

# 大規模地熱開発の現状

秋田 涼子

一般財団法人日本経済研究所 国際局 主任研究員

我が国が豊富に有する資源である地熱をどう利用すべきなのか、財団法人日本経済研究所では推進でも反対でもない中立の立場から6回に分けて考察している。

第3回である今回は、地下数千mの深さにあるマグマで熱せられた地下水によって形成される発電用地熱貯留層（蒸気溜まり）にボーリングで井戸を掘って蒸気を取り出し、その蒸気でタービンを回して発電する大規模地熱発電に注目し、日本の地熱発電の状況・特徴、最近の動向から今後の可能性について考察する。

## 1. 日本の地熱発電の特色

### (1) 概況

我が国では1966年に松川発電所（岩手県）が我が国初の地熱発電所として運転を開始し、その後1990年代には開発のピークを迎えたが、1999年の八丈島地熱発電所の運転開始以降は新規立地がない。2012年8月現在稼働中の地熱発電所は、電気事業用が13箇所（522.6MW）、自家用が5箇所（12.66MW）計18箇所である。

活火山の数と地熱資源量は正の相関関係があり、

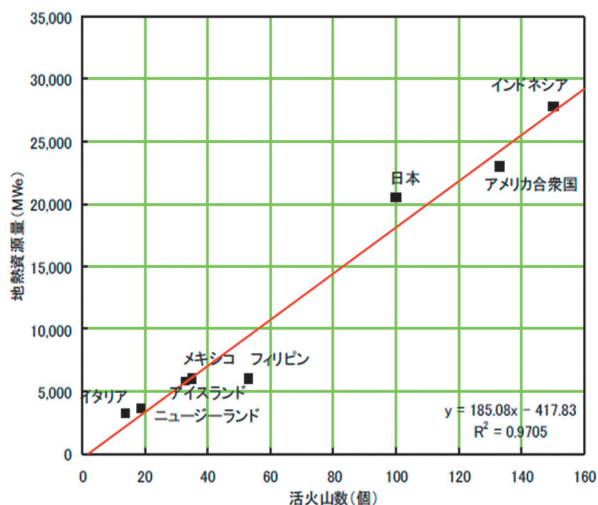
図1 日本の地熱発電所



出典：地熱エンジニアリング HP <http://www.geothermal.co.jp/etc/geo03.htm>

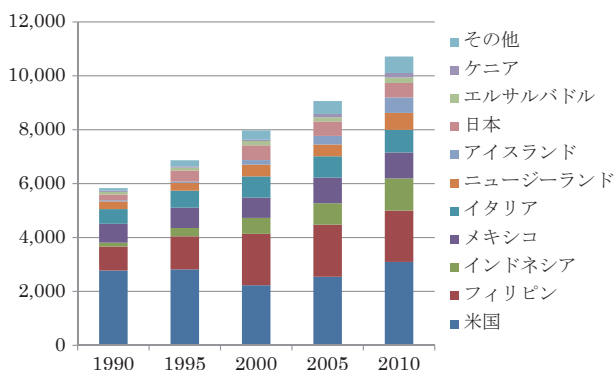
図2 世界の地熱資源量

国名	活火山数 (個)	地熱資源量 (MWe)
インドネシア	150	27,791
アメリカ合衆国	133	23,000
日本	100	20,540
フィリピン	53	6,000
メキシコ	35	6,000
アイスランド	33	5,800
ニュージーランド	19	3,650
イタリア	14	3,267



出典：「地熱発電の開発可能性」(独)産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 矢野雄策

図3 世界の地熱発電の動向



資料：(社)火力原子力発電技術協会「地熱発電の現状と動向2010・2011年」より当社作成

我が国は世界第3位の地熱資源量を有している一方、地熱発電の設備容量では世界第8位に留まっている。

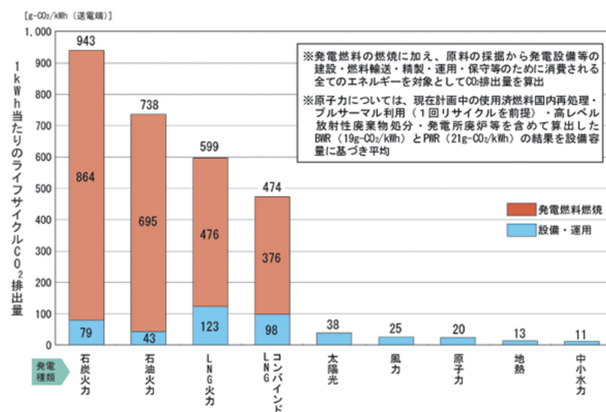
(2) 他の電源と比較した地熱発電の特徴

① CO<sub>2</sub>排出量が少ない安定電源

地熱発電は、火力発電におけるボイラに相当する部分を地球熱に依存するため、化石燃料を燃やさないでCO<sub>2</sub>排出量が少ないという特徴がある。また、発電だけでなく、直接の熱供給が可能なお点も、特徴として指摘できる。

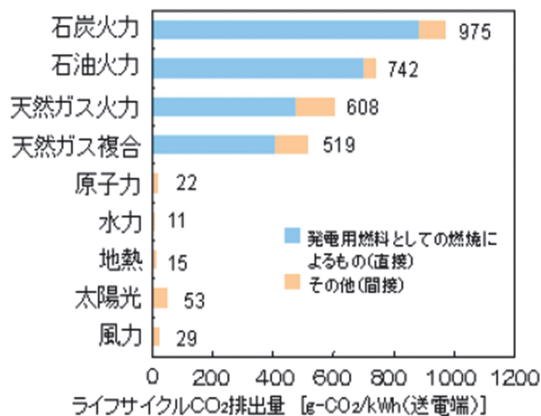
太陽光、風力といった他の再生可能エネルギーと同様に燃料を必要としないという点に加えて、地熱発電は、太陽光や風力のように天候や季節の影響を受けない地球熱を資源にしているため、昼夜、季節を問わずに安定したエネルギー（電力または熱供給）を確保することができる、つまり設備利用率が高いという点も大きな利点である。

図4 各種電源別のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量



出典：電気事業連合会 HP [http://www.fepec.or.jp/nuclear/state/riyuu/co2/sw\\_index\\_01/index.html](http://www.fepec.or.jp/nuclear/state/riyuu/co2/sw_index_01/index.html)

図5 各種電源の発電量あたりのCO<sub>2</sub>排出量、電源別の設備利用率  
 【各種電源の発電量あたりのCO<sub>2</sub>排出量】



【電源別の設備利用率の比較】

太陽光	約12%
風力	約20%
地熱	約70%

出典：原子力については、電力中央研究所「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による原子力発電技術の評価 平成18年8月」  
 他電源については、電力中央研究所「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による発電技術の評価 平成12年8月」

出典：地熱発電に関する研究会中間報告（平成21年6月）  
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004561/g90609aj.html>

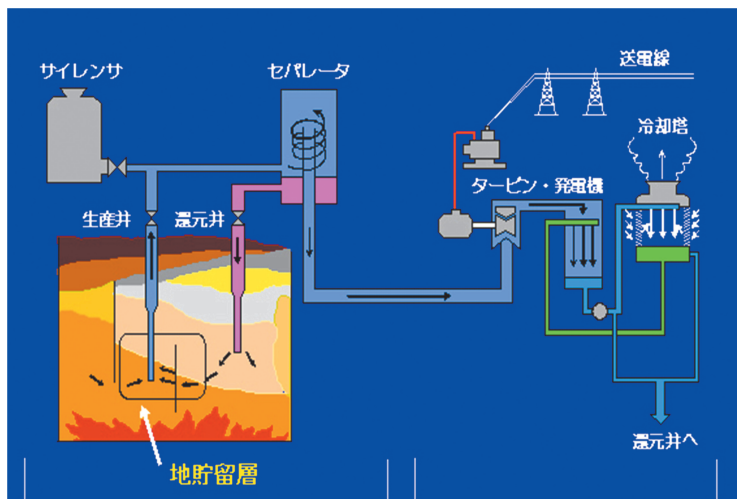
## ② 発電規模及び立地が自然条件に制約される

図1「日本の地熱発電所」からわかるように、地熱発電所の発電出力は、他の発電システム、例えば原子力発電所の100万kW級等と比べると、10分の1、数十分の1の規模であり、火山活動のある地域に地熱資源が偏在している。地熱発電はマグマで熱せられた地下水の集積である地熱貯留層に井戸を掘り、熱水を地上に取り出して発電に利用するため、

発電規模も立地も自然条件に大きく制約される。この点が、港湾近くなど利便性に優れる場所に大規模化して設置可能な火力発電所や日照と送電線さえ確保できれば設置可能な太陽光発電に比して、開発が進まない大きな要因である。

立地面でも、地熱貯留層のある地域は風景地・生物多様性保全の対象地であることが多く、我が国の地熱の資源の約82%が国立公園など自然公園地域内

図6 地熱発電の仕組み



出典：日本地熱発電開発協議会 HP <http://www.chikaiyo.com/chinetsu/index.html>

にあること、さらに、周辺に温泉が存在することも開発の妨げであった。

### ③ 発電コストが高い

経済産業省の試算によると、地熱は火力発電や原子力発電に比べて1kWhあたりの発電コストが高くなっている。燃料費はゼロであるものの、許認可問題や地元対策等で開発までに時間がかかること、調査開発段階から多数の坑井の掘削が必要となることに等による開発コスト、蒸気の減衰リスクがあるため補充井の掘削など追加投資が必要になること、さらに発電容量が地熱貯留層の大きさに制約されて規模のメリットも追及困難であること等が要因である。但し、今年4月に導入された固定価格買取制度の買取価格では、太陽光発電より地熱発電の方が低く設定されている。

### ④ 開発及び資金回収に超長期を要するプロジェクトである

地熱発電は、常に貯留層の大きさや圧力を把握しながら、蒸気を取り出し、貯留層を冷やしてしまわない場所に還元水を戻していくことができれば、マ

グマの熱という半永久的な熱源を活用して、非常に長期に発電を継続していくことができる仕組みである。逆に言えば、発電量を人為的に増加させることは不可能であり、電力価格が高い時に発電能力を増やして、投資利回りを高めることは出来ない。適正規模を超えて発電すれば地熱貯留層が枯渇して発電不能に陥るリスクもあり、超長期で検討しなければならないのである。

例えば、九州電力(株)の八丁原地熱発電所では1977年2万3000kW(23MW)の出力で運転が開始され、3年後には5万5000kW(55MW)の定格出力に達した。その後、1990年に2号機が設置され、合計出力11万kW(110MW)になった。2号機運転開始直後、出力は減少したが、様々な努力の結果、2号機運転開始後10年後以降は出力が安定し、20年以上が経過した2011年にはほぼ定格に近い出力の電気が安定して生産されている。重力変動観測に基づいた地熱貯留層の質量収支の解析結果からは安定した地熱貯留層の状態が続いていることが推定され、この状態を長期にわたって継続することが可能と推定されている<sup>1</sup>。

また、発電に適した場所、蒸気井の場所等を見つ

図7 八丁原地熱発電所



<sup>1</sup> 地熱情報研究所 HP <http://igigeothermal.jp/> より

け、具体的な発電に至るまでには、多大な時間とその調査、実証実験に伴うコストを要する。八丁原発電所が隣接する大岳発電所とともに調査を開始したのは、昭和24年と、大岳発電所の運転開始（昭和42年）の18年前、八丁原発電所の運転開始（1号機昭和52年）の28年前である。

現在、最も運転開始に近い段階にある地熱開発の一つである（平成23年に環境影響評価手続きを開始）秋田県湯沢市の山葵沢・秋の宮地域での地熱発電所計画（湯沢地熱(株)）は、平成30年（2020年）の運転開始を目指した計画である。この地点の調査は平成5年からのNEDOの地熱開発促進調査がスタートである。計画通りに平成30年に運転開始した場合でも、調査から25年が経過することとなる。

## 2. 大規模地熱発電に対する評価

① 安定したクリーンエネルギーとして位置づけられる地熱発電であるが、主要電源との期待は現実的ではない。

地球温暖化、化石燃料価格の高騰を踏まえて再生可能エネルギー活用の重要性が世界的に高まるなか、地球の半永久的なエネルギーである地熱を活用する重要性は高まっている。CO<sub>2</sub>排出量の少ない地熱発電は、国内の資源を活用したクリーンエネルギーとして位置づけられる。

しかし、わが国は豊富な地熱資源があり、その量は世界第3位（2,340万kW）であるという報道等から、「地熱は原子力に代わるエネルギー」と思いがちであるものの、これは現実的とは言えない。地熱資源量が世界1位で3000万kWの米国は、約300万kWの地熱発電設備を保有しているが、我が国が今後米国と同割合まで地熱開発を進めたとしても234万kW（現在の約55万kWに比べて約4倍強）である。地熱発電の日本の全電源総発電量（約9400億kWh）に占める割合は1%弱に過ぎないので、こ

れを4倍強まで開発しても4-5%になるだけである。つまり、我が国の地熱資源は世界有数であることは確かであるが、開発を推進しても我が国の電源の主たる部分を担う規模にはならないのである。

### ② 長期操業による採算性確保には固定価格買取りより開発支援が適切

経済産業省では平成24年7月に「再生可能エネルギー固定価格買取り制度（以下、「FIT」という）」の平成24年度価格を発表した。地熱発電の買取り価格は1万5000kW以上で27.30円/kW（税込）、1万5000kW未満で42.0円/kW（税込）と他の再生可能エネルギーと比較しても、また、前年度までは地熱発電の買取り制度がなかったことから見ても、高水準な買取り価格となっている。しかし、前述したように「超長期で採算を考えるべき地熱開発」の開発支援として、「一定期間の高価買取り制度」であるFITの適切性を疑問視する関係者もいる。

図8 固定価格買取り制度（平成24年度価格）

	太陽光	10kW以上	10kW未満	10kW未満 (ダブル発電)		
	調達価格	42円	42円	34円		
	調達期間	20年間	10年間	10年間		
	風力	20kW以上	20kW未満			
	調達価格	23.1円	57.75円			
	調達期間	20年間	20年間			
	水力	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満		
	調達価格	25.2円	30.45円	35.7円		
	調達期間	20年間	20年間	20年間		
	地熱	15,000kW以上	15,000kW未満			
	調達価格	27.3円	42円			
	調達期間	15年間	15年間			
	バイオマス	メタン発酵 ガス化発電	未利用木材 燃焼発電 (※1)	一般木材等 燃焼発電 (※2)	農産物 (木質以外) 燃焼発電 (※3)	リサイクル 木材燃焼発電 (※4)
	調達価格	40.95円	33.6円	25.2円	17.85円	13.65円
	調達期間	20年間	20年間	20年間	20年間	20年間

出典：経済産業省 HP <http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/kakaku.html>

現行 FIT 制度での地熱発電からの電力買取り期間は、「電力供給開始から15年間」とされている。他の発電形態であればこの15年間に出来るだけ多く売電して採算を高めるが、地熱発電は適正発電量を上回って発電し、地下の貯留層から得られる蒸気を枯渇させてしまえば終わりである。短期的に大きな出力を求めるものではなく、貯留層の熱水量と圧力を低下させないようにコントロールしながら蒸気を取り出し、還元水を戻していくことで長期に発電が可能となる仕組みである点を考えると、「当初15年間の高価買取り」ではなく、運転開始に至るまでの調査、探索や実証実験に対する支援（経済的支援あるいは、調査支援等）を行い、長期的な発電でコストが回収できるような仕組みを構築することの方がより重要ではないかと考えられる。

### 3. プロジェクトの具体化に向けた動き —自然公園や温泉との共存の道

かつて経済産業省及び環境省は「国定公園内に地熱発電所を設置しない」との方針であったが、原発事故後の2012年3月に環境省が発表した地熱開発に関する新方針（「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」）では、「自然公園普通地域については地熱開発を認め、自然環境の保全と地熱開発の調和が十分に図られる『優良事例』については、掘削や工作物の設置の許可もありうる」として規制緩和が進んでいる。しかしながら、自然保護団体や温泉事業者からは、開発に反対する声が少ない。特に、温泉事業者との協議は多くの地熱開発プロジェクトの障害となっている。

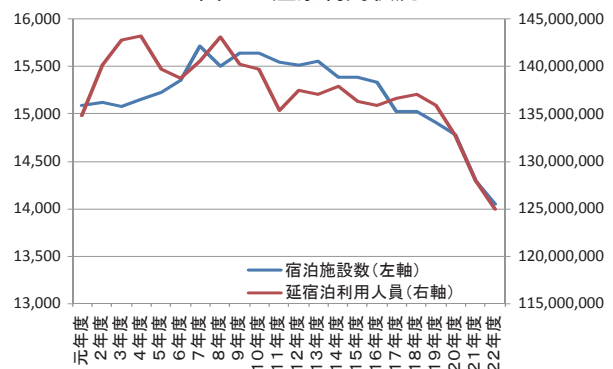
我が国には、古来より地球のエネルギーを活用してきた温泉という文化があり、関連する事業者も多い。地熱の開発が温泉文化を破壊するものであってはならないことは言うまでもない。地熱開発を計画している地域では、同じ地下の熱水を活用している温

泉事業者から強い反対を受けている所も散見される。温泉より深度の深い地中の熱水を利用する地熱開発は、温泉に影響を与えるものではないという主張もある一方、日本温泉協会では国内外で既に影響が出ているとして対立している。全貌がわからない地下のこと、地熱貯留層と温泉がどこかで繋がっている可能性があり、湯量の減少または枯渇に繋がるのではないかと懸念があるのも理解できる。

これまで地元温泉事業者と地熱発電開発が共存共栄している地域では、自治体も含めて3者（地元温泉事業者、地熱開発事業者、自治体）が協議する場を継続的に持ち、調査段階から運転開始後も継続的に実施している温泉のモニタリング結果を常に情報共有するとともに、両者が長期的な地域振興、地域の活性化について、共に地域に存在する事業者として議論し取組んでいく姿勢が見られる。

環境省の温泉利用状況調査によると、我が国の温泉地は、この10年（平成12年～22年）の間に、宿泊施設数や延宿泊利用人員を1割近く減らしている（宿泊施設数15,512箇所→14,052箇所、9.4%減、延宿泊利用人員137,525,810人→124,925,272人、9.1%減）。長引く不況や、旅行形態や趣向の変化等に対応しきれず、顧客を減らしている温泉地も多いた

図9 温泉利用状況



資料：環境省「温泉利用状況」<http://www.env.go.jp/nature/onsen/data/> より当所で作成

---

め、地域資源である地熱発電を活用すべきとの動きも現れつつある。

秋田県湯沢市は、小安温泉郷、秋の宮温泉郷など湯量の豊かな温泉を複数抱える温泉地であるが、山形・秋田両新幹線の経路からはずれ、人口減少が続いている。昭和50年代から NEDO の地熱賦存量調査を積極的に誘致してきた結果が、平成6年に運転開始した上の岱地熱発電所(平成6年運転開始)と、平成23年に環境影響評価手続きを開始した、湯沢地熱(株)の山葵沢・秋の宮地域の地熱開発に繋がっている。市では、常に地熱開発事業者と市民の間たち、市民の側に不利益が起らないように調整、対話、情報公開について積極的に関わっている立場を

とっており、地熱開発が温泉事業者を含めた市民に受け入れられ、温泉と地熱発電所が共存共栄している。地熱発電所は運転人員が多くはないが、定期点検やPR館への見学や視察などを含めれば一定の地域への波及があると捉えられている。

温泉地は、すでに温泉があるということだけで十分な地域の活性化につながらなくなってきている場合もある。今後の振興策を検討すべき状況にある地域等においては、常に地熱開発のリスクをウオッチしながらの地熱開発との共存、あるいは、地熱利用による地域活性化の可能性を検討することも1つの方向と考えられる。