

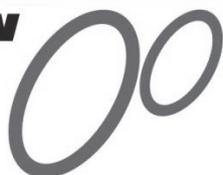
(24-56④) 平成24年度  
地熱発電の技術・環境課題の調査研究  
報告書

平成25年3月

一般財団法人 エンジニアリング協会

日本が生んだ世界のスポーツ

**KEIRIN**



この事業は、競輪の補助を受けて実施しています。

<http://ringring-keirin.jp>

# 序

本報告書は、財団法人JKAより機械工業振興資金の補助を受け、一般財団法人エンジニアリング協会 石油開発環境安全センターが実施した平成24年度「地熱発電の技術・環境課題の調査研究」の成果を取りまとめたものであります。

本調査研究の対象である地熱発電開発については、自然公園内での規制や既存温泉への影響に対する懸念などから、1999年の八丈島地熱発電所の開発以降、建設停滞期になり、2010年の設備容量は世界第8位に留まっているのが現状でした。しかしながら、その後、2010年6月の行政刷新会議で再生可能エネルギーの導入促進が議論され、風力発電及び地熱発電については、自然公園法や温泉法等の許可の早期化・柔軟化に対する閣議決定がなされました。また、2011年3月11日の東日本大震災と福島第1原子力発電所事故は、エネルギー政策の見直しを余儀なくし、太陽光、風力及び地熱などの再生可能エネルギーの利用拡大に大きな期待が寄せられる結果となりました。特に、地熱については、火山国である我が国は世界第3位の地熱資源量を有すること、太陽光や風力と違ってベース電源として利用できること等の観点から、地熱発電開発への期待も高まってきました。

このような再生可能エネルギーの規制見直しと東日本大震災・福島第1原子力発電所事故以降のエネルギー政策の見直しが背景となって、地熱発電についても導入促進に向けた具体的な動きが2011年度に加速しています。特に環境省の動きに注目すると、自然公園での規制緩和を目的とした新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」(2012年3月)と「温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係)」(2012年3月)の発出が挙げられ、地熱発電事業を進める上で、風致景観・自然環境保全や地域との共生等への取組が益々重要になってきたものと考えられます。

このため、本調査研究では、地熱発電所設置に係る自然環境保全を確実に行うための「技術的基盤の整備」と「地域との合意形成・共生手法の検討」の2項目を調査検討の目的としています。更に、環境省新通知の優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案の提案を行い、第2種・第3種特別地域において自然環境保全と地域共生等に配慮した地熱開発を行うための基準・対応策等の明確化を試みました。

本調査研究では、石油開発環境安全センターに“地熱発電研究委員会(委員長: 江原幸雄 九州大学名誉教授・地熱情報研究所代表)”と“地熱発電環境リスク調査WG(座長: 一般財団法人電力中央研究所 窪田ひろみ 主任研究員)”を設置し、調査研究を進めてまいりました。本調査研究にご協力いただいた関係各位に対して心から謝意を表するとともに、本報告書の成果が各方面で有効かつ広範囲に活用されることを切望する次第です。

平成25年3月

一般財団法人エンジニアリング協会  
理事長 久保田 隆

## 序

我が国は地熱資源に恵まれ、2000万kWeを超える地熱発電ポテンシャルがあるとされ、アメリカ、インドネシアに次ぐ世界第3位の地熱資源大国である。また、地熱発電の心臓部である蒸気タービンの制作技術は世界最高レベルにあり、世界の地熱発電所の蒸気タービンの約70%を我が国のメーカーが供給している。このように資源も技術もある我が国であるが、残念ながら、現在の地熱発電の設備容量は約50万kWeで、世界第8位であり、また最近の10数年新しい地熱発電所が建設されてこなかった。世界各国で地熱発電が大きく進展している中で、わが国の地熱発電は大きな貢献をすることができなかった。

しかしながら、2011年3月に発生した東日本大震災とそれに引き続く福島第一原発事故は、わが国のエネルギー政策を根本から見直す必要を生じさせ、地熱を含む再生可能エネルギーの促進は国民的合意となった。

2012年7月から開始された固定価格買取制度は地熱発電の事業性を大いに高め、日本各地で地熱発電所建設に向けた開発調査が進展するとともに、小規模の温泉バイナリー発電導入の機運も高めている。このように地熱発電の機運が高まってきたが、実はそれを進めて行く上で2つの大きな障害が存在している。1つは多くの有望な地熱資源が国立公園特別地域内にあり従来開発できなかったことであり、もう1つは温泉地の近くに地熱発電所ができると悪影響があるのではないかとの懸念から地元の合意が得られず、地熱発電所建設に向けた動きが滞ることである。

以上の2つの課題は我が国の地熱発電を進める上でどうしても解決しなければならず、十分な検討が必要となっていた。そして、その課題に取り組んだのが、本研究「地熱発電の技術・環境課題調査研究」（平成24年度JKA競輪補助事業）である。本調査研究では、地熱発電所設置に係わる調査～建設～操業の各段階における“自然環境保全を確実にを行うための技術的基盤の整備”と“地域との合意形成・共生手法の検討”を行うとともに、さらに、環境省による新通知の優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案を提案した。詳細は本報告書を見て頂くことにするが、本研究で検討、整理、提案された内容は、今後我が国の地熱開発を進めていく上で、非常に大きな貢献をすると考えられる。先進的で包括的な内容を多く含む本報告書は、幅広い地熱関係者に利用され、わが国の地熱発電の進展に大きく寄与できると考えている。

本調査研究を終えるにあたって、実務を担当された窪田ひろみ座長をはじめとする地熱発電環境リスク調査WGの方々の献身的な努力に深く敬意を表したい。また、調査研究の方向性や成果に対する助言・指導を頂いた地熱発電研究委員会委員の方々、また、オブザーバーとして適切なご意見を頂いた経済産業省および環境省他の方々にも厚くお礼申し上げます。最後に、多くの課題を適切に処理され、本報告書完成を目指して奮闘された事務局の方々にも深く感謝申し上げます。

平成25年3月

地熱発電研究委員会

委員長 江原 幸雄

## 平成24年度 地熱発電の技術・環境課題の調査研究

### <地熱発電研究委員会 委員名簿>

委員長	江原 幸雄	地熱情報研究所 代表 九州大学名誉教授
委員	野田 徹郎	独立行政法人 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 顧問
委員	倉阪 秀史	千葉大学大学院 人文社会科学研究科 教授
委員	手塚 茂雄	電源開発(株) 火力建設部 地熱・土木建築室(地熱) 総括マネージャー
委員	窪田 ひろみ	一般財団法人 電力中央研究所 環境科学研究所 環境化学領域 主任研究員
委員	分山 達也	公益財団法人 自然エネルギー財団 事業局 研究員
オブザーバー (～H24年7月)	森 清	経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課長
オブザーバー (H24年8月～)	福島 伸一郎	経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 燃料政策企画室長
オブザーバー (～H24年7月)	橋 幹広	経済産業省 原子力安全・保安院 電力安全課 環境審査班長
オブザーバー (H24年8月～)	檜福 錠治	経済産業省 商務情報政策局 商務流通保安グループ 電力安全課 課長補佐(環境審査担当)
オブザーバー	中島 治美	環境省 総合環境政策局 環境影響評価課 環境影響審査室 審査官
オブザーバー	中島 英史	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 特命参与(地熱担当) 兼 地熱部長
事務局	中村 直	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 所長
事務局	山田 周治	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 総務企画部長
事務局	百田 博宣	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 研究主幹
事務局	青柳 敏行	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 研究主幹

## 平成24年度 地熱発電の技術・環境課題の調査研究

### <地熱発電環境リスク調査WG 委員名簿>

座長	窪田 ひろみ	一般財団法人 電力中央研究所 環境科学研究所 環境化学領域 主任研究員
委員	五十嵐 正之	新日鉄住金エンジニアリング(株) エネルギー事業部 プラント技術部 エネルギー関連プラント室長
委員	福田 聖二	JFEエンジニアリング(株) エネルギー本部 発電プラント事業部 地熱発電部長
委員	堀江 忠司	国際石油開発帝石(株) 技術本部 技術企画ユニット シニアコーディネーター
委員	渡辺 一郎	日本オイルエンジニアリング(株) 施設技術部 環境・安全グループ 主任技師
委員	鈴木 さとし	日本エヌ・ユー・エス(株) 地球環境ユニット ユニットリーダー
委員	渡辺 二郎	(株)物理計測コンサルタント 営業本部 副本部長
委員	前田 賢治	大成建設(株) 営業総本部 プロジェクト創造部 ディレクター
委員	米山 一幸	清水建設(株) 技術研究所 社会基盤技術センター 主任研究員
委員 (H24年8月～)	那須 守	清水建設(株) 技術研究所 環境エネルギー技術センター 都市緑化グループ グループ長
委員 (H24年8月～)	岡部 直司	伊藤忠テクノソリューションズ(株) 科学システム事業部 科学工学技術部 建設技術課
オブザーバー	古谷 茂継	出光興産(株) 資源部 地熱課 主任技師
オブザーバー	伊藤 真洋	出光興産(株) 資源部 地熱課 探査主任
事務局	中村 直	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 所長
事務局	山田 周治	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 総務企画部長
事務局	百田 博宣	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 研究主幹
事務局	青柳 敏行	一般財団法人 エンジニアリング協会 石油開発環境安全センター 研究主幹

# 平成24年度 地熱発電の技術・環境課題の調査研究 報告書 目次

第1章 調査概要	1
1.1 背景	1
1.2 調査目的	3
1.3 本JKA事業の背景・経緯	4
1.3.1 研究体制の組織化	4
1.3.2 実施計画案の作成	6
1.3.3 委員会活動および調査WG活動	7
1.4 成果概要	9
1.4.1 環境保全上の規制と環境アセスメント手続きに関する調査	9
1.4.2 地熱発電所既設事例および計画事案に関する調査	9
1.4.3 主要な環境リスクに対する環境負荷軽減技術の調査検討	10
1.4.4 地域共生方策の調査検討	11
1.4.5 優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案の提案	12
参考文献	13
第2章 地熱発電所に対する環境保全上の規制および環境アセスメント手続き等 に対する調査	14
2.1 自然公園法の規制	14
2.1.1 風力発電施設に対する規制	16
2.1.2 地熱発電所建設に係る自然公園法の規制	20
2.1.3 仮設工作物に対する規制	20
2.2 新通知の基本的な考え方	24
2.2.1 新通知の発出までの経緯	24
2.2.2 新通知の概要	25
2.3 温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）の考え方	27
2.3.1 ガイドラインの基本的な考え方	27
2.3.2 地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方	28
2.3.3 関係者に求められる取り組み等	28
2.4 環境アセスメントの手続き	29
2.4.1 地熱発電所の設置に係る手続きと環境アセスメント	29
2.4.2 我が国における環境アセスメント制度形成の経緯	29
2.4.3 環境アセスメントに関する手続きの事例	30
2.4.4 環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続き	31
参考文献	37

第3章 国内外の既設事例の環境対策と国内計画事案の状況に関する調査	38
3.1 海外先進事例に関する調査結果	38
3.1.1 文献資料調査	38
3.1.2 海外調査	46
3.2 国内既設事例に関する調査結果	47
3.2.1 文献資料調査	47
3.2.2 国内既設発電所ヒアリング調査	59
3.3 国内計画事案の状況に関する調査結果	65
3.3.1 文献資料調査	65
3.3.2 国内計画事案ヒアリング調査	73
参考文献	77
第4章 地熱発電事業における環境リスクに対する技術的対応策と地域共生方策	81
4.1 地熱発電事業の各段階の主要な環境リスクと同一リスクに対する技術的課題	81
4.1.1 地熱発電事業における主要な環境リスク	81
4.1.2 主要な環境リスクに対する技術的課題	83
4.2 環境負荷軽減技術に関する最新動向および今後の対応策	89
4.2.1 地上設備	89
4.2.2 掘削技術および掘削・坑井設備	98
4.2.3 建物デザイン	112
4.2.4 生態系保全・再生技術	125
4.2.5 数値シミュレーション技術	140
4.2.6 リスク管理方策	148
4.3 合意形成および地域共生方策	150
4.3.1 合意形成の場の構築	150
4.3.2 合意形成プロセス	153
4.3.3 地域共生方策	160
参考文献	162
第5章 環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案	168
5.1 骨子案の基本的な考え方	168
5.2 条件1(開発地域における合意形成の場の構築)	172
5.2.1 条件1の達成目標(案)	172
5.2.2 条件1の達成目標(案)を実現するための対応策(案)	173
5.2.3 条件1に対する今後の課題	174
5.3 条件2(公平公正な地域協議会を通じた地域合意の形成)	175
5.3.1 条件2の達成目標(案)	175
5.3.2 条件2の達成目標(案)を実現するための対応策(案)	176
5.3.3 条件2に対する今後の課題	177

5.4	条件3(発電所敷地内の自然環境・風致景観に対する環境対策)	178
5.4.1	条件3の達成目標(案)	178
5.4.2	条件3の達成目標(案)を実現するための対応策(案)	179
5.4.3	条件3に対する今後の課題	180
5.5	条件4(発電所周辺に対する環境対策および地域貢献)	181
5.5.1	条件4の達成目標(案)	181
5.5.2	条件4の達成目標(案)を実現するための対応策(案)	181
5.5.3	条件4に対する今後の課題	183
5.6	条件5(自然環境・温泉他の長期モニタリングと情報開示・共有)	184
5.6.1	条件5の達成目標(案)	184
5.6.2	条件5の達成目標(案)を実現するための対応策(案)	185
5.6.3	条件5に対する今後の課題	186
第6章	まとめと今後の課題	187
6.1	環境保全上の規制と環境アセスメント手続きに関する調査結果	187
6.2	地熱発電所既設事例および計画事案に対する調査結果	188
6.3	主要な環境リスクに対する環境負荷軽減技術の調査検討	189
6.4	地域共生方策の調査検討結果	191
6.5	優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案の検討結果	192
【資料集】		194
資料-1	委員会, 調査WG活動状況資料	195
資料-2	国内地熱発電所ヒアリング調査資料	225
資料-3	国内計画事案ヒアリング調査資料	241
資料-4	数値シミュレーション関連の文献要約集	252

## 第 1 章 調査概要

### 1.1 背景

国内外での地熱発電の開発は、1970 年代の第一次石油危機を契機に発展してきた。2010 年において、世界 24 か国にある地熱発電所の設備容量は合計約 10.9GW、年間発電量は約 67.2TWh と報告されており、現在も開発が急速に進められている<sup>1)</sup>。特に、地熱資源の豊富な米国、フィリピン、インドネシア、メキシコ、イタリア等での開発が多い。開発にあたって、わが国の地熱発電用タービン市場シェアは世界トップであり、技術開発力に対する国際評価は高い。

火山国であるわが国は、熱水系の地熱資源量は世界第 3 位とされており、地熱発電所の開発は 1966 年の松川地熱発電所の開発を契機に開発が進んだが、1999 年の八丈島地熱発電所の開発以降、新規開発は停滞し、2010 年時点での設備容量は 535MW、世界第 8 位である（発電量は 3,064GWh）<sup>1)</sup>。しかしながら、2011 年 3 月の東日本大震災後、エネルギー政策の大幅な見直しが求められ、電力需給の逼迫が大きな社会問題となっている。このような状況下、エネルギーセキュリティ、地球温暖化対策、ベース電源確保の観点から、地熱発電開発への期待が高まっており、併せて以下のように国の支援も改善されつつある。

これまでわが国の地熱発電開発が進まなかった主な原因として、法制度面、経済面、社会面の 3 つ面での制約やリスクが挙げられる。まず、法制度面に関しては、地熱ポテンシャルの高い地域の約 8 割が国立・国定公園（自然公園）の特別保護地区および特別地域に存在し、自然公園法による開発制限があったためである。これについては、環境省が 2012 年 3 月、新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」を発出し、自然公園内での“第 2 種・第 3 種特別地域”においては優良事例 5 条件を満たす場合のみ開発を認可するとした（詳細は 2.2 参照）。ただし、これらの条件をクリアする具体的な基準は示されていない。また現在、環境アセスの短縮化など規制緩和策も検討中であるが、これは従来から事業者の要望が強かった内容である。次に経済面に関しては、大規模な地熱発電開発はリードタイムが長く、民間企業にとっては初期投資が膨大でありコストが高いため開発リスクを伴うことも、阻害要因である。また、地熱発電開発に対する国からの経済的な支援もこれまでは乏しかったのが実情である。しかしながら、近年の地球温暖化対策やエネルギー政策の見直しに伴い、経済産業省と環境省による補助金等の支援が充実し始めた。また、2012 年 7 月からは固定価格買取制度（Feed-in Tariff）が施行され、地熱発電開発には追い風となっている。最後に、社会面に関しては、地熱発電所の調査や立地の際、開発に伴う環境リスクや景観、温泉資源への影響を懸念する地元の利害関係者（一部の温泉事業者、自然保護団体、自治体など）の合意が得られないと、開発遅延あるいは中止の場合があり、環境問題は最大の阻害要因とも言える。既述の自然公園内での開発条件や、国からの経済的支援の条件においても地元合意は必要条件となっており、地域での合意形成や地熱発電事業の役割が重要視されているのである。これに関連して、環境省は 2012 年 3 月に温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）を都道府県担当者に通知し、関係者との対話・調整等を行なうための地元協議会等の設置を推奨している（詳細は 2.3 参照）。以上のように、地熱発電開発における様々な阻害要因が改善されてきており、

震災後の新規開発計画事案が急増している（詳細は 3.3 参照）。

一方、わが国の地熱発電開発が長年停滞している間、自然公園法や環境アセス等の法制度改正だけでなく、環境リスク評価・管理や環境対策に関する研究開発、地熱開発に係る技術発展、人々の意識変化等、これまでの地熱発電開発とは社会的状況が異なってきている。例えば、環境省における化学物質対策は、従来のハザードベースによる規制的措置から、科学的な環境リスク評価結果に基づく予防的なリスク管理や自主的なリスク低減に向けた取り組みを推進する方向に変わってきた（第四次環境基本計画、2012 年 4 月閣議決定）<sup>2)</sup>。ライフサイクル全体における化学物質のリスク削減、モニタリングやリスクコミュニケーション等による安全・安心が推進されている。ここでの予防的取組方法の考え方では、「極めて深刻な影響あるいは不可逆的な影響をもたらす恐れのある環境問題については、完全な科学的証拠が欠如していることを、対策を延期する理由とはせず、科学的知見の充実に努めながら必要に応じ対策を講じる」とある<sup>2)</sup>。地熱発電所からは、硫化水素等の化学物質が生じる場合があるが、環境リスク評価手法や環境対策技術も進歩してきているため、新規の開発計画事案においては、国内外の最新知見に基づき環境負荷の少ない開発を目指す必要がある（詳細は 4.1, 4.2 参照）。

また、地熱発電所開発に対する人々の考え方や認知状況も変わってきた。近年、地球温暖化対策として再生可能エネルギー技術全般に対する一般市民の受容性は高い<sup>3)</sup>。地熱発電に対する一般市民の認知度は、太陽光発電や風力発電に比べると相対的に低いものの、地熱発電に対する認知度が高い人ほど、今後の導入意向は高い<sup>3)</sup>。また、地熱発電に対して保有するイメージについても、認知度が高い人ほど、日本に適し、地球温暖化防止に寄与すること、天候に左右されずエネルギー源が安定して信頼できる技術である、というやや良いイメージを有している<sup>4)</sup>。特に、震災後は地熱発電に関するマスメディア等の報道も増えたことから認知度が高まっていることが考えられる。例えば、一般市民を対象とした幾つかの意識調査結果では、今後実現したい発電方法として地熱を含む再生可能エネルギーへの期待が更に高まっている<sup>5)~7)</sup>。また、地熱発電所が多い九州地域在住の一般市民を対象とした意識調査結果（調査時期：2011 年、および 2012 年）では、九州エリアで最も相応しい発電方法として、地熱発電は太陽光発電に次いで高いことが報告されている<sup>8)</sup>。各地の地熱発電所への見学者数も増加傾向にあり、エネルギー安定供給に役立つ地熱発電に対する世論の期待は高まっている。従って、今後の新規の地熱開発においては、社会的な期待・要請に応えるためにも、自治体や温泉事業者など特定の利害関係者との相互理解と信頼関係の構築が益々重要になってくるであろう。そのためには、地熱資源量に見合う持続可能な開発という観点だけでなく、周辺自然环境保護や地域共生方策に十分留意した上での的確な地熱発電開発を検討していく必要がある。

## 1.2 調査目的

本調査研究は、地熱発電所設置に係わる調査～建設～操業の各段階において、自然環境保全を確実に進めるための“技術的基盤の整備”と“地域との合意形成・共生手法等の検討”の2項目の調査検討を目的とする。

自然環境保全の技術的基盤の整備では、国内外の既設地熱発電所事例や国内計画事案、および地熱発電事業に関連する法制度・技術面・社会面の最新動向や研究成果を調査し、環境リスクと対策技術の現状と課題を明らかにする。また、それらの結果に基づき、地上設備、掘削設備・坑井設備、建物デザイン、生態系保全・再生などの最新技術・トップラナー技術を調査し、地熱発電所・周辺地域の自然環境負荷軽減に資する技術情報を提供する。また、既設発電所における地域との関係構築の経緯等に関する調査、計画事案の環境対策方針等を調査して、地域との関係構築に資する合意形成手法や地域共生方策等を示す。

環境省より平成24年3月、新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」が発出され、“第2種・第3種特別地域”での優良事例については、掘削や発電所施設の設置が行なえる可能性が示された。しかし、優良事例条件は示されたものの、同条件をクリアする基準等は示されていないのが実情である。このため、本調査研究の目的の2項目である“自然環境保全の技術的基盤整備”と“地域との合意形成・共生手法等の検討”の結果も用いて、環境省・優良事例をクリアする対応策等を提案することを本調査研究の最終的目標とする。この対応策は条件毎に、“求められる達成レベル”、“達成レベルを達成するための対応策”、“今後の課題”を提案するもので、本報告書では『環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案』と称する。

なお、自然公園の普通地域や自然公園外での計画事案も多いが、これらの地域でも地域との合意形成・共生、および発電所内外での環境対策は不可欠であるため、より条件の厳しい第2種・第3種特別地域の優良事例5条件に対する検討結果は、これらの調査・開発の推進に対しても、十分参考・活用できるものと考えられる。このため、第2種・第3種特別地域を対象とした環境ガイドライン骨子案の検討結果は、広く利活用されることが期待でき、調査検討は意義あるものとする。

### 1.3 本 JKA 事業の背景・経緯

本調査研究については、平成 24 年度 JKA 競輪補助事業として行ってきた。この提案から調査研究実施までの経緯の概要を整理し、図 1.3-1 に示す。図のように、一般財団法人 エンジニアリング協会(略称：ENAA)の石油開発環境安全センター(略称：SEC)では、東日本大震災・福島第 1 原子力発電所事故以降のエネルギー政策見直しの動きに合わせて、自然エネルギーの概略の事前調査・研究企画を行い、地熱発電に着目した。その後、本調査研究の提案内容をまとめ、平成 23 年 9 月に平成 24 年度 JKA 競輪補助事業にテーマ名「地熱発電の技術・環境課題の調査研究」で応募した。この応募に引き続き、SEC 企画技術部会メンバー有志で調査 WG 準備会を立ち上げ、地熱発電の技術・環境課題の調査、有識者による技術講演や情報交換等で技術の蓄積に努めてきた。

平成 24 年度に入って、本調査研究が JKA 競輪補助事業の採択決定されたため、調査研究を開始した。図のように、研究体制の組織化として、委員会委員と調査 WG 委員の検討・任命を行った。また、応募時点の調査研究内容に、平成 23 年度下期の地熱発電に対する環境省等の動き等も考慮して、実施計画書案を作成した。これにより、委員会と調査 WG による平成 24 年度の調査研究を開始し、平成 25 年 3 月に成果として本報告書を取り纏め、本調査研究を完了した。

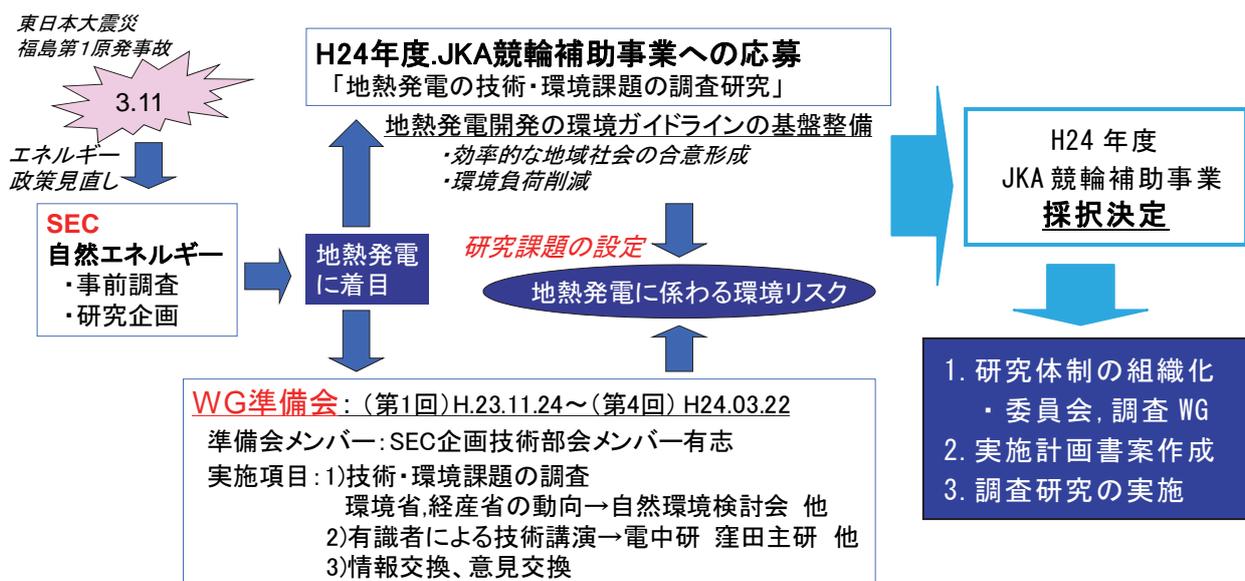


図 1.3-1 本調査研究の提案から調査研究実施までの経緯

#### 1.3.1 研究体制の組織化

研究体制としては、本調査研究の方向性や成果に対する助言や指導を行う“委員会”と、その下部組織として、本調査研究の実施部隊である“調査 WG”を設置することとし、委員選定作業を行った。選定作業の結果、組織化した研究体制を図 1.3-2 に示す。

委員会は、委員とオブザーバで構成し、委員は学識経験者と事業者から選定し、オブザーバは地熱発電の関係省庁・団体の経済産業省、環境省、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)から参加を頂いた。なお、委員の選定理由を以下に補足する。

### 地熱発電研究委員会

委員長：江原 幸雄（九州大学 名誉教授、地熱情報研究所代表）  
委員：倉阪 秀史（千葉大学 教授），野田 徹郎（産業技術総合研究所 顧問），  
窪田 ひろみ（電力中央研究所 主任研究員），分山 達也（自然エネルギー財団 研究員），  
手塚 茂雄（電源開発 地熱総括マネージャー）  
【オブザーバ】 経済産業省 森 清（資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課長）  
経済産業省 橋 幹広（原子力安全・保安院 電力安全課 環境審査班長）  
環境省 中島 治美（環境影響評価課 審査官）  
JOGMEC 中島 英史（地熱準備本部 部長）

### 地熱発電環境リスク調査WG

座長：窪田 ひろみ（電力中央研究所 主任研究員）  
委員：堀江 忠司（国際石油開発帝石），五十嵐 正之（新日鉄エンジニアリング），  
（8名） 福田 聖二（JFEエンジニアリング），米山 一幸（清水建設），  
前田 賢治（大成建設），鈴木 さとし（日本エヌ・ユー・エス），  
渡辺 二郎（物理計測コンサルタント），渡辺 一郎（日本オイルエンジニアリング）  
【オブザーバ】 古谷 茂継・伊藤 真洋（出光興産 資源部地熱課）

<事務局（SEC）：中村所長，山田総務企画部長，百田研究主幹，青柳研究主幹>

(1) 平成 24 年 7 月までの研究体制

### 地熱発電研究委員会

委員長：江原 幸雄（九州大学 名誉教授、地熱情報研究所代表）  
委員：倉阪 秀史（千葉大学 教授），野田 徹郎（産業技術総合研究所 顧問），  
窪田 ひろみ（電力中央研究所 主任研究員），分山 達也（自然エネルギー財団 研究員），  
手塚 茂雄（電源開発 地熱総括マネージャー）  
【オブザーバ】 経済産業省 福島 伸一郎（資源エネルギー庁 燃料政策企画室長）  
経済産業省 樫福 錠治（商務情報政策局 電力安全課 課長補佐）  
環境省 中島 治美（環境影響評価課 審査官）  
JOGMEC 中島 英史（特命参与(地熱担当)兼 地熱部長）

### 地熱発電環境リスク調査WG

座長：窪田 ひろみ（電力中央研究所 主任研究員）  
委員：堀江 忠司（国際石油開発帝石），五十嵐 正之（新日鉄住金エンジニアリング），  
（10名） 福田 聖二（JFEエンジニアリング），米山 一幸・那須 守（清水建設），  
前田 賢治（大成建設），鈴木 さとし（日本エヌ・ユー・エス），  
渡辺 二郎（物理計測コンサルタント），渡辺 一郎（日本オイルエンジニアリング）  
岡部 直司（伊藤忠テクノソリューションズ）  
【オブザーバ】 古谷 茂継・伊藤 真洋（出光興産 資源部地熱課）

<事務局（SEC）：中村所長，山田総務企画部長，百田研究主幹，青柳研究主幹>

(2) 平成 24 年 8 月以降の研究体制

図 1.3-2 本調査研究の研究体制

☆H23年度の環境省等の地熱発電関連委員会に関係した地熱専門の代表的有識者

→委員長：九大名誉教授 江原幸雄氏，委員：産総研顧問 野田徹郎氏

☆環境行政，自然エネルギーに詳しい有識者

→委員：千葉大教授 倉阪秀史氏，自然エネルギー財団 分山研究員

☆地熱発電・温泉等の地域共生策等の研究者→委員：電力中央研究所 窪田主任研究員

☆地熱発電の有力な事業者→委員：電源開発 手塚 地熱統括マネージャー

調査WGについては、SEC賛助会員に資源系・材料系の地熱開発事業者、環境調査関係会社および建設会社等などの地熱発電事業や技術に関係した企業が含まれていることから、賛助会員の参加希望者から委員を選定した。また、地熱発電所計画事案の中心的な事業者である出光興産(株)には、オブザーバーとして参加を頂いた。事務局については、SECの4名を配置して調査研究の運営・推進を担わせたが、山田・百田・青柳の3名にはJKA競輪補助事業の主任研究員として、実質的な調査研究も課した。

なお、図のように、中央官庁の人事異動による委員会オブザーバーの交代とWG委員の追加任命などで研究体制は若干の変更があったが、両組織とも支障なく機能した。

### 1.3.2 実施計画案の作成

平成23年度には、経済産業省・環境省などの中央官庁の地熱発電に係る規制見直し等の検討が広く行われた。特に、本調査研究応募後の下期に環境省の動きが活発化し、本調査研究内容に係る調査検討内容が公表されてきた。環境省の主な動きは、自然公園に係る規制の見直しを目的とした「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」と温泉に係る規制見直しを目的とする「地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会」の調査検討であり、本調査研究内容に密接に関係するものであった。

上記、国の最新動向や成果を本調査研究に反映させる必要が生じたことから、本調査研究の応募内容を見直しすることが必要と判断した。このため、最初の検討事項として実施計画案を作成し、後述する第1回地熱発電研究委員会・第1回地熱発電環境リスク調査WGにて審議・承認を受けた。その後、本年度の実質的な調査研究を開始した。研究応募時点の調査研究項目と本年度実施した調査研究項目との関係を表1.3-1に示す。

表 1.3-1 研究応募時点の調査研究項目と本年度実施した調査研究項目の対応

応募時点の調査研究項目	本年度実施した調査研究項目（本報告の目次構成で表示）
技術課題の調査／対応策の検討	2.1 自然公園法の規制 2.2 新通知の基本的な考え方
環境課題の調査／対応策の検討	2.3 温泉資源保護に関するガイドライン(地熱発電関係)の考え方 4. 地熱発電事業の環境リスクに対する技術的対応策と地域共生方策
海外地熱先進国中心の調査・ヒアリング	3.1 海外先進事例に関する調査結果
環境アセスメント手法／評価基準等の検討	2.4 環境アセスメントの手続き 3.2 国内既設事例に関する調査結果 3.3 国内計画事案の状況調査 5. 環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案

表中の“技術課題”については、掘削設備の小型化などの環境保全に係る技術課題と捉え、環境課題と合わせた“課題の調査と対応策の検討”を行うこととした。本年度実施した調査研究項目は表 1.3-1 の通りである。

以上のように、本年度実施した調査研究項目は、研究応募時点の調査研究項目を具体化すると共に、「2.1 自然公園法の規制」「5. 環境省・優良事例 5 条件に対する環境ガイドライン骨子案」など、新規項目も追加した調査研究となっている。

### 1.3.3 委員会活動および調査 WG 活動

地熱発電研究委員会（以下、“委員会”と称す）と地熱発電環境リスク調査 WG（以下“調査 WG”と称す）の活動状況として、委員会および WG の開催日時と主な議題を表 1.3-2 にまとめる。また、委員会・WG の合同会議について、議事録および活動記録写真を巻末の【資料集】の“資料-1”に添付する。

表 1.3-2 地熱発電研究委員会および地熱発電環境リスク調査 WG の活動状況

日時	委員会	調査 WG	主な議題
H24 年 6 月 1 日	第 1 回	第 1 回	1. 研究体制(案)の審議：調査 WG の設置承認 2. 実施計画書(案)の審議 3. 第 2 回委員会までの調査 WG 活動計画の報告
H24 年 6 月 14 日		第 2 回	1. 環境省の新通知, 温泉資源の保護がト`ラインの説明 2. 調査研究の方向性と研究分担の協議
H24 年 7 月 10 日		第 3 回	1. 各研究分担の調査検討状況報告と内容討議 ・環境リスク, 環境負荷軽減技術, 合意形成手法等
H24 年 8 月 22 日		第 4 回	1. 各研究分担の調査検討状況報告と内容討議 2. 第 2 回委員会の議題, 提出資料の検討
H24 年 9 月 7 日	第 2 回	第 5 回	1. 調査 WG の調査研究進捗状況報告と委員意見聴取 2. 今後の調査計画の審議 ・国内発電所, 計画事案のヒアリング実施方針：承認 ・海外調査（目的達成のため未実施方針）：承認
H24 年 9 月 13 日		第 6 回	1. 国内ヒアリング計画案の検討, 委託調査方針の協議 2. 第 3 回委員会までの調査 WG 活動計画案の協議
H24 年 11 月 6 日		第 7 回	1. 国内ヒアリング結果の報告, 日本地熱学会の報告 2. 各研究分担の調査検討状況報告と内容討議
H24 年 12 月 7 日		第 8 回	1. 目次案の修正内容の報告および確認 2. 各研究分担の調査検討状況報告と内容討議 3. 環境がト`ライン骨子案の一次案の報告と内容討議 4. 第 3 回委員会の議題, 提出資料等の検討
H24 年 12 月 14 日	第 3 回	第 9 回	1. 調査 WG の調査研究進捗状況報告と委員意見聴取 ・環境リスク, 環境負荷軽減技術, 合意形成手法等 ・環境がト`ライン骨子一次案 2. 報告書完成に向けた今後の調査計画案：承認
H25 年 2 月 12 日		第 10 回	1. 報告書原稿案の WG 委員への最終確認
H25 年 3 月 11 日	第 4 回	第 11 回	1. 成果と報告書(案)の説明および委員意見聴取： →成果および報告書(案)の承認

表のように、委員会は、調査WGの調査研究の方向性や調査研究結果、および今後の調査計画等に対する意見・助言を行うことを主目的としているため、第1回～第4回委員会の全てが調査WGとの合同会議になっている。

次に、目次構成に従って、本調査研究の実績工程を表1.3-3に示す。また、表1.3-1と表1.3-3を考慮して、研究応募時点の調査研究項目に対する計画工程と実績工程を表1.3-4に示す。

表 1.3-3 本調査研究の目次構成に対応した実績工程

本年度実施した調査研究項目 (下記の目次タイトルは一部短縮化して表示)	平成24年												平成25年			
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月				
<地熱発電研究委員会>			●						●							●
<地熱発電環境リスク調査WG>			○	○	○		○	○		○	○			○		○
1.調査概要																
2.地熱発電所に対する環境保全上の規制及び環境アセスメント手続き等																
2.1 自然公園法の規制																
2.2 新通知の基本的な考え方																
2.3 温泉資源の保護ガイドラインの考え方																
2.4 環境アセスメントの手続																
3.国内外の既設事例の環境対策と国内計画 事案の状況に関する調査																
3.1 海外先進事例に関する調査結果																
3.2 国内既設事例に関する調査結果																
3.3 国内計画事案の状況調査																
4.地熱発電事業における環境リスクに対する技術的対応策と地域共生方策																
4.1 主要な環境リスクと技術的課題																
4.2 環境負荷軽減技術の最新動向及び対応策																
4.3 合意形成および地域共生方策																
5.環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案																
6.まとめと今後の課題																

表 1.3-4 研究応募時点の調査研究項目に対する計画工程と実績工程の対比

研究応募時点の調査研究項目	平成24年												平成25年			
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月				
<地熱発電研究委員会>			●						●							●
<地熱発電環境リスク調査WG>			○	○	○		○	○		○	○			○		○
技術課題の調査/対応策の検討																
環境課題の調査/対応策の検討																
海外地熱先進国中心の調査・ヒアリング*																
環境アセスメント手法/評価基準等の検討																

## 1.4 成果概要

本調査研究は、地熱発電所設置に係わる調査～建設～操業の各段階において、“自然環境保全のための技術的基盤の整備”と“地域との合意形成・共生手法等の検討”の2項目を目的として調査検討を行った。また、環境省・新通知の優良事例5条件をクリアする対応策等を提案した（本報告書では『環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案』と称す）。これら、本調査研究の成果概要を以下にまとめる。

### 1.4.1 環境保全上の規制と環境アセスメント手続きに関する調査

第2章では、地熱発電所の設置に対する自然公園法、新通知および温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）の環境保全上の規制と環境アセスメント手続きについて最新の情報も調査して整理した。成果概要をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- 1) 自然公園法については、自然公園内での行為規制内容を整理すると共に、自然公園内に工作物を建設・設置する場合の規制内容に補足説明を加えた平易な形式でまとめた。なお、地熱発電所を直接特定した条文は見当たらないため、風力発電施設などの類似工作物と、地熱発電所に適用が想定される条文および仮設工作物に関する許可基準等を整理した。さらに、自然公園内での地熱発電開発において参考となる風力発電施設を対象に、自然公園内の特別地域での設置状況、自然公園内設置に対する不許可・措置命令等の事例を整理した。
- 2) 環境省・新通知については、地熱発電所に対する過去の通知や意見と、平成23年度の環境省の新通知発出までの経緯を示した。また、第2種・第3種特別地域については、その内容を詳述し、本調査研究での取り組むべき方向性を明確化した。
- 3) 温泉資源の保護に関するガイドラインについては、同ガイドラインの基本的な考え方、地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方、関係者に求められる取り組み等について紹介した。
- 4) 地熱発電所に対する環境アセスメントの手続きについては、既設の地熱発電所が対象となっていた省議アセスから環境影響評価法に至る制度形成の経緯を紹介すると共に、2013年4月1日より完全施行される環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続きを詳細に解説した。

### 1.4.2 地熱発電所既設事例および計画事案に関する調査

第3章では、国内外の既設発電所の地域共生策および環境対策等を調査すると共に、国内の地熱発電所計画事案の進捗状況と地域共生・自然環境保全に対する方針について、文献資料調査を行った。また、国内既設事例と国内計画事案の数カ所を対象に、更に詳細情報の取得を目的としたヒアリング調査を行った。成果概要をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- 1) 海外地熱発電所の既設事例については、環境省情報やWeb情報および学会誌等を調査した結果、アイスランド、ニュージーランド、ケニア、インドネシア、フィリピンな

ど 10 カ国以上の国々・地域の地熱発電に関する事例情報を収集することができた。また、環境省のアイスランド・ニュージーランド・ケニアの調査結果は、本調査研究の調査目的と一致し、文献資料調査で海外既設事例調査の目標を達成できた。

- 2) 国内既設発電所については、事業所 13 発電所について、地熱開発の経緯、報告会等の実施状況、協定書の有無、自然環境保全対策の実施状況、地域貢献内容および経済効果を一覧表形式で示すことができた。
- 3) 環境保全対策の実施状況や地域との合意形成手法・共生策など詳細情報の取得を目的に、滝上・鬼首・柳津西山の 3 地熱発電所の事業者ヒアリング調査を行った。柳津西山発電所地域では、西山温泉事業者と柳津役場に対するヒアリング調査を行った。以上の結果、事業者、温泉事業者および自治体から貴重な意見・情報を得ることができた。
- 4) 国内計画事案については、資源エネルギー庁「資源・燃料政策に関する有識者との意見交換会」に示された全事案を対象に、「NEDO 地熱開発促進調査関係資料」や「新聞・Web 情報」等を調査した。調査項目は、各計画事案の進捗状況・スケジュール、地元対策や環境保全方針などであり、散在した情報を一覧表に編集して示すことができた。
- 5) 国内計画事案に対するヒアリング調査対象は、第 2 種・第 3 種特別地域の白水沢地域の上川町役場と小安地域の事業者の出光興産(株)、および自然公園外の(仮称)山葵沢地熱発電所と阿女鱒岳地域の事業者である湯沢地熱(株)と出光興産(株)である。これらのヒアリング調査を通じて、進捗情報や地域との関係構築および合意形成の場の構築等に対する意見や課題等の有益な情報を示すことができた。

#### 1.4.3 主要な環境リスクに対する環境負荷軽減技術の調査検討

第 4 章では、地熱発電事業の調査から操業に至る各段階の主要な環境リスクと同リスクに対する技術課題を整理した。また、環境への影響を低減・緩和・修復する環境負荷軽減技術について、トッランナー技術や最新技術を調査して対応策を検討した。環境負荷軽減技術は、地上設備、掘削技術および掘削・坑井設備、建物デザイン、生態系保全・再生技術、数値シミュレーション技術およびリスク管理方策を調査対象とした。これらの成果概要をまとめると、次の通りである。

##### 【主な調査研究成果】

- 1) 環境リスクについては、環境省「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」がまとめた開発段階毎のマトリックス形式の検討結果が、一般的な環境リスクと地熱発電所特有の環境リスクを含む合理的なものだと判断した。また、同検討会は「自然環境へ影響を及ぼす行為」に対する現状技術の課題等をまとめている。本調査研究では、それらの検討結果に基づいて、環境負荷軽減技術の構成要素に対する環境保全上の要求仕様を明確化した。
- 2) 地上設備については、復水器、冷却塔、脱硫装置、気水分離器、パイプラインなどの構成要素に対して、トッランナー技術などの技術レベル、適用範囲、環境に対する影響および経済性を整理した。また、パイプラインの風致景観への影響低減方法の検討のため、モデルを設定し、地上敷設工法と地下埋設工法の敷設場所に応じ

た適用法と対応策の検討結果を示した。

- 3) 掘削技術および掘削・坑井設備に関しては、「掘削設備・機械」、「傾斜掘削等の掘削技術」および「坑井維持」の3項目について、最新の技術動向を調査して環境影響に対する緩和策をまとめた。特に、スケール抑制技術・除去技術等を含む坑井維持については、最新技術や適用事例がまとめられた有用性の高い資料と考えられた。
- 4) 建物デザインについては、発電所本館と地上設備の風致景観に与える影響を軽減・緩和するため、発電所全体を自然に溶け込ませることを目的とした建物デザイン技術、および事前景観検証手法、の2つの観点から最新の技術動向と環境保全の対応策を具体的にまとめた。事前景観検証手法については、3D マップシミュレーションやVRシミュレーションによる対応例を示し、今後の地熱発電開発において合意形成ツールとして利用可能であることを示した。
- 5) 生態系保全・再生技術については、国内外の評価技術を紹介すると共に、計画段階、環境影響評価段階における生態系評価法の位置づけをまとめた。また、発電所などの類似事例における生態系保全措置事例等の紹介を行うと共に、地熱発電所の生態系保全・再生に活用可能と考えられる技術を抽出した。
- 6) 数値シミュレーション技術については、“地盤変動”と“地下水流動変化”の文献調査を行ったが、今後の地熱発電開発において環境影響予測に適用可能な既往文献は少なかった。一方、放出蒸気・硫化水素の拡散問題は、既往研究によりある程度の適用性は認められ、技術的には可能であるが、地熱発電所を対象とした数値シミュレーション技術は開発されていない。詳細な数値シミュレーションを行うツール開発は今後の課題と考えられた。
- 7) リスク管理方策については、既設発電所の自然環境への影響発生時の対応・対策実績を示した。また、温泉モニタリングに注目して、現状と課題を整理した。更に、万が一の事態に備えて、協定書への補償等の記載事例や、温泉業者などから要望が強い保険・補償制度の検討状況などを紹介した。

#### 【今後の課題】

- 8) 風致景観保全については、建物デザインで対応策の一例は示しているが、最新技術の調査は十分ではない。今後、エコロジカル・ランドスケープ技術などの発電所地域全体の設計に活用可能な技術を広く調査し、有効性を検討することが必要と考える。
- 9) 事前景観検証手法については、委員会の審議の中でも合意形成ツールとして有効との評価があったが、実際の合意形成の場での適用を試行し、同ツールの利用方法を踏まえた改良・改善を行うことが重要と考える。

### 1.4.4 地域共生方策の調査検討

前述の通り、地熱発電事業の推進には環境負荷軽減技術による対応策は必要であるが、地域との関係構築や合意形成も事業推進上不可欠である。そこで、4.3節では地域との合意形成・関係構築に係る地域共生方策について、最新動向および今後の対応策に関する調査検討を行った。成果概要をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- 1) 合意形成の場の構築については、自治体の役割と役割の重要性を示すと共に、アンケート調査結果から自治体における今後の課題をまとめた。また、広報活動等を通じた地熱発電の知名度向上など、合意形成の場の構築に寄与する施策についても言及した。
- 2) 合意形成プロセスについては、風力発電の合意形成プロセスや合意形成手法の紹介し、地熱発電の合意形成ツールとしては、VR シミュレーションなどの事前景観検証手法とエコロジカル・ランドスケープを紹介した。また、地域共生方策として、地域貢献策や住民参加型のビジネスモデルおよび小規模バイナリー発電等の検討可能性を示した。

#### 【今後の課題】

- 3) コンセンサス・ビルディング手法やハイブリッドモデルなどの合意形成手法についても、実際の合意形成の場で効果を確認することが望ましい。また、事前景観検証ツール、自然環境エコロジカル・ランドスケープ手法なども、実際の地域との合意形成の場に適用して、改良・改善しながら実施していくことが重要と考える。

### 1.4.5 優良事例 5 条件に対する環境ガイドライン骨子案の提案

第 5 章では、第 2 章～第 4 章の調査結果に基づき、新通知の優良事例 5 条件をクリアする環境ガイドライン骨子案を検討した。成果概要をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- 1) 「自然環境・風致景観等の保全」と「地域との合意形成・共生」の 2 項目を要求仕様と定め、優良事例条件 1～5 のそれぞれについて環境ガイドライン骨子案を具体的に示した。骨子案の内容は、「期待される達成目標（案）」、「達成目標（案）実現のための技術的対応策と地域共生方策」および「国・自治体・事業者のそれぞれの役割等に対する今後の課題」で構成した。
- 2) 環境影響評価法による環境影響評価手順と優良事例条件 1～5 の関係をフロー図の中で表現し、それぞれの条件の実施すべき時期等の判断資料を提供した。これは、事前計画段階からの地域との関係構築の必要性を明快に説明する資料となっている。
- 3) 骨子案は、国内外の既設事例や計画事案の調査結果を考慮して、今後の国内計画事案の推進にも寄与する内容とした。また、環境負荷軽減技術や地域共生方策等の検討結果も盛り込み、地域との関係構築や環境対策の検討に資する内容とした。
- 4) 地熱発電所の優良事例条件対応策に対する国・自治体・事業者の役割を今後の課題等を中心にまとめ、地熱発電所の関係構築等に対するよりよい環境の実現を目指した。また、住民参加型の地熱発電所の事業スキームなど、新たな対応策も紹介した。

#### 【今後の課題】

- 5) 優良事例の形成確認後、定期的な確認や判断は必要であるが、環境影響評価終了後などに優良事例の形成確認の取り消しがあるとなれば、事業経営リスクが高く投資が進まないものと想定される。優良事例形成の検証時期や形成確認の取り消しの権限等の統一的なルールを検討していく必要があると考えられる。
- 6) 環境ガイドライン骨子案は、地熱の有識者からなる研究委員会の委員や関係官庁・団

体のオブザーバーの意見等も反映した内容を提示したが、関係者内での認知に留まっている。今後、地熱関係者や自治体関係者などに広く公表し、種々の意見や助言を得ながら修正・改善を行い、よりよい骨子案とすることが望ましい。

- 7) 環境ガイドライン骨子案の作成においては、自然保護団体や温泉事業者の意見を十分にヒアリング調査することができていない。今後、そのような利害関係者の意見も踏まえて改善していくことが望ましい。

## 参考文献

- 1) Bertani, R.: Geothermal power generation in the world 2005-2010 update report, Geothermics, Vol. 41, p.1-29, 2012.
- 2) 環境省：第四次環境基本計画における重点分野「包括的な化学物質対策の確立と推進のための取組」報告書，2012.4.  
<http://www.env.go.jp/council/02policy/y020-65/mat01.pdf>
- 3) 窪田ひろみ：気候変動緩和策としての低炭素発電技術および適応策に対する人々の意識と受容性，電力中央研究所研究報告，V10023，2011.
- 4) 窪田ひろみ：地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域共生に向けた方策，電力中央研究所研究報告，V11033，2012.
- 5) 株式会社インテージ：東日本大震災後の生活者の意識と行動調査，2011.5.  
<http://www.intage.co.jp/net/project/20110420>
- 6) 公益財団法人生協総合研究所：節電とエネルギーに関するアンケート 結果報告，2011.8.  
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/2nd/111026-23.pdf>
- 7) NHK 放送文化研究所：原発とエネルギーに関する意識調査，2012.4.  
<http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/social/pdf/120401.pdf>
- 8) 清崎淳子・香月裕宜・田口幸洋：環境配慮型地域構想 - 湯平温泉の事例 - ，日本地熱学会講演要旨，p.14，2012.

## 第2章 地熱発電所に対する環境保全上の規制および環境アセスメントの 手続き等に対する調査

地熱発電所の設置に適した地熱エネルギーの賦存地域は、国立公園や国定公園などの自然公園内に多数存在するが、自然公園内に地熱発電所を建設する場合、地種区分に応じて自然公園法に基づく行為許可又は届出が必要となる。このため、本章では、自然公園内に地熱発電所を建設・設置する場合の自然公園法の規制について調査する。また、地熱発電の規制緩和に向けた平成23年度の環境省の取組として、新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」と「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」についても、その基本的な考え方をまとめる。

さらに、地熱発電所の建設・設置に対する環境アセスメントの手続き等についても、最新の内容を整理する。

### 2.1 自然公園法の規制

自然公園は、地域の自然環境を守るとの観点から、表2.1-1のように、特別地域（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）と普通地域に区分され、地種区分毎に許可や届出が必要な規制を受ける行為が自然公園法に定められている。また、国立公園は指定と管理の双方を国が行い、国定公園は国が指定し、都道府県が管理をすることも自然公園法第20条と21条に定められている。

特別地域の規制は自然公園法第20条3項、特別保護地区の規制は第21条3項、普通地域の規制は第33条に規定されており、それらの内容を表2.1-2にまとめる。これらの規制の内容は、自然公園内で各種行為を行う際の前提条件となるものである。

表 2.1-1 自然公園の地種区分とその内容

地種区分		概要
特別地域	特別保護地区	原生的な自然景観を有す地域や動植物の重要な生息地、特異な地形地質を有する地域等であり、現状維持を原則とする地域
	第1種特別地域	特別保護地区に準ずる地域で、現在の景観を極力維持する必要がある地域
	第2種特別地域	良好な自然状態を保持している地域で、農林漁業との調和を図りながら自然景観の保護に努めることが必要な地域
	第3種特別地域	特別地域の中では風致を維持する必要が比較的低い地域であり、通常の農林漁業活動については風致に維持に影響を及ぼす恐れが少ない地域
普通地域		特別地域と一体的に風景の保護を図ることが必要な地域

次に、自然公園内に地熱発電所を建設・設置する場合の自然公園法（自然公園法施行規則を含む）の規制について調査した。その結果、自然公園法では、地熱発電所を特定した条文は見当たらない。このため、どのようなものが自然公園内で設置等の許可を受けることができるのかを調査し、参考となる風力発電施設などの新築、改築若しくは増築に関する許可基準をまとめ、地熱発電所に適用されると考えられる条文に

関する許可基準をまとめる。また、地熱発電所の建設工事期間中の仮設構造物設置に関わる条文も整理する。

なお、詳細は後述するが、特別地域と特別保護地区における工作物の新築等については、国立公園では環境大臣、国定公園内では都道府県知事の許可が必要となる（自然公園法 20 条 5 項, 21 条 5 項）。普通地域については、原則として工作物の設置は可能であり、届出・措置命令等の規制に服することになる（自然公園法 33 条）。これに対し、特別保護地区・第 1 種特別地域は、工作物の設置は不許可となるのが基本であるが、第 2 種・第 3 種は特別地域については、復元困難でなければ工作物の設置が可能となる余地はある。

表 2.1-2 自然公園内の主な行為規制

行為の種類	特別保護地区	特別地域	普通地域
工作物の新築・改築・増築	許可	許可	届出(注 1)
木竹の伐採	許可	許可	-----
鉱物の掘採、土石の採取	許可	許可	届出
河川・湖沼等の水位、水量の増減	許可	許可	届出(注 2)
指定湖沼等への汚水・廃水の排出	許可(注 3)	許可(注 3)	-----
広告物等の提出・設置・表示	許可	許可	届出
屋外での物の集積・貯蔵	許可	許可(注 4)	-----
水面の埋立・干拓	許可	許可	届出
開墾等の土地の形状変更	許可	許可	届出
植物の採取・損傷等	許可	許可(注 5)	-----
動物の捕獲・殺傷、卵の採取等	許可	許可(注 6)	-----
屋根、壁面、鉄塔等の色彩変更	許可	許可	-----
湿原等への立入り	許可(注 3)	許可(注 3)	-----
車馬等の乗入れ	許可	許可(注 3)	-----
木竹の損傷	許可	許可(注 3)	-----
木竹の植栽	許可	届出	-----
植物の植栽、播種	許可	許可(注 3, 5)	-----
動物を放つこと	許可	許可(注 3, 6)	-----
家畜の放牧	許可	届出	-----
火入れ・たき火	許可	-----	-----

出所：<http://www.pref.aichi.jp/kankyo/sizen-ka/shizen/koen/shizenko/kisei/index.html>

を一部改編。

注 1：一定規模以上のもの（建築物：高さ 13m 又は面積 1000m<sup>2</sup>、鉄塔：高さ 30m 等）。

注 2：特別地域に影響を与えるもの。

注 3：指定地域に限る。

注 4：指定物に限る（土石・廃棄物・再生資源・再生部品）。

注 5：指定植物に限る。

注 6：指定動物に限る。

## 2.1.1 風力発電施設に対する規制

風力発電施設の新築、改築または増築については、自然公園法施行規則第十一条 11 項に許可基準が定められている。これを表 2.1-3 にまとめる。

なお、普通地域の場合には、自然公園法 33 条 1 項 1 号及び同法施行規則第十四条（工作物の基準）1 号イにより、高さ 13 m 又は延べ面積千 m<sup>2</sup> を超える建築物でも届出をすれば足りる。また、鉄塔について定めた 1 号ハの高さ 30 m も関係するものと考えられ、普通地域であっても、高さ 30 m を超える風力発電施設については、措置命令等（自然公園法 33 条 2 項）が行われ得る。これは、特にプロペラ式の風車を伴う場合に、周辺の広範な地域から極めて望見又は注視されやすく、野生生物に影響を及ぼす可能性があるため、自然風景に大きな影響を与える場合があるためである（文献 2）国立公園普通地域内における措置命令等に関する処理基準（環自国発第 100401010 号）。

表 2.1-3(1) 自然公園法施行規則第十一条 11 項 (1/2)  
(風力発電施設の新築、改築または増築に対する許可基準)

条項		基準の内容 注) 網掛け部は補足（文献 1）による 文献 1) 自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法(環自国発第 100401008 号)
本文	第 1 項 第 5 号	当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと。 屋根の形態：陸屋根を避け、勾配屋根とする等、固い印象を与えないものが望ましい。 屋根及び壁面の色彩：原色を避ける。公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要。色彩数も必要最小限にとどめる。
	第 1 項 第 5 号	当該建築物の撤去に関する計画が定められており、かつ、当該建築物を撤去した後に跡地の整理を適切に行うこととされているものであること。 当該地に建築物が存する以前の土地の状態に近い状態に復すること。
	第 10 項 第 7 号	当該屋外運動施設（当該風力発電施設に読み替えるものと思われる。）に係る土地の形状を変更する規模が必要最小限であると認められること。
	第 10 項 第 9 号	支障木の伐採が僅少であること
1 号	第 1 項 第 2 号	以下の特別地域等で行われるものでないこと イ 特別保護地区、第一種特別地域又は海域公園地区 → × ロ 第二種特別地域又は第三種特別地域のうち、植生の復元が困難な地域等（次に掲げる地域であって、その全部若しくは一部について文化財保護法（昭和二十五年法律第二百四号）第九十九条第一項の規定による史跡名勝天然記念物の指定若しくは同法第一百条第一項の規定による史跡名勝天然記念物の仮指定（以下「史跡名勝天然記念物の指定等」という。）がされていること又は学術調査の結果等により、特別保護地区又は第一種特別地域に準ずる取扱いが現に行われ、又は行われることが必要であると認められるものをいう。以下同じ。）であるもの →以下の（1）から（4）は× (1) 高山帯、亜高山帯、風衝地、湿原等植生の復元が困難な地域 (2) 野生動植物の生息地又は生育地として重要な地域 (3) 地形若しくは地質が特異である地域又は特異な自然の現象が生じている地域 (4) 優れた天然林又は学術的価値を有する人工林の地域

表 2.1-3(2) 自然公園法施行規則第十一条 11 項 (2/2)  
 (風力発電施設の新築、改築または増築に対する許可基準)

条項		基準の内容 注)網掛け部は補足(文献1)による) 文献1)自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法(環自国発第100401008号)
1号	第1項 第3号	当該建築物が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること。 「主要な展望地」とは、利用者の展望の用に供するための園地、広場、休憩所、展望施設。ほかにも、公園事業たる道路(駐車場含む。)のうち利用者の用にも供せられているもの。展望及び眺望に係る支障の程度については、景観の視覚特性に関する代表的指標として一般的に景観アセスメントに用いられている垂直視角等に関する既存の知見を、展望や眺望に係る支障を回避するための指針及び支障の程度を評価するための目安として採用することが望ましい。
	第1項 第4号	当該建築物が山稜線を分断する等眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでないこと 「山稜線を分断する」とは、山稜が空を背景として描く輪郭線(スカイライン)の連続性が工作物の出現により切断されることを意味。かかる場合が、特に風致景観上の支障が大きくなるとされているため、代表例として掲げられている。山稜線を分断する場合であっても、山稜が眺望の方向に位置しない、又は工作物が十分遠方に位置し目立たない場合については、必ずしも「眺望の対象に著しい支障を及ぼすもの」とはならない。
	ただし 書き	学術研究その他公益上必要であり、かつ、申請に係る場所以外の場所においてはその目的を達成することができないと認められる風力発電施設の新築、改築又は増築にあっては、この限りでない。 「学術研究」のため「必要」とは、その行為の主たる目的が学術研究のためになされるものをいう。単に附随的な目的となっている行為では、学術研究のため必要な行為とはいえない。「公益上必要」とは、その行為が直接的に公益に資するものに限定。公益上必要と認められるか否かは、当該行為を当該地で行うことの公益性と当該地を当該行為から保護することの公益性の比較衡量による。
2号	———	野生動植物の生息又は生育上その他の風致又は景観の維持上重大な支障を及ぼすおそれがないものであること 野生動植物の生育又は生息を含めて風致又は景観の維持上重大な支障が生ずることが明らかかなものは許可しないという趣旨。なお、野生動植物の生息又は生育その他の風致又は景観の状況が明らかでなく、この計画が重大な支障を及ぼすおそれの有無を判断するために必要と認められる場合にあつては、適切な事前調査の結果に基づき風致又は景観への影響評価。

自然公園内の特別地域内における風力発電の設置状況を表 2.1-4、自然公園の地域内における風力発電施設の不許可・措置命令等の事例を表 2.1-5 に整理する。両表には公園の名称、地種区分、風車の高さおよび許可の根拠・理由等がまとめられており、自然公園内での工作物の設置許可に対する参考資料になるものと考えられる。

表 2.1-4 自然公園の特別地域内における風力発電施設の設置状況(1/2) (出所：山形県生活環境部みどり自然課まとめ，平成 23 年 11 月) 注) 風車高さ 30m 以上のものは，その行を網掛け

都道府県	公園の名称等	地域名	地種区分	風車の高さ(m)	設置目的	事業主体(申請者)	定格出力(kW)	設置基数	総出力(kW)	許可(受理)年月日	運用開始年月日	許可の根拠または理由等
石川県	白山国立公園	白山	特別保護	20	地すべり観測システムへの給電	国土交通省	10	1	10	H11.11		
長野県他	中部山岳国立公園	北穂高岳	特別保護	4.2	山小屋用		0.4	2	0.8	H11.8		
長野県他	中部山岳国立公園	白馬岳	特別保護	9.0	山小屋用		1	1	1	H4.8		
長野県他	南アルプス国立公園	仙丈岳	特別保護	3.8	避難小屋		0.2	16	3.2	H11.4		
北海道	松前矢越道立自然公園	松前町 松前小島	第1種	14.371	灯台の電源供給用	第一管区海上保安部	2	1	2	H13.1.31	H13.3.30	送電困難な無人島東大の電源。風致景観への影響少なく，船舶航行安全確保のため公益上必要。
兵庫県	瀬戸内海国立公園	六甲山	第1種	13	市章山・錨山の電飾照明		7	1	7	S55.9		
青森県	津軽国定公園	深浦町黄金崎	第2種	51.5	自家発電	㈱黄金崎不老不死温泉	400	1	400	H11.12.22		展望の妨げや眺望対象への支障がなく，風致の維持に支障がないと認められる。
福島県	日光国立公園	甲子	第2種	15.1	環境教育用設備		0.4	2	0.8	H11.10		
東京都	秩父多摩甲斐国立公園	西多摩郡奥多摩町	第2種	10.5	自家消費，環境教育	東京都	500	1	500	H21.2.16	H21.3	公園事業（園地事業）
福井県	越前加賀海岸国定公園	南条郡南越前町	第2種	15	融雪用の熱発生設備用	国交省福井工事事務所	30	2	60	H14.9		公園執行同意
静岡県	御前崎遠州灘県立自然公園	御前崎市	第2種	120.5	売電	中部電力㈱	2,000	2	4,000	H21.3	H23.1	主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，動植物に影響が少ない。
静岡県	御前崎遠州灘県立自然公園	掛川市	第2種	119	売電	くろしお風力発電㈱	1,990	2	3,980	H21.3	H23.9	主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，動植物に影響が少ない。
静岡県	御前崎遠州灘県立自然公園	掛川市	第2種	119	売電	くろしお風力発電㈱	2,000	2	4,000	H21.3	H23.9	主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，動植物に影響が少ない。
長野県他	中部山岳国立公園	安房岳	第2種	35.6	防災無線中継局への給電		5	2	10	H12.5		
長野県他	八ヶ岳中信高原国定公園	夏沢峠	第2種	3.5	山小屋合併処理浄化槽用		0.3	7	22.1	H10.10		
愛知県	天竜奥三河国定公園	豊田市	第2種	68	地域振興，環境教育	豊田市	600	3	1,800	H16.8	H17.3	風致景観，野生動物への影響が軽微
愛知県	三河湾国定公園	田原市	第2種	99.5	売電	渥美風力開発㈱	1,500	5	7,500	H17.11	H18.4	同上
愛知県	天竜奥三河国定公園	豊根村	第2種	14.45	公園施設への電力供給	豊根村	10	1	10	H23.7		同上
大阪府	金剛生駒紀泉国定公園	金剛山	第2種	10.2	ビジターセンターのハイトイレ用	大阪府	1	1	1		H12.2	
大阪府	金剛生駒紀泉国定公園	生駒	第2種	6.2	環境汚染防止型ハイトイレ用	四條畷市	0.76	1	—	H16.5	H16.6	展望の妨げや眺望対象への支障がなく，風致の維持に支障がないと認められることなど。
奈良県	高野龍神国定公園	鶴姫公園	第2種	14.6	「鶴姫公園」地域振興・環境教育	野迫川村	10	2	20	H16.12.16		主要な展望地からの展望の妨げにならないと共に，眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでない。
奈良県	高野龍神国定公園	鶴姫公園	第2種	29.5	「鶴姫公園」地域振興・環境教育	野迫川村	40	1	40	H16.12.16		主要な展望地からの展望の妨げにならないと共に，眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでない。
兵庫県	朝来郡山県立自然公園	朝来市	第2種		実証試験	関西電力㈱	150	1	150	H8.3		
佐賀県	玄海国定公園	唐津市（呼子町）	第2種	12.4	環境教育	唐津市長	6	3	18	H18.9.5	H19.2	汚泥処理センターに設置するもので，高さ 30m に満たず，景観や周辺環境への影響がない。
福岡県	玄海国定公園	志賀島	第2種	10	環境教育	福岡県知事	3.5	1	3.5			
高知県	室戸阿南海岸国定公園		特別地域	45.5	学術研究，公益事業	四国電力㈱	300	1	300	H5.11.5		学術研究上及び公益上必要である。
高知県	龍河洞県立自然公園		特別地域	67	実証研究	高知県企業局長	750	2	1,500	H14.11.12	H15	主要な展望地からの展望及び山稜線を分断する等特に周辺の風致に著しい支障を及ぼす影響は少ない。

表 2.1-4 自然公園の特別地域内における風力発電施設の設置状況(2/2) (出所：山形県生活環境部みどり自然課まとめ，平成 23 年 11 月) 注) 風車高さ 30m 以上のものは，その行を網掛け

都道府県	公園の名称等	地域名	地種区分	風車の高さ(m)	設置目的	事業主体(申請者)	定格出力(kW)	設置基数	総出力(kW)	許可(受理)年月日	運用開始年月日	許可の根拠または理由等
茨城県	水郷筑波国立公園	石岡市，桜川市	第3種	90.7	売電	㈱小松崎都市開発	1,000	2	2,000	H15.8.12	H17.4	主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，動植物に影響がない。
東京都	富士箱根伊豆国立公園	八丈島	第3種	12.3	自家発電	八丈町	5	4	20	H9.3.24		既存施設(ディーゼル)の稼働率が半減したため
愛知県	三河湾国立公園	田原市	第3種	44.5	公園施設への電力供給	田原市	300	1	300	H13.7同意	H14.3	同上
三重県	室生赤目青山国立公園	久居市	第3種	75	学術研究	(旧)久居市	750	4	3,000	H10.6	H10.6	主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，動植物に影響がない。
三重県	室生赤目青山国立公園	青山高原	第3種	75	売電	㈱青山ウインドファーム(第3セクター)	750	20	15,000	H13.8	H13.8	自然公園法に基づく「基準の特例」地域内であるため，風車の設置が可能。
三重県	室生赤目青山国立公園	青山高原	第3種	120	売電	㈱青山ウインドファーム(第3セクター)	2,000	40	80,000	H23.3.3受理	未定	審査中：三重県自然環境保全審議会に対し，4月12日諮問，9月14日答申。
滋賀県	琵琶湖国立公園	志賀町	第3種	13.2	環境教育	学校法人 同志社	不明	2	不明	H11.5.14		急傾斜の奥まった展望地からは見えない位置に設置するため，景観に影響ないと判断。
和歌山県	煙樹海岸県立自然公園	日高町美浜町	第3種	119.25	売電	㈱アドエコロジー	2,000	1	2,000	H21.3.12	H22.11	主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでない。
広島県	瀬戸内海国立公園	大久野島	第3種	5.4	外灯用		0.46	2	0.92		H12.3	
佐賀県	玄海国立公園	唐津市(鎮西町)	第3種	26	環境教育(波戸岬少年自然の家)	佐賀県知事	45	1	45	H15.12.1	H16.3	①高さ30mを超えない。②設置目的が環境等の学習施策である。③景観や自然環境への影響がない。
大分県	祖母傾国立公園	祖母山	第3種	12.8	山小屋自家発電	緒方町	0.35	2	1	H8.9.26		主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，動植物に影響がない。
鹿児島県	奄美群島国立公園	与論町古里	第3種	66.3	自家発電	南栄建設協同組合	600	1	600	H12.7.7		主要な展望地からの眺望の妨げにならないと共に，眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでない。
沖縄県	沖縄戦跡国立公園	糸満市摩文仁	第3種	59.5	市観光農園自家発電	糸満市	600	2	1,200	H12.9.26		主な展望地・眺望対象がなく，公共性が認められる。
沖縄県	渡名喜県立自然公園	渡名喜村	第3種	44	渡名喜村の電力供給	沖縄電力㈱	250	1	250	H10.12.25	H13.3	審査指針第1の5の第一ただし書きによる。

表 2.1-5 自然公園の地域内における風力発電施設の設置に対する不許可・措置命令等の事例 (出所：山形県生活環境部みどり自然課まとめ，平成 23 年 11 月) 注) 風車高さ 30m 以上のものは，その行を網掛け

都道府県	公園の名称等	地域名	地種区分	風車の高さ(m)	設置目的	事業主体(申請者)	定格出力(kW)	設置基数	総出力(kW)	処分)年月日	許可の根拠または理由等
山形県	庄内海浜県立自然公園	酒田市	普通地域	110	売電	新日鐵㈱	1,500	20	30,000	H13.3.8	環境審議会の答申を踏まえ，景観上著しい支障を及ぼすとの理由により，事業中止の装置命令を行った。
千葉県	県立九十九里自然公園	銚子市	普通地域	100	売電	三崎町農家風力発電組合	2,000	4	8,000	H17.1.14	環境審議会の答申を踏まえ，風景の保護に著しい支障を及ぼすとの理由により，事業中止の装置命令を行った。
山形県	庄内海浜県立自然公園	酒田市	普通地域	119	売電	日立エンジニアリング	2,250	8	18,000	H22.5.20	地元酒田市の意見，環境審議会の答申を踏まえ，風致景観上著しい支障を及ぼすとの理由により，事業を認めない旨の通知を行った。(2段階審査方式)

## 2.1.2 地熱発電所建設に係る自然公園法の規制

自然公園内での地熱発電所の建設に当たっては、一般的に、以下のような行為規制を受ける可能性がある。また、それぞれの行為の許可の基準となることが予測される自然公園法施行規則第11条の条項は以下のとおり（実際の許可に当たって、それぞれ掲げた条項の適用を受けるか否かは不明）。

- ・ 建設前の調査等（植物の採取、損傷等、動物の捕獲等）  
許可基準：施行規則第11条第29項
- ・ 調査井、生産井、還元井等の井戸の掘削（露天掘りではない土石の採取）  
許可基準：施行規則第11条第16項
- ・ 土地の造成  
許可基準：施行規則第11条第23項
- ・ 立木の伐開  
許可基準：施行規則第11条第14項
- ・ 建屋、管理棟等の建築物の建設  
許可基準：施行規則第11条第6項
- ・ 建築物以外のパイプラインの建設等  
許可基準：施行規則第11条第13項

ここでは上記のうち、建屋・管理棟等の建築物の建設に対する許可基準の条文について、その内容を表2.1-6にまとめる。

なお、普通地域においては、地熱発電所の新築、改築又は増築については、特段支障は生じないものと考えられるが、公益との均衡次第で措置命令等是有り得るものと考えられる。

## 2.1.3 仮設工作物に対する規制

仮設工作物に対する規制については、自然公園法施行規則第十一条1項に定められている。また、第1項に該当しない仮設構造物に対する規制は12項に定められている。ここでは、自然公園法施行規則第十一条1項に定められた仮設工作物の新築、改築又は増築に係る許可基準を表2.1-7にまとめる。

ただし、既存の建築物の改築、既存の建築物の建替え若しくは災害により滅失した建築物の復旧のための新築（申請に係る建築物の規模が既存の建築物の規模を超えないもの又は既存の建築物が有していた機能を維持するためやむを得ず必要最小限の規模の拡大を行うものに限る。）又は学術研究その他公益上必要であり、かつ、申請に係る場所以外の場所においてはその目的を達成することができないと認められる建築物の新築、改築若しくは増築（以下「既存建築物の改築等」という。）であって、第一号、第五号及び第六号に掲げる基準に適合するものについては、この限りでない（＝許可不要）。

表 2.1-6(1) 自然公園法施行規則第十一条 6 項 (1/2)

(地熱発電所に適用が想定される条文における新築、改築または増築に対する許可基準)

条文		基準の内容 注)網掛け部は補足(文献1)による) 文献1)自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法(環自国発第100401008号)
本文	第1項 第2号	以下の特別地域等で行われるものでないこと イ 特別保護地区、第一種特別地域又は海域公園地区→× ロ 第二種特別地域又は第三種特別地域のうち、植生の復元が困難な地域等(次に掲げる地域であって、その全部若しくは一部について文化財保護法(昭和二十五年法律第二百四号)第九條第一項の規定による史跡名勝天然記念物の指定若しくは同法第十條第一項の規定による史跡名勝天然記念物の仮指定(以下「史跡名勝天然記念物の指定等」という。)がされていること又は学術調査の結果等により、特別保護地区又は第一種特別地域に準ずる取扱いが現に行われ、又は行われることが必要であると認められるものをいう。以下同じ。)であるもの →以下の(1)から(4)は× (1)高山帯、亜高山帯、風衝地、湿原等植生の復元が困難な地域 (2)野生動植物の生息地又は生育地として重要な地域 (3)地形若しくは地質が特異である地域又は特異な自然の現象が生じている地域 (4)優れた天然林又は学術的価値を有する人工林の地域
	第1項 第3号	当該建築物が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること。 「主要な展望地」とは、利用者の展望の用に供するための園地、広場、休憩所、展望施設。ほかにも、公園事業たる道路(駐車場含む。)のうち利用者の用にも供せられているもの。展望及び眺望に係る支障の程度については、景観の視覚特性に関する代表的指標として一般的に景観アセスメントに用いられている垂直視角等に関する既存の知見を、展望や眺望に係る支障を回避するための指針及び支障の程度を評価するための目安として採用することが望ましい。
	第1項 第4号	当該建築物が山稜線を分断する等眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでないこと 「山稜線を分断する」とは、山稜が空を背景として描く輪郭線(スカイライン)の連続性が工作物の出現により切断されることを意味。かかる場合が、特に風致景観上の支障が大きくなるとされているため、代表例として掲げられている。山稜線を分断する場合であっても、山稜が眺望の方向に位置しない、又は工作物が十分遠方に位置し目立たない場合については、必ずしも「眺望の対象に著しい支障を及ぼすもの」とはならない。
	第1項 第5号	当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと。 屋根の形態：陸屋根を避け、勾配屋根とする等、固い印象を与えないものが望ましい。 屋根及び壁面の色彩：原色を避ける。公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要。色彩数も必要最小限にとどめる。
	第4項 第7号	当該建築物の水平投影外周線で囲まれる土地の勾配が30%を超えないものであること
	第4項 第9号	当該建築物の地上部分の水平投影外周線が、公園事業に係る道路又はこれと同程度に当該公園の利用に資する道路(以下「公園事業道路等」という。)の路肩から20m以上、それ以外の道路の路肩から5m以上離れていること
	第4項 第10号	当該建築物の地上部分の水平投影外周線が敷地境界線から5m以上離れていること
	第4項 第11号	当該建築物の建築面積が2,000 m <sup>2</sup> 以下であること

表 2.1-6(2) 自然公園法施行規則第十一条 6 項 (2/2)

(地熱発電所に適用が想定される条文における新築、改築または増築に対する許可基準)

条文		基準の内容 注)網掛け部は補足(文献1)による)																	
		文献1)自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法(環自国発第100401008号)																	
本文	第2項 ただし 書き	<p>既存の建築物の改築，既存の建築物の建替え若しくは災害により滅失した建築物の復旧のための新築（申請に係る建築物の規模が既存の建築物の規模を超えないもの又は既存の建築物が有していた機能を維持するためやむを得ず必要最小限の規模の拡大を行うものに限る．）又は学術研究その他公益上必要であり，かつ，申請に係る場所以外の場所においてはその目的を達成することができないと認められる建築物の新築，改築若しくは増築であつて，第1項第5号に掲げる基準に適合するもの．</p> <p>第1項第5号：当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと．</p> <p>屋根の形態：陸屋根を避け，勾配屋根とする等，固い印象を与えないものが望ましい．</p> <p>屋根及び壁面の色彩：原色を避ける．公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要．色彩数も必要最小限にとどめる．</p>																	
1号	———	当該建築物の高さが13m（その高さが現に13mを超える既存の建築物の改築又は増築にあつては、既存の建築物の高さ）を超えないものであること																	
2号	———	<p>当該建築物に係る敷地の範囲が明らかであり、かつ、総建築面積の敷地面積に対する割合及び総延べ面積の敷地面積に対する割合が、前項第二号の表の上欄に掲げる地域及び敷地面積の区分ごとに、それぞれ同表の中欄及び下欄に掲げるとおりであること</p> <table border="1" data-bbox="411 981 1449 1317"> <thead> <tr> <th>地種区分と敷地面積の割合</th> <th>総建築面積の敷地面積に対する割合</th> <th>総延べ面積の敷地面積に対する割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第2種特別地域内における敷地面積が500m<sup>2</sup>未満</td> <td>10%以下</td> <td>20%以下</td> </tr> <tr> <td>第2種特別地域内における敷地面積が500m<sup>2</sup>以上1,000m<sup>2</sup>未満</td> <td>15%以下</td> <td>30%以下</td> </tr> <tr> <td>第2種特別地域内における敷地面積が1,000m<sup>2</sup>以上</td> <td>20%以下</td> <td>40%以下</td> </tr> <tr> <td>第3種特別地域</td> <td>20%以下</td> <td>60%以下</td> </tr> </tbody> </table>			地種区分と敷地面積の割合	総建築面積の敷地面積に対する割合	総延べ面積の敷地面積に対する割合	第2種特別地域内における敷地面積が500m <sup>2</sup> 未満	10%以下	20%以下	第2種特別地域内における敷地面積が500m <sup>2</sup> 以上1,000m <sup>2</sup> 未満	15%以下	30%以下	第2種特別地域内における敷地面積が1,000m <sup>2</sup> 以上	20%以下	40%以下	第3種特別地域	20%以下	60%以下
地種区分と敷地面積の割合	総建築面積の敷地面積に対する割合	総延べ面積の敷地面積に対する割合																	
第2種特別地域内における敷地面積が500m <sup>2</sup> 未満	10%以下	20%以下																	
第2種特別地域内における敷地面積が500m <sup>2</sup> 以上1,000m <sup>2</sup> 未満	15%以下	30%以下																	
第2種特別地域内における敷地面積が1,000m <sup>2</sup> 以上	20%以下	40%以下																	
第3種特別地域	20%以下	60%以下																	

表 2.1-7 自然公園法施行規則第十一条 1 項  
 (仮設工作物の新築、改築または増築に対する許可基準)

条項	基準の内容 注)網掛け部は補足(文献1)による) 文献1)自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法(環自国発第100401008号)
1号	設置期間が三年を超えず、かつ、当該建築物の構造が容易に移転し又は除却することができるものであること。
2号	以下の特別地域等で行われるものでないこと イ 特別保護地区、第一種特別地域又は海域公園地区 →× ロ 第二種特別地域又は第三種特別地域のうち、植生の復元が困難な地域等(次に掲げる地域であって、その全部若しくは一部について文化財保護法(昭和二十五年法律第二百四号)第九十九条第一項の規定による史跡名勝天然記念物の指定若しくは同法第一百条第一項の規定による史跡名勝天然記念物の仮指定(以下「史跡名勝天然記念物の指定等」という。)がされていること又は学術調査の結果等により、特別保護地区又は第一種特別地域に準ずる取扱いが現に行われ、又は行われることが必要であると認められるものをいう。以下同じ。)であるもの →以下の(1)から(4)は× (1)高山帯、亜高山帯、風衝地、湿原等植生の復元が困難な地域 (2)野生動植物の生息地又は生育地として重要な地域 (3)地形若しくは地質が特異である地域又は特異な自然の現象が生じている地域 (4)優れた天然林又は学術的価値を有する人工林の地域
3号	当該建築物が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること。 「主要な展望地」とは、利用者の展望の用に供するための園地、広場、休憩所、展望施設。ほかにも、公園事業たる道路(駐車場含む。)のうち利用者の用にも供せられているもの。展望及び眺望に係る支障の程度については、景観の視覚特性に関する代表的指標として一般的に景観アセスメントに用いられている垂直視角等に関する既存の知見を、展望や眺望に係る支障を回避するための指針及び支障の程度を評価するための目安として採用することが望ましい。
4号	当該建築物が山稜線を分断する等眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでないこと 「山稜線を分断する」とは、山稜が空を背景として描く輪郭線(スカイライン)の連続性が工作物の出現により切断されることを意味。かかる場合が、特に風致景観上の支障が大きくなるとされているため、代表例として掲げられている。山稜線を分断する場合であっても、山稜が眺望の方向に位置しない、又は工作物が十分遠方に位置し目立たない場合については、必ずしも「眺望の対象に著しい支障を及ぼすもの」とはならない。
5号	当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと。 屋根の形態：陸屋根を避け、勾配屋根とする等、固い印象を与えないものが望ましい。屋根及び壁面の色彩：原色を避ける。公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要。色彩数も必要最小限にとどめる。
6号	当該建築物の撤去に関する計画が定められており、かつ、当該建築物を撤去した後に跡地の整理を適切に行うこととされているものであること。

## 2.2 新通知の基本的な考え方

### 2.2.1 新通知の発出までの経緯

自然公園法による地熱発電事業の許可に関しては、昭和49年及び平成6年に通知が出され、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。これらの通知と意見の概要を図2.2-1にまとめているが、自然公園内での自然環境保全（特に風致景観保全）の観点から地熱発電所の建設が抑制され、1990年代後半から地熱発電所の建設停滞期となっている。

その後、2010年（平成22年）6月に、行政刷新会議の規制・制度改革に関する分科会において、再生可能エネルギーの導入促進に向けた規制・制度の在り方が議論され、風力発電及び地熱発電については、自然公園法や温泉法等の許可の早期化・柔軟化に対する閣議決定がなされた。また、2011年3月11日の東日本大震災と福島第1原子力発電所事故はエネルギー政策の見直しを余儀なくし、再生可能エネルギーとして地熱発電についても、導入促進に向けた具体的な動きが加速した。2011年度（平成23年度）の導入促進に向けた環境省の動きを図2.2-2に示す。

新通知については、2011年度、環境省「地熱発電事業に係る自然環境影響会」で検討され、2012年3月に発出された。新通知の名称は「国立・国定公園内における地熱開発の取扱について（平成24年3月27日 環自国発第120327001号）」であり、各地方環境事務所長、各都道府県知事宛ての環境省自然環境局長通知である。

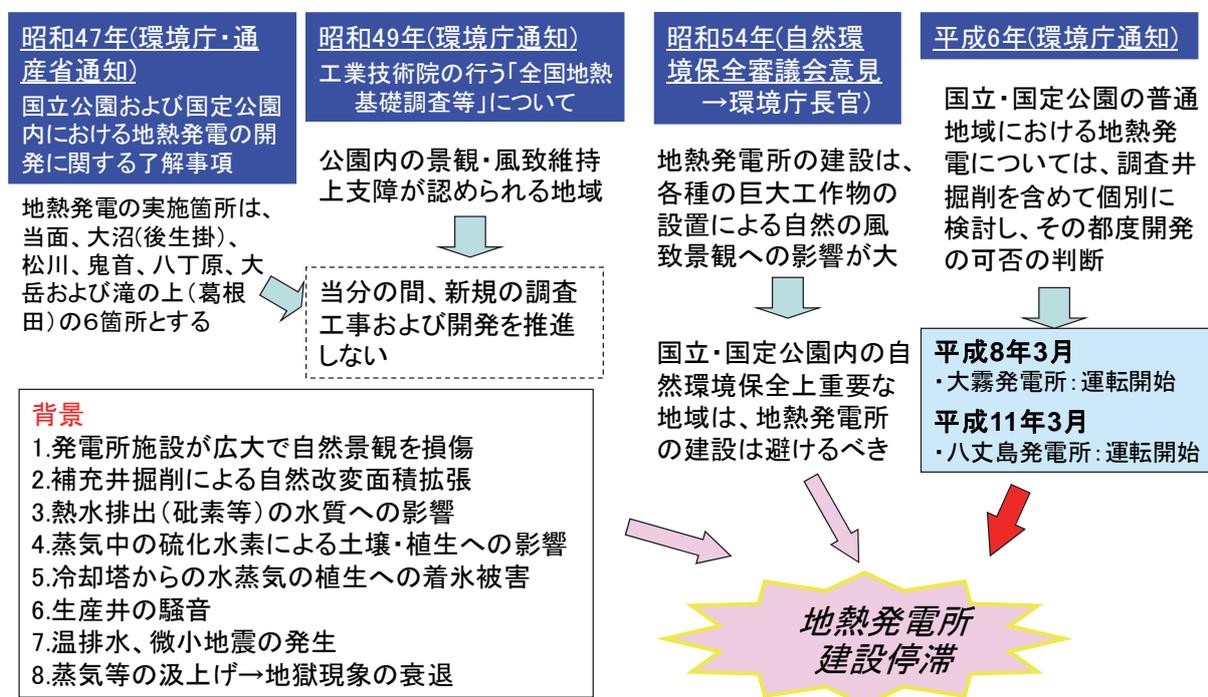


図 2.2-1 国立・国定公園内での地熱発電所に対する過去の通知と背景

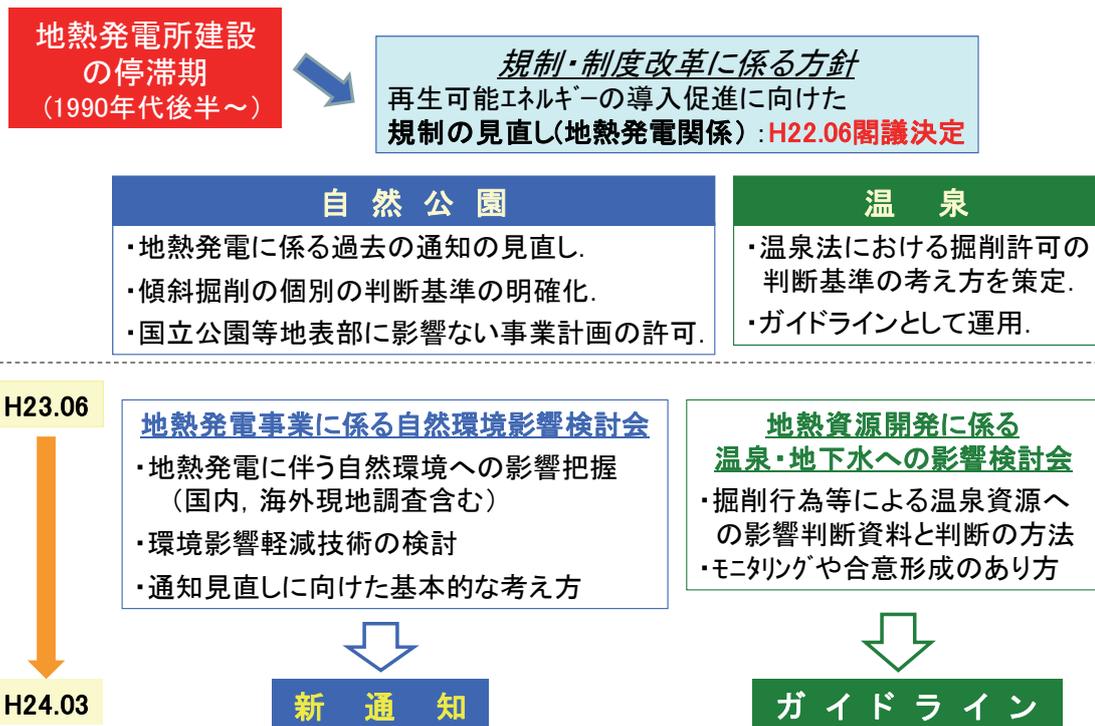


図 2.2-2 平成 23 年度の環境省による地熱発電関係の規制見直しに向けた動き

## 2.2.2 新通知の概要

自然環境保全等のための基本的な考え方としては、以下の 3 項目が示されている。

- ①地熱開発は、特別地域等の国立・国定公園の自然環境保全上重要な地域及び公園利用者への影響が大きな地域では原則として認めない。特に自然公園の核心部というべき特別保護地区と第 1 種特別地域においては、厳に認めないこととする。
- ②国立・国定公園における地熱開発の実施については、地域の持続的な発展に大きく係る行為と考えられることから、温泉関係者や自然保護団体をはじめとする地域の関係者による合意形成が図られ、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る。
- ③地熱開発の行為が小規模で風致景観等への影響が小さいものや既存の温泉水を利用するバイナリー発電などで、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・国定公園利用の促進や公園事業の執行に資するものなどについては、第 2 種・第 3 種特別地域や普通地域の自然環境保全や公園利用に支障がないものは認めることとし、取組を積極的に進める。

また、国立・国定公園内の各地種区分における地熱開発の段階毎の取り扱いも定められており、表 2.2-1 にまとめる。新通知では、第 2 種・第 3 種特別地域において同表に記した 5 条件を満たす優良事例については、掘削や工作物の設置が可能になることが記されており、大きな規制の緩和策といえるが、5 条件をクリアする判断基準については、明確になっていないものと考えられる。以上、自然公園内での地熱開発に係る現行規制の推測結果と第 2 種・第 3 種特別地域の優良事例に対する措置を図 2.2-3 に示す。

なお、本通知発出時点で既に国立・国定公園の特別地域で操業している 6 カ所の地熱

発電所（大沼（後生掛）、松川、鬼首、八丁原、大岳及び滝の上（葛根田））については、新たな敷地造成を伴わない限りにおいて、表 2.2-1 の内容に拘わらず、従前同様の取扱とすることが記されている。

以上が新通知の概要であるが、新通知発出に伴い、「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」報告として、『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な考え方』が公表されている。過去の通知と背景、開発行為と環境保全技術の進展、国立・国定公園内における地熱発電事業の基本的な考え方などと共に、添付資料として「地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題」がまとめられている。

表 2.2-1 国立・国定公園内の各地種区分における地熱開発の段階毎の取扱い

地種区分		地熱開発の段階毎の取扱い
特 別 地 域	特別 保護地区  第 1 種 特別地域	ア. 地熱開発は認めない。また、これらの区域外からの傾斜掘削も認めない。 イ. 重力探査、電磁探査等の地熱資源の状況把握に広域調査が必要な調査であって、自然環境保全や公園利用に支障がなく、地表部に影響がなく原状復旧が可能なものは、認めることが出来るものとする。
	第 2 種 特別地域	ア. 原則として、地熱開発は認めない。 イ. ただし、公園区域外または普通地域からの傾斜掘削については、自然環境保全や公園利用に支障がなく、特別地域の地表部に影響がないものに限り、認めることが出来るものとする。 ウ. 以下に列挙する特段の取組が行われる真に優良事例と判断される場合は、掘削や工作物の設置の可能性についても、個別に検討したうえで認めることが出来るものとする。
	第 3 種 特別地域	<u>優良事例の 5 条件</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地域協議会など、地熱開発事業者と地方自治体、地域住民、自然保護団体、温泉事業者等の関係者との地域における合意形成の場の構築</li> <li>・ 公平公正な地域協議会の構成や適切な運営等を通じた地域合意の形成</li> <li>・ 発電所建屋の高さの低減、蒸気生産基地の集約化、配管の適切な取り回しなど、自然環境、風致景観及び公園利用への影響を最小限とする技術・手法の投入、そのための造園や植生等の専門家の活用</li> <li>・ 地熱関連施設による環境への影響緩和のための周辺の荒廃地緑化や廃屋撤去等の取組、温泉事業者や農業者への熱水供給等、地域への貢献</li> <li>・ 長期にわたる自然環境や温泉その他についてのモニタリングと、地域に対する情報の開示・共有</li> </ul> エ. 上記ウ. における優良事例に相応しいかの判断については、事前準備、地表調査、掘削調査、噴気試験等、地熱開発の段階毎に 5 条件の実施状況等を確認すると共に、次段階の取組を事業者から聴取する等して次段階へ進む可否を判断する。また、環境影響評価法に基づく配慮書が作成される段階においては、位置・規模等について複数案を設定し環境影響を比較できる配慮書が提出されるよう指導するものとする。
普通地域	風景の保護上の支障等がない場合に限り、個別に判断して認めることが出来るものとする。	

H24.03 環境省自然環境局長通知（新通知）  
「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」

地種区分毎の  
取扱いを記載

自然公園内での地熱開発に係る現行規制の推測図

自然公園 ・392箇所 ・国土の14%	地表 調査	物理 探査	調査井 掘削 (民間)	生産井 掘削 (民間)	発電所 設置 (民間)
特別保護地区 (6.3%)					
第1種特別地域 (9.0%)			原則禁止		禁止
第2種特別地域 (19.4%)	現状復旧で 可能		掘削、工作物の 設置の可能性		
第3種特別地域 (29.1%)					
普通地域 (36.2%)			可能		

第2種、第3種特別地域の  
優良事例に対する措置

条件

- ・合意形成の場の構築
- ・地域合意の形成
- ・発電所の影響を最小限にする技術の投入
- ・発電所周辺の影響を最小限にする取組、地域貢献
- ・モニタリングと情報の開示・共有

条件クリアの判断基準は明示なし

<今後の課題>

条件

クリア

掘削、工作物の設置の可能性

図 2. 2-3 自然公園内での地熱開発に係る現行規制の推測結果と優良事例に対する措置

## 2. 3 温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）

### 2. 3. 1 ガイドラインの基本的な考え方

標記の「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」は、図 2. 2-2 のように 2012 年（平成 24 年）3 月に環境省から都道府県向けに技術的助言として通知された。

本ガイドラインの狙いは、現在稼働している地熱発電所に相当する規模の地熱発電の開発の各段階における許可又は不許可の判断基準の考え方を示すことであり、各段階に実施される掘削行為等による温泉資源への影響判断に必要な資料とそれに基づく判断方法を示したものである。さらに、実際の影響判断には、既存の地熱発電開発に係る調査結果を踏まえた地熱・温泉資源に関する地熱数値モデルによるシミュレーション等が有効である場合が考えられることから、既設発電所一帯を対象としたシミュレーション結果等が示されている。

本ガイドラインは掘削許可の判断に係る情報及び方法等を都道府県に提示することにより、地熱開発のための掘削許可をより円滑・公正に進めることを目的としており、以下 2 項目の留意点を示している。

- 1) 地域の温泉資源等の状況等を考慮することが必要である。掘削のための温泉資源の影響は、当該地域の地質構造や泉脈の状態または温泉の開発状況に応じて異なると想定されることから、本ガイドラインで示す資料に別資料を追加する、あるいは本ガイドラインで示す資料の一部を省略する等の対応が想定される。
- 2) 本ガイドラインは現時点の知見に基づき作成したものであり、少なくとも 5 年度毎に総点検を実施すると共に、随時、その更新を行う予定である。

### 2.3.2 地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方

温泉法では、温泉を湧出させることを目的に土地を掘削しようとする場合、都道府県知事の許可が必要である。地熱発電に関しては、生産井だけでなく、地下の熱水貯留状況や資源量を検討するための試験井の掘削であっても、温泉の湧出が見込まれる場合は温泉法に基づく掘削許可の申請が必要である。また、温泉法では個々の掘削申請の度に、温泉法第4条の許可の基準に基づき許否の判断を行うが、入手可能なデータや資料は開発段階で大きく異なることに留意する必要がある。

既存温泉への影響としては、湧出量の減少、温度の低下若しくは成分の変化等があげられ、これらは公益を害する恐れがある場合の例示である。温泉源を保護し、その利用の適正化を図る見地から、当該掘削が公益を害するか否かについて判断し、必要に応じて掘削を制限するとの考え方は従来と同様である。また、公益には掘削工事に伴う土砂崩れや地盤沈下も含まれ、必要に応じて関係機関と連携をして公益を害する恐れがあるか否かを判断する。一方で、掘削中に既存温泉への影響がみられた場合の対処としては、温泉法第4条第3項の規定に基づく条件（影響がみられた場合の調査の実施等）を掘削許可に付し、既存温泉への影響を回避することが考えられる。

以上が掘削許可の判断基準であり、増掘の場合の判断も同様である。

### 2.3.3 関係者に求められる取り組み等

温泉資源の保護と地熱開発の共存は、都道府県による温泉法の運用のみで実現されるものではないとの考えから、温泉事業者及び地熱発電事業者等の関係者による各種の取組が不可欠と述べ、一般的に有効と想定される取組を示している。これらの概要を以下にまとめる。

- ① 温泉事業者、地熱事業者によるモニタリングの実施。具体的な温泉モニタリング手法はガイドライン（平成21年版）の別紙として記載されている。
- ② 情報の共有・公開。温泉地におけるモニタリングを平時から行い、モニタリング結果の整理と各種調査情報の共有化と公開に努めるべきであり、情報の共有化を行う為に関係者や関係市町村等の第三者を加えた場（協議会）を設定し、定期的に開催することが考えられる。
- ③ 関係者の合意形成（協議会等の設置）。協議会等は、地熱資源開発の過程のなるべく早い段階から設置することが望ましく、その設置に当たっては地元自治体の果たす役割が大きいと考えられる。

## 2.4 環境アセスメントの手続き

### 2.4.1 地熱発電所の設置に係る手続きと環境アセスメント

環境省では、環境アセスメントを含めた地熱発電所の設置手続きについて、次のとおりまとめており、環境影響評価は、経済性評価の後に実施される<sup>1)</sup>。

#### 1. 地熱発電所の設置手順

- ① 地表調査  
地表水、熱源の温度・規模、地質把握
- ② 坑井調査  
調査井の掘削による噴出試験
- ③ 経済性評価  
地質構造の確認、貯留層調査を踏まえた経済性評価
- ④ **環境影響評価**  
**環境影響評価法に基づく手続**
  - 1) 配慮書の作成、環境大臣、経済産業大臣による意見
  - 2) 方法書の作成及び住民、関係自治体意見の聴取
  - 3) 方法書に基づく環境調査(基本的に1年間)
  - 4) 環境調査を行った結果を踏まえて、準備書を取りまとめ
  - 5) 準備書に対して住民、関係自治体が意見を述べたあと、環境大臣が意見を述べ、経済産業大臣が環境大臣意見を勘案して事業者に勧告
  - 6) 準備書を修正した評価書の作成・公表(評価書記載のとおり事業が実施されるよう、電気事業法で担保されている。
- ⑤ 建設工事
- ⑥ 供用

#### 2. 地熱発電に係る環境影響評価

出力1万kW以上の地熱発電所を設置しようとする者は、環境影響評価法に基づいて環境影響評価を行う必要がある。

環境影響評価では、工事時や施設の供用時の環境への影響をあらかじめ調査・予測・評価し、必要に応じて環境保全措置を講じることになる。

具体的には、発電所を設置することに伴う、動植物・生態系への影響、景観への影響、温泉・地下水への影響などについて調査、予測、評価を行い、環境保全上必要であれば、事業内容を修正して環境保全措置を講ずることになる。

【出所：「地熱発電に関する環境省施策の事業者向け説明会」資料（2012、環境省）より】

### 2.4.2 我が国における環境アセスメント制度形成の経緯

我が国の環境影響評価法は、1997年（平成9年）に公布、1999年（平成11年）に全面施行された。それ以前においては、公共事業一般に関しては、「環境影響評価の実施について」（昭和59年閣議決定）に基づき実施されてきた（「閣議アセス」と呼ばれる）。ただし、公益事業である発電所（地熱発電所を含む）の立地に係る環境影響評価は、「発電所の立地に関する環境影響調査及び環境審査の強化について」（昭和52年、通商産業省省議決定）に基づいて実施されてきた経緯がある（以下、「省議アセス」という）。

「環境影響評価法」（平成9年法律第81号）の成立に伴って、公共事業等12種類が同法の対象事業となり、この中に発電所も含まれることとなった。しかしながら、発電所に係る環境影響評

価については、その手続きの一部が「電気事業法」(昭和 39 年法律第 171 号)で規定されており、この点が他の事業との大きな違いとなっている。この点、例えば、他事業では、「評価書」に対する環境大臣意見が主務大臣に出される一方、発電事業では、「準備書」に対する環境大臣意見が経済産業大臣に出される違いがある。

なお、今般、法律の完全施行後 10 年の経過を受けて、法律の見直しが行われた結果、2011 年(平成 23 年)4 月に、「計画段階環境配慮書手続(配慮書手続)」や「環境保全措置等の結果の報告・公表手続(報告書手続)」などを盛り込んだ「環境影響評価法の一部を改正する法律」(平成 23 年法律第 27 号)が成立し、2013 年 4 月 1 日より完全施行されることとなっている(平成 23 年政令第 315 号)。

### 2.4.3 環境アセスメントに関する手続きの事例

#### (1) 省議アセスの適用事例

前述のとおり、環境影響評価法施行以前(1997 年以前)には、出力 10,000kW を超える規模の地熱発電所を対象に「省議アセス」制度が適用されてきており、9 件の実施事例がある(表 2.4-1)。

表 2.4-1 通産省省議決定アセスが行われた地熱発電所の事例

	発電所名	認可出力(kW)	電力会社	評価書提出	運転開始
1	八丁原2号機	55,000	九州電力	1987.1	1990.6
2	上の岱	28,800	東北電力	1991.4	1994.3
3	澄川	50,000	東北電力	1992.4	1995.3
4	柳津西山	65,000	東北電力	1993.1	1995.5
5	山川	50,000	九州電力	1993.1	1995.3
6	葛根田2号機	30,000	東北電力	1993.4	1996.3
7	大霧	30,000	九州電力	1994.1	1996.3
8	滝上	25,000	九州電力	1994.8	1996.11
9	小国	(一)	電源開発	1997.9	— (※)

注 1. 電源開発は、2002.1 に小国地点の撤退を表明している。

2. 森発電所(50,000 kW、北海道電力、評価書提出 1980.9、運転開始 1982.11)については、北海道条例に基づく環境アセスが行われている。

#### (2) 既存の地熱発電所に係る主要評価項目、調査・予測手法、環境保全措置

上記の省議アセスが適用された既存の地熱発電所に係る主要評価項目、調査・予測手法および環境保全措置の一例を示すと、次のとおりである(表 2.4-2)。

#### (3) 地熱発電所に対する環境影響評価法の適用事例

2011 年 11 月に方法書が提出された「山葵沢(わさびざわ)地熱発電所(仮称)設置計画」(出力 42,000kW、秋田県湯沢市)の環境影響評価は、地熱発電所としては法に基づく初の事例となる。

表 2.4-2 既存の地熱発電所に係る主要評価項目、調査・予測手法、環境保全措置の例<sup>1)</sup>

主要評価項目	調査・予測手法	環境保全措置
<b>硫化水素</b>	数値計算モデルに基づく着地濃度の予測	冷却塔から排出される多量の空気と混合希釈して <b>上昇拡散</b> させる。
<b>温泉への影響</b>	温泉帯水層と発電に利用する地熱貯留層との関係について、既存データ及び調査結果から、温度分布、地質構造、熱水の水質等をもとに解析、モデル化した上で、地熱流体の採取・熱水の還元に伴う既存温泉への環境影響等について予測する。	生産井及び還元井の鋼管と坑井壁との間にセメントを充填し、浅部の温泉への影響を低減。 運転開始後は <b>温泉のモニタリング</b> を実施。
地表面の <b>動植物・生態系</b> への影響	重要な動植物・生態系を通年調査し、類似事例の引用又は解析による予測を行う。	<b>土地改変</b> 及び <b>樹木の伐採</b> は最小限とする。敷地は周辺植生や環境条件を考慮して選定。
<b>景観</b>	フォトモンタージュ法により、 <b>眺望景観</b> の変化の程度を予測する。	建屋の形状、色彩等に配慮。土地改変の範囲は最小限とする。改変部は緑化し、自然環境と調和させる。

#### 2.4.4 環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続き

以下では、「環境影響評価法」による環境アセスメントの手続きについて解説を行った。同法による環境アセスメントの対象となる地熱発電所の規模は、第1種事業（必ず環境アセスメントを行う事業）が10,000kW以上、第2種事業（環境アセスメントが必要かどうかを個別に判断する事業）が7,500kW以上である（「環境影響評価法施行令」（平成9年政令346号））。

前述のとおり、地熱発電所を含む発電事業に係る環境影響評価は、環境影響評価法に加え、電気事業法が関与しており、そのフローは図2.4-1のとおりとなっている<sup>1)</sup>。

図2.4-1のとおり、環境影響評価の手続きは、書類に着目すれば、「配慮書」、「方法書」、「準備書」、「評価書」及び「報告書」（事後調査の報告）の5つを提出することで構成されており、それぞれについて解説する。解説に当たっては、環境省のホームページ内で整備している、「環境影響評価情報支援ネットワーク」の「環境アセスメントガイド<sup>2)</sup>」を転載し、適宜解説を加えた（転載部分は破線で囲んで表示。ただし、語尾は「です・ます」調から「である」調へ変更するとともに、注書きの一部削除、重複の排除、一部キーワードの**太字**強調等を行った）。

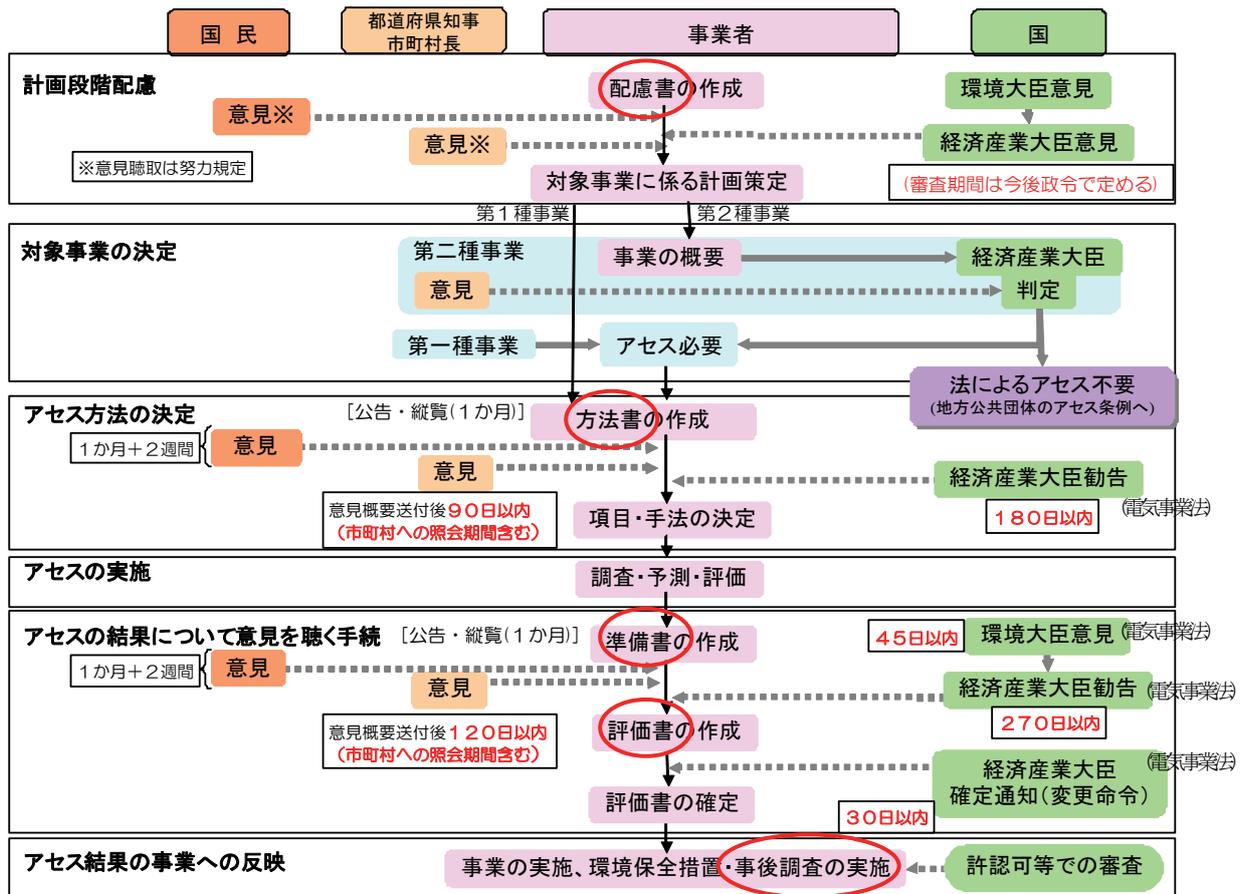


図 2.4-1 発電所に係る環境影響評価の手続き

【出所：「地熱発電に関する環境省施策の事業者向け説明会」資料（2012、環境省）より】

注：「配慮書」の手続き及び「報告書」の手続きは、平成 25 年 4 月 1 日から施行されることとなっている（平成 23 年政令第 315 号）。

注：“アセス結果の事業への反映”において、事後調査の実施が赤線で囲まれているが、「報告書」の作成を意味している。本図には報告書の作成は示されていないが、後述の図 2.4-6 を参照のこと。

## (1) 配慮書<sup>2)</sup>

配慮書とは、**事業の早期段階における環境配慮を図るため**、第1種事業を実施しようとする者（第2種事業を実施しようとする者は、配慮書手続を任意で実施することができる。）が、**事業の位置・規模等の計画の立案段階において、その事業の実施が想定される1又は2の区域において、環境の保全について適正な配慮をするべき事項について検討を行い、その結果をまとめたものである。**

また、対象事業が周辺の自然環境、地域生活環境などに与える影響については、一般の方々や地域の特性を良く知っている住民、専門家の方々、地方公共団体などの意見を取り入れるよう努めることとされている。

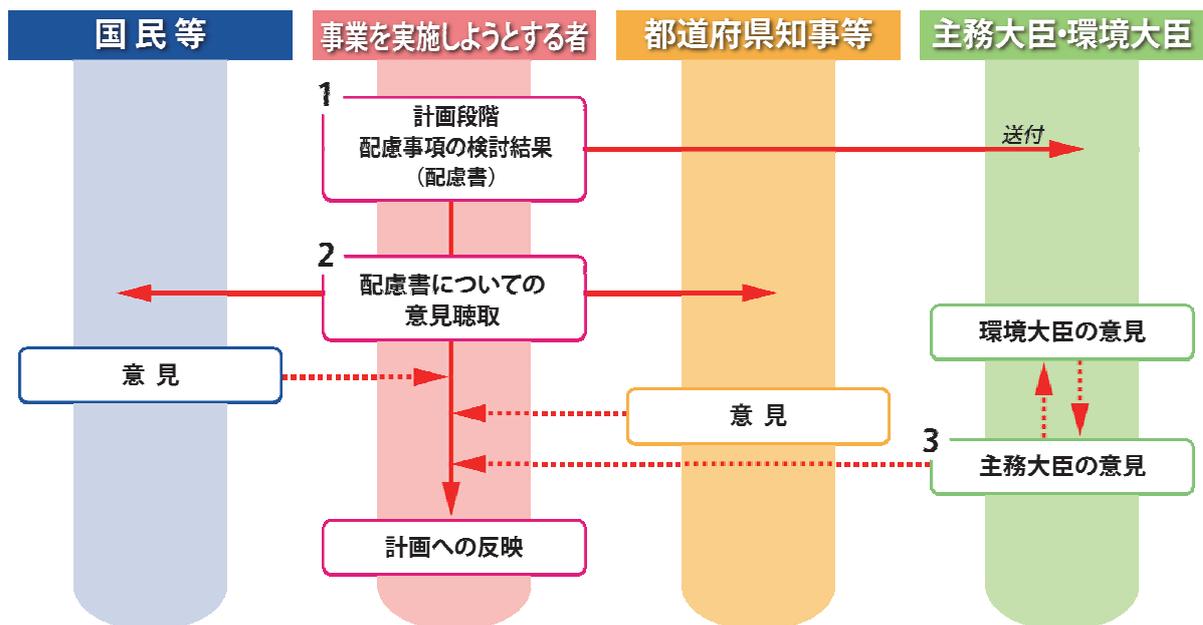


図 2.4-2 「配慮書」の手続き

- 1.事業を実施しようとする者は、計画の立案段階で事業に係る環境保全のために配慮すべき事項について検討を行い、「計画段階環境配慮書」（配慮書）を作成し、主務大臣に送付するとともに、配慮書とその要約を公表する。なお、主務大臣は写しを環境大臣に送付する。
- 2.事業を実施しようとする者は関係する行政機関及び一般から、配慮書について環境保全の見地からの意見を求めるよう努める。
- 3.主務大臣は、環境大臣の意見を踏まえて、事業を実施しようとする者に対して、環境保全の見地からの意見を述べることができる。

なお、本手続きについては、欧米で実施されている「戦略的環境アセスメント」（Strategic Environmental Assessment；「計画アセス」と呼ぶこともある）の要素を導入したものと紹介されたが、本来、「戦略的環境アセスメント」は、個別事業の実施に先立つ「計画」や「政策」という早期の意思決定段階において環境配慮を行うものである<sup>3)</sup>。

一方、平成25年4月より施行される「配慮書」手続きは、あくまでも個別事業に対して早期段階から環境影響評価を適用するものであり、従来の環境影響評価（Environmental Impact Assessment；「事業アセス」ということもある）の枠組みを超えるものではない。

## (2) 方法書<sup>2)</sup>

方法書とは、どのような項目について、どのような方法で環境アセスメントを実施していくのかという計画を示したものである。

同じ道路を作る場合でも、自然が豊かな山間部を通る場合と、大気汚染の激しい都市部を通る場合とでは、環境アセスメントで評価する項目も違ってくる。

地域に応じた環境アセスメントを行うことが必要であるため、環境アセスメントの方法を確定するに当たっては、地域の環境をよく知っている住民を含む一般の方々や、地方公共団体などの意見を聴く手続を設けている。この手続を、「スコーピング」と呼ぶ。

事業者は方法書を作成し、環境アセスメントの項目や方法を確定するに当たっては、環境保全の見地からの意見を有する者や、地方公共団体などの意見を聴く手続を設けている。また、方法書の縦覧期間中には一般の方々などへの理解を推進するため、説明会が開催される。

環境アセスメントの方法を決定する段階で、有益な環境情報や環境保全の見地からの意見を聴くことによって、その意見を評価の項目や方法などに柔軟に反映でき、また、地域の特性に合わせた環境アセスメントが行えるようになる。

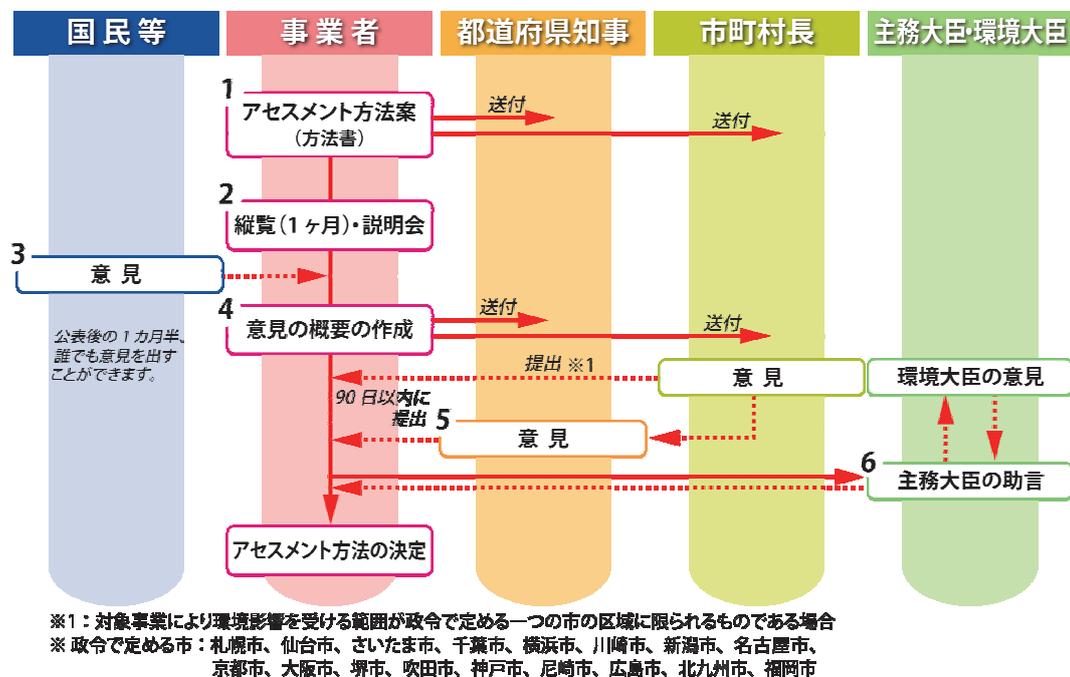


図 2.4-3 「方法書」の手続き

- 1.事業者は、環境アセスメントの進め方を記載した「環境影響評価方法書」(方法書)を作成し、都道府県知事、市町村長に送付する。
- 2.事業者は、方法書を作成したことを公表(「公告」という)し、地方公共団体の庁舎や事業者のウェブサイトなどで1ヶ月間、誰でも見られるようにしておく(「縦覧」という)。また、縦覧の期間内で方法書の内容を説明する説明会を開催する。
- 3.方法書の内容について、意見のある人は誰でも環境保全の見地からの意見を意見書の提出により述べることができる。
- 4.事業者は、提出された意見の概要を都道府県知事と市町村長に送付する。
- 5.都道府県知事は、市町村長の意見を聴いた上で、環境保全の見地からの意見を有する者などから提出された意見に配慮して事業者に意見を述べる。なお、対象事業により影響を受ける地域が1つの政令で定める市に限られる場合は、市長が直接事業者意見に述べることにな

る。

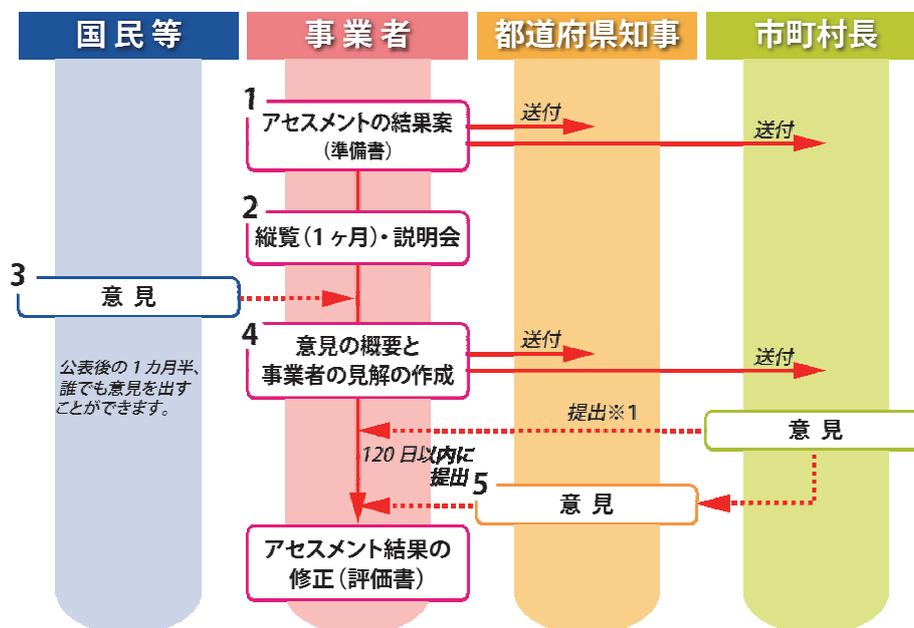
- 6.事業者が環境影響評価項目や方法を選定する際には、事業の免許等を行う者等（例えば、道路であれば国土交通大臣、発電所であれば経済産業大臣）は、環境大臣の意見を踏まえて環境の保全の見地から事業者に意見を述べる。

### (3) 準備書<sup>2)</sup>

スコーピングの手続が終わると、事業者は選定された項目や方法に基づいて、調査・予測・評価を実施する。この検討と並行して、環境保全のための対策を検討し、この対策がとられた場合における環境影響を総合的に評価する。

調査・予測・評価が終わると、次はその結果について意見を聴く手続が始まる。

準備書とは、この**調査・予測・評価を実施した結果を示し、環境の保全に関する事業者自らの考え方を取りまとめたもの**で、図書の分量が多く、内容も専門的であることから、準備書の手続段階において、事業者は、一般の方々などにその内容の周知を図るための説明会を開催する。



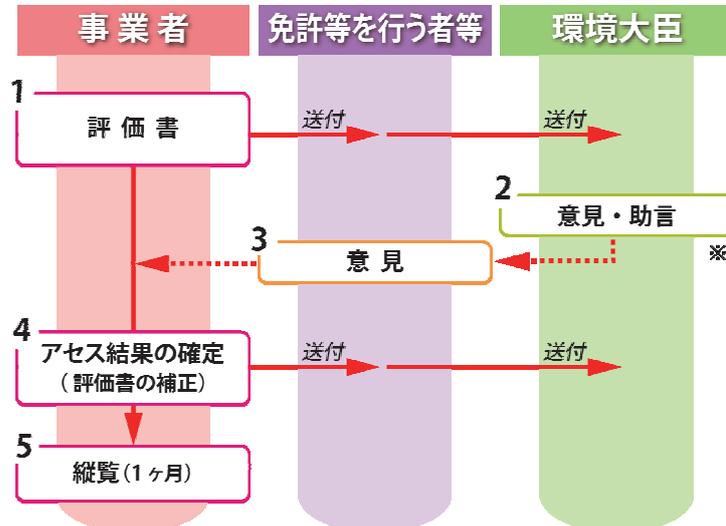
※ 1: 対象事業により環境影響を受ける範囲が政令で定める一つの市の区域に限られるものである場合  
※ 政令で定める市: 札幌市、仙台市、さいたま市、千葉市、横浜市、川崎市、新潟市、名古屋市、京都市、大阪市、堺市、吹田市、神戸市、尼崎市、広島市、北九州市、福岡市

図 2.4-4 「準備書」の手続き

- 1.事業者は環境アセスメントの結果を記載した「環境影響評価準備書」(準備書)を作成し、都道府県知事、市町村長に送付する。
- 2.事業者は、準備書を作成したことを公表(「公告」)し、地方公共団体の庁舎や事業者のウェブサイトなどで1ヶ月間、誰でも見られるようにしておく(「縦覧」)。
- 3.準備書の内容について、意見のある人は誰でも環境保全の見地からの意見を意見書の提出により述べることができる。
- 4.事業者は、提出された意見の概要と意見に対する見解を都道府県知事と市町村長に送付する。
- 5.都道府県知事は、市町村長の意見を聴いた上で、環境保全の見地からの意見を有する者などから提出された意見に配慮して事業者に意見を述べる。なお、対象事業により影響を受ける地域が1つの政令で定める市に限られる場合は、市長が直接事業者に意見を述べることになる。

#### (4) 評価書<sup>2)</sup>

評価書とは、事業者が準備書に対する環境保全の見地からの意見を有する者、都道府県知事等からの意見の内容について検討し、必要に応じて準備書の内容を修正したものである。



※都道府県知事等が免許等を行う者等である場合、都道府県知事等は環境大臣に助言を求めるように努めなければならない。

図 2.4-5 「評価書」の手続き

1. 評価書は、事業の免許等を行う者等と環境大臣に送付され、環境の保全の見地からの審査が行われる。
2. 審査の結果、環境大臣は必要に応じて事業の免許等を行う者等に環境の保全の見地からの意見を述べる。免許等を行う者等が地方公共団体の場合については、必要に応じて環境大臣に助言を求めるように努めなければならないこととされている。
3. 事業の免許等を行う者等は、環境大臣の意見を踏まえて環境の保全の見地から事業者意見に意見を述べる。
4. 事業者は意見の内容をよく検討し、必要に応じて評価書の内容を補正した最終的な評価書を作成し、都道府県知事、市町村長、事業の免許等を行う者等に送付する。
5. 事業者は、評価書を作成したことを公表（「公告」）し、地方公共団体の庁舎や事業者のウェブサイトなどで1ヶ月間、誰でも見られるようにしておく（「縦覧」）。

なお、事業者は、最終的な評価書の公告を行うまでは、事業を実施することはできない。

## (5) 報告書<sup>2)</sup>

評価書の手続きが終わり、工事に着手した後でも、工事中や供用後の環境の状態などを把握するために、様々な調査を行う。このような調査を**事後調査**という。事後調査の必要性については、環境保全対策の実績が少ない場合や不確実性が大きい場合など、環境への影響の重大性に応じて検討する。事業者は、この検討結果を踏まえ、事後調査を行う必要性について判断し、評価書に記載する。

「報告書」とは、事業者が、**工事中に実施した事後調査やそれにより判明した環境状況に応じて講ずる環境保全対策、重要な環境に対して行う効果の不確実な環境保全対策の状況について、工事終了後に図書にまとめたもの**である。事業者は報告書を公表しなければならない。

なお、前述のとおり、この「報告書」に係る手続きは、平成25年4月1日から施行されることとなっている（平成23年政令第315号）。

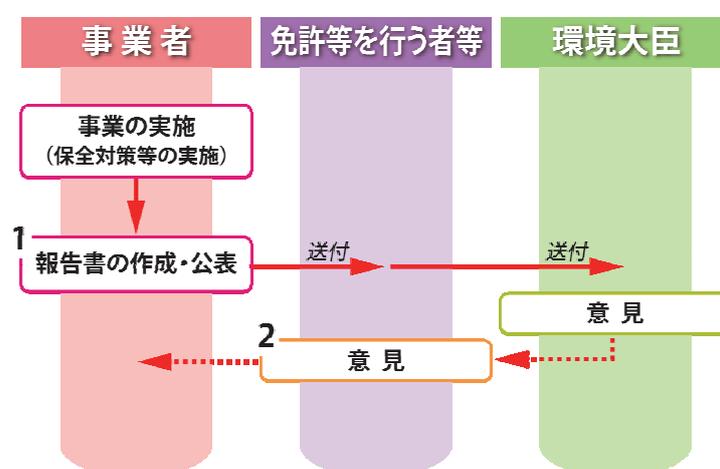


図 2.4-6 「報告書」の手続き

1. 事業者は、事業で講じた環境保全措置等について報告書を作成し、評価書の送付を行ったもの（事業の免許等を行う者等と環境大臣）に送付するとともに、報告書の公表を行う。報告書の送付を受けたものは、これをもとに意見を提出する。
2. 環境大臣は必要に応じて事業の免許等を行う者等に環境の保全の見地からの意見を述べる。また、事業の免許等を行う者等は、環境大臣の意見を踏まえて環境の保全の見地から事業者に意見を述べる。

## 参考文献

- 1) 「地熱発電に関する環境省施策の事業者向け説明会」配布資料，環境省，2012.
- 2) 「環境影響評価情報支援ネットワーク」の「環境アセスメントガイド」，  
(<http://www.env.go.jp/policy/assess/1-1guide/index.html>)
- 3) 戦略的環境アセスメント SEA 導入ガイドラインのあらまし，環境省，2007.

## 第3章 国内外の既設事例の環境対策と国内計画事案の状況に関する調査

本章では、国内外の既設発電所の地域共生策や環境対策などについて調査すると共に、国内の地熱発電所計画事案の進捗状況と地域共生・自然環境保全に対する方針について調査する。これらの調査結果は、環境リスクに対する対応策、および環境省の優良事例5条件に対する対応策（環境ガイドライン骨子案）の検討に活用する。

### 3.1 海外先進事例に関する調査結果

海外の地熱発電所の事例調査については、地熱発電先進国（アイスランド、ニュージーランド、インドネシア、フィリピンなど）を主対象として、地域共生策や新技術を含む環境対策などを調査する。調査は、まず Web に公開されている情報（文献資料等）を収集整理し、情報不足の場合や追加調査すべき課題が見つかった場合は海外調査を行う計画とした。

#### 3.1.1 文献資料調査

環境省は、平成23年度に新通知の発出を目的とした“地熱発電に係る自然影響検討会”において、アイスランド・ニュージーランド・ケニアの3カ国の海外調査を行い、その調査結果を公表している。この環境省の調査は、ヒアリング対象も官庁から地域までと広範囲で、調査内容も地熱行政・環境対策・地域共生方策などであり、我々の調査研究内容ともほぼ一致し、調査結果も広範囲で充実しているものであった。

環境省関係の文献資料以外にも、Web に公開されている情報（文献資料）、環境アセスメント学会誌の地熱特集号および自然エネルギー財団の資料等を調査した。その結果、アイスランド、ニュージーランド、ケニア、インドネシア、フィリピン、フィジー諸島、インド、ベトナム、エルサルバドル、ペルーおよびエチオピア等の多くの国々・地域の地熱発電に関する海外事例情報を収集することができた。

調査結果としては、地熱開発の経緯、環境保全策など有益な情報が数多く得られており、情報量としては十分なものである。得られた情報のうち、ニュージーランドでのマオリの資本参加による地域共生策や国立公園内立地のケニアのオルカリア発電所の環境対策・地域との共生状況は十分参考に値するものであるが、本邦とは文化・社会環境の相違があり、直ちに適用できるものは少ないとの印象である。また、我が国の地熱発電に導入すべき環境保全上の新技術についても、少ないようである。

以下に、収集した文献資料の調査結果を国別に整理して示すが、一部に地熱発電所以外の水力発電所等の環境影響評価関連情報も含んでいる。

#### (1) アイスランド<sup>1), 2), 3), 16)</sup>

文献 No. 1～3 によると、調査の目的は、政府機関は地熱開発に伴う環境影響評価、環境影響対策、地域への貢献、地熱開発許可の発行であり、一方、電力会社は環境への配慮、モニタリング及びマネジメントの手続き等の状況である。また、調査・研究機関に対しては地熱探査技術や掘削技術等が主な調査項目であった。

調査した場所はネーシャブェトリル地熱発電所とヘトルスヘイジ地熱発電所である。

前者のネーシャブエトリルは、1987年建設開始、1990年生産開始で電力設備容量12万kW、交通を容易にするため及び環境上の理由から、パイプラインのうち5kmは地下化、1989年より土壌侵食地の植生回復事業を展開し、1990年から植林事業等環境への配慮を実施している。

後者のヘトルスヘイジは、国内最大最新で電力設備容量量21.3万kW、30万kWにする計画があり、2003年に建設時及び2005年の発電所拡大時に環境影響評価を実施、景観設計雑誌に紹介されている。設備を可能な限り隠すなど、周辺環境に配慮している。垂直な断層への到達性と環境上の理由から傾斜掘りも導入し、土地改変地の植生植付け、建設残土を利用した周辺の修復実施を実施している。

現地ヒアリングの結果は以下のとおり。

#### ①自然環境保全と地熱開発

- ・長期的なエネルギーの利用方針として、「再生可能エネルギー資源の利用のためのマスタープラン」を策定中で、自然環境保全や観光、経済活動などの総合的分析から、地熱や水力の開発候補地を設定。
- ・国立公園等の保護区内の地熱開発候補地点には、過去、問題解決に10年以上かけた事案あり、現在、保護区域内での地熱開発はなし。
- ・マスタープランは、商工省が保護区内の開発候補地を除外した（15箇所）の残り69箇所を対象として運営委員会に諮り、分類化されると共にパブコメの募集を実施中。現在、法整備の最終段階であり、今後国会に提出予定。なお、69カ所の新規の地熱開発は、商工省所管法に基づくライセンスを取得して実施（開発可能：22箇所、要追加調査：27箇所、自然環境保全等の理由により開発不可：20箇所）。

#### ②傾斜掘削

- ・傾斜掘削は、垂直深度1に対して1以上の偏距が可能。
- ・垂直掘削と傾斜掘削の費用の比はおおよそ3：4。

#### ③補充井の掘削

- ・ナショナルエナジー社、レイキャビクエナジー社ともに、スケール付着に伴う補充井の掘削実績は無く、予定も無い。
- ・1本の坑口に複数本の坑井をタコ足状にあらかじめ掘削しておくことで、スケール付着で閉塞した場合に順次使用できる。
- ・スケール付着成分が少なく、圧力と温度を調整して付着を抑制している。

#### ④景観への配慮

- ・同国では、文献No.16にも記載があるが、地溝帯など同国特有の地学的景観が重要視されている。この重要な景観エリアでは、熱水輸送パイプラインや送電線を地下埋設されている。また、パイプラインの色や生産基地の覆いについて、周辺環境への調和に配慮している発電所もある。

#### (2) ニュージーランド<sup>1), 2), 18)</sup>

文献資料No.1～2によると、政府機関の調査目的は資源管理法による地熱プロジェクト

トの進め方、資源同意のプロセス、地域との合意形成方法等の調査であり、電力会社や調査・研究機関、並びにワイカト地域協議会の調査目的は資源同意の関係、掘削技術、環境対策、地域貢献の調査である。

調査対象は、ワイラケイ地熱発電所とオハーキ地熱発電所で、前者のワイラケイは、1958年に稼働開始した国内最古の発電所で電力生産量17.5万kW、熱水は観光施設、エビ養殖場で利用し熱排水を減少させている。ワイラケイにおけるバイナリーサイクル発電所は、熱水から14,400kWを発電、地熱発電所及び周辺の土地利用はワイカトの地熱協議会が規制している。後者のオハーキは、国内2番目稼働の発電所(1989年、10.4万kW)で、105mの冷却塔が特徴である。オハーキ温泉の水位、水温が低下していることが問題であり、1989年以降、オハーキ温泉の水位維持のため分離熱水を温泉に供給している。地熱のカスケード利用として、木材乾燥窯での熱源として利用しており、地熱発電所及び周辺の土地利用はワイカトの地熱協議会が規制している。

現地ヒアリングの結果は以下のとおり。

#### ①自然環境保全と地熱開発

- ・地熱発電は北島のワイカト地方のタウポ地域が中心で、地熱賦存地域が国立公園と重なることがなく、地熱開発は比較的容易。
- ・地熱水の直接利用（木材乾燥、温室栽培、フルーツ乾燥等）。

#### ②行政・法律関係

- ・資源開発に関わる法律には資源管理法があり、同法に基づく資源同意は、地熱開発にも適用。基本的には持続可能な開発、環境保全、悪影響回避（軽減）の計画が地方自治体の条件に一致していれば許可。資源同意は最長35年間の期間設定。
- ・資源同意のための計画には、段階的な開発、貯留層の管理、生産戦略、汚染物質の排出防止、専門委員会の設置などを含めることを推奨。
- ・資源同意には土地所有者（先住民であるマオリ）から、その土地の使用に対する同意が必要。マオリとのパートナーシップ構築ため、マオリに当該地熱開発に出資してもらう方法等を実施。

#### ③探査・掘削技術関係

- ・掘削を伴わない調査は資源同意の対象にはならないが、掘削を伴う調査や開発は対象で、マオリとのパートナーシップの構築が不可欠。
- ・傾斜掘削はワイラケイでも1990年代から使われ、最近では普通の掘削方法。傾斜掘削を行う主な理由は、掘削井や地上施設の集約化。

#### ④発電所運営段階での地熱貯留層管理関係

- ・開発当初は環境対策を重視せず、種々の環境影響が発生。処理なし地熱水放流による河川水質の悪化、水温上昇、地熱貯留層の圧力低下による地表蒸気量の増減や水蒸気爆発の発生、地盤沈下の発生等。
- ・河川水汚染の防止が主目的で還元を始めた結果、地盤地下は沈静化。
- ・ナファでの地熱発電に際しては、近くにマオリの聖地とされる温泉を保護するため、温泉地と地熱発電所との中間地点に還元井を設け、地熱水に10%の冷水を加えるこ

とで、温泉保全に寄与した事例を紹介。

- ・近い距離に運営会社が異なる地熱発電所が併存する場合は、発電所間の相互影響については、資源同意の条件として持続可能な開発と管理があるので、異なる貯留層を使用し、相互にモニタリングすることで共存を期待。

文献 No. 18 によると、ニュージーランドでは、1991 年に制定された資源管理法は、地熱資源とその他の自然資源の開発を管理する根拠法があり、環境省、環境法廷、広域自治体、地区自治体、並びに事業者の責任を規定しているとのことである。日本もニュージーランドのような地熱開発の根拠法が出来るまでには長い時間がかかるであろうが、不必要な規制の緩和や各省庁間の協力、地方自治体と国の役割の明確な規定から始め、開発許可のプロセスを簡素化、明確化、円滑化してゆく努力が必要であるというのが著者の見解である。

また、ニュージーランドと日本における 20MW から 50MW のシングルフラッシュ地熱発電開発のコスト比較の記載があり、日本のコストはすべてのバリューチェーン項目（事業確立、掘削、蒸気フィールド開発、発電所建設、系統接続）において高価である。立地や資源の違いによるコストの違いはあるが、社会的、ビジネス的な要因によるコスト高は改善の余地が大きく、競争原理が働く市場の確立に加えて、規制緩和を含む地熱開発許可に関わる法制度の簡素化、円滑化の努力によりコスト軽減が可能とのことである。

### (3) ケニア<sup>4)</sup>

調査の目的はオルカリア地熱発電所、ケニア政府へのヒアリング調査であり、地熱発電事業に係わる自然環境影響検討会の第 3 回検討会で、国立公園内にある地熱発電所としてオルカリア地熱発電所が話題となっており、このため急遽現地調査が行われたものと考えられる。

発電所は、ナイロビから北西 100km に位置するアフリカで最初の地熱発電所であり、1981 年に操業開始のオルカリア I (45MWe)、オルカリア II (105MWe)、オルカリア III (52MWe) の全発電所で 202MWe である。現在、オルカリア IV の新設とオルカリア I の拡張が進んでおり、2014 年までに 280MWe の発電量を予定している。

オルカリア発電所の事業用地を含む約 80km<sup>2</sup> がヘルスゲート国立公園に指定されており、公園北東にケニア野生生物局の事務所 (KWS) が設置されて公園の管理を行っている。本公園は、地熱開発に供する地域、利用者の用に供する地域、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。

オルカリア発電所の環境配慮措置は以下の通り。

- ・**オルカリア I** : 発電所の開発当時は、環境影響評価に適用すべき国内法制度及び国際的なガイドラインがなく、環境影響評価は未実施。現在、見直しが行われ、鳥類へ配慮した送電線の線形変更、配管の地下化やループ化、景観に配慮した色彩への変更など実施した。四半期に一度、利害関係者を含めた会議で覚書(法的拘束力あり)を見直し、事業者の公園内の全ての活動は、KWS との事前協議と合意が必要。
- ・**オルカリア II** : ヘルスゲート国立公園に指定後に、世界銀行の環境アセスメントに関

する業務命令に基づく環境影響評価手続を経て開発。「ヘルスゲート国立公園における地熱開発に関する覚書」を締結。

- ・ **オルカリアⅢ**：1999年に環境影響評価の実施を規定した包括的な環境管理に関する法律の施行後に建設。前回同様の覚書締結。

また、地域社会への措置は以下の通り。

- ・ 電力供給事業者はケニア野生生物局と共に、全利害関係者（広い範囲の地域コミュニティを含む）が参加する四半期に一度の定期会合を実施。
- ・ 電力供給事業者は、様々な社会影響への配慮措置を実施（例えば、ケニア政府からの補償金）。同事業者の水道事業や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であり、公園利用者にとっては、同事業者によって整備された舗装道路により公園利用上の利便性は向上し、更にオルカリア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。
- ・ オルカリア発電所の開発は、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実施されている。しかし、自然環境保全の取り組みは大型哺乳類への配慮に留まっており、それ以外の自然環境には十分な配慮は行なわれていない。例えば、試掘井からの噴気試験に際して有毒な成分を含む蒸気が直接大気中に放出されており、周辺の広い範囲で植生に多大な被害を与えている例がみられた。また、発電所施設や配管その他の巨大な人工物の大半が、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放置されている。

#### (4) インドネシア<sup>5), 11), 12)</sup>

文献 No. 5 によると、インドネシア政府は、エネルギー鉱物資源省の地熱エネルギー担当幹部が地熱エネルギーの中長期的政策関連資料(2006年から2025年までの地熱開発のロードマップあり)を発行している。

インドネシアには豊富な地熱エネルギーが存在するが、現在の発電量は2010年時点で1,189MWで全体の5%未満であり、インドネシアは地熱開発を加速し、2014年頃に5,156MW、2025年を目途に9,500MWを目標としている。国内に50のGeothermal Working Areaを設定。政府は地熱開発を加速するため、法律や大統領令に基づき、既存のデベロッパーだけでなく新規参入者への道を開示している。

文献 No. 11 によると、同国のフルライス地域では、110MW規模の地熱発電開発事業に対するプロジェクトの実現可能性調査が実施されている。

現地調査の結果を踏まえ、地熱発電所建設というプロジェクトが実施されることを考慮し、次の段階で必要となる環境社会配慮項目を地熱資源（掘削及び配管）、発電所及び送電線の3つに分けて抽出している。環境社会配慮項目（大気汚染、水質他）は、(A) 深刻な影響、(B) 軽微な影響、(C) 影響の有無不明、(N) 影響が予想されないという区分である。また、提案したプロジェクトとそれ以外の環境社会影響のより小さい選択肢との比較検討として、火力・水力発電を挙げ、地熱発電との比較をしている。

環境影響評価の実施権限は当該事業を所轄する中央官庁や全国の州・特別行政区に与えられ、事前のスクリーニングや環境影響評価書の内容を審査するための「環境影響評

価委員会」が設置されている。同国では環境影響評価は影響や活動の範囲に応じて3種類に分類している（事業活動や重大な影響が1自治体内であるもの、統合事業の活動や重大な影響が複数自治体にまたがるもの、事業活動や重大な影響が複数自治体にまたがる開発計画区域にあるもの）。

文献 No. 12 によると、具体的な掘削計画の記載があり、発電所、坑井掘削基地及びアクセス道路造成、生産井及び還元井、出力 110MW の発電に必要な坑井掘削数(生産井 10 坑、還元井 7 坑)の記載がある。

#### (5) フィリピン<sup>17)</sup>

フィリピンは、米国に次ぐ世界第2位の地熱発電設備容量を有する国であり、地熱発電のプロジェクト形成について豊富な経験を有する。同国の類似事業における社会環境分野の調査手法及び合意形成のあり方として、発電 1kWh 毎に1セントボを積み立てて環境・部族福祉信託基金（トランスファンド）として活用していること等を含め、参考になる。

フィリピンの環境影響評価では、日本の環境アセスメントではほとんど取り上げられないことのない社会環境の調査・分析(地域住民の意向把握に関する調査)が実施されている。社会調査におけるデータの収集・分析にあたっては、統計分析システム(SPSS、SAS等)を使用している。戸別ヒアリングを行う調査者に対する研修や監督については、チームリーダーをはじめ研究者が実施している。

#### (6) フィジー諸島<sup>7), 16)</sup>

文献 No. 7 によると、本調査「フィジー・ヴィチレブ島及びヴァヌアレブ島地熱発電設備等建設可能性調査」は、本邦企業が参画する銅鉱山探鉱プロジェクトが進められているフィジー諸島共和国を対象としたものである。調査目的は、鉱山開発には充分でない同国の電力インフラを再生可能エネルギーである地熱発電で補うことが可能であるか検討することであり、電力開発に利用可能な地熱資源ポテンシャルの評価と、地熱資源開発のための予察的経済性評価を実施し、地熱資源利用可能性を検討している。

フィジーにおいて地熱発電事業に係る調査計画及び資源・施設の開発計画を実施する際、社会環境配慮の観点から『環境管理法 2005 年版』を基本法として、環境影響評価(EIA)の実施を義務付けている。環境局は、2008 年に『環境影響評価ガイドライン』を作成、政府関係各所・開発関係者へ配布、環境影響評価の順守・推進に尽力している。ガイドラインには EIA 手順を明示し、土地利用の観点から、『都市計画法』を基本として、その適用の必要性を検討することも必要である。

文献 No. 16 では、フィジー・ナモシ共同探鉱プロジェクトの鉱山開発周辺の輸送インフラ、水力発電整備内容と整備費用を明示している。また、環境社会的側面の検討も行い、周辺環境への影響等について記載がある。フィジー国首都スバ北西のナモシ地域におけるナモシ鉱山開発に係る道路・橋梁及び小規模水力発電等のインフラ整備に対する現状分析に資するため、南太平洋大学や環境省を始めとするフィジー国政府関係機関、並びに地元住民等からヒアリングを実施している。

ナモシ鉱山開発プロジェクト実施による社会環境的側面での改善効果として期待されるものとして、近隣住民の雇用機会の創出による地域経済活性化(経済活動)、道路・橋梁及び小規模水力発電等の基礎的インフラの整備による近隣住民の利便性向上(経済活動、交通・生活施設)等が挙げられる。また、道路・橋梁整備に伴う地域医療サービスの充実(保健・衛生)や災害(リスク)の低減等も社会環境的側面からの裨益効果として期待されている。

#### (7) インド<sup>7),8)</sup>

文献資料 No.7 によると、プロジェクト実施に伴う環境社会面への影響として、現地調査の結果を踏まえて地熱発電所建設というプロジェクトが実施されることを考慮し、次の段階で必要となる環境社会配慮項目を調査段階、建設段階、並びに運転段階の3段階に分けて抽出している。環境社会配慮項目は、(A)深刻な影響、(B)軽微な影響、(C)影響の有無不明、(N)影響が予想されないという区分を行い、正と負の影響を評価している。

開発プロジェクトの環境認可は、そのプロジェクトの特性により特定の基準に従った州または中央の基準のどちらかから受領している。しかしながら、国内で行われる計画のほとんどには、国家環境汚染管理局または環境汚染管理委員会から最初に承認が必要である。プロジェクト提案者は外部のコンサルタントまたは機関と協力し、EIA 調書を準備する責任がある。

発電所及び坑井掘削基地の敷地造成については、敷地面積が各々約 7,000m<sup>2</sup> の生産井掘削基地と還元井基地及び敷地面積約 12,000m<sup>2</sup> の発電所敷地の敷地造成、詳細な地形測量や表層土質等の調査を行った後に敷地造成の詳細設計を行う必要がある。

文献 No.8 によると、アクセス道路の建設は、ウツタルカンド州の州都デラドゥン市では、地熱開発で実施する土木工事等に必要となる建設資機材の調達が可能であるが、発電所敷地近傍の既設道路から発電所敷地までは、掘削機材搬入や発電機器搬入のための道路建設が必要とのことである。急峻な谷を横断する場合は、トラス橋の設置の検討が必要であり、坑井掘削及び発電設備は、インド東部のコルカタ港で荷揚げし、当開発地点まで陸路での輸送が可能とのことである。

生産井及び還元井の掘削で使用する掘削設備は 800~1,000 馬力以上のものを推奨している。生産井及び還元井掘削は限られた坑井敷地から複数のターゲットを掘り抜くため傾斜掘削が必要となる。

#### (8) ベトナム<sup>11)</sup>

本調査は、ベトナム国北部タインホア省マー川ホイスアン地点(ハノイより南西約 100km)における水力発電計画であり、約 100MW 級ダム式水力発電プロジェクトの実現性を調査したものである。

サイト周辺には自然保護区があるが、保護区内には立地しない。サイト内には貴重種、文化遺産、配慮すべき景観等は存在しないが、EIA 調査は 2 年以上前に実施されたものであり、最新の社会環境が反映されていないこと、日本側の視点で環境社会配慮項目の

洗い出しが行われていないことから、今回の調査にてジェトロの「環境社会配慮ガイドライン」、JICAの「JICA環境社会配慮ガイドライン」、JBICの「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」を参考として環境社会配慮項目の幅広い洗い出しを実施している。

#### (9) エルサルバドル<sup>15)</sup>

稼働中の地熱発電所に、未利用熱水を太陽熱で再蒸発させる蒸気タービン発電システムを建設して、既設グリッドに電力を供給し CDM プロジェクトとして登録し、CER 獲得の実現可能性を調査したものである。

ペルー政府は、鉱業投資の促進と民間による鉱山開発プロジェクトの進出を奨励しつつ、1992 年以降、環境保全・遺跡保護・鉱害防止を重視し、法制・規制面での監督を強化している。2008 年 5 月には、環境行政の主体として環境省を設立、その組織・機能・権限を整備中である。同省は環境に関わる政策を立案し、その運用のためのガイドラインを取り纏め、各管轄省庁に提示している。また、環境省の下部組織である環境評価監査機構は、環境ガイドラインの下、各企業体より提出される環境保全計画が適切に実行されているか監督を行う権限を随時管轄省庁より委譲されつつあり、同機構に対して 2011 年 1 月にはエネルギー鉱山省傘下のエネルギー投資促進庁から鉱山分野の環境監督権限が委譲される予定である。

同国では、特に地元自治体及び住民生活の保護と古代遺跡の保護に対して特に重点を置いている。インカ時代の遺跡が有名で、記録されているものだけでも約 1 万カ所あり、実際には 10 万カ所にも点在しているのである。

#### (10) ペルー<sup>14)</sup>

本調査は、ペルー国ワンサラ鉱山での自家用水力発電所の新設を行うプロジェクトの実現可能性を調査したものである。

JBIC のガイドラインと環境チェックリストに基づき、本調査の事業について現地調査、各機関へのヒアリングなどの調査を実施している。現地調査後、事業の規模も考慮して環境社会影響項目の洗い出しを行い、その結果、重大な環境負荷や社会への負の影響は認められていない。

注意点は、導水路の建設ルート上の一部に農地として利用されている土地があったことである。またトーレス川水系ではマスや小魚、植生及び動物が観察され生態系が構築されていることが予想され、発電所は規模が大きくはないこと、また取水方式が流込式であり生態系への影響は限定的であることから、環境社会的影響は大きくはないと考えられるが、近隣住民の農業用水に対する影響及び生態系への影響調査が必要である。いずれも発電所建設時の EIA 申請の段階で詳細なスクリーニングを行い、また定量的なデータによる影響度合いを測り、対策を示すことが必要との見解である。

#### (11) エチオピア<sup>10)</sup>

エチオピア国の EIA ガイドライン(2003)により、すべてのエネルギー開発プロジェクト

トに EIA の実施が要求され、本地域における自然保護区等の指定や規制は無い。

現時点で想定される次の調査段階に必要な環境社会配慮項目は、大気質(硫化水素：調査時、運転開始後、粉塵：建設時の資機材運搬車輛の走行)、騒音(調査時、建設時、運転開始後)、水質(地下水、施設からの排水)、土壌汚染(調査時)、地盤変動、生物(動・植物)、生態系、廃棄物(産業廃棄物)、土木残土(建設時)、住民の移転、住民の生活、生計、温室効果ガスである。

現地調査結果、プロジェクトの特徴等を踏まえてプロジェクトが事業化される際に、環境社会配慮が適切に行われるため、現時点で想定される調査項目を選定している。選定は調査段階、建設段階及び供用段階の 3 段階に分け、環境社会配慮項目の多大な影響(A)、軽微な影響(B)、影響の有無は不明(C)、影響が予想されない(N)という 4 区分で評価している。

### 3.1.2 海外調査

前項 3.1.1 に纏めたように、海外の地熱発電所事例の文献資料調査については、十分な情報量を得ることができたと共に、計画以上の 10 カ国以上の文献資料を入手できた。その中でも、「地熱発電に係る自然影響検討会」が公開したアイスランド・ニュージーランド・ケニアの 3 カ国の調査結果は、我々の調査目的とほぼ一致するものであり、有意義なものであった。

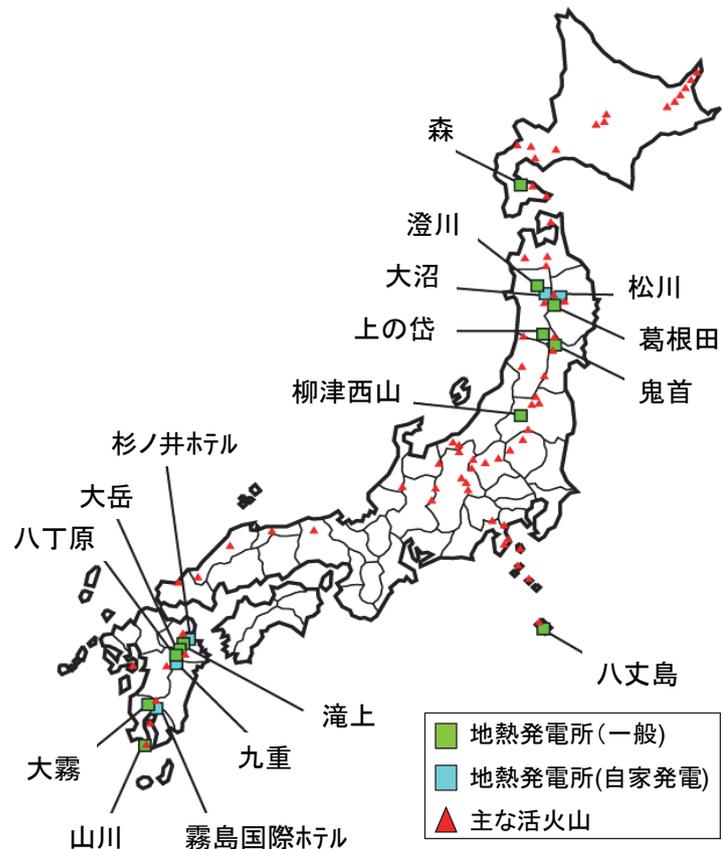
このように、文献資料調査によって海外調査の目標を達成したこと、また、海外事例で追加調査を行うべき課題が抽出されていことから、『海外調査は行わない』方針を第 2 回地熱発電研究委員会に答申して承認されたため、海外現地調査は実施しなかった。

### 3.2 国内既設事例に関する調査結果

国内の事業所用と自家発電用の地熱発電所を図 3.2-1 に示した。事業用 13 発電所の認可出力 53 万 kW に自家用 5 発電所を加えると、18 ヶ所の認可出力は合計 54 万 kW である。

ここでは、出力規模の大きい事業用地熱発電所に注目し、開発の経緯、地域との合意形成状況および環境対策等を調査し、地域との共生手法や環境負荷軽減技術等の検討に有益な知見を得ることを目的とする。なお、調査については、事業用 13 発電所を対象とした文献資料調査を行い、その後、代表的な発電所に対するヒアリング調査を行うものとする。

発電所名	発電部門 蒸気供給部門	認可出力 (kW)	方式	運転開始
森	北海道電力	25,000	DF	S.57.11
澄川	東北電力 三菱マテリアル	50,000	SF	H.07.03
松川	東北水力地熱	23,500	DS	S.41.10
葛根田	東北電力 東北水力地熱	50,000 30,000	SF	S.53.05 H.08.03
上の岱	東北電力 東北水力地熱	28,800	SF	H.06.03
鬼首	電源開発	15,000	SF	S.50.03
柳津	東北電力	65,000	SF	H.07.05
西山	奥会津地熱			
八丈島	東京電力	3,300	DF	H.11.03
大岳	九州電力	12,500	SF	S.42.08
八丁原	九州電力	55,000	DF	S.52.06
滝上	九州電力 出光大分地熱	27,500	SF	H.08.11
大霧	九州電力 日鉄鹿児島地熱	30,000	SF	H.08.03
山川	九州電力	30,000	SF	H.07.03
<b>事業用 計 13 発電所</b>		<b>502,600</b>	—	—
大沼	三菱マテリアル	9,500	SF	S.49.06
杉乃井ホテル	杉乃井ホテル	1,900	SF	H.18.04
九重観光ホテル	九重観光ホテル	990	SF	H.10.04
岳の湯	廣瀬商事	(休止)50	SF	H.03.10
霧島国際ホテル	富士電機システムズ 大和紡観光	100	B	H.18.08
<b>自家用 計 5 発電所</b>		<b>12,660</b>	—	—
<b>合計 18 発電所</b>		<b>515,260</b>	—	—



【出所：表】  
地熱発電に係る自然環境影響検討会、  
資料-2, 2012.06.28 を一部改変

【出所：図】  
産総研 地熱資源研究グループ — 日本の地熱発電所

図 3.2-1 国内地熱発電所

#### 3.2.1 文献資料調査

##### (1) 地熱開発の経緯

ここでは、事業用の地熱発電所 13 カ所のうち、合意形成過程や環境影響調査等の公開情報がある 10 発電所について、地熱開発の経緯をまとめた。これを表 3.2-1 に示す。10 発電所の内、八丈島地熱発電所を除く 9 発電所の環境影響調査については、森地熱発電所が「北海道条例」、他 8 発電所は出力 10,000kW を超える規模を対象とした「通産省省議決定要綱（1977 年）」に基づき実施されている。

表 3.2-1(1) 国内地熱発電所における地熱開発の経緯(1/3)

(合意形成過程や環境影響調査等の公開情報がある事例のみ記載)

発電所	地熱開発の経緯 (合意形成過程を含む)
<p>森</p> <p>文献 19)</p> <p>文献 21)</p> <p>文献 23)</p>	<p><u>(立地) 自然公園外, 保安林</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1972.07～: 日本重化学工業による本格的な地熱開発調査</li> <li>・ 1977.03 : 道南地熱 (日本重化学工業の事業継承) と北海道電力が共同開発基本協定を締結</li> <li>※1977.04 : 森町と道南地熱「濁川周辺地域の地熱開発に関する契約書」を締結 <u>事業活動, 熱水の多目的利用・供給の基本的進め方, 自然環境の保全, 公害・災害等の未然防止に関する取極め</u></li> <li>・ 1977.08～: 生産井と還元井の掘削開始</li> <li>・ 1980.12 : 地熱発電所建設を電源開発調整審議会に上程, 了承</li> <li>※1980.09 : 環境影響調査書発行, 1981.01: 修正環境影響調査書発行</li> <li>・ 1981.04～: 発電所建設開始</li> <li>・ 1982.11～: 営業運転開始</li> <li>・ 2004.02～: 北海道電力が蒸気部門・発電部門の一体運用)</li> </ul>
<p>澄川</p> <p>文献 21)</p> <p>文献 22)</p> <p>文献 23)</p>	<p><u>(立地) 坑口: 自然公園外, 国立公園内に傾斜掘り, 保安林・鳥獣保護区</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1979 : 三菱金属が澄川地区における地熱発電所目標とした探査計画を立案.</li> <li>・ 1981 : 三菱ガス化学と共同で本格的な調査を開始</li> <li>※1990 : 1年間にわたる環境影響調査を実施 : 一斉噴気試験実施, 東北電力と基本協定を締結</li> <li>※1991.10 : 環境影響調査書発行</li> <li>・ 1992.03 : 澄川地熱発電所計画を電源開発調整審議会に上程, 了承</li> <li>・ 1995.03～: 営業運転開始</li> <li>・ 2011 : 傾斜掘削により出力増加</li> </ul>
<p>葛根田</p> <p>文献 21)</p> <p>文献 22)</p> <p>文献 23)</p>	<p><u>(立地) 十和田八幡平国立公園: 第2・第3種特別地域, 保安林・鳥獣保護区</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1950年代: 工業技術院地質調査所による膨大な地熱資源の確認</li> <li>・ 1969 : 日本重化学工業が本格的な地熱調査を開始</li> <li>・ 1970 : 日本重化学工業と東北電力が5万kWの共同開発基本協定を締結 ↓坑井掘削, 環境影響評価書発行 (時期不明), 発電所建設</li> <li>・ 1978.05 : 発電出力5万kWの1号機の運転開始</li> <li>・ 1984.04 : 日本重化学工業から事業を引継いだ東北地熱エネルギーが調査井掘削・成功により葛根田2号機の事業開始</li> <li>・ 1991 : 東北電力との基本協定を締結</li> <li>※1992.10 : (2号機) 環境影響調査書発行 (環境庁長官意見) <u>☆国立公園特別地区内のため, 風致景観に与える影響を最小限とすること</u> <u>☆樹木への着氷被害の監視に万全を期し, 被害発生に適切な措置を講じること</u></li> <li>・ 1996.03 : 発電出力3万kWの2号機の運転開始</li> <li>・ 2003.10 : 東北地熱エネルギーは日本重化学工業の地熱事業を引継ぎ, 東北水力地熱に商号変更</li> </ul>

表 3.2-1(2) 国内地熱発電所における地熱開発の経緯(2/3)

(合意形成過程や環境影響調査等の公開情報がある事例のみ記載)

発電所	地熱開発の経緯 (合意形成過程を含む)
上の岱 文献 21) 文献 22) 文献 23)	<p><b>(立地) 栗駒国定公園外. 保安林・鳥獣保護区</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1971 : 同和鉱業が小安・泥湯地域で地熱調査を開始</li> <li>・ 1981 : 東北電力と地熱開発の共同調査を開始</li> <li>・ 1986 : 秋田地熱エネルギー(株)を設立</li> <li>・ 1988 : 3ヶ月の一斉連続噴気試験を実施. 蒸気量 272t/h を確認</li> <li>・ 1989 : 上の岱に関する東北電力との開発基本協定締結</li> <li>※1990.10 : <b>環境影響調査書発行</b></li> <li>・ 1991 : 電源開発調整審議会にて上の岱地熱発電所計画了承</li> <li>・ 1994.03 : 運転開始 (認可出力 27,500kW) →1997.02: 認可出力変更 (28,800kW)</li> <li>・ 2011 : 傾斜掘削により出力増加</li> </ul>
柳津 西山 文献 21) 文献 22) 文献 23)	<p><b>(立地) 一部が只見柳津県立自然公園</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1986 : 東北電力と奥会津地熱が共同調査を開始</li> <li>・ 1991 : 東北電力と奥会津地熱が共同開発基本合意</li> <li>※1992.06 : <b>環境影響調査書発行</b></li> <li>・ 1992 : 電源開発調整審議会承認</li> <li>・ 1993.08 : 建設工事着工</li> <li>・ 1995.05 : 営業運転開始</li> </ul>
八丈島 文献 21) 文献 22)	<p><b>(立地) 富士箱根伊豆国立公園：普通地域</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1989-91 : NEDO による地熱開発促進調査</li> <li>・ 1992-93 : 東京電力による高精度地表調査</li> <li>・ 1995-96 : 調査井掘削および蒸気噴出試験</li> <li>※1996.12 : <b>東京における自然保護と回復に関する条例 申請</b></li> <li>1997.01 : 同条例 東京都知事認可</li> <li>・ 1998.06 : 発電所建設工事着工</li> <li>・ 1999.03 : 地熱発電所運転開始</li> </ul>
八丁原 文献 20) 文献 21) 文献 22) 文献 23)	<p><b>(立地) 阿蘇くじゅう国立公園：第 2・3 種特別地域</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1964-66 : 大岳から八丁原間で調査井 2 本掘削</li> <li>・ 1968 : 蒸気井掘削開始</li> <li>・ 1973.07 : 八丁原 1 号機 電源開発調整審議会通過</li> <li>・ 1975.07 : 八丁原 1 号機 着工</li> <li>・ 1977.06 : 八丁原 1 号機 営業運転開始</li> <li>・ 1980.07 : 八丁原 2 号機 調査申入れ</li> <li>・ 1981.12 : 八丁原 2 号機 調査井掘削開始</li> <li>※1986.04 : <b>環境レポート</b></li> <li>・ 1986.12 : 八丁原 2 号機 電源開発調整審議会通過</li> <li>※1987.01 : <b>八丁原 2 号機増設に係わる修正環境影響調査書発行(環境庁長官意見)</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>☆国立公園特別地区内のため、風致景観に与える影響を最小限とすること</li> <li>☆既設の 1 号機も含め、補充井に係わる基地の新設は最小限にとどめること</li> <li>☆工作物の色彩等及び修景緑化方法の詳細を具体的に検討すること</li> <li>☆温泉等への影響は充実した監視を行うと共に、温泉保護の対策を講じること</li> </ul> </li> <li>・ 1987.12 : 八丁原 2 号機 着工</li> <li>・ 1990.06 : 八丁原 2 号機 営業運転開始</li> <li>※地元との協定締結あり</li> </ul>

表 3.2-1(3) 国内地熱発電所における地熱開発の経緯(3/3)

(合意形成過程や環境影響調査等の公開情報がある事例のみ記載)

発電所	地熱開発の経緯 (合意形成過程を含む)
滝上 文献 20) 文献 21) 文献 22)	<p><b>(立地) 自然公園外</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1979 : 出光地熱開発が地熱資源調査を開始</li> <li>・ 1991.08 : 九州電力と出光地熱開発が基本協定を締結</li> <li>※1992.06 : 大分県, 九重町, 湯布院町に環境調査申し入れ (1993 : 環境アセス)</li> <li>・ 1993.10 : 出光地熱開発が出光大分地熱を設立. 同社が事業を引継ぎ.</li> <li>・ 1994.07 : 電源開発調整審議会通過</li> <li>・ 1995.06 : 発電所建設工事着工</li> <li>・ 1996.11 : 営業運転開始</li> </ul>
大霧 文献 20) 文献 21) 文献 22) 文献 23)	<p><b>(立地) 霧島屋久島国立公園 : 普通地域. 保安林</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1973 : 日鉄鉱業が地熱資源調査を開始</li> <li>・ 1979 : 新日本製鉄が地熱開発事業に参入</li> <li>・ 1989.07 : 九州電力と新日本製鉄及び日鉄鉱業が基本協定を締結</li> <li>・ 1990.02 : 新日本製鉄と日鉄鉱業が日鉄鹿児島地熱を設立. 同社が事業を引継</li> <li>※1992.02 : 鹿児島県, 牧園町, 栗野町に環境調査申し入れ. 環境影響評価開始</li> <li>・ 1993.06 : 鹿児島県, 牧園町, 栗野町に建設申し入れ</li> <li>・ 1993.12 : 電源開発調整審議会通過</li> <li>※1994.01 : 修正環境影響調査書発行</li> <li>・ 1994.11 : 発電所建設工事着工</li> <li>・ 1996.03 : 営業運転開始</li> </ul>
山川 文献 20) 文献 21) 文献 22)	<p><b>(立地) 自然公園外</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1977 : 石油資源開発が地熱資源調査を開始</li> <li>・ 1988.10 : 九州電力と石油資源開発が基本協定を締結</li> <li>・ 1988.12 : 石油資源が九州地熱を設立. 同社が事業を引継</li> <li>※1990.10 : 環境調査並びに環境影響評価を実施し, 調査書をエネ庁, 関係地方公共団体に提出. →地元での縦覧・説明会</li> <li>・ 1992.12 : 電源開発調整審議会通過</li> <li>・ 1993.09 : 発電所建設工事着工</li> <li>・ 1995.03 : 営業運転開始</li> <li>・ 2005.02 : 九州地熱撤退. 蒸気設備を九州電力に譲渡</li> </ul>

(2) 地域との合意形成状況

地域との合意形成に関する情報として、自治体・地元への報告会・説明会の実施状況を表 3.2-2、協定書の締結の有無を表 3.2-3 にまとめる。協定書の締結がない地域も協議会を設置し、地元説明会・報告会を行うなど、地域共生・共存を行っている。

表 3.2-2 地熱発電所における自治体・地元への報告会・説明会の実施状況<sup>19), 24)</sup>

発電所名	実施状況
森	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境調査報告書は、森町に年度内2回（上期,下期）提出</li> <li>森町が主催する地熱開発事業連絡協議会が濁川地区にあり、これにオブザーバ参加。温泉業者との情報交換を実施</li> </ul>
大沼	<ul style="list-style-type: none"> <li>温泉モニタリングの結果は、温泉事業者と自治体に報告</li> <li>環境測定（年報）報告書は環境省に提出。温泉事業者と自治体等に提出せず</li> <li>年2回説明会を実施。必要に応じて個別訪問にて報告</li> </ul>
澄川	<ul style="list-style-type: none"> <li>温泉モニタリングの実施と報告</li> <li>年2回以上の説明会を実施。必要に応じて個別訪問にて報告（特に反対派）</li> </ul>
松川, 葛根田	<ul style="list-style-type: none"> <li>補充井掘削時の説明会は実施せず。個別に対応</li> </ul>
上の岱	<ul style="list-style-type: none"> <li>補充井掘削時には個別に対応</li> </ul>
鬼首	<ul style="list-style-type: none"> <li>複数の温泉が点在しており、源泉所有者とは地元自治体関連部署を含めて、毎年定期的に懇談会を開催。電源開発から、発電所の運転状況説明</li> <li>新たな坑井掘削の際は計画段階から掘削理由・使用詳細等を説明</li> <li>源泉のモニタリングデータは、毎年、自治体関連組織の鳴子町温泉事業所に報告（各源泉所有者の事業運営に係わるため、未公表）</li> </ul>
柳津西山	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺集落への事業説明会を年1回開催</li> <li>補充井掘削時には、温泉組合及び近隣集落に対して説明会を開催</li> </ul>
大岳, 八丁原	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的に温泉事業者と意見交換会を実施（定例2回/年, 臨時2~3回/年）モニタリング結果の主なものを提供</li> </ul>
滝上	<ul style="list-style-type: none"> <li>年度工事計画を、地元で書面にて連絡</li> <li>温泉モニタリング結果を町に報告</li> </ul>
大霧	補充井掘削時に個別説明会を実施

表 3.2-3 地熱発電所における地元自治体との協定書の締結の有無<sup>22)</sup>

締結の有無	地熱発電所名
締結あり	森, 澄川, 葛根田, 上の岱, 鬼首, 柳津西山, 八丁原, 大岳, 滝上, 大霧, 山川
締結なし	大沼, 松川, 八丈島

### (3) 自然環境保全対策の実施状況

既設発電所では、各種の環境保全対策を行っており、これを表 3.2-4 に整理する。

### (4) 地域貢献と地域経済への波及効果

既設発電所が地域貢献を目的に実施している熱水供給や技術指導などの地域貢献事例を表 3.2-5 に整理する。また、地域活性化や地域経済への波及効果などをまとめ、表 3.2-6 に示す。

表 3.2-4(1) 地熱発電所における自然環境保全のための取組 (1/2)

発電所	環境保全のための取組
森 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：使用面積を最大限縮小し，建物の色合いを留意。</p> <p><u>排水対策</u>：温水と冷却水は全て地下還元．一般排水は浄化槽で処理後に排水。</p> <p><u>大気汚染対策</u>：冷却塔頂部から排出される蒸気中のガスは，大量の空気と共に上昇希釈。</p> <p><u>騒音対策</u>：静かな環境を守るため，機器類の屋内設置や低騒音型の機器を採用。</p> <p><u>環境モニタリング</u>：モニタリングを実施して，環境の保全への配慮。</p>
澄川 文献 21) 文献 25)	<p><u>自然環境との調和</u>：発電所の配置に際しては，樹木の伐採範囲を最小限にとどめ，構内に適切な緑化を行いながら，建物の形状(山小屋風)・色彩に留意</p> <p><u>排水対策</u>：熱水/冷却水/浄化槽で処理した一般排水は，還元井から地下深部に還元。</p> <p><u>大気汚染対策</u>：蒸気中の硫化水素は冷却塔の中で大量の空気でもめ，上昇拡散。</p> <p><u>騒音・振動対策</u>：機器類の屋内設置や低騒音型の機器を採用し，騒音対策．振動の発生する機器類は，高性能な小型のものを採用．基礎を強固にする等の対策実施。</p>
葛根田 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：周辺の景観を損なわないように，自然の地形を生かし敷地面積も最小限．機器類は屋内設置し，建物の色も周囲と調和したものに留意。</p> <p><u>排水対策</u>：熱水は全て地下還元．発電所からの排水は，浄化処理。</p> <p><u>大気汚染対策</u>：冷却塔頂部から排出される蒸気は，大量の空気と共に上昇希釈．また，蒸気を乾燥させる工夫。</p> <p><u>騒音対策</u>：低騒音型の機器を採用。</p> <p><u>環境モニタリング</u>：きめ細やかな対策と環境モニタリングを実施．環境保全に配慮。</p>
上の岱 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：発電所の配置に際しては，樹木の伐採範囲を最小限にとどめ，構内に適切な緑化を行いながら，建物の形状・色彩に留意。</p> <p><u>地上設備の集約化</u>：複数の傾斜井を掘削して敷地面積の縮小と地上設備の集約化。</p> <p><u>排水対策</u>：熱水/冷却水/浄化槽で処理した一般排水は，還元井から地下深部に還元。</p> <p><u>大気汚染対策</u>：蒸気中の硫化水素は冷却塔の中で大量の空気でもめ，上昇拡散。</p> <p><u>騒音・振動対策</u>：機器類の屋内設置や低騒音型の機器を採用し，騒音対策．振動の発生する機器類は，高性能な小型のものを採用．基礎を強固にする等の対策実施。</p>
鬼首 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：発電所各施設の高さ，色彩は自然との調和に配慮．建物周囲は植樹を行い，緑化を促進。</p> <p><u>排水対策</u>：熱水は，還元井により地下深部に還元。</p> <p><u>大気汚染対策</u>：蒸気井の噴気で飛び散りやすい熱水には，気水分離器の設置や蒸気放出口の方向に配慮．また，蒸気中に含まれる硫化水素等は冷却塔上部より大量の空気と共に上昇拡散．これらにより，植物や動物への影響を最小限に抑制。</p> <p><u>騒音対策</u>：各坑口にフラッシュサイレンサーを設置し，噴出音を低レベル化など，様々な機器に騒音防止策を実施。</p> <p><u>環境モニタリング</u>：観測調査を継続し，自然環境へのチェック繰り返し実施。</p>
柳津 西山 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：発電所の配置に際しては，樹木の伐採範囲を最小限にとどめ，構内に適切な緑化を行いながら，建物の色彩等に留意。</p> <p><u>排水対策</u>：熱水，冷却排水は，還元井により地下深部に還元。</p> <p><u>大気汚染対策</u>：蒸気中の硫化水素は冷却塔の中で大量の空気でもめ，上昇拡散。</p> <p><u>騒音・振動対策</u>：機器類の屋内設置や低騒音型の機器を採用し，騒音対策．振動の発生する機器類は，基礎を強固にする等の対策実施。</p>
八丁原 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：自然環境に溶け込むため，建物は全てグレー系の色で統一。</p> <p><u>排水対策</u>：熱水は，還元井により地下に還元。</p>

表 3.2-4(2) 地熱発電所における自然環境保全のための取組 (2/2)

発電所	環境保全のための取組
滝上 文献 21)	<p><u>自然環境との調和</u>：自然環境に調和する為に、建物はベージュ系の色で統一，屋根は切妻屋根とし，山小屋風の窓．敷地内は多彩な植物を植え，敷地から川までの排水設備は自然石の利用など工夫．</p> <p><u>排水対策</u>：熱水は，還元井により地下に還元．</p>
大霧 文献 21) 文献 26)	<p><u>自然環境との調和</u>：建物の形，色など自然環境への調和に配慮．発電所構内は植栽を行うと共に，建物の色彩は茶とクリーム色で統一．</p> <p><u>排水対策</u>：熱水は，還元井により地下に還元．</p> <p><u>騒音対策</u>：冷却塔の周囲に防音パネルを設置することで，騒音を抑制．</p>
山川 文献 21) 文献 26)	<p><u>自然環境との調和</u>：傾斜掘削によるコンパクトな発電所敷地．発電設備と蒸気設備の集約化を図って土地の改変面積を最小限に抑制および復水器をタービン上部に設置（上向き排気）し，発電所本体の高さ抑制．更に，発電所内に亜熱帯樹林と花，周囲は芝を張り，南の島を思わせる配慮．</p> <p><u>排水対策</u>：熱水は，還元井により地下に還元．</p>
九州 電力 文献 27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硫化水素はファン動力で冷却塔上部から空気と蒸気を上昇・拡散させ，影響緩和．</li> <li>・熱水は全量を還元井で還元．冷却塔の冷却水は中和剤で基準内に処理し河川放流．一般排水も油分離槽や浄化槽で基準内に処理して河川放流．</li> <li>・騒音は，本館内に音のするもの，屋外は低騒音型機器を採用．</li> <li>・植生は適切な緑化，土地の改変や樹木の伐採範囲は削減，貴重植物は移植・保全．また，土地改変部は鳥類の餌となる植物配置や貴重な水生植物の生息状況を観察．</li> <li>・景観保全に関しては，大霧発電所では霧島地区管理計画書に基づいて，屋根の形や色，樹木を採用し，周辺環境に配慮したデザイン．</li> <li>・モニタリングは自治体との環境保全協定に基づき実施．</li> <li>・自然環境への影響軽減策：新規還元井の掘削を抑えるサイドトラック工法は地上設備の延命と改変面積の抑制が可能．また，還元熱水の pH 調整（硫酸等の酸使用）はスケール発生を抑制し，還元井の延命化が可能．</li> <li>・地熱発電所は自然環境との調和した環境調和型の発電所の開発が必要．また，温泉等の観光資源もつ地域との共存共栄が重要．熱水の多目的利用等の実現が有効．</li> </ul>

表 3.2-5(1) 地熱発電所の地域貢献内容 (1/2)

発電所	地域貢献内容
森 文献 19) 文献 24)	<p>報告会等：環境調査報告書は、森町に年度内 2 回（上期, 下期）提出</p> <p>熱水供給等：還元熱水の一部を熱交換施設に無償供給（約 120℃，最大 150m<sup>3</sup>/h） →熱交換施設は二地区の 69 棟のハウスに温水供給</p> <p>観光資源：発電所構内に PR 館あり。</p>
大沼 文献 24)	<p>報告会等：温泉モニタリングの結果は、温泉事業者と自治体に報告。 年 2 回説明会を実施。必要に応じて戸別訪問にて報告。</p> <p>地元配慮：温泉業者が主催する行事への参加や工事関係者の地元宿泊施設利用。</p>
澄川 文献 24)	<p>報告会等：温泉モニタリングの実施と報告。 年 2 回以上の説明会。必要に応じて個別に説明（特に反対派）。</p> <p>技術協力：温泉への技術支援と協力</p> <p>地元配慮：温泉業者の主催する行事への参加や宿泊施設利用。発電所職員による市内小学校等の理科授業</p> <p>観光資源：発電所および PR 館は観光資源。</p>
松川 文献 19) 文献 24)	<p>報告会等：補充井掘削時の説明会は実施せず。個別に対応。</p> <p>熱水供給等：地元温泉旅館に暖房用として地熱蒸気の一部を供給。 70℃，最大 260t/h の温水を有償で提供（宿泊施設，商店，農業用ハウス）</p> <p>観光資源：PR 館は冬季を除き運営（年 3 千人程度）。観光スポット化され，地域の活性化に貢献。</p>
葛根田 文献 24)	<p>報告会等：補充井掘削時の説明会は実施せず。個別に対応。</p> <p>熱水供給等：滝ノ上温泉へ熱交換により，配管にて温泉供給（めぐみの湯）</p>
上の岱 文献 24)	<p>報告会等：補充井掘削時には個別に対応。</p> <p>地元配慮：温泉業者が主催する行事への参加</p> <p>観光資源：PR 館は冬季を除き運営。</p>
鬼首 文献 19)	<p>報告会等：源泉所有者とは地元自治体関連部署を含め，毎年定期的に懇談会を開催し，電源開発から発電所の運転状況説明。 新たな坑井掘削の際は計画段階から掘削理由・使用詳細等を説明。 源泉のモニタリングデータは，毎年，自治体関連組織の鳴子町温泉事業所に報告（各源泉所有者の事業運営に係わるため，未公表）。</p> <p>地元配慮：地域行事への協賛・参加，地域交流行事の開催，定期点検時の宿泊利用，冬季の除雪作業の地元委託，地元業者からの資材・サービスの購入努力。</p> <p>観光資源：PR 館の運営</p>
柳津 西山 文献 24)	<p>報告会等：周辺集落への事業説明会を年 1 回開催。 補充井掘削時には，温泉組合及び近隣集落に対して説明会を開催。</p> <p>観光資源：PR 館の運営</p>
八丈島 文献 19)	<p>熱水供給等：地熱発電所から周辺の温室団地へ 12 月～3 月の間，温水を供給し，温室内を約 15℃で暖房。</p> <p>観光資源：PR 館（地熱館）の運営。PR 館は観光資源。</p> <p>その他：地域の活性化のみならず，エネルギー・セキュリティの向上に寄与。</p>
大岳 文献 20) 文献 24)	<p>報告会等：定期的に温泉事業者と意見交換会を実施（定例 2 回/年，臨時 2～3 回/年）。モニタリング結果の主なものを提供。</p> <p>熱水供給等：セパレータで分離された熱水をフラッシュさせ，その蒸気を直接混合させることにより，河川水を昇温させ，地元の利用者へ供給。分湯による民宿経営者の増加，および第三セクターのバイオセンター等農業施設への分湯で新産業（バラ，カスミソウ）。</p>

表 3.2-5(2) 地熱発電所の地域貢献内容 (2/2)

発電所	地域貢献内容
<p>八丁原 文献 20) 文献 24)</p>	<p><u>報告会等</u>：定期的に温泉事業者と意見交換会を実施（定例 2 回/年，臨時 2～3 回/年）。モニタリング結果の主なものを提供。</p> <p><u>熱水供給等</u>：フラッシュャーを出た熱水をさらにフラッシュさせ，その蒸気を直接混合させることにより，河川水を昇温させ，地元の利用者へ供給。現在は，第 3 セクター方式で大規模な熱水供給システムが稼働。</p> <p><u>地元配慮</u>：八丁原 2 号機に関しては，地元の要請により周辺山林を広く買収し，維持管理を実施。</p> <p><u>観光資源</u>：発電所併設の展示館で PR(見学者数 3～4 万人/年)。技術的説明が必要な対応は別途発電所員で対応。</p>
<p>滝上 文献 19) 文献 20) 文献 24)</p>	<p><u>報告会等</u>：年度工事計画を地元で書面で連絡。温泉モニタリング結果を町に報告。</p> <p><u>熱水供給等</u>：熱水供給設備を建設し，給湯。熱水は蒸気配管の凝縮水排出の随伴蒸気と河川水・湧水を混合させて造湯し，共同浴場及び地区の給湯タンクに供給。</p> <p><u>地元配慮</u>：地域住民の雇用，地元旅館・ホテルへの施工会社人員の宿泊，地元会社への工事発注(社内緑地の保全など)や資材購入，地元商店からの購入等。地元盆踊りへの寄付や民宿等からの見学希望への対応。</p> <p>資材搬入や通勤用の滝上地区の砂利道(2km)の拡幅・アスファルト舗装。</p> <p><u>技術協力</u>：滝上周辺市町村の町有泉源確保の為の地表調査やスケール対策等</p>
<p>大霧 文献 24)</p>	<p><u>報告会等</u>：補充井掘削時に個別説明会を実施。</p> <p><u>地元配慮</u>：新基地の造成の場合は，地権者から広く土地を借りるよう依頼あり。</p> <p><u>観光資源</u>：PR 館は設置していないが，社員の通常勤務時間帯は見学者受入れ(1,500～1,600 人/年)</p>
<p>山川 文献 24)</p>	<p><u>観光資源</u>：PR 館の運営。平成 21 年度の見学者は 1 万 3 千人。技術的説明が必要な対応は別途発電所員で対応。</p>

表 3.2-6 地熱発電所立地における経済効果

情報源	対象 発電所	経済効果
鹿角市役所 文献 24)	澄川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源立地交付金，固定資産税，法人住民税</li> <li>・雇用拡大，宿泊施設利用</li> <li>・周辺温泉施設や別荘等への給湯</li> <li>・発電所およびPR館は観光資源</li> </ul>
八幡平市役所 文献 24)	松川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本初の商業用地熱発電所として，発電所見学や熱水利用の温泉への宿泊等の拡大など観光面での経済効果大。</li> <li>・熱水は宿泊施設，商店，農業用ハウスに供給され，保健・福祉の増進及び農業振興に大きな効果。</li> </ul>
雫石役場 文献 6)	葛根田	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路整備により滝の上（観光地）への利用が促進。</li> <li>・作業員の周辺宿泊施設の利用</li> <li>・滝ノ上温泉へ熱交換により，配管にて温泉供給（めぐみの湯）</li> </ul>
九重町役場 文献 24)	大岳， 八丁原， 滝上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業員の周辺宿泊施設の利用</li> <li>・発電所や展示館への見学など観光客が増大。</li> <li>・大岳発電所の分湯による民宿経営者の増加。第三セクターのハイゼンター等農業施設への分湯で新産業（ハラ，カスミツ）。</li> <li>・砒素脱却装置を設置し，第三セクター（町，地元，九電出資）による温泉供給会社を設置して，旅館等に分湯開始。筋湯温泉の旅館分（無償）以外は有償で供給し，この料金で維持管理。</li> </ul>
霧島市役所 文献 24)	大霧	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源交付金：公民館等の整備</li> <li>・作業員の周辺宿泊施設の利用</li> <li>・雇用，公民館活動等の周辺住民との共存</li> </ul>
日本地熱学会 文献 19)	滝上	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 電源三法交付金</li> <li>2) 固定資産税：出光大分地熱(株)分として，H19年の実績 16 百万円。</li> <li>3) 地域住民（九重町）の雇用 <ul style="list-style-type: none"> <li>・出光大分地熱(株)：女子事務員 1 名採用</li> <li>・山九(株)（運転請負会社）：3 名採用</li> </ul> </li> <li>4) 地元（九重町）での消費効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;施工会社人員の宿泊&gt; <ul style="list-style-type: none"> <li>・点検時(2年ごと)：約 600 人・泊</li> <li>・還元井掘削時（不定期）：約 1,900 人・泊</li> <li>・生産井掘削時（不定期）：約 3,000 人・泊</li> </ul> </li> <li>&lt;地元会社への工事発注・工事資材購入&gt; <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常時(年平均)：10 百万円/年</li> <li>・還元井掘削時（土木，燃料）：25 百万円</li> <li>・生産井掘削時（土木，燃料）：26 百万円</li> </ul> </li> <li>&lt;地元商店からの購入：燃料代，事務用品，昼食 他&gt; <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常時(年平均)：900 千円/年</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>5) 温泉業者との共存共栄 <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱水供給設備を建設し，給湯。熱水は蒸気配管の凝縮水排出に伴う蒸気と河川水や湧水と混合させて造湯し，共同浴場及び地区の給湯タンクに供給。</li> <li>・滝外周辺市町村の町有泉源確保の為に地表調査やスケール対策等の技術協力</li> </ul> </li> <li>6) その他：材搬入や通勤も兼ねる滝上地区の砂利道(2km)の拡幅・アスファルト舗装</li> </ol>

#### (5) 地熱発電所に係る環境影響評価・環境アセスメントへの取組の整理

国内における地熱発電所を含む発電事業に係る環境アセスの実施は、環境影響評価法に加え、電気事業法が根拠法となる。環境アセス対象となる地熱発電所の規模要件は、「第1種事業」が10,000kW以上で、「第2種事業」が7,500kW以上と定められている。

現在、「山葵沢（わさびざわ）地熱発電所（仮称）設置計画」（出力42,000kW，秋田県湯沢市）についての方法書が2011年11月に提出され、両法に基づく環境アセスのプロセスに入ったところであるが、同法の対象事業として環境影響評価が行われた事例は過去にはない。

ただし、過去においては、出力10,000kWを超える規模の地熱発電所を対象に「発電所の立地に関する環境影響調査及び環境審査の強化について」（通産省省議決定，昭和52年）に基づく「環境影響調査」が行われ、9件の実施事例がある。表3.2-7に本項(1)～(4)の調査結果を基に、国内地熱発電所の環境影響評価・環境アセス等の取組状況について一覧表にまとめる。

表 3.2-7 地熱発電所に係る環境影響評価, 環境アセスメント等への取組一覧

発電所	(運転開始時) 認可出力(kW)	電力 会社	立地地点 地種区分	協定書	調査書 発行	アセス 根拠	運転 開始	報告会 (年回数)	地域貢献
森	50,000	北海道	自然公園外	有	1980.09 1981.01	北海道 条例	1982.11	2回	熱水供給 観光資源
澄川	50,000	東北	・坑口:自然公園外 ・国立公園に傾斜掘	有	1991.10	省議決定	1995.03	2回以上	温泉へ技術支援 観光資源
松川	23,500	東北水力 地熱	十和田八幡平国立 公園内	無	無	—	1966.10	個別 対応	熱水供給 観光資源
葛根田1号機	50,000	東北	十和田八幡平国立 公園:第2・第3種	有	不明	省議決定	1978.05	個別 対応	熱水供給
葛根田2号機	30,000				1992.10				
上の岱	28,800	東北	栗駒国立公園外	有	1990.10	省議決定	1994.03	個別	観光資源
鬼首	12,500	電源開発	栗駒国立公園:第1種	無	—	—	1975.03	定期的	観光資源
柳津西山	65,000	東北	只見柳津県立自然 公園:一部が公園内	有	1992.06	省議決定	1995.05	1回	観光資源
八丈島	3,300	東京	富士箱根伊豆国立 公園:普通地域	無	無	—	1999.03	不明	熱水供給 観光資源
大岳	12,500	九州	阿蘇くじゅう 国立公園:普通地域	有	無	—	1967.08	2回	熱水供給
八丁原1号機	55,000	九州	阿蘇くじゅう 国立公園:第2・第3種	有	無	省議決定	1977.06	2回	熱水供給 観光資源
八丁原2号機	55,000				1987.01				
滝上	25,000	九州	自然公園外	有	1994.08	省議決定	1996.11	実施	熱水供給 温泉へ技術支援
大霧	30,000	九州	霧島屋久島国立 公園:普通地域	有	1994.01	省議決定	1996.03	個別	見学者受入れ
山川	30,000	九州	自然公園外	有	1993.01	省議決定	1995.03	個別	観光資源
小国	—	電源開発	—	—	1997.09	省議決定	撤退	—	—

注 1) 省議決定要綱(S52)は, 1977年以降適用.

注 2) 調査書の発行年月日は, 「環境影響評価情報支援ネットワーク」による. 滝上, 山川発電所のデータなし.

注 3) 八丈島地熱発電所: 「東京都における自然保護と回復に関する条例」, 申請: 1996.12 → 認可: 1997.01

注 4) 地域貢献については, 報告会, 地元配慮(雇用, 宿泊利用, 購入等)は除く.

### 3.2.2 国内既設発電所ヒアリング調査

国内地熱発電所へのヒアリング調査に関しては、環境保全対策の実施状況や地域との合意形成手法・共生策などに関する詳細情報の取得を目的とした。ヒアリング先は、以下の3箇所である。なお、②の柳津西山地熱発電所のヒアリングに関しては、温泉事業者と役場のそれぞれについてもヒアリングの了解を頂いたので、発電所ヒアリングに合わせて行った。

- ①滝上地熱発電所：出光大分地熱(株)に対する現地ヒアリング（滝上事業所）
- ②柳津西山地熱発電所：奥会津地熱・東北電力への現地ヒアリング
  - ・西山温泉事業者、柳津町役場に対する現地ヒアリングも実施
  - ・奥会津地熱殿本社に対する追加ヒアリングも実施
- ③鬼首地熱発電所：電源開発殿本社に対するヒアリング

#### (1) ヒアリング調査項目

地熱発電所事業者、温泉事業者および役場に対するヒアリング調査項目を表 3.2-8～3.2-10 に示す。地熱発電所に対するヒアリング調査については、環境保全対策や地元調整等を中心とし、環境省新通知の優良事例 5 条件に対する意見を頂いた。温泉事業者については、地熱発電所計画に対する温泉組合の反応や地熱発電事業者との関係構築の経過、および地熱発電所の地域貢献状況などを調査項目とした。更に、役場に関しては、地熱発電事業者と地域との関係構築について、役場の立場や役場の果たした役割等を質問すると共に、地熱発電所の立地による地域貢献などを調査項目とした。

表 3.2-8 地熱発電所事業者に対するヒアリング項目

1. 環境保全への取り組み状況、経緯について
  - 1.1 開発から運用段階における環境保全への取り組み、対策状況や実施の経緯（発電所内・外）
    - (1) 大気汚染・騒音・振動・排水対策、森林・生態系、温泉対策等の環境アセス項目
    - (2) 自然環境との調和（景観、地上設備の集約化、周辺緑化等）
    - (3) その他（地盤沈下、誘発地震等）
  - 1.2 モニタリングの実施状況（測定項目、測定頻度、箇所の内容、それらの決定に関する経緯）
  - 1.3 万一、何か影響があった場合の技術的な対策内容
  - 1.4 環境保全に関する今後の研究・開発の課題、ご意見、ご要望
2. 地域貢献の状況、および地域への経済効果について
  - 2.1 地域貢献（熱水供給、温泉事業者への技術支援等）の内容、および地元の反応・要望
  - 2.2 地熱発電所の立地による地域の便益（具体的な経済効果等、定量的な評価結果の有無）
  - 2.3 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方
3. 地元調整について
  - 3.1 開発計画・立地・運用に関係する主な利害関係者、および各主体への説明・交渉プロセス（どの段階で誰にどのような説明・交渉をされたか、出された意見・要望に対する対応等）
  - 3.2 協定書の締結に関する経緯（締結時期、内容）
4. 地元との情報共有の場（説明会、協議会等）について
  - 4.1 地元との対話の場（地元説明会、協議会等）の有無、設置（発足）に至る経緯
  - 4.2 地元との対話の場：無 → 非公式な対話の有無、個別対応等
  - 4.3 地元との対話の場：有 ↓
    - (1) 運営体制（実施主体、自治体の支援状況、構成メンバー、開催頻度、課題）
    - (2) 説明・協議内容（モニタリング結果等の情報開示・共有に関する現状と課題）
    - (3) 各主体との関係（過去に問題があった場合の対処・解決策、成功・失敗例）
5. これまでのご経験から、環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見
  - 5.1 発電所内外の環境保全の取り組みについて、従来以上の対応の必要性の有無
  - 5.2 開発候補地で早期から合意形成を行う場を設ける方法、手続き、準備等へのご意見
  - 5.3 地域合意の成立に資する協議会の構成や運営などに対するご意見
  - 5.4 国や官庁へのご要望

表 3. 2-9 温泉事業者に対するヒアリング項目

<p><b>1. 温泉業者殿と地熱発電所事業者殿との関係構築の経過について</b></p> <p>1.1 柳津西山地熱発電所計画を最初にお聞きになったとき、どのような感想をお持ちになったでしょうか（地域への影響，温泉への影響）. また，温泉組合の皆様の反応はどのようなものだったでしょうか. 記憶されている範囲で構いませんので，お願いします.</p> <p>1.2 温泉組合の皆様の反応に対して，地熱発電事業者殿の対応はどのようなものだったでしょうか.</p> <p>1.3 その後，現在の良好な関係を築かれるまでの経過や取組などを教えてください.</p> <p>1.4 現在，説明会・報告会が行われる協議会の場やモニタリング情報の共有化などについて，どのような印象をお持ちでしょうか.</p> <p><b>2. 地熱発電所の立地による地域の活性化や地域貢献について</b></p> <p>2.1 地熱発電所事業者殿が行われている地域貢献策の内容を教えてください. また，最も役に立っていると思われる貢献策があれば，教えてください.</p> <p>2.2 地熱発電所の立地が地域の活性化や地域経済に効果があったと予想していますが，具体的にどのような効果があったでしょうか.</p> <p><b>3. その他</b></p> <p>現在，国内では多くの地熱発電所計画が提案されていますが，温泉事業者殿の懸念により調査が停滞する計画も多いようです. 実際に，地熱発電所と向き合ってきたご経験から，何かご助言やご感想があれば教えてください.</p>
---

表 3. 2-10 役場に対するヒアリング項目

<p><b>1. 地域と地熱発電所事業者殿との関係構築の経過について</b></p> <p>1.1 柳津西山地熱発電所計画を最初にお聞きになったとき、どのような感想をお持ちになったでしょうか（地域への影響，温泉への影響）. また，自然保護団体や温泉組合の皆様の反応はどのようなものだったでしょうか. 記憶されている範囲で構いませんので，お願いします.</p> <p>1.2 柳津町役場として，地熱発電所計画に対してどのような対応だったでしょうか.</p> <p>1.3 地熱発電所と地域との良好な関係構築については，柳津町役場の貢献が大きかったものと考えますが，どのような役割をされたでしょうか.</p> <p>1.4 現在，説明会・報告会が行われる協議会の場やモニタリング情報の共有化などについて，どのような印象をお持ちでしょうか.</p> <p><b>2. 地熱発電所の立地による地域の活性化や地域貢献について</b></p> <p>2.1 地熱発電所事業者殿が行われている地域貢献策の内容を教えてください. また，最も役に立っていると思われる貢献策があれば，教えてください.</p> <p>2.2 地熱発電所の立地が地域の活性化や地域経済に効果があったと予想していますが，具体的にどのような効果があったでしょうか.</p> <p><b>3. その他</b></p> <p>現在，国内では多くの地熱発電所計画が提案されていますが，自然保護団体や温泉事業者殿の懸念により調査が停滞する計画も多いようです. 実際に，地熱発電所と向き合ってきたご経験から，何かご助言やご感想があれば教えてください.</p>
--

## (2) ヒアリング調査結果

ヒアリング調査結果については、巻末の【資料集】の“資料-2”に議事録等で示す。資料-2には、滝上地熱発電所の現地事業者、鬼首地熱発電所の事業者、柳津西山地熱発電所の現地事業者、柳津西山地熱発電所近郊の西山温泉の現地温泉事業者と地元自治体（柳津町）のヒアリング調査結果、および現地調査時の一部記録写真を示す。

ここでは、資料-2に基づいて、主なヒアリング結果を抽出整理することとする。

### a. 地熱発電所事業者ヒアリングの主な結果

地熱発電所の事業者ヒアリングの主な結果を整理すると以下の通りである。

#### 【開発から運用段階における環境保全への取り組み】

- ・自然環境との調和（景観、地上設備の集約化、周辺緑化等）については、どの発電所も地域の状況や要望に応じた十分な環境保全対策を実施しているものと判断された。
- ・自然公園外に立地する柳津西山発電所は、本館高さが 26m で平らな屋根であり、自然公園内立地との差異があった。

#### 【モニタリングの実施状況】

- ・モニタリングについては、主に温泉モニタリングが中心。湧出量、温度、水質、pH、電気伝導度などの測定結果を定期的に測定している。
- ・滝上発電所では、温泉モニタリングデータを運転開始前の変動幅と対比しており、評価の目安になるものであった。
- ・モニタリングデータは協定書の取り決めにより、温泉事業者と自治体に提出している。

#### 【万一、何か影響があった場合の技術的な対策内容】

- ・地域との協定に則り原因究明と対策を行うが、解決できない時は第三者委員会での議論を想定するとの回答の他、万一の際に対する事前の取り決めはないとの回答もあった。

#### 【環境保全に関する今後の研究・開発の課題、ご意見、ご要望】

- ・地熱発電の特性を踏まえたモニタリングの対象範囲、項目、頻度等に対する最小限の指針を作り、地域の特性に合わせた調整をすべきとの意見あり。

#### 【地域貢献（熱水供給、温泉事業者への技術支援等）の内容、および地元の反応・要望】

- ・熱水供給に対する要望は多いが、給湯して便益を供与すればよいという単純なものではなく、却って反発を招くおそれありとの意見あり（泉質の問題など）。
- ・奥会津地熱は、予備の温泉（荒湯）を掘って町に寄付。この泉質は西山温泉の源泉と異なるが、せいざん荘（日帰り温泉とレストラン）と西山温泉にも配湯している。この配湯対策が、柳津西山地熱発電所の開発促進に大きく貢献した。
- ・地熱発電と関係ない項目を含め、温泉業者への技術指導を実施している事例あり。

#### 【地熱発電所の立地による地域の便益（具体的な経済効果等、定量的な評価結果の有無）】

- ・柳津西山地熱発電所のPR館への訪問者数は年間 15 千人程度である（常時 2 名で対応）。
- ・雇用創出（奥会津地熱殿は 21 人中、15 名が地元雇用）

#### 【地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方】

- ・地熱発電の認知度向上と地域へのメリット供与が必要。恩恵は特定の人に偏らないこと。
- ・温泉事業者が発電をやるのが一番良いと思う。

- ・温泉事業者は温泉への影響について不安を持たれているので、これに対応することが重要。金銭的な補償という意味ではなく、技術的な対応、サポートが可能。

#### 【環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見】

##### 1) 発電所内外の環境保全の取り組みについて、従来以上の対応の必要性の有無

- ・環境省のハードルは高いと思うとの意見あり。発電所作る前から、調査ひとつひとつでも了解を取っていかなければならない等、なかなか難しい。
- ・第2種&第3種特別地域で地熱発電が実現しないと、日本の地熱発電はこれ以上発展しない。まずは先行している地域で頑張ってもらい、成功事例を作してほしい。
- ・地熱発電については、温泉業者等に誤解があるのではと考えている。まずは、温泉発電などを普及させ、温泉業者に地熱発電に対する理解を得ていくことが必要ではと思う。

##### 2) 開発候補地で早期から合意形成を行う場を設ける方法、手続き、準備等への意見

- ・開発計画書で全体像を理解してもらう。調査のみで進め、開発に移行の場合は問題多し。
- ・5条件のうち、最初の地域協議会を作るとするのが最も困難。

##### 3) 地域合意の成立に資する協議会の構成や運営などに対する意見

- ・自治体の姿勢・対応が一番重要。
- ・合意形成の対象範囲の目安必要。例えば開発地点から4km四方の立地町村、隣接町村に絞るなど。

##### 4) 国や官庁へのご要望

- ・事業者と温泉事業者との2者の対立関係にならないよう経済学、社会学者、哲学、教育、弁護士など多彩な人材による事業評価が必要。
- ・リスクを踏まえ、調査だけの地熱支援にならないよう希望。長期事業であることを踏まえ継続した支援をお願いしたい。
- ・環境アセス期間の短縮

#### b. 温泉事業者ヒアリングの主な結果

柳津西山地熱発電所の近郊の温泉事業者ヒアリングの主な結果を抽出すると、以下の通りである。

#### 【温泉事業者殿の主なコメント】

##### 1) 発電所計画を最初にお聞きになったときの感想（地域への影響、温泉への影響）

- ・西山温泉の旅館はそれぞれ源泉を持っている。地熱発電所の設置によってお湯が出なくなるのではとの不安があり、計画に反対であった。

##### 2) 温泉組合の皆様の反応に対して、地熱発電事業者殿の対応

- ・奥会津地熱が予備の源泉（荒湯）を設置し、町に寄付。各旅館への配湯施設も整い、各旅館の予備源泉が確保された（各温泉旅館は各時の源泉と荒湯（市の源泉）を使用することができる）。予備源泉の確保は、地熱開発事業者との関係構築に大きく貢献した。

##### 3) その後、現在の良好な関係を築かれるまでの経過や取組

- ・奥会津地熱の担当者も地元出身者であり、この点も関係構築に役立っている。

##### 4) 地域貢献策の内容、最も役に立っていると思われる貢献策

- ・荒湯による予備源泉の確保と温泉トラブルへの技術支援。
- ・PR館への入場者による観光への貢献は西山温泉にはない。観光資源とするなら、地熱発電所施設の見学ツアーなどを行う必要がある。

#### 5) 地熱発電所計画における温泉事業者への対応に対する助言や感想

- ・温泉事業者にとって、お湯が出なくなることが最も不安な事柄。荒湯のような予備源泉が設置するなどの対策が可能であれば、理解が得られる場合もあると思う。但し、元の温泉と泉質も違い、供給すればよいという訳ではない。かえって反発を招く場合もある。
- ・地熱発電所が温泉に影響することもあると認めて、対応策の検討や話し合いをすることが必要（実際、柳津西山温泉の運転開始時に湯量が増え、源泉や設備にトラブルあり）。
- ・地熱事業者と温泉事業者の対話では、代表者同士だけでなく、担当者全員レベルの対話が必要ではないか。

### c. 自治体ヒアリングの主な結果

柳津西山地熱発電所の近郊の地元自治体（柳津町役場）に対するヒアリング調査結果に注目し、主な結果を抽出すると以下の通りである。

#### 【地元自治体殿の主なコメント】

##### 1) 役場として、地熱発電所計画に対する対応

- ・町が地熱発電所の計画を要請しており、推進である。

##### 2) 地熱発電所と地域との良好な関係構築における役場の貢献および役割

- ・皆素人であったので、温泉勉強会を設置して、町担当者を含めて既設発電所の見学などを行い、理解を深めた。
- ・開発事業者と温泉業者との関係が構築するまでは直接には対話をさせず、町が開発事業者および温泉業者と個別に話し合い、計画を進めた。

##### 3) 地域貢献策の内容。最も役に立っていると思われる貢献策

- ・温泉への技術支援とPR館による観光への貢献があった。西山温泉は、そもそも変動が大きく、事業者が荒湯からの配湯を決めたことが合意の決定打となった。
- ・熱水の2次利用を検討し、農業での利用や融雪対策への利用を考えたが、発電所との距離があり、灯油や重油での利用に対しても経済的に負ける状況で頓挫した。

### 3.3 国内計画事案の状況に関する調査結果

国内の地熱発電所の計画事案については、資源エネルギー庁「資源・燃料政策に関する有識者との意見交換会」の第1回会合における資料1-4「地熱資源開発について」(2011.11)に示された事案<sup>28)</sup>を対象に調査する。調査項目は、各計画事案の進捗状況・開発スケジュール、地元対策や環境保全に対する方針などである。

調査については、対象とする全計画事案について、「NEDO地熱開発促進調査関係資料」や「新聞・Web情報」に対する文献資料調査を行い、その後、代表的な計画事案に対するヒアリング調査を行うものとする。

#### 3.3.1 文献資料調査

資源エネルギー庁「資源・燃料政策に関する有識者との意見交換会」の第1回会合における資料1-4「地熱資源開発について」(2011.11)に示された事案<sup>28)</sup>は、開発ステージの違いから、次の2グループに分けられている。

##### ① 地表調査段階を(近く)終え、探査段階(調査井掘削等)以降に進捗が期待される案件

豊羽地域、武佐岳地域、松尾八幡平地域、安比地域、山葵沢・秋ノ宮地域、菰ノ森地域、大霧(白水越)地域

##### ② 地表調査段階から実施することが必要な案件

阿女鱒岳地域、阿寒地域、白水沢地域、下の岱・木地山地域、小安地域、下北半島、八甲田、八幡平北部・南部、栗駒北部・南部、蔵王、磐梯

そこで、探査段階(調査井掘削等)以降に進捗が期待される計画事案に関する情報を表3.3-1に、地表調査段階から実施することが必要な計画事案に関する情報を表3.3-2に纏める。なお、この2グループ以外に、美瑛町(王子製紙社有林)での計画事案に関する新聞情報があり、これを表3.3-3に整理する。

なお、事項3.3.2ヒアリング調査で、「山葵沢・秋ノ宮地域」「阿女鱒岳地域」「白水沢地域」および「小安地域」の計画事案については、自治体や事業者ヒアリングで情報入手と資料入手を行っている。このため、これらの計画事案の状況には、入手情報・資料も加えて、表3.3-1と3.3-2にまとめる。

表 3.3-1(1) 探査段階(調査井掘削等)以降に進捗が期待される計画事業に関する情報(1/3)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
①	豊羽地域 <u>自然公園外</u>	北海道 札幌市	JX日鉱日石金属 開発事業者	<p>◆H22年度までにNEDO事業で地熱開発促進調査を実施<sup>29)</sup>。</p> <p>(1) 立地環境調査:「周辺温泉状況調査と地元対応」を含む ※当初は温泉への影響の懸念もあったが、その後、地熱開発へ理解。 ※関係官庁・周辺自治体に調査と地熱開発への取組を説明。</p> <p>(2) 地表調査: 空中写真判読, 地質・変質帯調査, 電磁探査など</p> <p>(3) 環境調査: 温泉変動, 地盤変動, 騒音・振動, 動植物調査など</p> <p>◆H23年度: 調査井のボーリング掘削<sup>30), 31)</sup>。</p> <p>◆H24.06: 調査井の一本から水蒸気の噴気確認<sup>29)</sup>。</p> <p>◆H24.07.11: 定山溪3団体が「湯を守る会」を設立。地熱発電へ反対の意向<sup>32)</sup>。 (その後、豊羽鉱山は温泉関係者に「粘り強く理解を求め」ため、10回以上の説明会を開催。泉源への影響がないこと確かめる調査も予定<sup>56)</sup>)</p> <p>◇H27年度までに、5本の試験用井戸。安定した蒸気噴気を確認できれば、環境アセスメント実施。→生産井掘削<sup>30), 31)</sup></p> <p>◇H34年度: 出力4万kWの地熱発電所を稼働する計画<sup>30), 31)</sup></p> <p>◆NEDO事業でH22年度～H26年度の5年間を想定して計画。H22年度の調査内容は、次の通り。 NEDO事業で地熱開発促進調査を実施<sup>33)</sup>。</p> <p>(1) 地表調査: 電磁探査, 弾性波探査, 地表面質調査, 地質構造解析等</p> <p>(2) 環境調査: 動植物調査, 温泉変動調査</p> <p>◇H25年度: 8月～11月に調査井1孔掘削予定(3年間を掛けて掘削調査予定)<sup>63)</sup> 15,00kWを想定し、10年後の運転開始が目標<sup>63)</sup></p> <p>◆NEDO事業でH18～H22年度にNEDOの地熱開発促進調査を実施。平成22年度調査報告によれば、促進調査の目標は八幡平市八幡御在所地区に、出力10MW以上の地熱発電の実現であり、資源量調査を実施<sup>58)</sup>。</p> <p>(1) 地表調査: 電磁探査, 重力探査, 地表面質調査等→調査井候補地検討</p> <p>(2) 環境調査: 近傍の鉱廃水・湧水とやや離れた地域の温泉モニタリング</p> <p>(3) 系統連係調査: 東北電力より送電電力10MWの連系可能との回答。 また、フラクチャーマー分布(貯留層の広がり)の正確な把握と調査井候補地検討および事業化に向けた具体化等を目的に、次年度の調査計画を提案 →それ以後の状況は不明<sup>58)</sup>。</p>
②	武佐岳地域 <u>自然公園外</u>	北海道 標津町	石油資源開発	
③	松尾八幡平地域 <u>自然公園普通地域</u> or <u>公園外</u>	岩手県 八幡平市	岩手地熱(株) (出資会社) ・JFEエンジニアリング ・日本重化学工業 ・地熱エンジニアリング	

表 3.3-1(2) 探査段階(調査井掘削等)以降に進捗が期待される計画事業に関する情報(2/3)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
④	安比地域 自然公園普通 地域or公園外	岩手県 八幡平市	三菱マテリアル	<p>◆H12～H15年度:NEDO地熱開発促進調査は実施済<sup>35),57)</sup></p> <p>◆H16～H18年度:NEDOの公募によって三菱マテリアルが地熱発電開発の事業化の可能性検討<sup>30)</sup>。                      ・H16,17年度:噴出試験,貯留層評価,送電設備保管調査等                      ・H18年度:環境影響評価,マーケティング調査,事業化検討                      ◇NEDO事業での調査坑の活用を調整中。開発可能性を本社で検討中<sup>35)</sup>。時期未定。</p> <p>◆NEDO地熱開発促進調査を実施<sup>9),21)</sup>(H5～H8年度:C-2山葵沢,H8～H11年度:C-3秋ノ宮地域)</p> <p>◆H15年度:秋の宮地域の継続調査事業者に三菱マテリアルが採択。</p> <p>H19年度:山葵沢地域の継続調査事業者に共同提案した電源開発と三菱マテリアルが採択。</p> <p>◆H20.04:「山葵沢地域」において両社共同で地熱調査・事業化検討を開始。</p> <p>H21年度:2孔の調査井(GW-1,GW-2)を掘削。                      (調査井掘削前から,秋ノ宮温泉郷,泥湯温泉郷の温泉モニタリング実施。結果を適宜報告)</p> <p>◆H22.04:電源開発と三菱マテリアルに三菱ガス化学を加え,湯沢地熱開発<sup>37)</sup>。</p> <p>◆H22年度:調査井で噴出試験及び貯留層シミュレーションを実施。</p> <p>◆H23.11:環境影響評価法及び電気事業法に基づき「山葵沢地熱発電所(仮称)設置計画 環境影響評価方法書」を縦覧済み<sup>37)</sup>。経済産業大臣に届出。秋田県知事・湯沢市長に送付</p> <p>◆H24.01.26:H23年度第1回秋田県環境影響評価審査委員会<sup>55)</sup></p> <p>※「山葵沢地熱発電所(仮称)環境影響評価方法書」諮問→適当との答申を知事に提出</p> <p>◆H24.03:経済産業省大臣勧告<sup>51)</sup></p> <p>①環境影響評価項目について:施設の稼働時の取水による水生植物への影響について,取水する沢の流量を把握した上で,必要に応じてそこに生息・生育する動植物への影響を調査・予測及び評価を行うこと。</p> <p>②調査,予測及び評価手法について:地域を特徴づける生態系については,選定した着目種に応じた適切な調査,予測及び評価の手法について検討し,その手法を詳細に準備書に記載すること。</p> <p>◆H24.06～:経済産業省大臣勧告を受け,環境現況調査中<sup>51)</sup></p> <p>◇H26.06(予定):準備書届出<sup>51)</sup></p> <p>◇H27.春(予定):環境アセス完了<sup>51)</sup></p> <p>◇H27～(予定):工事開始<sup>37),51)</sup></p> <p>◇H32～(予定):運転開始(出力42,000kW級)<sup>37),51)</sup></p>
⑤	山葵沢・秋ノ宮地域 自然公園外	秋田県 湯沢市	湯沢地熱(株) ・電源開発 ・三菱マテリアル ・三菱ガス化学	

表 3.3-1(3) 探査段階(調査井掘削等)以降に進捗が期待される計画事業に関する情報(3/3)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
⑥	菰ノ森(こものもり)地域 土和田八幡平 国立公園	秋田県 鹿角市	三菱マテリアル	◆NEDO事業でH22年度に下記調査を実施 <sup>38)</sup> . (1)立地環境調査:許認可状況調査,周辺温泉調査,インフラ調査 (2)地表調査:地質調査,流体地化学調査,物理探査 (3)環境調査:温泉変動調査,動植物調査 (4)総合評価:地熱構造モデル作成,資源量評価等 ◇H22年度報告資料に,2年次に物理探査・道路敷地造成工事,3年次に以降に生産井,還元井掘削,噴気試験,環境調査,総合評価との記載あり <sup>38)</sup> ◆NEDO事業で地熱開発促進調査(調査C)を実施済. ◆H22年8月より現地のNEDO調査井を用いた長期噴出試験が再開され,想定通りの生産能力を確認 <sup>39)</sup> . ◇平成25年度以降 掘削調査.
⑦	大霧(白水越)地域 自然公園普通 地域or公園外	鹿児島県 霧島市	日鉄鉱業	

表 3.3-2(1) 地表調査段階から実施することが必要な計画事業に関する情報(1/5)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
①	阿寒地域 阿寒国立公園 第2種・第3種特別 地域	北海道 釧路市 足寄町 白糠町	石油資源開発	◆NEDO地熱開発促進調査を実施済 <sup>41)</sup> . ◆H24年度以降に地表調査,掘削調査を計画 <sup>41)</sup> (3万~5万kW発電所計3基の建設構想 <sup>50)</sup> ). H24.02:石油資源開発が釧路市を訪れて調査の意向を表明 <sup>29)</sup> . →釧路市長や地元関係団体が反対の意向表明.環境省国立公園課長も地域合意が全くない段階で話を進めないと見解表明.

表 3.3-2(2) 地表調査段階から実施することが必要な計画事案に関する情報(2/5)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
②	白水沢地域 大雪山国立公園 第2種・第3種特別 地域	北海道 上川町	上川町など	<p>◆S43～47年：北海道地下資源調査所が上川町・白水沢にて約270～千mの井戸5本掘削。5本の内、2本は良質な高温蒸気の噴出を確認<sup>41)</sup>、<sup>60)</sup>。北海道は4万kWクラスの地熱発電所の計画を進めたが、環境庁及び通産省局長通知により新規の開発を推進しないことになり断念した<sup>41)</sup>、<sup>60)</sup>。</p> <p>◆S60～62年：NEDOが上川地域の地熱開発促進調査。白水沢方面の有望熱源を観測<sup>60)</sup>。</p> <p>◆H03年：上川町が自ら試験6号井を掘削。「大雪エネトピア計画」等の層雲峡観光開発等を中心にするものを検討。しかし、環境省の許認可に加え、水利権取得が困難な為、H08年に白水沢を含む大雪山地域の地熱開発は実質的に凍結<sup>60)</sup>。</p> <p>◆H24.03：エネ庁と丸紅が町訪問。町長は地熱発電誘致に強い意欲。「温泉の泉源に影響しないことが確認されることを期待する」との見解であり、旅館組合や観光協会からも反対の声なし。</p> <p>◆環境省は自然保護団体等との合意を要望。町はH24年度中に協議会を組織する方針<sup>41)</sup>。</p> <p>◆H24.11.15：「上川町層雲峡温泉白水沢地区等研究協議会」が発足し、第1回会議開催。会長は池田隆司・北大特任教授、町、道、専門家、地元関係団体(温泉組合他)で構成し、環境省、経産省、丸紅などがオブザーバー参加。調査入りに反対する声なし。なお、自然保護団体は研究協議会に参加せず、第1回会議を傍聴。また、事業実施に向けて、事業者が住民・温泉事業者・自然保護団体の合意を得る場は別に設けるとのこと<sup>61)</sup>、<sup>62)</sup>。</p> <p>◆H25.01.24：第2回「上川町層雲峡温泉白水沢地区等研究協議会」を開催。“地熱発電と温泉の共生”と“環境影響評価”をテーマに議論<sup>64)</sup>。第3回研究協議会は、H25.02.26に開催し、テーマは“地熱資源開発と自然環境保護について”である<sup>64)</sup>。</p> <p>◇H25年度に地表調査、H26年度に掘削調査の計画<sup>41)</sup>があったが、更にH25年春より地表調査開始の見込みとの報道あり<sup>65)</sup>。</p>

表 3.3-2(3) 地表調査段階から実施することが必要な計画事案に関する情報(3/5)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
③	阿女鱒岳地域 <u>自然公園外</u>	北海道 赤井川村 札幌市	出光興産 国際石油開発帝石	<p>◆NEDO地熱開発促進調査を実施済。200℃以上の地熱温度確認済<sup>40)</sup>。</p> <p>◆H23年度：地表調査（地質/断裂/変質帯調査、電磁探査/重力探査）<sup>59)</sup>。 ※地元説明・協議会は都度実施<sup>59)</sup>。</p> <p>◆H24.05：定山溪まちづくり協議会で調査計画を説明。 06：調査井AME-1号 温泉掘削許可取得/(6~8月) 周辺の作業道整備・敷地造成。 07：調査井AME-1号の掘削工事をH25年度に延期 (JOGMEC法遅延)。 08：調査井AME-2号(今後掘削予定)の敷地測量着手。 09：事前環境調査着手(掘削予定地、自然維持林内)</p> <p>◇H25年度：1500~2000m程度の構造試験井1坑の掘削工事(地質構造、温度、透水性等) 温泉/貯留層モニタリングを開始(温泉水の化学成分、温度、湧出量、井戸水位等)</p> <p>◇H26, 27年度：構造試験井2~3坑の掘削→開発意思決定。 ◇H28年度以降に大口径試験井を掘削。数週間の生産・還元試験予定<sup>59)</sup> →<u>有望と確認</u>：H28年度以降に大口径試験井を掘削。数週間の生産・還元試験予定<sup>59)</sup> (これまでの調査結果から貯留層モデルの構築し、貯留層シミュレーション環境調査開始<sup>59)</sup>。 →事業化可能と見込まれれば： ①大気/水質、動植物、騒音/振動、温泉等の調査結果：環境影響評価(アセスメント) ②生産井/還元井掘削 ③実証試験：数か月の生産、還元試験→貯留層の安定性を確認し、発電出力決定</p>
④	下の岱・木地 山地域 <u>栗駒国立公園第2種・第3種特別地域</u>	秋田県 湯沢市	東北電力グループ	<p>◆H22年度から5カ年計画でNEDO地熱開発促進調査を開始。上の岱発電所に隣接しており、有望視(木地山:30,000kW,下の岱:20,000kWと見込む)。H22年度調査は次の通り<sup>42)</sup>。</p> <p>(1)立地環境調査：許認可状況、周辺温泉調査、インフラ調査 (2)地表調査：地質・変質帯調査、物理探査等 (3)坑井調査：隣接するD-1井で圧力モニタリング (4)環境調査：温泉変動調査、微小地震調査 (5)総合評価：貯留層評価、系統連系調査</p> <p>◆H23年度：資源エネルギー庁の地熱開発導入基盤整備調査にて調査を継続。地熱構造モデル及び掘削ターゲット等の再解析による開発可能量の確認と開発課題を抽出<sup>49)</sup>。 ◇H24年度以降は明確な情報なし。</p>

表 3.3-2(3) 地表調査段階から実施することが必要な計画事案に関する情報(4/5)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
⑤	小安地域 栗駒国定公園 第2種・第3種特別 地域	秋田県 湯沢市	出光興産 国際石油開発帝石	<p>◆H16, 17年度：NEDO地熱開発促進調査実施一皆瀬地域。200℃以上の地熱温度確認<sup>40), 50)</sup>。</p> <p>◆H23.04.27:湯沢市への調査計画説明</p> <p>◆H23.06.14:「地熱のまち“ゆざわ”講演会」にて調査計画を発表</p> <p>◆H23.06.15:湯元集落住民説明会(調査計画を説明)</p> <p>◆H23.07~10:地表調査(地質/断裂/変質帯調査,重力探査,電磁探査) →調査井掘削ターゲット域<sup>40), 50), 52)</sup></p> <p>◆H24.04.04:湯沢市と公園内掘削調査につき協議。</p> <p>◆H24.04.11:秋田県自然保護課と公園内掘削調査につき協議開始。</p> <p>◆H24.06.14:湯元集落住民説明会(2012年度調査計画につき説明)</p> <p>◆H24.07.20:湯沢市小安地域地熱資源活用協議会立上げ。第1回協議会開催<sup>50), 52)</sup>。 構成<sup>53)</sup>:学識経験者,自治体(湯沢市),地域住民,地場産業関係者,自然保護団体, オサバー(秋田森林営林署,秋田県), 事務局(出光興産,国際石油開発帝石,湯沢市)</p> <p>H24年度掘削調査実施:同意<sup>53)</sup>→構造試験井掘削準備<sup>50), 54)</sup>。</p> <p>◆H24年度:温泉モニタリング/貯留層モニタリング開始→自然状態における温泉の変動把握<sup>50)</sup> (温泉水の化学成分,温度,湧出量,井戸水位等)</p> <p>◇H25年度:掘削工事(1500~2000m程度の構造試験井:地質構造,地下温度,透水性等) →有望と確認:H26年度以降に大口径試験井を掘削。数週間の生産・還元試験予定<sup>50)</sup> (これまでの調査結果から貯留層モデルの構築し,貯留層シミュレーション 環境調査開始<sup>54)</sup>。)</p> <p>→事業化可能と見込まれれば:H30年度以降<sup>54)</sup></p> <p>①大気/水質,動植物,騒音/振動,温泉等の調査結果:環境影響評価(アセスメント)</p> <p>②生産井/還元井掘削</p> <p>③実証試験:数か月の生産,還元試験→貯留層の安定性を確認し,発電出力決定</p> <p>【調査・開発方針】<sup>50)</sup></p> <p>※開発計画:資源の賦存状況を見極め,周辺環境と調和を図って適正規模の発電所建設。 ※環境との調和:改変面積の最小化,造林地での造成と環境保全に努力。 森林(里山)と調和した景観の創出。</p> <p>※温泉資源の保護:温泉モニタリングを実施。影響のない開発を目指す。 調査・開発が原因で温泉利用に支障が出た場合,泉源利用者,自治 体,事業者で検討して対応策を実施。</p> <p>※地域への貢献:行政,地域の方と意見交換しながら検討。</p>

表 3.3-2(4) 地表調査段階から実施することが必要な計画事業に関する情報(5/5)

No	計画地域	所在地	開発事業者	進捗状況に関する情報
⑥	下北半島	青森県	日本地熱開発企業協議会	<p>◆日本地熱開発企業協議会が「東北6県の地熱開発有望地区について」プレス発表(2011.9.22)<sup>43)</sup>。発電出力の推定結果は、以下の通り。</p> <p>下北：25～50MWe, 八甲田：230～460MWe, 八幡平北部：384～767MWe, 八幡平南部：479～959MWe, 栗駒北部：279～558MWe, 栗駒南部：84～168MWe, 蔵王：データなし, 磐梯：1,251～12,502MWe</p> <p>&lt;福島プロジェクト&gt;</p> <p>◆H24年度地表調査予算(補助)<sup>44)</sup>：90.5億円/JOGMEC<sup>44)</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・出力目標：27万kW級(事業開始：2020年(H32)初め)</li> <li>・JOGMEC,民間企業が出資するプロジェクト会社設立</li> </ul> <p>◆H24.03.15：福島,山形両県の温泉業者が「磐梯・吾妻・安達太良地熱対策委員会を設立」<sup>45)</sup></p> <p>◆H24.04.11:経産省,環境省,福島県が自治体,温泉業者,自然保護団体等を対象に説明会開催.出光興産責任者が地表調査の内容を説明.地元の同意が得られれば地表調査を6月にも開始して,10月頃までに終了させたい考え.温泉業者や自然保護団体に温泉への悪影響や自然破壊の懸念表明あり.出光興産責任者は,データ等を粘り強く説明し理解を得たいとの見解.</p>
	八甲田	青森県	ワキツクグループ	
	八幡平北部	秋田県	①出光大分地熱・出光興産	
	・南部	・岩手県	②奥会津地熱・三井金属鉱業	
	栗駒北部	秋田県	③日鉄鹿角地熱・日鉄鉱業	
	・南部	・岩手県	④三菱マテリアル	
	蔵王	福島県	⑤日本重化学工業	
		山形県	⑥地熱エニジニアリング	
			⑦地熱技術開発	
			⑧JFE エニジニアリング	
磐梯	福島県	⑨石油資源開発		
磐梯朝日公園		⑩国際石油開発帝石		
第2種・第3種特別		⑪JX 日鉱日石金属		
地域		⑫富士電機		
		⑬環境エネルギー政策研究所		
		⑭ソフトバンク		
		<福島プロジェクト>以下の情報あり		
		①出光興産,②三菱マテリアル,③石油		
		資源開発,④国際石油開発帝石,⑤三井		
		石油開発,⑥三菱商事,⑦住友商事,⑧		
		地熱技術開発,⑨日本重化学工業		

表 3.3-3 その他新聞情報による計画事業

No	計画地域	所在地	関係企業	進捗に関する情報
1	美瑛町(王子製紙社有林)	北海道上川郡 美瑛町	王子製紙,大 林組	<p>◆国(NEDO)の調査で,エネルギー量の高い地熱貯留層は確認済み<sup>47)</sup>。</p> <p>◇両社は地熱発電の共同調査に合意.共同調査では,重力・電磁探査等の地表調査を実施して,地熱ポテンシャルを確認.調査の結果で有望であれば,更なる調査を行い,事業化の検討を進める(2012/06/12日経プレスリリース<sup>47)</sup>。</p>

### 3.3.2 国内計画事案ヒアリング調査

国内計画事案に対するヒアリング調査に関しては、計画の進捗状況と開発スケジュール、地元調整や環境保全に対する基本的な考え方、および環境省優良条件に対する取組方針などに関する詳細情報の取得を目的とした。ヒアリング先は、以下の4箇所の計画事案である。このうち、①と②は第2種、第3種特別地域であり、優良事例に対する方針等の調査に有効であり、④は「方法書」の縦覧も済んだ最も先行する計画事案である。

- ①白水沢地域：北海道上川町役場に対する現地ヒアリング
- ②小安地域：出光興産(株)地質部殿に対するヒアリング
- ③阿女鱒岳地域：出光興産(株)地質部殿に対するヒアリング
- ④山葵沢・秋ノ宮地域：湯沢地熱(株)殿に対するヒアリング

#### (1) ヒアリング項目

上川町役場に対するヒアリング項目を表3.3-4に示す。

表 3.3-4 上川町役場に対する計画事案のヒアリング項目

<p><b>1. 事業計画、各主体との関係について</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 本事業における、主担当者殿の業務概要、権限等</li><li>(2) これまでの事業進捗状況、今後の開発スケジュール</li><li>(3) 関連する各実施主体との関係、各役割（貴町と開発事業者、北海道、中央官庁）</li><li>(4) 過去、特別保護地域である白水沢地域で、井戸掘削による蒸気噴出を確認されていますが、その時の掘削許可の手続きや許可条件について</li></ul> <p><b>2. 地熱開発事業に対する自治体としてのお考え</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 地熱開発事業による地域への便益（地域への経済効果など自治体にとってのメリット）</li><li>(2) 地熱開発事業による地域へのリスク（温泉資源、自然環境、景観、地元調整等の懸念事項）</li><li>(3) 国や中央官庁等へのご要望</li></ul> <p><b>3. 自然公園内での開発に係る環境保全への取り組みについて</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 森林、生態系や景観に関する背景（天然記念物や絶滅危惧種等の希少種、歴史、観光資源）</li><li>(2) 温泉に関する背景（温泉文化・歴史、観光資源としての現状、役割）</li><li>(3) 自然環境保全に関する自治体や開発企業の取り組み（保全計画、事前調査の実施状況）</li><li>(4) 国や中央官庁、開発事業者へのご要望</li><li>(5) 今後の調査・研究開発に関する課題、ご要望</li></ul> <p><b>4. 地元調整について</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 地熱開発に関わる主な利害関係者（近隣住民、温泉事業者、自然保護団体等）の動向（事業に対する地元関係者の賛成・反対の意向や懸念内容、反応など）</li><li>(2) 地元協議会など合意形成の場の形成（メンバー構成、計画、運営上の問題、手続き等）</li><li>(3) 影響評価、モニタリングデータ等の情報開示・情報共有に関する課題</li><li>(4) 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方</li></ul> <p><b>5. 環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 今回の事業計画において、優良事例の条件に対するご意見、クリアするための課題</li></ul>
---

また、②～④の地熱開発事業者に対するヒアリング項目を表 3.3-5 に示す。

表 3.3-5 地熱開発事業者に対する計画事案のヒアリング項目

<p><b>1. 事業計画、各主体との関係について</b></p> <p>(1) 本事業における開発事業者間の役割分担・権限等</p> <p>(2) これまでの事業進捗状況、今後の調査・開発や環境影響評価関連のスケジュール</p> <p>(3) 関連する各実施主体との関係、各役割（地元自治体、中央官庁）</p> <p><b>2. 今回の地熱開発事業の地域に対する影響について</b></p> <p>(1) 地熱開発事業による地域への便益（地域への経済効果など自治体にとってのメリット）</p> <p>(2) 地熱開発事業による地域へのリスク（温泉資源、自然環境、景観、地元調整等の懸念事項）</p> <p>(3) 国や中央官庁等へのご要望</p> <p><b>3. 開発に係る環境保全への取り組みについて</b></p> <p>(1) 計画地点は自然公園外・特別地域立地の場合の環境保全に対する取組との差異の有無</p> <p>(2) 森林、生態系や景観に関する背景（天然記念物や絶滅危惧種等の希少種、歴史、観光資源）</p> <p>(3) 温泉に関する背景（温泉文化・歴史、観光資源としての現状、役割）</p> <p>(4) 自然環境保全に関する自治体や開発企業の取り組み（保全計画、事前調査の実施状況）</p> <p>(5) 国や中央官庁、開発事業者へのご要望</p> <p>(6) 今後の調査・研究開発に関する課題、ご要望</p> <p><b>4. 地元調整について</b></p> <p>(1) 計画地点は自然公園外・特別地域立地の場合の地元調整との差異の有無</p> <p>(2) 地熱開発に関わる主な利害関係者（近隣住民、温泉事業者、自然保護団体等）の動向（事業に対する地元関係者の賛成・反対の意向や懸念内容、反応など）</p> <p>(3) 地元協議会など合意形成の場の形成（メンバー構成、計画、運営上の問題、手続き等）</p> <p>(4) 影響評価、モニタリングデータ等の情報開示・情報共有に関する課題</p> <p>(5) 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方</p> <p><b>5. 環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見</b></p> <p>(1) 新通知の優良事例の5条件は、第2種、第3種特別地域に対するものですが、大半が協議会や合意形成など地域との共生に関係しています。今回の事業計画においても、優良事例の条件に対するご意見、クリアするための課題があるかと考えますが、如何でしょうか。</p>
--

## (2) ヒアリング調査結果

ヒアリング調査結果については、巻末の【資料集】の“資料-3”に議事録等で示す。資料-3には、白水沢地域の自治体である北海道上川町役場殿、阿女鱒岳地域と小安地域の開発事業者の出光興産殿、（仮称）山葵沢発電所の開発事業者の湯沢地熱殿に対するヒアリング結果、および現地調査時の一部記録写真を含む。

なお、白水沢地域は国立公園特別地域に位置し、調査前で地域協議会に相当する研究協議会の立ち上げを計画している段階である。阿女鱒岳地域は自然公園外、小安地域は国定公園特別地域に位置し、両地域とも既に地表調査を終え、次年度に構造試錐井の掘削を予定する段階にある。（仮称）山葵沢発電所は自然公園外に位置し、環境影響評

価方法書の縦覧を終え、本年の2012年6月から環境影響評価を実施中である最も先行した計画事案である。

このように、各計画事案のヒアリングについては、立地地点の地種区分の相違、進捗状況の相違およびヒアリング先の立場の相違（自治体 or 開発事業者）などあるが、これらの相違も考慮して、各質問事項に対して参考となる意見を以下に抽出する。

【過去、国立公園特別地域である白水沢地域での掘削許可の手続きや許可条件】

- ・道立地下資源調査所が研究という位置づけで許可を取り、昭和43年～47年にかけて掘削実施。上川町も平成3年に自主財源で掘削したが、これも研究という位置づけ。

【地熱開発事業による地域への便益について】

- ・経済効果などの地元便益は二の次（過去の調査で確認済みの地熱資源を有効活用すべき）。
- ・地元での消費効果（旅館宿泊、工事発注（中小規模工事）、燃料・消耗品購入等）、地元雇用、観光、地域の知名度向上、固定資産税収、三法交付金など。
- ・湯沢市が進めるジオパーク事業と連携して地熱発電所を開発・活用し、観光浮揚に貢献。
- ・自治体から雇用の確保が望まれているが、直安請け合いはできない。
- ・PR館の設置は未定。

【地熱開発事業による地域へのリスクとその対応：温泉資源】

※温泉が近郊にある計画事案では、温泉への影響を最重要視している。また、近郊にない場合でも、計画等を説明すると共に温泉モニタリングを計画している。主な意見は次の通り。

- ・町の主要産業は観光（温泉事業）。温泉事業に影響がある場合は撤退。
- ・共存が最重要。反対は無いが、温泉事業者からは温泉モニタリングの実施や温泉に影響が出た場合の誠意ある対応を求められており、温泉モニタリングで影響の有無を確認。影響がある場合は、原因究明に資するデータを蓄積し、泉源所有者・自治体と協議して対策を施す。
- ・周辺の温泉は基本的に賛成であるが、温泉資源への影響の有無が最大のリスク。

【地熱開発事業による地域へのリスクとその対応：景観等】

- ・公園内の場合は、景観との調和を重視（視認性、色、改変面積の最小化、高さの低減等）。
- ・調査地域は第2種、第3種特別地域であるため、作業道・掘削敷地造成では県自然保護課と協議して設計・施工を行う。基本的に県自然保護課の指導に基づき調査を進めるが、景観への専門家の助言や地域協議会での要望事項等を調査に反映してゆく。
- ・公園内での開発は自然保護関係者の理解を得る努力が必要。また、国、自治体の環境・自然保護関係部署との調整、許認可事項が発生。

【地熱開発事業による地域へのリスクとその対応：動植物および生態系等】

※動植物に対しては、公園内外での保全措置に差異は無いとのことであるが、公園内において1ha以上の改変面積となる場合には、植生・動物相、風致景観、自然的・社会的効用、風致景観に及ぼす影響予測と影響軽減措置につき資料を提供する必要があるとのことである。その他、意見は次の通り。

- ・特別保護地区は天然記念物。自然環境の観点からはウスバキチョウ・ナキウサギなどの生息区域である。世界自然遺産を目指している。
- ・天然記念物や絶滅危惧種等の希少種は生息する可能性があるため、環境アセス段階（又は前倒し）で調査し対策を立てる。
- ・調査地域（全て国有林）の一部は「自然維持林」で、同区域内に作業道・掘削敷地の造

成を行う必要があったため、森林管理局の要請を受けて「事前環境調査」を実施した。この結果に基づき、希少種の生育地（植物）を工事ルートから外す（又は株移植）、希少種鳥類の繁殖時期を避けた工事期間とする等の配慮を行う予定である。

【地熱開発に関わる主な利害関係者（近隣住民、温泉事業者、自然保護団体等）の動向】

※小安地域、山葵沢発電所（仮称）、阿女鱒岳とも、自治体が協力的で、温泉事業者等の理解を得つつ進めている。その他、主な意見は次の通り。

- ・白水沢地域は、町の雰囲気として開発推進の機運であり、近隣住民、温泉業者および自然保護団体の反対ない。しかし、自然保護団体は研究協議会に入ってくれそうにない。
- ・山葵沢発電所（仮称）は、自然公園内の地熱開発ではないが、八丈島地熱発電所開発以来、最初の事例として注目され、最新技術を求められる可能性もあると予想している。

【地元協議会など合意形成の場の形成（メンバー構成、計画、運営上の問題、手続き等）】

※自然公園外、自然公園内のいずれの場合も、自治体の事業に対する姿勢が地元との関係構築状況に影響している。主な意見を纏めると次のようである。

- ・自然公園外の場合、地域協議会は必要なく、地元自治体を通じた報告・周知および合意を図っているが、自治体の意向で地元協議会の設置の方向にある計画事案もある。
- ・自然公園内の白水沢地域は、研究協議会の立ち上げ計画段階。地元産業（農業・商業）の代表者、温泉事業者、道庁職員、学識経験者、事業者（オブザーバー）を含む構成で、偏ったメンバー構成にならないようにしたいとの意向。委員長は学識経験者。自然保護団体の参加は難しそう。オブザーバーとして、環境省、経産省の参画も希望している。
- ・自然公園内の小安地域は自治体が協力的で、2012年7月20日に第1回地域協議会を開催。構成は、会長が松葉谷治秋田大学名誉教授で、委員には自然保護・観光振興の代表、温泉旅館経営・観光振興の代表に参画頂き、意見を反映。湯沢市及び調査会社（出光・国際石油開発帝石）が事務局。概ね年1回開催する予定。

【地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方】

- ・情報公開や利用道路整備等に努め、事業の理解者（見学者）を増やす。
- ・地元の地域計画（熱水の農業利用、融雪、福祉・保養施設など）に協力する。
- ・工事発注、購買、宿泊等において村内事業者を優先して採用する。
- ・合意形成において、最も困るのは検討項目の手戻りや後からの追加である。フルスペックの環境影響評価項目を環境省などに設定して頂き、地域毎に不要な項目はその理由を協議しながら削っていくというのがよい。項目を追加する場合は、追加する理由が必要。

【国や中央官庁等への要望】

- ・白水沢地域で、過去掘削した井戸は第1種特別地域に位置するが、地熱資源が確認されており、本来これを活用したい。
- ・環境アセスメント期間の短縮（環境アセスメントの迅速化）。
- ・地熱発電における環境アセスには、実現可能な施策・対応策に係る指針を出して頂きたい。また、地域の実情に合致した調査や保全策の実施に係る助成をお願いしたい。
- ・硫化水素の拡散予測評価については、計算シミュレーションの開発を国にお願いしたい。
- ・優良事例の条件をクリアする基準が分からない。基準を明確にしてほしい。
- ・温泉湧出を目的としない構造試錐井、観測井の温泉法での取扱いの明確化（許認可対象か否か）。

#### 【今後の調査・研究開発に関する課題、要望】

- ・地域の合意形成手法の確立
- ・温泉資源保護のための調査と対策実施（関係者の不安払拭のために事前実施もあり）
- ・地域環境の実態を考慮した環境・景観保全手法確立等の研究

#### 【環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見】

- ・優良事例については、小安地域などで頑張ってもらい、まずは、優良事例の実績を作ってもらくことが有効ではとの意見あり。
- ・環境省は求めているハードルが高い。一旦地元で反対されると実施できなくなる。温泉事業者との合意形成がないと候補地として挙げてもらえない。
- ・優良事例の5条件については、環境省のやり方はステップ・バイ・ステップで進める方法。事業が進んだ段階で反対になる場合、事業者の負担が非常に大きいことを懸念。
- ・優良事例条件をクリアできる基準を明確にしてほしい。
- ・地域合意が最重要課題と考えており、調査の進展に合わせた情報公開、自治体・関係住民への丁寧な説明が必須であり、地域協議会での要望を踏まえ対応して行く必要がある。
- ・調査地域が公園外、公園内に拘わらず、環境・景観保全については環境調査結果や専門家の助言を反映した開発計画とすべきと考えている。

## 参考文献

- 1) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：第2回検討会・資料-4 海外現地調査計画，2011.08.17.4.
- 2) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：第3回検討会・資料-2 海外調査結果，2011.10.03.
- 3) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：第3回検討会・参考資料-3 アイスランド調査結果，2011.10.03.
- 4) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：第5回検討会・資料-1 地熱発電事業に関する補足情報収集，2012.02.14.
- 5) Directorate of Geothermal Energy in Indonesia : Geothermal Opportunities in Indonesia (PPT版 PDF 26-pages), Ministry of Energy and Mineral Resources, 2011.
- 6) 日鉄鉱コンサルタント株式会社：地球環境適応型・本邦技術活用型産業物流インフラ整備等事業，フィジー・ヴィチレブ島及びヴァヌアレブ島 地熱発電設備等建設可能性調査（全197頁）・第5章環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，2009.03.
- 7) 新日本有限責任監査法人・独立行政法人日本貿易振興機構・西日本技術開発株式会社・三菱商事株式会社：インド・ウッタラカンド州における地熱発電開発計画調査（全144頁）・第3章 坑井情報を含むプロジェクトの内容及び技術的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp.62～64，2010.03.
- 8) 新日本有限責任監査法人・独立行政法人日本貿易振興機構・西日本技術開発株式会社・三菱商事株式会社：インド・ウッタラカンド州における地熱発電開発計画調査（全144頁）・第4章 環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp.96

～119, 2010.03.

- 9) 新日本有限責任監査法人・独立行政法人日本貿易振興機構・西日本技術開発株式会社：エチオピア国・アルトランガノ地域地熱電源開発調査報告書(全 248 頁)・第 4 章環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 187～205，2010.03.
- 10) 新日本有限責任監査法人・独立行政法人日本貿易振興機構・東北電力株式会社：ベトナム・ホイスアン水力発電プロジェクト調査報告書(全 173 頁)・第 4 章 環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 96～132，2010.03.
- 11) 新日本有限責任監査法人・独立行政法人日本貿易振興機構・西日本技術開発株式会社：平成 22 年度一般案件に係る円借款案件形成等調査 インドネシア・フルライス地域地熱発電開発調査報告書(全 161 頁)・第 4 章 環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 94～119，2011.03.
- 12) 新日本有限責任監査法人・独立行政法人日本貿易振興機構・西日本技術開発株式会社：平成 22 年度 一般案件に係る円借款案件形成等調査 インドネシア・フルライス地域地熱発電開発調査報告書(全 161 頁)・第 3 章のうち坑井情報を含む地熱資源開発計画，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 76～80，2011.03.
- 13) 三井金属鉱業株式会社・三井金属エンジニアリング株式会社・三井金属資源開発株式会社：ペルー共和国ワンサラ鉱山周辺小規模水力発電 F/S 報告書 (全 101 頁)・第 4 章 環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 67～76，2011.03.
- 14) JFE エンジニアリング：METI H23 委託調査. エルサルバドル 太陽熱・地熱熱水統合発電に係る案件形成調査報告書(全 238 頁)・第 4 章 環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 87～10)，2012.02.
- 15) 三菱マテリアルテクノ(株)：METI H23 委託調査. フィジー・ワイソイ地域鉱山開発に係わる輸送・水力発電整備報告書(全 285 頁)・第 4 章 環境社会的側面の検討，経済産業省貿易経済協力局資金協力課，pp. 215～247，2012.02.
- 16) 木村誠一郎・伊藤敦基：アイスランドにおける地熱開発に関する環境アセスメント，環境アセスメント学会誌，Vol. 10, No. 2, pp. 35～42，2012.
- 17) 田中研一：フィリピンの地熱発電事業における環境社会配慮，環境アセスメント学会誌，Vol. 10, No. 2, pp. 27～34，2012.
- 18) 水野瑛己：ニュージーランドにおける地熱発電ー日本への教訓ー，自然エネルギー財団 報告書，2012.09.
- 19) 地熱発電と温泉との共生を検討する委員会：報告書 地熱発電と温泉利用との共生を目指して，日本地熱学会，pp. 37～47，2010.05.
- 20) 地熱発電の潮流と開発技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，pp. 61～68，2011.11.
- 21) 地熱発電所パンフレット，<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/ground/index.html>
- 22) 株式会社プレック研究所：平成 22 年度 地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務報告書，pp. 6-1～6-4，平成 22 年度環境省請負業務，2011.03.
- 23) 環境影響評価情報支援ネットワーク，<http://www.env.go.jp/policy/assess/>
- 24) 株式会社プレック研究所：平成 22 年度 地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務報告書，pp. 6-5～6-8，平成 22 年度環境省請負業務，2011.03.
- 25) 地熱発電の潮流と開発技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，p. 55，2011.11

- 26) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会:第2回検討会・資料-2 国内現地調査の結果, 2011.08.17.
- 27) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会:第2回検討会・議事要旨における九州電力報告, 2011.08.17.
- 28) 資源エネルギー庁:資源・環境政策に関する有識者との意見交換会,資料1-4 地熱開発の現状について, 2011.11.
- 29) JX 日鉱日石金属(株)・豊羽鉱山(株)・日鉱探開(株):平成22年度 第2回地熱開発促進調査委員会資料 豊羽地域, 2011.02.
- 30) JX 日鉱日石金属:札幌・豊羽地区地熱発電調査井で水蒸気の噴気確認, 日刊工業新聞, 2012.06.27.
- 31) 豊羽鉱山跡 蒸気噴出試験に成功 地熱発電 道内計画地で初, 北海道新聞, 2012.06.26.
- 32) 地熱発電反対へ結束 定山溪3団体 「湯を守る会」設立へ, 北海道新聞, 2012.07.11.
- 33) 石油資源開発(株)・標津町・三菱マテリアル(株):平成22年度地熱開発促進調査(開発可能量調査 武佐岳地域)調査報告(第2回委員会報告用 概要版), 2011.02.
- 34) 地熱エンジニアリング(株)・岩手県八幡平市・日本重化学工業(株)・JFE エンジニアリング(株):平成22年度 地熱開発促進調査 開発可能量調査 進捗報告資料 松尾八幡平地域, 2011.02.
- 35) 地熱発電拡大へ調査本腰 経産省, 八幡平市2箇所も, 岩手日報, 2011.11.06.
- 36) 秋田県湯沢市 HP <地熱のまち“ゆざわ”>
- 37) 湯沢地熱株式会社:山葵沢地熱発電所(仮称)設置計画 環境影響評価方法書のあらまし
- 38) 三菱マテリアル(株)・三菱マテリアルテクノ(株):平成22年度 第2回 地熱開発促進調査委員会資料 菰ノ森地域, 2011.02.
- 39) NEDO 新エネルギー部:平成22年度 事業評価書, 地熱開発促進調査, 2011.08.
- 40) 出光興産(株):北海道および秋田県での地熱開発に向けた共同調査実施について, ニュースリリース, 2012.06.22.
- 41) 地熱発電 対応割れる—マイタウン北海道, 朝日新聞デジタル, 2012.06.20.
- 42) 東北水力地熱(株)・地熱技術開発(株):平成22年度 第2回 地熱開発促進調査委員会資料 木地山・下の岱地域, 2011.02.
- 43) 日本地熱開発企業協議会:東北6県の地熱開発有望地区について, 2011.09.22.
- 44) JOGMEC/民間で事業会社設置 経産省、福島での地熱開発工程示す, 石油通信, 2012.04.19.
- 45) 地熱開発対策委が発足 本県と山形の関係者温泉資源の保護目指す, 福島民報, 2012.03.15.
- 46) 出光興産6月にも地表調査開始 磐梯朝日国立公園の地熱発電所計画, 福島民報, 2012.04.12.
- 47) 王子製紙、大林組と北海道・美瑛町で地熱発電の共同調査を実施, 日経プレスリリース, 2012.06.12.
- 48) 中西繁隆:山葵沢地熱発電所(仮称)設置計画について, 平成24年度学術講演会講演要旨集, JOS-3, 日本地熱学会, 2012.10.
- 49) 佐藤龍也・鎌田邦一:木地山・下の岱地域調査に基づく地熱ポテンシャルについて, 平成24年度学術講演会講演要旨集, JOS-4, 日本地熱学会, 2012.10.
- 50) 後藤弘樹・石井義朗:秋田県小安地域の地熱調査について, 平成24年度学術講演会講演要旨集, JOS-5, 日本地熱学会, 2012.10.

- 51) 経済産業省：発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議(第4回)配布資料，資料1 電源開発株式会社からの提出資料，2012.10.
- 52) 経済産業省：発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議(第4回)配布資料，資料3 出光興産株式会社からの提出資料，2012.10.
- 53) 第1回 湯沢市小安地域地熱資源活用協議会：次第および議事録，2012.07.
- 54) 出光興産(株)・国際石油開発帝石(株)：小安地域 地熱調査計画について(概要)，2012.07.
- 55) 平成23年度第1回秋田県環境影響評価審査会議事録，2012.01.
- 56) 北海道の地熱発電“熱い”期待 相次ぐ開発計画，泉量減少懸念も，Sankei Biz，2012.08.22.
- 57) 八幡平市議会：第18年6月(第2回)定例会【1号】会議録
- 58) 八幡平市議会：第23年12月(第4回)定例会【2号】会議録
- 59) 出光興産株式会社・国際石油開発帝石株式会社：阿女鱒岳 地熱調査の状況(出光興産殿ヒアリングの際の受領資料)，2012.11.09.
- 60) 北海道上川町：大雪山国立公園 層雲峡白水沢地域地熱資源資料(上川町ヒアリングの際の受領資料)，2012.09.
- 61) 国立公園 地熱発電へ協議会，朝日新聞デジタル，2012.11.15.
- 62) 上川町：地熱発電協賛 白水沢地区調査・研究，温泉影響見極めへ/北海道，北海道(毎日新聞)，2012.11.15.
- 63) 石油資源開発(株)：北海道標津町での地熱調査実施について，JAPEX-WEB，2013.01.21.
- 64) 上川町層雲峡温泉白水沢地区等地熱研究協議会，  
[http://www.town.kamikawa.hokkaido.jp/web3/PD\\_Cont.nsf/0/F4FFF0F5B58138A449257AAF00156082?OpenDocument](http://www.town.kamikawa.hokkaido.jp/web3/PD_Cont.nsf/0/F4FFF0F5B58138A449257AAF00156082?OpenDocument)
- 65) 「大雪山」開発調査へ，讀賣新聞，2013.02.22.

## 第4章 地熱発電事業における環境リスクに対する技術的対応策 と地域共生方策

地熱発電所の建設や操業に伴う自然環境・風致景観への影響は、予め回避（又は防止）することが望ましい。しかし、環境への影響が想定される場合には、関係者と十分協議し、実施可能な低減・緩和・修復等の対策を行って、地域との共存を図ることが不可欠である。

そこで、まず地熱発電事業の調査から操業に至る過程において各段階の主要な環境リスクを抽出し、同リスクに対する技術課題を整理する。次に、環境への影響を低減・緩和・修復等の対象となる技術を、“環境負荷軽減技術”と称し、国内外のトップランナー技術や最新技術を調査して、環境リスクへの回避・低減・緩和および修復等に有効な対応策を検討する。さらに、地熱開発を進める上で不可欠となる地域との合意形成手法や地域共生方策についても、最新動向および今後の対応策に関する調査検討を行なう。

### 4.1 地熱発電事業の各段階の主要な環境リスクと同リスクに対する技術的課題

#### 4.1.1 地熱発電事業における主要な環境リスク

地熱発電事業の調査から操業に至る過程の各段階の主要な環境リスクについては、平成23年度の「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」や「温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係)」の検討内容をベースに調査検討を行う。

##### (1) 地熱発電開発の全体プロセス

地熱発電開発の全体プロセスは、「資源調査の段階」「建設工事の段階」および「操業の段階」に分けられ、主な実施事項を図4.1-1に示す。資源調査の段階では、資料調査やリモートセンシング等による広域調査から現地調査範囲を選定し、地表調査や坑井調査に進み、地熱資源の分布や資源量の予測が行われる。物理探査では測定器の設置、坑井調査では現地までの道路造成・作業ヤードの造成が行われ、掘削の為の槽の設置などが行われる。次に建設段階では、施設建設工事と坑井掘削工事が行われ、発電所全体として平面的な広がり範囲で樹木の伐開を伴う造成が必要になる。また、各施設と坑井基地は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く、一定距離ごとに送電鉄塔が建設される。施設が完成し、操業の段階に移行すると、発電を開始して各種モニタリングによる影響監視や還元井のスケールの抑制・除去等を含む施設の維持管理等が行われる。しかし、生産井や還元井の能力が低下する事例もあり、補充井や新たな坑井基地の設置が行われることがある。

地熱発電事業の全体プロセスの概要は以上のとおりであり、地熱発電事業に係る環境リスクには、工作物を建設・設置に伴う一般的な環境リスクと地熱発電所特有の環境リスクに分類されるものと考えられる。このうち、後者の地熱発電所特有の環境リスクについては、環境省業務「平成22年度地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務」（平成23年,株式会社プレック研究所）でまとめられており、表4.1-1に示す。本表で

は、特に過去の環境影響評価法の適用事例では経験のない地熱開発特有の行為や要因によって想定される影響に着目し、硫化水素などの6項目を抽出している。そして、項目ごとに環境への影響予測及び評価、環境保全措置、事後調査の各観点から環境影響評価の審査を行う際に注目すべき着眼点とその考え方を提示したものである。一方、平成23年度の「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」では、表4.1-1の検討内容を踏まえた上で、地熱発電開発の段階毎の「開発行為」と「自然環境の影響項目」がマトリックス形式で整理されている。これらの検討結果は、一般的な環境リスクと地熱発電所特有の環境リスクを含むものである。

本調査では、上記の自然環境影響検討会の検討結果を吟味した結果、十分な成果と評価されるものと考えた。このため、各段階の環境リスクについては、「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」の検討結果に基づきとりまとめる。

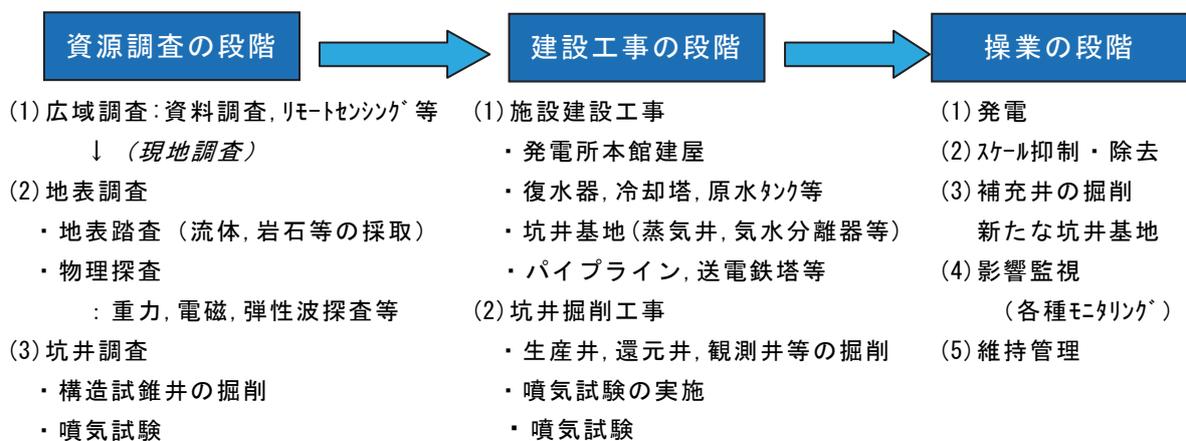


図 4.1-1 地熱発電開発の全体プロセス

表 4.1-1 地熱発電事業特有の環境リスク

影響項目	着眼点とその考え方
硫化水素	人体にとって有害と考えられる濃度の参考値を念頭に、特に人体への影響を回避・低減するための検討が必要である
温泉	モデル化による科学的なアプローチが必要であり、調査データ等の公開による地元との共生が重要である
坑井掘削	掘削工事およびその付帯工事に伴う周辺環境への影響を回避・低減するとともに、建設段階のみならず操業段階も対象とした検討が必要である。
地盤変動	温泉と同様に科学的なアプローチを行うことが重要であり、環境影響予測や環境保全措置に不確実性がない場合においても事後モニタリングの実施が重要である。
樹木への着氷	近年の地熱開発手法では着氷被害は回避・低減されるが、過去に影響が発生した事例が存在するため、留意すべきである。
景観	眺望景観および囲繞景観について、景観への影響低減のみならず景観形成の観点からも検討することが重要である。

(出所：(株)プレック研究所，平成22年度地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務)

## (2)各段階の環境リスク

### a. 資源調査段階の環境リスク

資源調査段階の調査・開発行為と影響項目の検討結果を表 4.1-2 に示す。影響項目は資源調査段階から操業段階まで共通で、大気環境、水環境、地形等、生物多様性、人と自然の豊かな触れ合い、廃棄物等、温室効果ガス等、その他（温泉地下水・日照障害）が挙げられている。一方、調査・開発行為は段階毎に異なり、資源調査段階では地表調査と坑井調査が中項目→小項目に分類されている。

国立公園の保護や利用上で特に留意すべき影響行為としては、坑井調査による「騒音・振動」、「生物多様性」、および「人と自然の豊かな触れ合い」などが挙げられている。また、坑井調査の内、造成工事や掘削作業および噴気試験等による地形及び土壌改変や地盤変動および特殊な自然変動への影響が挙げられている。

### b. 建設工事段階の環境リスク

建設工事段階の調査・開発行為と影響項目の検討結果を表 4.1-3 に示す。影響項目は全段階共通であり、調査・開発行為としては、（施設）建設工事と坑井掘削工事が中項目→小項目に分類されている。

国立公園の保護や利用上で特に留意すべき影響行為としては、資源調査段階と同様、「騒音・振動」、「生物多様性」、「人と自然の豊かな触れ合い」および「地形等」などが挙げられており、資源調査段階に比して自然環境への影響が大きくなっているものと考えられる。

### c. 操業段階の環境リスク

操業段階の調査・開発行為と影響項目の検討結果を表 4.1-4 に示す。影響項目は全段階共通であり、調査・開発行為としては、発電と補充井の掘削が中項目→小項目に分類されている。

国立公園の保護や利用上で特に留意すべき影響行為としては、補充井の掘削に関しては、資源調査段階と同様、「騒音・振動」、「生物多様性」、「人と自然の豊かな触れ合い」および「地形等」などが挙げられている点はこれまでとほぼ同様である。また、発電に関しては、「硫化水素」、「生物多様性」、および「人と自然の豊かな触れ合い」、「地形等」の一部の影響項目に関係することが示されている。

## 4.1.2 主要な環境リスクに対する技術的課題

地熱発電事業の調査・建設・操業に際しては、前項で抽出した主要な環境リスクを回避・低減・緩和等を可能にする環境負荷軽減技術を用いると共に、地域共生方策を地元関係者と協議しながら事業を実施することが必要である。そこで、環境負荷軽減技術と地域共生方策については、環境保全上の要求仕様を設定し、最新技術を調査検討することが重要である。このため、環境省の新通知と同時に公表された『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な考え方』の別紙 2「自然環境へ影響を及ぼす行為」に注目し、環境負荷軽減技術の要求仕様を検討する。

表 4.1-2 地熱発電事業に伴う自然環境への影響：資源調査の段階（出所：環境省「第3回 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」(H23.10.3)）

影響項目	自然環境へ影響を及ぼす調査・開発行為														
	地質調査		物理調査		工事の実施		造成工事			坑井掘削工事		噴気試験			
	地質調査	地質調査	物理調査	物理調査	工事の実施	造成工事	坑井掘削工事	坑井掘削工事		注水試験					
	空中写真撮影	土壌採取	地質調査	地質調査	通行の大形車両	移動の工事機器	敷地造成	建設の仮設事務所	建設の掘削作業		掘削作業	注水試験			
大気環境					●	●	●	●	●	●		●	△	△	<p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●: 国立公園の保護や利用上、特に留意すべき影響行為</li> <li>△: 自然環境への一定の影響が発生する行為</li> </ul> <p>地熱発電事業に伴う自然環境への影響</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大型車の通行、工事機器の稼働のほか造成工事、橋の建設、掘削工事、噴気試験が実施されるため、騒音や振動が発生する。</li> <li>哺乳類や鳥類等の動物に対して繁殖放棄等の影響が発生する。</li> <li>調査地点が山間部に立地することで、国立公園の利用者が騒音を認識する可能性がある。</li> <li>工事機器の稼働により低周波音が発生する。</li> <li>大型車の通行や造成工事の際に発生する。</li> <li>地熱発電に利用する地熱流体には硫化水素が含まれ、噴出試験時には全量が大きく排出される。</li> <li>排出される硫化水素濃度は、それぞれの蒸気井ごとに成分が異なっていること、その時点で噴出量によっても異なるため一定ではない。</li> <li>工事機器の稼働など燃料が燃焼する際に排出される。</li> <li>特に亜硫酸ガス(二酸化硫黄)について、蒸気の成分に含まれていた場合には大気開放される。</li> <li>アプローチ道路や敷地の造成、坑井の掘削作業により湧水が排出される。</li> <li>仮設事務所から生活排水が発生する。</li> </ul>
水環境							△	△	△	△					<ul style="list-style-type: none"> <li>坑井掘削作業時や注水試験に必要な淡水は、一般的に地下水や周辺の湧流水から取水される。</li> <li>調査地点が山間部に立地することで、河川からの取水量が多い場合は、国立公園の水系に対しても影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>国立公園の風景の基礎となる地形が、アプローチ道路や敷地の造成により改変を受ける。</li> <li>近くの運動の可能性がある地下への注水や噴出試験が実施される。</li> <li>国立公園の重要な資源である自然湧泉等に対して、坑井掘削工事が実施されることで、影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>蒸気が大気開放されることで、酸性雨によって、周辺の土壌が汚染・破壊される可能性が考えられる。</li> <li>アプローチ道路や敷地の造成により、植生が直接改変される。</li> <li>蒸気の大気開放によって冬季には周辺植生への着氷が発生する可能性がある。</li> <li>伐開に伴う風の影響等によって、国立公園の自然景観に影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>アプローチ道路や敷地の造成により、生息環境の消滅や分断が起こる。</li> <li>工事に伴う騒音や振動により、哺乳類や鳥類などに繁殖放棄等の影響が発生する。</li> <li>国立公園の動物相に影響を及ぼす可能性がある掘削工事を実施される。</li> <li>国立公園の保護上重要な高山植生や湿地環境など重要な群生の成育している範囲や、希少猛禽類の営巣地周辺などに該当する可能性があり、直接改変や工事機器の稼働による影響が発生する。</li> <li>国立公園の保護上重要な人為的影響の少ない生態系が成立している地域に立地する可能性があり、小面積や短期間であっても生態系への比較的大きな影響が発生する。</li> <li>坑井調査に係る工事、橋の建設、蒸気噴出試験などによって、国立公園利用者に対する利用上の支障が発生する。</li> <li>坑井調査に係る工事、橋の建設、蒸気噴出試験などによって、国立公園の自然景観に対する支障が発生する。</li> <li>坑井調査に係る工事などによって産廃廃棄物が発生する。</li> <li>造成時の切土、盛土により塵土が発生する。</li> </ul>
地形等	△	△	△	△			●				△				<ul style="list-style-type: none"> <li>作業排水</li> <li>生活排水</li> <li>冷却排水</li> <li>河川の取水</li> <li>地下水の取水</li> <li>地形及び表層の土壌改変</li> <li>地盤変動</li> <li>特殊な自然現象</li> <li>土壌汚染・破損</li> <li>植生、植物相</li> </ul>
生物多様性															<ul style="list-style-type: none"> <li>動物相</li> <li>重要な種及び重要な群落、注目すべき生息地</li> <li>生態系</li> </ul>
人と自然との豊かな触れ合い活動の場															
産廃廃棄物															
塵土															
冷却機からの汚泥															
原油(潤滑油)															
二酸化炭素															
温泉地下水															
日照阻害															
温室効果ガス等															
その他															



表 4.1-4 地熱発電事業に伴う自然環境への影響：採業の段階（出所：環境省「第3回 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」(H23.10.3)）

影響項目	自然環境へ影響を及ぼす調査・開発行為											
	発電						補充井の掘削					
	造成地内			造成地外			造成地内			造成地外		
	蒸気の生産	蒸気の冷却	定期点検	工事の実施	坑井掘削工事	注水噴出試験	注水噴出試験	注水噴出試験	注水噴出試験	坑井掘削工事	注水噴出試験	注水噴出試験
騒音、振動	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
低周波音	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
窒素酸化物												
初じん等												
硫化水素												
硫酸酸化物	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
作業排水			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
生活排水			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
冷却排水			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
河川の取水			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
地下水の取水			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
地形及び表層の土壌変化												
地震変動	●											
特殊な自然現象	●											
土壌汚染・破壊	△											
植生、植物相	△											
動物相	●											
人と自然との豊れ合い活動の場	●											
注目すべき生息地	●											
生態系	●											
重要な種及び重要な群衆、注目すべき生息地	●											
産業廃棄物												
廃土												
冷却塔からの汚泥	△											
原油(潤滑油)	△											
二酸化炭素	△											
温泉地下水	△											
日照障害												

凡例

- 国立公園の保護や利用上、特に留意すべき影響行為
- △ 自然環境への一定の影響が発生する行為

地熱発電事業に伴う自然環境への影響

- ・補充井掘削時の工事機器の稼働などによって騒音、振動が発生する。
- ・哺乳類や鳥類等の動物に対して繁殖放棄等の影響が発生する。
- ・調査地点が山間部に立地することで、国立公園の利用者が騒音を認識する可能性がある。
- ・なおタービン等は建屋内に、坑口へはサイレンサーが設置される。
- ・発電設備、工事機器の稼働により低周波音が発生する。
- ・工事機器の稼働など燃料が燃焼する際に排出される。
- ・大型車の通行の際に発生する。
- ・地熱発電に利用する地熱流体には硫化水素が含まれ、発電時には、冷却塔から水蒸気とともに一部が大気へ排出される。
- ・若し定期点検時に蒸気を大気開放する場合や、気水分離器などにおいて一部蒸気を開放する場合はある。
- ・排出される硫化水素濃度は、それぞれでの蒸気井ごとに成分が異なっていること、その時点での蒸気生産量によっても異なるため一定ではない。
- ・有毒ガスであり、国立公園利用者への影響が発生する。
- ・工事機器の稼働など燃料が燃焼する際に排出される。
- ・特に亜硫酸ガス(二酸化硫黄)について、蒸気の成分に含まれていた場合には大気開放される。
- ・発電設備の運転や定期点検等によって排水が発生する。
- ・職員が作業中に生活排水が発生する。
- ・冷却排水は通常は全量が還元井に排水される。
- ・河川等からの取水量は少量である。(各発電所ごとに異なる。)
- ・定期点検時に必要な水量は、冷却排水等を少しずつタンクに貯水して使用される。
- ・補充井掘削工事に伴う敷地造成により表層土壌に影響を及ぼす可能性がある。
- ・長期的に地震変動の可能性が考えられる地下の地熱流体の採取や補充井の掘削工事が実施され、国立公園の風景の基盤となる地形への影響が発生する可能性がある。
- ・(生産井から得られた蒸気や熱水は、冷却塔からの大気開放や冷却排水分として一定量が地下に還元されない。)
- ・国立公園の重要な資源である自然噴気等に対して、蒸気生産や大気への開放、補充井の掘削工事が実施されることで、影響を及ぼす可能性がある。
- ・造成工事による表土改変によって土壌が破壊される。
- ・蒸気が大気開放されることで、酸性雨によって、周辺の土壌が汚染・破壊される可能性があると考えられる。
- ・補充井の噴出試験時や、発電時に冷却塔から蒸気が大気開放されることにより、硫化水素による影響や冬季には周辺植生への着氷が発生する可能性がある。
- ・補充井の掘削工事により、一部植生の改変が行われる場合がある。
- ・特に補充井掘削時の騒音振動や作業員の往来によって、動物の逃避、繁殖放棄、道側溝溝や調整池への落下による溺死などが発生する可能性がある。
- ・一般的に山間部に立地するため、高山植生や湿地環境など重要な群衆の成立している範囲や、希少菌類の営巣地周辺などに該当する可能性がある。発電設備の運転や補充井の掘削工事、在来種以外を用いた緑化等によって、生態系の撓乱が発生する。
- ・発電設備の運転や補充井の掘削工事、在来種以外を用いた緑化等によって、国立公園利用者に対する利用上の支障が発生する。
- ・補充井の掘削工事による騒音、振動等によって、国立公園利用者に対する利用上の支障が発生する。
- ・発電所施設や配管の存在、冷却塔からの水蒸気、掘削用の煙など、国立公園の自然景観に対する支障が発生する。
- ・補充井の掘削工事によって産業廃棄物が発生する。

別紙 2 には、「自然環境へ影響を及ぼす行為」に対して、「環境への影響軽減技術の進展」「現状技術での環境への影響」および「国立・国定公園内の地熱開発に対する課題」が表形式でまとめられている。そこで、地熱発電所の調査・建設・操業に係る環境負荷軽減技術の各構成に対して、環境保全上の課題をまとめ直して表 4.1-5 に示す。同表の内容は、各構成技術の環境保全に対する要求仕様といえるものである。

なお、環境負荷軽減技術は、調査技術、地上設備関連技術、掘削技術及び掘削・坑井設備関連技術、建物デザイン、生態系保全・再生技術およびリスク管理方策であるが、環境への影響予測や対策効果の評価への利用可能性のある数値シミュレーション技術も含める。また、地域共生方策には、地域との合意形成手法と地域共生策を対象とする。

表 4.1-5(1) 別紙 2 の「環境負荷軽減技術」に対する課題形式での整理 (1/2)

技術名	段階	環境保全上の課題
調査	資源調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇MT 法探査後の現状復旧（事後埋め戻し）</li> <li>◇CSMT 法など他の手法の風致景観や生物多様性への影響、公園利用に対する支障等への対処</li> </ul>
掘削・坑井設備	資源調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇坑井調査における敷地の造成、道路の造成、櫓の建設、掘削作業、淡水の使用による風致景観や生物多様性への影響、公園利用への支障 →掘削設備の小型化、期間短縮など</li> <li>◇噴気試験は気水分離器、サイレンサー設置で植生への影響軽減。風致景観への影響小</li> </ul>
	建設工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇坑井掘削での櫓の建設、掘削作業、淡水の使用による環境への影響 →掘削設備の小型化(櫓高さの低減等)、期間短縮など</li> <li>◇傾斜掘削による基地数の縮減および敷地面積の縮減</li> <li>◇(坑口設備)坑井基地の施設全体で風致景観への影響発生の場合あり</li> <li>◇(坑口基地)一定距離で複数基地（配管等と共に風致景観への影響）</li> <li>◇噴気試験は気水分離器、サイレンサー設置で植生への影響軽減。風致景観への影響小</li> </ul>
	操業段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇(硫酸等の注入)スケール除去作業や補充井掘削頻度を低減 →硫酸は地下の岩石と中和されて地下水系への影響ないことが確認されているが、未解明な点あり</li> <li>◇(スケール除去)櫓の建設、掘削作業、淡水使用により風致景観への影響 →スケール抑制技術、掘削設備の小型化、期間短縮など</li> <li>◇(サイトトラック工法)既存の坑口部分の再利用で新たな坑井の掘削用地が不要だが、櫓設置等の風致景観への影響 →掘削設備の小型化、期間短縮など</li> <li>◇補充井掘削での櫓の建設、掘削作業、淡水使用による環境への影響 →生産井戸の能力維持、掘削設備の小型化(櫓高さの低減等)、期間短縮など</li> <li>◇新たな坑井基地の造成は風致景観への影響 →掘削設備の小型化、期間短縮など</li> <li>◇(廃坑作業)残地の場合は地表部をセメント等の被覆。地下水への影響小</li> </ul>

表 4.1-5(2) 別紙 2 の「環境負荷軽減技術」に対する課題形式での整理 (1/2)

技術名	段階	環境保全上の課題
地上設備	建設 工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇(復水器) 発電所本館設置のため, 風致景観等への影響は, 発電所本体と一体</li> <li>◇(冷却塔) 多軸化で高さ 10m に抑制例あり. 風致景観等への影響は軽減</li> <li>◇(原水タンク) 大規模構造物であり, 風致景観への影響が大きい場合あり</li> <li>◇(脱硫装置) 同装置により硫化水素の大気開放量のほぼ 100% 除去可能</li> <li>◇(気水分離機, サイレンサー) 施設全体で風致景観への影響発生の場合あり. 蒸気の開放頻度によっては風致景観上の問題</li> <li>◇(配管) 地下埋設は風致景観に有利だが, 地形改変や地下水および生物多様性への影響がある場合あり</li> <li>◇(送電線) 配管に同上</li> <li>◇(変圧送電設備) 風致景観等への影響小</li> <li>◇(調整池) 地形改変や地下水影響がある場合あり</li> </ul>
地上設備	操業 段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇(生産井の騒音) サイレンサー影響軽減. 風致景観への影響小</li> <li>◇(冷却塔の水流落下音) パネル等で影響軽減事例あり. 風致景観への影響小</li> <li>◇(微小地震の誘発や地獄現象の衰退) 科学的に証明された事例なし</li> <li>◇(着氷被害) 乾式熱交換器の採用や排気スタックの高度化で, 近年被害発生なし</li> <li>◇(水蒸気の白化) 乾式熱交換器の採用によるミスト量の減少で影響軽減</li> <li>◇(硫化水素の拡散) 脱硫装置により軽減. 亜硫酸ガスは大気開放なし.</li> <li>◇(温排水) 大気温まで低下させ周辺河川に排出. 風致景観への影響小</li> </ul>
建物 デザイン	建設 工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇発電所本館 (タービン建屋) の高さを抑制する上向き排気式タービンが採用されるようになったが, 更なる景観配慮や修景等が必要 (半地下化は非常にコスト高であり導入されていない. 環境課題が出る場合もあり)</li> <li>◇発電所の敷地として大規模な樹林伐採や造成を伴う →配置構造や小型化</li> <li>◇発電所本館, 各種地上設備の全体での風致景観への影響大 →景観配慮や修景等が必要</li> </ul>
生態系 保全・再生	建設 工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇(道路, 敷地) 地形改変や風致景観に影響大 →道路沿いの植栽, 法面の早期緑化</li> <li>◇(樹林の伐採) 周辺植生への風衝被害等発生に留意 →伐採域の周辺植生への配慮 (風衝被害対応)</li> <li>◇(植栽) 周辺在来植生の選定, 施設を遮断した風致景観配慮, 植栽後の緑地管理, 着氷被害対応</li> </ul>
	操業 段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇緑地の維持管理</li> <li>◇廃坑の現状復旧に対する植栽による事例あり</li> </ul>
数値 シミュレーション		
合意形成・ 地域共生	操業 段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇既設地熱発電所でのモニタリング結果は条例の基準等に対し, 大きな問題はない. →モニタリング項目設定や調査結果の一般公開への柔軟な対応が必要</li> </ul>

## 4.2 環境負荷軽減技術に関する最新動向および今後の対応策

### 4.2.1 地上設備

地上設備の自然環境への影響については、表 4.1-5 のように、“風致景観への影響”と“地形改変・地下水影響・生態系保全等の環境問題”に大別される。本項では、同表に示された地上設備の構成設備毎の課題（要求仕様）を念頭に、環境負荷軽減策の検討に資するトップランナー技術等を調査整理する。なお、風致景観への影響への対応策については、発電所本体と合わせた施設全体としての対応が重要であり、「4.2.3 建物デザイン」で最新動向や今後の対策をまとめるが、配管設備（パイプライン）については、地下埋設の合理的な適用方法など、本項で風致景観への影響軽減策を検討する。地熱発電設備の代表的な設備構成と各構成機器の自然環境影響をまとめ、図 4.2-1 に示す。

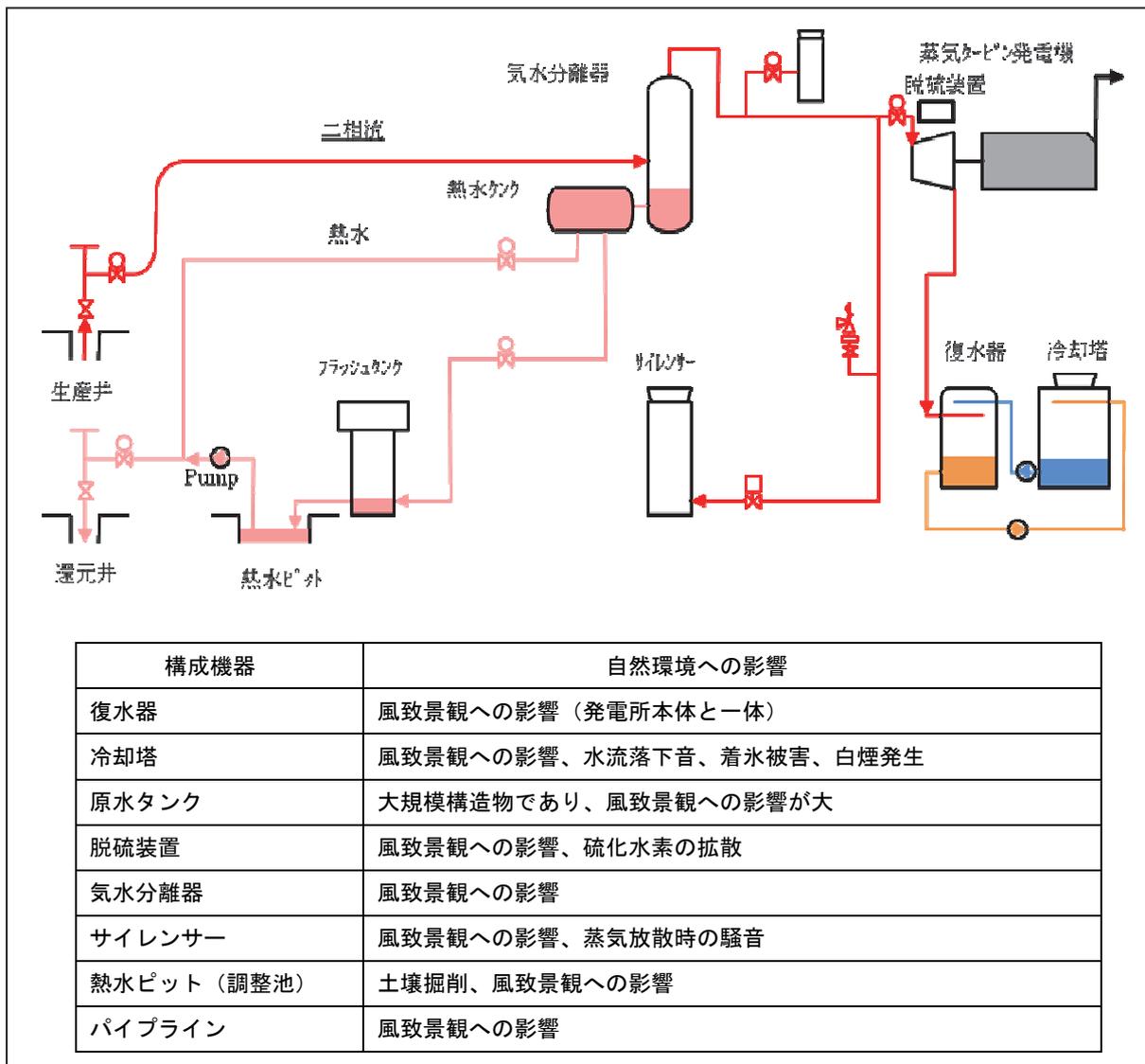


図 4.2-1 地熱発電設備の設備構成各構成機器の自然環境影響

(1) 地上設備の現状技術の調査結果<sup>9)</sup>

地熱発電事業に伴う自然環境への影響については、これまで地熱発電事業に係る自然影響検討会（平成23年）等で検討されてきた。大気環境、水環境、地形等、生物多様性、人と自然の豊かな触れ合い、廃棄物等、温室効果ガス等、およびその他の影響項目の観点から、自然環境に与える影響を、地熱発電地上設備を構成する設備別に整理し、表4.2-1～4.2-9に纏める。地上設備を構成する各設備では、既にトップランナー方式の最優良事例が導入されているケースが多く、機能的には自然環境への影響は一定レベルまで低減されている。これらの技術は成熟された技術であるが故に、抜本的なダウンサイジングが期待できない状況とも言える。

表 4.2-1 復水器に関する現状技術<sup>1)</sup>

種別	技術概要、技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
表面復水器 (一般型)	復水器内の冷却管に冷却水を通し、冷却管を介してタービン蒸気を冷却する通常の火力発電所で採用される一般型	蒸気タービンの復水器	火力発電所における一般的な復水器	一般的
直接接触復水器	復水器内で冷却水とタービン蒸気を直接接触させることにより蒸気を冷却する方式。構造が簡単かつ熱交換効率に優れた高効率型 <b>*トップランナー</b> <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	同上	表面復水器と比較して若干縮小化されているものの、景観に与える影響については配慮する必要あり	一般型と同等

表 4.2-2 冷却塔に関する現状技術<sup>2), 8)</sup>

種別	技術概要、技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
標準型 (一般型)	湿式熱交換器(充填材)にて循環水を冷却し、湿度の高い空気を放散	復水器循環水の冷却塔	白煙の発生により近距離の樹木にて結露水が付着(冬季は着氷)。大型、且つ屋外設置であるため景観に配慮する必要あり	一般的
白煙防止型	湿式熱交換器と併せて乾式熱交換器を設置し、乾いた空気を混合することにより、白煙発生量を低減 <b>*トップランナー</b> <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	同上	白煙の発生を低減することにより近距離の樹木における結露水付着(着氷)を防止。大型且つ屋外設置であるため景観に配慮する必要あり	若干のコストアップ <sup>6)</sup>
超低騒音型	低音送風機、落水音低減用の吸音式ルーバー・ダクト、および遮音壁等の採用 <b>*トップランナー</b> <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	同上	騒音規制値の遵守が十分に可能。大型且つ屋外設置であるため景観に配慮する必要あり	若干のコストアップ <sup>6)</sup>

表 4.2-3 原水タンクに関する現状技術

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
鋼製円筒 堅型タンク (一般型)	既に確立されている一般技術 であり、技術的改善による縮小 化は見込まれない	原水タンク	大規模構造物であり景観 への影響は大きいので配 慮する必要あり	一般的

表 4.2-4 脱硫装置に関する現状技術<sup>6),7)</sup>

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
水酸化マグネ シウム吸収法、 SELECTOX 法 等	既に確立されている技術であ り、石油化学、ガス精製等の分 野で活用されている <b>*トップランナー</b> <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	非凝縮ガス の脱硫設 備	脱硫性能は環境規制値を 十分に満足するが、景観 への影響は配慮する必要 あり	一般的

表 4.2-5 気水分離器に関する現状技術

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
遠心分離型 気水分離器	既に確立されている技術であ り、石油化学、ガス生産設備等 の分野で活用されている <b>*トップランナー</b> <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	地熱流体 の気水分 離器	気水分離性能は環境に影 響を与えないが、景観へ の影響は配慮する必要あ り	一般的

表 4.2-6 サイレンサーに関する現状技術

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
堅型円筒自 立式サイレンサー	既に確立されている技術であ り、蒸気放散設備に一般的に適 用される技術 <b>*トップランナー</b> <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	蒸気放散用 のサイレンサー	消音性能は環境規制値 を十分に満足するが、 大型且つ屋外設置であ るため景観に配慮する 必要あり	一般的

表 4.2-7 熱水ピット(調整池)に関する現状技術

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
コンクリートピット	既に確立されている技術であ り、一般的に適用される技術 <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	貯水用 ピット	土壌を掘削するため環境 への影響は地下水や生態 系等に限定されるが、景 観に配慮する必要あり	一般的

表 4.2-8 配管設備（パイプライン）に関する現状技術

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
地上敷設工法	既に確立されている技術であり、パイプラインに一般的に適用される技術 <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	蒸気配管、熱水配管、二相流配管、水配管	掘削土量および工事数量が比較的少ないため水環境および地形等への影響は一定レベルに抑えられるが、敷設エリアが広いため景観に配慮する必要あり	一般的
地下埋設工法	既に確立されている技術であり、パイプラインに一般的に適用される技術 <b>*地熱発電所適用の実績無し</b>	同上	景観上は問題ないが、地形等への影響については更なる調査の必要あり	大幅なコストアップ <sup>6)</sup>

表 4.2-9 送電線に関する現状技術

種別	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性
地上敷設工法	既に確立されている技術であり、送電線に一般的に適用される技術 <b>*地熱発電所適用の実績有</b>	送電線	敷設エリアが広いため景観に配慮する必要あり	一般的
地下埋設工法	既に確立されている技術であり、送電線に一般的に適用される技術 <b>*地熱発電所適用の実績無し</b>	同上	積雪および鳥獣被害を回避できる。景観上は問題ないが、地形等への影響については更なる調査の必要あり	大幅なコストアップ <sup>6)</sup>

以上、表 4.2-1～9 にハード技術における現状技術の調査結果をまとめ、一般型およびトップランナー技術の採用状況を示したが、前述のとおり技術は概ね成熟しており、改善・改良の余地は比較的小さいものと考えられる。なお、ソフト技術に目を転じると、冷却塔の白煙検討においては、気象データ（風向、風速、気温湿度）から白煙の発生を予測するシミュレーション等が適用されており、環境負荷軽減に役立っている。このシミュレーション技術もトップランナー技術といえるものと考えられる。

## (2) パイプラインの風致景観への影響低減方法の検討

発電機建屋、冷却塔、およびパイプラインは設備が大規模である、または広大なエリアにまたがる等の理由から、風致景観に与える影響が大きいと考えられており、その低減が求められている。前述のとおり、風致景観への影響への対応策については、発電所本体と合わせた施設全体としての対応を「4.2.3 建物デザイン」で検討するため、ここでは、配管設備（パイプライン）を対象に、地下埋設の合理的な適用方法など、本項で風致景観への影響軽減策を検討する。

パイプラインの設置方法については、表 4.2-8 のとおり、地上敷設工法と地下埋設工法があげられるが、埋設工法は地熱発電所での適用実績がなく、自然環境（水環境、地

形等、生物多様性) への影響については、定量的な評価がなされていない。また、パイプラインの風致景観への影響を低減・緩和するためには、森林、草原、林道など設置場所に応じて、地上敷設工法と地下埋設工法のそれぞれの特徴を活かした使い分けを行い、対応策を考えることが必要と考える。

ここでは、以下の手順で、パイプラインの風致景観への影響低減方法を検討する。

- a. 地上敷設工法と地下埋設工法の工事数量等の把握のための検討条件の設定
- b. 検討モデルの設定と工事数量等の把握
- c. 敷設場所に応じた地上敷設工法と地下埋設工法の適用法および対応策の検討

#### a. 地上敷設工法と地下埋設工法の検討条件の設定

地熱発電所のモデルケースの諸元を設定し、表 4.2-10 に示す。モデルケースは、国内の山岳地域に建設された 30,000kW 級の 4 発電所（葛根田発電所 2 号機、大霧発電所、上の岱発電所および滝上発電所）の事例<sup>3),4)</sup>を参考に設定した。パイプライン長、および蒸気・熱水の配管径は上述の 4 発電所の平均値を用いた。

蒸気パイプライン、および熱水パイプラインの系統は、本来、発電所、生産井基地、還元井基地の配置計画、および地形を基に決定されるため、精度が求められる場合は案件毎に前提条件を詳細に設定し検討されるべきであるが、本検討では概略工事数量の把握を目的とするため、モデルを単純化し、蒸気パイプラインと熱水パイプラインを同ルートに敷設できるものと仮定し、同一のカルバート内に設置するものとした。

表 4.2-10 モデルケース緒言

1. 発電設備容量：30,000kW			
2. 発電所建設コスト			
① 発電プラント 10,800（百万円）			
② 蒸気生産設備 6,000（百万円）			
3. パイプライン			
① 蒸気パイプライン 40 インチ×2,500m			
② 熱水パイプライン 18 インチ×2,500m（蒸気パイプラインと同長と仮定）			
発電所名	蒸気 PL 長(m)	蒸気 PL 口径(A)	熱水 PL 口径(A)
葛根田発電所 2 号機	3,345	1,000	350
大霧発電所	1,172	1,200	700
上の岱発電所	1,398	750	200
滝上発電所	3,910	950	550
平均	2,500	1,000	450
*1) パイプライン長は下二桁目を四捨五入、口径は汎用サイズに切り上げる。			
4. 熱水および蒸気パイプラインは同長とし、同ルートに敷設出来るものとする。			

パイプラインの代表的な埋設工法としては、配管を直接土壌に埋設する直接埋設工法、および函渠（以降、カルバート）等を設置し、その内部に配管を敷設する工法の二種類が考えられる。ここでは、地下埋設工法の選定のため、カルバート工法と直接埋設工法の設備保全性能の比較を表 4.2-11 にまとめた（地上敷設工法の設備保全性能も参考まで表に加えた）。3 工法のうち、直接埋設工法は、高温・高圧の地熱流体から土壌への入熱が大きく、地盤・地下水による腐食も生じやすく、メンテナンスや事故・不具合への対応も行いにくいとの評価であった。このため、地下埋設工法としては“カルバート工法”を前提としてモデルケースを設定することとした。

なお、パイプラインの敷設位置の土地利用状況（森林、草原、林道など）については、ここでは特定しないこととする。

表 4.2-11 地下埋設工法と地上敷設工法の設備保全性能の検討

機能項目	地上敷設工法	函渠（カルバート）工法		直接埋設工法
1. 土壌に対する入熱	○		カルバートを通じて若干の入熱	×
2. 設備腐食防止		○	天候に曝されないため	×
3. メンテナンス性能	○		埋設の為	×
4. 事故、不具合対応	○		埋設の為	×

注) 3 工法のうち、機能項目に対して最も良好なものに○印、最も不良なものに×印を付した。

#### b. 検討モデルによる工事数量の算出

工事数量算出のための検討モデルとして、地上敷設工法と地下埋設工法（カルバート埋設工法）の構造図を図 4.2-2、図 4.2-3 に示す。図 4.2-2 には、地上敷設工法の基礎一個当たりの大きさと全長 2,500m での基礎個数も示しており、図 4.2-2 には地下埋設工法におけるカルバートのサイズ・仕様<sup>5)</sup>についてもまとめている。なお、両検討モデルとも、簡単のためパイプラインは全長、平地に設置する条件とする。

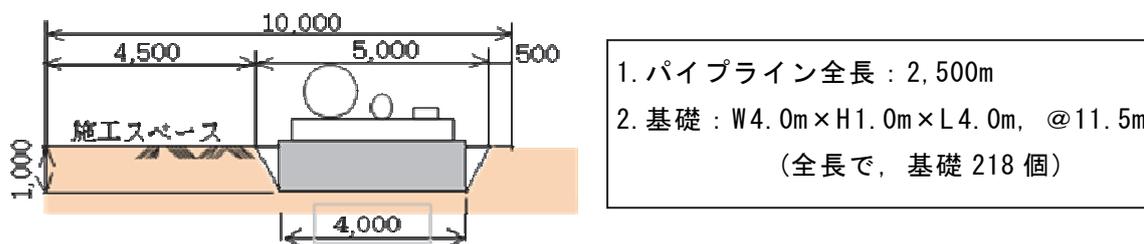
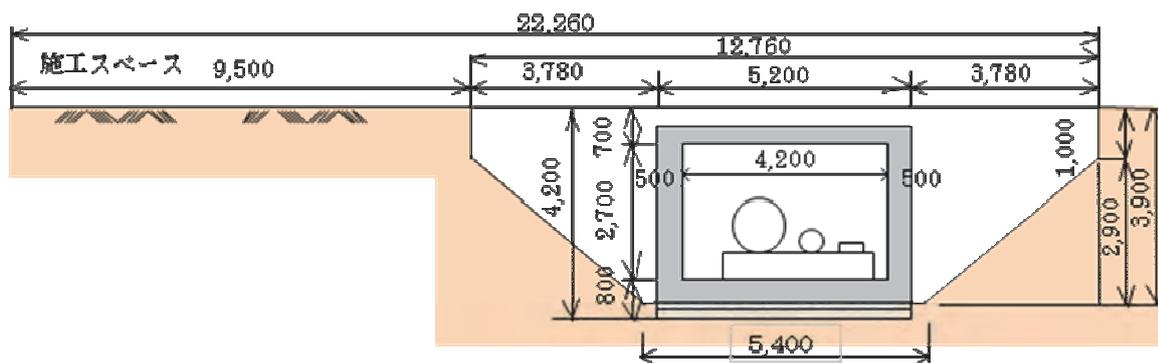


図 4.2-2 地上敷設工法の検討モデル



<b>(1)カルバート幅</b>	<b>5,200</b>
・ 蒸気配管外径/熱水配管外径/保温厚み/ケーブルラック幅	1,000 /450 /50/ 450
・ 壁からの離隔(メンテナンス側/メンテナンス無し)	1,000/ 500
・ 配管、ケーブルラック間の離隔	300
・ コンクリート厚み	500
<b>(2)カルバート高さ</b>	<b>3,600</b>
・ 架台高さ/蒸気配管外径/保温厚み	500/ 1,000/ 50
・ メンテスペース	1,100
・ コンクリート厚み(底部/上部)	500/ 400
<b>(3)基礎碎石、均しコンクリート<sup>注)</sup></b>	
注) 基礎コンクリート等の打設前に地盤(碎石)等の不陸を均す“敷き均しコンクリート”	<b>300</b>

図 4.2-3 地下埋設工法(カルバート埋設工法)の検討モデル

図 4.2-2, 4.2-3 より、両検討モデルによる工事数量を算出し、表 4.2-12 に示す。“工事による影響面積”は、施工時に使用する地上空間の水平面積であり、カルバート埋設工法の場合は、22.26m×2,500m、地上敷設工法の場合は 10.0m×2,500m で算出している。このため、パイプラインが森林地域に設置される場合は、工事による影響面積は森林伐採面積に相当することになる。掘削土量については、「掘削断面積×奥行き方向の基礎全長」で算出しており、工事終了後は埋め戻しが行われるため、残土量に着目すれば、地上敷設工法と地下埋設工法(カルバート埋設工法)の残土量の差は掘削土量の差より小さくなる。

なお、パイプラインを設置する地域は、山岳地域(傾斜地)が多いが、山岳地域では余掘が増えるため、平地と比べて 1.5 倍程度の掘削土量になるものと予想される。また、工事期間のクリティカルパスは掘削工事であり、山岳地域においては、カルバート埋設工法は地上敷設工法の 1.9 倍程度の工事期間を有するものと推定する。

表 4.2-12 検討モデルにおける地下埋設工法と地上敷設工法の工事数量

項目	地上敷設工法	カルバート埋設工法
1. 掘削深度 (m)	1.0	4.2
2. 掘削断面積 (m <sup>2</sup> )	4.5	40.7
3. 全長 2,500m での掘削土量 (m <sup>3</sup> )	3,924	101,630
4. 全長 2,500m での工事による影響面積 (m <sup>2</sup> )	25,000	55,650

c. 敷設場所に応じた地上敷設工法と地下埋設工法の適用法および対応策の検討

前項 b. 工事数量算出結果を基に、地上敷設工法とカルバート埋設工法の両工法の自然環境への影響に関する概略の比較を表 4.2-13 に示す。○の数から、地上敷設工法がカルバート埋設工法に比べて、自然環境保全に優れているように見えるが、必ずしも環境項目の重要度が同じとは限らない。例えば、風致景観の保全が他の環境項目に比べて格段に重要な場合は、カルバート埋設工法が自然環境保全上で有利になる。

このため、両工法の適正を考慮して、敷設場所の自然環境に応じた工法の使い分けが重要であり、両工法の適用範囲と対応策を表 4.2-14 に示す。地熱発電所の立地条件は案件毎に大きく異なるため、そのパイプライン敷設による自然環境への影響についても、一律に評価することは困難である。また、同一パイプラインであっても、広大なエリアにまたがるため、自然環境への影響の強度はパイプラインの区間毎に異なるので、条件が類似する区間毎に“風致景観への影響”、および“地形改変・地下水影響・生態系保全等の環境問題”の観点から、その低減策を検討すべきと考えられる。風致景観への影響低減策としてはカルバート埋設工法が優れているが、地上敷設工法においても a) 視界に入り難いパイプラインルートの選定、b) 植栽等による視界の遮断、および c) 風景に溶け込みやすい配色の採用等により、風致景観への影響は低減できるものとする。

表 4.2-13 地上敷設工法とカルバート埋設工法の自然環境への影響の比較

環境項目	地上敷設	カルバート埋設
1. 大気環境	○	工事数量の増加
2. 水環境	○	カルバート埋設による地下水脈への影響
3. 地形等	○	掘削土量の増加による地形への影響
4. 生物多様性	○	掘削土量および埋設深度の増加の影響
5. 人と自然の豊かな触れ合い		○ カルバート埋設による景観負荷の低減
6. 廃棄物等	○	工事数量増加に伴う廃棄物の増加
7. 温室効果ガス	○	工事数量増加に伴う温室効果ガスの増加

注 1) 表中、地上敷設工法とカルバート埋設工法のうち、自然環境への影響が小さい方に○印を付けた。

注 2) 本表は地上敷設とカルバート埋設の相対比較を示すものであり、○印は自然環境への影響低減を十分に満足するわけではない。

今後は、案件毎にパイプラインの立地条件に合わせて、前述の自然環境への影響低減策を複数組合わせたベストミックスを検討することが重要であり、“風致景観への影響”と“地形改変・地下水影響・生態系保全等の環境問題”の調和を図る手法の確立が今後の課題であると考えます。

表 4.2-14 敷設環境に応じた地上敷設工法とカルバート埋設工法の適用方法

項目	地上敷設工法	地下埋設工法（カルバート埋設）
自然環境保全上で適用が想定される地域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林地域&amp;草原地域</li> <li>・ 動植物等に配慮が必要な地域</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 林道や道路横断部等</li> <li>・ 風致景観保全が極めて重要な地域で工事による環境への影響が小さい地域</li> </ul>
風致景観保全上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 視界に入りにくいルートを選定</li> <li>・ 植栽による視界の遮断</li> <li>・ 風景に溶け込みやすい配色の採用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工事期間が長いため、視界に入りにくいルートを選定（工事期間の短縮化）</li> </ul>
その他、適用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 動物等の移動等への配慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 維持、管理等に対する課題への対応</li> </ul>

## 4.2.2 掘削技術および掘削・坑井設備

本項では、坑井掘削技術及び坑井掘削設備の面から坑井の掘削・建設時の環境影響に対する緩和策について述べる。また、生産井・還元井の耐用年数を増大させる坑井維持技術について整理する。

### (1) 掘削設備・掘削機械における環境影響と緩和策

#### a. 地熱井の分類

地熱井は、地熱貯留層及びその周辺部や高温岩体中に掘削される坑井である。表 4.2-15 に地熱井の種類とその目的および掘削内容を整理した。

地熱開発では、地表調査の終了後、温度測定を目的とした温度勾配測定井、コア採取を目的とした構造試錐井が掘削される。構造試錐井を掘削した結果、調査地域が有望と判断された場合、試験井が掘削され、開発段階に移行した場合には生産井および還元井が掘削される。また、生産井（還元井）の機能が低下した場合には、補充井として生産井（還元井）が追加掘削される。

表 4.2-15 地熱井の分類

地熱井の種類	目的	掘削内容
観測井	地熱貯留層の状況、周辺の温泉や地下水位等を監視することを目的として掘削される坑井。他の坑井から転用されることもある。	観測井の種類による。
	<温度勾配測定井> 温度分布調査	深度 100～500 m の浅部を広域に複数坑掘削する。 最終坑径：80～150 mm 掘削機：小型スピンドル式掘削機
構造試錐井	地熱開発のために行われる地質・地熱構造解明を目的として掘削される坑井。地質サンプルの採取や地温勾配の確認を目的とした掘削が該当する。一般に地下水や地熱流体の採取や湧出は意図せず、調査終了後埋め戻される。	掘削深度：500～1,500 m 最終坑径：80～100 mm 掘削機：スピンドル式掘削機
試験井	地熱貯留層の資源量評価を確認することを目的として掘削される坑井。ここでは、構造試錐井で行われる調査内容に加えて、噴出試験を行う坑井とする。実際に地熱流体を噴出させ、水位や圧力のほか、温度、成分組成の測定を行う。	掘削深度：1,500～2,000 m 最終坑径：100～216 mm 掘削機：ロータリー掘削機、スピンドル・ロータリー併用掘削機
生産井	地熱貯留層から地熱流体を採取するための坑井。蒸気井ともいう。採取された地熱流体は地熱発電所で発電に使用される。	掘削深度：地熱貯留層の深度によるが 1,000～3,000 m、深いものでは 3,000 m 超 最終坑径：216 mm 以上 掘削機：ロータリー掘削機
還元井	地熱発電所において、生産井から採取された地熱流体を使用後地下に返送するための坑井。地熱流体による熱汚染防止、ひ素等の有害成分流出による環境汚染防止、地盤沈下防止、貯留層の圧力維持・涵養等を目的とする。	掘削深度：1,000～2,000 m、深いものでは 2,000 m 超 最終坑径：216 mm 以上 掘削機：ロータリー掘削機
補充井	本来の目的が達成できなくなった坑井に替わって、同じ目的で掘削される坑井。	掘削される地熱井の種類による。

出所：温泉資源保護に関するガイドライン（2012、環境省）<sup>10)</sup>及び地熱発電の潮流と開発技術（2011、上滝尚史）<sup>11)</sup>の内容を参考に一覧表に整理

## b. 環境に対する影響

地熱井の掘削工事に先立ち、既存道路から掘削現場までのアプローチ道路の整備や掘削基地の敷地造成が行われる。掘削坑径の大きい試験井、生産井、還元井の掘削には通常、ロータリー掘削機が用いられ（表 4.2-15 参照）、深度 2,000 m 級の生産井の場合、必要な敷地面積（掘削機や関連設備の設置に必要な面積）は、噴出試験設備の配置や将来の補充井を同一基地から数本掘削することを考慮すると、6,000 m<sup>2</sup>（60 m×100 m）の平坦部面積が必要となる<sup>11)</sup>。また、掘削時に設置される櫓の高さは 50 m 程度<sup>12)</sup>であり、泥水掘削時は大量の用水<sup>11)</sup>（通常時 15 t/hr、最大/全量逸泥 60 t/hr）が必要となる。

表 4.2-16 に上記の情報を含むロータリー掘削機を用いた場合の掘削に係る設備、工事規模・期間及び環境に対する影響等を整理した。同表には、従来型リグと比較する目的で、従来型リグよりも櫓の高さが低いコンパクトリグの情報も併記した。

地熱井の掘削・建設工事による環境影響の大きさは工事規模・期間等により変動するが、懸念される主な環境影響は以下の通りである。

- ① 地熱井設置に係るアプローチ道路、掘削基地等の造成に必要な樹木の伐採や地形の改変に伴う風致景観や生物多様性への影響
- ② 櫓の設置による風致景観への影響
- ③ 掘削用の淡水確保による河川等の水量の減少による風致景観及び生物多様性への影響

## c. 緩和策

上記①～③の環境影響に対する緩和策のうち、掘削設備・掘削機械が環境影響の緩和を直接行える項目は②に限定されるが、ここでは、これ以外の項目の緩和策についても述べる。

### c-1 樹木の伐採や地形の改変に伴う風致景観や生物多様性への影響

風致景観や生物への影響を考慮して、坑井設置場所およびアプローチ道路の経路を選定しなければならない。可能な限り、掘削基地は既設道路近くに選定して道路造成期間および掘削・建設工事の短縮に努め、工事終了後には原状復帰作業を実施することで環境影響を緩和する必要がある。

後述する傾斜掘削技術は坑井基地数や坑井基地の合計敷地面積の縮減が可能であり、地熱貯留層の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、そこから離れた場所に坑口を立地させることにより環境影響を低減することができる。

### c-2 櫓の設置による風致景観への影響

一般的な試験井、生産井掘削用の従来型リグでは櫓の高さが 50 m 程度になり、景勝地や道路・人家に近い坑井掘削現場では風致景観への影響が生じる。風致景観を考慮した対策として、コンパクトリグの適用がある。当該リグは櫓の高さが 18 m 程度であり、設置・解体の所要日数が従来型の半分以下であるといったメリットを有するものである。ただし、掘削能力の関係から、深度が深く、掘削径の大きな掘削実績はない（比較的深

度の浅い還元井及び坑径の比較的小さい試験井の掘削には適用可能)。また、櫓の高さが低いことからパイプの付け替え頻度が多くなり、従来型リグに比べて時間を要する。したがって、掘削能力の向上及びパイプの付け替えに係る時間の短縮が今後の課題である。



出所：YBM 社カタログ

図 4.2-4 コンパクトリグ

### c-3 淡水確保による河川等の水量の減少による風致景観及び生物多様性への影響

豊富な水源からの取水であれば問題がないが、水量の少ない水源から取水する場合には、環境影響が生じないような取水方法（取水時間の分散化、生物の季節毎の生態に配慮した取水の実施など）を選択する必要がある。なお、取水に際しては事前に地元水利権者の承諾を得る必要がある。

表 4.2-16 掘削に係わる設備、工事規模及び環境に対する影響

リグの種類	適用範囲	設備概要・工事規模	環境に対する影響	備考
従来型リグ (ロータリー掘削機)	<ul style="list-style-type: none"> <li>坑径の大きい試験井</li> <li>生産井</li> <li>還元井</li> </ul>	<p>[敷地造成]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1,500 m級の還元井であれば、将来の補充井を同一基地から数本掘削することを考慮すると、3,375 m<sup>2</sup> (45 m×75 m) の平坦部面積が必要である<sup>11)</sup>。</li> <li>2,000 m級の生産井であれば、噴出試験設備配置や将来の補充井を同一基地から数本掘削することを考慮すると、6,000 m<sup>2</sup> (60 m×100 m) の平坦部面積が必要である<sup>11)</sup>。</li> </ul> <p>[機器の運搬]</p> <p>大型トレーラー (20 トン車) での運搬となる<sup>11)</sup>。</p> <p>[槽の長さ] 50 m程度<sup>12)</sup></p> <p>[掘削時の用水量]</p> <p>通常 15 t/hr 以上、最大 (全量逸泥) 60 t/hr 以上<sup>11)</sup></p> <p>[機材・掘削具]</p> <p>槽、サブストラクチャー、掘削機、泥水ポンプ、泥水システム (シエルシエーカー、デサンダー、冷却塔など)、坑口装置、掘削ツールズ<sup>13)</sup></p> <p>(空気掘削の場合には、特殊大型コンプレッサー、ローテーターヘッド、空気用配管、マッドセパレーター、サイレンサーなどの機材も必要となる<sup>14)</sup>。)</p> <p>[工期]</p> <p>道路や敷地の工事：60～90日<sup>15)</sup></p> <p>掘削機械の組み立て：20～30日<sup>15)</sup></p> <p>掘削工事：60～80日程度 (深度 2,000 m級)<sup>15)</sup></p> <p>機械の解体：20日程度<sup>15)</sup></p> <p>敷地復旧工事や植栽：30日<sup>15)</sup></p>	<p>樹木の伐採や地形の改変を伴う造成が行われるため、風致景觀や生物多様性への影響が発生する。</p> <p>高さ 50 m の槽が設置されるため、風致景觀への影響が大きいため、掘削用の淡水確保による河川等の水量変動の影響が場合により発生する。</p>	<p>&lt;参考&gt;</p> <p>ロータリー掘削機を使用しない以下の地熱井の掘削に係わる設備・工事規模を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>敷地造成：1,500 m<sup>2</sup> (30 m×50 m)程度<sup>11)</sup> (構造試験井、試験井<sup>※</sup>)</li> <li>槽の長さ：30 m程度<sup>15)</sup> (小坑径の試験井、構造試験井、観測井<sup>※</sup>)</li> <li>機器の運搬：4～10 トン車<sup>11)</sup> (温度勾配測定井、構造試験井、試験井<sup>※</sup>)</li> <li>掘削時の用水量：通常 5t/hr 以上、最大 15t/hr 以上<sup>11)</sup> (構造試験井、試験井<sup>※</sup>)</li> </ul> <p>※ スピンドル・ロータリー併用掘削機</p>
コンパクトリグ (ロータリー掘削機)	<ul style="list-style-type: none"> <li>深度の浅い還元井<sup>16)</sup></li> <li>坑径の比較的小さい試験井</li> </ul>	<p>[槽の長さ] 18 m程度<sup>16)</sup></p> <p>[敷地造成以外の整備・運搬・用水量・機材・掘削具]</p> <p>従来型リグと同様</p> <p>[工期]</p> <p>設置・解体の所要日数は従来型リグの半分以下の日数<sup>16)</sup>。</p>	<p>槽の高さが従来型の 40%未達。従来型に比べ、仮設工事、解体撤去の期間が短縮。 (上記以外の影響は従来型リグと同様)</p>	<p>コンパクトリグについては、HC-2000R に関する情報を記載した<sup>16)</sup>。</p> <p>九州圏内での稼働実績：生産井・還元井の浚渫工事 7本、サイドトラック工事 1本<sup>16)</sup></p> <p>HC-2000CR はシングルジョイント方式のトップヘッドドローブであり、頻繁な揚降管となると効率が下がる<sup>16)</sup>。</p>

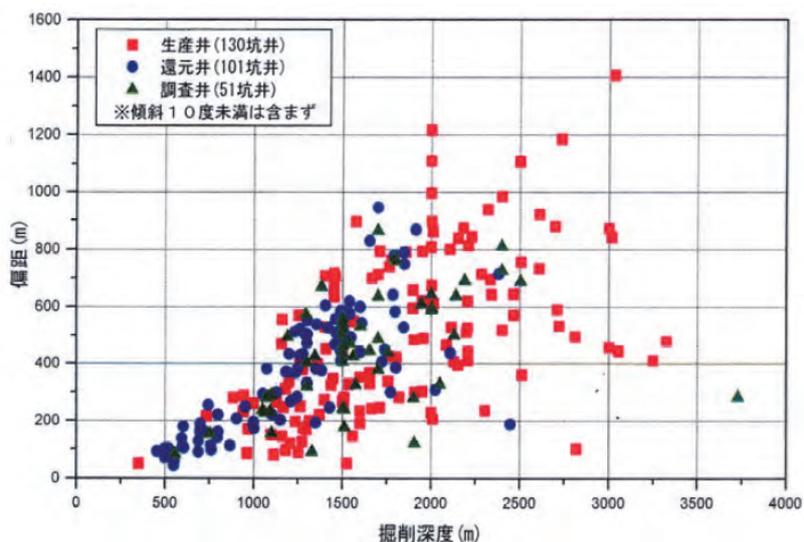
## (2) 傾斜掘削等における環境影響と緩和策

### a. 垂直掘削と傾斜掘削

坑井掘削の方法は、その掘削角度により、垂直掘削と傾斜掘削に分類される。垂直掘削と傾斜掘削についての技術概要、適用範囲、環境に対する影響、経済性に関する比較を表 4.2-17 に整理した。

垂直掘削は地熱貯留層の直上で掘削が行われる。一方、傾斜掘削は、坑口から地下深部に設定された掘削目標位置（ターゲット）に向かって、傾斜や方位をコントロールしながら掘削する方法である。傾斜掘削の掘削費用は垂直掘削に比べ 3 割程度高くなるが、垂直掘削に比べ環境に対する影響の緩和が可能となるメリットを有する（具体的な傾斜掘削の技術、及び傾斜掘削による環境影響の緩和については後述する）。

国内の地熱フィールドにおいては、1970 年の松川 7 号井（岩手県）で本格的な傾斜掘削が行われて以来、各地熱地域において活用されている<sup>11)</sup>。国内の地熱井の最大偏距（水平距離）は 1,400 m である（図 4.2-5）。



出所：地上環境に配慮した開発技術等について（2009，中田晴弥）<sup>17)</sup>

図 4.2-5 国内の地熱傾斜井の実績

表 4.2-17 垂直掘削と傾斜掘削の比較

	技術概要, 技術レベル等	適用範囲	環境に対する影響	経済性	備考
垂直掘削	地熱貯留層の直上で掘削が行われる。	直下の地熱貯留層	傾斜掘削に比べ、坑井基数が多くなり、全体としての造成年積が大きい。 地熱貯留層の地表部に重要な景観や植生が分布している場合には、掘削による環境影響がある。	アイスランドの海外現地調査の情報によると、垂直掘削と傾斜掘削の費用の比はおおよそ 3:4 である <sup>20)</sup> 。 3,000 m 級リグ使用、垂直深度 2,000 m の場合、偏距 2,000 m の掘削コストは偏距 500 m の場合比べて 30% 程度増加する <sup>17)</sup> 。	
傾斜掘削	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) という技術が普及し、目標に沿った坑跡の制御が可能となり、精度と効率が大幅に向上した <sup>12), 18)</sup> 。 ステアラブル掘削は、MWD 方式による傾斜方位測定と高トルク型のステアラブルモーターを組み合わせて使用し、同一編成で指向掘削とロータリー掘削の両方を行う工法であり、掘進率が向上されている <sup>19)</sup> 。 我が国の地熱井掘削では、垂直深度 1 に対して偏距 0.6 程度までの傾斜掘削の実績あり (最大偏距として 1,400 m の実績あり) <sup>18)</sup> 。 現在の技術では、2,000 m 級の掘削で±1%の誤差で目標に到達させることができる <sup>15)</sup> 。 MWD 等の高価なツールを用い、専門の傾斜掘削エンジニアを要する。	地下の貯留層	リグが大型化し、掘削日数も増大する。 垂直掘削に比べ、全体としての造成年積の縮減が可能。 地熱貯留層の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ができ	地熱貯留層の直上で掘削が行われる垂直掘削に対し、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、基地地を集約することが可能であり、基数、坑井基地トータルとしての敷地面積、発電所の広がり、管の総延長や道路延長の縮減に繋げることが可能である <sup>12), 18)</sup> 。 過去の傾斜掘削方法に比べ、精度と効率が大幅に向上したことにより、坑跡制御の問題により発生する再掘削の頻度が著しく低下した <sup>18)</sup> 。ただし、垂直掘削の精度と効率には及ばない。 地下貯留層の直上で掘削が行われる垂直掘削に対し、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、基地地を集約することが可能であり、基数、坑井基地トータルとしての敷地面積、発電所の広がり、管の総延長の縮減に繋げることが可能である <sup>12), 18)</sup> 。	

## b. 傾斜掘削の技術

傾斜掘削技術は地熱開発分野においても既に広範に適用されているが、石油開発分野では水平坑井、マルチラテラル井、大偏距井（ERD：Extended Reach Drilling）など、より高度な傾斜掘削技術を適用した坑井掘削が行われている（図 4.2-6）<sup>22)</sup>。ここでは、石油開発分野で開発された水平孔掘削技術も含む傾斜掘削技術について、最新技術の概要をまとめる。

石油鉱業における傾斜掘削は、1930 年代以降のホイップストックを使用する掘削から、1960 年代以降の PDM（Positive Displacement Motor）およびベントサブを使用する手法に移行し、さらに 1980 年代以降はロータリーステアラブルモーターによる傾斜掘削技術が普及した。ステアラブルモーター掘削（図 4.2-7）では、傾斜角を増減・調整する指向掘削（スライドモード）と、傾斜角を維持する沿角掘削（ロータリーモード）の両方を同一編成で行うことが可能となり、MWD（Measurement While Drilling）技術および LWD（Logging While Drilling）技術の普及と相俟って、水平井や ERD 井における傾斜掘削技術の大幅な適用範囲の拡大と掘削効率の改善が図られてきた。

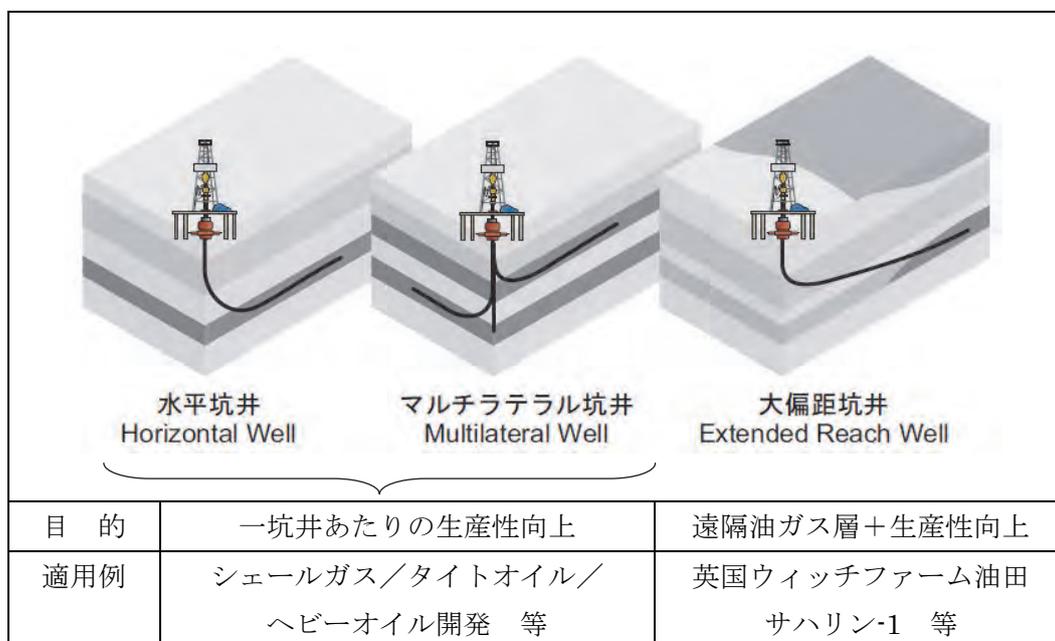
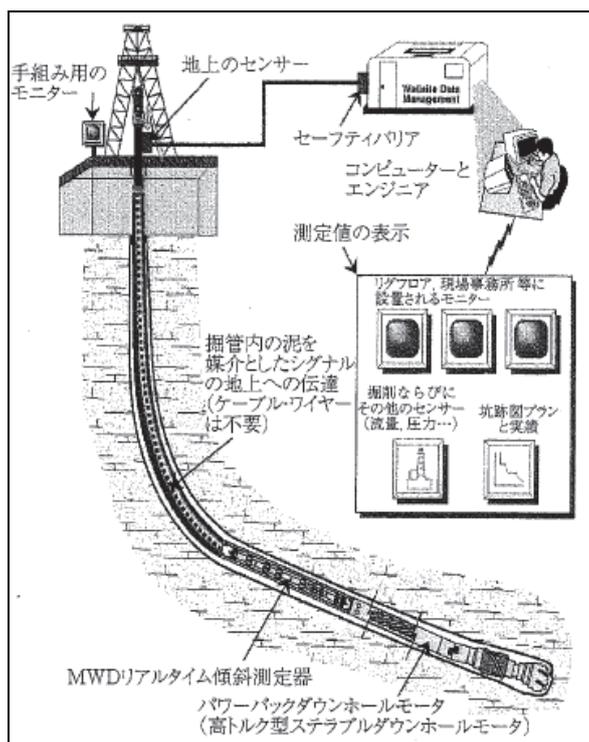


図 4.2-6 石油開発分野における傾斜掘削技術適用例<sup>22)</sup>



出所：地熱発電の潮流と開発技術（2011，上滝尚史）<sup>14)</sup>

図 4.2-7 ステアラブルモーター掘削の概念図

さらに 1990 年代後半以降には、ステアラブルモーター掘削におけるスライドモード時の不具合を補う技術としてロータリーステアラブルシステム (RSS) が開発された。RSS では、坑内機器に組み込まれた偏向機構により掘削ビットを任意の方向に偏向するとともに、坑内ストリングスは常時回転させることにより、より難度の高い坑跡を有する傾斜井を効率的に掘削することを可能としている。これら傾斜掘削技術は、傾斜掘削が不可欠な海上油田開発を中心として、陸上掘削基地からの遠隔海上油田開発（例：サハリン-1、最大偏距 10,000m 以上）、シェールガス・シェールオイル開発における水平坑井掘削（例：水平区間 3,000m 以上）等に広範に適用されている（図 4.2-8）<sup>23)</sup>。

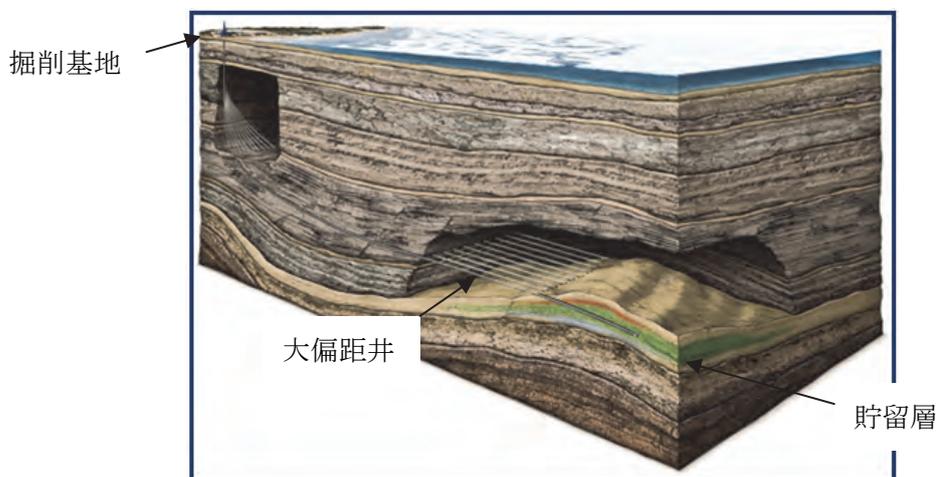


図 4.2-8 サハリン-1 における大偏距井の例<sup>23)</sup>

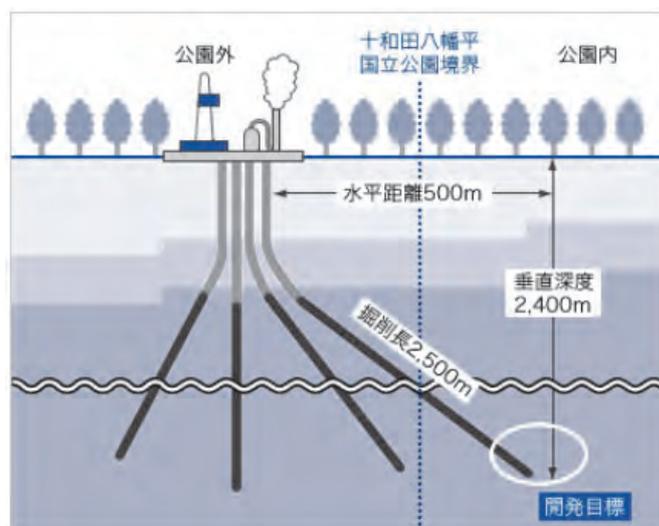
以上のように、石油開発分野では最大偏距 10,000m を超えるような大偏距井の掘削が行われているが、このためには相応の大型掘削機器、例えば出力 3,000 馬力クラスのドローワークスを有する超大型リグの使用が必要となると同時に、掘削機器の大型化・機材の大容量化に伴い掘削基地の所要面積も大型化する。地熱開発分野においては、通常、最大 3,000m 級の掘削リグ（1,000 馬力クラスのドローワークス）が使用されており、機材や敷地等の面で制約があるとともに、大型リグ導入にはコスト面でのデメリットも予想される。また、特に逸水層や高温層の出現等により掘削作業の難度が相対的に高いと予想される地域では、大偏距等の計画は掘削難度を一層高くするという技術的制約もある。以上のような各種制約により、地熱開発分野においては、直ちに大偏距井掘削技術等を適用することは現実的ではないが、ステアラブル掘削による傾斜井適用範囲の拡大や掘削効率改善・期間短縮によるコスト削減効果等については検討の価値がある。

### c. 傾斜掘削による環境影響の緩和

表 4.2-17 で整理したとおり、傾斜掘削は垂直掘削に比べ、以下のような環境に対する影響の緩和が可能である。

- ① 地熱貯留層の地表部に重要な景観や植生分布している場合に、坑口位置をそこから離れた位置に立地することができる。
- ② 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可能であり、基地数、坑井基地の合計敷地面積、発電所の広がり等の縮減が可能である。

環境影響の緩和を目的とした傾斜掘削の例として、澄川地熱発電所（秋田県）における傾斜掘削の概念図を図 4.2-9 に示す。国立公園内の地熱資源を公園外の坑井基地から傾斜掘削することで、公園の景観を損なわずに地熱エネルギーを回収すると同時に、一つの坑井基地から地下の多方向への貯留層に向けて掘削を行うことで、坑井基地数、坑井基地の合計敷地面積等の縮減を図っている。なお、傾斜掘削工事は 2011 年 7 月に着手されている。



出所：<http://www.mmc.co.jp/corporate/ja/03/06/special/11/geo.html>

図 4.2-9 傾斜掘削による環境影響の緩和

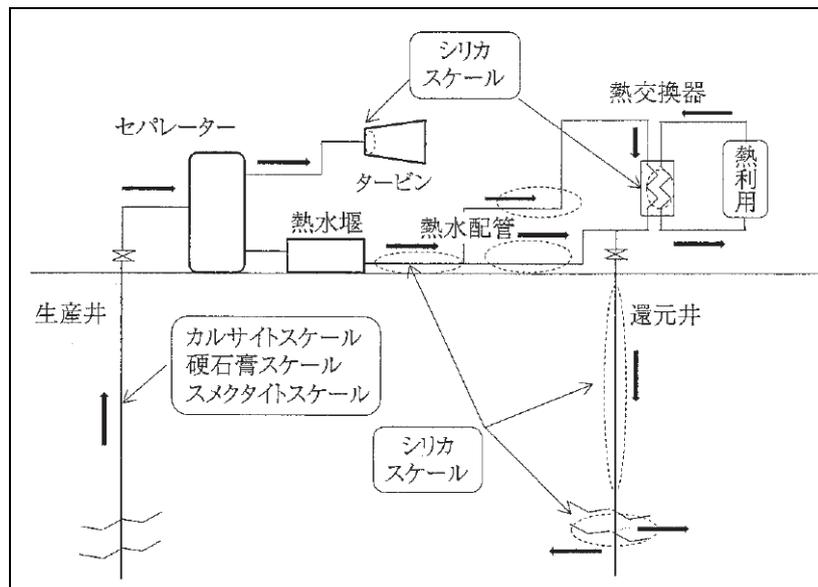
掘削費用に関しては、傾斜掘削は垂直掘削に比べ費用がかかるが、上述したように環境影響の緩和が可能であり、垂直掘削に比べて地熱貯留層を効率的に掘り当てることができるメリットもある。どちらの方法を選択すべきかについては、費用と環境影響を勘案し、その都度の検討が必要である。

### (3) 坑井の維持による環境影響の緩和策

時間経過に伴い、スケールの析出による坑井の閉塞が生じる事例も多い。閉塞により坑井の能力が低下した場合には、補充井の掘削が必要となるが、補充井の掘削工事も新規の坑井の掘削工事と同様に自然環境へ影響を及ぼす行為となる。このため、坑井を長期間維持し、補充井の掘削を極力回避することは、自然環境への影響を緩和するための最も重要な方策の一つである。ここでは、坑井の維持技術として、スケール抑制技術、除去技術等について述べる。

#### a. スケールの析出

地熱発電所において、どのような種類のスケールが生成するかは、地熱流体の性状、温度、圧力条件等の違いにより異なる。一般的には、生産井ではカルシウム（カルサイト）スケールが、還元井ではシリカスケールが問題となることが多いが、シリカスケールの場合には、坑井内以外に還元先の地層内にも形成されることがある。図 4.2-10 に、地熱利用におけるスケールの析出地点を示す。



出所：地熱発電の潮流と開発技術（2011，阿部泰行）<sup>24)</sup>

図 4.2-10 地熱利用におけるスケールの種類と析出地点の概要

#### b. 坑井維持技術

坑井を長期間維持するための技術として、スケールの発生そのものを抑える“スケール抑制技術”と“スケール除去技術”がある。ここでは、これらの技術の調査結果を整理する。さらに、スケールで閉塞した坑井の坑口部分を利用した坑井掘削方法として“サイドトラック法”についても、概説する。

## b-1. スケール抑制技術

### 1) 既存の技術

生産井のカルシウムスケールについては、インヒビターとして主にポリアクリル酸系と有機リン酸系の薬剤の適用により、ほぼ完全にスケールの抑制ができる<sup>25)</sup>。一方、還元井のシリカスケールについては、普遍的に有効なインヒビターは確認されていない。還元井におけるシリカスケールの抑制技術を表 4. 2-18 に整理した。

表 4. 2-18 還元井におけるシリカスケールの抑制技術

	技術概要、技術レベル等
高温還元法	熱水を高温下（120～150℃）とし、熱水中のシリカ濃度を溶解度よりも低くすることにより過飽和シリカの沈殿を抑制し、地下へ還元する方法 <sup>25)</sup> 。多くのフィールドに適用されており、概ね効果がある <sup>26)</sup> 。
pH 調整法	硫酸等を還元井に注入して pH を調整し、シリカスケールの生成を抑制する <sup>18)</sup> 。多くのフィールドで効果があることが確認されている <sup>26)</sup> 。
滞留槽法	熱水を地下還元する前に、温度の低下をできるだけ抑制しながら 30～60 分間滞留させ、シリカを重合させ、熱水中の過飽和シリカの濃度を低くしてスケール付着量を減少させる方法 <sup>27)</sup> 。
希釈法	熱水を地下還元する前に、河川水等で希釈してシリカ濃度を不飽和としてから地下へ還元する方法 <sup>27)</sup> 。実施例は少ないが、効果はある <sup>26)</sup> 。
過飽和シリカの除去	陽イオン等を添加し、シリカを析出・除去することにより、熱水中のシリカ濃度を低減する <sup>26)</sup> 。熱水中に残留した薬剤によるスケール析出问题があり、還元井の減衰対策としては課題がある <sup>26)</sup> 。
アルカリ添加法	アルカリを添加し熱水の pH を上げることにより、シリカの溶解度を上げる <sup>26)</sup> 。
インヒビターの添加	普遍的に有効なインヒビターは確認されていない <sup>26)</sup> 。

次に、国内の地熱発電所で採用されているシリカスケール付着防止対策とその効果判定の結果を表 4. 2-19 に示す。還元井におけるシリカスケール抑制技術としては、高温還元法、pH 調整法、滞留槽法、希釈法が国内の地熱発電所で採用されており、高温還元法および pH 調整法の採用が多い。また、滝上地熱発電所（大分県）のように、以前は高温還元法のみの実施であったが、現在は pH 調整法を併用している事例もある（本調査研究の地熱発電所ヒアリング調査からの入手情報）。高温還元法については、熱水を高温高圧で還元することから、発電用に利用可能なエネルギー（熱量）が制限される欠点がある。また、pH 調整法で注入された硫酸は、地下の岩石と反応して中和されるため地下水系への影響は小さいと考えられるが、影響の程度は明確になっていない<sup>18)</sup>。よって、pH 調整法を採用した場合は、必要に応じて影響を確認するための地下水モニタリング等による検証を行うことが望ましいものと考えられる。過飽和シリカの除去は、原理的には有効な手段として認知されるが、薬剤コストが高く、分離したシリカの処理についての課題がある。

表 4.2-19 国内各地熱発電所で採用されているシリカスケール付着防止対策とその効果判定

	松川	上の岱	柳津西山	八丈島	森	葛根田		鬼首	山川	大沼	澄川	滝上	大岳	八丁原	大霧	備考
						浅部	深部									
還元井・熱水配管でのスケール防止法	高温還元法	●	▲ (運転前)		▲ (初期)	● (初期)	▲ (初期)	● (S59 ～)	▲		▲		○	○	●	多くのフィールドで適用されており、概ね効果がある。シリカ以外のスケールが析出している場合には効果が小さい。
	pH調整法	○			● (現状)	● (現状)	● (現状)	○	△			● (現状併用)	○	○		多くのフィールドで適用試験が行われており、効果があることが確認されている。シリカ以外のスケール対策としても効果が期待できる。
	滞留槽法	● (一部)						×					▲	▲		熱水の pH、シリカ濃度等によって効果の有無が左右される。
	希釈法															適用例は少ないが、効果がある。還元熱水量の少ない蒸気卓越型のフィールドに適している。
過飽和シリカの除去					△					△						有価物の回収という観点では有効である。熱水中に残留した薬剤によるスケール析出问题があり、還元井の減衰対策としては課題がある。
アルカリ添加								×								熱水中のカルシウム濃度が高いフィールドでは逆効果である。
インヒビター添加					×							×	×			普遍的にインヒビターは確認されていない。
スケールの種類	-	シリカ	シリカ	-	スチオン 付	シリカ	シリカ	シリカ	シリカ	シリカ	シリカ、 硫化物	シリカ	シリカ	シリカ	シリカ	

●：実運用で効果がある、もしくは特に問題がない ▲：実運用である程度効果はあるが、問題もある ×：効果がない、もしくは逆効果である  
○：試験により効果が確認された △：試験によりある程度効果は確認されたが、問題もある

出所：地熱還元井活性化技術（スケール付着防止）の調査の概要（2003，広渡和緒 他）<sup>20)</sup>を参考に作成 ※ヒアリング情報を元に一部分、書き換えをしている。

## 2) シリカスケール抑制技術の研究開発状況

シリカスケール付着防止技術に関しては、大学、企業の研究機関により、過飽和シリカを除く方法（凝集沈殿法、シード添加法、限外膜分離法など）、シリカが過飽和（不溶化）となるのを防ぐ方法（既存技術の組み合わせ、スケール核生成期間における超音波照射、キレート剤を用いた方法など）に関する研究が行われている。

平成 24 年の日本地熱学会学術講演会（湯沢大会）では、シリカスケールの形成やシリカスケール抑制に関する発表が 5 件程度あった。この中には、シリカスケール抑制のために酸やアルカリを使用する方法（pH 調整法、アルカリ添加法）以外に、Tropolone（ヒノキ等の植物中に含まれる成分）に着目し、当該物質のキレート作業によるシリカスケール溶解実験の発表が含まれていた。

### b-2. スケール除去技術

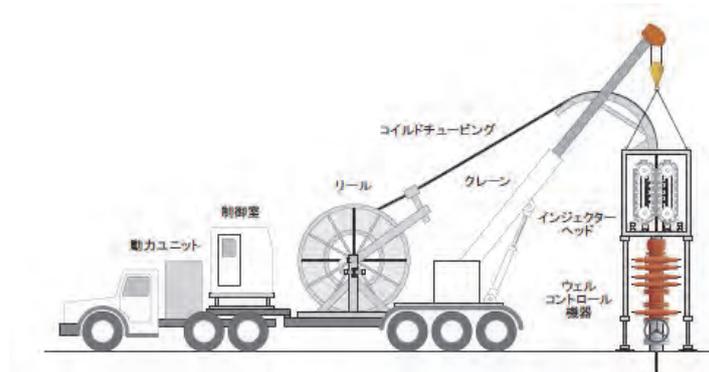
スケール除去方法としては、化学洗浄法と機械的除去（スケールの浚渫）に大別できる。

#### 1) 化学洗浄法

炭酸スケールの場合には、塩酸を注入して坑井内の炭酸カルシウムを溶解除去することが可能である。シリカスケールについては、塩酸よりも強いフッ化水素により溶解除去が可能であるが、取扱いが困難であり、フッ素による地下水汚染の懸念もあり、使用制限がある。

#### 2) 機械的浚渫

機械的浚渫では、通常の坑井掘削と同様に掘削リグを設置し、ビットにより物理的にスケールを削り、スケールの浚渫を行う。実施にあたり、コイルドチュービング（高さ 10 m 程度）やコンパクトリグ（高さ 18 m 程度）の使用は、従来型リグに比べ、高さによる風致景観への影響を小さくできる。また、これらのリグの使用により、設置・解体時間の削減が可能である。

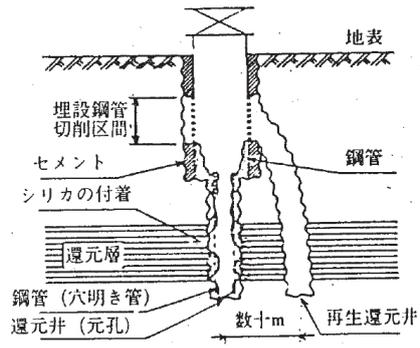


出所：石油開発時報，No. 157（2008，長縄成実）<sup>28)</sup>

図 4.2-11 トレーラー搭載型のコイルドチュービング装置

### b-3. サイドトラック法

スケールにて閉塞した坑井の坑口部分を再利用し、一定の深さから別方向へ新たな坑井を掘削するというサイドトラック法は、新たな坑井の掘削用地が不要であり、経済的である。



出所：地熱調査会開催セミナーテキスト（1991，広渡和緒）<sup>29)</sup>

図 4.2-12 還元井の再生方法の模式図（サイドトラック法）

### 4.2.3 建物デザイン

本項では、発電所本館と地上設備（パイプラインを除く）の風致景観に与える影響を軽減・緩和する建物デザインについて、技術レベルと技術の最新動向についてまとめる。内容としては、発電所全体を自然に溶け込ませることを目的とした建物デザイン技術、および地域との合意形成ツールとしての事前景観検証手法、の2つの観点から整理する。

#### (1) 建物デザインによる風致景観への影響軽減技術

風致景観への影響軽減に求められる要求仕様については、「2.1 自然公園法の規制」の調査結果から抽出すると共に、更に追加すべき項目の検討を行い、本項で対象とする要求仕様を設定する。これらの要求仕様を圍繞（いじょう）景観と眺望景観のそれぞれの観点から、風致景観への軽減技術を調査する。なお、「圍繞」とは“かこいめぐらすこと”を意味しており、「圍繞景観」とは一定の範囲を有する空間領域中での視覚的な環境状況を意味する。農地の中に農家が散在する景観などとして捉えられる景観である。一方、視点場（展望台など）から視対象（山や川など眺望する対象）を見る、つまり、視覚を通じて認知される景観像として捉える方法があり、「眺望景観」と呼ばれる。環境アセスメントにおいては、景観項目に関して「眺望景観」と「圍繞景観」に区分して、影響評価を行うこととされている。地熱発電所に求められる圍繞景観と眺望景観等の概念を図 4.2-13 に示す。同図には両景観の保全という守りの姿勢だけでなく、景観形成という主体的な姿勢も含めた。

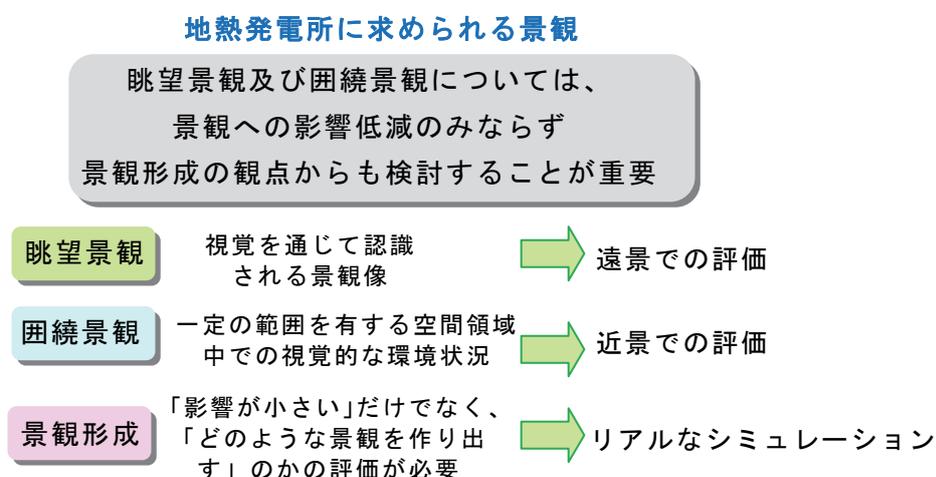


図 4.2-13 地熱発電所に求められる景観（概念図）

#### a. 風致景観保全に対する要求仕様

風致景観保全の判断は、地域住民を含む一般国民が行うべきものであるが、主観的な判断の入る部分であり、客観的な評価基準はないのが実情である。このため、地熱発電所の風致景観保全に対する要求仕様については、“自然公園法施行規則第十一条 6 項”から、風致景観保全に係る内容を抜粋し、表 4.2-20 にまとめる。表中の本文における「第 1 項第 3 号と第 4 号」は眺望景観に関する事項、「第 1 項第 5 号と第 2 項ただし書き」は圍繞景観に関する事項ではあるが、色彩については遠景/中景/近景で如何に自然

に溶け込ませるかという要請もあり、眺望景観にも係る事項である。

表 4.2-20 および「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会(第4回)参考資料-3<sup>30)</sup>」を参考に、地熱発電所の景観保全に対する要求機能を検討し、その結果を表 4.2-21 に示す。表中の①については、該当地域の地形形状を考慮したレイアウト等の設計技術であり、(2)で事前景観検証手法として調査結果を述べる。②については、植栽等を利用した施設の展望地からの遮蔽対策であり、建物デザインに周辺環境デザインを含む設計技術である。これに対し、③～⑦は施設の形状や色彩の工夫により、自然との協調や同化を目指すもので、狭義の設計技術(デザイン)である。

一般に、建物に求められるデザインの方向性には、図 4.2-14 のように、「積極性・主張」及び「協調性・同化」の両面があり、地熱発電所におけるデザインの方向性は、後者の「協調性・同化」であるため、眺望景観・圍繞景観とも協調性・同化を作り出す主体的な景観形成を行う。

表 4.2-20 自然公園法施行規則第十一条 6 項における風致景観に対する規制内容

条文		基準の内容 注)網掛け部は補足(文献1)による) 文献1)自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法(環自国発第100401008号)
本文	第1項 第3号	当該建築物が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること。 「主要な展望地」とは、利用者の展望の用に供するための園地、広場、休憩所、展望施設。ほかにも、公園事業たる道路(駐車場含む。)のうち利用者の用にも供せられているもの。展望及び眺望に係る支障の程度については、景観の視覚特性に関する代表的指標として一般的に景観アセスメントに用いられている垂直視角等に関する既存の知見を、展望や眺望に係る支障を回避するための指針及び支障の程度を評価するための目安として採用することが望ましい。
	第1項 第4号	当該建築物が山稜線を分断する等眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでないこと 「山稜線を分断する」とは、山稜が空を背景として描く輪郭線(スカイライン)の連続性が工作物の出現により切断されることを意味。かかる場合が、特に風致景観上の支障が大きくなるとされているため、代表例として掲げられている。山稜線を分断する場合であっても、山稜が眺望の方向に位置しない、又は工作物が十分遠方に位置し目立たない場合については、必ずしも「眺望の対象に著しい支障を及ぼすもの」とはならない。
	第1項 第5号	当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと。 屋根の形態：陸屋根を避け、勾配屋根とする等、固い印象を与えないものが望ましい。 屋根及び壁面の色彩：原色を避ける。公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要。色彩数も必要最小限にとどめる。
	第2項 ただし 書き	既存の建築物の改築、既存の建築物の建替え若しくは災害により滅失した建築物の復旧のための新築(申請に係る建築物の規模が既存の建築物の規模を超えないもの又は既存の建築物が有していた機能を維持するためやむを得ず必要最小限の規模の拡大を行うものに限る。)又は学術研究その他公益上必要であり、かつ、申請に係る場所以外の場所においてはその目的を達成することができないと認められる建築物の新築、改築若しくは増築であって、第1項第5号に掲げる基準に適合するもの。 第1項第5号：当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと。 屋根の形態：陸屋根を避け、勾配屋根とする等、固い印象を与えないものが望ましい。 屋根及び壁面の色彩：原色を避ける。公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要。色彩数も必要最小限にとどめる。

表 4.2-21 地熱発電所の風致景観保全に対する要求仕様の設定

景観種別	地熱発電所の風致景観に対する規制 (自然公園法施行規則第十一条6項)	本調査研究で対象とする要求仕様
眺望	当該建築物が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること	①眺望されにくい施設配置等の工夫 ②施設等の視界からの遮蔽 ③敷地の地形形状になじむ施設形状
	当該建築物が山稜線を分断する等、眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでないこと	④山稜線等の背景になじむファサード ⑤圧迫感・ボリューム感の低減
眺望 and 囲繞	当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びに形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと	⑥景色になじむ色彩、目立たない工夫 ⑦人工物の違和感の排除

### 建物デザインの方向性

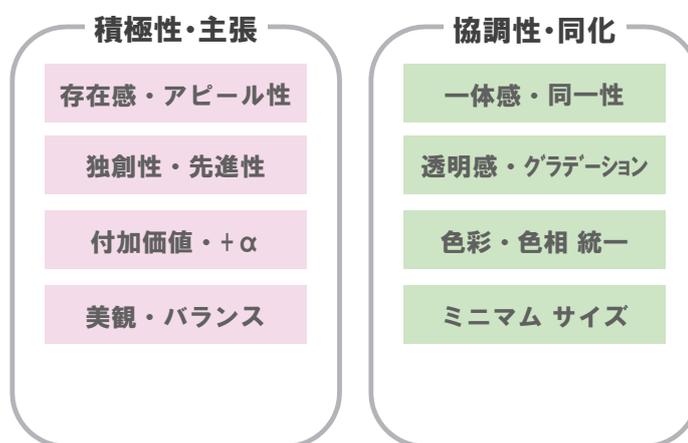


図 4.2-14 建物デザインの方向性 (概念図)

#### b. 風致景観保全に対する建物デザイン技術

一般的な地熱発電所施設は、発電所本館建屋（タービン建屋）や復水器、冷却塔、原水タンク等、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ている。また、これらの施設と坑井基地とは配管（パイプライン）によって連結されている<sup>31)</sup>。

ここでは、表 4.2-21 で設定した要求仕様の内、狭義の設計技術（建物デザイン技術）で対応する③～⑦について、具体的な対応策を検討する。また、完全ではないが、②の要求仕様に対する対応策についても検討を試みる。

##### b-1. 施設等の視界からの遮蔽

表 4.2-21 の②の要求仕様“施設等の視界からの遮蔽”については、木本種（高木）の植栽によって、発電所全体を隠蔽することや、壁面緑化・ホルバー等、自然物の壁面利用も有効な方策の一つと考えられる。また、“大壁面の排除”についても、展望の

著しい妨げにならない点で効果があるが、要求仕様⑤の圧迫感・ボリューム感の低減にも関係する内容である。

例えば、緑化については、土地の改変部及び発電所周辺において、周辺植物や元の環境条件を考慮し、在来種や鳥類の好む食餌植物等を植林することや可能な限り既存植生を考慮した種子吹き付けを行うことが考えられる。また、壁面の分割・分節化やメリハリのあるテクスチャーを与えることにより、大壁面を排除することも必要である<sup>32)</sup>。対応策の一例を図 4.2-15 に示すが、更に詳細な対策を検討することが今後の課題と考える。

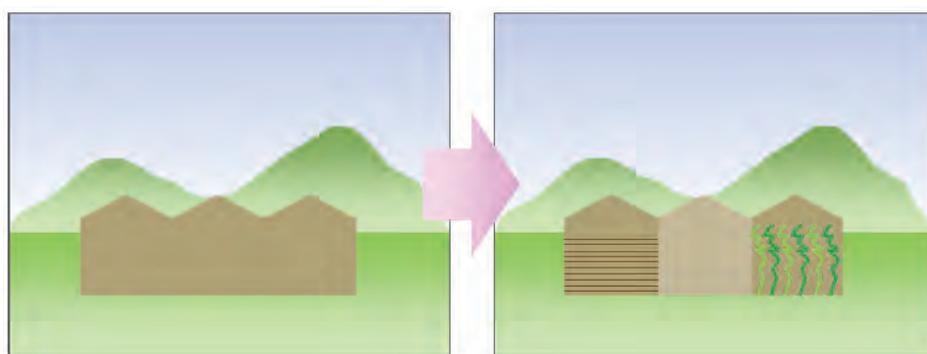


図 4.2-15 視界の妨げを緩和する施設への対応策の一例

#### b-2. 敷地の形状と施設（傾斜地における断面計画）

表 4.2-21 の③の要求仕様として、傾斜地における施設の断面形状を考える。傾斜地であれば、床レベルの段差配置等のように、敷地の傾斜形状になじむような断面形状が望ましい。対応の一例を図 4.2-16 に示す。

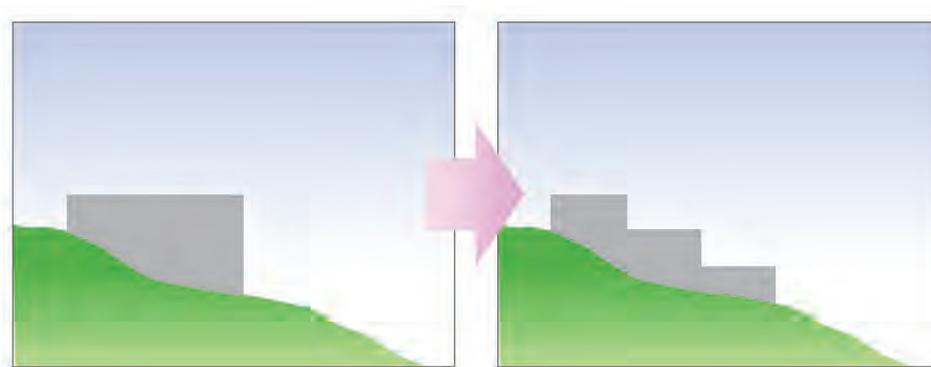


図 4.2-16 敷地形状になじむ施設断面形状の一例

#### b-3. 山稜線等の背景と施設（周辺の山並み・スカイラインと対応するファサード）

表 4.2-21 の④の要求仕様として、背景と施設形状の関係を検討することとし、ここでは一例として、背景に山稜線を取り上げた。この場合、周辺の山並み・スカイラインと対応する勾配屋根や段丘上の断面等のファサードが望ましく、屋根の形態は、陸屋根を避け、勾配屋根とする等、固い印象を与えないものが望ましい<sup>33)</sup>。例えば、

「大霧発電所」（鹿児島県霧島市）では、建屋の屋根を切妻屋根とし、窓は極力小さくした山小屋風の設計を採用することにより、霧島屋久国立公園の周辺環境に溶け込む建物デザインとなっている<sup>34)</sup>。対応の一例を図 4.2-17 に示す。



図 4.2-17 周辺の山並み・スカイラインに呼応する施設形状の一例

#### b-4. 圧迫感・ボリューム感の低減（平面的な大きさ・形状）

表 4.2-21 の⑤の要求仕様に関して、図 4.2-18 に示すような施設の平面形状に対する圧迫感・ボリューム感の低減策について考える。この場合、水平投影面積の最小化を目指す。周辺の植栽等の形状も考慮して水平断面形状を検討することが望ましい。例えば、冷却塔を小型化、集合化にする等、構造物の集約化により、土地の改変面積を最小限に抑えることや、大ボリュームの機器等を円形サイロやかまぼこ型ドーム等<sup>35)</sup>の蓋い（おおい）で隠すこと等、直線形状や人工的な形状を排除することも必要である。対応策の一例を図 4.2-18 に示す。

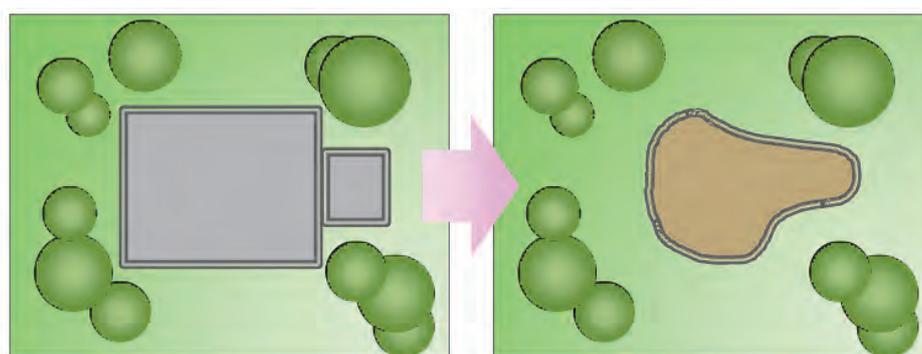


図 4.2-18 平面的な大きさ・形状を考慮した圧迫感・ボリューム感の低減

#### b-5. 圧迫感・ボリューム感の低減（立面・断面・高さ等（絶対高さの低減））

表 4.2-21 の⑤の要求仕様に関して、施設の断面形状（特に絶対高さ）に対する圧迫感・ボリューム感の低減策について考える。この場合、地上設備における対応策としては、タービンの下向き排気を上向き排気、さらには軸流排気にすることによって発電所建屋の高さを低減することや、排気ファンの数を増やすことによる排気塔の高さ抑制等がある<sup>36)</sup>。また絶対高さの低減については、地下化等を行うことも考えられるが、施設

全体の半地下化は、技術的に可能である。しかし、半地下化は非常にコストがかかるため、現時点では国内導入事例はないし、造成工事に伴う環境への影響問題が発生することが懸念される<sup>37)</sup>。

このため、絶対高さの低減については、上記の地上設備による対応策で行うことが現実的と考えられ、対応策の一例を図 4.2-19 に示す。

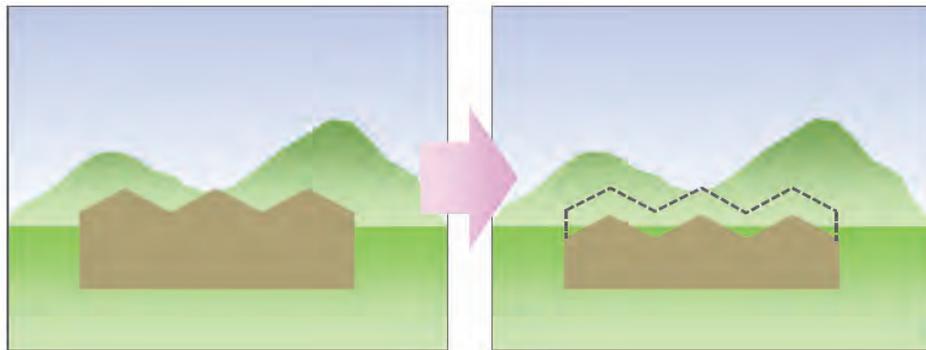


図 4.2-19 施設断面の絶対高さの低減による圧迫感・ボリューム感の低減策の一例

#### b-6. 色彩計画（周辺の樹木等になじむ色彩）

表 4.2-21 の⑥の要求仕様に関して、周辺の景色・樹木等の色彩になじむ色彩計画を行うことが重要である。例えば、「大霧発電所」（鹿児島県霧島市）では、明るく落ち着いたイメージを出すために、屋根は、鳶色（とびいろ）「日本の伝統色のひとつであり、猛禽・鳶の羽の色のよう暗い茶褐色」、壁は、アイボリーを採用している<sup>38)</sup>。また、春夏秋冬それぞれのシーンにおける検討も色彩計画の検討に際して重要と考えられる。この対応策の一例を図 4.2-20 に示す。



図 4.2-20 周辺の樹木等になじむ色彩計画の一例

#### b-7. 色彩計画（色彩による「目立たない工夫」）

地熱発電所建屋の屋根及び壁面の色彩はその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないことが求められる。ここでは、表 4.2-21 の⑥の要求仕様に関して、目立たない工夫をした色彩計画を検討する。例えば、グラデーション・カモフラージュ彩色等、色彩による目立たない工夫により修景を図る等、原色を避けることは勿論、公園利用者にも必要以上の強い印象を与える色彩は用いないようにさせる必要がある。また、色彩数も

必要最小限にとどめさせることが望ましい<sup>39)</sup>。この対応策の一例を図 4.2-21 に示す。

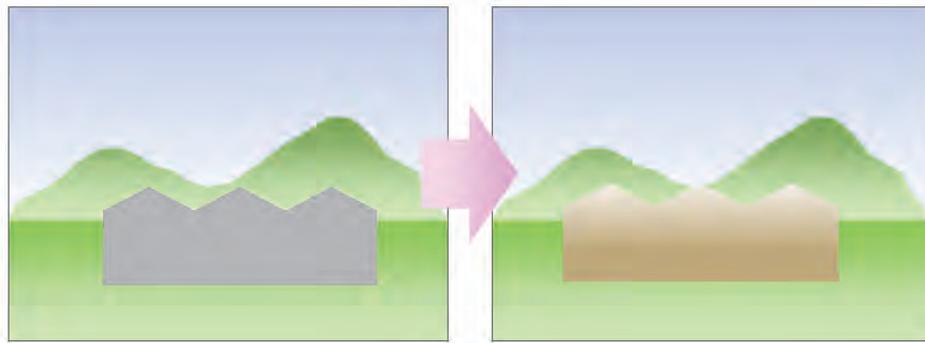


図 4.2-21 色彩による「目立たない工夫」の一例

#### b-8. 人工物の違和感の排除

表 4.2-21 の⑧の要求仕様に関しては、眺望景観および圍繞景観の両面から対応が求められる要求仕様である。ここでは、計画段階での景観シミュレーションにより、「最も違和感の無い」施設計画を複数案検討することにより、合意形成の満足度を高められないかについて考える。

例えば、冷却塔や原水タンク等の大ボリュームの機器等の色彩については、アースカラー、グラデーション、カモフラージュ色等、「協調性・同化」への配慮が必要である。また配管類については、色彩の配慮として、金属色のような自然界に無い色彩を排除すること、形状の配慮として、工場をイメージさせるような複雑な形状を隠す工夫等が考えられる。このような考え方に基づいた対応策の一例を図 4.2-22 に示す。



図 4.2-22 人工物の違和感の排除の一例

出所：Wikipedia「MATSUKAWA Geothermal power station Iwate, JAPAN. jpg」(Si-take)を基に(一財)エンジニアリング協会にて、一部改変

[<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB>:MATSUKAWA\_Geothermal\_power\_station\_Iwate, JAPAN. jpg]

### c. 風致景観保全に対する建物デザイン技術の最新動向

風致景観保全に対する建物デザイン技術については、a. で要求仕様を設定し、b. で個々の要求機能に対する個々の対応策を述べてきたが、地域の地形・植生状況などの風致景観を考慮した上で、総合的な設計技術が求められているものと考えられる。そういった意味から、平成 24 年度に日本地熱学会の湯沢大会で発表された「エコロジカル・ランドスケープ技術」は、同学会で注目を集めたようである。この技術は、発電所を自然に溶け込ませるために、地域の潜在能力を借りて、その地域でなければ成立し得ない環境を保全・創出していく<sup>40)</sup> 総合的な景観保全技術である。図 4.2-13 でも記したように、当該地域全体の風致景観保全については、守りの姿勢ばかりでなく、主体的に『景観形成』を行うことが重要と考えられ、「エコロジカル・ランドスケープ技術」等の最新の総合的設計技術を地熱発電所の環境保全に有効に活用できる可能性がある。

今後、「エコロジカル・ランドスケープ技術」を含め、発電所施設および周辺地域全体の調和のとれた設計に活用可能な技術を広く調査し、その有効性を検討することが必要と考える。

### (2) 事前景観検証手法

ここでは、検討すべき景観上の課題に対し、その検討・評価手法を提案する。これは、表 4.2-21 の要求仕様①の“眺望されにくい施設配置等を確認”のための眺望景観の事前検証ツールであると共に、圍繞景観に対しても利用可能な事前検証ツールを意味する。

#### a. 事前景観検証手法の概要

まず遠景からどのように見えるか、という観点での眺望景観における評価であるが、主な検証課題は主要な展望地（利用者の展望の用に供するための園地、広場、休憩所、展望施設のほか、公園事業たる道路（駐車場も含む）のうち、利用者の展望の用にも供せられている区間を含む）<sup>41)</sup> から「見えるのか見えないのか」「見えるとしたらどの程度のボリュームで見えるのか」といった点があげられる。簡易な手法としては「Google Earth」、「3d\_face\_cnv」等、市販或いはフリーの 3D マップソフトウェアを用いた方法が挙げられる。これらの 3D マップソフトウェアを利用すれば、山・高台等 地形上の影響から地熱発電所が「見える、見えない」の判断程度は可能である。

さらに詳細な検証としては、国土地理院発行の標高データを 3次元モデルのデータとして使い、正確な立体地図を構築することにより、「見える、見えない」「どの程度のボリュームに見えるか」等、遠地からの視認性について定量的な検証が可能となる。また、立体地図のデータを 2次元にて可視化するだけでなく、3D 化することで、空間の奥行きを体験できる VR シミュレーションも可能となっている。VR シミュレーションのシステムでは、視点場を自由に設定できるため、各視点場からの見え方を具体的に示すことで、合意形成の場において、風致景観・施設の形状等の理解を容易するツールである。

次に、圍繞景観（近景）・景観形成においては、視点場が固定される 2次元モニターでも大まかなイメージを把握することが可能であるが、景観は、そもそも主観的な判断に左右されるため、景観配慮への対応をどこまで対応するのか、有用な事前景観検

証シミュレーションツールを用いる等、合理的な手段を選択しないと、際限なく協議は継続し、何時まで経っても合意形成には至れない状況に陥る可能性もある。

事前景観検証シミュレーションは、①現実に即した表現、②正確な表現、③中立な表現、④情報の公共性、の4つの機能が求められるが<sup>42)</sup>、VRシミュレーションは前述の4機能を十分に満たすツールである。また、定量的な裏付けのあるデータに基づく、臨場感溢れる景観シミュレーションを用いたアプローチは、ステークホルダー間の合意形成を図る有用なコミュニケーションツールともいえる。

以上の考え方を図 4.2-23 に概念図として整理した。



図 4.2-23 事前景観検証手法（概念図）

## b. 合意形成に利用可能なツールの概要

### b-1. 2次元モンタージュ

「2次元モンタージュ」は、「PaintShop PRO」や「Photoshop」等のグラフィックソフトウェアを用いて写真を編集する景観シミュレーションである。視点場は固定されるが、簡易なツールである。以下、色彩シミュレーションを中心とした「2次元モンタージュ」を用いた事例を図 4.2-24(1)～図 4.2-24(7)に示す。

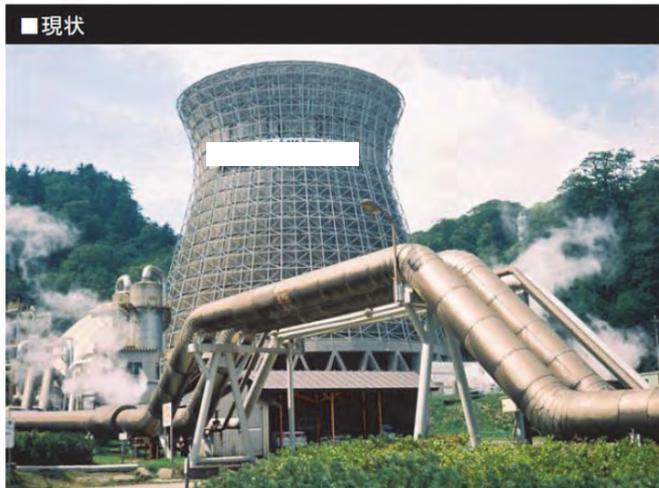


図 4.2-24 (1) 2次元モンタージュ (現状)

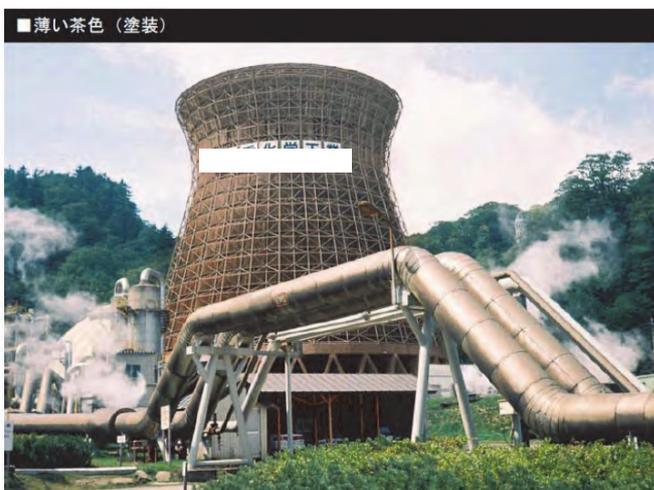


図 4.2-24 (2) 2次元モンタージュ (薄い茶色 (塗装))



図 4.2-24 (3) 2次元モンタージュ (茶色 (塗装))

出所 : Wikipedia 「MATSUKAWA Geothermal power station Iwate, JAPAN. jpg」 (Si-take) を基に(一財)エンジニアリング協会にて、一部改変  
[\[http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB](http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB)  
 :MATSUKAWA\_Geothermal\_power\_station\_Iwate, JAPAN. jpg]

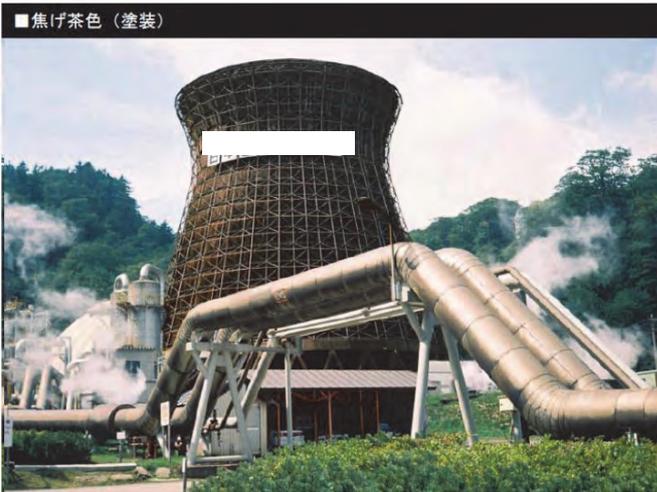


図 4.2-24(4) 2次元モンタージュ（焦げ茶色（塗装））



図 4.2-24(5) 2次元モンタージュ  
（焦げ茶色+灰色のグラデーション+焦げ茶色の配管類）



図 4.2-24(6) 2次元モンタージュ  
（周囲の緑に合わせたカモフラージュパターン+焦げ茶色の配管類）

出所：Wikipedia「MATSUKAWA  
Geothermal power station  
Iwate, JAPAN. jpg」（Si-take）  
を基に（一財）エンジニアリン  
グ協会にて、一部改変  
[[http://ja.wikipedia.org/wi  
ki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%8  
2%A4%E3%83%AB](http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB)  
:MATSUKAWA\_Geothermal\_powe  
r\_station\_Iwate, JAPAN. jpg]



出所：Wikipedia「MATSUKAWA Geothermal power station Iwate, JAPAN. jpg」(Si-take)を基に(一財)エンジニアリング協会にて、一部改変  
[\[http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB](http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB)  
 :MATSUKAWA\_Geothermal\_power\_station\_Iwate, JAPAN. jpg]

図 4.2-24(7) 2次元モニタージュ  
 (周囲の緑に合わせたカモフラージュパターン+ガラスで囲んだ配管類)

#### b-2. 3次元景観シミュレーションツール

3次元景観シミュレーションツールである「3Dマップシミュレーション (Google Earth)」及び「VRシミュレーション」について、その特徴を整理した。

##### ■3Dマップシミュレーション (Google Earth)：図 4.2-25 参照

- ・任意の場所での簡易なシミュレーションが可能であるが、視点場と視対象の距離の把握はできない等、定量的な判断は難しい
- ・誰でも使える市販ソフトの利用による再現性が期待される
- ・「見え方」シミュレーションのみの運用となる。

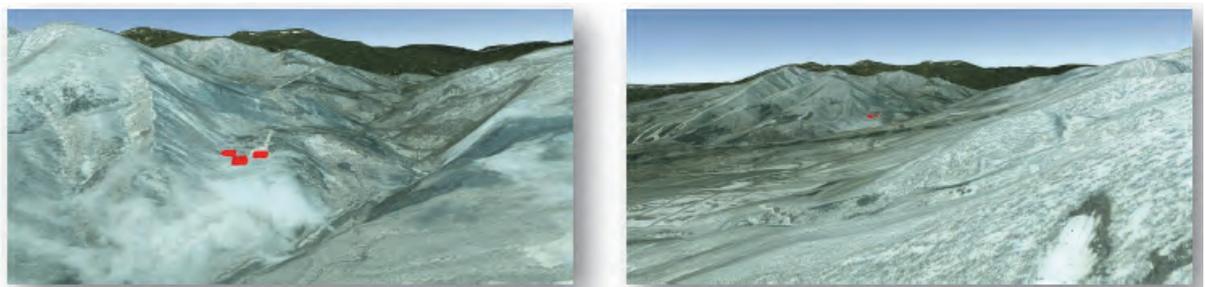


図 4.2-25 眺望景観検証手法 3Dマップシミュレーション (Google Earth)

##### ■VRシミュレーション：図 4.2-26(1), (2)参照

- ・国土地理院データを使用した正確な地形表示が可能である。
- ・前述の3Dマップシミュレーション (Google Earth) では課題であった、3次元立体視によるスケール感の把握 (定量評価) が可能である。
- ・色彩シミュレーションの自由度がある。

図 4.2-26(1)は、建屋の色彩シミュレーション。(左から「焦げ茶」「グレー」「緑」)

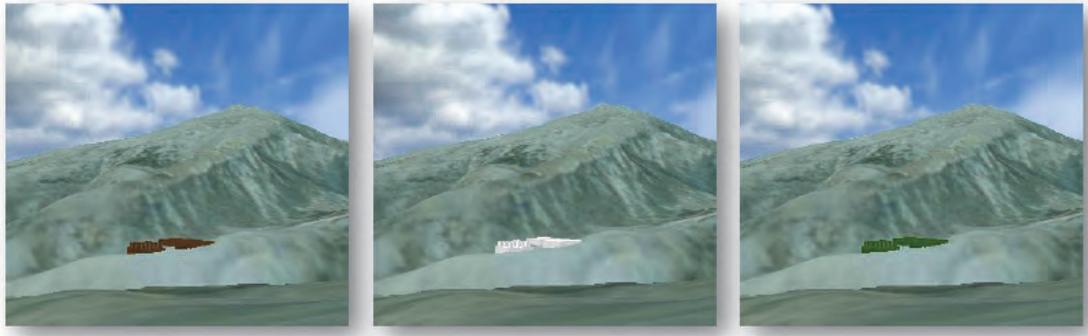


図 4.2-26(1) 眺望景観検証手法 VRシミュレーション(1)

・「気流」・「白煙」・「騒音」等、様々な解析との複合シミュレーションが可能である。気流解析に基づく白煙の飛散予測は、実地データに基づく検証可能なシミュレーション結果が得られる。

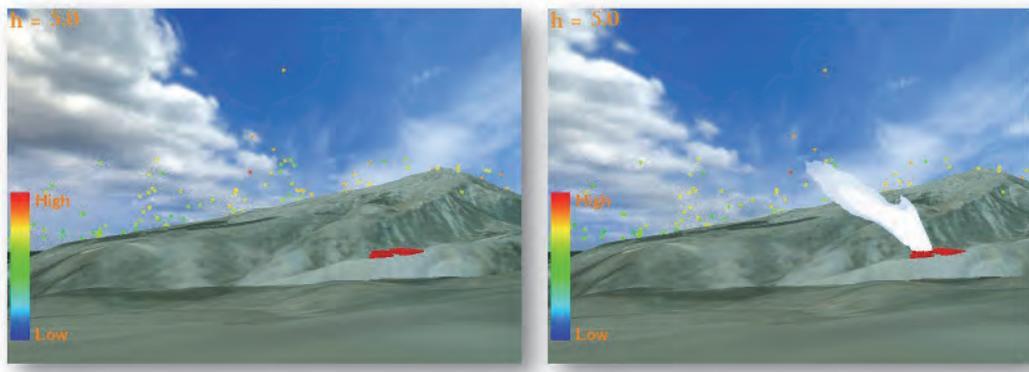


図 4.2-26(2) 眺望景観検証手法 VRシミュレーション(2)

### c. 事前景観検証手法に関する今後の課題

事前景観検証手法については、地熱発電研究委員会の審議の中でも、地域との合意形成ツールとして役立つ可能性があるとの評価がなされている。今後、実際の合意形成の場で適用を試行して、同ツールの利用方法を踏まえた改良・改善を行い、実際的な合意形成ツールとすることが課題と考える。

## 4.2.4 生態系保全・再生技術

### (1) 生態系保全における基本的考え方

生態系は、多様な生物と環境要素の関係からなる複雑系であることから、事業による影響が生じる場合には、事業自体が中止されない限り厳密な意味での回避措置は困難である<sup>43)</sup>。従って、環境への影響を予測評価し、環境影響が想定される場合には、関係者と十分協議し、実施可能な低減・緩和・修復等の対策を選択することが必要である。

一方、地熱開発が優良事例として判断されるための、自然環境に関わる必要条件として下記が挙げられている。

- ① 施設計画における自然環境への影響を最小限にとどめるための技術や手法の投入、そのための造園や植生等の専門家の活用
- ② 実施に際しての、関連施設の設置に伴う環境への影響を緩和するための周辺の荒廃地の緑化
- ③ 長期にわたる自然環境についてのモニタリングと、地域に対する情報の開示・共有

これらに対する具体的な取り組みとして、環境アセスメントの技術指針等に係わる基本的事項にある「実行可能なより良い技術」の導入が上げられる。環境省の「“実行可能なより良い技術”の検討による評価手法の手引き」<sup>44)</sup>には、実行可能なより良い技術が取り入れられているか否かについて、下記のように記載されている。

「環境影響評価においては、事業者は環境影響の回避・低減に係る評価及び環境保全措置の検討を行うにあたって、複数の案の比較検討や実行可能なより良い技術が取り入れられているか否かの検討等を実施し、事業者の考えの妥当性を検証しなければならない。

この際に求められることは客観的で定量的な評価・検討であり、実行可能なより良い技術が取り入れられているか否かの検討は、特に設備や工法に関する技術に大きく依存するケースについて有効な評価手法となると考えられる。」

さらに導入にあたっては、「事業の計画段階、環境影響評価の着手前の段階、方法書検討の段階など、より早期の段階から“実行可能なより良い技術”の考え方を取り入れること」と記載されている。

これらのことから、生態系保全・再生における優良事例として判断されるための対応として下記が示唆される。

- ・ 事業の計画段階において生態系への影響を評価する
- ・ 複数案の比較検討を行う
- ・ 客観的で定量的な評価・検討を行う

但し、これらの実施にあたっては、計画および事業アセスメントにおける定量的生態系影響評価技術の開発と評価のための動植物・生態系情報等の整備が条件となる。

評価技術の開発と動植物・生態系情報整備については、「発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議」の中間報告（平成24年11月27日環境省・経済産業省）<sup>45)</sup>において、「2. 風力発電所、地熱発電所関係、(2) 風力発電所、地熱発電所における環境アセスメントの簡素化についての具体的方策、①国の取組」として挙げられている。

## (2) 生態系影響評価

優良事例に対応する生態系保全・再生の例として、生態系影響評価を対象に述べる。

先の優良事例に対する考え方、つまり“実行可能なより良い技術”の導入方法に基づいて、「生態系影響評価を事業の計画段階など、より早期の段階から取り入れることによって、事業者として実行可能な範囲で事業影響を無くすことを目指す」ことによって優良事例に対応する。

具体的には、図4.2-27に示すように計画段階と環境影響評価段階（事業アセスメント）の2段階で、生態系影響評価を行うことになる。その際、環境影響評価法に基づく基本的事項等に関する検討<sup>46)</sup>を参考に、計画段階において事業の影響リスクを評価し、リスクが重大でない場合には従来の生態系影響評価を、一方リスクが重大な場合には精緻な生態系影響評価を実施する。計画段階では主に事業の「位置・規模」を、環境影響評価段階では主に「配置・構造」を重点的に検討することによって効率化を図る。

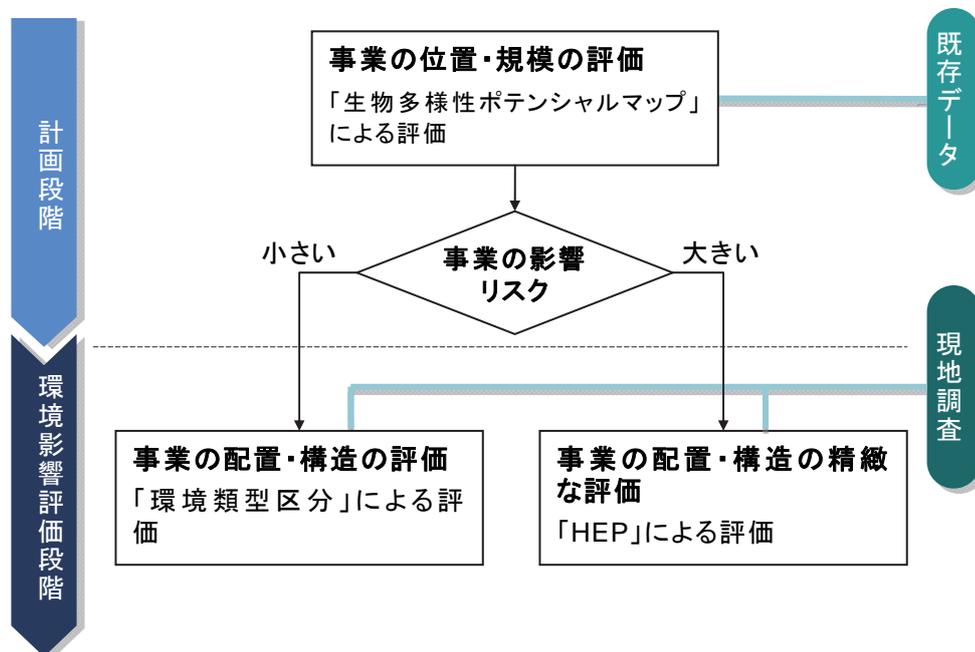


図 4.2-27 優良事例に対応する生態系影響評価の例

導入技術は、計画アセスメントおよび事業アセスメントに利用可能な国内外の生態系影響評価の代表的な手法（表4.2-22）の特性を考慮に検討した。計画段階においてはHEP（Habitat Evaluation Procedure）を簡易にした生物多様性マップによる影響評価、環境影響評価段階において重大なリスクのない場合は従来から実施されている環境類型区

分による影響評価、重大なリスクのある場合は空間・時間的に事業影響と保全措置を詳細に評価する HEP を活用することが上げられる。

調査は、原則として計画段階では既存資料、環境影響評価段階では現地調査による。調査および評価を迅速に実施するためには、環境基礎情報データベースの整備と評価技術の開発が必要とされる<sup>45)</sup>。

それぞれの生態系影響評価について、概要と実施例を次に示す。

表 4.2-22 定量的生態系影響評価手法の概要

評価手法	概要	適用範囲	経済性	実施状況
a. 環境類型区分による影響評価	環境の類型区分と生態系の指標種を関係付け、類型区分の消失によって影響を評価する。	指標種等生物の生息条件が考慮されないため、予測できない事柄が多い。	コスト中	簡便なため、一般的に多くの事業アセスメントに実施されている。
b. HEP (Habitat Evaluation Procedure)	生物の生息環境の適性によって、質・面積・時間を考慮して影響を総合的に評価する。	事業影響と保全措置を詳細に評価でき、代替案の比較に向く。米国では合意形成の手法として利用が多い。評価生物の HSI モデルが必要となる。	コスト大	環境影響評価の技術検討委員会報告に、代表的な定量評価として取り上げられている。日本における実施事例は少ない。
c. 生物多様性ポテンシャルマップによる影響評価	既存の環境情報から HEP の一部である生息適性評価(空間評価)を実施する簡易な手法である。HEP の課題であるコストと実施期間の問題を解決することを狙いとする。	指標種等生物の生息条件を考慮した事業の位置・規模の評価が可能である。代替案の比較にも向く。	コスト小	計画段階における今後の生態系影響評価技術として、普及が推進されている。愛知県が全域について作成している。

#### a. 環境類型区分による影響評価

生態系に関する環境アセスメント技術ガイド<sup>43)</sup>に取り上げられていることから、一般的に多く実施されている手法である。

地形、植生といった基盤となる環境情報から、GIS (地理情報システム) のオーバーレイ機能によって環境の類型区分図を作成する。類型区分と生態系の指標種 (指標生物) との関係から類型区分の重要度を設定し、事業影響を類型区分の消失等によって予測する。手法が簡便なため、現在、事業アセスメントに利用されている。

しかし当該生物の生息条件が考慮されないため、生息地の分断や生活史の上で重要な生息場所の消失、複数の環境を利用する動物に対する影響など、十分には予測できない事柄も多いという手法の問題点が指摘されている<sup>47)</sup>。

図 4.2-28 は住宅団地の調整池に適用した事例である<sup>48)</sup>。植生と地形から環境類型区分図を作成し、生物相調査の結果と重ね保全要求度を設定した。その保全要求度に基づいて、調整池の施設配置と構造を決め、生態系への影響を低減することに配慮した。



図 4.2-28 環境類型区分に基づく保全要求度の評価と調整池の設計

b. HEP (Habitat Evaluation Procedure)

環境影響評価の基本的事項に関する技術検討委員会報告（平成 17 年 2 月）<sup>49)</sup>において、生態系の定量的な予測手法の開発と普及に取り組むことが必要と述べられている。その際、例示されているのが HEP である。

HEP は米国において 1974 年に考案、改良されてきた手法であり、「ハビタット（生物の生息環境）の適性」によって、生態系を総合的に評価する手法である<sup>50), 51)</sup>。事業影響と保全措置による、指標生物のためのハビタットの損出と獲得を図 4.2-29 のように、質・面積・時間を考慮して定量化する。評価結果が一般の人にも理解し易く、米国では合意形成の手法として環境アセスメントに使用されている。日本においては、180 種程度の HSI モデルが公表されている<sup>51)</sup>。但し魚類が約 100 種と多い。

$$\text{評価値} = \text{ハビタットの「質(適性: HSI)」} \times \text{「面積」} \times \text{「存在・機能する時間」}$$

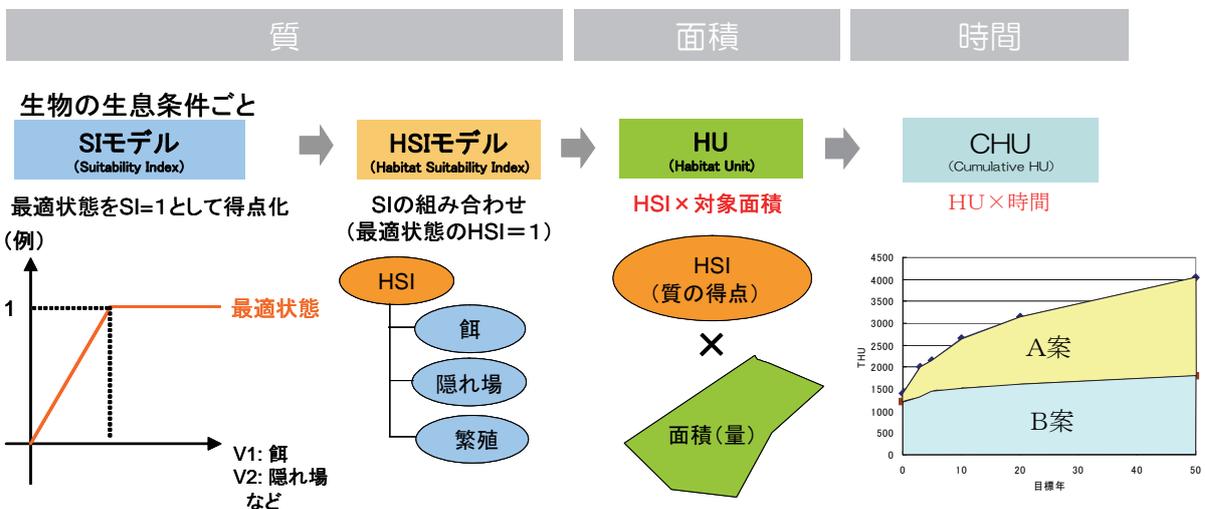


図 4.2-29 HEP の評価概念

指標生物の生息条件を評価するため、環境類型区分による影響評価において指摘されている課題を解決できる。しかしコスト、実施期間が増加するのが難点である。

図 4.2-30, 図 4.2-31 はある事業に HEP を適用した事例である<sup>52)</sup>。前者はハビタットの損出を代替案比較、後者は保全措置によるハビタットの獲得について時間的変化を予測したものである。このように、事業の生態系への影響を時間、空間において把握できるのが本手法の利点である。

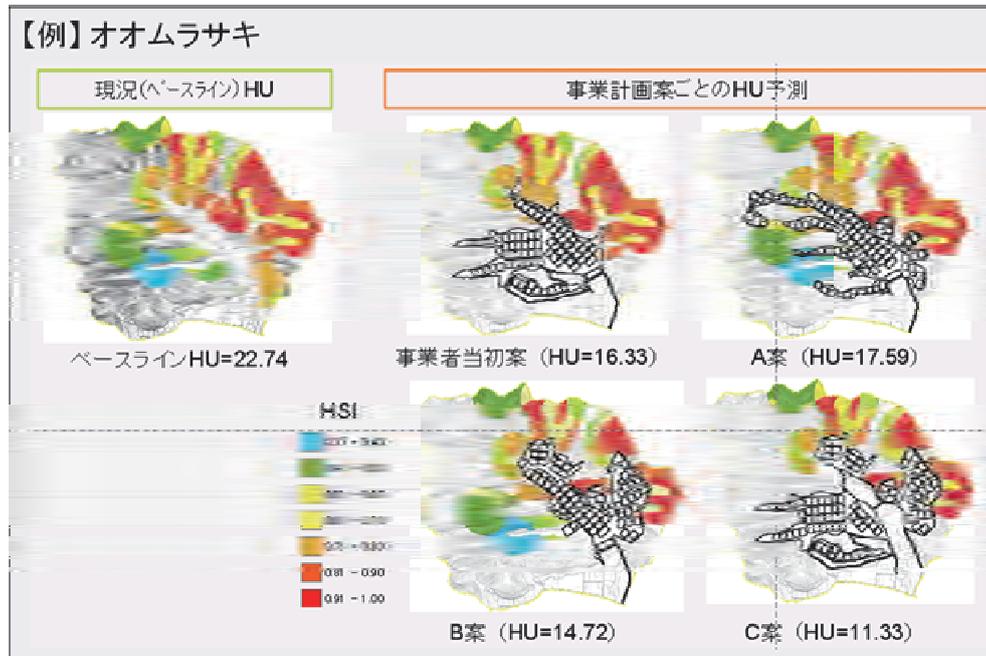


図 4.2-30 オオムラサキの事業影響（空間評価  $HU=HSI \times Area$ ）の代替案比較

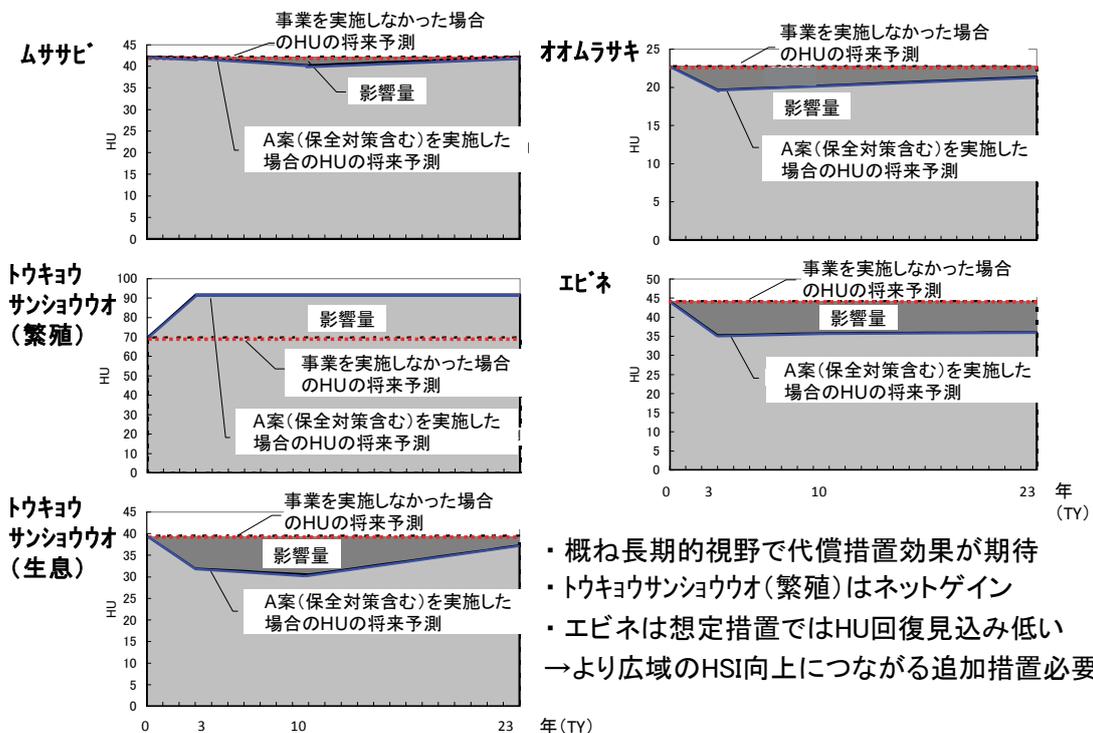


図 4.2-31 生態系の指標生物に対する影響評価（空間・時間評価 CHU）

### c. 生物多様性ポテンシャルマップによる影響評価

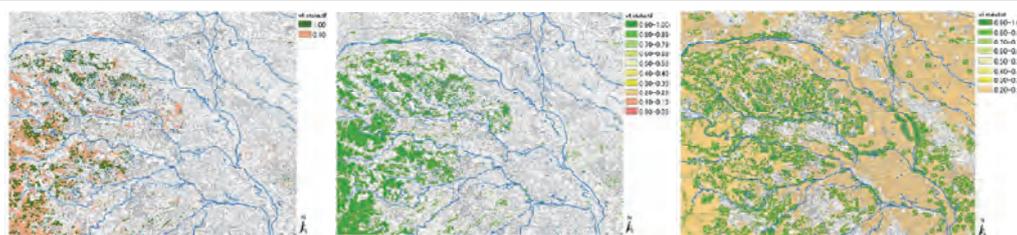
計画段階における今後の生態系影響評価技術として、日本環境アセスメント協会が研究開発および普及を実施している手法である<sup>53)</sup>。愛知県は、全域を対象に 16 の指標種を選定して生物多様性ポテンシャルマップ（生息適正地）を作成している。

植生図、地形図といった既存の環境情報（一次情報）から、生態系の指標種に対して HEP の SI に相当するハビタット変数（二次情報、図 4.2-32）、同じく HSI に相当する生息ポテンシャルマップ（三次情報、図 4.2-33）が作成される。評価各指標種の生息ポテンシャルマップから事業候補地への生態影響(HU)を評価し、場所（位置）や規模の検討に活用する。

既存の環境情報から HEP の一部である空間評価を実施する簡易な手法であり、HEP の課題であるコストと実施期間の問題を解決することを狙いとする。近年は、50～60cm 解像度の高分解能衛星画像が安価に入手できるようになり、それから生息ポテンシャルマップを作成することも実施され（図 4.2-34）、適用性が増している。

#### ◆例)オオタカ

対象種	既往SIモデル		広域モデル(代替変数)		出展
	ハビタット変数	HSIモデル	ハビタット変数	HSIモデル	
オオタカ	樹林の種類(SI1)	HSI=	樹林の種類(SI1)	HSI=	樋口正秀・廣野優子・田中章(2009)環境アセスメント学会生態系研究部会
	樹林の平均樹高(SI2)	$((SI1 \times SI2 \times SI$	樹林の平均樹高(SI2)	$((SI1 \times SI4)^{1/2}$	
	林の空間(SI3)	$3 \times SI4)^{1/4} + 2$	林の空間(SI3)	$+ 2 SI5) / 3$	
	森林面積(SI4)	SI5) / 3	森林面積(SI4)		
	採食環境の質(SI5)		採食環境の質(SI5)		



SI1 樹林の種類

SI4 森林面積

SI5 採食環境の質

図 4.2-32 生態評価対象種のハビタット変数の作成

#### ◆各評価対象種の生息ポテンシャルマップ(三次情報)から事業地区の影響を定量的に評価

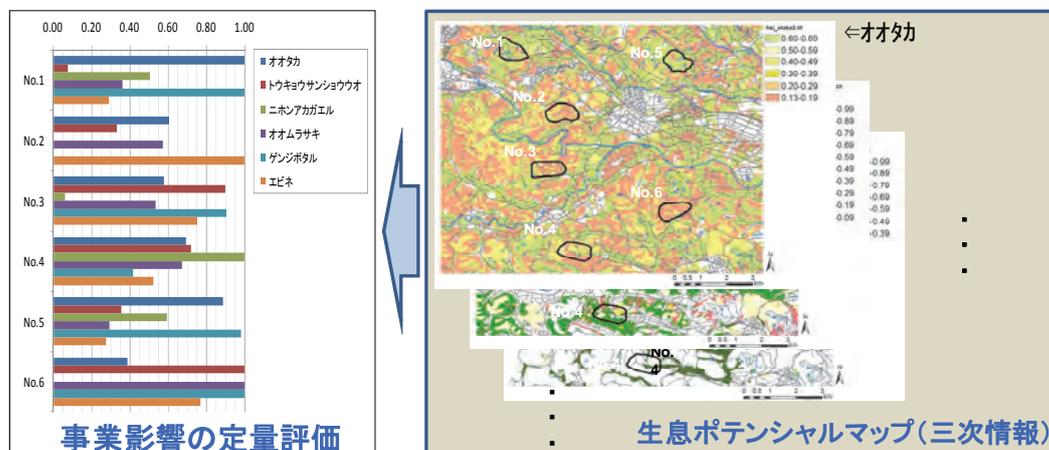
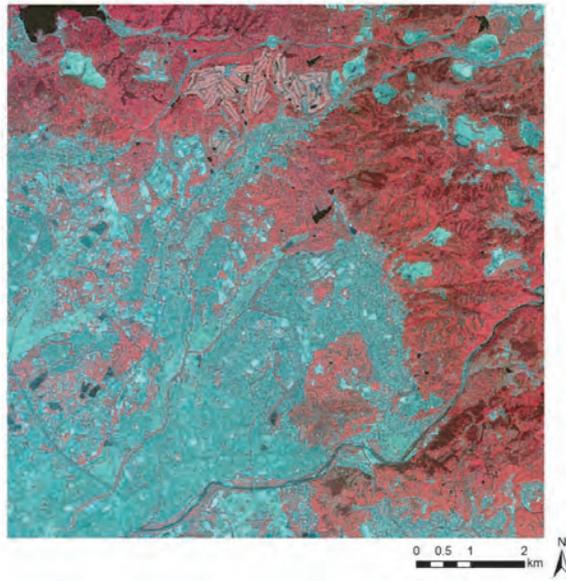
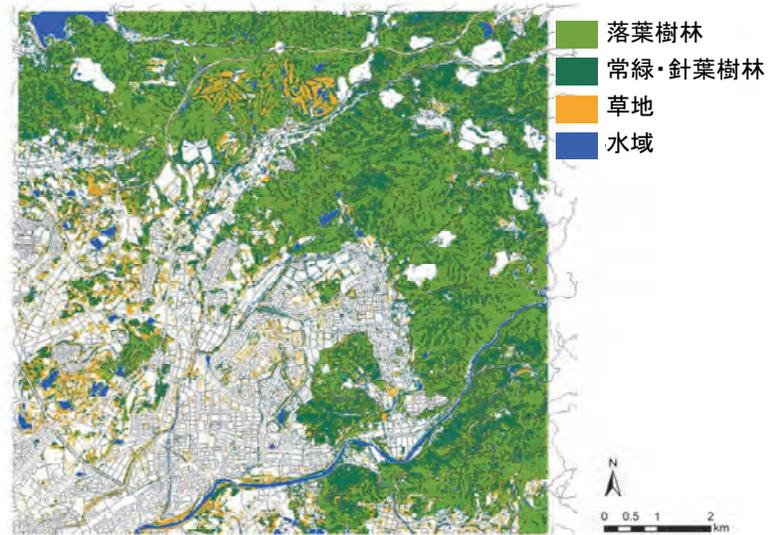


図 4.2-33 生息ポテンシャルマップを使った里山域 SEA の影響評価結果

緑地の分析



植生の分類



生息適性 (HSI)

アカネズミ

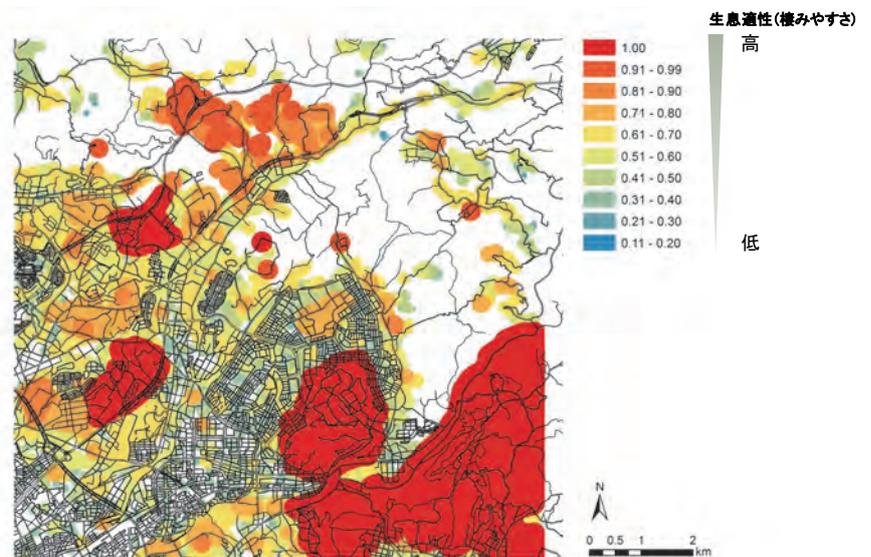


図 4.2-34 高分解能衛星画像によるアカネズミの生息ポテンシャルマップ

### (3) 生態系保全・再生に係る対策技術の事例

#### a. 環境保全の考え方

生態系を含む環境保全の考え方については、「環境影響評価法に基づく基本的事項（環境庁告示第八十七号）」（平成9年度）に以下のように記載されている。

#### 第三 環境保全措置指針に関する基本的事項

##### 一 一般的事項

##### (1) (略)

(2) 環境保全措置は、対象事業の実施により選定項目に係る環境要素に及ぶおそれのある影響について、事業者により実行可能な範囲内で、当該影響を回避し、又は低減すること及び当該影響に係る各種の環境の保全の観点からの基準又は目標の達成に努めることを目的として検討されるものとする。

##### 二 環境保全措置の検討に当たっての留意事項

(1) 環境保全措置の検討に当たっては、環境への影響を回避し、又は低減することを優先するものとし、これらの検討結果を踏まえ、必要に応じ当該事業の実施により損なわれる環境要素と同種の環境要素を創出すること等により損なわれる環境要素の持つ環境の保全の観点からの価値を代償するための措置（以下「代償措置」という。）の検討が行われるものとする。

(後略)

以上より、地熱発電所建設・運転にともなう生態系の保全対策についても、事業者に行う可能な範囲で回避または低減する措置を優先し、これができない場合において代償措置の検討が行われることになる。

回避、措置、代償の内容については、環境省の環境影響評価技術検討会が下表のように整理している<sup>54)</sup>。

表 4.2-23 環境保全措置における回避・低減・代償

区分	内容
回避	行為（環境影響要因となる事業行為）の全体又は一部を実行しないことによって影響を回避する（発生させない）こと。重大な影響が予測される環境要素から影響要因を遠ざけることによって影響を発生させないことも回避といえる。
低減	低減には、「最小化」、「修正」、「軽減／消失」といった環境保全措置が含まれる。最小化とは、行為の実施の程度又は規模を制限することによって影響を最小化すること、修正とは、影響を受けた環境そのものを修復、再生又は回復することにより影響を修正すること、軽減／消失とは、行為期間中、環境の保護及び維持管理により、時間を経て生じる影響を軽減又は消失させることである。要約すると、何らかの手段で修復する措置といえる。
代償	損なわれる環境要素と同種の環境要素を創出することなどにより、損なわれる環境要素の持つ環境保全の観点からの価値を代償するための措置である。つまり、消失する又は影響を受ける環境に見合う価値の場や機能を新たに創出して、全体として影響を緩和させる措置といえる。

## b. 類似施設における保全対策例

国内の開発事業における生態系保全例の文献調査結果を表 4.2-24 に示す。調査は発電所、廃棄物処分施設、道路を対象とし、各施設における対策を網羅的に整理した。このため、海生生物の保護対策など、地熱発電とは関連性の薄い項目も一部含まれている。

調査事例における保全対策は環境影響の低減によるものが多く、調査全体の約 8 割を占める。低減措置の内容は、改変面積や植生の伐採量を最小限に抑えた上で、騒音・照明・濁水・温排水などの影響を低減する施工法や運転方法を用いるものや、現存種の保全を目的とした保護、移植、増殖などを行う方法が多く見られる。代償措置としては、代替の生息地、繁殖地、食餌植物を整備する例の他に、道路などによる動物の移動経路の分断への対策などが実施されている。また、回避措置としては希少種などの生息域を改変区域から除外する例が見られるが、事業の見直し・中止や、敷地などの大規模な変更が行われた事例は見つからなかった。

表 4.2-24 (1) 開発事業における生態系保全措置の事例 (1)

種類	事業名	都道府県	保全対象種 (種群)	影響時期	影響の内容	保全区分	保全対策の種類
発電所	敦賀発電所3, 4 号機増設計画	福井県	植物 (植生, 重要な種, 重要な群落)	工事中/ 存在・供用時	地形の改変 生育環境の消失・改変 人の立ち入り	低減	改変範囲の最小化 郷土種を利用した緑化 改変部の土壌を緑化に再利用 人の立ち入り制限 非改変区域の類似環境への重要な種の移植 播種による増殖の実施
					地形の改変 生息環境の改変 汚濁水の発生 水質の変化 施設の存在 温排水の発生	低減	改変範囲の最小化 海岸構造物を汀線に平行に設置 汚濁水の拡散防止膜の設置 捨石式傾斜堤護岸を採用 (海藻の活着) 海藻の養生床の設置 温排水の水中への放水による温度調整 深層での取水、沖合での放水
			動物	工事中/ 存在・供用時	地形の改変 建設機械の稼働 施設の使用 生息環境の消失・改変・変化 人の立ち入り 施設の稼働 夜間照明	低減	改変範囲の最小化 郷土種を利用した緑化 低騒音型の建設機械等の採用 騒音の低減に配慮した工程の検討 工事関係者のヒナコウモリの接近を回避 夜間照明の低減 モリアオガエルの産卵池の設置
			海生生物 (魚等の遊泳動物, 底生生物)	工事中/ 存在・供用時	埋立 生息環境の改変 水の汚濁 施設の稼働 水質の変化 濁水の流出 温排水の発生	低減	埋立面積の最小化 海岸構造物を汀線に平行に設置 コンクリート構造物に海藻の養生床を設置 汚濁拡散防止膜の設置 温排水の水中への放水 深層での取水、沖合での放水
			生態系	存在・供用時	生育・生息環境の改変 工事時の騒音等 発破作業	低減	郷土種を主体に多様な生物環境の復元に配慮した緑化 切取範囲を必要最小限とする 低騒音型の建設機械等の採用 発生騒音を低減 照明による影響を低減

表 4.2-24 (2) 開発事業における生態系保全措置の事例 (2)

種類	事業名	都道府県	保全対象種(種群)	影響時期	影響の内容	保全区分	保全対策の種類				
廃棄物処理施設	阿智村伍和地区廃棄物処理施設整備事業	長野県	水生生物	工事中／ 存在・供用時	生息環境の消失 汚濁水の発生	低減 " " 代償 "	沈砂池の設置 法面保護工による法面崩壊および土砂の流出防止 埋立地内の浸出水の地下水透過および地区外流出の防止 (遮水シート)の敷設 代替生息環境の創出 河川の水生生物の事後調査を実施				
							動物	工事中／ 存在・供用時	生息環境の改変	低減 代償 " "	残置森林の保全 鳥類の採餌環境の回復(食餌木の移植) 注目される種の生息環境の復元 生息環境の整備(哺乳類の食餌木の植栽)
							植物	工事中／ 存在・供用時	生育環境の改変 土砂の流出 人の出入り 重機の稼働	低減 " " " " 代償 "	土砂流出防止柵の設置 林縁保護の植栽 周辺樹林への立入り制限 多様な森林環境の創出に配慮した整備の実施 伐採木の再利用(土留杭、植栽肥料) 植林地および貴重種の代替生育環境の創出 注目される大径木の生育適地への移植または生育環境の保全
							生態系	工事中／ 存在・供用時	生育・生息環境の消失・改変 土砂の流出 人の出入り 重機の稼働	低減 " " " " " " 代償 " "	残置森林の保全(生息・生育環境の確保) 多様な森林環境の創出に配慮した整備の実施 注目される種の生育環境の復元・整備 土砂流出防止柵の設置 動物の習性に配慮した施工計画の検討 郷土種およびシードバンクを活用した緑化 資源の有効利用(伐採木の再利用) 代替生息・生育環境の用地確保 消失する種および群落の回復 動物の食餌木の植栽

表 4.2-24 (3) 開発事業における生態系保全措置の事例 (3)

種類	事業名	都道府県	保全対象種(種群)	影響時期	影響の内容	保全区分	保全対策の種類
廃棄物処理施設	豊科町東山地区廃棄物処理施設整備事業	長野県	水生生物	工事中	地形の改変 土砂流入による汚濁	低減	調整池の早期設置 土砂流出防止工 法面保護工の早期実施
						低減	残置森林の保全(適正な管理の実施) 連続した生息環境の整備・育成 立入りの制限 夜間照明の時間帯、角度などへの配慮
						低減	残置森林の保全(適正な管理の実施) 郷土種を利用した緑化および法面の早期緑化 連続した生育環境の整備・育成 水辺環境の創出 注目種の移植および播種
						低減	多様な動植物の生息環境確保(残置森林保全) 郷土種を利用した緑化および法面の早期緑化 連続した生育環境の整備・育成 注目種の移植および播種 立入りの制限 夜間照明の時間帯などの配慮
道路	宇都宮日光道路事業	栃木県	モリアオガエル	工事中	生息環境の消失 繁殖池の消失	代償	代替繁殖池の新たな整備 周辺の植生と連続するための植栽の実施
						低減	鳥類の繁殖時期を避けた植林地の伐採 オオタカ営巣木周辺の環境保全 継続調査および専門委員会による対策検討
	東金茂原道路建設事業	千葉県	動物	工事中	生息環境の改変 資材などの運搬	低減	早期の法面緑化 改変面積の最小化 貴重種の移植・播種 モニタリング調査の実施
						低減	生育環境の改変 資材などの運搬
						低減	生育環境の改変 資材などの運搬
						低減	生育環境の改変 資材などの運搬
第2名神高速道路事業	滋賀県	植物	工事中	切土・盛土	代償	造成裸地の早期緑化 表土を含めた植生の移植	
					低減		

### c. 保全対策の具体例

生態系保全対策の具体例として、小動物の移動経路の設置、および、既存林を活用した樹林復元を紹介する。

#### c-1 小動物の移動経路設置（リスの橋）<sup>55)</sup>

事業名：パストラルびゅう桂台進入路

場所：山梨県大月市

事業者：東日本旅客鉄道（株）他

経緯・内容：

山林地の宅地開発事業（図 4.2-35）において、ニホンリスを環境指標生物に選定し、その保全対策を実施することで、地域生態系の保全と良好な住宅地環境の創出を目指した。

事前のテレメトリー調査の結果より、リスの生息環境を保全するためには、図 4.2-36 示すコリドーと生息林の復元が必要であると考えられた。このため、進入道路により森林が分断される箇所にリス専用の吊り橋（図 4.2-37）を設置した。また、食物資源と回廊林としてアカマツを植栽するとともに、採食環境の多様性を高めるために埋土種子や現地種苗による緑化を実施した。

結果：

リスの橋の架橋後、1、2、4、5、7、8、10年後にモニタリング用カメラによる利用状況の調査を行った。調査の結果、設置から10年経過後も利用されており（図 4.2-38、写真 4.2-1）、分断された生息地を安全に繋ぐ回廊として有効であることが示された。

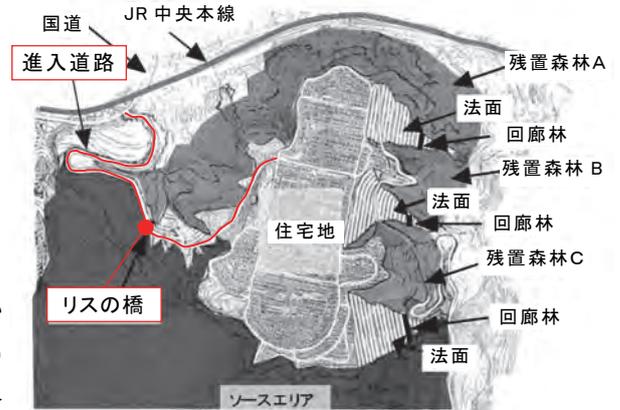


図 4.2-35 設置位置

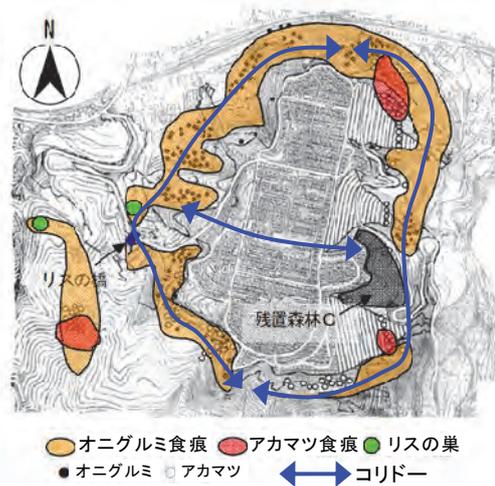


図 4.2-36 保全計画

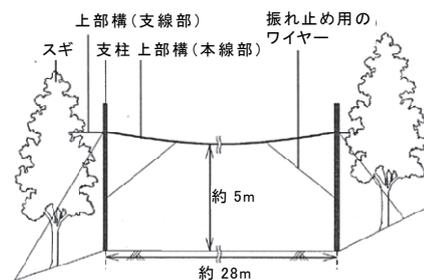


図 4.2-37 リスの橋

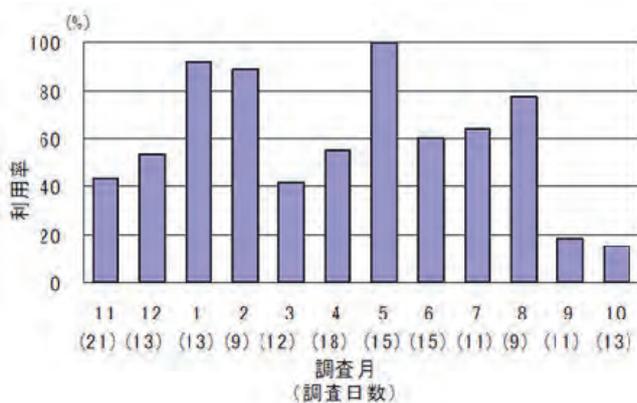


図 4.2-38 リスの橋の月別利用率



写真 4.2-1 リスの橋の利用状況

c-2 既存林による樹林復元（森のお引っ越し）<sup>56), 57))</sup>

事業名：第2名神高速道路草津地区造園工事

場所：滋賀県大津市

事業者：日本道路公団関西支社

経緯・内容：

高速道路に隣接する環境施設帯の早期復元事業の一環として、従来伐採廃棄処分されていた道路予定地内の樹林を活用した森づくり「森のお引っ越し」を行った。

「森のお引っ越し」では、樹林を構成する高木層、亜高木層、低木層の樹木はその形状に応じて重機移植（写真 4.2-2）、人力移植を行い、草木層を構成する植物種については、表土中に含まれる埋土種子等に依存して表土の移植を行うことで、樹林環境の復元を目指した。表土の移植については、重機のバケットに専用の土壌採取コンテナを設置し、表土を1m角、厚さ30cmブロック状に採取する工法を新たに開発することにより、表土を可能な限り乱さずに移設することを可能にした（写真 4.2-3）。

これにより、表土内に生育する木本類、草本類、昆虫などの小動物、微生物、埋土種子などをそのままの状態に採取できるとともに、表土の物理的構造も壊さずに移植することができた。

結果：

移設による自然環境の復元効果を検証することを目的に、工事後の復元樹林と既存樹林、比較樹林の3箇所で動植物調査結果の比較を行った。植生については、復元樹林と既存樹林の共通性について階層別の樹林構成種の解析・比較を実施するとともに、各箇所の調査結果から植生の遷移度を算出し、復元樹林の環境復元の程度について検証を行った。また、土壌生物の生息環境の復元の程度について、表 4.2-25 に示す動物の調査結果から自由度の比較検証を行った。検証の結果、表土移植工法による復元樹林では種数、個体数ともに多様な動植物が確認され、自然環境の早期復元方法としての有効性が示された。



写真 4.2-2 重機移植の実施状況



写真 4.2-3 表土ブロック移植の実施状況

表 4.2-25 土壌動物の区分

グループ	土壌動物群	
A 人為にもっとも敏感 (5点) に反応し消滅する	ザトウムシ	アリヅカムシ
	コウガイヒル	コムカデ
	陸貝	ヨコエビ
	ヤスデ	イシノミ
	ジムカデ	ヒメフナムシ
B 人為の影響を受ける (3点) がAグループに比べて鈍感	カニムシ	ワラジムシ
	ミミズ	ゴミムシ
	ナガコムシ	ゾウムシ
	オオムカデ	甲虫(幼虫)
	イシムカデ	カメムシ
	シロアリ	カマドウマ
C 人為の影響を受けにくい (1点)	ハサミムシ	ゴキブリ
	トビムシ	ハエ・アブ(幼虫)
	ダニ	ヒメミミズ
	クモ	アリ
	ダンゴムシ	ムネカクシ
自然=(Aグループの種数×5点) +(Bグループの種数×3点) +(Cグループの種数×1点)		

d. 地熱発電所の生態系保全・再生に活用可能な技術

以上の調査で抽出された生態系保全・再生に係る対策技術の中で、表 4.1-5 に整理した地熱発電事業の環境リスクにおける「生態系保全・再生」に関する環境保全上の課題への対応策として適用可能な技術を抽出し、表 4.2-26 にまとめた。実際の適用においては、建設地の環境や植生・生態系の現況に応じ、適切な対策を組み合わせる用いることが望ましい。

表 4.2-26 地熱発電事業に適用可能な生態系保全・再生技術

段階	環境保全上の課題(表 4.1-5 参照)	適用可能な対策技術
建設 工事	(道路, 敷地) 地形改変や風致景観への影響大	(低減) 改変面積・樹木伐採量の最小化 改変区域の適切な緑化 残置森林の保全 表土を含めた植生の移植 動物の習性に配慮した施工計画の検討 連続した生息環境の整備・育成 (動物の移動経路確保など) (代償) 代替生息・生育環境の創出・整備 (食餌木の植栽など) 消失する種および群落の回復 稀少種などの移植・播種
	(植木の伐採) 周辺植生への風衝被害等発生に留意	(低減) 改変面積・樹木伐採量の最小化 残置森林の保全 風況解析に基づく伐採計画
	(植栽) 周辺在来植生の選定, 施設を遮断した風致景観配慮, 植栽後の緑地管理	(低減) 残置森林の保全 改変区域の適切な緑化 在来種・郷土種を利用した緑化 シードバンクを活用した緑化 表土を含めた植生の移植 モニタリング調査の実施 (代償) 代替生育環境の創出・整備 消失する種および群落の回復 稀少種などの移植・播種
操業 段階	緑地の維持管理	(低減) 在来種・郷土種を主体に多様な生物環境の復元に配慮した緑化 モニタリング調査の実施

## 4.2.5 数値シミュレーション技術

### (1) 目的

地熱発電所の新規開発計画に際し、予め地盤や地下水等への環境影響を定量的に評価することが必要であり、最適な評価手法を選定・適用することが重要である。数値シミュレーション技術は、近年適用範囲が急速に広がりつつあり、地熱発電所の環境影響の評価手法として適用できる可能性があるものと考えられる。

そこで、地熱発電所の設置における環境影響評価手法として適用可能な数値シミュレーション技術の最新知見を得ることを目的として、課題となる地盤変動、地下水流動変化、放出蒸気・硫化水素の拡散などの各環境リスクに対して、数値シミュレーション等の適用事例と技術レベルに関する文献調査を行った。また、文献調査結果の分析検討により、数値シミュレーション技術の地熱発電所の環境影響評価手法としての適用性を評価することを最終目標とした。

### (2) 地盤変動に対する適用可能性の調査検討

#### a. 文献調査

地熱発電操業に伴う地盤変動に関して文献調査を行った。文献調査（検索）にあたっては、主に CiNii Articles（国立情報学研究所論文情報ナビゲータ）、J-STAGE（科学技術振興機構電子ジャーナルサイト）を使用した。主な検索キーワードは、「地盤変動」、「地盤沈下」、「地盤振動」、「土砂災害」、「火山」、「地震」および「地すべり」であり、主な対象学会は日本地熱学会、地盤工学会および土木学会等とした。

検索を行った結果、キーワードに“解析”あるいは“シミュレーション”を含める文献は非常に少なく、また、地熱発電に関係する地盤変動を記載した文献はほぼなかった。そこで、評価、適用を論じている可能性がある 2 編の文献の要約をした（文献要約は巻末の【資料集】資料-4 に収納した）。2 編の一つの文献は<sup>58)</sup>、マグマ溜りの進化、火成岩組織の形成、地熱系の進化、火山の火道から山体への脱ガスなど地下の諸現象を、各種数理モデルと地層内の気液二相流との複合問題ととらえている。これは、地熱発電操業に伴う地熱貯留層の変化が、地盤変動に与える影響に関して連成問題として解析させ得る可能性があるように思われる。

一方、地盤変動等に対する連成問題への取組については、地熱開発分野以外では既に行われ始めている。例えば、メタンハイドレート開発の分野では、生産に伴う地盤の変形（地盤沈下、海底地すべり等）を予測するためのシミュレーションが行われている。例えば、土木分野の圧密解析でも使用されている有効応力解析（水と応力変形の連成）によるシミュレーション、さらには、多相流体解析コード TOUGH と地盤力学解析コード FLAC（有限差分法）を使用することにより、地質媒体中の流体と熱力学的ハイドレート挙動に対して、連成解析シミュレータとして使用されている。また、CO<sub>2</sub>の地中貯留に関する解析でも、CO<sub>2</sub>の地中挙動と地盤の応力変形を連成させ、地表面沈下や断層すべり等の地盤変形問題に適用している。そこで、参考として、代表的なメタンハイドレート開発及び CO<sub>2</sub> 地中貯留での連成解析事例の文献要約も巻末の資料-4 にまとめた。

## b. 地盤変動予測への適用性

地熱開発に伴う地盤変動への環境影響シミュレーションでは、応力変形も含んだ変形－流体－熱の連成シミュレーションであれば、地盤沈下や地すべり等の地盤変動、土砂災害の予測への適用が考えられる。しかし、地熱開発分野での地盤変動のシミュレーション事例はほとんどなく、現段階では、環境影響評価手法としての適用性を言及することはできなかった。まずは、地熱開発分野での地盤変動予測の必要性、数値シミュレーション技術に求められる要求仕様を明確化した上で、適用性の検討を行うことが必要と考える。

### (3) 地下水流動変化に対する適用可能性の検討

#### a. 文献調査

地熱発電操業に伴う地下水流動変化に関して文献調査を行った。主な、地下水流動変化としては、地熱発電操業時の揚水と還元が地下水流や温熱環境、地熱資源量評価に与える影響である。文献調査（検索）にあたっては、主に CiNii Articles（国立情報学研究所論文情報ナビゲータ）、J-STAGE（科学技術振興機構電子ジャーナルサイト）を使用した。主な検索キーワードは、「温泉」、「地下水」、「還元水」、「温泉帯水層」、「地熱貯留層」、「湧出量」、「枯渇」、「温度低下」および「地熱資源量」であり、対象とする学会は地盤変動の検索と同様、日本地熱学会、日本地下水学会、土木学会等とした。

地盤変動に関する文献検索の項でも述べたが、検索キーワードに“解析”あるいは“シミュレーション”を含む文献は非常に少なく、地熱発電時の生産、還元が地下水流や温泉環境に与える影響に言及したシミュレーション事例は多くはない。しかし、資源量評価を目的とした地熱貯留層シミュレーションの事例はいくつか見られた。そこで、地下水流や温泉環境のシミュレーション事例だけでなく、環境影響評価にも適用可能な資源量評価シミュレーションに関する文献も対象とし、参考となりそうな文献の要約を作成し、これも巻末の資料-4に添付した。

資料-4での文献要約(6)“地熱資源の開発に係る地下の流体モデル・指標の構築と再現性の検証について”によると<sup>59)</sup>、流動モデル（数値シミュレーションモデル）を用いたシミュレーションでは、温泉のみの生産ケースと、温泉＋地熱井生産・還元のケースの温泉帯水層の変動（温泉帯水層の温度、圧力変化など）を比較すれば、その差は温泉、地下水の動態を評価するための指標になると考えられるとしている。また、この場合地熱貯留層と温泉帯水層とが最も影響し合う可能性が考えられるのは、地熱貯留層と温泉帯水層が同一な同一熱水型である（図 4.2-39）。解析事例では、多孔質媒体や断裂のある媒体中における多相・多成分の混合流体の流体流れと、熱の流れを対象としたシミュレーションコード TOUGH2 Version2 を使用している。（文献要約(7)）

実際の温泉影響シミュレーションでは、地熱井の生産還元＋温泉生産を行うケースと、温泉生産のみのケースを計算し、地熱井の生産・還元が温泉帯水層に与える影響を計算する。ここで計算される影響としては、温泉帯水層の温度と圧力の変化となる。

NEDO が平成 13 年に行った温泉影響予測手法導入調査では、温泉影響調査の重要な指標の一つとして生産による圧力伝搬の影響の把握等が指摘されており、ここで計算される温度・圧力の変化は、これらの指標になると考えられるため、そのような視点

から計算された温泉帯水層の変化について検討している。また、地熱数値モデル(流体)の再現性についても、同計算結果の差と実際に想定される温泉変動との比較等により検証している。

また、産業技術総合研究所では、温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究が行われているようである。これは、温泉に対する悪影響がない発電が可能なことを実証する総合的な地熱貯留層システムの開発であるが、このなかで、地熱系モデルの開発及びシステム統合化、モニタリング技術開発に加えて、変動予測シミュレーションが組み込まれている。八丈島発電所の生産井フィールドでの解析事例では、生産井を中心に圧力温度の低下が発生するとともに、蒸気卓越領域が拡大しているが、温泉への影響は見られないということである<sup>61)</sup>。

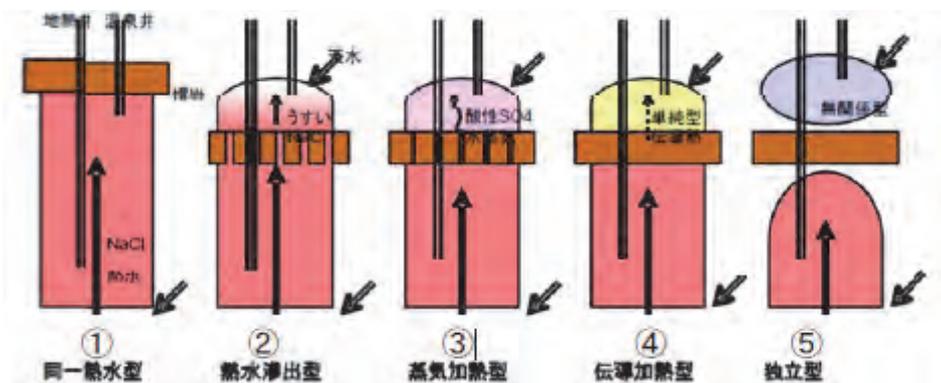


図 4.2-39 地熱貯留層と温泉帯水層と帽岩の関係

(出所：環境自然環境局，地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会資料)

#### b. 地下水流動変化予測への適用性

資料-4 の文献要約(6)<sup>59)</sup>，(7)<sup>60)</sup>からは、資源量評価を目的とした数値シミュレーションモデルをもとに、温泉帯水層を含むモデルの構築が行われている。このモデルでは、同一熱水型の場合に、地熱流体の生産・還元起因する地熱貯留層や温泉帯水層のどのような変化が、温泉変動の原因になり得るか検討されている。その結果、温泉の湧出量変化は地熱流体の生産・還元に伴い、それによって引き起こされる温泉帯水層の圧力変化などとの関係があることが示されている。文献要約(8)<sup>61)</sup>では、同一熱水型でない場合は、生産に伴う圧力変化が温泉帯水層に影響がおよぶことは認められないことが示されている。よって、これまでの地熱資源量評価に使用されてきたモデルに、温泉帯水層を忠実にモデル化したモデルを構築し、流体流動シミュレーションを行うことで、温泉湧出量の変化予測への適用が可能と考えられる。資源量評価シミュレーションに関しては、文献要約(9)<sup>62)</sup>では、巨視的なマグマ熱水系モデルにおいて、貯留構造が地下深部にまで達する大規模な深部貯留層が賦存する場合の資源量評価に適用されている。文献要約(10)<sup>63)</sup>については、高傾斜井掘削のための高傾斜用坑内流動シミュレータである。また、文献要約(11)<sup>64)</sup>は、ブロック分割をより細かくした局所モデルで、断層帯の位置、大きさ、透水係数を変化させた場合の資源量評価のシミュレーションである。文献要約(12)<sup>65)</sup>は、産出流体に非凝縮性ガスを含む場合のシミュレーションであ

り、熱水のみの単相から蒸気を含む二相へ変化する沸点深度が深くなるが、そのような場合の坑井の圧力、温度分布を推定することができる。さらに、文献要約(13)<sup>66)</sup>は、貯留層評価のための熱水シミュレーション手法の総括においては、概略的な地熱構造を知るシミュレーションから、生産可能な資源量を検討するシミュレーション、高温岩体の適正な利用規模をシミュレーションまでの説明がされている。以上の資源量評価に関わるシミュレーションにおいて、上述のように温泉帯水層のモデル化、圧力変化の影響を精度よく得ることが出来れば、地熱発電操業時の揚水と還元が地下水流や温熱環境に与える影響評価を行うことが可能ではないかと思われる。

しかし、地熱発電所の操業に伴う地下水流動変化(温泉への影響等)についても、数値シミュレーションに対する要求機能は明確にできておらず、予測対象とすべき現象のメカニズムや解析精度などは設定できていない。このため、地熱発電所に係わる地下水流動変化への適用の可能性について言及できていない。ただ、地下水流動シミュレーション技術は各種の高機能な連成問題に対応可能で、超大容量問題を解析可能なレベルに到達しており、実際現象を忠実かつ高精度に解析できる段階である。今後、地熱発電所に係わる地下水流動変化に対する要求仕様を明確化して、数値シミュレーションの適用可能性を検討することが必要と考える。

### (3) 放出蒸気・硫化水素の拡散に対する適用可能性の検討

地熱発電設置の際の大気への環境影響評価では、冷却塔から放出される蒸気に含まれる硫化水素の拡散予測評価があげられる。すなわち、冷却塔の排出口における排出濃度予測、周辺地域への拡散予測である。また、放出蒸気による、周辺の景観環境への影響も懸念される。特に遠方地からの景観では、放出蒸気の存在は無視できない。このように、周辺環境に大きな影響を及ぼす可能性のある放出蒸気の拡散予測評価では、主に風洞実験が実施されており、数値シミュレーションによる拡散予測手法は確立されていない。風洞実験では予測評価期間が長期化するという声があり<sup>67)</sup>、シミュレーションによる迅速な環境影響評価が期待されている。そこで、地熱発電設備から放出される蒸気に含まれる硫化水素が周辺環境、景観に与える影響を、数値シミュレーションにより評価する適用可能性に関して調査を行った。

#### a. 文献調査

地熱発電施設からの放出蒸気に関して論じた文献では、「地熱発電所冷却塔のプルームの拡散に関する風洞実験」(地熱エネルギー 1979.No12)<sup>68)</sup>が著名である。しかし、放出蒸気の拡散に数値シミュレーションを適用した文献は見られない。

#### b. 気象予測シミュレーションの適用可能性

気象予測、風力発電量予測、放射能拡散予測等実績のある、気象関連シミュレーション技術の地熱発電設備からの放出蒸気の拡散シミュレーションへの適用が可能性として考えられる。

発電設備関係の事例では、例えば火力発電所は燃料の輸送関係上主に沿岸部に設置されており、この場合は平坦地に立地するため、排煙の拡散シミュレーションにはプ

ルーム、パフモデル等の簡易な手法で評価されてきた。しかし、地熱発電所の立地は主に内陸山岳部であり、地形の起伏は激しく複雑である。ここでは、排煙の拡散シミュレーションに、ブルーム・パフモデル等の簡易な手法で対応することは不可能である。

そこで、起伏のある地形にも適用できる排煙拡散シミュレーションには、以下の数値シミュレーション技術の適用が考えられる。

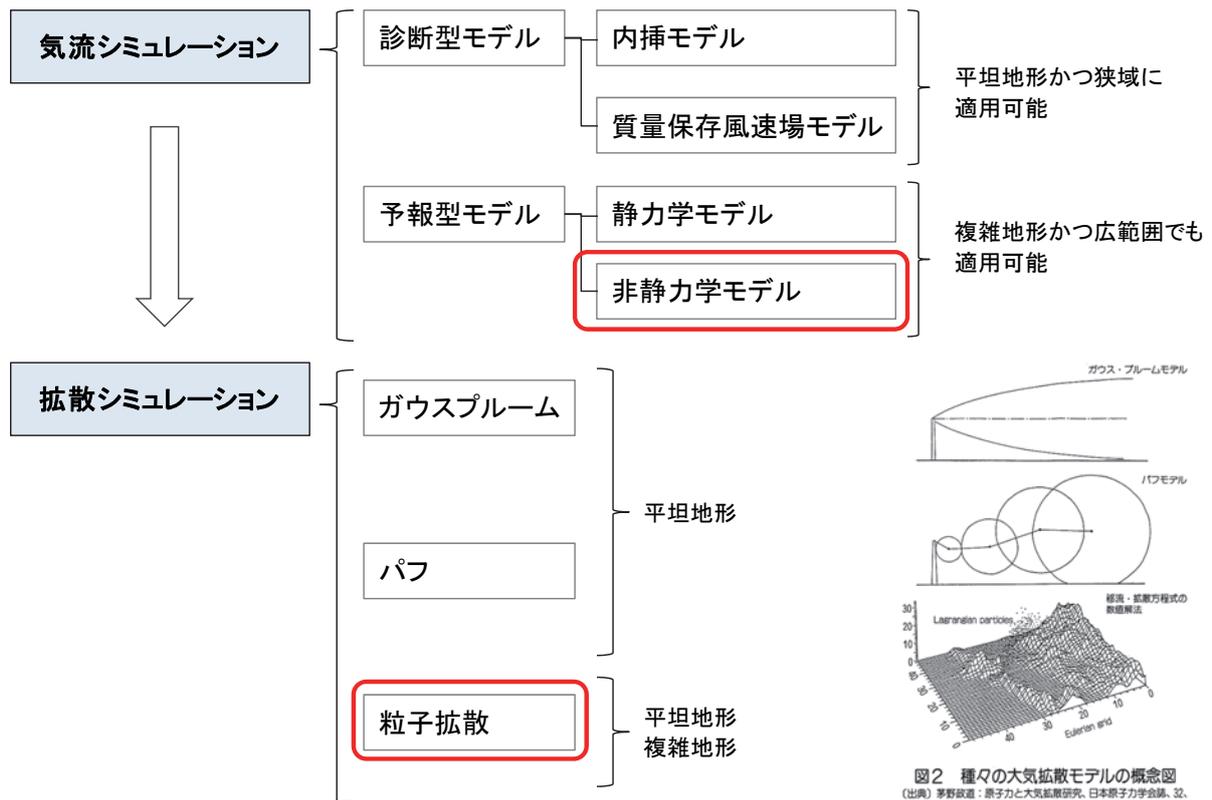
- ・ 複雑地形上の気流場を再現するシミュレーション  
→ 予報型気象予測シミュレーション（非静力学モデル）の適用
- ・ 排煙上昇過程を組み込んだ拡散評価モデル  
→ 粒子拡散シミュレーションモデルの適用

これら、拡散シミュレーションの解析手法によるフロー図を図 4.2-40 に示す<sup>69)</sup>。

### c. 原子力分野での排ガス拡散予測

原子力発電施設からの排ガス拡散予測でも風洞実験手法が主流であり、数値シミュレーションの実用化が期待されている。日本原子力学会標準委員会では、発電用原子炉施設の安全審査の一環として実施される周辺被ばく線量評価に用いる“放出源の有効高さ”を求めるための風洞実験の代替手段として、数値シミュレーションを適用するための基準作りが検討されている<sup>70)</sup>。同委員会によると、数値モデルを導入することにより、原子炉施設の設計段階で地形・建物の形状などに変更が生じた場合に柔軟な対応ができ、設計の合理化や多様化が図られ、風洞実験、数値シミュレーションそれぞれの長所を活かすことで、大気拡散評価さらには安全評価の精度向上に資することが可能となるということである。実際のシミュレーションでは、複雑地形にも適用可能なシミュレータの研究開発が行われており、これまでの風洞実験結果との比較によりその有用性が検証されているようである<sup>71)~74)</sup>。

地熱発電施設からの蒸気、硫化水素の拡散予測評価においては、その立地は原子力施設のそれより内陸山岳部の複雑な地形であり、上記のような気象シミュレーションを適用したシミュレーションが考えられる。さらに、単にシミュレータの開発、適用だけでなく、これまでの風洞実験との比較検証により、より精度の高い拡散予測手法が確立されることが望まれる。



ガウスプルーム	放出物質が定常的に放出され、地形が平坦で建物などの影響が無視でき、かつ風速場が時間的空間的に一様であるという仮定の基に、移流・拡散方程式を解いた場合に得られる濃度の分布式で拡散を評価するモデルである。このモデルに対する仮定が満たされることは、現実の大気ではほとんどない。
パフ	放出物質をガウス型の気塊（パフ）で表わすモデルで、ガウスプルームモデルで直線として扱われてきた煙軸の空間的・時間的変化を考慮したものといえる。パフモデルではガウス分布型の丸い煙（パフ）が時間とともに広がりながら、時々刻々変化する風によって流されていくモデルである。
粒子拡散	放出物質を個々の粒子で表わすモデルで、サイト特有の非定常状態、すなわち複雑地形上での大気拡散の特徴を把握することができる。米国のARAC (Atmospheric Release Advisory Capability) システムや、日本の SPEEDI 等で採用されている。
非静力学モデル	数値予報で用いる方程式のうち、鉛直方向の運動方程式に静水圧近似を用いない数値予報モデルである。高い分解能で予報を行う場合、静水圧近似の精度が悪くなるので、非静力学モデルが必要である。

図 4.2-40 拡散シミュレーションの概念フロー

## 4.2.6 リスク管理方策

地熱発電開発の調査から建設段階、操業段階に至るプロセスにおいて、環境リスク対策のPDCAサイクルを実施し、トータルリスクを未然防止・低減など管理していくことは、地熱資源管理や自然環境保全の面だけでなく持続可能な事業経営においても非常に重要である。このため、4.1節では地熱発電事業における主要な環境リスク抽出と技術的課題を整理した。また、4.2.1～4.2.5では、各環境リスクの最小化に資する最新技術動向を調査し、技術的特徴だけでなく、技術導入により新たに生じうる別のリスクや経済性の観点も含めて複数の選択肢を検討・提示した。

本項ではこれらの結果を踏まえ、日常時、緊急時のリスク管理の点から留意事項を取りまとめる。特に、将来的に起こりうるかもしれない潜在的なリスクを早期発見し、適切な対策を講じる上で、定期的なモニタリング調査が重要な役割を果たす。環境省の新通知条件5においても長期的モニタリングが求められていることから、今回調査した環境負荷軽減技術のモニタリングに関する内容を中心にまとめる。

### (1) 環境負荷軽減技術の位置づけ、およびリスク管理の実施例

地熱発電開発の場合、発電所敷地内および周辺に関して、地上環境と地下環境の両面でのリスク管理が必要となる。4.2.1～4.2.5で調査した技術的対策は、立地・建設時の風致景観に関連して「地上設備」「建物デザイン」「掘削・坑井設備」、自然環境対策では「地上設備」「掘削技術および掘削・坑井設備」「生態系保全・再生技術」「数値シミュレーション」である。風致景観や自然環境対策関連の技術は、建設前段階での十分な検討が必要となり、未然に影響を最小限に抑えるリスク回避・低減対策が中心となる。

一方、国内既設事例において日常運転時に環境モニタリング調査が実施されている項目は、地域状況により具体的な測定項目や頻度等は異なるが、地上では大気環境（硫化水素）・騒音・振動・悪臭や動植物・生態系、地下環境では地熱井（敷地内）と温泉井（周辺）、地盤変動、微小地震などである（2.4, 3.2節）。

万一、自然環境に何らかの影響（あるいはその兆候）が生じた場合は、事後対策として回復・修復対策、改善（改良）措置、今後の防止措置等が講じられる。表4.2-27に、これまで既設発電所において顕在化したリスクとその対策・対応策について報告されている事例を示す。これらは、いずれも早期発見と迅速な対応策を講じたことにより、深刻な影響には至らず解決している。このように、万一の際に備えて迅速に対策を実施するには、日常時のモニタリング調査が重要な役割を果たしている。

ただし、地熱エネルギーという地下資源開発においては予測不可能なリスクもある。例えば、2010年10月に起きた鬼首地熱発電所内での噴気災害は、想定外の突発的な現象であり、予知が困難とされる<sup>75)</sup>。このような場合、災害後の発生原因調査、および再発防止策の徹底的な実施が重要である。鬼首地熱発電所でも安全確保（再発防止策）として、立入禁止区域の設定（リスク回避）、モニタリング調査等を実施している<sup>75)</sup>

表 4. 2-27 既設発電所における自然環境への影響発生時の対応・対策

リスク分類	現象	原因	対応策（発電所名）
資源 <sup>76)</sup>	蒸気生産能力低下	酸化被膜などごみによる坑井トラブル	浚渫、ごみ抑制装置の設置(澄川)
		貯留層圧力の低下	掘削領域拡大、涵養注水、生産量縮小(柳津西山)
	低温還元水の流入	還元井配置の組換え、生産井仕上げの流入点の選択、還元場所の変更(八丁原・澄川・大霧)	
熱水還元能力低下	目詰まり(酸化被膜の沈殿)	pH調整、補充井の掘削(八丁原・滝上など)	
設備 <sup>76)</sup>	坑井内閉塞	圧縮、破断、崩壊	矯正、浚渫、保護管挿入、ネジ改善(一般的リスク)
	蒸気漏洩、熱水流出	強酸性腐食・摩耗	pH調整、配管の肉厚測定・交換、耐酸性鋼管、当て板、配管交換(鬼首)
環境 <sup>77)</sup>	温泉増量	生産による圧力低下と還元による圧力上昇	還元井の場所変更で解決(柳津西山)
	悪臭	硫化水素	硫化水素除去装置の設置など(柳津西山・八丈島)
	騒音	防音装置能力不足	設備改良(柳津西山)
	地滑り	元来、地滑り地帯	防止工事(大岳・葛根田)

## (2) 温泉モニタリング調査に関する現状と課題<sup>78)</sup>

周辺環境モニタリング項目の中でも、一部の温泉事業者や自治体等に懸念が大きい温泉に対するモニタリング調査は重要である。地熱発電開発において、初期の調査段階では、地熱井、および近隣の温泉井における温泉の温度、水位、成分等の指標を定期的に実測（モニタリング）し、建設前のベースデータ（自然変動範囲）を把握する。また、実測値に基づき、モデル化による予測（シミュレーション）を行い、温泉資源への影響を評価、判定する。この段階で影響が予測される場合、生産井や還元井の配置・深度の変更、開発規模の縮小等の回避策が検討される。そして、温泉資源に影響を及ぼさない地下構造、かつ持続可能な利用量でしか開発許可が下りないこととなる<sup>79)</sup>。建設・運用段階においても、定期的・継続的に実測と予測を行ってデータの精度向上・検証を行っている<sup>80)</sup>。その他、地熱井の掘削や熱水還元に伴う微小地震の誘発、地盤沈下等に関しても、定期的にモニタリングを実施している。

これらモニタリング調査結果に関しては、一部の発電所では定期的に地元説明会や意見交換会を実施し、必要に応じて温泉事業者への個別説明も行っている。また、開発事業者・温泉事業者・自治体など関係者間で予め取り決めた協定書に基づき、モニタリングデータを自治体に提出・保管している地域もある。既設発電所では概ね関係者間での情報共有がなされている立地地域が多い（3.2節）。

ただし、詳細なモニタリングデータの第三者への公開については、協定書等に取り決めがなければ、基本的には各温泉事業者の開示許可が必要とされる。温泉法においては、源泉の成分や温度等の情報は、浴場に掲示することとされ、10年毎に情報を更新することとなっている。通常、源泉の成分や温度等は、降雨等の気象条件や季節等の自然変動や、近隣工事等の人為的要因によって日常的に変動するものである。しかしながら、上記の定期的なモニタリング情報が一般に公開されると、浴場での掲示情

報と違う場合があるため、顧客への信頼低下に繋がる恐れを懸念して温泉事業者が情報開示を固辞する場合がある。このため、温泉資源への影響の有無を示すデータの開示範囲は関係者のみであり（各温泉事業者に個別に開示、あるいは自治体のみ開示など、公開範囲は地域や協定書内容により異なる）、基本的に第三者には開示されていない。

また、開発前からのベースとなる温泉データに関して、温泉事業者は日常的に自らの温泉資源の保護・管理をすることが定められている（環境省 温泉法「温泉資源の保護に関するガイドライン」（平成 21 年 3 月末）。その中には、温泉資源の保護と持続可能な利用には「適切な管理」が必要とされ、掘削等の原則禁止区域の設定、既存源泉からの距離規制、温泉の採取による影響のモニタリング調査、公益侵害の防止等が記載されている。従って、潜在的な温泉井の減衰・枯渇リスクを最小限にしながら、温泉資源を持続可能な範囲で利用していくには（地熱発電所の立地の有無に関わらず）、日常的に温泉井のモニタリングによる維持・管理が重要である。

しかしながら、源泉の湧出量や化学的・物理的性質は地域によって大きく異なるため、湧出量が豊富でスケールがつきにくい等、維持・管理が殆ど必要ない温泉井の場合、温泉資源の保護・管理に関心が低い温泉事業者も少なくない。また、源泉の水位や圧力等のモニタリングにはコストがかかるため、モニタリングを実施していない温泉事業者も多い。

万一、温泉資源に影響があった場合、影響の内容や程度（例えば、湯量、温度、成分等の変化、にごり等）、地下構造の状況により技術的対策は異なる。また、元の状態に戻るかどうかの不可逆性も事例によって異なり、開発事業者の長年の経験的なノウハウでの対処が行われている。このため、発電所内の日常の定期点検や安全・環境管理の実施およびモニタリング結果の蓄積が重要である。

事故時の対応・対策の成功事例については表 4.2-27 に示しているが、地下構造は地域によって異なるため、統一的なガイドラインや地域における対策マニュアルを作成することが困難な状況にある。また、万一に備えた補償・保険制度等についても、開発事業者の業界内には備わっていないのが現状である。

以上のことから、地熱発電所周辺の温泉資源に対するリスク管理においては、温泉資源に影響の徴候がみられた場合に備えて、モニタリング結果の影響評価に基づくノウハウの蓄積に努め、発電所地点毎の特性を考慮した修復・改善技術等の事後対策を予め検討しておくことが望ましい。また、そのような備えも含めた複数の安全管理策について関係者間で情報共有しておくことも、相互理解や信頼関係構築においても非常に重要である。なお、今後の課題として、操業終了後のモニタリング調査や責任期間等についても検討が必要であろう。

### (3) リスク移転（保険、補償等の制度）

万一の事故や自然影響等が起こった場合、上記のような技術的対策だけでは解決できない場合や高い費用が生じることも想定される。一般的に、発生確率が低く、発生時の財務影響が大きいリスク事象に対しては、リスク移転（保険、補償等の制度）を行なう

例が多いとされる<sup>81)</sup>。例えば、風力発電においては台風等の自然災害による倒壊リスクがあるため保険制度が整備されている。地熱発電開発では、万一、温泉井などに深刻な悪影響があった場合、温泉事業への財務影響として宿泊費や従業員への補償など比較的大きいことが予想される。既設事例の中には、協定書において補償等の措置に関する記載がある地域もあるが、現時点において地熱発電開発による周辺自然影響に関する保険・補償制度は存在していない。

温泉事業者からの要望が高い保険・補償制度に関しては、温泉事業者の懸念に対応する上でも、事業リスクを低減する観点からも、国の支援や制度設計等も含めて今後の検討課題であると考えられた。

## 4.3 合意形成および地域共生方策

### 4.3.1 合意形成の場の構築

一般的にエネルギー技術導入の意思決定の公式プロセスとしては、法や制度で公的権限を持つ組織が主体である審議会等が開催される。各都道府県や市町等の条例に基づき設置されている環境審議会は、その下に各専門部会があり、様々な分野を審議する場として機能している。その委員は、大学、研究機関、弁護士、NPO、地元関係者等の様々な立場、分野から構成されている（各自治体 HP 参照）。その他、NGO、民間、第3者組織など、権限を有さない組織（政府内部組織含む）が主体となり非公式プロセスとして協議を実施する場合もある。

#### (1) 自治体の役割の重要性

地熱発電の掘削許可に関わる意思決定は、温泉法に基づく自治事務となっている。その公式プロセスは、都道府県に設置されている環境審議会あるいは自然観保全審議会の温泉部会が主体である。ただし、温泉法の範疇以外の案件は範疇外である。このため、自然公園内での開発が検討される際は、各自治体の関連条例に基づき、温泉部会以外の部会等が公式プロセスとして活用されることが予想される。

2012年3月に策定された環境省の新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱について」においては、まずは関係者と地域における合意形成の場の構築が第1条件となっている。同じく2012年3月に策定された環境省「温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係)」<sup>82)</sup>では、上記審議会（温泉部会等）以外に、立地地域において開発計画の早い段階から地熱発電事業者や温泉事業者といった関係者を含めた地元協議会等の設置を推奨している（図4.3-1）。これは法的な許可に関わる意思決定の場という意味合いではなく、関係者間の情報共有・交換による相互理解や信頼関係の向上、および地域共生方策の検討ための合意形成の場に相当する。ただし、この環境省ガイドラインも温泉法に基づくため自治事務となっている。つまり、協議会の設置有無に関しては基礎自治体（市町村レベル）が意思決定権を有している。従って、国による法的拘束力はない非公式プロセスではあるものの、基礎自治体が重要な役割を果たす。

現在、既設発電所では、地熱開発事業者、自治体や温泉事業者との定期的な会合（名称は報告会、地元説明会、懇談会など様々）を継続的に実施している地域が多く、運転状況、工事計画、温泉モニタリング調査結

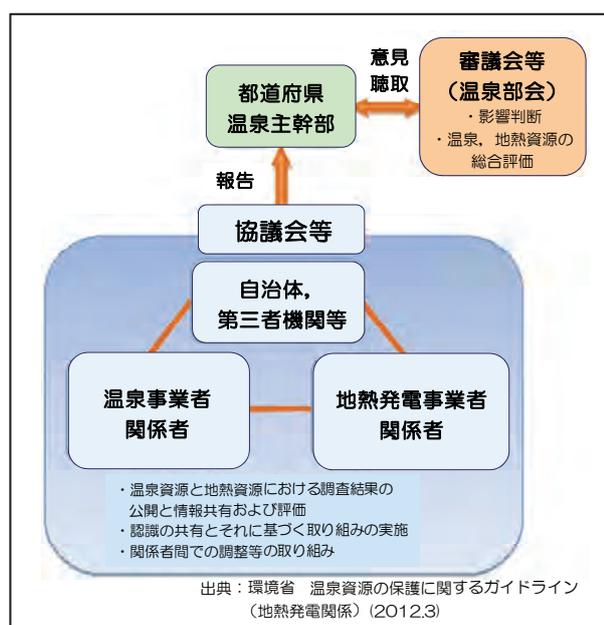


図4.3-1 地熱発電開発における協議会体制(例)

果等の報告や意見交換を行っている（3.2 表 3.2-2）。上記のような協議会に相応する対話の場を基礎自治体が設置している場合もあるが、ごく僅かである。一方、このような対話の場が構築されていなかったり、開発事業者が各温泉事業者に個別対応を行っていたりする立地地域もいくつか存在するが、いずれの地域も地元との関係に関して特に支障や問題は生じておらず地域共生が図られている（3.2.2(2) <sup>83)~85)</sup>。

今回、計画事案に対するヒアリング調査と文献調査の結果（3.3.2(2)）、秋田県湯沢市や北海道上川町のように、自治体が、協議会メンバーの選定、関係者間の調整、会合開催時メンバー召集など事務局として主体的に機能している地域は、合意形成の場の設置に成功していた。一方、地熱発電開発に必要な地熱ポテンシャルが豊富であったとしても、自治体の反対により計画が進まない事例もいくつか見受けられる。このため、新通知の第1条件を満たすには基礎自治体の協力が不可欠と考えられた。

## (2) 自治体における今後の課題

自治体が非公式の会議体を設置する際の課題について、市町村と道府県の温泉行政担当部署あるいは地熱発電関連部署を対象としたアンケート調査が報告されている <sup>86), 87)</sup>。対象自治体は、①:86 市町村（全国市長会の温泉所在都市協議会より 76 市、それに含まれない立地地域と新規調査・候補地域等 10 市町村）、②:①が位置する 29 道府県である。ただし、東北被災地 3 県（9 市）を除く。調査期間は 1/12~2/20/2012、回収数は、市町村 69（立地・候補地 12、非立地 57；回収率 80.2%）、道府県 22（立地・候補地 3、非立地 19；回収率 75.8%）であった。地熱発電の立地候補地域となった場合の、地元協議会等の対話の場の設置に対する意向を調べた結果、「候補地として検討・計画あれば早い段階から実施すべき」との意見が多かった。一方、対話の場の設置に関して、市町村は道府県や国が、道府県は国が、主体的に関与・協力すべきと考えており、より上位レベルの主体性を求めている（図 4.3-2）。また、自由回答結果より、運営上の主な課題は「専門的人員・財源不足」「人選，中立性・公平性確保」「国のエネルギー政策の位置づけ、責任の所在」「継続性」等が挙げられ、民間事業に対して行政が主体となることに対する躊躇や消極的な意見もみられた。従って、協議会等を設置する際は上記の点について予め検討・留意し、継続性を確保する施策を講じることが重要であろう。

ただし、自治体の中には地熱発電開発に対して懸念が強く、反対姿勢を示している地

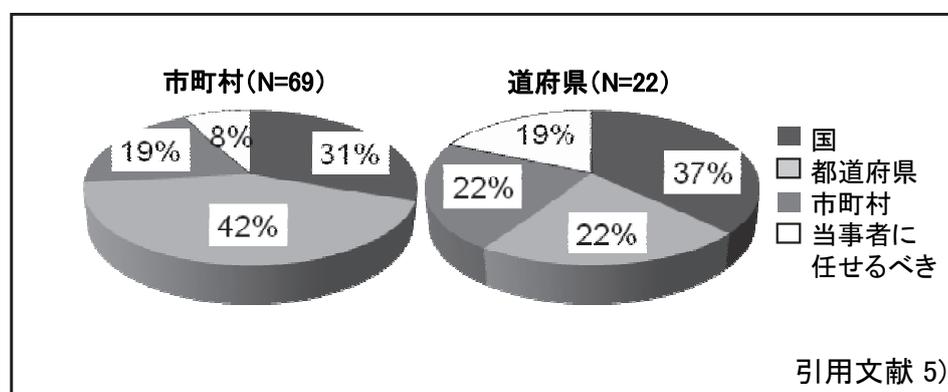


図4.3-2. 関係者間の対話の場(地元協議会等)において  
どこの自治体が主体的に協力・関与すべきか

域もある。このような場合、協議会等の対話の場の設置以前に、地熱発電に対する自治体担当者の理解向上等が必要となる。先程の自治体調査によると<sup>86),87)</sup>、地熱発電開発の場合に期待される地域の便益、および懸念されるリスクを調べた結果（複数回答）、便益としては、「CO<sub>2</sub> 排出削減、温暖化対策に貢献」、「地域のエネルギー自給率・安定供給力の向上」、「地元雇用や消費増加」、「発電所からの熱水・温水供給支援」、「交付金や税等の経済的便益」、「地元観光資源や道路整備が増え、地域活性化」、「発電所による温泉の技術支援やモニタリングが温泉の保護管理に役立つ」の順に多かった（図 4.3-3）。地熱発電に対して推進している自治体は、反対自治体に比べて便益評価が全体的に高かった。一方、地熱発電により地域に懸念されリスクに関しては、「温泉影響」、「地下構造や地下水への影響」、「排出物質による自然環境影響」、「景観影響」、「土砂災害や地震誘発への影響」の順に多かった（図 4.3-4）。これらの結果から、地熱発電開発に対する推進・反対意向に関わらず、殆どの自治体が、主に温泉など地下環境への影響を最も懸念しており、推進派のリスク認知が低いわけではないことがわかった。以上より、会議体の設置には基礎自治体の協力が不可欠なため、環境リスクへの配慮や軽罪効果などの理解向上を促進すると共に、自治体における専門的人材確保や財源確保等が今後の課題である。

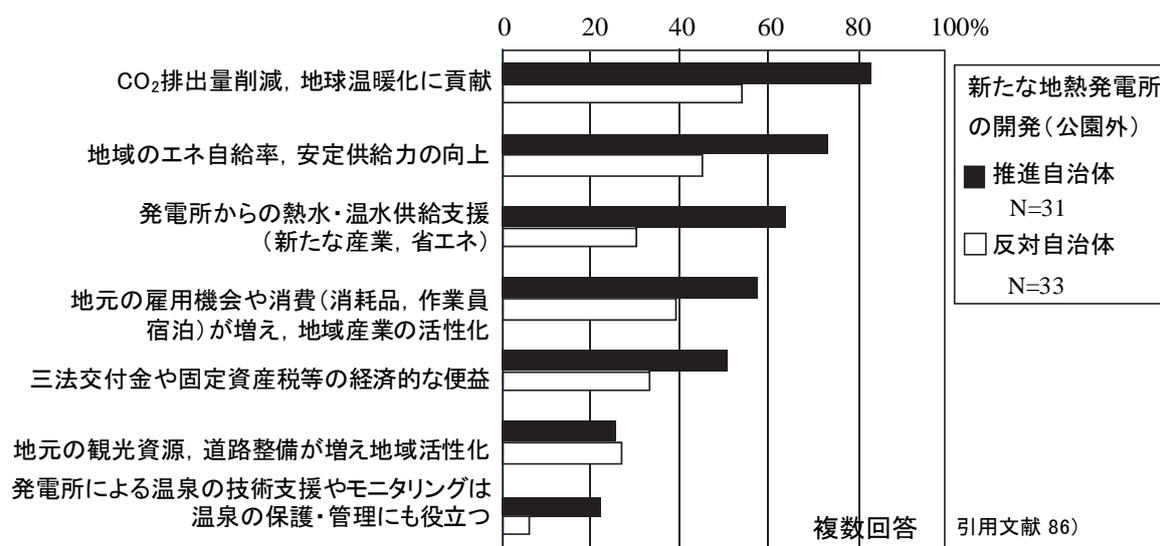


図4.3-3 地熱発電開発による地域への便益(市町村の回答)

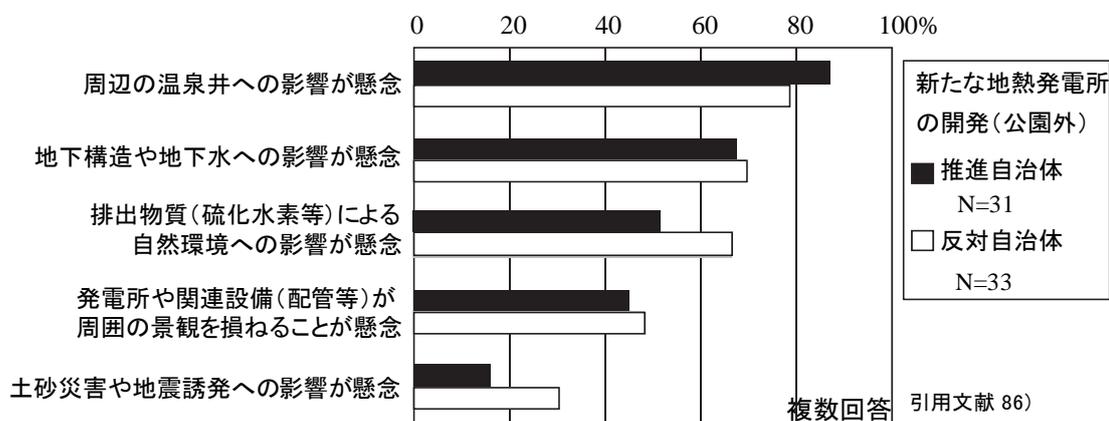


図4.3-4 地熱発電開発による地域へのリスク(市町村の回答)

### (3) 地熱発電所に対する利害関係者の意識に関する現状と課題

立地地域以外でも、一部の温泉事業者や自然保護団体等には地熱発電に対する漠然とした不安や懸念、誤解等が見受けられる。今後、自然公園内などの地熱ポテンシャル調査が進めば、新たな立地候補となる地域が出てくる可能性もあるため、温泉関係や自然保護関連の主要な団体・組織との相互理解や信頼関係の構築は益々重要となる。

これまで立地地域以外では、利害関係者間での具体的な対話の場は存在していなかった。しかしながら近年、相互理解と信頼関係の構築等を目指した対話の場や、地域の地熱エネルギー利活用に向けた協議会等が実施され、対話状況が改善されつつある。例えば、日本温泉科学会の呼びかけにより、温泉事業者と地熱事業者の相互対話と情報共有を目的とした個人有志による意見交換会が定期的で開催され始めた。また、自然エネルギー財団では「持続可能な社会と自然エネルギー研究会」を発足させ、地熱関係者、自然保護団体、生態学の専門家等を含む様々な関係者間での相互理解向上のための議論を進めている。また、熊本県では、「熊本県地熱・温泉熱研究会」を立ち上げ、県レベルで、関係者間の相互理解を深める動きが始まっている。

今後、このような地熱発電開発に関連する利害関係者の相互理解や信頼向上に向けた取り組みが広がっていくことにより、関係者間の誤解や不信感、および地熱発電に対する過剰な懸念や誤解等が解消される一助となるであろう。また、その際、NPO や中立的研究機関等が重要な役割を果たすことが考えられる。

なお、1.1 節で示したとおり、現状では地熱発電に対する一般市民の認知度は、太陽光や風力発電など他の再生可能エネルギーに比べて相対的に低い。しかしながら、地熱発電に対する認知度が高い人ほど今後の導入意向や受容性は高い。このため、広報活動やシンポジウム、マスメディア等を活用し、地熱発電に関する全国的な知度向上に向けた様々な取り組みが望まれる。

#### 4.3.2 合意形成プロセス

協議の場が設置された後は、毎回話し合う議題設定が重要となる。特に初期の段階においては、利害関係者の懸念や不安が大きい一方、詳細な地熱調査等が進んでいないこともあり、科学的な知見が乏しい状況にある。地熱開発の場合、地下構造は個々の地域によって大きく異なるため、既設地域での運転状況や科学的知見の一般化や適用は困難なこともある。従って、初期の対話においては、開発事業者からの事業計画や具体的な調査内容の説明の他、利害関係者の具体的な不安や懸念に関する意見を十分聴いて理解し、相互理解を深めることが重要である。また、個別の地域事情を鑑み、地域にとっての利害（リスク・便益）や共生方策について相互に協議し情報共有していくことが必要である。

これまで地熱発電開発に対する利害関係者（温泉事業者、自然保護団体等）の主な心配や懸念としては、各利害関係者の立場や価値観、地域状況により主張は異なるものの、主に以下の点が指摘されている。

- ・温泉への影響（湯量の減少や枯渇、温度・成分の変化等）
- ・周辺の地下水等への影響（還元熱水の有害成分、硫酸（スケール対策）による汚染）

- ・地盤沈下、土砂災害、微小地震
- ・森林や生物等の周辺生態系への影響（立地による土地改変、配管、排気ガス等）
- ・土地改変、設備に関する景観への影響

これらは、環境影響評価等の科学的知見においては「影響が報告されていない」、あるいは「軽微な影響」、「地熱開発では不可避な影響」もある。しかしながら、科学的に推計されたリスクが極めて低く、環境アセス対象項目に該当しないとしても、利害関係者の懸念（リスク認知）が高ければ合意形成や地域共生に支障をきたすため、何らかの対応が求められる。例えば、4.2節にとりまとめたリスク低減に向けた具体的な技術的対策、日常の環境対策や安全管理の実態、万一の事故や影響が起きた場合の具体的なリスク管理対策の状況等について、相互理解を高めるための情報提供や説明等が必要となるであろう。

国内既設事例における合意形成プロセスは3.2節に概要を記したが、環境アセスメント法制定前であり、発電所立地の際の合意形成、市民参加等に対する社会的認知や人々の意識や態度は現在と大きく異なる。また、開発事業者による取り組みも異なる。

国内の地熱発電以外の合意形成事例は多々報告されているが<sup>88)</sup>、再生可能エネルギー関連では風力発電、小水力発電等が報告されている<sup>89)~96)</sup>。

#### (1) 地熱発電以外の合意形成事例

地熱発電以外の再生可能エネルギーでは、風力発電の立地に関する先行研究において、自治体の調整介入が意思決定プロセス全体に及ぼす影響が大きいことが示唆されている<sup>89)</sup>。また、風力の事例における利害関係者間の論争においては、風力発電立地による生態系への影響に関する情報不足や認識不足に起因した対立等が報告されている<sup>90)</sup>。以下に、風力発電における合意形成プロセス、特に自然公園や環境論争関連の研究報告事例を紹介する。

事例1) 三重県青山公園ウィンドファーム（実施事例）（<http://www.awf.co.jp/>）<sup>89)</sup>

立地地域は、室生赤目青山国定公園 第3種特別地域内（かつ保安林指定地域）である。このため、自然公園内での建設許可、保安林解除の手続きが必要である。なお、国立公園の場合は都道府県の許認可が必要であるが、国定公園の場合は、県知事の許認可が必要となる。本事例の場合、計画当初、県知事は慎重姿勢であったが、久居市の方が開発に積極的であったため、最終的には県も許認可するに至った。以下に経緯概略を記す。

1999.5	久居市が直営する4基（750kW×4）が運開（学術研究用）
1999.10	隣接地に新たに20基（750kW×20）建設計画発表（第三セクタ，大規模で事業用）
2000.9	三重県自然環境保全審議会（第1回）の開催（10月には委員による現地調査）
2000.10	三重県環境部が県民や自然公園利用者を対象としたアンケート調査実施
2000.12	第三セクタ「株式会社青山高原ウィンドファーム」設立，許可申請提出

2001.3	三重県自然環境保全審議会（第2回）の開催
2001.6	三重県知事が「特例の基準」告示（許可基準の一部緩和） 環境省との協議，環境大臣の同意
2001.8	自然公園法上の許可（同 2001.11 森林法上の作業許可）
2002.3	第三セクタによる 20 基の運開
2008.3	隣接地に新たに 40 基程度（2,000kW×40 基程度）の建設調査開始（第3種含む）
2012 秋頃	着工予定，2017 年度に竣工予定

合意形成の場に関しては、公式プロセスである自治体主体の環境審議会（常設）にて協議された。上記審議会のメンバーは、もともと大学・猟友会・温泉協会・森林協会・自然保護団体・国立公園協会・漁業協同組合・弁護士など 20 名から構成されており、専門分野の多様性が確保されている。自治体は、担当部局の自然環境課だけでなく、エネルギー政策担当部局である政策調整課も出席している。エネルギー政策が関係する場合、国の省庁や自治体内の部局によって方針が異なる場合が多い。このため、合意形成の場において関連部局が連携することは非常に重要である。

上記の事例では、当初の論点は景観に絞られていたが、委員からの指摘により鳥類への影響評価も検討し、専門知の共有が図られた。審議会の協議では、メンバーの要望に応じて柔軟に対応していることが伺える。また、並行して地域住民や公園利用者を対象としたアンケート調査を実施しており、市民の意見も考慮した。環境影響評価については専門家評価によるお墨付きを得たことが、県の許可に重要な役割を果たした。一方、動植物、野鳥への影響を懸念した反対派（住民，自然保護団体）がいたことにより、継続的な対応が必要であった。

#### 事例 2) 山形県酒田市ウィンドファーム（中止事例）<sup>90)</sup>

立地地域は、県立自然公園内であるため、県自然公園条例に従い、県知事への届出、自然環境保全審議会の答申を受けて県が許可するプロセスとなる。以下に経緯概略を記す。

2000	民間事業者より酒田市へ内々に打診
2000.10	民間事業者より山形県へ内々に打診
2001.1	民間事業者より山形県に届出 県→市へ意見の照会 酒田市まちなみ景観審議会が開催，酒田市環境審議会が開催，市が地元説明会開催
2001.2	市が県へ意見書提出 県自然環境保全審議会自然環境保全部会が開催（知事への答申）
2001.2	県が設置を認めない判断を表明 → 坂田商工会議所による要望の表明
2001.3	民間事業者より県へ要望の表明 → 県より設置認めない判断を通知
2003.3	市議会による県知事への要望表明

合意形成の場に関しては、公式プロセスである自治体主体の環境審議会にて協議されたが、1

回しか開催されず議論が深まらなかった。これは、条例に基づき審議期間が1ヶ月しかなかったためであった。事例1)と同様に、会議メンバーは本件に合わせて構成されたわけではなく、もともと任命されている大学・森林組合・民間企業・行政機関等の10名から成り、専門分野の多様性は確保されていた。

協議内容に関しては、事例1)と同様に当初の論点は景観に絞られたが、委員から幅広い論点で検討することの必要性、および時間的制約の撤廃が指摘された。加えて、鳥類への影響や候補地代替案の検討の必要性についても意見が出されたが、審議期間の設定が短かったため、変更可能な状況ではなかった。

以上のように、協議の場やメンバー構成に問題がなくても、十分な時間が確保されていないことにより関係者の情報共有や相互理解が深まらずに合意に至らない例もある。技術的な対応策と異なり、合意プロセスには時間がかかることを念頭に、予め十分な準備と期間を確保した上で協議を実施していく必要がある。

### 事例3) 静岡県加茂郡東伊豆町・河津町の境界（三筋山山頂付近）<sup>91)</sup>

立地地域は、水源涵養保安林指定地域（地域住民の水源）であり、三筋山ふもとの細野高原には県指定の天然記念物の湿原もある（地域住民が共同所有）。以下に経緯概要を記す。

2005.3	自主環境アセス開始（NEDO マニュアルに基づく）
2005.6-7	方法書縦覧
2006.2-3	評価書縦覧
2006.4	アセス報告書完成
2006.7	補助金採択決定
2006.12	地域住民説明会（稲取4区、アセス経過説明）
2007.8	地域住民による風力発電勉強会開催（事業者も参加）
2007.11	入谷区臨時総会にて反対多数
2007.11	地域住民説明会（稲取3区、アセス結果説明）
2008.3	事業者が事業計画変更説明 → 4月、地元住民が同意
2008.3-2009.2	各地域住民との協議（河津、見高入谷区など）
2009.2	反対団体が新聞記事で計画認知 → 4月に反対団体結成、住民にチラシ配布
2009.5	搬入路工事開始
2010.2	水源涵養保安林解除申請提出
2010.3-5	反対団体が要望書提出（県知事、事業者へ）
2010.6	河津町民説明会開催（町主催）

合意形成の場に関しては、事例1), 2)と異なり、事業者が、環境アセス情報を用いた自主的な説明会、住民主催の勉強会への参加、入谷区総会による反対表明への対応等を実施した。これらの対応により、事業全体の立地・規模だけでなく、搬入路、風車（騒音・配置・高さ・数）、

送電線等のレイアウトの変更に関しても地域住民の要請に応じて柔軟に計画を変更し、解決に繋がっていった。しかしながら、事業者は、主に地域住民中心のコミュニケーションプロセスを実施していたため、立地に反対する団体が計画に関する情報を入手する時期が遅れた。このため、地域住民以外へのコミュニケーションを実施なかったことに対する不信感が高まっていき、プロセスの途中から反対運動が開始された。なお、反対団体との環境紛争に関しては未だ合意に至っていない。

以上のように、事業者が自主的に様々な合意プロセスを行った場合においても、立地に至らないケースが見受けられた。事例3)では、事業者が自主的に様々な合意プロセスを行ったが、立地に至っていない。これは、当該開発において、利害関係者範囲や周知すべき情報に対する事業者側の認識や調査が十分でなかったことも一因ではあるが、自治体の関与がなかったことが主要因と考えられる。当該地域での開発に関連する利害関係者として、どこまで含めるべきか、予めどのような情報を誰に周知すべきかという点で、予め事業者側の認識や調査の重要性が示唆される。地熱発電開発においても、自治体等の協力を仰ぎながら、当該候補地域においてどのような自然保護団体や NPO 等が関与しているのか等の情報について十分な事前準備を行うことが重要と考えられる。

## (2) 合意形成プロセスに関する手法

地熱発電開発における協議会等の設置、および合意形成プロセスに関し、適用性が高いと考えられる手法として、米国の公共政策等で活用されているコンセンサス・ビルディング手法を紹介する。なお、以下の文章は文献(97)から一部抜粋して記載した。

合意（コンセンサス）とは、「あるグループの全てのメンバーが、大枠、もしくは幅広く合意していること」と定義されている。コンセンサス・ビルディング手法は、多数決で合意に導くのではなく、メンバーにとってよりよい解決策を、参加者自身の創造性によって見出そうとする取り組みとされている。「自分の得は相手の損」という思考の人にはなかなか理解し難い手法である。最も大事な条件は、皆が不信感を一度棚上げし、合意形成プロセスに時間と労力を割き、相互利益が合う条件を共に検討していくことである。つまり、合意が全く存在しない場合と比較して、誰もが少しは得をした状態を実現させるようメンバーが努力することが重要とされている。

本手法の原則としては、下記の6つが定められている。

1. グループや組織として意思決定する場合、話し合いの場に参加する人達は、自分が代弁・代表している人達に対する責任関係を明確にしておくこと。
2. 話し合いのグループができたとしても、まずは自分達に与えられた責任を明確にし、話し合う（話し合わない）議題、および話し合いの進め方を整理しグラウンド・ルールを決めるまでは具体的な話し合いに入ってはならない。
3. グループとして意思決定する前に必ず、「共同事実確認」を行なう。

（事実をせよ将来予測にせよ、基本的な情報について意見対立があると、十分な情

報に基づく合意に至ることはまずない。情報を一元的に収集することが必要。ただし、その情報を各自がどう解釈するかは別問題。例えば、外部専門家の意見を聞くまでは意思決定しない等の取り決めをしておく。)

4. 合意しない場合を想定した上で、合意することによってグループの誰かの置かれた状況が、合意しない場合よりも更に悪くなるような合意条件にするよう努力する。

(本手法は多数決方式ではない。理論的に実現可能なより望ましい結論での妥協でもなく、相互利益の最大化を目指す。)

5. グループに参加している人達は、各々自分が代表している組織のところへ合意文書の草案を、責任もって持ち帰ること。
6. 決定事項や合意の実現に向けて、「上手くいかない」場合を常に考えておく。

(予想外に起こりうる問題に柔軟に対応できる合意条件を設計するよう努力する。)

なお、原則3に記した「共同事実確認」とは、「多様な、時には結論が対立する科学的情報を吟味し、背後にある前提条件、モデル、感度分析等を含めて公開した上で、関係者がある程度納得できる科学的情報と、現在の科学の限界を整理することで、社会的意思決定をできるだけ科学的情報に基づくものとする取組み」である。

本手法の実施手順としては、表 4.3-2 示した 5 つのステップがある。

手順 1.2 のアセスメントとは、各利害関係者の考え方を簡潔に説明する資料を作成するための現状評価である(紛争アセスメントとも呼ばれている)。これは、予め 1 対 1 で行なう聞き取り調査(誰が何を言ったのかは明らかにしない)や、対話を繰り返し行なった結果として作成される。これは、多くのメンバーが同意する人が実施することが望ましい。外部委託など、先入観や特定の偏った意見をもたない第三者機関が実施し、中立性を保つことが重要である。アセスメント結果は、単純なマトリックスとしてとりまとめると便利なこともある(表 4.3-3)。

地熱発電の場合、地下構造に関するモニタリング調査やモデル解析、将来的な環境リスクに関するシミュレーション結果など、素人には難解な科学的・専門的な情報が多いため、表 4.3-2 に示した共同事実確認のようなプロセスを実施することは重要であろう。手法を取り入れた国内実践事例としては洋上風力等が報告されている<sup>98)</sup>。

なお、この合意形成手法は米国で開発されたものであり、米国人と日本人の合意形成や市民参加に対する意識や態度の違いには留意する必要がある。本手法を地熱発電開発に適用する場合、地域事情等に合わせて適宜改良していくことが必要であろう。

その他の合意形成手法として、「ハイブリッドモデル」があり、これは、合理的で公正な判断を行うため、専門家と多様な利害関係者との混成グループで議論を行うものである。司会進行役(ファシリテーター)は、利害関係者から離れた中立的な立場で議論進行を行い、合意形成プロセスが効率的に進むよう支援するやり方である。

表 4.3-2 コンセンサス・ビルディング手法

手順	項目	内容
1	召集	1.1 相談を持ちかける 1.2 プロジェクトのアセスメント開始 1.3 アセスメント結果に基づき適切な利害関係者の代表者を特定 1.4 適切な利害関係者を巻き込む 1.5 コンセンサス・ビルディング手法を本当に始めるかどうか決断する 1.6 権限保持者がプロセスに同意していることを確認
2	役割と責任の分担	2.1 責任分担(招集者、ファシリテーター、記録者、司会者、委員長、主要利害関係者の代表者、専門家アドバイザー)を明確にしておく 2.2 代理人、傍聴人の参加に関するルールを決定 2.3 議事次第、グラウンド・ルール、スケジュール、予算計画を文書としてとりまとめる 2.4 代表者を送り込んでいる支持母体や社会全体とコミュニケーションする方法を検討
3	集団問題解決のファシリテーション	3.1 透明性の向上に努力する 3.2 共同事実確認が有用な時には専門家の助言を求める 3.3 必要に応じて作業部会を設置する 3.4 パッケージ案についてブレインストーミングすることで相互利益の最大化を心がける 3.5 アイデア出しと約束を分離する 3.6 腕のいいファシリテーターの支援を得る 3.7 単一文書手続きを用いる 3.8 進捗に合わせて議題、グラウンド・ルール、期限を修正する
4	合意の達成	4.1 約束事をまとめたパッケージ提案に対する全員一致の合意を求める 4.2 必要に応じ、条件付合意を利用する 4.3 当所決めておいた意思決定の手順に従う (パッケージ提案と共存できない人を探す、自分も他の人たちも受諾できそうな修正案の提案を嫌がる人に問いかける) 4.4 全ての合意条件を記録に残す 4.5 関係する全ての支持母体やコミュニティ全体とのコミュニケーションを継続する
5	約束の実行	5.1 関係する全ての支持母体に連絡して批准を求める 5.2 全ての利害関係者代表者に個人としての支持を表明してもらうため、合意文書に署名してもらう 5.3 公式権限のある主体にパッケージ提案を提示する (非公式交渉の合意条件に拘束力を持たせる方法を探す) 5.4 権限を有する主体がパッケージ提案と共存できない場合には、関係者を再招集する 5.5 実施段階における状況の変化を監視し、必要に応じて再召集する

(出所 : Lawrence E. Susskind and Jeffrey L. Cruikshank (城山英明, 松浦正浩訳), 2008<sup>97)</sup>)

表 4.3-3 アセスメントのイメージ(例)

主要関係者	主な課題				
	景観	温泉影響	税収	観光業	安心・安全
地元事業者	〃〃〃	〃〃	〃〃	〃〃	〃〃
議員	〃	〃〃	〃〃	〃〃	〃〃
行政	〃		〃〃	〃〃	〃〃〃〃
自然保護団体	〃〃〃〃〃	〃〃〃〃			〃〃〃〃〃
住民(非事業者)	〃	〃	〃	〃	〃〃

(出所 : Lawrence E. Susskind and Jeffrey L. Cruikshank, 2008<sup>97)</sup> を一部改変)

注記 : 上記は作成例であり、チェックの数は実際の調査に基づいたわけではない。

### (3) 地熱発電に役立つ合意形成ツール

地元協議会等、合意形成の場においては、立地の是非だけではなく、様々な合意や意思決定を行っていく必要がある。特に発電所立地・建設の際は、地上設備の景観に関する合意形成が重要である。4.2.3 節に記したように、発電所の景観検証について様々な視点場からよりリアルなイメージが共有できる VR シミュレーション等の見える化ツールが開発されている。今後、これらを有効活用することにより、関係者間での理解向上と円滑な合意形成が期待される。

近年、地熱発電開発においてエコロジカルランドスケープ<sup>99)</sup>という手法も注目されている。これは、地域の潜在能力を借りてその地域でなければ成しえない環境を保全・創出していく技術と定義され、自然環境要素を総合的に分析評価する手法、およびスケッチ定規とスケッチシートによる景観設計手法を同じ設計者が行うことで、真に環境に配慮した計画設計を行なっていくものである。このようなスケッチ画を活用することにより、発電所の完成イメージを共有することができ、合意形成に役立つ手法であるといえる。

このように、予め設備の完成イメージを情報共有するツールに関しては、これまで様々な分野で開発・発展してきているため、今後、地熱発電開発での積極的な適用が望まれる。

地熱発電開発は長年停滞していたため、人々の意識や価値観も大きく変わっている。社会状況や法制度も更新されており、過去の既設発電所における合意形成のやり方では通用しないであろう。事業者は、当該地域の住民や利害関係者の価値観や要望等を十分踏まえた上で、上記のような合意形成手法やそれに役立つツールを適宜活用し、国内での合意形成ノウハウを蓄積していく必要がある。また、それらの成功・失敗事例の反省等の教訓についても情報共有し、改善・改良していくことが重要であろう。

### 4.3.3 地域共生方策

国内既設地域での地域共生（地域貢献）事例としては、温泉としての熱水供給やカスケード利用による地元農業や暖房利用、PR 館など観光資源としての役割、雇用・作業員の宿泊・消耗品等の経済効果、固定資産税や電源三法交付金による公共利用設備等の設置などが挙げられる（3.2 表 3.2-6）<sup>83), 84)</sup>。これら地元便益の享受者やその程度に関しては、地域事情により大きく異なるため、開発事業者や自治体は公平性や公正さに十分留意し、地域に過剰な期待を抱かせないよう予め慎

重な協議が必要であるとされる<sup>84)</sup>。例えば、開発事業者による温泉事業者への技術支援やモニタリング調査に関しては、温泉事業者にとって温泉資源の保護・管理に役立つだけでなく経費節約にもなる。しかしながら、立地地域周辺に温泉事業者が多い場合、全ての源泉に対するモニタリング調査は困難、あるいは源泉の状況によって技術支援内容が異なる場合がある。本来、温泉井の維持管理は温泉事業者の責任であるが、源泉の湧出量が豊富な場合には殆ど管理が必要ない場合、あるいは温泉事業者によっては過度な管理支援を要求・依存し、地熱開発事業者の負担が大きくなる可能性がある。このため、協議会等の場において予めルールを策定する等の措置が必要である。

熱水供給に関しては、温泉事業者からの要望が大きい場合があるが、既存の温泉販売業者と競合するため、業務妨害にならないような販売価格や条件等の協議が必要であろう。また、本調査結果より、熱水供給は温泉への影響が懸念される場合の対策として事業者より実施される場合があるが（例：柳津西山地域）、源泉との泉質の相違なども関係して、却って反発を招く場合もあるので、注意が必要である。

地熱発電開発による雇用創出に関しては、地元自治体からの要望が大きい。地熱発電導入による地域の雇用効果は、太陽光発電や風力発電に比べて大きいことが報告されている<sup>100)~102)</sup>。これは、発電所事務員等の直接雇用ではなく、運用（発電）時の間接的な雇用効果が大きく、その約半数は設備機器の修繕・維持管理に関わるものである。地元企業を積極的に活用することで経済効果を生み、地域全体の便益向上に貢献しているといえるであろう。

一方、立地周辺住民にとっては、地熱発電開発による直接的な便益が見えにくい。電源三法交付金の使途については地元自治体が意思決定し、公民館や体育館など多くの地域住民が活用しやすい場所（発電所近くとは限らない）に建設される場合が多い。また、現行法では開発事業者の中に電気事業者が含まれない場合、電源三法交付金は支給されないため、自治体によっては不公平感が生じる可能性がある<sup>84)</sup>。電気事業者以外が開発した場合についても、今後検討していく必要があるであろう。

近年、太陽光や風力、小水力発電など地熱発電以外の再生可能エネルギー事業においては、市民参加型の事業スキームが実施されている。例えば、「市民風車」や「おひさまファン」など複数の出資者による出資金により設備投資され、売電収入が分配されるビジネスモデルがある<sup>102)~105)</sup>。これまで地熱発電事業の場合、上記のような取り組みは殆どみられていないが、今後は小規模バイナリー発電（いわゆる温泉発電）等での活用が期待される。ただし、源泉の権利や利益の公平な分配方法など利害が複雑に絡み合うため、的確な事業形態や継続性などは、今後の検討課題となるであろう。

このように地域共生方策に関しては、地熱発電特有の事情を考慮し、各地域事情に沿ったベストミックスについて関係者間で協議・実施していくことが重要である。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人火力原子力発電技術協会：火力原子力発電，Vol. 55, No. 4, pp. 78~100, 2004.

- 2) 日本冷却塔工業会：工業会基準，2011.
- 3) 社団法人日本地熱調査会：新版わが国の地熱発電所設備要覧，pp13～239，2000.
- 4) 日本地熱開発協議会：資料 7. 地熱発電の買取価格についての要望（第 3 回調達価格等算定委員会），pp13～19，2012.
- 5) 一般財団法人建設物価調査会：土木工事積算基準マニュアル，2012.
- 6) 株式会社テクノリサーチ研究所：高度排煙処理周辺動向調査，第一回「石炭利用技術（高度排煙処理技術）」中間評価分科会資料 6，2001.
- 7) 環境省：地熱発電事業に関する補足情報収集 資料-1，地熱発電事業に係る事前環境影響検討会（第 5 回），2012.
- 8) 江原幸雄，安達正敏，村岡洋文他：地熱発電の潮流と技術開発，サイエンス&テクノロジー，287～364，2011.
- 9) 株式会社プレック研究所：平成 22 年度 地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務報告書，2011.
- 10) 環境省：温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係），2012. 3.  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=19563&hou\\_id=15021](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19563&hou_id=15021)
- 11) 上滝尚史：地熱発電の潮流と開発技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，第 4 章 第 1 節 地熱井掘削技術の概要，pp. 231～251，2011. 11.
- 12) 「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」報告：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，2012. 03.  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=19557&hou\\_id=15019](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19557&hou_id=15019)
- 13) 藤貫秀宣：地熱発電の潮流と開発技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，第 4 章 第 3 節 掘削の機材・掘削具，pp. 266～286，2011. 11.
- 14) 上滝尚史：地熱発電の潮流と開発技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，第 4 章 第 2 節 地熱井掘削技術の紹介，pp. 252～265，2011. 11.
- 15) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：（第 4 回）資料，参考資料-2 地熱開発における行為の概要．2011. 11. 08.  
[https://www.env.go.jp/nature/geothermal\\_power/conf/h2304/ref02.pdf](https://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2304/ref02.pdf)
- 16) 樋口勝彦・永石孝司・吉田哲雄：地熱井用コンパクトリグ HC-2000R について，地熱技術，Vol. 35, Nos. 3&4, pp. 59～70，2010.
- 17) 中田晴弥：地上環境に配慮した開発技術等について，2009.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90130b05j.pdf>
- 18) 地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：（第 5 回）資料，資料-3 地熱発電事業における行為及び国立・国定公園の環境に対する影響と課題，2012. 02. 14.  
[http://www.env.go.jp/nature/geothermal\\_power/conf/h2305/mat03.pdf](http://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2305/mat03.pdf)
- 19) 上滝尚史・牛島恵輔：大分県滝上地区における傾斜掘削技術の活用，日本地熱学会誌，Vol. 26, No. 1, pp. 25～38，2004.
- 20) 環地熱発電事業に係る自然環境影響検討会：（第 3 回）資料，資料-2 海外現地調査の結果，2011. 10. 03.  
[http://www.env.go.jp/nature/geothermal\\_power/conf/h2303/mat02.pdf](http://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2303/mat02.pdf)
- 21) 火力原子力発電技術協会：地熱発電，火力原子力発電技術協会，I 地熱発電の概要，

- pp. 1～16, 2009.
- 22) 長縄成実：最新の掘削技術（その1），石油開発時報，No. 148, pp. 5～13, 2006.
  - 23) World Oil, October 2012.  
<http://www.worldoil.com/October-2012-Sakhalin-extended-reach-well-pushes-ER-D-envelope-to-a-world-record.html>
  - 24) 糸井龍一：地熱発電の潮流と開発技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，第6章 第3節 地熱エネルギーの利用におけるスケール生成と対策，pp. 402～415. 2011. 11.
  - 25) 火力原子力発電技術協会：地熱発電，火力原子力発電技術協会，V 地熱技術の展望，pp. 94～145, 2009.
  - 26) 広渡和緒・清田由美・内山明紀・堀越孝昌・當舎利行：地熱還元井活性化技術（スケール付着防止）の調査の概要，地熱エネルギー，Vol. 28, No. 1, pp. 43～66, 2003.
  - 27) 森英利・安田啓司：地熱エネルギー利用システムにおけるシリカスケール抑止技術の開発，科学研究費補助金報告書；基盤研究(C) (2)；14550735, 2004.
  - 28) 長縄成実：最新の掘削技術（その10），石油開発時報，No. 157, pp. 14～21, 2008.
  - 29) 広渡和緒：「シリカスケールの生成機構及び抑制・除去技術」，『地熱利用におけるスケール問題』地熱調査会開催セミナーテキスト，地熱調査会，pp. 1～20, 1991.
  - 30) 環境省自然環境局国立公園課：「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会（第4回）参考資料 - 3 「自然公園法の行為制限と解釈（地熱発電事業に伴う行為を抜粋）（第2種・第3種特別地域について）」，2011.
  - 31) 環境省自然環境局国立公園課：「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会（第5回）資料 - 4 「基本的考え方（案）「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）」」，2012.
  - 32) 山本公夫、若谷佳史：「発電所の景観設計手法」，（財）電力中央研究所 経済研究所「電気経済研究 No. 19」，pp59～75, 1985.
  - 33) 環境省自然環境局国立公園課：「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会（第4回）参考資料 - 3 「自然公園法の行為制限と解釈（地熱発電事業に伴う行為を抜粋）（第2種・第3種特別地域について）」，2011.
  - 34) 環境省総合環境政策局環境影響審査室：「地熱発電所の設置等に関する環境影響評価」，pp26, 2012.
  - 35) 山本公夫、若谷佳史：「発電所の景観設計手法」，（財）電力中央研究所 経済研究所「電気経済研究 No. 19」，pp59～75, 1985.
  - 36) 熊谷洋一（東京農業大学地域環境科学部 教授）：「自然環境と再生可能エネルギー 国土のランドデザインと地熱開発」，p. 2, 2011.
  - 37) 環境省自然環境局国立公園課：「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会（第4回）資料 - 3 「事業特性と許可の考え方（地熱発電事業の行為内容と環境への影響軽減技術について（2/3）」」，2011.
  - 38) 環境省総合環境政策局環境影響審査室：「地熱発電所の設置等に関する環境影響評価」，p. 26, 2012.
  - 39) 環境省自然環境局国立公園課：「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会（第4回）

- 参考資料 - 3 「自然公園法の行為制限と解釈（地熱発電事業に伴う行為を抜粋）（第2種・第3種特別地域について）」，2011.
- 40) 小川総一郎：「エコロジカル・ランドスケープからの環境デザイン-サステイナブルな環境にさりげなく建築を配置するために-」，建築雑誌，pp. 30～31, 2006.
  - 41) 環境庁自然保護局：「自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法」 p. 2, 2010.
  - 42) Peter Bosselman and Kevin Gilson：「VISUALIZING URBAN FORM, procceding 1st EAEA Conference, 1995.
  - 43) 生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会：環境アセスメント技術ガイド 生態系，自然環境研究センター，2002.
  - 44) 環境庁企画調整局環境影響評価課：“実行可能なより良い技術”の検討による評価手法の手引，2000.
  - 45) 環境省・経済産業省：「発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議」の中間報告，2012. 11.
  - 46) 環境省総合環境政策局：環境影響評価法に基づく基本的事項等に関する技術検討委員会報告書，2012. 3.
  - 47) 生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会：生物多様性分野の環境影響評価技術（II）生態系アセスメントの進め方について，2000.
  - 48) 小川総一郎・小田信治・中牟田直昭他：地域生態系に基づいたこれからの調整池の提案，土木学会第58回年次学術講演会予稿集，VII-043，pp. 85-86，2003.
  - 49) 環境影響評価の基本的事項に関する技術検討委員会：環境影響評価の基本的事項等に関する技術検討委員会 報告，2005. 2.
  - 50) U.S. Fish and Wildlife Service: Habitat Evaluation Procedures Handbook, <http://www.fws.gov/policy/ESMindex.html>, accessed Nov. 30, 2012.
  - 51) 田中章：HEP 入門，朝倉書店，2006.
  - 52) 横田樹広・伴武彦・上杉章雄他：複数種を対象とした HEP による環境影響評価方法の研究－里山生態系を対象としたケーススタディー，環境アセスメント学会大会要旨集，2006.
  - 53) 野寄弘道・横田樹広・千田庸哉他：環境影響評価で必要とされる生物多様性ポテンシャルマップの実践的調査研究，環境アセスメント学会大会要旨集，2012.
  - 54) 環境省：環境影響評価技術検討会 平成 13 年度第 2 回環境負荷分科会配布資料，[http://www.env.go.jp/policy/assess/5-2tech/3taiki/huka13\\_2/chap1\\_1\\_2.html](http://www.env.go.jp/policy/assess/5-2tech/3taiki/huka13_2/chap1_1_2.html)，2012. 11. 27 アクセス
  - 55) 米村惣太郎 他：環境指標動物を用いた地域生態系保全（その 2）－その後のリスの橋と利用状況および生息環境について－，清水建設研究報告，第 85 号，2007.
  - 56) 渡邊哲也：既存林の有効利用による自然環境復元の効果検証，国交省 近畿地方整備局平成 16 年度管内技術研究発表会（環境・景観部門），2004.
  - 57) 山辺正司・渡邊哲也：森林表土の移植による自然環境の復元効果について日本緑化工学会誌，第 29 巻第 3 号，pp. 393-395，2004.
  - 58) 佐藤 龍也 他：岩石-水反応を考慮した地熱貯留層解析－澄川での実施例，地熱技術

- 31(1・2), pp.73-81, 2006.05.
- 59) 環境省自然環境局：地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会資料
  - 60) 環境省自然環境局：温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係), 2012.03.
  - 61) 石戸経士・松山一夫・、杉原光彦・佐々木宗健・當舎利行：八丈島熱水系の変動予測シミュレーション, 日本地熱学会学術講演会講演要旨集, B39, 2012.
  - 62) 茂野博：簡易モデル数値シミュレーションによるマグマ熱水系賦存環境の多様性の基礎的検討, 地質調査所月報, 第50巻, 第12号, pp.725-741, 1999.
  - 63) 加藤雅士・刈城佐登志・岡部高志・木崎有康：高傾斜用坑内流動シミュレータの開発, 日本地熱学会学術講演会講演要旨集, B38, 2012.
  - 64) 古賀大晃・藤光康宏・江原幸雄：島原半島の温泉地域を対象とする熱水流動数値シミュレーション, 日本地熱学会学術講演会講演要旨集, B40, 2012.
  - 65) 田中彰一・西浩：水あるいは水-炭酸ガス混合物を産出する地熱井における気液二相流動のシミュレーション, 日本地熱学会誌, 17(4), pp.253-269, 1995.10.
  - 66) 中川 加明一郎・本島 勲・北野 晃一：地熱貯留層のシミュレーションによる評価法, 電力土木 (216), pp.99-107, 1988.09.
  - 67) 環境省総合環境政策局環境影響評価課：発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議 中間報告, 2012.
  - 68) 柿島伸次：地熱発電所冷却塔のプルームの拡散に関する風洞実験, 地熱エネルギー, No.12, pp.120-127, 1979.
  - 69) 茅野政道：原子力と大気拡散研究, 日本原子力学会誌, 32, pp.1080-1086, 1990.
  - 70) 日本原子力学会標準委員会：公衆審査 発電用原子炉施設の安全解析における放出源高さを求めるための数値モデル計算実施基準(案) 20XX,  
<http://www.aesj.or.jp/sc/public/public-60.html>
  - 71) 佐田幸一：安全解析のための数値モデルによる排ガス大気拡散予測および被ばく線評価, 電力中央研究所研究報告書, V08046, 2009.
  - 72) 佐田幸一：原子力施設・排ガス拡散予測のための数値モデルの実用化検討, 電力中央研究所研究報告書, V10009, 2011.4.
  - 73) 市川陽一・佐田幸一・柿島伸次：大気拡散予測手法, 電中研レビュー, 第38号, 2000.3.
  - 74) 岡林一木・永山圭憲：複雑地形へ適用可能な非定常乱流拡散数値シミュレーション技術の開発-風洞実験代替に向けて-, 三菱重工技報, Vol.49, No.1, 2012.
  - 75) 電源開発株式会社：鬼首地熱発電所 噴気災害の発生原因と今後の安全対策の報告について, 2011. <http://www.jpowers.co.jp/oshirase/oshirase110128-2.pdf>
  - 76) 地熱発電の潮流と開発技術, サイエンス&テクノロジー株式会社, p.55, 2011.11.
  - 77) 近隣温泉に圧力変動, 福島民報, 2012.10.13.
  - 78) 窪田ひろみ：地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域共生に向けた方策, 電力中央研究所研究報告 V11033, 2012.
  - 79) 野田徹郎：地熱利用の促進と環境への影響, 温泉, 79(845), p.19-24, 2011.
  - 80) 地熱発電と温泉との共生を検討する委員会：報告書 地熱発電と温泉利用との共生を目指して, 日本地熱学会, p.55, 2010.05.

- [http://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/onsen/report/Final\\_130510.pdf](http://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/onsen/report/Final_130510.pdf)
- 81) 矢野昌彦：「環境リスク管理のための人材養成」プログラム(編)，リスクマネジメント・システム (シリーズ環境リスクマネジメント)，大阪大学出版会，2009.
  - 82) 環境省自然環境局：温泉資源の保護に関するガイドライン (地熱発電関係)，2012，  
[http://www.env.go.jp/nature/onsen/docs/chinetu\\_guideline.pdf](http://www.env.go.jp/nature/onsen/docs/chinetu_guideline.pdf)
  - 83) 日本地熱学会 (地熱発電と温泉との共生を検討する委員会)：地熱発電と温泉利用との共生を目指して，2010.  
[http://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/onsen/report/Final\\_130510.pdf](http://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/onsen/report/Final_130510.pdf)
  - 84) 窪田ひろみ：地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域共生に向けた方策，電力中央研究所研究報告，V11033，2012.
  - 85) 上地成就・村山武彦・錦澤滋雄：地熱発電事業における合意形成の現状と課題～福島県柳津西山地熱発電所を事例として～，環境アセスメント学会第11回大会要旨集，p.94-97，2012.
  - 86) 窪田ひろみ・本藤祐樹：地熱エネルギー活用に対する自治体の意向，日本エネルギー学会大会発表要旨，8-2-3，2012.
  - 87) 窪田ひろみ・本藤祐樹：地熱発電と温泉利用に関する自治体の意識分析，日本地熱学会平成24年学術講演会講演要旨集，A27，2012.
  - 88) 原科幸彦(編著)：市民参加と合意形成 都市と環境の計画づくり，学芸出版社，2006.
  - 89) 馬場健司・田頭直人：再生可能エネルギー技術の導入に係る社会的意思決定プロセスのデザインー風力発電立地のケースー，社会技術研究論文集，Vol.6，p.77-92，2009.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/6/0/6\\_0\\_77/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/6/0/6_0_77/_pdf) .
  - 90) 馬場健司・木村宰・鈴木達治郎：第7章ウィンドファームの立地における環境論争と社会意思決定プロセス，鈴木達治郎，城山英明，松本三和夫編：エネルギー技術の社会意思決定，日本評論社，p.190-226，2007.  
(ref. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/3/0/3\\_0\\_241/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/3/0/3_0_241/_pdf)).
  - 91) 畦地啓太・錦澤滋雄・原科幸彦：風力発電所建設の合意形成プロセスにおける環境アセスメントのデザインー東伊豆風力発電所新設計画を事例としてー，環境情報センター，2010.  
<http://www.nishikiz.depe.titech.ac.jp/pdfs/azechi.pdf>
  - 92) 原科幸彦：風力発電の立地プロセスに係る考察，風力発電施設と自然環境保全に関する研究会資料，2007.  
[http://www.env.go.jp/nature/yasei/sg\\_windplant/03/mat03.pdf](http://www.env.go.jp/nature/yasei/sg_windplant/03/mat03.pdf)
  - 93) 吉永明弘：日本のクリーンエネルギー事情と風力発電ー「永続地帯」の研究結果と「市民風車」の実践から，千葉大学公共研究，Vol.4(4)，p.209-220，2008.  
<http://mitizane.ll.chiba-u.jp/metadb/up/ReCPAcoe/44yoshinaga.pdf> .
  - 94) 丸山康司：風力発電と自然保護，風力エネルギー，Vol.28(3)，p.12-17，2004.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jweal977/28/3/28\\_3\\_12/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jweal977/28/3/28_3_12/_pdf) .
  - 95) JST 研究プロジェクト：小水力を核とした脱温暖化の地域社会形成，  
<http://jsthydro.org/index.html>

- 96) (財)新エネルギー財団 新エネルギー産業会議：低炭素社会に向けた水力発電のあり方に関する報告書，2010.  
[http://www.nef.or.jp/introduction/teigen/pdf/te\\_h21\\_06.pdf](http://www.nef.or.jp/introduction/teigen/pdf/te_h21_06.pdf)
- 97) Lawrence E. Susskind and Jeffrey L. Cruikshank (城山英明，松浦正浩訳)：コンセンサス・ビルディング入門 公共政策の交渉と合意形成の進め方，有斐閣，2008.
- 98) 松浦正浩：洋上風力発電と地域・漁業の共生に関する円卓会議，  
<http://洋上風力.jp/index.html>
- 99) 清水建設：エコロジカルランドスケープ  
[http://www.shimz.co.jp/tw/tech\\_sheet/rn0032/rn0032.html](http://www.shimz.co.jp/tw/tech_sheet/rn0032/rn0032.html)
- 100) 稗貫峻一・本藤祐樹：再生可能エネルギー技術を対象とした拡張産業連関表の構築と応用，第21回日本エネルギー学会大会講演要旨集，8-7-3，2012.
- 101) 稗貫峻一・本藤祐樹：拡張産業連関表を用いた地熱発電導入による地域雇用効果分析，日本地熱学会平成24年学術講演会講演要旨集，A26，2012.
- 102) 稗貫 峻一・本藤祐樹：拡張産業連関モデルを用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析，日本エネルギー学会誌，Vol. 92，No. 1，p. 164-173，2013
- 103) おひさまファンド， [http://www.ohisama-fund.jp/contents/fund\\_about.html](http://www.ohisama-fund.jp/contents/fund_about.html)
- 104) 信じてみませんか、風の力， <http://www.ns-kankyo.co.jp/business/WindPower.html>
- 105) 国土交通省港湾局・環境省地球環境局：港湾における風力発電について，2012.06.  
[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/windport/man\\_harbor/manual.pdf#search='%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB+%E5%85%B1%E7%94%9F'](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/windport/man_harbor/manual.pdf#search='%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB+%E5%85%B1%E7%94%9F')

## 第5章 環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案

### 5.1 骨子案の基本的な考え方

本章では、これまでの調査結果に基づき、平成24年3月に発出された新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」に示された“第2種・第3種特別地域”での優良事例5条件をクリアする上で、環境省の判断材料に資する対応策を提示することを目的とする（本調査研究ではこの内容を「環境ガイドライン骨子案」と称す）。

下記に、自然公園法に基づく優良事例5条件を記す。なお、矢印(→)以降の下線部は、各内容を簡略化して表現したものである。

**条件1**：地域協議会など、地熱開発事業者と、地方自治体、地域住民、自然保護団体、温泉事業者等の関係者との地域における合意形成の場の構築

→開発地域における合意形成の場の構築

**条件2**：公平公正な地域協議会の構成や、その適切な運営等を通じた地域合意の形成

→公平公正な地域協議会を通じた地域合意の形成

**条件3**：発電所の建屋の高さの低減、蒸気生産基地の集約化、配管の切り回しなど、当該地域における自然環境、風致景観及び公園利用への影響を最小限にとどめるための技術や手法の投入、そのための造園や植生等の専門家の活用

→発電所敷地内の自然環境・風致景観等に対する環境対策

**条件4**：地熱開発の実施に際しての、地熱関連施設の設置に伴う環境への影響を緩和するための周辺の荒廃地の緑化や廃屋の撤去等の取組、温泉事業者や農業者への熱水供給など、地域への貢献

→発電所周辺に対する環境対策および地域貢献

**条件5**：長期にわたる自然環境や温泉その他についてのモニタリングと、地域に対する情報の開示・共有

→自然環境・温泉他の長期モニタリングと情報の開示・共有

この優良事例5条件に関して、環境省自然環境局国立公園課では、予め条件を満たす具体的な基準は示さず、地域での協議に基づき判断していく方針を示している（2012年日本地熱学会学術講演会パネルディスカッション「自然景観に調和した地熱発電所の未来像」）。一方、今回ヒアリング調査を実施した開発事業者や自治体からは、条件のハードルが高い、条件をクリアする基準等が分からない等の意見や困惑も一部みられた。特に、開発プロセスのどの段階で優良事例として認められるかの検証時期に対する開発事業者の懸念が大きかった。例えば、初期の段階で優良事例の形成確認がなされた場合、その後、継続的・長期的に5条件を満たすかどうかの定期的な確認や判断が必要となるであろう。一方、環境影響評価の終了後など開発途中段階で優良事例の形成確認の取り消しもありうるとなれば、事業経営リスクが高く投資が進まない。従って、優良事例の認定時期や取り消しの権限等の統一的なルールを検討していく必要があるであろう。

本来、優良事例の評価基準等は関係省庁間で十分協議して提示されるべきものと考えられるが、本報告書がそのような協議に資することも期待して、ここでは優良事例5条

件に対する環境ガイドライン骨子案の検討を試みる。また骨子案では、各条件で期待されている具体的な達成目標や、共通的な必須要素を指針とすることで、自然公園内での地熱開発施策に寄与しうると考えられた。

そこで本章では、まず条件毎に期待される“達成目標(案)”を提案し、それを実現するための“対応策(案)”として、環境負荷軽減に資する“技術的対応策(案)”、および“地域共生方策(案)”を提示する。骨子案策定に際しては、①自然環境・風致景観等の保全、②地域との合意形成・共生の2項目を要求仕様とし、既設地熱発電所・計画事案の文献調査・ヒアリング調査結果、および環境リスクに対する技術的対応策・地域共生方策の調査結果に基づき検討した。対応策2項目に関しては、“今後の課題”として、国、地元自治体、開発事業者および地元関係者のそれぞれ果たすべき役割や施策(例)を示した。骨子案の全体イメージを図5.1-1に示す。

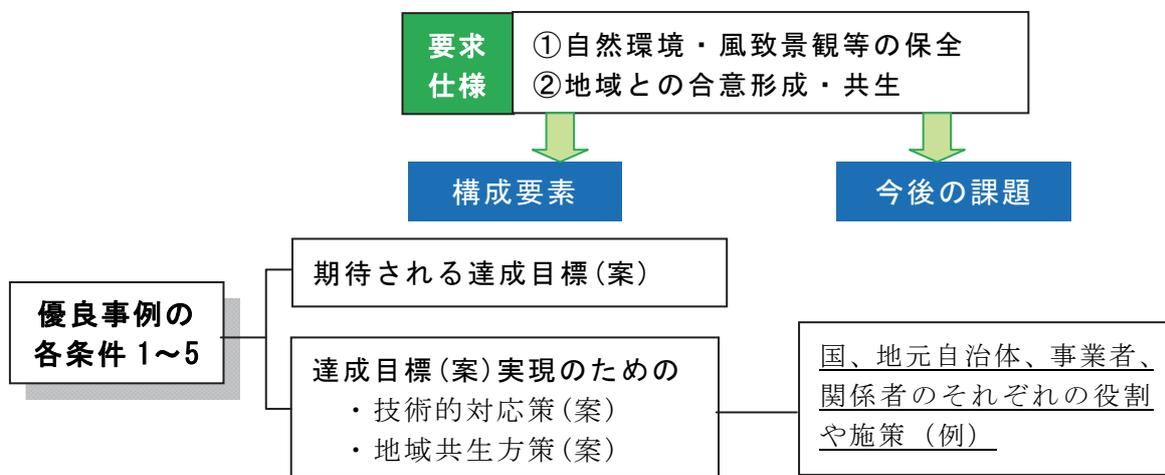


図 5.1-1 優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案のイメージ

なお、本骨子案は自然公園法に合致する内容を想定しているが、環境アセスメント法に基づく手続きとも一部対応するものである(図5.1-2)。環境アセスメントでは、まず開発計画段階において、対象事業の自然環境等に与える影響について、地域住民、専門家、地方公共団体等の意見を取り入れた配慮書を作成する必要がある。優良事例条件1と2は、配慮書作成以前の地表調査段階から、地域関係者との相互理解と信頼関係の構築を目的としているため、配慮書作成時の地元意見集約、および方法書に関する説明会の場としても役立つものである。また、優良事例条件3~5に関しては、環境アセスメント法に基づく環境影響評価結果を踏まえた環境対策や長期モニタリング項目となる。ただし、環境アセスメントは操業前までのプロセスが主であるが、本優良事例条件は、発電所のライフサイクルを通じた継続的・長期的に必要な項目が含まれており、優良事例条件1,2と同様、早期から検討して、計画案で関係者の合意を得ることが必要である。更に、優良事例条件4,5に関しては、環境アセスメント法の範疇外である地域貢献やモニタリング情報の開示・共有等が含まれているため、別途定めておく必要がある。

また、今後の計画事案については、自然公園普通地域や自然公園外に立地するものも

多いが、これらの地域でも地域との合意形成・共生、および発電所内外での環境対策は不可欠であるため、より条件の厳しい第2種・第3種特別地域の優良事例5条件に対する検討結果は、普通地域や自然公園外に立地する計画事案の調査・開発の推進に対しても、十分参考になる内容を想定した。

以下より、各条件に対して環境ガイドライン骨子案の構成要素である“達成目標(案)”とそれを実現するための“対応策(案)”、および“今後の課題”として各関係者の役割や施策(例)を記し、それぞれ四角枠内に本文、次に<解説>を記す形式でとりまとめる。

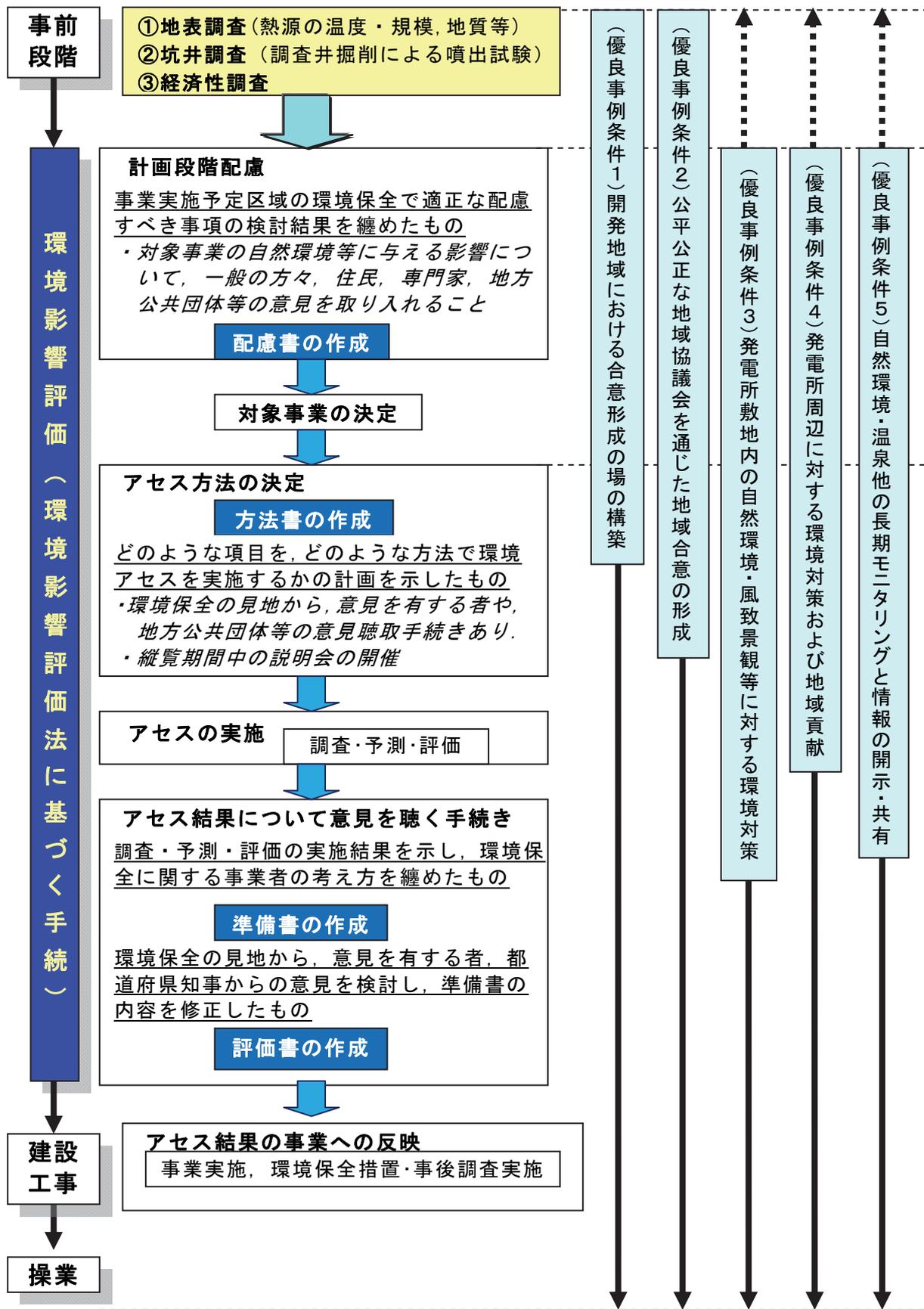


図 5.1-2 環境アセスメントの手続きフローにおける優良事例条件対応策の実施時期

## 5.2 条件1（開発地域における合意形成の場の構築）

### 5.2.1 条件1の達成目標（案）

1. 開発事業者は、地元関係者の理解と信頼を得るため、事業構想計画の早い段階（地上調査開始前）に開発候補地域の自治体に相談し、合意形成の場の構築に係る協力を要請すること。
2. 会議体の目的は、開発ありきではなく事業計画等に関する地元関係者との情報共有、地元の懸念や要望等の意見交換、調査実施等に関する合意を形成するための継続的な相互理解と信頼形成の場とすること。そして、調査・協議結果によっては、開発中止の選択肢もありうることを予め周知すること。
3. 以上のプロセスを経て、地元関係者も納得した会議体を設けること。

#### <解説>

本達成目標は、形式的・一時的に会議体の場を構築するのではなく、予め自治体の理解・協力を得て、会議体のあり方に対する関係者の共通認識を高めるプロセスを経た上で、継続的な合意形成の場を構築することにある。なお、開発有無に関しては未決定の段階であるため、会議体の名称（意見交換会、協議会等）も含め、地域の状況に応じて設定することが望ましい。

#### 1. 開発事業者から自治体への早期相談、および自治体の協力

地熱開発では、自然公園の利活用、観光事業やエネルギー政策にも関わるため、それら意思決定権を有する自治体の役割が大きい。従って、開発事業者は早期に自治体に事業計画等の説明を十分行い、対話の場の構築に係る協力を得ることが重要である。

例えば湯沢市は、地熱発電開発に対して理解があり、既設発電所での地元説明会等の運営、および計画事案（小安地域、国定公園第2・3種特別地域）での協議会の設置・運営において、中立的な立場で事務局の役割を果たしている。

#### 2. 会議体のあり方に関する共通理解の向上

初めから開発ありきではなく、まずは関係者が同じテーブルについて相互理解と信頼関係を醸成することが重要である。まだ地元関係者の意向も意見交換されておらず、詳細な調査も未実施の段階であるため、調査や協議の結果によっては開発中止もありうることを予め周知する。これは、予め会議体の構築意義に対する共通理解や納得感を高め、地元関係者の参加を促す必要があるからである。

例えば、温泉事業者、自然保護団体や自治体等の懸念や反対により、協議会の発足自体が難しい地域もある。地元関係者にとっては、会議体の発足や会議参加を認めることで開発推進とみなされることへの懸念、あるいは参加しても少数派意見が言い難い等の懸念を抱えていることが大きい。従って、まずは会議体の意図や目標に対する共通理解を高めることが重要である。

#### 3. 会議体の形式

継続的な参加・運営のため、関係者納得の上で場を構築することが重要である。なお、関係者が複数地域に存在する、一部関係者に少数派意見への懸念がある等、地域事情に応じて会議体が複数存在しても最終目標を達成できれば問題ないと考えられる。

## 5.2.2 条件1の達成目標(案)を実現するための対応策(案)

1. 自治体との継続的な対話の実施、および都道府県への協力要請。
2. 既設地地域事例・経験・教訓等、地熱開発に対する理解向上のための中立的な情報提供を目的とした勉強会等の実施。
3. 合意の場の構築に際し、地元関係者の意向や事業進展に応じた柔軟な対応。

### <解説>

1. 地熱発電開発に対して自治体の理解が不十分な場合、話が先に進まないことが多い。その反対理由や根拠により対応策は異なるため、まずは自治体との継続的な対話により意見交換を行うことが重要である。自治体が対話に消極的な場合、管轄する都道府県に協力要請する等、対話の素地を構築できる状況に向けた努力が必要である。
2. 地熱発電開発に対し、自治体が懐疑的あるいは懸念や誤解が根強いと、事業計画の説明に対する理解が得られない場合も想定される。このような場合、既設発電所の見学会、立地地域の自治体担当者や中立的な第三者機関（学協会、学識経験者等）のレクチャー等を実施し、地熱発電開発の意義や開発によるメリット・デメリット、経験・教訓等に関して理解を深める方策（勉強会等）が有効であろう。このように、開発事業者は、地熱発電に対する自治体担当者の理解を醸成していく努力が必要である。
3. 既設地熱発電所でのヒアリング調査結果では、合意形成の対象範囲の目安が必要との意見もあった。温泉事業者の範囲に関しては、計画地点から温泉地までの距離や地形地質構造等の観点からの選定基準、対象とする自然保護団体については計画地域での活動状況等による選定基準が考えられる。しかしながら、事業計画の初期段階においては、地熱調査範囲が不確定であり、拡大・縮小等の変更可能性もありうる。複数の自治体や地元関係者が関与する場合もあり、統一的な規模や範囲の限定やルール化は困難であるため、地元関係者の意向や事業の進展に応じ、柔軟な対応が必要である。

例えば、国立公園第2種・第3種特別地域に立地する上川町白水沢地域では、温泉組合などを含む研究協議会が発足した。調査入りへの反対はないものの、現時点では自然保護団体は参画していない。しかしながら、上川町は、これまで自然保護団体とも個別に意見交換と研究協議会への参画依頼を行ってきており、今後、現地調査も実施し、事業者が住民、温泉事業者および自然保護団体の合意を得る場を別途設ける意向である。また、柳津西山発電所の基礎自治体である柳津町へのヒアリング調査結果においても、同発電所計画に対する温泉業者の反対があった間、柳津町は事業者と温泉事業者を直接意見交換させる場を敢えて設けず、町が個別に意見交換を行い、最終的に地域共生が極めて良好となった事例もあった。このように、柔軟な対応を行なうことによって建設的・積極的な対話が進んでいる事例もある。

### 5.2.3 条件1に対する今後の課題

1. 国：地熱発電の実施意義や国の方針に関する情報提供、および啓発活動。
2. 地元自治体：地域特性に合わせた会議体の組織化に関する各種施策の推進。
3. 開発事業者：事業計画案の準備、および地元関係者の理解を得るための事前説明や会議参加依頼など、地元自治体が利用する事業計画概要書の作成。

#### <解説>

##### 1. 国の役割・施策

国策としての地熱発電開発の位置づけに関して、国民や自治体に向けた分かりやすい情報提供や啓発策を行うことにより、各地域において地熱発電に対する理解向上が期待される。例えば、再生可能エネルギーにおける地熱発電の実施意義や国の方針、規制緩和等に関する理解向上のための情報提供が必要であろう。また、地熱発電開発における温泉への影響に対する客観的な公式見解、および温泉発電等の小規模発電事業の普及促進施策により、地熱発電への理解向上と普及促進を図ることが重要である。

##### 2. 自治体の役割・施策

自治体は、合意形成の場の構築に関する意思決定において中心的な役割を担う。これまでの協議会実施事例では、自治体が会議体の事務局として役割を果たすと円滑に進んでいることが多い。自治体は地域事情に詳しいため、温泉事業者や自然保護団体など関係者の選定、関係者に対し会議への参画依頼、事業計画に関する議会や地元住民への広報周知等の機能を果たすことが望ましい。関係者間の対話と合意形成に向け、会議体の組織化に関して自治体が主体的に協力することが重要となる。

##### 3. 開発事業者の役割・責任

開発事業者は、地元自治体等と十分協議した上で、事業計画案（開発構想、工程、事業形態、環境保全対策、地域貢献策など）を準備し、地元関係者・議会などの理解と会議への参画依頼に使用可能な事業計画概要書を作成する。これにより、事業計画全体に一定の理解を得ると共に、温泉や自然環境・風致景観への影響に対する懸念緩和に資する環境対策・地域貢献策及び住民参加型の事業形態等も概略示すことが有効と考える。

以上概説してきた今後の課題を表5.2-1に整理する。

表5.2-1 条件1の達成目標(案)を実現するための今後の課題、および施策(案)

実施主体	施策	目的または補足
国 中央官庁	温泉発電等の小規模発電の普及促進	地熱利用促進への国民全体の理解醸成
	地熱発電事業の必要性の広報周知	国策(地熱発電推進)への理解向上
	温泉への影響に関する公式見解の発行	国の見解による信頼向上
地元 自治体	議会、地元住民への事業内容の広報周知	地域の理解向上
	地元関係者の選定、事業内容の事前説明	関係者の理解向上、意見の事前聴取
	会議体の形式検討、会議体への参画依頼	実情に応じた合意形成の場の設立
事業者	事業計画書および同概要書の作成（自然環境や温泉への環境対策、地域貢献策及び地域・住民参加型の事業形態等）	環境への影響回避・低減への取組方針への理解と懸念緩和に寄与 地域または個人の利益の可能性明示

## 5.3 条件2（公平公正な地域協議会を通じた地域合意の形成）

### 5.3.1 条件2の達成目標（案）

1. 公平公正な地域協議会等の会議体を運営・実施するため、自治体は開発事業者の協力の下、地域の実情を踏まえ、会議メンバーの候補者となる地元関係者、自治体部署、専門家、ファシリテーター等の洗い出しを行い、自治体や地元関係者が公平公正とみなす対象範囲や人数等を設定すること。
2. 調査・開発等は、その都度、会議体での地元合意を得た上で実施し、課題や問題が生じた場合は解決策や代替案等について再度協議するプロセスを踏まえること。

#### <解説>

本達成目標は、立地候補地域の関係者との相互理解と信頼関係構築のため、公平公正な地域協議会等の会議体の継続的な運営、および地域合意を踏まえた上で開発行為を実施することにある。

#### 1. 公平公正な会議体のメンバー構成

会議体に参加するメンバーは、公平公正性を保つため、地域事情に詳しい自治体が開発事業者の協力も得て選定することが望ましい。各関係者の人数割合も意見が偏らないよう適切な構成とする。複数の自治体に関わる地域では、候補となる利害関係者に抜け漏れないように留意する。また、地熱開発は長い年月がかかることから、会議体発足時点でメンバーとなっていなくても途中で利害関係になる団体等が生じる場合、あるいは途中で抜けるメンバーもいることを想定し、柔軟に対応することが重要である。

自治体および国等の関係者に関しては、自然公園法だけでなく、保安林、温泉・地下水・河川、地域のエネルギー政策、温暖化対策、観光等の分野も関わるため、地域事情に応じて関連部署の担当者や都道府県・中央官庁等を含めたメンバー構成を検討する。

専門家に関しては、地元関係者の懸念や要望も踏まえ、国や自治体の研究機関や大学等への協力を要請し、専門分野、所属、地熱発電に対する態度（中立性）を考慮して偏りのない専門家を選定する。科学的な知見の説明や判断を行う上でも、第三者としての専門家の助言は有効である。また、協議を円滑に進めるため、参加メンバーが中立的とみなしたファシリテーターも参加することが望ましい。ファシリテーターは中立的な立場で、話し合いのプロセスを調整し、成果を最大化する役割を担う。なお、関係者の中に適切な人材がない場合、研修等でファシリテーション技術を高めたり、外部機関から人材を要請することも可能である。

#### 2. 会議体を通じた合意形成

開発事業者は、調査・開発行為を行う際、その内容やスケジュール、関連する法制度・条例等について協議会等で情報共有し、地元合意を得る必要がある。想定外に起こりうる問題にも柔軟に対応できるよう、上手くいかない場合の合意条件も考えて文書化しておくことが望ましい。合意形成や意思決定を行う際は、会議体において多様な科学的情報を吟味した上で、関係者が納得できる科学的情報に基づいて行う。また、少数派の利害関係者が不利とならないよう、多数決ではなく、相互利益の最大化を目指すことが望ましい。

### 5.3.2 条件2の達成目標(案)を実現するための対応策(案)

1. 会議体の適切な運営を行うため、会議の開催頻度、事務局の業務、各主体の責任や分担等について予め設定し明文化する。また、運営に係る予算を確保しておく。
2. 議題や課題の適切な抽出、合意形成を円滑に進めるため、参加者合意の上で会議のルールを予め定め、明文化しておく。

<解説>

#### 1. 継続的な運営体制の構築

地熱発電開発は、計画・調査段階から建設、操業に至るまでに長い年月を経る必要がある。その間、利害関係者や自治体担当者が変わる可能性が高い。長期間、協議会等の会議体を運営していくためには、継続性・透明性の高い運営体制を構築する必要がある。また、必要な予算の確保および管理を適切に行うことが重要である。予算に関しては、開発事業者がどの程度負担するのか、国の補助金や自治体予算がどの程度確保できるのか等について予め開発事業者と自治体で検討しておく必要がある。

#### 2. 会議体のルール設定

トラブルを未然に防止するために、各メンバーの責任と役割を明確にし、話し合う（話し合わない）議題や進め方を整理した上で、予めグラウンド・ルールを決めておく（例：相手の意見を批判・中傷しない、最後まで話を聴いてから発言する等）。

初期の段階では、科学的知見が乏しい一方で地元関係者の懸念や不安が大きい。調査が進むにつれて科学的知見が蓄積され、より具体的な議論が必要となる（図 5.3-1）。進捗状況に応じて的確な議題の選定や複数分野の専門家の協力を得ることが重要である。

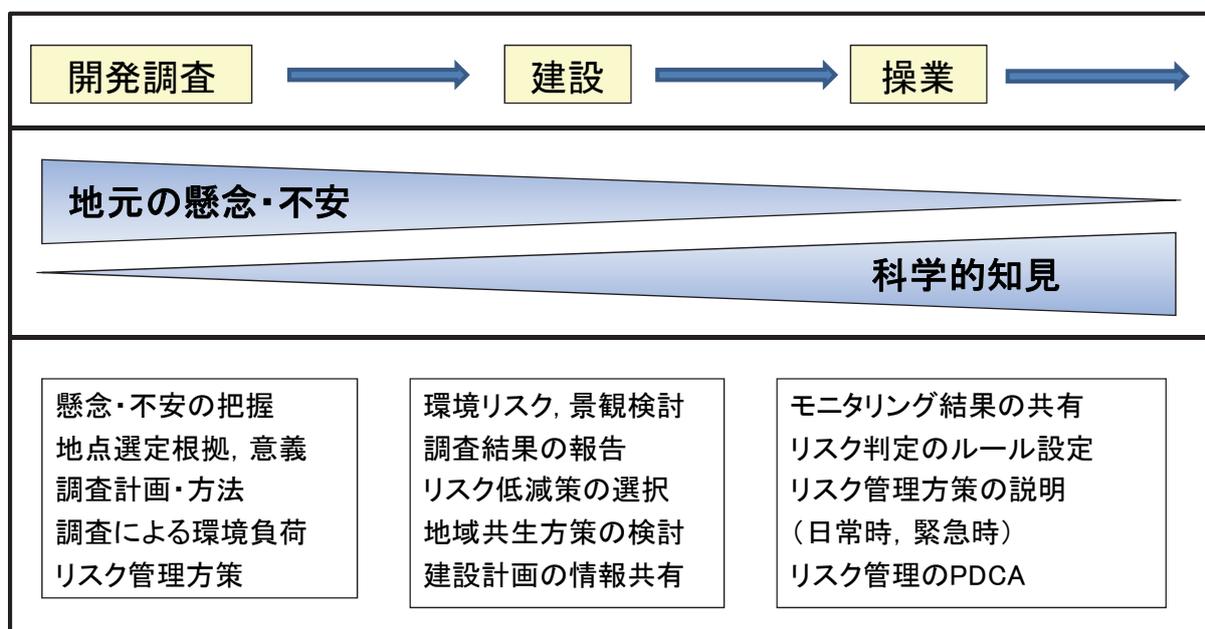


図 5.3-1 地域協議会等の会議体における議題設定の例

### 5.3.3 条件2に対する今後の課題

1. 国：会議体への資金支援、研究機関・民間団体等からの人材協力、事例集等の情報管理。
2. 地元自治体：地域特性に合わせた会議体の運営・継続に関する各種施策の推進。
3. 開発事業者：情報公開、および企業利益のための知財管理、事例情報の共有。

#### <解説>

##### 1. 国の役割・施策

国は、各自治体において公平公正な地域協議会等の会議体が継続するための支援を行っていくことが重要である。自治体調査結果より（4.3節）、長期間におよび協議会を運営していくには継続的な予算が必要であることから、国からの資金支援が考えられる。また、参加メンバーの中立性を保ち、複数分野の専門家の協力を仰ぐには、国の担当者や都道府県等の研究機関、大学等の専門家が必要となる場合がある。このため、今後、地熱発電開発に係る地球科学あるいは工学、温泉科学、掘削技術、景観、生態系等の各分野の専門家リストやデータベース等を国が作成・管理しておくことが有効と考えられる。そうすれば、各地に必要な専門家を円滑に選定・派遣することが可能となる。さらに、各地での協議内容や問題等の事例に関して、ある程度情報を一元管理しておけば、成功事例の蓄積や、反省点・教訓の活用等が可能となり、問題解決の一助となるであろう。

##### 2. 自治体の役割・施策

自治体が継続的に会議体の運営を対応する上では、業務負担をできる限り軽減・簡素化しておく必要がある。自治体担当者が変わる際は、引き継ぎ事項が明確になるように運營業務について明文化しておくことが望ましい。

##### 3. 開発事業者の役割・責任

開発事業者は、事業計画や調査結果に関して、その都度、情報公開を行うと共に、その内容について相手にとって分かり易い説明を心掛けることが必要である。一方、地元関係者においても開発事業者側の説明内容に対し理解向上を心掛け、不明点や疑問はその都度確認し、事業者と地元関係者が十分協議して合意形成を進めることが重要である。しかしながら、知的財産の管理や非公開情報もあるため、十分な説明ができないが故に、地元関係者の懸念や不安に十分対応できない場合もありうる。地域事情により地元関係者の懸念や要望は異なるが、開発事業者の間においても、各地での対応事例や説明の仕方等の情報共有を進めていくことで、今後の問題解決がより円滑に進むと考えられる。

## 5.4 条件3(発電所敷地内の自然環境・風致景観等に対する環境対策)

### 5.4.1 条件3の達成目標(案)

1. 発電所敷地内での環境対策項目については、環境影響評価結果等による科学的知見、および地元関係者の懸念・不安を踏まえ、会議体の参加者合意の上で設定すること。
2. 開発事業者は、発電所敷地内の自然環境・風致景観等への影響を最小限に留めるため、環境面・技術面・経済面の観点から実施可能な最新の環境対策の選択肢を複数提示し、それらのメリット・デメリットについて協議会等で予め十分説明すること。
3. 協議会等にて合意・意思決定する際は、予め各学識経験者や専門家等の中立的な意見、定量的・科学的な知見に関する説明を受け、地域事情に応じた対策を十分協議した上で、合意結果に対する関係者の理解と納得度を向上させること。

#### <解説>

条件3の発電所敷地内の環境対策については、次の条件4の発電所周辺の環境対策と共に、調査検討の対象となる環境リスクの設定方法、および自然環境・風致景観等への影響を回避・軽減できる環境対策の適用が重要である。

#### 1. 環境対策項目の設定

環境対策項目の設定においては、基本的には環境影響評価やリスク評価等の科学的知見に基づき、環境リスクの高い項目の洗い出しを行う必要がある。ただし、風致景観など個人的な価値観に関わる項目や、地元関係者の懸念や不安が高い項目に関しては、地域特有の環境リスクとして会議体で協議し、関係者合意の上で対策の有無を判断することが必要である。環境基準値等の条件を満たしていたとしても、可能な限り環境リスクや地元不安を低減させる努力が重要であろう。

#### 2. 複数対策案の提示

地熱事業者にとっては、地元関係者の価値観や要望を十分考慮する必要があるが、技術的に困難であったり、ある環境対策を実施することにより別の環境リスクが高まるなどトレードオフが生じたりする場合がある。また、事業の採算性が見合わない高コストの環境対策は実施困難な場合がある。従って、協議時点での最新情報に基づき、当該環境リスクを低減するための複数の対策技術について、環境面だけでなく、技術の成熟度、経済性など、複数の観点から意思決定に必要な情報を十分説明することが重要である。

#### 3. 地域事情に応じた対策案の決定

ある環境対策を採択することにより、どの程度の環境リスクが低減できるのか、関連する科学的情報を吟味し、背後にある前提条件、モデル、感度分析等を含めて情報提示した上で、関係者が納得できる科学的情報と、現在の科学の限界を整理し、できるだけ科学的情報に基づく合意の下で意思決定を行う。ただし、地域の社会事情や利害関係者の価値観等を十分考慮し、科学的知見だけでは解決できない場合もあることに留意する。

## 5.4.2 条件3の達成目標(案)を実現するための対応策(案)

1. 自然環境に対する対策技術  
(地上設備、掘削・坑井設備、生態系保全・再生技術、数値シミュレーション技術)
2. 風致景観に対する対策技術 (地上設備、掘削・坑井設備、建物デザイン)

### <解説>

本調査研究では、環境負荷軽減技術として、地上設備技術、掘削技術・坑井設備技術、建築デザイン、生態系保全・再生技術、数値シミュレーション技術およびリスク管理方針について、トップランナー技術を含む技術一覧を、各技術内容、適用範囲、環境に対する影響および経済性に着目して、4.2節にまとめており、参考にされたい。合意形成・地域共生方策についても、4.3節にコンセサス・ビルディング手法やハイブリッドモデルなどの合意形成手法、合意形成事例をまとめており、これも参考に検討されたい。

以下、具体的な対策としていくつか代表例を記す。

### 1. 自然環境に対する環境負荷軽減技術

地上設備については、構成要素である復水器、冷却塔、原水タンク、脱硫装置、気水分離器、サイレンサー、調整池、パイプライン、送電線について、トップランナー技術等の調査結果（技術概要、適用範囲、環境に対する影響、経済性）を示した。掘削技術および掘削・坑井設備については、掘削設備・機械の概要をまとめて環境への緩和策を示すと共に、傾斜掘削技術の最新技術を含む技術レベルを示して環境への緩和策の検討結果を示した。また、坑井維持による環境影響の緩和策として、スケール抑制技術に対して、最新の技術動向や各対策技術の適用状況等をまとめた。生態系保全・再生技術については、定量的生態系影響評価法の概要と実施例を提示すると共に、類似施設の生態系保全措置事例の一覧表と保全策の具体例を示し、地熱発電所に活用可能な技術をまとめた。なお、地熱発電関係の環境影響予測技術に関しては、数値シミュレーション技術の導入を目的に、文献調査を中心に検討を行なったが、適用可能性の結論には至らなかった。

### 2. 風致景観に対する対策技術

発電所本館と地上設備（パイプラインを除く）の風致景観に与える影響を軽減・緩和する建物デザインについては、自然公園法を考慮した要求仕様の個々の内容に対する対応策の例を具体的に示した。また、風致景観保全の地域協議における合意形成ツールとして活用が期待される事前景観検証手法について最新のVR技術等の概要をまとめた。なお、パイプラインについては、4.2.1 地上設備技術において、既設事例を参考に検討モデルを設定して工事数量等を算出し、風致景観保全を目的とした地上敷設工法と地下埋設工法の適用範囲と対応策等をまとめた。また、4.2.2 掘削技術・坑井設備においては、掘削に係わる設備、工事規模および環境に対する影響をまとめており、風致景観への影響を検討する際の資料になるものである。

### 5.4.3 条件3に対する今後の課題

環境対策すべき項目の設定に関しては、地域ごとに異なる可能性があるため、一般的に想定されるフルスペックの環境項目・環境リスク表を予め作成しておき、そこから地域毎に無関係な項目を公正公平に協議して削除し、地域特有の環境項目・環境リスクを設定することができれば合理的である。

#### <解説>

今回の地熱発電事業者のヒアリング結果によれば、地熱開発事業において最も困るのは開発途中での新たな検討項目の追加との意見もあった。このため、環境アセスメント法に基づく対策以外の項目に関しては、地域の自然環境・風致景観上の特性に基づく環境項目・環境リスク表から、公平公正な協議に基づき設定することが考えられる。

地域の自然環境や風致・景観等に合致した環境項目・環境リスクを設定する方法としては、次の2つの方法が考えられる。

- ①地熱開発事業に係わる最小限の環境項目・環境リスクに対して、地域に必要な環境項目・環境リスクを追加し、地域特有の環境項目・環境リスクを設定する方法。
- ②地熱開発で一般的に想定されるフルスペックの環境項目・環境リスク表から、地域に無関係な項目を削除して、地域特有の環境項目・環境リスクを設定する方法。

両者のうち、①は追加すべき項目を見落とす可能性があるのに対し、②は削除すべき項目を見落とす可能性はあるものの、調査・検討対象とすべき項目は全て含まれており、環境保全上の不備はないと考えられるため、②の方法を採用・検討する。②のフルスペックの環境項目・環境リスク表は、それ自体に不備があると問題となるため、国や中立的な学協会・機関等が作成することが望ましい。なお、項目の取捨選択においては、必要に応じて専門家の助言・協力を仰ぐことが有効と考える。

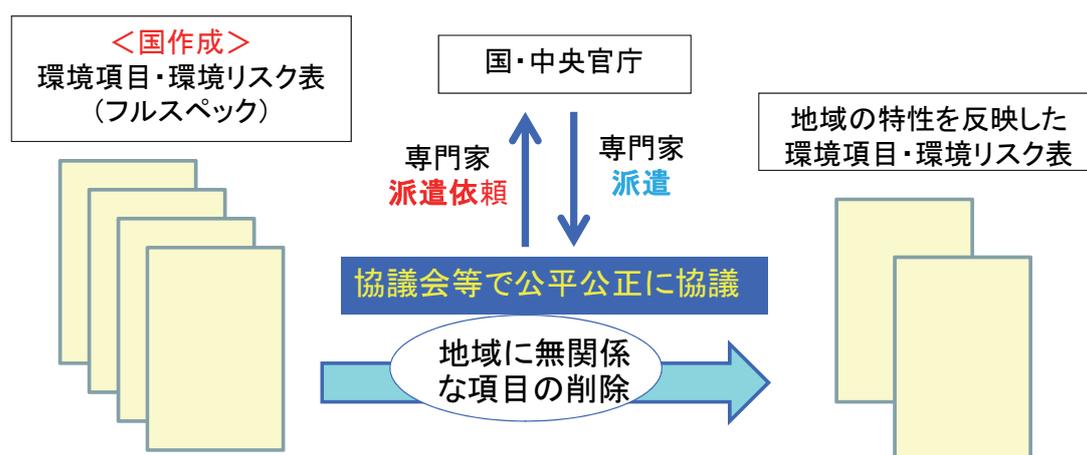


図 5.4-1 地域特有の環境項目・環境リスク表の設定方法（案）

## 5.5 条件4(発電所周辺に対する環境対策および地域貢献)

### 5.5.1 条件4の達成目標(案)

1. 発電所周辺の環境対策項目については、環境影響評価結果等による科学的知見、および地元関係者の懸念・不安を踏まえ、会議体の参加者合意の上で設定すること。
2. 開発事業者は、発電所周辺に対する自然環境・風致景観等への影響を最小限に留めるため、環境面・技術面・経済面の観点から実施可能な最新の環境対策の選択肢を複数提示し、それらのメリット・デメリットについて協議会等で予め十分説明する。
3. 協議会等にて合意・意思決定する際は、予め各学識経験者や専門家等の中立的な意見、定量的・科学的な知見に関する説明を受け、地域事情に応じた対策を十分協議した上で、合意結果に対する関係者の理解と納得度を向上させること。
4. 地域貢献策については、地元自治体や地域の関係者の要望に基づき、便益享受者の公平公正、メンテナンス等の役割分担等も考慮した上で継続性の高い実施可能な地域貢献策を協議し、協議・合意を得た上で実施すること。

#### <解説>

達成目標のうち1から3に関しては、条件3の記述と同じであり、解説は省略する。以下、達成目標4について解説する。

#### 4. 地域貢献策

開発事業者による地域貢献策については、地元自治体や地元関係者の要望に基づき協議し、有効かつ実施可能な案を提案して地域との合意形成や地域との共生に役立つことが重要である。便益の享受者については、長期的な設備の維持管理等も考慮した上で、公平公正に十分留意し、広く関係者に恩恵や貢献があることが望ましい。

### 5.5.2 条件4の達成目標(案)を実現するための対応策(案)

1. 発電所周辺に対する環境対策技術（緑化、景観、生態系保全等）
2. 地域貢献に関する方策（熱水供給、カスケード利用等）

#### <解説>

#### 1. 環境対策技術

発電所および発電所周辺を含む当該地域について、発電所施設の建物デザインだけでなく、周辺の自然環境・風致景観を含めた環境保全に対する総合的な設計が重要である。この総合的な設計技術としては、平成24年度の日本地熱学会・湯沢大会で発表された「エコロジカル・ランドスケープ」技術が注目を集めた。同技術は、“地域の潜在能力を借りてその地域でなければ成しえない環境を保全・創出して技術”と定義されており、人が手を加えていい所といけない所を認識して行うことなどが原則である。今後、地熱発電所の自然環境・風致景観保全の総合設計への導入が期待される。

また、地域協議会などの会議体で風致景観保全に対する協議を行う際、発電所施設や風致景観状況を関係者全員が容易に認識できる視覚情報を提供することは、協議を進め

る上で極めて重要である。各種ソフトウェアの利用が行えると共に、VR シミュレーション技術も実際に供しうるレベルとなっており、事前景観検証手法として合意形成ツールとしての活用も考えられる。

## 2. 地域貢献策

国内外事例の文献・ヒアリング調査結果等は 3 章、地域共生方策は 4.3 節にまとめている。ここでは、それらの調査結果を地域貢献策(案)として提案する場合の留意点も加えて再整理し、表 5.5-1 に示す。なお、電源三法交付金や固定資産税は、地熱エネルギーを利用した直接的な地域貢献策とは性格が異なるため省略した。表中の各貢献策に関しては、地域事情により個別詳細な検討が必要であり一概に地域貢献となるとは限らない点を留意する必要がある。例えば、温泉事業者への熱水供給については、泉質の違いにより却って地元反発を招く場合がある一方、柳津西山発電所では近隣の西山温泉の予備源泉の確保という観点から、新たな源泉からの配湯施設の設置したことで事業推進に大きく貢献した。このように比較的小規模な温泉地であれば適用可能性もある。

地熱事業者は、関係者の要望に応じて、以上の調査検討結果も参考に実施可能な地域貢献策について十分協議し、地域との関係構築に資することが重要である。

なお、実際に地熱発電所が当該地域に立地された場合の具体的な地域便益に関する情報ニーズは高いと考えられる。その際は、既設立地地域での経済効果の試算に関する情報、および当該地域における試算等を行い、現実的かつ具体的なイメージを共有することが重要であろう。

表 5.5-1 地域貢献策(案)の内容及び留意点

貢献策	具体的内容または留意事項
地元自治体の知名度向上	発電所名を、自治体名を加えた名称にする等
地熱発電所の観光資源化	自然公園法などの法規制をクリアした上で、憩いの場 & 学習の場として地域の観光資源として貢献。PR 館の設置に加え希望者には発電所等の見学ツアーを実施。
温泉事業者や農業者への熱水供給	熱水供給に対する要望は多いが、泉質の違いや熱水販売会社との競合、長期的な維持管理等も生じるため、地域事情を十分に考慮した協議が必要。一方、温泉の予備源泉として事業推進に大いに貢献し事例もある。
温泉事業者への技術指導	源泉確保のための地表調査やスケール対策等。地熱発電所と無関係なトラブルも対応依頼される事例あり。
熱水活用策(暖房, 融雪等)	発電所と利用先の距離が遠いと重油使用等より割高になる場合もあるため、予め経済性検討が必要。
宿泊利用拡大	発電所工事関係者等の宿泊利用は従来から実施。地熱発電所の観光資源化による宿泊利用拡大もあり。
地元消費・地元活用	地元での商品・資材購入及び地元会社への工事発注。
地元住民の雇用	地元自治体からの要望は大きいですが、正規雇用人数は一般的に少数である。柳津西山発電所では、地元より 15 名雇用し、地域との協議等での円滑化にも貢献。
地元の社会インフラ整備	道路整備(拡幅, 舗装)等

### 5.5.3 条件4に対する今後の課題

1. 5.4.3と同じ。
2. 地域参加型の事業形態の検討

<解説>

課題1の解説は省略し、課題2について説明する。

#### 2. 地域参加型の事業形態の検討

地域参加型の事例として、ニュージーランドの地熱発電所におけるマオリの資本参加が著名であり、事業者とのパートナーシップの構築に役立っている。わが国でも、地元産業や地元住民・地元関係者などが地熱発電に一部でも資本参加することができれば、発電当事者としての便益の分配が期待でき、地域の直接的なメリットも生じる可能性がある。

住民参加型の再生可能エネルギー関連の事業としては、我が国でも風力発電事業に多くの実績があり、太陽光発電事業でも実績が出てきている。地熱発電の場合、小規模温泉熱利用（いわゆる温泉発電）では、温泉組合などが主体となったLLC（合同会社）やSPC（特別目的会社）、地元自治体を中心とした第三セクター方式の事業形態が想定される。

一方、現在の発電事業においては特定の地熱発電所に対して地元関係者等が出資するような事業形態は存在しない。地熱発電事業者に地元産業・地元住民・地元関係者が出資する事業形態を想定すると、図5.3-1のような匿名組合契約による資本参加方式などが考えられる。匿名組合とは、当事者の一方（匿名組合員）が相手方（営業者）の営業のために出資し、その営業により生じる利益の分配を受けることを約束する契約形態である。日本では商法第535条に規定されており、パス・スルー課税であり、出資者は出資額以上の責任を負担しない（有限責任）。今後、大規模地熱発電に関しても、地元関係者等に便益が生じる事業形態を検討していくことが重要であろう。

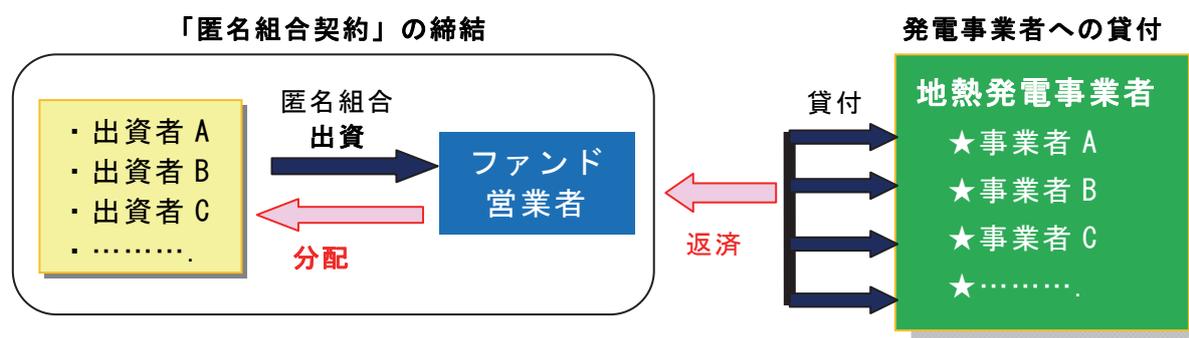


図 5.3-1 地元住民等の資本参加型の地熱発電事業のスキーム

## 5.6 条件5(自然環境・温泉他の長期モニタリングと情報の開示・共有)

### 5.6.1 条件5の達成目標(案)

1. 地熱開発における自然環境や温泉他への影響に対する事前データの蓄積や運転開始後の環境監視データの取得を目的に、モニタリング調査内容(項目、地点(個数)、方法、期間・頻度、実施者)、調査実施主体等について協議し、合意の上で長期モニタリング調査を実施すること。
2. 得られた調査結果等の情報の取扱い(開示条件、公開範囲、共有方法等)についても、協議会での協議・合意に基づき設定すること。

#### <解説>

##### 1. モニタリング調査方法に関する合意

地熱発電所建設前のモニタリングデータは、自然状態の季節変動状況や変動幅を示すもので、運転開始後のモニタリング結果による環境への影響の有無や徴候等を早期に判断するための貴重な科学的知見となる。温泉井の場合、(地熱発電所の有無に関わらず)温泉法のガイドラインに基づき温泉資源の保護・管理のために定期的なモニタリング調査をすることが定められている。温泉事業者においては、自らの温泉資源についてリスク管理を実施することが求められる。また、地熱発電開発の場合、地熱事業者が自然環境や温泉等のモニタリング調査を実施することとなるため、サンプリング等において温泉事業者の協力が不可欠である。従って、地域状況に応じてモニタリングの項目、地点(個数)、期間・頻度に関して協議会等で協議し、地元関係者の合意の上で長期間のモニタリング調査を実施する必要がある。得られたデータは、操業後の自然環境・温泉他への影響の評価に十分な内容にする必要がある。

なお、データの信頼性・中立性を高めるため、モニタリング調査の分析等を行う企業・団体についても、予め協議会等で関係者の承認を得ておくことが重要である。

##### 2. モニタリング情報の開示・共有方法に関する合意

情報の開示・共有については、なるべく広く開示・共有が望ましいとの見方もあるが、温泉データの第三者への開示は温泉事業者が拒むケースが多いため、むやみに情報公開することは、却って温泉事業者に不利益が生じる場合もあることが想定される。このため、協議会等により自治体、地元関係者等で十分協議し、情報の開示条件や公開範囲、情報共有など予め設定しておく必要がある。

## 5.6.2 条件5の達成目標(案)を実現するための対応策(案)

1. モニタリング調査自体に関しては、従来から全ての既設発電所において継続的に実施されており、追加的に必要な技術的対応策は特にないと考えられるが、影響有無の判断基準など調査結果の解釈、および万一影響の徴候が見られた場合や将来的な影響の可能性があると予測される場合の対策について協議しておく必要がある。
2. 情報の開示・共有については、協議会等で十分協議して関係者全員が納得する内容とする必要があり、場合によっては協定書等に含める方法もある。

### <解説>

#### 1. 影響の判断に関わる基準の検討

既設発電所において、モニタリング調査結果は定期的に地元説明会や意見交換会を実施し、必要に応じて温泉事業者への個別説明も行っている場合が多い。また、発電所建設前のデータに基づき統計的な分析を行ない、影響の有無を判断している地域もある。しかしながら、地下構造は地域によって大きく異なるため、自然環境や温泉への影響の有無に関する判断基準について統一的なガイドライン等は定められていない。従って、万一影響の徴候が見られた場合の対策実施の有無の判断や具体的な対策内容についてもケースバイケースである(4.2.6に具体的なリスク管理対応事例を示してある)。このため、モニタリング調査結果の解釈、影響有無の判断基準や事後対策については、発電所毎に関係者間で予め協議し、トラブルを未然防止しておくことが重要である。

#### 2. 情報の開示・共有

既設発電所では、開発事業者・温泉事業者・自治体など関係者間で予め取り決めた協定書に基づき、モニタリングデータを自治体に提出・保管している地域もあり、関係者間での情報共有がなされている立地地域が多い。ただし、モニタリングデータの第三者への公開については、各温泉事業者の開示許可が必要され、基本的には開示範囲は関係者のみである開発前からのベースとなる温泉データに関しては、温泉事業者は日常的に自らの温泉資源の保護・管理をすることが定められているが、温泉資源の維持・管理に関心が低いこと、およびコスト面を理由にモニタリングを実施していない温泉事業者も多い。従って、地熱発電所の立地の有無に関わらず、温泉資源を持続可能な範囲で利用していくためには、日常的に温泉井のモニタリングによる維持・管理が重要である。

従って、情報の開示範囲や共有方策に関しては、地域ごとに設定して協定書等に明文化しておくことが有効であろう。

### 5.6.3 条件5に対する今後の課題

1. 地熱発電開発による温泉等への影響を判断するための科学的知見の蓄積。
2. モニタリング調査結果の分析や影響判断システムの開発。
3. 万一の際の環境対策技術に関する研究開発や保険等の制度検討。

<解説>

地下構造は地域によって異なるが、汎用的な科学的知見を蓄積することによって自然環境や温泉への将来的な影響を早期に検知し、未然防止策を講じる必要がある。そのための学術的研究の発展、および関連する研究機関の連携が必要であろう。

例えば、平成22～24年度、産総研等の研究機関より、環境省委託事業地球温暖化対策技術開発等事業「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」が実施されている(図5.3-2)。この研究では、微小重力、自然電位、温泉水位などの観測データによる地熱および温泉貯留層の熱・水の収支を監視する技術、温泉・地熱貯留層での熱水流動を予測するシミュレーション技術の開発とともに、温泉管理者などの関係者に資源の変動状況をわかりやすく提供できる総合的な地熱貯留層管理システムの開発、および当該システムの有効性の検証を目標としており、今後、実務現場での成果の活用が期待される。

また、4.2.4の生態系保全・再生技術、4.2.6のリスク管理方策でも示したとおり、万一影響の恐れがあると判断された場合の対策案を予め検討し、環境負荷をできる限り軽減するような最新の対策技術を備えておく必要がある。また、それらの更なる研究開発が重要であろう。ただし、一旦環境に影響を及ぼした場合、膨大な費用がかかることが想定される場合や現在の技術的対策では不十分な影響が予測される場合もあるため、国等の支援により保険や補償制度といったシステムや制度を設計・検討していく必要があるであろう。例えば、風力発電の場合は台風等の自然災害による倒壊リスクに備えた保険制度が存在する。地熱発電の場合もそのようなシステムを検討していくことで、利害関係者の懸念や不安低減に繋がると考えられる。

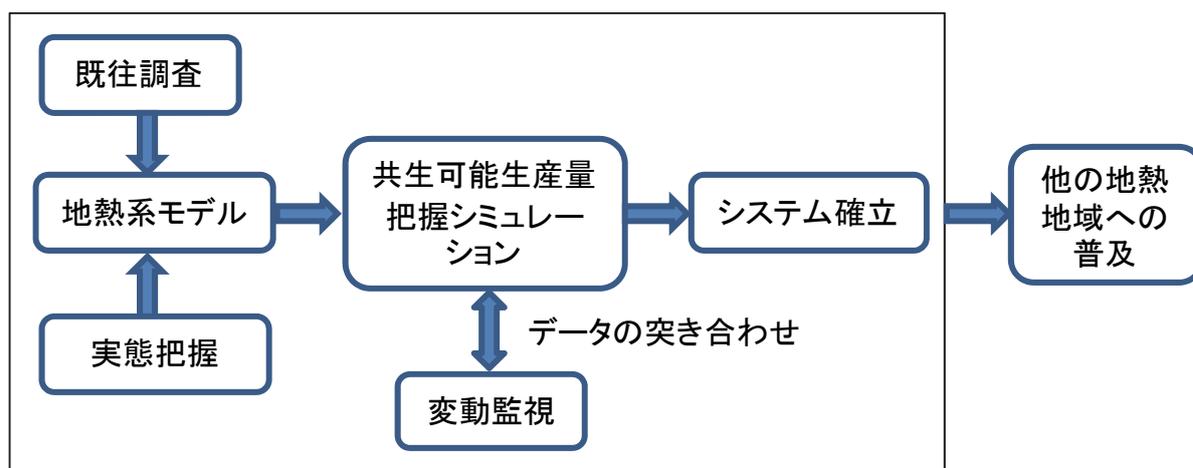


図 5.3-2 「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」のシステム開発フロー

(出所：独立行政法人産業技術総合研究所

[unit.aist.go.jp/georesenv/result/green-report/report10/p55.pdf](http://unit.aist.go.jp/georesenv/result/green-report/report10/p55.pdf) より改変)

## 第6章 まとめと今後の課題

本調査研究は、地熱発電所設置に係わる調査～建設～操業の各段階において、自然環境保全を確実にこなうための“技術的基盤の整備”と“地域との合意形成・共生手法等の検討”の2項目を目的として調査検討を行った。また、2項目の調査検討結果も用いた成果の展開として、平成24年3月に環境省より発出された新通知における“第2種・第3種特別地域”での優良事例5条件をクリアする対応策等を提案した（本報告書では『環境省・優良事例5条件に対する環境ガイドライン骨子案』と称す）。

これら本調査研究の成果は、第2章～第5章に詳述しているが、改めて、本章で各章毎にその成果と今後の課題をまとめ、本調査研究結果の明確化を図る。

### 6.1 環境保全上の規制と環境アセスメント手続きに関する調査結果

第2章において、地熱発電所の設置に対する環境保全上の規制と環境アセスメント手続きについて最新の情報も調査して整理した。規制については、国立公園・国定公園内等の自然公園内に地熱発電所を建設・設置する場合を想定し、自然公園法の規制について調査した。また、地熱発電所の設置への規制緩和に向けた環境省の取組として、新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」と「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」についても、その基本的な考え方をまとめた。さらに、地熱発電所の建設・設置に対する環境アセスメントの手続きについて、制度形成の経緯をまとめると共に、平成25年4月から完全施行される環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続きを詳述した。

これらの調査研究結果の成果と今後の課題をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- ①自然公園法については、自然公園内での行為規制内容を整理すると共に、自然公園内に地熱発電所を建設・設置する場合の自然公園法・自然公園法施行規則の規制を調査した結果、地熱発電所を直接特定した条文は見当たらないことが分かった。
- ②このため、自然公園法・自然公園法施行規則における風力発電施設などの類似工作物の新築、改築若しくは増築に関する許可基準をまとめた。また、地熱発電所に適用が想定される条文および仮設工作物に関する許可基準等も整理した。これらの許可基準は、補足説明を加えた平易な形式で提示することができた。さらに、風力発電施設を対象に、自然公園内の特別地域での設置状況、自然公園内での設置に対する不許可・措置命令等の事例を整理し、地熱発電所設置の是非検討に資する資料を提供した。
- ③環境省・新通知については、地熱発電所に対する過去の通知や意見を整理すると共に、平成23年度の環境省の規制緩和の動きをまとめ、新通知発出までの経緯を示した。また、新通知の内容を概説すると共に、第2種・第3種特別地域については、その内容を図も作成して詳述し、本調査研究での取り組むべき方向性を明確化した。
- ④温泉資源の保護に関するガイドラインについては、同ガイドラインの基本的な考え

方、地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方、関係者に求められる取り組み等について紹介した。

- ⑤地熱発電所に対する環境アセスメントの手続きについては、省議アセスから環境影響評価法に至る制度形成の経緯を紹介すると共に、環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続きを解説した。特に、“配慮書手続”や“報告書手続”などを盛り込んだ「環境影響評価法の一部を改正する法律」が成立し、2013年4月1日より環境影響評価法は完全施行されるため、「配慮書」、「方法書」、「準備書」および「報告書」に焦点を当てて分かりやすく紹介した。

#### 【今後の課題】

環境保全上の規制と環境アセスメント手続に関しては、以前から事業者より環境アセスメント等の事務手続短縮化の要望がある。地熱発電開発は、調査段階から操業に至るまでのリードタイムが長く、それが事業コスト等にも影響を及ぼすため、各関連省庁での今後の取り組みが望まれる。

## 6.2 地熱発電所既設事例および計画事案に対する調査結果

第3章では、国内外の既設発電所における地域との関係構築過程や地域共生策および環境対策などを調査すると共に、国内の地熱発電所計画事案の進捗状況と地域共生・自然環境保全に対する方針について、文献資料調査を行った。また、国内既設事例については、地域との関係構築過程や環境対策等について、更に詳細な情報を得るため、3箇所の発電所に対してヒアリング調査を行った。国内計画事案についても、第2種・第3種特別地域に計画されている2事案を含む4事案に対してヒアリング調査を行い、事業の進捗状況や地域共生・自然環境保全に対する方針について調査した。

これらの調査研究結果の成果と今後の課題をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- ①海外地熱発電所の既設事例については、環境省によるアイスランド・ニュージーランド・ケニアの3カ国の海外調査の公表結果を整理した。また、環境省関係以外にも、Webに公開情報、環境アセスメント学会誌の地熱特集号および自然エネルギー財団の資料等を調査した結果、アイスランド、ニュージーランド、ケニア、インドネシア、フィリピン、フィジー諸島、インド、ベトナム、エルサルバドル、ペルーおよびエチオピア等の多くの国々・地域の地熱発電に関する海外事例情報を収集することができた。
- ②環境省から公開されたアイスランド・ニュージーランド・ケニアの海外調査結果は、本調査研究の調査目的と一致するものであり、更に10カ国以上の目標以上の情報を文献資料調査で入手したことにより、海外既設事例に関する調査目標を達成できた。
- ③国内既設発電所については、事業所13発電所を対象とした各種の文献資料調査を行い、地熱開発の経緯、自治体・地元への報告会等の実施状況、協定書の有無、自然環境保全対策の実施状況、地域貢献内容および経済効果を一覧表形式で示すことが

できた。

- ④環境保全対策の実施状況や地域との合意形成手法・共生策など詳細情報の取得を目的に、滝上地熱発電所、鬼首地熱発電所および柳津西山地熱発電所の事業者ヒアリングを行い、具体的な情報や事業者の意見等を取りまとめた。また、柳津西山地熱発電所地域については、西山温泉事業者と柳津役場に対するヒアリングを行った結果、温泉事業者の生の意見や自治体の役割の重要性等、貴重な情報を示すことができた。
- ⑤国内計画事案については、資源エネルギー庁「資源・燃料政策に関する有識者との意見交換会」の第1回会合に示された全事案を対象に、「NEDO 地熱開発促進調査関係資料」や「新聞・Web 情報」等を調査した。調査項目は、各計画事案の進捗状況・開発スケジュール、地元対策や環境保全に対する方針などであり、散在した情報を一覧表に編集して示すことができた。
- ⑥国内計画事案に対するヒアリング調査に関しては、計画の進捗状況と開発スケジュール、地元調整や環境保全に対する基本的な考え方などに関する詳細情報の取得を目的とした。ヒアリング先は、第2種・第3種特別地域の白水沢地域の上川町役場と小安地域の事業者の出光興産㈱、および自然公園外の（仮称）山葵沢地熱発電所と阿女鱒岳地域の事業者である湯沢地熱㈱と出光興産㈱である。これらのヒアリング調査を通じて、地域との関係構築や合意形成の場の構築等に対する意見や課題等の有益な情報を示すことができた。

#### 【今後の課題】

海外事例に関しては、法制度・規制や社会情勢、人々の価値観等、我が国の事情とは大きく異なる。また、国内既設事例調査結果に関しても、現在の状況とは大きく異なるため、先行事例での手法・技術等を今後の計画事案にそのまま適用することは難しい。従って、最新の地域事情に合わせて適宜改良・改善していくことが重要であろう。また、先行する国内計画事案での成功・失敗事例から教訓・ノウハウ等を蓄積し、今後の地熱発電開発に生かしていくことが課題と考えられる。

### 6.3 主要な環境リスクに対する環境負荷軽減技術の調査検討結果

第4章では、地熱発電事業の調査から操業に至る過程において各段階の主要な環境リスクを抽出して、同リスクに対する技術課題を整理した。また、環境への影響を低減・緩和・修復等の対象となる技術を“環境負荷軽減技術”と称し、国内外のトップランナー技術や最新技術を調査して、自然環境保全に有効な対応策を検討した。環境負荷軽減技術には、地上設備、掘削技術および掘削・坑井設備、建物デザイン、生態系保全・再生技術、数値シミュレーション技術およびリスク管理方策を対象とした。

これらの調査研究結果の成果と今後の課題をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- ①地熱開発の環境リスクについては、平成23年度の地熱発電事業に係る自然環境影響

検討会がまとめた開発段階毎の「開発行為」と「自然環境の影響項目」をマトリックス形式した検討結果が、一般的な環境リスクと地熱発電所特有の環境リスクを含む合理的なものと判断した。また、同検討会は「自然環境へ影響を及ぼす行為」に対する現状技術の環境への影響や課題等をまとめており、その結果に基づいて、地熱発電所の調査・建設・操業に係る環境負荷軽減技術の構成技術のそれぞれに対して、環境保全上の課題をまとめ直し、要求仕様を明確化した。

- ②地上設備については、復水器、冷却塔、原水タンク、脱硫装置、気水分離器、サイレンサー、調整池、パイプラインおよび送電線に対して、現状技術調査としてトップランナー技術などの技術レベル、適用範囲、環境に対する影響および経済性を整理し、環境保全策の検討に資する情報提供を行った。また、パイプラインの風致景観への影響低減方法の検討として、地上敷設工法と地下埋設工法を対象に、既設事例に基づく検討モデルを設定して工事数量を試算し、敷設場所に応じた両工法の適用法と対応策の検討結果を示した。
- ③掘削技術および掘削・坑井設備に関しては、「掘削設備・掘削機械」、「傾斜掘削等の掘削技術」および「坑井維持」の3項目について、最新の技術動向を調査して技術内容を詳述すると共に、それぞれの項目に対する環境影響の緩和策をまとめた。特に、坑井維持については、スケール抑制技術や除去技術等に対する最新技術や適用事例がまとめられた有用性の高い資料と考えられた。
- ④建物デザインについては、発電所本館と地上設備（パイプラインを除く）の風致景観に与える影響を軽減・緩和するため、発電所全体を自然に溶け込ませることを目的とした建物デザイン技術、および地域との合意形成ツールとしての事前景観検証手法、の2つの観点から最新の技術動向と環境保全の対応策をまとめた。前者については、自然公園法の規制に基づいた要求仕様に対して、対応策の一例を具体的に提示した。また、後者については、2Dマップ・3DマップシミュレーションやVRシミュレーションの利用した対応策を例示し、合意形成ツールとして利用可能なことを示した。
- ⑤生態系保全・再生技術については、生態系保全の基本的考え方を示し、国内外の評価技術の内容を紹介すると共に、計画段階および環境影響評価段階における生態系評価法の位置づけをまとめた。また、発電所、廃棄物処分施設、道路の類似事例における生態系保全措置事例の一覧表形式での紹介と保全対策の具体例の紹介を行うと共に、地熱発電所の生態系保全・再生に活用可能と考えられる技術を抽出した。
- ⑥数値シミュレーション技術については、地熱発電所の建設・操業において懸念される“地盤変動”、“地下水流動変化”について、文献調査を行って、環境影響予測手法の適用性について検討を試みたが、有効な文献も少なく結論を得ることができなかった。一方、放出蒸気・硫化水素の拡散問題については、火力発電所や原子力発電所を対象とした既往の研究である程度、適用可能性が期待されるが、地熱発電所での十分な適用可能性評価には至っていない。
- ⑦リスク管理方策については、日常時、緊急時のリスク管理の参考資料として、既設発電所の自然環境への影響発生時の対応・対策実績を示した。また、潜在的なリスクを早期発見し、適切な対策を講じる上で重要なモニタリング調査については、温泉モニ

タリングに注目して、現状と課題を整理した。更に、万が一の事態に備えて、協定書への補償等の記載事例や、温泉業者などから要望が強い保険・補償制度の検討状況などを紹介した。

#### 【今後の課題】

- ⑧建物デザインについては、風致景観保全に対する要求仕様に対して具体的な対応策の一例は示しているが、エコロジカル・ランドスケープ技術などの総合的な最新技術の調査は十分ではない。今後、「エコロジカル・ランドスケープ技術」を含め、発電所施設および周辺地域全体の調和のとれた設計に活用可能な技術を広く調査し、その有効性を立地現場において検討・実証していくことが必要と考える。
- ⑨事前景観検証手法については、地熱発電研究委員会の審議の中でも、地域との合意形成ツールとして役立つ可能性があるとの評価がなされている。今後、実際の合意形成の場で適用を試行して、同ツールの利用方法を踏まえた改良・改善を行うこと重要と考える。

### 6.4 地域共生方策の調査検討結果

前述の通り、第4章では、地熱発電事業の調査から操業に至る各段階の主要な環境リスクと技術課題を整理し、環境への影響を低減・緩和・修復等の対象となる環境負荷軽減技術を調査して、自然環境保全に有効な対応策を検討している。

しかし、地熱発電事業の推進には上記の環境負荷軽減技術による対応策は必要であるが、さらに、地域との関係構築が不可欠である。そこで、4.3節では地熱開発を進める上で不可欠となる地域との合意形成・関係構築に係る地域共生方策についても、最新動向および今後の対応策に関する調査検討を行った。

地域共生方策の調査研究結果の成果と今後の課題をまとめると、次の通りである。

#### 【主な調査研究成果】

- ①合意形成の場の構築については、温泉法や温泉資源保護に関するガイドラインに基づく自治体の役割と、計画事案のヒアリング結果等から自治体の役割の重要性を示すと共に、アンケート調査結果から自治体における今後の課題をまとめた。また、広報活動等を通じて、地熱発電の知名度向上など、合意形成の場の構築に寄与する施策についても言及した。
- ②合意形成プロセスについては、風力発電の合意形成プロセスの紹介、合意形成手法の紹介を行うと共に、地熱発電の合意形成ツールとして、VRシミュレーションなどの事前景観検証手法と自然環境要素を総合的に分析評価する手法として“エコロジカル・ランドスケープ”を紹介した。また、地域共生方策として、地域貢献策や住民参加型のビジネスモデルおよび小規模バイナリー発電等の活用の検討可能性を示した。

#### 【今後の課題】

- ③コンセンサス・ビルディング手法などを用いた会議運営、司会進行役（ファシリテータ

一) が議論進行を行う「ハイブリッドモデル」などの合意形成手法について、実際の合意形成の場で効果を確認することが望ましい。また、合意形成ツールとして期待される VR シミュレーションなどの事前景観検証ツール、自然環境要素の総合的分析評価手法として注目を集めるエコロジカル・ランドスケープ手法なども、実際の地域との合意形成の場に適用して、その効果を確認することが望ましい。

## 6.5 優良事例 5 条件に対する環境ガイドライン骨子案の検討結果

第 5 章では、第 2 章～第 4 章の調査結果に基づき、平成 24 年 3 月に発出された新通知「国立・国定公園内における地熱開発の取扱について」に示された“第 2 種・第 3 種特別地域”での優良事例 5 条件をクリアする環境ガイドライン骨子案を検討した。

環境ガイドライン骨子案の成果と今後の課題をまとめると、次の通りである。

### 【主な調査研究成果】

- ①「自然環境・風致景観等の保全」と「地域との合意形成・共生」の 2 項目を要求仕様と定め、優良事例条件 1～5 のそれぞれについて環境ガイドライン骨子案を具体的に示した。骨子案の内容は、「期待される達成目標（案）」を明示した上で、「達成目標（案）実現のための技術的対応策と地域共生方策」を示すと共に、「国・自治体・事業者のそれぞれの役割等に対する今後の課題」で構成した。
- ②環境影響評価法による環境影響評価手順と優良事例条件 1～5 の関係をフロー図の中で表現し、それぞれの条件の実施すべき時期等の判断資料を提供した。これは、事前計画段階からの地域との関係構築の必要性を明快に説明する資料となっている。
- ③各条件に対する骨子案作成については、国内外の既設事例や計画事案に対する文献資料調査結果やヒアリング調査結果も参考に、今後の国内計画事案の推進にも寄与する内容とした。また、環境負荷軽減技術や地域共生方策等の検討結果も盛り込み、地熱発電所における地域との関係構築や環境対策の検討に資する内容とした。
- ④地熱発電所の優良事例条件対応策に対する国・自治体・事業者の役割を今後の課題等を中心にまとめ、地熱発電所の関係構築等に対するよりよい環境の実現を目指した。また、住民参加型の地熱発電所の事業スキームなど、新たな対応策も紹介した。

### 【今後の課題】

- ⑤優良事例の形成確認後、5 条件を満たすかどうかの定期的な確認や判断は必要と考えられるが、環境影響評価終了後などに優良事例の形成確認の取り消しがあるとなれば、事業経営リスクが高く投資が進まないものと想定される。優良事例の形成の検証時期や形成確認の取り消しの権限等の統一的なルールを検討していく必要があると考えられる。
- ⑥環境ガイドライン骨子案は、地熱の有識者からなる研究委員会の委員や関係官庁・団体のオブザーバーの意見等も反映した内容を提示できたが、関係者内での認知に留まっている。今後、環境ガイドライン骨子案については、地熱関係者や自治体関係者などに広く公表して種々の意見や助言を得て、修正・改善を行い、よりよい骨子案とす

ることが望ましい。

- ⑦環境ガイドライン骨子案の作成については、自然保護団体や温泉事業者の意見を十分には聞いていない。非常に難しい事項であるが、今後、意見を聞く機会があれば、その意見の有益な部分については、骨子案に反映することが望ましい。

## 【資料集】

資料-1：委員会，調査WG活動状況資料

資料-2：国内地熱発電所ヒアリング調査資料

資料-3：国内計画事案ヒアリング調査資料

資料-4：数値シミュレーション関連の文献要約集

**資料-1：委員会，調査WG活動状況資料**

(1) H24年6月1日

第1回地熱発電研究委員会・第1回地熱発電環境リスク調査WG

(2) H24年9月7日

第2回地熱発電研究委員会・第5回地熱発電環境リスク調査WG

(3) H24年12月14日

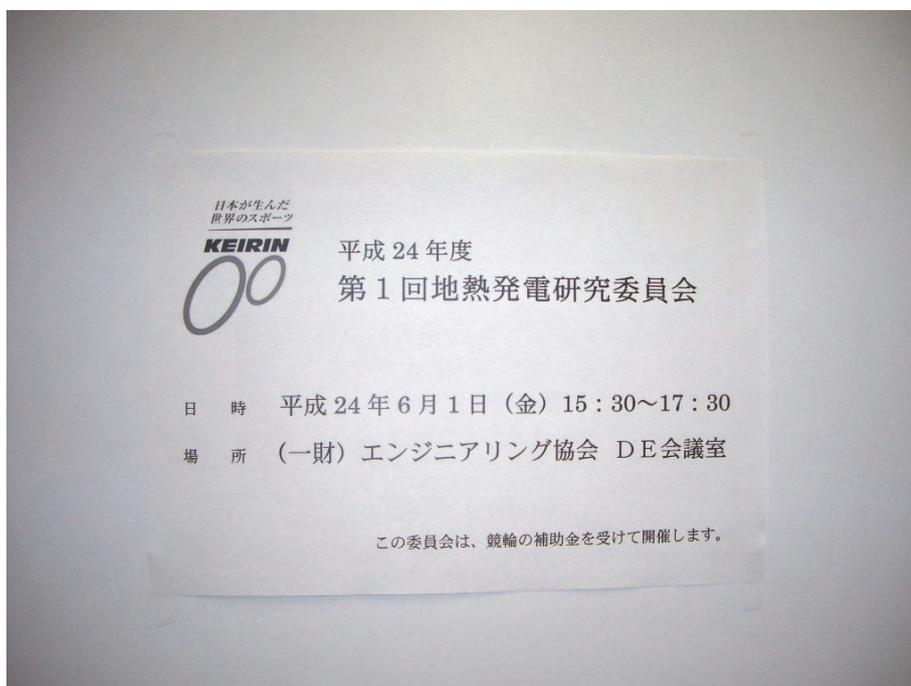
第3回地熱発電研究委員会・第9回地熱発電環境リスク調査WG

(4) H25年3月11日

第4回地熱発電研究委員会・第11回地熱発電環境リスク調査WG

(1) H24年6月1日：

第1回地熱発電研究委員会・第1回地熱発電環境リスク調査WG



第1回地熱発電研究委員会，第1回地熱発電環境リスク調査WG

【出席者】研究委員会：研究委員会委員6名，オブザーバー3名  
調査WG：WG委員7名，オブザーバー2名



第1回地熱発電研究委員会，第1回地熱発電環境リスク調査WG



第1回地熱発電研究委員会，第1回地熱発電環境リスク調査WG



第1回地熱発電研究委員会，第1回地熱発電環境リスク調査WG

## 平成 24 年度 JKA 競輪補助事業 第 1 回地熱発電研究委員会 議事録

記録：(一財) エンジニアリング協会  
百田 博宣

日時：平成 24 年 6 月 1 日 (金) 15:30~17:30  
場所：一般財団法人エンジニアリング協会 D・E 会議室  
出席者<地熱発電研究委員会委員>

江原委員長 (地熱情報研究所), 野田委員 (産総研), 倉阪委員 (千葉大),  
窪田委員 (電中研), 手塚委員 (電源開発), 分山委員 (自然エネルギー財団),  
<地熱発電研究委員会 オブザーバ等>

オブザーバ：森課長 (METI 政策課), 中島審査官 (環境省), 中島部長 (JOGMEC)  
オブザーバの同行者：渡辺課長補佐・山中係長 (METI 政策課)

PFI 手法説明者：下世古企画調査官・栄政策調査員 (内閣府)

<調査WG委員 およびオブザーバ等>

堀江WG委員 (国際石油開発帝石), 福田WG委員 (JFE エンジニアリング),  
五十嵐WG委員 (新日鉄エンジニアリング), 米山WG委員 (清水建設),  
鈴木WG委員 (日本エヌ・ユー・エス), 渡辺二郎WG委員・代理 林様 (物理計測コンサル  
tant),

渡辺一郎WG委員 (日本オイルエンジニアリング)

古谷オブザーバ (出光興産), 伊藤様 (オブザーバの同行者, 出光興産)

<事務局他：エンジニアリング協会>

中村 (直), 山田, 畠山, 百田, 青柳, 根田, 平田

### 配布資料

資料 JKA 1-1	JKA 補助に基づく「地熱発電に係る環境影響調査事業」	研究体制
資料 JKA 1-2	自主事業：平成 23 年度の地熱に係る活動概要	
資料 JKA 1-3	地熱発電に係る環境影響調査事業	入手資料 (資料 JKA 1-3(1)~JKA 1-3(5))
資料 JKA 1-4	JKA 補助事業：平成 24 年度実施計画 (案)	
資料 JKA 1-5	第 2 回委員会までの調査研究分担案と実施工程案	
(事務局より)	研究委員会, 調査WG名簿	
(内閣府より)	PFI 手法の概要について	
(METI 政策課より)	PFI による地熱を利用したプロジェクトのイメージ	
(野田委員より)	関連資料リスト, 規制・制度改革事項についての現状まとめ (案)	

### 主な決定事項 (詳細な議事内容および意見は次ページ以降に取り纏め)

- 1) 委員会の下に, 調査 WG を設置することを委員会で承認した。  
また, 座長は窪田委員 (電中研) に決定した。
- 2) 平成 24 年度の実施計画案について, 「研究の狙い」を承認した。
- 3) 委員会, 調査WGの今後の日程は, 事務局より調整することを了解された。
- 4) 調査WGの進捗状況, 議事内容等は委員会委員に都度報告することを了解された。

## 議事および主な打合せ経過

### 1. 第1回地熱発電研究委員会の開催

- ・エンジニアリング協会(ENAA)宮川常務理事より開会挨拶
- ・METI 政策課の森課長より来賓挨拶。環境省も交えて、このような委員会で議論を重ねていくことに意味があり、閣議決定後に JOGMEC が行動する等の説明があった。引き続き、環境省 中島審査官と JOGMEC 中島部長の挨拶もあり。
- ・ENAA 石油開発環境安全センター(SEC) 中村所長より委員会発足の経緯等の説明あり。

### 2. 委員会委員、オブザーバの紹介

- ・「資料 JKA 1-1」により、地熱発電研究委員会の委員、オブザーバの紹介あり。
- ・委員長挨拶あり。

### 3. 地熱発電環境リスク調査 WG の設置について

- ・「資料 JKA 1-1」に基づいて、地熱発電環境リスク調査 WG の設置を委員会にて承認。
- ・座長(電中研 窪田様)、WG 委員、オブザーバの紹介あり。

### 4. H23 年度の調査活動概要と関連既存資料の取り纏め

- ・事務局より「資料 JKA 1-2」で、平成 23 年度の SEC の地熱発電に関する自主活動の概要説明。
- ・事務局より「資料 JKA 1-3(1)～(5)」で、平成 23 年度の地熱発電開発に関する環境省等の検討会資料などの取り纏め結果を説明。
- ・野田委員持参の配布資料により、地熱発電に係る関連資料リスト、規制・制度改革事項についての現状まとめ(案)その他の説明あり。

### 5. H24 年度の実施計画案(研究内容、研究工程、委員会予定等)

- ・事務局より「資料 JKA 1-4」で、研究の狙い、研究内容案、調査研究スケジュールについて説明。
- ・委員長より各委員に、“研究の狙い”“研究内容”“研究工程”の項目毎に意見を求められた。  
研究の狙いについては、了承された。

#### 【“研究の狙い”に対する主な意見等】

- ・野田委員：地熱発電については、「エネルギー」と「環境」の両面から検討すべき。経産省は推進、環境省は自然保護であり、お互いがどうやって共生していくかが大切。どの辺りを我慢するのか、国民に望ましい方向になるようにしたい。
- ・窪田委員：環境リスクはゼロにはならない。環境課題をどこまで技術でカバーできるかが重要。
- ・倉阪委員：「国立・国定公園内における地熱開発の取扱について(以下、“新通知”と称す)」が出されており、これに基づいて、工作物(施設)の設置基準を検討すべき。また、第2種、第3種特別地域における優良事例の条件に対応する対策等を検討すべき。  
許可の権限は環境省にある。空振りにならないようによく調査をする必要がある。

- ・中島ワグサーハ(JOGMEG)：景観保全，希少種・植生保護などの対策技術についてもコストとの兼ね合いもある．コストに見合う技術なのか検討が必要．環境対策としては景観対策しかなく，半地下，全面地下でしか許容できないというのなら経済的に成立しない．
- ・中島審査官：自然公園法の規制に関して言うと、工作物だけではなく，土石の採取も規制行為である．許可基準は、公園法施行規則に定まっているほか、公園毎の管理計画でも定められているので、具体的な場所を決めて見ていく必要がある．
- ・渡辺課長補佐(METI 政策課)：公園法の規制，傾斜掘削の限界などコストと技術の限界があると思う．今回環境省は地熱が必要となっている現状を考えると，できる範囲のことをすべてやった案件を優良事例とするのか明確化が必要．また，自然公園のなかに作る場合，アセスに10年かかることが問題と考えている．期間短縮が可能かなど，早めにアセスのキックオフができるなどの議論が有益ではないか．
- ・倉阪委員：工作物の審査基準は13m以下であり，木に隠れればよいことになっている．環境アセスはプランニングツールであり，環境負荷の少ない事業計画を策定していくことが大切である．早めに始めて，アセスと事業計画は並列でもよいなど運用の工夫を考えればよく，10年かからないようにできるのではないか．

#### 【“研究内容”に対する主な意見等】

- ・江原委員長：国立公園，温泉問題の2つの環境問題のうち，この委員会で取扱う環境問題は自然環境・景観（掘削,工作物の設置,土砂など）に絞ってはどうか．
- ・倉阪委員：温泉モニタリング，地元調整に関するガイドラインについては，温泉も含めざるをえないのでは．優良事例になるためにすべきこととしてソフト面では協議会等をまとめ，もう一つは従来の審査基準との整合性とコスト面を踏まえることが重要．
- ・窪田委員：作業期間が短いので，優先順位を決めてやりたい．
- ・分山委員：海外先進調査したところ，風力など協議会形式で進めたが欧州で苦勞している事例もある．試行錯誤を重ねながら合意形成を図っているので参考として使えるのでは．協議会制度のサポート体制を考えるのが有効ではないかと思う．
- ・古谷WGワグサーハ：環境負荷軽減は新技術に期待することが大きいですが，傾斜掘りでやっていく方法はコスト面ですんなり進むとは思えない．
- ・江原委員長：本委員会で提案されるガイドラインが活かされることが重要．
- ・野田委員：昨年度，温泉法における掘削許可に関しては，環境省により（都道府県担当者向けの）ガイドラインができていたのでその部分は今回扱わなくて良い．環境アセスの中に温泉のモニタリングも関わっている点は留意すべき．ただ，優良事例のやり方が見えていない．フラットな立場でこうあるべきというものをつくりたい．
- ・窪田委員：本事業の最終的なアウトプット（成果物）だけでなく，アウトカム（成果の活用先）イメージについて意識を共有しておいた方がよい．ガイドラインは誰向けなのか（事業者が使うもの or 自主規制）．環境省が使うもの（審査に耐えうるもの）を目指すのか．今回のガイドライン作成は民間事業なので，国主体で作成するガイドラインとは位置づけが異なるのでは．
- ・江原委員長：優良事例の形成等に対応して，どのようにやっていくのかなど，今後考

慮しなければいけない事を取り纏めること。従来の審査基準も検討し、整合を取っていくことなど今後検討。

- ・中島ワザバー(JOGMEG)：経済的に可能な範囲で環境への影響低減をしていくことになる。環境負荷低減に適用できる技術を、委員会、WGの各社の意見の中で峻別することは、環境アセスの申請や審査の際の基礎資料として重要。

【“研究工程”に対する主な意見等】

- ・事務局：「資料 JKA 1-4」の委員会開催日程については、案である。今後、日程調整を行う。

【確認事項】

- ・事務局：本委員会、調査WGで取扱う環境問題は、自然公園に限定するのか、温泉問題も含めるのか、これまでの討議では明確になっていないので、意見集約を図ってほしいと要望。
- ・倉阪委員：新通知では、優良事例などの条件に5項目があるのでこれを具体化していく視点で進めれば、温泉もカバーできるのでは(5項目については次ページの参考参照のこと)。

参考

国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて

平成24年3月27日 環自国発第120327001号  
各地方環境事務所長、各都道府県知事宛 環境省自然環境局長通知

2. 国立・国定公園内の各地種区分における地熱開発の段階ごとの取扱いについて

(2) 第2種特別地域及び第3種特別地域

ウ。また、現下の情勢にかんがみ、特に、自然環境の保全と地熱開発の調和が十分に図られる優良事例の形成について検証を行うこととし、以下に掲げるような特段の取組が行われる事例を選択した上で、その取組の実施状況等についての継続的な確認を行い、真に優良事例としてふさわしいものであると判断される場合は、掘削や工作物の設置の可能性についても個別に検討した上で、その実施について認めることができるものとする。

5項目

- ・地域協議会など、地熱開発事業者と、地方自治体、地域住民、自然保護団体、温泉事業者等の関係者との地域における合意形成の場の構築
- ・公平公正な地域協議会の構成や、その適切な運営等を通じた地域合意の形成
- ・発電所の建屋の高さの低減、蒸気生産基地の集約化、配管の適切な取り回しなど、当該地域における自然環境、風致景観及び公園利用への影響を最小限にとどめるための技術や手法の投入、そのための造園や植生等の専門家の活用
- ・地熱開発の実施に際しての、地熱関連施設の設置に伴う環境への影響を緩和するための周辺の荒廃地の緑化や廃屋の撤去等の取組、温泉事業者や農業者への熱水供給など、地域への貢献
- ・長期にわたる自然環境や温泉その他についてのモニタリングと、地域に対する情報の開示・共有

## 6. 内閣府殿による「地熱発電に関するPFI」のご説明

- ・内閣府.下世古企画調整官より標記タイトルのパワーポイントPPTによるプレゼンあり (PPTの配布資料あり).
- ・渡辺課長補佐(METI政策課)から、「PFIによる地熱を利用したプロジェクトのイメージ (配布資料あり)」の説明あり.

## 7. JKA補助事業・第2回委員会までの調査WG活動計画案

- ・事務局より、「資料JKA 1-5」を用いて、“第2回委員会に提出すべき資料”，“調査研究の進め方”について内容説明.意見交換は，近日中に調査WGを開催して，そこで行いたいと説明し，了解された.また，近日中に開催を予定する調査WGの日程調整は，後日行う旨を報告.
- ・事務局より，調査WGの議事録等も委員会委員に送付していきたい旨を報告し，了解された.

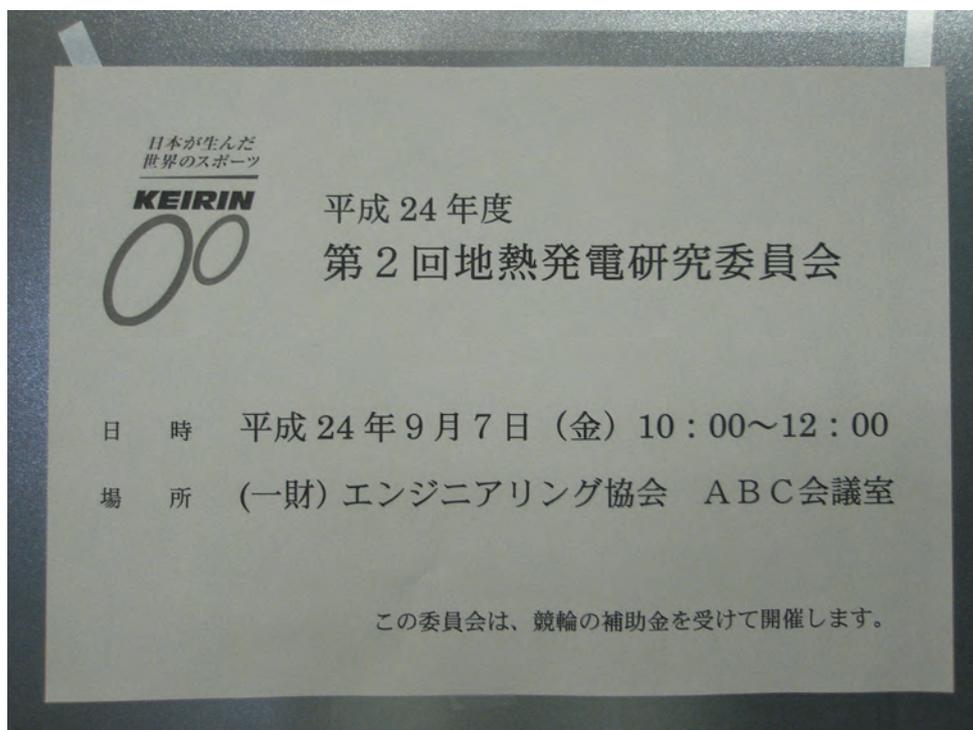
## 8. その他

- ・事務局より「委員会名簿，WG名簿」について，確認をお願いした.

以上

(2) H24年9月7日：

第2回地熱発電研究委員会・第5回地熱発電環境リスク調査WG



第2回地熱発電研究委員会，第5回地熱発電環境リスク調査WG

【出席者】研究委員会：研究委員会委員6名，オブザーバー4名

調査WG：WG委員7名，オブザーバー2名



第2回地熱発電研究委員会，第5回地熱発電環境リスク調査WG



第2回地熱発電研究委員会，第5回地熱発電環境リスク調査WG



第2回地熱発電研究委員会，第5回地熱発電環境リスク調査WG

## 平成 24 年度 JKA 競輪補助事業

### 第 2 回地熱発電研究委員会/第 5 回地熱発電環境リスク調査WG 合同会議議事録

記録：(一財) エンジニアリング協会 百田

日 時：平成 24 年 9 月 7 日 (金) 10:00~12:00

場 所：一般財団法人エンジニアリング協会 A/B/C 会議室

出席者<地熱発電研究委員会委員>

江原委員長(地熱情報研究所), 野田委員(産総研), 倉阪委員(千葉大),  
窪田委員(電中研), 手塚委員(電源開発), 分山委員(自然エネルギー財団),

<地熱発電研究委員会 オブザーバー等>

オブザーバー:福島室長(METI 燃料政策企画室), 樫福課長補佐(METI 電力安全課),  
中島審査官(環境省環境影響審査室), 中島部長(JOGMEC)  
加賀課長補佐(METI 政策課)

<調査WG 委員 およびオブザーバー等>

堀江WG 委員(国際石油開発帝石), 福田WG 委員(JFE エンジニアリング),  
五十嵐WG 委員(新日鉄エンジニアリング), 前田WG 委員(大成建設),  
鈴木WG 委員(日本エヌ・ユー・エス), 渡辺二郎WG 委員(物理計測コンサルタント),  
渡辺一郎WG 委員(日本オイルエンジニアリング), 岡部WG 委員(伊藤忠テクノソリューションズ)  
伊藤オブザーバー(出光興産)

<事務局他: エンジニアリング協会>

中村(直), 山田, 百田, 青柳, 畠山, 根田, 平田

#### 配布資料

##### 資料リスト

資料 JKA.2-1	H24 年度 JKA 競輪補助事業 調査研究体制
資料 JKA.2-2	第 1 回研究委員会議事録案
資料 JKA.2-3	第 4 回調査 WG 議事録案
資料 JKA.2-4	報告書目次案
資料 JKA.2-5	地熱発電所に対する自然公園法の規制
資料 JKA.2-6	環境負荷軽減技術に対する環境保全上の課題
資料 JKA.2-7	掘削技術・坑井設備の調査結果(中間報告)
資料 JKA.2-8	建物デザイン技術の調査検討結果(中間報告)
資料 JKA.2-9	合意形成, 地域共生手法の調査結果(中間報告)
資料 JKA.2-10(1)	地熱発電所の海外事例調査結果(中間報告)
資料 JKA.2-10(2)	地熱発電所の国内計画事案と既設発電所の調査結果(中間報告)
資料 JKA.2-11	今後の調査研究計画案について

#### 主な決定事項(詳細な議事内容および意見は次ページ以降に取り纏め)

- 1) 研究委員会のオブザーバーの交代として, 福島燃料政策企画室長(METI), 樫福班長(METI 電力安全課)の紹介あり. また, 調査WGの新規追加として, 岡部WG委員(伊藤忠テクノソリューションズ), 那須WG委員(清水建設)の紹介あり.
- 2) 調査WGの活動状況, 調査研究の進捗状況については, 委員・オブザーバーの方々から, 次ページ以降に記載の意見を頂いたため, これらを考慮して, 調査研究を進める.
- 3) 海外調査, 国内現地調査, 委託調査の今後の進め方の方針について, 審議した. 海外調査は現時点では計画しないこと, 国内調査は調査計画を策定して関係者に連絡して推進すること, 委託調査は追加調査すべき内容が明確化した時点で検討すること, が承認された.

## 【議事および主な打合せ経過】

### 1. 開会

- ・開会挨拶：エンジニアリング協会 石油センター(SEC) 中村所長
- ・資料確認：SEC 山田部長より本日配布資料の確認あり。
- ・SEC 山田部長より、資料 JKA. 2-1 で、研究委員会オブザーバの交代、調査 WG の新規委員の紹介あり。

※研究委員会新規オブザーバ：福島燃料政策企画室長(METI), 樫福班長(METI 電力安全課)

※調査 WG の新規委員：岡部WG 委員(伊藤忠テクノロジーソリューションズ), 那須WG 委員(清水建設)

### 2. 議事録確認

事務局より、第1回研究委員会議事録案(資料 JKA. 2-2)、第4回調査WG議事録案(資料 JKA. 2-3)の紹介あり。特に、確認事項はなく、何か疑問点等があれば、事務局に連絡することとなった。

### 3. 調査WG活動状況の報告

#### 3.1 目次案による研究成果のイメージと活動状況説明

窪田WG座長より、研究成果のイメージとWG活動状況の報告として、目次案(資料 JKA. 2-4)の説明あり。特に修正点等の指摘はなかったが、以下の助言あり。

- ・野田委員より、世の中の動きでは、環境・エネルギーの両面から見ている。地熱発電などの再生可能エネルギーについて、国民全体のコンセンサスがどのように向かっているか、というマインドも取り入れた方が良いのではないかとの意見あり。  
→窪田座長・事務局より、震災後に調査された再生可能エネルギーに関連する世論や意識等のアンケート調査をレビューし、地熱の位置づけに関する最新の国民の視点について目次案の「1.1節 背景」の中で記載することにさせて頂きたい旨を説明。

#### 3.2 地熱発電所に対する自然公園法等の規制

自然公園に地熱発電所を建設・設置した場合の規制について、資料 JKA. 2-5(2)で調査結果の報告あり。風力発電施設については自然公園法施行規則第11条11項、地熱発電所では第11条6項の許可基準の内容が紹介された。また、自然公園の特別地域内における風力発電施設の設置状況について、地種区分や風車高さおよび許可の理由等を纏めた事例の調査結果の報告あり。これらの説明に対して、以下の質疑あり。

- ・環境省の中島審査官より、地熱発電施設の建築物については施行規則11条6項の適用を受けることになると思うが、まずは坑井掘削に係る土石の採取(法20条3項4号)が認められるかどうか先になる。他にも法3項2号の木竹の伐採も要許可行為であるため追加が必要との意見あり。

- ・倉阪委員より，操業後，補充井の掘削などの設備が長期間置かれる場合，仮設に当たるか疑問ありとの意見あり。  
→環境省の中島審査官より，一般的には、設置期間が3年を超えず撤去されて原状に復されれば，仮設工作物との説明あり。

### 3.3 環境負荷軽減技術に対する環境保全上の課題

「環境負荷軽減技術」に対する環境保全上の課題について，資料 JKA. 2-6 で検討結果の報告あり。課題については，「新通知見直しに向けた基本的な考え方 別紙 2」を整理し直して，掘削技術や地上設備技術などの個々の環境負荷軽減技術に対する要求仕様として纏めたとの説明あり。これに対する質疑応答等は以下の通り。

- ・江原委員長より，数値シミュレーションの位置づけに対する質問あり。  
→事務局より，現在，地熱発電における環境影響の予測や対策の効果評価に，数値シミュレーションがどのような活用できるか調査しているとの説明あり。また，温泉問題との地下水流動問題への適用が出来るのではないかと考えている旨の説明あり。
- ・倉阪委員より，汚染水の地下水，地表水への影響の可能性についても項目として触れておいた方がよいのではないか，との意見あり（地下還元の際の硫酸等）。

### 3.4 掘削技術，坑井設備の調査結果

日本オイルエンジニアリング 渡辺 WG 委員より，資料 JKA. 2-7 で掘削技術・坑井設備の調査結果の報告あり。報告内容は，「設備の種類と規模（設備の小型化，期間短縮の観点からの調査）」，「坑井掘削技術検（垂直掘りと傾斜掘りの環境負荷低減への寄与）」，「坑井維持技術（スケール抑制技術，スケール除去技術）」の3項目であった。本説明に対する意見等は次の通り。

- ・手塚委員より，従来型リグとコンパクトリグの報告の中で，コンパクトリグは比較的浅い還元井の掘削に適用範囲が限定されているが，径が比較的小さい調査井でも使える。適用範囲は事業のステージも考えも考慮して纏めた方がよいとの意見あり。
- ・SEC 畠山部長より，コンパクトリグの「炉」の質問あり。  
→渡辺 WG 委員より「槽」の間違いとの説明あり。また，コンパクトリグの経済性については，削除するとの説明あり。
- ・窪田座長より，資料 JKA. 2-6 は今後の利用性も考えて，「環境に対する影響」と「経済性」を記述することにしたが，経済性については定性的になっているとの補足説明あり。
- ・江原委員長より，シリカスケールに対する抑制技術について，根本的解決は難しいと思うが，国内外で有効で現実味のある技術や研究開発の状況や方向性も調査可能であれば追加して欲しい旨の意見あり。

### 3.5 建物デザイン技術 の調査検討結果

前田 WG 委員より、資料 JKA. 2-8 のパワーポイントで、建築デザイン技術の検討結果のプレゼンあり。これに関連して、以下の意見や質疑あり。

- ・野田委員より、地熱発電所の景観については自然に対するインパクトは避けられない。松川の例だと、風洞型で目立つため開発初期はグロテスクな印象であったが、時の経過とともに地域住民の方がそれを見るとほっとするといっている。感情的に馴染んでおり、自然とのマッチング以外の解消法の一例である。また、地球環境上は良いものについて、見かけが気になるもあるが、もっと俯瞰的に考えると景観におけるランドマーク化としての見方もありうる。このような点も考察に加えて頂ければよい、との意見あり。  
→事務局より、地熱発電所が観光資源と評価されている事例もあるとの説明あり。
- ・倉阪委員より、許可する側から見れば、景観問題はそんなに簡単ではないので、許可事例を参考にするなどが必要、との意見あり。特に自然公園内では許認可対象としては難しい。色の話も大切ではあるが高さ 13m、蓋い（おおい）で隠すなどの対策も考えられる。これまでの設計を前提とするのではなく、設計の工夫・対応するという方向にしないと、だめと言われて終わってしまう可能性あるとの意見あり。
- ・分山委員より、立地地点における景観への影響に関しては、SWG の「地上設備」と「デザイン」のどちらで検討するのか？合意形成の早い段階で、どういう風に地域の意見を取り入れていくのかのプロセスもまとめて頂けると良い。  
→事務局より、立地の景観については数値シミュレーション技術が適用できないかと検討している、建築デザイン全体として設備を一体化して検討し、最終的には全体として提案したい旨の説明あり。
- ・JOGMEC 中島部長より、大霧地熱発電所における景観問題の（配管の色）議論の概要について説明あり。八丈島など自然公園内の事例について、当時どのような議論が出されたか、どうやって認められたかの経緯などを調べられるようであれば調べておいたほうが良いとの意見あり。
- ・江原委員長より、先日の環境省主催のシポジウム（8月30日開催）にて、国立公園協会の演者よりパイプラインを埋設できないのかという話があったとの報告あり。
- ・環境省の中島審査官より、景観の面でパイプラインが長いのは留意が必要と考えており、自然公園法の観点からは、地下埋設が検討されてもよいのではないかとの話があった。
- ・JOGMEC 中島部長より、地上のパイプラインについては、近景では茶色がよいが、中景や遠景では茶色は黒く見えてしまうためあまり良くなく、議論した結果、中景や遠景に適した薄い肌色になったとの説明あり。小動物の動きを遮断しないように、高さを一定にはしないとの説明あり。また、地熱発電所の配管はメンテナンスが必要である

ため、配管埋設は難しいとの説明あり。

### **3.6 合意形成、地域共生手法の調査結果**

窪田座長より、資料 JKA. 2-9 で合意形成・地域共生手法に関する事例等の調査結果の報告あり。また、資料 JKA. 2-9(2)のパワーポイントで、自治体へのアンケート調査として、地熱発電に対する意向、地域への便益、対話の場の関与機関などの調査結果の報告あり。これらの報告に関連して、以下の意見や質疑あり。

- ・野田委員より、地域との協議会の設置がうまくいっていないケースがあり、自治体の意識や、メンバー次第という問題も関係しているとの説明あり。調査研究成果として、望ましい協議会組織について提案して欲しいとの要望あり。また、温泉掘削に関しては都道府県の温泉委員会の管轄、自然環境はアセスの中で議論されるべき問題であるため、協議会で議論する枠組みとは分ける必要があるとの指摘あり。
- ・江原委員長より、熊本県で、地熱・温泉に対する協議会の取組がなされているとの報告あり。また、地熱発電の経済効果など産業連関表を用いた定量的な評価結果などを整備し、地域に紹介できればよいと思うとの意見あり。
- ・経済産業省の福島室長より、福島プロジェクトに関して、自然保護派が、賛成ありきの協議会には参加してもらえず、調査実施を断られたとの紹介あり。環境破壊を伴わない調査について、どのような方法で了解が得られるのかと思うとの意見あり。地熱発電の設置については、国レベル、地域レベルでの経済効果や貢献、価値が異なるため、環境破壊規模に応じてベネフィットのバランスを考慮する必要がある。これらを丁寧に説明していくことが必要であり、議論すべきタイミングやプロセスを整理してほしいとの要望あり。
- ・倉阪委員より、地熱発電計画については、どのように地域に受け入れられるかが重要であり、発電所だけよりは、省エネや地域への温水供給や温水発電など自治体が賛成している便益も含め、総合的なプレゼンアプローチを積極的に行うと良いのではないかとの意見あり。また、しっかりと考えている人は全てに反対しているとは思わないとの意見あり。

### **3.7 国内外事例の調査結果と計画事案の調査結果の中間報告**

事務局より、資料 JKA. 2-10(1)で地熱発電所の海外事例調査結果、また、資料 JKA. 2-10(2)で国内計画事案と国内既設発電所の調査結果の報告あり。特に、質問や意見等はなし。

## **4. 今後の調査研究計画(案)について**

事務局より、資料 JKA. 2-11 で、国内現地調査、海外調査、委託調査などの今後の進め方の方針について説明し、審議をお願いした。特に、質問や修正意見等はなく、以下のように今後の調査計画に対する方針が承認された。

海外調査：現時点では計画しないが、調査が必要な課題が抽出されたら、改めて計画を策定。

国内調査：国内既設発電所，計画事案の国内調査を積極的に行う。調査計画を策定し，本日出席の関係者に連絡し，参加希望を伺う。

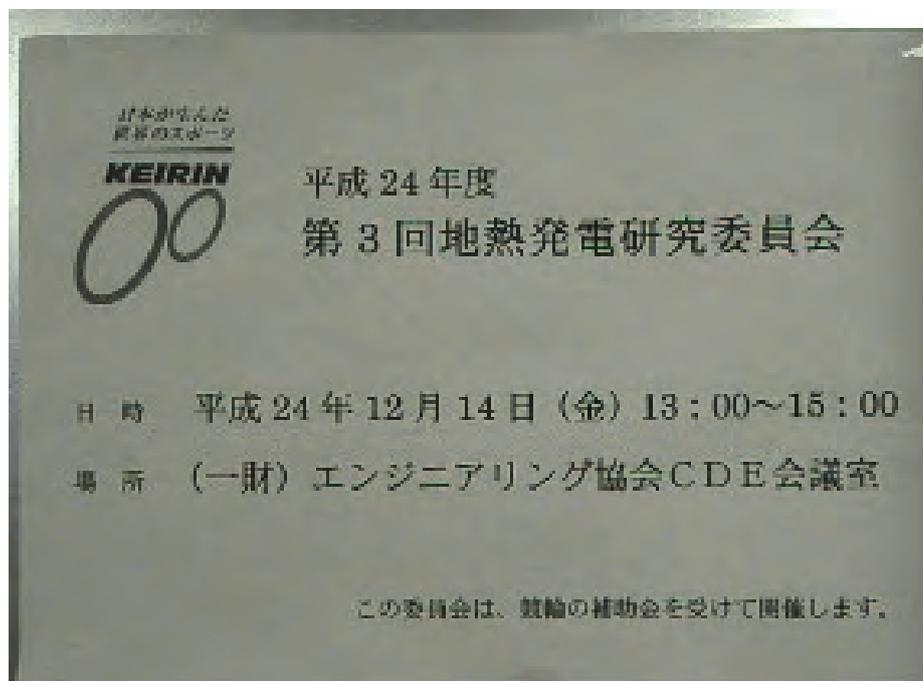
委託調査：環境負荷軽減技術の調査が進捗し，追加調査すべき内容が明確化した時点で，具体的な仕様書を作成し，委託を実施する予定。

## 5. その他連絡事項

事務局より，第3回研究委員会(12月14日)と第4回研究委員会(3月11日)の日程を報告。

以上

(3) H24年12月14日：  
第3回地熱発電研究委員会・第9回地熱発電環境リスク調査WG



第3回地熱発電研究委員会，第9回地熱発電環境リスク調査WG

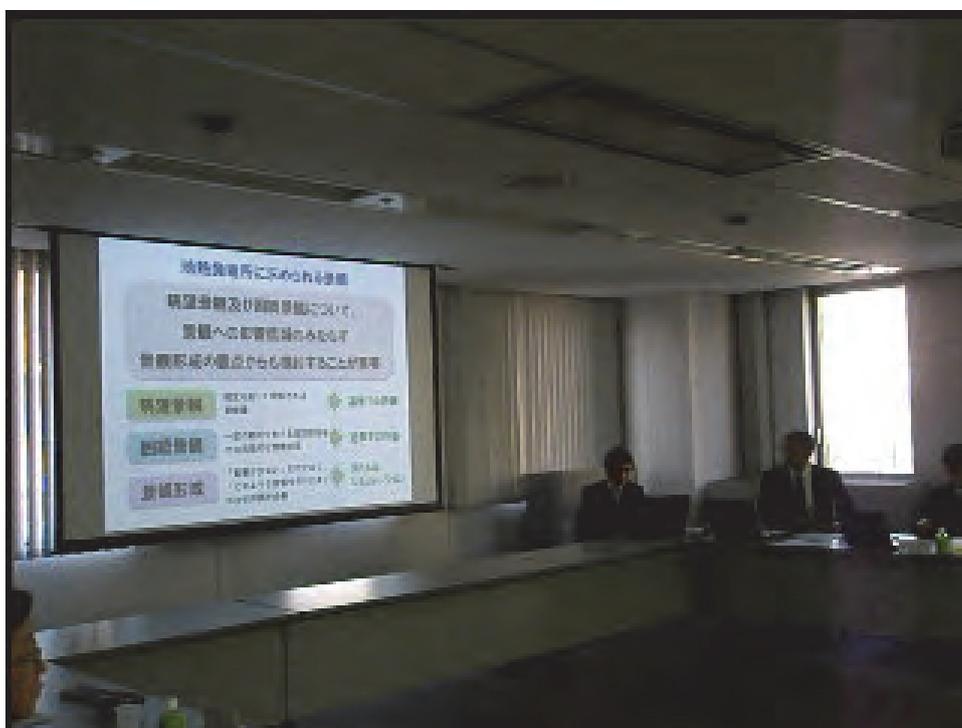
【出席者】研究委員会：研究委員会委員6名，オブザーバー4名  
調査WG：WG委員7名，オブザーバー2名



第3回地熱発電研究委員会，第9回地熱発電環境リスク調査WG



第3回地熱発電研究委員会，第9回地熱発電環境リスク調査WG



第3回地熱発電研究委員会，第9回地熱発電環境リスク調査WG

平成 24 年度 JKA 競輪補助事業

第 3 回地熱発電研究委員会/第 9 回地熱発電環境リスク調査WG 合同会議 議事録

記録：(一財) エンジニアリング協会 百田

日 時：平成 24 年 12 月 14 日 (金) 13:00~15:00

場 所：一般財団法人エンジニアリング協会 C/D/E 会議室

出席者<地熱発電研究委員会委員>

江原委員長 (地熱情報研究所), 野田委員 (産総研), 倉阪委員 (千葉大),  
窪田委員 (電中研), 手塚委員 (電源開発), 分山委員 (自然エネルギー財団),

<地熱発電研究委員会 オブザーバ等>

オブザーバ:福島室長(METI 燃料政策企画室), 樫福課長補佐(METI 電力安全課),  
中島審査官 (環境省環境影響審査室),  
中島部長・代理/木村審議役 (JOGMEC)

<調査WG 委員 およびオブザーバ等>

五十嵐WG 委員・代理/下津氏 (新日鉄住金エンジニアリング),  
堀江WG 委員 (国際石油開発帝石), 前田WG 委員・他同行 2 名 (大成建設),  
鈴木WG 委員 (日本エヌ・ユー・エス), 渡辺二郎WG 委員 (物理計測コンサルタント),  
岡部WG 委員・代理/山根氏 (伊藤忠テクノソリューションズ), 米山WG 委員 (清水建設)  
古谷オブザーバ・伊藤オブザーバ(出光興産)

<事務局他: エンジニアリング協会>

中村 (直), 山田, 百田, 青柳, 畠山, 根田

配布資料

資料リスト

資料 JKA. 3-1	地熱プロジェクトの設置について
資料 JKA. 3-2(1)	第 2 回研究委員会/第 5 回調査 WG 議事録
資料 JKA. 3-2(2)	第 8 回調査 WG 議事録案
資料 JKA. 3-3	目次案による調査活動報告
資料 JKA. 3-4	「2.1 自然公園法~2.3 温泉ガイドライン」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-5	「2.4 環境アセスメントの手続き」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-6	「3.1 海外先進事例調査結果」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-7	「3.2 国内既設事例調査結果」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-8	「3.3 国内計画事案調査結果」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-9	「4.1 主要な環境リスクと技術的課題」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-10	「4.2.1 地上設備 (景観を含む)」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-11	「4.2.2 掘削技術, 掘削・坑井設備」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-12	「4.2.3 建物デザイン」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-13	「4.2.4 生態系保全・再生技術」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-14	「4.2.5 数値シミュレーション技術」中間報告
資料 JKA. 3-15	「4.2.6 リスク管理方策」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-16	「4.3 合意形成・地域共生」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-17	「5 章 環境ガイドライン骨子案」一次ドラフト案
資料 JKA. 3-18	報告書完成に向けた工程案

## 主な決定事項（詳細な議事内容および意見は次ページ以降に取り纏め）

- 1) 調査 WG 活動状況，調査研究の進捗状況については，窪田委員より進捗状況を報告。「第 1 章 調査概要」，「第 6 章 まとめと今後の課題」を除き，一次ドラフト案ができているが，今後ご意見踏まえて改善していく。
- 2) 調査研究内容の代表として，地上設備，建物デザイン技術，リスク管理方策&合意形成・地域共生策および環境ガイドライン骨子案の検討状況を報告。本日頂いた意見等も参考に，今後検討していく。
- 3) 調査研究報告書の完成までの工程案として，WG 委員の最終原稿の作成スケジュール，研究委員会委員への最終原稿の査読の依頼等を行い，提案どおりの工程が承認された。

### 【議事および主な打合せ経過】

#### 1. 開会

- ・開会挨拶：エンジニアリング協会 石油センター(SEC) 中村所長より挨拶。挨拶の中で，地熱プロジェクト室設置の紹介あり（資料 JKA. 3-1）
- ・資料確認：事務局 百田より本日配布資料の確認あり。

#### 2. 議事録確認

事務局 百田より，第 2 回研究委員会議事録案（資料 JKA. 3-2(1)），第 8 回調査WG 議事録案（資料 JKA. 3-2(2)）の紹介あり。特に，確認事項はなく，承認された。

#### 3. 調査WG 活動状況の報告

##### 3.1 目次案による調査活動状況報告

窪田WG 座長より，WG 活動状況の報告として，目次案（資料 JKA. 3-3）の説明あり。また，資料 JKA. 3-3(2)のパワーポイントで，地熱開発における環境省新通知の位置づけ，5 条件の目次構成との関係などの説明あり。特に修正点等の指摘はなかった。

##### 3.2 国内の地熱発電所および計画事案の調査結果の報告

事務局 百田より，「3.2 国内既設事例調査結果（資料 JKA. 3-7）」と「3.3 国内計画事案調査結果（資料 JKA. 3-8）」の文献資料調査は第 2 回研究員会で説明済みのため，本日はヒアリング調査結果について，資料 JKA. 3-7(2)と JKA. 3-8(2)のパワーポイントで説明を行った。これらの説明に対して，以下の質疑あり。

- 分山委員より，柳津西山発電所・温泉事業者のヒアリング調査結果の補足説明あり。荒湯の湧出量は 150L/min であり，西山温泉に対しては十分であるが，温泉旅館が 5 件程度と小規模であったため，このような対応ができたが，全ての地域で同様な対応ができるとは限らない，事前に地元の懸念や関心を十分知った上で対応することが重要との説明あり。

→江原委員長より、ガイドライン等に文書になっていないところでもきちっと地元の意見を吸い上げることが重要との意見あり。

→倉阪委員より、事業リスクがあつてお金動くとなると「保険」という話が出てくる。地熱発電において万が一の影響があつた場合のリスク対策として、保険での対応ニーズが増えてくると思う。これまでに具体的な事例があるのか、今後、個別に入るのか、業界全体として入るのか、との質問あり。また、太陽光発電では補償制度が出来ており、風力発電でも保険制度があるとの説明あり。これに対し、

- ・野田委員より、保険関連企業に話を聞いたが、保険事業として成立するかどうか、検討難しいと聞いている。しかしながら地熱事業者の中には保険も必要ではとの意見もある。

- ・窪田委員より、これまでの地熱発電事業では保険制度の事例はないこと、補償に関しては協定書に書かれている程度であり、本報告書のリスク管理方策の章で記述するとの説明あり。

- ・事務局 百田より、損保業界が地下開発のリスク&補償制度を検討していたとの報告あり。

- ・江原委員より、保険・補償制度については、本委員会では指摘する程度。どこで扱うかは今後検討していかないといけないとの意見あり。

### **3.3 環境負荷軽減技術の調査結果の中間報告**

#### **(1) 地上設備の調査検討結果**

事務局 山田より、資料 JKA.3-10 の「4.2.1 地上設備（景観を含む）」の概要として、資料 JKA.3-10(2)のパワーポイントで説明した。これらの説明に対して、以下の質疑あり。

→倉阪委員より、地上設備については、景観上で最も目立つのは冷却塔である。冷却塔は地下に埋めるのは難しいため、これらの地上設備は、景観上問題なければいいが、問題ある場合には覆えばよいと考えている、そういう検討はなされているのか？白煙については、山小屋からも出ており、それほどの問題視されていない。より柔軟に、規制の範囲内で、従来事例との比較をし、だから認めてくださいというロジックが必要ではないか？全体的なレイアウトが今後の課題であり地域の景観に溶け込めればよい、との意見あり。

→事務局山田より、白煙は立ち上るのでそれも含めて今後検討したいとの説明あり。

→江原委員長より、地上設備は全て埋めれば良いという問題でもない。白煙も見えなければいいという問題でもない。それぞれの地域で検討していく必要があるとの意見あり。

→環境省 中島審査官より、パイプラインについても、単に埋設すればよいというわけではなく、それぞれの地域で考えて総合的に判断する必要ありとの意見あり。

#### **(2) 建物デザインの調査検討結果**

前田 WG 委員より、資料 JKA.3-12(2)のプレゼン資料及び他動画資料で眺望景観に対す

る説明あり。これに関連して、以下の意見や質疑あり。

→中村所長より、四季についても対応できるのかとの質問があり、可能であるとの回答あり。

→倉阪委員より、建物データを追加できるかとの質問があり、データあればいくらかでも追加可能との回答あり。

→江原委員長より、客観的な評価はどのようにするのか、研究はされているのか、との質問あり。前田 WG 委員より、本シミュレーションは、距離・方向性などの定量的な裏付けデータがあるのがポイントである点、どこまで対応できるかはニーズを踏まえ、指摘頂ければ更なるブラッシュアップができる旨、説明有り。

→倉阪委員より、景観は主観的な判断がある。本シミュレーションは、合意形成のツールとしてかなり使えそう。リアルな景観を住民と一緒に見て合意を図っていくのが使い道としてあるとの意見あり。

→野田委員より、問題意識としてリスクは軽減した方が良いのは決まっているが、どこまでやるのか、常に求め続けるとクリアできない状況になってしまう、現状の技術が受忍できるのかという視点も必要。その点において、本シミュレーションのように実感できるツールを活用し、いい線いっているなど受容できる場合には対策しないなど、住民と一緒に判断していくことが重要。エネルギーと自然環境は、どうしてもベクトルが違うため、その点の考慮も必要との意見あり。

→経産省 福島室長より、地熱発電以外で国立公園内の施設に本シミュレーションが活用された事例はないのか？との質問があり、前田 WG 委員より、これまで病院建築等の際に理事長向けなどの説明時に使われていたが、今回初めて地熱発電に適用したとの回答あり。

### **(3) リスク管理方策、合意形成・地域共生手法の調査結果**

窪田座長より、リスク管理方策については資料 JKA. 3-15(2) のパワーポイント、合意形成・地域共生手法については資料 JKA. 3-15(2) のパワーポイントで報告あり。これらの報告に関連して、以下の意見や質疑あり。

→倉阪委員より、メンバー構成の中でファシリテーターの存在が必要であり、今後ウェイト重くなっていく。また、共同事実確認については、科学的データばかりでなく、各参加者の置かれている状況（事実）も含まれ、これらの確認もする必要がある。地域の熟度に応じて協議会の目的も変えなくてはいけない。反対派も参加しやすくする工夫も必要であり、プランニングが重要、との意見あり。窪田委員より、その点も含めて報告書内容を改善していくとの回答あり。

→江原委員長より、現在、関係者間での誤解が多いので、科学的データ等の共同事実確認は必要との意見あり。

### **3.4 環境省 5 条件に対する環境ガイドライン骨子一次案の報告**

事務局 百田より、資料 JKA. 3-17(2) のパワーポイントで、説明あり。これらの報告

に関連して、以下の意見や質疑あり。

→倉阪委員より、条件1の合意形成の場については、複数の会議体に分断するとか4kmなど限定する方向は避け、可能な限り広く全員が会する協議会であるべきとの意見あり。

→倉阪委員より、アセス法では、フルスペックの環境項目をあらかじめ設定するのではなく、方法書の段階でメリハリつけて定めることになっている。これを国に要求するのは困難ではとの意見あり。

→倉阪委員より、地域の人々がオーナーシップをもって進める自然エネルギーの取り組みについて、決定権の過半数、出資額の過半数、利益の過半数の3項目のうち、2項目を充たすものがコミュニティ・パワーであり、地熱発電事業はなかなか難しいと思うが、地元とこじれる地域には思い切って地元を巻き込んでこの概念が導入できないか、との意見あり。

→手塚委員より、モニタリング項目は、全体的な基準や指針ができしまうと大きな話になってしまう。項目は地点別に地元との話し合いで進めていくべき、本骨子案の内容ではオーバースペックかと思う、との意見あり。

→鈴木WG委員より、環境アセスの制度と本ガイドラインの議論に混同があるが、本ガイドライン骨子案内容は、環境アセスとは切り離してやるべきとの意見あり。本骨子案の内容だと、環境アセスを前倒して実施することになる。自然公園法の適用は、環境アセス前の話。調査、試掘など複数段階あるため複数案必要。連動しながら一緒に検討する必要あり。

→環境省 中島審査官より、鈴木WG委員と同意見、本ガイドライン内容は、環境アセス要件に合致するものではなく、まさに自然公園法に合致するものを議論した方がよい。特に条件3は混同する。環境アセス案件であればフルスペック、それ以外のものは違う整理が必要。優良事例がポイント。環境アセスの方は、その制度枠内でしっかりやるべきであり、それ以外の項目等は場合分けした方がよい。

→江原委員より、自然公園内外の話など整理する必要がある。報告書原案については、皆様に予め文書送って確認頂く。

#### 4. その他連絡事項

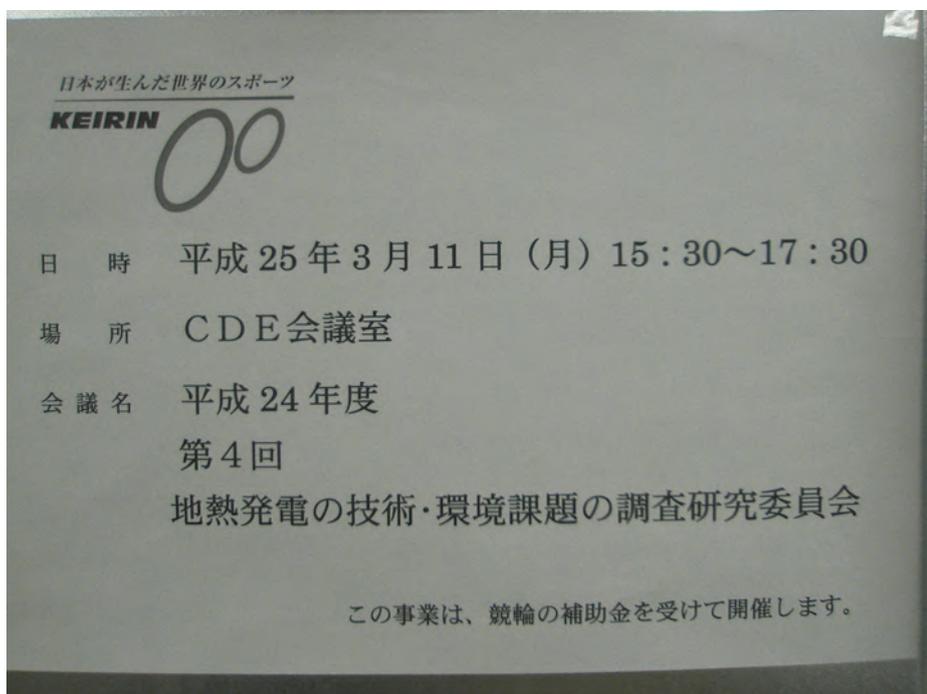
##### (1) 報告書完成に向けた工程案

事務局 百田より、資料 JKA. 3-18 で、今後の報告書作成に向けたスケジュールの説明あり。了解された。

以上

(4) H25年3月11日：

第4回地熱発電研究委員会・第11回地熱発電環境リスク調査WG



第4回地熱発電研究委員会，第11回地熱発電環境リスク調査WG

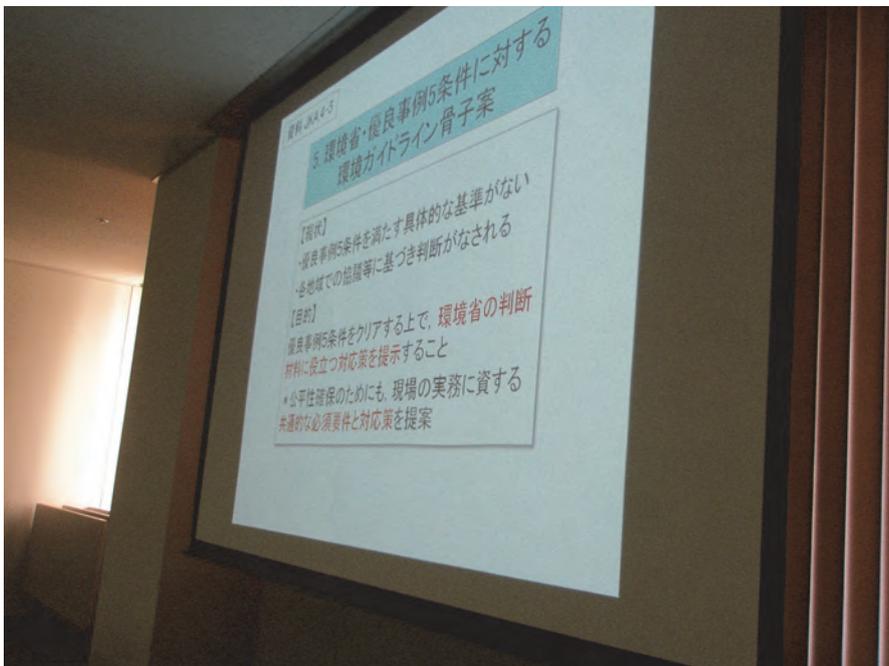
【出席者】研究委員会：研究委員会委員6名，オブザーバー3名  
調査WG：WG委員7名，オブザーバー1名



第4回地熱発電研究委員会，第11回地熱発電環境リスク調査WG



第4回地熱発電研究委員会，第11回地熱発電環境リスク調査WG



第4回地熱発電研究委員会，第11回地熱発電環境リスク調査WG

**平成 24 年度 JKA 競輪補助事業**  
**第 4 回地熱発電研究委員会/第 11 回地熱発電環境リスク調査WG 合同会議**  
**議事メモ(案)**

記録：(一財) エンジニアリング協会 百田

日 時：平成 25 年 3 月 11 日 (月) 15:30~17:30

場 所：一般財団法人エンジニアリング協会 C/D/E 会議室

出席者<地熱発電研究委員会委員>

江原委員長(地熱情報研究所), 野田委員(産総研), 倉阪委員(千葉大),  
手塚委員(電源開発), 窪田委員(電中研), 分山委員(自然エネルギー財団)

<地熱発電研究委員会 オブザーバー等>

オブザーバー:福島室長(METI 燃料政策企画室), 中島審査官(環境省環境影響審査室),  
中島部長(JOGMEC)

<調査WG委員 およびオブザーバー等>

五十嵐WG委員(新日鉄住金エンジニアリング), 堀江WG委員(国際石油開発帝石),  
前田WG委員(大成建設), 米山WG委員(清水建設), 鈴木WG委員(日本エヌ・  
ユー・エス),  
渡辺二郎WG委員(物理計測コンサルタント), 岡部WG委員(伊藤忠テクノソリューションズ),  
伊藤オブザーバー(出光興産)

<事務局他:エンジニアリング協会>

中村(直), 山田, 百田, 青柳, 畠山

**配布資料**

**資料リスト**

資料 JKA. 4-1	第 3 回研究委員会/第 9 回調査 WG 議事録
資料 JKA. 4-2	第 10 回調査 WG 議事録案
資料 JKA. 4-3	JKA 報告書(案)
資料 JKA. 4-4	JKA 報告書案の査読結果とその対応表
資料 JKA. 4-5	「第 5 章 環境ガイドライン骨子案」の概要
資料 JKA. 4-6	「1.4 成果概要」
資料 JKA. 4-7	報告書の作成工程・送付先および成果の公表について

**主な決定事項(詳細な議事内容および意見は次ページ以降に取り纏め)**

- 1) 報告書案については、査読結果に対する対応表での対応案については、2, 3 の質問や修正意見もあったが、資料 JKA. 4-4 の対応案は承認された。
  - ・窪田座長より、査読 No. 92 で指摘された箇所の“説明責任”については、指摘箇所以外にも残っており、修正することが了承された。
  - ・「2.1 自然公園法の規制」については、環境省中島審査官より修正依頼あり。事務局より審査官に問合せをするなど、早急に対応することになった。
- 2) 「第 5 章 環境ガイドライン骨子案」については、修正意見等はなかった。ただし、優良事例のあり方や基準等に対して、各委員の活発な意見表明が行われた。
- 3) 本調査研究の成果についても、特に修正意見等はなかった。
- 4) 報告書の作成予定数 50 冊については、江原委員長より増刷要望があり、ENAA にて前向きに検討することになった。
- 5) 成果の公表・展開については、資料 JKA. 4-7 の方針案に対して、特に反対意見等はなかった。

## 【議事および主な打合せ経過】

### 1. 開会

- ・開会挨拶：エンジニアリング協会 石油センター(SEC) 中村所長より挨拶。
- ・資料確認：事務局 百田より本日配布資料の確認あり。

### 2. 議事録確認

事務局 百田より、第3回研究委員会/第9回調査WG議事録案(資料 JKA. 4-1)、第10回調査WG議事録案(資料 JKA. 4-2)の紹介あり。なお、資料 JKA. 4-1については、配布資料に落丁があったが、同議事録案は事前に送付されているので、議事録確認は承認された(資料 JKA. 4-1 は会議中に再配布した)。

また、これまでの研究委員会および調査WGでの指摘事項をほぼ反映させて、調査WGとしての報告書を完成し、その後、研究委員会委員の方々の査読結果も参考に報告書原稿を修正した旨の説明あり。

### 3. JKA 報告書案の審議

#### 3.1 報告書構成および概要説明

窪田座長より、資料 JKA. 4-3 の“JKA 報告書(案)”を用いて、序文、委員名簿、本文および資料編の構成と目次に従って、概要の説明あり。

特に質問等はなかった。

#### 3.2 報告書原稿の査読結果と報告書への対応

事務局 百田より、資料 JKA. 4-4 の“JKA 報告書原稿の査読結果とその対応表”を用いて、報告書への反映結果の説明あり。これらの説明に対して、以下の質疑あり。

※事務局 畠山より、査読 No. 55 の表 4. 2-17 に対する対応案に加えて、傾斜掘削における精度と効率について補足説明が必要との意見あり。また、石油分野と地熱での岩種の違いなども記載の必要があるとの意見あり。

→事務局 百田より、本報告書は掘削技術のトップランナー技術等を示して現状技術のレベルを紹介するもので、掘削技術の技術書ではないとの意見あり。

→掘削技術の執筆担当の堀江 WG 委員より、指摘事項の精度と効率に対する説明は本文中に記載しており、地質に対する相違点も記載しているとの説明あり。

→査読 No. 55 の指摘者である野田委員より、査読 No. 55 に対する対応案で十分との意見があり、加筆はしないこととなった。

※窪田座長より、査読 No. 92 で指摘された箇所の“説明責任”については修正を行ったが、第5章の中に未修正箇所が残っていたので、修正をしたいとの申し出があり、了承された。

※江原委員長より、査読 No. 60 の対応案の「協調性・同化」と景観形成の関係に関する

る質問あり。

→事務局 百田より補足説明を行い、対応案通りで了承された。

### 3.3「第5章 環境ガイドライン骨子案」の説明

窪田座長より、資料 JKA. 4-5 の“第5章 環境ガイドライン骨子案の概要”を用いて、内容説明あり。これらの説明に対して、以下の質疑あり。

※野田委員より、環境省より優良事例5条件は示されているが、それを満たす具体的な基準がないという現状であり、各地域での協議等に基づき判断がなされるとしながら「優良事例とは何か」がはっきりしていない。5条件を基に議論を進めてよいのか、今の状況を両省がどのように認識されているのか、5条件の位置づけや国としてのお考えを頂きたいとの意見あり。

※経産省 福島室長より、開発事業者もどこまでやったらいいのか不安を感じるのはごもっともと思うとの意見あり。環境省は実際の事例で議論し判断していくのが良いとのことだが、新しい事例を待つだけでなく、既設発電所の評価もやってみて、その中で何が優良事例といえるのか、そうでないかを議論できるとよいのではとの意見あり。また、優良事例かどうかの判断は絶対的な評価なのか、地熱発電所の立地によりある環境を壊すという損害と便益のバランスを比較して相対的に判断するなど、絶対守らなければいけないものと、相対的に守るべきところがあるのではないかとの意見あり。

※環境省の中島審査官より、p.170に記載された5条件は通知の内容と乖離しているため、誤解を与えないよう、ガイドライン原文を掲載して頂きたいとの意見あり。例えば、本文中に「優良事例の認定」という表現があるが、通知に「認定」という表現はなく、「優良事例の形成について検証していく」としている。今後の開発事例を見ていく中で、優良事例が作られていくものと考えている。丁寧に通知の内容を見て頂きたいとの意見あり。

→江原委員長より、社会合意が得られる優良事例やその条件が現状ではないということなので、本事業はその議論に役立つ資料を出すというのが出発点、今回は中立的に優良事例5条件に「資する」骨子案を提示するというのがポイントであるとの意見あり。

※JOGMECの中島部長より、地熱資源は約8割が自然公園内であり、新通知における優良事例とは、実験的なのか定常的なのか、今後どのように考えていくべきなのかとの意見あり。規制の合理性（環境アセス）と法の下での平等（自然公園法上の許認可）という観点がある。今回の条件は地熱だけに課せられた条件なのか、今後、自然公園内で風力や水力発電の計画が出てきた時にどう考えるのか？自然公園内での開発なので当然ながら丁寧に実施すべきであることは理解できるが、事業者にとっては手続きなど相当の手間がかかる内容であり、どこまで丁寧にやるべきなのか、これを機に方向性が決まるとなると、それ以外の許認可についてもこれが指標や定形に

なっていくのか、リゾートホテル等これまでの開発行為にも合ったものなのか、委員のお考えを伺いたいとの意見あり。

→倉阪委員より、地熱発電はこれまで門前払いをされて扱いは不平等であった。今回の環境省通知では、自然公園内での地熱発電の立地を認めないということは止め、これまで自然公園内での開発許認可がなされてきたリゾートホテル、水力、風車、工作物、土地改変等に並んで地熱発電も加わった。今後、地熱発電の優良事例がモデルケースになっていくというわけではなく、地熱発電も他と同じ扱いになるための留意事項というのが今回の5条件であると思っているとの意見あり。実際の運用においては他の事例にも適用できるが、規制の運用から行くと従来がおかしかったということで、これからは審査対象として地熱も平等になっていくと思う、ガイドラインだけ見るのではなく、それぞれ許可要件を見ておく必要があるとの意見あり。

※伊藤 WG オブザーバーより、風力発電は自然公園内に立地できるガイドラインがあるのか、地熱は原則認めないとあるのでスタート時点で違うのではないかと、優良事例のクリア基準を予め示して頂かないと後の開発が続いていかないのでは、個々の事例においてもアセス通過後などどこかの時点で優良認定いただかないと建設まで判断できないのでは、という質問あり。

→環境省の中島審査官より、風力発電の審査基準は施行規則を改正して新たに追加している。自然公園法の許可は、調査、掘削、建設等の各段階において、それぞれ行為の許可が必要であり、「この開発行為に関する許可は全て下ろします」ということを最初から決めるようなことは不可能である。それぞれの段階で取組状況などを踏まえ、判断するしかない。

→江原委員長より、本問題については環境省と経産省での協議が必要な案件であり、今回がスタートになるであろう、今後具体的にやっていくとよいとの意見あり。

→経産省の福島室長より、今回の骨子案策定に引き続く事業として優良事例の調査があると良い、環境省国立公園課にやってくださいとは言えないのでエンジニアリング協会の方で来年度やる計画はないのかとの質問あり。

→エンジニアリング協会中村所長より、今年度はあくまで JKA 補助事業であり、経産省のご要望にすぐには回答できないとの回答あり。

→野田委員より、両省一緒に同じプロジェクトでやるのが一番良いのではないかと  
の意見あり。

→江原委員長より、今回、両省がオブザーバーに入って頂き議論ができたことは大変よかった。今回の成果がこれから様々な議論の場における資料として活用され、両省での話し合いも進むことを希望するとの意見あり。

### **3.4 「1.4 成果概要」の説明**

事務局 百田より、資料 JKA. 4-6 の“1.4 成果概要”を用いて、本調査研究の成果の概要について説明あり。これらの説明に対して、以下の質疑あり。

特に質問等はなかった。

### 3.5 JKA 報告書案の最終確認

江原委員長より、報告書案の最終確認として、各委員の意見を求められた。

※事務局 百田より報告書案は、“説明責任”と“優良事例の認定”の2項目の修正を座長・事務局に一任して頂いてよいかとの質問あり。

→環境省の中島審査官より「2.1 自然公園法の規制」については、修正すべき箇所ありとの意見あり。これについては、事務局より、中島審査官に問合せするなどの対応をすることとなった。

### 4. 報告書の作成工程・送付先および成果の公表について

事務局 百田より、資料 JKA. 4-7 の“報告書の作成工程・送付先および成果の公表について”を用いて、報告書の作成工程・送付先（案）と成果の公表・成果の展開の2点について説明あり。

※報告書については、江原委員長より予定の50冊より増刷できないかとの意見あり。  
→事務局中村所長、百田より、JKA で予算化しているのは50冊であり、増刷はエンジニアリング協会 石油開発環境安全センターの自主事業費で対応することを検討するとの説明あり。

※成果の公表・成果の展開については、特に反対意見等はなかった。

### 5. その他

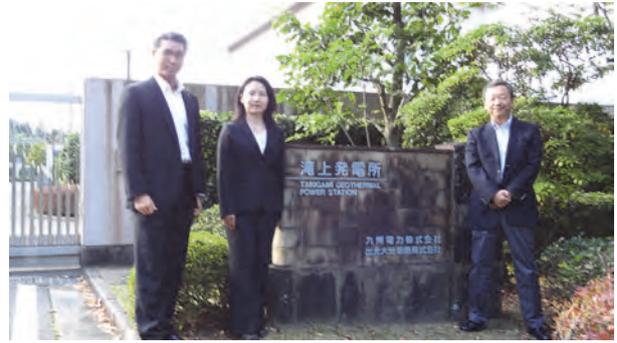
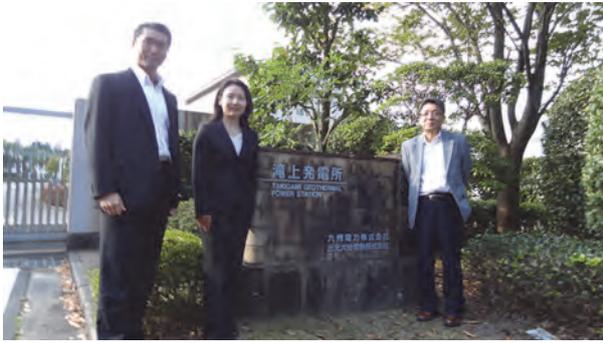
- ・その他連絡事項：特になし
- ・閉会挨拶：江原委員長より閉会挨拶あり。

以上

資料-2：国内地熱発電所ヒアリング調査資料

- (1) 滝上地熱発電所
- (2) 鬼首地熱発電所
- (3) 柳津西山地熱発電所
- (4) 西山温泉事業者
- (5) 柳津町役場

(1) 滝上地熱発電所



出光大分地熱(株)滝上事業所での現地ヒアリング<平成 24 年 10 月 9 日 (火)>

## 滝上地熱発電所に対するヒアリング議事録

【日時】平成24年10月9日（火）13:00-16:00

【場所】出光大分地熱(株)滝上事業所 会議室

【先様】出光大分地熱(株)代表取締役社長，（兼）滝上事業所 所長 森山 清治 様

【当方】地熱発電研究委員会 窪田委員（電力中央研究所），百田・青柳（エンジニアリング協会）  
地熱発電環境リスク調査WG 前田WG委員（大成建設）

【受領資料】滝上地熱発電所 パンフレット，滝上発電所蒸気生産部門説明資料

### 【質問概要と回答】

#### 1. 環境保全への取り組み状況，経緯について

1.1 開発から運用段階における環境保全への取り組み，対策状況や実施の経緯（発電所内・外）

(1) 大気汚染・騒音・振動・排水対策，森林・生態系，温泉対策等の環境アセス項目

- ・元々自然公園区域外で温泉も無い。自然保護問題（森林・生態系）は無かった。
- ・陸生生物としてゲンジボタルが指標となっているが、「適宜」である。

(2) 自然環境との調和（景観，地上設備の集約化，周辺緑化等）

- ・①土地改変・樹木伐採の最小化，②発電所建屋の形状色彩の配慮，土地改変部の緑化等，③生産基地は貯留層掘削に最適な場所を選定するために基地の集約化できず，還元基地の坑口集約化，④景観・アセスにて一般道路からの景観予測を実施（発電所が見える2箇所で作成写真を作成し景観対応）。
- ・作業性の向上とともに，農作業機械や鹿が通行できるように配管を配慮。パイプラインの色は，九電のN7と同じとした（こげ茶は最近の環境省の傾向）。パイプライン位置はもう少し高いとメンテナンスが楽になる。

(3) その他（地盤沈下，誘発地震等）

- ・昭和58年～平成元年まで探査への応用を目指し微小地震観測網構築，モニタリングを実施。滝上は地震活動が少なく，現在は気象庁データにてモニタリング実施。

1.2 モニタリングの実施状況（測定項目，測定頻度，箇所の内容，それらの決定に関する経緯）

- ・モニタリングは定期的実施。温泉温と湧出量を年4回測定しデータを九重町へ提出。
- ・温泉モニタリングデータは，運転開始前（H4年4月～8年9月）の変動幅を基本としている。

1.3 万一，何か影響があった場合の技術的な対策内容

- ・地域との協定に則り原因究明と対策。解決できない時は第三者委員会での議論を想定。

1.4 環境保全に関する今後の研究・開発の課題，ご意見，ご要望

- ・モニタリングの範囲を特定することは難しいが，地熱発電の特性を踏まえた指針を作るべき。例えば対象範囲，項目，頻度等最低限の指針を作り，地域の特性に合わせた調整をすべき。

#### 2. 地域貢献の状況，および地域への経済効果について

2.1 地域貢献（熱水供給，温泉事業者への技術支援等）の内容，および地元の反応・要望

- ・給湯地元は歓迎、対象地域外からも給湯希望がある。
- ・我々事業者が使用する道路は，地元も使ってよいことにしており，利便性は向上している。

## 2.2 地熱発電所の立地による地域の便益（具体的な経済効果等、定量的な評価結果の有無）

- ・公開情報は、地熱学会報告書 p.47 のとおり。
- ・滝上は一般見学用の PR 館がないこと、温泉地でないため、一般市民は殆ど八丁原の方に行く。点検時の技術者等や掘削関連業者の地元での宿泊利用はあり。
- ・交付金は、九重町温泉館施設（共同浴場）の設置に使用。
- ・地元協力として熱水の造成や供給事業など、自治体と共に総合的に考えて決め、同意書もらった。

## 2.3 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方

- ・地熱発電の認知度向上と地域へのメリット供与が必要。恩恵は特定の人に偏らないこと
- ・案：地域の人が発電をやるのが一番良いと思う。地熱も含め自然エネルギーは基本的に地域の資源であるので、FIT サーチャージを減額するなど地域全体に電気代のメリットを与える。再生可能エネルギー促進のために、立地市町村への交付金を増額する。
- ・信頼関係を築くことが必要。出光は「地元と共に」という姿勢でやってきた。

## 3. 地元調整について

### 3.1 開発計画・立地・運用に関係する主な利害関係者、および各主体への説明・交渉プロセス

- ・昭和 54 年 11 月九重町へ『出光地熱探査計画について』提出。昭和 56 年 11 月大分県へ『地熱開発基本計画書(滝上地区)』を提出。探査・調査期間は、県、町、地元の説明。調査井掘削時は掘削用地が借地であるため地権者承諾、地区の承諾（区長）を取得して申請。

### 3.2 協定書の締結に関する経緯（締結時期、内容）

名称：滝上地区の地熱開発事業に関する覚書

相手：湯布院町。協定締結日：平成 7 年 9 月 13 日（添付は由布市の上承必要）

名称：滝上地区の地熱開発事業に関する協定書

相手：大分県玖珠郡九重町。協定締結日：平成 7 年 3 月 30 日（添付は九重町の上承必要）

## 4. 地元との情報共有の場（説明会、協議会等）について

### 4.1 地元との対話の場（地元説明会、協議会等）の有無、設置（発足）に至る経緯

- ・九電八丁原発電所の先行事例を踏まえ、九重町の指導（ルールあり）により、地区で地熱委員会を設置し、九重町、地熱委員、出光 3 者で課題の協議を行った。滝上地区 8 名/35 軒と寺床地区 6 名/15 軒。

### 4.2 地元との対話の場：個別交渉は調査段階から実施。

### 4.3 地元との対話の場

(1) 運営体制（実施主体、自治体の支援状況、構成メンバー、開催頻度、課題）

①地区の地熱委員会、②町役場企画調整課、③大分県地熱開発促進連絡会

(2) 説明・協議内容（モニタリング結果等の情報開示・共有に関する現状と課題）

- ・調査段階：掘削計画、探査計画、温審申請、熱水多目的利用研究会
- ・開発段階：土地買収計画、アセス公聴会、地元協力事項協議
- ・運用段階：環境モニタリング結果の定期報告。地元に対する定期的な年度計画説明

(3) 各主体との関係（過去に問題があった場合の対処・解決策、成功・失敗例）

①A 温泉、B 温泉の湯量変化→モニタリングを実施し、町と協議。大学等の長期モニタリング結果と学識者を交えた説明会を開催。個人泉は個別対応。

②土地買収→地元雇用，利害関係は個別対応

A 温泉は，⑦湯量が減少しており，町の要請により唯一対応（発電所開発前から温泉が減衰している地域）. A の主要泉源は町営温泉のため，地元の要望は役場が対応する. 一方，由布院は，4-5km 離れ，湧出量も多いので地元からの要望は無かった

5. これまでのご経験から，環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見

5.1 発電所内外の環境保全の取り組みについて，従来以上の対応の必要性の有無

- ・地熱の実態把握し，問題点に対し共通認識を持つことが先決. その後対策案を作成.

5.2 開発候補地で早期から合意形成を行う場を設ける方法，手続き，準備等へのご意見

- ・開発計画書で全体像を理解してもらう. 調査のみで進め，開発に移行した場合は問題多し.

5.3 地域合意の成立に資する協議会の構成や運営などに対するご意見

- ・自治体の姿勢・対応が一番重要.
- ・合意形成の対象範囲の目安必要. 例えば開発地点から4km四方の立地町村，隣接町村に絞るなど（以前のエネ庁指導では，4km四方が対象と言われた）.

5.4 国や官庁へのご要望

- ・事業者と温泉事業者との2者の対立関係にならないよう経済学、社会学者、哲学、教育、弁護士など多彩な人材による事業評価が必要.
- ・地域特性に合わせ，ガイドラインにこだわらない柔軟性を発揮してほしい.
- ・リスクを踏まえ，調査だけの地熱支援にならないよう希望. 長期事業であることを踏まえ継続した支援をお願いしたい.

## (2) 鬼首地熱発電所

### 鬼首地熱発電所に対するヒアリング議事録

【日時】平成24年11月12日（月）14:00～15:00

【場所】電源開発(株) 本社 会議室

【先様】火力建設部 主管技師長（地熱技術担当）中西 繁隆 様  
同部 地熱・土木建築室 総括マネージャー 手塚 茂雄 様

【当方】地熱発電研究委員会 窪田委員（電力中央研究所），百田・青柳（エンジニアリング協会）

【受領資料】①噴気災害の発生原因と今後の安全対策の報告について（平成23年1月）

②増出力 営業運転開始について（平成22年2月8日）

③パンフレット（設備：2010年5月31日現在）

#### 【質問概要と回答】

#### 1. 環境保全への取り組み状況，経緯について

##### 1.1 開発から運用段階における環境保全への取り組み，対策状況や実施の経緯（発電所内・外）

###### (1) 大気汚染・騒音・振動・排水対策，森林・生態系，温泉対策等の環境アセス項目

- ・ 運開は1975年（昭和50年）．省議決定要綱（昭和52年）前であり，環境アセスは実施していない．しかし，栗駒国定公園第1種特別地域内ということもあり，環境保全は自主的に行った．
- ・ 第1種特別地域内であるから，現在も改変等作業を行う際にはその都公園に関する必要な手続きを取っている．

###### (2) 自然環境との調和（景観，地上設備の集約化，周辺緑化等）

- ・ 景観という点では，元々周囲に人は住んでいない荒涼地．沢水はpH2．程度
- ・ 立地地域は，硫黄鉱山の跡地で片山地獄の上であり，植栽をかなり実施して緑化した．
- ・ 地元の木であるヒメコマツ（植物の一種）が酸性土壌で成長するため，植栽に使用．
- ・ 設備の色彩は自然との調和に配慮してグレー基調．

###### (3) その他（地盤沈下，誘発地震等）

- ・ これまで地震モニタリングは実施していなかったが，H22年10月17日発生した噴気災害後に微小地震観測を始めた（災害リスク回避の観点から整備しているところ）．

##### 1.2 温泉モニタリングの実施状況（測定項目，測定頻度，箇所の内容，それらの決定に関する経緯）

- ・ 温泉モニタリング実施を記載した自治体との協定書あり．
- ・ 約3km離れたところに鬼首温泉があり，10源泉で温泉モニタリングを実施．
- ・ 湯量，温度，pH，電気伝導度他の測定結果（1回/月）は個々の温泉事業者へ提出．グラフは大崎市鳴子総合支所（以前は鳴子町温泉事業所）へ提出．個々の温泉事業者には渡していない．
- ・ 1か所ある間欠泉については，噴出のインターバルと継続時間を調査．継続時間が短くなったという意見（クレーム）もあったが，周辺の温泉は変動しておらず発電所の影響とは考えにくい．
- ・ 雨量データの測定をしているが，生産井は安定しており，湯量と雨量データの相関はない．

- 1.3 万一、何か影響があった場合の技術的な対策内容
  - ・協定書に基づく定期的なモニタリング結果の提出のみで、温泉への万一の影響についての具体的な技術的対策に関して事前の決め事は無い
- 1.4 環境保全に関する今後の研究・開発の課題、ご意見、ご要望
  - ・噴気災害後の復旧が第一目標、まずは各種モニタリング継続
  - ・現在は、高温直接還元を採用によりスケール問題は特に顕著になってはいない。
- 2. 地域貢献の状況、および地域への経済効果について**
- 2.1 地域貢献（熱水供給、温泉事業者への技術支援等）の内容、および地元の反応・要望
  - ・鬼首温泉に距離が遠いこともあり、熱水供給や技術支援等は行っていない。
- 2.2 地熱発電所の立地による地域の便益（具体的な経済効果等、定量的な評価結果の有無）
  - ・PR館は通常無人であるが、トイレが設置されていることもあり、観光に利用されていた。
  - ・地元消費（資機材購入等）、除雪作業、自主点検時や補充井掘削時の作業員の宿泊
  - ・雇用関連では、関連会社の事務員・寮の賄いさん雇用等に貢献（人数自体は少ない）
  - ・地域行事への参加
- 2.3 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方
  - ・モニタリング実施の協定書を締結。地元との障壁は無く、37年共存・共生は機能していると認識
- 3. 地元調整について**
- 3.1 開発計画・立地・運用に関係する主な利害関係者、および各主体への説明・交渉プロセス
  - ・協定書を締結する当時はかなりいろいろ調整があったと聞いてみるが、現在は良好な関係であり、地元調整に問題なし
  - ・小さい温泉地のため組合等の組織はないが、温泉を管理していた鳴子町温泉事業所（現、大崎市鳴子支所及び町づくり株式会社(3セク)）に第三者の立場でうまく調整して頂いており、良好な関係を築いている。
- 3.2 協定書の締結に関する経緯（締結時期、内容）
  - ・モニタリング調査実施に関する協定書を締結している。
- 4. 地元との情報共有の場（説明会、協議会等）について**
- 4.1 地元との対話の場（地元説明会、協議会等）の有無、設置（発足）に至る経緯
  - ・年1回源泉所有者説明会を開催している。協議会等は無い。
  - ・個人から要望があれば別だが、通常個々の温泉事業者には他者のモニタリングデータの提供はせず、大崎市鳴子支所への提出のみ（個人情報保護の観点より）。
- 4.2 地元との対話の場
  - (1) 運営体制（実施主体、自治体の支援状況、構成メンバー、開催頻度、課題）
    - ・源泉所有者、地元自治体を交えて年1回説明会を実施。
    - ・主に、翌年の作業計画内容、当年度の結果について説明している。
  - (2) 説明・協議内容（モニタリング結果等の情報開示・共有に関する現状と課題）
    - ・温泉モニタリング結果は大崎市鳴子町へ提出。説明会の場で各温泉事業者の温泉モニタリングデータの共有はしていない。

- ・温泉モニタリング結果の情報開示を求める声があるが、協定書以外の公の場に開示するに当たっては各温泉事業者の個人情報への配慮が必要。

(3) 各主体との関係（過去に問題があった場合の対処・解決策、成功・失敗例）

- ・噴気災害に関する対応（関係機関と共に温泉事業者様にも丁寧に説明を行った）

**5. これまでのご経験から、環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見**

5.1 発電所内外の環境保全の取り組みについて、従来以上の対応の必要性の有無

- ・景観については全く見えなくすることは困難であり、発電所を作る前から、調査ひとつひとつでも了解を取っていかねばならない等、なかなか難しい。
- ・第2種&第3種特別地域で地熱発電が実現しないと、日本の地熱発電はこれ以上発展しない。なんとか条件をクリアすべく努力したい。

5.2 開発候補地で早期から合意形成を行う場を設ける方法、手続き、準備等へのご意見

- ・5条件のうち最初の地域協議会を作る際には、自治体を中心となってもらいたい。

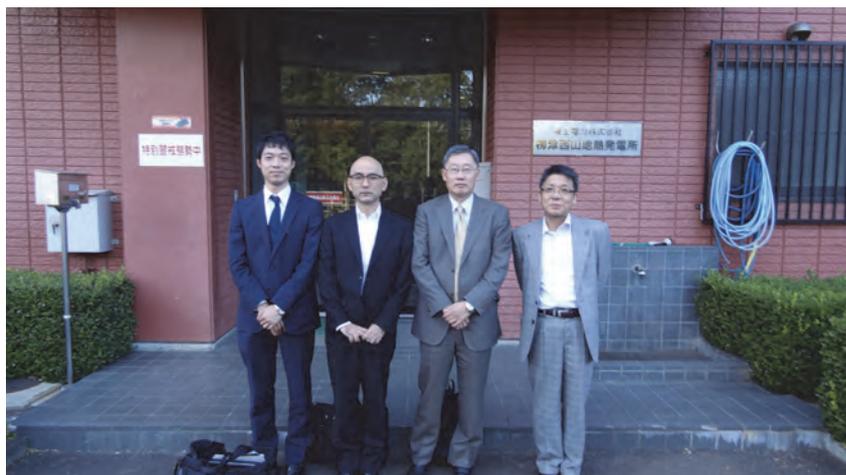
5.3 地域合意の成立に資する協議会の構成や運営などに対するご意見

- ・まずは先行している地域で頑張ってもらって、成功事例を作ってもらいたい。

5.4 国や中央官庁等へのご要望

- ・環境アセス期間短縮化

(3) 柳津西山地熱発電所



柳津西山地熱発電所での現地ヒアリング<平成 24 年 10 月 16 日 (火) >

## 柳津西山地熱発電所に対するヒアリング議事録

【日時】平成24年10月16日（火）13:30-15:30

【場所】柳津西山地熱発電所 会議室

【先様】東北電力㈱ 柳津西山地熱発電所，環境部

奥会津地熱㈱ 西山事業所

【当方】地熱発電研究委員会 分山委員（自然エネルギー財団）

地熱発電環境リスク調査WG 鈴木WG委員（日本エヌ・ユー・エス）

山田・百田（エンジニアリング協会）

【受領資料】地熱発電（東北電力パンフレット），柳津西山地熱発電所（東北電力パンフレット）

会社概要 平成24年6月 奥会津地熱株式会社

### 【質問概要と回答】

#### 1. 環境保全への取り組み状況，経緯について

1.1 開発から運用段階における環境保全への取り組み，対策状況や実施の経緯（発電所内・外）

- ・通産省省議決定（昭和52年）に基づく環境影響調査を行った。

(1) 大気汚染・騒音・振動・排水対策，森林・生態系，温泉対策等の環境アセス項目

- ・大気汚染（硫化水素），水質汚濁，騒音，地盤変動，温泉，自然景観，廃棄物，動植物等が環境アセス項目。柳津西山地熱発電所の特徴として，騒音規制法第4種区域であることが挙げられる。最短で700mの地点に人家があり，冷却塔の低騒音化のため，防音壁を設置した。
- ・平成7年の運転開始後に，臭いに関する問い合わせがあり，健康影響になる濃度ではなかったが，平成10年に国内で初の硫化水素除去装置を設置した。

(2) 自然環境との調和（景観，地上設備の集約化，周辺緑化等）

- ・森林地域での自然環境との調和を考慮して，施設のレイアウト等を設定。施設は茶系統とし，施設の集合化等を行った。本館は，自然公園内では山小屋風の形状が多いが，本発電所は自然公園外で民家もあり，高さを抑えた平らな屋根とした（本館高さは26m，冷却塔は23.5m）。
- ・土地の改変面積を小さくし，緑化等を行った。森林法では造成後の植林を求める規定があり，敷地外の植生との連続性（コナラなど）についても配慮している。

(3) その他（地盤沈下，誘発地震等）

- ・地盤沈下は局所的に軽微に発生しているが，特段の問題はなし。微小地震計を設置しており，測定結果は町に報告している。

1.2 モニタリングの実施状況（測定項目，測定頻度，箇所の内容，それらの決定に関する経緯）

- ・柳津町と環境保全に関する協定を締結しており，硫化水素，水質，騒音，地盤変動，植物等を定期的に調査し，年1回報告している。温泉については，月2回測定を行い，年1回町及び温泉関係者へ報告している。報告にあたっては，源泉名を伏せて湯量，温度，化学分析結果を提示している。なお，温泉への影響の有無は自然変動からの逸脱の有無が判断基準の一つである。
- ・東北電力では，平日日中帯は役場近くの監視室に7人が勤務し，日中は発電所へ移動し，保守，運転，監視や巡視を行う。休日及び平日夜間帯は，平成12年より秋田火力発電所

で東北電力の全地熱発電所の異常の有無を監視しており、非常時の際には発電所の停止を行える。

### 1.3 万一、何か影響があった場合の技術的な対策内容

- ・平成7年の運開後に、臭いの問い合わせがあり、平成10年に硫化水素除去装置を設置した。
- ・運開前に温泉の湯量が増える現象が起きたことがあり、より離れた位置に新たな還元井が掘られ、この問題は解消した。

### 1.4 環境保全に関する今後の研究・開発の課題、ご意見、ご要望

- ・特になし。

## 2. 地域貢献の状況、および地域への経済効果について

### 2.1 地域貢献（熱水供給、温泉事業者への技術支援等）の内容、および地元の反応・要望）

- ・PR館への訪問者数は年間15千人程度である（常時2名で対応）。
- ・温泉への技術指導や地元活用を実施。不具合発生時には、地熱発電と関係ない項目を含め対応（月に1回程度、主に目詰まり、配管の不具合など）
- ・温泉に悪影響が出て、対策に時間を要する場合の対応策として、予備の温泉を奥会津地熱で掘って、町に寄付。この泉質は西山温泉の源泉と異なるが、せいざん荘（日帰り温泉とレストラン）と西山温泉の一部に配湯している。
- ・地熱の温排水の利用は、発電所構内通路の融雪システムがあるが、地域への供給は行っていない。

### 2.2 地熱発電所の立地による地域の便益（具体的な経済効果等、定量的な評価結果の有無）

- ・雇用創出（奥会津地熱殿は21人中、15名が地元雇用、関連工事での地元活用）
- ・宿泊利用。
- ・借地料（奥会津地熱殿）
- ・固定資産税
- ・道路の整備
- ・電源三法交付金等

### 2.3 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方

- ・2.1, 2.2を参照。
- ・温泉事業者は温泉への影響について不安を持たれているので、これに対応することが重要ではないか。金銭的な補償という意味ではなく、技術的な対応、サポートが必要となる。

## 3. 地元調整について

### 3.1 開発計画・立地・運用に関係する主な利害関係者、および各主体への説明・交渉プロセス）

- ・1981年に柳津町長・議長から三井金属に地熱開発の要請あり。その後、地元説明を行ったが、その内容は計画の概要・助成策および建設のスケジュールであった。地元要望として、山村公園計画（せいざん荘、バターゴルフ場など）があった。
- ・1981年の要請の以前から、三井金属は全国的に地熱発電の候補地を検討していた。地元の理解があることから、柳津での事業が具体化した。1983年に事業計画が柳津町に承認された。1992年に電調審を通過、1993年に環境保全協定締結し、1995年に営業運転を開始した。
- ・利害関係者としては、温泉は西山温泉と砂子原温泉であり、自然保護団体はなかった。

### 3.2 協定書の締結に関する経緯（締結時期，内容）

- ・1993年6月に，柳津町，東北電力，奥会津地熱で環境保全協定を締結．福島県は立会．

## 4. 地元との情報共有の場（説明会，協議会等）について

### 4.1 地元との対話の場（地元説明会，協議会等）の有無，設置（発足）に至る経緯

- ・周辺集落への地元説明会を年に1回開催し，前年度の事業実施状況，当年度の事業計画などについて報告している．その他，奥会津地熱から温泉組合に対して年に1回の説明会を実施している（町の立会いの下）．

### 4.2 地元との対話の場

#### (1) 運営体制（実施主体，自治体の支援状況，構成メンバー，開催頻度，課題）

- ・年1回開催．

#### (2) 説明・協議内容（モニタリング結果等の情報開示・共有に関する現状と課題）

- ・1.2 参照

#### (3) 各主体との関係（過去に問題があった場合の対処・解決策，成功・失敗例）

- ・1.3 参照

【日時】平成24年11月12日（月）16:20～17:20

【場所】奥会津地熱㈱ 東京事務所 会議室

【先様】奥会津地熱株式会社

【当方】百田・青柳（エンジニアリング協会）

### 【質問概要と回答】

平成24年10月16日（火）13:30-15:30の現地ヒアリングで積み残した以下の項目のみのヒアリングを，奥会津地熱 東京事務所で行った．

## 5. 環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見

新通知の優良事例の5条件は，第2種，第3種特別地域に対するものですが，大半が協議会や合意形成など地域との共生に関係しています．今回の事業計画においても，優良事例の条件に対するご意見，クリアするための課題があるかと考えますが，如何でしょうか．

- ・奥会津地熱は新規の計画事案は現在なく，柳津西山地熱発電所の生産能力の減衰防止（維持）および回復が当面の課題であり，優良事例5条件については十分には検討していない．
- ・地熱発電については，温泉業者等に誤解があるのではと考えている．まずは温泉業者と地熱事業者が話せる場を作ってフランクに意見交換をし，加えて温泉発電などを普及させて，温泉業者に地熱発電に対する理解を得ていくことが必要ではと思う．

## (4) 西山温泉事業者

### 西山温泉事業者殿に対するヒアリング議事録

【日時】平成24年10月17日（水）8:30-9:30

【場所】会津西山温泉 滝の湯 大広間

【先様】滝の湯 ご主人 金子 孝一 様

【当方】地熱発電研究委員会 分山委員（自然エネルギー財団）

地熱発電環境リスク調査WG 鈴木 WG 委員（日本エヌ・ユー・エス）

山田・百田（エンジニアリング協会）

#### 【質問概要と回答】

まず、ご主人から西山温泉の特徴について、それぞれが源泉を持っていること、温泉の取り口が異なるためそれぞれの源泉の特徴が違うこと、小規模であること、高温の源泉であること、季節変動があり湯量が一定でないこと、自噴で引いているため湯量が変動しやすいことなどが説明された。

その後、ヒアリングに移り、質問に対して、以下のようなご意見および回答を得た。

#### 1. 温泉業者殿と地熱発電所事業者殿との関係構築の経過について

1.1 柳津西山地熱発電所計画を最初にお聞きになったときの感想（地域への影響、温泉への影響）。また、温泉組合の皆様の反応はどのようなものだったか。

- ・西山温泉の旅館はそれぞれ源泉を持っている。地熱発電所の設置によってお湯が出なくなるのではとの不安があり、計画に反対であった。

1.2 温泉組合の皆様の反応に対して、地熱発電事業者殿の対応はどのようなものだったか。

- ・奥会津地熱が予備の源泉（荒湯）を設置し、町に寄付。現在、せいざん荘の源泉でもあるが、各旅館への配湯施設も整い、各旅館の予備源泉が確保された（各温泉旅館は各時の源泉と荒湯（市の源泉）を使用することができる）。
- ・西山温泉の各旅館の源泉は季節変動や降水変動の影響を受けるので、予備源泉の確保は効果的であり、地熱開発事業者との関係構築に大きく貢献した。
- ・荒湯は100～200L/分の湧出量があり、西山温泉の6軒分を賄うには十分な量。荒湯の使用料は町に支払われ、集めたお金はメンテナンスに使われる。

1.3 その後、現在の良好な関係を築かれるまでの経過や取組。

- ・温泉のトラブルに対する技術支援や災害時の温泉施設の復旧対策等についても奥会津地熱の支援を受けている。また、荒湯の配湯施設も維持管理等についても、奥会津地熱の支援を受けている。各旅館の源泉も補強が必要な際の技術指導も同様であり、補強工事の際には荒湯の存在が重要であった。荒湯の配湯施設は、3～4年前に配湯できない状態になり、詰まった場所もわからないような状態になったことがあったが、最近では故障のポイントなどメンテナンスのマニュアルや連絡網のようなものができた。
- ・奥会津地熱の担当者も地元出身者であり、この点も関係構築に役立っている。自分の祖父の時代から、奥会津地熱でのこの地域にかかわっている人も重要な存在。

1.4 現在、説明会・報告会が行われる協議会の場やモニタリング情報の共有化などに対する印象。

- ・温泉については、湧出量と温度を2週間に1回測定しており、水質は年2回である。地熱

発電所の温泉への影響があったかどうかは協議会で検討する必要がある。

- ・地熱発電の温泉への影響について、原因ははっきりしないと思う。前提として、影響の分析はデータを見て予想しているだけで、確実なものではない。
- ・事業者である奥会津地熱が源泉のモニタリングを行っているので、その結果の信頼性について疑いが出てくる可能性もある。しかし、奥会津地熱に地域の人がいて、昔からの知り合いで相談したり、一緒に考えてもらえるバックボーンがあることが、良いのではないか。
- ・奥会津地熱、温泉組合、柳津町との「確約書」（「協定書」のことか）が古くなっており、改定したいと考えている。改定時には東北電力を加えたいと思っている。

## 2. 地熱発電所の立地による地域の活性化や地域貢献について

2.1 地熱発電所事業者が行われている地域貢献策の内容。最も役に立っていると思われる貢献策。

- ・荒湯による予備源泉の確保と温泉トラブルへの技術支援。
- ・PR館への入場者による観光への貢献は西山温泉にはない（教育関係者などの来訪者が多く、立寄りだけ）。観光資源とするなら、地熱発電所施設の設見学ツアーなどを行う必要がある。

2.2 地熱発電所の立地が地域の活性化や地域経済に対する具体的な効果。

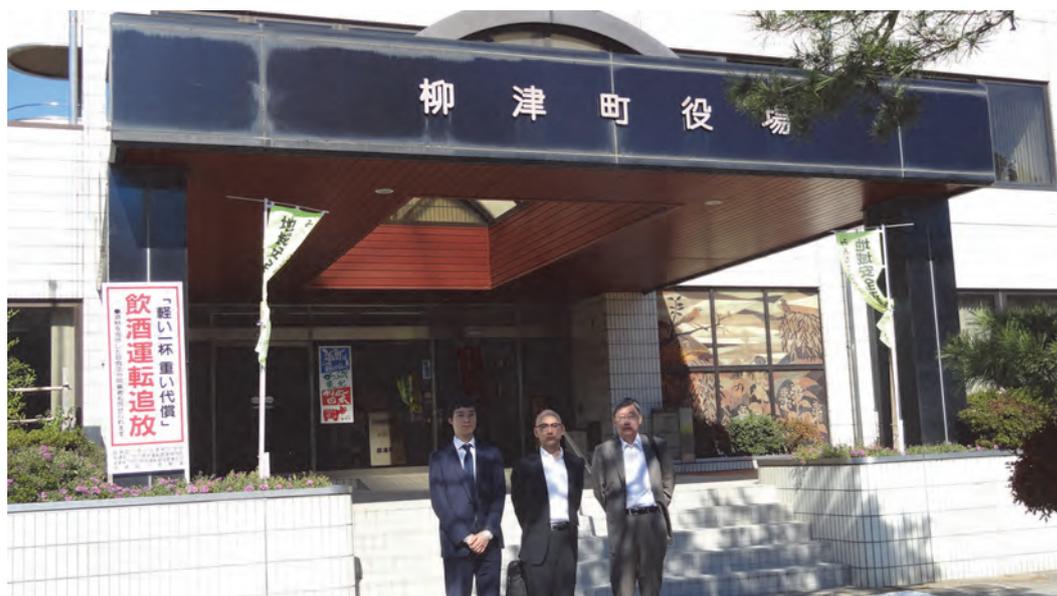
- ・西山温泉については、経済効果はない。

## 3. その他

現在、国内では多くの地熱発電所計画が提案されているが、温泉事業者殿の懸念により調査が停滞する計画も多い。地熱発電所と向き合ってきたご経験から、何かご助言やご感想。

- ・温泉事業者にとって、お湯が出なくなることが最も不安な事柄。荒湯のような予備源泉が設置するなどの対策が可能であれば、理解が得られる場合もあるのではと思う。但し、熱水は元の温泉と泉質も違い、供給すればよいという訳ではない。かえって反発を招く場合もある。
- ・地熱発電所の設置が温泉に影響することもあると認めて、対応策の検討や話し合いをすることが必要。実際、柳津西山温泉の運転開始時に湯量が増え、源泉や設備にトラブルがあった。
- ・柳津地熱発電所が面倒を見ている範囲は、西山温泉組合の4軒（6軒）と砂小原の配湯設備である。対象範囲が狭いこともあって、奥会津地熱は十分な対応が取れたのではないか。
- ・毎分100L～200Lを使うような大規模ホテルがあるところでは、予備源泉の確保は難しいだろう。バイナリーについては、反対する人は少ないだろうが、大規模な地熱と一緒にくたに考えられてしまっているところがあるのではないか。
- ・地熱事業者と温泉事業者の対話では、代表者同士だけでなく、担当者全員レベルの対話が必要ではないか。また、温泉は限りあるものという発想が必要でないか。

(5) 柳津町役場



柳津町役場での現地ヒアリング<平成24年10月17日(水)>

柳津町役場殿に対するヒアリング議事録

【日時】平成24年10月17日(水) 10:00-11:10

【場所】柳津町役場 会議室

【先様】福島県柳津町役場 地域振興課 課長 新井田 修 様

【当方】地熱発電研究委員会 分山委員 (自然エネルギー財団)

地熱発電環境リスク調査WG 鈴木WG委員 (日本エヌ・ユー・エス)

山田・百田 (エンジニアリング協会)

【受領資料】: 福島民報 H24. 10. 13 「近隣温泉に圧力変動」

## 【質問概要と回答】

### 1. 地域と地熱発電所事業者殿との関係構築の経過について

1.1 柳津西山地熱発電所計画を最初にお聞きになったときの感想（地域への影響、温泉への影響）。また、自然保護団体や温泉組合の皆様の反応はどのようなものだったか。

- ・地熱開発については、1981年に柳津町と柳津町議会が三井金属に地熱調査の再開を要請した。雇用、熱水の二次的利用、宿泊・観光面等の波及効果、そしてメンテナンスなど地元の事業者が参加できるような部分への期待があった。自然保護団体は関係しないが、温泉事業者として西山温泉の各旅館が関係者であった。柳津温泉のほうでは、よその話ととらえられていた印象である。

1.2 柳津町役場として、地熱発電所計画に対してどのような対応だったか。

- ・町が地熱発電所の計画を要請しており、推進であるが、地域住民、特に温泉旅館の理解を優先した。

1.3 地熱発電所と地域との良好な関係構築については、柳津町役場の貢献および役割。

- ・温泉審議会に申請して、調査はOKを得た。その後、皆素人であったので、温泉勉強会を設置して、町担当者を含めて、既設発電所の見学などを行い、理解を深めた。
- ・開発事業者と温泉事業者との関係構築は、町が立会い又は仲介して話し合いを重ね、理解を得ながら計画を進めた。行政が間に入ることで、万が一の保障、責任、安心感といったところでメリットがあったのではないかと。

1.4 現在、説明会・報告会が行われる協議会の場合やモニタリング情報の共有化などに対する印象。

- ・集落単位での説明会が行われる。昨年度の事業結果と今年度の事業計画などが報告される。

### 2. 地熱発電所の立地による地域の活性化や地域貢献について

2.1 地熱発電所事業者殿が行われている地域貢献策の内容。最も役に立っていると思われる貢献策。

- ・温泉変動への技術支援とPR館による観光への貢献があった。西山温泉は、川の近くで源泉が浅いため、そもそも変動があった。町と事業者が荒湯（町所有源泉）から各旅館への配湯施設の整備を決めたことが合意の決定打となった。これによって各旅館も安心できた。荒湯は安定して150L/分の湯量がある。
- ・町側に地域活性化策としての開発プランがあり、地熱開発を契機に温泉施設せいざん荘ができた。平成4年に荒湯から西山温泉旅館への配湯設備が完成し、平成7年に発電所が運開。
- ・熱水の2次利用を検討し、農業での利用や融雪対策への利用を考え、実証施設も設置したが、発電所との距離があり、灯油や重油での利用に対し、経済的に成り立たないので実現していない。

2.2 地熱発電所の立地が地域の活性化や地域経済に対する具体的な効果。

- ・PR館の運営による観光への貢献、雇用創出、技術支援、地元企業利用、固定資産税収入などの地域経済への効果があった。特に、運転開始当時に、町の固定資産税は1.5億円程度であったが、発電所設置で7.5億円程度に増加した（現在の町の固定資産税は2.5億円程度）。一方で、原発や水力、火力と比べ発電量が極僅かなため、電源三法交付金としてはほとんど寄与していない。
- ・地熱開発を契機として整備した「せいざん荘」が（財）やないづ振興公社で運営され（指定管理者）、日帰り温泉利用等の地元利用と観光客の増加につながった。

資料-3：国内計画事業ヒアリング調査資料

- (1) 北海道上川町役場（白水沢地区）
- (2) 出光興産(株)（小安地区，阿女鱒岳地区）
- (3) 湯沢地熱(株)（仮称：山葵沢地熱発電所）

## (1) 北海道上川町役場（白水沢地区）



北海道 上川町役場での現地ヒアリング＜平成 24 年 9 月 27 日（木）＞

### 上川町役場殿に対するヒアリング議事録

【日時】平成 24 年 9 月 27 日（木）13:00-15:30

【場所】北海道上川郡上川町役場会議室

【先様】上川町企画総務課 谷 参事，昔農 課長補佐・企画グループリーダー

【当方】地熱発電研究委員会 窪田委員（電力中央研究所），百田・青柳（エンジニアリング協会）  
地熱発電環境リスク調査 WG 伊藤オブザーバー（出光興産）、

【受領資料】大雪山国立公園 層雲峡白水沢地域地熱資源資料（H24 年 9 月）

#### 【質問概要と回答】

##### 1. 事業計画，各主体との関係について

(1) 本事業における谷 参事 の業務概要・権限等

- ・白水沢地域の地熱発電事業に関する町の推進役。

(2) これまでの事業進捗状況，今後の開発スケジュール

- ・上川町の主導で近々、研究協議会の立ち上げを計画。必ずしも事業の推進有りきではない。
- ・開発事業者は企業。町は、民間を応援・支援。今後の開発スケジュールはまだ無い。

(3) 関連する各実施主体との関係，各役割（貴町と開発事業者，北海道，中央官庁）

- ・町：北海道庁や国（経産省等）へ働きかけ。研究会を立ち上げて、協議の場を提供。
- ・事業者：白水沢が事業として成り立つのかどうかを検討。

(4) 過去，特別地域である白水沢地域での掘削許可の手続きや許可条件

- ・道立地下資源調査所が研究という位置づけで許可を取り，昭和 43 年～47 年にかけて実施。
- ・上川町も平成 3 年に許可を得て自主財源で掘削。これも研究という位置づけ。

## 2. 地熱開発事業に対する自治体としてのお考え

### (1) 地熱開発事業による地域への便益（地域への経済効果など自治体にとってのメリット）

- ・過去の調査で地熱資源があると分かっているので、有効活用すべきという立場。
- ・国のエネ政策に活用して欲しい。経済効果などの地元便益は二の次で付随してあれば良い。
- ・優良事例の第1号になれば、見学者などが多くなり、お客が増えるというメリットはある。

### (2) 地熱開発事業による地域へのリスク（温泉資源、自然環境、景観、地元調整等の懸念事項）

- ・町の主要産業は観光（温泉事業）であり、温泉事業に影響がある場合は撤退する。ただし、過去に温泉と水質成分が違ふとの結果が出ているので、影響がない可能性もある。
- ・現在のところ、町議会および産業団体などは賛成の意見が大半であり、反対の動きは出ていない。
- ・景観については、大雪山黒岳にリフトがあるので、立地場所の設定は大切と考えているが、景観対策技術はあるのではないかと思うので、町としてはそれほどリスクとは考えていない。
- ・自然保護団体との話し合いは開始。反対など無いが、計画が進めば意見は出てくると思う。

### (3) 国や中央官庁等へのご要望

- ・過去掘削した井戸は第1種特別地域に位置するが、地熱資源が確認されており、本来これを活用したいが、国は認めないと思う。
- ・優良事例がどのようにすれば認められるか分からない。基準を明確にしてほしい。

## 3. 自然公園内での開発に係る環境保全への取り組みについて

### (1) 森林、生態系や景観に関する背景（天然記念物や絶滅危惧種等の希少種、歴史、観光資源）

- ・特別保護地区は天然記念物。自然環境の観点からはウスバキチョウ・ナキウサギなどの生息区域である。世界自然遺産を目指している。

### (2) 温泉に関する背景（温泉文化・歴史、観光資源としての現状、役割）

- ・町の主要産業は観光であり、層雲峡温泉の役割は絶大。地熱事業が温泉に影響する場合は撤退。

### (3) 自然環境保全に関する自治体や開発企業の取り組み（保全計画、事前調査の実施状況）

- ・研究協議会の立ち上げようとしている段階。何も新しいデータはないので、協議会では過去の調査結果を説明するしかない。

### (4) 国や中央官庁、開発事業者へのご要望：前出の2(3)参照

### (5) 今後の調査・研究開発に関する課題、ご要望：特になし

## 4. 地元調整について

### (1) 地熱開発に関わる主な利害関係者（近隣住民、温泉事業者、自然保護団体等）の動向

- ・現在のところ、近隣住民、自然保護団体の反対なし。町の雰囲気として開発推進の機運。
- ・計画が進んでいけば、自然保護団体からは何らかの意見は出てくると想定。
- ・自然保護団体には継続的に意見交換したいとの意向は伝えているが、研究協議会に入ってくれそうにない。町としては、別途意見交換するということになりそう。
- ・温泉事業者は、研究協議会に参加する予定。科学的データを基に温泉源との因果関係を明確にして欲しいと言っている。

### (2) 地元協議会など合意形成の場の形成（メンバー構成、計画、運営上の問題、手続き等）

- ・研究協議会の立ち上げ計画段階。地元産業（農業・商業）の代表者、温泉事業者、道庁職員、

学識経験者、事業者(オブザーバー)を含む構成で、情報共有の観点から偏ったメンバー構成にならないようにしたい。委員長は学識経験者。自然保護団体の参加は難しそう。

- ・オブザーバーとして、環境省、経産省、国土交通省、北海道など参画してほしい。地権者は林野庁。

(3) 影響評価, モニタリングデータ等の情報開示・情報共有に関する課題

- ・環境省が環境影響評価の期間短縮する方向で検討していることは、事業推進上で望ましい。

(4) 地熱発電の地域共生（共存, 共栄）に関する課題, 今後のあり方

- ・情報共有の観点から、研究会のメンバーは偏った構成にならないようにしたい。

## 5. 環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見

(1) 今回の事業計画において、優良事例の条件に対するご意見, クリアするための課題

- ・環境省は求めているハードルが高い。一旦地元に対処されると実施できなくなる。温泉事業者との合意形成がないと候補地として挙げてもらえない。
- ・優良事例の5条件については、環境省のやり方はステップ・バイ・ステップで進める方向。ある程度事業が進んだ段階で反対になる場合、事業者の負担が非常に大きいことを懸念。
- ・優良事例条件をクリアできる基準を明確にしてほしい。

## (2) 出光興産(株) (小安地区, 阿女鱒岳地区)

### 出光興産(株)殿に対するヒアリング議事録

【日時】平成 24 年 11 月 9 日 (金) 14:00～15:30

【場所】共同通信会館 5 階 出光興産(株)資源部 応接室

【先様】出光興産(株) 資源部地熱課：課長 後藤 弘樹 様, 主任技師 古谷 茂継 様

【当方】地熱発電研究委員会 窪田委員(電力中央研究所), 百田・青柳(エンジニアリング協会)

【受領資料】阿女鱒岳 地熱調査の状況, 2011 年 11 月 9 日, 出光興産(株)・国際石油帝石(株)

【質問概要と回答】

### 阿女鱒岳地域に対するヒアリング

#### 1. 事業計画, 各主体との関係について

##### 1.1 本事業における出光興産殿, 国際石油開発帝石殿の役割分担・権限等

- ・両社の共同調査であり, 出光が総括を担当. 権限は共同委員会を設置して合議にて決定.

##### 1.2 これまでの事業進捗状況, 今後の開発スケジュール

- ・2011 年度：地表調査実施. 次年度調査・土木工事準備として許認可取得を実施
- ・2012 年度：作業道・掘削敷地造成 (1 坑分). 次年度工事の許認可取得準備
- ・2013 年度：構造試錐井 1 坑掘削. 次年度以降の調査・土木工事準備
- ・2014～15 年度：構造試錐井掘削 (2～3 坑). 開発意思決定
- ・2016 年度：試験井 (調査井). 環境影響評価開始 (環境アセス迅速化の動向を注視して, 着手時期を決定. 環境省モデル事業 (環境事前調査) の活用等を検討する)

##### 1.3 関連する各実施主体との関係, 各役割 (地元自治体, 中央官庁)

- ・地元自治体：地元住民への周知, 調整, 地権者紹介, 許認可取得上の相談・申請 (村道関係).
- ・中央官庁：事案によって許認可取得上の相談や施策要望等を行っている. 中央官庁の出先機関 (森林管理局・管理署等) は許認可事項の申請・許可窓口.

#### 2. 今回の地熱開発事業の地域に対する影響について

##### 2.1 地熱開発事業による地域への便益 (地域への経済効果など自治体にとってのメリット)

- ・地元での消費効果：旅館宿泊, 工事発注 (中小規模工事), 燃料・消耗品購入
- ・固定資産税収
- ・地元雇用：運転・設備管理, PR 館スタッフ, 事務
- ・観光/視察等：発電所稼働によって視察者等の増加と村の知名度向上が期待.

##### 2.2 地熱開発事業による地域へのリスク (温泉資源, 自然環境, 景観, 地元調整等の懸念事項)

- ・温泉資源：温泉は 7km (キロリゾート、動力泉) 以上離れており, 影響を及ぼすことは無いと考えているが, モニタリングを実施 (以降継続) する予定.
- ・自然環境 (鳥植物)：作業道・掘削敷地新設予定地の事前環境調査を実施. 希少種・絶滅危急種の鳥類の飛翔状況, 植物生育状況を工事ルート選定に活用 (生育地を回避, 一部移植等).
- ・景観：一般道からは視認されない.

- ・地元調整：特段の問題無し。民有地内通行があり，地権者には調査・工事計画等を適宜説明。

2.3 国や中央官庁等へのご要望：特に無し。

### 3. 自然公園内での開発に係る環境保全への取り組みについて

3.1 計画地点は自然公園外。特別地域立地の場合の環境保全に対する取組との差異の有無

- ・動植物に対しては，公園内外での保全措置に差異は無い。但し，公園内において1ha以上の改変面積となる場合には，植生・動物相，風致景観，自然的・社会的効用，風致景観に及ぼす影響予測と影響軽減措置につき資料を提供する必要がある。
- ・公園内の場合は，景観との調和を重視（視認性，色，改変面積の最小化，高さの低減等）

3.2 森林，生態系や景観に関する背景（天然記念物や絶滅危惧種等の希少種，歴史，観光資源）

- ・本格的な自然環境調査をやっていないが，天然記念物や絶滅危惧種等の希少種は生息する可能性があるため，環境アセス段階（又は前倒し）で調査し対策を立てる。
- ・当該地域は農山村地であり，キョリゾートが最大の観光施設。周辺は豊かな自然環境が保たれている。赤井川村は「日本で最も美しい村連合」（39町村5地域）に加盟。

3.3 温泉に関する背景（温泉文化・歴史，観光資源としての現状，役割）

- ・赤井川村内の温泉は掘削泉2件（キョリゾート，村営赤井川村保養センター）のみ。「温泉旅館」は無い。
- ・赤井川村保養センターは近隣住民の憩いの場として利用されている。

3.4 自然環境保全に関する自治体や開発企業の取り組み（保全計画，事前調査の実施状況）

- ・調査地域（全て国有林）の一部は，「自然維持林」に区分されており，同区域内に作業道・掘削敷地の造成を行う必要があったため，森林管理局の要請を受けて「事前環境調査」を実施した。この結果に基づき，希少種の生育地（植物）を工事ルートから外す（又は株移植），希少種鳥類の繁殖時期を避けた工事期間とする等の配慮を行う予定である。

3.5 国や中央官庁，開発事業者へのご要望

- ・国や中央官庁：自然公園内の環境アセスに，実現可能な施策・対応策に係る指針の作成。
- ・環境アセスの迅速化。縦覧後，複数の審査を並行してやれば審査期間が短縮できるのでは。
- ・都道府県：温泉湧出を目的としない構造試錐井，観測井の温泉法上の取扱い（許認可対象か否かを明確化）

3.6 今後の調査・研究開発に関する課題，ご要望

- ・地域の合意形成手法の確立，温泉資源保護のための調査と対策実施（関係者の不安払拭のために事前実施もあり），地域環境の実態を考慮した環境・景観保全手法確立等の研究。
- ・環境アセスにおいて，最も困るのは検討項目の手戻りや後からの追加である。フルスペックの環境影響評価項目を環境省などに設定して頂き，地域毎に不要な項目はその理由を協議しながら削っていくというのがよいのではないか。項目を追加する場合は，追加する理由が必要。
- ・地熱発電の環境アセスの場合，風洞実験が指定されている。環境アセス短縮化・コスト削減のためシミュレーションを国で揃えて頂きたい。

### 4. 地元調整について

4.1 計画地点は自然公園外。特別地域立地の場合の地元調整との差異の有無

- ・地元調整という意味での差異はほとんど無く，いずれの地域でも地元説明会は実施。
- ・公園内の場合には，国，自治体の環境・自然保護関係部署との調整，許認可事項が発生。

4.2 地熱開発に関わる主な利害関係者（近隣住民，温泉事業者，自然保護団体等）の動向

- ・調査地は山間部で半径 5km 以内に居住者はいない。温泉事業者は村とキロリゴートの 2 者。キロリゴートには調査計画を説明して理解を得ており、2013 年度から温泉モニタリングを実施予定。
- ・地表調査範囲は札幌市にも跨っているため、札幌市役所・定山溪温泉関係者（定山溪まちづくり協議会）にも説明しており、出席者から反対の声は無い。自然保護団体からも反対の声は特にあがっていない。

#### 4.3 地元協議会など合意形成の場の形成（メンバー構成、計画、運営上の問題、手続き等）

- ・地域協議会は設置していない（自然公園外のため、協議会設置が必須条件ではない）。村では、村議会での説明（総務課）、村広報誌への調査計画掲載等で周知や合意を図っている。

#### 4.4 影響評価、モニタリングデータ等の情報開示・情報共有に関する課題

- ・2013 年度から温泉モニタリングを実施予定。私有泉のため取得データの管理を検討中。
- ・環境影響評価については、配慮書、方法書、準備書、評価書の各段階で公開する。

#### 4.5 地熱発電の地域共生（共存、共栄）に関する課題、今後のあり方

- ・開発時、操業時を含めた情報公開や利用道路整備等に努め、事業の理解者（見学者）を増やす。
- ・村、地域の地域計画（熱水の農業利用、融雪、福祉・保養施設など）に協力する。
- ・工事発注、購買、宿泊等において村内事業者を優先して採用する。

### 5. 環境省の新通知における優良事例の 5 条件に対するご意見

新通知の優良事例の 5 条件は、第 2 種、第 3 種特別地域に対するものですが、大半が協議会や合意形成など地域との共生に関係しています。今回の事業計画においても、優良事例の条件に対するご意見、クリアするための課題があるかと考えますが、如何でしょうか。

- ・赤井川村においても地域の理解が最重要課題と考えており、調査の進展に合わせた情報公開、自治体・関係住民への丁寧な説明が必須である。
- ・調査地域は公園外であるが、環境・景観保全については環境調査結果や専門家の助言を反映した開発計画とすべきと考えている。

## 小安地域に対するヒアリング

### 1. 事業計画、各主体との関係について

1.1 本事業における出光興産殿、国際石油開発帝石殿の役割分担・権限等：阿女鱒岳と同様

1.2 これまでの事業進捗状況、今後の開発スケジュール

- ・2011 年度：地表調査実施
- ・2012 年度：作業道・掘削敷地造成のための許認可取得、一部工事実施
- ・2013 年度：構造試錐井 2 坑掘削、次年度以降の調査・土木工事準備
- ・2014 年度：構造試錐井 2 坑掘削、開発意思決定
- ・2015 年度：開発井掘削のための土木工事、環境影響評価開始（環境アセス迅速化の動向を注視して、着手時期を決定。環境省モデル事業（環境事前調査）の活用等を検討する）

1.3 関連する各実施主体との関係、各役割（地元自治体、中央官庁）

- ・地元自治体：地域協議会運営、地元住民への周知、調整、地権者紹介など。自治体のバックアップが大きい。
- ・中央官庁：事案によっては許認可取得上の相談、施策要望等を行っている。中央官庁の出先（森林管理局・管理署等）は許認可事項の申請・許可窓口となっている。

## 2. 今回の地熱開発事業の地域に対する影響について

### 2.1 地熱開発事業による地域への便益（地域への経済効果など自治体にとってのメリット）

- ・地元での消費効果：旅館宿泊, 工事発注（中小規模工事）, 燃料・消耗品購入
- ・固定資産税収
- ・地元雇用：運転・設備管理, PR館スタッフ, 事務
- ・観光/視察等：発電所稼働によって視察者等の増加が予想され, 市の知名度向上が期待される。ジオパーク事業と連携することで, 観光客増も期待できる。

### 2.2 地熱開発事業による地域へのリスク（温泉資源, 自然環境, 景観, 地元調整等の懸念事項）

- ・温泉資源：数 km 以内に市有泉（温泉旅館に給湯）, 自然湧出泉あり。温泉に影響の無い開発に取り組む。温泉モトクガ（年 4 回, 7 箇所）で影響の有無, 影響がある場合の原因究明に資するデータを蓄積。影響の可能性がある場合は, 泉源所有者・自治体と協議して対策を施す。
- ・自然環境：調査地域は国定公園第 2, 3 種特別地域であるため, 作業道・掘削敷地造成では 県自然保護課と協議して設計・施工を行う。
- ・景観：掘削（仮設工作物）予定地点は, 県道 51 号線, 同 282 号線の一部区間より視認される。景観に係る専門家を委嘱して助言を得ながら開発を進める。
- ・地元調整：地元説明会, 地域協議会の開催により, 現状では特段の問題は無い。ただし, 温泉関係者の一部に温泉への影響を懸念する声もあるので, 個別に説明など丁寧な対応実施。

### 2.3 国や中央官庁等へのご要望

- ・国や中央官庁：調査地域は国定公園内でありかつ温泉地にも近い。環境調査・保全や温泉資源保護について, 地域の実情に合致した調査や保全策の実施に係る助成をお願いしたい。

## 3. 開発に係る環境保全への取り組みについて

### 3.1 計画地点は特別地域立地。自然公園外の場合の環境保全に対する取組との差異の有無

- ・動植物に対しては, 公園内外での保全措置に差異は無い。但し, 公園内において 1ha 以上の改変面積となる場合には, 植生・動物相, 風致景観, 自然的・社会的効用, 風致景観に及ぼす影響予測と影響軽減措置につき資料を提供する必要がある。
- ・公園内の場合, 景観との調和（視認性, 色, 改変面積の最小化, 高さの低減等）が重視されるので, 景観に係る専門家を委嘱して助言を得ることにしている。

### 3.2 森林, 生態系や景観に関する背景（天然記念物や絶滅危惧種等の希少種, 歴史, 観光資源）

- ・天然記念物や絶滅危惧種等の希少種は生息する可能性があるため, 環境アセス段階（又は前倒し）で調査し対策を立てる。

### 3.3 温泉に関する背景（温泉文化・歴史, 観光資源としての現状, 役割）

- ・小安峡温泉, 大湯温泉, 大噴湯を抱える観光地であり, 共存が最重要と考えている。
- ・湯沢市が進めるジオパーク事業と連携して地熱発電所を開発・活用し, 観光浮揚に貢献。

### 3.4 自然環境保全に関する自治体や開発企業の取り組み（保全計画, 事前調査の実施状況）

- ・自治体：大噴湯は, 湯沢市職員や地域の行政員による遊歩道の安全確認, 清掃等を実施。
- ・開発企業の取組み：調査地域は国定公園内のため, 基本的に県自然保護課の指導に基づき調査を進めるが, 景観への専門家の助言や地域協議会での要望事項等を調査に反映してゆく。

### 3.5 国や中央官庁, 開発事業者へのご要望

- ・国や中央官庁：地熱発電における環境保全（環境アセス）には, 実現可能な施策・対応策に係る指針を出して頂きたい（自然公園内）。環境アセスの迅速化を図って頂きたい。

### 3.6 今後の調査・研究開発に関する課題，ご要望

- ・地域の合意形成手法の確立，温泉資源保護のための調査と対策（関係者の不安払拭のため事前実施もあり），地域環境の実態を考慮した環境・景観保全手法確立等のための研究が必要。

## 4. 地元調整について

### 4.1 計画地点は特別地域立地，自然公園外の場合の地元調整との差異の有無

- ・地元調整での差異は殆ど無いが，公園内での開発は自然保護関係者の理解を得る努力が必要。
- ・地域協議会では，委員として自然保護・観光振興の立場の「小安峡観光案内人の会代表」，温泉旅館経営・観光振興の立場の「湯沢市観光物産協会副会長」に参画頂き，意見を反映。
- ・公園内の場合には，国、自治体の環境・自然保護関係部署との調整，許認可事項が発生。

### 4.2 地熱開発に関わる主な利害関係者（近隣住民，温泉事業者，自然保護団体等）の動向

- ・これまで地元説明会，地域協議会で地熱発電開発に対する反対の声は無いが，温泉事業者からは温泉モニタリング実施や温泉に影響が出た場合の誠意ある対応を求められている。
- ・源泉所有者が不安を持つことは十分理解できるため，丁寧に説明している。

### 4.3 地元協議会など合意形成の場の形成（メンバー構成，計画，運営上の問題，手続き等）

- ・2012年7月20日に第1回地域協議会（会長：松葉谷治秋田大学名誉教授）を開催。湯沢市（総務企画部企画課）及び調査会社（出光・INPEX）が事務局。概ね年1回開催する予定。
- ・もともと湯沢市中心の自然保護団体はないが，メンバーは市が選定。
- ・景観の専門家は少ないが，東大の先生に委嘱した。
- ・自然公園内であっても，地表調査（重力探査等）で自然環境に影響の危惧がない場合は協議会はない。環境省の新通知では，調査井の掘削など早い段階から協議会が必要となるが，小安の場合は通知がまだなかった時に地表調査を実施（2011年）。

### 4.4 影響評価，モニタリングデータ等の情報開示・情報共有に関する課題

- ・2012年10月より温泉モニタリングを開始（7箇所），年4回実施する予定。モニタリング結果は，地域協議会において公開する（源泉所有者の了解済み）。
- ・環境影響評価については，配慮書，方法書，準備書，評価書の各段階で公開する。

### 4.5 地熱発電の地域共生（共存，共栄）に関する課題，今後のあり方

- ・開発時，操業時を含めた情報公開や利用道路整備等に努め，理解者（見学者）を増やす。
- ・市，地元の地域計画（熱水の農業利用，融雪，福祉・保養施設など）に協力する。
- ・自然公園内では時間がかかるので，もう少し許認可の判断を速めて欲しい。

## 5. 環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見

新通知の優良事例の5条件は，第2種，第3種特別地域に対するものですが，大半が協議会や合意形成など地域との共生に関係しています。今回の事業計画においても，優良事例の条件に対するご意見，クリアするための課題があるかと考えますが，如何でしょうか。

- ・地域合意の形成が最重要課題と考えており，調査の進展に合わせた情報公開，自治体・関係住民への丁寧な説明が必須である。
- ・調査地域は公園内であり，環境・景観保全についても環境調査結果や専門家の助言を反映した開発計画とすべきと考えている。
- ・温泉モニタリング結果の地域協議会への公開，温泉事業者や農業者の熱利用への協力など，地域協議会での要望を踏まえ対応して行く必要がある。
- ・自然公園内では時間がかかるので，もう少し許認可の判断を速めて欲しい。

### (3) 湯沢地熱(株) (仮称：山葵沢地熱発電所)

#### 湯沢地熱(株)殿に対するヒアリング議事録

【日時】平成24年11月12日(月) 15:00～15:40

【場所】電源開発(株) 本社 会議室

【先様】湯沢地熱株式会社 取締役社長 中西 繁隆 様

(陪席：電源開発株式会社 統括マネージャー 手塚 茂雄 様)

【当方】：地熱発電研究委員会 窪田委員(電力中央研究所), 百田・青柳(エンジニアリング協会)

【受領資料】

- 1) 電源開発株式会社・三菱マテリアル株式会社・三菱ガス化学株式会社：「湯沢地熱株式会社」の設立について、平成22年4月12日
- 2) 湯沢地熱株式会社：山葵沢地熱発電所(仮称)設置計画 環境影響評価方法書のあらまし

【質問概要と回答】

#### 1. 事業計画、各主体との関係について

- 1.1 本事業における、電源開発殿、三菱マテリアル殿、三菱ガス化学殿の役割分担・権限等
  - ・湯沢地熱への出資比率は、電源開発 50%、三菱マテリアル 30%、三菱ガス化学 20%.
- 1.2 これまでの事業進捗状況、今後の調査・開発や環境影響評価関連のスケジュール
  - ・H23.11に環境影響評価方法書を経産大臣に届出。H24.06から環境現況調査を実施中.
  - ・環境アセスが短縮化されればスケジュールが前倒しになる可能性はある.
- 1.3 関連する各実施主体との関係、各役割(地元自治体、中央官庁)
  - ・秋田県、湯沢市は非常に協力的.

#### 2. 今回の地熱開発事業の地域に対する影響について

- 2.1 地熱開発事業による地域への便益(地域への経済効果など自治体にとってのメリット)
  - ・基本的には地元消費(消耗品等)、作業員の宿泊等がある.
- 2.2 地熱開発事業による地域へのリスク(温泉資源、自然環境、景観、地元調整等の懸念事項)
  - ・温泉資源への影響の有無が最大のリスク. 幸いなことに秋ノ宮温泉・泥湯温泉の源泉所有者の皆様には基本のご理解頂いている.
- 2.3 国や中央官庁等へのご要望
  - ・環境アセスメント期間の短縮(環境アセスメントの迅速化)

#### 3. 開発に係る環境保全への取り組みについて

- 3.1 計画地点は自然公園外、特別地域立地の場合の環境保全に対する取組との差異の有無
  - ・自然公園内の地熱開発ではないが、八丈島地熱発電所開発以来、最初の事例として注目され、モデルケースになると思うので、それなりの環境保全対策が必要. 自然公園内の優良事例とリンクする形で最新技術を求められる可能性もあると史料.
- 3.2 森林、生態系や景観に関する背景(天然記念物や絶滅危惧種等の希少種、歴史、観光資源)
  - ・景観では、眺望できる場所はそんなにない. 落葉すると見通しは良くなるが、冬期間(11月中旬から翌6月)は積雪のためアクセス道路は閉鎖される. 土地は多くが国有林(及び

保安林)のため必要な許認可手続きが必要.

### 3.3 温泉に関する背景 (温泉文化・歴史, 観光資源としての現状, 役割)

- ・秋ノ宮温泉郷と泥湯温泉郷はあるが, 近郊ではない. 2.2 の回答参照.

### 3.4 自然環境保全に関する自治体や開発企業の取り組み (保全計画, 事前調査の実施状況)

- ・1.2 の回答参照

### 3.5 今後の調査・研究開発に関する課題, ご要望

- ・硫化水素の拡散予測評価については, シミュレーションソフトの開発を国にお願いしたい.

## 4. 地元調整について

### 4.1 計画地点は自然公園外. 特別地域立地の場合の地元調整との差異の有無

- ・湯沢市では, 上の岱地熱発電所の経験がある点が大きく, 基本的に地元理解がある.
- ・自然公園外のため協議会設置は必須でないが, 適宜報告しており, 基本的なコミュニケーションは同じ.

### 4.2 地熱開発に関わる主な利害関係者 (近隣住民, 温泉事業者, 自然保護団体等) の動向

- ・近隣には温泉地はなく, やや離れて秋ノ宮温泉と泥湯温泉が存在するが本事業には基本のご理解頂いている.
- ・NPO などの自然保護団体の動きは不明. また, 地元自治体 (湯沢市) は非常に協力的である.

### 4.3 地元協議会など合意形成の場の形成 (メンバー構成, 計画, 運営上の問題, 手続き等)

- ・地元説明会 (報告会) は, 湯沢市を通じて地元住民を対象として, 必要な都度開催している.
- ・自然公園外のため, いわゆる地元協議会 (優良事例対応) を設置する必要はない.
- ・環境省の温泉ガイドラインでは地元協議会の設置が推奨され, 地域の合意が必要となっているので, 自治体の判断として本地域でも協議会は必要とのことで将来設置の方向で動いている.

### 4.4 影響評価, モニタリングデータ等の情報開示・情報共有に関する課題

- ・今後, 協定等の締結により決めていくことになる. 温泉モニタリング結果の情報開示を求める声があるが, モニタリング結果を公の場に開示するに当たっては, 各温泉事業者の個人情報への配慮が必要.

### 4.5 地熱発電の地域共生 (共存, 共栄) に関する課題, 今後のあり方

- ・地域貢献については, 自治体 (県, 市) からは雇用の確保が望まれているが, 直接的な雇用は限定されたものにならざるを得ないと思料.
- ・PR 館の設置については未定.

## 5. 環境省の新通知における優良事例の5条件に対するご意見

新通知の優良事例の5条件は, 第2種, 第3種特別地域に対するものですが, 大半が協議会や合意形成など地域との共生に関係しています. 今回の事業計画においても, 優良事例の条件に対するご意見, クリアするための課題があるかと考えますが, 如何でしょうか.

- ・優良事例については, 先行している地域で頑張ってもらい, まずは優良事例の実績を作ってもらくことが有効ではないか.

## 資料-4：数値シミュレーション関連の文献要約集

(1) 地盤変動関連（メタンハイドレート開発，CO<sub>2</sub> 地中貯留分野）

(2) 地下水流動変化関係

(1)地盤変動関連（メタンハイドレート開発、CO2 地中貯留分野）

表-1 文献要約(1)

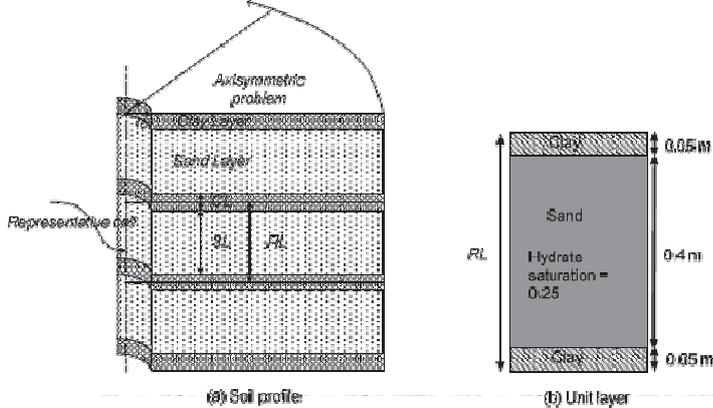
1)タイトル	Coupled Soil Deformation-Flow-Thermal Analysis of Methane Production in Layered Methane Hydrate Soils
著者名	M.Y.A. Ng, K. Soga, University of Cambridge
出典	OTC 19364 / 2008
2)解析対象/ 環境リスク/目的	南海トラフで確認された砂泥互層での、変形-流体-熱連成によるメタンハイドレート分解時の地盤沈下解析。
3)解析プログラム名	FLAC
4)解析概要	メタンハイドレートは、堆積した砂質土であるが、粘着性のある物質としてふるまうので、分解はその結合効果を減少させ、メタンハイドレート土は粘着性を失う。 この論文は、南海トラフで確認された砂泥互層での、変形-流体-熱連成によるメタンハイドレート分解の解析事例を示す。有限差分解析コードFLACにより行われた。
5)解析法/ 構成式・基礎方程式	構成式の特徴 1) ハイドレートは水とガスに分解する移動しない物質 2) 水とガスの流れはダルシー則による二相流式 3) 相対浸透率と毛細管圧は有効飽和度に支配される 4) ハイドレート土の変形挙動は、水ガスを含んだ地盤用の Bishop 法に従う有効応力に依存する 仮定 1) 温度変化による変形挙動は無視する 2) 温度変化はハイドレート分解にのみ有効である その他 1) 熱構成式は伝導と対流の両方による熱の流れを含んでいる。 2) ハイドレート分解プロセスは吸熱反応である。
6)解析条件（解析モデル）	 <p style="text-align: center;">砂泥互層軸対称解析モデル</p>
7)解析結果/考察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粘土層から砂層への熱の流れが、砂層中央のハイドレートよりも、粘土と砂の境界域付近のハイドレートのほうの分解を速くすることを示している。</li> <li>・減圧中、坑井中の圧力は減少し、周辺の土は抗井に向かって変形する。</li> <li>・さらなる減圧で、砂層ハイドレートは分解し、砂はその抵抗力を失う。このため、周方向の支持力は減少し始める。</li> <li>・RLがより大きいケースでは、粘土層の層厚が大きいため、温度は初期からあまり変化しない。</li> <li>・RL=0.5mのケースでは、アーチ効果により、他のケースよりも粘土層の有効応力が大きい。</li> <li>・RLが大きいほど沈下量は大きい。</li> <li>・ハイドレート分解への熱流の影響は、層厚が小さいケースほど大きい。</li> </ul>
8)環境影響評価 への適用性	地熱貯留層からの地熱流体採取による地盤沈下の影響解析。

表-2 文献要約 (2)

1) タイトル	Development of a Numerical Simulator for Analyzing the Geomechanical Performance of Hydrate-Bearing Sediments
著者名	Rutqvist, J. and Moridis G. J.
出典	Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, USA 2008/7/14
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	メタンハイドレート分解による圧力変化、地盤変形
3) 解析プログラム名	TOUGH+FLAC
4) 解析概要	シミュレータは、地盤力学解析コードFLACを使用することにより、地質媒体中（TOUGH+HYDRATE）の流体と熱力学的ハイドレート挙動の連成解析シミュレータとして開発された。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	<p>以下の条件下</p> <p>(i) 間隙水圧の変化を規定する有効応力は地盤変形と応力に作用する。</p> <p>(ii) 応力ひずみの変化を規定する孔隙容積は流体流量に作用する。孔隙率の変化を規定する二つのモデルが実装されている。</p> <p>(i) 巨視的な応力ひずみ変化と土粒子変形を考慮する多孔質弾性モデル</p> <p>(ii) 平均有効応力の関数である孔隙率の非線形性を考慮する実験モデル</p> <p>図の右の矢印は、TOUGHでの孔隙率<math>\phi</math>と<math>\Delta\phi</math>の更新のために、FLACで計算された有効応力とひずみの受け渡しを示している。左の矢印は、FLACで有効応力を算出するための、TOUGHで得られたP, T, Sのデータの受け渡しを示している。</p> <p style="text-align: center;"><b>TOUGH+FLAC連成</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Direct couplings</li> <li>- - Indirect coupling</li> <li>C - Cohesion</li> <li>G - Shear modulus</li> <li>K = Bulk modulus</li> <li>k = Intrinsic permeability</li> <li>P = Pressure</li> <li><math>P_0</math> = Capillary pressure</li> <li><math>S_H</math> = Hydrate saturation</li> <li>T = Temperature</li> <li><math>\epsilon</math> = Strain</li> <li><math>\phi</math> = Porosity</li> <li><math>\mu</math> = Coefficient of friction</li> <li><math>\sigma'</math> = Effective stress</li> </ul>
6) 解析条件 (解析モデル)	<p>地盤は Mohr-Coulomb モデル。</p> <p>地盤のひずみ速度効果はFLACのクリープモデルで表現される。</p> <p style="text-align: center;"><b>ハイドレート堆積物のモデル形状、境界条件、解析領域</b></p>

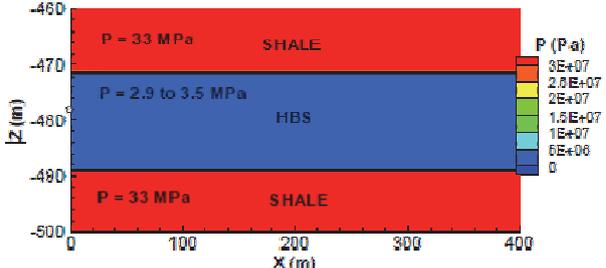
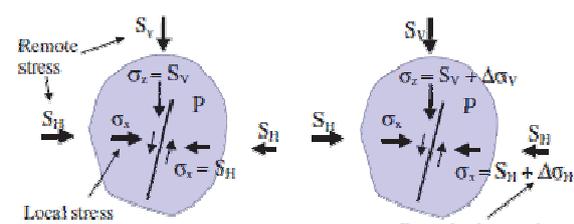
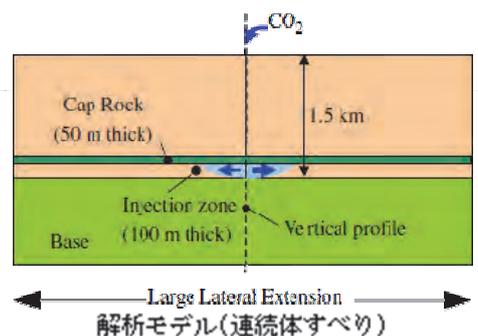
<p>7) 解析結果/考察</p>	<p>例えば圧力 P の分布は、貯留層の一定量の減圧を示している。すなわち、坑井での <math>P_w=2.7\text{MPa}</math> の一定圧力により、貯留層は 33 から 3MPa に減圧される。</p>  <p>減圧法によるガス生産が、地盤変動を引き起こす可能性がある。</p>
<p>8) 環境影響評価 への適用性</p>	<p>地熱貯留層からの地熱流体採取による地盤沈下の影響解析。</p>

表-3 文献要約 (3)

1) タイトル	Estimating maximum sustainable injection pressure during geological sequestration of CO <sub>2</sub> using coupled fluid flow and geomechanical fault-slip analysis
著者名	J. Rutqvist, J. Birkholzer, F. Cappa, C.-F. Tsang
出典	Energy Conversion and Management 48 (2007) 1798-1807
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	流体と地盤変形連成解析による、CO <sub>2</sub> 地中貯蔵における最大持続可能注入圧力の算定と、断層すべりの推定。
3) 解析プログラム名	TOUGH+FLAC
4) 解析概要	流体と地盤変形（断層すべり）連成解析による、CO <sub>2</sub> 地中貯蔵における最大持続可能 CO <sub>2</sub> 注入圧力の解析である。断層すべりに対しては、2つの数値解析アプローチが適用されている。ひとつは連続体応力ひずみ解析で、もうひとつは不連続体すべり解析である。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	<p>連続体すべり解析 せん断すべり解析は、断層面に対する主応力の大きさと方向、及び断層面内での流体圧を使用する。せん断すべりの基準はクーロン基準による。  <math>\tau = C + \mu (\sigma_n - P)</math>                  せん断応力、C 粘着力、<math>\mu</math> 摩擦角、<math>\sigma_n</math> 応力、P 流体圧力                  上式は流体圧の増加がせん断すべりを誘発することを示している</p>  <p>不連続体すべり解析 断層をインターフェイス要素で表現する。しかし、FLAC と TOUGH の連成に複雑さをともなう。</p>
6) 解析条件（解析モデル）	
7) 解析結果/考察	連成解析アプローチのアドバンテージは、地層構造や流体の空間的進展を正確に考慮できる点である。それゆえ、最大持続可能 CO <sub>2</sub> 注入圧力のより正確な算定や、断層すべりの予測を行うことができる。
8) 環境影響評価 への適用性	地熱貯留層からの地熱流体採取による断層すべりへの影響解析。

## (2) 地下水流動変化関係

表-4 文献要約(4)

1) タイトル	簡易な陽的解法と並列計算による蒸気熱水対流系の数値シミュレーション
著者名	松本 光央
出典	日本地熱学会誌 31(4), 213-229, 2009-10-25
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	地層内の水の流動は、地層内の物質と熱の効率的な輸送を担い、地下の諸現象(マグマ溜りの進化、地熱系の進化等)に大きな影響をおよぼすと考えられるが、これは研究者が独自に考案した数理モデルと地層内の気液二相流との複合問題となる。 地層内の蒸気・熱水からなる気液二相流の数値シミュレーションは地熱貯留層のモデリングにおいて広く行われ、その際には種々の汎用シミュレータ(HYDROTHERM, STAR, TOUGH2)が用いられているが、諸現象にこれらのシミュレータを使用することは困難である。そこで、地層内気液二相流の支配方程式を簡易な方法で解く方法を提案している。
3) 解析プログラム名	地層内気液二相流シミュレータ
4) 解析概要	地層内気液二相流モデルを解析するにあたり、本論文のアルゴリズムと陰解法の違いについて。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	(1) 支配方程式 従来の陰解法に対し、考案したアルゴリズムは陽的な時間積分を使用している。地層内気液二相流のモデルは、蒸気熱水対流系の汎用シミュレータの一つである HYDROTHERM によって採用されたものと同一である。 以下の仮定を用いている 1. 岩石物性(空隙率, 浸透率, 密度, 熱伝導率)は一定であり異方性を持たない 2. 相対浸透率は、液相飽和率の線形関数によって表される 3. 2次元直交座標系を用いる (2) 離散化 有限体積法による離散化 ブロック境界上での流速の評価方法は HYDROTHERM の方法に倣っている。
6) 解析条件	解析例は以下の3ケース (1) 1次元気液二相流 (2) 1次元超臨界流れ (3) 2次元流れ
7) 解析結果/考察	(1) 見かけ上安定に計算可能な時間ステップは、無次元パラメータ $\alpha'$ を $10E-2$ 以下とすることを目安とすればよい。 (2) 気液二相状態の場合は、単相状態の場合よりも多くの計算量を要する。そのため、気液二相状態が計算領域全体にわたっている場合には、並列化のオーバーヘッドの影響が相対的に小さくなり、高い並列化効率が達成される。 (3) 定常状態を求める場合には、本論文のアルゴリズムを使用した場合には相当な時間を要すると予想される。そのため、粗い格子での計算をあらかじめ行い、より定常状態に近い初期状態を求めたうえで野計算を行う等、計算時間の更なる短縮が望まれる。 (4) 本論文のアルゴリズムと陰解法の本質的な違いは、プログラミングと計算のどちらが大きなコストを要するかという点にある。
8) 環境影響評価 への適用性	マグマ溜りの進化、マグマの冷却に伴う火成岩組織の形成、地熱系の進化、火山の火道から山体への脱ガスなど地下の諸現象を、各種数理モデルと地層内の気液二相流との複合問題ととらえていることから、地熱開発の温泉影響への応用が考えられる。

表-5 文献要約 (5)

1) タイトル	岩石-水反応を考慮した地熱貯留層解析—澄川での実施例—
著者名	佐藤 龍也 , 佐藤 真丈 , 上田 晃 [他]
出典	地熱技術 31(1・2), 73-81, 2006-05
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	地化学的な特性のモデルへの反映 ChemTOUGH2 を用い、澄川地熱地域を対象に熱水対流系を再現し、同地域で確認されている変質鉱物分布と比較することで、同分布と対流系の関係や同地域の熱史について検討している。
3) 解析プログラム名	ニュージーランドの IRL が開発したシミュレータで、TOUGH2 に岩石-水反応を扱うモジュールを付加したシミュレータである。 地化学反応については、地化学シミュレータである CHILLER/SOLVEQ の地化学データベースである SOLTHERM を用いている。
4) 解析概要	対流系の発達に伴い、熱水上昇域上部を中心にドーム状に変質鉱物が生成し、これが空隙を充填することでキャップ構造を補強する様子を再現できている。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	最初に岩石-水反応を含まない地熱貯留層シミュレータ TOUGH2 を用いて、澄川地域の熱水対流系を再現するモデルを構築している。次に、同モデルに対し熱水中の地化学成分と岩石を構成する鉱物種を与え、ChemTOUGH2 を用いて計算することで、熱水対流系に伴う変質鉱物域の発達の様子を計算している。
6) 解析条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 澄川地熱地域の地熱系モデル</li> </ul> 熱水卓越型であるが、高温域の浅部に厚さ数 100m の蒸気卓越領域があり、それは南部ほど厚くなっている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 数値シミュレーションモデル</li> </ul> NEDO の行った貯留層変動探査法開発プロジェクトで構築された本地域の数値モデルを TOUGH2 に移植し、熱水対流系を再現できている。この数値モデルに熱水の地化学成分と岩石の鉱物を与え、ChemTOUGH2 により計算を行っている。
7) 解析結果/考察	(1) モンモリナイトの質量が増加した領域は、熱水上昇域を中心にドーム状に広がっている。 (2) 計算された各鉱物はドーム状に分布するが、そのドーム頂部の位置は各アイソグラッドの頂部よりも南側に位置している。 (3) 数値モデルでは、現在の対流系のみを再現したために変質鉱物分布に差ができたものと考えている。熱水上昇域の上部に変質鉱物がドーム状に沈殿する様子が再現できた今回のモデルは、過去の流動系と変質鉱物の関係を適切に表現できることを示している。  (4) 今回の澄川地熱地域を対象としたシミュレーションでは、熱水上昇域の上部に変質鉱物域がドーム状に形成される様子が再現でき、これは本地域で推定されているアイソグラッド分布の成因と整合的である。 また、今回のシミュレーションでは対流系の発達に伴い、熱水上昇域上部を中心にドーム状に変質鉱物が生成し、これが空隙を充填することでキャップ構造を補強する様子を再現できている。
8) 環境影響評価 への適用性	岩石-水反応を扱うシミュレーションにより、熱水対流系に伴う変質鉱物域の発達の様子の再現が可能であり、熱水流動系の変化、あるいは資源量の評価への適用が考えられる。

表-6 文献要約 (6)

1) タイトル	地熱資源の開発に係る地下の流体モデル・指標の構築と再現性の検証について
著者名	環境省自然環境局
出典	地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会資料
2) 解析対象/ 環境リスク・目的	坑井調査、資源量評価ステージで実施されるべき評価を、流体流動モデル(地熱貯留層と温泉滞水層を含むモデル)を用いた計算により行う。温泉のみの生産ケースと、温泉+地熱井生産・還元のケースの温泉滞水層の変動を比較すれば、その差は温泉・地下水の動態を評価するための指標になると考えられるためである。
3) 解析プログラム名	TOUGH2
4) 解析法/ 構成式・基礎方程式	多孔質媒体や断裂のある媒体中における、多相・多成分の混合流体の流体流れと熱の流れが対象。
5) 解析条件	<p>地熱貯留層と温泉滞水層とが影響し合う可能性が考えられるのは、同一熱水型(右図)である。</p> <p>数値モデルは温泉滞水層を適切に表現できるようにブロック分割を行う。</p>
6) 解析結果 (検証法)	<p>地熱井の生産還元+温泉生産を行うケースと、温泉生産のみのケースを計算し、地熱井の生産・還元が温泉滞水層に与える影響を計算する。検証される影響としては、温泉滞水層の温度と圧力の変化となる。</p> <p>これは、NEDO が平成 13 年に行った温泉影響予測手法導入調査で、温泉影響調査の重要な指標の一つとして生産による圧力伝搬の影響が指摘されているためである。</p> <p>流体モデルの再現性についても、同計算結果の差と実際に想定される温泉変動との比較等により検証する。</p>
7) 環境影響評価 への適用性	地熱資源調査段階での温泉影響評価

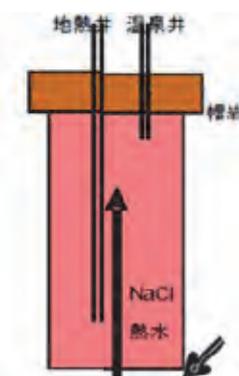


表-7 文献要約 (7)

1) タイトル	地熱資源の開発に係る地下の流体モデル・指標の構築と再現性の検証結果
著者名	環境省自然環境局
出典	温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）平成 24 年 3 月
2) 解析対象/ 環境リスク・目的	坑井調査、資源量評価ステージで実施されるべき評価を、流体流動モデル（地熱貯留層と温泉帯水層を含むモデル）を用いた計算により行う。温泉のみの生産ケースと、温泉＋地熱井生産・還元のケースの温泉帯水層の変動を比較すれば、その差は温泉・地下水の動態を評価するための指標になると考えられる。
3) 解析プログラム名	TOUGH2
4) 解析法/ 構成式・基礎方程式	多孔質媒体や断裂のある媒体中における、多相・多成分の混合流体の流体流れと熱の流れが対象。
5) 解析条件	資源量評価を目的とした数値シミュレーションモデルの構築手法を用いて温泉帯水層を含むモデルを作成し、地熱流体の生産・還元が温泉帯水層に相当するブロックに対し、どのような応答を与えるかを検討する。これにより、地熱貯留層や温泉帯水層内のどのような変化が温泉変動の原因となり得るかを検証し、温泉影響を判断するための指標となり得るパラメータについても考察する。
6) 解析結果	温泉モニタリング結果が適切に説明できるようにモデルを修正することができれば、地熱流体生産・還元がどのように温泉帯水層に影響を与えるかを計算できる可能性が示された。このことから、将来的には適切な温泉変動観測手法や解釈手法、数値シミュレーションモデル構築手法の体系化が可能であると考えられる。
7) 環境影響評価 への適用性	今回の数値シミュレーションモデルを用いた検討では、温泉の湧出量変化は地熱流体の生産・還元に伴い、引き起こされる温泉帯水層の圧力変化など関係があることが示された。 将来的には温泉変動を適切に捉えるモニタリング手法が提案され、数値モデルで再現する事で、地熱貯留層と温泉帯水層とのつながりを評価し、これを予測（あるいは対策）に活用できる可能性が考えられる。

表-8 文献要約(8)

1)タイトル	八丈島熱水系の変動予測シミュレーション
著者名	石戸経士、松山一夫、杉原光彦、佐々木宗健、當舎利行
出典	日本地熱学会学術講演会講演要旨集 2012 B39
2)解析対象/ 環境リスク/目的	自然状態および変動予測シミュレーション
3)解析プログラム名	汎用貯留層シミュレータ STAR
4)解析概要	生産に伴う圧力変化等はキャップロック下の生産ゾーン領域に限られ、温泉帯水層への影響は認められない。
5)解析法/ 構成式・基礎方程式	状態方程式 BRANGAS (水・NaCl・非凝縮性ガスの3成分)
6)解析条件	<p>(1)自然状態シミュレーション 中之郷地区に分布する新第三紀層の隆起部を中心に、エネルギーソース、熱水ソースを与え、熱水対流系の発達過程の計算を行っている。温度や圧力、流体塩分濃度の分布を再現できるようにパラメータの調整、解析を繰り返している。</p> <p>(2)変動予測シミュレーション 大まかな発電出力推移を入力値とし、生産流体のエンタルピーを再現するヒストリーマッチングを行っている。</p>
7)解析結果/考察	<p>(1)自然状態シミュレーション 温泉帯水層については、温度が実測値よりやや高いが、塩分濃度については海水程度を再現している。</p> <p>(2)変動予測シミュレーション 流体生産に伴う圧力変化等はキャップロック下の生産ゾーンを中心とした領域に限られ、温泉帯水層への影響は認められない。また、微小重力の連続観測が行われている観測井位置での重力変動を計算したが、10年間の変動は1<math>\mu</math>Galに満たない低下であり、生産の一時停止に伴う変動はこれより1桁小さい。</p>
8)環境影響評価 への適用性	操業時の圧力変化等による、温泉帯水層への影響予測に対する応用が考えられる。

表-9 文献要約(9)

1) タイトル	簡易モデル数値シミュレーションによるマグマ-熱水系賦存環境の多様性の基礎的検討
著者名	茂野博
出典	地質調査所月報 第50巻第12号, p. 725-741, 1999
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	高温熱水系、特に深部熱水系の生成・分布環境についての基礎的な検討の一方法として、拡張熱伝導率を基に、一般化した巨視的なマグマ-熱水系モデルの提案。
3) 解析プログラム名	マグマ-熱水系数値シミュレータ
4) 解析概要	地下の環境は複雑・多様であり、貯留構造が地下深部にまで発達する条件では、大規模な深部貯留層が賦存する場合がある。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	垂直1次元非定常熱伝導モデル
6) 解析条件	3次元の熱伝達過程を垂直1次元で表現。 対流過程、放射過程をすべて伝導過程に置き換える。 対流により低い地温勾配を示す地熱貯留層は「拡張熱伝導率」を用いて高熱伝導性の水平層として取り扱う。
7) 解析結果/考察	(1) マグマ溜頂部の深度が浅い場合(4.0km)の方が、深い場合(6.0km)よりも深部貯留層の発電開発利用には圧倒的に有利。  (2) マグマ溜頂部の深度が深い場合でも、地下深部の透水性分布などに従って、発電開発に適した良好な深部貯留層が分布する場合がある。このような条件では、マグマ溜頂部の深度が深いことから、貯留層が厚く発達して大規模な発電開発が出来る可能性も期待される。  (3) 地下の環境は複雑・多様であり、第四紀マグマ溜～その固結岩体の定置深度が深くても貯留構造が地下深部にまで発達する条件では、良好～適度な流体の温度、化学性状、生産性を持つ大規模な深部貯留層が賦存する場合がある。
8) 環境影響評価 への適用性	マグマ溜頂部の深度が深い場合は、貯留層が厚く発達して大規模な発電開発が出来る可能性があり、その場合の地熱資源量評価を検討することができる。

表-10 文献要約(10)

1) タイトル	高傾斜用坑内流動シミュレータの開発
著者名	加藤雅士、卯城佐登志、岡部高志、木崎有康
出典	日本地熱学会学術講演会講演要旨集 2012 B38
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	高傾斜井掘削のためのコントロール掘削技術を低コスト化する技術開発の一環である。 高傾斜井におけるケーシングプログラムをコストおよび蒸気流量の観点から最適化するためである。
3) 解析プログラム名	GFLOW 改良版
4) 解析概要	蒸気量増大や掘削コスト削減のための最適な検討が可能である。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	従来シミュレータの GFLOW を高傾斜井（70 度）に適用させた場合は誤差が大きいため（圧力損失の過大評価）、相関式を新たに追加している。 具体的には、ドリフトフラックスモデル組み込みであり、全容積流量と気相速度との差あるいは全容積流量と液相速度の差、すなわち各相のドリフト速度を導入して定式化される。これにより、二相流動に対してより精密な解析が可能となっている。
6) 解析条件	ドリフトフラックスモデルと高傾斜井非対応モデルとの比較
7) 解析結果/考察	ドリフトフラックスモデルは圧力損失が軽減され、より正確な解析が可能となっている。 したがって、本シミュレータにより、蒸気量の増大や掘削コスト削減のための最適な検討が可能と考えられる。 実データの解析を行った結果、垂直井でも精度がよいマッチング結果が得られている。
8 環境影響評価 への適用性	高傾斜井の場合の資源量評価、発電量予測への適用が考えられる。

表-11 文献要約(11)

1)タイトル	島原半島の温泉地域を対象とする熱水流動数値シミュレーション
著者名	古賀 大晃・藤光 康宏・江原 幸雄
出典	日本地熱学会学術講演会講演要旨集 2012 B40
2)解析対象/ 環境リスク/目的	雲仙火山地域(小浜温泉、雲仙温泉)でのより詳細な資源量評価を行うためのモデルの作成
3)解析プログラム名	HYDROTHERM Version3
4)解析概要	各温泉地域の地熱系モデルの作成、そのモデルによる資源量評価の試行
5)解析法/ 構成式・基礎方程式	流体流動数値シミュレーション
6)解析条件	これまで、島原半島全域を対象とする流体流動モデルの作成、資源量評価を行ってきた。 今後は、バイナリー発電の利用を考えるにあたって、局所的に詳細なモデルを作成し、資源量の評価を行うことが重要である。 これまでの地下の温度分布をおおまかに表現できるシミュレーションのブロック分割よりも、より分割を細かくした局所モデルでシミュレーションを行う。
7)解析結果/考察	注入ブロックの位置や大きさ、断層帯の位置、大きさ、透水係数を変化させたシミュレーションを行い、NEDOにより判明した地下の温度プロファイルデータを説明できる各温泉地域の地熱系モデルの作成、そのモデルによる資源量評価を試みている。
8)環境影響評価 への適用性	バイナリー発電時のより詳細な資源量評価が可能となる。

表-12 文献要約 (12)

1) タイトル	水あるいは水-炭酸ガス混合物を産出する地熱井における気液二相流動のシミュレーション
著者名	田中彰一・西浩介
出典	日本地熱学会誌 17(4), 253-269, 1995-10-25
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	<p>地熱井における産出流体の流れの状態は生産管理の上から重要であり、産出量と坑井内の圧力損失の関係、坑口における流体の状態、沸点深度などの事項に関係している。</p> <p>非凝縮性ガスを含まない単純な熱水系の場合と比べて、非凝縮性ガスを含むものは熱水のみ単相から蒸気を含む二相へ変化する沸点深度が深くなる。これらの検討には、坑井内の圧力と温度の分布を推定できるプログラムを持つことが必要であると提案している。</p> <p>垂直および傾斜した坑井内の気液二相流動の流れの分類と計算の方法については種々なものが提案されているが、石油産業では Orkiszewski (1967) の方法がよく用いられている。</p> <p>しかし、わが国の地熱井に同方法を適用した場合、圧力分布の計算において問題があることが判明している。本論文は、この方法の修正としてスラグ流における気泡上昇速度の算定に Nicklin et al. (1962) の研究を取り入れる提案と、新たに開発した炭酸ガスの相挙動と熱力学的性質を推定するパッケージと組み合わせ、炭酸ガスを含む地熱流体まで取り扱えるように拡張した結果について報告している。</p>
3) 解析プログラム名	気液二相流動シミュレーション
4) 解析概要	非凝縮性ガスを含む坑井について、圧力、温度、乾き度、炭酸ガスの液相と気相への配分等を得ることができる。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	<p>(1) Orkiszewski (1967) は気液二相流動の流れの型を 4 つに分類した (bubble, slub, transition, annular-mist)。</p> <p>(2) スラグ流においては液体中を気体が上昇する速度である気泡上昇速度、<math>V_b</math> の評価が問題点であることが判明している。本研究で検討している 3 つの気泡上昇速度は以下である。</p> <p>a. Orkiszewski の方法 b. Nicklin の方法 c. Nicklin の式の修正案</p> <p>(3) 計算手順</p> <p>a. 入力データを読み込む。 b. 坑井を指定した区間に分割し、各区間の変化しない値を計算する。 c. 既知の前の区間の温度と圧力より計算対象区間の温度と圧力を仮定。 d. 単相領域であるか二相領域であるかを判定する。 e. 二相領域ならば流れの型を決定する。 f. 式 (6) あるいは式 (7) と式 (5) とより圧力を計算する。 g. 式 (4) が成り立つ温度をニュートン法を用いて計算する。 h. 新たに計算された温度と圧力を c で仮定した温度と圧力と比較し、それらの差が設定値より大きければ、新たに計算された値を次の仮定値として d に戻る。 i. 全部の区間の計算が終了するまで、区間番号を 1 進めて c に戻る。 j. 計算が終了したならば結果を出力する。</p> <p>(3) 出力データ 圧力、温度、およびエンタルピーの分布と沸点深度</p>

6) 解析条件	<p>(1) 独立変数として温度 T と圧力 P の組合せを採用</p> <p>(2) この系の熱力学的諸性質は純水のそれらと同じと仮定</p> <p>(3) 炭酸ガスの水に対する溶解度は、実験データの当てはめによる実験式を新たに作成している。</p> <p>(4) 液相中の炭酸ガスの割合は、その条件下の温度と圧力における水に対する炭酸ガスの溶解度に等しい。</p> <p>(5) 沸点圧力は系全体が液体の単相の状態と、液相と気相の二相が存在している状態の境界の圧力であり、その深度がフラッシングポイントである。</p> <p>(6) 露点圧力は系全体が気体の単相の状態と、気相と液相の二相が存在している状態の境界の圧力である。</p>
7) 解析結果/考察	<p>(1) 炭酸ガスの影響</p> <p>a. 炭酸ガスを考慮して計算した方が実測データとよく一致している。</p> <p>b. フラッシングポイントが炭酸ガスを含む場合には、含まない場合と比較して、より深い深度へ移行する。</p> <p>c. 炭酸ガスを含む坑井について実測データと計算値の比較を行った。両者が良く一致する場合とそうでない場合とがある。</p> <p>(2) このプログラムの特徴としては、炭酸ガスの影響を組み込むこと、垂直井と傾斜井ともに適用できること、坑底からでも坑口からでも計算できること、周辺の地層への熱の流出を組み込んでいることなどが上げられる。</p> <p>(3) スラッグ流の気泡上昇速度の評価について Nicklin の式の修正案が妥当であると考えられる。</p> <p>(4) 総流量の小さい場合には計算値の誤差が大きくなる場合があり、それは流れの型の分類の境界付近で起こる。</p> <p>(5) 炭酸ガスの相挙動と熱力学的性質を推定するパッケージを開発している。</p> <p>(6) ここで開発したプログラムは圧力、温度、乾き度、炭酸ガスの液相と気相への配分等を計算できる。</p>
8) 環境影響評価への適用性	<p>炭酸ガスを含む坑井の周辺環境へのリスク、生産管理上のリスクをシミュレーションすることが考えられる。</p>

表-13 文献要約 (13)

1) タイトル	地熱貯留層のシミュレーションによる評価法
著者名	中川 加明一郎 , 本島 勲 , 北野 晃一
出典	電力土木 (216), p99-107, 1988-09
2) 解析対象/ 環境リスク/目的	貯留層評価のための熱水シミュレーション手法の開発についてこれまでの成果を総括的に述べている。
3) 解析プログラム名	
4) 解析概要	自然貯留層では圧力、温度の急変（減衰）は、貯留層内での不飽和領域の発生、拡大を引き起こす。 高温岩体からの抽熱では、岩体の冷えていく様子が生産量によって異なる。
5) 解析法/ 構成式・基礎方程式	<p>(1) 熱水流シミュレーション手法の概要</p> <p>方法 1 地下における概略的な地熱分布構造を知る（水の相変化無視）</p> <p>方法 2 限定された資源貯留層の生産能力を検討するためのシミュレーション（水の相変化考慮）</p> <p>方法 3 高温岩体にフラクチャーを設け、これを貯留層として利用する際のシミュレーション</p> <p>(2) 地下の熱分布構造評価のためのシミュレーション</p> <p>地下の熱分布構造（温度の大きさ、深さ、広がり）の概要を把握することが目的。</p> <p>(3) 自然貯留層評価のためのシミュレーション</p> <p>生産可能なエネルギー量、期間と言った、適正な利用規模を評価するための手法。（Faust および Mercer に基づき定式化）</p> <p>流体の運動、貯留層である岩体の変形、熱的作用といった三つの要因の連成作用の成果であり、これらの総合作用を考慮する必要がある。</p> <p>(4) 人工貯留層評価のためのシミュレーション</p> <p>フラクチャー内に水を注入した場合の岩体との熱交換を数理的に検討する方法。</p>
6) 解析条件	<p>(1) 自然貯留層評価のためのシミュレーション</p> <p>物性は文献表 2、境界条件はモデル周囲で断熱かつ不透水、生産井より生産量 Q を湧出として与えている。</p> <p>(2) 人工貯留層評価のためのシミュレーション</p> <p>坑井と水平方向のフラクチャーで構成される人工貯留層の評価モデル。</p> <p>下端に水の経路であるフラクチャーを設定し、左端から注入し、右端から生産する。</p>
7) 解析結果/考察	<p>(1) 自然貯留層評価のためのシミュレーション</p> <p>生産量を増大させていくと、これに対応して温度、圧力の低下が早まる。圧力、温度の急変（減衰）は、貯留層内での不飽和領域の発生および拡大を引き起こす。</p> <p>二相流状態を考慮しない場合、貯留層の過大評価となる。</p> <p>(2) 人工貯留層評価のためのシミュレーション</p> <p>高温岩体からの抽熱により、時間の経過に伴って、岩体の冷えていく様子が生産量によって異なることがわかるが、これにより、適正な利用規模を推定するうえで、本シミュレーションが有用であることが示唆される。</p>
8) 環境影響評価 への適用性	概略的な地熱地熱構造を知るシミュレーションから、生産可能な資源量を検討するシミュレーション、高温岩体の適正な利用規模をシミュレーションまでの説明がされており、それぞれ資源量評価への適用が可能である。

書名 平成 24 年度 地熱発電の技術・環境課題の調査研究 報告書

発行 平成 25 年 3 月 29 日

一般財団法人 エンジニアリング協会  
石油開発環境安全センター

〒105-0001 東京都港区虎ノ門三丁目 18 番 19 号  
虎ノ門マリビル 10 階

TEL 03 (5405) 7203 FAX 03 (5405) 8201

印刷 株式会社 三造ビジネスクリエイティブ