

21世紀の資源・環境と地熱エネルギー：地熱特集号に寄せて

小川 克郎¹⁾

1. 21世紀の世界

あと10年たらずで21世紀がやってくる。研究所における研究テーマの息の長さを考えれば、もう21世紀に手が届いていると言っても過言ではないだろう。とりわけ、長期的な視点が必要とされるエネルギーの一つである地熱の研究開発には21世紀もかなり踏み込んだ時点までの視点が必要であるから、もうすでに21世紀が始まっていると言ったほうがいいのかも知れない。

それでは、21世紀はどのような世界なのだろうか？そして、その中でエネルギー源としての地熱はどのような役割を持つべきなのだろうか？まず、少しマクロな視座で考えてみよう。

20世紀末に起こった共産圏諸国の劇的な崩壊と再生は21世紀が価値観の極度に多様化・局地化した多数の国々からなる世界に変化して行くことを暗示している。人々の意識もこれとほぼ相似形を描きながら世界規模でも国内規模でも変化して行くだろう。政治および人間意識のこのような多様化・局地化の潮流とは全く逆流する形で、21世紀は本質的に地球の世紀(The Century of the Earth)とならざるを得ない。20世紀における人間活動圏の極端な拡大は地球を「地球規模」で取り扱わねばならない時代が到来した。政治を含めた人間の意識の世界と物理的実体としての地球の世界とのこの相反する潮流は、21世紀が人類にとってひどく不幸な世紀となる可能性を秘めているように思える。地球の歴史やそこで起こる現象を研究対象とする地球科学者の一人として、この人間と地球の勝負では人間の側が大きなハンディキャップを負っていると思えるからである。

この世界像は多くのメニューのひとつに過ぎないであろう。もっと楽観的な世界像もありえよう。重要なことは、私達が21世紀の資源・環境を考える

時、それがどのような世界なのかを出来るだけ客観的に予測しておいたほうが良いということである。

2. 地熱エネルギーの位置付け

石油資源の地球上における極端な偏在が避けようのない以上、「地球規模での資源の確保」は当然のことと考えられていた。極く一部の有識者を除けば、エネルギーは金で賄えばいいものと思われていた。この常識に深刻な警告を与えたのは1973年(昭和48年)に勃発した第4次中東戦争とそれに伴う「石油危機」であった。この前の年、筆者はたまたまロスアンジェルス郊外アナハイム市での石油関係の国際会議(物理探査学会)に参加した。会議場の入口に“Energy Independence”(エネルギーの独立)という会議のキーワードが大きな字で掲げられていた。当時商務長官であったブッシュ現米国大統領が会議のキーノートアドレスを行ない、「米国は他国に左右されないエネルギーの独立を目指す。まずはカリフォルニアの地熱開発からだ」と宣言した。この時初めて政府の支援がアメリカの地熱界に約束された。さて、我が国であるが、中東戦争勃発後の政府の対応はさすがに素早かった。直ちに、石油代替エネルギーの開発促進が具体的な政府プログラムとしてスタートした。1974年—通商産業省工業技術院サンシャイン計画推進室の設置、1975年—工業技術院地質調査所地熱熱部の設立、1980年—新エネルギー総合開発機構(NEDO)発足と矢継ぎ早に対応政策が推進されていった。

この時代の石油代替エネルギーの一つとしての地熱エネルギーの位置付けはあくまで「資源」に限られていた。即ち、資源におけるナショナルセキュリティというマクロな政策の傘の下に位置付けられていた。

昭和60年代に入り地球温暖化を核とした「地球

¹⁾ 地質調査所 所長

規模環境問題」が急速に浮上してきた時、地熱エネルギーにはもう一つの位置付け—「環境」—が加えられることになった。炭酸ガスを排出せざるをえない“ダーティ”な化石燃料資源に對置した形で環境に対する負荷が無い（或いは小さい）“クリーン”な地熱エネルギーが改めて評価され始めたと思われる。

少なくとも21世紀の前半までは、人類は化石燃料に否応なく依存せざるをえないこと、従って、資源と環境が鏡の両面であり続けることは既に述べた（地質ニュース、1992年1月号）。この前提にたてば、上に述べた地熱エネルギーの二つの位置付け—資源と環境—は重要な意味を持ってくると言いたいだろう。

3. 地熱エネルギーの将来の問題点

3.1 コスト

総てのエネルギー資源に当てはまるが、地熱エネルギーの将来性はそのコストと資源量とに負っている。エネルギーコストはその時の化石燃料コストとの比較によって評価されている。先に述べた第4次中東戦争を端緒として石油代替エネルギーの開発促進が急速に進展していったのは、石油コストの大幅な高騰を背景としてのことであった。この視点から将来の地熱エネルギーのコストを考えると、幾つかの有利な状況が予測される。まず第一に、長期的に見た石油資源の枯渇化傾向とそれに伴うコストの高騰である。この10年間程新しい巨大油田の発見がほとんどなされていないことや北海油田を始めとする世界各地の既存油田の全般的な枯渇傾向にも係わらず石油価格の高騰が生じていないのは中東諸国の石油がまだまだ頑張っているからである。現在進行している人口の著しい増加と世界の全般的な工業化の傾向を考えれば、中期的には兎も角も長期的には石油枯渇の頭在化は避けられないであろう。また、第二に、「地球規模環境問題」が進行する中で、環境への負荷の大きいタイプの資源のコストに占める環境コストの割合が増すことも避けられないであろう。現在、地熱エネルギーの開発コストは石油コストとの比較において決して有利といえるわけではない。言うまでもなく、コストを下げる様々な努力を続けなければならないが、上に述べた資源

・環境両面での状況は地熱エネルギー開発意欲を長期的には増進させるであろう。

3.2 資源の種類・資源量

地熱貯留層を形成する条件は次の三つである。

(1) 熱源, (2) 空隙, (3) 水供給

そして、地熱貯留層はこの三つの条件の組み合わせによって、

(A) 熱水対流型, (B) 深層熱水型, (C) 高温岩体型に概略分類される（第1図、第2図）。

現在、発電・直接利用等我が国で商用に利用されているのは熱水対流型資源である。地質調査所試算によるこの型の電力換算究極可採資源量は約2,000万キロワット×30年である。この値で見ると我が国の地熱エネルギーはかなりの量と言えよう。むしろ、化石燃料にとって変わるというほどではありえない。しかし、21世紀においてはエネルギーの多様化がいつそう進められるに違いないが、地熱エネルギーが多様化の一つの役割を担う資格はあるだろう。

今後は、現在利用されている熱水対流型資源の一層の利用促進が図られるであろうが、現在利用されていない新資源の利用も図って行くべきであろう。そのような資源としては次のようなものがあげられよう。

- (1) 深部熱水対流型資源（およそ3,500メートル以深）
- (2) 高温岩体型資源
- (3) マグマエネルギー資源
- (4) 広範に賦存する低温熱水の非発電利用

(1), (2), (3)は通商産業省のサンシャインプロジェクトとして実施中もしくは検討中である。(4)は新資源とはいえながもっと積極的に利用されるべきであろう。この型の資源は低品位であるが、その代わりに熱水対流型資源に比べて偏在性が低く日本のかかりの場所でローカルエネルギーとして利用可能であり、質よりも量で稼げるという大きな利点を持っている。

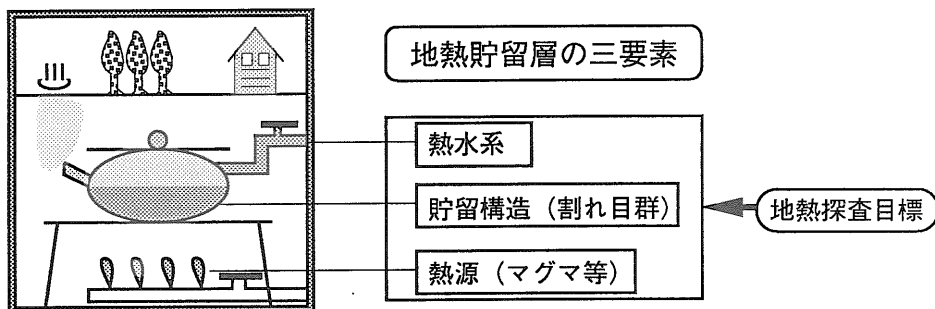
4. おわりに

一世紀前、ヨーロッパを中心として「世紀末」という言葉が世界を風靡したという。この言葉は退廃的な響きを持っている。私達は再び世紀末を迎えて

| | 地下温度勾配 | 空隙 | 地熱資源の型 | 利用形態 |
|---|--------|----|--------|--------|
| A | ○ | ○ | 熱水対流 | 発電・非発電 |
| B | △ | ○ | 深層熱水 | 非発電 |
| C | ○ | × | 高温岩体 | 発電 |

○優 △良 ×可

第1図 地熱エネルギー資源の分類



第2図 地熱貯留層の概念モデル

いるが、それは100年前とは違っているように思われる。100年前のそれは人間の意識のなかに生じた一種の文学的な雰囲気のようにであったが、今のそれは地球という物理的実体に人類が対峙せざるを得ない、雰囲気というよりももっと現実的な、問題意識として理解することができよう。むしろ、この問題に容易な解決策があるわけではない。重要なことは、私達がそれぞれの役割の中で、可能な努力を続けてゆくということであろう。

本年、設立110年を迎えた地質調査所は、昭和20年代から地熱の調査・研究に取り組んできた。とりわけ、1975年の地殻熱部創設以来、通商産業省工業技術院サンシャイン計画のもとで所としても本腰を入れて取り組んできた。カオスともいえる今の世界にあって、21世紀が如何なるものかは未だ判然とはしていないが、当面試行錯誤を繰り返しながら、私どもの果たすべき中長期的な役割を模索して行かねばならないと思っている。巨視的に概括すれば、「資源と環境」は私どもの基本的な研究対象で

あり続けるであろう。その意味で、まだまだ広くて深い未知の領域を残している地熱エネルギーに係わる研究は私どもにとって重要なテーマである。これからの、地熱の研究開発には力をそいでいきたいと思っている。とりわけ21世紀における「資源と環境」の中で地熱エネルギーを理解すれば、そしてその「地球規模」という本質を理解すれば、「国際協調・協力」が重要なキーワードとなるに違いない。私達がこれまでに培ってきた地熱に係わる経験や技術をいまだその少ない国々へ移転し活用することにも努力してゆきたい。

参考文献

地質調査所 編(1992)：特集—資源と環境，地質ニュース，1月号（通巻449号）

OGAWA Katsuro (1992): Resources, environment and geothermal energy in 21st century.

〈受付：1992年7月10日〉