

海洋開発と物理探査

瀬谷 清

I はじめに

われわれがここ10数年間に得た海域における地球物理学的知識はきわめて豊富であり 古い教科書は全面的に書き改めなければならないと思われる位である。これらのなかには革命的意義をもつ発見も2・3に止まらない。一例をあげれば Ocean Spreadingの仮説を生むに至った 海盆における振幅数百ガンマ 波長10kmの縞状磁気異常の存在の発見などは そのさいたるものであろう。現在においても 太平洋・大西洋・インド洋の各所において磁気異常・重力異常・地殻熱流量などの分布 また地殻構造が徐々に明らかにされつつある。日本列島周辺海域においても 同様の調査研究が活発に行なわれており たとえば 第1図に示されているように¹⁾ 日・ソ両国によって数多くの地震探査がなされ(一部日米共同研究) オホーツク海・日本海・西部太平洋海域下の地殻構造が明らかとなりつつある。

このような調査研究がなされるに至った背景には純学術的な意図や軍事的目的以外に 遠く将来を見越した海域資源開発への強い要望と関心が 存在することは疑い得ないことである。事実 UNESCO(国連教育科学文化機構)の国家間海洋科学委員会には 黒潮共同調査調整会議(CSK)が設けられており ここではわれわれの生活に大きな影響を有する黒潮の実体を解明することのほかに 海底測深・底質採集・重力磁気測定・地震探査・熱流量測定などの計画をとり上げている。また 国連

の ECAFE(アジア極東経済委員会)にはアジア沿海鉱物資源共同探査調整委員会(CCOP)があり 字義どおりアジア沿海における資源開発を目指している。

大陸棚は地球全表面積の約7%(陸地面積のほぼ1/4倍)を占めており 本質的には陸域と何ら相違はない。したがって 陸域の地質状況はそのまま大陸棚部分に延長して考えることができ ここに多量の各種鉱産資源の存在が予想される。ただし ここには海水が存在しているために調査上の制約・特質が自ずから生じてくる。すなわち 海域では当然船舶(潜水船を含む)を使用して行なう調査が主体となるが 航空機による調査も有力である。また 海水の存在はある面では障害的であるが その物理的特性を考えれば大いなる利点として逆用することができ ここに陸域とは別種の調査法・技術が生まれてくるのが期待される。現にこの分野における最近の発展には目をみはるものがある。以下に海域調査に用いられる物理探査法について概説し ついでそれらの海洋開発に果たす役割りについて述べることにする。

II 海域における物理探査法

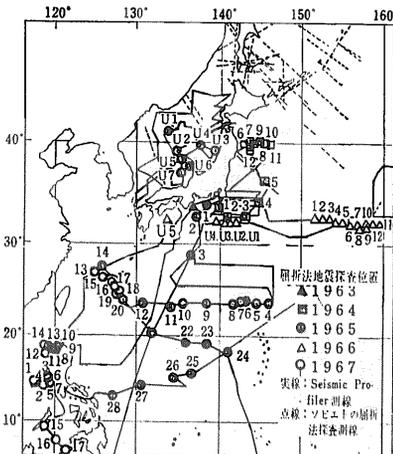
海域で用いられる方法を大別すると

- (1) 地震探査法
- (2) 重力探査法
- (3) 磁気探査法

の3種に分けることができる。これらについて簡単に説明しよう。

(1) 地震探査法

屈折法……弾性波伝播速度分布・地下構造を調べるために用いられるが 第2図に示すように一般に多量の爆薬を使う場合が多いので 沿岸海域で実施する場合漁業に影響を与えるおそれのある区域で行なうことは困難となりつつある。しかし この方法を海域で行なう場合には 爆破孔掘さくの必要がない 爆破の効果がよい 陸上の地物のような障害物がなく大規模な測線展開が可能である 移動が容易である などの調査上の利点もあり 今後も盛んに行なわれるものと思われる。もっとも 小規模の場合には 非爆薬音源使用の屈折法の技術

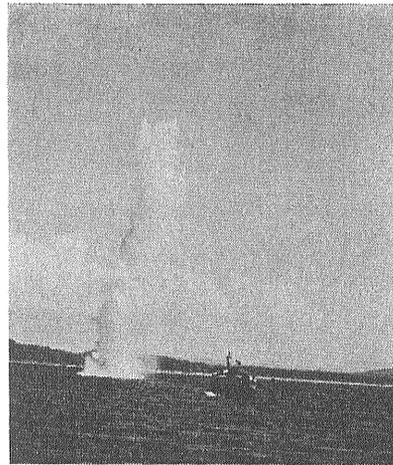


第1図
日本周辺で行
なわれた海洋
地震探査測線

が発達してくることが考えられる。

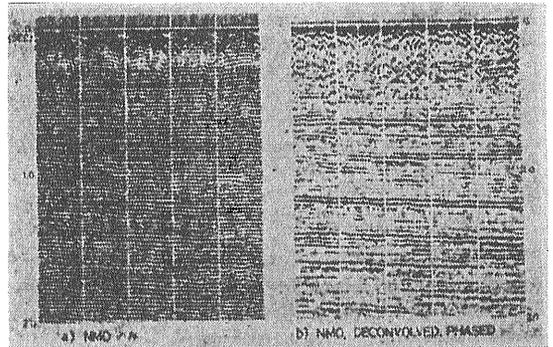
反射法 ……少量の火薬ですみ 漁業問題を生ずるおそれが比較的少ないだけでなく 反射波検出の理論的・技術的發展 関連機器の開発に伴う最近の高効率の調査法の出現によって盛んに用いられ 成果をあげている。このような現状を可能にした背景には近時の電子技術の目覚しい発達を上げることができる。すなわち デジタル探鉱器を含む観測系機器 作業への電子計算機による制御系の採用 デジタル情報処理装置および使用 ソフトウェアの開発などによって顕著な成果を挙げることができたのである。デジタル情報処理装置とは反射信号を卓越した雑音（重複反射を含む）のなかから効果的にとり出し また 多量の記録を高速に処理するための装置であり 簡単にいえば 特殊な電子計算機系である。第3図に処理前（左）と処理後（右）を例示した²⁾。図に見るように効果は歴然たるものがある。このように記録およびその処理の理論・技術が急速に進んだために現在では非爆薬の震源を用いてかなり深部の反射層準を効果的に検出することができるようになった。

音波探査法 ……字義的な意味では可聴周波数領域を利用する一種の反射法というべきであろうが ここでは一応広く非爆薬音源の反射法と定義しておこう。もともと 音波探査は超音波測深法と従前の反射法との中間をねらって考案されたもので すなわち 発生周波数の領域を両者の中間（数10cps~1kc）になるようにして超音波よりは透過度を増し 従来の反射法よりは分解能を高めようとする発想に基づいて作られたものである。その使用音源には種々のものがあり おもなものだけを挙げると 水中放電・圧縮空気・可燃ガスの爆発などがある。発生する波動の状態 その性質は常識的に感ぜられるように 上記の順に火薬爆発（反射法）に近くなり 後者ほど深部探査に適している。音波探査はここ

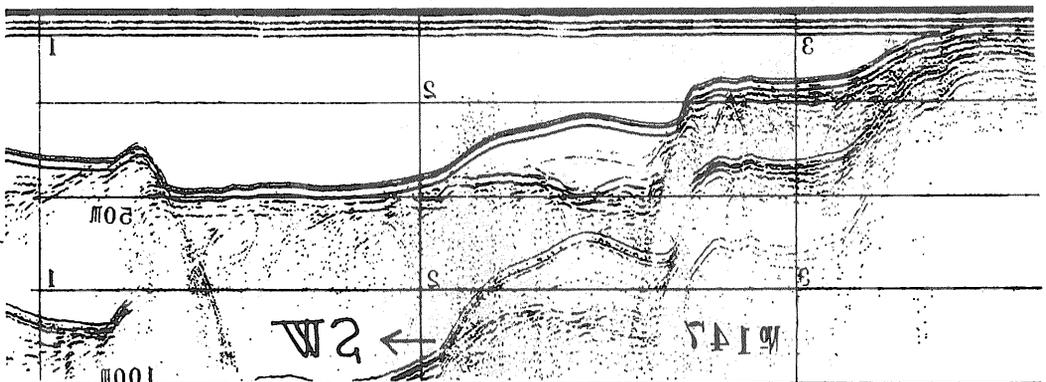


第2図
海上屈折法地
震探査(爆破)

10年間位の間ににおおいに発達してきた方法であり 浅部微細構造の解明に威力を発揮してきた。第4図にその一例を示した。図例では出力が130ジュールであるが最近では20万ジュールという大エネルギーのもの（水中放電方式）が開発されている。これは可探深度を大きくしたいという当然の要望によって作られたものである。同様の努力は圧縮空気（エアガン） ガス爆発を利用する方法でもなされ データ処理装置 技術の発達と相まって深部構造の検出に成功している。第5図はエアガ



第3図 海上地震探鉱記録の処理例



第4図 音波探査の記録例（中条原図）

放電エネルギー 130ジュール 電圧 8,000V コンデンサ 4 μ F 掃引 100m 放電間隔 2/asec 伊勢湾の師崎水道で観測した記録
海底地形は非常に複雑である 海底には粗砂が堆積し 露頭のところもある 表層の下は中新統で層理がよく発達している

ンの記録例であり³⁾ 海底下約4kmまでの構造が明瞭に出ている。このようにして深部の構造まで検出し得るようになったので危険性や漁業補償の問題のない音波探査が従来の反射法にとって代る勢いを見せはじめている。なお非爆薬震源には上記以外にもいくつかあるがここでは触れないこととする。

なお第6図にボトム・ソナー(Bottom Sonar)と音波探査との同時観測の記録例を示した。ボトム・ソナーは海底地形探査装置で超音波を斜めに発射し海底での散乱波を観測することによって測線側方の海底地形を面的に調べる装置である。

(2) 重力探査法

海底重力計を使用し測点ごとに重力計を海底まで降り遠隔操作によって測定する(第7図)。したがって能率は悪いが広い範囲にわたる基盤岩分布の傾向・構造概要の把握には適している。もっとも潜水調査船が活用されまた位置測量の技術上の問題が解決すればかなりの能率で調査し得ることが期待される。

なお船上重力計による調査もあるがまだあまり精度(数mgal)がよくないことと値段が高いためにあまり用いられていないようである。

(3) 磁気探査法

船上磁気探査…単独で行なわれることはあまりなく通常音波探査と併行して実施され音波探査結果の解釈に際しては補助資料として用いられることが多い。

第8図に海上用プロトン磁力計の概観とそのブロックダイアグラムを示した。

空中磁気探査…航空機を用いて行なうため広域の範囲を能率よく短時間で調査し得る利点があり海

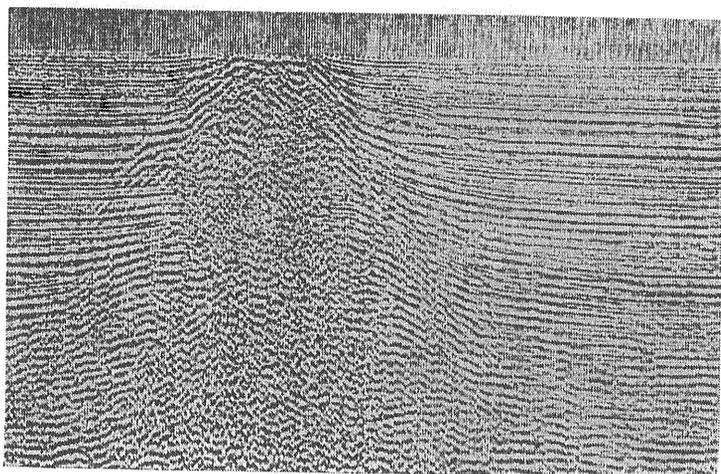
陸を問わず広域概査用として用いられている。第9図はその回路構成図と得られた記録の例であり⁴⁾ 第10図に調査例が示されている。

III 海洋開発に果たす役割

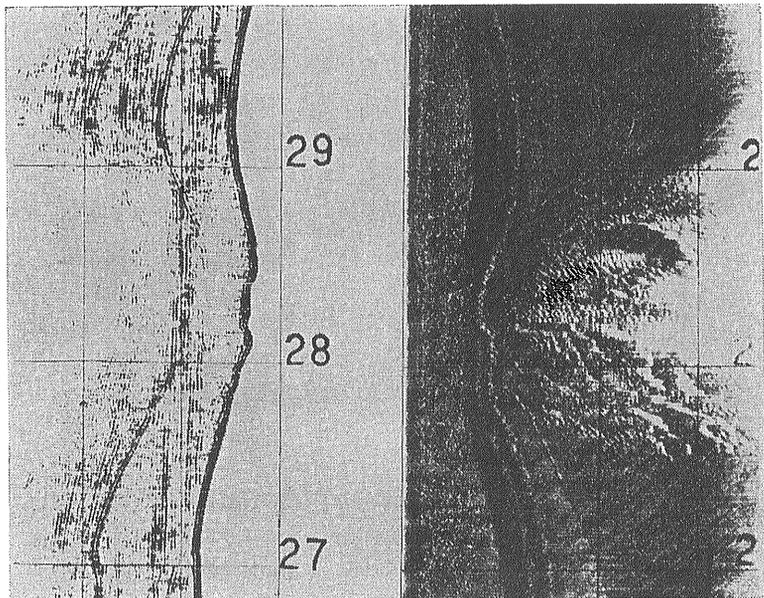
海域において海底の地質 地下の構造を適確に知ることとはきわめて困難である。底質採集や試錐による情報はきわめて限定されたものであり質的にみて貧弱なことをまぬがれ得ない。広漠たる海域の地下構造を把握するためには調査体系を確立し効率的に諸情報を集めこれらを解析する必要がある。とくに資源開発を目的とする場合においてそうである。調査体系の確立にあたってはその調査目的を明確にすることその目的に合致した方法を選択することこれらの方法の組み合わせその適用範囲と順序を決定しなければならない。ここでは一般的な調査体系(物理探査の)を概説しよう。

広い範囲の調査を行なう場合にはまず空中磁気探査を全域にわたって行なうべきである。これによって地域の構造や岩石の分布についての概略の知識を得ることができる。つぎに特定の区域を選び組織的に重力探査を行なう。なお同一区域で小出力の音波探査を高密度で実施する。この際磁気探査もできるだけ併用する。以上によって地下構造や基盤岩分布・侵入岩体などについての概要が把握されると共に地域の浅部構造が判明する。これらの結果を検討して重要区域で反射法(深部音波探査を含む)屈折法を行ない深部の構造を把握すると共に速度分布を明らかにする。なお必要に応じて浅部の速度分布を解明するための屈折法を実施する。

岩石はその組成・組織・岩質・含有鉱物またその存在状況などによって固有の物理的性状を有してくる。したがって異種の岩石でもある物理的性質はほとんど同じであるということもありその逆もあり得る。たとえば岩石は全く別種のものでその磁性はほぼ同じであるとか磁性や密度はあまり変らないが弾性波伝播速度はかなり違うというようなことがある。空中磁気探査は岩石の磁性に着目した調査であるから目指す地層や岩石が他のものと異なった磁性を有していれば非常に役に立つ結果を得ることができるがそうでなければ有用な結果は得られない。重力探査は岩石の密度の違いとその分布状況による重力異常を見出す方法である。したがって地域の磁気異常



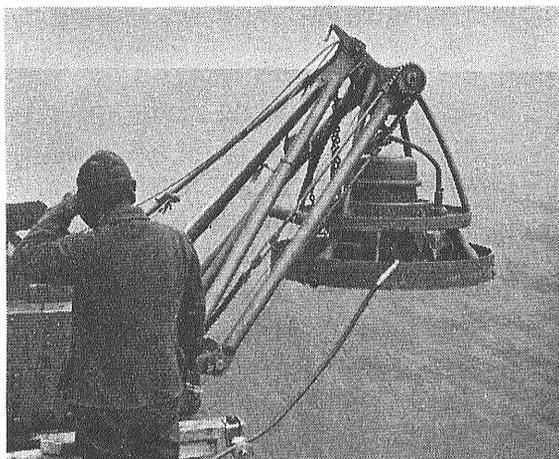
第5図 Air-gun による記録の一例(1967)
(Independent Exploration Co. Geledjine Co による
(アメリカのルイジアナ海底下4kmまでの記録))



第6図

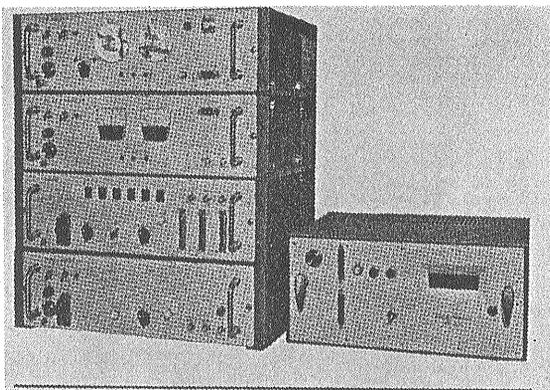
ボトム・ソナーと音波探査の共同観測記録（中条原図）

右はボトム・ソナー記録で海底に砂が多く見られる 周波数 200kHz 出力800W 掃引200m
左は音波の記録でリッジは砂質堆積物 水平な層理の明らかな層は洪積上部（瀬戸内海の例）

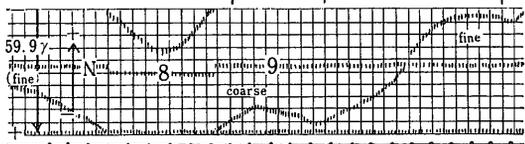
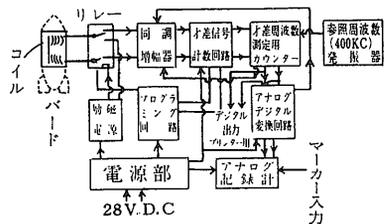


第7図 海底重力計のベル

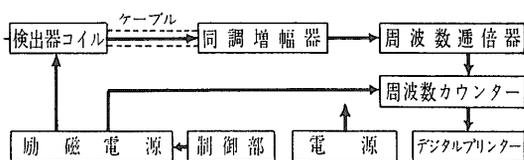
重力計の本体は陸上用と同じで このベル（沈鐘部）に入れ ケーブル手前を付してワイヤで海底に沈める 測定は遠隔操作で行なう



第8図 a 海上用プロトン磁力計

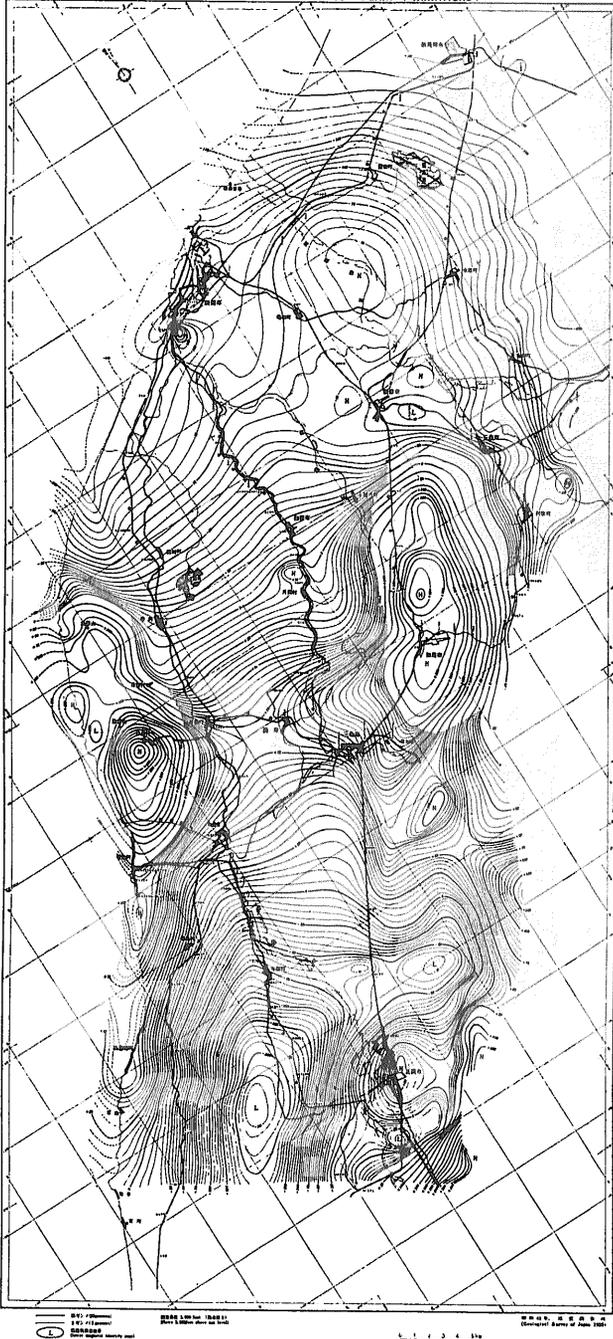


第9図 空中磁力計のブロック・ダイアグラムと記録例



第8図 b ブロック・ダイアグラム

越後平野中南部空中磁気図 (全磁力・緯度・経度補正済)
 TOTAL INTENSITY AEROMAGNETIC MAP, CENTRAL AND
 SOUTHERN PARTS OF ECHIGO PLAIN (VARIATIONS)



第 10 図 調査例

と重力異常を対比・検討することによって両方の異常が同じ構造または岩体に起因するかどうかを推定することができる。もっともこの両者だけではわからない事も多く、そのために地震探査によって肝心な点の地下の速度分布や構造を調べてより確実な知識を得ようという

のである。このように全く異なったいくつかの物理量を組み合わせることによってより確実に地下の状況を知ることができるのである。実際には経済的な理由、調査能率、調査の難易によって探査法の組み合わせや順序・規模などが左右され、理想どおりにできない事も多い。

上述の調査体系がある程度満足できる程度にとれるものとすれば、調査地域の地下構造や岩体分布についてわれわれはかなりの信頼度をもって知識を得ることができる。この結果を底質調査や構造試験から得られる地質情報と対比するときはより高度の知見が得られるであろう。

海洋開発において物理探査が果たす役割りはいままでの説明で明らかなきわめて大きな比重をもっている。幸いにも現在の技術水準をもってすればかなり効果的な調査を行なうことができ、強い社会的・経済的要望にこたえる事ができる。しかしそこには大きな問題が横たわっている。地震探査の項で説明したように震源・記録方式・データ処理装置などに関する最近の進歩はめざましいものがある。これらの技術的進歩に対応して装置は大型化し高級化しておりしたがってその価格も高額であり一式で億(円)単位となっている。問題はこのような高額の機器を取りそろえることおよびこれを効果的に使いこなす技術者・研究者の不足にある。

なお使用船舶の保持を含む調査体制自体にも問題がある。このような問題の背景にはわが国の国力・経済力があるが解決できない問題ではない。組織的な海洋開発の実現を強く願うものの1人としてこれらの問題点が早急に解決されることを念願してやまない。

(筆者は応用地球物理課長)

文 献

- (1) 村内必典・安井正(1968)：日本近海における海洋底地球物理学の研究 科学 vol.38 no.4
- (2) 石井吉徳(1968)：海上地震探査技術について 物理探査第21巻 第1号
- (3) 早川正巳(1968)：海域における物理探査の現況 物理探査 第21巻 第1号
- (4) 陶山淳治(1966)：堆積盆地における空中磁気探査 物理探査 第19巻 第6号