

# 小型総合検層機ジオロガー3400の開発と その特性について

牧野憲一郎・藤井勢之・河野雄平

## NEW DEVELOPMENT OF GEOLOGGER 3400 AND ITS CHARACTERISTICS

Kenichiro MAKINO, Seishi FUJII and Yuhei KONO

### Abstract

**OYO** developed the Geologger 3000 in 1973. Since then, it has developed the simpler and more compact logging instrument, the Geologger 300 and the 3100, 3200, 3300A and the 4 channel gamma spectrometer model, 3300B designed for mounting on vehicles. With this experience in the manufacture of logging instruments, **OYO** next developed the Geologger 3400, a multi-purpose logging instrument that is nevertheless light in weight and economical. Intended for use at depths of around 600 meters, it may be used in civil engineering investigations, ground water exploration, coal, uranium and other types of mineral explorations.

The Geologger 3400 uses 1/10 inch single core armored cable to effect the overall lightness of the instrument. With a total weight of 75 kilograms, it may be used with a station wagon.

Because single core armored cable is used, the two component VF converted pulse must be superimposed on the power source. By using this 2 pulse method for the handling of logging data, it was possible to design a system using the relatively inexpensive 2 pen type recorder, thus minimizing the overall cost of the system and providing the capability of carrying out a large number of logging operations.

The Geologger 3400 can carry out single point resistance logging for combined use with gamma logging in explorations for ground water or uranium. Besides this, it is capable of normal (16-64 inch or 25-50-100 cm), SP, lateral (16 in. x 6 ft.), gamma-gamma, neutron, sonic, temperature, differential temperature, caliper, micro, mud water and flowmeter logging.

The instrument consists of a 2 channel recorder, a 2 circuit ratemeter and a single point resistance logging circuit (R, SP). The system also has a number of features designed to facilitate the gathering of logging data, such as a depth meter and speed meter. Specifications, construction and characteristics are covered in the paper.

Test models of cables for use with the Geologger 3400 using different insulation materials were constructed and compared with commercially available cable. The results of these experiments showed little differences in electrical properties between the commercially available cable and the test models, but that teflon and polypropylene are the best insulators.

It is pointed out that in consideration of electrical characteristics of the cable and cable length(600 meters) if a maximum pulse of 50 K CPS is to be transmitted, pulse width should be  $2\mu\text{sec}$  with a minimum pulse interval of  $5\mu\text{sec}$ . A simple VF conversion circuit is little affected by noise and accurately transmits the data.

It is explained that the temperature stability in radioactive logging is attributable to the temperature characteristics of the NaI ( $T\ell$ ) crystal and photomultiplier tube used. In order to improve temperature characteristics, it is necessary to select the time constant for the output of the photomultiplier tube of 1-3 $\mu$ sec.

The rate meter circuit includes a dead time correction circuit. Using the time gate pulse method, pulses that may be considered to have been lost in dead time are restored. This compensation system keeps pulses that are uncounted due to dead time down to within 1%.

Three examples of actual on site measurements are given. These examples illustrate how good records can be taken using combination, normal, caliper, temperature, gamma-gamma, neutron or sonic probes.

Calibration of probes was carried out using the facilities of the US Department of Energy. The matters of calibration factors, behavior of log curves and analysis methods were touched upon. Calibration of two probes for water factor, casing factor, dead time and K-factor was carried out and the results shown. Water factor and casing factor characteristics for both probes are the same. Without using the dead time correction circuit, dead time is 6.3 $\mu$ sec for one probe and 11.3 $\mu$ sec for the other. K factor for both probes is  $3.78 \times 10^{-5}$ . Also, the peak value, total area and tail factor methods for determining K factor are discussed. It is shown that the total area method is a practical method for this purpose.

## 1. まえがき

物理検層法は、石油を始め、地熱、金属鉱山、石炭、地下水、ウラニウム等の資源調査や、土地地質調査において積極的に用いられるようになってきた。これまで、検層法は地層の定性的評価への利用が多かったが、いろいろな検層法が開発された結果、多くの情報が得られ、これらを組合せることによって地層を定量的に評価しようとする傾向にある。例えば、石炭調査では、灰分を評価したり、金属やウラニウム調査では目的とする金属やウラニウムの含有量を検層によって求めている。土地地質調査では、地盤の強度情報をできるだけ数値化しようとする傾向にある。

昭和48年に比抵抗、SP、温度、キャリパー、密度の測定できる小型携帯用の検層器ジオロガー3000を開発して以来、小型簡易検層器ジオロガー300、さらに、多目的検層装置ジオロガー3300Aを製作した。また、数年前からは、ウラニウム探査を目的とした車載型検層装置ジオロガー3100、3200、3300B（4チャンネルスペクトロ検層）を製作しており、これらの検層器は、その目的に応じて広く使用されている。

そこで、今回開発されたジオロガー3400は、(1)できるだけ多くの検層種目を包含すること、(2)従来は検層種目毎に測定モジュールを交換して測定する方式を用いていたが、交換する必要のない地上測定器を開発すること、(3)小型・軽量で低価格であること、(4)土地地質調査、地下水調査、石炭調査、ウラニウム調査、各種鉱山調査と

多方面での使用が可能なること、を目標として計画された。したがって、ジオロガー3400は、総合的にみて、従来のジオロガー3000と3300Aの中間的位置にある機種といえることができる。

設計に当たっては、約600mまでの深さを対象にした。

小型軽量化を計るために、地中から地上への信号の伝送路としてのケーブルについて、従来の4芯アーマードケーブル( $\phi=4.65$ mm)の替りに、単芯アーマードケーブル( $\phi=2.59$ mm)を使用することにした。これによって、長さ600mのケーブルの重量を51kgから17kgに低減することができた。また、径の小さいケーブルを使用することによって、ケーブルを巻き取るウインチは、重量が約160kgのものに代って、約75kgの小型ウインチの採用が可能になり、したがって、計測システム全体を排気量1500cc程度のライトバンタイプの小型自動車に積載できることになった。

単芯アーマードケーブルを使用しているために、信号を電源電圧に重畳して送る必要が生じ、また、多種の検層を実施するためには同一の信号伝送方式を取ることが必要となってくる。

1つの孔において種々の検層を実施する場合、単一の検層種目のプローブでは、それらの検層種目ごとにそれに対応するプローブを使用するため、測定作業時の効率を悪くしており、測定深度が深いときには、とくに著しい。そのために、2あるいはそれ以上の検層種目を1つのプローブに組み込んだものが製作されている。一方、記録器については、2成分ペン書のもは低価格で入手

し易いという利点がある。これらのことを勘案して、2 種目同時測定という前提で、VF変換方式によって2成分の信号伝送を同時に行なうこととし、地上測定器としては、抵抗と自然電位測定のためのシングルポイント電気検層回路と、その他の検層種目に対応する2チャンネルのレートメータ回路を持つものとし、2成分ペン書記録器に記録できるようにした。

上に述べたような測定ユニットの開発によって、検層種目毎に測定モジュールを取り替えるという繁雑さを除き、さきに記した4つの目標を一応達成することができたものと考えられる。

ちなみに、地上測定器は特別に作られたグラスファイバー製のケースに収納され、ウインチの上部にとりつけられ、コンパクトな装置となっている。

## 2 ジオロガー3400の構成と仕様

### 2-1 構成

ジオロガー3400は、測定ユニット(2ペン書記録器を含む)。ウインチ、単芯アーマードケーブルおよび下記の各種プローブから構成されている。

- コンビネーションプローブ : model 3488
- ノルマルプローブ (16, 64in) : model 3163E
- ノルマルプローブ (25, 50, 100cm) : model 3163M
- ラテラルプローブ (16in; 6ft) model 3163L
- 自然ガンマプローブ : model 3486
- ガンマ・ガンマプローブ : model 3486/3486A
- 温度プローブ : model 3576D
- 示差温度プローブ : model 3577
- キャリパープローブ : model 3185
- ソニックプローブ : model 3347
- 泥水プローブ : model 3164
- ニュートロンプローブ : model 3487
- フローメータプローブ : model 3231
- マイクロプローブ : model 3167

測定ユニットとウインチを図-1に、各種プローブを図-2に示す。

### 2-2 仕様

測定ユニットおよびウインチの仕様はつぎのとおりである。

#### (a)測定ユニット (MODEL3136)

- 測定系チャンネル数 ; 2
- 測定方式 ; パルスレート計数及びダイレクト (SP-R)

- 測定モード ; カウントレート (2CH), SP-抵抗
  - 測定範囲 : カウント ; 50/100/200/500/1K/2K/レート及び比抵抗 ; 5K/10K/20K/50K C.P.S/F.S
  - ディスプレイスメント ; 各レンジの100%
  - シングルポイント抵抗 ; 20/50/100/200/500/1K $\Omega$ /F.S
  - ディスプレイスメント ; 各レンジの100%
  - SP ; 20/50/100/200/500 mV/F.S
  - SPベース電位 ;  $\pm 500$ mV
  - タイムコンスタント ; レンジ毎に可変。50C.P.Sレンジにおいて SHORT (2秒), LONG (4.4秒)
  - 深度計及びプリセット ; 1999.9m (最大指示値) 99.9m (最大プリセット値)
  - ケーブル速度計 ; 99.9m/分 (最大)
  - 信号伝送方式 ; 2ch 双極性パルス列
  - 記録縮尺 ; 1/50, 1/100, 1/200, 1/500
  - 記録ペン数 ; 2 (オーバーラップ) デイスポーザブル
  - 記録有効巾 ; 250mm
  - 電源 ; AC100V, 50/60Hz, 30VA : 120V, 220V (オプション)  $\pm 10\%$
  - 使用温度範囲 ;  $-15 \sim +55^{\circ}\text{C}$
- (b)ウインチ (MODEL3994)
- 最大巻取容量 ; 2.59mm $\phi$  ケーブル 600m (標準) 1000m (オプション)
  - 巻取速度 ; 0~25m/分 (最大)
  - 整列巻機構 ; クロスネジ方式 (ドラム溝付)
  - ドラム材質 ; アルミ合金
  - ブレーキ ; 電磁ブレーキおよび手動ディスクブレーキ
  - スリップリング ; 2極
  - 動力 ; SCR制御DCモータ200W
  - 電源 ; AC110V, 300VA
  - 使用温度範囲 ;  $-15 \sim +50^{\circ}\text{C}$

## 3 回路構成と動作

### 3-1 測定ユニット

図-3にジオロガー3400の回路ブロック図を示す。

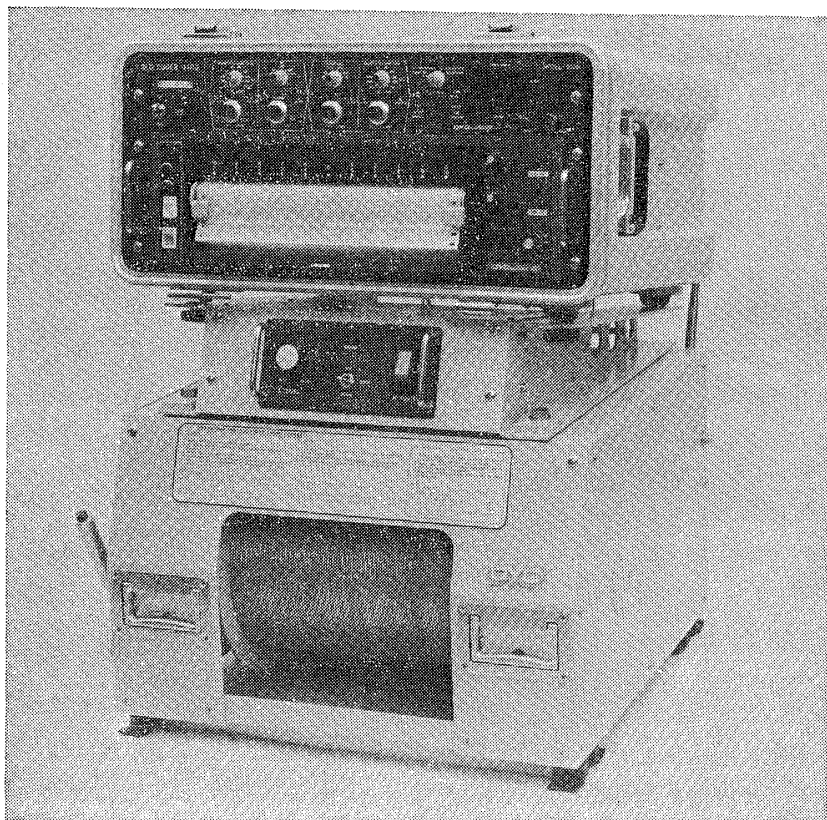


図-1 ジオロガー3400  
Fig. 1 Geologger 3400

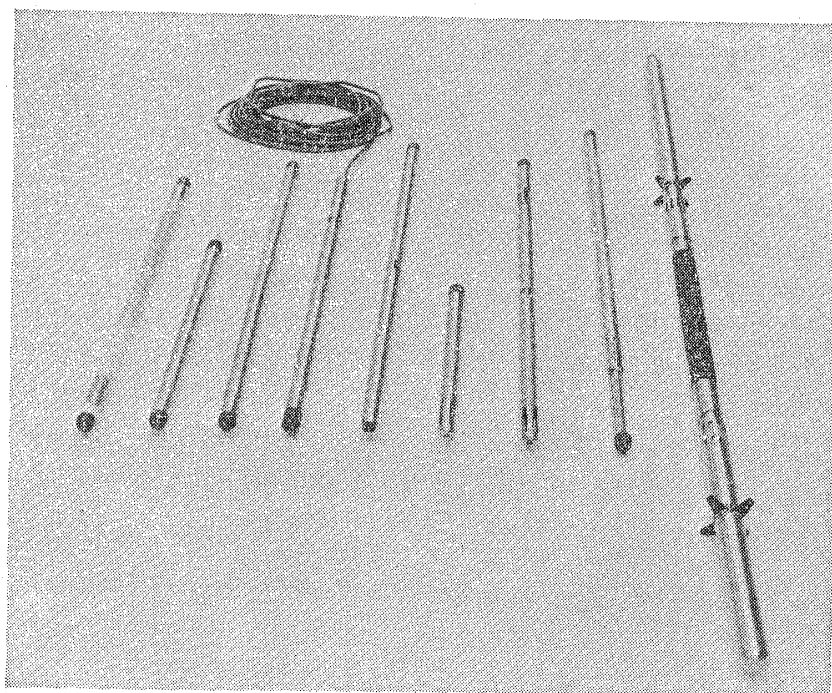


図-2 プロブ  
Fig. 2 Probe

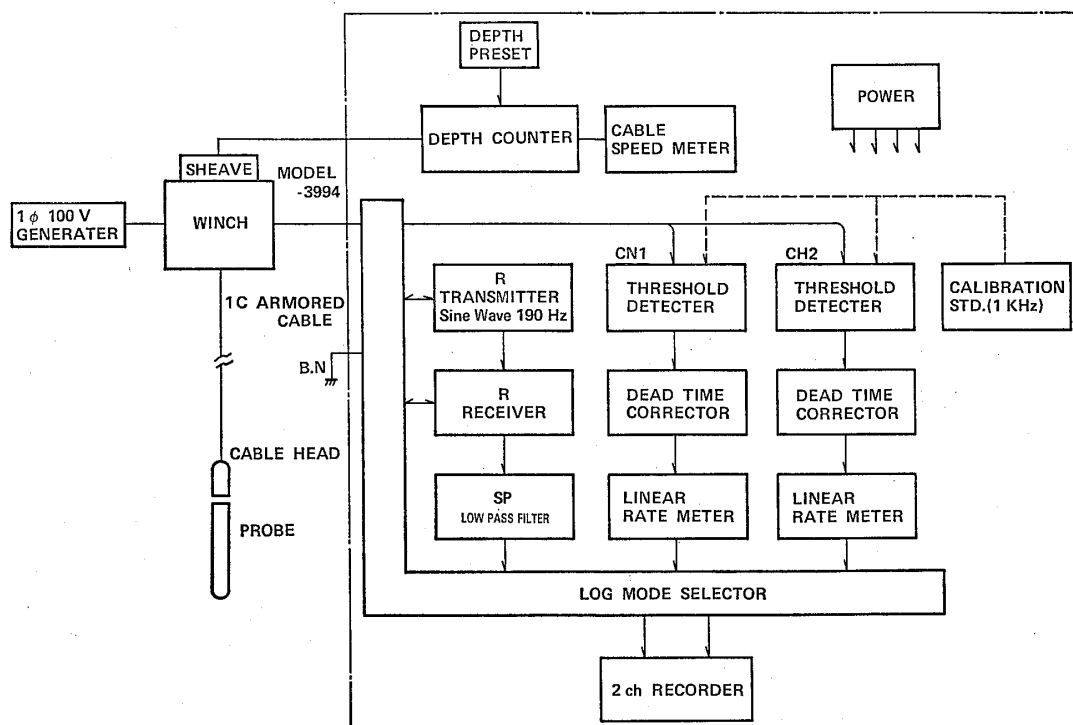


図-3 ジオロガー3400のブロックダイアグラム

Fig. 3 Schematic of Geologger 3400

測定ユニットは、深度計、ケーブルスピード計、シングルポイント電気検層回路、2チャンネルリニアレートメータ、較正用パルス発生回路、モード切替回路、および2ペン書記録器よりなる。測定は、シングルポイント電気検層回路を働かせる場合と、2チャンネルレートメータ回路を働かせる場合とに分けられる。

シングルポイント電気検層回路では、地層の比抵抗と電極と地層との間の接地抵抗を合せた抵抗および自然電位が測定できる。

2チャンネルレートメータ回路では、検層種目に応じて、2種目のデータを同時に記録することができ、また、1つの検層データを2つの異った測定レンジで記録させることができる。さらに、測定レンジとバイアス回路の組合せによって、記録の一部分を拡大して記録することも可能となっている。なお、このレートメータ回路は、デッドタイム補正回路をもっており、放射線測定時における不感時間による数え落しを補正することができる。

### 3-2 コンビネーションプローブ

コンビネーションプローブは、ウラニウム探査や地下水調査、地質調査用に開発されたもので、地層の比抵抗および自然電位に関する検層、ならびにガンマ線検層の

両種目を1つのプローブに收容したものである。

図-4にコンビネーションプローブのブロック図を示す。

このプローブは、シングルポイント電気検層電極とガンマ線検出回路から構成されている。1/2"φ×2"のNaI(Tl)結晶を用いたシンチレーション検出器で検出された放射線パルスは、エネルギーレベル 100KeV 以上でパルス化された後、適切な伝送とデッドタイム補正を行なうため、パルス巾約 2μsec、最小パルス間隔 5μsec とするようにした後、ラインドライバアンプによってケーブルを経て地上に送られる。

自然ガンマプローブ、ガンマ・ガンマプローブ、ニュートロンプローブも、上記のガンマ線検出回路に準じた回路構成となっている。

### 3-3 比抵抗プローブ

図-5に比抵抗プローブのブロック図を示す。

プローブの中には、通電電流用矩形波発生回路、2つの信号増巾回路および2つの同期整流回路がある。これら2つの電位回路の出力は V/F 変換され、互のパルスが干渉しないように非同時回路を通った後、正負両方向のパルスとしてラインドライバアンプによってケーブルを経て地上の測定ユニットに送られる。

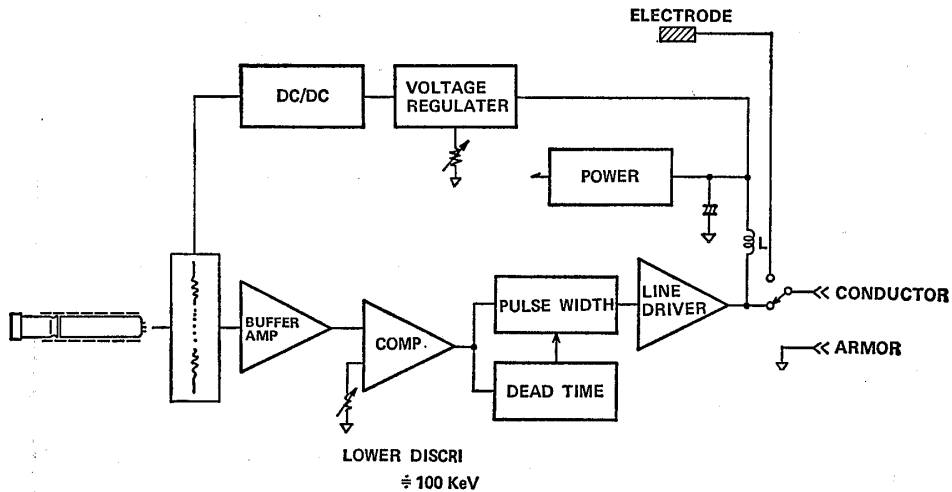


図-4 ガンマー R/SP プローブのブロックダイアグラム  
 Fig. 4 Schematic of Gamma-R/SP Combination Probe

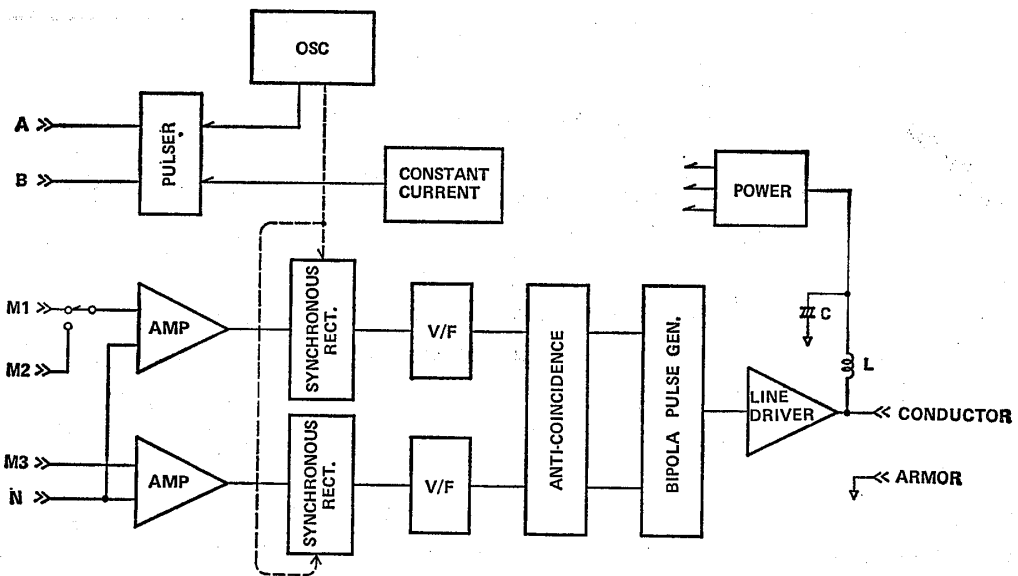


図-5 比抵抗プローブのブロックダイアグラム  
 Fig. 5 Schematic of Resistivity Probe

この比抵抗プローブは、電極配置によってノルマル、ラテラル、泥水比抵抗（4極）に分けられており、それらの電極配置は図-6に示す通りである。伝送路として単芯アーマードケーブルを用いているために、N極は電位電極より離れた上部に、B極はアーマードケーブルにとってあり、いわゆるハリバートンタイプとなっている。泥水比抵抗等比抵抗1素子測定の場合は電位回路は1つになる。

### 3-4 ソニックプローブ

図-7にソニックプローブのブロック図を示す。プローブは、それが孔の中心にくるようにセントライザーが取り付けられている。振源と受振器には30mmφ中の電歪型振動子（NPC）が使用され、振源と受振器は、ゴム製の弾性波速度の遅いスペーサーで1mの間隔に固定されている。振源として用いられている振動子は、

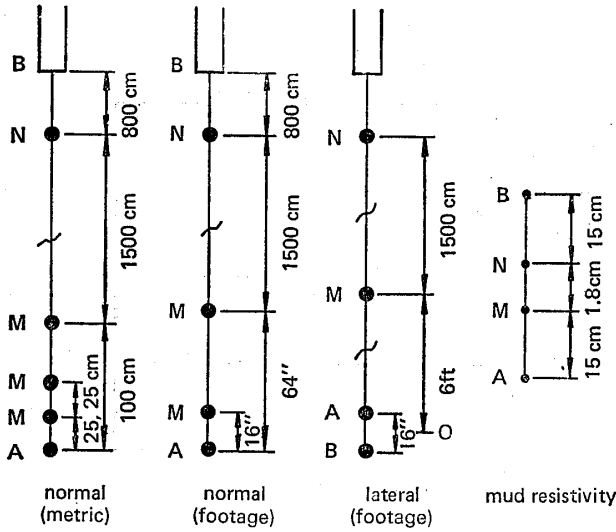


図-6 比抵抗プローブの電極配置  
 Fig. 6 Placement and Spacing of Electrodes in Resistivity Probe

約 200V のパルスによって毎秒10回の割合で駆動させられる。地層を伝わった弾性波は受振器で受振される。そして、波動の到着時を正確に検出するために、自動利得制御機能をもったアンプで増巾され、到着時がコンパレータ回路で検出される。一方、振源を駆動した瞬間から、しだいに出力電圧が増加するランプ発生回路が作動

し、受振器において弾性波の初動が検出されると同時にこの電圧の上昇は停止する。そして、この電圧上昇分は弾性波の伝播時間に相当する。この電圧は、つぎの信号がくるまで維持され、V/F 交換されて、ラインドライバ、ケーブルを経て地上測定器に送られる。測定できる弾性波速度は 1.6~7.7Km/sec である。

孔径補正は補正チャートによって行なう必要がある。

4. 検層データの伝送

4-1 ケーブル特性

パルス信号を送送する場合、ケーブルの特性を確認しておくことは重要である。そのために、絶縁体としてポリプロピレン (PP)、テフロン (TF)、沸ビニリデン (FV) を用いた外径1/10インチの単芯アーマードケーブルを試作し、一方、市販されている外径1/10インチのポリプロピレン被覆のアーマードケーブルとともに、それらの特性試験を行なった。試験を行なったケーブル試料は、①試作 PP515m, ②試作 TF515m, ③試作 FV 509m, ④市販 PP603m, ⑤市販 PP1000m の5種である。これらのケーブルの電気特性は、表-1 に示す通りである。それぞれの試料について試験した結果から求められたインピーダンス特性および減衰特性を、図-8 および図-9 に示す。

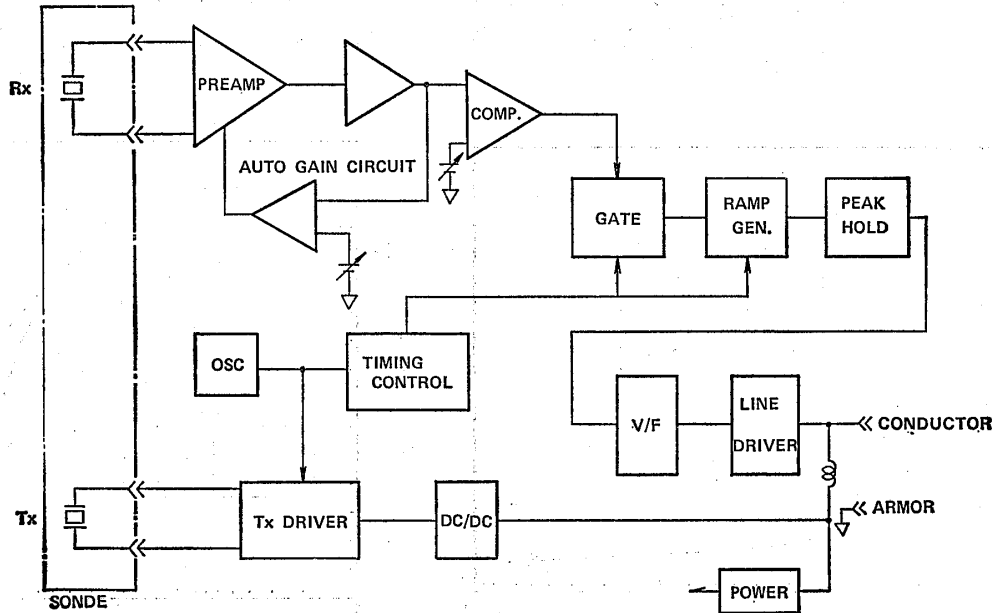


図-7 ソニックプローブのブロックダイアグラム  
 Fig. 7 Schematic of Sonic Probe

表-1 単芯アーマードケーブルの電気特性  
Table 1 Electrical Characteristics of Single Core Armoured Cables

Cable	Experimental PP	Experimental TF	Experimental FV	Commercial PP
Capacitance (PF/m)	175	194	668	151
DC Conductor Resistance ( $\Omega$ /km)	81	81	66	82
DC Armour Resistance ( $\Omega$ /km)	65	65	65	60

図-8によれば、試料①、④、⑤のPPケーブルおよび試料②のTFケーブルは、インピーダンスの値は20KHz以上においてはほとんど等しく、50KHzで70 $\Omega$ 、100KHzで65 $\Omega$ 、200KHz~1MHzでは60 $\Omega$ である。これらに対して、VFケーブルでは、それぞれ34 $\Omega$ 、32 $\Omega$ 、30 $\Omega$ と約1/2の値となっている。

また、減衰特性に関しては、ケーブル長が500~600mの場合のカットオフ周波数(-3db)は、試料①、②、④について約70KHz、試料③については25KHzであり、ケーブル長1000mの試料については、40KHzとなっている。

以上の結果を総合すると、長さ500~600mの単芯アーマードケーブルの場合、ポリプロピレン(PP)とテフロン(TF)を用いたものは、その特性がほとんど同じであ

ることが判明した。

4-2 検層データの伝送

単芯アーマードケーブルを用いて検層データを2種類以上伝送する場合には、プローブ駆動用の電源電圧に信号を重畳して伝送する必要がある。データがパルスまたはAC信号で、そのまま伝送できる場合は別として、データがDC信号の場合にはパルス変換を必要とする。パルス変換には、デジタル変換(A/D)と周波数変換(VF, FM, PCMなど)があり、精度的には使用するビット数あるいは変換周波数を適当に選ぶことによって、同等の精度が得られるが、周波数変換の場合は、信号の低レベルでリップルなどの変動成分が現われる。一般に、両者ともノイズの影響を受けにくい、影響を受

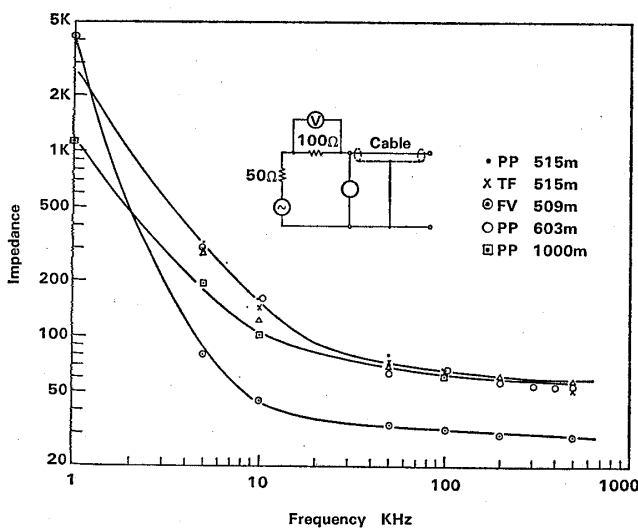


図-8 検層ケーブルのインピーダンス特性  
Fig. 8 Impedance Characteristics of Logging Cable

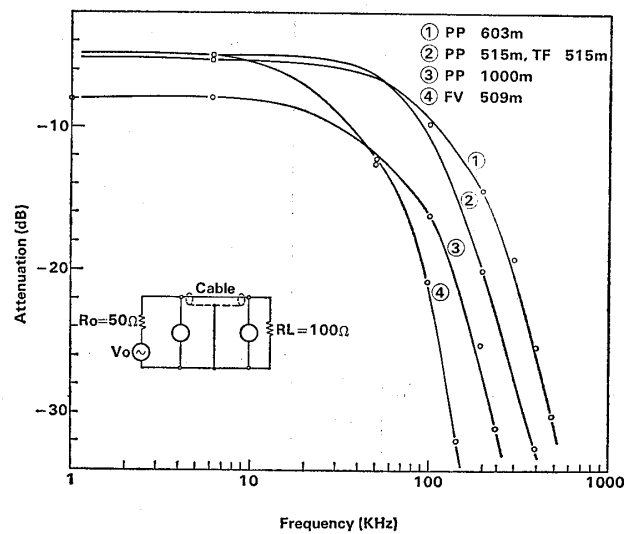


図-9 検層ケーブルの減衰特性  
Fig. 9 Attenuation Characteristics of Logging Cable



けると、デジタル変換の場合は、ビット変化を起こすので影響の程度は大きい。一方、周波数変換の場合には、ノイズが周波数成分の一つとして積分されるので影響の程度は小さい。

伝送において、単芯アーマードケーブルを用いる場合、デジタル変換ではクロックまたは同期信号を同時に伝送する必要がある。周波数変換では2成分までの伝送の場合にはそれを必要としない方法があるので、これを採用し、容易に2成分を精度よく伝送できる周波数変換方式のVFコンバータを用いることにした。

4-1に述べたようにケーブルの特性が明らかになったので、ケーブル長600mのポリプロピレン(PP)被覆のケーブルを対象として、パルスの伝送を考える。-10db(約1/3)の減衰量を許すものとする、伝送周波数は20KHz(5 $\mu$ sec)となる。アパーチャー効果<sup>2)</sup>を考えると、パルス占有率(パルス巾と最小周期との比)を小さくするのが望ましいので、100KHzで-1db位とするとパルス巾は2 $\mu$ secとなる。自然ガンマ検層の最大計数率を50KCPSとすると20 $\mu$ secであるが、放射線のランダム性を考慮すると、20 $\mu$ secからその1/10位の時間に入る確率のものもある。このことを考えると、少なくとも2 $\mu$ sec位のパルス巾を考える必要がある。パルス巾2 $\mu$ secのパルスを伝送するときには、ケーブルのローパスフィルター効果によって、パルスのアンダーシュートが生じる。このような場合、それを含んだ全体のパルス巾を5 $\mu$ sec以下に調整することはむづかしい。したがって、この間にパルスが入らないような禁止時間をブロー

プの中に設定することとし、伝送パルス巾を2 $\mu$ sec、最小伝送間隔を5 $\mu$ secと設定し(図-10)、各種検層における測定データの範囲とVFコンバータの性能(0~10KHz)を考慮すると、各種検層法の測定範囲、伝送信号への変換、取扱う最高パルス、伝送パルス巾は表-2に示すようになる。

5. シンチレーションプロープの温度特性<sup>3)</sup>

放射能検層における安定性が、NaI結晶、光電子増倍管、高圧電源、計数回路の温度特性に大きく影響されることはよく知られている。NaI(Tl)結晶の発光量と発光波形(減衰時間)は、図-11に示すように強い温度依存性を持っている。一般の光電子増倍管の温度に対する出力電流の変化は、入射光の波長420nm近くで負の係数を有し、(-0.1~-0.3%)/ $^{\circ}$ C程度の割合で単調に減少する。検層プロープに用いられている高圧電源の温度係数は0.02%/ $^{\circ}$ C以下であり、ディスクリ電圧の温度係数は容易に0.002%/ $^{\circ}$ C以下にすることができる。また、計数回路の電圧はトランジスターのベース暗電流の温度特性によって変化するが、回路を工夫することによってその温度係数を0.02%/ $^{\circ}$ C以下にすることは容易である。したがって、放射能検層における温度安定性は、NaI(Tl)結晶と光電子増倍管とからなる検出器の温度特性によって主として左右されることになる。

NaI(Tl)の発光量を $P_0$ 、減衰時間を $\rho_s$ 、温度をTとすると、波形Pはつぎのように表わされる。

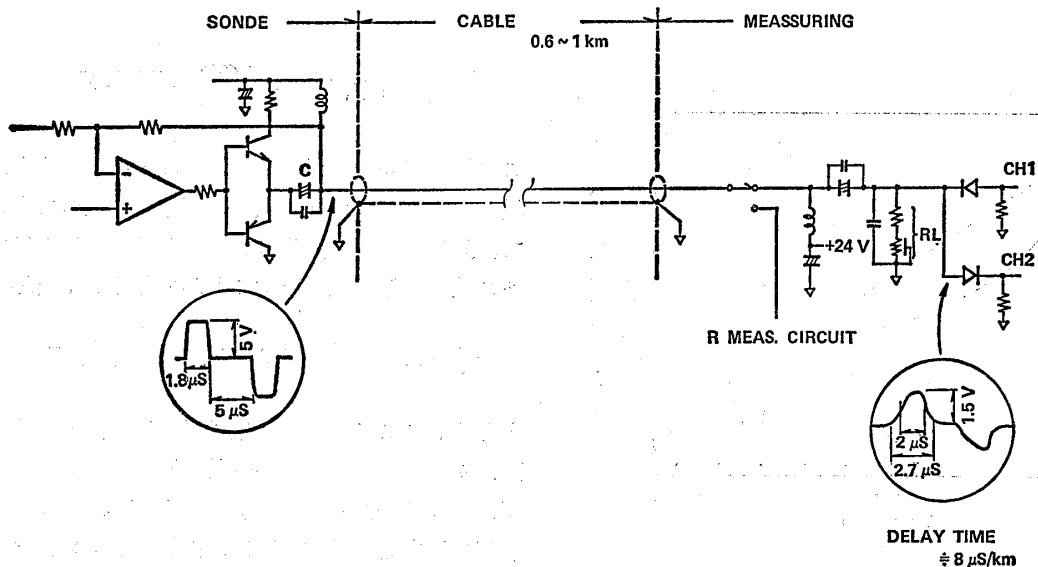


図-10 信号の伝送  
Fig. 10 Transmission of Signal

表-2 各種検層法と伝送パルス  
Table 2 Relation between Logs and Transmitting Pulses

Logs	Measuring Range	Conversion	Maximum Pulse	Pulse Width
Normal, Lateral	5kΩ-m	DC→VF	5KCPS	2μsec
Single Point	1kΩ	AC	200Hz	
Mud Resistivity	1kΩ-m	DC→VF	1KCPS	2μsec
SP	±500mV	DC		
Natural γ γ-γ Newtron	50KPS	Pulse→Square Pulse	50KCPS	2μsec
Temperature $\frac{T}{\Delta T}$	0~100°C ±10°C	DC→VF	10KCPS 2KCPS	2μsec
Caliper	32-300φmm	DC→VF	10KCPS	2μsec
Sonic	1.6~7.7km/sec	DC→VF	5KCPS	2μsec
Flow-meter	5~250cm/sec	Square Pulse	10KCPS	2μsec

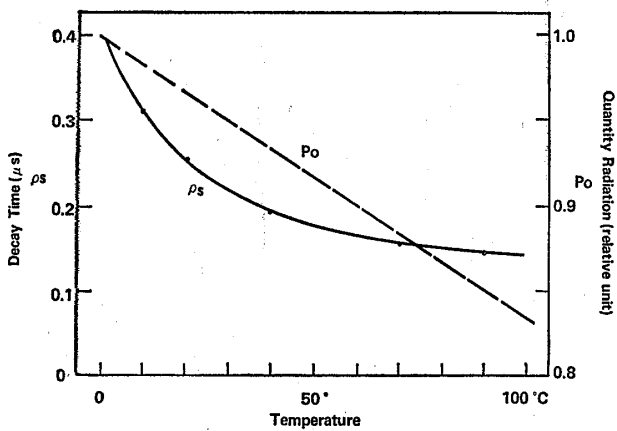


図-11 NaI (Tl) 結晶の温度特性  
Fig. 11 Temperature Characteristics of NaI(Tl)Crystal

$$P(t, T) = \frac{P_o(T)}{\rho_s(T)} e^{-\frac{t}{\rho_s(T)}} \quad (1)$$

この発光パルスが光電子増倍管に入射した場合、光電子増倍管の応答時間は、減衰時間  $\rho_s$  に比べて十分速いので、入射光波形は、そのまま光電子増倍管の出力電流パルス波形として取り出すことができる。すなわち、

$$I(t, T) = \frac{P_o(T)\eta\mu e}{\rho_s(T)} e^{-\frac{t}{\rho_s(T)}} = \frac{Q_o(T)}{\rho_s(T)} e^{-\frac{t}{\rho_s(T)}} \quad (2)$$

となる。ここに、 $I$ は光電子増倍管の出力電流パルス波形、 $\eta$ は光電子増倍管の実効量子効率、 $\mu e$ は電流増巾率、 $Q_o$ は出力パルスの電荷量である。一般に光電子増倍管の出力を計数するには、抵抗 $R$ とコンデンサ $C$ の並列等価回路で電圧波形に変換されるので、出力電圧パルス波形 $V$ および電圧パルス波高値 $V_p$ は、つぎのように

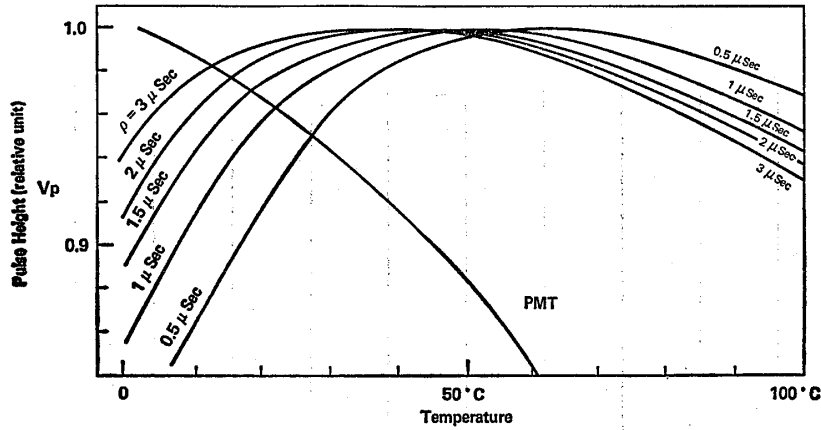


図-12 時定数と温度との関係  
Fig. 12 Relation between Time Constant and Temperature

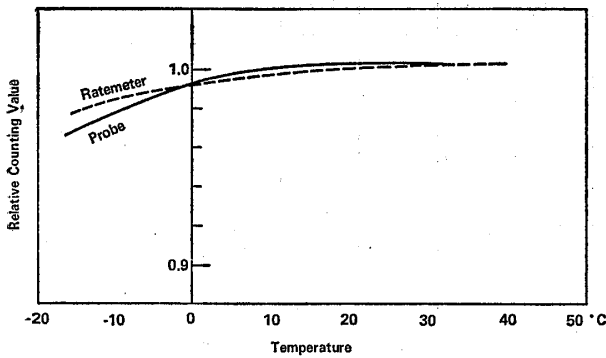


図-13 ガンマ検層におけるジオロガー3400の温度特性  
Fig. 13 Temperature Characteristics of Geologger 3400 in Gamma Logging

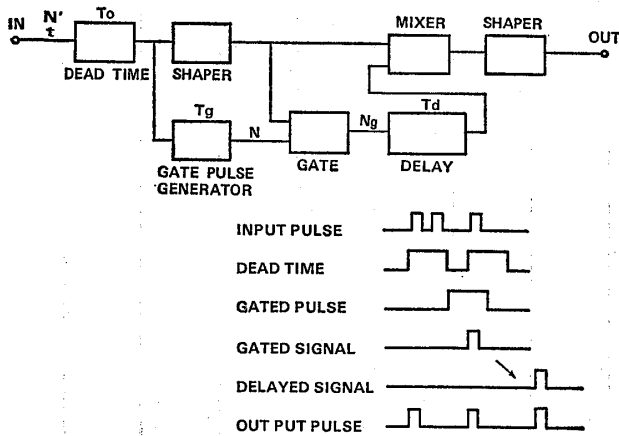


図-14 デッドタイム補正  
Fig. 14 Correction of Dead Time

なる。

$$V(t, T) = \frac{Q_0(T)R}{\rho - \rho_s(T)} \left[ e^{-\frac{t}{\rho}} - e^{-\frac{t}{\rho_s(T)}} \right] \quad (3)$$

$$V_p(T) = \frac{P_0(T)R}{\rho - \rho_s(T)} \left[ e^{-\frac{\rho_s(T) \ln\{\rho/\rho_s(T)\}}{\rho - \rho_s(T)}} - e^{-\frac{\rho \ln\{\rho/\rho_s(T)\}}{\rho - \rho_s(T)}} \right] \quad (4)$$

ここに、 $\rho = RC$ で、 $R$ は光電子増倍管出力回路の抵抗値、 $C$ はコンデンサ容量である。

図-11に示す  $\text{NaI}(Tl)$  の温度特性を用いて、(4)式から電圧パルス波高値  $V_p$  を求め、 $\rho$  をパラメータとして電圧パルス波高値と温度の関係を示すと、図-12に示すようになる。なお、図中にはバイアルカリ型光電子増倍管の温度特性 (PMT 曲線) が記入してある。そこで、検出器の温度特性としては、 $\rho$  をパラメータとして求め

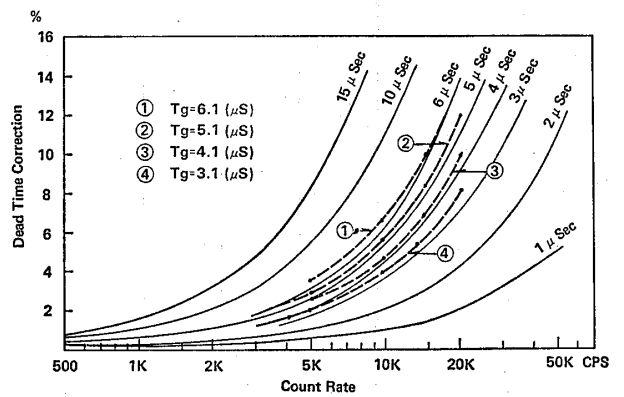


図-15 計数値とデッドタイム補正量との関係 (実線: 計算値 破線: 測定値)  
Fig. 15 Relation between Count Rate and Dead Time Correction (solid line; theoretical values; broken line; measured value)

表-3 ジオロガーにおける物理検層と適用  
Table 3 Applications of Geologger 3400

Logs	Probe Model	Measured Item	Applicable Conditions							Note	
			Water			Casing		Hole Size	Measurable Range		
			Dry	Fresh	Mud	Yes	No				
Electrical Logs	Single Point	Resistance R	×	○	○	×	○	36 φ	borehole vicinity		
	Normal	Apparent Resistivity $\rho_a$	×	○	○	×	○		100 φ	≒ 3AM	short, long and SP
		Lateral	Apparent Resistivity $\rho_a$	×	○	○	×			○	"
	Mud Resistivity	Apparent Resistivity $\rho_m$	×	○	○	○	○			In hole	
Radioactive Logs	SP	Self Potential SP	×	○	○	×	○		borehole vicinity	with resistivity or resistance	
	Natural $\gamma$	Intensity $\gamma$ -ray $I_r$	○	○	○	○	○		< 50cm		
	$\gamma$ - $\gamma$	Density $\gamma$	○	○	○	○	○		20~30cm		
Temperature Logs	Neutron	Moisture $\omega$	○	○	○	○	○		depends on water content		
	Temperature	Temperature T	×	○	○	△	○		In hole		
	Differential Temperature	Differential Temperature $\Delta T$	×	○	○	△	○		In hole		
Caliper Log	3185	Hole Diameter $\phi$	○	○	○	×	○		borehole vicinity		
Flow-meter	3231	Flow Velocity $v$	×	○	○	△	○		In hole		
Sonic Log	3347	P-wave Velocity $V_p$	×	○	○	×	○	55 φ~100 φ	borehole vicinity	> $V_p$ mud water	

た NaI(Tl) 結晶の温度特性と光電子増倍管の温度特性 (PMT 曲線) を合成したものと考えればよい。この図によれば、RC 時定数 (= ρ) が 1~3 μsec の範囲であれば、常温近くでパルス波高の変動が少ないことがわかる。

ジオロガー-3400 のシンチレーションプローブの温度特性は、図-13 に示すようになっている。

### 6. デッドタイム補正<sup>4), 5), 6)</sup>

プローブで検出した放射線パルスをプリアンプで増幅した後、そのまま通常の検層用ケーブルで伝送する場合、一般に検出および伝送系におけるデッドタイム (不感時間) は、5~15 μsec になることはよく知られている。測定系のデッドタイムを t とすると、放射線入射率 N はつぎの式で示される。

$$N = \frac{n}{1 - nt} \quad (5)$$

ここに、n は毎秒当りの計数率 (検出率) である。いま測定系のデッドタイムが 5 μsec とすると、デッドタイム補正率  $\{(1 - n/N) \times 100\%$  は、10Kcps において 5.3

%, 20Kcps において 11.1% となり、計数率が大きくなるに従って急激に大きな補正が必要となる。

したがって、ジオロガー-3400 においては、計数率が大きい場合にも高い確度で計数できるようにするために、補正を自動的に行うデッドタイム補正回路を設けてある。

デッドタイム補正回路には、非線型回路を用いてアナログ的に行なう場合と、デジタル的に行なう場合がある。ジオロガー-3400 においては、後者のデッドタイム補正回路を設けてある。この方法は図-14 に示すように、検出器、伝送系の不感時間を考慮して推定される不感時間より少し大き目の不感時間を持つパルスを作り、そのパルスの立ち下りで作られたほぼ不感時間に等しいパルス巾のゲートパルスを発生させる。この 2 つのパルスはゲート回路を通った後で遅延させ、ミキサーによって人為的に作った不感時間によって失われたパルスを追加するという操作を行なう。

図-14 において、入力パルス数 N', 不感時間 t, デッドタイム回路のパルス巾 T<sub>0</sub>, ゲートパルス巾 T<sub>g</sub>, ゲートパルス数 N, ゲート出力の数 N<sub>g</sub> と表わすと

$$N_g = (T_g + T_0 - t) N N' \doteq (T_g + T_0 - t) N'^2 \quad (6)$$

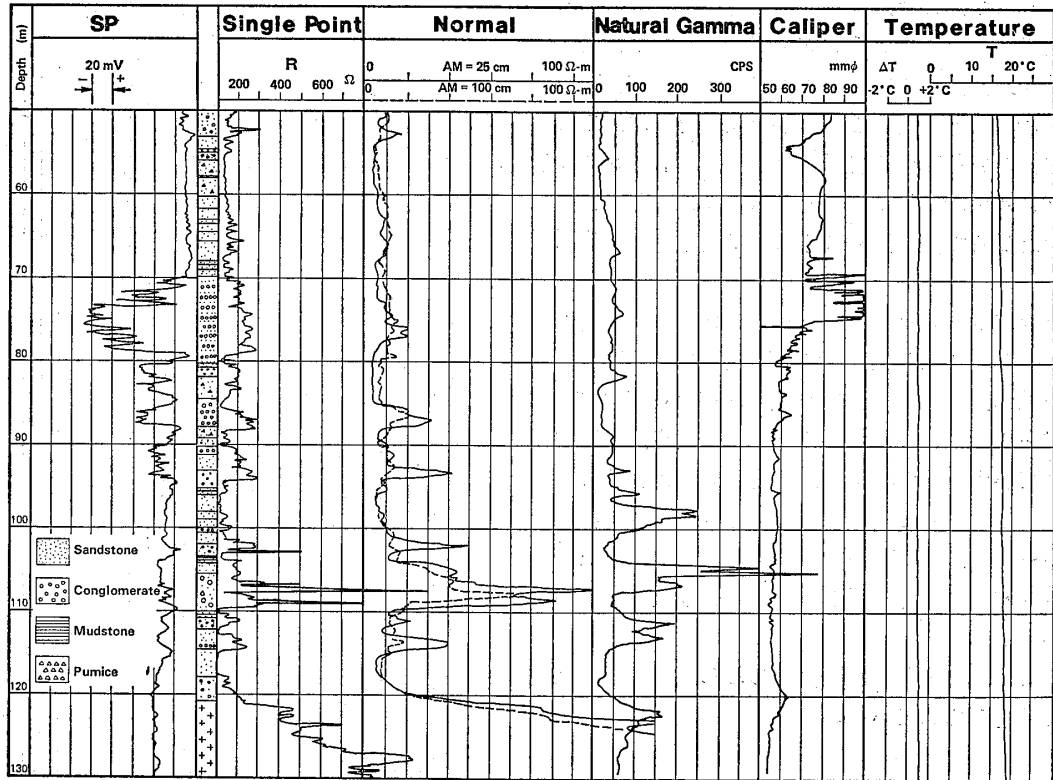


図-16 測定例 1  
Fig. 16 Example 1

図-15は、デッドタイム補正式(5)から求めた補正量(図中の実線)と、ジオロガー-3400に設けられている補正回路の実測による Ng 値(図中の破線)の相異を示している。この回路ではデッドタイム補正によって数え落しが1%以下に補正されていることがわかる。

7. 測定例

ジオロガー-3400を用いて実施できる検層種目と適用条件を表-3に示す。以下に若干の測定例を示す。

(1)例1

図-16は、花崗岩の上部に炭質分をとところどころに含む軟質の砂岩、砂礫岩、礫岩が複雑に互層をなしている地層で測定を行なった記録である。自然電位(SP)、抵抗(Single Point)および自然ガンマはコンビネーションプローブで、ノルマル、キャリパー、温度(T, ΔT)は、それぞれのプローブを用いて測定したものである。

自然電位のSP曲線は、シングルポイントのR曲線とよい対応を示している。R曲線は地層の小さな変化をよく表わしている。R曲線は地層の比抵抗と電極の接地抵抗を含んだものであるが、ノルマル曲線における反転現象や、ラテラルの曲線におけるはねかえり、ブラインドゾーンが現われず、また、R曲線の分解能が電極の大きさと同程度であるためである。シングルポイントによるR曲線の値は、高低について相対的にしか取扱えないが、ノルマル曲線と比較すると同様な傾向を示しており、地層の細かい判別には有用な曲線である。シングルポイントとノルマルの両曲線はともに、深度105~110m間の礫岩のところでは他の深度にくらべて大きな値が見られる。

自然ガンマでは、この孔のバックグラウンドは、上層部で約 25 cps, 花崗岩部で約 50 cps と考えられ、深度 98 m, 105m, 112m, 122m 付近に大きなピークが見られる。これらのピークは地質の差によるものではなく、地下水中に含まれていた放射性物質が、地層中に含まれる炭素と酸化還元作用によって沈着したものと考えられる。

キャリパーでは、深度70~75mに大きな孔径変化が見られ、キャリパーの測定限界 100mm φ 中より大きい孔径となっている。

温度検層では、一様な温度変化をしめし、ΔT 曲線は一定の温度差をしめしている。

(2)例2

図-17は、亀裂の発達した花崗岩で測定を行なった記録である。自然電位(SP)とノルマルはノルマルプローブで、その他はそれぞれガンマ・ガンマプローブおよ

びニュートロンプローブを用いた。

SP 曲線は、深度118~170m間を除くと、曲線の変化は少なく、比抵抗曲線とくらべると、比較的よい対応を示している。この深度118~170m間のSP 曲線は、迷走電流の影響を受けているものと思われる。

比抵抗曲線は、一般的に高い比抵抗値を示すとともに、非常に複雑な変化を呈している、この花崗岩の岩質は比較的新鮮なものであるが、かなり亀裂が発達しており、とくに深度160~210m間については、コア状況から見ると亀裂が著しいことがわかっている。しかしながら、この曲線によれば、深度130~210m間は、その上部および下部にくらべてやや低い値となっている。なお、深度116m, 132m, 150m, 159m, 180m, 192m, 200m 付近は、周囲にくらべて比抵抗値がかなり小さくなっている。このことは、この部分が、著しい亀裂の発達、大

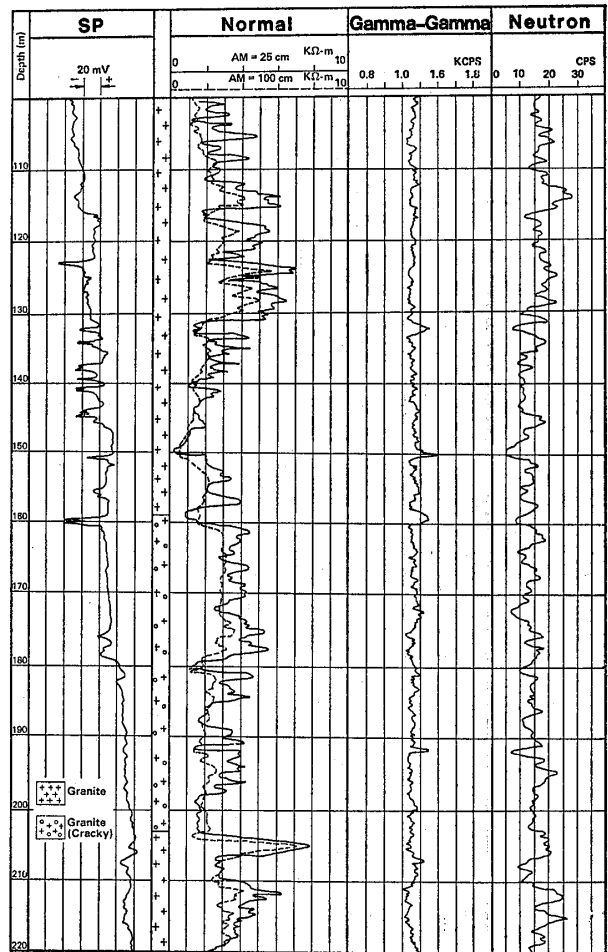


図-17 測定例 1  
Fig. 17 Example 2

きな亀裂の存在、あるいは粘土化していることなどが考えられる。

ガンマ・ガンマ検層では、密度が小さいと計数値は大きくなり、密度が大きいと計数値が小さくなる。一方、ニュートロン検層では、含水量が少ないと計数値が大きくなり、含水量が多いと計数値が小さくなる（負の勾配のプロープ）、両曲線は深度135m, 159m, 191m, 207mで対応した変化がみられる。これらの部分は比抵抗曲線においても周囲より小さい比抵抗値となっている。ニュートロン検層で大局的には比抵抗曲線と対応している。また、小さな含水率においては感度がよいようである。

なお、ガンマ・ガンマ曲線において、密度変化が小さいと計数率の変化も小さいので、バイアスをかけて変化分を拡大して測定する必要がある。

(3)例 3

図-18は、軟らかい泥質凝灰岩の地層において、ノルマルプロープ、ソニックプロープ、キャリパープロープを用いて測定した記録である。

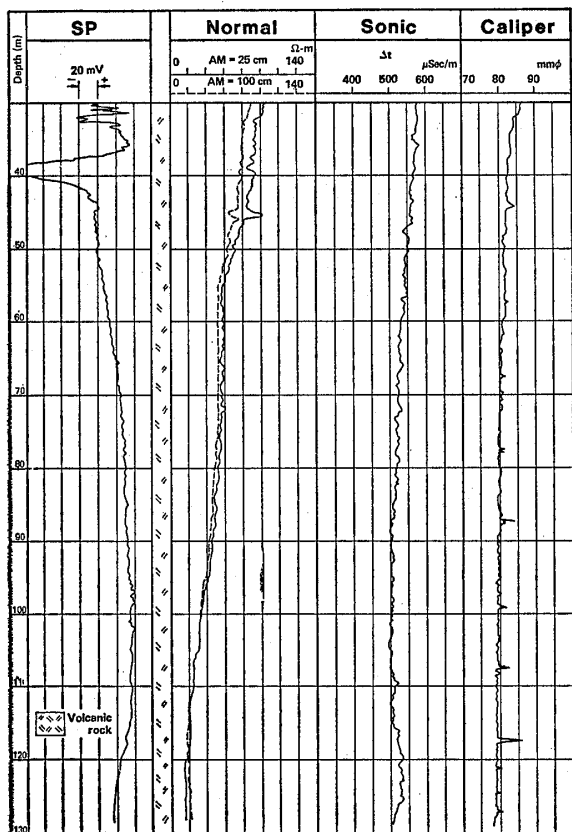


図-18 測定例 3  
Fig. 18. Example 3

自然電位 (SP) 曲線は、大局的には比抵抗曲線とよい対応を示している。これらの曲線によれば、深度約50m, 約110m 付近の2個所において、岩質に差異があることが予想される。

ソニック検層では、1m区間の弾性波 (P波) の伝播時間  $\Delta T$  で表示してある。したがって、速度に換算すると、深度90~110m 間では約 2Km/sec の速度を示し、深度が浅くなるに従って速度はしだいに減少し、深度30~40mにおいては、約 1.7Km/sec の速度を示す。この曲線も、さきのSP曲線や比抵抗曲線とくらべると、大局的には対応しているようである。

キャリパー検層の曲線では、約10m間隔に短区間の孔径の増大が見られる。これらの個所は、この検層の実施前に測定が行なわれたエラストメーター 200 の測定深度に該当している。

以上に述べた3つの測定例によって、いろいろのプロープを用いて得られる記録を示した。これらの結果は、ジオロガー3400が十分に現場で使用できることを示すものである。ただし、比抵抗検層においては、孔内にB電極とN電極をおいている(メトリックノルマルプロープ)ので、孔口、ケーシング尻あるいは水位のいずれかの深度から24mの区間では、測定ができないことを付記しておく。

8. DOEにおけるキャリブレーション

自然放射能検層を用いてウラニウムの調査を行なう場合、検層システムを構成するプロープや計数回路、デスクリレベルなどのハード的な条件と、鉱体を構成する物質の種類や不均質性、孔内媒質の相異などの外的条件により、測定される値は影響を受けるために、測定値を普遍的に取扱うことはできない。そこで、放射性鉱物のウラニウム品位を判定するためには、ある一定の条件下で一定の計数率を示すように、それぞれの装置について、比例係数を求めておくことが必要である。

この係数は、1955年に、Broding, Rummerfield, Scott などによって K-factor と名付けられた。そして、アメリカにおいては、Department of Energy (DOE) の Atomic Energy Commission (AEC) によって各地にキャリブレーションピットが作られた。これらのキャリブレーションピットのある位置を図-19に示す。これらのうち、最もよく知られているコロラド州のグランドジャンクションの設備を用いて、2本のプロープについてキャリブレーションを行なった。

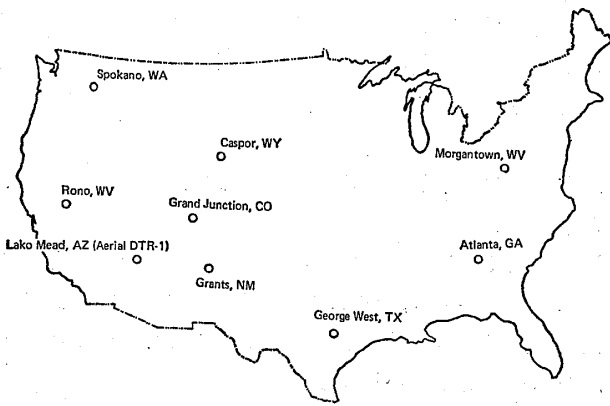


図-19 米国におけるDOEキャリブレーション施設  
Fig. 19 DOE Calibration Facilities in USA

8-1 グランドジャンクションのキャリブレーション施設<sup>7)</sup>

グランドジャンクションは、コロラド州都デンバーから国道6号線で西に向い、ユタ州境近くのロッキー山脈中にある(図-19)。

グランドジャンクションのキャリブレーションピットには、つぎのようなものがある。

(1)グロスガンマモデル

- ①N孔……5孔……品位標準体, K-factor 算出用
- ②U孔……3孔……デッドタイム算出用
- ③H<sub>2</sub>Oモデル……4孔……ウォーターファクター, ケーシングファクター算出用

(2)スペクトログammaモデル

- ……12孔……K, U, Th のエネルギー分析  
K-factor 算出用

(3)分裂ニュートロンモデル

- ……19孔……放射化分析用

(4)その他

- ①300フィートテスト孔……1孔
- ②グラニットブロック……1孔
- ③磁化率検層モデル……8孔
- ④その他……16孔

各テストピットには、AC電源(110V, 240V)と滑車が設備されており、また孔内への給水および排水の設備も整って大変使い易くなっている。

試験には、N3, U1, U2, U3 および H<sub>2</sub>O の5孔を用い、Kファクター、デッドタイム、ウォーターファクター、ケーシングファクターの測定を行なった。使用したピットの断面図を図-20~図-22に示す。

8-2 キャリブレーションファクター

いろいろの異なった孔内条件で測定された検層記録を解析または補正するためには、つぎのようなファクターを求めておく必要がある。

①Kファクター

Scott ほか(1961)は、鉱体の品位(重量%で表わされた含有量)Gと層厚Tとの積が、検層曲線のアノマリーの部分の面積Aに比例することを示した。すなわち、

$$GT=KA \tag{7}$$

であり、この比例定数KがKファクターと呼ばれている。このKファクターは、フルスケールモデルによって決められる。

②デッドタイム<sup>6),7)</sup>

一般によく知られている2線源法によれば、線源[1]の計数率をm<sub>1</sub>、線源[2]の計数率をm<sub>2</sub>、線源[1]+線源[2]の計数率をm<sub>12</sub>、バックグラウンドをm<sub>b</sub>とすれば、デッドタイムtは

$$t = \frac{m_1 + m_2 - m_{12} - m_b}{m_{12}^2 - m_1^2 - m_2^2} \tag{8}$$

と表わされる。しかしながら、孔内におけるエネルギースペクトルの分布状態を考慮する場合には、フルスケールモデルを用いて求める。この場合、低品位層での計数率をL、高品位層での計数率をH、低品位(%)と高品位(%)の比をRとすると、デッドタイムtは、

$$t = \frac{L-HR}{LH(1-R)} \tag{9}$$

となる。

③孔径とウォーターファクター

孔内が空の場合は、孔径の変化によって検出される計数率は殆んど変化しないが、孔内水がある場合には、水が吸収体となるため大きく影響をうける。

④ケーシングファクター

ボーリング孔内にケーシングやボーリングロッドが挿入されていて、その中で検層をする場合には、ケーシングの肉厚によってガンマ線の減衰量が大きく変化する。

8-3 検出器と応答曲線の形状<sup>7),8),9),10)</sup>

理想状態における鉱体境界での応答曲線の形状について考える。図-23において、ガンマ線検出器を点とし、その検出範囲が球状で、その半径が、ガンマ線のエネルギーおよび散乱吸収によって変化しないものとする、



検出器が鉱体の地層境界に近づき、さらに、鉱体内に入るまでの応答曲線は、同図に示すようになる。すなわち、検出器の有効球が境界に接すると、計数率が増加し始め、検出器が地層境界に来たときに、最大計数率の値の1/2になる。そして、有効球が完全に鉱体内に入ってしまうと、曲線はフラットになり、最大値を示す。一方、検出器が鉱体から外へ出るときには、上記の曲線と対称的な曲線となる。したがって、最大値の1/2の値を示す2つの点の距離が鉱体の厚さを示すことになる。このようにして求めた鉱体の厚さは半価層厚（半値幅）と呼ばれている。

図-24に示すように、幅4フィートの一様な鉱体があるとすると、この鉱体が、たとえば、幅0.5フィートの8個の鉱体から成っているものとする、分割された個々の鉱体に関する応答曲線の和は、この鉱体全体から得られる応答曲線（実際の測定される曲線）に等しくなる。しかしながら、実際には一様ではなく、たとえば、図-25に示すように、品位の異なる鉱体（それぞれの鉱体幅も異なる）が組み合わさって一つの鉱体を構成している。このような鉱体の場合には、一定の鉱体幅に分割し、それぞれの鉱体に含有率を与え、個々の鉱体に

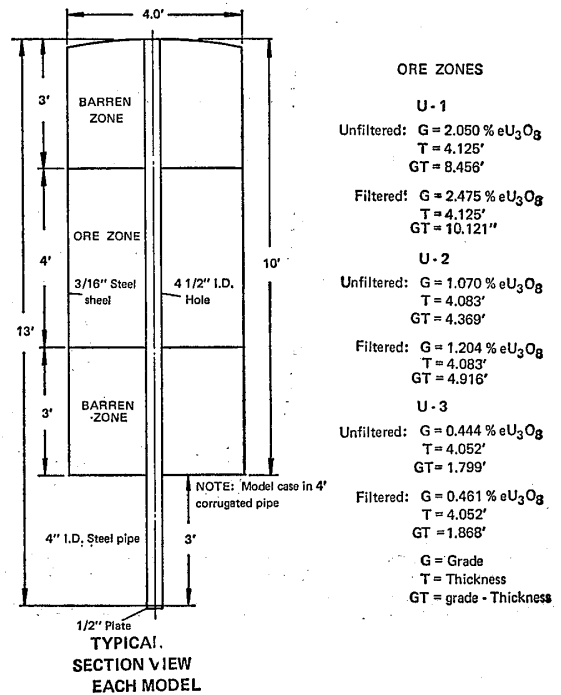


図-21 U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, U<sub>3</sub> モデル孔  
Fig. 21 U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, U<sub>3</sub> Models

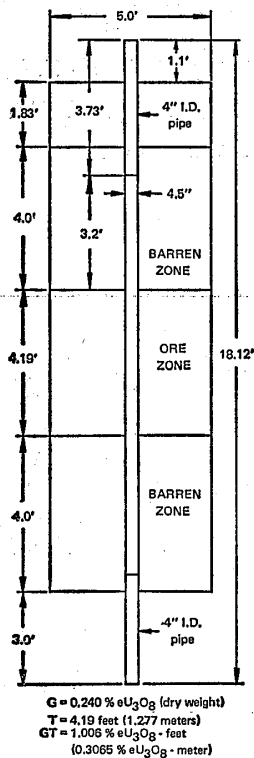


図-20 N<sub>3</sub> モデル孔  
Fig. 20 N<sub>3</sub> Model

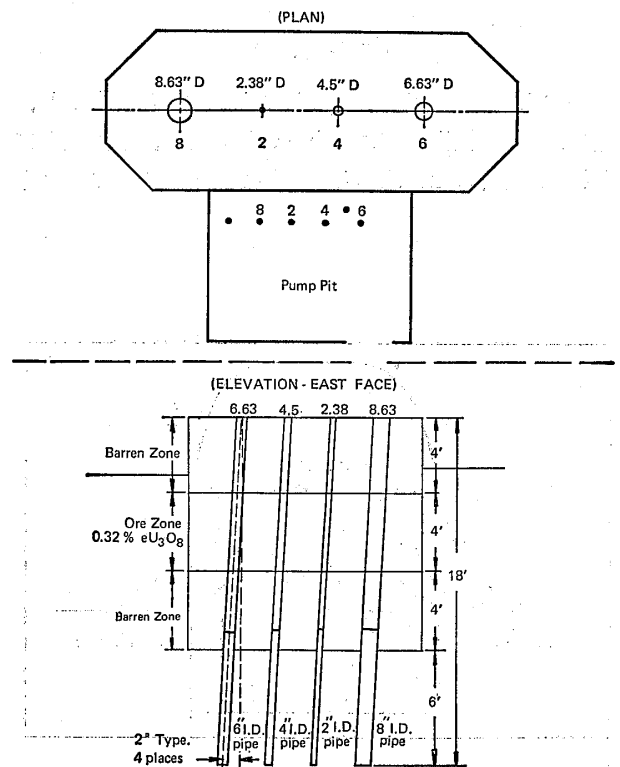


図-22 ウォーターファクターモデル孔  
Fig. 22 Water Factor Models

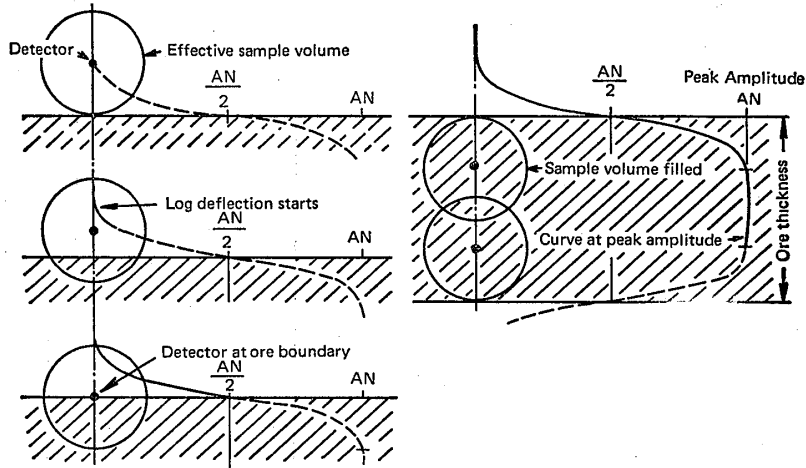


図-23 地層境界における検層曲線の現れ方  
Fig. 23 Behavior of Log Curves Near a Boundary

関する応答曲線の和（図中の破線）を求めると、実際の応答曲線（図中の実線）にほぼ近い曲線が得られる。

1-4 解析方法

(a) ピーク値と半価層厚から求める方法

この方法は、概略品位を簡単に求めるためには、有効な方法である。検出器の有効測定範囲より厚い鉱体で、理想状態に近い場合には、式(7)の関係から、

$$G = K N_{peak} \quad (10)$$

によって、鉱体の品位を求めることができる。しかし、鉱体幅が有効検出範囲より小さい場合とか、理想状態に近くない場合には、求めた鉱体幅は、実際のものよりも

厚く評価し、品位は過少評価の傾向にあることは、注意しておかねばならない。

(b) Total area 法

さきに述べた（図-25参照）ように、曲線のアンomalリーの部分を一一定の幅に分割し、それらの部分の面積の全ての和を求める方法で、最も広く用いられているものである。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} GT &= KA \\ A &= W \sum_{i=1}^n N_i \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

であり、ここに、Wは分割幅、 $N_i$ はi番目の分割の計数率である。なお、分割幅は一般的には、0.5フィート、あるいは10cmとすることが多い。

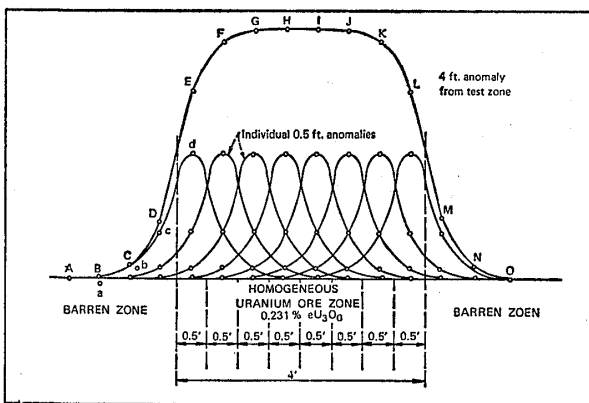


図-24 一様な鉱体における検層曲線  
Fig. 24 Behavior of Log Curves Near Uniform Ore Zones

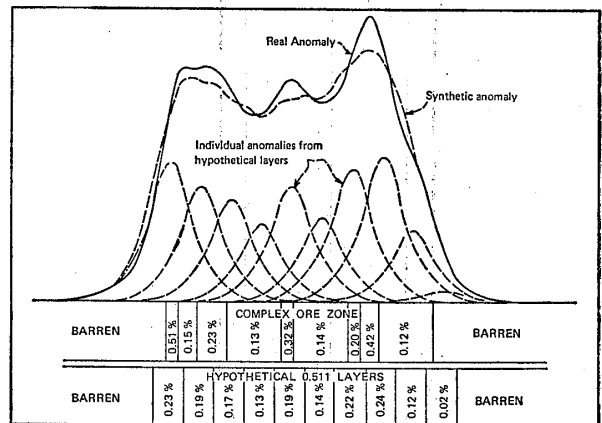


図-25 不均質な鉱体における検層曲線  
Fig. 25 Behavior of Log Curves Near Non-uniform Ore Zones

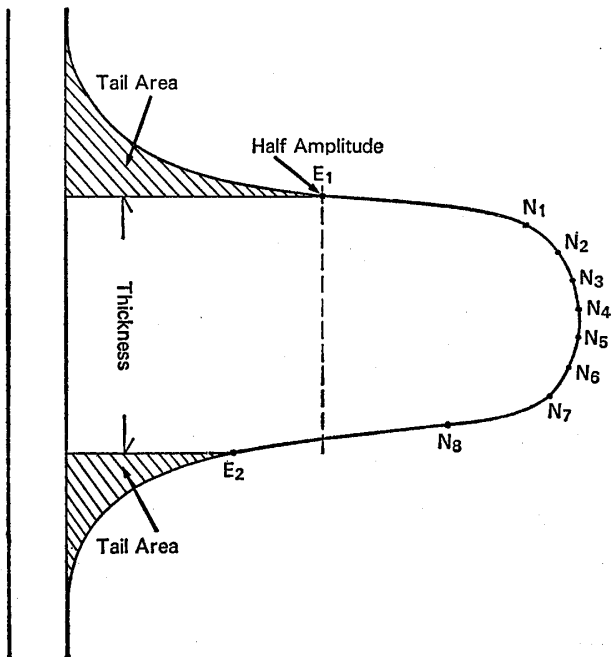


図-26 テイルエリア法  
Fig. 26 Tail Area Method

(c) Tail factor 法

実際問題として、鉱体の品位は一樣でなく、さらにガンマ線検出器は点ではなくある大きさを持ち、有効検出範囲は球状でないであろう。また、鉱体を構成する物質によって有効検出範囲も変化することが考えられる。とくに、鉱体境界においてその度合が著しいことが予想されることから、鉱体境界近傍の曲線の解析については分けて取扱う方法が、Tail factor 法である。

図-26に示すように、曲線のアンマリ一部の上端の半値を  $E_1$  とし、Total area 法で述べたように、中央部を一定の幅に分割し、アンマリ部の反対端において、半値  $E_1$  より小さい計数率を示す最初の分割の計数値を  $E_2$  とする。そして、

$$GT = KA$$

$$A = Wk(E_1 + E_2) + W \sum_{i=1}^n N_i \quad (12)$$

によって鉱体の品位を求める。ここに  $k$  は係数で、DOE においては、 $k = 1.38$  としている。

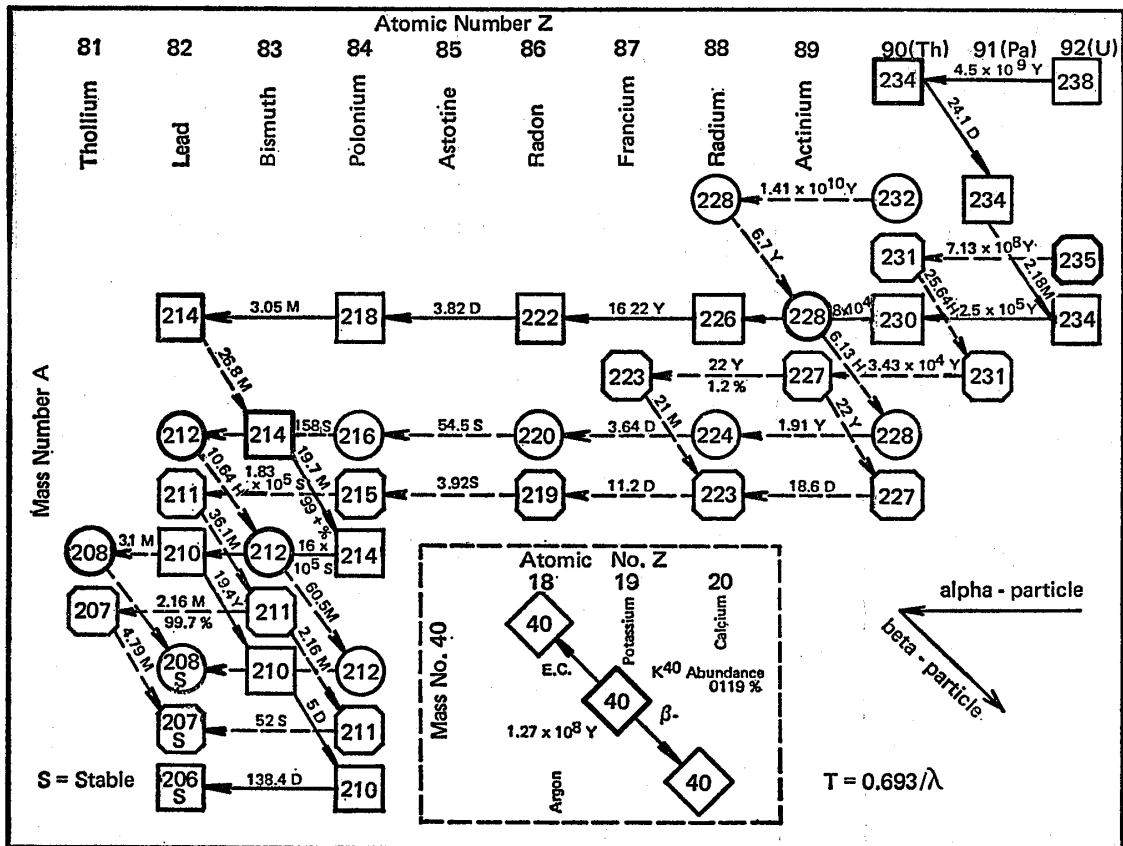


図-27 崩壊系列  
Fig. 27 Atomic Decay Series

8-5 放射平衡<sup>11)</sup>

ウラニウム探査においては、放射性物質の崩壊系列としては、主として、ウラニウム系列、トリウム系列、カリウム系列に関係している。これらの崩壊系列を図示すると、図-27のようになる。鉱体に含まれる放射性物質は、長い年月の間に平衡状態になっている。これらの放射性物質から放射されるβ線とγ線の割合を、ウラニウム系列を例に取って、(<sup>238</sup>U~<sup>230</sup>Th)と(<sup>226</sup>Ra~<sup>206</sup>Pb)の2つのグループに分けると、β線量比は約43:57、γ線量比は約1:99となる(表-4)。このように、ウラニウムからγ線の放射される量は少なく、したがって、ウラニウムの探査においては、娘核から放射されるγ線を検出し、間接的にウラニウムの量を求めることになる。地下水などによりウラニウムが流出している場合には、コア分析によってβ線とγ線比を測定し、放射平衡補正を行なうことが必要である。

8-6 DOEにおけるキャリブレーションの結果

キャリブレーションは、製造番号No.01001とNo.11010の2つのコンビネーションプローブについて行なった。

(a)ウォーターファクター

ウォーターファクターは、図-22に示すH<sub>2</sub>Oモデル孔を

表-4 ベータ線・ガンマ線比  
Table 4 Beta-Gamma Ratio

Uranium Series	β-ray	γ-ray
U 238	↑ 43% ↓	↑ 1% ↓
Th 234		
Pa 234		
Th 230		
Ra 226	↑ 57% ↓	↑ 99% ↓
Rn 222		
Po 218		
Pb 214		
Bi 214		
Po 214		
Pb 210		
Bi 210		
Po 210		
Pb 206		

用いて、水がある場合とない場合について測定を行なった。2つのプローブは同じような傾向を示している。図-28は、No.01001の結果で、放物線に近い曲線となっている。

(b)ケーシングファクター

ケーシングファクターは、ウォーターファクターと同じモデル孔を用い、肉厚 1/16", 1/8", 3/16", 1/4" のケーシングを挿入し、孔内水がある状態で測定した。2つのプローブは同じ傾向を示している。図-29はNo.01001の結果で、直線となっている。

(c)デッドタイム

デッドタイムは、図-20に示す N3 モデルと、図-21に示す U1, U2, U3 モデルを用いて測定した。その結果は、No.01001で 11.3μsec, No.11010で 6.3μsec であった。なお、ジオロガー-3400には、デッドタイム補正回路が組込まれているが、この測定においては、この回路が作動しないようにした。No.01001の結果はつぎの通りである。

U1.....	34000 cps
U2.....	22000 cps
U3.....	10700 cps
N3.....	6000
○U1-U2	t = 11.89 10 <sup>-6</sup>
○U2-U3	t = 11.40 10 <sup>-6</sup>
○U1-U3	t = 11.71 10 <sup>-6</sup>
○U1-N3	t = 11.21 10 <sup>-6</sup>
○U2-N3	t = 10.41 10 <sup>-6</sup>
Mean value	t = 11.3 10 <sup>-6</sup> sec

(d)Kファクター

Kファクターは、図-20に示す N3 モデル孔を使用して測定を行なった。図-30は、No.01001 プローブによって得られた記録である。この測定においては、デッドタイム補正回路が作動していないので、図-30の横軸は検出率nを示していることになる。また、N3 モデル孔の鉱体幅Tは1.277m、品位Gは0.24%である。

Kファクターの値は、8-4に述べた方法によって求めた。

i) ヒーク値法

図-30によれば、ピーク値は5,300cpsを示しており、デッドタイム t=11.3×10<sup>-6</sup> sec を用いて、(5)式によって補正すると、N<sub>peak</sub>=5638 cps となる。そして、プロ

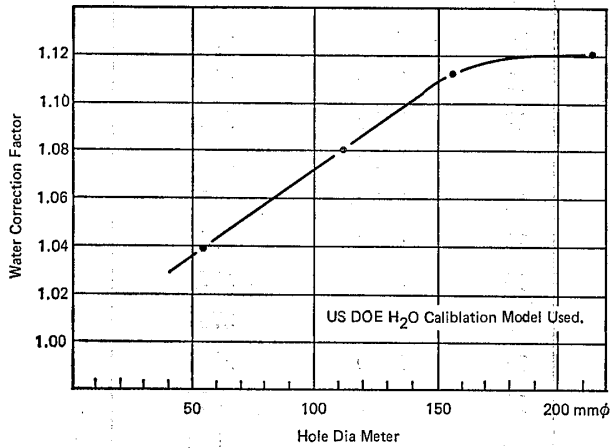


図-28 ウォーターファクター  
Fig. 28 Water Factor

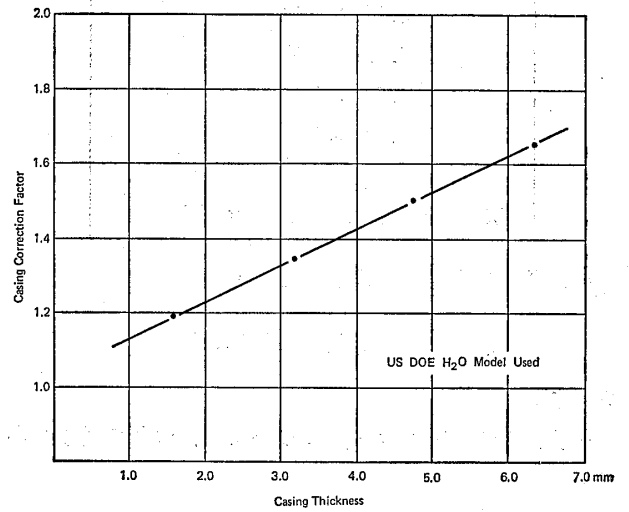


図-29 ケーシングファクター  
Fig. 29 Casing Factor

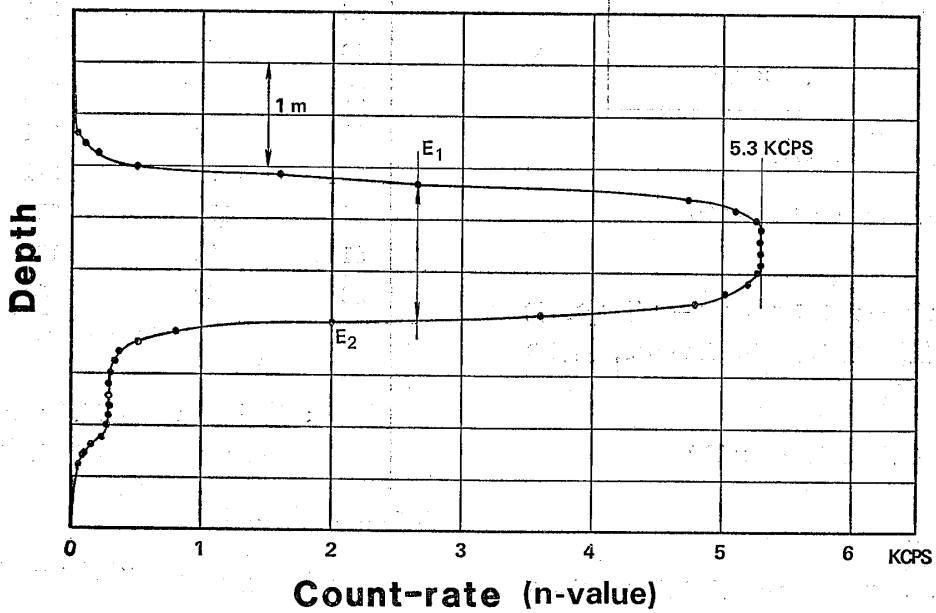


図-30 N<sub>3</sub> モデル孔の記録  
Fig. 30 Record of N<sub>3</sub> Model

ープの検出範囲より鉙体の層厚が厚いものとし、(10)式を用いてKファクターを計算すると、

$$K = \frac{G}{N_{peak}} = \frac{0.24}{5638} = 4.257 \times 10^{-5}$$

となる。また、ウォーターファクター (Wf=1.08) を考慮すると、

$$K = \frac{G}{N_{peak} \cdot Wf} = 3.942 \times 10^{-5}$$

である。

No.01001 プロブについて行なった4つの試験結果から求められたKファクターの値はつぎの通りである。

$3.838 \times 10^{-5}$
$3.729 \times 10^{-5}$
$3.942 \times 10^{-5}$
$3.648 \times 10^{-5}$
Mean value $K=3.789 \times 10^{-5}$

平均値の95%信頼限界を求めると

$$K=(3.789 \pm 0.204) \times 10^{-5}$$

となる。

一方、No.11010 プローブについては、つぎの通りである。

$3.786 \times 10^{-5}$
$3.801 \times 10^{-5}$
$3.872 \times 10^{-5}$
$3.657 \times 10^{-5}$
Mean value $K=3.78 \times 10^{-5}$

平均値の95%信頼限界を求めると

$$K=(3.779 \pm 0.142) \times 10^{-5}$$

となる。

これらの2つのプローブのKファクターの値には、信頼度5%において有意な差は認められないので、両者の平均を求めるとである。

$$K=(3.784 \pm 0.086) \times 10^{-5}$$

ii) Total Area 法

図-30において、10cmごとのn値を読み取り、デッドタイム  $t=11.3 \times 10^{-6}$  sec を用いてN値を求めると、つぎのようになる。

	n Value(cps)	N Value(cps)
1	60	60
2	100	100
3	200	200
4	1600	1629
5	2650	2732
6	4750	5019

7	5120	5434
8	5260	5592
9	5300	5638
10	5300	5638
11	5300	5638
12	5300	5638
13	5270	5604
14	5200	5525
15	5040	5344
16	4800	5075
17	3600	3753
18	2000	2046
19	800	807
20	520	523
21	380	382
22	330	331
23	320	321
24	300	301
25	300	301
26	300	301
27	300	301
28	280	281
29	220	221
30	150	150
31	100	100
32	60	60
		total=75045
note ; Dead time $t=11.3 \mu$ Sec		
Water factor $Wf=1.08$		

ここに、(1)式により

$$A=W \sum_{i=1}^n Ni=0.1 \times 75045=7504.5$$

であるので、ウォーターファクターを考慮して、(1)式によってKファクターを計算すると、

$$K=\frac{GT}{AWf}=\frac{0.24 \times 1.277}{7504.5 \times 1.08}=3.781 \times 10^{-5}$$

となる。これは、i) に示したピーク値法によって得られた平均値にはほとんど等しい値を示している。

iii) Tail factor 法

図-30において、ピーク値5300cpsの1/2の値2650cpsをE<sub>1</sub>とし、10cmごとの値を読み取り、12番目のつぎの半価2650cpsより小さい値は2000cpsと求められる。そ

それぞれの読み取り値 (n 値) にデッドタイム補正を行ない、N 値を求めるとつぎのようになる。

	n Value	N Value
E1	2650	2732
E2	2000	2046
(E1+E2)		4778
1	4750	5019
2	5120	5434
3	5260	5592
4	5300	5638
5	5300	5638
6	5300	5638
7	5300	5638
8	5270	5604
9	5200	5525
10	5040	5344
11	4800	5075
12	3600	3753
		63898

note; Dead time  $t=11.3\mu\text{se}$   
Water factor  $Wf=1.08$

(12)式における  $k$  の値としては、DOE が用いている  $k=1.38$  とすると、

$$A = \{1.38(2732 + 2046) + 63898\} \times 0.1 = 7049.2$$

$$K = \frac{GT}{A Wf} = \frac{0.24 \times 1.277}{7049.2 \times 1.08} = 4.026 \times 10^{-5}$$

となる。

Tail factor 法から求めた値は、ピーク値法や Total area 法による値よりも若干大きい。これは、図-30にお

いて明らかなように、鉱体中のウランが下層のバレン層に少し移動しているために、ピークの値が少し低めになったこと、およびそのために曲線の上下が非対称となっていることによるものと思われる。

### 参 考 文 献

- 株式会社応用地質調査事務所 (1981) : ジオロガー-3400 取扱説明書
- 金子尚志 (1980) : P CM通信の技術 産報出版
- 浜松テレビ K. K. (1977) : 光電子増倍管の使い方 No. 77-50
- 河田 燕 (1980) : 計測装置の不感時間 第17回理工学における同位元素研究発表会要旨集 p.172~173
- 三輪博秀 (1961) : 応用放射線計測 日刊工業新聞社
- 日本放射性同位元素協会 (1962) : アイソトープ便覧 丸善株式会社
- Mathews, Mark A., Koizumi, Carl J. and Evans, Hilton B. (1978) : DOE Grand Junction Logging Model Data Synopsis, DOE Report, GJBX-76
- Scott, Janes H., Dodd, P. H., Drouillard, R. F. and Mudra, P. J. (1961) : Quantitative Interpretation of Gamma Logs, Geophysics 26, pp. 182-196
- Scott, Janes H. (1962) : The GAMLOG Computer Program, U. S. AEC, RME-143
- Dodd, P. H., Drouillard, R.F. and Lathan, C.P. (1967) : Borehole Logging Methods for Exploration and Evaluation of Uranium Deposits, Geophysical Survey Canada, Economic Geology Report, No. 26, pp. 401-415
- Enhorz, G.G., Hilborn, J.W. and Mohon, M.C. (1953) : The Determination of Uranium and Thorium in Ore, Canada, J. Phys. 31, pp. 613-628

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent and reliable data collection processes to support effective decision-making.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and reporting, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data security and privacy. It stresses the importance of implementing robust security measures to protect sensitive information from unauthorized access and breaches.

5. The fifth part of the document discusses the importance of data quality and integrity. It notes that high-quality data is essential for generating accurate insights and making informed business decisions.

6. The sixth part of the document explores the role of data in strategic planning and performance management. It explains how data-driven insights can help organizations identify trends, set goals, and track progress over time.

7. The seventh part of the document discusses the importance of data literacy and training. It emphasizes that all employees should have a basic understanding of data and how to use it effectively in their work.

8. The eighth part of the document concludes by summarizing the key points discussed and reiterating the importance of a data-driven approach to organizational success. It encourages ongoing learning and improvement in data management practices.

9. The ninth part of the document provides a detailed overview of the data collection process, including the identification of data sources, the design of data collection instruments, and the implementation of data collection procedures.

10. The tenth part of the document discusses the various methods used for data analysis, including descriptive statistics, inferential statistics, and regression analysis. It explains how these methods can be used to interpret data and draw meaningful conclusions.

11. The eleventh part of the document focuses on the use of data visualization techniques to present complex information in a clear and concise manner. It discusses various types of charts, graphs, and dashboards that can be used for data visualization.

12. The twelfth part of the document discusses the importance of data governance and the role of data stewards. It explains how data governance frameworks can help organizations manage data effectively and ensure compliance with relevant regulations.

13. The thirteenth part of the document discusses the role of data in customer relationship management (CRM). It explains how data can be used to understand customer behavior, personalize marketing efforts, and improve customer service.

14. The fourteenth part of the document discusses the role of data in supply chain management. It explains how data can be used to optimize inventory levels, improve logistics, and reduce costs throughout the supply chain.

15. The fifteenth part of the document discusses the role of data in human resources management. It explains how data can be used to attract and retain top talent, improve employee performance, and reduce turnover.

16. The sixteenth part of the document discusses the role of data in financial management. It explains how data can be used to monitor financial performance, identify trends, and make informed investment decisions.

17. The seventeenth part of the document discusses the role of data in risk management. It explains how data can be used to identify potential risks, assess their impact, and develop strategies to mitigate them.

18. The eighteenth part of the document discusses the role of data in innovation and research. It explains how data can be used to identify new market opportunities, develop new products, and improve existing ones.

19. The nineteenth part of the document discusses the role of data in sustainability. It explains how data can be used to monitor environmental impact, improve resource efficiency, and promote social responsibility.

20. The twentieth part of the document concludes by summarizing the key points discussed and reiterating the importance of a data-driven approach to organizational success. It encourages ongoing learning and improvement in data management practices.