

国立国会図書館

地熱発電の現状と課題

調査と情報—ISSUE BRIEF— NUMBER 837 (2015. 1. 6.)

はじめに

I 地熱発電の概要

- 1 地熱発電の仕組み
- 2 世界の動向

II 日本の取組

- 1 国の施策
- 2 開発動向

III 課題

- 1 自然環境・景観との調和
- 2 温泉との共生
- 3 環境影響評価の効率化
- 4 事業の採算性

おわりに

- 地熱発電は、地球温暖化対策や電力の安定供給に資する国産エネルギーである。日本は、世界第3位の地熱資源量を有するものの、導入量は第8位にとどまっている。
- 平成26年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」の中で、地熱発電はベースロード電源と位置付けられ、普及に向けた取組を強化し、発電所の周辺地域と共生しながら開発を進める方針が打ち出された。
- 地熱資源に恵まれた地域は、自然公園や温泉地域と重なるため、自然環境・景観との調和や、温泉地域との共生が課題となっている。また、事業リスク低減に向けた取組の重要性も指摘されている。

国立国会図書館
調査及び立法考査局経済産業課
（近藤 こんどう かおり）

第837号

はじめに

地熱発電は、地球温暖化対策や電力の安定供給に寄与する国産エネルギーである。日本は世界有数の地熱資源量を有するが、開発に伴う温泉資源等への影響が懸念されることや、自然保護との両立が課題となっており、導入量は世界第8位にとどまっている。福島第一原発事故後、エネルギー政策の見直しが行われ、平成26(2014)年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、再生可能エネルギーの導入を加速するための具体的な取組が打ち出された。地熱発電は、安定的に発電を行うことが可能なベースロード電源と位置付けられ、普及に向けた取組を強化し、発電所の周辺地域と共生しながら持続可能な開発を進める方針が打ち出された。本稿では、地熱発電のこれまでの開発と利用状況を概観し、普及に向けた日本の課題についてまとめる。

I 地熱発電の概要

1 地熱発電の仕組み

火山の地下5～15km程度には、マグマと呼ばれる高温で溶融した岩石の塊が存在している。マグマは、常に周辺、特に上方に向けて熱を放出している。一方、地表に降った雨水は、岩石の割れ目を通して地下へ浸透する。地下に浸透した雨水は、マグマの熱によって温められ、軽くなり、今度は上昇する。上昇した熱水が貯まるような地下構造があれば、熱水はそこに貯められる。この熱水や蒸気が蓄えられた領域を地熱貯留層と呼ぶ。一般的に、地熱貯留層の上部にはキャップロックと呼ばれる不透水層の地層が存在し、地表からの冷水が直接的には入り込まないため、地熱貯留層内の水は高温高压の圧縮水の状態となっている。¹

地熱発電は、地下1～3km程度に存在する地熱貯留層に向けて生産井(せいさんせい)を掘り、噴出する約200～350℃の蒸気と熱水を取り出し、気水分離機で分離した後、得られた蒸気でタービンを回して発電する。この方式をフラッシュ方式²と呼ぶ。気水分離機で分離された熱水は、還元井(かんげんせい)と呼ばれる井戸を通して再び地下に戻される。熱水の還元は、熱水中に含まれるヒ素などの有害成分を地上に放出させない役割を担うとともに、地熱貯留層へ流体を補給し、地熱貯留層の圧力を維持して安定的に蒸気生産を行えるようにする目的も兼ねている³。

熱水や蒸気の温度が80～150℃と低い場合には、タービンを動かすだけの蒸気量を確保できないケースもあるため、熱交換器を利用して代替フロンなどの低沸点媒体を加熱し、蒸発させてタービンを回転させるバイナリー方式による発電も行われている。また、地下に大量の熱エネルギーを有しながらも、水分に乏しいことから、地上に蒸気・熱水を取り出すことができない地域も多くある。このような地域では、人工的に岩盤に割れ目を作っ

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成26(2014)年12月11日である。

¹ 江原幸雄「地熱エネルギー利用の現状と将来」『静電気学会誌』37巻4号, 2013.7, pp.154-159.

² 熱水と蒸気を利用する発電方式であり、世界で最も普及している。一方、熱水をほとんど含まない蒸気を利用し、気水分離機を使用しない発電方式をドライ・スチーム方式と呼ぶ。(新エネルギー・産業技術総合開発機構編『NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版』森北出版, 2014, pp.451-454.)

³ 江原幸雄「地熱発電の概要と展望」江原幸雄ほか『地熱発電の潮流と開発技術』サイエンス&テクノロジー, 2011, pp.3-26.

て2本の坑井（こうせい）の一方から水を注入し、もう一方から高温蒸気を取り出して発電する高温岩体発電等の開発も進められている。⁴

地熱発電は純国産エネルギーであり、発電時に二酸化炭素（CO₂）を排出しない。発電所の建設・運転・解体というライフサイクル全体を通してみても、化石燃料を燃やす火力発電と比べてCO₂排出量は極めて少ない。また、太陽光発電や風力発電と異なり天候等に左右されることなく安定して発電できるため、設備利用率が高い点も特徴といえる。⁵

2 世界の動向

石油危機（第1次1973年、第2次1979年）を契機として、地熱発電の開発は1970年代から世界的に本格化し、近年、設備容量は順調に増加している。設備容量の上位3か国は、米国、フィリピン、インドネシアとなっている（2013年）。日本は、1995年時点では世界第5位であったが、近年、地熱発電開発が停滞したため、第8位に後退した。日本は、米国、インドネシアに次ぐ、世界第3位の地熱資源量を誇るものの、設備容量の地熱資源量に対する比率（資源利用率）は、他国と比べて低い水準にとどまっている。（表1）⁶

表1 上位8か国の設備容量の推移と地熱資源量等

| | 設備容量（万kW） | | | | | | 地熱資源量 （万kW） | 2013年の資源 利用率（%） |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|--------------------|
| | 1990年 | 1995年 | 2000年 | 2005年 | 2010年 | 2013年 | | |
| 米国 | 277 | 282 | 223 | 254 | 309 | 339 | 3,000 | 11.3 |
| フィリピン | 89 | 123 | 191 | 193 | 190 | 185 | 600 | 30.8 |
| インドネシア | 14 | 31 | 59 | 80 | 120 | 134 | 2,779 | 4.8 |
| メキシコ | 70 | 75 | 76 | 95 | 96 | 102 | 600 | 17.0 |
| イタリア | 55 | 63 | 79 | 79 | 84 | 88 | 327 | 26.8 |
| ニュージーランド | 28 | 29 | 44 | 44 | 63 | 84 | 365 | 23.1 |
| アイスランド | 4 | 5 | 17 | 32 | 58 | 66 | 580 | 11.5 |
| 日本 | 21 | 41 | 55 | 54 | 54 | 54 | 2,347 | 2.3 |
| その他 | 23 | 38 | 55 | 76 | 98 | 126 | | |
| 世界全体 | 583 | 687 | 797 | 906 | 1,072 | 1,177 | | |

（出典）International Geothermal Association, *Installed Generating Capacity*. <http://www.geothermal-energy.org/geothermal-energy/electricity_generation.html>; 新エネルギー・産業技術総合開発機構『NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版』森北出版株式会社, 2014, p.459 を基に筆者作成。

II 日本の取組

1 国の施策

日本は、第1次石油危機（昭和48（1973）年）を契機に、国が主導して石油代替エネルギーの一つとして地熱発電の開発を本格的に進めてきた。昭和48（1973）年には、全国的な地熱資源量の把握を目的とした国による基礎調査が開始された⁷。基礎調査は、昭和48

⁴ 新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(2)

⁵ 中島英史「地熱発電の現状と今後」『スマートプロセス学会誌』3巻2号, 2014.3, pp.108-114.

⁶ 近藤浩正・秋田涼子「地熱にどこまで期待できるか」『日経研月報』2013.3. <https://www.jeri.or.jp/membership/pdf/research/research_1303_01.pdf>

⁷ 地熱開発地域の選定に関する調査研究は、昭和20年代に地質調査所（現在の産業技術総合研究所地質調査総合センター）が開始している。

～54年にかけて、全国地熱基礎調査、地熱開発精密調査、地熱開発基礎調査として実施された。昭和55(1980)年に新エネルギー総合開発機構(現在の独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO))が設立され、それまでの調査の質を向上させた地熱開発促進調査や、広域の地熱資源賦存量を把握することを目的とした全国地熱資源総合調査が行われた。これらの調査とともに地熱発電開発に係る様々な要素技術(地熱探査技術等)の研究開発も実施された。⁸

以下では、法整備を中心に国の取組についてまとめる。地熱発電は、当初、石油代替エネルギーの一つとして位置付けられ、導入に向けた支援が実施された。その後、エネルギーの安定供給や気候変動問題等への対応が求められる中で、石油代替エネルギーのうち、経済性の制約から普及が進展しないエネルギーを新エネルギー利用等⁹と定め、重点的に導入を進める方針が打ち出されたものの、既に実用化されていた従来型のフラッシュ方式による地熱発電は除外されてきた経緯がある¹⁰。

(1) 石油代替エネルギー法

昭和55(1980)年、石油代替エネルギーの開発・導入を促進し、石油依存の低減を進める法的枠組みとして、「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」(昭和55年法律第71号、以下「石油代替エネルギー法」)が制定された。石油代替エネルギー法では、①経済産業大臣が石油代替エネルギー¹¹の供給目標を策定し閣議決定を経て定めること、②国が財政・金融・税制上の措置等の施策を講じること、③石油代替エネルギー開発の中核的推進体として新エネルギー総合開発機構(現在のNEDO)を設立すること等が定められた。昭和55(1980)年11月に閣議決定された昭和65(1990)年度の石油代替エネルギーの供給目標(3.5億kl:原油換算)のうち、地熱発電の供給量は730万kl(石油代替エネルギーによる供給量の2.1%)と示された¹²。その後、改定が重ねられ、平成17(2005)年度の改定で示された平成22(2010)年度の石油代替エネルギーの供給目標(3.1億kl)のうち地熱発電の供給目標は100万kl(石油代替エネルギーによる供給量の0.3%)へと引き下げられた¹³。

なお、近年、低炭素社会の実現に向けた対応(二酸化炭素等の温室効果ガスの削減)が求められることになったことから、平成19(2007)年に同法は改正され、「非化石エネルギー

⁸ 秋田藤夫「北海道における地熱開発の現状と課題」『温泉科学』63巻4号, 2014.3, pp.353-363.

⁹ 具体的な新エネルギー利用等の範囲は「新エネルギー法施行令」(平成9年政令第208号)第1条で定められている。同施行令制定時には11種類の新エネルギー利用等が定められた(廃棄物燃料製造、廃棄物熱利用、太陽熱、温度差エネルギー、天然ガス自動車・メタノール自動車、電気自動車、廃棄物発電、天然ガスコーージェネレーション、風力発電、太陽光発電、燃料電池)。平成20年の改正時に、概念整理が行われた結果、10種類となった(バイオマス燃料製造、バイオマス熱利用、太陽熱、温度差エネルギー、雪氷熱利用、バイオマス発電、地熱発電(バイナリー方式)、風力発電、中小水力発電(出力1,000kW以下)、太陽光発電)。経緯については、小林信一「再生可能エネルギーの政策史」『再生可能エネルギーをめぐる諸相—科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書—』(調査資料2013-4)国立国会図書館調査及び立法考査局, 2014, pp.5-46を参照のこと。

¹⁰ 総合エネルギー対策推進閣僚会議が定めた「新エネルギー導入大綱」(平成6年12月16日閣議決定)の中では、重点的に導入を図るべき新エネルギーを、技術的にみて実用可能な段階に至っているかどうか、自然環境等の面からみて日本での導入が可能かどうか等の観点から、選定する必要があるとしている(資源エネルギー庁編『平成7年度版 新エネルギー便覧』通商産業調査会出版部, 1995, p.31.)。

¹¹ 石油代替エネルギーには、石炭、原子力、天然ガス、水力、地熱等が含まれる。

¹² 通商産業省通商産業政策史編纂委員会編『通商産業政策史 第13巻』通商産業調査会, 1991, pp.208-210.

¹³ 経済産業省「石油代替エネルギーの供給目標改定について」2005.4.27. <http://warp.da.ndl.go.jp/collections/NDL_WA_po_print/info:ndljp/pid/281883/www.meti.go.jp/press/20050428012/NDL_WA_po_050428oil.pdf>

ギーの開発及び導入の促進に関する法律」へと名称変更された。これにより、開発・導入の対象は「石油代替エネルギー」から「非化石エネルギー」へ変更されている。

（２）新エネルギー法

石油代替エネルギーのうち、経済性の制約から普及が十分ではないエネルギーを新エネルギー利用等として、その導入を促す観点から、平成 9（1997）年に「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」（平成 9 年法律第 37 号、以下「新エネ法」）が制定された。新エネ法では、経済産業大臣が新エネルギー利用等を推進するための基本方針を閣議の決定を経て定めることや、基本方針を踏まえエネルギー供給事業者等がその促進のために努力する責務を負うこと等が定められた。なお、新エネ法制定時には新エネルギー利用等の中に地熱発電は含まれず、平成 20（2008）年の改正時にバイナリー方式によるもののみが追加された。

（３）RPS(Renewable Portfolio Standard)法

平成 14（2002）年に「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（平成 14 年法律第 62 号、以下「RPS 法」）が制定された。RPS 法に基づき、電気事業者に対して新エネルギー等から発電される電気を一定量以上利用することを義務付ける RPS 制度が平成 15（2003）年から開始された。地熱発電においては、従来型のフラッシュ方式等による設備は除外され、バイナリー方式のみが対象となった。

（４）再生可能エネルギー特別措置法

平成 23（2011）年に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」（平成 23 年法律第 108 号、以下「再生可能エネルギー特別措置法」）が成立し、平成 24 年 7 月から固定価格買取制度（FIT : Feed-in Tariff Scheme）が開始された。固定価格買取制度は、再生可能エネルギー¹⁴による電気を国が定める固定価格で、電気事業者が一定期間にわたり買い取ることを義務付ける制度である。買取費用は、電気料金に上乗せされ、電力需要家が負担する仕組みである。地熱発電は発電方法を問わず本制度の対象として認められることとなった。

（５）予算等

地熱発電の技術開発や資源探査、開発費の補助等に係る国の関連予算は、昭和 49（1974）年度の 8.3 億円程度から徐々に増加し、昭和 55（1980）～平成 9（1997）年度にかけて年間 130～180 億円で推移した¹⁵。しかし、平成 10（1998）年度以降は予算が徐々に削減され、平成 23（2011）年度には約 4.9 億円まで減少した。背景として、RPS 制度の対象から従来型のフラッシュ方式等による地熱発電が除外されたこと、自然公園内での開発規制（後述）により実質的に開発が制限されてきたこと等が挙げられている¹⁶。

¹⁴ 「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律施行令」（平成 21 年政令 222 号）で定める再生可能エネルギーは 7 種類である（太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、大気中の熱その他の自然界に存する熱、バイオマス）。このうち、固定価格買取制度の対象となっている再生可能エネルギーは 5 種類（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）である。

¹⁵ 火力原子力発電技術協会『地熱発電の現状と動向 2013 年』2014, p.79.

¹⁶ 秋田 前掲注(8)

地熱発電開発は、地表調査、地下探査（調査のための掘削等）、環境影響評価の後、生産井・還元井の掘削、発電所の建設を経て、運転開始に至る。福島原発事故後、地熱発電を見直す機運が高まり、各段階における事業負担やリスクを軽減するため、固定価格買取制度に加え、調査・探査といった初期投資費用等への国の支援が拡充された。また、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）による、探査段階における出資制度や、開発・生産段階における債務保証制度が新たに設けられた。これにより、地熱発電関連の予算は、平成 24（2012）年度は 150.5 億円、平成 25（2013）年度は 192.5 億円へと急増した。

なお、技術開発等の予算とは別に、電源三法（「発電用施設周辺地域整備法」（昭和 49 年法律第 78 号）、「電源開発促進税法」（昭和 49 年法律第 79 号）、「特別会計に関する法律」（平成 19 年法律第 23 号））に基づく交付金制度も設けられている。これは、発電所の設置や運転の円滑化を図る観点から実施される、発電所周辺地域への交付金制度である。地熱発電もこの制度の対象となっている。

2 開発動向

日本で最初の地熱発電所は、昭和 41（1966）年に運転を開始した日本重化学工業株式会社の松川地熱発電所（岩手県）である。昭和 42（1967）年には九州電力株式会社が大岳地熱発電所（大分県）、昭和 49（1974）年には三菱金属株式会社（現在の三菱マテリアル株式会社）が大沼地熱発電所（秋田県）の運転を開始し、その後も電力会社等により開発がなされてきた。事業用の発電所については、平成 11（1999）年に八丈島地熱発電所が運転を開始して以来、新規の立地での運転開始実績はない（表 2）。

国の支援が拡大されたことを受けて、新規の開発計画が出てきており、現在、主なプロジェクト 16 件（地表調査・掘削調査実施中の案件が 11 件、探査段階にある案件が 2 件、環境アセスメント実施中の案件が 1 件、建設中の案件が 2 件）が進行中である¹⁷。

表 2 日本の地熱発電所一覧

| 発電所名 | 所在地 | 運転開始 | 認可出力 | 自然公園との関係 |
|--------------|------------------------------|----------|-----------|----------------------|
| 森 | 北海道森町 | 昭和 57.11 | 2.5 万 kW | — |
| 澄川 | 秋田県鹿角市 | 平成 7.3 | 5 万 kW | 十和田八幡平国立公園内の地下部へ傾斜掘削 |
| 松川 | 岩手県八幡平市 | 昭和 41.10 | 2.35 万 kW | 十和田八幡平国立公園内 |
| かっこんだ 葛根田 | 岩手県雫石町 | 昭和 53.5 | 5 万 kW | 十和田八幡平国立公園内 |
| | | 平成 8.3 | 3 万 kW | |
| うえ たい 上の岱 | 秋田県湯沢市 | 平成 6.3 | 2.88 万 kW | 栗駒国立公園内 |
| おにこうべ 鬼首 | 宮城県大崎市 | 昭和 50.3 | 1.5 万 kW | 栗駒国立公園内 |
| 柳津西山 | 福島県柳津町 | 平成 7.5 | 6.5 万 kW | 只見柳津県立自然公園内 |
| 八丈島 | 東京都八丈町 | 平成 11.3 | 0.33 万 kW | 富士箱根伊豆国立公園内 |
| 大岳 | 大分県九重町 <small>ここのえまち</small> | 昭和 42.8 | 1.25 万 kW | 阿蘇くじゅう国立公園内 |

¹⁷ 環境アセスメント実施中の案件は湯沢市（山葵沢）、建設中の案件は九重町（菅原）と福島市（土湯）で進められている。（経済産業省『エネルギー白書 2014』p.175. <<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/>>）

| | | | | |
|--------------|-------------------------|----------|-------------|-------------|
| 八丁原 | 大分県九重町 ^{このえまち} | 昭和 52.6 | 5.5 万 kW | 阿蘇くじゅう国立公園内 |
| | | 平成 2.6 | 5.5 万 kW | |
| | | 平成 18.4 | 0.2 万 kW | |
| 滝上 | 大分県九重町 ^{このえまち} | 平成 8.11 | 2.75 万 kW | — |
| 大霧 | 鹿児島県霧島市 | 平成 8.3 | 3 万 kW | 霧島錦江湾国立公園内 |
| 山川 | 鹿児島県指宿市 | 平成 7.3 | 3 万 kW | — |
| 事業用 13 発電所合計 | | | 50.26 万 kW | |
| 大沼 | 秋田県鹿角市 | 昭和 49.6 | 0.95 万 kW | 十和田八幡平国立公園内 |
| 杉乃井ホテル | 大分県別府市 | 平成 18.4 | 0.19 万 kW | — |
| 九重観光ホテル | 大分県九重町 ^{このえまち} | 平成 10.4 | 0.099 万 kW | 阿蘇くじゅう国立公園内 |
| 霧島観光ホテル | 鹿児島県霧島市 | 平成 22.11 | 0.01 万 kW | 霧島錦江湾国立公園内 |
| 自家用 4 発電所合計 | | | 1.249 万 kW | |
| 事業用・自家用合計 | | | 50.509 万 kW | |

(出典) 火力原子力発電技術協会『地熱発電の現状と動向 2013 年』2014, p.4; 「我が国の地熱発電の概要」(地熱発電事業に係る自然環境影響検討会第 1 回(平成 23 年 6 月 28 日)) 環境省 HP <http://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2301/mat02.pdf> 等を基に筆者作成。

Ⅲ 課題

地熱資源は火山帯にあり、その位置は偏在している。地熱発電を行う上では、一定規模の地熱貯留層が形成されていることを前提として、熱水・蒸気を地上に取り出せる条件が整っていることが必要となり、立地場所や発電規模の面での制約がある¹⁸。また、地熱資源の賦存する地域は、温泉地域や自然保護地域とも重なる。地熱貯留層は地下の深い所に形成されており、比較的浅い所に形成される温泉帯水層とは位置が異なるものの、温泉事業者は、地熱貯留層からの蒸気・熱水の採取が温泉帯水層に与える影響について懸念して、地熱発電開発に反対することが多い。また、蒸気・熱水に含まれる硫化酸化物等の不純物が生産井や還元井に付着することで発電能力の減衰が生じるため、運転開始後も新規の井戸を継続的に掘削しなければならない上に、硫化水素による植生への影響も懸念されることから、自然保護上問題であるとの指摘もある¹⁹。自然公園内における開発規制、温泉事業者の反対等が、開発の停滞要因として指摘されている²⁰。地熱開発を進める上での課題として、自然環境・景観との調和、温泉との共生、環境影響評価の効率化、事業の採算性等が挙げられる。

1 自然環境・景観との調和

日本の地熱資源の賦存量の約 8 割が自然公園内に存在し、その多くが特別保護地区及び特別地域にある(表 3)。自然公園内における開発規制が、地熱開発の障壁となっている²¹。

¹⁸ 秋田涼子「大規模地熱開発の現状」『日経研月報』2012.12. <https://www.jeri.or.jp/membership/pdf/research/research_1212_01.pdf>

¹⁹ 辻村千尋「地熱発電開発と自然保護」『温泉』845 号, 2011.11, pp.8-11. <<http://www.nacsj.or.jp/katsudo/kokuritsu/pdf/20111115chinetsusujimura.pdf>>

²⁰ 森田誠也ほか「我が国における地熱発電の現状と課題」『東海大学紀要』52 巻 2 号, 2012.9, pp.63-75.

²¹ 野田徹郎「国立・国定公園内の地熱発電の規制緩和 動向と課題」『エネルギーと動力』63 巻 281 号, 2013, pp.67-74.

表3 我が国における地熱資源の賦存量

| | | 賦存量 (万 kW) | 割合 (%) |
|-------|--------|------------|--------|
| 自然公園内 | 特別保護地区 | 717.2 | 30.6 |
| | 特別地域 | 1021.2 | 43.5 |
| | 第1種 | 258.1 | 11.0 |
| | 第2種 | 248.1 | 10.6 |
| | 第3種 | 515.0 | 21.9 |
| | 普通地域 | 108.5 | 4.6 |
| 自然公園外 | | 500.7 | 21.3 |
| 合計 | | 2347.6 | 100.0 |

(出典) 阪口圭一「地熱研究概要と地熱ポテンシャル」『部門研究成果報告誌 Green Report 2012』2012. 産業技術総合研究所 HP <<https://unit.aist.go.jp/georesenv/result/green-report/report12/p6.pdf>> を基に筆者作成。

(1) 自然公園法による規制

「自然公園法」(昭和32年法律第161号)は、優れた風景地の保護や生物多様性の確保等に寄与することを目的とし、自然公園として、国立公園、国定公園、都道府県立自然公園を定めている²²。それぞれ、特別地域(特別保護地区(国立・国定公園のみ)、第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域)、普通地域に区分され²³、地域ごとに、工作物の新設・改築・増設、木竹の伐採、土地の形状変更等の行為についての規制を定めている²⁴。特別地域に地熱発電所を建設する際は、自然公園法に基づき、環境大臣又は都道府県知事の許可を受ける必要がある²⁵。普通地域に建設する際は届け出制となっている。

(2) 法令以外の規制

自然公園法は自然公園内の開発許可申請自体を禁止しているわけではない。しかし、以下に述べる省庁間の覚書や通知等により、自然公園内の開発は実質的に制限されてきた。²⁶

昭和41(1966)年に松川発電所が運転を開始して以来、自然公園内で地熱開発計画が次々と立ち上がり、しばらくは規制のない状態が続いた。この事態を懸念した環境庁自然保護局(当時)は、通商産業省公益事業局(当時)と協議を行い、当面の間、地熱発電の開発地点を6地点(大沼、松川、鬼首、八丁原、大岳、葛根田)に制限する内容の覚書²⁷を昭和47(1972)年に取り交わした。その後、環境庁が昭和49(1974)年に発出した通知²⁸の中でも同様の内容が盛り込まれた。これらにより、6地点以外の国立・国定公園内での地

²² 国立公園は、国が指定し管理する。国定公園は、国が指定し都道府県が管理する。都道府県立自然公園は、都道府県が条例で指定し管理する。

²³ 規制のレベルにより地種区分がなされている。特別地域の中で、特に優れた自然景観や原生自然の状態が保持されており、その保全が求められる地域を特別保護地区に指定している。

²⁴ 吉岡剛「地熱発電に関する政策・法制度」江原ほか 前掲注(3), pp.106-107.

²⁵ 環境省に設けられた地熱発電事業に係る自然環境影響検討会の資料では、「特別保護地区及び第1種特別地域内では、景観維持の観点から、地熱発電の開発行為は原則として認められていない」と自然公園法を解釈している(「自然公園法の行為制限と解釈(地熱発電事業に伴う行為を抜粋)(第2種・第3種特別地域について)」環境省 HP <https://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2304/ref03.pdf>).

²⁶ 及川敬貴「第6章 自然公園・生態系」高橋滋・大塚直編『震災・原発事故と環境法』民事法研究会, 2013, pp.170-201.

²⁷ 「国立公園及び国定公園内における地熱発電の開発に関する了解事項」(環境庁自然保護・通商産業省公益事業局長通知 昭和47年3月14日環自企第232号・47公局第240号)

²⁸ 「自然公園地域内において工業技術院が行う「全国地熱基礎調査」等について」(環境庁自然保護局企画調整課長通知 昭和49年9月17日環自企第469号)

熱開発の道は閉ざされることになった。²⁹

石油危機後に台頭した地熱開発の動きを受けて、環境庁は、昭和 54（1979）年、地熱開発の際には自然環境及び生活環境の保全に配慮すべきといった内容の通知³⁰を、都道府県主管部長宛てに発出し、環境保全の重要性について再確認している。

なお、平成 6（1994）年に環境庁が発出した通知³¹により、普通地域内における地熱開発については、風景の保護上の支障の有無について個別に検討し、その都度開発の可否を検討することとなり、地熱発電の開発を 6 地点に制限していた規制は条件付きながら緩和された。

（3）規制緩和の動向

平成 22（2010）年 6 月、当時の鳩山由紀夫政権が閣議決定した「規制・制度改革に係る対処方針」³²には、自然公園や温泉地域（後述）における地熱発電の設置許可の早期化・柔軟化等が盛り込まれた。自然公園内については、過去の通知を見直し、傾斜掘削（自然公園外又は普通地域から自然公園内に存在する地熱貯留層に向けて生産井を掘削する方法）について個別に判断する際の考え方を明確にするとともに、国立公園等の地表部に影響のない方法による事業計画であれば許可できるよう新たに通知するための調査・検討に着手することが対処方針として示された。³³

上記の閣議決定に対応する形で、平成 24（2012）年 3 月、環境省は「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」（環境省通知）³⁴を発出した。これにより、昭和 49 年と平成 6 年の通知が廃止され、国立・国定公園内における地熱開発の考え方が以下のよう示された（表 4）。

特別保護地区及び第 1 種特別地域については地熱開発を認めない点はこれまでと変わらないが、地熱資源調査については個別に認められる可能性が示されている。第 2 種及び第 3 種特別地域については、従来は開発が認められなかったが、一定の条件のもとで傾斜掘削による地熱開発が個別に認められる可能性が示されている。通常の垂直掘削については、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と判断される場合には開発の可能性が個別に検討される。

しかし、傾斜掘削は建設コストの上昇につながり、開発の進展が見込めないため、一定の条件において、第 2 種、第 3 種特別地域における垂直掘削の導入が不可避との指摘もある³⁵。

²⁹ 野田 前掲注(21)

³⁰ 「国立・国定公園内における地熱開発に関する意見」について」（環境庁自然保護局保護管理課長通知 昭和 54 年 12 月 24 日環自保第 494 号）

³¹ 「国立・国定公園内における地熱発電について」（環境庁自然保護局計画・国立公園課長通知 平成 6 年 2 月 3 日環自計第 24 号・環自国第 81 号）

³² 「規制・制度改革に係る対処方針」（平成 22 年 6 月 18 日閣議決定）内閣府 HP <http://www.cao.go.jp/sasshin/kokumin_koe/recept/2010/20100618/item_100618_05.pdf>

³³ 野田徹郎「地熱発電を取り巻く規制緩和の動きについて」『ペトロテック』37 巻 1 号, 2014.1, pp.19-23; 田中正「地熱発電と温泉資源の共生を図るために」『温泉科学』63 巻 3 号, 2013.12, pp.241-248.

³⁴ 「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」（環境省自然環境局長通知 平成 24 年 3 月 27 日環自国発第 120327001 号）環境省 HP <http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19556&hou_id=15019>

³⁵ 山崎養世・渡邊雅之「地熱発電に関する課題と開発促進のための提案」『NBL』1008 号, 2013.9.1, pp.43-50.

表 4 自然公園内における地熱開発

| | | |
|-------|---|---|
| 従来 | 地熱発電の実施場所を 6 か所（大沼、松川、鬼首、八丁原、大岳、葛根田）に限定（昭和 47 年覚書、昭和 49 年通知）。普通地域内での開発は、風景の保護上の支障の有無について個別に検討し判断する（平成 6 年通知）。 | |
| 規制緩和後 | 特別保護区 第 1 種特別地域 | 地熱開発、およびこれらの区域外からの傾斜掘削も認めない。地熱資源調査については、個別に判断して認めることができる。 |
| | 第 2 種及び第 3 種特別地域 | 原則として、地熱開発は認めない。ただし、傾斜掘削については、自然環境の保全や公園利用上の支障がなく、地表への影響のないものに限り、個別に判断して認める。また、垂直掘削については、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の形成について検証を行い、優良事例と判断される場合には、掘削や工作物の設置の可能性について個別に検討し、その実施を認めることができる。 |
| | 普通地域 | 風景の保護上の支障がない場合に限り、個別に判断して地熱開発を認めることができる。 |
| | 既存の地熱発電所 6 か所 | 新たな敷地造成を行わない限り、従前同様の取り扱いとする。 |

（出典）「国立公園及び国定公園内における地熱発電の開発に関する了解事項」（環境庁自然保護・通商産業省公益事業局長通知 昭和 47 年 3 月 14 日環自企第 232 号・47 公局第 240 号）；「国立・国定公園内における地熱発電について」（環境庁自然保護局計画・国立公園課長通知 平成 6 年 2 月 3 日環自計第 24 号・環自国第 81 号）；「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」（環境省自然環境局長通知 平成 24 年 3 月 27 日環自国発第 120327001 号）環境省 HP <http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19556&hou_id=15019> を基に筆者作成。

2 温泉との共生

（1）温泉法による規制

「温泉法」（昭和 23 年法律第 125 号）は、温泉³⁶を保護しその利用の適正を図り、公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。温泉の保護を図るため、温泉を湧出させる目的で掘削しようとするものは、都道府県知事に申請してその許可を受けなければならないと定められている。都道府県知事は、都道府県に設置されている温泉審議会に諮問し、審議会は温泉法が定める許可基準に抵触するかどうかを審議・判断し、知事に答申する。知事は、この答申を尊重し、許可・不許可の判断を行う。温泉の湧出量、温度又は成分に影響を及ぼすときには不許可にすることができる。地熱発電の開発では、地熱探査のための試験井、生産井・還元井等の掘削が必要となるため、温泉法上の土地掘削申請を行い、都道府県知事による許可を得る必要がある。³⁷

温泉法には、許可・不許可に係る具体的な判断基準は示されていない。許可・不許可の判断は、温泉の掘削等が湧出量等に及ぼす影響についての科学的根拠に基づき行うことが必要であるが、実際は温泉の賦存量に関するデータや温泉の採取による湧出量等への影響に関する科学的知見が不足しているため、十分な科学的根拠に基づき、判断を行うことは難しいとされる。このような限界がある中で、各都道府県は、独自に要綱等により温泉保護地域の設定、既存源泉との距離規制、揚湯量の制限等、近隣源泉への影響に配慮しつつ、

³⁶ ここでの温泉とは、地中から湧出する温水、鉱水及び水蒸気その他のガス（炭化水素を主成分とする天然ガスを除く）で、温泉法別表に掲げる温度又は物質を有するものを指す。

³⁷ 川波佳子「地熱発電と温泉」『環境管理』49 巻 11 号, 2013.11, pp.49-54. <http://www.jcsr.jp/pdf/cases_19.pdf>; 三浦大介「自然公園における地熱開発の法的課題」『林業経済研究』60 巻 1 号, 2014.3, pp.22-33.

温泉資源の保護への取組を行ってきた。³⁸

（２）温泉資源の保護と地熱開発

平成 19（2007）年に、中央環境審議会（自然環境部会温泉小委員会）は、都道府県が温泉資源保護のための条例・要綱等を定めるに当たっての参考となり、対策を円滑に進めることができるよう、国ができるだけ具体的・科学的なガイドラインを作成すべきであるとの答申を環境省に対して行った。この答申を踏まえ、平成 21（2009）年、環境省は「温泉資源の保護に関するガイドライン」³⁹を策定した。

ただし、ガイドライン（平成 21 年版）は地熱発電の開発を想定した温泉掘削のガイドラインではなく、浴用・飲用等への利用を目的とした温泉の掘削を想定したものであった。前述した平成 22（2010）年の閣議決定（規制・制度改革に係る対処方針）により、地熱発電の開発を想定した掘削許可の判断基準の考え方を策定し、ガイドラインとして運用するよう示されたことを受け、平成 24（2012）年 3 月に、地熱発電の開発のための温泉掘削等を対象とした温泉資源の保護に関するガイドラインが策定された（平成 21 年版の分冊という位置付け）⁴⁰。

平成 24 年版のガイドライン（地熱発電関係）の目的は、地熱発電の開発の各段階における掘削等について、温泉法における許可・不許可の判断基準の考え方を示すことにある。このため、ガイドラインでは、地熱発電の開発の各段階における掘削等による温泉資源への影響を判断するために必要な資料と、それに基づく許可・不許可の判断基準の考え方、温泉事業者及び地熱発電事業者等の関係者による取組（モニタリング、情報公開、協議会等の設置による関係者間の合意形成）の重要性を記載している。

温泉事業者は、温泉湧出量の減少や枯渇、温度・成分への影響に対する懸念から、地熱発電の開発に伴う土地掘削申請に対して反対するケースがある。ガイドラインでは、地熱発電開発による温泉への影響を判断するには、地熱貯留層の動態、温泉（湧出量、温度等）、地下水位、河川水位、降水量等に関するモニタリングデータをはじめとする様々な情報を総合して判断する必要があるとしている。さらに、都道府県や市町村等の自治体及び温泉事業者、地熱発電事業者が協力してモニタリングデータを収集し、収集したデータを都道府県による掘削許可の判断等に活用すべきと指摘している。

モニタリングには、相応の時間を費やす必要があることから、その実施者には大きな負担となる。今のところ、モニタリングの実施はガイドラインの中で示されているだけであり、地熱発電事業者や源泉所有者等にその実施を義務付けるものではないため、モニタリング等を通じた事前調査システムをいかに制度化していくべきか、またこの手続きが後述する環境影響評価との関係においてどのように位置付けられ、組み入れられるべきかが課

³⁸ 都道府県は、温泉保護のため、掘削等を制限する特別区域の設定や、既存源泉から一定距離内での掘削を認めない距離規制により、審査基準の具体化を図る例が多い。特別区域の設定や距離規制の内容は、要綱等として公となっている場合と、内規等として公になっていない場合がある。このほか、既存の源泉所有者等の同意を求めるよう、事業者に対して行政指導を行うケースもある。掘削申請時等に既存源泉所有者等の同意書を添付するよう求めている都道府県は 36 ある。（環境省自然環境局「温泉資源の保護に関するガイドライン（改訂）」2014.4. <http://www.env.go.jp/nature/onsen/docs/hogo_guidelinekaitei1.pdf>）

³⁹ 環境省自然環境局「温泉資源の保護に関するガイドライン」2009.3. <http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=13328&hou_id=10990>

⁴⁰ 環境省自然環境局「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」2012.3. <http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19563&hou_id=15021>

題とされる⁴¹。

温泉地域での開発において、温泉の枯渇等を懸念する温泉事業者等からの反対がある場合、実際には悪影響のない事業であっても坑井の掘削が難航し、調整に時間を要して開発期間が長期化する。このため、調査段階から立地地域（地方自治体や温泉事業者等）の信頼と協力を得ることが不可欠である⁴²。地熱発電事業者は、立地地域の関係者とともに、モニタリング結果等を基に地熱貯留層と温泉帯水層の関係を調査し、地下の状況を正確に把握する必要がある。さらに、地熱発電事業者は、地下構造の調査結果を適切に開示し、問題がない場合には立地地域の理解が得られるまで説明することが求められている⁴³。

また、地熱発電で利用されずに地下へ還元される熱水を温泉水やハウス栽培等の熱源として利用すること、電源三法交付金制度の活用による地域振興等も、立地地域の協力を得る上で有効とされる⁴⁴。

3 環境影響評価の効率化

「環境影響評価法」（平成9年法律第81号）に基づき、地熱開発が環境に及ぼす影響について、調査、予測、及び評価が行われる。環境影響評価の対象事業は、「第1種事業」（出力1万kW以上の発電所）と「第2種事業」（出力0.75万kW以上1万kW未満）に分けられる。第1種事業では必ず環境影響評価が実施され、第2種事業では環境影響評価を行うか個別に判断される。

環境影響評価には、国や自治体の手続きが必要となり、4年以上の期間と1億円以上のコストを要するとされる。事業の実現性が不透明な段階での出費は、事業者の負担が大きく、新規の開発を妨げる要因の一つになっていることから、環境影響評価期間の短縮化や、環境影響評価の対象となる事業規模の引上げを求める意見もある。⁴⁵

なお、経済産業省は、環境省と連携し、平成26（2014）年度に環境影響評価期間の短縮に向けた実証事業を開始している⁴⁶。

4 事業の採算性

地熱発電のコストは、開発地点の条件（生産井の深度、得られる蒸気量、発電方式、建設資材コスト等）により変動する。日本では、稼働年数を40年とした場合の発電コストは9.2～11.6円/kWh（出力規模3万kWのフラッシュ方式等によるモデルプラントを想定し、調査費用は除外）⁴⁷と試算され、火力発電や他の電源と比べて遜色のない経済性を得られ

⁴¹ 三浦 前掲注(37)

⁴² 八丁原地熱発電所（大分県）の建設では、計画段階から事業者と温泉事業者の間に調整役として九重町役場が入り地域の合意形成に成功した（近藤かおり「再生可能エネルギーによる地域活性化」『レファレンス』759号、2014.4、pp.57-66。<http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_8620012_po_075905.pdf?contentNo=1>）。

⁴³ 川波 前掲注(37)

⁴⁴ 野田徹郎「地熱発電の温泉への影響と共生について」江原ほか 前掲注(3)

⁴⁵ 新エネルギー財団新エネルギー産業会議「地熱エネルギーの開発・利用推進に関する提言」2014.3。<http://www.nef.or.jp/introduction/teigen/pdf/te_h25_06.pdf>; 山崎・渡邊 前掲注(35)

⁴⁶ 経済産業省「平成26年度資源・エネルギー関係予算の概要」2014.3、p.3。<http://www.meti.go.jp/main/yosan2014/131224_energy2.pdf>

⁴⁷ 割引率3%、設備利用率80%、稼働年数40年としている（エネルギー・環境会議コスト等検証委員会「コスト等検証委員会報告書」2011.12.19。<http://warp.da.ndl.go.jp/collections/NDL_WA_pn_print/info:ndljp/pid/3486625/w>

ることが示されている⁴⁸。しかし、開発費用に占める掘削費用の割合が1/4程度と高く、傾斜掘削を行った場合にはコストがさらに高くなるため、環境に配慮しながらも掘削費用の低減に寄与する技術開発が必要との意見がある⁴⁹。

なお、地熱発電開発は、1地点あたりの開発費用が高い上に、複数の開発地点を試みて初めて事業化に至る。他の再生可能エネルギー電源と比較して開発リスクが高いことを考慮し、固定価格買取制度では、内部収益率が13%（税引前）となるよう、買取価格は、1.5万kW以上の設備が26円/kWh（税引前）、1.5万kW未満の設備が40円/kWh（同）、買取期間は15年（発電機など主要設備の法定耐用年数）に設定された。⁵⁰

しかし、地熱発電事業は、地熱発電の計画から稼働までの期間は9～13年程度⁵¹にわたる。現行制度では、経済産業大臣が買取価格・買取期間を毎年度決定する仕組みとなっており、将来の調達価格や買取期間は現時点では予測が立たない。事業者の採算性の見通しが立たない現行の枠組みでは地熱開発が進まないとの指摘もあり、買取価格を長期間にわたり固定するよう求める意見もある。⁵²

おわりに

固定価格買取制度の開始後、出力変動の大きい太陽光発電の導入が進んだため、電力の需給バランスが崩れることを懸念する電力会社が、再生可能エネルギーの送電網への受入れを保留する動きが出てきている。また固定価格買取制度に伴う将来の国民負担が、今後上昇する見通しも示されており、政府は固定価格買取制度を見直す予定である。ベースロード電源とされる地熱発電をどのように取り扱うのか、他の再生可能エネルギーとのバランス及び将来の国民負担等をふまえた検討が求められている。

地熱資源量に恵まれているにもかかわらず、日本で地熱発電の導入が進まなかった背景として、地球温暖化対策の主要施策として、国が原子力発電を推進してきた点も挙げられる。ベースロード電源として位置付けられてきた原子力発電の推進を優先させた結果、競合する地熱発電の開発が停滞したとの指摘もある⁵³。火山の多い日本は、自然災害と向き合うことは不可避であると同時に、火山の恩恵の一つとして地熱資源に恵まれている。電力の安定供給と地球温暖化対策に寄与する潜在力を持ち、原子力発電の代替電源ともなりうる地熱発電の持つ意義は大きい。地熱発電の活用についても、長期的観点から一貫した導入施策が求められよう。

www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111221/NDL_WA_pn_hokoku.pdf）。

⁴⁸ 日本は地熱発電の発電コストを海外より高く試算しているとの指摘もある。例えば、国際エネルギー機関（IEA）は、地熱発電の発電コストを、フラッシュ方式（出力規模1～25万kW）の場合5～8セント/kWh、バイナリー方式（1.2～2万kW）の場合6～11セント/kWhと試算している（新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(2), pp.456-458.）。

⁴⁹ 新エネルギー財団新エネルギー産業会議 前掲注(45)

⁵⁰ 調達価格等算定委員会「平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見」2012.4.27. <http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/report_001_01_00.pdf>

⁵¹ エネルギー・環境会議コスト等検証委員会 前掲注(47)

⁵² 山崎・渡邊 前掲注(35); 新エネルギー財団新エネルギー産業会議 前掲注(45)

⁵³ 清水徹朗「地熱発電の現状と拡大に向けた課題」『調査と情報』第36号, 2013.5. 農林中金総合研究所 HP <<http://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri1305re1.pdf>>