

第28回試錐研究会

講演資料集

期 日：平成2年3月20日(火)

会 場：ホテルアカシヤ(2Fにれの間)

(札幌市中央区南12条西1丁目)

第28回 試 錐 研 究 会

プログラム

- 主 催** 北海道立地下資源調査所
- 協 賛** 北海道地質調査業協会
全国さく井協会北海道支部
- 日 時** 平成2年3月20日(火) (9:50~17:15)
- 場 所** 札幌市中央区南12条西1丁目
ホテルアカシヤ (TEL 521-5211)
(2F にれの間)

あ い さ つ

北海道立地下資源調査所長 早 川 福 利

特 別 講 演 (10:00~12:00)

“金鉱床と地熱”

金属鉱業事業団
理 事 近 藤 皓 二

昼 食 (12:00~13:00)

講演

I 水資源 (13:00~15:00)

1. 水質汚濁防止法の改正と地下水汚染

北海道保健環境部 内藤 洋

2. 最新技術の取水井とストレーナー

永岡金網(株) 黒田 俊明

3. 融雪期における不圧地下水の挙動とその活用について

北海道立地下資源調査所 深見 浩司

II 温泉資源 (15:15~17:15)

1. 地域エネルギー開発振興事業について

北海道商工労働観光部 板谷 隆広

2. 掘削井の計測技術

(株)物理計測コンサルタント 茨木 幸夫

3. 温泉ボーリングにおける計測の事例

北海道立地下資源調査所 高橋 徹哉

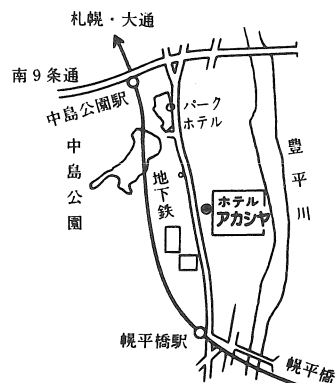
質疑応答

あいさつ

北海道地質調査業協会理事長 斎藤 昌之

懇親会 (18:00~20:00)

会場 ホテル アカシヤ
(2F しゃくなげの間)



特 別 講 演

“金 鉱 床 と 地 熱”

金属鉱業事業団

理事 近 藤 皓 二

地熱系の金鉱床については、近年、国内外で急速に探鉱開発され、その研究も学者・研究者・鉱山会社の地質技師によって進められ、その生成メカニズムがかなり解明されると同時に、生成モデルが確立されつつある。

今回は金のバックグラウンドを概観し、浅熱水性金鉱床の実態と生成論を紹介する。

1) 金について

1) - 1 価 格

1935年にルーズベルト米大統領によって、35ドル/オンスに設定されてから、33年間は固定相場であったが、1968年(昭和43年)に自由化され貨幣用から商品となり、約10年間は200ドル/オンスで推移、その後はインフレに同調して値上りし現在は400~420ドル/オンス(1,800~2,000円/グラム)となっている。

1) - 2 需 要 (第1表)

着実に伸びている。用途は貨幣用・宝飾用・投資退職用であり、産業用は13%程度である。最近の注目点は、日本・アジアニーズ(特に台湾)の需要の伸びで、昨年は500トン以上にもなっている。

1) - 3 供 給 (第1~2図)

生産は急増しており、主な生産国の生産は下表の通りであり、最近10年間で60%増となっている。

	1988年	1979年	差
南 阿	621トン	706トン	△85トン
アメリカ	205	31	+174
濠 洲	152	19	+133
カ ナ ダ	129	50	+79
ブラジル	100	25	+75
そ の 他	331	128	+203
合 計	1,538	959	+579

他にスクラップから450トン、共産圏から500トン程度が供給されている。

1) - 4 埋蔵量 (第3~4図)

国別では南阿が51%を占める。

鉱床タイプ別では、始生代礫岩型鉱床が52%を占める。

浅熱水性鉱床は19%であるが、最近では急増しているであろう。

2) 金鉱床の種類 (第4図)

始生代礫岩型鉱床	(52%)	南阿
始生代緑色岩体中鉱床	(14%)	ヘムロ(加)
浅熱水性鉱床	(19%)	菱刈
ポーフイリィカッパー鉱床	(9%)	ブーゲンビル
多金属鉱床	(6%)	豊羽
漂砂鉱床	(?)	アマゾン

3) 環太平洋型金鉱床 (第5図)

世界の金鉱山分布図(第5図)に示すように、金鉱床は始生代のシールド地帯と環太平洋火山帯に殆ど集中している。

3) - 1 プレートテクトニクスと火山性島弧の生成 (第6図)

大洋プレートのサブダクションとマグマの発生
火山性島弧生成と火山活動・鉱化作用
背弧海盆と海底熱水鉱床

3) - 2 西太平洋島弧の金鉱床 (第7～8図)

火山フロント上に数多く配列し、地質年代が新らしい。
フィリピンの地熱帯と金鉱床(第9図)
フィリピン断層(背弧の横ズレ断層)沿いの地熱帯と共存している。
日本の地熱帯と金鉱床(第10図)

3) - 3 浅熱水性金鉱床の生成モデル (第11～12図)

4) 熱水性金鉱床の実例

カーリン鉱床(米・ネバダ) (第13図)

特定岩層の化学的選択交代鉱化

ラウンドマウンテン(米・ネバダ) (第14図)

火山火道上の熱水爆裂角礫帯中の網状石英脈及び鉱染鉱

タバール島・リヒール島・エムペラー鉱山(フィジー) 後カルデラ活動に伴う鉱化

5) 温泉型金鉱床(地熱水中の金)

シャンペンプール(第15図)

75°C・pH=5.7・Na-Cl型の温泉水

湖岸に沈積したシンター中に金80グラム/トン・銀175グラム/トン、下部に金鉱床が生成している(?) (金量数トン以上)

恐山

宇曽利湖北岸の噴気変質帯中の活動的(生きた)金鉱床(サンプル最高品位数100グラム)

オハーキ地熱発電所

地熱水溶存成分の回収テストで減圧回収したスケール中の金属成分は金4.5%、銀2.6%、銅21%

大岳地熱発電所

地熱坑井のスケール中に数10グラム/トンの金があった。

別府温泉

8ヶ所平均で金21グラム/トン、銀360グラム/トン（シスター中）

6) 浅熱水性金鉱床の探鉱スキーム（菱刈鉱床探鉱）

6) - 1 菱刈鉱床（第18図）

地表下160mレベルを中心として、四万十層群の隆起部で上位安山岩層との境界付近に濃集。

高品位（80グラム/トン）金量120トン以上（浅熱水性金鉱床としては抜群）。

生成年代：0.86~0.98Ma、生成温度：210℃~260℃、脈中に65℃の温泉水胚胎。

6) - 2 リモートセンシングによる探鉱

スペクトル探査：変質鉱物解析

リニヤメント解析（第17図）：環状構造等

6) - 3 物理探査

シュランベルジャー法（第19図）

CSAMT法（第20図）浅~中深部地質構造

TEM法（第21図）中深部地質構造

MT法（第22~23図）深部地質構造

6) - 4 菱刈鉱床の生成モデル（第24図）

鉱床は、マグマ性鉱液が不整合面付近で、冷却・沸騰などによって沈澱して生成した。

7) 金属鉱業事業団による金鉱床の探鉱

有望地区（第25図）

7) - 1 北海道北部B地域（第26図）

火山フロント（千島火山帯）に関係した、地質年代の新らしい金鉱床を目標とする地区

7) - 2 九州中部地域（第27図）

「別府-島原地溝」と呼ばれる火山構造的陥没地（5 Ma）を対象に、若い火山活動に伴う金鉱床を目標とする。

第1表 自由世界の金需給

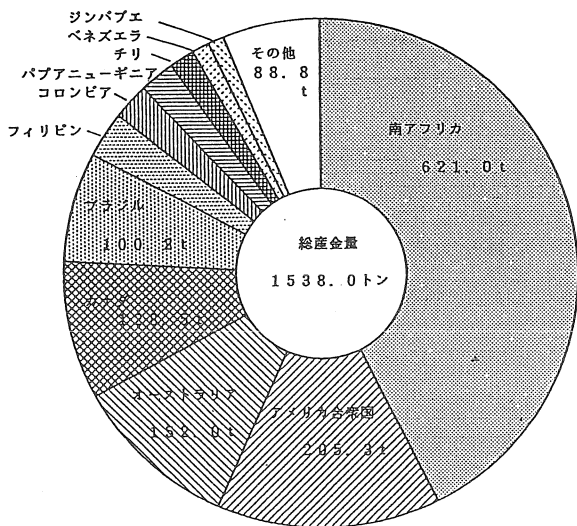
(単位：M. T.)

暦年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	87/8600
生産	964	962	972	959	959	981	1,028	1,115	1,160	1,233	1,291	1,373	106.4
共同国貿易	412	401	410	199	90	280	203	93	205	210	402	303	75.4
公的売買	58	269	362	544	△230	△276	△85	142	85	△132	△143	△70	49.0
スクラップ	—	—	—	—	488	237	241	292	288	301	471	402	85.4
供給計	1,434	1,632	1,744	1,702	1,307	1,222	1,387	1,641	1,740	1,612	2,021	2,008	99.4
宝飾	936	1,004	1,004	728	511	780	896	814	1,055	1,128	1,104	1,138	103.1
電子工業	74	76	89	99	95	93	89	107	131	115	124	124	100.0
歯科	78	86	93	89	64	65	61	51	52	53	51	48	94.1
その他工業	65	67	75	79	62	62	58	53	56	54	56	57	101.8
計算メダル	51	52	50	33	21	27	22	32	44	14	12	15	125.0
貨幣	182	142	287	291	190	191	131	165	131	105	327	207	63.3
需要計	1,386	1,428	1,598	1,319	943	1,219	1,256	1,221	1,468	1,469	1,673	1,589	95.0
供給計-需要計	48	204	146	383	364	3	131	420	272	144	347	419	120.7

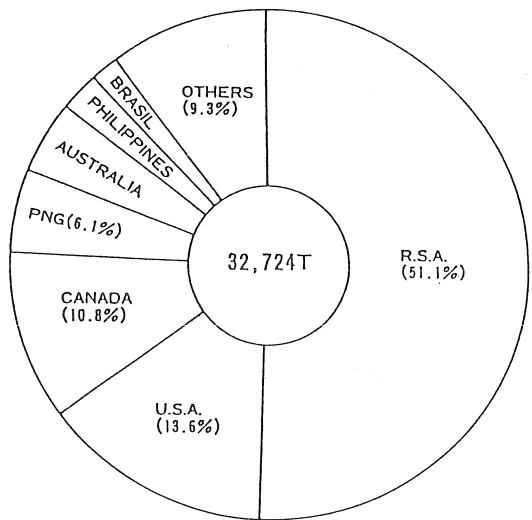
出所：Gold 1983 (Consolidated Gold Fields 社編)

(注) 各数値4捨5入のため合計値が合わない場合がある

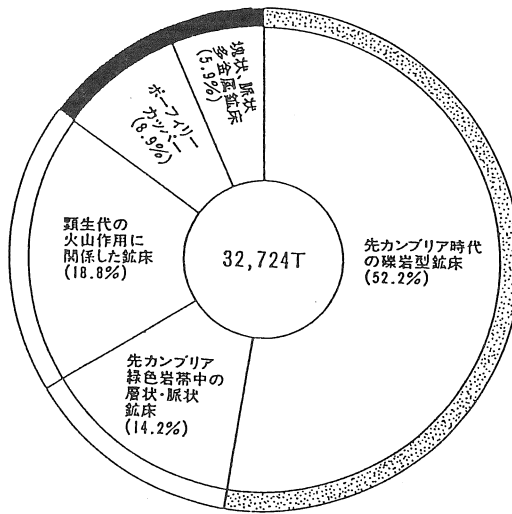
第2図 自由世界の国別産金量



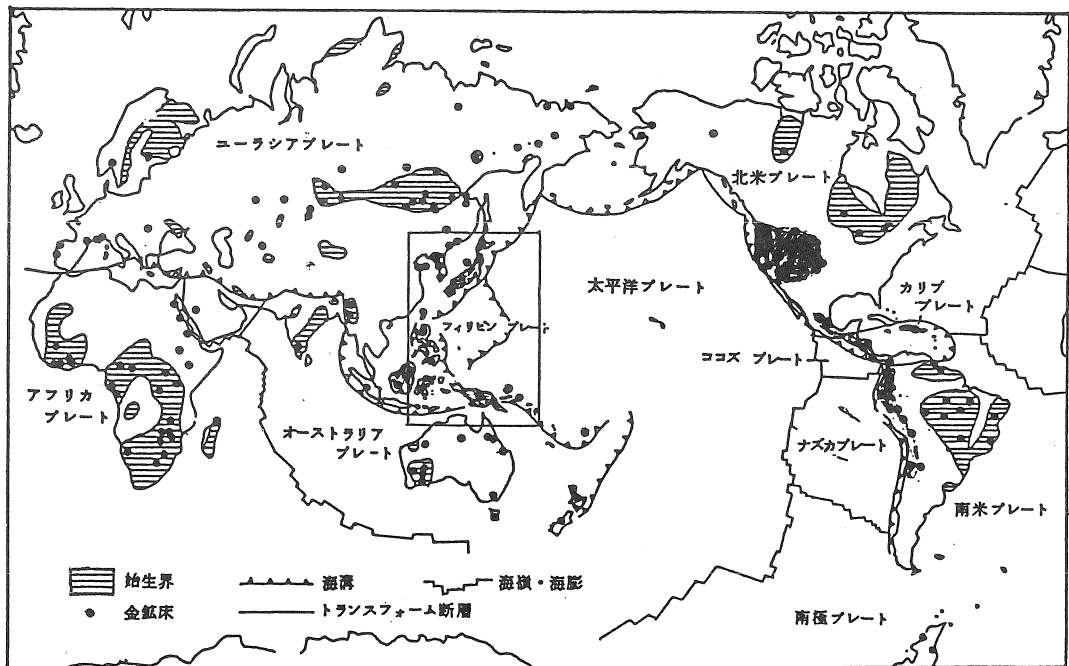
第3図 自由世界における埋蔵金量



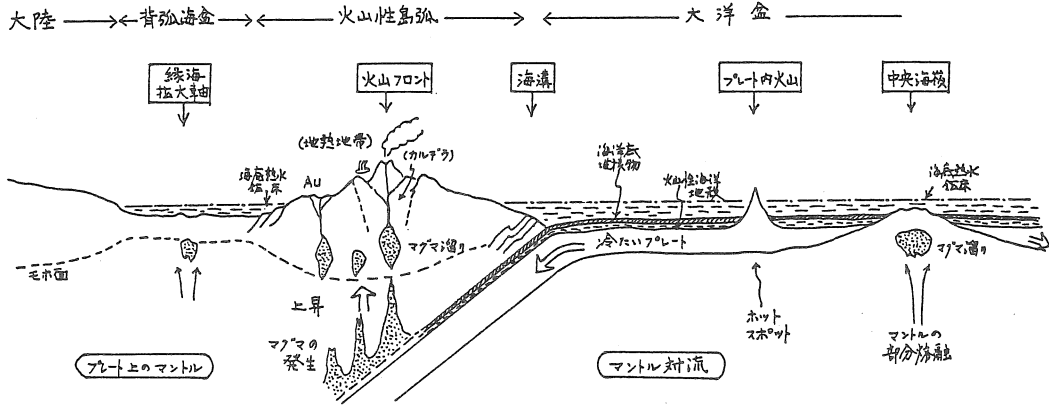
第4図 鉱床タイプ別埋蔵金量



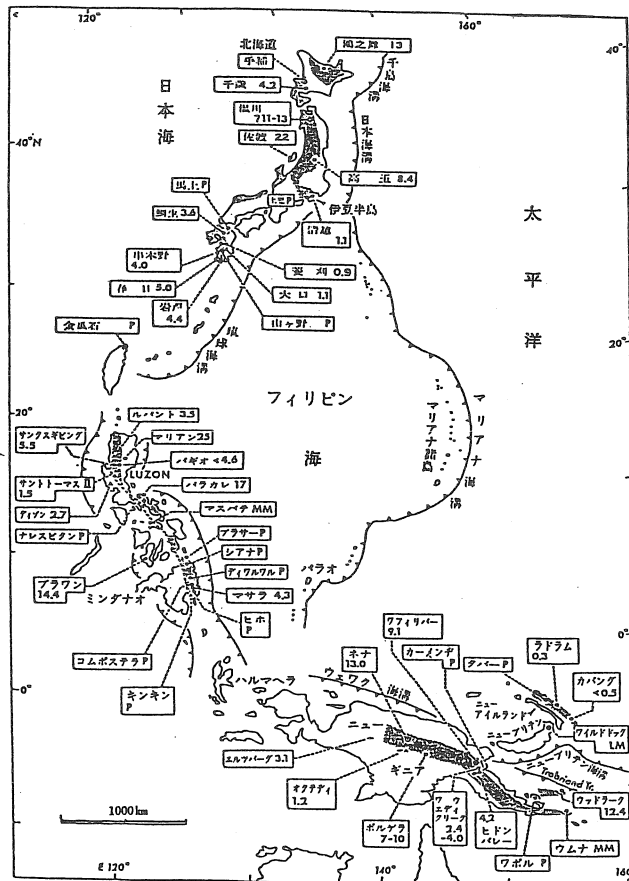
第5図 世界の金鉱山分布図



第6図 プレート・テクトニクスによる火山性島弧の生成



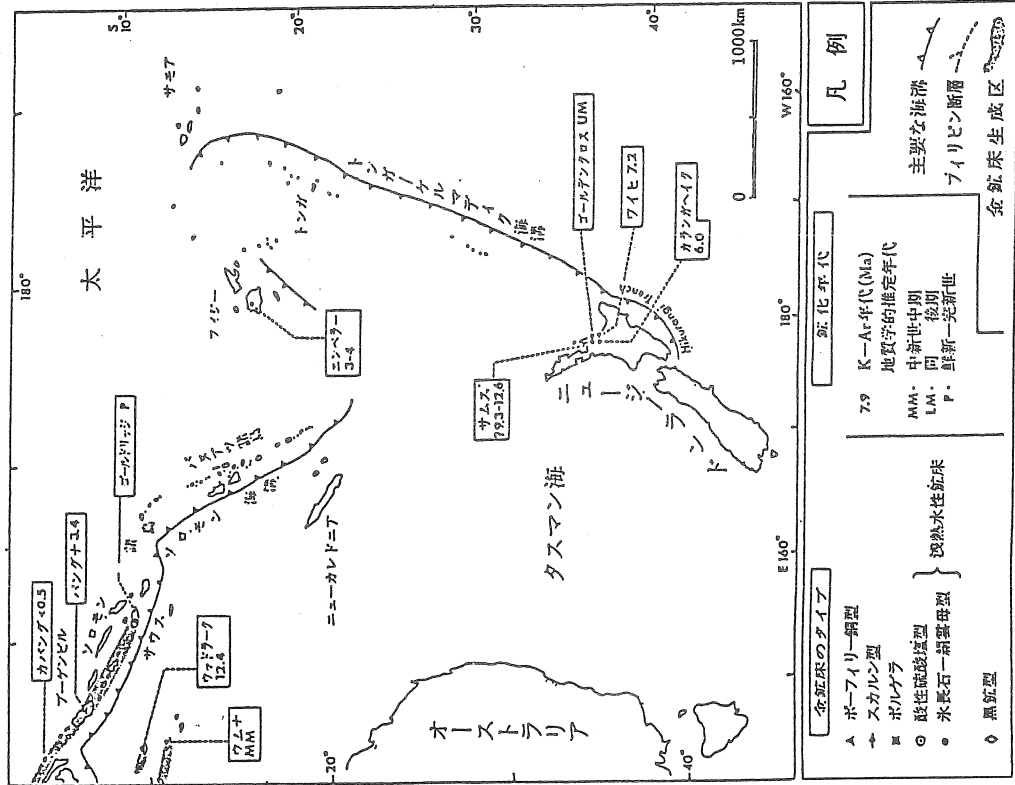
第7図 西太平洋島弧（日本～パプアニューギニア）における金鉱床



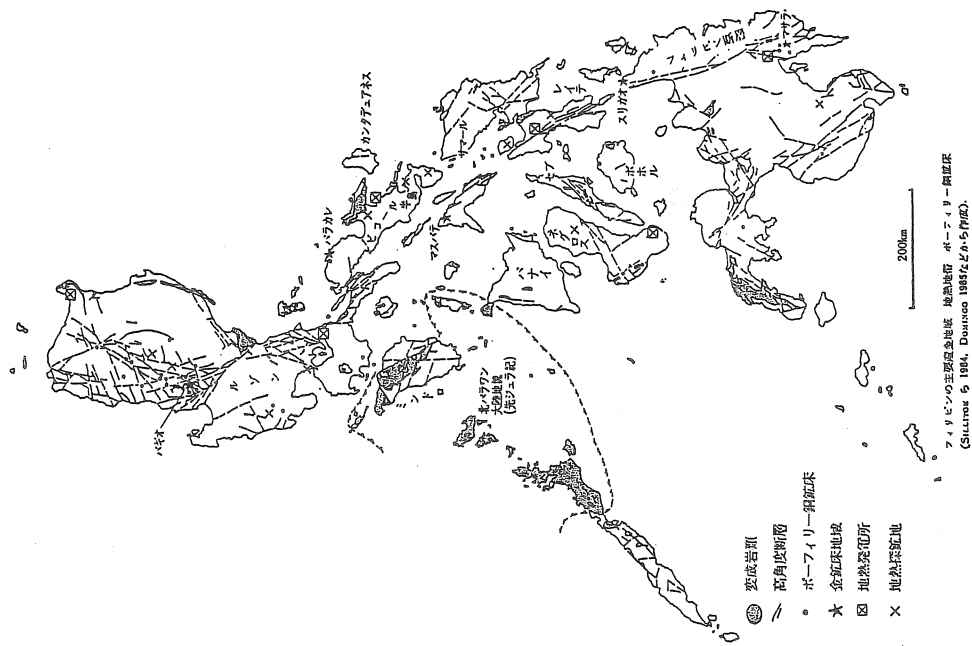
西太平洋島弧（日本～パプアニューギニア）における金鉱床 (Sillitoe, 1988[図]).

第8図 西太平洋島弧（ソロモン諸島～ニュージーランド）における

金鉱床の分布

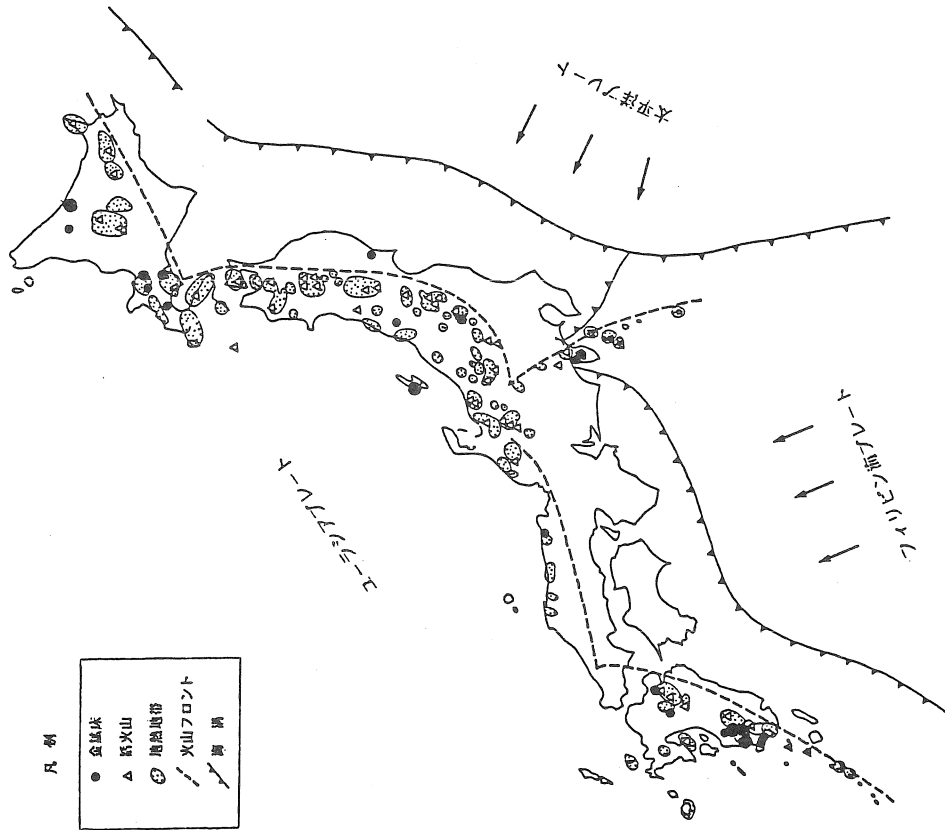


第9図 フィリピンの金鉱床



西太平洋島弧（ソロモン諸島～ニュージーランド）における金鉱床の分布 (Sillitoe 1988 原因)。

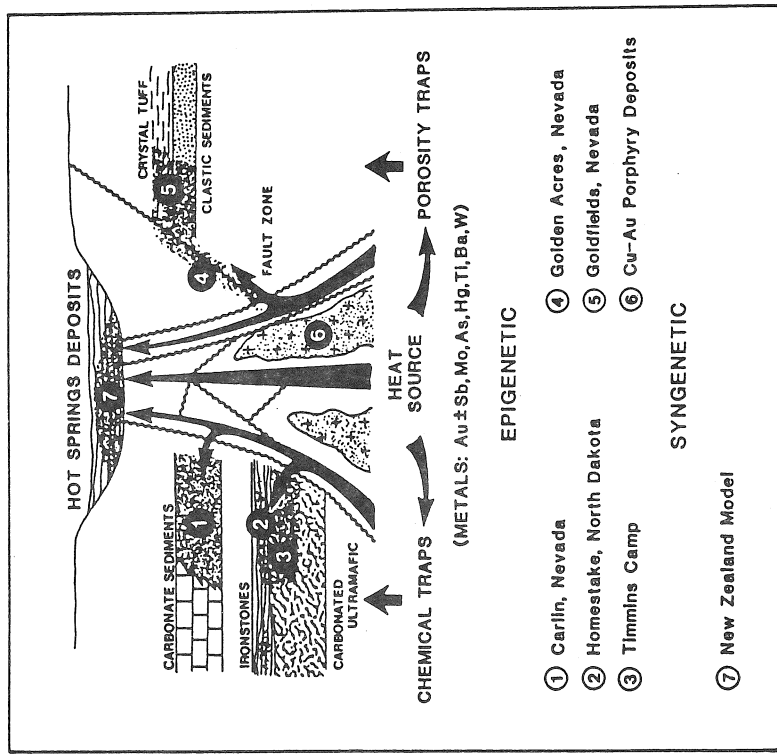
第10図 日本島弧の地熱・火山地域図



凡例

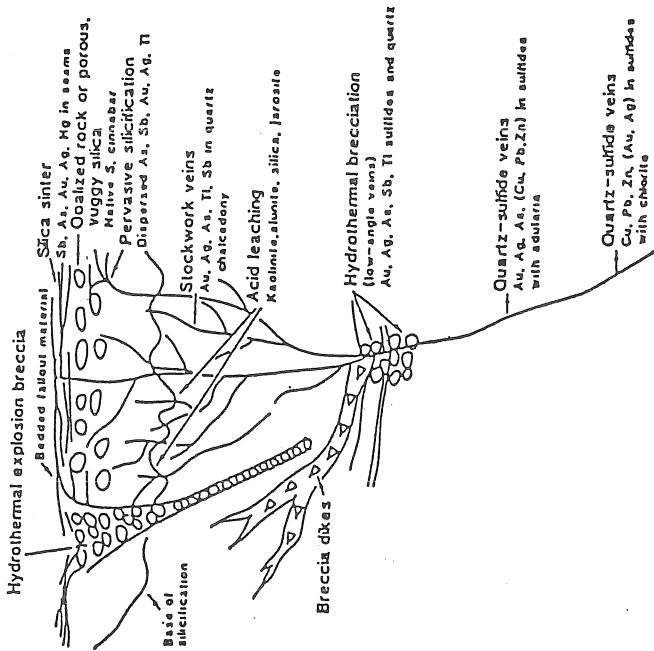
- 金鉱床
- ▲ 新火山
- ⊕ 地熱地帯
- - - 火山フロント
- 海溝

第11図 浅熱水鉱床の生成モデル



(CIM Guide Book; 1984より)

第12図 温泉型金鉱床の模式断面図

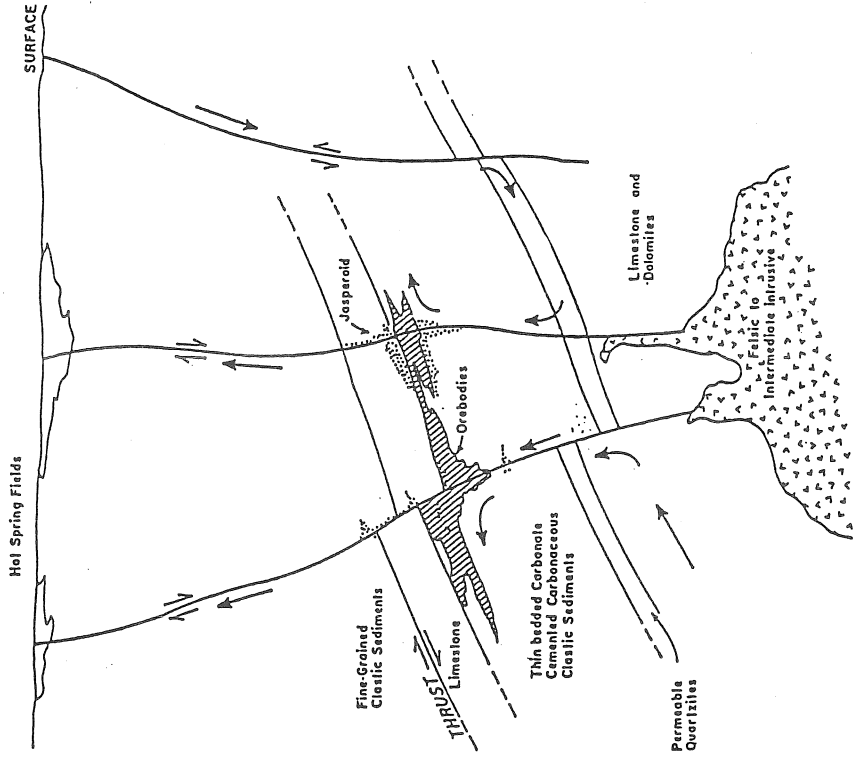


Schematic cross section illustrating geologic features found in hot-spring precious-metal deposits, showing generalized vertical geochemical zoning (from Berger and Eimon, 1982, fig. 11a). Actual spatial and temporal relations between geologic features may vary significantly from deposit to deposit.

温泉型金鉱床の模式断面図 (Berger and Eimon, 1982)

出典 Berger, 1985 USGS Bull., 1646, 47

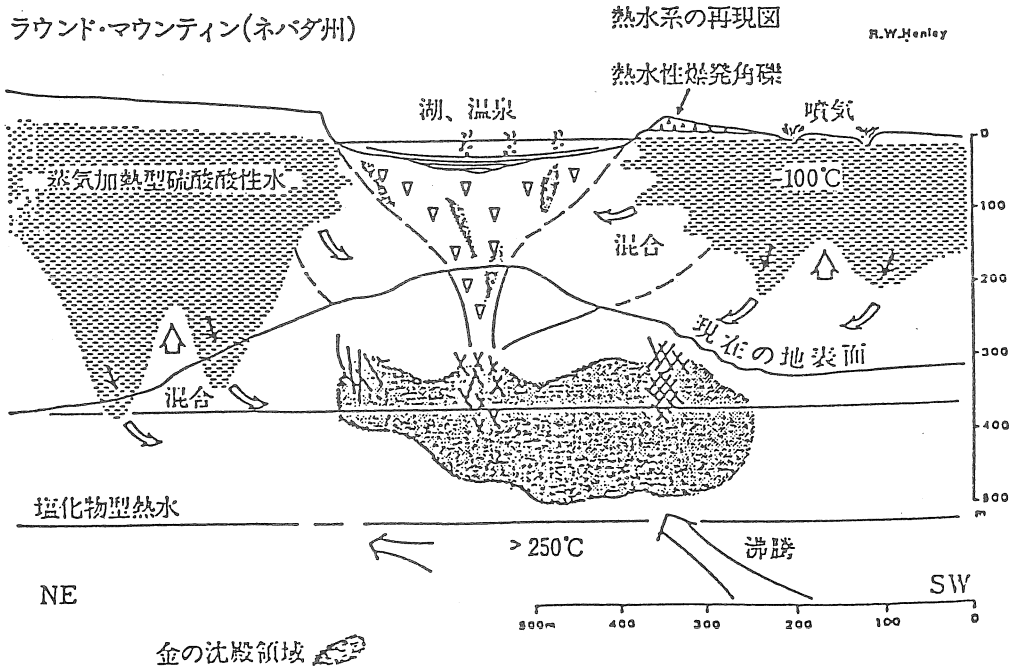
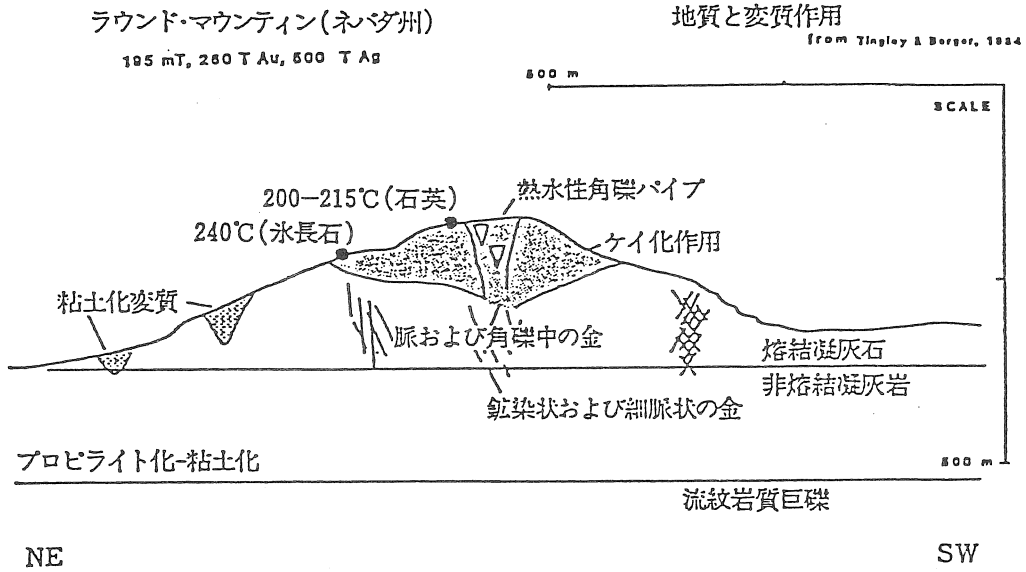
第13図 カーリン型鉱床



Schematic cross section of a disseminated replacement (Carlin-type) gold deposit (from Gilles and Nelson, in press).

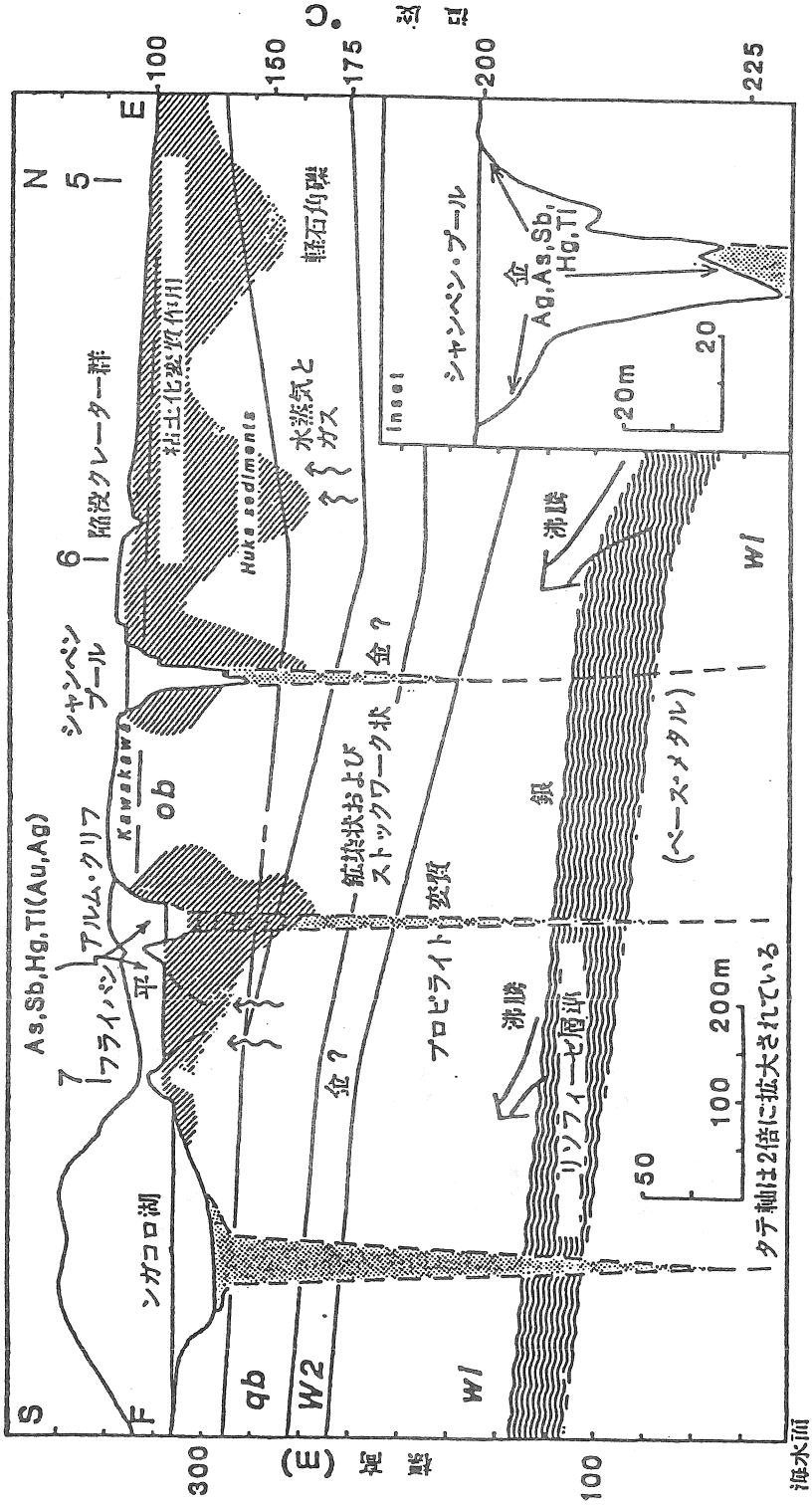
カーリン型鉱床を形式した熱水系 Sawkims, 1984

第14図 ラウンド・マウンティン鉱床



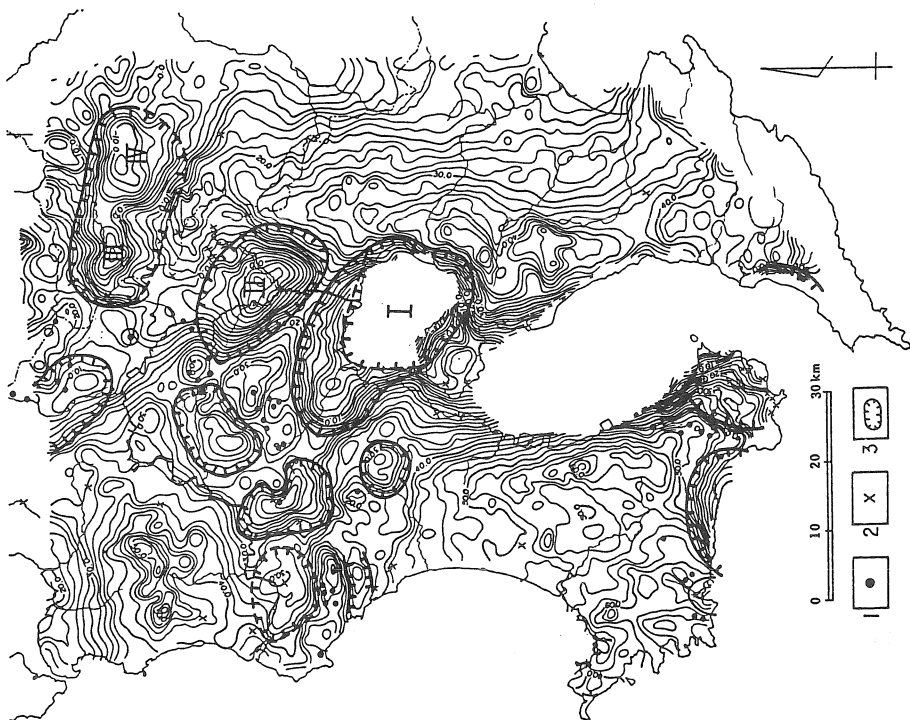
ラウンド・マウンティン鉱床の変質帯・鉱化帯模式断面図
 (TINGLEY and BERGER, 1985) と熱水系の再現図 (R.
 W. HENLEY) (HEDENQUIST, J. and REID, F., 1985より)

第15図 シャンペン・プール



シャンペン・プールを南北に通る模式断面 (HEDENQUIST and HENLEY, 1985). Wi は熱水の主要な貯留層であるワイオクタプ・イグニンプライト層である。熱水の動きや変質帯の分布 重金屬の沈澱などが模式的に示してある。また 図の右下は シャンペン・プールの断面の拡大図である。

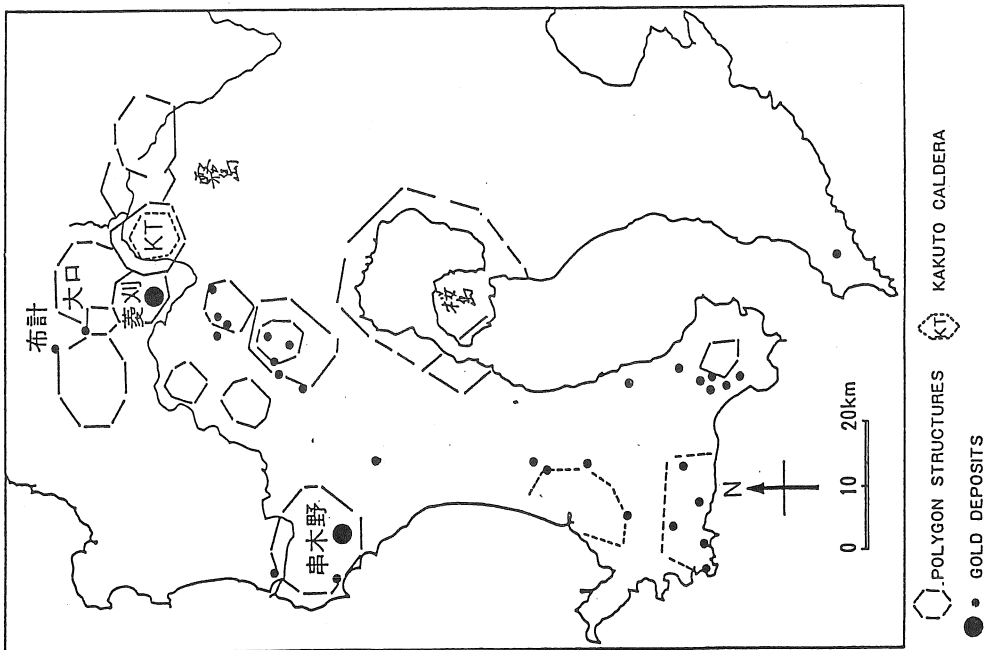
第16図 重力分布と金銀鉱床との関係



重力分布と金銀鉱床との関係

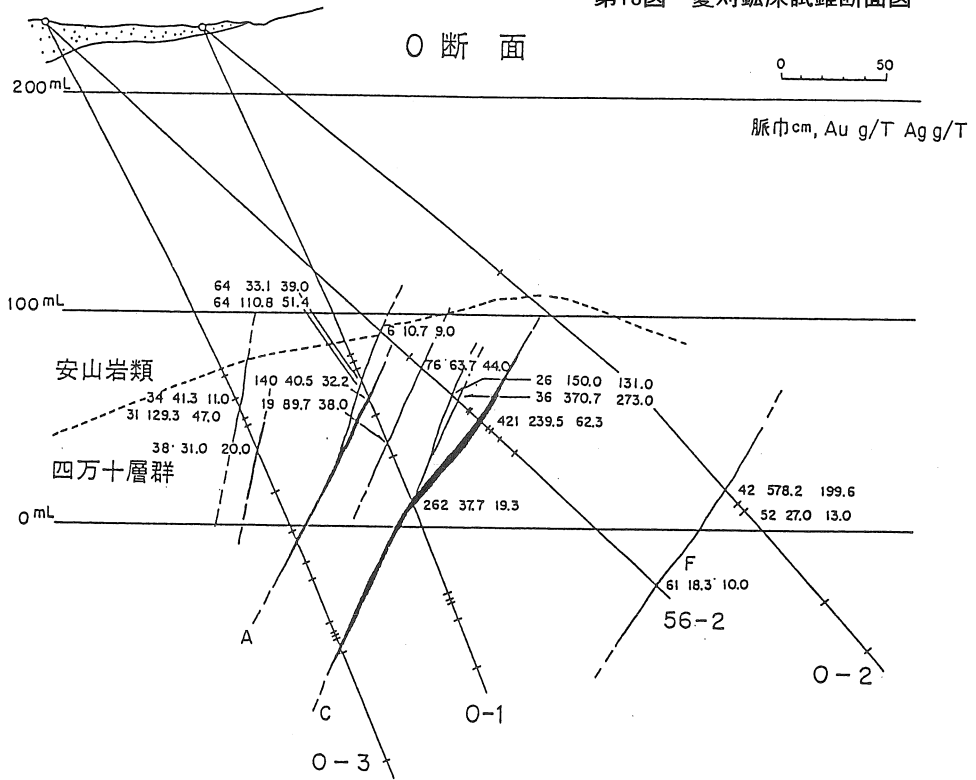
- 1 : 浅熱水性泉銀鉱床、2 : 温泉、3 : 推定陥没構造
- I : 鈴鹿カルデラ、II : 安楽カルデラ、III : 加久藤カルデラ、IV : 小林カルデラ
- ◎印は意洞鉱床、コンター間隔は2mgal

第17図 リニヤメント解析



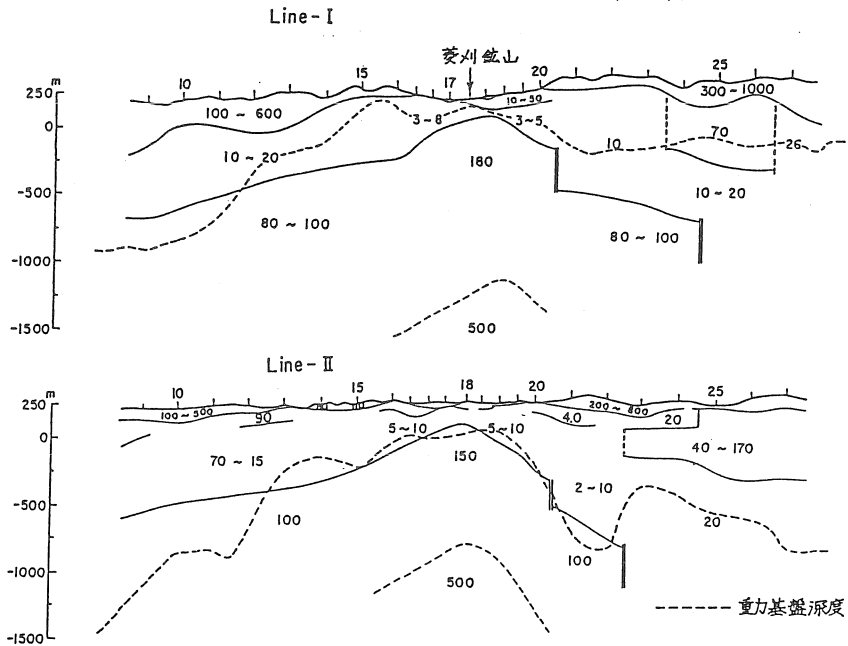
GST・古野田花ーによる。

第18図 菱刈鉱床試錐断面図

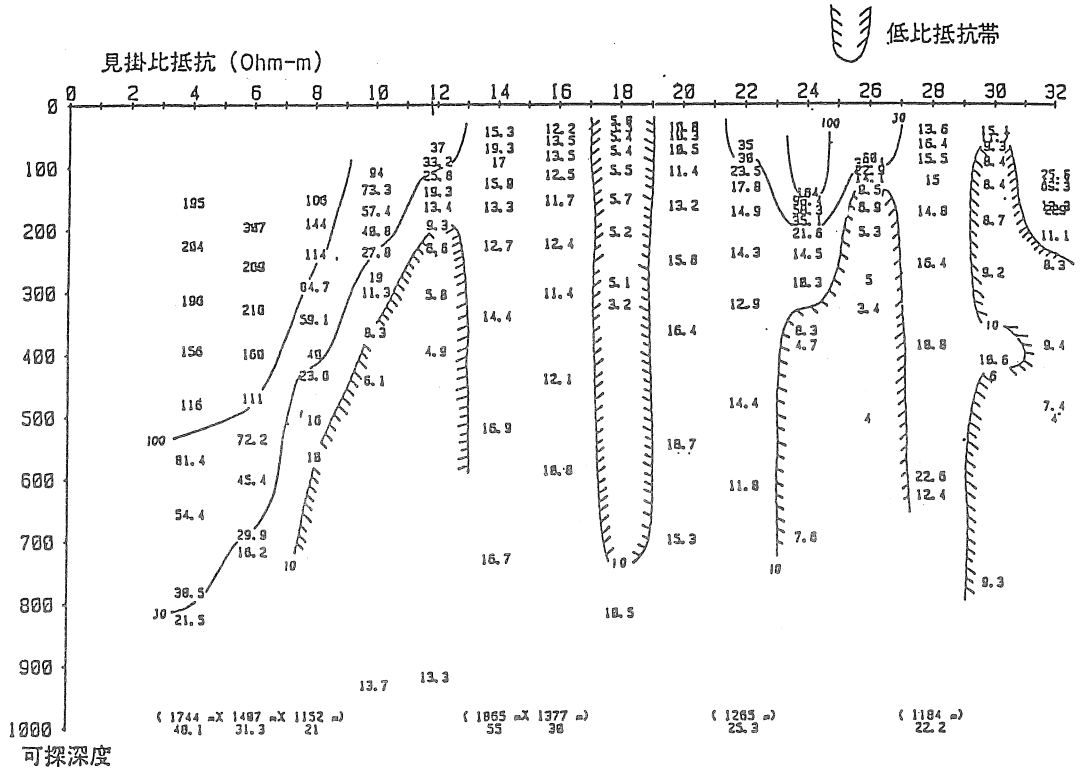


第19図 シュランベルジャー法解析断面

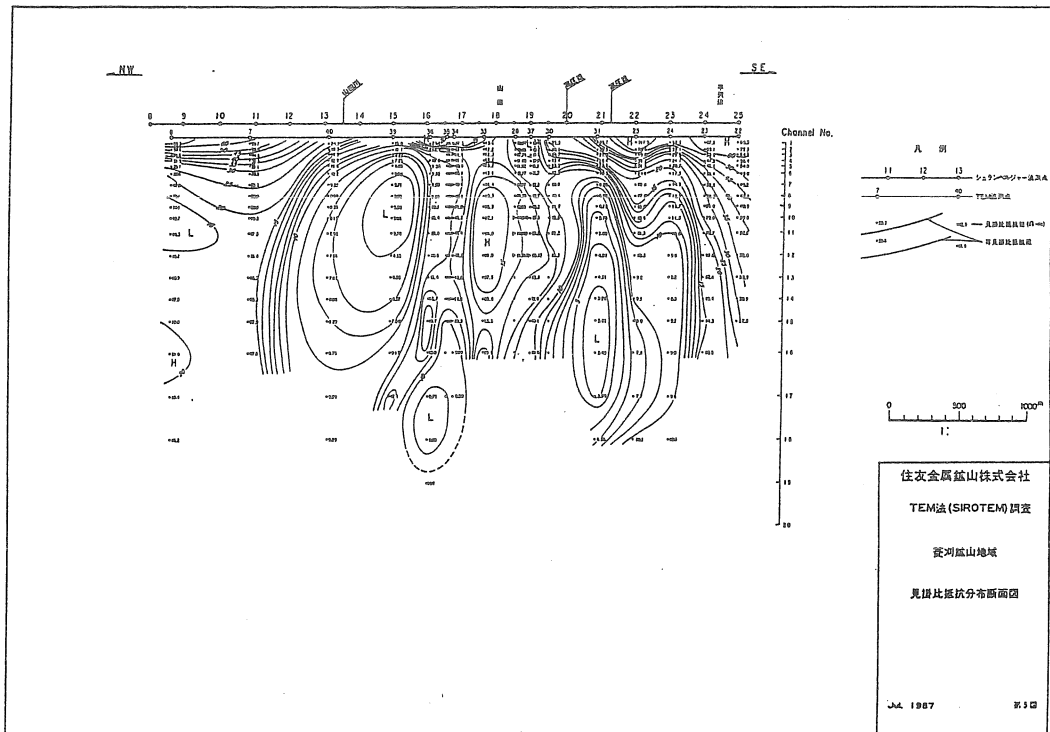
シュランベルジャー法解析断面 (企業探査測線 昭和62年)



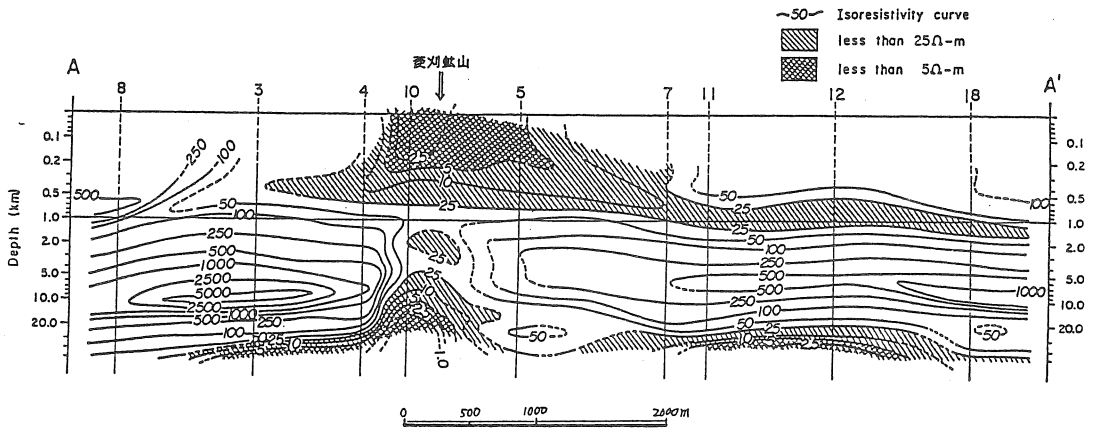
第20図 菱刈鉱床の CSAMT 法探査解析図



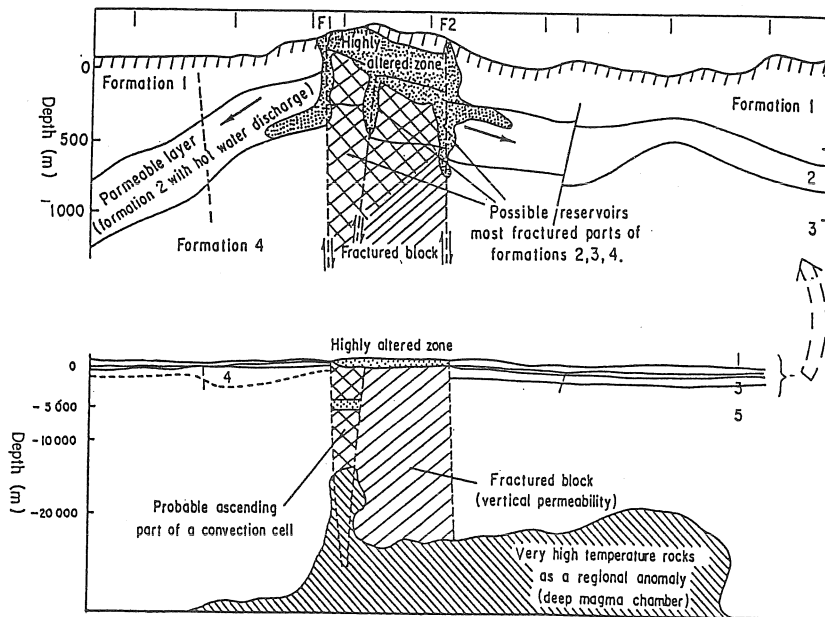
第21図 菱刈鉱床の TEM 法探査解析図



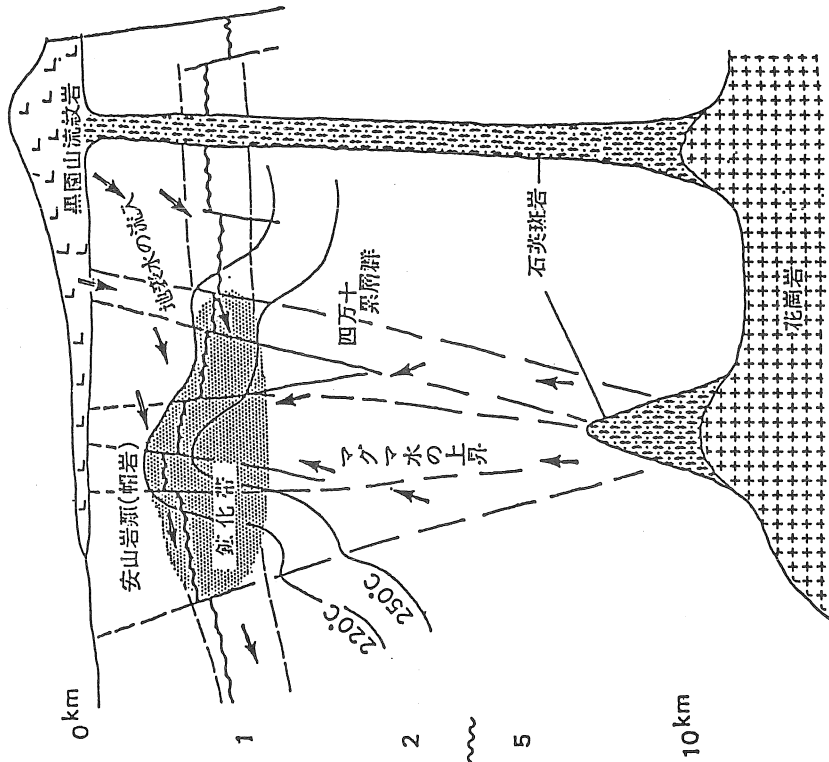
第22図 菱刈鉱床の MT 法探査解析図



第23図 菱刈鉱床の MT 法探査による地質構造モデル

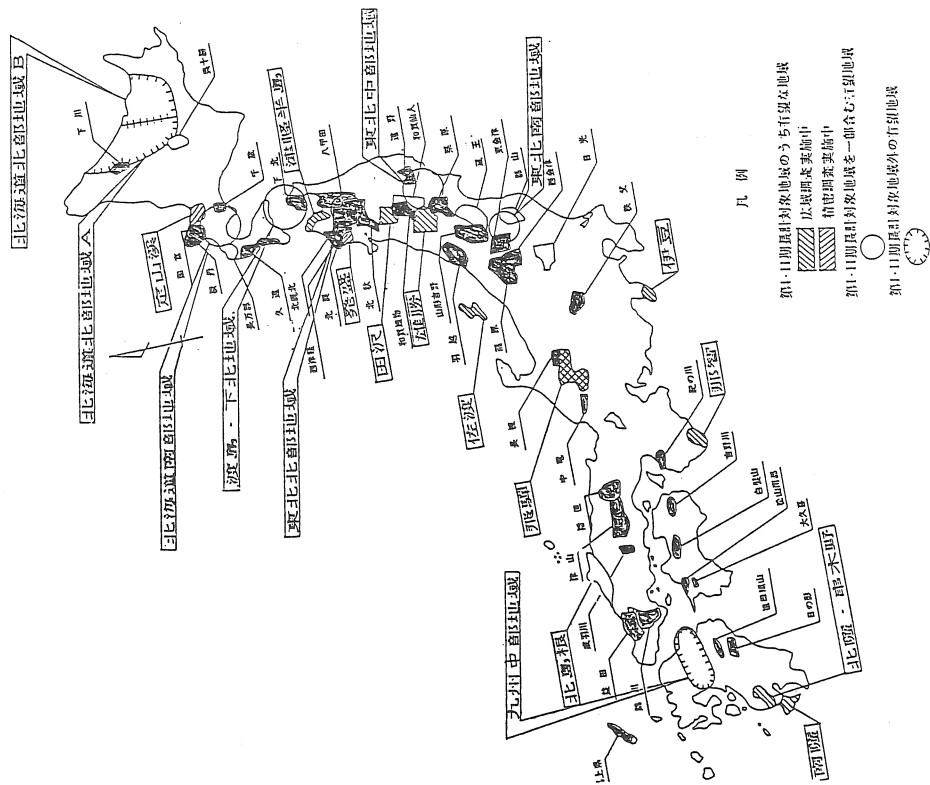


第24図 菱刈鉱床の生成モデル

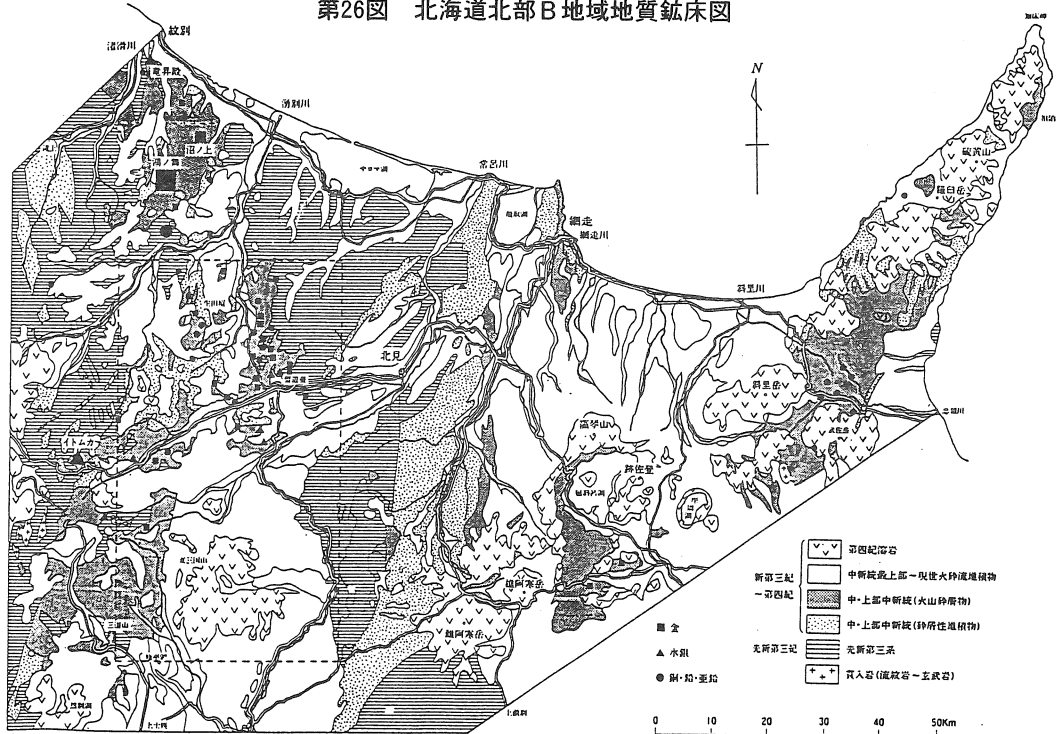


菱刈鉱床の生成モデル (Ishihara et al. 1986)

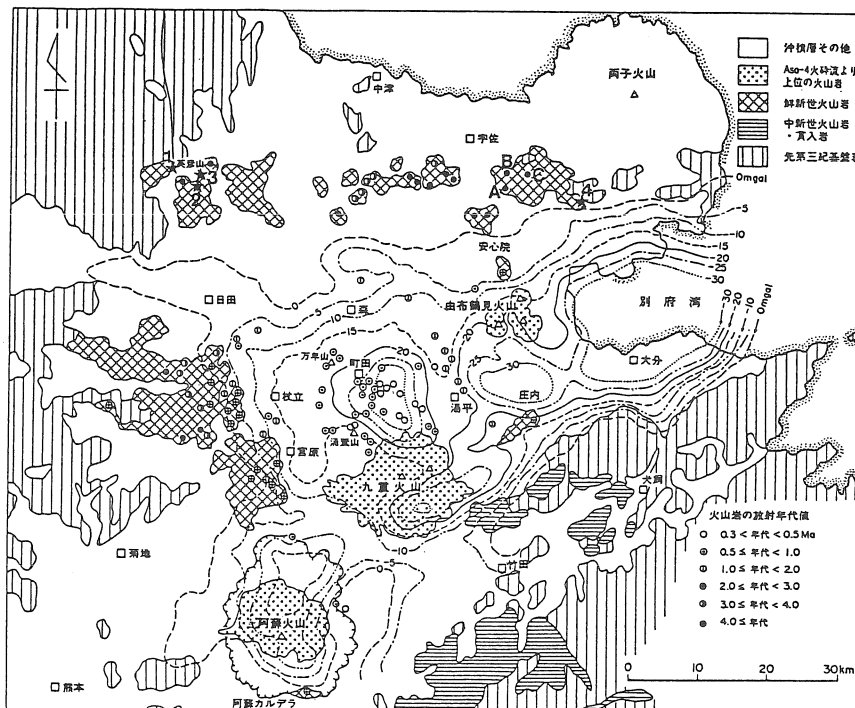
第25図 優良鉱床の胚胎が期待される地域



第26図 北海道北部B地域地質鉱床図



第27図 九州中部地域火山岩年代測定図



九州中北部における火山岩の分布と放射年代 (鎌田, 1985b に加筆)。
 ★印1~4、本報告で追加した放射年代。A、 $4.8 \pm 0.4 \text{ Ma}$ ；B、 $5.3 \pm 0.3 \text{ Ma}$ ；C、 $4.9 \pm 1.1 \text{ Ma}$ 。

講

演

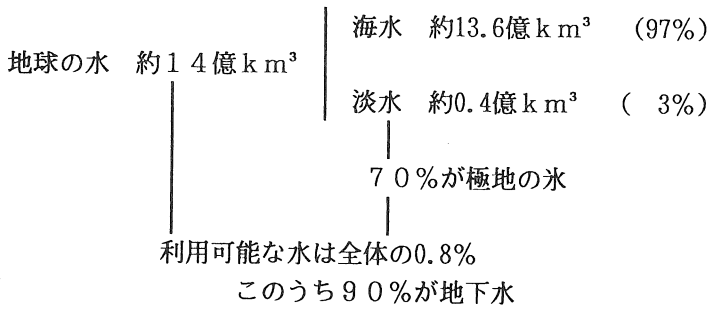
I . 水 資 源

1. 水質汚濁防止法の改正と地下水汚染

北海道保健環境部 環境対策課 内 藤 洋

I. 地下水とは…

1. 地下水の賦存量



2. 日本の地下水使用状況

(単位：億m³/年)

用途	全水 使用量	表流水 その他	地下水	地下水依存率 %
生活用水	151	115	36	23.8
工業用水	156	101	55	35.3
農業用水	585	548	38	6.4
その他 (建築物等)	—	—	11	—
合計	892	764	140	15.7

(資料) 国土庁 <日本の水資源(63年版)>

◎地下水は貴重な環境資源

=約3800万人の飲用に供されている

◎汚染の未然防止が重要

=地下水の流れが遅い ; 回復が困難

汚染の範囲は多くは1km以下(10km以上のももある)

II. 地下水の汚染

1. 汚染状況(トリクロロエチレン等)

63年度 調査結果(環境庁)

(1)概況調査

①調査自治体数

37都道府県

765市区町村

②うち暫定水質基準を超える汚染が検出された自治体数

30都道府県

119市区町村

③検出最高濃度

トリクロロエチレン 24.0mg/ℓ

テトラクロロエチレン 24.0mg/ℓ

1,1,1-トリクロロエタン 11.0mg/ℓ

(2)汚染井戸周辺地区調査

①調査自治体数

21都道府県

109市区町村

②うち暫定水質基準を超える汚染が検出された自治体数

20都道府県

63市区町村

③検出最高濃度

トリクロロエチレン 19.8mg/ℓ

テトラクロロエチレン 35.0mg/ℓ

1,1,1-トリクロロエタン 5.4mg/ℓ

(参考) 有害物質による地下水汚染の発生件数(S40～S60)

項 目	件 数
六価クロム	29
水 銀	6
シ ア ン	6
カドミウム	2
ひ 素	2
有 機 リ ン	2
鉛	1
合 計	48 (環境庁)

2. 中央公害対策審議会答申 (1989; 2)

答申では、まず地下水の利用の現状、地下水汚染の特質等を踏まえ、地下水汚染の未然防止を図り良好な水質を維持することが国民の健康を保護し生活環境を保全する上で重要かつ緊急の課題となっていることを指摘した上で、地下水汚染の未然防止を図るために講ずべき措置の提言を行っている。

◎規制手法の改善 (汚染等の地下浸透に対する訓示規定)

◎地下水質の監視体制の整備等

Ⅲ. 改正水質汚濁防止法の概要

1. 有害物質による地下水質汚染防止のための措置

(1) 目的の改正（第1条）

本法の目的として地下に浸透する水の浸透を規制することによって地下水の水質の汚濁の防止を図ることを加えること

(2) 特定地下浸透水の浸透の制限（第12条の3）

有害物質を含む地下浸透水の地下への浸透を禁止すること

(3) (2)の事項の実効性を担保するための措置

①特定施設の設置等に係る届出事項を追加するとともに、都道府県知事は、報告徴収・立入検査を行えるものとする（第5条第2項；第22条）

②都道府県知事は、①の届出について計画の変更、廃止を命ずることができるものとする（第8条）

③有害物質を含む地下浸透水が地下に浸透するおそれのあるときは、特定施設の構造等の改善、使用の一時停止等の命令を行えるものとする（第13条の2）

(4) 地下水の水質の監視測定

①都道府県知事は、地下水の水質の汚濁の状況を常時監視しなければならないものとする（第15条）

②都道府県知事は、地下水の水質の測定に関する測定計画を作成し、各関係機関の行う測定結果をとりまとめるものとする（第16条）

③都道府県知事は、地下水の水質の状況について公表しなければならないものとする（第17条）

2. 事故時の措置

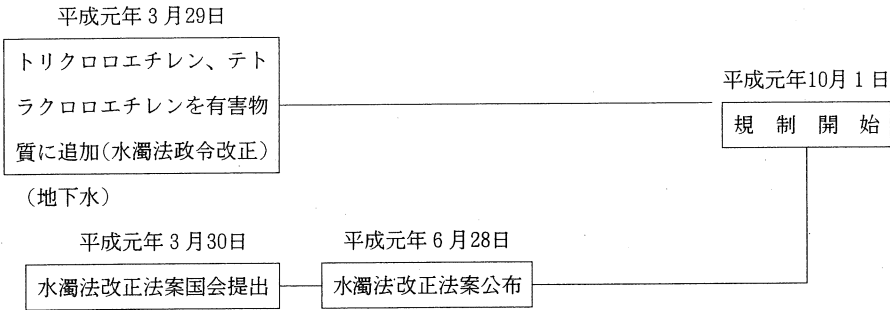
(1)事業者は、事業場内の事故により有害物質を含む水が公共用水域に排出され、又は地下に浸透した際には、応急の措置を講ずるとともに、事故の状況等を都道府県知事に届け出なければならないものとする（第14条の2第1項）

(2)都道府県知事は、事故の拡大の防止のため必要な措置を命ずることができるものとする（同第2項）

3. その他

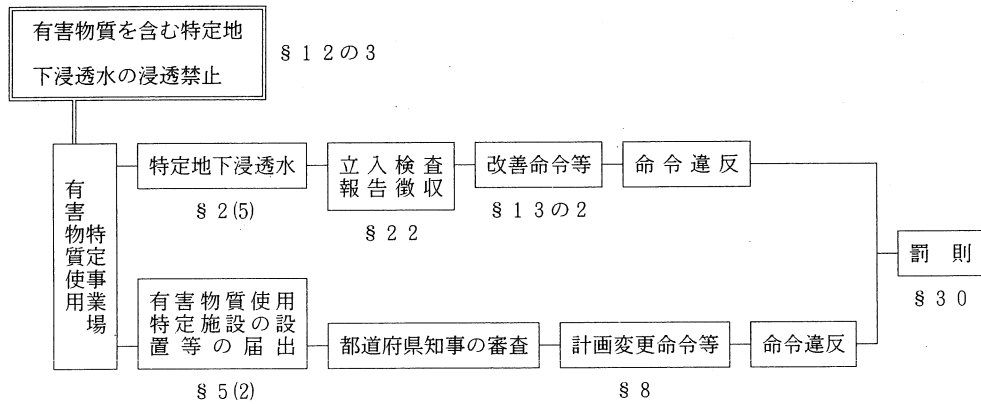
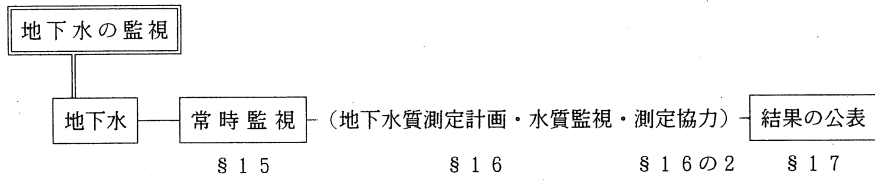
(1)罰則規定その他所要の規定の整備を行うこと

(2)この法律は、公布の日から六月を超えない範囲内において政令で定める日から施行するものとする

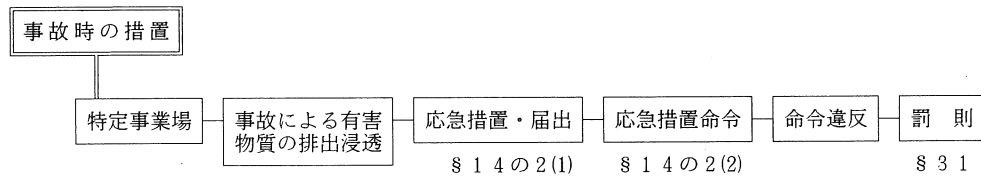


改正水質汚濁防止法による規制等の体系について

I 地下水関係



II 事故関係



水濁法の規制による規制値について

水濁法の規制開始により、各物質の排水基準値等は以下のとおりとなる。

物質名	排水規制 (公共用水域)	地下浸透規制	水道水の暫定水質基準
トリクロロエチレン	0.3ppm→0.3ppm	0.03ppm→N. D.	0.03ppm
テトラクロロエチレン	0.1ppm→0.1ppm	0.01ppm→N. D.	0.01ppm

2. 最新技術の取水井とストレーナー

永岡金網(株) 黒田 俊明

1. はじめに

地下水は大切な地下資源との位置付けから、地下水の開発、保善、有効利用が叫ばれています。その地下水を大きく分けると深層地下水（被圧水）と浅層地下水（不圧水）とになり、取水方法は大きく異なっている。

それぞれの地下水を取水する為に適した深井戸、浅井戸、集水埋渠等の取水施設が設けられており、地上設備の技術革新はすばらしいものがあります。一口に井戸と云っても色々な構造のものがありますが、ストレーナー部は井戸の生命を左右する重要な所であるにもかかわらずあまり注目されていませんでした。

客先より目詰りのない、しかも、洗浄が出来、強度が強く、施行しやすいストレーナーはないかと常に声をかけられてきました。井戸に一度入れると取替の出来ないストレーナー、これを解決しない限り取水施設（井戸）は出来ないとの問題意識よりストレーナーの構造、性能面について研究開発し現在に至っています。

生きた井戸、ウエルロスの少ない井戸、出砂のない井戸等理想的な井戸を追求するとストレーナーの選択が重要な要素になってきます。それに加え新しい取水技術を組み合わせることにより最良の取水施設（井戸）が出来上がるものと確信しています。

2. ストレーナーの選択

計画取水量を満す井戸設計をする場合にストレーナーの選択は最も重要なことであります。調査データに基づき、地質、帯水層、井戸深度、井戸口径等から最も適したストレーナーを設計することにより、より良い井戸が出来上がります。

ストレーナーを設計する場合の要点は下記の6項目に注意する必要があります。

(1) 防砂効果

ストレーナー部での流入速度と充填砂の選定により防砂効果を生む

(2) スロットサイズの選定

充填砂又はストレーナー周辺の砂径によりスロットサイズを選ぶ

(3) ストレーナー開口面積

ストレーナー長さ決定と水位降下量チェック

(4) ストレーナーの強度

井戸深度による外圧強度及び耐荷重、引張強度

(5) ストレーナーの材質

(6) メンテナンス

井戸仕上げ及び井戸洗浄時の効率

3. ストレーナーの種類

3-1 深井戸用ストレーナー（水井戸，温泉井戸）

- ・スリット型ストレーナー

パイプにカッター，ガス等でスリットを切りストレーナーに仕上げたもの

- ・ブリッジスロット型ストレーナー

パイプ又は板をプレスにてブリッジ形状に押し出しパイプにすき間を作ったもの

- ・V型連続スリット型ストレーナー（ウェルスクリーン）

V型ワイヤーを連続でサポートロッドに巻付けて連続スロットを形成しその接点は全て溶接構造となっているもの

- ・丸孔巻線型ストレーナー（パイプベーススクリーン）

補強用多孔管をベースにV型ワイヤーを巻付け外側は連続スロットを形成しているもの

- ・二重巻線型ストレーナー（リングベーススクリーン）

補強用の内リングを有し外側にはV型ワイヤーを巻き連続スロットを形成しているもの

3-2 浅井戸用ストレーナー（浅井戸，集水埋渠）

- ・多孔ヒューム管ストレーナー

- ・多孔VP管ストレーナー

- ・大口径多孔コンクリート井筒

- ・多孔鋼管ストレーナー

- ・巻線型ストレーナー

- ・二重巻線型ストレーナー

- ・大口径リングベースコレクター（ストレーナー）

4. ストレーナーのスロット選定

スロット選定は砂の粒径より決めることがほとんどであり，特に細砂の地層より取水する場合は注意する必要がある，大きく分けて次の2通りの決定方法がとられる。

1) 砂充填による井戸仕上げの場合

帯水層における砂粒径により異なり，ふるい分けにより D_{50} を求め，その4～8倍が望ましいが，通常2～5mm又は9mm前後（3分砂利）の充填砂利がよく使用されている。スロットは基本的に充填砂径の $\frac{1}{2}$ 以下に決める。

その際，充填砂のフィルター作用により充填砂径の $\frac{1}{2}$ 以下は通ってストレーナーまで流れてくるので流入速度と充填砂を考慮に入れてスロットサイズを決定する。

2) 砂充填しない井戸仕上げの場合

帯水層の砂を逆洗により大きな砂をストレーナーの周りに集めて充填砂の変わりにする井戸仕上げである。

この場合は帯水層の砂を採取し，ふるい分けにより D_{10} を求めその粒径の均一サイズもしくはその2倍を基準にスロットサイズを決める。

5. 深井戸用ストレーナーの性能比較

表-1 300A各種スクリーン性能比較表

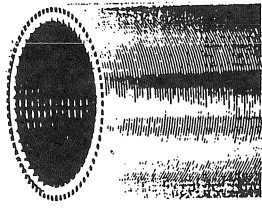
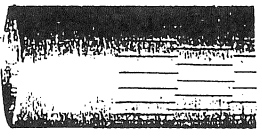
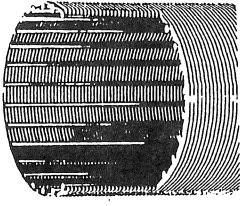
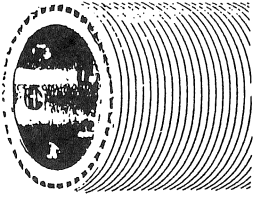
スクリーン名称	リングベース スクリーン リンク補強型巻線スクリーン	スリット バイブ	ウェル スクリーン 巻線 (水平連続Vロット)	バイブベース スクリーン 丸孔巻線
構造				
材質	SUS304 (ステンレススチール) or カルボンスチール 亜鉛メッキ	SUS304 (ステンレススチール) or カルボンスチール 亜鉛メッキ	SUS304 (ステンレススチール) or カルボンスチール 亜鉛メッキ	SUS304 (ステンレススチール) or カルボンスチール 亜鉛メッキ
外圧強度(カルボンスチールの時) 深度150mの時15.0kg/cm ²	34.5 kg/cm ² 強韌	19.8 kg/cm ²	14.9 kg/cm ²	27.2 kg/cm ²
集水面積 (スロット:1.5mmの時)	4214 cm ² /m(3566cm ² /m) 非常に大きい	極小 600 cm ² /m	大 2773 cm ² /m	小 (実集水面積) 1801 cm ² /m
開口率 (スロット:1.5mmの時)	非常に大きい 39% (33%)	極小 6%	大 27%	小 (突開口率) 16%
流入速度 口径:300A 効力有効長:25m 計画揚水量:1.5ton/分	0.79 cm/秒 (0.93cm/秒) 非常に緩やか	5.55 cm/秒 非常に速い	1.20 cm/秒 やや速い	2.08 cm/秒 速い
集水中の砂の流入	極小 出砂の問題なし	大 出砂あり	小 微細砂分流入の危険あり	小 中砂までの流入の危険あり
目詰まり	極小	大	小	パイプとワイヤーとの間に土砂やスケールが堆積し再洗不可能
井戸仕上げ洗浄効果	最良	不良	良	不良

表-2 開口率比較表

条件

口 径 : 300A

スロットサイズ (mm)	1.0	1.5
リングベーススクリーン	30%	30%
スリットパイプ	6%	6%
巻線型(水平連続Vスロット)	20%	27%
丸孔巻線型	16%	16%

表-3 流入速度比較表

条件

口 径 : 300A

取水量 : 1.5 ton/分

ストレーナー長 : 2.5m

スロットサイズ (mm)	1.0	1.5
リングベーススクリーン	1.02 cm/秒	0.79 cm/秒
スリットパイプ	5.55 cm/秒	5.55 cm/秒
巻線型(水平連続Vスロット)	1.62 cm/秒	1.20 cm/秒
丸孔巻線型	2.08 cm/秒	2.08 cm/秒

図-1 外圧強度テスト結果 (250A)

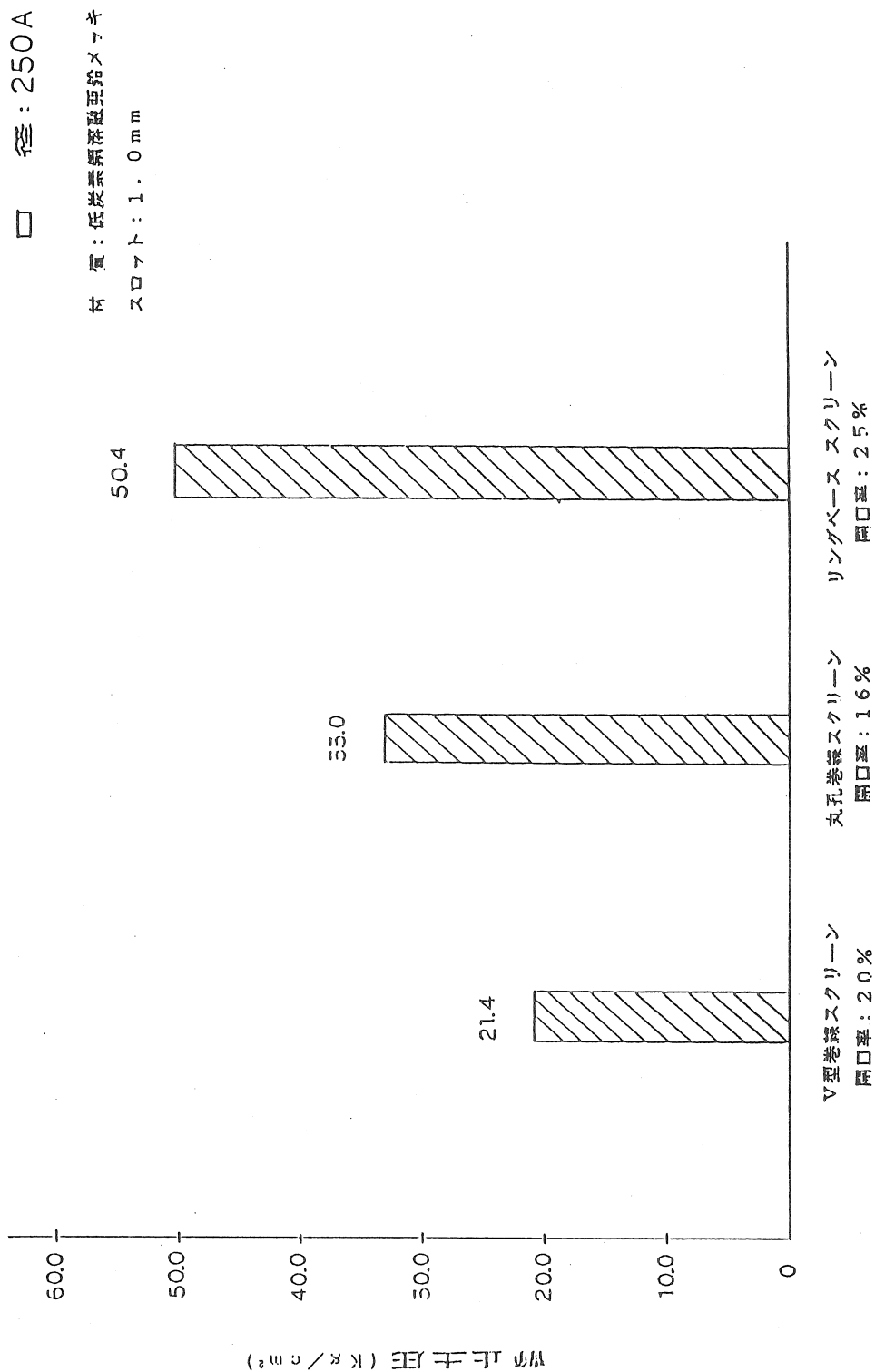


図-2 各種スクリーン外圧強度テスト結果

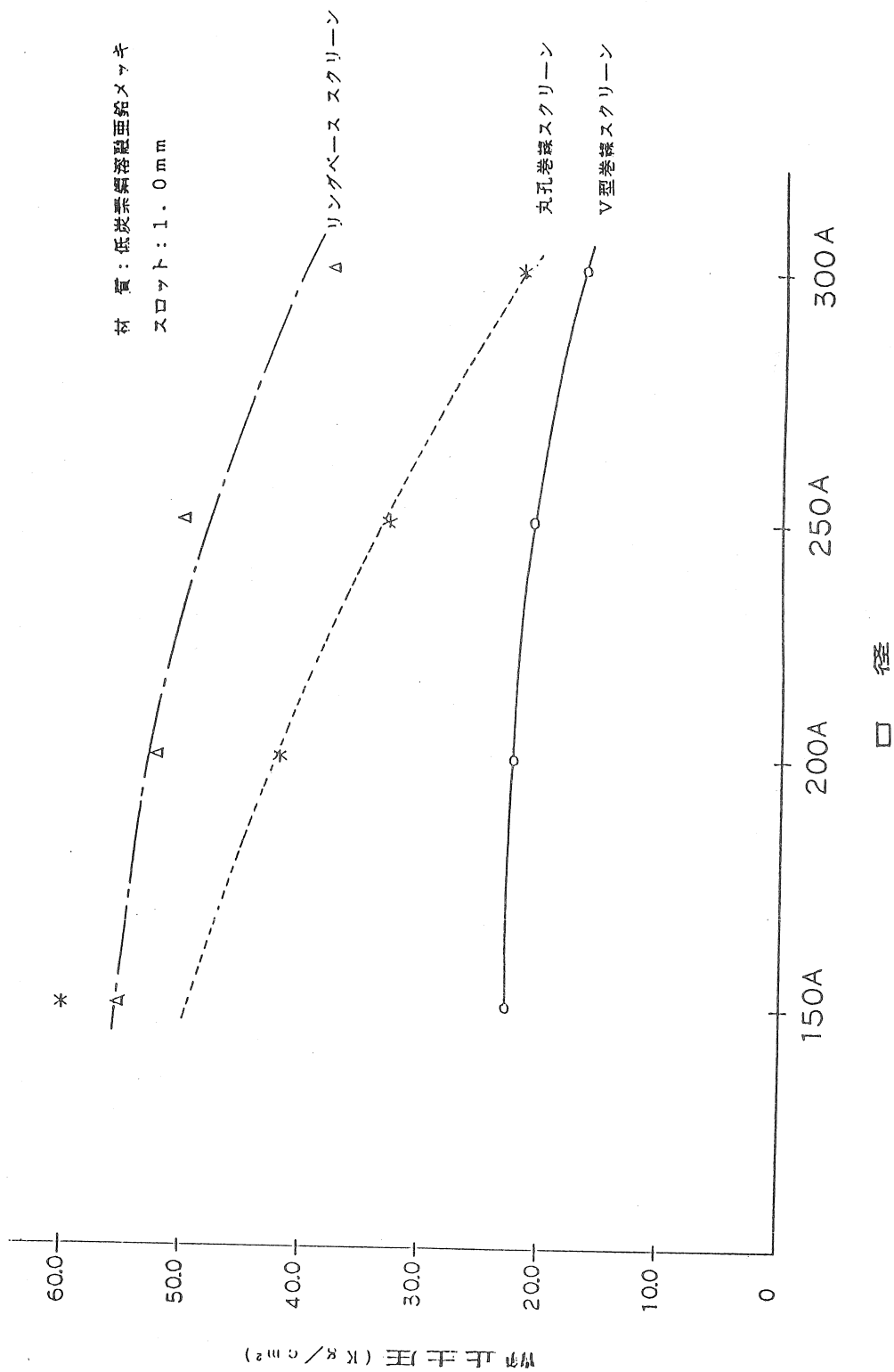


図-3 偏平試験テスト結果 (200A)

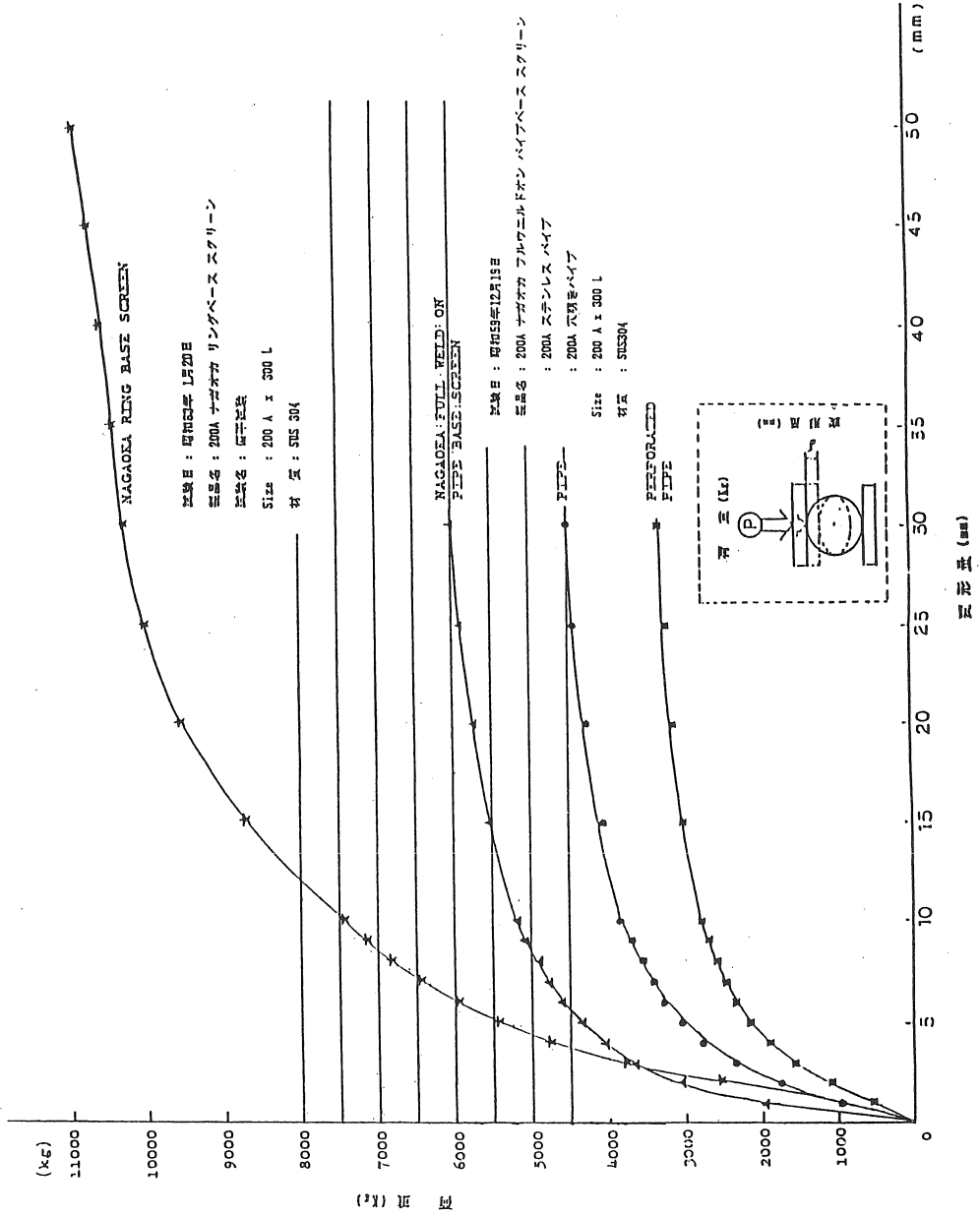
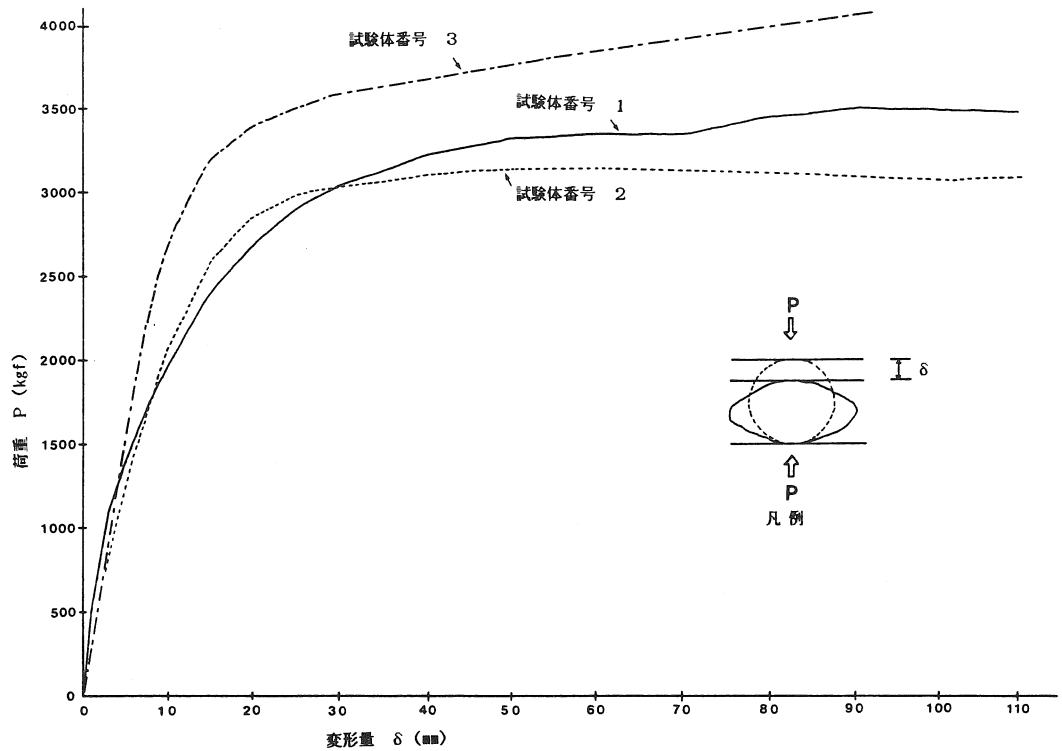


図-4 偏平試験テスト結果 (300A)



6. おわりに

出来上がった井戸の寿命、水量確保、メンテナンス等は井戸にとっていずれも欠くことの出来ない事であり、地中深く設置されたストレーナーは交換出来ません。

一度のチャンスを生かして、地下資源である地下水を有効に長く利用することが最善であります。ストレーナーの選定及び設計は慎重にしかも贅沢に決めて頂く方が望ましいと思われます。それが良い井戸を作る秘訣の一つです。

3. 融雪期における不圧地下水の挙動と その活用について

北海道立地下資源調査所 深見浩司

1. まえがき

北海道など積雪寒冷地においては、雪は社会生活や市民生活に様々な不便や被害を引き起こして、一般的にはじゃま物と見なされる場合が多く、これまでその障害を克服しようという努力が続けられてきた。しかし最近では、一歩進んで雪を利用しようという機運も高まってきている。取り立てていうまでもなく、雪は水資源として有効に利用されている。特に山地の積雪は、融雪期以降、ダムによる水管理と組み合わせて、流域の人々の生活や産業に多くの貢献をしている。

地下水資源に対しても、雪は重要な意義をもつ。積雪寒冷地の地下水の主な涵養源は、無雪期の降雨と融雪期の融雪水であるが、前者が不定期であるのに対し、後者は毎年ほぼ同時期に起こり、その水量も多い。したがって、融雪期の地下水の挙動を調べることは、積雪寒冷地における地下水管理を行う上で有効な方策といえる。

地下資源調査所では、長年にわたり、札幌市北部から石狩湾岸地域にかけて地下水に関する様々な調査・観測を実施してきた。本報告では、まず、これらから得られた地域の地下環境について概括し、特に、地下水涵養に大きな影響を及ぼす融雪期における不圧地下水の挙動について述べる。次に、この地域の地下環境の現況から、融雪期に涵養された不圧地下水を地域の水資源としてより有効に活用しようという試みについて報告する。なお、本地域の冬期の降水量（ほとんどは雪）は300～400mmに達し、年降水量の3～4割に相当する。これだけの水量が春の融雪期に一気に融解するのである。

2. 調査地域の地下環境

調査地域は道内でも有数の地下水利用が盛んな地域でその水理地質の概要もある程度明らかになってきている。それによれば、本地域における地下水盆地は、手稲山地及び石狩丘陵に分布する新第三系を容水地盤の基盤層（一部は容水地盤を形成する）としており、これらの低地部での上限は、ところによっては深度300m以上に達しているものと推定される。基盤層上の容水地盤は第四系の未固結から半固結の堆積物でしめられ、砂・砂礫からなる粗粒層とシルト・粘土を主体とする細粒層が互層状態を呈している。

帯水層は上から、浅部帯水層、中部帯水層群、深部帯水層群の3つの区分がなされており（山口、1970）、それぞれの帯水層（群）間には、シルト・粘土からなる難透水層が介在し、明確な帯水層区分が可能である。

浅部帯水層は地表から連続する砂層で降水から直接涵養を受ける不圧地下水の帯水層である。紅葉山砂丘から海岸側に分布し、均質な中～細砂からなり、層厚は20m前後である。水質は表層から数mまでは良好であるが、それ以下では鉄の含有量が増加している。そのためこれまでほとんど利用されていない。浅部帯水層の下には、層厚10～30mのシルト・粘土層が分布しており、中部帯水層群の加圧層となっている。

中部帯水層群は標高-40m以深に分布し、被圧地下水を賦存する帯水層である。砂・砂礫とシルト・粘土の互層で特徴づけられるが、全体的に粗粒層が卓越し、60～80mの層厚を有する。本層中の地下水は、水質（鉄・色度など）が悪いため、現在はほとんど利用されていない。なお、本帯水層群の内陸側の延長は札幌扇状地につながっているようである。中部帯水層群と深部帯水層群の間には、層厚40～60mの連続性に富む難透水層が分布する。

深部帯水層群は標高-100m以深に分布し砂・砂礫からなる数枚の帯水層からなり、局所的に細粒層を介在している。層相に若干の変化がみられるものの、水理特性や水質が良好であるため、地域の主力帯水層となっている。本帯水層群の上部はかなり連続性に富む層厚30m前後の砂層が広く分布している。一方、下部は基盤となる第三系の上限の形態に影響されて変化に富むようで、一部では第三系の帯水層形成部とも連結しているものと判断される。

なお、これらの帯水層（群）のうち、中部・深部帯水層群とそれらの加圧層は、石狩湾の沖合いまで連続して分布しているらしいことが、音波探査結果（海上保安庁水路部、1980）と陸域の地下地質との対比から推定されている。

各帯水層（群）の地下水位^(*)は、気象条件や地下水揚水などに伴い、それぞれ特徴的な変動パターンを示す。図-1にはそれぞれの帯水層（群）の地下水位観測井の記録（北海道立地下資源調査所、1989）の一部をまとめた。これをもとに各帯水層（群）の水位変動の特徴について述べる。

浅部帯水層の地下水位（U）は最も大きな季節変動を示す。基本的な季節変動は、融雪期直前に年間の最低水位となり、3月から4月の融雪期に急上昇して年間の最高水位に達し、その後地下水位は徐々に減少していくという1年1山型の変動パターンとなっている。また、無雪期に顕著な降雨があれば水位は上昇する。このように本帯水層は気象現象に大きく影響された変動を示すが、積雪による涵養量の減少と融雪による涵養量の急速な増大が水位変動に大きく影響していることがわかる。

中部帯水層群の地下水位（M）は、この地域では地下水揚水がほとんど行われていないため、その変動は小さいものと考えられてきた。しかし、1980年から1983年にかけての上昇、その後1986年までの低下といった大きな経年変動が認められた。また、季節的には冬期から春期には高水位、夏期から秋期にかけては低水位となる変動パターンが繰り返されているようである。前述したようにこの帯水層群の内陸側の延長には札幌扇状地があり、そこでの地下水利用がこれらの原因になっている可能性が高い。

深部帯水層群の地下水位（L-1、L-2）は観測を開始して以来、経年的にはほぼ直線的に低下し、季節的には冬期に上昇、夏期に低下するパターンを繰り返していた。これは本帯水層が地域の主力帯水層であるため、その地下水揚水の影響と考えられていた。しかし、1980年から1983年にかけては、地域の揚水量は増加しているにもかかわらず、横ばいから上昇傾向を示した。その後、水位は再び低下傾向を示している。1980年から1983年にかけての水位上昇は、基本的には中部帯水層群の水位変動と調和的である。また、海岸側と内陸側の観測井の比較をすると、内陸側で経年変動、季節変動ともにその変動幅が大きいこと、海岸から内陸に向かって水位が低くなっていることがわかる。

3. 融雪期の不圧地下水位変動の特徴

地下水位観測井の記録から、不圧地下水の水位変動に雪の影響が大きいことを示した。した

がって、積雪寒冷地における地下水管理を有効に実施するためには、雪と地下水の関係、特に融雪期の地下水涵養過程を把握することが重要といえる。そこで根雪期間から融雪期にかけての地下水の挙動についてまとめておくことにする。図-2は不圧地下水位と積雪深の変動を示したものである。根雪になると地下水涵養がほとんど停止するために水位は徐々に低下する。そして3月になって本格的な融雪が始まると地下水位は急激に上昇する。地下水位の上昇パターンと積雪深の減少パターンが似ていること、地下水位が最高水位となる日が消雪日と一致することなどが注目される。しかしながら、このことは融雪水が直接的に地下水に入っていることを意味するものではない。本帯水層の表層付近の地温観測とその解析（深見・丸谷、1989）によれば、地表に到達した融雪水は地下に以前から存在する土壌水をピストンの押し出しながら地下水を涵養することが推定され、そのフラックス（水量）は最大でも数cm/日程度にしかない。つまり、本地域の不圧地下水の涵養は表層の不飽和の砂層内を緩速濾過的に流下しながら進行しているものと推定された。このようなことも不圧地下水の表層付近の水質が良好であることの一因かも知れない。

また、根雪開始から地下水位が最高水位を記録した日までの積算降水量（いわば総融雪量）と地下水上昇量との関係は図-3にまとめたとおりである。両者には良い相関が認められる。浅部帯水層の有効空隙率は20%程度と推定されていることから、例えば、1.5mの水位上昇は約300mm（300 l/m²）の涵養に相当する。図-3の関係から融雪期における不圧地下水の涵養量は融雪量のおよそ7割であることが読み取れる。

このように融雪水は不圧地下水の涵養に重要な役割を果たしている。しかも、融雪は毎年ほぼ同時期におこり、事前に積雪水量を調べておけば、不圧地下水への涵養量もある程度予測が可能である。資源サイドからみれば、融雪水やそれに影響された不圧地下水は利用しやすい水資源といえる。しかし、調査地域の排水施設が整っていないような低地では地表にまであふれる場合もあり、いわば、じゃま者といった存在でもある。

4. 不圧地下水=融雪水=の活用

調査地域では、前述したように不圧地下水はほとんど利用されていないので、不圧地下水を涵養した降水の大部分は海や河川に流出するしているものと推定される。また、融雪直後においては、融雪水やそれにより涵養された不圧地下水は、早く排除すべきものと考えられている。

大量に存在し、場合によってはじゃま者である融雪期の水であるが、それを貯留する場所さえ作れば、地域の有効な水資源となりうる。その場所として、我々は深部帯水層群を利用しようと考えた（松下他、1986）。地下環境の状況で述べたように、深部帯水層群は地域に広く分布し、透水性もよい。また、地下水位は揚水井の分布状況を反映して内陸側に緩く傾いた状態になっている。したがって、本帯水層に人工涵養してもその水は海に流出したり、内陸側に急激に流動はしないものと推定される。しかも、その水位は、現在、地表下8m程度にあるので、自然流下によりかなりの水量を涵養できるものと考えた。つまり、深部帯水層群を地下ダムの利用しようという発想である。

そのための試験施設（図-4）を設置して、不圧地下水の集水試験と深部帯水層群への人工涵養試験を継続して実施してきた。

5. 試験結果

5-1 集水試験

暗渠方式で集められる水量・水質を把握する目的で、1984～1985年にかけて集中的に実施された。図-5には3本の暗渠で集水できる水量とそのときの水位変化量の関係をまとめた。集水可能量は不圧地下水の水位に依存するが、図-5から明らかなように、簡単な施設でかなりの水量が集められることが確認された。また、暗渠の設置深度を事前の水質調査をもとに2mとしたが、集められた水の水質は周辺の水位にほとんど影響をうけず非常に良好であることが確認された（表-1）。

5-2 人工涵養試験

暗渠で集めた水を深部帯水層群へ人工涵養するという試験は、1986年以降、本格的に実施されており、各年毎に試験方法をかえながら実施しているところである。1989年の試験までで約43,000m³を涵養したが、極端な目づまり現象は生じず、自然流下により試験を続けている。また、逆洗浄時には注入井の水質分析を実施しているが、それによれば涵養による水質変化はそれほど大きいものではなく、人工涵養された水は注入井近傍にとどまっているようで（表-1）、深部帯水層群がゲムの機能を果たしていることが推定される。

図-6は、人工涵養試験中の注入水量の増加に伴う比注入量の変化の一例である。人工涵養中、注入井の水位は上昇を続けるため、比注入量は減少していく。このように、目づまり現象は生じているものの、急激には進行していない。また、これは、適当な間隔をおいた逆洗浄によって解消することが可能であることが確認されてきている。なお、逆洗浄時の水質をみると鉄の含有量が増加しているため、目づまりの主な原因は酸化鉄の沈澱と考えられる。

これまでのところ、人工涵養試験は順調に進んでいるが、その要因としては、人工涵養の対象とした深部帯水層群の水理条件の良さ、涵養水源の水質の良さなどがあげられよう。しかし、長期にわたって人工涵養を行うためには、注入井の逆洗浄は必須条件とも考えられ、その効率的な方法を明らかにすることが必要であろう。また、目づまりの主な要因と考えられる鉄沈澱物をなるべく生じさせない方策を検討するために、施設の改良などを行いながら試験を実施していくことも必要かも知れない。

6. あとがき

積雪寒冷地では、地下水の涵養は融雪期が年間を通じて最も多いことが一般的であり、積雪寒冷地の地下水管理においては融雪期の地下水の挙動に注目する必要がある。本報告では、まず、札幌市北部から石狩地域湾岸地域における地下水調査をもとに、融雪期における不圧地下水位の変動について取りまとめ、融雪による影響を示した。次に、本地域ではこれまでほとんど活用されていなかった融雪期に涵養された不圧地下水を、深部帯水層群に貯留して地域の水資源として活用しようという試みについて述べた。

本地域では、地形・地質・水理などの状況から、融雪期に涵養された不圧地下水=融雪水=を地域の水資源として活用できる可能性は高い。今後、人工涵養における目づまり問題の他、不圧地下水の水質管理や長期的にみた深部帯水層群の水質変化といった地下環境の保全にかかわる問題についても、調査を継続して明らかにしていく予定である。

不圧地下水の集水試験及び人工涵養試験の実施にあたっては、石狩開発（株）の関係者各位に多大なご協力を得た。ここに記して謝意を表します。

文献

深見浩司・丸谷 薫（1989）：融雪水の浸透に伴う表層地温の低下現象について—地下水涵養との関連で—。寒地技術シンポジウム'89講演論文集、320～324

北海道立地下資源調査所（1989）：地下水位・地盤沈下観測記録 X I（昭和63年札幌市北部～石狩地区）。北海道立地下資源調査所、53p.

海上保安庁水路部（1980）：5万分の1沿岸海の基本図、海底地形地質調査報告「小樽」。海上保安庁

松下勝秀・深見浩司・丸谷 薫（1986）：雪国ならではの融雪水の利用—帯水層を地下ダムとして利用する試み—。地学教育と科学運動、15、160～165

山口久之助（1970）：石狩湾岸地域の地下構造と地下水。地下資源調査所報告、41、1～33

(*) 不圧地下水の地下水面と被圧地下水の圧力水頭面をここでは一括して地下水位と表現する。

図-1 地下水位の経年変動 (1978年~1988年)

U : 浅部帯水層 M : 中部帯水層 L-1 : 深部帯水層群 (海側)
L-2 : 深部帯水層群 (内陸側)

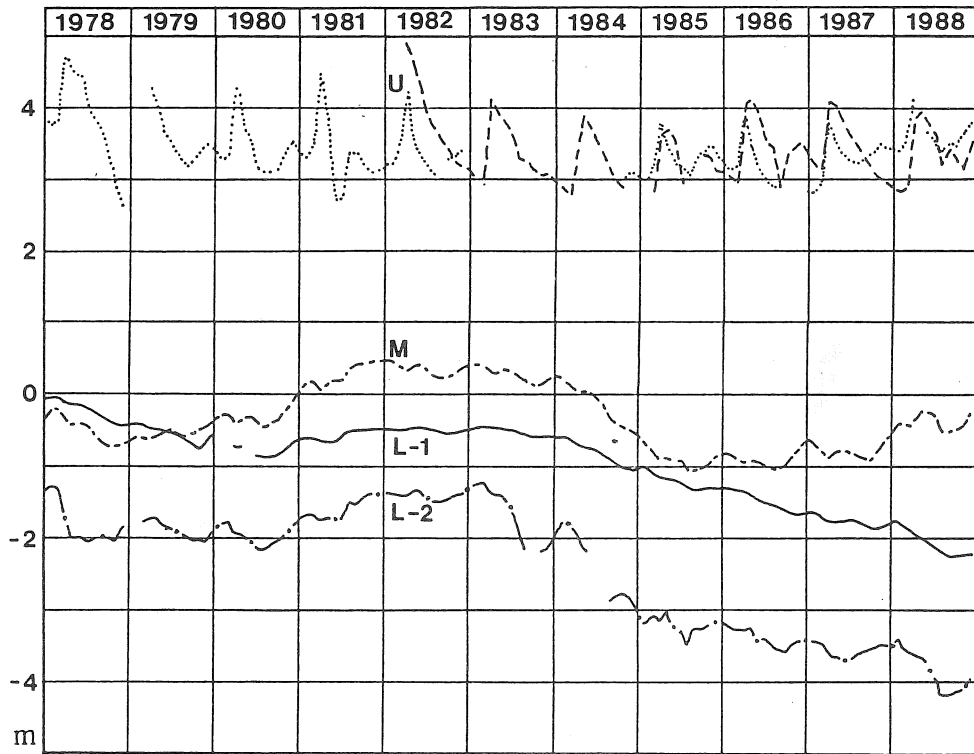


図-2 不圧地下水の水位 (WL) と積雪深 (SD) の変化 (1980年12月-1981年5月)

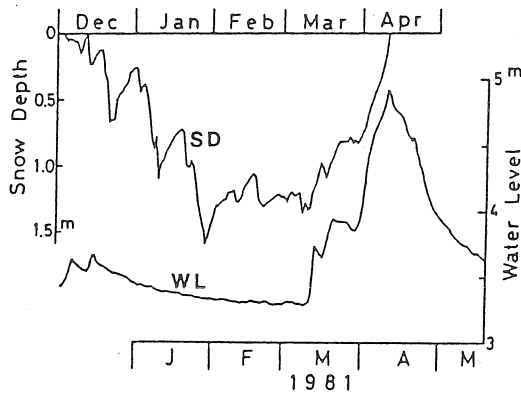


図-3 水位上昇量 (Δh) と積雪降水量 (ΣP) の関係 (図中の数は西暦で年を表す)

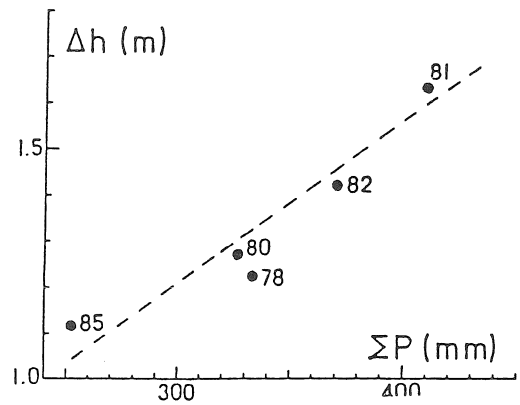


図-4 試験施設の概念図

b : 水量調節用バルブ
 p : 水中ポンプ
 f : 流量計

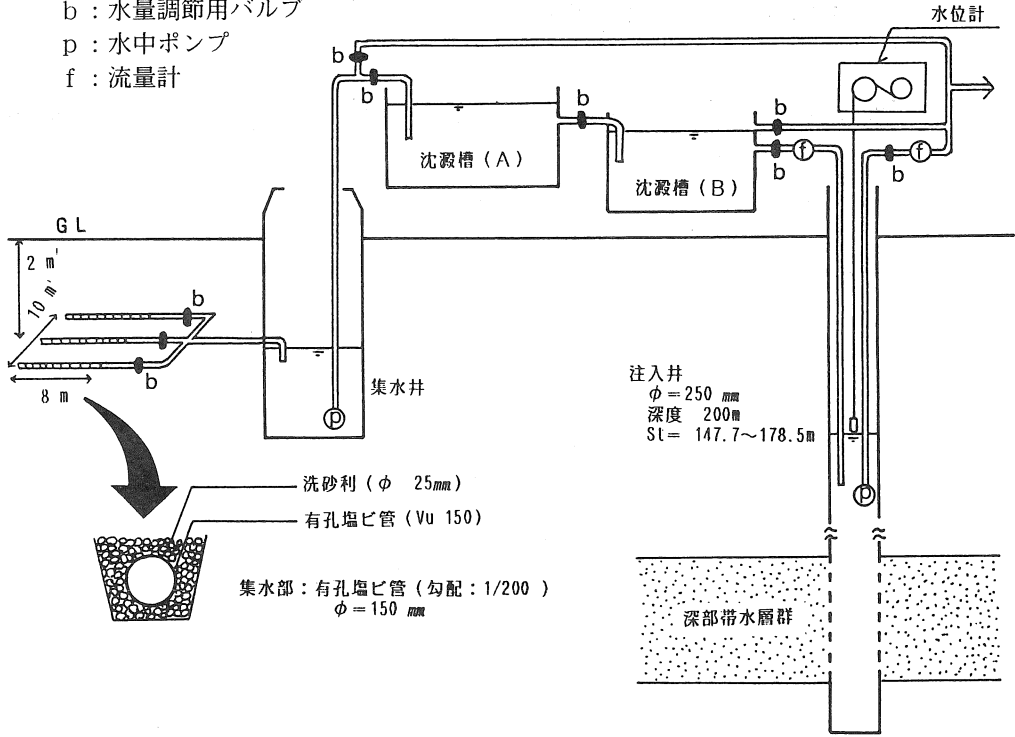


図-5 集水量と水位差の関係

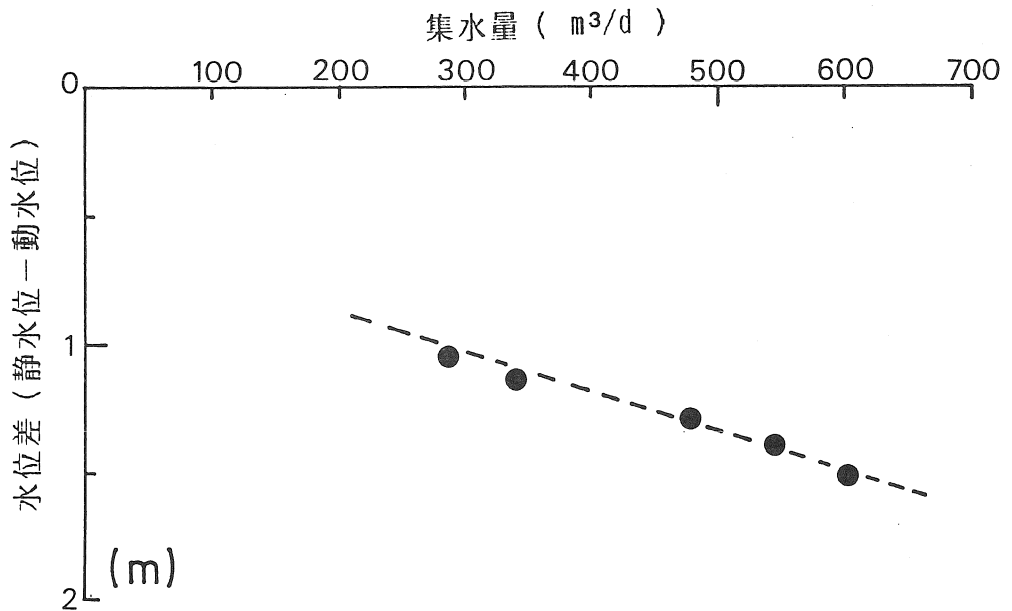


図-6 人工涵養に伴う比注入量の変化

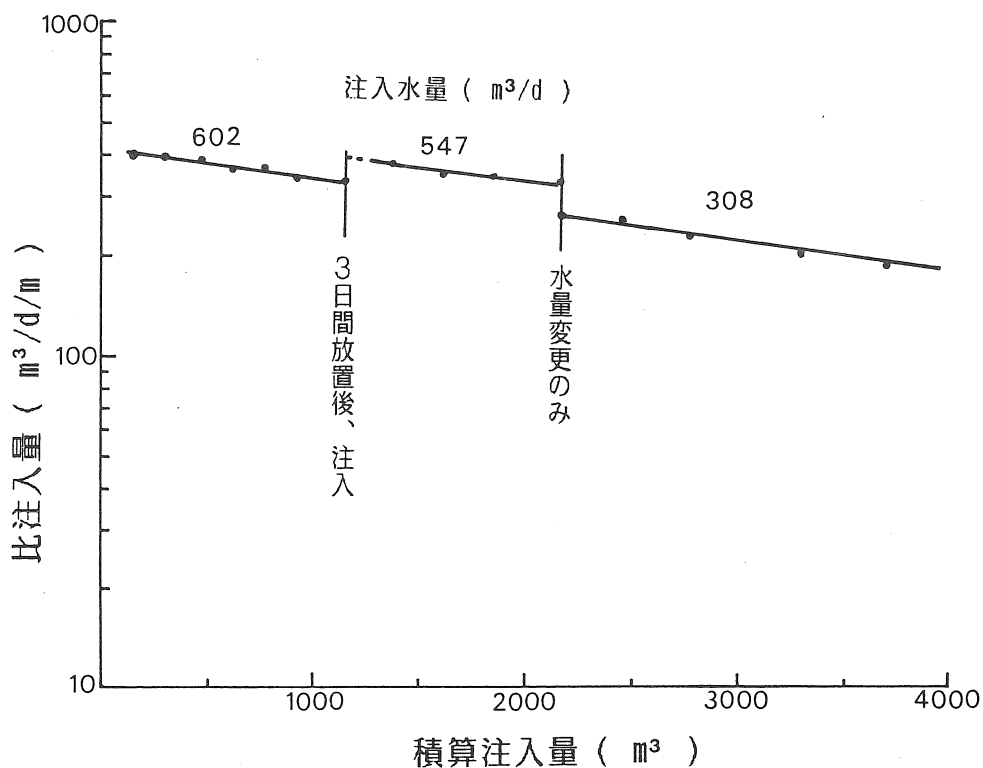


表-1 水質分析表

		水温 ℃	pH	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	電導度 μS/cm
集水井		8.8	6.4	27.1	1.5	7.6	6.6	0.11	48.2	36.2	16.0	232
注 入 井	涵養前	13.6	7.5	23.1	10.0	14.8	8.7	0.42	237.4	7.1	1.0	278
	涵養後3日	9.9	6.8	29.6	2.7	11.8	9.6	0.13	78.1	39.7	14.0	282
	涵養後1年 試験開始前	13.2	7.3	34.3	8.9	12.1	8.7	0.66	164.8	14.7	3.0	275
	涵養後2年 試験開始前	11.4	7.2	33.8	3.5	11.9	10.4	1.39	112.9	33.1	13.8	327
	涵養後2年 試験終了後	11.3	7.2	31.9	2.9	12.6	10.5	0.66	96.4	35.4	18.0	330

II. 温 泉 資 源

1. 地域エネルギー開発振興事業について

北海道商工労働観光部資源エネルギー課 板谷隆広

1 はじめに

エネルギーは、住民生活の維持向上や産業経済の振興に欠くことのできない極めて重要なものであることは言うまでもありません。

なかでも、その大半を占めている石油については、最近、緩和状態にありますが、中長期的にみた場合は、新興工業国などを中心とする石油需要の増加などにより、国際石油需給はひっ迫化へ向かうことは避けられないものと予測されております。

本道は、我が国の最北に位置し、積雪寒冷の厳しい気象条件にあり、また、国土の5分の1以上という広大な面積を有していることなどから、元来、暖房、運輸などのエネルギー需要は他の地域よりも高く、さらに、今後の道民生活の向上や本道開発の進展に伴うエネルギー需要も年々増大するものと見込まれており、今後厳しさを増すエネルギー情勢下で、本道のエネルギーの長期的安定供給の確保を図ることは、道政上の重要課題であります。

このため、道では、石油代替エネルギーの開発・導入の促進を図るため、石炭の利用に関する調査や地域エネルギーの開発・利用を通じて、エネルギーの安定供給の確保に努めております。

特に、太陽熱、地熱、風力などのエネルギーについては、個々の規模は小さくとも地域に密接したクリーンで再生可能なエネルギーとして従来から各種調査や助成を行い、開発利用に努めております。今回紹介する地域エネルギー開発振興事業は、市町村振興補助金制度の対象の一つとして昭和54年度に創設され、広く市町村に利用されておりますので、皆様方の今後の参考として頂くためにその概要について説明します。

2 制度の概要

地域エネルギー開発振興事業（市町村振興補助金）の概要は次のとおりです。

(1) 補助目的

太陽熱、地熱など地域エネルギーの開発利用の推進を図るため、地域エネルギーの開発振興事業を実施する市町村等に対し補助を行う。

(2) 補助対象者

市町村及び市町村が組織する一部事務組合

(3) 補助対象事業

ア 地熱、天然ガス開発利用施設整備事業（ボーリング探査及び利用施設整備事業）

イ 太陽熱利用施設整備事業

ウ その他地域エネルギー開発利用施設整備事業

(4) 補助率等

ア 補助方法 直接補助

イ 補助率 2分の1または3分の1以内（市町村の財政力による。）

ウ 補助限度額 500万円以上5,000万円以内

3 補助実績（昭和54年度～平成元年度）

地域エネルギー開発振興事業は、第2次石油危機の昭和54年度に創設され、平成元年度で11年目を迎えております。この間、事業数156件、事業費総額65億8,000万円、補助金総額27億6,000万円となっており、市町村には、地熱、太陽熱、風力などの地域エネルギーの開発利用に努めていただいておりますが、表にありますように当初は、太陽熱や風力などへの利用も多くみられましたが、昭和60年秋からの円高傾向や61年初頭からの原油安に伴う灯油や重油などの燃料価格が急激に下がったことなどから、最近では地熱以外への利用が少なくなっております。

地熱は、熱交換によって建物の暖房や給湯に使われるほかハウス栽培や水産増養殖の熱源などに幅広く使われております。

年度	事業数					事業費 (千円)	補助金 (千円)
	地熱	太陽熱	風力	その他	計		
54		5	2		7	96,285	38,200
55	7	6		3 (天然ガス、水力、地下水)	16	424,880	177,800
56	12	6		1 (波力)	19	701,983	263,400
57	13	1	1	1 (地下水)	16	521,433	237,400
58	15	2		2 (天然ガス、低品位炭)	19	825,477	347,000
59	8	2		2 (地下水、バイオマス)	12	636,594	277,000
60	11	1			12	665,443	277,000
61	11			1 (天然ガス)	12	600,247	255,000
62	13				13	635,278	281,000
63	15				15	784,885	321,000
元	15				15	685,666	289,000
計	120	23	3	10	156	6,578,171	2,763,800

(注) 平成元年度の金額は、交付予定額である。

4 平成元年度地域エネルギー開発振興事業

平成元年度には、15市町村に対し総事業費6億8,600万円、補助金額2億8,900万円を予定しております。

15市町村の事業はいずれも地熱に関連するものであり、ボーリング探査事業は9市町村、総事業費4億7,500万円、補助金額2億円と全体の半数以上を占めております。地熱利用も導管、ポンプなどに6市町村、総事業費2億1,100万円、補助金額8,900万円となっております。

区分	支庁	事業主体	事業内容		総事業費 (千円)	補助金額 (千円)	備考
			深 度 (m)	口 径 (mm)			
ボ ー リ ン グ 探 査	後志	島 牧 村	687	150	44,520	22,000	温水プールの熱源など
	空知	南 幌 町	1,500	150	61,182	30,000	町民保養センターの暖房・浴用など
		深 川 市	806	150	40,000	13,000	リフレッシュドッグの暖房・浴用フィッシュガーデン
	網走	訓子府町	1,200	150	57,514	28,000	特別養護老人ホームの暖房・給湯・浴用など
	胆振	虻 田 町	150	150	38,360	12,000	小中学校の給湯・暖房など
		洞 爺 村	1,200	150	63,314	31,000	施設園芸ハウスの暖房など
	十勝	新 得 町	1,000	150	56,610	18,000	登山学校など複合施設の暖房・給湯・浴用など
根室	別 海 町	1,201	150	56,650	18,000	交流センターの暖房・浴用	
	標 津 町	1,200	150	56,871	28,000	特別養護老人ホームの暖房・給湯・浴用	
地 熱 利 用	渡島	八 雲 町	導管、熱交換器など		30,045	8,000	八雲町民センターの給湯
	桧山	熊 石 町	導管、ポンプ		61,151	28,000	園芸センター育苗施設の熱源
熱 利 用	空知	秩父別町	導管、熱交換器など		25,200	12,000	保養センターの暖房・浴用
	胆振	壮 瞥 町	導管、タンクなど		40,067	20,000	リフレッシュセンターの暖房・浴用など
	十勝	士 幌 町	導管、タンクなど		28,000	13,000	特別養護老人ホームの暖房・浴用など
	釧路	弟子屈町	導管、熱交換器など		26,182	8,000	摩周観光文化センターの暖房・給湯
合 計		15 市町村		685,666	289,000		

(注) 総事業費等は、補助決定時の数値

地域エネルギーボーリング成果一覧表

NO	報	市町村名	坑井場所	深度 (m)	揚湯方法	湧出量 (l/分)	温度 (℃)	旧泉質名
1	55	室 岡 市	白 鳥 台	1,100	水中ポンプ	300	42.0	含芒硝食塩泉
2		鶴 居 村	雪 裡	1,650	〃	370	46.8	弱食塩水
3		小 清 水 町	小 清 水	1,140	〃	380	54.1	〃
4		乙 部 町	館 浦	1,240	自噴	202	69.7	含食塩重曹泉
5		幕 別 町	依 田	1,100	水中ポンプ	480	45.1	〃
6		遠 別 町	旭	350	自噴	30	25.3	弱食塩泉
7	56	島 牧 村	江 の 島	625	水中ポンプ	300	61.0	含食塩重曹泉
8		洞 爺 村	洞 爺 町	1,101	〃	300	45.5	含芒硝食塩泉
9		壮 警 町	壮 警 町	1,274	エアリフト	21	44.6	含食塩重曹泉、利用不能
10		岩 内 町	野 東	1,000	水中ポンプ	300	59.0	食塩泉
11		丸 瀬 布 町	上 武 利	1,300	〃	300	45.0	単純泉
12		上 富 良 野 町	旭 野	1,000	〃	73	46.0	含食塩芒硝重曹泉
13		斜 里 町	旭 町	1,460	自噴	291	41.9	単純泉
14		津 別 町	登 美	1,600	〃	1.2	12.1	弱食塩泉、利用不能
15	57	厚 沢 部 町	館	1,206	水中ポンプ	105	40.5	単純泉
16		尻 岸 内 町	柏 野	1,120	エアリフト	56	46.8	含芒硝石膏塩泉
17		七 飯 町	中 島	850	水中ポンプ	470	54.2	単純泉
18		鹿 部 町	鹿 部	1,002	〃	237	76.0	含硝硝泉
19		北 桧 山 町	徳 島	1,201	〃	380	80.5	含芒硝食塩泉
20		神 恵 内 村	神 恵 内	1,200	エアリフト	少 量		
21		赤 井 川 村	赤 井 川	1,350	水中ポンプ	354	45.9	含重曹芒硝食塩泉
22		大 滝 村	北 湯 沢	202	エアリフト	1,092	90.7	単純泉
23		女 満 別 町	中 央	1,525	水中ポンプ	480	51.2	含食塩重曹泉
24	58	奥 尻 町	神 威	120.5	〃	400	63	含塩化土類食塩泉
25		洞 爺 村	洞 爺 町	1,500	自噴・水中ポンプ	70・228	67.5	含食塩芒硝石膏泉
26		上 川 町	陸 万	1,000	揚湯量少量			
27		置 戸 町	常 元	1,100	水中ポンプ	39	46.8	単純泉
28		弟 子 屈 町	原 野	1,500	〃	150	33	
29		標 津 町	古 多 糖	1,400	エアリフト	少量	48.3	含食塩芒硝石膏泉
30		豊 富 町	豊富温泉	1,000	産出量少量利用不能			
31		七 飯 町	大 沼	1,000	水中ポンプ	248	60.9	単純泉
32		美 瑛 町	白 金	1,000	揚湯不能			
33		新 十 津 川 町	中 央	1,000	水中ポンプ	563	33.9	含塩化土類食塩泉
34	59	松 前 町	大 沢	1,285	〃	70	49.0	含食塩芒硝石膏泉
35		北 桧 山 町	豊 岡	1,200	〃	207	83.7	含食塩芒硝石膏泉
36		泊 村	茂 岩	1,000	〃	120	41.2	含芒硝石膏泉

NO	区	市町村名	坑井場所	深度 (m)	揚湯方法	湧出量 (l/分)	温度 (℃)	旧泉質名
37		豊浦町	礼文垂	1,500	〃	105	37.6	単純泉
38		標茶町	標茶	1,500	〃	320	54.1	食塩泉
39		清里町	水元町	1,100	自噴	770	46.6	単純泉
40	60	熊石町	平	1,400	エアリフト	40	76	テスト中
41		大成町	貝取潤	1,000	自噴・水中ポンプ	89・230	80.5	含芒硝食塩重曹泉
42		長沼町	馬追中央	1,500	自噴	2,000	49.5	強食塩泉
43		島牧村	泊	660	水中ポンプ	120	53.9	重曹泉
44		羅臼町	湯の沢	233	自噴	56(平均)	97.4	食塩硫酸水系泉
45		帯広市	緑ヶ丘	1,500	水中ポンプ	450	44.4	単純泉
46	61	月形町		1002.10	水中ポンプ	(平均650m ³ /d) 450l/分	38	泉質名(新) ナトリウム・カルシウム-塩化物泉
47		豊富町	豊富温泉	1,200	エアリフト	120l/分	42	産出試験中断中
48		共和町	小沢	1,000	水中ポンプ	290l/分	74.7	カルシウム・ナトリウム-塩化物泉
49		白糠町	和天別	1,500	エアリフト	60l/分	28	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉
50		士幌町		1,300	水中ポンプ	90l/分	40.1	ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物泉
51		夕張市	日吉	703	水中ポンプ	(平均380m ³ /d) 350	40.4	ナトリウム・カルシウム-塩化物強塩泉
52		羅臼町	湯の沢	109.2	自噴	3.5t/h 400	98.5	含硫酸-ナトリウム-塩化物泉
53		恵山町	恵山	700	水中ポンプ	315	58.6	ナトリウム-塩化物強塩泉
54		熊石町	平田内	150	自噴	713	88	
55		熊石町	平	550	水中モーターポンプ	少量		利用不能
56	62	歌登町	刃毛内	1,200	水中モーターポンプ	50	17	単純泉
57		阿寒町	上阿寒	1,200	水中モーターポンプ	300	45	ナトリウム塩化物泉
58		小樽市	朝里川親	1,000	〃	200	40.2	カルシウム・ナトリウム-塩化物泉
59		八雲町	住初	1,061	〃	300	54	ナトリウム塩化物強塩泉
60		ニセコ町	アソプリ	1,000	〃	250	62.5	ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物・硫酸塩泉
61		上ノ国町	湯の釜	1,000	自噴	530	41.4	ナトリウム・カルシウム-塩化物・ 炭酸水素塩泉
62		壮瞥町	弁景	800	湧出量少量、利用不能			
63		今金町	美利河	1,200	水中モーターポンプ	250	40.1	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉
64		夕張市	日吉	1,501	水中モーターポンプ	140	46.1	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉
65		士幌町	中士幌	1,550	〃	320	42.1	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉

NO	年	市町村名	坑井場所	深度 (m)	揚湯方法	湧出量 (l/分)	温度 (℃)	泉質
66	63	長万部町	長万部	754	水中ポンプ	196	49.5	ナトリウム-塩化物・硫酸塩
67		乙部町	鳥山	1,212	水中ポンプ	420	68.6	ナトリウム-塩化物・硫酸塩
68		熊石町	大谷	30 20	水中ポンプ	155 150	55.0 55.5	ナトリウム-塩化物泉
69		泊村	茂岩	500	水中ポンプ	160	49.2	ナトリウム-硫酸塩泉
70		秩父別町	秩父別	1,303	水中ポンプ	102.7	30.1	ナトリウム-塩化物泉
71		夕張市	鹿の谷	1,331	ガスリフト	18	17.1	ナトリウム-カルシウム-塩化物強硬泉
72		増毛町	岩老	1,000	湧出量極少			カルシウム-ナトリウム-硫酸塩・塩化物泉
73		士幌町	下居辺	1,410	水中ポンプ	350	50.8	ナトリウム-塩化物・硫酸塩強硬泉
74		上士幌町	上士幌	1,300	水中ポンプ	358	32.3	アルカリ性単純泉
75		足寄町	里見丘公園	1,202	水中ポンプ	515	58	ナトリウム-塩化物泉
76		芦別市	旭町	1,000	エア-リフト	17	18	ナトリウム-塩化物泉

5 おわりに

地域エネルギー開発振興事業も昭和54年以来11年を経過し、この間市町村をはじめ関係各位の協力のもとに、本道における地域エネルギーの開発・利用の促進が図られてきているものと考えております。

今後も、皆様の協力を得て本事業の推進を図り、地域に賦存するエネルギーの有効活用に努めて参りたいと考えておりますので、より一層のご協力をお願いします。

2. 掘削井の計測技術

(株)物理計測コンサルタント 茨木 幸夫

1. はじめに

掘削井に於ける計測は、その方法や目的によって次のように分類される。

(掘削後、坑内に計測器を降下して測定する、物理検層を除く)

- * 掘削モニタ
 - 記録をしない計測
 - 記録を残す計測
- * 泥水検層(Mud Logging)
- * MWD (Measurements While Drilling)

測定結果の記録をしないものには、掘削手がそれを監視しながら、作業を行なう、いわゆるドリリングコンソールの槽下計測であり、他方は記録したデータを解析し、坑内管理、機器管理、作業経過の把握、等に利用される計測である。

以後の掘削モニタとは、後者を意味する。

泥水検層及びMWDは、掘削中に各種情報を得るために行なわれる計測で、何れも石油掘削井を対象に発達した技術である。特にMWDはビット直上のセンサから、掘削しながら地下情報を得る、現在発達途上の技術である。

2. MWD

MWDは、地表では測定し得ない、坑底に於いて測定した、地層及び坑内情報を、掘削しながら地表に伝送する技術で、傾斜井掘削の坑芯方位、傾斜角、ツールフェースの測定からスタートした。

現在、下記の測定項目が行なわれているが、今後、更に測定項目が追加されるものと予想される。

- * 坑底に於けるビット荷重
- * 坑底トルク
- * 地層比抵抗
- * ニュートロン孔隙率

- * ガンマーレイ
- * 坑底温度

これらのデータを地表に伝送する方法として次の方式がある。

- * 有線式
- * 無線式
 - マッドパルス
 - 電磁波

有線式は、電気検層用ケーブル等を利用して、信号を伝送する、この方式は、掘管を回転する事ができない、測定スパンに限度がある、等の制約があり、主に傾斜掘開始時の方向決め利用されている。

マッドパルスは、現在実用化されている技術で、坑底での計測データは、デジタル変換し、その符号に合わせて、坑底管内、泥水流路のバルブを開閉して掘管内の圧力を変化させ、地表の圧力センサーで信号を捉える方式で、この方式の問題点は、データ伝送速度が遅い事にある。

電磁波方式は、概念的にはテレビやラジオの送信と同じで、ビット直上部に設けたアンテナから、地上のアンテナにデータを伝送する方法で、伝送速度に優れ将来実用化が予想される技術である。

3. 泥水検層（マッドロギング）

マッドロギングについては、第24回の本研究会で発表しているもので、詳細は省略する、マッドロギングの利用目的は次の通りである。

- * 掘削機器の管理
- * 坑内状況の把握
- * 掘削泥水の管理
- * 地下情報の取得

近年、重要な掘削井には、コンピュータ搭載のマッドロギングが利用されるようになり、現在では、これらのデータは電話回線を利用して遠隔地（例えば所轄鉱業所あるいは本社）へ転送し同時刻に現場の状況を、知る事ができるようになっている。

世界的石油メジャーでは極地の、情報を人口衛生を利用して、データ伝送を行なっていると聞いている。

4. 掘削モニタ，ドリリングレコーダ

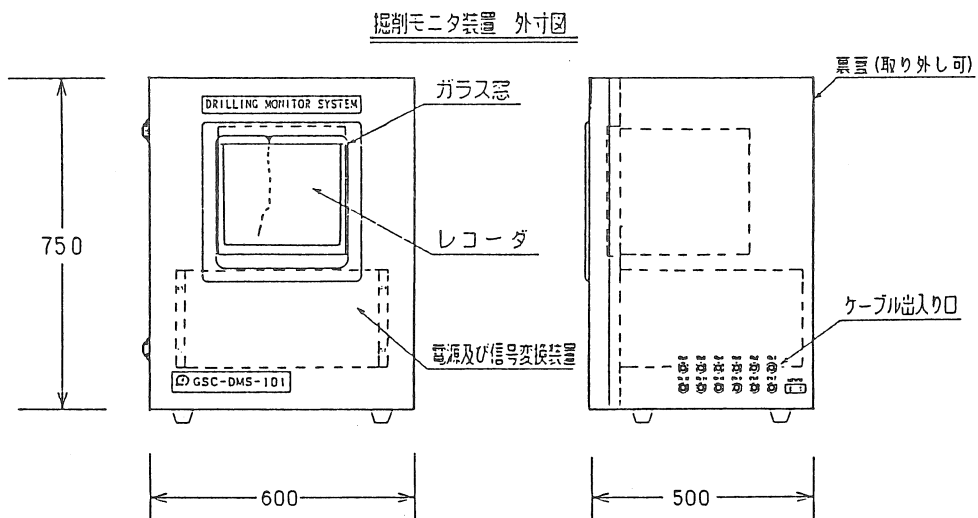
掘削モニタは石油業界では，ドリリングレコーダが一般的な名称である。世界的にドリリングレコーダの出現した時期は定かでないが，掘削技術の発達に伴い，深い坑井を掘削するようになり，適切な機器管理や坑井管理が要求されだしたのが，きっかけになったものと予想される，我が国では1968年頃，3000m級のリグに使用されたのが最初である，当時の測定項目を次に示す。

- 1) スイベル高さ
- 2) フック荷重
- 3) テーブ回転速度
- 4) テーブルトルク
- 5) ポンプ回転速度
- 6) ポンプ圧力
- 7) ビットレベル（別レコーダ）

現在，石油掘削井でのこれらの計測や記録は，主にマッドロギングが利用され，海洋掘削を除き，その利用が少なくなった，石油掘削以外では，蒸気発電用の地熱掘削井等，比較的大型リグに利用されている。

近年，リゾート開発に伴う温泉井や，地熱利用等，地下資源開発の坑井が盛んに掘削されるようになり，簡便な坑井計測が要求されだしている。

弊社（株）物理計測コンサルタントでは、これらの需要に応ずる目的で、スピンドル掘削リグを対象に、掘削モニタを開発した、下図がその外寸図で、別表は測定項目、データ利用、測定方法を表にまとめたものである。



測定項目	データ利用	測定方法
1) ビットレベルメータ	溢逸泥検知 泥水管理	ポットでポテンシオメータを回わす 磁歪線利用
2) 送入泥水温度 3) 坑口泥水温度	地層温度推定	白金 100Ω 測温抵抗体
4) 大気温度	機器凍結防止	白金 100Ω 測温抵抗体
5) ポンプ回転速度	機器管理 作業経過	金属検出, 近接スイッチ ハルスアナログ変換
6) テーブル回転速度	ビット管理 作業経過	金属検出, 近接スイッチ ハルスアナログ変換
7) ポンプ圧力	機器管理 作業経過 坑内状況	ポンプ内蔵ストレージに圧力センサ
8) 送入泥水流量	機器管理 作業経過	電磁流量計
9) 坑口泥水流量	溢逸泥検知	フラットでポテンシオメータを回わす
10) テーブルトルク	ビット管理 機器管理 坑内状況 岩質変化	モーターの電流測定 Vハルテンション測定 トルク変換器組込み フェンテンションを油圧に変換

測定項目	データ利用	測定方法
11) スイベル高さ	掘進率計算 岩質変化 作業経過	アンプ内蔵ストレージ 圧力センサ
12) ストロークマーカー	掘進率計算 作業経過	リミットスイッチ
13) フック荷重	坑内状況 作業経過	ストレージ アンプ内蔵ストレージ 圧力センサ
14) ビット荷重	ビット管理	アンプ内蔵ストレージ 圧力センサ
15) 泥水比重	泥水管理	差圧変換器

3. 温泉ボーリングにおける計測の事例

北海道立地下資源調査所 高橋 徹 哉

はじめに

地下資源調査所では、今年度清里町の依頼により、6月中旬から10月下旬までのおよそ5ヶ月にわたり同町札弦地区において、深度1,000m：最終仕上げ口径120Aの温泉ボーリング調査を実施した。清里町では、市街地地区において昭和54年および昭和59年に温泉開発に成功しており、管内では本調査井が3本目となる。

最終揚湯試験の結果、動水位G.L.-50mで揚湯量300L/min；泉温51℃（泉質ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉）の泉源開発に成功した。

本調査では

- ①掘削および湧出状況を、現場にてリアルタイムに監視する。
- ②坑井仕上げに役立つボーリングデータの集積をはかる。
- ③計測作業の効率化を図りながら事故の未然防止に努める。
- ④簡易計測モニターシステムの確立

等の目的で、特に掘削中及び揚湯試験時のいくつかの項目について計測し連続自動記録を行った。

現在、石油・天然ガス井の計測では、コンピューターを駆使したMWD(Measurements While Drilling)やマッドロギング(Mud Logging)で、坑井監視と掘削データの収集・処理・解析がリアルタイムに行われ、掘削作業の効率化と安全性の向上が図られている。

一方、温泉ボーリングでは、これらから普及したマッドロギングの一部が行われ、坑井仕上げや、掘削状況の把握に役立っているが、いまだ全ての掘削現場で採用されるほど一般化していないのが現状である。

今回の発表では、本調査で行った計測方法及び計測記録の一部を紹介し、特徴的事例を示す。

1. 掘削時の計測 (第1図：第2図参照)

今回実施した温泉ボーリングの計測項目は、特に坑井仕上げの対称となる深度423m以深を重点的に、15項目（定時計測4項目を含む）を実施した。連続自動記録は、掘削計測システムGCS-DMS-101（憐物理計測コンサルタント製）とGSH-DS（地下資源調査所が実施してきたもの）の併用で実施した。

以下、各項目ごとに概要を述べる。

(a) ピットレベル

連続した正確な逸・溢泥量を計測するためにフロート式とモノメータ式で行った。フロート式は泥水タンク内に浮かしたフロートの上下運動を傾斜角センサー（ポテンシオメータ）にて検知する方法で、モノメータ式は、泥水タンク内に入れたエア管のかぶ

り泥水柱圧変化をマンメータ（圧力測定器）にて測定する方法である。双方とも、深度768m以深で発生した数箇所の逸泥現象（3~40 l/min）を顕著にとらえることができた。第1図と第2図には、本坑井で最も規模の大きかった逸泥箇所（833m付近）の記録を示した。フロート式では、泥水性状に影響されず、タンク内残存量もひとめでわかり、補泥・作泥量や作泥時期などの判断に役立った。マンメータ式では、泥水比重の影響を受けるが、今回の測定誤差は、0.5%とかなり正確であった。しかし、今後は泥水によるエア管先端部のつまりを解消する工夫が必要である。

（b）送泥温、排泥温、外気温

いずれも温度センサーとして熱電対C-Cタイプを使用した。送泥温は泥水タンクのサクション部分に、排泥温はフローラインに取り付け計測を行った。

（c）掘進率

スイベル高さ測定方式と掘削ストロークマーカース式で計測を行った。スイベル高さ測定方式は、スイベルの高さ変位をスイベルに固定した水タンクからの水柱圧変化として検出し、記録された曲線を解析して掘進率を求める方法である。掘削ストロークマーカース式は、ドリラーが時間送り記録紙上に掘進1m毎の信号を入力し、その記録から掘進率を求める方法であるが、本計測ではスイベル高さの補正のために行った。スイベル高さ変位の誤差は掘進長6m当り10cm程度であった。記録結果から求められた掘進率の変化は地質状況の変化に良く対応した。

（d）ロータリートルク

Vベルトの張力を検出するトルクセンサー（ローラー付き荷重変換機）とモーターの電流値の変化を検出するトランスデューサーを用いて計測を行った。トルクセンサーは動力電動機（モーター）と掘削機間のVベルト張力を計測し、トルクに比例した信号を取り出すもので、トランスデューサーはモーター電流値の変化を電圧変換して検出するものである。両計測とも硬質岩での大きなショックは計測可能であったが、いずれもセンサー容量がおおきく、詳細なトルク変化の検出までに至らなかった。

（e）フック荷重・ビット荷重

圧力センサーを用いて計測を行った。フック荷重はウォークライン終端の油圧シリンダーの圧力変化（ウォークラインの張力変化）として計測される。ビット荷重は掘進前と掘進中のフック荷重の差からもとめられ、坑井地質の岩質変化やビットの歯先状態の把握に役立った。また、フック荷重の計測ではビット交換など揚降管中の坑内不良箇所の判定ばかりでなく、DP、ケーシング本数のチェックにも役立った。

（f）送泥量

パルス検出センサーを用いて計測を行った。この方法では、泥水ポンプのストロークをパルス信号として検出し、このストローク数から送泥量を算出する。これにより、正確な送泥量の連続記録だけでなくポンプの運転状況なども把握できる。

(g) 排泥量

フローライン内に取付けられたフラッパーの動きを排泥量の変化(0~100%設定)としてポテンシオメーターで計測した。今回の計測では、正常循環量を70%に設定し上下変化を記録したが、記録にバラツキが多く、わずかな逸泥の検知はできなかった。

今後は、フローラインとフラッパーの改良が必要である。

2. 揚湯試験時の計測 (第3図参照)

坑井の湧出能力を正確に評価する上で揚湯試験時(エアーリフト揚湯、水中モーターポンプ揚湯)の計測は重要である。以下に連続自動記録で行った計測項目の概要を示す。

(a) 動水位

単管方式によるエアーリフト揚湯では、その湧出は間欠状態の場合が多く、動水位はコンプレッサーの圧力変化に換算される。本計測ではコンプレッサー(エアーチャンバー)に取り付けた圧力センサーの経時変化から動水位を求めた。水中モーターポンプ揚湯では、ポンプ直上まで圧力センサーを挿入し、かぶり水柱圧の変化から動水位を求めたが、触針方式による測定値と比較するとその差は50mで25cm未満であった。特にこの計測方法では、揚湯開始時および停止直後からの水位の挙動(水位降下・回復曲線)をスムーズに連続記録することが可能であり、水理定数の算定に利用できる。

(b) 揚湯量

エアーリフト揚湯ではピットレベルを用いて、間欠サイクル(湧出~停止~湧出)毎の平均湧出量を連続して計測した。水中モーターポンプではパルス出力の機能をもつ流量計で計測を行った。流量計を用いた計測では、特に揚湯量の経時変化が把握でき、誤差は実測した揚湯量(計測タンクによる)の3%(10ℓ/min)以内であった。

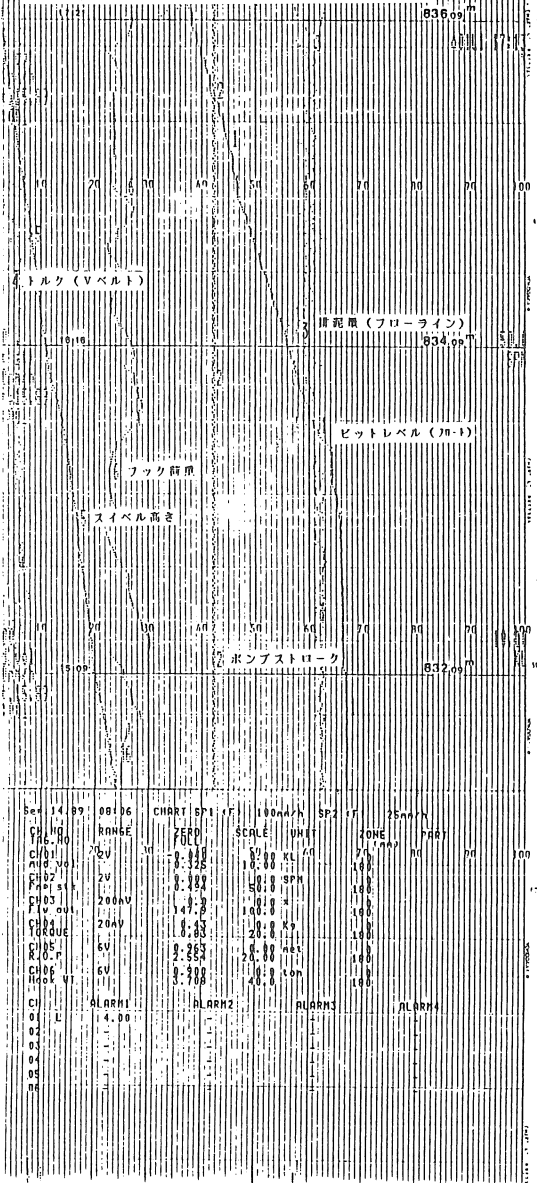
(c) 揚湯温度、外気温

いずれも温度センサーとして熱電対C-Cタイプを使用し計測を行った。

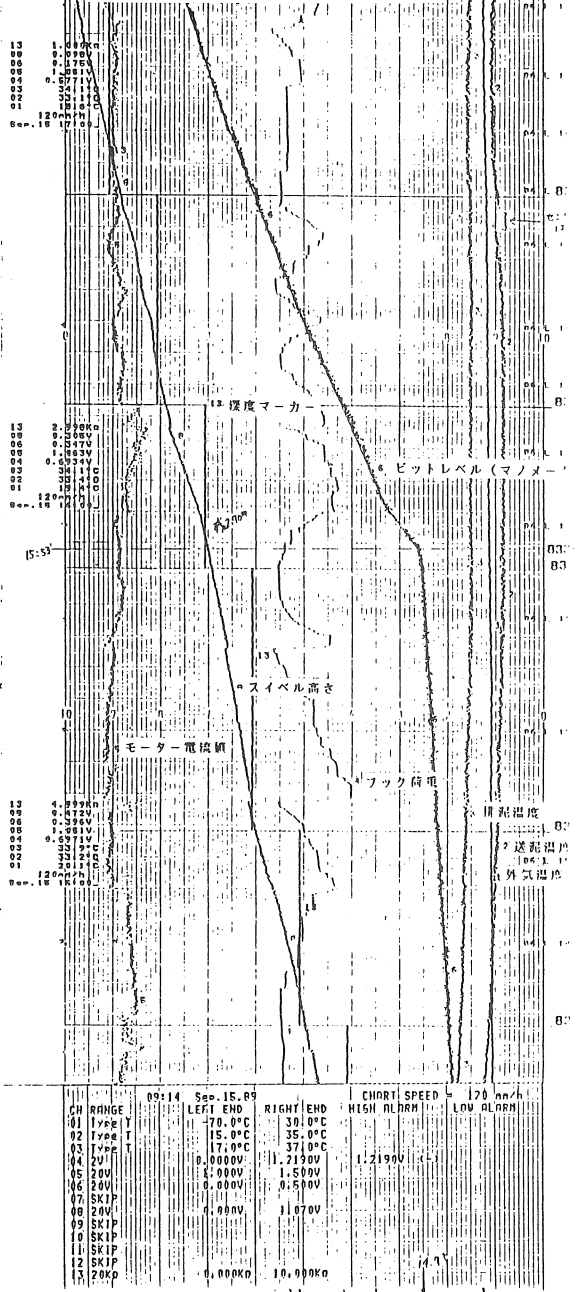
おわりに

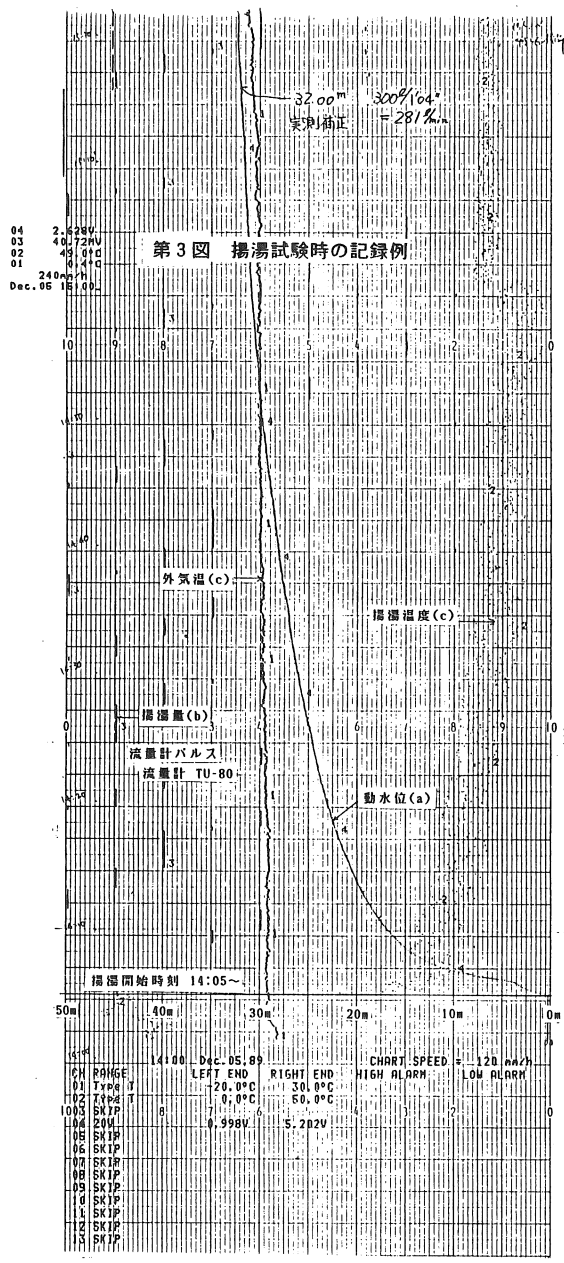
今回の発表が温泉ボーリングにおける計測・モニターの一実施例として参考になれば幸いであり、今後は計測における諸問題を改善しつつ、掘削技術者サイドに立った計測・モニターシステムの確立に寄与したいと考えている。

第1図 掘削時の記録例 (GCS-DMS-101)



第2図 掘削時の記録例 (GSH-DS)





第28回 試錐研究会講演資料集

平成2年3月17日印刷

平成2年3月20日発行

編集 北海道立地下資源調査所

発行所 試錐研究会

〒060

札幌市北区北19条西12丁目

北海道立地下資源調査所内

