日 本 の 地 熱

—その特徴と問題点—

中 村 久 由*

On the Occurrence of Geothermal Products in Japan

By

Hisayoshi NAKAMURA

Geothermal areas in Japan are distributed along Quaternary volcanic zones. Fumaroles and hot springs in these areas issue from younger volcanic rocks and origin of them seems to be related to Quaternary volcanic activities, though a few jet from Tertiary granitic rocks

Thermal activities in these areas are divided into two types: One is caused by emanation of shallow magmas of active volcanoes like as Atosanupuri and Showa-shinzan in Hokkaido and Iwojima in Kyushu which are characterized by high temperature and strongly acidic gases, the other is originated by consolidation of deeper magmas.

One of characteristic appearances of geothermal areas in Japan is that surface thermal indications are poor. But, according to investigations made in some areas, it has become clear that geothermal products are reserved in porous beds and permeable hard rocks of younger volcanics and their basements. For example, hot water occurs from Tertiary formation covered by younger andesite lava flow in spite of lacking remarkable surface indications, in Matsukawa area, Iwate Prefecture. Occurrences in other areas may be analogous to that of Matsukawa.

To know more clearly subsurface structures in geothermal areas, investigations by drilling are necessary.

ま え が き

地熱開発を行う上に、あらかじめその地域が開発上適当な場所であるかどうかを十分調査研究しておかねばならぬことは、改めていう迄もないところである。然し、我々が直接知り得る範囲は地表下極く浅い部分だけに限られるので、何等かの方法によらぬ限り、地下深いところの状態を予測し、指摘する訳にはいかない。日本で、地熱開発が叫ばれてから、十数年を経ているが、現在、まだ工業化試験の段階にすら達していない状況である。一説には、日本は火山・温泉国であり、地熱の徴候も数多くあるから、地熱の開発がおこなわれているのは、地熱探査の方法論が確立していないからだ、という説もある。確かに日本には数十個所の地熱徴候地があり、地熱の取得もそう困難でないように見える。然し、地熱というのは、複雑な火山活動の消長、火山体自身の構造さらに基盤岩層の構造的要素により支配され、集結された産物であるという見方からすれば、むしろ、このような出方をするとともに日本の地熱の特殊性が潜んでいるともいえる。

* 工業技術院地質調査所

諸外国の地熱の実例、開発に必要な地質条件については、すでに繰返し、雑誌、報文等に紹介されているので、ここでは諸外国の状況と対比しつつ、日本の地熱の特徴ともいえる点について簡単にふれてみたい。

熱源と火山活動、火成活動との関係

1. 時代性

日本の地熱の分布は、ほとんど第四紀のいわゆる火山帯上に限られる。然し、これらの中には、例えば宮城県鳴子町鬼首のように、第三紀の花崗岩質岩石を基盤とするところがあり、その熱源が第四紀以前の火成活動と全然関係がない、といいきれない地域もある。さらに範囲を広げて、温泉の分布という面でみると、必ずしも第四紀火山帯とは限らず、中には紀伊半島温泉群のように、火山帯から外れ、しかも第三紀花崗岩質岩石の火成活動に関係があると思われる温泉が存在する。

外国の例でいうと、イタリアのラルデレロの地熱の根源は、その近くに露出する第三紀花崗岩に関係あるともいわれているので、日本においても、熱源の時代が場合によつて、第四紀以前にまで遡る疑いがない訳ではない。然し、最も疑いのもたれる鬼首においても、第四紀石英安山岩がドーム状に迸出しており、熱源はむしろ、この石英安山岩の活動に関係があるとみなされるので、結局、現在までのところ我国においては、第四紀以前の火成活動と関係をもつ地熱地域の存在を、積極的に裏づける資料は知られていないようで

第1図 宮城県鳴子町鬼首地質調査所三号井

第2図 宮城県鳴子町鬼首利根ボーリング井

第3図 岩手県松川1号井の噴出

ある。

2. 熱源の深さ

我国の地熱が第四紀の火山活動と関係があることは前項で指摘した通りであるが、一口に第四紀の火山活動といつても、地域によつて活動の形態、岩質、時期が異なり、必ずしも同一に取扱う訳にはいかないが、大別すると、アトサヌプリ(北海道)、昭和新山(同)、硫黄島(鹿児島県)のように、熱源としての岩漿が地表あるいは地表浅部に達し、いまなお活動を続ける地域と、迸入あるいは迸出した岩漿がすでに固化し、より深部の岩漿がいわゆる熱源としての役割を果している地域とに分けることができる。

これらのうち、前者の地域では、数百度の噴気ガスを噴出し、これらの噴気ガスは塩化水素ガス等の強酸性のガスで特徴づけられる。このような地域での地熱利用は、なお研究の余地を残しているが、最も典型的な火山熱を蔵する地域であることは明らかであるから、いわば新しい型の地熱として、我国のような火山国では一応注目に値するものと思われる。

後者は、一般にいう噴気地帯あるいは高温温泉地帯で、開発の対象として取上げられているのは、ほとんどこのような地域である。このような地域の熱源の深さについては、前者に比べ、相対的に深いといえるだけであつて、その確実な深さについては十分明らかでない。現在迄、各国の地熱地域で掘さくされた試錐孔は1,000 m までのものが多く、最深のものは、米国カリフォルニア州 Niland の1585 m の試錐孔であるが、最近の報告によれば、この試錐孔から噴出する熱水は332 g/l の溶存成分をもち、孔底温度も370°C という高い温度を示すことから、この熱水はいわゆる岩漿水であろうといわれている。

我国では、大分県大岳地区における900 m の試錐孔が最深のものであるが、特に、熱源の深さに関して目新しい資料が得られていない。今年度、岩手県松川地域において、深度1,200 m の試錐がおろされる

第4図 岩手県松川1号井における孔間温度測定

予定になっているので、この問題について興味ある知識が得られるかも知れない。

3. 熱源の規模

ニュージーランドのワイラケイ地熱地帯における自然熱流量は電力に換算して6万kWという数字を示しているが、我国では、ニュージーランドのように、一地域からこのように大きな熱流量の数値を示す場所がほとんど知られていない。勿論、これは、地質構造と大きな関係があり、比較的岩質が均一で、しかも空隙率の大きな地層からなる地域では、熱源の規模が、ある程度地表の地熱徴候の拡がりの上にあらわれることは容易に推察される。然し、逆に、イタリア、ラルデレロの場合のように、いわゆる帽岩 (cap rock 又は cover rock) が存在する地域では、熱の発散が妨げられ、地表の徴候は必ずしも熱源の規模と平行しないことも容易に理解できる。

我国の地熱地帯が、表面からみる限り、広大な地熱徴候を示さないことは、地熱開発の上に、悲観的な材料を与えるようにみえるが、これは、熱源の規模の問題より、むしろ地質構造に深いつながりを有するためであつて、開発の条件を左右すべきものではないと思われる。この代表的な実例としては、岩手県松川をあげることができるが、ここでは、地表面に著しい地熱徴候を有しないにも拘らず、地下500mに至つて200°C以上の地熱が広い範囲に亘つて潜在することが明らかとなつた。また、宮城県鬼首においても、テストボーリングの結果、約4km離れた噴気地域と高温温泉地域とが一連の存在状態のもとにある

第 5 図 日本の主な地熱地域

ことが知られた。

このように、地熱の規模の問題は、地質構造というベールに包まれ、その本体をあらわすまでに至っていない。いいかえると、我国の地熱は、複雑な地質構造に支配され、その存在状態も地域的に必ずしも同一形態をとらぬところに、地熱開発の難しさがあり、これがまた、日本の地熱の特徴を示すことにもなるが、それだけに地域によつては今後の開発に、大きな期待を与えているともいうことができる。

存在状態と地質構造

地熱の存在状態が、地質構造に支配されることは、すでに前項で述べた通りであるが、地熱の存在地域が必ずしも同一の地質系統によつて構成されるとは限らないので、地域毎で、存在の形態もまた異なるであろうが、大別すると、1) 第四紀の火山岩類の中に貯溜される場合と、2) 基盤岩層の中に貯溜される場合とに分けることができる。

1) 第四紀火山岩類の中に貯溜される場合

冒頭で述べたように、我国の地熱は、第四紀火山帯上に分布しており、従つて、いわゆる湧出母岩も、第四紀火山岩類に相当するものが極めて多い。この火山岩類を構成するものは、熔岩、集塊岩、凝灰岩、凝灰角礫岩等が主なるものであるが、これらの幾つかが組合わさつて成層するとき、空隙率あるいは滲透率の大小によつて貯溜層として役割を果す。ニュージーランドのワイラケイ地熱地域の凝灰角礫岩はその

第6図 大分県大岳九州電力3号井

代表的な例であるが、これ迄のところ、我国では、ワイラケイほど厚く、しかし空隙率の大きな貯溜層の存在は知られていない。勿論、これには、熱水の供給量の多いことも必要な条件として加味されるが、我国でも、繰返し火山活動が行われ、火山岩類が厚く堆積している地域では、ワイラケイに劣らぬ程の貯溜層の発達を期待できよう。

現在開発地域としてとり上げられている大分県大岳、熊本県岳の湯、鹿児島県指宿等は、いずれもこのような地域であるが、この他未開発地域ではあるが、鹿児島県霧島火山南西側も有望視して良い場所であるように思われる。

ただ、このような地域の火山岩類は、熱水の貯溜層であると同時に、地下水の帯水層でもあるために、多かれ少かれ地下水の影響をうけることは免れない。然し、貯溜熱水の拡がりには、供給される熱水の量に支配されると考えられるので、結局、この場合においても、その本質は、基盤岩層の地質構造にあるということになる。

2) 基盤岩層内に貯溜される場合

基盤岩層からみれば、その上を被う第四紀火山岩類は、いわば蓋であり、その中に貯溜層となりうる地

層があれば、熱水は貯えられ、逆に緻密な熔岩がその上を被う時には、いわば帽岩となつて地熱の上昇が妨げられる。いずれにしても、地熱の上昇通路となるのは、基盤岩層間の割目、破碎帯等であるが、ニュージーランド、イタリーの例をみると、この上昇通路に当る割目が地熱の貯溜部分となる可能性は少なく、基盤岩層自体においても、貯溜層となるのは、水平的な拵りをもつある種の割目、空隙率の大きい地層がその役割を果している。すなわち、破碎帯等の“たて”の割目に沿つて上昇する熱水が基盤岩層内に発達する水平的な割目あるいは地層に貯溜され、その割目あるいは地層の発達が著しいほど有利になる訳であるが、これ迄、我国で知られた例によると、収縮によつて生じた熔岩流の割目、第三紀層の砂岩、礫岩等をその代表として挙げる事ができる。

我国の第四紀火山帯の基盤をなす第三紀層には、多くの断層、褶曲が発達し、地熱の上昇通路としては好適の条件にある。地熱微候が散点的に分布することもこの基盤構造の影響によると考えられるが、一方、この第三紀層内に貯溜層が存在する時には、有利な開発地域となりうることは疑いない。然し、第四紀の火山地帯では、直接、基盤岩層が露出していない場合が多く、地熱の存在状態を知る上に多くの困難が伴う。従つて、問題は、いかにして、地質構造を解明し、存在状態との関連を探知するかにあるということになる。

第7図 熊本県岳の湯八幡製鉄1号井

探 査 上 の 問 題 点

以上述べたように、我国の地熱は、大別して

- 1) 岩漿が地表あるいは地表近くまで到達し、すでに高温の噴気ガスとして噴出中のもの
- 2) 第四紀火山岩類の中に貯溜されるもの
- 3) 第四紀火山地帯の基盤岩層中に貯溜されるもの
- 4) 2) および3) の組合せによるもの

に分けることができる。地熱の探査は、地熱の存在状態を知る手段としてとられる方法であることに間違いないが、地質調査にしても物理探査にしても、地質構造を先ず把握し、その結果から間接的に地熱の存在を推定しようとするのが現在の行き方である。然し、地熱は、読んで字の如く、“熱”で特徴づけられるものであるから、何等かの方法により、地下温度と熱の拵りを探知できるなら、地熱の一大発展をもたらすであろう。

我国における地熱探査の歴史を振り返つてみると、先ず狭い噴気地帯の周辺に調査の重点がおかれた。このような地域は、噴気ガスが、直接地表に達しているので、地温分布調査等により、或程度熱の拵りを知ることができる。然し、その後、地熱を広い範囲から取得するためには、さらに広域的な調査と深部探査を行う必要に迫られ、現在に至っている訳であるが、地質調査および各種の物理探査の結果、地質構造に関する知識が得られても、直接、地熱の存在を確かめ、その過度を測定するには、ボーリングによらざるを得ない。然し、ボーリングによる検査は、かなりの調査費を必要とするので、調査費の裏づけがない限り、地熱探査に行きづまりが生じることは目に見えて明らかである。

日本の地熱の特徴は、一口にいつて、第四紀火山岩類および基盤岩層中に潜在する可能性が強く期待できるという点にある。地熱探査の方法も、今後、さらに発展するものと思われるが、現段階では、地質調査、物理探査の裏づけとして、ボーリングの受持つ役割は地熱探査にとつて不可欠である。蓋し、地熱探査のボーリングの必要性が、このように切実に叫ばれることも、あるいは日本の地熱の特徴の1つに数えられるかも知れない。