

## 温泉資源の保護に関する基本的な考え方（地熱発電関係）に 盛り込むべき項目（素案）

### 1. 背景と目的

本案の策定に至った背景と温泉資源の保護を目的とした温泉法第4条の掘削の許可の基準についての考え方を示すというねらいを記述。

### 2. 温泉や地熱の形成に関する基本的考え方

温泉や地熱貯留層の形成について広域な地質構造を元に熱水循環系の特徴を記述する（行政関係者が理解しやすいような記載が必要）。

### 3. 地熱資源開発に係る掘削の区分と各段階において取得できるデータ

地熱資源開発に係る掘削では以下の4種類の目的の掘削がある。

- 1) 調査井：調査(構造井)の最も初期段階で掘削される。地質調査、地温測定等を目的として掘削される。掘削時に自噴したり噴気が出ることや、少量の流体を採取したり注入することはあるが、流体の生産は基本的には行わない。ここではモニタリングに用いる観測井も含める。
- 2) 試験井：蒸気、熱水噴出試験を目的とした坑井であり、温泉の場合の揚湯試験に該当する調査を行う。付近に温泉が存在すれば影響する可能性がある。1)の段階での地質構造解析データや水質などのデータをもとに温泉への影響の有無や程度を判断し、モニタリング対象、調査期間や調査項目を決定する。
- 3) 生産井：発電、熱水利用を目的とする坑井である。流体、蒸気を地上に排出するが、基本的に流体は地下還元する（一部の蒸気やガスは地表に放出する）。前述した試験井に続き坑井掘削により詳細なデータが加わり、モデルの構築、シミュレーションによる貯留層評価、影響の検証が徐々に可能となる。
- 4) 還元井：生産井から排出される地熱水には有害物質が含まれること、また資源枯渇による衰退を防ぐため、地中に還元するための坑井である。基本的に熱水を採取する目的の坑井ではないが、掘削時に自噴、ガス放出、還元熱水による水質変化などの可能性はある。

※注意：上記した調査井、試験井、生産井、還元井は、それぞれ別の目的の坑井に転用される場合があり、運用段階で補充井の掘削も行われる。

## 地熱開発と温泉の許認可の流れ

	1	2	3	4	5
項目	1	2	3	4	5
地熱	調査計画	地熱資源概査	地熱資源精査	発電所建設	発電所運転開始後
地熱開発の段階	調査計画	地熱資源概査	地熱資源精査	発電所建設	発電所運転開始後
掘削の有無と種類	なし	調査井掘削	試験井掘削	調査井、生産井、還元井掘削	調査井、生産井、還元井の追加掘削、転用
資料	既存資料 ・地質図幅、論文など ・温泉分析記録	調査井、観測井から実際に地下情報が得られる。	試験井からの噴出試験データが得られ概念モデル構築が可能となる。	数値シミュレーションによる温泉影響予測が可能となる	数値シミュレーションによる温泉影響予測継続 データを追加し修正、検討継続
地熱調査内容/ 判断材料	物理探査 ・電磁探査 ・重力探査 ・広域リニアメント調査 地質地質調査 ・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	調査井掘削による情報 ・地下温度(物理検層) ・地質構造 ・コア・カツテイングス試験 ・フラクチャー解析 ・注水試験 ・水質	試験井掘削による情報 ・地下温度(物理検層) ・地質構造 ・コア・カツテイングス試験 ・フラクチャー解析 ・注水試験 ・水質 ・噴出試験 ・トレーサー試験 ・圧力干渉試験	生産井・還元井掘削による情報 ・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	調査井、生産井、還元井のモニタリングデータ ・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	開発地の検討	広域地熱モデルの検証	地熱概念モデルの構築 発電事業規模の予測	数値シミュレーション検証が始まる 発電事業規模の検討	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 ・都道府県実施の温泉モニタリングデータ ・源泉間の影響調査データ ・源泉の検層記録調査井掘削による温泉モニタリングデータ ・調査井掘削によるデータ	試験井の掘削・試験期間中の温泉モニタリングデータ	調査井、生産井・還元井掘削による温泉モニタリングデータ	発電所稼働後の温泉モニタリングデータ 数値シミュレーションとモニタリング結果の比較検証
審議会での判断		調査井掘削による影響について	試験井掘削による影響について	調査井、生産井、還元井掘削による影響について 地熱貯留層の評価	調査井、生産井、還元井追加掘削による影響について 地熱貯留層の評価と管理

## 4. 調査井の掘削に関する判断基準の考え方

### 開発初期段階

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）
- 空間的な位置関係（水平距離、垂直距離、採取深度など）
- 地質
- 採取量
- 深度
- 温泉の調査記録
  - ・ モニタリングデータ
  - ・ 水質
- 地熱開発における基礎調査の各種成果（地熱開発促進調査など）
  - ・ 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
  - ・ 坑井掘削時はそのデータ（地下温度、地質特性、周辺干渉に関するデータ）

## 5. 地熱発電の開始に当たっての試験井・生産井の掘削に関する判断基準の考え方

### 噴気試験～運転開始

以下の項目を総合して判断

- ① 温泉貯留層・地下水モニタリング結果（影響評価の基準は別記）
  - 温泉貯留層の圧力（水位）が最も重要（圧力変化がまず最初に現れる）
  - 原因と結果の対応関係は、時間的遅れが生じる可能性がある
  - 温泉と試験井、生産井の間に調査井（観測井）を配置し、温泉に影響が出る前に変化（水位(圧力)変動）を捉える
- ② 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
- ③ 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）から温泉と地熱貯留層との関係を考察する
- ④ 地熱モデルの構築、影響程度をシミュレーション予測
  - 周辺既存源泉への影響がないようにできるかの検討
  - 初期段階ではヒストリーマッチングのためのモニタリングデータは限られ、数値シミュレーションは精度不十分となる
  - 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

### 5-1. 試験井掘削に関する判断基準の考え方（論点）

①調査井と試験井掘削を混同しているケースが多々見られる。各々の段階で影響の可能性や、各々判断材料は大きく異なる。申請された掘削について明確に区分する必要がある。

②初期段階での判断材料は限られている。

掘削が行われはじめて定量的なデータが得られる。試験井の掘削ではどのような判断材料を用いて許可・不許可の判断を行うべきか、判断基準の整理が必要。

③審議会での判断

初期段階での判断基準は理解しやすいようになるべく単純化すべきではないか。

温泉における影響モニタリングデータが参考となりうる。

### 5-2. 生産井掘削に関する判断基準の考え方（論点）

①同深度で掘削される温泉同士とは違い、影響のタイムラグが大きい可能性を考慮する必要がある。

②地熱流体、温泉でのシミュレーション解析による影響判断はどの段階で可能か？

- 数値シミュレーションには十分なデータがないと詳細な解析は行えない。調査井、試験井（生産井、還元井も含む）などから得られる情報なくしては詳細な影響評価はできない。
- 地熱モデルとシミュレーションによる検証は、審議会で判断をする際の材料・根拠の一つにすぎない。影響の可能性・度合いを予測するというものである。したがって、掘削後の継続的なモニタリングは重要である。モニタリングによる判断は温泉、地熱貯留層相互の監視があってはじめて成り立つ。
- 数値シミュレーションでは各種条件を設定し調査で得られた結果を追加解釈しながら作り上げるもの。同じデータから必ずしも同じ結論が得られるわけではないことに注意。

## 6. 生産井・還元井の追加的な掘削に関する判断基準の考え方

### 発電所運転開始後

- ① 数値シミュレーションによる検討
- ② 地熱資源の保全に適正な安定採取量であるかどうかの判断が重要
- ③ 地熱発電が予定される都道府県では科学的な判断ができる体制の温泉部会が必要  
(専門家による申請内容調査検討、地熱専門家も含めた委員構成など)
- ④ 周辺既存源泉への影響を温泉利用に支障が生じない程度に抑止できるよう貯留層管理を徹底する。
- ⑤ 温泉モニタリングを継続し、モニタリング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徐々に図り、温泉・地下水も含めた地熱貯留層の適正管理を実施する。

### 論点

- 還元井の取り扱い
  - ・還元井は、熱流体の採取を目的としていないので掘削許可の対象となる場合とそうでない場合がある
- 既存発電所データの活用
  - ・これまでの稼働発電所における圧力干渉範囲については、モニタリングデータ、数値シミュレーション結果が参考なるのでは
- 各都道府県での判断基準について
  - ・現状の情報収集
- モニタリング結果に基づく影響の有無の判断について
  - ・温泉の変動傾向を事前に捉え統計的に判断
  - ・原因と結果とが対となっているかで判断 等

## 7. 関係者に求められる取り組み

- ① 当該流体モデルに基づく影響予測、シミュレーションに基づく影響予測、それぞれの妥当性に関する検証機関としての温泉部会の充実化
- ② 温泉事業者、申請者（開発事業者）による水位、湧出量及び温度等に関するモニタリングの実施、それらデータを用いた協議（モニタリングには温泉だけではなく地熱坑井も含まれる）
- ③ 温泉資源に影響が生じた場合の対応について協議を行う地元協議会の創設等
- ④ 影響があった場合の措置について

## 論点

### ○データの共有・公開

- ・詳細な掘削許可の判断を行うには温泉地すべての源泉のモニタリング、環境モニタリング、地熱坑井、調査井（観測井）の情報を総合して判断することが必要である
- ・第三者による判断

### ○モニタリングの評価にあたっては、地熱発電側の運転状況（モニタリングデータ=資源監視状況）についてのデータの提供が不可欠

- ・具体的には、地熱資源の動向と、モニタリングデータをつきあわせての検証、たとえば、出力を上げたときだけでなく減じた場合における温泉・地下水の反応があるか、など得られた流体モデルをどのように説明し、相互の理解を深めるか
- ・発電所取得データの公開・共有を掘削許可条件にしてはどうか

### ○温泉事業者でのモニタリングは、地熱地帯では温泉も高温で噴気、有害ガスを伴うケースが多いため、観測は容易ではない

- ・技術的な支援も必要ではないか

### ○影響を避けるのは地熱坑井・温泉井ともに適切な維持管理（資源の保全）が何より重要なのは昨年度の検討会でも述べられたところ。そのためにはモニタリングを重視し、影響が疑われる場合には、対応を調整できる体制を構築することが何よりも大切である。事後モニタリングでの確認が重要である

- ・源泉同士の相互干渉、気象条件や周辺環境（地熱掘削以外、例えば道路やトンネル、森林伐採、河川状況変化により影響しうることもある）など明確に区別して判断し説明できるようにする

科学的な議論が可能である協議会なども必要ではないか

例) 審議会・協議会体制の構築

