

環境省自然環境局自然環境整備課 温泉地保護利用推進室 室長殿

2017年1月11日
検討会委員 安達正敏

温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）改訂検討会 に於ける意見の書類による提出について

標題に係る2016年12月12日開催の第1回会議にて小職が発言した事項を具体的に補完する目的で文書化しましたので、第2回検討会に向けて御利用頂きたく提出致します。

1. 現行ガイドライン記載内容の修正・加筆

- (1) 開発の各段階で得られる情報 (p.15～20)
- (2) 源泉モニタリング (p.26)
- (3) 合意形成 (p.27～28)

- (1) 開発の各段階で得られる情報 (p.15～20)

現行の記載内容の主旨を誤解して、網羅された総ての情報を事業者に要求する自治体があった事が地熱協会内で報告された。従って、「地熱開発の各段階で得られる情報」の項目は、地点毎および調査・開発段階毎に異なることがわかりやすく伝わる記載にすべきである。

以下に修正・加筆部分の案を赤文字で示す。

p.15 表3の下の注釈

1)地熱調査で行われる数値シミュレーションについては、離れた地域にある温泉地は対象外となり、十分に取り込まれていない場合があるので留意する必要がある。また、数値シミュレーションモデルは現時点では地熱資源量評価を目的とした手法で作成されるので、**温泉影響評価にそのまま利用するには課題があると考えられるが、**将来的に同様な技術による温泉影響評価のための手法が構築されることで、温泉変動予測に利用する事が期待される。

2)表中に示された「地熱資源調査とそれにより得られる情報」は地熱資源の有望性を評価する事を主たる目的として取得される情報であるので、これら情報の内の温

泉影響検討資料として利用できるものを主体に参照すべきと考えられる。また、本表に示された地熱調査の各段階で取得される情報は、必ずしもすべての調査で得られるものではないことに留意する必要がある。

表3 地熱調査の一般的段階と掘削内容の関係(例)

	↑ I. 広域調査段階	↑ II. 概査段階	↑ III. 精査段階	↑ IV. 発電所建設段階	↑ V. 発電所運転開始後段階
主な掘削調査	構造試験井の掘削	観測井の掘削 構造試験井の掘削	試験井の掘削 観測井の掘削 構造試験井の掘削	生産井の掘削 試験井の掘削 還元井の掘削 観測井の掘削 構造試験井の掘削	生産井の掘削 試験井の掘削 還元井の掘削 観測井の掘削 構造試験井の掘削
掘削で取得し得る情報	地質(断層含む)、地下温度・圧力等	地質(断層含む)、地下温度・圧力、透水性	地質(断層含む)、地下温度・圧力、透水性、地熱流体性状等	地質(断層含む)、地下温度・圧力、透水性、地熱流体性状等	地質(断層含む)、地下温度・圧力、透水性、地熱流体性状等
地熱資源調査内容とそれにより得られる情報	<p>〈調査内容〉 地熱地帯の広域調査から、概査対象地域を選定する。</p> <p>○資料調査 ・地質、地熱、温泉に関する資料</p> <p>○地表調査 ・地質、変質帯調査結果</p> <p>○物理探査 ・重力探査、電磁探査、電気探査、弾性波探査結果等</p> <p>○地化学探査 ・水質、ガス、地温探査等の結果</p> <p>・温泉の水質や起源に関する情報</p> <p>○モニタリング調査 ・周辺温泉、噴気の状態調査結果等</p>	<p>〈調査内容〉 地下温度や地質の詳細情報を得られる。</p> <p>○地表調査 ・地質、変質帯調査結果</p> <p>○物理探査 ・重力探査、電磁探査、電気探査、弾性波探査等の結果</p> <p>○モニタリング調査 ・周辺温泉、噴気の状態調査結果等</p> <p>⇒地熱構造モデルが構築される。</p>	<p>〈調査内容〉 掘削井掘削により、深部地熱流体に関する情報が得られ、地熱流体流動予測、および地熱資源量の予測が行われる。</p> <p>○噴出試験 ・圧力干渉試験結果 ・トレーサー試験結果 ○精密地熱調査 ・地質、変質帯調査結果 ○高密度物理探査 ・重力探査、電磁探査、電気探査、弾性波探査の結果等</p> <p>○モニタリング調査 ・地熱貯留層の情報 ・温泉、噴気の状態調査結果等</p> <p>⇒地熱系概念モデル(地熱構造モデル)が構築される。</p>	<p>〈調査内容〉 地熱貯留層解析、地熱貯留層の資源量評価、モニタリングによる資源動向の検証・影響調査が行われる。</p> <p>○噴出試験 ・一斉噴出試験結果 ・圧力干渉試験結果 ○モニタリング調査 ・地熱貯留層の情報 ・温泉、噴気の状態調査結果等</p> <p>⇒地熱系概念モデル(地熱構造モデル)が更新される。地熱資源評価のための数値シミュレーションモデルにより想定した発電事業に対する将来予測が行われる。</p>	<p>〈調査内容〉 ヒストリーマッピングによるモデルの更新が行われ、地熱貯留層資源量の再検証される。モニタリングによる影響評価が行われる。</p> <p>○噴出試験 ・地熱貯留層の規模や能力情報 ・周辺温泉や噴気、地下水等への環境影響についての情報 ・圧力干渉試験結果 ・トレーサー試験結果 ○モニタリング調査 ・地熱貯留層の情報 ・温泉、噴気の状態調査結果等</p> <p>⇒建設時の予測と実際の発電運転によるモニタリング結果との比較を行い、修正した数値シミュレーションモデルによる将来予測の更新が行われる。</p>
温泉影響検討資料として利用できるもの	<p>・温泉の位置関係</p> <p>・温泉の掘削深度、掘削深度</p> <p>・温泉の湧出形態、湧出状況</p> <p>・温泉の水質、起源について</p> <p>・地質、地質構造</p> <p>・温泉の検温記録 等</p>	<p>・観測井、温泉モニタリング結果</p> <p>・各種物理探査結果等による地質構造の推定</p> <p>・温泉帯水層と地熱貯留層の関係をとりとまとめた地熱構造モデル 等</p>	<p>・噴出試験期間中の温泉影響モニタリングデータ</p> <p>・地熱系概念モデル(地熱構造モデル)や地熱流体流動モデル 等</p>	<p>・噴出試験期間中の温泉モニタリングデータ</p> <p>・予測結果と各種モニタリング結果の比較</p> <p>・更新された地熱系概念モデル(地熱構造モデル)や地熱流体流動モデル)や数値シミュレーションモデルによる評価 等</p>	<p>・発電所稼働後の温泉モニタリングデータ</p> <p>・予測結果と各種モニタリング結果の比較</p> <p>・更新された地熱系概念モデル(地熱構造モデル)や地熱流体流動モデル)や数値シミュレーションモデルによる評価 等</p>

1) 地熱調査で行われる数値シミュレーションについては、離れた地域にある温泉地は対象外となり、十分に取込まれていない場合があるため留意する必要がある。また、数値シミュレーションモデルは現時点では地熱資源量評価を目的とした手法で作成されるので、温泉影響評価には課題があると考えられるが、将来的に同様な技術による温泉影響評価のための手法が構築されることで、温泉変動予測に利用される事が期待される。

2) 表中に示された「地熱資源調査とそれにより得られる情報」は地熱資源の有望性を評価する事を主たる目的として取得される情報であるので、これら情報の内の温泉影響検討資料として利用できるものを主体に参照すべきと考えられる。また、本表に示された地熱調査の各段階で取得される情報は、必ずしもすべての調査で得られるものではないことに留意する必要がある。

4-1. 広域調査段階

対象地域における地熱資源開発の可能性を検討し、広域の範囲から、より地熱資源開発の可能性が高い地域が抽出される。その抽出された地域において、坑井掘削から判明した地温分布状況に基づいて予想される地熱資源の存在状態を踏まえた有効な調査計画（調査内容や規模）が立てられる。この段階では、広域の地質分布及び地質構造の概要、地熱貯留層の平面的な賦存状況、温泉の水質や起源等の特性に関する情報が得られる。

表 5-1 広域調査段階における掘削の場合（例）

調査段階	I. 広域調査段階
想定される坑井掘削の内容	構造試錐井
掘削目的	地熱開発可能性に関する地質構造の確認、地下温度（主に浅部）の確認
地熱資源調査の内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資料調査 ・ 地表調査 ・ 地化学探査 ・ 坑井掘削による調査 ・ 温泉・噴気・地下水等の実態調査 等

17

注1 ここに記載された調査等がすべて実施されるということではなく、調査データ等についてもそのすべてが当該段階で揃うということではないことに十分に留意する必要がある。

4-2. 概査段階

地熱貯留層の概略を把握し、地熱開発の可能性が高い精査対象地域を絞り込むことを目的とした調査が行われる。各種調査結果から、温泉の湧出機構や地熱徴候の生成機構を検討し、地熱構造モデルが作成される。モデルがあれば、その精度に応じた開発対象となる地熱貯留層と温泉・地熱徴候との関連性についての予測が可能となることがある。

表 5-2 概査段階における掘削の場合（例）

調査段階	II. 概査段階
想定される坑井掘削の内容	構造試錐井 観測井
掘削目的	構造試錐井、観測井掘削による地下温度（主に浅部）、地質情報の取得 観測井による地域の温泉、地下水特性把握
地熱資源調査の内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地表調査 ・ 坑井掘削による調査 ・ 周辺温泉・噴気の状態調査やモニタリング調査 等

注1 ここに記載された調査等がすべて実施されるということではなく、調査データ等についてもそのすべてが当該段階で揃うということではないことに十分に留意する必要がある。

18

4-3. 精査段階

地熱発電所の事業化に向けた調査段階に相当し、試験井掘削による噴出試験によって、実際に深部地熱貯留層から地熱流体の採取が行われる。各種調査から得られた情報により地熱資源量の評価が行われる。試験井掘削による調査と噴出試験から地熱貯留層の規模と特徴、地熱流体流動モデルによる影響予測が可能となることがある。

表 5-3 精査段階における掘削の場合（例）

調査段階	III. 精査段階
	<p>申請に係る地熱井と温泉帯水層の関係について検討する。具体的には、両者間に影響する可能性を示すデータがある場合、モニタリングデータのある周辺の既存掘削井と当該地熱井との類似性（水位、温度、化学成分、地質条件の各要素と三次元的距離等）を参考にした上で、既存掘削井のモニタリング結果（自然変動から逸脱する変化が生じていないか等）をもとに温泉帯水層への影響の有無について判断することが考えられる。そのため、あらかじめ既存掘削井におけるモニタリングデータを収集することが重要である。</p> <p>さらに、地熱概念モデル（地熱構造モデルや地熱流体流動モデル）が構築されている場合には、温泉帯水層と地熱貯留層との関係を参考に温泉資源への影響を判断することが考えられる。</p>

注1 ここに記載された調査等がすべて実施されるということではなく、調査データ等についてもそのすべてが当該段階で揃うということではないことに十分に留意する必要がある。

(2) 源泉モニタリング (p.26)

「具体的な温泉のモニタリング手法については、ガイドライン(平成26年版)の別紙2として記載している」との表記があるが、「別紙2」は「別紙7」の誤りであろう。

温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係)

(改正)
平成26年12月
環境省自然環境局

1. 温泉事業者、地熱発電事業者等によるモニタリングの重要性

具体的な温泉のモニタリング手法については、ガイドライン(平成26年版)の別紙7-2として記載している。温泉についてのモニタリングの項目としては温泉の湧出量、

温泉資源の保護に関するガイドライン(改訂)

平成26年4月
環境省自然環境局

p74 別紙7

II 現地観測(観測員による観測)

測定記録の間隔は、目的とする観測内容によって異なる。現地観測では自動観測よりも頻繁な測定はできないが、1日1回～週1回程度の測定を標準とした。これが困難な場合であっても、月1回の測定頻度は確保すべきである。

温泉モニタリングマニュアル
平成27年3月
環境省自然環境局

p11

3) モニタリング実施頻度の検討

自動観測の場合は毎時、観測者による手動観測の場合は毎日が基本となりますが測定方法や状況、目的に応じて測定頻度を決める必要があります。また、モニタリングとは定期的に測定を行うものですが、特定期間中(例えば影響調査等)に注意が必要な場合は、その期間は重点的に測定を行うことも考えられます。

上のガイドライン別紙7 p.74 ではモニタリング頻度を1日1回～週1回程度を標準として記載し、マニュアルでは毎日が基本だが目的に応じて頻度を決める必要がある、としている。

これらは、何れも源泉所有者によるモニタリングを前提としているが、地熱発電開発に於ける源泉モニタリングでは複数の他人の既存源泉のモニタリングが一般的であるので、現実的には温泉事業者の事業への支障が無い様に配慮して、月1回～

年 4 回程度としているのが一般的である。

因みに、優良事業であるべき FIT 事業の認定要件として、地熱協会が要望している温泉帯水層に係るモニタリング要件としては、四半期に 1 回以上の現地観測が必要であると提案している。

出力1,000kW未満		出力1,000kW以上	
測定対象	測定頻度	測定対象	測定頻度
当該源泉 至近の源泉2か所以上	連続自動観測 又は現地観測 (四半期に1回以上)	半径3km以内の至近 の源泉3か所以上 ^(※ 1)	連続自動観測 又は現地観測 (四半期に1回以上)
測定項目		測定項目	
湧出量、泉温、井戸の水位(自噴泉については坑口圧力)、電気伝導度		湧出量、泉温、井戸の水位(自噴泉については坑口圧力)、電気伝導度、化学分析(水素イオン濃度、ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオン、その他必要な項目)	

(3) 合意形成 (p.27~28)

現行ガイドライン記載の p27 本文と p.28 図6「協議会体制の構築例」では、関係者間の合意形成において「協議会」の設置が必須に見えてしまうが、実際には、必ずしも「協議会」という形を取らずとも、合意形成がなされている事例があるので(例えば、北海道赤井川村など)、地域事情に合せた他の運用事例もあり得ることを明確に追加図解することが望ましい。以下に、改定案を赤文字で示す。

3. 関係者間の合意形成 ~~(協議会等の設置)~~

地熱開発と温泉事業が共存・共栄するためには、~~協議会等において~~地熱開発に伴う温泉や噴気への影響に関する検証結果、調査・開発~~地熱発電~~の現状報告と将来計画等の説明・~~報告~~等を通じて、関係者間の合意形成を図っていくことが重要である。

合意形成の仕組みは、調査・開発の段階や地元状況に応じて適切な形をとることが必要である。例えば、掘削を伴わない調査および構造試錐掘削の段階においては、関係者への個別説明や住民説明会、回覧板等による説明などを主体とする方法が考えられるが、何れの方法を取るにせよ、地元自治体との連絡・相談を密にすることが肝要である。

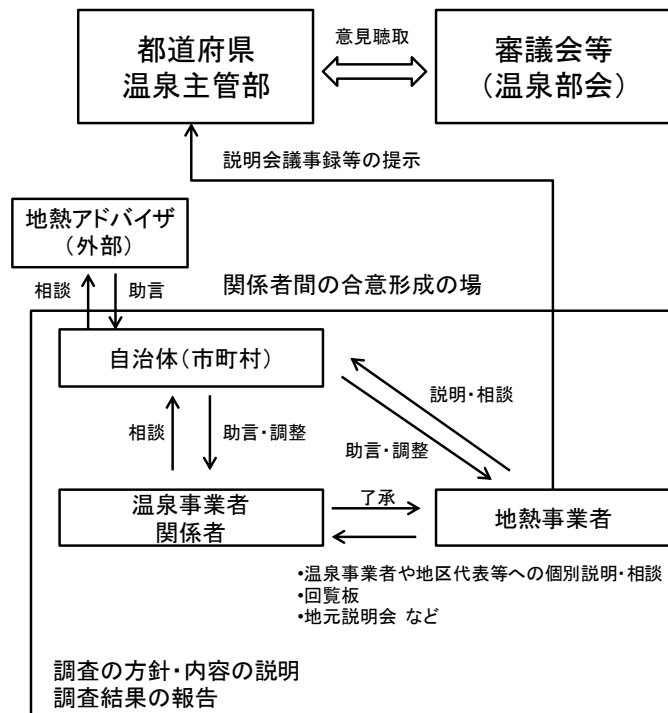
上記の初期調査の結果、地熱資源が有望で温泉に悪い影響を与えずに開発を進められる可能性が考えられる場合には更なる調査・開発の段階に進められるが、この段階においてはより密な合意形成を図る上で協議会等の設置が考えられる。

~~例えば、掘削を伴わない広域調査の段階であっても、~~これらにより、調査目的と調査内容、今後の坑井掘削等の調査スケジュール等の情報を事前に関係者と共有し、調査結果に基づく地熱開発の継続・中止等の対処方針を明らかにすることで、その後の関係者間相互の信頼醸成に役立つことが考えられる。

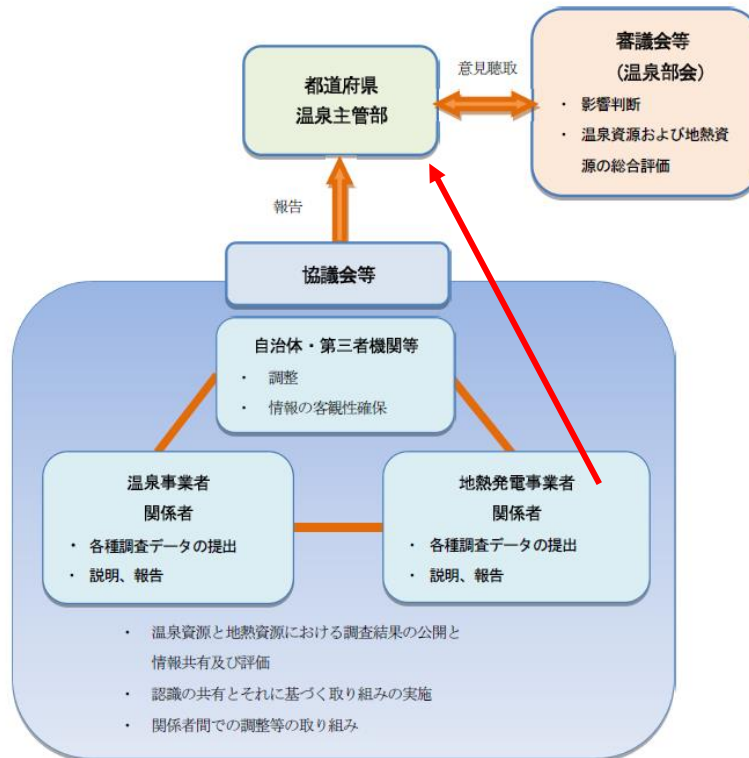
また、関係者間で親密なパートナーシップを構築することで、地熱開発に関する協議がスムーズに進展することが期待される。具体的には、地域の地熱資源のカスケード利用をはじめとする有効活用や保護対策(観測井設置等)、温泉資源への影響が生じた場合の対応についての事前の合意形成等に係る協議を行うこと等が考えられる。また、相互理解を進めるため、温泉と地熱開発の科学的関係を内容とするセミナーの開催等を行うことも考えられる。

合意形成の仕組み~~協議会等~~は、地熱資源調査・開発の過程のなるべく早い段階から設置定することが望ましく、~~その設置に当たっては、これには~~地元自治体の果たす役割が大きいと考えられる。

尚、地熱開発と温泉事業が共存・共栄するためには、上記に加えて、温泉資源保護のための源泉集中管理の考え方や、温泉のカスケード利用などについても関係者間で協議することが有用であろうと考えられる。



調査初期の地表調査から構造試錐井掘削を伴う初期調査段階における仕組みのイメージ



中期調査段階から開発段階以降における仕組みのイメージ

図6 関係者間の合意形成の仕組みについて

2. 追加記載

- (1) 風説の解消
- (2) 温泉帯水層の保護の為の取組としての集中管理

(1) 風説の解消

地元協議会等に於ける議論は当該地に於ける地熱調査・開発が与えるインパクトについて具体的・科学的な情報を住民に提供して判断材料とすることに時間を割くべきであるが、実態は、当該地に無関係な風説の類が話題に上って時間を浪費している。従って、本ガイドラインに於いて正しい情報を提供すべきと考える。

特に、ヒ素・硫酸に関する風説の解消は重要である。

<ヒ素>

風説)「地熱発電所は地熱熱水中に含まれるヒ素を流出している」

実態)日本の大規模地熱発電所は旧通産省の省議アセスを経て建設されており、熱水はすべて地下深くに還元され、河川等へ直接排出されることはない。加えて、営業運転開始後も継続的に環境モニタリングが実施され、モニタリング結果は当該自治体に定期的に報告されており、環境基準に適合していると報告されている。即ち、地上への漏洩などの異常データが検出されたことはない。日本で最も古い岩手県の松川地熱発電所は操業を開始して50年になり、一部の蒸気井から噴出する熱水が地下還元されているが、蒸気井から60mの至近距離にある温泉にも影響が出ていないというモニタリング結果が報告されている。一方、温泉水でも地熱熱水の数倍の濃度のヒ素が含まれているものが有り、自然湧出しているもの、河川に放出されているものが有る。

<硫酸>

風説)「スケール防止策として還元熱水に混ぜている硫酸が環境を汚染」

実態)硫酸は濃度によって大きく異なる性質を有しており、濃度10%を超える硫酸は医薬用外劇物に指定されているが、海水中の硫酸イオン濃度は約0.27%であり、日本の温泉水の硫酸イオンの平均濃度は約0.04%であり、海水や温泉水中の濃度の硫酸イオンは人体に無害である。一部の地熱発電所では熱水からシリカが析出して目詰まりするのを防止する目的で熱水のpHを7から5乃至6程度まで下げるために50ppm程度、即ち0.005%程度の硫酸を還元熱水に添加している。この濃度は平均的な温泉水より遥かに低い濃度であることと、地下深くに還元された熱水が温泉水に混入したり、地上に漏洩したりする事例は無く、還元された熱水はやがて地層と反応して自然の平衡状態に達することなどから、環境汚染には相当しない。

(2) 温泉帯水層の保護の為の取組としての集中管理

ガイドラインに於いてモニタリングの推奨がされている事は肝要であるが、同時に、温泉密集地に於ける集中管理の重要性についても推奨する事が望まれる。

3. 追加調査

<各都道府県の温泉部会に於ける掘削規制、手続き、審議の実態調査>

本ガイドラインの適切な改訂のために、各都道府県での温泉井・地熱井に関する掘削規制、手続き、温泉部会のメンバー構成や開催頻度などの実態につき、情報収集・整理すべきと考える。