

国立・国定公園内における地熱開発に係る通知見直しに向けた 基本的考え方（案）

1. はじめに

我が国の地球温暖化対策の観点から、再生可能エネルギーは温室効果ガスの排出の少ないエネルギー源として以前から注目されていたが、昨年の東日本大震災以降、エネルギーの安定供給やエネルギーシステムの歪み・脆弱性を是正の観点からも、再生可能エネルギーを大幅導入する必要性が一層高まっている。

また、行政刷新会議の規制・制度改革に関する分科会においては、再生可能エネルギー導入の観点からの規制・制度のあり方が議論され、風力発電及び地熱発電について、自然公園法、温泉法等の許可の早期化・柔軟化が議論され、閣議決定がなされた（平成 22 年 6 月 18 日）。この中で地熱発電については、「地熱発電に係る過去の通知を見直し、傾斜掘削について、個別に判断する際の実態を明確にするとともに、国立・国定公園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旨新たに通知するための調査・検討に着手する」とされた。

さらに、第 4 回エネルギー・環境会議（平成 23 年 11 月 1 日、内閣官房国家戦略室）にて「エネルギー規制・制度改革アクションプラン」が公表され、傾斜掘削による自然公園の地下開発であれば許可可能である旨通知すること、自然公園の区分や開発段階ごとに、許可が可能となる要件や方法を検討し、明確化すること、具体的な案件を対象に関係者の合意形成・連携促進のための優良事例の形成を図ることとされている。

しかしながら、地熱発電所は、昭和 41 年 10 月に松川地熱発電所が運転開始して以降、自家用を含めて国内 18 箇所において発電事業が実施されているが、平成 11 年 3 月に運転開始した八丈島地熱発電所を最後に事業用大型発電所の新規立地はなく、自然環境への影響や最新の知見に関する十分な整理がなされていないのが現状である。

このため、環境省では、この閣議決定にて求められた事項に対応することを目的として、平成 23 年 6 月より関係分野の専門家からなる検討会（地熱発電事業に係る自然環境影響検討会）を設置した。本検討会では、既存の地熱発電所の運転状況や周辺自然環境の現状、国内外の最新技術の知見等を調査することによって、地熱発電事業に伴う自然環境への影響や国立・国定公園の風致景観上の支障について課題を整理したほか、自然環境保全審議会から地熱発電事業に対する意見が出された昭和 54 年当時と比べて、どの程度の環境保全技術の進展が図られているのかという観点から検証を行うことで、地熱発電事業に関する自然公園法の過去の通知見直しに向けた基本的な考え方の整理を行ったものである。

2. 国立・国定公園内での地熱発電事業に対する過去の通知と背景

国立・国定公園とは、自然公園法によって優れた自然の風景地を保護するとともに、利用の増進を図ることにより、国民の保健、休養及び教化に資するとともに、生物の多様性の確保に寄与することを目的として設置されるものであり、その区域内では自然景観を維持するために一定の行為が制限される。地熱発電事業については、自然公園法による許可に関して、これまでに昭和 49 年及び平成 6 年に通知、昭和 54 年には自然環境保全審議会

の意見が出されている。

昭和 49 年通知（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；昭和 49 年 9 月 17 日環自企第 469 号環境庁自然保護局企画調整課長通知）は、それまでに操業あるいは建設工事に着手・準備されていた 6 箇所を除き、当分の間、国立・国定公園の景観及び風致維持上支障があると認められる地域においては新規の調査工事及び開発を推進しないものとするとしてされた。この背景には、当時操業を開始した地熱発電所が、発電所施設が山間部においては広大であり自然景観を著しく損傷していること、出力の維持には補充井の掘削が必須となる場合が多く、操業後も自然改変面積が拡張すること、地下から汲み上げる熱水には砒素等が含まれており、これが地上部で排出される場合、水質に著しい影響を及ぼすこと、大気中に放出される蒸気中に硫化水素が含まれ、周辺の土壌酸性化や植生に悪影響を与えるおそれがあること、冷却塔からの水蒸気により周辺植生に着氷被害のおそれがあること、生産井の騒音が自然公園の静穏を害していること、温排水や微小地震等が生じるおそれがあること、蒸気等の汲み上げによる地獄現象等の衰退のおそれがあること、といった様々な影響を及ぼすことが懸念されていたためである。特に当時の噴気試験は、「直上噴気」という手法にて周辺環境に対し何ら措置を講じることなく蒸気が大気中に放出されていたため、周辺のブナ林などが大面積で枯死するなど大きな問題となっていたこともその背景の一つである。一方、地熱発電の開発のために工業技術院等が実施する「全国地熱基礎調査」については、一定の条件を示し箇所を特定して調査を認めることとされた。

昭和 54 年には自然環境保全審議会から環境庁長官への意見（「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；昭和 54 年 12 月 24 日環自保第 494 号環境庁自然保護局保護管理課長通知）が出されたが、その内容は、「地熱開発は、国産エネルギーとして期待が高まりつつあるものの、地熱発電所の建設は、各種の巨大工作物の設置等による優れた自然の風致景観への影響が大きいと指摘した上で、国立・国定公園内の自然環境保全上重要な地域を避けることを基本とすべき」との意見である。

平成 6 年通知（「国立・国定公園内における地熱発電について；平成 6 年 2 月 3 日環自計第 24 号・環自国第 81 号環境庁自然保護局計画・国立公園課長通知）は、国立・国定公園の普通地域における地熱発電については、開発を目的とした調査井掘削を含めて個別に検討し、その都度開発の可否の判断を行うものとした。これを受けて、平成 8 年 3 月に霧島屋久国立公園の普通地域において大霧発電所が、また、平成 11 年 3 月には富士箱根伊豆国立公園内の普通地域において八丈島発電所が運転を開始した。

3. 我が国の地熱発電の現状

現在操業されている地熱発電所は、事業用 13 箇所、自家用 5 箇所である。事業用のうち最大の認可出力を有するのは八丁原発電所（大分県九重町）の 11 万 2,000kW、最小は八丈島発電所（東京都八丈町）の 3,300kWであり、自家用も含めた全国の地熱発電所の認可出力合計は約 54 万 kWである。

一方、我が国の地熱資源の賦存量は 3,314 万 kW（うち 150 以上のものは 2,357 万 kW。以下同じ。）と見込まれているが、そのうち導入ポテンシャルとしては、自然公園特別地域外では 982 万 kW（220 万 kW）と推定されており、傾斜掘削により自然公園の境界から公園内

へ1.5kmの範囲を開発可能とした場合は全国で約1,400万kW(636万kW)と推定される調査報告もあり(平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査、環境省)、国立・国定公園内の地下に賦存する地熱資源の有効活用への期待が高まっている。

4. 地熱発電事業の特性

地熱発電は、地下1,000~3,000m程度の深度に掘削した坑井から水蒸気を取り出しタービンへ導き、その回転運動を利用して発電するものである。ライフサイクルでの二酸化炭素排出量が少なく、純国産の自然エネルギーであり、操業開始後は昼夜や気象条件を問わず一定の出力にて発電できることから、設備利用率が他の再生可能エネルギーと比べて格段に高く、ベースロード電源としての位置づけが可能である。

立地特性としては、地熱開発の有望地域が山岳地帯に多く、景観の保護上重要な国立・国定公園の区域と重なっていることがあげられる。これは、地下深くに浸透した雨水がマグマによって暖められた岩石に接することで熱水溜まりとなったもの(地熱貯留層)を発電に利用するため、火山活動のある地域に地熱資源が偏在しているためであり、またこのような地域は、我が国を代表する優れた自然の風景地として、戦前戦後より国民が自然と親しむレクリエーションの場として、近年では生物多様性保全の屋台骨として、国立・国定公園に指定されているためである。

地熱発電事業の開発特性としては、自然環境への影響が建設工事の段階のみならず、事前の試験井掘削や噴気試験が行われる資源調査の段階から発生すること、運転開始後の操業段階においても出力の維持又は回復のために追加の補充井の掘削が行われることが多いことがあげられる。事業として安定して出力を維持していくためには、10~20年の時間と当初計画以上の改変面積が必要となる場合があり、自然環境への影響を事前に評価することが困難な特性を有している。

5. 地熱発電事業における開発行為と環境保全技術の進展

地熱発電事業では、一連の事業進捗の中で、資源調査の段階、建設工事の段階(工事の実施)、操業の段階(土地又は工作物の存在及び供用)に大きく区分され、それぞれの段階にて自然環境への影響が発生する。このような開発特性を踏まえ、事業用としての大規模地熱発電所を対象として、3つの段階ごとに開発行為の内容と、近年の環境保全技術の進展を踏まえた環境への影響について整理した。

資源調査の段階

(1) 地表調査

既存文献やリモートセンシングによる広域的な分析検討を経て、一定の範囲内での地熱活動の推定を目的として実施される調査である。現地にて岩石や土壌等のサンプル採取や測定器設置による物理探査が行われる。

調査仕様や規模によっては自然環境への影響が大きくなる場合もあるが、近年は、通常実施される調査方法では機器の小型化が進んでおり、原状復旧もなされるため、風致景観等への影響は小さくなっている。

(2) 坑井調査

地熱開発が有望と推定された地点において、実際に坑井を掘削し地熱資源量を評価することを目的とした調査である。地質サンプルの採取・分析のための構造試錐井や、噴気試験を伴う試験井の掘削が行われる。

これらの調査では、坑井の口径（約 10～20cm 径）や深さ（1,000～3,000m程度）など規模や仕様、地質条件によって異なるものの、ボーリングを地下に貫入させるために高さ 50m程度の櫓が建てられるほか、その作業ヤードとして 1 基地あたり 2,500m²程度の平坦地形の造成が行われる。また、現地までのアプローチ道路の造成や、掘削に必要な淡水を確保するために貯水池が整備されることも多い。

これらの調査・開発行為によって、風致景観や生物多様性への影響が発生する。近年では櫓の高さが低い施工機器が開発されてきているほか、噴気試験時には気水分離器やサイレンサーを設置することで周囲への熱水飛散の防止や騒音の軽減が図られたことで、過去の発電所建設時に問題となった周辺樹木の枯死など周辺植生への大きな影響については概ね解決された。

なお、概ね半年間程度の調査終了後は、調査機器や櫓などは撤去される。坑井は埋め戻しにより復旧がなされる場合もあるが、敷地や道路、改変を受けた植生に対して原状復旧が実施されることはほとんどなく、特に試験井では将来の開発のために坑口装置も残置される。

建設工事の段階

(1) 施設建設工事

地熱発電所では、発電所本館建屋（タービン建屋）や復水器、冷却塔、原水タンクなど高さ 10～25m前後の施設が一定の範囲内に建設され、そこから四方に向け一定の離隔距離をもって坑井基地（蒸気井、気水分離器等）が複数分散配置されるのが一般的である。これらの施設と坑井基地は配管（パイプライン）によって連結され、配管に沿って管理用の道路が建設されることが多い。そのほか、修景や外部環境との緩衝を目的とした植栽帯や調整池などが整備される。

これらを全てあわせると、発電所の総体として平面的な広がりが必要となり、平均的に 10～30ha 前後の敷地が樹林等の伐開を伴って造成されることとなる。また、送電設備として基幹線までの一定距離ごとに高さ 20～60m程度の送電鉄塔が建設される。

このため、特に景観構成要素のほとんどが樹林や草地、水域、あるいは火山や地獄現象などで占められる国立・国定公園内では、これらの各施設が出現することによる風致景観への著しい影響が発生することは避けられず、直接改変、工事に伴う騒音や粉じん、工事車両の出入りなど、建設工事に伴う生物多様性への影響も小さいものではない。

これまでに運転開始された地熱発電所では、建屋の色彩・構造に着目した景観配慮や造成法面等の植栽による修景など、風致景観への影響軽減措置が実施されているほか、本館建屋については新たなタービン形式の開発による高さの抑制や、冷却塔では多セル化による高さの抑制といった対策が既に講じられた発電所もあり、風致景観等への影響を軽減するための環境保全技術に進展が認められる。

(2) 坑井掘削工事

坑井掘削工事に伴う風致景観等への影響は前述の「坑井調査」に加え、発電所建設時には、複数の坑井基地が整備され、それぞれに複数の坑井が掘削される場合が多い。また、掘削時にはボーリング櫓の建設、貯水池の整備などが行われる。

坑井の掘削工事では、近年に顕著な技術の進展が図られている。我が国で地熱開発が開始された初期の年代では、コントロール掘削技術の限界により計画に沿った傾斜掘削が困難な場合があったが、技術の進展によって、地下の複数の地熱貯留層に向けて計画に沿った傾斜掘削を実施することが可能になっている。特にMWD (Measurement While Drilling) という技術によって、目標に沿った坑跡の制御が可能となったため、目標の地熱貯留層に到達させる精度と効率が大幅に向上するとともに、再掘削の頻度も著しく低下した。我が国ではこれまでに、垂直深度 1 に対して水平距離 (偏距) 0.6 程度の掘削 (最大偏距 1,400m) の実績を有している。

傾斜掘削では、地表部の複数の坑口を特定の範囲内に集め、坑井基地を集約することができるため、坑井基地数の造成面積の縮減につなげることが可能である。さらには、基地数が縮減されることで発電所施設の最も外側を結ぶ範囲 (発電所の広がり) を縮小することが可能となるほか、配管の総延長や道路延長の縮減につなげることで全体としての造成面積の縮減が可能である。

このような近年進展した坑井掘削技術によって、地表部に重要な景観や植生が分布している地域であっても、そこから遠方に坑口を立地させ影響を大幅に低減することで地下の有望な地熱資源を利用することが可能となってきている。

操業の段階

地熱発電所では、発電時に蒸気を冷やす過程で冷却塔から水蒸気が大気中に放出されるほか、坑井基地においても圧力調整のため蒸気が放出されることがあるため、自然景観への影響や周辺樹木への着氷、蒸気に含まれる硫化水素などの影響が発生するが、近年では、冷却塔での乾式熱交換器の採用によるミスト量の減少や水蒸気の白化の抑制、排気スタックを高くすることによる遠方拡散、脱硫装置の設置など、様々な環境配慮によって影響軽減が図られてきている。また、生産井の騒音についてはサイレンサーにより影響軽減が図られ、冷却塔の水流落下音については周囲へのパネルの設置により影響軽減が図られているほか、温排水が発生する場合には調整池を経て大気温にまで低下させた後に近隣水域に排出されている。さらに、過去に懸念された蒸気の汲み上げに伴う地震の誘発や地獄現象の衰退に関しては、我が国で初めて地熱発電所が運転開始されてから約 45 年となるが、科学的に因果関係が証明された事例はない。

しかしながら、多くの既存の地熱発電所では目標とする出力の維持又は回復のために追加の補充井の掘削が必要となっており、既存の坑口を再利用するサイドトラック工事のような技術開発はみられるものの、操業段階においても一定規模の建設工事 (スケール除去作業、補充井の掘削) や坑井基地の新規造成が継続的に実施されていることが通例であり、風致景観等への影響が継続あるいは増大している場合が多い。また、生産井から汲み上げられた熱水は、還元井により全量が地下に戻されるため、地表部の水域へ熱水中に含まれ

る砒素等が排出されることはないが、還元熱水の地中内部での詳細な動向や、スケール付着防止を目的として還元熱水に混入される場合のある硫酸の影響など、地下の環境に与える影響は必ずしも解明されておらず、現在でも事後モニタリングによるデータ蓄積の段階にとどまっている。

6. 地熱発電事業の安全性

地熱発電は地下深くに貯留されている蒸気を人工的に汲み上げて利用するものである。そのため、高温高压の蒸気や熱水への安全管理及び含有される様々な有毒成分への対策が最大限になされているほか、大規模な地震発生に対する安全性の確保についても十分な準備が行われている。

しかし、これまでに我が国では、発電所構内における蒸気漏れなどの小規模な事故のほか、平成 13 年には地熱開発促進調査（霧島市内）において有毒ガス発生による作業員の中毒事故、平成 22 年には鬼首地熱発電所（栗駒国定公園内）の敷地内での噴気事故による死傷者の発生といった例がある。

地熱発電所では、このような事故を教訓として、さらなる安全性が追求されている。

7. 国立・国定公園内における地熱発電事業の基本的考え方

以上をまとめると、事業用としての大規模地熱発電所については、国立・国定公園の風致景観や生物多様性に対する影響を軽減するための技術に改善や進展が図られており、その実績も蓄積されてきている。特に資源調査（地表調査や坑井調査）では、原状復旧などの配慮がなされることで風致景観等への影響を小さくすることが可能となった。

しかしながら、次に示す 4 点については現状での技術においても大きく改善されておらず、現時点で風致景観等への影響が十分に軽減されたとは言えないものと判断される。

発電所の建設については、本館（タービン建屋）、冷却塔、気水分離器、送電鉄塔、道路等の各種工作物が必要であり、大規模な造成を伴うほか、個々にまたは施設群としての存在によって風致景観等に与える影響が大きいこと。

操業段階においても、蒸気の減衰等から継続的な坑井の再掘削が必要となり、その都度、工事に伴う仮工作物の設置、騒音の発生、工事車両の出入等が生じるほか、新たな敷地の造成等も必要となること。

汲み上げられた蒸気から分離された熱水は地中に還元されるが、還元熱水の地中内部での詳細な動向や、スケール付着防止を目的として還元熱水に混入される場合のある硫酸の影響など、地下の環境に与える影響は必ずしも解明されていないこと。過去の事故の例として、資源調査段階での有毒ガスによる作業員の中毒や、鬼首地熱発電所の敷地内での噴気事故などがあり、事故の発生による周辺地域住民や公園利用者等への影響が懸念されること。

これらのことから、今後とも地熱発電事業の立地は、特別地域など国立・国定公園の自然環境保全上重要な地域及び公園利用者に影響の大きな地域は原則として避けるべきであると判断される。少なくとも特別保護地区及び第 1 種特別地域においては、地熱発電事業の実施に伴う影響は大きいと考えられるため、避ける必要がある。

一方、普通地域については、風景の保護上の支障の有無等について個別に検討し、その

都度開発の可否の判断を行うことが適切であると考えられる。

また、坑口を普通地域もしくは公園外の地表部に置き、傾斜掘削によって第2種及び第3種特別地域内の地下深くの地熱資源を利用する場合には、自然環境保全や公園利用への特段の支障がなく、特別地域の地表部へ影響を及ぼさないと考えられる場合においては許容されるものと判断される。

以上の見解を踏まえ、国立・国定公園内での地熱発電事業の取り扱いに関して、以前の通知は廃止し、新たな通知を明示することが必要である。

なお、国立・国定公園における地熱発電事業の実施については、地域にとっても重要な再生可能エネルギーの活用につながり、地域住民の暮らしに深く関与することから、温泉関係者をはじめとする地域の関係者による合意形成が図られ、かつ当該合意に基づく地熱開発計画が策定されることを前提とすべきである。

今後の課題についての意見

上記の基本的考え方以外にも、次の課題について各委員からの意見を整理しておくこととする。

地表部に特段の影響を及ぼさない調査（MT法による電磁探査等）の取扱い

地熱開発の行為が小規模で風致景観等への影響が小さなものや既存の温泉水を用いるバイナリー発電などで、主として当該地域の地産地消のために計画されるもの、当該地域の国立・国定公園の利用の促進や公園事業の執行に資するものなどの取扱い

国立・国定公園内の風致景観や自然環境の保全と再生可能エネルギーの利用を高いレベルで調和させるための実証としての、優良事例の形成に向けた取組の可能性やあり方

- ・ 地熱開発事業者と、地方自治体、地域住民、自然保護団体、温泉事業者などの関係者との地域における合意形成の方法
- ・ 自然環境、景観及び公園利用への影響を最小限にとどめるため、投入すべき技術や手法の可能性
- ・ 地熱開発の実施に際しての、周辺の荒廃地の緑化や廃屋の撤去等のオフセットやミティゲーション、温泉事業者への熱水供給など、地域への貢献の可能性
- ・ 以上を前提とした場合の特別地域における掘削や工作物の設置の可能性
- ・ 以上を進める場合のモニタリングデータや知見の蓄積その他環境省としての関与のあり方や、総合的な視点からの検討に必要とされる専門家の分野

添付資料

別紙1 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会委員名簿

別紙2 地熱発電事業における環境保全上の残る課題

地熱発電事業に係る自然環境影響検討会委員名簿

氏名	所属機関・団体及び役職
(座長)熊谷洋一	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	独立行政法人国立環境研究所 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(地熱発電担当)

(敬称略・五十音順)