

電気探査と地下水研修

村上 裕・武居 由之(物理探査部)

Yutaka MURAKAMI・Yoshiyuki TAKEI

1. はじめに

地質調査所が発展途上国における地下水資源開発技術者を訓練・養成し、技術の向上を図ることを目標に、昭和42年から毎年実施してきた地下水資源開発集団研修コースも、昭和62年度で第21回目を迎えた。昭和63年度には、いままでの研修生のなかから選抜してアドバンスド・コースを開くことが計画されている。

地下水研修コースにはいくつかの実習科目がもうけられている。河川流量測定実習、地下水位測定実習、ボーリング実習、揚水試験実習、水質分析実習、地質巡検などの科目とならんで電気探査実習がある。電気探査実習は昭和42年のコース創立時から休まず続けてきた重点科目の一つである。

地下水調査の方法は予備調査、測水調査、探水調査、揚水調査の4つの段階を経て次の地下水管理の段階へ進む。探水調査の段階で最も望ましい方法は物理探査であろう。物理探査はその成果として得られる物性量の分布が断面図あるいは等高線図などの形で表現され、地表地質調査結果と結びついて地下を解明する有力な手段となることができる。

地下地質構造調査には、一般に弾性波探査法が多く用いられているが、対象が地下水となれば電気探査法が断然多くなっている。電気探査手法の習得は地下水開発に欠かせないものの一つである。

電気探査実習のフィールドとしては地下地質がおおむねわかっており、かつ単純である地点が望ましい。地質調査所が川崎市溝の口にあった頃は多摩丘陵や多摩川河川敷、さらに足をのぼして相模原や岐阜県瑞浪、いわき市夏井川沿い、富士市浮島ヶ原、一関市北上川などを実習地として選んできた。昭和54年に地質調査所が筑波に移転してからは実習地を地質調査所の位置する工業技術院筑波研究センターの敷地内に置いているが、筑波周辺に適切なフィールドの選定を検討している。

近年のパーソナルコンピュータの進歩によって、電気探査の解析は非常に容易になった。測定によって得られた探査曲線は、従来は補助曲線を用いて解析していたが、この方法では、作成したモデルが本当に観測探査曲線を説明しているのか確認するすべがない。パソコン

は、多層モデルの理論探査曲線を簡単に計算してくれるだけでなく、観測探査曲線と理論探査曲線を画面上にグラフィック表示してくれるため、両者のフィットを確認しながらモデルの逐次修正ができる。パソコンを使ってインバージョン技術による自動解析も可能であるが、計算機にたよることなく自分でモデルを作ることはいい勉強になる。

幸い探査曲線の解析にパソコンを用いた授業は、研修員の間で大いに好評を得ている。研修コースで使用したパソコン用プログラムは、地質調査所研究資料集として公開している。

近年の電気探査における変化は解析法だけではない。測定装置にもマイクロコンピュータを組み込んだ機種が登場し、測定技術も格段に進歩した。地質調査所も最新のデジタル型探査装置を導入し、地下水研修に用いている。

以下に、電気探査の簡単な説明と、地下水研修コースの電気探査実習について紹介する。最近の電気探査についての解説はあまりないので、お役にたてば幸いである。また、電気探査の適用性について経験の深い方々から研修方法についてご意見ご教授いただければ幸いである。

2. 地下水と電気探査

電気探査の地下水調査への応用についてあまり御存じないかたのために、まず地下水の電気探査について簡単に説明しよう。

地下水の電気探査については、志村馨著の「電気探査法—近代的地下水調査の技術—」(昭晃堂 1964)という有名な本がある。電気探査装置に関する章など内容が若干古くなったところもあるが、電気探査とその地下水探査への応用について詳しく書かれた著書である。山本莊毅著「新版地下水調査法」(古今書院 1983)にも電気探査について簡単な説明がある。

電気探査について日本語で書かれたテキストは、残念ながらあまりない。物理探査全般について書かれた物理探査学会の10周年記念特集号(1958)や20周年記念特集号(1968)とか、土質工学会の「土と基礎の物理探査」

(1981)などの電気探査の項が参考になる程度である。

変わったところでは 高橋健彦著・川瀬太郎 監修の「図解接地技術入門」(1986)においても電気探査の解説がなされている。各種電気設備の接地においては接地設計に必要な大地パラメータの推定のために電気探査が実施される。また接地抵抗を測る接地抵抗計は電気探査装置の親戚である。この分野にはほかに類書をいくつかあげることができる。

英文で書かれた電気探査のテキストはいくつかある。ここでは地下水探査への適用を論じた Zohdy 他 (1974) を挙げるにとどめる。

地下水調査に対し電気探査は物理探査の中で比較的高い適用性を示す。これは帯水層と難透水層の比抵抗が異なることにもとづくが、地層の比抵抗を決める要因は複雑であり、解釈には経験を要する。

志村 (1964 p. 63-65) は比抵抗値による透水層と不透水層との識別に関して、地層を

- (1) 砂・れき・砂岩のように孔隙率も浸透係数も十分大きい透水層
- (2) シルト・粘土のように孔隙率が大きく含水性は大きいが、孔隙そのものが小さいため重力水の流動がほとんど行われな難透水層
- (3) 堅ちな岩盤で孔隙は極微、数も少なく、孔隙率・浸透係数は零に等しい非透水層

の3つに区分した場合

- (1) 100Ωm 以下の比抵抗値をもつ岩石は不透水層(非透水層及び難透水層)とみなすことができる。
- (2) 1,000Ωm 以上の高い比抵抗値を示す岩石は、非透水層に属する火成岩・変成岩(いずれも新鮮な場合)か透水層に属する岩石で乾燥状態にあるものである。
- (3) 地下水面下において 1,000Ωm 以上の比抵抗値を示す岩石は、ある種のれき層(主に扇状地れき層)を除き非透水層に属する岩石である。
- (4) 帯水状態にある透水層の層比抵抗は、ある種のれき層(主に扇状地れき層)を除き 100~1,000Ωm である。

と記している。

Zohdy et al. (1974) は、地下水調査への電気探査の適用例として、地下の水みち(stream channel)の調査、地下水面調査、粘土層調査、フレッシュな水と塩度の濃い水の環境調査について実例をあげて説明している。

電気探査は大地の比抵抗構造を知ることが目的であるが、一般的に高比抵抗のものよりも低比抵抗のものの方が検出の可能性が高い。探査の対象が低比抵抗を示すものであれば、電気探査による低比抵抗帯の検出が目的のものとなる。これを直接探査といい、電気探査の

適用の理想的な状況である。しかし、地下水の場合は必ずしも低比抵抗が地下水の存在を示すとは限らない。比抵抗構造の調査から地下水の賦存形態を推定するという間接探査となる。

日本では地下水はあまりイオン分を含まず、比抵抗値は高い。しかし、諸外国においては地下水のイオン濃度が高く、比抵抗がかなり低いケースがある。このような環境では、低比抵抗帯の検出が帯水層そのものを示す場合があり、直接探査的となる。

3. 電気探査法

地下水調査は、電気探査の応用としては比較的低い方の探査に属する。一般的に言って、浅部の探査の方が深部の探査よりも簡単である。探査装置も小型で済み、データの解析も簡単であるからである。

測定点の地下の比抵抗の深度変化を調べることを垂直探査という。垂直探査は、大地が水平層状の地層構造を示すことを前提としている。すなわち大地の比抵抗は深度方向にのみ変化し、水平方向には変化しないと仮定する。これを一次元大地とよび、一次元大地を仮定した解析を一次元解析とよぶ。勿論、無限遠まで層状である必要はなく、探査深度の数倍程度の水平的な広がりがあればよい。浅部の探査においては、このような条件の場所を見つけるのはさほど難しくないとはいえよう。

ところが、深部の探査になると、例えば探査深度が1 km とすると、数 km 程度の水平的広がりをもつ構造であることが望ましい。しかし、このような広い範囲において同じ地質構造単位であることは、特に日本のように地質構造が細かく複雑である地域では、難しい。従って、深部の探査においては、地質が水平方向に変化することを許した、2次元ないし3次元モデルを用いた解析が必要となり、より高度な技術が必要となる。

垂直探査における電極配置としては、シュランベルジャ法配置、ウェンナー法配置がよく用いられる。どちらも2個の電流電極 C_1 、 C_2 と2個の電位電極 P_1 、 P_2 の合計4個の電極を左右対称に配置する、対称型4極法配置に属する。図1にそれぞれの電極配置図を示す。

2つの電流電極から流した電流量が I (アンペア)、2つの電位電極間に測定される電位差が ΔV (ボルト) であるとき、電位差 ΔV と電流 I の比 R を抵抗と定義する。

$$R = \Delta V / I$$

電気探査装置の中には ΔV と I をそれぞれ測定し、 R は割り算して求めるものと、初めから比の値 R を求め

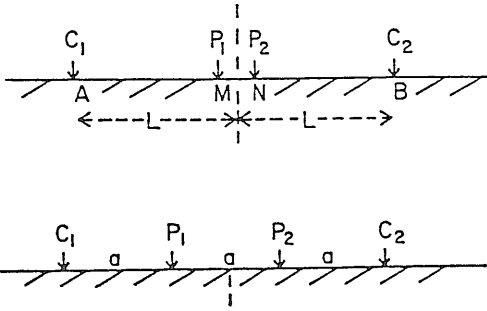


図1 シュランベルジャ配置とウェンナ配置

るものがある。

見掛比抵抗 ρ_a は この抵抗 R に電極配置係数 K をかけて得られる：

$$\rho_a = KR$$

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)$$

シュランベルジャ法配置の場合は2つの電流電極を A B 2つの電位電極を M N とよぶのが普通である。

電位電極間距離 MN は電流電極間距離 AB の $1/5$ 以下にとる。 MN をこの程度短くとると電位電極 MN 間の電位差を距離 MN でわった値は AM の中点 O での電場とみなすことが出来る。 $AB/2$ を L $MN/2$ を l で表すと電極配置係数 K は

$$K = 2\pi(L^2 - l^2)/l$$

となる。

シュランベルジャ法垂直探査の場合は L を順次拡大して測定を繰り返すが その際 l はなるべく固定する。しかし L にくらべて l が非常に小さくなると電位差がきわめて小さくなり測定が困難となる。このとき l の値をより大きな値に変更して測定を続ける。大地が水平層状で l が L の $1/5$ 以下であればこの変更によって見掛比抵抗の値は変わらない。

しかし M 極や N 極の近傍に比抵抗異常があって電流の流れが乱れていると l の変更により見掛比抵抗の値が異なってしまう。そこで l を変更するときは変更前の l と変更後の l の両方で測定して変化の度合を調べる。両者の値が異なるときはブランシフト等の処理を行なう必要がある。

ウェンナ法配置は4つの電極 C_1, P_1, P_2, C_2 の間隔を同じ値 a にとる等間隔配置である。ウェンナ法配置の電極配置係数 K は

$$K = 2\pi a$$

と簡単である。

ウェンナ法配置の方がシュランベルジャ法配置よりも

電位電極間隔が大きく測定される電位差も大きい。旧式の電気探査装置で測定感度があまり高くはないときはウェンナ配置の方が無難である。低比抵抗地域では電位差は非常に小さくなるため(測定電位差は比抵抗に比例する)シュランベルジャ配置では測定が難しくなることがある。

ウェンナ法配置の場合電極間隔 a を変えるたびに4つの電極をすべて動かす必要がある。シュランベルジャ配置の場合電位電極はなるべく動かさないので電極の移動量はシュランベルジャ配置のほうが少ない。浅部探査の場合この移動量の大小はあまり関係ないが深部探査になると電極移動の作業量は莫大となりシュランベルジャ配置の方が有利である。

探査深度は電流電極と電位電極の間隔で決まる。シュランベルジャ配置では探査深度を表す量として電流電極間隔の半分すなわち $AB/2$ が用いられる。これは電流電極間隔の半分が意味をもつわけではない。電流電極 A, B のほぼ中点に電位電極があるため電流電極—電位電極間隔が $AB/2$ となるためである。

電気探査は電磁法探査に比べて適用法は楽であるがしかし場所を選ぶことは重要である。断層などの大規模な構造境界の近くで垂直探査を行っても1次元解析では誤った答えを出すかもしれない。

地表面に局所的な異常が多いところでの調査は注意が必要である。電線のアースがあるところも注意せねばならない。ガードレールやフェンスも要注意である。

道路沿いに測線をとるときは道路の下に何か埋まっていないか上を見上げて電線にアースが無いかなどの注意を払わなければならない。もし道路の片側に電線やガードレールがあれば道路の反対側に測線をとるとよい。

パワーラインのノイズも重要である。ノッチフィルタ等によるノイズ対策のなされていない装置の場合では市街地での測定が非常にばらつくことがある。

4. 電気探査装置

地質調査所における電気探査の研究の歴史は古く数多くの探査装置が用いられてきた。世代交替によってすでに廃棄されたものも多い。

現在も使用可能なものは横河電機製の大地比抵抗測定器3244型装置(昭和43年度購入)応用地質製のES-G1型装置(昭和46年度購入)パイソン社製の大地比抵抗計(earth resistivity meter)2350B(昭和54年度購入)である。

近年のデジタル型電気探査装置の登場により 電気探査装置の新たな世代交替が進みつつある。地質調査所も昭和62年度に応用地質製のデジタルスタッキング型電気探査装置 McOHM2115 を導入した。

従来 電気探査装置は直流型と交流型の2種に大別されてきたが 近年では直流型の機種は殆ど使用されなくなった。交流型はさらにギッシュルーニ型とメガー型の2種に大別される。ES-G1は前者に 3244 や 2350 Bは後者に属する。

ギッシュルーニ型はモータ駆動で回転する二重整流子(ダブルコンミュテータ)を用いるところに特色がある。多数の乾電池を直列につなぐなどして得た直流高圧電源の極性をコンミュテータの回転によって切り替え 数〜数十ヘルツの交流に変換し 一對の電流電極から大地に通電する。通電電流量は電流計で測定する。電位電極間に受信される交流電圧をもうひとつのコンミュテータで整流し直流電圧とし 直流電位差計で測定する。コンミュテータで流すことのできる電流は0.1〜0.2A程度である。

応用地質のES-G1はコンミュテータを用いていることからギッシュルーニ型に属すると考えられるが コンミュテータと半導体制御整流素子を組み合わせて大電流(3A)を流すことができるように改良されている。

メガーとは接地抵抗測定器の商品名であったが これを大地比抵抗測定用に改良したものをメガー型と称している。手回しの発電器を内蔵していることと 通電電流と受信電圧を別々に測定するのではなく 電圧と電流の比すなわち抵抗を直接読みとることができるように工夫されていること等を特徴とする。本来はメータ指針で抵抗値を読みとるいわゆる偏位型装置であったが 電位測定回路にごくわずかであるが電流が流れるため 電位電極の接地抵抗により測定値が影響を受けるという欠点を有していた。そこで指針を零にあわせて電位測定回路に電流が全く流れない平衡状態で抵抗値を読みとる零位型装置が開発された。

かつて広く用いられたL-10型大地比抵抗測定器は零位メガー型測定器の代表であったが 手回し発電器を電源としているため発電電力は3W程度と小さく 探査深度は50m止まりであった。L-10の後継器として開発された横河電機の3244型は 発電電力を最大30Wと向上させ 探査深度200mを可能とした。3244型の電源は12V電池(乾電池8個または自動車用蓄電池)とトランジスタ式低周波パワーインバータを用いている。乾電池は内部抵抗が高いため出力9W程度しか出せないが 蓄電池を用いると出力約30W 最大電流500mAの性能となる。

パイソンの2350Bは海外では広く使われている機種であるが 5.4Vの水銀電池や90Vの乾電池3個など特殊な電池を使用するため 電池の補給を常に注意しなければならない。Morgan and Aspinall(1985)は 5.4V電池を入手しやすい9V電池に交換する改造法を紹介している。電流は最大30mAである。90Vの電池は外付けの電源に交換可能である。

このように交流型装置は 浅部探査における標準的な探査装置であるが 以下にその短所を列記する：

- (1) 電位電極の接地抵抗が10kΩ以上あるとき 読み取り値が不正確となる。
- (2) 強い電磁応答やIP応答が存在したとき その影響を除去できない。
- (3) 信号検出能は直流型よりも高いが それでもパワーライン等のノイズの大きい場所ではかなり影響をうけてしまう。
- (4) 見掛比抵抗が直読できないため 測定ミスがあっても気がつかないことがおおい。

デジタル型電気探査装置は 最近の電子回路技術やデジタル技術の導入により 従来のアナログ型測定器とは比較にならないほどの精度を誇っている。以下にその特長を列記すると：

- (1) 高入力インピーダンス(1MΩ以上)のプリアンプを置くことにより 電位電極の接地抵抗に影響されなくなった。
- (2) 受信波形の電磁応答やIP応答の影響を受けていない部分を測定する。(IP応答の部分と同時に測定することもできる。比抵抗情報だけでなくIP情報も取得することにより より精密な地下構造解析が可能となる。)
- (3) 加算平均(スタッキング)等のデジタル技術により S/N比が格段に向上した。
- (4) デジタル表示により 読み取りミスを避けることができる。

McOHM2115は 国産で初めてのデジタルスタッキング型電気探査装置である。12V蓄電池を電源とし 最大電流200mA 出力約80Wの能力を有する。パワーラインノイズ(50/60Hz)の除去比も90dBと高く 市街地などのノイズの高い場所でも信頼性が高い。結果がデジタル表示され 目盛りの読み間違いがないことも大きな魅力である。

以上 浅部の電気探査装置について簡単に解説したが より深部の電気探査にはより大がかりな装置が用いられていることを最後に付記する。

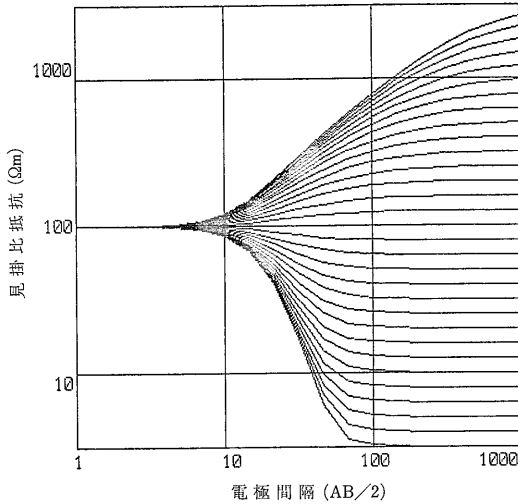


図2 シュランベルジャ法2層理論曲線

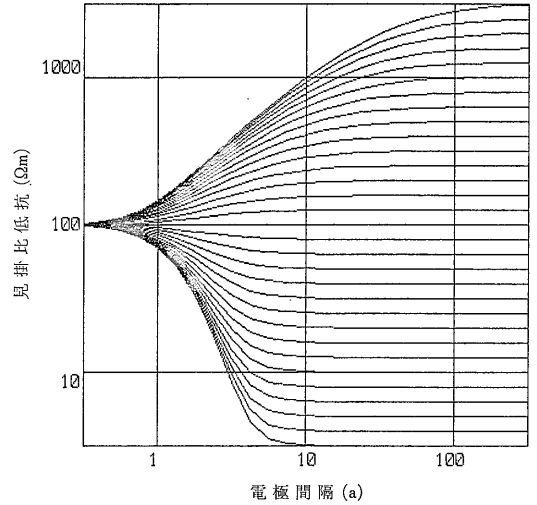


図3 ウェンナー法2層理論曲線

5. 探査曲線と解析法

見掛比抵抗を縦軸に 電極間隔を横軸にとって両対数紙にプロットしたものを探査曲線という。

図2にシュランベルジャ法の2層理論探査曲線を示す。横軸の電極間隔は $AB/2$ である。大地モデルは第一層の比抵抗が $100\Omega m$ 層厚が $10m$ であり 第二層の比抵抗を対数的に等間隔に一桁10段階に変更した。各段階の値は 1 1.3 1.6 2 2.5 3.2 4 5 6.3 8 となり 都合がよい。

図3にウェンナー法の2層理論探査曲線を示す。横軸の電極間隔は a である。大地モデルは第一層の比抵抗が $100\Omega m$ 層厚は $1m$ であり 第二層の比抵抗を図2と同じく変更した。

ウェンナー法の探査曲線が シュランベルジャの探査曲線よりも前に動き始めるのは ウェンナーのときには電極間隔が a のとき $2a$ の情報も混在しているからである。

探査曲線の1点のみが大きくずれているときは まずプロットミス 読み取りミス 電極間隔の計測ミスを疑うべきである。変化は急激であるが その前後の点で系統的に変化している場合などは 浅部の異常によるものと考えられる。深部の構造による見掛比抵抗の変化は急激ではない。

探査曲線の解析法としては 従来から2層標準曲線と補助曲線を用いた図式解法が用いられてきたが 最近ではコンピュータを用いた解法が主流である。見掛比抵抗の計算は従来は大型計算機を用いてもかなりの計算量を必要としたが リニアフィルタ法とよばれる計算手法

の導入により計算が非常に簡単となり パーソナル・コンピュータによっても非常に簡単に計算できるようになった。

パーソナルコンピュータは大型計算機と違いグラフィックス機能を標準的に装備している。グラフの表示を交えた対話型処理を行なう場合 パーソナルコンピュータの方が大型計算機よりも適しているといえる。

電気探査の探査曲線の解析などは パーソナルコンピュータの計算能力で十分であり パーソナルコンピュータの電気探査解析への導入は当然といえる。図2, 図3の理論探査曲線は PC9801 を用いて計算し画面上にプロットしたものである。

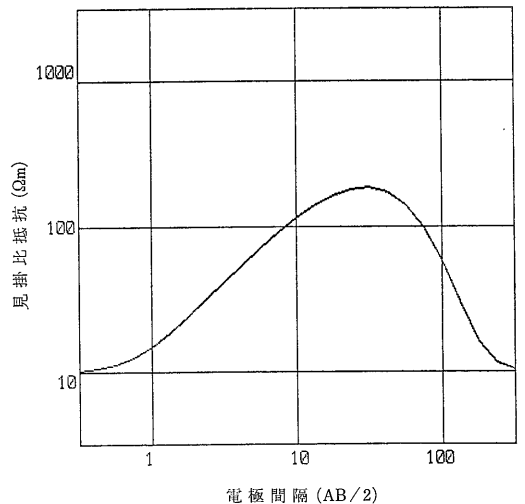


図4 等価モデルの例

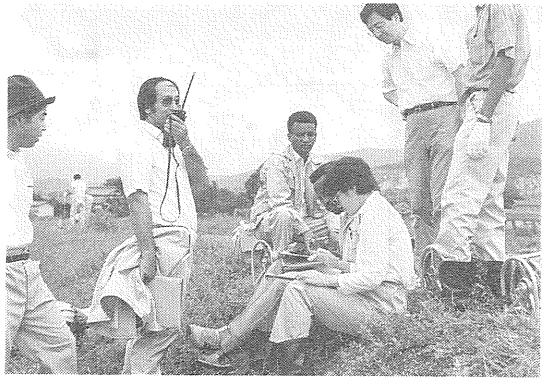


写真1 実習風景。電気探査装置を操作しているところ。測線を道路沿いにとったところ 測線がフェンスに近すぎて測定値に影響が出たため 測線を道路の反対側に移した。

写真2 実習風景。測定値を野帳に記入し無線で電流極の移動を指示しているところ。

電気探査データによる層構造解析において等価層の問題があることが意外と知られていない。大地モデルのある層の比抵抗と厚さのある関係を満たしながら変化させても 地表面の電気探査で得られる探査曲線は殆ど変わらないという等価層が存在する。

図4に典型的な等価層の例をウェンナ法探査曲線の場について示す。図に示したのは2つの3層大地モデルの理論探査曲線であるが 両者は殆ど重なり合っており区別できない。大地モデルは両者とも第一層の比抵抗は $10\Omega\text{m}$ 厚さは 1m 第三層の比抵抗は $10\Omega\text{m}$ である。第二層の比抵抗と層厚は第一モデルでは $1,000\Omega\text{m}$, 9m であり 第二モデルでは $2,000\Omega\text{m}$, 4.5m である。第二層の比抵抗と層厚の積が等しいこの2つの大地モデルの探査曲線は殆ど一致している。

比抵抗のコントラストが大きい程 また層厚が薄い程 等価の範囲が大きくなる。第一モデルの場合 第二層の比抵抗は第一層の比抵抗の 100 倍である。見掛け比抵抗は $a = 1\text{m}$ 以降で急速に上昇を示すが 第二層の比抵抗 $1,000\Omega\text{m}$ に達する前に 第三層の影響で下がり始める。このような場合 第二層の比抵抗値の決定にはどうしても不定性が生じてしまう。そして このような半分隠れた層が存在すると それ以下の層の深度の見積りに不定性が生じる。しかし 第二層の比抵抗と層厚の積の値については確定した値が求まっている。

以上述べた等価層は比抵抗と層厚の積が一定の例であった。これはその層の下側の層の比抵抗が より小さい場合に於てはまる。下側の層がより高比抵抗の場合 は層厚と比抵抗の比が一定という等価則が於てはまる。

等価モデルは3層モデルの第二層の等価層を考えると

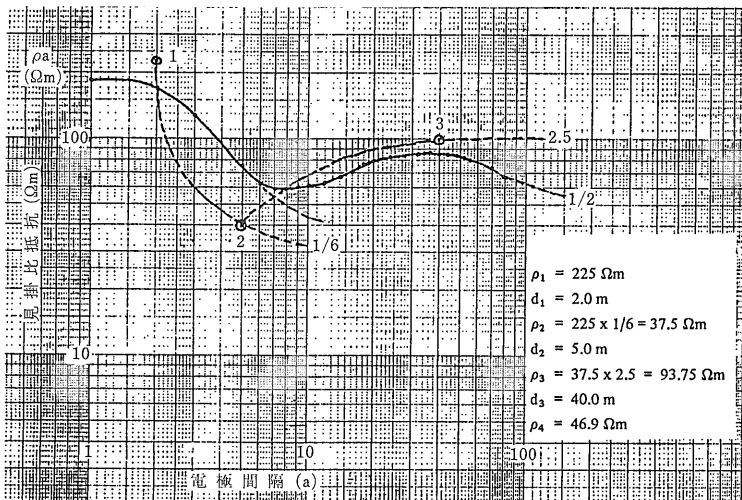


図5 測点 GW872 のウェンナ法探査曲線の解析。従来の図式解法による。

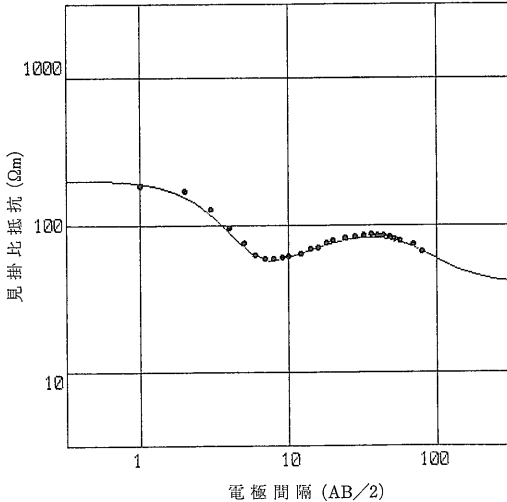


図6 測点 GW872 のウェンナ法探査曲線の解析. パソコンを用いた解法による.

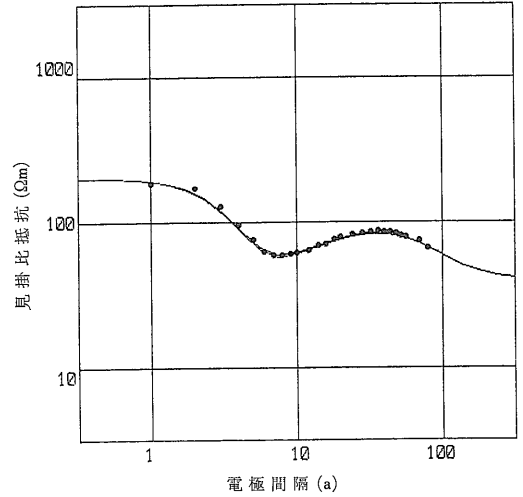


図7 等価モデルの作成

わかりやすい. 3層モデルは比抵抗の大小により4つの種類に分類できる. シュランベルジャ法の場合における4種の3層モデルの等価層の例を村上(1985)に示しているので興味のあるかたは参照されたい.

6. 電気探査研修

昭和62年度の電気探査の研修は9月9日~14日に行なった. 研修生は11名で中国 エチオピア マリ ネパール オマーン フィリピン セネガル スーダン ザイルから派遣されてきた人たちである. フィールドの実習は筑波研究センターの敷地内でウェンナー法電気探査を3点 筑波周辺の小田地区でシュランベルジャ法電気探査を1点実施した. 探査曲線の解析は研修センターにパソコンを持ち込んで行った.

写真1と2にフィールド実習風景を示す.

測定データは 両対数紙にプロットし まず従来から行われているように補助曲線を用いた図式解法による探査曲線の解析を行った. 図5に測点 GW872 の解析結果を示す (JICA, 1987).

探査曲線は a が 8 m のあたりで極小 40 m のあたりで極大を示しており 4つの比抵抗層を検出している. 図式解法の結果 $\rho_1=225\Omega m$ $\rho_2=38\Omega m$ $\rho_3=94\Omega m$ $\rho_4=47\Omega m$ $d_1=2 m$ $d_2=5 m$ $d_3=40 m$ という値を得た.

図6にパソコンを用いた解析結果を示す. 何度かのモデルパラメータの修正を行い $\rho_1=200\Omega m$ $\rho_2=30\Omega m$ $\rho_3=110\Omega m$ $\rho_4=40\Omega m$ $d_1=2.1 m$ $d_2=6 m$ $d_3=40 m$

という値を得た. パソコンによる解析の場合 自分の作成したモデルが観測値とどこまであっているか確認することができるので安心である.

この解析結果の場合 隣接する層の比抵抗比はそんなに大きくないので 等価の範囲もあまり大きくない. しかし 等価の原理を用いて 比抵抗や深度の微調を行うことができる. 隣接する探査曲線の解析結果からある層の比抵抗をある値に統一したいとか 深度がばらばらであるのをなだらかな変化に修正したいとき 等価の原理をもちいるといい.

例えば $d_2=6 m$ をもう少し深く 6.5 m に修正したい

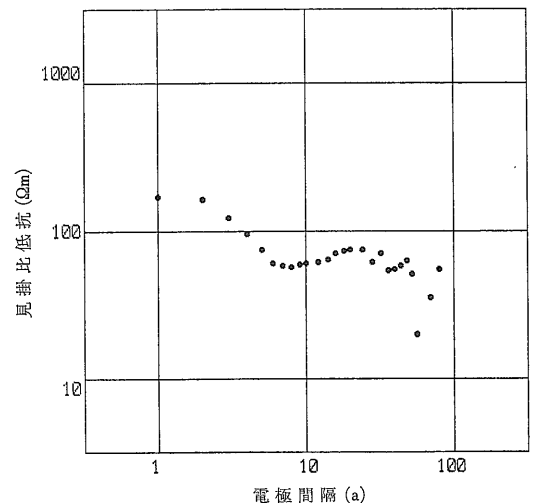


図8 ノイズの大きいウェンナ法探査曲線の例 aが30m以上でデータが大きくばらつきがみられる

としよう。 ρ_3 は ρ_2 よりも大きいので第二層に関しては層厚と比抵抗の比が一定という等価則がなりたつ。

第二層の層厚は $6-2.1=3.9\text{m}$ でありこれを 0.5m 増やして 4.4m にすると等価層の比抵抗は $30 * 4.4/3.9 = 33.85\Omega\text{m}$ となる。 図7に2つのモデルの理論探査曲線を示す。 どちらも測定のプロック曲線とよく一致しているといえるであろう。

この実習には新しいデジタルスタッキング型電気探査装置を用いた。 スタッキングの効果により測定値の信頼度は高い。 ゲイン設定も自動で結果がデジタル表示されるので読み取りミスもない。 図6を見ても探査曲線は非常に明確につながっているのがよくわかるであろう。

またパワーラインの 50Hz ノイズに対する対策も施されている。 図8に従来機種と同じ測点でウェンナー法垂直探査を実施した結果を示す。 a の大きいところで非常に乱れているのは読み取りミスではなくパワーラインのノイズのせいと考えられる。

7. おわりに

電気探査は地下構造の調査において広い適用範囲をもつ有力な手法である。 昔から用いられてきた確立された探査方法であるが近年になって測定装置のデジ

タル化や解析にパソコンを導入するなど大きな変化があり探査能力は格段に向上した。 現在も改良の努力が続けられている。

地下水研修の電気探査実習にもこれらの成果をどんどんとり入れて実りの多いものにしてゆきたい。

文 献

- 土質工学会編 土と基礎の物理探査 応用編第4章 地下水 232-254.
 Japan International Cooperation Agency (1987); Technical Reports on Group Training Course in Groundwater Resources Development, 国際協力事業団
 村上 裕 (1985); 電気探査法 号外地球 No.1 物理探査法—技術と応用— p. 60-66 海洋出版.
 Murakami, Y. (1987); Computer program for processing and interpreting Schlumberger and Wenner resistivity data, Openfile report No. 42 Geological Survey of Japan.
 志村 馨 (1964); 電気探査法—近代的地下水調査の技術— 昭晃堂.
 高橋健彦 川瀬太郎 (1986); 図解接地技術入門 オーム社
 山本荘毅 (1983); 新版地下水調査法 古今書院.
 Zohdy, A. A. R., Eaton, G. P., and Mabey, D. R., 1974, Application of surface geophysics to ground-water investigations, Techniques of water-resources investigations of the U. S. Geological Survey, Book 2, Ch. D1, USGS, pp 116.

最近中国で発見された新鉱床 No. 10

岸 本文 男 (地質相談所)

XXXXVI 内蒙古で大理石鉱床

内蒙古自治区地質鉱産局 105 隊は一つの大理石鉱床を探査試錐で確認し バランスシート内鉱量が 133.61m^3 地質鉱量が 98.84m^3 の大理石を獲得した。

この少林溝の大理石鉱床は始生代烏拉山層群小林溝果層の斜長石片麻岩が挟有する大理石で 蛇紋石化大理岩部分に賦存し 鉱体は層状で 上・下盤の岩層の走向、傾斜と基本的に一致している。

喬存起 (中国地質報 1987. 3. 20)

XXXX 江西省は石灰石が豊富

江西省地質鉱産局はその力を集めて石灰石の調査を進め 2年4カ月の工作によって 予想鉱量を含め 侵食規準面以上に賦存するセメント・溶剤・石灰・カーバイト用の石灰石埋蔵量が江西省では $2,800$ 億 t に達することを明らかにした。 その中の90%以上がセメント製造用の石灰石で占められている。

西明 (中国地質報 1986. 8. 4)

XXXXI 雲南省で大型アンチモン鉱床を発見

中国有色金属工業総公司の西南地質勘探公司 306 地質隊は 兄弟機関がかつて調査した結果を基礎に 雲南省広南県で4年間の鉱床探査によって大型アンチモン鉱床を発見し 試錐探査で確認した。 鉱体は連続性に富み幅が広く 品位が高く 平均 Sb 品位は 5.24% に達している。 胡忠坤 (中国地質報 1987. 8. 28)

XXXXIV 遼寧省大連のダイヤモンド

遼寧省地質鉱産局第六地質隊は大連頭道溝鉱区で 世界でも珍らしい四面体のダイヤモンドを発見した。 その中には 7個の宝石になる四面体のダイヤモンドも含まれている。 ダイヤモンドは一般に八面体と十二面体で存在し 地球上に四面体のダイヤモンドが存在するかどうか 各国の鉱物結晶学者の論争を呼ぶ問題である。

遼寧省地質鉱産局第六地質隊は 四面体のダイヤモンドを発見することによって 中国の鉱物結晶学の一つの空白を埋めたのである。 華吉田 (中国地質報 1986. 8. 22)