

地熱発電事業に関する補足情報収集

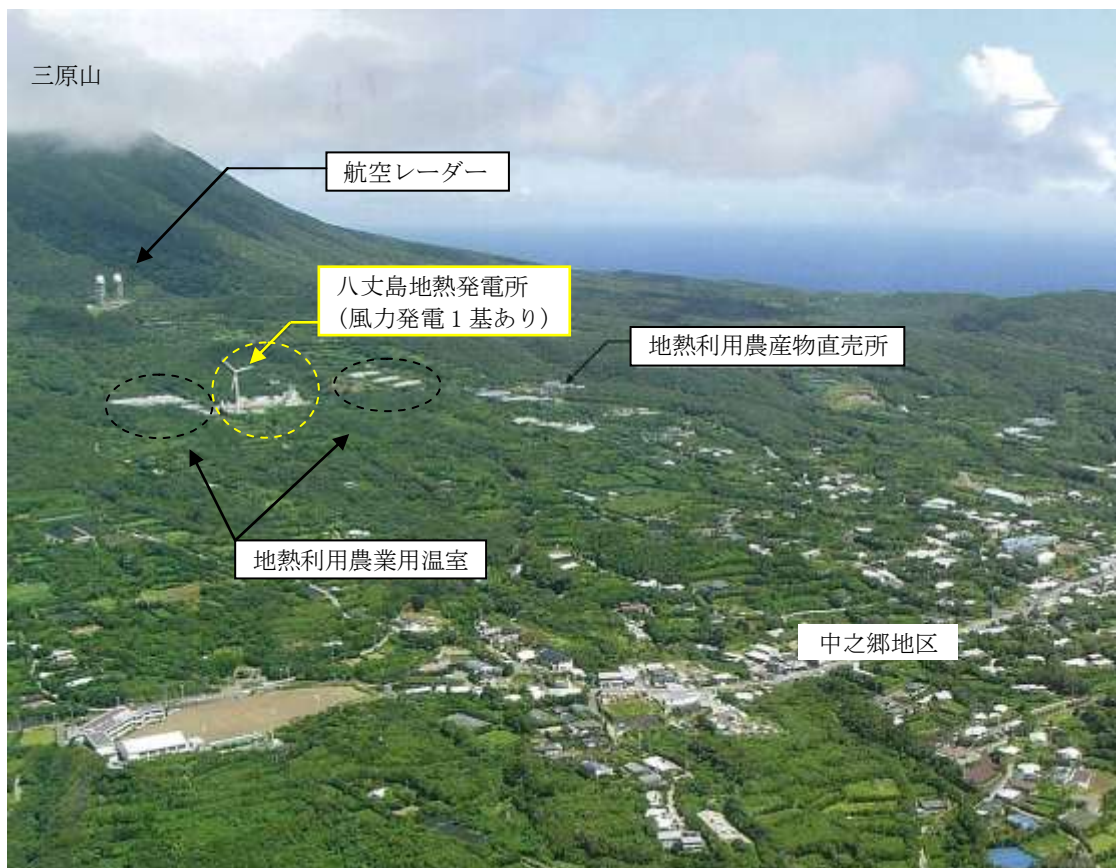
1. 八丈島地熱発電所について

認可出力が 3,300kWと事業用の中では最も小型の八丈島地熱発電所を対象として、情報の収集を行った。現地調査は平成 24 年 1 月 19～20 日の日程にて実施した。

以下に、現地調査や東京電力(株)へのヒアリング結果および既存資料の収集結果に基づいて整理を行った。

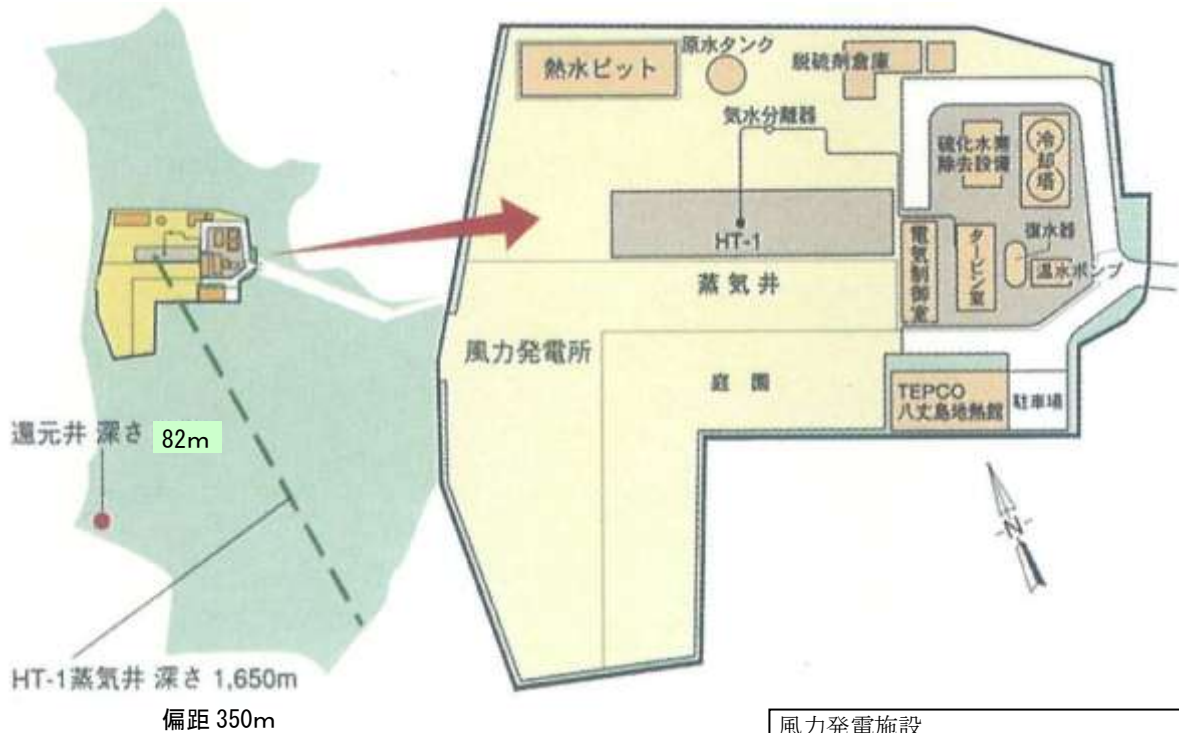
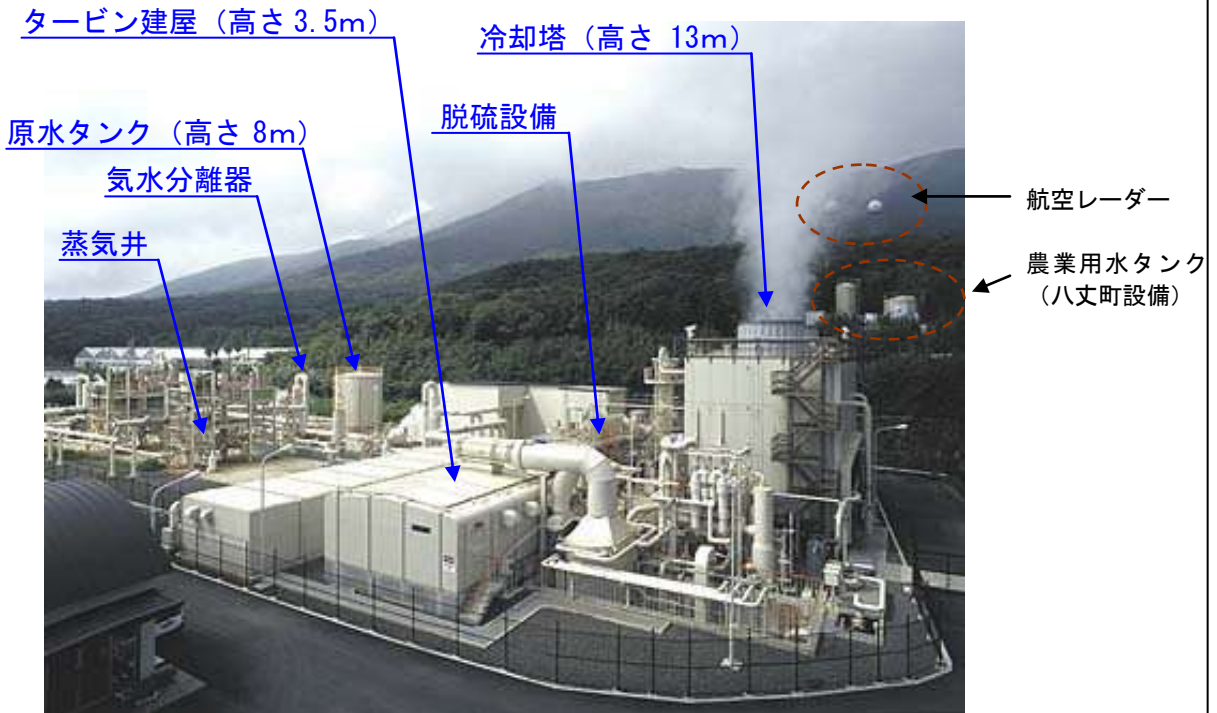
<八丈島地熱発電所の概要>

運転状況 (H22 年度)	認可出力	3,300 kW	
	最大電力	2,491 kW	
	稼働率((稼働日数/暦日日数)×100%)	76.4 %	
敷地面積	発電設備 (PR 館約 0.4ha 含む)	1.15 ha	
	輸送設備 (パイプライン) および道路	なし	
	坑井基地	なし	
	合計	10.39 ha	
坑井使用状況	生産井	使用中	1 本
		予備井	0 本
	還元井	使用中	1 本
		予備井	0 本
補充井の掘削経緯	運転開始後の掘削実績なし		



写真出典：東京都八丈町勢要覧はちじょう 2010

八丈島地熱発電所の概要



風力発電施設
(ブレード含め最大高さ約 64m)



上写真・図出典：
東京電力(株)パンフレット
(一部追記)

＜タービン建屋の高さについて＞

- ・建屋にクレーンを備えていないため、高さは 3.5m と低い。定期点検時には、屋根を開けて機器をクレーン車にて搬出。

タービン建屋（高さ 3.5m）



復水器（高さ 3.6m）



定期点検風景



定期点検風景



定期点検風景出典：東京電力(株)資料

＜冷却塔、気水分離器＞

- ・国立公園内であるため冷却塔は高さ 13m となっている。気水分離器も小型であり高さ 5.4m である。

冷却塔（高さ 13.0m）



気水分離器（高さ 5.4m）



<脱硫装置について>

- ・地熱流体中には硫化水素ガスが 700～2,000ppm 含まれており、東京都公害防止条例の排出口での規制値 10ppm を達成するために硫化水素除去設備を整備。
- ・脱硫の手順としては、まず LPG ガスで燃焼させて SO_2 へ。その後、薬剤処理にて $\text{Mg}(\text{OH})_2$ とし、曝気することで MgSO_4 (にがりのような物質) に変化させた後、産廃処理される。
- ・発生する水分は、開渠で熱水ピットへ送り、還元井にて地下へ。

脱硫装置（その他倉庫等）



熱水ピット



<送電について>

- ・地熱発電の設備容量は 3,300kW、風力発電 500kW も含めて最大 3,800kW であり、一般的な電柱にて送電が可能。よって送電鉄塔なし。
- ・構内の送電線は地下埋設。



<坑井について>

- ・3本掘削された生産井のうち使用中は1本。減衰はほとんどしていないが、熱水の割合が若干増加してきている。深さ1,650mで偏距は350m。
- ・還元井は1本で、ほとんどスケールが発生しない。キャップロックの上のごく浅い層に還元。(深さ82m)
- ・廃坑となった坑井はセメンチング充填処理を行い、地上部はフランジ(閉止栓)止め。

生産井



還元井への配管



廃坑後の状況



<PR館>

- ・年間15,000~17,000人の来訪あり。(現在は閉館中)

<風力発電について>

- ・1基設置されている風力発電施設は、支柱高が44m、ブレード長さが20.15m。
- ・設置当初、風切り音に対する住民苦情があったため、500kWの設備容量に対して300kWとして運転中。
- ・風力は出力が不安定であり、風致景観上の問題があることから増設の予定なし。



<地域との共生>

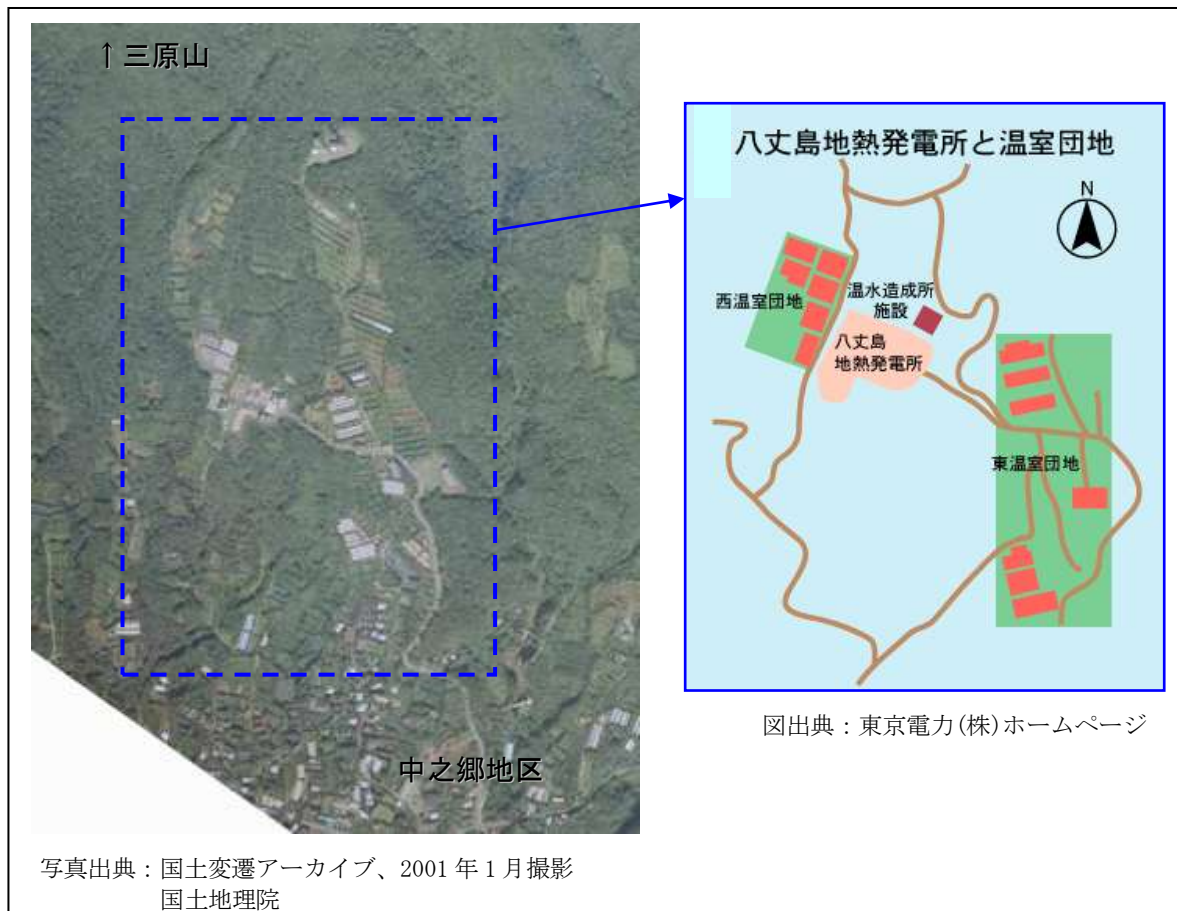
- ・八丈島の人口は約 8,300 人で最大電力需要は約 10,000kW（夏・昼間）。地熱発電で不足する分は、風力 300kW およびディーゼル発電によって供給。
- ・地熱発電所の周囲に八丈町が温室団地を整備し、地熱蒸気との熱交換によって得られた温水を無償提供（12～3月の冬季）。現在、11軒の農家が利用。
- ・温室団地内には、農林水産省の補助事業にて「エコ・あぐりまーと」という観光用温室（農産物直売所）を開設。

※「エコ・あぐりまーと」にてヒアリングした結果、地熱発電所の温水が提供されることで、温室では冬季の暖房費が坪あたり 5,000 円から 500 円に縮減。



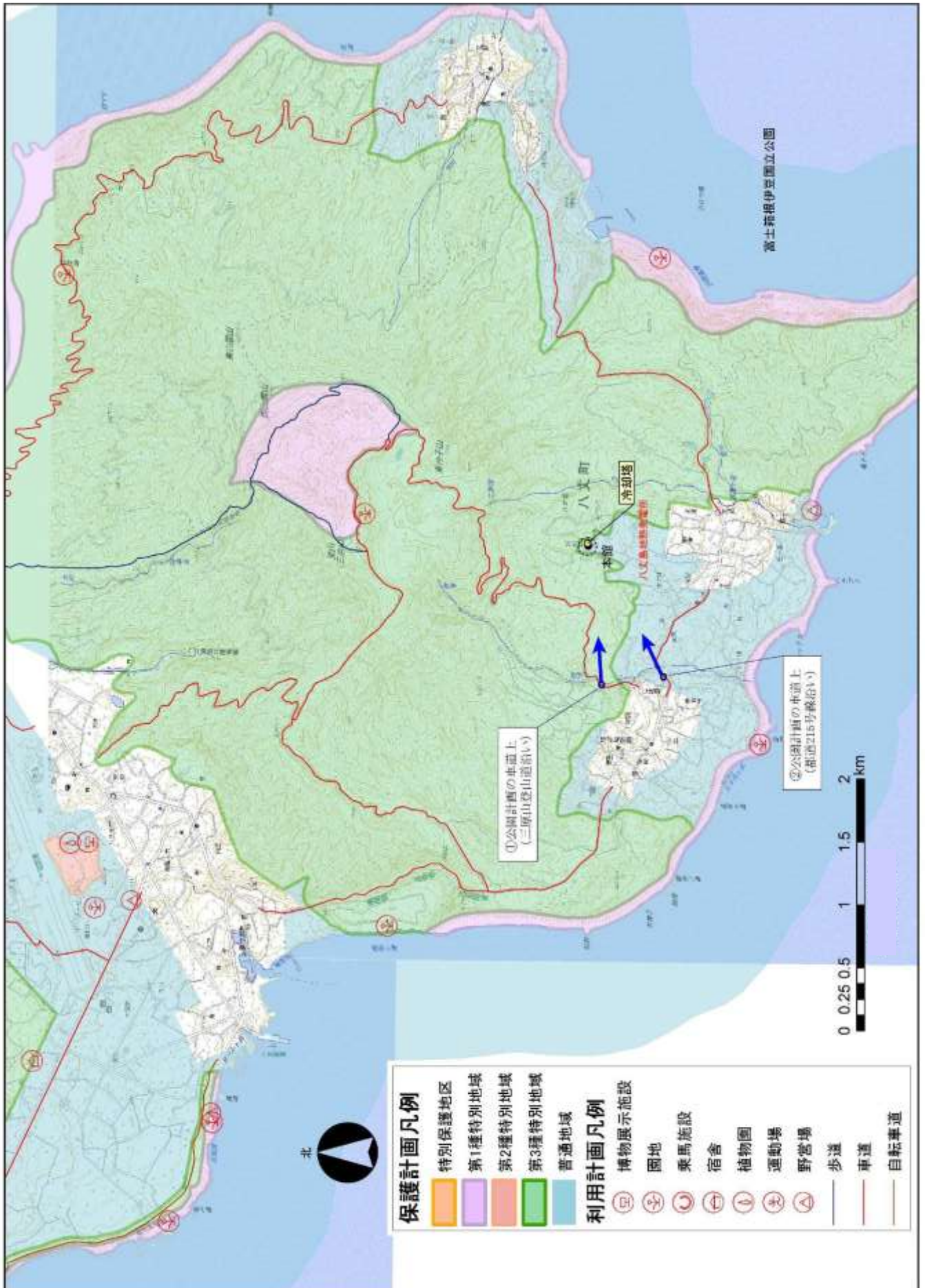
地熱の温水を活用した温室内の送風機

- ・「エコ・あぐりまーと」やPR館では、地元住民を雇用。



< 景観状況 >

- ・八丈島地熱発電所は富士箱根伊豆国立公園内に位置している。



地点番号：①	三原山登山道
地種区分	第3種特別地域
利用計画	車道



利用状況	檜立地区からの三原山登山道（三原林道）の途中に位置する。撮影時に利用者はみられなかった。
眺望の状況	発電所施設は眺望されないが、冷却塔からの水蒸気がわずかに確認された。一方で風力発電施設は人工建造物の少ない景観の中で、航空レーダーとともに目立つ存在となっている。
備考	三原山登山道沿いは、スダジイ-タブ萌芽林に覆われ風景の眺望地点はわずかであり、発電所が眺望される地点は限られている。

地点番号：②	都道 215 号線（生活道路）
地種区分	普通地域
利用計画	車道



利用状況	生活道路沿いであり、自動車の交通量が多い。
眺望の状況	檜立地区から中之郷地区へ向かう際に正面に眺望される。発電所施設は眺望されないが、冷却塔からの水蒸気がわずかに確認された。一方、風力発電施設は航空レーダーとともに目立つ存在となっている。
備考	周辺の生活道路や集落、国立公園の施設からは、地熱発電所の施設や蒸気はほとんど眺望されない。（風力発電施設はところどころで眺望される。）

2. 海外事例の補足情報について

オルカリア地熱発電所の現地調査及びケニア政府へのヒアリング結果について

1. オルカリア地熱発電所の概要

オルカリア地熱発電所は、ナイロビから北西 100km の位置にあるナイバシャ湖の南にあり、大地溝帯の中に位置するオルカリア火山複合体の地熱を利用している。1960 年代に地熱資源の探査が始まり、ケニア最大の電力供給事業者である Kenya Electricity Generating Company (KenGen) によって、アフリカで最初の地熱発電所として、1981 年にオルカリア I 発電所 (45MWe) の操業が開始された。同じく KenGen が操業するオルカリア II 発電所 (105MWe)、個別電力事業者である Orpower が操業するオルカリア III 発電所 (52MWe) を合わせると、オルカリア地熱発電所全体の発電量は 202MWe である。現在、オルカリア IV 発電所の新設とオルカリア I 発電所の拡張が進んでおり、2014 年までに 280MWe の発電量の増加が見込まれている。



写真：オルカリア II 地熱発電所の遠景

2. ヘルズゲート国立公園の概要

オルカリア地熱発電所の事業用地を含む約 80 k m²がヘルズゲート国立公園に指定されている。植生はアカシア等で覆われた森林と低木が疎に分布するサバンナで構成され、随所に火山性の断崖景観が見られる。キリン、シマウマ、トムソンガゼル、ヒヒ等の野生動物が観察できる他、家畜の放牧利用も行われている。国立公園の年間利用者数は約 10 万人であり、自動車やマウンテンバイクによるサファリなどが楽しめる。

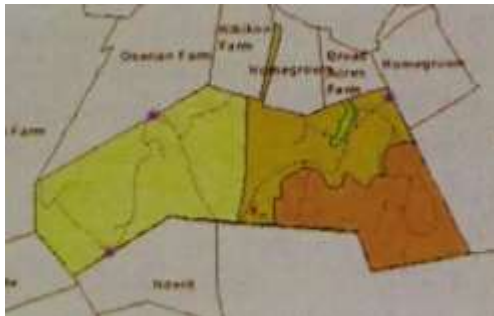
公園の北東にケニア野生生物局 (Kenya Wildlife Service: KWS) の事務所が設置されており、KWS のスタッフが公園の管理を行っている。公園は、①地熱開発に供する地域、②利用者の用に供する地域、③動植物の保護のための地域の 3 区分にゾーニングされている。



写真：公園風景



写真：KWS 事務所



図：ヘルズゲート国立公園のゾーニング図。左側の薄い黄色部分が地熱開発に供する地域。

3. 国立公園指定の経緯

オルカリア火山複合体は、1982 年施行された地熱法に基づいて、エネルギー大臣が指定する Geothermal Area に指定されている。1981 年のオルカリア I 発電所の稼働後となる 1984 年に、地熱発電の事業地を含む地域がヘルズゲート国立公園として指定された。以前からの国有地（放牧利用を認める）と花卉栽培農家から新たに購入した土地等を合わせた約 80 k m²がヘルズゲート国立公園として指定され、政府所有地となっている。

※ ケニアの野生生物法 (Wildlife Act) に基づく国立公園は、その用地の全てが国有地であることが必要。

4. オルカリア地熱発電所の環境配慮措置

オルカリア I 発電所の開発当時には、環境影響評価に適用すべきケニア国内の法制度及び国際的なガイドラインがなく、環境影響評価は実施されていない (NEMA ヒアリングより)。

オルカリア II 発電所は、1984 年にオルカリア地域がヘルズゲート国立公園に指定された後に、世界銀行の環境アセスメントに関する業務指令 (1989 年) に基づく環境影響評価手続きを経て、1992 年から 1994 年にかけて開発された。この環境影響評価手続きはケニアで初めて実施されたものである。この結果に基づき、KenGen と KWS は環境配慮措置の実施に関する事項を含む「ヘルズゲート国立公園における地熱開発に関する覚え書き (Memorandum of Understanding (MoU))」を締結した。その主な内容を表に示した。

オルカリア III 発電所は、1999 年に環境影響評価の実施について規定した包括的

な環境の管理に関する法律である Environmental Management and Co-ordination Act (EMCA)の施行後に建設された。ケニア国内法に基づき環境影響評価が実施され、オルカリアⅢの事業者である Orpower と KWS との間で 2000 年に同様の MoU が締結されている。

建設時に環境配慮措置が実施されていなかったオルカリアⅠ発電所についても同様の考え方に基づく見直しが行われており、例えば、鳥類へ配慮した送電線の線形変更が実施された他、配管については、動物の移動経路を妨げないための配管地下埋設又はループ設置、景観に配慮した色彩への変更などが進められている。

これらの MoU は、Wildlife Act に基づいて締結されたものであり、法的拘束力を有する。MoU に基づき、四半期に一度、地元のホテル経営者など全ての利害関係者を含めた会議が行われ、併せて MoU の見直しが行われている。発電事業者が行う公園内の全ての活動については、KWS との事前の協議と合意が必要である。

(KWS 現地事務所ヒアリングより)

<ul style="list-style-type: none"> ・すべての塩水の還元 ・土工によって導入されたと考えられるすべての新定着種の除去 ・地元で採取できる植物を用いた攪乱地の再生 ・動物の移動を妨げる障壁の除去 ・自由な動物の移動のための橋・パイプのループの設置 ・公園道路における速度管理と夜間の移動の抑制 ・外来種の導入の禁止 ・公園のルール、規制、野生動植物との関わり方について作業員・契約会社を教育 ・浸食の低減のための斜面改変の抑制と浸食管理のための再生事業 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業所と生産井への舗装道路 ・KenGen による騒音・大気汚染のモニタリングの継続、動植物のモニタリングと結果の共有 ・合同会議の設置と拡張計画の合意 ・道路計画の合意、ヘルズゲート国立公園及びランゴノット国立公園内の道路ネットワークの協調 ・発電所を隠蔽するための木本種の植栽 ・公園内から全ての飯場を撤去 ・KWS と KenGen により公園利用者とスタッフの治安・安全の強化策 ・将来的な環境と馴染んだ蒸気収集システムの構築
---	---

表：MoU に基づく環境配慮措置



写真：蒸気パイプのループ構造（キリン通行用）



写真：調整池周辺の動物接近防止柵



写真：蒸気パイプのループ構造（低背動物の通行用）、緑色にペイントされている。

5. オルカリア地熱発電所の地域社会への配慮措置

KenGen は、KWS とともに、全ての利害関係者が参加する四半期に一度の定期的な会合を実施している。この利害関係者には、放牧を行う人々やナイバシャ市民など広い範囲の地域コミュニティが含まれている。ここでの議論を踏まえて、KenGen は様々な社会影響への配慮措置を実施している。例えば、ケニア政府からの補償金、KenGen の水道事業及び学校運営などは、地域コミュニティにとって大きな経済的利益をもたらしている。公園利用者にとっては、KenGen によって整備されたナイバシャからオルカリアまでの舗装道路により、公園の利用上の利便性が向上している。また、環境教育などのセンターとしての機能も有しており、月平均 2,000 人の来訪者を迎えている。さらにオルカリア地熱発電所は地域コミュニティにとって重要な雇用の場を提供している。

これらのことから、地域コミュニティは、オルカリア地熱発電所を強く支持している。

6. 考察

2010 年現在のケニアの電力需要量は 1,278MWe であり、発電可能量は 1,482MWe である。このうち 761MWe が水力発電によるものであり、季節変動の激しい水力発電への過度な依存が電力の安定供給にとっての課題となっている。2018 年には電力需要量が 3,474MWe になると予測されており、そのうちの 3,189MWe を KenGen が供給する計画である。ケニアには石油資源がなく、また、近年の干ばつによって水力発電への過度の依存は危険であることが明らかとなったため、地熱発電への移行を進めており、将来的には KenGen が供給する電力の 49%を地熱発電によって賄う予定である。

一方、大型哺乳類を含む優れた自然環境によって構成される国立公園は外国人観光客からの外貨獲得のための重要な資源であり、ケニア政府の最優先課題である貧困撲滅のための政策手段のひとつである。このため自然環境の保全は、ケニア政府内の一致した政策になっている。

このように、電源開発側のエネルギー省及び KenGen も、自然環境保全側の KWS

も、互いに自然環境保全及び電源開発の重要性を尊重している。

電源開発側にとっては、発電事業用地を含んでヘルズゲート国立公園が指定されたことは、事業用地の国有地化という利点がある。ヘルズゲート国立公園の指定に先立ってケニア政府は民有地を買い上げており、このことは、KenGen や Orpower にとって、地熱発電所の建設にあたっての調整相手が民間から同一政府内の一機関となるという利便をもたらした。

自然環境保全側にとっては、公園内に地熱発電所を有することによって、施設や配管の敷設に対する補償金収入、公園内の道路開設・舗装などの便益施設、共同で実施するモニタリング調査の結果など様々な成果が得られる。特に補償金は KWS にとって公園管理のための重要な財源の一つとなっている。

地域コミュニティにとっても5に示したとおり、学校運営、道路整備、雇用の場の創出など様々な便益をもたらしており、オルカリア地熱発電所は地域コミュニティの強い支持を得ている。

このようにオルカリア地熱発電所の開発については、基本的には、自然環境保全との両立及び地域コミュニティの支持を得て行われている。

しかしながら、その自然環境保全への取組については、外貨の獲得のために重要な大型の哺乳類への配慮にとどまっており、それ以外の自然環境については、十分な配慮がなされていない。例えば、試掘井からの噴気試験に際しては硫化水素等の有毒な成分を含む蒸気が気水分離機などを通さず直接大気中に放出されており、周辺の広い範囲の植生に多大な影響を与えている例が見られた。また、発電所施設及び周辺の山肌を縫うように設置された配管その他の巨大な人工物の大半は、そのサイズ、色とも自然景観への配慮はほとんどなされないままに設置（例えば、大型哺乳類の通行のための配管ループは、景観としては明らかにマイナス）されており、自然景観とはまったく相容れないものである。



写真：試掘井から放出される蒸気



写真：左写真の蒸気にさらされて茶色に枯れた植生