

地熱資源と地熱発電・地中熱利用, 千葉近辺の温泉

佐脇 貴幸¹⁾・水垣 桂子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://unit.aist.go.jp/georesenv/>) では, 研究開発テーマの一つとして, 地熱発電と地熱資源探査・利用に関わる研究を行っています。「地質情報展2004 ちば -海から生まれた大地-」では, 地熱資源の基礎, 日本の地熱発電所, 地中熱利用の原理, 千葉県周辺地域の温泉の分布等について展示・紹介しました。以下, 地質情報展での展示内容の紹介と会場での来場者の反応について記します。

2. 地熱資源の基礎と利用例

2.1 地熱資源とは?

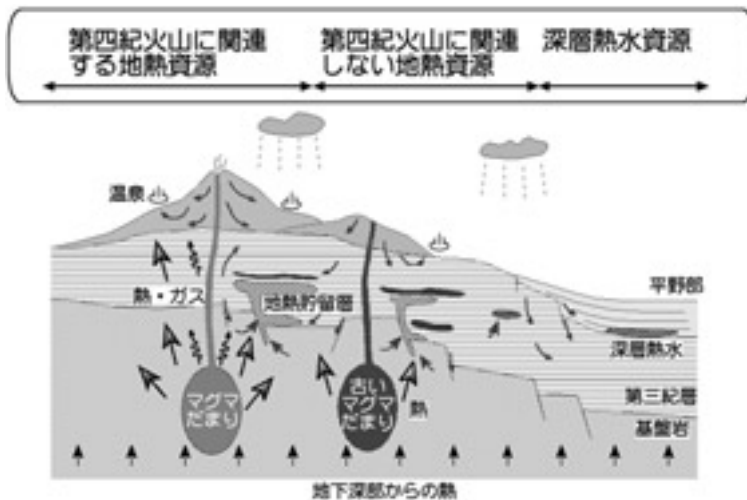
地熱とは文字どおり「地下にたくわえられた熱」です。火山地域では地下数km~10km程度に高温のマグマ溜まりがありますが, 地層中の割れ目を

通じて地表から浸み込んだ水は, このマグマ溜まりの熱で熱せられ高温の「熱水」となります。このような熱水が地下の割れ目に溜まっているところを「地熱貯留層」と呼びます(第1図)。地熱資源とはこのような熱水のことを指します。

さて, 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。

2.2 地熱発電

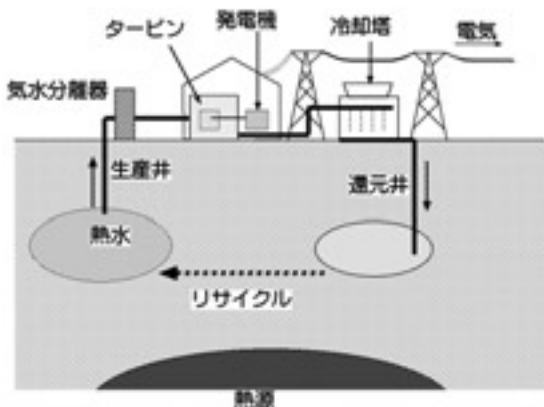
上記のような手法を使って探し当てた地熱資源を利用して発電するのが地熱発電です。地熱発電では, 地下500~3,000m程度の深さまで井戸を掘削し, 地熱貯留層から200℃以上の熱水を取り出



第1図
さまざまな地熱資源(阪口・玉生, 2002
を修正)。

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, 千葉の温泉, 地中熱



第2図 地熱発電所の仕組み。

します。この熱水から蒸気を分離し、それを使って発電機のタービンを回して発電します。発電に使った蒸気や分離したお湯は還元井と呼ばれる井戸から地下に戻します(第2図)。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(リサイクル)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。

実は、本情報展が開催された2004年は地熱発電開始100周年に当たっていました。世界最初の地熱発電(実験段階)は、1904年7月4日、イタリア・ラルデレロ(第3図)で行われました。この時、ピエーロ・ジノリ・コンティ氏は地熱流体を使って電球5個を灯

しました。その時の様子は<http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php>で見ることができます。それから100年経った現在、日本を含めてアメリカ、フィリピン、インドネシア、ニュージーランド、イタリア等で発電が行われるようになってきました。日本国内では北海道・東北・九州地方の火山地帯及び八丈島に地熱発電所が建設されており、その数は休止中のものを除いて合計17カ所、発電量は全部で533MWとなっています。詳しくは、

- ・ <http://www.gsj.jp/Info/event/2004/johoten/preview/B013.html>
- ・ <http://www.enecho.meti.go.jp/energy/index.htm>
- ・ <http://www.tohoku.meti.go.jp/geo/>

等を参照してください。今後は100℃前後の比較的低温の熱水を利用したバイナリーサイクル発電の普及が期待されており、その実証試験も始まっています。

2.3 地中熱利用

井戸水に触れるとわかるように、地下水は一年中ほぼ一定の温度なので、外気温と比べて夏は冷たく冬は暖かく感じます。このような地表と地下の温度の違いを利用するのが地中熱利用です。具体的には、深さ100m程度の井戸を掘り、そこにU字管を埋め込んでその中を水や不凍液を循環させたり、あるいは地下水を汲み上げたりし、それらをヒートポンプとつなげて熱交換を行います。この地中熱ヒートポンプを冷暖房等に活用すれば、都市部でのヒートアイランド現象の緩和、石油消費量の減少とCO₂の排出量削減等が期待できます。

しかしながら、地中熱利用はアメリカ、スイスでは



第3図 イタリア・ラルデレロ地域の現在の地熱発電所の風景(安川香澄氏提供)。モンテアミアタ地域でも地熱開発が行われている。

進んでいるものの、日本ではいま一つ進んでいません。その理由としては、日本における掘削費が高いことと並んで地中熱利用のために必要な地質情報に関する研究が進んでいないことが挙げられます。このような点を明らかにするために、産業技術総合研究所では平成13年度から3ヶ年計画の研究を行ってきました。この研究では、地下温度・地下水・地質の調査に基づいて地中熱利用施設を最適に配置するための手法、環境への影響を調べ、適正使用熱量・適正揚水量等を算出する手法等を開発しています。

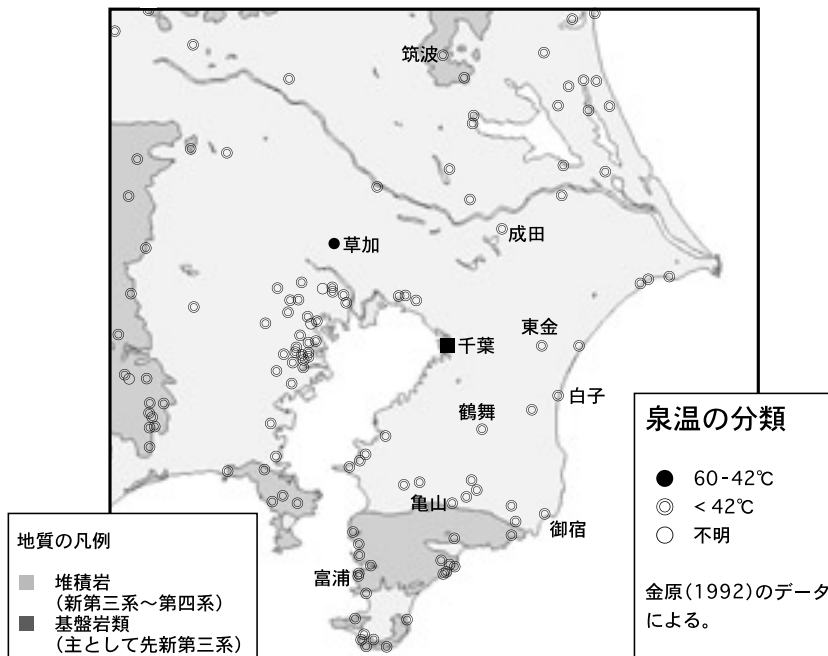
3. 千葉県近辺の温泉

関東地方近辺で沸騰するくらい高温の温泉があるのは、比較的新しい火山(第四紀火山)がすぐそばに控えている箱根・伊豆半島、草津、那須等の、昔から有名な温泉地です。ところが、近年、千葉県を含む関東平野内でも「温泉」が開発されるようになりました。これはなぜでしょうか？

温泉の元となるのは、大部分が雨水や雪が地下にしみ込んでできた地下水です。これが地下の深いところまで循環して温められたり、様々な成分を

溶かし込んだりして温泉水となります。特に、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、たくさんの高温の温泉(火山性温泉)ができます。箱根や草津の温泉はこのようにしてできたものです。一方、特別に熱いものがない場所でもできる温泉があります。地球は中心へ行くほど温度が高くなっており、日本近辺では1km深くなると30℃くらい温度が上がります。地下水の温度は地表近くで15℃くらいなので、単純に計算して地下1,000mでは45℃になります。関東平野には厚い堆積物が積もっており、その深部には地下水をたくさん含んだ地層があります。その深部の地下水が上記のようにして温められたものを「深層熱水」といいます(第1図)。深層熱水は、近年平野部の大規模な温泉レジャー施設や温泉付きマンションなどの源泉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。

第4図には千葉県及びその周辺地域に分布する温泉と鉱泉の分布を示しました。ここに挙げられているものでは、泉温は42℃以下のものがほとんどです。泉質に関しては、千葉県下の温泉・鉱泉には塩化物(NaCl)泉、炭酸水素塩(NaHCO₃)泉が



第4図 千葉地域の温泉・鉱泉。各泉のデータは金原(1992)による。

多いようです。ただし、この図は金原(1992)に基づくものですので、近年どんどん開発されている深層熱水に由来する温泉データは欠けています。今後はこの図が塗りつぶされるくらいに開発が進むかもしれませんが、ただ心配な点は、もし今後無秩序な開発をしてしまうと、深層熱水資源の枯渇が深刻な問題を引き起こすかもしれません。そういった問題が起きる前に、何らかの適正な管理を行う必要があると思われるます。

4. 会場での反応

地熱発電所は、前記のように北海道・東北・九州に集中しているため、それ以外の地域ではほとんどその実態が知られていないようで、これまでと同様、無関心、あるいは「日本にもあったんですか?」という来場者の方の反応が少なからずありました。その一方で、地熱発電所は温泉地に近い場所に立地していることが多く、昨今の秘湯ブームもあってか、展示されている地熱発電所の写真を見て、「ここへは行ったことがある」、「バスから見た」といった反応も多くありました。その理解をより深めるため、来場者の方にできるだけわかりやすくその発電の原理、自然エネルギーとしての品質の良さ等を説明しました。説明を聞いていただいた後では、風力や太陽光という最近の自然エネルギーに対する関心の高さもあってか、「こういう自然エネルギーの利用をもっと進めていけばいい」というような好感を持っていただいたきました。また、以前「地熱発電やこの展示内容に関して説明した文書はないのか?」という指摘があったことを踏まえ、地熱発電に関する多数のパンフレットとともに、展

示内容をより詳しくした手作りのパンフレットを100部作成して置いておきましたが、次々に手に取っていただき、あっという間になくなってしまいました。

地中熱利用に関しては、地質標本館の展示物(模型)を会場に移設し、これとパネルを使って原理と実際の利用例について説明しましたが、やはりこのような設備を住宅に設置するためのコストを気にされる方が多かったように思いました。

一つ心残りの点は、実習形式の展示です。これまでの情報展でも感じたことですが、手を動かして何か作業を行う、実体験する、ということがこういった普及活動では大事です。しかし、地熱発電の場合は、なかなかその実験をするという点が難しいということがあります。次回の情報展では、その点を何とか改善し、「体験できるもの」を展示したいと考えています。

謝辞: 展示物やパンフレットに使用いたしました、ラルデレロでの地熱発電実験の様子や風景写真に関しては、当部門の安川香澄氏に有益な情報を提供していただきました。ここに記し、感謝の意を表します。

文 献

- 金原啓司(1992):日本温泉・鉱泉分布図及び一覧。地質調査所、394p。
 阪口圭一・玉生志郎(2002):第7章 陸と海の資源 7.7 地熱資源の種類と成因、理科年表読本 コンピュータグラフィックス 日本列島の地質CD-ROM版、丸善(産業技術総合研究所 地質調査総合センター監修、日本列島の地質編集委員会編)。

SAWAKI Takayuki and MIZUGAKI Keiko (2005): Geothermal power generation, geothermal resources and hot springs in the Chiba district, and underground thermal utilization.

<受付:2004年10月19日>