

第36回試錐研究会

講演資料集

期 間：平成10年3月10日(火)

会 場：サッポロサンプラザ(2F 金枝の間)

(札幌市北区北24条西5丁目)

第36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10年3月10日(火)
10時～17時

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

あいさつ

北海道立地下資源調査所長 和 氣 徹

特別講演

“材料科学的センスからみた地盤”

室蘭工業大学 材料物性工学科
教授 武 藤 章

昼

食 (12:00～13:00)

講演

1. 美幌町交流促進センター「峠の湯びほろ」の管理運営
美幌町 上 杉 晃 央
2. 北村天然ガスボーリング探査事業での傾斜掘り実績
エステイエンジニアリング(株) 佐 藤 勇 一
3. 液化炭酸ガスを用いた井戸の改修工法
東北ボーリング(株) 宮 川 和 志
石 川 正 夫
4. 簡易型計測システムの改良と開発
道立地下資源調査所 高 橋 徹 哉

(地学講座)

5. 北海道浅海域の地形と底質
道立地下資源調査所 嗟 峨 山 積

あいさつ

北海道地質調査業協会理事長 齋 藤 昌 之

懇親会 (18:00~20:00)

会場 札幌サンプラザ
(2F 高砂の間)



特 別 講 演

材料科学的センスからみた地盤

— 堆積岩を中心として —

— 地盤調査ボーリング資料を利用する立場から —

室蘭工業大学材料物性工学科

武藤 章

はじめに

外国から国内を眺めて、初めてこの国の良さ・悪さを知ることが出来ると思われる。地盤に関わる科学・技術は地質学、地盤工学の領域であるが、それらと一見かけ離れた領域から地質学・地盤工学を眺めたら、どのように見えるのだろうか。このような視点で、私が現在所属している材料物性工学科で取り扱っている材料科学の知識にもとずいて、妄想をたくましくし、むりやり当てはめた地盤のイメージについて暴論を述べ、ご批判を浴びたい。

1. ボーリング柱状図をみて困ったなァ

地震時の広域地盤振動特性、地盤物性解析、地盤情報の利用手法開発など既存のボーリング柱状図などの地下地盤情報を利用させてもらっている。広域地盤特性を解析するには大量の地下地盤情報を収集し、統計的に処理する必要がある。このとき、同じ敷地内にある複数のボーリング資料から地質断面図を書いてみると、同じ地層（単層）であろうと判断される、ある特定の地層について柱状図によって、シルト質（混じり）砂あるいは砂質（混じり）シルトのように記載されたり、砂あるいは火山灰のように記載されたりしている例が少なくない。シルト質砂と砂質シルトは同じなのか？、違うのか？。砂と火山灰は？

2. なぜ、土を粒径で分類しなければいけないの？

JISなどで土の粒径をもとにした粘土だとか砂だとかの定義（しきい値）が規定されている。なぜ粒径をもって土を分類しなければならないのか？ しきい値設定の根拠は？

砂とレキの境界がなぜ 2mm なのか？

柱状図に土質名を記載するときに、正しく粒度試験を実施して決めているのか。実態は？

土粒子の分類一覧表

規格	コロイド		粘土	シルト	砂					れき	コブル (cobble)	ボルダー (boulder)
	0.001	0.005			0.074	0.42	2	4.76	76.2			
アメリカ ASTM D653, 1967	0.001	0.005		0.074	0.42	2	4.76	76.2	305			
JIS A1204 T-1979	0.001	0.005		0.074	0.42	2	4.76			れき (gravel)		
土質工学会 JNF N1-1979	0.001	0.005		0.075	0.25	2	5	20	75		コブル	ボルダー
Wentworth 1922			粘土		シルト	0.075	0.25	0.85	2.0	6.35	コブル (pebble)	ボルダー
Udden 1914			粘土		シルト	0.075	0.25	0.85	2.0	6.35	コブル	ボルダー
日本農学会			粘土		シルト	0.01	0.05	0.2	2		れき	
国際土壌学会			粘土		シルト (微砂)	0.002	0.02	0.2	2		れき	
火山砕屑物					微砕火山灰			0.25			火山角れき (volcanic breccia)	火山岩塊 (block)
											火山れき (lapilli)	

(注) グラニユール (granule)

コア観察はいわばとっさの判断で命名するのが大部分であろう。とすれば、感覚的に判断しているわけで、その日の体調や天気などによって、微妙に命名が違ってくるであろうし、個人差も出るであろう。つまり、砂とか粘土とかの判断は感覚尺度に基づいている。このようなアイマイさを含む土粒子区分がどうしても必要な理由は何か？感覚尺度の信頼性は？

混合土の名称	
名称	混合状態
れき	れき > 80%
砂質れき	れき > 砂 > 10%、その他 < 10%
れき質砂	砂 > れき > 10%、その他 < 10%
砂	砂 > 80%
シルト質砂	砂 > シルト > 10%、その他 < 10%
砂質シルト	シルト > 砂 > 10%、その他 < 10%
シルト	シルト > 80%
粘土質シルト	シルト > 粘土 > 10%、その他 < 10%
シルト質粘土	粘土 > シルト > 10%、その他 < 10%
粘土	粘土 > 80%

F. J. PETTITJOHN: SEDIMENTARY ROCKS, 1957

3. 堆積物・堆積岩の合体型複合材料（暴）論

複合材料：「2つ以上の互いに異なる材料要素を組み合わせ、個々の要素になかった特性を生み出した人工の材料である（日本複合材料学科、1997）」。
複合材料は原料（素材）を混ぜ合わせる（含浸）→形にする（賦形）→崩れないようにする（硬化）の3段階を踏んで造られる。

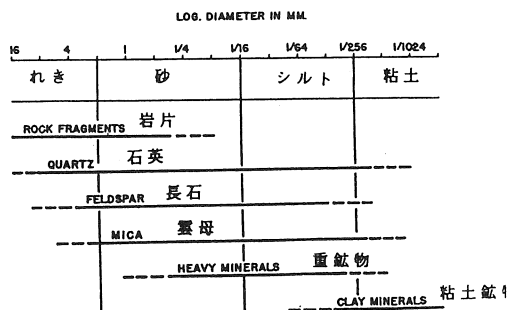
岩石を複合材料に見立てる場合に決定的に異なるのはスケールの違いと岩石が人工的に設計・成形出来ないことで、基本的には地盤工学は自然界に於ける材料を利用する技術である。

堆積岩を複合材料に見立てた場合、砂、粘土などが原料（素材）に見立てられよう。では、自然界における素材の生産プロセスは？自然界における含浸プロセスは？

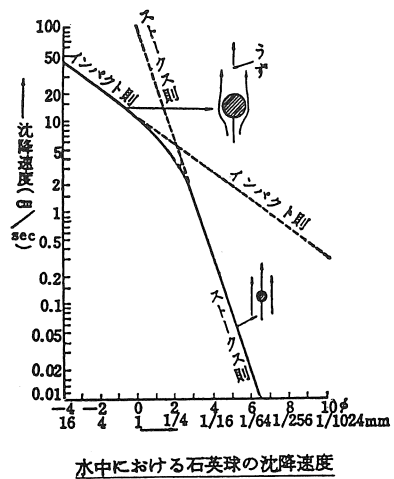
自然界における原料生産プロセス

土の生成プロセス

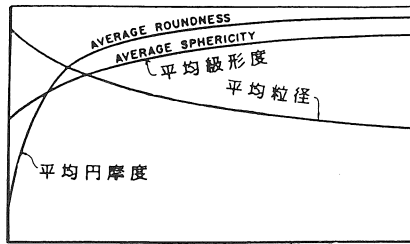
土の種類	風化	侵食	運搬	堆積
堆積土				
普通土				
火山噴出物		(噴火)		
泥炭				
残積土				



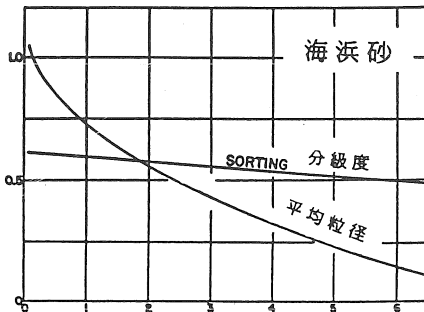
W. C. KENNEDY & L. L. SLOSS: Stratigraphy and Sedimentation, W. H. FREEMAN & COMPANY, 1956



水中における石英球の沈降速度

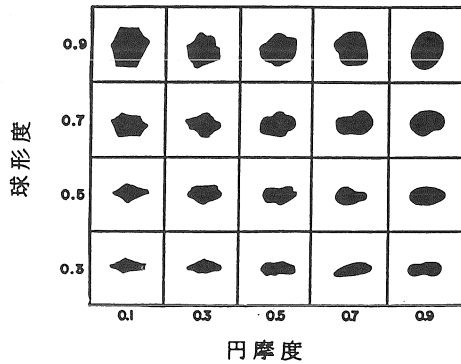
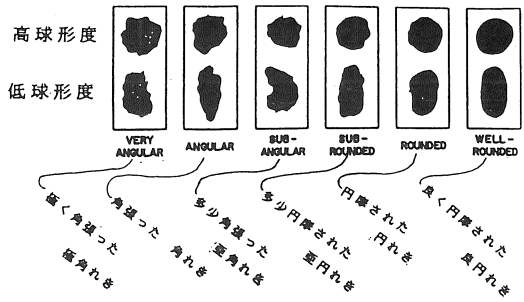


運搬距離 一下流側



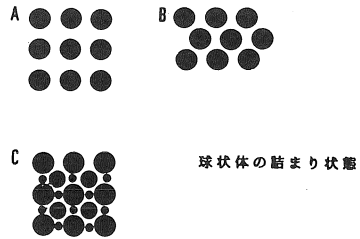
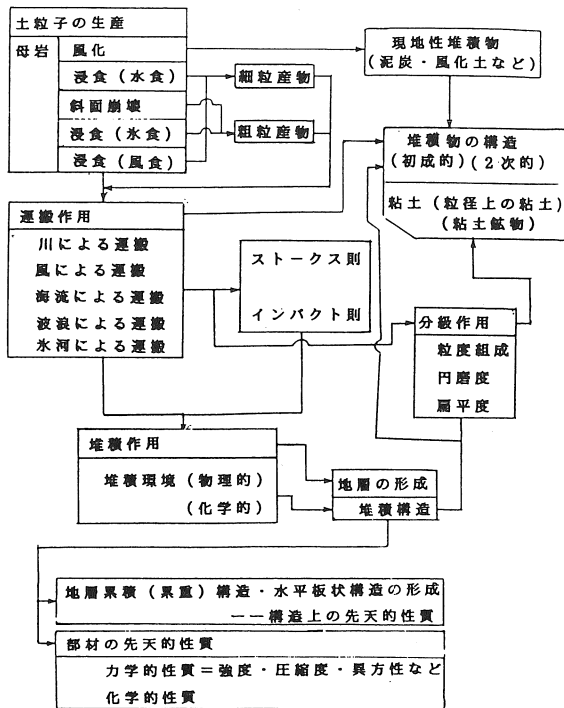
供給地からの距離 (マイル)

F. J. PETTITJOHN : Sedimentary Rocks, HARPER & BROTHERS, 1957

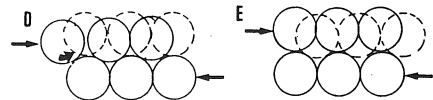


円磨度と球形度チャート

堆積岩の岩石化プロセス (1)
(先天的付加性質)



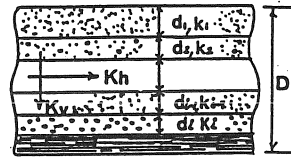
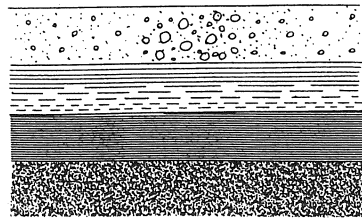
- A: 分級度 (淘汰度) が最も大きく (粒度配合が最も悪い)、間隙が最も大きい状態
- B: 分級度が最も大きく、間隙が最も小さい状態
- C: 分級度が悪く (粒度配合が良い)、間隙が小さい状態



- D: 球体堆積物の剪断破壊 (ダイラタンスー)
- E: 同上

自然界における含浸プロセスでは、素材の混合だけでなく、一定の堆積条件下で”単層”が形成される。単層は土粒子の混合体であると同時にある広さの空間をしめる板状水平構造を形成する。この板状水平構造は初期的な一種の賦形とみられることもできるが、硬化するまでは界面は際立った不連続面にはなっていない。また、ある空間をしめるために、空間全体で必ずしも均質な混合体が形成されるとはいえない。さらに、異質単層（部分）が重なり合うために、地盤（全体）としては鉛直方向に物性が不連続的・異方性構造が形成される。

自然界における含浸プロセス



$$k_h = \frac{\sum_{n=1}^i k_n \cdot d_n}{D}, \quad k_v = \frac{D}{\sum_{n=1}^i \frac{d_n}{k_n}}$$

層構造と透水係数

単層の均質・不均質性と層構造に起因する不均質・異方性

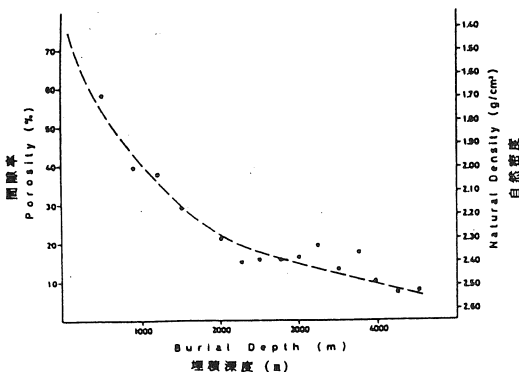
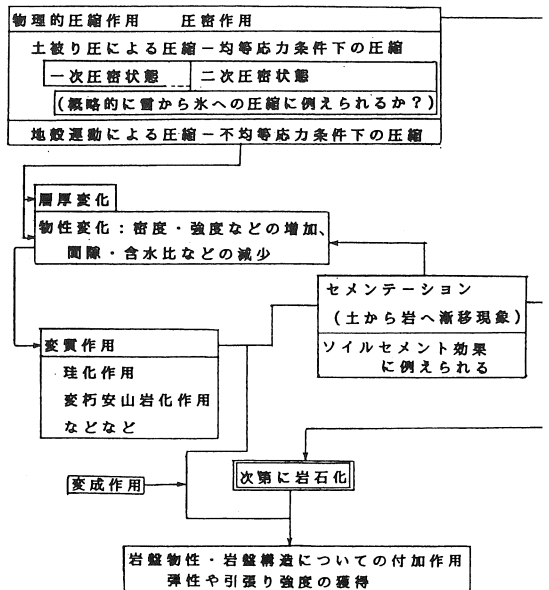
4. 自然界における賦形プロセス；硬化プロセス；

自然界における賦形・硬化プロセスは物理的・化学的・鉱物学的な圧縮作用・膠着作用（セメンテーション）、変質作用など＝ダイアジェネシス＝によって進行する。これらの硬化作用によって、強度・密度などが増加し、透水性などが減少するなどの物性変化が生ずる。また、層理面は一般に剥離するような不連続的な境界面となり、板（層）累重構造に変化する。この累重構造は地盤（構造体）の構造的欠陥となる。

さらに、変成作用を受けると、岩石は原料とも硬化材料とも異なる物性を持つ、一種のセラミックスに変化する。

セラミックス化プロセス

堆積岩の岩石化プロセス（2）
（プラスの後天的付加性質）



図一 埋積深度と空隙率（北海道地区）
資料文一：海成圧質堆積物の賦成作用，地質学論叢 No.15, p.5, 1978

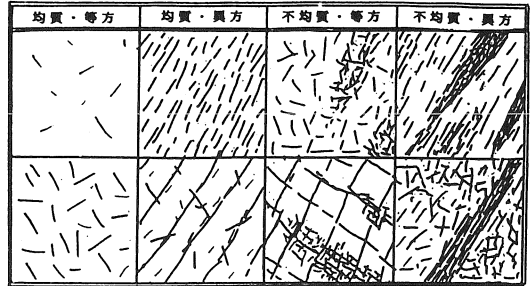
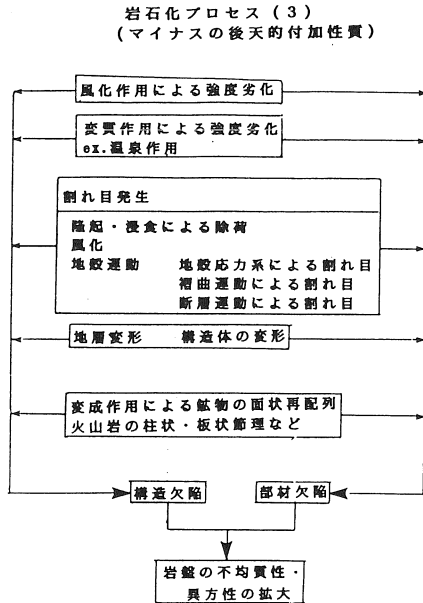
5. 素材・材料（部材・構造体）特性

自然界で生産された素材の特性は何処まで引き継がれるか？

一般に材料の全体的破壊は局部的・部分的破壊から始まる。自然界における堆積岩にみられる部分欠陥・構造欠陥とは何か？

均質性・等方性と不均質性・異方性とは？

岩石物性変化プロセスは？



均質性と等方性

6. まとめ

				地質時代						変形特性		
				沖積世	洪積世	新第三紀	古第三紀	白亜紀	先白亜紀	古生代	脆性	延性
ダイアジェネシス				---								
圧縮作用（物理的）				---								
セメンテーション				---								
化学的				---								
鉱物学的				---								
変質作用				---								
変成作用				---								
粒子成分	粒径(mm)	沈降条件	土構造	岩石名								
粘土鉱物	コロイド	ブラウン運動	綿毛構造	ヘドロ								
	粘土			正圧圧密粘土								
結晶破片	0.005	ストークス則	蜂の巣構造	過圧密粘土								
	シルト			泥岩・シルト岩								
単結晶	0.074	インパクト則	単粒構造	頁岩								
	砂			粘板岩								
岩石破片	2	インパクト則	単粒構造	ホルンフェルス								
	れき			千枚岩・片岩類								
				片麻岩								
				粗粒岩								
				砂								
				砂岩								
				硬砂岩								
				片麻岩								

造山運動を無視した場合の岩石化履歴

講

演

美幌町交流促進センター「峠の湯びほろ」の管理運営

美幌町交流促進センター
管理係長 上 杉 晃 央

1 施設整備の経緯

長年町民が温泉施設を待望していたことから、平成元年北海道立地下資源調査所による探査事業を依頼し、その報告結果を受けて平成4年都橋地区で温泉掘削事業に着手。同年11月に毎分225ℓ、温度47.7度の温泉が湧出したものである。

その後、庁内温泉利活用検討委員会、町内各界代表者による温泉利活用懇話会を経て、平成5年6月5社による基本構想コンペを実施した。コンペ結果により基本構想計画を議会協議を行い、議会温泉利活用等調査特別委員会及び庁内温泉事業計画プロジェクトチームによる検討結果を経て、平成6年12月基本設計実施、平成7年9月2か年事業として建築工事に着工し、平成8年12月6日オープン。

2 施設整備の目的

この施設は、豊かな自然環境と道路交通の結節点を活かした健康づくりと地域間交流施設である。温泉による健康づくりはもとより、多目的交流ホール等を活用した各種研修、交流プログラムを通じて交流促進が図られ、余暇時間の増大、高齢化社会に対応した個性ある町の新しい顔づくりとして期待されている。

また、情報機能を整備し、立地特性を活かして広域情報の発進拠点として位置づけ、交流人口の増加と観光振興等地域活性化を図るものである。

3 建設概要

- * 場 所 網走郡美幌町字都橋40番地 1
- * 敷地面積 18,187㎡
- * 構 造 鉄筋コンクリート造（一部木造） 地上2階・地下1階
- * 延床面積 2,708.07㎡ 最高高さ13m
1階…2,093.96㎡・2階…393.52㎡・地階…220.59㎡
- * 総事業費 1,236,115千円

財源内訳	市町村振興補助金	100,000千円
	地域総合整備事業債	947,300千円
	一 般 財 源	188,815千円

4 施設内容

- * 温泉施設 1階 男・女各252㎡
全身浴、気泡浴、圧注浴、薬湯2か所（漢方・ハーブ）、
うたせ湯、冷水浴、あがり湯、歩行浴、ミストサウナ、ド
ライサウナ、露天風呂、シャワー、洗い場各16か所
- * 身障者浴室 1階 男・女各14㎡
- * 研修室 1階 111㎡
2階 和室大72㎡、和室小28㎡
- * 休憩室 1階 118㎡
- * 特別休憩室 2階 77㎡（リクライニングシート10席、ガウン付仮眠可能）
- * 利便施設 1階 レストラン（74席）、物産売店・ゲームコーナー
情報機能（電光掲示板）、エレベーター1基
身障者用専用トイレ3か所、公衆電話（2台）
屋外 駐車場 普通車 126台、バス 4台収容
パークゴルフ場9ホール・公衆電話ボックス1基

5 温泉概要

- * 温泉名 美幌町都橋1号井
(平成6年11月10日北海道立衛生研究所分析)
- * 泉質 ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉
(弱アルカリ性低張性高温泉)
- * 温度 地上温度 48度C
- * 湧出量 毎分225ℓ
- * 知覚 微褐色透明、ほとんど無味・無臭
- * 浴用適応症 神経痛、筋肉痛、関節痛、五十肩、運動麻痺、関節のこわばり、うちみ、くずき、痔疾、慢性消火器病、慢性皮膚病、病後回復期、疲労回復、健康増進、虚弱児童、慢性婦人病、冷え性、きりきず、やけど

6 管理運営概要

(1) 運営主体

- 株式会社 美幌ふるさと振興公社 (平成8年7月4日設立)
- 資本金 3,000万円
- 株主 美幌町、美幌商工会議所、美幌町農業協同組合
2法人・2個人
- 役員 代表取締役、専務取締役、常務取締役…行政
取締役(5名)…民間、監査役(民間・行政)

(2) 運営組織

- 支配人 — 管理課…総務・施設管理・経理担当
11名(行政1名、社員4名、パート社員6名)
- 営業課…フロント、売店、ドリンクコーナー担当
8名(社員2名、パート社員6名)
- レストラン…9名(運営委託)

(3) 営業時間

開館 午前10時 閉館 午後10時
入浴時間 午前10時～午後9時45分
レストラン 午前11時～午後9時（オーダーストップ8時30分）

(4) 利用料

- * 入浴料……………大人(中学生以上) 500円・小人(4歳以上小学生) 250円
- | | |
|--|-----------------------------------|
| フェイスタオル付
リンスインシャンプー、
ボディソープ、
化粧水類配置 | 回数券(12枚)……………大人5,000円・小人2,500円 |
| | 特別券(大人のみ)1,000円・特別回数券(12枚)10,000円 |
| | 会員券 年会員 大人30,000円・小人15,000円 |
| | 半年会員 大人18,000円・小人 9,000円 |
- * バスタオル料……………1枚 50円

(5) 利用状況

年 月	入 浴 者	年 月	入 浴 者
平成8年12月	19,919人	平成9年8月	26,698人
平成9年1月	27,238	平成9年9月	16,112人
平成9年2月	19,338	平成9年10月	17,374人
平成9年3月	23,872	平成9年11月	16,964人
平成9年4月	21,276	平成9年12月	15,540人
平成9年5月	20,473	平成10年1月	20,621人
平成9年6月	17,836	合 計	280,707人
平成9年7月	17,446	日 平 均	711人
《参考データ》	平成9年4月～平成10年1月実績 構成比 男51.8%・女48.2%・大人89.8%・小人10.2% 日平均 661人 曜日平均 平日 459人(100)・土曜 771人(168) 日曜祝日 1,228人(268) ()書: 平日比		

7 参考事例

(1) 施設・設備関係

寝湯改修、手摺り増設（洗い場・身障者浴室）

ロードヒーティング切替（温泉→温水）、打たせ湯切替（温泉→温水）

(2) 運営関係

浴場清掃（直営→委託）、勤務シフト・時間の変更、町職員接客研修の
受入れ（新採職員3日間）

(3) イベント等事例

① ○○万人達成記念（1万人、10万人、20万人）

記念品プレゼント（前後賞含む）・記念ビンゴ大会

② ゴールデンウィーク

ミニ四駆大会、こどもの日バイキング、お楽しみ抽選会

③ 湯快な温泉ふれあい祭り

一日無料入浴開放、秋の味覚物産コーナー、屋台コーナー、フリーマ
ーケット、チャリティお楽しみ抽選会、ミニパークゴルフ大会、勝ち
抜きじゃんけん大会

④ 1周年記念

1周年入浴者予想クイズ、誕生日ケーキプレゼント、記念ビンゴ大会

⑤ 湯らりデー（毎月）

毎月26日（ふろの日）に近い第4日曜日に、楽しいイベント企画

1月25日 第1回コカコーラ空き缶タワー選手権大会

長野冬季オリンピック金メダルクイズ

オホーツクマンドリンアンサンブルミニコンサート

2月22日 第2回アサヒ飲料空き缶タワー選手権大会

金メダルクイズ当選者発表

第1回レディースめんくい大会

アイスクャンドル設置

⑥ 仮称オホーツク湯快倶楽部設立（平成10年4月予定）

公共温泉によるネットワーク事業

峠の湯びほろ（美幌町）、ホテルフォレスター（津別町）、

ゆっゆ（置戸町）、ノースキング（生田原町）

温泉スタンプラリー、共同イベント、共同接客研修、施設運営会議の実施

8 温泉施設運営の課題

(1) ハード（箱物）よりソフト（管理運営）の重視を

行政、市民、専門家の協働による計画づくり

管理運営まで含めた事業計画の策定が鍵（運営会社設立、人員配置、教育研修計画、C I計画、営業計画、商品計画、経営収支予測、公告宣伝計画、什器備品計画etc）

(2) サービス業に徹する

お客様の満足こそ最高のサービス

小さなことの積み重ねが絶対差となる。

「おそうじをする」「あいさつをする」「はきものをそろえる」

大きな努力で小さな成果を求める。

峠の湯びほろの経営理念

「笑顔・まごごろ・情熱」

(3) お客様のマナーに関する悩みなど

喫煙・非喫煙の場所

ごみ分別

洗い場の場所取り

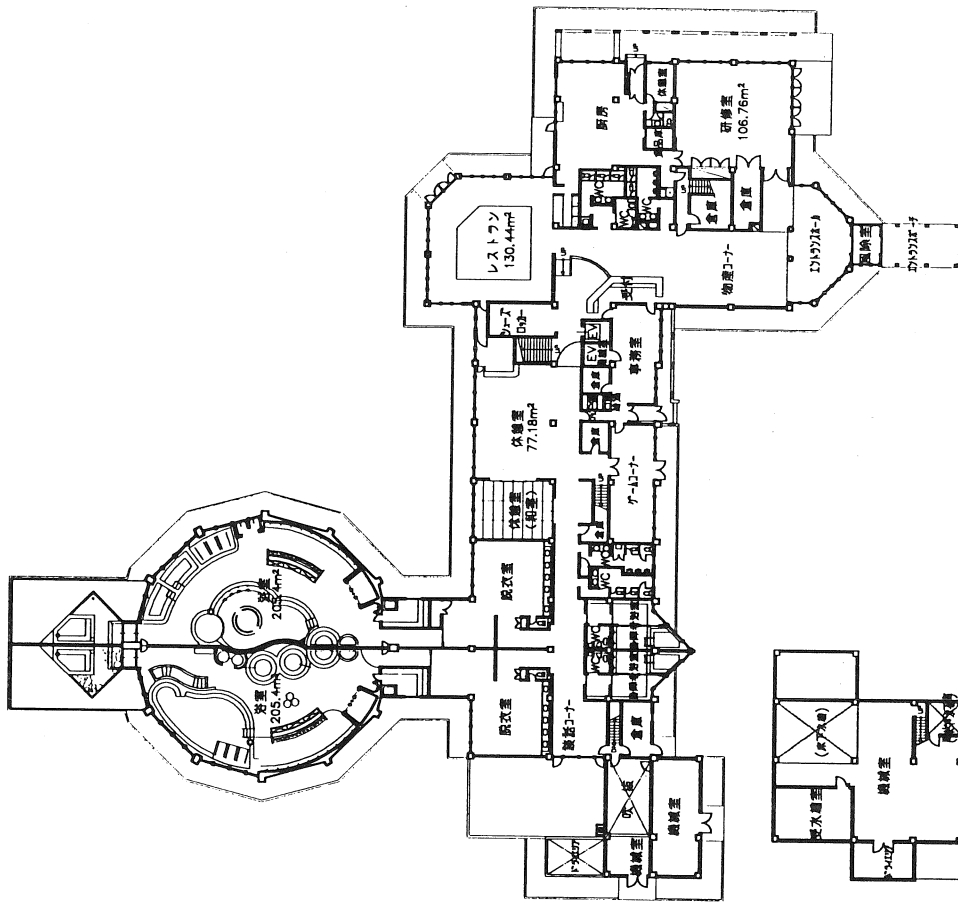
浴槽内でのタオル使用・あかこすり

身体を洗わないでの入浴

サウナ室でのオイル類の使用

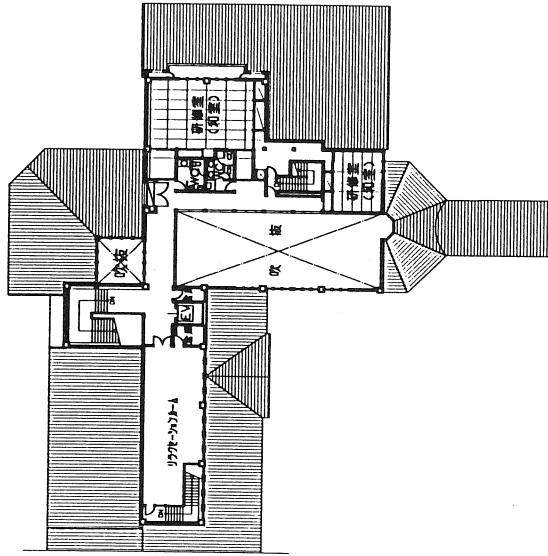
弁当類の持込み

入れ墨対策



BF PLAN

1F PLAN

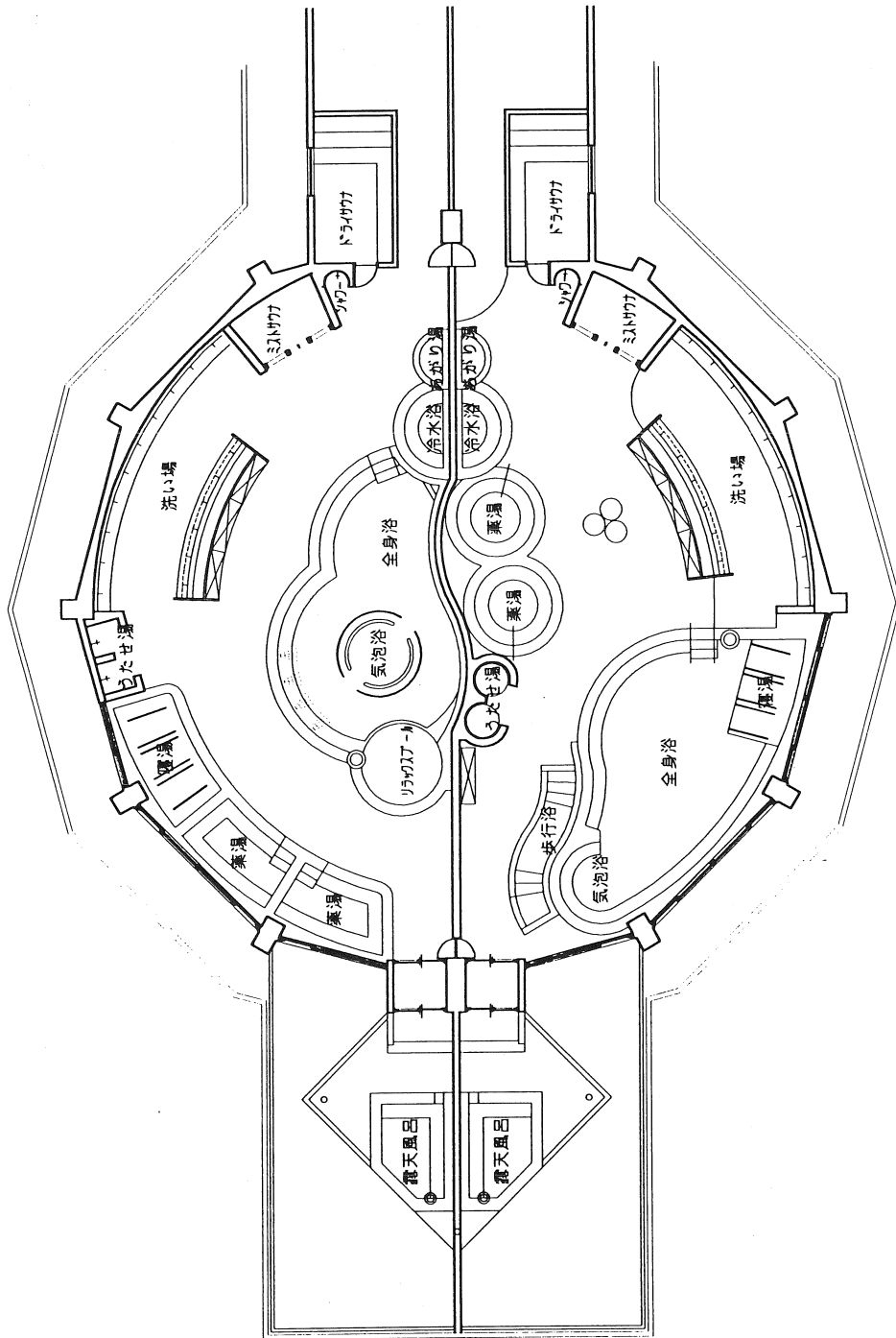


2F PLAN

美幌町温泉「峠の湯」

平面図

図面名称



美幌町温泉「味の湯」	
図面名称	浴室平面図

北村天然ガスボーリング探査事業での傾斜掘り実績

エスケイエンジニアリング株式会社
佐藤 勇一

1. はじめに

最近の坑井掘削工事では、傾斜掘り工法を用いた掘削が数多く行われている。

傾斜掘り工法で一番の利点として、地下の目的位置（ターゲット）の真上に掘削装置を設置しなくても、ターゲットまで掘削が可能なことである。

特に最近の掘削現場周辺の環境は、ターゲットの真上に山川海等の地形的障害のみならず、国立公園などの保護区域、街や人工の建造物の存在、騒音などの環境問題等を抱えていること、また、複数の坑井が必要な場合、地上設備の設置の面から見ても、非常に有効な掘削工法の一つである。

しかしながら、傾斜掘りを行うためには大型の掘削設備、特別な掘削機材ならびに技術を必要とすることから、実際にはほとんど油・天然ガス、地熱井の生産井・還元井などの大規模な掘削工事に用いられている。

当社はこの度、北海道の北村において「天然ガスボーリング探査事業委託」を、最近の温泉・試錐ボーリングで最も多く使用されているスピンドルタイプの試錐機を用い傾斜掘りを行ったので、その実績を紹介する。

2. 付近の地質概要

北村地域は石狩川をはさんで北西部には新第三系が分布する樺戸山地、北東部には古第三系によって構成される石狩炭田の山地に挟まれた、石狩

第一表 北村地域の地層層序表

時代		層名(主要岩質)
第四紀	現世	沖積層
	更新世	材木沢層(礫、砂、シルト、粘土)
新第三紀	鮮新世 ～中新世	当別層(シルト岩、砂岩、凝灰岩)
		望来層(シルト岩、砂岩、泥岩)
		盤の沢層(硬質頁岩、砂岩、凝灰岩)
		厚田層(砂岩、泥岩)

平野の北東域の低地帯にあたる。付近には石狩川によって形成された三日月湖や沼が数多くみられ、河成沖積層の粘土及び泥炭層が広く分布する。

その下には第四紀更新世層や新第三紀の泥質岩類を主体とした堆積岩層が厚く累重しているが、地表部から直接地下の地質状況を伺うことはできない。

これまで石油・天然ガスを対象とした物理探査や試掘の結果から第一表のような地層層序が明らかにされている。

3. 目的位置の選定及び傾斜掘り計画

本地域の深部には古くから石油・天然ガス鉱床が期待され、石油資源開発（株）が物理探査調査及び試掘を実施している。

それらの結果によると北村温泉の北方約1 km 付近にカルミネーション

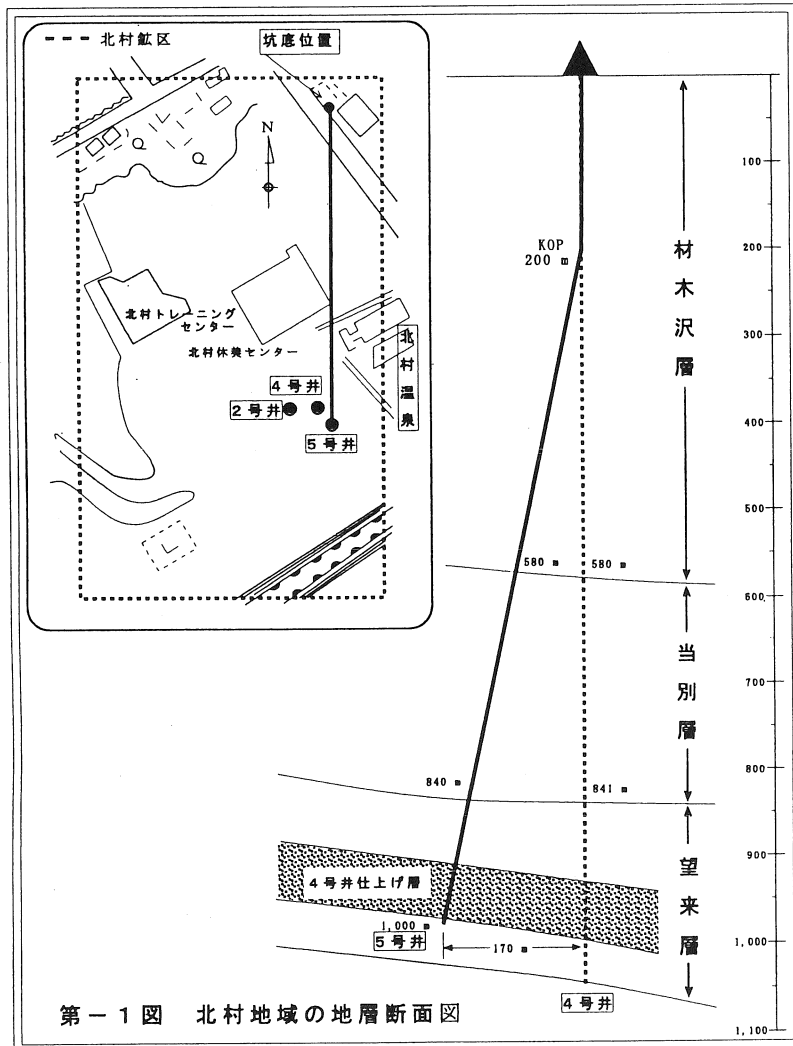
を形成する背斜構造の潜在することが判明している。

北村温泉が位置する地上はこの潜在背斜構造の斜面上に相当している。

北村温泉の主要ガス層は望来層の中部に発達する凝灰質砂岩、泥岩、及び礫岩まじりの砂岩層である。

（第一1図参照）

本貯留層（ガス層）は、これまで掘削された北村温泉井及び北村SK-1号井（石油資源（株））の結果から、かなりの拡がりをもって発達していることが推定され、北村4号井基地付近から北方の構造上位に向け、天然ガスを目



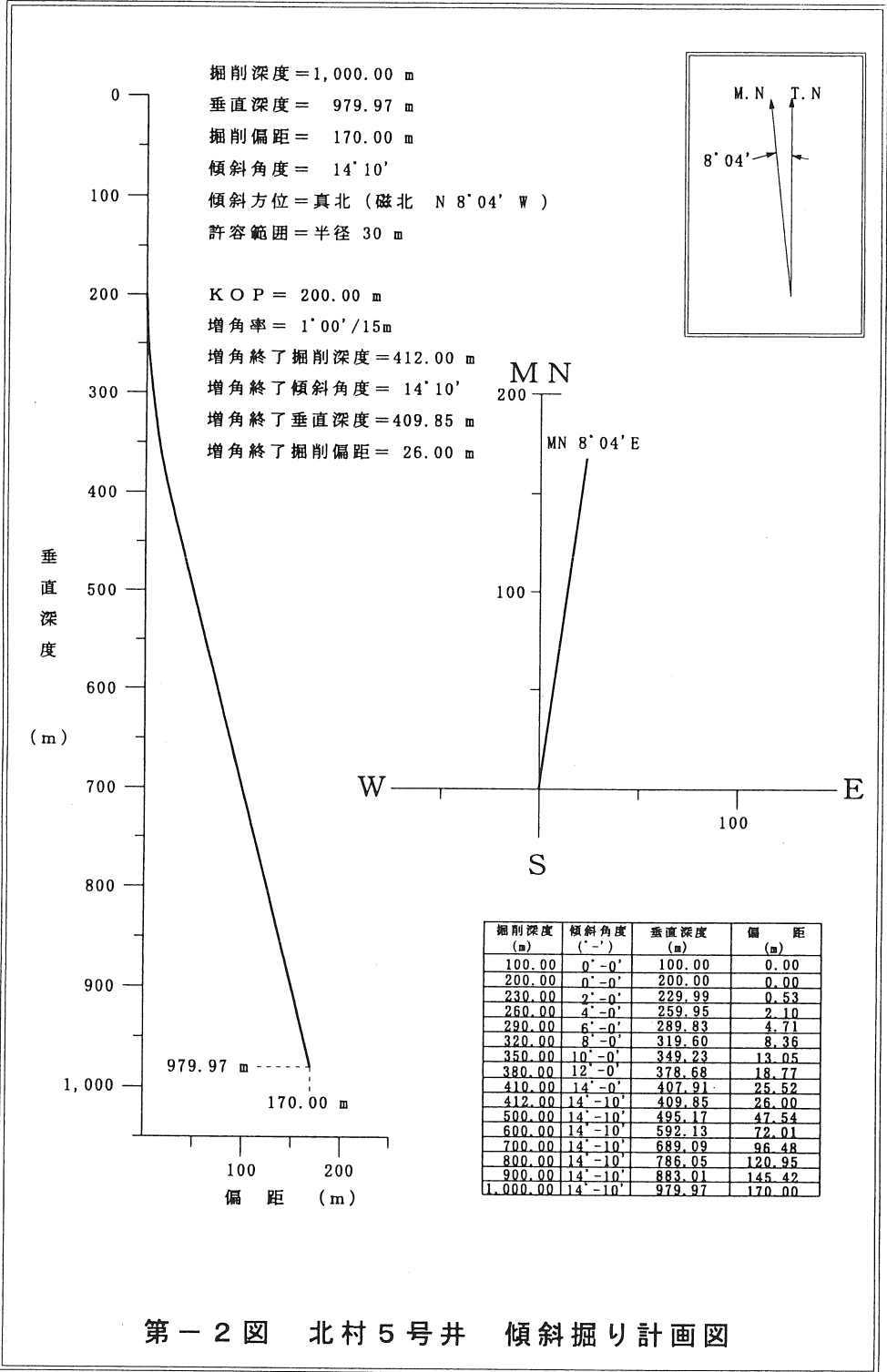
第一1図 北村地域の地層断面図

的として北村5号井が計画されたものである。

掘削深度は貯留層を完全に掘削できる深度を勘案して1,000 mとし、キックオフポイント（KOP）、増角率、掘削偏距は以下に示す事項を考慮した。

- ①北村鉱区内に納める。
- ②使用する試錐機の能力を考慮し最大傾斜角度を大きくしない。
- ③最終段(6-1/4"坑)までに坑底方位を安定させる。

傾斜掘り計画図を第一2図に示す。



第一二図 北村5号井 傾斜掘り計画図

4. 施工期間及び主要機材

全施工期間は平成9年4月23日から同年7月4日までの73日間を要した。

全業務工程表を第-2表に、ドリリングチャートを第-3図に示す。

掘削機には、利根社のTSL-1F型の試錐機を使用した。

主要機材一覧表を第-3表に示す。

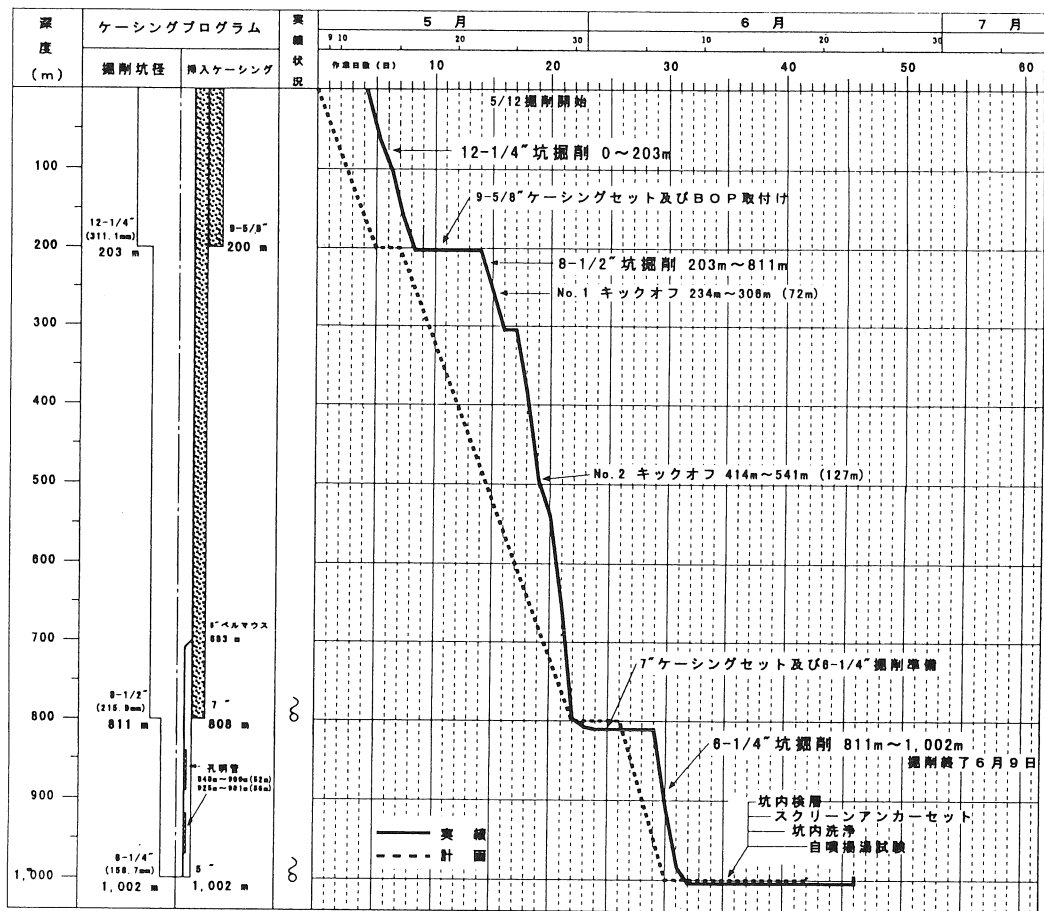
第-2表 北村5号井 全業務工程表

自 平成9年4月23日
工 期 至 平成9年7月4日

工 事 項 目	計 画 日 数 (日)	実 績 日 数 (日)	累 計 日 数 (日)	平成9年												
				4 月		5 月		6 月		7 月						
				10	20	10	20	10	20	10	20					
1. 工事敷地造成	3.0	2.0	2.0			23	24									
2. 掘削機材の搬入・設置	13.0	17.0	19.0			25		11								
3. 掘 削	42.0	43.0	62.0					12						23		
(1) 12-1/4" 坑掘削 (0~200m)	5.0	5.0						12	16							
(2) 9-5/8" ケーシングセット	2.0	6.0						17	22							
(3) 8-1/2" 坑掘削 (200~800m)	15.0	9.0						23	31							
(4) 坑内検層(電気・温度)	1.0	2.0								1	2					
(5) アケーシングセット	3.0	4.0								3	6					
(6) 6-1/4" 坑掘削 (800~1,000 m)	4.0	3.0								7	9					
(7) 坑内検層(電気・温度・GR-CCL)	1.0	1.0									10					
(8) スクリーンカーセット	1.0	1.0									11					
(9) 坑内洗浄	2.0	2.0									12	13				
(10) 予備掃湯試験(エアート)	2.0	4.0										14	17			
(11) 掃湯試験(水中モーターポンプ)	6.0	6.0										1	23			
4. 掘削機材解体・搬出	8.0	7.0	69.0											24	30	
5. 工事敷地の復旧・整地	5.0	4.0	73.0												1	4
合 計	71.0	-	73.0			23										4

第-3表 主要機器一覧表

名 称	仕 様	単 位	数 量	能 力	製 作 所
掘削機	TSL-1F型	台	1	最大巻上能力 9,000kg(シグ&Q-7)	利 根
同上動力	日立モーター	台	1	45kw	日 立
主泥水ポンプ	JD-200	台	1	最大使用圧力140kac 最大吐出量1,350l/min	大原鉄工所
同上動力	ディゼルエンジン	台	1	173 PS/1,300 rpm	三 菱
副泥水ポンプ	D-100型	台	1	最大使用圧力110kac 最大吐出量1,350l/min	セキサク
同上動力	ディゼルエンジン	台	1	300 HP	三 菱
発電機	DCA-150SPK	台	2	125 KVA 50Hz	デンヨー
泥水ミキサー	ジェット式	台	1	4" x 11 Kw	デンヨー
マッドスクリーン	サイクロン式	台	1	最大処理量1,000l/min	近畿工業
エア-ホイスト	2ton吊り	台	1		三栄精機
掘削機	鋼製 4脚	基	1	耐荷重 100ton 高さ 27 m	中山機械
サブストラクチャー	ブロック型 21mφ3.0mφ1.5m	台	4	耐荷重 100ton	中山機械
ロータリーテーブル		台	1		利 根
ケリー	3-1/2"角タイプ	本	1		セキサク
フックブロック	タイプB 485x3 車	台	1	35 ton	セキサク
ウオータースイベル		台	1	35 ton	セキサク
ドリルパイプ	2-7/8"φR-2	本	120	グレードE	利 根
ドリルパイプ	4-1/2"φR-2	本	50	グレードE	利 根
ドリルカラー	6-1/2"	本	8		利 根
ドリルカラー	6-1/2" 無磁気	本	1		YBM
ドリルカラー	4-3/4"	本	10		YBM
ドリルカラー	4-3/4" 無磁気	本	1		YBM
暴噴防止装置	ハイドリルGK	台	1	9-2,000 PSI	ハイドリル
同上作動装置	アキュムレーター	台	1	3.7 kwモーター付き	塚本精機
ダウンホールモーター	6-1/2"φD 低速/高トルク型	台	1		SDI社
測 定 器	シングルショット	式	1	タイプE型/高温用	イーストマン社



第一三図 北村5号井 ドリリングチャート

5. 傾斜掘り実績

5-1 偏距具

傾斜掘りを行う際に、必要なものに偏距具(Deflecting tools)がある。

偏距具は、特殊ビットや他のサブツールと共に坑内に降下され、坑井を任意の方向へ変化させる場合に用いられる。

偏距具には、ホイブストック、ナックルジョイント、ジェットビット、ダウンホールモーターなどいろいろなものがある。

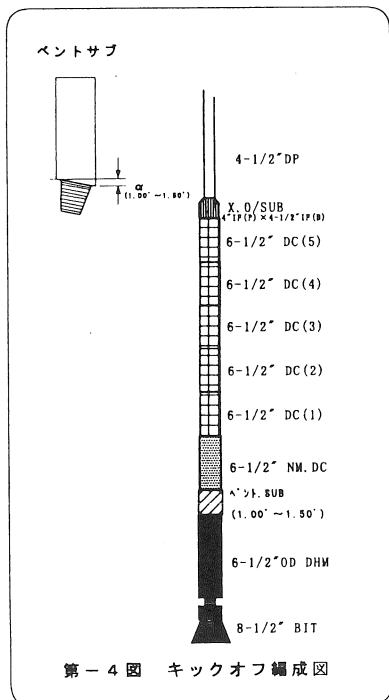
本井では、最も一般的に使用されているダウンホールモーターを使用した。

ダウンホールモーターは、ポジティブディスプレイメント型とタービン型の2種類あるが、ポジティブディスプレイメント型を使用した。

いずれもドリルストリングス内を流下する泥水によって駆動し、坑底で回転動力を発生させ、ビットを回転させるものである。

したがって、通常はベントサブとの組み合わせにより、偏距具として使用される。

ベントサブは、上部のネジが本体の軸に対してある角度で切られているため、ダウンホールモーターの上部に接続することにより、掘具編成に傾きが与えられる。



このことによって、方位及び傾斜の変換をする際、スムーズな円弧状の坑跡が得られやすいことから、急激なドッグレッグやそれに起因するキーシート等のトラブル低減する。

本井でのキックオフ編成図を第一四図に、使用したダウンホールモーターの詳細図を第一五図に示す。

なお、ダウンホールモーターの使用時に発生する反動トルクによる掘具編成の捻れを少なくするために、4-1/2"ドリルパイプを使用した。

通常の掘削では、試錐機の捲揚げ能力及びハンドリングツールズ関係の耐荷重が小さいことから、吊具重量の軽減のために2-7/8"のドリルパイプを使用した。

5-2 坑底指向法

坑井の正しい偏距と方向を得るためには、偏距具を正確な方向（指向）に向けることによって、初めて達成される。

偏距具を指向方向に向けることを坑底指向法と呼ばれるが、直接法（シングルショット法）、連続地表読取り法（ワイヤーライン法、マッドパルス法）などが現在よく利用されている。

本井においては、次の理由でシングルショット法を用いた。

- ①連続地表読取り法は、特殊機器ならびにエンジニアを必要とするために多額の経費がかかる。
- ②連続地表読取り法で行う場合、ロータリー掘削機と構造が異なるスピンドルタイプの試錐機では、基本設備の違いから設備改造箇所が多い。

使用したシングルショット測定器は、イーストマン社のE型傾斜測定器を用い、アングルユニットは20°及び90°計を使用した。

5-3 掘削泥水

第1段(0m~203m)の掘削では通常のベントナイト泥水で掘削した。

第2段以降では傾斜掘りにとれない、掘具と坑井との摩擦による負荷が予想されたため、ベントナイト泥水及びポリマー泥水よりも良好

な潤滑性を有し、摩擦係数が小さいフレックス泥水を使用した。

また、フレックス泥水は、無着色で仕上げ時の坑内洗浄が容易なことからも採用した。

掘進中は、掘削にともなう泥水比重の自然上がりを極力抑え、抑留を防止するためサイクロン等を十分活用し、泥水中のソリッド分除去に努めた。

基本泥水組成を下表に示す。

基本泥水組成

調泥剤名	ベントナイト泥水	フレックス泥水
クニゲル V 1	8.0 ~ 10.0 %	2.0 ~ 5.0 %
テルフレックス	—	2.0 ~ 3.0 %
テルポリマーH	0.1 ~ 0.3 %	0.3 %
テルポリマーL	—	0 ~ 0.3 %
消泡剤 No.15	—	適宜
曹重	—	0 ~ 0.1 %

5-4 傾斜掘り結果

傾斜掘りは第1段(12-1/4"坑×203m / 9-5/8"CSG×200m)の施工を終了後、9-5/8"ケーシングシュー以深を数m掘削して、深度234mをキックオフポイントとして傾斜掘りを開始した。

ダウンホールモーターを使用した掘削は、2回行った。

- ・第1回目 深度 234 m ~ 306 m (72 m)

- ・第2回目 深度 387 m ~ 541 m (154 m)

ダウンホールモーター掘削記録を第4表に示す。

結果としては、第1回目の掘削で傾斜10°、方位N30°Eを得られたのでキックオフを終了とした。

引き続き掘削編成を8-1/2"ビットの増角編成に替え降下した。

深度234m付近より負荷が有ったため、坑内浚いを実施したところ、300m付近より穴替わりをしていることが判明した。

しかし、現深度で再度方位修正を行うには、既存の4号井とあまりに接近しすぎているため、4号井をかかわすために深度387mまで掘削を行った後、再度ダウンホールモーターで再キックオフを実施した。

第2回目は深度541mまで掘削し、傾斜7°45'、方位N21°Wを得られたのでキックオフを終了とした。

以深は、深度811mまで8-1/2"増角編成で掘削して7"ケーシングをセット後、6-1/4"増角編成で予定深度である1,002mまで掘削を行い終了とした。

傾斜測定結果を第5表に、坑跡プロット図を第6図に、坑内図を第7図にそれぞれ示す。

6. おわりに

本工事の傾斜掘りは、穴替わりはしたものの、他に問題なく工事を終了することができた。

また、揚湯試験結果においても、ガス量 $1,200 \text{ m}^3/\text{day}$ 、湧出量 $850 \text{ ㍓}/\text{min}$ （自噴）、泉温 $42.5 \text{ }^\circ\text{C}$ が得られた。

傾斜掘り工法は、反動トルクの予想を除けば、何も特別難しいことではない。

現在では先に述べたように、坑底指向法は連続地表読取り法が主流であるため、反動トルクのコントロールも容易になってきた。

傾斜掘りに限らず技術開発が進む今日、いかにそれらを見極め取り入れていけるかが今後の問題となるのではないかと思われる。

参 考 文 献

北村 天然ガスボーリング探査事業委託 報告書 1997

地熱技術開発株式会社 傾斜掘概説 1985

第35回 試錐研究会講演資料集「新しい泥水について」(株)テルナイト

Survey Calculation by Minimum Curvature Method

Srv. No.	Survey Depth (Meter)	Incl. Angle (° ')	Hole Azimuth (Quadrant)	Crse Length (Meter)	Total Coordinates		Total Departure (Meter)	T. Vert. Depth (Meter)	Build B(+)/D(-) (Deg/30m)	Walk R(+)/L(-) (Deg/30m)	DogLeg Severity (Deg/30m)	Remarks
					N(+)/S(-) (Meter)	E(+)/W(-) (Meter)						
0	50.0	0.00	N 0.00 E		0.00	0.00	0.00	50.00				
1	100.0	0.30	N 45.00 W	50.00	0.15	-0.15	0.22	100.00	0.30		0.30	S/S
2	200.0	0.15	N 45.00 E	100.00	0.62	-0.31	0.69	200.00	-0.08		0.17	S/S
3	253.0	1.00	N 20.00 E	53.00	1.13	-0.07	1.14	252.99	0.42	-14.15	0.45	S/S
4	289.0	1.40	N 38.00 E	36.00	1.84	0.36	1.88	288.98	0.56	15.00	0.66	S/S
5	307.0	1.25	N 34.00 E	18.00	2.23	0.65	2.32	306.98	-0.42	-6.67	0.46	S/S
6	342.0	1.15	N 32.00 E	35.00	2.91	1.09	3.11	341.97	-0.14	-1.71	0.15	S/S
7	370.0	1.30	N 30.00 E	28.00	3.49	1.44	3.77	369.96	0.27	-2.14	0.28	S/S
8	498.0	6.00	N 10.00 W	128.00	11.53	1.11	11.59	497.67	1.05	75.00	1.17	S/S
9	526.0	7.30	N 3.00 W	28.00	14.80	0.76	14.82	525.47	1.61	7.50	1.86	S/S
10	574.0	8.40	N 1.00 W	48.00	21.55	0.53	21.55	573.00	0.73	1.25	0.76	S/S
11	602.0	9.10	N 1.00 W	28.00	25.88	0.46	25.89	600.66	0.54	0.00	0.54	S/S
12	630.0	10.15	N 0.00 W	28.00	30.61	0.42	30.61	628.26	1.16	1.07	1.19	S/S
13	667.0	11.50	N 0.00 W	37.00	37.69	0.42	37.69	664.57	1.28	0.00	1.30	S/S
14	694.0	12.50	N 2.00 W	27.00	43.46	0.32	43.46	690.95	1.11	-2.22	1.23	S/S
15	723.0	14.00	N 2.00 W	29.00	50.18	0.08	50.18	719.15	1.21	0.00	1.23	S/S
16	750.0	15.30	N 1.00 W	27.00	57.05	-0.10	57.05	745.26	1.67	1.11	1.72	S/S
17	797.0	16.30	N 18.00 W	47.00	69.69	-2.27	69.72	790.47	0.64	-10.85	3.09	S/S
18	822.0	17.00	N 16.00 W	25.00	76.58	-4.37	76.70	814.41	0.60	2.40	0.93	S/S
19	850.0	18.00	N 16.00 W	28.00	84.67	-6.70	84.94	841.11	1.07	0.00	1.09	S/S
20	868.0	18.20	N 18.00 W	18.00	90.04	-8.34	90.42	858.21	0.56	-3.33	1.20	S/S
21	886.0	19.10	N 18.00 W	18.00	95.54	-10.12	96.07	875.26	1.39	0.00	1.41	S/S
22	913.0	20.00	N 18.00 W	27.00	104.15	-12.92	104.94	900.70	0.93	0.00	0.94	S/S
23	941.0	21.00	N 18.00 W	28.00	113.47	-15.95	114.59	926.92	1.07	0.00	1.09	S/S
24	968.0	22.00	N 18.00 W	27.00	122.88	-19.01	124.34	952.04	1.11	0.00	1.13	S/S
25	995.0	23.00	N 18.00 W	27.00	132.71	-22.20	134.55	976.99	1.11	0.00	1.13	S/S

第一 5 表 傾斜測定記録一覽表

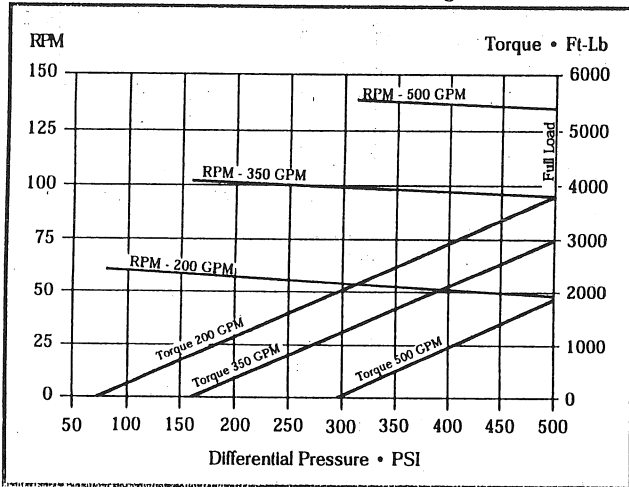
Terra Torque 6-1/2" (8-9) Mud Motor

Specifications

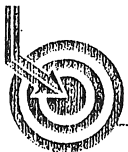
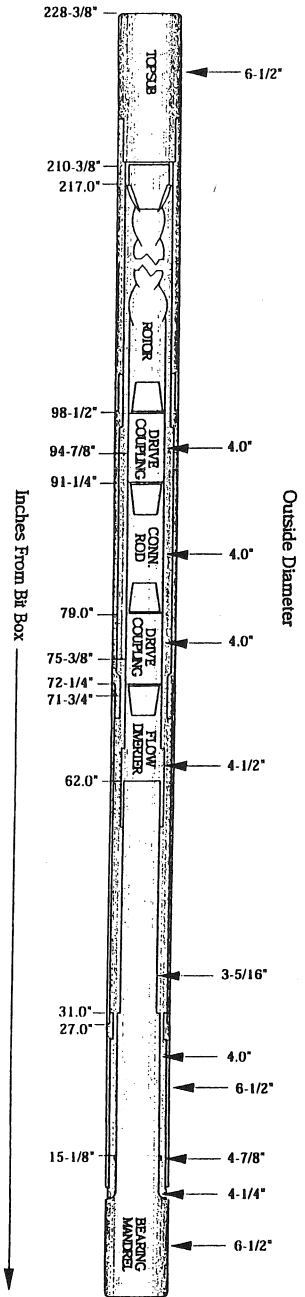
OD:	6-1/2"
Length:	19' (low speed) 8:9 3 stages
Connections:	4-1/2" API reg. box up (top sub) 4-1/2" API reg. box down
Max Flow Rate	500 GPM (without by-pass nozzle*)
Optimum Flow Rate:	200-450 for continuous use
Speed Range:	60-130 RPM at 200 PSI diff. press.
Max Crush Weight for Brg. Pack:	50,000 lbs.
Max Bit Pressure Drop:	1000 PSI
Optimum Bit Pressure Drop:	100-900 PSI for continuous use
Max Motor Pressure Differential:	500 PSI
Optimum Motor Pressure Differential:	100-300 PSI for continuous use
Motor Torque:	2000 ft-lbs at 300 PSI diff. press. See chart for more information.
Max Sand Content:	2%
Bit to Bend:	.72" for fixed bend .88" for adj. bend housing

* Max GPM for motor with by-pass nozzle is 600 GPM. Call for details on the hydraulics.

6-1/2" Mud Motor 8:9 3 Stages



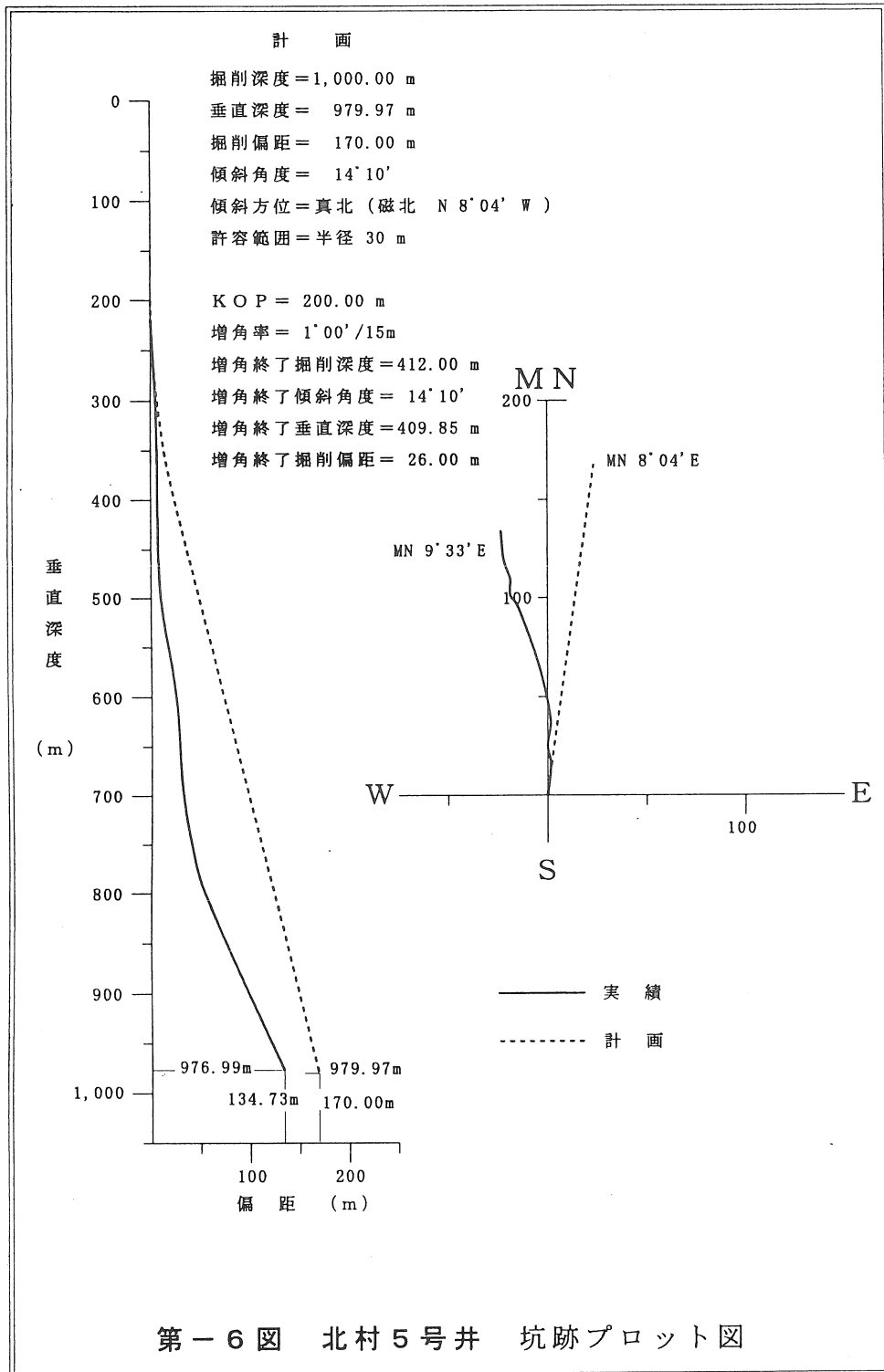
Specifications on above are subject to change without notice.

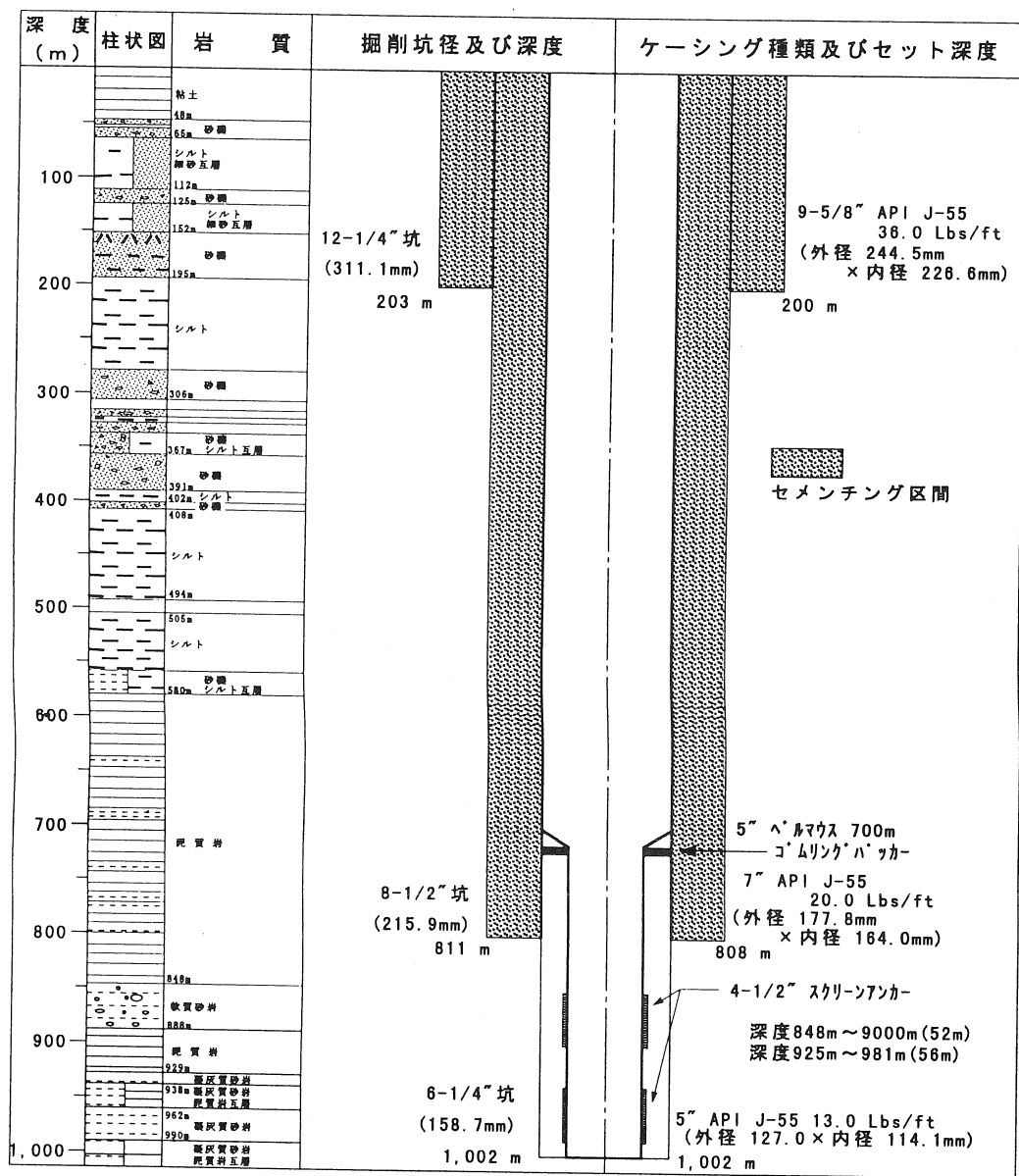


Scientific Drilling

第 5 図 ダウンホールモーター詳細図

DDS/mudmotor2/Rev.01





第一七図 北村5号井 坑内図

液化炭酸ガスを用いた井戸改修工法

東北ボーリング株式会社

宮川 和志

石川 正夫

1. はじめに

近年の社会・経済環境を反映して、経営資本が新規事業に向かうよりも、既存設備の活用と再生に目が向けられるようになってきている。このような時代背景のもとで、水井戸も、新規掘削工事より既設井戸の改修・機能回復の要請が多くなりつつある。

しかしこのような時代の要請にも関わらず、井戸の改修工法については、従来から行われてきた諸工法によるところが大きい。これらの方法は、ほとんどが孔内のみの洗浄に止まり、井戸の周辺の帯水層に及ぶ洗浄は不可能である。これに対して、ここで紹介する液化炭酸ガスを用いた井戸改修工法は、井戸孔内のみならず井戸周辺の帯水層の洗浄も可能であり、井戸の再生工法としては有効な方法であると考えられる。

本工法は米国の「アクアフリード社」が開発した方法であり、当社が技術導入を行って以来まだ日が浅く、日本国内における現場経験が少ない。今後我が国に適した井戸機能回復工法として確立するには、改善すべき問題は多々あると考えているが、原理的には、従来工法と全く異なるので、本文では速報として紹介するものである。

以下、本工法について「アクアフリードシステム」と呼ぶことにする。

2. 従来の井戸改修工法

従来一般に行われている井戸改修方法の概要を表1に示した。

表1 現在の井戸改修方法概要

工 法	原 理	目 的
ベ ー リ ン グ エ ア ー リ フ ト	埋没土砂の浚渫 埋没土砂の噴出	井戸深度を確保し、ストレーナー の閉塞物の除去
ブ ラ ッ シ ン グ	ワイヤーブラシに よるスケール除去	ケーシングパイプのスケール除去
ス ワ ッ ピ ン グ	吸引方法により、 充填材を活性化	孔壁周囲充填材料の目詰まり解消
ジ ャ ッ テ ィ ン グ	ジェット水流による 孔内洗浄	ストレーナーの目詰まり解消 ストレーナー周辺の充填砂利の洗浄
薬品注入・洗浄	化学的スケール除去	ケーシングのスケール除去

以上の方法は、基本的には孔内の洗浄であり、これまでは、ケーシングのスケール除去は可能であると考えられていた。しかし、最近ポアホールTVカメラで観察するようになり、物理的な方法でのスケール除去は、必ずしも完全でないことが判明してきた。また、孔壁周囲の充

填砂利や帯水層の目詰まり解消を目的とする方法については、実際に充填材料の移動を促進したり、帯水層を直接浄化する手法が難しいため、ストレーナーのごく近傍の充填砂利の洗浄に止まり、帯水層まで含めた根本的な井戸機能回復にはならないと考えられる。

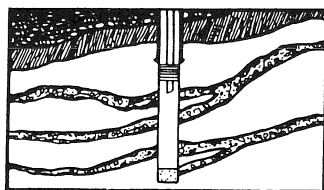
3. アクアフリードシステムの特徴

アクアフリードシステムの原理は、液化炭酸ガスを高圧で孔内に注入し、井戸周辺を凍結・融解させ井戸の再生を行う方法である。この工法による井戸改修効果は次のような点にある。

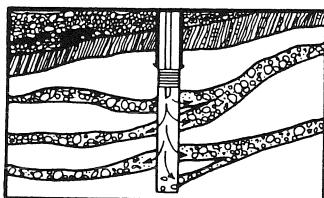
- ① 炭酸ガスを用い、ケーシングパイプのスケール除去が可能である。
- ② 液化炭酸ガスが充填砂利及び帯水層を凍結させ、この時充填砂利の体積変化が生じるとともに、新たに帯水層の空隙の拡大ができる。
- ③ 水の凍結・氷解により、充填砂利・帯水層の洗浄が可能になる。

以上のように、液化炭酸ガスを用いることによって、従来工法で最も弱点であった井戸外部（充填砂利・帯水層）の洗浄と目詰まりの解消が 物理的・化学的に可能である。

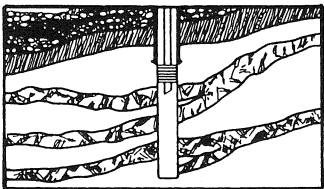
図1は本工法の原理を、模式的に示したものである。



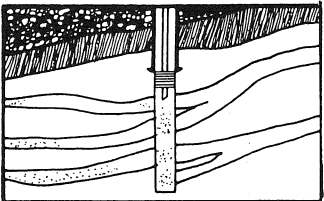
第1段階 特殊パッカーの設置



第2段階 液化・気化炭酸ガスを井戸内・帯水層へ注入



第3段階 帯水層を凍結させる。凍結時にマトリックスの体積膨張が行われる。



第4段階 氷解後帯水層が洗浄され、井戸機能が回復する。

図1 模式的に示したアクアフリードシステム効果

4. アクアフリードシステムの実際

4. 1 アクアフリードシステム装置

図2にアクアフリードシステムの装置図を示した。装置は次の構成になっている。

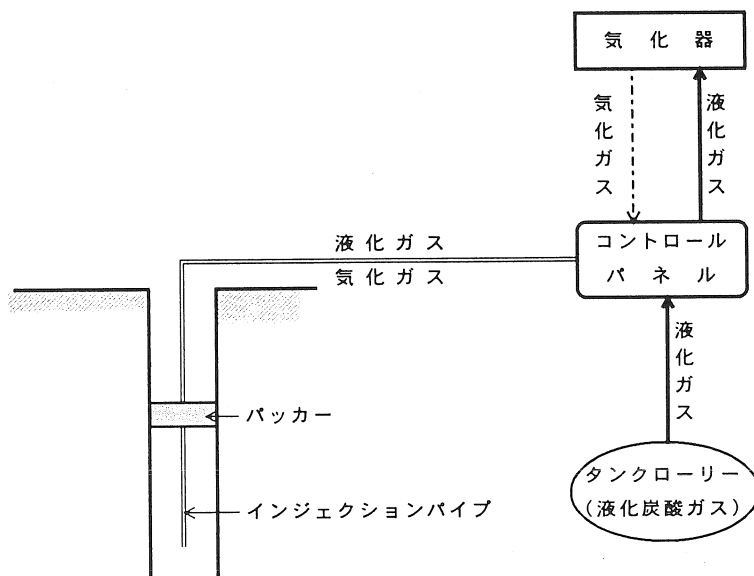
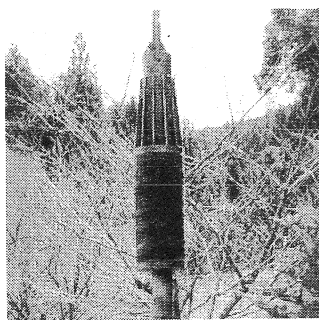


図2 アクアフリードシステム概要図

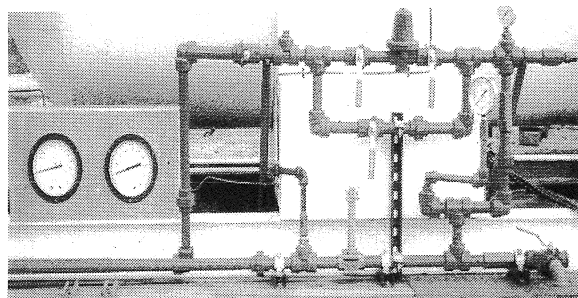
① パッカー (写真1)

特殊ゴムを円盤状に積み重ねたもので、中心部と端部の外形が若干異なっており、高圧で加圧された場合の端部の膨れだしを抑制するようになっている。



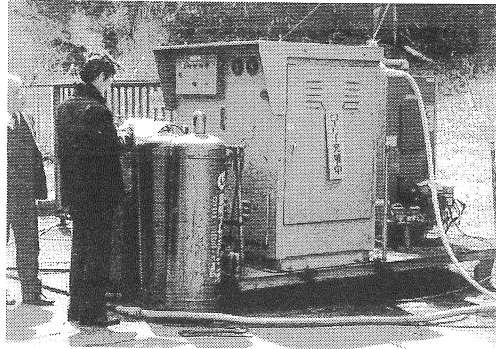
② コントロールパネル (写真2)

液化ガスと気化ガスを交互に注入する時の注入量と注入圧を制御する部分である。また井内への注入をコントロールすると共に、液化ガスを気化させるための気化器への注入にも利用されている。



③ 気化器 (写真3)

液化ガスを気化させるため、温水ボイラーを備えた気化器を用いる。ここで気化したガスを用いて、20kgf/cm²前後の圧力で気化ガスと液化ガスを交互に圧入する。なお、今回使用した気化器の能力は1,000kg/時である。



④ ガスタンク (写真4)

液化ガスはタンクローリー車で運搬し、そのまま貯蔵タンクとして用いる。タンク容量は7.4トンである。



なお、図3に炭酸ガスの状態図を参考のため示した。

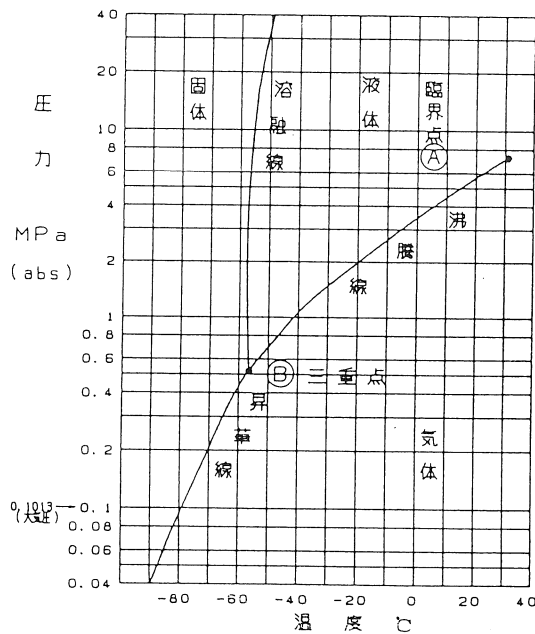


図3 炭酸ガス状態図

5. 作業手順

図4に作業手順の流れ図を示した。

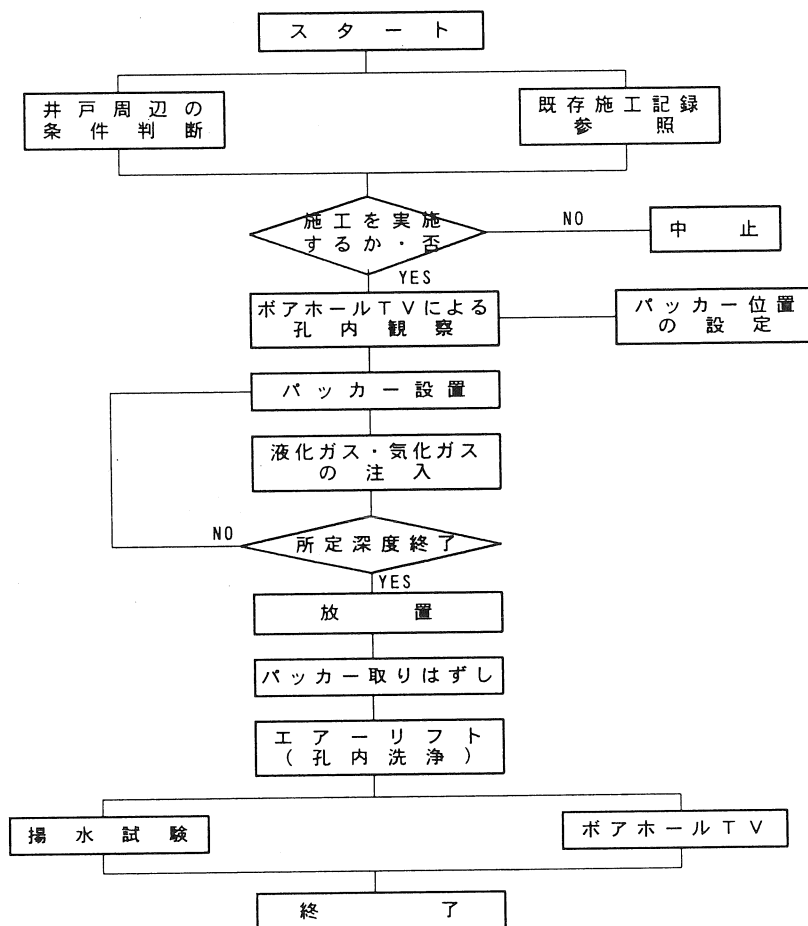


図4 作業手順の流れ図

6. アクアフリードシステムによる改修結果

6.1 使用実験井

今回本工法の技術導入にあたって、既存井戸で実際の改修工事を行った。

表2は使用した既存井戸の諸元等である。

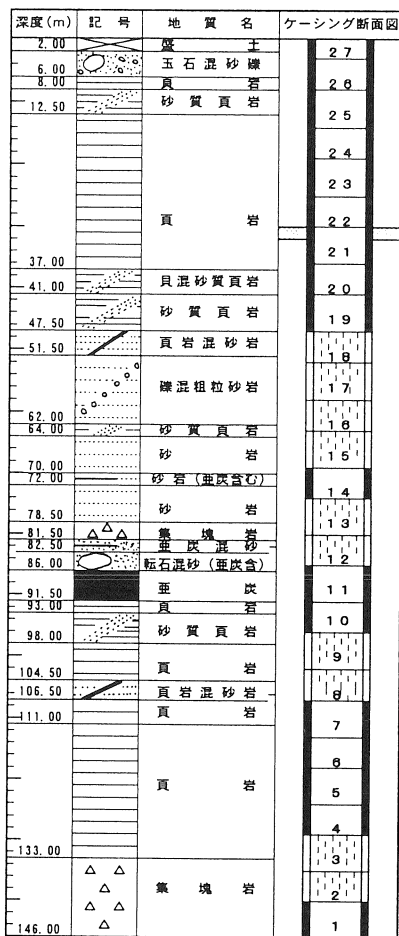
表2 実験に用いた既存井戸諸元

番号	掘削年月	改修年月	口径 (mm)	掘削長 (m)	自然水位 (m)	揚水量 (m ³ /day)
1	H. 5年2月	—	200	100	GL- 3.1	303
2	S. 44年8月	H. 8年11月	300	150	GL-28.7	1,030

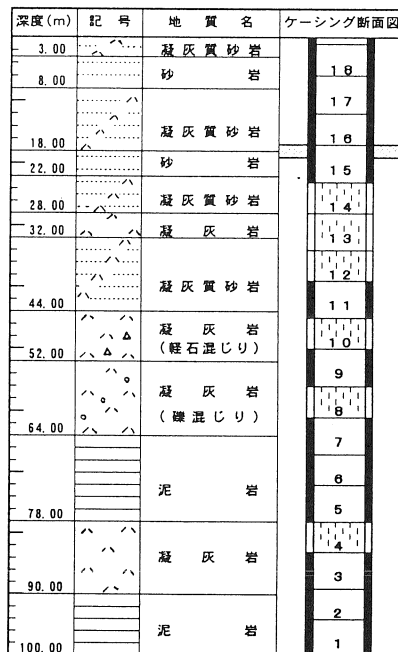
注1) 1号井の自然水位・揚水量は井戸掘削時の値で、2号井は改修時の値である。

注2) 地質は2孔とも第三紀の凝灰岩・砂岩・泥岩などである。

図5は実験井の地質柱状図である。なお、実験は平成9年4月に行った。



1号井柱状図



2号井柱状図

図5 実験井地質柱状図

6. 2 実験結果

① 目視結果

実験前後にボアホールTVカメラを挿入して、井内の観察を行った。観察結果の1例を写真5に示した。改修前の写真はブラッシング法によって井戸を洗浄した後であるが、スケールは相当量付着した状態で残っており、スリットの閉塞状態はそれほど改善されていない。これに対して、アクアフリードシステムでの改修後は、スケールの洗浄がほぼなされており、スリットの閉塞状態も大幅に改善されている。

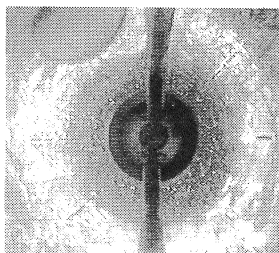


写真5 (b)
改修前

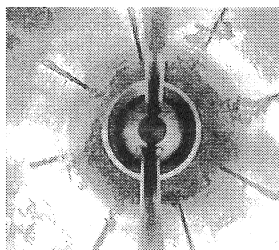


写真5 (b)
改修後

② 揚水試験結果

1・2号井の改修前後の段階揚水試験結果を図6に示した。

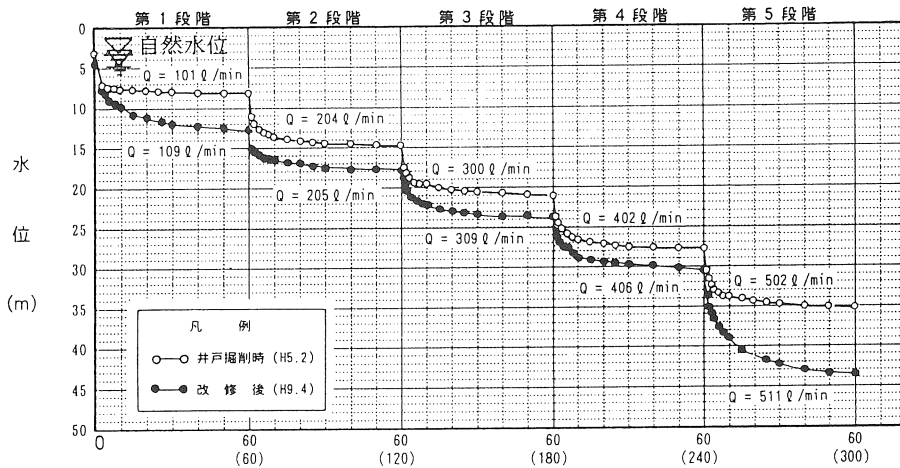


図6(a) 1号井揚水試験結果

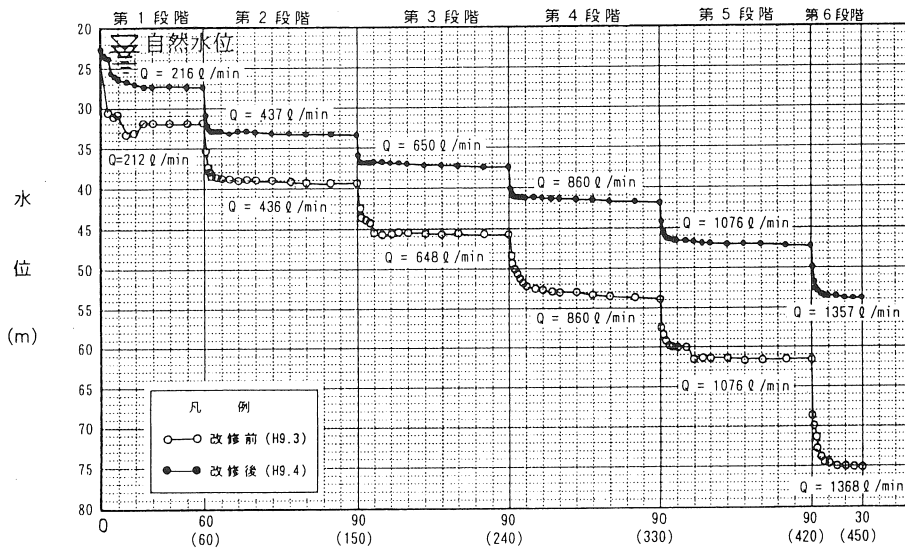


図6(b) 2号井揚水試験結果

図6 改修前後の揚水試験結果図

1号井は改修直前に揚水試験を実施していないため直接の比較はできないが、掘削時の揚水量からかなり低下したと言われていたが、改修後は8割程度に回復している。

2号井は改修4ヶ月前に従来の改修工法で井戸洗浄を行っているが、これと比較すると、今回の工法の効果が明らかに見られる。なお、実際に改修後の井戸を使用した結果、これまで5日間で満水にしていたプールが、3日間で満水になったとのことである。

③ 水質試験結果

水質試験結果特に変化のあったものは次の通りである。

表3 改修前後の主な水質試験結果

【1号井】

項目	改修前 H. 09. 04. 10	改修後		
		H. 09. 04. 22	H. 09. 04. 25	H. 09. 06. 05
鉄 (mg/ℓ)	0.83	6.3	7.5	0.83
マンガン (mg/ℓ)	0.19	0.60	1.0	0.21
PH 値	6.8	5.8	5.8	6.3

【2号井】

項目	改修前 H. 01. 10. 10	改修後	
		H. 09. 05. 08	H. 09. 06. 02
鉄 (mg/ℓ)	0.08	2.3	0.18
マンガン (mg/ℓ)	0.05	0.35	0.06
PH 値	6.8	5.7	6.9

改修後一時的に鉄・マンガンが増加している。これは、洗浄作用が行われている証ともいえる。また、炭酸ガスによる還元作用によってPH値が低くなる傾向が見られる。しかしこれらの値はいずれも、時間が経過するに従って以前の値に戻っており、本工法による水質の変化は特に考えられないといえる。

7. あとがき

液化炭酸ガスを用いる井戸改修方法を紹介したが、国内における実績が少なく、早急に結論づけられないが、今回のテストから長所・短所を整理すると表4のようになる。

表4 アクアフリードシステムの評価一覧表

長 所	短 所
① ボアホールTVカメラの観察から井内のスケール除去がみられ、ストレーナーの目詰まり改修が可能である。 ② 揚水量の増加があることから、ケーシング外の帯水層の洗浄が行われていると考えられる。 ③ ガスの注入操作はバルブ操作で行えるので容易である。	① 液化炭酸ガスを取り扱うため、有資格者が必要になる。 ② 炭酸ガスの周辺への影響を考えると地下構造物の周辺では使用できない。 ③ 水質が安定するまで1週間以上の時間がかかる。 ④ タンクローリーの近接できる箇所に限定される。

上記のように長所・短所があるが、井戸改修の目的である揚水量の回復という点で効果が確認できたので、今後経験を積み日本の条件（地質・周辺環境・コスト・発注者のニーズ等）に適応する日本式のシステムを確立するように考えている。

簡易型計測システムの改良と開発

—パソコンと汎用ソフトを用いた計測例—

北海道立地下資源調査所 高橋 徹哉

はじめに

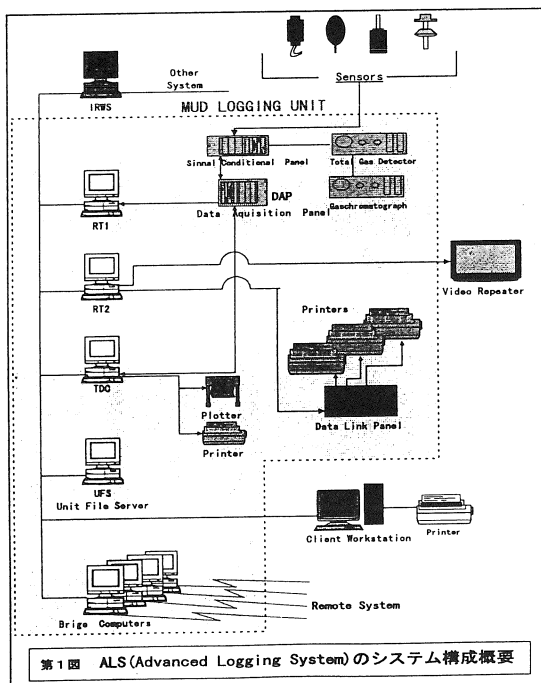
1970年代以降、マッドロギング（泥水検層）分野へのコンピューター技術導入を発端に、石油・天然ガス井の掘削現場においては、掘削関連の様々なシステム開発が行われてきている。特に、コンピューター技術のハードウェア・ソフトウェア環境の充実で1980年以降活発化している。それらのシステム開発は、掘削現場での技術計算プログラム開発・マッドロギングにおける計測データ解析処理に始まり、技術計算プログラムの高精度化・シミュレーションプログラムの開発・リアルタイムデータ処理を経て、掘削支援システムやコンピューターによる掘削制御システムへと進んできている。

これら背景には、年々肥大化する油田開発コストの低減化・現場作業の管理強化・掘削作業の効率化および安全性の向上がある。（日本の石油・天然ガス資源 1992）

一方、地熱・温泉掘削分野においても、マッドロギング・掘削および検層データの集積や解析・現場管理など多目的でパーソナルコンピュータ・ファクシミリ等のOA機器が導入されてきている。

当調査所では、昭和57年度以降徐々にではあるが、深度1000mクラスの掘削に対応した安価で簡易型の計測システム（GSH-DMS）の開発・改良を進めてきている。

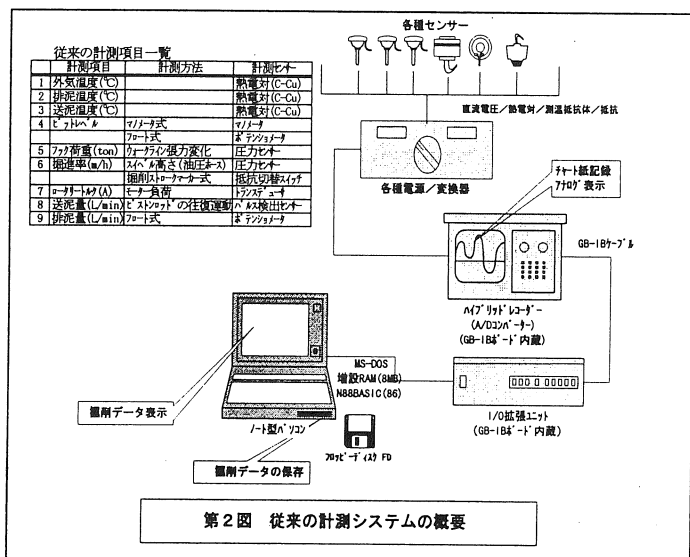
本発表では、計測方法の変更と市販のソフトウェアを用いてよりビジュアルに表示可能となった本システムについて紹介する。



1. 最新の計測システム

現在、石油開発における泥水検層には、ALS（ジオサービス社）やDrillByte（エクスログ社）などに代表されるコンピューター化された最新の計測システムが採用されている。特に、国の基礎試錐掘削では、1989年以降ALSが利用されている。ALSシステムの構成と概要を第1図に示した。

これらのシステムはどれも大変高価な上、ロギング要員などが必要となる。



2. 従来の計測システム (GSH-DMS) について

当調査所では、温泉ボーリングに適合した、より安価で簡易な計測システム (GSH-DMS) の開発・改良を進めてきた。

従来の計測システムの概要は、津 (1996) が本研究会で紹介したところである。第2図にその概要を示す。

本システムの特徴は、以下のとおりである。

1. A/Dコンバータ内蔵のハイブッドレコーダ (横河北辰電機製 3087 形) を使用することにより、多種目の測定データを同時に取り込める。本レコーダは13チャンネルで直流電圧・熱電対・測温抵抗体・抵抗 (DMM 機能) の入力が可能である。
2. データの記録は、設定により、アナログ、アナログ/デジタル、デジタルの3種類が選択可能である。
3. 記録計には GB-IB インターフェイスが内蔵されており、高速なデータ転送と計測制御が可能である。
4. 小型軽量なノート型パソコン (増設 RAM カード内蔵) と I/O 拡張ユニット (GB-IB ボード内蔵) を使用して、記録計からのデジタルデータを取り込み・表示・保存する。
5. 計測プログラムには MS-DOS 上で開発できる N88BASIC(86) を使用、メニュー画面表示で操作性を向上させている。
6. 測定データはアスキー形式のシーケンシャル・ファイルとして保存され、ファイル形式は市販の表計算ソフトウェアなどで使用できるカンマ区切り (CSV 形式) になっている。

3. 改良した GSH-DMS について

上記で示したように、本簡易型計測システムでは掘削データのデジタル変換・取込・保存に主眼を置いてきた。このため、計測の基本となる計測項目や各種センサーの選定および計測方法などの改良は遅れていた。

一般的に掘削データは総合柱状図に代表されるように、対深度データの表示が基本となる。しかし、従来のシステムで得られる掘削データはシステムの構成 (測深システム) 上、時系列データの集積となっていたため、対深度データへの編集加工が必要であった。このため、新たに、測深システムを取り入れた。また、課題が残されていた逸・溢泥量 (ピットレベル) や送泥量 (ポンプストローク) の計測にも改良を加えた。

本簡易型システムは、ボーリング現場を知らない人にも理解できるように、よりビジュ

アルなデータの画面表示に重点を置いた。

3-1. 改良の目的

当所の掘削現場においては、現場担当の市町村職員・地元議会関係者・地元住民など来客者があり、掘削状況の説明の機会も多い。そのため、リアルタイムの掘削状況（掘削データ）等がビジュアルでモニターに表示されていると非常に便利である。また、近年のパソコンおよびソフトウェアの充実もあり、市販汎用ソフトを用いても十分な計測システムの構築が可能となってきた。

このような現状認識に基づき、比較的短時間でかつ低コストで開発できるように、以下のような考え方で改良を行った。

- (1) 大きなモニターによりビジュアルな表示とする。
- (2) 現在まで使用してきた、A/Dコンバータ内蔵のハイブッドレコーダを使用し、新たな機器は可能な限り購入しない。
- (3) システム全体の操作性をより簡便化し、ロギングに作業時間を出来るだけ取られないようにする。
- (4) 汎用市販ソフトを用いて、拡張性をもたせる。

3-2. 計測方法の改良

(1) 測深システムの採用

従来、多く使用されてきた測深システムとは、フックブロック等に取りつけられた測深ワイヤーの動きとフック荷重の変化（圧力センサー）から、ビット位置および深度を算出するシステムで、保守点検に手間がかかるとされてきた。最近では、測深ワイヤーに代わってドローワークスに取り付けられたセンサー（パルスエンコーダー）の回転検出が採用されている。この計測方法では、掘削時フック荷重とスリップ固定時フック荷重に差があることを利用して、追管作業を検知し、自動的に掘管長が加算されるようになってきている。特に、これらは高速で変化するためコンピュータ処理によって高精度に深度が算出されている。

当所のシステムでも掘削時のスイベル位置を油圧ホース（圧力センサー）を使い計測していた時期があるが、精度の問題やメンテナンス等から現在までは中断していた。

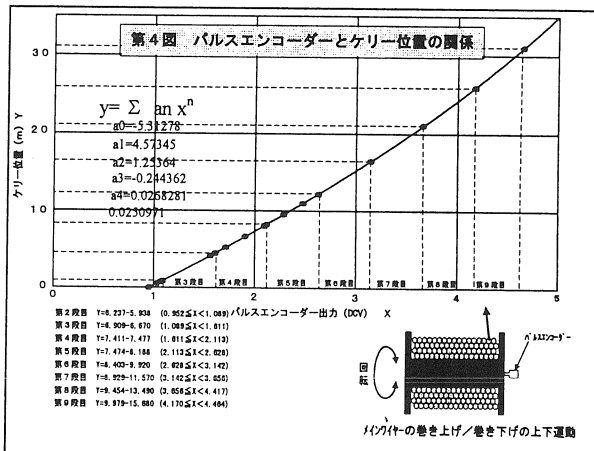
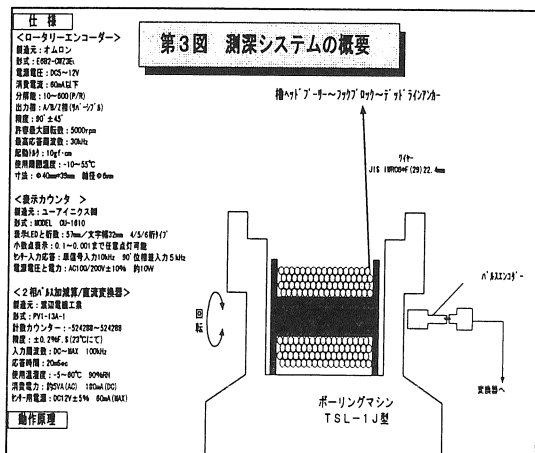
今回から新たにボーリングマシンのホイストドラムにパルスエンコーダーを取り付け、計測を実施した。今回の計測プログラムでは、揚降管（ビット交換作業）や追管作業時に自動的に掘管長が加減されるまでにはなっていない。このため、第1歩として、掘進時の深度の計測に力点を置き、掘削深度のリアルタイム表示を可能とした。掘削深度（＝＜全長＞－＜テーブル高＞－＜ケリー残尺＞）は、追管時に、全長データおよび掘管長をキーボードから入力し、計測で得られた＜ケリー残尺＞データから計算し画面表示するといった簡単な方法である。

A) パルスエンコーダーについて

第3図に測深システムの概要と今回使用したパルスエンコーダーの仕様を示した。

B) フック位置とドラム段数の関係について

パルスエンコーダーを用いた測深システムでは、フック位置はメインワイヤーの巻き取られるドラムの回転方向・回転数を計測することで算出される。フック位置とドラム段数の関係は、段数分の近似直線式の集合で表現される。今回のプログラムでは「フック位置－ドラム回転数」の関係を実測し、その生データをもとに最小自乗法により近似曲線式を求め、計算式とした。計測時の誤差は0～30m（フック移動位置）間の測定範囲で最大1～2cm（0.1%以下）程度と極めて小さいものであった。



c) 問題点と課題

今回行った計測では、高精度の深度データが得られ、その有効性が充分認められた。本システムは、プログラム上、掘削中だけに限定されており、ケーシング挿入・ビット交換などの揚降管作業などには対応できていない。以下に問題点と課題を示す。

- 1) 揚降管（ビット交換作業）や追管作業時に自動的に掘管長が加減されるプログラムの改良を行う。
- 2) 揚降管作業では、エンコーダーは高速回転となり、高速データ処理が必要となる。
このためのシステムの改良を行う必要がある。
- 3) 高速回転に対応したエンコーダーの取付を行う。
- 4) より精度の高いエンコーダーの採用する。

(2) 逸・溢泥量（ピットレベル）計測の改良

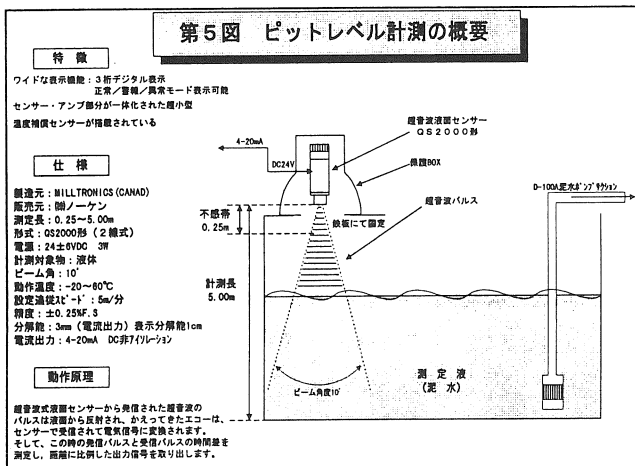
逸・溢泥量は泥水タンクの液面高さ（ピットレベル）を測定し算出される。従来のピットレベル計測はフロート式（ポテンショメータ）・マノメータ式や差圧変換器式などでやってきた。後者の2つの計測は、測定誤差が0.5%以内と精度の高いデータは得られるものの、泥水比重による補正が必要であり、測定装置のメンテナンスなど課題がある。

そこで今回からは、超音波式液面計を採用し計測を行った。ピットレベル計測の概要とセンサーの仕様を第5図に示す。

装置全体は、泥水ピットに固定された保護ボックス内にセンサーが組み込まれた防雨型になっており、メンテナンスを行う必要が全くなくなった。

本センサーを使用したピットレベル計測は、

- 1) センサー価格は、従来のものと比べてやや高価である。
- 2) 直接液面までの距離を測定し、その測定精度も $\pm 0.25\%$ であること。
- 3) 温度補償センサーが内蔵され、泥水比重などの補正も不要なこと
- 4) 保護ボックスを用いれば、メンテナンスが一切必要ない

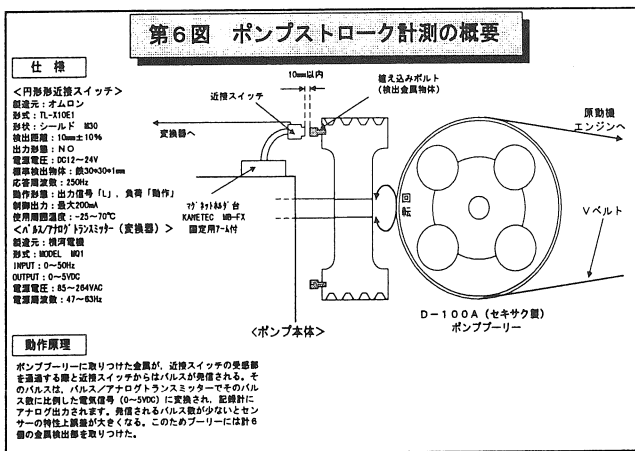


などの点から、非常にボーリング現場に適したの計測方法であるといえる。

(3) 送泥量 (ポンプストローク) 計測の改良

従来、送泥量はポンプストローク数の計測から算出されてきた。ポンプストローク数の計測には、いまでも近接スイッチが多く使用されている。

従来の方法は、ポンプのピストンロッドの往復運動を測定しているため、ピストンロッドの冷却点滴装置・パッキンからの泥水漏れ・グリスアップなどで非常にメンテナンスを必要とした。また、センサーの特性 (1回転当たりのパルス数が少ないと誤差が大きくなる) から、ポンプが低速運転時には正確なデータが得られないといった問題があった。



このため、今回からは従来のセンサーをそのまま使用し、ポンププリーの回転数を計測する方法に変更した。第6図にポンプストローク計測概要を示した。特に、ポンププリーには、低速回転でも、多数のパルスが得られるように細工を行った。この結果、掘削中、問題なく計測する事が可能となり、ポンプの運転状況やラグタイムの把握にもつながった。ポンプストローク数から算出される送泥量は、絶対量ではなくため、ポンプの状態によっては多少誤差を生じる。このため、今後はキャリブレーション等で補正する必要がある。

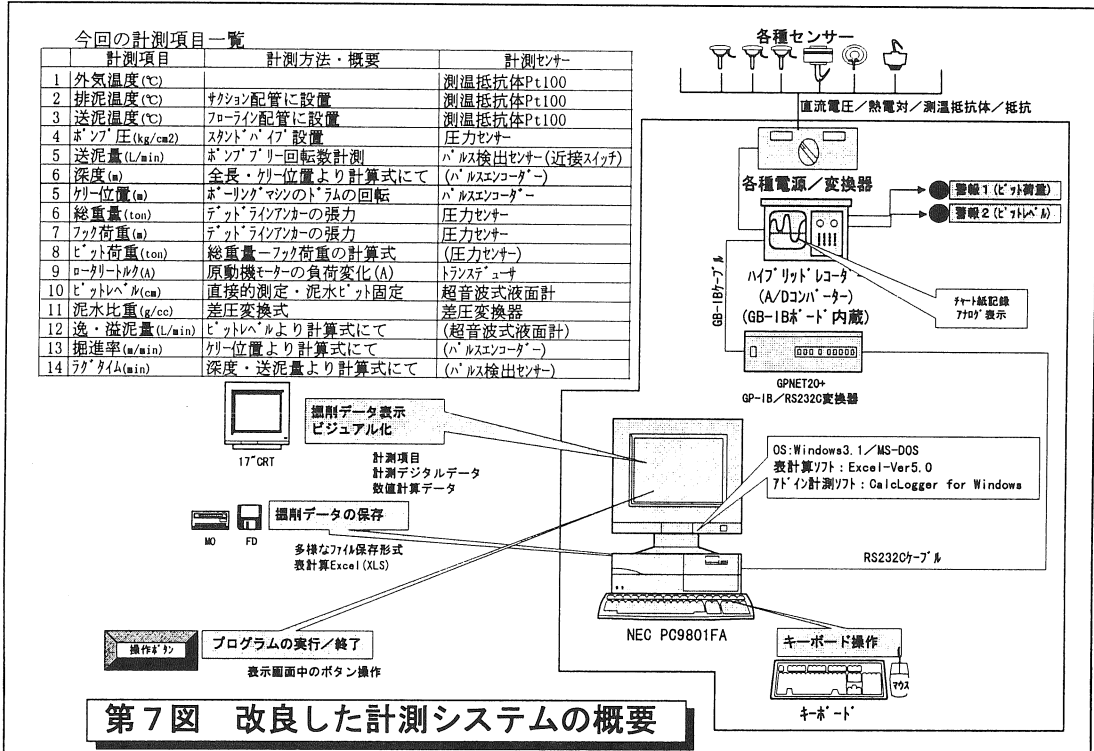
3-3. 装置の構成

今後の計画も含めて、本システム構成の概念図を第7図に示した。

システム全体は、

- 1) パーソナル・コンピュータ (NEC PC-9801FA) 一式

- 2) GB-IB/RS232C 変換器 (㈱ネットワークサプライ GPNET Model20+)
 - 3) 計測器 : A/D コンバータ内蔵のハイブリッドレコーダ (YEW 3087 GB-IB 仕様)
 - 4) 各種センサー
 - 5) 電源及び変換器
- からなる。



使用したパソコンは、一般的に広く使用されている NEC PC-9801FA で、オペレーションシステム (OS) は Windows3.1 および MS-DOS、モニターは 17 インチモニター (CRT)、ハードディスク (HD:200MB) からなる。今回の計測では、GB-IB 仕様のレコーダを使用したために、GB-IB/RS232C 変換器を必要としたが、RS-232C の通信機能がついているものであれば、特に変換器は必要としない。

3-4. プログラムについて

石油分野では、マルチタスク (一度に複数のプログラム処理やソウト使用すること) 可能な OS を使用し、高速で大量な計測データ処理を行っている。プログラムは、C 言語 (コンパイラ) やアッセンブラーで記述されている。

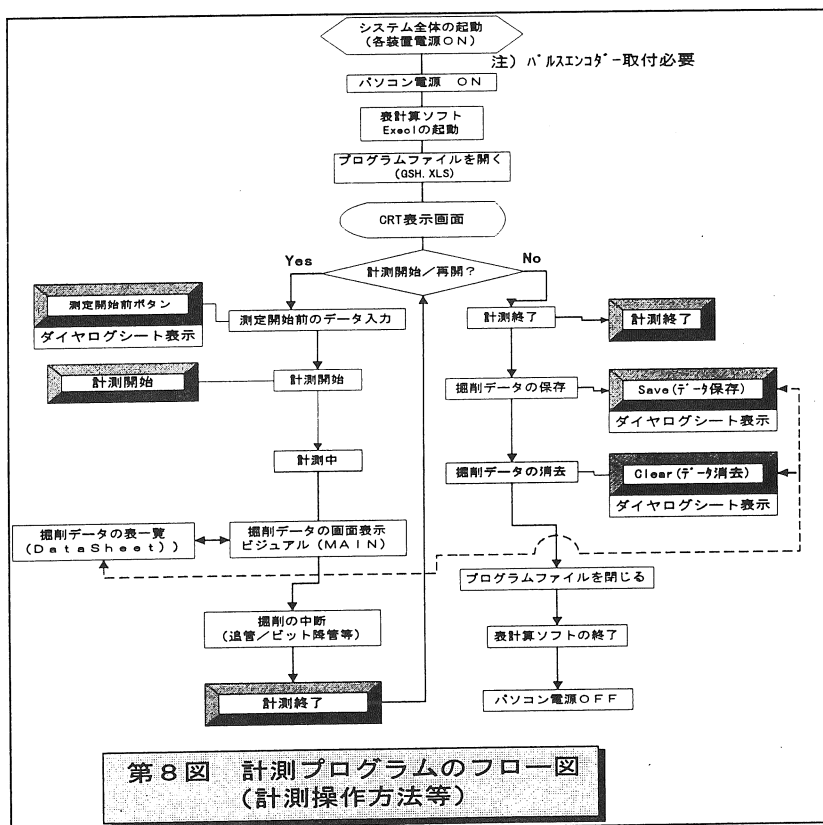
計測プログラムは、汎用市販の表計算ソフト Excel-Ver5.0 (マイクロソフト社) と Excel 用オンライン計測アドインソフト CalcLogger for Windows (TSL 社) を使い、Excel のマクロ (VBA: ビジュアルベーシック) で開発した。CalcLogger for Windows は Windows3.1 および Windows95 に対応したソフトである。つまり、このソフトを Excel に付加 (アドイン) すれば、Excel 内に送受信機能ができる。さらに、計測器とパソコン間を RS-232C ケーブルで接続すれば、Excel のワークシート上に測定データが直接読み込むことが可能となる。今回使用した計

測器は GB-IB インターフェイスが内蔵されていたために GB-IB/RS232C 変換器を使用した。

本プログラムの特徴を簡単に以下に示し、具体的な操作方法やプログラム構成は発表時に紹介する。

- 1) 希望測定間隔（計測器の性能上 5 秒以上必要）でプログラムを RUN させているため、プログラム実行時（10～15 秒程度）以外の時は、パソコンで別な仕事（ワープロ・グラフ・表計算）が可能である。つまり、擬似的なマルチタスクを再現している。
- 2) 掘削データは、配置・文字フォント・大きさ・色など自由に変更可能であり、よりビジュアルでカラフルな表示が可能である。
- 3) 表計算ソフトを使用しているため、ソフト内の多種の関数（関数ウィザード）を利用できる。
- 4) 「計測開始」「計測中断」「計測終了」「掘削データ参照」「データの保存」「データの消去」など基本的な操作が画面上のボタンで可能である。（マクロ機能による）
- 5) パソコン上から、計測器の設定変更が可能である。（測定 Rang・チャートスピード・電源 On・Off 等のボタン操作全般）
- 6) 掘削データは表計算のワークシート上に取り込まれ、目的に応じて、XLS（エクセル）・TWK4（ロータス1-2-3）・TXT（テキスト）・CSV（カンマ）・DBF（データベース）など、多種類の保存形式が可能である。

第 8 図には、計測作業のフロー図を示し、計測時のモニター画面表示（GSH.XLS：Excel ファイル形式）を第 9・10 図に示した。



Microsoft Excel - GSH.XLS

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(T) ツール(O) データ(D) ウィンドウ(W) 通信(C) 2

H6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	温泉ボーリング 計測システム												
2	日付	GSH-DMS Ver3. 1/1997. 6. 24						北海道立地下資源調査所					
3	1997/08/20	Excel用オンライン計測ソフト CalcLogger for Windows						開発技術科 by T. Takahashi					
4	時刻	現在の深度 m		928.21				外気温 °C		17.6			
5	18:48:27							送泥温 °C		37.0			
6								排泥温 °C		37.6			
7													
8	ポンプ圧 kcf/cm2	送泥量 L/min		ケリー残尺 m		フック荷重 ton							
9	40.05	439.76		4.37		11.71							
10	ビットレベル cm	泥水比重 g/cc		トルクモーター(A)									
11	23.13	1.17		74.16									
12													
13	7.49												
14	全長 m	DC/DP長さ m		総重量 ton									
15	936.53	6.02		19.20									
16	選・溢泥量L/min	掘進率(m/h)		ラグタイム		3087-Remote解除		Clear (データ消去)		CH4 SKIP			
17	-65.63	-0.37		27.75		Save (データ保存)				SKIP			
18										CH5 SKIP			
19										SKIP			
20										CH6 SKIP			
21										SKIP			
22										SKIP			
23	時々、ファイル(F)-上書き保存(S)して下さい。												
24	計測終了ボタンになっていれば現在、計測中です。												
25	計測開始ボタンを押した後、通信変換器GPNETのBSYが点灯したままにならないと通信は正常です。												
26	計測を中断・終了する時は、計測終了ボタンを押して下さい。												
27	終了ボタンが押されると、計測開始ボタンになり、計測再開・開始を待ちになります。												
28	Remote解除ボタンを押すと、記録計左下のRemoteランプが消え、記録計の設定ボタン等が有効になるのでプログラムがRunする(計測間隔)までの間にDisplay等のボタンを押して下さい。												

Module/Main/ InputData / 3087設定 / Main / DataSheet /

第9図 計測時モニタ画面例 (GSH.XLS-Mainシート)

Microsoft Excel - GSH.XLS

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(T) ツール(O) データ(D) ウィンドウ(W) 通信(C) 2

明朝

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	時刻	現在深度	外気温	送泥温	排泥温	ポンプ圧	送泥量	ケリー残尺	フック荷重	ビット荷重	ビットレベル	比重	トルクモーター
2	5:49:23	1097.21	20.6	38.5	38.4	48.40	389.47	6.07	20.73	0.97	40.45	1.260	73.
3	5:50:33	1097.25	20.6	38.5	38.6	48.43	390.72	6.03	19.04	2.66	40.60	1.260	75.
4	5:51:08	1096.29	20.3	38.4	38.7	48.48	390.10	6.99	18.23	3.47	40.60	1.270	75.
5	5:51:48	1096.30	19.9	38.4	38.7	48.62	390.72	6.98	17.69	4.01	41.47	1.260	75.
6	5:52:28	1096.33	19.5	38.3	38.8	48.62	389.79	6.95	17.20	4.50	40.38	1.260	73.
7	5:53:08	1096.34	19.2	38.3	38.9	48.30	389.79	6.94	16.75	4.95	40.33	1.260	75.
8	5:53:48	1096.35	19.0	38.3	38.9	48.03	390.72	6.93	16.39	5.31	40.95	1.270	75.
9	5:54:28	1096.38	19.0	38.3	39.0	47.93	391.66	6.90	15.95	5.75	40.05	1.260	75
10	5:55:08	1096.40	18.9	38.3	39.0	48.12	390.41	6.88	15.59	6.11	40.45	1.260	75.
11	5:55:48	1096.42	18.8	38.2	39.1	47.78	390.72	6.86	15.40	6.30	40.60	1.280	76
12	5:56:28	1096.42	18.8	38.2	39.1	47.95	389.47	6.86	14.99	6.71	40.68	1.270	75.
13	5:57:08	1096.45	18.9	38.3	39.2	47.62	389.47	6.83	14.68	7.02	40.50	1.270	77.
14	5:57:48	1096.46	18.8	38.2	39.3	47.50	390.41	6.82	14.38	7.32	40.55	1.250	76
15	5:58:28	1096.49	19.0	38.2	39.3	47.25	391.35	6.79	14.10	7.50	40.68	1.260	76.
16	5:59:08	1096.50	19.3	38.2	39.3	47.05	389.47	6.78	13.84	7.86	40.68	1.260	76
17	5:59:48	1096.52	19.9	38.2	39.4	46.83	390.72	6.76	13.60	8.10	40.75	1.260	77.
18	6:00:28	1096.53	20.4	38.2	39.5	47.02	390.10	6.75	13.41	8.29	40.70	1.260	78.
19	6:01:08	1096.57	20.7	38.2	39.5	47.18	389.79	6.71	13.09	8.61	40.68	1.260	77.
20	6:01:53	1096.57	20.9	38.2	39.5	47.78	390.10	6.71	13.26	8.44	40.50	1.260	79
21	6:02:33	1096.59	21.1	38.3	39.6	47.50	388.85	6.69	12.81	8.89	40.73	1.250	77.
22	6:03:13	1096.60	21.1	38.2	39.5	47.78	388.85	6.68	12.64	9.06	41.25	1.250	78.
23	6:03:53	1096.63	21.1	38.3	39.6	48.00	386.98	6.65	12.52	9.18	43.98	1.260	79
24	6:04:33	1096.64	21.2	38.3	39.6	48.88	389.47	6.64	12.28	9.42	40.80	1.260	79.
25	6:05:13	1096.65	21.3	38.3	39.6	48.18	388.85	6.63	12.09	9.61	40.13	1.260	79.
26	6:05:53	1096.67	21.2	38.3	39.6	48.15	390.10	6.61	12.34	9.36	40.70	1.260	77.
27	6:06:33	1096.68	21.1	38.4	39.7	48.00	387.29	6.60	11.95	9.75	41.00	1.260	78.
28	6:07:13	1096.70	20.7	38.2	39.7	47.00	387.29	6.50	11.88	9.97	41.30	1.260	79

Module/Main/ InputData / 3087設定 / Main / DataSheet /

第10図 計測時モニタ画面例 (GSH.XLS-DataSheetシート)

4. 計測システムの今後の課題

先に示したように、精度上の課題は考えられるが、フック荷重の変化（オン／オフスリップ）およびフック位置を利用し、自動的に掘管長が加減されるプログラムに変更し、計測の全自動化を進めたい。特に、この場合は、現場の掘削野帳で行う深度チェック（掘管長の加減）に対して、自動計測での深度がどの程度誤差を生じるかが問題になるであろう。しかし、精度上の問題がクリアされれば、揚降管作業においても、常に正確なビット位置が把握ができるようになる。これは、ドリラー（ハンドルマン）にとっても、例えば、深度何mで何トン程度の引っかかりがあったかなどが瞬時に把握でき、事故の未然防止等につながる。

また、計測システムでは、とかく複雑な配線になりがちであり、機材類の設置にも多くの時間を要する。このため、より早く、より簡単に設置・稼働できるように計測システムのコンパクト化をはかっていきたい。

今回に計測で得られた掘削データは大量であり、どのようなフォーマットで加工編集および処理すればよいか現在、検討中である。

今後のソフト面での改良点としては、

- 1) データ処理機能・・・編集・解析・保存など
- 2) データ印刷機能・・・リアルタイム化
- 3) グラフ表示機能・・・アナログ化
- 4) 警 報 機 能・・・アラーム・メッセージ表示
- 4) データ転送機能・・・インターネット・パソコン通信の活用

などを市販の汎用ソフトにて付加していきたい。

今回は、ソフト面を中心に述べてきたが、計測の基礎となるセンサー・計測器や計測方法などのハード面もあわせて充実させていきたい。

おわりに

今回紹介した計測システムでは、掘削状況の表示・監視およびデータの集積という点では一定の成果が得られた。特に、従来よりもより操作性が向上し、ビジュアルな表示が可能となったことや掘削データも拡張性のあるファイル形式で保存できる点では大きな進歩である。しかし、得られたデータをボーリング現場においてどのように有効に活用するかも今後の課題のひとつである。

今後、掘削現場において、ますますパソコン等が導入され、掘削作業や事務管理の効率化に貢献すると思われる。

現在、石油分野では掘削支援や掘削制御システムによる掘削自動化の研究開発が進められおり、掘削自動化は、作業の安全性の向上、作業の効率化、情報の制御につながり、掘削技術の究極の姿として捉えられている。

このような現状から、当調査所でも、この簡易型計測システムを、ビット荷重・送泥量・掘進率などを制御・設定可能な計測・制御システムへと発展させ、掘削の自動化の足がかりにしたいと考えている。

謝辞

本計測システムの改良にあたっては、(株)物理計測コンサルタント前札幌支店長、前田暁成氏から、測深システムおよびピットレベル計測用のセンサー・変換機についてご教示を頂いており、ここに明記して感謝いたします。

参考文献

- 大津 直(1996)：温泉ボーリングにおける諸計測. 第34回試すい研究会講演資料集
高橋徹哉(1990)：温泉ボーリングにおける計測の事例. 第28回試すい研究会講演資料集
富岡 聡(1986)：最近のマッドロギング. 第24回試すい研究会講演資料集
石油技術協会(1983)：石油鉱業便覧. 第7章坑井検層
石油技術協会(1993)：最近の我が国の石油開発 2.3 坑井情報収集・処理システム
天然ガス鉱業会／大陸棚石油開発協会(1992)：日本の石油・天然ガス資源（改訂版） 第四編 最近の探鉱開発技術の進展と今後の方向 E. 掘削技術 5. コンピュータ技術の導入
鈴木正芳・前田暁成・五十嵐典明(1989)：マッドロギング・データ電話伝送システムの開発. 石油技術協会誌 Vol.54.No5
奥村直士(1989)：掘削分野におけるコンピューター利用の現状. 石油技術協会誌 Vol.54.No5
尾上陽一(1989)：リアルタイム掘削制御プログラム研究開発の現状. 石油技術協会誌 Vol.54.No5
高橋秀明(1989)：掘削現場のための計算プログラム集—その内容と使用例—. 石油技術協会誌 Vol.54.No5
竹岡英樹(1989)：会社統一機種コンピューターによる掘削報告書作成およびデータ蓄積システムの紹介. 石油技術協会誌 Vol.54.No5
三好 学(1989)：掘削データシステムの開発状況について. 石油技術協会誌 Vol.54.No5
深瀬弘恭(1996)：インターネットとは何か. 石油技術協会誌 Vol.61.No2
戸田 徹(1996)：インターネットの石油鉱業への応用と展望. 石油技術協会誌 Vol.61.No2
六川修一(1996)：学術研究とインターネットの利用—体験に基づくインターネット考—
尾上陽一・石黒裕康・長縄成実(1996)：掘削技術者のためのネットワーク講座（Ⅰ）. 石油技術協会誌 Vol.61.No2
長縄成実・尾上陽一(1996)：掘削技術者のためのネットワーク講座（Ⅱ）. 石油技術協会誌 Vol.61.No3
古谷昭人・田坂幸雄・長縄成美(1996)：掘削技術者のためのネットワーク講座（Ⅲ）. 石油技術協会誌 Vol.61.No4
大津 直(1995)：温泉ボーリング調査における計測（その1）—計測システムとプログラム—. 地下資源調査報告.No67
大津 直・高橋徹哉(1997)：温泉ボーリング調査における計測（その2）—溢逸泥現象の計測—. 地下資源調査報告.No68

(順不同)

地 学 講 座

北海道浅海域の地形と底質

嵯峨山 積；北海道立地下資源調査所
海洋地学部（海洋科学研究センター）

はじめに

日本海，太平洋，オホーツク海という特性の異なる三つの海に囲まれた北海道の沿岸域では，増養殖事業や港を始めとする海洋構造物の設置等，開発利用が進みつつある一方，津波や海岸浸食等の自然災害も発生している．この様な状況に対し，沿岸域の自然条件を十分把握するために地学分野の調査研究が必要とされ，道は平成元年の機構改革で本道浅海域の地形・底質調査部門として地下資源調査所資源地質部に海洋地質科を設けた．その後，同部門の充実を図るために平成7年度に海洋地学部を発足させ，平成8年3月には小樽市築港に海洋地学部庁舎（愛称；海洋科学研究センター）を開設し，現在に至っている．

沿岸の地形や底質は，それぞれ多様な特性を示し，地形は底質構成物により規制される．一般に浅海域と陸域の地質は連続することから，陸域と関連づけた調査研究の推進は，自然条件を把握する上で極めて有効である．昨年には，本道浅海域の地学特性を明らかにするための手始めとして，襟裳岬から恵山岬に至る沿岸域を対象とした「北海道沿岸域の地質・底質環境－太平洋西海域－付図；20万分の1地質・底質図」を出版し（菅ほか，1997），現在，西南北海道海域（恵山岬～積丹岬）の調査を実施している．

以下に，本道周辺浅海域の地形と底質の概要と，この間の調査研究で明らかになった事柄について述べる．

本道周辺海域の地形と底質の概要

一般に，地層の硬さは陸の形や海岸線の状況を規定している．北海道には宗谷岬や襟裳岬，知床岬や積丹岬など，多くの岬が存在する．それらは，波による浸食に強い固結した地層からなり，海岸線は海側に突出している．逆に，陸側に後退した海岸線では，比較的浸食に弱い地層が陸域に分布している．西南北海道の日本海側や知床岬周辺，釧路から根室にかけての太平洋側など，火成岩や古第三系以前の堆積岩など浸食に強い地層が分布する沿岸では，比較的入り組んだ海岸線を呈する．一方，浸食に弱い鮮新世以降の地層では，広尾～釧路，初山別～抜海，石狩川河口周辺，室蘭～鶴川，網走～斜里などにみられるように一般に直線状の海岸線となり，その多くには砂浜が広がる．以下に日本海，太平洋およびオホーツク海について，浅海域の地形と底質の概要を述べる．

日本海：奥尻島や利尻島など離島の存在，ニシン漁，対馬暖流の北上，“磯焼け”現象などが日本海沿岸を特徴づけるキーワードである．海底地形は，積丹半島をほぼ境として大きく異なる．北は武蔵堆を含む大陸棚が広く発達するのに対し，南は急深で大陸棚が狭い状況にある．特に，北の初山別～抜海にかけては傾斜 $1/140$ ～ $1/200$ の遠浅をなし，南

の熊石付近では複数の海底谷が発達する。底質は、北で石狩湾や天塩川河口沖に見られるように細砂や砂泥が比較的広く分布し、南では白神岬付近や神恵内沖に代表される様な岩礁や砂礫、中～粗砂が広がる。

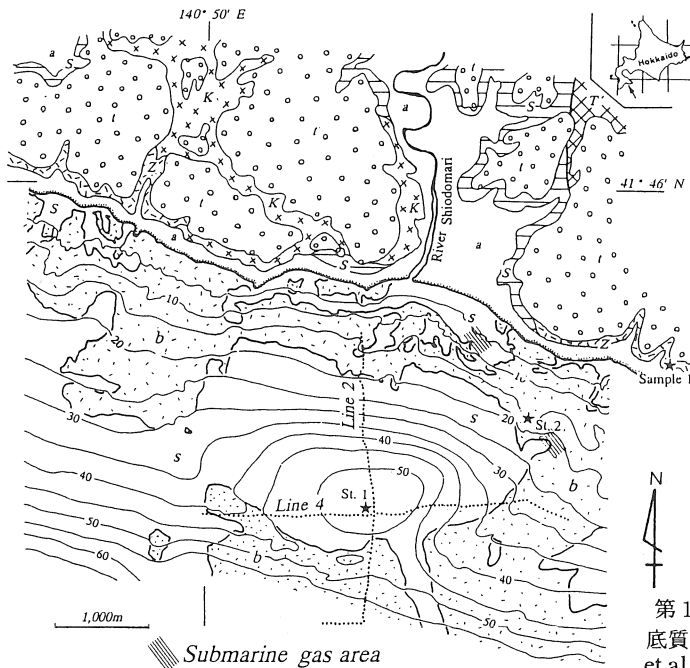
太平洋：沿岸を特徴づけるキーワードは、親潮、霧、釧路海底谷、内浦湾などである。最大水深約100mの盆状をなす内浦湾と、襟裳岬を境とした胆振～日高沿岸域と十勝～釧路沿岸域からなる。大陸棚は沖合い25km前後の幅で比較的均等に発達し、日高沖では小規模な海底谷が数多く発達する。また、釧路沖には全長190km、水深4,500mまで延びる国内最大規模の釧路海底谷がみられる。底質は、海水の出入りが少ない内浦湾では泥が、胆振～日高沿岸域では細砂が、それぞれ広く分布する。特に、日高沖では中～粗砂が海岸近くに認められる。十勝～釧路沿岸域では、西から東に向かって、音別～白糠沖で砂礫や粗砂、釧路沖で細砂、厚岸～浜中沖で岩礁や細砂、根室落石沖で岩礁・細砂・砂礫が、それぞれ卓越する。

オホーツク海：流水、ホタテ養殖、宗谷暖流、宗谷岬から能取岬にかけての直線的な海岸線などで特徴づけられる。能取岬沖の北見大和堆を境に、北ではサハリンに連なる大陸棚が広く発達し、東では沖合い20km以下と狭くなる。海底谷は、北見大和堆付近や以東に網走海底谷や斜里海底谷などが発達するものの、北ではほとんど存在しない。根室海峡の野付崎には、弧をえがいて砂嘴が発達する。底質は、南から北に向かって、根室海峡で細～中砂、常呂沖で粗砂および礫、枝幸沖で細砂主体に砂礫や岩礁、浜頓別沖で細～中砂主体に砂礫や粗砂、猿払沖で礫や砂礫が、それぞれ広く分布する。

浅海域調査のいくつかの例

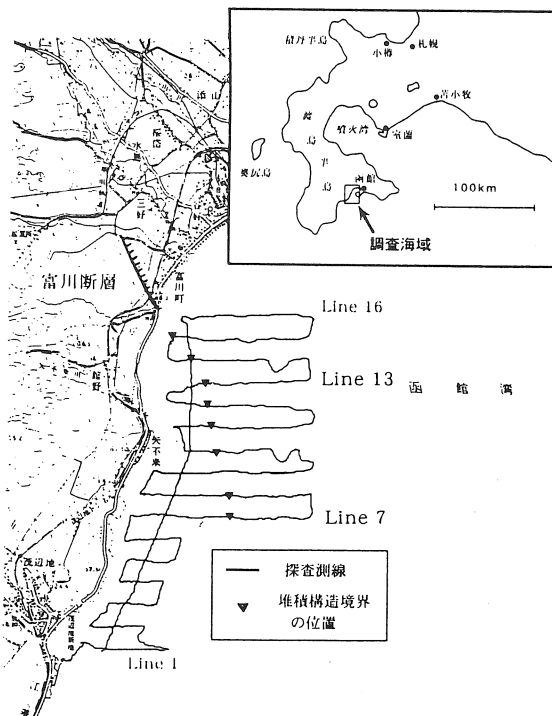
以下に、この間の「浅海域調査」で行った4つの調査研究例について述べる。

1) 海底火山（銭亀沢火山） 函館市の汐泊川河口沖の水深40m付近には、カルデラ地形をなす火山が存在し（山懸ほか、1989）、4万年以上に噴火したとされる（雁沢ほか、1990；紀藤ほか、1993）。その噴出物は陸域では銭亀沢火山灰層（長谷川・鈴木、1964）あるいは銭亀沢火山砕屑物堆積物（瀬川、1980）とされ、その分布域は西は函館湾のボーリングで確認され（窪内ほか、1988）、東は戸井町小安付近である。平成8年の音波探査の結果は、カルデラ内には厚さ20m前後の堆積物が累重することを示す。更に、同堆積物は音響断面の結果から大きく層厚約7mの下部層と同じく13mの上部層の2つに区分され、当時の海水準変化から下部層は3.1万年前付近の相対的な高海水準期、上部層は1.2万年前以降の高海水準期の海水による砕屑物運搬の結果、それぞれ堆積したと推定される。なお、カルデラ内の堆積物の表層は、礫混じりの粗粒砂からなる。ドレッジの結果から、火山の基盤岩の一部は中～後期中新統である汐泊川層からなると考えられる。カルデラの北東方には、ガスの湧出が知られているが、火山との関係は不明である（第1図、Sagayama et al., 1998）。



第1図 銭亀沢火山周辺の地質・底質および探査測線 (Sagayama, et al., 1998)

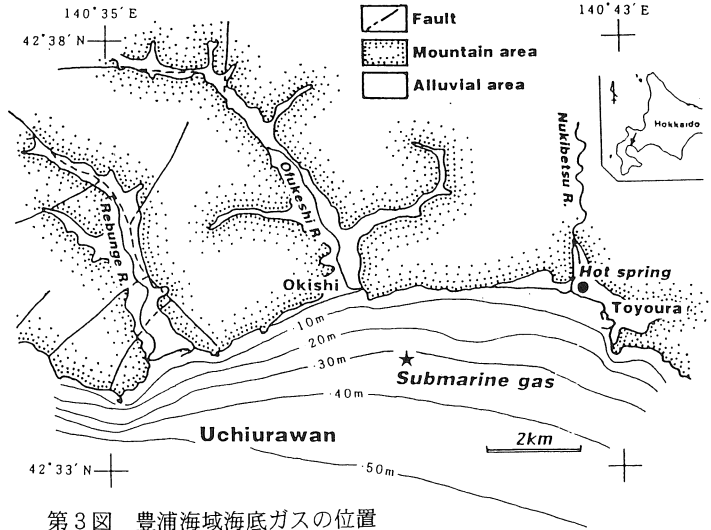
2) 上磯沖の活断層延長部 渡島支庁の函館平野西縁には総延長20km以上に及ぶ南北方向に延びた活断層群が存在し、その活動度はB級 ($1 > S \geq 0.1\text{m}/1,000\text{年}$) とされる (活断層研究会, 1980 ; 1991) . 富川断層は、上記活断層群の中で最も南側に位置し、その延長部は海域に連続する可能性があることから、平成8年夏に音波探査による確認調査を実施した. その結果、東西方向の測線からなる多くの音響断面には、堆積構造の境界面や東落ちの変位が認められた. 特に、堆積構造境界面はほぼ北北西-南南東方向に連なり、陸域の富川断層にほぼ連続することから (第2図)、同断層の延長部が海域にまで延びている可能性が考えられる (内田ほか, 1997) .



第2図 探査測線および陸上断層 (内田ほか, 1997)

3) 豊浦沖の海底ガス

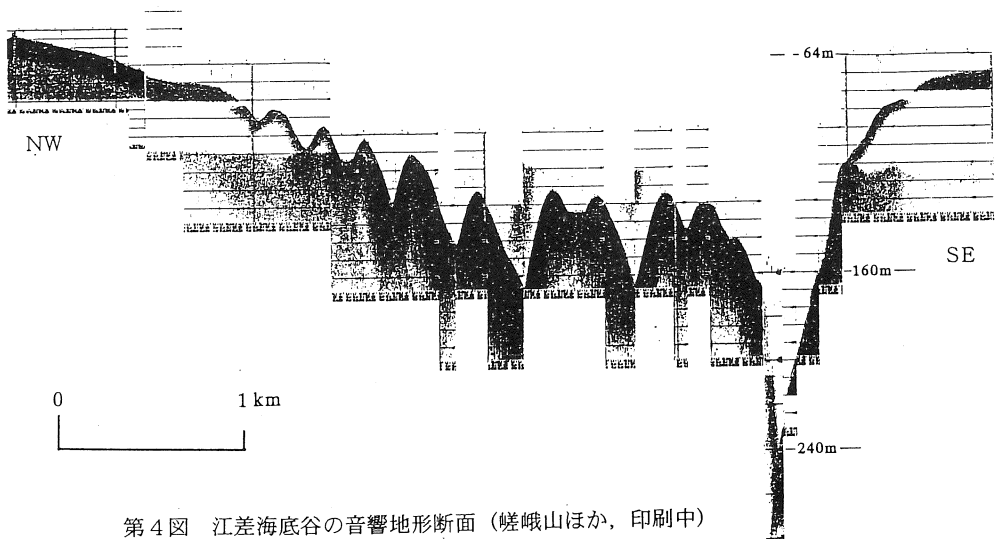
胆振支庁豊浦町大岸の沖合い、水深33mの地点で海底から浮上する泡の存在が地元の人々に知られていた(第3図)。そのガスを採集し、分析すると窒素(N₂)が91.14%以上を占め、その他、酸素(O₂) 9.70%、メタン(CH₄) 0.092%、炭酸ガス(CO₂) 0.040%であった。一方、海底ガス産出地点から北北東に約4



第3図 豊浦海域海底ガスの位置 (嵯峨山ほか, 1997)

km離れた豊浦町市街で、深度1,202mの温泉ボーリングが平成4年に行われている。ストレーナーは深度782~1,178m間に4ヵ所設置され、若干のガスが付随する49.0℃の温泉水が毎分250ℓで自噴する(豊浦町, 1982)。温泉井のガス成分は窒素95.23%、酸素3.64%、炭酸ガス0.703%、メタン0.429%で、海底ガスと極めて類似した成分を示す。このため、両者は同一のものから由来している可能性もあり、同ガスの産出機構は興味ある課題である(嵯峨山ほか, 1997)。

4) 熊石・江差海底谷 檜山支庁の大成町から熊石町の沖には、水深1,300mをなす奥尻海盆に連続する複数の海底谷が発達する。栄養豊かな深層水が同海底谷に沿って沿岸近くにまで存在することから、道や地元自治体の深層水利用への関心は高い。同海底谷の詳細



第4図 江差海底谷の音響地形断面(嵯峨山ほか, 印刷中)

な地学的調査は今だなされておらず，平成9年夏に熊石海底谷および江差海底谷の調査を実施した（嵯峨山ほか，印刷中）。ドレッジの結果，熊石海底谷を形成する地層の一部は陸域の館層上部（鮮新統；250～370万年前）に対比される砂質シルト岩からなり，江差海底谷では新第三系と思われる細粒砂岩片が確認された。江差海底谷は，音響断面からは起伏に富んだ地形をなすことが確認され（第4図），塩分・水温測定や海水採取を行った結果，他の海域に比べて塩分の垂直分布は大きな変化はなく，水温は100m以深で若干高い値が認められた。

おわりに

浅海域は，陸域に最も近いことから利用価値が高いにもかかわらず，地学的な調査は十分とは言い難い。海洋地学部では，陸域と関連づけた浅海域の地学的自然条件の解明を大きなテーマとして調査研究を進めている。それは，長年にわたり陸域を調査してきた機関として可能であるばかりでなく，実際，浅海域の地学特性は陸域のと密接に関係しており，一方を抜きにして語ることは出来ないからである。

過去，200万年にもおよぶ第四紀という地質時代の氷河期・間氷期の繰り返しは，大規模な海水面の変動が沿岸域を幾度となく陸域や海域に変化させ，今日に至っている。その過程で生じた地形や底質の”履歴”を一つづつ解きほぐし，海域特性を把握しながら将来に向けての利用・開発や保全の資料とすることが，重要な課題と考えている。

謝辞 海域の調査に際しては，常に地元の市町村や漁業協同組合に協力いただいている。地下資源調査所の海洋部門の設置にあたっては，昭和60年から元地質調査部長の長谷川潔博士（昭さく地質KK）や元主任研究員の高橋功二博士（和光技研KK）と共に検討を始めた。故石井次郎博士（北海道東海大学名誉教授），宮下純夫博士（新潟大学）をはじめとする「奥尻海嶺調査」の仲間には，海洋地質調査のカンをお教えいただいた。今回の発表に際し，寺島克之部長をはじめとする海洋地学部の同僚からは，野外調査や未公表資料の提供などで協力いただいた。以上の方々や機関に，記して感謝いたします。

文 献

- 雁沢好博・萩原法子・工藤伸也・藤川寿徳・松山 勉（1990）更新世後期「銭亀沢火砕流堆積物」の層序と花粉分析。春日井昭教授退官記念論文集，69-76。
- 長谷川潔・鈴木 守（1964）5万分の1地質図幅「五稜郭」および同説明書。函館-86，北海道立地下資源調査所，23p。
- 活断層研究会（1980）日本の活断層—分布と資料—。
- 活断層研究会（1991）新編日本の活断層—分布と資料—。
- 紀藤典夫・萩原法子・滝谷美香・雁沢好博（1993）渡島半島における最終氷期の古植生。石井次郎教授追悼論文集，55-62。

- 窪内 篤・二ツ川健二・工藤康雅 (1988) 函館港における粘土地盤の強度特性と地史. 土質工学会北海道支部技術報告集, 第28号, 105-114.
- 嵯峨山積・菅 和哉・檜垣直幸 (1997) 西南北海道, 内浦湾 (噴火湾) 北方の豊浦沖の海底ガス. 地下資源調査所報告, no.68, 141-144, 北海道立地下資源調査所.
- 嵯峨山積・内田康人・大澤賢人・菅 和哉・濱田誠一 (印刷中) 1997年浅海域地質調査の概要. 地下資源調査報告, no.69, 北海道立地下資源調査所.
- Sagayama, T., Uchida, Y., Osawa, M., Suga, K. and Hamada, S. (1998) Acoustic profile and basement rock of Zenikamezawa Volcano, located in eastern sea area of Hakodate, Northern Japan. *Hokkaido Geotechnics '98*.
- 瀬川秀良 (1980) 函館市東方における” 銭亀沢火山灰層” 中の泥炭質堆積物について. 函館大学論究, 第13輯, 37-52.
- 菅 和哉・嵯峨山積・檜垣直幸 (1997) 北海道沿岸域の地質・底質環境-1- (太平洋西海域), 付図1: 200,000スケール, 北海道立地下資源調査所研究報告, no.28, 61p.
- 豊浦町 (1982) 平成4年度豊浦町地熱ボーリング探査事業実績報告書, 25p.
- 内田康人・嵯峨山積・大澤賢人・菅 和哉・濱田誠一 (1997) 函館湾上磯沖における富川断層延長部の音波探査. 物理探査学会第97回学術講演会論文集, 23-26, 札幌市.
- 山懸耕太郎・町田 洋・新井房夫 (1989) 銭亀一女那川カルデラ: 津軽海峡函館沖から噴出した後期更新世のテフラ. 地理学評論, 62 A-3, 195-207.

第36回 試錐研究会講演資料集

発行 平成10年3月9日

編集 試錐研究会

出版 北海道立地下資源調査所

〒060-0819 札幌市北区北19条西12丁目

☎ 011(747)2211(代)
