

# 海底下の地熱資源

松林 修 (地殻熱部)

Osamu MATSUBAYASHI

石油に代わる代替エネルギー開発の緊急性が増々強く認識されている今日においても 標題に掲げた「海底下の地熱資源」即ち海底の地中にある地熱エネルギーを人間生活に利用する事など 絵空事だろうと思っている読者が多いに違いない。しかしながら 1976年既に同名のレビュー論文が世に出ており 地熱資源を海底下に期待できるのか という興味深い問題について その論文が最初のたたき台を提供することとなった。著者は米国地質調査所の D.L.WILLIAMS といい M.I.T. で地球物理学の博士号を取った人であって 次の様に述べている。

地球内部から地球表面を通過して上昇する自然の熱エネルギーの総量は  $4.3 \times 10^{13} \text{W}$  にも及ぶ。その熱量の20%に相当する  $8.5 \times 10^{12} \text{W}$  は更新世より若い年代の海底火山・地熱活動地域から放出される(面積的には地球表面のわずか1%を占めるに過ぎない)。この  $8.5 \times 10^{12} \text{W}$  という海底地熱放熱量は莫大であり 全人類が今日消費しているエネルギー量に匹敵する。(WILLIAMS, 1976)

上に見積もられた放熱量  $8.5 \times 10^{12} \text{W}$  を海洋底拡大帯の地球上総延長55,000kmで割ると  $155 \times 10^8 \text{W}/100 \text{km}$  が得られる。この値は 火山の固体噴出物が地表にもたらしている熱量  $E_{\text{vul}}$  (全日本平均)  $= 2.2 \times 10^8 \text{W}/100 \text{km}$  (NAKAMURA, 1974) や火山地域の静穏時放熱量  $E_{\text{non-erupt}}$  (西南日本平均)  $= 1.2 \times 10^8 \text{W}/100 \text{km}$  (KAGIYAMA, 1981) といった世界中で最も盛んな島弧型火山活動の特徴づける放熱量と比較して やや過大な推定であるような印象を筆者も受けたが 今後の調査によって この数値は改められる余地は十分にある。それにしても 1桁も低く変更されるとは考えられないことから 見ても 海洋底プレートを生産する自然の営みがいかに雄大であるか 人間の目の届かぬ場所で起きている現象だけに驚きを感じる。

ところが 最近数年の間に海底下の地熱活動の実態を何とかして明らかにしようとする機運が高まり 新しい観測技術を用いた研究が盛んに行われるようになり 質的・量的に10年前とは比べものにならぬほどのデータが得られるようになってきた。その一つには 桜島火山

の北方鹿児島湾最奥部の水面下220mまでも陥没した地形を成す 始良カルデラの中で発見された「たぎり」と称される海底噴気活動を挙げられるだろう(小坂ら 1978)。他方 アメリカとフランスによる調査として東太平洋の海洋底拡大帯の海嶺部に潜水調査艇を潜らせた結果 海底で黒煙を噴く高温の噴気口が2,000mより深い海の海底に存在することも検証されるに至った。深海底におけるそれらの新発見は 前人未踏の世界をきわめる海底探検でもあったが 鉱物資源の宝庫として注目され始めたことも周知のとおりで その陰には小林(1980)に述べられているように 世界で屈指の海底地質研究者達が物理的・化学的・地質学的な方法を駆使して精力的に研究を進めた背景が顕存するのである。

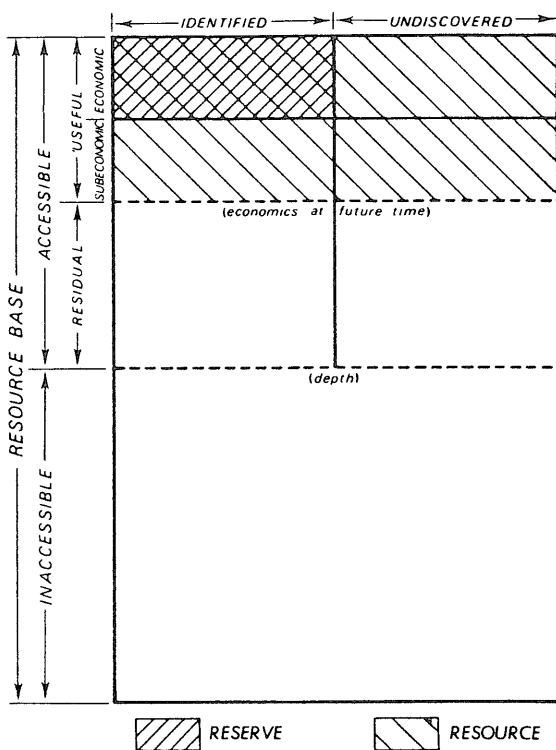
さて 冷たい海水の下に横たわる海底の地中に存在する熱エネルギーは地球全体を考えると どうやら陸上に有のとほぼ同程度又はそれ以上に豊富らしいことがお分かりいただけたとしても それだけでは地下資源の仲間に入れるには値しないではないかという反論が予想される。この辺の事情を「地熱資源」を一般的に定義する際に提案された MCKELVEY の図表(第1図)を用いて考えることにする。MUFFLER and CATALDI (1978) の論文に従って以下 この図表の表現するところの要点を述べて 海底地熱資源に適用してみよう。MCKELVEY 図表の縦軸方向には経済性の尺度による段階区分がなされ 横軸方向には科学的に熱エネルギーの存在が実証されているか否かの区分がなされ 色々な地熱地域は この2次元平面上のどこかの領域に属するというものである。縦軸は まず地熱エネルギー存在の深度が余り深いと「到達不能 (inaccessible)」な資源 そうでない場合を「到達可能 (accessible)」な資源と二分される。後者は 将来の採掘技術の革新を仮定しても「残存する (residual)」資源と 採掘できるようになったあかつきに「利用に供しうる (useful)」資源とに細分される。「利用に供しうる」資源は更に「採算がとれない (subeconomic)」か「採算が合う (economic)」かのいずれかであって 狭義に地熱資源という場合 最後の「採算の合う」資源のことを示している。筆者の私見であるが もう一つの重要な要因を第三の軸として考慮に入れ三次元的な発想を持つべきではないかと思う。その

第三の軸とは 日本の場合伝統的な温泉利用との共存関係を取るような資源開発を行わねばならないことや 米国でも日本でも有勢な地熱地域といえども自然環境保護の方を優先せねばならないという 社会システムの資源開発支持度の高低の要因である。

この図式を用いて海底下の地熱地域一般の場合を考えてみると 第一に気づくのは 陸上の普通の地熱地域の場合と比べ 現時点では横の軸の判断をする為の情報が少ないことであろう。冒頭に述べたように 特定の海底拡大中心の海嶺付近 たとえば東太平洋のガラパゴス海嶺の地域などでは深海底という困難な条件にもかかわらず地熱の精査が実施され 陸の地熱地域放熱量調査の詳細さに迫るほどであるが 世界に未調査の海域は多くいわゆる海底地熱研究者はつまみ食いをしているようなものである。海底の地中深部の温度分布は最も直接的には地殻熱流量に反映される。日本の周辺で比較的詳しく測定がなされた高熱流量帯は 日本海・オホーツク海・アンダマン海の様な縁辺海であり 特に局所的に異常が見ついているのは沖繩トラフと最も新しくはマリアナ・トラフにおいて普通の数百倍もの熱流量の場所がマッピングされるに及んだ。

McKELVEY 図表では地熱資源を経済性を中心に分類しているが 先に提案した第3軸も重要である。中央海嶺の地熱地帯やバックアーク(島弧の背後)のトラフの海底地熱異常域は 幸か不幸か人口密集する陸上の都市からは少なくとも数百 km も隔たった位置に存在するので そこで観測船や潜水艇を走らせての調査はもとより仮に地熱掘削用のリグを設置するとしても 他の人間にさしたる迷惑を及ぼすとは思われない。即ち社会的支持度は基本的には高いと見てよい。深海底の暗黒の世界に生息する新種の奇妙な生物たちの居住環境に若干の公害を及ぼす恐れはあるけれども、反対に 経済性の点で海底地熱資源の内でも最も有利な 陸からの延長として海岸沿いの地下に地熱貯溜層が存在するような場合には山奥の地熱開発と同じかそれ以上に公害問題を真剣に考える必要がある。海を有害元素で汚染することは決して許されないし 火力発電所の温排水で問題となるのと同様 高温の流体を採取する副作用として沿岸海域の生態系に影響を与える熱汚染についても 防止策がとられていなければならない。

結局のところ 海底ボーリングにどれだけの費用がかかるか といった狭義の経済性はむしろ海底地熱資源が利用できるかどうかの最終的な要因ではないと言っても過言ではなからう。但し 石油・天然ガスと比較した時 McKELVEY 図表の分類で海底地熱資源はまだ「採算



第1図 「地熱資源」の色々な階層を表現するための McKelvey 図表。横軸は科学的妥当性の有無を区分し 縦軸は経済的に見た利用可能なレベルを示す (Muffler and Cataldi, 1978 による)。

の合う資源」と見なすことは困難に違いない。日本語に「海のものとも山のものともわからない」という表現があるが 海底と陸地を比べると 地球物理的手段で資源存在域を限定して行く作業(探査)の対象としては海のものの方が山のものより素性が良い場合が多い。例を挙げれば 空中磁気データは地下高温域を示すキューリー一点法と呼ばれる解析にかけられるが 急峻な山岳地形によるノイズが山の場合には避けられないのに対し 堆積物と海水とにおおわれた沿岸海域では全くその影響がない。

筆者のように地球物理を専門とする者にとっては地熱資源存在の科学的妥当性 (McKELVEY 図表の横軸) については陸上の山地に於けるより海底下に於ける方が精度良い情報が得られる という信念を持つほどである。

創立100周年を迎える我が地質調査所が 将来にわたる研究のフィロソフィー作りをせねばならない現在に当たって 次世代の資源探査の対象として 一人でも多くの方々に海底地熱資源に興味を持っていただければ と願って小文の終わりとしたい。