

# 地熱のちから



特別付録 世界と日本の地熱発電早わかりポスター



# ★持続可能な発展を実現するための1つの方策。それが、地熱をはじめとする「自然エネルギー」の活用です。

## 自然エネルギーの利用でサステナビリティの実現へ

**私** たちが住んでいる現代社会は、エネルギーの大量消費によって支えられています。エネルギーなくしては、クルマに乗ることも、電車を利用することも、飛行機で旅することも、テレビを観ることも、DVDを使うことも、暑さ寒さから身を守ることも、ゲームに興じることも、学ぶことも、好きなものを食べることも、とにかく何もできません。古代人の生活に戻るならともかく、生きていくことさえできないのが現代社会です。

**そ** して、このエネルギーの大半は、石油・石炭をはじめとする化石燃料から作り出されています。エネルギー問題と環境問題はコインの表と裏と言われますが、化石燃料を利用することで進歩し、豊かになった私たちに、温暖化をはじめとする地球レベルでの環境破壊が降りかかっているのが現在です。結局は、私たち人類は自分で自分を追い込んでいるという面があります。

**だ** からいま、化石燃料の枯渇化にも考慮して、これ以上地球環境を壊さず、豊かな人類社会を持続・繁栄させていくという課題、つまり「地球の維持・文明の持続」に、人間社会のあらゆる知恵を集約しなければならなくなりました。

**一** 般市民も産業界も、地球環境の限界を強く意識しています。今日、地球環境と調和した新しい人類社会を目指すべきとの考えが広く共有されています。私たちはこれからいかなる社会をつくっていくのか、それを考える際の最も重要なキーワードが、「サステナビリティ＝持続可能性」です。

**自** 然エネルギーは、太陽や地球が生み出すエネルギーのうち、過去ではなくいま現在のエネルギーと言えます。太陽光発電、風力発電、太陽熱温水、水力発電、バイオマスなどは、すべて現在もしくは近過去の太陽エネルギーを取り出したものです。一方で、石油、石炭、天然ガスなどの化石資源は、太陽と地球活動が、何千万年、何億年かけて蓄積してきたエネルギー源であり、現在の人類が消費し尽くしていい、というものではありません。少なくとも、子孫が使う余地を残しておくのが今に生きる私たちの責任です。

## 自然エネルギーの1つが地熱

**地** 熱エネルギーとは、文字通り地球内部の熱エネルギーのことです。その大もととは、地球創成期の隕石衝突エネルギーや放射性物質の崩壊によって地下深くで発生した熱エネルギーです。いうまでもなく、原子力発電は、こうした放射性物質を地上できちんと制御して電気に変換する技術です。したがって、地熱と原子力は、もともとのエネルギーが、太陽でなく地球自体から発生したものとも言えます。

**今** 日では、地熱エネルギーという言葉は、地球内部の熱エネルギーのうち、人類が取り出したり利用できるエネルギーをさしています。その「地熱資源」は、深さ5キロメートルくらいまでの、比較的地表に近い場所に蓄えられた熱エネルギーをさし、地熱発電のほか、温泉（浴用）、暖房、熱水利用（家庭用、農業用、漁業用、工業用）といった用途があります。





## 地熱発電の歴史

1740	フランスで最初の地熱測定。以降、1850年ごろまで世界各地で地熱測定。
1904	最初の地熱発電所(イタリア・ラルデルロ、1913年には250 kWで実用化。)
1919	海軍中将・山内万寿治が、石炭石油の代替熱源としての地熱利用を進めるために全国を踏査。大分県での掘削に成功。
1925	太刀川平治博士が山内氏の事業を引き継ぎ、最初の地熱発電に成功(別府、1.2 kW)
1947	地質調査所(現産総研)が地熱開発地域選定に関する調査研究を開始。
1949	九州配電(現九州電力)が大分県で地熱調査および発電の研究開始。
1966	日本重化学工業が松川地熱発電所の運転開始(9,500 kW、現在は2万3,500 kW。調査開始は1956年。)
1967	九州配電(現九州電力)が大岳発電所の運転開始(1万1,000 kW、現在は1万2,500 kW。)
1973	第1次石油ショック
1974	通商産業省工業技術院がサンシャイン計画をスタートさせる。 三菱マテリアル・大沼地熱発電所(9,500 kW)
1975	電源開発・鬼首地熱発電所(1万2,500 kW)
1977	九州電力・八丁原発電所1号機(5万5,000 kW)
1978	日本地熱学会設立。第2次石油ショック。 東北電力・葛根田地熱発電所1号機(5万 kW)
1981	杉乃井ホテル・杉乃井地熱発電所(1,900 kW)
1982	北海道電力・森発電所(5万 kW)
1984	大和紡・霧島国際ホテル地熱発電所(100 kW、06年にバイナリーに移行。現在は220 kW。)
1990	九州電力・八丁原発電所2号機(5万5,000 kW)
1994	東北電力・上の岱地熱発電所(2万8,800 kW)
1995	東北電力・澄川地熱発電所(5万 kW) 東北電力・柳津西山地熱発電所(6万5,000 kW) 九州電力・山川発電所(3万 kW)
1996	東北電力・葛根田地熱発電所2号機(3万 kW) 九州電力・瀬上発電所(2万5,000 kW) 九州電力・大霧発電所(3万 kW)
1998	九重観光ホテル・九重地熱発電所(990 kW、2000年増設)
1999	東京電力・八丈島地熱発電所(3,300 kW)
2006	九州電力・八丁原発電所バイナリー <sup>*</sup> (2,000 kW)

\*バイナリー発電・・・沸点の低い液体を加熱・蒸発させて、その蒸気でタービンを回して発電する方式

## 地熱エネルギー利用の歴史はわずか100年

**地**熱利用の歴史を振り返ってみましょう。火山や温泉や噴気などの存在により、私たちの祖先は、地球の内部は高温であると思っていたに違いありません。しかし、地中深ければ深いほど温度が高くなることを人類が身をもって感じたのは、16世紀〜17世紀になって坑道が地下数百メートルの深さに達してからのことでした。1740年に、フランスのベルフォール近くにある鉱山で温度計による最初の地熱の測定が行われた、という記録が残っています。

**そ**の後、1870年ごろまで、地球の熱構造を研究するために、いろいろな手法で地熱の測定が行われてきました。しかし、地球創成期の隕石衝突エネルギーや地球内部の放射性物質の崩壊が地熱の本質であることが発見され、地球の熱平衡や熱履歴について十分理解できるようになったのは20世紀になってからです。

**本**格的な地熱エネルギー利用は、1904年のイタリアで始まったといわれています。イタリア中部の町ラルデルロが最初で、天然過熱蒸気を利用した発電に成功しました。さらに1913年には、250キロワットの地熱発電が実用化されました。イタリアも日本同様火山の多い国で、本格的な活用の最初がイタリアだったということはなんとなく理解できそうです。

## 日本の地熱エネルギーの歴史は80年ちょっと

**火**山の噴火や温泉の形で私たちの目に触れることができる地熱エネルギー。日本でもこのエネルギーの利用は古くから行われています。特に温泉などの天然温水は、保養や湯治、浴用として利用され、それぞれの地域にあった形の保養・観光地になっています。

一 説によると、日本人の旅行好きは「日本全国いたるところに温泉があるから」と、民俗学者・宮本常一が述べています。温泉地に行った時、温泉を使ったためたまごを目にしたことがあると思いますが、そのようなことを含め、温泉こそ地熱エネルギーの人類最初の利用法でした。

**さ**て、日本では、大分県別府市において1925年に12キロワットの地熱発電が初めて試験的に行われました。別府は日本を代表する温泉地の一つで、温泉地獄をはじめ、さまざまな温泉の姿を楽しむことができます。1940年に、静岡県伊豆の熱川や宮城県鳴子でも(いずれも温泉で有名)、試験的な発電が行われました。

**本**格的な商用の地熱発電としては、1966年に岩手県の松川において、天然過熱蒸気による950キロワットの地熱発電所が完成しました。その後、大分県大岳、秋田県大沼、宮城県鬼首など、相次いで発電所が完成し、2008年現在、日本の地熱発電総設備容量は53.5万キロワットに及びます。しかし、供給量としては総電力量量の0.3%にも達しません。

地熱エネルギーの歴史でも触れたように、地熱活用の代表的なものが地熱発電です。ここではその特徴と仕組み、そして、エネルギーを活かす地熱資源としての広い可能性、展望を紹介しましょう。

## 地熱発電の4つの特徴

**地** 熱発電の特徴は大きく4つあげられます。第1は「純国産のエネルギーである」ことです。火力発電が（石油、石炭、液化天然ガス（LNG）など海外からの燃料の輸入なしには成り立たない発電方式であるのに対して、地熱発電は国内の地熱資源を利用するので、純国産のエネルギーといえます。海外の輸出国や市場の影響を受けにくいということは、常に安定した供給が求められる電力需要にとって大きなメリットです。

**次** に「燃料が不要」ということです。水蒸気力でタービンを回して発電するという仕組み自体は、火力発電や原子力発電と同様です。この蒸気を作るときに、火力発電では石油や石炭、天然ガスなどの燃料を使用し、原子力発電ではウランなどの燃料を使用します。ところが地熱発電では、地球内部の熱によって作られた蒸気を使いますので、燃料がいりません。燃料を燃やすのではなく、地球そのものを熱源としている点が、地熱発電の1つの大きな特徴です。

**3** つめは「地球環境に負荷を与えないクリーンエネルギー」という点です。石油や石炭といった化石燃料を燃焼させることによって発生した二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）が大気の組成を変化させ、環境へさまざまな影響を及ぼしていることはよく知られていますが、地熱発電は化石燃料に頼らない自然エネルギーを用いる発電方式なので、環境への負荷という点においては大きな優位性を持っています。

**そ** して第4の特徴が「半永久的に安定供給が可能」ということです。私たちが住むこの地球は約46億年ほど前に誕生しました。そして誕生当初の熱いマグマの塊のような状態から少しずつ冷えて、地表で多くの生き物が暮らす今日の地球に至っています。それでもなお、地球は豊富な熱エネルギーを内部に蓄えており、これらの熱が失われるとしても、それは数十億年というはるか遠い未来のことです。適正なエネルギー量を取り出せば、枯渇しない再生可能エネルギーであるため、半永久的ともいえる長い期間にわたってエネルギーの供給が期待できます。



## 小都市のベースロードとしての地熱発電

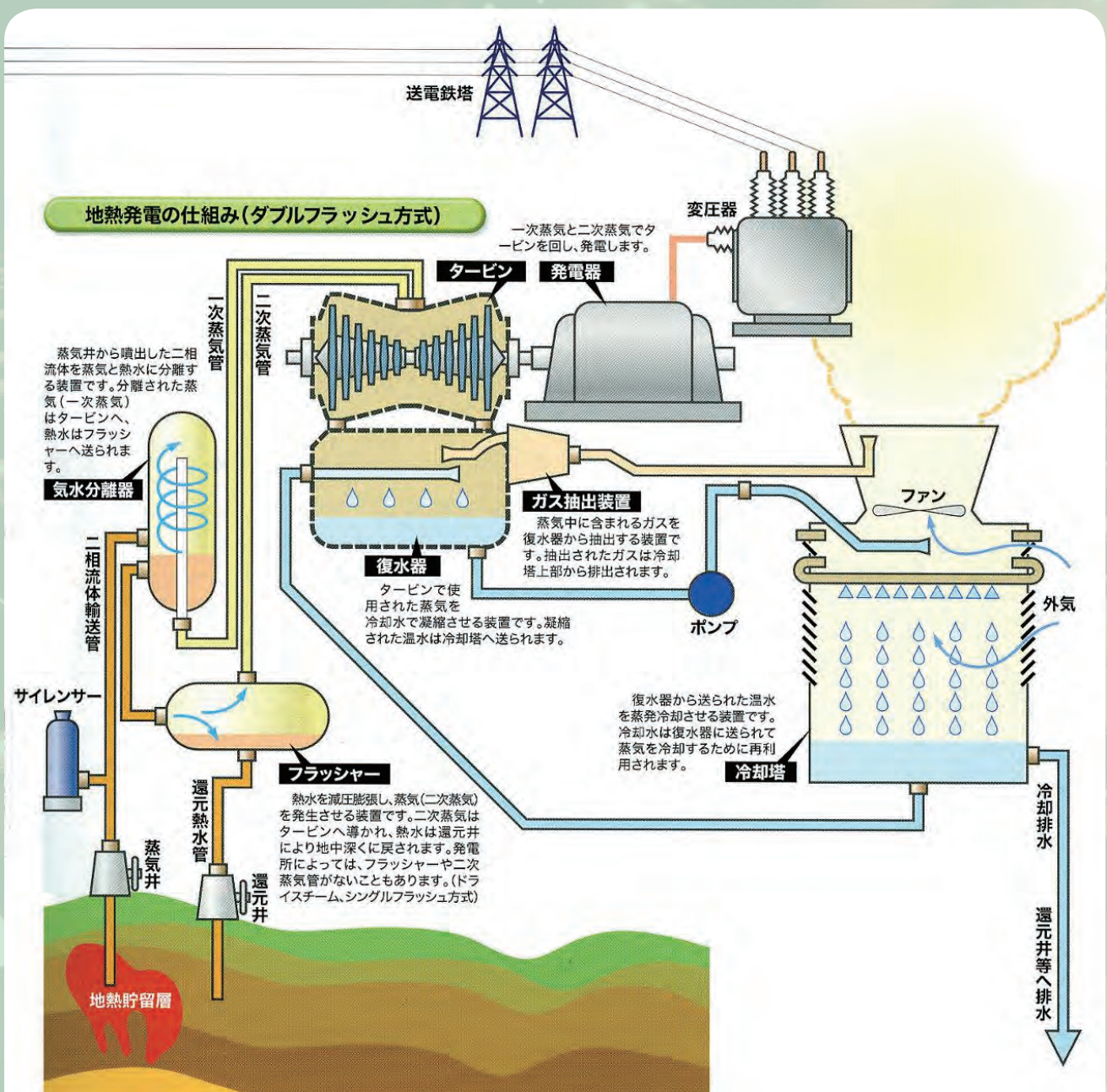
**地** 熱発電とは、地中深くから得た蒸気で、直接タービンを回して発電するものです。地球は、地中深くになるにつれ温度が上がり、一般に深さ30〜270キロメートルで100℃前後になると考えられています。いわば大きな熱の貯蔵庫といえます。

**し** かし、この熱源はあまりにも深部に存在するため、現在の技術でこれをエネルギー資源として利用することはできません。ただ、火山や天然の噴気孔、温泉、変質岩などがある、いわゆる地熱地帯と呼ばれる地域では、深さ数キロメートルの比較的浅いところに、67℃以上のマグマだまりがあります。そして地中に浸透した雨水などがマグマだまりによって加熱されて、地熱貯留層を形成することがあります。このような地点に蓄えられた熱を、直接エネルギー源として利用するのが「地熱発電」なのです。

**日** 本での地熱発電の規模は、最大の発電能力を持つ九州電力株式会社八丁原発電所でも、3基合計で11.2万キロワットです。最近建設されているものは、2〜3万キロワット程度です。このような小さな発電所であっても、1年中昼夜を通して同じ出力で発電し続けられることから、ベースロード（常時一定の電力供給を可能にし優先して運転される電源）としての価値があります。また、5万キロワット程度で約20万人の人口の都市電力をまかなうことができますから、純国産のローカルエネルギーとして、十分に高い価値があります。



# ★明日を照らす、未来が輝く ．．．増大する地熱エネルギーの魅力



日本地熱調査会 (2001)

# ★ますます広がる地熱エネルギーの多目的利用



**歴**史を振り返っても、人類は地熱エネルギーのほんの一部しか利用することができませんでした。地熱エネルギーを利用できる地域は、水や蒸気が地下深部から地表へ熱を運べるような天然の条件がそろっている場所に限られていたのです。「地熱資源」と言われるのはこのためです。しかし、近年の技術革新により、より多くの地熱エネルギーを、より広い範囲で利用できるようになってきました。さらに進んだ地熱の研究開発、技術開発が期待されています。

**以**上は地熱エネルギーの供給側の話ですが、需要、つまり利用する側の地熱エネルギーも、いまや多方面にわたる研究が進められ、その用途、応用分野が広がっています。

**そ**の1つが熱の利用です。分散型エネルギーとして、発電後の熱水は給湯設備によって高温水として利用客に供給され、産業や社会生活での有効な熱源として利用されています。広い地域での住宅や温室の暖房が可能であり、家庭の浴用として使うことや、病院・老人施設の暖房、学校や公共施設での温水プールに利用されています。それ以外にも、工業、農業、園芸、養殖養魚、食品の製造や木材加工、融雪などに利用されつつあります。

**地**熱エネルギーの持つ量的、質的な規模や可能性に比べたら、まだまだ活用範囲は狭く小さいのですが、その研究は着実に進められ、広い分野への多目的な展開が進められています。

**日**本は世界で有数の火山国で、火山性地震や火山性災害もたびたび起こります。しかし、「禍を転じて福となす」のことがわりと通り、火山のない国と比べると、地熱資源・地熱エネルギーに恵まれています。潜在的な地熱資源量は世界第3位という推定もあるほどです。地熱は二酸化炭素を出さず、1年を通して安定した供給が得られるため、次世代のクリーンエネルギーとして活用できます。

**忘**れていけないのは、日本は世界で有数のエネルギー資源輸入国だということです。日本が誇る科学技術をもって、高度な地熱資源の活用、地熱エネルギーの利用を促し、地球環境問題の解決や持続可能な世界の実現に貢献できるとしたら、世界における日本のプレゼンス（存在感）もまた変わってくるでしょう。

**限**りある地球のエネルギー資源の持続的有効利用を図り、同時に地球環境、とりわけ地球の温暖化を防止し、長い将来にわたって、持続可能な世界を実現していくために、その方策として「地熱エネルギー」をフルに活用していくことは、現代の最も重要な課題の1つといえます。



拡張を続ける  
インドネシアのカモージャン地熱発電所



スマトラ島トバ湖南東のシボホロン地熱地域



ペルー南部の標高4,400 mに位置する  
カリエンテス地熱地域

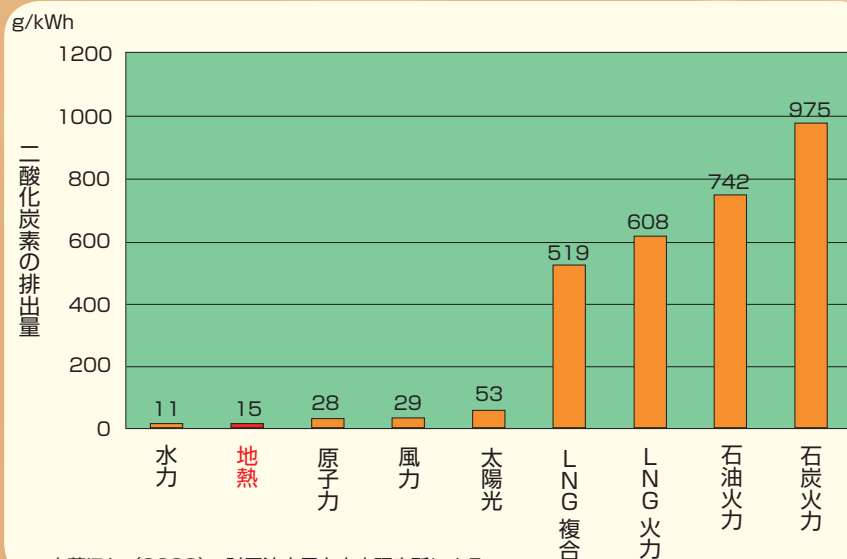


2008年11月18日  
池田湖東部NEDO地熱井噴気試験成功の模様



## コラム 知っておくと素晴らしい! 地熱発電はどれくらい地球環境に負荷を与えない?

**地**熱発電はどのくらい地球環境に負荷を与えないのか? それを表したのが右の図です。グラフは、1キロワット時の電力エネルギーを発電するに当たって排出される二酸化炭素量を比較したものです。この図表の通り、地熱発電は火力発電に比べて、同じ電力量を発電する際の二酸化炭素排出量かはるかに少ないので、地球環境に与える影響が非常に小さいエネルギー資源だといえます。



本藤ほか (2000) 財団法人電力中央研究所による

(注)この図の地熱発電のCO<sub>2</sub>排出量は、バイナリーサイクル発電など、発電時ゼロエミッション型の発電方式の場合です。

地学に関する研究成果は産総研の常設展示施設でご覧いただけます。



● 地質標本館（茨城県つくば市）

世界的にユニークな地学専門の博物館です。地質標本だけでなく地学全般と地球の歴史・メカニズム、人間とのかかわりについてわかりやすい展示を行っています。

休館日：月曜日（祝日の場合はその翌日）・年末年始

開館時間：午前 9 時 30 分から午後 4 時 30 分

お問い合わせは、地質標本館へどうぞ。

TEL：029-861-3750

FAX：029-861-3746



技術を社会へ—Integration for Innovation

独立行政法人

産業技術総合研究所

広報部 出版室 〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

Tel：029-862-6217 Fax：029-862-6212 E-mail：prpub@m.aist.go.jp

発行：2009.03  
改訂：2009.04

