

### 第3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10月3日（月）13：30～16：40

場所：日本青年館ホテル504会議室

#### ■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）

野田徹郎 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 顧問  
吉田正人 筑波大学大学院人間総合科学研究科 准教授  
金子孝夫 全国ボーリング技術協会 会長  
大門勝悦 全国ボーリング技術協会 理事

#### ■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本検討会は、昨年の6月の閣議決定の文章に基づいて検討する場である旨、再確認を行った。また、今後作成される報告書についても、誤解を招かないように検討会の趣旨と検討対象範囲を明記すること。

##### ◎議事「（2）海外現地調査の結果」

- ・特に質問等はなかった。

##### ◎議事「（3）国内現地調査・補足調査結果」

- ・特に質問等はなかった。

##### ◎議事「（4）地熱発電事業に関するヒアリング」

- 1) 野田徹郎氏から「全国的に見た地熱資源のポテンシャルについて」について以下の点

などをご説明いただいた。特に質問等はなかった。

- ・地熱発電は地下の資源を活用するため、それを探し、どのくらいの量があり、どのくらい利用できるか見極め、適正な開発量を評価することが非常に重要である。
- ・地熱開発の最初のステップである半定量的評価の方法として容積法を紹介する。容積法とは、地熱貯留層という地下に作られている「入れ物」の形とそこに何が詰まっているかということの評価する手法であり、重力調査により重力基盤を把握するとともに、温泉や坑井掘削のデータを活用して中の温度を見極め、温度と量を掛け算することで、地熱貯留層全体の熱量を推定する。さらに、発電効率などを考慮して、電力としてどれくらい利用可能であるかという「賦存量」を導く。
- ・地熱資源の活用にあたっては、立地制約（市街地や既に開発が行なわれている等）、社会的制約（国立公園や温泉地との関係）、経済的制約（発電コスト）があり、これらの制約を考えた上で地熱発電がどのくらいの規模でできるかが決まる。
- ・容積法を用いて評価した結果、日本で 150℃以上のポテンシャルがある地域は 1.5 万 km<sup>2</sup> であり、国土の約 4% である。そのうちの約半分が自然公園に含まれるが、資源密度は公園内の方が高く、資源のシェアでは公園内が 8 割を超える。
- ・準定量調査として地熱開発促進調査の結果を評価し、実際の立地を検討した場合、コストが安い地点から建設したとして、発電コストが 10 円/kWh 未満のものを利用した場合は 13 万 kW、12 円/kWh では 43 万 kW、15 円/kWh では 69 万 kW、20 円/kWh では 89 万 kW の設備容量が利用可能である。
- ・傾斜掘削による導入ポテンシャルは、環境省で検討された。この調査の中では国立公園の第 2 種・第 3 種特別地域の中に、国立公園外から傾斜掘削を行った際、どれくらい発電量が増えるのか、電力買取制度の価格設定や技術開発を含めたいくつかのシナリオを考慮し検討を行っている。ただし、現実的ではない想定として、地熱開発の有望地点ではどこでも発電所施設が建設できるとした点、国立公園の第 2 種・3 種特別地域内の地熱エネルギーをすべて利用できるとした点、コストは標準的なモデルにて計算している点の 3 つがあげられる。
- ・以前、経済産業省で実施した現実的な計算では、傾斜掘削では確実に地熱流体へ当てる技術や傾斜掘削の技術を考慮して偏距 1.5 km が限度として計算し、また、採算性を考慮して実行する場合、既開発の 53 万 kW に対し増加分は概ね 10 万 kW で、20% 弱の割合で増加すると想定された。
- ・グレードアップした容積法を紹介すると、そのポイントは、特別保護地区、第 1 種、第 2 種、第 3 種特別地域、普通地域のエリアごとに賦存量を出している点、もう一つは発電コストを導入したという点である。この結果、公園種別の地熱資源とコストの関係を示すと、優秀な資源とそうではない資源がどのような割合であるかが明らかとなり、特別保護地区など保護レベルが高いほど資源量が多く、安く開発ができる割合が高いという結果になった。
- ・それぞれの公園種別によるコストがどれくらいの時に、どれくらい開発が可能かを検討したところ、特別保護地区では低いコストで開発可能な資源量が多く、公園外ではコストが高くなるにつれて開発可能な資源量が多くなる。現在のところ、買取価格の設定次第では 20 円/kWh までは開発できるのではないかと考えている。

- ・よく質問されることであるが、公園外や普通地域にはもっと資源があるのではないかということについては、確かに公園外の賦存量と普通地域の賦存量を足せば、20円/kWhとしてまだ発電が可能ないように読み取れるが、実際には温泉などの制約があるため発電できない地域の分が含まれるため、現状では公園外や普通地域では開発可能地域はない。
- ・最後に、私がどのように考えているかについてお話ししたい。環境もエネルギーもどちらも大切なもので、どちらも目指すべきものである。しかし残念ながらベクトルが異なるため、基本的にはトレードオフの関係を免れない。技術的に努力し、環境への影響を少なくするのはもちろんであるが、それでも技術的にできないことだとか、コストがかかりすぎてしまうものも当然ある。そのようなことも含めて、お互いどこで我慢するか、折り合えるかが、実際の解決の姿だと考える。この検討会としてはそのようなものを目指すのであろうし、広く言えば国民的合意を行なった上で、判断がなされるか大事である。地熱資源の場合、資源量の把握は大切な作業であり、地熱資源の公園内開発の問題を考えるための基礎情報として重要な情報であると思っている。

2) 吉田正人氏から「国立公園と地熱発電」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。

- ・原子力発電に依存した社会から、再生可能エネルギーへの転換は不可避であり、そのためには、民間事業の規制緩和や家庭での奨励措置だけでは実現せず、政府のグランドデザインが必要ではないかと考える。この点を最初にお話しし、次に国立公園の目的が風景地の保護から生態系や生物多様性の保護も加わるように変わってきたこと、国際的な視点から日本の国立公園がどのような位置づけをされているかということをお話し、私の結論としては地熱発電の立地はできる限り国立公園を避けるべきであるということをお話ししたい。
- ・地熱発電は、太陽光発電や風力発電のように気象条件には左右されず、安定的に電力を共有できるベースロード電源という特徴を持っている。一方で開発コストやリスクが高く、立地が国立公園に重なるといった自然保護上の問題、あるいは、温泉事業者からの温泉への懸念といったような課題を有している。
- ・地熱発電の賦存量は北海道が大きいですが、北海道と本州の間には60万kW程度しか融通が効かず、東日本と西日本では100万kW程度しか融通が効かない。よって、再生可能エネルギーを、ただ単に可能なところから取っていけば良いということではない。
- ・再生可能エネルギーのうち太陽光は、設置の際の補助金、余剰電力の買取制度等だけではなく、スマートグリッドの構築や、各家庭へのスマートメーターの設置、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車からのピーク時の供給など、社会的な設備の構築が必要である。
- ・風力は、バードストライクのような自然環境的問題や景観上の問題、低周波、振動のような健康問題など様々な問題がある。ドイツのように国がゾーニングして設置するなど、政府のグランドデザインがないと自然エネルギーが大きな役割を果たすのは難しいと考えられる。
- ・国際的な視点における国立公園について。国際的にはIUCN（国際自然保護連合）が

1960年代から保護地域の国連リストを作っており、その中で保護地域をカテゴリー化し、分類してリストアップされている。その中では国立公園は「生態学的プロセスを保護するために確保された自然・半自然の大面積な地域」とされ、またその範囲内でレクリエーション等にも供される地域でもある。日本では2002年に新生物多様性国家戦略が作られて以降、自然公園法が改正され、国等の責務に生態系、生物多様性の保護が盛り込まれ、2009年には自然公園法の目的に生物多様性の確保が盛り込まれた。もう1点、国際的な動きとして、国立公園をNO GO ZONE FOR MININGとすることが世界的な潮流になってきている。

- IUCNが国連リストのために作っている保護地域の管理カテゴリーを見ると、例えばカテゴリーIは厳正・原生保護地域 (Strict Nature Reserve)、カテゴリーIIは国立公園 (National Park)、カテゴリーVは景観保護地域 (Protected Landscape) とされる。しかし、この基準から見た日本の国立公園のうち、カテゴリーIIに分類されるのは7カ所のみであり、世界自然遺産でもある知床や小笠原国立公園が景観保護地域となっているなど、おかしい分類になっている。この要因は、海岸線などの国有地が多いことでカテゴリーIIになっていたり、林野庁が国有林を持っていても、それが国立公園の目的でなければ計算から除かれるといった面積的な計算で指定されたと考えられる。きちんと指摘し、改正していく必要がある。
- カテゴリーIIに分類されている国立公園の中での地熱開発は、ほとんどの国ではないが、ケニアのヘルズゲート国立公園にはオルカリア地熱発電所が設置されている。ただし地熱発電所が運転開始の3年後に国立公園に指定された経緯がある。
- 日本では、阿蘇くじゅう国立公園はカテゴリーVに該当する。本国立公園は1937年に日本で最初の国立公園として指定され、その後1950年代から地熱調査が開始され、八丁原発電所をはじめとして地熱発電所が稼動している。カテゴリーVだから開発してもかまわないということではなく、景観を保護する観点から配慮が必要な地域だと考える。
- 以上まとめると、国立公園は国際的な基準では生態系の保護とレクリエーションの場の提供が目的である。また事実上、厳正・原生保護地域 (カテゴリーI) をはじめ、国立公園 (カテゴリーII) のようなところでは採掘が禁止されており、これには地熱による採掘も含まれると考えられるが、このような開発を回避すべきというのが国際的な流れとなっている。
- 日本では風景の保護を目的とした国立公園という位置づけがされていたが、今は生態系や生物多様性の保護も目的に加わった。日本の国立公園はIUCNの管理カテゴリー別に適切に分類されているとは思えないが、今後きちんと分類しなおした上で、カテゴリーI、カテゴリーIIに分類される地域では、普通地域も含め地熱発電は回避すべき地域であると考えられる。カテゴリーVでは、風景の保護をすべき地域であり、景観の保護を配慮したアセスメント、またそれに伴った開発がなされないといけなないと考えられる。

(以上の発表に対する委員のコメントは以下のとおり)

- 資源量の最新のデータでは、福島県の磐梯地方だけで120～250万kWと推定されており、我が国の地熱資源量の現状を議論する場合は最新のデータに基づく必要がある。

- ・地熱と他の再生可能エネルギーとの比較は、設備利用率を考える必要がある。例えば地熱の3万kWは風力に換算すると10万kW相当（2000kWの風車50基分）の設備容量となる。
- ・地熱のような再生可能エネルギーは地球温暖化を防ぐということも大きな目標である。地球温暖化によって生物多様性や生態系が劣化すると考えられる。
- ・ケニアのオルカリア地熱発電所では、1981年にオルカリア1（3台で10万kW）が運転開始され、1984年に国立公園に指定された。その後、90年代後半から先年にかけてオルカリア2（10万kWの規模）が増設され、今年の始めにはオルカリア3の地熱発電所の国際入札があり、オルカリア4は28万kWの規模で予定されている。ここはIUCNのカテゴリーIIの国立公園内であるが、ケニアとしては国立公園の中であっても開発を行うということである。
- ・IUCNのカテゴリーは、いかにもランク付けしているかのようだが、このカテゴリーには定義があるはずであり、国立公園の大切さや重要性がランク別になっていることではないと考えられる。

3) 全国ボーリング技術協会の大門氏から「地熱掘削について」をご説明いただき、質疑応答も通して以下の点などを意見・要望いただいた。

- ・工事に必要な面積と工事期間については、従来の掘削の場合は40×60m程度の敷地が必要であり、道路や敷地の工事が60～90日、掘削機械の組み立てが20～30日、深度2,000m級の掘削工事が60～80日、機械の解体は20日程度、敷地復旧工事や植栽は約30日である。また、水平掘削の場合は敷地面積が60×100m、大深度掘削の温泉井の場合は20×30mの敷地が必要である。
- ・設置される設備は、櫓、機械に動力を与えるためのエンジンやモーター、大型の泥水を送るポンプ、タンクであり、パイプエリア等も必要である。
- ・温泉と地熱の井戸の構造の違いは、基本的には一緒だが、最終口径が地熱のほうが大きいいため、地上近くの口径も地熱のほうが大きい。また、地熱は高温の蒸気や熱水を外に漏らさないためにケーシングの外側をセメントで固めるが、温泉ではごくわずかな部分にセメントが使われる。
- ・傾斜掘削には、現在はMWDという手法があり、泥水の中をマッドパルスや電磁波を飛ばし、地下の傾斜のデータをリアルタイムで把握可能である。
- ・騒音や振動については、ビットの選定や振動を軽減する装置の使用、エンジンタイプの掘削装置を電気式として騒音を軽減したり、防音壁を使うといった方法もある。
- ・泥水が周辺の温泉等に影響を与えると考えられる場合は、自然界に影響のないポリマー溶液の使用などの対策を行う。
- ・掘削技術については、ほとんどが石油産業が発祥であり、石油掘削の観点から高傾斜あるいは水平掘削について説明する。高傾斜や水平掘削のメリットは、一坑井で複数のフラクチャーを掘削できるため一坑井当りの経済性が良い事、また、一箇所のロケーションから多くの坑井を掘削することができるため、生産設備の集約やパイプラインのコストを削減することができることである。
- ・ただし、コストが非常に高いこと、高価なツールを使うと専門家が必要なこと、非常

に大きな泥水のタンクが必要になること、水平部分が長くなると摩擦に勝つための高トルクの機械が必要なこと、地下情報を綿密に把握する必要があること、ストリングスが重力によって下の方に押されている場所が多くなるとビットを回すのに力が必要となり、場合によってはダメージを受けて掘削編成が切れる可能性もあること、カッティングスが重力によって下の方にたまり移動が難しくなるため大型のポンプが必要となることなど、課題も多い。

- ・地熱開発における傾斜掘削については、さらに熱への対処も必要となってくる。現状では約 150℃、頑張っても 165℃が限度で、地熱の掘削で長時間使うには難しいと考えられる。
- ・垂直掘削と傾斜掘削のコスト差については、場所によって非常に大きな違いがあるため一概には言えない。また、熱源との兼ね合いだが、垂直掘りをいくつか行い、地下部の構造が分かった上で傾斜掘りが可能であり、最初から傾斜掘りで行うというのはリスクが大きく考えられない。

(以上の発表に対する委員のコメントは以下のとおり)

- ・石油井と違って地熱では自然水位が低いため、カッティングスの排除が難しく、また、日本の地質構造は複雑で傾斜もそれほど大きくすることはできないと考えられる。環境省のポテンシャルマップでは 3 km までの偏距ということで推計が行われたが、日本の地熱発電所では偏距が 1 km 以上の井戸もあるが、現状の技術では 1km あたりが標準だと思われる。

#### ◎議事「(6) 地熱発電事業の事業特性と環境への影響軽減技術の進展について」

- ・この項目について、議論・検討を行う時間が少なすぎるので、検討の進め方と時間配分を再考すべきとの指摘があった。
- ・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例えば地表探査について、紹介されている手法以外にも最終とりまとめには付記する必要がある。
  - ②櫓の建設高さが 50m 程度となっているが、坑井の掘削長が短ければ低い櫓でも可能である点を示す。
  - ③地下還元が本当に良いのか、全ての環境問題を解決するものなのかという点を整理する。
  - ④地熱開発の大きな問題点は、操業後も坑井の掘削が継続することである。そのためには、減衰率がどのような推移なのかについてのデータをさらにきちんと示す。
  - ⑤地熱発電事業がこれまでに取り組んできた風致景観との調和や、昭和 54 年以前から工夫されてきた内容についても盛り込む必要がある。
  - ⑥大偏距の傾斜掘削には、コスト面だけでなく技術面でも課題がある点を示す。
  - ⑦減衰対策技術に関しては、スケール対策だけでなく生産井と還元井の距離を離すことなどが対策となる点を示す。
  - ⑧操業段階でも坑井ターゲット選定のための調査や調査井の掘削が行われる場合がある点を示す。
  - ⑨地熱開発に伴う各種行為と自然保護法における規制との関係について整理する必要がある。

ある。ハードルが示されることで企業努力も可能となる。

⑩植栽については、地域性の苗を植えたり、緑化を行なっている事例もある点を示す。

⑪石炭や石油では亜硫酸ガスを脱硫装置によって除去しているが、地熱発電所でも同じ装置で硫化水素の排出量を軽減しているのか調べておくこと。

⑫構造物や工事のみの扱いで良いのかどうか再検討する。

⑬開発側の技術の進展を正確に記述し、その影響の軽減効果もはっきり把握する必要がある。また国立公園側も風景だけではなく生態系や生物多様性、あるいはもう少し広い意味では環境やエネルギーといったものまで踏み込んだ国立公園の価値も変わってきている。このため、技術の進展と国立公園の新しい役割や価値観を踏まえて、通知の見直しをするという方向性で整理していかないと国民の理解は得られないと考えられる。

⑭許可行為について、具体的な数値なり基準について示すことができるものは示した方が良いが、硬直化した整理の仕方はしないように留意が必要である。

#### ◎議事「(7) その他」

- ・事務局から次回検討会の案内を行い、特に質問等はなかった。

以上