

自然環境・風致景観配慮マニュアル

【改訂版】

エコロジカル・ランドスケープデザイン手法を活用した設計支援

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「地熱発電技術研究開発／発電所の環境保全対策技術開発 / 優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術に関する研究開発」事業の結果として得られたものです。

令和3年9月



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構



東北緑化環境保全株式会社

目次

まえがき	1
1. 自然環境・風致景観配慮マニュアル（改訂版）の作成経緯	1-1
2. 目的	2-1
3. 適用範囲	3-1
4. エコロジカル・ランドスケープデザイン手法とは	4-1
5. エコランセットの構成	5-1
5.1 エコランセットとは	5-1
5.1.1 自然環境・風致景観配慮マニュアル【改訂版】	5-1
5.1.2 配慮手法パタン参考集【改訂版】	5-1
5.1.3 3D アプリケーション	5-1
5.2 本書の見方	5-2
6. エコランセットの活用にあたり	6-1
6.1 地熱事業の各段階におけるエコランセット活用場面	6-2
6.2 関係法令	6-3
6.3 用語解説	6-6
6.3.1 景観に関する用語	6-6
6.3.2 地熱発電に関する用語	6-10
6.3.3 3D に関する用語	6-15
6.3.4 自然環境分析に関する用語	6-17
6.4 関連団体	6-18
6.5 推奨する専門家等	6-19
6.5.1 専門家等	6-19
6.5.2 資格	6-19
6.6 既存公開情報リスト	6-20
6.7 推奨するアプリケーション	6-22

7. 地表調査段階	7-1
7.1 目的.....	7-1
7.2 配慮手法パターン	7-1
7.3 検討範囲	7-1
7.4 作業フロー.....	7-2
7.5 GIS解析による自然環境分析.....	7-3
7.5.1 条件設定.....	7-3
7.5.2 点数化法とマトリクス法の特長	7-4
7.5.3 点数化法.....	7-5
7.5.4 マトリクス法	7-10
7.6 広域の景観分析	7-17
7.6.1 重要ルートと重要な視点場の抽出	7-17
7.6.2 可視領域の推定.....	7-18
7.6.3 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション	7-18
7.6.4 3D映像法による景観シミュレーション.....	7-18
7.7 地熱開発適地の検討	7-21
7.7.1 地熱開発適地の相対評価の方法	7-21
7.7.2 環境配慮の検討.....	7-22
7.7.3 地熱開発適地の選定における留意事項	7-22
7.8 ステークホルダーとのコミュニケーション.....	7-23

8. 坑井調査段階	8-1
8.1 目的.....	8-1
8.2 配慮手法パターン	8-1
8.3 検討範囲	8-1
8.4 作業フロー.....	8-3
8.5 航空レーザ測量	8-4
8.6 自然環境調査.....	8-5
8.6.1 植生調査.....	8-5
8.6.2 重要な植物.....	8-6
8.6.3 重要な動物.....	8-6
8.6.4 猛禽類	8-7
8.6.5 景観.....	8-7
8.7 GIS解析による自然環境分析.....	8-8
8.7.1 条件設定.....	8-8
8.7.2 点数化法.....	8-8
8.7.3 マトリクス法	8-11
8.8 坑井基地候補地の景観分析	8-12
8.8.1 重要ルートと主要な視点場の抽出	8-12
8.8.2 可視領域の推定.....	8-12
8.8.3 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション	8-13
8.8.4 3D映像法による景観シミュレーション.....	8-13
8.9 坑井基地候補地における環境配慮の検討	8-16
8.10 発電所建設候補地における景観デザインに係る現地調査.....	8-17
8.10.1 景観デザインに活用可能な資源	8-17
8.10.2 特定視点場の選定	8-19
8.11 発電所建設候補地における土地利用計画（基本計画レベル）	8-20
8.11.1 開発計画方針図の作成.....	8-20
8.11.2 造成計画，道路計画，排水計画（調整池）	8-21
8.11.3 施設配置と土地利用計画（基本計画レベル）	8-22
8.11.4 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション	8-23
8.11.5 3D映像法による景観シミュレーション.....	8-24
8.11.6 土地利用計画の比較	8-24
8.12 ステークホルダーとのコミュニケーション	8-26

9. 環境アセス段階.....	9-1
9.1 目的.....	9-1
9.2 配慮手法パターン.....	9-1
9.3 検討範囲.....	9-2
9.4 作業フロー.....	9-2
9.5 事業実施想定区域の設定.....	9-3
9.5.1 位置の検討.....	9-3
9.5.2 発電施設の配置・構造の検討.....	9-3
9.6 土地利用計画（基本設計レベル）.....	9-3
9.6.1 基本設計図の作成.....	9-3
9.6.2 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション.....	9-4
9.6.3 3D映像法による景観シミュレーション.....	9-4
9.6.4 景観影響予測.....	9-5
9.7 ステークホルダーとのコミュニケーション.....	9-6

10. エコランセットの評価.....	10-1
10.1 一般的手法とエコラン手法の比較.....	10-1
10.1.1 GIS解析.....	10-1
10.1.2 景観分析.....	10-2
10.1.3 土地利用計画（基本計画レベル）.....	10-4
10.1.4 土地利用計画（基本設計レベル）.....	10-5
10.2 エコランセットの効果的な活用方法.....	10-6

11. 参考資料.....	11-1
11.1 ケーススタディ.....	11-1
11.1.1 GIS解析.....	11-1
11.1.2 景観分析.....	11-4
11.1.3 土地利用計画（基本計画レベル）.....	11-6
11.1.4 土地利用計画（基本設計レベル）.....	11-9
11.2 地表調査・坑井調査段階で行うべき自然環境調査.....	11-13
11.2.1 自然環境調査（動植物・生態系・猛禽類・景観調査）の必要性.....	11-13
11.2.2 資源調査段階における自然環境調査の事例.....	11-14
11.2.3 資源調査段階における望ましい自然環境調査.....	11-15
11.2.4 自然環境調査結果の活用法.....	11-17
11.3 回避・低減・代償.....	11-18
11.4 地域貢献.....	11-21
11.4.1 ジオサイト候補地.....	11-21
11.4.2 その他の地域貢献.....	11-22
11.5 予防原則の考え方の該当箇所.....	11-23
11.5.1 エコラン・マニュアル（本書）の該当箇所.....	11-23
11.5.2 パタン参考集の該当箇所.....	11-24
11.6 掘削作業に関する環境保全対策.....	11-25
11.6.1 国内における掘削作業の実情.....	11-25
11.6.2 掘削設備による環境影響.....	11-26
11.6.3 環境影響の低減を目指した最近の技術.....	11-26
11.6.4 掘削装置の種類と標準的な工事規模.....	11-26
11.6.5 掘削設備に係る環境配慮.....	11-28
11.6.6 掘削設備メーカー.....	11-30
11.7 QGISの解析手順.....	11-32
11.7.1 各種情報の表示方法.....	11-32
11.7.2 ラスタ、ベクタの解説.....	11-34
11.7.3 点数化法の計算方法.....	11-36
11.7.4 マトリクス法の計算方法.....	11-42
11.8 3Dアプリの活用.....	11-44
11.8.1 3D製作フロー.....	11-44
11.8.2 3Dによる様々な景観シミュレーション.....	11-45
11.8.3 色の指定方法.....	11-46
11.9 調整池の県別単位調整容量.....	11-47
■索引.....	- 1 -

まえがき

地熱発電事業は、政府が指導するカーボンニュートラル実現に向け、その解決策の一つとなる再生可能エネルギーの主力電源化の中の一電源として、導入拡大に世界第3位の地熱資源ポテンシャルを有する日本において、再生可能エネルギーの一つとして大きな期待がかかっています。しかしその一方で、その資源の約8割が国立・国定公園内に存在しており、自然環境や風致景観およ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など、地熱開発事業者（以下「事業者」という。）には適切な対応が求められています。

事業者の計画・設計を支援するため、2014年度から2017年度にかけて実施されたNEDO事業「地熱発電技術研究開発／発電所の環境保全対策技術開発／エコロジカル・ランドスケープデザイン手法を活用した設計支援ツールの開発」（以下「前回研究」という。）において「自然環境・風致景観配慮マニュアル」（以下「従来版エコラン・マニュアル」という。）が取りまとめられ、2018年7月2日付けで、NEDOにより公表されました。しかし、事業者にとって、エコロジカル・ランドスケープデザイン手法は、あまり熟知されていない技術であることや理解不足などにより、積極的に導入する動きは見られませんでした。

そこで、2019年8月5日から2021年6月30日にかけてNEDO事業「優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術に関する研究開発」（以下「本研究」という。）において、3箇所の事業地に対し、「マニュアル」を試験運用し、有効性を評価した結果を示すことで、事業者が導入可否を判断しやすくなると考え、研究に取り組みました。本研究を通して、地表調査段階から環境アセス段階まで幅広く活用できることが再確認された一方で、「マニュアル」については説明不足や適用場面が不明瞭であることなど、見直すべき部分もあることが明らかとなり、「自然環境・風致景観配慮マニュアル【改訂版】」を作成することとなりました。エコロジカル・ランドスケープのわかりやすい概念説明、事業者の負担軽減に資する作業手順の掲載、地域住民等とのコミュニケーション促進に寄与する活用例、図等を多用した読みやすい構成、関係法令の該当箇所の明示など、「わかりやすさ」と「使い勝手のよさ」を重視し、すべての地熱関係者が認識を共有できることを目指して、再編に取り組みました。

本研究に際しては、本研究で設置した委員会の委員、掘削工事の専門家、試験運用に協力くださった事業者の皆様より、それぞれの経験と専門分野の観点から多くの教示をいただきました。また、前回研究に携わりランドスケープ・アーキテクトでもある小川総一郎氏および橋本純氏をアドバイザーとして迎え、毎月の定例会や事業地への視察にも参加していただき、前回研究の経緯やエコロジカル・ランドスケープの基本的な考え方、具体的な環境保全措置など、多岐にわたるご助言をいただきましたことに対し、厚く御礼申し上げます。

最後に、本書は地熱開発における優良事例形成に向けた取組に際し、多くの事業者、地熱に携わる技術者に活用され、事業の円滑な推進に寄与することを願うものです。しかし、技術進展が著しい昨今、数年足らずで現実と齟齬が生じることも十分に予想されます。今回の発行はあくまでスタートと捉え、本書があらゆる地熱関係者のプラットフォームとして機能し、より適切な手引書へと発展することを期待します。

1. 自然環境・風致景観配慮マニュアル（改訂版）の作成経緯

本研究を計画立案した当初は、2018年7月にNEDOより公表された「自然環境・風致景観配慮マニュアル」（以下「従来版エコラン・マニュアル」という。）を3事業地において試験運用し、各事業地の実際の取組内容と試験運用結果を比較することで、その有効性を評価し、従来版エコラン・マニュアルの解説や事例集を新たに作成することを目指していました。

2019年8月5日より研究を開始し、地熱関係団体等にアンケートを実施したところ、従来版エコラン・マニュアルが環境コンサルタント系企業にほとんど認知されていないことが明確となりました。毎月1回の定例会にアドバイザーとしてご参加くださった小川氏と橋本氏より、新たな解説等の発行はいたずらに文書を増やすだけであり、却って混乱を招くおそれがあるとのアドバイスを受け、従来版エコラン・マニュアルを充実させる方向で改訂することとし、本研究で設置した委員会（計4回開催）においても了承されました。

自然環境・風致景観配慮マニュアル【改訂版】（以下「本書」という）の作成は、以下の方針を掲げて進めました。

- ✓ 見やすいこと
- ✓ 地熱事業の主要な段階ごとに、まとまっていること
- ✓ 本書に沿って作業することで、おのずと「国立・国定公園内における地熱開発の取り扱いについて」及び同通知の解説¹（以下「環境省通知」という。）で求められている内容が反映されていること

できる限り客観的かつステークホルダーにもわかりやすい内容となるよう心がけ、事業者や許認可権者の意見も取り入れながら、本書を作成しました。

研究概要、委員会および定例会は次表のとおりです（表 1.1, 表 1.2, 表 1.3）。

¹ 環自国発第 1510021 号「国立・国定公園内における地熱開発の取り扱いについて」（平成 27 年 10 月 2 日環境省自然環境局長通知）及び同通知の解説（平成 28 年 6 月 23 日環境省自然環境局国立公園課長通知）

表 1.1 研究概要

項目	内容
研究名称	優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術に関する研究開発
研究期間	令和元年（2019）年 8 月 5 日～令和 3 年（2021）年 6 月 30 日
委託者	NEDO 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
受託者	東北緑化環境保全株式会社 (研究とりまとめ、委員会および定例会の事務局)

表 1.2 優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術検討委員会 (五十音順)

委員	所属	専門分野
阿部 聖哉	一般財団法人 電力中央研究所環境科学研究所 生物環境領域 上席研究員 (委員委嘱 2019.9～2021.6)	植物生態学 景観生態学
斎藤 馨 (委員長)	国立大学法人 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授 (委員委嘱 2019.9～2021.3) 学校法人 東京農業大学 造園科学科 教授 (同 2021.5～2021.6)	景観学 造園学
野田 徹郎	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地熱調査総合センター 地圏資源環境研究部門 名誉リサーチャー (委員委嘱 2019.9～2021.6)	地球科学

表 1.3 優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術検討定例会 (五十音順)

アドバイザー	所属	備考
小川 総一郎	エコラン研究所 代表	エコロジカル・ランドスケープに関する著書多数 登録ランドスケープ・アーキテクト有資格者 公立大学法人 長岡造形大学 建築・環境デザイン学科教授
橋本 純	清水建設株式会社 環境経営推進室 グリーンインフラ推進部長	米国ランドスケープ・アーキテクト有資格者

2. 目的

本書は、自然環境に配慮したデザインをするための設計手法である「エコロジカル・ランドスケープデザイン手法」（以下「エコラン手法」という。）を活用して、自然環境や風致景観に配慮した地熱発電所計画の立案方法を明確にすることにより、地域との合意形成が図られ、優良事例の形成に向けた取組が促進されることを目的とします。

3. 適用範囲

本書の適用範囲は、国立・国定公園内における地熱開発事業の地表調査段階、坑井調査段階および環境影響評価実施段階（以下「環境アセス段階」という。）とします。

なお、本書の適用範囲外ではありますが、地熱発電所の操業中および廃止後の段階においても、参考となる考え方や配慮手法が示されているため、環境アセス段階以降も準用することができます。

また、地熱開発事業分野にとどまらず、3D映像による景観予測が求められ始めている風力発電事業、自然環境豊かな地域での宅地開発事業等、多くの開発事業あるいは自然生態系の復元・創出、景観形成を図りたい場面においても、充分活用することができます。

4. エコロジカル・ランドスケープデザイン手法とは

エコロジカル・ランドスケープデザイン手法（以下「エコラン手法」という。）とは、「地域の自然生態系や地形などの潜在能力を借りて、その地域でしか成しえない環境を保全・創出していく技術」です²。

概念を以下に示します（図 4.1）。

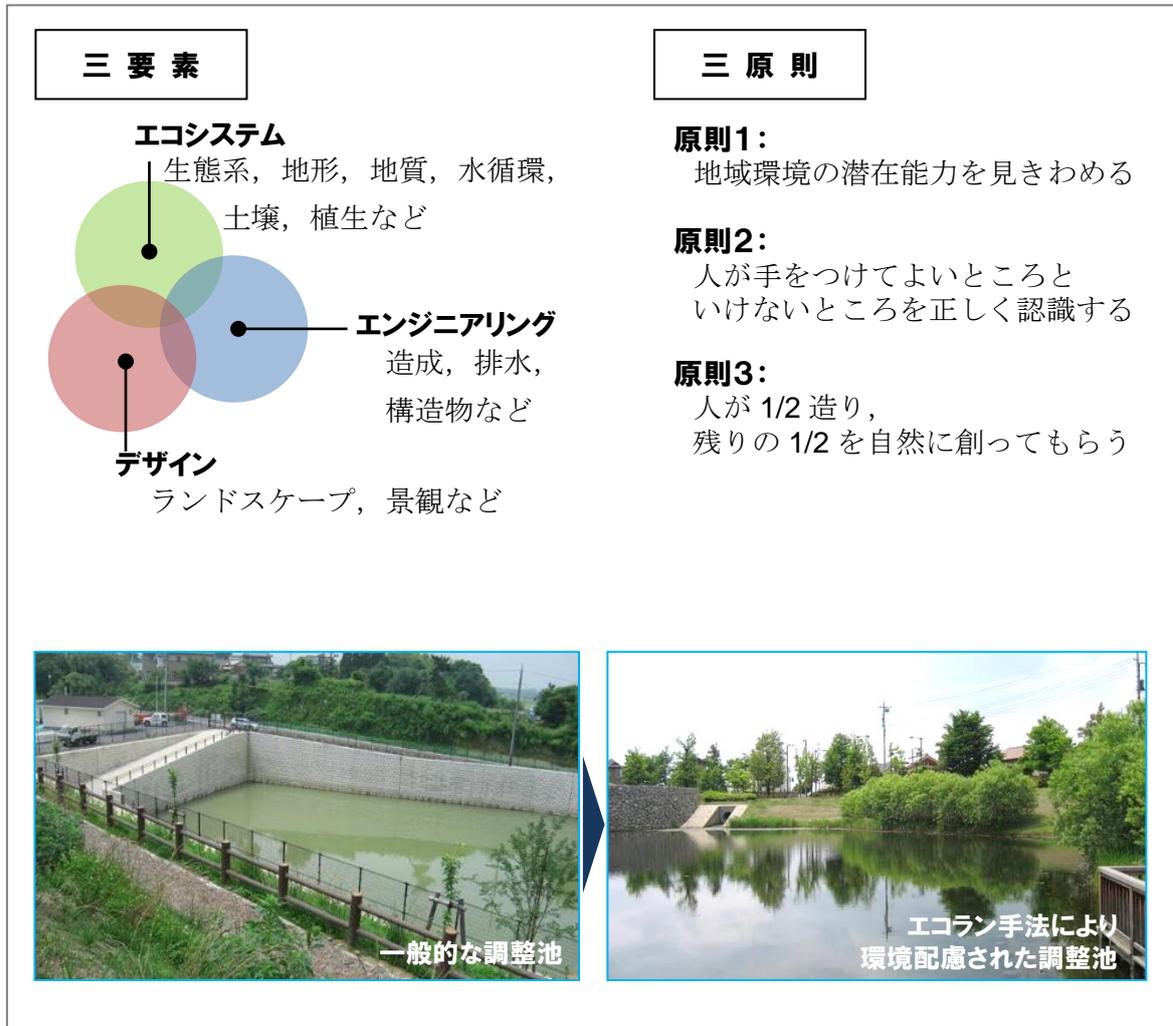


図 4.1 エコラン手法の概念

エコラン手法は、三要素に求められる機能を同時に解決するバランスのとれた空間づくりを目指し、三原則のもと進めていく設計手法です。

特に、国立・国定公園などの自然環境豊かな地域は、一部の地形改変であっても大きな影響を与える場合があるため、顕在化しているものだけでなく、潜在化しているものを見出すことが重要となります。これは、予防原則³の考え方にもかなう概念と言えます。

² 参考文献「エコロジカル・ランドスケープというデザイン手法 理工図書 2009」小川総一郎著に加筆。

³ 予防原則：環境省通知 p.6 を参照。

5. エコランセットの構成

5.1 エコランセットとは

エコランセットとは、エコラン手法により具体的な成果を生み出すためのツールである、本書、配慮手法パタン参考集【改訂版】および汎用性のある3Dアプリケーションの3点をまとめた呼称です。

① 自然環境・風致景観配慮マニュアル【改訂版】

② 配慮手法パタン参考集【改訂版】

③ 3Dアプリケーション



5.1.1 自然環境・風致景観配慮マニュアル【改訂版】

自然環境・風致景観配慮マニュアルは、エコラン手法を地熱開発事業の設計に取り入れようとする事業者を支援するための手順や判断基準、留意事項等を示した文書です。

地熱開発事業は、調査の進展に伴って情報量や確実性が高まっていくという特性があることから、本書も地表調査段階、坑井調査段階、環境アセス段階の3段階に分け、どの段階から見開いても作業を進められる目次構成としました。各段階で必要と考えられる環境配慮について、配慮手法パタン参考集の参照番号を示し、検索しやすくしてあります。

なお、略称として「エコラン・マニュアル」と称します。

5.1.2 配慮手法パタン参考集【改訂版】

様々な段階での活用を想定した配慮手法が、約100パタン掲載されています。

平成27年から28年にかけて国内15か所以上、海外4か国18か所以上の地熱発電所および関連施設を視察し、環境配慮の取組を模式化したものです。1ページ1パタンの読み切りとなっており、原計画と配慮計画の違いを図やイラストでわかりやすくまとめています。

地熱開発は事業が進むにつれて課題が明らかになる特性があることから、手戻りを最小限に抑えるために、次工程に進む前に早めに環境配慮を検討しておく必要があります。

そこで、パタン参考集の全パタンをはじめに一読しておくことを推奨します。当該地域に対する適切な環境配慮の検討作業を効率的に進めることが可能となるためです。関係者間でこのパタン参考集を共有することにより、さらにその効果は高まります。

なお、略称として「パタン参考集」と称します。

5.1.3 3Dアプリケーション

景観シミュレーション手法の主流はフォトモンタージュ法ですが、近年、コンピュータの演算処理能力が格段に向上し、汎用性のある3Dアプリケーション（無償）も入手できるようになりました。このゲームエンジンを主体とする3Dアプリケーションを使用して、エコラン手法をビジュアル化することが可能となり、フォトモンタージュや平面図、文章などでは伝えきれないイメージを関係者間で共有することができます。

具体的には、関係者がWeb上で3D製作画面を見ながら製作者に直接指示をするまたは、完成した3D映像を地域住民等が自ら操作して景観変化を体感できるようになりました。

なお、略称として「3Dアプリ」と称します。また、本書ではGIS機能に特化した「GISアプリ」、製図機能に特化した「CADアプリ」とは異なるアプリとして取り扱います。

5.2 本書の見方

以下の凡例のとおり、地熱開発事業の段階、関係法令等の該当箇所などをわかりやすく表示してあります（図 5.2.1）。

8. 坑井調査段階

8.1 目的

坑井調査段階は、地表調査段階で選定された複数の地熱開発適地において、構造試錐井・試験井等の地熱井掘削、仮噴気試験、噴出試験などを行う段階であり、一般的に複数年を必要とします。調査が進むにつれて、坑井基地の位置が変わることもあります。

エコラン手法は、坑井基地の場所の選定、櫓や工事用道路等による景観等への影響を緩和する方法の検討、将来の発電所の土地利用計画や発電施設の配置を想定した景観シミュレーションなどで活用します。これは、優良事例の基本的考え方に示された「早期段階からの検討の重要性」に合致するものです。

8.2 配慮手法パターン

パタン参考集より、坑井調査段階において適用が想定される主な配慮手法パターンを抜粋します。当該事業での優良事例形成に向けた取組を検討する際、迅速かつ的確なアイデアに結びつくことが期待できるため、事前に関係者間で、パタン参考集を共有することを推奨します。

- ・ 事業関係者に係わるパタン
 - S-19 : 調査中の配慮（調査員教育）
 - S-4 : 施工中の配慮（現場作業員教育）
 - S-14 : 保護エリアの可視化
- ・ 自然環境・生態系に係わるパタン

坑井調査段階

関係法令に関する記述には、下線と法令名称を記す

該当する事業段階をページの小口側に示す

図 5.2.1 本書の凡例

6. エコランセットの活用にあたり

地熱開発事業は自然公園内における開発行為のため、事業者は、自然公園法はもとより、当該区域の公園計画・管理計画（以下「公園計画等」という。）を理解した上で地熱事業を進める必要があります。公園計画等には、風致景観・自然環境の保全方針や許可・届出取扱方針が定められ、自然公園内における工作物の新築等の行為の審査基準となっており、適切な事業計画を立案することが求められています。各地の公園計画等については、国立公園は環境省ホームページ、国定公園は各都道府県より予め入手しておく必要があります。

また、地熱開発事業は、地表調査段階および坑井調査段階を経てはじめて発電規模が決定されるという特殊性があります。すなわち、環境影響評価の開始前にこれらの調査を実施することになり、環境省では、調査実施にあたり自然公園法の許可基準に適合し、かつ環境省通知で示した以下に掲げるような特段の取組がなされ、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に、掘削や工作物の設置について個別に検討した上で認めるとしています。

環境省通知で掲げる特段の取組の例を要約したものを以下に示します。

- ・合意形成の場の構築
- ・公平公正な地域協議会による合意形成
- ・自然環境・風致景観・公園利用に対する技術の投入，専門家の活用
- ・地域貢献
- ・環境監視と情報開示

このように、合意形成、自然環境・風致景観への影響低減、地域貢献など、優良事例形成に向けて取り組むべき課題は多いというのが現状です。中でも、自然環境対策と風致景観に関する合意形成については、解決手法が明確ではないため合意に至るまで長期化する要因となっています。エコランセットは、情報を見える化することで合意形成に役立つものです。ステークホルダーとのコミュニケーションをさらに円滑化したい場面において、これまでの一般的手法に追加または補完するなど、有効に活用して下さい。

6.1 地熱事業の各段階におけるエコランセット活用場面

地熱開発事業の概要とエコランセットの活用場面を以下に示します（図 6.1.1）。

事業段階	立地選定段階（資源調査段階）				建設段階			作業段階
	事業内容	空中調査	地表調査段階	坑井調査段階	貯留層・経済性評価	環境アセス段階		
事業の詳細		地質調査 地化学調査 物理調査	調査井の掘削 試錐掘削工事 坑井調査（地質等） 噴出試験		配慮書	発電所建設の詳細計画 方法書 準備書 評価書	建設工事 報告書	発電所 モニタリング 補充井 増設工事
自然公園法の手続き		必要に応じ申請	申請（土石の採取等）				申請（工作物の新築等）	
環境省通知及び同通知の解説			優良事例形成に向けた可否の判断					優良事例として操業されているかどうかの判断
エコランセット活用場面	自然環境・風致景観配慮マニュアル	広域の自然環境等のGIS解析, 景観分析	建設候補地の自然環境等のGIS解析, 土地利用計画（基本計画レベル）, 景観分析		土地利用計画（基本設計レベル）, 景観分析			準用可
	配慮手法パターン参考集	環境配慮事項の適用検討（約100通りの配慮手法パターンから選定）						
	3Dアプリケーション	重要な視点場からの景観シミュレーション	重要・主要な視点場, 特定視点場からの景観シミュレーション		環境影響評価で必要な視点場からの景観シミュレーション			準用可

図 6.1.1 地熱開発事業におけるエコランセット活用場面

6.2 関係法令

地熱開発事業に関係する法令のうち、特に自然環境および風致景観の保全に関するものについて、名称および記載内容を以下に示します（表 6.2.1）。

表 6.2.1 関係法令の内容

法令等名称	主管部署	内容														
自然公園法 (S32.6)	環境省	<p>優れた自然の風景地を保護するとともに、その利用の増進を図ることにより、国民の保健、休養及び教化に資するとともに、生物の多様性の確保に寄与することを目的とする。自然公園には国立公園・国定公園、都道府県立自然公園がある。</p> <p>自然公園には、下記のような地種区分があり、工作物の新築・改築、木竹の伐採、鉱物・土石の採取、植物の採取・損傷等、行為の内容によって、許可または届け出が必要となる。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>地種区分</th> <th>概要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>特別保護地区</td> <td>特別地域のうち、特に重要な地域</td> </tr> <tr> <td>第一種特別地域</td> <td>特別保護地区に準ずる景観を有し、特別地域のうちでは風致を維持する必要性が最も高い地域であって、現在の景観を極力保護することが必要な地域</td> </tr> <tr> <td>第二種特別地域</td> <td>特に農林漁業活動については努めて調整を図ることが必要な地域</td> </tr> <tr> <td>第三種特別地域</td> <td>特に通常の農林漁業活動については原則として風致の維持に影響を及ぼすおそれが少ない地域</td> </tr> <tr> <td>海域公園地区</td> <td>海域の景観を維持するための地域</td> </tr> <tr> <td>普通地域</td> <td>特別地域や海域公園地区に指定されていない自然公園の地域</td> </tr> </tbody> </table>	地種区分	概要	特別保護地区	特別地域のうち、特に重要な地域	第一種特別地域	特別保護地区に準ずる景観を有し、特別地域のうちでは風致を維持する必要性が最も高い地域であって、現在の景観を極力保護することが必要な地域	第二種特別地域	特に農林漁業活動については努めて調整を図ることが必要な地域	第三種特別地域	特に通常の農林漁業活動については原則として風致の維持に影響を及ぼすおそれが少ない地域	海域公園地区	海域の景観を維持するための地域	普通地域	特別地域や海域公園地区に指定されていない自然公園の地域
地種区分	概要															
特別保護地区	特別地域のうち、特に重要な地域															
第一種特別地域	特別保護地区に準ずる景観を有し、特別地域のうちでは風致を維持する必要性が最も高い地域であって、現在の景観を極力保護することが必要な地域															
第二種特別地域	特に農林漁業活動については努めて調整を図ることが必要な地域															
第三種特別地域	特に通常の農林漁業活動については原則として風致の維持に影響を及ぼすおそれが少ない地域															
海域公園地区	海域の景観を維持するための地域															
普通地域	特別地域や海域公園地区に指定されていない自然公園の地域															
自然公園の法面緑化指針 (H27.10)	環境省 自然環境局	<p>「生物の多様性の確保に寄与すること」を前提として、自然公園内において、生態系、種、遺伝子の3つのレベルでの生物多様性の保全に配慮し、周辺の環境と調和した自然回復を最終目的とする法面・斜面の緑化を行うために定めた指針である。</p> <p>下記の基本理念、その前提条件のもと、計画、施工、管理を行うことを求めている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>基本理念</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①自然の地域性、固有性を尊重する。</td> </tr> <tr> <td>②対象地域の自然条件に適合した植物の導入を基本とする。</td> </tr> <tr> <td>③自然回復の順序を尊重する。</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>前提条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①開発工事に伴う自然の改変は最小限にとどめること。</td> </tr> <tr> <td>②防災上、安定した生育基盤を造ること。</td> </tr> <tr> <td>③自然の回復力が発揮されやすい状態を造ること。</td> </tr> <tr> <td>④地域固有の生態系に配慮し、植物を導入する場合は原則として地域性系統の植物のみを使用すること。</td> </tr> </tbody> </table>	基本理念	①自然の地域性、固有性を尊重する。	②対象地域の自然条件に適合した植物の導入を基本とする。	③自然回復の順序を尊重する。	前提条件	①開発工事に伴う自然の改変は最小限にとどめること。	②防災上、安定した生育基盤を造ること。	③自然の回復力が発揮されやすい状態を造ること。	④地域固有の生態系に配慮し、植物を導入する場合は原則として地域性系統の植物のみを使用すること。					
基本理念																
①自然の地域性、固有性を尊重する。																
②対象地域の自然条件に適合した植物の導入を基本とする。																
③自然回復の順序を尊重する。																
前提条件																
①開発工事に伴う自然の改変は最小限にとどめること。																
②防災上、安定した生育基盤を造ること。																
③自然の回復力が発揮されやすい状態を造ること。																
④地域固有の生態系に配慮し、植物を導入する場合は原則として地域性系統の植物のみを使用すること。																

法令等名称	主管部署	内容												
国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて (H27.10 改訂) 及び 同通知の解説 (H28.6)	環境省 自然環境局	<p>国の再生可能エネルギーの導入促進に向けた規制・制度改革に対応して、国立公園、国定公園内の地熱発電に係る自然環境と調和した開発については、一定の条件のもと許可するという環境省の通知（平成27年改訂）である。</p> <p>通知では、1. 自然環境保全等のための基本的な考え方、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、3. 既存の地熱発電所の取扱いの基本方針を示し、同通知の解説でその詳細が記載されている。要点は以下のとおり。</p> <p>特別保護地区の掘削は地上部だけでなく地下部も認めていないが、第1種特別地域では、地表に影響がないこと等を条件に、地下部への傾斜掘削を認めている。</p> <p>第2種特別地域及び第3種特別地域は、地熱開発の行為が小規模で風致景観等への影響が小さなもの、主として当該地域のエネルギーの地産地消のために計画されるもの、当該地域の国立・国定公園の利用の促進や公園事業の執行に資するものなどについては、自然環境の保全や公園利用上の支障がないものは、以下に掲げるような特段の取組を例示し個別に検討した上で認めている。また、建築物の高さ規制については、風致景観への著しい支障が回避され、風致景観との調和が図られている場合に限り、13mにとらわれずに運用できることが明示された。</p> <p style="text-align: center;">優良事例形成に向けた特段の取組例示</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">取組の例示</th> <th style="width: 70%;">内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>合意形成の場の構築</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>公平公正な地域協議会による合意形成</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>自然環境・風致景観・公園利用に対する技術の投入、専門家の活用</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>地域貢献</td> <td>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、温泉事業者や農業への熱水供給など、地域への貢献</td> </tr> <tr> <td>環境監視と情報開示</td> <td>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</td> </tr> </tbody> </table>	取組の例示	内容	合意形成の場の構築	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による合意形成	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	自然環境・風致景観・公園利用に対する技術の投入、専門家の活用	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	地域貢献	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、温泉事業者や農業への熱水供給など、地域への貢献	環境監視と情報開示	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
取組の例示	内容													
合意形成の場の構築	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による合意形成	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													
自然環境・風致景観・公園利用に対する技術の投入、専門家の活用	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													
地域貢献	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、温泉事業者や農業への熱水供給など、地域への貢献													
環境監視と情報開示	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													
環境影響評価法 (H9.6, 最終改正:R2.6)	環境省 大臣官房 環境影響 評価課	<p>環境に著しい影響を及ぼすおそれのある事業の実施に際して、その環境への影響について事前に調査、予測および評価を行い、その結果を公表して地域住民等の意見を聴き、十分な環境保全策を講じることを定めた法律。</p> <p>「環境影響評価」とは、事業の実施が環境に及ぼす影響について環境の構成要素に係る項目ごとに調査、予測・評価を行い、その事業の環境保全の措置を検討し、環境影響を総合的に評価することをいう。</p> <p>このうち規模が大きく環境に大きな影響を及ぼすおそれがある事業を「1種事業」として定め、環境アセスメントの手続を必ず行い、「第1種事業」に準ずる大きさの事業を「第2種事業」として定め、手続を行うかどうかを個別に判断する。</p> <p>地熱発電所では、「第1種事業」は出力1万kW以上、「第2種事業」は出力0.75万kW以上1万kW未満である。なお、地方自治体の条例で、出力規模により環境アセスメントの対象事業となるところもある。</p>												

法令等名称	主管部署	内容
森林法 (S26.6, 最終改正 R2.6)	農林水産省 林野庁	この法律は、森林の保続培養と森林生産力の増進とを図るため、森林計画、保安林その他の森林に関する基本的事項を定めたもの。 保安林は、水源の涵養、土砂の崩壊その他の災害の防備、生活環境の保全・形成等、特定の公益目的を達成するため、農林水産大臣又は都道府県知事によって指定される森林。保安林では、それぞれの目的に沿った森林の機能を確保するため、立木の伐採や土地の形質の変更等が規制される。 保安林には、水源かん養保安林、土砂流出防備保安林、土砂崩壊防備保安林、なだれ防止保安林、保健保安林、風致保安林など17種がある。 保安林は、第1級地（治山事業施行地や傾斜度25度以上、重要な施設に近接しているもの等）は、原則として解除の対象とならないが、第2級地は、公益上の理由など一定の条件を満たす場合、「保安林の転用に係る解除の取扱い要領」（平成2年6月11日制定、最終改正：平成29年3月29日）に従い、解除手続きを行うことができる。 解除に際しては、転用に係る事業に止むを得ない事由があり、必要な要件を具備するか否かの審査が行われる。
砂防法 (M30.3, 最終改正 H25.11)	国土交通省	治水上必要な砂防施設、砂防指定地およびその土地に関する一定の行為の禁止や制限に関する事項を定めたもの。 砂防指定地の管理は、砂防法第5条に基づき、都道府県知事が実施することとされており、管理に関する規定は、都道府県の条例等により定められている。 砂防指定地として指定された土地は、治水上砂防のために支障のある行為を防止する観点から竹木の伐採や土石・砂れきの採取等、一定の行為に制限がなされる。行為制限の内容については、都道府県の条例等に定められており、砂防指定地内で制限された行為を行う場合は、都道府県知事の許可が必要となる。
温泉法 (S23.7, 最終改正:H23.8)	環境省 自然環境局	この法律は、温泉を保護し、温泉の採取等に伴い発生する可燃性天然ガスによる災害を防止し、及び温泉の利用の適正を図り、もって公共の福祉の増進に寄与することを目的としている。 地中から湧出する温水・鉱水が湧出した時の温度が25℃以上あれば温泉となり、また25℃未満であっても特定の物質が規定量含まれていれば、温泉となる。また、条件を満たせば水蒸気やガスも温泉である。 温泉の掘削・増掘、動力の設置は、都道府県知事の許可が必要である。なお、温泉の湧出量・温度・成分に影響を及ぼすと認める場合、掘削等の方法が可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準に適合しない場合は、不許可になる。また、温泉の採取も許可制となる。 都道府県知事は、必要があるときは温泉採取制限命令、他目的掘削の影響防止措置命令を行うことができる。 従って、地熱開発において地熱流体である熱水・蒸気を確認する掘削やそれを取り出す行為は、温泉法の許可が必要となる。
温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係） (29.10改訂)	環境省 自然環境局	温泉を将来の世代に引き継ぎ、持続的な利用を可能とするための資源保護のあり方を示すものとして、地熱発電の開発の各段階に関して、構造試験井の掘削や還元井の掘削等から得られるデータを、温泉法第3条に基づく掘削許可の判断に活かすこと及び地熱発電の開始に当たっての生産井の掘削等に対する温泉法第3条における許可又は不許可の判断基準の考え方を示すものである。 これは、掘削許可の判断に有益な情報および方法等を、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かつ公正に進めることをねらいとしている。 記載内容は地熱開発の概論のほか下記の項目となっている。 地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方として 1. 掘削許可に係る判断基準の考え方 2. 地熱開発のための調査について 3. 温泉の生成機構分類と地熱開発による温泉影響の可能性 4. 下記の各段階における掘削許可の判断に有益な情報及び方法等 ①広域調査段階、②概査段階、③精査段階、④発電所建設段階、 ⑤発電所運転開始後段階 関係者に求められる取組等

6.3 用語解説

地熱開発事業は、地熱開発事業者、温泉事業者、地域住民、専門家、許認可権者等の様々な関係者との意見交換の場があるため、ここでは基本的な用語や混同されやすい用語を解説します。

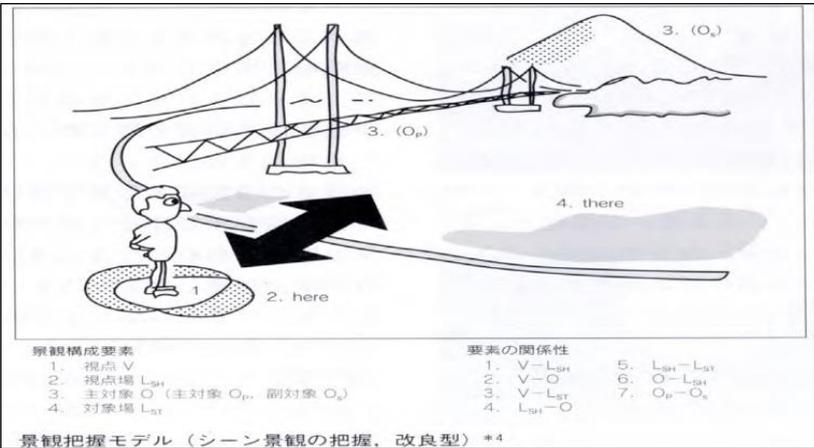
なお、解説の掲載順序は、重要と思われる順としました。巻末の索引も参照して下さい。

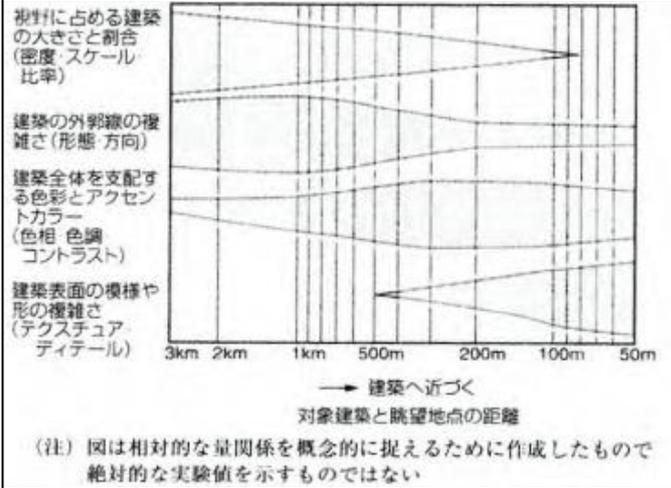
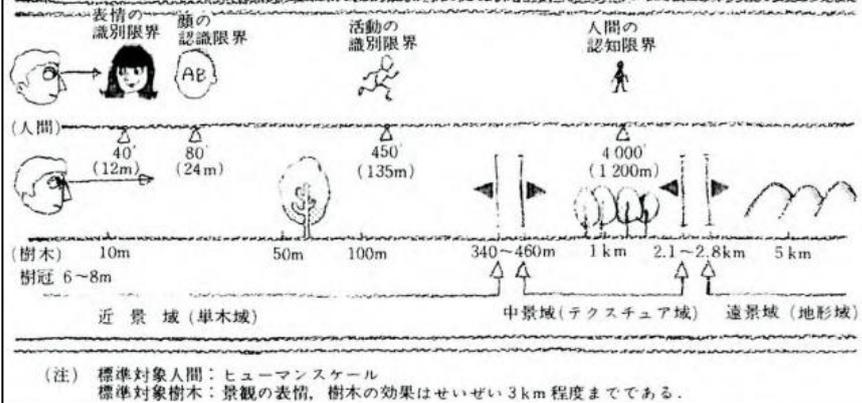
6.3.1 景観に関する用語

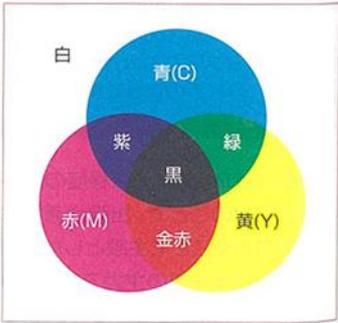
景観に関する用語を以下に解説します（表 6.3.1）。

表 6.3.1 景観に関する用語

用語	定義・解説
風致	<p>必ずしも一義的に定義づけられるものではないが、広義には、人の五感に対して美的感興を与える自然物ないしは自然現象及びこれらを包む自然環境ないしはこれらが醸し出す美的雰囲気。</p> <p>また、史跡、遺跡等の文化景観も自然景観と調和し、これと一体をなしている場合には、一種の風致といえることができる。従って、風致は必ずしも可視的なもの、永続的なものに限られない。清浄な大気、野鳥の可憐な鳴声等もまた、風致の構成要素であるといえる。</p> <p>参考文献：「自然公園選定要領（国立・国定公園関連部分のみ抜粋して説明）」昭和 27 年 9 月国立公園審議会決定，昭和 46 年 12 月改正</p>
景観	<p>景観とは風致に包含される概念であるが、これを定義すれば、「植物、動物、地質、鉱物等の自然物若しくはこれらに基づく自然現象又は史跡、遺跡等の文化景観によって構成される特異な風致であって、公園要素の精髓」といえることができる。</p> <p>参考文献：「自然公園選定要領（国立・国定公園関連部分のみ抜粋して説明）」昭和 27 年 9 月国立公園審議会決定，昭和 46 年 12 月改正</p>
景観資源 (景観構成要素)	<p>自然景観構成要素(自然景観資源)、人文景観構成要素(人文景観資源)、自然人文景観構成要素(自然人文景観資源)に大別される。</p> <p>自然景観構成要素とは、天空、高い山、低い山、岩石、海、河川、湖沼、水辺、田園、広葉樹林、針葉樹林、動物、植物、ふるさとの風景、鎮守の森などの自然物をいう。</p> <p>人文景観構成要素とは、歴史的建物、橋梁、ダム、道路、港湾、鉄塔、電柱、電線、造成地、裸地、草地、耕地、集落、寺、神社、教会、塔、城跡、庭園、船舶、列車、自動車、看板などの人工物をいう。</p> <p>自然人文景観構成要素とは、渓谷を背景にした橋梁、丘陵と集落、海と航行中の船舶、道路と走行中の自動車、森林と神社、山岳と史跡、田園と城跡などのように、自然要素と人文要素が一体になったものをいう。</p> <p>参考文献：「環境アセスメント用語集」環境省，環境影響評価情報支援ネットワーク</p>
視点	<p>景観を眺めるときに人間の目の位置を代表するもの。</p> <p>参考文献：「景観用語辞典」篠原修編，彰国社，1998 年</p>

用語	定義・解説
視点場	<p>視点場とは、視点の存在する空間で、視点近傍の空間（視点である人間が位置する場所）を指す。</p> <p>「景観把握モデル」(篠原)によると景観構成要素として、「視点」、「視点場」、「主対象」、「対象場」がある。</p> <p>上記要素間の「関係性」の検討が重要である。</p>  <p>景観把握モデル（シーン景観の把握、改良型）*4</p>
	<p>参考文献：「景観を捉えるための基礎知識」青森県ホームページ 参考文献：「景観用語辞典」篠原修編，彰国社，1998年</p>
重要な視点場	<p>環境省通知の解説 p9 で使われている用語。「主要な視点場」の中で、〇〇展望台、〇〇展望所、〇〇眺望台など景観資源を眺める目的で設置されているような、不特定多数の人が訪れる視点場をいう。</p>
主要な視点場	<p>環境省通知の解説 p9 で使われている用語。下記の「主要な眺望点」と同義。</p>
特定視点場	<p>エコラン手法の三要素の一つであるデザインを設計者が考える際、無限にある視点の中から最も効果的な情景が創出される視点場のことをエコラン手法では「特定視点場」と呼ぶ。特定視点場には、①多くの地域住民や利用者などが眺望として楽しむ‘既存’の視点場、②設計者がその地域の特性を活かして効果的な景観を作り出すことを‘意図’して選定する視点場の2通りの意味がある。</p> <p>①は「重要な視点場」と同義と捉えることができることから、本書では、②を「特定視点場」として使用している。</p>
主要な眺望点	<p>環境影響評価で用いられる用語で、不特定かつ多数の者が利用している景観資源を眺望する場所をいう。以下に例を示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地形図に記載されている峠で、眺望の良い場所 ・キャンプ場、ハイキングコース、自然遊歩道等の野外レクリエーション地で、眺望の良い場所 ・観光道路、パーキングエリア、道の駅などで眺望の良い場所 ・集落周辺、寺社等地域の眺望の良い場所 ・文化財保護法、条令における名勝のうち主要な眺望点として指定されているもの <p>参考文献：「面整備事業環境影響評価技術マニュアル」建設省都市局都市計画課，平成11年</p>
眺望景観 （視る） 圍繞景観	<p>眺望景観とは、視覚を通じて認知される像に着目した二次元的景観である。環境影響評価では事業地から離れた場所からの眺めであり、特定の眺望点からの眺めや特定の景観資源への眺めに代表させて検討する。</p> <p>圍繞景観とは、眺望点周辺の物理的空間や場の状態に着目した三次元的景観である。環境影響評価では事業地及びその近傍の眺めであり、有名な眺望点や傑出した景観資源がなくとも身近な自然との関りや地域の個性的景観を保全していく上で重要である。</p> <p>参考文献：「環境アセスメント技術ガイド 自然とのふれあい」(財)自然環境研究センター，2002年</p>
展望地	<p>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も含まれる。</p> <p>参考文献：環自国発第100401008号「自然公園法の行為の許可基準の細部解釈及び運用方法」（平成22年4月1日改正），主要な展望地より</p>

用語	定義・解説
眺望対象	<p>主要な「景観資源」「眺望点」「眺望景観」を要素ごとに調査し、対象となる眺望景観を特定したものを示す。</p>
近景・中景・遠景 (定性的)	<p>近景とは、視対象の意匠や素材、表面の仕上げを理解することができ、構成要素の動きなどを理解することができる程度の景観である。例としては、木々の葉の茂り具合や桜の咲き具合まで確かめられる状態であり、建物であれば、その建物の外装の種類までも理解できる状態といえる。</p> <p>中景とは、視対象自体に明暗や色彩の違いを認識することができ、視対象自体の形態や意匠、動きや構成要素の配置等を理解できる程度の景観である。例としては、重なり合う山々の山肌の違いや植生の違いによる色彩の違いや、複数の建物の壁面、屋根の形態や色等により構成された町並み等がこれに該当する。</p> <p>遠景とは、視対象と背景が一体となって見える景観で、視対象と背景とのコントラストや視対象のアウトラインによって構成される景観である。したがって、施設の配置や規模、形態といった要素が重要となってくる。例としては、遠く離れた山並みや海に浮かぶ島影、ビル群への景観がある。これらの景観では、空と山や島、ビル群が明暗のコントラストによって区別され、山や島の稜線やビル群のシルエットが形作るラインが明確な形態として意識される。</p> <p>参考文献：「景観を捉えるための基礎知識」青森県ホームページ 参考文献：「景観の構造」樋口忠彦著、技報堂出版、1975年</p>
近景・中景・遠景 (定量的)	<p>視距離によって構造物等の認知を規定する要素（テクスチャ、色彩、形態等）は以下のとおり変化するとされている。</p>  <p>視距離に応じた広葉樹の見え方の変化に着目した「近、中、遠景」の区分が試みられている。</p> <p>近景域：0～460m、樹木1本1本の姿形(ディテール)が認識できる。 中景域：460m～2.8km、個々の樹木が肌理(テクスチャー)の単位となる。 遠景域：2.8km以上、稜線などの地形のアウトラインが際立つ。</p>  <p>参考文献：「自然環境アセスメント技術マニュアル」自然環境アセスメント研究会、(財)自然環境研究センター、1995年</p>

用語	定義・解説
<p>色 (RGB, CMYK, マンセル値)</p>	<p>色の表現方法には、プリンターのカラーインクのように C (Cyan : 青), M (Magenta : 赤), Y (Yellow : 黄) を重ね合わせた減法混色, カラーディスプレイなどのように R (Red : 赤), G (Green : 緑), B (Blue : 青) の発光体を重ね合わせた加法混色がある。 CMY を色の三原色, RGB を光の三原色という。加法混色では RGB を重ねると最高輝度の白となる。減法混色では CMY を重ねると色味のついた黒となるが、完全な黒にはならないため, K (Key tone : 黒) 版をさらに重ねることで黒味表現を補完する。これを CMYK という。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>▼色の三原色</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>▼光の三原色</p>  </div> </div> <p>マンセル記号は 1905 年にアメリカのアルパート・H・マンセルによって創案された。色を色相 (色合い), 明度 (色の明るさ), 彩度 (色の鮮やかさ) の属性で記号化したもの。色相は, R (赤), YR (黄赤), Y (黄), GY (黄緑), G (緑), BG (青緑), B (青), PB (紫青), P (紫), RP (赤紫) の 10 分割 明度は, 無彩色の中で最も明るい白を明度 10 とし最も暗い黒を明度 0 とする。理想的には白は光の全反射, 黒は全吸収するものが物理的定義であるが, 現実の色票 (色見本) などでは不可能なので, 白は 9.5, 黒は 1 の値を用いる。 彩度は, 色のない無彩色を 0 として色の鮮やかさの度合いにより数字を大きくしていく。表記法は, 5Y7/1 のように「色相 明度/彩度」で表現する。ただし, 無彩色は「N 明度」で記す。 利用者間でマンセル記号と CMYK, RGB 表記が混在するため, 互いを変換するソフトがある。</p> <p>参考文献 : 「パソコン用語事典」秀和システム, 2020 年 11 月</p>
<p>フォト モンタージュ</p>	<p>現場の写真に, 書き加える, 消す, 色を変更する, 他の写真と合成する等のモンタージュ処理を行い, 将来形などを示す技術。 環境影響評価の景観予測によく用いられる。</p>

6.3.2 地熱発電に関する用語

地熱発電に関する用語を以下に解説します（表 6.3.2）。

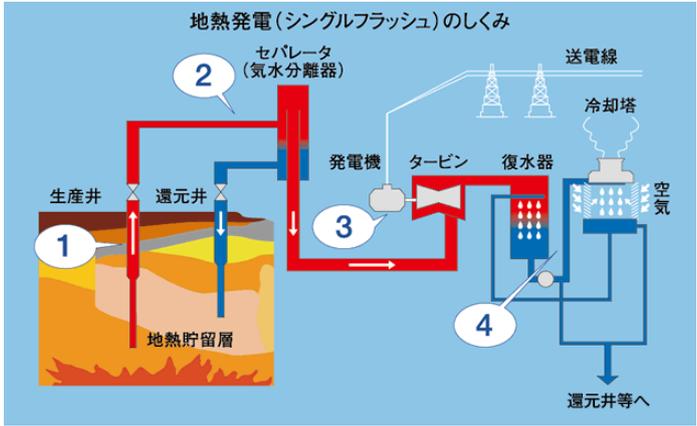
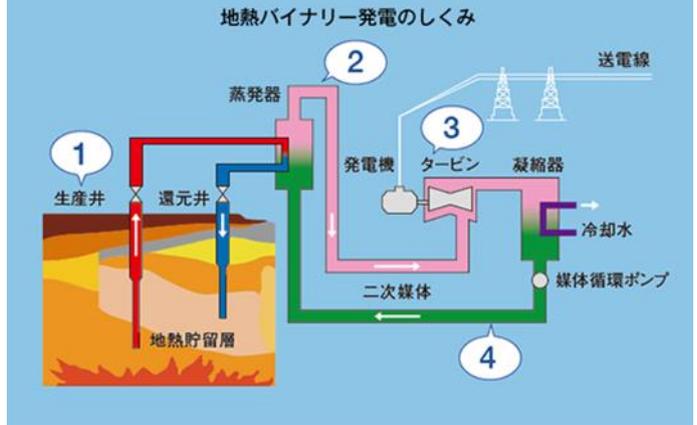
表 6.3.2 地熱発電に関する用語

用語	定義・解説
<p>地熱貯留層</p>	<p>地熱エネルギーによって高いエネルギーを獲得した流体を地熱流体と称する。地熱貯留層は、この流体のある程度の量がまとまって含有される地層部分をいう。地熱貯留層は、堆積岩で代表されるような多孔質触媒中に含まれている場合と割れ目中に含有されている場合がある。流体は主に天水を起源とする水であり、貯留層中に主に気相である場合と液相である場合がある。前者を蒸気卓越型、後者を熱水卓越型とよぶ。貯留層の上部には非浸透性の帽岩が存在する場合がある。</p> <p>図 2.3-1 地熱貯留層に関する概念図</p> <p>帽岩（ぼうがん） 高温の熱水及び蒸気を貯留する透水性の高い地熱貯留層から地熱流体の上方または側方への流出・移動を防ぐとともに、浅部から低温の温泉・地下水が浸透するのを防ぐ不透水層。 一般には泥岩や粘土質変質岩がその役割を果たすことが多い。キャップロックとも呼ばれる。</p> <p>不透水層（ふとうすいそう） 地層を構成する粒子間の間隙が小さく透水性の低い地層。粘土層やシルト層を主体とする難透水層と岩盤を主体とする非透水層を含む。 帽岩は、浅部にある低温の温泉・地下水帯水層と、深部の地熱貯留層における地熱流体の循環系を隔てている。多くの地熱流体の循環系において帽岩となっているのは、透水性が極めて低い地層である。そうした地層には、地層生成時からあるものと、熱水的作用によって水を通しにくく変質した二次的なものが考えられ、その性質、厚さ及び範囲によって、深部の地熱貯留層と浅部の温泉・地下水との水理的な関連性を示す一つの要素となっている。</p> <p>参考文献：「日本の地熱エネルギー」日本地熱学会 参考文献：「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 29 年 10 月改訂，環境省自然環境局）</p>
<p>地熱資源</p>	<p>地熱資源には、熱水卓越型地熱系と蒸気卓越型地熱系、高温岩体等がある。これらを簡単に説明すれば、熱水が多い熱水卓越型地熱系と蒸気が多い蒸気卓越型地熱系、そして熱水、蒸気ともに少ない高温岩体である。国内では熱水卓越型地熱系がより多く存在する。なお、地熱発電で利用するのは、多くの場合、蒸気であることから、熱水卓越型よりも、不要な熱水を地下に還元する必要のない蒸気卓越型の方が地熱発電に有利と考えられるが、蒸気卓越型は供給される熱量に比較して相対的に天水の補給が少なく、持続可能な発電を行う上で注意を要する。なお、「熱源」は通常、マグマだまりを指す。</p> <p>参考文献：「日本の地熱エネルギー」日本地熱学会</p>

用語	定義・解説
地熱熱水	<p>地熱井より噴出する高温の地下水。通常その 1/4～1/5 の蒸気（重量比）とともに噴出する。この熱水は温度によって多段フラッシュ発電、バイナリーサイクル発電による発電への利用、地域暖房、施設園芸などの多目的利用が行われる。</p> <p>地熱温水にはヒ素などの有害物質を含んでいる場合が多く地下に還元されているが、この場合の多目的利用は河川水などとの熱交換である。</p> <p>参考文献：「日本の地熱エネルギー」日本地熱学会</p>
地熱井 (ちねつせい)	<p>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。以下のようなものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地温勾配測定井（ヒートホール） 地温勾配を測定することを目的として、深度 100～500m 程度の浅部を広域に複数坑掘削する。 ・ 構造試験井（こうぞうしすいせい） 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。 ・ 観測井（かんそくせい） 地熱貯留層の状況、周辺の温泉や地下水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。 ・ 調査井（ちょうさせい）・試験井（しけんせい） 構造試験の結果が有望であれば、次の段階として調査井（試験井）を掘削する。構造試験を兼ねる場合もある。本地熱井は、地熱流体を噴出させ、噴出量、水位や圧力のほか、温度、成分組成の測定を行い、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する。 ・ 生産井（せいさんせい） 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。 ・ 還元井（かんげんせい） 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、ヒ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。 ・ 補充井（ほじゅうせい） 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。 <p>参考文献：「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 29 年 10 月改訂、環境省自然環境局） 参考文献：「地熱発電の潮流と開発技術」福嶋邦彦，2011 年</p>
櫓 (やぐら)	<p>地熱井掘削に用いる櫓は、耐荷重 60～350t で高さ 30m～45m の規格が一般的である。櫓は土台（サブストラクチャー）の上に設置され、組み立て方式によって型が決まっている。</p> <p>① スタンダード型 4 本櫓ともいわれ、4 本の柱に補強が入った構造で、母材をボルトで連結して組み立てる。コンパクトになるため安価であるが、時間を要する。調査ボーリングに利用されることが多い。</p> <p>② カンチレバー型 櫓はコの字型にいくつか分割されており、接続はピン構造が普通。水平に組み立て最後はウインチで引き起こす。櫓の高さ分の水平な土地がない場合はクレーンを使用して縦組みする。工期が短縮できる。</p> <p>③ ブロック型 櫓をいくつかの四角のブロックに製作し現場で組み立てる。櫓の強度が 100t 程度であるので、中口径掘削や改修工事で使用される。</p> <div data-bbox="1098 1326 1353 1921" style="text-align: right;"> <p>クランプブロック マスト トラベリングブロック スィベル ドロワーワークス クレーン ロータリーテーブル 泥水ポンプ シャトルシェイカー 泥水ホック 暴噴防止装置 (BOP) 4-Fx4-Fx4-Fx4 セグメント 1' 11/16" ID 2' 0" 3/8" ID 4' 0" 1/2" ID 1' 11/16" ID ピット</p> </div> <p>参考文献：「地熱発電の潮流と開発技術」福嶋邦彦，2011 年，図は一部加筆</p>

用語	定義・解説
掘削機	<p>①ドローワークス（巻上装置） 地熱発電の掘削ではメインの巻上装置で、ロータリーテーブル（回転装置）とともに使われる。300～400馬力のドローワークスは、改修工事や中口径の地熱井掘削に、1,000馬力は地熱井掘削に最も多く使用され、1,500馬力は深部地熱掘削、負荷の多い掘削などに使われる。</p> <p>②スピンドルマシン（試錐機） 主にコアリングに使用される。200馬力が主流であり、小型で巻上能力も小さい。リグ全体が小型のため、経費も少なく済み、調査井掘削や荷重のかからない改修工事に向いている。</p> <p>参考文献：「地熱発電の潮流と開発技術」福嶋邦彦，2011年</p>
リグ	<p>地熱井掘削に必要な槽・サブストラクチャー・掘削機・ロータリーテーブル・泥水ポンプ・トップドライブシステムなどの一体的な設備構成を指す。</p>
傾斜掘削	<p>坑口から真下に掘削するのではなく、傾斜や方位をコントロールしながら掘削することを傾斜掘削という。 傾斜掘削が必要となる理由</p> <ol style="list-style-type: none"> ①山岳地形、自然公園、湖沼等の地表条件により地下の掘削ターゲットの上で掘削基地が設置できない。 ②一つの基地から複数の坑井を掘削することで、地上環境への影響を緩和する。 ③地下の状況等に不具合が判明した場合、途中から新たなターゲットに向けて掘削する（サイドトラック）。 ④暴噴している坑井対応のため別の場所から掘削する（リリーフウェル）。 <p>地熱開発では、急峻な山岳地形による敷地造成の制約や坑井基地の集約化等の理由により、生産井や還元井はほぼ全ての坑井が傾斜掘削で掘削される。 坑口位置と坑井底の水平距離を偏距といい、我国の地熱井では、偏距（水平距離）で最大1,400m程度、傾斜角で最大70°の実績がある。下図に示すとおり偏距はほとんど1,000m以内である。</p> <div data-bbox="574 1064 1220 1500" data-label="Figure"> </div> <p>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）¹⁷⁾</p> <p style="text-align: center;">国内の地熱傾斜井の実績</p> <p>参考文献：「地熱発電の潮流と開発技術」福嶋邦彦，2011年 参考文献：「平成24年度 地熱発電の技術・環境課題の調査研究報告書」（一財）エンジニアリング協会</p>

用語	定義・解説
セパレータ (気水分離器)	<p>地熱貯留層から取り出した地熱流体（蒸気・熱水）を発電に使う蒸気とそうでない熱水に分離する機器。</p>  <p>写真提供：東北自然エネルギー㈱</p>
発電所建屋	<p>蒸気タービン，発電機，復水器などを収納する建物。タービン建屋ということもある。復水器はタービンを通じた蒸気を冷却水を用いて温度を下げて凝縮し，温水へ変える装置。</p>  <p>写真提供：東北電力㈱</p>
冷却塔	<p>復水器から送られてくる温水を施設内部の上部から散布し，空気と接触させることで温度を下げ，冷却水とする設備。 その屋上にファンが設置されており，冷却の過程で蒸発した水蒸気は，蒸気に含まれる硫化水素等のガス成分と一緒に大気中へ上方拡散されることになる。</p>  <p>写真提供：東北電力㈱</p>
配管 (パイプライン)	<p>地熱発電の配管には次の3つがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①二相流体輸送管：坑口配管から気水分離設備までの配管 ②蒸気輸送管：気水分離設備で分離した蒸気を発電所の取合点まで輸送する配管 ③熱水輸送管：気水分離設備で分離された熱水を還元井へ輸送する配管
水蒸気（白煙）	<p>冷却塔の排出空気は，循環水が冷却する時の蒸発で水蒸気を多く含み，100%に近い飽和度となっている。大気が低温となる寒冷期や高湿度の時期には，大気は冷却塔が排出する水蒸気が凝縮し白煙となる。遠方からでも視認されやすいため，環境影響評価の景観予測対象となる。</p>
着水	<p>寒冷地の地熱発電所では，冷却塔からの放出水蒸気が過冷却状態となり周辺の樹木に着水し枯損する事象が生ずることがある。 近年の地熱発電所における環境影響評価においては，着水についても予測評価を求められている。</p>

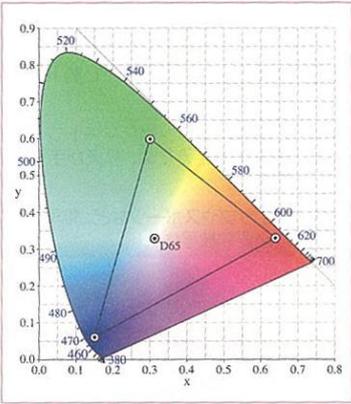
用語	定義・解説
<p>地熱発電の仕組み (フラッシュ発電)</p>	<p>主に 200℃以上の高温地熱流体での発電に適しており、地熱流体中の蒸気で直接タービンを回す。シングルフラッシュ方式とダブルフラッシュ方式がある</p> <p><シングルフラッシュ方式></p> <ol style="list-style-type: none"> ①地熱貯留層に生産井を掘り、地熱流体を取り出す。 ②セパレータ（気水分離器）で地熱流体を蒸気と熱水に分け、熱水は還元井から地下に戻す。 ③蒸気でタービンを回転させ、発電する。 ④発電し終わった蒸気は復水器で温水にし、さらに冷却塔で冷ました後、復水器に循環して蒸気の冷却に使用する。  <p><ダブルフラッシュ方式></p> <p>セパレータで分離した熱水をフラッシュャー（減圧器）に導入して低圧の蒸気をさらに取り出し、高圧蒸気と低圧蒸気の両方でタービンを回す方式。高温高压の地熱流体の場合に採用され、シングルフラッシュよりも約 20%出力が増加する。</p> <p>参考文献：日本地熱協会ホームページ</p>
<p>地熱発電の仕組み (バイナリー発電)</p>	<p>水よりも沸点の低い二次媒体（代替フロン、炭化水素系媒体、水とアンモニアの混合液など）を使うので、より低温の地熱流体での発電に適しており、地熱流体で温められた二次媒体の蒸気でタービンを回して発電する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①生産井から地熱流体を取り出す。 ②地熱流体で二次媒体を温め、蒸気化する。二次媒体を温めた後の地熱流体は、還元井から地下に戻す。 ③二次媒体の蒸気でタービンを回転させ発電する。 ④発電し終わった二次媒体は、凝縮器で液体に戻し、循環ポンプで再度、蒸発器に送る。  <p>80℃を超えるような温泉が湧出する温泉地では、その高温の温泉をバイナリー発電の熱源として使うことができ、熱を有効利用することになる。発電に利用された後の温泉は、温度が下がり、浴用に適温となる。</p> <p>参考文献：日本地熱協会ホームページ</p>

6.3.3 3Dに関する用語

3Dに関する用語を以下に解説します（表 6.3.3）。

表 6.3.3 3Dに関する用語

用語	定義・解説
GIS (地理情報システム)	<p>地図データ上に文字や位置などの情報を関連させ、検索や表示、解析などを行えるようにしたシステム。</p> <p>参考文献：パソコン用語事典，秀和システム，2020.11</p>
レーザー計測	<p>航空機等(固定翼機，ドローン)に，上空よりレーザー光を発射して地表から反射して戻ってくる時間差により距離を測定する装置，航空機等の位置を測定する受信機，航空機等の姿勢や加速度を測定する装置を搭載し，飛行しながら地上をレーザースキャンすることで，地表の位置（x・y）と高さ（z）を正確に算出する測定法である。</p> <p>参考文献：国土地理院ホームページ</p>
DSM，DEM	<p>レーザー計測により，地表面にある建物や樹木を含めた高さのデータをグリッド化した地表モデルをDSM（Digital Surface Model）という。 そのデータから建物や樹木の高さを取り除いた地表面だけのグリッドデータをDEM（Digital Elevation Model：数値標高モデル）という。</p>  <p>参考文献：国土地理院ホームページ</p>
数値地図 (国土基本情報)	<p>基盤地図情報，数値地図シリーズ（空間データ基盤，行政界・海岸線，地名・公共施設）及びDEM：数値標高データ（5m，10m，50mメッシュ）をすべて統合し，さらに地図表現に必要な各種のデータ項目を加え，多様な属性情報を持たせた，総合的な地理空間情報をいう。国土地理院が整備した。 これは，コンピュータに取り込みGISで分析する基礎データとなる。</p> <p>参考文献：国土地理院ホームページ</p>
CG (コンピュータ・グラフィックス)	<p>三次元空間のオブジェクトをコンピュータ内に構築し，オブジェクトの色や質感，照明やアングルを自由に設定して画像を作成することなどを指す。 近年は特に，CGの動画が盛んで，テレビ，映画，CM映像の多くにこれが用いられている。</p> <p>参考文献：「パソコン用語事典」秀和システム，2020年11月</p>
3D (スリー・ディ)	<p>縦横に加えて高さの情報を表示する立体表示を指す。3Dグラフ，3Dテレビ，3Dプリンターなどの使い方がある。</p> <p>参考文献：「パソコン用語事典」秀和システム，2020年11月</p>
VR (バーチャル・リアリティ)	<p>コンピュータを使って工学的に作り出された仮想的な空間，もしくはその技術をいう。仮想現実・人工現実感ともいう。 VR用のヘッドマウントディスプレイがあれば，CGで作成された，あるいは360度カメラで撮影された映像を使って体験できる。 テレビゲーム，アミューズメント施設，研修医実習などで活用されている。</p> <p>参考文献：「パソコン用語事典」秀和システム，2020年11月</p>
モデリング	<p>立体的に表示したい対象を三次元データで構築すること。モデル化ともいう。</p> <p>参考文献：「パソコン用語事典」秀和システム，2020年11月</p>
テクスチャ	<p>物体の表面や素材などの質感，風合いなどを模して作成される図柄のこと。3DのCGでは立体物の表面に貼り付けてリアルな質感を出す。</p> <p>参考文献：「パソコン用語事典」秀和システム，2020年11月</p>

用語	定義・解説
<p>RGB (アール・ジー・ビー)</p>	<p>加法混色の三原色である、赤 (Red), 緑 (Green), 青 (Blue) を個別の信号線で接続することから、こう呼ばれる。 カラーディスプレイなどの映像, 画像デバイスを接続するインターフェース。</p> <p style="text-align: right;">▼ RGBの例</p>  <p>参考文献 : 「パソコン用語事典」 秀和システム, 2020 年 11 月</p>
コーディング	<p>仕様書やフロー図を基に、プログラミング言語でソースプログラムに記述すること。</p> <p>参考文献 : 「パソコン用語事典」 秀和システム, 2020 年 11 月</p>
レンダリング	<p>CGにおいて、三次元画像をモデルデータから描き出すこと。</p> <p>参考文献 : 「パソコン用語事典」 秀和システム, 2020 年 11 月</p>
ポリゴン	<p>多角形の組み合わせで三次元を表現する描画法のこと。CGの立体表現手法の一つ。最も少ない座標, データ量で図形描写ができるため, 一般には三角形の集合で表現する。近年はコンピュータの処理速度の向上で, 動画表現に頻繁に利用されるようになった。</p> <p>参考文献 : 「パソコン用語事典」 秀和システム, 2020 年 11 月</p>
ゲームエンジン	<p>コンピュータゲームを効率的に制作するための機能を有するフレームワークのこと。素材の取り込み, シーンの作成, 特殊効果, 物理演算, アニメーション, ゲームプレイのロジック作成, デバッグ, 最適化まで行うことができる。 ゲームエンジンには, Unity, Unreal Engine などがある。本研究では後者を使用した。</p> <p>参考文献 : 「パソコン用語事典」 秀和システム, 2020 年 11 月</p>
DCC ツール	<p>3DのCGの領域は多岐に及び, ゲーム, 映像, 建築などの分野によって必要な機能が違うが, モデリング, シェーディング, ライティング, リギング, アニメーション, レンダリングなどの機能を全て兼ね備えたソフトを「統合型 3DCG ソフト」, または「DCC(Digital Content Creation)ツール」という。</p>

6.3.4 自然環境分析に関する用語

自然環境分析に関する用語を以下に解説します（表 6.3.4）。

表 6.3.4 自然環境分析に関する用語

用語	定義・解説																						
植生自然度	<p>「自然は人間の手のつけ具合，人工の影響の加わる割合によって，きわめて自然性の高いものから，自然性の低いものまで，いろいろな階層にわかれて存在する」という考え方に基づいて，植物社会学的な観点からみて，土地の自然性がどの程度残されているかを示す一つの指標。区分は以下のとおり。</p> <table border="1" data-bbox="528 521 1254 1048"> <thead> <tr> <th data-bbox="528 521 671 566">植生自然度</th> <th data-bbox="671 521 1254 566">区分基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="528 566 671 622">10</td> <td data-bbox="671 566 1254 622">高山ハイデ，風衝草原，自然草原等，自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 622 671 678">9</td> <td data-bbox="671 622 1254 678">エゾマツトドマツ群集，ブナ群集等，自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 678 671 734">8</td> <td data-bbox="671 678 1254 734">ブナーミズナラ再生林，シイ・カシ萌芽林等，代償植生であっても特に自然植生に近い地区</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 734 671 790">7</td> <td data-bbox="671 734 1254 790">クリーミズナラ群集，クヌギコナラ群落等，一般に二次林と呼ばれる代償植生地区</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 790 671 846">6</td> <td data-bbox="671 790 1254 846">常緑針葉樹，落葉針葉樹，常緑広葉樹等の植林地</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 846 671 902">5</td> <td data-bbox="671 846 1254 902">ササ群落，ススキ群落等の背丈の高い草原</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 902 671 958">4</td> <td data-bbox="671 902 1254 958">シバ群落等の背丈の低い草原</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 958 671 1014">3</td> <td data-bbox="671 958 1254 1014">果樹園，桑畑，茶畑，苗圃等の樹園地</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 1014 671 1070">2</td> <td data-bbox="671 1014 1254 1070">畑地，水田等の耕作地，緑の多い住宅地</td> </tr> <tr> <td data-bbox="528 1070 671 1115">1</td> <td data-bbox="671 1070 1254 1115">市街地，造成地等の植生のほとんど存在しない地区</td> </tr> </tbody> </table> <p>参考文献：環境省 生物多様性センターホームページ</p>	植生自然度	区分基準	10	高山ハイデ，風衝草原，自然草原等，自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区	9	エゾマツトドマツ群集，ブナ群集等，自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区	8	ブナーミズナラ再生林，シイ・カシ萌芽林等，代償植生であっても特に自然植生に近い地区	7	クリーミズナラ群集，クヌギコナラ群落等，一般に二次林と呼ばれる代償植生地区	6	常緑針葉樹，落葉針葉樹，常緑広葉樹等の植林地	5	ササ群落，ススキ群落等の背丈の高い草原	4	シバ群落等の背丈の低い草原	3	果樹園，桑畑，茶畑，苗圃等の樹園地	2	畑地，水田等の耕作地，緑の多い住宅地	1	市街地，造成地等の植生のほとんど存在しない地区
植生自然度	区分基準																						
10	高山ハイデ，風衝草原，自然草原等，自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区																						
9	エゾマツトドマツ群集，ブナ群集等，自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区																						
8	ブナーミズナラ再生林，シイ・カシ萌芽林等，代償植生であっても特に自然植生に近い地区																						
7	クリーミズナラ群集，クヌギコナラ群落等，一般に二次林と呼ばれる代償植生地区																						
6	常緑針葉樹，落葉針葉樹，常緑広葉樹等の植林地																						
5	ササ群落，ススキ群落等の背丈の高い草原																						
4	シバ群落等の背丈の低い草原																						
3	果樹園，桑畑，茶畑，苗圃等の樹園地																						
2	畑地，水田等の耕作地，緑の多い住宅地																						
1	市街地，造成地等の植生のほとんど存在しない地区																						
特定植物群落	<p>環境省が都道府県に委託して行った「自然環境保全基礎調査」のうち「特定植物群落調査」において，下記の基準に該当する植物群落を指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> A 原生林もしくはそれに近い自然林(特に照葉樹林についてはもれのないように注意すること) B 国内若干地域に分布するが，極めて稀な植物群落または個体群 C 比較的普通に見られるものであっても，南限，北限，隔離分布等分布限界になる産地に見られる植物群落または個体群 D 砂丘，断崖地，塩沼地，湖沼，河川，湿地，高山，石灰岩地等の特殊な立地に特有な植物群落または個体群で，その群落の特徴が典型的なもの(特に湿原についてはもれのないように注意すること。) E 郷土景観を代表する植物群落で，特にその群落の特徴が典型的なもの(武蔵野の雑木林，阿蘇の山地草原，各地の社寺林。特に郷土景観を代表する二次林や二次草原についてはもれのないよう注意すること) F 過去において人工的に植栽されたことが明らかな森林であっても，長期にわたって伐採等の手が入っていないもの G 乱獲その他の人為の影響によって，当該都道府県内で極端に少なくなるおそれのある植物群落または個体群 H その他，学術上重要な植物群落または個体群(種の多様性の高い群落，貴重種の生息地となっている群落等) <p>注意：特定植物群落については，本研究の検討委員会委員より，「範囲の設定が不正確であること，すでに環境が変化している場合があるので注意する。」という助言がある。</p> <p>参考文献：環境省 生物多様性センターホームページ</p>																						
保護林	<p>「保護林」は，原生的な天然林などを保護・管理することにより，森林生態系からなる自然環境の維持，野生生物の保護，遺伝資源の保護，森林施業・管理技術の発展，学術の研究等に資することを目的としている国有林野のことをいう。国有林野管理経営規程の中で設定を求められており，現在，下記の3区分がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①森林生態系保護地域，②生物群集保護林，③希少個体群保護林 <p>参考文献：農林水産省林野庁ホームページ</p>																						

6.4 関連団体

地熱開発事業の関連団体名および活動内容等について以下に示します（表 6.4.1）。

表 6.4.1 関連団体名と活動内容

団体名	主な活動内容	連絡先
<p>日本地熱協会 [H24.12 設立]</p>	<p>わが国の地熱発電事業の健全なる普及推進を図ることを目的とする。事業の内容は、①地熱発電全般に関する調査研究、②政府その他関係機関に対する提言と陳情、③地熱発電全般に係る会員相互の情報交換、④地熱発電に対する理解の促進と広報、⑤その他本会の目的達成に必要な事業。 正会員 77 社、特別会員 10 団体（2021 年現在）</p>	<p>〒101-0031 東京都千代田区東神田一丁目 4 番 11 号 KK ビル TEL：03-5823-4639</p>
<p>日本地熱学会 [S53.12 設立]</p>	<p>地熱の探査、開発、発電、多目的利用およびその他に関する学術・技術の進歩発達をはかることを目的とする。事業の内容は、①調査研究、②会誌その他の図書の刊行、③講演会・研究発表会の開催、④会員の表彰、⑤その他本会の目的を達成するために必要な事項。 正会員および名誉会員 745 名、賛助会員 80 名（2017 年現在）</p>	<p>〒162-0801 東京都新宿区山吹町 358-5 アカデミーセンター TEL：03-6824-9373</p>
<p>一般社団法人 日本環境アセスメント協会 [S53.1 設立]</p>	<p>環境アセスメント業務に関する技術の向上を図るとともに、環境アセスメント業務に携わる者の資質を向上し、併せて環境アセスメントに関する知識の普及を図ることにより、適切かつ円滑に環境アセスメントを推進し、もって国民の健康で文化的な生活の確保に寄与することを目的とする。主な活動内容は、①環境アセスメントに関する技術の調査及び研究、②環境アセスメントに関する研修等の実施、③環境アセスメントに関する情報等の収集及び提供、④環境アセスメント士の資格認定事業の実施。 会員数 141 法人（2020 年現在）</p>	<p>〒102-0092 東京都千代田区隼町 2 番 13 号 US 半蔵門ビル TEL：03-3230-3583</p>
<p>一般社団法人 全国ボーリング技術協会 [H11.10 設立]</p>	<p>地下資源や地球内部の調査、研究、開発、地域環境の保全、解明に関わるボーリング技術の向上を目指すことにより、会員共通の利益をはかるとともに広く地域社会に寄与することを目的とする。活動内容は、①各種ボーリング調査・工事に関する計画、設計、積算及び指導、②ボーリング技術の調査、研究及び開発。 正会員 28 法人、賛助会員 25 法人（2020 年現在）</p>	<p>〒104-0032 東京都中央区八丁堀 4-10-11 ネオ神谷ビル TEL：03-3523-7632</p>
<p>一般社団法人 ランドスケープコンサルタンツ協会 [S39.5 設立]</p>	<p>良好なランドスケープの保全、創出及び活用に関わる技術の向上並びに知識の普及啓発を通じてランドスケープコンサルタント業の健全な発展を図り、もって緑豊かで快適な生活環境の形成に資することを目的とする。事業内容は、①技術の開発と向上に関する調査、研究、②各種施策の提案、③国際交流の促進、資格の認定、登録及び普及、④講演会、研修会、見学会等の開催、等であり、ランドスケープ・アーキテクトの育成にも力を入れている。 正会員 80 社、賛助会員 38 社（2020 年現在）</p>	<p>〒103-0004 東京都中央区東日本橋 3-3-7 近江会館ビル TEL：03-3662-8266</p>

6.5 推奨する専門家等

地熱開発事業を円滑に推進するためには、自然環境や風致景観に対する適切な配慮が欠かせません。その環境配慮の検討に際しては専門家等の指導・助言が重要となります。

専門家等へのヒアリングは、地表調査、坑井調査、環境アセスの各段階で必要に応じて適切に実施することを推奨します。

6.5.1 専門家等

環境省通知における優良事例の条件として、「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、(中略)造園や植生等の専門家^{環境省通知2.(2)ウ}の活用」を求めています。また、本書でも記載している通り、事業の進展や地域特性に応じて必要な自然環境調査が行われることになるため、専門家の指導・助言が求められます。

指導・助言を得る専門家等の分野

- ・ 景観学
- ・ 造園
- ・ 地域共生
- ・ 植物生態学
- ・ 猛禽類
- ・ 動物生態学, 動物分類学
- ・ 植物分類学 など

6.5.2 資格

本書を活用する際に推奨する技術者資格を以下に示します（表 6.5.1）。

表 6.5.1 資格一覧

資格名	内容
ランドスケープ・アーキテクト	海外では国家資格とされている場合が多い。国内ではランドスケープコンサルタンツ協会が認定する民間資格として、「登録ランドスケープ・アーキテクト」と称する（略称 RLA）。
技術士 （環境部門、建設部門ほか）	技術士法（昭和 58 年法律第 25 号）に基づく文部科学省所管の国家資格である。
環境アセスメント士 （自然環境部門法）	（一社）日本環境アセスメント協会が認定する民間資格である。
生物分類技能検定（1 級・2 級）	（一財）自然環境研究センターが認定する民間資格である。
造園施工管理技士（1 級・2 級）	国土交通省が管轄する国家資格である。
ビオトープ管理士 （計画・施工／1 級・2 級）	（公財）日本生態系協会が認定する民間資格である。1 級は国土交通省登録資格である。計画部門と施工部門に分かれる。
自然再生士	（一財）日本緑化センターが認定する民間資格である。自然再生に必要な知識・技術・経験を有し、自然再生を推進する。

6.6 既存公開情報リスト

自然環境分析では、現存植生、地形・地盤、水系や各種法規制等、地域の自然環境に関する様々な情報（以下「自然環境情報」という。）を入手する必要があります。

データごとに利用規約や利用上の留意点が異なり、利用にあたり必ず利用規約等を確認し、加えて、データの作成方法や作成時期、作成範囲等に適用可能な範囲と限界について確認することが必要となります。

なお、対象地域においてどのような既存公開データが存在しているかは、公開元等が提供している **Web-GIS** を活用することで、効率的に検索・閲覧することができます。リンク先が移動している場合もありますので、事前に確認して下さい。

自然環境分析で用いる既存公開データの代表的な **Web-GIS** の URL を以下に示します。

- ・ 環境アセスメントデータベース"EADAS（イーダス）"：
<https://www2.env.go.jp/eiadb/>
- ・ 地理院地図：<https://maps.gsi.go.jp/>
- ・ 自然環境調査 Web-GIS：<http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html>
- ・ 地質図 Navi：<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>

本書で用いるデータを次頁以降に示します（表 6.6.1）。

表 6.6.1 GIS 分析に用いるデータ

分類	データ名	公開元	データ入手先
地熱資源	地熱資源量データ	全国地熱ポテンシャルマップ (産業技術総合研究所)	https://www.gsj.jp/Map/JP/geothermal_resources.html
既設道路	数値標高モデル (5mDEM)	基盤地図情報 (道路縁) (国土地理院)	http://www.gsi.go.jp/kiban/
傾斜	数値標高モデル (5mDEM) ※DEM を元に作成	基盤地図情報 (国土地理院)	http://www.gsi.go.jp/kiban/
水系	数値標高モデル (5mDEM) ※DEM を元に作成	基盤地図情報 (国土地理院)	http://www.gsi.go.jp/kiban/
法規制	自然公園区域等	生物多様性センター (環境省自然環境局)	http://gis.biodic.go.jp/webgis/
	鳥獣保護区	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
	自然環境保全地域	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
自然環境	現存植生図 (1/25,000)	生物多様性センター (環境省自然環境局)	http://gis.biodic.go.jp/webgis/
	特定植物群落	生物多様性センター (環境省自然環境局)	http://gis.biodic.go.jp/webgis/
	森林地域 (保安林・国有林・ 民有林)	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
	農業地域 (農用地区域)	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
	表層地盤 (地形・地盤分類 250m メッシュマップ ⁴)	地震ハザードステーション (防災科学技術研究所)	http://www.jshis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html?lang=jp
	地質図 (1/50,000)	地質調査総合センター (産業技術総合研究所)	https://www.gsj.jp/Map/JP/geology4.html
災害関連	土砂災害警戒区域	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
	土砂災害危険箇所	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
	地すべり地形 GIS データ	地すべり地形分布図デジタル アーカイブ (防災科学技術研究所)	http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html
	活断層	全国地熱ポテンシャルマップ (産業技術総合研究所)	https://www.gsj.jp/Map/JP/geothermal_resources.html
景観資源・ 地域貢献	温泉位置	全国地熱ポテンシャルマップ (産業技術総合研究所)	https://www.gsj.jp/Map/JP/geothermal_resources.html
	地質図 1/50,000 (火口/噴 気/地質/鉱山跡等)	地質調査総合センター (産業技術総合研究所)	https://www.gsj.jp/Map/JP/geology4.html
	自然資源 (火山/湖沼/自然現象等)	国土数値情報 (国土交通省)	http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
	登山道/眺望点/公園施設/ ビジターセンター等	自然公園計画 (環境省/都道府県)	各自然公園のホームページ
	道路縁	基盤地図情報 (国土地理院)	http://www.gsi.go.jp/kiban/
	登山道	自然公園計画 (環境省/都道府県)	各自然公園のホームページ

上表の内容は、2021年5月20日時点の情報に基づき作成した。

⁴ 若松加寿江・松岡昌志 (2013) : 全国統一基準による地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築とその利用, 地震工学会誌, No18, 35-38

6.7 推奨するアプリケーション

地熱開発事業で使用する主なアプリケーションを以下に示します（表 6.7.1）。

表 6.7.1 推奨するアプリケーション

一般名称	主な活用方法	備考
GIS アプリ	地理情報システムが搭載されたアプリで、有償版、無償版がある。自然環境情報のマッピング、可視領域の表示、地熱開発適地の選定のための解析など、活用範囲は広い。	本書では、QGIS の使用例を記載。
CAD アプリ	コンピュータにより設計するアプリで、有償版、無償版がある。造成地の範囲や施設の配置など、ある程度候補地が絞り込まれたエリアでの設計作業に活用する。	本書では、有償版の使用例を記載。
3D アプリ	3次元化するアプリで、有償版、無償版がある。CAD による 3D よりも広域エリアで空間を再現できる。フォトモンタージュや平面図の代替もしくは補完するための手法として活用する。	本書では、Unreal Engine4 の使用例を記載。

7. 地表調査段階

7.1 目的

地熱資源の有望域を対象に、広域の自然環境情報、法規制、重要な視点場からの可視領域^{環境省通知 p9}等を把握し、環境配慮の重要性を相対評価するとともに景観シミュレーションを行い、地熱開発適地を抽出することを目的とします。

7.2 配慮手法パターン

パターン参考集より、地表調査段階において適用が想定される主な配慮手法パターンを抜粋します。当該事業での優良事例形成に向けた取組を検討する際、迅速かつ的確なアイデアに結びつくことが期待できるため、事前に関係者間で、パターン参考集を共有することを推奨します。

- ・事業の全体像に係わるパターン
 - S-15 : ランドスケープ・アーキテクトの参画による長期開発計画
 - Z-11 : 過去に開発された跡地の利用
 - Z-2 : エッセンシャル・ゾーンを避けて造成
- ・事業関係者に係わるパターン
 - S-19 : 調査中の配慮（調査員教育）
 - S-4 : 施工中の配慮（現場作業員教育）
- ・自然環境・生態系に係わるパターン
 - I-8 : 色に敏感な動物類への配慮^{環境省通知 p17}（仮設）
 - S-2 : 外灯等に LED 照明を採用
 - S-3 : 照明の指向性と抑制
 - R-1 : のり面端部緑化
- ・景観に係わるパターン
 - T-12 : 冷却塔の多セル化^{環境省通知 p18, 別紙1}
 - T-13 : 屋根線の背後に発電所施設を配置^{環境省通知別紙1}

7.3 検討範囲

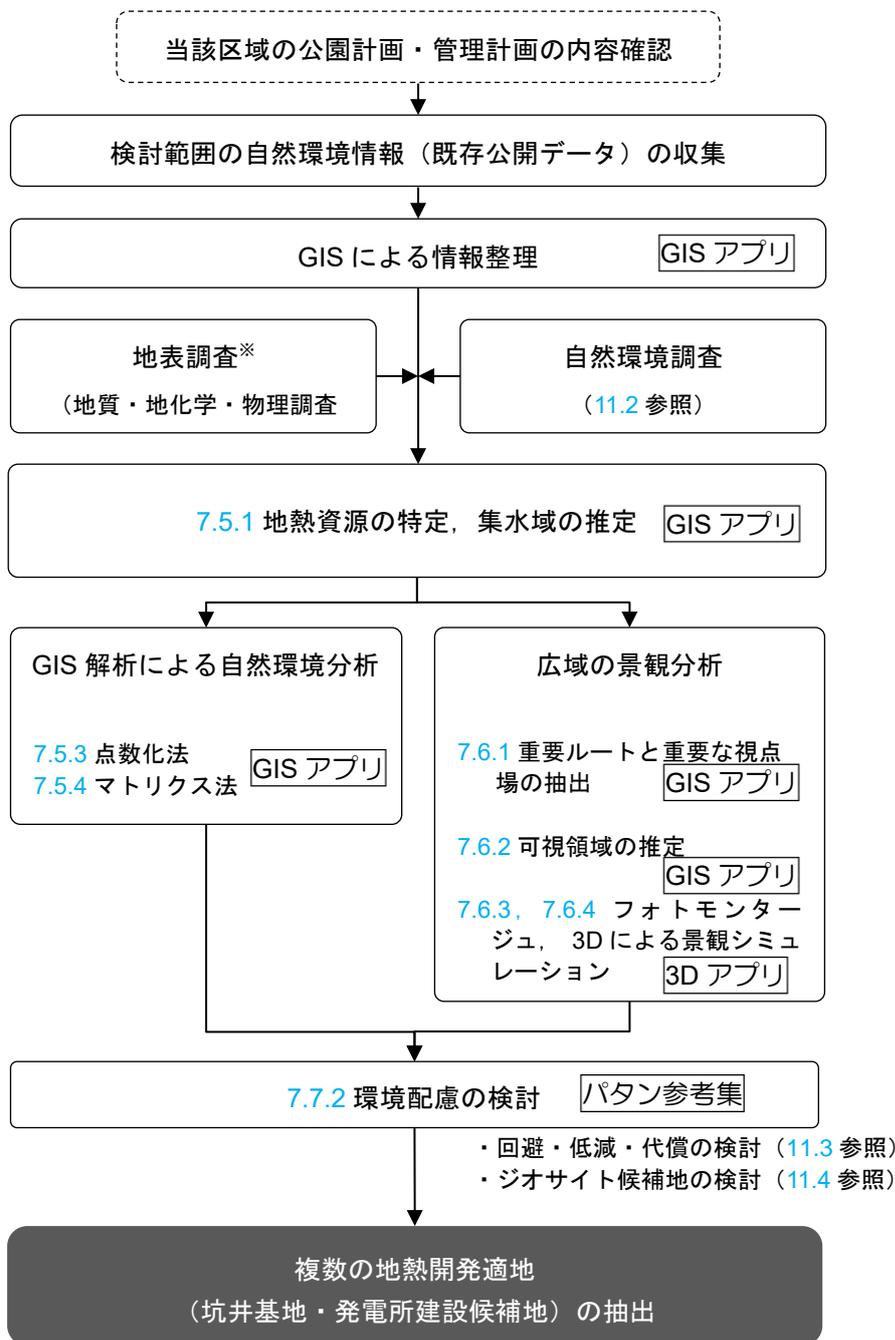
NEDOの地熱開発促進調査 Bにおけるエリア程度が 50～70 km²であったことから、これに準拠します^{環境省通知 p8, 9}（縮尺は 1/50,000 程度、矩形換算で 8×8 km 程度、半径換算で 4.5 km 程度）。

検討範囲の中心は地熱資源の位置とします。ただし、地熱資源の位置が近接して複数存在する場合は、任意の位置とします。

なお、近年の技術向上により、傾斜掘削は水平距離で 1km 程度離れた位置からでもリグ設置が可能となったこと、生産井から発電所造成地までのパイプラインは水平距離で 2km 程度離れた位置でも配管設置が可能であることから、有望な地熱開発適地が除外されないよう検討範囲を広く設定するなど、柔軟に判断します。

7.4 作業フロー

地表調査段階における作業フローを以下に示します（図 7.4.1）。



※地表調査で、ヒートホールを実施する際は、敷地、リグの規模は小さいものの、地形改変をともなう場合があるため、本書「8 坑井調査段階」および「11.2 地表調査・坑井調査段階で行うべき自然環境調査」を参考に、必要な環境配慮を行う。

図 7.4.1 地表調査段階における作業フロー

7.5 GIS解析による自然環境分析

7.5.1 条件設定

GIS解析による自然環境分析は、点数化法とマトリクス法の2通りがあります。以下に、両者に共通の条件設定を示します。

1) 地熱資源の特定

地熱資源の分布状況は、全国地熱ポテンシャルマップ（産業技術総合研究所）のデータを活用して抽出します（6.6 参照）。全国地熱ポテンシャルマップには、地熱資源量を示す主なデータとして、貯留層総エネルギー（1018J）と発電量（MW・30年）が含まれています。両データとも、貯留層温度別（53度以上、100度以上、150度以上、180度以上、200度以上）にデータが用意されています。本書では、発電量単位データのうち、貯留層温度が最も高い200度以上のデータで、10MW・30年以上の領域を地熱資源有望域としました。

ただし、事業ごと・地域ごとに状況が異なるため、一律に地熱資源有望域とする判定基準を設定することは難しく、事業規模や立地等を勘案しつつ、適宜、設定する必要があります。また、資源調査（NEDO地熱開発促進調査⁵、事業者による独自調査等）の結果として、地熱資源の位置が既に特定されている場合には、そのデータを用います。

2) 集水域の推定

地熱資源の分布とともに、地形・植生等の地域の自然環境も考慮する必要があります。特に、天水が地形に沿って集まる範囲・領域である「集水域」は、地域の自然環境の基盤である水循環の基本単位であるため、自然環境に配慮した地熱開発計画の立案には有用な情報です。GIS分析の背景図として、または温泉事業者との合意形成の際に温泉影響の説明に活用などが想定されます。

集水域は、数値標高モデル（5mDEM）のデータを用いて、GISアプリの各種の水文解析機能で推定することが可能です。本書では手順を省略します。

3) 分析単位

様々な自然環境情報の重ね合せを容易にするため、分析単位は5mメッシュを基本とし、5mメッシュがないエリアを含む場合は10mメッシュとします。

4) 座標系

自然環境分析の座標系は、後述する3D映像法および土地利用計画で用いられる各種平面図に合わせて、平面直角座標系に統一します。

⁵ JOGMEC（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）のHPに、NEDOが実施した全国各地の地熱開発促進調査報告書が掲載されている。（<https://geothermal.jogmec.go.jp/report/nedo/> 最終閲覧日 2021年5月20日）

7.5.2 点数化法とマトリクス法の特長

点数化法とマトリクス法の特長を以下に示します（表 7.5.1）。

事業者は場面に応じて、いずれかの GIS 解析方法を選択します。ただし、自然・社会条件、事業特性が地域ごとに多様であるため、評価項目や基準、分析手法、表現方法については、地域の特性を踏まえて設定される必要があります。その際、行政・地域住民・専門家等の意見を反映することを推奨します。

表 7.5.1 点数化法とマトリクス法の特長

GIS 解析方法	特長
点数化法	<p>各情報を 2～4 段階に分け数値化し、複数の情報を乗算または加算で算出して得られた数値を多数の色により地図上に表す方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工性の解析方法については、候補地をできるだけ少なく絞り込んでおきたい（現地調査のコストや現地での活動時間が限られているなど）場合に有効である。 ・環境配慮重要性については、傾向がつかめるものの、加算結果の数値の意味を説明することが難しい。 ・社会的制約条件（法規制等）については、解析方法の具体例はない。ノウハウのある事業者にとっては自社の経験や技術、地域特性を存分に反映できる余地がある点で有効である。
マトリクス法 (明瞭 5 色)	<p>各情報を 5 段階に分け、予め明瞭な 5 色を割り当てたマトリクス表を作成し、複数の情報を重ねた際に、最上位の色を地図上に表す方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明瞭な 5 色で単純化した表現となるが、その地点をマウスでクリックすると、複数情報の内訳を知ることができる。 ・第三者へ説明する際、概ね対応可能と思われる。 ・マトリクス表の項目、ランク分けについて事前に地域住民、学識者、専門家等の関係者間で協議し調整したうえで実施することで、円滑に事業を進めることができると期待される。
マトリクス法 (グラデーション)	<p>上記と異なり、5 色ではなく半透明のグラデーションとし、重ね合わせたとき、色調と濃淡で地図上に表す方法。何の情報に関わっているかが、一見してある程度推定できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明瞭 5 色と同様、その地点をマウスでクリックすることで、複数の情報の内訳を知ることができる。 ・事業者が詳細に検討する場合に有効と思われる。ただし、色調・濃淡・レイヤ順序などのグラデーションを工夫し、情報がどのように重なっているかがわかるような表示とする必要がある。 ・グラデーションの組み合わせは無数にあるため、地域の特性に応じた最善の組み合わせについては、事業者が創意工夫して解析結果を示すことができる。

7.5.3 点数化法

点数化法は、従来版エコラン・マニュアルに掲載されていた方法です。

施工性、環境配慮重要性、社会的制約条件（法規制等）について、それぞれ GIS により解析します。解析手順の説明は、次のとおりです。

1) 点数化法 - 施工性の検討

自然環境に関する既存公開データを用い、分析を行うことで、造成技術の観点から地熱開発に適した場所を推定し、地図上で確認することが可能となります（図 7.5.1）。適地条件は、地熱資源、自然公園区分、既設道路、造成適性（傾斜）の 4 条件です。条件について、判定基準に基づき適地を評価します（表 7.5.2）。その際、造成適性（傾斜）は、発電所と坑井基地で条件が異なる点に注意が必要です。各条件の適否が評価された後、4 条件すべてが適地と評価されたメッシュのみを造成に適した場所として抽出します。

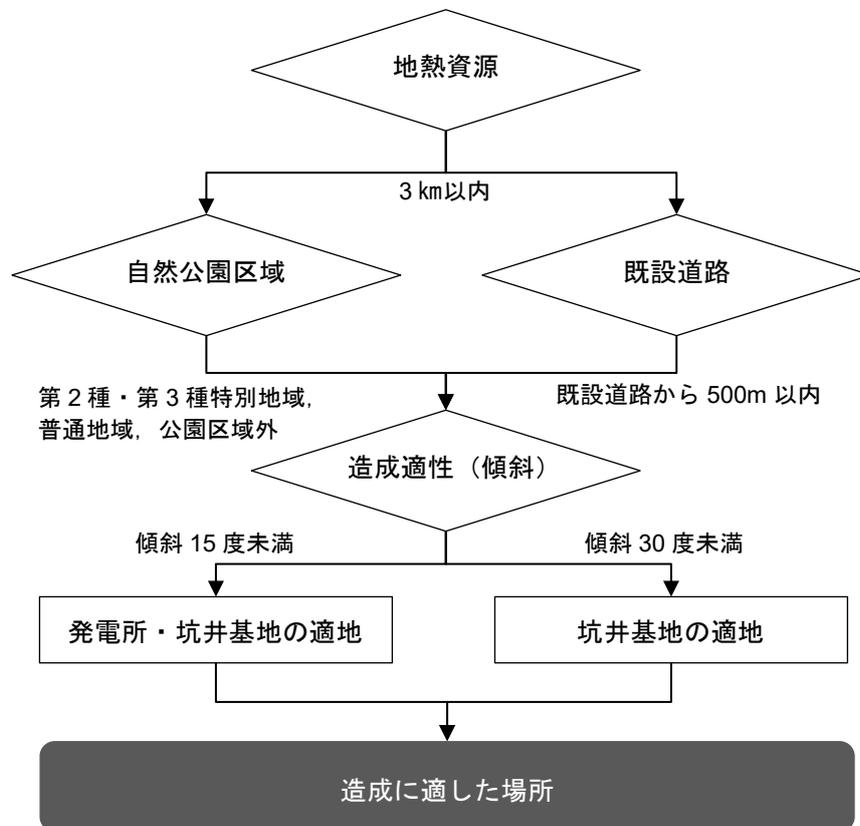


図 7.5.1 施工性の検討の GIS 解析フロー

表 7.5.2 施工性の判定基準

条件	地熱資源	自然公園区域	既設道路	造成適性（傾斜）
判定基準	3km 以内	第 2 種特別地域, 第 3 種特別地域, 普通地域, 公園区域外	既設道路から 500m 以内	発電所 15 度未満, 坑井基地 30 度未満

各判定基準の設定意図および GIS イメージを以下に示します (図 7.5.2)。

- **地熱資源**：地熱資源との造成地との距離は、坑井掘削や配管設備等のコストに影響するため、半径 3km 以内を適地と設定します。地熱資源の位置は、全国地熱ポテンシャルマップ (産業技術総合研究所, 2007) の貯留層温度 200 度以上の発電量 (MW・30 年)、NEDO 促進調査結果、事業者独自の調査結果などを使用します。
- **既設道路**：既設道路からのアクセスは地形改変を最小化する上で重要な要素とされるため、既設道路からの直線距離が 500m 以内を適地と設定します。可能な限り既設道路を活用・拡充することで、道路新設のコストを削減できるとともに、自然環境保全にも寄与します。
- **自然公園区域**：地上部の開発が規制される特別保護地区・第 1 種特別地域を除外し、第 2 種・第 3 種特別地域、普通地域、区域外を適地と設定します。
- **造成適性 (傾斜)**：土地の傾斜について、発電所が 15 度以上、坑井基地が 30 度以上となった場合には、造成コストの点で現実的ではないと考えられます。そのため、発電所の場合は 15 度未満、坑井基地の場合は 30 度未満を適地と設定します。急傾斜地を回避し、平坦地や緩傾斜地を選定することで、地形改変の低減にも寄与します。

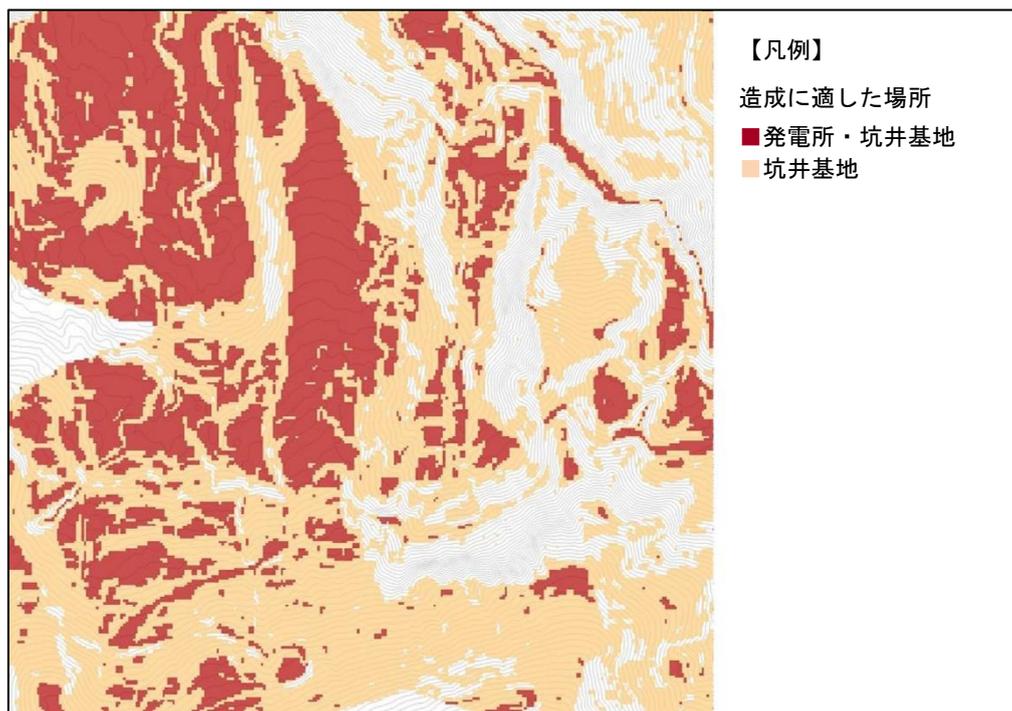


図 7.5.2 点数化法による造成に適した場所の GIS イメージ⁶

参 照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

⁶ この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の基盤地図情報及び電子地形図 (タイル) を使用した (承認番号 平 29 情使, 第 1215 号)。

2) 点数化法 - 環境配慮重要性の評価

環境配慮重要性とは、自然環境に対する環境配慮がどの程度重要かを示した相対的な評価軸です。環境配慮重要性を分析することにより、環境配慮の重要性が高い場所や低い場所を把握することが可能となります（図 7.5.3）。まず、自然環境の基盤である現存植生、地形・地盤、傾斜、累積流量の4条件について4段階で評価します（表 7.5.3）。その上で、各条件の評価結果を集計して環境配慮重要性を算出します。ここでは、加算法としています。

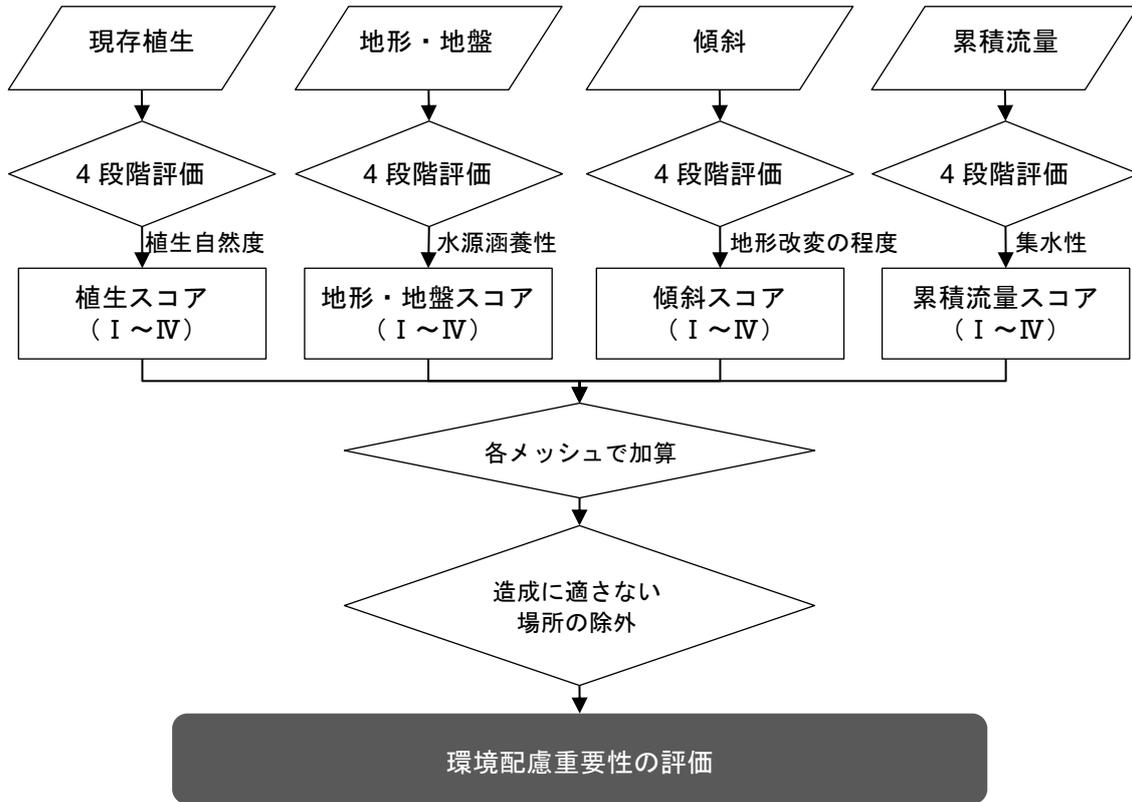


図 7.5.3 環境配慮重要性の評価のGIS解析フロー

表 7.5.3 環境配慮重要性の評価基準

条件	評価の視点	I	II	III	IV
現存植生	植生自然度	植生自然度 1	植生自然度 2, 3, 4, 6	植生自然度 5, 7	植生自然度 8, 9, 10
		市街地, 造成地, 工場地帯等	耕作地, 樹園地, 牧草地, 芝地, 植林地等	二次林と呼ばれる 代償植生地区, 高茎草地	自然植生, 自然性 の高い代償植生
地形・ 地盤	水源涵養性	谷底低地, 自然堤 防, 後背湿地, 三 角州・海岸低地, 砂州, 砂礫州, 砂 丘, 砂丘間低地, 干拓地, 埋立地, 磯, 岩礁	丘陵, 火山性丘陵・ 岩石台地, ローム 台地, 旧河道	山麓地, 火山山麓 地, 砂礫質台地, 扇状地	山地, 火山地, 河 原
傾斜	地形改変度	0度以上 8度未満	8度以上 15度未満	15度以上 30度未満	30度以上
累積流量	集水性	0~2セル	3~5セル	6~8セル	9セル以上

各評価項目の設定意図および GIS イメージを以下に示します (図 7.5.4)。

- **現存植生**：植生の自然度を示す指標として、環境省の自然環境保全基礎調査において考案された「植生自然度」を採用しました (6.3.4 参照)。評価基準の設定では、自然度が高くなるほど、配慮の重要性も高まるものと考えます。
- **地形・地盤**：水源涵養の観点から地形・地盤分類に応じて評価します。具体的には、地形・地盤分類 250m メッシュマップの各分類に対し、透水性と流域における立地を考慮し、マトリクスを設定します。評価基準の設定では、より上流に立地し、透水性が高い地形・地盤分類であるほど、配慮の重要性が高まるものと考えます。
- **傾斜**：造成する際の地形改変の度合いを示す指標として、地表面の傾きである「傾斜」を採用します。評価基準の設定では、緩傾斜地では地形改変が少なく、相対的に配慮の重要性が低い一方、急傾斜地では、大規模な地形改変が伴うと想定されるため、相対的な配慮の重要性が高まるものと考えます。
- **累積流量**：表流水の集まりやすさを示す指標として「累積流量」を採用します。

留意事項として、原生的自然や湿地・湖沼、天然記念物等の希少・脆弱環境は、生態的価値や学術的価値が高く、復元や代償は容易に行うことができないことが挙げられます。これらは固有性が非常に高く、地元や自然保護団体等、行政にも固有名詞として認識されています。そのため、相対評価の枠組みで、同一の尺度で評価することは、ふさわしくありません。

希少・脆弱環境について把握できたものは、一覧表および領域・位置を個別に図示するとともに、相応の配慮を行う場所として捉えることが重要です。

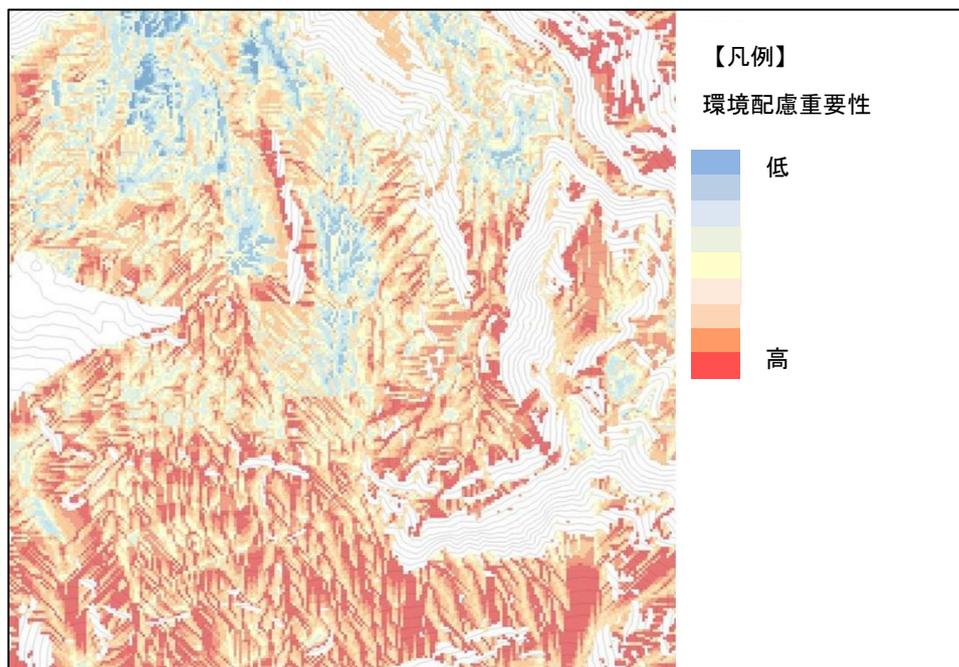


図 7.5.4 点数化法による環境配慮重要性の評価の GIS イメージ

参照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

⁷ この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の基盤地図情報及び電子地形図 (タイル) を使用した (承認番号 平 29 情使, 第 1215 号)。この地図は、「地形・地盤分類 250m メッシュマップ」 (若松加寿江・松岡昌志 (2013) : 全国統一基準による地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築とその利用, 地震工学会誌, No18, 35-38) を使用し、清水建設株式会社が作成・加工したものである。

3) 点数化法 - 社会的制約条件（法規制等）の特定

多様な社会的制約条件の特定を容易にするため、既存公開データに基づき図化します。

社会的制約条件とは、法規制や地熱開発のプロセスにおいて影響を受ける可能性がある地域資源等を指します。具体的には、自然保護に関わる指定地域等（自然公園区域や鳥獣保護区、保護林、自然環境保全地域等）が挙げられます。また、農林業に関する指定地域等（保安林・国有林・民有林、農用地域など）、災害に関わる指定地域等（土砂災害警戒区域、土砂災害危険箇所、地すべり地形、活断層など）、地域資源（温泉）など、様々な条件が想定されます（図 7.5.5）。これらを点数化することは困難なため、個別に判断します。

なお、本書では、既存公開データを活用して容易に GIS への読み込みが可能な条件を主な対象としています。その地域によって、他の社会的制約条件を追加しなければならない場合もあります。社会的制約条件として何を対象とするかは、行政・地域住民・専門家等と協議して、判断する必要がありますが、近年、自治体が保有する情報をオープンデータ化する動きが活発化してきており、例えば森林計画に関わる林班図や森林資源などの詳細な自然環境情報を GIS データとして公開している自治体もあります^{8,9}。このようなデータを活用することで、森林計画の単位である林小班ごとに森林の種類や樹種、面積等を把握することができます。地域の实情に即した環境配慮を検討することができます。

社会的制約条件の分析フローを以下に示します（図 7.5.5）。

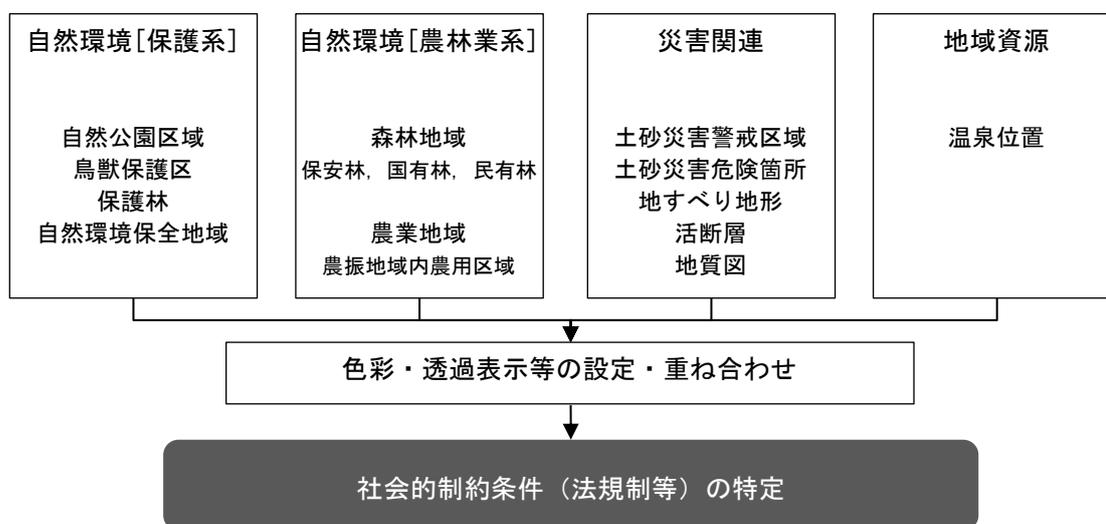


図 7.5.5 社会的制約条件（法規制等）の特定の GIS 解析フロー

参 照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

⁸ 静岡県ホームページ：ふじのくにオープンデータカタログ

(<https://opendata.pref.shizuoka.jp/> 最終閲覧日 2021 年 5 月 20 日)

⁹ 北海道水産林務部森林計画課：森林計画関係資料ダウンロードページ

(<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srk/OPD.htm> 最終閲覧日 2021 年 5 月 20 日)

7.5.4 マトリクス法

1) マトリクス法による GIS 解析フロー

マトリクス法による GIS 解析フローを以下に示します (図 7.5.6)。点数化法と大きく異なる点は、社会的制約条件 (法規制等) についても、GIS 解析を行う点です。法規制のうち開発可否が明確な法律について、開発難度を 5 段階に設定し、地熱開発適地を絞り込むこととしています。

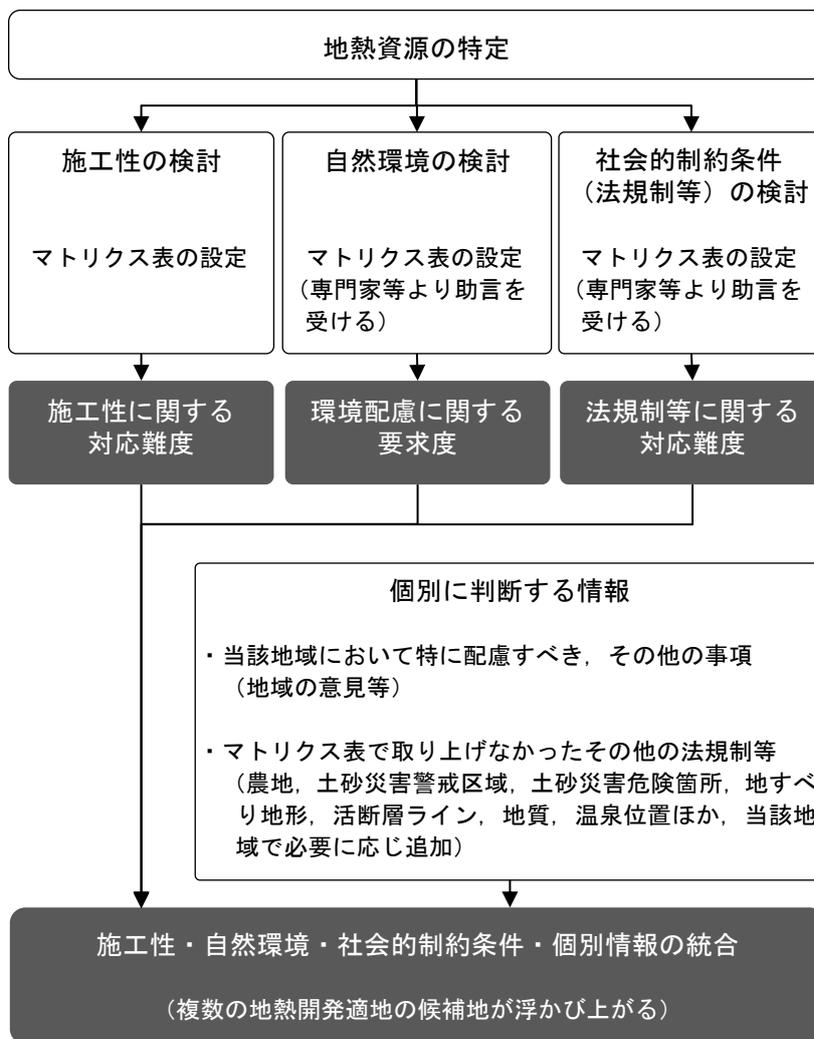


図 7.5.6 マトリクス法による GIS 解析フロー

2) マトリクス法 - 施工性の検討

使用する情報は、地熱資源からの距離、道路からの距離、地形・地盤、傾斜角です。

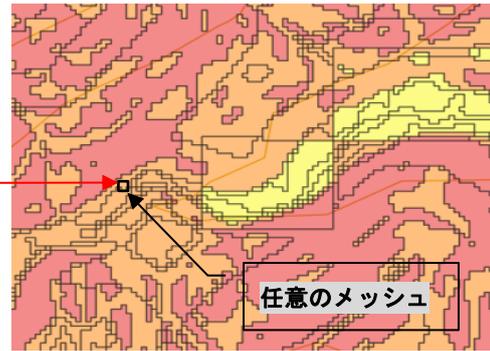
下表のようなマトリクス表を作成します。開発に係る対応の難度を5段階のランク区分とし、明瞭な5色を設定します（表 7.5.4）。

複数の情報源が5mメッシュ（または10mメッシュ）内に落とし込まれると、そのメッシュは最上位のランクの色が地図上に表示される仕組みです（図 7.5.7）。次頁にGISイメージを示します（図 7.5.8, 図 7.5.9）。

表 7.5.4 マトリクス表（施工性の検討）

対応の難度	ランク区分	施工性の検討				
		地熱資源からの距離 (km)	道路からの距離 (m)	地形・地盤		傾斜角 (度)
				微地形分類コード	微地形区分	
開発困難	5	-	500以上	-	-	30以上
極めて高い	4	-	300以上500未満	1	山地	15以上30未満
				4	火山地	
				22	河原	
				23	河道	
				24	湖沼	
高い	3	2以上	200以上300未満	2	山麓地	10以上15未満
				5	火山山麓地	
				8	砂礫質台地	
				11	扇状地	
中程度	2	1以上2未満	100以上200未満	3	丘陵	5以上10未満
				6	火山性丘陵	
				7	岩石台地	
				9	ローム台地	
				14	旧河道	
低い	1	1未満	100未満	10	谷底低地	5未満
				12	自然堤防	
				13	後背湿地	
				15	三角州・海岸低地	
				16	砂・砂礫州	
				17	砂丘	
				18	砂州・砂丘間低地	
				19	干拓地	
				20	埋立地	
				21	磯・岩礁	

対応の難度	ランク区分	施工性の検討				
		地熱資源からの距離 (km)	道路からの距離 (m)	地形・地盤		傾斜角 (度)
				微地形分類コード	微地形区分	
開発困難	5	-	500以上	-	-	30以上
極めて高い	4	-	300以上500未満	1	山地	15以上30未満
				4	火山地	
				22	河原	
				23	河道	
高い	3	2以上	200以上300未満	24	湖沼	10以上15未満
				2	山麓地	
				5	火山山麓地	
				8	砂礫質台地	
				11	扇状地	
				3	丘陵	
中程度	2	1以上2未満	100以上200未満	6	火山性丘陵	5以上10未満
				7	岩石台地	
				9	ローム台地	
				14	旧河道	
				10	谷底低地	
				12	自然堤防	
低い	1	1未満	100未満	13	後背湿地	5未満
				15	三角洲・海岸低地	
				16	砂・砂礫州	
				17	砂丘	
				18	砂州・砂丘間低地	
				19	干拓地	
				20	埋立地	
				21	礫・岩礁	



任意のメッシュ内における各情報のランクが左表の結果であるとき、最上位は「地形・地盤」の4（極めて高い）であるため、GIS上には4（オレンジ色）が表示される。全ての情報のランクは内包されているため、各情報のランクを確認することができる。

図 7.5.7 マトリクス表の表示ルール

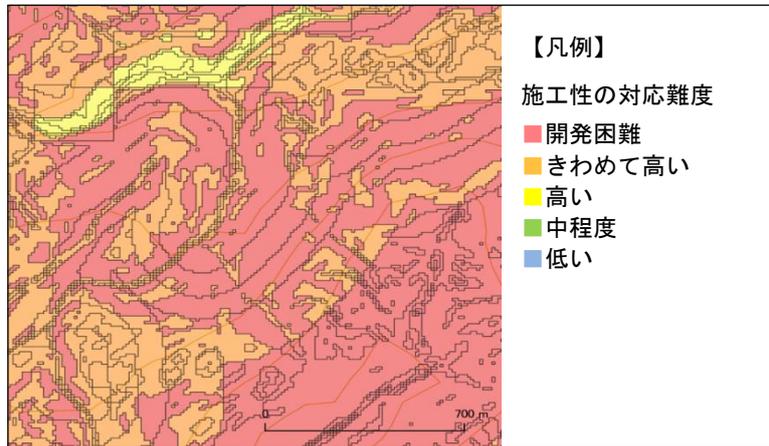


図 7.5.8 マトリクス法（明瞭5色）による施工性のGISイメージ

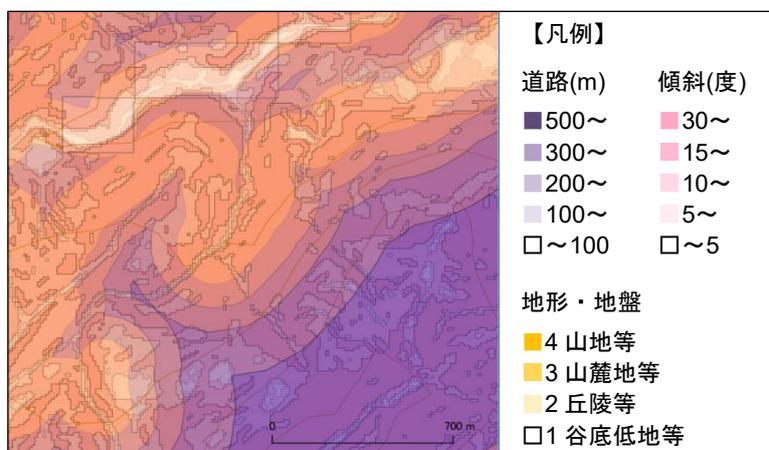


図 7.5.9 マトリクス法（グラデーション）による施工性のGISイメージ

参照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGISの解析手順

3) マトリクス法 - 自然環境の検討

使用する情報は、現存植生、水系（累積流量）、その他重要な保全項目（地域ごとに設定）です。

累積流量は、生態系システムの重要な要素である水みちや水たまりを把握するためのものであり、セル数が多いほど表流水が集まりやすい箇所を示します。

その他重要な保全項目は、地域ごとに必要に応じ追加するものであり、今回は地域協議会等で猛禽類の営巣地からの距離を含めるべきとの意見が出たと想定し、距離に応じたランク区分を設定してあります（表 7.5.5）。

ランク区分を5段階としたこと、色分け、GIS上に最上位が表示されることは、前項と同様です（図 7.5.7）。次頁にGISイメージを示します（図 7.5.10、図 7.5.11）。

表 7.5.5 マトリクス表（自然環境の検討）

環境配慮の要求	ランク区分	自然環境の検討				
		現存植生 ^{※1}		水系	その他重要な保全項目 ^{※2}	
		植生自然度	区分基準 【総称】	累積流量 (セル)	(例) 重要な動植物の 生息・生育地 ^{※3}	当該地区で採用 した保全項目
非常に高い	5	10	【高山植生、湿原等】 高山ハイデ、風衝草原、自然草原等、自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区	—	イヌワシ・クマガラ営巣地およびその周辺	—
高い	4	9	【高木の自然林】 エゾマツ・トドマツ群集、フナ群集等、自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区	9以上	クマタカ営巣地	500m未満
		8	【自然性の高い高木の二次林】 フナ・ミズナラ再生林、シイ・カシ萌芽林等、代償植生であっても、特に自然植生に近い地域			
中程度	3	7	【二次林】 クリ・ミズナラ群落、クスギ・コナラ群落等、一般には二次林と呼ばれる代償植生地区	6以上8以下	オオタカ営巣地・ヤマノの生息地、 ○○生育地等	500m以上 1000m未満
		5	【背丈の高い草原】 ササ群落、ススキ群落等の背丈の高い草原			
やや低い	2	6	【植林地】 常緑針葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹等の植林地	3以上5以下	—	1000m以上
		4	【背丈の低い草原】 シバ群落等の背丈の低い草原			
		3	【樹園地】 果樹園、桑園、茶畑、苗圃等の樹園地			
		2	【耕作地等】 畑地、水田等の耕作地、緑の多い住宅地			
低い	1	1	【市街地】 市街地、造成地等の植生のほとんど存在しない地区	2以下	—	—

※1 地域の植生や専門家の助言を参考に、植生自然度単位や群集・群落単位でランク区分を適宜設定することが望ましい。

※2 保全項目としての適切性、ランク区分について、専門家の確認が必要である。

※3 国や自治体のレッドリスト掲載種、特定植物群落、地域で特に保全している動植物等の生息・生育地。

ランク区分は、天然記念物等法規制の有無、レッドリストの絶滅危惧Ⅰ類、Ⅱ類等のカテゴリー区分、地域の生息・生育状況や専門家の助言を参考に適宜設定することが望ましい（例：イヌワシ・クマガラの営巣地及びその周辺は「5」、クマタカの営巣地及びその周辺は「4」等）。

特定植物群落は、群落の重要度に応じて評価する。なお、特定植物群落は範囲の設定が不正確なこともあること、既に環境が変化している場合もあることから、現地確認することが望ましい。

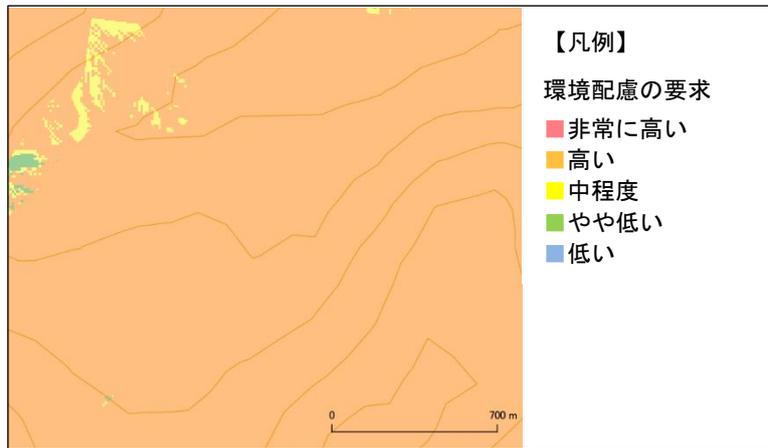


図 7.5.10 マトリクス法（明瞭5色）による自然環境のGISイメージ

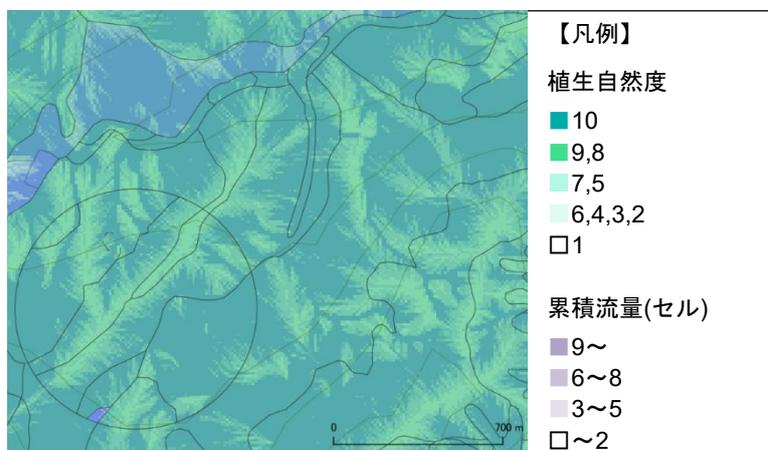


図 7.5.11 マトリクス法（グラデーション）による自然環境のGISイメージ

参照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGISの解析手順

4) マトリクス法 - 社会的制約条件（法規制等）の検討

使用する情報は、自然公園法，文化財保護法，種の保存法，自然環境保全法，森林法，鳥獣保護法です。

各法律で定めた区域は，開発がほぼ不可能なランク区分 5 とすべき項目と，環境配慮を講ずることで開発可能な区域とに分けられます。後者は，その地域によりランク区分そのものがふさわしくない場合やランクの判断が分かれる可能性が考えられることから，地域協議会等での意見，管轄行政機関の指導等によりランク区分を判断します（表 7.5.6）。

ランク区分を 5 段階としたこと，色分け，GIS 上に最上位が表示されることは，前項と同様です（図 7.5.7）。次頁に GIS イメージを示します（図 7.5.12，図 7.5.13）。

表 7.5.6 マトリクス表（社会的制約条件（法規制等）の検討）

対応の難度	ランク区分	社会的制約条件（法規制等）の検討					
		自然公園法	文化財保護法	種の保存法・ 条例	自然環境 保全法・条例	森林法	鳥獣保護法
開発不可	5	特別保護地区	地域指定天然 記念物， 史跡・名勝	生息地等保護区	原生自然環境 保全地域	保護林	特別保護地区 鳥獣保護区 ※
		第1種 特別地域					
極めて高い	4	第2種特別地域 第3種特別地域 普通地域 ※	重要文化的景観 ※		自然環境保全地 域（特別地区， 野生動植物保護 地区） 自然環境保全地 域（普通地区） ※	緑の回廊 上記以外の 保安林 ※	
高い	3						
中程度	2						
低い	1						

※ 地域協議会での意見，管轄行政機関の指導等によりランク区分を判断する。

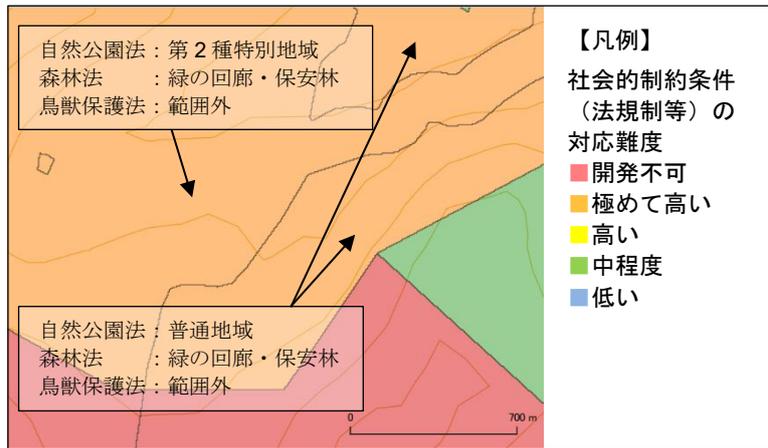


図 7.5.12 マトリクス法（明瞭5色）による法規制等の GIS イメージ

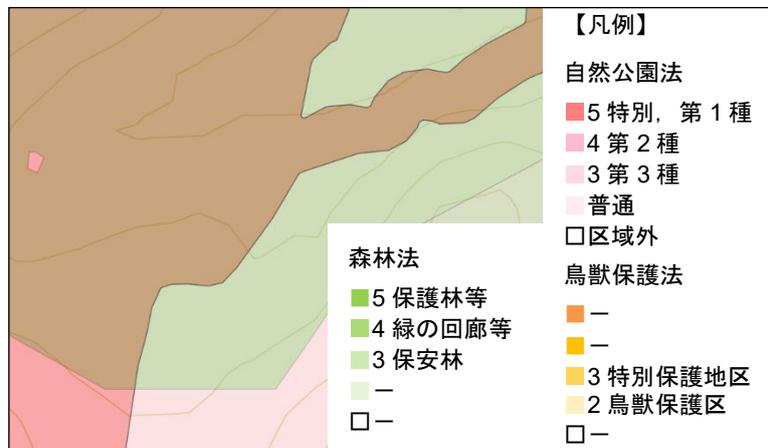


図 7.5.13 マトリクス法（グラデーション）による法規制等の GIS イメージ

参照 11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

7.6 広域の景観分析

7.6.1 重要ルートと重要な視点場の抽出

検討範囲における重要ルートおよび重要な視点場^{環境省通知⁹⁹}を把握し、後述のフォトモンタージュ法、3D映像および環境配慮の検討で用いる情報とします。

重要ルートとは、不特定多数の者が利用できるルートを指します。例えば、山頂を目指す登山道や道路、歩道として一般の利用者が使用可能であり、展望台などの施設や景観を楽しむための開けた場所などがある場合を含みます。一方、重要な視点場は、環境省通知の解説9ページにおいて、地表調査の時点で活用すべき情報として取り上げています。これは、登山道や道路などの重要ルートに隣接し不特定多数の者が利用可能である展望地（主要な視点場^{環境省通知⁹⁹}）のうち、景観上特に重要とされる展望地を指すものと考えられます。

重要な視点場の選定は、主に基盤地図情報の道路縁データ、自然公園の計画図（環境省HP等）、登山地図等（ビジターセンターや書店）の公開データをもとに公道および登山道沿いの眺望点を抽出し、GISで図化します。この図化された調査結果が、可視領域の推定のためのベースマップとなります。重要ルートや重要な視点場については、自然公園を管理・運営する行政から提供されている公開情報だけでなく、地元観光関係者、公園利用者、地域住民などの意見をヒアリングやアンケートにより収集し、それらを参考にしながら図化することが重要です。また、冬期のレクリエーション（スキー、スノートレッキング、冬山登山等）が想定される場合には、別途そのルートや活動範囲を調査し、ベースマップに反映することも必要です。

重要ルートと重要な視点場を抽出するためのフローを以下に示します（図 7.6.1）。

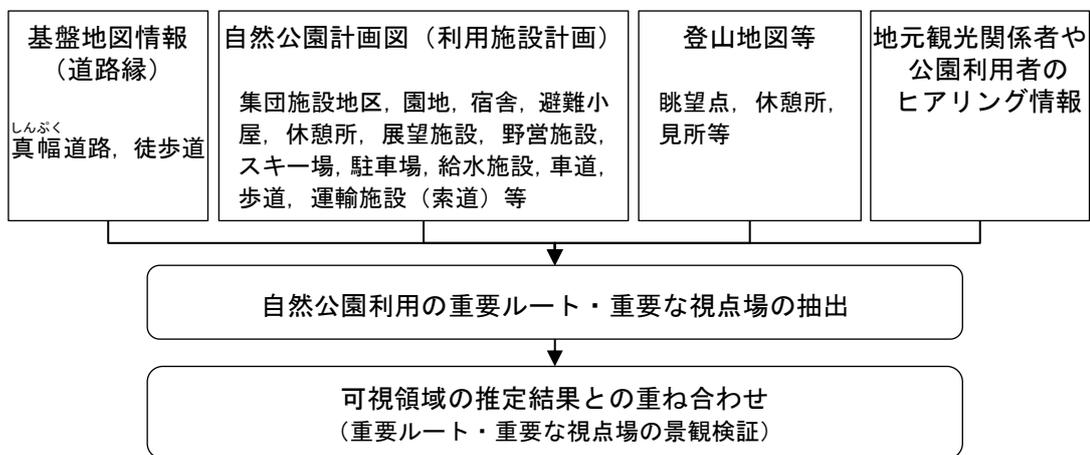


図 7.6.1 自然公園利用の重要ルートと重要な視点場抽出のフロー

なお、エコラン手法の三要素の一つであるデザインを設計者が考える際、無限にある視点の中から最も効果的な情景が創出される視点場のことをエコラン手法では「特定視点場」と呼びます。特定視点場には2通りの意味があり、①多くの地域住民や利用者などが眺望として楽しむ‘既存’の視点場、②設計者がその地域の特性を活かして効果的な景観を作り出すことを‘意図’して選定する視点場です。前者は、環境省通知で用いる「重要な視点場」と同義と捉えることができることから、用語の混同を避けるため、本書では前者を「重要な視点場」、後者を「特定視点場」と称することとします。

7.6.2 可視領域の推定

GIS アプリを用いて、重要な視点場からの可視領域^{環境省通知⁹⁹}を推定します。可視領域は樹林がない条件で範囲を表示させます。

重要ルート、重要な視点場および可視領域を重ね合わせたイメージを以下に示します（図 7.6.2）。可視領域の推定結果は地熱開発適地の選定の過程や条件を示すエビデンスとして活用でき、合意形成に役立つことが期待されます。

なお、樹林の有無による可視・不可視は、現地調査で確認します。既存資料に基づき、3D アプリを用いて樹林を再現し、可視領域を絞り込む方法もありますが、樹林は樹高、常緑・落葉、伐採などの不確定要素が多いことから、注意が必要です。

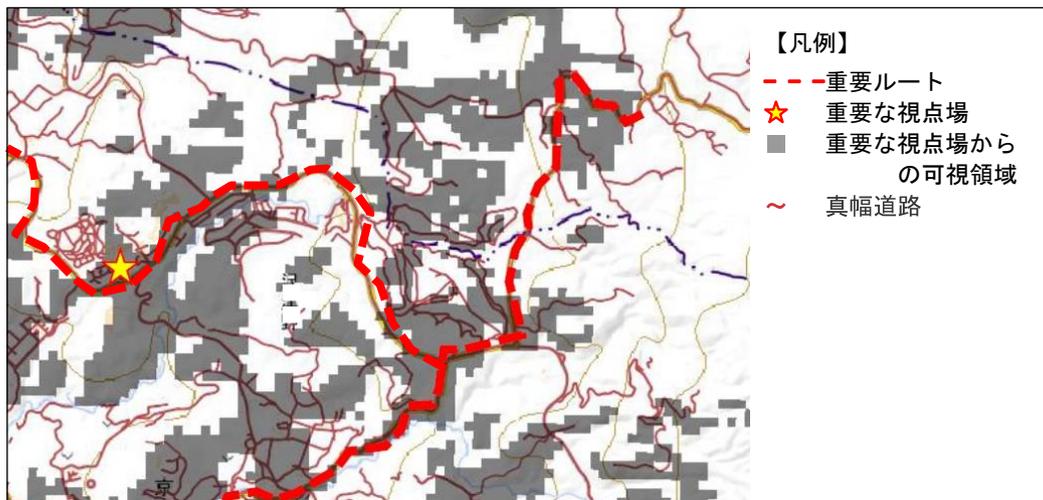


図 7.6.2 重要ルート、重要な視点場、可視領域の重ね合わせイメージ

7.6.3 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション

フォトモンタージュ法は、実際の景色を背景として建物や水蒸気等を想定した景観分析方法です。新緑や紅葉、雲量、太陽光の位置関係など、季節や時刻の違いによる景観変化を把握します。特に、多くの人々が利用する時期を自治体ホームページ、観光用パンフレット、観光案内所等で聞き取り、その時期には必ず撮影をしておきます。

フォトモンタージュ法は、視点が固定化されるという制約があるものの、撮影された画像には 3D 映像法では表現しきれない微地形、スカイライン、色あい、小さな人工物などが映し出され、情報は正確で豊富であるため、従来より活用されてきた有効な手法です。

7.6.4 3D 映像法による景観シミュレーション

3D 映像法は、既存公開データを利用して地形、樹林、主要な建物等を 3D アプリにより仮想空間を作り出す手法です。フォトモンタージュ法に比べ樹木位置の正確性は劣るものの、あらゆる視点からシミュレーションでき、フォトモンタージュ法で撮影できなかった視点を補完することはもちろん、地域住民や許認可権者が気になる視点からの見え方をその場で即応できるなど、手戻りの減少や迅速化につながります。

既存公開データの情報収集から 3D 化するまでの作業フローおよび詳細を以下に示します（図 7.6.3, 表 7.6.1）。

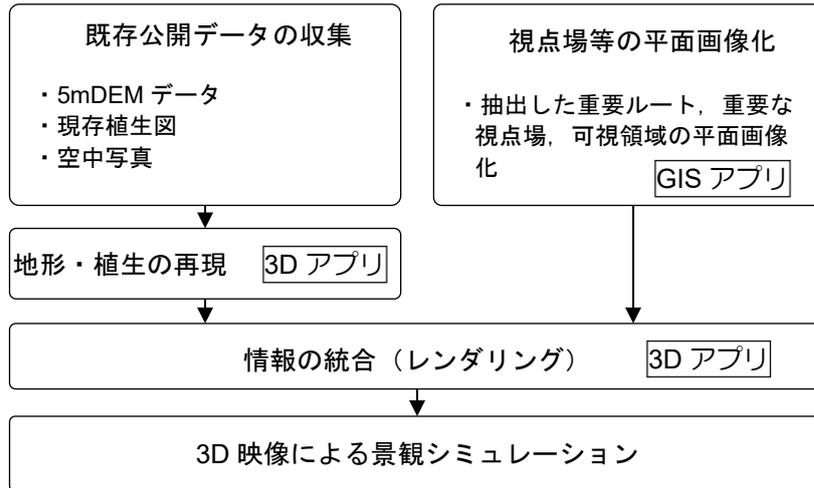
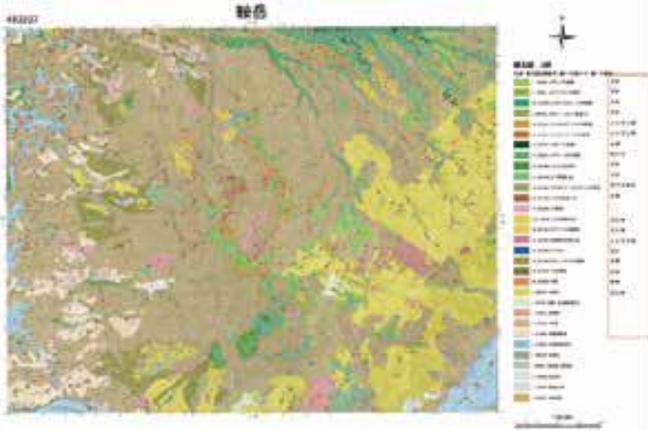


図 7.6.3 3D 映像法の作業フロー

表 7.6.1 3D 映像法の作業フローの詳細

作業イメージ	説明
	<p>1. DEM データの収集</p> <p>・国土地理院 基盤地図情報ダウンロードサービスより、検討範囲の 5mDEM データをダウンロードする。</p>
	<p>2. DEM データの変換</p> <p>GIS アプリ</p> <p>・5mDEM データを XYZ 値に変換する。</p>



3. 平面画像の作成

GIS アプリ

- ・現存植生図，空中写真，土地利用図等の平面画像を準備する。



4. 地形の再現

3D アプリ

- ・XYZ 値を読み込ませ，地表面の 3D をつくる。



5. 植生の再現

3D アプリ

- ・現存植生図，空中写真を参考にしながら，地表面に樹林や地面を再現する。



6. 景観シミュレーション

3D アプリ

- ・複数の地熱開発適地に円柱モデル（直径 50m，高さ 50m）を配置し，重要な視点場からの見え方をシミュレーションする。
- ・円柱モデルの水平ラインは，リグや発電所建屋の大きさをイメージできるように，下から 13m，20m，30m，40m，50m とし，色分けする。

7.7 地熱開発適地の検討

GIS 解析による自然環境分析の結果および景観分析の結果，地域の意見等を表にまとめるなどして比較，相対評価し，地熱開発適地を絞り込んだ過程をエビデンスとして残します。

7.7.1 地熱開発適地の相対評価の方法

1) 点数化法の場合

点数化法による相対評価の方法について例示します。

GIS 解析結果，景観分析結果について，専門家の指導を受けた判定基準を準備します（表 7.7.1）。基準に近いものを「Ⅰ」，基準から遠いものを「Ⅲ」，中間のものを「Ⅱ」とします。

表 7.7.1 点数化法の判定基準（例）

項目	基準	判定			
		Ⅰ 基準に近い	Ⅱ	Ⅲ 基準から遠い	
GIS 解析 (点数化)	施工性	立地条件から見た地熱開発の適・不適 (地熱資源，自然公園区域，既設道路，造成 適性（傾斜）)	適地 (発電所・ 坑井基地)	適地 (坑井基地 のみ)	不適地
	環境配慮 重要性	環境配慮重要性のスコアの平均値 (現存植生，地形・地盤，傾斜，累積流量)	0~4	5~10	11~16
	社会的制約 条件(法規制等)	社会的制約条件（法規制等）の状況 (当該地域に関わる法規制を選択し図示)	少ない	中	多い
景観 分析	地形の特徴	地形改変済の開発跡地などの再利用で自然 環境への影響，地形の特徴を考慮すること で風致景観への影響を低減できる。	地形改変済 平坦地	地形改変済 谷地	地形改変済 尾根
	可視領域が 重複する 視点の数	重複する数が多いほど，配慮が必要（GIS 解 析では色の濃淡で表現）。	少	中	多
	可視領域の 推定結果	面積が大きいほど視認性が高くなるが，重 要なルートが含まれているかで判断。 可視領域の面積，可視領域と重複するル ートの距離など。	小	中	大

複数の地熱開発適地について，判定基準を当てはめた結果が下表のようになった場合を
考えます（表 7.7.2）。

表 7.7.2 建設候補地の評価（例）

項目	地熱開発適地 A	地熱開発適地 B	地熱開発適地 C
施工性	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
環境配慮重要性	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ
社会的制約条件（法規制等）	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ
地形の特徴	Ⅰ (開発跡地の平坦地)	Ⅱ (伐採跡地の谷地)	Ⅲ (植林地の尾根)
視点の数（数）	Ⅲ（8）	Ⅰ（1）	Ⅱ（2）
可視領域の推定結果 (面積比較)	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ

上表より地熱開発適地 B が最有力候補と判断できますが、早計な結論は避けるべきです。例えば、尾根に建設すると視認性が高くなり、緩傾斜面のほうが急傾斜面へ建設するよりも造成費用が抑えられます。また、谷地の伐採地では水辺への環境影響が懸念されるため、開発跡地の平坦地である地熱開発適地 A が最適となります。可視領域の推定結果では、各地熱開発適地間で可視領域の面積比較とともに、視認されると推定される視点の数や、重要ルートと重複する距離を比較します。その結果、地熱開発適地 B の視認性が低いという結果となることから、総合的な判断のもと地熱開発適地を選定する必要があります。

2) マトリクス法の場合

マトリクス法による相対評価の方法について例示します。

GIS 解析で得られた施工性、自然環境、社会的制約条件（法規制等）の結果および個別に判断する情報（地域の意見、その他の法規制等）を統合します。本書では施工性、自然環境、社会的制約条件（法規制等）を統合した結果を示します。明瞭 5 色の場合、5 段階の色分けを判定基準とし、数値の低いエリアが地熱開発適地として浮かび上がります（図 7.7.1）。

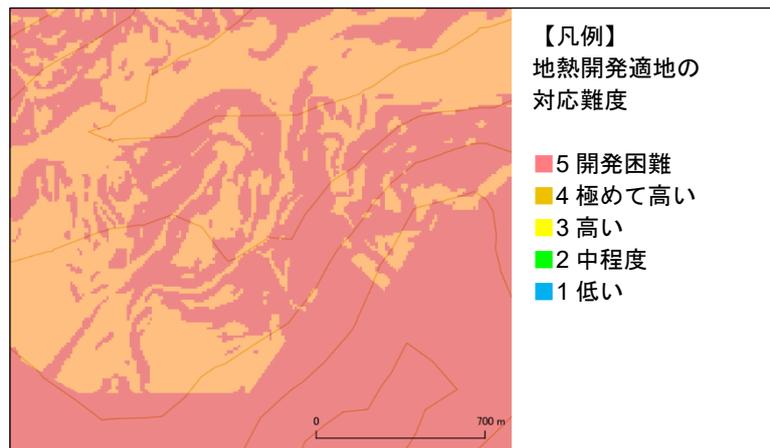


図 7.7.1 マトリクス法による地熱開発適地の GIS イメージ

7.7.2 環境配慮の検討

GIS 解析を統合した結果および景観シミュレーション（フォトモンタージュ法、3D 映像法）の結果から見出された地熱開発適地に対し、環境配慮（パタン参考集や実績のある環境配慮事例等¹⁰）を適用した場合の影響を考慮し、総合的に判断して複数の地熱開発適地を選定します。

7.7.3 地熱開発適地の選定における留意事項

地熱開発適地を選定する際、パタン参考集や実績のある環境配慮事例等を参考に当該事業地への導入可否を検討し、総合的に判断します。このとき、動植物や生態系、地下部の現象等への影響については不確実性があることから、深刻な、あるいは不可逆的な被害のおそれがある場合には、完全な科学的確実性の欠如が、環境悪化を防止するための費用対効果の

¹⁰ 環境省 環境影響評価情報支援ネットワーク参照。（<http://assess.env.go.jp/> 最終閲覧日 2021 年 5 月 20 日）

大きな対策を延期する理由として使われないよう^{環境省通知p6}留意が必要です。

また、地熱開発適地の選定は地熱資源賦存地近傍でのみ建設が可能であるという制約条件がありますが、その中でも、各候補地間で各項目に対しての比較評価を明確にすることで、合意形成の際に自然環境・風致景観への配慮の根拠として有用となります。広域分析から地熱開発適地を絞り込み、次の分析へと進む場合には、地域特有の条件を考慮するとともに、より詳細な現地調査が不可欠となることから、現地調査および総合的な判断を行う際には、自然環境・風致景観の専門家が関わることで、エビデンスの精度が高まります。

7.8 ステークホルダーとのコミュニケーション

ステークホルダーである地域住民、温泉事業者、地域協議会委員、専門家、地方自治体、公園管理者等との^{環境省通知2.(2)ウ}コミュニケーションを図ることは、事業を進める上で最も重要です。地熱開発事業は長い年月をかけて、起こりうる様々な影響を検討し環境配慮を重ねながら、次工程へと進めていく地道な活動であり、当該地域のステークホルダーとの良好な関係構築が必須となります。

地表調査段階において得られた成果をコミュニケーションに役立てる方法を例示します(表 7.8.1)。

表 7.8.1 地表調査段階における成果の活用方法

得られた成果	コミュニケーションに役立てる方法	副次的な効果
① GIS 解析に用いる情報、判断基準等	GIS 解析に用いる自然環境情報等の項目および判断基準等の妥当性について、当該地域の生態系に詳しい専門家等へ事前に相談する。	当該地域特有の自然環境情報の入手、判断基準の見直し等の助言を得られ、GIS 解析の精度が高まる。
② 地熱開発適地の位置図	複数の地熱開発適地の位置の妥当性について、地域の事情に詳しい温泉事業者や地方自治体、動植物に詳しい公園管理者等へ事前に相談する。	廃屋利用、大径木や貴重種の生息・生育地の回避等、重要な情報が得られ、建設候補地の絞り込みや環境配慮事項の具体策等について早期に検討できる。
③ 可視領域推定図、視点場情報	可視領域、視点場の妥当性について、地理に詳しい地域住民や温泉事業者、専門家等へ事前に相談する。	既存資料にはない新たな視点場に関する情報が得られ、現地調査における情報の取りこぼしや手戻りがなくなる。
④ フォトモンタージュ、3D 映像	フォトモンタージュ、3D 映像を住民説明会、地域協議会等で披露する。3D 映像は、参加者に PC を操作してもらう。	フォトモンタージュだけでなく 3D 映像を加えることで、様々な視点にも即応でき、事業者とステークホルダーの認識のずれを減らすことができる。

8. 坑井調査段階

8.1 目的

坑井調査段階は、地表調査段階で選定された複数の地熱開発適地において、構造試錐井・試験井等の地熱井掘削、仮噴気試験、噴出試験などを行う段階であり、一般的に複数年を必要とします。調査が進むにつれて、坑井基地の位置が変わることもあります。

この段階でのエコラン手法の活用方法は、坑井基地の場所の選定、櫓や工事用道路等による景観等への影響を緩和する方法の検討、将来の発電所の土地利用計画や発電施設の配置を想定した景観シミュレーションなどです。これは、優良事例の基本的考え方に示された「早期段階からの検討の重要性」^{環境省通知 p5}に合致するものです。

8.2 配慮手法パターン

パターン参考集より、坑井調査段階において適用が想定される主な配慮手法パターンを抜粋します。当該事業での優良事例形成に向けた取組を検討する際、迅速かつ的確なアイデアに結びつくことが期待できるため、事前に関係者間で、パターン参考集を共有することを推奨します。

・事業関係者に係わるパターン

- S-19 : 調査中の配慮（調査員教育）
- S-4 : 施工中の配慮（現場作業員教育）
- S-14 : 保護エリアの可視化

・自然環境・生態系に係わるパターン

- Z-17 : 位置の変更・地形改変面積の最小化^{環境省通知 p17}
- Z-2 : エッセンシャル・ゾーンを避けて造成
- Z-3 : クラスタ型造成
- M-2 : 水みち保全
- Z-10 : 緑化可能な擁壁の採用^{自然公園における法面緑化指針}
- R-3 : 地域性に配慮した植生回復^{自然公園における法面緑化指針}
- R-17 : 既存林の移植や早期の植生再生
- Z-15 : 道路線形は地形を縫うように計画する^{環境省通知 p21}
- K-1 : 大木の保全活用
- K-7 : 大木への配慮
- I-8 : 色に敏感な動物類への配慮（仮設）^{環境省通知 p17}
- S-3 : 照明の指向性と抑制

・景観に係わるパターン

- I-1 : 使用するカラーチャートの選定
- I-2 : 施設の色は無彩色^{環境省通知 p17}
- T-12 : 冷却塔の多セル化^{環境省通知 p18、別紙1}
- T-13 : 屋根線の背後に発電所施設を配置^{環境省通知別紙1}

8.3 検討範囲

NEDOの地熱開発促進調査Cにおけるエリア程度が5～10 km²であったことから、これ

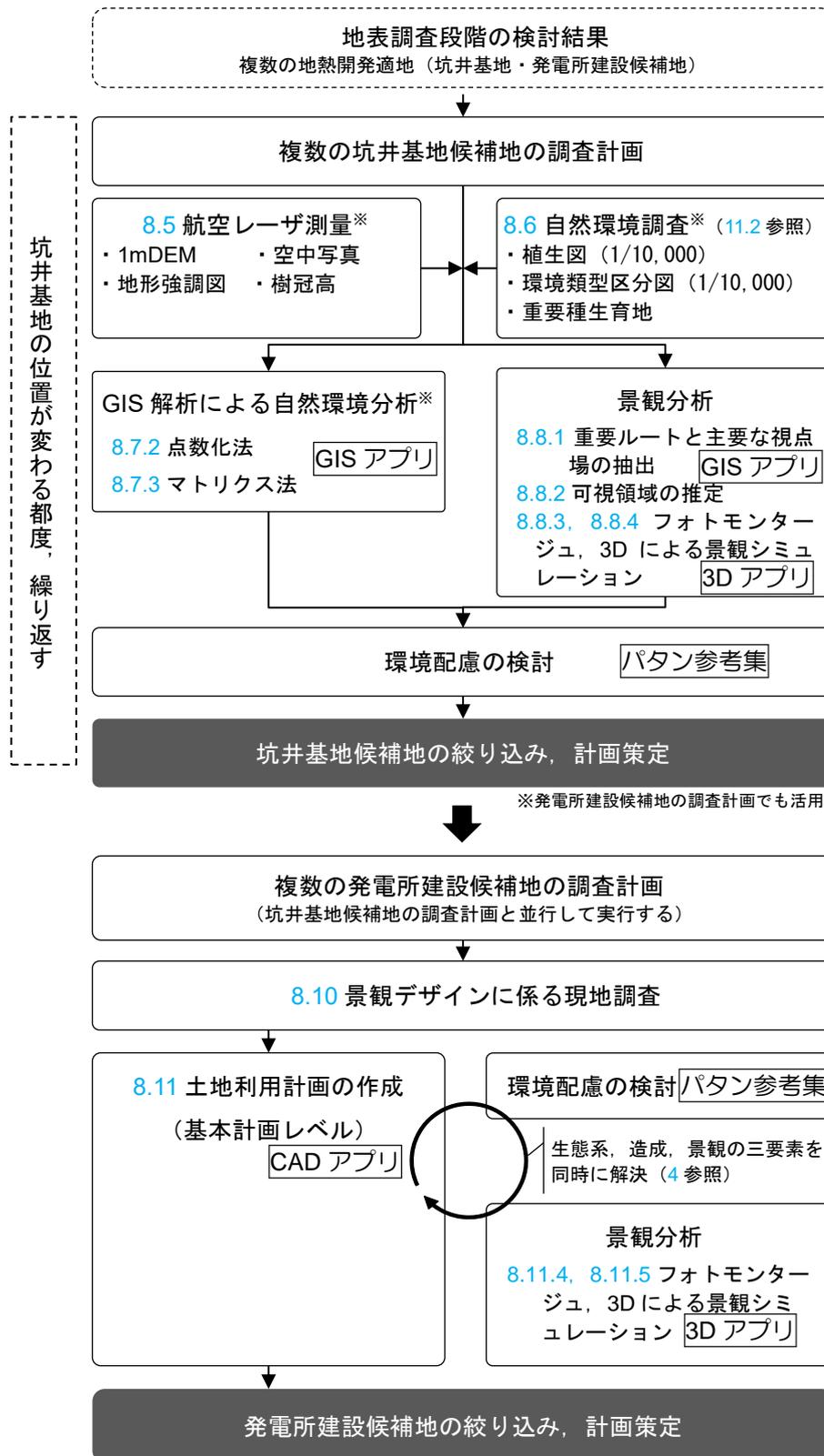
に準拠^{環境省通知 p8}します（縮尺は 1/5,000 程度，矩形換算で 3×3 km程度，半径換算で 1.5 km程度）。

検討範囲の中心は地熱開発適地の位置とします。ただし，近年の技術向上により，傾斜掘削は水平距離で 1km 程度離れた位置からでもリグ設置が可能となったこと，生産井から発電所造成地までのパイプラインは水平距離で 2km 程度離れた位置でも配管設置が可能であることから，有望な地熱開発適地が除外されないよう検討範囲を広く設定するなど，柔軟に判断します。

本書を坑井調査段階から初めて使用する場合は，前述の地表調査段階における広範囲の GIS 解析を実施しておくことを推奨します（7.5 参照）。

8.4 作業フロー

坑井調査段階における作業フローを以下に示します（図 8.4.1）。



坑井調査段階

図 8.4.1 坑井調査段階における作業フロー

8.5 航空レーザ測量

自然環境に配慮した開発計画方針の検討に向けて、地熱開発適地（坑井基地・発電所建設候補地）周辺の微地形を把握することが重要となります。微地形を踏まえることで、地形改変を最小限にとどめ、尾根や谷、水みちへ配慮した施設配置や造成の方針の検討に役立てることができます。

微地形データの取得を目的に、地熱開発適地の周辺を対象に航空レーザ測量を行います。航空レーザ測量とは、航空機やドローンから地上をレーザスキャンすることにより、地表面および地物の位置情報・標高データを広域かつ高密度に測量する技術です。航空レーザ測量を行うことで、詳細なDEMデータや高解像度のオルソ空中写真を取得することができます。また、計測データを加工・判読することで、等高線図、地形の尾根や谷を強調した地形強調図、既設道路網、樹冠高のデータを取得することができます。取得データの用途は、自然環境分析や植生図の環境ベースマップのほか、土地利用計画や造成計画、土量計算等での活用が想定されます。

エコラン手法での活用を前提とした、航空レーザ測量の概要や留意点を記載します（表 8.5.1）。

表 8.5.1 航空レーザ測量の概要

項目	概要
方法	航空機にレーザスキャナを搭載し、地表面および地物の位置情報・標高データを計測。
計測範囲	概ね建設候補地の立地する流域（集水域）の範囲を基本とする。ただし、地熱有望区域や発電所や坑井基地の候補地の分布状況によっては、隣接流域を含める等、適宜、範囲を拡大する。
計測密度	1mメッシュ・1/1,000程度の精度
計測時期	地形と植生のデータを取得するため、展葉期に実施する。
主な取得データ	<ul style="list-style-type: none"> ・地形：数値標高モデル、等高線、地形強調図、デジタルデータ（既設道路網等） ・植生：樹冠高データ、オルソ空中写真
測量時の環境配慮	場合によっては航空レーザ測量自体による環境影響も検討する必要がある。例えば、重要な鳥類（猛禽類等）の生息が確認されている場合には、敏感度が極大となる時期の回避、重要な猛禽類の飛翔を考慮した飛行高度の設定、営巣場所を避けた計測範囲・飛行ルートの設定等の配慮が想定される（パタン参考集 S-19）。

8.6 自然環境調査

坑井調査段階における自然環境調査の考え方は、本書 11.2 に詳述したので、参照して下さい。

坑井調査段階では坑井基地の造成、工事中道路の敷設等による地形改変が発生します。自然公園内での行為に対しては、面積の如何にかかわらず自然公園法の許可申請が求められるため、最低限でも植物の調査を行い、必要に応じ環境配慮を行うこととなります。また、自然公園法、環境省通知の趣旨を踏まえれば、植物だけではなく、動物・生態系・景観への配慮も忘れてはなりません。

一方、作業フローに示すとおり、坑井調査段階における GIS 解析、景観分析に際しては、植生、重要な動植物、景観に関する情報が収集すべき事項であることから、自然環境調査を行うことが望まれます。

坑井調査は複数年に及び、坑井基地も年度によって替わるのが常であるため、メリハリのある、そして効率的な調査を行うことが大事です。本書 11.2 で紹介したように、国内の 3 事例では動植物全般の四季の調査を 1 回行い、重要な植物等の調査や景観の調査は、坑井基地の移動に合わせ継続実施しているようです。また、重要な動物のうち希少猛禽類調査は 3 事例で継続実施していること、植物調査では大径木の調査が 1 事例でも実施されていることも示されています。

留意事項として、坑井基地の造成、工事中道路の敷設等による地形改変に際しては、工事着手前（1 年前が望ましい）に自然環境調査を行い、必要に応じ環境配慮を行っておくことが重要です。また、自然公園法では、申請行為の場所の面積が 自然公園法施行規則第 10 条 1ha 以上の場合等は、植生や動物相その他の風致景観の状況、影響予測、影響の軽減措置、代替方法との比較等に関する資料を添付することとされています。このような場合は四季の調査により現況を的確に把握し対応することが一般的です。

なお、次工程である発電所建設を想定し、発電所建設候補地についても同様に自然環境調査を実施しておきます。

8.6.1 植生調査

植生調査では、現地を踏査して目視で優占種や群落の境界を確認し、地図に記録します。図化に当たっては空中写真や既往資料、衛星画像等を参考にします。植生調査結果は 1/10,000 植生図・環境類型区分図¹¹として取りまとめます。坑井基地周辺の植物群落の分布状況や、各群落の概要も併せて整理を行います。自然公園区域や特定植物群落等に該当する場合には、別途、重要な植物群落として分布状況を図化します。

また、現存植生図・環境類型区分図を自然環境分析で活用するためには、GIS データとしても取りまとめる必要があります。その際、各植物群落の属性には、群落の名称や優占種、調査時のメモなど、環境省の植生調査（第 6 回、7 回自然環境保全基礎調査）における統一凡例¹²との対応、植生自然度等を記録します。

¹¹地形条件や植生等に基づき、地域の自然環境を類型区分し、図化したもの。

¹²環境省自然環境局生物多様性センターホームページ：統一凡例の基本的な考え方、
(<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-015.html> 最終閲覧日 2021 年 5 月 20 日)

8.6.2 重要な植物

調査地域内を任意に踏査し、目視により確認された重要な植物種の種名と生育状況、分布状況、写真等を記録します。植物の重要な種の選定基準を示します（表 8.6.1）。

調査結果をもとに、植物の重要種の一覧を作成します。一覧表には、科名や種名（和名・学名）、選定基準、確認状況等を記載します。加えて、生育地点の位置情報を GPS で記録し、GIS データとしても取りまとめます。

表 8.6.1 重要種の選定基準（植物）

項目	概要	カテゴリー
A	「文化財保護法」（昭和 25 年 法律第 214 号）	・特別天然記念物 ・天然記念物
B	都道府県・市町村の文化財保護条例	・都道府県・市町村指定天然記念物
C	「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」（平成 4 年 法律第 75 号）	・国際希少野生動植物種（国際） ・国内希少野生動植物種（国内）
D	都道府県・市区町村の生物多様性の保全等に関する条例	・指定希少野生動植物（指定） ・特定希少野生動植物（特定）
E	環境省レッドリスト 【植物 I（維管束植物）】	・絶滅（EX） ・野生絶滅（EW） ・絶滅危惧 IA 類（CR） ・絶滅危惧 IB 類（EN） ・絶滅危惧 II 類（VU） ・準絶滅危惧（NT） ・情報不足（DD） ・絶滅のおそれのある地域個体群（LP）
F	都道府県・市区町村レッドリスト	・絶滅（EX） ・野生絶滅（EW） ・絶滅危惧 IA 類（CR） ・絶滅危惧 IB 類（EN） ・絶滅危惧 II 類（VU） ・準絶滅危惧（NT） ・情報不足（DD） ・絶滅のおそれのある地域個体群（LP） ※カテゴリーは都道府県・市区町村によって異なる
G	自然公園指定植物	※自然公園特別地域内に限る

なお、自然公園法において保全すべき植物として指定されている「自然公園内指定植物」は確実に調査するとともに、成熟した自然林があるような場所では、大径木の分布状況の把握も併せて行うことが望まれます。大径木は、それぞれの自然林において相対的に相当大きいと判断される胸高直径の樹木とします。環境省自然環境保全基礎調査（第 4 回基礎調査）で、巨樹・巨木の選定基準が「胸高で幹回り 300cm 以上（胸高直径 95.5cm）」であることから、胸高直径 90cm 以上を大径木とするという考え方もあります。

8.6.3 重要な動物

重要な動物の調査は調査手法が多岐にわたり、労力もかかることから、坑井調査段階では、文献・聞き取り・事前概況調査などにより生息が確実な種の中から、地域を代表する種にターゲットを絞った調査を行うことが現実的です。重要な動物の選定基準や調査の進め方は

植物に準じます。

8.6.4 猛禽類

希少猛禽類の種類は多く、どのような環境においても生態系の上位に位置する種が生息すること、また、環境省は「猛禽類保護の進め方（イヌワシ・クマタカ・オオタカ）」、「サシバの保護の進め方」、「チュウヒの保護の進め方」を策定し、希少猛禽類の保全を求めていることから、希少猛禽類調査を行うことが望まれます。

調査により希少猛禽類の営巣地など、生息にとって重要な位置を特定し、坑井調査位置の選定等に資する情報とします。

8.6.5 景観

次に行う GIS 解析、景観分析に資するため、主要眺望点の抽出、主要眺望点からの眺望景観の撮影を行います。なお、「眺望点」や「視点場」の用語については、前述の用語解説を確認して下さい（6.3.1 参照）。

8.7 GIS解析による自然環境分析

8.7.1 条件設定

GIS解析による自然環境分析は、点数化法とマトリクス法の2通りがあります。ここで、両者に共通する条件設定を示します。

1) 分析単位

造成に適した場所を把握するため、航空レーザ測量で取得した1mDEMを用います。1mDEMデータが得られない場合は、分析単位は5mメッシュとします。

2) 座標系

自然環境分析の座標系は、後述する3D映像法および土地利用計画で用いられる各種平面図に合わせて、平面直角座標系に統一します。

8.7.2 点数化法

1) 点数化法によるGIS解析フロー

事業者が見出した地熱開発適地（坑井基地・発電所建設候補地）周辺を対象に、地表調査段階で得られた検討結果および現地での自然環境調査結果に基づき、環境配慮の重要性を判断するための主題図¹³を作成します。これにより、土地造成に適した場所や環境配慮の重要性が高い場所、注目すべき個別の環境要素の分布を事業者および利害関係者が容易に把握・共有でき、自然環境に配慮した開発計画方針を検討することができます。具体的には、①施工性、②環境配慮重要性、③注目すべき個別の環境要素の3点を分析します。分析で得られた各種主題図は、GISで集約、整理し、データベース化し、開発計画方針の検討材料として活用します。

2) 施工性の検討

造成に適した場所をさらに詳細に把握するため、航空レーザ測量で取得した1mDEMを用いて1mメッシュごとの傾斜を算出します。次に、発電所の適地を15度未満、坑井基地の適地を30度未満として、造成に適した場所を抽出します（図8.7.1、図8.7.2）。

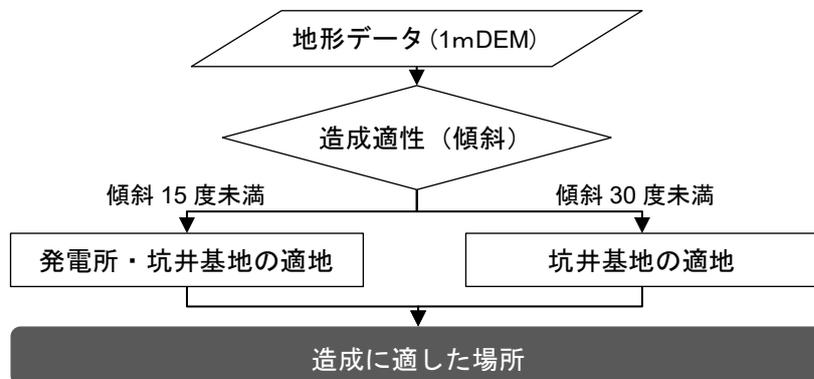


図 8.7.1 施工性の検討のGIS解析フロー

¹³ 主題図とは、ある特定の「主題」（テーマ）について表現した地図のこと。具体的には、現存植生、樹冠高、重要種生育地、水系など。

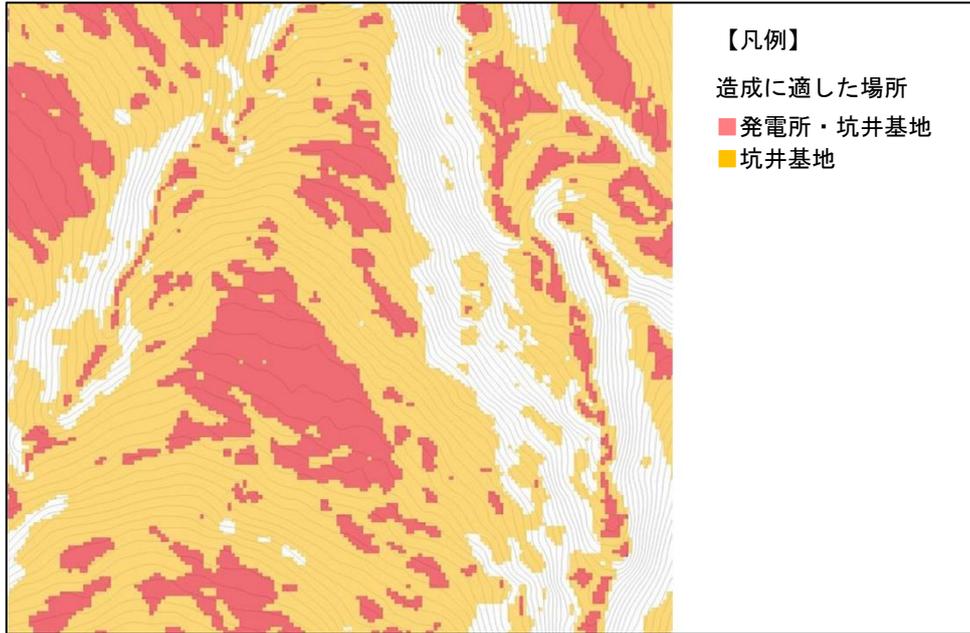


図 8.7.2 点数化法による造成に適した場所の GIS イメージ¹⁴

参照 11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

¹⁴ この地図の作成に当たっては、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データを使用した。

3) 環境配慮重要性の評価

環境配慮の重要性が高い場所を把握するため、現地調査で取得した自然環境情報に基づき、環境配慮重要性を評価します。評価の基本的な考え方は、広域スケールと同様ですが、評価に用いるデータは、現地調査で詳細化が可能なデータを用います（図 8.7.3）。具体的には、1/10,000 現存植生図、樹冠高、傾斜、地形的湿潤指数¹⁵の 4 指標に対し、4 段階評価し、メッシュごとの合計値を算出します（表 8.7.1）。なお、造成に不向きな傾斜 30 度以上のメッシュは、除外します。

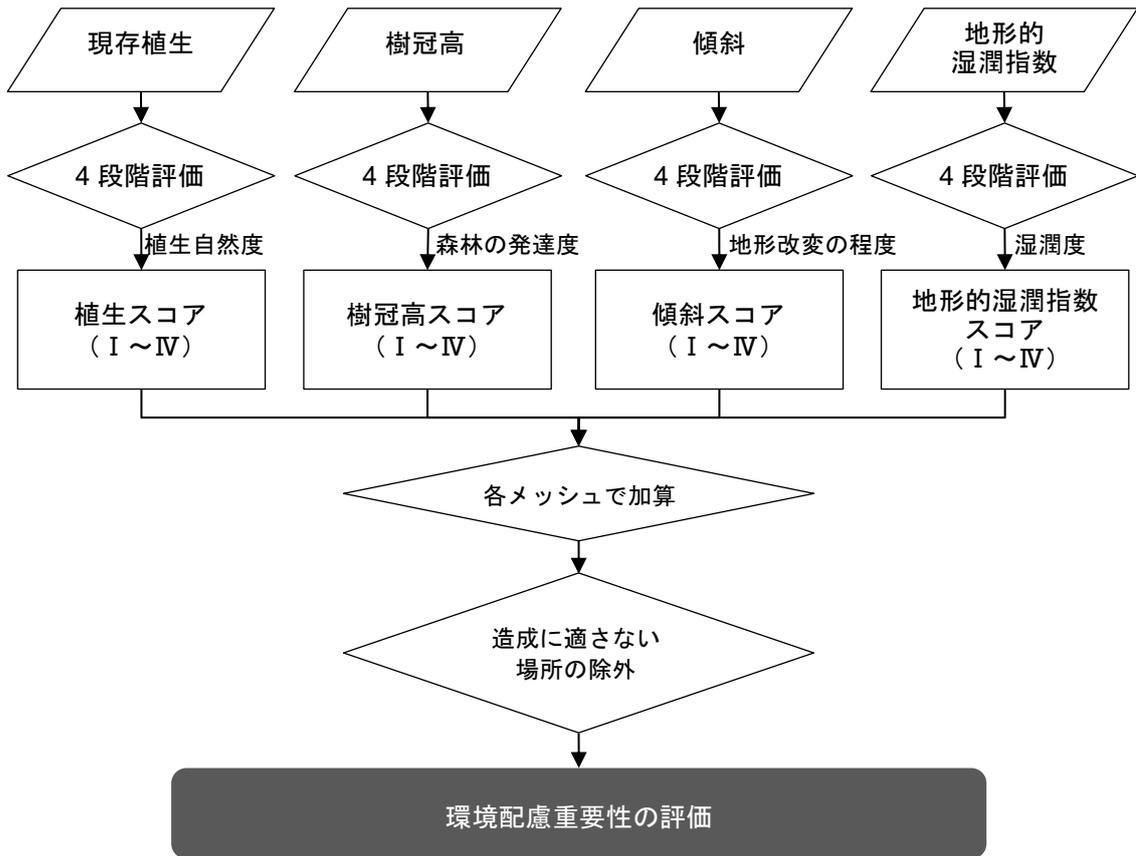


図 8.7.3 環境配慮重要性の評価の GIS 解析フロー

表 8.7.1 環境配慮重要性の評価基準

評価の視点		I	II	III	IV
現存植生	植生自然度	自然度 1 市街地, 造成地, 工場地帯等	自然度 2, 3, 4, 6 耕作地, 樹園地, 牧草地, 芝地, 植林地等	自然度 5, 7 二次林と呼ばれる 代償植生地区, 高茎草地	自然度 8, 9, 10 自然植生, 自然性 の高い代償植生
	森林の 発達度	10m 未満	10m 以上 20m 未満	20m 以上 30m 未満	30m 以上
傾斜	地形改変度	0 度以上 8 度未満	8 度以上 15 度未満	15 度以上 30 度未満	30 度以上
水系	湿潤度	0~5 未満	5~10	10~15	15 以上

¹⁵ 表流水の集まりやすさやたまりやすさを表現した指標。DEM を用いて、集水面積と傾斜により算出。

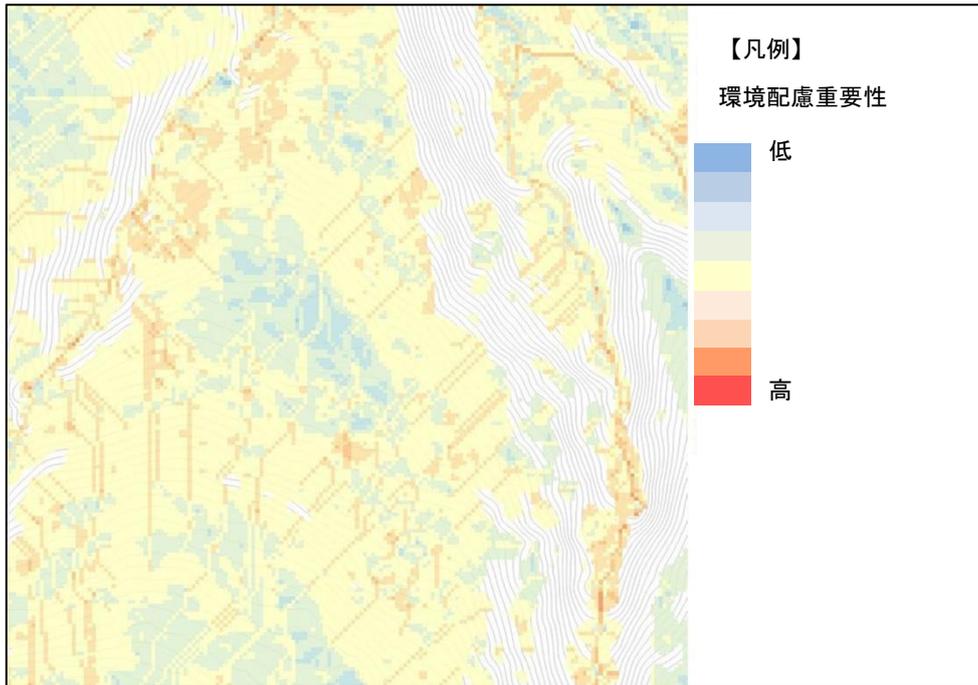


図 8.7.4 点数化法による環境配慮重要性の評価の GIS イメージ¹⁶

参 照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

8.7.3 マトリクス法

航空レーザ測量が実施され、1mDEM データが得られた場合はこれを活用し、現地調査結果を反映させて精度の高い解析を行います(図 8.7.5)。マトリクス法による解析フローは、前述の「7.地表調査段階」で示したマトリクス法と同様のため、そちらを確認して下さい(7.5.4 参照)。

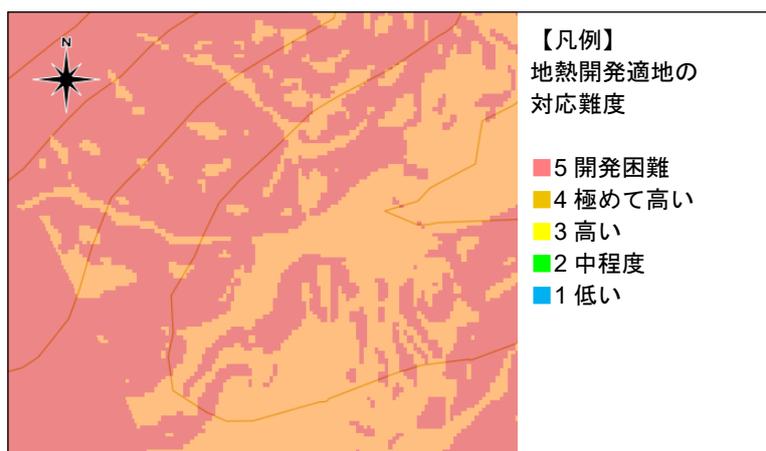


図 8.7.5 マトリクス法による解析結果イメージ

参 照

11.1 ケーススタディ, 11.7 QGIS の解析手順

¹⁶ この地図の作成に当たっては、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データを使用した。

8.8 坑井基地候補地の景観分析

8.8.1 重要ルートと主要な視点場の抽出

検討範囲における重要ルートおよび主要な視点場^{環境省通知⁹⁹}を把握し、後述のフォトモンタージュ、3Dで再現する情報とします。

重要ルートとは、不特定多数の者が利用できるルートを指します。例えば、山頂を目指す登山道や道路、歩道として一般の利用者が使用可能であり展望台などの施設や景観を楽しむための開けた場所などがある場合を含みます。重要ルートは、地表調査の時点ですでに把握したルートに加え、絞り込まれた検討範囲において、追加すべき重要ルートがあれば抽出します。主要な視点場は、環境省通知の解説において、地表調査の時点ですでに把握した主要な視点場^{環境省通知⁹⁹}に加え、坑井基地候補地がある程度絞り込まれた検討範囲において、登山道や道路などに隣接し不特定多数の者が利用可能である展望地（主要な視点場）を抽出することで、風致景観への影響をさらに詳しく分析することが求められています。

これらの情報が図化された調査結果が、リグを設置した際の可視領域を推定するためのベースマップとなります。

8.8.2 可視領域の推定

可視領域の推定は、坑井調査段階での検討範囲として設定した5～10 km²に加え、地表調査段階で把握した重要ルートおよび重要な視点場を含む範囲で行います。

これは、掘削機械が自然公園法上の「工作物の新築」に該当し、許可申請の手続きの際、風致景観への影響を分析した結果を示す必要があるためです。櫓の高さはサブストラクチャーを加えると約30～45mに達し、遠景域（2.8 km以遠）でも視認される可能性があることから、可視領域の推定範囲は柔軟に判断します。

GISアプリを用いて、掘削機械設置位置において櫓の高さを設定し、可視領域を図示し、抽出した重要ルート、重要な視点場、主要な視点場との重ね合わせを行います（図8.8.1）。可視領域は樹林がない条件で範囲を表示させます。

可視領域の推定結果は、坑井基地候補地選定の過程や条件を示す根拠として活用でき、合意形成に役立つことが期待されます。

なお、樹林の有無による可視・不可視は、現地調査で確認します。3Dアプリを用いて、既存資料に基づき樹林を再現して可視領域を絞り込む方法もありますが、樹林は、樹高、常緑・落葉、伐採などの不確定要素も多いため、現地調査は必須となります。



図 8.8.1 重要ルート、重要な視点場、主要な視点場、可視領域の重ね合わせイメージ

8.8.3 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション

フォトモンタージュ法は、実際の景色を背景として建物や水蒸気等を想定した景観分析方法です。新緑や紅葉、雲量、太陽光の位置関係など、季節や時刻の違いによる景観変化を把握します。特に、多くの人々が利用する時期を自治体ホームページ、観光用パンフレット、観光案内所等で聞き取り、その時期には必ず撮影しておきます。

フォトモンタージュ法は、視点が固定化されるという制約があるものの、撮影された画像には3D映像法では表現しきれない微地形、スカイライン、色あい、小さな人工物などが映し出され、情報は正確で豊富であるため、従来より活用されてきた有効な手法です。

8.8.4 3D映像法による景観シミュレーション

3D映像法は、既存公開データを利用して地形、樹林、主要な建物等を3Dアプリにより仮想空間を作り出す手法です。フォトモンタージュ法に比べ樹木位置の正確性は劣るもののあらゆる視点からシミュレーションでき、フォトモンタージュ法で撮影できなかった視点を補完することはもちろん、地域住民や許認可権者が気になる視点からの見え方をその場で即応できるなど、手戻りの減少や迅速化につながります。なお、1mDEMによる地形モデルの再現は、現段階のパソコンの処理能力では1km²程度が限界のため、5mDEMの地形モデルをベースとし、必要な部分にのみ1mDEMによる地形モデルの合成を推奨します。

仮想空間中に坑井基地候補地に櫓を配置し、3D映像にすることによって、見え方を確認・比較できます。可視領域の推定の際に特定した視点からの見え方の画像を使用し、ステークホルダーとの合意形成に活用します。フォトモンタージュ法よりも様々な視点からの見え方を検証することができる3D映像法による景観シミュレーションは、複数の重要な視点がある場合に便利です。

既存公開データの情報収集から3D映像にするまでの作業フローおよび詳細を以下に示します(図8.8.2, 表8.8.1)。

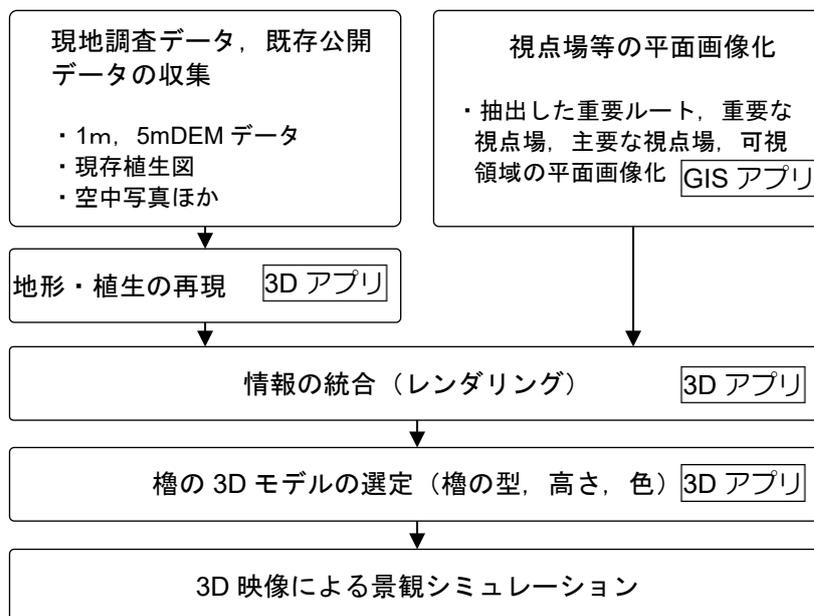


図 8.8.2 3D映像法の作業フロー

表 8.8.1 3D 映像法の作業フローの詳細

作業イメージ

説明

航空レーザ計測のデータ

手回	x	y	z
1	904.43	-52009.4	87668.42
2	903.77	-52064.5	87668.29
3	902.96	-52049.5	87668.36
4	902.16	-52044.5	87668.33
5	901.56	-52039.5	87668.3
6	901.26	-52034.5	87668.27
7	901.04	-52029.7	87668.24
8	900.68	-52024.7	87668.21
9	900.4	-52019.8	87668.18
10	900.12	-52014.8	87668.15
11	899.81	-52009.8	87668.12
12	899.44	-52004.9	87668.09

基盤地図情報のデータ



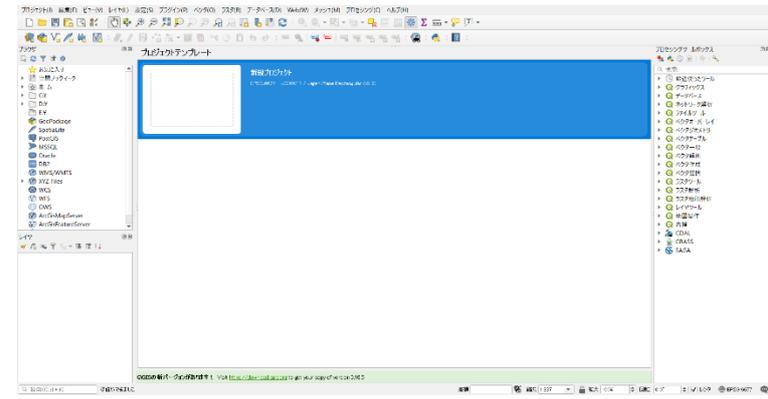
1. DEM データの収集

- ・航空レーザ計測で得られた 1mDEM を XYZ 値で入手する。
- ・国土院 基盤地図情報ダウンロードサービスより、検討範囲の 5mDEM データをダウンロードする。

2. DEM データの変換

GIS アプリ

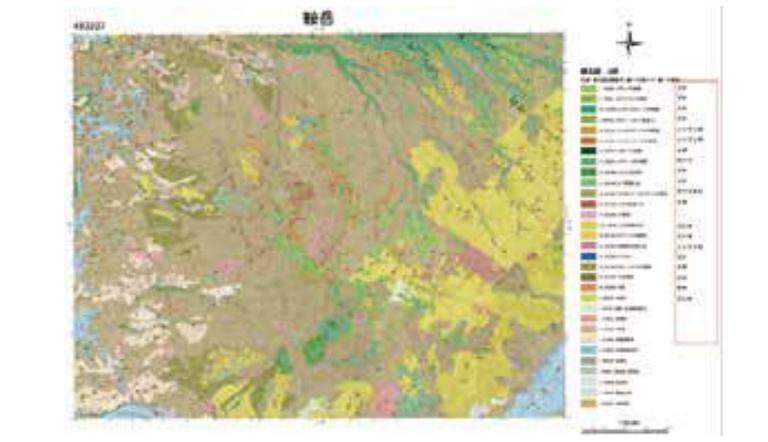
- ・基盤地図情報のデータの場合は、DEM データを XYZ 値に変換する。



3. 平面画像の作成

GIS アプリ

- ・現存植生図, 空中写真, 土地利用図等の平面画像を取り込む。



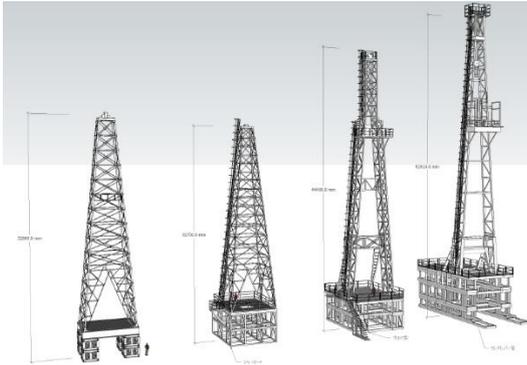
4. 地形の再現

3D アプリ

- ・DEM データを読み込ませ、地表面をつくる。
- ・パソコン性能に応じ、1mDEM と 5mDEM の地形モデルを合成する。



坑井調査段階

作業イメージ	説明
	<p>5. 植生の再現</p> <p>3D アプリ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現存植生図，空中写真を参考にしながら，地表面に樹林や地面を再現する。
	<p>6. 3D モデルの選定</p> <p>3D アプリ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・想定される槽の型，高さ，色（複数）を選定する。 （地熱井の種類により，型，高さは概ね決まる（本書 11.6 参照）。色は，比較的柔軟に対応できるため，3D による景観シミュレーションで色を決定することができる（本書 11.8.3 参照）。
	<p>7. 景観シミュレーション</p> <p>3D アプリ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・坑井基地候補地に，選定した槽の 3D モデルを配置し，抽出した視点場からの見え方をシミュレーションする。
	<p>8. ステークホルダー向け簡易操作版の作成</p> <p>3D アプリ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事業者の要望に応じ，日射角度，曇り，季節，槽の色を変えるなどの簡単な操作パネルを設定することができ，第三者でも視点の移動を体感できる。 ・グラフィックカード内蔵のノートパソコンがあれば持ち歩くことができる。 ・Web 上で画面共有でき，遠方と迅速に意見交換ができる。

8.9 坑井基地候補地における環境配慮の検討

選定された坑井基地について、環境影響を回避・低減するため、事業者は実行可能な範囲で環境配慮を行う必要があります。主な環境配慮は以下が参考になります。

- ・ 地形改変場所の最小化に係わるパターン
 - Z-17 : 位置の変更，地形改変面積の最小化^{環境省通知 p17}
 - Z-2 : エッセンシャル・ゾーンを避けて造成
 - Z-3 : クラスタ型造成
 - Z-16 : 仮設構台による造成面積の低減
- ・ 重要種・大径木の保全に係わるパターン
 - K-1 : 大木の保全活用
 - K-7 : 大木への配慮
- ・ 重要種の移植に係わるパターン
 - R-17 : 既存林の移植や早期の植生再生
- ・ 掘削リグ，工事機械の色彩配慮に係わるパターン
 - I-1 : 使用するカラーチャートの選定
 - I-2 : 施設の色は無彩色^{環境省通知 p17}
 - I-8 : 色に敏感な動物類への配慮（仮設）^{環境省通知 p17}

なお、地熱貯留層および経済性評価の結果、発電所の建設を判断した場合は、当該候補地が生産井または還元井基地として使用される事例が多く、さらに広い敷地が必要となる場合があります（表 11.6.1）。そのため、予め生産・還元基地として必要最低限の敷地とすることも想定し、風致景観や自然環境への影響を考慮して、候補地を選定することが望まれます。

掘削装置に係わる環境配慮については、パターン参考集、本書 11.6 を確認し、当該地域に適した環境配慮を検討します。

8.10 発電所建設候補地における景観デザインに係る現地調査

坑井調査段階で発電所建設が決定されていない場合でも、地熱貯留層の構造や地形条件等の制約によって、発電所の位置が定まった後では、環境配慮としての代替地点検討は困難です。そのため、発電所建設候補地における土地利用計画（基本計画レベル）を^{環境省通知⁰⁵}早期に策定することは、優良事例形成の円滑化にとって重要です。

発電所建設候補地に係る土地利用計画は、エコラン手法およびランドスケープ・アーキテクトの必要性が最も顕著に表れる場面です。自然環境調査、視点場等の情報を踏まえ、ランドスケープ・アーキテクトが設計に必要とする情報を現地で収集します。

8.10.1 景観デザインに活用可能な資源

景観デザインに活用可能な資源（以下「景観デザイン資源」という。）の位置や状態を把握し、情報を整理することで、開発計画方針の検討に役立てます。

発電所建設候補地周辺には、何らかの景観デザイン資源が存在しています（表 8.10.1）。景観デザイン資源とは、水みち・湿地、大径木、特徴的な微地形等のことを指します。土地利用計画（基本計画レベル）における開発計画方針図の作成の際、活用すべき景観デザイン資源を選定し、その活用方法を明確にします。現地踏査により、景観デザイン資源の位置や種類、分布状況を記録し、景観デザイン資源を図化してベースマップ等にまとめておきます。

表 8.10.1 景観デザイン資源の例

写真・説明	
水みち	 <p>エコシステム（生態系）の重要な要素である水循環を象徴する。</p>
湿地	 <p>湿地を好む動植物の生息・生育場所に対する環境配慮を示す。</p>

写真・説明	
<p>大径木</p>	 <p>その地域における大木に育つための潜在能力を示す。</p>
<p>微地形</p>	 <p>その地域における特徴的な地形を表現する。</p>
<p>眺望点</p>	 <p>新たな眺望点は、新たな地域の観光資源になりうる。</p>
<p>登山道</p>	 <p>登山道は、移り変わる風景（シークエンス）を楽しむ地域の観光資源になりうる。</p>

8.10.2 特定視点場の選定

特定視点場とは、設計者が景観を設計する際、無限にある視点の中から最も効果的な情景が創出される視点場のことです。多くの人が通過するような地点（重要ルート、主要な視点場、現地調査で新たに見出した視点場）から選びます。

特定視点場は、はじめてその風景を目にする地点や、シークエンスの結節点となる場を選ぶと効果があります。例えるならば、竣工写真やパンフレットに使われるような風景となる地点を選定する作業といえます。

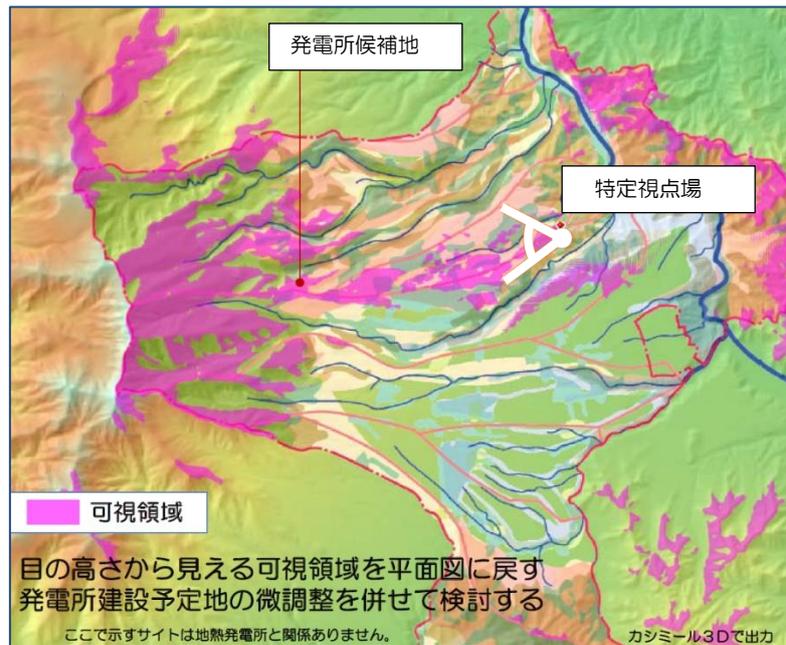


図 8.10.1 特定視点場からの可視領域¹⁷

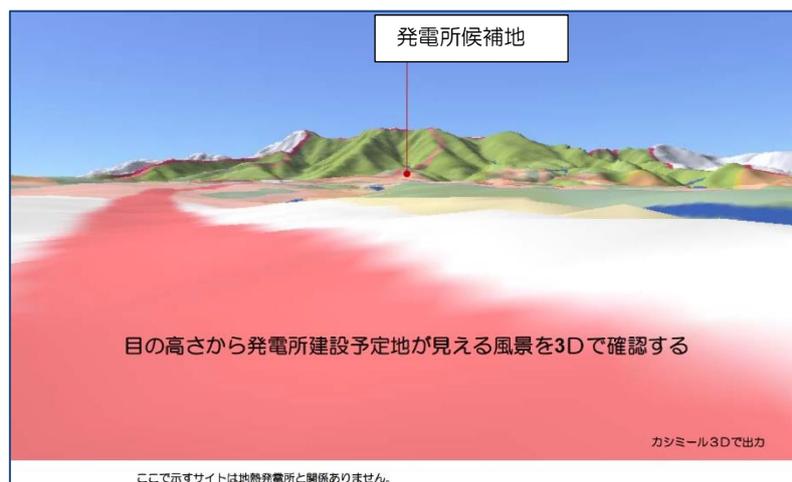


図 8.10.2 特定視点場からの景観¹⁸

¹⁷ 環境省ホームページ：国立・国定公園内の地熱開発に係る優良事例形成の円滑化に関する検討会（平成 26、27 年度）第 2 回検討会資料 話題提供 1「エコロジカル・ランドスケープ」より抜粋
(http://www.env.go.jp/nature/geothermal_np/conf/02.html 最終閲覧日 2021 年 6 月 30 日)

¹⁸ 同上

8.11 発電所建設候補地における土地利用計画（基本計画レベル）

発電所建設候補地の自然環境分析と景観分析の結果を用いて、自然環境、風致景観に配慮した基本計画レベルの土地利用計画を立案するための開発計画方針図を作成します。このとき、パタン参考集も参照しながら方針を作成します。環境への配慮と発電所建設を両立するような考え方を持つランドスケープ・アーキテクト、地熱発電設備に詳しい技術者の協力を必要とする重要な作業です。

8.11.1 開発計画方針図の作成

現地に馴染む発電所を建設するためには、残して活用すべき資源を明確にする必要があります。そのため、発電所建設候補地の自然環境調査と景観デザイン資源調査の結果を踏まえ、活用できる景観デザイン資源、地域特有の残すべき自然環境などを図化した開発計画方針図を作成します。

まず、発電所建設候補地の自然環境分析の結果を整理しながら、発電所施設を配置する地盤の設定や保全すべき大径木、調整池の位置などのゾーニングを設定します。造成地盤の設定では、造成面積を最小化することで原環境への影響を低減できるため、パタン参考集の「Z-3：クラスター型造成」などを参考に、施設配置をイメージしながら方針を決めます。

開発計画方針図を作成する際に、配慮すべき景観デザイン資源の項目とその活用方法を以下に例示します（表 8.11.1）。

表 8.11.1 配慮すべき景観デザイン資源

番号	項目	配慮すべき理由・活用方法例
1	水みち、湿地、窪地	大きさに関わらず水みちと一体となった環境は地域のエコシステムにとって重要な役割を持つ。窪地は調整池として活用できる。
2	既存林	遮へいや背景として活用できる。
3	大径木	大きな樹木は移植不可能なため、周辺環境に馴染ませるために活用する。
4	造成地盤としてまとまった緩傾斜地	造成土工事で発生する切盛り土量や環境への影響を抑制できる。
5	地域特有の景観資源	草原や転石など、その地域特有の資源としてデザインに活用できる。
6	尾根などの微地形	遮へいや背景として活用できる。
7	活用できる既存の道路や登山道	地熱発電所のアクセス道路として活用できる。
8	発電所建設候補地が見える近隣の視点	地熱発電所が周辺と馴染むような景観をデザインする際に、見え方を確認すべきような視点。造景や施設配置の際に立ち戻って確認する。

ただし、上表に示した景観デザイン資源は地域によって異なるため、適宜変更や追加することが望ましいと考えます。そのため、ヒアリングにより専門家や地域住民から、その地域特有の資源や地域住民にとって大切な資源などの情報を入手しておくことが重要となります。のちの合意形成の場において、その地域に適した環境配慮が盛り込まれた計画であることを説明できると期待されます。

最終的に、発電所建設候補地の自然環境分析で作成した主題図、現地調査、ヒアリング等より、配慮すべき景観デザイン資源を明確化します。現地調査で撮影した写真なども掲載す

ると、配慮事項の根拠として、ステークホルダーとの合意形成の際に説明しやすくなります。以下に開発計画方針図を例示します（図 8.11.1）。



図 8.11.1 開発計画方針図の例¹⁹

8.11.2 造成計画，道路計画，排水計画（調整池）

造成工事では一般的な下記の条件を基本として，造成計画を検討します。ただし，地域の条件等に合わせて適宜変更します。

- a) 造成地盤高…開発計画方針図をもとに設定
- b) のり面勾配…切土 1 : 1.6，盛土 1 : 2.0 で検討（切盛土工とも，小段を考慮した合成勾配とした）
- c) 擁壁…原則なし（やむを得ない場合を除く）
- d) 道路幅員…6m
- e) 管理用道路幅員…4m
- f) 道路縦断勾配…最大 8%
- g) 調整池…原則あり

ここで，g) の調整池必要容量は，基本計画レベルの概算とします。本来は下流河川の流下能力を調査し，各地方自治体の降雨強度式を調べなければなりません，手間と時間を省くため，各県ごとに代表的な必要調整池容量を算出し，流域 1ha 当たりの必要調整池容量として設定する方式で概算の必要調整池容量を算出します。

1ha 当たりの必要調整池容量は，(社)日本河川協会「防災調節池等技術基準」²⁰の「簡便法」により計算した一覧表「調整池の県別単位調整量」を確認して下さい（11.9 参照）。

¹⁹ この地図の作成に当たっては，国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データを使用した。

²⁰ 出典：(社)日本河川協会「防災調節池等技術基準（案）解説と設計事例」平成 19 年 9 月 30 日増補改訂（一部修正）版

8.11.3 施設配置と土地利用計画（基本計画レベル）

土地利用計画は、造成による宅盤、道路、調整池を大まかに設定した基本計画であり、地熱発電所の景観に大きく関わる計画です。開発計画方針図やパタン参考集等を活用し、可視領域の推定分析の際に抽出した視点場を観光客や登山者が利用することを踏まえて計画・立案します。

地熱発電所の景観に関する観光客や登山者の評価は、周辺の視点の位置やその重要性によって異なります。2017年度のNEDO委託研究²¹において、来訪者を想定した評価実験を行いました。その結果に基づくと、視点の評価については、その視点の利便性、認知度、整備度による重要性の傾向が把握されており、利便性の高い視点や観光ガイドブックに載っている視点は重要性が高いことに注意する必要があります。

同様に地熱発電所の景観に関する観光客や登山者の評価も、造成・植栽、建屋高さ、冷却塔配置との関係の傾向が把握されています（表 8.11.2）。これらのうち、評価への影響が比較的大きいのは冷却塔配置と造成・植栽です。冷却塔配置は、冷却塔そのものよりも排出される白煙の存在感が大きく、遠方からも視認されやすいことに注意する必要があります。造成・植栽は、近い視点での景観への影響が比較的大きくなります。開発地の地形を活かし、地形改変を最小化することが景観評価を高めることにつながります。ただし、地形改変を小さくしても人工物と周囲の自然環境の対比が強く見える場合には人工物の印象が強められることから、発電所施設を周囲になじませるためのバッファゾーンを適切に設けることが望まれます。

全体として、計画地と周囲の視点場との距離や方角を考慮しながら自然環境および景観への影響が低減される土地利用計画を立案します。景観への影響低減を重視した案、工事費の最小化を重視した案、施工性のしやすさを重視した案など、様々な観点から土地利用計画を立案し比較します。

表 8.11.2 地熱発電所の景観評価に関する傾向

地熱発電所と視点の距離	評価の傾向
共通	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冷却塔配置、造成・植栽、タービン建屋高さの順に評価への影響が大きい。 ・ 影響の大きい項目（冷却塔配置）を改善すると、次に影響が大きい項目（造成方法）の改善効果が現れる。
近景（300m）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冷却塔が横に並び、白煙が大きく見えると評価への影響が大きい。 ・ 一般的な造成よりもエコラン手法を用いた造成方法により評価が改善する。 ・ タービン建屋高さを低くすると評価が改善する。
遠景（1200m）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 近景に比べると相対的に景観への影響は小さくなる。 ・ 遠くからでも視認される冷却塔配置の評価への影響は、距離が長くなっても低減しにくい。

これらの注意点を踏まえ、土地利用計画（基本計画レベル）を検討します。検討手段は、手描きやCADソフトなど設計者により様々な媒体により行われます。以下は、AutoCAD®を使用して作成し、着色した発電量15MWの事例です（図 8.11.2）。

²¹事業名「エコロジカル・ランドスケープデザイン手法を活用した設計支援ツールの開発（2014～2017年度）」

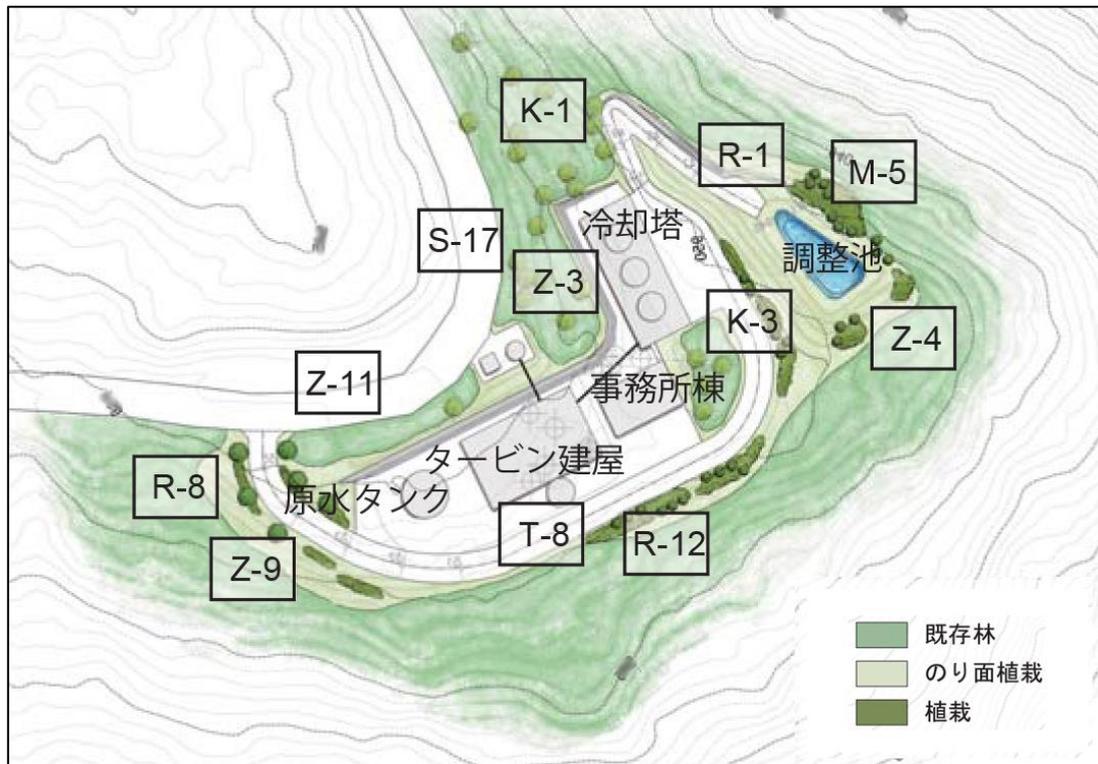


図 8.11.2 土地利用計画図（基本計画レベル）²²

上図に適用した配慮手法パターンをまとめ、説明資料として残します（表 8.11.3）。

表 8.11.3 適用した配慮手法パターン

番号	パターン名	番号	パターン名
Z-3	クラスター型造成	Z-4	ラウンディング
Z-9	のり面の緑化	Z-11	過去に開発された跡地の活用
K-1	大木の保全活用	K-3	既存林の取り込み
M-5	調整池・排水ピットの多自然化	T-8	コンパクトな配置
R-1	のり面端部緑化	R-8	アクセス道路のS字化
R-12	発電所外周部ほど自然林に	S-17	地熱開発を契機としたエコツーリズム促進

8.11.4 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション

フォトモンタージュ法は、実際の景色を背景として建物や水蒸気等を想定した景観分析方法です。新緑や紅葉、雲量、太陽光の位置関係など、季節や時刻の違いによる景観変化を把握します。特に、多くの人々が利用する時期を自治体ホームページ、観光用パンフレット、観光案内所等で聞き取り、その時期には必ず撮影しておきます。

フォトモンタージュ法は、視点が固定化されるという制約があるものの、撮影された画像には3D映像法では表現しきれない微地形、スカイライン、色あい、小さな人工物などが映し出され、情報は正確で豊富であるため、従来より活用されてきた有効な手法です。

²² この地図の作成に当たっては、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データを使用した。

8.11.5 3D映像法による景観シミュレーション

3D映像法は、航空レーザ測量のデータ（または既存公開データ）を利用して地形、樹林、主要な建物、景観デザイン資源等を3Dアプリにより仮想空間として再現する手法です。フォトモンタージュ法に比べ樹木位置の正確性は劣るものの、あらゆる視点からでもシミュレーションでき、フォトモンタージュ法で撮影できなかった視点を補完することはもちろん、地域住民や許認可権者が気になる視点からの見え方をその場で即応できるなど、手戻りの減少や迅速化につながります。なお、1mDEMによる地形モデルの再現は、现阶段のパソコンの処理能力では1km²程度が限界のため、5mDEMの地形モデルをベースとし、必要な部分にのみ1mDEMによる地形モデルの合成を推奨します。

立案した土地利用計画を3D映像にすることによって、見え方を確認・比較します。可視領域の推定の際に特定した視点からの見え方の画像を使用し、ステークホルダーとの合意形成に活用します。フォトモンタージュ法よりも様々な視点からの見え方を検証することができる3D映像法による景観シミュレーションは、複数の重要な視点場がある場合には便利です。以下に例示します（図 8.11.3）。

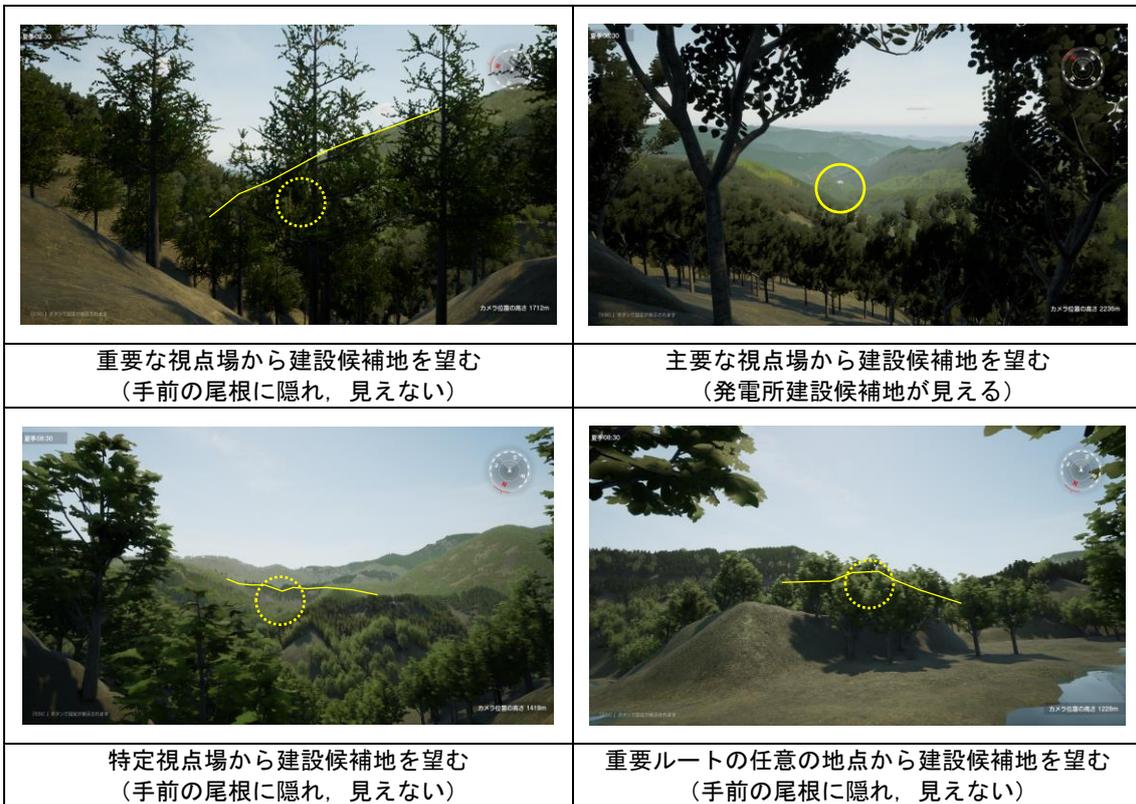


図 8.11.3 3D映像法による景観シミュレーション（例）

8.11.6 土地利用計画の比較

複数の発電所建設候補地がある場合、または、1箇所の発電所建設候補地に対する複数の土地利用計画がある場合に、比較するためのチェックリストを準備します。以下にその例を示します（表 8.11.4, 表 8.11.5）。なお、チェック項目は、発電所建設候補地周辺の環境などを考慮し、専門家の指導の下、適宜追加・修正する必要があります。

表 8.11.4 発電所建設候補地 A,B,C の土地利用計画チェックリスト (例)

チェック項目	確認する内容	判定方法	発電所建設候補地		
			A	B	C
造成面積	大まかな造成面積	面積単位の相対比較	大	中	小
景観デザイン資源の活用	水みちを活用している	○ : YES × : NO	○	○	×
	既存林を活用している	○ : YES × : NO	○	×	○
	その他の資源を活用している	○ : YES × : NO	○	○	×
視点からの見え方	視点からの眺望対象への影響がない	○ : YES × : NO (景観シミュレーション)	×	×	○

表 8.11.5 1箇所の発電所建設候補地に対する土地利用計画 a, b のチェックリスト (例)

チェック項目	確認する内容	PLAN-a	PLAN-b	説明
造成面積 (m ²)	面積	36,080	35,740	a は b より広いが開発跡地を再利用する
景観デザイン資源の活用	水みちを活用している	○	○	どちらも水みちを活用する
	既存林を活用している	○	×	b は植生自然度の低い植林地を伐採する計画としている
	湿地を活用している	○	○	a は湿地を残してシンボルとして活用, b は湿地を拡張し調整池とする
	転石を活用している	○	×	b は転石を除去する
視点からの見え方	視点からの眺望対象への影響がない	×	○	a の配置は, 重要な視点場から視認されやすい

最終的に事業者が優先したチェック項目または, その他の条件を明確にして, 判定の過程および総合判断の結果をエビデンスとします。これを地熱開発に関わるステークホルダーと共有することで, 合意形成の際にコミュニケーションツールとなることを期待できます。

8.12 ステークホルダーとのコミュニケーション

ステークホルダーである地域住民、温泉事業者、地域協議会委員、専門家、地方自治体、公園管理者等とのコミュニケーションを図ることは、事業を進める上で最も重要です。地熱開発事業は長い年月をかけて、起こりうる様々な影響を検討し環境配慮を重ねながら、次工程へと進めていく地道な活動であり、当該地域のステークホルダーとの良好な関係構築が必須となります。

坑井調査段階において得られた成果をコミュニケーションに役立てる方法を以下に例示します（表 8.12.1）。

表 8.12.1 坑井調査段階における成果の活用方法

得られた成果	コミュニケーションに役立てる方法	副次的な効果
① 生物調査の結果	当該地域の生態系に詳しい専門家等へ相談する。	環境配慮事項の具体策等について早期に検討できる。
② 可視領域推定図、視点場の情報	可視領域、視点場の妥当性について、地理に詳しい地域住民や温泉事業者、専門家等へ事前に相談する。	既存資料にはない新たな視点場に関する情報が得られ、現地調査における情報の取りこぼしや手戻りがなくなる。
③ GIS 解析に用いる情報、判断基準等	GIS 解析に用いる自然環境情報等の項目および判断基準等の妥当性について、当該地域の生態系に詳しい専門家等へ事前に相談する。	当該地域特有の自然環境情報の入手、判断基準の見直し等の助言を得られ、GIS 解析の精度が高まる。
④ 建設候補地（坑井基地、発電所）の位置図	建設候補地の位置の妥当性について、地域の事情に詳しい温泉事業者や地方自治体、動植物に詳しい公園管理者等へ事前に相談する。	大径木や貴重種の生息・生育地の回避等、重要な情報が得られ、建設候補地の絞り込みや環境配慮事項の具体策等について早期に検討できる。
⑤ 土地利用計画図（基本計画図）	発電所候補地の位置や施設配置の妥当性について、景観の専門家、地域住民、公園管理者等へ事前に相談する。	環境配慮事項の具体策等について早期に検討できる。
⑥ フォトモンタージュ、3D 映像	フォトモンタージュ、3D 映像を住民説明会、地域協議会等で披露する。3D 映像は、参加者に PC を操作してもらう。	フォトモンタージュだけでなく 3D 映像を加えることで、様々な視点にも即応でき、事業者とステークホルダーの認識のずれを減らすことができる。

9. 環境アセス段階

9.1 目的

環境アセス段階は、基本設計を立案する段階であり、配慮書作成から評価書作成に至るまでの各段階においてもエコラン手法の三要素と三原則を考慮した設計が求められます。

エコラン手法は、環境影響評価法の手続において、自然環境や景観等への影響を低減する方法の検討に役立ちます。

9.2 配慮手法パターン

パターン参考集より、環境アセス段階において適用が想定される主な配慮手法パターンを抜粋します。当該事業での優良事例形成に向けた取組を検討する際、迅速かつ的確なアイデアに結びつくことが期待できるため、事前に関係者間で、パターン参考集を共有することを推奨します。

・事業の全体像に係わるパターン

- S-6 : 計画地周辺の自然再生・環境保全
- Z-5 : 稜線上の施設は、セットバックし、造成地盤を下げる

・事業関係者に係わるパターン

- S-19 : 調査中の配慮（調査員教育）
- S-4 : 施工中の配慮（現場作業員教育）
- S-16 : アクセスしやすい情報伝達方法

・自然環境・生態系に係わるパターン

- Z-17 : 位置の変更，地形改変面積の最小化^{環境省通知 p17}
- Z-15 : 道路線形は地形を縫うように計画する^{環境省通知 p21}
- M-2 : 水みち保全
- S-1 : 雨水浸透・透水性の確保
- Z-4 : ラウンディング
- Z-9 : のり面の緑化
- R-1 : のり面端部緑化
- R-13 : 地域性に配慮した植生回復^{環境省通知 p20}
- I-8 : 色に敏感な動物類への配慮（仮設）^{環境省通知 p17}

・景観に係わるパターン

- R-4 : 施設前面の植栽は概ね 3 割以上
- S-12 : 現地発生材を敷地内で再利用する
- I-1 : 使用するカラーチャートの選定
- I-2 : 施設の色は無彩色^{環境省通知 p17}
- T-1 : 外壁イメージの統一^{環境省通知 p17}
- T-12 : 冷却塔の多セル化^{環境省通知 p18、別紙 1}
- T-13 : 屋根線の背後に発電所施設を配置^{環境省通知別紙 1}
- P-4 : パイプラインを林内の谷地に配管^{環境省通知 p22}

9.3 検討範囲

検討範囲は事業区域として申請した範囲およびその周辺とし、必要に応じ環境アセスメントの手続きで求められる範囲とします。

9.4 作業フロー

環境アセス段階における作業フローを示します（図 9.4.1）。

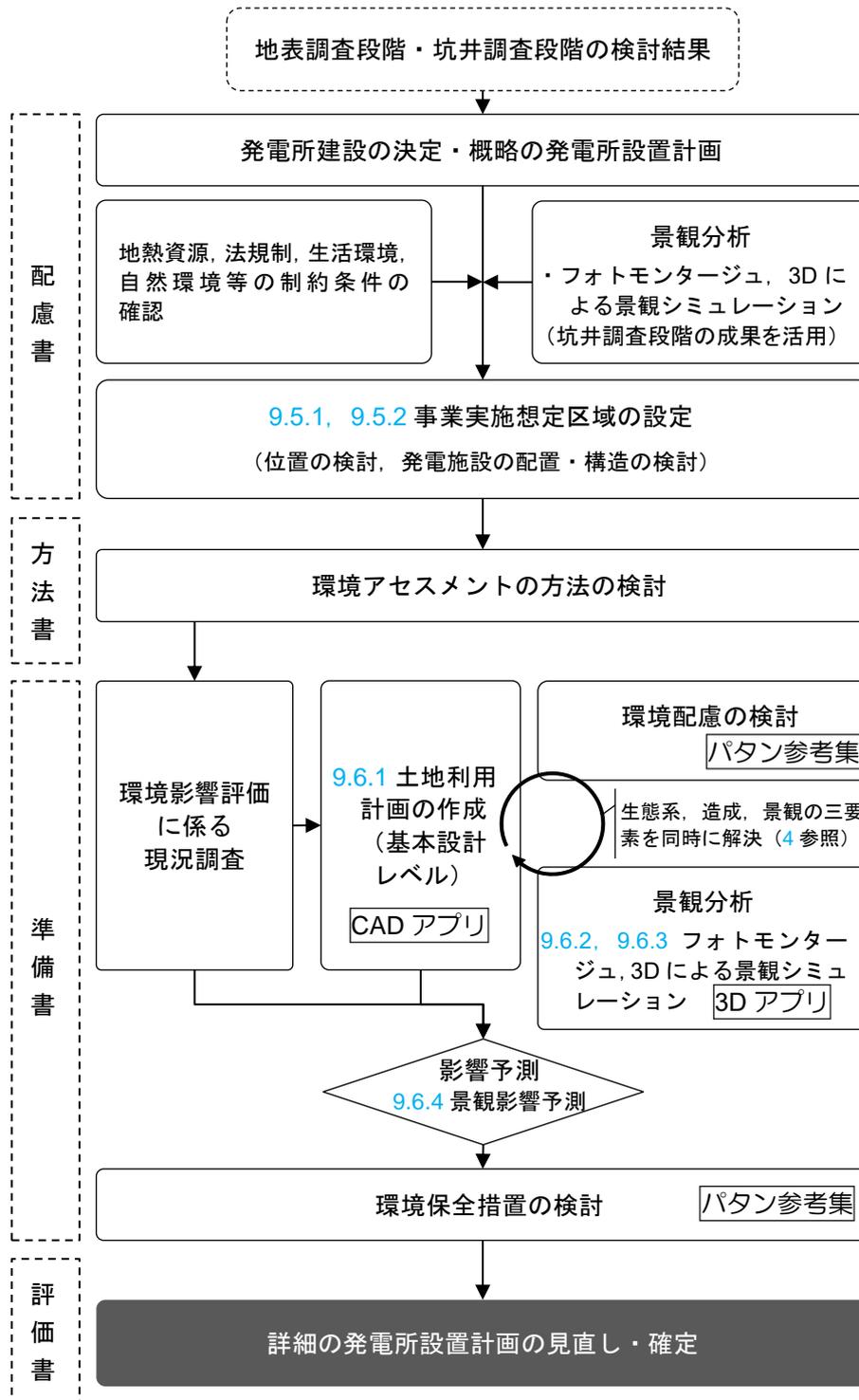


図 9.4.1 環境アセス段階における作業フロー

9.5 事業実施想定区域の設定

9.5.1 位置の検討

発電所施設群の位置の検討では、調査井（試験井）による結果等を踏まえ、坑井調査段階までに GIS 解析により検討した施工性、自然環境情報や景観影響等の成果をそのまま活用することで、より実現性が高く、事業影響の少ない場所を選定することが可能となります。

9.5.2 発電施設の配置・構造の検討

発電施設の配置及び構造を検討に際しては、3D アプリを活用すれば、施設構造、施設の高さ・大きさ、施設の配置を自在に変えることができるため、主要眺望点²³からの景観影響の最も小さい組み合わせの検討が容易にできることとなります。この時点で 1mDEM データがあれば、比較的精度の高い複数案の検討は可能です。

留意点として、配慮書段階では詳細な環境調査が行われていないことが一般的であることです。そのため景観以外にも、位置決定のコントロールポイントとなる冷却塔からの硫化水素の拡散予測、水蒸気の拡散予測（着氷）、重要な動植物等の自然環境の実態がこの時点でまだ把握できておらず、最終的な発電施設の配置の決定は、準備書段階まで待つ方が手戻りがありません。

9.6 土地利用計画（基本設計レベル）

9.6.1 基本設計図の作成

坑井調査段階で策定した土地利用計画（基本計画レベル）にもとづき、工法選定、市場調達可否、費用対効果等を考慮した基本設計レベルの土地利用計画を策定します。

具体的には、地形改変を最小化する造成範囲の設定、設備能力や維持管理を考慮した施設配置、特定視点場からのデザインを重視した道路線形や緑化など、エコラン手法の三要素、三原則をより具体的に現地に反映させます。第三者にも理解できる方針説明、平面・断面図、特定視点場からの完成予想パースなどを作成します（図 9.6.1）。

ここでも坑井調査段階の土地利用計画を策定したランドスケープ・アーキテクトが継続して携わることが望ましいです。

²³ 環境影響評価法で使用される用語であり、「主要な視点場」と同義。



図 9.6.1 土地利用計画（基本設計レベル）の成果イメージ

9.6.2 フォトモンタージュ法による景観シミュレーション

フォトモンタージュ法は、実際の景色を背景として建物や水蒸気等を想定した景観分析方法です。新緑や紅葉、雲量、太陽光の位置関係など、季節や時刻の違いによる景観変化を把握します。特に、多くの人々が利用する時期を自治体ホームページ、観光用パンフレット、観光案内所等で聞き取り、その時期には必ず撮影しておきます。

フォトモンタージュ法は、視点が固定化されるという制約があるものの、撮影された画像には3D映像法では表現しきれない微地形、スカイライン、色あい、小さな人工物などが映し出され、情報は正確で豊富であるため、従来より活用されてきた有効な手法です。

9.6.3 3D映像法による景観シミュレーション

3D映像法は、航空レーザ測量のデータ（または既存公開データ）を利用して地形、樹林、主要な建物、景観デザイン資源等を3Dアプリにより仮想空間として再現する手法です。フォトモンタージュ法に比べ樹木位置の正確性は劣るものの、あらゆる視点からでもシミュレーションでき、フォトモンタージュ法で撮影できなかった視点を補完することはもちろん、地域住民や許認可権者が気になる視点からの見え方をその場で即応できるなど、手戻りの減少や迅速化につながります。なお、1mDEMによる地形モデルの再現は、現段階のパソコンの処理能力では1km³程度が限界のため、5mDEMの地形モデルをベースとし、必要な部分にのみ1mDEMによる地形モデルの合成を推奨します。

立案した土地利用計画にもとづき、仮想空間中に発電所建設候補地にタービン建屋や冷却塔を配置し、3D映像にすることによって、見え方を確認・比較し、土地利用計画の見直し、景観予測、住民説明、地域協議会等で活用します。可視領域の推定の際に特定した視点からの見え方の画像を使用し、ステークホルダーとの合意形成に活用します。フォトモンタージュ法よりも様々な視点からの見え方を検証することができる3D映像法による景観シミュレーションは、複数の重要な視点がある場合には便利です(表 9.6.1)。

表 9.6.1 現地写真, フォトモンタージュ画像と3D画像の比較

		比較画像	3D画像	
重要な視点場から望む	現地の写真			
	フォトモン			
主要な視点場から望む	現地の写真			
	フォトモン			
特定視点場から望む	現地の写真		3D画像	

環境アセス段階

9.6.4 景観影響予測

準備書段階では、主要眺望地点からの眺望景観への影響を予測します。通常はフォトモンタージュ法による予測を行っていますが、エコラン手法の3D映像法を活用すれば、建物構造、配置、塗色、水蒸気、季節と時間を自在に変え3次元で比較検討し、最も影響の小さい諸元を選ぶことが容易となります。また、パタン参考集に示すような保全措置の効果を推測することはもちろん、緑化計画を反映した眺望景観のシミュレーションも可能となります。

9.7 ステークホルダーとのコミュニケーション

ステークホルダーである地域住民、温泉事業者、地域協議会委員、専門家、地方自治体、公園管理者等とのコミュニケーションを図ることは、事業を進める上で最も重要です。地熱開発事業は長い年月をかけて、起こりうる様々な影響を検討し環境配慮を重ねながら、次工程へと進めていく地道な活動であり、当該地域のステークホルダーとの良好な関係構築が必須となります。

環境アセス段階において得られた成果をコミュニケーションに役立てる方法を例示します（表 9.7.1）。

表 9.7.1 環境アセス段階における成果の活用方法

得られた成果	コミュニケーションに役立てる方法	副次的な効果
① 土地利用計画図（基本設計図）	地域住民、公園管理者等へ事前に相談する。	環境配慮事項の具体策等について早期に検討できる。
② フォトモンタージュ、3D 映像	フォトモンタージュ、3D 映像を住民説明会、地域協議会等で披露する。3D 映像は、参加者に PC を操作してもらう。	フォトモンタージュだけでなく 3D 映像を加えることで、様々な視点にも即応でき、事業者とステークホルダーの認識のずれを減らすことができる。

10. エコランセットの評価

10.1 一般的手法とエコラン手法の比較

事業者が地熱開発事業を進める際、エコランセットを活用するかどうかを判断するための参考資料が必要です。そこで、一般的手法とエコラン手法を比較し、それぞれの利点と課題点およびステークホルダーの評価についてまとめました。

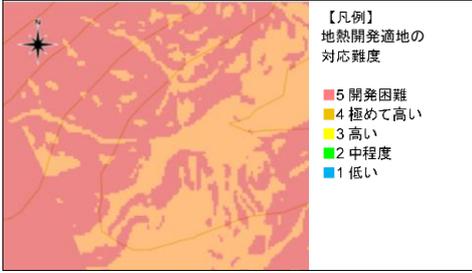
次章には、ケーススタディとして具体的な事例をまとめましたので、参考にして下さい。

10.1.1 GIS解析

1) 利点と課題

一般的手法とエコラン手法のそれぞれの利点と課題は下表のとおりです（表 10.1.1）。

表 10.1.1 GIS解析における各手法の利点と課題

項目	一般的手法	エコラン手法
成果のイメージ	 <p>(環境省通知 p11 より抜粋)</p>	 <p>マトリクス法（明瞭5色）</p>
所要日数	約 2.0 か月	約 2.0 か月
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・地熱開発適地の選定根拠とした情報が凡例だけでわかるようになっている。 ・第三者が一見してわかる表示方法である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工性や開発阻害要件等を数値化して扱うことにより、地熱開発適地の選定根拠を客観的に示すことができ、第三者の理解を得られやすい。 ・未経験でも一定レベルで作成できる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・図面に表示しなかった情報の取扱いについて、説明資料が別途必要となる。 ・作成に当たっては、経験者・熟練者が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の内訳が一見してわからない。 ・最終的に地熱開発適地の選定に影響した情報を第三者向けに整理した説明資料が別途必要となる。

2) エコランセットに対する評価

【事業者の評価】

- ・地熱開発適地の絞り込みの検討において、エコラン・マニュアルに記載された GIS 解析手法で分析したことはなく、住民説明や許認可権者への申請で活用した経験がないため、有効かどうかはわからない。
- ・現地確認により見出した複数の地熱開発適地と GIS 解析結果がほぼ一致しており、どこかの場面で使う機会があれば使いたい。

10.1.2 景観分析

1) 利点と課題

一般的手法とエコラン手法とも、可視領域の推定からフォトモンタージュ作成までの流れは同じです。エコラン手法はさらに3D映像法を追加する点が特徴ですので、利点と課題については、フォトモンタージュ法と3D映像法についてまとめました（表 10.1.2）。

表 10.1.2 景観分析の各手法の利点と課題

項目	一般的手法 (フォトモンタージュ法)	エコラン手法 (フォトモンタージュ法+3D映像法)
成果のイメージ	<p>現地の写真</p>  <p>フォトモン画像 (写真をモノクロ、ズームアップした)</p> 	<p>フォトモン画像 (写真をモノクロ、ズームアップした)</p>  <p>3D画像</p> 
所要日数	約 3.0 か月	約 3.0 か月
利点	<p>【フォトモンタージュ法の利点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際の景色を背景として、微地形、スカイライン、色あい、小さな人工物などが映し出され、情報は正確で豊富である。 ・既存樹木の位置が正確である。 	<p>【3D映像法の利点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・視点が限られていないため、景観影響の程度や保全対策の効果を疑似体験として把握できる。 ・予め把握していた視点場だけでなく、住民説明等の参加者が気になる任意の視点場について、現地に行かなくてもその場で見え方を確認できるため、手戻りの減少や迅速化につながる。 ・発電所施設群の位置の検討、施設の配置・構造の検討、施設の塗色の検討が容易にできる。
課題	<p>【フォトモンタージュ法の課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・視点が固定化されるため、第三者が気になる視点に即応できず、再撮影などの手戻りとなる可能性がある。 ・現地撮影は天候に左右される。 ・現地確認ができない状況（通行規制等）となった場合は景観予測ができない。 ・映像と実際が異なる場合がある。 	<p>【3D映像法の課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・微地形、小さな人工物などは表現しきれない場合がある。 ・既存樹木の位置を正確に配置することが難しい。 ・映像と実際が異なる場合がある。

2) エコランセットに対する評価

【事業者の評価】

- ・3Dは臨場感があって見やすい。今後、住民説明会などで活用したい。
- ・夏・秋バージョンだけでなく、春・冬バージョンも対応してほしい。
- ・地熱にかかわらず、バーチャル見学会やアクティビティにも活用できそうだ。

【地域住民・地域協議会関係者の評価】

- ・発電所をできるだけ見えなくするだけでなく、発電所を含めた景観を考えるのがよいと思う。建屋の形、大きさ、色などがどうあったらよいかを考えることが必要で、そのために3Dシミュレーションを活用することはよいことと思う。
- ・発電所施設の形状や色について、3Dを使った説明は、大きさ、周辺との調和、位置関係などイメージしやすかった。
- ・発電所施設の形状や色は、従来の平面図や断面図だけでなく、3Dも使った説明があるとよい。
- ・高低差や色彩について周辺との調和が把握しやすい。
- ・眺望地点から発電所までの距離、見える水蒸気の大きさなどが具体的にわかる。
- ・景観への影響は、そこにだけ注目すると過大評価しがちであるが、3Dは規模感が把握しやすい。(フォトモンタージュ法の課題を述べたものと思われる)
- ・影響予測の方法として、フォトモンタージュ法だけでなく、3D映像法も使った方がよい。
- ・景観予測は3D映像法だけで十分理解できる。
- ・実際の景観に近い。画質がよい。
- ・樹木やアクセス道路など、リアルに表現されている。
- ・自分で移動しているように見える。
- ・地熱発電以外での景観シミュレーションに利用したい。
- ・改善点として、規模がわかるスケール等がほしい。
- ・要望として、眺望景観で周辺の樹木の伐採等による見え方の違いがわかると参考になる。
- ・運転開始後のオペレーション、メンテナンス、熱水利用による町づくりの構想などに活用できると思う。
- ・地下構造についても可視化が進むと理解が進むと思う。

10.1.3 土地利用計画（基本計画レベル）

1) 利点と課題

一般的手法とエコラン手法のそれぞれの利点と課題は下表のとおりです（表 10.1.3）。

なお、エコラン手法に不慣れな土木設計者がパタン参考集を活用して土地利用計画案を策定する場合、若干日数を要するものの、一定レベルの成果が得られます（11.1.3 参照）。

表 10.1.3 土地利用計画の各手法の利点と課題

項目	一般的手法	エコラン手法
成果のイメージ		
所要日数	約 1.5 か月	約 1.5 か月
利点	<ul style="list-style-type: none"> 土木工事または土木設計の経験があれば作成できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 環境配慮をパタン参考集から引用するため、検討時間を短縮できる。 環境配慮の説明資料は、パタン参考集をそのまま使用できる。 エコラン手法の経験者（ランドスケープ・アーキテクト等）が関わることで精度が高まる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 環境配慮を検討するための時間がかかる。 環境配慮の説明資料を別途作成する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> エコラン手法の経験者（ランドスケープ・アーキテクト等）が少ない。

2) エコランセットに対する評価

【事業者の評価】

- ・地形改変を最小化するトンネル造成の発想はなかった。
- ・エコラン手法で策定した土地利用計画図を参考にしたい。
- ・パタン参考集は、自分たちも経験してきたことが書いてあり、頭に入りやすい。

10.1.4 土地利用計画（基本設計レベル）

1) 利点と課題

一般的手法とエコラン手法のそれぞれの利点と課題は下表のとおりです（表 10.1.3）。

表 10.1.4 土地利用計画の各手法の利点と課題

項目	一般的手法	エコラン手法
成果のイメージ	<p>実施箇所を着色し、実施内容を記載した平面図を作成</p>	<p>視覚的に認識できるように、透視図法による図面を作成</p>
所要日数	約 1.5 か月	約 2.0 か月
利点	<ul style="list-style-type: none"> 土木工事または土木設計の経験があれば作成できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 環境配慮をパタン参考集から引用するため、検討時間を短縮できる。 環境配慮の説明資料は、パタン参考集をそのまま使用できる。 エコラン手法の経験者（ランドスケープ・アーキテクト等）が関わることで精度が高まる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 過度に景観保全にとらわれると施設機能の低下を招く可能性がある。 どのような環境配慮、景観配慮を講じたか、説明資料を別途作成する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> エコラン手法の経験者（ランドスケープ・アーキテクト等）が少ない。

2) エコランセットに対する評価

【事業者の評価】

- ・全てを実現することは難しいが、気を付けなければならない点があった。
- ・配管ルートに関して、景観の保全、施設機能、地形改変の最小化などが図られた計画である。
- ・パタン参考集には現地で実行したことが書かれており、安心した。
- ・緑化計画のイメージができた。
- ・幼木で更新するという意識ができた。

10.2 エコランセットの効果的な活用方法

一般的手法とエコラン手法の利点と課題を比較すると、それぞれの利点が課題となっているなど、一長一短の内容であることがわかります。このことは、エコラン手法と一般的手法のどちらを選択すればよいかと考えるよりも、両者を併用または利点を活用することで、より精度の高い影響予測手法に繋がることを示唆しています。

新たにエコラン手法を取り入れることにより、コストの追加が懸念されますが、迅速な判断、ステークホルダーとのコミュニケーションの円滑化に資することになるため、結果的に手戻りが減少し、全体工程の遅延やトータルコスト増大の回避にも貢献します。

11. 参考資料

11.1 ケーススタディ

ある事業地を対象に、エコラン手法を試験運用した成果と一般的手法の成果を比較できるようにまとめました。なお、あくまで試験運用です。

11.1.1 GIS解析

1) GIS解析の手順

GIS解析の手法は、環境コンサルタント各社にノウハウがあり、当該地域に必要な情報を選択し、見やすさを重視した解析結果を示すのが一般的手法です。凡例を見れば情報と範囲が一目瞭然のため、各種申請書や住民説明資料などでそのまま活用できますが、地熱開発適地として絞り込んだ判断基準や方法を説明する場合は、別途、説明資料が必要となります。

エコラン手法は、表示させる情報が予め決められているため、GISの操作や解析の経験が浅くても、一定レベルの解析結果を表示することができます。地熱開発適地の絞り込みの判断基準や方法を説明する資料として活用できますが、凡例だけでは第三者にはどんな情報が含まれているか一見してわからないため、各種申請書や住民説明資料などにはそのまま活用できません。

それぞれの手法の手順を以下に示します（図 11.1.1）。

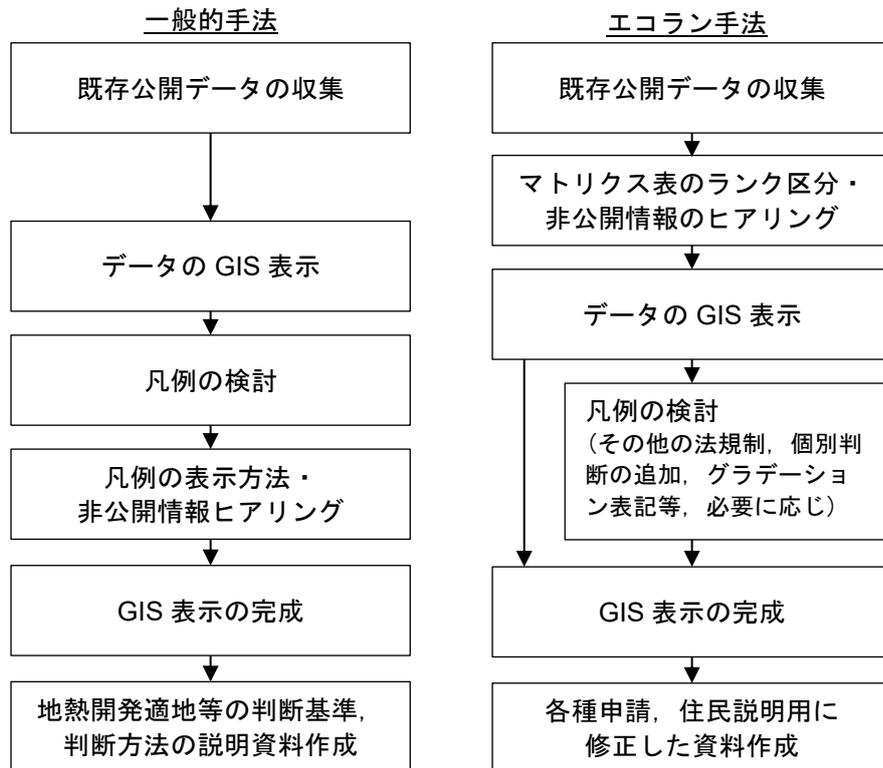


図 11.1.1 一般的手法とエコラン手法の手順の比較

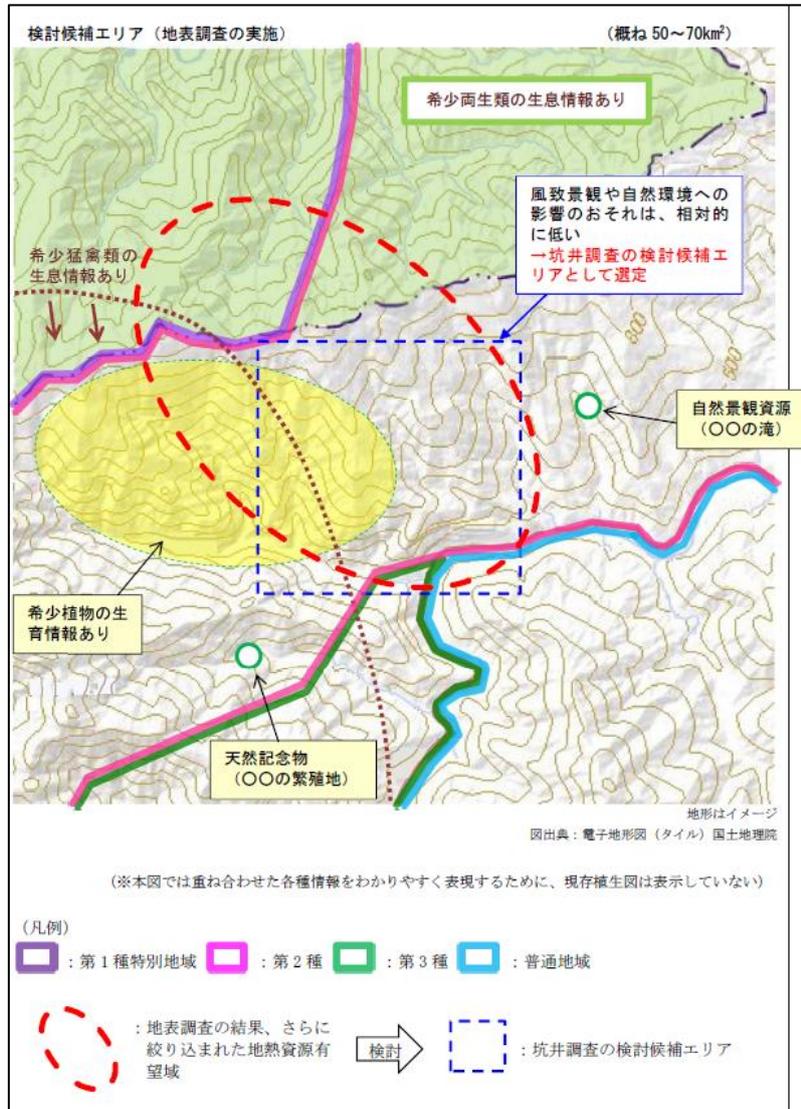
2) GIS解析の所要日数

一般的手法とエコラン手法ともGIS表示の完成後に、別途説明資料を作成する必要があるため、トータルの所要日数は両者とも約2か月です。

3) GIS 解析の結果

一般的手法による解析結果，エコラン手法の点数化法およびマトリクス法の解析結果を以下に示します（図 11.1.2，図 11.1.3，図 11.1.4）。

① 一般的手法（見やすい凡例表示）



(環境省通知 p11 より抜粋)

図 11.1.2 一般的手法による GIS 解析結果

② エコラン手法（点数化法）

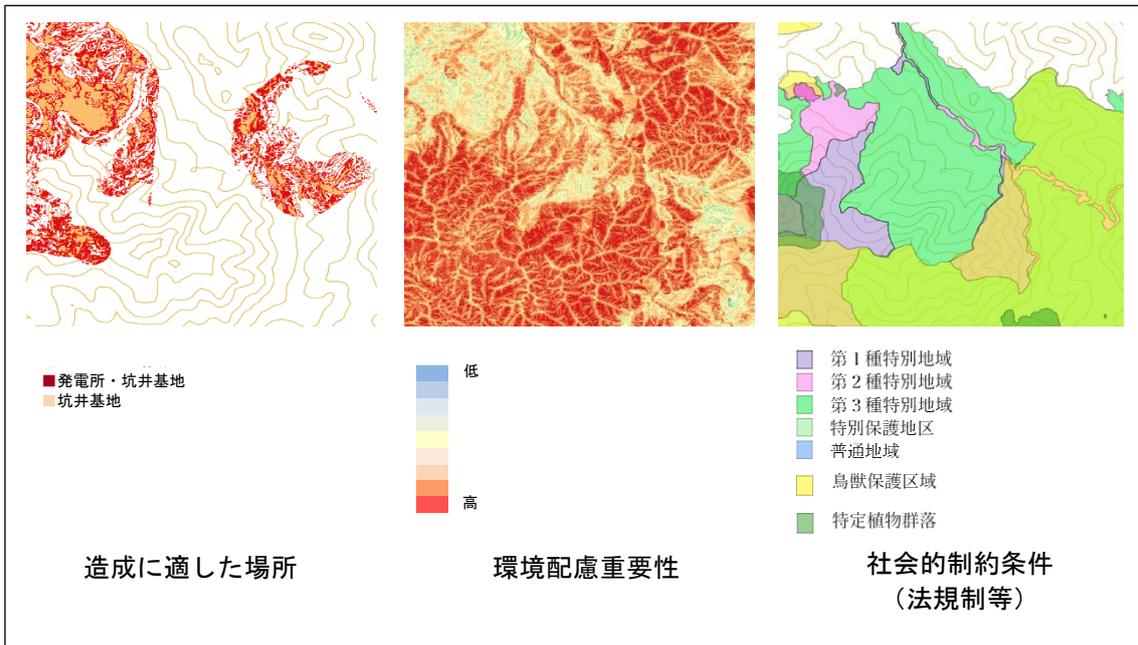


図 11.1.3 エコラン手法（点数化法）による GIS 解析結果

③ エコラン手法（マトリクス法）

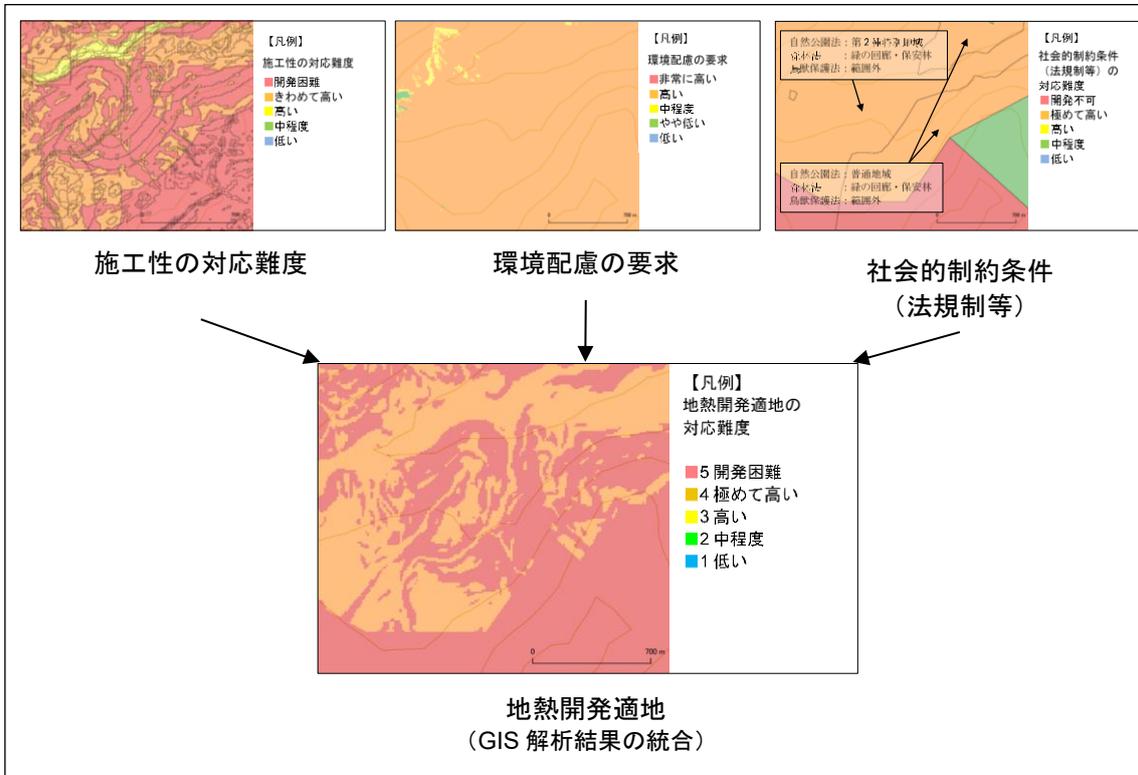


図 11.1.4 エコラン手法（マトリクス法）による GIS 解析結果

11.1.2 景観分析

1) 景観分析の手順

自然公園内における景観分析は、「主要な展望地から展望する場合の著しい妨げ」および「山稜線を分断する等眺望の対象に著しい支障」^{環境省通知 別紙2}が生ずるかを判断するため、フォトモンタージュ法によるものが一般的手法です。

エコラン手法は、地形の DEM データや現存植生図等を利用し、立体化した 3D 映像法を取り入れています。

それぞれの手法の手順を以下に示します（図 11.1.5）。

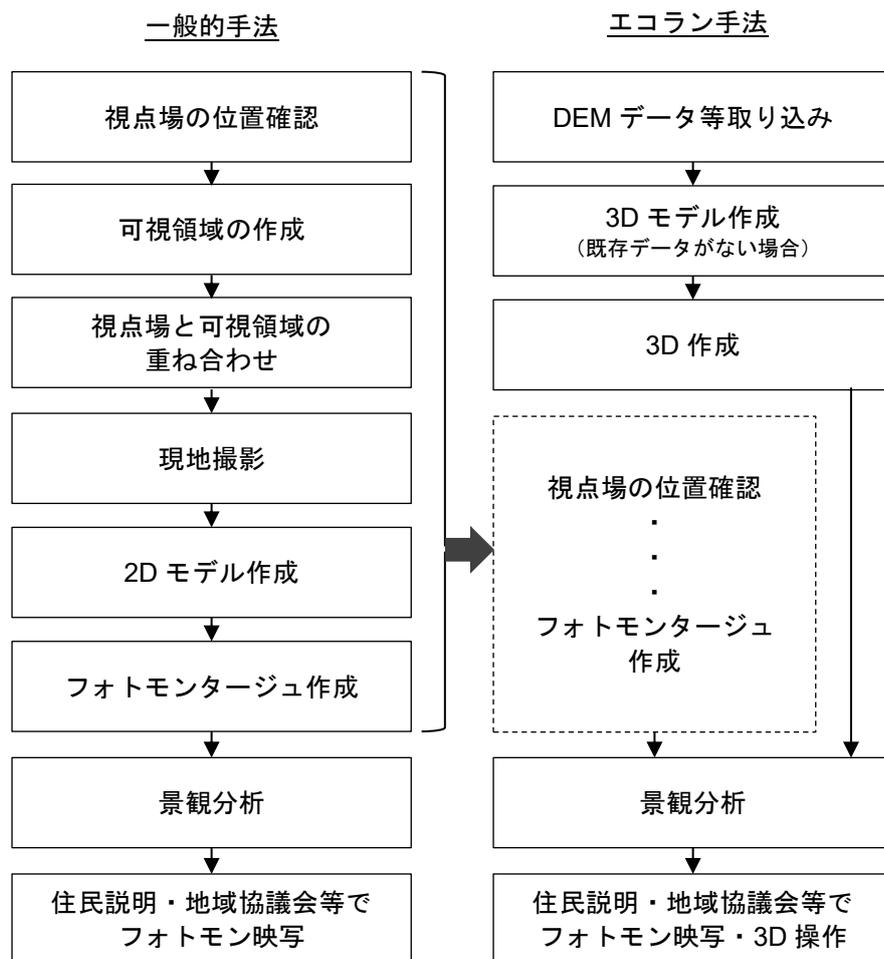


図 11.1.5 一般的手法とエコラン手法の手順の比較

2) 景観分析の所要日数

視点場の位置確認から可視領域の重ね合わせまでで約 1.0 か月、現地撮影で約 0.5 か月（1 週間×2 季節）、2D モデル作成に約 0.5 か月、フォトモンタージュ作成に約 0.5 か月を要し、ここまでで約 2.5 か月です。3D 映像法は、DEM データ等の取り込みで約 1 週間、3D モデル作成に約 0.5 か月、3D 作成で約 1.0 か月を要し、ここまでで約 1.5 か月です。

景観分析は両者とも約 0.5 か月を要します。

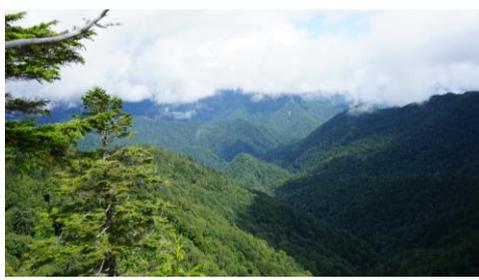
合計すると、一般的手法の所要日数は、約 3.0 か月です。エコラン手法の所要日数について

でも同じく約 3.0 か月です (3D 映像法は約 2.0 か月要しますが, フォトモンタージュ法 (約 3.0 か月) と並行作業で対応可能)。

3) 景観分析の結果

地表調査段階, 坑井調査段階, 環境アセス段階に応じた視点場からの見え方について, 結果を以下に示します (表 11.1.1)。

表 11.1.1 景観分析の結果

項目	写真	3D 画像
地表調査段階 (重要な視点場・遠景)		
坑井調査段階 (主要な視点場・中景)		 <p data-bbox="1007 1205 1254 1238">発電所を設定した場合</p>
環境アセス段階 (特定視点場・圍繞)		 <p data-bbox="1007 1682 1254 1715">のり面を緑化した場合</p>

11.1.3 土地利用計画（基本計画レベル）

1) 土地利用計画（基本計画レベル）の策定手順

自然公園内における土地利用計画（基本計画レベル）は、環境に配慮しつつ、目的とする施設を建設することに主眼を置いた設計とするのが一般的手法です。そのため、切土・盛土の増大や水みちのルートが変わってしまう設計となる場合もあります。

エコラン手法は、パタン参考集を活用し、ランドスケープ・アーキテクトが関与します。地形からエコシステム（水みち等）、特定視点場などを読み取り、パタン参考集を活用してエコシステムと施設機能とデザインを同時に解決する設計手法です。

それぞれの手法の手順を以下に示します（図 11.1.6）。

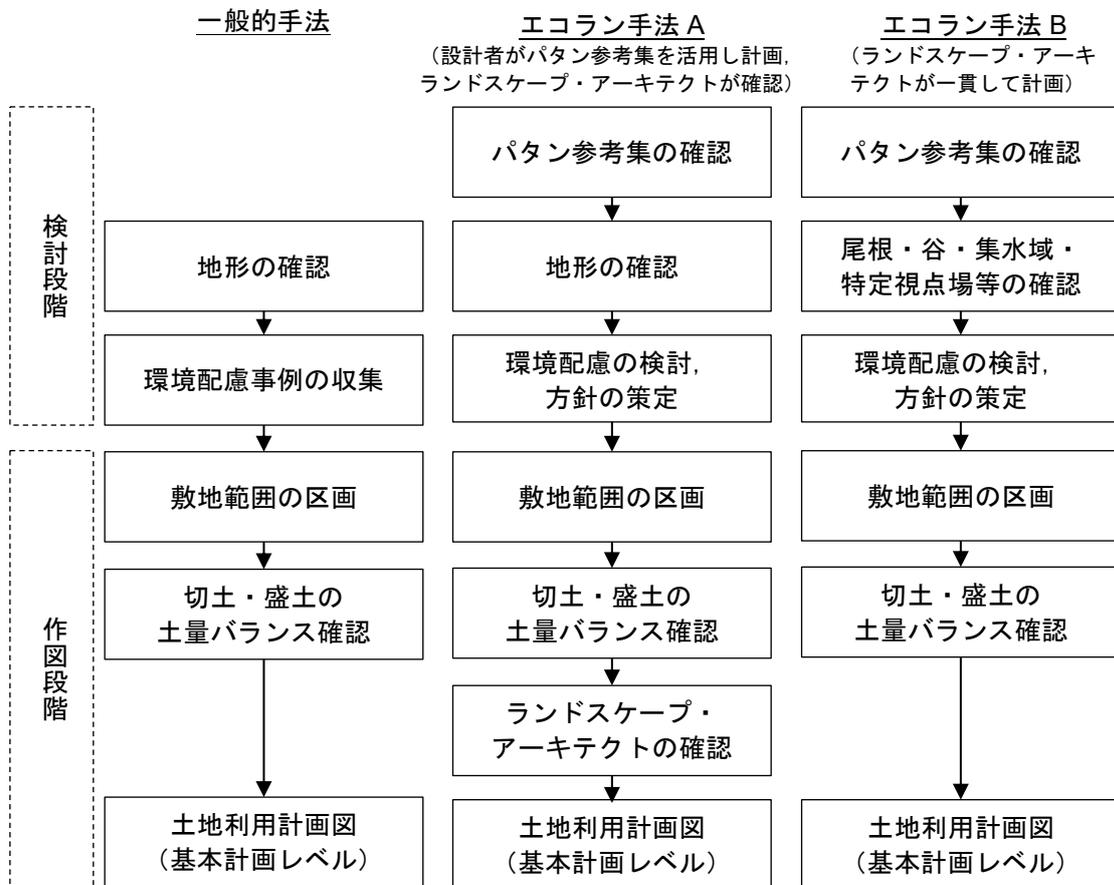


図 11.1.6 一般的手法とエコラン手法の手順の比較

2) 土地利用計画（基本計画レベル）の所要日数

検討段階の所要日数は、一般的手法では約 0.5 か月、エコラン手法 A ではエコラン手法に不慣れた土木設計者がパタン参考集の確認、方針策定に時間を要するため約 1 か月、エコラン手法 B ではランドスケープ・アーキテクトが行うため約 0.5 か月を要します。

作図段階では、一般的手法では約 1 か月、エコラン手法 A ではランドスケープ・アーキテクトの確認に時間を要し約 1.5 か月、エコラン手法 B では約 1 か月を要します。

合計すると一般的手法で約 1.5 か月、エコラン手法 A で約 2.5 か月、エコラン手法 B で約 1.5 か月を要します。

3) 土地利用計画（基本計画レベル）の策定結果

坑井調査段階にある事業地を想定し、次工程である発電所建設候補地の土地利用計画（基本計画レベル）の策定を試みました。GIS 解析により複数の発電所建設候補地が浮かび上がりましたが、ここでは 1 箇所の候補地について敷地の必要面積をおよそ 3ha と設定し、3 プランの土地利用計画を策定、比較することとしました。

① 一般的手法（目的とする施設を建設することに主眼を置いた計画）

敷地面積の確保を最優先に、切土・盛土の土量バランスを考慮して造成範囲を設定しました。その結果、敷地面積は広く、発電所施設の配置の制約はなく、施工しやすくなりますが、切土・盛土による周辺の地形改変面積が大きくなりました。

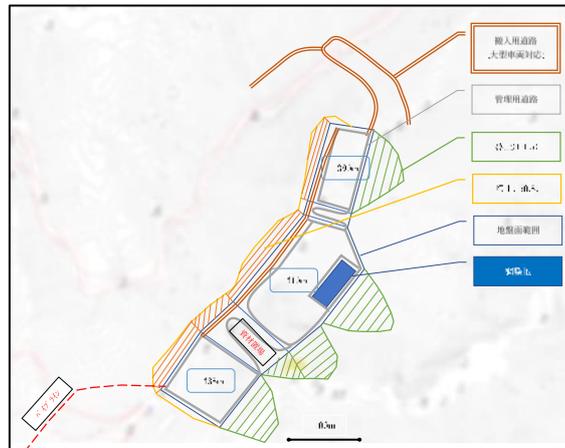


図 11.1.7 一般的手法の平面図

② エコラン手法 A（設計者がパタン参考集を活用し計画，ランドスケープ・アーキテクトが確認）

パタン参考集を活用し、現地に適用可能と思われる配慮手法パタンを設計に反映しました。その結果、8 つの配慮手法パタンを適用でき、敷地面積は発電所施設等の主要施設のみとし、資材置き場等は敷地外として最小化を図る考えに至りました。切土・盛土による地形改変面積は一般的手法よりも、少し低減できました。



図 11.1.8 エコラン手法 A の平面図

③ エコラン手法 B (ランドスケープ・アーキテクトが一貫して計画)

ランドスケープ・アーキテクトがパタン参考集、過去の実績およびエコラン手法の三要素・三原則を念頭に計画しました。その結果、尾根や谷を活かした造成面とし、切土・盛土による周辺の地形改変面積が最小となるよう、補強土壁工法やトンネル工法を採用しました。全体計画、造成計画、排水計画、造成地盤の方針が明確に示されました。

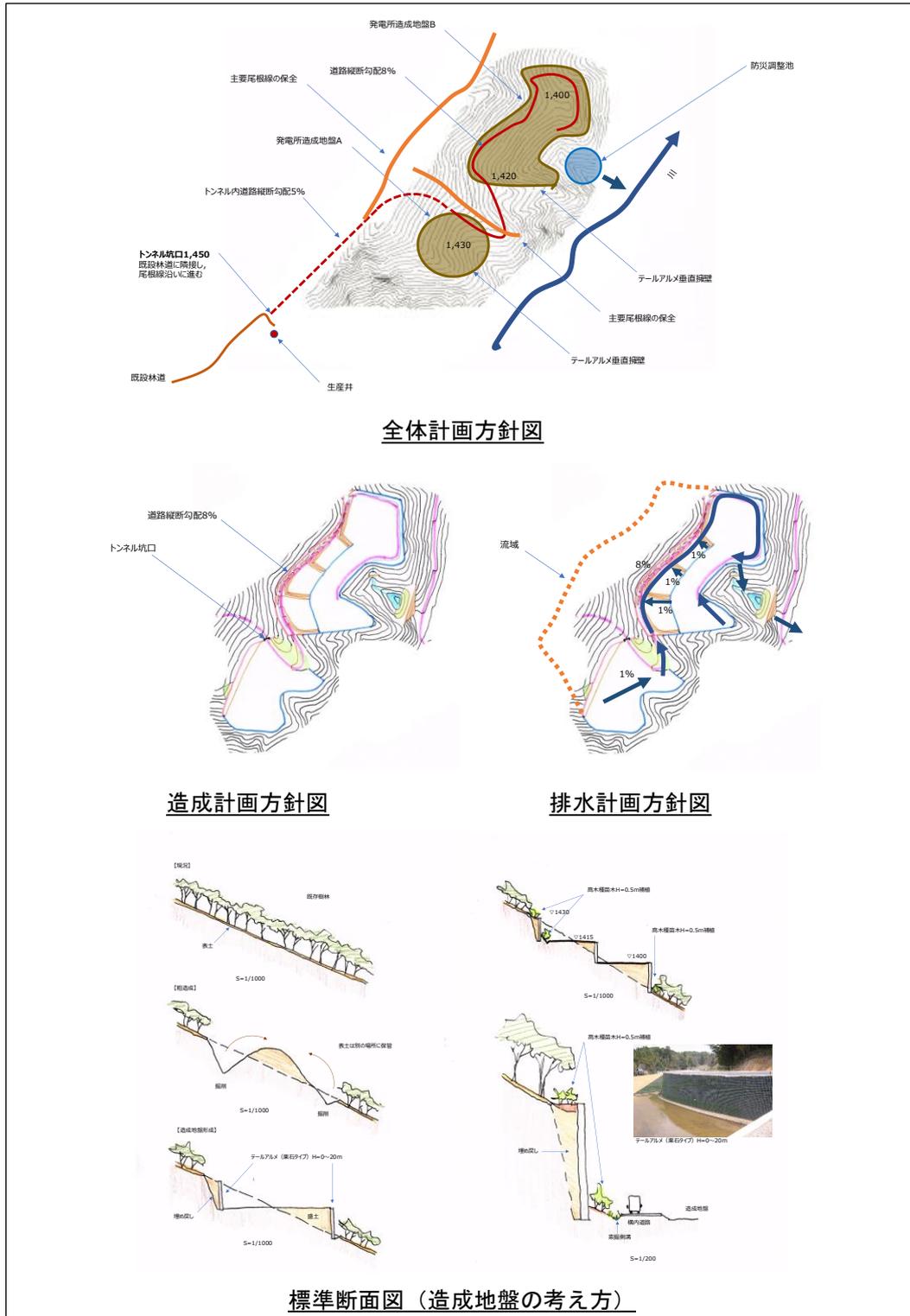


図 11.1.9 エコラン手法 B の平面図

11.1.4 土地利用計画（基本設計レベル）

1) 土地利用計画（基本設計レベル）の策定手順

自然公園内における土地利用計画（基本設計レベル）は、人工的なものを隠すことに主眼を置いた設計とするのが一般的手法です。そのため、施設の機能やメンテナンス効率が低下する設計となる場合もあります。

エコラン手法は、パタン参考集を活用し、ランドスケープ・アーキテクトが関与します。人工的なものを無理して隠すのではなく、景観形成のポイントとなる特定視点場を見出し、エコシステムと施設機能とデザインを同時に解決する設計手法です。

それぞれの手法の手順を以下に示します（図 11.1.10）。

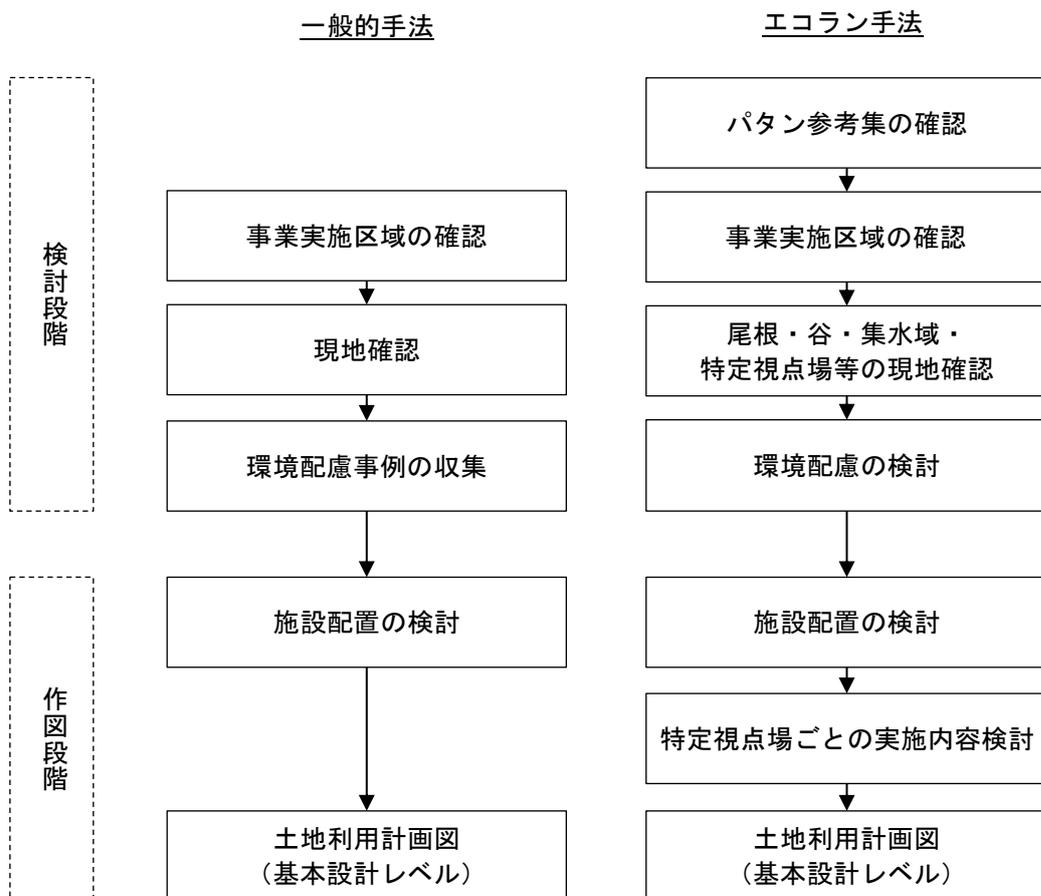


図 11.1.10 一般的手法とエコラン手法の手順の比較

2) 土地利用計画（基本設計レベル）の所要日数

検討段階の所要日数は、一般的手法では環境配慮事例の収集に時間を要するため約 0.5 か月、エコラン手法では方針策定の検討に時間を要しますが、パタン参考集により環境配慮の検討時間は短縮できるため、一般的手法同様に約 0.5 か月となります。

作図段階の所要日数は、一般的手法では図面のみのため約 1 か月、エコラン手法では特定視点場ごとの検討があるため約 1.5 か月が必要となります。

合計すると一般的手法で約 1.5 か月、エコラン手法で約 2.0 か月を要します。

3) 土地利用計画（基本設計レベル）の策定結果

環境アセス段階にある事業地において、発電所建設の土地利用計画（基本設計レベル）の策定を試みました。すでに主要な発電施設（タービン建屋、冷却塔、坑井基地等）の配置は決定していたため、配管や緑化の整備について一般的手法とエコラン手法の土地利用計画を策定し、比較することとしました。

なお、あくまで策定内容を比較したものであり、エコラン手法の成果を施工した結果を示したものではありません。

① 一般的手法（人工的なものを隠すことに主眼を置いた設計）

施設管理上、配管は一定勾配で送水するルートが理想的なため、発電所のシンボルとなる池の手前を約 5m の高さで横断する予定でしたが、池に対する景観に配慮し、林道の下を横断させ、配管を隠す計画としました。

緑化計画は、自然公園の法面緑化指針に則り、ストックした表土の埋土種子、公園内の植物の移植、自然侵入促進のり面工を採用する方針とし、土壌が露出する箇所を緑化する計画としました（詳細図は省略）。

② エコラン手法（ランドスケープ・アーキテクトが一貫して設計）

ランドスケープ・アーキテクトが現地確認し、事業地内で複数の特定視点場を見出し、施設機能を考慮しながら、配管ルートや緑化方法を設計しました（表 11.1.2）。

シンボルとなる池の手前の配管については、特定視点場①から架台が見えないようにして、配管は林道上空を通し、左右の樹木を活かすことで額縁効果²⁴が得られるため、池の景観を阻害しないと判断しました。同時に、一定勾配の配管ルートとなるため、林道周辺を掘削する地形改変、施設機能の低下、景観阻害を同時に回避する設計となりました（図 11.1.11）。

のり面に対する緑化は、特定視点場②から見える配管、背景となる地形や既存林を活かし、将来樹高を考慮した樹種（自生種）を配置することで、さらに景観性を向上させる設計としました（図 11.1.12）。その他の特定視点場については、省略します。

表 11.1.2 現地確認の状況

特定視点場① 池の前にて	特定視点場② のり面前にて
	

²⁴ 視対象を額縁で囲むように見せる構図とすることで、視対象をより引き立たせる効果をいう。

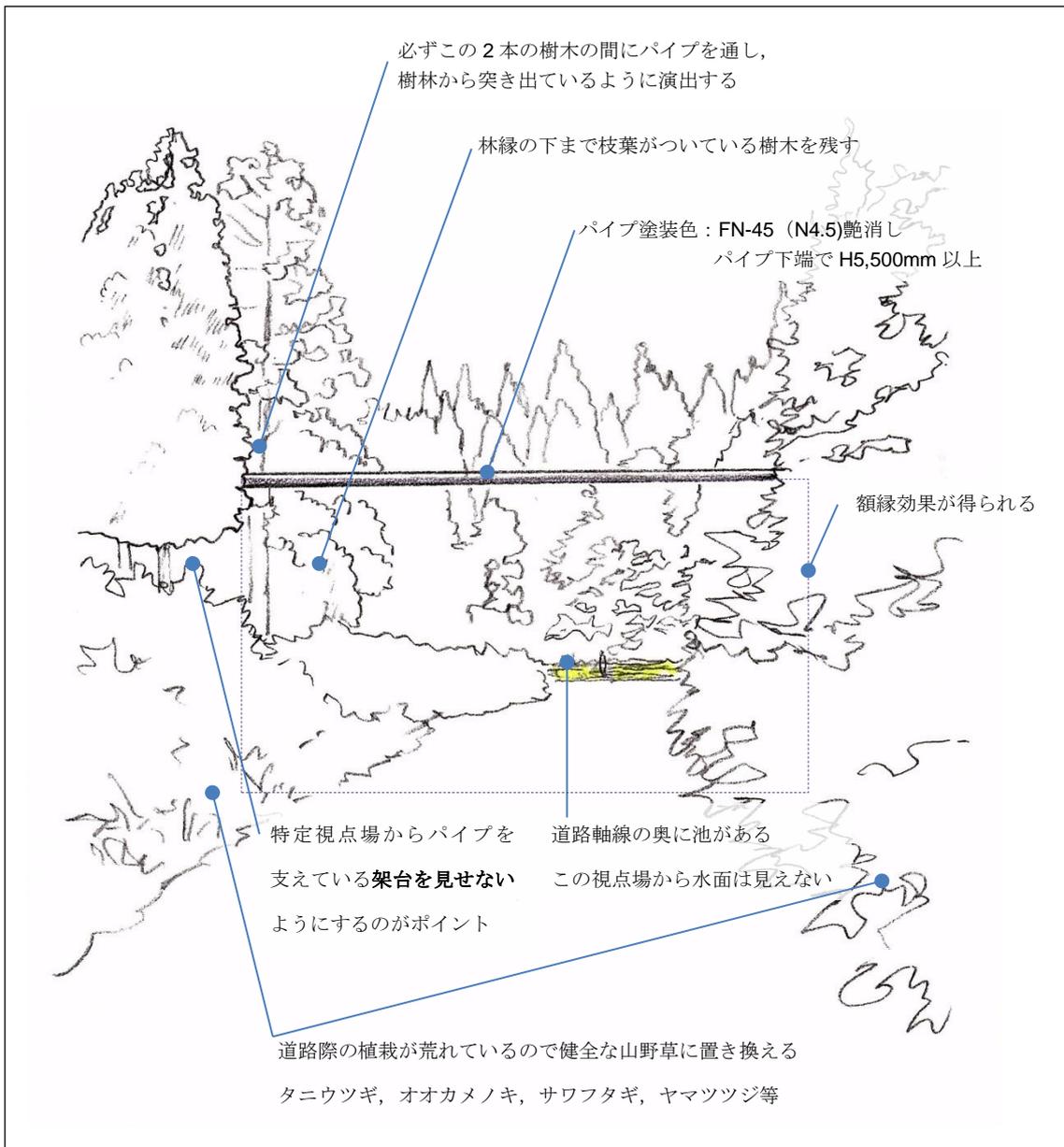
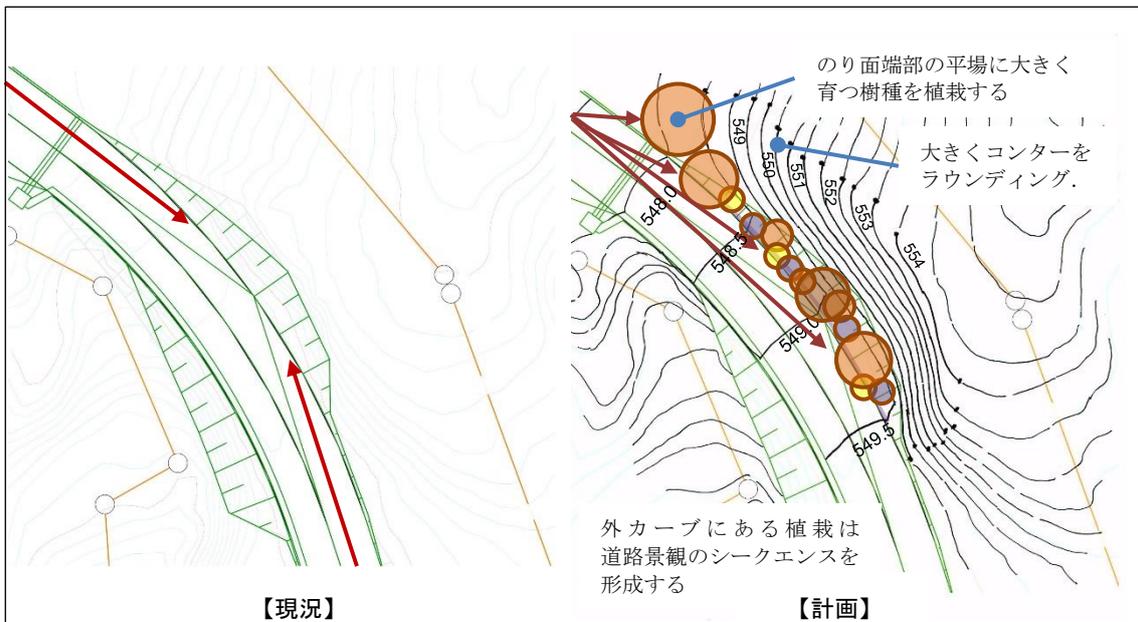
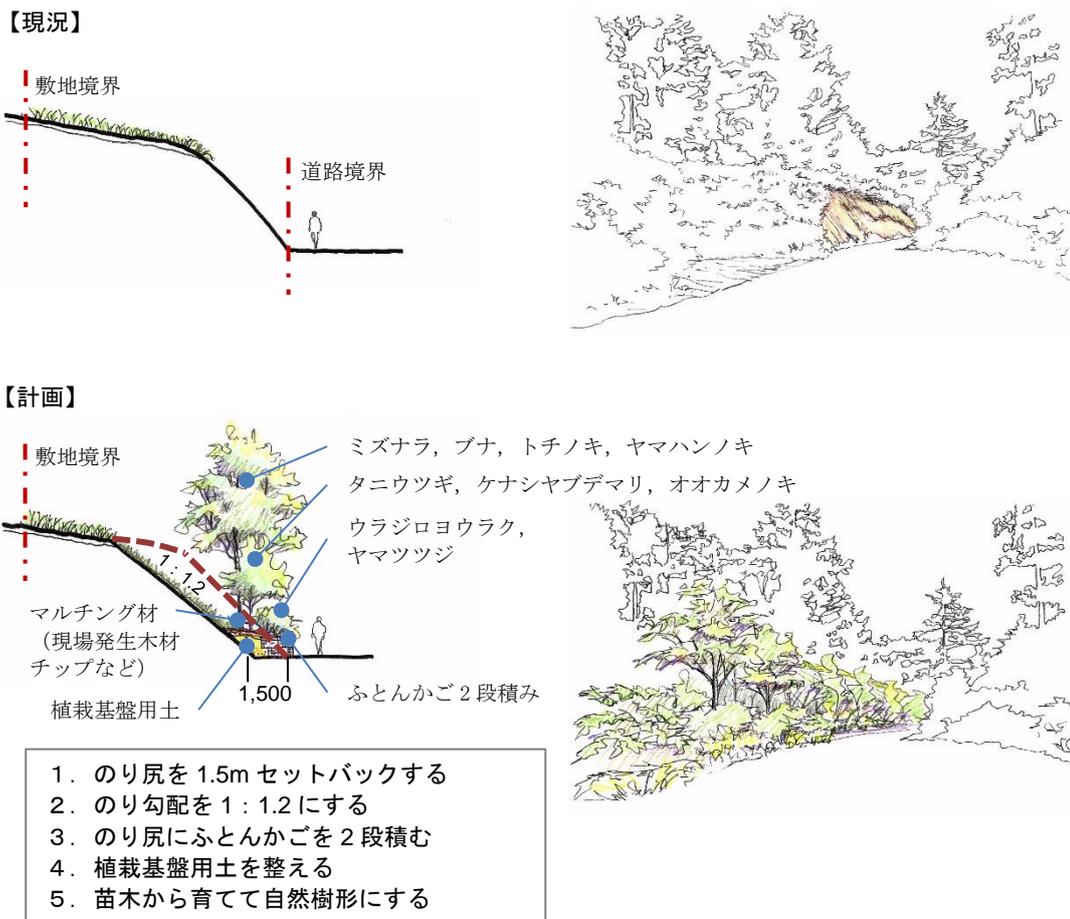


図 11.1.11 特定視点場①からのデザイン



緑化平面図



断面図・パース

図 11.1.12 特定視点場②からのデザイン

11.2 地表調査・坑井調査段階で行うべき自然環境調査

11.2.1 自然環境調査（動植物・生態系・猛禽類・景観調査）の必要性

地熱発電所の建設方針が固まれば、環境影響評価手続きのため指針で定められた項目について本格的に環境調査が行われることとなります。しかし、地表調査・坑井調査段階（以下「資源調査段階」という。）では環境調査について定められた指針がなく、事業者が独自に判断して調査を進めています。

ここでは、資源調査段階においてあるべき環境調査について、先行事例等を用いて解説します。

自然公園内の特別地域内における自然環境調査を必要とする根拠には、以下の三つ法令等があります。

1) 自然公園法

第 20 条 第 3 項 行為の許可申請に係る行為，第 11 号「高山植物その他の植物で環境大臣が指定するものを採取し，又は損傷すること。」にあるように指定植物等の損傷はできるだけ避けることを求めていることから，**地形改変面積の多少にかかわらず**，少なくとも植物の調査を実施することが必要です。

一方で，**申請行為の場所の面積が 1ha 以上の場合等**は大規模開発に当たり，動植物，景観等自然環境に関する**四季の調査**により対応することが一般的です。動植物は哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類・魚類・昆虫類・底生動物の項目，植物は植生，植物相，大径木，景観は眺望景観が対象となります。

2) 環境省通知

優良事例形成に向けた特段の取組として例示されたもののうち「自然環境・風致景観への適切な配慮」を目指す場合には，自然環境の概況把握が必須であり，そのため，動植物全般の調査，景観の調査を行い環境配慮の検討を実施することが求められます。

3) 希少猛禽類に対する調査指針

希少猛禽類については，環境省の猛禽類に対する保全指針である「猛禽類保護の進め方（イヌワシ・クマタカ・オオタカ）」、「サシバの保護の進め方」，「チュウヒの保護の進め方」等の策定趣旨を踏まえ，開発事業を行う者は企業の社会的責任のもと調査を実施しています。

11.2.2 資源調査段階における自然環境調査の事例

表 11.2.1 に示すように、自然公園内における地熱開発の三つの先行事例では、いずれも動植物調査の四季の調査を 1 回は行っており、また、坑井基地等の地形改変周りの植物調査もその都度実施し、移植等の対応を行っています。

A 地区では、重要な動物としてトウホクサンショウウオの移植のほか、大径木の調査と保全も行っています。

B 地区では、景観調査を毎年行い、櫓の設置、噴気試験に対する影響予測も綿密に行っています。

C 地区では、坑井調査の途中から自然環境調査に取り組み、重要なコウモリ類の生息地の保全対策とモニタリングも行っています。

なお、希少猛禽類調査については、A、B 地区は初年度から、C 地区は坑井調査の途中から継続して調査を行っています。

表 11.2.1 自然公園内の資源調査段階における自然環境調査の事例

地区	項目	内容	地表調査段階				坑井調査段階																
			1年次				2年次				3年次				4年次				5年次				
			春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	
A地区 [国定公園] (3特)	猛禽類調査																						
	生態系調査(動物)	哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類・昆虫類・魚類・底生動物																					
	生態系調査(植物)	植生・植物相																					
	植物調査	重要な植物・植生・大径木																					
	重要な動物調査	トウホクサンショウウオ調査(移植モニタリング含む)																					
	重要植物移植・生育モニタリング	重要な植物																					
	景観	眺望景観・囲繞景観	年に1回程度、専門家による現地視察により工事に対する景観対策の検討																				
B地区 [国立公園] (3特)	猛禽類調査																						
	生態系調査(動物)	哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類・昆虫類・魚類・底生動物																					
	生態系調査(植物)	植生・植物相																					
	重要植物移植・生育モニタリング	重要な植物																					
	景観	眺望景観																					
	C地区 [国定公園] (2特)	猛禽類調査																					
生態系調査(動物)		哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類・昆虫類・魚類・底生動物																					
生態系調査(植物)		植生・植物相																					
重要な動物調査		コウモリ類調査(生息モニタリング含む)																					
重要植物移植・生育モニタリング		重要な植物																					
景観		眺望景観	年に1回程度、専門家による現地視察より工事に対する景観対策の検討																				

注：■は調査を実施したことを示す。

11.2.3 資源調査段階における望ましい自然環境調査

「11.2.1」および「11.2.2」を踏まえると、資源調査を地表調査2年+坑井調査3年とした場合の資源調査段階における望ましい環境調査は次のとおりです。

1) 生態系調査（動物・植物）

地熱井掘削工事に着手する前の地表調査段階において、地熱井掘削基地や工所用道路及び将来的な地熱発電所建設を想定した地域を含み比較的広い範囲で、動物は①哺乳類、②鳥類、③爬虫類、④両生類、⑤魚類、⑥昆虫類、⑦底生動物、植物は①植生、②植物相について、特に重要種の生息・生育分布状況や注目すべき生息地・生育地の状況を把握するため、四季を通じた調査を行います。

なお、調査前に文献調査によって地域の生態系の状況を把握しておくことが望ましいです。

表 11.2.2 自然公園内の資源調査段階における生態系調査

項目	内容	地表調査段階								坑井調査段階											
		1年次				2年次				3年次				4年次				5年次			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
生態系調査 (動物)	哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類・魚類・昆虫類・底生動物																				
生態系調査 (植物)	植生・植物相																				

注1：■は調査を実施することを示す。

注2：四季の調査は工事着手前であればどこから始めてもよい。

2) 重要な植物等調査

地熱井掘削基地等の地形改変場所が明確になった段階で、工事に着手する前に地形改変エリア及びその近傍において、①重要な植物（レッドデータブック掲載種や公園内指定植物等）、②大径木の保全を目的とした調査を行い、それらの保全措置を検討実施します。

移植等の保全措置を実施した場合は、2年程度生育状況等のモニタリングを行い対策の効果の有無を評価します。移植を行う場合は、対象種の生態的特性を十分考慮し、長期的生育を担保できる場所を選定することとします。

なお、地熱井掘削基地は事業の進展で移動することがあるので、そのたび工事着手前に同様の調査を実施します。

表 11.2.3 自然公園内の資源調査段階における植物調査

項目	内容	地表調査段階								坑井調査段階											
		1年次				2年次				3年次				4年次				5年次			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
植物調査	重要な植物・大径木																				
	重要植物移植等対策・生育モニタリング																				

注1：■は調査を実施することを示す。

注2：次年度の地形改変場所の調査は1年前に行うことが望ましい。

注3：モニタリングは対策後2年程度行う。

3) 重要な動物調査

地熱井掘削基地等の地形改変場所が明確になった段階で、**工事に着手する前に地形改変エリア及びその近傍**において、サンショウウオ類など重要な動物（レッドデータブック掲載種等）の生息が明らかになっている場合は、その保全を目的とした調査を行い、それらの保全措置を検討、実施します。

4) 景観

地熱井掘削工事に関わる景観影響として、造成地の出現や櫓の出現があります。主要な眺望地点からの眺望景観に影響を及ぼさないよう、フォトモンタージュ法や3D映像法等による影響予測評価を行うため、景観写真の撮影を行います。

撮影時期は工事を実施する季節を意識して設定します。影響予測の手法は的確な予測が可能な手法とします。

なお、坑井基地が移動する度、写真撮影をすることが望ましいです。

5) 希少猛禽類調査

地熱開発を計画する場所では、ほとんどの場合希少猛禽類の生息が想定されるため、希少猛禽類調査を行うことが望ましいです。調査は年間を通じて行われることが多くなっています。

猛禽類調査は、その目的から**3つのフェーズ**に分けられます。

なお、調査は、環境省の指針である「猛禽類保護の進め方（イヌワシ・クマタカ・オオタカ）」、「サシバの保護の進め方」、「チュウヒの保護の進め方」に準じて実施します。

表 11.2.4 自然公園内の資源調査段階における希少猛禽類調査

項目	内容	地表調査段階								坑井調査段階											
		1年次				2年次				3年次				4年次				5年次			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
猛禽類調査		→																			
	生息概況調査	■	■	■	■																
	生息実態調査					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	生息モニタリング調査									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

① 生息概況調査

地表調査段階の初年度に工事に着手する前に行う調査です。

調査の目的は、調査地域に生息する希少猛禽類を把握し、**事業とのかかわりのある種・ペアを特定**することです。

猛禽類が当該地域で繁殖している個体かどうかを確認するため、繁殖を含む調査時期を設定することが重要です。

② 生息実態調査

事業と関わりのある種・ペアを対象とした調査で、生息概況調査結果を引き継ぎ、地表調査段階や坑井調査段階の初期に行う調査です。新たな対象種・ペアが確認された場合は改めて調査を行うことになります。

調査の目的は、**対象種・ペアの生息実態（行動圏内部構造）を把握し、地熱井掘削等の工事による影響予測及び保全措置を検討すること**です。

③ 生息モニタリング調査

工事に着手した坑井調査段階で行う調査です。

調査の目的は、地熱井掘削等工事中において、**対象種・ペアに対する工事による影響が無程度を把握し、必要に応じ保全措置の見直しを行うこと**です。

6) その他の調査

クマガラ・シマフクロウ等、猛禽類以外の特に重要な動物の生息が明らかな場合は、種の生態特性を踏まえ、生息実態把握に必要な範囲において、適切な手法・時期に実施することが望ましいです。

11.2.4 自然環境調査結果の活用法

1) 事前環境調査として活用

環境影響評価手続きに際して、生態系の調査に関わる注目種の特定ができていなければ、正確な調査計画を立てることができず、手戻りを生ずる可能性が高まります。生態系の注目種の選定には現地の動植物・生態系の情報が極めて重要です。事前環境調査を行っておくことで、その懸念を解消できます。

2) 優良事例としての取組

自然環境調査の結果を踏まえ、資源調査段階で環境配慮を行うことは、優良事例の条件とも合致し、その後の資源調査や環境影響評価手続きに進む上で、環境省や地方自治体の許可に資することになります。

3) 環境影響評価図書への有効活用

自然環境調査を資源調査段階で行っていれば、その結果を環境影響評価手続きの**配慮書、方法書、準備書**に活用することができます。それにより、準備書作成のために行う一部の調査も簡略化を図ることが可能となります。

「11.2.2」で紹介した事例のうち、A地区では、配慮書に資源調査段階の調査結果を取り込み、より精度の高い計画段階の影響予測ができ、評価されています。また、猛禽類調査や植生調査等では資源調査段階の調査結果をそのまま準備書に取り込んでおり、調査の簡略化に繋がりました。

11.3 回避・低減・代償

環境保全措置の考え方として、開発地内（オンサイト）における回避・低減・代償、開発地外（オフサイト）における代償があります。特に発電所建設は環境影響が大きいいため、動植物の生息・生育状況、風致景観、水系も含めた生態系への影響などを考慮して、施設の配置等を工夫するなどにより、環境影響の回避・低減・代償が図られること^{環境省通知 p14}が重要となります。

下図にその概念を示します（図 11.3.1）。

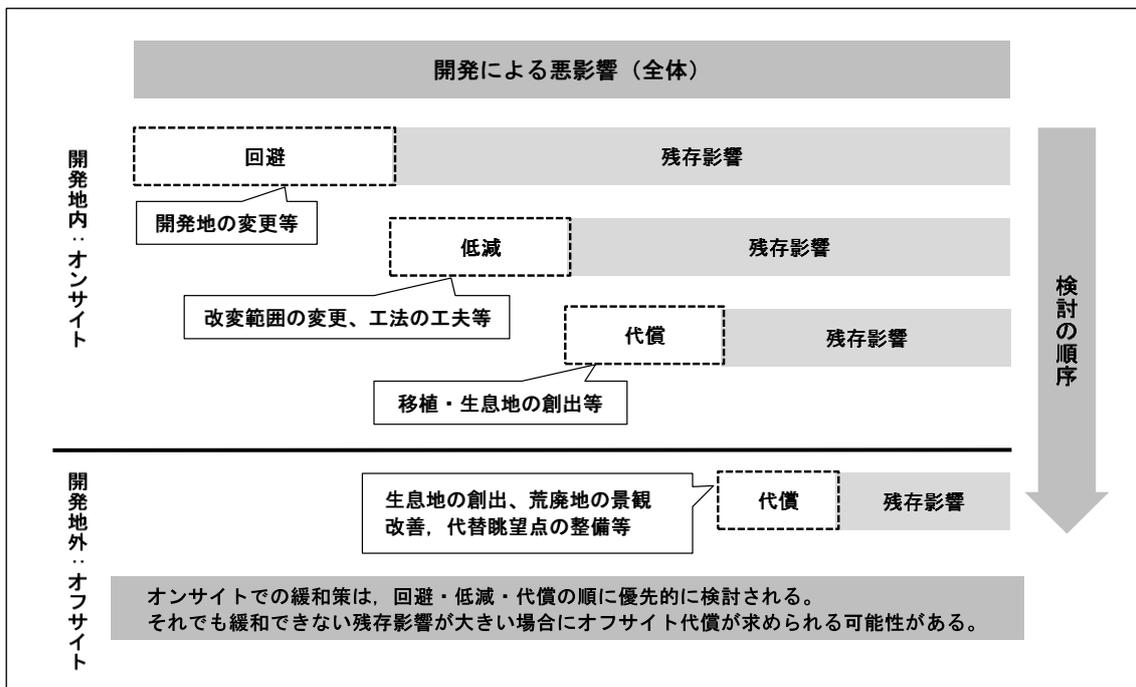


図 11.3.1 回避・低減・代償措置の検討順序

次に、GISを活用したオフサイト代償の適地抽出について紹介します。

自然公園内の開発において、回避・低減できない残存影響が大きい場合、オフサイト代償によって、残存影響を小さくすることができ、優良事例形成につながる可能性があります。オフサイト代償とは、開発地で緩和しきれない残存影響を、敷地から離れた場所で環境を改善（緑化や生息地保全・創出等）することで、地域全体としての環境影響の低減を試みる取組です。環境省通知では、オフサイト代償の一種と考えられる「周辺の荒廃地」の改善が、特段の取組のひとつとして重視されています。

自然公園内のオフサイト代償の候補地のひとつとして、人為的改変を受けた後、管理放棄や荒廃した土地（放棄された植林地や耕作放棄地、リゾート跡地等）が想定されます。人口減少や地域経済の衰退にともない、荒廃地の増加が危惧されており、自然環境・景観の両側面から自然公園の質が著しく劣化するおそれがあります。こうした荒廃地を対象に、オフサイト代償として環境改善を行うことは、残存影響の最小化、さらには地域貢献に資する取組になりうると考えられます。オフサイト代償の具体例としては、以下のような取組が想定されます。

- ・ 荒廃した人工林をより自然性の高い広葉樹林へ転換する
- ・ 発電所と周辺の森林景観を調和させるために、隣接する樹林地を緩衝帯として枝打

ちや間伐等の整備を促進する

- ・ 人為改変された芝地（スキー場等）を半自然草地へと転換する等

自然環境と景観の双方からオフサイト代償に適した場所を分析し抽出します。分析結果は、土地所有や地元要望と併せて、オフサイト代償の候補地検討に活用します。

以下、枠組みと適地抽出フローを示します（図 11.3.2, 図 11.3.3）。

使用するデータは、現存植生図、5mDEM、主要な道路・登山道のラインデータとしました。自然環境は、植生図凡例から、今後、管理低下による放棄・荒廃が懸念される人為改変地を抽出します。一方、風致景観は、主要な道路・登山道上に 10m 間隔で設定した視点からの可視領域を分析し、被視頻度²⁵を算出します。両者を合わせて、オフサイト代償に適した場所を地図上に示し、オフサイト代償の適地図を作成します。

オフサイト代償の適地が図化されることで、将来的に荒廃が懸念されつつ、視認性が高い場所を把握することができるようになります。また、地域貢献につながりやすいオフサイト代償の候補地を検討することが容易になります。

最近の動きとしては、環境省において「民間取組等と連携した自然環境保全（OECM）の在り方」に関して検討会²⁶が行われており、オフサイト代償の候補地を検討する上で、今後の展開に注目する必要があります。

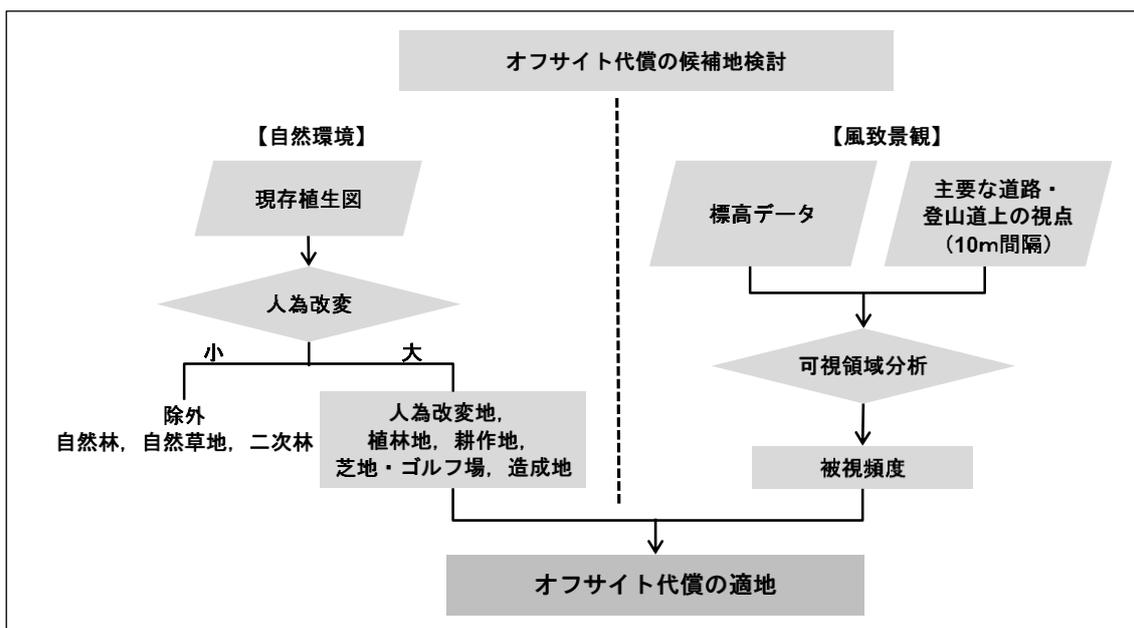


図 11.3.2 オフサイト代償の適地抽出の枠組み

²⁵ 複数の視点から見られる頻度のこと。メッシュごとに可視と判断された頻度を算出。

²⁶ 環境省ホームページ：「民間取組等と連携した自然環境保全（OECM）の在り方に関する検討会」（<https://www.env.go.jp/nature/oecm.html> 最終閲覧日 2021年5月20日）

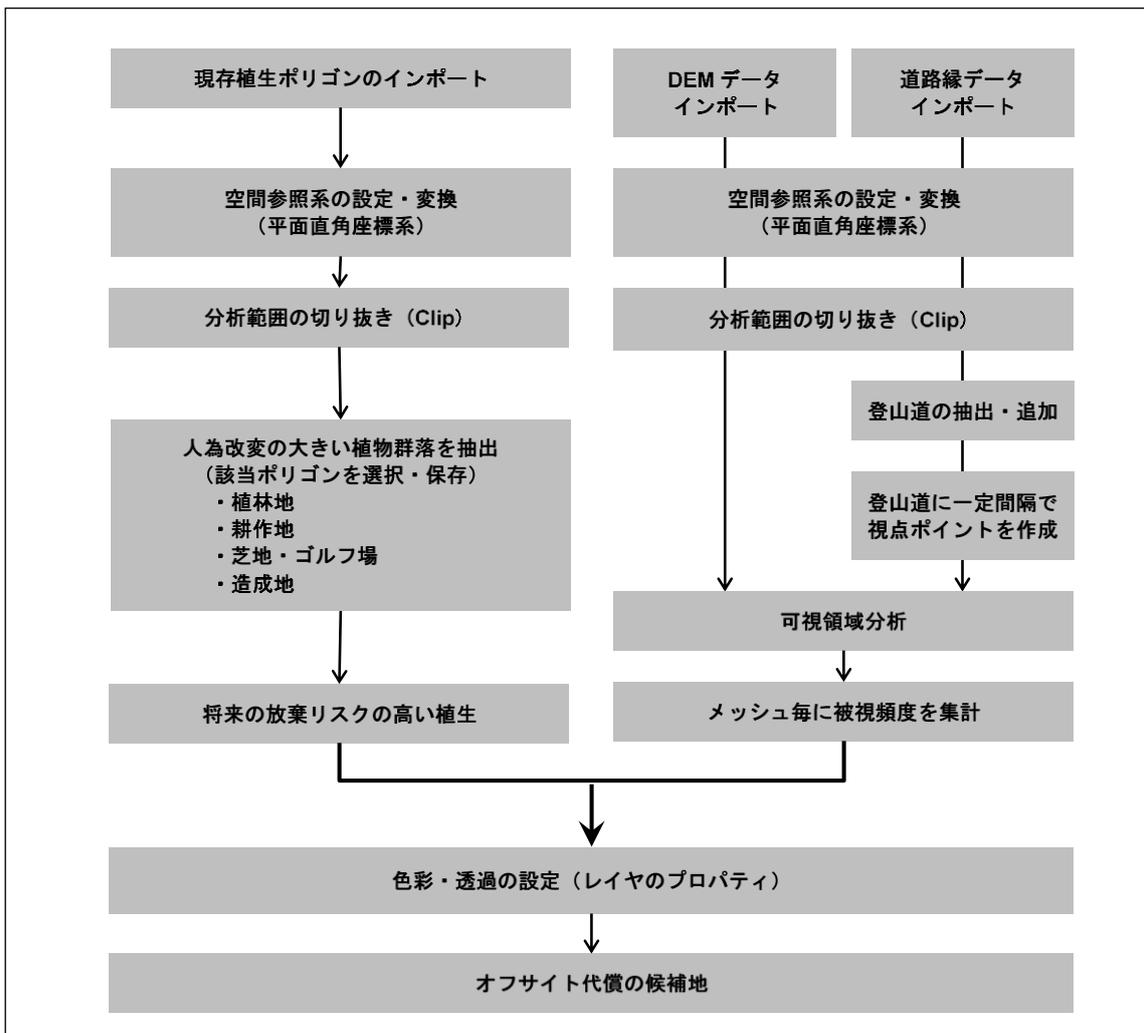


図 11.3.3 オフサイト代償の適地抽出フロー

11.4 地域貢献

地熱開発事業に求められる^{環境省通知2。(2)ウ}地域貢献の事例を紹介します。

11.4.1 ジオサイト²⁷候補地

優良事例形成を目指した地域貢献策として、「ジオパーク²⁸」が挙げられます。ジオパークは、地域主導で全国に取組が拡大しており、国立公園・国定公園と重複する場合も多く、環境省も積極的に支援を行っています。地熱資源を活用する地熱発電は、ジオパークの重要な見どころとなる可能性があります。これまでも既存の地熱発電所が取り組んできた、見学者受入やPR館の整備等に加えて、ジオパーク推進に取り組んでいくことで、地域との連携を強化し、地域と共生した地熱発電所を推進していくことができると考えられます。

地熱発電所の開発に伴うジオパーク推進策の一例として、以下の取組が想定されます。

- ・ 当該地域に休憩施設や学習施設が不足している場合に、地熱発電所へのビジターセンターの併設を検討する
- ・ 周辺のジオサイト候補地と発電施設や坑井基地を一体的に見学できるよう、敷地内や周辺にフットパスや展望台、案内表示板等を新規で整備する

次に、GISを活用したジオサイト候補地の抽出について紹介します。

ジオパークとの連携を見据えた地熱発電所を計画していくためには、計画地周辺のジオサイトの候補となる場所がどこに分布しているかを予め把握して、ジオサイト候補地を抽出します。

以下に、分析枠組みと分析フローを示します（図 11.4.1、図 11.4.2）。

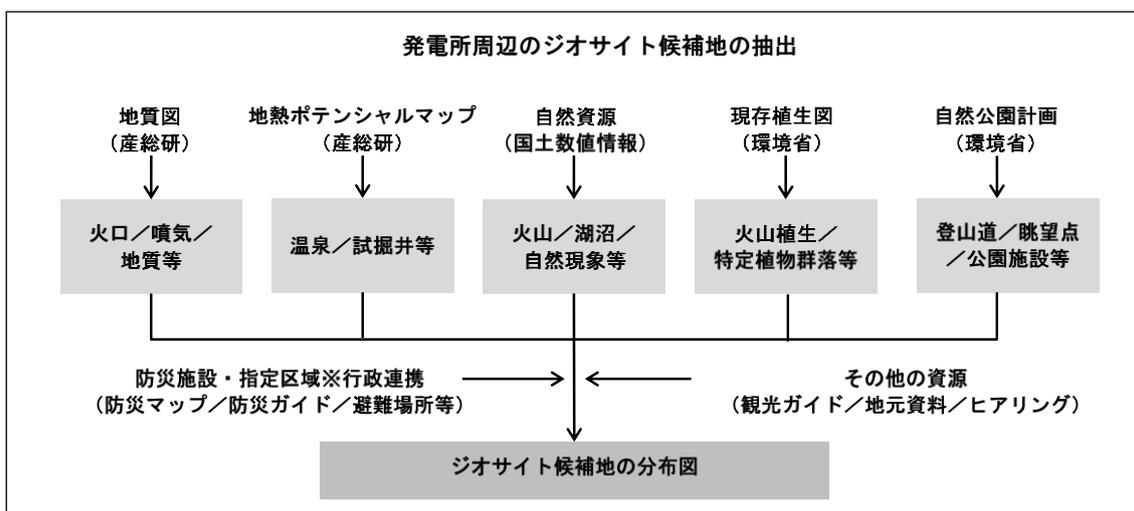


図 11.4.1 ジオサイト候補地の分析枠組み

²⁷ ジオサイトとは、ジオパークを特徴づける見学場所や施設のことを指す。

²⁸ ジオパークとは、「ジオ（大地）」と「パーク（公園）」を組み合わせた用語であり、地球の遺産（地形・地層・火山等）を守りつつ、観光・教育へ活用することで持続可能な開発を目指す地域のことを指す。

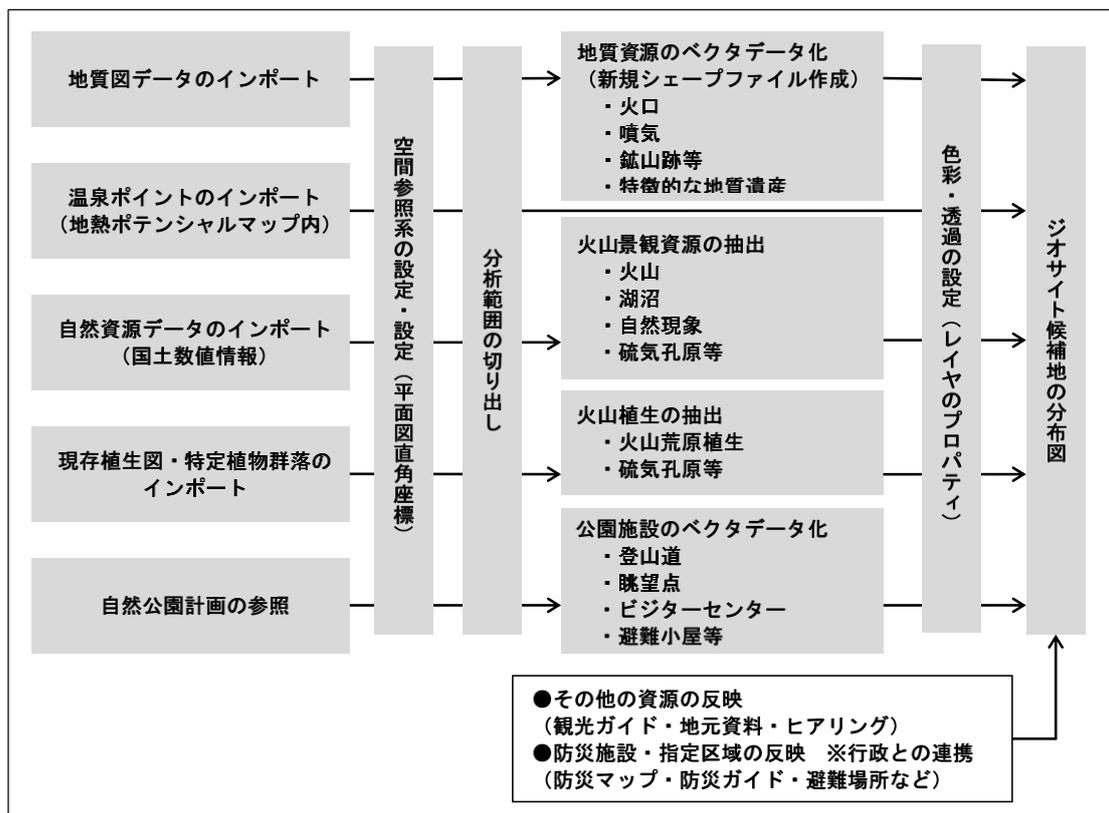


図 11.4.2 ジオサイト候補地の分析フロー

11.4.2 その他の地域貢献

前項で紹介したほかに、考えられる地域貢献を例示します。

- ・ 林道を補修する。
- ・ バス停を設置する。
- ・ 廃屋を再利用または改築や解体新築を行い、事務所等として継続的に活用する。
- ・ 使われなくなった温泉井戸を観測井として利用する。
- ・ 周辺の登山道を整備する。
- ・ 廃熱を利用して福祉施設や農業に利用する。
- ・ 地元企業へのアウトソーシングにより新たな雇用を創出する。
- ・ 開発地外の荒廃地をオフサイト代償の適用地とする (11.3 参照)。

11.5 予防原則の考え方の該当箇所

環境省通知の解説 6 ページ「③予防原則の考え方を念頭にした環境配慮の実施」には、次の解説が記載されています。

〈解説〉

・ 予防原則の考え方を念頭に、科学的に因果関係が証明されていない影響についても事業者が過去の影響事例を広く精査し、それに基づいて事前の調査、環境配慮、モニタリングを計画、実施することで、継続的に将来にわたる影響の有無や程度を予測し、開発計画に反映していくことが優良事例の形成の上で重要である。

エコランセットにも、この解説に該当すると考えられる箇所があるので、以下に例示します。ただし、予防原則の考え方が端的に表現された部分を例示したに過ぎませんので、当該地域において、環境省通知の解説が意図することをどのように反映させるか、関係者間で共有しておく必要があります。

「予防原則」が盛り込まれた背景について、環境省通知が示達される前に議論が交わされた「国立・国定公園内の地熱開発に係る優良事例形成の円滑化に関する検討会（平成 26, 27 年度）」の議事要旨（環境省 HP）から読み解くことで、より一層理解が深まります。

11.5.1 エコラン・マニュアル（本書）の該当箇所

ランク区分表における「その他重要な保全項目」は、その地域に特有の保全項目であることが多く、そもそも類例が少ないため、事業の早い段階で過去の影響事例を広く精査し、継続的に将来にわたる影響の有無や程度を予測し、ランク区分の適切性を検討する必要があります。この検討を行うことが「予防原則の考え方」にも通じ、優良事例の形成に寄与することと考えられます。

表 11.5.1 マトリクス法ランク区分表の抜粋

環境配慮の要求	ランク区分	自然環境の検討				
		現存植生 ^{※1}		水系	その他重要な保全項目 ^{※2}	
		植生自然度	区分基準 【総称】	累積流量 (セル)	(例) 重要な動植物の 生息・生育地 ^{※3} 当該地区で採用 した保全項目 クマタカ営業地 からの距離	
非常に高い	5	10	【高山植生、湿原等】 高山ハイデ、風衝草原、自然草原等、自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区	—	イヌワシ・クマゲラ営業地およびその周辺	—
高い	4	9	【高木の自然林】 エゾマツ・トドマツ群集、フナ群集等、自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区	9以上	クマタカ営業地	500m未満
			【自然性の高い高木の二次林】			

11.5.2 パタン参考集の該当箇所

パタン参考集の中から、予防原則の考え方に該当すると考えられる内容を抜粋します(表 11.5.2)。

表 11.5.2 配慮パタンと予防原則の該当箇所

パタン	I-8	色に敏感な動物類への配慮（仮設）
配慮の説明		試掘時や施工中に使用する機械や仮設の施設・設備の色を周囲に馴染む色（アースカラー）で塗装して視覚的対策を実施し、色に敏感な動物類に配慮する。
記載事項		猛禽類は視覚に優れているため、明度や彩度が高い色彩によって視覚的影響が出るという意見が出されることがある。
予防原則の考え方とする理由		全ての猛禽類に必ずしも視覚的影響が出るとは限らないが、そのような不確実性のある事象に対しても、「塗装」という対応により、視覚的影響の軽減を図る環境配慮は、予防原則の考え方にかなうものと思われる。
パタン	S-6	計画地周辺の自然再生・環境保全
配慮の説明		発電所計画地周辺の環境保全が必要と判断される場合、計画地の周辺用地を保護区とする。保護区では開発は行わず、自然再生や環境保全のために管理する。
記載事項		保全・再生の効果は不確実性を伴うため、保全措置とモニタリングとを繰り返し、改善を加えながら、順応的な管理を行う。
予防原則の考え方とする理由		保全・再生の効果の不確実性を考慮して、発電所計画地以外をも保護区とすることや、継続的なモニタリングにより将来にわたる影響についても配慮することは、予防原則の考え方にかなうものと思われる。
パタン	S-9	環境保全の共同モニタリングやデータを共有
配慮の内容		発電所開発周辺地域の環境保全に関するモニタリングが継続的に実施されている場合や、新しく実施する場合、開発事業者が環境保護団体等と共同でモニタリングを実施し、データの共有・活用を促し、開発に伴う影響を抑える。
記載事項		環境団体や地域住民との環境保全データの共有や共同モニタリングで、貴重な資源を保全。
予防原則の考え方とする理由		第三者をモニタリングに参画させることで、継続性が担保されるため、将来にわたる影響についても配慮することとなり、予防原則の考え方にかなうものと思われる。

11.6 掘削作業に関する環境保全対策

本項では、掘削設備（掘削機、櫓、サブストラクチャー、泥水タンク、ポンプ、発電機等付属品を含む）の運搬や設置、掘削に係る環境保全対策について述べます。とりまとめに際しては、一般社団法人全国ボーリング技術協会より協力をいただきました。

なお、掘削後に行われる噴気試験での騒音、噴気による樹木への影響等、掘削作業に直接関連のない作業に係る環境保全対策は別途とします。

11.6.1 国内における掘削作業の実情

国内では、地下資源採掘の機会が非常に少ないため、国内メーカーが扱っていない部材は主に米国と中国のメーカーから国内代理店を通して輸入しています。電機制御システムが海外仕様の場合は、トラブル時に対処できる技術者も海外から招くことがあります。部材は複数のメーカーから取り寄せ、組み合わせて一つのリグに仕上げます。坑井基地に運搬する前に工場で仮組み立てを行い、ボルトを通す穴や溶接個所の不具合、材料不足の有無を確認し、必要な修理をします。現地に持ち込んでからの手戻りを無くすための欠かせない確認作業です。

景観に配慮して櫓の部材を塗装する作業も工場で行います。スタンダード型は L 型アングルが軽量のため、人力作業でも塗装できますが、カンチレバー型などの大型の櫓は、クレーンで吊り上げるなど大掛かりとなり、時間がかかります。

国内の掘削工事会社は、日本の狭隘なアクセス道路や限られた敷地面積でも使えるように、海外製品を組み合わせ、運搬、櫓の塗装、組立方法を工夫し、環境影響を回避、低減するための方策を実行しながら、掘削作業に取り組んでいます。

地熱貯留層は概ね地下 1,000m から 3,000m ほどの深さにあり、熱水を取り出せる位置を掘り当てることは経験豊富なボーリング技師でも難しいと言われています。掘削作業は泥水を入れながら岩盤を削っていきますが、地層ごとの空隙率に合わせた泥水供給量の調整、先端ドリルが故障した場合の掘削ルート変更など、臨機応変に問題を解決しながら掘り進めます。

掘削作業は 24 時間、休日も稼働させます。作業を中断すると孔壁の状態が悪化してしまい、坑内メンテナンス作業に数日を要するため、掘削工事会社は連続して掘削作業できる体制を整備します。具体的には消費資材の切れ目のない供給、シフト制を維持するための作業員確保などです。

作業員に対する安全対策も非常に重要です。取り出される熱水は 200℃を超え、有毒な硫化水素が含まれているため、熱水の暴噴防止装置（BOP）の取り付け、硫化水素ガス中毒を防止するためのマスク着用やガス検知ランプの設置などのハード対策は当然のこと、泥水の温度、性状、水位の変化から暴噴の兆候を監視することや事故発生時の対処方法に関する作業員教育などのソフト対策など、ハード・ソフト両面からの徹底した安全管理のもと、掘削作業は行われています。

上記に紹介した課題は一部に過ぎませんが、熱水を取り出すまでに様々な課題を一つひとつ解決させるため、環境配慮の検討、周到な準備、現場での臨機対応などに相当の時間と労力を費やしている実情が伺えます。

11.6.2 掘削設備による環境影響

地熱開発事業で掘削する地熱井は、地熱貯留層の位置や資源量を評価するための調査井、地熱流体を採取し発電するための生産井、地熱流体を地下に返送するための還元井、生産効率が低下した生産井の代替とするための補充井などがあり、それぞれの目的に応じた掘削設備を使います。

水井戸や温泉井に比べ地熱井は掘削深度が深いため、先端のドリルビットに回転力を与える高出力の掘削機、強固な土台（サブストラクチャー）、繋ぎ合わせたパイプを立てるための櫓が必要となり、サブストラクチャーと櫓を合わせた高さは30～50mに達します。森林の樹冠高が概ね20mなので、景観への影響が懸念される理由となっています。また、部材運搬や掘削作業に必要な敷地確保のため、アクセス道路の拡幅や敷地造成にともなう地形改変による環境影響も懸念されています。

11.6.3 環境影響の低減を目指した最近の技術

生産井のスケール除去には、リグの高さが25m程度のコンパクトリグ²⁹が開発され実用化されています。

直近ではJOGMECが平成30年度から「地熱貯留層掘削技術に関する委託研究／地熱井掘削における小型ハイパワーリグ設計・開発」³⁰に取り組んでおり、作業中断時間の短縮化に資する電機制御システムの国産化、14tトラックに積載可能な部材の小型化、敷地面積の低減化など、国内事情に適した掘削技術が開発されました。リグの新規調達にはコストと期間（3年以上）が必要ですが、実用化の目途は立ってきました。

11.6.4 掘削装置の種類と標準的な工事規模

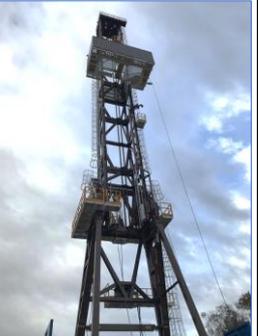
地熱井掘削で使用する掘削装置（櫓、サブストラクチャー、掘削機）の種類と標準的な工事規模を次表に示します（表 11.6.1）。

実際の掘削工事では、自然環境調査の結果や法規制等に準じ、工事規模はできるだけ最小化するよう環境配慮を行いますので、標準的な工事規模に対する環境影響の縮減規模を比較する際に、活用することが想定されます。また、掘削装置は普段、関係者以外に見ることができないため、住民説明や地域協議会、地方自治体等に掘削装置の概要を説明する資料としても活用できると考えます。

²⁹ リグの工期（組立・解体）短縮の目的で平成19年度に開発された地熱井専用コンパクトリグ（HC-2000R）、（株）ワイビーエムが製品化。

³⁰ JOGMECが委託研究として発注（平成30年度から令和2年度まで）し、帝石削井工業株式会社が受託した。

表 11.6.1 掘削装置の標準的な工事規模

事業段階	地表調査段階	坑井調査段階			環境アセス段階 (建設工事、操業段階も同様)			
掘削作業名	地温勾配測定井 (ヒートホール)	構造試験井	調査井		生産井	還元井		
掘削の目的	複数箇所をコアリング掘削を行い、地熱貯留層の位置を解析、推定する。地下の温度状況を把握する。	地下の温度分布、地質構造及び地熱資源の賦存可能性を調査する。コアを採取する。	噴出試験を実施し地熱流体の噴出量、蒸気・熱水の化学成分を調査して、地熱貯留層の賦存状態(面的広がり、深度、熱水性状)を把握する。構造試験井を兼ねる場合もある。		地熱発電用の蒸気を採取するための坑井である。	噴出する熱水及び蒸気凝縮水を地下に還元するための坑井である。		
標準的な工事規模	掘削機	中型スピンドル	スピンドル	スピンドル・ロータリー併用	ロータリー			
		スピンドル掘削機の特徴 スピンドル(回転するための軸)のチャックピース(ロッドを挟み込む装置)で回転する方式→スピンドル長さの数センチ毎にチャックピースの位置を変える。スピンドルにより加圧することも可能である。						
		ロータリー掘削機の特徴 ロータリーテーブル(回転装置)とケリー(回転を伝達する掘管)で回転する方式→トップドライブによる方式の場合は18m~27m以上を連続掘削可能である。ケリー方式は9m(ドリルパイプ1本分)の掘削が可能である。						
	掘削深度	~500m	~1,000m	1,500m~		1,000m~		
	口径	80~150mm	80~100mm	100~216mm		216mm~ 216mm~		
	運搬車両	トラック4~15 t		トラック15t, 最大大型トレーラー20 t				
	道路規格	幅員 4m(直線), 5m~8m(90度カーブ) 最小回転半径 7~12m		4m(直線), 8m~(90度カーブ) 12m~				
	敷地造成	面積※	1,500㎡	2,000㎡	2,000㎡	3,500㎡	6,000㎡	6,000㎡
		縦×横	30×50m	40×50m	40×50m	50×70m	60×100m	60×100m
	取水量	5~15l/hr		30~60l/hr				
槽の型・標準高さ(ブストラップを除く)	スタンダード型(四本槽)	高さ20m	高さ30m	-	-	-	-	
	カンチレバー型(コの字型)	高さ30m	高さ30m	高さ30m	高さ45m	高さ45m	高さ45m	
	ブロック型	-	高さ30m	高さ30m	高さ45m	高さ45m	高さ45m	
	ブストラップ型	-	-	-	高さ45m	高さ45m	高さ45m	
槽の写真特徴	スタンダード型	カンチレバー型	ブロック型	ブストラップ型				
								
	L型アングルを現地で組み立てる。簡易な構造のため、比較的浅く、口径の小さい掘削のとき使用する。部材は国内メーカーがある。コンパクトに収まり、運搬道路および敷地の地形変化は小規模となる。塗装への対応は、アングルが軽量なため、人力で可能である。	地上で槽を水平状態で組立て、大型クレーンで一度に引き起こす。組立てが容易なため、世界の主流である。しかし、国内では広い敷地の確保が難しいため、大型クレーンを使い、縦積みで組み立てる。部材は海外メーカーが多い。塗装はクレーンを使用するため、半年以上前から準備する。	ブロックを積み上げるように、大型クレーンを使って縦積みで組み立てる。国内では使用例が少ない。	油圧シリンダーまたはウインチを使って、槽を下から組立てる。大型クレーンが不要であり、作業領域が狭くてもよい。部材が大型となり、狭い道路での運搬が困難であるため、国内では使用例が少ない。				

注1: 上表は「地熱発電の潮流と開発技術, 福岡邦彦, 2011年」を参考に整理した。

注2: スタンダード型・カンチレバー型・ブロック型の写真提供…日鉄鉱コンサルタント(株)

注3: ブストラップ型の写真提供…帝石削井工業(株)

※ 坑井基地は平坦部が少なく、敷地造成により切土・盛土が生じる。そのため、作業に必要な平坦部の面積に加え、1~2割程度の切土・盛土面積を考慮する必要がある。また、当該地が保安林の場合、保安林内作業許可として、変更行為区域の面積は0.2ha(2,000㎡)未満、切土又は盛土の高さは概ね1.5m未満とされ(令和3年5月現在)、標準的な工事規模よりも狭い面積にも対応するための工夫が必要である。

11.6.5 掘削設備に係る環境配慮

掘削作業の場面に応じた環境配慮を紹介します。パターン参考集より、類似の配慮手法パターン番号を文末の括弧内に示したので参照して下さい。

1) アクセス道路拡幅に対する環境配慮

部材を運搬する際、アクセス道路の拡幅（新設含む）による地形改変をとまなう場合があります。そのため、以下のような環境配慮に取り組むことが考えられます。

【部材の小型化】

- ・最小回転半径が小さいアクセス道路でも通行できるように、分割可能な部材または小型化したシステム等を選択する。海外メーカーから入荷した時点で、そのまま山間部に運搬できない状態の場合は、輸入後に工場で分解し、トラック運搬できるようにする。

【仮設材の活用】

- ・鉄板敷設等により現地盤を改変せず、道路幅を確保する。掘削作業終了後は早期に植生を回復させることができる。

【ルート変更】

- ・やむを得ず道路拡幅を行う場合は、できるだけ植生自然度の低いエリアを通るルートを選択する（Z-2, Z-17, K-7）。
- ・水みちや湿地を保全するため、ルートを変更または仮設の架橋を設置する（M-2）。

【移植】

- ・やむを得ず道路拡幅を行う場所に重要な種がある場合は、移植する（R-17）。

2) 敷地造成に対する環境配慮

敷地造成は地形改変をとまなうことから、以下のような環境配慮に取り組むことが考えられます。

【機材等の配置】

- ・清水ピット上に事務所を設置するなど、立体的な配置により造成面積を小さくする^{環境省通知 p20}（Z-16）。
- ・機材配置をコンパクトにして、造成面積をできるだけ小さくする^{環境省通知 p20}（Z-16）。

【位置変更】

- ・地熱貯留層の中心から水平距離で半径約 1km の範囲内であれば、傾斜掘削で対応し、重要な動植物の生息・生育地への影響を回避する。
- ・重要種の生育地を立入禁止テープ等で養生し、造成範囲から除外する（S-4, S-14, S-19）。

【移植】

- ・やむを得ず敷地造成する場所に重要な種がある場合は、移植する（R-17）。

【緑化】

- ・のり面および作業終了後の緑化は、ストックしておいた表土の埋土種子や飛来種子を発芽させ、遺伝子レベルにも配慮した緑化手法とする^{環境省通知 p20}（R-1, R-13）。

3) 掘削作業時における環境配慮

掘削作業は、短くても半年以上同じ場所で活動するため、動植物や景観に影響を及ぼすことから、以下のような環境配慮に取り組むことが考えられます。

【櫓の塗装】

- ・フォトモンタージュや 3D 映像により景観シミュレーションを行い、視認される可能性がある場合は、当該地に相応しい櫓の色にする^{環境省通知 p25}。工作物の色を「茶色」に指定している公園計画等もあるが、周辺環境によっては却って目立つ場合もあるため、注意する。なお、塗装作業は屋外で行われるため、冬季は塗装作業ができない場合があることに留意する（I-1, I-2, I-4, I-8）。

【作業期間の変更，短縮】

- ・猛禽類等の繁殖時期，観光資源に対する景観への影響などを考慮して，作業期間を変更する^{環境省通知 p28}。
- ・掘削時の状況変化に対応可能でありドリルパイプの取り付け作業が少ないトップドライブシステム（TDS）等，作業効率が高まる掘削設備を選択する。
- ・同一敷地で複数の坑井掘削を行う場合は、掘削装置（櫓、サブストラクチャー、掘削機）をスライドさせて掘削する。
- ・複数の掘削作業がある場合は同時に実施する。

【騒音・振動の低減】

- ・低騒音型エンジン，マフラー搭載の工事用車両，発電機等を使用する^{環境省通知 p28}。
- ・掘削機にショックアブソーバーを取り付け，振動を抑える^{環境省通知 p28}。

【夜間照明】

- ・照明器具に猛禽類等が衝突しないよう遮光ネットを張る（S-3）。
- ・昆虫が集まりやすい水銀灯や蛍光灯に代えて、LED または高圧ナトリウムランプ、紫外線カットのフィルムを貼るなどの対策を行う（S-2）。
- ・フクロウ等の夜間に活動する動物類に支障が出ないように、櫓から周囲に照明が漏れないようにフードを取り付ける（S-3）。

4) 地域住民・温泉事業者に対する配慮

地熱開発事業は、地元の協力と理解を得ることが最も重要であることから、以下のような配慮に取り組むことが考えられます。

【住民説明】

- ・掘削スケジュール，運搬経路，使用する掘削設備，掘削方法，環境配慮などについて，住民説明等の意見交換の場を設ける（S-16）。

【地域貢献】

- ・観光シーズンは交通整理員を増やし，工事車両と観光客との接触事故を予防するとともに，観光客の車両の交通整理を行う。

【温泉モニタリング】

- ・温泉事業者の協力を得て，各自の温泉について1週間に1度の頻度で温度と電気伝導度を計測してもらう。温泉水は雨水の影響を受けて季節変動するため，掘削作業との関連性を検証するデータとする（S-9）。
- ・自然噴気の圧力を継続的に計測する（S-9）。

11.6.6 掘削設備メーカー

地熱井に関する国内外の主な掘削設備メーカーを整理しました。

掘削設備メーカーのリスト表は，ほとんどが中国と欧米のメーカーが名を連ねており，住民説明や地域協議会，地方自治体等に対し，日本の事情に適合した掘削設備を準備する難しさを示す資料としても活用できると考えます（表 11.6.2，表 11.6.3）。

表 11.6.2 日本国内の主要な掘削設備メーカー

企業名	企業の特徴	主な製品	本社所在地	営業品目
株式会社エヌエルシー	試錐機製造販売メーカー。ワイヤーラインコアバレル・ロッド・BOT等を製造している。	掘削ツールズ，試錐機	東京都台東区	製造，輸入
株式会社大原鉄工所	リグ全般を製造。ポンプは多くの国内業者に使用されている。	リグシステム全般	新潟県長岡市	製造
株式会社クリステンセン・マイカイ	製造および設計，技術サービスも提供する。	ダイヤモンドビット，コアバレル，マッドスクリーン	東京都品川区	製造，輸入
鉦研工業株式会社	ワイヤーライン工法の機械，地熱の改修工事用の掘削機を製造。工事も請け負う。	掘削ツールズ，掘削機	東京都豊島区	製造，工事
株式会社東亜利根ボーリング	ロータリーテーブルとケリー掘削工法およびワイヤーライン工法併用可能な機械を製造。地熱では中口径調査井で使用実績がある。	掘削ツールズ，掘削機	東京都港区	製造，工事
株式会社ワイビーエム	地熱の改修工事用の掘削機を製造。子会社が販売，工事を実施。	掘削ツールズ，掘削機，マッドスクリーン，	佐賀県唐津市	製造，工事

表 11.6.3 海外の主要な掘削設備メーカー

企業名【国名】	企業の特徴	主な製品	取扱店名
科瑞油田高原石油【中】	黄河下流の石油開発で活動している。	掘削機、掘削ツール等	株式会社クリステンセン・マイカイ
宏華集団（ホンファグループ）【中】	民営。筆頭株主は中国航天科工。Naborsを通して100セット以上、世界各地に掘削機を納入している。日本国内では3基納入。	掘削機	泉商事株式会社
中国石油宝鶏石油【中】	国営。中国国内でシェアトップの掘削機メーカー。	掘削機	泉商事株式会社
蘭石集団【中】	国営。中国石油化学グループの掘削機メーカー。	掘削機	泉商事株式会社
立林集団【中】	民営。掘削ツール、ポンプのメーカー。	ビット、ダウンホールモーター、ポンプ等	泉商事株式会社、株式会社クリステンセン・マイカイ
Herrenknecht Vertical【独】	トンネル掘削用機器メーカーで、大型の掘削機も製造する。全ての駆動が油圧式機器で構成されている。クラウンブロックのない櫓を作っており、鉱山的な完全機械制御のリグシステムを提供する。	リグシステム全般	株式会社コーレンス
DRILLMEC【伊】	アイスランドで使用されている。	リグシステム全般	コスモス商事株式会社
RIGMASTER MACHINERY【加】	特殊な構造の掘削機を製造する。	掘削機	コスモス商事株式会社
Baker Hughes GE【米】	地下資源開発に関する全般に対応する。	リグシステム全般 ポンプ	第一実業株式会社 コスモス商事株式会社
Dril-Quip Inc.【米】	海洋の坑口装置を扱っている。	掘削制御システム、掘削ツール	第一実業株式会社
GOTCO【米】	掘削ツールを製造する。	改修工事用のフィッシングツール	株式会社クリステンセン・マイカイ
Halliburton【米】	リグシステム全般を扱う。今後、クリーンエネルギー、深層水、重油の分野にも挑戦する。	リグシステム全般	コスモス商事株式会社
KING【米】	スイベル他を製造する。	スイベル	株式会社クリステンセン・マイカイ
NOV (National Oil & Valco)【米】	世界的に最も大きなリグメーカー。日本国内での地熱掘削、石油掘削で最も使用されている。	リグシステム全般 ダウンホールツール	第一実業株式会社 コスモス商事株式会社
TIW【米】	坑口装置から掘削ツールの部材を製造する。	ライナーハンガー	コスモス商事株式会社
TORO【米】	掘削ツールを製造する。	掘削ツール（ダウンホールモーター等）	株式会社クリステンセン・マイカイ
Drill Quip Pty Ltd【豪】	トップドライブの運転管理や修理をしており、日本国内ではシェアが多い。	TDS や掘削ツール	コスモス商事株式会社
Volant【豪】	掘削ツールを製造する。	掘削ツール	コスモス商事株式会社

11.7 QGISの解析手順

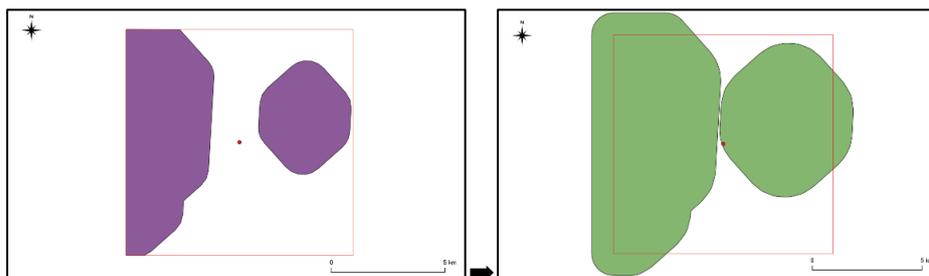
GIS 解析の手順を紹介します。ここでは QGIS3.6 を用いました。

11.7.1 各種情報の表示方法

既存公開情報より、データをダウンロードします。ここではマトリクス法の 5 段階表記を例示しています。

PC 画面の表示内容を「□」、QGIS のメニューバーの選択内容を「◆」としています。

①地熱資源からの距離

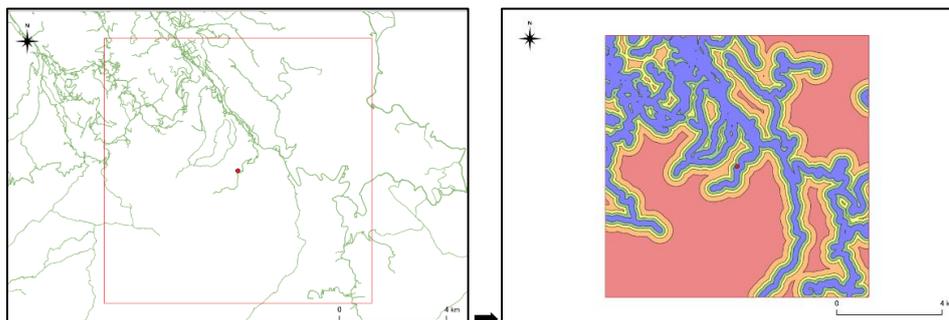


□地熱資源を表示

□バッファを表示

◆ベクタ → 空間演算ツール → バッファ (任意の距離を入力)

②道路からの距離

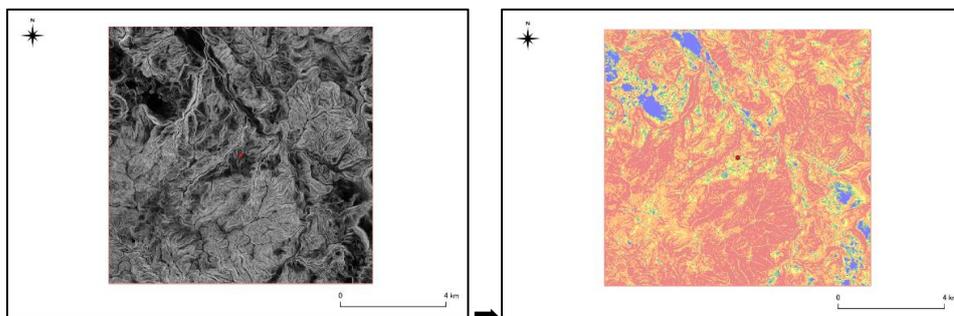


□道路

□道路のバッファ

◆ベクタ → 空間演算ツール → バッファ (任意の距離を入力)

③傾斜角

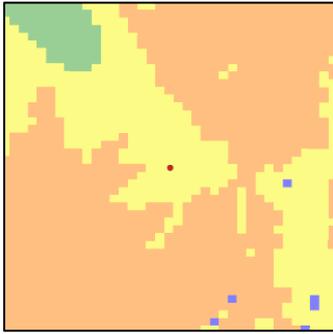


□傾斜

□傾斜を 5 段階表示

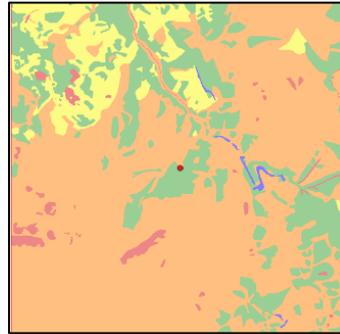
◆ラスタ → ラスタ計算機 → 傾斜 5 度未満等を作成

④地形地盤



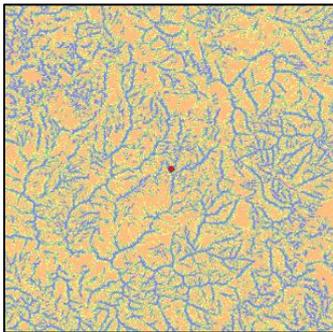
□地形地盤（ラスタ点数化）

⑤現存植生



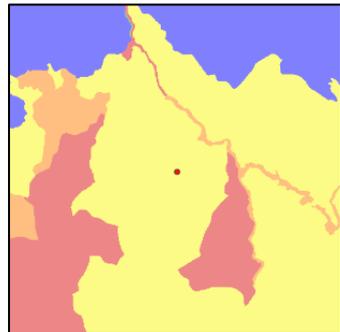
□植生図

⑥水系



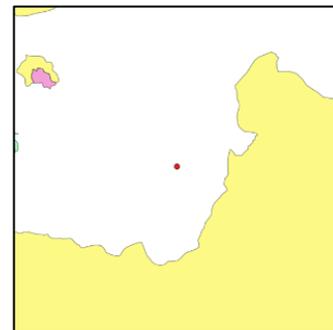
□累積流量

⑦自然公園法



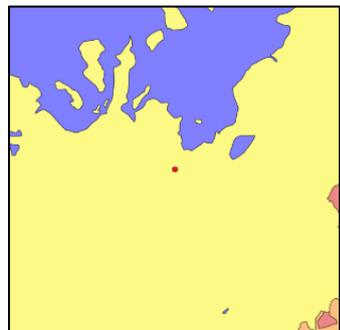
□自然公園区域

⑧鳥獣保護法



□鳥獣保護区

⑨森林法



□保安林

11.7.2 ラスタ、ベクタの解説

1) ラスタとは

ラスタデータとは、行と列のグリッド状に配列された「セル」で構成されたデータです。GIS上のセルにはデータに基づく数値情報が記録されており、自然環境の評価・分析が可能です。衛星画像等の「ベースマップ」や連続的に変化する気温、標高、流量等の「連続データ」、植生図や地質図等の「主題データ」の表現に適しています。

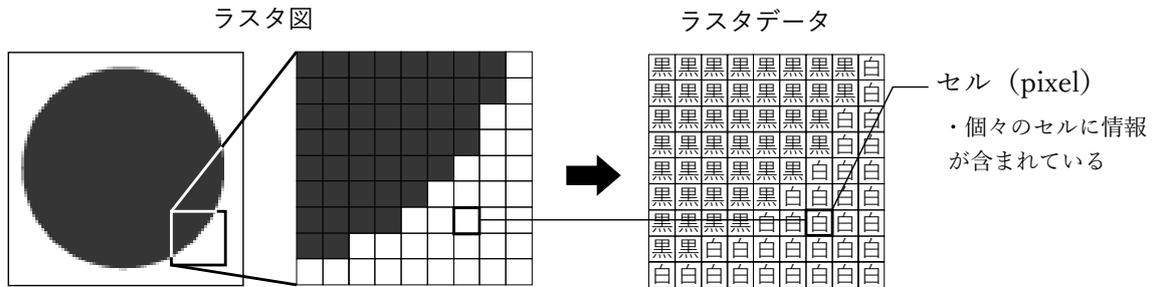


図 11.7.1 ラスタデータのイメージ

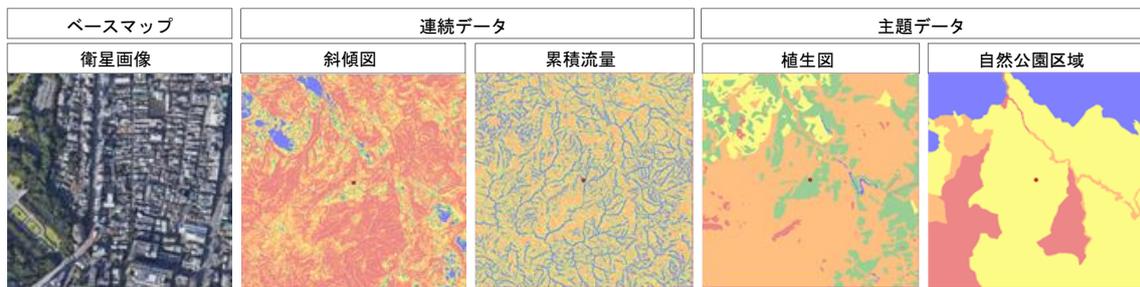


図 11.7.2 ラスタデータによる表現に適した情報

2) ベクタとは

GISのモデルデータにおけるベクタデータとは建物、樹木、道路等をポイント（点）・ライン（線）・ポリゴン（面）の3つの要素（ベクタデータモデル）で表現したものです。

(x, y) 座標値を操作することでデータ編集が可能になり、道路線の作図や修正ができます。ラスタデータとは違い、図を拡大しても明瞭なラインを保つことができるため、建物や道路線、市区町村の行政境界等の明瞭な境界を持つ地物の表現に適しています。

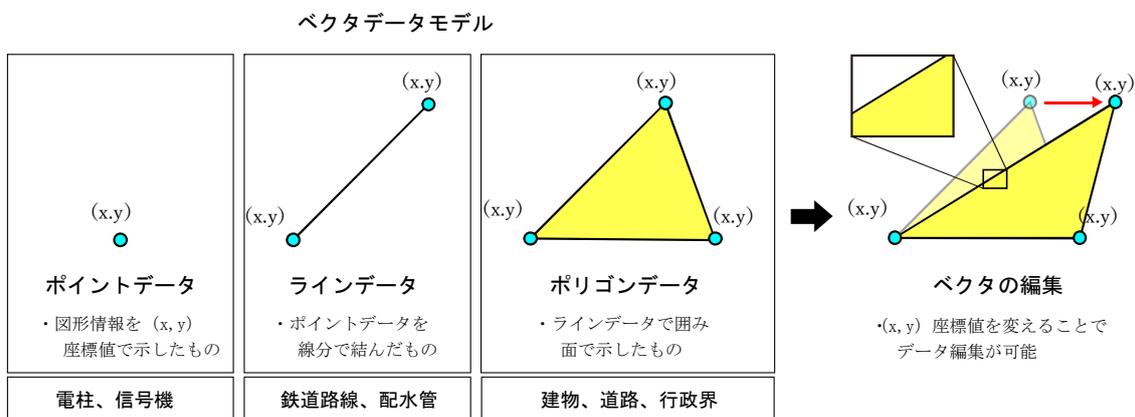


図 11.7.3 ベクタデータのイメージ

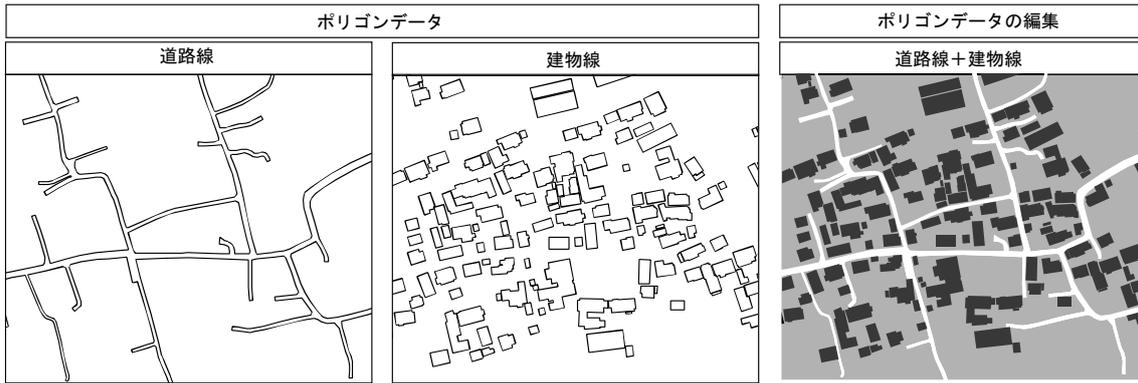


図 11.7.4 ベクタデータによる表現に適した情報

3) メリットとデメリット

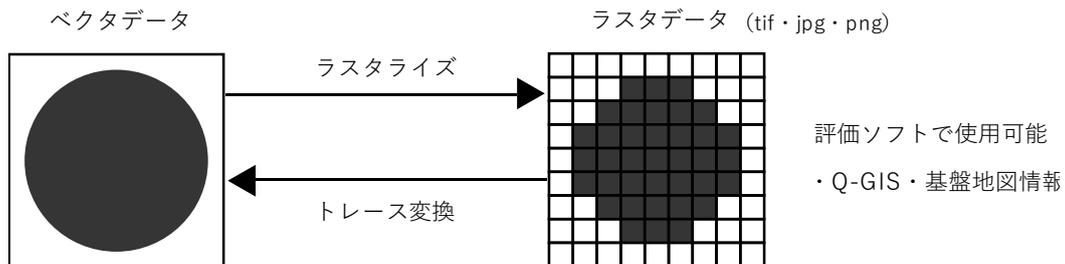
ラスタとベクタにおけるメリットとデメリット、活用例を以下に記します。

表 11.7.1 メリットとデメリット，活用例のまとめ

	ラスタ		ベクタ	
メリット	環境評価，解析が可能 セルに主題データに関する数値情報が含まれているため，それぞれのデータを組み合わせることで評価解析ができる。		データ編集が可能 (x, y) 座標数値による表現のため，数値を変えることで編集ができる。拡大しても明瞭な境界ラインを保つことができる。	
デメリット	不明瞭な境界ライン セルの最小単位でのみ表現されるため，境界ラインは不明瞭となる。 編集不可 (x, y) 座標数値による図表ではなく，グリッド図であるため，編集できない。		数値情報がラスタより乏しい ベクタモデルはセルを持たない図のため，主題データに関するデータがラスタよりも少なく，多くの情報を必要とする連続データの表現には適さない。	
活用例	ラスタデータ 衛星画像，標高データ， 累積流量，植生図等	評価・解析ソフト GIS アプリ， 基盤地図情報等	ベクタデータ 市区町村等の行政境 界，等高線，道路線， 建物線等	編集ソフト CAD, PDF, SVG, Illustrator 等

4) ベクタをラスタ化

ベクタデータをラスタライズ（ラスタ変換）することで Q-GIS，基盤地図情報等の評価ソフトで使用ができます。ラスタライズすると tif・jpg・png 等のラスタデータに出力されます。しかしラスタライズされたデータは (x, y) 数値からセル数値に出力されるため，編集できません。



※トレースによりベクタ変換は可能ですがデータのクオリティは低下します。

図 11.7.5 ラスタライズのイメージ

11.7.3 点数化法の計算方法

1) 施工性の検討

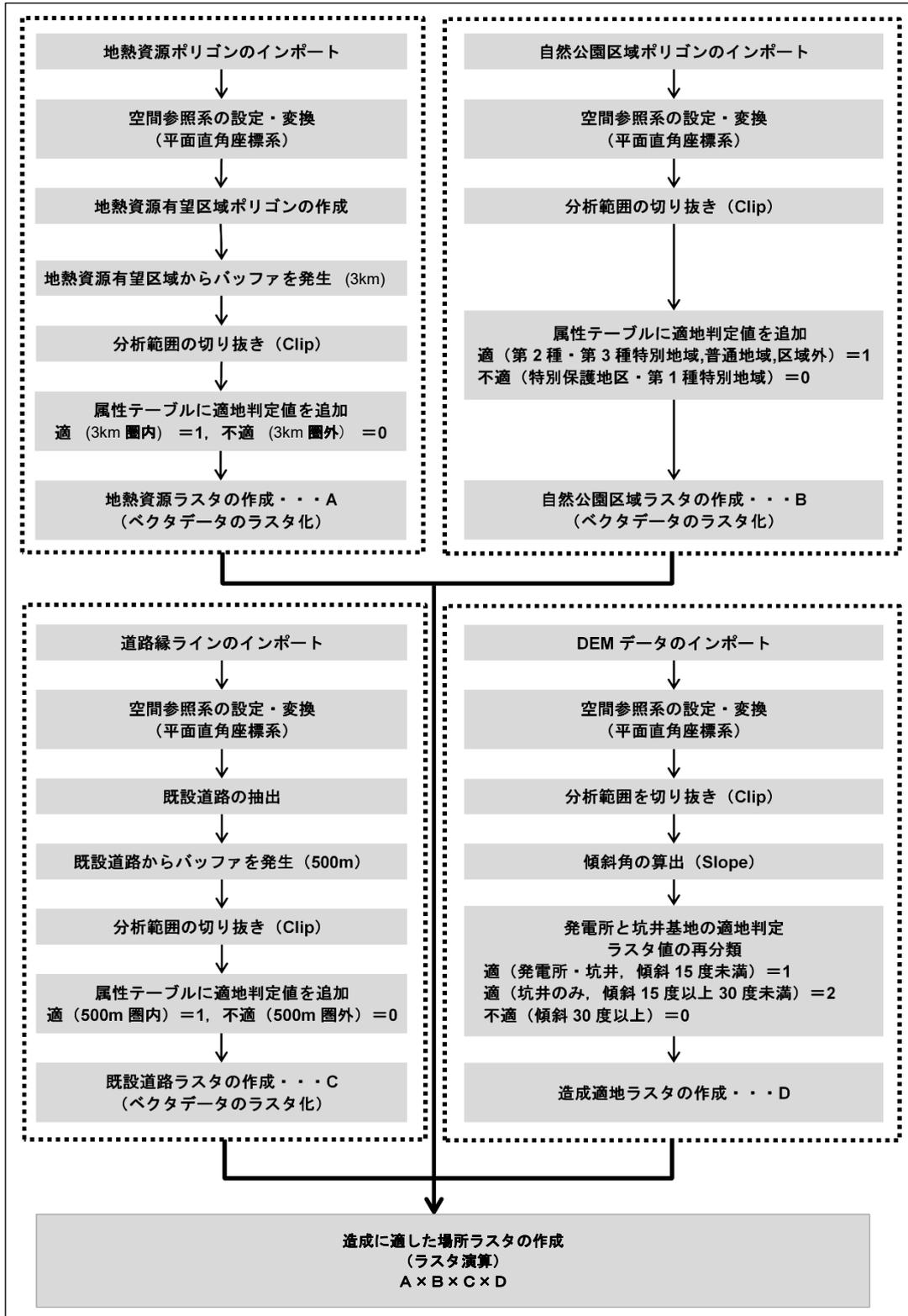
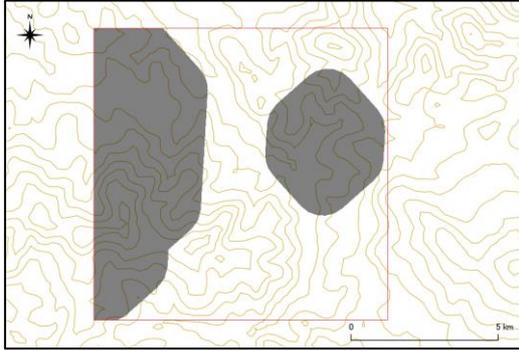
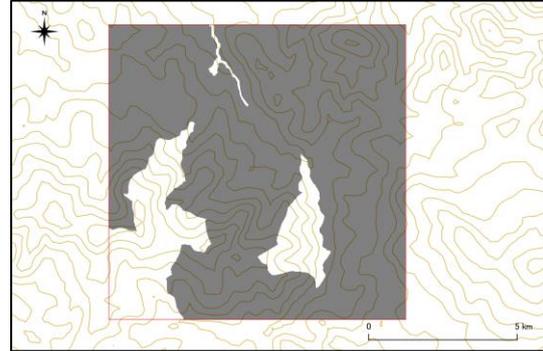


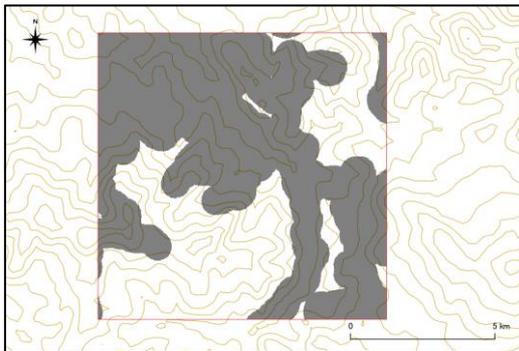
図 11.7.6 施工性の抽出フロー



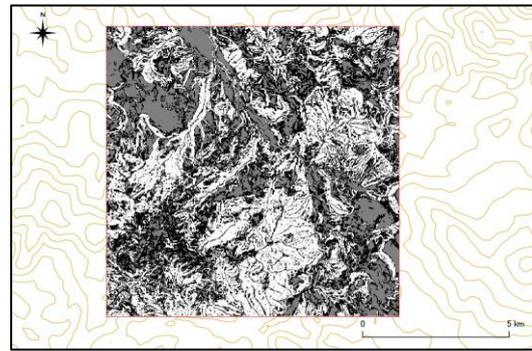
□地熱資源ラスタ
3 (3km 圏内), 0 (3km 圏外)



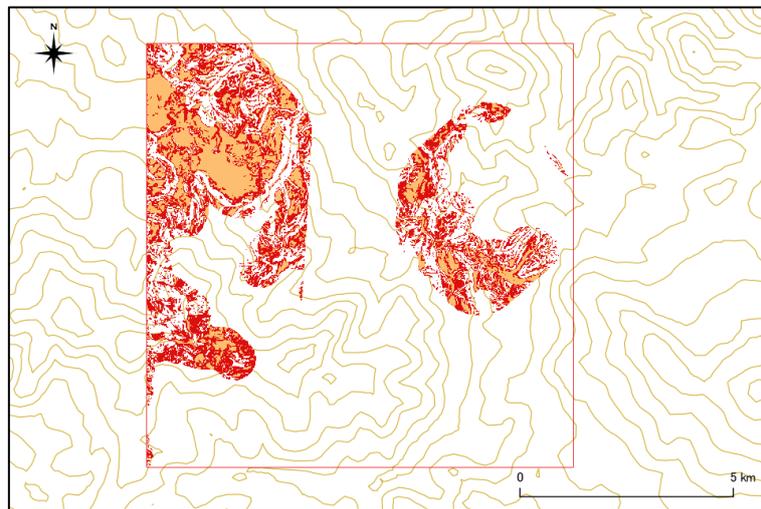
□自然公園区域ラスタ
1 (第2種・第3種特別 地域および普通地区),
0 (特別保護地区および第1種特別地域)



□既設道路ラスタ
1 (500m 圏内), 0 (500m 圏外)



□造成適地ラスタ
1 (傾斜 15 度未満), 2 (傾斜 30 度未満),
0 (傾斜 30 度以上)



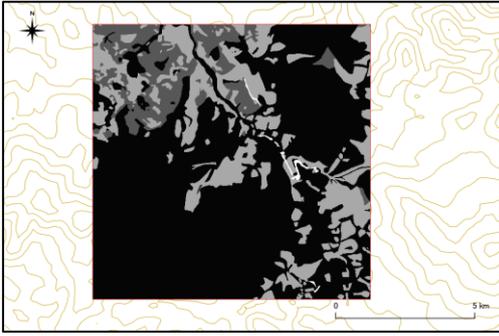
□造成に適した場所の結果

地熱資源ラスタ×自然公園区域ラスタ×既設道路ラスタ×造成適地ラスタ
計算結果 1…赤：適地（発電所・坑井），2…橙：適地（坑井） 0…無色：左記以外

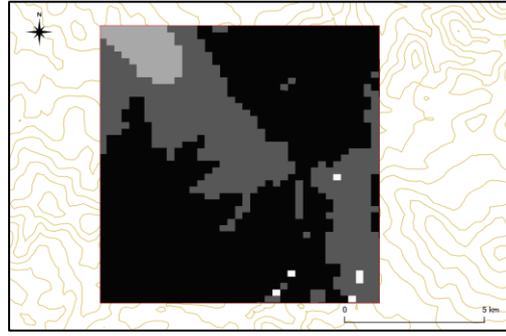
2) 環境配慮重要性の相対評価



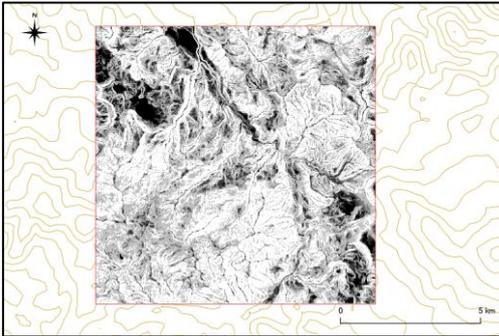
図 11.7.7 環境配慮重要性の分析フロー



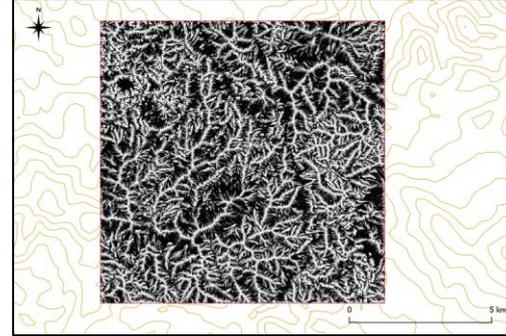
□ 植生スコアラスタ
 1 (植生自然度①), 2 (②③④⑥),
 3 (⑤⑦), 4 (⑧⑨⑩)



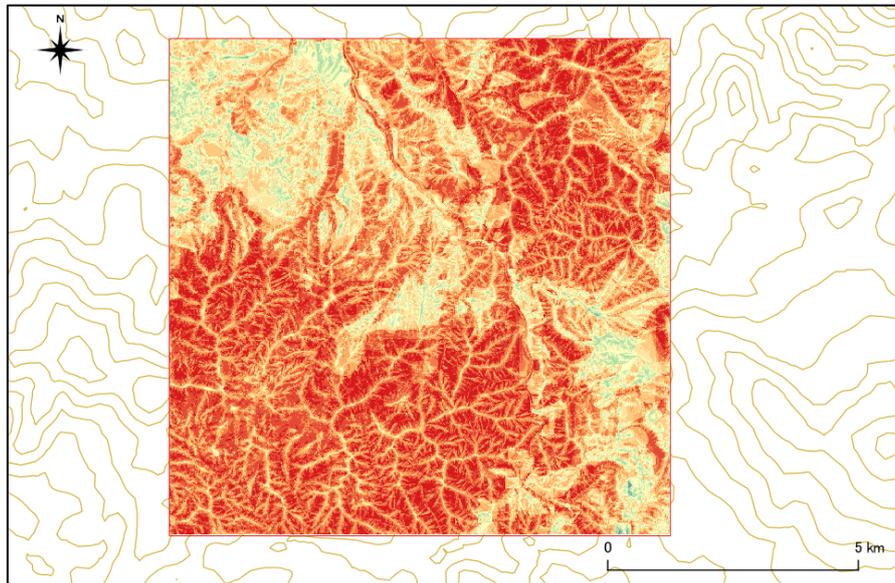
□ 傾斜スコアラスタ
 1 (0~8度), 2 (8~15度),
 3 (15~30度), 4 (30度以上)



□ 傾斜スコアラスタ
 1 (0~8度), 2 (8~15度),
 3 (15~30度), 4 (30度以上)



□ 水系スコアラスタ 累積流量
 1 (0~2メッシュ), 2 (3~5メッシュ),
 3 (6~8メッシュ), 4 (9メッシュ以上)



□ 環境配慮重要性ラスタの作成

植生スコアラスタ+地形・地盤スコアラスタ+傾斜スコアラスタ+水系スコアラスタ

3) 社会的制約条件（法規制）の特定

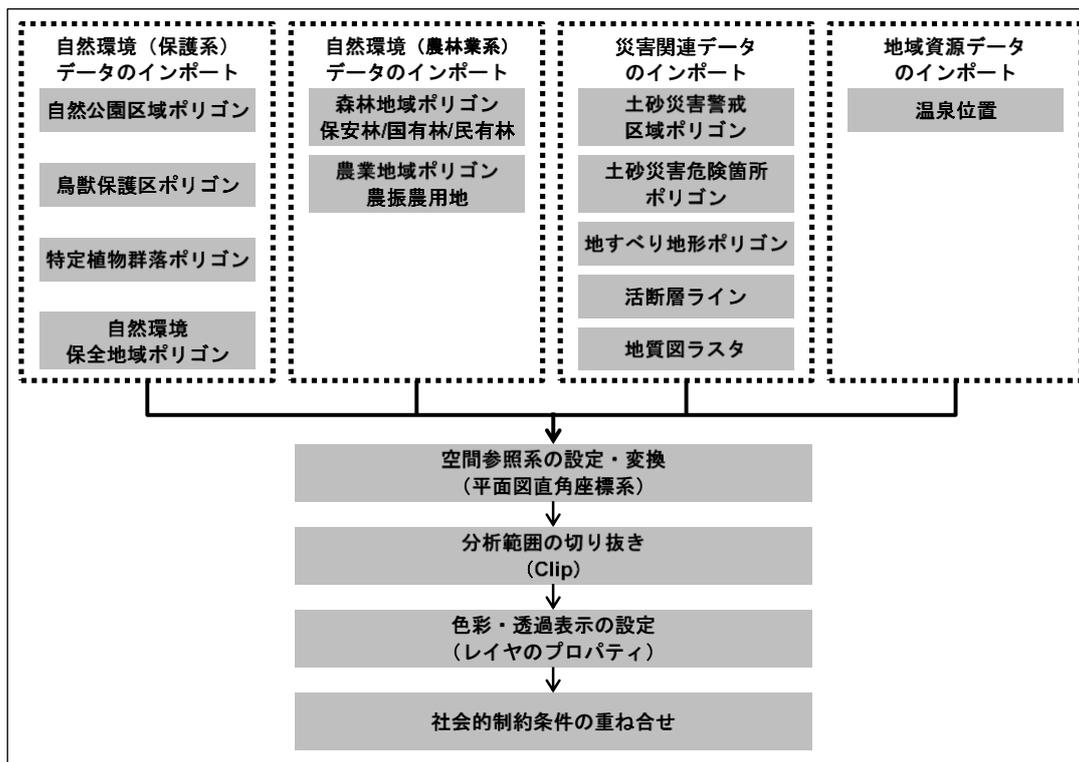
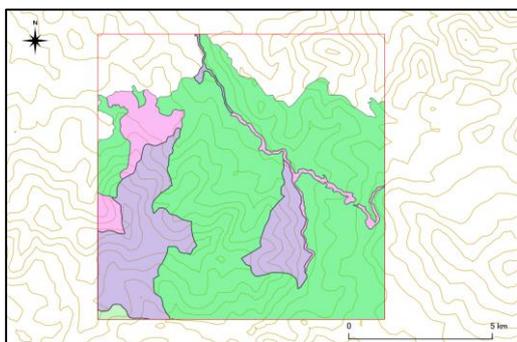
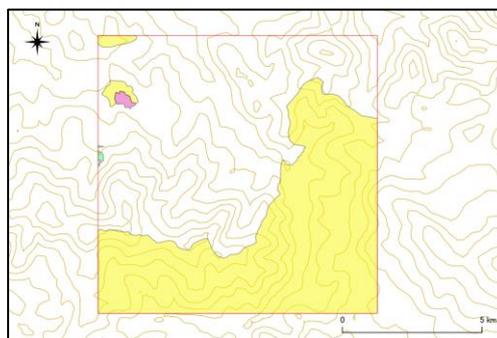


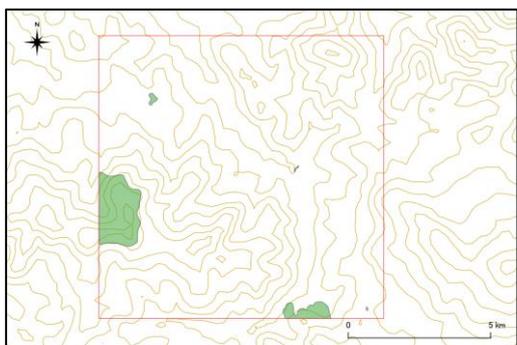
図 11.7.8 社会的制約条件（法規制等）の分析フロー



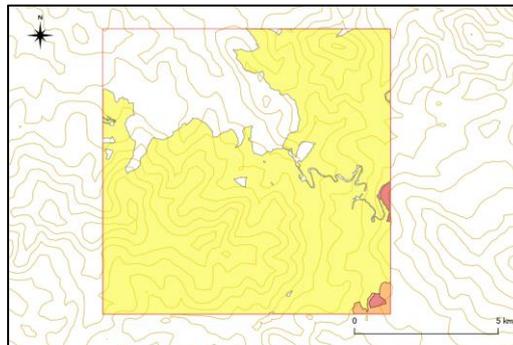
□自然公園区域



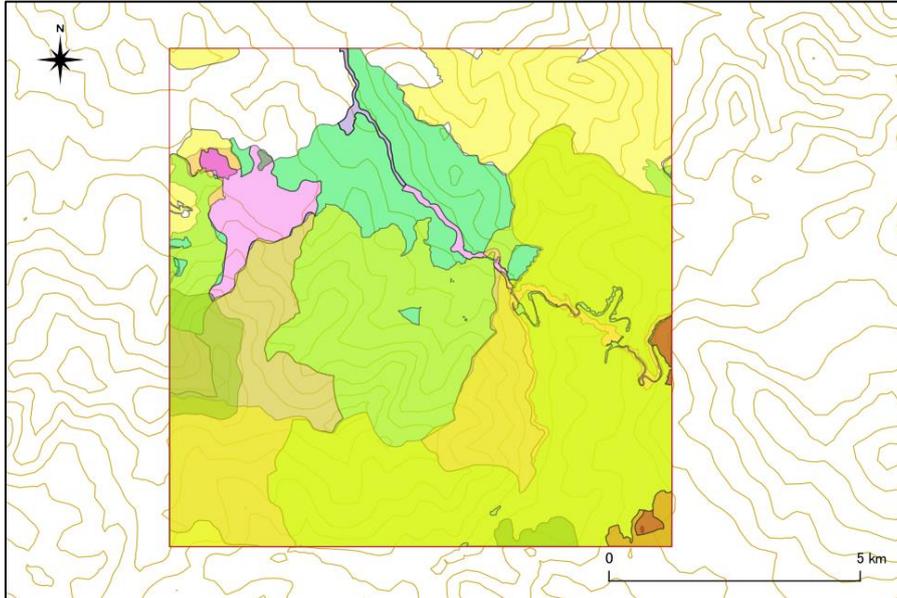
□鳥獣保護区



□特定植物群落



□森林地域（保安林）



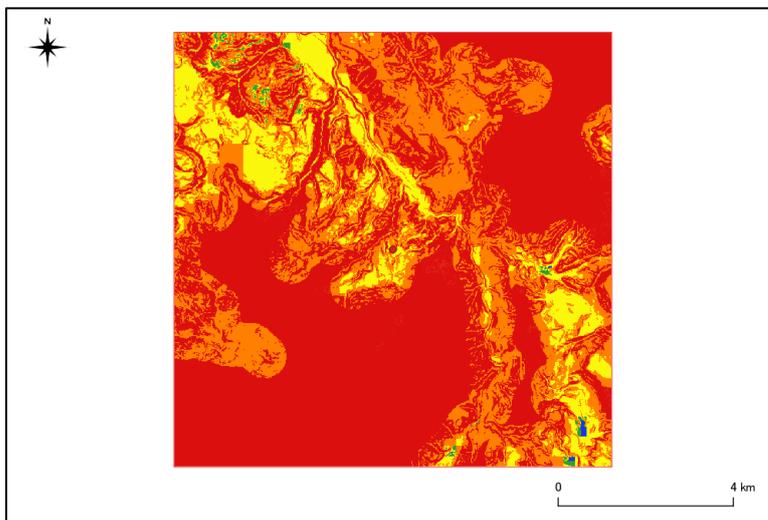
□自然環境（保護系）データの重ね合せ

その他の自然環境（農林系），災害関連，地域資源データのインポートについては，掲載を省略します。

11.7.4 マトリクス法の計算方法

ランク区分は 7.5.4 を参照して作成します。PC 画面の表示結果は前述 11.7.1 のとおりのため、ここでは省略します。

1) 施工性の検討



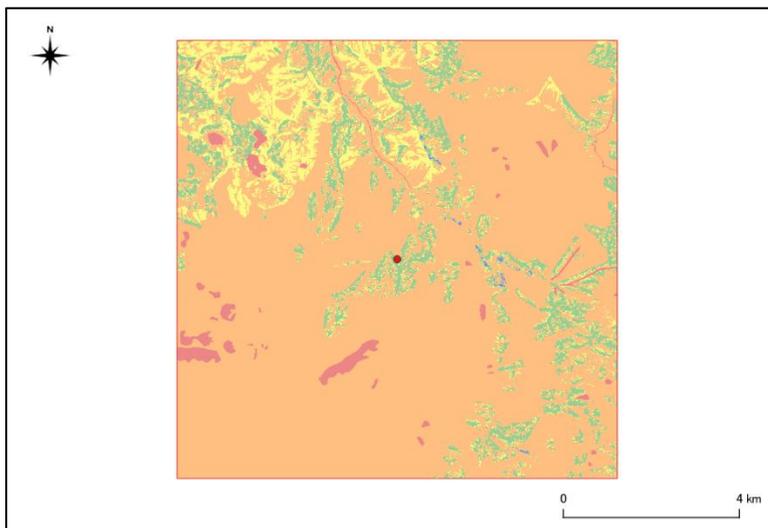
□道路，傾斜，地形・地盤を合成した結果

◆ラスタ→ ラスタ計算機→

地形地盤 5 段階×100 + 傾斜 5 段階×10 + 道路 5 段階×1

(計算結果は 111 から最大 555 のラスタが作成される。例えば計算結果が、「112, 121, 211, 122, 221, 212, 222」のいずれかとなった場合は、2 が最大値のため、ランク区分 2 の「緑色を表示する」設定とする。以下、同様。)

2) 自然環境の検討

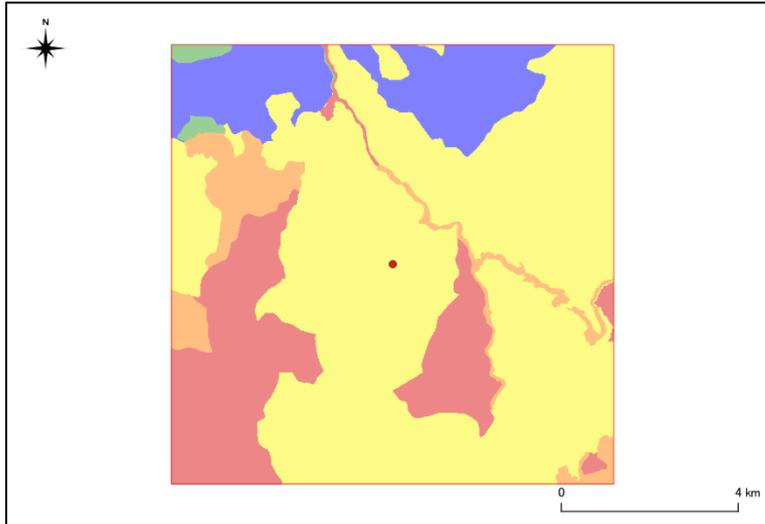


□現存植生，水系を合成した結果

◆ラスタ→ ラスタ計算機→

水系 5 段階×10 + 現存植生 5 段階×1

3) 社会的制約条件（法規制）の検討

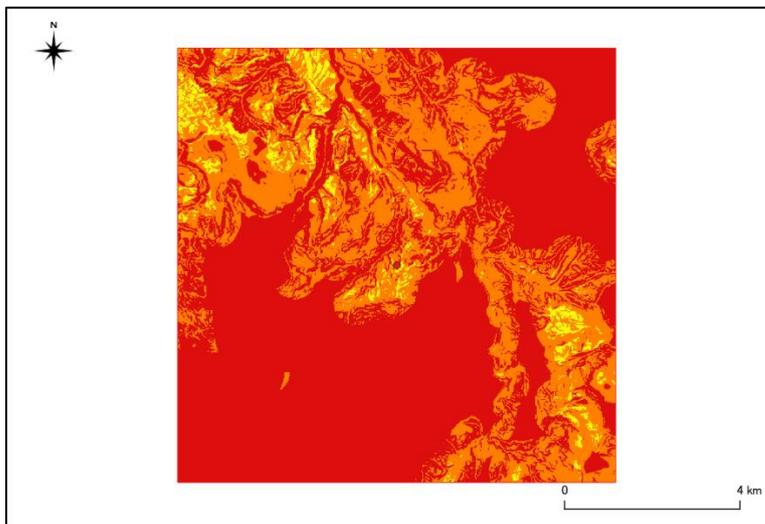


□自然公園法，鳥獣保護法，森林法を合成した結果

◆ラスタ→ ラスタ計算機→

保安林 5 段階×100 + 鳥獣保護区 5 段階×10 + 自然公園 5 段階×1
(文化財保護法等，必要に応じ追加)

4) 施工性・自然環境・社会的制約条件の統合



□施工性・自然環境・社会的制約条件を統合した結果

◆ラスタ→ ラスタ計算機→

社会的制約条件 5 段階×100 + 自然環境 5 段階×10 + 施工性 5 段階×1

11.8 3D アプリの活用

11.8.1 3D 製作フロー

汎用性の高い 3D アプリ「Unreal Engine 4」を中心として、他のアプリを併用しながら様々なデータを取り込み、3D 映像を製作します（図 11.8.1）。景観予測およびステークホルダーとのコミュニケーションに役立っています。

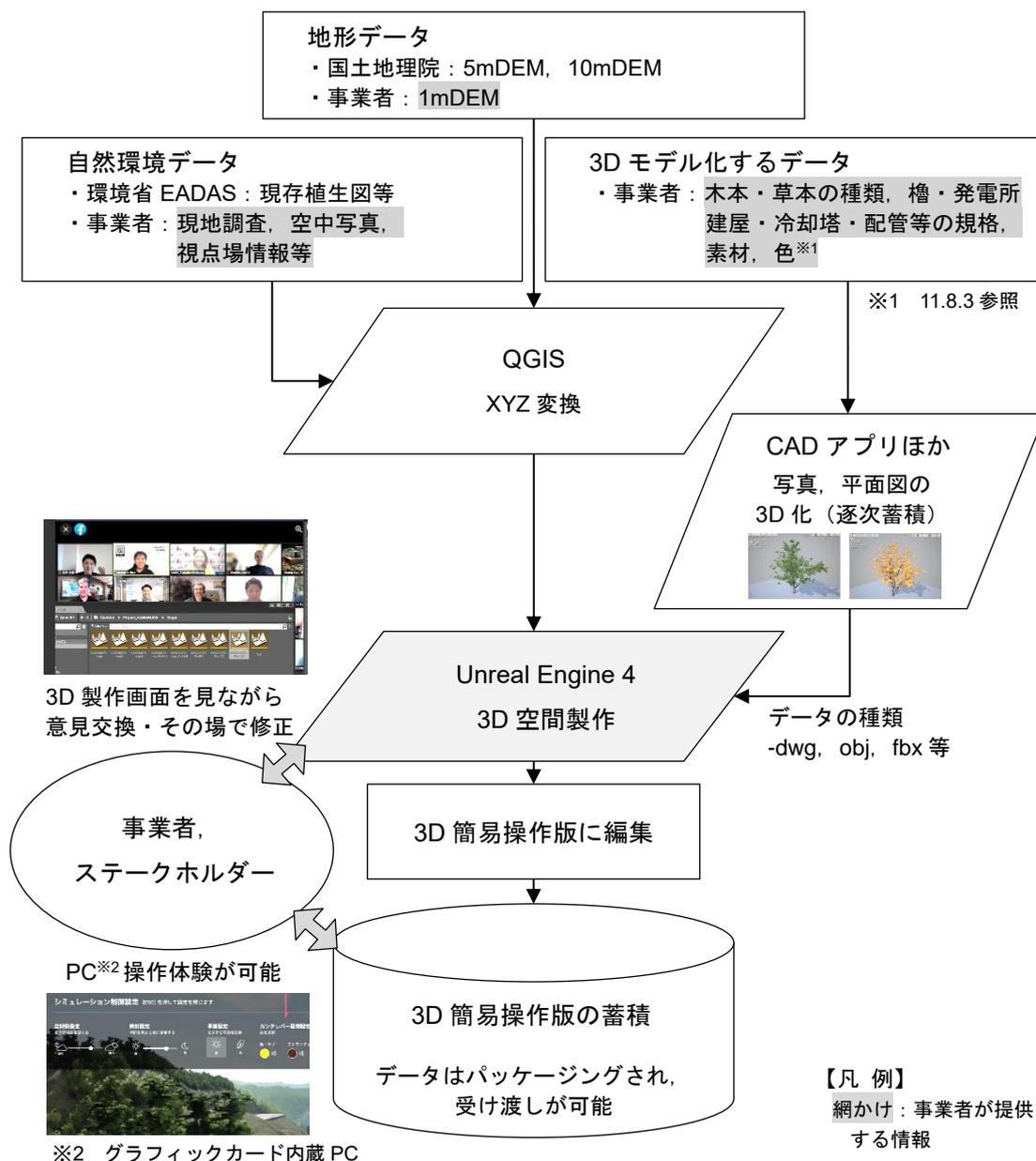


図 11.8.1 3D 製作フロー

なお、2021 年 6 月時点における DEM データの処理能力は、10mDEM で 20×20km、5mDEM で 10×10 km、1mDEM で 1×1 km 程度ですが、遠方の解像度を下げるなど、DEM データ量をできるだけ減らす工夫によりパソコンへの負荷を軽減させることで、3D の再現範囲を広げることができます。

11.8.2 3Dによる様々な景観シミュレーション

3Dアプリ「Unreal Engine 4」では、様々な状況を再現しながら景観シミュレーションをすることができます。下表は、簡易操作版で操作した画像です（表 11.8.1）。

表 11.8.1 3D簡易操作版の画像

操作ボタン	画像	
日射角度 (時刻)	 <p>6 : 00 (朝やけにより、少し赤味あり)</p>	 <p>12 : 00 (昼光色で、角度も高い)</p>
雲量	 <p>晴れた空</p>	 <p>曇り空</p>
季節	 <p>夏</p>	 <p>秋</p>
建造物の色	 <p>グレー</p>	 <p>黄色</p>
視点の高さ	 <p>低い視点</p>	 <p>高い視点</p>

11.8.3 色の指定方法

色の指定方法を予め決めておくことは重要です。

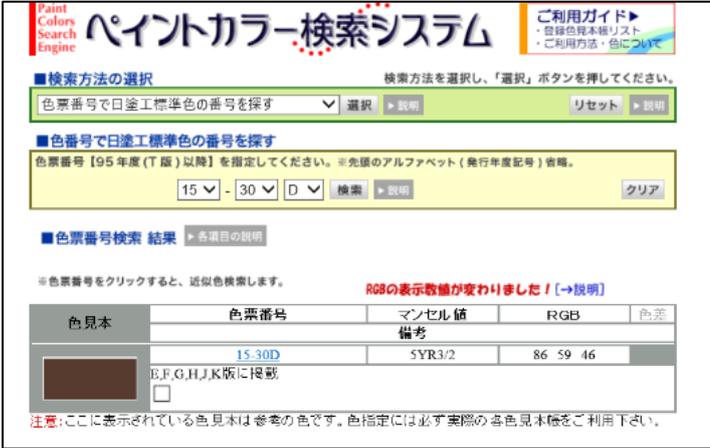
3D 製作過程で色を指定する際、呼び名、マンセル値、Dic、RGB、CMYK などがありますが、いずれもあいまいな情報です。マンセル値は最も使用頻度が高い指定方法ですが、本来は、実際の色を数値化することが目的であり、非常に細分化されているため、色を指定する手段としては不向きです。また、Dic は大手塗料メーカーの独自コードです。

そこで、(一社)日本塗料工業会 塗料用標準色 (以下「日塗標準色」という。) を活用することを推奨します (図 11.8.2)。日塗標準色は約 650 色が印刷された色見本で、建築物・構造物・設備機器・景観設備・インテリアなどの塗装によく使われる色が選ばれ、2 年ごとに発行しています。

事業者をはじめ景観に携わる方が同じ色見本を所持することで、色の伝達がスムーズになります。同会 HP の変換システムにより、RGB (モニター上の色指定)、マンセル値に変換できるため、3D 製作および塗料メーカーも含めた関係者間で色のイメージが正確に共有できます。

なお、素材表面の凹凸や反射、周囲の環境により色の印象は変わるため、最終判断は、同素材に塗色したサンプルを現地に置いて確認する方法を推奨します (パタン参考集 I-1 参照)。

(一社) 日本塗料工業会の HP 画面



色見本

色見本	色票番号	マンセル値	RGB	色差
	K17-30F	7.5YR3/3	92 59 36	

注意: ここに表示されている色見本は参考の色です。色指定には必ず実際の色見本様をご利用下さい。

日塗標準色から色を選び、色票番号を入力すると、マンセル値と RGB が表示される。

RGB は、3D モデルを作成する際、必要な情報となる。



色の指定方法 (例)

部位	素材	日塗工色票番号	例示	マンセル値	R G B
ファン円筒部分	鋼製	K17-30F		7.5YR3/3	92 : 59 : 36
壁	鋼製	KN-90		N9	230:228:220
屋上面	コンクリート				

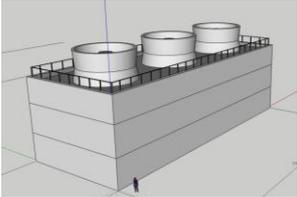


図 11.8.2 色の指定方法

11.9 調整池の県別単位調整容量

表 11.9.1 県別単位調整容量

番号	県	市	単位調整容量(m ³)	番号	県	市	単位調整容量(m ³)			
1	北海道	石狩	184	8	茨城	相川	232			
		渡島	152			水戸	259			
		檜山	159		茨城	館野	293			
		後志	198			福島	福島	186		
		空知	194		白河		202			
		上川	162		若松		195			
		留萌	180		小名浜		205			
		2	青森		宗谷	228	10	栃木	宇都宮	272
					オホーツク	209			足利	311
					胆振	217			佐野栃木	292
					日高	188			那須塩原	271
					十勝	214			日光	236
					3	岩手	釧路	237	11	群馬
根室	222			東部			254			
青森	171			利根沼田			262			
弘前	243			吾妻			238			
八戸	171			西部			260			
4	宮城			むつ	144	12	埼玉	県北	700	
				深浦	226			県南	950	
				二戸	155			秩父	1,100	
		5	秋田	久慈	544	13	東京	東京	363	
				盛岡	151			14	千葉	上総
				宮古	249	下総	1,300			
				遠野	153	安房	1,600			
				6	山形	大船渡	213	15	神奈川	中部
一関	151					高部	296			
千厩	176					低部	203			
仙台	283	16	長野			野沢温泉	153			
古川	278			白馬	180					
石巻	260			長野	147					
気仙沼	304			志賀	248					
7	新潟			鷹巣	234	上田	168			
				能代	230	佐久	181			
				秋田	222	上高地	118			
				横手	218	松本	146			
8	山形			山形	174	諏訪	180			
				新庄	263	木曾	201			
				酒田	268	長谷	162			
		米沢	219	飯伊	179					
9	新潟	下関	199	17	富山	南信濃	219			
		新潟	230			富山	271			
		長岡	264	伏木	249					
		小出	226	18	石川	金沢	232			
高田	220	19	福井			北川大飯	202			

番号	県	市	単位調整容量(m ³)
		敦賀	157
		美浜	288
		嶺北海岸	193
		九頭竜川	170
19	福井	真名川	162
		足羽川	211
		日野川	199
20	山梨	甲府	150
		韮崎	138
		黒駒	181
		市川大門	182
		身延	235
		南部	193
		河口湖	225
		大月	179
21	岐阜	岐阜	334
		下呂	261
		高山	165
22	滋賀	滋賀	237
23	静岡	東部	266
		中部	413
		西部	280
24	愛知	名古屋	305
		小原	257
		岡崎	250
		豊橋	282
		設楽	271
25	京都	京都	253
		丹後	139
26	三重	1 地区	542
		6 地区	649
		2 地区	542
		3 地区	542
		5 地区	542
		4 地区	538
27	奈良	奈良	218
28	和歌山	和歌山	343
		高野山	223
		清水	335
		龍神	313
		白浜	396
		本宮	358
		潮岬	537
29	大阪	東西南北	276
30	兵庫	神戸	222
		豊岡	169
		姫路	144

番号	県	市	単位調整容量(m ³)
		洲本	248
31	鳥取	鳥取	277
32	岡山	玉野	336
		岡山	317
32	岡山	新見	375
		津山	358
33	広島	広島	182
		福山	153
		加計	207
		莊原	176
34	島根	益田	372
		浜田	358
		出雲	229
		松江	257
35	山口	岩国	293
		防府	225
		山口	363
		萩	246
		下関	218
36	徳島	京上	391
		徳島	332
		池田	332
		穴吹	437
		日和佐	468
37	香川	半田	368
		香川	193
38	愛媛	東予	163
		中予	164
		南予	191
39	高知	高知	474
		室戸	424
		池川	756
		佐賀	344
		中村	339
		宿毛	274
40	福岡	下関	340
		飯塚	272
		福岡	319
		久留米	337
41	大分	北部	487
		日田	377
		中部	395
		竹田	395
		南部	424
42	宮崎	宮崎	408
		都城	262
		延岡	286

番号	県	市	単位調整容量(m ³)
		油津	312
43	佐賀	佐賀	214
		武雄	261
		相知	402
44	長崎	長崎	399
		県央	313
		島原	363
		佐世保	406
		田平	475
		大瀬戸	320
		下五島	431
		上五島	449
		壱岐	514
		対馬	387
45	熊本	城北	350

番号	県	市	単位調整容量(m ³)
		熊本	374
		阿蘇	311
45	熊本	八代	247
		高麗	306
		天草	242
46	鹿児島	阿久根	372
		鹿児島	235
		枕崎	524
		種子島	816
		屋久島	838
		名瀬	119
		沖永良部	339
		志布志	229
47	沖縄	本土	392
		石垣	379

ここでの条件は、現況流出係数が 0.30、計画案の流出係数が 0.60、降雨強度式は各地方自治体の 3 年確率（許容放流量）と 30 年確率（調整対象降雨）を使用して設定しました。計画予定地の流域面積（ha）は事前に算出し、その面積と上表に記載されている県別単位調整容量（m³）の積で基本計画レベルの必要容量を計算します。以下に計算式を示します。

$$\text{計算式 (1)} \cdot \cdot \cdot \text{調整池容量 (V)} = \text{流域面積(ha)} \times \text{単位調整容量 (m}^3\text{)}$$

一般的には上記の計算によりますが、さらに流出係数を独自に計算したものを使用して精度を向上させたい場合は、次のように計算します。精度を上げた概略必要容量（V2）の求め方は、計画案流出係数 0.60 と現況流出係数の 0.30 の商が $0.60 \div 0.30 = 2.00$ であることから、同様に詳細に求めた計画案流出係数と現況測量流出係数の商を出して比較します。商の数値が同じであれば、単位調整容量（m³）は表に記載されている数値と同様となります。商が 2.00 でない場合には、2.00 で割ることで異なる度合いを算出します。求めた数値と表内の単位調整容量（m³）の積で概略の ha 当たりの数値として使用します。以下に宮崎県宮崎市の必要調整容量 408m³ を使用して例示します。

必要調整容量例 (m ³)	408
計画案流出係数	0.278
現況流出係数	0.612
精度を上げた概略必要容量 (V2)	449.0

$$V2 = 408 \times (0.612 / 0.278) / 2.00 = 408 \times 2.201 / 2.00 = 449.0$$

(小数点第二位以下四捨五入)

調整池を設定する際には、容量を考慮するだけでなく景観デザイン資源で明らかになった既存の水みちや窪地を活用することが望ましいです。既存の資源を活用することで、造成による自然環境への影響抑制や建設費用の削減につながります。

以下に参考として一般的に使用される流出係数を示します³¹（表 11.9.2）。

表 11.9.2 地表面の工種別基礎流出係数

地表面の種類		流出係数
路面	舗装	0.70~0.95
	砂利道	0.30~0.70
路肩, のり面等	細粒土	0.40~0.65
	粗粒土	0.10~0.30
	硬岩	0.70~0.85
	軟岩	0.50~0.75
砂質土の芝生	勾配 0~2%	0.05~0.10
	勾配 2~7%	0.10~0.15
	勾配 7%以上	0.15~0.20
粘性土の芝生	勾配 0~2%	0.13~0.17
	勾配 2~7%	0.18~0.22
	勾配 7%以上	0.25~0.35
屋根		0.75~0.95
間地		0.20~0.40
芝, 樹林の多い公園		0.10~0.25
勾配の緩い山地		0.20~0.40
勾配の急な山地		0.40~0.60
田, 水面		0.70~0.80
畑		0.10~0.30

³¹ 出典：(公社) 日本道路協会「道路土工要綱（平成 21 年度版）」

■索引

- 3
- 3D 映像法 7-3, 7-18, 7-19, 7-22, 8-8, 8-13, 8-14, 8-23, 8-24, 9-4, 9-5, 10-2, 10-3, 11-4, 11-5
- C
- CG..... 6-15, 6-16
CMYK..... 6-9, 11-46
- D
- DCC ツール..... 6-16
DEM.. 6-15, 6-21, 7-3, 7-19, 8-4, 8-8, 8-10, 8-11, 8-13, 8-14, 8-24, 9-3, 9-4, 11-4, 11-19, 11-44
DSM..... 6-15
- G
- GIS 解析 7-3, 7-4, 7-5, 7-7, 7-9, 7-10, 7-21, 7-22, 7-23, 8-2, 8-5, 8-7, 8-8, 8-10, 8-26, 9-3, 10-1, 11-1, 11-2, 11-3, 11-7, 11-32
- R
- RGB..... 6-9, 6-16, 11-46
- U
- Unreal Engine..... 6-16, 6-22, 11-44, 11-45
- V
- VR..... 6-15
- あ
- アースカラー..... 11-24
アクセス道路..... 8-20, 8-23, 10-3, 11-25, 11-26, 11-28
- え
- 影響予測評価..... 11-16
エコシステム..... 8-17, 8-20, 11-6, 11-9
エコツアーリズム..... 8-23
エコラン・マニュアル. vi, 1, 1-1, 5-1, 7-5, 10-1, 11-23
エコラン手法 v, 2-1, 4-1, 5-1, 6-7, 7-17, 8-1, 8-4, 8-17, 8-22, 9-1, 9-3, 9-5, 10-1, 10-2, 10-4, 10-5, 10-6, 11-1, 11-2, 11-3, 11-4, 11-6, 11-7, 11-8, 11-9, 11-10
エコランセット i, v, 5-1, 6-1, 6-2, 10-1, 10-3, 10-4, 10-5, 10-6, 11-23
エコロジカル・ランドスケープデザイン手法 1, i, 1, 2-1, 4-1, 8-22
エッセンシャル・ゾーン..... 7-1, 8-1, 8-16
遠景..... 6-8, 8-12, 8-22, 11-5
- お
- オフサイト..... 11-18, 11-19, 11-20, 11-22
オンサイト..... 11-18
温泉資源の保護に関するガイドライン.. 6-5, 6-10, 6-11
温泉法..... 6-5
- か
- 可視領域ii, iii, 6-22, 7-17, 7-18, 7-21, 7-22, 7-23, 8-12, 8-13, 8-19, 8-22, 8-24, 8-26, 9-5, 10-2, 11-4, 11-19
仮想空間..... 7-18, 8-13, 8-24, 9-4, 9-5
カラーチャート..... 8-1, 8-16, 9-1
環境アセスメント士..... 6-18, 6-19
- 環境影響評価法..... 6-4, 9-1, 9-3
環境省通知 1-1, 4-1, 6-1, 6-7, 6-19, 7-17, 8-5, 8-12, 10-1, 11-2, 11-13, 11-18, 11-23
還元井..... 6-5, 6-11, 6-12, 6-13, 6-14, 8-16, 11-26
観測井..... 6-11, 11-22
カンチレバー型..... 6-11, 11-25, 11-27
- き
- 技術士..... 6-19
希少猛禽類..... 8-5, 8-7, 11-13, 11-14, 11-16
許容放流量..... 11-49
近景..... 6-8, 8-22
- く
- 空隙率..... 11-25
掘削機.... 6-12, 8-12, 11-25, 11-26, 11-29, 11-30, 11-31
クラスター型造成..... 8-1, 8-16, 8-20, 8-23
- け
- 景観資源..... 6-6, 6-7, 6-8, 6-21, 8-20
景観シミュレーションii, iii, iv, vi, 5-1, 7-1, 7-18, 7-20, 7-22, 8-1, 8-13, 8-15, 8-23, 8-24, 8-25, 9-4, 9-5, 10-3, 11-29, 11-45
景観デザイン資源.... 8-17, 8-20, 8-24, 8-25, 9-4, 11-50
景観予測..... 3-1, 6-9, 6-13, 9-5, 10-2, 10-3, 11-44
傾斜掘削..... 6-4, 6-12, 7-1, 8-2, 11-28
ゲームエンジン..... 5-1, 6-16
- こ
- 降雨強度式..... 8-21, 11-49
公園計画..... 6-1, 6-21, 11-29
航空レーザ測量... iii, 8-4, 8-8, 8-9, 8-11, 8-21, 8-23, 8-24, 9-4
坑井基地...iii, 6-12, 7-5, 7-6, 7-21, 8-1, 8-4, 8-5, 8-8, 8-12, 8-13, 8-15, 8-16, 8-26, 11-10, 11-14, 11-16, 11-21, 11-25, 11-27
コーディング..... 6-16
国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて..... 6-4
- さ
- 再生可能エネルギー..... 1, 6-4
サブストラクチャー 6-11, 6-12, 8-12, 11-25, 11-26, 11-29
砂防法..... 6-5
山稜線..... 11-4
- し
- シーケンス..... 8-18, 8-19
ジオサイト..... vi, 11-21, 11-22
ジオパーク..... 11-21
自生種..... 11-10
自然公園の法面緑化指針..... 6-3, 11-10
自然公園法.... 6-1, 6-3, 6-7, 7-15, 8-5, 8-6, 8-12, 11-13, 11-33, 11-43
自然再生士..... 6-19
自然噴気..... 11-30
清水ビット..... 11-28
重要な視点場ii, 6-7, 7-17, 7-18, 7-20, 8-12, 8-24, 8-25, 9-5, 11-5
主要眺望点..... 8-7, 9-3
主要な視点場... iii, 6-7, 8-12, 8-19, 8-24, 9-3, 9-5, 11-5
主要な眺望点..... 6-7

植生自然度..... 6-17, 7-7, 7-8, 8-5, 8-10, 8-25, 11-28
 森林法..... 6-5, 7-15, 11-33, 11-43

す

水蒸気... 6-5, 6-13, 7-18, 8-13, 8-23, 9-3, 9-4, 9-5, 10-3
 数値地図..... 6-15
 スカイライン..... 7-18, 8-13, 8-23, 9-4, 10-2
 スタンダード型..... 6-11, 11-25, 11-27
 ステークホルダー... ii, iii, iv, 1-1, 6-1, 7-23, 8-13, 8-15,
 8-21, 8-24, 8-25, 8-26, 9-5, 9-6, 10-1, 10-6, 11-44

せ

生産井..... 6-5, 6-11, 6-12, 6-14, 7-1, 8-2, 8-16, 11-26
 生物分類技能検定..... 6-19
 セパレータ..... 6-13, 6-14

そ

造園施工管理技士..... 6-19
 造成地盤高..... 8-21

た

大径木... 7-23, 8-5, 8-6, 8-16, 8-17, 8-18, 8-20, 8-26, 11-
 13, 11-14, 11-15
 宅盤..... 8-22
 単位調整容量..... vi, 11-47, 11-49

ち

地形改変... 4-1, 7-6, 7-7, 7-8, 7-21, 8-4, 8-5, 8-10, 8-16,
 8-22, 9-3, 10-4, 10-5, 11-7, 11-8, 11-10, 11-13, 11-
 14, 11-15, 11-16, 11-26, 11-28
 地形モデル..... 8-13, 8-14, 8-24, 9-4
 地熱井... 6-11, 6-12, 8-1, 8-15, 11-15, 11-16, 11-17, 11-
 26, 11-30
 地熱資源1, 6-10, 6-21, 7-1, 7-3, 7-5, 7-6, 7-11, 7-21, 7-
 23, 11-21, 11-32, 11-37
 地熱貯留層... 6-10, 6-11, 6-13, 6-14, 8-16, 8-17, 11-25,
 11-26, 11-28
 地熱熱水..... 6-11
 地熱発電... 1, i, 1, 2-1, 3-1, 5-1, 6-4, 6-5, 6-10, 6-11, 6-
 12, 6-13, 6-14, 6-18, 8-20, 8-22, 10-3, 11-13, 11-15,
 11-21, 11-27
 地熱流体..... 6-5, 6-10, 6-11, 6-13, 6-14, 11-26
 着氷..... 6-13, 9-3
 中景..... 6-8, 11-5
 調査井..... 6-11, 6-12, 9-3, 11-26, 11-30
 調整池... iii, vi, 8-20, 8-21, 8-22, 8-23, 8-25, 11-47, 11-
 49, 11-50
 調整池容量..... 8-21, 11-49
 眺望景観..... 6-7, 6-8, 8-7, 9-5, 10-3, 11-13, 11-16
 眺望対象..... 6-8, 8-25

て

底生動物..... 11-13, 11-15
 テクスチャ..... 6-8, 6-15
 展望地..... 6-7, 7-17, 8-12, 11-4

と

道路縦断勾配..... 8-21
 道路幅員..... 8-21
 特定視点場... iii, 6-7, 7-17, 8-19, 8-24, 9-3, 9-4, 9-5, 11-
 5, 11-6, 11-9, 11-10, 11-11, 11-12
 特定植物群落..... 6-17, 6-21, 8-5, 11-40
 土地利用計画 iii, iv, v, vi, 7-3, 8-1, 8-4, 8-8, 8-17, 8-20,
 8-22, 8-23, 8-24, 8-25, 8-26, 9-3, 9-4, 9-5, 9-6, 10-4,
 10-5, 11-6, 11-7, 11-9, 11-10
 トップドライブシステム..... 6-12, 11-29

に

日塗標準色..... 11-46

ね

熱水利用..... 10-3

の

のり面勾配..... 8-21

は

ハイパワーリグ..... 11-26
 パイプライン..... 6-13, 7-1, 8-2
 バタン参考集 . i, vi, 5-1, 7-1, 7-22, 8-1, 8-4, 8-16, 8-20,
 8-22, 9-1, 9-5, 10-4, 10-5, 11-6, 11-7, 11-8, 11-9, 11-
 24, 11-28, 11-46
 発電所建屋..... 6-13, 7-20
 バッファ..... 8-22, 11-32

ひ

ビオトープ管理士..... 6-19
 被視頻度..... 11-19
 微地形... 7-18, 8-4, 8-13, 8-17, 8-18, 8-20, 8-23, 9-4, 10-
 2

ふ

風致景観 1, i, 1, 1-1, 2-1, 5-1, 6-1, 6-3, 6-4, 6-19, 7-21,
 7-23, 8-12, 8-16, 8-20, 11-13, 11-18, 11-19
 フートストラップ型..... 11-27
 フォトモンタージュ法... ii, iii, iv, 5-1, 7-17, 7-18, 7-22,
 8-13, 8-23, 8-24, 9-4, 9-5, 10-2, 10-3, 11-4, 11-5, 11-
 16
 ブロック型..... 6-11, 11-27
 噴気試験..... 8-1, 11-14, 11-25

へ

ベクタ..... vi, 11-32, 11-34, 11-35

ほ

防災調節池等技術基準..... 8-21
 暴噴防止装置..... 11-25
 ボーリング..... 6-11, 6-18, 11-25, 11-30
 保護林..... 6-17, 7-9
 補充井..... 6-11, 11-26
 ポリゴン..... 6-16, 11-34

ま

マトリクス法 ii, iii, vi, 7-3, 7-4, 7-10, 7-11, 7-12, 7-13,
 7-14, 7-15, 7-16, 7-22, 8-8, 8-11, 10-1, 11-2, 11-3,
 11-23, 11-32, 11-42
 マンセル値..... 6-9, 11-46

む

無彩色..... 6-9

も

モデリング..... 6-15, 6-16

や

櫓... 6-11, 6-12, 8-1, 8-12, 8-13, 8-15, 11-14, 11-16, 11-
 25, 11-26, 11-29, 11-31

ゆ	
優良事例 ...1, 1-2, 2-1, 6-1, 6-4, 6-19, 7-1, 8-1, 8-17, 8-19, 9-1, 11-13, 11-17, 11-18, 11-21, 11-23	
よ	
擁壁	8-21
予防原則	vi, 4-1, 11-23, 11-24
ら	
ラウンディング	8-23, 9-1
ラストvi, 8-1, 8-16, 8-20, 8-23, 11-32, 11-33, 11-34, 11-35, 11-37, 11-39, 11-42, 11-43	
ランドスケープ・アーキテクト 1, 1-2, 6-18, 6-19, 7-1, 8-17, 8-20, 9-3, 10-4, 10-5, 11-6, 11-7, 11-8, 11-9,	

11-10	
り	
リグ .6-12, 7-1, 7-20, 8-2, 8-12, 8-16, 11-25, 11-26, 11-30, 11-31	
流域面積	11-49
流下能力	8-21
流出係数	11-49, 11-50
れ	
冷却塔	6-13, 6-14, 8-22, 9-3, 9-5, 11-10
レッドデータ	11-15, 11-16
レンダリング	6-16