

カリフォルニウム -252による 海底鉱物資源の調査

中井 順二

最近海底の鉱物資源の開発が大きな関心をもたれるようになってきているが 考えられている主要なものは大陸棚周辺の石油・天然ガス 黒鉛 砂鉄 マンガン鉱 含銅硫化鉄鉱 石炭などであろう。これらのうち石油開発を別とすれば 深海底に無限に近く賦存しているマンガン団塊が最もはなやかな脚光をあびている。

ガンマ線 中性子によるいわゆる放射能検層法は 1941年ごろ石油坑井の調査にはじめて適用されたが その後 原子力産業や エレクトロニクスの目をみはるような進歩にともなって ますます発展をとげてきた。したがって 放射能検層法が今後も石油・天然ガスに対する物理検層法の主役をつとめるであろうことは十分予想できる。また海底金属鉱物 石炭等に対する探査法としても 従来の放射能検層法は 陸上における場合と同様に適用できる。

大陸棚の基盤岩や未凝固堆積物中に賦存されている鉱物資源とは別に マンガン団塊は深度 2,000~6,000m ぐらいの海底面 1m以内のところに分布している。したがって大陸棚では 陸上における探査法が比較的円滑に適用されるが 深海底のマンガン鉱に対しては 一段と飛躍した探査技術が必要となる。

マンガン団塊に注目しているわが国においても早急に本格的な探査技術の研究が望まれている。この小文では 実用化をめざして試験研究が進められている中性子源を装備した装置による方法をごく簡単に紹介する。

マンガン団塊の化学成分はそれらの分布場所によってかなり違うようであるが Mnの酸化物 Feの水酸化物が多く ほかに Al Si Mg Ca や少量の Ni Co Cu などが含まれている。

KAMOGAWA らりによる研究では これらの種々の元素のうち Mn Fe Si Al Co Ni の熱中性子による捕獲ガンマ線を分解能のよい検出器を使用して エネルギー別に測定を行ない これらの含有量をしらべる方法を提唱した。10¹¹n/secの中性子源から 15cm へだてた直径10cmの海底面を照射し 発生する 1~4MeV の捕獲ガンマ線を 50cm の距離をへだてた海中で 0.1%の効率で検出する場合の計数率を理論的に求めている。

マンガン団塊の主成分元素と熱中性子との核反応によって 一般には種々のエネルギーの捕獲ガンマ線が発生するが おのおのの相対的強度はさまざまであるので とくにきわだったものをえらんでいる。都合のよいことに Mn による捕獲ガンマ線の相対的強度が 他の主成分のそれと比較して著しく大きく これがマンガン鉱の探査に非常に有効であることが強調されている。

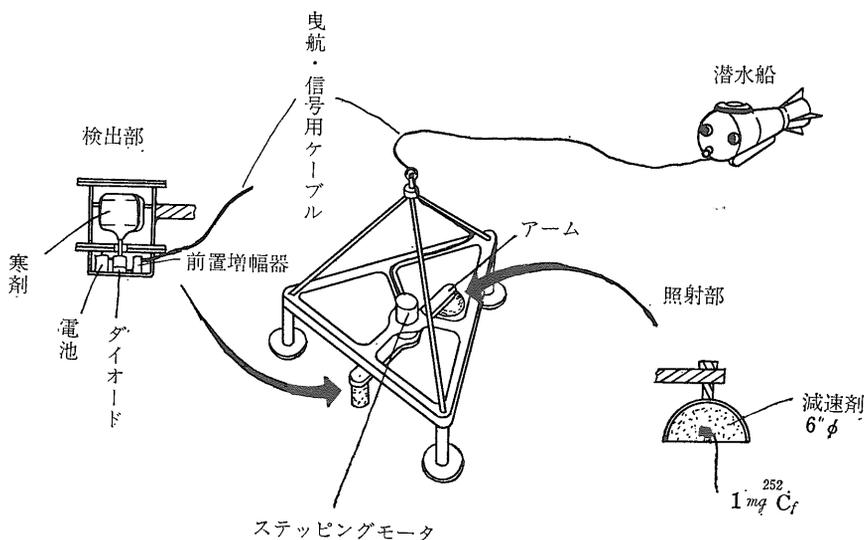
中性子源として最近話題になっている カリフォルニウム-252(²⁵²Cf) を用いている。中性子検層の場合 ²⁴¹Am—Be ²²⁶Ra—Be などが一般に使われているが いずれもその出力は 10⁸~10⁷n/sec 以下で ここで必要としている 10¹¹n/sec の出力を得るには量的に不都合である。1gあたり 2.34×10¹²n/sec の出力の ²⁵²Cf を使えば0.1gで十分である。原子炉の中で生産される ²⁵²Cf は現在では 非常に高価で経済的とはいえないが 近い将来生産量も多くなり かなり安価で入手できることが予想されている。わが国では 現在のところ²⁵²Cf の使用されている事例はきいていない。

捕獲ガンマ線の検出器は分解能のよいものを使用しなければならぬ。近年開発されたリチウム・ドリフト・ゲルマニウム検出器は この点エネルギー分解能が非常に高いが 使用中 保存中にかかわらず常に低温度に保たねばならず このため特殊な冷却装置を使い 常時-100°C以下に保つように工夫している。

中性子源から海底面までの距離は海水中における中性子の減速距離 熱中性子の海水による吸収についての平均自由飛程を考慮してきめられる。線源部 検出部は適当なジオメトリーにアレンジされ 枠に取付けられる。

この支持枠は海上の調査船上からウインチでおろされ海底に設置される。検出による信号は 同軸ケーブルによって船上におくられ データ処理が行なわれる。

すなわち 測定値から各捕獲ガンマ線の強度を算出し各成分の含有量を決定する。この操作が船上のコンピュータによりなされる。Mn 以外の主成分元素にこだわらなければ 中性子源の出力は 10⁸n/sec ですみ その場合検出器として NaI(Tl) シンチレータを用いてさしつかえないとのべていることから 筆者は最近欧米諸



第1図
海底面における鉱物分析用装置
(Instrumental Report²⁾より)

国においてかなり生産されている 10^9 n/sec の出力を有する封入型中性子発生管を用いた マンガン団塊探査も夢でないような気がする。

上述の研究は理論的研究であって 実験的な検討結果はきいていないが 米国では アメリカ原子力委員会の依頼をうけたバッテリーメモリアル研究所の研究者たちが Au Ag Cu Mn を含む人工鉱石を作り これを海底に沈めて実験²⁾を行なっている。線源 検出器は前述の場合と同様に ^{252}Cf とリチウム・ドリフト・ゲルマニウム検出器を使用している。しかし この場合は海底面を 1~2 分間照射し 生成される放射性核種のガンマ線を検出して 鉱物の成分を決定している。すなわち 海底の放射化分析であって 即発の捕獲ガンマ線の測定にはあまり時間を必要としない KAMOGAWA らの研究に対して この場合は直径数インチの範囲を探索するのに数分間を必要としている。すなわち 前者は連続測定が可能であるが 後者はいわゆるスポット測定とならざるをえない。

^{252}Cf は $\frac{1}{2}$ " ϕ × 3" のステンレス・スチールの容器に装備され アームの一端にとりつけられる(第1図参照)。検出器は 2" ϕ × 2" の容器におさめられ 線源から 5 フィートはなれた位置にとりつけられている。操作はまず線源 検出部を支えているアームを海底におろし 次にステッピングモータの駆動によってこれを 180° 回転させ 一定時間 (1~2 分間) 海底面を照射する。照射終了後再びステッピングモータによりアームを最初の位

置にもどし 1 分間エネルギースペクトルを測定する。信号は海上の調査船あるいは潜水船におくられ コンピュータに記憶させる。まえもって記録してある標準鉱石の特性と得られた記録とを比較して 鉱石のタイプと品位を決定する。この研究のプロジェクトリーダーの R.W. PERKINS は この方法によって 海底鉱物資源中の 20~30 種の元素の分析ができると言明しているようである。

このような現況から中性子の海底鉱物調査への適用は大陸棚周辺のみならず 大洋底にまでおよぶべきだがみられている。幸いわが国においても海洋鉱物資源調査を目的とする調査船の建造に着手しており、これに伴ってこれらの新しい技術の開発も実用化をめざして 一層発展していくものと思われる。

(筆者は 物理探査部技術開発課長)

文 献

1. H. KAMOGAWA, I. FUJII & T. INOUE., Possibility of On-Site Analysis of Deep Sea-Floor Mineral Deposits, 1st International Conference on Oceanology, Brighton, England, 1968.
2. Instrumentation Report, Nuclear Probe for Underwater Detection of Minerals, Ocean Industry. Oct, 1970.