

# 光ディスク画像とパソコンを用いた ボーリングコア検索システム

山口 靖・長谷 紘和 (地殻熱部)・小田 博之・及川 浩  
Yasushi YAMAGUCHI・Hirokazu HASE Hiroyuki ODA・Kou OIKAWA  
今井 修 (パスコ)  
Osamu IMAI

## 1. はじめに

近年 地熱資源探査を目的としたボーリングが日本各地で行われ 地下深部についての貴重なデータが得られてきている。地質専門家にとっては 地下の岩石についての情報を直接得られるのが ボーリングの持つ大きな魅力である。ボーリングにより得られたコアは 肉眼観察による地質の検討のみだけでなく 化学分析などのコア分析や 密度測定などのコア試験にも用いられ 地下の地質構造を知るうえで貴重な情報を提供している。また 地熱分野では コアに発達する割れ目の情報の把握も重要な課題となっており 肉眼観察で求められる情報も細かいものが要求されてきている。このため 地質調査所の現行研究プロジェクトでは 棒状のコアを縦に半割りにし その断面を詳細に観察するというも行われている。

昭和49—50年度にかけて国が実施した「地熱開発精密調査」および「地熱開発基礎調査」では 深度 500m級のボーリングが1地域について1—3本 合計60本掘削された。さらに昭和55年度以降 新エネルギー総合開発機構 (NEDO) の設立による地熱エネルギー開発の促進化により ボーリングの掘削総延長は急速に増している。地質調査所は 国が実施してきたこれまでの地熱調査のためのコアの整理と保管とを継続的に行っており 新エネルギー総合開発機構による調査の終了したボーリングコアについても これらを受け入れて保管し コアの再解析や必要に応じて様々な研究に用いている。地質調査所に搬入されているコアは 「大規模深部地熱発電所環境保全実証調査」「地熱探査技術等 検証調査」および「全国地熱資源総合調査 (第二次)」については取得されたコアの全量 「地熱開発促進調査」については10%となっている (ただし「地熱開発促進調査」のうち 北海道で実施されたものについては地質調査所北海道支所に搬入されている)。

ところで ボーリングの掘削総延長が増加するのに伴い ボーリングコアの保管と 保管されたコアに迅速にアクセスし 利用するための検索の問題が生じてきた。

例えば 新エネルギー総合開発機構と地質調査所が共同で実施中の「地熱探査技術等検証調査」の場合には 深度 1,500m級のボーリングを合計12本掘削しているが コア回収率を90%としても それらを 2.5m分のコアを収納できる木製のコア箱 (約40×60cm) に収納すると 保管に必要なコア箱の数は 6,480個に達する。このようにコア箱の数が多くなると 目的とするコアを迅速に見つけ出し利用するには 事前の情報収集が不可欠となる。通常は 報告書中の図表か もしも利用できれば コアの写真アルバムを用いて 目的とするおおむねの岩相とその深度値を得てからコア保管庫に向かうことが多い。あるいは 地質調査所では 報告書に記述されたボーリングデータは地熱情報データベースシステムに収録されており これを利用することも可能である。また 一般的には 鈴木 (1987) の報告したようなパソコンを用いた検索システムを使うことも考えられる。

しかし 写真アルバムの場合は別として コアの岩相に関する記述のみでは 対象とする岩石のイメージがなかなか湧いてこないのが通例であろう。それは 地質専門家が岩相を検討する際には まず肉眼観察から始めるからであり 文字で記述された岩石名だけでは情報が不十分である場合が少なくないからである。そこで 肉眼観察に最も近い情報である画像データを活用して検索に用いることができれば 目的とするコアをよりの確に選び出すことが可能となるであろう。高画質のデータであれば ある程度までは岩相や割れ目の発達頻度そのものも画像から知ることが可能となり 多大の労力を使ってコア箱を出し入れしたり 並べたりする手間も省くことができる。

現在のところ 画像データとして主に用いられているのはカラー写真である。カラー写真は 2.5m分のコアを納めたコア箱一個につき一枚撮られることが多いが 詳細なコア観察のためには分解能の点で不満である。いっぽう 分解能を上げるために撮影範囲を小さくすれば 写真の枚数が増加し その整理と検索に労力を要することになる。写真以外の記録媒体を用いるとと一般に画像データは記録しなければならない情報量が

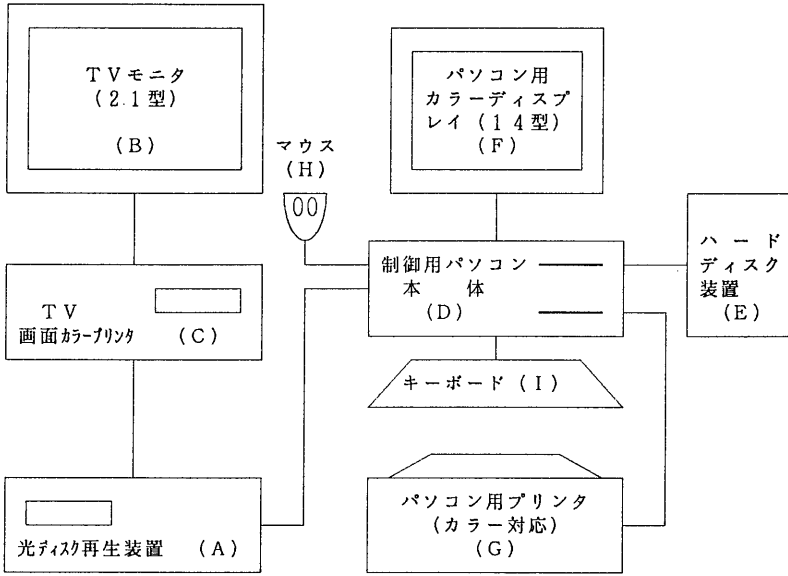


図1 ハードウェア構成

コアについての他の情報(例えばコア試験の結果など)と比較して圧倒的に多く記録媒体として膨大なスペースを確保する必要があることが問題となる。このためこれまでに開発されたボーリングコアの検索システムでは画像データは用いられてこなかったのが現状である。最近記録媒体としての光ディスクの技術開発が急速に進歩し多量の画像データを効率よく安価に記録することが可能となってきた。今回光ディスクを採用することによりこれまで実現が難しかった画像デ

ータを用いたボーリングコア検索システムを開発することができた。このシステムにより多量のコア画像データの迅速な検索が可能となり引いてはコアへの迅速なアクセスによるコアの有効利用を図れる見通しがついた。本報告は今回開発したボーリングコア検索システムの概要について紹介するものである。

ハード名	製品名 型番
光ディスク再生装置	National製 TQ2700F
TVモニタ(2.1型)	SONY製 KX-21HV1
TV画面カラープリンタ	HITACHI製 VY110
制御用パソコン	NEC製 PC9801VX21
属性データ格納用 固定磁気ディスク(20MB)	NEC製 PC98H51
パソコン用カラーディスプレイ (14型)	NEC製 N5913
パソコン用プリンタ(カラー対応)	NEC製 PC-PR201H2
光ディスク(スパイラル)	National製 TQ-FH204

表1 ハードウェア一覧表

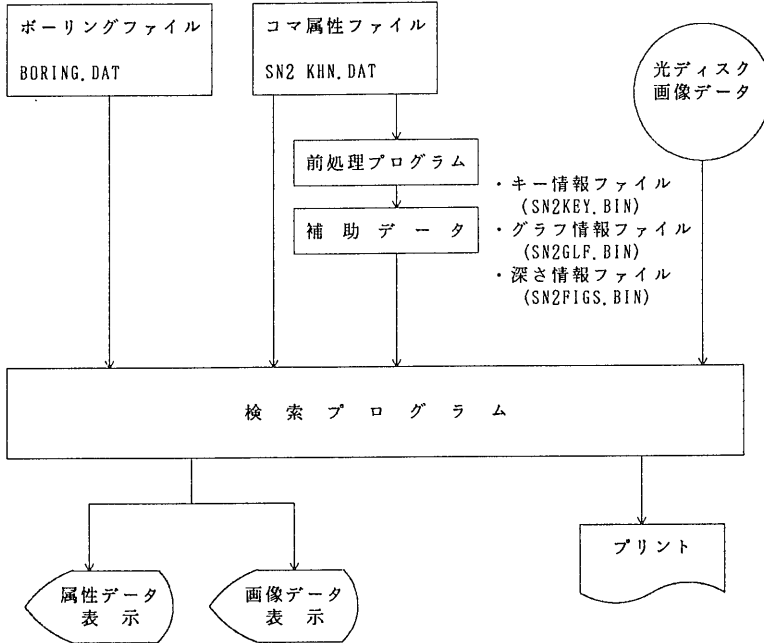


図2 ファイル構成

## 2. システム構成

本システムは 図1および表1に示すようなハードウェア構成となっている。このシステムは できる限り汎用性を持ち しかも安価に構成できるように 市販のパソコンを制御に用いている。ボーリングコアの画像データは 光ディスクに記録されており 属性データと検索ソフトウェアは パソコンの固定磁気ディスクに記録されている。ユーザーは パソコンのカラーディスプレイ画面に表示される属性データと テレビモニター画面に映し出される画像を見ながら ボーリングコアを

検索する。必要ならばそれぞれの画面のカラーハードコピーをとることもできる。

光ディスクは直径約20cmで 1枚に24,000コマの静止画像を記録できる。例えば 長さ1,500mのボーリングについて コア保管率を80% 1コマに撮影するコア長さを13cm 隣のコマとのオーバーラップを30%とすると 撮影されるコマ数は約12,000コマとなり 光ディスク1枚に1,500m級ボーリングが2本分記録できることになる。

本システムの検索プログラムとデータファイルとの関係を図2に示す。ボーリングファイルには 収録されているボーリングについての属性情報が記録されてい

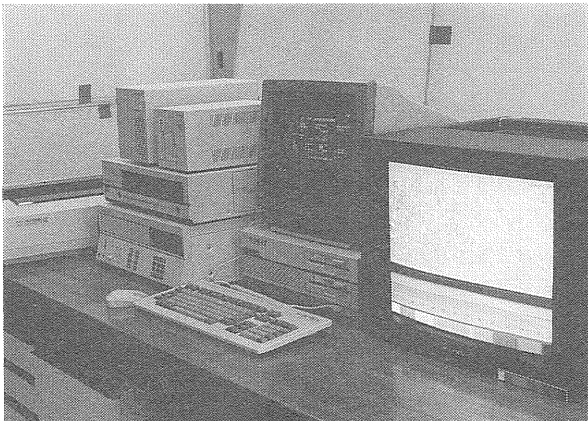


写真1 システム外観。右からテレビモニター 制御用パソコン ハードディスク装置(上) テレビ画面ハードコピー装置(中) 光ディスク再生装置(下) パソコン用プリンタ

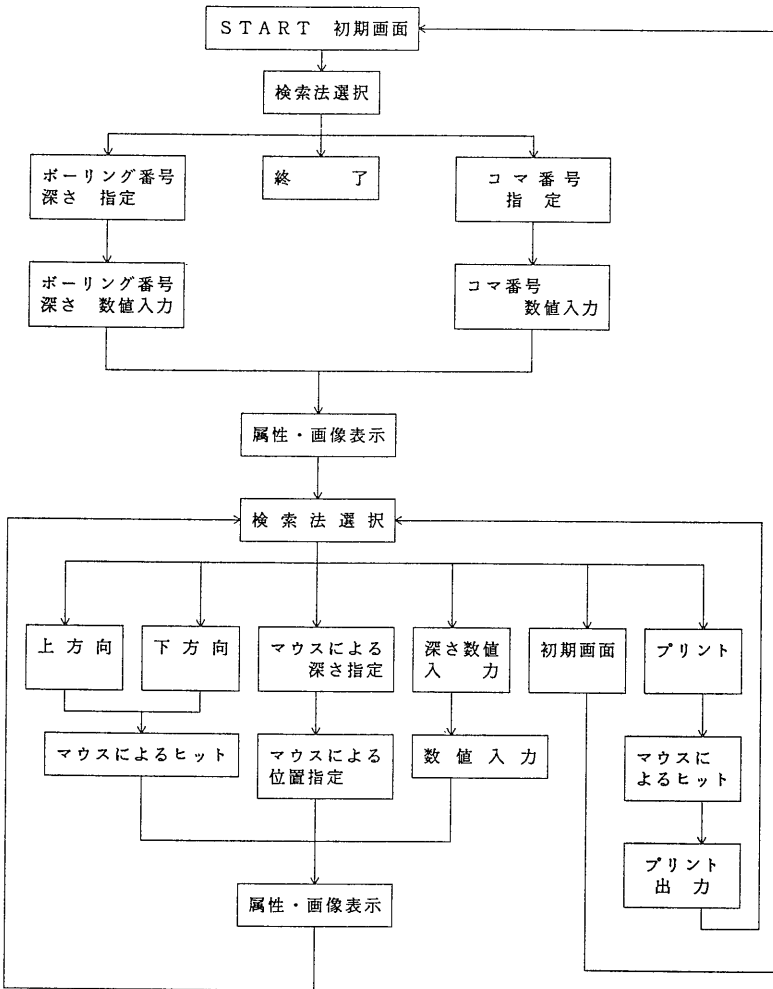


図3 検索フロー

る。 コマ属性ファイルのほうは 光ディスクに記録されたコア画像のコマ番号と コアの持つ様々な属性情報とが対応付けられて納められている。

### 3. 検索ソフトウェア

検索ソフトウェアは 磁気ディスクに記録された属性

番 号	ボーリング名	調査ID	県 名	深度 (m)	収録長さ	ディスク
1	SN-2	検証	秋田	1501.00	600	1

検索方法を選んで入力してください。

1. ボーリング番号, 深さ指定
2. 直接コマ指定
3. 検索終了

番号を選んで入力してください。->1

図4 ボーリング一覧表と検索方法の選択のための画面

番号	ボーリング名	調査ID	県名	深度(m)	収録長さ	ディスク
1	SN-2	検証	秋田	1501.00	600	1

**検索方法 : ボーリング番号 , 深さ指定**  
 番号 1  
 深さ 500  
 よろしいですか? (Y or N) -> y  
 1番の光ディスクが入っていることを確認して下さい。

図5 ボーリング番号および深さの指定

データと光ディスクに格納された画像データを検索・表示し、必要ならば表示結果をプリンターへ出力する。検索プログラムとデータファイルとの関係を図2に検索作業のフローを図3に示した。

システムを起動させると本検索システムのタイトル画面に続いて図4のような画面が現れ、データが収録されているボーリングの一覧表と検索方法の選択肢が表示される。現在のところは本システムを開発したばかりなので、図4のように1,500m級のボーリング1本しか収録されていない。ユーザはこの画面を見て2つ

の検索方法のうちのいずれかを選択することができる。ひとつは表示された一覧表から目的とするボーリングを選択する方法であり、もうひとつは再生装置にセットされた光ディスクのコマ番号を直接指定する方法である。普通は前者の方法を採ることが多いが、何度も繰り返し検索を行っていてコマ番号を習知している場合には後者の方法のほうが効率的であろう。いっぽうテレビモニター画面は光ディスクをセットすると自動的に第1番目のコマを表示するが、このコマには光ディスクの番号を示す画面が撮影されている。

コマ番号 1574

調査名 昭和58年度 地熱探査技術等検証調査  
 坑井名 SN-2  
 位置 秋田県 北緯 39度55分34秒 東経 140度46分43秒  
 深度 1501.00 m 標高 560.0 m 水位 13.50 m  
 最高温度 184.7 °C 完了年月日 59.08.09

深さ 511.00 m  
 温度 81.3 °C 比抵抗 1996.0 Ω・m 変質度

密度 2.58 g/cm<sup>3</sup> 岩相 252  
 空隙率 2.78 % 比熱 cal/g°C  
 帯磁率 1.095 10<sup>-3</sup> emu/cc P波速度 4.73 km/sec  
 熱伝導率 10<sup>-3</sup> cal/cm・sec°C

( \* の付いているデータは次にその属性値が入力されている深さ位置を示す。)

【マウスによる深さ指示】 【深さ数値入力】  
 【初期画面】 【上方向】 【下方向】 【プリント】

右ボタンを使って下さい。

図6 ボーリングとコア属性の表示および次の動作の選択

ボーリング基本データ		
データ項目	単 位	項 目 内 容
調 査 名	————	調査年度、調査名
坑 井 名	————	坑井名
位 置	県レベル	調査坑井位置を県レベルで表示
北緯、東経	度・分・秒	坑口経度、経度
深 度	m	坑井深度
標 高	m	坑口標高
水 位	m	水位
最 高 温 度	°C	最大温度
完了年月日	年・月・日	調査完了年月日

コア属性データ		
データ項目	単 位	項 目 内 容
深 さ	m	コアの坑口からの深さ
温 度	°C	コアの温度
比 抵 抗	$\Omega \cdot m$	比抵抗
変 質 度	CODE	変質度により1～5までの数字(5段階)
密 度	$g/cm^3$	密度
岩 相	CODE	岩相
空 隙 率	%	空隙率
比 熱	$cal/g^{\circ}C$	比熱
帯 磁 率	$10^{-3}emu/cc$	粉末容積帯磁率
P 波 速 度	$km/sec$	P波速度(自然)
熱 伝 導 率	$10^{-3}cal/cm sec^{\circ}C$	熱伝導率

表2 ボーリングおよびコア属性データの一覧表

図4の画面において1のボーリング番号と深さを指定する方法を選択すると、一覧表はそのままで画面の下半分のみが変わって図5のようになり、一覧表中のボーリング番号と目的とする深さを指定するよう求められる。指定が終わると再生装置に正しい光ディスクが入っていることを確認するメッセージが表示され、それに答えると約1秒以内に目的とするボーリングコアの画像がテレビモニターに表示される。コマ番号の直接指定の場合には、図4の画面で選択肢2を選んだ後、次の画面でコマ番号を指定すれば、目的とするコア画像が検索・表示される。

上記のいずれの方法で検索を開始しても、パソコン画面のほうは図6のようになり、検索を行っているボーリ

ングおよびコアについての属性情報を表示する。画面の左約3分の1はグラフィック画面となっていて、ボーリングの深度方向についての各種の情報を示している。この例では、深部に向かって(上から下方向に)単調に増加してゆくの温度カーブであり、ぎざぎざしたカーブは電気検層による比抵抗値(対数で表示されている)を表している。また、右上の3つの小さな矢印は逸水位置を、左側の縦軸に沿った三角形は現在テレビ画面に表示されているコア画像の深度位置を示している。実際のパソコン画面では、それぞれのカーブと記号は色分けされている。

画面の右約3分の2を占めるキャラクタ画面は、表2に示したようなボーリングコアの属性値を表示する。

画面の右上隅には表示されたコア画像の光ディスク中のコマ番号が示されている。その下の5行には検索対象とするボーリングの属性値が示されている。その下の6行に示された属性値は各々のコア画面に対応した属性値であり検索によってコア画像が変わるにつれてこれらの属性値も変化する。特に中段の2行に表示される属性値は左側のグラフィック画面のカーブと同じ色で表示され容易に対応付けられるように配慮されている。なお変質度という属性値はまだデータが入力されていない。

その下の4行は様々なコア物性値を示している。しかし次章で詳しく述べるように岩相という項目以外のコア属性値は撮影されたコア画像の深度に対して必ずしも一対一に対応していない。このため現在テレビ画面に表示されているコア画像の深度に対して属性値が入力されていない時にはその深度よりも深い側で次にその属性値が入力されている深さの値(単位m)を星印(アスタリスク)付きで示すこととした。

最も下のブロックは次に行う動作について6つの選択肢を与えている。図6に示すパソコン画面のどこかには常に矢印が表示されているがそれをマウスによって希望する選択肢の領域に移動させマウス上の右ボタンを押すことにより次の動作を選択することができる。〔マウスによる深さ指定〕を選んだ場合には矢印をマウスによって左側のグラフィック画面領域に移動させ深度または温度や比抵抗カーブを観察しながら目的とする位置へ矢印を移動させマウスの右ボタンを押すことによりその深度のコア画像を検索・表示させることができる。もちろんそれに伴ってパソコン画面の属性値も検索されたコア画像に対応したものとなる。〔深さ数値入力〕を選んだ場合には目的とする深さの値を指定することによりその深さかそれより深い側で最も入力された値に近い深度のコア画像を検索・表示される。〔上方向〕または〔下方向〕を選んだ場合にはその位置でマウスのボタンを押し続けている間深さについてその方向にコア画像と属性値が連続的に検索・表示される。〔プリント〕を選択するとパソコン画面がプリンターに出力される。テレビ画面をカラーハードコピーとして出力したい時にはテレビ画面カラープリンタのボタンを直接押してやればよい。〔初期画面〕を選択すればボーリングの一覧表と検索方法の選択を示した図4の画面に戻る。

このようにこの検索システムでは光ディスクを用いているためにランダムアクセスを含む様々な検索方法を選択することが可能でありしかも検索速度は約1秒以内と速い(光ディスク画像の検索のみならば0.4秒であるが

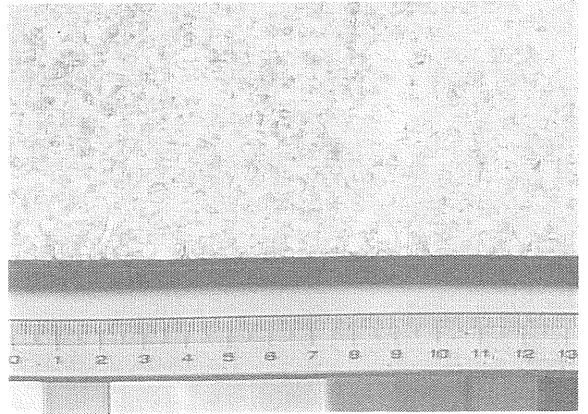


写真2 テレビモニターに表示されたボーリングコア。長さ約13cmが1コマとなっている。コアの下に見えるのは定規と標準カラーバー。

属性データの検索も含めるとやや遅くなる傾向がある)。また検索作業においてパソコン画面に表示される主要な画面形式は図4と図6に示した2種類のみであり操作を憶えるのは極めて容易である。なお検索ソフトウェアはC言語で書かれている。

#### 4. 属性データと画像データとの対応

本システムの稼働テストのために実際のコア画像およびコア属性データを作成し検索を行ってみた。対象としたのは「地熱探査技術等検証調査」の一部として新エネルギー総合開発機構が掘削した深度1,500m級のボーリングである。このボーリングのコアは既に縮分が行われており採取されたコアの約40%のみが地質調査所に保管されている。コアの撮影は現在保管されている部分すべてを対象として1コマにつき約13cmの長さのコアが収まるようにして行われた(写真2)。コアはコア箱に収まる長さで切られているが1コマ分よりも長く連続するコアの部分は10cmずつ移動させて撮影した。またコア属性データは地質調査所の地熱情報データベースSIGMAに納められているデータを使用した。

データ作成作業において問題となったのは撮影されたコア画像の深度と以前に測定が行われていたコアの物性値の深度との間の不一致であった。すなわちコアの撮影は前述のように約10cm間隔で行われたがもともとコアの採集率は100%ではない上にその後の縮分のため必ずしも撮影深度は等間隔とはなっていない

コマ番号	温度	深さ	比抵抗	岩相	密度	空隙率	P波速度	帯磁率	比熱	熱伝導率	変質度
2446		829.30		252		1.23					
2446		829.50	2340.4	252							
2446		829.75	2330.0	252							
2447		829.80		252							
2448		829.90		252							
2448	113.0	830.00	2317.8	252	2.61	2.63	4.85	1.27			
2448		830.25	2288.7	252							
2450		830.40		252							
2450		830.50	2259.6	252							
2451		830.60		252							
2451	113.1	830.75	2231.4	252							
2451		831.00	2211.1	252							
2452		831.20		252							
2452		831.25	2190.9	252							
2453		831.40		252							
2453		831.50	2170.7	252							
2454		831.70		252							
2455	113.1	831.75	2150.4	252							
2455		832.00	2130.2	252							
2456		832.10		252							
2457		832.15		252							

図7 コア画像データとコア属性データとの合成ファイルの内容

い。 いっぽう コアの物性値は 最も間隔の狭い比抵抗値では 25cm 間隔で測定が行われているが その他の物性値はかなり測定間隔が広く 例えば密度はこのボーリング全体において76ヶ所でしか測定されていない。このようなコア画像とコア属性値のそれぞれの深度値の不一致は 一般的にはよく起こりうる事が予想され両者がほとんど一致することのほうが むしろまれであろう。

図7は この問題を解決するために コア画像データと属性データとをどのように対応付けたかを示している。この図は 図2の中で示したコア属性ファイルの内容に相当し コア画像データ(光ディスクのコマデータ)

とコア属性データ(深さ別コア属性データ)とを合成したものである。 コア画像データは 光ディスクのコマ番号と深さをデータとして持っている。 いっぽう コア属性データは 深さ・温度・比抵抗・岩相・密度・空隙率・P波速度・帯磁率・比熱・熱伝導率・変質度をデータとして持っている。しかし 前述したように両者の深さは必ずしも一致していない。そこで ふたつのファイル内容を併合し 深さ順にデータを並べ変えた。

この作業が終わった時点では ある深さについてコア画像データまたはコア属性データのどちらか片方しかないケース(例えば ある深さに対し属性値はあるのにコア画像はない)が数多く存在する。本検索システムは原則的



にはコア画像を検索することを目的としているから もしも連続検索の際にコマ番号だけをたどってゆくと あるコマ番号と深さが一致していないコア属性データは表示されないことになる。これを避けるためには コマ番号をもっていない属性データに対して 適当なコマ番号を割り付けてやる必要がある。このため ある深さの属性データに対しては その深さよりも浅い側で最もその深さに近いコア画像のコマ番号を対応させることとした。

例えば 深さ 830.00m では 温度・比抵抗・岩相・密度・空隙率・P波速度・帯磁率といったコア属性データが存在するが 深さ 830.00m というコア画像データは存在しない。そこで 830.00m に最も近い浅い側の深さを持つコア画像データを捜すと 深さ 829.90m というコア画像が撮影されているため 深さ 830.00m のコア属性データに対しては深さ 829.90m のコア画像のコマ番号である2448を与えた。同様に深さ830.25mでは比抵抗値が得られているが この深さのコア画像も存在しないので 同じルールにより深さ 829.90m の コア番号2448を与えた。したがって コマ番号2448というのは 3ヶ所に存在することになる。今回の例では縮分済みのボーリングコアを対象としたこともあって元のコア画像データが約4,600個であったのに対し コア属性データは約6,000個とそれよりも多かったためにコマ番号が重複する部分が数多く出現した。

ところで このような対応付けをしてやると 図6のパソコン画面に表示される深さは属性データの深さを示し テレビ画面に表示されたコア画像の深さではないという場合が生じてくる。しかし 図7を注意深く観察すると 下方向への連続検索を用いればコア画像の正しい深さを確認できることがわかる。すなわち 下方向

への連続検索を用いて深い側へ順に検索を行ってゆくと コマ番号が重複しているところでは コア画像は変化せずに属性データのみが変化してゆくが コマ番号の変わり目に来るとテレビ画面のコア画像が変化する。その変化した時にパソコン画面に表示された深さが そのコア画像の真の深さを示しているのである。

## 5. おわりに

テストデータについて 本システムを稼働してみたところ 当初の計画通り迅速なボーリングコア検索を実現できた。テレビモニターに映し出されるコア画像の画質も 地質専門家の観察に十分耐えうるものである。ただし 今回撮影対象としたのは カッターで縦に半割りにしたコアであり 画質のよさはそのことにも起因している。今後は 縦割りにしていない円柱状のコアでどの程度まで画質を保つことができるか試してみる必要があるだろう。

今回のシステム開発作業において そのほかに問題となりそうなのは 画像データと属性データの作成作業である。コア画像は ひとコマずつスタジオ用の高精度テレビカメラで撮影したが(写真3) この工程に最も手間と時間がかかるため いかにこの部分を効率化できるかが今後に残された課題である。将来 ボーリング掘削およびコア・テストの一部としてコアの撮影が組み込まれるようになれば 後からコアを出してきて撮影し直す手間も省けるであろう。

最後に 言うまでもないことではあるが 本システムは あくまでもコアへの迅速なアクセスが第一義であって 実際にはコアを手にとって観察・解析を行うことの重要性は変わらない。本システムの活用によって そのような機会を頻繁にしたいというのが 発案者の当初の意図であることを断っておきたい。

## 謝 辞

本システムの開発に当たり 地殻熱部 山田三氏には研究サブ・グループ長として御援助いただいた。同部須藤 茂氏には 撮影テスト用のボーリング・コアを提供していただき 矢野雄策氏には検索用のデータ作成について御協力いただいた。これらの方々には厚く感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 日本地熱調査会(1987): わが国の地熱発電の動向(1987年版) 36p.  
鈴木裕一(1987): パソコンを用いたボーリングデータの簡単な整理・保管法について。地質ニュース 398号 p. 42-47.

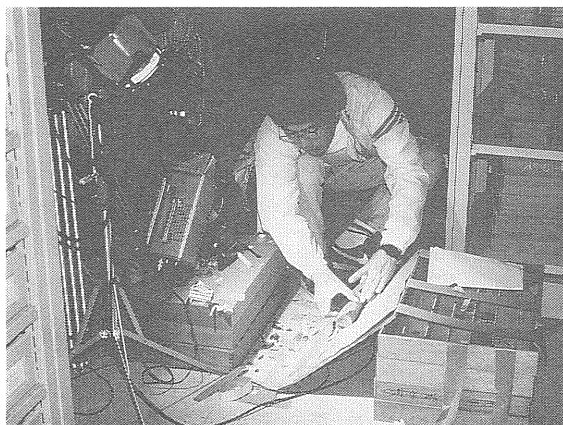


写真3 ボーリングコアの撮影風景