

温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）に  
盛り込むべき項目（素案）

平成23年9月28日

## 第一 基本的考え方

### 1. 背景

平成 19 年 2 月、環境省の諮問に基づき温泉資源の保護対策及び温泉の成分に係る情報提供の在り方等について検討を行っていた「中央環境審議会（自然環境部会温泉小委員会）」は、環境省に対し「都道府県が温泉資源保護のための条例・要綱等を定めるに当たっての参考となり、対策を円滑に進めることができるよう、新規事業者による掘削や動力装置の許可等の基準の内容や都道府県における温泉資源保護のための望ましい仕組みについて、国は、温泉は国民共有の資源であるという観点に立って、できるだけ具体的・科学的なガイドラインを作成すべきである」との答申を行った。

この答申を受け、平成 20 年 12 月から平成 21 年 3 月にかけて行われた中央環境審議会温泉小委員会における審議等を経て、環境省は、平成 21 年 3 月 31 日に温泉資源の保護に関するガイドライン（以下「ガイドライン（平成 21 年版）」という。）を策定し、各都道府県あてに通知した。

ガイドライン（平成 21 年版）のねらいは、温泉の掘削、増掘及び動力の装置（以下「掘削等」という。）の不許可事由の判断基準について、一定の考え方を示すことであり、その具体的な項目は、地域等による一律規制（制限地域の設定、既存源泉からの距離規制）の在り方、個別判断のための影響調査の手法、公益侵害への該当性の判断等である。

ただし、ガイドライン（平成 21 年版）では、地域等による一律規制の項目において、その考え方については、浴用・飲用への利用を目的とした温泉の掘削等の他、地熱発電の開発のための温泉の掘削等も対象として捉えているが、具体的な対応については、当時得られていた知見では、地熱発電の開発のための温泉の掘削等に言及することが困難であったため、これを除いた温泉の掘削等（主として浴用・飲用への利用を目的とした温泉の掘削等であるが、暖房への利用を目的とした温泉の掘削等も含まれる。）を対象とした。

ガイドライン（平成 21 年版）の策定後、平成 22 年 1 月に、我が国は、気候変動枠組条約の目的である温室効果ガス濃度の安定化を実現するため、平成 21 年 12 月の気候変動枠組条約第 15 回締約国会議（COP15）でまとめられたコペンハーゲン合意に基づき、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提として、平成 32 年（2020 年）の温室効果ガスを平成 2 年（1990 年）比で 25%削減するという排出削減目標を国連気候変動枠組条約事務局に提出した。また、同年 3 月には、環境大臣が、平成 32 年（2020 年）に温室効果ガスの 25%削減を実現するための対策・施策の道筋を示した中長期ロードマップを発表した。この中で、平成 32 年（2020 年）の絵姿として、エネルギー供給分野においては、発電量として、平成 17 年（2005 年）比で住宅以外の太陽光は約 85 倍、風力発電は約 10 倍、地熱発電は約 3 倍（53 万 kW 171 万 kW）に増加させるという目標を示している。

一方、規制・制度改革に関する調査を行うため、平成 22 年 3 月 11 日に、政府の行政刷新会議に規制・制度改革に関する分科会が、同分科会にはグリーンイノベーション

ンワーキンググループ等三つのワーキンググループが設置され、各種の検討が行われた結果、同分科会は同年6月15日に第一次報告書を取りまとめ、これに基づき、同年6月18日に「規制・制度改革に係る対処方針」が閣議決定された。

この閣議決定では、「再生可能エネルギーの導入促進に向けた規制の見直し(自然公園・温泉地域等における風力・地熱発電の設置許可の早期化・柔軟化等)」が規制改革事項とされ、その対処方針の一つとして、地熱発電の開発のための温泉の掘削等に関し、「温泉法における掘削許可の判断基準の考え方を策定し、ガイドラインとして運用するよう通知する。〈平成22年度中検討開始、結論を得次第措置〉」こととされた。

さらに、同年9月10日には、財源を使わない景気対策として、既定の改革の実施時期を前倒しすることを含め、需要・雇用創出効果の高い規制・制度改革を推進することを目的として、「新成長戦略実現に向けた3段階の経済対策」が閣議決定された。

この閣議決定では、同年6月に閣議決定された「規制・制度改革に係る対処方針について」における前述の規制改革事項が実施時期を前倒しする事項とされ、その内容として、「地熱発電を推進するため、温泉法における掘削許可の判断基準の考え方を策定し、ガイドラインとして運用するよう平成23年度中を目途に通知する。」こととされた。

以上のような再生可能エネルギーの導入促進に向けた二つの閣議決定を受け、環境省では、温泉資源の保護を図りながら再生可能エネルギーの導入促進が図られるよう、地熱発電の開発のための温泉の掘削等を対象とした温泉資源の保護に関するガイドラインを策定することとしたものである<sup>( )</sup>。

なお、本案は、ガイドライン(平成21年版)の一部を構成するものであるが、これら二つを別に整理した方が利便性が高いと考えられるため、ガイドライン(平成21年版)の分冊として取りまとめることとした。

- ( )平成23年の東日本大震災を契機として、再生可能エネルギーの普及に関する機運が一層高まりをみせていることから、温泉資源の保護を図りながら再生可能エネルギーの普及を図る観点から、温泉法における掘削許可の判断基準を示すこの案は、一層重要なものとなっている。

## 2. 本案のねらい

本案のねらいは、地熱発電の開発の各段階における掘削等(調査段階における調査井の掘削等、地熱発電の開始に当たっての生産井の掘削等、生産井の追加的な掘削等)について、温泉法における許可又は不許可の判断基準の考え方を示すことである。

具体的には、地熱発電の開発の各段階における掘削等ごとに、当該掘削等による温泉資源への影響を判断するために必要な資料とそれに基づく判断の方法等を示すことであり、既存の調査研究成果を踏まえ、さらに、現在稼働している地熱発電所を対象として温泉資源の状況に関する流体モデルによるシミュレーション等を行い、それらの結果等に基づき記述している。

地熱発電の開発のための温泉の掘削等について、今後、都道府県において、本案を参考に、温泉法における許可の運用に当たることを期待しているが、参考にするに当たっての留意点を次に示す。

留意点の1点目は、地域の温泉資源等の状況を考慮することが必要であるという点である。本案は、地熱発電の開発のための温泉の掘削等による温泉資源への影響を判断するために必要な資料をとそれに基づく判断の方法を記述しているが、当該掘削等を行う地域における地質の構造、泉脈の状態又は温泉の開発状況等に応じて、温泉資源への影響を判断するために必要な資料が異なることが想定される。地域の温泉資源等の状況に応じて、本案で示す資料に加えて更に資料を収集する、あるいは本案で示す資料の一部を省略するといった対応が求められるケースが考えられる。

2点目は、本案は、現時点での知見に基づき作成したものであるという点である。環境省では、引き続き、温泉資源に関する各種調査を実施し、また、都道府県の温泉行政担当者等の意見を伺いながら、ガイドライン（平成21年版）とともに、少なくとも5年度ごとに総点検を実施するとともに、随時、その更新を行っていく予定である。

本案の取りまとめを契機に、地熱発電と温泉資源の関係について、関係者間での理解の共有が進められ、また、今後の科学的な議論が一層展開されることを期待したい。

## 第二 地熱貯留層と温泉・地下水系の一般的概念

日本国内で一般的にみられる断裂型地熱貯留層と周辺温泉帯水層および地下水層の分布関係についての例を示す（犬山ほか、1999）。

同地域における地熱貯留層と温泉貯留層は、その採取深度に違いはあるが、熱源としては共通している。

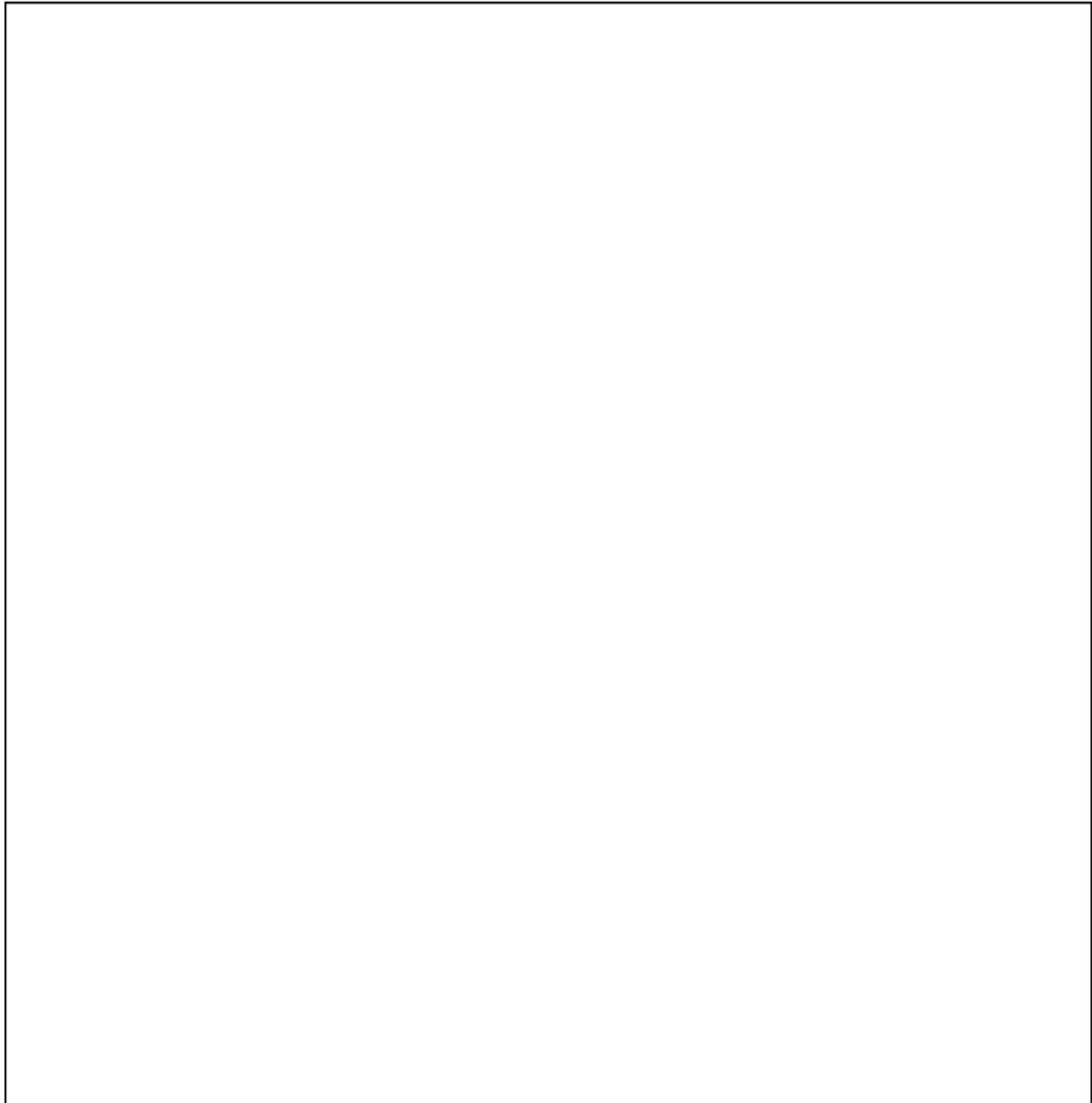


図1 断裂型地熱貯留層と温泉・地下水系概念1  
（地熱発電所生産井と還元井が温泉井と混在している場合）

-地熱資源の特性に関して記載予定-

## 地熱資源の分類

地熱資源のひとつの分類に、熱水卓越型地熱系と蒸気卓越型(または乾き蒸気)地熱系、高温岩体というものがある。簡単に言えば、熱水卓越型地熱系は熱水が多いもの、蒸気卓越型地熱系は蒸気が卓越するもの、高温岩体発電は水、蒸気ともに少ない地域での発電である。基本的に、地熱発電で利用するのは蒸気であることから、熱水卓越型地熱系よりも蒸気卓越型の方が地熱発電に適しているが、熱水卓越型地熱系の方がより普遍的に存在し、国内の多くは熱水卓越型である。

## 参考文献

地熱発電と温泉利用との共生を検討する委員会、2010：報告書 地熱発電と温泉利用との共生を目指して、日本地熱学会、62p.

### 第三 地熱関係用語の本案における定義

ここでは、特に本案において使用する地熱関係の用語の意味について統一しておく。以下の文献に記載されている用語についてはその内容を記し( を付記) 記載のないものは本案で用いる意味について明らかにする( \*を付記) にすることを目的とする。なお、井(たとえば観測井) に対して、坑(観測坑) や孔(観測孔) を用いることもあるが、意味に違いはない。

#### 参考文献

- A 日本地熱学会ホームページ ([http://wwwsoc.nii.ac.jp/grsj/jgea/index1\\_6.html](http://wwwsoc.nii.ac.jp/grsj/jgea/index1_6.html)) 地熱発電用語集
- B 地学団体研究会編、1996：新版地学事典、平凡社。
- C 地熱発電と温泉利用との共生を検討する委員会、2010：報告書 地熱発電と温泉利用との共生を目指して、日本地熱学会、62p.
- D NEDO、2002：平成13年度温泉影響予測手法導入調査(第3次)報告書、

#### 地熱井

熱水採取およびそれに関連して蒸気・熱水地熱地帯や高温岩体中に掘削される坑井。熱水生産用の坑井は生産井(蒸気井)とよばれ、使用後の低温水を地層中に返送する坑井を還元井とよぶ。なお高温岩体中の人工貯溜層に注水するための坑井も還元井とよばれている。

注：これら坑井の他、地質や地温状況を確認するための坑井(ここでは構造試錐井という) 地層中における熱水貯溜状況や熱水の性質、温度分布、熱流量などを調査するための坑井(ここでは試験井という) 地熱水の採取や人工貯溜層造成などに際し周辺に与える影響を監視したり、貯溜層の形状寸法などを観測したりするための坑井(ここでは観測井という)がある。

#### 生産井

地下の貯溜層から石油・天然ガス・蒸気および熱水などのエネルギー資源を採取するための坑井、蒸気井とも言う。

#### 還元井

地熱発電所において、生産井から採取された熱水を使用後地下に還元するための坑井。生産井から採取される熱水・蒸気のうち、蒸気は発電タービンを回すために使用されたのちに大気中に放出されるが、熱水は熱汚染防止、ひ素等の有害成分流出による環境汚染防止、地盤沈下防止、貯溜層の圧力維持・涵養等を目的として、日本では全量が地下に還元されている。

#### 地熱貯溜層

地熱水を貯溜する地層のこと。地熱貯溜岩ともいう。地熱貯溜層は熱水対流系(地熱

系)の部分系であり、割れ目に富んだ岩体からなることが多い。

#### 帽岩

地熱鉱床において、高温の蒸気・熱水を貯留する浸透率の高い(地熱貯留層)から地熱流体の上方または側方への流出・移動を防ぐ難透水性岩石。一般には泥岩。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

#### 噴気

地表に噴出しているマグマ中の揮発性成分。噴火時はもちろんのこと非噴火時でも多くの火山で火山ガスの噴出(噴気)が認められる。

#### 地熱構造モデル

温泉と地熱貯留層の関係について、地層や断層等の分布、温度分布、地熱貯留層分布、地熱流体の生成機構、地熱流体流動及びその流動と地質構造との関係、熱源等を総合的に解析したモデル。

#### 数値モデル

数値シミュレーションにより、地熱流体採取による貯留層の圧力変化や温泉への影響予測といったことを定量的に検討するために、地熱構造モデルおよび地熱流体移動モデルを反映して、地熱現象を再現させるためのモデル。地下の特性を定量化するために、坑井から得られるデータ(地層の間隙率や透水性、温度分布など)が最低限必要である。また、モデルの精度と確実性を検証するには、シミュレーションにより出力する項目(地熱貯留層の圧力や温泉湧出量)について、より多くの実測データを取得し、計算値と実測値との照合(ヒストリーマッチング)を経る必要がある。

#### 地熱開発促進調査

探査リスクなどにより開発調査が進んでいない地熱有望地域について、民間企業を開発を誘導し、地熱発電の開発を促進するために、国(NEDO)が行う先導的な調査のこと。

探査区域の広さにより、以下の通り調査A~調査Cに区分される。

100~300 km<sup>2</sup> : 調査A(地下高温部の存在の有無の確認)

50~70 km<sup>2</sup> : 調査B(地熱貯留層の存在の有無の確認)

5~10 km<sup>2</sup> : 調査C1、大規模地熱発電所(地熱資源量の概略把握)

5~10 km<sup>2</sup> : 調査C2、中小規模地熱発電所(地熱資源量の概略把握)

#### \*モニタリング

地熱分野では、地熱流体採取に伴う地熱貯留層の動態、周辺既存温泉への影響、地表水系への影響、地表環境(生態、景観)への影響、などが監視対象となる。測定間隔は連続的、定期的、不定期(随時観測)など、連続的測定は自記観測装置による。

#### \* 構造試錐井

地熱開発のための地表探査(地質、電磁気、重力、磁力など)と関連あるいは平行し、補足的に行われる試錐で、地下の地質・地熱構造解明を目的としたもの。具体的には地質サンプルの採取や地温勾配の確認を目的としたコアボーリングが該当する。基本的に、地下水や地熱水の採取や湧出を意図しない坑井に限定する。

土木地質の分野において、建築基礎のための地耐力確認のために掘削される地質調査ボーリングなどに該当する。

#### \* 試験井

地熱開発のための試錐で、地熱貯留層の資源量評価や、周辺の温泉や地熱井との影響関係を確認することが主目的の試錐。基本的には、地質調査井で行われる坑井内調査に加えて、地下にある地下水、温泉、熱水を自噴もしくは揚湯させ、これら流体を採取することが目的の坑井。調査井と呼ばれるものも同様で、本案では試験井と同義として取り扱う。

#### \* 観測井

地熱開発のための試錐で、地熱貯留層の資源量評価や、周辺の温泉や地熱井との影響関係を確認することが主目的の試錐。基本的には、地質調査井で行われる坑井内調査に加えて、地下にある地下水、温泉、熱水を自噴もしくは揚湯させ、これら流体を採取することが目的の坑井。

#### \* 補充井

本来の目的が達成できなくなった上記の各種坑井に替わって、元の坑井と同じ目的で掘削される坑井。温泉でいうところの代替掘削に近い。多くの場合、補充井は生産井か還元井の場合が多い。構造試錐、試験井での補充井は基本的にはあり得ない。

## 第四 地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方

### 1. 地熱開発調査の進展に伴う掘削の内容

地熱開発のための調査としては、表1のように広域調査（開発可能性があると判断された場合の調査計画立案）から始まり、そこで地熱開発の可能性があると判断された場合には次の段階として地域をやや絞った概査が行われる。さらに可能性が深まれば、将来的な発電所立地を見据えた精査の段階となり、次いで発電所建設、運用開始の段階となる。

それぞれの調査段階で行われる掘削の種類については表-1に記した。広域調査の段階は、あくまで地熱開発可能性に関する概略的な調査である。いわゆる流体採取を目的としない調査のための掘削が主体となる。

概査の段階では構造試錐井と観測井、精査では試験井と観測井が主な掘削対象となる。発電所建設段階では、実際に発電所で利用するための生産井と還元井（それらの位置と仕様を検討するためのテスト井を含む）の掘削が、運用段階ではそれらの補充井、追加井掘削が、それぞれ行われる。

### 2. 地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方

温泉法では、温泉を湧出させることを目的とした土地掘削については、都道府県知事に申請してその許可を得なければならないとしている。地熱水も温泉同様に、温泉の湧出が考えられる場合には温泉法に基づく掘削許可が必要になる。

以下に、前項に述べた地熱開発の代表的な開発段階（広域調査、概査、精査等）毎に、開発事業者が提出すべき書類や審議会での審査の内容について、具体的事例を交えながら検証する。

表 1 地熱調査の一般的段階と掘削内容の関係

地熱調査の段階	広域調査(計画立案)	地熱資源概査	地熱資源精査	発電所建設・運転開始	発電所運転開始後
掘削について	地温確認など	構造試錐井、観測井の掘削	試験井、観測井の掘削	生産井、還元井の掘削 (観測井の掘削)	生産井、還元井の追加掘削 補充井の掘削
資料	既存資料 ・地質図幅、論文など	構造試錐井、観測井から地質状況や地温状況の概要が得られ、初期的な地熱構造モデルを類推する	試験井からの噴出試験データが得られ、地熱構造モデル+地熱流体流動モデルの構築が可能となる	シミュレーションによる温泉影響予測が可能となる モニタリング結果と合わせた検討も可能となる	数値シミュレーションによる温泉影響予測継続 モニタリング結果と合わせた検討継続
地熱調査内容	物理探査 ・電磁探査 ・重力探査 ・広域リニアメント調査 地表地質調査 ・変質帯調査 地化学探査 ・既存温泉の水質、ガス組成、同位体組成、トリチウム解析など	調査井掘削による調査データ ・地下温度(物理検層) ・地質構造 ・コアカッティングテスト ・フラクチャー解析 ・注水試験 ・調査孔の水質	試験井掘削による調査データ ・噴出試験 ・トレーサー試験 ・圧力干渉試験	生産・還元井掘削による調査データ ・トレーサー試験 ・圧力干渉試験 ・数値シミュレーションとモニタリング結果の比較照合	生産・還元井のモニタリングデータ ・トレーサー試験 ・圧力干渉試験 ・数値シミュレーションとモニタリング結果の比較照合継続
貯留層解析		初期地熱構造モデル構築(地質構造から推定した概念モデル)	地熱構造モデル+地熱流体流動モデル構築	数値モデルによるシミュレーション解析	モデルシミュレーションの更新、高度化
温泉資料(想定されるもの)	既存データの収集 ・都道府県の温泉資料 ・温泉地質、化学等の既存資料 ・温泉モニタリングデータ ・源泉間の影響調査データ ・源泉の検層記録 ・その他	観測井掘削による温泉モニタリングデータ	試験井掘削による温泉モニタリングデータ 予測結果とモニタリング結果の比較	生産・還元井掘削による温泉モニタリングデータ 予測結果とモニタリング結果の比較	発電所稼働後の温泉モニタリングデータ 予測結果とモニタリング結果の比較
温泉への影響、次段階調査に対する判断	周辺温泉に対する影響調査の必要性について ・構造試錐井、観測井の位置と仕様、モニタリングの実施内容	構造試錐井、観測井掘削から温泉への影響について類推 ・試験井の掘削位置、仕様の検討	試験井掘削、噴出試験による温泉への影響について ・生産井、還元井の掘削位置、仕様の検討	生産井、還元井掘削と蒸気や熱水採取、注入による温泉への影響について	生産井、還元井掘削と蒸気や熱水採取、注入による温泉への影響について

地熱開発に伴う既存温泉への影響について検討し得る資料、地熱開発のための調査の進展具合により大きく異なる。最初の調査（広域調査）の着手段階では、その判断の拠り所は限定されるが、調査の進展につれて該当する温泉の湧出機構や温泉湧出の変動状況、過去の源泉間の影響事例、地熱開発予定地域の地質及び地熱構造などに関する理解が深まり、当該地熱開発による温泉への影響が定性的ではあるが推測できるようになる。坑井からの噴出試験（温泉での揚湯試験に該当する）が始まれば、それによる温泉への影響の有無と程度が実測により確認され、当該地熱開発による温泉への影響について、定性的な推測からある程度定量的な判断が徐々に行えるようになる。さらにデータ収集が進むことによって、地熱構造モデルや地熱流体流動モデルに基づく影響判断、数値シミュレーションに基づく影響予測へと高度化する。

地熱開発に伴う種々の掘削の温泉法での判断は、その時々における知識レベルにもとづいて行うことになる。

以下、各調査段階において行われる掘削について、掘削許可に係る判断基準の考え方をとりまとめる（なお、下記の温泉調査には、噴気帯等も含める）。

表 2-1 広域調査段階における掘削に対して

調査段階	広域調査
	地熱開発可能性に関する基礎的検討と近隣温泉への影響予測
現地調査の内容	<p>平面的に広域をカバーする調査が実施される</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存資料調査</li> <li>・ 地質調査（変質帯調査、空中写真解析リニアメント、）</li> <li>・ 衛星画像解析</li> <li>・ 地温探査</li> <li>・ 電気探査、電磁探査</li> <li>・ 放射能探査</li> <li>・ 重力探査</li> <li>・ 磁力探査</li> <li>・ 微小地震観測</li> <li>・ 地化学調査</li> <li>・ その他</li> </ul>
掘削の内容	<p>地温構造等の確認</p> <p>基本的に掘削終了後は直ちに埋め戻される。</p>
掘削許可の判断に係る指標	<p>掘削の概要（掘削対象範囲、予定深度、掘削本数など）</p> <p>掘削計画（温泉湧出の可能性に対する防止策など）</p> <p>全体調査の中の位置づけ見通し（工程計画、追加調査の有無など）</p> <p>地質</p> <p>その他</p>
温泉への調査	<p>↓ 源泉状況に関する聞き取り調査（都道府県温泉主管部、温泉事業者）</p> <p>↓ 源泉の実態調査（湧出状況、利用実態）</p> <p>↓ 温泉の地質・化学調査（温泉の地質的・化学的特徴の抽出）</p> <p>↓ 源泉や噴気の湧出状況の自然変化を確認するためのモニタリング（バックグラウンドの把握）</p> <p>↓ その他（当該温泉の特性に配慮した必要な調査）</p>
温泉への影響	<p>温泉や地熱流体を湧出させる計画ではないが、湧出の恐れがある場合の対処法について留意する必要がある。</p>

表 2-2 概査段階における掘削に対して

調査段階	・ 概査
	地熱開発の可能性が高い地域（精査対象地域）の抽出と近隣温泉への影響評価
現地調査の内容	<p>広域調査の段階よりも調査地域を絞った調査が行われる。 坑井掘削による深部地質情報の確認が行われるようになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地質精査</li> <li>・ 構造試錐</li> <li>・ 坑井を利用したトモグラフィ調査</li> <li>・ その他</li> </ul>
掘削の内容	<p>深部地質状況や深部地温構造を確認するための構造試錐 温泉・地下水、地熱水の採取や汲み上げは伴わない、原則埋め戻し</p>
添付書類	<p>構造試錐井の掘削の概要（掘削位置、目的、深度、口径など） 掘削を含む調査の全体工程計画 前段階の調査で得られた知見のうち、特に以下の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地熱貯留に関する評価（地熱開発事業の可能性）</li> <li>・ 既存温泉地の地質学的・化学的特徴</li> <li>・ 地熱開発による影響発生の可能性についての見通し）</li> <li>・ 今後の調査の見通し（工程計画、追加調査の有無など）</li> </ul> <p>概査の進展に応じた新たな知見（概査の進展に応じて掘削が行われる場合） 広域調査時の資料 その他</p>
温泉への調査	<p>前段階の調査を継続。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⇓ 温泉の地質・化学調査（温泉の地質的・化学的特徴の抽出）の継続</li> <li>⇓ 温泉地内での物理、化学探査（湧出機構解明）</li> <li>⇓ 源泉や噴気の湧出状況の自然変化を確認するためのモニタリング（バックグラウンドの把握）</li> <li>⇓ その他（当該温泉の特性に配慮した必要な調査）</li> </ul>
温泉への影響	<p>温泉や地熱流体を湧出させる計画ではないが、湧出の恐れがある場合の対処法について留意する必要がある。</p>

表 2-3 精査段階における掘削に対して

調査段階	・精査
調査目的	地熱発電の事業化に向けた地熱資源量の概略把握と温泉への影響評価
現地調査の内容	調査地域は将来計画の蒸気生産フィールドを中心とした地域に限定され、地熱資源量を把握するための以下のような調査が主体となる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 噴出試験（主に短期）</li> <li>・ トレーサー試験</li> <li>・ 同圧力干渉試験</li> <li>・ トモグラフィ測定の繰り返し等による熱水流動解析</li> <li>・ 微小地震観測による地熱貯留層の動態観測</li> <li>・ その他</li> </ul>
掘削の内容	試験井、観測井の掘削が主体。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試験井は生産井、還元井、観測井へ転用される可能性をもある。</li> </ul>
添付書類	掘削の概要（掘削位置、目的、深度、口径、坑井を利用した調査内容など） 掘削を含む調査の全体工程計画 前段階の調査（概査）で得られた既存温泉地の湧出機構に関する考察 地熱構造モデル（概念モデル） 温泉影響観測記録 地熱開発による既存温泉地への影響発生に関する考察 精査の進展に応じた新たな知見（精査の進展に応じて掘削が行われる場合） その他
温泉への調査	↓ 温泉に対する継続調査 ↓ 特に坑井からの噴出試験に対応したモニタリングによる影響監視
温泉への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ モニタリングは前段階（概査）から継続する。</li> <li>・ 地熱徴候（噴気や地獄）に対するモニタリングと影響予測も必要に応じて実施。</li> <li>・ 影響については、概査段階での考察結果（地熱構造モデルと温泉地の湧出機構の両方を勘案した影響発生に関する考察）を参考として考察する。</li> <li>・ モニタリングにより温泉に変化が生じた場合には、検証を実施する。</li> </ul>

表 2-4 発電所建設・運転開始段階における掘削に対して

調査段階	・ 発電所建設・運転開始の段階
調査目的	地熱資源量の把握と発電所運用時の近隣温泉への影響評価
現地調査の内容	<p>発電所建設と稼働のための地熱資源量の把握、周辺既存温泉への影響評価が主体となり、以下のような調査が含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生産井や還元井の掘削（その調査のための掘削）</li> <li>・ 噴出試験、熱水や蒸気採取および還元</li> <li>・ トレーサー試験</li> <li>・ 圧力干渉試験</li> <li>・ 微小地震観測による地熱貯留層の動態観測</li> <li>・ その他</li> </ul>
掘削の内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生産井、還元井の掘削（その調査のための掘削）</li> <li>・ その他、地熱貯留層管理に必要な試験井の掘削</li> </ul>
添付書類	<p>掘削の概要（掘削位置、目的、深度、口径、坑井を利用した調査内容など）</p> <p>掘削を含む調査の全体工程計画</p> <p>前段階の調査（精査）で得られた既存温泉地の湧出機構に関する考察</p> <p>地熱構造モデル+地熱流体流動モデル</p> <p>温泉影響観測記録</p> <p>地熱開発による温泉地への影響発生に関する考察</p> <p>精査の進展に応じた新たな知見（この段階での調査の進展に応じて掘削が行われる場合）</p> <p>その他</p>
近隣温泉への調査	<p>↓ 温泉に対する継続調査</p> <p>↓ 特に坑井からの噴出試験に対応したモニタリングによる影響監視</p>
近隣温泉への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ この段階で行う掘削は、温泉や地熱水の湧出を伴うため、近隣温泉への影響があるものと仮定して対処する必要がある。</li> <li>・ モニタリングは前段階（概査）から継続する。</li> <li>・ 影響については、精査段階での考察結果（地熱構造モデルと温泉地の湧出機構の両方を勘案した影響発生に関する考察）を含め総合的に検討する。</li> <li>・ モニタリングにより温泉に変化が生じた場合には、検証を実施する。</li> </ul>

表 2-5 発電所建設後における掘削に対して

調査段階	・ 発電所運転開始後の段階
調査目的	地熱貯留層の適正管理による地熱資源の持続的利用の推進
現地調査の内容	<p>地熱貯留層の管理、生産井や還元井を維持するための補充掘削、出力増を意図した生産井や還元井の追加掘削、周辺既存温泉への影響評価が主体となり、以下のような調査が含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生産井や還元井の補充掘削</li> <li>・ 生産井や還元井の追加掘削</li> <li>・ 噴出試験（主に長期）</li> <li>・ トレーサー試験</li> <li>・ 圧力干渉試験</li> <li>・ 微小地震観測による地熱貯留層の動態観測</li> <li>・ その他</li> </ul>
掘削の内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生産井、還元井の補充掘削（その調査のための掘削）</li> <li>・ 生産井、還元井の追加掘削（その調査のための掘削）</li> <li>・ その他、地熱貯留層管理に必要な試験井の掘削</li> </ul>
添付書類	<p>掘削の概要（掘削位置、目的、深度、口径、坑井を利用した調査内容など）</p> <p>全体工程計画</p> <p>既存温泉地の湧出機構に関する考察</p> <p>これまでの温泉影響観測記録</p> <p>地熱開発による既存温泉地への影響発生に関する考察（シミュレーションによる）</p> <p>その他</p>
近隣温泉への調査	<p>↓ 温泉に対する継続調査</p> <p>↓ 特に坑井からの噴出試験に対応したモニタリングによる影響監視</p>
近隣温泉への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電所の出力維持を目的とした掘削が主体だが、温泉等に対するモニタリングは継続し、発電所の運用に伴う近隣温泉への影響の有無を検証する。</li> <li>・ 同時に、モニタリングデータとのヒストリーマッチングを通して、数値モデルの精細化、正確化を図る。</li> <li>・ 温泉に大きな変化が生じた場合、慎重に検証する。</li> <li>・ 上記の結果から、発電所の出力変更の適否、補充井掘削による温泉への新たな影響発生の有無について検証する。</li> </ul>

## 第五 掘削に関する判断基準の考え方のまとめ

### 広域調査～概査段階

#### 指標として考えられる項目

- 掘削の目的（流体・ガス採取の可能性）
- 位置関係（水平距離、垂直距離、採取深度など）
- 地質及び地質構造の相違
- 掘削による温泉（熱水）採取
- 水質、湧出形態など
- 地熱開発における各種調査成果
  - ・ 物理探査結果に基づく温泉貯留層と地熱貯留層の位置関係
  - ・ 広域地熱モデルによるおおまかな検証
  - ・ 水質、起源的考察
  - ・ 坑井掘削時のデータ（地下温度、地質特性、周辺干渉に関するデータ）

### 精査～発電所建設段階

#### 以下の項目を総合して判断

- 温泉、地下水・噴気モニタリング結果
  - ・ 温泉の圧力（水位）が最も重要
  - ・ 原因と結果の対応関係に時間的遅れが生じる可能性がある(下記 により予測)
  - ・ 観測井による監視強化
- 地熱資源のモニタリング結果
  - ・ 地熱貯留層の圧力、温度など
- 温泉貯留層と地熱貯留層との関係
  - ・ 地質調査や物理探査の結果（温泉・地熱モデルの構築）
  - ・ 地化学調査の結果（温泉水の起源）
  - ・ 以上から温泉と地熱貯留層との関係を考察する
- 地熱モデルの構築、影響程度をシミュレーション予測
  - ・ さらなる追加坑井の掘削については、モニタリング結果、既存源泉への影響を考慮して判断してゆく

### 発電所建設後

地熱資源を保全し、持続的な利用を可能とするためには、地熱資源の適正な管理を徹底する必要がある。

温泉や噴気のモニタリングを継続し、そのデータなどによるヒストリーマッチングを通してシミュレーションモデルの精緻化を図り、温泉・蒸気・地下水も含めた地熱貯留層の適正管理を図る必要がある。

## 第六 関係者に求められる取り組み

開発事業者、温泉事業者によるモニタリングの実施  
モニタリングデータ等の情報公開  
協議会の設置

例) 審議会・協議会体制の構築

