

6.3 井戸の配置と深度

6.3.1 井戸の配置

段階揚水試験の結果から生産井1本当りの揚水量が $300 \text{ m}^3/\text{day}$ であれば、定常状態で安定して汲み出すことができるので、これを生産井1本当りの計画揚水量とすると一日当りの必要計画水量は 4000 m^3 に対して生産井は14本が必要になる。なお、TW-3揚水井が新設井戸14本を補足する生産井または予備井として使用できる。

井戸配置は図6-5に示すように、アセリック主断層から 1.5 km 離し、千鳥に2列の配列にする。開発に伴ない必要水量が増大するので、これに合わせて生産井を増加すればよいわけであるが、次のような段階的な施工が適当ではないかと思われる。

第一期計画 …… 生産井7本(W-1, 2, 3, 4, 8, 9, 10)

第二期計画 …… 生産井7本(W-5, 6, 7, 11, 12, 13, 14)

6.3.2 井戸の深度

井戸の深度は、実施計画のための構造ボーリングの結果を参考にして決定されることであるが、差し当ってはテロア層下底までとし、 $200 \sim 300 \text{ m}$ を目安にすれば良いであろう。その理由は大略次のとおりである。

- ・ TW-3で帯水層の上面深度が 150 m 、帯水層の厚さが約 50 m である。
- ・ テインディのFAGO118井で帯水層上面深度 170 m 、孔底 240 m でまだアガデス層群中にある。
- ・ TW-3から南東方向で帯水層の上面深度が徐々に深くなりティンデー付近で再び徐々に浅くなる傾向にある。また、層厚は南東及び東方向で徐々に厚くなると推定される。

6.4 用水設備計画

6.4.1 概要

本計画は、テキダンテズムウラン鉱開発に伴い精錬工場に対する工業用水と、鉱山都市及びその周辺地域住民に対する都市生活用水を供給するため次の設備について計画する。

- (1) 井戸設備
- (2) 送水配管設備
- (3) 貯水設備

図6-6は、用水設備概要と設備フローを示す。

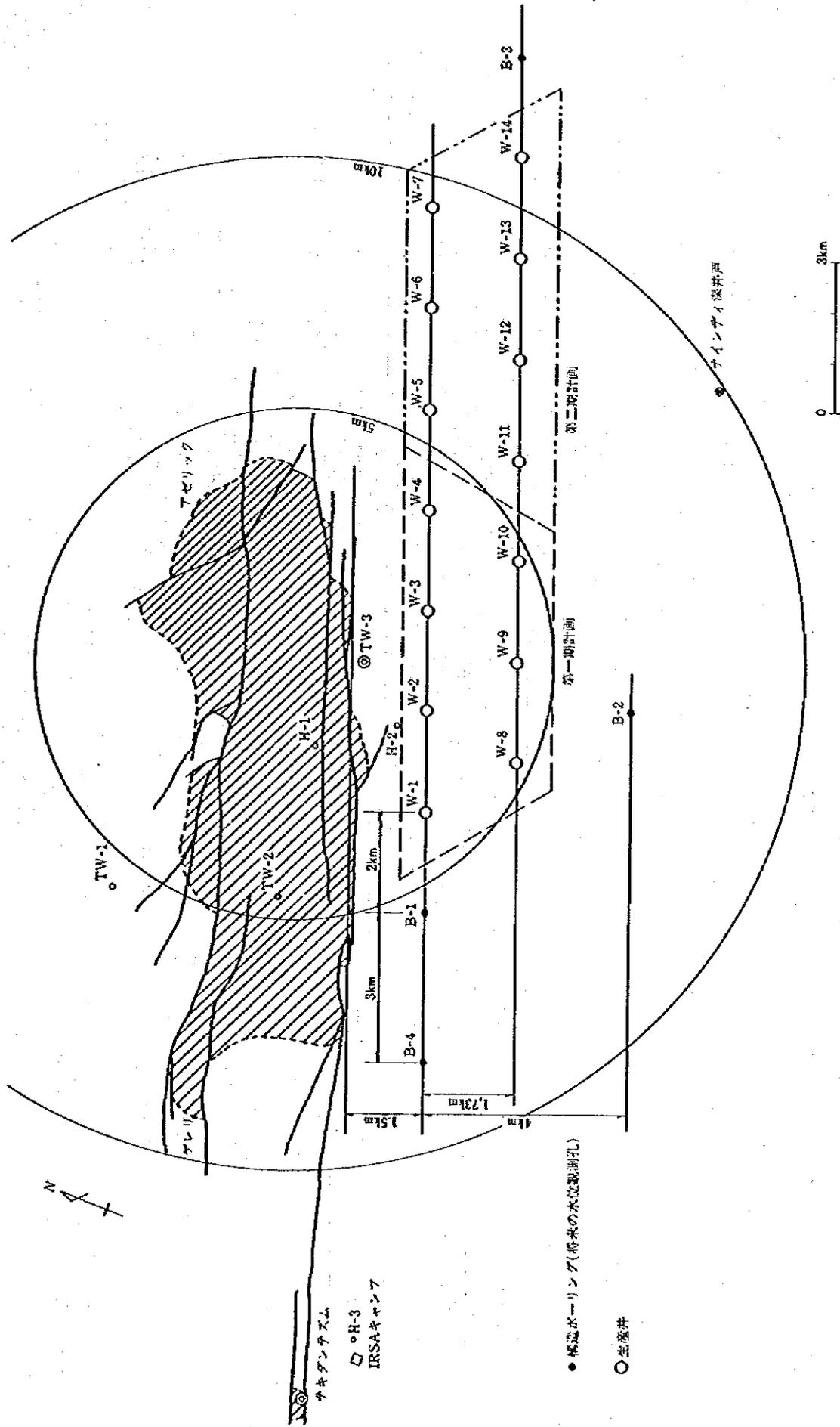
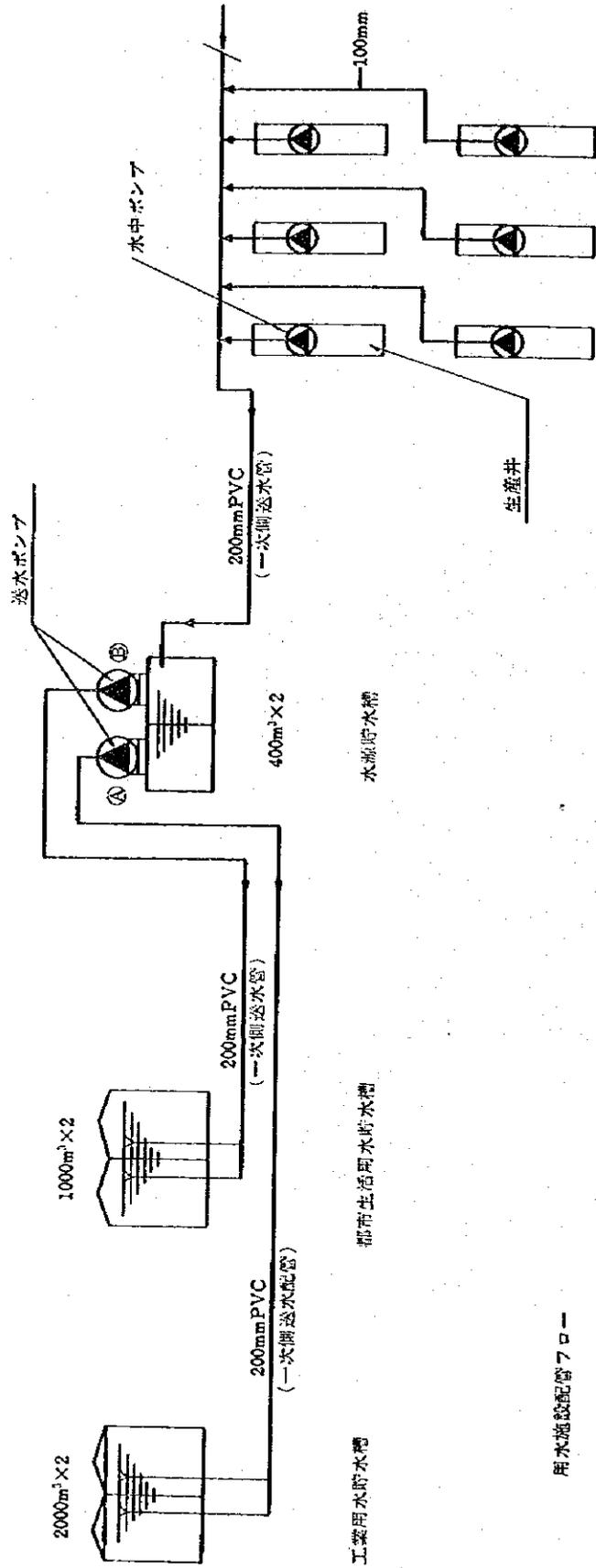


図6-5 井戸の配設計画

項目	設 備	概 要
井 戸 設 備	生産井 14本 150mm 230m ³ /day × 14 = 4200m ³ /day 水中ポンプ 80φ × 208ℓ/min × 70m × 11kW × 14台 発電機 30kVA × 14台	
送水配管設備	PVC 200 ^A × 9.2km, 150 ^A × 14km, 100 ^A × 13.3km 送水ポンプ ④ 150 ^A × 1.83m ³ /min × 60m × 30kW × 3台, 送水ポンプ ⑤ 150 ^A × 1.25m ³ /min × 30m × 19kW × 3台	
貯水 槽 設 備	水源貯水槽 400m ³ × 2基, 工業用水貯水槽 2000m ³ / 2基, 都市生活用水貯水槽 1000m ³ × 2基	



用水施設配管フロー

図6-6 用水設備フロー

生産井群(14本)

6.4.2 全体配置計画

精錬工場及び都市住宅地は、ドーム構造体の中央部の比較的高地に設営される予定である。一方、水源予定地はTW-3地点を中心にして南東方向の少し低い位置にある。従って、各井戸からの淡水は一旦水源貯水槽に集水し貯水する。また送水配管方法は、精錬工場及び都市の貯水槽までポンプ圧送方式が採用される。

用水設備の配管系統及び設備概要を図6-7に示す。

6.4.3 井戸設備

(1) 生産井構造

生産井は口径150mmの深井戸とし、水需要量4,000 m^3 /day(工業用水2,200 m^3 /day, 都市生活用水1,800 m^3 /day)に対し、揚水量300 m^3 /dayより生産井14本にて取水する。

表6-10は生産井の仕様を示し、図6-8は生産井の構造を示す。

表6-10 生産井の仕様

井戸口径	揚水量	井戸深さ	数量
150mm	208 l /min	230~300m	14

(2) 水中モーターポンプ

水中ポンプの最低始動水位を50mとし、バルブ、曲り部及び配管の摩擦損失を約20mとするとポンプ揚程70mとなる。連続運転時の揚水量を208 l /min(300 m^3 /day)とすればポンプの仕様は表6-11のようになる。

表6-11 水中ポンプの仕様

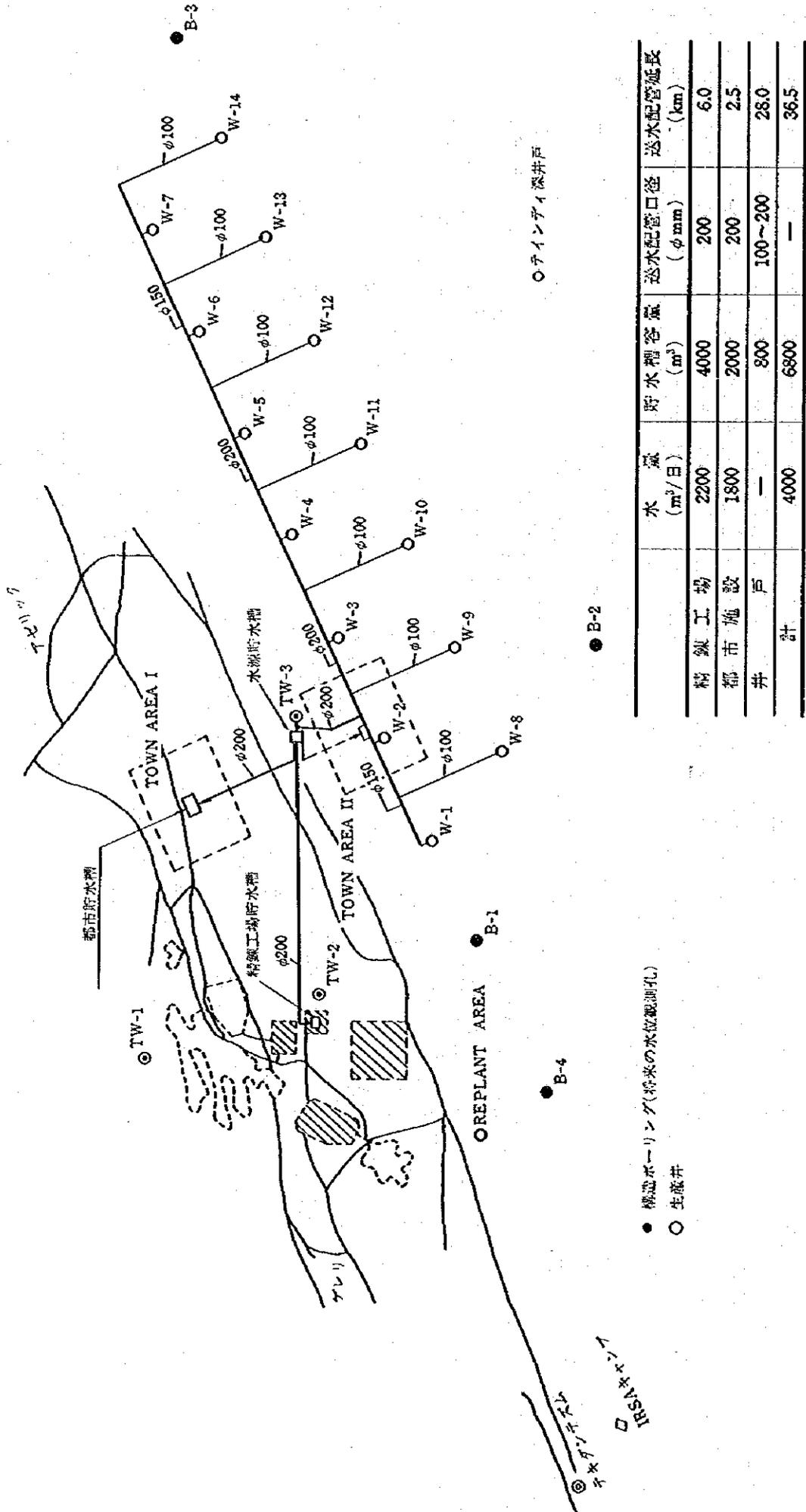
口径	水量	揚程	出力	台数
65mm	208 l /min	70m	11kW	14

(3) 発電機

水中ポンプの電源は、小型発電機を使用するものとし各井戸に設置する。

表6-12 発電機の仕様

容量	30kVA	14台	屋外設置形



	水 量 (m^3 /日)	貯水槽容量 (m^3)	送水配管口径 (ϕ mm)	送水配管延長 (km)
精製工場	2200	4000	200	6.0
都市施設	1800	2000	200	2.5
井 戸	—	800	100~200	28.0
計	4000	6800	—	36.5

図6-7 用水設備の配管系統及び設備概要

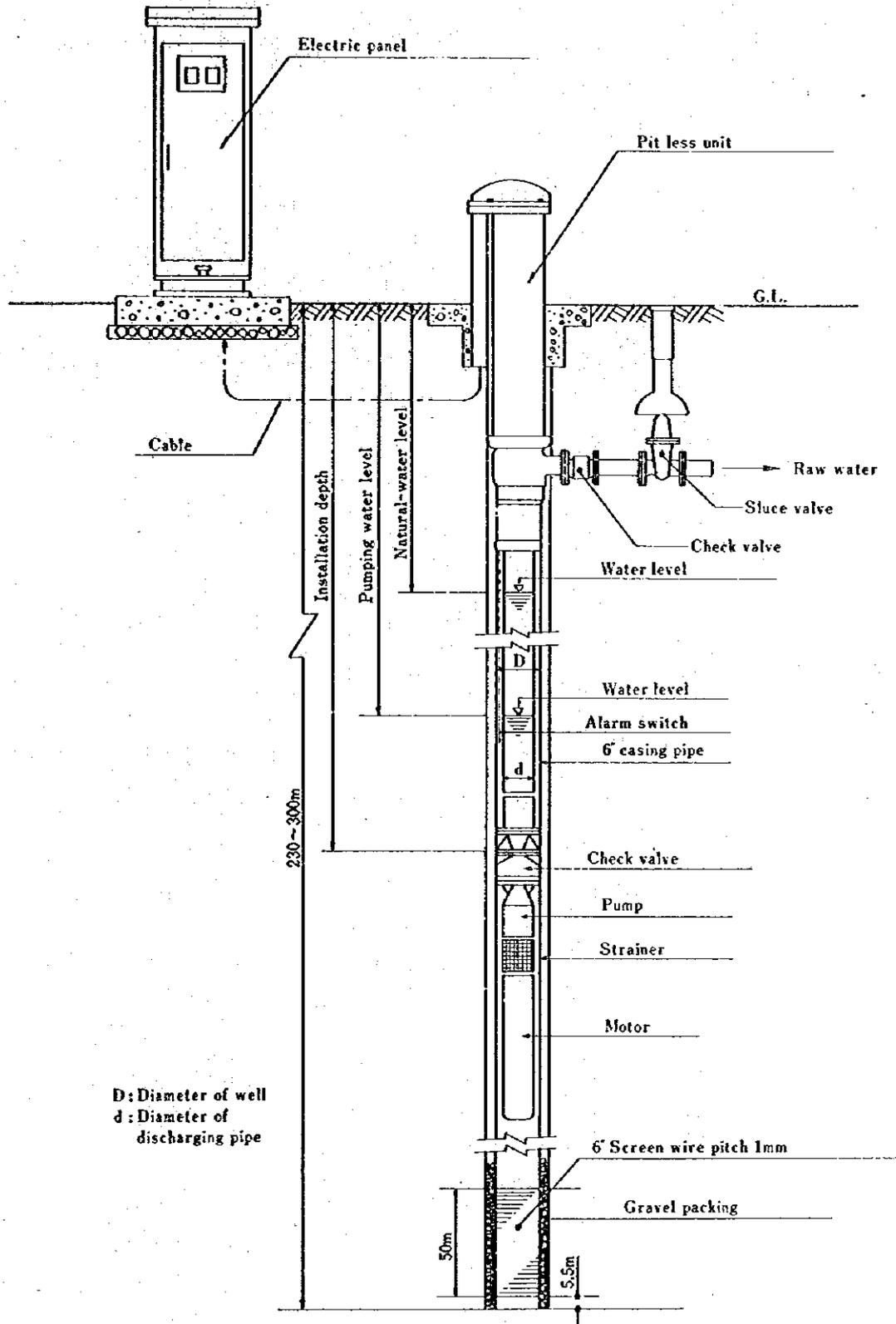


図6-8 生産井の構造

6.4.4 送水配管設備

(1) 配管方式

水源貯水槽より送水する工業用水 ($2,200 \text{ m}^3/\text{day}$) と都市生活用水 ($1,800 \text{ m}^3/\text{day}$) は、別系統のポンプ圧送によって図6-9のように供給する。

ポンプ一次側の送水圧力は $1 \sim 2 \text{ Kg/cm}^2$ の低圧とし、地中埋設管にて送水する。

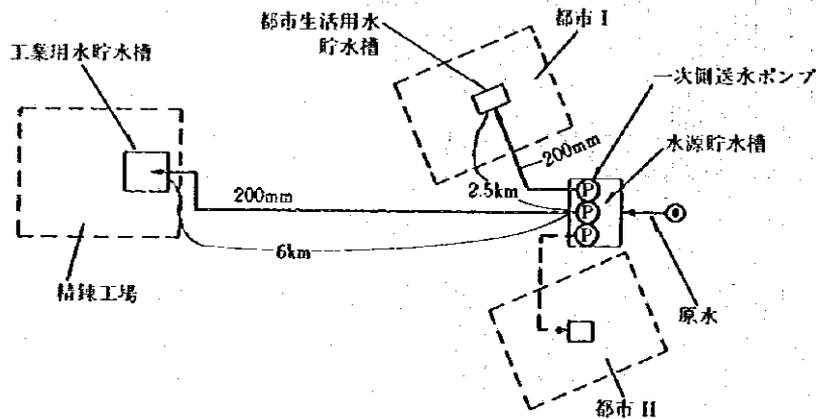


図6-9 一次側送水配管系統

(2) 一次側送水ポンプ

(a) 工業用水送水ポンプ

送水ポンプの運転時間は20時間とするとポンプ能力は $2,200 \text{ m}^3/\text{day} \times 1/20\text{h} = 110 \text{ m}^3/\text{h}$ となる。ポンプは常用2台の自動交互運転とし予備1台を設置する。

ポンプ形式は横形多段うず巻ポンプを採用する。

表6-13 ポンプ仕様

口径	揚水量	揚程	出力	台数
150mm	$1.83 \text{ m}^3/\text{min}$	60m	30kW	3

(b) 都市生活用水ポンプ

都市における送水ポンプ能力はピーク時の使用量をまかなうものとする。

平均給水量 $1,800 \text{ m}^3/\text{day} \times 1/24\text{h} = 75 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1.25 \text{ m}^3/\text{min}$) であり、ピーク時の水量を平均給水量の2倍とすれば、最大給水量は $75 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ ($2.5 \text{ m}^3/\text{min}$) となる。送水ポンプは低負荷運転時を考え2台による追従運転としその他に保守点検用に予備1台を設置する。ポンプは横形うず巻ポンプとし概略仕様を表6-14に示す。

表6-14 ポンプ仕様

口径	揚水量	揚程	出力	台数
150mm	1.25 m^3/min	30m	19kW	3

(3) 配管

供給配管は、耐食性、耐久性、施工性及び経済性より PVC 管（水道用硬質塩化ビニール管）を採用する。

PVC 管の欠点である耐衝撃性、耐熱性に対しては、地中埋設方法より保護する。

主送水配管の概略仕様を表 6 - 15 に示す。

表6-15 送水配管の仕様

	口径 (ϕ mm)	最大水量 (m^3/min)	流速 (m/s)	配管延長 (km)
工業用水	200	1.83 ^{*1)}	1.0	6.0
都市用水	200	2.5 ^{*2)}	1.3	2.5
水源主管	100~200	2.8 ^{*3)}	1.4	28.0

*1) 水需要量 2200 m^3/day 平均20時間にて給水する水量

*2) 水需要量 1800 m^3/day 1日の平均給水量の2倍を給水する
水量 $1800 \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{60} \times 2 = 2.5 \text{m}^3/\text{min}$

*3) 井戸揚水量 4000 m^3/day を24時間にて給水する

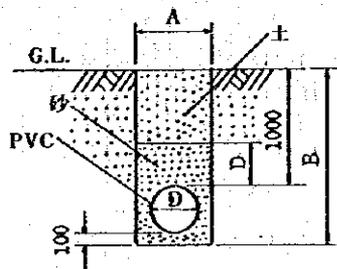
*1) 水需要量 2,200 m^3/day 平均 20 時間にて給水する水量

*2) 水需要量 1,800 m^3/day 1 日の平均給水量の 2 倍を給水する水量

$$1,800 \text{ m}^3/\text{day} \times \frac{1}{24 \text{ h}} \times \frac{1}{60 \text{ min}} \times 2 = 2.5 \text{ m}^3/\text{min}$$

*3) 井戸揚水量 4,000 m^3/day を 24 時間にて給水する

地中埋設管の土被は 1.0 m とし、図 6 - 10 のように施工する。



口径 (mm)	A (mm)	B (mm)
100	600	1300
150	600	1400
200	700	1500

図6-10 送水配管埋設要領

6.4.5 貯水設備

(1) 水源貯水槽

本槽は各井戸の水中ポンプにおいて揚水した淡水を集水主管に導き水源貯水槽に貯水する。

これより一次側送水ポンプにより精錬工場及び都市の貯水槽へ送水する。従って水源貯水槽は各施設へ送水するための中間槽である。

貯水容量は水需要量の20%を貯水するものとし保守、非常時を考慮して2基設置する。

$$4,000 \text{ m}^3 \times 0.2 = 800 \text{ m}^3$$

貯水槽としては400 m³ 2基とする。

(2) 工業用水貯水槽

精錬工場に設置される工業用水貯水槽は、一次側送水ポンプにより送水された淡水を貯水する。貯水容量は2日分を貯水するものとするれば

$$2,200 \text{ m}^3 \times 2 = 4,400 \text{ m}^3 \text{ となる。}$$

貯水槽としては2,000 m³ 2基を設置する。

(3) 都市生活用貯水槽

都市に設置する生活用貯水槽は使用水量の1日分を貯水すると、 $1,800 \text{ m}^3/\text{day} \times 1 = 1,800 \text{ m}^3$ となる。貯水槽としては将来の水需要の増大に備えるため1,000 m³ 2基を計画する。

表6-16は貯水槽の概略仕様を示す。

表6-16 貯水槽の概略仕様

	1基当りの貯水容量 (m ³)	数量	貯水容量 (m ³)	摘 要
水源貯水槽	400	2	800	容量は全水需要量の20% 構造は鋼板製または鉄筋コンクリート製とする
工業用貯水槽	2000	2	4000	容量は工業用水の水需要量の2日分 構造は鋼板製または鉄筋コンクリート製とする
都市用貯水槽	1000	2	2000	容量は都市生活水需要量の1日分 構造は鋼板製または鉄筋コンクリート製とする

6.5 概算工事費と工期

6.5.1 概算工事費

概算工事数量と全体工事費は表6-17に示す。

次に6.5.2に述べる如く段階施工を行う場合の概算工事費を表6-18に示す。

表6-17 用水施設の工事数量と概算工事費
単位：1000F・CFA

工事種別	名称	仕様	単位	数量	単価	金額	摘要
井戸設備	生産井	井戸口径 150mm	m	4200	150	630,000	300m×14本=4200m
	構造ボーリング	井戸口径 100mm	"	1200	100	120,000	300m×4本=1200m
	水中ポンプ	80A×208ℓ/min×70m×11kW	台	14	1,800	25,200	
	発電機	30kVA	"	14	2,000	28,000	
	小計					803,200	
送水配管設備	配管	PVC 200A	m	9200	19	174,800	材工共、掘削、埋戻、粘土、砂
	"	PVC 150A	"	14000	15	210,000	"
	"	PVC 100A	"	13300	12	159,600	"
	送水ポンプ	150A×1.83m ³ /min×60m×30kW	台	3	1,500	4,500	工業用水用
	"	150A×1.25m ³ /min×30m×19kW	"	3	1,300	3,900	都市生活用
	小計					552,800	
貯水設備	水源貯水槽	400m ³ ×2基	m ³	800	110	88,000	コンクリート製
	工業用水貯水槽	2000m ³ ×2基	"	4000	69	276,000	"
	都市生活用貯水槽	1000m ³ ×2基	"	2000	87	174,000	"
	小計					538,000	
	計					1,894,000	
設計費	工事費の5%			1		95,000	
諸経費	工事費の10%			1		189,000	
合計						2,178,000	

表6-18 段階建設工事費概算

単位：1000F・CFA

工事種別	名称	仕様	第一期		第二期				
			単位	数量	単価	金額	単位	数量	金額
井戸設備	生産井	井戸口径 150mm	m	2100	150	315,000	m	2100	315,000
	構造ボーリング	井戸口径 100mm	m	1200	100	120,000	-	-	-
	水中ポンプ	80A×208ℓ/min×70m×11kW	台	7	1,800	12,600	台	7	12,600
	発電機	30kVA	"	7	2,000	14,000	"	7	14,000
	小計							461,600	341,600
送水配管設備	配管	PVC 200A	m	9200	19	174,800			
	"	PVC 150A	"	14000	15	210,000			
	"	PVC 100A	"	13300	12	159,600			
	送水ポンプ	150A×1.83m ³ /min×60m×30kW	台	3	1,500	4,500			
	"	150A×1.25m ³ /min×30m×19kW	"	3	1,300	3,900			
	小計							552,800	
貯水槽設備	水源貯水槽	400m ³ ×2基	m ³	800	110	88,000			
	工業用水貯水槽	2000m ³ ×2基	m ³	4000	69	276,000			
	福前生活用貯水槽	1000m ³ ×2基	"	1000	87	87,000	m ³	1000	87,000
	小計							451,000	87,000
設計費	工事費の5%							73,300	21,400
諸経費	工事費の10%							146,500	42,800
合	計							1,635,200	492,800

(1) 概算工事数量は、縮尺 $1/20,000$ の地形図及び補足資料により算出した。

(2) 生産井及び構造ボーリングの井戸深さは 300m と計画する。

(3) 送水配管は地中埋設を原則とし PVC 管にて算出した。

なお、井戸より水源貯水までのブースタ・ポンプの採用については、実施計画の段階において検討することとし本計画には含まない。

(4) 貯水槽の構造は、鉄筋コンクリート製において見積した。

(5) 本見積は、1978年度の現地単価ベースにより見積った。従って労務費は現地人の単価を採用する。

(6) 現地単価において不明確な機器費については日本単価を採用した。

6.5.2 建設工期

計画された14本の生産井を同時に施工することは経済的でないので実際の水需要の伸びと揚水量に合わせて段階的な建設が行なわれることになる。本調査では、建設工事は、2段階にわけて実施されるという想定にもとづいて次のように計画する。

(1) 井戸設備

開発初期は、精錬工場に対する水需要が主でありウラン年産量の開発が進むにつれて都市及び周辺地域の水需要量が増大するものと考えられる。従って第1期工事においては生産井7本 ($2,100\text{ m}^3/\text{day}$) を建設する計画とする。

(2) 貯水設備

水源貯水槽 (800 m^3)、工業用水槽 ($4,000\text{ m}^3$) は精錬工場の操業運転当初より必要であるため第1期工事計画とする。

都市生活用貯水槽は、水需要から想定し段階施工とし、第1期工事においては $1,000^3$ 1基を建設する計画とする。

(3) 送水配管設備

送水配管の段階施工は、技術的、及び経済性からみて問題があるため全て第1期工事計画とする。表6-19は建設工期を示す。

表6-19 建設工期

建設工期	1 年		2 年	
	6	12	18	24
井戸設備	第1期工事		第2期工事	
貯水設備		第1期工事	第2期工事	
送水配管設備		第1期工事		

第 7 章

実施設計及び井戸管理に対する提案

第7章 実施設計及び井戸管理に対する提案

本調査によって用水施設の基本計画については、その目的を達したが、具体的に計画を進めるには現在の調査資料のみでは不十分である。生産井設置の前段階としての調査及び生産井を設置した段階での揚水試験による基本計画の調整が必要である。また、地下水の長期安定確保のために採水段階での井戸および地下水の管理も重要な課題である。

7.1 生産井設置のための調査

ドーム南側での帯水層の分布について現調査の結果だけではまだ十分とは言い難いところがある。特に西側地域での第一帯水層の分布の確認が必要である。東及び南方向についてもイルハゼル層群の削り込みにより帯水層が薄くなっていること、また、断層により帯水層が不連続になっている可能性があることから、テロア層上位のチレスリン砂岩層も含めたアガテス砂岩層としての帯水層の広がり、厚さ及び性状についての構造ボーリングによる調査が望まれる。

構造ボーリングの本数は4本で、その配置は図6-5に示してある。ボーリング深度はテロア層下底までとし、比湧水量及び水理定数の概数値を知るための簡単な揚水試験を併せて実施する。また、これ等構造ボーリング孔は将来用水施設が運転作業水位観測、水質チェック孔として活用する。この調査結果如何によって、再度、井戸の配置の再検討あるいは再調整といった作業を行なう必要が生じる可能性もある。

7.2 生産井設置段階での揚水試験

用水施設の基本計画の基礎資料となった水理定数は3日間の揚水試験から算出したものである。より実状に合せた計画、管理を行なうために生産井を使用した長期間の揚水試験を実施する必要がある。また、群井としての揚水試験を実施し隣接井に与える影響、群井としての揚水量と水位降下の状態を調べることも必要になってくる。揚水試験は生産井を実際に運転しながらでも実施可能である。

なお、生産井は開発が進むにつれてその都度増大する必要水量に合わせて段階的に増設されるが、各々の段階で新たな資料に基づいて、用水施設計画全般の見直しを行なう必要がある。

7.3 採水段階での井戸及び地下水の管理

地下水を有効に利用するためには、採水施設、特に井戸の維持、管理とともに帯水盆全体の管理が重要になる。

(1) 地下水、水温、水質、揚水量の観測

井戸の能力の減退の早期発見、また、過剰揚水による井戸の障害及び水質の悪化を防止するために、地下水位、水温、水質、揚水量の長期的な連続観測が必要である。

井戸の水位は井戸の生命力の指標であり、その低下は井戸の構造の変化、帯水層の破壊に直接関係するので自動記録等による連続した記録が望ましい。

また、地下水の水質は必ずしも一定したものではなく、過剰揚水に伴う塩水化、地上からの汚染水の混入などがある。水質の悪化は水処理に多額の経費を要することになるので、日常の水質管理が重要である。

(2) 揚水試験の実施

揚水試験は生産井の築造時だけでなく、その後も繰返し行ないながら井戸の適正揚水量の検討を行なうことが望ましい。

(3) 井戸再生のための体制の整備

WP-3地点第一帯水層の地下水は重炭酸イオンの溶存量が多いので、長期の使用でカルシウム、マグネシウムの炭酸塩に代表されるスケールが形成され、ストレーナの目づまりが起る可能性がある。また、井戸の湧水量というものは、いろいろな原因によって減少し、井戸の老朽化は起こるものである。

従って、井戸の再生、スワッピング（掃除）のための資材及び保守体制を日頃から整備しておく必要がある。また、必要に応じてポンプの手入れ、修理を行なう必要のあることも考慮しておかなければならない。

(4) 帯水盆の管理

計画必要水量は開発最盛期のものとはいえ、かなり多量である。揚水による影響は相当広範囲に及ぶものと考えられる。従って、生産井周囲の管理のみに留まらず、広域に既設井等の影響を調査し、帯水盆全体の管理を行ないながら開発を進める必要がある。

第 8 章

開 発 効 果

第8章 開 発 効 果

ニジェール国の経済の根幹をなしているのは農業及び畜産の第一次産業が主であった。しかし莫大な面積のほとんどが荒涼とした不毛地域であり耕作可能面積は国土のわずか2%程度であり、その上農業技術の低いこともあって生産性は低くニジェール国経済の発展の前途は明るいものではなかった。

しかし、1966年アイール地方にウラン鉱床が発見され同国政府とフランス原子力庁等で共同に開発されたアイール鉱山会社が1971年にウランの生産を開始した。その後アクータ鉱山会社が設立され、同じくウランの生産を開始した。1975年に1300^tであったウラン生産量は1979年には3500～4000^t（世界銀行推定）に達し世界第4位の産出国になろうとしている。

従って輸出構造においても従来の農畜産物（落下生、綿花、皮革）の輸出主体がウランに変わりウランが輸出品目の第1位となり輸出高の6割を占めるに至った。また貿易収支においても一時の大旱魃オイルショックと続いた経済の激変期には100億F・CFAの赤字（1974年）を計上していたが、ウラン輸出により収支バランスも回復し、一人当りのGNPが1968年の70^{\$}が130^{\$}（1975年世界銀行推定）と大巾に上昇した。

従ってこの事実より、同国の経済はウランによって支えられ、本調査関連のテキダンテズム鉱床のウラン生産は同国の経済発展を更に促進するものである。

更にウラン鉱開発施設整備の一環である水源開発により過酷な自然条件下で水を渴望している住民に生活用水の供給を可能にすることは地域社会に大きなインパクトを与えることになる。

そこで具体的に用水整備が当該地域の社会経済構造にいかなる開発効果を与えるかについて検討する。

8.1 直接開発効果

用水施設整備が地域開発に定量的インパクトを与える生活用水の供給とこれに関連する雇用と所得についての直接効果は次の如くである。

上水の供給：上水の供給については先進鉱山都市の例を参考にし、次の方式を採用する。

- ・ 鉱山都市の従業員及び家族については鉱山関係企業より供給される。
- ・ 一般市民については*ニジェレックの管理下で供給される。

ここで、一般市民に与える計画供給量 70^ℓ/人・日を検討すると次のようになる。

1) 現況でのアガテス開発地域周辺の上水道消費量（ニジェレック管理）

：28000^{m³}/月（1977年平均）

* ニジェレック：ニジェール電力公社（略 NIGELEC）

ii) 本事業開発後の水供給量 (一般市民, 公共用水)

$$: 330 \text{ m}^3/\text{日} \times 30 \text{ 日}/\text{月} = 9900 \text{ m}^3/\text{月}$$

これらの水供給は建設の当初よりウラン鉱開発の進捗に伴い、これらの関連人口の増加と相まって段階的に増大するものであるので、建設中の2年間は現況の水需要量のおよそ20%に相当する。

$$9,900 \text{ m}^3/\text{月} \times 24 \text{ ヶ月} \times 2/3 = 158,400 \text{ m}^3/\text{年}$$

を新たに供給することになり、ニジェレックが得る収入は

$$158,400 \text{ m}^3 \times 150 \text{ F}\cdot\text{CFA}/\text{m}^3 = 23,760,000 \text{ F}\cdot\text{CFA}/\text{年}$$

となる。

また、建設後については現況のニジェレックが管理しているアカデス県内の需要戸数は約400戸で水消費量 $28,000 \text{ m}^3/\text{月}$ に対し、事業開始後長期にわたり新たに35%に相当する水供給が可能となり、その年間収入は

$$9,900 \text{ m}^3/\text{月} \times 12 \text{ ヶ月} \times 150 \text{ F}\cdot\text{CFA}/\text{m}^3 = 17,820,000 \text{ F}\cdot\text{CFA}/\text{年}$$

となる。

就業構造：アカデス県内における主要産業は牧畜であり総人口126,000人のうち約80%に相当する98,000人が何らかの形で牧畜に関係する人々であるため企業の就業人口は少なく、3,500人(1976年12月労働局年報)程度である。このうち建設業に従事する人口は2,700人となっている。

i) 現況での建設業就業人口 (1976年):

2,700人

ii) 用水施設整備事業開発に必要とする労働人口:

400人

iii) 用水施設整備事業開発後に必要とする人口:

20人

即ち、現況にて約2,700人の建設業就業者に対し建設段階においては新たに400人の就業の可能が実現することになる。この増加数値は現況の建設業人口の15%を占めることとなる。

所得の向上：ニジェール国での建設労働者の賃金は等級により、賃金差はかなりあるが職種による賃金(月給)は次のとおりである。

- | | | |
|-------------|-----------------------|----------------|
| a) 事務員及び作業員 | : 10,090~37,950 F·CFA | (24,000 F·CFA) |
| b) 運転手 | : 19,440~25,675 F·CFA | (22,500 F·CFA) |
| c) フォーマン | : 35,520~60,410 F·CFA | (48,000 F·CFA) |
| d) エンジニア | : 60,960~79,675 F·CFA | (70,300 F·CFA) |

* () 内は平均月給を示す。

i) 現況年間所得総額：

$$3,500人 \times 27,000F \cdot CFA \times 12ヶ月 = 1,134,000,000F \cdot CFA/年$$

ii) 用水施設整備開発における賃金所得：

$$400人 \times 23,250F \cdot CFA \times 12ヶ月 = 1,116,000,000F \cdot CFA/年$$

iii) 用水整備事業開発後における賃金所得：

$$20人 \times 48,000F \cdot CFA \times 12ヶ月 = 960,000F \cdot CFA/年$$

即ち、現況にて約1,134,000,000F・CFAの地域住民の所得に対して建設段階においては新たに、年間111,600,000F・CFAの所得増が実現することになる。この増加現金所得数値が現況所得の約10%を示すことになる。

また上記所得とは別に、2年間の建設工事期間中に上記労働賃金の他に建設工事期間中に現地調達
の建設資材、及び建設材料費が加算されることになる。

以上の如く現地人の雇用及び所得の数値をみるに、本整備事業が当該地域の社会、経済の発展に寄与する効果は極めて大きいと判断される。

8.2 波及開発効果

用水施設の整備に依り、開発地域へ水の供給を可能にすることはたとえ1人当りの配水量が先進国のその2割弱としても、水を渴望している地域住民の民生向上に果する役割は極めて大きいと云える。ここに地域開発に与えるインパクトを列挙すると次のようなものが考えられる。

(1) 水汲み労働の軽減

乾期、雨期を問わず生活用水の確保は数10キロを離れた井戸迄の水汲み作業を必要としている。これは婦女子に苛酷な負担をかけるだけでなく、日常生活の大半を費やすことになる。

水の供給はとりもなおさず、これらの労働から彼女達を解放し、その労働を農業生産や教育育児など次の世代の形成に役立たせる。

(2) 衛生の改善

身じかに水が得られることは食物衣類の洗浄及び水浴等の衛生面での改善に役立ち、非衛生から発生する種々の病気を減少させ、ひいては乳幼児の死亡率の低下を促進させる。

(3) 遊牧民定着化

水源の確保により常時水を得られる地域の出現は、水を求めて荒野を彷徨する遊牧民をその地域に誘引し、そこに定着させるであろう。この定着化は彼等を不安定な労働体質より解放し、安定した農業畜産又は他産業の就業に方向転換させるであろう。

(4) 農業畜産の開発

ニジェール国にとって、ウラン資源と同様に農畜産の開発は重要なテーマとなっている。本用水計画は農畜産の開発に直接関与していないが、今後、地下水の採水量増大の確認が、本用水整備に依り行えれば此の分野での開発に果たす役割は大なるものがある。

添付図表リスト

付表-1	段階揚水試験結果	79
付表-2	連続揚水試験結果	79
付図-1	ルート柱状図	80
付図-2	既存の構造および水理ボーリング柱状図	81
付図-3	WP-1地点揚水井, 観測井柱状図	83
付図-4	WP-2地点揚水井, 観測井柱状図	85
付図-5	WP-3地点揚水井, 観測井柱状図	87
付図-6	段階試験水位変化曲線(WP-1地点, WP-2地点)	89
付図-7	段階試験水位変化曲線(WP-3地点)	90
付図-8	連続揚水試験および回復試験水位変化曲線(WP-1地点)	91
付図-9	連続揚水試験および回復試験水位変化曲線(WP-2地点)	92
付図-10	連続揚水試験および回復試験水位変化曲線(WP-3地点, 第一帯水層)	93
付図-11	連続揚水試験および回復試験水位変化曲線(WP-3地点, 第二帯水層)	94
付図-12	WP-1地点 $s-t$ 曲線(タイスの方法)	95
付図-13	WP-1地点 $s-t$ 曲線(ヤコブの方法)	96
付図-14	WP-1地点 $s-t/t'$ 曲線(タイスの回復法)	97
付図-15	WP-2地点 $s-r$ 曲線(チームの方法)	98
付図-16	WP-3地点第一帯水層 $s-t$ 曲線(タイスの方法)	99
付図-17	WP-3地点第一帯水層 $s-t$ 曲線(ヤコブの方法)	100
付図-18	WP-3地点第一帯水層 $s-t/t'$ 曲線(タイスの回復法)	101
付図-19	WP-3地点第二帯水層 $s-t$ 曲線(タイスの方法)	102
付図-20	WP-3地点第二帯水層 $s-t$ 曲線(ヤコブの方法)	103
付図-21	WP-3地点第二帯水層 $s-t/t'$ 曲線(タイスの回復法)	104

付表-1 段階揚水試験結果

地点 対象層 調査井	WP-1			WP-2			WP-3					
	第二帯水層			第二帯水層			第一帯水層			第二帯水層		
	揚水井TW-1	OW-1-1	OW-1-2	揚水井TW-2	OW-2-1	OW-2-2	揚水井TW-3	OW-3-1	OW-3-2	TW-3	揚水井OW-3-1	OW-3-2
第一段階	50.3ℓ/min			25.2ℓ/min			79.8ℓ/min			30.6ℓ/min		
	8.483m	1.026m	0.653m	1.002m	0.165m	0.013m	3.654m	1.077m	0.776m	0.011m	5.010m	0.805m
第二段階	66.1ℓ/min			40.2ℓ/min			162.5ℓ/min			52.7ℓ/min		
	14.260m	2.036m	1.482m	1.472m	0.305m	0.104m	9.117m	1.824m	1.164m	0.045m	7.865m	0.950m
第三段階	95.0ℓ/min			75.1ℓ/min			252.7ℓ/min			78.2ℓ/min		
	26.302m	3.776m	2.570m	3.261m	0.650m	0.127m	14.703m	2.738m	1.876m	0.139m	11.760m	1.181m
第四段階	117.8ℓ/min			109.8ℓ/min			351.6ℓ/min			109.8ℓ/min		
	36.574m	5.499m	3.561m	5.567m	1.040m	0.147m	24.268m	4.096m	2.904m	0.288m	17.135m	1.504m
第五段階	152.8ℓ/min			139.0ℓ/min			452.5ℓ/min			139.0ℓ/min		
	52.180m	7.865m	5.454m	9.569m	1.735m	0.219m	35.731m	5.657m	4.069m	0.385m	23.444m	1.858m
第六段階	167.5ℓ/min			—			—			—		
	54.429m	9.357m	6.842m	—	—	—	—	—	—	—	—	—

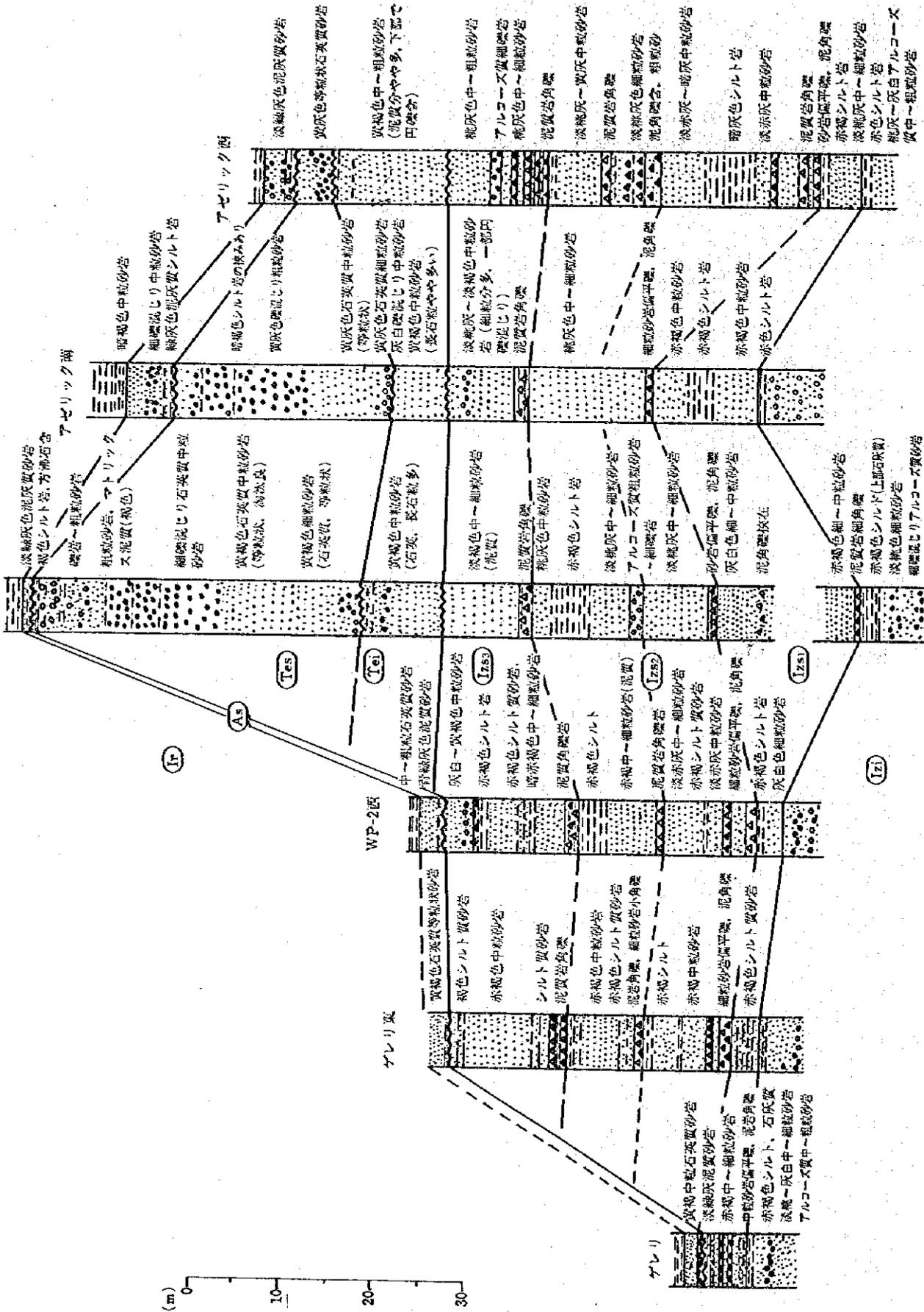
上段：揚水量、下段：水位降下

付表-2 連続揚水試験結果(揚水井)

地点	対象帯水層	揚水量	試験前水位*	揚水水位*	比湧水量	備考
WP-1	第二帯水層	143.4ℓ/min	+0.185m	-53.956m	2.65ℓ/min/m	揚水井 TW-1 6" ポンプ使用
			377.688m	323.547m		
WP-2	第二帯水層	139.0ℓ/min	-21.545m	-32.024m	13.26ℓ/min/m	揚水井 TW-2 4" ポンプ使用
			377.911m	367.432m		
WP-3	第一帯水層	452.5ℓ/min	-11.415m	-53.647m	10.71ℓ/min/m	揚水井 TW-3 6" ポンプ使用
			387.058m	344.826m		
	第二帯水層	139.0ℓ/min	-6.450m	-35.271m	4.82ℓ/min/m	揚水井 OW-3-1 4" ポンプ使用
			391.674m	362.853m		

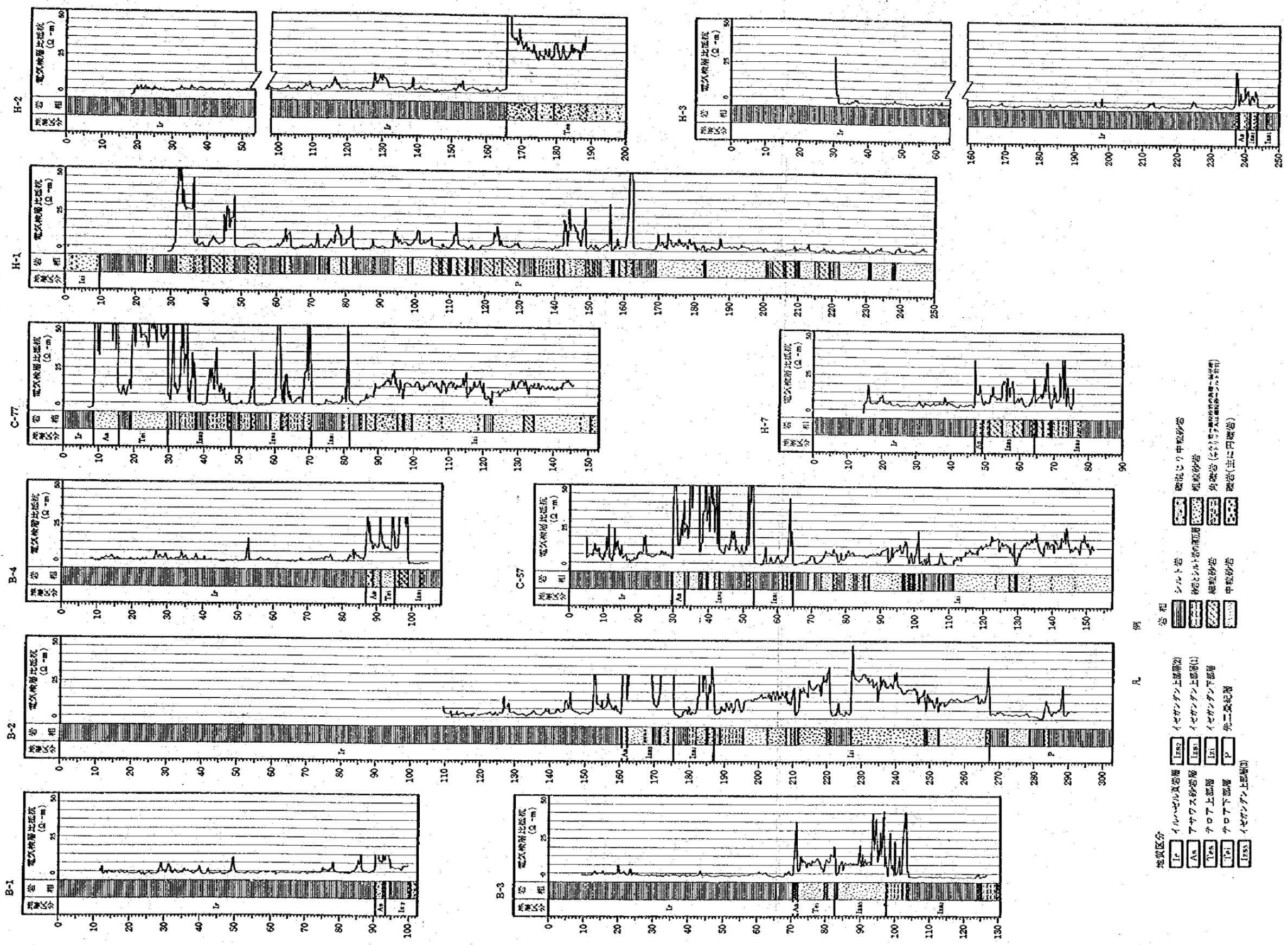
※上段は地盤面を基準、下段は標高

WP-3地点北西



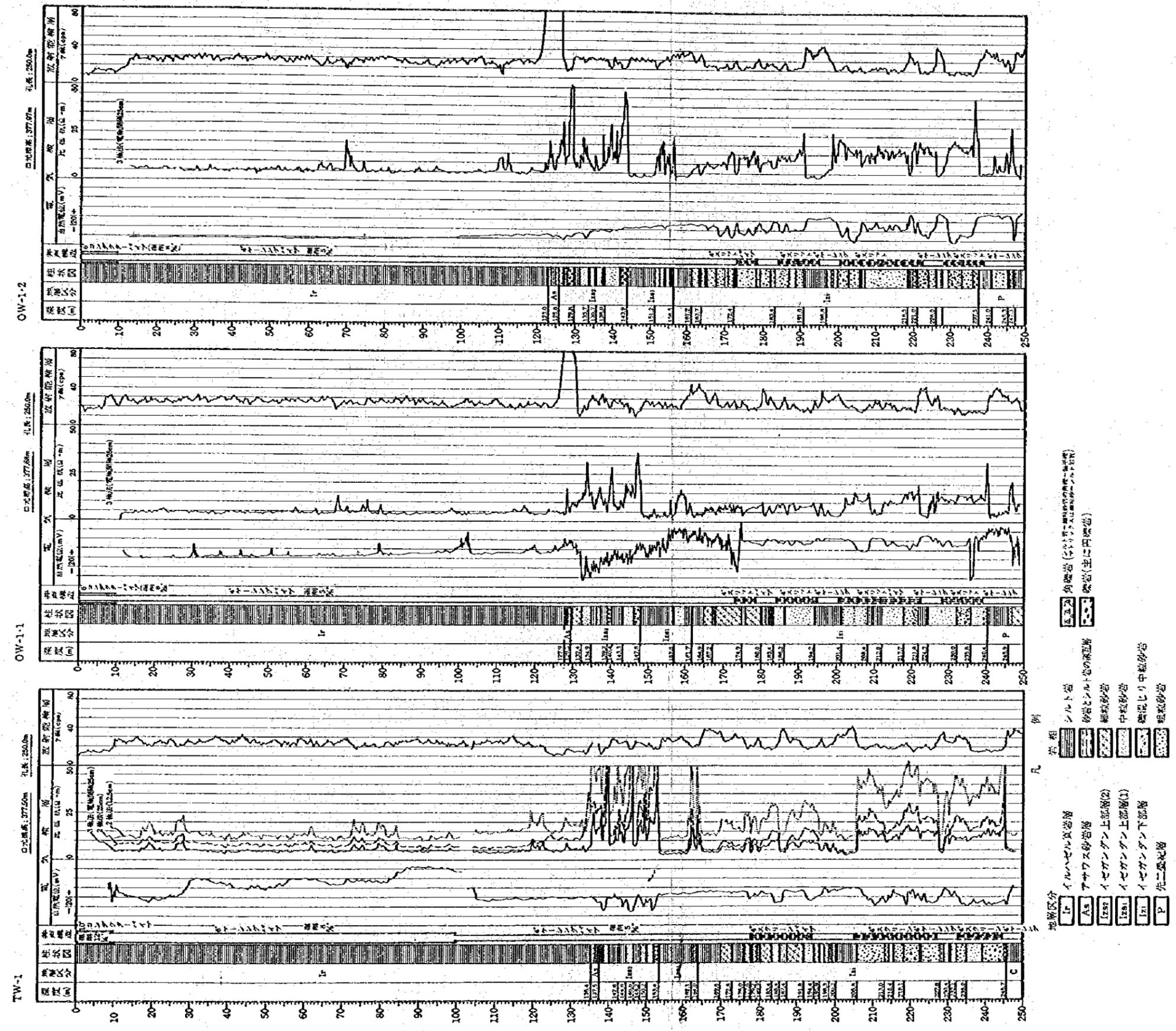
アゼリク主断層北

付図-1 ルー ト 地質図

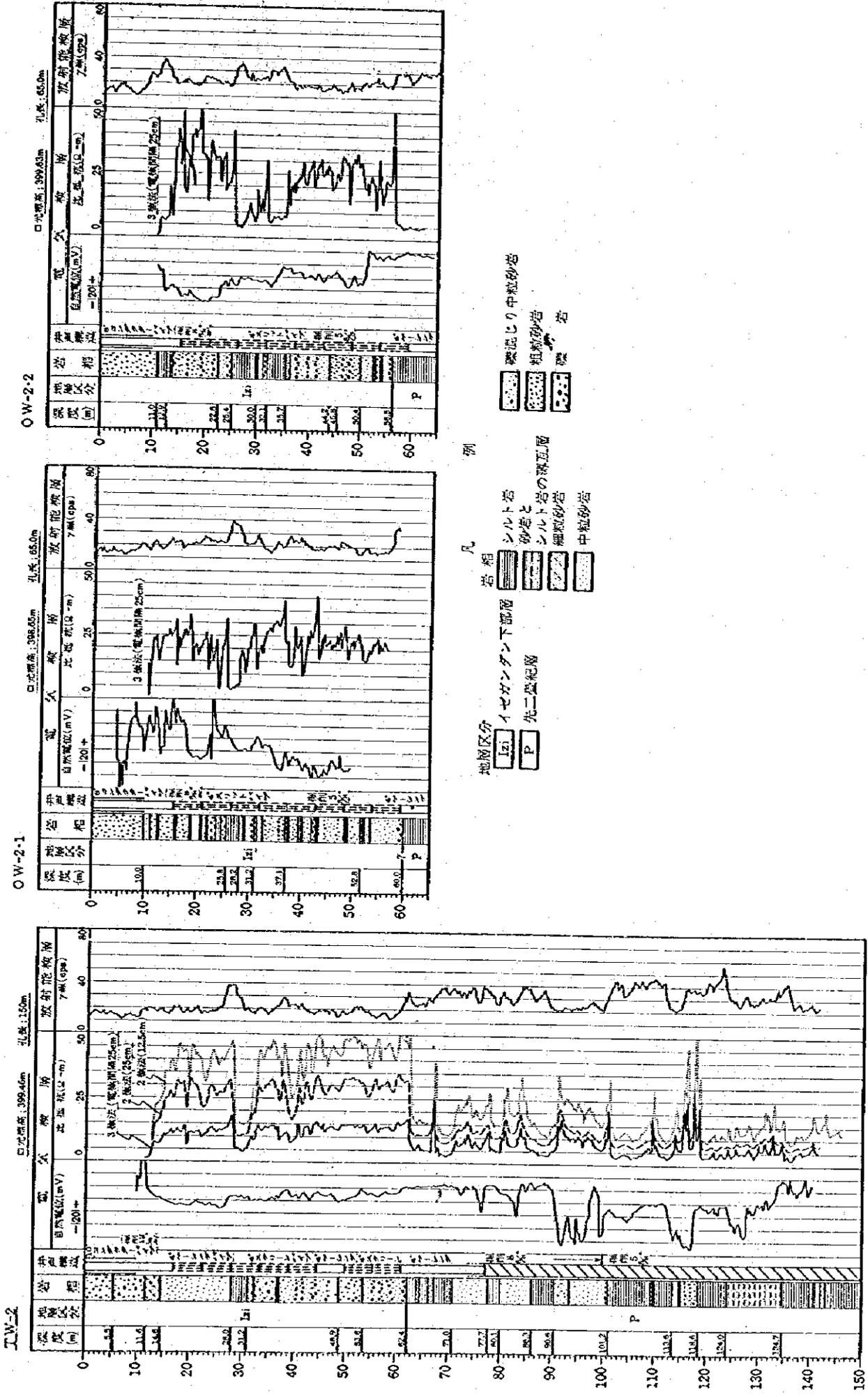


- 凡例
- | | | | | |
|------|-------|------------|------|------------|
| 地質区分 | Ir | イルゼル頁岩層 | Irsp | イセガンダン上部層② |
| | As | アワス砂岩層 | Isst | イセガンダン上部層① |
| | Tss | テロア上部層 | Isd | イセガンダン下部層 |
| | Tst | テロア下部層 | P | 先二葉紀層 |
| | Isst③ | イセガンダン上部層③ | | |
-
- | | | | | |
|----|---|------------|---|------------------------|
| 岩相 | ■ | シルト岩 | ■ | 礫泥じり中粒砂岩 |
| | ■ | 砂岩とシルト岩の混層 | ■ | 粗粒砂岩 |
| | ■ | 細粒砂岩 | ■ | 角礫岩 (ネリクワシは礫岩の角礫を主とする) |
| | ■ | 中粒砂岩 | ■ | 礫岩 (主に円礫岩) |

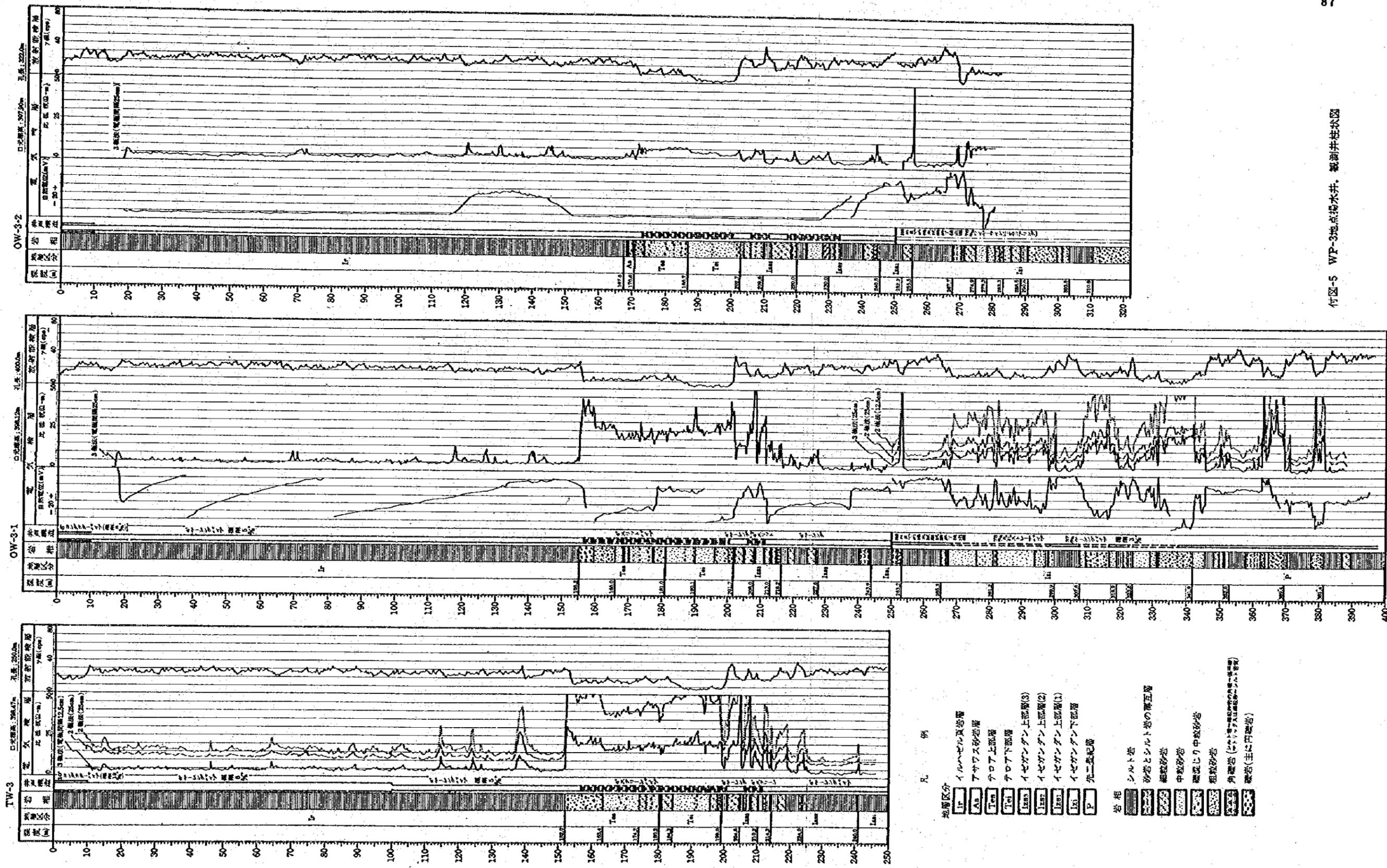
付図-2 主要構造ボーリングおよび水理ボーリング柱状図



付図-3 WP-1地点揚水井、観測井柱状図



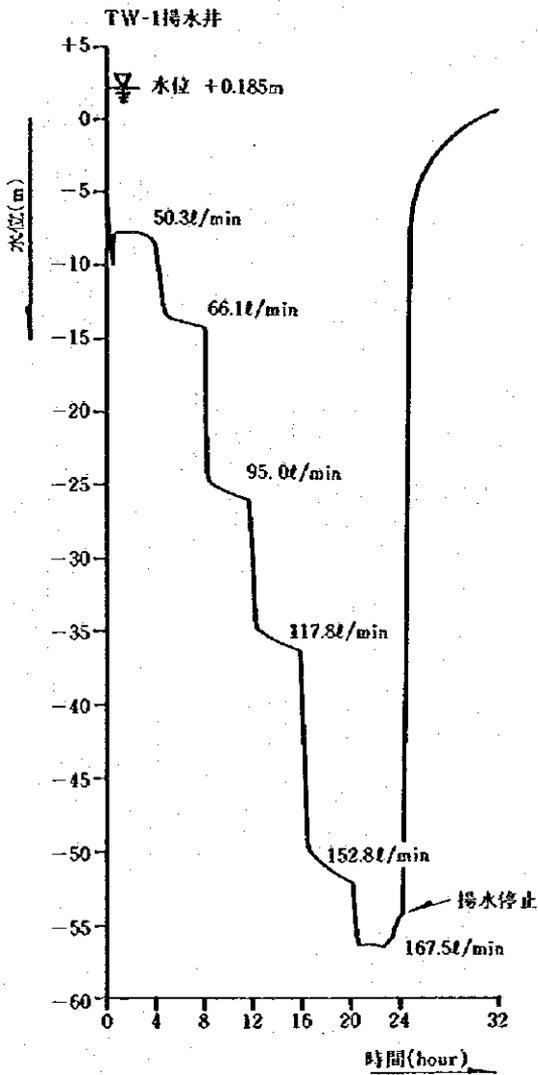
付図-4 WP-2地点揚水井、観測井柱状図



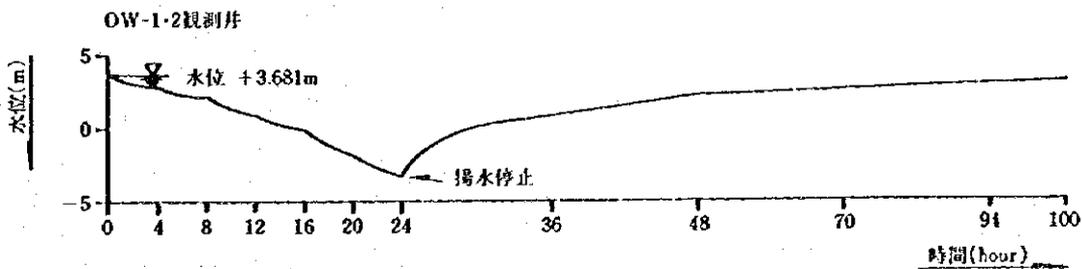
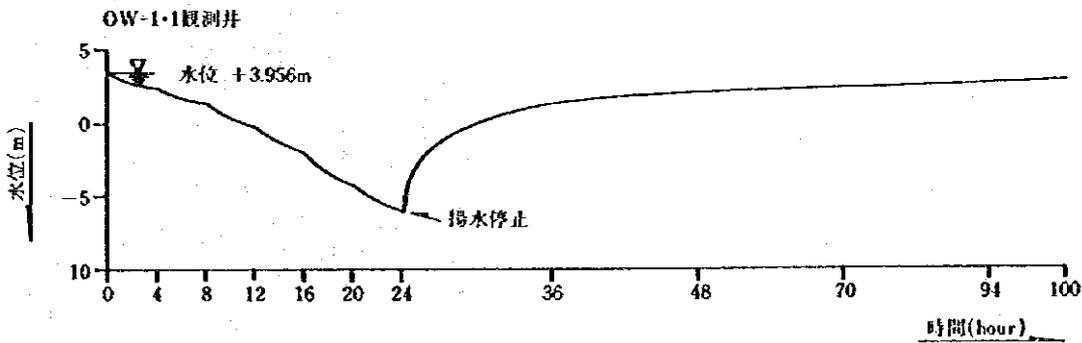
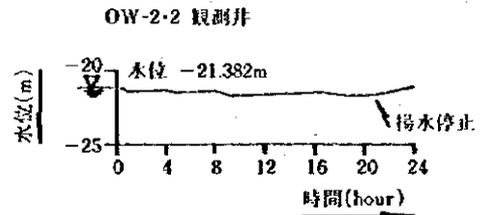
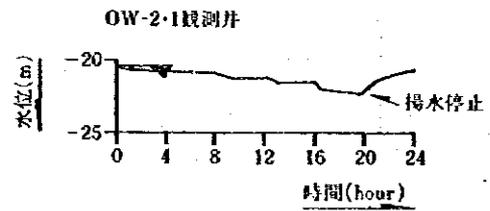
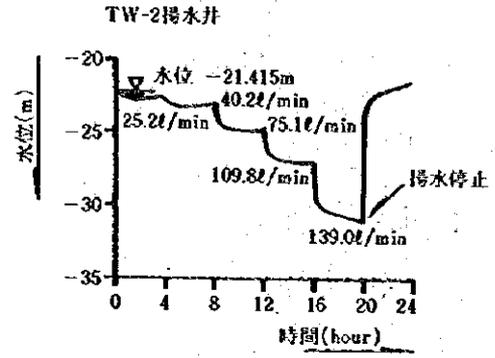
- 凡例
- | 地層区分 | 記号 |
|--------------|-----|
| イルハゼル頁岩層 | Ia |
| アサラス砂岩層 | Ab |
| テロア上部層 | Te |
| テロア下部層 | Te |
| イセガンダン上部層(3) | La3 |
| イセガンダン上部層(2) | La2 |
| イセガンダン上部層(1) | La1 |
| イセガンダン下部層 | La |
| 先二疊紀層 | P |
-
- | 岩相 | 記号 |
|------------------|----|
| シルト岩 | ■ |
| 砂岩とシルト岩の交互層 | ■ |
| 細粒砂岩 | ■ |
| 中粒砂岩 | ■ |
| 礫混じり中粒砂岩 | ■ |
| 粗粒砂岩 | ■ |
| 角礫岩 (砂岩層に埋没した角礫) | ■ |
| 礫岩 (主に円礫岩) | ■ |

付図5 WP-3地点揚水井、観測井柱状図

WP-地点

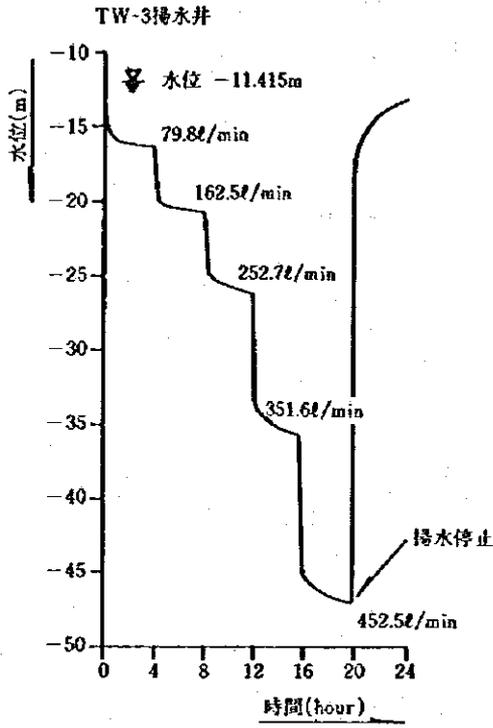


WP-2地点

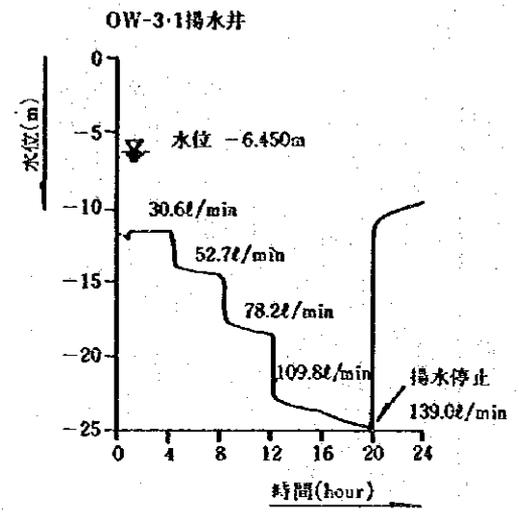


付図-6 段階揚水試験水位変化曲線(WP-1, WP-2地点)

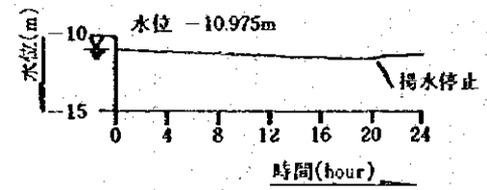
WP-3地点(第一帶水層)



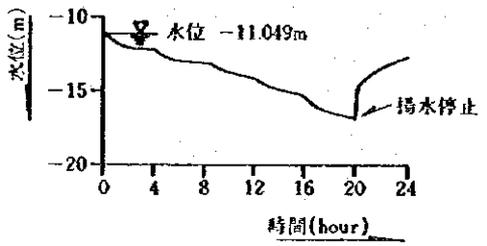
WP-3地点(第二帶水層)



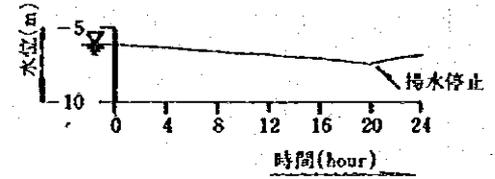
TW-3 観測井



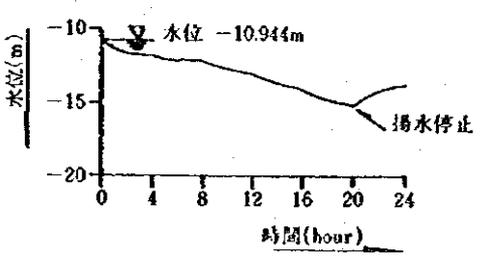
OW-3-1観測井



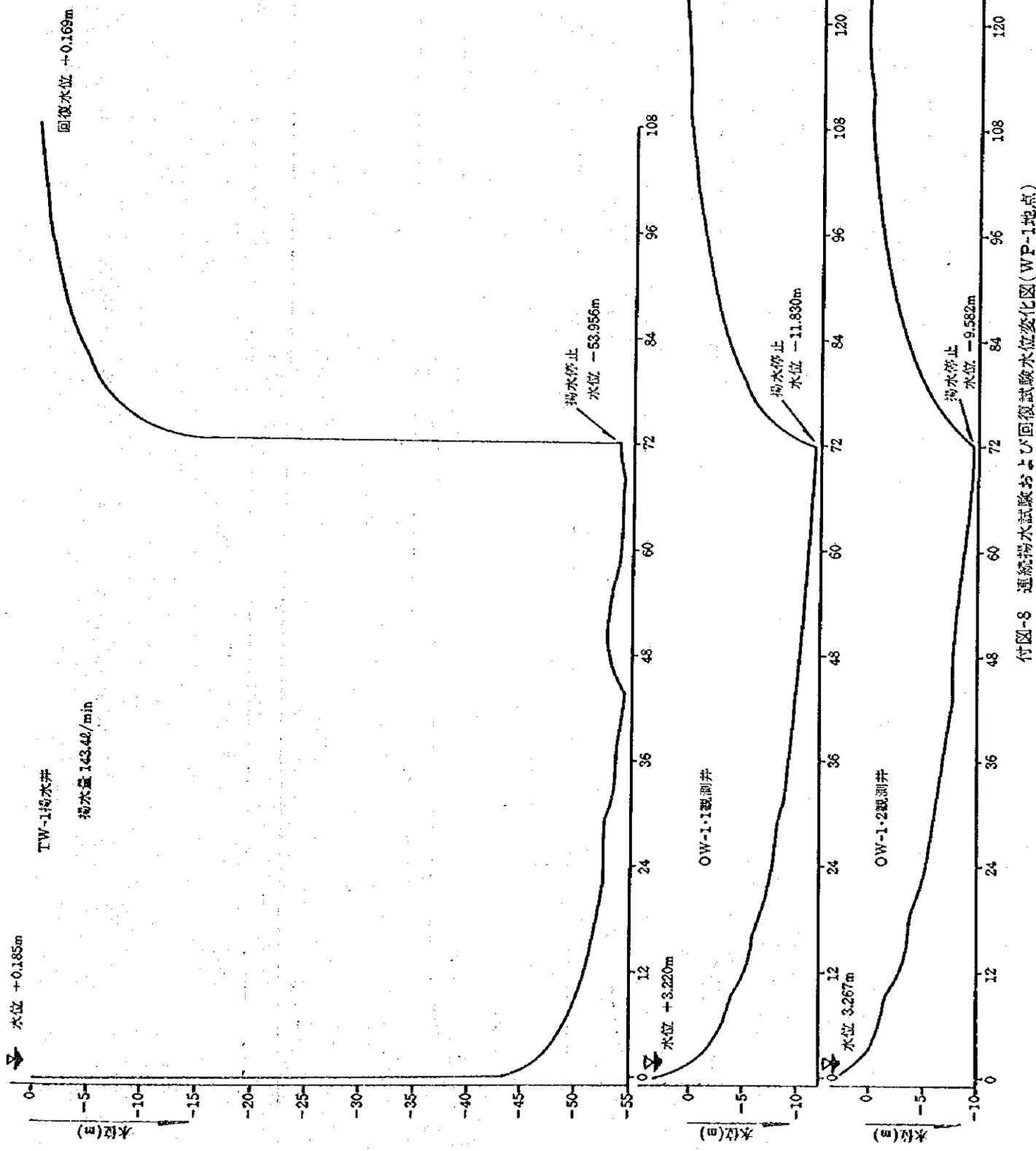
OW-3-2観測井



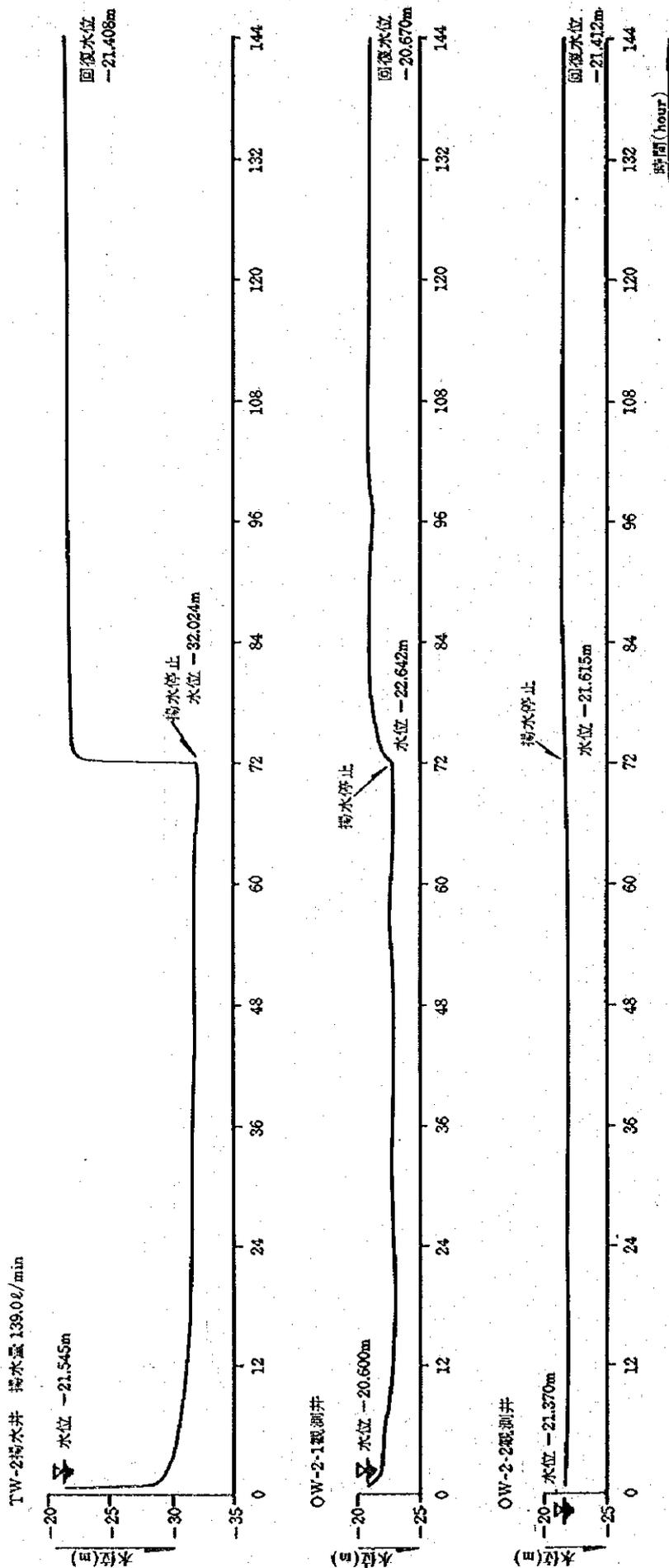
OW-3-2観測井



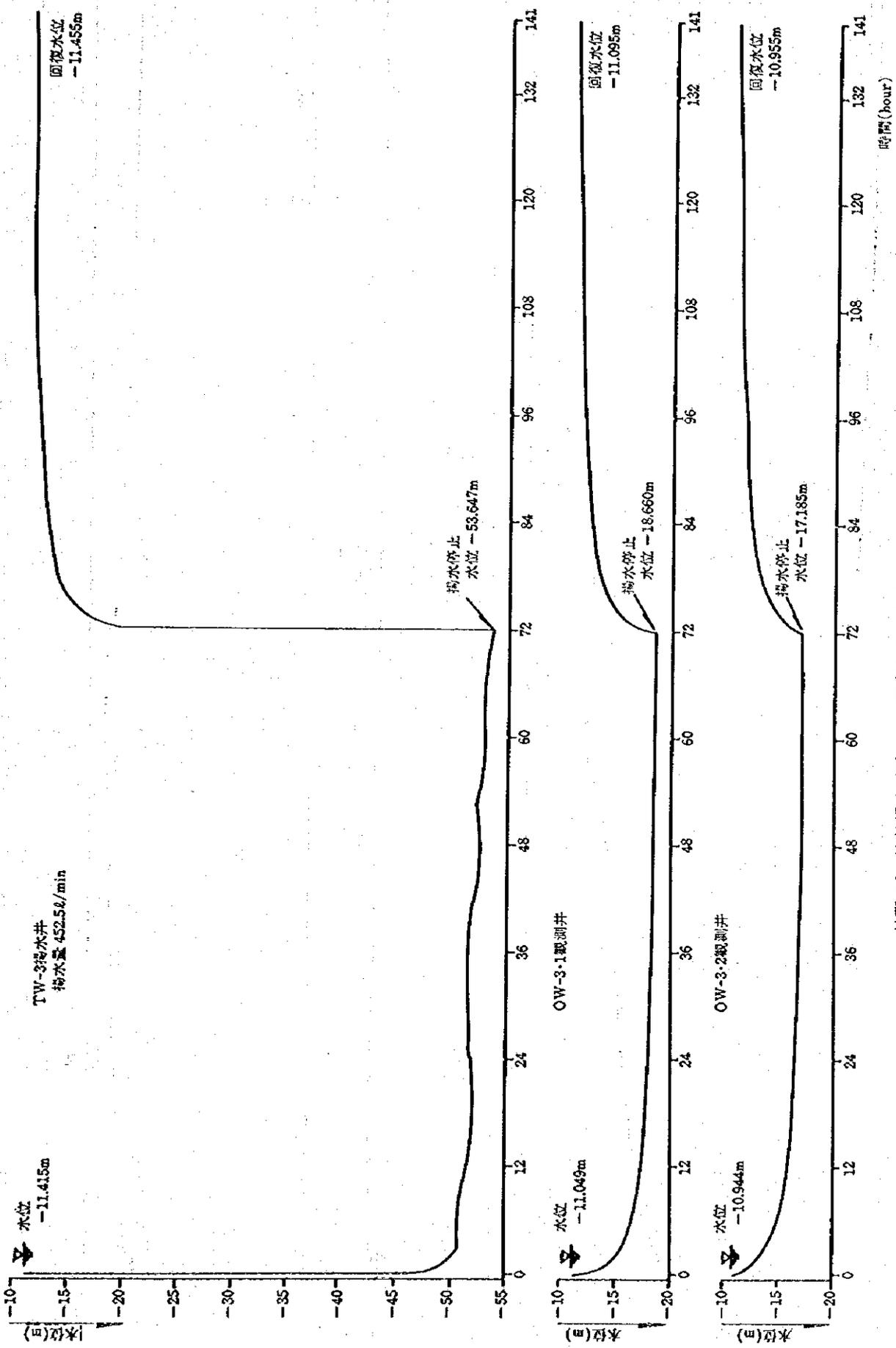
付図-7 段階揚水試験水位変化曲線(WP-3地点)



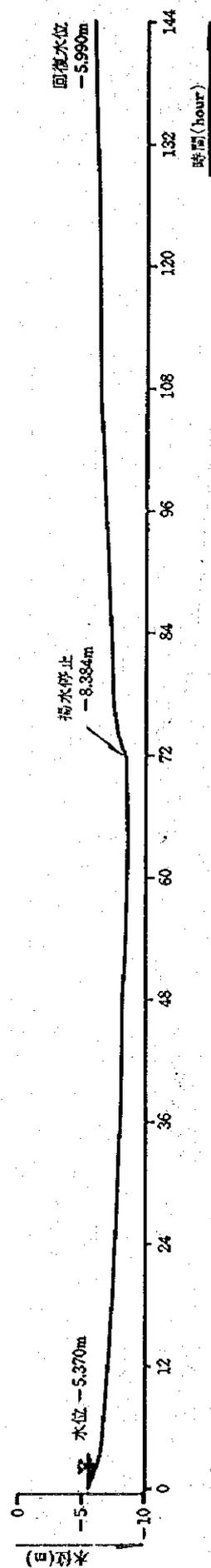
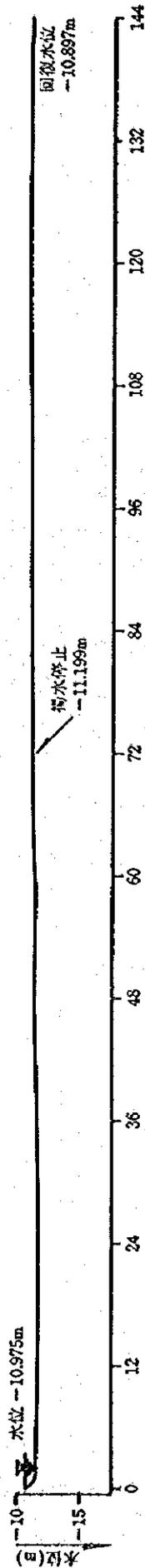
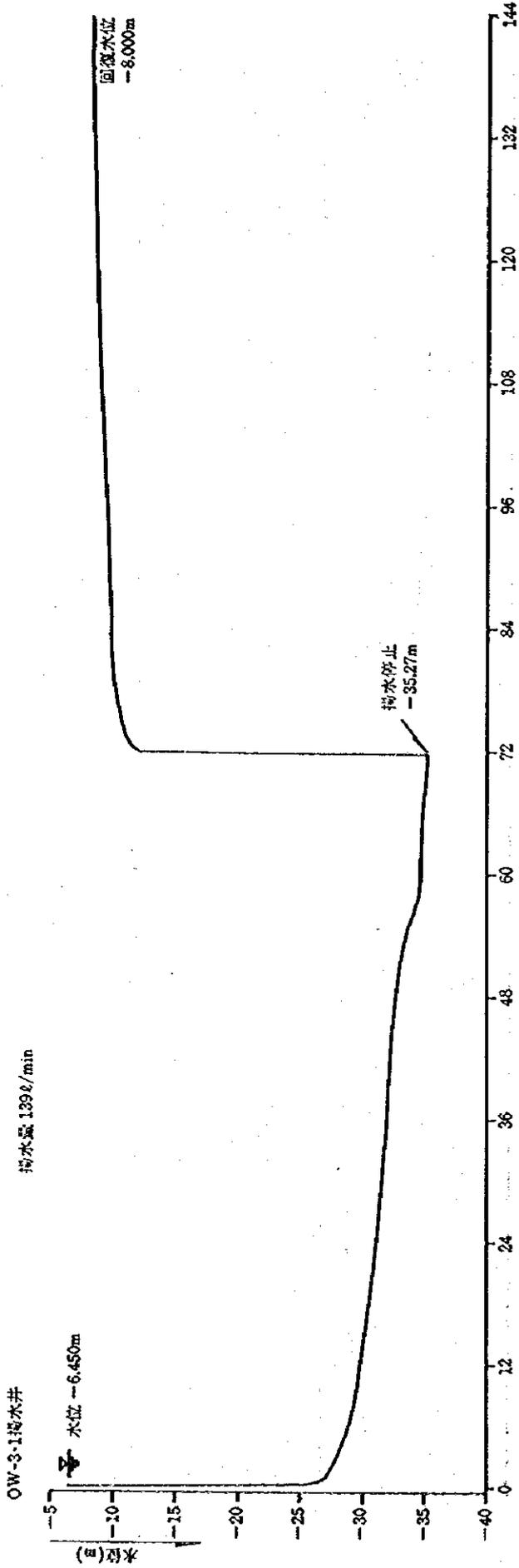
付図-8 連続揚水試験および回復試験水位変化図(WP-1地点)



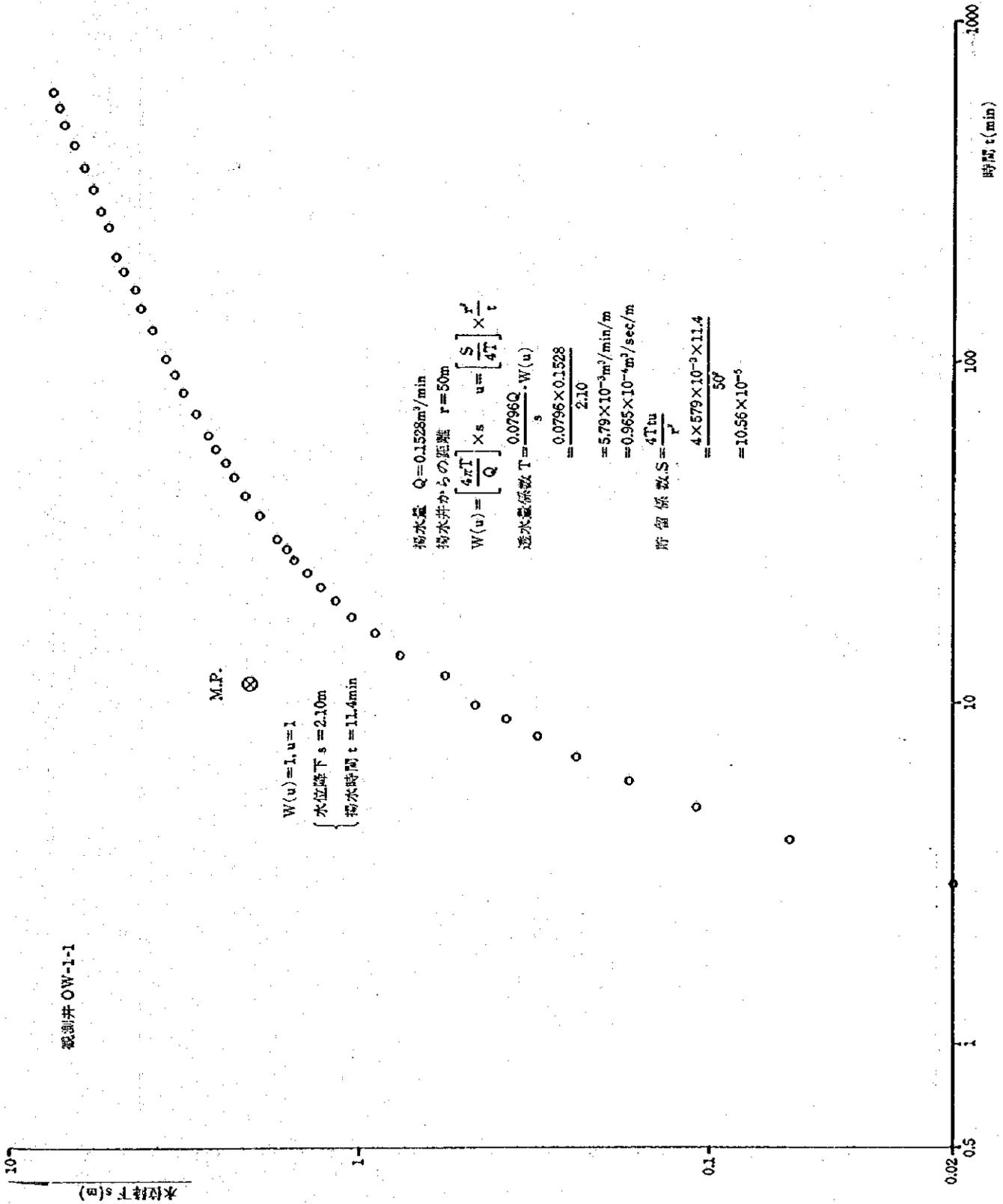
付図-9 連続揚水試験および回復試験水位変化図(WP-2地点)



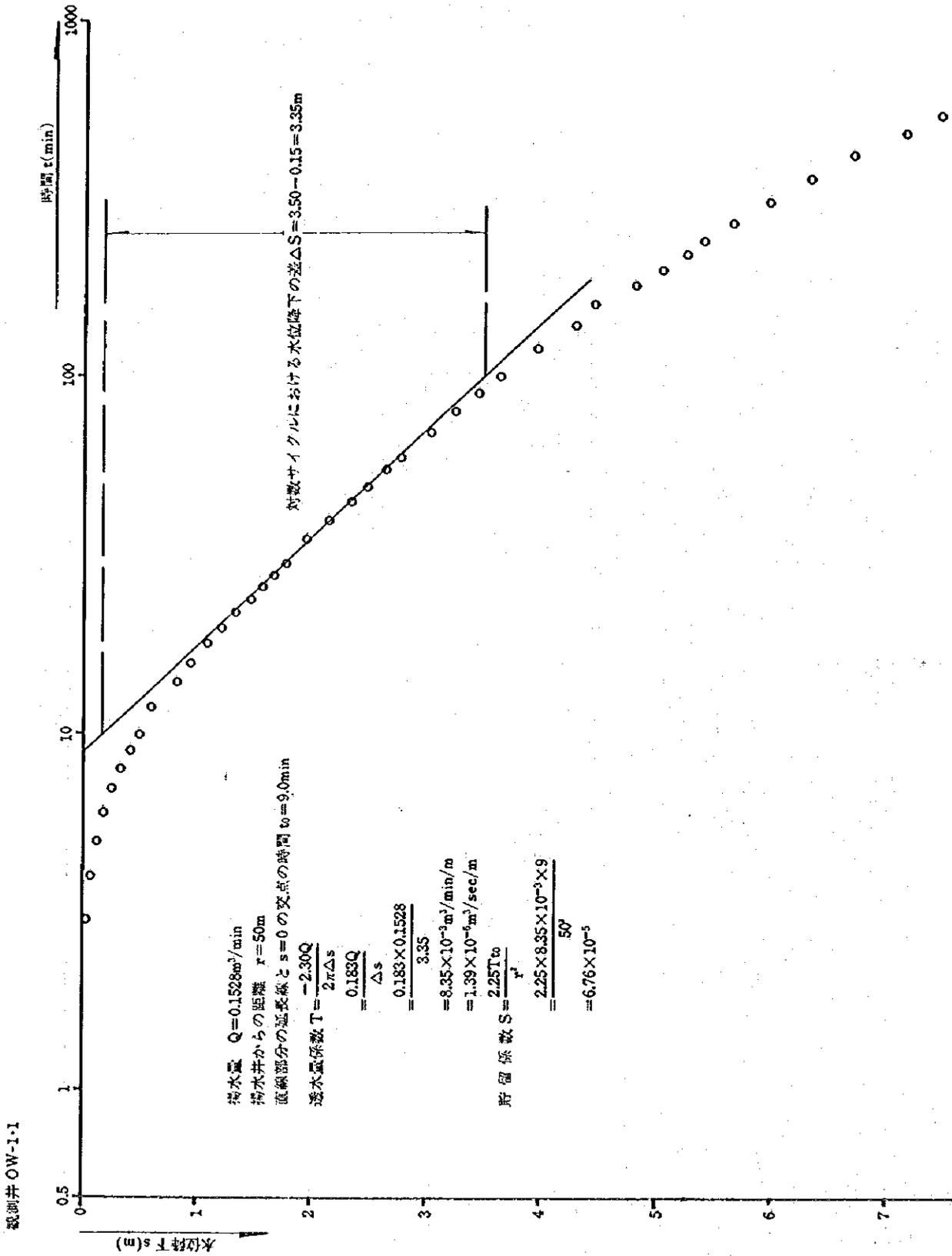
付図-10 連続揚水試験および回復試験水位変化図(WP-3地点第一帯水層)



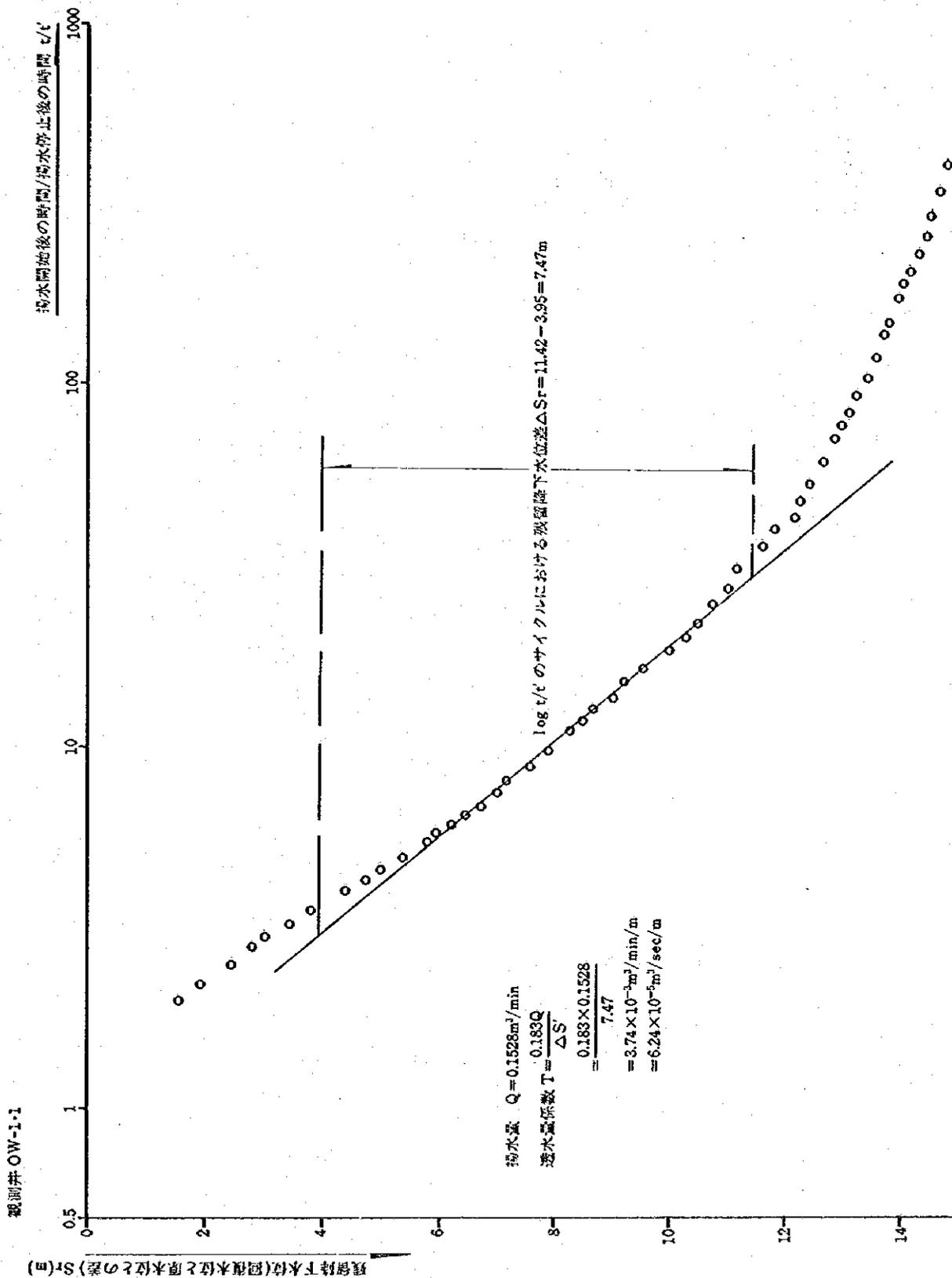
付図-11 連続揚水試験および回復試験水位変化図(WP-3地点第二帯水層)



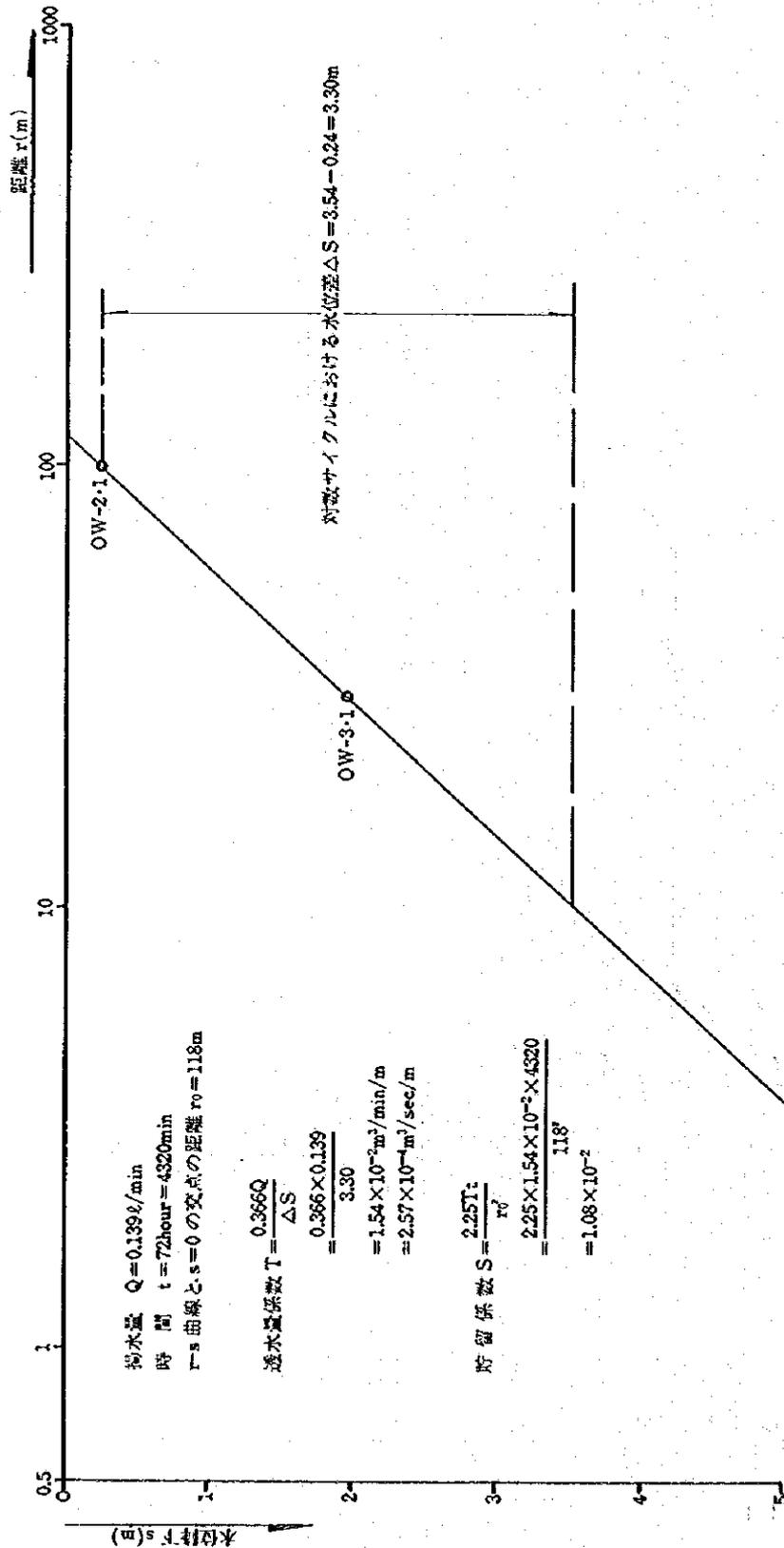
付図-12 WP-1地点 s-t 曲線(タイスの方法)



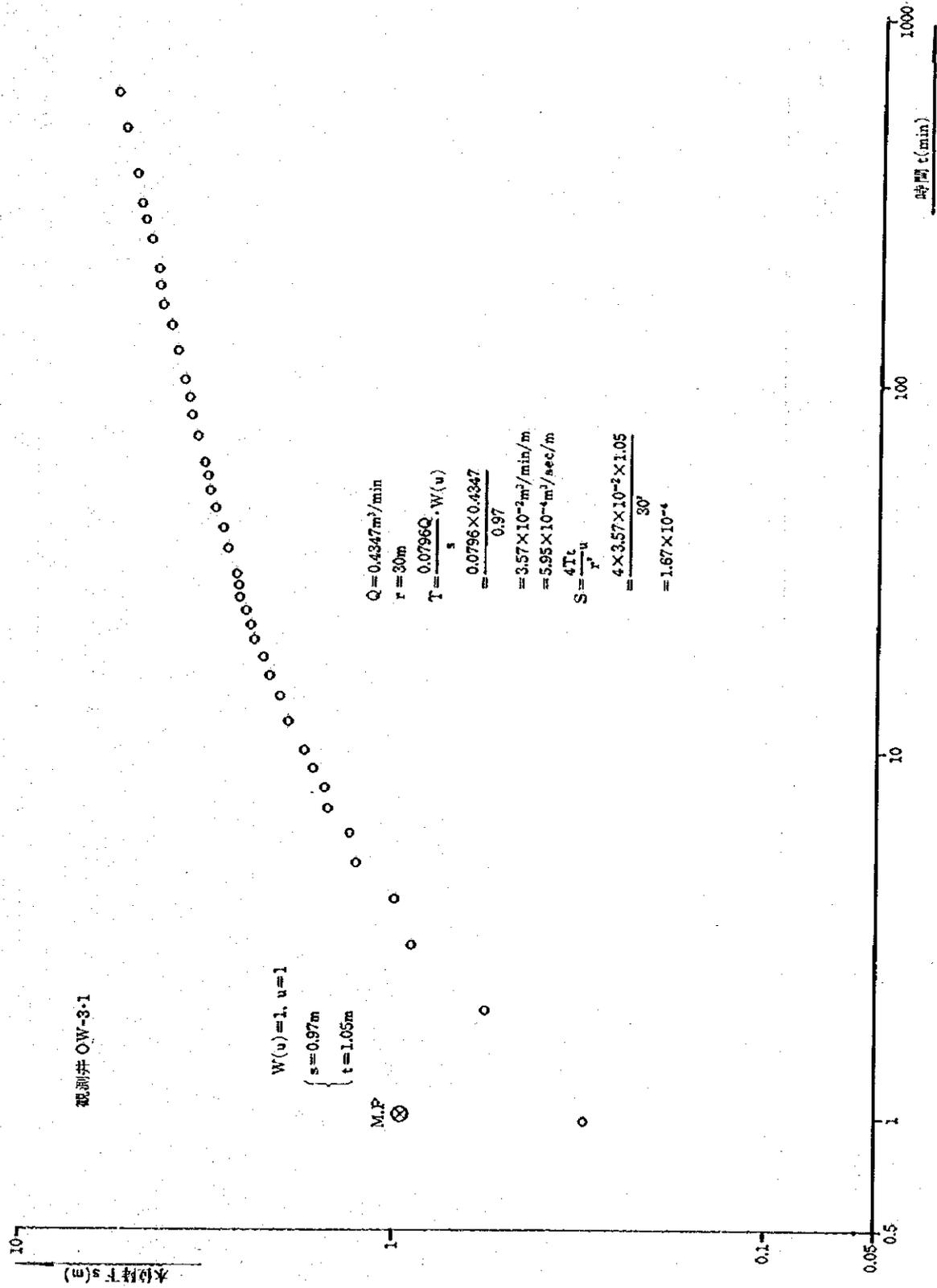
付図-13 WP-1地点 s-t 曲線(ヤコブの方法)



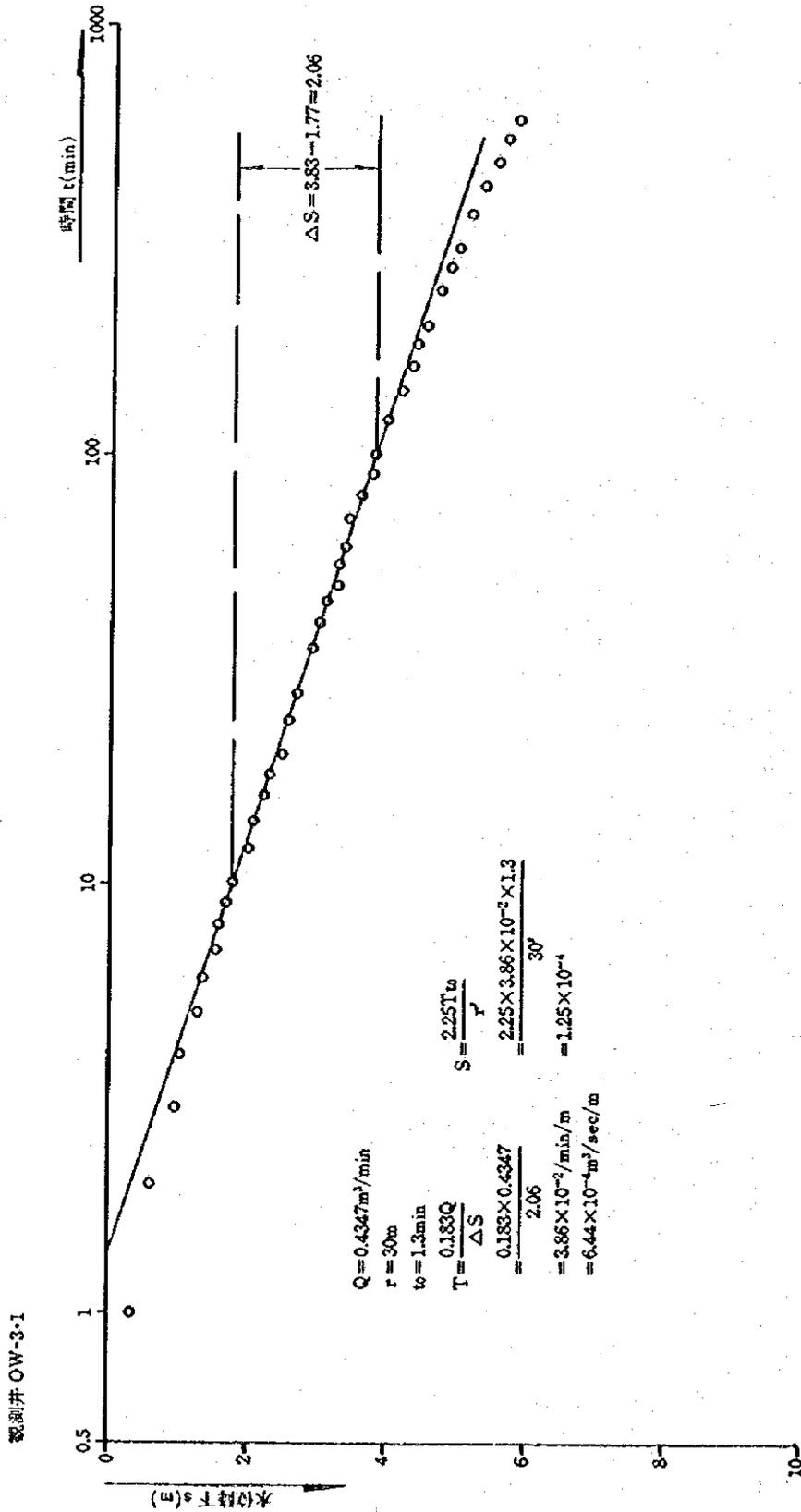
付図-14 WP-1地点 S_r-t/t 曲線(水位回復法)



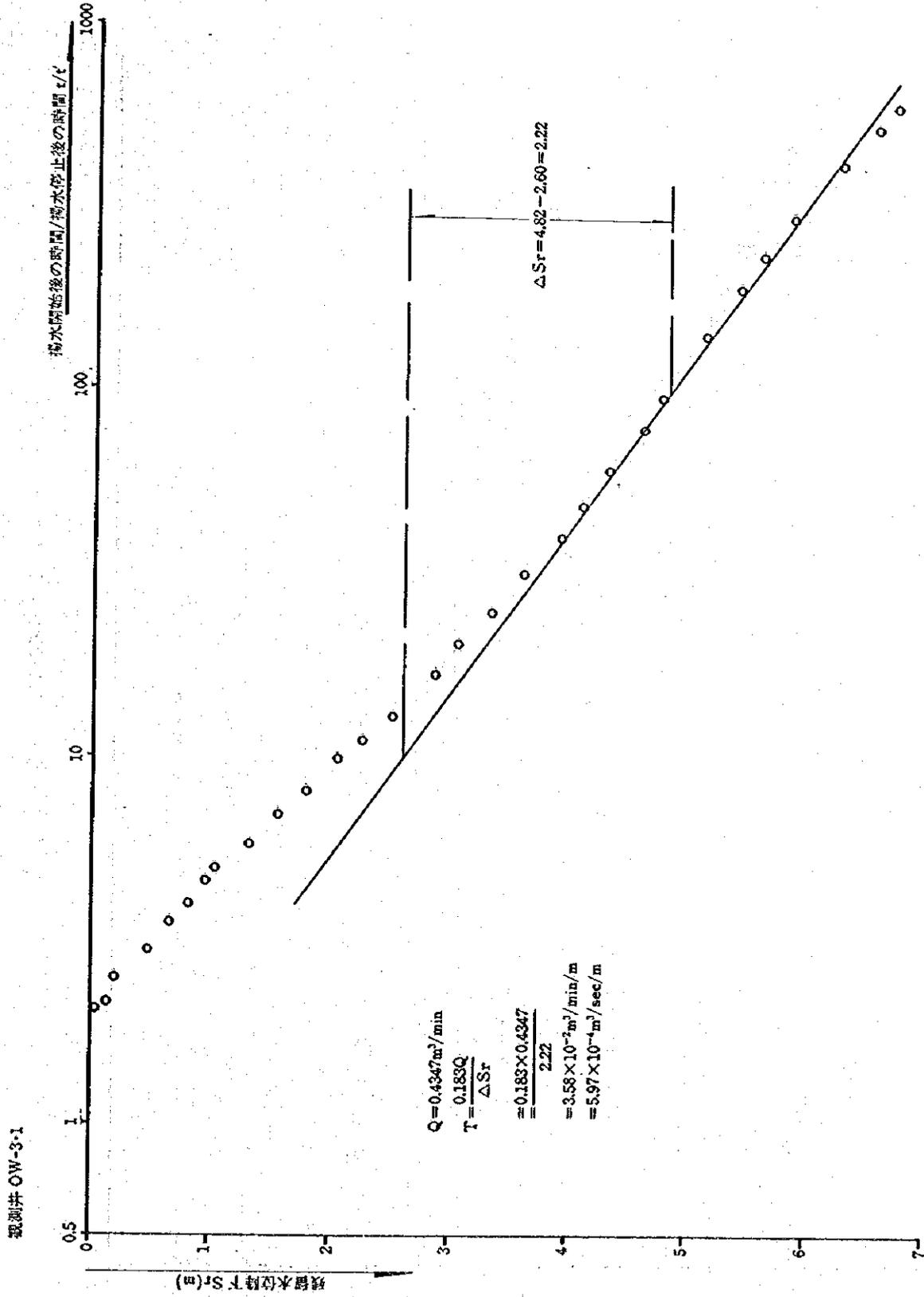
付図-15 WP-2地点 s-r 曲線(チームの方法)



付図-16 WP-3地点第一帯水層 $s-t$ 曲線(タイスの方法)

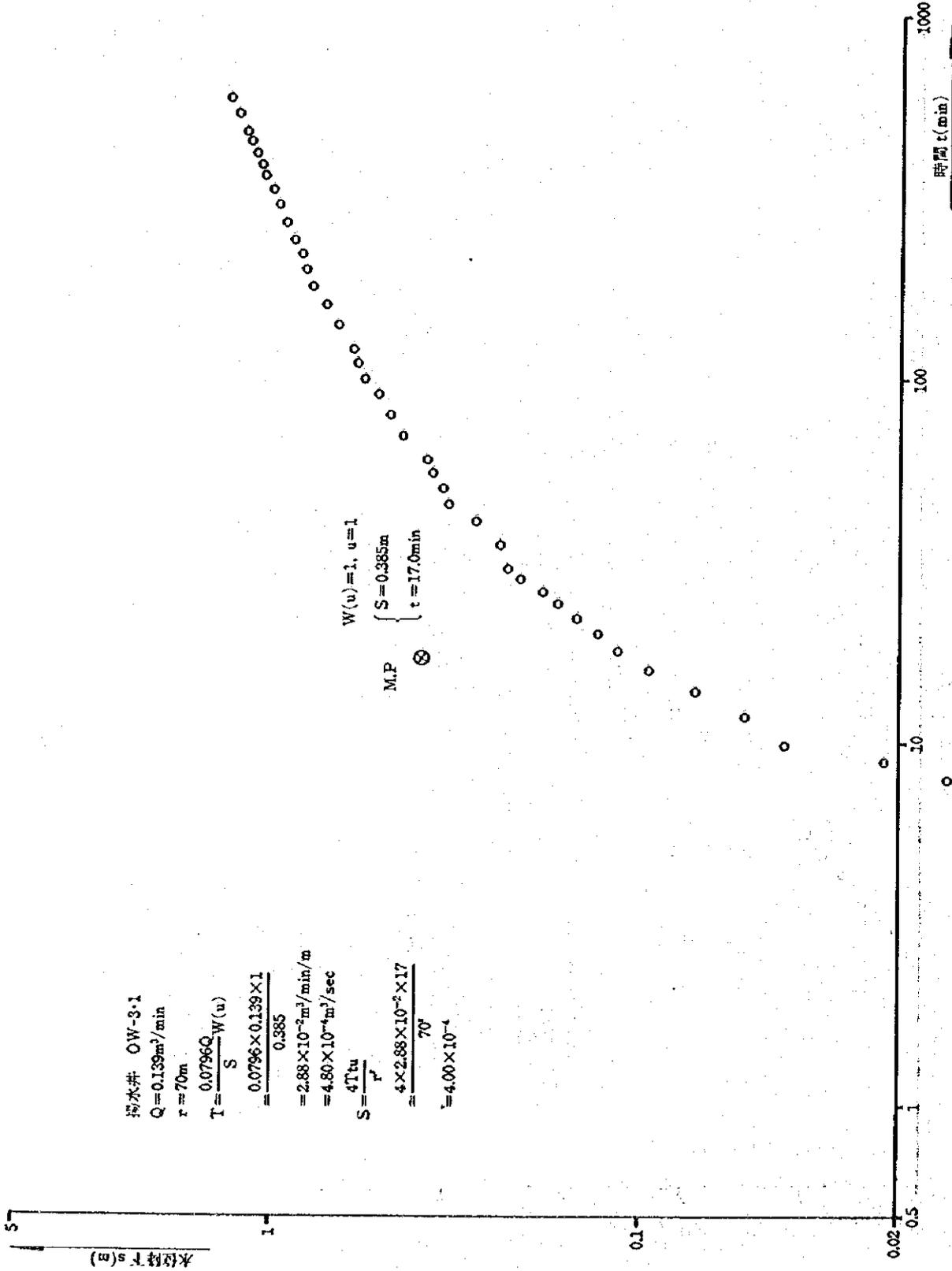


付図-17 WP-3地点第一帯水層 s-t 曲線(ヤコブの方法)

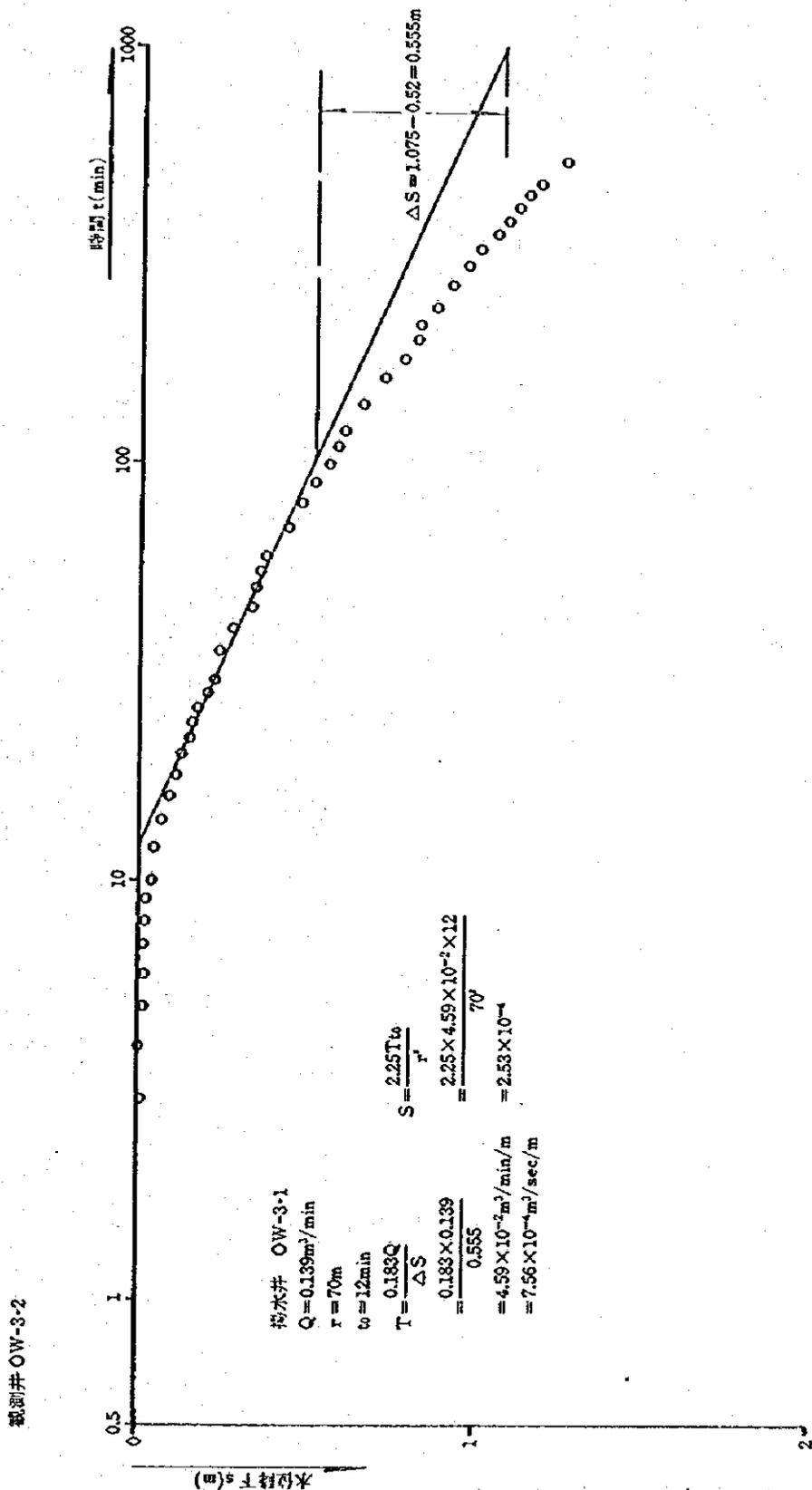


付図-18 WP-3地点第一帯水層 S_r-t/t' 曲線(水位回復法)

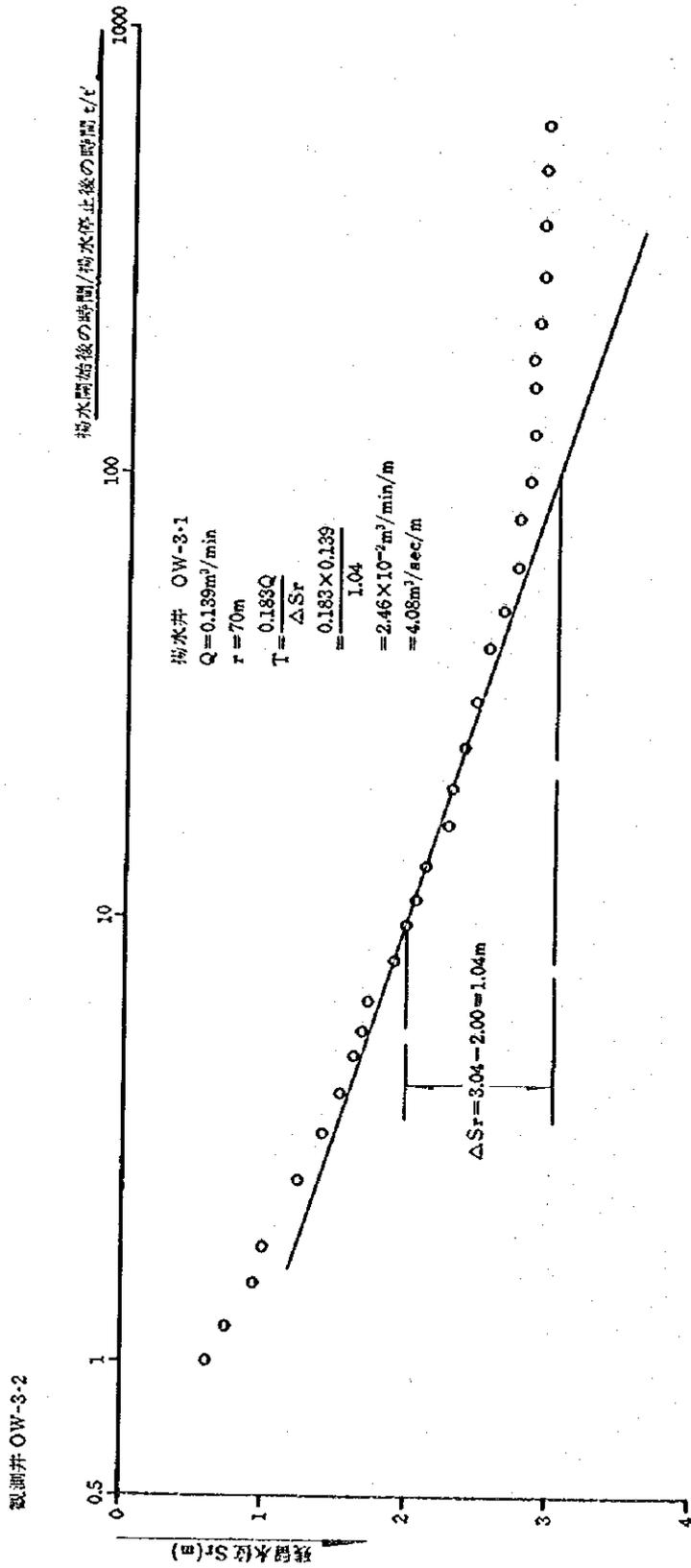
観測井 OW-3-2



付図-19 WP-3地点第二帯水層 s-t 曲線(クイースの方法)



付図-20 WP-3地点第二帯水層 s-t 曲線(ヤコブの方法)



付図-21 WP-3地点第二帯水層 $Sr-t/t'$ 曲線(水位回復法)

参 考 文 献

- Joulia F. (1965) Hydrogeologie des regions a l Ouest et au Sad de l Air, Nigen
- Esso Eastern (1975) A chemical and hydrogiological investigation of the ground water resouses in the irhazer valley, Niger
- G. Bigotte (1968) Deccouverte de mineralisations uraniferes au Niger Mineral, Deposita 3, 317 ~ 333
- 村 下 敏 夫 (1962) 地下水学要論 昭晃堂
- 山 本 莊 毅 (1962) 地下水探査法 地球社
- ” (1962) 揚水試験と井戸管理 昭晃堂
- ” 他 (1977) 最新地下水学 山海堂
- 山 口 久之助 (1963) さく泉の電気検層法 昭晃堂
- 物理探鉱協会 (1963) 検層技術とその応用 物理探鉱協会
- 半 谷 高 久 (1960) 水質調査法 丸 善
- 三 宅 泰 雄他 (1960) 水質分析 地人書館

参考；水理定数とその計算方法

1. 水理定数の説明

(1) 透水量係数 (T) ;

透水量係数は、岩石全体の透水性を表現する場合に用いられる。これは、透水係数と飽和層の厚さの相乗積で、水温 60°F (約 15°C) 動水勾配 1 : 1 のもとで、飽和層全体の厚さに及ぶ単位幅の断面積を通過する水量と定義される。地下水の流動量・排水量、影響の大きさなどの計算、井戸の揚水にともなう生ずる将来の水位低下を予測することなどに使用される。

(2) 透水係数 (K) ;

透水係数は、ある水頭圧のもとで水を伝達する岩石、土壌などの能力をいう。単位時間に単位動水勾配で、岩石の単位の断面積を通して流動する水の量である。

(3) 貯留係数 (S) ;

貯留係数は、帯水層の単位表面積で、水頭の垂直成分の単位の変化によって生ずる水の出入量 (排出量または注入量) であると定義される。

従って、貯留係数の意味は、不圧地下水と被圧地下とは違ってくる。不圧地下水における貯留係数は帯水層の単位容積中の空隙から単位の水位降下によって排出される水量ということになり、物理的意味として有効空隙率あるいは比湧水量になる。

被圧地下水の場合、貯留係数は単位圧力水頭の変化により帯水層の単位の垂直柱の貯留から排出または注入される水の割合を示すものである。

貯留係数は、次元のない数で、被圧地下水では普通 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$, 不圧地下水で 0.01 ~ 0.35 といわれている。

(4) 比湧水量

比湧水量は水位降下に対する揚水量で示される。これは、段階揚水曲線が限界揚水量の範囲内ではすべての点で等しいが、限界揚水量から離れるにしたがって小さくなる。また、揚水量、揚水時間の変化により変動する。比湧水量は帯水層の相対的な導水性を表現する一つの指標であって、帯水層の定数が求められないときは、その比較によって帯水層の水文学的性質を判断することができる。

(5) 限界揚水量

水の流れは大別して層流と乱流に分けられる。ダルシーの法則 $v = kv$ は層流状態において適用できるもので乱流状態では適用できない。チームの式はダルシーの方則から発展したものである。層流と乱流の限界が明瞭であることを明らかにしたレイノルズの実験から、流速に対して

揚水量 Q 、水位差に対して水位降下 s を与えると揚水量と水位降下の関係は一般式として $Q = C_0 s^{1/n}$ (C_0 は透水性に関する定数) となり、層流状態では $1/n = 1$ 、乱流状態では $1/n > 1$ である。

対数座標に図示した段階揚水試験の勾配はある水位降下までは 45° 、それを越すと 45° よりも大きくなる。この変移点の揚水量を限界揚水量、また、限界揚水量に対する水位降下を限界水位降下と呼ぶ。

一般に、限界揚水量内においては地下水の流れが層流であるから、排砂量は極く限られているが、限界揚水量を越えた揚水状態になると排砂量が著しく多くなり、その量は揚水量に比例して増加する。

2. 水理定数の計算方法

(1) タイソの方法

連続揚水試験の結果から両対数グラフを用いて時間 (t) - 水位降下 (s) 曲線を作成する。これを井戸関数 $W(u) - u$ 標準曲線に重ね、 $W(u) = 1$ 、 $u = 1$ に対応する t および s を読み取る。水理定数はこれらの操作によって得られた4つの数値を次式に代入することによって求めることができる。

$$\text{透水量係数 ; } T = \frac{Q}{4\pi s} W(u)$$

$$\text{透水係数 ; } K = \frac{T}{m}$$

$$\text{貯留係数 ; } S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

ここで、 Q ; 揚水量

m ; ストレーナ長

t ; 揚水時間

r ; 揚水井と観測井の距離

(2) ヤコブの方法

片対数グラフの普通軸に水位降下 (s)、対数軸に時間 (t) をとり、 $s - t$ 曲線を作成する。曲線の直線部分を延長し、水位降下 (s) の 0 になる点の時間 (t_0) と $\log t$ の 1 つのサイクルにおける水位降下の差 (Δs) を読み取る。これらを次式に代入して水理定数を求める。

$$\text{透水量係数 ; } T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s}$$

$$\text{透水係数 ; } K = \frac{T}{m}$$

$$\text{貯留係数 ; } S = \frac{2.25T t_0}{r^2}$$

(3) 回復法

片対数グラフの普通軸に残留降下水位（回復水位と原水位の差 S_r ），対数軸に揚水開始後の時間 (t) に対する揚水停止後の時間 (t') の商をとり、 $s - 1/t'$ 曲線を作成する。曲線の直線部分の $\log 1/t'$ の1つのサイクルにおける残留水位降下の差 (Δs_r) を読み取る。これを次式に代入して透水量係数と透水係数を求める。

$$\text{透水量係数} : T = \frac{0.183 Q}{\Delta s_r}$$

$$\text{透水係数} : K = \frac{T}{m}$$

(4) チームの方法

片対数グラフの普通軸に水位降下 (s) ，対数軸に揚水井からの距離 (r) をとり、 $s - r$ 曲線を作成する。 $\log r$ の1つのサイクルにおける水位降下の差 (Δs) を読み取る。これを次式に代入して水理定数を求める。

$$\text{透水量係数} : T = \frac{0.366 Q}{\Delta s}$$

$$\text{透水係数} : K = \frac{T}{m}$$

$$\text{貯留係数} : S = \frac{2.25 T t}{r_0^2}$$

なお、不圧地下水では揚水による補正を次の式により行なう。

$$\bar{s} = s - (s^2/2m)$$

ここに、 \bar{s} ; 補正された水位低下量

s ; 測定された水位低下量

m ; 揚水前の帯水層の厚さ

JICA

