

業務実施方法改善のための調査研究

未定稿

地下水開発計画調査 実施監理ガイドライン

昭和63年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所

SC

JICA LIBRARY



1070992E1J

18326

業務実施方法改善のための調査研究

未定稿

地下水開発計画調査 実施監理ガイドライン

昭和63年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所

国際協力事業団
国際協力本部
国際協力センター



マイクロ
フィルム作成

本書の利用にあたって

本書はJICAが行う地下水開発調査のガイドラインとなるべく編集されたものである。

本書作成の目的は二つある。一つは過去に実施した地下水調査の特徴、形態などを整理、分類することである。従来の調査の特徴、形態などを体系的、系統的に分類することにより、新たな地下水案件の要請に対し、その案件がどのような位置づけになるかを鳥瞰的にとらえることができる。

もう一つの目的は、新たに調査実施計画を策定する際に、一つ一つの調査項目の作業目途を明確にして、調査工程、要員計画が定量的に行えるようにするためのものである。

このような目的のために、本書ではJICAの開発調査の手順に沿って留意点を中心にとりとめた。また調査手法については、既に多数の専門書があり、概要を記載するにとどめた。

本書はJICAの内部資料であり、上述の目的を満たすことを第一としている。そのため現場サイドから見れば言い足りない点や、学術的な厳密さという点では必ずしも十分でない点もあると思われる。本書はあくまで、わかりやすいマニュアルであることをその趣旨としているので、この点に留意して活用を図られたい。また地盤沈下、地下水汚染、塩水進入等の環境影響の側面については必ずしも十分に触れていないが、今後、実例を加えながら充実を図ることとしたい。

なお本マニュアルの作成にあたって、秋山、今井両国際協力専門員、開発調査第二課水資源班及び（財）国際協力サービスセンターの協力を得た。

報告書目次

まえがき

1. 地下水開発の意義	1
1-1 地下水開発の意義	1
1-1-1 地下水の活用	1
1-1-2 地下水と地表水	2
1-2 経済技術協力と地下水開発	3
1-2-1 協力の種類	3
1-2-2 開発調査	4
1-2-3 無償資金協力	9
1-2-4 有償資金協力(円借款)	12
1-3 開発調査(地下水調査)の手順	16
2. 要請書の検討	19
2-1 開発戦略上の位置づけ	19
2-2 開発目標	20
2-3 社会経済的条件	21
2-4 気象・水文学的条件	22
2-5 地形・地質条件	24
2-6 調査対象面積	25
2-7 総合判断	26
3. S/W案の検討	27
3-1 S/W案の内容	29
3-2 調査対象地域と調査内容	29
3-3 給水計画の取り込み	32
3-4 機材の供与の範囲	34
3-5 相手国の調査実施体制	35
4. 事前調査で把握すべき事項	37
4-1 事前調査団の派遣	37
4-2 質問状	39
4-3 調査用機材の賦存状況の把握	41
4-4 調査実施体制と技術水準	42

4 - 5	調査結果の活用	43
5.	調査の基本方針と調査内容	45
5 - 1	調査フローチャートの作成	45
5 - 2	調査工程の作成	48
5 - 3	調査項目の作業量の推定と留意点	51
5 - 4	解析の手法・精度の検討	57
5 - 5	事前調査報告書の標準目次案	58
6.	作業工程の監理	59
6 - 1	本格調査報告書作成の手順	59
6 - 2	インセプション・レポート	62
6 - 3	プロGRESS・レポート	64
6 - 4	インテリム・レポート	65
6 - 5	ドラフト・ファイナル・レポート	66
6 - 6	ファイナル・レポート	67
7.	調査・解析手法の解説	69
7 - 1	地下水の基礎知識	69
7 - 1 - 1	地下水の概念	69
7 - 1 - 2	水循環	71
7 - 1 - 3	地下水の存在場所・条件	73
7 - 1 - 4	地下水涵養	75
7 - 2	水収支解析	76
7 - 3	揚水試験	78
7 - 4	水文観測	80
7 - 5	シミュレーション・モデル	83
7 - 6	水質調査	87
7 - 6 - 1	水質調査フロー	87
7 - 6 - 2	水質調査手法	88
7 - 6 - 3	水質分析	90
7 - 6 - 4	対応策の検討	92
7 - 7	物理探査	95
7 - 7 - 1	物理探査の種類	95
7 - 7 - 2	物理探査の地下水探査への応用	101

8. 調査用機材の仕様の検討	105
8-1 ボーリング機材	105
8-1-1 ボーリング機材の種類と選定	105
8-1-2 掘削工法による使用機材	109
8-1-3 一般掘削必要機材	128
8-2 物理探査機器	142
8-3 物理検層機器	144
8-4 自記水位計	147
8-5 水質検査器	150
8-6 パソコン	152
8-7 車輛	154
9. 給水施設の解説	159
9-1 水利用の形態	159
9-2 施設の形態	160

附属資料

附 1 ボーリングを対象とした土質、岩盤分類	1
2 ボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画の機材リスト	3
3 中国天津市地下水源開発計画調査機材目録	4
4 S/Wの例	21
5 主な参考図書	43
6 主な関係学会、協会	46
7 主な関係研究機関、大学及び研究分野	48

1. 地下水開発の意義

1. 地下水開発の意義

1-1 地下水開発の意義

1-1-1 地下水の活用

地下水は生活用水の他、工業用水、工業原料、農業用水として活用される。

人間の生存にとって水は欠かせないものであるが、年間の雨量の少ないところでは、川や湖や泉のような表流水を得ることが難しく地下に浸透した水を活用せざるを得ない。また、表流水が得られる場合でも、水を汲みに行く労力と時間を考慮して、自宅か部落の近くで地下水が得られるならば、その効果は大きい。これらは、生活用水としての地下水の活用であるが、工業原料、工業用水としての地下水の開発がある。これは、地下水が表流水と比較し、水質や、水温等の点で優れていることを活用したもので、醸造業や清涼飲料工業は前者に、また冷却水等の利用は後者に属するものであろう。農業用の地下水利用は、通常農業用には大量の水を必要とすること、温度が低い、汲み上げに多大のコストがかかることから表流水に比し、劣ることが多いが、雨量の極端に少ないところでは、少量の水による灌漑方式を開発・適用して、地下水利用を図ることもある。

このように、地下水開発のもたらす効果は極めて大きいものがあるが、他方、地下水くみ上げによる地盤沈下や、乾燥地帯での塩分濃度の上昇などのマイナスの効果をもたらすことがあることに留意する必要がある。

地下水は過去の地表水である。

山本荘毅は、「新版地下水調査法」（1985年）の中で次のように述べている。「地下水には鉱物資源と同様、採取すれば枯渇する面と、生物資源に似て、採取しても再生される面がある。被圧水に前者の傾向が強く、不圧地下水に後者の傾向が強い。」

地下水は、過去の地表水である。例えば、ワインを飲む時にこれは1985年のものであるとか、これは1920年の年代のものであるとか語ることがある。地下水も同様に年代を持っている。地表水でも、メコン川では上流部で降った雨は、7～8日間で下流のバンコック市に到達すると言われるが、地下水ではこの期間が1万年であったり、100年であったり、10年であったりする。もしある地下水が5千年前の多雨期のものであったならば、これを汲み上げると、すでに少雨期に移行しているので補給は困難である。このような場合には石炭とか、石油の開発のように、地下の湖の水を開発するようなことになり、その資源は有限なものと考えねばならない。浅層地下水であれば、毎年の降雨が地下に浸透し、ゆっくりと流下することが考えられるから、適正な揚水量であれば継続的にくみ上げることが可能である。

このように地下水開発においては地下水涵養のメカニズム（機構）について理解することが重要である。また、古い地下水は、長年月の間に周辺の岩石の成分を溶かし蓄積するために、塩類濃度が高くなる等の傾向があるので水質の分析も重要な場合がある。

1-2 経済技術協力と地下水開発

1-2-1 協力の種類

地下水開発に関するわが国の主要な援助形態は、開発調査、無償資金協力、円借款に大別される。このうち、円借款によるものは、水道の施設整備事業の一環として実施されている。

地下水開発関連の開発調査、無償資金協力の過去5ヶ年の新規案件は下表のとおりである

年度 区分	57	58	59	60	61	62
開発調査	(2)	(1)	(2)	(3)	(1)	(5)
無償資金	(6)	(9)	(7)	(12)	(16)	()

いずれも増加傾向にある。

開発調査における地下水開発は、一般開調費と区別され、「地下水開発調査に必要な経費」という事項に区分されている。

予算の構成は、写真判読、電気探査を中心とした第一次調査とボーリング試掘、揚水試験を中心とした第二次調査からなる。必要な資機材は途上国政府の要請に基づき供与することが出来る。調査の目的とするところは、地下水賦存量の把握、涵養機構の把握であり、この意味では、鉱物資源、森林資源等と同様、開発の基礎となる資源調査に属する。

地下水調査の対象面積は、1万平方キロ以上の広域にわたるものと、100～1000平方キロ程度のひとつの地下水盆（7-1-3）を対象とするものがある。

目的別にみると、具体的目標値が定められていて、これの実現のための計画づくりと、環境影響調査を行うもの（グアテマラ、天津地下水）地下水開発可能量を把握して開発計画の策定するもの（ルワンダ東部、ナイジェリア北部、ジョルダン・ムジブ水系等）、現地に適応した簡易な施設的设计、仮設も含めて行うもの（ホンデュラス・コマヤグァ、フィリピン・パナイ等）に区分しうる。

地下水開発調査の他、農林業開発調査の中で、農業地下水開発調査を実施している。また、専門家派遣等で、地下水の涵養や、地盤沈下対策の技術指導等の協力も行われている。

表1-1はこれまでに事業団によって実施された海外地下水開発調査の代表的実施例の概要である。

表1-1 海外地下水開発調査実施例一覧

案件名	目的	地質・面積	物理探査	地下水位置	表流水調査	試験	さく井	揚水試験	水質分析	給水計画	シミュレーション	調査期間	回頁数 (M/M)
中国天津市地下水運送計画調査	天津市の生活用水供給	沖、洪積層(砂、粘土、シルトの互層) (800km ²)	電磁気探査 (VLF探査)	一青洲水(開閉、乾期) 揚送機 自記水位計16台 揚送	元方の突進への動きのみ	23井試験 8,700m 中国製機材 小口径 日本製機材 大口径	23井戸	段階試験 連続試験 循環試験 孔内流速計、孔内水質計使用	水道項目について地下水を調査して地下水を調査	給水計画の概要について	FEM非定常 3次元 地盤沈下解析	60.11~62.9	7 (45)
ボリビア国ラパス市エルアルト地区地下水開発計画調査	ラパス市エルアルト地区の生活用水	水成堆積物 (700km ²)	電磁気探査	一青洲水(開閉、乾期) 揚送機 自記水位計1台 揚送	流量、水位(開閉、乾期)	なし (データ既知)	なし	段階試験 連続試験 循環試験	水道項目、重念について地下水を調査	給水計画を全額において揚水施設計画を策定	FEM非定常	62.2~62.9	6 (22)
エチオピア国生活用水供給(地下水開発)緊急計画調査	干ばつによる農村生活用水確保	火山砕屑岩玄武岩沖、洪積層 (7,500km ²)	電磁気探査 (9地区37点)	なし	なし	5本 130m 150m	5本	揚水井のみによる試験	41項目	給水施設設置 タンク 共同水	なし	59.2~61.1	9 (55)
ジョージア国ムソブ水系水利用計画調査	ムソブ水系における地下水開発を中心とした水利用計画調査	石灰岩 (6,500km ²)	なし (地質構造既知)	一青洲水(開閉、乾期) 揚送機 自記水位計1台 揚送	実施	4本 1,400m (2眼測井)	3本	段階試験 連続試験 循環試験 孔内流速計 孔内水質計使用	水道項目について地下水を調査	アプレシレベル アンマン市への給水計画	FEM2次元 鉛直 平面	60.10~62.2	13 (98)
グアテマラ国地下水開発計画調査	グアテマラ首都圏の生活用水供給	火山性堆積物 (800km ²)	電磁気探査 (ELP-MT法)	一青洲水 自記水位計1台 揚送	水質のみ	12" 3本 4" 3本	左記6本	揚水井3本で連続試験	水道項目について地下水、表流水を調査	既存の給水タンク、配水網を用いたタンクまでの給水計画を策定	定常水収支解析 給水層を上部、下部に分けて	60.7~61.9	9 (50)
ルワンダ国地下水開発計画調査	対象地域の生活用水	砂レキ層 礫層(カコウ岩) (800km ²)	電磁気探査 (VLF探査)	一青洲水1回 揚送	水質のみ	6" 5本 60m	左記5本	揚水井のみによる簡易試験	水道項目について地下水、表流水(岩油層)を調査	簡易施設 (共同水)	なし	59.10~60.11	10 (65)
中国ウルムチ地下水開発計画 (予定)	ウルムチ市生活用水	風成堆積物(玉石混じり砂レキ層) (300km ²)	電磁気探査	未定	未定	5本	大口径井戸と小口径井戸のいくつつか	実施	実施	給水計画構想	実施	63.6~ (予定)	7 (50)
ホンジュラス国コマヤグア県生活用水供給計画 (予定)	村営生活用水	礫状堆積物(砂レキ層) (400km ²)	電磁気探査 (VLF探査)	自記水位系計 5台	実施	大口径 5~6本 小口径 16本	5本	実施	実施	簡易施設	実施	63.2~ (予定)	6 (50)
ナイジェリア国北部地下水開発 (予定)	大規模村営への生活用水	沖、洪積層 礫層(片麻岩、結晶片岩) (100,000km ²)	電磁気探査 (比抵抗法、ウェンナー法) (EM探査)	実施	実施予定	8本	実施	実施	実施	簡易施設 簡易給水施設の構造モジュールの策定	実施	63.3~ (予定)	10 (98)
ジンバブエ国村営給水計画	マシングロ州及びミッドランズ州村営への生活用水	先カンブリア系(片麻岩、片岩、カコウ岩) (12,400km ²)	電磁気探査 (比抵抗法、ウェンナー法)	既知データ解析	既知データ解析	なし	なし	データ既知	水道項目について地下水、表流水を調査	簡易施設 (共同水)	なし	57.12~68.3	9 (34)

図1-1は、今まで行われた地下水開発調査のうちの6件について、その性格を視覚的にとらえるために作製したレーダーチャートである。

各案件について調査項目を、

- A. 水質分析
- B. シミュレーション
- C. 地下水位観測
- D. 表流水観測
- E. 揚水試験
- F. Man/Month (M/M)
- G. ボーリング
- H. 物理探査

の8つについてとり、それぞれを下記の基準で数値化して作製した。上記の項目のうち、右半分のA~Dは主として調査の水文・水収支的な側面を、左半分のE~Hは調査の地質的側面を表している。一般に「古い」タイプの地下水調査では主に左側のE~Hの項目が行われているようである。物理探査を行い、水脈の目星をつけ、ボーリングを行って揚水試験をするという短縮型である。

一方、項目A~Bは地下水を循環水の一過程としてとらえることに基づいている。長期的な視野に立った地下水開発にあっては、将来の枯渇を避ける、もしくは十分な予想を行うために地下水位観測、シミュレーション等により、地下水流動の定量的な評価が必要である。

このような考えから、地下水調査の理想は均一的なレーダーチャートによって与えられる。

以下は項目別数値化基準である。

A. 水質分析	
水道項目調査を行った場合	50
" に加えて重金属等精密測定	60
上記に加えて年代測定	+ 20
B. シミュレーション	
定常水収支解析	25
定常数値解析 (FEMなど)	50
非定常	60
準三次元	70
その他 (地盤沈下、塩水侵入等)	80
C. 地下水位観測	
一斉水位測水 1回	25
2回 (雨季、乾季)	50
上記に加えて継続測定も	+ 10
そして測定点 0~10 の場合	+ 5
11~50 の場合	+ 10
50~	+ 20

D. 表流水観測		
1回以上		50
雨季、乾季2回以上		75
E. 揚水試験		
なし		0
揚水井のみ		25
観測井のみ		25
観測井		50
段階、一定、回復		
孔内検層も含む		
F. M/M MAN-MONTH		
1 M/Mにつき		1
G. ボーリング数		
1 ~ 10		50
10 ~		75
H. 物理探査		
なし		0
あり		50
VLFを含む		75

— 天津市地下水
..... ルワンダ

— ボリビア
..... エチオピア

— ジョルダン
..... ガアテマラ

A 水質分析
C. 地下水位
E 揚水試験
G ボーリン

A 水質分析
C 地下水位
E 揚水試験
G ボーリン

A 水質分析
C 地下水位
E 揚水試験
G ボーリン

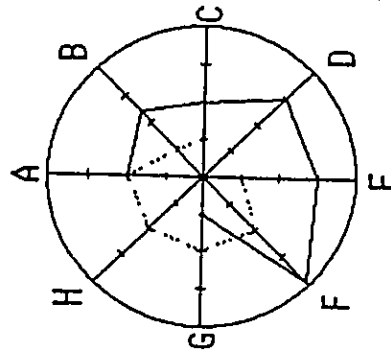
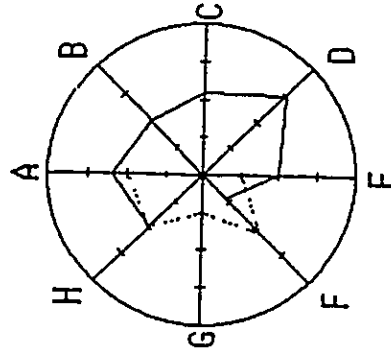
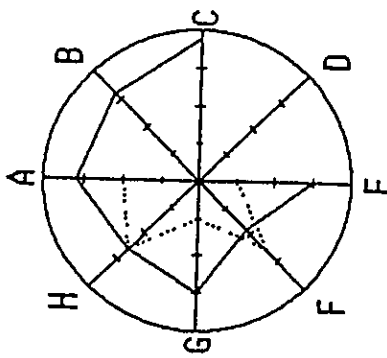


図 1-1 レーダーチャート

1-2-3 無償資金協力

無償資金協力は、事前調査、基本設計調査を経て詳細設計、建設（実施）に至る。

地下水関連の無償資金協力には、地下水開発の他、村落生活用水供給計画や都市・地方水道整備計画等が含まれている。賦存量が明確でない場合には事前調査を実施することもあるが、通常は先方政府の要請内容を審査し、計画の規模を定める基本設計調査から開始する。表1-2に地下水関連基本設計調査の実績を示す。

開発調査（地下水調査）で、賦存量等を把握し、無償資金協力につながったものにルワンダ東部地下水開発及びボリビア国エル・アルト市地区地下水開発がある。今後開調と無償の連携により効果的プロジェクトの形成が期待される。

地下水案件は増加傾向にあり（表1-3）、継続的に実施される例もある（表1-4）。

表1-2 地下水関連基本設計調査の実績

国名	プロジェクト名	調査種類	派遣時期
スリランカ	上水道処理施設改善計画	基本設計	59年 5月
バングラデシュ	飲料水給水施設整備計画	基本設計	59年 6月
ビルマ	都市飲料水開発計画	事前調査	59年 6月
"	都市飲料水開発計画	基本設計	59年 9月
タイ	水道技術者訓練センター設立計画	基本設計	60年 1月
ザンビア	地下水開発計画	基本設計	60年 2月
ザンビア	ムバンザ・ヌグング市都市飲料水供給整備計画	基本設計	59年 5月
タンザニア	ダルエスサラーム上水道整備計画	基本設計	59年 8月
ケニア	エーブル地区生活用水供給計画	基本設計	59年 7月
ソマリア	モガディシオ給水改善計画	基本設計	60年 2月
"	I C A R A II 関連地下水開発計画	事前調査	60年 2月
ベナン	地下水開発計画	基本設計	59年11月
ペルー	チョシーカ上下水道整備計画	基本設計	59年11月
ブータン	小規模水力発電施設整備計画	基本設計	60年 3月
中国	長春市浄水場拡張計画	基本設計	60年11月
北イエメン	ワディ・アル・ジョーフ地区給水整備計画	事前調査	61年 2月
スーダン	I C A R A II 関連水供給計画	事前調査	60年 7月
"	"	基本設計	60年11月
ザンビア	ルサカ市浄水場改善計画	基本設計	61年 3月
中央アフリカ	地下水資源開発計画	基本設計	60年 8月
トゴ	地下水開発計画	基本設計	60年 8月
マダガスカル	北西部地域地下水開発計画	基本設計	61年 2月
ガーナ	地方給水計画	基本設計	60年10月
シェラレオーネ	"	基本設計	61年 2月
ルワンダ	東部生活用水開発計画	基本設計	61年 3月
ハイチ	フォン・パリジャン平野灌漑計画	基本設計	60年 8月
"	"	事前調査	61年 1月

表1-3 地下水関連一般無償案件の推移

予算年度	48年	49年	50年	51年	52年	53年	54年	55年	56年	57年	58年	59年	60年	61年
案件合計	1			1				5	6	6	9	7	12	9
地域別分布	アジア	1		1				1	1	2	4	3	3	1
	中近東							1	1	2			1	1
	アフリカ							2	3	3	3	4	8	7
	中南米 大洋州							1	1					
予算(億円)	3.9			9.2				2.0	36.5	31.7	76.1	56.9	101.3	52.2
一般無償資金 協力総予算に 占める比率	1.8			5.9				2.7	4.4	3.5	7.7	5.3	9.0	

表1-4 <継続的な無償の例>

北イエメン	地方水道整備計画	56	5.0	億円
”	”	57	5.0	”
”	”	58	6.0	”
セネガル	地方水道施設整備計画	57	6.5	”
”	地方水道整備計画	59	7.5	”
”	” (II)	60	5.5	”
バングラディシュ	飲料水給水施設建設計画	59	7.63	”
”	” (II)	60	14.53	”
”	”	61	15.8	”
パキスタン	カラチ地区生活用水給水	56	3.5	”
”	”	57	0.7	”
”	地下水開発	59	13.3	”
”	”	60	9.37	”

表1-5 <ルワンダ東部生活用水開発の例>

	時 期	内 容
開発調査	59.10~60.3	第1期 3.9百万ドル、第2期 2.6百万ドル 4.0 億円
基本設計調査	61.3	
無償資金協力	E/N 61.12	

1-2-4 有償資金協力（円借款）

円借款による地下水開発は水道案件の一環として実施される場合が多い。

海外経済協力基金は、これまで地下水開発、灌漑、上下水道を含む水資源開発に多数の有償資金協力を実施しており、昭和62年現在、40件(1290億円)の円借款を水道開発の分野に供与している。

地下水開発プロジェクトの名称をもつものは昭和48年に実施されたエチオピア地下水開発のみである。

表1-6 円借款水道案件一覧(昭和62年5月現在)

	国名	案件名	融資承諾		事業の概要
			年月日	承諾額 (百万円)	
1	アフガニスタン	地方4都市上水道事業計画	44.12.18	720	アフガニスタンの地方主要4都市(カンダハール、ヘラート、マザリシャリフ、ジャララバード)の上水道施設の拡張、整備を行うもの
2	エジプト	カイロ水道改善事業(I)	52.6.16	5,820	急激な人口増加に対処するため上水道施設を改善し、カイロ都市圏の深刻な都市用水不足を解消せんとするもの
3	エジプト	カイロ水道改善事業(II)	53.12.26	3,375	第1次の水道改善事業に引き続き、最近著しく緊急性が高まってきたカイロ都市圏3ルートの水道パイプライン敷設および付帯関連施設の建設を行うもの
4	エジプト	カイロ水道改善事業(E/S)	59.8.15	467	第2次水道改善事業に引き続き、カイロ都市圏の上水パイプライン敷設・配水タンク建設および修理工場の改良・拡充等のための詳細設計等のエンジニアリング・サービス(E/S)を実施するもの
5	エチオピア	地下水開発事業	48.5.23	2,155	水不足のエチオピア全土にわたり深井戸を掘り、飲料水および農工業用水の確保を図らんとするもの
6	インドネシア	ジャカルタ上水道建設事業	46.4.15	142	首都ジャカルタ上水道整備拡充計画に関連して、2000年までの給水施設のマスタープランの作成と、第1期工事計画(72-74年)の作成および緊急工事計画に係る水道施設の復旧拡張を行い、以て戦後増加の一途をたどるジャカルタの都市人口に円滑な給水を図るもの
7	インドネシア	ジャカルタ上水道事業	47.2.9	547	ブジョンボンガン浄水場の拡張に伴いジャカルタ市内5地区に配水管を敷設し、当該地区の給水能力の増大を図るもの
8	インドネシア	ジャカルタ上水道事業(第1期)	47.11.21	487	首都ジャカルタ上水道整備拡充計画に関連する緊急工事計画(給水施設能力2000ℓ/secの増加)について70年度実施分の追加事業計画であり、これをもってジャカルタの都市人口に円滑な給水を図らんとするもの
9	インドネシア	ジャカルタ上水道事業	49.5.30	231	1970,71年プロジェクトに引き続き、既設のブジョンボンガン浄水場の改善および給水設備の建設等により、現能力の5300ℓ/secを6900ℓ/secに向上させるもの
10	インドネシア	ジャカルタ上水道事業計画(第1期)	52.1.31	2,796	ジャカルタ市の中期的水需要(1982年対象)に対処するため、東部のプロゴドン地区に新たに浄水場を建設し、さらに西部の既設ブジョンボンガン浄水場を拡張することによって、市の給水能力を増強(6900ℓ/sec)させ、ジャカルタ市の公衆衛生、防火・産業開発に寄与
11	インドネシア	ジャカルタ上水道事業計画(第II期)(E/S)	52.3.31	147	現在進行中の第1期事業において新設されるプロゴドン浄水場を拡張し、あわせて既設ブジョンボンガン浄水場の一部改良、配水管の敷設による市の管網を強化してジャカルタ市の給水能力を9900ℓ/secに向上させ、中期計画の目標を達成しようとするもの
12	インドネシア	ジャカルタ上水道事業(II-1)	55.8.26	2,670	ジャカルタ市における水需要の増大に対処するため配水管敷設を行うもの
13	インドネシア	ジャカルタ上水道事業(II-2)	56.6.24	3,064	ジャカルタ市における水需要の増大に対処するため中期計画第1期で建設されたプロゴドン浄水場の増設、配水管敷設を行うもの
14	インドネシア	スラウエシ中小都市上水道事業	56.6.24	559	スラウエシの5都市(ドンガラ、テンテナ、ルウク、パウパウ、エンレカン)に上水道施設を建設し、地域住民の衛生状態、生活環境向上に寄与せんとするもの

表1-6 円借款水道案件一覧(昭和62年5月現在)

	国名	案件名	融資承諾		事業の概要
			年月日	承諾額 (百万円)	
15	インドネシア	スラバヤ地方地域上水道事業 (E/S)	57.4.30	280	スラバヤ南方約60kmに位置するウンブランスプリングを水源としてスラバヤ、グレスックおよびその周辺地域に水道用水供給を行わんとするもの
16	インドネシア	ジャカルタ上水道事業(II-3)	57.4.30	5,730	ジャカルタ市における水需要の増大に対処するため、中期計画第II期事業パート2による浄水能力の増加に対応する配水管の敷設を行うもの
17	インドネシア	ジャカルタ上水道第2期計画 事業(緊急事業)	60.2.15	4,500	ジャカルタ市における水需要の増大に対処するため、浄水場の新設および配水管の敷設を緊急事業として行うもの
18	インドネシア	ジャカルタ上水道計画事業 (第1期)	60.12.27	10,923	首都ジャカルタの上水道の差し迫った需給アンバランスに対処するため、浄水場の新設および配水管の敷設の整備を実施し、民生の向上と経済産業活動の発展を図ろうとするもの
19	韓国	光州市上水道事業	42.7.11	605	光州市が、上水および工業用水の需要増大に対して現有給水能力を27千トン/日から87千トン/日に増強せんとするもの
20	韓国	大田市上水道事業	42.7.11	590	大田市が上水および工業用水の需要増大に対して現有給水能力を23.5千トン/日から73.5千トン/日に増強せんとするもの
21	韓国	済州市上水道事業	44.12.4	324	済州市が上水および工業用水の需要増大に対して、現有給水能力を5千トン/日から45千トン/日に増強せんとするもの
22	韓国	地方上水道拡張事業 (釜山、ソウル、晋州)	58.10.11	7,800	緊急に拡張・改良が必要なソウル、釜山、晋州の3市の上水道設備を充実させ、上水の水質および給水率を向上せんとするもの
23	韓国	大田市上水道拡張事業	59.8.8	2,200	韓国の水道事業は先進諸国に比べ不十分なものであり、第5次経済社会発展5ヵ年計画の上水道部門において緊急性の高い大田市の上水道施設拡張を図ろうとするもの
24	韓国	ソウル上水道施設近代化事業	59.8.8	2,900	ソウル市の浄水場中給水範囲が特に大きい八堂、九宜の2ヵ所を近代化することにより、水質分析、薬品投入の自動化、適正化を図るとともに、上水の安定供給を図ろうとするもの
25	フィリピン	地方上水道開発事業	53.11.9	4,555	対象45州、各州につき250~500人に1本の割合で深井戸を掘削する(1州につき75本)とともに、既存深井戸のポンプを修復し、地方農村部における生活用水源から発生する伝染病の防止など衛生状態の改善を図ろうとするもの
26	フィリピン	地方上水道設備計画事業(II)	55.6.20	1,860	現在50~100戸に1個の井戸で生活用水を得ている地域において上水道システムを建設し、衛生状況の改善および労働力の有効利用を図ろうとするもの
27	バブアニューギニア	ワバク上水道計画	53.9.29	90	同国ニューギニア地区エンガ州首都ワバク市において、上水道を新設し、住民の福祉・健康の増進に寄与せんとするもの
28	タイ	チェンマイ上水道建設事業	52.3.3	1,560	既存の13千m ³ /日の設備およびタイ側実施の緊急計画(1979年の需要を満たす)による16千m ³ /日の設備に加え、能力16千m ³ /日の取水および浄水設備を新設し、1990年までチェンマイ市における水道需要に対処せんとするもの
29	タイ	バンコク上水道整備事業 (1-2)	54.6.14	8,400	浄水需要増加の著しいバンコク首都圏における供給量を増大するもの

表1-6 円借款水道案件一覧(昭和62年5月現在)

	国名	案件名	融資承諾		事業の概要
			年月日	承諾額 (百万円)	
30	タイ	コンケン上水道拡張事業 (E/S)	58.9.22	140	コンケン市の現在の上下供給能力19,680m ³ /日を1995年の需要に対応すべく80,000m ³ /日に拡張するための詳細設計等のエンジニアリングサービス(E/S)を実施するもの
31	タイ	ナコンラチャシマ水道事業 (E/S)	58.9.22	230	ナコンラチャシマ市の現在の上下供給能力30km ³ /日を2000年の需要に対応すべく、91km ³ /日に拡張するもの
32	タイ	バンコク上水道改善事業 (II-1)	59.9.18	10,710	上水需要の増大に対処すべく、上水道の施設の拡張、改善を図り、給水区域の拡大を図るもの
33	タイ	ノンコー・レムチャバン送水管建設事業 (E/S)	59.9.18	144	レムチャバン工業団地、レムチャバン商業港および周辺地域における水需要増大に対処するための詳細設計等のエンジニアリングサービス(E/S)を実施するもの
34	タイ	バンコク上水道事業整備 (II-A2)	60.10.4	9,546	59年度に借款を供与した事業(II-1)に引き続き浄水場および排水場の施設能力増強ならびに送水管の新設による給水区域の拡大を図ることにより、バンコク首都圏の上水需要増大に対処するとともに、1990年におけるバンコク市内の水道普及率を現在の57%から77%までに引き上げるもの
35	タイ	コンケン上水道拡張事業	61.3.6	2,265	コンケン市の現在の上下供給能力19,680m ³ /日を1995年の需要に対応する80,000m ³ /日に拡張するもの
36	イエメン	地方水道事業	52.8.5	3,880	国土全域における慢性的水不足に対処するため井戸掘削、給水施設建設により豊富で清潔な飲料水を供給するもの
37	コロンビア	アグアブランカ上下水道整備事業	61.5.12	18,285	コロンビア第3の都市であるカリ市南東部のアグアブランカ地区を対象として、上水設備、および下水処理施設の整備・建設を行うことにより、同地区および隣接地域における生活環境の改善と民生の向上を図るもの
38	インドネシア	ウジュンバンダン上水道事業	62.1.13	701	南スラウェシ(South Sulawesi)州都のウジュンバンダン市の慢性的な水不足と、将来の水需要の一層の増大に対応するため、上水道施設の修復と新設を図り、よって産業の発展と民生の向上に寄与せんとするもの
39	ケニア	大ナクル上水道事業	62.3.30	5,017	ケニアの第4の都市ナクル市東部地域の上水道を拡張するために、取水施設、導水管、浄水場、配水管網の整備を行い、もって工業化、都市化にともなう人口急増で深刻化しているナクル市の水不足の解消を図ろうとするもの
40	フィリピン	地方上水道整備計画事業(III)	61.5.30	2,555	地方農村部における上水確保に対処し、地域住民の生活環境の改善を図るため、人口2万人未満の市町村を対象に井戸掘削および給排水設備を行うもの

1-3 開発調査（地下水調査）の手順

技術協力における地下水開発調査は、開発調査の一般的な手順と同様に外務省および事業団内の関係部課との密接な関係のもとに実施される。

図 1-2 は、開発調査事業の一環としての地下水調査のフローを示すものである。本マニュアルはこのフローのうち、各種手続きの基礎となる調査内容の検討方法について、留意点を中心にまとめている。

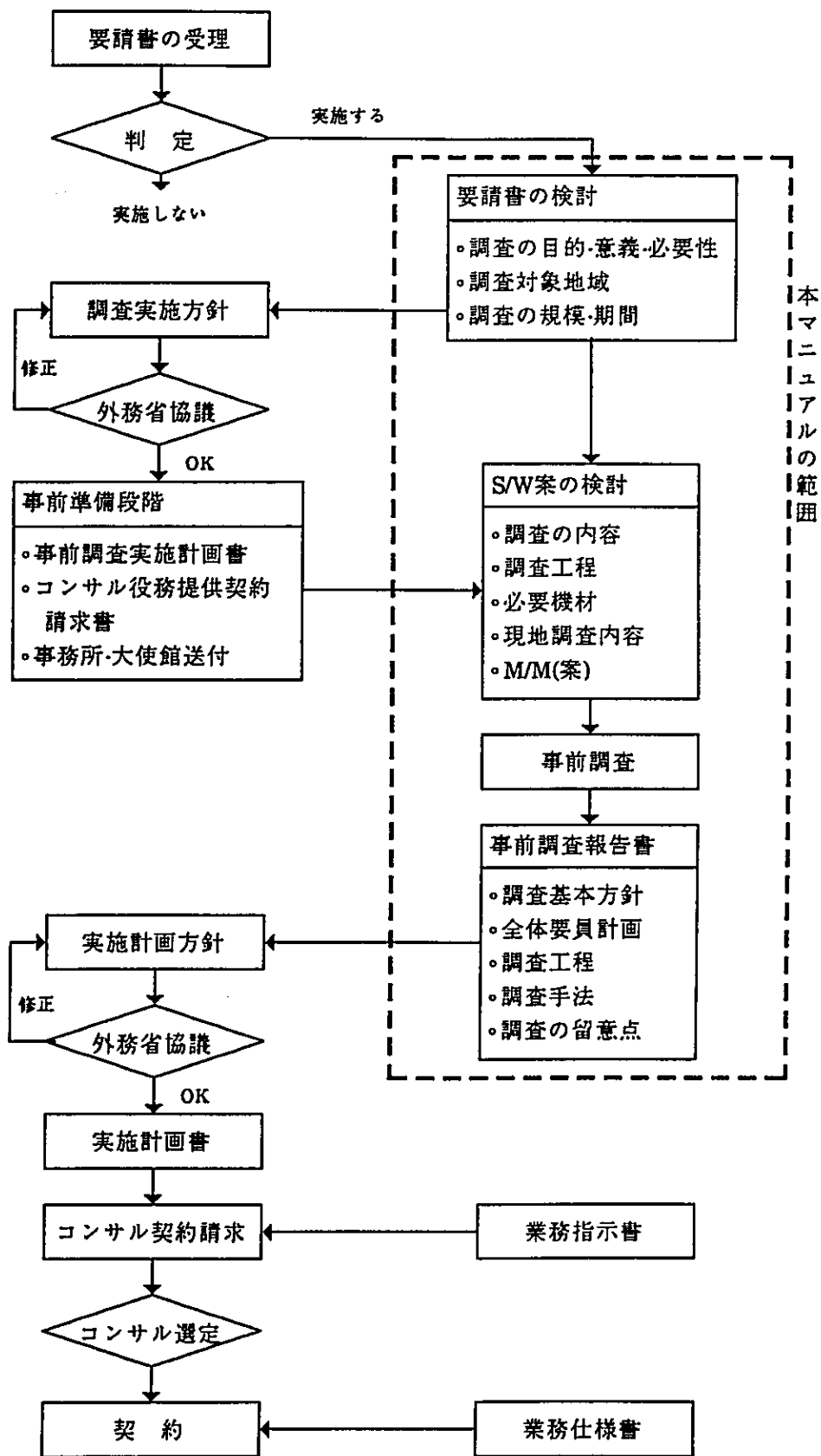


図1-2 開発調査(地下水調査)の標準的なフロー

2. 要請書の検討

2. 要請書の検討

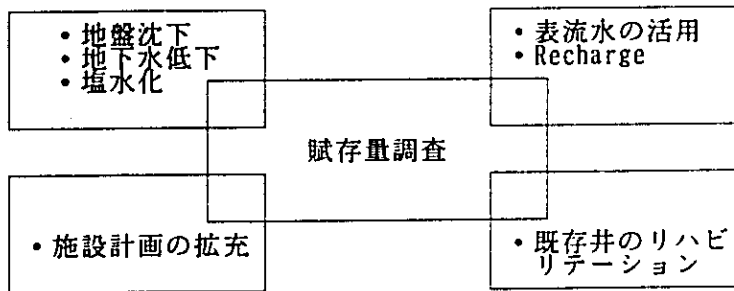
2-1 開発戦略上の位置づけ

地下水の開発は、万能薬の響を持つが、雨量の多いところでは補助的な手段である。何故地下水開発を必要とするのか、表流水の利用等の代替手段との比較によって開発戦略上の意味を検討する。地下水調査の目的は賦存量および開発可能量の把握にある。

要請書を検討するにあたって、何故地下水開発が計画されたのかを考えることは、良い調査を行ううえで重要である。以下のステップで検討する。

- Step 1 あるか、ないか。
- Step 2 どのように存在するか。
- Step 3 どのような性質か。
- Step 4 どう利用するか。

又、地下水の開発は活用の面と環境影響の側面を持つ。短期的に効果があっても、長期的には補完的な施設や事業を必要とすることがある。従って、地下水調査は賦存量調査を主体としつつ、他の側面についても調査を行う。



2-2 開発目標

開発調査の対象となる地下水開発の主要目標は、都市の生活用水（あるいは、工業用水）、村落の生活用水（あるいは、家畜用飲料水）、農業用水に大別される。目標に応じた調査計画が重要である。

一般に、都市の生活用水（工業用水）供給を目的とした計画の場合は、井戸群による開発が主な調査対象であり、揚水サイトから浄水場までの導水部分については、助言に止めるケースが多い（例：中国天津市地下水開発計画調査）。村落の生活用水供給を目的とした計画の場合は井戸の開発は個別的であり、実際に給水施設を設置することが多い（例：ルワンダ国東部生活用水供給計画調査）。この場合の給水施設は一般に、井戸および付帯する簡易な給水施設にとどまる。そのため、調査の過程でおこなうボーリングの結果を利用して生産井とする。また、村落の生活用水供給計画には、家畜用飲料水の供給を計画の一部として含むケースがある（例：マリ共和国地下水開発調査）。農業用水供給を目的とした計画の場合、灌漑計画を含むケースが多い（例：パキスタン国バルチスタン州地下水かんがい開発計画調査）。

表2-1 各種タイプの地下水開発調査の事例

都市給水	中国天津市地下水開発計画調査 中国烏魯木齊地下水開発計画調査 グアテマラ国グアテマラ市地下水開発計画調査 ボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画調査
村落給水	ルワンダ国東部生活用水供給計画調査 エチオピア国生活用水緊急供給計画 マリ共和国地下水開発計画調査 ホンデュラス国コマヤグア県生活用水供給計画調査 ナイジェリア国北部地下水開発計画調査
農業用水	パキスタン国バルチスタン州地下水かんがい開発計画調査 スリ・ランカ国北部乾燥地帯地下水利用農業開発調査

2 - 3 社会経済的条件

地下水開発調査では活用しうる地下水賦存の有無を調べるだけでなく、社会経済的条件も調べて、得られた地下水の有効利用の可能性も吟味しなければならない。

地下水を生活用水あるいは家畜用飲料水として用いる場合、水源の位置はできるだけ人口あるいは家畜の密集地の近くであることが望ましいので、その分布を調べた上で、揚水の可能性を検討する。また、汲み上げ可能な地下水によって、どれだけの人口数、家畜数をカバーできるかを知るために、必要な社会統計を収集・分析する。地下水を灌漑に用いる場合、作物の需水量・作付体系、灌漑可能面積、作物の生産量・出荷金額・ポンプの運転代等を調べる。

このため、水利用（水需要）の原単位が重要な概念となる、ルワンダ東部地下水開発では〔飲料水+雑用水+家畜用〕で、15ℓ/人/dayとした。WHOの基準では、22ℓ/人/dayとなっている。原単位は水の利用形態が共同水栓(Community tap)か、村落給水(distribution)か、都市型の給水かで異なってくる。下表は、調査ごとに原単位を比較したものである。

調査名	原単位	備考
ルワンダ東部地下水開発	15ℓ/人/日	
マリ国地下水開発計画調査	30ℓ/人/日	40ℓ/家畜/日
ジンバブエ村落給水計画	15ℓ/人/日	調査時 7.8ℓ/人/日

2-4 気象・水文学的条件

地下水開発調査を実施するにあたって、気温、日射量、年間降雨量、蒸発量、乾期・雨期などの気象・水文条件が重大な影響を及ぼす。これらの諸要素を検討することにより、要請の背景、開発の可能性、調査を実施する場合の問題点などを知ることができる。

1. 年間降雨量

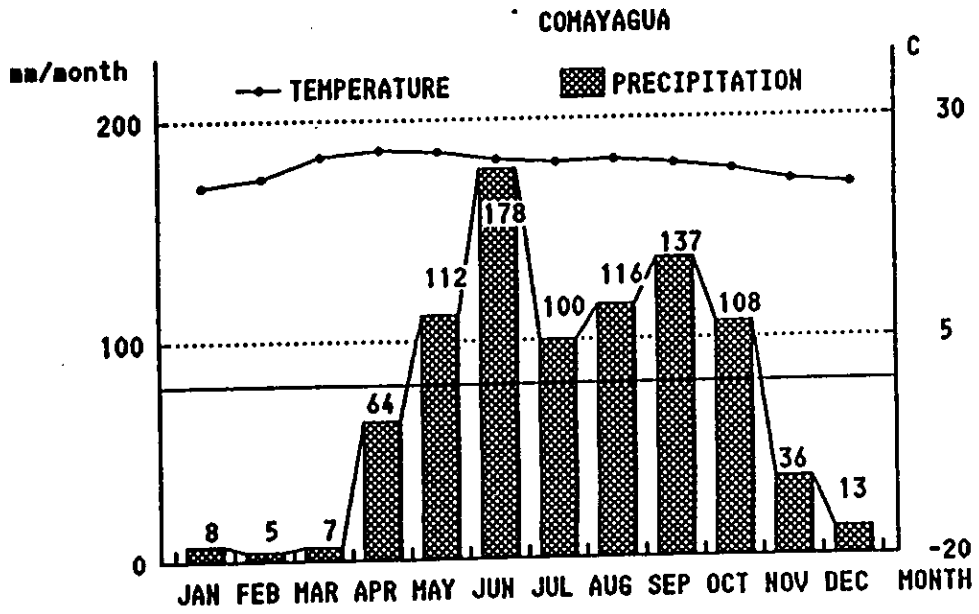
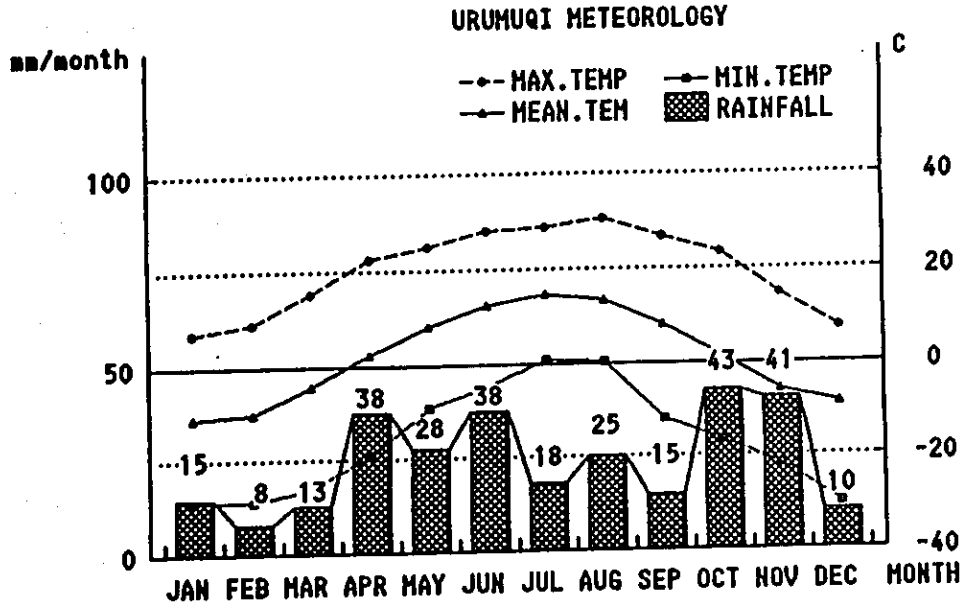
年間降雨量は地下水の最も重要な涵養源である降雨の寄与を知るうえで重要である。調査対象領域の年間降雨量を判断する尺度として、温帯モンスーン気候に位置する多雨領域である東京の年間降雨量が約1500mmであることを知っておくと参考になる。たとえば、対象領域の年間降雨量が50mm程度であれば、地下水への涵養は殆ど無いものと考えられる。このような領域の地下水開発はいわゆる「化石地下水」(7-1-1 参照)を対象としたものとなる。しかし、「化石地下水」を採取する場合、その揚水計画を綿密にしなければならない。汲み上げ量が大きすぎると、回復不能となったり、回復に長い期間かかったりするからである。

2. 雨期・乾期

調査対象の降雨パターンで雨期・乾期の差異があるかどうか、その差異はどの程度かを知ることにより、地下水開発の可能性を検討することができる。乾期の著しい地域にあっては、乾期の水資源の枯渇が重大な社会問題となっていることが予想され、乾期における水供給が重要な課題となる。また、乾期には、涵養源である降雨の寄与がないため、地下水位が低下し、井戸枯れなどの障害が発生する。このような状況での調査は現地の実情を知るうえで是非とも必要なものと考えられ、調査にとっては「安全側」、現象としては「危険側」であるといえる。一方、雨期には、地下水の涵養源である降雨の寄与が卓越し、地下水位は上昇する。これを乾期と比較すれば、調査にとっては「危険側」、現象としては「安全側」であるといえる。これらのことを念頭に置き、雨期、乾期の差異が顕著である地域に対しては、雨期、乾期それぞれについて、水文調査(地下水位観測、表流水観測等)を行うことが不可欠である。

気候パターンの例として、図2-1に中国・烏魯木齊(ステップ気候)とホンジュラス・コマヤグア(熱帯モンスーン気候)の気温・降水量図を示す。

図2—1 烏魯木齊とコマヤグアの月別気温・降水量



2-5 地形・地質条件

要請書の検討にあたっては、対象地域の地形・地質条件をもとに地下水の賦存状況を想定し、将来の調査のイメージを把むことが必要である。

(1) 調査地域の地形図上における位置の確認と地形条件

調査地域を地形図上で確定し、周辺を含む広汎な地形の全体状況を把握する。これによって盆地・地溝・地塁など地下水賦存に影響する地形構造をとらえ、地表の水系の全体状況の概略を掴む。

(2) 地質条件

適当なスケール(1/50,000、1/100,000等)の地質図を入手し、第四紀層(特に砂礫層)の発達状況、第三紀層および先第三系の地質構造、石灰岩の岩質・岩相と構造、貫入岩ならびに火山岩の賦存状況、裂かゾーンの有無など地下水の賦存可能性との関係について検討すべき基礎となる条件について確認し、その可能性を推定する(その検討方法の概略については7-1-1および7-1-3を参照)。

(3) 調査項目の想定と調査の全体イメージの把握

地下水賦存可能性を確認するためにはどのような調査を実施すべきかを想定する。通常、まず上記条件を確認する調査、すなわち地形・地質調査、地下水賦存状況踏査などを先行させ、そうした調査の結果として地下水賦存可能性を把握した上で、電気探査により帯水層の深度を推定し、ボーリングなどの地下水賦存確認調査を実施するということを念頭に置く。

2-6 調査対象面積

調査対象面積は調査の規模を決定するものであり、予算や調査期間に大きな影響を及ぼすので、慎重な検討が必要である。

相手国が広大な面積の調査を要求してきた際には、その要求の妥当性、日本側の対応能力について慎重なる検討を加える必要がある。過去の調査では10万km²を越える広域調査から開始したものはない。10,000km²以下に絞り込まれた調査対象地域の中から、個別給水(レベルⅠ)、村落給水(レベルⅡ)、井戸群による給水(レベルⅢ)の別を考慮しながら計画対象地域を絞り込んでいく。

下表は絞り込みの例である。

調査名	調査対象面積	計画対象面積	備考(村落数、人口)
中国・ウルムチ	300 km ²	30 km ²	レベルⅢ
ボリビア国・ラパス	700 km ²	70 km ²	レベルⅢ
中国・天津	800 km ²	300 km ²	レベルⅢ
ホンジュラス・コマヤグ	1,640 km ²	470 km ²	レベルⅠ
ジンバブエ 村落給水計画	12,400 km ²	—	レベルⅠ(501,000人)
ルワンダ 地下水開発	4,100 km ²	750 km ²	レベルⅠ(383,000人)
エチオピア 生活用水供給	7,500 km ²	—	レベルⅡ

2-7 総合判断

前述の1～6までの検討項目について検討を行った後、調査の緊急性、重要度、技術的対応の可能性を判断する。

表1-1は、過去に実施した地下水開発調査の一覧である。要請内容を過去の実例に照らし、調査規模、内容、期間等の概略を把握することが可能であろう。

3. S/W案の検討

3. S/W案の検討

3-1 S/W案の内容

Scope of Work (S/W) は、わが国が実施する本格調査の調査範囲、内容等を示す実施細則であり、事前準備の第2段階として、S/W案を作成する必要がある。

1. S/W案は、要請書の検討結果を基に作成するものである。
2. S/W案に記載される項目および内容は、一般的に次のとおりである。
 - (1) Introduction
 - (2) Objective of the Study
本格調査の目的を明らかにするものである。
 - (3) Scope of the Study
 - ① Study Area
調査対象地域の範囲を明らかにするものである。調査地域の範囲の決定は、調査全体の業務量、精度に関係する基本的事項である。
 - ② Outline of the Study
技術的調査、経済的調査等の本格調査の実施内容を明らかにしたものである。
記載すべき事項は、プロジェクトによって具体的には差異があるが、少なくとも基礎的事項として、相手国の責任において行う作業と、わが国が行う作業との分担関係を明確にすることが不可欠である。
とくに調査の基本となる、地形図の作成、地質調査、雨量・流量観測調査等については、十分な検討が必要である。
また、記載内容は、調査の手法、プロセスだけでなく、調査の結果として明らかになるものとしなければならない。
 - (4) Schedule
本格調査の現地調査期間、国内作業期間、報告書提出時期（調査開始後何か月後か）等を明らかにするものである。スケジュールは、相手国の要請を勘案したものとするが、他方、わが国の会計年度をも配慮しなければならない。
 - (5) Reports
事業団が相手国政府に提出する報告書の種類（本格調査の進行段階による）と部数を明らかにするものである。

(6) Undertakings(Contribution)

本格調査の実施にあたって、わが国および相手国の双方が負うべき義務を明らかにするものである。

わが国が負うべき義務としては、以下の内容が、一般的である。

- ① 専門家より構成される調査団の派遣
- ② 必要機材の用意
- ③ 相手国技術者の現地における研修
- ④ 相手国技術者の日本国における研修

相手国の負うべき義務としては、以下の内容が、一般的である。

- ① 当該プロジェクトに対する相手国政府の共同作業担当者(Counterpart official)の任命
- ② 相手国が実施する調査内容
- ③ 必要予算の用意
- ④ 必要資料・情報の提供
- ⑤ 必要会議等の設定
- ⑥ 現地調査期間内の事務所、必要施設等(車両、船舶を含む)の提供
- ⑦ 調査に必要な資機材の持ち込みに対する免税措置
- ⑧ 調査団員に対する所得税の免除
- ⑨ 調査団員の安全の確保
- ⑩ 調査団員の免責特権

3 - 2 調査対象地域と調査内容

S/Wの検討に際し、10,000km²を超える広域調査から開始するか否かは重要である。広域調査の場合は、計画対象地域への絞り込み方法について検討を行う必要がある。

相手国が広大な面積の調査を要求してきた際には、その要求の妥当性、日本側の対応能力について慎重なる検討を加える必要がある。その要求が過大であり、日本側の対応能力の限界を越えている場合、人口の集中している地域に調査地域を限定する等臨機応変に調査対象面積の縮小を試みる。しかし、相手国があくまで広域調査に固執する場合、調査の精度を下げて、「概査」レベルで対応する。調査対象面積と予算、調査人月、調査期間との関係については表1-1を参照。

図3-1は、広域調査から調査対象地域および計画対象地域への絞り込みの流れを示したものである。

広域調査を含まない通常の対象面積の調査の場合、S/Wに記載すべき標準的調査項目は表3-1に示すとおりである。

図3-1 絞り込みの流れ

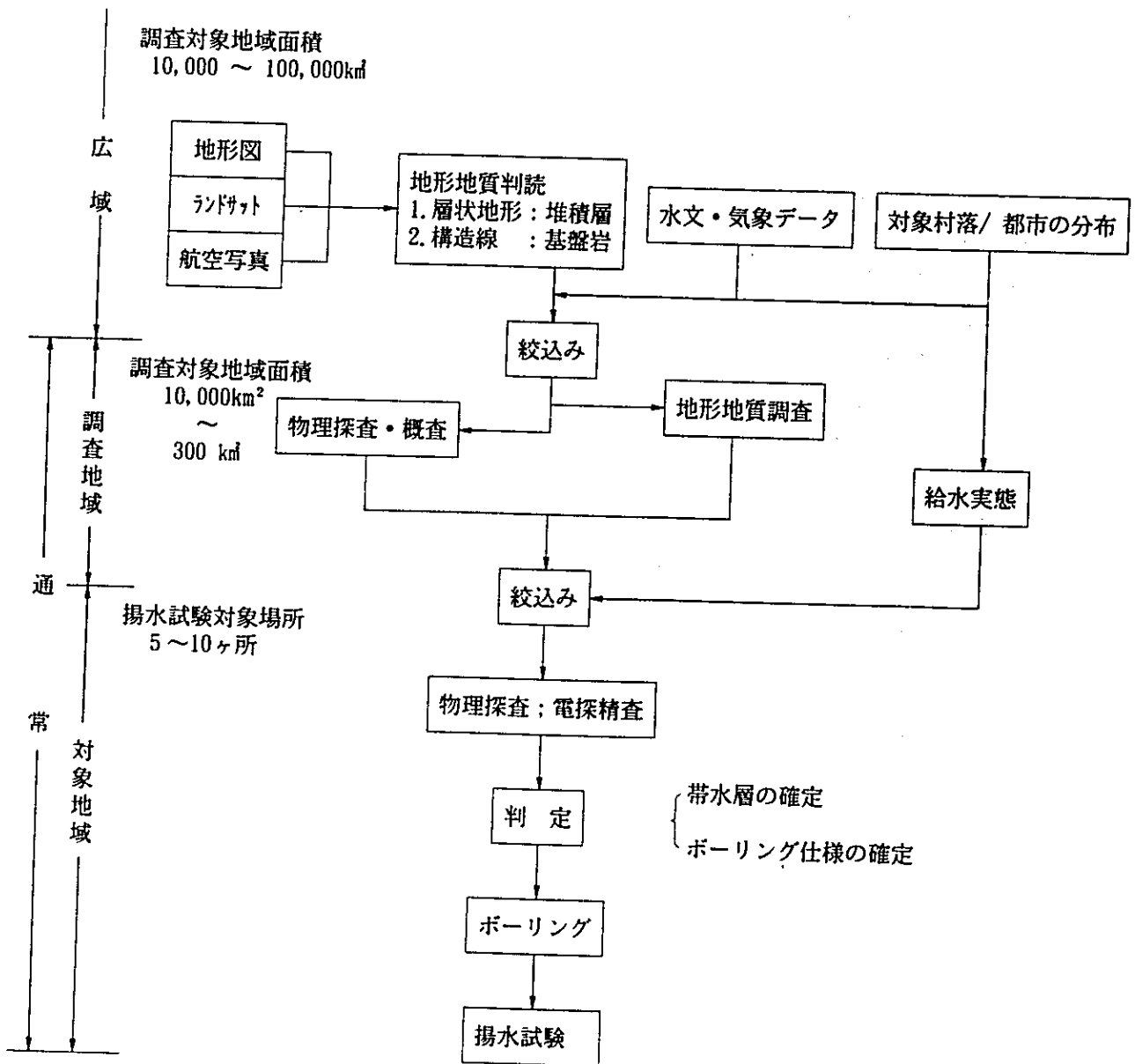


表3-1 S/Wに記載すべき標準的調査項目の例

案 件 名	エチオピア 生活用水	ルワンダ 生活用水	ケニア 地下水	ソマリア 水利用	リビア 地下水	中国 地下水
項 目						
1. 既存資料収集	○	○	○	○	○	○
2. 地形/地質調査						
地表踏査	○	○	○	○	○	○
物理探査 { 電気探査 電磁探査	○	○ ○	○	×	○ ○	○
ボーリング	○	○	○	○	×	○
さく井	○	○	○	○	×	○
揚水試験 { 観測井 あり なし	○	○	○	○	○	○
3. 水文・水収支調査						
井戸台帳作成	×	×	○	○	○	○
井戸水準測量	×	×	○	○	○	○
地下水位観測	×	×	○	○	○	○
表流水観測	×	×	×	○	○	×
4. 水質分析						
水道項目			○	○	○	○
重金属			×	×	○	×
トリチウム分析	×	×	×	×	○	×
5. 解析						
水文地質解析 { 帯水層断面図、地質断面図 透水係数、貯留係数	×	△	○	○	○	○
水収支解析	×	×	○	○	○	○
水質解析	△	△	○	○	○	○
6. シミュレーション						
現況評価	×	×	×	○	○	○
未来予測	×	×	×	○	○	○
7. 機材供与						
ボーリング機材	○	○	×	×	×	○
ケーシング	○	○	×	×	×	○
ポンプ	○		○	×	○	○
電 探	○		○	×	○	○
パソコン			×	×	○	○
車 輛	○		×	×	○	○

3-3 給水計画の取り込み

給水計画を調査範囲に含めるか否かについては、地下水開発のタイプ（都市型、村落型）により対応が異なる点に留意する。

地下水開発のタイプに応じた給水計画の取り込みの程度は、次のとおりである。

項目	都市型	村落型
賦存量調査	実施	実施
最適揚水計画： 揚水サイト	実施	実施
導水計画： 浄水場	実施	含まない
給水計画： 給水サイト	検討する	実施

表3-2は、ボリビア国ラパス市エル・アルト地下水開発計画調査における給水計画取り込みの事例である。本案件については開発調査実施後、直ちに無償資金協力に引き継ぐ方針であったため、給水計画の取り込み、無償資金協力との仕切りが重要であった。そのため、調査開始時からその仕切りを明確にして調査の監理を行ってきたものである。開発調査段階と無償資金協力の範囲は大体次のとおりである。

レベル	項目	開発調査	基本設計調査	
基礎調査	気象・水文	○	—	
	賦存量・涵養機構	○	—	
	水質	○	—	
	開発可能量	○	—	
施設計画	揚水施設	設計	概略	○
		積算	〃	○
	給水計画		考慮	○
	給水計画	設計	—	○
積算		—	○	

表3—2 ポリビア国ラパス市エル・アルト地下水開発計画調査における
給水計画取り込みの事例

I. 無償資金協力との関連

1. 本案件については先方政府の要望も強いこともあり、将来は無償資金協力によってその実施が行われることが望まれる。
2. そのため、本案件の開始にあたっては、将来の無償資金協力の基本設計調査(B/D)段階との重複を避けるべく配慮を行った。
3. 生活用水供給というプロジェクト全体の目的に鑑み、まず水資源の賦存量(地下水の開発可能量)の確認及び、水質調査が最重要であると考え、これらを開発調査の段階での主要目的とした。
4. 無償資金協力の段階では、給水計画に力点を置き、水源(地下水開発可能量)については、開発調査の段階で明らかにしておく。つまり、無償資金協力のレベルでは純然たる給水・配水(水道案件)のプロジェクトとしてその実施が行われる。
5. 以上の点に留意の上、将来の無償資金協力に円滑に引き継がれていくことが望まれる。

II. 開発調査における調査項目の範囲

1. 地下水の開発可能量の算定

当該調査対象領域の地質、気象、水文、水質等の調査結果をもとに、周辺の既存井戸への影響、水質悪化の可能性、将来の枯渇の可能性等の諸障害を勘案の上、開発可能である地下水を定量的に評価する。

2. 最適揚水計画

上記1に基づく開発可能量を得られる揚水施設(ポンプ)の配置、それぞれの揚水施設に割り当てる揚水量を算定する。この段階では、井戸群の相互干渉、給水対象地域への距離、高度の関連などが考慮される。

3. 給水計画の配慮

給水計画については本調査の主要目的ではないが、最適揚水計画の策定等にあたっては、既存の給水システム、将来の給水計画を十分配慮する。

このため以下の点に留意する。

- ① 先方政府の無償案件としての要請には本案件カウンターパート機関である水道公社としての給水計画の原案を添付するべく指導を行う。
- ② なお、給水計画については前述の『開発可能量』、『最適揚水計画』の概念に基づき、
 - イ. 未給水地域へ
揚水施設 —— 配水施設 —— 給水システム
 - ロ. 既給水地域へ
揚水施設 —— 既存浄水・配水施設 —— 既存給水システム
 - ハ. 未給水地域へ
揚水施設 —— 給水塔〔簡易給水システム〕
 の3つが考えられるが、実際には先方の計画も考慮のうえ、3つの組み合わせになるものと想定される。

3 - 4 機材の供与の範囲

開発調査に供せられる調査用機材は、調査用資機材管理細則第9条、第1頁第1号により「調査の継続性」、「技術移転」の点から先方に供与することができる。

4 - 3 「調査用機材の所有状況の把握」で述べる調査用機材の相手国における賦存状況を調べ、調査に不可欠であれば日本から調査用材料を持ち込むことになる。軽微な機材については、コンサルタントからの借用（損料ベース）で対応するが、大型の機材についてはJICA予算で購送ということになる。相手国政府の立場からすれば、機材の供与ということは、無償にはかならないので、強い要望を出してくることもあが、慎重に対応する。次の表は、主要機材のチェックリストのモデルである。

機 材 名	先方C/P 所有	現地業者 委託・借 上可能	現地購入 可能	日本から 持ち込み	備 考
ボーリングリグ					タイマイトの 使用許可 を確認
ポンプ					
物理探査用機材					
水質分析装置					
水位計					
パソコン					
コピーマシン					
車 輛					

巻末、附2に最小規模の機材リストの例としてボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画のものを、附3に最大規模の例として中国天津市地下水源開発計画調査のものをあげる。

3-5 相手国の調査実施体制

一般に、開発調査においては、相手国の受入機関（カウンターパート）と協力して調査を実施することになるので、日本側と相手国側が担当する役割の区分を明確にしておく必要がある。

地下水開発調査において、相手国の受入機関は水資源開発または水道関係部局であることが多いが、地下水灌漑プロジェクトの場合、農業関係部局が受入機関になることもある。相手国の受入機関の協力体制は調査の順調な進捗に大きな影響を及ぼすが、国によっては受入機関の組織が弱体な場合があるので、相手国の調査受入能力に応じて、日本側の調査実施体制（予算、人員、携行機材、調査期間等）を見直す必要がある。

地質関係調査は地下水開発調査で重要な位置を占めているが、相手国の水道関係部局に担当能力が欠如している場合、協力機関として地質関係部局を取り込むことが望ましい（例：ボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画調査 図3-2）。また、予算、調査期間等の面で大きな比重を占めるボーリング調査については、相手国側の受入機関に十分な担当能力がある場合、相手国側に相応の分担を求めることもある（例：中国天津市地下水源開発計画調査 表3-3）。

S/W案の検討の段階においては、相手国側との調査分担の範囲を事前にある程度予測して、S/W、M/Mの草案をあらかじめ準備しておくことが必要である。

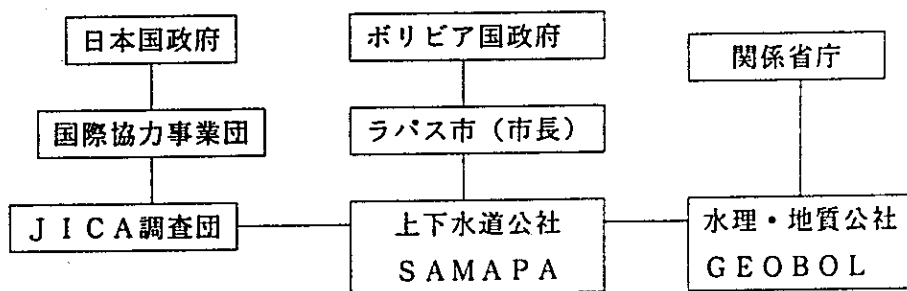


図3-2 ボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画調査の調査実施体制図

表3-3 中国天津市地下水源開発計画調査の中国側調査実施体制

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

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

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

第二地質勘探大隊は、調査ボーリング及び水井戸掘削等の現場作業を担当する。同隊は天津市北部郊外に位置し、黄庄窪地区までは約一時間の距離にあり、現場作業の基地となるものである。

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

本調査では、日本側調査団の不在の間にも、中国側掘削機により調査ボーリングを行う計画である。これについては、従来より中国側で実施していると同様の機材及び人員を配置する予定である。

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

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

4. 事前調査で把握すべき事項

4. 事前調査で把握すべき事項

4-1 事前調査団の派遣

事前調査は、本格調査の実施に先立ち、本格調査の内容について検討するとともに、相手国政府と本格調査実施の取り決めであるScope of Workについて協議し締結することを目的として実施される。事業団は、事前調査実施のために、調査団を編成し相手国へ派遣する。

1. 事前調査は相手国より要請された各種の調査プロジェクトの本格調査の実施に先立ち、その準備段階として、本格調査の内容について検討するとともに、相手国政府と本格調査実施の取り決めであるScope of Workを協議することを目的として実施される。具体的には下記の事項について検討および協議することになる。
 - (1) 相手国政府の要請内容であるTerms of Referenceを基に実施する本格調査の Scope of Work (S/W) について相手国政府と協議する。具体的には次のとおり。
 - ① 相手国政府の要請内容と考え方の確認
 - ② 調査対象計画の必要性和優先度および計画を実現する上での重大な問題点の有無の確認
 - ③ 本格調査に必要な資料、情報の有無、入手可能性の調査および捕捉すべき情報の確認。
 - ④ 相手国の調査実施機関の位置づけと調査実施能力等の調査実施体制の確認、および必要ある場合には、相手国のローカル・コンサルタントの調査実施能力等についての検討
 - ⑤ 本格調査の作業方針、内容についての検討
 - (2) 事前調査の結果にもとづいて、本格調査の実施方針および調査内容等を検討し、本格調査の実施に関する提言、勧告等を事前調査報告書としてとりまとめる。
2. 事業団は、事前調査のため、以下にもとづく事前調査団を編成し相手国に派遣する。
 - (1) 通常、水文地質、ボーリング調査の2分野については、コンサルタントから2名の役務提供を受けて、調査業務を円滑ならしめる。役務提供者の選定にあたっては、複数のコンサルタント会社に表4-1に示すような仕様書を提示し、プロポーザルを取付けることによって選定する。
3. 相手国の要請背景、要請内容、実施体制が不明確な場合、S/W協議に先立ってコンタクトミッションを派遣することがある。

表 4 - 1 調査担当事項（コンサルタント業務説明会資料）の例

1. 調査の全体目的と調査担当事項との関係

〇〇〇国北部、〇〇〇州における地下水開発計画及び給水計画のマスタープランにかかる調査計画案を策定する。また緊急プロジェクトのF/S策定案を作成する。

(1) 国内準備作業 …………… 既存資料により現地調査方針をとりまとめる。

(2) 現地作業 …………… 関連資料の収集整理、ローカル・ボーリング会社又は、直営組織の実態調査、現地調達品の入手可能性の調査、現地踏査等

(3) 国内整理作業 …………… 収集資料の整理、既存計画の整理、調査計画案の検討、報告書の作成

2. 調査担当事項等内訳

(単位：日)

調査担当事項	派遣国	準備期間	派遣期間	整理期間	合計
(1) 水文地質	〇〇〇	5	20	10	35
(2) ボーリング調査	〇〇〇	5	20	10	35

水文地質…………… 現地踏査、先方政府（連邦、州）等との打ち合わせを行い、州の大規模村落における生活用水の供給を目的とした地下水開発の基本的考え方を報告書としてまとめる。
(とくに△△計画を策定する能力を有するもの)

ボーリング調査…………… 〇〇〇州の大規模村落の水需要の特性、現状、開発の程度、施設の現状、さく井の状況、方法、機材、組織等を把握し報告書にまとめる。

4-2 質問状

相手国からの調査協力の要請内容はTerms of Reference(T/R)、公電、公信、もしくは他の関連情報によって確認できるが、それでも不足する情報については、あらかじめ質問状を用意し、現地調査において相手国側から聴取する。可能であれば在外事務所を通じ事前に送付する。

質問状の様式、質問の内容には統一した基準は存在しないが、地下水開発調査においては、次のような事項が考えられる。

1. 一般的質問

- (1) 要請の背景
- (2) プロジェクトの目的
- (3) 相手国受入機関の名称、主要業務、組織図、予算等
- (4) 外国、国際機関からの援助受入状況

2. データ・リクエスト

- (1) 一般的情報
：国家開発計画書、統計年鑑、センサス等
- (2) 気象
：降雨量、気温、湿度、日照時間、蒸発量、風力等
- (3) 水文
：河川流量、水質、井戸台帳、地下水、水文図等
- (4) 地質
：地形図、地質構造図、電気探査データ、ドリリング・データ等
- (5) 社会データ
：コミュニティの分布、道路事情、電力事情、教育制度、既存の水供給システム、衛生状態等
- (6) 積算データ
：資材費、輸送費、労賃、地元建設業者の技術水準、資機材リスト等
- (7) その他

表4-2 中国烏魯木齊地下水開発計画調査の質問状(案)

1. 調査実施体制について

関連機関及び受入機関について

国家科学技術委員会と新張維吾爾自治区科学技術委員会の関連

新張維吾爾自治区と烏魯木齊市の関連

本件受入機関は何かまた、実施細則署名機関はどこになるのか。

2. 社会・経済条件について

①烏魯木齊市の人口、一人当たりの水使用量 ($\ell/\text{day}/\text{man}$)

②今回計画対象となる範囲、人口、使用量

3. 自然条件

①計画対象地域の地形、地質

現在のところ、扇状地で砂レキ層(玉石混ざり)を想定して準備中。大使館調書によれば、当該領域の地質の特徴として『大卵歴石』と記してあるが、この『大卵歴石』とは何か。

②ボーリング、さく井

業務公信 CN472号によれば先方の要望では、大口径井戸(14~16°)の掘削は日本側機材で、小口径井戸の掘削は中国側の機材で行うとなっているが、中国側機材の状況はどうであるか、掘削可能なボーリング孔はどのようなものであるか、また大口径井戸掘削の必要性は何か。当該帯水層の比流量 ($\ell/\text{sec}/\text{m}^2$) はどのくらいか。

③水質

大使館調書に記載のある塩水化の状況、範囲、程度

④計画対象地域

計画対象領域が 500km²である必然性は何か。

地形、地質的連続性、行政境界による制限、既存水利用体系による分割

⑤既存地下水利用体系

既存の水利用は地下水中心であるかどうか、表流水との関連はどうか。また、既存地下水利用体系は浅層を対象としたものであるかどうか。なお、先方の要請(貴信 CN472)では、今回の調査対象を深層としている。

4. その他関連資料の賦存状況(*印は大使館調書に存在が指摘されている)

①地形、地質

当該領域の地形、地質図、地質断面図

②水文・気象

水文調査、水質調査、降雨量、蒸発量、表流水調査(特に時系列変化)等

③既存調査

地下水・地質、鉱業(石油、ウラニウム、石炭等)

④給水、配水関連

利水、水利用状況、水利施設、給水施設

⑤先方関連機関(科学技術委員会、地質鉱産局等)の組織図、業務分担表

4-3 調査用機材の所有状況の把握

調査用機材の一部は、日本から携行するが、現地で入手できるものは現地調達する場合があるので、事前調査の段階で、調査用機材の所有状況について調べておく必要がある。

調査用機材の入手先としては、相手国受入機関、現地業者委託・借上、現地購入、日本からの携行等がある。事前調査にあたっては、調査に必要な各機材について、その入手可能性を打診し、必要な場合には、調達可能な機材の種類、数量、価格及び免税措置法等を確認し、本格調査計画の策定に反映させる。

表4-3は調査用機材の所有状況の例である。

チェックリストのモデルは3-4、機材リストに関しては附2、3を参照されたい。

表4-3 中国烏魯木齊地下水開発計画事前調査における調査用機材の所有状況

本調査では、第一次調査において中国側掘削機により小口径の試錐（観測井）を行う計画である。これについては、従来より中国側で実施しているのと同様の機材及び人員を配置する予定である。

調査用機材の主要なものは日本側が購送するので、大きな問題はないと思われるが、前述のように、観測井の掘削は中国側機材により実施することになっている。また揚水井のスクリーン、及びケーシングの一部を日本側が購送する。ケーシングは原則的に中国側で準備するものであるが、国内事情により必要数量が確保できないおそれがあるので、日本側が一部購送する。

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

4-4 調査実施体制と技術水準

S/W案の検討項目として、3-5「相手国の調査実施体制」についてすでに説明したが、事前調査の段階では、相手国の調査実施体制、技術水準について実際に確認する。

表4-5 調査実施体制と技術水準のチェック・リスト

項 目	相手国受入機関	民間・公社等	JICA調査団
ホーリング揚水試験			
水文観測等			
水質・土質分析			
そ の 他			

4 - 5 調査結果の活用

地下水調査は、賦存量の把握を主体としたものであるが、先方政府がこの調査結果をどのように活用しようとしているかの把握は本格調査の方向づけに重要である。

事前調査の際は技術的観点だけでなく、先方要人の考え方や政策、又国際機関や、他の先進国の同分野での動向を把握し、わが国の地下水開発調査として十分な評価が得られるよう適切な目標設定を行うよう努める。特に、要請した地下水開発の第一義的な目標の把握が大切である。

案 件	地 下 水 開 発 目 標
グアテマラ地下水	グアテマラ市既存給水網への $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ の地下水供給
天津市地下水	生活用水改善 目標 $5,000 \text{ 万 m}^3/\text{日}$
ポリビア エル・アルト地下水	未給水地域への給水整備
ホンジュラス コマヤグア県	村落における深井戸の標準モデルの設定



5. 調査の基本方針と調査内容

5. 調査の基本方針と調査内容（事前調査報告書のポイント）

5-1 調査フローチャートの作成

事前調査の結果、本格調査の調査基本方針と調査内容を作成する。このための地下水調査の標準フローチャートは図5-1に示す通りである。このフローチャートをもとに、必要な調査項目、調査の手順を確定していく。

1. 標準フローチャートの活用

この標準フローチャートは実施計画書の作成、要員計画の策定、業務仕様書・指示書の作成に有効である。チャート中の調査項目はそのまま上記の諸文書に掲載される。また、これらの調査の結果として得られる成果品とそれらを受けて新たに開始される調査との関連が示されている。このチャートをもとに特定の案件について事前調査結果を反映させ妥当なものに調整するために、取捨選択を行う。標準フローチャートは全項目を網羅しているので、必要なものを取り上げる。不必要なものを消去して、調査項目を確定する。ただし広域調査から計画対象地域に絞り込まれた後の項目である。

2. 標準フローチャートの説明

(1) 水文地質調査

ここでは主として地下水の流れの場を規定する地形・地質状況の調査が行われる。最終的な目標は帯水層の分布・形状・特徴を明らかにすることである。調査のOutputとしては、地質図、比抵抗断面図、地質柱状図、検層図、地質断面図、帯水層等高線図、帯水層定数分布図等である。この分野を担当する調査団員は、主に水理地質家（Hydrogeologist）である。

(2) 水収支調査

ここでは主として、地下水の流れそのもの、およびそれに関わる涵養機構（河川、降雨によるもの等）を調査する。最終的な目標は地下水の流動機構、涵養機構を明らかにして、水収支計算、シミュレーションを行い、開発可能量算定・最適揚水計画策定を行うことである。調査のOutputとしては、現地調査では、井戸台帳、地下水位記録、地下水コンターマップ等である。また国内作業のOutputは水収支モデル、シミュレーション・モデル等である。

(3) 水質調査

ここでは地下水の水質を調査し、主として生活用水としての適否を判断する。

(4) 社会経済調査

水利用の現状を調査し、水需要の原単位を把握するとともに、維持管理も考慮した適切な施設検討の基礎資料を得る。

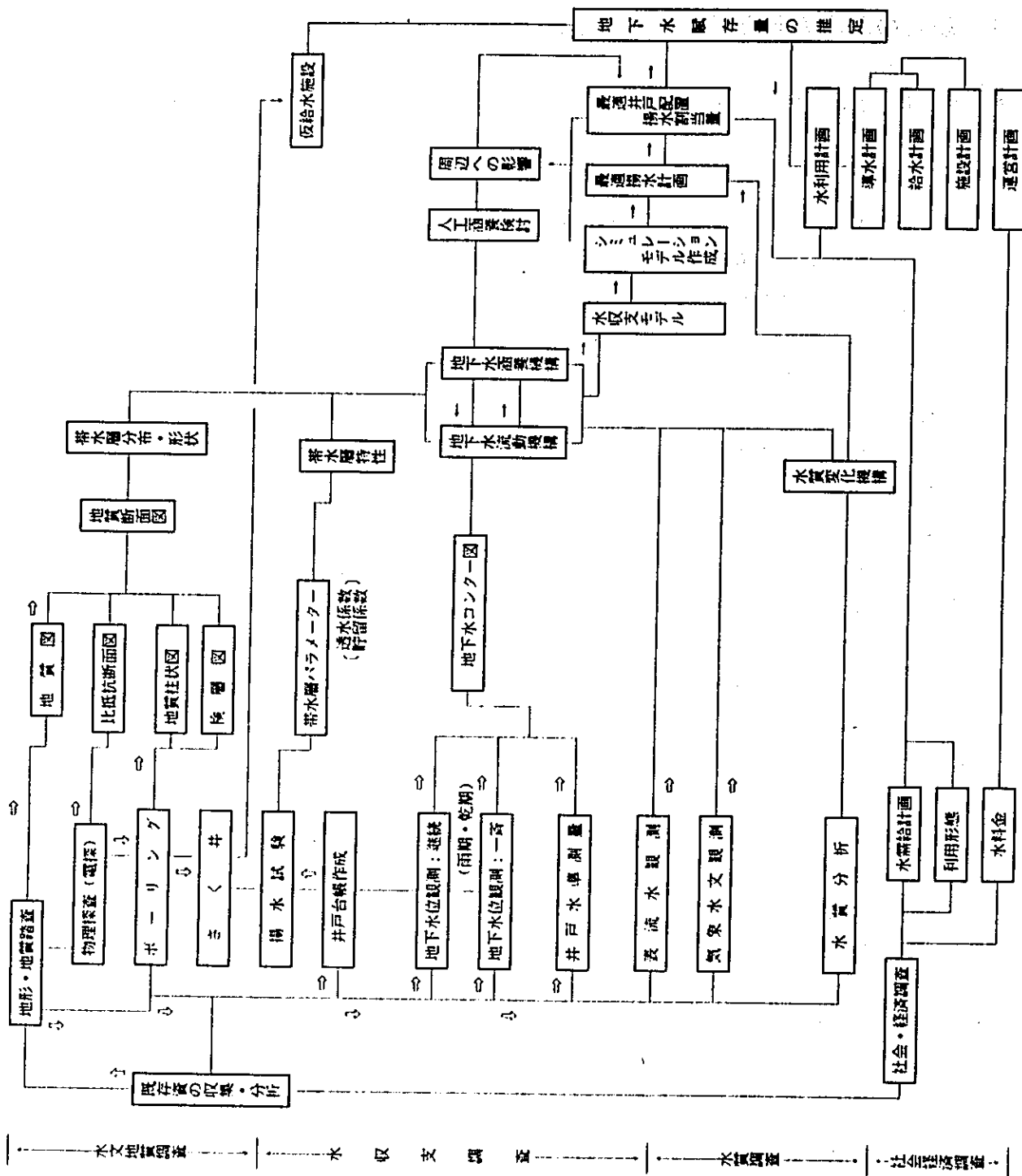
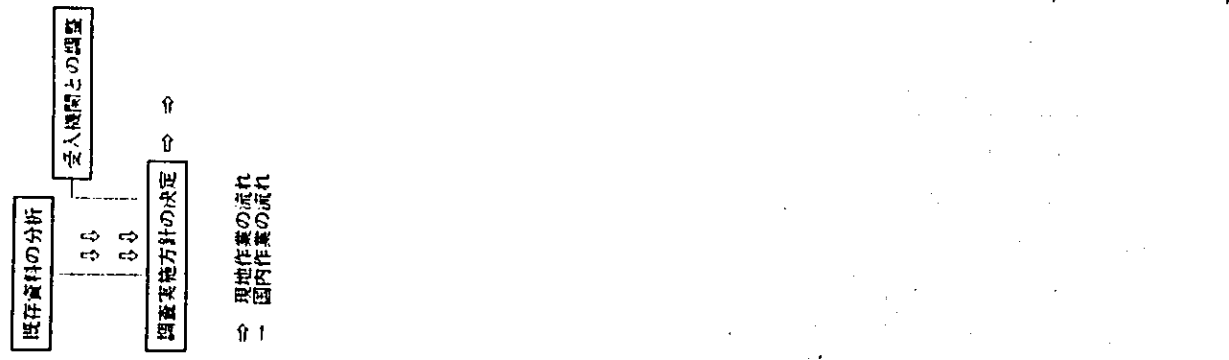


図5-1 標準フローチャート



標準フローチャートに示された調査項目と調査団員の専門分野との関係は、実施計画作成上並びに契約上重要である。

これらの調査項目と調査実施上の調査団員の専門分野との関係は、実際には調査団員個人の素養、経験によることも多く、兼任することもあるので、厳密な仕分けは困難であるが、標準的な分担を以下に示すこととする。

調査項目	調査団員の 専門分野	団 長	水 理 地 質	地 形 ・ 地 質	物 理 探 査	水 文 ・ 水 収 支	さ く 井 指 導	水 質 分 析	給 水 計 画	施 設 設 計 ・ 積 算	事 業 計 画
既存資料の収集・分析		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
地形・地質調査			○	○	△	△	△				
物理探査			△	△	○		△				
ボーリング			△	△	△		○				
鑿井			△	△			○				
既存井戸調査(台帳作成)			○			○	△		△	△	
揚水試験			△			△	○	△			
地下水位観測			△			○	△				
井戸水準観測			○			○	△				
表流水観測						○					
気象観測						○					
水質分析								○			
社会経済調査									○	○	○
給水調査								△	○		△

○：主 △：副

5 - 2 調査工程の作成

調査工程の作成にあつては、調査フローに従って、作業量を推定しながら行うが現地における調査作業の円滑な進捗のため、以下の事項について十分な注意を払う必要がある。

1. 機材の調達時期
2. 現地の自然条件
3. 日本の会計年度

1. 機材の調達時期

機材の調達時期は現地調査の作業効率に重大な影響を及ぼすので、十分な余裕をもって日程を決めるのがよい。調査用機材の現地到着については、とくに掘削機等の大型機材の場合に問題となる。たとえば、中国天津市地下水源開発調査計画の場合、事前調査団の現地派遣は1985年6月であったが、掘削機が現地に到着したのは、翌1986年8月であり、地下水調査で重要なボーリング調査の工程に大きな影響を与えた。

2. 現地の自然条件

調査の難易度は、現地の自然条件（雨期、乾期）によって大きく左右される。地形地質踏査、物理探査、ボーリング、既存井戸調査、測量等については、調査の効率、調査用機材の保全、移動・搬入の観点から、乾期に実施することが適切である。一方、地下水位観測、表流水観測等の水文調査は、年間を通じての水収支機構を明らかにするため、雨期、乾期それぞれ一回づつ実施すること必要である。このほかに、厳冬期のある場合、観測機材の凍結等による破損（ポンプの凍結）が発生する恐れがある。

表5-1に自然条件が各調査項目遂行に与える影響を示す。

3. 日本の会計年度

開発調査事業は単年度予算制度（4月開始、3月終了）のもとで行われており、コンサルタントおよび資機材購入業者との契約を考慮すると、3月後半の作業や年度開始にあたる4月および5月の作業は避けることが望ましい。他方、乾期・雨期等の気象条件も調査にとって重要なことであるので、必要な場合、繰越予算による実施も検討する必要がある。

調査工程の例として表5-2に中国烏魯木齊地下水開発計画調査工程をあげる。

表 5 - 1 標準調査項目と現地の自然条件との関係

	雨 期	乾 期
地形・地質踏査	困 難	適 切
物理探査	”	”
ボーリング	”	”
既存井戸調査	”	”
井戸水準測量	”	”
地下水位観測	1 回以上実施	1 回以上実施
表流水観測	”	”
水質分析	”	”

表5-2 中国烏魯木齊地下水開發調査の調査工程

月	1988												1989											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
年	1988												1989											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
季	1				2				3				1				2				3			
作業項目	資料収集・分析												地形地質調査											
	井戸台帳作成												物理探査											
	水質分析												地下水位観測											
	表流水観測												井戸水準測量											
	ボーリング、堅井												ボーリング、堅井											
	揚水試験												水文地質解析											
	水収支解析												油業機構把握											
	開発可能量算定												最速揚水計画											
	地下水開発計画の策定												大型機材の調達											
調査工程	P/R1												P/R2											
報告書	17/R												D1/R											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
数	1次												2次											

5-3 調査項目の作業量の推定と留意点

調査項目の作業量の推定にあたっては、現地の自然条件、調査対象地域の面積、調査実施体制、機材の調達状況など種々な要因を考慮して決める必要がある。

作業手順の例：ボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画

1. 調査の前提条件

〔調査対象の地形地質調査〕

アンデス山脈中の高原部

帯水層底部 カンブリア系（カンブリア紀に形成された地層）

帯水層 モレーン（第四紀層）

計画対象地域 70km²

調査対象地域 700km²

〔目的〕

首都郊外であるアンデス高原部にある人口急増地帯である住宅地の生活用水供給。

〔調査の程度〕

プレフィージビリティ・レベル

この案件は将来無償資金協力につながる見通しである。そのためF/S とB/D の重複を避けるべく検討しなくてはならない。

2. 作業量の推定

〔国内準備〕

事前調査団の収集した資料を整理統合、分類して、調査計画を樹立する。

0.5 月 4 人

〔現地準備〕

現地入りしてのち、下記の作業を行う。

- ①先方政府関連機関との調整
- ②先方政府受入機関との調査に関する打合せ
- ③調査用資機材（車両等）の準備調達
- ④関連資料の収集
- ⑤その他

これらの作業は現地入りしたのちに集中的に行われるが、調査期間中も継続的に行われる。

今回のC/P 機関の関係者は協力的かつ意欲的であるが、他の関連省庁との調整は時間がかかる。

1.0 月 3 人

〔井戸台帳作成〕

作業項目としては、

既存資料の整理統合

デスクワーク

既存資料に基づく現場井戸踏査

フィールドワーク

新たな井戸の発見

”

事前調査時の記録から、フィールドワークは3点/日が踏査可能で、対象とする井戸は60点程度なので、必要日数は20日である。

デスクワークについてはC/P機関以外の省庁（住宅省、軍部、農業省、交通局等）に資料が賦存していると考えられるので、それらを回って資料を収集することが必要となってくる。この作業の作業目途は2箇所/日であり、関連の役所は20箇所程度を想定する。また、各省庁について2回ずつ訪問が必要である場合、

40点 / 2点 = 20日

となる。これらの二つの作業（デスク・ワーク、フィールドワーク）をそれぞれ一人で行うものとするれば、

作業 20日 + 整理 5日 計 25日 2人

となる。

次に、さらに細かい現地調査、国内作業計画モデルを示す。

現地調査

(1) 地質踏査、鉍山鉍床調査

地形、地質の形状について踏査を行う。

〇〇〇の地下水の水質に影響を及ぼす鉍山、鉍床について調査する。

30日 + 予備10日

(2) 井戸台帳の作成

既存の井戸の分布、諸元（口径、深さ、揚水量等）

15日 + 予備10日

(3) 井戸管頂水準測量

相手国受入機関が実施する調査を指導し、助言を与える。

(4) 地下水位観測

①一斉測水

可能な限り多くの井戸（10井以上）で最低2回（雨期、乾期）

相手国受入機関が実施する調査を指導し、助言を与える。

10日 + 予備3日

②継続観測

自記水位計による観測

(5) 物理探査

電気探査を行う。

深度200m、2 Kmのグリッドで60点目途

2点/日として30日 + 準備10日

計40日 + 予備15日

(6) 揚水試験

3井を目途として行う。

非定常試験：段階試験、連続試験、回復試験

定常試験：10日/1井（準備、移動）

30日

(7) 地表水観測

北方山地より流入する河川、最大10河川で3区間。

雨期、乾期各1回

30区間

3区間/日

移動含む

10日 + 資料整理5日

(8) 水質検査

①井戸水

既存の井戸で最低10井

雨期、乾期各1回づつ

②表流水

流量観測地点：鉾山・鉾床からの廃水流出地点30カ所目途

現場測定：携帯型試験機で測定

精密試験：国内持ち帰りにより測定

③試験項目

現場測定：濁度、色度、味覚、pH、過マンガン酸カリウム消費量、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、アンモニア性窒素、塩素、六価クロム、総鉄、銅、亜鉛、総硬度、塩化物、一般細菌、大腸菌

精密試験：銅、鉛、亜鉛、砒素、カドミウム

採水：井戸群 10日 表流水10日

国内作業

(1) 水文地質解析

帯水層の形状、特性について

帯水層パラメーターの同定

15日

(2) 水収支計算

〇〇〇地下水涵養機構を明らかとし、表流水、地下水を総括した水収支機構のモデルを策定して、妥当性を検討する。

30日 + 外注

(3) 最適取水計画

周辺への影響（水位低下、水質変化）を考慮して、最適井戸群配置、最適揚水計

画を策定する。

2010年までの需要量を考慮して、取水可能量を推定する。

30日+外注

(4) 取水施設の概略積算

最適取水計画に基づき、施設の概略構想をつくり、おおまかなコストを算定する。

60日

表5-3は同例の調査工程、人員表で表5-4は調査団の編成、日程表である。

表5-3 調査工程 人員表

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	月	人	MM	
in Bolivia in Japan (SW)	[Gantt chart showing activity bars for Bolivia and Japan]															
REPORT (SW)	[Report status symbols: △ IC/R, △ P/R, △ IT/R, △ DF/R, ⊙, △ FR]															
REPORT	[Report status symbols: △ IC/R, △ P/R, △ IT/R, △ DF/R, ⊙ Comment, △ FR]															
国境井水 内地方 推定 備償 現地 内地方 推定 備償 測定 踏査 解析 調査 水質 分解 床調 山・鉬 気探 P/R 水位定	[Gantt chart for water quality and measurement tasks]												0.5*4 1.0*3 1.0*2 0.5*3 0.5*1 1.0*1 1.0*1 0.5*1 0.5*1 2.0*1 0.5*3	2.0 3.0 2.0 1.5 0.5 1.0 1.0 0.5 0.5 2.0 1.0		
month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	total	月	人	MM
国内 水収支 水質 水概	[Gantt chart for water balance tasks]												0.5*2 0.5*1 1.5*1 1.0*1 0.5*1 0.5*1 0.5*1 1.0*1 total	1.0 0.5 1.5 1.0 0.5 0.5 0.5 1.0 total		
IT/R DF/R 水収支 環境 最適 値計 略設 プロジェクト	[Gantt chart for IT and environmental tasks]												0.5*3 1.0*4 1.0*1 1.0*0.5 1.0*0.5 1.0*0.5 0.5*1 1.5*1 1.0*1 total	1.5 4.0 1.0 0.5 0.5 0.5 0.5 1.5 1.5 total		
REPORT	[Report status symbols: △ IC/R, △ P/R, △ IT/R, △ DF/R, ⊙ Comment, △ FR]															

雨 期 乾 期 雨 期

5 - 4 解析の手法・精度の検討

調査の目的に応じ水収支解析方法、及び精度についての検討を行う。

地下水の開発量の推定および開発に伴う環境、影響について把握するために、揚水試験等の結果をもとに解析を行う。

5 - 5 事前調査報告書の標準目次案

事前調査報告書のとりまとめにあたっては、要請内容、S/W案協議の経緯、現地調査結果、本格調査の実施方針等を簡潔に記す必要がある。

第1章 序論

- 1 - 1 調査の目的
- 1 - 2 調査日程
- 1 - 3 調査団の構成

第2章 協議内容

- 2 - 1 要請の背景
- 2 - 2 要請の内容
- 2 - 3 実施細則協議の経緯及び結果

第3章 現地調査結果

- 3 - 1 調査対象地域
- 3 - 2 地形・地質の概要
- 3 - 3 既往の地下水調査
- 3 - 4 地下水開発の現況と問題点

第4章 本格調査の実施方針

- 4 - 1 調査の基本方針
- 4 - 2 調査項目及び内容
- 4 - 3 調査の実施体制
- 4 - 4 日本側資機材
- 4 - 5 調査実施にあたっての留意点

付属資料

- 1. Scope of Work
- 2. ミニッツ
- 3. 面会者一覧表
- 4. 収集資料リスト
- 5. その他

6. 作業工程の監理

6. 作業工程の監理

6-1 本格調査報告書作成の手順

本格調査の作業段階は、国内準備、現地調査、国内解析の3段階に区分され、調査団は調査の進捗状況に応じて、通常以下の報告書を作成・提出する（表6-1）。

1. インセプション・レポート
2. プロGRESS・レポート
3. インテリム・レポート
4. ドラフト・ファイナル・レポート
5. ファイナル・レポート

本格調査はその作業段階によって、国内準備、現地調査、国内解析に区分される。国内準備においては、調査業務実施のための参考資料の収集と、調査方針の検討を行い、インセプション・レポートあるいは作業計画書(Plan of Operation)を作成する。現地調査においては、相手国側とインセプション・レポートについて協議し、合意を得る。相手国からコメントがあれば、ミニッツに記載して調査に反映させることになる。インセプション・レポートを作成する際、国内準備だけでは情報が不足しており、協議の前に現地で追加情報の収集を行った後に、インセプション・レポートを作成し協議した事例もある。また、相手国側が調査に必要な予算を獲得するための資料として作業計画書(Plan of Operation)を提出することもある。インセプション・レポートおよび作業計画書は、その両方が提出される場合もあれば、その一方だけが提出される場合もある。現地調査は本格調査の主要部分を占めており、相手国カウンターパート・スタッフへの技術移転という観点からも、長期間にわたる例が多く、この場合、現地調査の段階で最終成果がイメージできる段階にまで分析が進められる。

調査団は現地調査の終了時点で、それまでの進捗状況をプロGRESS・レポートあるいはインテリム・レポートとしてとりまとめて報告する。

国内作業においては、現地調査の結果および収集資料にもとづき、技術的、経済的観点から検討を行い、ドラフト・ファイナル・レポートをとりまとめる。ドラフト・ファイナル・レポートができたならば、出来る限り相手国側に事前に送付し、ドラフト・レポート説明ミッションを派遣し、その内容につき説明、協議する。その後、通常1～2カ月の期間を置いて、事業団に提出されたコメントを検討した上、ファイナル・レポートを作成し、相手国に提出する（表6-2）。

表 6 - 1 標準的な報告書の種類

作業段階	報告書類の名称	内 容 要 旨	提出先	摘 要
国内準備	インセプション・レポート案(Draft Inception Report)	<ul style="list-style-type: none"> • S/Wに調査の具体的な内容・方法、スケジュールを加え、調査の着手当初に提出する 	事業団	
現地調査	インセプション・レポート(Inception Report)	<ul style="list-style-type: none"> • 現地国政府実施機関と協議し合意をえたのち提出する 	相手国政府 実施機関	
	プロGRESS・レポート(Progress Report)	<ul style="list-style-type: none"> • 現地調査の進捗状況・実績・問題点等につき定期的（毎月、毎四半期）に提出する 	相手国政府 実施機関および事業団	
	インテリム・レポート(Interim Report)	<ul style="list-style-type: none"> • 現地調査の終了時点等に、調査の進捗状況・実績・今後の解析方針・計画を確認するための報告書 	”	場合によっては国内での解析を加えて作成する。
国内解析	ドラフト・ファイナル・レポート(Draft Final Report)	<ul style="list-style-type: none"> • 相手国政府のコメントをとり入れ、調整し、最終的にまとめるために提出する報告書 	”	
提 出	ファイナル・レポート(Final Report)	<ul style="list-style-type: none"> • 最終的に提出し、相手国政府実施機関に受理される報告書 	”	事業団総裁が事業団の名において相手国に提出する。

表6-2 報告書において記載されるべき内容

項目	Inception Report	Progress Report	Interim Report	Draft Final Report	Final Report
資料収集	資料の種類と収集の方法	収集の進捗状況	資料のまとめと現況の把握	同 左	同 左
分 析	分析の基本方針	これまでの分析結果	分析結果	同 左	同 左
事業計画	計画策定の基本方針	計画代替案についての考え方、作業経過	計画代替案の作成	最適計画の策定	同 左
実施計画	計画策定の基本方針	計画検討の作業経過	計画代替案の作成	実施計画の策定	同 左
評 価	評価の基本的考え方	—	代替案の予備評価	最適計画案に対する評価	同 左
その他	相手国政府への要望調査の全体スケジュール	今後の作業についての方針	今後の作業	今後の課題	同 左
備 考			この段階で最終成果品のイメージがわかるようにする	この段階でほとんどFinal Reportと同じ成果品が出ていなければならない	主としてDraft Final Reportに対する相手国政府のコメントに基づく修正

6-2 インセプション・レポート

インセプション・レポートは、S/Wにもとづく調査の具体的な実施手順について相手国側に合意を求めるための文書である。また事業団とコンサルタントの間では、契約にもとづく業務が適切に実施されるかどうかを確かめる上で重要なものである。コンサルタントは、事業団より与えられた情報（事前調査報告書、仕様書、特記仕様書等）および国内で収集した関連資料情報の分析結果にもとづき、インセプション・レポートを作成するが、これらの情報のみでは不十分な場合、現地で更に情報を得て補完しなければならないこともある。

インセプション・レポートには最小限、次の項目が含まれる。

調査の背景

- 調査の方針
- 調査スケジュール
- 相手国政府への要望

また、各項目には以下の内容が含まれる必要がある。

① 調査の背景

- a 調査が行われるに至った経緯
- b 調査の目的（S/Wと整合すること）
- c 調査の範囲（S/Wと整合すること）

② 調査方針

- a 調査全体のフローチャート

調査全体の流れをわかりやすくフローチャートに整理する。

- b 各分野ごとの調査、検討方針

インセプション・レポートには、主として調査実施方針を記すが、第1段階としては、資料の収集が具体的な作業となるため、どのような資料が何をするために必要なかを明らかにした上で、資料収集の具体的方法について記述する。これは相手国の協力（カウンターパート、予算措置、協力体制）を円滑にする意味からも重要である。また、資料の分析、計画案の策定、評価については、それぞれの作業の進め方の基本方針を明らかにする。

③ 調査スケジュール

- a 現地作業および国内作業の内訳
- b Report提出時期

④ 相手国政府への要望

- a カウンターパートの要望
カウンターパートの人数と専門分野および仕事の内容
- b 窓口機関の明確化

⑤ その他

- a 調査団、国際協力事業団との関係
- b 調査団員の構成

6-3 プロGRESS・レポート

PROGRESS・レポートの本来の意義は、受注者が発注者に対して定期的に報告を行うという意味より、現地調査の進捗状況のみならず、この期間内における作業の結果判明した問題点についても報告し、関係者相互のコンセンサスを
得る性格を持つものである。また、必要に応じて、相手国側に要求する協力事項や、インセプション・レポートにもとづき実施してきた調査の過程で議論された事項について、どのように調査団として対処するか（相手方からのコメントに対する回答）等も含まれる。

通常、PROGRESS・レポートは、現地調査において収集した資料の評価・分析が終わり、計画案策定
の方向性が定まった段階で提出されることが多いが、数回提出することもある。PROGRESS・レポートに
含まれる内容は以下のとおりである。

- ① 序または背景
 - a PROGRESSの期間
 - b 実施した調査のスケジュール
 - c 会議、協議事項、出席者等
 - d インセプション・レポート提出後の事情変化による基本的変更事項
(たとえば、調査項目の変更、調査対象範囲の変更等)
- ② 資料収集状況とその分析状況
各項目別に、これまでの期間に収集された資料を示し、今後の分析に使うかどうかの評価を行うとともに、それらにもとづく分析結果の進捗状況を報告する。
- ③ 今後の方針
今後の調査の進め方について、計画案策定についての考え方等を明らかにする。

6-4 インタリム・レポート

インタリム・レポートは、現地調査の終了時点、あるいは国内での解析が進展した時点に作成・提出されるものである。この段階では、既存資料の収集、補足調査の実施、および調査結果の分析を終え、事業計画の代替案を作成し、すでに代替案の予備的評価まで行われていることが望ましい。

インタリム・レポート作成から、ドラフト・ファイナル・レポート作成までの作業は、事業計画の代替案について、さらに事業費・経済効果等の検討を加えることにより、最適な事業実施計画案を見出すとともに、この案の実現のために必要な実施計画を立案する作業が主体となる。したがってインタリム・レポートの段階で、調査の最終成果をイメージできることが肝要であり、ドラフト・ファイナル・レポートからファイナル・レポート作成までの段階の作業の効率化を図ることが可能となるような内容にしなければならない。インタリムレポートのチェックは、上記に述べたようなことを考慮して、ファイナル・レポートをチェックするのと同様のやり方で行うこととなる。

6-5 ドラフト・ファイナル・レポート

インテリム・レポートにおいて提示された代替案に対して最終的な評価を行い、最適な計画案を立案するものであり、インテリム・レポート作成の段階までに基礎資料の分析が十分できなかった場合には、その補足を行う場合もある。

相手国側のコメントは通常、インテリム・レポート、ドラフト・ファイナル・レポートの段階でそれぞれ行われるが、ドラフト・ファイナル・レポート作成の段階で大巾な手直しのないよう、基本的な事項にかかわるコメントはインテリム・レポートの時点ですることができるようになることが肝要である。

6-6 ファイナル・レポート

ファイナル・レポートは本格調査の最終成果である。通常英文が正文であるが、主文については和文も作成する。

ドラフト・ファイナル・レポートを相手国政府に提出して、そのコメントを求める。このコメントにもとづき最後の修正をし、要約、データ集を加えファイナル・レポートとする。

7. 調査・解析手法の解説

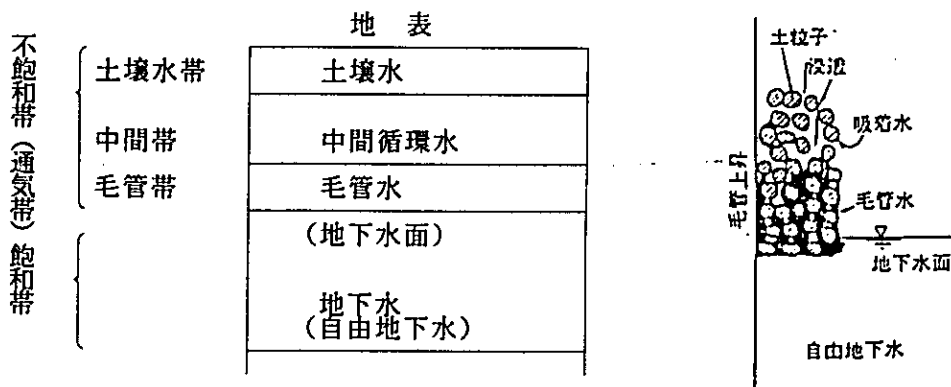
7. 調査手法の解説

7-1 地下水の基礎知識

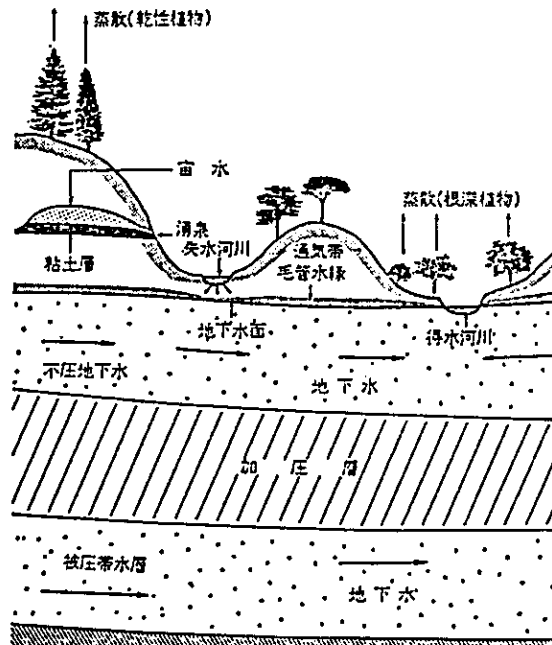
7-1-1 地下水の概念

地下水の定義、分類、および地下水のあり方を示す術語を知っておくべきである。

地下の水は以下の図のように分類されている。



また、以下の図のように構造的に分けられる。また、基本的な術語もみることができる。



以上のものを含めて語いを整理すると以下のようなになる。

地下水：岩石圏の飽和帯中にある水

成因的分類 { 処女水：マグマ水。地殻内部から出たマグマの余剰水。
化石水：地層の形成と同時に閉じ込められた水。
循環水：地表あるいは大気中の水蒸気と循環過程にある狭義の地下水。

賦存形態による分類 { 空隙水：地層の空隙を満たして流動する水。
裂か水：岩石の節理、亀裂、断層破碎帯の間隙を満たして流動する水。
空洞水：石灰岩や熔岩などの空洞中の地下水。

構造的分類 { 自由水：上面に加圧層がなく、通気帯を有し、地下水面を形成して流動している地下水。
被圧水：通気帯、地下水面を欠き、上部にある不透水性の加圧層によって被圧され、その位置に於ける大気圧よりも大きい静水圧をもつ地下水。

地層を、どの程度まで水を貯え、また伝達できるかによって次のように分類することができる。

帯水層： “経済的に重要な多量の水を貯留し、かつ揚水できる能力を持つ地表下の地層” (山本 1982)

半透水層 (難透水層)：多孔質で、ごく緩慢になる水を吸収し得るが、井戸や湧水に十分な水を供給するだけの透水性のない地層。

不透水層 (非透水層)：相互に連絡する亀裂が全くなく、水を供給もしなければ伝達もしない地層。

その他の関係する語いを以下に簡単に説明する。

不飽和帯 (通気帯)：間隙が水によって満たされていない部分。

飽和帯：静水圧下で地下水によって飽和されている部分。

吸着水：鉱物、土粒子の表面にある水。

土壤水帯：間隙に部分的に水が存在するところ。

毛管帯：毛管間隙を含むところ。飽和帯の水と連続していて、重力にさからった毛管作用によってその部分の上方に持ち上げられた水で満たされている。

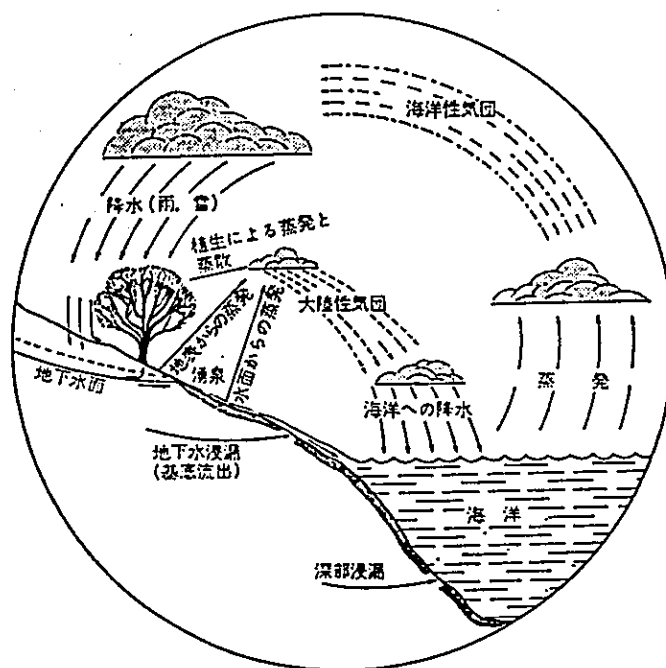
中間帯：土壤水帯と毛管帯の間にある通気帯の一部。

化石地下水：何万年、何十万年のオーダーの期間循環が停止している地下水。厳密に言えば、全く循環していない地下水はないと考えられている。最近数万年間以上極めて少ない部分だけしか水循環に参加していない地下水を漠然と指す。

7-1-2 水循環

人間環境の一部を構成している一切の水は太陽エネルギー、地球の重力等により絶えず循環を繰り返している。

地下水にかかわるうえでこの循環と水収支(7-2)を常に念頭におかなければならない。



水循環の模式図

表 7 - 1 岩盤の水利地質学的特徴

岩盤の種類	間 隙 率		透水係数の範囲(cm/sec) 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷	井戸産出量 高 中 低	帯水層単元の型
	1 次 的 (粒子)	2 次 的 (破 砕) ¹⁾			
未固結堆積物	%				
礫	30~40		——	—	帯水層
粗 砂	30~40		——	——	帯水層
中 ~ 細 砂	30~35		——	——	帯水層
シルト	40~50	ときとして			難透水層
水 礫 粘 土	45~55	まれ (泥のクラック)		—	難透水層
固結堆積物					
石灰岩・白雲岩	1~50	溶解, 節理面	——	——	帯水層あるいは不透水層
粗~中粒砂岩	<20	節理, 破砕	——	——	帯水層あるいは難透水層
細粒砂岩・泥岩	<10	節理, 破砕	——	——	帯水層あるいは不透水層
頁岩・シルト岩	—	節理, 破砕	——	——	不透水層あるいは帯水層
火 山 岩					
玄 武 岩	—	節理, 破砕	——	——	帯水層あるいは不透水層
酸 性 火 山 岩	—		——	——	不透水層あるいは帯水層
結 晶 質 岩					
深成岩・変成岩		風化, 破砕 深くなるにつ れて減少する	——	——	不透水層あるいは帯水層

1) まれに10%を越える

3. 地下水賦存に有利な地形、地質構造

盆地

周囲を高地にかこまれた低平な土地を盆地という。盆地を形成する地質構造的要因の差異により、

- (1) 断層によって陥没して生じた断層盆地(fault basin)
- (2) 地層の曲降運動によって生じた曲降盆地(warped basin)
- (3) 差別浸食によって生じた浸食盆地(Ausraumungsbecken)

のように分ける。(1)、(2)は地殻運動に原因するので、構造盆地(tectonic basin)と呼ばれる。

地壘、地溝

一般に周囲より低くなっている地質構造の部分を凹地(depression)というが、幅をもった長い沈降帯を地溝(graben)と呼ぶ。トラフはこれを横切る隆起部でいくつかの盆状部(basin)に分けられることがある。一方、正断層で限られ、幅に比較して延長が長く、両側に対して相対的に隆起した地塊を地壘(horst)という。地壘と地溝は相伴って発生することが多いが、地壘は大きな沈降帯中の沈降からおくれた部分となっていることが多い。

7-1-3 地下水の存在場所・条件

地下水のあり方はそれが含まれる地層の地質条件（透水性、岩相、分布、厚さ、地層の組み合わせ、地質構造）に左右される。

地形・地質情報は通常現地踏査・地形図・地質図及び空中写真などから得られる。

1. 地下水盆

ひとつの大規模な帯水層またはいくつかの帯水層を包含し、涵養区流出区をも含めた水文地質単元。降水の浸透、河川からの供給・侵出などによって地下水が涵養され、また流出する範囲のことを地域的単元で「地下水域」というが、これと同義で使われることもある。山間の盆地や河谷では地表流域と一致するが、丘陵地などでは両者は厳密には一致せず、水文地質構造としての堆積盆地（例えば鑽井盆地）が地下水盆に相当し、停滞性の被圧水を内在することが多い。地下水盆には地下水開発に関連して地下水かん養区を含めた地下貯水池的な概念もある。近年、地下水開発がすすむにつれて、地下水保全問題が注目されているが、地下水管理のための単元として重要な意味を持つ。

2. 一般に地形は山地（火山を含む）、丘陵、台地、および低地の四大地形区に分類される。

各地ごとに地下水の特徴があるが、それについては参考図書（たとえば土質工学会編「地下水入門」P118～123）を参考されたい。

表7-1は岩盤をその物理的性質によって分類しその性質、ありうる帯水層単元の型を示したものである。この表でもわかるように、小さな試料でみれば一様に密で透水性が低くても、全体としてみれば、層理面・節理・破碎帯等に2次的に間隙が発達して透水性は非常に大きいことがある。表土の薄い、循状地で地下水を採取する場合、多くはこの硬い岩盤中の間隙水をくみ上げることになる。

(参考)

地下に帯水層が存在しなければ、地下水の開発は不可能である。この帯水層の分布・形状・深度等を推定するうえで調査地域の地形や地質の把握が重要である。

地形は地質条件に対する気象・水文条件の働きかけの結果を示すものである。地形が砂、礫、粘度等の堆積地形かあるいは火山の噴出物の堆積地形か、あるいは基盤岩の浸食地形であるかは、地下水の賦存状況の推定の第1ステップである。堆積地形と浸食地形の判定は、航空写真やランドサット画像の判読によって容易に可能である。次のステップとして堆積地形であれば、堆積物の厚さ、地質の検討が必要であり、浸食地形であれば岩石の風化帯の有無、風化度合の検討を行うことになる。過去の調査例を以下に示す。

	区 分	地 質	層 厚
中国天津市地下水	堆積層	沖積層、洪積層	500～1000m
ボリビア国・エルアルト	”	水河堆積物	100～ 200m
ホンジュラス国・コマヤグア	”	扇状地、湖成層	50～ 200m
グアテマラ国・地下水	”	火砕流堆積物	200～ 300m
ソルダン 国・ムジブ水系水利用	基盤岩	石灰岩互層	200～ 500m
ルワンダ国・東部地下水	”	花崗岩	(風化帯 数十m)

7-1-4 地下水涵養

地下水の涵養は通気帯を通して行われるものと飽和帯に直接行われるものと2つの機構がある。

地下水はある地下水域において涵養(Recharge)、流動(Flow)、排出(Discharge)の機構をもっている。自然的には天水・表流水によって涵養され、人為的には井戸、水路かんがいなどによって養われる。

天水は主に通気帯を通して、表流水は飽和帯に直接入りこむことによって、地下水涵養に寄与する。

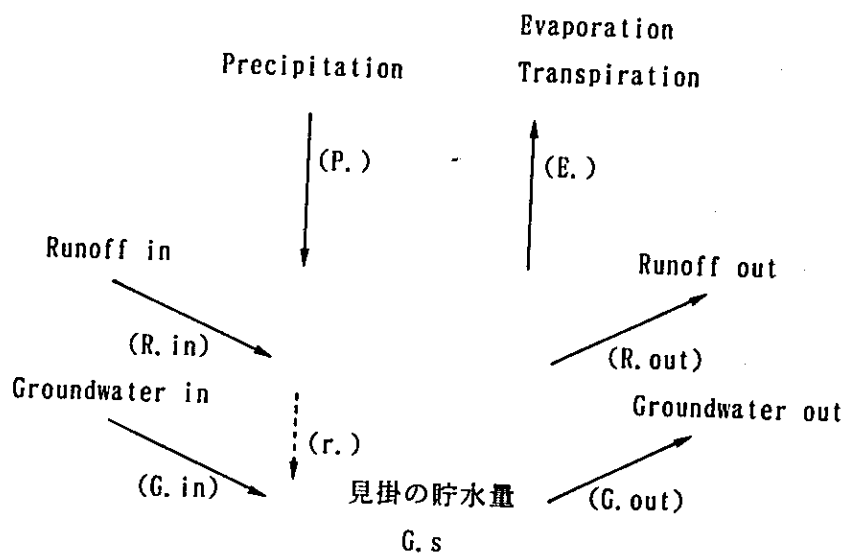
地下水の涵養・排出はその貯留量の変化を表すものであって、その変化は時間的にはわずから数分から数年間にもわたって変化する自由地下水面の水位・被圧地下水の静水圧によって知ることができる。

地下水の水位や井水位の変化の原因には種々のものがあるが、(a)自然現象、(b)人為現象の2つに大別される。このうち自然現象には、(1)降水による上昇、(2)蒸発散による降下、(3)気圧変化に伴う変動、(4)地震の影響による変動、(5)河川水の増減(豪雨や異常乾燥など)に伴う変動、(6)潮汐の影響による変動などがあり、また人為的なものには、(7)井戸などからの用水による変動、(8)上下水道などからの漏水による変動、(9)灌漑用水の影響による変動、(10)河川水の増減(例えばダムの放水)に伴う変動、(11)地下構造物設置(杭打ち、根切り工事など)などの影響がある。

7-2 水収支解析

水収支解析は、地下水調査の目的の一つである賦存量、開発可能量の算定の第一段階であり、調査のStepとしては、7-5「シミュレーション・モデル」の前段階と言える。

地下水流動は水収支体系の中の1つの要素としてとらえることができる。対象領域の水の循環は下図のように与えられる。



$$R. in + G. in + P. = E. + R. out + G. out$$

この図から開発可能である地下水の量は最大限 $R. in + G. in + P.$ であることがわかる。またこの体系の中で地下水を利用・取水するということは、 $G. out$ を減少させることに他ならない。また留意すべきは「化石地下水」の存在である。この水収支体系において涵養量最大で、 $R. in + G. in + P.$ である。実際は $R. in$ のうち地下水への涵養分 r がこの領域の地下水涵養量である。地下水涵養量を上回る揚水を行えば、将来的には地下水資源の枯渇を免れることはできない。そのため、

①涵養量を下回る揚水計画をたてる。

②貯留分、すなわち、化石地下水を揚水する場合は、何年後に枯渇するかを明らかにする。

地下水の開発調査で理想とするのは上記①であるが、相手国政府の強い要望により、「化石地下水」に手をつけざるをえない場合もありうる。この場合は、「枯渇」が避けられない事実であることを、相手国政府、現地大使館、外務省に周知徹底し、相応の取水計画を樹立すべきである。

上記の水収支の各要素の求め方は我々の観測資料をもとに算定される。降雨 P 、蒸発

量 E については、既存資料、先方観測体制から得られる。流入出分 $R.in$, $R.out$ については、表流水観測から求めることができる。対象領域の上流部で流観を行い、表流水の定量的な流入を求めることができる。同様に下流部での流量観測により表流水の流出が得られる。地下水の流入出分 $G.in$, $G.out$ については、地下水井観測をもとに、地下水位コンターを得て、これを基にEuler 的解析により算定することができる。

7-3 揚水試験

揚水試験は井戸にポンプを据え付けて実際に揚水する試験である。物理探査等からは間接的な評価しかできないが、帯水層について同試験を実施すれば、対象とする帯水層から実際にどれくらい水が取れるかの推定に必要なデータを得ることができる。

1. 目的、調査の流れの中で

帯水層パラメーターの推定を目的として行う。帯水層パラメーターとは、帯水層の性質を表す定数であり、透水係数、貯留係数などである。そのほかに、揚水試験の結果として、比算出量等がわかる。揚水試験はポンプを据え付ける揚水井1、観測井1以上で行う。そのため、調査の流れとしては、井戸調査の段階で試験に適した井戸のカップルを探しておくことになる。あるいは、調査の中でさく井を行う場合は、スクリーンの入れ方、観測井の配置などを勘案して、揚水試験に適した仕様しておくことになる。途上国の調査では、試験に適した井戸が見つからないため、あるいは予算、期間の問題から、やむをえず一本の揚水井の水位変化を記録して揚水試験に代えることがある。すなわち、本来井戸が2井以上（厳密な解析的解釈からは3本）必要であるところを、井戸1本で済ましてしまうものである。この場合は、厳密な意味での試験を行うのではなく、傾向を掴むために、おおまかな試験を行っているのだという認識をあらかじめ持つておく必要がある。

2. 方法

(1) 機材

ポンプ、電源（なければ、ジェネレーターがいる）、水位計、量水計（三角堰など）等。

(2) 手順

揚水井にポンプを設置し、観測井では水位を測る体制とする。測定項目は、揚水量、刻々の水位、揚水井と観測井の距離等である。試験の種類、手順については、通常以下のようにして実施する。

①段階試験

流量を数回変えて行う。

↓ 適正揚水量を得る。

②連続試験

↓ 定常状態（水位変化がなくなる）まで

③回復試験

水位の回復を記録する。

そのほかに、揚水した水の水質検査、孔内流速計、孔内水質計による検層を行う。

3. 作業計画の目安

標準的な作業工程を表7-2に記す。人の配置としては、開発調査では、技術移転の観点から先方カウンターパートの協力を求める場合が多い。そのため、日本側調査団員は指導・監督に1名というのが標準的な配置である。実際に現場では5～6人が従事するので、先方からの協力が得られない場合は、現地で作業員を備上することになる。

表7-2 標準的な作業工程

(単位：日)

機材の搬入、設置	段階試験	連続試験	回復試験	機材撤去
1	1～2	3	3	1

7-4 水文観測

年間降雨量が少なく、その大半が特定時期に集中して、乾期と雨期の差が激しい地域においては、利用可能な水資源の季節間変動が大きく、乾期の水源の確保が重大な社会問題となるところが多い。こうした地域での地下水調査においては、以下のような水文観測を行うことが不可欠である。

1. 表流水観測
2. 地下水位観測

1. 表流水観測

(1) 目的、調査との関連

地下水調査における表流水観測は、地下水の涵養機構、水収支機構を解明するために、対象領域およびその周辺で河川、湖沼などの水位、流量を観測するものである。過剰な揚水はしばしば諸々の障害、周辺の井戸枯れ、塩分侵入、地盤沈下を引き起こすので、地下水利用にあたっては、揚水量を適正な水準に保つ必要がある。適正揚水量という概念は涵養、水収支の機構を解明したうえで、将来の枯渇、既存の地下水利用体系への影響を最小にした状態での最大の揚水量である。最適揚水量の算定には涵養機構、水収支機構の把握が不可欠であり、そのために、表流水観測は重要である。表流水の観測の結果得られた流量、水位は水収支の計算を行う場合の資料となり、また、シミュレーションを行う場合の境界条件(B.C.)となる。

(2) 実 際

河川調査を例にとって考えてみる。測定すべき項目は水位と流量である。水位を測るには、評定点からレベルをぶつけて測定点の地盤標高を求め、絶対評価を行うことが必要である。流量の測定については、流量という概念は、たとえば、 m^3/sec という単位を持っており、直接測定することは多くの場合、困難である。そのため、水位と流量の関係をあらかじめ求めて水位流量曲線(H-Qカーブ：図7-1)を作成しておき、より容易に求まる水位を測ることにより、概念の複雑な流量に換算することが行われている。

水位流量曲線は観測点ごとに求める必要がある。「H-Qカーブ」が定まっていれば、ある日時の水位を測ることにより、その時点での流量を知ることができる。

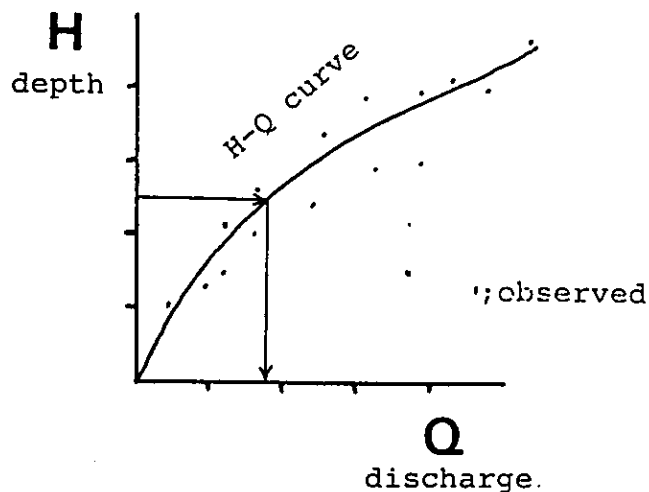


図 7 - 1 水位流量曲線

(3) 流量の測定

流量調査の手法としては、

- i) 流速計測法
- ii) 浮子測法
- iii) 超音波測定法
- iv) 振測法

がある。

ここでは、広く一般に行われている流速計測法について簡単に説明する。

これは、流速を測定し、これと水位観測から求めた断面積により（流速）×（面積）の計算を行って流量を求めるものである。

河川の観測点の横断面を適宜分測し、測点を定め、その点の流速を流速計で測る（図 7 - 2 参照）。測点での流速(V_i)と、測点の支配する面積(S_i)の積が測点での流量(Q_i)に他ならない。

$$Q_i = V_i \times S_i$$

各測点の流量 Q_i をすべての測定点について合計すると各別測点の流量を知ることができる。

$$Q = \sum Q_i$$

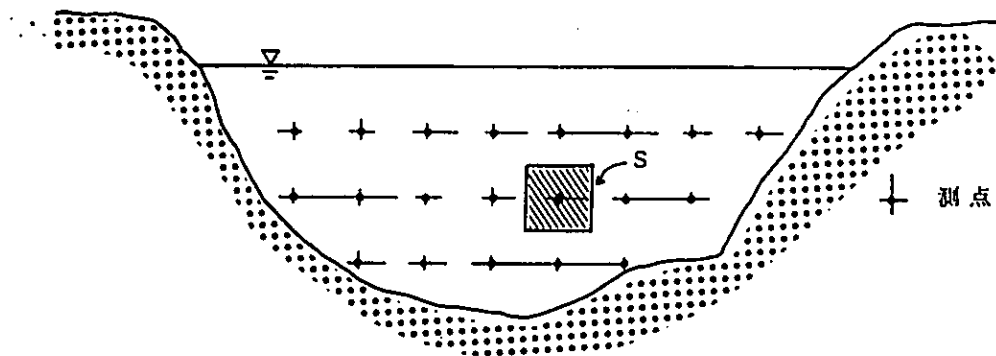


図 7 - 2 流速測定概念を示す図

2. 地下水位観測

(1) 目的

地下水位観測は地下水の流通機構を知るため、あるいは地下水位コンターを得るためにおこなわれる。

(2) 種類

開発調査で実施する地下水観測の種類としては、通常1～2年の調査期間中に最低雨期、乾期に1回ずつ行う一斉測水、および自記水位計を設置しておこなう継続観測がある。

(3) 測量

地下水位観測の結果得られた地下水位コンターを等高線図に置き換えるためには、地図上で井戸の正確な位置を知り、地下水位のデータを絶対標高に換算する必要がある。そのため井戸水準測量が実施されるが、急峻地の場合、1:50,000地形図などから標高を知ることができる。

(4) 結果

地下水位観測の結果として、地下水位コンター（図7-3）のほかに、雨期、乾期の地下水位の変化、降雨に対する反応などを知ることができる。雨期、乾期の水位差が大きい場合乾期の対策に十分注意を払う必要があり、井戸の設計にもこの点を反映させるべきである。

数値シミュレーションの目的は、現況の地下水流動・涵養機構を再現して、流動・涵養機構の検証、周辺への影響・将来予測などを行うことである。最適揚水計画、開発可能量の算出に有効である。

1. 数値シミュレーションの課題

数値シミュレーションと水収支モデルは精度が異なっている。水収支モデルがマクロ的な水の循環を明らかにするのにに対し、シミュレーション・モデルは、対象領域内の任意の地点の地下水位（ポテンシャル）を求めることができる。また、ある任意の地点に着目した場合、一定日時の現象の再現を行う「定常計算」、および一定日時を初期条件として、時間Stepごとの現象を連続的に再現する「非定常計算」の二通りがある。

2. 数値シミュレーションの例

このような数値シミュレーションを容易に理解するために、シミュレーション手法の代表である有限要素法（FEM）を例にとって考えてみる。FEM についての詳細は他の参考書を参照のこと。

(1) 前提条件

ある沖積平野数百km²について1年半の調査が行われた。地下水位観測は雨期、乾期の一斉測水が数十点の井戸について行われたほか、数点について、自記水位計による継続観測が実施されている。そのほかにボーリング調査、揚水試験等により、帯水層分布、形状帯水層パラメーターは既知である。

(2) 目的

開発可能量の算定、最適揚水計画の策定を目的とする。地下水位の低下が周辺に及ぼす影響を評価しつつ、最大の揚水量を算定する。

(3) 手順

① 検証

まず、領域分割、境界条件の設定を通じ、モデル（定常）を作成し、地下水位一斉観測結果の再現のために定常計算を行う。定常計算の結果得られる地下水位（承压地下水の場合はポテンシャル）と実測の地下水を比較し、境界条件(B.C.)とモデルの検証を行い、境界(B)とモデルの修正を行う。このようにして、調査期間中の実測水位との比較により定常モデルの作成を行う。次に、非定常計算の前段階として、調査期間中の一回目の一斉測水から二回目の一斉測水にかけての非定常計算を行う。B.C.も、たとえば、非定常の降雨時系列などを与える。この場合も地下水位の再現の検証を行い、モデルの妥当性を確認する。

以上のように定常計算での検証数例の後、さらに調査期間内の非定常計算を行いモデル設定、B.C.の検証を行い、モデルの妥当性を確認する。

②予測

上記①「検証」のレベルでモデルの妥当性を確認した上で、予測シミュレーションを行う。将来の揚水井設置地点に対応する節点に揚水量を振り分ける。このようなB.C.のもとで、たとえば、5年後、10年後の水位低下の予測を行う。

基準点(たとえば揚水井から100mの点)での地下水位が限界以上(行政的数値の他地盤沈下、塩水浸入の許容値に対応)の場合は、揚水量の値を小さくして、基準内に収まるようにする。このようにして「開発可能量」が定まる。あるいは、「需要量」、「必要量」に見合った揚水量で将来的に揚水を行った場合、どのくらいの影響(極端な水位低下の範囲、地盤沈下、塩水浸入その他)がでるか予測することができる。

図7-3 ボリビア国ラパス市エル・アルト地区の地下水等高線図

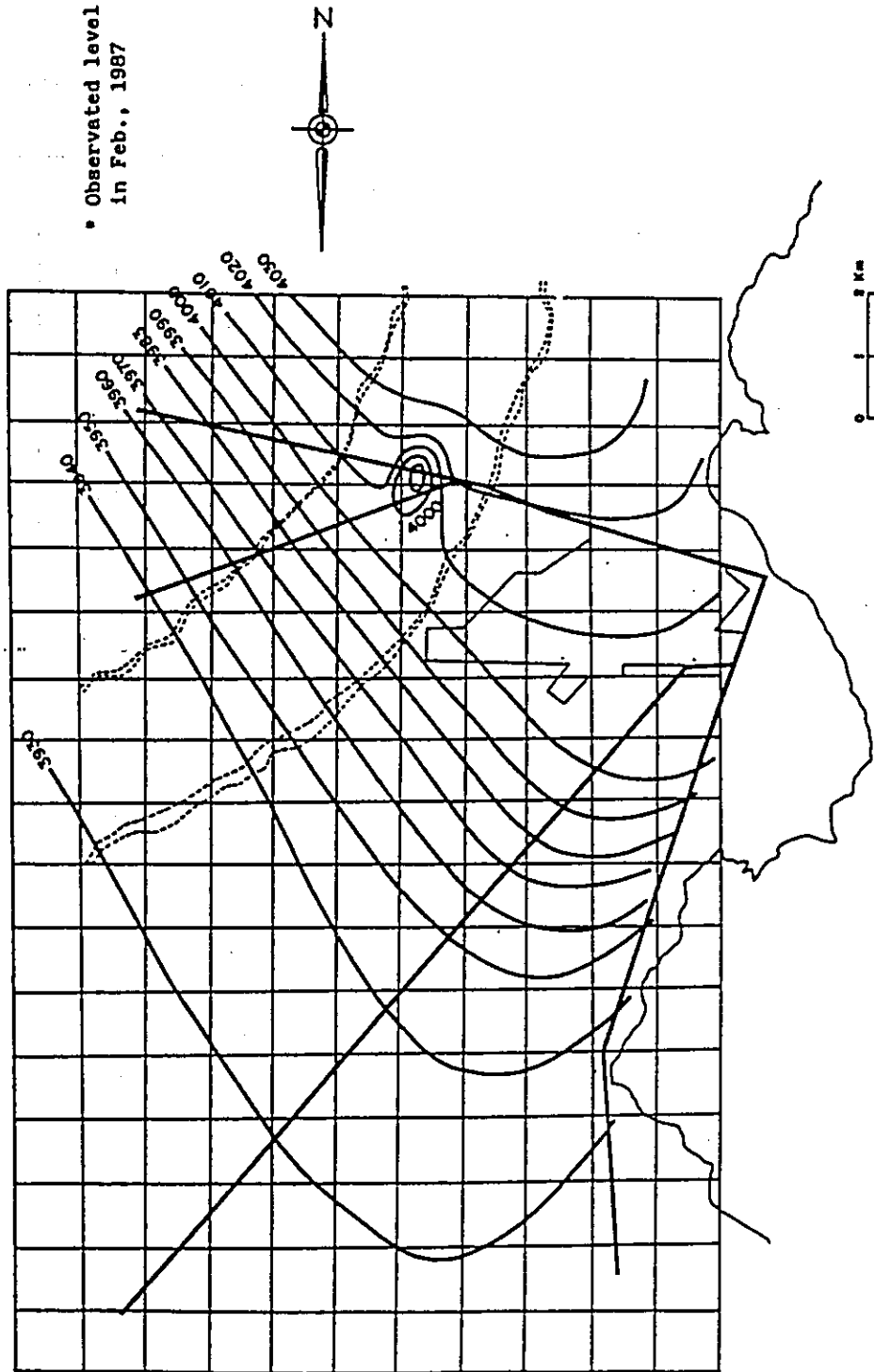
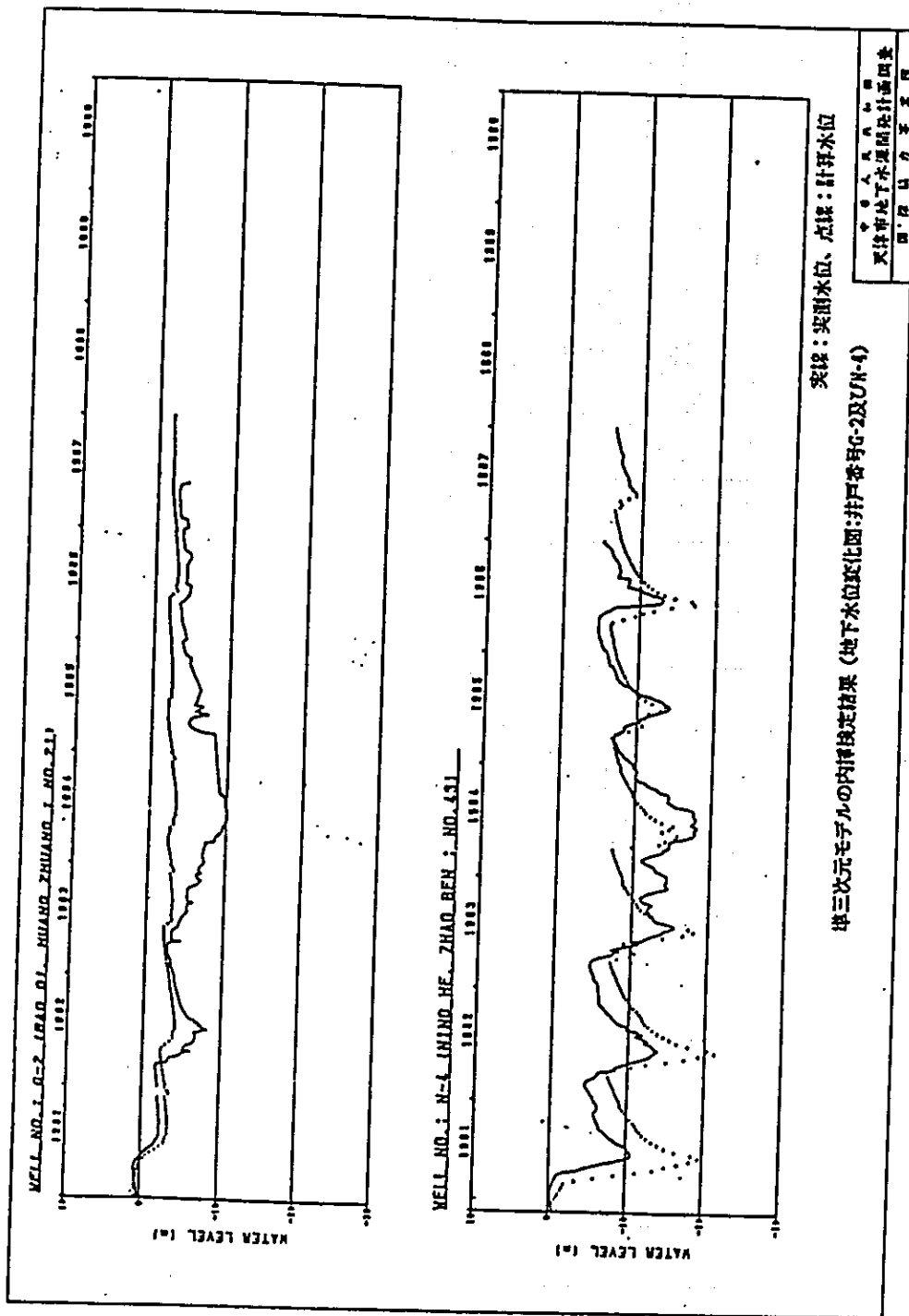


図7-4 中国天津市の数値シミュレーション結果



7-6 水質調査

7-6-1 水質調査フロー

水質調査計画を作成するにあたっては、当該地下水の利用目的、周辺汚濁源（自然的、人為的）の状況を踏まえ、適切な規模、頻度、項目で水質分析を行うことが肝要である。水質調査のプランニングから実施に必要なエレメントと全体の流れを下図に示す。

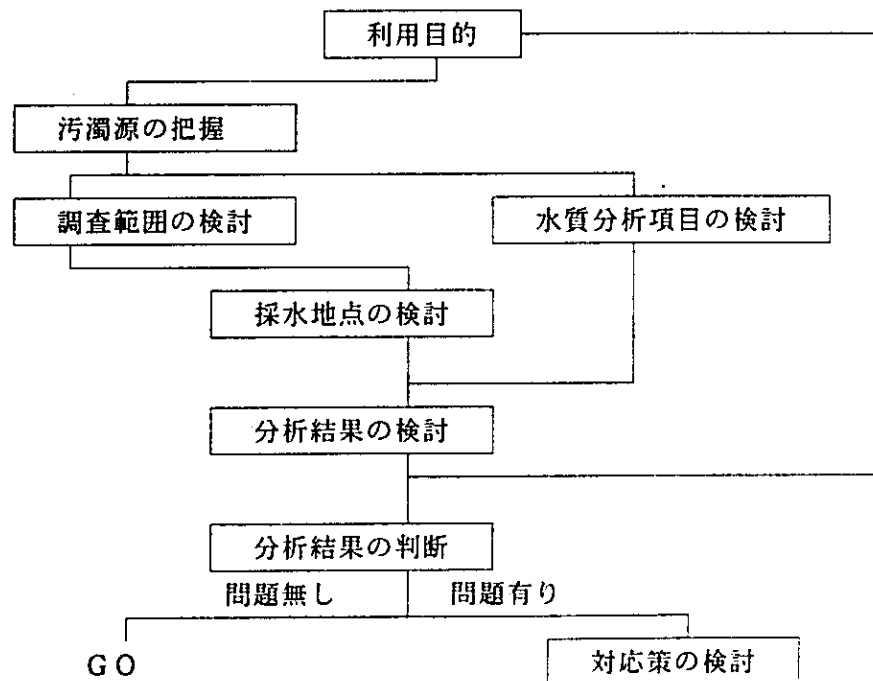


図7-5 調査のエレメントと全体の流れ

当該地下水が、質的に利用目的に適したものか否かを把握し、必要な場合には、対応策を検討するのに必要な情報が適切に得られるよう調査内容、手法を明確にしておく。汚濁源・利用目的との関連を無視し、単に一般的な水質分析が必要か否かにかかわらず行うこと、あるいは、一般的でなくとも行われなければならない水質分析を行わないという用な事態を避けるため、以下の事項について検討する。

1. 調査範囲
2. 汚濁源の把握
3. 疾病等の情報の把握

1. 調査範囲

地下水調査全体の範囲内に水質調査の調査範囲が入ることは当然である。水質調査の範囲としては、地下水利用地点を含む水盆（水域）内で、地下水利用地点に影響を与える汚濁源を含む範囲が考えられる。

2. 汚濁源の把握

(1) 利用目的が飲料水の場合、とくに人の健康に影響のある汚染物質を排出する汚濁源の分布と水質への影響の程度を把握する。対象となる汚濁源としては下記が考えられる。

- ① 鉱山関係（廃鉱を含む）の排水
- ② 工場排水（とくに重金属を排出するもの：メッキ、なめし等）
- ③ 家庭排水、家畜排水
- ④ 水質に悪影響をもたらす地質（高塩分地帯等）

(2) 汚濁源の排水の水質、量を把握するのは通常困難な場合が多い。相手国政府手持ちの資料、情報を活用できるよう、コンタクトミッション時点等の初期の段階で、この点を明確にしておくことが望ましい。さらに、地下水への影響が極めて大きい汚濁源がある場合は、地下水の水質分析とあわせて排水の分析を行うことも必要である。

(3) 地下水に影響を持つ範囲に開発計画等があり、そのため将来汚濁源の寄与が大きくなり、地下水の水質に影響を与えることが想定される場合がある。この場合には簡単な水質変化予測を行い、必要とされる汚濁対策等を検討しておくことが望ましい。

3. 疾病等の情報の把握

(1) 対象とする地下水が飲料等の利用目的に合致しているかどうかは、勿論水質検査を実施することで得られ、水質データで一応判断できる。しかし、水質データは調査時点での限られた時間・空間の情報にすぎないという弱点を有することも事実である。この弱点を補完するうえで、その土地に固有な水に起因する疾病の有無は、対象となる地下水の健全性を全体的に判断する有力な情報となる。対象となる土地に昔から居

住する人々からの聞き取り調査が、その有力な手法となる。また、聞き取り調査により調査団が予想だにできなかった事実等を把握しうることも期待でき、この点での効用も大きい。

- (2) 聞き取り調査で既存井戸利用に起因する疾病のある場合は、主原因の把握・悪影響の回避の判断等の努力も必要となろう（たとえば、深井戸にすれば心配はないという判断も検討結果の一例であろう）。

水質分析は利用目的上問題が生じないかどうかを判断するために行うものである。したがって、利用目的、汚濁源の状況を踏まえて、サンプリング範囲、サンプリング地点、サンプリング頻度、分析項目を適正なレベルで定める必要がある。

1. サンプリング範囲及びサンプリング地点

- (1) サンプリング範囲は水盆（水域）の地理的特性・汚濁源の分布状況を勘案して決める必要がある。サンプリング地点の候補地は試掘井、既存井、表流水が対象となる（表流水は地下水との関連性がある場合は必須、その他の場合は参考データとしての位置づけとなろう）。
- (2) 地下水利用地点が複数の場合、サンプリング地点の決定は地質特性、汚濁源の配置を勘案し、地下水質を代表的する場所を選ぶ。
- (3) 地下水利用地点が多いのにサンプリングを広範囲、緻密に出来ない場合（こういう場合が多いと考えられる）、サンプリング地点の代表性の検討が必要となる。既存データが活用しうる場合は、それらを利用し代表性の一応の検討をすることができる。それも不可能な場合は、地質特性あるいは汚濁源との位置関連から代表性を検討することを考える必要がある。

2. サンプリング頻度

地下水の水質変動が少ない場合は、サンプリング頻度は余り高くなくてよい。水質変動が想定される場合は、地下水の水質が悪化する時期（たとえば、濁水期、汚濁源の活動が高まる時期）のサンプリングを忘れずに行うことが肝要である。

3. 水質分析項目

- (1) 水質分析には、「分析項目を極力多くし、全体的な状況を漏れなく把握する」と言うアプローチと、「問題項目に重点を絞り、深い把握を行う」というアプローチがある。全体的な水質データが無い場合（地下水の場合ほとんどそうである）、まず分析項目を多くし、そのデータから問題となる項目を抽出し、次に問題項目に重点を置いた水質分析を行うことが考えられる。同じような考え方は複数のサンプリング地点を対象とした水質分析にも応用できる。すなわち、複数のサンプリング地点のうち、代表地点は詳しく、他の地点は最低限の基本的分析項目だけ分析する。いずれの場合でも、利用目的に照らして、地下水水質が十分なものか否かを的確、適正に把握しうるだけの質と量を持つデータを、合理的に整備するということに尽きる。
- (2) 一般的分析項目は日本の飲料水基準項目が目安となるが、つねに汚濁源との関係で分析項目の取捨選択を行い、適正なレベルで分析を行う。たとえば、汚濁源から考えて絶対に必要のない項目は分析対象から外すことも可能である。逆に、汚濁源（たと

えば鉾山廃水)によっては、飲料水基準に無くとも分析を行う必要がある。

4. その他

水質分析は、pH、電気伝導度等の電極を用いた携帯用の分析器を用いる場合、現場で行えるが、それ以上のものについては通常ラボで分析することになる。しかし、最近水質試験紙あるいは試薬の入ったチューブを用いる簡易な手法が開発されている。(詳しくは8-5水質検査器の項参照)。これはかなり広範な項目について分析が可能であり、現場で即結果がみれるという利点がある。また、オーダーのレベルで水質の状況を概括的にとらえるという点では十分使えるものと思われる。従って本格的なラボでの水質分析に先だち、分析項目のしぼり込み、概況把握等の為にこのような簡易な手法を大いに活用することが望ましい。

また、水質調査項目の中には、採取した試料を実験室に運んで放置した後に測定、分析したものでは全く意味をなさない下記のようなものがある。

電導度

pH

Eh

アルカリ度、酸度

2価鉄イオン

溶存酸素(OD)

これらのものは採取現地で作業を完了することが望ましい。

7-6-4 対応策の検討

対象とした地下水が利用目的上（たとえば、飲料水としての利用）満足できる物でない場合、対応策の検討が必要となる。他の地下水を利用する等の代替案がある場合はいいが、そうでない場合は、水質上のリスクと便益を比較する等が必要とされる場合もあろう。

1. 対象とした地下水の水質が汚染、汚濁のため利用目的にあわない場合の処置としては以下の対応が考えられる。
 - ①他の場所の地下水源を捜す
 - ②汚濁源対策（工事廃水処理等）を行う
 - ③浄水場で処理をする（浄水場に地下水を送水することが前提）
2. いずれも不可能な場合は、リスクと便益を比較し、利用するかどうかの検討が行われることとなる。最終判断は先方政府の権限で行われることは言うまでもない。

日本の一般的判断基準では利用は不可とされる場合であっても、現状より一步前進・改善されるから善とする判断基準もありうる。

また、日本の基準の中には魚等の摂取による健康被害の発生というメカニズムに着目して基準値が定められているものもある。この場合、基準値はあくまでも日本人の食生活に基づいたものだと言え、食生活が異なる国への基準値の適用には慎重な対応が必要と言える。
3. 可能な場合は利用目的を変更することで対処できる場合もある（たとえば、飲料水から生活用水へ等）。

なお、日本のHg、PCBの基準の考え方を以下に列記したので参照されたい。

参考

Hg、PCBの環境基準の考え方

水銀（環境庁1974年4月）

総水銀 : 0.0005ppm(ただし河川において自然的原因によりこれをこえる場合には0.001ppmまで許容される。)

アルキル水銀: 検出されないこと(定量限界0.005ppm)

—根拠—

魚類の生物濃縮に着目し、その濃縮率を用いすでに1973年7月25日に実施された魚類の暫定的規制値、すなわち総水銀0.4ppm(メチル水銀0.3ppm)をこえないような水中水

銀濃度を計算することが理論的であるが、魚類（可食部）水銀濃度／水中水銀濃度＝濃度比（濃縮率）は総水銀に対して 10^1 のオーダー、メチル水銀では $10^4\sim 10^5$ のオーダーと考えられるが、自然界における実験値に乏しい。

一方、わが国周辺の非汚染水域の総水銀濃度は0.0001ppm程度であり、また比較的汚染されていると考えられる水域は、0.0002～0.005ppm程度であった。現象論的にみて水中水銀濃度0.0005～0.001ppmに保たれるならば、魚介類中の水銀濃度は十分に暫定的規制値以下に留まるものと考えられた。当時、収集し得た環境水質の水銀濃度に関するデータははなはだ乏しく、また古い分析値は比色法なので、現在の還元気化無炎原子吸光法による分析値との関係も詳細ではなかった。したがって、今後同一水域で、水質水銀濃度と魚体水銀濃度の関係が明らかになれば、より科学的な環境水銀濃度が導き出されるであろう。

しかし、食品の水銀基準の項に述べてあるように、魚体内では大部分メチル水銀に転換しているプロセスはいまだに未解明の部分があり、他の物質の場合のようなスッキリした濃縮係数は求められない。

－ P C B －

1974年11月29日環境庁水質保全局“P C Bに係る水質の環境基準、排水基準および底質の暫定除去基準ならびにその分析方法の設定について”により次のように定められた。

なお、P C Bに係る水質の環境基準、排水基準および底質の除去基準決定の流れ図は図7-6のとおりである。

P C B水質環境基準：検出されないこと（定量限界値0.0005ppm）

－ 根 拠 －

多塩素化物質は魚類に生物濃縮される。その濃縮率＝魚介類可食部のP C B濃度／環境水中のP C B濃度に関する実験成績は、5667～8582が文献上報告され平均値は7360となるが、安全性を考え10,000とみなす（可食部のみでなく臓器を含めた全魚体に換算すると約50,000倍の濃縮率に相当する）。

$$\begin{aligned} \text{水中P C B環境基準(ppm)} &= \text{魚介類可食部P C B濃度} / \text{可食部への濃縮率} \\ &= 3 \text{ ppm} / 10,000 = 0.0003 \text{ ppm} \end{aligned}$$

しかし、測定法（JIS K 0093）の定量限界値は0.0005ppmと考えられるので、検出されないとするのが妥当である。

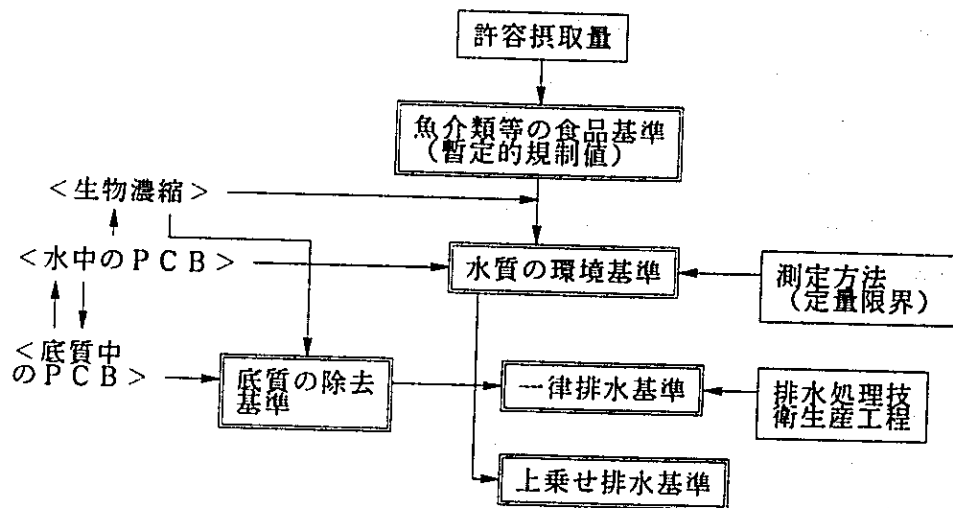


図 7 - 6 PCBに係る水質の環境基準、排水基準および底質の除去基準決定の流れ図

7-7 物理探査

7-7-1 物理探査の種類

物理探査には、重力探査、弾性波探査（地震探査）、電気探査(1)－比抵抗探査、電気探査(2)－電磁法、検層－電気検層、密度検層、音波検層、速度検層、温度検層等、種々の手法が開発されている。

1. 重力探査

主として岩石密度の差異を利用した探査法。地表の重力の値が地下構造の異常によって影響を受けることから、重力の分布を調べることによって岩石の分布境界、基盤岩の深さ等の地質構造を抽出する。盆地構造、トラフ構造、地塁構造、深成岩等の貫入構造等の大局的な地質構造を捕捉するのに適している。

2. 弾性波探査（地震探査）

地震波が弾性および密度の異なる地層や岩体の境界面において、屈折したり反射したりする性質を利用して、岩層の境界、裂かおよび破碎帯の位置等を調べる。特定の層理面の位置・深度や大規模な断層・破碎帯の存在、基盤岩の深さ等の地質構造を捕捉するのに適している。

3. 電気探査(1)－比抵抗探査

岩石や地層の比抵抗はその種類や含水条件などによって異なるので、これを測定することによって地下の状態を調べることができる。すなわち、比抵抗の測定によって地下における電気的良導体の存在を直接的に捕捉することが可能となる。水は金属鉱床や熱源体などと共に、電気を通しやすい性質をもっていることから、地下水の探査には比抵抗法による電気探査がよく用いられる。比抵抗法による電気探査では、地上で測定された見掛け比抵抗の垂直分布から各地層の厚さと深度を解析的に求めることができる。

図7-7にその探査結果の例を示す。

4. 電気探査(2)－電磁法

人工的に電磁場を発生させ、地上で磁気誘導を測定する。地下に電気の良導体があれば、磁場の状況が変わってくるので、これによって地下の異常を推定する。ルワンダで行われたVLF-MT法は、地磁気地電流法(Magnetotelluric method)と呼ばれる探査法のうち、10～30KHz というVLF (Very low frequency band: 極長波) 帯の自然電磁波を利用する一手法で、岩質と地下水の賦存に関連する見掛け比抵抗(apparent resistivity)の水平分布を測定することができる。図7-8に示すように、図7-9の世界中の遂所から発せられた極長波が水分を刺激し2次電気を発生させそれを携帯受信装置で感知するものである(図7-10)。広範囲を手軽に調査できるので今後事前概査にはなくてはな

らないものとなろう。図7-11に中国天津市でのVLF探査結果を示す。

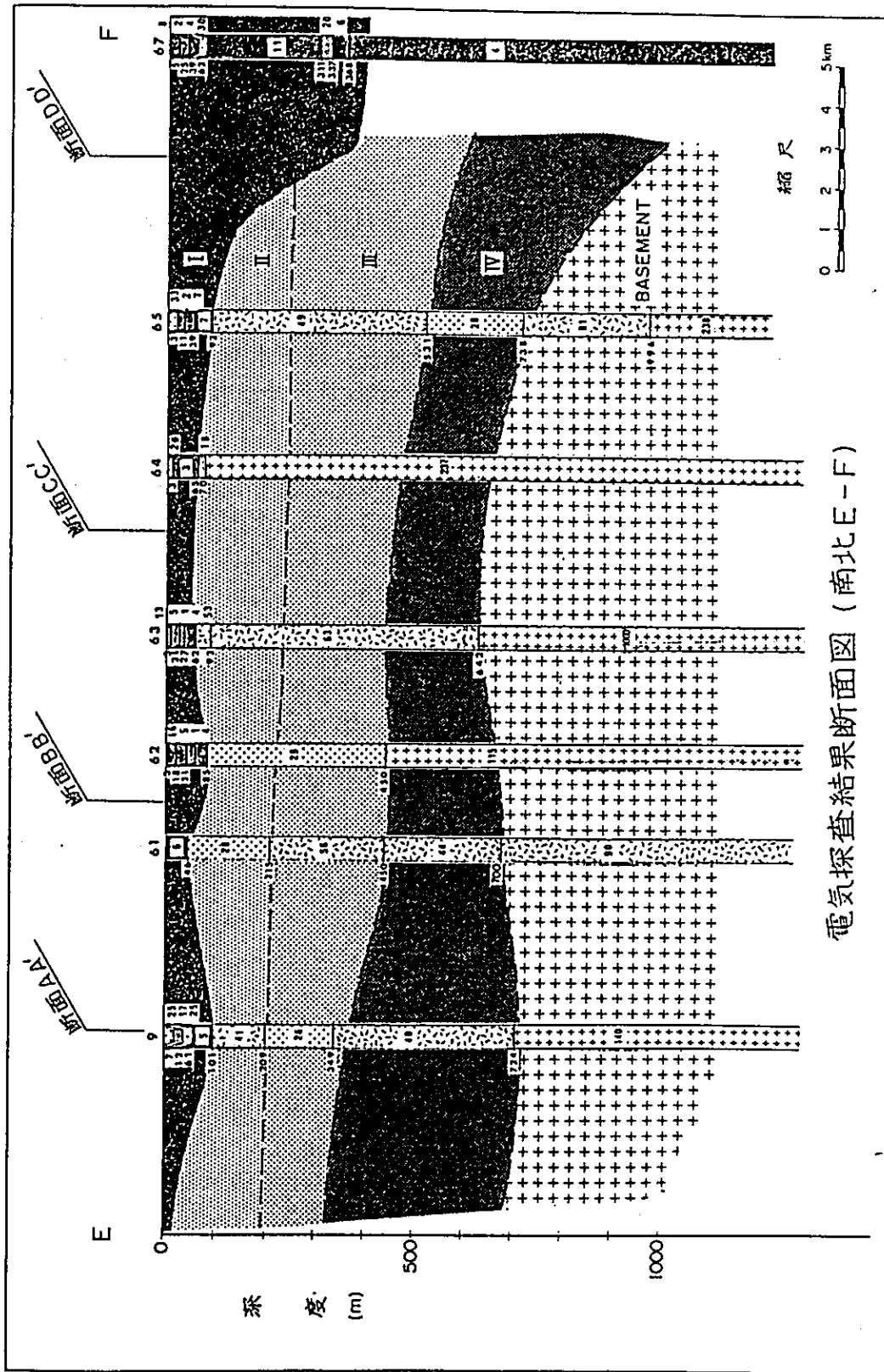
5. 検 層—電気検層、密度検層、音波検層、速度検層、温度検層等

ボーリング、井戸においてセンサーを下ろし、深度に応じた電気的特性、密度特性、音波特性、温度特性等を調べ（検層）その結果によって地層区分、岩体区分あるいは帯水層、断層、破碎帯やその他の特殊な地質構造を抽出する。

6. 放射能探査

放射能探査とは放射能を利用した地質調査方のことで、地層に含まれる放射性鉱物などから発生する自然の放射能を検出する方法と、人為的な線源から発生する放射能の散乱・吸収などを測定する方法がある。原理的には放射性元素が壊変して放射線を出す現象を利用したもので、この放射線（ γ 線が利用されることが多い）を検出して異常物質の存在を推定する方法である。

地下水探査の場合、断層のや地下水脈の上で自然放射能強度が増大することから、自然放射能強度を測定する方法によりそれらの位置の推定ができる。また人工放射性同位体元素を利用する方法では、人工放射性同位体元素をトレーサーとして利用し地下水の流下方向・流速の測定などに用いられる。



電気探査結果断面図（南北E-F）

図7-7 電気探査結果断面図の例

凡 例

帯水層区分

ρ ; 電気比抵抗値(ohm-m)と水理地質



$\rho=1\sim 16$ を示すことが多い。希に、地表部分の道路や運河の堤体部、地下水面より上部で局部的に $\rho=20\sim 50$ を示している。塩水化している。



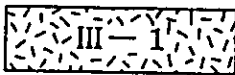
$\rho=20\sim 200$ までの変化に富む比抵抗値分布を示している。この帯水層は非塩水化帯で良好な帯水層であるが次のように細分することができる。

$\rho=17\sim 24$; シルト、泥層を主体とする。

$\rho=25\sim 39$; シルト主体で砂層との互層

$\rho=40\sim 99$; 砂層が主体でシルト、泥を挟んでいる。

$\rho=100$ 以上 ; 砂層を主体とする。



$\rho=25\sim 200$ までの比抵抗値分布を有するが、平均に $\rho=50$ を示す砂層主体、シルト、泥層との互層。良好な帯水層。



$\rho=25\sim 200$ までにわたる比抵抗値分布があるが平均に $\rho=30$ を示すシルト、泥層主体の帯水層。やや良好な帯水層。



平均して、 $\rho=20\sim 40$ を示す帯水層。シルト、泥層が多い砂層との互層。



$\rho=100$ 以上を有すると考えられる古生代の岩盤。

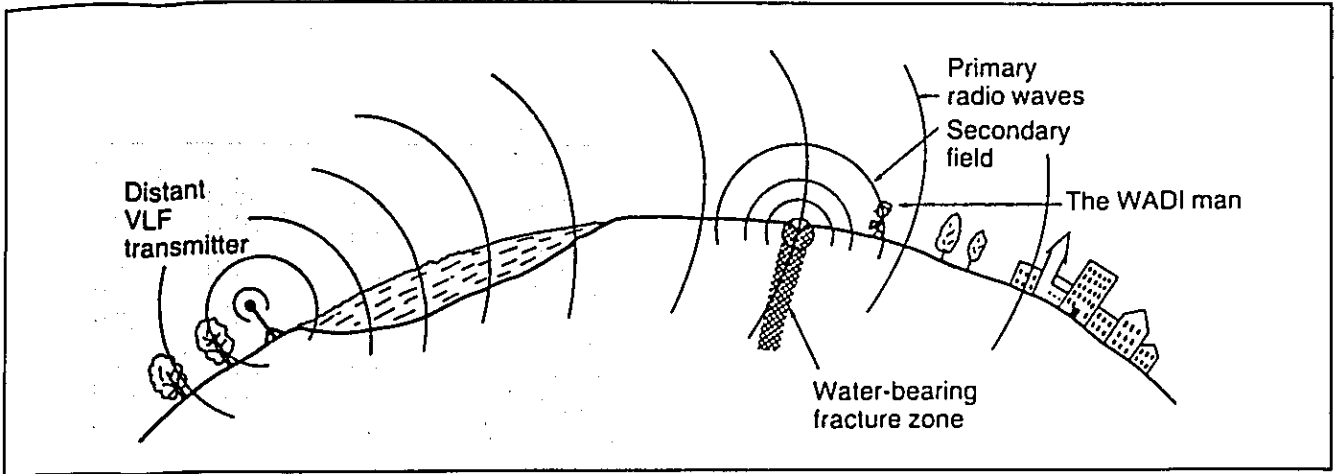


図7-8 VLF探査説明図

	Frequency (kHz)	Power (kW)		Frequency (kHz)	Power (kW)
Bordeaux, France (FUO)	15.1	500	Annapolis, USA (NSS)	21.4	400
Rugby, Great Britain (GBR)	16.0	750	Northwest Cape, Australia (NWC)	22.3	1000
Hegeland, Norway (JXZ)	16.4	350	Laulualei, Hawaii, USA (NPM)	23.4	600
Gorki, USSR (ROR)	17.0	315	Buenos Aires, Argentina (LPZ)	23.6	
Moscow, USSR (UMS)	17.1	1000	Cutler, Maine, USA (NAA)	24.0	1000
Nyosamai, Japan (NDT)	17.4	50	Seattle, Washington, USA (NLK)	24.8	125
Oxford, Great Britain (GBZ)	19.6		Aguada, Puerto Rico (NAU)	28.5	100

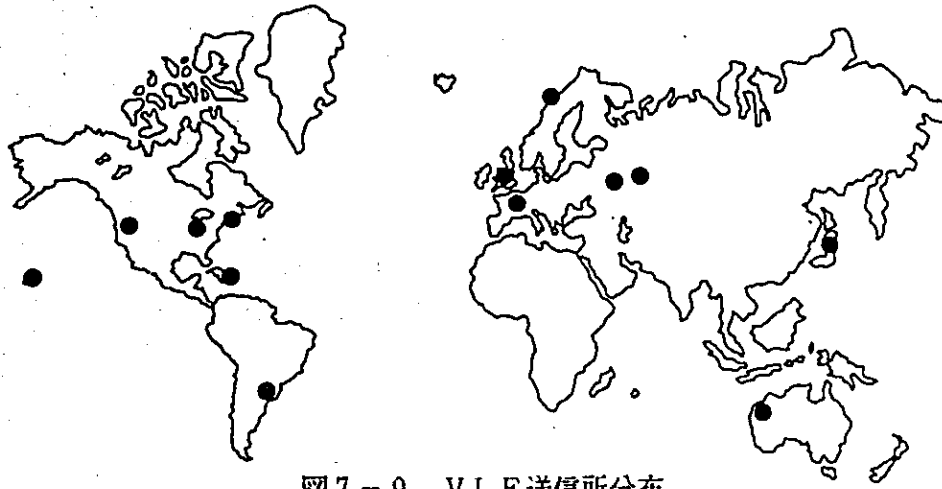


図7-9 VLF送信所分布

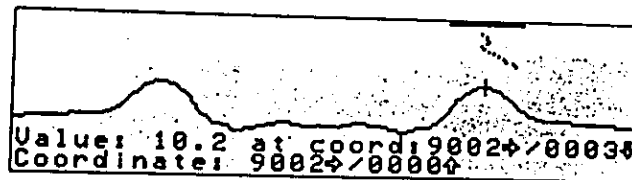
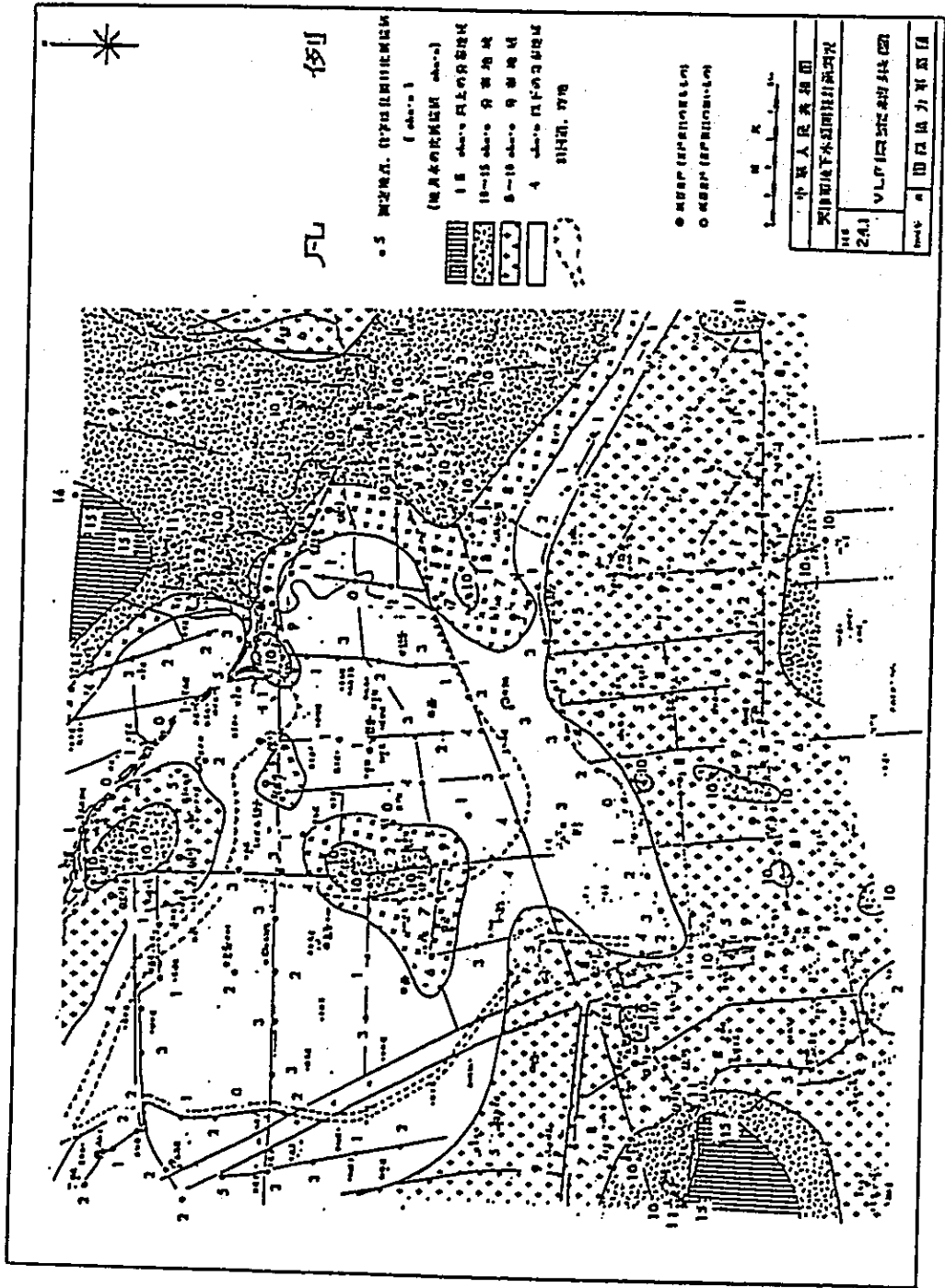


図7-10 VLF探査データの例

图 7-11 中国天津市地下水源開發計画調查 V L F 探查結果圖



7-7-2 物理探査の地下水探査への応用

地下水の賦存状況は地質構造に応じて異なった様相を呈しており、物理探査にあたっては、それぞれの地質構造に合致した手法を用いる必要がある。地下水調査にあたって、一般に電気探査が広く用いられるが、地質構造を把握し、その上で水資源賦存の場を求めていく場合には、弾性波探査、重力探査が用いられることがある。

1. 地質状況と予想される地下水の賦存状況別の物理探査手法選定の手掛り

(1) 第四系（第四紀に形成された地層）の場合

帯水層の確認のためには、堆積物の種類（れき層、砂層、シルト層、泥層等）とその分布を調べ、透水層と不透水層の区分及び相互関係を明らかにすることが重要である。したがって、地質構造および堆積構造の解明ののち、比抵抗探査などの方法によって直接的に地下水賦存の場を探ることになる。

(2) 第三系（第三紀に形成された地層）の場合

盾状地のような安定地塊においては、地層は水平に近い状態なので、地下水盆を摘出し、また地下水の流れの把握のためには、基盤構図の凹凸を摘出することが肝要である。

こうした場合には、くわしい地質調査ののち、電気探査によって地下水賦存の場を求めることができる。一方、造山帯や変動帯のようなじょう乱の激しい地帯では、地層のしゅう曲や断層などが良く発達しているので、第三系に帯水層としての役割を求めることは、特殊な条件のところを別とすれば、一般的ではない。このような場合には、裂か水を対象とした地下水探査を行う。

(3) 先第三系（第三紀より前に形成された地層）の場合

アルプス造山運動（白亜紀～第三紀）の時期より古い地質時代に形成された岩石は、一般に固結の程度が高く、帯水層として最適の条件を備えている場合は少ない。したがって、このような場合は、裂か水を求めるか、または特殊な条件における地下水貯溜部を探査しなければならない。そのためには、弾性波探査や重力探査等地質構造を把握するための探査手法を広域的に応用して、地下水賦存に適する条件の場を求め、さらに電気探査などにより実際に水資源の存在を確かめるという手法を用いることになるであろう。

(4) 石灰岩の場合

石灰岩は水に溶けるので、割れ目あるいは層理面などに沿って循環する地下水の溶解作用によって、洞穴等の貯水部分が形成されることがある。したがって、石灰岩は地下水貯溜層として特殊な探査対象となる。この場合の地下水探査は裂か水の探査と帯水層の探査の両方に対応する手法を採用する必要がある。

(5) 貫入岩などの火成岩の場合

これらの岩石は物理的には比較的均質な物体である場合が多いが、火成岩には冷却固結時の収縮によって節理や裂かが発達することが多いので、これが地下水の賦存に有利

な条件を与える。また花こう岩のように風化や変質を受けやすい岩石では、風化変質帯が帯水ゾーンになっていることもある。こうした対象を求める物理探査では、花こう岩の分布を確認する探査と帯水ゾーンを捕捉する探査を併用することが多い。

2. 物理探査の実際の調査方法の概要

物理探査は文字通り物理的手法によって地質あるいは地下状態を調べる方法である。物理探査のうち、地下水の探査では一般の電気探査が広く行われているが、これは電気の良い良導体である水資源の賦存する場を直接捕捉しようとするものである。しかし、地質構造を把握し、その上で水資源賦存の場を求めて行く場合には、状況に応じて弾性波探査、重力探査などもしばしば用いられる。

以下、もっとも頻繁に実施される電気探査の場合を例にとり、実際の調査方法について述べる。

(1) 機材

比抵抗計、コンバーター、バッテリー、電極棒、巻尺（間縄；ケンナワ）等をまとめて電気探査装置一式と呼ぶ。その他、トランシーバー等。

(2) 実際の手順

比抵抗計に電極棒を接続し、種々の電極の配置法(Shulumberger, Wenner法等)に基づき、電極をセットする。電流を流し、各電極間の電流、電圧を測定し、比抵抗を求める。

1つの測点(Survey point)において、電極間隔を数階変えて(徐々に広げていく)測定を行う。

(3) 作業計画の目安

比抵抗法の場合は、測線位置を設定し、測定数を決定する。VLF法による電気探査を行うには、まず測定点のグリッドを決定する。これは調査対象領域を碁盤目状に区切ったものである。ひとつの測点で数回の測定を行う。

標準的な作業目途としては

VLF-MT法	比抵抗法
グリッド間隔：数十～数百m	測線長 数Km
作業目途 : 数十測点/日	測線数 10数点/線 数点/日

とする。ただしこれらの値は標準的なものであり、砂漠、熱帯雨林、高地などでは作業効率の変化が予期される。また、一般に開発調査で電気探査を行う場合は、カウンターパート機関からカウンターパート、作業員等が提供されるので、日本側からは、原則として、監督、指導者が一名出て、調査を行う。

3. 問題点

(1) 物理探査ではある要素に関する測定値が数字で得られることになるが、その結果の評価を適切に行うには、それらの数値の意味を明確にしなくてはならない。そのため

には、岩石ピースによる各種試験を行って、岩石ごとの特性を調べておく必要のあることはもとより、地震記録や井戸、湧水、温冷泉その他既存の地下状態についての情報や岩石・地質関係のデータ（たとえば、ボーリング・データ等）を十分に活用せねばならない。平行して実施する地質調査の精度をあげる必要があることに鑑み、そうした地質調査の予算に対する配慮を欠くことのないよう留意する必要がある。

- (2) 物理探査はタイプによっては自然条件に左右されるものがあるから、天候気象条件や実施する季節の選定等に関する十分な事前検討が必要である。
- (3) 物理探査はどのタイプのものでも測定位置を正確にしておかないと無意味になる。したがって、測量作業が常に伴うことを考慮にいれておく必要がある。

8. 調査用機材の仕様の検討

8. 調査用機材の仕様の検討

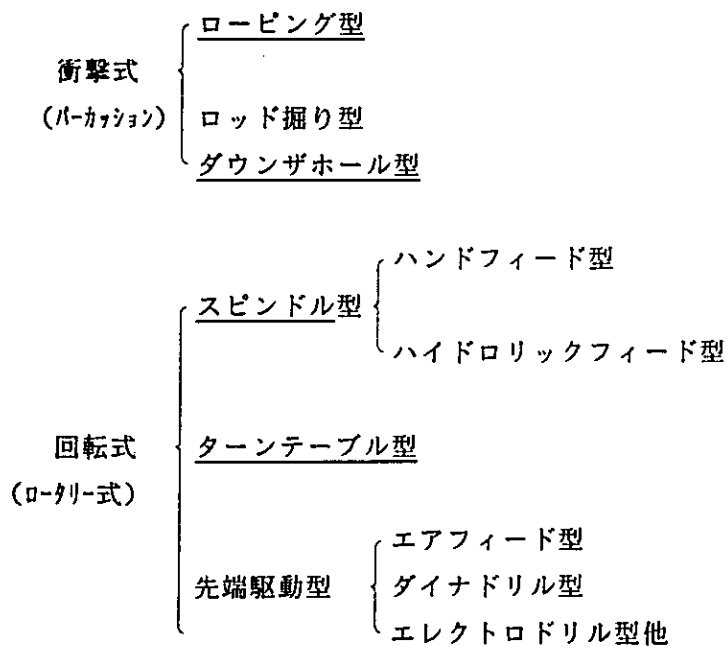
8-1 ボーリング機械

8-1-1 ボーリング機械の種類と選定

ボーリングの掘さく方式を大別すると、岩石破碎方式とスライム排除方式に分類される。岩石破碎方式には、回転式・衝撃式などがあり、スライム排除方式には、液体（泥水等）や気体（空気等）による循環式とベラーで汲上げる方式がある。掘さく方式が回転式の場合には循環式を、また衝撃式の場合には汲上げ式で行う。

1. ボーリング機械の種類

ボーリング機械には、目的に応じた色々の機構のものがあるが、調査用としては、掘さく能力100m～3,000mの機械が利用されている。近年、土木地質の発展により、ボーリング機械は構造物基礎、地すべり防止、ディープウェル、水井戸開発にも使われるようになり、これらを目的とした大口径掘さく用の機械も開発されている。調査には連続サンプリングの出来るスピンドル型を主体とし、開発にはスピンドル型のほか、ローピング型、ダウンザホール型、ターンテーブル型を使用する。機構により分類すると次のようになる。



2. ボーリング機械の選定

地下水の調査・開発・工事に使用するボーリング機械としては、衝撃式ではローピング型及びダウンザホール型、回転式ではスピンドル型のハンドフィード型・ハイドロリックフィード型、ターンテーブル型が利用される。使用機械はその目的、深度、対象地質、運搬仮設条件、環境条件（騒音、振動など）を十分調査して選定する。地下水調査の機械は一般地質調査用と異なることはないが、開発関係では孔径や深度が増大するので、調査用より大馬力の機械が必要である。これには衝撃式と回転式の機械がその状況によって使い分けられている。

衝撃式は主として第四系およびそれに相当する未固結～弱固結の地質（粘土・シルト・砂礫や、粘土質・多孔質な火山噴出物）で、深度300m以浅が適用範囲である。ボーリング孔の鉛直性が保たれ、泥水による帯水層への悪影響が少ないなどの特徴があるが、ダウンザホール型は硬岩に有効で掘進速度も速い（ローピングの10～20倍以上）。

回転式は前記のような地層のほか、硬岩の掘さくも可能である。スピンドル型はコンパクトな機械で、コア掘りおよび2～300m以浅のさく井に適し、とくに大馬力を必要とする深部地下水開発では、ターンテーブル型が用いられる。

地下水を伴う地すべり調査では、回転式のハンドフィード型または油圧型を使用するが、地すべり地帯は特に地形条件が悪いことが多いので、地質状況のほかに運搬仮設条件も考えて機種を選定する必要がある。図8-1にボーリング機械の概念図、図8-2に全体図を示す。

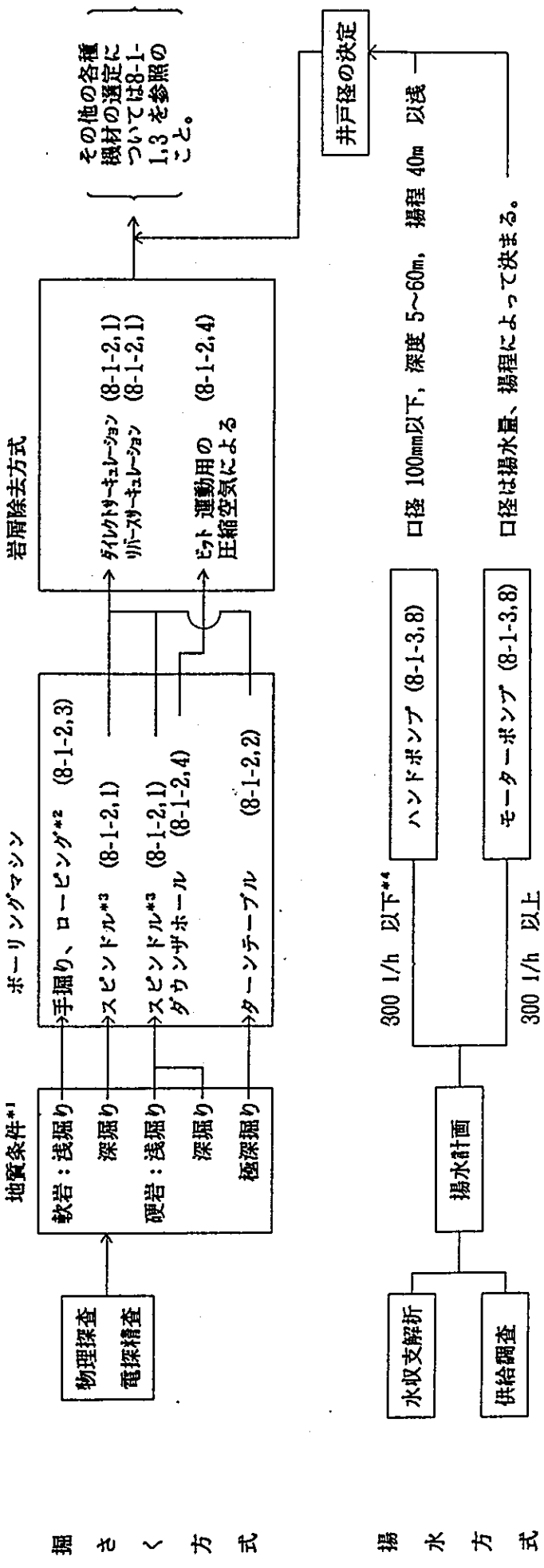
次頁に載せた表は掘さく方式ならびに揚水方式の決定手順を示すフローである。

3. ボーリング機材の選定

選定基準

ボーリングに使用する機材としては、ポンプ、原動機、コンプレッサー、ボーリングやぐら、試錐機、ロッド等があるが、掘さく方式、掘さく機械の種類によって仕様が異なるので、注意する必要がある。ローピング型以外の方式に共通に必要なボーリング機材の選定基準の一覧表を示せば、表8-1のようになる。この表からわかるように、次頁のフローに沿って決定した掘さく方式と揚水計画から算出された口径にみあった径の使用ロッドが決まらなければ、機材選定のための各数値を算定できない。

なお、各機材の解説、その他の機材については次節で解説する。



- * 1 軟岩、硬岩の区別については附1を参照のこと。
- * 2 地下水開発調査として前例がないので対象外とするが、今後採用される可能性がないとはいえない(8-1-2,3 参照)。
- * 3 手動で給進力を与えるハンドフイード型と油圧によって与えるハイドロリックフイード型(図8-3)とがあるが、主に用いられるのは後者である。
- * 4 ただし、ハンドポンプの平均実用揚水能力は 600~700 l/h である。

注) この表の流れとしては、「絞り込みの流れ」(図3-1)から続くものである。
 ・井戸の供給可能量は考慮していない。
 ・被圧条件は考慮していない。

掘さく方式の決定方法を示すフロー

表 8-1 ポーリング機材の選定基準

機材	項目	基準	計算方法・記事	注 意
使用ロッド		D/2.5 以上 岩盤常用D/2 以上	深度・最終孔径より掘削計画をつくる 口元付近・短区間の掘進は除外してよい	地質条件を十分考慮のこと 深度1,000mm以上はロッド耐荷重検討のこと
やぐら 試錐機	巻き上げ能力	W × 4 以上	耐荷重の計算は複雑なので経験的耐力でよい	数本のロッド使用の時は最高重量について
	油圧能力	W × 3 以上	W × 3 以下のときはダブルワイヤ設備を準備のこと	ホールダ台、フック、スィベル類はこれに準ずる
	スピンドル 内径	W × 2 以上 ロッド径以上	([油圧シリンダ内断面積] - [油圧ロッド断面積]) × [油圧ポンプ能力] × [シフト数]	水平の押下げ能力は [ピット荷重] × 1.2 以上
同エンジン	馬力	W × SI × 1.5	$F (PS) = \frac{W \times SI}{4,500} \times 1.5$ W:重量(Kg) SI:最低巻上げ速度 (m/min)	満足しなくても掘進は可能—能率低下 内燃機関はさらに2割増
ポンプ	送水量	上昇速度25~40cm/sec	([掘削断面積] - [ロッド外断面積]) × (25~40) (cm/sec)	最大径について検討
	送水圧 (常用) 耐圧	ロッド内抵抗 × 3 常用P × 25以上	泥水の場合は5、深度分のロッド内流水抵抗+カッター リング圧縮・膨張抵抗の合計	最大深度の時にについて検討
同エンジン	馬力	常用P × V × 2 以上	$F (PS) = \frac{P \times V}{4,500} \times 2$ P:水柱(mm) V:水量 (cm ³ /min)	ホース、バルブ耐圧もこれに準ずる 内燃機関はさらに2割増

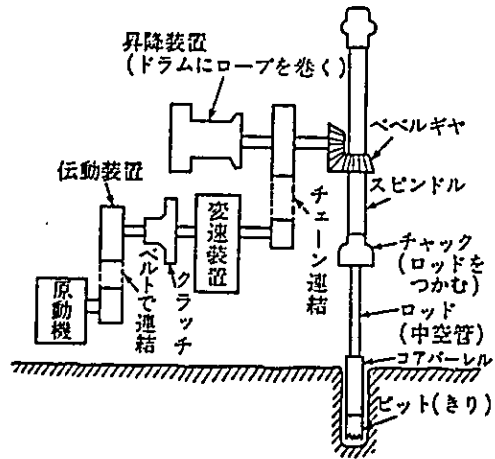


図8-1 ボーリング機械の概念図

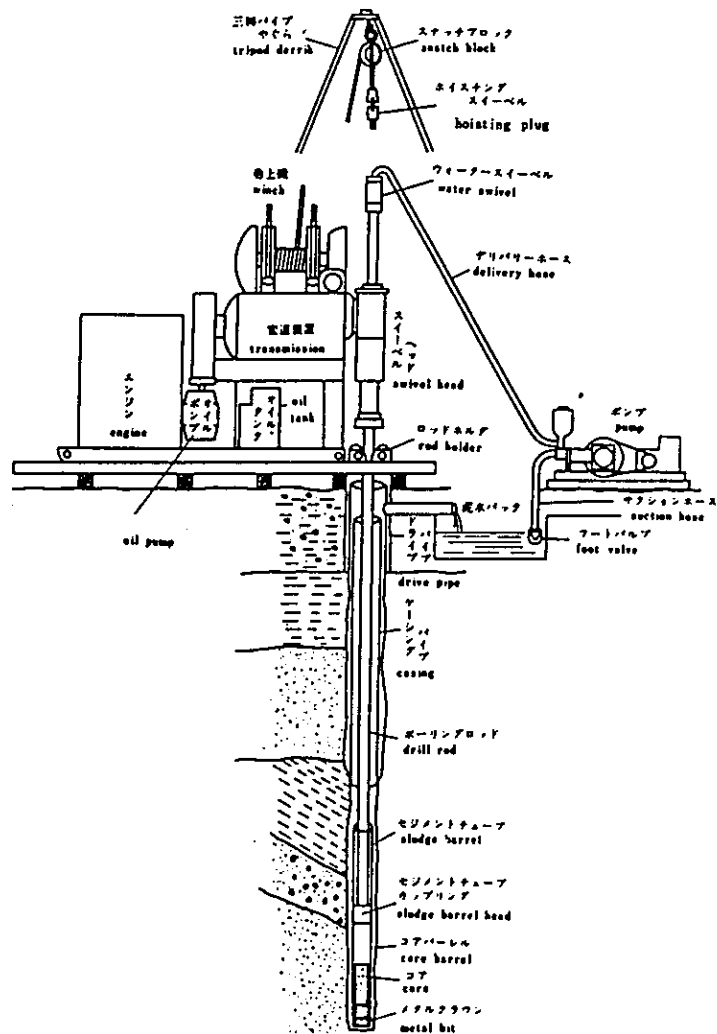


図8-2 ボーリング装置の全体図

8-1-2 掘さく工法による使用機材

ボーリングに使用する機材は、掘さく方式、掘さく機械の種類によって異なる。掘さく予定深度、最終孔径により機械・ロッド・ビット等を選定し、地質状況によってはケーシング等を準備する。

1. 回転スピンドル型

回転式スピンドル型で掘さくする時は、その目的によってコア掘りとノンコア掘りに分けられる。コア掘りの工法としては、コア採取ごとにロッドを昇降する普通工法と孔内のトラブルがない限りビットが摩耗するまでロッドを揚げずに連続してコア採取ができるワイヤーライン工法がある。コア掘り用ビットは岩質によりメタルクラウンとダイヤモンドビットを使い分ける。コアを必要としない場合にはノンコア掘りを行う。主として調査の場合を除き、軟弱な表情や未固結の砂礫層等の土質掘進の時、ノンコア掘りを行う。図8-3にスピンドル型の各種給進方式を示す。地質条件、工法による掘進速度の関係の概略は、表8-2のとおりである。

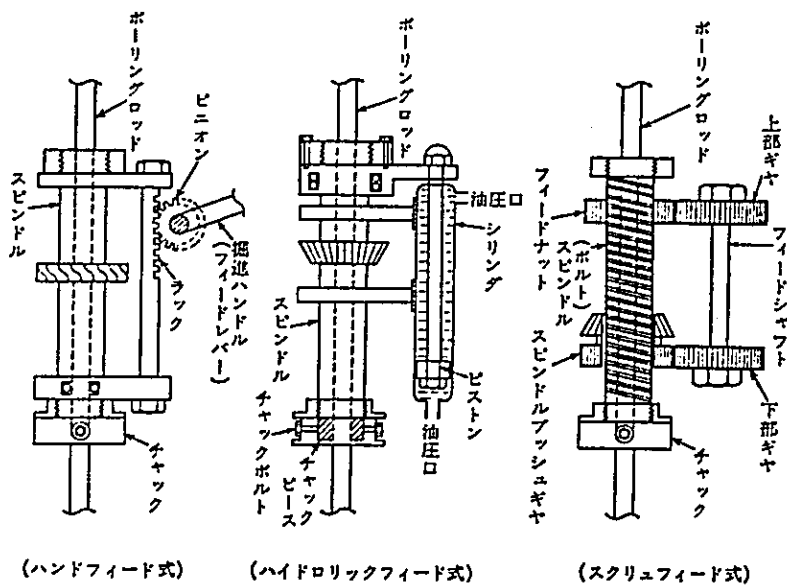


図8-3 スピンドル型各種フィード方式

表8-2 地質条件、工法による掘進速度相関表

分類	細目	ノンコア掘り				コア掘り				
		ノンコア掘り		メタルクラウン		ダイヤモント		ビット		
		掘進速度 (cm/min)	初期	末期	掘進速度 (cm/min)	初期	末期	掘進速度 (cm/min)	初期	末期
硬岩	硬質岩 良好 悪質 破砕	1~4	遅 "中 速	変化なし " " " "	2~6	遅 "中 速	早く低下(メタル摩擦) やや速い(コア詰り) 変わらない(コア流失)	2~10	遅 "中 速	変化少ない 速く低下(コア詰り) 速く低下(コア詰り)
軟岩	硬質岩 粘質岩 非粘質岩	5~10	遅 やや遅 遅	" " " "	5~10	遅 やや遅 速	速い(張付き) 遅い	1~8	速 遅 速	速い(張付き) 遅い
土質	固結度の良い土 礫質土 砂質土	5~30	遅 " " 速	" " " "	5~30	遅 " " 速	変わらない(コア流失) " " (")			

(注) 1) 掘進速度は初期の一般的数値を示した。

2) ノンコア掘りは使用するビットの形式で変わる。

3) 岩盤は硬軟、岩盤状況の組合わせが複雑なので、表のとおりとならない時もある。岩盤等級については附1を参照のこと。

4) ()内に主な条件を示した。このためボルツクラウンは破砕帯でコア流失する時は、末期になってもメタルと同様変わらない。

5) 中硬岩は堆積岩のみ軟岩に準ずる。

この方式を用いる際に、以下の理由により泥水を注入する必要がある。

- (1) 孔底やビット付近からスライムを除去してビットを清浄するときにスライムを地上まで運ぶ。
- (2) ビットやドリルカラー、ボーリングロッドを冷却し、かつ潤滑にする。
- (3) 薄くて強靱な不浸透性の泥壁を作って、孔壁が崩れるのを防ぐ。

泥水には粘土鉱物であるベントナイトと分散剤を水と混ぜたものが最もよく使われる。その他、石灰泥水、石膏泥水などの特殊泥水がある。

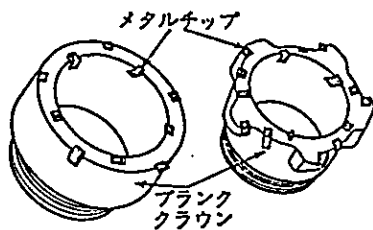
泥水を循環させる方法としてダイレクトサーキュレーション（正循環方式）とリバースサーキュレーション（逆循環方式）がある。前者はポンプからデリバリーホースを通して送られた泥水をウオータースイベルを通してボーリングロッド内に送入させ、ロッドと孔壁の間を上昇させる方式である。後者はその逆で、ロッドを通して泥水とスライム（岩粉、切粉）をエアリフトで吸い上げる方法である。さく井ではダイレクトサーキュレーションが一般的である。

リバースサーキュレーション工法は、対象地層が未固結で、掘削深度が50～60m程度と浅く、孔径が500mm以上と大きい場合に適している。

スピンドル型用のビットには以下のようなものがある。

①メタルクラウン

メタルクラウンは、特殊な硬合金(チップ)を刃先に植え付けたビット(図8-4)で、未固結第四紀層や粘性の多い頁岩などの掘さくに適する。回転数は60~150r.p.mが普通で、給圧はメタル1個あたり50Kgが基準となっているが、極軟質、粘性の地層では給水圧が上昇するので、給圧を少なくしたり、ウイングクラウンで掘さくする。他に特殊クラウンがあるが、表8-3に適用表をまとめた。



(a)メタルクラウン (b)ウイングクラウン

図8-4 メタルクラウン

②ダイヤモンドビット

硬岩、超硬岩用の掘さくに使用される。刃先にタングステン・銅・ニッケル・コバルト等を合成したマトリックスという合金があり、これにダイヤモンドの粒を植え付けたものをサーフェスタイプビットと称している(図8-5)。マトリックスの硬軟とダイヤモンドの粒子の大小によって地質に適したビットを選定する。インブリグネイテッドタイプビットは、ダイヤモンドの粉末とマトリックス材料の金属粉末を混合・焼結して作ったもので、均質な岩石や超硬質の岩石に使用される(図8-6)。回転数1,000r.p.m以上、加重200~400kgが適当とされているが、この調和が掘進率に影響する。礫層等にはシングルコアビットを用い、岩盤はダブルコアビットで掘進する。ダイヤモンドビットを使用するときは、孔径維持とビット外径摩耗防止のため、ビット直上に必ずリーミングシェル(リーマー)を接続する。リーマーの外径はビット径より0.5mm大きくなっている。地質状況や用途によって各種のビットが製作されている。表8-4に対象岩盤強度とダイヤモンド粒度マトリックス硬度との適応関係を示す。

表 8-3 メタルビット適応表

錐の種類	深度に応じた孔径 mm	最も能率のよい標準寸法 mm	コア採取	適当な用途	適応地層			岩質		
					上砂	礫 玉石	転石	砂岩、頁岩、 石灰岩、凝灰岩	花崗岩	安山岩
ノリムクラウン	35~100	55~65	可	軟岩及硬質地層の探鉱	△	□	○	◎	○	○
ウイングラウン	75~150	110~120	可	稍軟質地層の探鉱	◎	○	×	◎	○	○
平形錐	75~150	110~120	不可	軟質岩盤の穿孔	◎	□	×	◎	×	○
玉石用魚尾形錐	75~125	100~110	不可	砂礫層の穿孔	◎	◎	×	○	×	○
土砂用魚尾形錐	75~150	75~150	不可	土砂層のさく井	◎	×	×	×	×	×
三羽根ビット	75~240	100~240	不可	上砂層のさく井	◎	○	×	×	×	×

◎最も良く切削可能 ○切削は可能であるが遅い ×切削不可能 □刃先を破損 △事故の危険多し

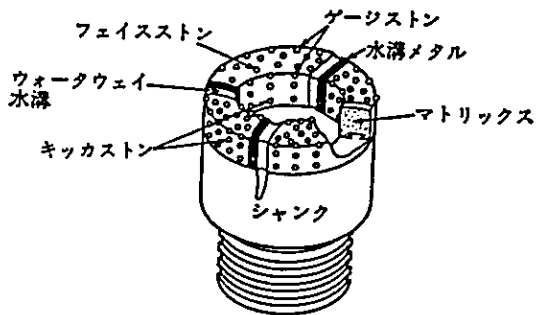


図 8-5 ダイヤモンドコアビット (サーフェイスタイプ)

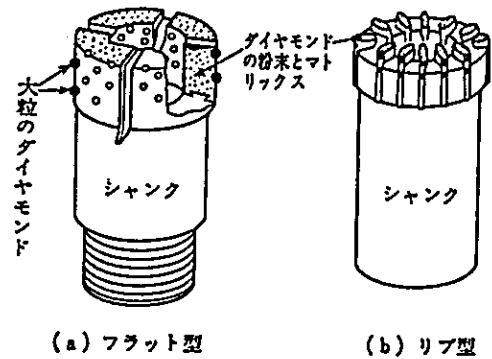


図 8-6 インプリグネイテッドタイプ

(30~186 mm)

表 8 - 4 岩盤強度とダイヤモンド粒度、マトリックス硬度との適応関係

ビットの種類	ダイヤモンドの粒度 (CT)		マトリックスの硬さ	岩盤の強度分類			
				軟岩	中硬岩	硬岩	極硬岩
				均 不	均 不 破	均 不 破	均 不 破
サフェイス ビット	大粒	1/8~1/15	軟 中 硬	◎ ○ ○ ◎			
	中粒	1/15~1/20	軟 中 硬		◎ ◎ ◎		
		1/20~1/30	軟 中 硬		◎ ◎ ◎	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○
		小粒	1/40~1/60	軟 中 硬			◎ ◎ ◎ ◎
イングリ ネイテッドビット	パウダ	30~60 メッシュ	軟			○ ○ ◎ ◎	
			中			◎ ○ ◎ ○	○ ○
			硬		○	◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎
標準ビットライフ				300~100m	80~40m	50~20m	20~5m

- (注) 1. 軟岩~極硬岩の分類は附1参照。
 2. 均、不、破の区別は、岩質の均質、不均質、破碎質の分類である。
 3. ◎印は最も適するもの、○印は準ずるものの意味である。
 4. マトリックスの硬さ： 軟10~25°、中25~35°、硬35~50° (R.C.)

③コアバーレル（コアチューブ）

コアビットで切り取ったコアを収めるために用いるパイプをいう。均質な地質でコア採取率の良いときにはシングルチューブファバーレル、コア採取の困難な地層、例えばき裂の多い地層、岩層や軟弱層などにはダブルチューブコアバーレルを用いる。ダブルチューブコアバーレルは二重管になっていて、循環水はこの二重管の中を通過する。この二重管の内管は回転させ、コアに衝撃を与えないものをスイベル式、内外管が共に回転するものをリジット式という（図8-7）

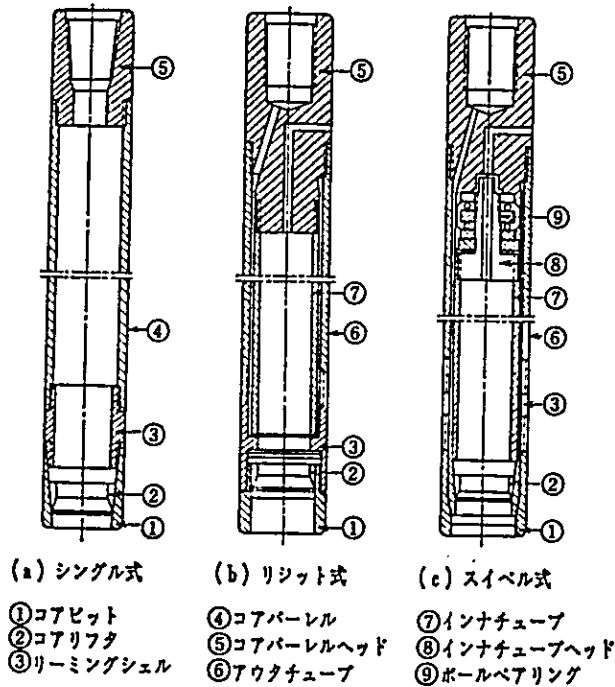


図8-7 コアバーレルの種類

④ワイヤーライン工法用機材

ワイヤーライン工法で掘さくする時には特別のコアバーレル（図8-8）を使用する。コア採取は細いワイヤーロープの先につけたオーバーショットでインナーチューブを引上げて行う。このため孔内状況が変化した場合以外は、ビットが摩耗するまでロッドを揚げずに連続掘進できる。100m以上の掘進にはコア採取率、掘進能率とも普通工法より向上する。最近ではコア採取率を上げるために三重管のコアバーレルが開発され実用化されている。ビットはサーフェスタイプダイヤモンドビットを用いるが、ワイヤーライン専用のもある。

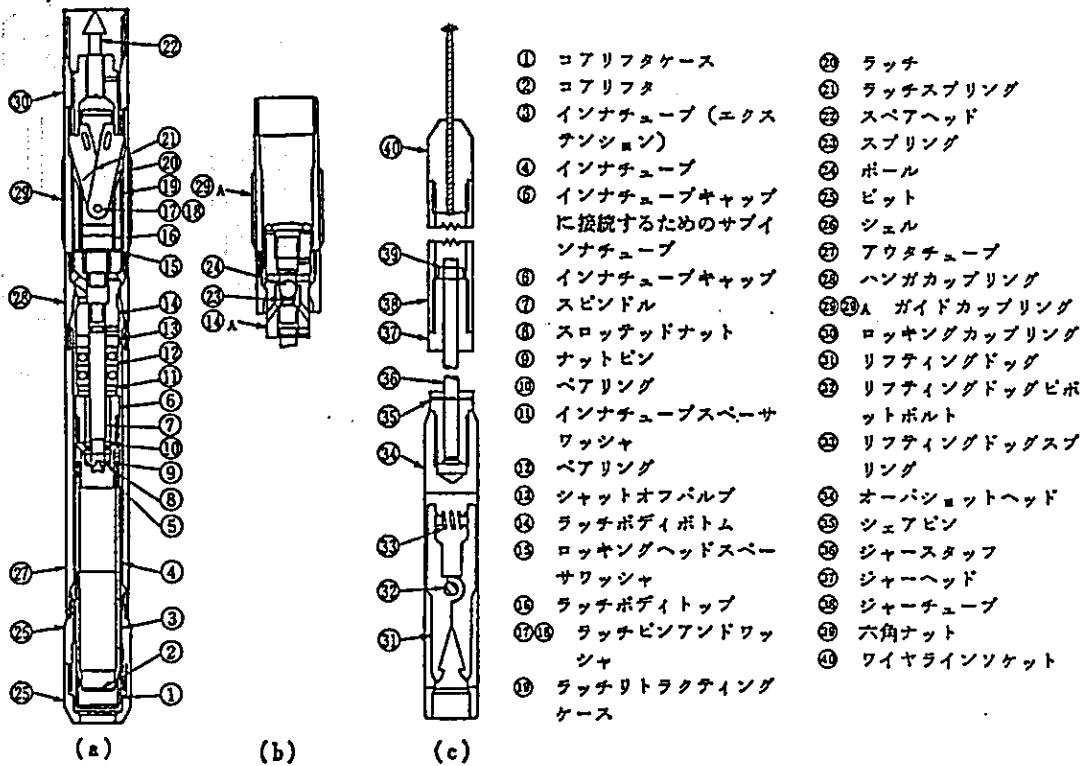


図 8-8 ワイヤラインコアバーレル

ワイヤーライン用ビット 47.6 ~ 116 mm

⑤) ノンコア掘用機材

表土層、砂礫層の掘さく、およびコアを必要としない地層、コア採取が目的でない場合にはノンコア掘りを行う。ノンコア掘り用のビットには、ブレードビットとローラーカッタービットがある。ブレードビットには、フィシュテルビット（魚尾形）、フラットビット（平形）などがあり（図 8-9）、軟質地層、砂利層の掘削に有効である。また、ダイヤモンドうめこみ型のものもある（図 8-10）。ローラーカッタービットは、一般にトリコンビットと称されている。刃先には歯車状の刃が軸の回りについて、カッターがそれぞれ自由に回転でき、コーン状に組み立てられている。歯の表面には硬合金がついており、岩質によって歯の形状や大きさが違ったものを選定する。軟岩、中硬岩、硬岩用の種類がある。歯が 1~4 個のものがある。拡孔用のオープンビットや歯がたくさんついた大口径用のローラービットもある。トリコンビット（図 8-11）は地下水関係で水抜きボーリングやさく井などに使われている。

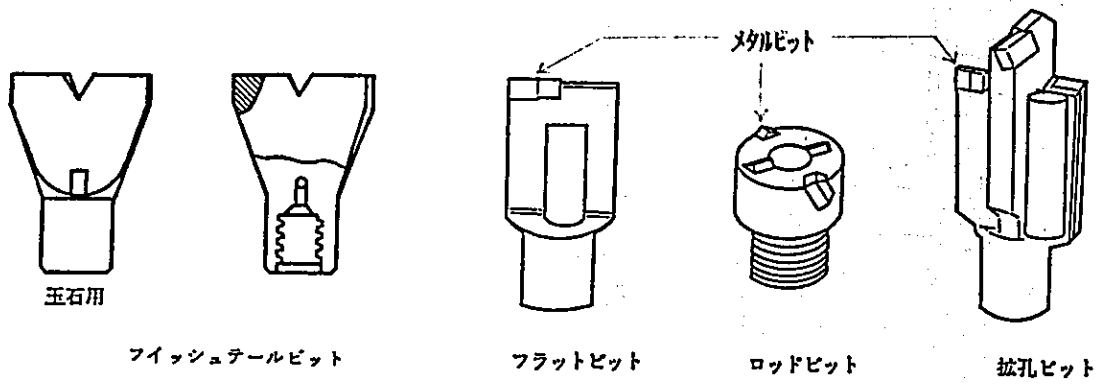


図 8 - 9 ノンコアリングビット

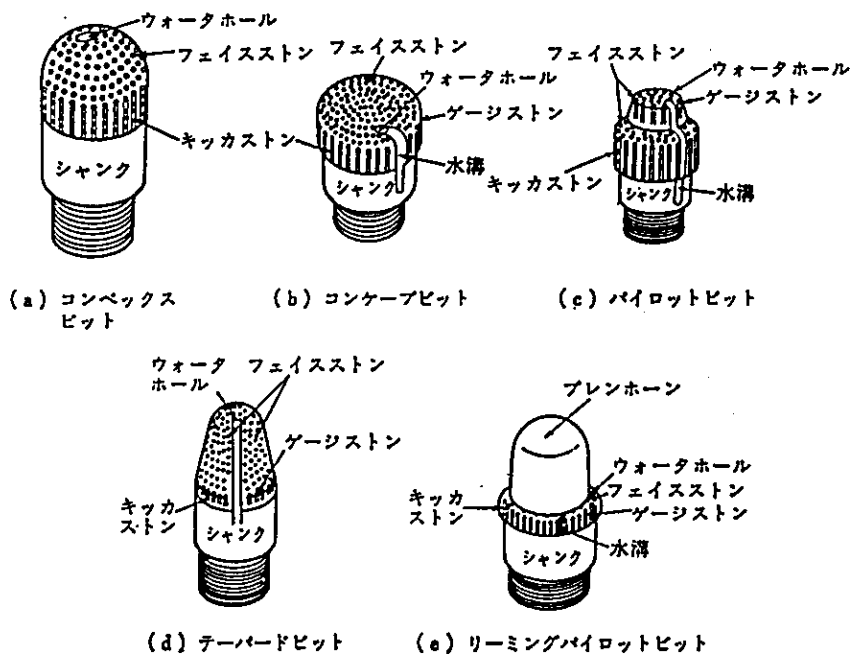
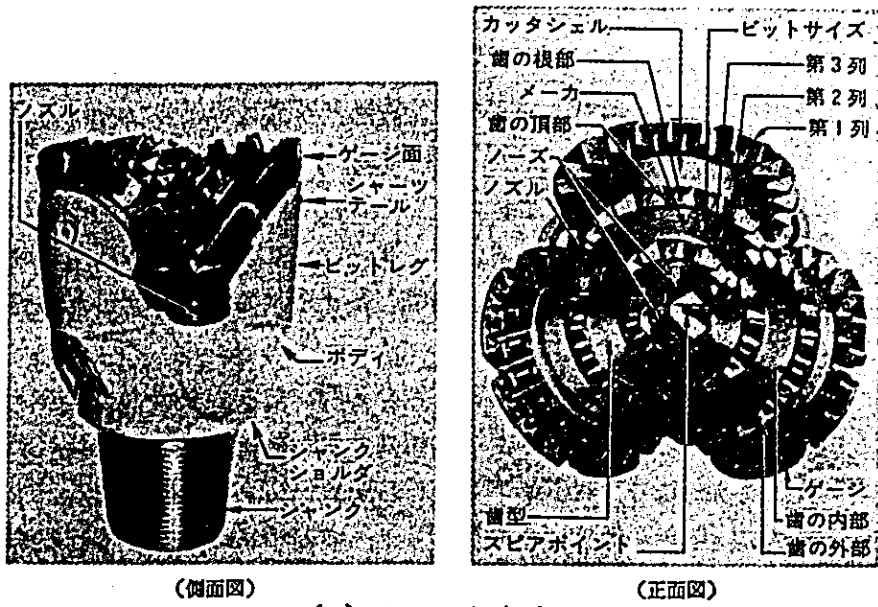


図 8 - 10 ノンコアリングビット (ダイヤモンド鑄込み)



(b) インサートタイプ

図 8-11 トリコンビット

(3 7/8 ~ 1 7 1/2インチ)

⑥その他の機材

i. 保持具

ロッド、ケーシングを揚降する際に、孔内に落ちないように一時的に保持する道具をロッドバンド、ケーシングバンドと称する。バンドは2枚の厚い鉄板を合わせてボルトを締めたもので、スリップ止のこまをはめてパイプを保持するものもある。バンドは抑留事故のときのロッド打上げや、ケーシングの抜管にも利用される。ロッドホルダーはロッドを揚降するときに使用し各サイズで深度に応じた種類がある。

ii. 事故回復具

ロッド、ケーシング、コアチューブ等を孔内に落とした場合に取り上げる用具は主としてタップを使用する。タップは円筒の内側か外側にテーパねじが切っており、ロッドの下に接続してこれを降下し、ねじを食い込ませて回収する。ケーシング抜管の際、抜けない場合にはケーシングカッターで途中から切断して回収する。送水圧を上げることによりカッターの刃が出た時、ロッドを回転してケーシングを切断する。

2. ターンテーブル型

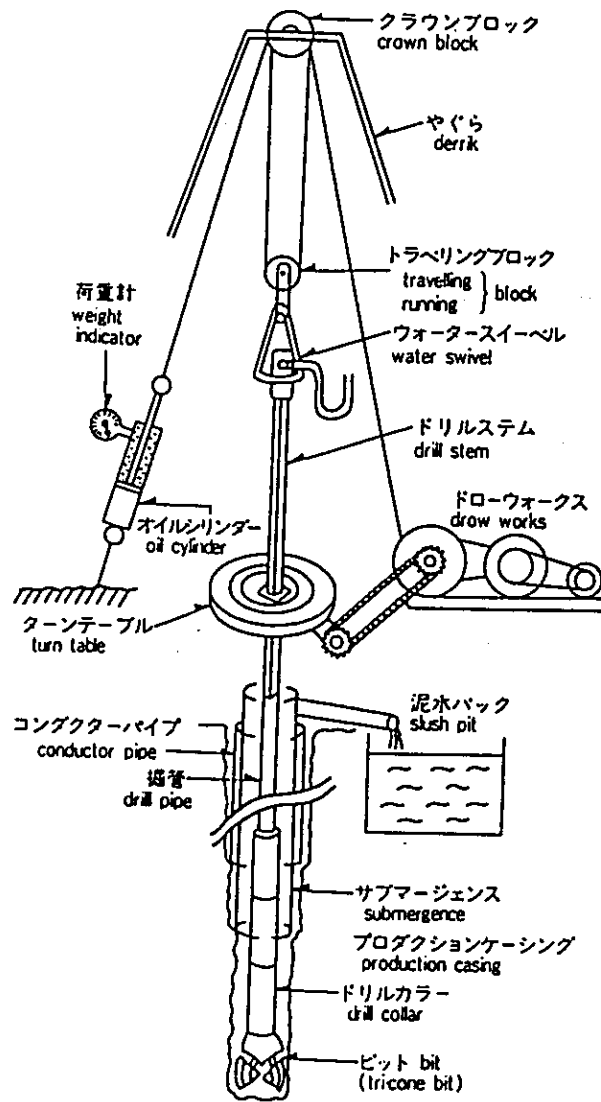
機械の主体は回転を与えるターンテーブルと、給進を操作するドロウウォークスである。機械の大きさはテーブルマシンではテーブル中央の穴の径で、またドロウウォークスはドラムシャフトの径で示される。掘さく能力は600～4,000mのものがある。掘さく深度と使用機械の一例は、表8—5のとおりである。また次頁に説明図も示す。

ロッドはドリルパイプと称し、ビットに回転を伝え、管自重の一部で荷重をかける役割をするので、引張強度70Kg/cm²、伸び20%以上の引抜き継目無鋼管を使用する。継手はツールジョイントを用い、ドリルパイプ管端にねじの長さの2～3倍をはめ込み、肉厚として管本体に熔着されている。ビットにかける荷重は主としてビット直上にドリルカットを付けて行う。必要荷重に応じてドリルカラーを増減し、またドロウウォークスのブレーキ操作で荷重を加減して掘進する。ドリルカラーの重量は孔井の屈曲防止にも役立っている。孔井屈曲防止にはドリルカラーの中間にスタビライザを使用すると一層効果がある。

ターンテーブル式に使用するビットは主としてミドコビットやローラーカッタービットで掘さくするが、コアを必要としたり、岩質が硬い時は、ダイヤモンドビットを使用することもある。ロータリー式では近年、大深度井の掘さくが行われているが、岩質の圧縮強度が深度と共に増大するのに対して、現在のビットでは耐久度に限度があるので、新しいビットの開発が望まれている。またポンプも1,300 HP以上の大型のものは3筒のブランジャーポンプが使用されている。

表8—5 深度別主要機械の能力

深度	テーブルマシン	ドロウウォークス
500m級	8 3/4"	4 7/8"
1,000m級	12 ~17 1/2"	6 1/2"
1,500m級		
2,500m級	20 1/2"	7 1/2"
3,000m級		9"



ターンテーブル型(turn table type) 説明図

3. ローピング型

ワイヤーロープの先にビットをつけた鋼管性のツールスを上下させ、地層に衝撃を与え、紛糾して掘進する方法であるので、回転式とは違った器材を使用する。機械には掘さく具捲上げ用の動力伝達装置がついている。掘さく具捲上げ装置は、スライム排除方式が汲取り式であるので、ベラーによる汲取りをする場合や、ケーシングを挿入する場合に使用される。次頁に説明図を示す。

(1) テンバースクリュー

ビットに給進を与え少しづつ回転する器具をいう。

(2) シンカーバー

真直な孔を掘るために使われる。直径60～150mm、長さ1.8～1.5mのものが用いられる。

(3) パーカッションジャールス

ビットが孔底にはまり込もうとする時、これを孔底からはね上げる作用をする。

(4) オーガシステム

ビットに荷重をかけ衝撃力を大きくするためと、真直な孔を掘るために使用する。

(5) ロープ(掘り網)

ロープは自重と1～2 tonのツールスを吊り下げた状態で、上下運動の慣性モーメントと、衝撃荷重に耐えられるものが要求される。一般に19本6撚りで7/8"～1"のワイヤーロープが使用されている。

(6) ビット

ビットは地層によって各種あるが、一般に枕ビットが使用されている。玉石用として一文字ビット、尖形ビットなどがあるが、一般の掘さくでは円形のビットが用いられている。

(7) ベラー

岩石の破砕片は孔内の水と攪拌されるが、掘進能率が落ちた場合にベラーを降下して、泥化した掘りくずを汲上げる。掘進と汲上げを交互に行って掘進する。

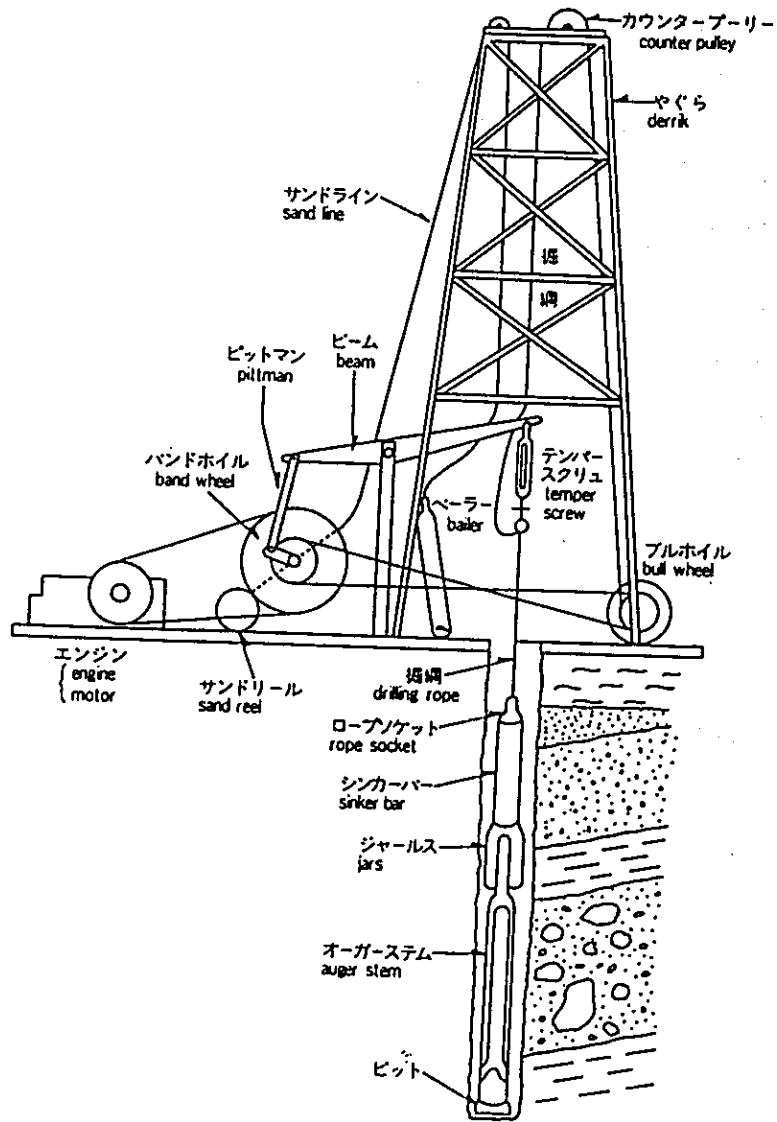
4. ダウンザホール型

ダウンザホール型ドリルはドリルパイプの先端に取り付けた図8-12のようなビットと垂直にピストンとシリンダーからなるエアハンマーに圧縮空気を送り込み、打撃運動を与えて岩石を砕きながら掘進していくものである。

地上に高圧・大容量のエアコンプレッサーを設置し、デリバリーホース、ドリルパイプを通してハンマーボディに送り込まれた圧縮空気によってビットに高い回数 of 振動を与えるのである。

この方法は、

- (1) 掘削効率が良い。
- (2) 多量の泥水を必要としない。
- (3) ビットその他の損耗率が低いので、コストを低減することができる。
- (4) 高い垂直精度を保つことができ、削孔も可能である。
- (5) 操作が簡単である。



ローピング型(roping type) 説明図

などの多くの利点があり、途上国で岩盤を掘進する必要がある場合に有効な方法といえる。また、地下水面に達したときに水が岩石粉とともに吹き出るため、その量を深度を増すごとに記録することにより、地下水面深度と流出量概略を知ることができる。

スピンドル型用の機材をほとんど使用できるが、その他に主に以下の機材が必要である。

(1) コンプレッサー

通常空気吐出量20~24 m³/m、圧力10~17kg/cm²の能力のものが用いられる。

(2) デリバリーホース

高圧に耐えられるようゴム製でピアノ線網目被覆付のものが使用される。

(3) ドリルロッド

通常地下水開発調査には4 3/4インチ内外のものが用いられる。表8-14にその構造を示す。

(4) ハンマーボディ・ビット

地下水調査では通常ビット径70~140mm、エア圧力7~18kg/cm²のものが用いられる。表8-6に大型孔径、表8-7に通常孔径のダウンザホールハンマーの仕様書の例を示す。

最近トラック搭載型(図8-13)を使用する例が多い。

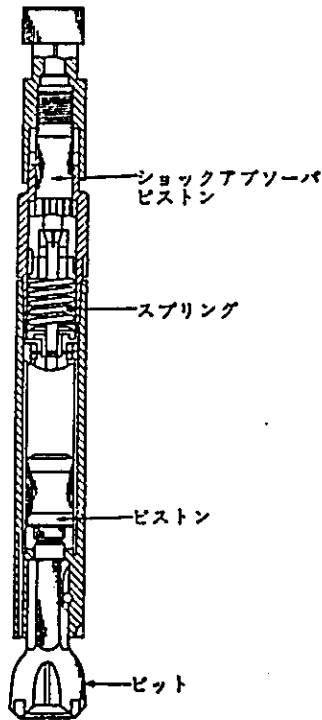


表8-6 N社大孔径ハンマービット仕様書

	A	B
ビットサイズ	550mm, 640mm, 750mm	550mm, 640mm, 750mm
長さ	1687mm (ビット含まず)	1687mm (ビット含まず)
重量	1830kg (ビット含まず)	1334kg (ビット含まず)
ピストン外径	300mm	300mm
ストローク	124mm	124mm
打撃数/毎分 (エア圧7kg/cm ² 時)	750	750
トップサネツ	A. P. I. 8 5/8" Reg BOX	A. P. I. 8 5/8" Reg BOX
エアー消費量 (Ncm ²)	7kg/cm ² 10.5kg/cm ²	7kg/cm ² 10.5kg/cm ²
メーク	54	54
チヨーク1/8"	80	80
チヨーク1/4"	56	56
チヨーク1/4"	82	82
チヨーク3/8"	58	58
チヨーク3/8"	84	84
	60	60
	87	87

図8-12 ダウンザホールドリルの構造

表 8-7 N社ハンマービット仕様

仕様	タイプ	C	D	E	F
外 径	m m	76	95	115	138
長さ (ビットネジ)	mm	910	998	1143	1248
重 量	kg	16.25	33	54.7	87.3
ト ッ プ 接 続 ネ ジ		1-7/8"×3TPI R. Box	2-3/8"API Reg Pin	3-1/2"API Reg Pin	3-1/2"API Reg Pin
常 用 圧 力	b a r	(a) 7.0	7.0	7.0	7.0
		(b) 10.5	10.5	10.5	10.5
		(c) 13.8	13.8	13.8	13.8
		(d) 17.2	17.2	17.2	17.2
エ ヤ ー 消 費 量	m ³ /min (上記エヤー圧時)	(a) 0.9	2.8	5.6	6.3
		(b) 3.6	6.4	9.3	9.8
		(c) 5.7	9.2	12.0	14.1
		(d) 7.0	11.6	15.7	16.5
ポ タ ン ビ ッ ト	m m	85	108	130	150
		90	115	140	165
		95			215

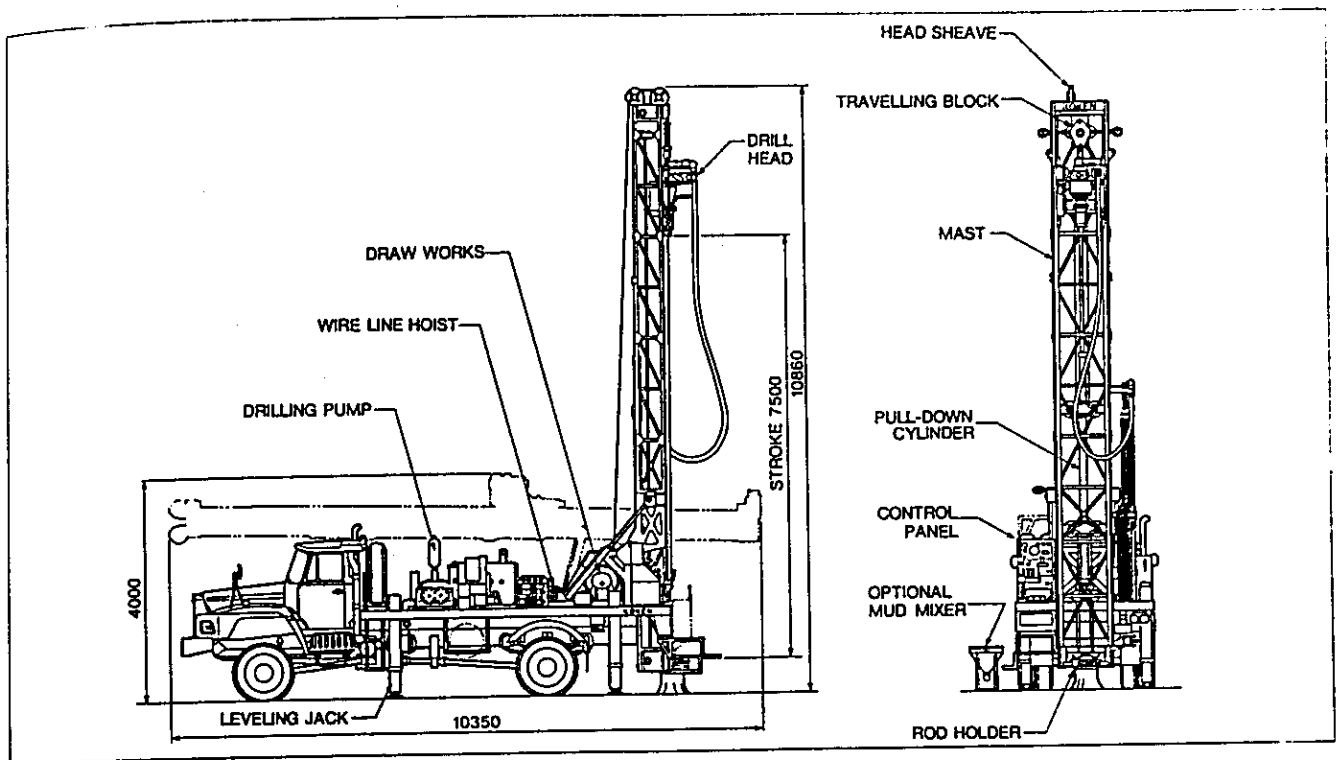


図 8-13 トラック搭載型ドリルマシンの各部名称と仕様の例

Model	A	B	C
Drilling capacity	NQ×300m, HQ×210m	NQ×500m, HQ×350m	NQ×700m, HQ×500m
Bit speed	0~60, 0~120, 0~225, 0~450rpm		
Pull-down Ballance power Thrust power	3,000kg 3,000kg	5,000kg 5,000kg	7,000kg 7,000kg
Draw works Hoisting line pull	1,500~3,000kg	2,500~5,000kg	2,800~3,500kg
Wire line hoist Hoisting capacity	300kg	500kg	700kg
Drilling pump (Recommended) Discharge capacity Max. pressure	0-170 ℓ/min 70kg/cm ²	0-300 ℓ/min 70kg/cm ²	0-570 ℓ/min 60kg/cm ²
Mast Max. hook load	3,000kg	5,000kg	7,000kg
Vehicle (Recommended) GVW rating Horse power	8,500kg 80~105PS at 1,800rpm	10,500kg 100~160PS at 1,800rpm	14,500kg 150~190PS at 2,350rpm

8-1-3 一般掘さく用必要機材

1 ボーリングやぐら

やぐらは使用機械・深度・方向・孔径等によって選定される。やぐらはロッド・ケーシングの昇降、ビット荷重の調整等に必要であるが、とくに孔内抑留事故の場合は強引しなければならないことがあるので、地盤の許容支持力や、やぐらの安全荷重、最大許容荷重などを計算して選定すべきである。図8-14にやぐらと深度の関係及び機械配置の例を示す。そのほかにトラックに搭載したものや、地上で組み立てて捲揚機で引越すジャックナイフ型などもある。

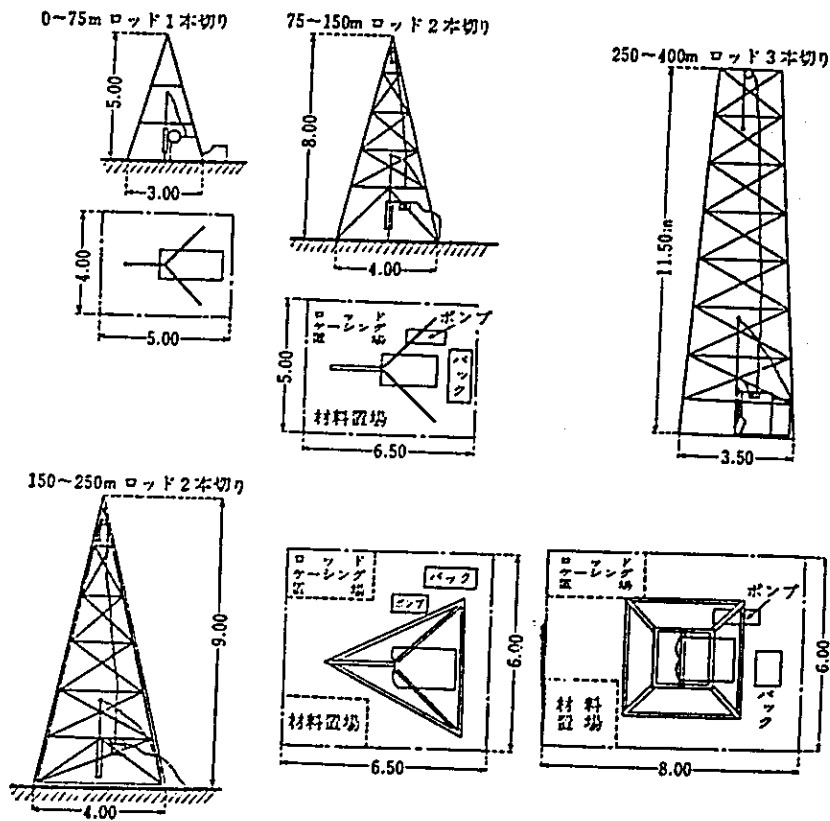


図8-14 深度によるやぐらと機械配置

2 原動機

①電動機

ボーリング用機械、ポンプ等には三相交流誘導電動機を使用し、電極は4～6極周波数50Hzまたは60Hzである。スピンドル型は出力1.5～37.5KW（2～50Ps）、電圧200Vのモーターが一般に使われている。ロータリー型は400V、50～500HP 捲線型で抵抗器を用いて変速する。

②内燃機関

ディーゼルエンジンとガソリンエンジンがあるが一般には前者が使用される。スピンドル型機械用には5～75Ps、1,200～2,000r.p.m、ポンプには、3～40Ps、回転数1,200～2,000r.p.mのものが使われる。ボーリング深度と原動機の必要出力の関係は、表8-8のとおりである。

表 8 - 8 ボーリング深度と原動機の必要出力の関係

原動機		100 以下	100~200	200~300	300~500	500~800	800~1200	1200以上
モーター	(KW)	3.7~5	7.5	10	15	20	25~30	30 以上
	(rpm)	1500~1800(50Hz-4P)					1000~1200 (50~60Hz-4P)	
エンジン	(PS)	5~8	8~9	10~20	15~25	25~30	30~40	40 以上
	(rpm)	1200~2000				1400~2000		

表 8 - 9 ポンプ容量と原動機出力との関係

原動機		30	60	80	120	160	200~250	300~500	600~800
モーター	(KW)	1.5 ~3	5	7.5	10	15	15~20	25~30	40~50
	(rpm)	1500~1800 (50~60Hz-4P)							
エンジン	(PS)	3~5	5~6	8~10	11~12	15~18	16~24	28~35	45~60
	(rpm)	1200~2000				1400~2000			

3 発電機

外部に電源を求めることができない地域で、電動機を使用したボーリング機械を用いる場合、エンジン発電機が必要となる。

(1) 発電機の仕様

エンジン発電機の選定にあたっては、ボーリング機材の運転に必要な電気容量のほか、周辺機器が必要とする電気容量も考慮にいたした上で、発電機的能力を決定する必要がある。発電機の積算に必要な仕様としては、次のような項目がある。

- ① 所要出力(又は機種名)KVA
- ② 仕様電圧および周波数
- ③ 使用負荷の種類
 - a. 単相または三相負荷
 - b. モータ負荷の場合
 - 出力(KW, HP)
 - 台数
 - 極数

(2) 始動機の種類

エンジン発電機を電源としてモータを使用する場合のモータ始動電流は、モータの定格電流の6～9倍程度と極めて大きく、その始動電流により発電機電圧は瞬時降下し、電気回路を遮断したり、すでに運転中の他のモータのトルク不足となったり、照明が暗くなり、また消灯する等、種々の弊害をおこす。またこの過大な始動電流のため、発電機容量をモータ容量の5～7倍程度までも大きくしなければならぬ欠点がある。電源である発電機容量を小さくしようとするれば、モータの始動トルクが減少し、モータの始動トルクを高くしようとするれば、発電機容量が大きくなる。そのため一般にエンジン発電機を電源としてモータを始動する場合、Y-Δ始動器とかコンドルファ始動器等を使用して、モータの始動電流を小さくして、エンジン発電機の容量を小さくする方法を行っているが、それでも発電機容量の2～3倍程度は必要である。またY-Δ始動器およびコンドルファ始動器等はいずれもモータの始動電流を小さくするため、モータ始動時のモータ給与電圧を低くするので、始動トルクが減少し、トルク不足によるトラブル等の原因となることもあり、始動器の選択には充分の注意が必要となる。

4 コンプレッサ

コンプレッサの選定にあたっては、次の5点に留意する必要がある。

1. 空気の圧力 (Kgf/cm²)
2. 空気の量 (ℓ/min)
3. 出力 (KW)
4. 運転制御方法
5. 関連機器

(1) 空気の圧力 (Kgf/cm²)

空気ホースの太さや配管の長さ、それに継手類の使用によって圧力が低下するので、実際に使用する機器、工具の作動圧力より1.5 ~ 2Kgf/cm²程度高い機種を選ぶ必要がある。

(2) 空気の量 (ℓ/min)

実際に使用する空気量より10%程度余裕のある機種を選ぶのがよい。

(3) コンプレッサの出力 (KW)

使用する空気の圧力 (Kgf/cm²) と空気の量 (ℓ/min) に応じて、コンプレッサの出力 (KW) の仕様を決定する。

(4) 運転制御方法

① 手動アンロード式(連続運転)

定格圧力になった時、手動により空運転(アンロード)にするもので、アンロードを働かせない場合は、安全弁が作動する。

② 自動アンロード式(連続運転)

空気タンク内の圧力が定格圧力になると、アンロードパイロット弁が作動して、自動的に空運転となり、圧力が1 Kgf/cm²下がると、自動的に圧縮運転に戻る。

③ 自動圧力開閉器式(断続運転)

空気タンク内の圧力が定格圧力になると、圧力開閉器が作動して、自動的にモータを停止させ、圧力が2 Kgf/cm²下がると、自動的にモータを起動させ、圧縮運転に戻る。

(5) 関連機器

圧縮空気内には水分・油分・ゴミが含まれるので、使用する条件により、清浄な圧縮空気を正しい圧力で使用するためには、コンプレッサとともに、冷凍エアドライヤ、空気清浄機器、トランスフォーマ等の関連機器が用いられる。

5 ボーリングロッド

JIS規格で材質が決められているが、メーカーによって各種のサイズが製作されている。使用ロッドの選定は主要掘さく孔径の1/2以上とする。国内で使用されているものはJIS規格、アメリカのDCDMA(Diamond Core Drill Manufactures Association)のもの及び各社で定めているものがある。JISでは呼び径33.5、40.5、42.50(mm)の4種類が定められており、材質強度も定められている(表8-9)。

DCDMAではH呼び径が表8-10のように定められている。表8-11には各ロッドの強度を示す。図8-15にロッド各部の名称を示す。

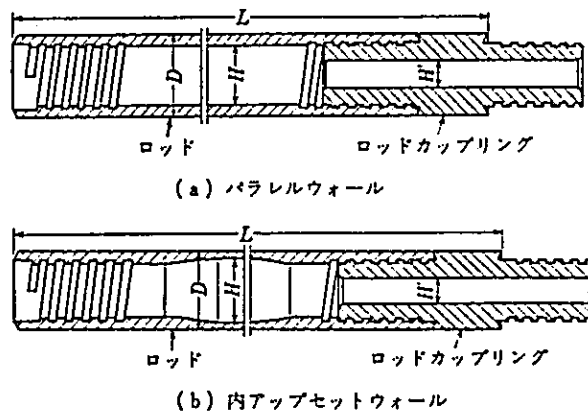


図8-15 ボーリングロッド及びカップリングの各部名称

表8-9 ロッドJIS材質強度表

管の種類	材質記号	引張試験		
		引張強さ Kg/mm	降伏点 Kg/mm	伸び %
1種	STM-R60	60以上	38以上	18以上
2種	STM-R70	70以上	45以上	16以上
3種	STM-R80	80以上	53以上	15以上

表 8-10 DCDMA標準規格

Nominal size	O. D. (D)mm	Thickness (t)mm	Length (L)m				Weight kg/3m	Rod coupling I. D. (H)mm	Remarks
HW	88.9	5.55	3.0				38.0	60	upset
NW	66.7	8.0	3.0	1.5	1.0	0.5	33.5	34.9	parallel
NW	66.7	5.0	3.0				25.7	34.9	upset
BW	54.0	8.0	3.0	1.5	1.0	0.5	25.5	19	parallel
BW	54.0	5.0	3.0				18.7	19	upset
AW	43.6	6.05	3.0	1.5	1.0	0.5	17.5	15.8	parallel
AW	43.6	4.75	3.0				14.5	15.8	upset
EW	35.0	5.75	3.0	1.5	1.0	0.5	13.7	11	parallel
RW(XRT)	27.8	4.65					8.0	11	parallel

表 8-11 T社ボーリングロッド強度諸元表

ロッド 呼称	外径 (mm)	内径 (mm)	カップリング 内径 (mm)	ロッド重量(kg) (JIS)		引張強度 (tf)		ねばり強度 (kgf・m)	
				3 m	1 m	降伏点強度	破壊値	降伏点強度	破壊値
33.5	33.5	23	13	10.98	3.66	14.6	19.6	126	168.9
40.5	40.5	31	17	12.57	4.19	17.8	24.4	191.4	258.2
50	50	37	22	20.91	6.97	33.3	44.6	426.7	575.9
AW	43.6	34.1	16	14.59	4.86	33.3	44.6	268	318
BW	54	45	19	18.8	6.27	42.8	57.4	495	588
NW	66.7	57.7	35	23.84	7.95	53.5	72.3	811	963
AQ	44.5	34.9		14.1	4.7	14	19	134	180
BQ	55.6	46		18.04	6.01	20	28	170	250
NQ	69.9	60.3		23.38	7.79	26	36	275	415
HQ	88.9	77.8		34.22	11.41	41	55	620	995

(注) 1. 上記諸元はメーカーによって、また材質によって若干差異がある。

2. 上記重量はカップリングを含まず、カップリング重量は33.5が0.48kg/個、40.5が0.72kg/個、50が1.60kg/個。

6 ケーシング

崩壊のおそれのない、固結岩の帯水層は別として、固結していない堆積層に井戸を設ける場合には、ケーシングを必要とする。

(1) 口 径

ケーシングの口径は、井戸の揚水量に基づいて決められているが、深井戸用ポンプのボウルサイズが収まる口径より一回りないし二回り大きい口径のパイプ（たとえば、ポンプのボウルサイズが230mmφとすると、これが収まるパイプは250mmであるから、ケーシングは300mm または450mm パイプ）とする、という決め方も一つの基準である。パイプの口径を一回りないし二回り大きくするのは、ウェルロス（井戸損失）を軽減するためである。図8-16にケーシングチューブとビットの関連早見表を示す。

(2) 材 料

我が国におけるケーシングの材料としては、通常JIS-G-3452配管用鋼管またはJIS-G-3444一般構造用炭素鋼鋼管が用いられているが、水質の影響による腐食や電食のおそれのある場合には、とくに肉厚のパイプを使用したり、ステンレススチールやプラスチックのパイプが用いられることもある。鋼管のケーシングの継手は、溶接またはネジカップリングであるが、強度および施工上の点で、溶接のほうがはるかに多い。とくに250mm以上のケーシング継手はほとんど溶接である。表8-12にケーシングパイプのJIS規格を示す。

(3) セッティング

ケーシングを長く接続したストリングを構造的にみると、細長比（Slenderness ratio）がきわめて大きく、一般建設物でいう長柱の範囲をはるかに超えているので、オープンホールにおいてケーシングをセットする際には、この点に最も注意を払うべきである。しかも、ケーシングストリングの先端が孔底に着いた際、自重のみであろうと、圧縮荷重がかかると、必ず偏心曲げモーメントも生ずるから、たちまち挫屈を起こすに至る。よってオープンホールにおけるケーシングセットは、ストリングの先端を着底させることなく、ケーシングクランプまたはケーシングリングを外さず吊りを取っておき、充填砂利で周囲が完全に保持されてから、はじめて解放するようにしなければならない。なお必要があれば、細長比を小さくすることおよび心出しのためにストリングの要所要所にセントライザー（Centralizerまたはの名をCentering device）を取り付ける。

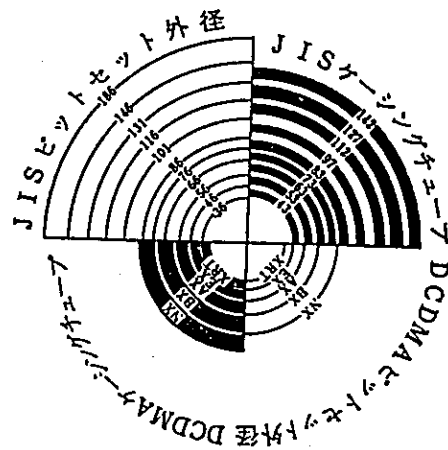


図 8-16 ビットとケーシングチューブ関連早見表

表 8-12 ケーシングパイプの形状, 寸法 (JIS M 1411)

呼 称	外 径 A (mm)	内 径 B (mm)	靴内径 C (mm)	靴外径 D (mm)	靴長さ b (mm)	山 数 (山/in)	質 量 (kg/m)
142	142	133	138.0	136.5	50	4	15.3
127	127	118	123.0	121.5	"	"	13.6
112	112	105	109.0	108.0	"	"	10.3
97	97	90	94.0	93.0	"	"	8.07
83	83	77	80.5	79.5	"	"	5.92
73	73	67	70.5	69.5	"	"	5.18
63	63	57	60.5	59.5	"	"	4.44
53	53	47	50.5	49.5	"	"	3.70

(注) 材質第 1 種 S T M - 6 0 (引張り $60\text{kgf}/\text{mm}^2$)。

7 スクリーン

スクリーンは井戸の心臓ともいえるべき重要な部分であり、その優劣は、①湧水能力、②水位低下と揚水ポンプの揚程、③砂の流出量、④井戸の寿命など、さく井の成果を左右する要因となる。

(1) 理想的なスクリーンの条件

- ①集水面積が大きい。
- ②集水部の表面が平滑である。
- ③スロットサイズ (Slot size: 集水みぞ幅または集水孔径) が、周囲の帯水層粒子または充てん砂利の粒子に見合った大きさである。
- ④砂や砂れきの粒子による目づまりを防止できる形状である。
- ⑤井戸の仕上げおよびインクラステーション除去の効果を、容易に上げうる構造である。
- ⑥強度および耐食性に富む。

(2) スクリーンの種類と選定

① 材質

スクリーンの材質は、地下水が腐食性を示す場合はもちろん、インクラステーション生成の傾向にある場合でも、酸処理効果を発揮せしめる目的で、スクリーンには耐酸性の材料を選定することが望ましい。一般に使用されている耐酸性の材質は、JIS規格・SUS-304のステンレス鋼である。スクリーンを構成する材料は、電気化学的腐食を防止するために、いかなる場合においても、イオン化傾向の異なる2種以上の金属または合金を使用すべきではない。

② スロットサイズの重要性和防砂効果

揚水中に流出する砂は、井戸を短命に終わらせるのみならず、揚水ポンプを損傷したり、通水管路や機器に障害を及ぼしたり、これを分解除去するのに余計な費用をかけなければならないなど、全く忌まわしい存在である。砂が流出する原因は、集水流速(問題になるのは局所的な集水流速)が過大であるという一事に尽きる。主として沖積世、洪積世および第三紀の砂や砂れき層から採水するオープンホール井においては、帯水層の砂粒の流出防止のために、充てん砂利を必要とすることがきわめて多いが、充てん砂利は帯水層中の最も細かい粒子を安定せしめるような粒程度のものを選定し、スクリーンは、その充てん砂利を安定ならしめるようなスロットサイズを有するものでなければならない。そのためにはスロットサイズを自由に選定できるスクリーンを使用するのが得策である。

③ スクリーン・ジャケットの弊害

スロットサイズと充てん砂利が過大であることは意に介せず、ただ防砂目的の必要上から、スクリーン周囲に、サランネット、金網などをスクリーンジャケットとして

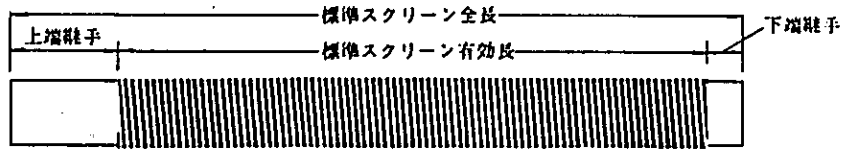
巻くことが往々にして行われているが、いかなるスクリーンジャケットも害多くして益の少ないものである。スクリーンジャケットの使用については、だれしも一度は思いつくが、これらのスクリーンジャケットによって、すべての場合に有効に砂の流出を阻止し得るとは限らず、仮に防水目的を達することができたとしても、目づまりのため必ずウェルロスが極度に増し、比湧水量を大幅に減少せしめると同時に、水質によってはインクラステーションの生成を助長したりする。

④ スクリーンの口径と長さ

スクリーンの口径を大きくしても、比湧水量はそれほど増加するものではない。たとえば、スクリーンの口径を2倍にしても、その比湧水量の増加は5～11%程度である。ところが、スクリーンの口径を等しくして長さを2倍にすると、一般に25～60%の比湧水量の増加を期待することができる。確かに、スクリーンの口径を大きくすればするほど、ウェルロスが減少し、仕上げ作業が楽になるのは事実である。しかし、水理学的数値から、工事費とさく井効率を併せた総合的な経済性を考えるならば、スクリーンの口径を大きくすることよりも、長さを増す(貫通費—Penetration ratio: 採水層厚に対するスクリーンの長さの比—を大きくする)ことに重点を置くべきであろう。スクリーンの長さは、被圧帯水層の場合採水層圧の85%以上、不圧帯水層の場合浸水層圧の1/3～1/2を帯水層下部に設けることが望ましい。図8-17はスパイラルスクリーン(捲線構造)の某社規格で、間隔(スロットサイズ)は2/3mmから0.5mmまで帯水層に合わせて選定できる。また図8-18は他社のスロットサイズ(隙間間隔)と開孔面積比との関係である。

(3) セットニング

スクリーンの強度は、先に述べたケーシングよりさらに小さいものであるから、セットニングを行う際、その取り扱いには十分な注意が必要で、要所には必ずセントラライザーを取り付けなければならない。オープンホール内に一本のケーシングストリングの一部としてスクリーンをセットする場合は、ケーシングによる圧縮荷重をスクリーンにかけることは絶対禁物である。



仕様	口径	100A	125A	150A	200A	250A	300A	350A	400A	450A	500A	550A	600A
外 径		127	153	180	230	280	333	367	417	472	525	577	625
内 径		106	131	156	206	256	306	340	390	442	500	545	595
上 端 継 手		75	75	150	200	250	400	400	400	400	400	400	400
下 端 継 手		75	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
標準スクリーン 有効長		3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
標準スクリーン 全長		3,650	3,650	3,750	3,800	3,850	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

図 8-17 スクリーンの仕様の例

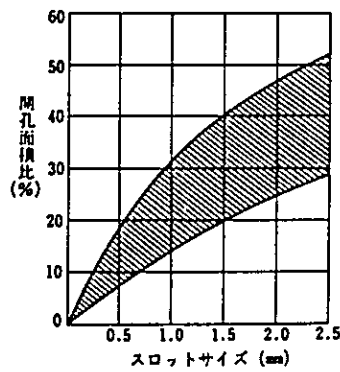


図 8-18 スクリーンの開孔面積とスロットサイズの関係

8 ポンプ

動力ポンプの選定にあたっては、揚水量・静水位・動水位・井戸口径などの仕様、および現地の電気事情に注意を払わなければならない。また、ポンプの揚水能力の決定にあたっては、しばしば揚水量と揚程を当て推量で定めて、過大な容量のポンプを設置すること多いが、これは運転効率の低下と維持費の上昇を招くので、適切な容量のものを選ぶべきである。

(1) ポンプの種類と仕様

①種類

ポンプには次のような種類がある。

- ハンドポンプ
 - a. 浅井戸用 …………… 揚程15m まで
 - b. 深井戸用 …………… ” 15～50m まで
- 動力ポンプ …………… 深井戸用
 - a. ボアホールポンプ(バーチカルタービンポンプ)

駆動は電動式とエンジン式がある。

- b. 水中モーターポンプ

電源の無い所では発電機を使用するが、維持管理が難しい。

②仕様

動力ポンプ(水中モーターポンプ)の仕様の例としては、次のような項目がある。

- 用途
- 水質および温度
- 井戸管内径と深さ
- 静水位(ポンプ休止中の水位)
- 動水位(ポンプ運転中の水位)
- 揚水量
- 地上揚程(実揚程に送水管、曲り、バルブ等の損失を足したもの)
- 電圧および周波数
- 操作方法(手動か自動か、空転防止、水位測定定器など)
- その他

(2) ポンプの選定

無償の機械供与だけの場合など、揚程が浅いため、現地で使われないまま放置されている例がある。ハンドポンプは揚程をつかんでおけば、揚水管を長く準備すれば使用できるが、動力ポンプの場合は、揚水量(必要水量)、静水位、動水位(ポンプ揚水によって降下する水位—既存資料より推定)の把握と、井戸口径(帯水層の採水可能量から決定)に関係するので、精密な現地調査をすることが必要である。ボアホールポンプ

は構造が簡単で、現地修理が可能なため、利用されることが多い（日本国内は少ない）。ただし、電気事情を調べておくことが必要である。エンジン駆動式がよく用いられる。

水中モーターポンプは最近増加している、中には日本で評価がよいから供与しようと考えている技術者もいる。このポンプは井戸口径、自然水位、動水水位、揚水量等の確認も必要であるが、電気事情が決め手になる。電圧変動の多い所では、自動的にスイッチが切れるようになっているので（モーターを焼かないため）、思い通りの揚水ができないことがあり、故障したと思う現地人が多い。なお、モーターの修理は水密性の技術移転をしないかぎり困難である。電源がないからといって発電機にすると、OMに金がかかりすぎる（発動機容量はポンプの2倍位必要）。また、電気事情の中で、単相、三相の他にVヘイズなどモーター用に使用できないものもある。その国の地方にでると単相しかない所もあり、単相の水中モーターポンプは割高になることが多い。

揚水ポンプを選定する際に、しばしば犯しているあやまちには、次のようなものがある。ひとつは、井戸の計画水量を定め、その井戸の発注をする時に、揚水ポンプの揚水量と揚程を当て推量で定めて、同時に発注している向きが往々にしてあるが、揚水ポンプは、井戸が完成し、その性能が明らかになったうえで、はじめて仕様が決定されるべきである。当て推量でポンプの仕様を定めると、どうしても余裕を多く見込みがちで、無駄が生じやすい。過大容量のポンプの定格運転時よりもずっと下回った点で運転すれば、当然効率は下がり、設備費、経常費ともに冗費が増える。揚水ポンプに関する限り大は小を兼ねないのである。

また、JIS規格では〇〇mm井戸用ポンプという表示がなされているが、これを誤解して、このポンプは〇〇mmのケーシング井戸でなければ、挿入してはいけないのだと思っている人がかなりいるが、この場合の井戸のケーシングは、〇〇mmよりも一回りまたは二回り大きい口径とすることが望ましいのであって、JISの表示も「〇〇mm以上井戸用」と改めるべきである。

物理探査機器には、電気探査機器、弾性探査機器、放射能探査機器等があり、調査対象地域の気象条件、地形、地質条件に応じて適切な機器を選ぶ必要がある。

1. 電気探査機器

電気探査法には、大別して、比抵抗法、自然電位法、強制分極法などがあるが、地下水探査の場合は、主として比抵抗法が実施されている。この比抵抗法には、垂直探査と水平探査があるが、実際の測定では、電極の移動方法が異なるのみで、装置自体は同じである。一方、大地へ流す電流の相違により、比抵抗法は交替直流法と区別され、測定装置も異なる。通常実施される測定方法のうち、地電流の多い場所では、交替直流方式の装置が適しており、装置も比較的簡単である。一方、直流法の装置は、とくにこの影響を除去するための補償回路を備えており、やや複雑である。

装置は電源部、電流回路部、電位回路部、電線、電極等より構成され、このうち、電流、電位回路線がとくに重要で、探査深度や探査方式の違いにより、各種のものが市販されている。探査深度約50m程度までは、トランジスタインバーター型の交替直流方式の装置が主として用いられ、この装置の最大出力は300V、0.1A程度である。また、探査深度500m程度までは、電池を電源として、ローターサイリスタ併用の交替直流方式の装置が使用され、通常、600V、3A程度の最大出力が得られる。深部の探査の場合は、高電圧、大電流の得られる装置が必要で、この場合は通常、直流方式の装置が適している。直流法で用いられる電源は、乾電池、蓄電池、A.C.またはD.C.発電機などであり、A.C.発電機から供給された電流は、昇圧整流されたのち、矩形波に変換される。

電極には電流電極と電位電極の2種類があり、電流電極は大地に電流を流すための電極、電位電極は電位を測定するための電極である。電流、電位電極とも金属棒（長さ50cm程度）を用いるが、直流法の場合は分極を避けるため電位電極として素焼のポット（壺）など非分極性電極を用いている。探査に際しては、電極の接地は確実にいき、電極と電線の接続が腐食等で接続不良を生じないように保守点検を十分行うとともに、できれば、測定と同時に測定値を用紙にプロットして、異常値の場合は直ちに再測定して、測定ミスかどうかを判断する必要がある。また、とくに深部探査のように大出力の電源を使用する場合は、測定者および第三者の安全には十分注意する他、道路横断部での電線の保守に留意する必要がある。その他、調査地付近に井戸があれば、その水位を測定し、解析の一助とすることができる。

2. 弾性波探査法は、大地に振動を与え、地中を伝わる弾性波動を直線上に配列した受震器で受けて、地中の伝播速度ならびに、速度層の厚さ、分布等を調べる方法である。この測定装置の主要部は、起震部（爆薬と発火器、重錘、ハンマー、エアガン等）、受震部（受震器）、接続ケーブル（受振器ケーブル）、増幅部、表示部等である。

受震器には動電型、電磁型など数種類あるが、ほとんど動電型 (Moving Coil Type) が用いられており、その固有周波数は目的に応じ選ぶ必要がある。動電型はさらに上下動(P波用)と水平動(S波用)にわかれる。受震器は、先端をとがらずか、スパイクがつけてあり、地面にさし易くなっている。受震器ケーブルは受震器と増幅器(あるいは増幅器を内蔵した記録器)を接続するケーブルで、通常5mあるいは10m感覚に受震器取り付け部がついている。

測定装置は、表示部の相違により、波形表示型と計数表示型に大別される。起震点から各受震点までの弾性波初動到達時間を得るのに、前者は、受震器で観測された波形を記録紙上に描き、それから時間の読み取りを行うものであり、後者は、ある設定レベル以上の大きさの最初の震動が観測された瞬間を直接、計数表示するものである。計数表示型は、ノイズの大きい場合では、正確に初動を測定することは、必ずしも簡単ではない。しかし、表層部の探査や、短区間長の速度を求める場合などは、非常に手軽に行える利点がある。一方、波形表示型は、記録からいちいち初動を判定して、時間を読み取らねばなぬため、手間がかかるが、各受振点の波形の対応づけがしやすいほか、波形記録が残るので、再解析も可能である。さらに、波形表示型は、初動到達時間の長さについては、原理的には、制約を受けないので、深部の探査に使用される装置はほとんどすべてが波形表示型である。

最近では、S/Nを向上させるため、同一起震点、同一受震点で何度も観測を行い、その記録波形の重合処理を行う装置が市販されている。この重合装置を用いる場合の起震源としては、火薬、ハンマーのほか、高圧気体の解放を利用したエアーガンが利用されている。また、目的により、P波、S波を用いた探査が行われるが、通常、起震方法を変えたり、受振器の接地方位を変えることによって測定されており、増幅器、記録器、ケーブル等は、P波、S波に共用できる。

3. 放射能探査機器

放射能探査は、自然放射能強度を測定する方法と人工放射性同位元素を利用する方法とに分けられる。地下水探査の場合、前者は、断層地下水脈上で自然放射能強度が増大することから、その位置の推定が行える。一方、後者は、人工放射性同位元素をトレーサーとして利用し、地下水の流下方向、流速の測定等に利用される。そのほか、人工放射性同位元素の利用法として、放射線と地層構成物質の相互作用から地層の性状を知ろうとする方法がある。放射能の測定法として最も一般的に行われている方法は、カウンターによる計画法である。この測定装置としては、G.M.カウンター、またはシンチレーションカウンターがある。これらは、比較的軽量小型で、電源を内蔵しており、現場でも簡単に使用できる。自然放射能強度の測定で、計測値の基準として用いられる自然計数の測定は、とくに測定場所に注意する必要がある。最もよいのは、陸地から離れた船上といわれているが、その他、建物近くやアスファルト舗装、切り通し、放射性物質の集中場所など以外で、日陰において10分間以上の連続測定を行うことが望ましい。また長期間に渡る測定では、自然計数を測定した場所で、毎回測定してチェックしておく必要がある。また、人工放射性同位元素をトレーサーとして用いる場合は、核種の選定には、放射能汚染、化学反応、半減期等を考慮して慎重に行う必要がある。

物理検層機器には、電気検層機器、速度検層機器、反射検層機器、放射能検層機器、地下水検層機器、湿度検層機器等があるが、できるだけ多目的の検層を行って、総合的に解析することが必要である。

1. 電気検層機器

電気検層法としては、地層の比抵抗、自然電位、泥水抵抗の測定が主として行われ、地層の判別、性状の把握に利用されている。比抵抗検層のうち、最も一般的なものは、2極法である。この場合、薄層の分解能をよくするためと、地層の平均的比抵抗を得るために、電極間隔（ a ）を大・小、数種類を組み合わせ測定する場合が多い。したがって、電気検層装置も1素子のものから、1回のソンの降下で数種類の電極間隔の測定が同時に行える多素子のものまである。

装置の付属品としては、プローブ（孔内電極）、ジョイント棒または、セルシンモーター（プローブの上げ下げによる案内輪の回転を記録器に伝えて、記録紙を送る）ケーブル、地上極（電気探査で用いられる金属製電極棒）等があるが、測定深度の大きなものには、ケーブルの巻上げ用の電動ウィンチを整備したものがある。また、装置全体としての軽量化が進み、ケーブルも改良されて、耐張力、耐熱性の優れたものが使用されてきている。

実際の測定においては、案内輪の回輪と記録紙送りとの同期がずれることがあり、とくに1素子の測定器で電極間隔を変えて、何回も測定する場合等には、ケーブルに深度を印し、時々記録上で深度の確認をすることが必要である。さらにまた、深度とともに水圧も増すので、コネクター類の接続部や、ケーブルの防水には十分留意する必要がある。

2. 速度検層機器

速度検層としては対象とする弾性波の種類により、P波ならびにS波検層とがある。通常、起震源は、P波の場合は火薬法、S波の場合は板たたき法であり、測定間隔は、2m、5m、10mが多い。受震器はケーブル内に内装されており、P波の場合は、6～12個の受震器で構成されているので、その深度の測定が可能であるが、S波の場合は、三方向成分（水平2成分、垂直1成分）が1個で構成されているため、1深度ごとに測定する必要がある。

この他、超音波を発生する振動子（発振子）を、受振子とともにソンの組込んだ超音波速度検層装置（いわゆるソニック検層装置）がある。これは、速度測定その他、受振波の振幅の輝度変調を行うインテンシティーログも可能である。

一般に、速度検層は孔内水を媒介として行うので、孔内水の無い部分では、測定が不可能である。しかし、孔壁に受震器を圧着させて行うS波速度検層は、水位以上の部分でも測定が可能である。また、孔壁の地盤速度が孔内水の速度（ $V_p \approx 1500/s$ ）以下の場合、P波速度検層では良好な測定ができないことが多い。その他、ケーシング効果、ケ

ーブル効果といった、実際の地盤の速度以外のものが測定されることがあり、測定には十分注意する必要がある。また、必要に応じて孔口付近にも受震器（いわゆるアップホール）を設置し、解析時の補正に供することが、しばしば行われる。

3. 反射検層機器

反射検層法はボーリング孔内に超音波送受振子を組込んだプローブを降下させ、孔内水を介して、ボーリング孔壁と送受振器間で超音波の反射する様子から、地層の割れ目の大きさ、頻度、地層の硬軟の程度等を測定する方法である。反射検層器はプローブ、ケーブル、案内輪、測定器本体、発電機より構成されている。プローブには上下にセントラルライザーがつき、中央部に送受波器がセットされている。パルスの繰返し周波数は200Hz、超音波周波数は1～10MHzの範囲で使用できる。信号はファイバー記録管上に輝度変調して、記録紙上に記録される。

4. 放射能検層機器

放射能検層法は放射性同位元素から放出される放射線と、地層構成物質との相互作用から地層の性状を調べる方法であり、地下水探査の場合には、〔中性子—中性子〕反応および、〔 γ — γ 〕反応の2種類を主として利用しており、前者は高速中性子の減速を利用した中性子水分計、後者は γ 線のコンプトン散乱を利用した γ 線密度計である。

中性子水分計は中性子源から放出された高速中性子が地層内でエネルギーを失って熱中性子となったものを、熱中性子検出器で検出し、単位時間当たりの熱中性子の強さと物質中の水素原子の密度が対応することから、地層中の含水量を測定するものである。測定器の構成はプローブ、高圧電源回路、増幅器、およびスケラーまたはレートメーター（放射線強度計測部）からなり、プローブ内には高速中性子源（主としてAm-Be）、熱中性子検出器（主として、BF₃ 比例計数管）およびプリアンプが内蔵されている。中性子水分計は、結晶水と自由水とを区別できないほか、H₂O、OH、CHなどの化学組成も区別できず、Cl、Mn、B 等がある量以上含まれていると、これら元素による影響を受ける。

一方、 γ 線密度は、線源から放出された γ 線が地層内で散乱するので、この散乱 γ 線強度を検出器（主として、G.M.管、シンチレーションカウンター）で計測して、それから地盤の密度を測定するものである。測定器の構成は中性子水分計と類似しており、プローブ、高圧電源回路、増幅器、およびスケラーまたはレートメーターからなる。線源としては、⁶⁰Co、¹³⁷Csが用いられている。

含水量および密度の測定精度は、計器の誤差、土の性状、プローブの設置状況にかなり影響されるといわれている。とくに密度の測定では、プローブと孔壁との間隙による誤差が最も大きいといわれており、そのため別に孔径測定を行い、補正が加えられているほか、近年、プローブを孔壁に圧着して測定する機構が開発されている。また、使用線源の半減期を考慮して、使用頻度に関係なく、時間経過につれて線源を新しくして、必要な強度を確保する必要がある（半減期は⁶⁰Coが約5.2年、¹³⁷Csが約26.6年）。そのほか、放射線等の取扱い・保管にはとくに注意し、放射線障害防止の観点に立って、関係法令を遵守せねばならない。

5. 地下水検層機器

地下水検層機器は、地下水の流動速度や帯水層の位置等を調べる方法で、ボーリング孔内にNaCl等の電解物質を溶解させ、孔内水の電気抵抗をあらかじめ約1/10~1/20程度の値に下げおき、これが透水面から流入する比抵抗の高い地下水によって、置換稀釈されて、流動面付近の水の比抵抗値だけが時間経過とともに著しく変化する。これをあらかじめボーリング孔内に挿入した電極を通して、地下水検層器により測定するものである。したがって、測定時には電極を静止させ、孔内水のかくはんを極力避けなければならない。装置の構成は、測定器本体とピックアップとから成り、ピックアップは多芯のビニールコードに多数個の電極が通常25cm間隔で設けられている。測定器本体は、接続されたピックアップの抵抗値を交流発振回路およびブリッジ回路をとおして整流し、検流計で直読し抵抗を求めると同時に、水深はプッシュ釦式の切替レンジで検流計の振れを見ながら察知できる機構となっている。

6. 温度検層機器

温度検層法は、孔内水の温度を連続測定し、孔内の地温分布を調べ、地温勾配、地下水流入箇所等を調べる方法である。装置は、プローブ、ケーブル、測定器本体から構成されており、感温部は、サーミスタまたは、ブルドン管が使用されている。孔内水温度は、掘削直後には、かくはん等により地温と平衡して達しておらず、一定時間経過後測定することが必要であり、他の検層も行う孔では、温度検層を先行させ、できるだけ孔内水のかくはんを生じないうちに測定することが望ましい。また、記録紙上に、時々計器に表示される温度を記入しておく、ペンのドリフトの補正ができる。さらに、感音部の応答時間に合った速度で、プローブの昇降を行い、あまり速く昇降を行うと正しい温度を自記しないことになり、十分注意が必要である。

7. 総合検層機器

以上、各検層種目ごとに測定器を示した。しかし、これらの検層は同一孔に対して、数種目の検層が組合わされて実施される場合が多い。また、できるだけ、多種目の検層を行って、総合的に解析することが必要である。そのため、検層種目ごとにプローブを交換することによって、多種目の検層が一台の検層で行えるような総合検層装置が開発されている。

多くの地下水開発調査において、水位の変動に関する情報が重要な位置を占める場合が多い。地下水位の変動の状況を捕捉するためには、定時観測による方法があるが、変動の状況を連続的に知りたい場合には、自記記録計による水位の観測を行う必要がある。

1. 水位計の種類

(1) フロート式自記水位計

水面に浮かべたフロート（浮子）が水面とともに上下するのを利用して、その動きを縮小または拡大して記録する器械である。一般には、フロートとカウンターウェイト（おもり）を1本のワイヤーでつなぎ、プーリーを回転させる。この時、フロートとカウンターウェイトの質量比は2 : 1に近似させると円滑な動きが期待できる。転換機構はプーリーの回転を原動節とするカム機構によって、従動節に往復直線運動、または往復角運動をおこなうもの等、いわゆるエンドレス機構の得られるものと、ベルトなどによって、ペン装置が案内レール上を一定の範囲内に限って移動するエンドレス機構の得られないものがある。エンドレス機構の得られないものでは、記録紙のスケール幅を越す水位変動が起こった場合には、記録不可能の状態となる。記録機構は垂直または水平に設置されたドラムに巻きつけた記録紙、あるいはロール状に巻いた記録紙にペンで記録する。記録紙の送りは、時計機構によりドラムの回転や巻き取り装置で行う。記録期間は、日巻き、7日巻き、30日巻き、80日巻き等がある。また、ギヤーの交替によって送り速度を変更することも可能である。

(2) 触針式自記水位計

水位の変化を検出器部の2本の触針によって追跡する水位計で、検出器の部分には長短2本の触針があり、2本とも水面下にある時は、地上のモーターが検出器を巻き上げる方向に回転する。2本とも水面に接していない時は、モーターが検出器を下げる方向に回転するようにリレー回路が接続される。触針の長い方のみが水面に接している時は、モーターの回路は電源から遮断され、検出器は停止する。このように、検出器の長短針のあいだに水面がくるように検出器が上下し、プーリーを回転させ、記録装置で水位変化を記録する。記録装置はフロート式のそれと大差ない。

(3) 水圧式自記水位計

水面の上下にともない、水中に設置された受圧部にあたえる水圧の変化を、ペロースやトランスデューサー等によってとらえ、導管またはケーブルを介して、地上の場所で記録させるものである。

(4) キャパシタンス式自記水位計

絶縁破覆された導体を一方の電極として固定し、水を他方の電極としてコンデンサーを形成させ、水位変化をキャパシタンス変化として検知し、これを増幅して自動平衡記録計によって自記するものである。

(5) 超音波式自位計

超音波が水と空気の境界で反射することを利用し、空中または水中のある一点から発射された超音波パルスが水面までに往復する時間から、レーダー式に距離を知るものである。この方法では、若干の広さのある水面を必要とするが、相当長期間の継続記録が可能である。

2. 水位計の選定

(1) 周囲条件

フロート式水位計では、水面に浮かべたフロートが、水面の昇降以外の外力、たとえば、風・波浪・流れ・振動等の影響を受けやすい場所では、そのままでは使用できない。このような場合、適当な工作物で解決できる場合もあるが、それが困難な場合には、他の適当な方法を選ばねばならない。この場合、水圧式、シャバシタンス式、超音波式によって代替しうる。水位の変動がいちじるしく大きい場所では、水位計の追従精度が問題となってくる。ウェルポイントなどによる排水工事箇所や揚水井付近のような激しい水位変動が予想される場所での測定にあたっては、特別な考慮を必要とする。

(2) 測定孔の径

測定孔の径が問題になるのは、主としてフロート式水位計である。市販のフロート式自記水位計には、それぞれの機種に適合するフロートとカウンターウェイトがつけられているが、フロートの径は普通のもは25cm程度で、井戸の真上に設置する。この場合、フロート径とブリー径を見込んで、井戸の口径は機種により多少の相違はあるが、おおむね60cm以上のものを必要とする。

井戸の口径が十分でないと、井戸壁にフロート等が接触して摩擦力を生じ、記録が階段状になって満足な結果が得られにくい。測定しようとする井戸の口径が小さなものであれば、どうしてもフロートを小さなものに代えなければならないが、そうすると当然、浮力も小さくなるので、フロートが大きい場合には問題にならなかったような器機内部のギヤー、滑車、摺動部分の摩擦、ペンと記録紙間の摩擦等が大きく影響し、フロートが井戸壁に接したときと同時に、記録が階段状になって満足な結果が得られにくくなる。

したがって、フロート式水位計を用いて、よい結果を得るには、①フロートは浮力を大きくするためにできるだけ径の大きいものを選び、②フロートが井戸壁に接することのないように十分に余裕のある口径の井戸を選び、③器機内部の摩擦力の小さな機種を選ぶのがよい。ボーリング孔のような細い孔井内の水位を測定しようとする場合には、以上の条件を考慮して、特別な設計による水位計を用意するか、触針式キャパシタンス式、水圧式(トランデューサー式)等の利用を考えねばならない。

最近の水位計には摩擦の少ない部品を使ったり、構造を工夫したりしてフロート径をある程度小さいもの(50～80mm)に替えても、調整を十分に行えば、おおむね満足する記録を得ることができるものがある。

(3) 継続記録可能時間

自記水位計の動力源はゼンマイによるもの、電池によるもの、交流電源によるもの等がある。自記により記録を継続することの可能な時間は、時計の設計条件、および1回にセットできる記録紙の長さによって決まり、1日(日巻)、7日(週巻)、30日(月巻)、80~90日(長期巻または、3ヶ月巻)等となっている。計器の選定にあたって、この継続記録可能時間が、どの程度のものを設置するかについては、観測場所と人的配置の条件によって決められる場合が多い。長期間にわたって継続記録を得ようとする場合、直ちに長期巻計器が適当であるとは限らない。むしろ、なるべく一週間巻程度の計器を利用した方が無難な場合も少なくない。その理由は機器の故障、誤操作、インキ切れ、誤差および指示狂い等を早期に発見できる可能性があるからであり、万一、失敗しても、一週間の欠測ですむからである。

観測場所が辺地であったり、人的余力に乏しいような場合には、どうしても長期間の継続記録が可能な機器に頼るようになる。このような場合、ゼンマイ駆動の時計では、時計の日差が累積され、または送り速度にムラがある等の事情があって、記録紙の回収後、それらの補正作業に相当の時間を消費する等の例が多かったが、最近では水晶時計の普及に伴い、この面での心配は不要になっている。しかし、3カ月といった長時間、放置した状態で完全な記録を得ることは、易しいようではあるが冒険であり、一連の点検・操作・取扱いについて相当に熟練した調査員が必要である。従来の経験からすれば、實際上、記録紙回収後の解析作業の手間等も含め、1ヶ月用の計器を運用することが、人的にも、経済的にも、もっとも得策な様に思われる。

(4) 水位の変動幅

エンドレス機構のない水位計を用いる場合には、予想される変動幅にかなうギヤ比率をとらねばならない。水位変動幅が大きいものと予想した場合、縮率は小さくなり、微小な変化を読みとることは難しくなる。逆の場合には、予想以上の水位変動があった場合、いわゆるスケールアウトとなって、記録が無意味となるばかりでなく、ある種の器械では、ペンの移動が、以後停止したり、元の位置に戻らなくなったりする。

8-5 水質検査器

地下水調査の水質検査に用いる器具としては、導電率計（電気伝導度計）、光電光度水質分析器、水質試験紙等がある。

1. 導電率計（電気伝導度計）

導電率計（電気伝導度計）は、溶液に電極を浸し、流れる電流値から溶液の導電率を測定する計測器であり、水質計として用いる場合、イオン交換水や蒸留水の純度測定、上下水や地下水等の水質検査、工業用水や農業用水、生活廃水、河川、湖沼の水質測定・管理に使用される。最近はコンパクトな携帯用ものもある（表8-13）。

表8-13 ハンディ伝導度計

測定範囲	モデル	A	B	C
第1レンジ 分解能		0~19 0.1	0~199 1	0~1990 10
第2レンジ 分解能		0~199 1	0~1990 10	0~19900 100

単位：μS/cm

2. 光電光度水質試験器

光電光度水質試験器は、試薬を用いて水色の変化を観測し、各種の水質分析をおこなうための器具である。通常光電光度計と試薬装置一式がコンパクトにセットされていて、持ち運びも可能である。

3. 水質試験紙

水質検査に用いる試験紙としては、pH試験紙、リトマス試験紙、細菌試験紙等が用いられる。水質試験紙は取り扱いが簡便であるが、空気中の変化が激しく、判定の個人差が大きいので、あまり望ましくない。その他にパケットテストと呼ばれる簡易比色試験法もある。これは小さなポリエチレンに試薬がすでに入っていて、そこに検水を入れ、比色するものである。

以下に各方法による分析可能な項目をあげる。

高精度分析にはイオンクロマトグラフ等の機器を使わねばならないことは言うまでもない。

表 8-14 各項目別測定方法

測定項目	記号	測定方法
亜鉛	Zn	試験紙 バックテスト計 光電計
硝酸	NO ₃	試験紙 バックテスト計 光電計
アニオン活性剤		光電計
アルカリ消費量 酸度		ドロップテスト
アルミニウム	Al	光電計
アンモニア	NH ₃	試験紙 バックテスト計 光電計
塩化物 (塩素イオン)	Cl	ドロップテスト 光電計
カリウム	K	光電計
カルシウム	Cl	ドロップテスト
クロム (6価)	Cr ⁶⁺	試験紙 バックテスト計 光電計
(3価)	Cr ³⁺	光電計
全(6価+3価)	Cr ³⁺	簡易器具 光電計
硬度(全)	TII	ドロップテスト
酸消費量 アルカリ度		ドロップテスト ドロップテスト
シアニド	CN	簡易器具 バックテスト計 光電計
(全)	CN ⁻	簡易器具 光電計
COD	COD	バックテスト 簡易器具
色度		光電計 簡易器具
硝酸	NO ₃	バックテスト 光電計
シリカ (珪酸)	SiO ₂ SiO ₂	バックテスト 光電計

測定項目	記号	測定方法
残留塩素	ClO	試験紙 バックテスト計 光電計
水温		水銀温度計
すす	Sn	試験紙 光電計
濁度		光電計 簡易器具
鉄 (2価)	Fe ²⁺	試験紙 バックテスト計 光電計
(3価)	Fe ³⁺	光電計
全(2価+3価)	Fe ³⁺	試験紙 バックテスト計 光電計
透視度		簡易器具
銅	Cu	試験紙 バックテスト計 光電計
鉛	Pb	光電計
ニッケル	Ni	試験紙 バックテスト計 光電計
バリウム	Ba	光電計
ヒドラジン		バックテスト
フェノール		バックテスト 光電計
フッ素	F	バックテスト 光電計
ホウ素	B	光電計
ホルムアルデヒド		バックテスト
マグネシウム	Mg	計算による
マンガン	Mn	バックテスト 光電計
溶存酸素	DO	簡易器具 光電計
硫酸	SO ₄	光電計
リン酸	PO ₄	バックテスト 光電計

一般細菌 大腸菌	菌群	試験紙 試験紙
------------------	----	------------

注) ドロップテスト: 簡易滴定分析のこと

簡易器具: その項目専用の簡易分析セットがあることを意味する。

現地調査により収集・観測する各種の水文資料の整理、データベースの作成等のために、パソコンと周辺機器を携行する必要がある。

現地調査により収集・観測する各種の水文資料の整理、シミュレーションモデル・パラメーターの作成・処理のためには、パソコンおよびその周辺機器が必要である。シミュレーションには大量のデータ処理が必要となるので、データ処理能力の高い16ビットパソコン(20～40Mバイトのハードディスク付が望ましい)を携行する。16ビットパソコンは計算時間に問題があるが、簡便なシミュレーションの実施が可能であり、技術移転の観点からも効果的である。

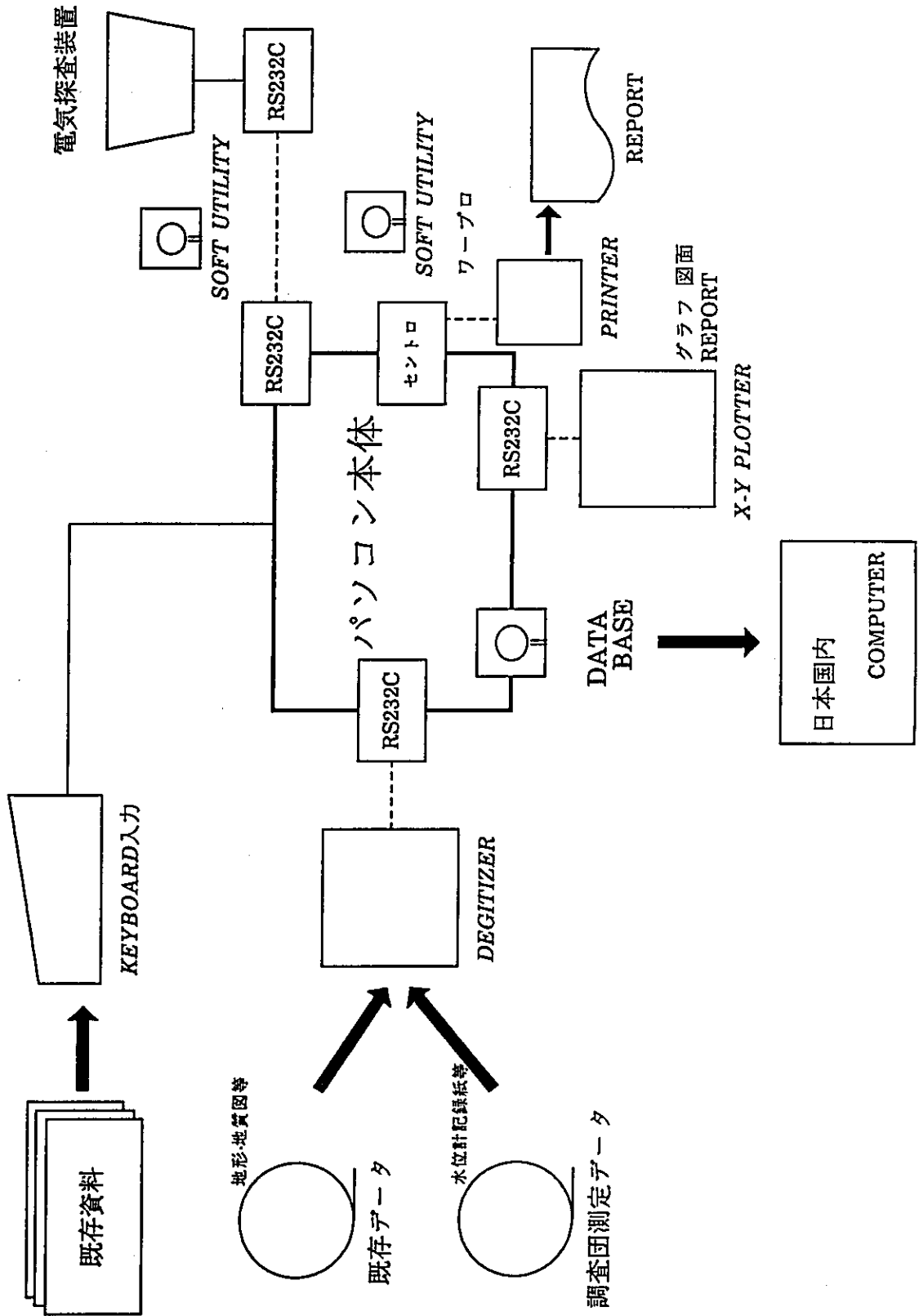
海外ではIBM PC/ATが主流である。一方、国内コンサルタントは、日本語の使えるNEC 98シリーズを使用しているケースが多い。両者とも次図のとおりRS 232Cというインターフェイスを共有することができる。しかし、相手国でのメンテナンスを考えると、できうるならば現地調達をした方が有利である。現地調達ができない状況の国では、IBM PC/ATとコンパチブルで日本語が使える東芝製のJ3100(ハードディスク付あり)が便利である。

したがって、上に述べたことを勘案すると、機種選定に当たって考慮すべき事項は以下のようにまとめられる。

- 1) コンサルタントのソフト適用機種
- 2) 現地調達可能機種(メンテナンスの有利性)
- 3) カウンターパート機関の推薦機種(技術移転の容易性)

また、開発途上国においては電圧・電流の変動が著しく、機器の損傷につながることもあるので、これを避けるためスタビライザが必要である。さらに停電の頻発する地域においては、機器の保護、データの保護のために無停電電源装置の利用が望ましい。最近では小型の無停電電源装置も開発され(松下電池工業 NUPS 1000 MK II、立石電気 BU501F等)、停電になった時に切り換え時間ゼロで電源をバックアップ(バックアップ時間5分間以上)するとともに、停電以外の電圧・電流の変動も出力側に現れないようになっている。

図 8-19 調査用機材のシステムの活用



8-7 車両

一般に、地下水調査の調査対象面積は広範で、地形的に悪条件な場合が多いので、人員、機材の移動にあたっては、堅牢な車両を用いる必要がある。

車種の選定にあたっては、現地の自然条件、道路事情、運搬する機材の重量、精密機器類運搬等に十分注意を払う必要がある。ボーリング機材の輸送にはトラックが用いられるが、気候条件があるにしても治安状況を考慮し、幌付またはアルミバン貨物タイプのもものが望ましい。

ボーリングマシンの運搬には昇降の際有効な小型クレーン付トラックの使用も考えられる。

トラック搭載型のボーリングマシンを使用する場合には、大型機材はドリルロッドのみとなる。

その他の機材・人員の運搬には高馬力のオフロードタイプ四輪駆動のバン（たとえばニッサンパトロールバン、トヨタランドクルーザーバン等）が望ましい。機材、人員同時運搬を考えると、特別仕様であるが、横向き対座シートにするのも方法である。

一度に多くの機材（ドリルパイプも含めて）・人員を運ぶのにコーチタイプ（ミニバス）の使用も考えられるが、耐久性に問題がある。

一般に途上国では、その経済性、維持のし易さ、運転性から、ディーゼル車を使用するケースが多いが、燃料入手状況も考慮して選択を行う必要がある。

キーワード：車種

トラック

四輪駆動バン

コーチタイプバス

：仕様

幌付

アルミバン

小型クレーン付

横向き対座シート

以下に各車種、トラック搭載用小型クレーンの仕様例を示す。

トラック

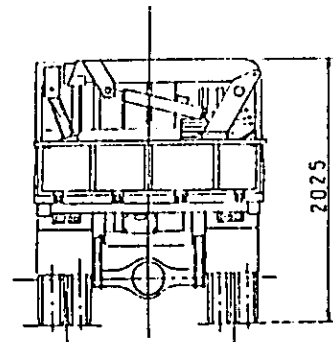
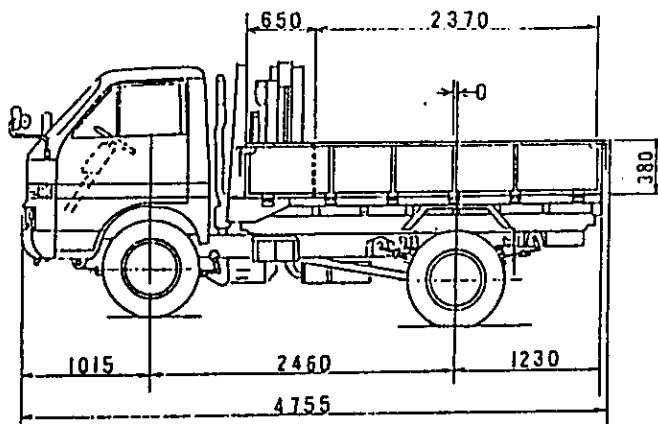
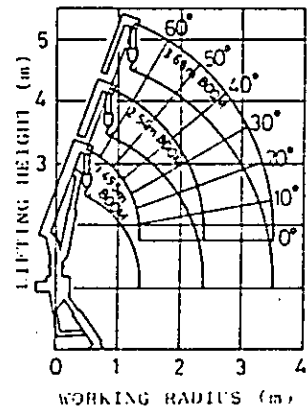
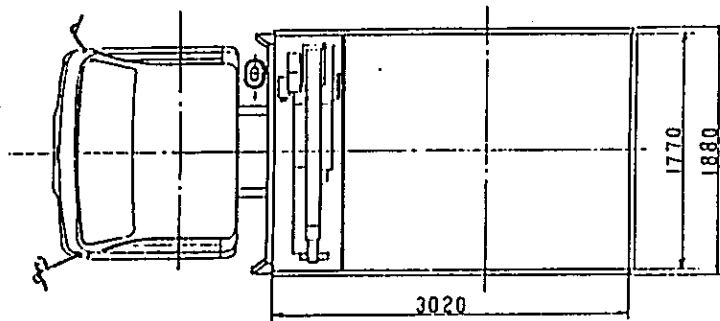
	ディーゼル	ガソリン
(1) 種類	貨物自動車	
(2) 積載重量	2トン、4トン	2トン
(3) 駆動方式	4×2	
(4) 乗車定員	3人	
(5) 性能		
最高速度	100km/h	
回転半径	5.5m 以内	
登坂能力 (tan θ)	0.28 以上	
(6) エンジン		
形式	水冷4サイクルディーゼル	同ガソリン
出力 (D I N)	50馬力以上、70馬力以上	65馬力以上
(7) トランスミッション	前進5段 後進1段以上	
(8) ステアリング	右ハンドル	
(9) ブレーキ		
主ブレーキ	油圧式	
駐車ブレーキ	機械式	
(10) タイヤ	メーカー標準品	
(11) 後部荷台		
床	木製	
寸法	約3.1×1.7×0.4m	3.1～4.3×1.7×0.4
(12) 燃料タンク	75ℓ以上	
(13) 付属品	標準付属品一式 ラジオ	

四輪駆動車

(1) 種類	オフロードタイプ四輪駆動車
(2) 駆動方式	4 × 4
(3) 乗車定員	6人以上
(4) 車体	バン型 5ドア
(5) 性能	
最高速度	120 km/m
回転半径	ホイールベース 2.6m : 5.5m以内 " 2.9m : 6.7m以内
登坂能力($\tan\theta$)	0.8 以上
(6) エンジン	
形式	4サイクルディーゼル、ガソリン
出力	120馬力(ディーゼル) (ガソリン)
(7) トランスミッション	前進4段 後進1段以上
(8) ステアリング	右ハンドル
(9) 最低地上高	200 mm以上
(10) ブレーキ	
主ブレーキ	油圧式
駐車ブレーキ	機械式
(11) タイヤ	メーカー標準品
(12) 燃料タンク	80ℓ以上
(13) 付属品	標準付属品一式 ラジオ

トラック搭載型クレーン代表的仕様

吊上能力 (t)	リモコン	作業半径 (m)	最大作業半径 (m)	最大地上揚程 (m)	Boom伸縮 (段)	架装対象 シャシ(t)
0.49	なし	1.2	2.5	3.5	2	-1.5
1.00	あり	1.5	3.6	4.9-6.0	3-4	2-3.5
1.5	なし	1.5	3.6	4.5	4	2-3.5
2.0	あり	2.0	4.0-10.0	5.0-13.0	2-5	2-3.5
2.5	あり	1.5	4.0-10.0	5.4-11.3	2-5	2-3.5
4.5	あり	2.5	8.0	10.0	3	10



9. 給水施設の解説

9. 給水施設の解説

9-1 水利用の形態

利用人口集団の生活様式、生活水準、村落形態を考慮し、適切な利用形態を検討する。

地域社会の現況と将来に関する調査内容

- (1) 調査地域における人々の一般的な生活状況をそれぞれの社会・経済、人種グループについて把握する。
- (2) 所得別やその他の社会・経済指標を用いて、住居の数と位置に関するデータを収集・整理する。
- (3) 特に貧困グループ又は少数民族貧困グループなどの居住位置、密度を地図上で確認し、土地所有関係についても把握する。
- (4) 住居の状況、地主と借地人の割合についても把握しておく。
- (5) 教育、文盲率、失業率、非就業人口などについて年令別、性別のデータを収集する。
- (6) 地区別に住居の状態、一戸当たりの住人数について現状の把握と将来の予測を行う。以上の人口密度や住居水準などの情報は水需要の予測に不可欠である。
- (7) 地域の衛生状態、特に水系伝染病に関する情報、幼児死亡率や平均寿命に関するデータを収集し、当該国のた地域と比較する。
- (8) 調査地域の衛生状態を改善する可能性があるプロジェクト、たとえば健康、住宅、都市・村落開発などの衛生関連事業について、それらの進捗状況を調査する。
- (9) 水供給、あるいは衛生プロジェクトに対して、将来積極的な参加者になる可能性のある地域組織あるいは非政府組織（NGO）を把握しておく。

9 - 2 給水施設の形態

給水施設はその整備水準によって、レベルⅠ、レベルⅡ、レベルⅢの3段階に分けられる。地下水開発調査の目的・範囲によって、それぞれの適当な水準の給水施設を選ぶべきである。

1. レベルⅠ

浅井戸に手動ポンプを設置し、その周囲に水飲み場を設けて、人や家畜が直接水を飲むようにした簡単な給水システム。

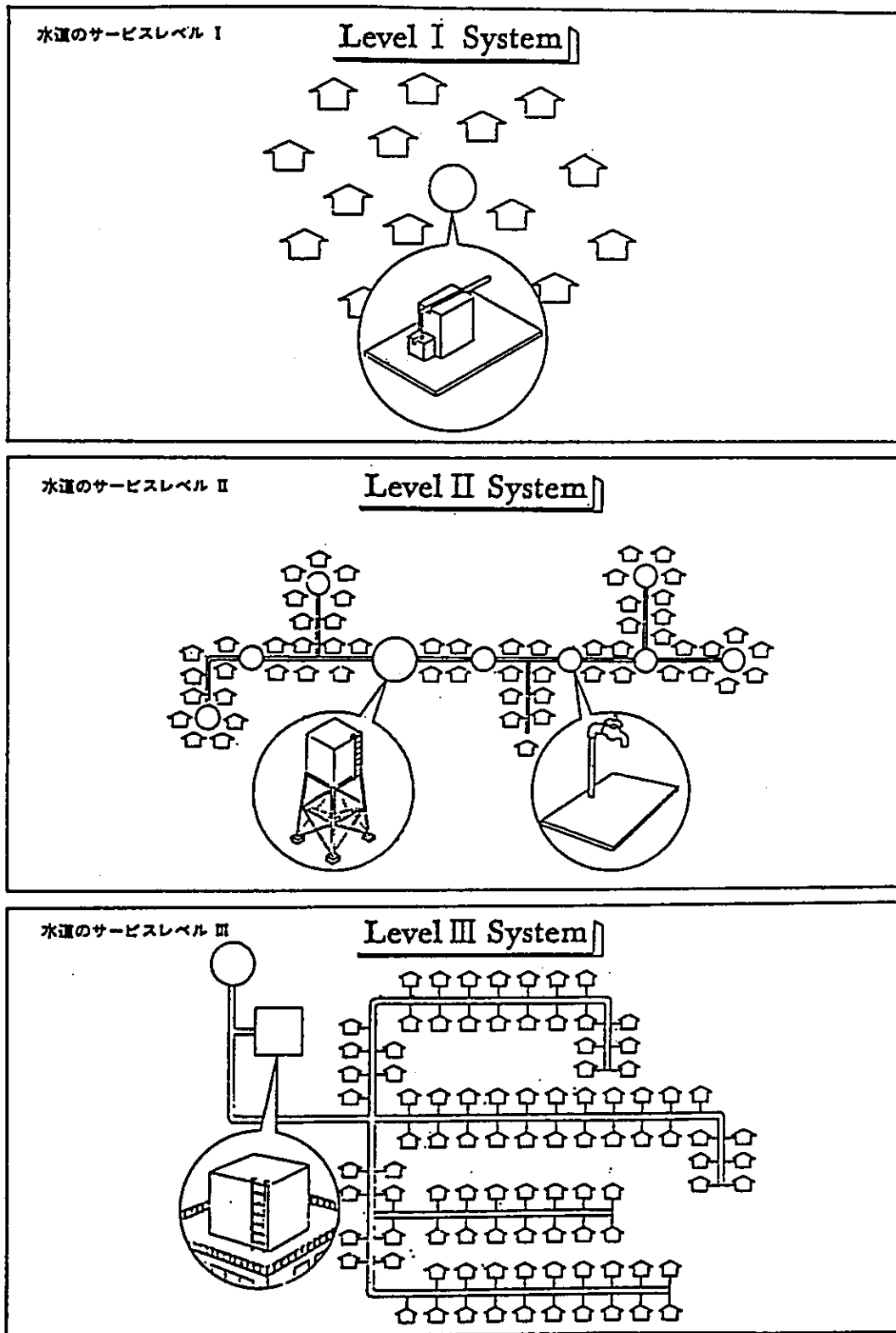
2. レベルⅡ (共同水栓)

集落の中に高架水槽を設け、深井戸から地下水をポンプアップして、パイプで共同水栓まで水を送る給水システム。

3. レベルⅢ (簡易水道)

都会の水道のように、パイプで各家庭まで水を送る給水システム。

表 9 - 1 給水施設の整備水準



附属資料

附 1 ボーリングを対象とした土質、岩盤分類

土質分類（深さ 0～50mm のとき）

孔径 [mm]	平均能率 [m/day]				
	粘性土	砂質土	砂 礫	玉石混り礫	固結粘土 シルト
66	6.5	5.0	2.5	1.5	4.5
86	5.5	4.0	2.0	1.3	3.8
116	4.5	3.0	1.5	1.0	3.0
N 値	<10	10~30	30~50	>50	30~50

- 〔注〕 1) 土質調査のボーリングで標準貫入試験を併用するものに適用する。
 2) 能率は相当に幅があり、前後それぞれ 2 割程度の差がある。
 3) 玉石混り礫は礫の岩質により差が多く、硬質の火成岩礫を主体としたときを示し、チャートなどの極硬岩が主体のときは能率が低下する。
 4) 固結粘土、シルトで N 値が 50 以上のときは極軟岩に準ずる。

割れ目係数 k の値（次表の参考）

k	地 質 状 態
1	① 風化・変質をあまり受けていない、またはまったく受けていない。 ② 割れ目が少ない（割れ目間隔 > 0.8~1.0 m）。
0.6~0.9	① 弱風化帯～中風化帯 ② 割れ目少ない（割れ目間隔 0.2~0.5 m）。
0.5~0.7	① 中風化帯～強風化帯 ② 割れ目多い（割れ目間隔 0.1~0.3 m）。
0.3~0.6	① 強風化帯～激風化帯 ② 割れ目非常に多い（割れ目間隔 < 0.1 m）。 ③ 破碎帯

岩盤分類

岩 盤 類	ボーリングの掘進状況	岩盤の圧縮強度 $\sigma = k^2 \sigma_c$ [kgf/cm ²]	代表的地質	掘進能率 [m/day]	
				浅掘りボーリング 深度 50~150m	深掘りワイヤライン BX 深度 150~500m
極軟岩	メタルビットで容易に掘削できる。フィッシュテールビットで掘削可能。ロードヘッダ TBM による掘削可能。	<100 手で容易に壊れる。	洪積層、新第三紀鮮新統、火山岩を除く火山砕屑堆積層、風化変質の著しく進んだ岩盤。弾性波速度 <2.5 km/s。	3.6~4.4 (4.0)	5.4~6.4 (6.0)
地下水状態によっては掘進能率が低下する。					
軟 岩	メタルビットが最適。コンベックスビットが適する。全断面式 TBM による掘削が効果的。	100~500 ハンマで容易に壊れる。	新第三紀の泥岩、砂岩、凝灰岩、風化の進んだ中硬岩、硬岩、極硬岩。 弾性波速度 1.8~3.2 km/s	3.0~3.8 (3.4)	4.2~5.8 (5.0)
中硬岩	メタルビットで掘削可能なるも、ダイヤモンドビットのほうが効果的。トリコンビット、テーブルビット、コンベックスビットによる掘削が適す。全断面式 TBM 掘削が可能。	500~1200 ハンマでたたいて1回で壊れる。中程度の硬さ。	火山岩、中生層、石灰岩、片岩などの岩石の一部、新第三紀の角礫凝灰岩、古第三紀層。 弾性波速度 3.0~4.5 km/s	2.6~3.2 (2.9)	3.2~4.8 (4.0)
硬 岩	メタルビット掘削困難。ダイヤモンドビット適す。トリコン（インサート式）ビット、パイロットビット、ターボドリル、ダウンザホールドリルなどが適す。	1200~1800 ハンマでたたくと金属音が出る。壊れにくい。	上記以外の大部分の岩石（例：安山岩、花崗岩、古生層、片岩など）。 岩質によっては極硬岩の分類に入る。 弾性波速度 >4.2 km/s	1.8~2.8 (2.3)	2.4~3.6 (3.0)
極硬岩	インプレグネイテッドビット、インサートトリコンビットによる掘削が適す。	>1800 ハンマでたたくと火花が出、金属音を発する。容易に壊れない。	珪質な岩石、珪岩、チャート、硬岩の中で特に硬い岩石。 弾性波速度 >4.6 km/s	0.8~2.0 (1.4)	1.2~2.8 (2.0)
破碎帯	インプレグネイテッドビット、ウイングビットによる掘削が適す。ダイヤモンドビットの消耗は激しい。	コア採取困難。コア詰りが多い。	硬岩、極硬岩の破碎帯、中硬岩の破碎帯も一部入る。	0.8~2.0 (1.4)	1.2~2.8 (2.0)

- (注) 1 σ_c : 岩石資料 (風化、変質を受けていない) の圧縮密度。
 2 k : 割れ目指数で、 k の値は前表のような値をとる。
 3 破碎時の弾性波速度は、周囲の岩盤の速度の0.7 以下。

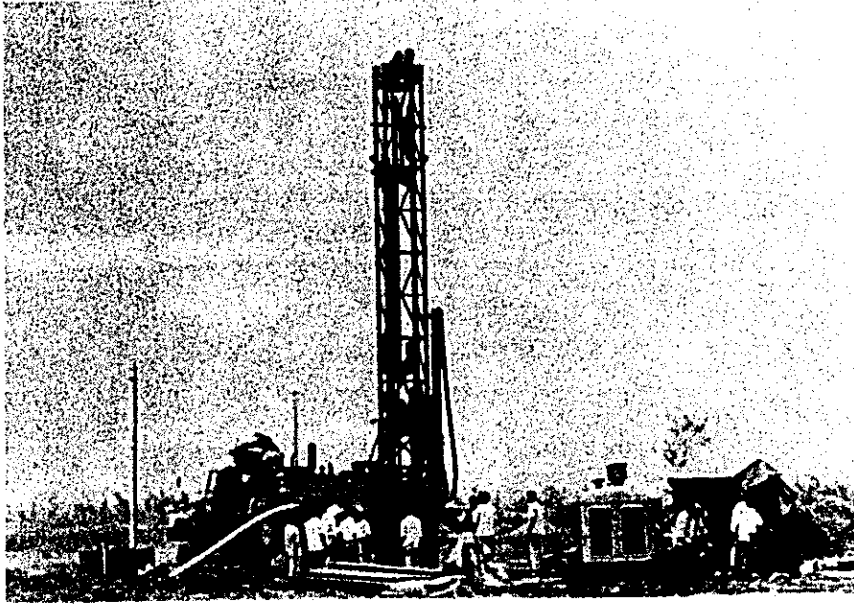
附 2 ボリビア国ラパス市エル・アルト地区地下水開発計画の機材リスト

機材名	数量	仕様	備考
1)電気探査装置	1式	交替直流型もしくはスタッキング型、出力1A以上、パワーブスター付き、探査深度200m以上	付属品、電極棒 電線、電池、充電器等
2)水位計	3台	深井戸（径100mm）用 ケーブル長 100m	ランプもしくはブザー付き
3)自記水位計	1台	深井戸（径100mm）用 ケーブル長 100m	
4)流速計	1台	電気流速計（微流速型）	
5)水質計	2台	携帯用、EC、PH、T	一体型
6)水質分析キット	50試料分	水道法項目簡易分析	18項目
7)トランスバー	4台	同一周波数	到達距離 1 Km
8)ワードプロセッサ	1台	携帯用、英西機能付き	
9)パソコン	1式	16ビット、プロッター・フロッピーディスクドライブ付き メインメモリ-512KB 以上	現地で購入
10) 四輪駆動車	2台	4WD	現地で購入
11) 水中ポンプ	1式	150mm 井戸用 7段7.5KW	揚水試験用 現地借り上げ ホース、流量計
12) 発電機	1式	10 KVA	揚水試験用 現地借り上げ

附 3 中 華 人 民 共 和 国

天 津 市 地 下 水 源 開 発 計 画 調 査

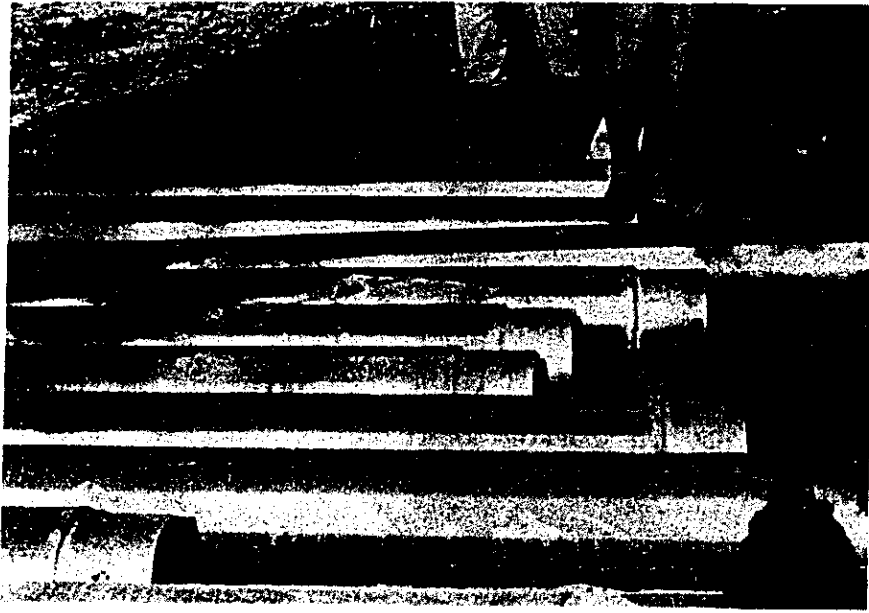
讓 与 機 材 目 録



トラック登載型井戸掘削機 (FSW-20T-L07) (図 8-13 参照)



ブレードビッド (8-1-3, 1, ⑤ 参照)



巻線型スクリーン（ $\phi 200\text{mm} \times 5.5\text{m}$ ）（8-1-3,7 参照）



流量測定用三角堰（7-4 参照）



孔内検層機（ジオロガー3400）（ 8-3 参照 ）



深井戸用自記水位計（W-731-01）（ 8-4 参照 ）

1) トラック登載型井戸掘削機及び付属品

I. 掘削機 1台

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

e) パワースイベル

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

f) ブルダウン

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

g) ドローワークス

- ①形式 油圧駆動シングルドラム型
- ②巻揚容量 φ16mmワイヤーロープで120m
- ③巻揚能力（シングル） 5,000kg
- ④巻揚速度 0~60m/min

h) サンドリール

- ①形式：油圧駆動シングルドラム型
- ②巻揚容量 φ9mmワイヤーで600m
- ③巻揚能力（シングル） 1,000kg
- ④巻揚速度 0~80m/min

i) マスト

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

j) マッドポンプ

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

k) コンバウンドケース

l) レベリングジャッキ

独自制御式ジャッキ安全装置付（4本）

m) リグフレーム

スチール製、ノンスリッププレート付

n) コントロールパネル

掘削作業用（集中式）

o) ブレークアウト機構

油圧シリンダー式

p) 照明装置

夜間作業用照明

q) スペアーパーツ

II. トラック (リグ搭載用)

- a) 駆動方式: 6×6駆動 1式
- b) ステアリング 左ハンドル
- c) G.V.W 26,000kg
- d) タイヤ 11.00-20-14PR (スペア1ヶ付)
- e) エンジン デイゼルエンジン
- f) スペーパーパーツ

III. 標準付属品

- a) ホイスタングブラグ (トラベリングロックとピンジョイント)
- ①吊荷重 6ton
 - ②ジョイント API 3・1/2 IF ピン
- b) ホイスタングワイヤーロープ (トラワークス用) 及び付属品 $\phi 16\text{mm} \times 120\text{m}$ 1ヶ
- c) ホイスタングワイヤーロープ (コントロール用) 及び付属品 $\phi 9\text{mm} \times 600\text{m}$ 1本
- d) トラベリングロック 吊荷重 20ton 2車 1ヶ
- e) ブレークアウトトング
- ①3・1/2 IF ドリルパイプ用 1式
 - ②6・3/4 ボデイドリルカラー/スタビライザー用 1式
 - ③5" ボデイドリルカラー用 1式
- f) ジェットホッパーミキサー $\phi 75\text{mm} \times 6\text{m}$ ホース付 1式
- g) サクションホース及び付属品 $150\text{mm} \times 6\text{m}$ 1本
- h) フートバルブ (ノズル付) 150mm 1ヶ
- i) 分解工具 (リグ、トラック、マッドホップ、インジェクションホップ他) 1式
- j) バックアップレンチ
- ①3・1/2 IF ドリルパイプ用 1ヶ
 - ②6・3/4 ボデイドリルカラー/スタビライザー用 1ヶ
 - ③5"ボデイドリルカラー用 1ヶ

k) インジェクションポンプ	1式
吐出量	25 ㍈/min
最大吐出量	20 kg/cm ²
l) ラインオイラー	1式
m) ドリルパイプエレベーター、リンク付、3・1/2"用	1式

IV. 掘削用具（井戸用）

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

g) ビットブレーカー		
① 20"	ドラッグビット用	1ヶ
② 16"	ドラッグビット用	1ヶ
③ 14・3/4"	ドラッグビット用	1ヶ
④ 6・1/4"	ドラッグビット用	1ヶ
⑤ 14・3/4"	トリコンビット用	1ヶ
⑥ 6・1/4"	トリコンビット用	1ヶ
h) ベイラー5"、ベイラー受付		1式

V. ケーシング用具

a) ケーシングバンド		
① 18"	サーフェスケーシング用	1式
② 10"	ウェルケーシング用	1式
③ 8"	ウェルケーシング用	1式
④ 3"	ウェルケーシング用	1式
b) ケーシングエレベーター		
① 18"	サーフェスエレベーター用	1ヶ
② 10"	ウェルケーシング用	1ヶ
③ 8"	ウェルケーシング用	1ヶ
④ 3"	ウェルケーシング用	1ヶ
c) ケーシングスパイダー及びプッシング		
①	ケーシングスパイダー（プッシング付）10"用	1式
②	プッシング8"用	1式

VI. 泥水処理機器

a) 振動マッドスクリーン		1台
①処理能力	1.0m ³ /min	
②電動モータ	1.5 KW,380W	
③付属品付		

VII. 事故回復用具

a) インサイドタップ	3・1/2 IF	ドリルパイプ用	1ヶ
b) アウトサイドタップ	3・1/2 IF	ドリルパイプ用	1ヶ
c) ロッドバンド	3・1/2 IF	ドリルパイプ用	1ヶ
d) 油圧ジャッキ		50ton	2ヶ
e) ドライブハンマー		100kg	1ヶ
f) ノッキングブロック			
①	3・1/2 IF(P) × 2・3/8 IF (B)		1ヶ
②	3・1/2 IF(P) × 2・3/8 IF (B)		1ヶ
g) ドライブパイプ用ガイドパイプ	2・3/8 IF (P)×(B),1.5m		1ヶ
h) ダイオーバーショット	3・1/2ドリルパイプ用		1式

VIII. エンジニアリングツールズ

a) スーパートング	① ST-2,② ST-3		各2ヶ
b) バイブレンチ			
①	1200mm		2ヶ
②	900mm		2ヶ
③	600mm		2ヶ
④	450mm		2ヶ
c) 大ハンマー	4.5kg		2ヶ
d) 工具セット			1式

IX. エアリフティングツールズ

a) 揚水パイプ	カップリング付 5"×3m、両端ネジ付		1式
b) エアerpパイプ	(ソケット及びネジ付又はカップリング) 1 1/2×3m		67本
c) バイブホルダー			57本
①	エアerpパイプホルダー (スリップ) 1・1/2"		1ヶ
②	揚水パイプホルダー	5"	1ヶ

- | | |
|-----------------------------|----|
| d) ホイスチングプラグ (エアパイプ) 1・1/2" | 1ヶ |
| e) エアホース (両端金具式) 1 1/2"×20m | 1本 |
| f) ヘッドアッセンブリー 5"揚水パイプ用 | 1式 |

X. 電動サンドポンプ 1式

形式 100 ENE 537

a) 仕様

能力: 1m³/min, φ4"

揚程: 10m

水中モーター: 3.7KW, 380V

b) 付属品

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

XI. ディーゼルエンジン溶接機 (発電機兼用) 1式

形式 PDW 350SC

a) 仕様

溶接電流: 70~350 A

溶接棒: 2.6~8.0mm

エンジン出力: 30PS, 300R.P.M

ジェネレーター: 15 KVA, 50/60 Hz, 380V

ホルダーアースクリップ・マスク付

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

X II. ケーシングパイプ及びスクリーン

a) ケーシングパイプ

溶接継手の炭素鋼鋼管

径10" × 5.5m、肉厚 6.4mm

57本

径 8" × 5.5m、肉厚 6.4mm

157本

b) スクリーン

炭素鋼鋼管使用亜鉛メッキ巻線型スクリーン (溶接継手付)

径 8" × 5.5m

111本

c) 異型管

溶接継手付

径10" - 径 8"

3ヶ

2) 孔内検層機

1式

形式：GEOLOGGER 3400 応用地質 (株)

測定深度：600m

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

3) 揚水試験装置

I. 水中モーターポンプセット

1台

a) 125 BHS (8E) 3-15, 口径8"用

揚程：40m、用水量 1.4m³/min

始動スターターレス方式、380V、50Hz、三相

b) 125 BHS (8E) 3-22

1台

口径10"用、揚程：40m 用水量2.0m³/min

始動スターターレス方式、380V、50Hz、三相

c) 付属品	
井戸蓋(1ヶ)、吐出曲管(5"×1ヶ)、空気抜弁(1ヶ)、圧力計(1ヶ)、	
スチール弁(1ヶ)、チャッキ弁(1ヶ)、アイフランジ(1ヶ)、	
井戸フランジ(1ヶ)、水中ケーブル(1ヶ)、スペアーパーツ(1式)	
d) サニーホース 5"×40m、片側ジョイント、フランジ付	2本
e) 揚水パイプ 5"×2.75m、カップリング両端ネジ付	46本
f) 水中ケーブル延長分	
①5.5mm×3シン×40m	2本
②8.0mm×3シン×40m	2本
g) 水中ポンプ据付用具	
①パイプホルダー 5"	2ヶ
②三脚パイプヤグラ 2.5ton用、脚高5m、2ton用フック付	2式
③ホイストリングプラグ 2ton×5"パイプネジ付	2本
h) 三角堰(流量測定用)	2ヶ

II. ポータブルジーゼル発電機

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

4) 深井戸用自記水位計

a) W-761-00-00	10式
フロート(70mmφ)式、0~10m(±1cm)2ペン式、1ヵ月記録式	
電池(単1×4本)式、水晶時計方式、標準付属品付	
b) W-731-01	6式
フロート(32mmφ)式、0~3m or 6m(±2cm)、ドラム式(直線書き)	
1ヵ月記録式、電源(単2×1本)電池式、水晶時計方式、標準付属品付	
c) 記録紙	
① S-114-06-01012(W-761用)	10冊
② S-133-12-001D(W-731用)	3冊

- d) カートリッジペン
- ① N-015-11(W-761用) 10本
 - ② N-015-12(W-731用) 6本
- e) 測水ワイヤー 各16本
- ① P-021-06 フロート用、40m
 - ② P-021-10 ウェイト用、4m

5) 水質分析装置

I. イオン濃度計 1式

形式：1M-7B

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

AC220V, 50Hz及び電池式、標準付属品付

II. 附属装置及び消耗品

a) イオン電極 (形式番号：数量)

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

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

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

b) 標準液 (容量×本数)

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

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

NO₃(500ml×5), NO₂(475ml×5)

c) イオン強度調整剤 (容量×本数)

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

TSA-NO(500ml×5), TSA-K(500ml×5)

d) 比較電極外筒液及び内筒液 (容量×本数)

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

e) その他

コネクタプラグ T-0G, T-0R(各1ヶ)

6) 電子計算機

- a) 本体 PC-98XA Model 3, 電源 AC 220V, 50 Hz, AVR式 1式
- b) 拡張装置 各1台
 増設 RAM:ホート PC-98XA-01, 増設 RAMサブボード:PC-98XA-02,
 I/O 拡張 unit:PC-98XA-11, 数値データプロセッサ:PC-98XA-03,
 GP-IR(IEEE-488):PC-9801-29, 拡張 interface board:PC-9861,
 通信制御 adapter:PC-9862, network & interface set:PC-9864,
 マウス:PC-9872
- c) display:N5923, 14 inch color 1台
- d) printer及び消耗品
 日本語 color serial pinter:PC-PR201CL, 1台
 color ink-ribbon cartridge:PC-PR 201 CL-01, 50箱
 第二水準 漢字 ROM board:PC-PR 201-02K, 1台
 トラクタフィーダ:PC-PR-201-13, 1台
 sheet feeder:PC-PR 201-14, papers:(PC-PR 201 CL専用) 10箱
 5"floppy disk :PC-9836-11 10箱
- e) software 各1式
 日本語コンカレント:PS-98XA135-HMW,
 N88-日本語BASIC(86) compiler:PS98-XA315-HMW,
 N88-日本語BASIC(86):run-time-support package PC98-XA316-HMW,
 日本語 PC-FORTRAN:compiler PS98-323-HMW,
 日本語 PC-FORTRAN:run-timesupport package:PS-324-HMW

7) 複写機

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

b) 消耗及び予備品

用紙 A3	1500 枚/箱	1箱
用紙 A4	2500 枚/箱	10箱
用紙 B4	2500 枚/箱	3箱
用紙 B5	2500 枚/箱	1箱
トナー黒	4本/箱	5箱
予備ドラム	4ヶ入り	1箱
パーツセット	B	1式

8) AIR MAN エアー コンプレッサー

品名	POSH 750	1台
仕様	21.1m ³ /min 17.5kg/cm ² , 三菱8DC 9 PT 4サイクル水冷エンジン, 16031cc、347 PS/2,200 r.p.m	

9) 作業車

a)	三菱デリカ、キャブオーバー、ロングバン、4WD、左ハンドル 8人乗り、5ドア、153PS/5,000r.p.m, L037GWGFL型、パワーステアリング、 フロントエアコン架装、スペアパーツ(1式)	1台
b)	三菱デリカ、ハイルファン、L065PWQNL型、左ハンドル8人乗り、5ドア、フロントエアコン架装、 スペアパーツ(1式)	1台

10) VLF電磁探査器

EM-16 (Geonics,CANADA) 測定範囲 0~30,000(ohm・m)

11) 孔内流速測定器(湧水量検層器) 1式

形式 CM-3B、東邦電探(株)

測定深度 500mケーブル、ウインチ、カウンタープーリー(CP-102型)付

測定範囲 0.1~3m/sec

- 12) 孔内電導度・水温検層器 1式
 形式 EST-3型、東邦電探(株)
 測定深度 500mケーブル;ウインチ付
- 13) 水質分析装置
- a) 簡易比色試験機 共立理化 1式
 全硬度、Ca硬度、アルカリ度 200回測定
- b) 溶存酸素計 DO-メーター、UC-12、セントラル科学 1式
 ホーロー方式
- c) シリカ試験機 東洋科学
- d) 水質計 イオン電極 IM-7B用 東洋科学 1式
 Cl⁻, F⁻, Ca²⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, F⁻, Cu²⁺, NH₄⁺
- e) 簡易光電光度計 WAL-M 共立理化 1式
 SO₄, Zn, Mn, Fe²⁺, T-Fe, Cr⁶, Pb
- 14) 比重計泥水測定用
- マッドバランス TS-110 日本理化 1式
- 15) 粘性測定装置
- 泥水用ビスコシティメーター TS-120 日本理化 1式
- 16) 電子計算機(日本電気PC-98XA)周辺機器
- a) プロッター GP9101-2-00 グラフテック 1台
 漢字インターフェース、接続ケーブル
 記録紙20冊、ペン5色1組
- b) デジタイザー K0-1290 グラフテック 1台
 スタイラスペン、電源ユニット
 スタンド、接続ケーブル

附 4 S/W の例

中 華 人 民 共 和 國
烏魯木齊地下水開發計畫調查
實 施 細 則

日本國國際協力事業団

中 華 人 民 共 和 國
地 質 鉅 產 部

この実施細則は下記の二機関により合意されるものである。

日本国国際協力事業団

中華人民共和国地質鉱産部

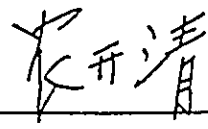
この実施細則は下記の二者の署名により確認されるものとする。

1987年 8月21日

日本国
国際協力事業団
事前調査団長


神田 道男

中華人民共和国
地質鉱産部
水文地質工程地質司
副 司 長


陳 開 清

日本国政府は中華人民共和国政府の提案に基づき、烏魯木齊地下水開発計画調査の実施を決定し、1987年 8月21日烏魯木齊地下水開発計画調査の実施に関する口上書を中華人民共和国政府と交換した。日本国政府による技術協力の実施機関である国際協力事業団は、日本国において施行されている法律及び規則に従い本調査を実施する。地質鉱産部は中華人民共和国政府の本調査に関する担当機関として、中華人民共和国において施行されている法律及び規則に従い中華人民共和国関係機関の調整を行なうとともに、国際協力事業団が派遣する調査団と協力して、本調査の円滑な実施をはかる。

1987年 8月21日日本国政府が中華人民共和国政府へ発した口上書 5. 及び中華人民共和国政府の口上書による回答に基づき、日本国国際協力事業団と中華人民共和国地質鉱産部は協力の内容、範囲及び調査日程並びに協力を進めるに当たって両国政府がとるべき措置等の詳細について本実施細則を定めた。

1. 協力の内容及び範囲

- (1) 日本側は新疆維吾爾自治区烏魯木齊市の生活用水の不足に対処するため、同市西山地区における、地下水額開発基本計画を策定する。
- (2) 日本側は本調査の期間中、調査に参加する中国側専門家に対し現地調査業務を通じ、技術移転を行なう。

2. 調査の内容

調査は第一次調査と第二次調査からなる。第一次調査は主として、地形、地質踏査、水質調査、既存井戸調査、電気探査、小口径の観測井の鑿井を行なう。

また、第二次調査では、大口径の揚水井の鑿井を行ない、揚水試験を実施し、地下水開発可能量の把握、揚水計画の検討などを行ない、地下水開発計画を策定する。

(1) 第1次調査

- ① 既存資料の収集・解析
 - a. 地質関連
 - b. 既存井戸関連
 - c. 水質関連
 - d. 気象・水文関連
 - e. 土地利用関連
 - f. 水利関連
 - g. 地下水利用実態
 - h. 人口・水需要
- ② 地形・地質踏査
- ③ 電気探査
- ④ 水質分析
- ⑤ 地下水位観測
- ⑥ 試錐、鑿井（観測井）

5. 中国側がとるべき措置

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

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

6. 日本側がとるべき措置

日本側は調査に当たって以下の措置をとる。

- (1) 日本側調査団員の技術費、渡航費、現地調査期間中の食費、旅費、宿泊費及び医療費の経費負担（上記5.(3),(5)の中国側が負担する場合を除く。）
- (2) 現地調査を実施するにあたって別表2の日本側が分担する業務の実施及びそれに係る経費負担
- (3) 日本から持込む資機材の日本から中国の港までの往復輸送費の負担
- (4) 上記4.の報告書の作成

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

(2) 第2次調査

① 試錐、鑿井（揚水井）

② 揚水試験

③ 井戸水準測量

④ 水文地質解析取り纏め

a. 地下水涵養機構、流動機構、水質変化機構の把握

b. 地下水流動モデルによる解析

⑤ 地下水開発基本計画の策定

a. 開発可能量の把握、

b. 揚水計画の検討

3. 調査期間及び工程

調査期間及び工程は別表1のとおりとする。

4. 報告書

国際協力事業団は下記の報告書（日本語で作成）を中国側に提出する。

(1) 着手報告書（30部）

調査実施計画と実施工程を内容とするもので、調査の開始後1カ月以内に提出する。

(2) 現地報告書（1）（30部）

第1次現地調査結果を内容とするもので、第1次現地調査終了時点で提出する。

(3) 中間報告書（30部）

2.（1）①～⑥を内容とするもので、第1次現地調査終了後5カ月以内に提出する。

(4) 現地報告書（2）（30部）

第2次現地調査結果を内容とするもので、第2次現地調査終了時点で提出する。

(5) 最終報告書（案）（30部）

第2次現地調査終了後4カ月以内に提出する。

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

(6) 最終報告書（50部）

最終報告書（案）に関する意見を受けた後1ヶ月以内に提出

調査工程

別表1

月 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
現地作業																								
国内作業																								
報告書	▲ IC/R					▲ P/R(1)					▲ IT/R						▲ P/R(2)				▲ DF/R			▲ F/R

IC/R：着手報告書
P/R：現地報告書
IT/R：中間報告書
DF/R：最終報告書(案)
F/R：最終報告書

現地調査業務分担

作業項目	国際協力事業団	地質鉱産部
①既存資料収集・解析及び調査工程確定	内容を詳細に検討し、調査工程を確定する。	詳細な資料・基礎数値等を提供し、国際協力事業団と協議の上、調査工程を確定する。
②電気探査	探査方法・精度について地質鉱産部と協議の上確定し、探査・解析の指導を行なう。	探査目標を明示し、探査・解析を実施する。
③揚水井・観測井の掘削	揚水井掘削の指導を行なう。	国際協力事業団側掘削機による揚水井掘削及び地質鉱産部側掘削機による観測井掘削を実施する。
④揚水試験 ⑤水質分析 ⑥地下水位・湧水量の観測	作業計画を作成し、技術的助言を行なう。	作業計画作成に協力し、試験、観測を実施する。
⑦地形・地質調査及び水文地質解析	解析作業を行なう。	解析作業に協力する。

中 華 人 民 共 和 國
烏魯木齊地下水開發計畫調查
協 議 議 事 錄

日 本 國 國 際 協 力 事 業 団
中 華 人 民 共 和 國 地 質 鉅 産 部

協 議 記 録

中華人民共和国地質鉱産部の招請に応じて、烏魯木齊地下水開発計画調査に係る日本国国際協力事業団の事前調査団は、1987年8月10日から8月22日まで中華人民共和国を訪問し、同計画調査の実施可能性について中華人民共和国地質鉱産部及び新疆維吾爾自治区地質鉱産局関係者と友好的かつ真摯な一連の協議を行なった。

日中双方は烏魯木齊地下水開発計画調査に係る実施細則について合意するとともに、以下の点について討議した。

1. 中国側は本件調査の中国側実施機関は新疆維吾爾自治区地質鉱産局とする旨表明した。
2. 日中双方は、本件調査に係る調査対象地域を概ね300Km²、計画対象地域を概ね30Km²（別図参照）とすることで合意した。
3. 日本側は本件調査の開始時期は、1988年6月を目途とする旨表明した。

中国側は現場作業時期が限られることから、早期に日本側が着手報告書を提出するよう要望し、日本側は努力する旨述べた。

また、第2次現地調査を円滑に実施するために、大口径掘削機が1989年4月中に現地に着するように日中双方で努力する旨合意した。

4. 日中双方は、試錐の具体的な調査範囲及び本数については、本件調査の開始後日中双方で協議し確定することで合意した。

なお、中国側は試錐本数を次の通りとしたい旨、表明した。

(1) 観測井 18本

(2) 揚水井 6本

5. 中国側は観測井の試錐は出来る限り、第1次現地調査において、完了するよう努力し、完了しない場合には、引き続き第2次現地調査において必要本数を試錐する旨表明した。

6. 日本側は揚水計画の検討にあたっては、将来の地下水源の合理的な開発を行なうため、中国側が関係機関と調整したうえで、給水計画基本構想を第2次現地調査時に提示してほしい旨表明した。
7. 中国側は本件調査に必要となる主要な調査用資機材を日本側より提供してほしい旨強く要望し、日本側は帰国後検討する旨表明した。

この協議議事録は下記の二者の署名により確認されるものとする。

1987年8月21日

日 本 国
国際協力事業団
事前調査団長

中華人民共和國
地質鉱産部
水文地質工程地質司
副 司 長



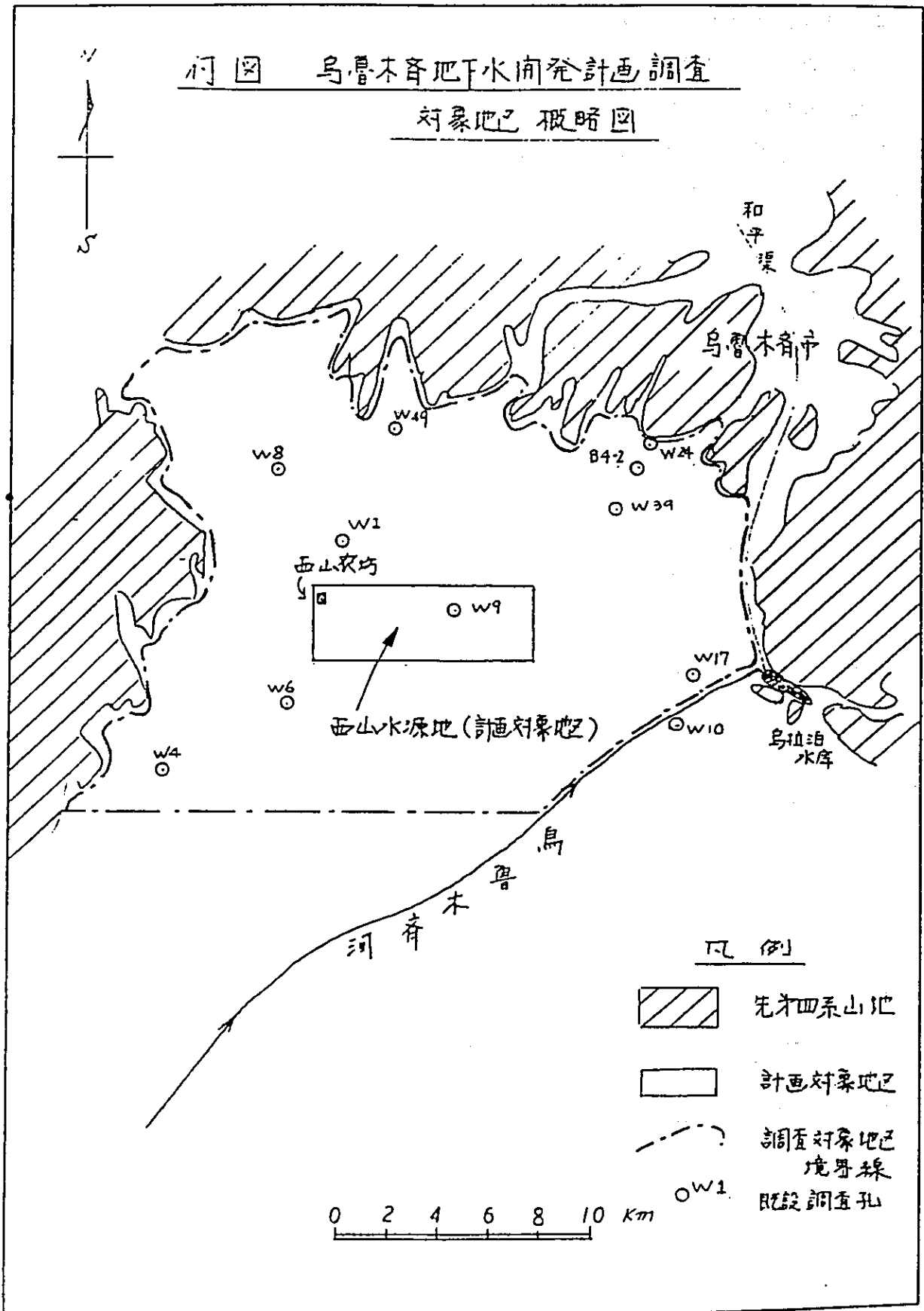
神 田 道 男



農 開 清

河圖 烏魯木齊地下水開發計畫調查

對象地概略圖



日本側協議參加者

(1) 事前調査団

神田 道男	団 長
佐藤 孝夫	協力 政策
安田 裕	計画 調整
鎌田 烈	水文地質・物理探査
大橋 幹夫	試錐調査計画
曾野 桐子	通 訳

(2) 在北京日本大使館

岡崎 新太郎	一 等 書 記 官
--------	-----------

(3) 国際協力事業団北京事務所

神谷 克彦	所 員
-------	-----

SCOPE OF WORK
ON
WATER RESOURCES STUDY OF THE JAFER BASIN
IN
THE HASHEMITE KINGDOM OF JORDAN

AGREED UPON BETWEEN
MINISTRY OF PLANNING
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Mr. Michio Kanda
Leader of Preliminary Study Team,
Japan International Cooperation
Agency

February , 1988

I. INTRODUCTION:

In response to the request of the Government of the Hashemite Kingdom of Jordan, the Government of Japan decided to implement the water resources study of the Jafer Basin (hereinafter referred to as "the Study"), in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

Accordingly, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, undertake the Study in close cooperation with the authorities of the Government of the Hashemite Kingdom of Jordan. The present document sets forth the Scope of Work for the Study.

II. OBJECTIVE OF THE STUDY:

- 1) To conduct a hydrogeological study for the groundwater development within the Jafer Basin.
- 2) To conduct a potential study for the water resources development in the Basin.

III. OUTLINE OF THE STUDY:

In order to achieve the objective mentioned above, the Study shall cover the following items:

Part A: Data collection, analysis and review

- 1) Existing reports (previous studies, national plan, sectoral reports, etc.)
- 2) Existing wells (location, depth, pump capacity, etc.)
- 3) Maps on topography, geology, land use, etc.
- 4) Data on meteorology, hydrology, geology, etc.
- 5) Data on economy, agriculture, sociology, environment, etc.
- 6) Data on institution, administration, law and regulation, design criteria, etc.

- 7) Tendering of topographic survey, drillings, etc.

Part B: Field survey

- 1) Field reconnaissance (investigation)
- 2) Topographic survey (longitudinal, cross sectional survey of Main Wadi in the Basin.)
- 3) Hydrogeological survey for groundwater potential
 - a) Geological investigation
 - b) Monitoring of existing wells
 - c) Test well drilling
 - d) Well logging and pumping test
 - e) Water quality test
- 4) Hydrological survey
- 5) Others

Part C: Analysis and alternative study

- 1) Groundwater
 - a) Identification of productive aquifers
 - b) Computer simulation analysis of groundwater model
 - c) Assessment of safe yield of groundwater
- 2) Surface water
 - a) Estimation of long-term surface water discharge
 - b) Estimation and evaluation of exploitable discharge
- 3) Water demand projection and allocation

Part D: Water resources development plan

- 1) Groundwater development
- 2) Water allocation plan
- 3) Observation network plan

IV. WORK SCHEDULE:

The whole work will be carried out in accordance with the attached tentative study schedule (Annex).

V. REPORTS:

JICA shall prepare and submit the following reports in English to the Government of the Heshemite Kingdom of Jordan:

- 1) Inception Report (Twenty (20) copies)
At the beginning of the field survey
- 2) Progress Report (Twenty (20) copies)
- 3) Interim Report (Twenty (20) copies)
- 4) Draft Final Report (Twenty (20) copies)
The Government of Jordan will provide JICA with its comments within one (1) month after the receipt of the Draft Final Report.
- 5) Final Report (Fifty (50) copies)
(Executive Summary Report, Hundred (100) copies)
within two (2) -months after the receipt of the Jordan Government's comments on the Draft Final Report.

VI. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF THE HASHEMITE KINGDOM OF JORDAN:

- 1) To facilitate the smooth conduct of the Study, the Government of the Hashemite Kingdom of Jordan shall take necessary measures:
 - a) to secure the safety of the Japanese study team,
 - b) to permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in Jordan for the duration of their assignment therein, and exempt them from alien registration requirements and consular fees,
 - c) to exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties and other charges on equipment, machinery and other materials brought into Jordan for the conduct of the Study,
 - d) to exempt the members of the Japanese study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Japanese study team for their services in connection with the implementation of the Study,
 - e) to provide the necessary facilities to the Japanese study team for the remittance as well as utilization of the funds introduced into Jordan from Japan in connection with the implementation of the Study,
 - f) to secure permission for entry into all areas as required for the proper conduct of the Study,
 - g) to secure permission for the Japanese study team to take all data and documents (including photographs) related to the Study out of Jordan to Japan by the Japanese study team,
 - h) to provide the medical services as needed. Its expenses will be chargeable on the members of the Japanese study team.
- 2) The Government of the Hashemite Kingdom of Jordan shall bear claims, if any arises against the members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or wilful misconduct on the part of the members of the Japanese Study Team.

- 3) Ministry of Water and Irrigation (hereinafter referred to as " MOWI ") shall act as counterpart agency to the Japanese Study Team and also co-ordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.
- 4) MOWI shall, at its own expenses, provide the Japanese study team with the followings, in cooperation with other relevant organization.
 - a) Available data and information related to the Study
 - b) Topographic survey and test boring
 - c) Counterpart personnel
 - d) Suitable office space with necessary equipment
 - e) Credentials or identification cards
 - f) Drivers, fuel and maintenance

VII. UNDERTAKINGS OF JICA:

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

- 1) to dispatch, at its own expense, study teams to Jordan,
- 2) to pursue technology transfer to Jordan counterpart personnel in the course of the Study.

VIII. JICA and MOWI shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

ANNEX

TENTATIVE SCHEDULE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19
MONTH																		
WORK IN JORDAN																		
WORK IN JAPAN																		
REPORTS																		

(REMARKS) IC/R: Inception Report P/R: Progress Report
 IT/R: Interim Report DR/R: Draft Final Report
 © : Comment F/R: Final Report

附 5 主な参考図書

① 専門書

- 酒井軍治郎 応用地下水学 朝倉書店 1967
地質調査試験雑課編 図解ボーリング便覧 丸善 1968
山本 荘毅 地球科学講座 「陸水学」 共立出版 1968
山本 荘毅編 水文学講座 全15巻 共立出版 1972
水収支研究グループ 地下水資源学 共立出版 1973
村下 敏夫 地下水要論 昭晃堂 1975
柴崎 達雄 地下水盆の管理 東海大学出版会 1975
山本 荘毅他監修 最新地下水学 山海堂 1977
山村 和也 土と水の諸問題 鹿島出版会 1979
地下水ハンドブック 建設産業調査会 1976
山本 荘毅 地下水調査法 古今書院 1983
ボーリングポケットブック オーム社 1983
土質工学会編 地下水入門 上質工学会 1986

② 雑誌

- Isotope News 日本アイソトープ協会
井戸と地下水とポンプ 物理探査技術協会 (現 日本探査学会)
海と気象 海洋気象学会
応用地質 応用地質学会
温泉科学 日本温泉科学会
河 川 日本河川協会
気象研究ノート 日本気象学会
気象集誌 日本気象学会
新砂防 砂防学会
水利科学 水利科学研究所
雪 水 日本雪水学会
第四紀研究 日本第四紀学会
地学雑誌 東京地学協会
地球化学 地球化学会
地質学雑誌 日本地質学会
地 理 古今書院
地理学評論 日本地理学会

天 氣	日本氣象協會
土木学会誌	日本土木学会
土木技術	土木技術社
日本海洋学会誌	日本海洋学会
日本化学会誌	日本化学会
日本地下水学会誌	日本地下水学会
日本林学会誌	日本林学会
農業土木学会誌	日本農業土木学会
物理探鉱	日本探査学会
分析化学	日本分析学会
水経済年報	水利科学研究所
陸水学雑誌	日本陸水学会

③ 官公庁出版物・研究報告

総理府

国立防災科学技術センター研究報告	科学技術庁国立防災科学技術センター
資源調査会報告	科学技術庁資源調査会
地球物理学輯報	日本学術会議
日本地質学地理学輯報	日本学術会議

農林省

森林測候所特別報告	農林省林業試験場
森林治水氣象彙報	農林省林業試験場

通産省

資源技術試験所報告	通産省資源技術試験所
地質調査所月報	通産省工業技術院地質調査所
地質調査所報告	通産省工業技術院地質調査所
地質ニュース	通産省工業技術院地質調査所

運輸省

海洋气象台彙報	気象庁海洋气象台
気象庁技術報告	気象庁
中央气象台彙報	中央气象台
中央气象台海洋報告	中央气象台

④ 資 料

雨量年表 (1938～)	建設省
気象要覧 (1900～)	気象庁
気象庁各種年報	

⑤ 洋雑誌

発行国名： (B) ベルギー (E) イギリス (F) フランス (H) オランダ
(NZ) ニュージーランド (WG) 西ドイツ
(USA) アメリカ合衆国 (USSR) ソビエト連邦

Acta Hydrophysica (EG)
American Journal of Science (USA)
Annales de Limnologie (F)
Bulletin of American Water Works Association (USA)
Bulletin of the Geological Society of America (USA)
Bulletin of International Association of Scientific Hydrology (B)
Deutsche Hydrographische Zeitschrift (WG)
Geographical Journal (E)
Geographical Review (USA)
Ground water (USA)
Hydrology USSR (USSR)
International Journal of Oceanology and Limnology (USA)
Journal of Geography (USA)
Journal of Geology (USA)
Journal of Geophysical Research (USA)
Journal of Hydrology (H)
Journal of Hydrology (NZ)
Journal of Applied Meteorology (USA)
Journal of Atmospheric Sciences (USA)
Journal of Soil Science (E)
Limnology and Oceanography (USA)
Nature (E)
Nordic Hydrology (D)
Soviet Geography (USSR)
Soviet Hydrology (USSR)
Wasser (WG)
Wasser und Boden (WG)
Wasserwirtschaft (WG)
Water Resources Research (USA)
Water Supply Paper-U.S. Geological Survey (USA)

附 6 主な関係学会・協会

温泉工学会	171	豊島区高田3-4-2-10	中央温泉研究所内
	☎	03-987-0751	
海外地下水 開発協定会	105	港区新橋6-2-2-8	
	☎	03-459-8078	
海洋気象学会	650	神戸市生田区中山手通7丁目	神戸海洋気象台内
	☎	078-34-4826	
岩石物性研究会	464	名古屋市千種区不老町	名古屋大学理学部地球科学教室内
	☎	052-781-5111	
砂防学会	102	千代田区平河町2-7-5	砂防会館
	☎	03-261-8386	
自然災害科学会	611	宇治市五ヶ庄	京都大学防災研究所内
	☎	0774-32-3111	
水利科学研究所	112	文京区後楽1-7-12	林友ビル
	☎	03-816-3391	
石膏石灰学会	160	新宿区西新宿7-13-5	12山京ビル
	☎	03-363-6445	
石灰石鉱業協会	104	中央区銀座2-4-1	銀楽ビル
	☎	03-562-4711	
全国鑿井協会	104	中央区八丁堀2-5-1	東京建設会館
	☎	03-551-7524	
堆積学研究会	660	京都市左京区北白川追分町	京都大学地質学鉱物学教室内
	☎	075-751-2111	
地下水技術協会	101	千代田区神田美土代町1-1	
	☎	03-293-8479	
地震学会	113	文京区弥生1-1-1	東京大学地震研究所内
	☎	03-813-7421	
地すべり学会	105	港区新橋5-7-2	市村ビル
	☎	03-438-0493	
地すべり対策 技術協会		同上	
東京地学協会	102	千代田区二番町1-2-2	
	☎	03-261-0809	
土質工学会	101	千代田区神田淡路町2-2-3	菅山ビル
	☎	03-251-7661	
土木学会	160	新宿区四谷一丁目	
	☎	03-355-3441	
日本アイソ トープ協会	113	文京区本駒込2-28-45	
	☎	03-946-7111	

- 日本応用地質学会 160 新宿区早稲田 2-1-0-11
☎ 03-202-3614
- 日本温泉科学会 158 世田谷区深沢 2-1-1 東京都立大学理学部野口研究室
☎ 03-717-0111
- 日本海洋学会 165 中野区南台 1-1-5-1 東京大学海洋研究所内
☎ 03-376-1251
- 日本化学会 101 千代田区神田駿河台 1-5
☎ 03-376-1251
- 日本岩石鉱物
鉱床学会 980 仙台市荒巻字青葉 東北大学理学部岩鉱教室内
☎ 0222-221800
- 日本気象学会 100 千代田区大手町 1-3-4 気象庁内
☎ 03-212-8341
- 日本第四紀学会 113 文京区弥生 2-4-16 学会事務センター
☎ 03-815-1903
- 日本地下水学会 305 つくば市東 1-1-3 地質調査所水資源課内
☎ 0298-54-3684
- 日本地球化学会 113 文京区弥生 2-4-16 学会事務センター
☎ 03-815-1903
- 日本地質学会 101 千代田区鍛冶町 1-1-0-4 丸石ビル内
☎ 03-252-7242
- 日本地形学連合 611 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所内
☎ 0774-32-3111
- 日本地熱学会 305 つくば市東 1-1-3 地質調査所地殻熱部内
☎ 0298-54-3707
- 日本地熱調査会 100 千代田区有楽町 1-7-1 有楽町電気ビル
☎ 03-212-7885
- 日本地理学会 113 文京区弥生 2-4-16 学会事務センター
☎ 03-815-1912
- 日本粘土学会 101 千代田区神田錦町 3-2-0 山京ビル
☎ 03-293-9374
- 日本陸水学会 113 文京区弥生 2-4-16 学会事務センター
☎ 03-815-1903
- 日本林学会 102 千代田区六番町 7
☎ 03-261-2766
- 農業土木学会 105 港区新橋 5-3-4-4 農業土木会館内
☎ 03-436-3418
- 物理探査学会 143 大田区中馬込 2-2-18 サンエスビル
☎ 03-774-5858

附 7 主な関係研究機関、大学及び研究分野

北海道大学理学部 地球物理学教室	060 札幌市北区北10条西6丁目 ☎ 011-711-2111	陸水学
北海道大学低温 科学研究所	060 札幌市北区北18条西8丁目 ☎ 011-711-2111	融雪
北海道立地下 資源調査所	060 札幌市北区北18条西12丁目 ☎ 011-742-2211	水理地質 地熱
秋田大学鉱山学部 鉱山地質学教室	010 秋田市手形学園町1-1 ☎ 0188-33-5261	地熱
秋田大学教育学部 地学教室	同上	水経済支 水収支
東北大学工学部 資源工学教室	980 仙台市荒巻字青葉 ☎ 0222-22-1800	地熱
筑波大学 地球科学系	305 つくば市天王台1-1-1 ☎ 0298-53-2111	水文学
国立防災科学技術 センター	305 つくば市天王台3-1 ☎ 0298-51-1611	地すべり 地下水
通産省工業技術院 地質調査所	305 つくば市東1-1-3 ☎ 0298-54-3521	水理地質 地震地下水
埼玉大学工学部 地盤水理実験施設	338 浦和市下大久保255 ☎ 0488-52-2111	岩盤割目
千葉大学理学部 地学教室	260 千葉市弥生町1-33 ☎ 0472-51-1111	水理地質 水文学
東京大学工学部 資源工学教室	113 文京区本郷7-3-1 ☎ 03-812-2111	岩盤割目
立正大学文学部 地理学教室	141 品川区大崎4-2 ☎ 03-492-6649	水理地質
新潟大学積雪地域 災害研究センター	950 新潟市五十嵐2の町8050 ☎ 025-262-7051	地すべり 地下水
富山大学理学部 地球科学教室	930 富山市五福3190 ☎ 0764-41-1271	同位体学 水文学
名古屋大学理学部 地球科学教室	464 名古屋市千種区不老町 ☎ 052-781-5111	同位体学 水文学
名古屋大学水圏 科学研究所	同上	陸水学
京都大学 防災研究所	611 宇治市五ヶ庄 ☎ 0774-32-3111	地すべり 地下水
奈良教育大学 地学教室	630 奈良市高畑町 ☎ 0472-26-1101	地下水 弾性理論

大阪教育大学
 教育学部
 愛媛大学工学部
 海洋工学教室
 九州大学工学部
 資源工学教室
 九州大学工学部
 土木工学教室
 京都府
 都属
 大地究
 学球
 理物
 学施
 部学
 設

543 大阪市天王寺区南河堀町4-88
 ☎ 06-771-8131

790 松山市文京町3番
 ☎ 0899-24-7111

812 福岡市東区箱崎6-10-1
 ☎ 092-641-1101

同 上

874 別府市野口原
 ☎ 0977-22-0713

水収支

陸水学

地熱

水資源

地熱

