

地質調査所における物理探査

深部物理探査の研究

今日世界のすう勢は 比較的発見の容易な浅部の地下資源から 深部の地下資源の探査へと向かっている。わが国においても 深部の油田 炭田 地熱 地下水 金属鉱床などの開発が問題となっており 深部探査技術を促進させることが大いに要求されている。

このため 地質調査所においても従来から 深部まで探査を可能にする色々の物理探査技術の研究を 特別研究として行っている。この研究は地震探査 電気探査の基礎研究をもととし 新しい探査装置 探査方法 解析法 地質的解釈法などの実用化を目標として進められ また 各種の対象に対する深部探査の適応性をも検討することである。

これは昭和34年度から計画的に着手され まず 新しい磁気録音式地震探査装置の製作整備が行われ また 新潟県東三条 秋田県申川の油田地帯 および東京都大島を研究フィールドとして 現地実験が実施された。

次に 昭和34年度に実施された研究のうちから 2, 3 のテーマについて説明しよう。

1. 遅延爆発法の研究

この方法は日本油脂KKの協力を得て行われたものである。原理は地震探査において 従来のように火薬を1度に爆発する代りに 上部から次第に遅らせて爆発させる方法である。この遅延時間を丁度穴の周囲の地層内を 地震波が伝播する速度と等しくすると 第1図のような指向性を生ずることが 理論的に考えられる。地震探査において利用されるのは 爆発点から下方に向かう波だけであるので これは経済的に有利であるばかりでなく 妨害波を少なくして精度をあげ 深部の地下構造を調査するのに役立つものとして期待される。

2. 群設置法および多孔爆発法の研究

数個の受振器の出力を混合するのを群設置法 数孔の爆発を一度に行うのを多孔爆発と称している。

これらは何れも反射波を大きくし 妨害波を小さくするのに効果があり とくに深部の地下構造を探索する反射法では用いねばならぬ方法である。

表面波のような伝播性の妨害波の消去率については 群設置や多孔爆発の個数や配置分布が判れば理論的に計算される。これらの理論を野外実験によって証明することは 今後 群設置法や多孔爆発法を野外で実施する上に役立つものと思われる。第3図は申川地域の実験でとられた地震探査の記録である。表面波が受振器間隔 $\Delta x=1.00\text{m}$ と 2.00m とを境にしてよく消され 反射波が現われているのが明瞭に見られる。これは理論上からも期待されていたことである。

また これらの実験地においては反射波記録の詳しい解析を行い 深部地下構造を明らかにし 油田 ガス田 構造探査のモデルとした。これらの資料は該地域における今後の探査に有効なものとなっている。

3. 垂直電気探査法の研究

電気探査は金属鉱床 地下水などに広く用いられているが 可探深度が小さいのが従来欠点とされていた。そこでなるべく多くの直流を大地に流し また高感度の電流計を使用するなどして観測器材の改良を行い さらに電極配置についても検討して 可探深度を増す方法が研究されている。

大島で行われた実験は 三原山中腹地帯 三原山カルデラ内で行われ 測定上の問題として接地抵抗の高い地域の資料を得ること さらに この地域の地下構造を探索することであった。

この方法では 電極間隔を1km以上にもすることによ

り 従来の深度の数倍の地下構造を知ることができる。

第4図はその結果得られたVES曲線(垂直探査曲線)およびこの曲線から解析されて求められた地下の比抵抗値である。

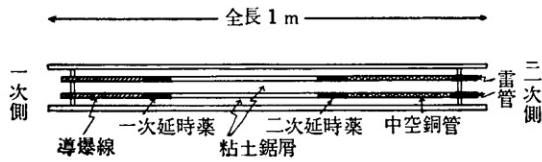
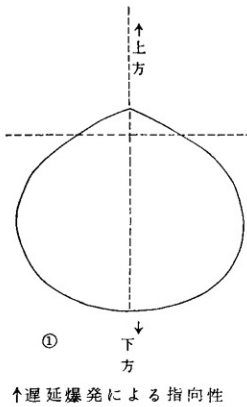
比較的比抵抗の地域が カルデラ内の深度2~300m以下に存在することが発見されたが これは地下水乃至温泉によることが試錐によって明らかにされた。

この方法は 流電装置 観測装置をさらに改良することによって より以上の深部の探査が可能であって 将

来 電気探査による深部探査は 大いに期待されることであろう。

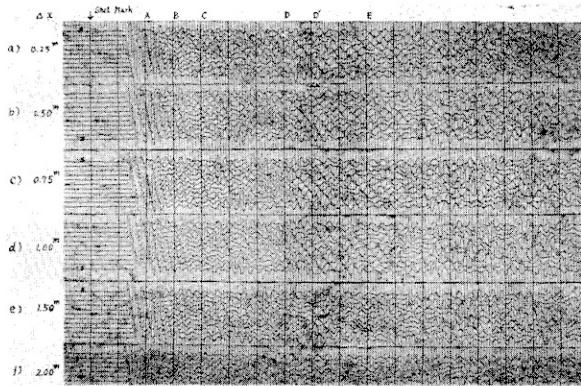
以上の研究は深部の地下構造を より明らかにする手段としての物理探査の一部の研究にすぎない 現在欧米をはじめソ連においても この種の基礎研究はめざましく新しい方法の実用化に大いに努力している。

この研究はその規模においては必ずしも大きくはないが わが国の地質条件によく適合した独特の物理探査法を開発する上に貢献するものと思われる。



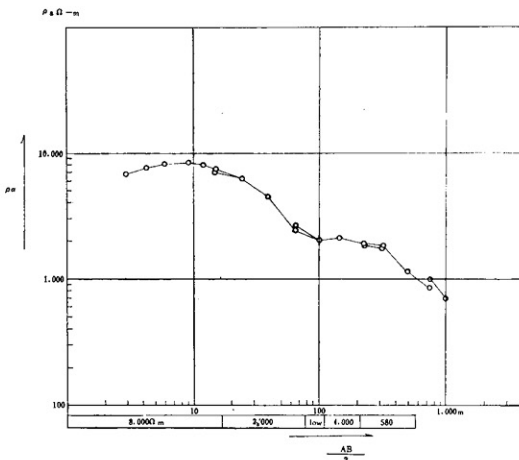
② マイクロセコンド遅延管の構造

↑ 一次側 二次側にはそれぞれ爆薬(ダイナマイト)が適当な方法で接続され 一次側の爆発によって 誘爆した導爆線が 一次延時薬および二次延時薬を誘爆させる過程で 延時薬の爆ごうガスを適当に利用して 二次側雷管の起爆までの遅延時間を生ぜしめるものである われわれの使用した装置は 1本につき約1.2 m secの遅延を生じるよう製作された ダイナマイトと交互に接続することにより 任意の長さのものがえられ またダイナマイトの長さを変えることにより ある範囲で爆速の調節ができる



③ ← 秋田県申川地域における地震探査実験の記録

この実験では9コの受振器を直線形にならべたもので受振器の間隔 Δx を0.25mから 2.00mまで 次第に増して記録をとった D, D' 付近に最も顕著な表面波が見られているが これが $\Delta x = 1.50m$ で面白く見えずにその代りに反射波があらわれているのがみられる 理論的には群設置は1種の low-pass フィルターでその特性は計算されており その cut off frequency は丁度 $\Delta x = 1.00m$ と $1.50m$ の間にあり この実験結果と一致する



④ ← 大島三原山カルデラ内余背1号付近 VES 曲線(垂直探査曲線)

縦軸は比抵抗値であり 横軸は水平距離および深さを示す 地上で水平方向に電極を広げるに従って見掛け比抵抗は変化する ここに示したものは観測値である この値は比較的なだらかな曲線の上に乗るのが普通である これをVES 曲線(垂直探査曲線)と称している この曲線から地下の比抵抗の分布を知るには今日では色々な計算図表が用いられている 下部の柱状図は計算曲線を用いて解析した結果である すなわち地上1.5 m ぐらゐに中程度の比抵抗層が その下100 m ぐらゐまでが低抵抗層が100 m 付近および200 m 以下に存在していることが知られる



⑤ 遅延管を付けた爆薬を爆発孔に挿入する 作業

ウラン探査

ウラン等の放射性鉱床に対する物理探査方法には空中放射能探査（エア・ボーン）自動車放射能探査（カー・ボーン）物理検層 電気探査 地震探査などがある。

これらの中で最も大規模に行われているものは空中放射能探査と自動車放射能探査で 昭和30年に調査を開始してから昭和35年3月までに実施した調査面積は合せて12万km²余（但し両者の重複部分を除く実面積は10万km²余）に達している。

空中放射能探査

迅速に調査するには最も適した方法であるが 測定精度を落さないために 飛行する場合の対地高度は300 m以下に 飛行速度は180km/時以下に保つ必要があるのがわが国のような山岳の多い所では 地形的にいろいろ制約を受けることが多い。

昭和30年に調査を開始し 主として花崗岩の分布する北上地方・常盤阿武隈地方・中国地方の調査を実施したが 昭和35年3月までに調査した面積は 約60万km²になる。

これらの空中放射能探査によって その地域の放射能強度分布状態が明らかになり 放射能強度の高い異常の認められるところでは地質調査が行われている。

自動車放射能探査

空中放射能探査の場合と同じく 北上地方 常盤阿武隈地方 朝日岳地方 飛弾北陸地方 北九州を既に調査し その面積は昭和35年3月までに約60万km²に達している。人形峠のウラン鉱床がカー・ボーンによって発見されたものであることはすでに知られているが その後も2、3の異常地が発見されており 現在それらの異常地について地質調査が行われている。

物理検層

放射能検層と電気検層からなり 構造試錐にともなって実施される。放射能検層によって鉱体の位置と品位が明らかになり 電気検層によって地層の対比が行われる。現在は堆積型の鉱床においては 礫岩にウランが濃縮されているものが多いが 礫岩中の礫部およびマトリックスのいずれが品位が高いか 物理検層によって明瞭に示される。昭和32年9月人形峠において試験的に実施され その後宮城県大内鉱山 常盤炭鉱等にて成果を上げ 現在はおもに東北裏日本における第三系の含ウラン堆積層に対して実施されている。

電気探査

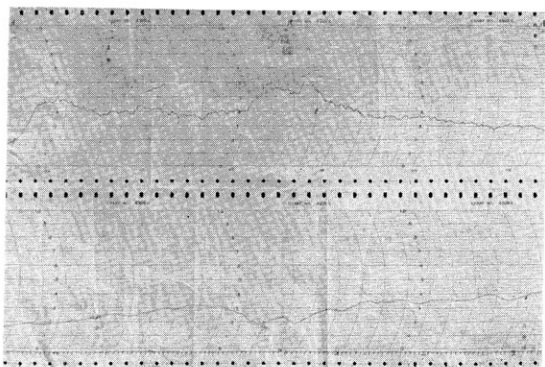
鉱脈型ウラン鉱床に対しては 比抵抗法と自然電位法とを併用して調査が行われる。昭和33年に大笹鉱山（岡山県）松岩鉱山（宮城県）平瀬鉱山（岐阜県）において実施され一応成果が認められたが 探鉱の重点が堆積岩に移るにともなって 昭和34年には直流法による比抵抗法が人形峠地区において行われた。その結果 堆積層および花崗岩の構造が明らかにされたが さらに昭和35年度にも続いて調査が実施される予定である。

地震探査

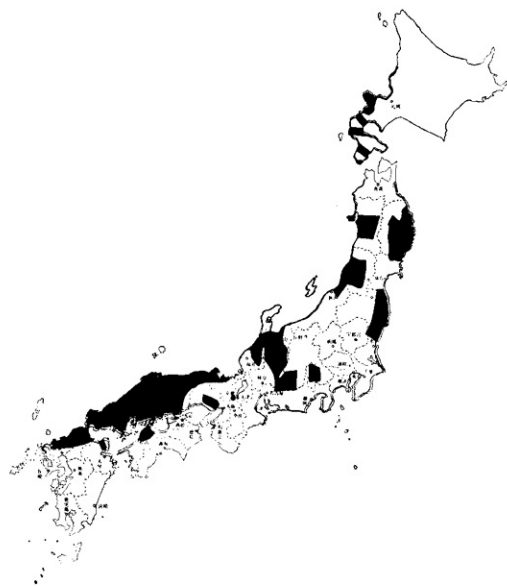
ウラン鉱床の地震探査は 昭和33年人形峠地区において実施され その成果が認められたので 毎年続いて調査が実施されている。

ウラン鉱床を胚胎する人形峠層は 花崗岩を基盤としてその上に堆積しており 主要なウラン鉱床は基盤のオウ部に多いことが既に知られているので 地震探査によって基盤の形が求められれば開発に役立つわけである。

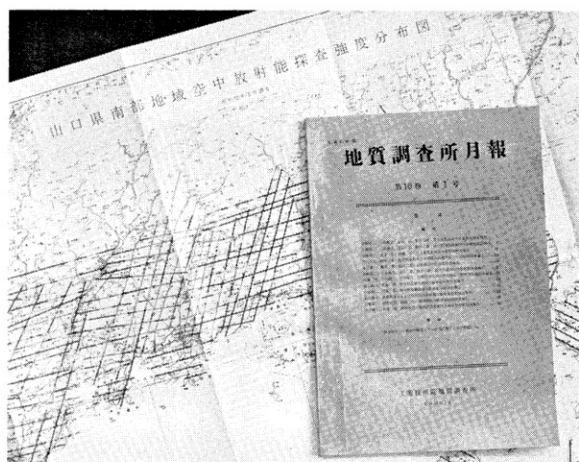
昭和33年には人形峠地区の恩原 34年には同じく赤和瀬 35年には同じく辰見峠付近で実施された。



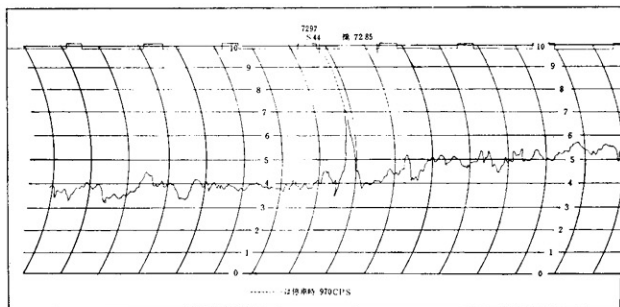
空中探査の記録
 上は対地高度 下は放射能強度 両記録を対照
 して 一定高度に対する放射能強度を算出する



空中・自動車放射能探査地域 (1955—1960)



空中探査の結果は 放射能強度分布図(20万分の1)として出
 版される



自動車放射能探査記録(京都府竹野郡清谷村等楽寺付近)



人形峠(ウラン)の電気探査



人形峠恩原地区の地震探査
 ワラン河流域恩原の爆破 手前テントが観測本
 部 測線は約2.9kmで左から右へ通っている

海の物理探査

近年 海底の石油・石炭・砂鉄などが急速に脚光をあびるようになってきた。わが国のような狭小な国においては とくに海底地下資源の探査開発をしんげんに考えなければならない立場にある。

このような海底の地下資源は いずれも陸域からの延長部を一応の対象として考えているが 陸域の鉱床とは無関係に海底に独立して存在する鉱床も予想されるところである。陸域の面積の約80%を占める広大な陸棚は眠れる宝庫といえるであろう。ところでこのような広大な海域において 海底下の地下資源の存在や その規模を知ることは大変な仕事であった。

しかし 最近の物理探査技術の著しい発展によって次第にこのような難問題が解決されつつある。将来 大陸棚全般をカバーする物理探査によって 海底下の地下資源の全ぼうが明らかとされるであろう。また このような調査は 海底土木工事などのためにも 不可欠の資料を与えるものである。

さらに中深海 深海の地殻構造を知るためにも物理探査は用いられ アメリカ ソ連などでは盛んに行われている。この面では わが国は未だ手を付けていないがこれらに関する技術は十分有しているものといえよう。

海の物理探査の特長としては 探査装置を移動させるのがきわめて便利であること また人工地震 音波の発生には 水の存在をうまく利用することなど有利な点があり きわめて機動的な調査を行いうる面があるが 一方海水の存在による障害的な面 また漁業補償のようなわずらわしさを伴う場合がある。現在用いられているのは 地震 音波 重力 磁気などの方法であるが 電気探査 地温探査などの方法も試験的に行われた。また 物理検層も行われている。海底下の探査のためには今後各種の物理探査を行うことが必要である。

これらの調査結果を総合して 海底下の状態を推定することが 海の探査のための第一歩である。ところで海域は非常に広いもので 探査はできるだけ能率的に行うことが必要となってくる。また物理探査の技術の発展が著しく 新しい探査方式が生まれる可能性も考えられる。従って 海の物理探査の研究は わが国にとって欠くことのできないものであろう。

地質調査所では 戦前すでに海底炭田調査に海上地震探査を行い 戦後 宇部炭田その他において 地震探査により好結果を得ているが 現在は地震探査のみならず 海底重力探査 海上磁気探査 海上音波探査などの調査研究を行っている。とくに有明・島原地域においては 海陸にわたる重力探査を実施しており 海底下の炭田構造を明らかにしつつある。現在 用いられているのは 海底重力計で 水深100m 程度の範囲まで調査を実施しているが さらに海が深くなった場合調査は困難となる。

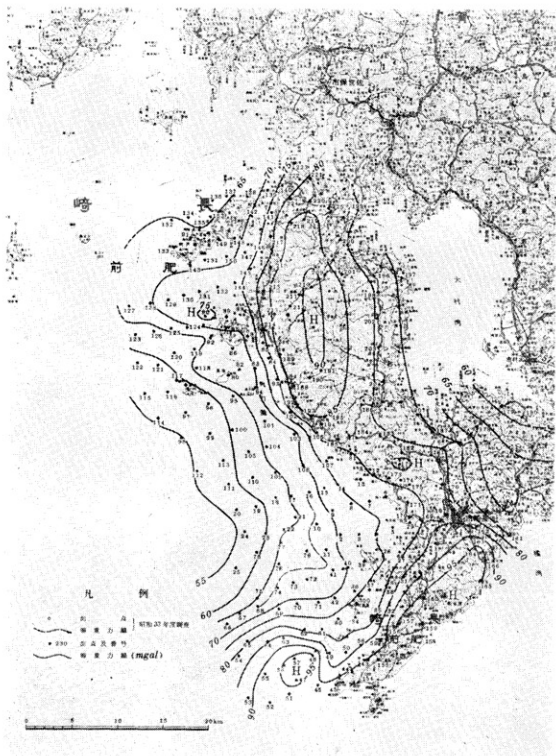
またこの装置は 測定ごとに重力計を海底に降ろしているため あまり探査速度を早くすることはできない。そこで 広区域の概査のためには 船上重力計による探査が必要となってくる。

最近の磁力計の進歩により海域の磁気探査は著しく発展しつつある。現在は核磁力計のヘッドを曳航しながら 海上磁気分布の測定が可能となり 海底砂鉄 海底地質構造の探査に利用されるようになった。

空中磁気探査は海陸にわたる区域の探査としては きわめて能率的な方法として用いられるもので この方面の研究も進められつつある。

海上音波探査については 1959年アメリカのスパークー一班がわが国に来朝したさい 有明海でこれを利用して 底質調査を行ったが 現在装置の試作研究を行っている。

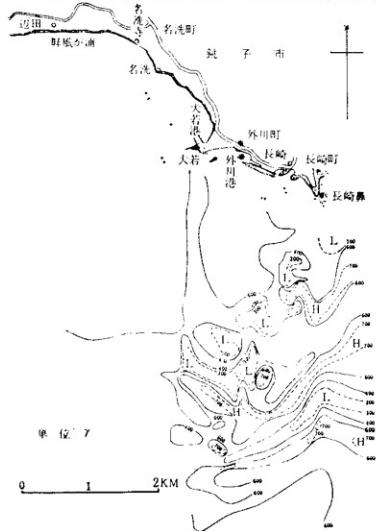
以上述べたごとく海の物理探査は 今後大いに発展が期待されるものであろう。



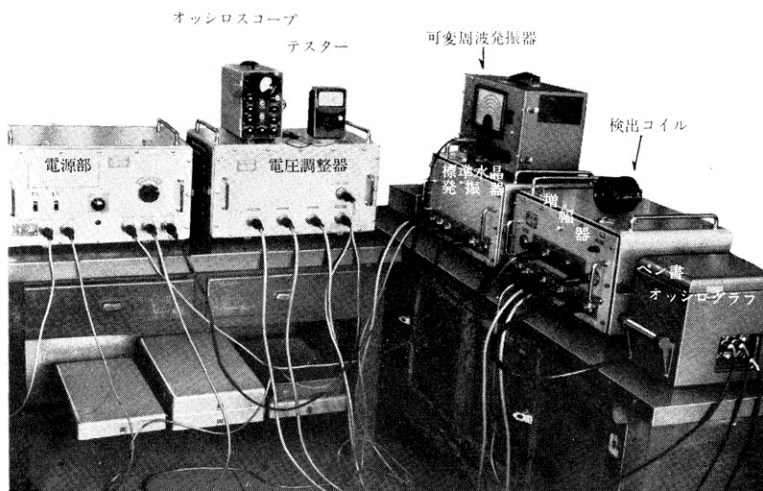
長崎県西部海陸地帯の重力探鉱調査等重力線図



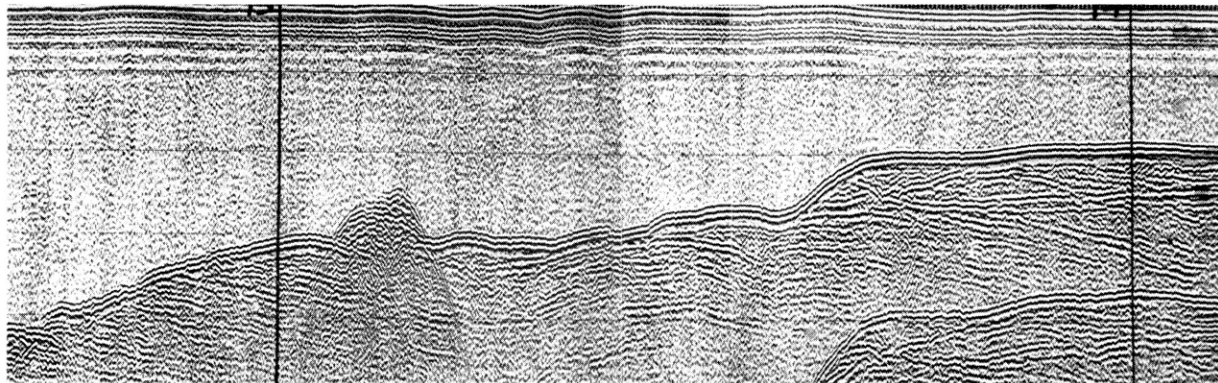
本邦沿岸における海底鉱物の推定分布図



千葉県外川沖全磁力分布図



プロトン磁力計



スーパーカーによる記録(天草下島 東部一本渡北東)

天草下島東部 掃引時間1/8 sec filter 200~600 c. p. s. 記録紙の上下は 水の速度で換算して約90mに相当する 記録の縦横の尺度の比は 1:4 位で 実際の断面を水平に圧縮したような感じである 縦の刻時線は約2分間隔で 250m位である 海底の地質は 古第三紀の砂岩頁岩を主とするもので 一般に右落ち一南落ち一の傾向がある 中央左に 島のように突出したものは 安山岩の岩脈(新第三紀)であろうと推定される 右(南)に海底の2倍の深さに 海底と相似形に明瞭な反射は 海底の二重反射で 地下の反射面ではない

金属・非金属鉱床の探査

金属鉱床などの調査における物理探査法の導入は地質調査所においても早くから行われた。調査の中心をなすものは電気探査法 磁気探査法であって そのほか地震探査法 重力探査法 あるいは放射能探査法なども行われている。

電気探査は 各種型式の金属鉱床に対して実施されてきた。この間 多くの調査例と地質調査 試錐あるいは坑道探鉱などの資料から 調査結果の実態が次第に明らかにされ また一方 この間における調査方式の進歩 測定器の改良 などと相まってその成果は 次第に拡大されてきた。しかし 金属鉱床は色々種類が多く その地質鉱床の条件も異なるので あらゆる鉱床に対して普遍性ある方法というものはない。従って 各種方法を総合的に行って効果ある方法をえらび これによって探査を実施する行き方がとられている。そこで各種鉱床に対し どのような物理探査が 適応性があるかを明らかにすることが必要となってくる。

近年このような適応性の問題を中心に 含鉛・亜鉛鉱床あるいは 南伊豆地域における含金銀鉱床に対し 調査研究を行ってきた。一方 本邦未利用鉄資源調査の一環として砂鉄 磁鉄鉱および磁硫鉄鉱鉱床において物理探査を行い 新鉱床発見の端緒をえてきている。

従来行われた電気探査法のうちで とくに自然電位法は 金属鉱床の調査において 広く用いられているものであるが その分布および発生機構などの実体を明らかにするように努めてきた。

また 近年深所の鉱床に対する探査の要請が多くなってきたが この目的に対しては 物理探査法は 鉱床ないしは関係のある地質構造を探査することにより 有力な探鉱法の役割を果し得るものと考えられ この面の探査技術の研究が進められている。

地熱探査

わが国は火山国であって 豊富な熱源が地下に包蔵されていることは早くから注目され これの利用のため地熱調査が行われてきた。地質調査所では 地熱調査の一環として地球物理学的諸量を基礎として 地熱地帯における地下の状態の調査研究を行ってきた。

地熱調査の物理探査は 電気探査の比抵抗法や磁気探査 地震探査 重力探査等が行われ 変質帯を含む地下構造を調査する。また 試錐孔に対しては 物理検層（電気検層地温検層等）が実施され 地熱の実体を明らかにする上において有効なる資料を与えている。最近では深部における状況を明らかにするため 直流方式による比抵抗法や地震探査の反射法なども用いられている。

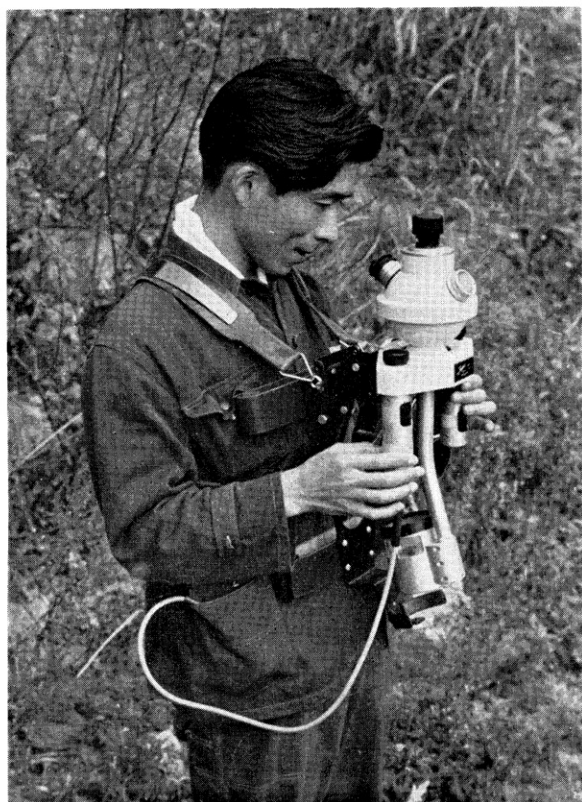
工業用水探査

近代工業の発展に伴い この方面に消費される地下水も ぼう大な量に上るものであって これの保全と水源の確保は緊要のこととなってきている。地質調査所の工業用水調査もかかる立場において実施されているもので ここ数年来 国内各地域に調査が実施されてきた。この調査における物理探査は おもに電気探査によって行われてきた。

工業用水に使われる地下水は莫大な量になるので これが包蔵される帯水層は一般に規模の大きなもの 深所のものが注目されよう。

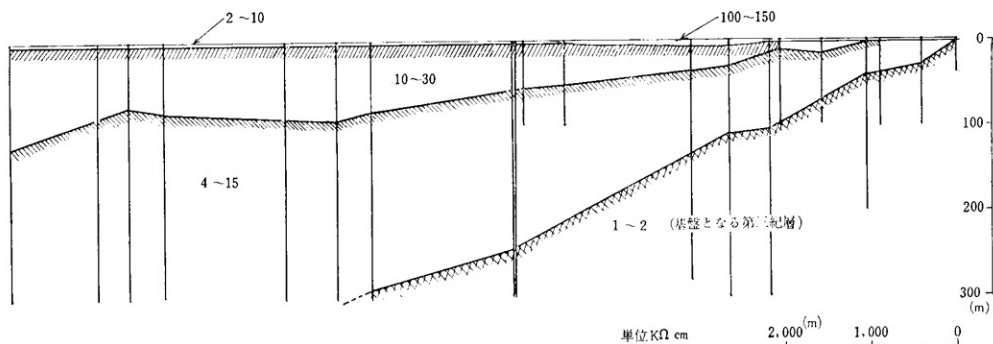
このような見地から電気探査は 比抵抗法により帯水層となる砂礫層の分布 その容水基盤の形状 賦存状況を求めることに重点をおいて実施してきた。

なお 深部の地下水の探査については 目下研究が進められている。

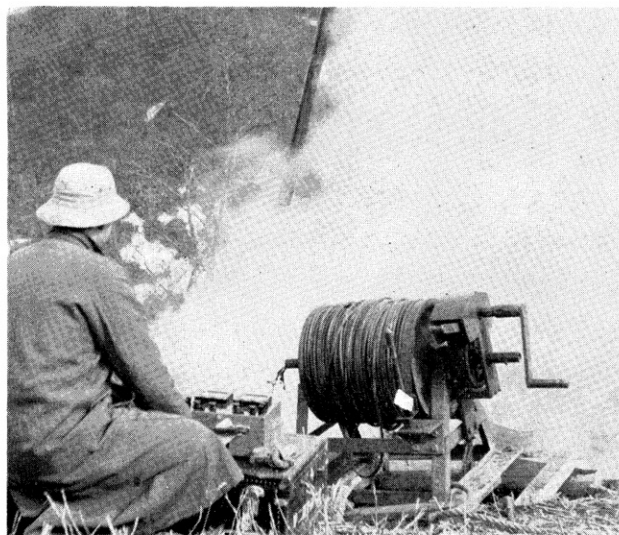


↑ 自然電位法の作業準備
電位差計のそばに見える2つの素焼製のビンの中に硫酸銅の飽和溶液を入れ、非分極性電極として用いる

← 磁気探鉱器（シャープ型）を用いて磁気測定を行う。この装置は三脚を使用しないで手に持ったまま測定できる



← 工業用水調査電気探査でえられた基盤の構造



地熱地帯の物理検層
噴気孔内の温度測定を行っているところ



比抵抗法で垂直探査を行っているところ
電極の移動や接地状況等は連絡係と観測者との間で電話連絡をする。前方に電極係が2人見える