

第23回試錐研究会

講演資料集

期 日：昭和60年3月14日(木)

会 場：水産ビル8階会議室

(札幌市中央区北3条西7丁目)

第23回 試錐研究会

プログラム

主催

北海道立地下資源調査所
北海道地質調査業協会
全国さく井協会北海道支部

日時

昭和60年3月14日(木) (10:00~17:00)

場所

札幌市中央区北3条西7丁目
水産ビル8階会議室 (TEL 281-2071)

あいさつ

北海道立地下資源調査所長 酒 匂 純 俊

特別講演 (10:00~12:00)

石油の掘削技術

石油資源開発株式会社

作井部長 竹 田 幸 平

昼食 (12:00~13:00)

講演 (13:00~17:00)

1. 中深度ボーリングにおけるスピンドルタイプとロータリータイプの経済的比較の一例

上山 試 錐 工 業 株 式 会 社 石 塚 学

2. 物理検層結果のクロスプロット解析

北 海 道 立 地 下 資 源 調 査 所 秋 田 藤 夫

3. 浜益村温泉ボーリングについて

北 海 道 立 地 下 資 源 調 査 所 藤 本 和 徳

4. 掘さく中の計測データに関する考察

北 海 道 立 地 下 資 源 調 査 所 若 浜 洋

5. 北桧山町温泉2号井ボーリングにおけるビットの使用実績について

株 式 会 社 ユニオンコンサルタント 宮 本 義 則

協 和 試 錐 土 木 株 式 会 社 石 川 英 雄

質 疑 応 答

あ い さ つ

北 海 道 地 質 調 査 業 協 会 理 事 長 伊 東 孝 吉

懇 親 会 (17:30~19:30)

会 場 札幌市中央区北3条西7丁目(植物園前)

フジヤサントスホテル (TEL 271-3344)

特 別 講 演

石油の掘削技術

石油資源開発株式会社 作井部長 竹田 幸平

1. はじめに

石油の掘削が水井戸・温泉井・地質調査井等の掘削と異なる最も大きな点はその規模の大きさである。たとえば、深度について言えば、表 1.1 に示すごとく 10,000 m を越える坑井が掘られ、8,000 m 以上の地層から天然ガスを生産している。坑井の直径は掘始めは 26~36 in (66~91 cm)、掘止め深度において 4~8 1/2 in (10~22 cm) というのが普通である。使用される掘削装置の全動力は、掘削深度によって異なるが、陸上の掘削装置の場合、3,000 m 級で 3,000 馬力、6,000 m 級で 5,000 馬力、9,000 m 級では 7,000 馬力程度である。また、5,000 m を越える坑井を掘削するには 1 年以上かかることも珍しくない。

石油の掘削技術を用いて掘られる坑井には次のようなものがある。

(1) 試掘井 (Wild cat)

地表地質調査、地震探鉱等の探鉱作業によって石油や天然ガスの存在が推測されている場所で実際に坑を掘って、それらの存在を確認するための坑井。

(2) 探掘井 (Extension Tests)

既に発見されている油田やガス田の周辺で、その油・ガス田の広がり調査のために掘られる坑井。

表 1.1 深度の記録

	日 本 の 記 録	世 界 の 記 録
掘 削 深 度	信濃川沖 SI-1 5,315 m (1980年 JPO) 桜町 SK-1D 5,301 m (1983年 SK)	Kola (掘進中) 12,000 m (1984年、ソ連、ムルマンスク共和国) (予定深度 15,000 m) Bertha Rogers 1 31441 ft (9,583 m) (1974年 Oklahoma)
採 油 深 度	基礎試錐 吉田 3,611 m (1969年 石油公団 TOC)	Humble - LL & E 1 - L 21465 ft (6,542 m) (1956年 S. Louisiana)
採 ガ ス 深 度	桜町 SK-1D 4,973 m (1983年 SK)	Ruth Ledbetter 1 26536 ft (8,088 m) (1977年 Texax)
掘 削 水 深	基礎試錐 御前崎沖 469 m (1983年 石油公団 SK)	Wilmington Canyon 372 6942 ft (2,116 m) (1984年 Virginia)

(3) 採掘井 (Development Well)

存在が確認された石油・天然ガスを商業的な目的で採取するための坑井。

(4) 層序試錐井 (Stratigraphical Tests) または構造試錐井 Structure Boring 地層の層序や地下構造を調査するために掘られる坑井。

(5) その他

石油の二次、三次回収のために掘られる圧入井 (Injection Well) や、各種の観測井 (Observation Well) 等。

2. 石油の掘削方法

2.1 概 要

石油の掘削には、大深度まで効率よく掘削するために、ほとんどすべての坑井はロータリー式が用いられている。このロータリー式掘削法は1933年フランス人フーベルによって発明され、その後大幅に改良されて現在に至っている。石油の掘削で対象となる地層は泥岩、砂岩、凝灰岩等の堆積岩がほとんどで、掘られた坑井は不安定であり、そのまま放置しておくとも坑壁が崩れるなどいろいろの障害が起きるので掘った坑がある深さに達するとそこまでケーシングを挿入し、ケーシングと坑壁との間にセメントを充填して固定する。その後、挿入したケーシングの中にそれより径の小さいビットを降げてその下を更に掘り進み、適当な深度で次のケーシングをセットする。これを繰り返すことによって安全に目的深度に到達する。

2.2 掘削装置

一般に、掘削装置の能力は掘削可能な最大深度で表示されるが、その中心的存在となるのはドローワークスと泥水ポンプの能力である。また、ドローワークスの名称をもって掘削装置全体の名称とすることが多い (図 2.2)。地表装置は次の四つの要素に大別される。

(1) 動力源

装置の動力としては、電気、ディーゼルエンジンのいずれも使用されるが、最近の傾向としては、他の装置と共通のディーゼル発電機を保有して、直接には電動機で駆動するいわゆるディーゼル・エレクトリック方式が多くなっている。

(2) 捲揚装置

坑井を掘進する場合ドリル・ストリングやケーシング・パイプを坑井内に降下したり捲き揚げたりする装置。

<懸垂システム>

ドローワークスー (ドリリングライン) ー クラウンブロッカー (ドリリングライン) ー
フックブロッカー { (掘進中) ー スィベルケリー DP-DC-ビット
(揚降管中) ー エレベーター ー DP-DC-ビット

(3) ロータリー装置

ドリル・ストリングに回転を与えドリル・ストリングの下端に接続したビットを回転させるための装置。

石油掘削装置

石油資源開発株式会社

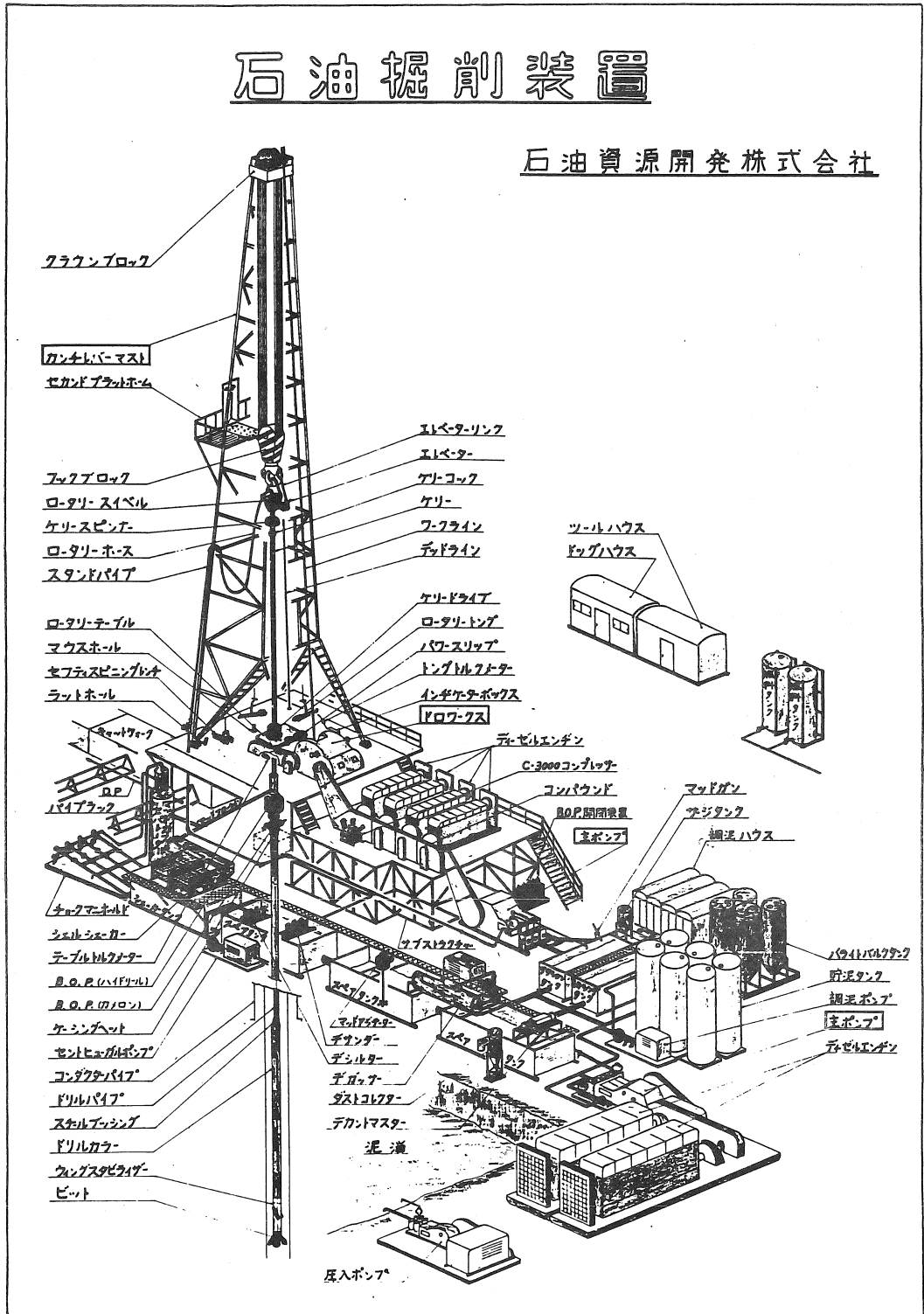


図 2.2 石油掘削装置

〈回転システム〉

ドローワークスロータリーマシンケリーDP-DCビット

(4) 循環装置

ビットによって砕かれたカッテングスを連続的に坑井内から除去するために、地表と坑底の間に掘削泥水を循環させるための装置。

〈泥水循環システム〉

マッドポンプスタンドパイプロータリーホーススイベルケリーDP-DCビットオー
ニュラスーベルニップルーデッチーシェルシェーカーマッドタンクマッドポンプ

2.3 掘削泥水

掘削泥水の機能を最大限に利用しているのがロータリー式であって、掘削技術上の大きな要素を占めている。掘削泥水に付与されている代表的な機能は次のとおりである。

- (1) 適当な泥水比重による地層圧の抑制
- (2) 薄くて強固なマッドケーキの形成による坑壁の保護と地層流体の遮断
- (3) 循環によるビットなどの冷却とカッテングスの除去
- (4) 循環性による坑内機器類の抑留防止

掘削泥水には水をベースにして各種の調泥剤を添加したウォーター・ベースマッドと、油をベースにしたオイル・ベースマッドとがあるが、ほとんどの坑井は前者を用いて掘削される。ウォーター・ベースマッドにも調泥剤の主要成分の相違によっていくつかの種類があるが、そのうちのリグノサルフォネート・マッドは調泥が容易で比較的高温下でも性質が安定しており、泥岩に対する膨潤抑制力が大きく崩壊防止機能が優れているので、深い坑井の掘削はほとんどこの泥水によって行なわれている。

3. 石油の掘削技術

石油の掘削方法は前章で述べたように、掘進とケーシング・パイプの設置を交互に繰り返して目的深度に達することである。図 3.1 は新潟県長岡市の西南方の丘陵地で七谷期の緑色凝灰岩に胚胎する天然ガスの探鉱において、傾斜掘りによって深度 4,500m まで掘削された坑井で試ガスの結果、生産井に編入された試掘井の仮想実績工程表である。

3.1 準備作業

探鉱作業の結果、坑口位置、坑底位置、目的深度が決定されると、予想層序、ケーシング・プログラム、セメンチング計画、泥水計画の他、細部にわたって詳細な掘削計画が立てられ、その要約が掘削工程表として図 3.1 と同様な形式にまとめられる。傾斜井の場合には、この表とは別に坑井の軌跡を描いた傾斜掘り計画が作成される。

ケーシングの設置深度は、その次のケーシングを設置するまでの間に予想される高圧層や低圧層の圧力を十分にコントロールできるように決められる。高圧層に遭遇して泥水比重を上げたいときに、上のほうに弱い地層があって逸泥の恐れがあるために比重を上げることができないというような事態を避けるようにするのである。また、ケーシングの設置深度を決めるには、崩壊しやすい地層を早目

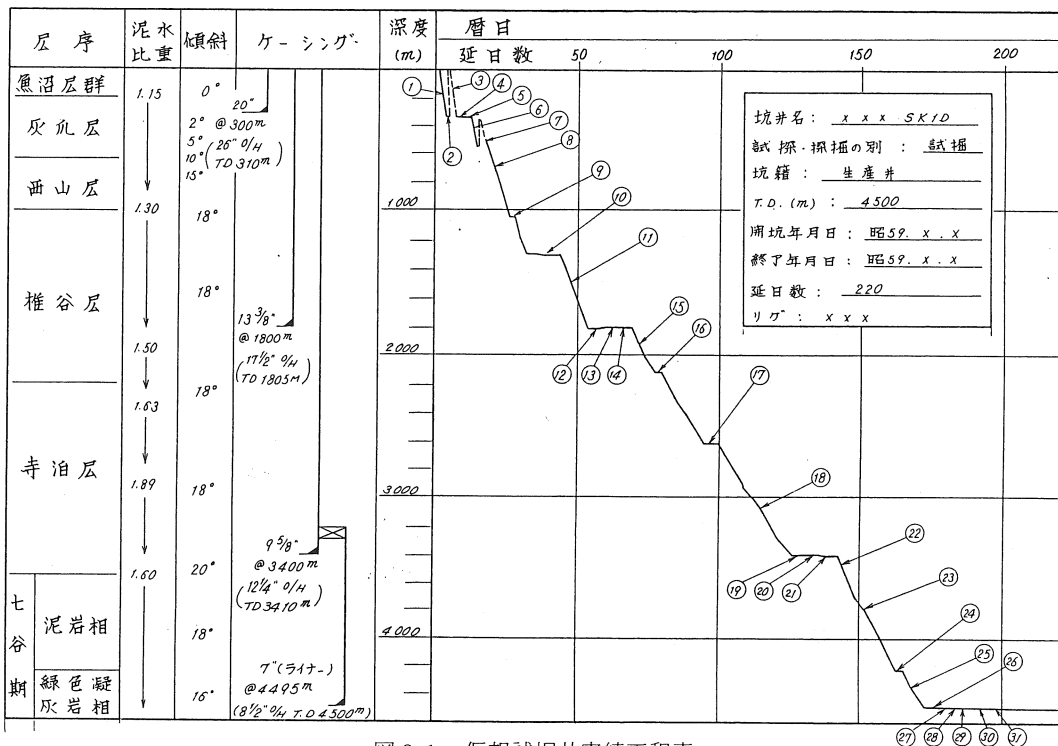


図 3.1 仮想試掘井実績工程表

に隠すとか、ケーシングの内面摩耗があまり進まないうちに次のケーシングを挿入するという事も考慮される。図 3.1 に示したケーシングサイズと坑径は、現在当社で採用している標準的な組合せである。

掘削作業の開始前に必要な官庁手続きや坑井敷地の造成等についてはここでは省略する。

3.2 掘削作業

以下の説明中の番号は図 3.1 中の番号に対応する。

① 開坑。17 1/2 in 坑掘進。T D 310 m。

掘進のために坑井内に降下されるドリル・ストリングは、ビット、ドリル・カラー、スタビライザー、ドリル・パイプ、ケリー等から成っている (図 3.2)。ビットはトリコーン・ビットが使われる (図 3.3)。ビットに与える荷重はすべて肉厚パイプであるドリル・カラーによってまかなわれ、ドリル・パイプは常に引張りの状態に保たなければならない。ドリルパイプの重量の一部をもビット荷重にあてると、管体やねじ部の厚さが比較的薄いドリル・パイプは座屈したまま回転することになるので疲労破壊を起こしてしまう。

ドリル・カラーは外径が大きく坑壁に接触しやすいために常に抑留される危険がある。これを防ぐ目的でドリル・カラー数本ごとにスタビライザーを挿入する。スタビライザーは外径が坑径にほぼ等しく、

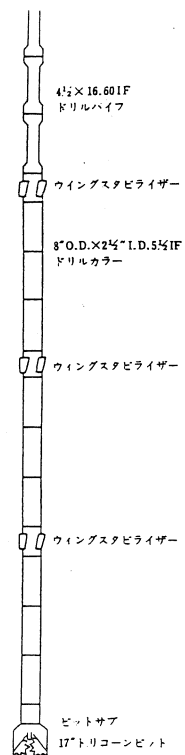
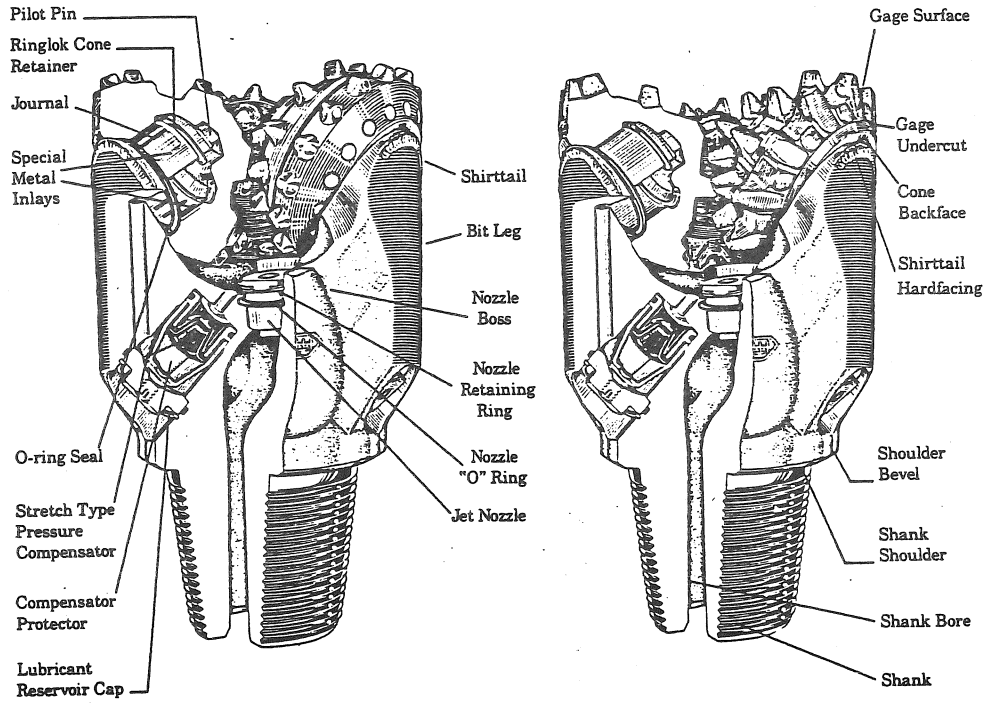


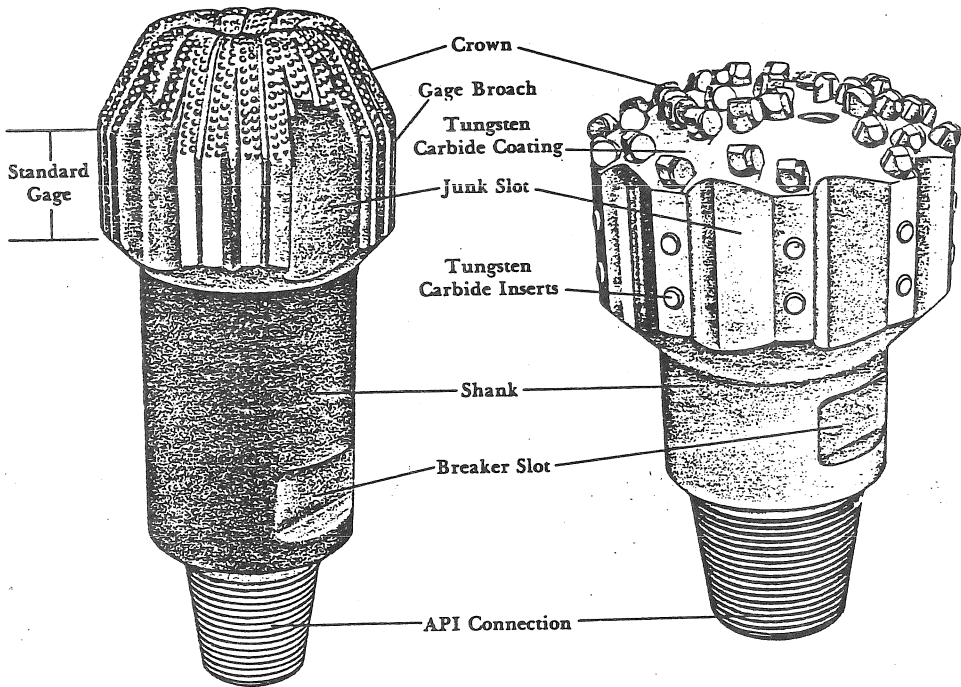
図 3.2 ドリル・ストリング

ROCK BIT ELEMENTS



インサート・ビット

ミルド・ツース・ビット



ダイヤモンド・ドリリング・ビット

PDC・ビット

図 3.3 ビ ッ ト

ドリル・カラーを坑井の中心に位置させて坑壁との接触を防ぐ。また、スタビライザーはその挿入位置によってドリル・カラーのたわみを変化させる効果を持つので、坑井の傾斜角度をコントロールするためにも使われる。

ドリル・パイプは太さ、重さ、材質、両端のツール・ジョイントの型等によって、いろいろな種類があるが、現在当社で使用しているのは主として、外径 5 in、重さ 19.5 Lb / ft、材質 API グレード G および S、1 本の長さ 9 m、ツール・ジョイントの型 4 1/2 IF のものである。引張強度は上記のグレード S の新管の場合で約 320 トンである（図 3.4）。

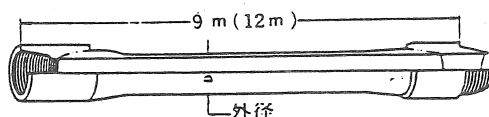


図 3.4 ドリル・パイプ

この区間の掘削に使用される泥水は、水にベントナイトと CMC および少量の分散剤を添加しただけのいわゆるベントナイト泥水である。

深度 310 m に達するために要する日数は 1.5 ～ 2 日である。

② 物理検層。

この段階で行なわれる物理検層は、通常、インダクション検層だけで、層序を確認することが目的である。したがって、既知の地域においては省略されることもある。

③ 26 in 坑に拡張。

既に掘られた 17 1/2 in 坑を 26 in に掘り広げる。このように 2 段階に分けて所要の径の坑井を掘るのは、(1) 出水、逸泥等があった場合、坑径が小さいほうが坑内泥水の量が少なく対処しやすい、(2) 1 回当りのカッタースの量が減るので坑井内から除去するのが容易になる、(3) ロータリー・トルクが減少する、(4) 坑径に対するドリル・カラーの径の比率が増すのでドリル・カラーの剛性が相対的に大きくなり、真直ぐな坑井を掘ることができる、(5) 坑径が大きいと物理検層の精度が低い、という理由からである。

拡張にはビットの他にホール・オープナーやアンダー・リーマーが使用される。

④ 20 in ケーシング降下。セメンチング。

このケーシングはサーフェス・ケーシングと呼ばれ、地表付近の軟弱層の崩壊防止と水層の保護が主たる目的である。

セメンチングについては 13 3/8 in ケーシングのところで説明する。

⑤ 坑口装置取付け。

セメントが完全に固まるのを待ってから、20 in ケーシングの最上部にケーシング・ヘッドを取付け、更にその上にドリリング・スプールと BOP (Blow-Out Preventer、防噴装置) およびベルニップルを取付ける（図 3.5）。

サーフェス・ケーシングのケーシング・ヘッドはその後のすべてのケーシングの土台になるもの

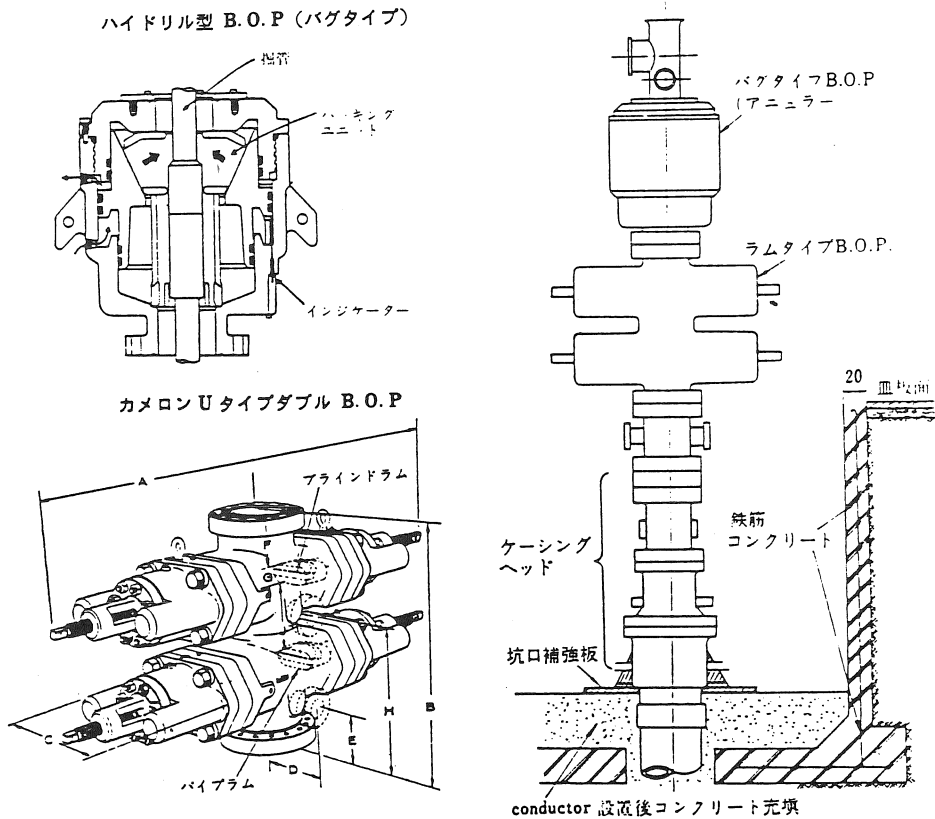


図 3.5 坑口装置

である。

BOPは水、油、ガス等の地層流体が掘削泥水による静水圧に打勝って坑井内に流入し、更には地表に噴出しようとするのを防止するための装置である。BOPにはラム・タイプとアニュラー・タイプがある。ラム・タイプはそのラムの形状に合ったドリル・パイプの外周を密閉することができる他、ブラインド・ラムやシア・ラムを用いて坑井内にパイプが無いときの坑口密閉や、非常時にパイプを切断した上で坑口を密閉することができる。アニュラー・タイプはドーナツ形のパッキング・エレメントを外側から押し潰してアニュラスを塞ぐ方式で、どんな外形形状のパイプの外周でも密閉することができる。

BOPの開閉はBOP開閉装置に常時蓄圧されている油圧によって行なわれ、掘削装置の1箇所または2箇所に設けられている操作パネルから遠隔操作によって、数秒から十数秒の間に坑口を密閉することができる。

⑥ 12 $\frac{1}{4}$ in坑掘進。傾斜掘りキック・オフ。KOP@ 350 m

図 3.6 に示されるように、何らかの理由で坑井を人為的に曲げて掘る方法を傾斜掘りといい、曲げ始めの点をKOP (Kick Off Point) という。

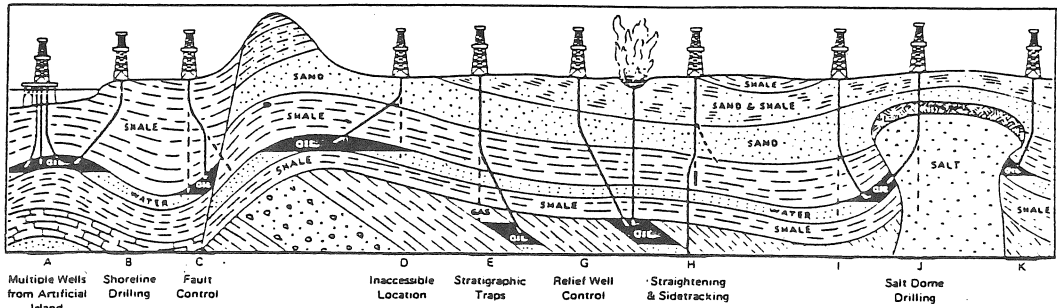


図 3.6 傾斜掘りの適用例

坑井を曲げるための偏距具（デフレクション ツール）にはホイップ・ストック、ナックル・ジョイント、バジャー・ビット、ダウンホール・モーター等があるが、地層が相当硬くても掘進でき、坑跡を滑らかに曲げることができ、途中で方位修正も容易なダウンホール・モーター方式が現在の世界の主流である。

ダウンホール・モーターは、その内部に送り込まれる泥水によってモーターの中心軸が回転し、その下端に接続されたビットが同時に回転する構造になっている。ダウンホール・モーターの直上には上端と下端のネジの中心軸がずれたベント・サブを接続しておき、この曲りの方向を目的方位に合わせておくことによって坑井の方位をコントロールする。

傾斜掘りを行なうには掘進中に時々坑井の方位と傾斜を測定し、かつ、その時のベント・サブの曲りの向きを知る必要があるが、この測定は磁石と重錘およびそれらを写すためのカメラを組合せた測定器をベント・サブの上に接続された非磁性ドリル・カラーの中へ降下して行なわれる。最近では掘進しながら連続して方位・傾斜等を地上でモニターできるMWD (Measurement While Drilling) の方法が盛んになりつつある (図 3.7)。

坑井が目的の方位に向かい、傾斜が5～10度まで出たら偏距具を取り外し、通

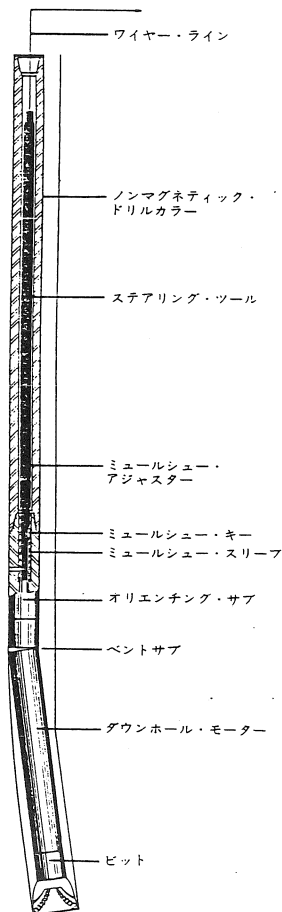


図 3.7 ダウンホール・モーターとステアリング・ツール

常のドリル・ストリングを降下してスタビライザーの位置とビットの回転・荷重を調整することによって傾斜・方位をコントロールする。

⑦ 17½ in 坑に拡張。

キック・オフの際に坑井を曲げやすくするために掘られた12¼ in 坑を拡張する。

⑧ 17½ in 坑掘進。逸泥@ 720 m。LCMピルをスポットして止める。

循環泥水の一部または全部が地層の中へ散逸してしまい地上に戻ってこない現象を逸泥といい、地層中にもとから存在した割れ目や洞穴などに逸泥する場合と、泥水比重が高過ぎるために地層に割れ目ができてその中へ逸泥する場合とがある。

軽い逸泥の場合にはそのまま掘進を続けるうちにカッタースが地層の割れ目等を塞いで逸泥が自然に止まることもあるが、たいいてはこの坑井のように逸泥防止剤入りの泥水を逸泥箇所へ放置するかセメント液を送り込んで逸泥を止めることになる。

⑨ タイト・ホール。揚管中抑留される。オイル・スポットしてフリーになる。

⑩ 付替中抑留される。バックオフ。フィッシング。損失12日。

抑留の原因には、坑井内と地層との差圧による場合、坑壁の崩壊による場合、坑井の傾斜・方位の変化が急な箇処でのドリル・ストリングの坑壁へのはまり込みによる場合などがある。そのうち最も多いのは差圧による抑留であって、坑井内の泥水比重が高過ぎる場合に浸透性の地層部分の坑壁にドリル・カラーが吸着される現象である。

抑留を防止するには、泥水比重をできるだけ低く維持したり、泥水に潤滑剤を混入したりする他、ドリル・カラーと坑壁との接触を少なくするためにスタビライザーを使用したり、外周に螺旋形の溝を切ったスパイラル・ドリル・カラーを使用したりする。

抑留箇所を油漬けにして摩擦を減少させるオイル・スポットは抑留の解除に非常に有効だが、それでもだめな時には、火薬の衝撃力を利用して抑留箇所直上の接続ねじを一旦戻し（バックオフ）、上部を回収した後、改めて下部の採揚にかかることになる。いずれにしても、このような採揚作業（フィッシング作

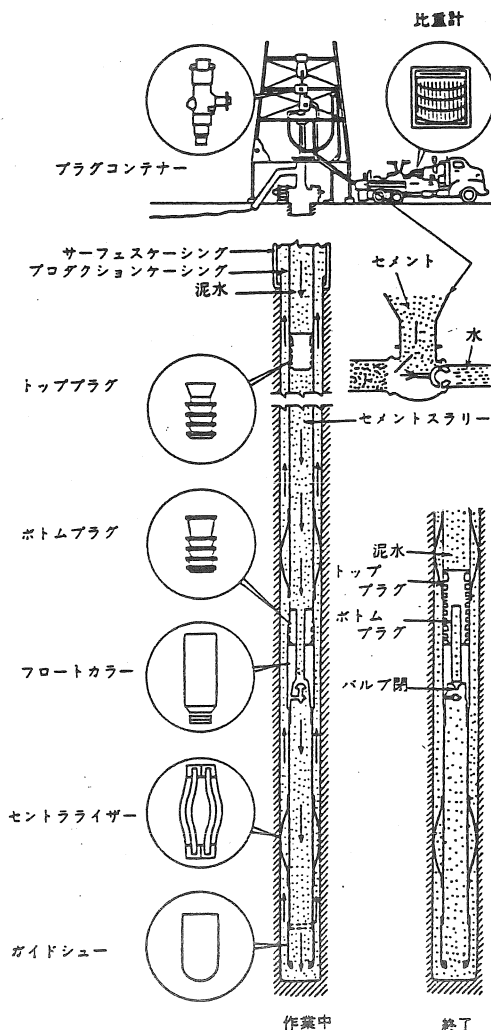


図 3.8 プライマリ・セメンチング

業)は時間と金のかかるやっかいな仕事である。

⑪ 17 1/2 in 坑掘進。T D 1.805 m。

⑫ 物理検層。

ここでは、地層の対比を目的とする他、地層の比抵抗、地層中の音波の速度、地層の密度等から油やガスの存在の有無の評価が行なわれる。

⑬ 13 3/8 in ケーシング降下。セメンチング。

坑井内にケーシングを降下した後、ケーシングと地層との間にセメント液(セメント・スラリー)を注入してケーシングを固定する作業をプライマリ・セメンチングという。図 3.8 は一般的なプライマリ・セメンチングの方法を示している。まずケーシングの中にボトム・プラグを投入してから必要な量のセメント・スラリーを送入し、続いてトップ・プラグを投入する。セメント・スラリーは、坑底温度、坑底圧力、送入時間などを考慮して比重、粘性、硬化時間などが調整されている。セメント・スラリーは2つのプラグの間に挟まれたまま泥水によって後押しされてケーシングの中を降下する。ボトム・プラグがフロート・カラーに到着すると、ボトム・プラグは破れてセメント・スラリーだけがケーシングの外側に排出される。トッププラグがフロート・カラーに到着することによ

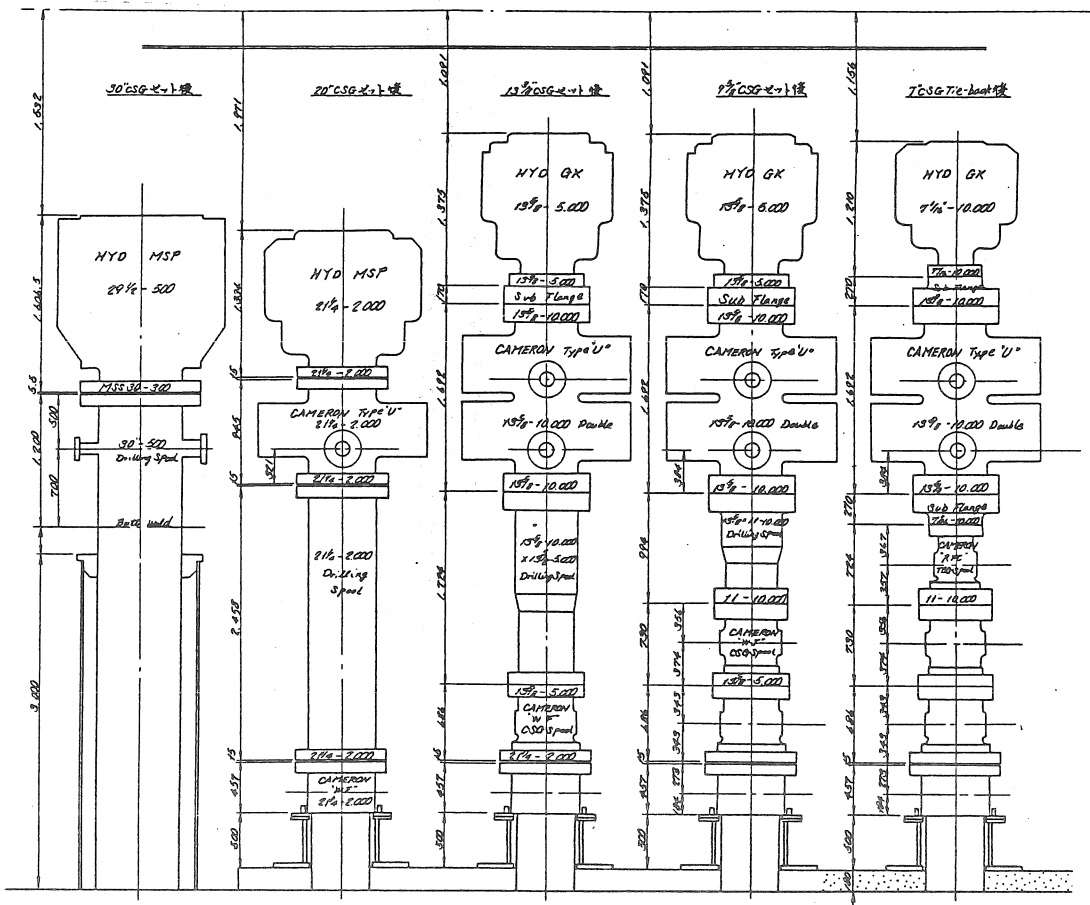


図 3.9 坑口装置配列図

てセメント・スラリの排出は終わり、プライマリ・セメンチングが終了する。

プライマリ・セメンチングの結果はセメント・ボンド・ログによって判定される。もしセメントの充填が不完全である箇所が発見された場合には、その箇所のケーシングに火薬で孔をあけ、高い圧力でセメント・スラリを圧入して補修する。この作業をスクイズ・セメンチングという。

⑭ 坑口装置取付け。

13 $\frac{3}{8}$ in ケーシングを20inケーシング・ヘッドの中にスリップでセットし、その上に次のケーシングのためのケーシング・スプールを載せる。ドリリング・スプールとBOPは前回のものより内径が小さく、よく高压に耐えるものが使用される。ケーシングを設置するたびに取替えられていく坑口装置の様子を図3.9に示す。

⑮ 12 $\frac{1}{4}$ in 坑掘進。掘進しながら泥水比重を1.50から1.63に上げる。

20inケーシング設置後徐々に切替を進めてきた泥水は、この区間の掘進開始までには完全にリグノサルフォネート泥水に切替わっている。

⑯ 16.1 コア掘り（地層の対比が主目的）。

コア掘りはコア・バレルの先端にダイヤモンド・コア・ビットを付けて行なわれる。採取されるコアは直径4in、長さ5～9mのことが多い（図3.10）。

⑰ ガス・キック@2,620m。BOPを閉めて坑井を殺す。泥水比重を1.89まで上げて掘進再開。

坑井内圧力より地層圧力のほうが高くなる。と地層流体が坑井内に流入してくる。これをキックといい、新たに掘込んだ地層の圧力が泥柱圧よりも高かった場合や、逸泥によって泥水面が低下したときなどに起こる。キックは最初のうちはゆっくりしたものであっても発見が遅れて放置しておくとう坑口から噴出してコントロールできない状態になってしまう。この状態をブローアウトという。

キックを発見したときは、まずBOPを閉めてから坑井内へ比重の高い泥水を送入する。泥水の

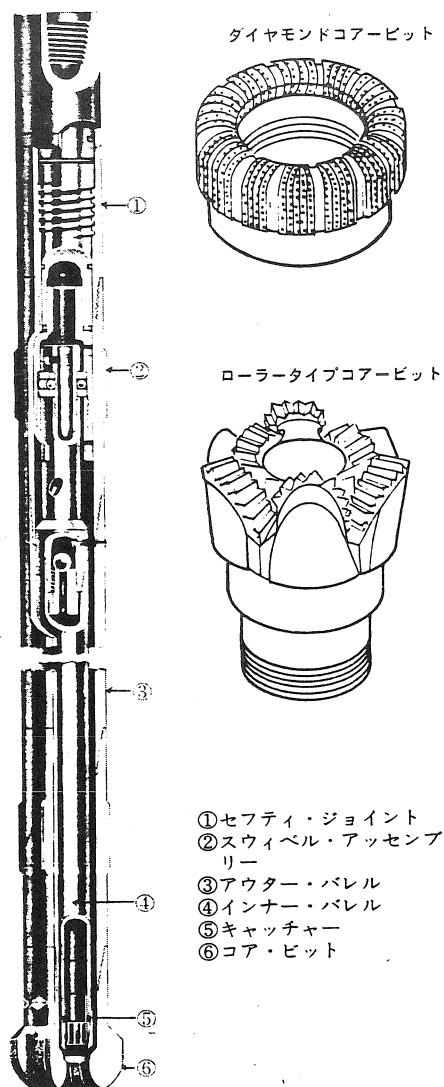


図3.10 コア・ビットとコア・バレル

圧力が十分高くなればキックは止まる。

⑱ 12 $\frac{1}{4}$ in 坑掘進。T D 3,400 m。

⑲ 物理検層

⑳ 9 $\frac{5}{8}$ in ケーシング降下。セメンチング。

㉑ 坑口装置取付。

㉒ 泥水比重を1.89から1.60に下げて8 $\frac{1}{2}$ in 坑掘進。

この坑井の主目的層である七谷期緑色凝灰岩層は寺泊層に比べて圧力が低く、そのままの比重で掘込むと差圧抑留や逸泥の危険性があるばかりでなく、ガス層中に泥水が侵入して油層障害を起し生産能力の低下をきたすことになる。

㉓ ダイヤモンド・ドリリング。3,840～4,130 m (290 m / 230 hr)。

石油の掘削に用いられるビットはほとんどがトリコーン・ビットであるが、硬質泥岩等の中では非常に掘進率が低かったり、深い所の掘進ではビットの使用時間に対して揚降管時間の比率が大きくなったりして、結果的に1 m当りの掘削費が高くなることがある。このような場合には、ダイヤモンド・ビットを使用して掘進率を高め、ビット寿命を伸ばすことによって掘削費を低く押さえることのできる場合がある。また最近では、ダイヤモンド・ビットをダウンホール・モーターと組合せたり、大粒の人造ダイヤモンドのディスクをカッティング・エレメントとして使うPDC (Polycrystalline Diamond Compact) ビットを導入したりして更に掘進率を上げている場合がある。

㉔ ガス・ショーイング。162 コア掘り。4,280～4,289 m。

掘削中は常に泥水検層 (マッド・ロッキング) を行ない、掘削泥水およびカッティングスの油やガスの徴候を調査している。油やガスの徴候があることをショーイングといい、ショーイングがあった時にはこの例のようにコア掘りを行なってその地層を更に詳しく調べたり、DSTを行なって生産能力を調査したりすることがある。

㉕ 8 $\frac{1}{2}$ in 坑掘進。T D 4,500 m。

㉖ 物理検層。

最後の電検は掘止め電検と呼ばれ、油・ガスの存在の可能性が特に入念に調査される。可能性が無いと判定された場合には直ちに坑井を下部から順にセメントで埋立てて廃坑される。可能性があると判断されれば以下に述べるようにライナーを降下し、産出テストを実施する。

㉗ 7 in ライナー降下。セメンチング。

この時点では、まだ商業生産に足るだけの油やガスの存在が確認されていないので、まず裸坑部分だけを覆うライナーを降下し、テストの結果商業生産できるとなるとはじめてライナー頭部と地表とを結ぶタイバック・ケーシングを降下する。

㉘ CBL (Cement Bond Log)

セメント・ボンド・ログを行ない、セメントの硬化状態を調べる。もし必要な場所にセメントが無かったり硬化不良の箇所が見つかったりすればスクイズ・セメンチングによって補修する。

㉙ パーフォレーション。4,275～4,287 m。

産出テストの対象区間のケーシングに火薬の力で孔をあける。

⑩ DST (Drill Stem Test)。

坑井内に降げたテストング・バルブと
 パッカーおよびドリル・システムを用いて一
 時的に坑井を仕上げ、仮りの試油・試ガス
 をする作業をDSTという。DSTによっ
 てテスト層に含まれる地層流体の種類が確
 認できるだけでなく、その層の産出能力を
 定量的に評価することが可能になり、適切
 な仕上げ・生産計画の基礎となる(図 3.11)。

⑪ 仕上げ。

仕上げとは、掘削された坑井から長期に
 わたって油・ガスを地上に取出すことが可
 能な状態にすることをいう。仕上げの方法
 は個々の坑井の状況に合わせて千差万別だ
 が、プロダクション・ケーシングの設置方
 法によって分類すれば図 3.12のようになり、
 チュービングとパッカーの構成の面から分
 類すれば図 3.13のような形が一般的である。

たとえばガンバー仕上げによって1スト
 リング、1パッカー方式の仕上げをすると
 すれば具体的な作業は次のとおりとなる。

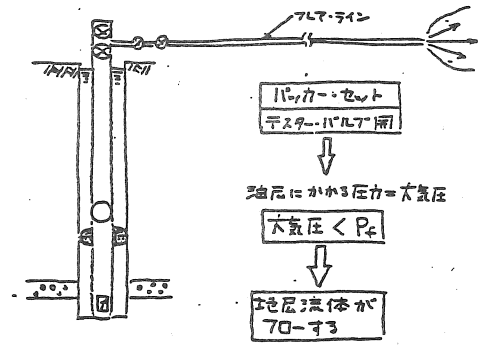
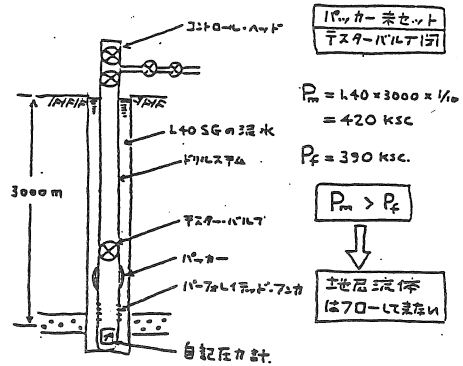
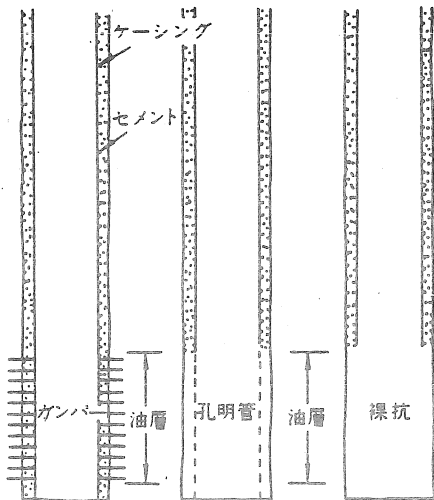
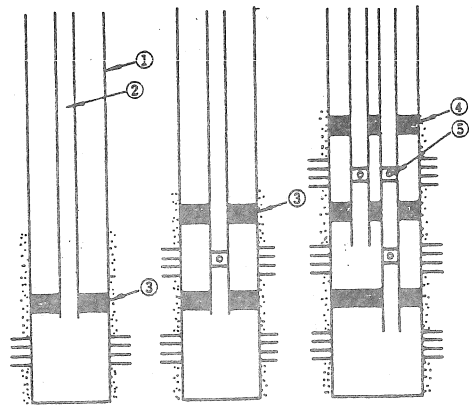


図 3.11 DST 概念図



a. ガンバー仕上げ b. アンカー仕上げ c. 裸坑仕上げ

図 3.12 仕上げ方法
 (プロダクション・ケーシングの設置方法)



1-ストリング 1-パッカー仕上げ 2-ストリング
 1-パッカー仕上げ 2-パッカー仕上げ 3-パッカー仕上げ

- ①プロダクション・ケーシング
- ②チュービング
- ③シングル・パッカー
- ④デュアル・パッカー
- ⑤スライディング・サイドドア

図 3.13 仕上げ方法
 (単層仕上げ、多層仕上げ)

- (1) 7 inタイバック・ケーシング降下。セメンチング。
- (2) プロダクション・パッカーをワイヤーラインを用いてセットする。
- (3) 2 $\frac{7}{8}$ inチュービング降下。パッカーに差し込む。
- (4) クリスマス・ツリー設置。

現実の油・ガス田を訪れて目に入るのは、地上のクリスマス・ツリーと自噴線だけであろうが、
そうなるまでにはここに述べたようないくつものステップを踏んでいるのである（図 3.14）。

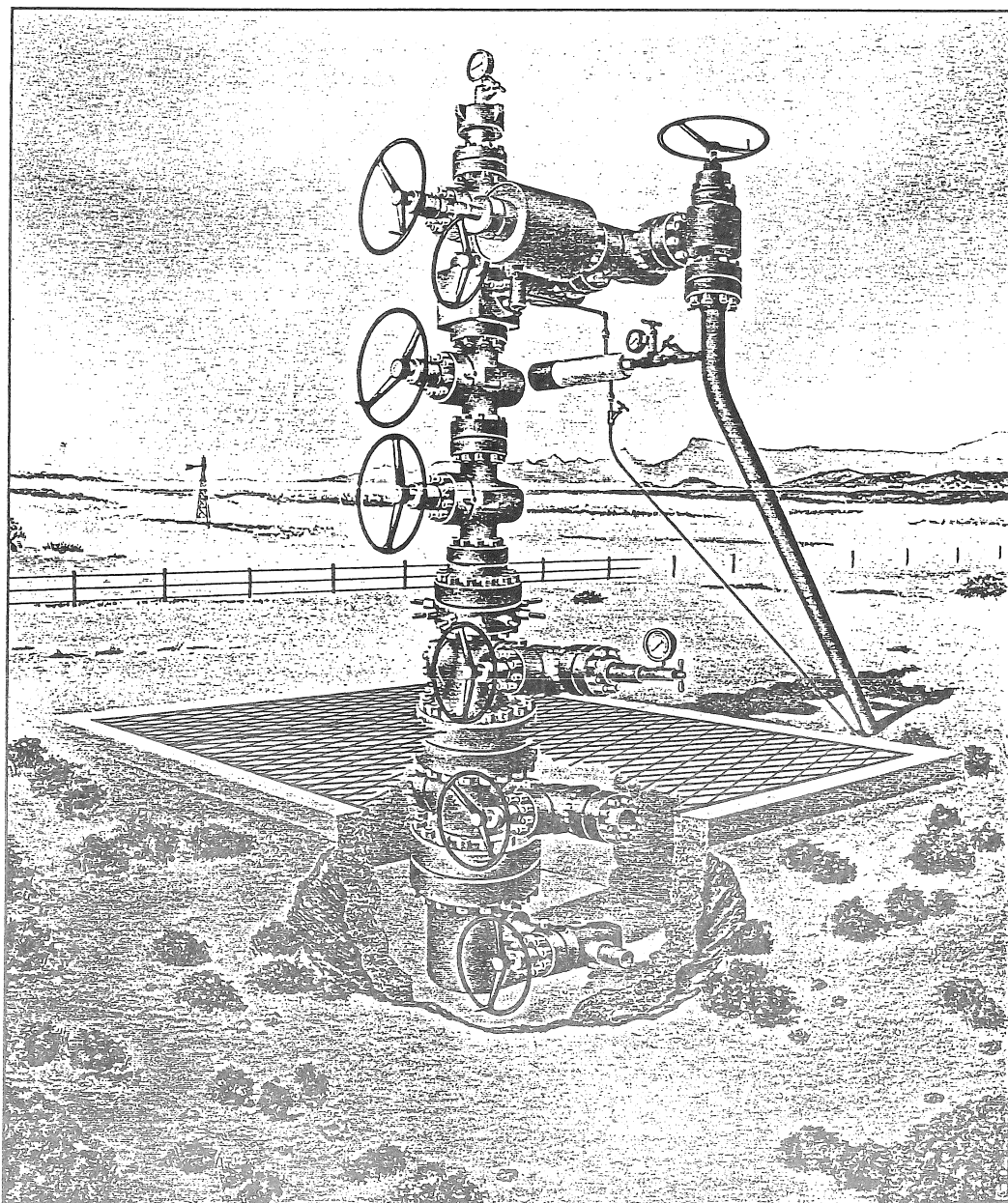


図 3.14 クリスマス・ツリー

4. 石油掘削技術の将来の動向

石油が我々の生活を支えるエネルギー源として重要な地位を占め続ける限り、石油の探鉱・開発は続けられなければならない。そのことは、石油の掘削技術者にとっては、より苛酷な自然条件に対してより厳しい社会環境のもとで技術の進歩をはかっていかなければならないことを意味している。たとえば、いま日本で6,000mの坑井を掘ろうと思えば坑底では200℃を越える温度に遭遇することを覚悟しなければならない。現在の通念ではこの温度に耐えて安全な性状を示す泥水はオイルベース・マッドしかない。けれども鉋害対策を確立しないままにこの種の泥水を使用することはできないであろう。ロケーションの選定の点でも、今後増えると思われるのは掘削機械から発生する騒音が問題になりそうな人口密集地や、逆に資材の輸送にも支障をきたすことのある山間僻地であろう。

一方、これまで採算がとれないとして見捨てられてきた生産性の低い油・ガス層の見直しが行なわれ、ただがむしやりに力まかせに深く速く掘るのではなく、わずかでも存在する石油をより多くより効率的に採取することにますます力が注がれていこう。たとえば、油層障害を起こさないような泥水の研究や、油層内に水平に掘込むことによって1坑当りの産油量の増大をはかる研究などがそれである。

このように、今後の石油開発はより厳しい自然条件と社会環境に対応できることが要求され、それに伴ってこれらの坑井を、より安全にかつ経済的に掘削するため個々の技術や機械のみならず、掘削装置全体のあり方や更に石油開発方式の大筋に到るまでが多様化していくものと思われる。

個 人 講 演

1. 中深度ボーリングにおけるスピンドルタイプと ロータリータイプの経済的比較の一例

上山試錐工業(株) 石塚 学

はじめに

石油ショック以来、省エネルギーの推進、石油代替エネルギーの開発が急務になってきた。その代替エネルギーの1つとして地熱が考えられており、これは我国に豊富に賦存する国産エネルギーとして、その飛躍的な開発・利用が期待されている。

本道においても例外でなく、近年各市町村における温泉開発が、また、森町濁川地区に代表される発電利用を目的とした地熱開発が活発になってきている。

地熱資源の開発は、地質調査に始まり、坑井の掘さく、蒸気・熱水の生産、さらにそれらの利用まで広範囲に渡り、各分野の総合的技術で進められているが、その中で坑井掘さくは重要な役割を果たしており、また、地熱開発全体の経済性に及ぼす影響は大きい。したがって、掘さく費の経済的検討（コストダウン）は、地熱開発にとって重要な問題の1つとすることができる。

1. 坑井掘さく費

坑井掘さく費は、地質状況、坑井仕様、掘さく技術およびリグ能力等に大きく左右される為、その総額や1m当りの単価だけで各坑井の経済性を評価するのは適当ではない。

そこで今、表-1の左側に示す様に坑井掘さく費を分解し、各項目に対して

- Ⓐ リグの規模によって左右される費用
- Ⓑ 各リグによって固定的な費用
- Ⓒ 坑井の仕様によって左右される費用
- Ⓓ リグの能力によって左右される費用
- Ⓔ 地質状況によって左右される費用
- Ⓕ 掘さく技術によって左右される費用
- Ⓖ 時間のデメンジョンとして固定できる費用

の条件で検討すれば、表-1の様になる。この表より、下記の事が判断される。

- ① リグの規模は、ビット費、ケーシング費、セメント費、坑口費を除いた全項目に影響する。
- ② リグが決定されれば、坑井掘さく費に影響する項目は、掘さく費と待機費である。
- ③ リグが決定されれば掘さく費が変化する要因は、掘さく日数（リグ能力・掘さく技術・地質状況・坑井仕様に関係する）と、ビット・泥剤等の使用材料の変化（地質状況・掘さく技術・坑井仕様に関係する）である。

2. 経済的比較の一例

2種類のリグとして、表-2に示したS-50型掘さく機（ロータリー式）とHLL型掘さく機（スピンドルタイプ）を選定し、その使用実績を坑井掘さく費の内訳として表-3に示した。表に見る如くS-50で掘さくした坑井のm当りの単価は、HLL型のもののはば2倍を示している。

今回は、1の項で述べた様に、坑井掘さく費を各項目別に比較検討し、この2倍という数字がどの様に变化するかという事を2～3のモデルを設定して発表する。

表-1 坑井掘さく費

各条件 坑井掘さく費内訳		㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗
		れるよ るリグ の規 模に よって 左 右 さ	用各 てリ 固グ 定の 的によ なつ て費	れるよ る坑 井の 仕 様に よって 左 右 さ	れるよ るリ グの 能力 に よって 左 右 さ	る地 つ質 て状 左況 右に さよ れ	用左 掘 右さ さく れる 技 術 に	定時の できる ア メン ジ ン として 固 定 費 用
(1) 動復員費	① 運搬費	○	△	×	×	×	×	△
	② 人件費	◎	○	×	×	×	×	△
	③ 車輦費	◎	○	×	×	×	×	△
	④ 諸経費	◎	○	×	×	×	×	△
(2) 組立て 解体費	① クレーン費	◎	○	×	×	×	×	○
	② 人件費	◎	○	×	×	×	×	○
	③ 機械損料	◎	○	×	×	×	×	○
	④ 消耗材料費	◎	○	×	×	×	×	○
	⑤ 整地費	○	△	×	×	×	×	×
	⑥ 動力費	◎	○	×	×	×	×	○
	⑦ 車輦費	◎	○	×	×	×	×	○
	⑧ 雑工事費	◎	○	×	×	×	×	○
	⑨ 諸経費	◎	○	×	×	×	×	○
(3) 掘さく費	① 人件費	○	×	○	○	○	○	○
	② 機械損料	○	×	○	○	○	○	○
	③ 消耗材料費	○	×	○	○	○	○	×
	④ 動力費	○	×	○	○	○	○	△
	⑤ ビット費	×	×	○	○	○	○	×
	⑥ ケーシング費	×	×	◎	×	×	×	×
	⑦ セメント費	×	×	○	○	○	○	×
	⑧ 坑口費	×	×	◎	×	×	×	×
	⑨ 調泥費	○	×	○	○	○	○	×
	⑩ 泥水処理費	○	×	○	○	○	○	×
	⑪ 給水費	○	×	○	○	○	○	×
	⑫ 車輦費	○	×	○	○	○	○	○
	⑬ 諸経費	○	×	○	○	○	○	○
(4) 待機費 オーダー待ち 天候待ち 修理待ち 試験待ち	① 人件費	○	×	△	×	△	○	○
	② 機械損料	○	×	△	×	△	○	○
	③ 消耗材料費	○	×	△	×	△	○	○
	④ 動力費	○	×	△	×	△	○	○
	⑤ 車輦費	○	×	△	×	△	○	○
	⑥ 諸経費	○	×	△	×	△	○	○

◎ 良くあてはまる ○ あてはまる △ ややあてはまる × あてはまらない

表-2 主要機械一覧

ロータリー式			スピンドル型		
名称	型式	能力	名称	型式	能力
ロータリー テーブル	RT-205 オイルバス型	オープニング径 20 1/2 耐荷重 250 t	掘さく機	利根 HLL-2型	シングルライン 5 t
ドロワークス	S-50型	8ライン95 t	-	-	-
同エンジン	ヤンマー S165L-UT	420PS/ 1,200RPM	同モーター	東芝 4-P	37KW
泥水ポンプ (メイン)	ナショナル 8-P	Max.V2,051ℓ/分 " P309Kg/cm ²	泥水ポンプ (メイン)	セキサク D-100	Max.V1,350ℓ/分 " P100Kg/cm ²
同エンジン	ヤンマー T22DAL-5T	812PS/ 1,000RPM	同エンジン	ニッサン PD6T04	160PS/ 1,400RPM
泥水ポンプ (サブ)	セキサク D-100	Max.V1,350ℓ/分 " P100Kg/cm ²	泥水ポンプ (サブ)	セキサク D-30-70	Max.V 510 ℓ/分 " P 70 Kg/cm ²
同エンジン	ニッサン PD6T04	160PS/ 1,400RPM	同モーター	日立 4-P	22 KW
ヤグラ	カンチレバー型	耐荷重 100 t 高さ 38 m	ヤグラ	スタンダード タイプ	耐荷重 50 t
サブストラク チャー	ロング型 形鋼製2段	7.7×12.4×3 m	サブストラク チャー	ブロック型 形鋼製2段	6×6×3 m
ドリルパイプ	3 1/2 × 13.3#EU グレードEレンジ2	引張り強さ329t	ドリルパイプ	2 7/8 × 10.4#EU グレードEレンジ2	引張り強さ308t
クラウン ブロック	φ 760 mm × 5 連	耐荷重 100 t	クラウン ブロック	φ 470 mm × 4 連	耐荷重 50 t
フックブロック	φ 760 mm × 4 連	耐荷重 100 t	トラベリング ブロック	φ 470 mm × 3 連	耐荷重 50 t
ウォーター スイベル	セキサク WS-50	耐荷重 50 t	ウォーター スイベル	セキサク WS-35	耐荷重 35 t

表-3 坑井掘さく費の内訳

	S-50型		HLL型		
	№1 6 1/4 × 1,410 m	№2 6 1/4 × 1,060 m	№3 4 3/4 × 1,020 m	№4 4 3/4 × 1,015 m	№5 4 3/4 × 1,026 m
動復費	8.3	9.6	9.0	11.0	9.7
組立・解体費	16.4	15.8	15.9	16.4	15.7
掘さく費	75.3	74.6	75.1	72.6	74.6
合計	100	100	100	100	100
№3を100としたときの 坑井費の比較	236	206	100	82	93
№3を100としたときの m当り単価の比較	170	197	100	88	92

2. 物理検層結果のクロスプロット解析

北海道立地下資源調査所 秋 田 藤 夫

1. はじめに

物理検層法は、ボーリング孔を利用してボーリング孔内に各種センサーを挿入（降下）し、孔壁周辺の地層の物理的、化学的諸性質を明確にするもので、目的に応じていろいろな手法が開発されている。今回の報告では、当調査所構内において掘削した都市型地熱水調査井の多種目検層（マルチログ）データを基に、各種の定量解析（特にクロスプロット解析を中心に）を行った結果について発表する。

なお、検層項目は、電気検層、自然電位検層、温度検層、キャリパー検層、密度検層、自然ガンマ線検層、中性子検層、ボアホールテレビュアー検層の9種目である（表-1参照）。

2. クロスプロット解析とは

クロスプロット解析は、異なる種類の複数の検層結果から得られる物理（化学）量を縦横の両軸にとり、それぞれの値をクロスプロットし、それらの間において相関関係にある点、あるいは相関から逸脱した点について、その現われたパターンから、物理的、化学的あるいは地質学的にどのようなことを意味しているかを物理検層の技術的理論を踏まえながら定量的あるいは定性的に解析しようとするものである。種々のクロスプロットの結果から、その調査地域の地域の特徴を見出すことも可能である。

今回の研究では油層工学で広く用いられているクロスプロット解析技術（貯留層解析技術）が、本調査井のように火成岩類が入り込んだり、未固結から半固結、更に、固結状態と複雑に変化する地層構成の場合にどの程度の適応性があるかを確認することも一つの課題となっている。なお、クロスプロット解析はマルチログを実施した、深度230～505m間について行った。種々の定性的、定量的解析結果から深度230～505m間を230～290m、290～350m、350～405m、405～505mの各ブロックに分割してクロスプロットするのが最良と考えられるため、それぞれの区間ごとに記号を決めてプロットしている。また、データは個々のログ上で2.5m間隔で読み取った値に種々の補正を施して基礎データとしている。なお、キャリパー検層、ボアホールテレビュアー検層から確認された孔径拡大部はクロスプロットデータの中から除外している。

3. 解析結果

クロスプロット解析の結果を要約すると以下ようになる。

(a) 密度検層 対 中性子検層

密度対孔隙率は深度230～290m、405～505m間では相関は悪いが、深度290～350m、350～405m間で相関（負）が良い。深度290～350m、350～405m間のストレーナー位置に相当するクロスプロット点から、有効孔隙率、粘土分割合を算出し、その結果から透水係数の算定を試みた。

(b) 密度検層 対 音波検層

密度対P波速度は深度 230 ~ 290 m、405 ~ 505 m間では、ほぼブロック状に分布するが、深度 290 ~ 350 m、350 ~ 405 m間では良い相関（正）が認められ、マトリックスのP波速度の推定ができた。

(c) 中性子検層 対 音波検層

孔隙率対P波速度は深度 230 ~ 290 m、405 ~ 505 m間では相関が認められず、ほぼブロック状に分布する。深度 290 ~ 350 m、350 ~ 505 m間では良い相関（負）が認められ、マトリックスのP波速度が推定できた。（(b)で求めたP波速度と良く一致する。）

(d) 中性子検層 対 比抵抗対数プロット

孔隙率対見掛比抵抗値（LN）の対数プロットから、深度 230 ~ 290 m、405 ~ 505 m間ではブロック状の分布を示す。また、深度 290 ~ 350 m、350 ~ 405 m間では良い相関（負）が認められ、それぞれの区間の地層水比抵抗値及び地層の圧密係数の算定をした。

(e) 中性子検層 対 比抵抗検層

(f) 密度検層 対 " "

(g) 音波検層 対 " "

見掛比抵抗値（LN）に対するそれぞれの値（密度、孔隙率、P波速度）のクロスプロットを行った。定性的には深度 290 ~ 350 m、350 ~ 405 m間はそれぞれ良い相関を示している。

しかし各クロスプロット間において油層工学で述べられているような解析結果は得られなかった。これはクロスプロットに用いた見掛比抵抗値（LN）が真の地層比抵抗値とかなり相違するためである。

(h) 自然ガンマー線検層 対 比抵抗検層

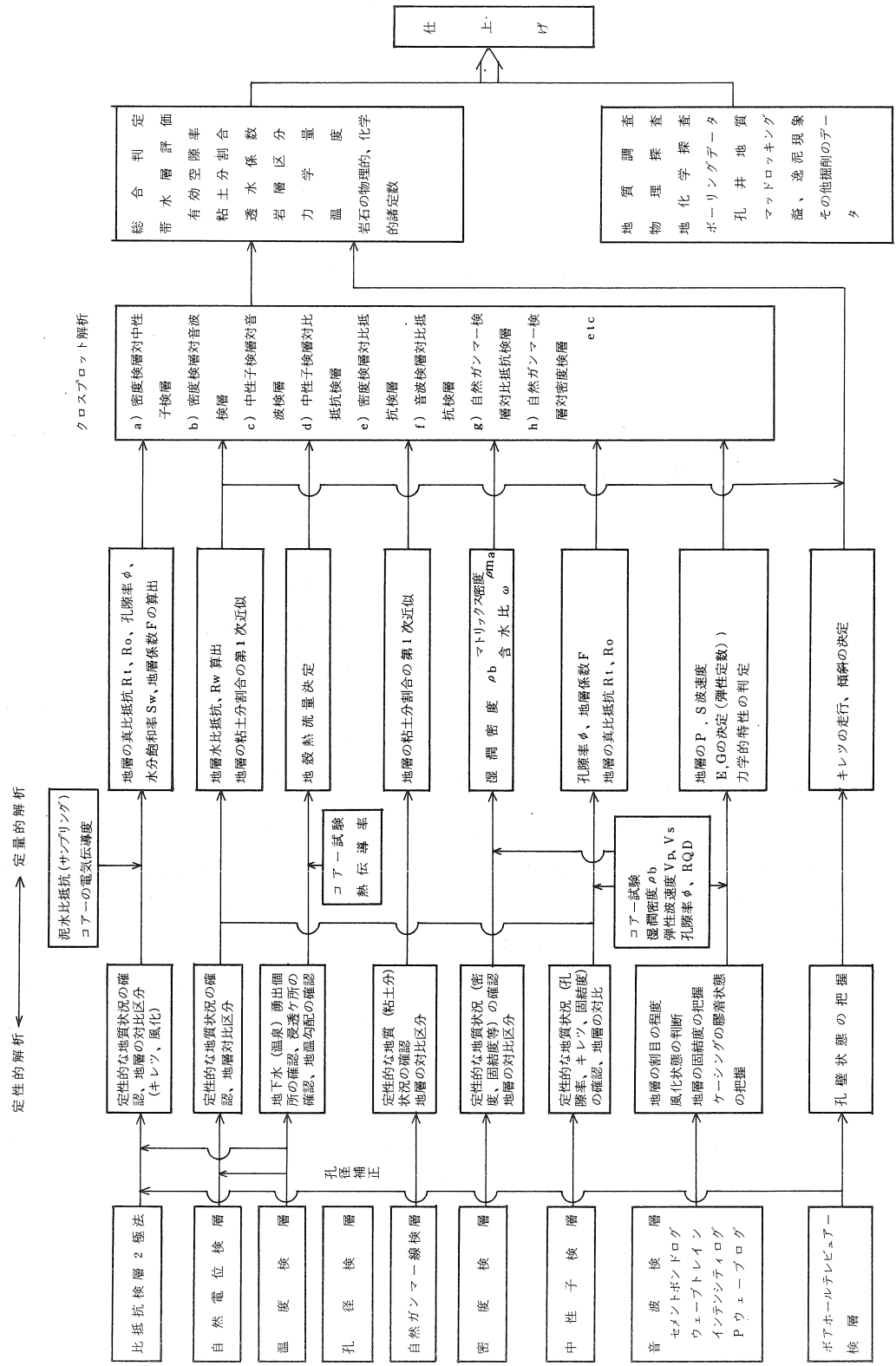
定性的には見掛比抵抗値（LN） $50 \Omega \cdot m$ 付近に物性的な境界が想定される。深度 230 ~ 290 m、350 ~ 405 m、405 ~ 505 m間は粘土分割合の大きさがガンマー線強度と比抵抗値に影響を与えており、深度 290 ~ 350 m間では火成岩類そのものに含まれる放射性元素が影響を与えている。

(i) 自然ガンマー線検層 対 密度検層

深度 290 ~ 350 m間だけに正の相関が認められる。しかし、他区間は相関が認められない。

以上のように本調査井において得られたマルチログデータをもとにクロスプロット解析を行った結果、深度 230 ~ 290 m、405 ~ 505 m間はそれぞれの物性値の変化が小さく、クロスプロット点がほとんどブロック状に集中するためクロスプロット図だけからは有意なことは言えなかった。しかし、深度 290 ~ 350 m、350 ~ 405 m間の火成岩類を主体とした地層においては、クロスプロット図から多くの物理情報が得られた。

表一 1 各種物理検層相互の關係及び定量解析



3. 浜益村温泉ボーリングについて

北海道立地下資源調査所 藤 本 和 徳

昭和59年6月から10月までの約5ヶ月間にわたり、道立地下資源調査所では、日本海沿岸地域振興対策の一環として、浜益村摺針山地区において、深度1,200 m、最終坑径149.2 mmの地熱試すい調査を実施した。従来この地域では、温泉の開発は困難とされていたが、昭和58年、地下資源調査所で実施した深部電気探査の結果、摺針山を構成する角閃石安山岩の岩体が地下深部にも及ぶ貫入岩体と考えられ、この岩体の縁辺部には温泉の胚胎条件の一つとなる亀裂の発達が推定された。

掘さく位置・深度等は、この結果に基づき決定した。

使用設備

ボーリングマシン	利 根	T S L
原 動 機	日 立	45KWモーター×2台
ポ ン プ	セキサク	D-100
原 動 機	ニッサン	PD-6Tエンジン
槽	セキサク	S-3000
発 電 機	ヤンマー	AG-250 S

ケーシングプログラム

挿入深度	ケーシング径	掘削坑径
8.5 m	250 ^A SGP	12 $\frac{1}{4}$ インチ
10.4 m	200 ^A SGP	9 $\frac{5}{8}$ インチ
36.3 m	150 ^A SGP	7 $\frac{5}{8}$ インチ
1,200 m	内径121 mm 外径130 mm SGP	5 $\frac{7}{8}$ インチ

坑井地質

深 度	地 質
0 m ~ 17 m	河床礫堆積物
17 m ~ 112 m	角閃石安山岩
112 m ~ 265 m	砂岩・泥岩・凝灰岩の互層
265 m ~ 551 m	火山角礫岩
551 m ~ 1,200 m	安山岩

逸泥対策

今回の掘さくで障害となったのは、深度17 mまでの河床礫堆積物での崩壊および逸泥の発生であった。この対策には、掘削とスクイズセメントを繰り返し、7日間の日数を費やし、セメント3.3 tを使用し

た。深部においては、深度 707 m～970 m間に7箇所で逸泥が発生した。これらの逸泥層は、仕上げ対象と成るため、濃泥水と逸泥防止剤により対策を講じた。この間で最も大規模な逸泥は、深度 756 mで発生し、この対策には、30時間を費やし、ベントナイト 2.6 tを使用した。

坑井仕上げ

温泉の仕上げには、通常 8 インチー 6 インチー 4 インチ SGP を使用しているが、当所では、2 $\frac{7}{8}$ インチ DP を使用しているため、最終仕上げ後の作業に DP の交換をしなければならず、これに約 1 週間の時間を費やす。この時間の短縮を計るため、本井では、内径 121 mm (外径 130 mm) の特注管の使用を試みた。このため最終掘削坑径は 5 $\frac{7}{8}$ インチとした。

坑内検層

坑内検層は、各ケーシング挿入前に実施した。温度検層の結果、深度 1,200 m で 54℃ を記録した。ストレーナーの挿入位置は、電気検層と温度検層の結果および逸泥箇所を考慮し決定した。また、コンプレッサーによる揚湯試験後に、温泉の湧出箇所を確認するための温度検層を実施した。この結果、深度 756 m の逸泥層に変動が見られ、この層から、殆どの温泉が湧出していることが判明した。

諸計測の実施

掘さく中の諸計測を連続的に測定することは、坑井内の情報を得るうえで非常に重要なことである。このため本井においては、送排泥温と排泥量の計測、およびケリーのトルクとボーリングマシンのモーターの電流値を連続的に計測した。

揚湯試験

揚湯試験は、コンプレッサーによる予備揚湯試験後、15KW-28段-6型(ますだポンプ)を深度 210 m に設置し、動水位を 4 段階に変化させ実施した。最大揚湯時で、湧出量 310 l/分、泉温 40℃ であり動水位は、GL-144 m であった。また、自噴時では、湧出量 45 l/分、泉温 31℃ であった。なお、現在(昭和60年3月)も長期間連続揚湯試験を実施中である。

泉質

泉質分析は、揚湯試験時に実施した。この結果一般的な食塩泉と異なり、カルシウムがナトリウムより多い事が特徴的であり、泉質名は、カルシウム-ナトリウム塩化物泉である。

本地域は、熱源となる新しい火成活動が比較的少く、地下増温率についても特に高い地域とは考えられていなかった。また、地下深部の資料についてもほとんどなかったが、今回の調査によって、深部における亀裂の発達を確認されるなど、地質および地熱資源について多くの資料が得られた。現在、浜益村では温泉の有効利用を検討中である。

4. 掘さく中の計測データに関する考察

北海道立地下資源調査所 若 浜 洋

ボーリングにおける諸計測データの監視と記録、およびそれらの解析は掘進中に地下の地質状況や坑井内の状況をより多角的に推定するうえで重要であることは言うまでもないが、掘さく事故を未然に防止し、作井作業を安全、かつ円滑に進めると共に掘さくコストを節減するという見地からも重要な役割をはたしている。

本発表では北海道立地下資源調査所が昭和59年度日本海沿岸地域振興対策の一環としておこなった浜益村地熱試すい調査での調査井掘さく時の諸計測記録のうち、主としてテーブルトルクに関して若干整理した結果について述べる。

以下に発表の骨子を列挙する。

- ① 調査井掘さく時に差動トランス式のトルク検出器によってテーブルトルクを連続的に測定した。
- ② 考察の対象としたデータは、本井のケーシングプログラムの最終坑径（掘さく深度363.60m～1,200.00m）にあたる5⁷/₈インチBHに関するものである。この間に使用したビットの記録については表に示したごとくである。
- ③ 表からわかるように使用したビットのほとんどは、チップ、ベアリング等の損傷が著しい。
- ④ これらの8個のビットについてトルクの記録を調べてみると、比較的損傷の少ないビット-4とビット-8以外はすべてについて特徴的なトルクの変動パターンが観測された。
- ⑤ 特徴あるトルクの変動パターンは2種類であったが、1つは、立ち上がり時間が10～15secで波高値に50Kg-m程度の急峻な変化を示す三角形型の変動であり、もう1つは、立ち上がり時間が数秒程度で波高値に50Kg-m程度の急激な変化を示すステップ型の変動である。
- ⑥ ビット-1とビット-3については、使用時間がある時点を過ぎると、トルクのベースラインの変動がはげしくなり平均トルクが増大すると共に三角形型の変動が出現しはじめる。
- ⑦ ビット-2の使用時に、ある深度から上述のステップ型の変動が頻発に見られるようになり、続いて三角形型の変動が観測されはじめたが、掘さく中の原因がわからなかった。
- ⑧ ビット交換時の揚管の際に、ビット-2の直上に接続していたウイングスタビライザーのウイング部のタンクステンカーバイドチップが脱落する事故が発生していたことが判明し、ビット-2自体もチップの脱落、ベアリング、ボディの損傷が著しかった。
- ⑨ ビット-4～8までのうち損傷の少ないビット-4とビット-8については、ビット-4において使用時間の終りごろにステップ型の変動が2事象観測されただけであり、ビット-8についてはまったく見うけられなかった。
- ⑩ ビット-5、6、7についても、使用時間がある時点を過ぎると平均トルクが増加しはじめ、ステップ型と三角形型の変動が観測された。
- ⑪ 今回計測した項目に限って言えば他の掘さくデータ（人為的に制御できる荷重や回転数、ポンプ流量等）や物理検層、地質状況等を調べてみてもビット以外にステップ型や三角形型の変動の原因と

なる要素は見当たらなかった。

- ⑫ 以上のことを総合すると、ステップ型や三角形型の変動は、ビットのチップやベアリングの異常によるコーンのインターロッキングやベアリングのロッキングを表わしている可能性が大きい。
- ⑬ 注目すべきことはタイプ 321 のビット（ビット-1、3）では三角形型の変動しか出現しないのに対して、タイプ 527 のビット（ビット-2、4、5、6、7）では三角形型、ステップ型の変動の両者が観測されることであり、もしこれらの変動が本当にビットの不調が原因で発生したものであるならば、双方の相異はビットの機構の本質的なちがいを反映したものであることも考えられる。
- ⑭ ステップ型や三角形型のトルク変動がビットの異常を反映した信号であったとしても、それは本調査井を掘さくした場合に表われた信号形状であり、他の地質条件下では同一のビット異常が生じた場合でも異なった信号の形状になることが十分考えられる。この点に関しては今後のデータの集積とより多角的な検討が必要である。

以上①～⑭の骨子で実際の計測結果を紹介し、最後に今回の計測の問題点や今後の課題について言及する所存である。

5 7/8 インチ チップ ビット 使用 記録

ビット No.	タイプ	掘さく深度	掘進長	掘さく時間	平均掘進率	注	記
1	321	363.37~ 450.23	86.86	25h53	3.35	T5-B7-I ・ヒール歯列にCTあり ・ベアリングがかなり悪い	
2	527	450.23~ 563.36 621.99~ 660.43	113.13 38.44	45h12 18h16	2.50 2.10	BT-B8-O ¹ / ₄ -WG 1 ³ / ₈ -2 ¹⁰ / ₁₆ -3 ¹⁶ / ₁₆ 1 ⁵ / ₈ -3 ¹¹ / ₁₆ -1 ¹³ / ₁₃ 9 ¹ / ₁₆ -1 ¹ / ₁₆ -(2 ¹¹ / ₁₁ -5 ¹¹ / ₁₁) ・カッターシェル表面は脱落したチップが原因となって生じた凹凸が激しい。 ・シャフト部は坑底面と平行にチップによるキズ多数あり。 ・第2コーンは完全にBL、T-8 ・3つともコーン軸が著しく変化	
3	321	563.36~ 621.99	119.56	30h28	1.92	T6-B8-O ¹ / ₄	
4	527	660.52~ 780.08	156.17	45h08	2.65	T1-B4-I ・LT=0 ただしコーン3のチップ2コ欠損あり。 第1コーンB5 第2コーンB4 第3コーンB2	
5	527	780.08~ 936.25	76.15	53h47	2.90	BT-B8-I 3 ³ / ₈ -5 ¹⁶ / ₁₆ -2 ¹⁶ / ₁₆ 5 ⁵ / ₈ -4 ¹¹ / ₁₆ -1 ¹³ / ₁₃ 0 ¹ / ₁ -5 ¹ / ₇ -(6 ¹¹ / ₁₁ -9 ¹¹ / ₁₁) ・カッターシェル部は脱落したチップが原因となって生じた凹凸が激しい ・シャフト部は坑底面と平行にチップによるキズ多数あり ・3つのコーン共第3列のチップの摩耗は少ないが、第1コーン、第2コーンについては第1列、2列のチップのほとんどが欠損、脱落	
6	527	936.25~ 1012.40	127.27	38h19	1.99	BT-B7-O ¹ / ₄ 3 ³ / ₈ -3 ¹⁰ / ₁₆ -1 ¹⁶ / ₁₆ 3 ⁵ / ₈ -0 ¹³ / ₁₃ 0 ¹ / ₁ -2 ¹¹ / ₁₁ -(2 ¹¹ / ₁₁ -8 ¹¹ / ₁₁) ・カッターシェル部は第1、2、3コーンとも著しく、比較的均一に摩耗している。いづれのコーンについても第2列のインサートチップの欠損(ワレ)が著しい。 ・シャフト部は坑底面と平行にチップによるキズ多数あり	
7	527	1012.40~ 1,139.67	60.33	49h55	2.77	BT-BL-I 2 ⁵ / ₈ -3 ¹⁰ / ₁₆ -1 ¹⁶ / ₁₆ 0 ⁵ / ₈ -7 ¹¹ / ₁₆ -1 ¹³ / ₁₃ 1 ¹ / ₁ -2 ¹ / ₇ -(4 ¹¹ / ₁₁ -6 ¹¹ / ₁₁) ・No5と対称的第2、第3歯列のチップの欠損が目立つ(ただし脱落はない) ・カッターシェル表面凹凸著しい	
8	527	1,139.67~ 1,200.00		25h26	2.37	B2-T2-I-RR → 壮警町地熱試すい調査で使用	

表中の注記の欄でのビットの評価 (T/B/G) は米国掘削業者協会 (1963年) に基づく。
また分數列は残存チップの割合を各コーン、歯列ごとに示したものである。(Type527のみ)
上から第1、第2、第3コーン、右から第1、第2、第3歯列を示している。

5. 北檜山町温泉 2号井ビット使用実績について

㈸ユニオンコンサルタント 宮本 義則
協和試錐土木㈸ 石川 英雄

はじめに

北檜山町では、市街地での温泉熱利用による地域開発を進めており、昭和57年度に徳島地区で北檜山1号井を掘さくし、自噴量246ℓ/分、泉温80.5℃の温泉開発に成功、その熱水は農村環境改善センターの床暖房、および町民いこいの家の床暖房と浴用に利用されている。

また、昭和59年度には1号井源泉を町立国保病院温泉療養施設の暖房、浴用等に利用し、さらに熱エネルギーの多目的利用をめざし、北檜山中学校の改築工事に伴う暖房、および地域各施設への有効利用を目的に、昭和59年7月から、豊岡地区で2号井の掘削が実施された。

今回は、この2号井掘削におけるビットの使用実績について述べる。

1. ビットの選定について

ビットの選定は昭和57年度に実施された1号井の掘削実績に基づいて、掘削設備の構成、ドリルスリングスの編成、予想地質構成等を配慮し歯型の選定をした。

掘削設備の構成は1,500m級設備とした。主な設備は、試錐機がHLL・スペシャル、泥水ポンプはD-100、掘削方法はロータリー式ケーリー堀りとした。

ドリルスリングスの編成は、各ケーシングプログラムにそった編成とし、特にドリルカラーは、9⁵/₈吋BHでは8吋DC・6¹/₄吋DC、7⁵/₈吋BHでは6¹/₄吋DC、5⁵/₈吋BHでは4¹/₄吋DCとして、それぞれのサイズのウィングスタビライザーで編成した。

予想構成岩相は、浅層部（深度400m位迄）が砂岩・シルト岩・凝灰質砂岩等、比較的粘着質な軟質岩類が、中層部（深度800m位迄）は凝灰岩・凝灰角礫岩・安山岩等の中硬質岩類が、深層部（深度800m以深部）は流紋岩・粘板岩・閃緑岩等、硬質岩類の分布が想定された。

したがって浅層部では軟岩用、中層部は中硬岩用、深層部は硬岩用のトリコンビットを選定した。

2. 使用ビットの実績

本坑井の掘削では、1で述べた選定条件の中でも特に、地質構成による歯型の選定に重点を置き、回転数・荷重・送泥量等を変化させながら使用した。

ビットの使用状況を表1掘削状況一覧表に示す。又使用条件としては、ドリルカラーの重量が全体としては不足きみで、特に4吋ケーシングホルの掘削にあたっては、4¹/₄吋DCおよび5⁵/₈吋用ウィングスタビライザーで編成するため、DC総重量が4.5tと、インサートビットの使用条件としては、1吋当り800Kgのビット荷重となり過小であった。

3. ビット消耗状況

軟岩用ビットの消耗状況は、カッターの摩耗がT 1～3、ゲージ部はG $\frac{1}{8}$ 吋以下、ベアリングはほとんど正常であった。

中硬岩用ビットはT 2～8、G $\frac{1}{8}$ ～ $\frac{3}{16}$ 吋、ベアリングは一部でロックがあったため、カッターの引摺りがあった。

硬岩用ビットの歯の摩耗はT 2～8、ゲージ径の摩耗度はG $\frac{0}{8}$ ～ $\frac{3}{16}$ 吋、ベアリングは一部にロックがあった。インサートビットは、ベアリングがほとんど全部ガタがあったもののT 0、G 0で良好な使用状況と思われたが、特にスピーアポイントが6丁全部が欠落していた。

全体としては、ドリルカラー不足による上下動ショックの大きかったビットにベアリングの消耗が多く見られた。

ま と め

ビットの使用にあたっては、送泥量不足を補うため、セラミックノズルの取付によるノズルスピードの増加や、泥水粘速を上げる等で、リカッティングの防止を図ったり、ドリルカラーの重量不足を3 $\frac{1}{2}$ 吋ドリルパイプの重量でカバーする等、出来るだけビットライフを延ばす努力をしたが、満足する結果は得られなかった。

今後は十分な泥水管理とドリルカラーの重量を増すことによって、さらにビットライフの増伸が望めるものと予想された。

表 - 4 掘削状況一覧表

掘削深度(m)		0 ~ 1 2 0 8. 0 0							
項目	1		2		3		4		
掘削深度 (m)	0~22.35		22.35~111.57		111.57~337.95		337.95~1208.00		
掘削径	12 ¹ / ₄ (311.2mm)		9 ⁵ / ₈ (244.5mm)		7 ⁵ / ₈ (193.7mm)		5 ⁵ / ₈ (142.9mm)		
泥水	種類	ベントナイト			111.57~204.41m ベントナイト 204.41~333.95m テルナイトBX		テルナイトBX		
	調整剤	C M C			CMC・苛性ソーダ・アステックス・消泡剤				
トリコンビエト使用状況	S 1丁		M 1丁		S 1丁 MH 1丁		S 2丁 MS 2丁 MH 4丁 F3 6丁		
試錐機	H L L - スペシャル								
泥水ポンプ	(主) D100-70				(副) D30-70				
掘削ツールズ	4 ¹ / ₄ KELLY+3 ¹ / ₂ DP						4 ¹ / ₄ KELLY+3 ¹ / ₂ ・2 ⁷ / ₈ DP		
ドリルカラー・スタビライザ	8"DC		8"DC+6 ¹ / ₄ DC,9 ⁵ / ₈ FS,T		6 ¹ / ₄ DC+7 ⁵ / ₈ FS,T		4 ¹ / ₄ DC+5 ⁵ / ₈ 用S,T		
ビット	荷重 (t)	0.5~2.0 殆ど1.0~2.0		1.8~2.5		(1.2~1.5) 2.5~4.0		337.95~671.06m 3.0~3.3 671.06~1208.00m (1.2~1.5) 3.0~4.0 (5.3)	
	回転数 (r.p.m)	70		61		60 (70)		68~78 (90~95)	
ポンプ	圧力 (kg/cm ²)	—		0~2		(3~5) 7~23		12~38	
	送量 (ℓ/min) 排量	610~615		610		(600) 660~800		(360) 400~480 (600) 逸泥箇所での送・排泥…… 440~280	
掘進率 (m/h)	1.00~3.00 (7.83) 大きく変化に富む		5.40~10.47 大きく変化に富むが, 殆どは8.16~10.47		(0.40~1.55) 3.19~8.78 (10.45~10.46) 大きく変化に富むが, 殆どは5.1~7.2		• 337.95~404.00 (0.7) 1.20~1.98 • 404.00~522.83m 0.8~1.97 (3.44~3.84) • 522.83~649.49m (0.23) 1.76~2.74 (3.4) • 649.49~1208.00m (0.3-0.53) 0.74~1.79 (3.6~4.0)		
地質	砂 礫 ・ 砂岩・シルト岩互層		砂岩・シルト岩互層 ・ 凝灰質砂岩 ・ シルト岩		凝灰質砂岩・シルト岩・凝灰岩・凝灰角礫岩・砂岩・シルト岩・玄武岩質安山岩		玄武岩質安山岩・凝灰岩・凝灰角礫岩・砂岩・シルト岩・武岩質安山岩自砕碎溶岩・火山角礫岩・ガラス質凝灰岩・流紋岩・粘板岩砂岩・閃緑岩質岩		
逸泥	・ 顕著な逸泥は、深度1139.20~1139.66m間で、総逸泥量は1450ℓ/10min、最高逸泥量は160ℓ/minであり、他は微少逸泥程度である。								

