

# 第29回試錐研究会

## 講演資料集

期 日：平成3年3月19日(火)

会 場：札幌サンプラザ(2F 金枝の間)  
(札幌市北区北24条西5丁目)

# 第29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  
(社)全国鑿井協会北海道支部

日時 平成3年3月19日(火) (9:50~17:15)

場所 札幌市北区北24条西5丁目  
札幌サンプラザ (Tel. 011-758-3111)  
(2F 金枝の間)

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)

“海洋開発と北海道”

北海道東海大学工学部  
海洋開発工学科 教授 大島正直

昼食 (12:00~13:00)

# 講演

<13:00 ~ 15:00>

1. 最近のポリマー泥水について

(株)テルナイト 阿部 勝久

2. 道外の温泉開発事情 ~沖縄を例として~

ジオサイエンス(株) 小出 潔  
" 小村 精一

3. 世界の超深度掘さく計画について

(株)利根 副島 寅二郎

<15:00 ~ 15:50>

## 展示・説明 (同一会場)

<15:50 ~ 17:10>

4. 光竜鉱山の地化学探査

北海道立地下資源調査所 黒沢 邦彦  
" 菅 和哉

5. 真狩村の地質と温泉ボーリング

北海道立地下資源調査所 大津 直

## あいさつ

北海道地質調査業協会理事長 斎藤 昌之

懇親会 (17:30 ~ 19:30)

会場 札幌サンプラザ  
(高砂の間)



特 別 講 演



# 海洋開発と北海道

北海道東海大学 大島 正直

## はじめに

昭和40年代に始まった我国の海洋開発は、その後の20余年間に幾多の変遷や消長はあったものの着実に伸びつつあり、近年特に海洋の調査・研究や開発・利用の諸面で新しい必要性が再認識されつつあります。ここでは、海洋開発の最近の新しい技術の動向と、特に北海道周辺海域に於ける今後の可能性について考えてみたいと思います。

お話を始めるに当たり、私が日頃考えている“科学”と“工学”との関連について一言述べたいと思います。この関係は第一表にある様に互いに切っても切れない助け合って進歩している関係にあり、特に近年その傾向が著しいと思います。しかしながら、それらの本来の使命はやや異なり、科学は真理の探求が使命であり、工学は具体的直接的に事に役立つ事が使命です。海洋開発にも科学的な分野と工学的な分野とがありますが、ここでは、私の専門上海洋開発の工学的な面でのお話をしたいと思います。

## 海洋開発に於ける最近の動向

海洋は昔から人や物の交通・輸送や漁業に大いに利用され、近年には沿岸埋立による海洋空間利用が行われてきましたが、海洋開発が言われ始めてから世界で実際活発化したのは、海洋に於ける石油資源の開発であったことはよく知られていることです。深海探査の面では世界でかなりの努力が払われてきたことは、皆様よくご存じの事と思います。ここでは、過去に行われてきた海洋開発の科学的・工学的諸面には皆様ご存じの事が多いと思われるので余り触れずに、今後の種々の海洋の開発・利用の分野で計画され或は期待されている技術市場の動向を概観してみたいと思います。

第2表にこれからお話ししようと思うことの項目が挙げてあります。これらの各項目について詳しくお話をする時間はありませんので一通りご説明した後、今後北海道に関係が出てきそうな問題について、より詳しくお話ししたいと思います。

第2表 参照

## 海洋開発と北海道

### 1. 海上交通関係

千歳空港の国際航空貨物基地化に伴って国内と外国とのコンテナ貨物等の増加が予想されますが、国内の空・陸の配送網は道路や各地の空港の状況により大幅な能力向上は期待出来ず、海路の高速コンテナ船による配送が検討され始めようとしています。このためには前記の様な超高速船が競争上望まれます。

又、日ソ関係の進展に伴い北海道諸港と沿海州・サハリン・カムチャッカ等のソ連極東の港との間に、物や人を運ぶ諸種の船舶の就航が将来必要になるでしょう。オホーツク海には砕氷観光

船も運航される様になるかもしれません。石油・LNG・石炭の輸送船や港湾基地も必要でしょう。周年運航には砕氷船・耐氷船化も必要です。

## 2. 水産関係

北海道は日本の最北端に位置し、太平洋・オホーツク海・日本海に囲まれ、海洋との係わりは古くから沿岸・沖合漁業がさかんでしたが、最近では沿岸地域振興策の一環として海洋性レジャー・親水施設の計画も盛んになりつつあります。一方では、200海里問題から遠洋漁業の衰退、円高により促進される輸入水産物の増加等、水産業界は多難な時代を迎えようとしている事もご存じの通りです。

この様な時代を迎えて、水産業を中心とする沿岸地域の振興のためには、上記に挙げた様な水産業の合理化・技術の革新が是非とも必要になって来ます。そのうちでも下記の項目は近く試験的实施ないし計画の具体化が行われようとしています。

沖合養殖システム 北海道パイロットファーム

3倍体による増養殖稚魚

電気牧柵によるウニ・アワビ牧場

定置網起こしの省力化

多機能漁港

今後更に次のような検討がなされていますが、早急な具体化が望まれます。

漁海況情報システム

多目的海洋牧場

深層水・温泉水の利用・活用

新魚種の開発

新加工品の開発

新輸送・流通システム

水産情報ネットワーク

## 3. エネルギー関係

エネルギー問題はオイルショック以後沈静化し忘れられてきましたが、最近の中東湾岸戦争で再び世界の注目を浴びつつあります。エネルギー資源入手の分散化・多様化のためには、日本としてはソ連極東の石油・石炭の共同開発も長期的に見て必ず必要になり、そのためにはオホーツク氷海における石油開発、石炭・石油の輸送技術の経済的解決法の解明が必要になります。

海洋エネルギーを含め自然エネルギーの利用は、離島など特殊な場合を除き近い将来ではコスト高で使われ難いと思われれます。

## 4. その他の資源関係

日本海北部には熱水鉱床がある可能性があると伝えられますが、長期的にはその存在・種類・

規模が確認される必要があるでしょう。

## 5. 空間利用・環境整備関係

北海道は土地が広く本州都市部における様な海洋空間の利用は不用です。しかし、場所により地形・環境によっては、沿岸のレジャー・親水施設等に利用することも考えられます。

また北海道は沿岸に入り込んだ湾や入江が少なく、太平洋・日本海側ともにそれぞれ夏期の台風・冬季の季節風の影響による高波が沿岸に打寄せるので、海岸線近くの空間の水産増養殖・レジャー施設等のための利用には、防波堤・潜堤や浮消波堤が必要な所も多くあります。又、オホーツク沿岸やサロマ湖では、冬期の流水によるコンブやホタテの増養殖場の被害を防ぐ防水施設が更に必要です。

## 6. 海洋観測関係

北海道の周辺海域で特にオホーツク海域等は、冬期流水が到来することもあって海洋調査が不完全であり、今後日ソ関係の好転に伴ってオホーツク海域全域にわたる海洋科学・水産生物等の調査観測が行われることが期待されます。

## 7. 海洋バイオ関係

現在太平洋に面する釜石と清水に政府による海洋バイオ研究施設が建設されていますが、北海道のオホーツク海は太平洋と全く異なる海水の水域であり、オホーツク海側にもこの様な海洋バイオの研究施設が建設され、氷海下を含めた調査研究が行われることが望まれます。

### 第1表 科学と工学

科学：真理の探求と人間の知識の増大が使命 自然科学 社会科学 人文科学

工学：物を作り 或いは 具体的な事の遂行に役立つのが使命

科学と工学の相互作用：

科学→工学：例 地質学→石油開発 金属物性→トランジスター  
超伝導→磁気浮上 環境学→温暖化防止  
等 科学的新知識の工学上の応用

工学→科学：例 衛星技術→宇宙観測 潜水船→海洋調査  
顕微鏡技術→生物学 電子技術→科学計測  
等 工学的開発の科学研究への応用

### TECHNOLOGY と ENGINEERING

TECHNOLOGY：一般的 ハードとソフトを含む技術 要素技術も含む

ENGINEERING：ソフト システム化・総合化技術

日本の科学と工学の原理における独創性の必要性



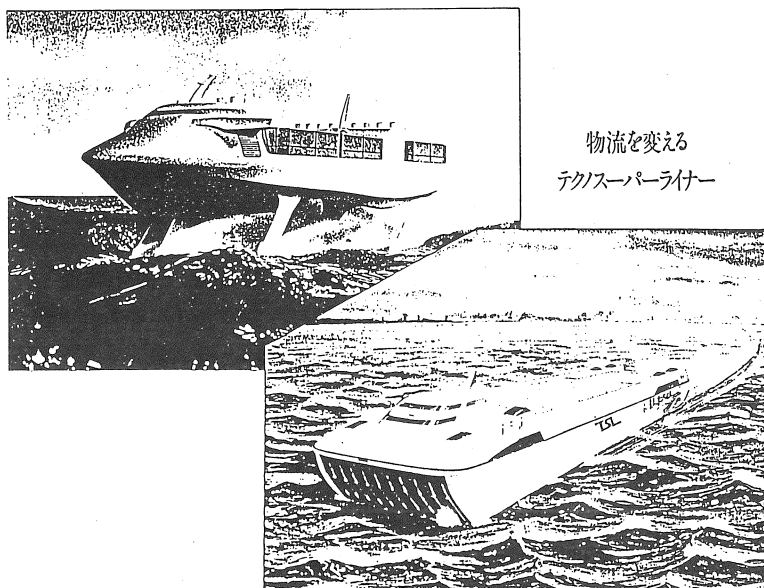
## 第2表 海洋開発の技術動向

1. 海上交通 : 省エネルギー 省人船舶 (高度知能化船 無人船)  
高速貨物船 (50ノットで航空機に対抗)  
揺れない客船 クルージング客船
  2. 水産 : 資源管理型漁業 (栽培漁業 魚海況情報システム 人口湧昇流等)  
バイオ利用の増養殖 (3倍体 新魚種)  
沖合養殖システム (新システム技術 北海道パイロットファーム)  
海洋牧場 (電気・光・レーザー・音響等による魚群行動制御等)  
魚労の合理化・省力化 (定置網起こし・揚魚の機械化等)  
多機能漁港 (流通・畜養・情報・レジャー等を含む)  
新輸送・流通システム (活魚輸送 情報化 等)
  3. 石油・ガス : 深海の資源開発 (海底石油生産システム 深海パイプライン)  
水海の資源開発 (水海での開発・輸送システム)  
エネルギー資源の多様化
  4. 海洋エネルギー : 波浪・温度差・バイオマス・潮汐・潮流等 (コスト高の克服)
  5. 鉱物資源 : マンガン団塊 熱水鉱床 コバルトクラスト (深海底開発技術)
  6. 空間利用 : 海上都市・施設 (耐波浪、低コスト、海上ホテル、ヘリポート等)  
沿岸レジャー施設 (海水浴 マリーナ 遊漁等)
- 環境整備 : へどろ対策 (非拡散型除去システム)  
静穏化海域造成・海岸浸食防止 (波浪制御コストの低減)
- 環境保護 : 沿岸海域監視システム (水質管理)
- 海洋観測 : 広域海洋観測システム (衛星・船舶・ブイ等) (予報・水産等)
- 海洋バイオ : 有用物質の抽出 (ウラン・薬品等)

第1図

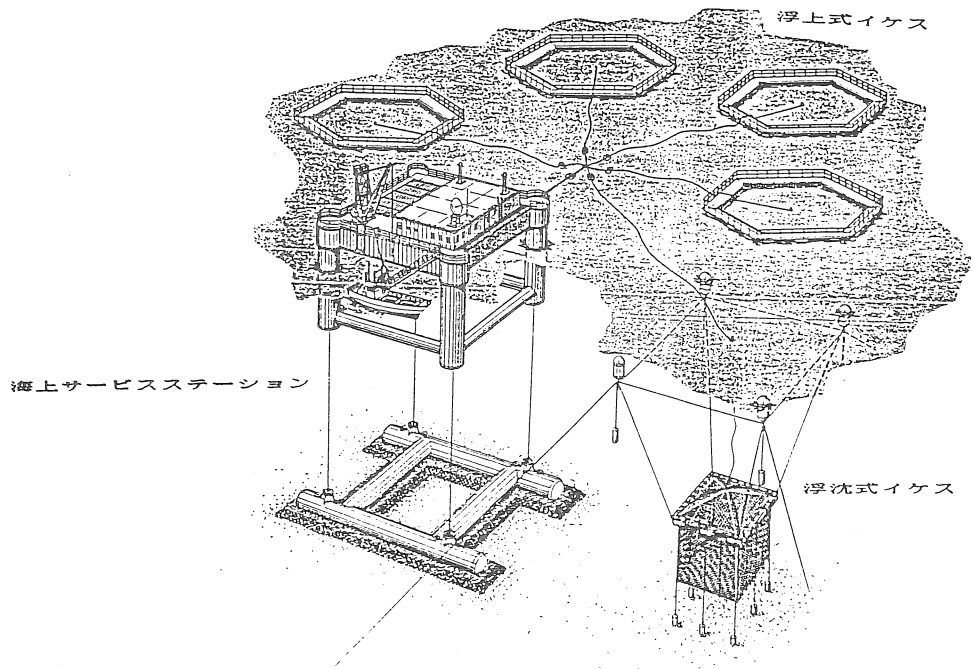
TSL

## テクノスーパーライナー '93

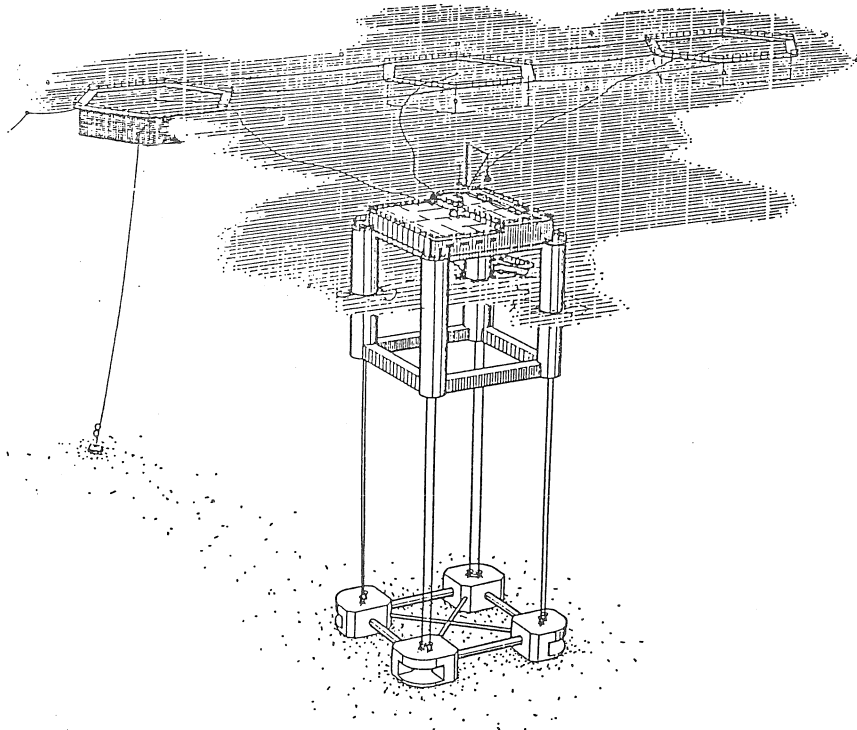


テクノスーパーライナー技術研究組合

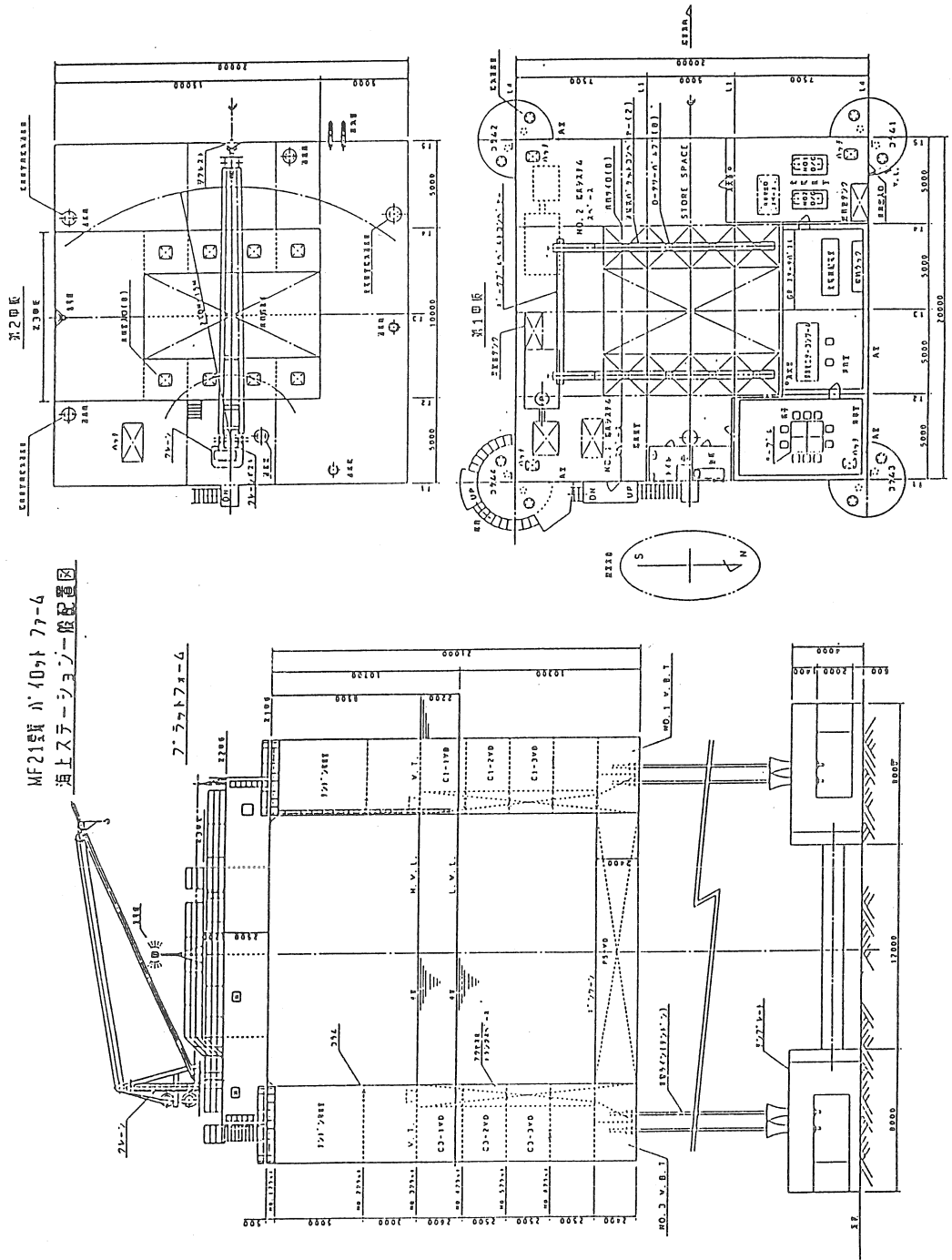
第2-1図 沖合養殖パイロットファーム全体概念図



第2-2図 MF21愛媛パイロットファームイメージ図

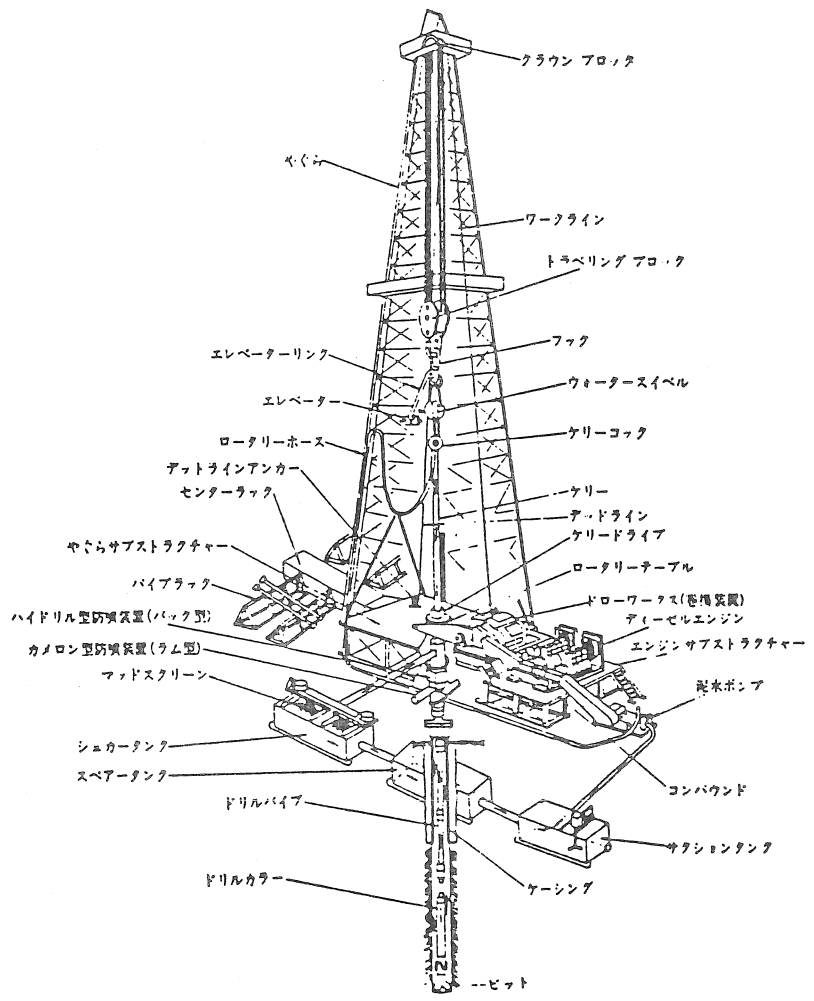


2-3. 1 図 MF21愛媛パイロットファーム海上ステーション一般配置図

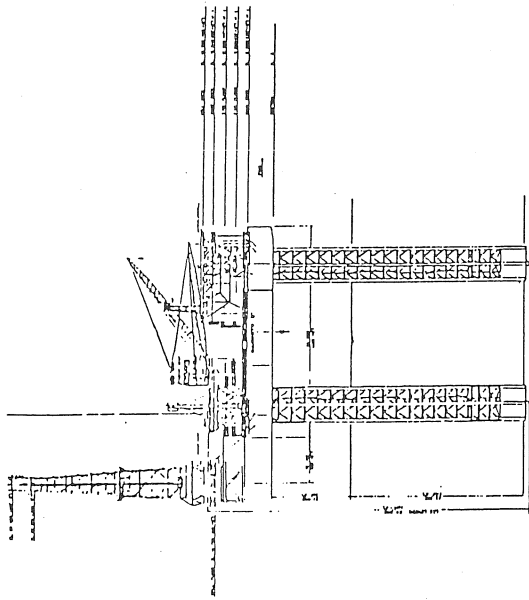




3-1 図 掘削装置配置図

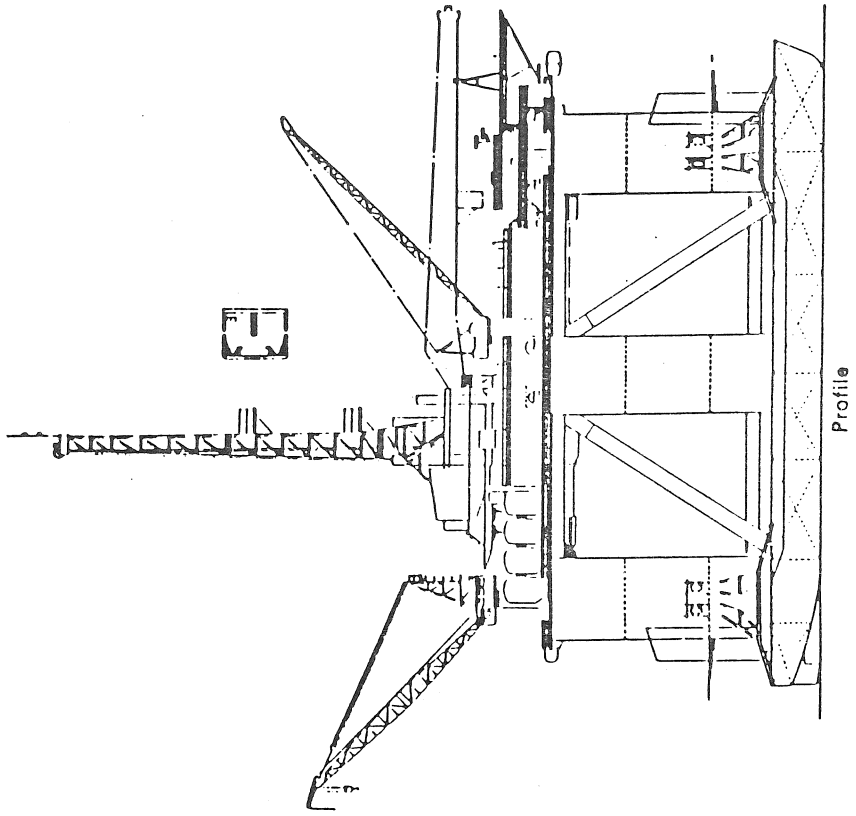


3-2 図 Canti-Lever 型ジャッキアップリゲ

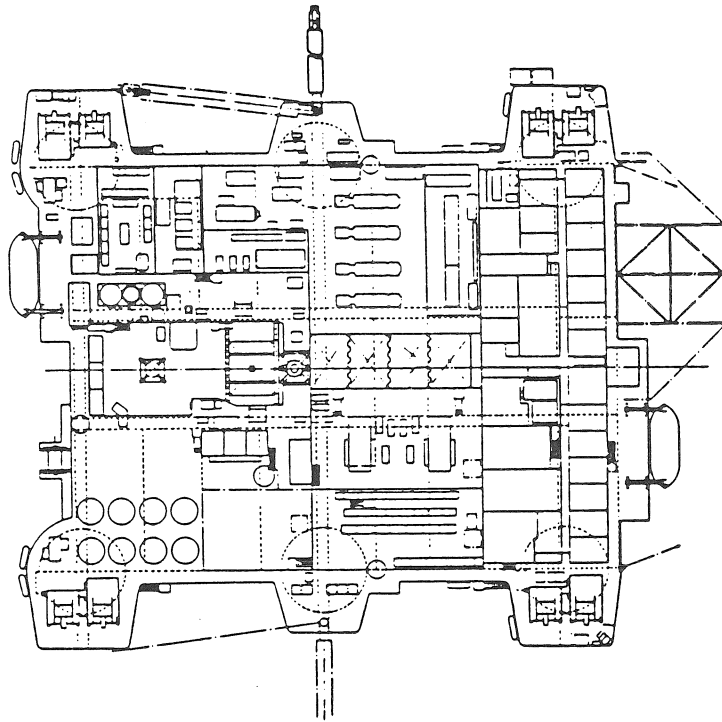


3-3-1 図

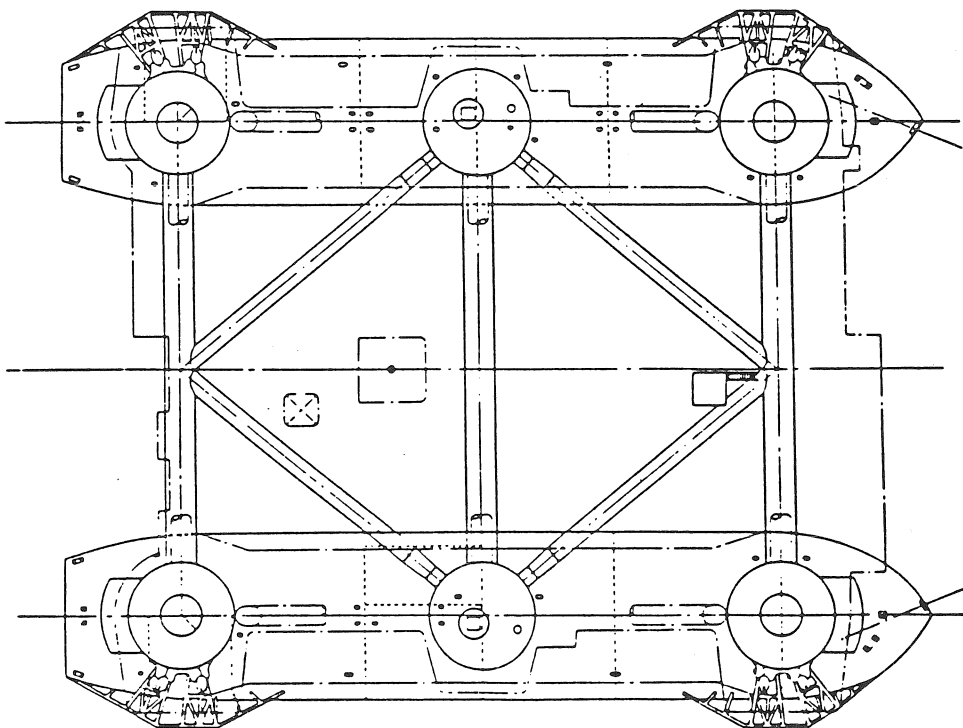
### General Arrangement



3 - 3 - 2 ☒

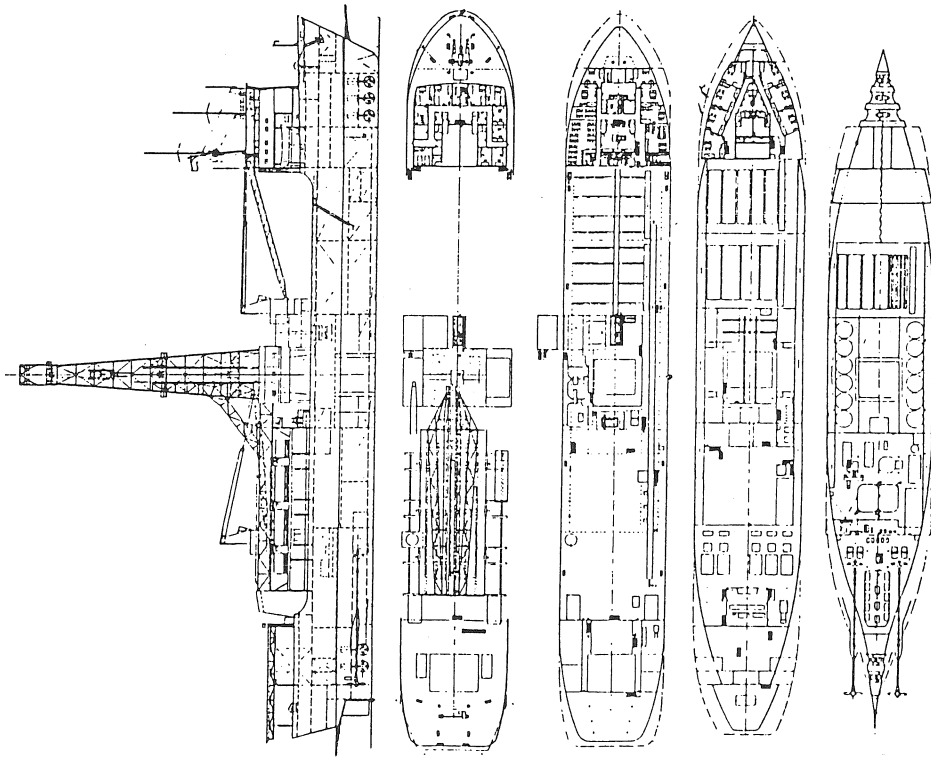


Main Deck

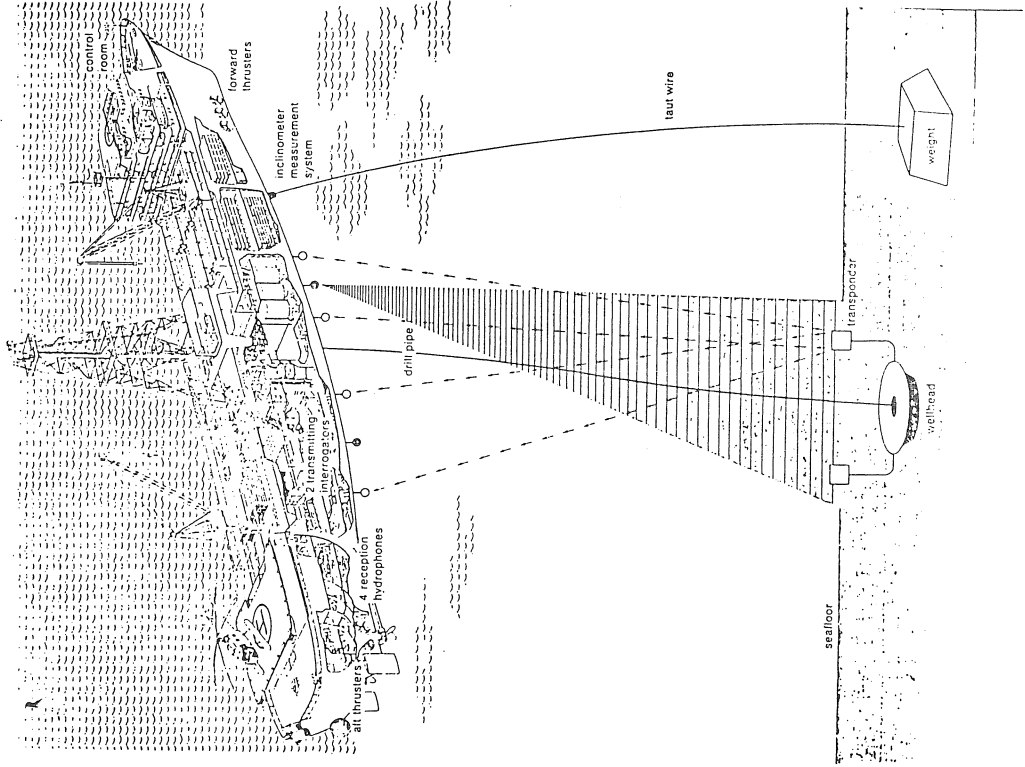


Caissons

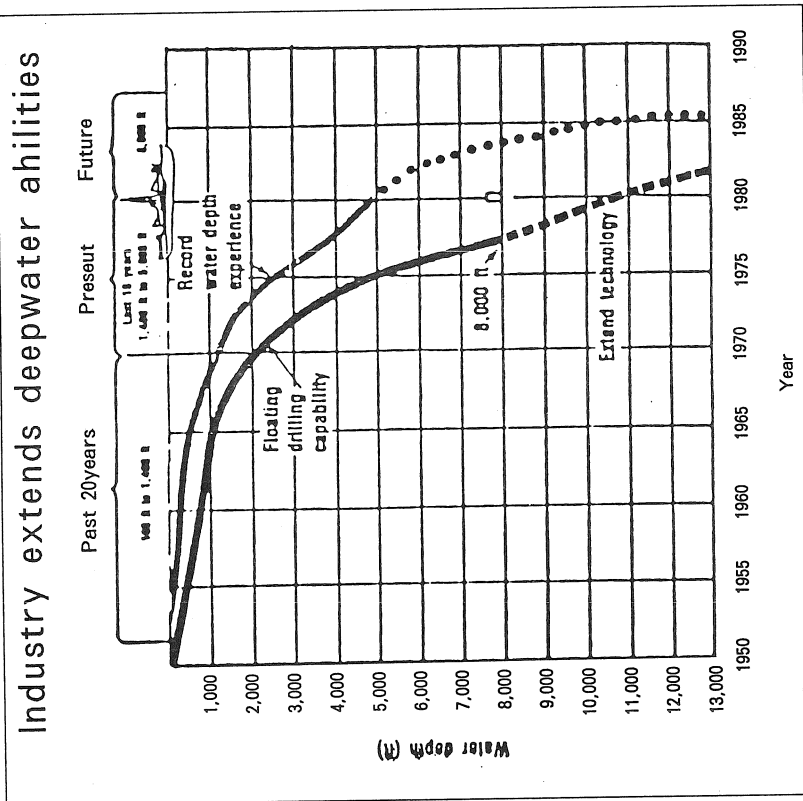
3 - 4 [ ] Drillship Pelican



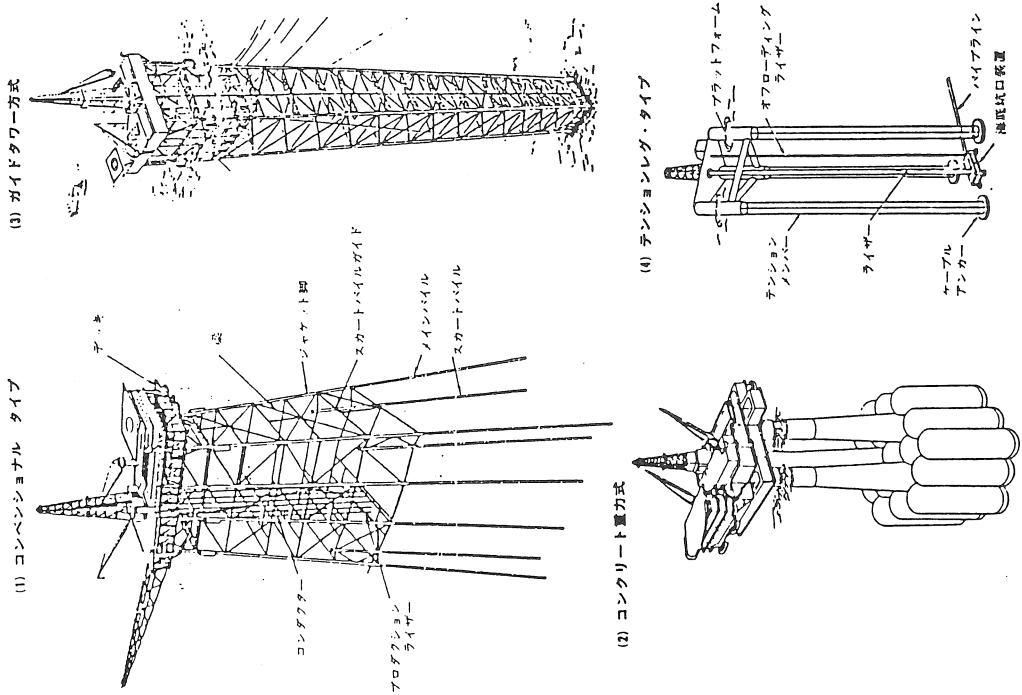
3 - 5 [ ] Drillship Operation



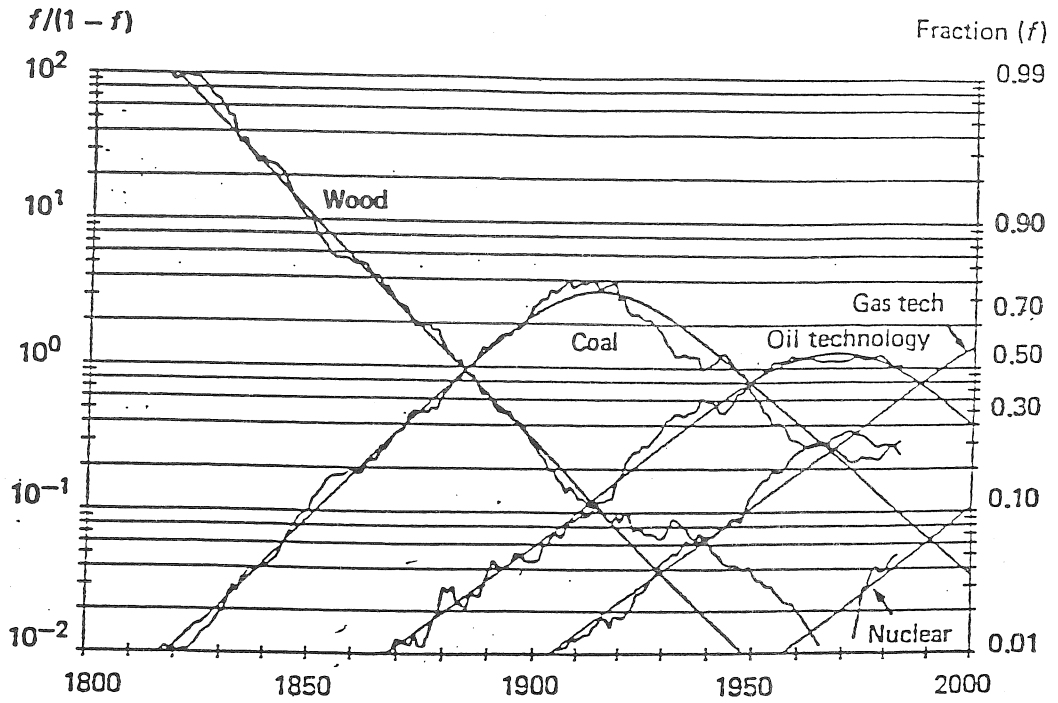




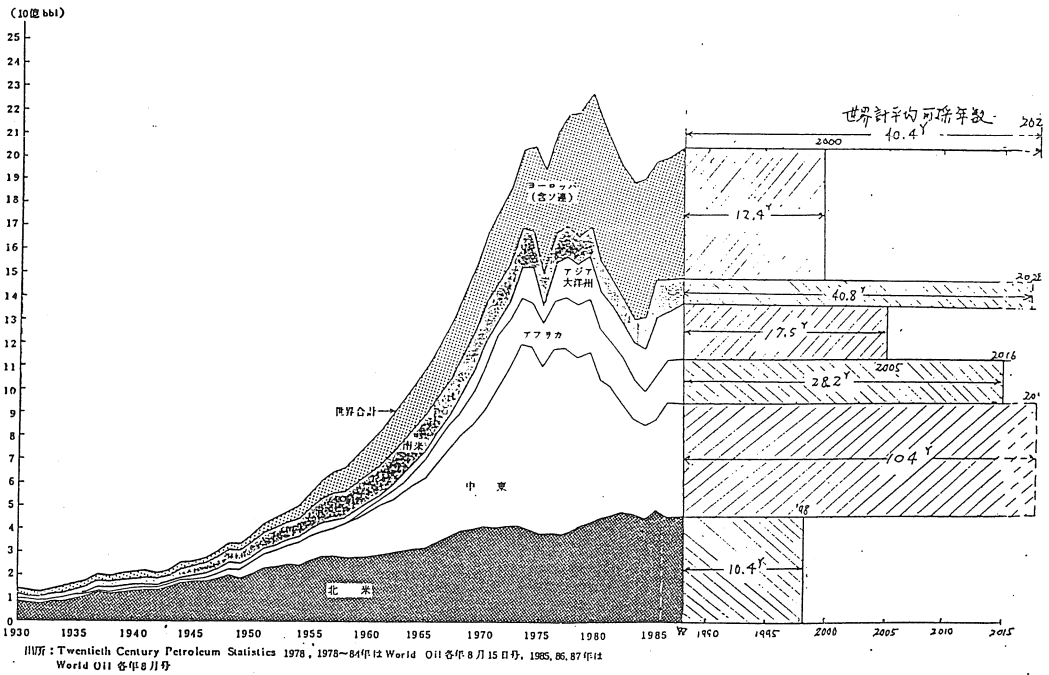
### 3-7 図 プラットフォームの各タイプ



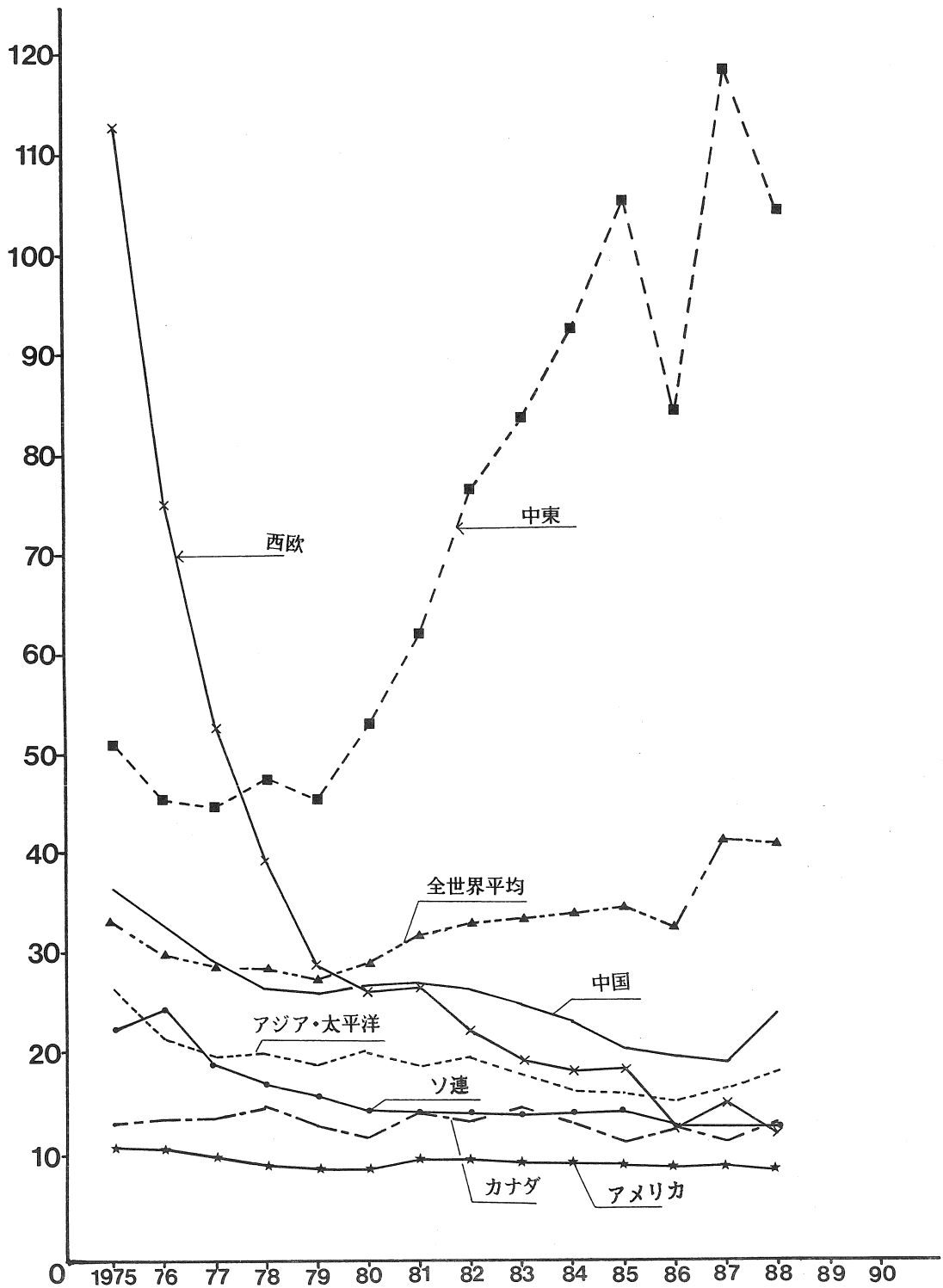
3-8 図 U.S. energy Substitution and Gas Technologies /8/.



3-9 図 世界の原油生産量の推移図 (1930~1987年) と現在の可採年数



世界産油国地域別国別可採年数



3 - 11 表 GAS RESERVES AND ANNUAL CONSUMPTION CONSUMPTION  
PRODUCTION IN 1090 [billion cubic meters]

Area	U.S.	Canada	Western Europe	Eastern Europe	Soviet Union	Total World
Reserves	4700	2700	5400	800	42500	113000
Consumption	548	60	233	87	633	1920
Production	493	99	176	43	725	1933
R/P-ratio	9,5 <sup>□</sup>	27,0	30,5	18,5	58,5	58,5
R/C-ratio	8,0 <sup>□</sup>	45,0	23,0	9,0	67,0	58,5

<sup>□</sup> years

3 - 12 表 Table 2. Cost Structure for Methane Deliveries in Central europe /19/.

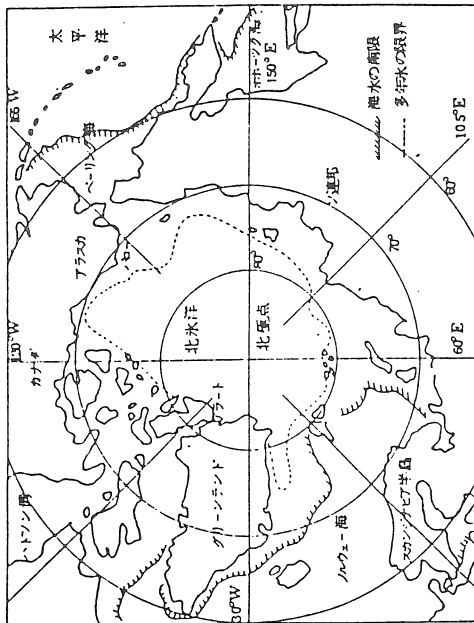
Source	Cost Structure ( % )		
	Extraction	Transport	Distribution
Groningen	6	4	90
Netherlands offshore	9	6	85
Ekofisk	16	11	73
Statfjord	16	19	65
Sleipner	27	11	62
Heimdal	32	11	57
Troll	27	17	56
Gullfaks	34	15	51
Troms b	26	26	48
Troms c	25	28	47
Algeria	4	28	68
Algeria (LNG)	4	36	60
Nigeria	5	36	59
Nigeria (LNG)	4	43	53
Persian Gulf (pipeline via Yugoslavia)	4	32	64
Persian Gulf (pipeline via Italy)	3	35	62
Persian Gulf (LNG)	3	44	53
Urengoy	8	34	58
Other Western Siberia	10	35	55

- Distribution costs have been averaged and kept constant for all cases.
- Onshore pipeline via Sweden to Hamburg.
- Offshore pipeline to Emden.

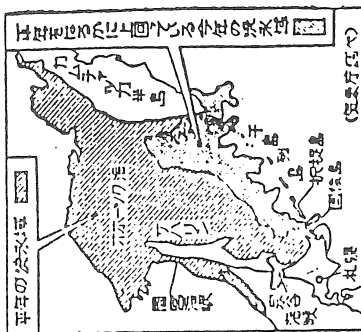
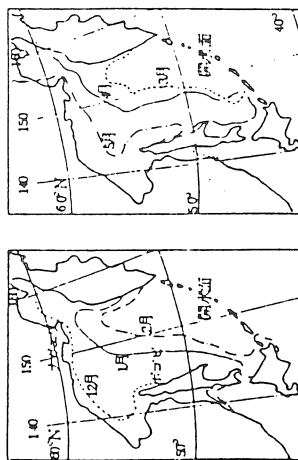
3-12表 NATURAL GAS PRODUCTS

- PIPEGAS
    - Methane
    - Ethane (Partly)
  - NATURAL GAS LIQUIDS
    - Ethane (Partly)
    - Propane
    - Butanes
    - Pentanes
    - Hexane
    - Heptane, etc.
  - LIQUIFIED NATURAL GAS (LNG)
    - Methane (Mainly)
  - CONVERTED CHEMICAL PRODUCTS
    - Ammonia / Urea
    - Methanol
    - Ethylene
    - Propylene
    - Chemical Aromatics
  - CONVERTED FUEL PRODUCTS
    - Fuel Methanol
    - Gasoline
    - Kerosen
    - Gas Oil
- } Liquefied Petroleum Gas (LPG)  
 } Natural Gasoline  
 } Synthetic Fuels

3-13図 北半球の海水分布 (3月)

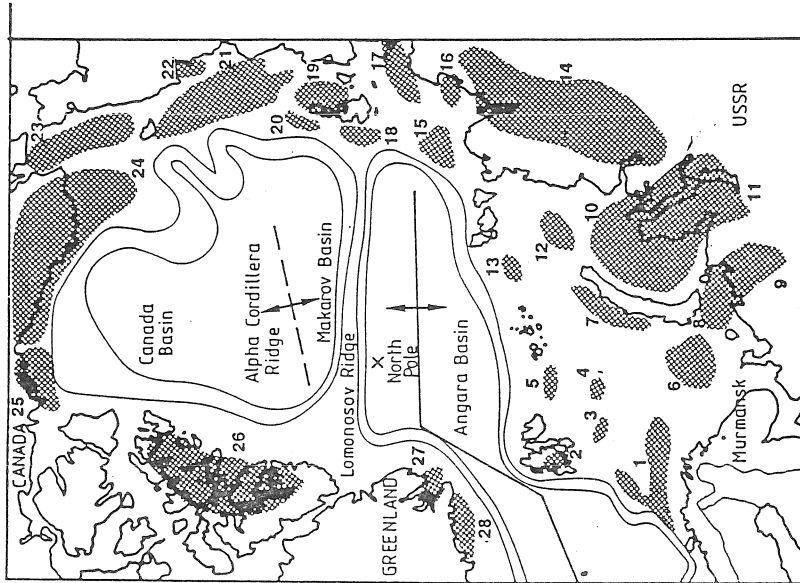


3-14図 各月上旬のオホーツク海の年平均海水分布



3-15図 オホーツク海の流水が異常発達したことを報道した朝日新聞の切抜 (53年2月23日朝刊)

3-16図 Major Arctic Hydrocarbon Basins/10/.

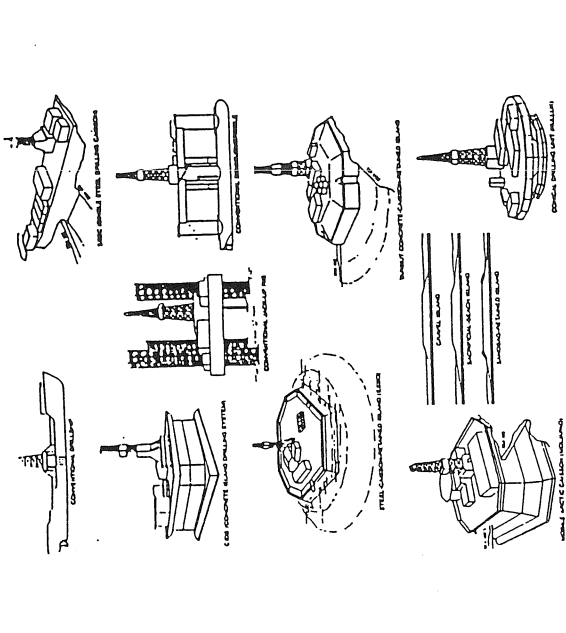


In total, according to this estimate, Arctic oil reserves at the 50 % probability level amount to 136 billion barrels (18.5 billion tons), and Arctic gas reserves may exceed to 63 TCM (equivalent to 56 billion tons of crude oil) respectively. According to more recent unpublished information, both estimates may turn out to be conservative.

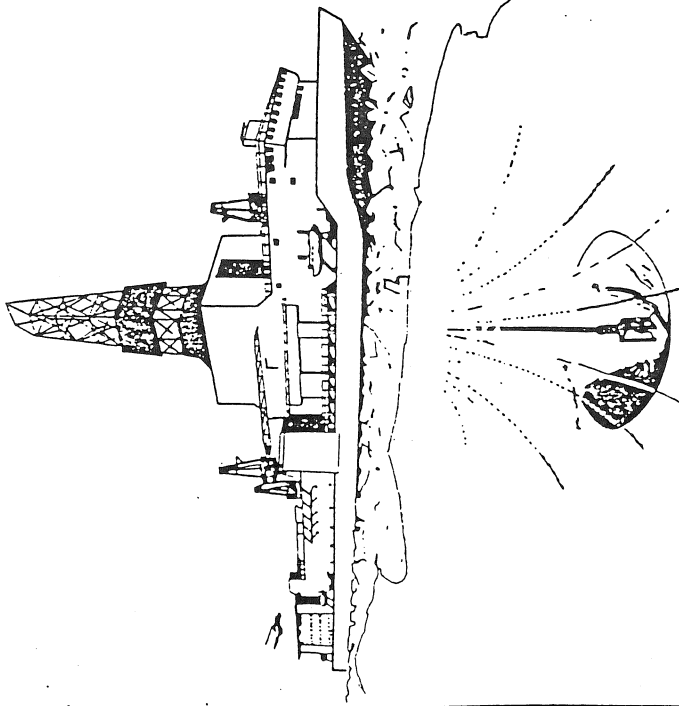
表3-17 北極圏の石油・ガスポテンシャル

地域	石油 (億バレル)		ガス (兆立方フィート)	
	陸+海域	海域	陸+海域	海域
アラスカ	400	120	300	90
カナダ	720	250	530	200
ソ連	2,000	750	1,600	760
ヨーロッパ他	70	—	55	—
合計	3,190	1,120	2,485	1,050

出所：石油押術協会誌 (No.44第5号) 及び石油の開発 (1982.8月)



# Dome's swivel drillship



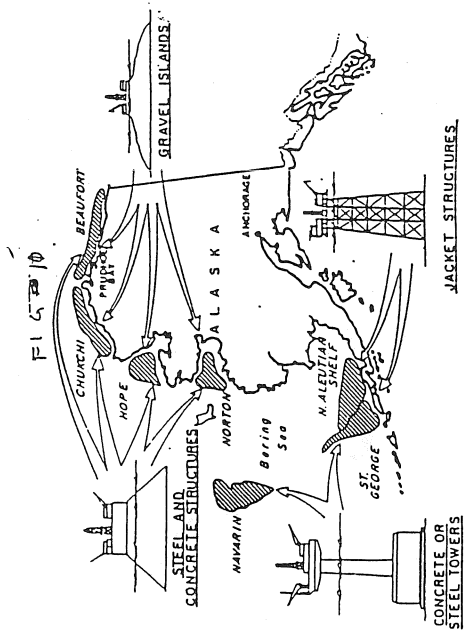
**Operational limits:**  
 Extended summer in pack ice;  
 Year-round in landfast ice with  
 icebreaker support  
 60 ft — 400 ft  
 Steel  
 Ice reinforced drill barge hull  
 with swiveling turret at moonpool

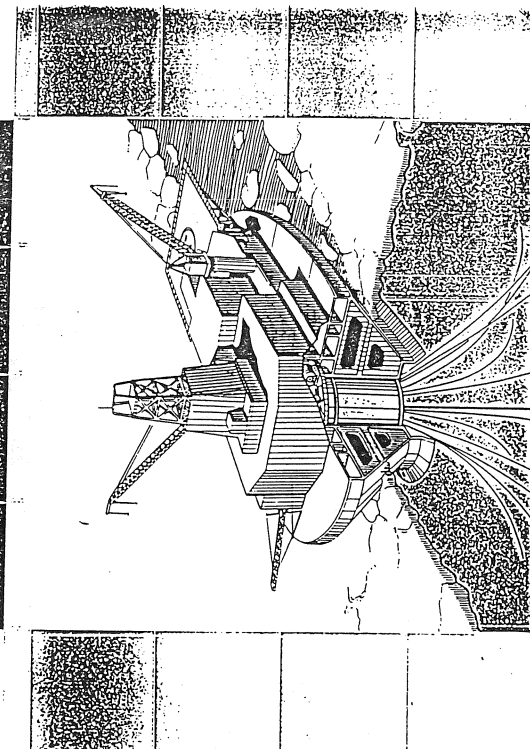
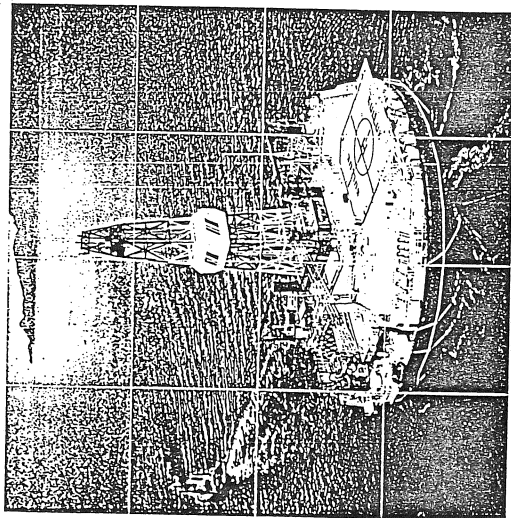
**Water depth range:**  
 60 ft — 400 ft

**Construction:**  
 Steel

**Configuration:**  
 Ice reinforced drill barge hull  
 with swiveling turret at moonpool

**Ballast:**  
 No requirement





# Hitachi Zosen

## CASSON ISLAND

A caisson retained island will be used by Esso Resources Canada Limited to enhance oil exploration in the Beaufort Sea. Hitachi Zosen's Osaka Works constructed the eight caissons, which form the caisson retained island when linked together. The caissons were delivered to the Owner in July, 1982. Subsequent to being towed to location, the caisson ring is ballasted onto a prepared berm. The centre of the ring is ballasted with sand, thus providing the artificial island for use as an exploration drilling platform. The innovative design of the island dramatically reduces the amount of dredged material needed to build an artificial island.

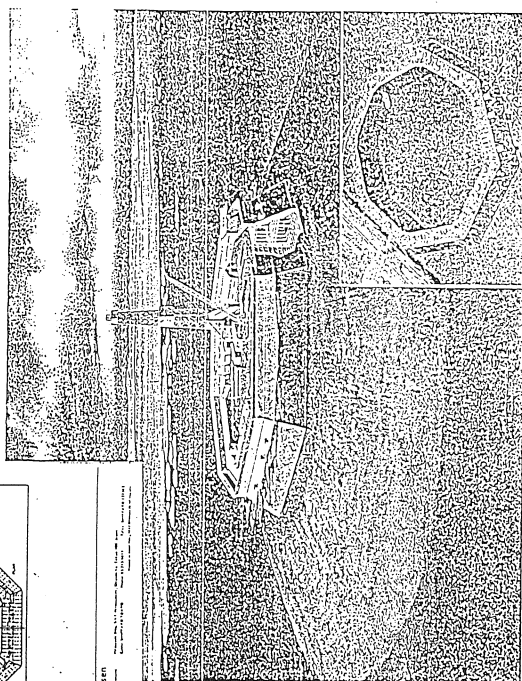
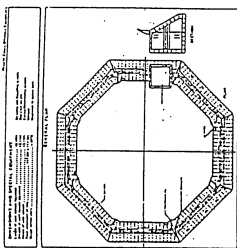




FIGURE 5  
INSTRUMENTATION FOR PERFORMANCE OF MOLIKPAQ

Instrument Attached to Caisson		Geotechnical Instrumentation	
Medol Ice Load Panels	31	Peizometers	88
Base Total Pressure Cells	40	Inclinometers	6
Deck Extensometers	8	Temperature Sensors	1
Caisson Tillmeters	8	Settlement	3
Caisson Strain Gauges	282	Accelerometers	2
Temperature Sensors	6		

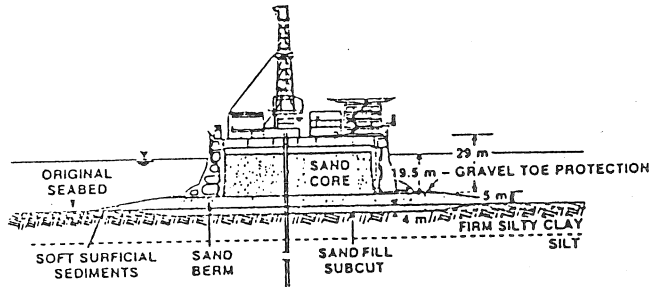
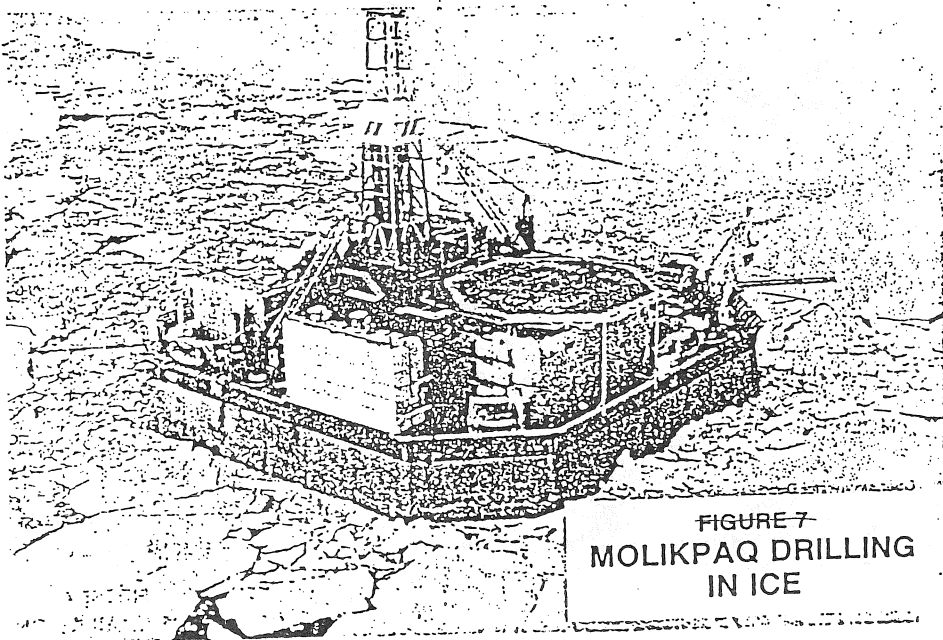
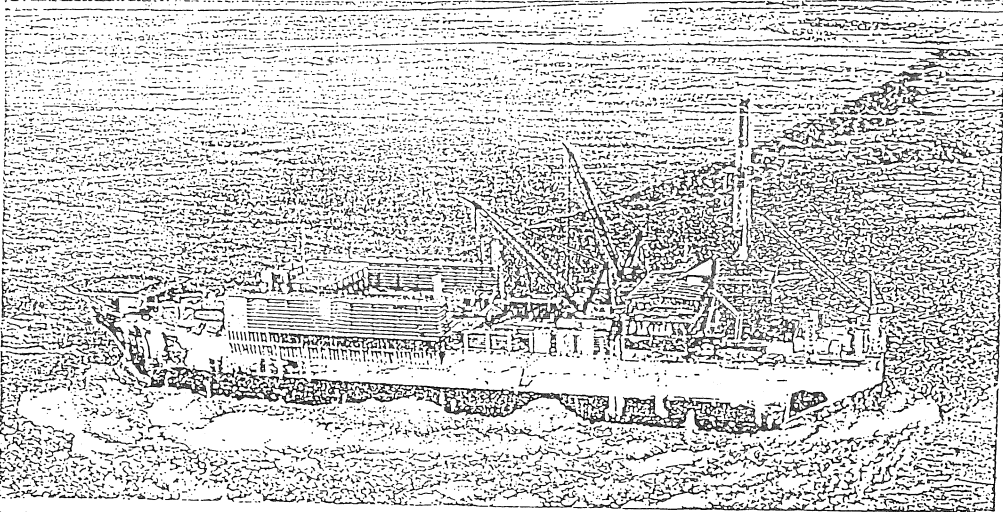


FIGURE 6  
MOLIKPAQ AT TARSUUT P-45



# Ship Conversion

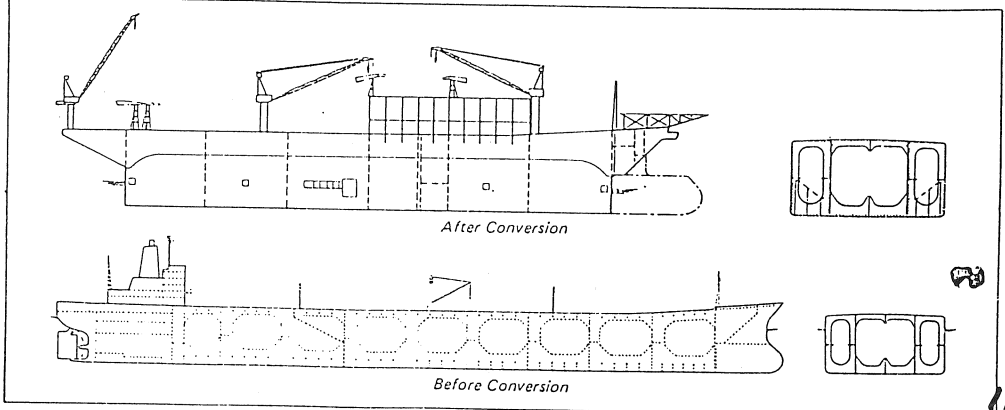
## Oil Tanker to Single Steel Drilling Caisson

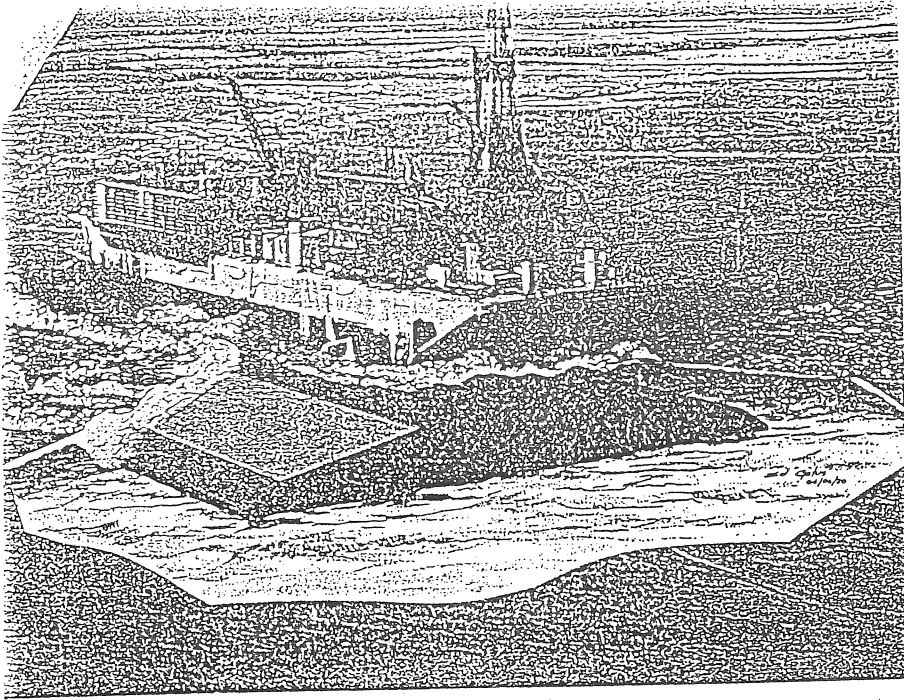


Principal Particulars

	Before Conversion	After Conversion
Length o.a.	319.30 m	202.35 m
Length b.p.	305.00 m	162.00 m
Breadth mld.	53.00 m	Unchanged
Depth mld.	25.30 m	Unchanged
Draft mld.	19.54 m	8.00 m
Deadweight	232,134 t	47,300 t
Classification	NK	-

General Arrangement

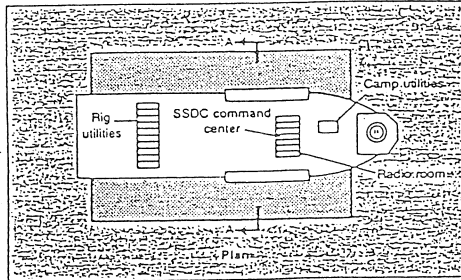
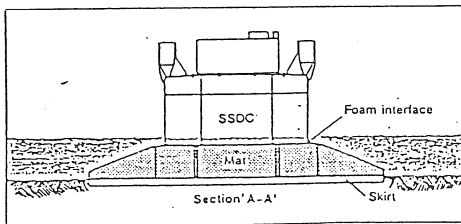




SSDC/MAT UNIT WILL BEGIN WORK in Alaskan Beaufort Sea next winter.

## ARCTIC DESIGN & OPERATIONS

# SSDC's mat will eliminate need for berm-building



CROSS SECTION AND PLAN VIEWS OF THE SSDC/mat show principal features of the combined unit.

berm. Typically, the SSDC will drill a well in the winter, then relocate in the open-water season (July-October) and drill a second well.

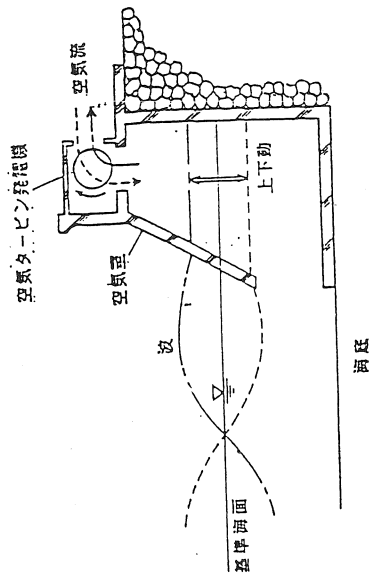
The mat, containing 40,000 tons of steel, will give the combined unit a water depth range of 25 to 75 ft with no

### Main dimensions of the SSDC/mat

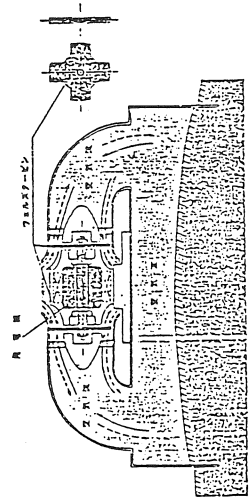
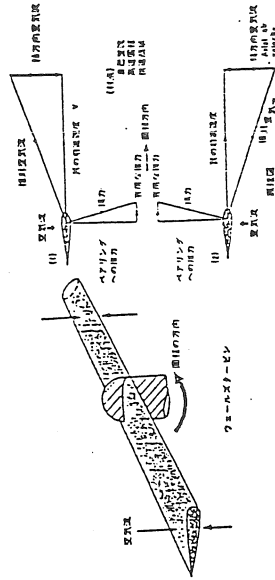
Length at main deck	664 ft
Length at side	531 ft
Width at main deck	174 ft
Width at bottom	361 ft
Height	128 ft
Maximum operating water depth	75 ft
Area of main deck	114,000 sq ft
Bottom area	192,000 sq ft



4-1 図 沿岸固定式波力発電システムの原理



ウェールズタービンの回転原理



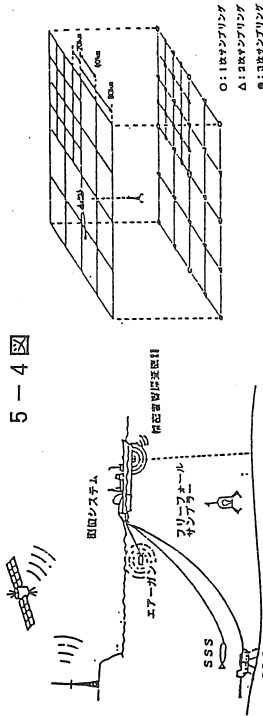
5-1 表 宇宙開発に比した海洋開発の技術的困難性

項目	宇宙開発	海洋開発	海洋開発の困難性
圧力	0	水深5,000mで500気圧	超耐圧性の機器が必要。
光	よく通る。	ほとんど通らない(数10mが限度)	視認による広域作業が困難。
電波	よく通る。	ほとんど通らない。	機器間の通信や位置決定は音波に頼らざるを得ないが、電波に比べ伝距離は短、速度は遅く(6,000mで約4秒)、精度は低い。
音波	通らない。	よく通るが、温度等による変化大。	このため、海中機器の応答特性は貧弱。
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙環境は一樣で変化は周期的。</li> <li>移動抵抗はなし。</li> <li>腐食問題なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋環境は多様で、突発的な変化が多い。</li> <li>水の抵抗大。</li> <li>腐食問題大。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロケットは軌道計算が可能だが、海中の物体の行動は計算不能。</li> <li>このため、海中機器の制御には困難な点が多い。</li> </ul>

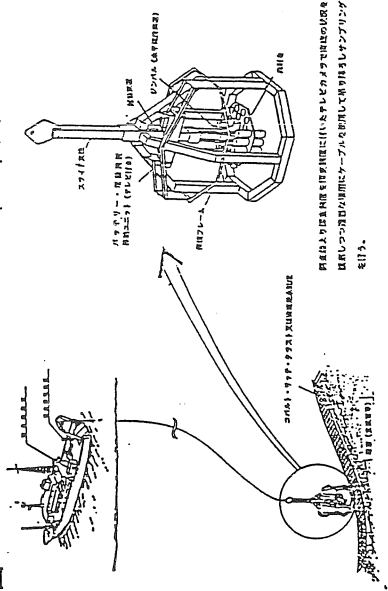
5-3 表 マンガン団塊の探査技術の概要

探査項目	探査機器		1次探査		2次探査		3次探査	
	地形	装置	測線間隔	実施年次	測線間隔	実施年次	測線間隔	実施年次
地形 (概略地形)	精密空撮探査機器	80m	50-56FY	40m	57, 58FY	20m	59-62FY	20m
地質 (詳細地形)	サイドスキャンソナー (SSS)	80m	—	—	—	15m	63FY~	63FY~
地質	エアージェン	80m	50-56FY	40m	57, 58FY	—	—	—
サンプリング	フリーフォール	80m	50-56FY	40m	57, 58FY	20m	59-62FY	63FY
既存の連続性	深海遠征カメラ (CDC)	—	—	40m	57, 58FY	15m	—	—

5-4 図



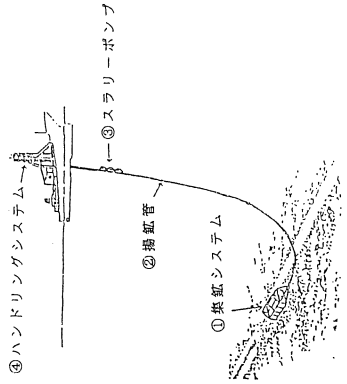
5-5 図 ④ハンドリングシステムの概要



5-6 表 マンガン団塊採鉱システムの概要

サブシステム	サブシステムの概要	研究開発の重点	実験段階	サブシステムの規模
① 集鉱システム	揚鉱管を介して風圧を発生させ、マンガン団塊を吸引、吸引し、揚鉱管に送りこむ集鉱装置	正常な状態で揚鉱可能で効率的な集鉱装置の開発	長さ 14m 幅 9m × 高さ 7m	商業生産段階
② 揚鉱管システム	吸引されたマンガン団塊をスクリュー状にして揚鉱管をドラッグ方式により揚鉱管まで運搬するともに、集鉱管を吸引するパイプ	揚鉱管を吸引可能な耐圧強度を確保し、揚鉱管、フレキシブルホース (ゴム製) の開発	直径 20cm 長さ 約 6,000m	
③ スラリポンプシステム	ポンプリフト方式 (水中ポンプを揚鉱管の途中に配置) 又はエアリフト方式 (船上から圧縮空気を用いて揚鉱管の途中に送り込む) による揚鉱システム	約 60mm のマンガン団塊を 5,000m 揚送するための揚力かつ耐摩耗性のあるポンプ、モーターの開発	ポンプ台数 2台 長さ 9m	ポンプ台数 3台 長さ 未定
④ ハンドリングシステム	集鉱管、揚鉱管システムを揚鉱管上から陸下、風圧、揚送するシステム	揚送する揚鉱管上で揚鉱管、揚鉱管システム等の海中機器を安全に搬送かつ効率的に降下、揚送するシステムの開発		
⑤ 計測制御システム	揚送作業の円滑・安全かつ効率的な実施のための計測、監視、制御システム	水中機器に電力を供給し、制御を行う光通信、電力伝送装置の開発		
⑥ トータルシステム	各サブシステムの調整、統合、揚送管を含む揚送システムの設計、製作	揚送管の開発、揚送管を行うための高圧力、低速度揚送技術の開発	揚送管 1隻 揚送管 約 2万トン 揚送能力 3,000 t/日	揚送管 2隻 揚送管 約 6万トン 揚送能力 18,000 t/d 300万 t/y

5-7 図 ④ハンドリングシステムの概要

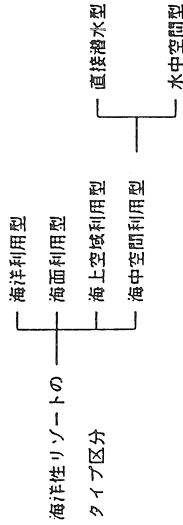


## 要 約

次に海外の事例も国内事例と同様に検討を行った。

- (1) 直接潜水型 (実在)
- ① ダイバー用推進器
  - ② スポーツ潜水艇
- (2) 水中空間型
- ① 海中ホテル
  - ② 海中ハウス
  - ③ 海中展望室
  - ④ 観光潜水艇
- (3) その他参考事例構想
- ① ガイドレール式観光潜水艇
  - ② ユニレット式海中展望室
- ⑤ レジャー用半没水型グラスボート (乾水可変)
  - ⑥ レジャー用半没水型グラスボート (乾水不変)
  - ⑦ 倒立式海洋観測船 (FLIP)

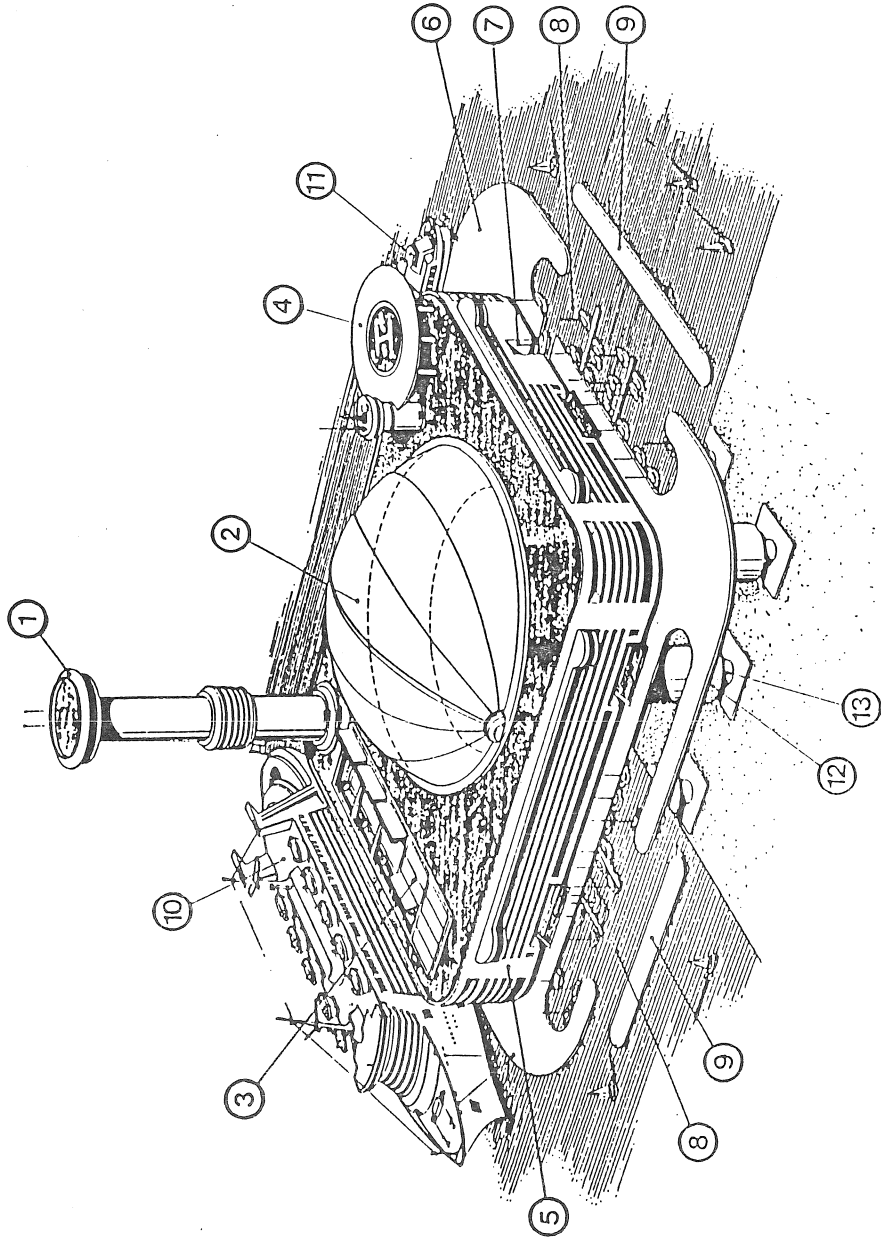
1. 海洋性リゾートのタイプの現状
- 海洋性リゾートを検討するうえで海のどの部分を利用するかによる区分が重要な見方となる。これは次のようにタイプ区分できるが海中空間利用型はあまり多くないといえるので、このタイプを念頭においたアプローチをすることをした。さらに、海中空間利用型は直接潜水型と水中空間型とに分けられる。



2. 国内外における海中環境高度利用レクリエーションの動向
- 国内における事例をタイプ別、実在と構想別に区分したうえ、まとめを行った。

- (1) 直接潜水型
- ① ドック利用ダイビングスポット：BIG DOG (実在)
  - ② 自然海域ダイビングリゾート：伊豆海洋公園 (実在)
- (2) 水中空間型
- ① 海中展望塔 (実在)
  - ③ 観光潜水艇 (実在)
  - ② 半潜水型グラスボート (実在)
  - ④ 沖合立体海岸リゾート基地：徳島海洋パーク (構想)
- (3) その他参考事例
- ① 海に浮かぶリゾート基地：境ヶ浜マリナーパーク (実在)
  - ② 陸上型海洋性リゾート：通沼ウォータージェーデン (実在)
  - ③ 海洋性テーマパーク：長崎オランダ村 (実在)
  - ④ ビア型構造物：横浜本牧海づり施設 (実在)
  - ⑤ 同上：石地フィッシングセンター (実在)

6-2 図 セミフロード式海上ステーションイメージ図



- 展望塔 (指令塔)  
 全天候多目的スポーツ広場  
 全天候テニス場  
 ヘリポート  
 研修施設  
 宿泊施設  
 ショッピング街  
 各種スポーツ施設  
 各種レジャー施設  
 e. t. c.
6. フローティングデッキ  
 7. 艇  
 8. マリナー  
 9. 消波錠  
 10. 大型船  
 11. 遊覧船  
 12. ライフボート  
 13. 係留





講

演



# 1. 最近のポリマー泥水について

(株)テルナイト

阿部 勝久

## 1. はじめに

最近、市町村の温泉開発ブームもあり、いろんな場所でヤグラが見受けられるようになって来ている。そのほかにも多くの探査ボーリング、水井戸、地熱開発などのボーリングが盛んに行われている。

試錐機の大型化、ツールズ類の改良などに伴い、掘削深度がより深くなってきており複雑な地層をボーリングするようになった為、泥水的重要性がますます認識されるようになってきた。

現在、日本で一番深く掘削されたのが、国の基礎試錐井〔東頸城〕で石油資源開発(株)が深度6,004mの深さまで掘削されている。掘削の目的、地質条件などに合わせて種々の調泥剤を組み合わせた泥水が使用されている。泥水関係の調泥剤としては15～20種類が使用されている。

最近の泥水に使用されている、ポリマーの開発に目覚しいものがあり、水溶性高分子の半合製品(CMC)や合成品のアクリル系ポリマーなど数多くの優れた製品が開発されて来ている。特にポリマーの合成技術が発達しており、掘削泥水へ併用には難しい問題点が数多くあるが、その要求を満たされるような製品開発が行われて来ている。

今回は、地質調査、温泉ボーリングなどの一般ボーリングに使用されているポリマー泥水について紹介したい。

## 2. ポリマー泥水の特長

水系泥水には分散系、非分散系がある。分散系、非分散系の定義は明確でないが、一般的に分散剤を使用した泥水を分散系、使用しない泥水を非分散系泥水という。更に、分散系、非分散系泥水には、表-1で示す様に粘土類の水和、膨潤抑制の強い、いわゆるインヒビテッドタイプとそうでないノンインヒビテッドタイプがある。いずれの泥水の場合でも、裸坑壁を安定維持し、最大屈進率を得るには、ベントナイトその他のコロイド範囲の微細なソリッド粒子を必要最小限に維持し、少量添加で坑壁の保護性、耐塩性、耐温度性、カッテングスの運搬能力の優れているポリマー類、その他の泥剤を使用することが基本となる。

泥水を正しく使用する為には、泥水の基本的性質並びに各種調泥剤の使用目的、機能、用法などを正しく理解しておくとともに、泥水管理が大切である。

泥水は、地上循環系統からドリルストリングス内を通してビットノズルから噴射され、カッテイングス類を運搬しながら坑壁とドリリングスとのアニュラスを上昇して地上まで循環され、調泥後再び上記の循環を繰り返す。

このように泥水が循環された時、地上装置内ドリルストリングス内、ビット刃先、アニュラスでは流速、いわゆるせん断速度(図-1)が著しく異なって来る。図-1でもわかるように泥

水のような、非ニュートン流体は、せん断速度の相違によって粘性は著しく変化し、そのレオロジー特性（流動特性）は非常に複雑となる。

坑井を完全に早く掘進するためには、ビット刃先で泥水の粘性は低いほど良好である反面、カッティング類の運動能力を上げ、坑井内をきれいにするにはアニュラスの粘性は高いことが必要である。

ポリマー泥水は、シアースニング特性が大きく泥水であり、 $YV/PV$  の比を大きくすることが簡単に出来る泥水である。

泥水の粘性は高いほど、スリップベロシティーは小さくなるので、カッティングスはよく揚がることになる。一方粘性が高くなりすぎると、圧力損失の増大、掘進率の低下などの問題を引き起こす。

カッティングスの運搬に必要な泥水の粘性はアニュラスにおける粘性であり、アニュラスでは高い粘性が、そしてビットやドリルパイプ内では低い粘性が望まれる。

泥水はせん断速度によって粘性が変わると言うシアースニング特性があるので、坑内のすなわちせん断速度のことなる各部によって粘性もそれぞれ異なる。

$YV/PV$  の比が大きいくほどシアースニング特性がおおきく、アニュラスの流速の遅い部所で高い粘性を示す。図-2 は標準的な坑内の各部におけるせん断速度及び  $UYV/PV$  の比とシアースニング特性を示す。

ファンネル粘性では坑内のアニュラスにおける粘性を知ることが出来ない。

アニュラー粘性はアニュラスのせん断速度がわかれば VG メーターで測定出来る。

ポリマー泥水のカッティングスの運搬能力について、分散系泥水との比較を行った。カッティングスを取りまく周囲の流体の流れが層流の場合、粘性が高いほどフリップベロシティーは小さくなり、カッティングスは高率よく運搬されることになる。

図-3 は粘性の異なるそれぞれの泥水についてカッティングス運搬速度 ( $V_c$ ) ft/min/アニュラスの速度 ( $V_a$ ) ft/min とアニュラーベロシティーの実験データである。

粘土が高いほど、低いアニュラーベロシティーで高い  $V_c/V_a$  が得られている。

高粘土泥水の場合、低いアニュラーベロシティーで  $V_c/V_a$  は80%に達し、その後はアニュラーベロシティーを早くしても、ほぼ一定である。

水の場合、カッティングスはアニュラーベロシティー44ft/min 以上になって初めて動きだしている。

これによれば、シアースニングが優れている非分散系泥水 (thick Mud、ポリマー泥水) が最もカッティングスの運搬能力は良い。

ポリマー泥水と分散系泥水との掘進率比較では、ポリマー泥水が優れている。

泥水中のソリッドコンテンツが増加すると、シアースニング性が悪くなり掘進率は低下する。

またビットが岩石を砕く際に岩石とビットの間にソリッドが介在すると、ソリッドによってビットが岩石を砕く事が防げられる。

ソリッドコンテンツは、掘進率だけではなく、使用ビット数、リグ日数、ビット1個当たりの掘進長さに影響し、使用ビット数、リグ日数を増加させ、ビット1個当たりの掘進長さを減少させる。

図-4はソリッドコンテンツとそれらの関係を調査するために掘進されたイーストテキサスの5つの調査井から得たデータである。

図-5は、ソリッドコンテンツと相対掘進率の関係を分散系泥水と非分散系泥水（ポリマー泥水）に分けて示したものである。これから言えることは、双方の泥水共、ソリッドコンテンツの増加によって掘進率が低下し、そして、この傾向は、非分散系泥水のほうが著しい。

又、同じソリッドコンテンツでは非分散系の方が分散系泥水よりも掘進率は良い。これは非分散系泥水の方がシアリングに優れていることを示している。

### 3. ポリマーの特長と種類について

最近の傾向としては、増粘機能、脱水泥壁コントロール機能、頁岩安定機能、分散機能が優れているポリマー類が多く使用されるようになった。

泥水用ポリマーとして最も広く使用されている水溶性ポリマーはポリサッカライドグループのポリマーとアクリル系ポリマーがある。

ポリサッカライドグループのポリマーにはセルロース誘導体（CMC、ポロアニオニックセルロース、HEC）スターチ誘導体（テルポリマーDX）、バクテリアにより製造されたポリサッカライド（XDポリマー）及びグアガム誘導体がある。

ポリマーの増粘性については、ポリマーが水に溶解すると、水和ポリマー分子は相互に衝突、反発運動を行い相互の絡み合いがおこる。これによってポリマー水溶液は粘性を示すポリマー分子が長い程水和ポリマー相互の作用が大きくなるので粘性は大きくなる。

攪拌機など外部からせん断力を加えた時、そのせん断力が小さい場合には絡み合いが強いため大きな粘性を示すが、せん断力が大きい場合には、絡み合いが弱くなり、その結果な粘性が小さくなる。このような流体はシアリング流体と呼ばれている。

泥水中におけるポリマーの機能と構造上の主な特長と関連性を表-2に示す。

ポリマーの脱水、泥壁コントロールの特長としては、ポリマー添加による、脱水、泥壁コントロールは3つの異なった機構によって行われる。

第1の機構は、コロイド粒径の大きさを持ったポリマーを添加することによって泥壁中の孔隙

圧密して閉塞することである。

第2の機構は泥水中の粘土粒子がよく解こうされた状態にあるとそれらの粒子によって生成される泥壁は薄くて不浸透性な泥壁となる。例えば低粘土のポリマーを添加することによって粘土粒子がよく解こうする為に脱水は減少する。

第3の機構は泥壁中を通過する水の粘性による。泥水の水相部の粘性が高ければ泥壁を通過しにくくなる。例えば高粘土 CMC や高粘土ポリアニオニックセルロースを添加すると脱水量は減少する。

ポリマーの粘性低下については次の主な原因が考えられる。

ポリマー鎖の機械的又は化学的な分解によってポリマーが低分子化し、粘性が低下する問題がある。ポンプ内やノズル噴出時のような大きな機械的せん断がある状況化での粘性低下がおこる。セルロース誘導体のような直鎖型ポリマーはゼンサンガムのような側鎖型ポリマーより機械的退化を受けやすい。高温の場合、溶存酸素が多い場合、アルカリ度が高い場合にも有機ポリマーはより化学的退化を受けやすい。

ポリマーの種類については表-3に示す。

#### カルボキシメチルセルロースとポリアニオニックセルロースの違いについて

##### a) イ、カルボキシメチルセルロース (CMC)

CMC は最初にセルロースをカセイソーダと反応させてアルカリセルロースを作り、次にアルカリセルロースにモノクロル酢酸を反応させて、セルロースにカルボキシメチルグループをエーテル結合させて得られる陰イオン系の半成水溶性高分子物質である。

無水グリコースユニット部には水酸基が3個あり、理論的には3個の水酸基を全部カルボキシメチル基で置換することも可能であるが市販されている CMC は置換度0.5~0.8である。エーテル化度 (DS) は CMC の性質を左右する重要な数値である。

一般的には、エーテル化度が大きい程 (DS>0.8) 塩分に対する抵抗力が強く粘性の経時変化も小さい。しかし同じエーテル化度でも置換が均一に行われているか、どうかによって性質が変わって来る。置換が均一に行われているほど安定でチキソトロピック性、シアリング性は小さい。

CMC は長い鎖によって泥壁中の孔隙を閉塞するために良好な泥壁が出来ると共に脱水減少機能が優れている。

##### ロ、ポリアニオニックセルロース

ポリアニオニックセルロースは CMC と同じカルボキシメチルセルロースであるが、原料セルロースとして反応がより均一に出来るリターンパルプをしようして置換反応を均一

に行いエーテル化度 (DS) を1.2~1.3に上げた高級 CMC である。

現在市販されているポリアニオンセルロースには高粘性のテルポリマーHと低粘性のテルポリマーLの2種類がある。このポリマーの基本的機能は CMC と同じであるが、清水中に置いては無論のこと、塩分濃度が高い溶液中においても一般 CMC に比べて安定性が著しく大きく優れた増粘性や保護コロイド性を有するポリマーとしてローソリッド泥水、K-ポリマー泥水に使用されている。

ポリアニオンセルロースは ①清水、塩水いずれの場合においても優れた効果がある。②頁岩層の水和、膨潤の抑制及び保護皮膜機能が優れている。③脱水減少機能が優れている。④Ca イオンや Mg イオンに対する抵抗力が大きい。⑤一般の CMC に比べて著しく腐敗しにくいなどの特長がある。

図-6 にテルポリマーHとテルポリマーLの粘性比較を示した。

図-7 に CMC とテルポリマーのセメント汚染比較を示した。

図-8 に CMC とテルポリマーの腐敗による粘性低下比較を示した。

表-4 にカルボキシメチルセルロース (CMC) とポリアニオンセルロースの商品を示した。

#### b) ザンサンガム系 (XCD ポリマー)

炭水化物にバクテリア菌を反応させて製造される。分子量100万以上の異性ポリサッカライドである。大きなシア-シニング性を示す特長があり、塩又は温度により影響されにくい。粘性を大きく上げなくてもザク上げの効果の良い泥水を作ることが出来る。

#### c) ギドロキシエチルセルロース系 (HEC)

アリカリセルロースと酸化エチレンによって製造されるセルロース系ポリマーである。HEC は大きなシア-シニング性を示すがゲレーション特性は示さない。粘土に対する凝集性を持っているので泥水への使用は難しい。

#### d) グァーガム系誘導体 (レスター)

グァー植物の種子から得られる非イオン系の側鎖を持ったポリサッカライドである。粘性の高いポリマー泥水を作液するときに使用されるが温度や微生物に弱く分解する性質がある。分解しやすい特長を利用して泥水として利用できる。

#### e) ビニルアミド系誘導体 (ホスタドリル)

高温度化における最も安定性の大きい脱水コントロール剤として使用されるホスタドリルは①高温度下においても安定性が大きく、脱水減少及びレオロジーコントロール機能に優れている。②水に敏感な頁岩層に対す被膜形成機能が優れている。③ソリッドに対する許容範囲が大きい。④腐敗しにくい。⑤全ての水系泥水が使用出来るとともに他の調泥剤との適合



性もよいなどの特長を持っている。

f) 無機系ポリマー

一般にポリマーと言えば有機系のものを示すが無機系のものも存在し耐熱性で優れた特長を示す。200 前後でも優れた増粘性を示す。

#### 4. ポリマー泥水

- a) テルコート泥水
- b) TK-60B 泥水
- c) レスター泥水
- d) K-ポリマー泥水

a) テルコート泥水

テルコート (L) は分子量1200万程度のアクリルアミドとアクリレートの共重合体である。テルコート泥水は被膜形成ポリマーを主体として非分散系ポリマー泥水でポリマーが坑壁や掘りザクの表面に強靱な被膜を形成して内部への水の侵入を制限するため、軟弱な頁岩層の水和潤滑抑制効果は無論のこと、硬くて分散しやすい頁岩層に対しても大きな効果を示す。

テルコート泥水は粘性及び脱水量コントロールの為に低粘土 CMC か低粘土ポロアニオニックセルロース (テルポリマーL) を使用する PH 値は原則としてカセイソーダによってコントロールされ8.5~9.5に維持する。

粘性のコントロールは出来れば VG メーターを用いてイールドバリューの値を指標として行う。この泥水を良好に維持するための必須条件は他のポリマー泥水同様に充分なるソリッドコントロールを行なって含有微細ソリッドを5%以下に維持することである。

粘性やソリッドの凝集をコントロールするための分散剤としては低分子量のアクリル酸ソーダー (テルフロー) が使用される。

テルコート泥水はインヒビジョン機能を更に向上させるためには KB を加えることによって K-ポリマー泥水にすることが出来る。

図-9 にテルコート L の添加量と粘性について示した。

#### 調泥

調泥を行なうに当たっては次の諸点に留意することが大切である。

ダイリューションメソッドにより調泥する。

従来はポリマー類を循環泥水中に加えて調泥を行っていたが、この方法では調泥が難しく均一な調泥が出来ないのでダイリューションメソッド即ち、あらかじめ基本組成の泥水を作泥しておき、この泥水を循環泥水中に補給する方法によって調泥する。

この方法によると ①ポリマー類の効果を100%発揮することが出来る。従来の方法ではよく溶解しないまま循環されるので効果が悪く、ポリマーがソリッドとして働き、カッティングと共に除去されることが多い。 ②いつも決った組成泥水を添加するため、泥水中のポリマー量は一定に維持出来むだなく使用出来る。 ③新しい泥水を補給するため、常に泥水は新しく調泥されると共にソリッドコントロールともなる。

ダイリューション泥水の作泥に当たっては、原則としてベントイトは使用せずポリマーのみによって作泥する。(テルコートL+テルポリマーL、H)

ダイリューション泥水の作泥に使用するポリマーの添加量は原則として、入れ替え時に新しく作泥した泥水組成も初めは同じとし状況によってはテルポリマーを変動させテルコートは一定の添加量とする。

#### 図-10 現場泥水からテルコート泥水への切り替え試験

#### テルコート泥水の使用実施例の紹介

大阪市内の温泉現場での使用実績とテルコート泥水の管理について記す。

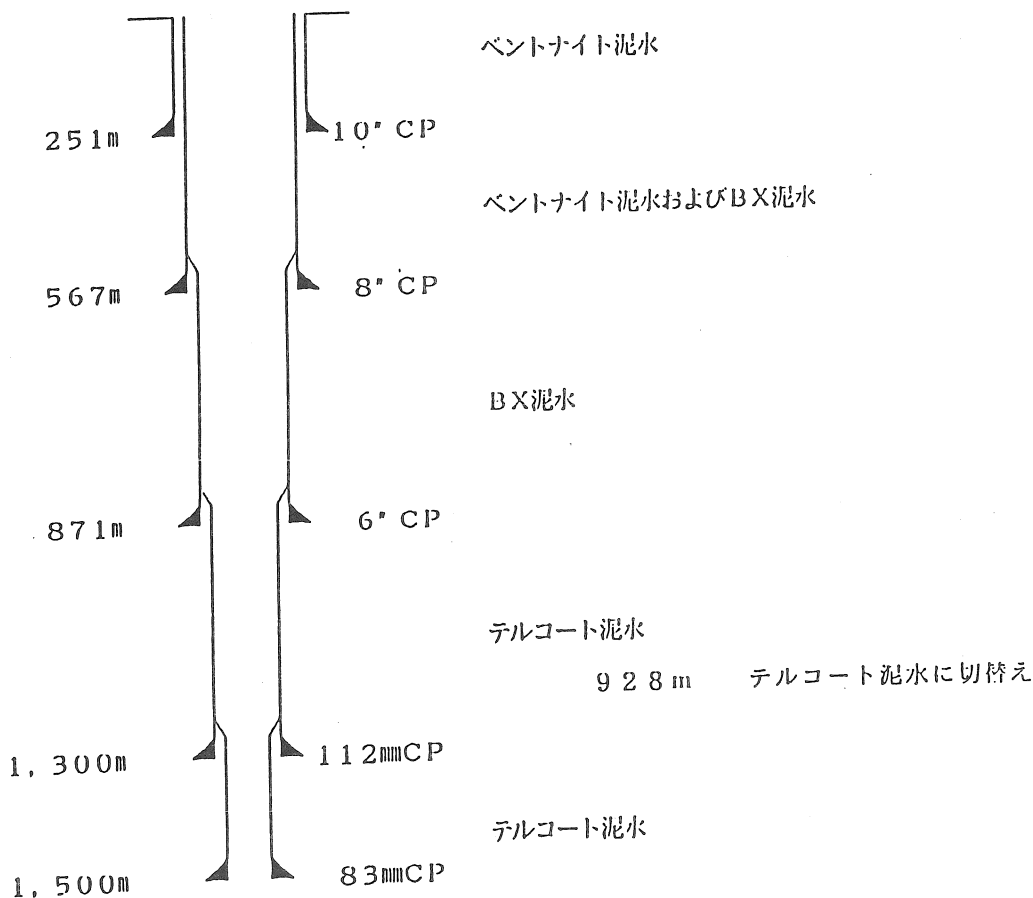
# 大阪市内温泉ボーリングでのテルコートL使用状況

## イ. 使用概況

- a) 使用業者：(株) T社
- b) 場所：大阪市港区
- c) 使用期間：平成1年5月8日～平成1年7月30日
- d) 使用深度および坑径
  - ① 928m～1,300m 5 5/8" Bit 112mmCP
  - ② 1,300m～1,500m 4 " Bit 83mmCP
- C) 一般的に柔軟なシルト質粘土および泥岩、下部で細砂を挟む

## ロ、ケーシングセット状況

(掘削開始：昭和63年11月1日 掘削終了：平成1年7月30日)



#### ハ、テルコート泥水使用前の泥水

a) 種類：テルナイト BX 泥水

b) 基本組成：

清	水	100
クニゲル V <sub>1</sub>		7～8%
テルナイト BX		3～4%
レルセローズ (MS)		0.05～0.1%
NaOH		PH9.5～10
テ ル フ ロ ー		粘性調整に使用

c) 掘削中の泥水性質

S	G	F	V	P	H	W	L	(FV 500/500ml)
1.15±		40±		9.5±		6.0±		

#### ニ、テルコート泥水への切り替え

6" CP セット後928mまで掘削したが、地質が軟弱なシルト質粘土の中かに泥岩を含んでおり、押し出し、崩壊が有り泥水の泥性も短時間で上昇するなどの問題がありテルコート泥水へ切り替えることになった。(5月 2日～5月8日掘削休止)

#### ホ、テルコート泥水切り替え時の掘削装置および全泥水量

a) ポンプ吐出量：375ℓ/min

c) ビ ッ ト：5 5/8" トリコン

d) D. C : 5" DC 4 m

e) D. P : 3ℓ/2" およびNW ロット

b) 全 泥 水 量：37kl

#### ヘ、テルコート泥水への切り替え状況

a) 予備試験

2001ミキサーに現在使用中の BX 泥水を汲み上げ、FV23秒後に希釈しテルコート L を0.3%添加し5分間攪拌したところ、FVが36秒となったので、管内およびサクシオンタンク内の泥水をFV23秒を目標に割水希釈することにする。

b) 割水希釈後の泥水性質

S	G	F	V	P	H	W	L
1.10		23		9.6		10.4	

C) ビット位置を6" CP内860m付近に置きポンプ循環しながら、FV23秒～24秒を目標に割水希釈した後テルコート Lを36ℓ/Hr (2 缶/Hr) の添加速度で全泥量に対し約0.3% 108ℓ (6 缶) を添加した。(1 循環約1時間)

ト、テルコートLの添加量と粘性の変化

循環回数	テルコートL添加量合計	F V	ポンプ圧力
1 循目	36 ℓ	29秒	22~26
2 循目	72 ℓ	32秒	〃
3 循目	108 ℓ	35秒	〃

予定量のテルコートLを添加し粘性も35秒で戻って来るようになったので、循環しながら降管したが、910m付近で抵抗があったため、リーミングを行う。

4 循目	108 ℓ	34秒	〃
5 循目	108 ℓ	34秒	〃
6 循目	108 ℓ	33秒	〃

S	G	F	V	P	H	W	L	Temp
1.10		33		9.6		4.4		32
7 循目			126 ℓ			34秒		〃 (1 缶追加する。)

チ、テルコート泥水切り替え後の状況

- 927mリーミング中、トルク、ポンプ圧力が上昇したが揚降を繰り返し928mまでリーミング後、929.5mまで掘削したところでトルク、ポンプ圧力が上昇したため揚管、スタビライザーに崩壊ザグの張り付きがありビットのコーン中心に崩壊ザグが押し付けられて詰りコーンが回転できない状態であった。しかし31/2" DP ジョイント部への張り付きはこれまでで最も少ないとのことであった。(リーミング中泥水の粘性は少しずつ低下する傾向にあった。)
- ビット清掃後降管、ほとんど抵抗無く坑底に達し掘削を再開したが、粘性が32秒まで低下したのでテルコートLを1缶少量ずつ添加すると共に、循環泥水をミキサーに汲み上げTE-MSを添加し(全体で約10kg)粘性を34~35秒に調整したが、932.5m付近でトルク、ポンプ圧力は上昇し無いが掘削できないためビットの張り付きと判断し揚管、
- その後も軟弱なシルト質粘土の中かに泥岩を含んだ地質でビットのコーン中心部に崩壊ザグが詰まるため揚降管の回数が多かったが、センターホールタイプのビットに替えてからは順調に掘削できるようになり1,300mまで掘削し112mケーシングをセットした。
- 初期の段階では掘削中粘性の上昇はほとんど無く多少低下する傾向があったが、掘削が進むにつれて少しずつ上昇し比重も高くなつたが、若干の逸泥があったので0.3~0.4%のテルコート泥水を1日600~1,000 ℓ 補給し粘性及び比重を調整した。(ベントナイトは使用せず)
- 掘削中及び泥水循環中は、常時デサnderを運転士ソリッドコントロールに努めた事が粘性の上昇を押えることができたものと思われる。(掘削中 SG : 1.12±、FV : 31~34秒)
- 112mケーシングをセット後4" ビットで500mmまで掘削し、83mmケーシングをセットし洗浄後揚湯試験、50℃の温泉が120 ℓ /分の揚湯で水位の低下なしポンプセット。

## テルコート泥水の管理について

リ、テルコート泥水に切り替えた直後は、テルコートが坑壁に保護被膜を形成したり、スライムに吸着しますので粘性は低下する傾向がありますので、最初はテルコートLを補給し粘性を維持してください。粘性の目安は、FVで38～40秒で管理してください。

粘性低下の傾向が長く続くようであれば、テルコートLを補給すると共にCMC (TE-MS) または、テルポリマーを0.05～0.2%併用してください。

ヌ、テルコート泥水が安定してきますと、微細なスライムがテルコートに吸着され粘性が少しずつ上昇すると思われます。デシルター等による微細なスライムの除去が有効です。また、分散剤としてはテルフローを使用してください。添加量は0.1～0.2%です。ただし、急激に粘性が低下することがあるので予備試験を行い添加量を決めてください。(粘性が上昇してくるとスライムの分離が悪くなり比重が上昇しますので十分注意してください。) 粘性が安定し低下する傾向がみられる場合は、テルコートLを0.05～0.1%補給してください。

ル、泥岩層を掘削しているときはベントナイトはあまり補給する必要はありませんので新しい泥水を補給する場合の組成は

清	水	100		
ベ	ント	ナイト	0～2%	
テ	ル	コート	L	0.3～0.5%
TE-MS	または	テルポリマー	0.1～0.2%	

オ、テルコート泥水はベントナイトの使用を極力抑えておりますので脱水量の調整にはテルポリマーLまたはテルポリマーH、のような高品位ポリマーを使用してください高品位ポリマーは0.05～0.1%の少ない添加量では分散剤と脱水量を調整する効果があります。添加量が多くなるにしたがって増粘剤と脱水調整剤として働きます。

ワ、テルコート泥水は流動しているときと静止しているときの粘性の差が従来の泥水に比べ大きいので(静止した場合上昇)長時間循環を止めた後、循環を再開する場合は最初にサクシオンタンク内泥水を十分攪拌して元の粘性まで下げてください、また、急激な降管を避けスローポンプでスタートしてください。

### b) TK-60B 泥水

探鉱、探炭ボーリング、地質調査などコアの採集を目的とする小坑ボーリングにおいて全量逸泥状態や破碎泥状態や破碎帯(崩壊性地層)などコアの採取が困難な場合に少量の使用量でコアの採取率を大幅に向上させる。

青森県温川地区 D社 金属鉱床調査ボーリング 傾斜掘り73°

送泥量 50L/min 逸泥量 40~45L/min FV (500/500) 42秒

口元から13.5m迄トリコン掘り4 inchCP セット、その後 NX ワイヤライン工法に切り替える。

使用泥水組成

ベントナイト泥水 (クニゲル V1 6.5% + TE-D 0.15%)

深度 45m ~ 50.6m TK-60B 泥水 0.6~1.2%

深度 50.6m ~ 59.7m TK-60B 泥水 1.8~2.4%

図-11に TK-60B 泥水のワイセンベルグ効果を示す。

表-5 にベントナイト泥水と TK-60B 泥水のコアー採取比較を示した。

### c) レスター泥水

レスターは滞水層に対して障害となる泥壁を固形分との作用にて形成はするものの、レスターに含まれる高分子膠質有機物の分解と共に、その泥壁形成機能も失われる。

このことはレスターの粘性そのものが時間の経過と共に失われ水の様な状態に変えることを意味している。そのためにレスターと固形分とによって形成された泥壁がレスターの分解とともに泥壁中のレスター固形分も分解されて湧水部の表面が露出するために泥壁による障害が少なくなり滞水層からの揚水を順調に行うことが出来る。レスターの添加量は0.3~1.0%の範囲にて使用する。

図-12にレスターの粘性を径時変化を示す。

### d) 海水用インスタントマッド『クイックマッド』

海上及び海岸線付近での地質調査やボーリング工事では海水を使用して泥水を作らなければならないケースが多くなって来ている。最近では海水中でも優れた増粘性、泥壁形成性が得られるベントナイトやポリマー類が開発され必要に応じて使用出来る様になりましたが清水で泥水を作るのに比べ様々な問題がある。特に作泥後、時間と共に遊離水が出やすい傾向を示すが、クイックマッドはその点を改良し遊離水が出にくく、クイックマッド単品で少量の添加量で希望する粘性の海水泥水を短時間で作泥することが出来る。

図-13にクイックマッドの海水での粘性と脱水量を示した。

### e) K-ポリマー泥水

K-ポリマー泥水は粘土類の水和、膨潤を抑制するKイオン源としてKBを使用すると共に増粘性やシアースニング性、頁岩やカッテングスの被膜性、脱水、泥壁コントロール性の優れている、XCD ポリマー、テルポリマーL、H、アクリル系ポリマー、テルコートLのようなポリマーを使用した非分散系インヒビテッド泥水である。

K-ポリマー泥水は粘土類の水和、膨潤抑制機能の優れているKイオンと頁岩被膜機能の

優れているポリマー類を併用することによって、崩壊などの坑内障害を起こしやすい頁岩掘削に対して現在の水系泥水の内では最も優れたインヒビテッド泥水である。

障害を起こしやすい頁岩のうちで、K-ポリマー泥水が最も適している頁岩はスメクタイト／イラスト混合層鉱物を含有している頁岩層である。このタイプの頁岩層は崩壊などの坑内障害を起こしやすく頁岩層の一つであって従来のリグネート泥水では解決が困難な頁岩層である。しかし、著しい崩壊を起こしやすいイライト質破碎性の頁岩に対してはK-ポリマー泥水でも解決が困難な場合がある。このような場合には泥水比重を上げると共にマイクロフィッシャーを閉塞して裸坑壁を保護強化する機能のあるアステックス、ソルテックスのようなアスファルト誘導体を併用することが必要である。



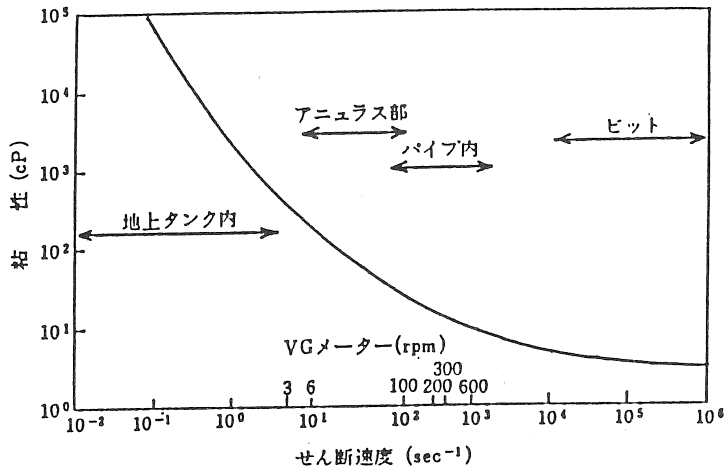


図-1 循環系統におけるせん断速度の相違と粘性変化

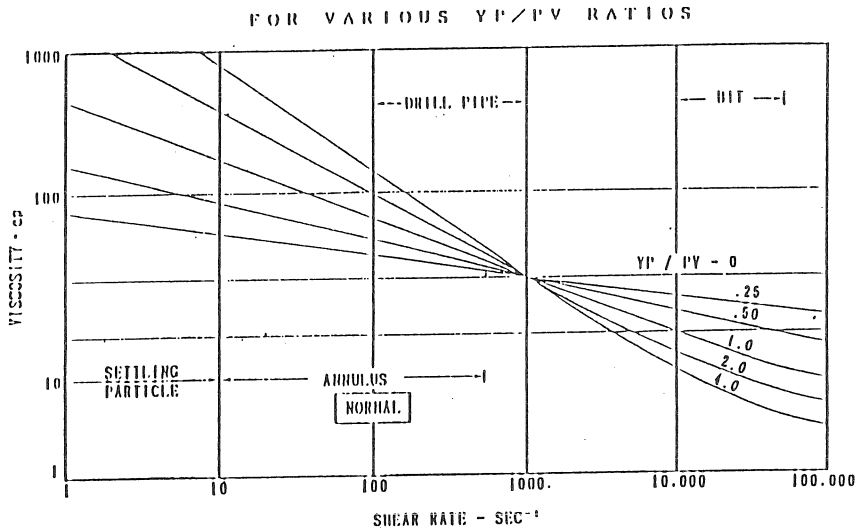
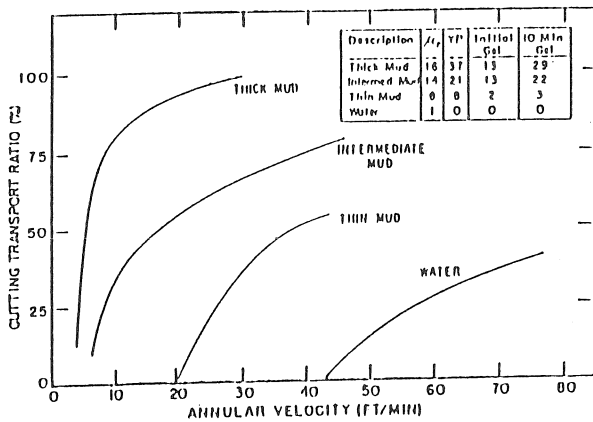


図-2 YV/PVの比による粘性比較  
(シアリングの大きさの違いによる粘性比較)



注)  
使用したザクは、  
たて1/8 In、よこ  
1/4 In、高さ1/8  
Inの人工ザク。  
又、それぞれの泥  
水比量は、12 ppg。  
テーブルを回さず  
循環したものであ  
る。

図-3 ポリマー泥水のカッティングス運搬能力について

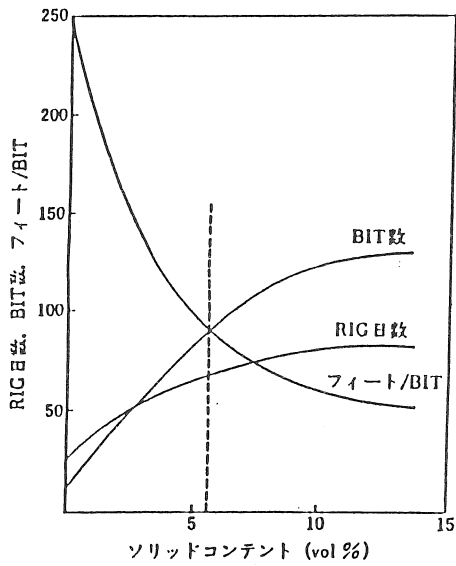


図-4 掘進率に及ぼすソリッドコンテンツの影響

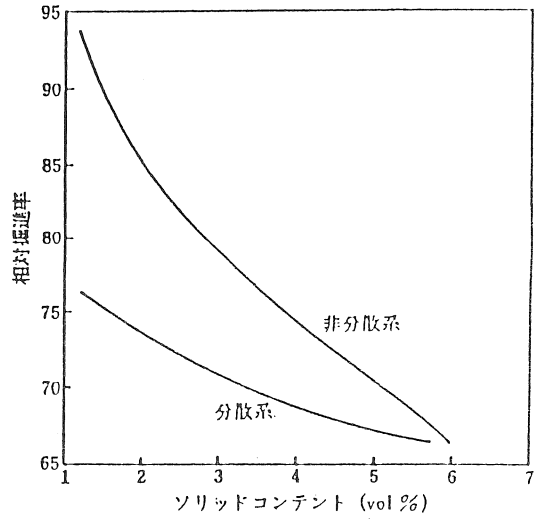


図-5 ポリマー泥水と分散系泥水の掘進率比較

## テルポリマーII

TEL-POLYMER-H

増粘剤  
脱水減少剤  
泥岩安定剤

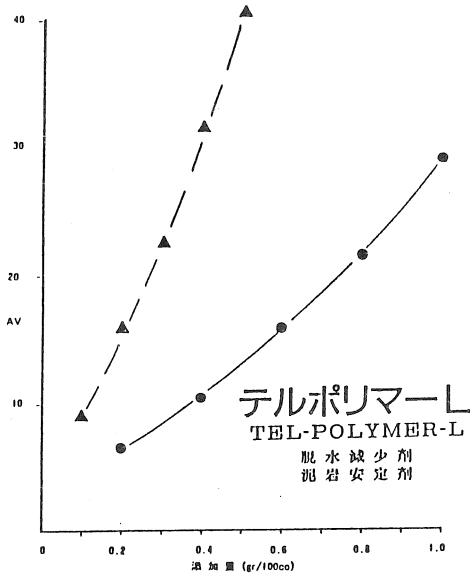


図-6 テルポリマーIIとテルポリマーLの粘性比較

## カルボキシメチルセルロース (CMC)と ポリアニオンックセルロース (テルポリマー) の セメント汚染によるYV値の比較試験

1:100, 0.5% = 10.00 0.05 0.1 0.2 0.5  
1:100, 0.5% = 10.00 0.05 0.1 0.2 0.5

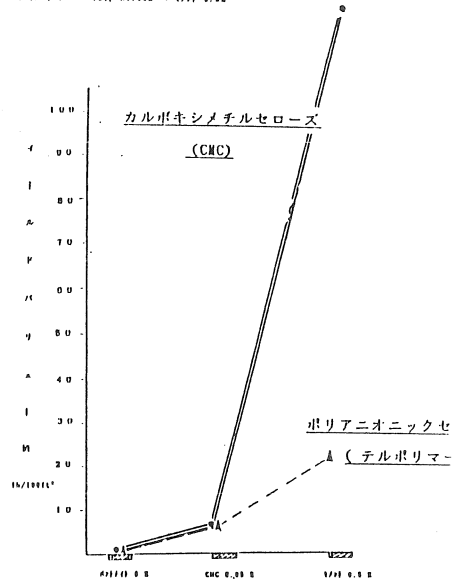


図-7 CMCとテルポリマーのセメント汚染比較

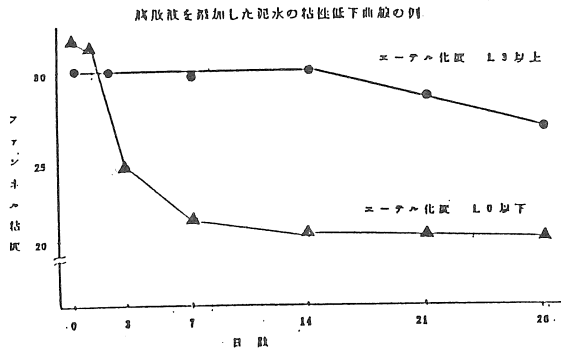


図-8 CMCとテルポリマーの腐敗粘性低下試験

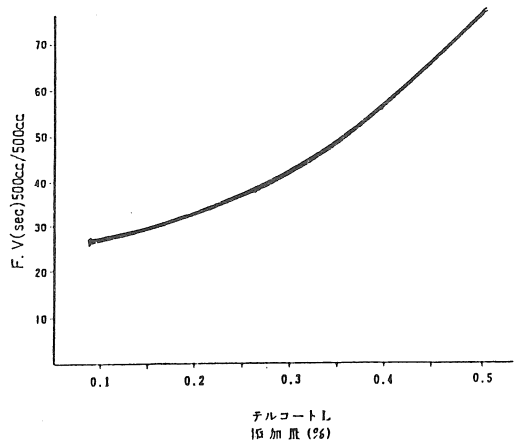


図-9 テルコートLの粘性試験

使用泥水を割水調整後

テルコート泥水に切り替えた場合の増粘試験

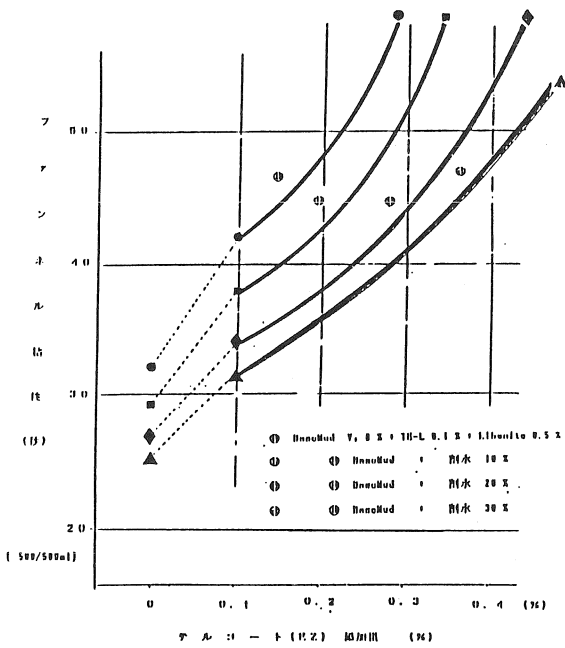
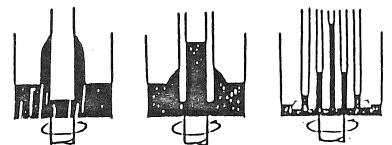


図-10 現場泥水からテルコート泥水への切り替え試験

ワイセンベルグ効果

粘弾性液体



ニュートン液体

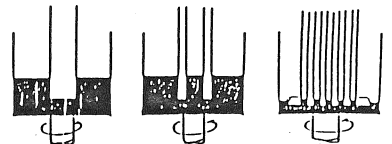


図-11 TK-60Bのワイセンベルグ効果

レスターとベントナイトの粘性経時変化

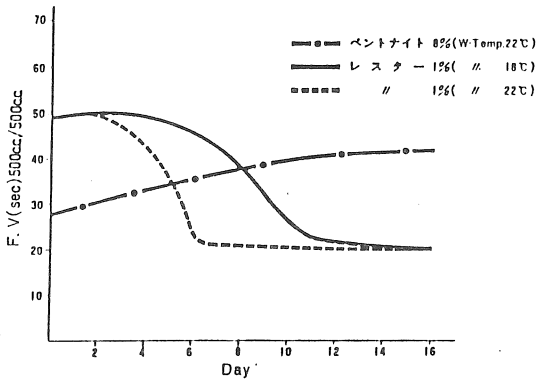


図-1.2 レスターの粘性経時変化試験

海中におけるファンネル粘性及び脱水収

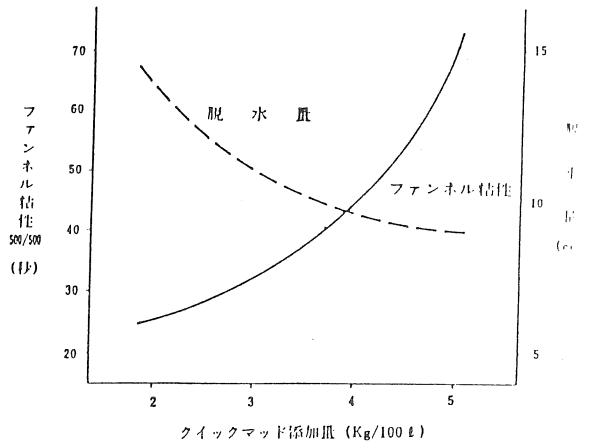


図-1.3 海水でのクイックマッドの泥水性質

表-1 水系泥水の種類

分散系泥水	分散ノンインヒビテッドタイプ (普通ベントナイト泥水)
	分散系インヒビテッドタイプ (リグネート泥水 K C I. リグネート泥水 K O H リグネート泥水)
	分散系セミインヒビテッドタイプ (リボナイト泥水 B X 泥水 B H 泥水)
非分散系泥水	非分散ノンインヒビテッドタイプ (ローソリッドポリマー泥水)
	非分散系インヒビテッドタイプ (K C I. ポリマー泥水)

表-2 泥水中におけるポリマーの機能と構造上の主要な特長と関連性

機能	主要な特長
増粘性	高分子鎖
増粘性及び増ゲル化性	高分子鎖及び多くの側鎖又はクロスリンク
塩分溶液中における増粘性	高分子鎖及び非イオン系又は高度に置換された陰イオンタイプ
分散、解こう	低分子量でアルカリ性で陰電化を帯びている。
脱水減少	形状がコロイド粒子
凝集	粘上粒子上に吸着する荷電でんグループを持った高分子鎖

表-3 ポリマーの種類について

ポリマーの区分	商品名
カルボキシメチルセルローズ系	一般のCMC (TE-Ms)
ポリアニオンセルローズ系	テルポリマー II、L
ザンサンガム系	XCDポリマー
グアガム誘導体	レクター
アクリル系ポリマー	テルコートL、TK-60B
ビニルアミド系	高温度用増粘剤 ホスタドリル
無機系ポリマー	超高温度用増粘剤

表-4 カルボキシメチルセルローズ (CMC) とポリアニオンセルローズ

カルボキシメチルセルローズ (CMC)	ポリアニオンセルローズ
テルセルローズ TE-Ms	テルポリマー-H
テルセルローズ TE-V	テルポリマー-L
テルセルローズ TE-L	テルポリマー-9

表-5 ベントナイト泥水とTK-60B泥水のコア採取比較表

掘削深度	コア採取長m	コア採取率%
ベントナイト泥水		
30.3 ~ 32.1 (1.8)	0.88	48.9
32.1 ~ 35.0 (2.9)	0.16	5.5
35 ~ 37 (2.0)	0.22	11.0
37 ~ 38.6 (1.6)	0.23	14.4
38.6 ~ 41.4 (2.5)	0.18	7.2
41.1 ~ 43.4 (2.3)	0.32	13.9
43.4 ~ 45.0 (1.6)	0.96	60.0
TK-60B (添加量	0.6 ~ 1.2%)	
45 ~ 47.5 (2.5)	1.12	44.8
47.5 ~ 50.6 (3.1)	1.51	48.7
TK-60B (添加量	1.8 ~ 2.4%)	
50.6 ~ 51.5 (0.9)	0.82	91.1
51.5 ~ 53.1 (1.6)	1.6	100
53.1 ~ 56.6 (3.5)	3.14	89.7
56.6 ~ 59.7 (3.1)	3.1	100

## 2. 道外の温泉開発事情 —— 沖縄を例として ——

ジオサイエンス（株） 小 出 潔

ジオサイエンス（株） 小 村 精 一

はじめに

当社では、1989年（平成元年）6月より、沖縄県那覇市西3丁目における温泉開発調査及び温泉井掘削工事（'90年5月）を実施し、1990年8月に水溶性天然ガスを伴う深層熱水タイプの温泉開発に成功した。

本温泉は、那覇市で初めての民間企業によって開発された温泉であり、位置が那覇市街の中心に近いこともあって、その開発成功は温泉とは縁のうすかった沖縄の人々に強い印象を与え、温泉開発の機運が高まりつつある。沖縄県、特に沖縄本島では1960年～1970年（昭和35～45年）にかけて、国の手で水溶性天然ガスの開発を目的とする調査が進められたが、天然ガスを含む温水の汲み上げによる地盤沈下を懸念する地元の声に押され、その後、調査開発が進展しなかった経緯がある。そこで今回の温泉開発の成功が温泉のみならず天然ガスも含めた豊かな地下資源が沖縄の人々にとって有効に活用されるための最初のステップになれば幸いである。

ここでは、温泉の概要と温水・天然ガス利用システムについて検討した結果について紹介する。

### 1. 地質概要

沖縄本島の地質は、そのほぼ中央部を具志川市から嘉手納町にかけて北東－南西方向に横断する天願断層によって大きく南北に二分される（図－1）。すなわち、天願断層以北では白亜紀より古い時代の基盤岩が露出しているのに対し、天願断層以南では、基盤岩は厚い新第三紀層によって覆われている。

### 2. 開発地点の地質層序

那覇市周辺地域の地質層序を表－1に示す。

開発地点付近は標高2m前後の平坦な低地で国場川河口を望む位置にあり、地表は厚さ数mの沖積層に覆われている。その下には琉球石灰岩（または那覇石灰岩）

が水平に堆積している。琉球石灰岩は那覇市街地をはじめ首里台地から那覇港外の海底面下にまで分布する。開発地点での層厚は約45mである。

開発地点では、琉球石灰岩の下位に来るのは島尻層群の下部層の豊見城層である。島尻層群上半部の新里層と与那原層は糸満以南に分布が限られているので、琉球石灰岩の下位には豊見城層が直接重なっている。

本層は島尻層群の最下部をを占めて沖縄本島南部の地下に広く伏在するほか、那覇市街地周辺の丘陵を構成して地表にも分布する。層厚が1,150mに及ぶ厚層で、青灰色シルト質泥岩を主とするが、この中に厚さ10~150mの砂岩層を多数挟んでいるので、全体でシルト岩と砂岩の互層状を呈している。従来の研究(福田, 1989)によると本層中の砂岩層は6枚あり、 $T_1 \sim T_{11}$ 部層と命名されている。偶数ナンバーの $T_2 \sim T_{10}$ 部層はシルト岩で砂岩部層と交互に出現し、これが豊見城層の主体をなす地層であり天然ガスの有機質の根源岩でもあるが、温泉水滞留層とはならない。

名護層は本地域の基盤岩で、千枚岩・粘板岩等の硬質岩類(白亜紀)から成る。本層中に温泉水賦存の記録はないが、水溶性天然ガスの成分の一部は本層に由来するものもあると考えられている。

### 3. 既存試錐井の記録

#### (1) 開発経過

沖縄本部南部地域では旧琉球政府(現沖縄県)と通産省(地質調査所)が、天然ガス開発を目的として6次に及ぶ調査(1960~70年)を実施した。その過程で琉球1号井(那覇市国場, 現在の名称は沖縄県1号井, 位置は図-1の地質略図参照, 以下同じ), 同2号井(那覇市奥武山), 同3号井(糸満市字潮西原)の3試験井が掘削され、各種の調査研究が実施された。その結果、一部の試験井は基盤岩まで掘進み、またすべての試験井で天然ガスの噴出を見るに至った。特に2号井では天然ガス日産900立方メートル, 温水日量603立方メートル, 沃度日産30キログラム(100ppm)の産出が確認されている。その結果、沖縄本島南部地域の地下地質構造の解明は飛躍的に進み、天然ガス開発の機運が高まった。

しかし、本地域の天然ガスは水溶性であるために、天然ガスの開発には必然的にこの温水を大量に汲み上げる必要があり、これが地盤沈下をもたらすと懸念されて、調査はその後進展しなかった。1977年になって、地元企業((株)琉球リゾート)がこの天然ガスと温水の総合利用によるリゾート開発を目的と

して具志頭村坂名城（太平洋岸）に具志頭1号井（1,708m）を掘削して、更により成果を収めた。同社はその後同地にゴルフ場とそれに付属するクラブハウスとホテルを建設して1988年12月から天然ガスと温泉を実際に利用した総合保養地（リゾート）を営んでいる。

## （2）記録の概要

上記の既存試錐井4杭の坑井諸元を表-2にまとめて表示する。

この表から明らかなように、上記砂岩部層のうち最も優れた産出能力を示しているのは豊見城層の基底砂岩に相当するT<sub>11</sub>部層（沖縄県2号井）で、産出温水量（416.7t/min）、産出ガス量（900m<sup>3</sup>/d）とも最大置を記録している。

## 4. 温泉井掘削工事

掘削工事は、1990年5月24日に開工式・安全祈願祭をとり行い、着手後79日目の8月11日に深度802mで掘削を完了した。仕上げを行ったところ、97日目の8月29日午前11時30分に待望の温泉が自噴した。そして、引続き実施した生産試験によって本温泉井が当初の目的を達成していることが確認された。

本温泉井及び温泉の概要は以下のとおりである（図-3）。

① 本井は、深度802.0mにて掘削を完了した。

目的とした豊見城層最下部であるT<sub>11</sub>部層（砂岩・細礫岩互層）は深度687.0～774.0mに分布し、774.0m以深には基盤の名護層（千枚岩）が分布することが確認された。

② ストレーナーはT<sub>11</sub>部層全体を対象として、Φ100mm巻線型を深度670.0～780.0m（区間長110.0m、5.5m×22本）に設置した。

③ 温泉水は孔口より自噴している。

湧出量は毎分約750t、孔口温度40.9℃、微黄色透明で、水溶性天然ガスを含んでいる。泉質は含ヨウ素・ナトリウム-塩化物泉（食塩泉）で、塩分濃度約1.4%、pH7.4である（分析：沖縄県公害衛生研究所）。

なお、この自噴は量的にも安定し、かつ永続性が期待できる。

④ 天然ガスはメタンを主成分（94%）とし、可燃性である。

産出量は毎分約1.1m<sup>3</sup>で、ガス/水比は約1.5である。



## 5. 温水・天然ガス利用システム概念設計

温泉水と可燃性天然ガスが産出する場合の処理・利用方式には、その産出量に応じて、いくつかのケースが考えられる。

ここでは、期待産出量、温水毎分400ℓ、温度40℃、随伴天然ガス量日産900立方メートル（温度35℃）の範囲で、特に予測の難しい天然ガス量の変動とそれに対応した利用方式を考慮して代表的な4つのケース（表-3）を想定して、ブロックフローダイアグラムを作成して検討した。

表-3 温水・天然ガス利用システム一覧表

ケース	前提条件	利用対象	主要設備	経済性
①	温水自噴 (ガス少量)	温水プール・共同浴場 給湯	水ガス分離装置 ガス放散塔・熱交換器	△
②	温水自噴	温水プール・共同浴場	水ガス分離装置	○
	ガス中量	厨房	ガス貯槽・付臭装置	
③	温水自噴	温水プール・共同浴場	同上・ヒートポンプ	○
	ガス多量	冷暖房・厨房・給湯	ガスエンジン・ボイラー	
④	ガスリフト	温水プール・共同浴場	同上・ヒートポンプ	◎
	ガス多量	冷暖房・厨房・給湯	コンプレッサー	

その結果、本温泉の温水・天然ガス利用システムはケース③（温水自噴、天然ガス多量、地上設備なし、図-4参照）になる見通しである。

すなわち、温水も天然ガスもほぼ期待値通り産出するが、天然ガスが多量のため処理設備を設置するための敷地が、確保し難い場合に考えられるケースで、温水も天然ガスも100%利用を図りながら、天然ガスの地上設備は設置しない。そのため、産出天然ガスは小型ガス貯槽を経て計量（積算流量計）後、圧送ポンプを使用して近くにある既存の都市ガス集ガスラインに乗せる。これを利用する時には通常の都市ガス供給方式で配ガスラインから導入することになる。

このケースでは、地上設備を全面的に都市ガス供給会社の保有設備に依存することになるので、契約上の問題が生ずる。原則的には山元卸価額と小口末端価額との差を負担するだけで、ガスを利用でき、しかも建設費（約7,000万円）を節減できる。

細部については需給契約上の協議によるが、ケース④に較べれば天然ガス100%自立利用のメリットが減るので、経済性はやや低くなる。また、鉱業権者との協議（貸借契約）と鉱山設置手続きが必要になる。

#### 付) 天然ガス鉱業権と温泉開発諸手続き

温泉開発・天然ガス開発には、それぞれ法令の定める諸手続きが別個に必要である。温泉開発は温泉法に、天然ガス開発は鉱業法に、それぞれ規定されているが、鉱業法では天然ガス鉱区が鉱業権として不動産と同様の権利（物権）を認められている（第12条）のに対して、温泉の場合はこれに相当する権利が設定されていないので、温泉掘削と利用について許可（第3，8，12条）を受けて事業を進めることになる。温泉・天然ガス開発に必要な許認可の手続きは図-5「許認可手続きフロー」のようになる。

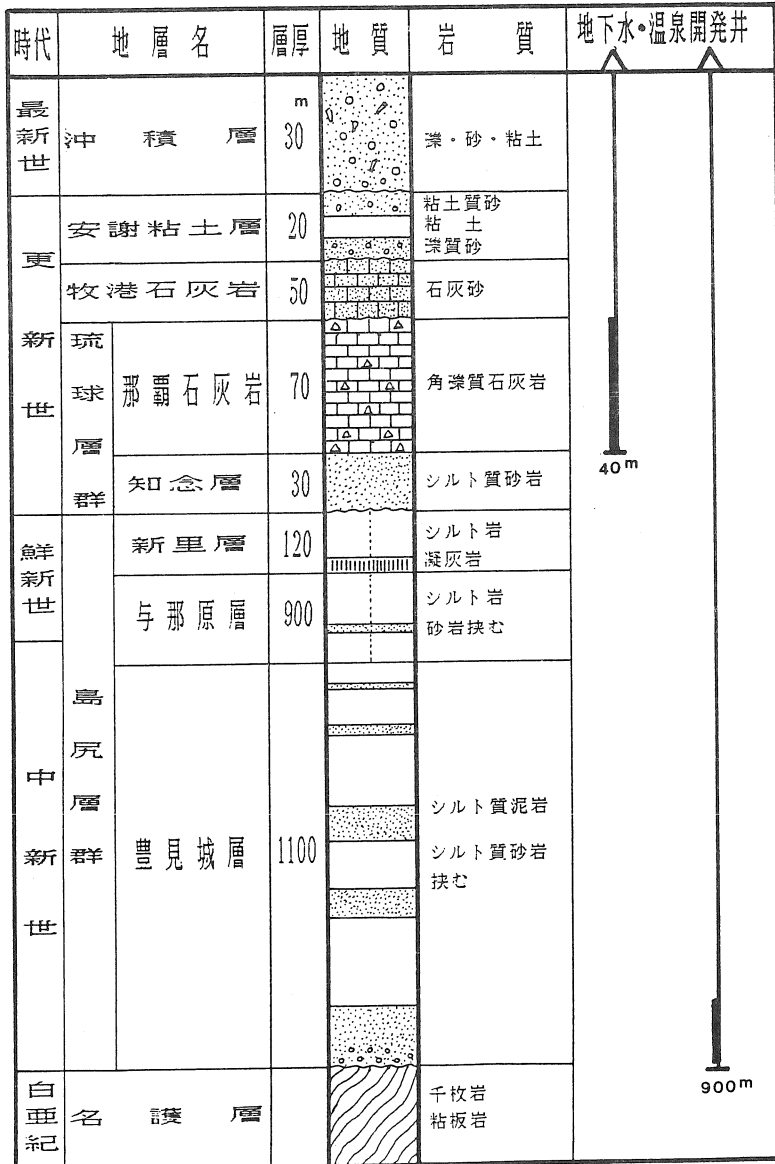
## 参 考 文 献

- 福田 理・永田松三（1977）：具志頭R-1号井自噴す。地質ニュース，第276号。
- 福田 理（1978）：沖縄島南部ガス田の地下地質。
- 名取博夫・影山邦夫（1978）：日本石油・ガス田図「沖縄本島中-南部」。地質調査所。
- 氏家 宏（1988）：沖縄本島中-南部地質図。（株）国建発行。

表-2 那覇市周辺地域の主要試験井坑井諸元

坑井名 諸元	沖縄県1号井	沖縄県2号井	沖縄県3号井	具志頭1号井
坑井所在地	那覇市国場	那覇市奥武山	糸満市潮西原	島尻郡具志頭村 玻名城
試掘期間	昭41.10.6 ~41.12.11	昭43.12.19 ~44.5.11	昭45.2.28 ~45.4.29	昭52.2.10 ~52.3.16
試験期間	昭41.12	昭44.5.10 ~5.17	昭45.4.29 ~6.13	昭52.4.8 ~4.12
標高(m)	2.64	3.11	2.0	45.80
掘削深度(m)	434.95	978.38	1,060	1,708.65
最終仕上げ径(寸)	2 7/8	4 1/2	4 1/2	4 1/2
ストレーナ区間 (m)	405 ~435	832.46 ~943.00	470.00 ~851.29	993.15 ~1,686.36
生産層	T <sub>3</sub> 部層	T <sub>11</sub> 部層	T <sub>3</sub> , T <sub>5</sub> 部層	T <sub>1</sub> ~T <sub>3</sub> 部層
有効層厚(m)	18	63	199	151
産出温水量(l/min)	50.3	416.7	349.3	333.3(347)
産出ガス量(m <sup>3</sup> /d)	68.9	900	698	1,825(800)
湯水口元温度(°C)	30.0	44.0	39.0	48.0
ガス水比	0.95	1.49	1.39	3.80(1.60)
浸透率(md)	44	101	39	52
湯水産出指数 (Kl/d/kg/cm <sup>2</sup> )	-	285.7	119	120

表-1 那覇市周辺の地質層序



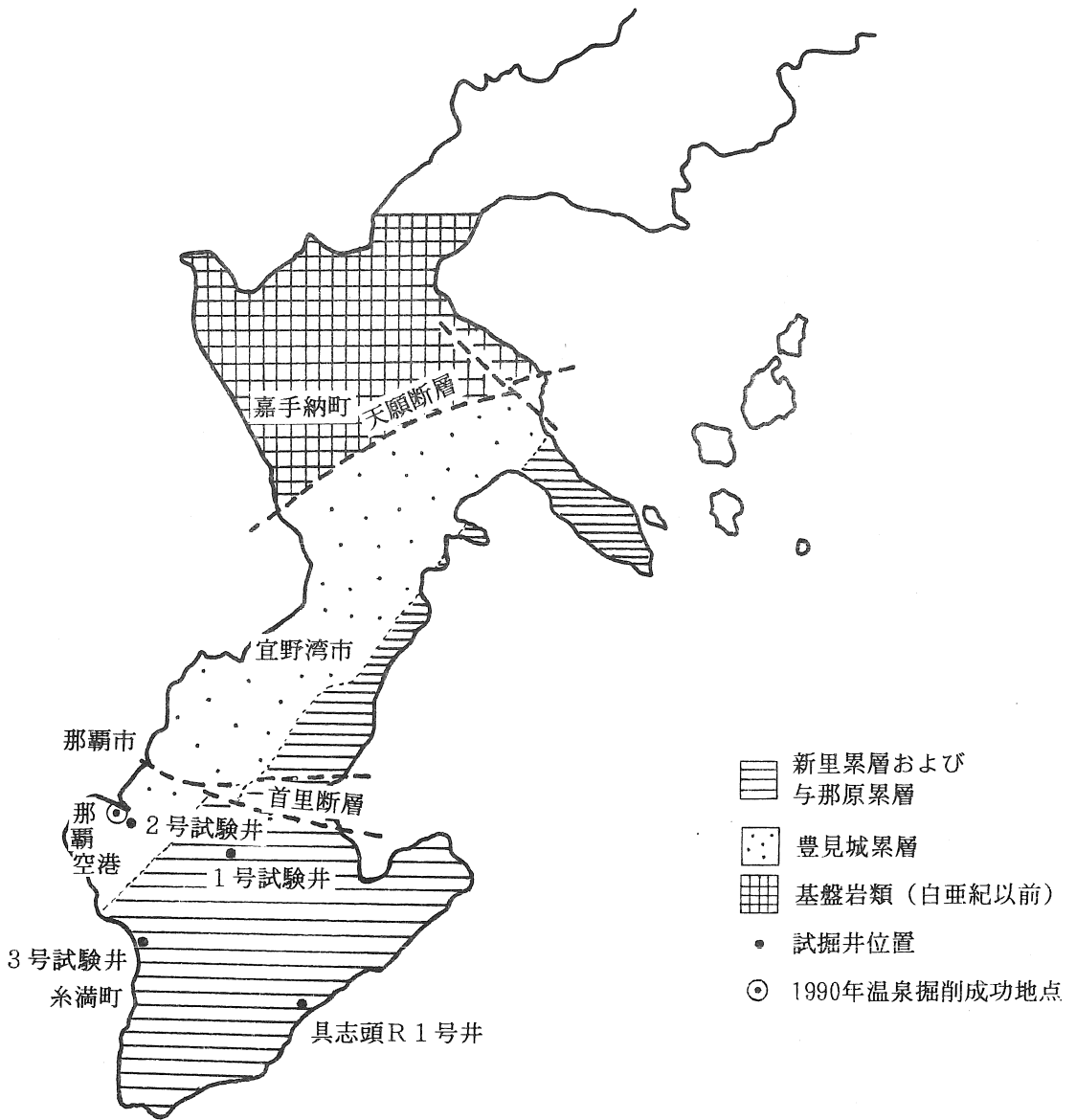
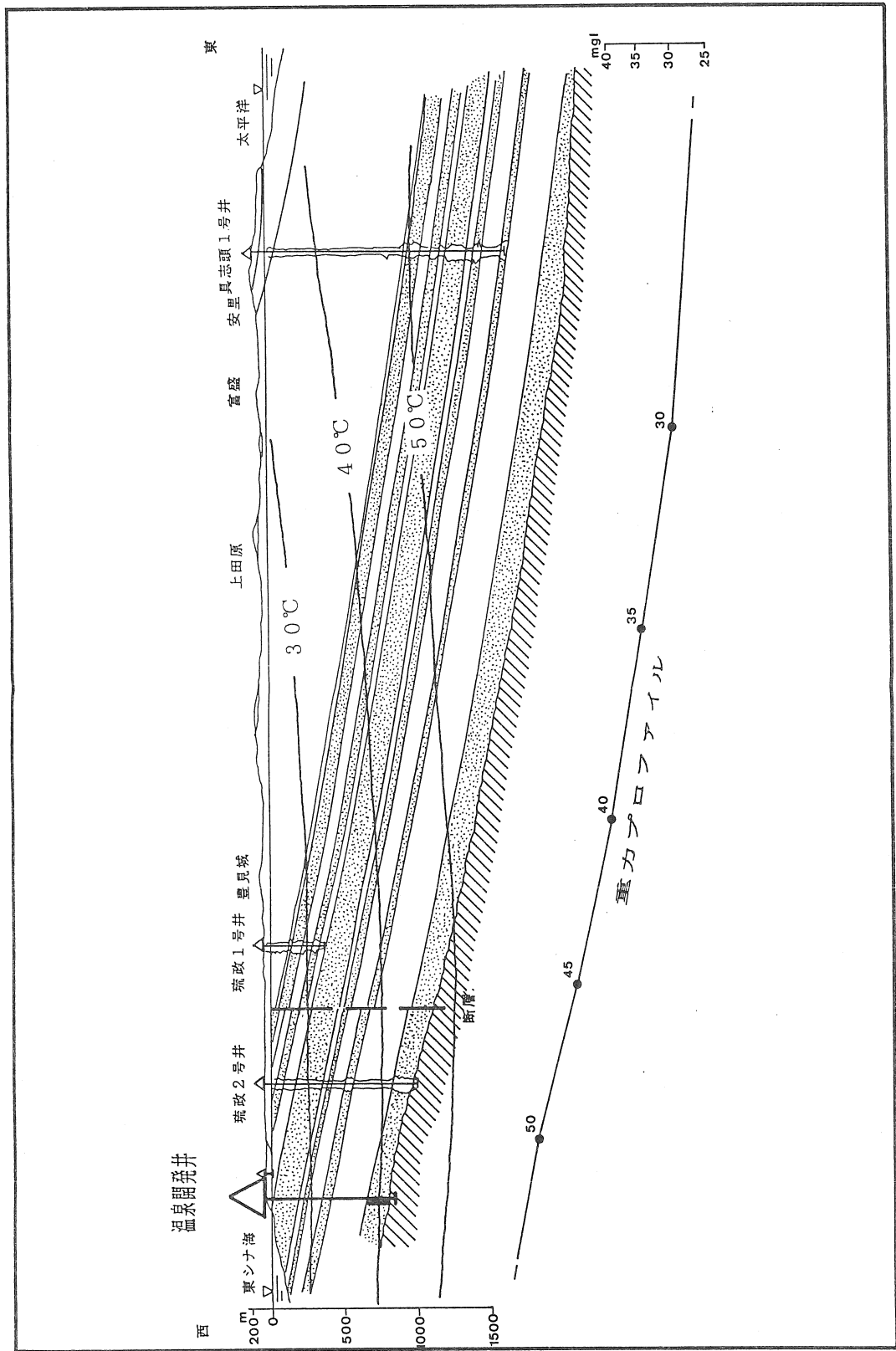


図-1 沖縄島南部ガス田の地質略図(福田, 1977を簡略化)と掘削井の位置



図一 2 温泉水滞留層断面図

<地 質>

<ケーシング>

<掘削方法>

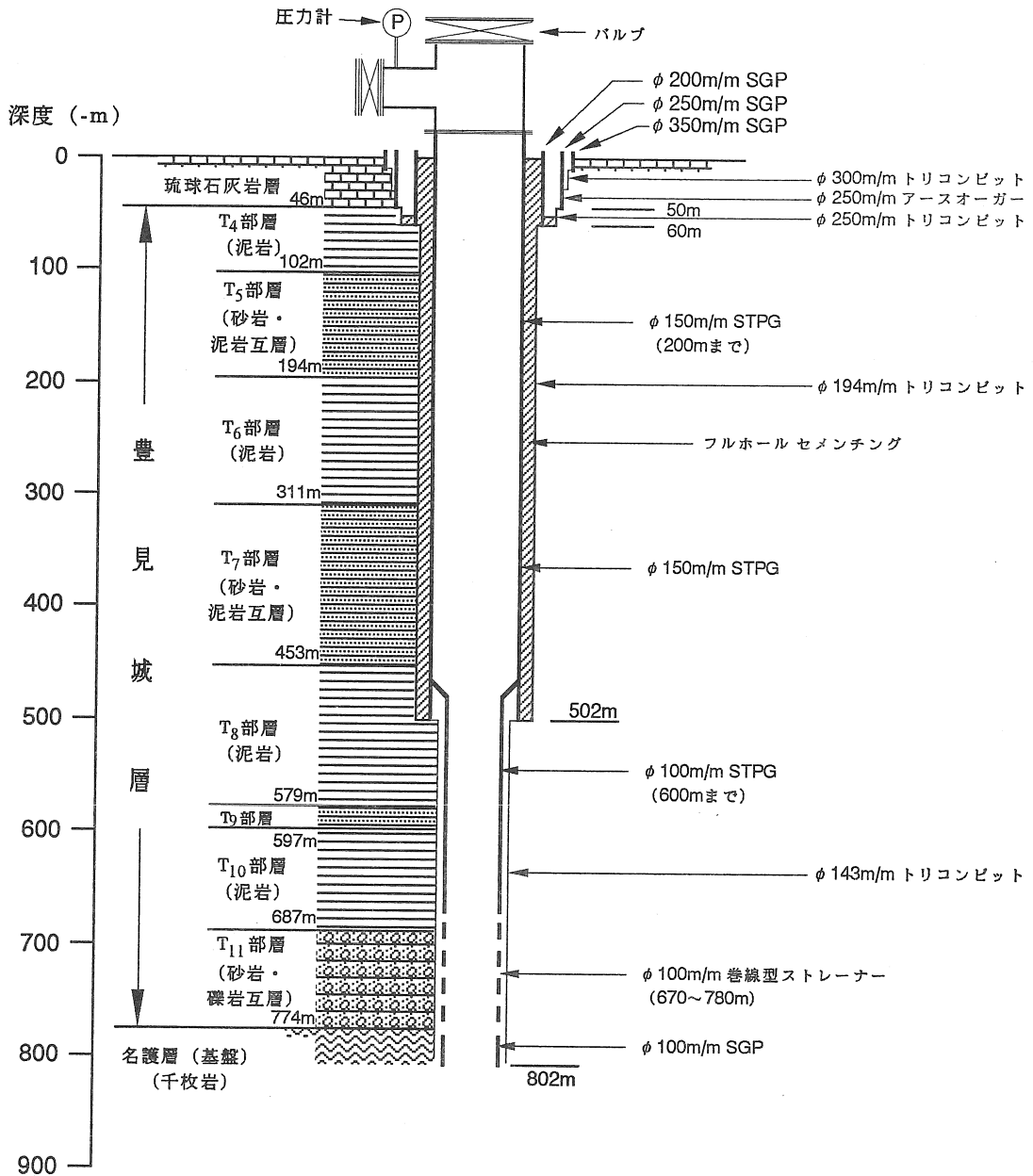


図-3 杭井仕上げ図



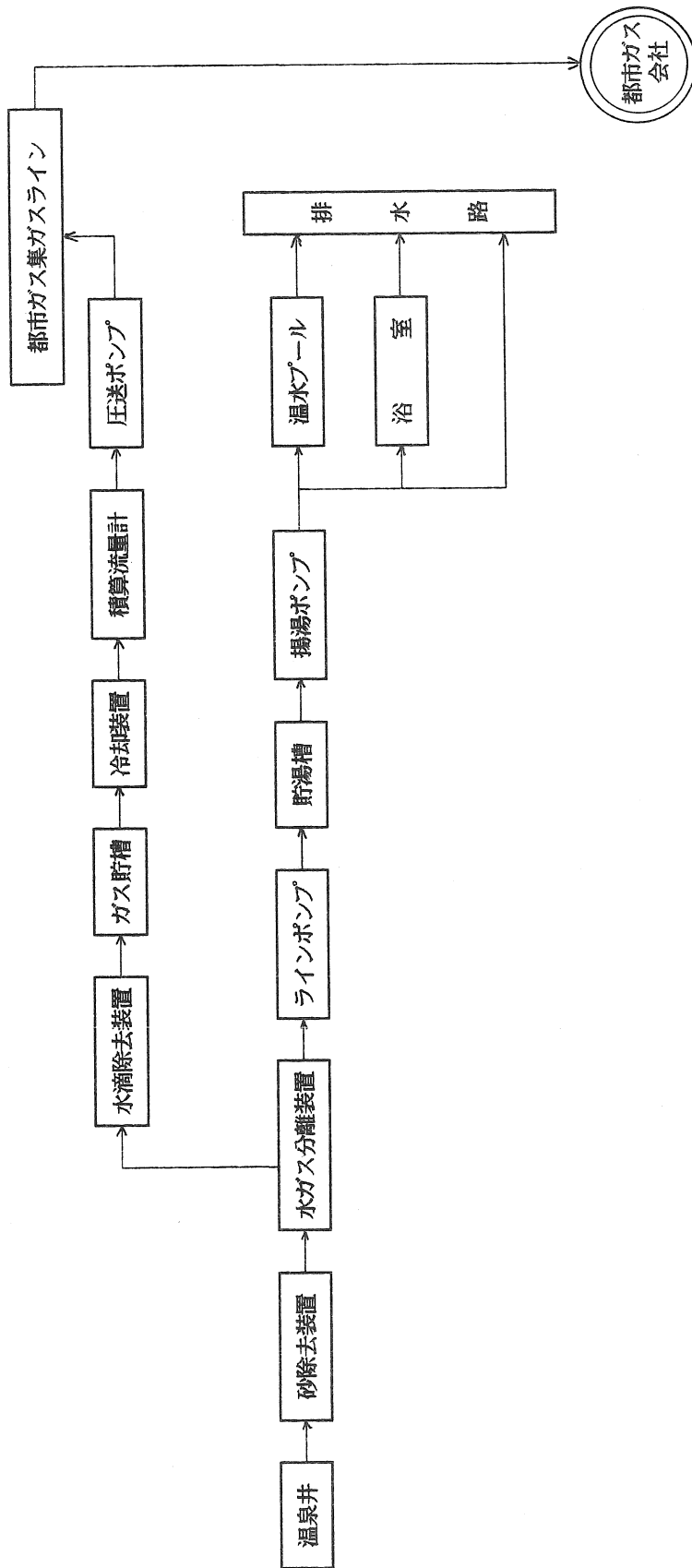


図 - 4 ケース③の熱水利用系

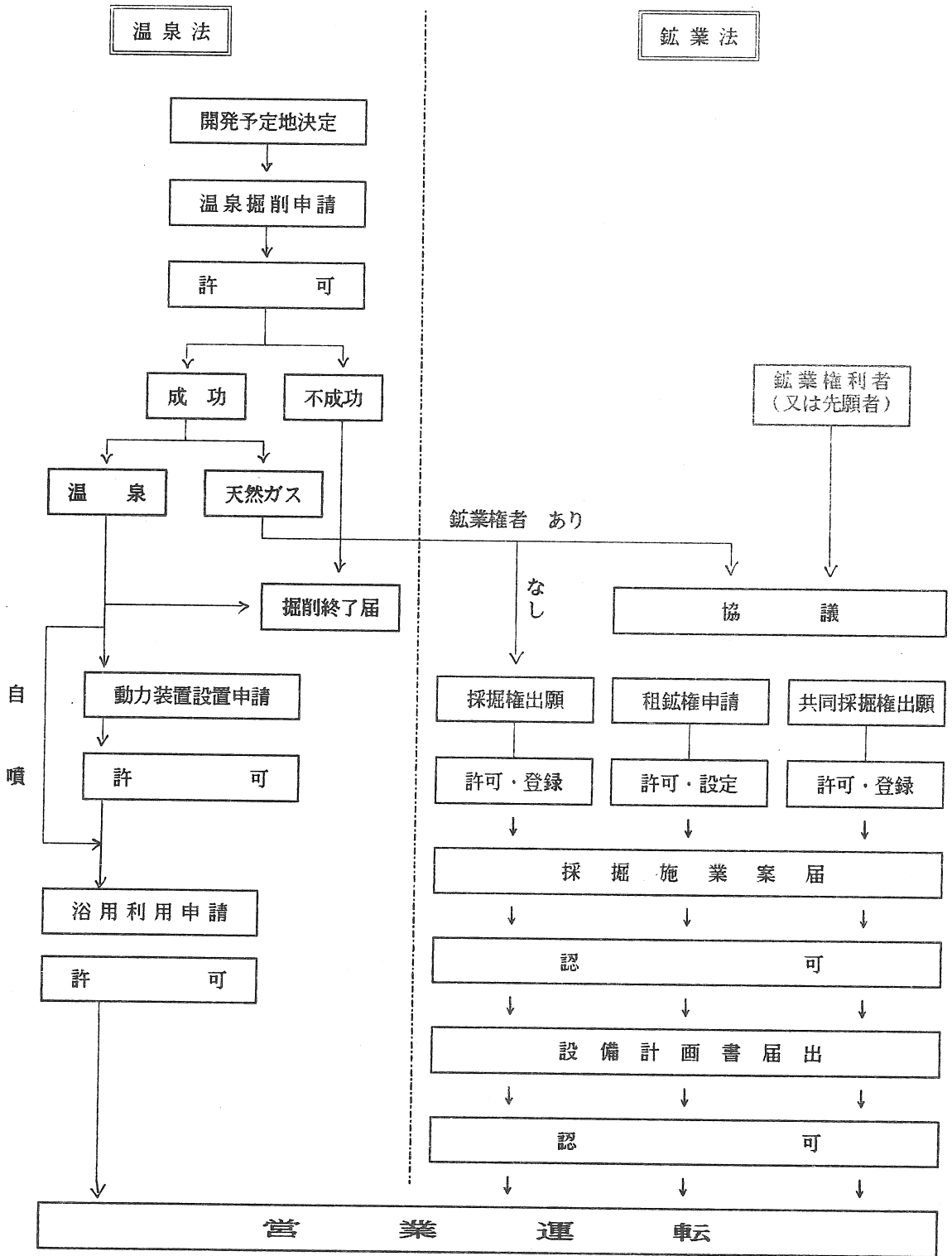


図-5 温泉・天然ガス開発許可認可手続き フローチャート

### 3. 世界の超深度掘削計画

株式会社 利根 企画技術室  
次長 副島寅二郎

現在世界で最も深い坑井はソ連のコラ半島で掘削されているSG-3号井というボーリング孔で、1970年に15,000mを目標にして掘削が開始され、1990年末で12,200mを越えている。このコラ井が世界最深であることと、これによって得られた学術的な成果によって世界の科学者や技術者から注目されている。

ソ連はこのような超深度井（深度6,000m以上）の掘削を、戦略的な国家プロジェクトとして10数箇所で実施または計画しており、将来はソ連全土にネットワークを展開することになっている。

ちなみに、世界第2位はアメリカのBertha-Rogerという石油探査井であり、日本では平成2年に新潟で掘削された2本の石油天然ガス基礎試錐（東頸城、新潟平野）の6,000mが最も深い坑井である。

図-1は世界各国の陸上で掘削された主な坑井の記録（超深度井に限らない）をフランスGFP計画パンフレットから引用したものである。

以下に、超深度掘削を含む主に学術研究を目的とする掘削計画について紹介する。

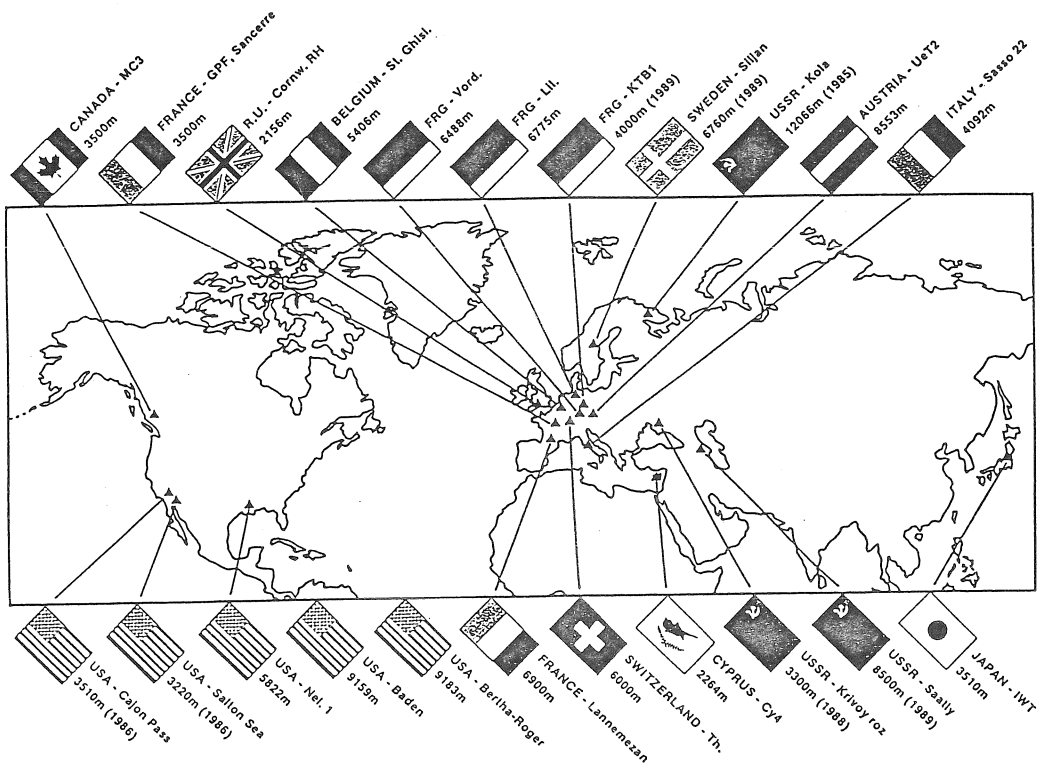


図-1 世界の主な陸上掘削記録

1. ドイツK T B計画（大陸超深度掘削計画）

ドイツ連邦共和国K T B計画（Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland）のもとに進められている、ドイツの威信をかけての国家プロジェクト。

K T B計画の運営体制は、ドイツ研究協会（ボン）が地球科学の研究を支援（予算の配分と調査）、ニーダーザクセン州地質調査所（ハノーバー）内に設置されているK T Bプロジェクトグループが装置を含む掘削技術の開発を担当し、また現場の運営管理に当たっている。装置の製作を含め実際の掘削作業は、この計画のために設立されたコンソーシアムU T B（Ultratief Bohrgesellschaft mbH）が請負っている。コンソーシアムのメンバーはDEUTAG DRILLING（Deutsche Tiefbohr-AG）、DST（Deutsche Schaftbau und Tiefbohr-gesellschaft mbH）、ITAG（ITAG Tiefbohr GmbH & Co. KG）の3社であり、これに WIRTH, Eastman Christensen, AEG, Mannesmann, SHAPPER 等の国内企業が協力し、ほとんど国産技術の挙国体制で臨んでいる。図-2はK T B超深度井の掘削計画であり、図-3および図-4はそれぞれ本番孔で使用されるドリルリグとその主要スペックを示している。

K T B計画の総予算は約 4,500万マルク（約320億円 1マルク=70.9円）で 1989年4月 4,000m のプレボーリングを完了し、1990年 9月より 10,000mを目指して 本番孔の掘削を開始している。工期は4年半を予定している。

掘削地点はドイツ中央東部のボヘミア地方オーベルプファルツ郡ヴィンデッシュエッセンバッハ村にあり、中部ヨーロッパのボヘミア地塊でのパリスカン造山運動期の衝上断層を突っ切るように掘削する。

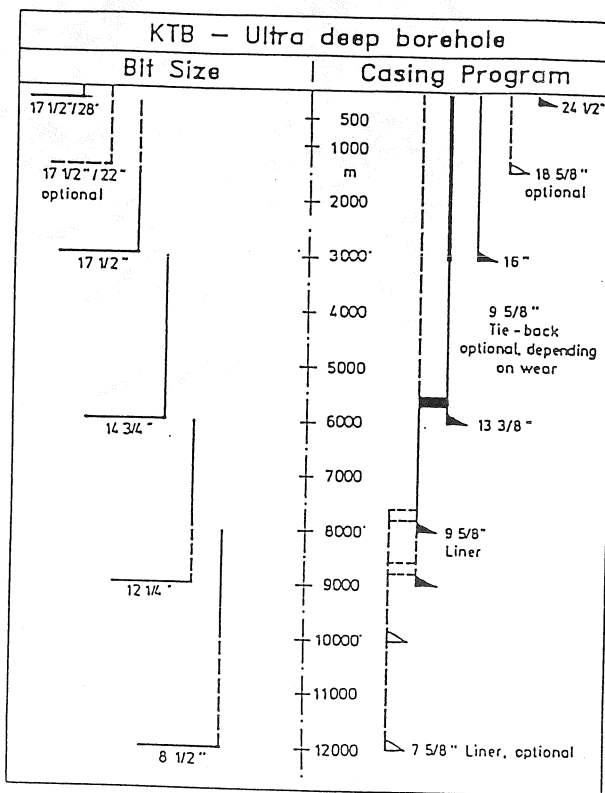
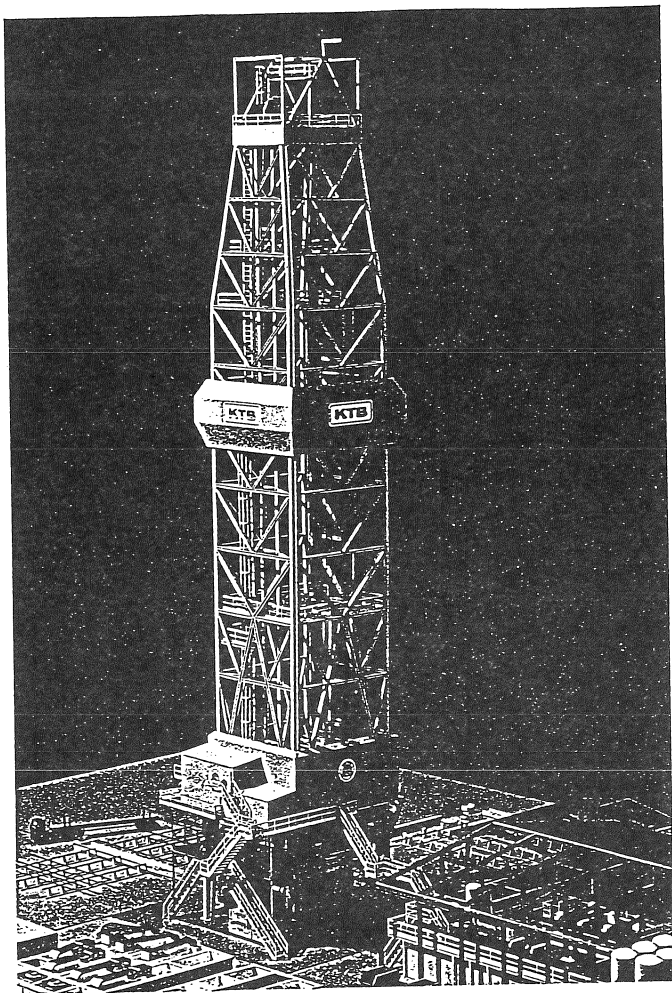
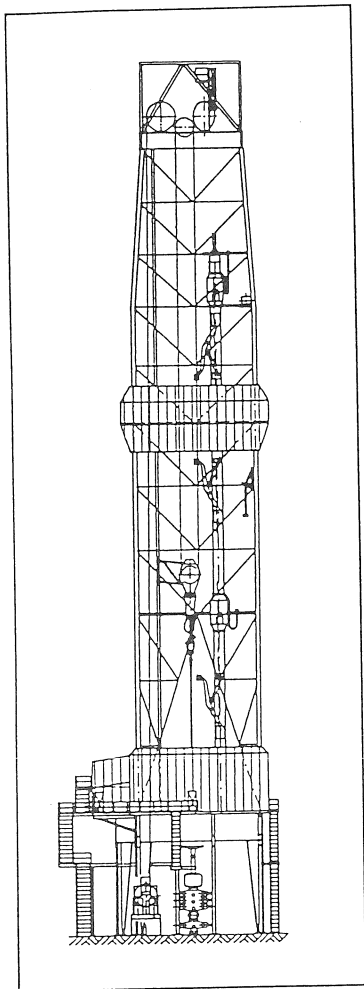


図-2 K T B超深度井掘削計画

K T B 計画の主な地球科学的研究目的

- ・ 中部ヨーロッパの基盤岩の構造とその成因
- ・ 地殻の化学組成の変化の経過
- ・ 地殻内のガス成分の化学組成と現在進行中の諸現象との係わり
- ・ 高温高圧下での岩石の機械的、電磁氣的性質



UTB ULTRATIEF  
Bohrgesellschaft mbH

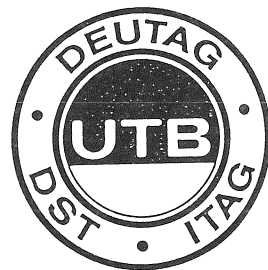


図-3 K T B 計画用リグ UTB-1 GH3000EG型

# Die Bohranlage/The Drilling Rig UTB-1 GH 3000 EG

## Technische Daten - Technical Specification

<b>1. Bohrturm</b> Fabrikat Basis Freie Höhe Einsicherung Hakenausnahmelast Kronenausnahmelast Abstellkapazität	NOELL 11,50 x 11,50 m 63 m 10 - 16 8.500 kN 10.550 kN 12.000 m DP + DC	<b>1. Derrick</b> Manufacturer Base Clear Height Number of Lines Max. Hook Load Nominal Gross Capacity Racking Capacity
<b>2. Unterbau</b> Fabrikat Arbeitsbühne Höhe Freie Höhe Max. Tragkraft	DEILMANN 13 m x 13 m 11,75 m 9,50 m 12.000 kN	<b>2. Substructure</b> Manufacturer Rig Floor Height Clear Height Load Capacity
<b>3. Hebewerk</b> Fabrikat Max. Leistungsaufnahme Betriebsart Max. Zugkraft Max. Seilgeschwindigkeit Anzahl der Gänge Seildurchmesser Nachlaufvorrichtung	WIRTH 2.200 kW 4 - Quadrant / DC 750 kN 20 m/s 4 1 3/4" 0 - 30 m/h	<b>3. Drawworks</b> Manufacturer Max. Input Operating Method Max. Line Pull Max. Line Speed Number of Speeds Drill Line Diameter Feed-off-control
<b>4. Spülpumpen</b> Fabrikat Anzahl Max. Eingangsleistung Fabrikat Anzahl Max. Eingangsleistung	WIRTH 2 1.240 kW, each LTV CONEMSCO 1 620 kW	<b>4. Mud Pumps</b> Manufacturer Number of Units Max. Input Manufacturer Number of Units Max. input
<b>5. Antriebssystem</b> Fabrikat Art Netzeinspeisung Anzahl der Antriebsmotoren Fabrikat Max. Leistung	AEG SCR System 2 x 20 kV / 7.000 kVA 9 x DC SIEMENS 740 kW, each	<b>5. Drive System</b> Manufacturer Type Mains Number of Drive Motors Manufacturer Max. Output
<b>6. Pipehandling</b> Pipehandler - Fabrikat - Höhe - Kapazität - Zuglänge Doppel-Elevator-System Retraktor Verschraubeinrichtung Gestängeschwenkvorrichtung Gestängeförderer	HITEC / VARCO 53 m 150 kN max. 40 m VARCO VARCO VARCO DEILMANN DEILMANN	<b>6. Pipehandling</b> Pipehandler - Manufacturer - Height - Capacity - DP Stand Dual Elevator System Retractor Iron Roughneck Pipe Boom Pipe Conveyor
<b>7. Preventer</b> Farabrikat Anzahl Freier Durchgang Druckstufe	SHAFFER 4 x Ram + 1 x Annular 18 3/4" 700 bar	<b>7. Preventers</b> Manufacturer Number of Units Opening Rating
<b>8. Tankanlage</b> Fabrikat Aktivtank-Volumen Reservetank-Volumen	ITAG 150 cbm 300 cbm	<b>8. Mud Tank System</b> Manufacturer Active Tank Volume Reserve Tank Volume

図-4 K T B リグ UTB-1 GH-3000 EG の主要仕様

## 2. ソ連深部地殻探査戦略

現在地下資源のほとんどは大陸棚、海洋底を含め露頭もしくはあまり深くない深度から採掘されている。現在確認されている埋蔵量とその採掘量からいってそれほど遠くない将来に枯渇することが予想されている。このため地殻深部構造の研究は非常に重要であるとして、ソ連領土について次の三段階で解明する計画を実施している。

### 第一段階 1960年代

主にプロジェクトプロポーザルの作成、地球科学技術の開発、10km～15kmの超深度掘削設備・技術と、地質・地球物理探査装置・技術の開発

### 第二段階 1970年代

この段階でコラ半島とサアトゥルイで超深井の試掘の開始と、一部地域での深部地殻の物理探査の実施

### 第三段階 1980年代

ソ連領土内での地殻と上部マントルの総合的な研究を開始

これまでの重要成果

- ・地殻と上部マントルの構造モデルを作成し、鉱産物埋蔵量予測についての新しい手法の研究
- ・埋蔵量の定量と評価についての予想図の編集
- ・主要鉱産物について将来の探査の方向付け

掘削を含め各種の探査事業はソ連地質省傘下の複合企業“NEDRA”（本部Yaroslavl市、ロシア共和国）が請け負っている。

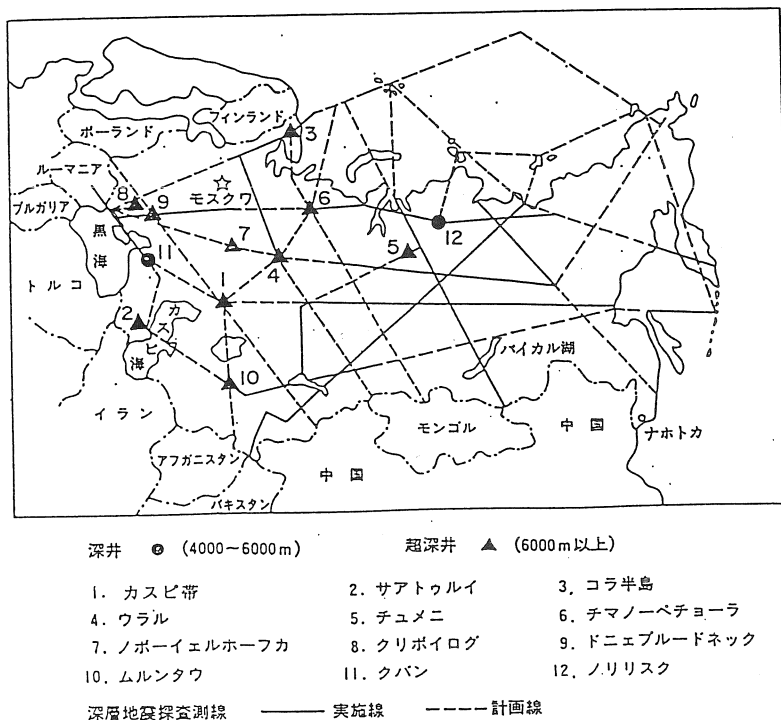


図-5 ソ連の大深度と超深度掘削計画

## 超深度掘削計画ネットワーク（図－５）

### カスピ帯 S G－１号井

計画深度6km、早期石炭紀とデボン紀の地層を研究し、石油埋蔵の可能性を探る。

### サアトゥルイ S G－２号井

計画深度12km、外コーカサス地域での中生代と古生代堆積層の石油・天然ガス埋蔵規模の探査を目的としている。深度8,190mに達したあと間もなく中断された。

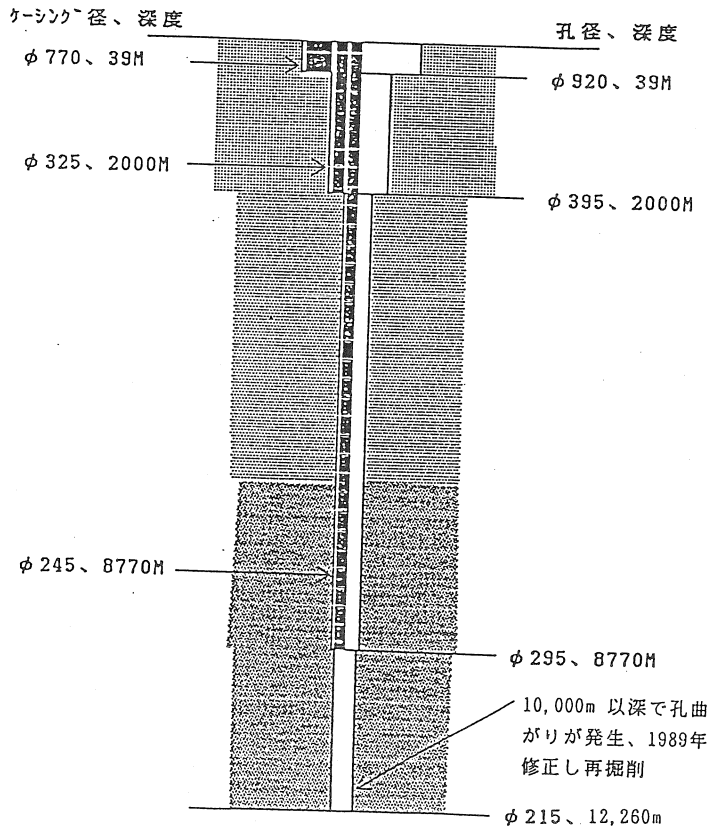
### コラ半島 S G－３号井（世界最深の坑井）

計画深度15km、1970年に掘削を開始し、1990年末深度 12,260m（坑底温度約210℃）。

ソ連の西北端に位置するコラ半島のムルマンスク地区ザポリアルニ（バルト盾状地）で掘削を継続中。世界で初めて深度11kmを越す最も古い結晶岩体での断面図を作成した。

坑井から得られた岩石コアを直接観察研究することで、バルトシールド東北部での地球物理的深部構造に対して現実的な認識が得られた。また深部地震探査に基づき推測した断面と、掘削により作成した断面には根本的に相違していることが判明した。

新しく開発した試験手法でこれまでの一部の理論概念の検証を行った。10km以深での岩石状態の新しい資料を得た。これは毒性産業廃棄物貯蔵の人口空間を建設することについての評価を行う上で非常に重要なものである。地下水の化学成分の垂直変化特性を調査した。これは地殻内水文物理分布帯モデルの確立と、各種鉱物変成プロセスでの作用を明確にする上で重要である。図－６はコラ S G－３号井の現状を示す。



図－６ コラ S G－３号井



### ウラルSG-4号井

計画深度12~15km、銅、ニッケル、鉛鉱床生成過程を解明する。

### チュメニSG-5号井

計画深度12km、中生代、古生代の沈降地層を掘削し、石油埋蔵量の評価を行う。

### チマノーパチョーラSG-6号井

計画深度5km、デボン紀地層を研究し石油埋蔵量を評価する。

### ノボーイェルホーフカSG-7号井

計画深度6km、石油埋蔵量の調査。

### クリボイログSG-8号井

計画深度12km、ヨーロッパロシアの主要鉄鉱石供給基地であるクリボイログ鉄鉱山地域で掘削されている。ウクライナ盾状地の先カンブリア紀変成岩累層でのクリボイログークレメンチュグ構造の中央部に位置しており、その構成構造の捕捉、周辺部の始生代とさらに遅い時期の花崗岩と変成累層との関係、クリボイログ系含鉄珪素層の拡大の底部規定、変成、交代作用の累帯分布、鉱石世代のプロセスの交代作用等の研究を目的にしている。

### ドニェプルードネックSG-9号井

計画深度6km、天然ガスの探査。

### ムルンタウSG-10号井

計画深度6.5km、金鉱床生成過程の研究。

### クバンSG-11号井

深度12km、北コーカサスに位置し、全中生代の石油・天然ガスの埋蔵量を探る。

## 3. スウェーデン、シルヤンクレータ掘削計画

2010年までに国内の原子力発電を全廃することが国民投票で決定された。その代替エネルギーとして、アメリカのコーネル大学トーマス・ゴールド博士等が提唱している、非生物起源天然ガスを探査することを目的としている。

スカンジナビア盾状地の古期花崗岩にある隕石クレータ内のグラブベルクで、7,000m以上の掘削を行う計画。(図-7)

1986年7月に目標深度 7,500mで掘削が開始された。1987年 9月、孔内トラブルのため1号井を6,630mで断念した。

1988年再度挑戦が行なわれたがやはり孔内トラブルに遭い目的を達せず断念し、現在3度目の挑戦が準備されている。

トラブルの主なものは逸泥と孔曲がりである。

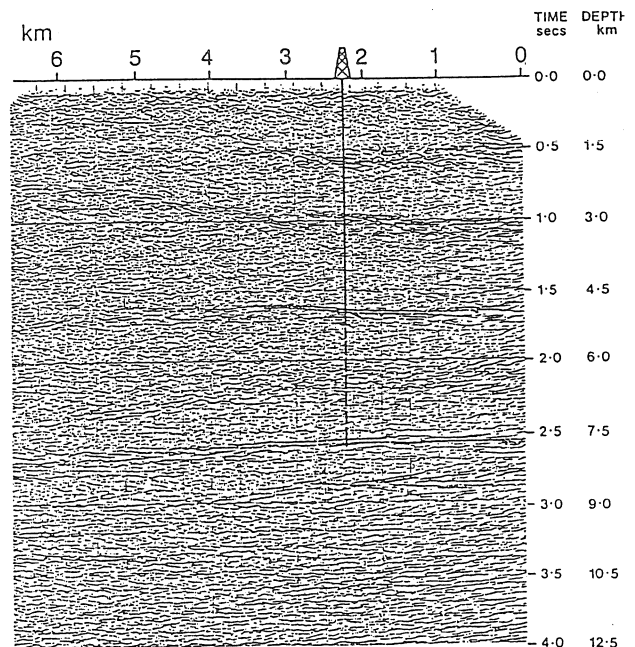


図-7 グラブベルグ現場の地震反射

#### 4. アメリカ大陸科学掘削

アメリカの科学掘削計画は、Public Law「大陸科学掘削及び探査に関する法令」によって進められている。この計画の実施はエネルギー省、国家科学財団、米国地質調査所相互の協力のもとに行われている。

(法令の目的)

- ・ 米国大陸科学掘削計画の助成及び促進を目的とする諸決議を実行する。
- ・ 大陸地殻の構成、構造、強度、変化及びその過程が地震、火山噴火、地熱エネルギーの移動、堆積鉱物の再配分、化石燃料の産状、滞水層の性質と範囲等について基本的な理解を深める。
- ・ 地球科学における基礎調査及び技術開発を推進する。
- ・ 危険性廃棄物の隔離に関わる地球地殻の臨界データの収集。
- ・ 大陸科学掘削計画の実施に関わる長期計画の推進。

(国会の認識)

地球はエネルギー、鉱物資源、水資源を供給し、一方で自治体のゴミ、科学的廃棄物、核廃棄物等の貯蔵媒体としての機能も果たしている。したがってこの問題について地殻における変成過程及び構造を解明することは、米国の安寧にとって不可欠なものである。

(重点項目)

- ・ 地殻の変化と山脈の生成過程を解明する。
- ・ 地震及び火山噴火のメカニズムを探査し、より高度な予知技術の開発を図る。
- ・ 地熱エネルギー及びその他のエネルギーの開発と利用、堆積鉱物の累層及び産出について解明する。
- ・ 廃棄物による汚染の測定及び危険性廃棄物を安全に処分するための、より効果的な技術の開発を目的として、地殻内における流体の移動を解明する。
- ・ 滞水層及びその他の水資源について、規模、涵養源、より効果的な利用方法を解明し計測する。
- ・ 地殻の探査及び観察に要する地球物理学的技術の評価認識する。

(将来の科学掘削計画)

##### アラスカ、カトマイ火山計画

カトマイ火山地域は火山及びマグマの形成過程の調査のための掘削に特異的に適している。マグマと地熱のプロセスについての理解を深めるため、浅い(1,000m)掘削を行う。

1992年掘削開始、1995年までの予算1600万USドル(約20.8億円)。

##### ニューメキシコ、バイエスカルデラ計画 (継続)

1988年10月連続コアリングによる第3孔が完了しており、孔底の1,762mで295℃が記録されている。

今後カルデラコンプレックスの総合地熱システムの評価を行うため、リチャージ区域に2,000mのコアドリリングを計画している。

##### カリフォルニア、ロングバレー マグマエネルギー開発坑井計画 (中断)

代替エネルギー源としてマグマから直接熱を得ることについての、経済的、技術的可能性を解明する。

1990年の夏から開始される予定であったフェーズIIでは、地熱温度が500℃或いは深度

が約6,000mに達するまで掘削する計画。ただし現在は中断されている。

カリフォルニア、カホンパス計画（継続）

サンアンドレアス断層の剪断応力の解明のため5,000mの掘削を行う。これにより世界の他の類似の断層に起因する地震力学の解明に大きく寄与することができる。

そのために地殻地震学（地殻内反射の理由と速度の異方性）、地殻溶液（成分、起源、水とガスの移動性）の研究が必要になる。

今後の掘削と学術研究のための必要予算 200万U Sドル（2.6億円）

ニュージャージー、ニューアーク盆地計画（1990～1991年）

3千万年スパンでの古代大陸リフトの発達を研究するため、盆地内にサンプリングとロギングを行うための1,000mの掘削を5本実施する。

基礎掘削計画

地殻3次元のマッピングとその解釈を行うための根拠を取得し、将来の科学掘削計画の基礎を構築する。

図-8は南アパラチア超深度掘削計画を示すもので、R：地表に近い主要な地層のサンプリングを行うための予備調査孔群。I：超深度掘削の道案内となる中間深度までのコアリング孔。II：超深度孔の上部、下部孔のためのアクセスとなる。III：超深度孔の下部、最終深度までコアリングを行う。

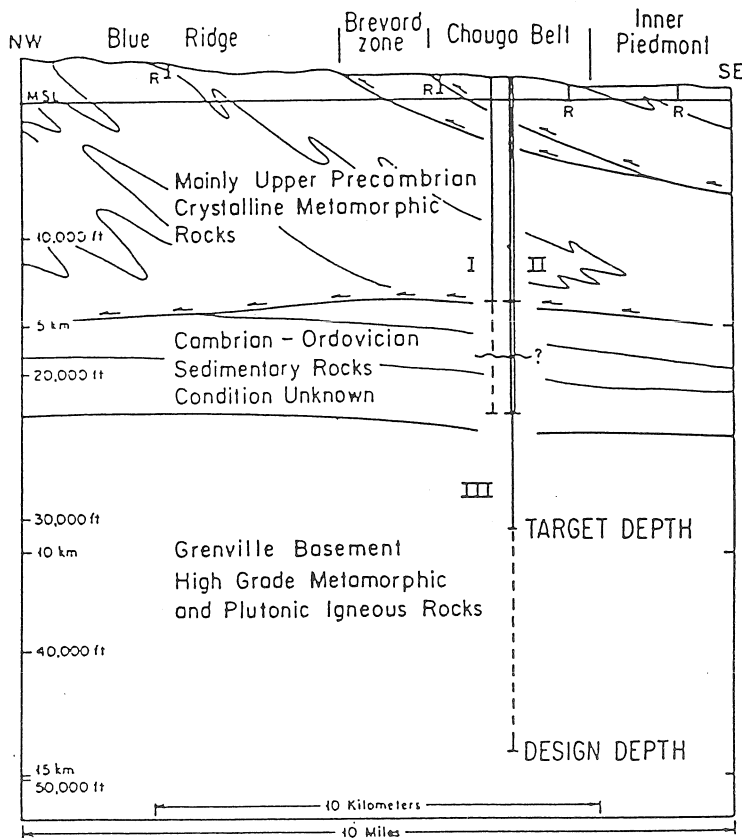


図-8 南アパラチア超深度掘削計画

## 5. フランス G F P 計画 (Deep Geology of France Programme)

研究省 (Ministry of Research) に支援されている国家プロジェクト、それぞれがプロジェクトを計画実施する三つの機関、すなわち地質鉱山調査局 BRGM (Bureau for Geology and Mining Research), 国家科学研究センター CNRS (National Scientific Research Centre), 国家教育省 MEN (Ministry for National Education) で構成されている Directing Committee によって管理されている。

実務はそれぞれの下部組織、BRGM は国家地質調査所、CNRS は国立宇宙研究所、MEN は研究監督委員会が行っている。計画の予算は研究省の特別会計が、ドリリング産業省と研究を支援する各組織の研究予算として支出される。

BRGM は計画の運営に当たり、計画の技術とファイナンスの面の責任を負っており、また Directing Committee の運営にも責任がある。

計画の方向付け、ターゲットの選択は科学評議会で行われ、これはまた研究チームによって作成されたプロポーザルを検討し入札を取り仕切る。さらにプロジェクトの掘削作業を管理するプロジェクトマネージャーを指名する。1984年から基盤岩の調査等を目的に延べ7,634mの掘削を行っており、これまでの最大深度はSancerreでパリ盆地の基盤岩とマグネチックアノマリーの探査を目的とする3,500mのコアホールである。(0-1,800m 連続オリエンテッドコアリング、1,800-3,500m 7%の部分コアリング)。次のターゲットは1990-1991年にフランス南東部盆地の西端 Ardèche で、熱水活動、金属濃縮、堆積物の続成作用および地熱エネルギーの研究を目的として 3,200m あまりの掘削を予定しており、将来はアルプス山脈の構造解明等を計画している。

## 6. わが国の科学掘削

わが国では予算の裏付けのある国家プロジェクトとしてはまだ形を成していないが、地球科学の研究者等のグループでは、科学掘削の意義や場所の検討が行われている。掘削の規模は現在の技術或いは近い将来開発されるであろう技術を基礎に、深度の最大を10-15km、地熱温度の最高を400℃としている。

「陸上學術ボーリングワーキンググループ」の提案

J S D (Japanese Scientific Drilling Working group)

J S D ワーキンググループ (代表 東京大学地震研究所 荒牧重雄) は、日本学術会議リソスフェア探査開発計画 (DELP) 分科会内に設置されているもので、1987年12月のシンポジウム「陸上學術ボーリング」(東京大学) で、日本における陸上學術ボーリングは海洋プレート沈み込みに伴う諸過程を明かにするため、下部地殻およびマントル物質を得て地下の物理・化学的狀態を直接知ることを目標として、図-9の12箇所が候補地として発表されている。なお図には科学技術庁地球科学技術部会地圏分科会が選定した候補地も含んでいる。

- ①南鳥島：沈み込む太平洋プレートの動きを知り、世界的海水準変動を解明するため。
- ②伊豆大島：沈み込み帯の典型的火山
- ③伊豆半島：典型的火山弧
- ④静岡～神奈川地域：フィリピン海プレートが沈み込んでいる地域
- ⑤和歌山平野：フィリピン海プレートの沈み込みに伴って地震が頻発している地域
- ⑥東北日本海沿岸青沢層：1500万年前に拡大した日本海の東縁
- ⑦九州東部大崩山：日本海拡大の際に四国盆地に乗り上げた西南日本の地殻の溶融によって形成された地域
- ⑧小笠原島：フィリピン海拡大の東縁に当たり重力異常が大きい地域
- ⑨三波川帯の大歩危：海洋プレート上の堆積物が沈み込みに伴って地下深部で変成された地域
- ⑩日高山地：プレートの衝突によって沈み込み帯の島弧断面が露出している地域
- ⑪三陸地域：下部地殻の上面が10キロメートル程度まで上昇している地域
- ⑫九重火山：地殻が現在開裂している地域にある火山



地球科学技術部会 地図分科会選定

地磁気地電流法(MT法)および地震波探査法による深部探査計画候補地

- (1)駿河・伊豆地域：プレートの三重点と考えられており、陸域にあって10キロメートル以浅の沈むプレートが認められる特異な地域
- (2)東北地域：典型的な島弧として世界的に知られる模式地
- (3)西南日本地域：日本列島を構成する多種類の岩石が東西に帯状構造をなして分布している地域

図-9 日本の超深度掘削を含む深部地殻探査計画候補地

「JUDGE計画」

JUDGE は Japan Ultradeep Drilling and Geoscientific Experimentの略称で、工業技術院地質調査所が院内ビッグサイエンスプロジェクトとして提案されたもの。

本計画では対象地域を、陸上部でフィリピン海プレートの上面が10kmより浅い、静岡市周辺から三浦半島先端部、房総半島先端部までとしており、現在地殻下部で地球科学的に見て主要な現象が起こっている場所として、最も魅力のあるターゲットは対象地域の下に沈み込む海洋プレートを掘り抜くことであると考えている。この計画は前出の陸上学位ボーリング計画に候補地として提案されている、科学技術庁防災科学技術研究所の「静岡・神奈川地域」（図-10）と類似するもので、現在両所のメンバーで構成される特別の研究グループで検討されている。

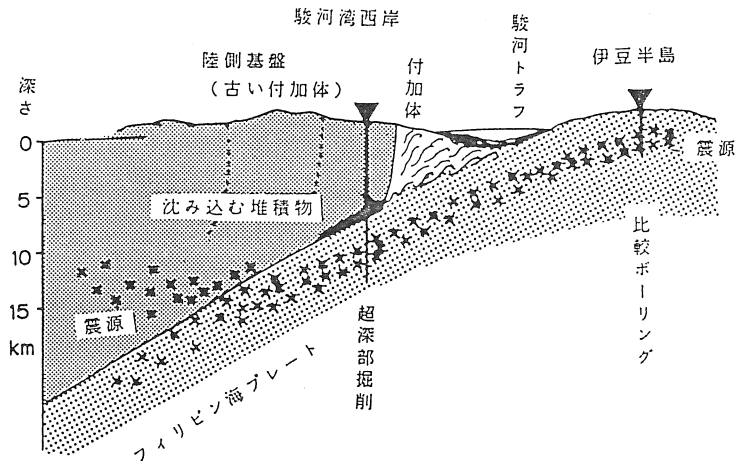


図-10 静岡・神奈川地区学術掘削計画

本計画の超深度掘削によって期待される成果

(防災科学技術研究所)

①沈み込むプレートの直接確認

コアの採取や孔内計測装置による直接観察により、以下の研究が可能になる。

- ・沈み込み機構の物理、化学及び地質学的解明
- ・発生が予想されている東海地震の断層面の確認と、耐熱・耐圧の計測器を開発することにより孔底での観測で、精度の高い地震の予知
- ・上盤側の力学及び地史の解明

②沈み込んだプレートの内部構造の解明

(地質調査所)

①深部地質の研究

沈み込み帯に沿ってマントルまたは沈み込むプレートからもたらされる流体を採取、分析してその成因を探り、またそれらが元素の物質循環に及ぼす影響を調べる。

さらに岩石・溶液反応の進行、変成作用の現位置観測、割れ目の発達などについての研究が可能になる。

②非在来型エネルギー資源の検証

ゴールド博士が地球深層天然ガス（非生物起源）説を提唱して以来、それを検証する

プロジェクトがスウェーデン、カナダその他の国において実施または計画されるようになってきている。中央海嶺からは大量の無機起源メタンガスが放出されている。これらの非在来型天然ガス資源の存在の可能性を早急に確認すべきである。

③島弧におけるプレートの沈み込みの検証

超深度掘削は巨額なコストがかかるので先進技術国しか対応できない。現在それを実施しているのはソ連、ドイツ、スウェーデン、アメリカ等である。これらはいずれも安定大陸上であり、プレートダイナミックスを検証できる島弧ではまだ行われていない。先進国の中で唯一島弧上に位置するわが国こそこの計画を実施して、世界の科学者よびかければ、世界の科学分野に大きく貢献することになる。

④産業技術への効果

近年石油、天然ガスは探査余地の枯渇とともに、探査深度が急激に深くなってきている(5,000~6,000m)。これらの深層掘削技術はアメリカ、ソ連、ドイツに独占されている。このためわが国でも独自の超深度掘削技術を保有することが、エネルギーの安定確保上きわめて重要である。さらに高温高圧の極限環境で使用可能な電子機器、精密機器は他の産業分野への波及効果が非常に大きい。

7. 超深度掘削(15km, 400℃)に必要な技術開発

超深度掘削における技術的な壁は熱、圧力、深度にある。宿命的なものであるがこれを克服しないと超深度掘削計画は成り立たない。特に日本列島地域は地熱の上昇勾配が他の地域に比べ高いので、耐熱技術の開発が最も重要な課題である。図-11は1985年西ドイツでの大深度掘削シンポジウムで発表された、孔内で使用される各種器具装置等の耐熱性を示すものである。棒グラフの斑点部が現存する器具或いは技術の温度限界を、それ以下の部分が現在考えられる技術開発の余地または限界を示している。これは5年程前のデータであるため、耐熱性で現在はこれより若干改善されたものもあるが、大勢としては変化はない。

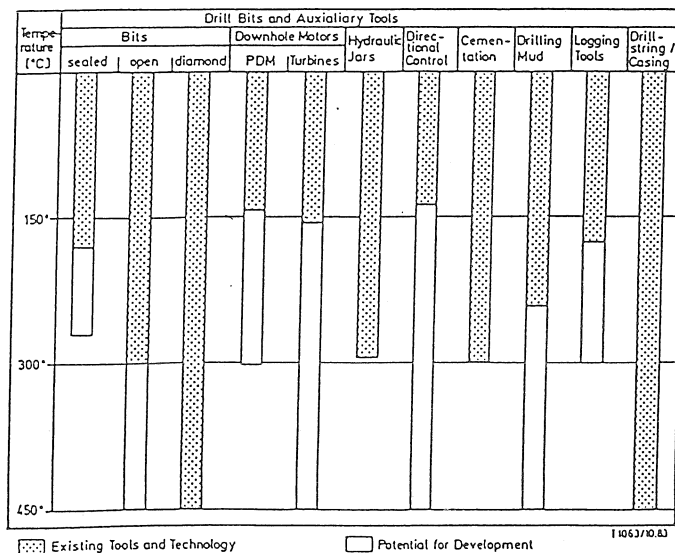


図-11 坑井内機器の耐熱性の現状

耐熱性の技術開発ではエレクトロニクス技術にたよる部分が多い孔内計測装置と泥水が最後まで残ると思われる。

圧力は主として孔内計測装置の圧力ケーシングや耐熱シールドケース、計測用ケーブルの耐圧性の向上を要求する。

深度は器具装置の面でドリルストリングスの材質・強度の向上を要求し、技術面ではケーシングプログラム、垂直掘削、ラウンドトリップの自動化、孔壁の安定（裸孔での高地層圧と低地層破壊圧への対応）、ケーシング挿入技術や、未知のトラブルへの対応技術を要求することになる。

（参考文献）

The Superdeep Well of the Kola Peninsula Ye. A. Kozlovsky

Deep Drilling in Crystalline Bedrock Vol.1 A. Bodèn and G. Eriksson

KTB REPORT 89-3

UTB パンフレット

GFP パンフレット

陸上學術ボーリング候補地集 I～III J S D

超深度コアドリリング技術研究会主催「深部地核に関する研究」懇話会レジュメ 90年11月29日

地質ニュース 1989年7月号



## 4. 光竜鉱山の地化学探査

北海道立地下資源調査所 黒沢邦彦・菅 和哉

### I はじめに

近年の鉱床探査は、露頭による新規鉱床の発見はあまり期待できないため、潜頭鉱床の探査が主体となっている。このため、物理探査もさることながら安価な地化学探査を地質調査と並行して行なうことが多くなっており、そのアノマリーに対して試錐探査を実施することがしばしば行なわれている。

このため、光竜鉱山地域において地化学探査の有効性を検証するとともに、既存鉱床の変質帯調査を行い、鉱化変質の範囲・性質を把握するとともに、潜頭鉱床の存在が期待される既存鉱床の北東側で新鉱床賦存の可能性を探ること目的とした。

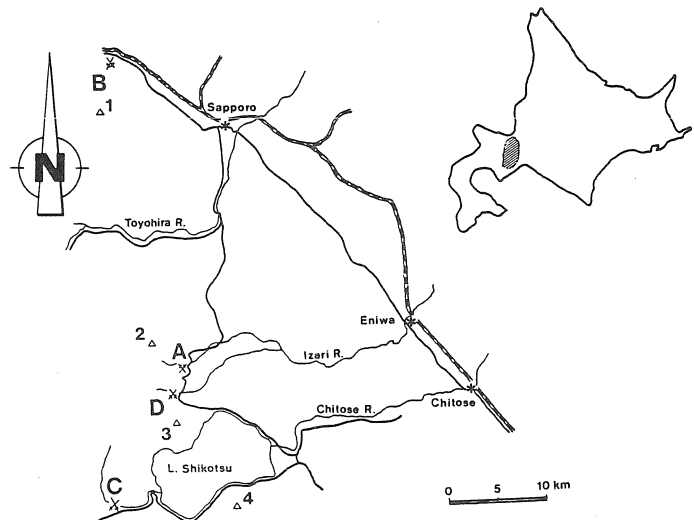
以下にその概要について述べる。

なお、調査に際しては合同資源産業株式会社光竜鉱山の樋口康則氏（当時）および茨木誠一氏にはいろいろ便宜を計っていただいた。ここに明記して厚くお礼申し上げる。

### II 位置および交通

光竜鉱山は、恵庭市盤尻の国有林内にあり、支笏湖の北方約6 kmにある（第1図）。さらにその南方約3 kmには同種の金銀鉱床を嫁行した恵庭鉱山が、南西方向約20 kmに千歳鉱山があったが、現在はともに閉山している。

光竜鉱山へは、札幌市より石山を経て支笏湖に至る道道札幌



第1図 光竜鉱山の位置図

A: 光竜鉱山 B: 手稲鉱山 C: 千歳鉱山 D: 恵庭鉱山

1: 手稲山 2: 空沼岳 3: 恵庭岳 4: 樽前山

支笏湖線から西方へ約700mで鉱山事務所に至る。道道はバス運行されているが、冬季夜間は閉鎖される。

### Ⅲ 地質概説

光竜鉱山周辺の地質については、すでに斎藤（1952）・秋葉ほか（1970）・長谷川ほか（1987）の報告がある。それらによると、主に新第三紀中新世の泥岩層および第四紀の安山岩溶岩・浮石質凝灰岩層よりなっており、北方には変質安山岩岩脈が認められる。

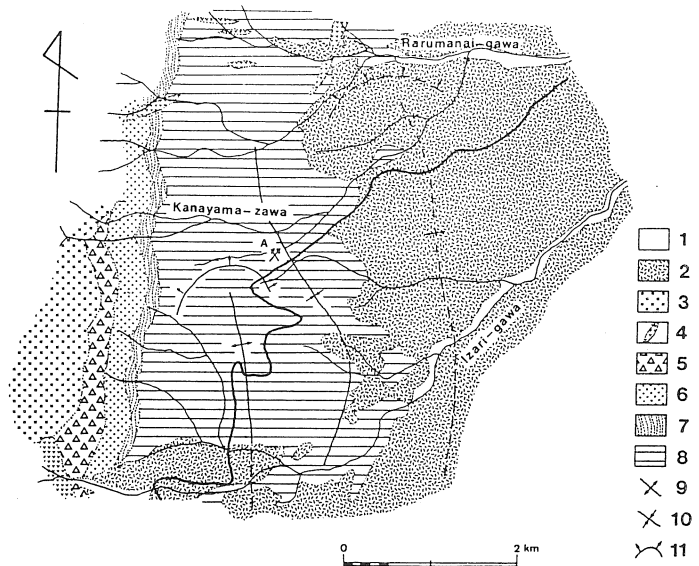
以下に長谷川ほか（1987）に従い、各層の概略を示す（第2図）。

泥岩層は、光竜鉱山の周辺に広く分布し、本鉱山の鉱床母岩となっており、黒色～暗灰色の泥岩とシルト岩の互層を主とし、岩相変化に乏しい。しかし、一部砂岩および安山岩質火砕岩を伴っていることもある。

さらに、西側においては第四紀の安山岩溶岩が分布している。また、浮石質凝灰岩は支笏火山の噴出物で、広く本地域の東側に分布し、その一部は溶結している。

北側に認められる安山岩岩脈は含石英複輝石安山岩で、一部比較的完晶質な部分もあり、全体として変質作用を受けている。さらに、その周囲に分布する泥岩やシルト岩は強く白色粘土化変質を受けている。

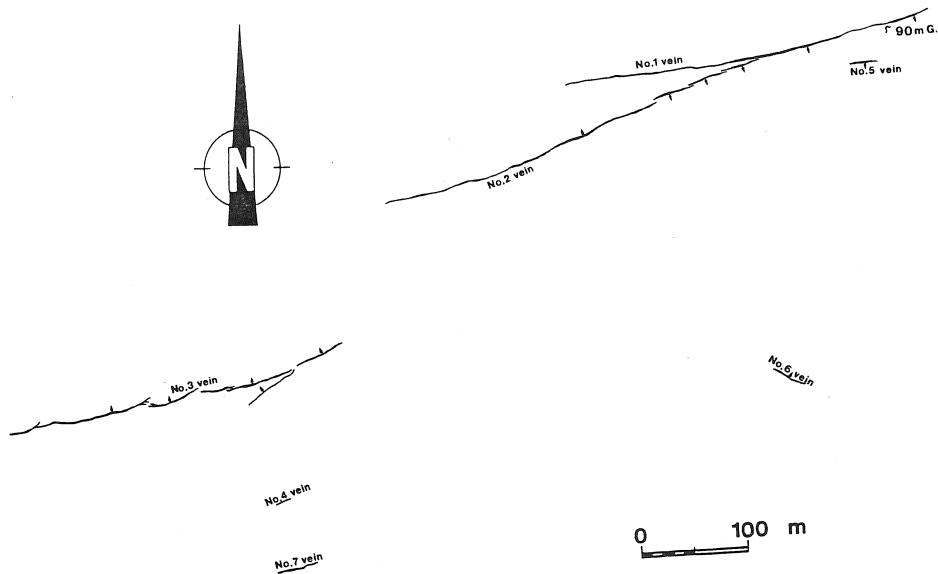
### Ⅳ 鉱床概説



第2図 光竜鉱山周辺の地質図

- 1: 現河床堆積物・段丘堆積物 2: 浮石質凝灰岩 3: 安山岩溶岩 4: 変質安山岩  
 5: 火山角礫岩 6: 凝灰質砂岩 7: 凝灰岩 8: 泥岩・シルト岩 9: 背斜軸  
 10: 向斜軸 11: 半ドーム構造

光竜鉱山の周辺では泥岩層は半ドーム構造をとり、その北縁部に鉱床が形成されている。鉱床は新第三紀中新世の泥岩層中に胚胎した浅熱水性含金銀石英脈である。現在までに1号より7号鍾までの鉱脈が知られている（第3図）が、これらの中で主要なものは1号・2号および3号鍾で、いずれも採掘の対象となっている。



第3図 光竜鉱山の鉱脈分布図（90mL投影）

鉱脈はいずれもEW系が卓越し、通常は脈幅30~60cmで最大脈幅1.5m程度となっており、走向延長は350~400m・傾斜方向では約100mまで確認されている。鉱脈は乳白色~半透明の石英を主体とし、氷長石などの脈石鉱物を伴っている。

鉱石の研究はすでに菅木ほか（1984）により行われている。それによると、鉱石鉱物として黄鉄鉱・黄銅鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱・赤鉄鉱・磁鉄鉱のほか、エレクトラム・自然銀・アグイラ鉱・ピアス鉱・ポリバス鉱・濃紅銀鉱・淡紅銀鉱・輝安銀鉱・含銀四面銅鉱などの金銀鉱物を認めている。

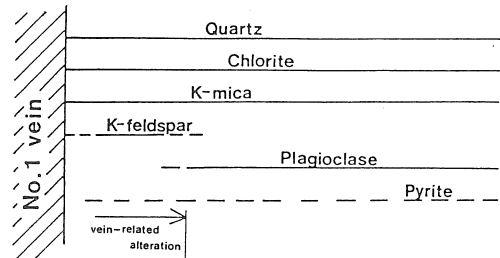
また、鉱脈の生成年代は1号鍾から産出した氷長石のK-Ar年代の測定結果から1.0 maと考えられている（菅木・磯部，1985）。

## V 母岩変質

鉱化作用による母岩への影響を検討するため、90mLの6号立入坑道において坑内地化学探査

の試料を用い、X線回折装置を使用し、鉱物の同定を行なった。

その結果、鉱床の母岩となっている泥岩は主に石英・斜長石・絹雲母・緑泥石から構成されており、一部カリ長石・方解石・黄鉄鉱が認められた。坑内では、珩化・粘土化などの明らかな鉱化作用の影響は認められなかったが、X線回折の結果、鉱脈付近（4m以内）で斜長石が消失しており、母岩の鉱物組合せは明らかに鉱化作用の影響を反映していることが判明した。



第4図 母岩変質の模式図

以上にもとづいて、模式的に母岩の鉱化変質を表したものが第4図である。

## VI 地化学調査

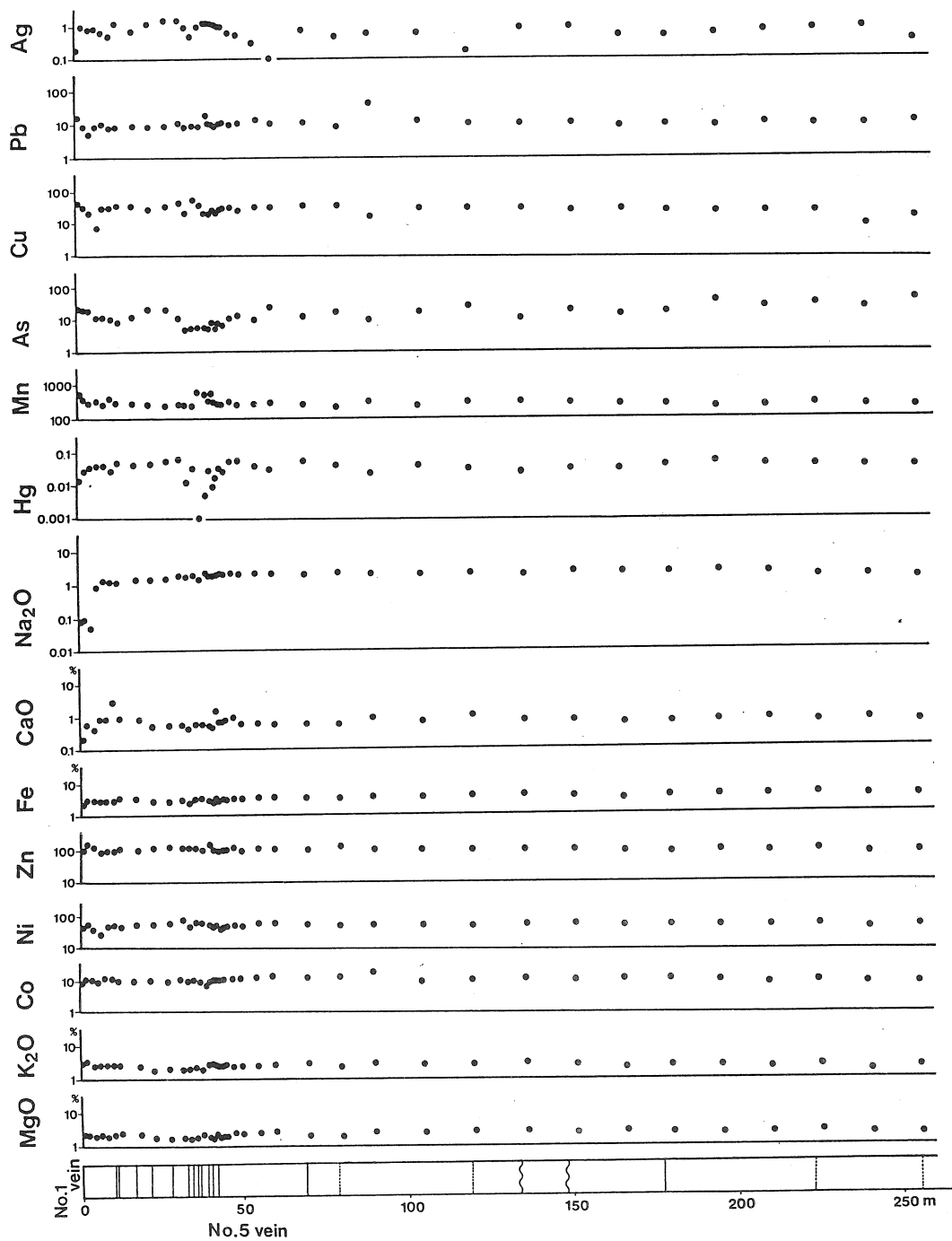
鉱化作用による母岩への地化学的な影響を調査するために本鉱山の主坑道である90mLの1号鑛から6号鑛に通じる坑道（6号立入）において、38カ所の母岩を採取し、その中の14元素（Fe・Mn・Na・K・Ca・Mg・Cu・Pb・Zn・Ni・Co・Ag・Hg・As）の含有量を調べた。さらに、下部のレベル（60mL・45mL）の立入坑道についても同様な調査を実施し、坑道内における地化学探査の有効性および指示元素を検討した。

また、1号鑛の北東側山稜下の鉱脈胚胎の可能性を探るために、東西約500m、南北約200mの範囲において、土壌を対象に地化学探査を行った。採集対象の土壌は、B層を対象とし、おおむね地表より0.2~0.4mで採取した。試料数は140個、分析対象とした元素は、Fe・Na・K・Cu・Pb・Zn・Ni・Co・Ag・Hg・Asの11元素である。

### 1. 試料調整・分析方法

試料は約500g採取し、ビニール袋に入れて実験室に持ち帰った。実験室では風乾した後、ロールジョークラッシャーを使用し粉碎した。さらに自動メノウ乳鉢で約10分間すりつぶし分析試料とした。各元素の分析方法は菅・黒沢（1987）に従い、Asは酸分解・還元気化原子吸光法で、Hgは加熱気化原子吸光法で、その他の元素については酸分解・偏向ゼーマン原子吸光法で行った。

### 2. 解析方法



第5図 6号立入坑道における元素分布図

分析結果は、正規分布に近くなるようにするため、すでに知られているように各元素ごとに常用対数変換を行い、平均値 ( $m$ )・標準偏差 ( $\sigma$ ) をもとめ、各種の解析を行なった。

第一に単変量解析として、各元素ごとに分布図を作成し、鉱床探査に有効と思われる元素についてはTrend surface analysisの手法で解析を行なった。この方法は平面的な分布傾向を求めめる手法で、重回帰分析の一種である。また、サンプリング密度が何らかの理由により不均一である場合特に有効である。

次に多変量解析として主成分分析を行なった。この方法は互いに相関のある多くの変量をより少なく、かつ互いに相関のないいくつかの主成分に集約して説明する方法である。また、同時に求められる主成分得点は、各主成分と各試料間との関係を知る上で重要で、その主成分の特性を推定することができる。

### 3. 解析結果

#### 3.1 6号立入坑道

縦軸を元素含有量(対数目盛)、横軸を1号鍾からの距離として各元素の濃度を示したものが第5図である。その結果、鉱脈付近での挙動から3タイプに分類できる。

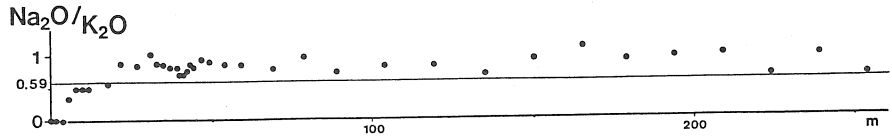
- (1) ほとんど変化しないもの…… $MgO \cdot K_2O \cdot Co \cdot Ni \cdot Zn \cdot Fe \cdot Ag$
- (2) 鉱脈付近で減少するもの…… $Na_2O \cdot CaO \cdot Hg$
- (3) 鉱脈付近で増加するもの…… $Mn \cdot As \cdot Cu \cdot Pb$

この中で、特に $Na_2O$ が1号鍾付近の4m以内で急激に減少しているのに対し、同じアルカリ金属元素である $K_2O$ はほとんど変化せず、むしろやや増加傾向がある。また、 $CaO$ は $Na_2O$ と同じようにやや減少傾向を示す。このことは、X線回折での斜長石の消滅およびカリ長石のピークの出現と一致しており、鉱液による熱水変質の影響とみられる。したがって、同じアルカリ金属元素の $Na_2O$ と $K_2O$ が鉱脈付近では、互いに相反する動きをすることから、 $Na_2O$ と $K_2O$ の比( $Na-K$ 比)をとってみた(第6図)。この図から、さらに明白に鉱脈近くでの $Na_2O$ の減少を知ることができる。また、直線で示した0.59の数値は鉱脈より遠く離れ、鉱脈の影響がほとんどないと思われる31試料の $Na-K$ 比における97.7%を越える異常値( $m-2\sigma$ )を境界として図示したものである。その結果、1号鍾から約20m以内で異常値としての値をとることがわかる。これは、鉱物組合せから推定される範囲よりはるかに広く鉱化の影響がおよんでいることが判明した。

しかし、嫁行対象金属である $Ag$ は多少増加傾向があるが、鉱脈より0.5mの試料で、むしろ

低くなっており、鉍脈付近で増加するかどうかは明らかでない。

さらに、6号立入坑道のデータについて、主成分分析を行った。

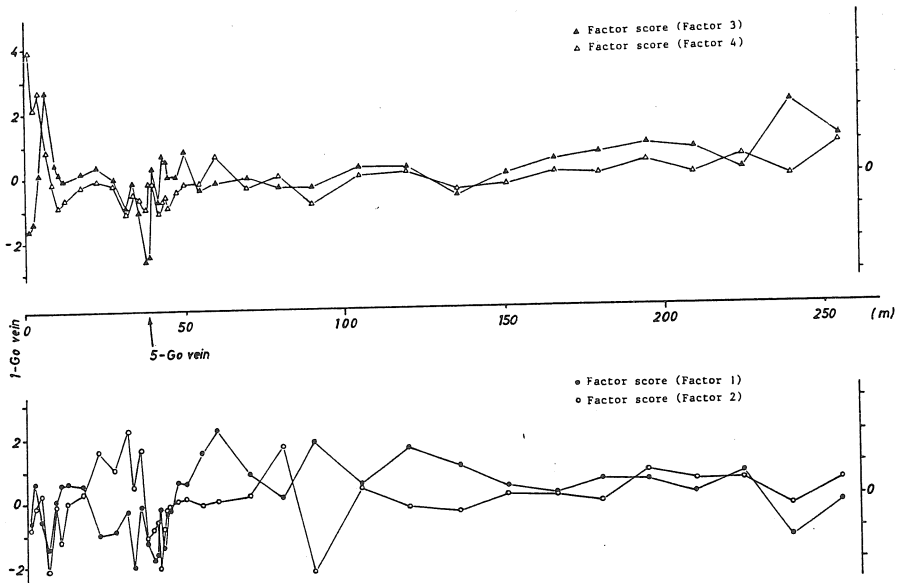


第6図 6号立入坑道におけるNa-K比の分布図

主成分分析の結果得られた元素別の第1～第4主成分の固有ベクトル値である(第1表)。この固有ベクトル値より算出される第1～第4主成分得点を第7図に示した。第1および第2主成分得点は1号鑛付近で大きな変化をしておらず、鉍脈と関連のない主成分と推定される。しかし、第3主成分は1号鑛付近でマイナスの方へ、第4主成分得点はプラスの方へ動いており、この両成分は鉍脈との関連が推定される。この結果、分析された中で鉍化作用と関連性のある元素は、

第1表 90mL立入坑道の主成分分析からまとめられる各元素の固有ベクトル値

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
Fe	0.744	0.039	-0.043	-0.305
Mn	-0.212	-0.403	-0.816	0.091
Na	0.096	0.112	0.191	-0.869
K	0.447	-0.439	-0.306	0.343
Ca	0.320	-0.337	0.056	-0.520
Mg	0.794	-0.385	-0.087	0.090
Cu	0.412	0.699	-0.355	-0.024
Pb	0.284	-0.267	-0.363	-0.149
Zn	0.027	0.642	-0.349	0.257
Ni	0.357	0.723	-0.453	-0.147
Co	0.676	-0.092	-0.025	-0.166
Ag	-0.553	0.077	0.044	-0.285
Hg	0.403	0.233	0.785	0.132
As	0.446	0.047	0.388	0.606



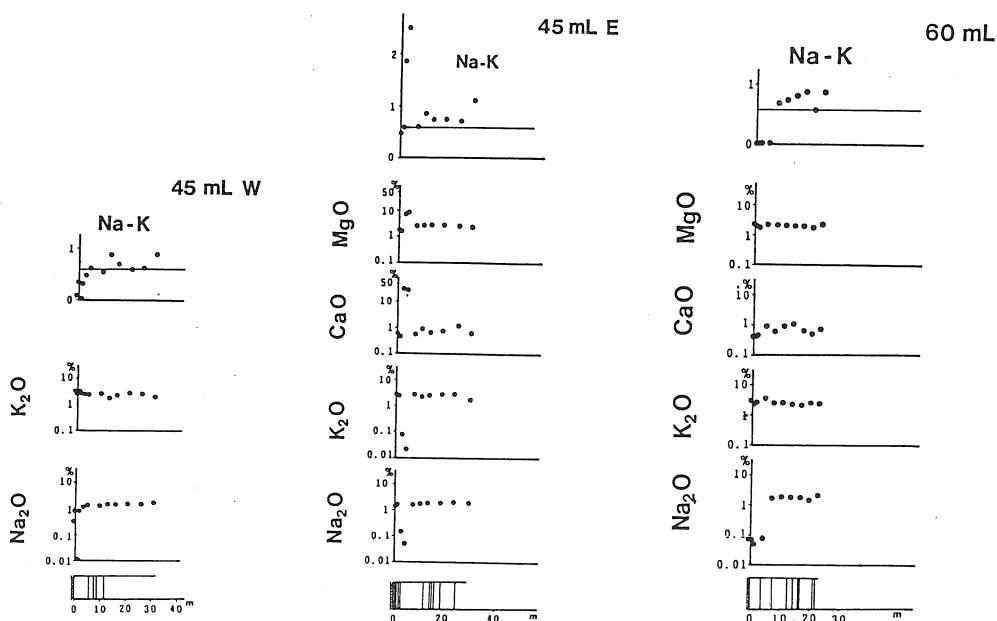
第7図 6号立入坑道における主成分得点分布図

固有ベクトル値の絶対値が大きいMn・Hg・As・Na・Caが挙げられる。

### 3. 2 60mL, 45mL立入坑道

この両立入坑道については、6号立入の結果から鉱化作用と関連のありそうな6元素(Mn・Na・K・Ca・Hg・As)を対象として分析を行った。それらの分布図を第8図に示す。

60mLの立入坑道では、90mレベル6号立入と同じように、Na-K比の減少、Mn・As含有量の増加、Ca・Hg含有量の減少



第8図 60mL・45mL立入坑道における元素分布図

がみられる。2号鑛の延長部の影響もやや認められる。

45mLの立入坑道には東立入と西立入がある。東立入では、1号鑛近くで大幅なNa-K比の減少はみられない。これはこの地点で1号鑛がやや途切れているためと考えられる。Na<sub>2</sub>OとK<sub>2</sub>Oの両含有量が大きく減少している2試料は方解石の影響とみられ、Mg・Ca含有量の増加が認められる。

一方西立入では、Na<sub>2</sub>O・K<sub>2</sub>Oの2元素のみのデータであるが、Na-K比が1号鑛付近で減少していることがわかる。

### 3. 3 野外地化学探査



各元素の含有量の平均値・標準偏差・範囲を第2表に示した。

含有量区分は対数変換値を用いて、 $m$ 以下・ $m \sim m + \sigma$ ・ $m + \sigma \sim m + 2\sigma$ ・ $m + 2\sigma$ 以上の4区分とした。

第2表 野外地化学探査の各元素含有量

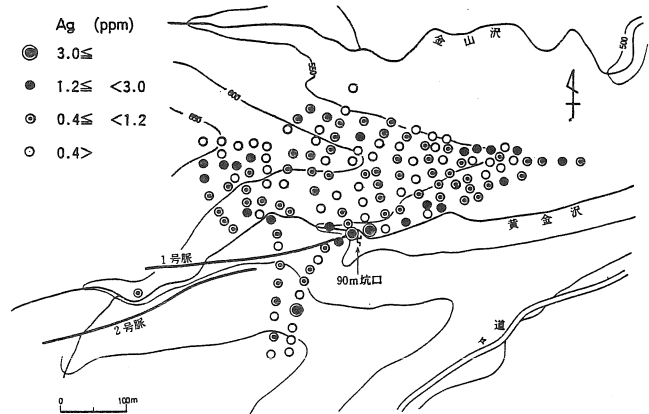
元素	平均値	標準偏差	範囲
Fe (%)	4.72	0.54	3.60 ~ 6.56
Na (%)	0.85	0.29	0.46 ~ 1.77
K (%)	0.69	0.18	0.39 ~ 1.28
Cu (ppm)	37.6	6.7	27.8 ~ 58.5
Pb (ppm)	17.8	2.8	13.3 ~ 37.4
Zn (ppm)	60.8	15.4	35.3 ~ 149
Ni (ppm)	9.8	4.2	3.0 ~ 38.1
Co (ppm)	11.8	5.1	4.6 ~ 56.1
Ag (ppm)	0.7	1.0	0.1 ~ 10.0
Hg (ppm)	0.272	0.083	0.072 ~ 0.574
As (ppm)	41.2	34.8	12.8 ~ 326

Agの分布を第9図に示した。含有量の高い地域は、1号鍾の東西延長付近で認められ、鉱脈との関連性が考えられる。特に90m坑口近くの1号鍾付近では10ppmと最高値を記録した。また、調査範囲の西側においてもやや高含有量の地域が認められる。

坑内の岩石地化学探査で増加傾向の認められたMn・Cu・Asなどの分布やその他の元素の分布は、既存鉱床である1号鍾の東部延長で高含有量の地点群は見られず、鉱脈の胚胎を反映した分布とはなっていないようである。

したがって、AgについてのみTrend surface analysisにより解析を行なった。その結果を第10図に示した。

以上の野外地化学探査の各元素のデ



第9図 野外におけるAgの分布図



第10図 Agの5次Trend surface

増加:-, 1, 3, ..., 9, A, ..., E, +  
コンター間隔は0.24ppm

ータについても、主成分分析を行い、元素別の第1～第3主成分の固有ベクトル値を算出した(第3表)。第1固有ベクトル値では、Ni・Co・Zn・Fe・As・Cuが大きな値を持っている。また、第2固有ベクトル値では、Na・Kがマイナスに大きく、Hgがプラスに大きい値を示している。第3固有ベクトル値では、Agのみプラスに大きな値を持ち、Feはマイナスに比較的大きな値を持っている

次に、第1から第3主成分得点の分布図と、既存第3表 野外地化学探査の主成分分析からもとめられる各元素の固有ベクトル値

第3表 野外地化学探査の主成分分析からもとめられる各元素の固有ベクトル値

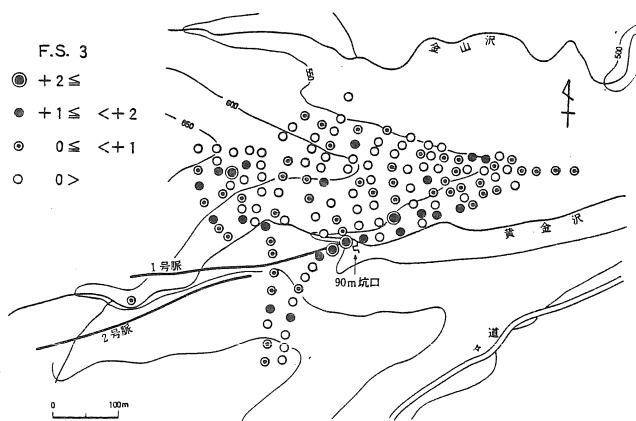
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
Fe	0.645	0.183	-0.448
Na	-0.297	-0.907	-0.052
K	-0.045	-0.902	-0.136
Cu	0.597	-0.446	0.274
Pb	0.420	-0.412	-0.113
Zn	0.674	-0.436	-0.050
Ni	0.876	0.316	0.038
Co	0.784	-0.056	-0.151
Ag	0.322	-0.150	0.851
Hg	0.323	0.474	0.146
As	0.637	-0.051	-0.080

以上の野外地化学探査において、Ag分布図および第3主成分得点分布図のいずれにおいてもアノマリ一が認められた調査範囲西側域では1号鍾と同様の鉱脈が潜在する可能性があることがわかった。

## VI おわりに

この調査において、以下の点において地化学探査の有効性が確認され、さらに新規鉱床の有望地域も認められた。

(1) 坑内の岩石を使用した地化学探査では、鉱化変質の範囲はX線による鉱物組合せからの推定と比較して、はるかに広範囲におよんでいることが確認された。これは試錐探査・坑道探鉱においても地化学探査が利用できることを示している。



第11図 野外地化学探査の第3主成分得点の分布図

(2) 土壌を使用した野外の地化学探査では、新たに1号鍾の北側に潜頭鉱床の存在を予想させる結果となった。今後、試錐探査等が必要である。

## 文 献

秋葉 力・瀧本 決・林 正彦・金 忠・許 成基・西山 保・高鳥薫朗・田中尚文・和田 順・渡辺 順(1970)：千歳鉱山付近の地質と鉱床。北鉱誌，25，38-44。

斎藤正雄（1950）：北海道千歳郡光竜鉱山金鉱床調査報告。地調月報，3，190-195.

菅 和哉・黒沢邦彦（1987）：北部北海道における土壤重金属の地球化学図。地下資源調査所研究報告第17号，30p.

菅木浅彦・磯部 清（1985）：北海道珊瑚・光竜金銀鉱床のK-Ar年代。岩鉱，80，  
537-540.

-----・北風 嵐・磯部 清（1984）：北海道光竜鉱山の金銀鉱床について。岩鉱，79，  
405-423.

## 5. 真狩村の地質と温泉ボーリング

北海道立地下資源調査所 大津 直

### 1. はじめに

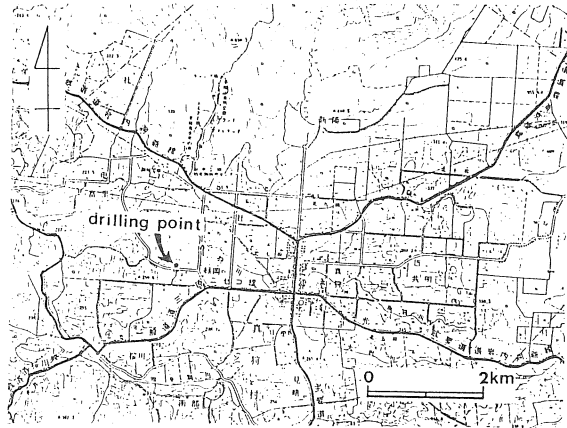
真狩村は羊蹄山（蝦夷富士）の南麓に位置する“じゃがいも”と“ゆり根”と“演歌歌手・細川たかし”で知られた村である。同村では、畑作中心の管内西部地域における地熱・温泉水の農業利用を計画しており、特に付加価値を高めた花卉類への地熱利用を重要課題として位置づけている。また近年のリゾート開発における温泉の付加価値はますます増大し、同村管内でも温泉を利用したリゾート計画が進められている。

後志地域はニセコ周辺に代表される地熱・温泉が古くから知られており、その地熱資源量の調査は既に新エネルギー総合開発機構によってまとめられている（新エネルギー総合開発機構，1988）。それに対し、真狩村は第四紀の火山噴出物に広く覆われ温泉兆候が全くみられない地域であり、これまで深部探査ボーリングが行われなかった経緯から、地熱資源に関する調査の空白地域の一つとして残されてきた。しかし、真狩村を中心とした羊蹄山南麓は後志地域でも最大の低重力異常域であることが既に知られており、当所でもエネルギー資源調査の中で資源賦存形態調査（後志地域：羊蹄山麓）として取り上げ、平成元年度に電気探査を実施した。この調査により、地下温度は通常地域に比べ高温になることが予想され、また開発対象地層として中新世後期の俱知安層群のうち火山噴出物の卓越した小花井層を上げている。

今回は、地下資源調査所が行った地熱試すい調査について報告を行うとともに、坑井地質・地表地質および電気探査の結果とあわせ真狩高原の地下構造について考察する。

### 2. 温泉ボーリング調査結果

ボーリング調査は虻田郡真狩村字緑岡158番地1（北緯42°48.70′，東経140°46.82′，標高約213m）で実施した。第1図に掘削位置をしめす。ボーリング調査日数は延べ100日を要し、大きなトラブルもなく順調に遂行できた。調査結果は第2図—総合柱状図、第3図—揚湯特性曲線、第1表—泉質分析、第2表—イオン組成比に示した。以下にその概要をまとめて示す。



第1図 位置図

1) 坑井地質は真狩別層・段丘堆積物相当層、留寿都層相当層、小花井層相当層、花園層相当層からなりいわゆる基盤岩類には達していない。各層を第2図に示したようにさらにサブユニットに細分化した。（詳細については後述する）

2) 最終坑井仕上げでは坑井地質、物理検層、掘削状況（逸泥徴候など）結果から深度448m以深に延べ360mのストレーナー管を配置し、地温50℃以上をターゲットに仕上げを行った。

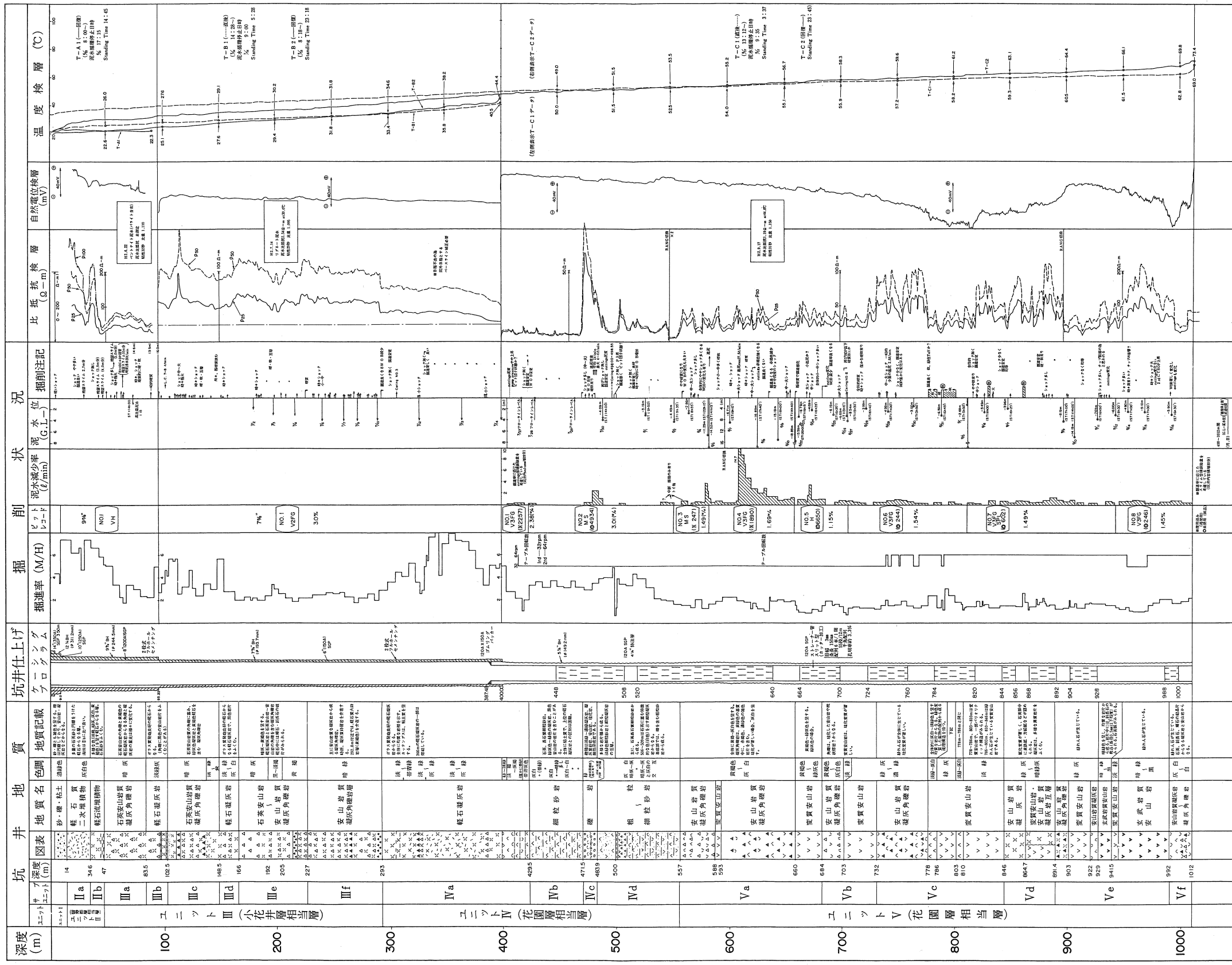
#### 3) 掘進率は大別すると

深度	0～47m	4～7 (m/h)	
	47～293m	2～3 (m/h)	一部4～6 (m/h) の部分もある。
	293～410m	4～6 (m/h)	
	410～530m	3～4 (m/h)	
	530～1012m	1.5～2 (m/h)	



平成 2 年 度 真狩村地熱試すい調査 総合柱状図

自 H2.5 至 H2.11



となり、地層との対応も良い。特に深度530m以深は硬質で使用ビットは硬岩～極硬岩用が中心でビット荷重、ビット使用時間に留意した。

4) 顕著な逸泥は深度481m, 582m, 609m, 671mで確認されたがいずれも小規模なものであった(第2図)。

5) 本井では特に掘削上問題になる点はなかった。深度67mでわずかな湧水が認められたが、崩壊はなく調泥のみで対処できた。

6) 温度検層結果から、坑内最高温度は坑底で76.4℃を確認した。それから得られる地温上昇率は 0~400m 8.6℃/100m

400~1012m 6.3℃/100m

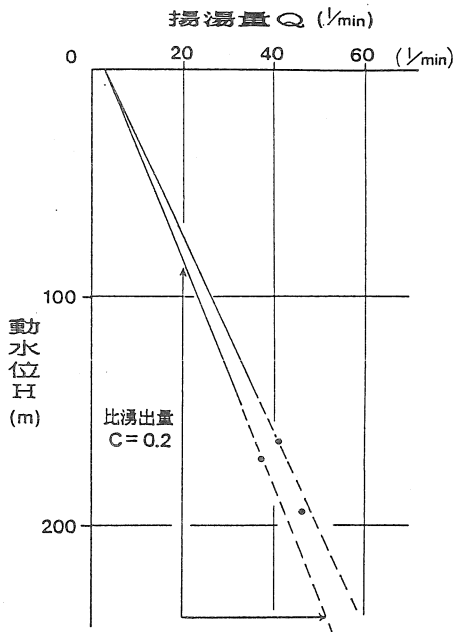
となる。(平均地表温度10℃として)

7) 比抵抗検層結果も、坑井地質によく対応しており、留寿都層相当層の高比抵抗値を除けば、全体的に5~100Ω-m( $\rho_{25}$ )と低~中比抵抗値を示す(第2図)。

8) 揚湯試験の結果、揚湯量48(l/min)で動水位192m、泉温53.2℃が得られた。第2図から求められる比湧出量は0.2(l/min/m)である(第3図)。

9) 泉質分析の結果、全固形物(T.S.M)が3572(mg/l)で、泉質はナトリウム-塩化物・硫酸塩・炭酸水素塩泉(Na-Cl·SO<sub>4</sub>·HCO<sub>3</sub>泉)となる(第1表、第2表)。特徴としては陰イオン(Cl·SO<sub>4</sub>·HCO<sub>3</sub>)の組成比がほぼ同程度であることがあげられる(第2表)。

第3図 揚湯特性曲線



所在地		真狩村緑岡
泉源名		真狩村1号井
分析年月日		H2.10.4
湧出揚湯量(L/min)		48(水中ポンプ)
泉温(℃)		53.2
pH		7.8
R p H		8.2
T. S. M(mg/l)		3572.5
陽イオン	Ca (mg/l)	20.6
	Mg (//)	4.5
	Na (//)	1182
	K (//)	18.5
	Total Fe (//)	3.16
	Fe <sup>2+</sup> (//)	2.20
	Fe <sup>3+</sup> (//)	0.96
陰イオン	Mn (//)	0.02
	Cl (//)	744.8
	HCO <sub>3</sub> (//)	827.2
	SO <sub>4</sub> (//)	1008
遊離成分	CO <sub>2</sub> (//)	24.3
	SiO <sub>2</sub> (//)	30.4
遊離ガス 分析値 (容量%)	Free CO <sub>2</sub> (//)	0.0
	O <sub>2</sub>	0.884
	CO <sub>2</sub>	1.90
	CH <sub>4</sub>	0.233
	N <sub>2</sub>	96.98

第1表 泉質分析

泉源名	陽イオン組成比(%)			陰イオン組成比(%)		
	Ca	Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>
真狩村1号泉源	1.9	0.7	97.4	24.4	37.8	37.8

第2表 イオン組成比

### 3. 真狩村の地質

真狩高原は第四紀の多量の火山噴出物や軽石質堆積物に広く覆われ、地下に期待される地質（新第三紀中新世以前）は地表に窓状に散在してみられるのみである。このため真狩高原の地下地質構造はこれまで良く解らなかつたというのが実状である。

真狩高原周辺の新第三紀以降の地質は下位より、花園層・小花井層・櫛の沢溶岩・真狩別太溶岩・尻別岳溶岩・留寿都層・俱知安盆地堆積層・高位段丘堆積物・真狩別層・羊蹄火山噴出物から構成される。花園層はニセコ町のルベシベ川上流から真狩村の花園地域にかけて分布する緑色変質を帯びた火山岩、火山碎屑岩、堆積岩を主体とした岩相を示す。花園層の上位には主に火砕性堆積物と火山角礫岩からなる小花井層が不整合でのる。小花井層は真狩村落合地域でみられ、黄褐色の軽石と雑色安山岩で特徴づけられる。櫛の沢溶岩・真狩別太溶岩はともに鮮新統の溶岩で花園層・小花井層を不整合に覆う。これらの上位を第四紀の留寿都層・俱知安盆地堆積層・高位段丘堆積物・真狩別層・羊蹄火山噴出物が覆う

第2表に層序対比をしめす。真狩村の地質は俱知安・国富でたてられた層序をもとに対比をおこなうと花園層は国富層、小花井層はバンノ沢層・クトサン四号川層に対比され、それぞれ新第三紀中期中新統の中部と上部に相当すると考えられている（新エネルギー総合開発機構、1988）。

### 4. 坑井地質の記載

今回実施したボーリングはそのほとんどがカッティングス（堀屑）であること、岩石の年代が不明であることから地表地質との対比をおこなうのは困難である。これは普通、地層名が各層の相互関係を元に組み立てているものであるのに対してカッティングスではそれを知ることができないことによる。よって今回は、個々の岩相組合せに地層名を与えるのはやめて個々の岩相を独立した単位（ユニット）として岩相記載をおこなうことにする。今回の温泉ボーリングの坑井地質は色調、岩質、岩相から大きく5つのユニットに区分される（第4表、第2図）。

時代	俱知安町周辺	ニセコ町周辺	真狩村周辺			
第 四 紀 世	更 新 世	岩内砂層	低位段丘堆積物	ニ セ コ 火 山 群	羊蹄火山噴出物	
			真狩別層 高位段丘堆積物 俱知安盆地堆積物 ルスツ層		真狩別層 高位段丘堆積物 俱知安盆地堆積物 ルスツ層	
		赤井川溶岩				
			雷電火山群		尻別岳溶岩	
	鮮 新 世		長沢層 赤井川噴出物	基底噴出物 蘭越層		
				雷電岬火山角礫岩層		
				櫛の沢溶岩・真狩別太溶岩		
				尻別川層		
				賀老山溶岩類		
第 三 紀	中 世	俱知安層群	クトサン四号川層 バンノ沢層	磯谷層	小花井層	
		新 世	古平層群	小沢層 大和層 国富層	花園層	
			然別川層			
	定山溪層群		ペー右 ベナ股 イ川川 層層			

第3表 広域層序対比

今回実施したボーリングはそのほとんどがカッティングス（堀屑）であること、岩石の年代が不明であることから地表地質との対比をおこなうのは困難である。これは普通、地層名が各層の相互関係を元に組み立てているものであるのに対してカッティングスではそれを知ることができないことによる。よって今回は、個々の岩相組合せに地層名を与えるのはやめて個々の岩相を独立した単位（ユニット）として岩相記載をおこなうことにする。今回の温泉ボーリングの坑井地質は色調、岩質、岩相から大きく5つのユニットに区分される（第4表、第2図）。



深 度	ユニット区分	色調	主 な 岩 相
0～14m	ユニット I	濃緑	砂・礫・粘土・火山灰
14～47m	ユニット II	灰白	軽石質堆積物
47～293m	ユニット III	黄褐	デイサイト質凝灰角礫岩, 軽石凝灰岩
293～557m	ユニット IV	淡緑	軽石凝灰岩, 砂岩, 礫岩
557～1012m+	ユニット V	緑灰	安山岩, 同質凝灰角礫岩～凝灰岩

第4表 坑井地質ユニット区分

#### ユニット I ( 0-14m )

固結度の低い礫・砂・粘土・火山灰からなり全体に濃緑色を呈する。礫は主に安山岩、凝灰岩からなる。標高と構成物から考えて段丘堆積物と真狩別層に相当すると考えられる。

#### ユニット II ( 14-47m )

1cm大の帯桃白色の軽石と石英砂から構成される軽石質堆積物で、黒色安山岩岩片と木片を含む。構成物の量比と円磨度、淘汰度に違いから二つのサブユニットに分ける。

II a (14.0-34.6m) : 多量の石英砂と円磨した軽石からなる。淘汰は良好で石英砂の割合がサブユニット b に比較して圧倒的に多い。

II b (34.6-47.0m) : おもに、多様な色調を示す軽石からなり、少量の石英砂をともなう。サブユニット b は構成物から考えて留寿都層(洞爺軽石噴出物)に対比されると考える。サブユニット a はサブユニット b の二次堆積物であると考えられる。

#### ユニット III ( 47-293m )

おもに、黄褐色の軽石と雑色安山岩岩片を含む凝灰角礫岩から構成され、淡緑色の軽石凝灰岩を夾在する。岩相を六つのサブユニットに分ける。

III a (47-83.5m) : 石英安山岩と黄褐色の軽石からなる凝灰角礫岩である。石英安山岩角礫は流理構造を呈し斜長石、黒雲母、輝石がみられる。珪化岩片が稀にみられる。

III b (83.5-102.5m) : 淡緑色の軽石凝灰岩からなり、時に安山岩の角礫を含むことがある。軽石はガラス質で発砲良好である。斜長石の破片、酸性深成岩岩片をふくむ。

III c (102.5-148.5m) : 石英安山岩・緑灰色凝灰岩・黄褐色軽石から構成される凝灰角礫岩。石英安山岩は流理構造を呈し斜長石、黒雲母、輝石がみられる。珪化岩岩片を含む。コアは角礫状を呈する石英安山岩質の火山礫凝灰岩である。

III d (148.5-166m) : 淡緑～灰白色を呈する軽石凝灰岩で黒色安山岩岩片を含む。軽石は発砲良好で、輝石・斜長石の破片がみられる。他に玄武岩質安山岩、珪化岩、石英安山岩がみられる。

III e (166-227m) : 暗灰～黄褐色を呈する軽石と石英安山岩～安山岩の岩片を含む凝灰角礫岩。安山岩は発砲しており、斜長石、両輝石がみられる。コアは棒状で両輝石安山岩の角礫と黄褐色軽石質凝灰岩からなる火山礫凝灰岩である。

III f (227-293m) : 暗緑色を呈する安山岩と軽石からなる凝灰角礫岩。基底部付近で黄褐色

軽石の層を夾在する。他に酸性深成岩、珪化岩がみられる。軽石中には斜長石、輝石がみられる。

本ユニットは石英安山岩～安山岩の角礫と同質の軽石質凝灰岩からなる凝灰角礫岩主体の層であることから軽石質火砕岩であると考えられる。

#### ユニットⅣ (293-557m)

おもに凝灰岩・碎屑岩から構成され、四つのサブユニットにわけられる。凝灰岩は軽石を多量に含む軽石凝灰岩で、全体に均質な岩相を示す。サブユニットb以降は炭酸塩化が著しい。

Ⅳa (293-424.5m) : 淡緑色～灰緑色の軽石凝灰岩から構成される。コアは数センチ～5センチ大のパッチ状の軽石と少量の凝灰岩・安山岩の基質からなる。内部構造は塊状無構造であり堆積構造はみられない。軽石は一部、溶結している。

Ⅳb (424.5-471.5m) : 灰白～白色まれに暗緑色を示す凝灰質細粒砂岩。火山岩片は粘土鉱物が生成しているため源岩は不明。ユニット下部は石英粒子の量が増す。また基盤岩起源と思われる変形の著しい砂岩もみられる。

Ⅳc (471.5-483.9m) : 厚さ約12mの円礫岩で、電気検層でも明瞭に捕らえることができる。礫岩の礫種は淡緑～濃緑色凝灰岩、凝灰質砂岩、安山岩、コロフォーム構造を持つ珪質岩、酸性深成岩、珪化岩である。

Ⅳd (483.9-557m) : 細粒～粗粒砂岩で、上部(483.9-500m)は多様な岩片からなる淡緑色細粒砂岩と細粒凝灰岩の互層で、粗粒砂岩が夾在している。細粒砂岩は石英に富み、特徴的な白色凝灰岩を夾在する(506-509m)。コアは石英長石質の塊状砂岩で、主要構成粒子は石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、電気石がみられる。基底部では礫を含む粗粒砂岩からなる。

本ユニットは淡緑色凝灰岩・灰白色軽石凝灰岩と火山碎屑岩と花崗岩質起源の碎屑岩の2種類の異なる供給源をもつユニットである。

#### ユニットⅤ (557-1012m)

おもに変質安山岩、同質凝灰角礫岩、同質凝灰岩から構成される。珪化変質は全体に及んでおり本ユニットの特徴ともなっている。本ユニットの上部(557.5m-842m)では赤褐色の粘土化が著しく、その度合は深度によって様々で一定しない。深度810m以降は石英脈中に黄鉄鉱、方鉛鉱などの硫化化合物が生じている(鉱化変質)。色調は557mから684mまでは全体に黄褐色から灰白色を呈するが、それ以降は緑色(濃緑色、淡緑色、緑灰色)を呈する。本ユニットは変質が著しく岩相・岩質に急激な変化がみられないことから本質的な岩相区分ができなかった。ここでは便宜的に下位から《変質安山岩-凝灰角礫岩(-凝灰岩)》をセットと考え、一つのサブユニットとして設定することにした。

Va (557-684m) : 下位から変質安山岩、凝灰角礫岩からなる。凝灰角礫岩中には約5mの変質安山岩が夾在する。全体に黄褐色から灰白色を呈し、珪化が著しく炭酸塩鉱物の脈が生じている。空隙が多く二次的に石英、緑泥石などが埋められている杏仁状構造がみられる。凝灰角礫岩は安山岩の角礫と砂質凝灰岩(構成物:石英、斜長石、黒雲母)の基質で構成される。また、急冷構造の一つバリオールがみられる(枕状溶岩?)。コアは角礫状を呈する安山岩で輝石は緑泥石に置換されている

Vb (684-732m) : 下位から変質安山岩、凝灰角礫岩からなる。変質安山岩は珪化変質が著しい。凝灰角礫岩は珪化した安山岩や枕状溶岩の角礫からなる。コアは片状の割れ目が発達した安山岩である。

Vc (732-846m) : 下位から変質安山岩、枕状溶岩?、凝灰角礫岩からなる。緑れん石が全体に生じている。コアは角礫粘土化し、炭酸塩化が激しい。石英粒子と凝灰質岩片からなる石英安山岩質凝灰岩である。

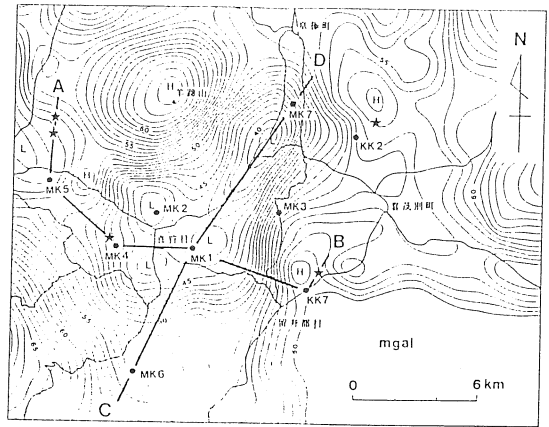
Vd (846-891.4m) : 下位から変質安山岩・凝灰岩互層、凝灰岩からなる。

- V e (891.4-992m) : 下位から玄武質安山岩と変質安山岩の“互層”，凝灰角礫岩からなる。玄武岩質安山岩と変質安山岩の“互層”中には凝灰岩(7m)が夾在する。玄武岩質安山岩は暗緑色を呈し，斜長石の斑晶がみられる。
- V f (992-1012m+) : 凝灰岩，凝灰角礫岩からなる(20m+)。構成鉱物粒子は石英，斜長石，輝石，黒雲母である。凝灰角礫岩の礫は変質安山岩である。

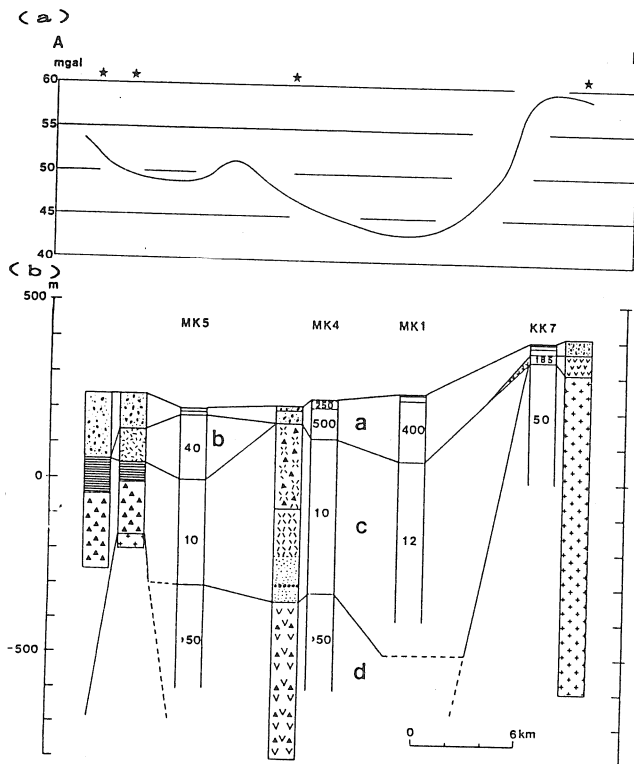
5. 真狩村の地下構造(重力構造・電気探査・地質構造)

真狩村は，後志地域の中でも最大の低重力異常を示す(第4図)。第5-a図に測線A-Bの重力断面を示す。重力のコンターは真狩高原の中心ではゆるく平坦に近いが，その周辺はコンターが非常に密であり地下の岩石密度分布が急激に変化していると予想される。重力は測線A-Bにおいてはお椀型の形態を示し，測線C-Dにおいては階段状におちこみ，羊蹄山麓で急激に変化する。

電気探査はシュランベルジャー法によりおこなわれた。測定は掘削資料のない盆地中央部を中心として行われた。その結果，地面から800m程度の深度までの比抵抗の分布が知られた(第5-b図)。地層は比抵抗のパターンからみて真狩村では上からa, b, c, dの4層に



第4図 重力異常図(コンターは1mgal)



第5図 測線A-B断面図 a: 重力異常断面 b: 電気比抵抗断面

分けられる（第5-b図）。上位a層は比較的比抵抗の高い層で周辺の地質及び坑井地質から軽石質火山碎屑物と考えられる。b層は留寿都層に覆われる関係と坑井の位置から考えて鮮新世の火山噴出物（比抵抗値からみて凝灰角礫岩か？）と推定される。c層はユニットⅢとユニットⅣに相当することから軽石質の凝灰角礫岩、凝灰岩、碎屑岩から構成されていると考えられる。d層は比抵抗値が周囲の基盤岩類と有為な差はみられないが、坑井地質からみて変質安山岩質火山岩類卓越層（ユニットⅤ）であるといえる。

留寿都、羊蹄山西麓そして今回掘削された真狩村での坑井地質と前年度の電気探査のデータを総合すると次のようになる。留寿都村の留寿都5号井では100m（標高300m）で、羊蹄山南西麓-大三開発井においては400m（標高-175m）で酸性深成岩の存在を示す。それに対して掘削地点では深度1012m（標高約-800m）で基盤岩類には達していないことから基盤岩類の落差は少なくとも留寿都側で1000m以上、羊蹄山西麓で600m以上に達すると考えられる。また留寿都の坑井地質には真狩のユニットⅣ、Ⅴに対応する構成物は存在しない。

今回の掘削結果を合わせると次のようにまとめることができる。

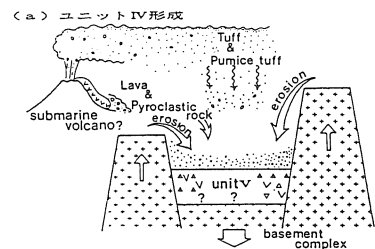
- ①真狩村の坑井地質は岩相から5つのユニットに分けられ、557m以深は変質した火山岩類からなる。293m以深（ユニットⅣ、ユニットⅤ）はその岩相から花園層相当層であると考えられる。またユニットⅣの碎屑岩の一部は花崗岩質起源の可能性があることから、堆積時には真狩村の堆積盆縁辺域は花崗岩質の上昇・侵食が始まっていたと考えられる（図6）。
- ②真狩村周辺域では基盤岩類と考えられる花崗閃緑岩の上位に更新世の溶岩（尻別岳溶岩）が直接のついでに堆積していることから花園層相当層はすべて削剥されたと考えられる。
- ③留寿都、羊蹄山西麓の坑井地質と比較して基盤岩類の落差は600～1000m以上と見積られ、重力、電気探査から推定された構造が確認された。
- ④温泉水は花園層相当層であるユニットⅤ（火山岩類）の上部から得られ、温泉胚胎の形態は亀裂タイプであると考えられる。

## 6. おわりに

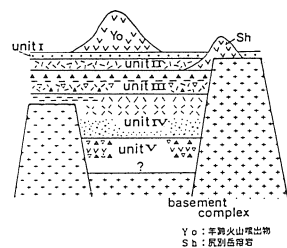
重力異常と電気探査から推定された地下構造を検証する形で実施したボーリング調査は、管内で初めての深部ボーリング調査ということから地下構造について十分解明されたとはいいがたい。

また今回の調査では、これからの真狩村振興計画の核となる地熱・温泉の農業利用に必要な温泉資源の確保にはいたらなかった。しかし、少なくとも当初推定された基盤岩類の大きな落差が確認されたことや、少ないとはいえ亀裂タイプの温泉を確保できたこと及び推定された地下構造とほぼ整合性がとれたことから、今後の開発が期待できるといえる。

今回のボーリング調査において仕上げ対象とした火山岩類（ユニットⅤ）の上位の軽石質凝灰岩・碎屑岩（ユニットⅣ）の温泉資源評価が課題として残されたことから温泉資源の広域的な評価は今後の検討・調査に待たれる。



(a) ユニットⅣ形成



(b) 現在

第6図 地下構造概念図

---

---

第29回 試錐研究会講演資料集

平成3年3月15日印刷

平成3年3月19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

---

---



