エネルギー転換に向けた意思決定の改善



戦略的環境アセスメント活用ガイダンス

第9章

地熱発電

編集者バリー・ダラル＝クレイトン マイルズ・スコット＝ブラウン

2024年7月

*2024年10月更新*

バージョン1

*[ガイダンス文書](https://training.iaia.org/guidance-for-using-strategic-environmental-assessment-sea/)全体と[各章への](https://training.iaia.org/guidance-for-using-strategic-environmental-assessment-sea/)リンクも用意されている。*

# 第9章

**地熱発電**

# 地熱発電にとって海が重要な理由

なぜエネルギー転換を支援するために戦略的環境アセスメント（SEA）を用いることが重要なのか、その全体的な根拠は、本ガイダンスの序文に記載されている。

SEA は、地熱発電の計画や開発におけるより良い意思決定をサポートするために、重要な情報を提供することができる。それは、政策や計画、プログラム（PPP）が、重大な環境や社会経済的なリスクや影響に 適切に対処するために、どのような重大性があるのかを特定することも含まれる。この情報は、単独であれ、他の再生可能エネルギー技術(例：太陽熱、風力)との組み合わせであれ、 複数の地熱発電計画/開発によって起こりうる累積的影響の規模や重大性を特定し、評価するために特に 重要である。

SEAのプロセスは次のようなものである：

* 主要な環境・社会経済問題と、地域コミュニティ、社会から疎外されたグループ、先住民族を含む、影響を受けそうな利害関係者の懸念を特定し、焦点を当てる。主な問題は、9.5節で詳細に議論され、表9.3に要約されている。
* 環境、生息地/生物多様性、そして/または人間に対するリスクが特に高いため、地熱エネルギー開発を回避すべき地域（"立ち入り禁止 "地域）があるかどうかを特定し、提案する。
* これらのリスクに対処するために、地熱発電の PPP にどのような変更や追加が必要かを明らかにする。
* 全体像と累積的影響の可能性に対処し、個々のプロジェクトのEIAがより（サイト固有の）詳細に焦点を当てるべき特定の問題を特定することによって、後続のプロジェクトレベルの環境影響評価（EIA）をより効率的で安価なものにする。
* (特に地熱発電の可能性が確認された地域において)地熱エネルギー開発によって特に影響を受けるコミュニティ、社会から疎外されたグループ、先住民族を含む利害関係者を巻き込む。SEA は、提案されている、あるいは可能性のある政策オプションや計画について、彼らに早い段階で情報を提供し、可能な限り早い段階で彼らの視点を提供し、懸念を提示することを可能にする。そうすることで、重要な問題が特定され、検証され、地熱エネルギー開発への理解と支持を築き、将来的な誤解や起こりうる紛争を回避することができるのである。

SEAで使用可能な手順と方法論は、それがどのようなものであれ、すべてのSEAに共通するものであり、国際的に認められたグッドプラクティスの基準を反映したものである。これらの詳細については、第1章と第2章で述べているため、本章では繰り返さない。

# 地熱エネルギーサブセクターのための既存の海のガイダンス/ガイドライン

IAIA のために行われた既存の SEA ガイドラインの国際調査では、地熱特化したものは見つか らなかった(1)。オーストラリアとヨーロッパでは、地熱発電プロジェクトの EIA に特化した最近のガイドラインがいくつか確認されている(1)。

1 例えばオーストラリアについては、"Guideline for the Development of Petroleum, Geothermal and Pipeline Environment Plans in e.g., Western Australia" (https://[www.dmp.wa.gov.au/Documents/Geological-Survey/Guideline-for-](http://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Geological-Survey/Guideline-for-) Development-Petroleum-Geotherman-Pipeline-Environment-Plans.pdf) を参照のこと。

ヨーロッパについては、"Proposal for a harmonised procedure on the Environmental Impact Assessment and licensing guidelines for geothermal "を参照のこと。

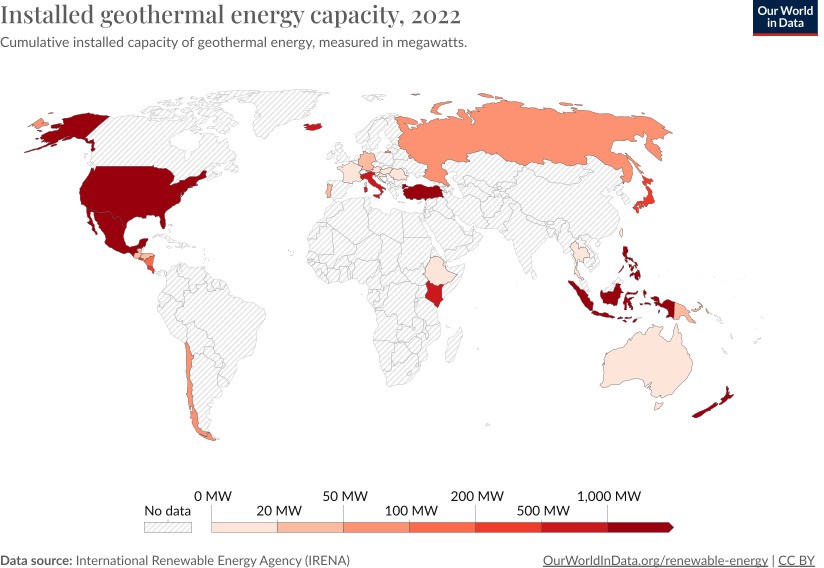
いくつかの国際機関は、地熱発電に関連する環境と社会問題についてのガイダンスを作成し2、地熱エネルギーが環境に与える影響について、さまざまな情報源で論じている(3)。 ガイドラインではないが、世界銀行はインドネシアにおける地熱発電開発に関する迅速な環境・社会影響評価を完了し、森林地帯での地熱発電開発に典型的に関連する主要なリスクと影響を明らかにし ている。(4)

# 地熱エネルギー設備容量

地熱発電の設備容量は、この 10 年間で世界的に徐々に増加し、2022 年には 14,877 メガワット(MW)5 に達す(表 9.1 参照)。図 9.1 は、2022 年の設備容量の世界分布を示している。2020年の上位10カ国を表9.2に示す。

## 図 9.1: 2022 年の地熱発電設備容量

*出典BP (2021)に基づくデータで見る我々の世界(2023b)*



欧州における地熱開発」(geoenvi.eu/publications/proposal-for-a-harmonised-procedure-on-the-environmental-impact-assessment-and-licensing-guideline-for-geothermal-development-in-europe/)。

2 例：IFC (2007)

(3) 例：CEI (2019); Energysage (2019); UCS (2013b); Bošnjaković *et al*.

4 Meijaardら（2019年）

5 フェルナンデス（2024年）

## 表 9.1: 2022 年における地域別の地熱発電設備容量

*出典IRENA（2023年）*

|  |  |
| --- | --- |
| **地域** | **設置容量（MW）** |
| アジア | 4,711 |
| 北米 | 3,712 |
| ユーラシア | 1,765 |
| ヨーロッパ | 1,635 |
| 欧州連合 | 892 |
| オセアニア | 1,323 |
| アフリカ | 956 |
| 中米・カリブ海地域 | 724 |
| 南米 | 51 |
| 世界 | 14,877 |

*注：いくつかの地域は、少なくとも2つの異なる地域の一部とみなされている可能性があるため（例えば、オセアニアの構成要素が他の地域に含まれている可能性がある）、これらの数字を合計することはできない。*

## 表 9.2: 地熱発電国トップ 10、2022 年

*出典IRENA（2023年）*

|  |  |
| --- | --- |
| **国名** | **設置容量（MW）** |
| アメリカ | 2.653 |
| インドネシア | 2,343 |
| フィリピン | 1,932 |
| トルコ | 1,691 |
| ニュージーランド | 1,273 |
| メキシコ | 1.059 |
| ケニア | 949 |
| イタリア | 772 |
| アイスランド | 757 |
| 日本 | 431 |
| その他 | 1,017 |
| 合計 | 14,877 |

# 地熱発電の背景

地熱エネルギーは、地震や火山活動が活発なプレート境界上やその近くに位置する国々で発電される。地熱発電所には主に4つのタイプがある：

* ドライスチーム発電所は、地熱貯留層からの蒸気を直接利用して発電機のタービンを回す。
* フラッシュ・スチーム発電所は、地中深くから高圧の熱水を取り込み、それを蒸気に変換して発電タービンを駆動する。
* バイナリーサイクル発電所は、地熱温水の熱を別の液体に移す。
* ハイブリッド・システムだ。

地熱発電所は、地球の熱を蒸気や熱水の形で取り出し、その熱で蒸気タービンを回してする。基本的なシステムには、大量の冷却水を必要とするオープン・ループ・システムと、地下水源に水を戻すクローズド・ループ・システムの2つがある。

地熱エネルギーは、深い地下貯水池に生産井を掘削し、熱水と蒸気を取り出して発電所に配管し、タービンを駆動することで回収される。

ドライスチームおよびフラッシュスチーム発電所では、蒸気の一部は放出される。廃水とガスは通常、地下水汚染の影響の可能性を最小限にするため、貯水池またはその周辺に再注入される**(6)。**

6 IFC (2007)

地熱発電所の例としては、インドネシアのスマトラ島にある 330MW のサルラ地熱発電**所(7)** がある(図 9.2、Box 9.1 参照)。

## 図 9.2: サルラ地熱発電所（インドネシア



*写真提供：Sarulla Operations Limitedサルラ・オペレーションズ社提供*

太陽エネルギーや風力エネルギーと違って、地熱エネルギーは常に利用可能である。従って、変動する再生可能エネルギー（例えば、風力や太陽光）が利用できない時のために、ベースロード電力と底固め電力**(8)の**両方を提供する。

地熱エネルギーの環境と社会への影響は、地熱エネルギーがどこでどのように採掘されるかに左右される。アクセス道路、パイプライン、送電線が建設されなければならないが、それは多くの場合、過去にほとんど開発がなかったか、まったくなかった地域に建設される。労働者のキャンプなど、その他のインフラも必要になるかもしれない。

操業中は、排ガスの冷却（アミン溶剤の再利用のためにア ミン・スクラバーに通す前）や冷却塔に淡水が必要となる場合がある。プロジェクトでは、生産施設内に廃水処理施設が設置される場合がある。排ガス洗浄プラント、逆浸透膜プラント、冷却塔からの処理廃水は、公共下水道がある場合には、 排水システムに排出される前に、廃水処理プラントに導かれる**9** 生産施設内の処理エリアからの雨水は、沈殿トラップを通って油脂分離器に排出される必要があり、その後、 自然の水路に排出される可能性がある**10**

7 詳細については、Sarulla Operations Ltd [(https://www.sarullaoperations.com/company/overview)を参照のこと。](http://www.sarullaoperations.com/company/overview))

8 マテックとガウェル（2015年）

(9) イングランド*ら*（2015年）

10 メランド（2016）

# 地熱エネルギー開発の影響

SEA のスコーピングの間に、地熱エネルギー開発に関する主要な問題を特定しなければならない。それらは、SEA を最も重要な問題に集中させ、環境と社会 の質に関する目標（ESQO）を作成するために使われ、これらの問題に対応し、主要なアセスメント段階 で使われることになる（第 1 章 1.5 節、第 2 章 2.5.1 節参照）。重要な問題は、関連する文書（例えば、EIA や特別主題報告書、環境/社会プロファイル、セクタ ー戦略、セクター間戦略、ドナー文書、学術論文、他の地熱エネルギー開発申請など）をレビューし、主要な 情報提供者にインタビューをし、国から地方レベルまでのステークホルダーとのコンサルテーションを行 うことによって特定される。多くの問題は、既存の地熱エネルギー開発プロジェクトを実施した結果、よく知られていることであろう。

個々のプロジェクトレベルでは、これらの問題は EIA の焦点となり、どのようにプロジェクトの影響を管理し、ミ ティゲーションしていくかを提案する必要がある。理想的には、個々の地熱発電事業が承認される前に、地熱発電サブセクターの PPP が完成し、SEA を受け るべきである。この SEA は、PPP を実施することで発生する可能性のある複数のプロジェクトや計画、事業が持つリスクや影響を評価するもので、直接的にサイトや施設の建設や運営に関わるものもあれば、関連するインフラ （送電線やアクセス道路など）に関連するものもある。このように、個々の地熱エネルギー開発・事業が与える影響は、累積的なものとなることで、重大性を持つようになる危険性がある。SEA は、そのような累積的な影響の可能性に焦点を当て、それに対処するための提言を行うべきであ る。これには、個々のプロジェクトが違反すべきでない（プロジェクトレベルの EIA で対処すべき）、特定の要因のしきい値を推奨することも含まれる。累積的影響のリスクが極めて場合は、SEA 報告書が PPP やその構成要素の代替案を推奨する根拠となる。多くの場合、個々の地熱発電プロジェクトの申請と、包括的な SEA 計画のタイミングは同期してお らず、SEA は、個々のプロジェクトがどのように進むべきかという上流（プロジェクト前）のガイダンスを提 供するのではなく、個々のプロジェクトのペースに「追いつく」必要があるかもしれない。

表 9.3 は、地熱エネルギー開発に関連する環境と社会経済的な問題をまとめたものである。

スコーピング中、重要な作業は、SEAがどの問題に焦点を決定することである。

## 表 9.3: 地熱エネルギー開発に伴う環境・社会経済問題

|  |  |
| --- | --- |
| **課題** | **コメント** |
| **環境** |  |
| 大気の質 | * 地熱発電所の排出量は、化石燃料を利用した発電所に比べればごくわずかである。 * 工場の蒸気には少量の二酸化炭素が含まれ、工場の排気口からはごく少量の硫化水素が発生する。 * オープンループ・システムにおける坑井からの排出ガスには、二酸化硫黄、硫化水素、二酸化炭素、アンモニア、メタン、ホウ素が含まれる。 * 地熱発電所の中には、少量の水銀を排出するものもあるが、これは水銀フィルター技術を使ってミティゲーショ ンをしなければならない。スクラバーは、大気への排出を削減することができるが、硫黄、バナジウム、シリカ化合物、塩化物、ヒ素、水銀、ニッケル、その他の重金属を含む、捕獲された物質からなる水のようなスラッジを生成する。この有毒なスラッジは   多くの場合、有害廃棄物場で処分しなければならない。 |
| 温室効果ガス | * 地熱エネルギーは、石炭を代替する場合、GHG 排出量を削減することができる。 |
| ノイズ | * 坑井探査（設置、試験など）、建設機械・車両、操業中の保守活動からの騒音。 |
| 土壌浸食 | * 植生の伐採とアクセス道路の建設からだ。 |
| 水質 | * 地表水と地下水の化学汚染。地下貯水池から汲み上げられる温水は、しばしば高レベルの硫黄、塩分、その他のミネラルを含んでおり、 クローズドループのシステム（つまり、熱や電力生産に使われた後、地熱貯水池に直接水が汲み戻される）でなければ、地 域の水質に影響を与える可能性がある。地熱発電所によって使われた地表水は、通常、熱を多少増加させながら元の水源（例えば川）に戻される。 * 掘削活動中に使用される泥水は、水性または油性であり、化学添加物を含む場合がある。油性泥水による掘削くずは、排水中に高濃度の油関連汚染物質を含む可能性がある。 * 地熱分離装置から排出される水は、重金属を含んでいる可能性がある。 * 井戸の吹き抜けは、有毒な掘削添加剤や流体、地下からの硫化水素の放出につながる可能性がある。 * パイプラインの故障は、重金属、酸、鉱物沈殿物、その他の汚染物質を含む地熱流体や蒸気を地表に放 出する可能性がある。 |
| 水使用量 | * 地熱発電所は、1MW時あたり1,700ガロンから4,000ガロンの水を必要とする。 * オープン・ループ・システムは、（利用可能な資源を過剰に利用することで）大量の水を必要とする可能性があり、クローズド・ループ・システムは地下水源に水を戻す。 |
| 生息地と生物多様性 | * 坑井パッド、パイプライン、アクセス道路のための整地。 * アクセス道路、パイプライン、送電線による生息地の分断。 * 地域へのアクセスが増加し、労働力が地域に導入されることにより、密猟や狩猟が増加する。 * 架空送電衝突による鳥類／コウモリへのリスク。 |
| 保護地域 | * 地熱地帯は、保護地域に近かったり、保護地域内にあったりする。 * 地熱発電所の多くは、人里離れた敏感な生態系ある。 * アクセス、道路、送電線が改善されたことで、保護地域の脆弱性が高まった。 |
| 廃棄物 | * 地熱発電所から出る廃棄物の量は比較的少ないが、シリカ化合物、塩化物、ヒ素、水銀、バナジウム、ニッケル、そ の他の重金属の溶出の影響の可能性があり、これらは有害物質として分類される可能性がある。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **課題** | **コメント** |
| 地震リスク | * 熱水発電所は地質学的に "ホットスポット "と呼ばれる、地震のリスクが高くなりがちな場所に設置される。 |
| 視覚的・美的価値 | * 景観の視覚的アメニティが変化する。これは、観光客に対する地域の魅力を低下させるかもしれないが、産業観光（施設への訪問など）の機会を生み出すかもしれない。 |
| 土地と生態系の回復 | * 地熱発電所の平均的な寿命は、屋内機器で 20～25 年、地上ループで 50 年以上である。廃止措置が行われる場合、跡地は元の状態への修復が必要となる。 |
| **社会経済** |  |
| 地域経済と生活 | * 人と建造物の移転。 * 受入コミュニティの公共圧力が高まる。 * 農作物栽培などの経済活動から離脱した人々。 * 漁業活動、作物栽培、その他の農業収入の損失、排水による作物への被害。 * エネルギー会社による土地の買収により、小規模事業や企業活動から得られる収入が失われる。 * 土地の所有権をめぐるコミュニティと地熱エネルギー企業の対立。 * 先住民コミュニティとその伝統的または慣習的な土地や資源に悪影響を及ぼす。 * 雇用創出による地域経済への恩恵（雇用と労働項を参照）。 |
| 雇用と労働条件 | * プロジェクトおよび関連事業・活動の建設・運営段階における雇用。 * 標準以下の労働条件。 * 労働者の安全。 * 労働者は新しいスキルを学ぶ機会がある。 |
| ジェンダーと脆弱性 | * 弱者グループ（貧困層、女性、障害者、子ども、高齢者、先住民コミュニティなど）は、不利な立場に置かれ、特別なリスクにさらされる可能性がある。 * 主に男性の建設労働者が流入した結果、ジェンダーに基づく暴力や人身売買が発生した。 * 新規プロジェクト内での雇用機会。 * 社会的弱者が新しい技能を身につけ、新しい技術を学ぶ機会を提供する。 |
| 文化遺産 | * 宗教的、歴史的、考古学的遺跡や資産を失う。 * 送電線、パイプライン、アクセス道路により、文化遺産が破壊・損傷される可能性がある。 * 文化遺産へのアクセスが制限されている。 |
| 健康と安全 | * 近隣住民は、硫化水素含む大気汚染にさらされる可能性がある。 * 地域社会にとっての一般的な危険には、高温の部品との接触、機器の故障、活動中または放棄された井戸の存在などがある。 * 交通、道路、人口の流入、騒音、振動、臭気、蒸気などの短期的な混乱。 |
| 公共サービスとインフラ | * インフラ（道路、橋、学校、保健所、行政の建物など）は、地熱エネルギー会社が地域社会に投資すること で、改善される可能性がある。 * 移民の流入により、公共サービスやインフラへの圧力が高まる。 * 大型車や輸送機関は、既存の道路や損傷させる可能性がある。 * 建設期間中、車の交通量が増加する。 |

* + 1. **環境問題**

### 生息地と生物多様性 11

地熱発電事業の立地は、地熱エネルギーを最も多く産出するのに適した地質条件に基づいて選ばれる。そのような場所は、インドネシアのスマトラ島の密林のような、自然の生息地（それは時に重要な生息地 であることもある）の中にあることもある。あるいは、植林地や水田のような、生物多様性に重要な価値を持つ可能性のある、改変された生息地内 にある場合もある。坑井パッド、発電所、冷却塔、パイプライン、アクセス道路、送電線その他の関連施設など、必要なインフラの建設を可能にするために、重機によって森林や植生を伐採する必要がことはよくあることである。

皆伐は生息地を直接的に失い、そこに依存する動物相（保護種や絶滅危惧種を含む）を移動させる。動物たちは、森林内の別の場所に適切な生息地があれば、そちらを探さざるを得なくなる。その結果、移動した個体が資源をめぐる 競争を激化させたり、ような地域で優勢でない他の種を駆逐し たりする可能性がある。また、進入路での工事車両との衝突による交通事故死も起こりうる。

一般的に、アクセス道路や送電線用地の開発は、生息地の分断化によって、生物多様性に長期的に重大な影響を与える。これは、開発前はもともと「全体」であった生息域が、分断によって複数の領域に分割されることで発生する。動植物種にとって、分断化は、以前は餌や隠れ家、繁殖地として利用し ていた生息域への移動を制限したり、妨げたりすることによって、バリア 効果をもたらす。樹上性種（ほとんど樹冠内のみを移動する種）、小型哺乳類動きの遅い種は、生息地の分断に対して特に脆弱である。

長期的に見れば、森林が永久的に分断されると、動植物種の遺伝子プールは多様性を失い、落雷や洪水などの予測不可能な偶然の出来事に対してより脆弱になる傾向がある。また、森林を貫くアクセス道路は「エッジ効果」をもたらし、微気候が恒久的に変化し、植物種が日照量の増加にさらされながら生き残るのに苦労するようになる。アクセス道路はまた、外来種を持ち込むリスクも高める。

また、かつて未開発で比較的アクセスしやすかった地域にアクセス道路が建設されると、野生生物の違法な狩猟や取引、密猟が増加し、木材やその他の林産物の違法伐採が増加する可能性もある。

同様に、地熱発電所の投光照明も、そのような環境の変化に耐えることができない野生生物の種の移動を引き起こす可能性がある。それは、他の生息地を探させることになり、あまり優勢でない種を追い出し、資源や隠れ家をめぐ る競争を激化させる影響の可能性がある。

地熱発電所から排出される硫黄は、発電所周辺の植生の成長を妨げる可能性がある。

一旦地熱坑井パッドが設置されると、通常、その坑井パッドが実行可能かどうか、また収量がどの程度か試される。多くの場合、いくつかの坑井パッドは採算が取れず、最初に計画した以上の掘削が必要になる。場合によっては、坑井パッドは廃止されるか、完全に放棄される。通常、地熱発電事業は、当初計画されていた面積が変更されることがあり、当初想定されていたよりも生息地が 失われ、面積が拡大することもある。

地域全体で複数の地熱発電事業を開発することは、生息地や生物多様性への負の影響を増幅させ、そ れぞれの事業の影響は限定的であっても、累積的な生物多様性の移動、もしくは喪失という重大な結果を もたらす可能性がある。

生物多様性と生息地の喪失、あるいは種が生息地を利用する方法の変化は、元の生態系の全体的な機能を混乱させ、バランスを崩し、一部の種と生態系サービスのさらなる喪失につながる可能性が**ある(13)。**

これらの問題を評価し、ミティゲーションを特定する必要がある（ボックス9.1参照）。

**ボックス 9.1：サルラ地熱発電所（インドネシア）における生息地と生物多様性へのリスク**

*出典アドバルーン（2019年）、アドバルーン（2020年）*

インドネシアのサルラ地熱プロジェクト（図 9.2）は、生物多様性の価値が高い地域で開発された。このプロジェクトは、生物多様性の価値の高い生息地や生物多様性に対して、ようないくつかのリスクをもたらすことがわかった：

* 生息貫くアクセス道路の建設により、生息地間の連結性が失われる。
* 自動車との衝突による動物種の死亡率。
* 絶滅危惧狩猟や密猟の増加。
* 坑井パッドを含むプロジェクト構成要素のための生息地の伐採。

このプロジェクトでは、リスクをミティゲーションするために、重要生息地アセスメントと生物多様性行動計画（BAP）が策定された。BAPは、霊長類のための道路横断の設計、地域の生息地と種のコミュニティと従業員の意識向上、動物種との衝突回避のための速度制限の実施など、プロジェクト実施すべき行為を推奨した。

### 保護地域

利用可能な地熱資源を最大限に活用しようとする動きがある場合、地熱開発が国立公園のような保護 区内やその近くで行われる危険性がある。地域によっては、開発用の坑井を作ったり、アクセス道路を建設したり、送電網にエネルギーを送るための 送電線を建設するために、保護地域に侵入することを回避するのが難しいところもある。断層線上の地形は一般的に険しく、場合によっては、地熱資源に到達するための唯一可能なアクセスルートが、保護地域の一部を横切ることになるかもしれない。同様に、送電線を保護地域の一部に通すことが、最も費用対効果の高い、あるいは唯一の実現可能な 技術的解決策である場合もある。

保護区への侵入は、生息地の直接的な損失と分断をもたらす（前項参照）。しかし、保護区は自然保護を目的としているため、その影響はさらに重大なものとなる可能性がある。そのため、保護区には、他の場所にはあまり存在しないような動植物種が生息している可能性があり、これらの種は撹乱や人間の存在に対して特に敏感である可能性がある。したがって、保護区への侵入は、価値の高い生物多様性の損失につながる可能性がある。これらの生息地が重要な生息地でもある場合は特にそうである。

地熱エネルギー開発は、たとえその開発や関連インフラが実際に保護地域内になくても、保護地域へ のアクセスを不注意に増やしてしまう可能性がある。これは、木材やその他の資源を保護地域から違法に持ち出すことを可能にし、違法密猟の機会を増やすことによって、保護地域の劣化につながる可能性がある。

### 大気の質

クローズドループの地熱エネルギーシステムでは、井戸から取り出されたガスは大気に放出されず、熱を放出した後に再び地中に注入される。13 IFC (2012d); ADB (2019年および2020年)

最小限に抑えられる。対照的に、オープンループシステムは、硫化水素（H2S）、二酸化炭素（CO2）、アンモニア、メタン、ホウ素を排出する**(14)。**

大気中に放出されると、H2Sは二酸化硫黄（SO2）に変化し、高濃度で放出されると強い悪臭を放つ。これは、血流に吸収されて心臓や肺の病気を引き起こす可能性のある小さな酸性微粒子の形成に寄与する。SO2は酸性雨の原因にもなり、農作物、森林、土壌を傷め、湖や河川を酸性化する。しかし、地熱発電所からの SO2 排出量は、石炭火力発電所（CFPP）からの排出量に比べ、1MW 時あたり約 30 倍低く、場合によってはゼロになることもある**(16)。**

地熱発電所から排出される H2S は、曝露された一般住民に悪臭の迷惑をかける可能性があり、中には体積比で 0.002ppm という低濃度の H2S を検知できる人もいる(17)。

地熱発電所の中には、少量の水銀を排出するものもあるが、これは "スクラバー "やエアフィルタ ーなどの水銀フィルター技術を使ってミティゲーションしなければならない。これは一般に、その土地の環境の性質（つまり、熱水が自然に水銀やヒ素を含むことがある）によるものである。例えば、西ジャワの研究では、熱水には最大2.6ppmのヒ素と6.5ppbの水銀が自然に含まれる可能性があり、表面の熱水変質は最大50ppmのヒ素と800ppbの水銀をもたらす可能性があることが示された。

しかし、地熱発電所の排出量は、化石燃料を燃やす発電所やバイオエネルギーの排出量に比べれば、ごくわずかである。例えば、地熱発電所が排出する硫黄酸化物(SOx)と窒素酸化物(NOx)は、同程度の発電能力を持つ石炭火力発電所の約 1%、CO2 排出量は 5%で**ある(18)。**

スクラバーは水銀の大気排出を削減できるが、捕獲した物質（硫黄、バナジウム、シリカ化合物、塩化物、ヒ素、水銀、ニッケル、その他の重金属など）からなる水のようなスラッジを生成する。この有毒なスラッジは、有害廃棄物処理場で処分しなければならない。

建設期間中も、建設車両からの排気ガスや粉塵によって、地域の大気の質に影響を与える可能性があ る。地熱ガス（主に硫化水素）への職業暴露は、パイプラインの故障などによる非定常的な地熱流体の放出や、 パイプライン、タービン、コンデンサーのような閉鎖空間でのメンテナンス作業中に起こる可能性がある。H2S ハザードの重大性は、その施設に特有の場所や地層によって異なる。

### 水質

クローズドループの地熱発電システムは、採水された水のほとんどが、2 本目の井戸を経由して地下水源に戻されるため、水質への影響はほとんどない。しかし、オープンループのシステムでは、地熱水が水域に排出されるリスクがある。地下貯水池から採水された地熱水（ブライン）は、硫黄、塩、その他のミネラルを多く含んでいることが多 く、それが排出される水域や水路の水質に悪影響を与える可能性がある。その結果、水生生物の生息環境の悪化、変化、あるいは喪失、さらには下流の水利用者への影響につながる可能性がある。また、地熱発電プロセスから排出される蒸気が、建物の屋根を腐食させたり、近隣の地域の生息地や被害を与えた例もある19 (20) 。

14 Kagel*ら*（2005年）

15 レイトン*ら* (1981)

16 UCS (2013b)

17 レイトン*ら* (1981)

18 Duffield and Sass (2003)

19 UCS (2013b)

20 ツリース（2021年）

オープン・ループ・システムとクローズド・ループ・システムのいずれにおいても、建設・操業活動が、土壌侵食やそれに伴う水路の堆積（土壌侵食のセクションを参照）、あるいは有害廃棄物の偶発的な排出（次のセクションを参照）により、水質に悪影響を及ぼすリスクがある。

掘削や建設の段階で、汚染物質や地熱流体の偶発的な流出が起こる可能性があり、地表水の水質に悪影響を与える可能性が**ある(21)。**

適切に管理されなければ、井戸パッドや池からの汚染された流出水、特に雨季の洪水時の流出水も水質に影響を及ぼす可能性がある。

### 廃棄物

地熱発電事業における固形廃棄物の最大の発生源は、掘削の際に出る土砂例えば土、岩石、泥)である。この土砂は、ドリルピットに一時的に保管される(例えば、掘削で出た泥は、一時的な泥ピットに保管される)22 。

その他の建設廃棄物の流れとしては、以下のようなものがある：

* 包装材料
* 建築資材
* 金属スクラップ
* 余分な土壌
* プラスチックおよび石工製品
* 伐採された植生
* 衛生廃棄物
* 空の化学薬品保管容器
* コンクリートの洗浄水。

これらの廃棄物は、適切に管理されなければ、水質や土壌の質にリスクをもたらし、埋立地を圧迫する可能性がある。

### 水使用量

クローズド・ループ・システムは、蒸気タービンを駆動した後の地熱水の蒸気を回収し、冷却プロセスを経て凝縮させて水に戻し、その水を第2の井戸を経由して地下に戻す。つまり、ほとんどすべての水が地下の水源に戻される。

それにもかかわらず、蒸発と "ブローダウン"**(**blow down)による水のロス(約2%)がある**23** 。一部は冷却過程で蒸気として失われるが、残りは凝縮され、大規模な冷却池に送られ、その後(例え ば、海洋や淡水)排出される。

地熱発電所の掘削段階では、大量の地表水が必要であり、アクセス可能であれば、近くの川や湖から取水 するのが普通である(24) 。世界のいくつかの地域(東南アジアなど)では、雨季には十分な地表水があるが、夏の乾季には利用できないことが多い**24** 。

火力発電所と同様に、オープンループの地熱発電所も、地熱資源とは別の冷却水源を必要とする。この水は、淡水か地下水から供給される。

21 世界銀行（2017年）

22 adb (2019)

23 ブローダウンとは、冷却システム内に塩類などの腐食の原因となる鉱物が蓄積するのを回避するため、冷却システムの水の一部を意図的に放出し、新しい冷却水をシステムに加えるプロセスを指す。

(24) Alamsyah*ら*（2020年）

地域の水資源の利用可能性にもよるが、これは地域の水資源に対する過剰な需要につながり、地域社会や家畜・作物が利用できる淡水を減少させる。これは乾季のコミュニティにとって特に問題となる。

蒸気サイクルからの凝縮水は冷却使用される。水の約70％は冷却塔で蒸発する**(25)。**あるいは、空冷式復水器を使うこともできる。空冷式復水器は、大規模なファンを使って冷却空気の流れを発生させ、蒸気を水に凝縮させる。このような運転に水源を必要としないが、騒音が発生する（騒音の項を参照）。

### 土壌浸食

土壌侵食は、地熱発電プロジェクトの構成要素、パイプライン、アクセス道路、送電線などのために、 土地を整地する際に起こる可能性がある(26) 。坑井パッドを平らにし、アクセス道路を作るために、大量の土壌が掘削される**ことがある(26)。** このような植生、特に根の除去は、土壌の安定性を低下させる。

降雨量が多い地域では、露出した土壌が洗い流され、近くの水路の堆積につながる可能性がある。これは水質を低下させ、水生種の生息域を変化させたり、喪失させたりする可能性がある。土壌侵食はまた、地域社会にとって健康と安全のリスクとなる、局地的な地滑りにもつながる可能性がある（健康と安全のセクションを参照）。

### 騒音と振動

地熱発電施設の開発には、いくつかの建設と試運転の段階が含まれ、それらは有害なレベルの騒音と 振動を発生させる可能性がある：

* 蒸気フィールドの開発には、地熱井の掘削が含まれ、掘削や坑井試験活動、泥水ポンプ、コンプレッサー、油圧ポンプ、発電機などから騒音や振動が発生する。
* 地熱井のゴミを取り除くためのパージは、垂直排出を伴い、非常に高い騒音レベルを発生させる。しかしこれは通常数続かない。坑井の出口を遮蔽し、侵入リスクの低い時間帯(平日など)に作業を行うことを除けば、ミティゲーションオプションはほとんどない。
* 一般的な建設騒音と振動の影響は、発電所、支援インフラ、現場事務所ビルの建設からもたらされる。現場に輸送される機器は非常に大きく、輸送される地域社会で一時的に迷惑な騒音と振動を引き起こす可能性がある。
* 施設の操業中、騒音の主な発生源としては、大流量の蒸気パイプライン、供給ラインに設置されたトラップ、蒸気ベント、井戸のメンテナンス、発電プラントなどが考えられる。

### 地震リスク

地熱発電所は、地震が起こりやすい地震活動地域にある。一般的に、地熱発電事業そのものは、重大な地震リスクを発生させることはないと考えられている。しかし、地熱発電事業が、(岩盤の掘削によって "せん断 "や "亀裂 "を生じさせることで、) 局所的なレベルで微小地震を誘発し、それが近隣のコミュニティによって知覚され、 影響を与える可能性が例もある(Box 9.2 参照)**27** 。

25 USDE（2006年）

26 世界銀行（2017年）

27 USDE（2007年）

**囲み記事9.2：地熱システムが引き起こしたスイスの地震**

*出典Choi (2009)*

2006年、スイスの地熱発電システムが、自然地震の多いバーゼルでマグニチュード3.4の地震を引き起こした。このプロジェクトによって誘発された地震が、バーゼル地下の自然地震とどの程度関連するのか、専門家による評価は行われていなかった。

物的損害の代償を求める裁判がジオサーマル・エクスプローラー社の代表に対して起こされ、同社はその後このシステムを停止した。

### 視覚的影響

安全上の理由から、地熱発電事業では、エンジンの運転が中断された場合にメタンガスを処理するために、 地上フレアを設置する場合がある。ベストプラクティスは、密閉された地上フレアを使うことである。通常、フレアは短時間のものである。適切な技術が選択れれば、大気質への影響は重大性ではないと予想される。しかし、景観の視覚的快適性は変化する。これは、観光客や地元住民に対する地域の魅力を低下させ、場所によっては不動産価格に影響を与える可能性がある。

地熱発電事業とそれに関連するパイプラインの開発は、景観にネガティブな視覚的・空間的影響(例 えば植生や野生動物の生息地を変える)を与える可能性がある**(28)。** いくつかの国では、地熱発電は保護地域に位置し、発電所、アクセス道路、送電線、そ の他の施設の建設は、自然の視覚的景観を変える傾向があり、最終的には観光地としてのその地域の 魅力を損なう可能性がある。29 **30**

しかし、地熱資源はしばしば天然温泉と重なり、観光開発の機会を与えて。アイスランドはその典型例である。

### 土地と生態系の修復

上述したように、地熱発電開発には、環境破壊や環境悪化の可能性に関して重大なリスクがある。(例えば、地熱発電所用地の準備や、新しいアクセス道路、パイプライン、送電線を建設する際の不必要か過度な森林伐採、生息地の破壊、生物多様性と生態系サービスの損失、土壌侵食や汚染)。これは特に、SEA（そしてその後のプロジェクトレベルの EIA）によって提案されたミティゲーションが不十分であったり、効果がなかったり、あるいは実施されなかったりした場合に起こる。このような劣化の重大性と深刻性は、影響が累積的かつ広範囲に及ぶ場合に、さらに深刻化する可能性がある。このような累積的影響は、複数の地熱発電事業が景観をまたいで行われるような場合に発生する可能性が高い。

環境への影響は、通常、土地や生態系の修復（第2章、2.6.6 節を参照）を必要とし、またその必要性につながる。地熱発電所の平均的な寿命は、屋内機器で 20～25 年、地上ループで 50 年以上である。廃止措置が実施される場合、その跡地を以前の状態・状態に戻すことが必要となる。最低でも、地熱発電所が開発される前に、その生態系や土地に自然にあった種を混ぜて植え替え、再播種するなどして、元の状態に戻すことが必要である。

28 Manzella*ら*（2018）。

29 ネパールには保護区内に100以上の施設があり、インドには重要な保護区内で開発中の施設が74ある。詳しくは2020年のBBCニュースの記事[www.bbc.co.uk/news/science-](http://www.bbc.co.uk/news/science-)environment-52023881）を参照のこと。

30 ソルタニ*ら*（2021年）

## 社会経済問題

### 地域経済と生活

他の多くの再生可能エネルギー開発と同様に、地熱エネルギープロジェクトは、地域社会に機会を提供 するだけでなく、ドリルリグ、坑井パッド、アクセス道路、パイプライン、送電線、その他の関連施設 のための土地へのアクセスに関連するような、様々なリスクや起こりうる影響も提供する。

土地の取得は、物理的、経済的な移転(displacement)を引き起こす可能性がある。地熱発電事業に必要な土地の平均面積は、他の再生可能エネルギー事業よりも小さい(Box 9.3 参照)。最も土地を必要とするのは、坑井パッド、発電所、関連インフラの建設である。それ以前の掘削段階でのアクセス道路や貯蔵施設の建設は、影響を受けるコミュニティの生計活 動に短期的な障害をもたらし、以前はアクセスしにくかった天然資源のある地域を開放することになる。



**ボックス 9.3: 地熱発電事業に必要な土地**

*出典地熱技術事務所(undated); ADB (2019b)*

地熱発電のフットプリントは小さい。米国地熱技術局は、地熱発電所全体が1メガワット（MW）あたり1～8エーカー（0.4～3.2ヘクタール）を使用するのに対し、石炭発電所は1MWあたり19エーカー（7.7ヘクタール）を使用すると見積もっている。

アジア開発銀行が融資しているインドネシア・ジャワ島の110MWディエン(2)地熱発電拡張プロジェ クトでは、主に新しいパイプラインとアクセス道路、そして発電所と5つの坑井パッドのために、様々な場所 で合計約30.8ヘクタールが必要と見積もられている。プロジェクトの住民移転計画によると、5つの坑井パッドと発電所用地に30.8ヘクタールが必要となる。この用地は肥沃で集中的に耕作されている地域であるため（図 9.3）プロジェクトのための土地取得は 106 人（29 世帯）の生計に直接影響を与え、4 人のリースコーディネーター（21 ）、特にこの地域の小農、小作人、小作人に間接的な影響を与える。

**図 9.3: インドネシア、ジャワ島のディエン地熱拡張プロジェクトの位置**

*画像提供：ADBADB提供（2019b）*

坑井パッドは一般的に設置面積が小さく、関連するインフラは直線的か地下にあるため、慎重に配置・設計することで物理的な移転を回避または最小化できる場合が多い。

地熱の探査と開発のための土地取得は、他の再生可能エネルギー事業とは異なる。探鉱のための土地は取得されるかもしれないが、探鉱-通常、いくつかの井戸の掘削を伴う-は、資源 （地熱エネルギー）の存在を実際に確認できないかもしれないし、経済的に開発する価値がないかもしれない。それに比べれば、風力や太陽エネルギーのモデリングは、机上の作業で十分な収量を決定することができる。地熱資源が特定の場所に存在することは、地域社会の中で土地の所有権や、時には土地代償の取り決め をめぐる紛争の影響の可能性を高めることになる。土地の所有権をめぐる紛争は、地域社会の緊張を引き起こす可能性がある。

逆に、地熱発電事業は他の土地利用と調和して建設され、生計の便益をもたらすことができる(Box 9.4 参照)。

**ボックス 9.4：地熱エネルギーからの生計利益**

*出典地熱技術事務所 (未発表)*

米国の地熱技術事務所のウェブサイトでは、最も生産性の高い農業地域のひとつで、地熱インフラ周辺の土地が家畜の放牧や農業に使われ、国立野生生物保護区に隣接している、40万kW以上を生産している15の地熱発電所について触れている。詳しくは https://[www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-](http://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-) technologies-officeを参照のこと。

地熱発電事業は、その悪影響以外にも、地元にビジネスチャンスをもたらす可能性がある。他の再生可能技術と同じ、地元コミュニティは地熱事業者や請負業者に対して、 労働者のための宿泊施設や小売業などのサービスを提供することができる。2000 年、インドネシアのグヌン・サラク地熱発電プロジェクトは、保護林の中に位置し、その計画的なコミュニティ開発プログラムと責任ある環境評価され、権威ある環境賞を受賞した**(31)。** アイスランドでは、地熱サブセクターは、持続可能なエネルギー開発とともに、意思決定への参加、雇用創出、インフラの改善など、多くのステークホルダーに利益をもたらす。しかし、経済的に効率的なエネルギーシステムの追求と自然保護との間には、トレードオフの関係がある**(32) 。**アイスランドは、地熱発電所と並行して、予期せぬ新しい産業を刺激することができた(囲み 9.5 参照)。

**ボックス 9.5: アイスランドにおける地熱エネルギーに関連した新産業**

*出典マクマホン（2016年）*

アイスランドは地熱エネルギー生産を活用し、データストレージ、温室農業、エコツーリズムなどの新産業を刺激してきた。近年の火山噴火以前、アイスランドを訪れる観光客は、グリダヴィーク近郊の溶岩地帯にある有名な地熱温泉ブルーラグーンに魅了されていた。

技術者たちは観光客を受け入れるための発電所を設計し始め、地熱を利用した温室を設立し、地元の農家がトマトやキュウリなど、かつては輸入しなければならなかった作物を生産している。

31 Slamat and Moelyono (2000)

(32) クック*ら*（2022年）

### 労働安全衛生

他の種類の再生可能エネルギー事業と同様に、地熱エネルギーには以下のような職業上のリスクと危険 がある(33)。

* 閉鎖空間での作業による危険は、作業員による立ち入りや事故の影響の可能性は、地熱発電施設によって、 設計や現場の設備、地下水や地熱流体の存在によって異なる可能性がある。
* 地熱ガス、主に硫化水素にさらされるのは、非定常的な地熱流体の放出（坑井の吹き抜けやパイプラインの故障な ど）や、パイプライン、タービン、コンデンサーのような狭い場所でのメンテナンス作業中である。
* 建設作業中や、パイプ、井戸、関連する高温機器の運転・保守作業中に熱にさらされる。

大規模な地熱発電所の場合、多くのプロジェクトは、多国間開発銀行(MDBs)の環境・社会セーフガードの 対象となり、MDB の基準やエクエーター原則の環境・社会リスクマネジメントガイドラインや手順の対象と なる。これらは、労働と労働安全衛生の管理手続きについて、一般的な国の基準よりも高い基準（監視）を提供 するかもしれない。

### 地域社会の健康と安全

地熱発電事業は、地域健康と安全の問題をもたらす。、プロジェクトの探査、建設、操業の段階によって引き起こされる。建設段階では、プロジェクトのインフラに近い地域社会は、トラックや車の移動の増加、騒音、 振動、粉塵、悪臭、熟練労働者の流入など短期的な迷惑行為にさらされることになる。

地熱の廃水やガスの排出は、一般的に硫化水素やその他の凝縮しないガスを含み、地熱坑井の掘削や試 験の排出される水銀を含むこともある**(34) 。**これらの排出は、ガスの濃度や、感受性の高い受容体 に坑井が近いかどうかにもよるが、通常は重大なものではない。地熱坑井は、地下水の汚染を防ぐためにセメントケーシングが必要である(**35)。**

地域社会への健康リスクには、大気汚染（硫化水素ガスなど）への暴露、インフラの安全性の問題、水資源への影響などが含まれる**(36)。**適切な管理がなされなければ、工場からの廃水の放出は、地域社会の健康（皮膚病や呼吸器系疾患など）、衛生、悪臭に悪影響を及ぼす可能性がある。

ガスエンジン、掘削、建設車両、発電所の稼働による騒音は、地域社会や財産（例えば、騒音や交通渋滞は、地域社会の観光やホームステイに影響を与える可能性がある）や近隣のインフラに妨害や損害を与える可能性がある。

### ジェンダーと脆弱性

地熱エネルギー開発に関連する社会的リスク要因の一つは、水質と供給のである(9.3.1 節で議論)。これは、女性や女児に不釣り合いな影響を与える可能性がある。女性や女児は、家庭で使 用する水の主要な収集者であることが多く、きれいな水源までの移動時間が長くなれば、「時間の貧 困」37 を増大させるかもしれない。その他のリスクとしては、土地の取得や移転の可能性、そして地熱発電事業の住民移転計画と代償 手続きがある。加えて、地熱発電の開発には、地熱発電所の建設に必要な資金が必要である。

33 ifc (2007)

34 フィンスター（2015年）

(35) バスタファ*ら*（2019年）

36 ifc (2007)

(37）時間的貧困とは、やるべきことが多すぎるのに、する時間が足りないという経験や感覚のことである。

このことは、女性や社会的者、特に先住民族コミュニティに不釣り合いな影響を与える可能性があり、他の再生可能エネルギー技術よりも深刻な場合もある（先住民族コミュニティの項を参照）。

その他のリスクとしては、主に男性の建設労働者**39**や、民間の治安部隊や軍隊のような男性 の存在が流入する結果、女性に対するジェンダーに基づく暴力（GBV）、さらにセクシャルハラスメン ト、搾取、虐待が増加する影響の可能性がある（囲み 9.6 参照）。再生可能エネルギープロジェクトにおけるGBVのリスク増加に関する懸念は、他の技術でも議論されている（第5章と第6章のジェンダーと脆弱性の議論を参照）。

**Box 9.6: シェブロン地熱プロジェクトに対するコミュニティの反対（フィリピン**

*出典世界銀行（2019年）*

フィリピンのカリンガでは、西ウマの先住民女性たちがシェブロンの地熱エネルギープロジェ クトの開発を阻止し、同社がこの場所を放棄する原因となった。女性たちの不満には、資源に関連する文化的信念の無視、トラ草（女性にとって重要な換金作物）の損失、プロジェクト現場の資産を守るために予想される軍の駐留増加によるジェンダーに基づく暴力（GBV）への恐怖、奨学金や雇用機会など女性に対する不平等な代償と利益が含まれていた。

さらに、地熱エネルギーの専門職を目指す女性は、自分の役割や能力に対する社会的な期待や、包括的な 職場環境の欠如など、いくつかの障壁に直面することが多い**(40) 。**他の同様に、STEM 科目41 の教育や訓練へのアクセスや受講が制限されていることによる女性のスキルギャップ5 章のジェンダーと脆弱性の議論を参照)などの要因も、地熱産業での雇用機会を制限する可能性があ る。

### 先住民コミュニティ

地熱開発は、先住民のコミュニティや、伝統的あるいは慣習的な利用下にある土地にネガティブな影 響を与える可能性がある。地熱発電所は、しばしば火山や熱水の近くに立地するが、それらは地域社会にとって、文化的、 神聖、そして霊的な価値を持つことが多い。温かく硫黄分を多く含む湯の癒し効果は、しばしば地域社会の言い伝えの対象となる。

地熱エネルギー開発の可能性のある場所は、先住民族のコミュニティがある遠隔地にあることが多い。

章を参照されたい。彼らは、土地の取得や、彼らが依存している自然地域や資源へのアクセスを開放することによって、不釣り合い な影響を受ける可能性がある。カナダ・アルバータ州では、先住民族と地熱発電事業者の間で、公平なコミュニケーション・モデルを共 同で開発するという新しいアプローチが提案されている(42)。 これは、先住民族の権利に関する国 連宣言やカナダ政府と締結された条約にあるように、先住民族の自由で事前の、そして十分な情報に基 づいた同意という権利を尊重し、より適切な、コミュニティ中心のコンサルテーションを可能にすることを目 的としている。

他の種類の再生可能エネルギーを扱った章では、再生可能エネルギープロジェ クトに近い地元先住民コミュニティが、建設中や操業中に、プロジェクトに伴う雇 用機会から利益を得る影響の可能性を強調してきた。このような雇用は、先住民のコミュニティが、プロジェクトに関連する雇用機会から 利益を得る可能性がある。

38 世界銀行（2019年）

39 世界銀行（2019年）

40 世界銀行（2019年）

41 科学、技術、工学、数学。

42 Giang, et al.

例えば、資格や必要な技能や経験が不足している可能性があるため）。

カナダのブリティッシュコロンビア州では、クラーク湖地熱開発プロジェクトが、先住民主導で 4,050 万カナダドルを投じ、地域住民に雇用と経済的機会を提供し、再生可能エネルギー部門への移行を支援するために、労働者に能力開発と訓練を提供する予定である(43) 。廃熱は、近隣の木材産業や温室産業にも販売される可能性がある(43) 。太平洋の "Ring of Fire"（環太平洋火 力帯）では、先住民族が所有する他の地熱プロジェクトも開発される予定である(44)。

### 文化遺産

新しい地熱開発は、文化的重大性や美的側面から保護されている、あるいは珍重されている場所やその近 辺で行われる可能性があり、その場所の物理的、視覚的な状態を脅かしたり、損なったりする**(45)。** そのようなリスクは、地熱が持っていると信じられている聖なる癒しの特性のために、地熱の場所を頻繁に訪 れる先住民のコミュニティで顕著になるかもしれない**46**。また、そのような場所は、絶滅危惧種がいる脆弱な生態系や保護された生態系の中にあったり、 あるいはそれを含んでいたりすることもある**(46)。**

ケニアのオルカリア地熱発電所で行われた調査では、地熱発電プロジェクトの開発によって家族の人 数が最小化したことがわかった。これは、プロジェクトによってコミュニティの土地が徐々に失われていき、地元の文化遺産の保護に大 きな影響を与えたことと関連している。また、地元コミュニティは、外国人の文化的な態度が自分たちの文化に浸透し、外部との交 流のために文化的な対立を引き起こすことに不満を抱いていた**47**。

### 雇用と労働条件

地熱エネルギー開発は、建設と操業の両段階において、ある程度の雇用を提供する影響の可能性を 持っており、地域社会に新しいスキルを身につける機会を提供する。例えば、ニカラグアの 35MW のカシータ地熱プロジェクトの ESIA は、探査段階(2.5 年を予定)で、用地準備に 100 人、掘削に 100 人の雇用が生まれると見積もっている**(48) 。**化石燃料産業で培われたスキルは、地熱開発にも転用可能である(例：掘削の専門家、建設関連の役割)。図

9.4 によれば、2021 年の地熱エネルギーのサブセクターの雇用は 20 万人近くであり、このガイダ ンスの他のところで議論されている他の再生可能エネルギーセクターよりも、かなり少ない。

### 公共サービスとインフラ

他の再生可能エネルギーと同様に、地熱発電事業は、地方公共団体の管轄下にある公共サービスやイ ンフラに、チャンスとリスクの両方をもたらす可能性がある。重量のある建設車両や輸送は、既存の道路や道路に隣接する建物、特に橋梁を損傷する可能性がある。通常、エネルギープロジェクトは、そのコミュニティ施設やサービス全体の開発、改善、維持管理、利用に貢献する。これは、プロジェクトが単に特定のインフラを必要とし、これを整備するためかもしれないし、あるいは、より広範な企業の社会的責任（CSR）プログラムを通じてそうするためかもしれない。コミュニティ投資の影響の可能性については、他の再生可能エネルギー技術についても述べた。

地熱エネルギーは、非再生可能エネルギーからの脱却のために職を失ったり、失業の危機に瀕している人々 に、代替的な雇用機会を創出する可能性がある。

43 カナダ天然資源省（2021年）

44 詳細については、2021年のフォーブス記事「Asia's Ring Of Fire Is A Hot Spot For Net Zero Energy」[www.forbes.com/sites/mitsubishiheavyindustries/2021/11/15/asias-ring-of-fire-is-a-hot-spot-for-net-zero-](http://www.forbes.com/sites/mitsubishiheavyindustries/2021/11/15/asias-ring-of-fire-is-a-hot-spot-for-net-zero-)energy/）を参照のこと。

45 世界銀行 (2019b)

46 世界銀行（2019年）

47 Kabeyi and Olanweraju (2022)

48 世界銀行（2017年）

## 図9.4：2021年の技術別再生可能エネルギー雇用

*出典IRENA (2022d)*

