

第2回 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会 議事要旨

日時：平成23年8月17日（水）13：30～16：30

場所：アルカディア市ヶ谷（私学会館）

■出席委員（敬称略・五十音順）

熊谷洋一（座長） 東京農業大学地域環境科学部造園科学科ランドスケープデザイン研究室教授
有木和春 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業部 地熱・電力部 部長補佐
鹿野久男 財団法人国立公園協会
清水英幸 国立環境研究所 地域環境研究センター主席研究員、企画部主席研究企画主幹
中田晴弥 地熱技術開発株式会社 代表取締役社長
福嶋 司 東京農工大学大学院自然環境保全学部門植生管理学研究室教授
山田茂登 富士電機株式会社エネルギー事業本部 発電プラント事業部 火力・地熱統括部 プラント技術部 担当部長

■その他の出席者（敬称略）

幸丸政明 東京環境工科専門学校長
辻村千尋 財団法人日本自然保護協会 保護プロジェクト部
緒方康弘 九州電力株式会社火力発電本部地熱グループ長
山下兼三 九州電力株式会社火力発電本部地熱グループ
増田 繁 九州電力株式会社地域共生本部環境アセスメントグループ副長

■議事要旨

◎議事「（1）第1回検討会における検討委員の指摘事項と対応について」

- ・以下のような点について意見あるいは要望いただいた。
 - ①資源調査の段階も検討に加える点に関して、対応事項から抜けているため、修正しておくこと。
 - ②減衰率について、公開可能なデータについては明示すること。

◎議事「（2）国内現地調査の結果について」

- ・以下のような点について意見あるいは要望いただいた。
 - ①発電所周辺の樹木の枯死については、特に季節風の影響が考えられるため、地形的な状況、気象状況を配慮した施設の配置が重要である。また、発電所構内において、生物多様性が豊かな場所をむしろ積極的に作っていったらいいのではないか。
 - ②亜硫酸ガスに非常に弱いとされる地衣類や蘚苔類の現状を確認したところ、被害が出ている様子はそれぞれ見られなかったため、今回調査した4ヶ所に関しては亜硫酸ガ

スの影響は見られないと考えられる。大沼地熱発電所のように過去に周辺のブナが枯死した事例があるが、亜硫酸ガスでは褐色斑が出ることもあるため、当時の写真があれば判別がつかうだろう。

- ③今後国立公園の特別地域内への発電所建設を検討する場合に、どのような配慮をするべきなのかという議論が必要である。例えば、澄川地熱発電所では、冷却塔から吹き上げる空気が白くなるのを防ぐことを目的として乾湿併用式が採用されていること等がある。
- ④地熱発電所は、山地の森林の中に大きな平坦地を作り、そこを敷地としている。景観的な影響として、そもそもの立地からして免れることができないため、見栄えの形については十分に気をつけなければならない。山岳地位の斜面とどのように調和するかということに留意すべきである。
- ⑤現地調査 4 地域のうち、大沼地熱発電所は国立公園第 2 種特別地域及び第 3 種特別地域、大霧発電所は国立公園普通地域、それ以外は公園外となっている。具体的な規制に照らし、何が良くて、何が駄目なのか、問題があるとすればどのような対策を取れば良いのかという点についてよく分からない。このような情報が明らかになれば、規制に則した開発事業者側からの技術開発といったことができ、具体的な許認可に向けての対策が取れるため、本検討会の目的の自然環境に配慮した地熱発電につながる可能性が高くなると考えられる。
- ⑥最近の最新の技術を駆使して、それを応用すれば、かなり景観的にも植生に対しても生態系に対しても十分効果のある、自然に影響の少ない、そのような地熱発電所が可能なのではないか。また、景観の卓越した場所に立地していることが多いため、例えば塗装が劣化してきたら塗装をやり直すとか、あるいはメンテナンスにもう少し力を入れれば、国民の皆さんの地熱発電に対する理解が高まるのではないか。

◎議事「(3) 地熱発電事業に関するヒアリング」

1) 幸丸政明氏から「地熱発電事業における自然保護の考え方」についてご説明いただき、質疑応答も通して以下の点などを意見・要望いただいた。

- ・地熱発電は、国立・国定公園内の核心地域と重複しており、地熱発電は国立公園の内在的課題である。
- ・地熱発電所の特性の一つは、発電所本館、冷却塔、タンク等が設置された中心部から、伸びた配管によって接続されている生産基地、還元基地が広範囲に分散配置され、独特な景観を呈していること。それからもう一つ、発電所エリアは周辺自然景観の中で、固有の物質・エネルギーフローが生じている動的な人工的景観要素の集合体と捉えることができる。
- ・このような地熱発電の事業特性から生じる環境影響は、一つ目としてエリア内の環境要素（ハビタット・個体群）の消失・改変・細片化や孤立化があげられる。二つ目として景観的な問題として広域にわたる人工的景観の出現という点がある。3 目としては、熱水を採取するという点で、もしも、噴気現象・温泉等の国立公園・国定公園にとって代替性のない資源の枯渇・衰退要因になるとすれば、これは大きな問題点である。

- ・ こういう中で、影響軽減措置の考え方としては、事業者が事業をやる際に、ここは触れてはいけないとか、そういったものが分かるハザードマップのようなものを提示する必要があるのではないか。それが国立公園の規制計画に当たるが、現在は非常にスケールが大きい。
- ・ 景観上の違和感の影響軽減措置の考え方としては、これまでも周辺事業者が十分に注意してやっており、周辺自然環境との調和、自然に合った施設や修景などは小規模な施設であれば可能である。また、地熱発電施設をランドマーク化するということもありうる。
- ・ もう一つ、ランドマーク化という話につながる話題で、公園地域内の自給可能エネルギーとして、公園事業の電力供給源としての利用と考えれば、公園事業として捉えられるのではないかと。現在発電所にある PR 館はビジターセンターとして捉えられないか。このような形で新たな公園事業として国立公園の保護利用を考えることで、融和ができるのではないかと。
- ・ 大沼地熱発電所は落ち着いて見えるというのは、ここ7年間程度大きな工事を行っていないからであり、動的施設からの脱却ができるかどうか、非常に大きなポイントである。
- ・ 広いエリアで生産基地と還元井を離して配置する方が、安定操業に繋がる。国立公園の境界から国立公園内の貯留層を使えるようになれば、開発域が広がり、より安定的な操業ができ、補充井掘削も少なくて済むと考えられる。山川発電所のように、あらかじめ敷地を広く確保して、将来を見込んだ発電所の敷地の造成を行っている場所もあり、動的という意味を地表の改変と考えれば、そのようなものを少なくする発電所の作り方もできるし、影響も軽減できるやり方があるのではないかと。

2) 辻村千尋氏から「地熱発電事業における自然保護上の問題点について」についてご説明いただき、質疑応答も通して以下の点などを意見・要望いただいた。

- ・ 国立、国定公園等の自然公園と地熱発電との関係について、現在、斜め掘りの技術が進んできたという現状においても、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、地熱発電所はその外側に配置されるべきというのが原則ではないかと考える。
- ・ 持続可能性について、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は、熱資源は使用され続け、それとは別の地層に重金属を含む排水を供給し続けることであると考え。また、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り、持続的な再生可能エネルギーとはいえないほか、新たに掘削される補充井については本格的な環境アセスメントの対象になっていないのが現状であり、自然保護上問題である。
- ・ 不確実性と予防原則については、地熱発電の適地はその立地特性から、火山周辺であり、さらにリニアメントや断層の存在する場所でもあり、周囲には温泉地すべりというものも多く分布する。こうした場所で、地下に井戸を複数掘ることは、地質的な弱線というの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ないというふうに考え、かつ予測はできないことから、予防原

則に立つということが重要である。

- ・地表部の自然保護上の問題については、生産井の周辺や施設を結ぶパイプラインなどに高温環境ができるほか、伐開に伴って、微気象条件に変化が生じている可能性がある。しかし、こうした視点でのモニタリングがまだまだ必要ではないか。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、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ということから、国立公園の保護のためには、普通地域を緩衝帯として、厳重に保護するという考え方が必要である。
- ・環境アセスメントの手続きについては、計画段階の配慮書における現地調査に基づく調査が重要であると考えられる。
- ・技術的課題では、配管で占拠された景観、砒素や重金属を含む還元水の地下水層へ与える影響、地獄現象等の火山景観への影響、噴出しているものそのものを破壊してしまうことへの影響等が考えられる。また大量の還元水による地盤変動への影響、噴気蒸気の不安定さと掘削井への持続性への疑問というのは、まだ改善されていない。さらに人の健康に与える影響、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さらなる充実が必要である。
- ・自然保護側の人間と、地熱を進めていく側の人間というのが同じテーブルの中で議論していくのが、重要である。

(以上の発表に対する委員のコメントは以下の通り)

- ・持続可能性について、生産井から出た熱水は地下の別の地層に戻されるとの発表であったが、間違いで、通常は生産井と同じ地層、地熱貯留層に返す。その戻された熱水が生産井に戻る過程において、岩盤から熱の供給を受けることで、再び高温の熱水となることから、再生可能なエネルギーとして利用できる。また、地下の能力に対して設定した発電規模が適切であれば持続可能であるし、運用によって、生産と還元がうまくいけば、持続可能である。要するに、熱と水それぞれが持続可能であれば、持続可能なエネルギーとなる。
- ・不確実性についても、通常発電所では、噴気現象が近傍にある場所ではなく、不透水層があり、きちんと岩盤があるところで発電所を作っている。
- ・自然保護上の問題というところで、既存の発電所でのモニタリングを行なうことは賛成であり、基本的には地域社会の方々の理解を得るためにはモニタリングデータを蓄積して安心していただくということである。
- ・生産井の持続性については、既存の地熱発電所では長期間（例えば 30 年以上）稼働している地点もあり、頻繁に掘削するかどうかはフィールドによって異なる。
- ・既存の発電所やこれから開発するような場所も含め、既存の技術の中で可能な限りのアセスメントを行なうと同時に、その後も継続的にモニタリングを行なうことが重要である。
- ・気象条件、地形条件、それから、生物多様性という観点で、建設場所をどのような場所に持っていかということが重要なポイントになる。
- ・一方で、自然に負荷を与えたところをいかに復元するか、創造するかといった配慮を

同時にやっていく必要がある。

- ・地熱事業者にとっても無秩序な開発は地域社会に到底受け入れられないと認識しているため、自然環境と地熱開発の調和を図って、地熱開発を促進できたら良いと考えている。
- ・設備利用率も含めた議論が重要である。大霧発電所では出力3万kWで設備利用率は約95%とのことだが、例えば風力発電なら利用率には4倍程度の差があるため12万kWとなる。この場合、出力2,000kWの風車が60機必要ということになる。

3) 九州電力株式会社から「自然環境保全に係る取り組みと影響軽減措置等」についてご説明いただき、質疑応答も通して以下の点などを意見・要望いただいた。

- ・硫化水素の影響については、冷却塔上部からファンの動力を利用して空気及び蒸気とともに上昇・拡散させることで周辺への影響を緩和させている。
- ・熱水は、還元井を用い、全量を地下深部に還元し、冷却塔の冷却水については排出基準を満たすよう中和剤により調整を行って河川に放流している。一般排水は油分離槽や浄化槽により排出基準を満たすよう処理を行い冷却水と同様、河川に放流している。
- ・騒音は、本館建屋内に音のするものを設置して、屋外に関しては低騒音型機器を採用している。
- ・植生は、適切な緑化により周辺環境との調和を図っている。また土地の改変は極力少なくし、樹木の伐採範囲を必要最小限に留め、貴重な植物については移植を行い保全している。
- ・また、土地の改変部には鳥類の餌となるような植物を配置しているほか、貴重な水生生物は、生息状況を観測している。
- ・景観保全に関しては、大霧発電所の例では、霧島屋久国立公園の霧島地区管理計画書に基づき、屋根の形や色を周辺環境に溶け込むデザインとしている。また、植樹も管理計画書にある樹木等を用いている。
- ・モニタリングは、自治体との環境保全協定に基づき実施している。
- ・自然環境への影響の軽減としては、新規還元井の掘削を抑えるため新しい技術の採用を行っている。一つにはサイドトラック工法があげられ、地上設備の延命を図り、ひいては基地の改変面積を少なく抑えることが可能である。もう一つは還元熱水のpH調整で、硫酸等の酸を使ってスケールの付着を抑制し、ひいては、新規の還元井の掘削頻度を少なくすることが可能である。
- ・コスト面については、地熱資源量に応じた出力の検討というのが非常に重要で、資源量と出力の関係となり、コスト面から適正な規模は決められない。
- ・地熱発電開発における課題は、一つは経済性の点で、地熱発電はハイリスク・ローリターンの商品であるということ。一つは資源のある場所が景観に恵まれた場所であり、環境との調和が重要な課題であるということ。さらに、温泉という非常に大事な観光資源があり、地域との共存共栄を図ることが重要になってくるということである。
- ・まず、ハイリスク・ローリターンといった課題に対しては、地上探査の充実、地下の構造把握と適正な掘削位置による調査成功率の向上によって投資額を抑えることが重要である。環境との調和という点に対しては、環境調和型の発電所の開発が重要であ

る。温泉については、熱水の多目的利用というのを実現できれば、共存共栄という点で、多くの議論ができるのではないかな。

- ・要望についてであるが、国立公園内での開発は不可だという認識から、これまでに詳細な調査は行なっていない。また貯留構造によっては公園外からの掘削ではその構造が捉えられないリスクが多い。美しい自然景観の継承と純国産で半永久的に安定した発電が可能な地熱開発の調和を図っていくことが重要である。公園内の調査・開発を要望するとともに、そのための公園内での調査や開発条件の明確化をお願いしたい。
- ・pH 調整の点については、これを実施する前に、オートクレーブを用い、その地域の岩石を高温高压の環境に置き、pH 調整した熱水と岩石を混ぜて、硫酸がどうなるかを観察した。その上で、河川、温泉水、周辺地獄の SO イオン濃度が変化をするかについて、追加でモニタリングを実施し、年に数回、自治体及び周辺の方々に全データを公開している。指標植物については後日事務局へ回答する。
- ・貴重な植物はもちろん大切だが、それが生えている環境をどのようにしていくかということが重要である。

◎議事「(4) 地熱発電事業に伴う自然環境への影響」

- ・以下のような点について意見あるいは要望いただいた。
 - ①各検討項目の評価について、具体的な規制に照らし合わせて、問題点等を検討・評価し、取りまとめるべきである。
 - ②対策を行なっているから現在は影響が見られないという観点でも整理が必要である。
 - ③建設工事の段階について、緑化工事による表層土壌への影響や、建設工事に伴う土壌汚染は丸印あるいは三角印をつけた方が適切である。

◎議事「(5) 海外現地調査計画」

◎議事「(6) 国内現地調査・補足調査計画」

- ・以下のような点について意見あるいは要望いただいた。
 - ①澄川地熱発電所の成長錘調査は、被害が出ているブナとオオシラビソについて調査すること。
 - ②澄川地熱発電所では 1991～1992 年頃に風台風と呼ばれるものがあって、その時に木が結構倒れたことがあるため、澄川、大沼地域を襲った台風についても調べておくこと。
 - ③樹木の活力度調査は研究者によって手法が多くあるため、なるべく統一された方法にすること。

◎議事「(7) とりまとめの考え方」

- ・以下のような点について意見あるいは要望いただいた。
 - ①規制に照らしあわせた問題点の抽出と検討を入れることが大切である。対応方針にも「3 つの通知について見直しを行なうものである。」および「公園内での地熱開発が可能であるか明確化する。」と書いてあるので、ここまで纏めていかないと報告書にはならない。

- ②国立公園の地種区分(特別保護地区、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)において、発電所本館などの建築物の建設工事を行なうことができるのか、生産基地や還元井を造成することができるのか、傾斜井掘削だけが認められるのか、留意事項を明示したマトリックスで表現できれば、地熱開発事業者としては考え方をまとめやすい。
- ③最終的なとりまとめの方向については、従来の国立公園や環境省の考え方を再考する際に最も有効な検討材料として報告書を取りまとめているという方向で議論する。
- ④最終的には、あくまでも環境省の責任で通知の見直しとなるが、見直すべき要素についてはこの検討会で十分議論し、特に技術的観点も含めて、どのようなことであれば可能なのかといったことも含めた議論が必要である。国立公園の場合はこの数値を超えたら悪い、良いという判断が一律にはできないものがたくさんあるが、個別の開発の中身が、許可をするのとどのような関係があるのかについては、もう少し分かりやすい資料が必要である。

◎議事「(8) その他」

- ・委員から事務局宛に提出された要望書は環境省で受け取り、検討会ではなく環境省として対応する。
- ・国立公園は、昭和6年に国立公園法ができてから最初8ヶ所だったものが現在29ヶ所となり日本の風景や生物多様性を守ってきており、このことは国民に負託された重要な責務となっている。現在はクリーンエネルギー、自然エネルギーに対して国民の皆様への関心が高まっているということで、この委員会としては両方の今までの経緯と、新しい技術や自然環境のご専門の先生の意見を十分に踏まえた上での議論が必要である。

以上