量が多めに出ている。

c-4. 料金徴収

料金徴収記録簿は全ての試行事業で準備されているが、料金徴収は始められたばかり、もしくはまだなされていない。従って、有意な監測はまだであるが、今のところ、未納者はいない。また、料金が納められない高齢世帯には減免措置を考えている例も多い。

c-5. 大規模修理費積立

修理積立金は郷の指導により各村 240 元／年程度が算定されている。この積立金は料金に含まれている。

c-6. 運転維持管理費用支出記録

運転維持管理費用の記録簿も全ての試行事業で準備はされている。管理人の給与は 30 元／月もしくは 50 元／月と設定されている。実際の出費記録は少なく、修理費支出実績はない。

c-7. 水質管理

定期水質分析は、年 2 回、県の防疫站到依頼して、費用は村民負担で行うとされている。給水後の最初の分析が始められつつある。

c-8. 運転維持管理

運転時間・揚水量・水位については毎日計測するように記録簿が準備されている。これまでに取られた運転時間・揚水量はバラツキが大きい。点検・修理については、以下のとおりの計画が立てられている例が多い。

- 日常・始業点検、修理 : 指示・要領に基づいて、電線・配電盤、圧力タンクについて目視を行う。修理は運転状況から必要となる際実施する。
- 漏水点検 : ポンプ室については毎日、管路については指導・要領に基づき、あるいは運転状況により実施する。
- 巡回点検 : 全村の給水系統について毎月行う。

点検、部品交換の結果がチェックリストに記入され始めているが、今までのところ、異常発生・部品交換の記録はない。

郷による指導が口頭説明を主体に行われているため、その内容は細かく把握されていないが、日常・始業点検、各村で行うべき簡単な修理（部品交換等）についての具体的かつ的確な指導に基づく実施が必要であるよう見うけられた。

第6章 開發計画

第6章 開発計画

6. 1 計画諸元

6. 1. 1 計画目標年

地下水開発・給水計画策定にあたり、計画目標年を設定することになるが、調査対象地域での農村給水の開発計画では、調査対象三郷が托克托県の一部であり、11 郷鎮全体の進捗状況及び調査地域内の未整備村落及び水質改善事業の規模を考慮すれば、完了までには約 10 年程度を要するものと考えられ、目標年としては、整備途中の 2005 年か整備が完了可能な 2010 年のいずれかとなるものと考えられる。

一方、6. 1. 3 章の托克托県での農村開発計画で述べられているように、托克托県の経済開発計画は、国家開発計画を踏まえ、2010 年を目標年として策定されている。また、その中では、経済成長率は年間 15%を越える率が想定され、最近もこれに近い数字で推移している。したがって、この高い成長率が保持されるとすれば、2005 年で計画を行った場合、想定する生活水準がその後も一気に上がり、早晚、計画水準と上昇実態に齟齬を来す恐れがある。

以上を考慮し、本調査の開発計画では、「2010年」を計画目標年とする。

6. 1. 2 計画対象村落

第4章で結論づけられたように、永聖城郷及び伍什家郷では飲用水として安全な水の地下水水源の賦存は地域的に極めて限定されており、かつ、既に改水事業が実施された村落についても水質改善の必要性が高く、この2つの郷における給水計画は広域的な対応を行わなければならないことが明確となった。したがって、今後策定される給水計画では、本調査で計画対象村落として指定された43の村落のみを対象とした計画は現実的でなく、調査対象三郷内の全村落を対象としたものとならざるを得ない。一方、広域整備の範囲としては、行政組織としての郷人民政府の役割は大きく、郷を越えない範囲での水源開発、送水設備整備が、維持・管理の組織面を考えた場合に適切と考えられるが、水理地質・水質調査の結果、それが可能との結論を得ている。

具体的な計画対象村落は、既存給水施設の実態調査（2. 2章総括表2. 2-3～5）に基づき、以下の3条件で3郷村落を判定し、選定した。選定した村落は表6. 1-1のとおりである。

- 給水施設のまだ整備されていない村落。
- 改水事業が実施されていても、水質分析の結果、飲用水基準を満たしていない村落。
- 水理地質調査により、地下水水質が明らかに悪いと判定された地域内の村落。

表 6. 1-1 給水計劃對象村落

永聖城鄉

		2010			
調查對象		行政村	村名	人口	戶數
○	1	東雲壽	東雲壽	877	233
	2	南的力圖	南的力圖	894	243
	3	喬富營			
	3-1		喬富營	750	157
○	3-3		新文營	248	85
	4	永聖城			
	4-1		永聖城	1,124	281
○	4-2		水泉	219	52
	5	什力格圖			
○	5-2		古紅岱	373	99
○	6	滿水井	滿水井	117	54
	7	郭泉營			
○	7-1		南郭泉營	494	156
○	7-2		太水營	98	28
	7-3		格梁	218	64
	7-4		把扎日	263	80
	8	紅房溝			
	8-1		紅房溝	439	98
	8-2		黃家營	255	65
○	8-3		喇嘛營	206	55
	9	黑沙圖			
	9-1		東黑沙圖	214	51
	9-2		西黑沙圖	229	48
○	9-3		山慶營	106	24
	9-4		小營子	179	48
				7,301	1,923

黑城鄉

		2010			
調查對象		行政村	村名	人口	戶數
	1	黑城			
	1-1	0	黑城	3,430	891
	3	乃同	0	0	0
	3-3	0	南營子	133	35
	3-4	0	道倫呼都格	64	15
○	3-6	0	劉寬寨	194	49
	3-7	0	李頂寨	205	53
	4	張全營	0	0	0
	5	霸上	0	0	0
	6	馬士寨	0	0	0
○	6-1	0	上馬士寨	315	90
	6-2	0	下馬士寨	687	197
○	6-4	0	甄房	144	40
	7	合同營	0	0	0
	7-1	0	台同營	381	86
○	7-2	0	東庫倫	162	37
○	7-3	0	三遠利	199	44
○	7-4	0	油房營	166	38
○	7-6	0	田丙營	55	13
○	7-7	0	沙格洞	122	28
	7-8	0	大楊三寨	89	20
	7-10	0	小楊三寨	55	9
				6,399	1,644
三鄉計				24,299	6,291

伍什家鄉

		2010			
調查對象		行政村	村名	人口	戶數
○	1	伍什家	伍什家		
	2	大北寨	大北寨	1,157	301
	3	樹林			
	3-3		主力漢	533	143
	3-4		興茂	207	48
	4	興旺庄	興旺庄	585	152
	5	劉家寨			
	5-1		劉家寨	434	108
	5-2		荷寶營	332	75
○	6	荒地寨			
	6-1		荒地寨	386	93
	6-2		陳家梁	264	68
○	7	狄士寨	狄士寨	658	196
	8	西大格達	西大格達	415	101
○	9	新河	新河	1,007	244
○	10	大庫倫			
	10-1		大庫倫	429	108
○	10-2		東大格達	364	83
○	10-3		陳俊營	279	68
	12	一間房			
	13	甄匠營			
	13-1		甄匠營	644	186
	13-2		白武營	435	107
	13-3		焦家格梁	169	42
○	14	哈達圖托沙佐			
	14-1		哈達圖壕	623	158
	14-2		官地營	359	92
	14-3		北烏窪營	160	38
	15	杜家壕			
	15-1		苗通營	77	17
	15-2		南烏窪營	26	7
	15-3		阿靈召	107	25
	15-4		高家西灘	360	108
	15-5		什家壕	112	29
	15-7		南杜家壕	275	70
	15-8		範家西灘	202	57
				10,593	2,724

6. 1. 3 計画対象人口

(1) 対象地区人口の現況

- ① 対象地区3郷（永聖城郷・伍什家郷・黒城郷）は、最近3年間、総人口の98.1%乃至98.2%が農業人口であって、人口に占める農民の比率に大きな変化は見られない。
- ② 最近3年間の3郷の総人口は、増減が殆どなく、横這いである（表6. 1-2）。
- ③ 最近3年間の自然増加率は、3郷平均で0.25%乃至0.42%で、大きな変化はない。人口の流入による変動があったが、社会増加率は、+1.53%、+0.06%、-0.64%とプラスからマイナス方向に変化している。

表 6. 1-2 3郷の人口推移（1995-1997）

単位：人

郷名	1995		1996		1997		年平均増加率
	人口	うち非農業人口	人口	うち非農業人口	人口	うち非農業人口	
永聖城郷	10,369	183	10,309	180	10,257	179	-0.54%
伍什家郷	15,593	292	15,736	289	15,699	290	0.34%
黒城郷	14,909	284	14,954	284	14,917	277	0.03%
3郷合計	40,871	759	40,999	753	40,873	746	0.00%

表 6. 1-3 3郷の要因別人口移動（1997年）

単位：人

郷名	1996年末 総人口	1997年中 出生/死亡	自然増加率 (g)	1997年中 流入/流出	社会増加率 (s)	1997年中 増減(-)	総増加率 (g+s)
永聖城郷	10,309	107/63	0.43%	29/125	-0.93%	-52	-0.50%
伍什家郷	15,736	122/92	0.19%	60/127	-0.43%	-37	-0.24%
黒城郷	14,954	138/76	0.41%	22/121	-0.66%	-37	-0.25%
3郷合計	40,999	367/231	0.33%	111/373	-0.64%	-126	-0.31%

(2) 人口予測

1) 国、自治区、県の農村人口計画

一般に中国の農村では、人口が過剰で相対的に収入が少ないため、都市への人口移動が起り易い状態にある。今後、集約型農業への移行、機械化などの近代化が進むと、人口が更に過剰になる可能性がある。一方、郷鎮企業の発展など農村の工業化、小都市建設など人口流出を防ぐことが国の基本方針として計画されている。

2010年を目標とする長期計画では、内蒙古自治区全体で2000年比12.75%、托克托県では同じく10%の人口増加を見込んでいる。

2) 一人っ子政策の影響

一人っ子政策の影響で、3郷でも自然増加率が甚だ低い。急に上昇することは期待できないが、最近、政策の緩和が伝えられており、上昇の可能性も十分考えられる。

3) 3郷の人口変動傾向

① 自然増加率

最近3年間における3郷の自然増加率の最小値、最大値、平均値は、下表のように最小0.13% 最大0.88% 平均0.33% (総人口加重平均0.34%)である。他方、県の長期計画によれば、1996年-2000年および2001年-2010年の最大伸長率を年率1.0%と計画している。

② 社会増加率

(1)項で述べたように、農村では、常に人口流出の潜在的圧力があるので、3郷でも最近3年間の統計では流出超過の基調が明瞭である。1995年の黒城郷への947人の大きな流入は、同郷に煉瓦工場が職工を連れて移動して来たためであり、特殊要因と見なすことが妥当である。従って、この流入を除外して、最近3年間の傾向値を下表に纏めると、最小-0.93 最大+0.62 平均-0.45 (総人口加重平均-0.40)の数値を得る。

4) 2010年までの人口予想

1998年より2010年まで13年間の3郷それぞれの人口の動向を予想するために、前項の分析を基にして、自然増加率の最小値・最大値と社会増加率の最小値・最大値をそれぞれ加えて人口年平均予想増加率の最小値・最大値とした。

最大予想値でも、年平均1.62%に留まり、これは、1950年-1990年の全世界の年平均人口増加率1.88%より0.26%低い数値であるが、同じ期間の先進地域の0.93%よりは0.69%高い数値である。

下表は、最小値・最大値の2000年および2010年の予想数字を示したものであり、この間に、実際の人口が動くものと予想している。

表 6. 1-4 3郷の人口予測 (2000年・2010年)

単位：人

郷名		自然増加率 (g)	社会増加率 (s)	平均増加率 (g+s)	1997年末 (基準)	2000年末	2010年末
永聖城郷	最小値	0.15%	-0.93%	-0.78%	10,257	10,019	9,264
	最大値	1.0%	-0.73%	0.27%	10,257	10,340	10,623
伍什家郷	最小値	0.13%	-0.43%	-0.30%	15,699	15,558	15,098
	最大値	1.0%	0.62%	1.62%	15,699	16,474	19,346
黒城郷	最小値	0.27%	-0.66%	-0.39%	14,917	14,743	14,178
	最大値	1.0%	0.03%	1.03%	14,917	15,383	17,042

6. 1. 4 農村開発計画

(1) 対象地区農牧業の現況

対象地区の3郷は、人口の98%以上が、農牧業に従事している典型的な農・牧業地帯である。1995年の統計によれば、農村としての3郷の特色は、以下のとおりである。

- ① 耕地面積が平均1戸当り1.04ヘクタールあり、全国平均0.41ヘクタールの約2.5倍の広さである。
- ② 托克托県の農民1人当り純収入は、1,228元であり、全国平均1,578元の77.8%に過ぎない。
これは、全国を東部・中部・西部に分けた場合、極めて豊かな東部を除く、中・西部においてほぼ平均的な金額に当る。(全国平均比：東部135.2%、中部86.6%、西部65.9%)
- ③ 托克托県の降雨量が年間428ミリで極めて少ない。
蒸発量も多いので、灌漑用水の確保が最大の問題である。(黒城郷において耕地6万ヘクタールのうち灌漑面積は3割の1.8万ヘクタールに過ぎない。残りは自然降雨に依存。)

表 6. 1-5 1戸当り耕地面積と年収

単位：元

	耕地面積 (ha/戸)	農作物販売 収入	副業収入 (家畜等)	農業外収入	総収入
永聖城郷	1.18	421	2,260	364	3,045
伍什家郷	1.11	990	585	904	2,479
黒城郷	0.88	2,396	231	549	3,176
3郷合計	1.04	1,387	912	613	2,912

(注) 調査団作成。該当する村落の単純平均

(2) 農村開発計画

中国の農村の特徴は、1995年の統計によると次のとおりである。

- ① 農村人口は、9億1,674.6百万人で、総人口の75.7%を占めている。耕地面積が農民1人当たり3.19ムー（約0.21ha）、1戸当たり6.15ムー（約0.41ha）の労働集約的な小規模農業である。
- ② 農地の村有制を基本とする社会主義と市場経済との合作経済である。すなわち、農村経営総収入の内訳は、郷村レベルの集集体経営が、48.4%を占め、農家連合企業が4.9%、個人農家が46.7%を占めている。
- ③ 農村の発展が、東部・中部・西部でアンバランスである。これは、自然条件の差のみでなく、郷鎮企業の発展の差などが原因である。すなわち、郷鎮企業は、1985年から1988年に懸けて著しく発展し、農村社会総生産高に占める割合が、1988年には53.2%となった。一時停滞の後、1992年以後、株式会社および合弁会社の形式で新しい発展を始め、農村の工業化を推進している。1995年には農村社会総生産高に占める割合が73.4%になった。特に、上海・江蘇・浙江などでは、93%を超えている。

1996年3月に、第8全人代第4次会议で承認された“中国国民経済と社会発展の95計画及び2010年遠景目標”によれば、2010年までの中国の農村改革と農村発展の基本的方向は、次の通りである。

- ① 社会主義市場経済を発展させる。
すなわち、農民は、自給自足的な生産者から市場性のある商品生産の経営者になることが期待されている。
- ② 農業の近代化の一つとして、集約型農業への変化を促進する。
- ③ 第3に郷鎮企業の発展を通して、農村の工業化を推進する。
- ④ 小郷鎮の建設を加速する。
すなわち、農村の工業化を進め、余剰労働力を農村の中で吸収することと平行して、農村に小都市を建設して農民がそこに就職し、生活し、経済活動をすることを許可する。
- ⑤ 伝統的農民を近代的農業労働者に変化させる。
すなわち、工業化と都市化を推進し、非農業労働者を増加させるとともに、近代的農業技術を持った農業労働者を増加させる。
- ⑥ 2010年までに、1人当たり農民の純収入を1990年価格で1,200元にすることを実現する(1995年実績1,578元を1990年価格に換算すると、845.87元に留まる)。

内モン自治区では、村落の地下水開発については水利庁が担当し、村落の経済発展につ

いては農業庁が、衛生面の改善については衛生庁が、それぞれ担当しており、総合的な農業開発政策なるものは見当たらないが、国の 95 計画および 2010 年遠景目標に合わせて、自治区の 95 計画および 2010 年遠景目標を策定し、その達成のために財政面行政面、技術面などで下級政府の支援・指導を行っている。

托克托県においては、典型的な農牧地帯にあり、自治区の“九五”計画及び 2010 年遠景目標に合わせて、自県の計画を策定、郷政府・村政府を支援・指導して目標達成を期している。(表 6. 1-6)

表 6. 1-6 托克托県“九五”計画及び 2010 年長期計画

	計算単位	“八五”計画達成情況		“九五”計画		2010 年長期計画
		1995 年実績	年増加率	2000 年計画	年増加率	
国内総生産額	万元	68,856	40.1%	130,000	16.0%	2000 年比倍増
農業総生産額	万元	43,911	16.2%	82,000	13.3%	2000 年比倍増
食料総生産量	千ト	125.465	14.0%	190.00	8.7%	
大型家畜総頭数	万頭	21.31	10.6%	37.5	5.2%	
財政収入	万元	3,803.8	35.9%	8,000	17.3%	24,000
農牧民 1 人収入	元	1,228	18.9%	2,500	15.8%	5,400
年末総人口	人	186,441	0.943%	250,000 以内	6.55%	300,000 以内
人口自然増加率	‰	5.47		10.0 以下		10.0 以下

事業対象 3 郷の農村開発については、県政府はつぎのように考えて実行している。

1) 永聖城郷

当郷は、表 6. 1-5 に見られるとおり、副業収入が特に多く(年 2,260 元/戸)耕地面積・乳牛・鶏などの家畜も多い、比較的豊かな農村地帯である。それは、郷の北部一帯が、人口 140 万人の区都、呼和浩特市に隣接しており、飼料の入手、牛乳・牛肉・羊などの販売に至便である好環境に由来する。牛乳生産など副業の経営技術・経験に富み、収入に占める副業の比重も次第に増えている。

托克托県農業局は、食料の安定的生産を条件に、副業を奨励、支援する方針である。具体的には、乳牛基地の建設、技術・資金面の支援、牧畜農家が市場に参加し易いように支援することである。

2) 伍什家郷

当郷は、1 人当りの耕地は多いが、大部分の農地が“旱地”という灌漑されていない、降水待ちの耕地である。従って、小麦・トウモロコシの生産は多いが、多種経営の発展が遅れており、総収入は良くない。

県の方針は、灌漑の面積を増加させることに重点をおき、併せて、積極的に家畜の飼育および副業の比率の引上げを指導、支援する方針である。具体的には、水利設備・施設を増設すること、牛・羊などの購入に銀行の資金を斡旋することである。

3) 黒城郷

当郷は、比較的灌漑用水に恵まれ、小麦・トウモロコシ・糜黍（ミーシュー、黍の一種）の生産が3郷中一番少ないにも拘わらず、各種の生産を行い、総合経営の利点を生かして利益を上げている。耕牛が少ないが、県は、家畜の増加あるいは農業機械の導入を指導する方針である。その外、トウモロコシの生産、牛の飼育が有望であり、トウモロコシ基地・乳牛基地の建設を支持し、県の資金を基地の建設の補助に当てる予定である。

6. 1. 5 計画給水量・水需要予測

(1) 計画給水量

農村における給水事業のための計画給水量としては、1989年に、国家基準として独自に規定され、衛生部の名前で発布されている。当然の事ながら、国家基準は、衛生、社会、気候、財政等の諸状況を踏まえ制定されたものであり、本計画においても適用する。計画給水量は基準では、全国の気候区分により異なり、本調査対象地域に適用される部分は以下のとおりである。したがって、計画給水量の決定では、どの類型に分類するかが、調査の課題である。

表6. 1-7 国家基準 GB11730農村生活飲用水量衛生標準(単位:L/人日)

気候区分	給水条件	類型及び最高日生活用水量		
		集中給水栓方式	各戸給水栓方式	
			洗濯場なし	洗濯場・シャワー有り
I	計量・有料給水	20-35	30-40	40-70
I	無料給水		40-60	85-120

調査対象地域の現状は、ほぼ全域で「洗濯場なし」の状況であるが、計画目標年での生活水準を考えた場合、6. 1. 4章で述べられているように、住民の年間純収入は1995年実績の1228元から一気に5,400元に4倍増し、生活水準を飛躍的に改善する目標となっている。この目標の達成度については、議論のあるところではあろうが、本計画で、類型の「各戸給水栓方式の洗濯場・シャワー有り」を適用するのは妥当と判断される。ただし、調査対象地域の限られた水資源量を考慮し、規定値の低い方を採用し、計画給水原単位を「50L/人・日」とする。また、調査対象地域内の社会・経済状況により、公共水栓（集中給水栓方式）の採用を取らざるを得ない村落も存在する。したがって、公共水栓も途中経過措置として、あり得るとするが、最終的な計画目標年では各戸給水の達成が可能なもの

と判断し、給水量・開発量を考慮する。

(2) 飲用水需要

既存の改水事業による、給水事業を含め、調査対象三郷全体での計画目標年 2010 年における将来の飲用水の水需要は、上記の計画給水量及び 6. 1. 3 章の将来人口の検討から以下の表 6. 1-8 のように求められる。

表 6. 1-8 調査対象三郷将来水需要

郷	将来人口 (人)	計画給水量 (L/人・日)	日給水量 (M ³ /日)	年間水需要 (M ³ /年)
永聖域	9,900	50	495	181,000
伍什家	17,200	50	860	314,000
黒城	15,600	50	780	285,000
三郷計	42,700		2,135	780,000

6. 1. 6 水質基準

愛国衛生運動委員会と衛生部の連名で発布された、農村改水事業用の飲料水水質基準である、《農村生活飲用水衛生標準》準則(91年)3級を適用する。世界保健機構(WHO)の飲料水水質ガイドライン(かっこ内数値)と、調査地域で問題となっているフッ素及び砒素の基準で比較すると以下のとおり、砒素の基準値が高いことが際だっている。基準値は全国レベルで地理的、社会的、経済的、食習慣等の要因を考慮して決定されており、その内容について本調査では検討していない。しかし、ガイドライン値との差異及び将来において改正の余地が存在することを、関係者が本計画の開発に際して理解しておく必要がある。

フッ素化合物(F)	1.5	(1.5)	mg/L
砒素(As)	0.05	(0.01)	mg/L

6. 1. 7 地下水開発地区

(1) 永聖域郷の地下水開発地区

第4.3章で検討したように、永聖域郷の北部では深層地下水の砒素濃度が高く、南部ではフッ素濃度が高いため、飲料水源として地下水を開発できる地域は、図4.3-5に示したように、永聖域郷東端の新地梁村付近に限られる。ここでは、4.3章で検討した様に、最大で、おおよそ50万m³/年程度の地下水開発が可能と想定される。

(2) 伍什家郷の地下水開発地区

伍什家郷においては、主要断層以北に分布する下部更新統の深層地下水は、フッ素濃度が高く、ほぼ全てが飲料に適さない。また、伍什家郷の北部では、フッ素に加え砒素の濃度も飲料水基準を上回るほどに上昇する。従って、伍什家郷の地下水開発地区は、主要断層以南の、良好な地下水を賦存する白亜系帯水層分布地域に限られる。

主要断層以南に新規の地下水開発地域を設ける場合、既存井戸との井戸干渉による局地的な水位降下を避けるため、深層地下水開発があまり行われていない地域が望ましく、この様な地域としては、図4. 3-5に示した主要断層沿いの南側の地域が挙げられる。この地域は、伍什家郷の主要断層以北地域への給水を想定した場合に、距離的に近いという利点の他に、白亜系地下水流の最下流部に位置することから、ここでの地下水開発が上流部の既存井戸に与える影響が少ないという利点もある。ここでは、4. 3章で検討した様に、最大で、おおよそ100万m³/年程度の地下水開発が可能と想定される。

(3) 黒城郷の地下水開発地区

黒城郷において、生活用水のための地下水開発を行う場合、全域にわたり水質が良好であり、また開発量もわずかであることから、各村落単位での地下水の開発が可能である。

6. 2 地下水開発計画

6. 2. 1 地下水開発地点と開発量

6. 3章で述べる村落給水計画と、本調査で実施した給水試行事業に基づき、地下水開発地点と開発量を表6. 2-1に示すように設定する。また、これらの地点の位置を図6. 2-1に示す。

表6. 2-1 地下水開発地点と開発量

開発地点		帯水層	開発量 (千 m ³ /年)
永聖域郷	新地梁村	下部更新統	180.0
伍什家郷	北杜家壕村	下部更新統	5.5
	南島窪営村	白亜系	48.0
	南一間房村	白亜系	131.0
黒城郷	小揚三窩村	白亜系	3.0
	新庫倫村	白亜系	7.0
	新旺鋪村	白亜系	3.5
	油房営村	白亜系	7.0
	合同営村	白亜系	15.0
	丁党家営村	白亜系	7.5
	上馬土窩村	白亜系	18.5
	黒城村	白亜系	63.0
	道倫呼都格村	白亜系	1.0
	南営子村	白亜系	2.5
	細合窩村	白亜系	4.0
	劉寬窩村	白亜系	7.5
	合計	16カ村	—	504.0

上の表に示すように、下部更新統地下水を開発する地点は、永聖域郷の新地梁村と伍什家郷の北杜家壕村の2地点のみであり、他の地点では全て白亜系地下水を開発対象としている。

第4章で述べたように、水質を考慮した場合の今後の地下水開発可能量は、下部更新統地下水でおおよそ50万 m³、白亜系地下水でおおよそ100万 m³と想定される。上表に示されるように、下部更新統地下水の計画開発量は約19万 m³であり、白亜系地下水の開発量は約31万 m³であることから、計画地下水開発量は地下水開発可能量に比べて十分に少ないと言え、この開発により、水質の劣化や広域の地下水位低下を招くことは無いものと予測される。この検討は、次の6. 2. 2章で行なう。

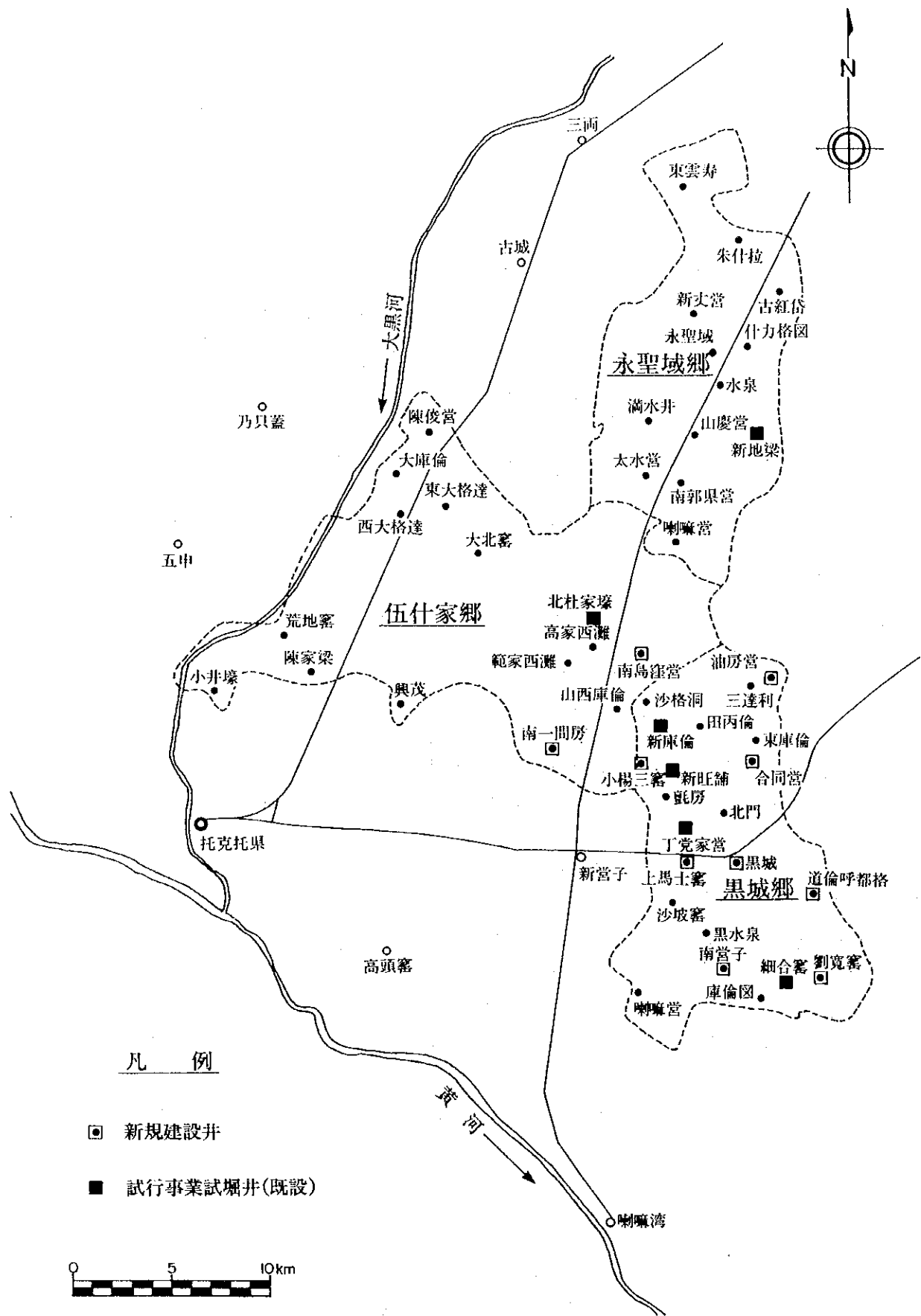


图6.2-1 地下水開發地点

6. 2. 2 地下水開発に伴う井戸内水位低下量と水質変化予測

図6. 2-2 (1) および図6. 2-2 (2) に、各開発地点における地下水開発に伴うフッ素濃度変化と、水位変化予測計算結果を示す。水位変化は、井戸内の水位低下量として計算してある。

この計算は、第4章で構築した水文地質モデルに、表6. 2-1に示した揚水条件を与えて行なった。予測期間は、給水事業実施期間を考慮し、20年間(8,000日)とした。

この計算結果に示されるように、表6. 2-1に示した地下水開発では、開発から20年後においても、全ての井戸で飲料水基準を上回るような地下水のフッ素濃度上昇は認められず、また、大幅な地下水位低下も発生しないものと予想される。ただし、伍什家郷の北杜家塚村では、計算上は開発から20年後においても、地下水のフッ素濃度が飲料水基準の1.5mg/lit以下に留まっているが、もともとのフッ素濃度が1.48mg/litと高いことから、水質の監視を注意深く行なっていく必要がある。

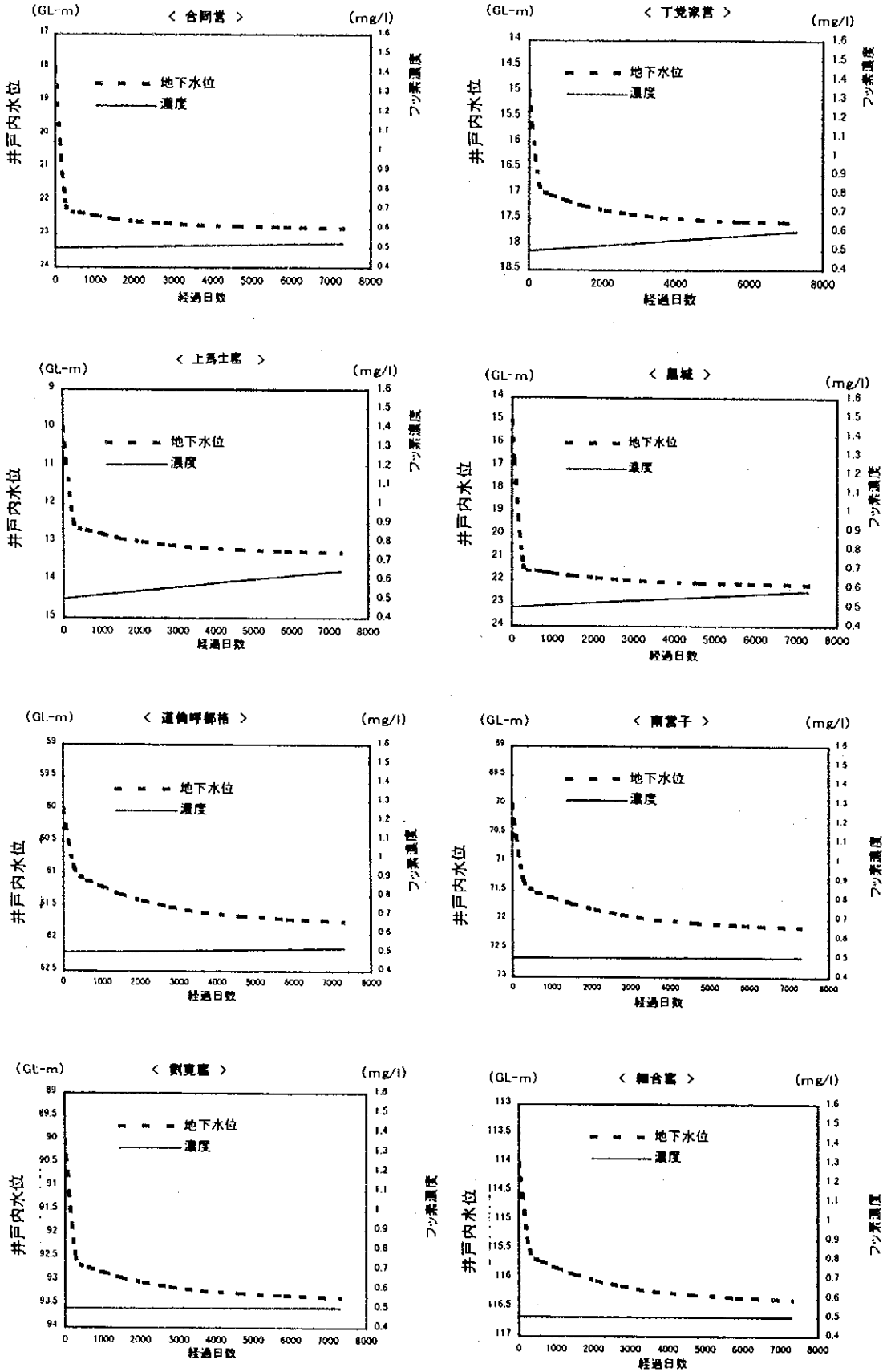


図6. 2-2(1) 地下水開発に伴う生産井の地下水フッ素濃度変化と水位低下予測

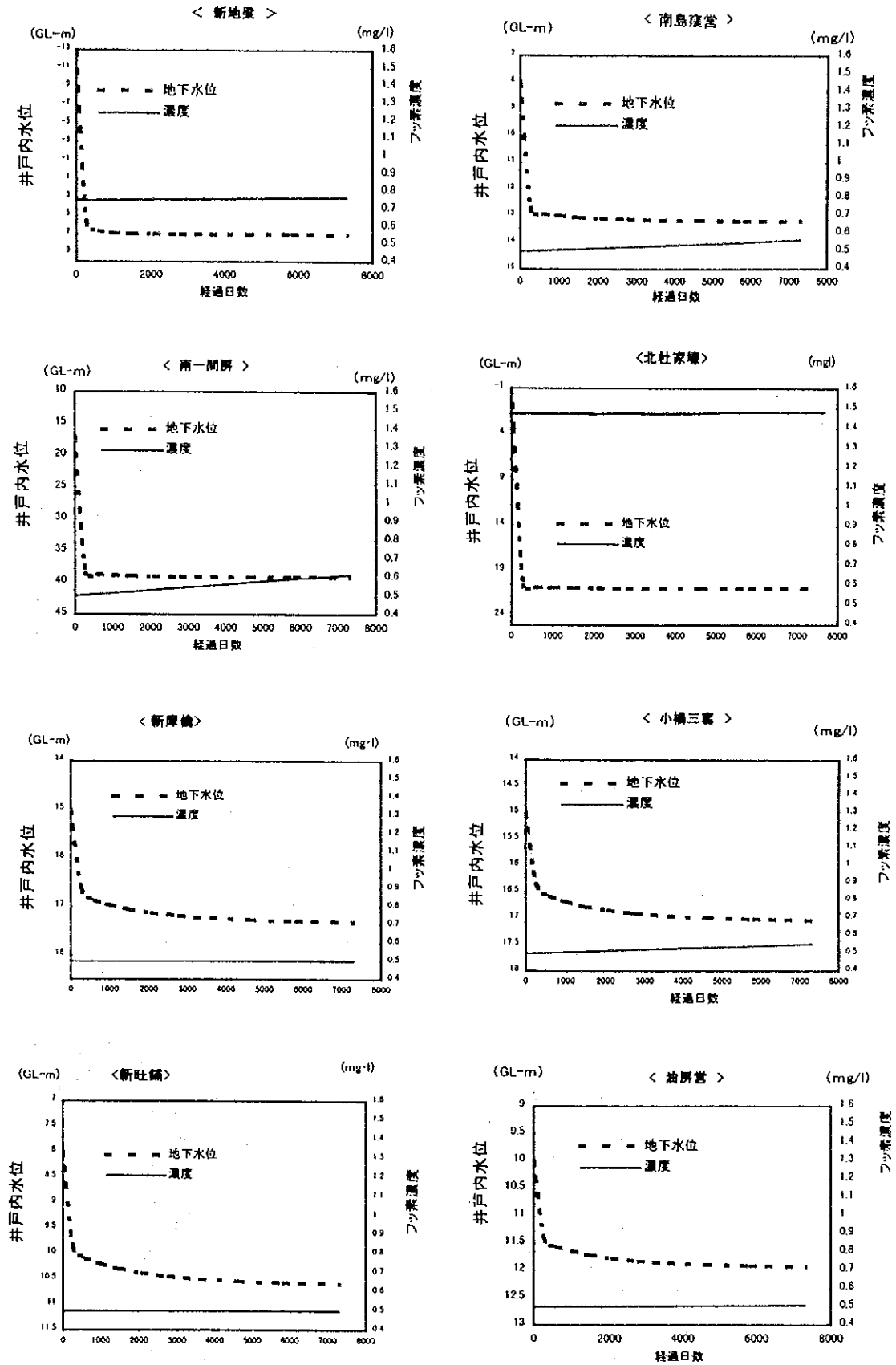


図6. 2-2(2) 地下水開発に伴う生産井の地下水フッ素濃度変化と水位低下予測

6. 2. 3 生産井の掘削数量と構造

今後の給水事業実施のために、新規に掘削する生産井の構造および掘削仕様は、今回掘削した試掘調査井と基本的に同じとする。生産井の構造諸元を表6. 2-2に示し、構造図を図6. 2-3に示す。

表6. 2-2 生産井の構造諸元

開発地点		帯水層	揚水量 (千 m^3 /年)	計画井戸 深度(m)	掘削口 径(mm)	井壁管 径(mm)	濾水管 設置区間(m)	止水区間 (m)
伍什家郷	南島窪村	白亜系	48.0	200	500	200	150-200	0-150
	南一間房村	白亜系	131.0	200	500	200	150-200	0-150
黒城郷	小揚三窩村	白亜系	3.0	200	500	200	150-200	0-150
	油房營村	白亜系	7.0	150	500	200	100-150	0-100
	合同營村	白亜系	15.0	150	500	200	100-150	0-100
	上馬土窩村	白亜系	18.5	150	500	200	100-150	0-100
	黒城村	白亜系	63.0	150	500	200	100-150	0-100
	道倫呼都格村	白亜系	1.0	170	500	200	120-170	0-120
	南營子村	白亜系	2.5	200	500	200	150-200	0-150
	劉寬窩村	白亜系	7.5	200	500	200	150-200	0-150
合計	10カ村	-	296.5	1,770	-	-	500	1,270

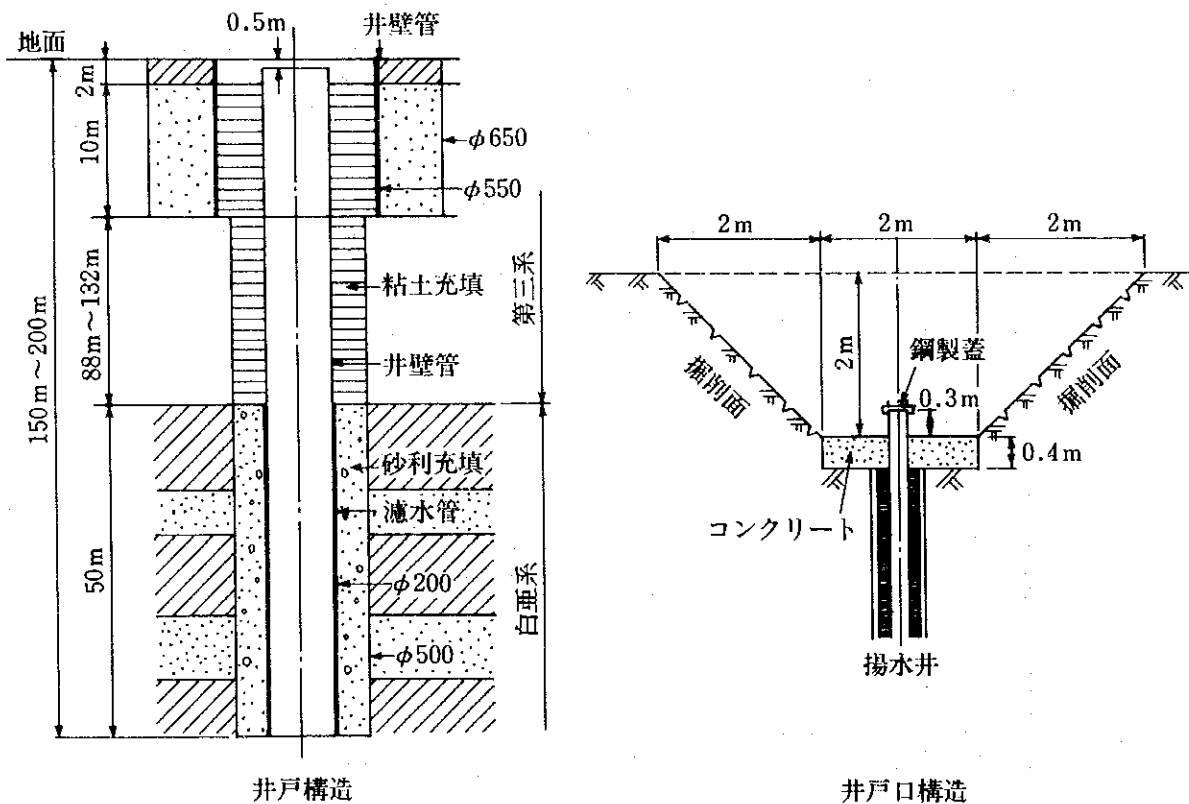


図6. 2-3 生産井の構造図

6. 2. 4 地下水管理計画

将来の給水事業の実施に伴う地下水管理は、水位管理と水水質管理よりなる。

(1) 地下水の水位管理

生産井の井戸内水位低下が予想よりも大きく、水中ポンプの揚程以上となった場合には、水中ポンプの故障を招くこととなる。このような事態を未然に防ぐため、生産井の水位観測を、定期的に行なう。

水位の測定は水位計あるいは圧力計（自噴井の場合）を用いて行うものとし、井戸の管理人に委託して行う。

生産井の水位観測は、地下水位が安定しない揚水開始から約 1 ヶ月の間は、水中ポンプ始動前および始動後の水位測定を行う。地下水位が安定してきた後は、1 週間に 1 回程度の水位観測を目途とする。

(2) 地下水の水質管理

地下水の水質測定は、現場簡易測定と飲料水基準に基づく詳細分析よりなる。

現場水質測定は、以下の簡易分析項目を 1 月に 1 回測定する。

－水温、－pH、－酸化還元電位（ORP）、－電気伝導度（EC）

現場水質測定は、現場水質測定器を用いて行うものとし、測定は井戸の管理人に委託して行う。

ヒ素およびフッ素を含む中国の飲料水基準に基づく水質分析は、夏季と冬期の年 2 回、定期的に各生産井から採水して行う。この分析は、給水施設管理組織が、責任ある分析機関に委託して行う。

6. 3 村落給水計画

6. 3. 1 給水計画

(1) 広域整備による水質の確保

地下水開発計画に基づき、黒城郷を除き、永聖城郷及び伍什家郷では、村落内での水源井戸ではなく、飲用水として水質基準を満たす水源を開発する広域の給水計画とする。また、既に改水事業が実施された村落についても水質改善の必要性が高い場合には、水質を確保するため、外部からの送水による水質の確保を行う。この場合すでに建設された村落内の給配水施設はそのまま利用することが可能である。したがい、本給水計画では、当初本調査での計画対象村落として指定された 43 の村落を対象とした計画ではなく、調査対象三郷内の全村落を対象として、現実的で有機的にむすばれた幹線網となる。一方、広域整備の範囲としては、行政組織としての郷人民政府の役割は大きく、郷を越えない範囲での水源開発、送水設備整備が、水源開発における地域住民の合意形成及び維持・管理の組織面を考えた場合に適切と考えられる。

(2) 永聖城郷

1) 概況

全ての地域が断層の北部に含まれ、一部の新地梁の近辺を除く地域では水質基準を満たす水源は得られない。また、一部の浅層地下水を利用する既存給水施設では現状水質に問題がないが、将来の水質悪化の恐れもあり、広域的な水源確保の対応が必要である。なお、永聖城郷内全村落の状況は、表 2. 2-3 に集約されている。

2) 給水計画

水源は、本調査で建設された新地梁調査井を転用し（可能揚水量：1000m³/日、最終揚水量：500m³/日）生産井に使用する。対象村落は、当面の給水には水質的に水量的に問題がない村落があり、それらの村落は整備の優先順位では考慮を要するが、計画目標年では、水質悪化あるいは水量不足のため、全ての村落で新水源からの導水が必要となるものと考ええる。なお、水質改善は必要であるが実施までに時間的な余裕のある村落は下記の 7 自然村である。

行政村	村名
東雲寿	東雲寿
南的力図	南的力図
喬富營	喬富營
永聖城	永聖城、水泉
什力格図	什力格図
満水井	満水井

概略施設計画の検討結果では、永聖城郷での給水施設として、図6. 3-1に示される、新地梁に送水センターを設置し、5系統の送水幹線による全村落への導水が考えられた。

(3) 伍什家郷

1) 概況

基本的に、主要断層北部の水質は極めて悪く、北部・西部地域ではごく一部を除き村落内で水質基準を満たす水源は得られない。永聖城郷と同様、一部の浅層地下水を利用する既存給水施設では現状水質に問題がないが、将来の水質悪化の恐れもあり、広域的な水源確保の対応が必要である。なお、伍什家郷内全村落の状況は、表2. 2-4に集約されている。

2) 給水計画

水源は伍什家郷内の主要断層南部地域に配置する白亜系帯水層を対象とする。また、水源の代案として、樹林を通過する灌漑用水を浄水処理することを前提として考慮する。計画対象村落は、永聖城郷と同様、当面の給水には水質的に水量的に問題がない村落があり、それらの村落は整備の優先順位では考慮を要するが、計画目標年では、水質悪化あるいは水量不足のため、全ての村落で新水源からの導水が必要となるものと考えられる。なお、水質が確保された改水事業実施済みの村落は下記の16村、及び水質改善は必要であるが、実施までに時間的な余裕のある村落（*印）は下記の2自然村である。

行政村 村名

伍什家	伍什家、1組、2組、3組、4組、小伍什家、節根格
樹林	樹林、小北窩
荒地窩	小井壕（*）
狄士窩	狄士窩（*）
什拉烏素壕	什拉烏素壕
一間房	北一間房、南一間房、山西庫倫、高火窩、西火窩
杜家壕	北杜家壕

概略施設計画の検討結果では、伍什家郷での給水施設として、図6. 3-2に示されるように、既存の世銀の開発計画である一間房系統の完成に加え、南一間房付近と南烏窪營に新たに水源井戸を設置し、それぞれ、郷西部地域及び郷北部地域へ、3系統の送水幹線を通じ、全村落への導水が考えられた。

黄河灌漑用水を用いた浄水処理については、計画地域内に用水ポンプ場があり取水利用が可能であるため簡易な濁度処理を適用した、水処理システムを計画し、上記の地下水開発及び送水システムに対する代案として、比較検討した。比較の結果は、初期建設費用と運転維持管理費用を考慮した経済評価で地下水送水システムが有利であったこと及び灌漑水のため豊水期には取水されなくなる時期があり、それに対する方策が必要との理由から、本計画では、送水案を採用することとした。検討した浄水処理システムの概要及び経済評

備用の建設費、運転維持管理費の積算内容は、補助報告書に示されるとおりである。今後、送水距離が遠くなるような地点での開発の場合には灌漑水処理案の優位性が出てくる可能性があると考えられる。

(4) 黒城郷

1) 概況

黒城郷は、全城主要断層南部に位置し、飲用水水質基準を満たす、白亜系帯水層が開発可能である。南部の張全營、黒水泉及乃同周辺は給水施設の整備が完了しているが、黒城あるいは合同營等の一部の浅層地下水を利用する既存給水施設では現在、水質悪化が進み、水質改善の必要が生じている。なお、黒城郷内全村落の状況は、表 2. 2-5 に集約されている。

2) 給水計画

基本的に運営/維持・管理の容易な独立系の給水施設を計画する。一部の人口の少ない村落では、井戸掘削費用との比較で、2~3ヶ村の共同利用を考慮する。概略施設計画の検討結果では、黒城郷での給水施設として、図 6. 2-1 に示されるように、新規井戸掘削 8ヶ所及びそれに伴う水源共同利用施設が計画されている。なお、水質が確保された改水事業実施済みの村落は下記の 18 村、及び水質改善は必要であるが、実施までに時間的な余裕のある村落（*印）は下記の 3 村である。

行政村	村名
黒城	黒城（*）、北門
黒水泉	黒水泉
乃同	乃同、半灘、五惧牛溝、細合窩、庫倫図
張全營	張全營、大路畔、苗家窩、王玉營、伍家營、喇嘛營
霸上	霸上、沙坡窩
馬士窩	上馬士窩（*）、下馬士窩（*）、丁党家營
合同營	新庫倫、新旺鋪

6. 3. 2 施設計画

給水計画に基づき、調査地域の給水施設概略設計を作成する。一方、概略施設計画を用い、事業費の算定を行う。

(1) 計画の対象

施設計画の対象となる村落は、調査対象 3 郷のうち、給水施設が未整備で水源確保とともに給水配管網建設の必要な村落及び村落内の給水施設は整備されているので水質改善のための水源確保だけを必要とする村落があり、それらの内訳数、総数及び 2010 年の推定人口は表 6. 3. 1 にまとめられる。

表 6. 3-1 対象村落

郷名	村落数	給水配管網工事 村落	水源改善工事 村落	2010年 人口
永聖城郷	19	2	17	7,303
伍什家郷	27	16	11	10,599
黒城郷	16	11	5	6,401
合 計	62	29	33	24,303

(2) 施設の構成

施設は、永聖城郷と伍什家郷での安全で衛生的な水の水源井戸から給水先の村落まで送水する広域送水幹線網と村落内給水配管網施設とに分けられる。

1) 広域送水幹線網

水源から郷内の各村落へ送水する管渠網である。施設の構成は、水源用井戸、送水ポンプ、送水管幹線、中継ポンプ等からなる。調査地域では、1/20000の縮尺の地形図が利用可能であり、それに基づく施設設計を実施した。その結果の送水幹線網の計画を次頁図6.3.1から図6.3.3に示す。3郷の合計で管渠延長は約114kmに達する。

3. 1から図6. 3. 3に示す。3郷の合計で管渠延長は約114kmに達する。

送水施設の標準的な施設フローを図6.3.4に示す。

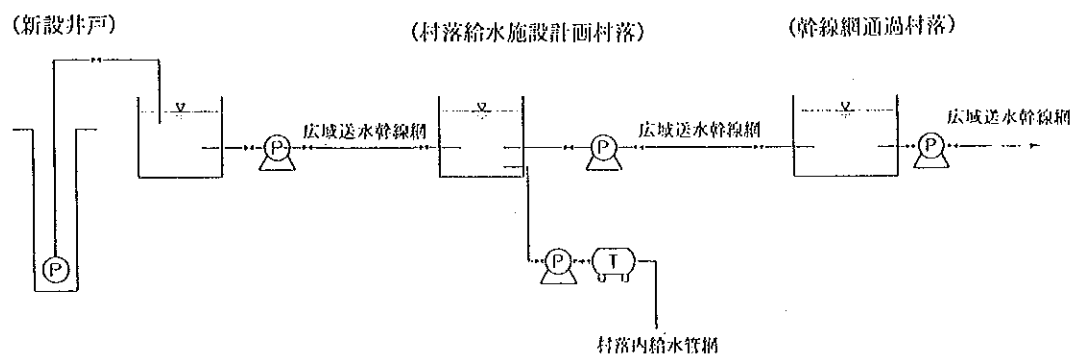
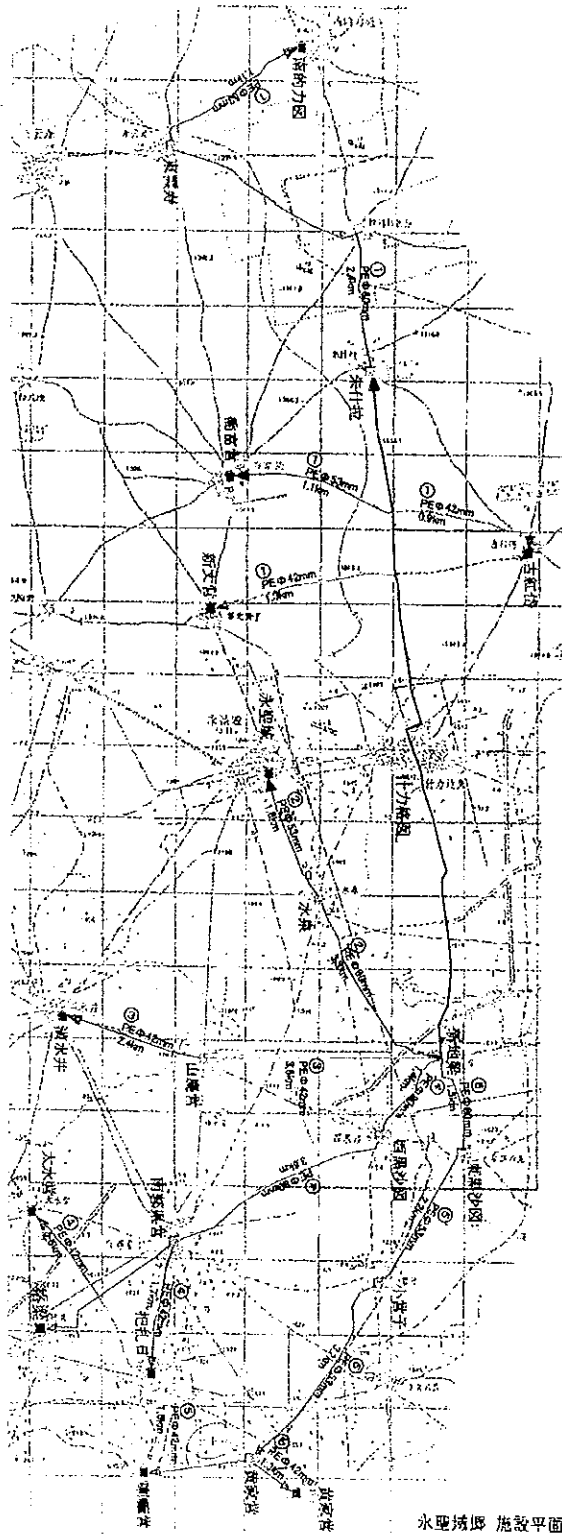


図 6.3-4 施設フロー



- 凡例
- 主管供水系統
 - 枝管供水系統
 - 儲存供水系統
 - ⊙ 中區ポンプ室
 - ⊙ 村區給水ポンプ室
 - ⊙ 新設取水井
 - △ A: 蓄水池
 - △ B: 蓄水池
 - ① 系統番号

中国 内蒙古自治区水利设计院 地方水利设计院设计	图 尺 1/100000
水利部水利部设计所	设计单位
水利部水利部设计所	1993年12月

永聖城鄉 施設平面圖
S=1:100000

图 6. 3—1 永聖城鄉給水施設計画図

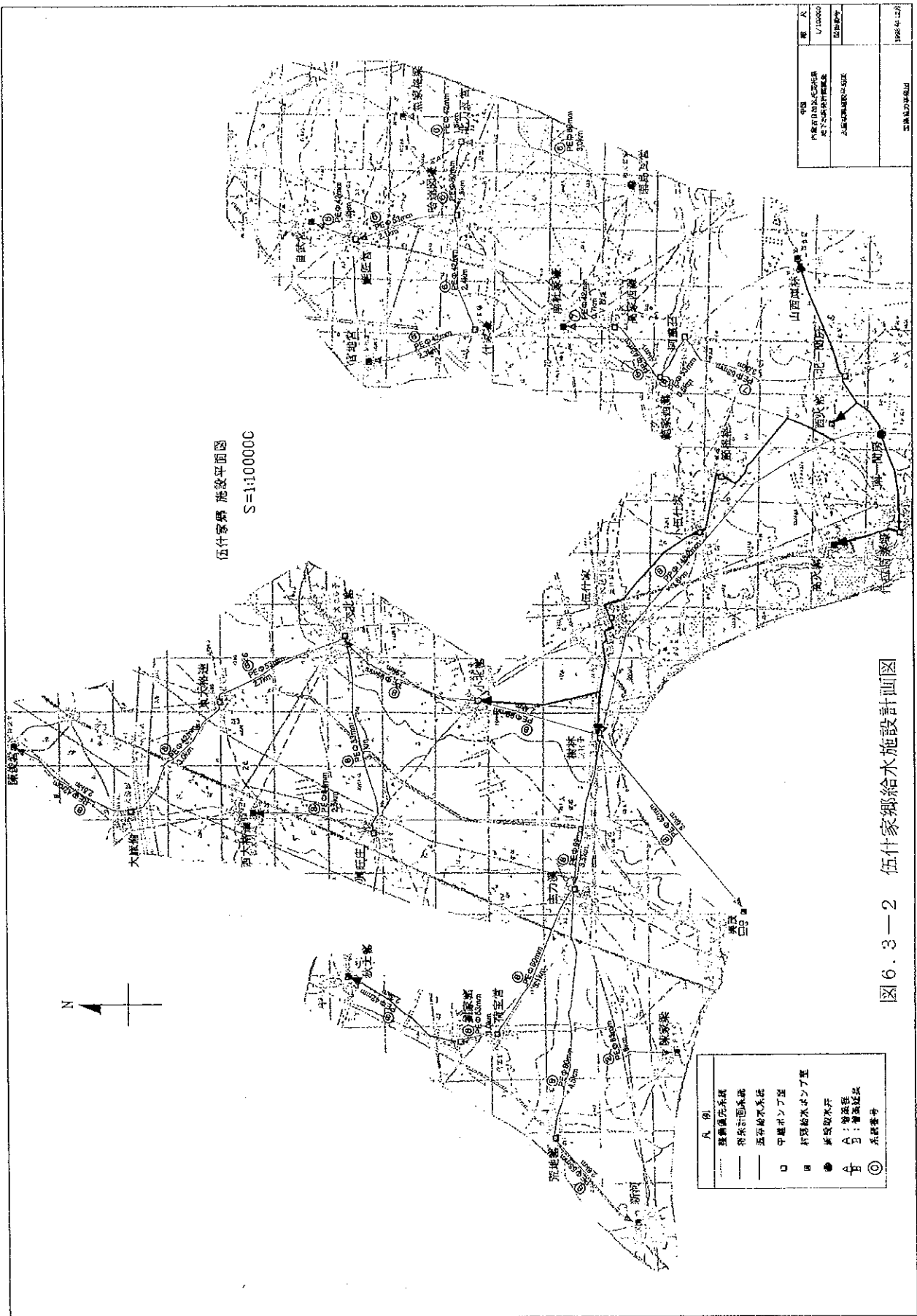
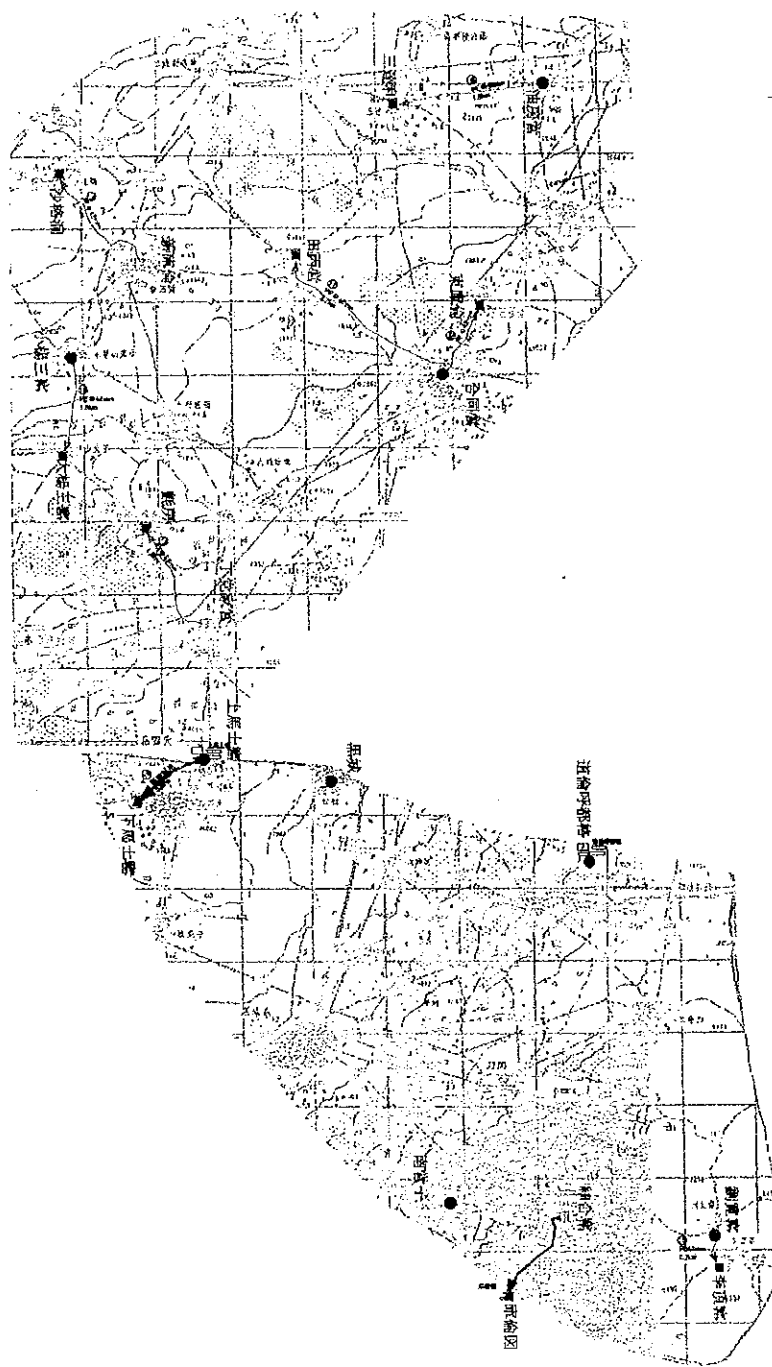


圖 6.3—2 伍什家鄉給水施設設計圖



凡 例	
—	整備優先系統
—	将来計画系統
—	既設給水系統
△	中継ポンプ室
□	村域給水ポンプ室
●	新設取水井
△	A : 管泉程
B	B : 管泉延長
①	系統番号

黒城郷 施設平面図
S=1:100000

図 6.3-3 黒城郷給水施設計画図

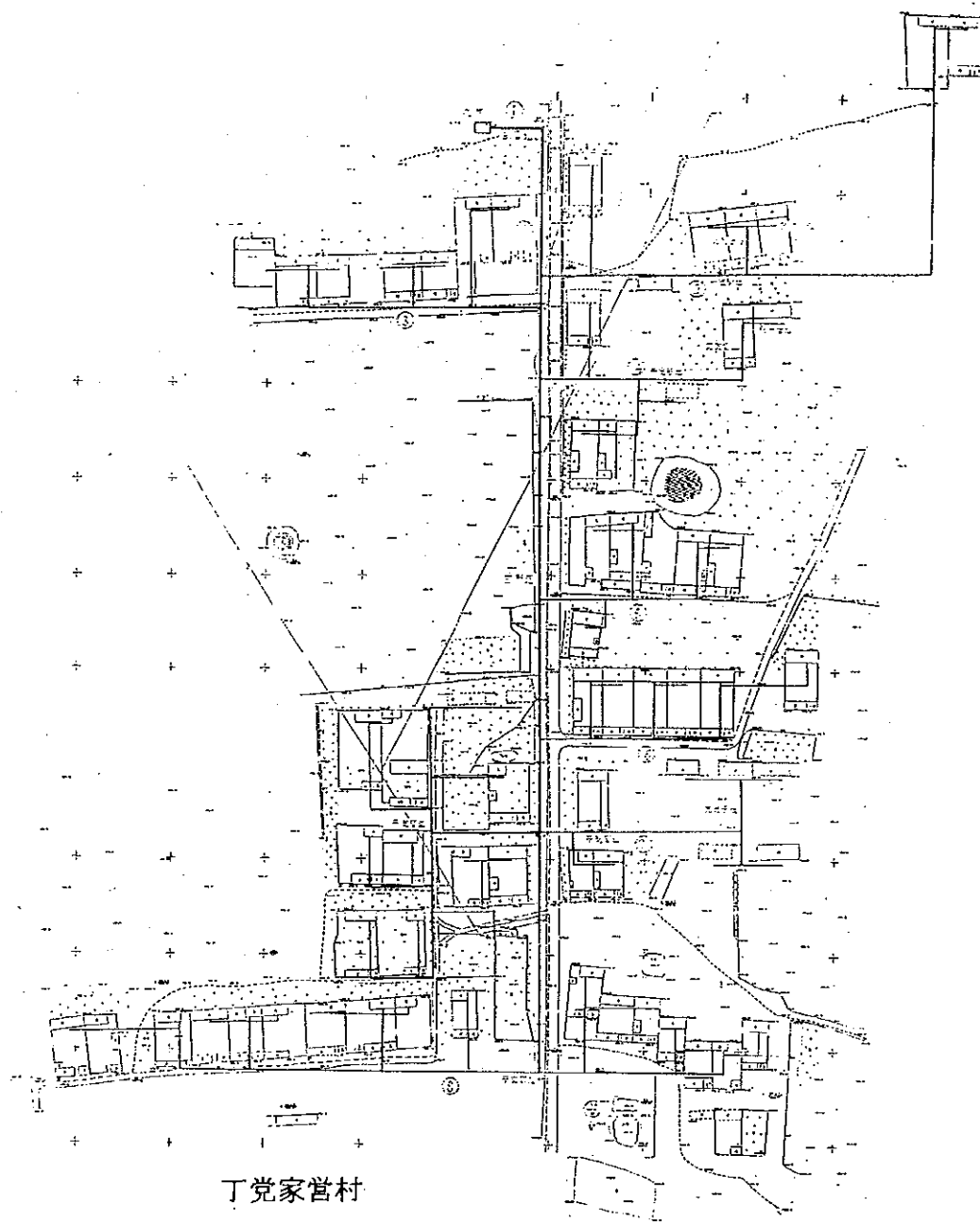
中 国	規 尺
内閣府自治体委託委託 地下水調査計画調査	1/100000
調査実施年度	調査番号
調査実施年度	1998年12月

2) 村落内給水施設

供水施設が未整備である村落を対象とし、村落内の水源井戸あるいは広域送水管網で送られてきた水を村落内各戸へ給水するための施設である。施設の構成要素は、送水ポンプ、圧力タンク、ポンプ建て屋、各戸給水用配管網からなる。

村落内給水施設の計画には、1/500 程度の縮尺の村落内での住宅配置、地形図が必要となるが、計画対象村落にはそれらがなく、実施段階で整備されることになる。したがって本計画では人口による標準的な計画条件を設定し、各村での施設計画を策定した。

施設計画で想定している村落内給水施設は、パイロットスタディで地形図測量・設計・建設されたものと同様であり、丁党家営村での実施例を図6.3-5に示す。



丁党家営村

図6.3-5 村落内給水施設

(3) 設計条件

1) 広域送水幹線網

- ・ 村民1人当りの計画給水量 : 50L/人・日
- ・ 1日当り給水時間 : 16時間

一定の水量を流すためには、大きい管断面で短時間の運転か、または小さい管断面で長時間の運転を行なうかのいずれかである。幹線網では送水量が多いことから、短時間の運転による場合には比較的大きな管断面が必要となる。

管の材料として下記のようにポリエチレン管の適用を考えており、調達可能な管径程度に抑えることが望ましい。また、水源井戸から直接のポンプ送水が有利であるから、揚水も取水可能量を一日の中でできるだけ長時間で行うことが望ましい。

これらを考慮し、運転時間を毎日の最大の活動時間である 16 時間と設定し施設計画を行う。

● 送水方式 : ポンプ圧送方式

広域送水幹線網の送水方法としてポンプ圧送を考慮した。気候温暖地で一般的に用いられる高架水槽による重力方式では、冬期の凍結の問題を生じる。また、圧力タンクには最大加圧の上限設定値が 4.0kg/cm^2 という送水能力の限界があり、設計の自由度の高いポンプ圧送を選択する。実施段階で、計画対象地の詳細な情報（標高、ルート上の障害物等）が得られ、圧力タンクによる送水が可能となる場合もあろう。

● 管 材 : ポリエチレン管

中国国内で、村落給水施設に一般的に用いられる管材としては高密度ポリエチレン管がある。ポリエチレン管は軽量で、基礎工が不要であることから施工性、経済性ともに優れている。さらに入手も容易であることから、概略設計においてはポリエチレン管の使用を前提とする。給供水施設として一般的に使用されるポリエチレン管の寸法は表 6.3-2 のとおりである。

表 6.3-2 ポリエチレン管寸法表

呼び径	6分	1寸	1寸半	2寸	3寸	4寸	φ160-148.2
管内径 (mm)	25	32	50	63	90	110	148.2

- ポンプ配置 : 各村落毎に配置

幹線管渠の通過村落に原則的にポンプ（室）を設ける。ポンプ室内の貯水タンクにおいて、それ以降の幹線網分と当該村落内への給水分とに分配する。村落内への給水により以降の幹線への送水量が減少することから管渠断面の縮小化を考慮する。

2) 村落内給水施設

- ・ 1日当り給水時間 : 2時間（一部に6時間、12時間）

- 送水方式 : 圧力タンク圧送

一般的な村落の場合、給水距離が最大 300m 程度と短く、地形面の大きな変化も小さいと考えられ、揚程が幹線管渠ほど大きくなることはない。さらに、流量が小さく管渠延長が短いことから損失の水頭が抑えられる。以上の理由から、揚程は圧力タンクの最高設定圧 4.0kg/cm^2 で対応できるものと考え、使用電力量が少なく経済性に優れる圧力タンクを選択する。調査地域の既設の給水施設は、伍什家郷の一例を除き、全て圧力タンク方式である。

- 管 材 : ポリエチレン管

管材は、広域送水幹線網と同様の理由によりポリエチレン管を採用する。

- ポンプ室 : 幹線管渠のポンプ室が兼用できる。

(4) 設計内容

1) 広域送水幹線網

実施した各施設の決定過程を、系統⑥のうち南島瓦営～北刀瓦営の例で述べる。

決定した施設の規模は以下のとおりである。

- ・ 管渠径 : ポリエチレン管 $\phi 80\text{mm}$
- ・ ポンプ仕様 : 渦巻きポンプ IS50-32-125、揚程 22m、効率 60%
- ・ 貯水タンク容量 : 15m^3

① 1時間当り送水量（対象流量）の算出

対象人口	2,502 人
1日当り送水量	$2,502 \times 50\text{L}/\text{日} = 125,300\text{L} = 125.3\text{m}^3$
1時間当り送水量	$125.3/16 = 7.8\text{m}^3/\text{hr}$

② 管渠断面の決定

管断面は、以下の式により算定する。

$$D = 18.8 \times (Q/V)^{0.5}$$

ここに、 D : 管径 (mm)
Q : 流量 (m³/hr)
V : 仮定流速 (m/sec)

$$D = 18.8 \times (Q/V)^{0.5}$$

$$= 74 \qquad Q = 7.8 \text{ m}^3 \qquad V = 0.5 \text{ m/sec}$$

仮定流速は、経済速度として一般的に 0.5 m/sec～0.75 m/sec が採用されている。計画は 0.5 m/sec を用いて算定する。

表 6.3-2 より直近上位の寸法である φ80mm を選定する。

③ 全揚程の計算

全揚程は以下の式で算定する。

$$\begin{aligned} \text{全揚程} = & \text{吸込側実揚程} + \text{吐出側実揚程} + \text{吸込側損失水頭} \\ & + \text{吐出側損失水頭} + \text{管渠末端最小圧} \\ & \text{単位：全て (m)} \end{aligned}$$

ここに、 吸込側実揚程 : 貯水タンクからポンプまでの揚程 0
吐出側実揚程 : ポンプから送水管口までの揚程 0
吸込側損失水頭 : 吸込管内の損失水頭で 5.0m と仮定
吐出側損失水頭 : 送水管内の損失水頭 +
曲管等の局部損失水頭
管渠末端水圧 : 1.0kgf/cm = 10.0m
区間両端の高低差 : 本例の場合 -3.0m

送水管内の損失水頭は、以下の算定による。

「中国農村給水工程・設計手冊」の中に、ポリエチレン管の管材特性を考慮した損失水頭の早見表が掲載されており、その数値を引用する。(表 6.3-3 参照)

対象流量が 7.8m³、管渠延長は 3.0

損失水頭は、上表より 2.74m/km である。

$$\text{送水管内損失水頭} = 2.74 \times 3.0 = 8.22 \text{ m}$$

局部損失水頭は送水管内の損失の 10%を見込む。

よって、吐出側の損失水頭は、8.22 m × 110% = 9.0m である。

$$\begin{aligned} \text{全揚程} = & \text{吸込側実揚程} + \text{吐出側実揚程} + \text{吸込側損失水頭} \\ & + \text{吐出側損失水頭} + \text{管渠末端水圧} + \text{区間両端の高低差} \end{aligned}$$

$$= 0+0+5.0+9.0+10-3.0 = 21\text{m}$$

④ ポンプ仕様の決定

ポンプの選定は、対象となる流量、及び全揚程から行なう。

対象流量 $Q=7.8\text{m}^3$ 、全揚程=21.0 m から形式 IS50-32-125 (揚程 22m、効率 60%) を選定する。

⑤ 貯水タンク容量の決定

1時間当たり給水量の2倍程度の貯水量を確保するものとする。

$$7.8\text{ m}^3/\text{hr} \times 2.0 = 15.0\text{ m}^3$$

以上の検討で得た施設概要を表 6. 3-4 と 6. 3-5 に示す。

表 6.3-3 ポリエチレン管の損失水頭

流 量 Q		管 道 五 径 (毫 米)													
		外 50 内 46		63 58.4		75 69.6		90 81.6		110 102.2		160 148.2			
米/時	升/秒	流速	阻力	流速	阻力	流速	阻力	流速	阻力	流速	阻力	流速	阻力		
1.44	0.40	0.24	2.19												
1.62	0.45	0.27	2.77												
1.80	0.50	0.30	3.42												
2.16	0.60	0.36	4.92												
2.52	0.70	0.42	6.69	0.26	1.87										
2.88	0.80	0.48	8.74	0.30	2.49										
3.24	0.90	0.54	11.07	0.34	3.19	0.24	1.26								
3.60	1.00	0.60	13.66	0.37	3.78	0.26	1.48								
4.32	1.20	0.72	19.67	0.45	5.60	0.32	2.24								
5.04	1.40	0.84	26.78	0.52	7.47	0.37	2.30	0.26	1.16						
5.76	1.60	0.96	34.97	0.60	9.95	0.42	3.86	0.29	1.44						
6.48	1.80	1.08	44.26	0.67	12.40	0.47	4.83	0.33	1.87						
7.20	2.00	1.20	54.65	0.75	15.54	0.53	6.15	0.36	2.22	0.24	0.76				
7.92	2.20	1.32	66.12	0.82	18.58	0.58	7.36	0.40	2.74	0.27	0.96				
8.64	2.40	1.44	78.69	0.90	22.38	0.63	8.68	0.44	3.32	0.29	1.10				
9.36	2.60	1.57	93.54	0.97	26.00	0.68	10.12	0.47	3.79	0.32	1.34				
10.08	2.80	1.69	108.39	1.05	30.46	0.74	11.98	0.51	4.46	0.34	1.52				
10.80	3.00	1.81	124.33	1.12	34.66	0.79	13.66	0.55	5.19	0.37	1.80				
11.52	3.20	1.93	141.36	1.20	39.79	0.84	15.44	0.58	5.77	0.39	2.00				
12.24	3.40	2.05	159.48	1.27	44.56	0.89	17.33	0.62	6.59	0.41	2.20				
12.96	3.60	2.17	178.70	1.34	49.61	0.95	19.75	0.66	7.47	0.44	2.54				
13.68	3.80	2.29	199.01	1.42	55.71	1.00	21.88	0.69	8.17	0.46	2.78	0.22	0.39		
14.40	4.00	2.41	220.42	1.49	61.34	1.05	24.12	0.73	9.14	0.49	3.15	0.23	0.42		
15.12	4.20	2.53	242.91	1.57	68.11	1.10	26.47	0.77	10.17	0.51	3.42	0.24	0.46		

表6. 3-4 広域送水幹線網施設一覧表

(永聖城郷)

	管渠対象 人口(人)	時間当たり 輸水量(m ³ /h)	管渠延長 (Km)	管渠径 (mm)	管渠損失 水頭(m)	高低差 (m)	全揚程 (m)	ポンプ形式 揚程・効率
朱什拉	1771	5.5	4.0	80.0	18.9	-5.0	26.9	IS50-32-160A
東壘溝	894	2.8	2.8	53.0	11.1	-5.0	21.1	27m52%
雨の力因 新地梁	1343	4.2	3.3	80.0	5.5	-11.0	9.5	IS50-32-125 22m60%
水泉	1124	3.5	1.6	53.0	11.2	-5.0	21.2	IS50-32-125 22m60%
永聖城 新地梁	223	0.7	3.6	42.0	8.3	-11.0	12.3	IS50-32-125 22m60%
山慶溝	117	0.4	2.4	42.0	5.5	-5.0	15.5	IS50-32-125 22m60%
滴水井 新地梁	1302	4.1	1.4	80.0	3.4	0.0	18.4	IS50-32-125 22m60%
西寨沙因	1073	3.4	3.6	80.0	5.9	-3.0	17.9	IS50-32-125 22m60%
雨期溝管	316	1.0	2.5	42.0	5.5	-9.0	11.5	IS50-32-125 22m60%
槽渠 系統①	98	0.3	2.5	42.0	3.1	0.0	18.1	
大水營 雨期溝管	283	0.8	1.7	42.0	3.0	0.0	18.9	IS50-32-125 22m60%
把扎口 新地梁	1293	4.1	1.5	80.0	3.7	0.0	18.7	IS50-32-125 22m60%
東寨沙因	1079	3.4	2.2	53.0	8.6	0.0	21.8	IS50-32-125 22m60%
小寨子	900	2.8	3.2	53.0	14.3	-3.0	25.3	IS50-32-160A 27m52%
紅房溝	255	0.8	1.3	42.0	3.0	5.0	23.0	IS50-32-125 22m60%
買家營 紅房溝	206	0.6	1.6	42.0	3.6	3.0	21.6	IS50-32-125 22m60%
喇嘛營 系統①	248	0.8	2.5	42.0	5.7	0.0	20.7	IS50-32-125 22m60%
新文營 系統①	373	1.2	0.9	42.0	2.6	0.0	17.6	IS50-32-125 22m60%
古釘岱 系統①	750	2.3	1.1	53.0	3.9	0.0	18.9	IS50-32-125 22m60%
養蓋營								22m60%

(黑城郷)

	管渠対象 人口(人)	時間当たり 輸水量(m ³ /h)	管渠延長 (Km)	管渠径 (mm)	管渠損失 水頭(m)	高低差 (m)	全揚程 (m)	ポンプ形式 揚程・効率
油房溝	199	0.6	1.9	42.0	4.3	0.0	19.3	IS50-32-125 22m60%
三連村 合同溝	182	0.5	1.4	42.0	3.2	0.0	18.2	IS50-32-125 22m60%
東庫村 合同溝	55	0.2	2.7	42.0	6.1	-10.0	11.1	IS50-32-125 22m60%
田河營 新庫村	122	0.4	2.7	42.0	6.1	0.0	11.1	IS50-32-125 22m60%
沙格蓋 小橋三蓋	89	0.3	1.8	42.0	4.1	0.0	19.1	IS50-32-125 22m60%
大橋三蓋 丁兜家營	144	3.6	1.8	53.0	5.5	0.0	20.5	異設任カタンク
蘇房 劉家營	295	0.6	0.7	42.0	1.5	0.0	16.5	IS50-32-125 22m60%
李頂蓋								22m60%

表 6.3-5 広域送水幹線網施設一覽表

(伍什家鄉)								
管渠對象	時間当たり	管渠延長	管渠徑	管渠損失	高低差	全揚程	ポンプ形式	揚程・効率
人口(人)	輸水量(m ³ /h)	(Km)	(mm)	水頭(m)	(m)	(m)		
南島窪	2502	7.8	3.0	80.0	9.0	-3.0	21.0	IS50-32-160
北島窪								22m60%
北島窪	160	0.5	1.8	42.0	3.8	0.0	18.6	IS50-32-125
蘇家橋梁								22m60%
北島窪	2173	6.8	1.9	80.0	4.0	0.0	19.0	IS50-32-125
哈達園壩								22m60%
哈達園壩	1079	3.4	2.1	53.0	14.7	-8.0	21.7	IS50-32-125
蘇匠營								22m60%
蘇匠營	435	1.4	1.2	既設管線用				IS50-32-125
白武營								22m60%
哈達園壩	471	1.5	2.4	42.0	11.8	-15.0	11.6	IS50-32-125
什家壩								22m60%
什家壩	350	1.1	2.3	42.0	6.8	0.0	21.8	IS50-32-125
富地營								22m60%
北一團房	944	3.0	3.0	53.0	17.4	-8.0	24.4	IS50-32-160A
阿蘇日								27m52%
阿蘇日	837	2.8	0.5	53.0	4.1	0.0	19.1	IS50-32-125
蘇家西溝								22m60%
蘇家西溝	835	2.0	1.4	42.0	12.0	0.0	27.0	IS50-32-160A
蘇家西溝								27m52%
蘇家西溝	275	0.9	0.9	42.0	5.5	0.0	20.5	IS50-32-125
南社家壩								22m60%
蘇家西溝	77	0.2	0.9	42.0	1.0	0.0	18.0	IS50-32-125
蘇家壩								22m60%
南一團房	7900	24.7	7.8	148.2(PP管)	12.1	-20.0	7.1	IS65-50-160
樹林								32m85%
樹林	207	0.7	3.8	42.0	9.1	-3.0	21.1	IS50-32-125
興茂								22m60%
樹林								
樹林	3814	11.3	3.5	99.0	6.4	-10.0	11.4	IS50-32-125
主力渠								20m60%
主力渠								
主力渠	1857	5.2	4.5	80.0	7.2	-3.0	19.2	IS50-32-125
富地壩								22m60%
富地壩	1007	3.1	2.8	53.0	15.1	-3.0	27.0	IS50-32-160A
新河								27m52%
⑧-2-2	284	0.8	2.2	42.0	7.0	0.0	22.0	IS50-32-125
蘇家壩								22m60%
主力渠	1424	4.5	3.1	80.0	5.5	0.0	20.5	IS50-32-125
前室營								22m60%
前室營	1092	3.4	1.0	53.0	7.0	0.0	22.0	IS50-32-125
蘇家壩								22m60%
樹林								
樹林	3883	12.1	2.4	99.0	5.8	0.0	20.8	IS50-32-125
小北壩								20m60%
小北壩	3229	10.1	2.9	99.0	5.7	1.0	21.7	IS50-32-160
大北壩								20m60%
大北壩	1000	3.1	3.7	53.0	21.5	7.0	43.5	IS50-32-200A
興旺庄								42m48%
興旺庄	415	2.5	2.5	42.0	29.9	0.0	44.9	IS50-32-200A
西大橋壩								42m48%
大北壩								
大北壩	1072	3.4	2.7	53.0	18.9	-5.0	28.9	IS50-32-160
東大橋壩								33m54%
東大橋壩	706	2.2	3.0	42.0	36.7	0.0	51.7	IS50-32-200
大興林								55m48%
大興林	279	0.9	2.5	42.0	5.7	1.0	21.7	IS50-32-125
蘇家壩								22m60%

2) 村落内給水施設

伍什家郷焦家格梁村を例に施設の設計過程を述べる。

① 1時間当り送水量の算出

対象人口	160人
1日当り給水量	$160 \times 50\text{L} / \text{日} = 8,000\text{L} = 8.0\text{m}^3 / \text{hr}$
1時間当り給水量	$8.0 / 2.0 = 4.0\text{m}^3 / \text{hr}$

② 管渠断面の決定

$$\begin{aligned} & 18.8 \times (Q/V)^{0.5} \\ &= 18.8 \times (4.0/0.5)^{0.5} \\ &= 54 \end{aligned}$$

表6.3-2より直近上位の $\phi 80\text{mm}$ を選定する。

③ 圧力タンクの仕様決定

村落内の詳細な区画割が不明であるため、給水管系統の末端までの損失水頭を $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ と仮定する。最小動水圧は $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ であることから管内の最小圧力は $2.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ である。

圧力タンクの総容量は次式により算定する。

$$\begin{aligned} V &= P1 \times V_s / (1 - \alpha) \\ V_s &= \beta \times Q / (4 \times \eta_{\max}) \\ \alpha &= (P1 + 1) / (P2 + 1) \end{aligned}$$

ここに、 V : 圧力タンクの総容積

α : 圧力比係数

$P1$: 給水管内に要求する最小圧力 $2.0\text{kgf}/\text{cm}^2$

$P2$: 給水管内に要求する最大圧力 $4.0\text{kgf}/\text{m}^2$

V_s : 圧力タンクの総容量

β : 容積付加係数 横式タンクの時 1.25

Q : 1時間当り給水量 (m^3/hr)

η_{\max} : タンク内への給水ポンプの1時間毎最大発動回数 12/hr

$$\begin{aligned} \alpha &= (P1 + 1) / (P2 + 1) = (2.0 + 1) / (4.0 + 1) \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \beta \times Q / (4 \times \eta_{\max}) = 1.25 \times 4.3 / (4 \times 12) \\ &= 0.11 \end{aligned}$$

$$V = P1 \times V_s / (1 - \alpha) = 2 \times 0.11 / (1 - 0.6)$$

= 0.55m³

圧力タンクの総容量は0.55m³となる。

④ 貯水槽の容量

5.0m³タンクを配置する。

以上の検討で得た施設概要を表6.3-6に示す。

表6.3-6 村落内給水施設概要表

1) 永聖城郷						
2村						
	人口	給水量 (m ³ /h)	使用管径 (内径mm)	圧力タンク	ポンプ	備考
山慶宮	106	2.7	53	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	
小窪子	179	4.5	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
伍什家郷						
16村						
	人口	給水量 (m ³ /h)	使用管径 (内径mm)	圧力タンク	ポンプ	備考
南鳥窪宮	26	0.7	42	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	取水井新設
黨家格梁	169	4.2	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
什家郷	112	2.8	53	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	
何重召	107	2.7	53	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	
範家西溝	202	5.1	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
高家西溝	360	9.0	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 20m 60%	
南社家郷	275	6.9	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
苗通宮	77	1.9	42	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
興茂	207	5.2	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
三力漢	533	13.3	99	HXG 1400-5	IS 50-32-125 18m 60%	
魏家梁	264	6.6	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
荒地郷	386	9.7	99	HXG 1400-5	IS 50-32-125 20m 60%	
綽旺庄	585	4.9	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	6時間給水
東大格漢	364	9.1	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 20m 60%	
大庫林	429	10.7	99	HXG 1400-5	IS 50-32-125 20m 60%	
魏家宮	279	7.0	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
黑城郷						
11村						
	人口	給水量 (m ³ /h)	使用管径 (内径mm)	圧力タンク	ポンプ	備考
油房宮	166	4.2	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125	取水井新設
田丙宮	55	1.4	42	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	
東庫林	162	4.1	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
沙格洞	122	3.1	53	HXG 1000-3	IS 50-32-125 5m 54%	
小溝三宮	55	1.4	42	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	取水井新設
大溝三宮	89	2.2	42	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	
蘇房	144	3.6	53	HXG 1000-3	IS 50-32-125 5m 54%	
道倫呼額格	64	1.6	42	HXG 1000-2	IS 50-32-125 5m 54%	取水井新設
劉家宮	194	4.9	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	取水井新設
李頂宮	205	5.1	80	HXG 1400-5	IS 50-32-125 5m 54%	
南窪子	133	3.3	53	HXG 1000-3	IS 50-32-125 5m 54%	取水井新設

6. 3. 3 資材調達計画

本年 7 月に開始された給水施設のモニタリング（監視）においては、運転機械の全てに中国製機器が採用されている。施設仕様の適格性を把握すると同時に、これら各機器の運転性能を確認するものである。現時点で不具合は生じていない。複数の既存給水施設の運転状況について聴取したが、全般的に故障は少なく順調に稼働している。

現在の中国製機器・機材の性能が、給水施設として十分実用に耐え得ることをこれらの実績が証明しており、資材・機材の運転性能面での問題はないという結論を得た。さらに近郊に多数の製造所があることも機器の入手、維持管理面で好都合である。

主要な機械、機材に関する製造所、実績等は以下のとおりである。

● 深井戸用、送水用ポンプ

呼和浩特市内には、包頭水中ポンプ所、及び烏海水中ポンプ所の製造所があり、両社の製品は世銀プロジェクトや 380 供水工程、内蒙古自治区内における改水事業にも採用されている。運転関係者の品質に対する評価は高く、万一の故障の際にも製造所が近いことから部品の調達が容易であると考えられる。これら以外にも山東電気ポンプ所、上海水中ポンプ所製も自治区内で採用実績を持っている。

● 圧力タンク

内蒙古自治区内の製造所に内蒙古水利機械所及び呼和浩特托克托水中ポンプ所とがある。ポンプと同様に、380 供水工程にも採用されており、運転状況に問題はない。

特に、圧力タンクは圧力容器に属するため、設計製作面で中国内でも厳しい規制を受けており、中国標準（GB1750-90）に適合する両社の製品は品質面で問題ないものである。

● 管 材

概略設計で選定した管種はポリエチレン管である。基礎が不要、軽量で布設が容易という利点から、他の給水工程でも実績は豊富であり、市場にも数多く流通している。製造所は、呼和浩特市第六塑料所、内蒙古包頭市第一塑料所と近郊にあり入手は容易である。

● 制御盤

近郊に、内蒙古水利機械所、托克托県電気制御設備所が有り、380 供水工程にも使用されている。既存の施設を視察の際にも、内蒙古水利機械所製品の使用実績を確認した。

● 水量メーター

浙江宇波水表所製の実績が多い。

● 電力メーター

天津電気伝表所製の実績が多い。

6. 3. 4 維持管理/運営組織計画

(1) 維持管理計画

これまでの改水事業では、村民により構成された管理小組が組織化されている。しかしながら、これらは主に機器の運転操作を担当するものであり、維持・点検・修理等に関して十分に機能していないのが現状である。これは、組織自体が小規模で、さらに機器に関する専門的な知識に乏しいことに因る。

次項“(2) 運営組織計画”で記述するが、維持管理組織として、各郷に設立を提案する公司をあてる。維持管理が目的とするところは、設備の要求条件を将来的にも確保することである。さらに、健康性、経済性、安全性等にも関係するもので、技術面での対応がなされなければ、これらの目的は達成できない。

日常は、各村の担当者が機器の運転を行うため、運転状況の確認は容易に行えるが、故障・定期点検といった場合には専門的な知識をもって対応ができる維持管理体制を各郷の公司により整えるものである。所要人員は、各郷の公司に専門技術者を2名程度配置し、郷内全ての対象となる施設の点検・修理を担当する。

1) 日常点検

施設機器の運転・休止操作は、原則的に毎日、運転者の操作によることになる。運転者は正常運転時の状況・運転音などを体験的に身につけ異常の早期発見が可能である。以下は、特に専門的な知識がない場合でも運転時毎の確認が可能なものである。

①ポンプ

- ・圧力計の数値は適切か。(ポンプ内、配管内の詰まり)
- ・ポンプモータの電流・電圧が定格数値以下であるか。(定格電圧の±10%以内での運転がされない場合、モータの焼損につながる)。
- ・運転音は正常か。不自然な振動はないか。(軸受けの損傷、軸継手の芯狂いの可能性)
- ・異常な個所からの水漏れがないか。

②圧力タンク

- ・目視による外観検査
- ・圧力計の確認

圧力容器に属し、取扱いを誤ると非常に危険な機械である。日常の運転状況での確認は上記の項目について実施し、定期点検での圧力検査の頻度を高めることが必要である。

③配管類

- ・異常な水漏れの有無

④貯水タンク(コンクリート製)

- ・清潔に保つ

機械類ではないため特に留意することはないが、常に内部を清潔に保つよう関係者全員が再認識すべきである。

⑤ポンプ室

各とびら、窓ガラス、天井などの破損は、冬期には水の凍結にもつながる重要な問題

である。日常の運転の際に十分確認できるものであり、早期の対応が必要である。

上記の項目に関する点検結果は、運転記録簿への記入を義務付けることとし、異常時、その対応策を講じる時の資料として活用すべきものである。また、異常と判断した場合には、速やかに運転組織への連絡を行ない、早期に回復できるような対処法を徹底する必要がある。

2) 定期点検

原則として会社の専門技術者が担当すべき事項で、日常の項目に加える事項である。

①ポンプ

- ・軸受け油の交換
- ・グランドパッキン、またはメカニカルシール、パッキン類の交換
- ・部品交換後、一定期間をおいての各部増し締め
- ・適温を保つての運転が行なわれているか
- ・エア漏れの有無

②圧力タンク

- ・圧力試験
通常の使用期間中では実施できない内部検査をおこなう。また、外観検査も専門的な視野から実施する。

③配管類

- ・各継ぎ手の漏水の有無、パッキン等の交換

④その他

定期点検の際、専門技術者は各施設運転者の記載する運転記録簿を確認し、全体的な状況を把握すると同時に、運転者に対し必要な指導・助言を与え、日常点検の一層の充実に努めることも重要である。

(2) 運営組織計画

農村給水事業については、これまで給水の普及を目的として、施設整備（建設）に力点が置かれてきた。そのため運営維持についてはまだまだ未整備の点も多いため、今後の強化・改善が必要である。

1) 運営組織に関する原則

農村給水事業のみならず、公益事業の実施には監督機能と運転機能が必要である。通常、監督機能については行政側が担当し、運転機能については公司等財務的には独立した組織により担当されている。これらの機能は別々の組織により果たされることが健全な事業運営には不可欠である。

一般的に監督機能は以下の諸機能を含む。

- 基本政策の立案
- 全体計画、事業計画

- 他部門との調整
- 基準・標準類の整備と遵守指導
- 運転機能を担当する組織の監督・指導・支援
- 財政支援
- 事業の費用回収についての政策と料金設定指導

一方、運転機能は以下の諸機能を含む。

- (- 施設設計)
- (- 施設建設・施工管理・更新)
- 運転・維持・点検・修繕
- 啓蒙活動と住民教育
- 監測記録
- 料金徴収および会計

しかしながら、本給水計画においては対象村落の経済水準からも、あるいは運転機能の中心を担う村落組織、郷レベルの技術面・財政面の能力からも、施設設計・建設・施工管理を村落組織・郷レベルで実施するには困難があり、当面は監督機能を果たす行政側が実施すべきである。托克托県の城関鎮における給水事業においても当初の施設建設・施工管理までは行政組織である城建局が担当しており、また料金収入も初期投資もしくは更新の費用を回収できるほどではない。このことから、農村給水計画である本計画においては施設建設・施工管理については行政側で担当・費用負担する（一部に村民負担を求めにしても）ことが好ましいことがうかがえる。

2) 監督組織

農村給水事業を指導・支援する監督組織としては、県・市・自治区の水利局（庁）・衛生局（庁）・改水項目弁公室／愛国衛生運動委員会等の行政組織が適当である。担当すべき業務内容は下図に示されている。

監督機能については運転・点検・修理等についてのマニュアル（手冊）の整備とそれらに基づく運転機能を担当する組織の要員の教育が急務と見受けられる。こうした点から、改水項目弁公室（名称の示すようにプロジェクト組織である）は、運営維持（特に広域給水）・衛生教育等において世銀／愛国衛生運動委員会による事業の実施経験があり、運営維持体制を整備するまではその存続が不可欠と考えられる。あるいは、改水項目弁公室を母体として農村供水管理弁公室といった横断組織を設立することも提案できる。もちろんこの場合でも、水源管理は従来どおり水利局の水政水資弁公室、水質分析については衛生局管轄の防疫站にて業務の一部として行い、農村供水管理弁公室に重複する機能を持たせる必要はない。

上述のとおり、水利局・改水項目弁公室双方ともに運転・維持の監督・指導・支援についての経験が充分とはいえないため、それぞれの上級機関の支援または現在都市給水を運

営管理している機関の支援・協力も得て、運営管理の核となる要員を育成することが緊急の課題である。

農村給水についての運転・維持管理のための指針（手冊）の作成は早急に整備される必要があるが、世銀／愛国衛生運動委員会による『中国農村給水工程運行管理手冊』は参考となる。同手冊は全国を対象としており、運営管理は、各地域の水文・社会・経済状況により当然変わってくるため、見直しが必要ではあるが、同手冊で述べられる基本原則はおおいに参考となるはずである。見直しが必要な部分については自治区もしくは市レベルを中心に行われるべきである。その上で県レベルにより各郷の公司、各系統の管理小組が実際に使用可能な運営維持管理についてのマニュアル、記録記入のための様式類が整備される必要がある。

3) 運転組織

運転機能を担当する組織として、各郷に公司の設立を提案したい。公司の要員としては主任、技術員（点検修理担当2名、水質担当1名）、会計担当員（1名）の5名程度が適切と推量される。公司設立の母体としては各郷の水管理站である。各郷における水管理站の職員数は2～4名であり、水管理站の職務には灌漑施設の管理も含まれている。したがって、公司設立に際しては技術者・管理者の増員もしくは異動が必要であり、要員訓練は早急に着手される必要がある。

公司は、村落レベルで行われる運転、日常管理を指導・支援するとともに修理、定期的な巡回点検等も行う。なお、広域給水システム（特に永聖城郷・伍什家郷）における揚水・送水系統の運転、日常管理については公司が直接実施する。

公司のもとに各給水系統にて、実際の運転をする組織（管理小組）は、これまでの改水事業・今回の試行事業でも各村落で円滑に組織化されている。しかしながら、村民組織である管理小組は運転・維持・点検・修理・会計等についての技術・知識に乏しいため、これらの項目について具体的な方法を知らない。円滑な事業運営を実現するためには上述のマニュアル等の指針・基準・標準類の整備を早急に始められる必要がある。

4) 衛生教育の組織

改水項目弁公室により運営されている伍什家郷北一間房を水源とする給水系統での組織は、衛生教育推進・組織化の良い参考である。

衛生教育のための組織としては郷レベルでの委員会の設置が提案できる。同委員会は各郷政府機関である衛生室（保健室）の他、学校および婦人会等の各組織の代表から成る。同委員会は少なくとも年1回は召集され、各組織の衛生教育活動の現況を報告しあい、翌年度の活動方針を発表し合った上で、調整し合うことが必要である。この委員会には農村供水管理公司の水質担当員も出席することが望ましい。

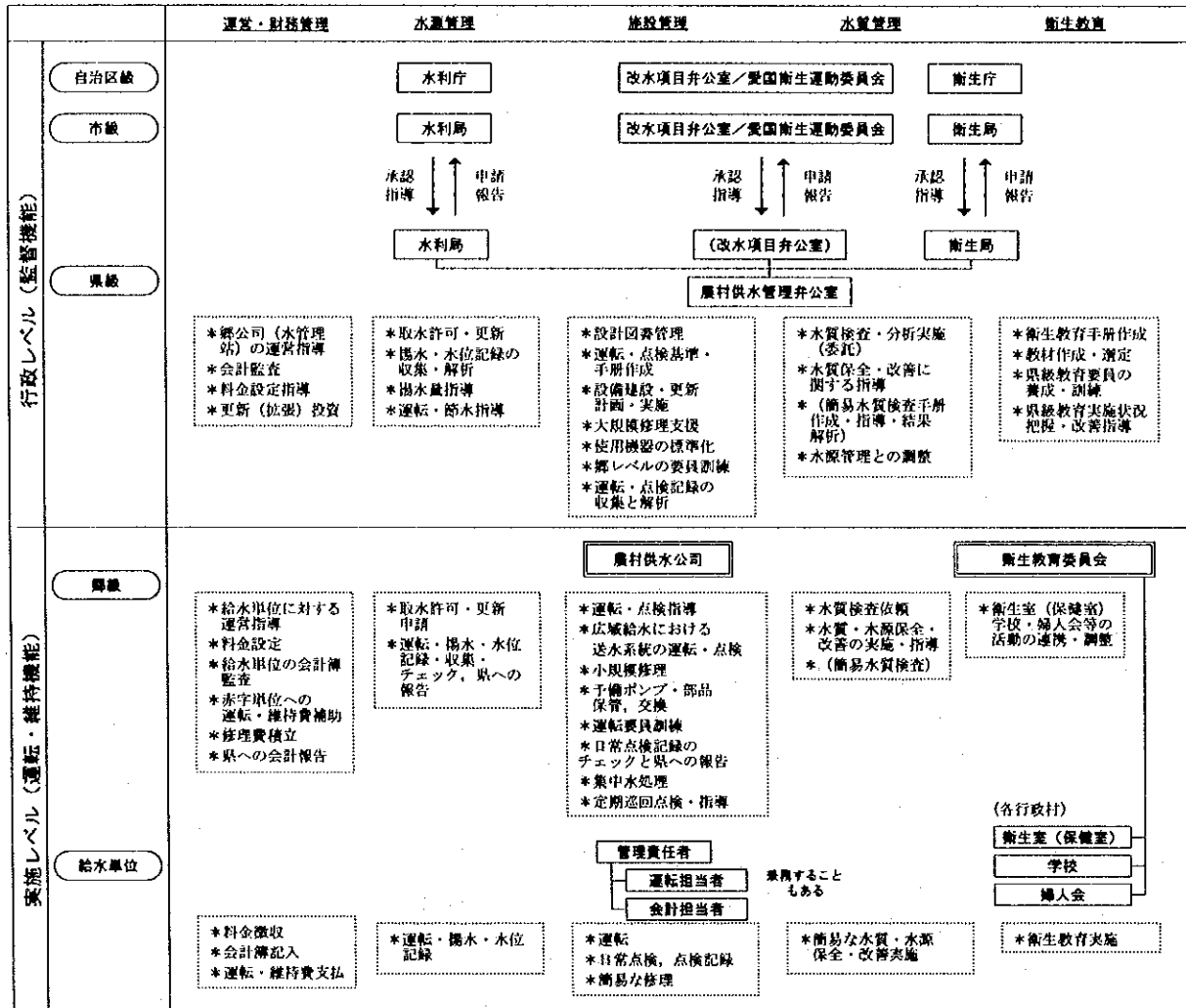


図 6. 3-6 農村給水の運営組織

5) 料金設定

事業費積算および上記組織計画にもとづき村民一人当たりの運轉維持管理費 (減価償却は含めていない) を概算すると次表のとおりである。なお、下表の村落内での給水費用についてはモデルケースでの推計である。

永聖域郷、伍什家郷においてはこれまでの村落単位の事業とは異なり、水源からの送水費が必要となるため、従来の費用と比べてかなり高いものとなる。

表 6. 3-7 各郷一人当たりの運転・維持管理費の概算

(単位：元/人・月)

費目	永聖域郷	伍什家郷	黒城郷
公司(管理費)	0.2	0.1	0.1
送水費			
・運転費	0.5	0.6	0.2
・修理費積立	0.1	0.3	0.0
小計	0.6	0.9	0.2
村落内給水費			
・運転費	0.5	0.5	0.8
・修理費積立	0.2	0.2	0.2
小計	0.7	0.7	1.0
合計	1.5	1.7	1.3

一般的に給水事業に対する料金の支払い可能額は収入の3～5%であるといわれている。対象地域ではフッ素・ヒ素に起因する疾病の発病率が高いことから安全な水に対してはニーズは高いと推量されたため、支払い意志額は高いと考えられる。下表に見るとおり上記料金はいずれもが世帯収入の5%未満に収まっている。したがって、上記料金設定は郷毎の平均収入との対比においては無理のないものといえる。村落毎の平均で見ると上記料金が平均収入の5%を超える村落(平均収入の低い村落)が若干あるが、計画対象年である2010年においては一人当たりの収入が実質で約1.5倍になると予想されることから、上記水道料金が収入の5%を超えてしまう村落・世帯はかなり減少するものと推計される。伍什家郷では少数の村落で問題が残る可能性があるが、これらの村落では運転時間を短縮する等経費節減の工夫が必要である。

表 6. 3-8 各郷の水道料金

指標	永聖域郷	伍什家郷	黒城郷
世帯収入(元/戸・年)(1997年)	3,045	2,478	3,176
一人当たりの収入(元/人・月)	66	52	68
一人当たりの収入の3%(元/人・月)	2.0	1.6	2.1
一人当たりの収入の5%(元/人・月)	3.3	2.6	3.4
水道料金の世帯収入に占める割合	2.4%	3.3%	1.9%
水道料金が家計の5%未満となる収入の下限値(元/人・月)	31	33	26
平均収入が上記下限値以下の村落数/調査対象村落数	1/12	4/14	2/17

農村給水事業は公益事業ではあるが、運転・維持管理費用は受益者により、すなわち、水道料金で賄われることが望ましい。公益事業は営利事業とは異なり、国民にとって必需のサービスを満たす事業であり、運転・維持管理費用は給水系統毎に異なるものの、原則的には均一な料金体系のもとで運営されることが望ましい。

公益事業における料金は一般的には平均費用により決定され、各地域(系統)での費用の差に対し、内部補填、すなわち黒字の地域(系統)(平均費用に比べて実際にかかる費

用の低い所)からの料金と費用の差額が赤字の地域(系統)に回され、全体としての収支バランスが実現する。

この原則から考慮すれば、会社の管理費、送水費については郷内全村民で負担することが提案できる。ただし、黒城郷については送水を受ける村落の方が、村落内給水の運転費が安くなる可能性が高いため、送水費用の負担を対象村落だけに絞った方が良いかも知れない。現段階での概算では結論付けられないため、詳細設計後の詳細な検討が必要である。

村落内給水の運転費については、使用量・運転時間に比例し、郷レベルで一律料金とすると各村・各世帯での運転時間・使用量を管理することが困難になる。したがってこの部分については系統毎に計算・設定・徴収(上表の数字は標準的なケース)する方が良いと考えられる。村落内給水の運転費が村落毎に決められれば村落系統毎に支払い能力に従って運転時間を決定できる。

修理費(更新費)積立金については、各郷毎で平均費用を料金として徴収し、運営されることが好ましい。平均費用に設備更新(井戸の再掘削、幹線管路の再敷設、ポンプ交換等)のための積立を含めるかは県の政策次第であるが、現況から考えれば更新時には県からの補助(現行どおり建設時に1部の村民負担は求めるとしても)が好ましいと推測される。托克托県城関鎮における給水事業における料金収入ですら運転・修理費までしたカバーしていないことから、あるいは貧困世帯・村落にも無理のない料金設定とし、全世帯を給水事業に参加させるするためにも、料金収入で更新費を賄おうとするのは困難である。

修理費積立金については、各村で設定すると小規模の村(比較的貧困な村落であることが多い)では一人当たりの積立金が大きくなってしまふことが多い。また、小規模村落の場合村落単独で積み立てておいても修理が必要となった際にその費用がカバーできない可能性もあり得る。保険金としての意味も持たせるためにも、郷レベルの一括積立が好ましい。

試行事業実施村では現在各村月20元積み立てているが、この額では不足する可能性が高い(モデル的なケースでは月100元程度積み立てる必要がある)。当初は故障も少なく修理費は少なくて済むと思われるが、早い時期に公司により点検時または故障時のための予備ポンプ、予備部品を購入しておけば、既に改水事業が行われた村落で問題となっている不慮の故障の際の操業停止を防止・短縮することが可能となる。

しかしながら、修理費を全て積立金で負担するのは給水系統毎の細心の維持管理に対する意欲を削ぐ恐れもあるため、一部分は(例えば100元を上限として)修理時に各系統に納めさせる必要がある。

6. 3. 5 事業費概算

概略設計に基づく工事数量及び現地調査における建設資材、機器価格費用を基に、本給水計画実施のための事業費を積算した。結果は、表6. 3-9 概算事業費に集計されているとおりである。ただ、村落内の給配水管網の積算では、概略計画の出来る縮尺の地形図がないため、工事数量を積算せず、本調査での村落実態調査、世銀改水事業、水利局の3

80項目事業等における総建設費と住民数を参考として、住民一人あたり320元の建設費を設定し事業費を算出している。

事業費では、永聖域郷及び伍什家郷で、村落内の給配水管網整備に比して、水源地から施設整備村落までの送水施設建設費用が多く必要となり、これまでの村落内での水源井戸による改水事業の方式をとれないことによる費用の増加が際だっている。

表6. 3—9 概算事業費集計

単位(千元)

郷名	1期施工			2期施工			合計		
	広域	村落	小計	広域	村落	小計	広域	村落	小計
永聖域郷	1,536	91	1,627	1,361	—	1,361	2,897	91	2,988
伍什家郷	9,359	1,375	10,734	484	—	484	9,843	1,375	11,218
黒城郷	3,443	444	3,887	617	—	617	4,060	444	4,504
合計							16,8	1,910	18,710

広域：広域送水幹線網
村落：村落内給水管網
()：対象村落数

6. 3. 6 投資計画

(1) 策定方針

- 1) 投資に対する住民負担金額を無理のない範囲内で最大限に見積る。
- 2) 水道料金を無理のない範囲内で最大限に見積り、維持管理費を全額賄いなお余裕があれば工事費に充当する。
- 3) 投資総額に対する不足分は政府補助金および外国よりの無償資金の拠出により賄う。

(2) 投資概要

総額：	21,517 千元 (約 323 百万円)
広域送水幹線網工事費	16,800 千元
村落内給水管網工事費	1,910 千元
工事費計	18,710 千元
予備費 (工事費の 10%)	1,871 千元
偶発費用 (工事費の 5%)	936 千元
総計	21,517 千元

工事期間：10年間 うち 整備優先事業 5年間 2000年—2004年 工事費 16,248 千元

将来計画 5 年間 2005 年—2009 年 工事費 2,462 千元

対象村落：	永聖城郷	19 村落	7,303 人	うち未給水村落 2 村落	285 人
	伍什家郷	27 村落	10,599 人	うち未給水村落 16 村落	4,375 人
	黒城郷	16 村落	6,401 人	うち未給水村落 11 村落	1,389 人
	3 郷合計	62 村落	24,303 人	うち未給水村落 29 村落	6,049 人

資金調達源： 受益者が負担する水道料金および工事費
政府補助金および外国無償資金

(3) 受益者負担金額

本調査団昨年実施の村落実態調査によれば、各戸負担可能額は、給水施設建設費が平均 46.6 元 (0 元から 120.8 元まで)、戸別給水のための接続費が、平均 61.5 元 (23.8 元から 220 元まで) であり、合計した建設費と接続費を加えた初期投資に関する総負担可能額は、1 戸当たり 108 元である。(ケース 1)

更に、統計のバラツキを修正し、より公正な平均値を得るため、最大値・最小値を除去して求めたものを修正平均値として使用する。この結果、本計画対象 3 郷の受益者の建設費負担可能額は、1 戸当たり 121 元すなわち永聖城郷 8 千元、伍什家郷 131 千元、黒城郷 45 千元 合計 184 千元となる。(ケース 2)

一方、現金収入の乏しい農家は、役務提供を望んでいる。村落実態調査によれば、役務提供可能日数は、1 戸当たり 建設時 3 郷平均 8.4 人日 (永聖城郷 8.2 人日、伍什家郷 8.0 人日、黒城郷 9.0 人日) および接続時 3 郷平均 8.1 人日 (永聖城郷 9.3 人日、伍什家郷 7.3 人日、黒城郷 8.3 人日) 合計 16.5 人日、永聖城郷 17.5 人日、伍什家郷 15.3 人日、黒城郷 17.3 人日である。これを、呼和浩特市の最低賃金 (時給 1 元) によって評価すると、1 日 8 時間労働として 1 人日は 8 元、16.5 人日は 132 元である。実際の工事における単純労働の必要人日数は未詳であるが、必要人日の比率を 50% とすると、66 元相当の役務提供が可能となる。これをケース 2 に加算すると、1 戸当たり 187 元、総額 284 千元となる。(ケース 3)

村民負担可能額を最大限に見込む方針により、ケース 3 が最大であり、パイロット井の給水工事において役務提供の実績もあり、本ケースを財務計画に計上する。

	1 戸当たり 村民負担額	村民負担 総額	建設費に 対する割合
ケース 1	108 元	164 千元	0.9%
ケース 2	121 元	184 千元	1.0%
ケース 3	187 元	284 千元	1.3%

表 6. 3-10 対象村民の投資資金負担可能額 (ケース 2 の計算)

		永聖城郷	伍什家郷	黒城郷	合計	
計画対象人口		7,303	10,599	6,401	24,303	
同 戸数		1,923	2,717	1,637	6,277	
村落 実態 調査	サンプル数	7 村落	10 村落	12 村落	29 村落	
	平均総収入 (人・年)	807.6 元	603.8 元	651.2 元	672.6 元	
	負担 可能額 (戸)	建設	29.7 元	56.4 元	48.4 元	46.6 元
		接続	52.0 元	52.2 元	74.7 元	61.5 元
		計	81.7 元	108.6 元	123.1 元	108.1 元
負担可能額/ 総収入 (戸年)	2.60%	4.62%	4.86%	4.14%		
負担可能額/総収入 (最大最小除去)		3.53%	5.13%	5.45%	4.78%	
修正後負担可能額		110.6 元	118.0 元	134.1 元	121.3 元	
計画対象総額		8.0 千元	131.2 千元	45.1 千元	184.3 千元	

つぎに、維持管理費を水道料金で賄うためには、1人当り月額 永聖城郷 1.5 元、伍什家郷 1.7 元、黒城郷 1.3 元の水道料金徴収が最低必要である (6. 3. 4 (2))。この料率は、本調査団実施の村落実態調査による 1人当り支払意志額、永聖城郷 0.615 元、伍什家郷 0.551 元、黒城郷 0.667 元 平均 0.611 元 (0.2 元から 1.20 元まで) を大きく超過している。従って、水道料金から維持管理費以上の資金は生れない。すなわち水道料金から工事費への拠出は全く期待できない状態である。

(4) その他の資金調達の可能性

托県は、国の指定した“貧困県”の 1 つであり、扶貧資金による援助の対象となっており、農民は、農業発展銀行などの金融機関に直接申し込む。(郷政府が身分・資金使途などを保証する。)

世銀改水事業は、今回 (第 3 次) は、総投資額 136.72 百万ドル (1,214.9 百万元) 対象人口 4.6 百万人、1人当り 264.1 元を見込んでいるが、托県を対象としていないため当面期待できない。

世銀改水事業などを組み込んで計画される托克托県政府の 380 関連補助金は、年間 2 百万元程度 (本年 1.3 百万元、昨年 2 百万元) である。、同県内には 9 郷 2 鎮があり、本開発計画対象 3 郷は、その一部であるため予算から多くは期待できない。しかし、380 計画(1996-2000 年)の総投資計画 12.08 億元は未給水解消およびフッ素防除のため対象人口 3,809.3 千

人および家畜 10,205.1 千頭に対する投資であり、本投資計画は 380 計画の目的に完全に適合している。従って、2003 年以降の第 4 次世銀改水事業あるいはそれに準じた資金を原資として、本計画対象 24,303 人 1 人当たり 233.6 元（下注*）総額 1.4 百萬元を数字上は、十分見込むことができよう。

本財務計画では、現実的に考え、10 年間に村落内給水施設工事費（2,196.5 千元（予備費・偶発費用を含む））の 50% 1,098 千元を見込む。

（注*）総額 1 人当たり 264.1 元（世銀第 3 次に準ずる）内、受益者負担(30.5 元**）を除き、

$$264.1 \text{ 元} - 30.5 \text{ 元} = 233.6 \text{ 元}$$

（注**）上表 184.3 千元 ÷ 6,049 人 = 30.5 元

（5） 財務計画

受益者の工事費分担金 284 千元および地元政府関係補助金 1,098 千元の合計（1.38 百萬元）は、総建設費（21.52 百萬元）の 6.5%弱に留まる。資金不足は 20.14 百萬元（約 302 百万円）に達する見込みである。住民に借入金返済および金利負担能力がないため、不足分については外国よりの無償資金供与に依存せざるをえない。

表 6. 3—11 投 資 計 画

単位：千元

	永聖城郷	伍什家郷	黒城郷	合計
広域送水工事費	2,897.0	9,843.0	4,060.0	16,800.0
村落内工事費	91.0	1,375.0	444.0	1,910.0
小 計	2,988.0	11,218.0	4,504.0	18,710.0
予備費	298.8	1,121.8	450.4	1,871.0
偶発費用	149.4	560.9	225.2	935.5
総 建 設 費	3,436.2	12,900.7	5,179.6	21,516.5
受益者負担金	13.5	207.9	62.8	284.2
政府補助金	52.3	790.6	255.3	1,098.2
外国無償資金	3,370.4	11,902.2	4,861.5	20,134.1
資金調達計	3,436.2	12,900.7	5,179.6	21,516.5
資金尻	0	0	0	0

6. 4 衛生改善／衛生教育

給水改善事業の進展を踏まえ、対象村落における衛生環境の改善及び村民への衛生改善に係わる啓蒙・教育の現況と、行政府の対応並びに検討課題と提言について述べる。

6. 4. 1 衛生改善

(1) 改水事業と住民意識

対象地域における水源の確保と良好な水質の保全是、重要な課題の一つである。

当該地域における年間平均降雨量は 350mm 程度と推計されているが、これに対して自然蒸発量は約 5 倍量の 1,800mm が観測されている。河川流量は少なく、恒常的な流れは無い。数少ない灌漑用貯水池も小規模であり、需要量を満たすには程遠い状況にある。このため、従来、地域住民の生活用水の殆どは井戸水に依存してきている。

行政府による改水事業も、世銀の支援によるものや、愛国衛生運動委員会の 380 計画による事業が進められており、施工完成地域では徐々に衛生環境の改善の兆しが見られて来ているが、未だ充分でなく、本プロジェクトに対する期待は大きい。

改水事業の推進に従い、水利用に伴う各戸給水栓や共同水栓施設の維持管理、並びに水源の水質監視と保全是重要である。これらの施設の恒久的な維持管理の遂行には、利用者である住民の効率的な水利用に関する知識と共に、衛生管理についての認識や理解が求められる。

良質な水質の供給により、住民の衛生環境の改善と共に、当地域の主要産業である、農業及び畜産などの更なる活性化が図られ、経済的基盤の向上と共に農村部の家庭生計の向上にも寄与する事になる。以上のことは、住民にも十分な理解が得られているものと見られ、本プロジェクトチームへの現地での住民対応は極めて好意的であり、期待感も大きい事が伺われる。

(2) 環境衛生の改善

改水事業により、給水が確保されても、利用者である住民による環境の衛生管理がずさんであると、本事業の初期の目的は達成し難く、疾病発生率の低減も予期した効果は得られないと思われる。

病区における現状を見ると、衛生環境について改善が求められる事例が多く見られる。例えば、屋内炊事場周辺の衛生状態は不十分であり、水溜用の瓶（容量約 60～70L）には、水垢や砂塵と見られる沈殿物が見られたり、蓋が用意されていても殆ど使用していない家庭が多い。また飼育する家畜の頭数が多いにも関わらず、畜舎を設けておらず、放し飼いにより、住区内の至るところに動物の糞尿が散乱している。村落内の便所の多くは屋外に在り、屋根はなく、冬期に寒さを防ぐ囲いも無い。ハエや害虫の発生も多く、糞尿の無害化処理の設備は殆ど無く、指導基準は満たされていない。これまでも家庭から出される生活ゴミや、雑排水、糞尿等により、従来形の隣接して存在する自家用水源の井戸などでは汚

染の懸念が在り憂慮されていた。

本改水事業により、これらの憂慮される状況は大幅に改善される事が期待されると共に、これまでの日常的であった水汲みの労働から解放され、生活様式もこれまでとは変化して行くことが予想される。これに伴い、節水と共に効率的な水利用や水質の衛生的な管理、環境衛生の更なる改善について、住民の意識強化が望まれる。

環境衛生に関わる生活環境の改善については、手洗いや、住居周辺の清掃などの日常的な生活慣習に関わる事の他に、ゴミの処理管理・トイレの改善と糞便の処理と管理・生活排水の処理と管理、及び給水水源地域の環境保全等について、その改善指導が求められる。

以下に環境衛生に係わる課題事例を上げ、望まれる対策について述べる。

1) 水源地の保全と管理

水源となる揚水場周辺については、衛生的かつ良好な環境の整備と保全についての配慮が求められる。

例えば、施設周辺には家畜などの糞便で汚されないよう、その進入を防ぐ囲いを設け、周辺には糞尿やゴミ等の収集所や堆積場は設けない。

揚水場の施設には関係者以外の立ち入りを禁じ、安全な管理保全をはかる。

周辺は樹木植栽等による環境美化を進め、風塵や寒風を防ぐと共に、周辺住民の憩いの場としての機能をもたせる事も一案である。

近くに公共トイレを設置する場合は、水源に汚染の影響が無いよう配慮される必要がある。

4) 共同給水栓周辺の環境整備

共同使用の給水栓が設置される場所では、共同で使用できる衛生的な洗い場を設ける。出来れば共同で使用する専用の洗濯場を別に設け、衛生的な利用に配慮する。

家畜等への飲料水や飼料用の桶は、給水栓付近を汚さないよう離れた所に設置する。従来の農村井戸では、雨水と共に汚水が井戸に流れ込まないようにするため、井戸台（井戸の周りを一段高くした台座状のもの）、井戸沿い（家畜用の水餌桶）、井戸蓋等が置かれている処があるが、共用水栓付近では、周辺環境の衛生的な管理保全が肝要であり、家畜の侵入を防ぐ囲いを設けるなどの措置が要る。

排水は溝や配管を通して、共同栓から離れたところまで導き（30m 以上）、衛生に配慮した処理を行う。

大量の排水貯留は、腐敗による悪臭の発生や、病虫害の発生、幼児や家畜の転落などが起こり得るので、これを防ぐための配慮が要る。農作や家畜に利用できるものは、環境衛生に留意して有効に処理する。但し、石鹼液を含む洗濯排水は、アルカリ性が強く、畑地への直接施水には不適であるので、その処理は、特定した場所の土壤に浸透させ、土壤による自然浄化作用を考慮した処理を行うようにする。

5) ゴミの無害化処理

投棄ゴミには多種多量の病原性微生物が存在するので、無分別にゴミなどを投棄する事は止め、ビン、缶等の不燃物、紙屑などの可燃物、台所、厨房から出される生ゴミなどは、後の処理がし易くなるよう分別して収集し、一定の場所を設けて、集中的に無害化処理を行うようにする。

生ゴミや可燃物の処理方法としては次の三つが考えられる。

i. 堆肥化処理法(高温泥封肥料化法)

ゴミ、糞便、植物雑草等を土と混合し、表面を土で覆って一定期間堆積する、この間に微生物や細菌の働きにより、発酵無害化してこれを堆肥として利用する方法。

ii. 焼却灰化処理法(焼き肥料法)

水分の多いゴミはこれを乾燥し枯れ草等と共に焼却処理し、焼却灰を肥料として用いる方法。

iii. 埋立て法

ゴミを収集して土壌中に埋める方法。埋める場所は生活環境に汚染の影響を及ぼさないところでなければならない。

従来からゴミや汚物類の収集所や処分場については井戸等の水源に影響がないように、一般の農家の場合、水源位置から 30メートル以上離れている必要があるとされている。家庭環境の衛生的保全の立場からは、給水栓が設置された後も、従来の指導規則は遵守されることが望ましく、特に台所や厨房付近での衛生管理には一層の配慮が望まれる。

6) 糞便の無害化処理

糞便などの処理管理が善くないと、含まれる病原体による土壌や水源が汚染され、伝染病を起こす危険がある。従って、糞便処理の強化は、病気の予防と合わせて、農村衛生環境の改善と共に、村民の体質強化につながりその意義は大きい。よって住民には衛生的なトイレの設置と使用を奨励する事が大事である。

トイレは糞便の収集所であり、糞便の無害化処理や肥料化にも有効な回収手段でもある。トイレの設置場所は、居室や台所から離れた位置に設け、自然通風と採光の良いところとする。

用便後の手洗いについては、その慣習化を図る。また居住区域での家畜の放し飼いは止め、囲いを設け、糞便の排除や畜舎の清掃に努め、衛生的な環境を保持する事が重要である。

糞便による生活環境の汚染を避けるには、衛生的なトイレの使用を奨励する必要がある。時間給水による当該地域では、都市型の水洗式トイレの設置は難しいが、糞便の処理やトイレ環境の清潔な維持管理に配慮し、風雨を防ぐ囲いや、屋根を有する様式とする。また用便後の手洗い用の水桶等は専用のものを用意する。

学校や住民の集まり易い官庁、集会所、その他公共施設では、率先して改良普及に努めるようにし、糞尿槽は、頻繁なくみ取り処理や、定期的に生石灰又は薬剤を散布して消毒を行うなど、トイレの衛生管理にその範を示す事が大事である。

糞便の無害化処理の手段として、北部地方では、高温堆肥法又は、貯槽に蓋をする方式の密封蔵存肥料法により、糞便の病原微生物を滅菌させる方法が適していると考えられる。この方式については、酵素の働きにより、2~3週間で生ゴミ類を土壌状に堆肥化する方法が普及しており参考になると思われる。生糞便をそのまま肥料として農地に散布する事は避ける。

7) 汚水処理(生活雑排水)

汚水中は種々多様な細菌やウイルスで汚染されているので、住居区内に無闇に撒き散らす事はせず、有効な方法で処理するようにする。農村における生活汚水処理の方法としては、一般的に畑地に施水用として撒かれるが、これは、汚水中の細菌やウイルスを土の浄化作用により死滅させる有効な手段の一つである。

6. 4. 2 衛生教育

衛生教育については、当該地域で最大の関心事であるフッ素、ヒ素による疾病についての住民認識の向上を第一に上げる事が出来る。またこれらと関連して、水と衛生に関わる健康教育の更なる推進と、この活動に係わる衛生教育要員のレベルアップや要員の育成・確保が求められる。

(1) 地域行政府の役割と協力体勢

これら事項の効果的な遂行に際しては、関係する行政機関の果たすべき役割は大きい。特に直接地域村落の行政指導に係わっている郷政府に対する期待は大きい。事実、改水事業が進んでいる村落では、郷政府による衛生改善の教育活動が進められており、郷村に設けられている衛生室や学校、婦人会等により組織された指導機関（指導站）により衛生教育についての啓蒙活動が進められていて、伍什家郷にその例が見聞された。

本プロジェクトに対しても、対象となる郷村、（自然村を含む）において、給水改善事業に係わる協力体制として、各村民委員会により（供水管理組）を組織することが示されており、すでに経費調達や水源の維持管理、衛生教育指導等を担当する要員が選任され、郷防疫站の指導のもとに、住民に対する啓蒙活動を行うことが約束されている。

(2) フッ素、ヒ素による疾病意識の向上

病区においては、水因性疾病の罹患原因と病状の因果関係が定かでない患者がよく見受けられ、疾病の早期治療が遅れたり、広がったりしている。従って住民等には、水因性疾病についての知識の付与と、衛生に関わる教育が必要とされている。

水因性疾病の種類は多様である。それらには、細菌やウイルス等による伝染病や、寄生虫性疾病の他に、飲料水中に含まれる有害化学物質の濃度が、安全基準を超えている事によって起こる中毒性疾病がある。研究資料によると、フッ素中毒は斑状歯、骨フッ素症の原因となり、青少年の成長と発育に影響を与える他、フッ素汚染地域では、住民の老人性白内障の発病率が非汚染地域に比べて高いこと、雄性の生殖器系統にも悪影響を与えていることが報告されている。

またヒ素中毒に関しては、神経系統や消化器系統及び生殖系統に障害を及ぼすと共に皮膚粘膜の病変をも起こし、場合によっては皮膚癌や内臓癌に至り、生命に危険をもたらすことも知られている。

(3) 水と衛生に関わる健康教育

住民の生活と深く関わっている改水事業には、住民の理解と協力が不可欠であり、言わば住民参加は、改水事業にとって、社会的基盤でもある。

住民への健康教育、農民の衛生知識レベルの向上、非衛生的習慣の排除、良好な衛生行為の養成、水源の積極的な保護活動、環境衛生の改善、水因性疾病の発生や蔓延の抑制など、改水・環境衛生・健康教育の3つの方針を連携して推進することが肝要であり、飲料水と環境衛生の改善に大きな効果が期待できる。

また、フッ素中毒とヒ素中毒などの疾病予防については、その方針、施策についての知識教育を行い、住民達の自己保護意識を向上させる。

衛生教育の目標は、農村住民に改水の重要性と緊急性について十分に認識させ、日常の飲用水使用における衛生習慣を養成することである。

衛生教育をどうして、まず村落の幹部、家庭主婦及び小中学生に、水と健康、水と病気の因果関係を理解させ、家庭衛生と環境衛生の改善を促す。即ち、全員に生水を飲まない、食前後の手洗い、糞尿の垂れ流しの制止など、良好な衛生習慣と生活方式を養成し、水源保護と合わせて、自己の保健衛生や健康管理について啓蒙を図る、これにより、疾病の予防と抑制に効果が期待できる。

健康教育には以下の内容を掲げる。

- ・安全な飲料水基準
- ・水源汚染の要因
- ・水源の保護措置
- ・水因性疾病への認識
- ・水因性疾病に関する健康障害の原因と、その予防と治療
- ・水因性疾病予防のための保健衛生
- ・村落衛生、家庭衛生、糞便とゴミの処理等、保健衛生と環境保護

(4) 衛生教育要員の養成

農村における改水と環境衛生については、各行政機関の協調と指導に基づいて行われる。

村民委員会はその具体的な実行組織である。村の衛生室の郷村医師は、当該村の衛生教育要員として健康教育を行い、衛生知識を広め、非衛生行為の監督と補導を行う責任があり、改水目標の達成に直接かつ深く関わっている。従って、郷村医師に対しては定期的に専門知識についての学習と研修を実施し、水因性疾病の予防と治療の知識、技能を習得させると共に、村落の健康教育の計画や実施企画を立案させる。

家庭主婦、小中学生など村民に対しては、講義、座談会、映画、パンフレット、壁スローガン等を通じて「なぜ改水が必要であるか、安全な飲料水を飲む利点は何か、なぜトイレを改善しなければならないのか」と言う環境衛生についての知識を教育し、住民の衛生意識の啓蒙を図り、積極的に環境衛生活動に参加するよう指導する。

(5) 各行政レベルでの衛生教育の実施方針

各レベルでの衛生行政管理実施機関は衛生教育を基礎とし、改水と健康教育の指導、調整、監督などを行う。郷村に置かれる指導站の実施方針にも見られるが、衛生教育については、子供から良好な衛生習慣を養成すると共に、学校教育を通じて家庭習慣の改善を図っている。小学校の健康教育講座を推進するため、郷政府は小学校での環境教育に関する学習時間を週2時間設けている。

郷村医師は村民の衛生教育の実施計画を作成し、まず村民に安全な飲用水を飲むことの意識を高め、積極的に改水活動への参加を指導する。また環境保護の認識を深め、自発的に家庭衛生や村落衛生の改善活動に参加することにより、適正な飲水方法を把握して、合理的な水使用についての知識、能力の育成を図る。また飲料水に係わる不当行為を改め、水因性疾病による健康障害の危険性とその予防及び治療措置の重要性への認識向上を図る。

なお、行政指導のもと、飲食習慣、生活習慣、環境保護などに関連する良好な衛生行為を奨励するとともに、不衛生な行為に対しては一層の改善指導の強化が求められる。

第7章 事業評価

第7章 事業評価

7.1 経済財務評価

7.1.1 財務評価

(1) 評価方針

- a) 前章の事業積算および投資計画の数値に準拠する。
- b) 3郷の開発計画の実現可能性・永続性について財務分析を通して検討する。
- c) 水道料金について感度分析を行う。

(2) 前提条件

1) 計算期間

工事期間は、第1期5ヵ月年間（2000年－2004年）、第2期5ヵ年間（2005年－2009年）の計10年間である。計算期間は、固定資産償却年限（5年乃至20年）を勘案し、工事終了時から20年を見込み、2000年から2029年までの30年間とする。

2) 基準年

1998年価格を基準とする。

3) 外国為替

中国人民元は、1元15円、1米ドル8元とする。

4) すべての金利は、評価計算に参入しない。

5) 土地使用料

公共事業のため、無償である。費用として計上しない。

6) 労務費

名目賃金を用いる。

7) 予備費

総工事費の10%を計上する。

8) Contingency

総工事費の5%を計上する。

9) 残存価値

固定資産償却年限（5年乃至20年）に従い、法律の許容限度の10%を、購入後10年－20年の計算期間に平均して、費用より差し引く。

10) 本開発計画に限定した財務評価を行う。

既存の給水施設の維持管理を見込まない。

11) 3郷それぞれの開発計画について個別評価を行う。

- 1 2) 給水施設建設費の住民負担額を最大負担可能額1戸187元、3郷一律とする。
(6.3.6(3) 受益者負担金額 参照)
- 1 3) 住民の負担する水道費は、永聖城郷 1.5元、伍什家郷 1.7元、黒城郷 1.3元を基本ケースとし、感度分析を行う。
- 1 4) 事業費は、第6章の事業費積算に準拠する。
- 1 5) 計算期間の維持管理費は、第6章によるが、計画対象地域について下表「年間維持管理費積算」に纏めたものを使用する。
- 1 6) 資本の機会費用は年率12%とする。

(3) NPV

1) 最低水道料金による収支

前章の投資計画による水道費1人当り月額 永聖城郷 1.5元、伍什家郷 1.7元、黒城郷 1.3元の算定は、30年間のNPVの合計値はそれぞれ164.8千元、6.2千元、57.5千元となり、資金的に僅かに余裕があることを示し、妥当な設定である。

表7. 1-1 3郷のNPV

単位：千元

	永聖城郷	伍什家郷	黒城郷
基本ケースのNPV	164.8	6.2	57.5

表7. 1-2 年間維持管理費積算

単位：元

永聖域郷	村落	戸数	人口	村落内			共通費			合計
				運転費 0.48(注)	修理費 0.21	計 0.69	運転費	修理費	計	
1期工事										
未給水村落	2	72	285	1,642	718	2,360	3,320	686	4,006	6,366
既存給水村落	11	831	3,037	0	0	0	35,380	7,314	42,694	42,694
計	13	903	3,322	1,642	718	2,360	38,700	8,000	46,700	49,060
2期工事										
未給水村落	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
既存給水村落	6	1,020	3,981	0	0	0	20,800	6,700	27,500	27,500
計	6	1,020	3,981	0	0	0	20,800	6,700	27,500	27,500
計	19	1,923	7,303	1,642	718	2,360	59,500	14,700	74,200	76,560
伍什家郷	村落	戸数	人口	村落内			共通費			合計
				運転費 0.49	修理費 0.21	計 0.70	運転費	修理費	計	
1期工事										
未給水村落	16	1,112	4,375	25,725	11,025	36,750	54,880	21,653	76,533	113,283
既存給水村落	10	1,410	5,566	0	0	0	69,820	27,547	97,367	97,367
計	26	2,522	9,941	25,725	11,025	36,750	124,700	49,200	173,900	210,650
2期工事										
未給水村落	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
既存給水村落	1	192	658	0	0	0	5,700	2,400	8,100	8,100
計	1	192	658	0	0	0	5,700	2,400	8,100	8,100
計	27	2,714	10,599	25,725	11,025	36,750	130,400	51,600	182,000	218,750
黒城郷	村落	戸数	人口	村落内			共通費			合計
				運転費 0.76	修理費 0.21	計 0.97	運転費	修理費	計	
1期工事										
未給水村落	11	336	1,389	12,668	3,500	16,168	16,013	7,407	23,420	39,588
既存給水村落	2	133	580	0	0	0	6,687	3,093	9,780	9,780
計	13	469	1,969	12,668	3,500	16,168	22,700	10,500	33,200	49,368
2期工事										
未給水村落	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
既存給水村落	3	1,170	4,432	0	0	0	15,200	500	15,700	15,700
計	3	1,170	4,432	0	0	0	15,200	500	15,700	15,700
計	16	1,639	6,401	12,668	3,500	16,168	37,900	11,000	48,900	65,068
計画 対象地域 合計	村落	戸数	人口	村落内			共通費			合計
				運転費	修理費	計	運転費	修理費	計	
1期工事										
未給水村落	29	1,520	6,049	40,034	15,243	55,278	74,213	29,746	103,959	159,237
既存給水村落	23	2,374	9,183	0	0	0	111,887	37,954	149,841	149,841
計	52	3,894	15,232	40,034	15,243	55,278	186,100	67,700	253,800	309,078
2期工事										
未給水村落	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
既存給水村落	10	2,382	9,071	0	0	0	41,700	9,600	51,300	51,300
計	10	2,382	9,071	0	0	0	41,700	9,600	51,300	51,300
計	62	6,276	24,303	40,034	15,243	55,278	227,800	77,300	305,100	360,378

(注) 「運転費 0.48」等の数値は、郷内1人当たり平均月間費用(元)。

表 7. 1 - 3 永聖域郷 FIRR

	工事費		工事予備費 + 偶発費用 (×15%=D)	残存価値 (R)	維持管理費 (E)	支出合計 (C+D+R+E)	負担金 (G)	380 補助金	外国 無償資金	水道料 (1.5元/人) (H)	収入 (I) (G+H)	キャッシュ・ フロー(年間) (F+I)	キャッシュ・ フロー(年末)
	広域 (A)	村落給水 (B)											
2000	-307.2	-18.2	-48.8		-5.0	-379.2	2.7	10.5	361.0	6.0	380.2	1.0	2.0
01	-307.2	-18.2	-48.8		-15.0	-389.2	2.7	10.5	361.0	8.0	382.2	-7.0	-5.0
02	-307.2	-18.2	-48.8		-25.0	-399.2	2.7	10.5	361.0	16.0	390.2	-9.0	-14.0
03	-307.2	-18.2	-48.8		-35.0	-409.2	2.7	10.5	361.0	24.0	398.2	-11.0	-25.0
04	-307.2	-18.2	-48.8		-45.0	-419.2	2.7	10.5	361.0	32.0	406.2	-13.0	-38.0
05	-272.2		-40.8		-52.0	-365.0		0.0	313.0	59.8	372.8	7.8	-30.2
06	-272.2		-40.8		-57.5	-370.5		0.0	313.0	74.0	387.0	16.5	-13.7
07	-272.2		-40.8		-63.0	-376.0		0.0	313.0	88.0	401.0	25.0	11.3
08	-272.2		-40.8		-68.5	-381.5		0.0	313.0	102.0	415.0	33.5	44.8
09	-272.2		-40.8		-74.0	-387.0		0.0	313.0	116.0	429.0	42.0	86.8
10					-76.6	-76.6		0.0	0.0	131.5	131.5	54.9	141.7
11					-76.6	-76.6		0.0	0.0	131.5	131.5	54.9	196.6
12					-76.6	-76.6		0.0	0.0	131.5	131.5	54.9	251.5
13					-76.6	-76.6		0.0	0.0	131.5	131.5	54.9	306.4
14					-76.6	-76.6		0.0	0.0	131.5	131.5	54.9	361.3
15				7.2	-76.6	-69.4		0.0	0.0	131.5	131.5	62.1	423.4
16				7.2	-76.6	-69.4		0.0	0.0	131.5	131.5	62.1	485.5
17				7.2	-76.6	-69.4		0.0	0.0	131.5	131.5	62.1	547.6
18				7.2	-76.6	-69.4		0.0	0.0	131.5	131.5	62.1	609.7
19				7.2	-76.6	-69.4		0.0	0.0	131.5	131.5	62.1	671.8
20				13.4	-76.6	-63.2		0.0	0.0	131.5	131.5	68.3	740.1
21				13.4	-76.6	-63.2		0.0	0.0	131.5	131.5	68.3	808.4
22				13.4	-76.6	-63.2		0.0	0.0	131.5	131.5	68.3	876.7
23				13.4	-76.6	-63.2		0.0	0.0	131.5	131.5	68.3	945.0
24				6.3	-76.6	-70.3		0.0	0.0	131.5	131.5	68.3	1,013.3
25				6.3	-76.6	-70.3		0.0	0.0	131.5	131.5	61.2	1,074.5
26				6.3	-76.6	-70.3		0.0	0.0	131.5	131.5	61.2	1,135.7
27				6.3	-76.6	-70.3		0.0	0.0	131.5	131.5	61.2	1,196.9
28				6.3	-76.6	-70.3		0.0	0.0	131.5	131.5	61.2	1,258.1
29				6.4	-76.6	-70.2		0.0	0.0	131.5	131.5	61.3	1,319.4
合計	-2,897.0	-91.0	-448.2	134.6	-1,972.0	-5,273.6	13.5	52.3	3,370.4	3,155.8	3,169.3	1,318.4	FIRR= 41.44%
													NPV= 164.8

表 7. 1 - 4 伍什家郷 FIRR

伍什家郷 FIRR (基本ケース)

	工事費		工事予備費 + 偶発費用 (C×15%=D)	残存価値 (R)	維持管理費 (E)	支出合計 (F) (C+D+R+E)	負担金 (G)	380 補助金	外国 無償資金	水道料 (1.7元/人) (H)	収入 (I) (G+H)	キャッシュ・ フロー(年間) (F+I)	キャッシュ・ フロー(年末)
	広域 (A)	村落給水 (B)												小計 (A+B=C)
2000	-1,871.8	-275.0	-322.0		-210	-2,489.8	41.6	158.1	2,269.1	20.0	2,488.8	-1.0	9.0
01	-1,871.8	-275.0	-322.0		-63.0	-2,531.8	41.6	158.1	2,269.1	60.0	2,528.8	-3.0	6.0
02	-1,871.8	-275.0	-322.0		-105.0	-2,573.8	41.6	158.1	2,269.1	100.0	2,568.8	-5.0	1.0
03	-1,871.8	-275.0	-322.0		-147.0	-2,615.8	41.6	158.1	2,269.1	140.0	2,608.8	-7.0	-6.0
04	-1,871.8	-275.0	-322.0		-189.0	-2,657.8	41.5	158.1	2,269.2	180.0	2,648.8	-9.0	-15.0
05	-96.8	0.0	-14.5		-212.0	-323.3		0.0	111.3	202.8	314.1	-9.2	-24.2
06	-96.8		-14.5		-213.5	-324.8		0.0	111.3	205.5	316.8	-8.0	-32.2
07	-96.8		-14.5		-215.0	-326.3		0.0	111.3	208.0	319.3	-7.0	-39.2
08	-96.8		-14.5		-216.5	-327.8		0.0	111.3	210.5	321.8	-6.0	-45.2
09	-96.8		-14.5		-218.0	-329.3		0.0	111.3	213.0	324.3	-5.0	-50.2
10					-218.8	-218.8		0.0	0.0	216.2	216.2	-2.6	-52.8
11					-218.8	-218.8		0.0	0.0	216.2	216.2	-2.6	-55.4
12					-218.8	-218.8		0.0	0.0	216.2	216.2	-2.6	-58.0
13					-218.8	-218.8		0.0	0.0	216.2	216.2	-2.6	-60.6
14					-218.8	-218.8		0.0	0.0	216.2	216.2	-2.6	-63.2
15				41.1	-218.8	-177.7		0.0	0.0	216.2	216.2	38.5	-24.7
16				41.1	-218.8	-177.7		0.0	0.0	216.2	216.2	38.5	13.8
17				41.1	-218.8	-177.7		0.0	0.0	216.2	216.2	38.5	52.3
18				41.1	-218.8	-177.7		0.0	0.0	216.2	216.2	38.5	90.8
19				41.1	-218.8	-177.7		0.0	0.0	216.2	216.2	38.5	129.3
20				43.4	-218.8	-175.4		0.0	0.0	216.2	216.2	40.8	170.1
21				43.4	-218.8	-175.4		0.0	0.0	216.2	216.2	40.8	210.9
22				43.3	-218.8	-175.5		0.0	0.0	216.2	216.2	40.7	251.6
23				43.3	-218.8	-175.5		0.0	0.0	216.2	216.2	40.7	292.3
24				43.3	-218.8	-175.5		0.0	0.0	216.2	216.2	40.7	333.0
25				2.3	-218.8	-216.5		0.0	0.0	216.2	216.2	-0.3	332.7
26				2.3	-218.8	-216.5		0.0	0.0	216.2	216.2	-0.3	332.4
27				2.3	-218.8	-216.5		0.0	0.0	216.2	216.2	-0.3	332.1
28				2.3	-218.8	-216.5		0.0	0.0	216.2	216.2	-0.3	331.8
29				2.3	-218.8	-216.5		0.0	0.0	216.2	216.2	-0.3	331.5
合計	-9,843.0	-1,375.0	-1,682.7	433.7	-5,976.0	-18,443.0	207.9	790.6	11,902.2	5,863.8	18,764.5	321.5	FIRR=
													NPV=
													13.39%
													6.2

表 7. 1-5 黒城郷 FIRR

黒城郷 FIRR (基本ケース)

	工事費		工事予備費 + 開発費用 (C x 15% = D)	残存価値 (R)	維持管理費 (E)	支出合計 (F) (C+D+R+E)	負担金 (G)	380 補助金	外国 無償資金	水道料 (1.9元/人) (H)	収入 (I) (G+H)	キャッシュ・ フロー (F+I)	キャッシュ・ フロー (年末)
	広域 (A)	村落給水 (B)												小計 (A+B=C)
2000	-688.6	-87.0	-775.6	-116.3	-5.0	-896.9	12.5	50.0	829.4	3.0	894.9	-2.0	0.5
01	-688.6	-87.0	-775.6	-116.3	-15.0	-906.9	12.5	50.0	829.4	9.0	900.9	-6.0	-5.5
02	-688.6	-87.0	-775.6	-116.3	-25.0	-916.9	12.6	50.0	829.3	15.0	906.9	-10.0	-15.5
03	-688.6	-87.0	-775.6	-116.3	-35.0	-926.9	12.6	50.0	829.3	21.0	912.9	-14.0	-29.5
04	-688.6	-87.0	-775.6	-116.3	-44.0	-935.9	12.6	50.0	829.3	27.0	918.9	-17.0	-46.5
05	-123.4	-1.8	-125.2	-18.8	-51.0	-195.0		1.0	142.9	30.7	174.7	-20.3	-66.8
06	-123.4	-1.8	-125.2	-18.8	-54.0	-198.0		1.0	142.9	44.0	188.0	-10.0	-76.8
07	-123.4	-1.8	-125.2	-18.8	-57.0	-201.0		1.0	142.9	58.0	202.0	1.0	-75.8
08	-123.4	-1.8	-125.2	-18.8	-60.0	-204.0		1.0	142.9	72.0	216.0	12.0	-63.8
09	-123.4	-1.8	-125.2	-18.8	-63.0	-207.0		1.0	142.9	86.0	230.0	23.0	-40.8
10					-65.1	-65.1		0.0	0.0	99.9	99.9	34.8	-6.0
11					-65.1	-65.1		0.0	0.0	99.9	99.9	34.8	28.8
12					-65.1	-65.1		0.0	0.0	99.9	99.9	34.8	63.6
13					-65.1	-65.1		0.0	0.0	99.9	99.9	34.8	98.4
14					-65.1	-65.1		0.0	0.0	99.9	99.9	34.8	133.2
15				8.2	-65.1	-56.9		0.0	0.0	99.9	99.9	43.0	176.2
16				8.2	-65.1	-56.9		0.0	0.0	99.9	99.9	43.0	219.2
17				8.2	-65.1	-56.9		0.0	0.0	99.9	99.9	43.0	262.2
18				8.2	-65.1	-56.9		0.0	0.0	99.9	99.9	43.0	305.2
19				8.2	-65.1	-56.9		0.0	0.0	99.9	99.9	43.0	348.2
20				8.7	-65.1	-56.4		0.0	0.0	99.9	99.9	43.5	391.7
21				8.6	-65.1	-56.5		0.0	0.0	99.9	99.9	43.4	435.1
22				8.6	-65.1	-56.5		0.0	0.0	99.9	99.9	43.4	478.5
23				8.6	-65.1	-56.5		0.0	0.0	99.9	99.9	43.4	521.9
24				8.6	-65.1	-56.5		0.0	0.0	99.9	99.9	43.4	565.3
25				0.5	-65.1	-64.6		0.0	0.0	99.9	99.9	35.3	600.6
26				0.5	-65.1	-64.6		0.0	0.0	99.9	99.9	35.3	635.9
27				0.5	-65.1	-64.6		0.0	0.0	99.9	99.9	35.3	671.2
28				0.5	-65.1	-64.6		0.0	0.0	99.9	99.9	35.3	706.5
29				0.5	-65.1	-64.6		0.0	0.0	99.9	99.9	35.3	741.8
合計	-4,060.0	-444.0	-4,504.0	-675.6	-1,711.0	-6,804.0	62.8	255.3	4,861.5	2,363.7	2,426.5	739.3	FIRR= 20.37%
													NPV= 57.5

2) 感度分析

水道料金1人当り月額の変動とNPVの関係につき、基本ケースより-20%、-10%、+10%、+20%4ケースについて、感度分析を行った。

共通費が、1元/人・月を超える(1.43元)伍什家郷では、基本ケースでは財務的に余裕を示しているが、水道費の変動に最も敏感である。水道費の高徴収率の維持が重要に思われる。黒城郷は、年間の共通費が最も低い(0.64元)こともあり比較的安定している。永聖域郷は、共通費も0.85元/人・月であり、料金の変動に対し3郷中最も安定している。

表7. 1-6 水道料金の感度分析—NPV (千元)

	-20%	-10%	基本ケース	+10%	+20%
永聖域郷	55.5	110.2	164.8	219.4	274.0
伍什家郷	-248.2	-121.0	6.2	133.4	260.6
黒城郷	-22.9	17.3	57.5	97.7	137.9

単位：千元

(4) 財務評価の結論

- 1) 水道施設を永続的に維持管理できる費用として、住民負担の可能額も十分考慮して設定された各郷毎の均一水道料金および投資分担金額は、村落実態調査の水準よりはやや高いが、負担する農民にも均一料金という点で弱者に有利であり、納得できる水準である。
- 2) 30年間の純現在価値NPVは、その間の現在価値に引き直した便益総額から同じ処理をした費用総額を差引いた額である。基本ケースにおいて、この数値が3郷ともプラスになっていることは、この計画が財務的に成り立つことを示している。
- 3) 徴収率100%を前提としているが、各村落で分担して徴収するシステムであるから、この前提は妥当である。ただし、感度分析によれば、徴収率80%では3郷中2郷が採算割れになる予想であり、高徴収率の維持が重要である。

7. 1. 2 経済評価

(1) 評価の目的と方針

本開発計画は、設備費に対する無償資金を前提としており、その前提条件が満たされれば財務的に問題のないプロジェクトであるが、一方、本計画が、国家および社会にとって必要な、優先順位が高いプロジェクトかどうかを、評価する必要がある。本計画の便益は、数量的に計算できないものが多いので、IRR(内部収益率)およびNPV(純現在価値)による計算による比較ができない。従って、本計画(With)とそれに替わる代替案(Without)の費用と便益の差を比較す

る方式をとることとする。

(2) 前提条件

- 1) 計算期間
2000年より2029年までの30年間とする。
- 2) 基準年
1998年の価格を基準とする。
- 3) 外国為替
中国人民元は、1元15円、1米ドル8元とする。ただし、輸入品の経済価格への転換に用いられるシャドウ・エクステンジ・レート (SER)は、1元14.81円、1米ドル8.10元とする。
- 4) 税金
輸入関税、増値税(VAT)および営業税は、原価あるいは費用から除かれる。
- 5) 金利
すべての金利は、評価計算に参入しない。
- 6) 労務費
労務費は標準変換率により転換される。標準変換率は、0.983とする。
- 7) 土地使用料
公共事業のため、無償である。費用として計上しない。
- 8) 予備費
総工事費の10%を計上する。
- 9) Contingency
総工事費の5%を計上する。
- 10) 残存価値
法律の許容限度の10%を、計算期間に平均して、費用より差し引く。
- 11) 埋没費用
旧水路などの既存給水施設の再利用価値は、埋没費用であるが、これはマイクスの費用としては参入しないこととする。
- 12) 3郷それぞれの開発計画について個別評価を行う。
- 13) 事業費は、第6章の事業費積算に準拠する。
- 14) 資本の機会費用は年率12%とする。

(3) 経済費用

本開発計画に替わる代替事業との比較のために、経済価格によって計算した費用を下に掲げる。

表7. 1-7 経済価格による費用の計算

単位：千元

	永聖域郷	伍什家郷	黒域郷	3郷合計
建設工事費	2,339.9	7,980.2	3,402.6	13,722.7
技術費	219.1	742.9	306.3	1,268.3
総工事費 (A)	2,559.0	8,723.1	3,708.9	14,991.0
予備費 (B)	255.9	872.3	370.9	1,499.1
Contingency (C)	128.0	436.2	185.4	749.6
建設費用合計	2,942.9	10,031.6	4,265.2	17,239.7

(4) 経済便益

本開発計画によって国家・社会に齎される便益は、次の通りである。

1) 直接効果

a) 良質の飲用水

対象地域3郷に在る62村落(6,276戸24,303人)に国家飲料水基準に合致した飲用水が供給される。

b) 増加雇用

3郷の農村供水会社を含めた維持管理機構において30年間に、永聖域郷1,426千元、伍什家郷1,469千元、黒域郷392千元3郷合計3,287千円の増加雇用が見込まれる。

c) 疾病の減少

本調査団が昨年実施した村落実態調査によれば、医薬医療費は、改水事業の有る家庭では、改水事業のなかった家庭より、年間1人当たり7元少なく済んでいる。本開発事業による医療費節約の効果は、30年間で概算5百万元である。

2) 副次的効果

a) 生産性の向上

休日のない水汲み労働から開放されること、手掘り井戸掘削の、対価のない労働を他に転用できることなど、農民の生産性は格段に向上する。

b) 女性の地位の向上

実態調査によれば、対象地域では、水汲みは男性の仕事に決まっており、水道が設置されれば男性の仕事量がその分軽減されることは間違いない。一方、女性の仕事量は変わらないかという点、必ずしもそうではない。家事すなわち炊事・洗濯・掃除・育児・介護など家庭内の仕事は女性の役割である。飲用水の存在は、それらの女性担当の仕事を、迅速に衛生的に手順良く処理する上に欠くべからざる要件である。毎日、一定の時間に、天候の良否・男性の健康や都合などに係りなく飲用水が

容易に確保されるということは、家事の質と効率とがある一定のレベルまで基本的に保証されているということの意味する。例えば、冬期あるいは渇水期に従来ならば、必ず水が不足するが、僅かの水を節約しながらでも、家事を滞らせるわけにはいかず、その心労と努力は大変なものであった。あるいは、男性が健康を害したり、農繁期であって、必要な時間に必要な量だけ水を運べなかった場合には、家事の責任者たる女性は、自ら水汲みに行かねばならなかった。原因が何であっても、家事処理の水準が、一定のレベルを確保できないことは、当然女性が批判の対象となるからである。水道は、女性の仕事を根本から変えるものである。定量化は困難であるが、女性にとって、家事が日々安定的に処理されることによる精神面・肉体面の便益は極めて大きい。これを一言でいえば、女性の地位の向上である。

c) 生活のアメニティの向上

良質の飲用水は、快適な生活の第一歩である。フッ素による疾病からの解放は、金銭で評価できない多大の便益であることは、論を俟たないが、フッ素によって、疾病まで至らない軽症の場合でも、例えば、黄変した歯を白色に変える美容整形に数千元を投ずる女性が呼和浩特市にいる由であり、アメニティの向上は多分に個人的・感性的なものであり金銭で計り得ないが、フッ素被害を除去することは想像以上に広範囲の住民に多大の便益を与えることは確実である。

d) 雇用機会の増大

モニタリング機構の整備・農村供水会社の設立・村落内の施設管理など将来に互って雇用が継続する。

e) 地域経済の活発化

ある村長が、「水道が出来たことは、出稼ぎ農民の帰郷を促す好材料である」と言ったが、疾病からの解放・生産性の向上・雇用の増大→地域経済の活性化という図式を描くまでもなく、村長が直感的に判断したように、本計画は、対象3郷の農村経済において画期的な起爆剤となる可能性がある。

f) 所得配分の均等化

貧困地域に政府補助金あるいは外国無償資金が投資されることは、高所得者層から低所得者層への所得再配分の意味を持っている。対象地域における未給水村落は、1村当りの人口も少なく、地元負担能力も低いこともあって、今日まで各種の改水事業から取り残されていた所である。このような地域に与えられる補助金・無償資金は、生活の向上と社会の安定に資し、社会的平等を齎すものである。

g) 福祉の向上

老人家庭・母子家庭など社会的弱者にとって、水汲み労働からの解放とより健康的

な水の摂取は得難い便益である。

(5) Without の費用・便益

経済費用・便益（With）は、本開発計画が行われなかった場合（Without）の費用・便益と比較してその優劣が示される。Without が現状のままでは問題の解決に繋がらないので本計画の場合、別の解決策が必要である。代替事業としては、伍什家郷の黄河用水の引水・浄化の事業があり、別の章で本計画の優位が評価済みである。疾病対策としては、浄化装置の設置などがあるが、未給水地域の解消を含めた飲用水の根本的解決にはならない。

(6) 経済評価の結論

本計画は定量化は困難であるものの、国民経済面および社会福祉面で多大な便益を生むものであり実施されるべきである。また、本計画と同等の便益をもたらす代替事業は本計画と比較してより多くの費用がかかると推計されることから、本計画は経済的に妥当なものであると評価できる。

7. 2 社会評価

(1) 住民ニーズ・対象地域の特性との適合性

本計画は、飲用水に含まれるフッ素、ヒ素による疾病罹患率が高い地域を対象に、良質の水を供給しようとするものである。村落実態調査で判明したとおり水質と水因性疾病の因果関係についての住民の認知度は非常に高く、給水事業を望む住民の比率は非常に高い。

今後の給水事業は比較的小規模な村落へと移行せざるを得ない中で、住民一人当たりの費用を抑える必要がある。このため、給水計画の立案にあたっては2～3ヶ村を1本の井戸掘削で行うか、もしくは各村に1本の井戸を掘削した方が費用を低くできるかが考慮されている。

対象村落では様々な家畜・家禽が放し飼いされている。このため、水源（井戸）が家畜・家禽により汚染されないような施設計画となっている。

(2) 実現の可能性

事業用地の確保については、これまでの改水事業および今回の試行事業のいずれにおいても主に村落内の共用地が事業用地として選定・使用されている、したがって、用地確保の可能性は高い。また、村落実態調査での過去の例から見ても、事業用地が特定者の耕作地等にかかる場合は同等の用地（休耕地）の確保、あるいは金銭・農作物等で補償がなされていることから、用地取得により影響を受ける住民に対する補償は適切に行われるであろうと思慮される。

担当省庁である托克托県水利局および改水項目弁公室／衛生局は農村給水事業の建設経験はあるものの、運営面については、未だ体制が十分に整備されていない。このため運営組織計画において各給水系統および郷レベルでので行われる運転・維持を適切に管理・指導・監督・支援するための組織整備が提言されている。

衛生改善のためには行政組織である衛生局・衛生室等の指導の他に婦人会・学校との連動が不

可欠である。運営組織計画においては、改水項目弁公室／愛国衛生運動委員会による北一間房の例を参考として、行政組織である衛生室に加えて、非政府組織（NGO）である学校・婦人会の代表から成る衛生教育委員会の設立が提言されている。

今後の給水事業拡張に際しては、比較的所得の低い村落・世帯を対象とすることとなる。こうした村落・世帯を対象に事業を実現するためには、村民の負担可能性を考慮した事業化計画、料金設定は不可欠である。本給水計画においては水源施設・幹線までの概略設計に留まるため具体的には提案されていないが、詳細設計・事業実施段階では、各戸接続のための負担が困難な村落・世帯を考慮して、公共栓方式あるいは各戸接続／公共栓の併用を検討すべきであろう。また、金銭負担が困難な世帯・村落については役務の提供を促進する仕組み造りが必要である。今回の試行事業でも各戸接続のための金銭負担を減らすために、役務提供の活用が村長の斡旋により実現した。対象村落においては自治活動における役務の提供がしばしば行われているため、こうした施策を実現する素地は充分にある。

料金設定については、一部ではあるが、既に改水事業が実施された比較的裕福・大規模な村落を含めて、郷レベルで一律に設定するよう提言されており、料金支払い能力の低い世帯・村落での事業実施可能性を高めるよう配慮されている。

（３）便益分配の公平性

これまでの改水事業の例で見ても、少数民族である蒙古族等に対する差別は見られず、逆に調査対象村落の内、蒙古族の占める割合の最も多い村落では、既に改水事業が行われている。

既に改水事業が行われている村落内での未給水世帯で、貧困を理由とする事業への不参加の例があるが、この点については、上記（２）で述べられている。今回の試行事業では、役務提供も困難な老齢世帯に対しての援助が、主に村長または村民委員会により工夫されている。

また、試行事業において公共栓方式が採用された村落での公共栓の位置選定にあたっては、各集落における水の運搬にかかる労働力が最小となるように考慮された。

（４）社会的不利益の最小化

水を売って生計を立てているグループは見あたらない。また、所得階層間での良質な水源へのアクセスの不公平さから生じうる地域内の対立の回避については、上記（３）で述べられている。

（５）持続可能性の向上

給水事業による便益の持続可能性の要点は水質管理、事業運営体制の確立および運転維持費を賄う料金徴収である。

良好な水質の飲用水を持続的に利用し続けるために重要な点は、使用量管理と水利用・衛生状況改善のための教育である。このためには村落における運転維持体制の確立とともに行政側の支援・指導・監督体制の整備が不可欠である。本計画では揚水量管理、水質モニタリング、運転維持、および衛生改善の方法が提言されている。運転維持に関する課題は村落での技術レベルの低さであるが、施設計画においては運転維持をしやすい設備選定が考慮され、運営組織計画では運転要員の訓練と運転維持を指導・監督する行政側の組織整備について述べられている。

村落実態調査で判明したとおり、調査対象村落における料金徴収率は非常に高い。したがって、料金徴収の課題は相対的に支払い能力の低い村落・世帯における料金設定である。そのため、運営計画ではすでに改水事業を行った村落を含めて、料金の1部について、郷内での単一設定と内部補填制度が提案されている。このことにより、現在運転維持管理上の最も大きな問題である機器故障時の操業停止が防止・短縮できる。

7. 3 環境・技術評価

(1) 環境

本計画による環境への影響は、地下水開発による飲用水供給事業であることから、「揚水による地下水水源への影響」と「給水による生活污水の発生」が指摘されている。

そのいずれについても、計画が散在する農村への飲用水給水としての開発であり、揚水量／排水量の絶対量は地域の地下水賦存量／許容量に比べ小さく、影響が軽微であることが確認された。

(2) 水源開発

一 安全な水の確保

調査地域の水理地質構造及び水質分布を含む帯水層の状況が明らかとなり、飲用水として利用可能な飲用水基準を満たす良好な水質の白亜系帯水層とヒ素、フッ素の有害物質を高度に含む可能性の高い、上部更新統浅層帯水層及び下部更新統帯水層が地域的に特定された。

調査対象3郷のうち、永聖域、伍什家ではその安全な水が開発可能な地域は限定され全て村落内で処置する事はできないが、郷内での補完が可能である。

一 持続的開発

本開発計画による地下水開発については、地域全体の計画給水量及び地下水の農業利用料に基づく揚水量を用い、長期的揚水による地下水位の低下及び水質への影響が、コンピュータシミュレーションによって検証され、持続的な開発が可能であることが確認された。

(3) 給水計画／給水施設計画

一 安全な水の供給

調査対象地域内では、給水施設が未整備で細菌性の汚染のある不衛生な水を使っている村落がかなり残っている。また、かなりの地域で村落内の地下水にフッ素が高濃度で含まれ、中毒症状等の水因性の疾病が発生している。これらに対し、本計画では、飲用水水質基準を満たす、安全な水が郷内の全村落・全住民に供給されることになる。

一 適性技術

計画された給水施設が持続的に維持運営されて行くためには、計画対象地域の社会・経済条件及び技術的水準に見合った適正技術の適用が重要である。本計画では日常的な維持管理は村民の手で実施されることになり、この点が給水施設設計において考慮されており、それらの事項は以下のとおりである。

- ・ 維持管理の容易な極めて簡単な給水機構の採用
- ・ 凍結防止対策
- ・ 運転員が農業を兼ねることを考慮し、農作業前後のみの給水時間
- ・ 公共水栓の採用

第8章 実施計画

第8章 実施計画

8.1 優先事業

本計画の実施における、計画事業コンポーネントの優先順位は、事業内容が村落給水用施設建設のみであり、整備対象村落の建設着工の順位である。村落の給水整備状況及び地理的条件を以下のように整理し、実施計画を策定する。

また、本計画での村落給水施設の整備は、対象村落 64 ヶ村、事業費で約 1 千 8 百萬元(約 3 億円)の規模とそれ自身は大規模なものではないが、計画対象三郷は托克托県の 11 郷鎮の一部であり、他の郷鎮でもほぼ同様の状況であるため、県全体の整備の進捗と合わせる必要がある。これまでの給水事業への財政投資の実績と今後の見通しから、第二次整備までを含む計画全体を 10 年、第一次整備の優先事業を 5 年の実施計画をする。

(1) 優先事業の選定条件

選定の基準は以下のとおりである。

一 改水事業の実施されていない村落を優先する。

改水事業の目的の 1 つは、地下水利用による細菌などの人的汚染からの回避にあり、この点でのこれまでの給水施設建設による効果は大きく、まず、未整備村落をなくすことが重要である。

一 改水事業の実施済み村落で、水質が飲料水基準を満たしていない村落を優先する。

一部の改水事業実施済みの村落では、給水井戸水中のフッ素の濃度が高く、水質改善の必要性が高い。

一 水源から地理的に近い村落を優先する。

本計画が、特定の水源地点から、各村落への送水のシステムとなっているため、施設整備は順序として地理的に水源に近い村落から実施することになる。

一 水理地質的に水質の確保が難しい地域でも、現在の水質がよいところは後に回す。

本調査での調査対象村落の水質調査及び周辺村落の水質資料収集により、経年的な理由と需要の増大により、将来、給水水質の悪化が予測される村落があり、本計画で水源確保を図っているが、現在の水質が許容範囲内である場合、整備時期は二次整備に回し、水質の変化を監視しながら整備するものとする。

(2) 第一次整備村落・第二次整備村落の選定

調査対象 3 郷の村落について、本計画での施設整備を、優先事業の一次整備として実施する村落、後年度に二次整備として実施する村落及び整備が完了しており、本計画に含まれない村落の 3 種に分類すると以下の 3 表のとおりである。

優先事業内での着工の順序については、村落の状況と共に送水システムの建設順序、すなわち、1) 水源設備の建設、2) 送水幹線の建設、3) 村落内給水管網の建設の順序を考慮して決定することになる。

1) 永聖域郷

表 8. 1 - 1 永聖域郷優先事業

行政村	一次整備対象村	二次整備対象村	整備済み村
東雲寿		東雲寿	
南的力図		南的力図	
喬富営	新丈営	喬富営	朱什拉
永聖域		永聖域	
		水泉	
什力格図	古紅岱		什力格図
満水井		満水井	
郭県営	南郭県営		
	太水営		
	格梁		
	把 日		
缸房溝	缸房溝		
	黄家営		
	喇嘛営		
黒沙図	東黒沙図		新地梁
	西黒沙図		
	山慶営		
	小営子		

2) 伍什家鄉

表 8. 1 -- 2 伍什家鄉優先事業

行政村	一次整備対象村	二次整備対象村	整備済み村
伍什家			伍什家
			1 ~ 4 組
			小伍什家
			節根格
大北窩	大北窩		
樹林	主力漢		樹林
	興茂		小北窩
興旺庄	興旺庄		
劉家窩	劉家窩		
	荷宝營		
荒地窩	荒地窩		小井壕
	陳家梁		
狄士窩		狄士窩	
西大格達	西大格達		
新河	新河		
大庫倫	大庫倫		
	東大格達		
	陳俊營		
什拉烏素壕			什拉烏素壕
一間房			北一間房
			南一間房
			山西庫倫
			高火窩
			西火窩
氈匠營	氈匠營		
	白武營		
	焦家格梁		
哈達凶壕沙佐	哈達凶壕		
	官地營		
	北島窪營		
杜家壕	苗通營		北杜家壕
	南島窪營		
	阿靈召		
	高家西灘		
	什家壕		
	南杜家壕		
	範家西灘		

3) 黒城郷

表 8. 1 - 3 黒城郷優先事業

行政村	一次整備対象村	二次整備対象村	整備済み村
黒城		黒城	北門
黒水泉			黒水泉
乃同	南営子		乃同
	道倫呼都格		半灘
	劉寛窩		五惧牛溝
	李頂窩		細合窩
			庫倫岡
張全営			張全営
			大路畔
			苗家窩
			王玉営
			伍家営
			喇嘛営
霸上			霸上
			沙坡窩
馬士窩	氈房	上馬士窩	丁党家営
		下馬士窩	
合同営	合同営		新庫倫
	東庫倫		新旺鋪
	三達利		
	油房営		
	田丙営		
	沙格洞		
	大揚三窩		
	小揚三窩		

8. 2 年次計画

(1) 投資概要

総額：	21,517 千元 (約 323 百万円)
広域送水幹線網工事費	16,800 千元
村落内給水管網工事費	1,910 千元
工事費計	18,710 千元
予備費 (工事費の 10%)	1,871 千元
偶発費用 (工事費の 5%)	936 千元
総計	21,517 千元

工事期間：	10 年間	うち整備優先事業	5 年間	2000 年—2004 年	工事費	16,24 千元
		将来計画	5 年間	2005 年—2009 年	工事費	2,462 千元

対象村落：	永聖城郷	19 村落	7,303 人	うち未給水村落	2 村落	285 人
	伍什家郷	27 村落	10,599 人	うち未給水村落	16 村落	4,375 人
	黒城郷	16 村落	6,401 人	うち未給水村落	11 村落	1,389 人
	3 郷合計	62 村落	24,303 人	うち未給水村落	29 村落	6,049 人

(2) 給水施設概要

給水施設は、広域送水幹線網 (永聖城郷、伍什家郷および黒城郷の一部) と村落内給水に分かれている。

(3) 資金調達源

受益者：水道料金および給水施設建設費の一部を負担する。

政府補助金：380 計画の給水事業費 (内蒙古自治区事業、托県分は托県予算より支出)

その他：ODAの無償資金

(4) 年次計画

1) 広域送水幹線網工事

第1期施工中(2000年より2004年までの5ヶ年間に、広域送水幹線網の約85%(永聖城郷の53%、伍什家郷の95%および黒城郷の85%)を完成する。第2期施工(2005年より2009年)によって、残部を完成する。

第1期工事総額： 16,248千元(全工事費の86.8%)

第2期工事総額： 2,462千元(同 13.2%)

2) 村落内給水管網工事

第1期工事内に総額1,910千元を投資し、全29ヶ村の村落内給水施設を完成する予定である。

3) 投資支出予定

2000年から2004年まで毎年、3.7百萬元を、2005年から2009年まで毎年、0.7百萬元を投資する予定である(図8.2-1、表8.2-1“年次計画”参照)。

図8.2-1 年次計画

実施項目	郷名	第1次整備対象					第2次整備対象村				
		1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
水源開発	永聖城										
	伍什家	■	■								
	黒城	■	■	■			■				
広域幹線送水網	永聖城	■	■	■	■	■					
	伍什家	■	■	■	■	■					
	黒城	■	■	■	■	■					
村落給水	永聖城	■	■	■	■	■					
	伍什家	■	■	■	■	■					
	黒城	■	■	■	■	■					
モニタリング		■	■	■	■	■	■	■	■	■	
投資額		3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

単位：百萬元

表 8. 2-1 年次計画

単位：千元

	2000	2001	2002	2003	2004	小計	2005	2006	2007	2008	2009	小計	合計
	第 1 期 施 工						第 2 期 施 工						
永聖城郷													
広域送水幹線網工事	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	1,536.0	272.2	272.2	272.2	272.2	272.2	1,361.0	2,897.0
村落内給水管網工事	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	91.0						0.0	91.0
工事予備費・偶発費用	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	244.0	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8	204.2	448.2
小計	374.2	374.2	374.2	374.2	374.2	1,871.0	313.0	313.0	313.0	313.0	313.0	1,565.2	3,436.2
伍仕家郷													
広域送水幹線網工事	1,871.8	1,871.8	1,871.8	1,871.8	1,871.8	9,359.0	96.8	96.8	96.8	96.8	96.8	484.0	9,843.0
村落内給水管網工事	275.0	275.0	275.0	275.0	275.0	1,375.0						0.0	1,375.0
工事予備費・偶発費用	322.0	322.0	322.0	322.0	322.0	1,610.1	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	72.6	1,682.7
小計	2,468.8	2,468.8	2,468.8	2,468.8	2,468.8	12,344.1	111.3	111.3	111.3	111.3	111.3	556.6	12,900.7
黒城郷													
広域送水幹線網工事	688.6	688.6	688.6	688.6	688.6	3,443.0	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	617.0	4,060.0
村落内給水管網工事	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	444.0						0.0	444.0
工事予備費・偶発費用	116.6	116.6	116.6	116.6	116.6	583.1	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	92.6	675.6
小計	894.0	894.0	894.0	894.0	894.0	4,470.1	141.9	141.9	141.9	141.9	141.9	709.6	5,179.6
3郷合計													
広域送水幹線網工事	2,867.6	2,867.6	2,867.6	2,867.6	2,867.6	14,338.0	492.4	492.4	492.4	492.4	492.4	2,462.0	16,800.0
村落内給水管網工事	382.0	382.0	382.0	382.0	382.0	1,910.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,910.0
工事予備費・偶発費用	487.4	487.4	487.4	487.4	487.4	2,437.2	73.9	73.9	73.9	73.9	73.9	369.3	2,806.5
合計	3,737.0	3,737.0	3,737.0	3,737.0	3,737.0	18,685.2	566.3	566.3	566.3	566.3	566.3	2,831.3	21,516.5

第9章 提 言

第9章 提 言

(1) 水質監視の継続

本調査で明らかとなったように、調査対象地域の地下水は一部の地域で飲用水基準を越える砒素・フッ素濃度となっている。また、これはかならずしも改水事業が実施されていない村落だけの問題ではなく、改水事業の実施済みの施設においても生じており、今後の改善の必要性が指摘されたところである。本調査においては、水質は地域的に帯水層により決まる（第3系、層白亜系帯水層の水質が良好）ものとの結論を得たが、現在、比較的水質が良好な場合にも、取水している帯水層によっては、経年的に水質の悪化が進むことも充分考えられる。したがって、改水事業を実施済みの給水施設について、改善の必要性及びその時期を判断するため、定期的な水質分析による監視を提言する。また、世界保健機構（WHO）の勧告値よりも高い設定が行われている現行の農村飲用水水質基準の水質項目については、改訂が策定計画期間中に起こる可能性があることにも留意を要する。

トクト県内の村落給水施設について、これまでも、その一部は県の防疫站で水質分析が行われている。しかし、それらの資料は水資源開発には活用されていないのが現状である。県政府内で、水利局、改水項目弁公室及び防疫站等の関係機関で共有できる資料として利用するための、総合的な水質監視の実施体制を確立する必要がある。

(2) 広域調査の実施

本調査は、調査対象3郷の比較的限られた地域について、地質構造及び水質分布を含めた地下水の賦存状況が詳細に調査された。その結果によれば、これは当初から中国側においても理解されていたことであるが、水質汚染は調査地域に限らず周辺地域を含めた広域の問題として認められる。しかし広域の資料も限られたものであるため、今後の地域の開発計画策定に支障の生じる恐れがあり、調査範囲を拡大した調査の実施を提言する。広域調査の視点は二つ有り、それらは以下の通りである。

1) 広域調査

中国側の既往資料によると、黄河流域北岸での地下水のヒ素及びフッ素による水質汚染地域は、包頭市を中心としてその西に位置する河套平野（アジアヒ素ネットワークが活動している）と、東側の呼包平原が指摘されており、後者の呼包平原南部に今回の調査地が含まれる。このようにヒ素、フッ素汚染は非常に広範囲にわたって起きている現象である。

同じく中国側資料では、ヒ素の強い汚染地域は、呼包平原の中心部にほぼ7か所に分散している。今回調査で、この汚染地域は新しい地層の更新統の地域にほぼ限定されることが判明した。この更新統の厚い分布地域は地質構造的に地溝帯を形成する湖成層の堆積域とされる。ヒ素は泥質・有機質に富んだ部分に濃集する性質があるとされ、更新統の地

下水にヒ素汚染の濃淡があるとしても、水質基準を満たす水質の飲用水を長期的に得ることは、特にフッ素汚染も加わればかなり困難と予想される。

今回調査では、調査地域が南端部に偏っていたため、比較的容易に水源（白亜系帯水層）を確保できたが、将来、呼包平原中央部を含む地域について、良質の飲用水の村落給水を考慮したとき、広域の水文地質情報から成る水理（地下水）構造の把握が是非必要であり、その意味で範囲を拡大した調査の実施を提言する。その範囲はほぼ呼包平原をカバーする範囲が必要と考えられる。

2) トクト県村落給水整備計画

トクト県政府が県内の村落給水施設の整備を考える場合、本調査の三郷だけではなく、11郷鎮全体について改水事業実施済み村落を含めた水質改善を考慮する必要がある、(1)の水質監視の結果を踏まえた調査・整備計画を策定する。

JICA