

地熱発電開発と自然保護

公益財団法人 日本自然保護協会 保護プロジェクト部 辻村 千尋

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震

災と、その直後に発生した福島第一原子力発電所の事故を受け、これまでの原子力依存のエネルギー供給から、自然再生可能エネルギーへの転換が求められるようになった。筆者の所属する公益財団法人日本自然保護協会では、同年8月1日に、日本における電力エネルギーの展望について、①原子力発電によるエネルギー供給を計画的になくすこと、②省エネルギーを第1に進め、地域の自然にあったエネルギーシステムへ転換すること、の大きく2点の考えを表明した。この観点から、再生可能な自然エネルギーとしての地熱発電や風力発電については、その導入を否定するものではない。むしろ、

自然環境に影響を与えない再生可能エネルギーと省エネルギー化の推進は重要であると考え。

しかし、これまでの地熱発電事業では、温泉資源との競合や、自然公園の景観上の問題など、地域と融和し自然環境を保全しながら進めてきたとはいえない。このことが、現在の地熱発電に関わる軋轢の大きな原因の一つであろう。地熱発電技術の利点と欠点については、社会的議論が不十分な状況であり、十分に共有されているとはいいがたい。今後、再生可能な自然エネルギーを推進していくためには、日本の自然環境や生物多様性に与える影響について、将来の省エネルギー社会における我々のエネルギー需要予測とあわせて、議論をしなければならぬ。こうした前提にたち、地熱発電開発の

自然保護上の問題点について、指摘をしたい。

2. 説明と議論の不足

地熱発電開発については、特に温泉事業者との軋轢が大きな問題である。これは、温泉資源と地熱資源とが競合することが考えられるためである。これまでの対立意見の中で大きく異なる点は、地熱発電事業者は、既設地熱発電所による近傍温泉資源の枯渇は皆無であるとするのに対して、温泉事業者側では、湧出量の減少や枯渇、間欠泉への影響などが存在しているとしている。既存の地熱発電開発に関わるこの両者の相反する主張は、公共事業でありがちな、説明会を開催し十分な説明責任を果たしたと考える事業者側と、説明不足であると考える地域との意識のズレがある構造と同じであろう。この両者の溝を埋めるためには、地熱開発事業者側の十分な説明と、両者での議論を経た上での、情報の共有が必要不可欠である。この点は両者とも異論はないだろう。ただし、ここで必要な、「十分な説明と情報の共有」とは、地熱発電開発に伴うリスクに関することである。可能性の大小に関わらず想定し得る全てのリスクを共有した上で、はじめて同じ目線での議論が開始できる。この手続きをしないままでは、意識・認識のズレはうめることはできない。事業の計画・立案段階から、地熱開発側、温泉事業者側双方と中立な第三者を交えた協議の場が不可欠である。

3. 国立・国定公園等の 自然公園と地熱発電 との関係

2010年、環境省は再生可能エネルギーのポテンシャル評価を公表した。この結果は、国立・国定公園等の外縁部(普通地域、後述)から15km内側までの範囲を開発可能としたことから、それまでの評価結果よりも15倍の導入ポテンシャルがあるという結果になった(982万kW↓1419万kW)。掘削技術の進歩に

より、斜め掘りがある程度可能になったことと同時に、国の規制緩和方針（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）を受け、国立・国定公園等の外側から、地熱資源に向けて掘削することを想定した結果である。

自然公園法では、国立公園を「我が国の風景を代表するに足りる傑出した自然の風景地」と、国定公園を「国立公園に準ずる優れた自然の風景地」とそれぞれ位置づけている。また、2009年2月5日には、中央環境審議会自然公園のあり方検討小委員会による諮問答申で、「国立・国定公園は、我が国の生物多様性保全の屋台骨として（中略）その役割を担っていくことが必要」と明記され、これを受け、自然公園法目的条項に、「生物多様性保全」が明記された。つまり、国立・国定公園は、我が国を代表する自然の風景地であり、生物多様性の観点からも重要な自然保護区である。現状、国立・国定公園は、「風致景観」維持のために特別保護地区、特別地域（第1種～3種）、普通地域と、規制の地域区分がなされてきたが、生物多様性保全の屋台骨として、その地域区分の見直しや公園区域の拡充が進めら

れている。自然保護区としての普通地域は、保護上重要度の高い地域への開発行為等の影響が及ばないようとするためのバッファ（緩衝帯）としての役割が重要である。現状では、普通地域における地熱発電は、その都度影響を判断することとなっているが、本来の緩衝帯としての役割を考慮すれば、開発可能地域は、その外側になければ、緩衝帯としての機能は十分ではない。斜め掘りの技術が進んだ現状であるからこそ、自然保護上重要な特別保護地区、特別地域を保護するためには、普通地域の緩衝帯としての機能を十分考慮し、また、普通地域が設置されていない箇所では、新たに緩衝帯を位置づけ、地熱発電所は、その外側に配置されるべきである。

4. 持続可能性についての疑問

地熱発電は地下の熱資源を生産井で取り出し、使用済みの排水を還元井で地中に戻す構造が基本である。この構造から持続可能なエネルギーとしての認識が生じている。しかし、生産井と還元井の関係は、生産井の熱資源に影響を与えないため、別の地層（通常は熱水層より上

位の層）へ還元することが基本である。地熱学会のホームページにある用語解説では、「還元能力は生産能力よりも低いことが通常であり、還元能力の向上のためには、水圧破碎や沈殿防止対策が必要である」とある（2011年8月17日閲覧）。これは、熱資源は使用され続け、それとは別の地層は重金属を含む排水を供給され続けることに繋がり、持続可能なシステムとはいえない。また、重金属を含む排水は、地上部で排水されれば、産業廃棄物であり、現実問題、河川等に排水することは考えられない。こうした含重金属水を地下に排水していることは是非や環境影響について、議論が尽くされていないと考えられる。排水の及ぼす地下水環境への影響については、深度が深いほど影響の波及には長時間を要するため、現時点（地熱開発の歴史は40年程度）で明瞭な現象が発生していないから影響がないと断定はできない。長期間および地熱発電所区域よりも広範囲にわたるモニタリング調査が必要である。

また、地熱発電では、利用する蒸気や熱水に含まれる硫化物質などの不純物が、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。

減衰率は理論上年3%程度とされているが、実際には5%以上とされている。このため、効率維持のために補充井の掘削が必要であり、地熱発電では常に、新たに井戸を掘り続けなければならないという現状がある。実際、各発電所とも概ね2～3年で1本の掘削実績がある。八丁原地熱発電所では5年で生産井・還元井あわせて10本掘削している。つまり、地熱発電では操業開始後も補充井の掘削工事が継続的に実施されるのが実態であることから、持続的な再生可能エネルギーとはいえない。この補助井の掘削については、当初の許認可の設備容量の範囲内や許可の区域内であれば、新たな許認可は必要がない。このため、操業開始後も工事が継続的に行なわれる、さらながら工場のような景観が常に存在することに、自然保護上問題である。

5. 不確実性と予防原則について

地熱発電開発が、浅部の地下水層や表層水に与える直接的な影響はない。また、地熱資源のある帯水層の上部にキャップロック状（上部に蓋があるような状態）に難透水層が存

在している条件では、それより上位の地層への影響は考えにくく、周辺温泉資源や、地下水層に与える影響はないとされている。一方で、地下水は深度が深くなればなるほど、最上位の帯水層への直接影響は低くなるが、波及的な間接影響については現在の知見では、把握も予測もできない。地下の帯水層は一定の圧力バランスの中で存在しており、そのバランスが変化することで何らかの影響が表れることは現実にある。例えば、3月11日の東北大震災発生後は、

各地の温泉地で湧出量や、泉源の温度に変化が生じたり、福島県では廃坑から温泉の湧出が開始したりと、温泉を含む地下水への広範囲にわたる影響が確認されている。しかし、このような現象の予測や原因の解明は現在の知見では難しい。

2010年10月17日には、鬼首地熱発電所において水蒸気爆発が発生した。2011年1月に公表された発生原因の報告では、最終的な原因については特定に至っておらず、こうした蒸気噴出等の突発的な現象の予知は困難であるとされている。地熱発電の適地はその立地特性から、火山周辺のリニアメントや断層の存在する場所となる。また周囲には温

泉地すべり地も多く分布する。こうした場所で、地下に井戸を複数掘ること、地質的な弱線を人工的に作ることであり、その周囲では突発的な蒸気噴出の可能性を高めることに繋がりがかねず、かつ予測はできない。予測できない事態が起きうる場合は、予防原則にたち、自然保護上重要な地域や、地熱資源の競合が否定できない近傍温泉地からはできるだけ離れた場所の開発に留めるべきである。

6. 地表部の自然保護上の問題について

過去には、冷却蒸気が周辺の樹木に着水し、枯死現象を引き起こすことがあり、その技術対策が進められてきた経緯がある。その結果、現在では着水による枯死現象は認められなくなってきたが、周辺の高木の枯死現象は現在でも認められる。

また、地熱発電所の施設のある場所は、伐開地であり、周囲の樹林帯に比べ、微気象条件に変化が生じている可能性がある。具体的には、気温と湿度の上昇が生じている可能性が高い。一般的に①アスファルト部分と、②芝地、③樹林帯で平均気温を比較すると、①→②→③の順番で

高→低となる。これは、樹林地帯に人工的にヒートアイランドを生じさせていることとなる。また、地熱発電所施設は性質上、高温になる部分を内包している。生産井と施設を結ぶパイプラインなど、熱源になる構造物が施設内の地上部に存在している。しかし、こうした視点でのモニタリングは行なわれていない。伐開地から樹林にかけて恒常的な調査区を設置し、発電所ができてからの周辺樹林の樹種構成や、林層構造の変化や、蘚苔地衣類などの分布状況の変化などの有無の知見収集が必要である。従って、新規の開発の際に、

具体的に予測評価が行なえるようにするために既存の発電所でのモニタリング情報を収集することが先決である。

景観上の課題については、建屋の色彩を工夫するなど一定の配慮が行なわれるようになってきている。しかし井戸と建屋を結ぶパイプラインは、むき出しのままであり、かつ常に補充井を掘る工事が行なわれていることから、さながら工場のような景観が存在している。自然保護上重要な地域である、国立・国定公園内にこうした景観が存在することは、問題である。特に、地熱発電の開発

適地となる国立・国定公園は、火山と火山現象が主要な景観となる、自然度の高い公園であるため、その自然保護のためには、普通地域を緩衝帯として十分機能させ保護する必要がある。

7. 環境アセスメントの手続きについて

地熱発電開発では、その資源量の把握のために様々な技術の開発が行なわれており、電波探査等、自然環境への影響のない方法で資源量を把握することができるようになってきている。しかし、安定操業ができるかについては、試掘を行い、実際に噴出させなければ判断はできないのが実態である。つまり、候補地を絞り込むための事業計画段階で、工事が行われ、その段階で不可逆的な影響が生じることになる。今年改正された環境影響評価法（まだ施行はされていない）では、事業の計画段階において文献調査等の既存情報から複数案を比較検討し、自然環境への具体的な配慮事項を取りまとめる、環境配慮書の作成が義務付けられた。今後の新規の地熱発電開発に際しては、少なくとも改正された法律の手続きに則って、手続きが進めら



火山現象の景観。国立公園では重要な景観要素（大分県塚原温泉）



工場のような景観の地熱発電所（鬼首地熱発電所）

れなければならない。計画段階で試掘工事が行なわれる地熱発電においては、その前の段階での、現地調査に基づく具体的な影響評価が必要である。

8. 自然保護上の解決を要する技術的課題

限られた国土の自然環境の保全には、自然資源の開発と消費に対して科学的研究に基づく総合的、合理的判断が要求されなければならない。この原則に立ち、日本自然保護協会では昭和50年に、「地熱資源開発促進

進法制定反対に関する意見書」の中で、地熱発電に関して、着氷による枯損木の発生や、噴気中に含まれる硫化水素や有毒金属類の処置など、10項目について、科学的・技術的研究が未熟であり、解決する必要があると指摘した。その後の技術革新や、科学的知見の集積により、これらのうち解決もしくは対策可能となった技術も存在する。しかし、これまで指摘した部分も含め、未だ不十分と考えられる点や新たな懸念が存在している。景観の保全の観点では、発電所区域内に点々と存在する孔井を

結ぶ配管群と、井戸掘削の槽などによる工場のような景観が、周囲の自然景観に溶け込んでいるとはいえない現状がある。また、火山景観を破壊した鬼首地熱発電所では、元の自然景観を取り戻すことは当然、不可能である。地下環境への影響の観点では、砒素などの重金属を含む大量の還元水が地下水環境や地盤変動に与える影響について未解明である。持続性の観点では、噴気蒸気の不安定さの改善と、減衰率による補助井掘削が不可避な点が挙げられる。こうした懸念に対する対策や評価が行なわれるためには、既設の発電所でのモニタリングの更なる充実による科学的知見の収集と、技術の革新が必要である。

9. おわりに

一般の社会情勢から、地熱発電への期待が高まることは当然といえる。またそれだけ可能性を秘めた技術であることも事実であろう。それと同時に、世界的にみても稀有で希少な我が国の生物多様性（自然と暮らし）を後世に引き継いでいくことも重要な責務である。温泉文化は、我が国の文化の一つの象徴である。再生可能な自然エネルギーの推

進は、当然、こうした観点と矛盾してはいけない。地熱発電の持続性への疑問をはじめ、自然保護上の問題を指摘してきたが、こうした懸念を払拭するためにも、また、温泉事業者との軋轢をなくすためにも、最も重要なことは、如何にリスクを共有できるかという点である。「安全である」、「問題無い」、「影響は少ない」といった、安全面を強調した説明や進め方が間違っていることを我々は今回のことで十分学習したはずである。もし、地熱開発がこうしたやり方から脱却できなければ、各地で軋轢を生み続けるだけであり、これまでの公共事業の抱えた問題を引き継いでしまうだけであろう。「さかもしれない」、「可能性は否定できない」など、リスクをできるだけ多く抽出し共有した上で、一つ一つに対策を考慮しつつ、合意形成を図ることが重要である。自然は一度破壊されれば二度と元に戻ることはいかならない不可逆的存在である。ゆえに、科学的研究に基づく総合的、合理的判断が必要であり、キメの細かい合意形成プロセスが重要だと考える。今後は、こうしたプロセスがしっかりと進められることを期待したい。