

地熱発電と新潟地域の地熱資源・温泉

佐脇 貴幸¹⁾・阪口 圭一¹⁾・玉生 志郎¹⁾

1. はじめに

産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 (<http://www.gsj.go.jp/AIST/GRE/index.html>) では、研究開発テーマの1つとして、地熱発電・地熱資源探査に関わる研究を行っています。2002年9月に開催された「地質情報展 にいがた『のぞいてみよう大地の不思議』」では、そのような地熱資源の研究法をはじめとして、新潟地域の地熱資源・温泉の分布、日本の地熱発電所等について展示・紹介しました。ここでは、その展示内容の概略についてお伝えします。

2. 地熱資源と地熱発電

地熱とは、文字通り「地下にたくわえられた熱」のことですが、それを資源として利用するためには、

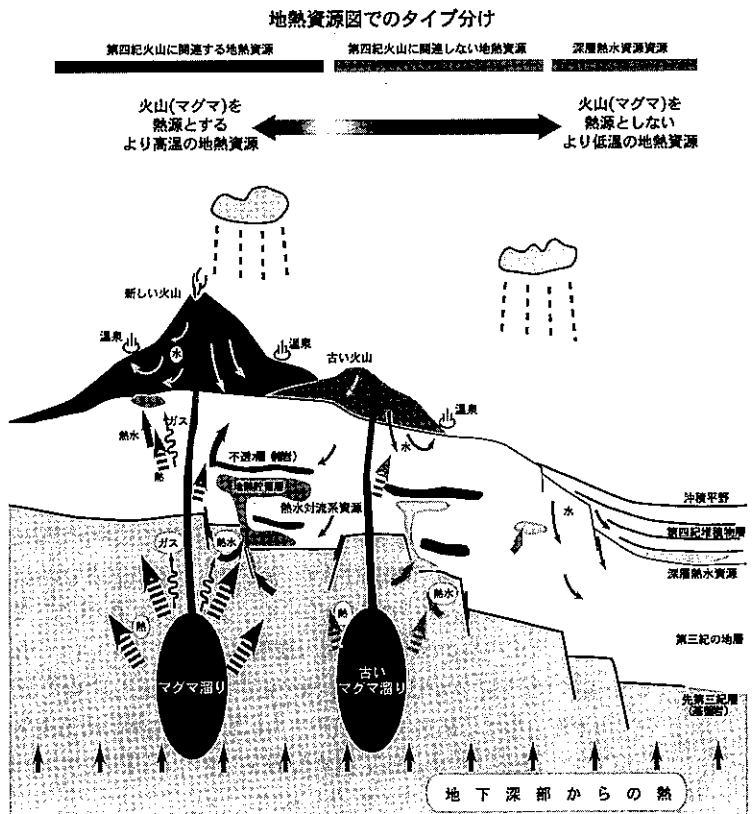
- 1) 利用する目的に適した温度であること。
- 2) 容易(経済的)に取り出せる深さにあること。

が必要です。つまり、なるべく浅いところに高温の地層があれば都合がよいわけです。また、地層が高温であっても、熱それ自身は持ち運ぶことができないので、地表まで熱を運んでくれる蒸気・熱水が地下に溜まっていることが必要です。

火山地域では、地下数km～10km程度にマグマ溜まりがあり、より浅いところで高温が得られます。

地層中の割れ目を通じて地表から染み込んだ水はマグマ溜まりの熱で熱せられ、またマグマから供給されたガス成分と混ざり合って高温の熱水となります。熱せられて軽くなった熱水は、割れ目を通じて上昇して行き、その途中でも岩石と反応したり地下水と混じり合ったりしながら地表に達します。このような水の循環系のことを「熱水対流系」と呼びます。また、熱水が地下の割れ目に溜まっている

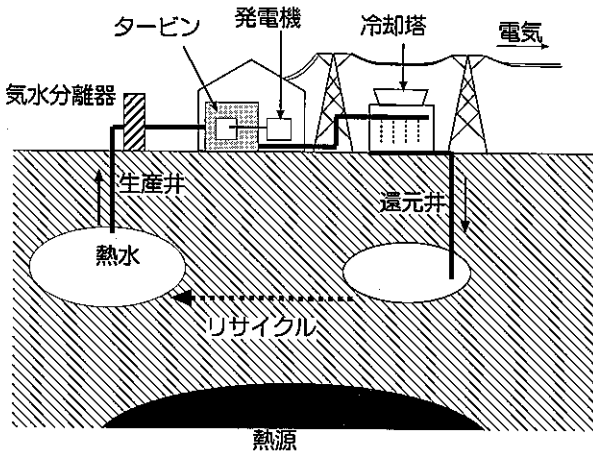
地熱資源の賦存形態 ーどこにどんな地熱資源があるのでしょうかー



第1図 地熱資源のタイプ。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 地熱資源, 地熱発電, 温泉, 探査手法



第2図 地熱発電の仕組み(模式図).

ところを「地熱貯留層」と呼びます(第1図).

このような地下深くに眠る地熱資源を効率よく利用するためには、どこに、どのような地熱資源があるかを見極めなければなりません。このために、

- 1) 地震波、電磁気、重力などを測定する地球物理学的探査法。
- 2) 地表の岩石や温泉水などから地下の様子を推定する地質学的・地球化学的探査法。

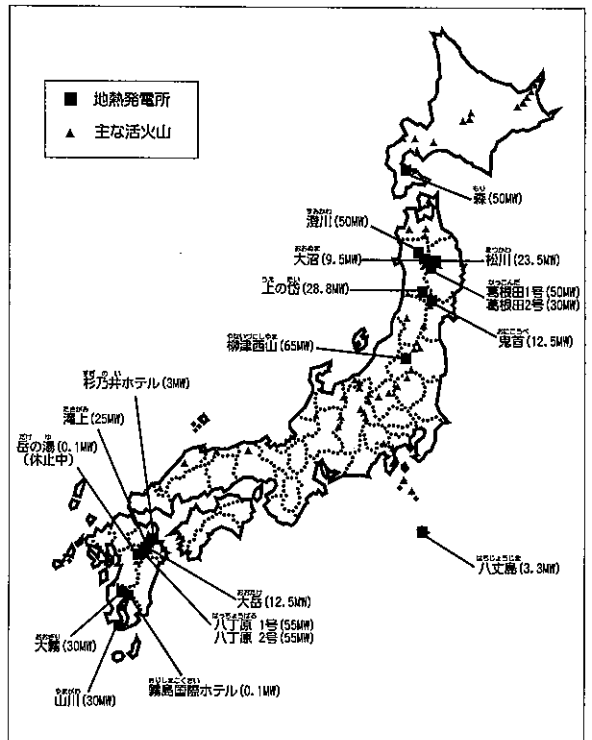
が使われることになります。産業技術総合研究所ではこれらの手法を研究・開発しています。なお、高温であるけれども割れ目が少なく、熱水の量が極めて乏しい場合もあります。これを「高温岩体」と呼びますが、このような地層に人工的に割れ目を入れ、水を循環させて地熱資源を抽出・利用しようという研究開発もおこなわれています。

さて、地熱発電では、およそ200℃以上の高温の地熱貯留層からボーリングで熱水(地熱流体)を取り出して発電します(第2図)。ボーリングで掘る深さは500～3,000mくらいです。普通は蒸気と液体(お湯)が混ざった状態で出てくるので、これらを分離する装置(気水分離器)に通します。分離した蒸気は、発電機につながっているタービンへとパイプラインで送られ、このタービンを蒸気で回して発電します。発電に使った蒸気は、冷却塔でさました後、最初に分離したお湯と共に還元井と呼ばれる井戸から地下の割れ目に戻します。このように、地熱発電では、一度使った熱水は捨てずに地下に戻し、再度加熱されて戻ってくるものを利用できるようにしています。このため、地熱エネルギーは「再

生可能エネルギー」と呼ばれています。また、世界有数の火山国である日本にとって、地熱資源は豊富に存在する自然エネルギーであり、かつ、石炭や石油などを燃やす火力発電と異なり、CO₂を排出しない「クリーンエネルギー」でもあります。さらに、使用後の低压蒸気や熱交換水は、多目的に利用できます。実際に利用されているものとしては、例えば、温水プール、花や野菜の温室栽培、魚やエビの養殖、木材や野菜の乾燥、牛乳の低温殺菌やヨーグルトの発酵、暖房、融雪、染め物などがあります。

一方で、地下の蒸気を探すためにいろいろな調査をしなければならないのと、ボーリングの費用が高いため、地熱発電所ができる前にはお金がかかるという問題もあります。発電所を造れる場所も、火山の近くなど地下に高温高压の蒸気のある場所に限られます。また、一カ所から取れる蒸気量に限りがあるので、発電規模はあまり大きくできません。例えば、日本最大の地熱発電所は1カ所(発電機2機)で110MWですが、原子力発電では1機で1,000MWくらい発電します。

地熱発電所は、国内では主に九州、東北地方の



第3図 日本の地熱発電所。

火山地帯に建設されており、その数は合計17カ所、発電量は全部で533MWとなっています(第3図)。世界的には、アメリカ合衆国 2,545MW、フィリピン 1,908MW、イタリア 785MW、メキシコ 780MW、インドネシア 770MW、ニュージーランド 441MW、アイスランド 170MWなどが主なところで、1998年12月現在では、日本は世界第6位になります(日本地熱調査会, 2000)。今後は、100℃前後の熱水を利用したバイナリーサイクル発電の普及も期待されています。なお、地熱発電に関する情報は、湯原(1992); <http://www.jgea.or.jp/>, <http://www.tohoku.meti.go.jp/geo/>, <http://www.enecho.meti.go.jp/ground/> などでも知ることができます。

3. 温泉

温泉水のもとには、どんなものがあるのでしょうか? 雨水や雪が地下にしみ込んでできた地下水はその1つです。海岸や島では、海水が地下にしみ込んでくることもあります。古い地層の中に昔の海水が閉じこめられていることもあり、それらは「古海水」あるいは「化石海水」と呼ばれます。また火山の近くではマグマに含まれている水が放出されていると考えられています。それらは、「火山ガス」、「マグマ水」などといいます。これらの水が地下の深いところまで循環して温められたり、地下深くの地層から様々な成分を溶かし込んだりしたものが温泉水となります。

特に、比較的新しい(第四紀)火山の近くでは、高温のマグマによって地下水が熱せられ、たくさんの温泉ができます(第1図)。このようにしてできた温泉は「火山性温泉」といい、しばしば沸騰泉が認められます。一方、特別に熱いものがない場所でも温泉はあります。地球は中心へ行くほど温度が高くなっており、1km深くなると30℃くらい温度が上がります。もし地下水の温度が地表近くで20℃だったとすれば、単純に計算して地下1,000mでは

50℃、3,000mでは100℃を超えることになります。このような地球が放出する熱で温められている「火山性温泉」以外の温泉を、「非火山性温泉」といいます。また、平野・盆地には地下水など温泉の水のもとをたくさん含んだ地層がある場合があります。このような地層が温められると温泉ができます。このようにしてできた温泉は「非火山性温泉」の間ですが、特別に「深層熱水」といいます(第1図)。このような深層熱水は、近年、大規模な温泉レジャー施設の源として利用されるようになってきました。ただし、比較的低温(60℃以下)のものが主で、沸騰泉となっていることは非常にまれです。

新潟県及びその周辺地域に分布する温泉・地熱資源に関しては、高橋ほか(1993)や阪口・高橋(2002)等にまとめられています。新潟平野や関東平野、あるいは会津盆地といった大きな平野や盆地には深層熱水が存在しています。一方、妙高山、苗場山、磐梯山といった火山の周辺には火山性温泉が分布しています。なお、深層熱水の分布域でも村松浜(新潟県北蒲原郡中条町; 84℃)や本条寺(新潟県三条市; 70℃)のように高温なものや、瀬波(新潟県村上市)のように近くに第四紀の火山がないにも関わらず100℃の泉温を持つものもあります。このような高温泉の成因は謎となっており、それについての研究がまだ進められているところです。

文 献

- 日本地熱調査会(2000): わが国の地熱発電の動向。日本地熱調査会, 118p.
 阪口圭一・高橋正明(2002): 東北・九州地熱資源図(CD-ROM版)。独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター。
 高橋正明・山口 靖・野田徹郎・駒澤正夫・村田泰章・玉生志郎(1993): 50万分の1新潟地熱資源図及び説明書, 特殊地質図(31-1), 地質調査所。
 湯原浩三(1992): 大地のエネルギー 地熱。古今書院, 182p.

SAWAKI Takayuki, SAKAGUCHI Keiichi and TAMANYU Shiro (2003): Geothermal power generation and geothermal resources including hot springs in the Niigata district.

< 受付: 2002年10月31日 >