

地熱発電の現状と今後の展望

地熱情報研究所代表・九州大学名誉教授

江原 幸雄

1 はじめに

いわゆる3.11以降、わが国のエネルギー政策は大きく変わりつつある。一つには、火力・原子力を中心とした従来型の電源構成から、原発を縮小し、再生可能エネルギーにシフトしていくものであり、現在過渡的な状況の中で、一部の再生可能エネルギーに偏って導入が進み、それに伴って課題も生じている。また、原発の利用が非常に限定的になっていることから、一時的に、石炭や天然ガスを中心とした火力が急増し、経済性はともかく、CO₂排出量という観点からは、国内的だけでなく国際的にも大きな問題になりつつある。一方では、電力自由化などの電力システム改革が進み、現在では、規模にかかわらず、電力は自由化され、また、従来、電力の垂直統合システムの中で、地域ごとの電力会社が発電、送配電のすべてを独占していたが、新規電力の参入も進み、発送電の分離も現実的な視野に入ってきている。このように電力事情が大きく変わりつつあるなかで、地熱エネルギー利用、特に地熱発電が置かれている状況あるいは将来の貢献可能性などを議論したい。

2 地熱エネルギーの開発利用とは

地熱エネルギーの利用は、地下資源である蒸気あるいは熱水の温度に応じて、高温側から、地熱発電（天然蒸気発電）、バイナリー発電、直接利用の三つに分けられる。地熱発電とは、

地下から高温高圧の蒸気・熱水を取り出し、それを用いて電気を発生させるシステムである。また、バイナリー発電とは、アンモニア水などの、水より沸点の低い媒体を熱水あるいは圧力の低い蒸気を使って加熱蒸気化し、その蒸気でタービンを回し発電するものである。さらに、蒸気・熱水のもつ熱を、電気に変換せず、浴用や温室加熱用などのように熱として用いる（直接利用という）三つに分けられる。

以下では、地熱発電を中心に述べることにする。地熱発電とは以下のようなものである。火山地域の地下数km深には地熱発電の基になる熱源としてのマグマが存在する。このマグマからは、地表との温度差に応じて、常に熱伝導的に熱が上方に運ばれている。一方、地表からは、雨水が地下に浸透する。浸透した雨水は、マグマからの熱によって温められ膨張し、軽くなり、上昇する。上昇した熱水・蒸気は地表下1~3km深にある透水性の良い地層に貯えられる。多くの場合、この透水性の良い地層の上には、水を通しにくい不透水性の地層（キャップロックあるいは帽岩と呼ぶ）が存在し、マグマの熱によって温められた熱水・蒸気は高温で、静水圧に比べ高い圧力の状態で貯えられる。この領域を地熱貯留層と呼ぶ。その形状は、ヤカンのような三次元的な領域ではなく、熱い熱水・蒸気を含んだ畳のように薄く伸び広がった二次元的な領域であり、多くの場合、地層の食い違い部分、すなわち断層である。そのため、断裂型地熱貯留層と呼ぶことが多い。なお、地熱貯留層を構成する断層が地表まで達している場合は、地表で、自然に温泉が湧出したり、噴気が放出されている場合もある。以上のシステムを

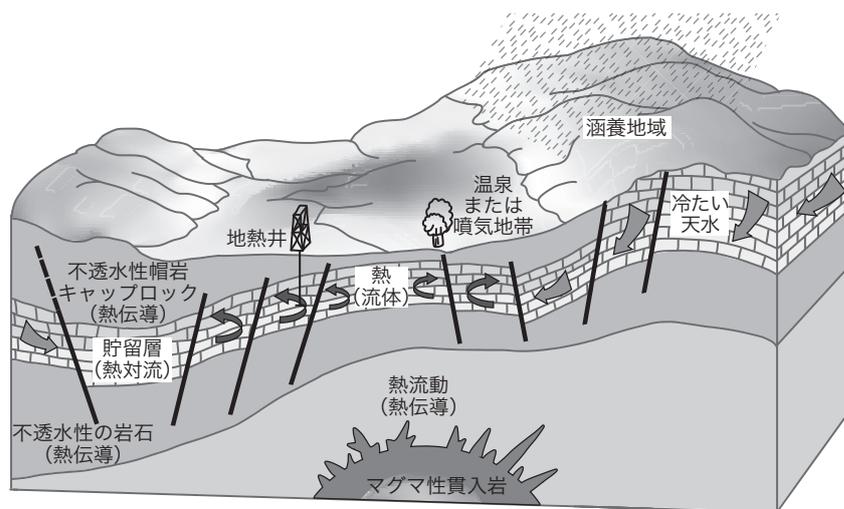
模式的に表したのが第1図である(日本地熱学会IGA専門部会, 2008)。図中、やや太い高角の線分が断層すなわち地熱貯留層を示している。

さて、地熱貯留層の存在が、各種地熱探査法によって推定されたら、これに向かって、ボーリング坑を掘る。多くの場合、地下1~3 km 深に存在する地熱流体は200~350 °C程度の高温であるが、気体(水蒸気)ではなく、液体の圧縮水(熱水)となっている。この圧縮水は、掘削により、自然に坑井内を上昇する。上昇すると温度も下がるが、圧力降下が有効に効いて、ある深度で沸騰をはじめ、すなわち、フラッシュ(減圧沸騰)し、気液混合の二相流体となる。生じた気液二相流体は蒸気分を増加させながら、坑井内を上昇し、地表の坑口で秒速200 mを超える場合もある。この気液二相の地熱流体をセパレータ(気液分離器)で、気相(蒸気)と液相(熱水)に分離する。

そして、蒸気はタービンに送られ、これに直結した発電機を回転させ、電気を起こす。なお、この際、発電効率を上げるため、タービン出口の蒸気をコンデンサで冷却・凝縮させ、ほぼ真空状態をつくり出す。凝縮水は、冷却塔に運ばれ、大気との混合により冷却され、再び、タービン出口の蒸気の冷却に循環利用される。な

お、冷却水のうち過剰な分は、地下に還元されるか、化学成分を調整、環境基準以下にした後で河川に放流される場合もある。そして、発生した電気は、昇圧され、送配電線を介して、家庭や工場まで運ばれてくる。

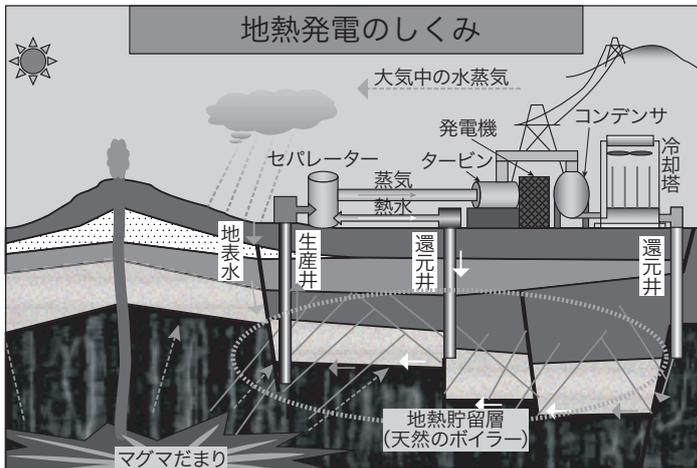
一方、分離された熱水は、還元井を通じて、地下に戻される。ただし、分離された熱水がまだ高温・高圧の場合は、フラッシュと呼ぶ減圧器を通し、二次的な蒸気をつくり、タービン中段に入れ、発電出力を増加させることができる。この方式をダブルフラッシュ方式といい、発電出力が20%程度増加する。場合によっては、さらに、フラッシュを通し、蒸気を増加させるトリプルフラッシュ方式も近年実現されている。この場合、出力増加は30%近くになる場合がある。ただし、フラッシュを重ねるに伴い、熱水の温度が下がり、還元井内でスケールが析出・付着しやすくなったりする(したがって、坑井内の目詰まりにより、還元能力が低下してしまう)マイナス面もあり、地上でフラッシュさせることは総合的に検討し、判断を行う必要がある。還元の役割は、地下に熱水を補給することで、循環的な地下の熱水流動システムを形成し、安定した発電を維持するとともに、熱水中に含まれているひ素などの有害成分を環



第1図 地熱地域地下の地質構造と熱と水の流れ(日本地熱学会IGA専門部会記, 2008)

地熱発電とは

地熱発電とは、地中深くから得られた蒸気で直接タービンを回して発電するものです。一緒に出る熱水は還元井を使って再び地下に戻して再利用に役立てます。

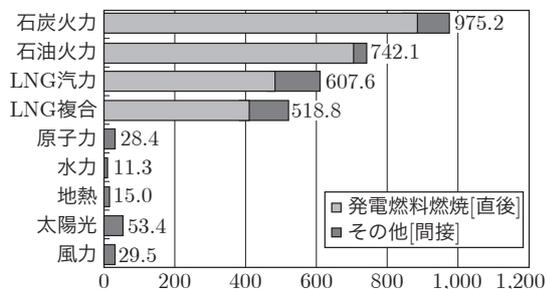


第2図 地熱発電のしくみ (日本地熱開発企業協議会, 2011)

境中に放出しないためである。以上のような地熱発電における地下と地上のしくみを第2図(日本地熱開発企業協議会, 2011)に示した。

3 わが国の地熱発電の特徴

以上で述べたように、地熱発電とは、火力発電のように化石燃料を燃焼させ、蒸気をつくり発電を行うものではなく、燃料は必要なく、天然に存在する蒸気・熱水を利用して、発電を行うものである。したがって、化石燃料発電のように発電に伴って多量の二酸化炭素を放出したりすることはなく、また、太陽光発電や風力発



第3図 電源別のライフサイクルCO₂排出量 (gCO₂/kWh) (電力中央研究所, 2010)

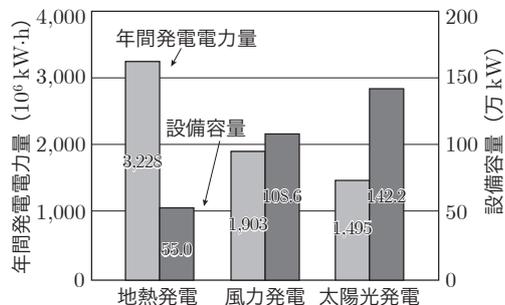
4

電のように気象変化に伴い、短時間で変動するものではなく、安定した発電を行うことができる。

単位の発電量 (kW・h) に対し、発電時だけでなく、ライフサイクルで評価した二酸化炭素排出量を見積もった研究があり、第3図に引用した(電力中央研究所, 2010)。これによると、火力発電はいずれも二酸化炭素排出量が多く、500~1 000 gCO₂/kW・hであり、再生可能エネルギーによる発電・原子力発電の二酸化

炭素排出量10~50 gCO₂/kW・hに比べ圧倒的に多い。このような中で、地熱発電は、水力発電 (11.3 gCO₂/kW・h) に次いで少なく (15.0 gCO₂/kW・h)、環境性(地球温暖化対策)に極めて優れている。原子力発電も少ないが(28.4 gCO₂/kW・h)、放射性廃棄物問題あるいは事故時の巨大なリスク等を考えると、環境性に優れているとはいえない。

地熱発電のもう一つの特徴として、気象変化に影響されず、極めて安定的に発電できるという優れた特性がある。近年、導入が進みつつある、太陽光発電や風力発電と比較してみると、第4図(地熱開発研究会, 2008)に示すように、設備利用率に大きな違いがある。太陽光発電で



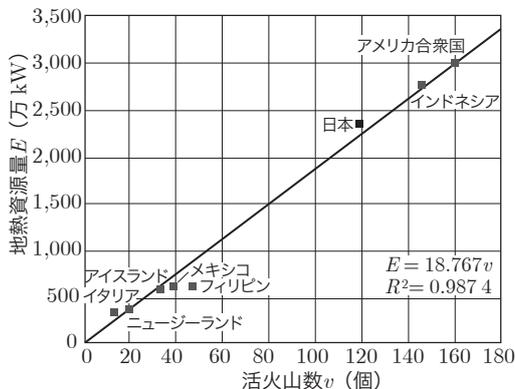
第4図 電源別の設備利用率の違い(地熱, 風力, 太陽光の比較) (地熱開発研究会, 2008)

電気計算 2016.9

は日射が必要であり、風力発電では一定以上の風速が必要であり、それらの設備利用率はそれぞれ、12%程度および20%程度であるのに比較して、地熱発電は平均70%程度であり、安定度は際立っている。これがベースロード電源として位置づけられる理由である。なお、地熱発電所では、2年に一度の定期点検(1ヵ月程度)以外(法的には、4年に一度定期点検をすればよいが、スケール問題等もあり、多くの地熱発電所は2年に一度設備を止め定期点検を行っている)は、ほとんど発電が継続され、設備利用率が95%を超える地熱発電所もある。

以上のように発電システムとして、好ましい多くの特性をもっている地熱発電であるが、そのような特性をもっている、量的に不十分であれば、その価値は減ってしまう。さて、いったい、わが国には十分な地熱資源量が存在するのであろうか。

世界各国は、地熱調査に基づいて、地熱発電に換算して、どの程度の発電能力があるかを評価している。その結果によると、アメリカ、インドネシア、日本の地熱資源量は、いずれも2000万kWを超えると推定され、断トツのトップグループにいる。国ごとの、活火山の数と地熱資源量との関係を第5図に示した(村岡ほか、2008)。これによると、地熱資源量は活火山数におおよそ比例しており、1火山あたり平均20万kW程度であることも示している。例



第5図 国別の活火山数と地熱資源量の比較(村岡ほか、2008)

電気計算 2016.9

えば、大分県にある九重火山地域にはいくつかの地熱発電所がすでにあるとともに(八丁原地熱発電所11万2000kW、大岳地熱発電所1万5000kW、滝上地熱発電所3万2500kW、菅原バイナリー発電所5000kW、九重地熱発電所1000kW、わいた地熱発電所周辺地域2万5000kW。以上は、地熱発電所がすべて完成しているわけではないが、すでに発電所が建設されているか、あるいは確実に資源量評価が行われているものを含む。以上の合計で、19万500kW)、九重火山地域では、現在でも大規模な地熱発電所建設のための調査が行われている。したがって、1火山当たり20万kW程度の発電能力があることは妥当といえよう。すなわち、100を超える活火山をもつわが国には世界に誇れる地熱資源量がある。

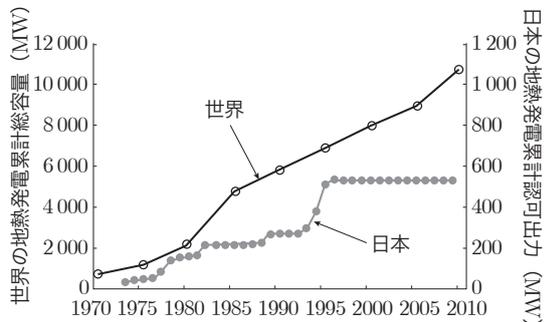
以上のほか、わが国の地熱発電技術は世界的にみて優れており、特に世界の地熱発電所の地熱蒸気タービンの約70%を供給していることをみてもわかるように(日本地熱開発企業協議会、2011)、世界に冠たるものがある。このように、わが国の地熱発電は、環境性、安定性、資源量、発電技術において、世界的にみて特に優れている。しかし、以下で述べるように、従来、わが国ではこれらが十分活かされてこなかった。

4

わが国の地熱発電開発の転換

以下では、わが国と世界の地熱発電の動向を比較しながら議論する。

世界の地熱発電は1904年イタリアで始まったが、その後、ニュージーランド、米国、日本、さらに世界各地の火山国に広がっていった。2015年時点で、世界の地熱発電設備総量は1300万kWに近く、引き続き、現在も進展中である(第6図)。わが国では、1966年に岩手県松川地熱発電所が運転を開始し(現在、設備出力2万3500kW)、1970年代の2度のオイ



第6図 世界と日本の地熱発電設備容量の動向(1970年以降)

ルショック後、国は、サンシャイン計画を立ち上げ、地熱開発に力を入れた結果、1990年代半ばには大規模地熱発電所が次々と建設され、全国で17カ所、総発電出力約55万kW（当時世界第5位。なお、認可出力は53.5万kW）となったが、それ以降、地球温暖化対策として、国は原子力発電を選択したため、約20年間、地熱を含む再生可能エネルギーによる発電は全く停滞してしまった。しかし、ご存知のように、いわゆる3.11東日本大震災・福島第一原子力発電所事故により空前的被害が発生し、国はエネルギー政策を根本的に転換した。すなわち、原発を減らし、再生可能エネルギーによる発電に転換することを表明した。その結果、地熱発電においては、2014年以降、新規の中小規模（数十～数千kW級）の地熱発電所が運転開始し始め、大規模地熱発電所（数万kW級）も2019年以降順次導入される状況となってきた。

第6図に示すように、1970年以降の世界とわが国の地熱発電の発展を比較すると、世界の地熱発電設備量は一貫して増加を続け、特に2005年以降、増加率が増している。一方、わが国は、1990年代半ば頃までは増加を続けていたが、それ以降停滞が続いている。「地熱冬の時代」と称されるものである。わが国政府は、地球環境問題に対応するために、世界各国のように再生可能エネルギーにシフトするのではなく、原子力発電を選択した。その結果、わが国では、地熱発電を含む再生可能エネルギー発電は停滞した。

しかし、3.11以降、国のエネルギー政策は転換され（原発に対する方向性は依然不明確であるが）、再生可能エネルギー推進の方向に舵を切った。2012年7月には固定価格買取制度が施行、2014年4月エネルギー基本計画が閣議決定され、2015年7月長期エネルギー需給見通し（いわゆるエネルギーミックス）が策定された。その結果、2030年度までに再生可能エネルギーによる発電量を22～24%、うち地熱発電は、現在より約100万kW増加させ、累積150万kW（全電源中の約1%）を目指すこととなった。なお、地熱発電は設備利用率が高いため、地熱発電150万kWは太陽光発電1000万kWに相当するもので、2030年度までに、累積150万kW、1%のシェアはわかりやすい目標となっている。

5 地熱発電の課題

すでに述べたように、わが国の地熱発電は3.11以降、国の政策転換に基づく、各種規制緩和・各種支援の実施・再開により進展の気運にあるが、いくつかの課題がある。3.11以前は、国の支援が得られず、有利な特性（環境性、安定性、資源量、発電技術）を活かすことができなかったが、その段階での課題は以下のような三つがあった。

一つ目は発電コスト問題である。まず、発電コストが高い（国により、石炭火力・原子力に比べ、2～3倍高い）と試算されていた。ただ、この試算は公平なものとはいえなかった。しかし、3.11以降の国の新たな試算によると、地熱発電のコストは全電源の中でも、むしろ安いと評価されており、現在では状況が全く変わってきている。すなわち、エネルギー基本計画、エネルギーミックスの中では、発電コストが低く、安定的に発電を行うことが可能な、原子力発電を代替できるベースロード電源として位置づけられ、その活用が期待されている状況にある。

この発電コスト問題は、固定価格買取制度の導入により（地熱発電の場合、15 000 kW 以上は26円/kW・hで買取期間15年、15 000 kW 未満は40円/kW・hで買取期間15年）、事業性は大きく改善し、現在、地熱発電においては、コスト問題は大幅に改善され、発電コストが高いから地熱発電を進められない状況は一変している。その結果として、多くの新規事業者が参入している。しかしそれに伴って、資源管理上等の新たな問題も生じている。これについては後に述べる。

二つ目は、国立公園問題である。先に、わが国には2 000 万kWを超える世界第3位の地熱資源ポテンシャルがあると述べたが、その80%以上が国立公園特別保護区・特別地域にあり、従来地熱資源は開発できなかった。しかし、近年の規制緩和で、環境に調和した、地域も合意できる優良事例であれば、認められるようになってきた。しかし、環境省は再生可能エネルギーを増加させる方針の一方、規制に関する姿勢は依然厳しい。1972年以前に建設された地熱発電所あるいは1972年当時調査が進められていた地域の合計6カ所は特別地域内に地熱発電所が建設されたが、その後、環境上の特別な問題は発生せず、地域にも受け入れられてきている実情を環境省もよく理解していただきたいものである。地球環境問題がこれだけ取り上げられる中、自然環境と調和した地熱発電所を造る技術であるエコロジカル・ランドスケープ等の技術も進展している。自然景観に恵まれた国立公園内で、自然環境に調和した地熱発電所を造ることが十分でき、事業者も十分配慮することを繰り返し表明している。

三つ目は、温泉問題である。温泉地の周辺に地熱発電所ができると、温泉が悪影響を受けるとの懸念から、発電所の建設だけでなく、調査も認められないという一部の温泉関係者がおられる。地熱発電は今後新たに行われるものではなく、わが国では1966年以降50年にわたり発電を続けている地熱発電所があるが、周辺地域

電気計算 2016.9

で温泉影響問題は生じていない。むしろ、地熱発電事業者と温泉事業者は良好な共生関係にあるというのが実情である。外国では、地熱開発の初期、地熱発電に伴って周辺温泉が枯渇したり、水蒸気爆発が発生したり、影響問題が発生したことは確かであるが、その主な理由は、発電に使用しない熱水を地下に還元せず、河川や海に放流してしまったため、水の循環システムが形成されず、地下の熱水が枯渇したことによると考えられている。わが国の地熱発電においては、熱水は、特に圧力はかけず、自然流下方式で全量地下還元し、安定した生産を続けており、周辺温泉のモニタリングを実施するとともに、地熱貯留層を適切に管理し、温泉への影響をなくする努力が続けられており、今後も持続可能な発電を追求する姿勢は維持されると思われる。すなわち、現在の日本の地熱発電技術は、温泉に影響を与えないよう運転することが可能である。また、事業者側は、万が一影響が出た場合は、十分な対応をすることを表明している。温泉事業者もこのような事情をご理解いただき、地熱発電の建設が温泉事業者にも便益を与え、広く地域全体にも便益を与えるをご理解いただければ幸いである。地熱発電所の建設は、地域にマイナスを与えることなく、地域に諸利益を十分与えることができると考えている。地熱事業者と温泉事業者・温泉地の人々との間の「Win-Winの関係」は必ずや構築可能と考えている。そのような実例も少なくない。わが国の地熱発電を進め、地域の活性化に貢献するだけでなく、わが国のエネルギー問題、さらには、地球環境問題にも共に貢献したいものである。

6

地熱発電の当面の展望

わが国の地熱発電は、国の大きな政策的支援の進展により、2014年頃から中小規模の地熱発電所が運転を開始し（2016年6月現在、地熱発電所数は全国で36カ所）、また、2016年6月

7

現在、全国で70カ所を超える地点で地熱発電を目指した調査が行われており、そして、2019年以降、順次、大規模地熱発電所が運転開始を目指しており、全国的に活況を呈しているといつてよい。そして、それは、戦後直後（1946年以降）、1970年代に起きた2回のオイルショック後（1980年代から1990年代半ば）に続いて、2011年3月以降の3回目の地熱発電高揚期に当たっている。この動きを継続させ、わが国の電力需要に地熱発電も大きく貢献したいと思っている。

現時点で、わが国の地熱発電に課せられていることは、現在日本各地で進められている地熱発電所建設のための調査を、確実に新規発電所建設に結び付けていくことであり、それによって、国の目標である、「2030年度までに累積で発電設備容量150万kWを実現すること」である。この数値は、単純に平均値を取っても、今後15年間にわたって、毎年6～7万kWの発電所（あるいは3～3.5万kWの発電所2カ所）を建設することに相当しており、かなり大きなチャレンジである。このような高い進展率は、わが国において、1990年代半ばに、一度だけ実現されており、不可能な数値ではないが、高い目標である。これを確実に実現していくためには、全国各地における調査進行状態の確実なモニタリングが必要である。もし、実現が難しい状況が見られたら、追加の加速的プログラムが必要となろう。まずは、各事業者が現在のプロジェクトを確実に発電所建設に結び付けていくことである。

現在の調査地点の予想発電量を積算しても150万kWには達していない。そこで、さらに新規地点をあらかじめ準備しておく必要がある。そのためには、国が先行的な資源量調査を行っていく必要がある。特に、国立公園特別保護区・1種特別地域は最も有望な地熱資源が賦存すると予想されるが、これまで調査が行われていない。そこで、現在可能となっている、空中ヘリコプター探査（電磁探査、磁気探査、重

力探査）を先行させ、貯留層となりうる高温の断裂地域を抽出し、さらに、それを実証するための少数の試掘（ヒートホール）がセットとなる調査（新規地点抽出のための先行調査）をまず、日本全国で進めることが必要であろう。

他方、技術的観点だけではなく、地熱資源開発のための基本法を整備し、地熱権を明確にし、地熱開発を進めやすい背景を整備することも必要である。現在、地熱資源開発を推進するための「地熱基本法」のようなものはなく、地熱に関する法律は温泉法ほかすべて規制法のみであり、許認可も多様な部署（国・都道府県・市町村）にわたっており、時間もかかる。諸手続きをワンストップで行えるように体制を整備すべきである。過去にも、法整備の必要が唱えられ、1970年に一度、法案が準備され、法制局を通過したが、最終的には、温泉関係議員との調整がつかず、国会上册までには至らなかった。この法案そのものは、良くできているとの評価もあり、一部修正して改めて出し直すか、鉱業法の中に地熱を書き込むか、あるいは、新たに作成する再生可能エネルギー法の中に地熱を入れるなど種々の方向性が考えられる。しかし、法律をつくるとなると時間がかかる。したがって、今から準備しておく必要があるだろう。現在でも、地熱権が確立していないため、一つの地熱貯留層に対して、複数の事業者が、持続可能な地熱発電を考慮せず、競合的に開発を計画する場合、明確に調整する手立てがない。このような問題を解決するためにも法の整備が必要である。最後に、わが国において、地熱開発を将来にわたって続けていくための手法について述べる。

7 2030年以降の地熱発電の見通し

現在わが国の地熱開発は、2015年に策定されたエネルギーミックスで示されている累積発電設備容量150万kWを目指して、全国各地で

電気計算 2016.9

地表・掘削調査および発電所建設が行われている。高い目標を実現するためには、諸課題を整理し、順次解決しながら、進み始めている（地熱発電の推進に関する研究会、2016）。そのような努力の結果、諸課題が解決していく中で、わが国の地熱発電は、2030年以降、わが国の電源供給の中でどの程度の貢献を目指すことが可能であろうか。2050年に関しては、2050年自然エネルギービジョン（江原ほか、2008）がある。この自然エネルギービジョンは、自然エネルギー関係者が集まり、2050年時点で、各再生可能エネルギーがどの程度貢献可能かを洗い出したものである。基本的な考え方は、自然エネルギーでできるだけ賄い、不足分を化石燃料等で賄うこと、一定の生活レベルは保持すること（GDP 1%程度成長）、省エネにより当時の電力使用量から20%減を目指すことなどであった。各再生可能エネルギー団体が持ち寄った結果、2050年に必要な電力量のうち約67%を太陽光、風力、水力、バイオマス、地熱がそれぞれ、全体の10～20%程度シェアし、25%を石炭・天然ガス、残る8%を原子力がシェアするというものになった。なお、福島第一原発事故後、省エネが進み、電力需要は事故前に比べ、すでに8%程度低下しているため、原子力を含まない電源構成を想定することは十分可能である。

この中で地熱発電は全体の10.2%というシェアになっている。このあたりが地熱発電に求められる貢献である。この数値は、すでに評価されている、わが国の地熱発電ポテンシャルの半分程度である。この評価は、おおそ深さ3km以浅の基盤岩より浅い部分の地熱資源に対して、従来型地熱発電のみを想定した限定的な場合であり、さらにその下の基盤岩内の資源、あるいは将来的に実現可能なEGS発電やマグマ発電を想定すれば、資源量はさらに大きくなる。すなわち、2050年～2100年の将来、わが国の電力供給の10%程度を地熱で想定することができる。これはかなり高い目標であるが、

電気計算 2016.9

地球温暖化を停止させ、持続可能な新しい地球社会を追求していくためには、高い目標を掲げ、常に前進することが欠かすことができない。

8 おわりに

わが国の地熱発電の現状・課題を整理し、さらに、2030年、2050年～2100年へ向けた目標を描いてみた。2050年～2100年の段階では、電力供給はできるだけ再生可能エネルギーで賄い（各エネルギーが10～20%程度をシェア。このようなシェアはリスク回避の観点からも必要と思われる）、その中で、地熱発電は10%程度をシェアしたいものである。その大きな目標に向かって、地熱関係者が一致団結して取り組んでいきたいと思っている。ちなみに、IEA（2011）が2050年時点で評価している世界の地熱発電のシェアは3.5%である。これは非火山国も含めた数値である。火山が多く、地熱資源ポテンシャルが世界第3位とされているわが国である。わが国において10%は目標とすべきであると思われる。

〔参考文献〕

- (1) IEA (2011), Technology Roadmap: Geothermal Heat Power, IEA Publications 45.
- (2) 江原幸雄ほか (2008), 日本地熱学会誌, 30巻3号, p.165-179.
- (3) 地熱発電の推進に関する研究会 (2016), 平成27年度報告書, 62pp.
- (4) 地熱開発研究会 (2008), 地熱発電研究会報告書, 50pp.
- (5) 電力中央研究所 (2010), 電源別のライフサイクルCO₂排出量を評価, 電中研ニュース, No.468.
- (6) 日本地熱学会IGA専門部会誌 (2008), 地熱エネルギー入門, 50pp.
- (7) 日本地熱開発企業協議会 (2011), 地熱開発—日本と世界の動向—, 2pp.
- (8) 村岡洋文ほか (2008), 日本の熱水系資源量評価2008, 日本地熱学会平成20年学術講演会講演要旨集, B01.