

平成 22 年度 温泉資源の保護対策に関する調査検討結果要約

これまでの地熱発電に関する掘削及び地質の構造等のデータ・知見を踏まえ、地熱発電の開発のための掘削の既存源泉・地下水への影響に関し、温泉法に基づく掘削の許可等の審査に当たっての考え方として取り上げるべき事項を抽出し、それらの事項について検討を行った。

1. 検討結果

稼働している地熱発電所における温泉モニタリング状況および課題について各地熱発電所におけるモニタリング状況の実態把握を行った(表 1)。温泉モニタリング資料収集結果から判明した問題点は以下のようなことがあげられる。

- ① 発電所と協定を結ぶ自治体がデータ受け入れの窓口となっている場合は、特に問題がない限りは自治体で保管し、源泉所有者に個別のモニタリング結果が届くことはないケースもある。
- ② 掘削深度の浅い温泉は、気象や周辺環境等の変化にともなってゆう出状態が常に変動することが多い。そのような場合、地熱発電による影響と区別が難しい。
- ③ スケールによる源泉孔や配管の閉塞、周辺源泉との相互干渉等により温泉ゆう出状況が変化することも考えられるが、温泉地全体の状況を把握していない場合は、モニタリング結果のみでは源泉固有の変化であるのか、原因の特定が困難な場合がある。
- ④ 温泉のみではなく、火山噴気活動への影響も議論となっているケースもある。
- ⑤ 温泉ゆう出状況が変化したことから、地熱発電所から生産される熱水を処理して当該温泉地に供給しているケースもある。このケースでは温泉の変動原因を特定できていない(変化の原因は不明とのこと)。
- ⑥ 既設の地熱発電所では、地元自治体との間で協定書を締結し、発電所稼働後のモニタリング実施と、その結果の定期的な報告を行っている事例も多い。しかし、現在、そのモニタリング結果について、自治体もしくは源泉所有者も交えて、影響の有無に関する科学的な検討を行っている事例は多くはない。

表1 各地熱発電所における温泉のモニタリング状況

調査地	観測	観測地との距離	温泉への影響について (自治体、開発事業者へのヒアリング)	モニタリングについて
1	【発電所】定期観測 年2回(全源泉を対象とし、希望者のみ観測) 【自治体】水位・温度の自動観測(休止源泉3箇所)で水位、利用源泉3箇所)でゆう出温度を観測)	温泉と地熱坑井は混在している(近いものでは数10m程度もある)	発電所および都道府県でのモニタリングが行われている。地熱井からの熱水採取量と温泉の自噴源泉数の関係が示唆されているが、詳細な議論をいただけるデータは少ない。発電所や地元自治体によれば、これまで源泉への影響は確認されていない。	観測記録は、役場に報告され記録を共有している。影響の有無については記録をとり続け何かあれば検証するとし、特に報告会や協議の場は設けていないとのこと。
2,3	定期観測 年3回 【自治体】水温、pH、ゆう出量、電気伝導率、主成分の分析	0.3~4km	記録を見る限り、ゆう出状況の変動が激しい源泉が多い。影響関係についてはないと判断がなされている(地元自治体ヒアリングによる)。	自然現象(降雨等)による変動も大きいと考えられ判断を難しいものとしている。
4	定期観測 年3回 【自治体】水温、pH、ゆう出量、電気伝導率、主成分の分析	およそ1.5km圏内が主体	不明	不明
5	【発電所】月1回の定期観測(調査は地元へ委託している)	3~4km程度	温度、ゆう出量が増えている源泉もあるが個別の変化で、地域で共通した変化ではない。地熱発電所の運転による影響は確認されていない(地元自治体ヒアリングによる)。	源泉個別の変化については、定例報告会にて源泉所有者との検討が常に行われていてそのつど影響の検証が行われている。報告会では坑井掘削に関しても源泉所有者への報告が常に行われており、温泉に異常が確認されれば個別に訪問し対応している。
6	【発電所】年12回	0.5~2km	一部源泉からゆう出状況が悪化したとの報告があり、処理熱水を供給したとのこと、ただし、影響確認調査は行っていないとのこと原因については不明(地元自治体ヒアリングによる)。	温泉ゆう出状況が変化したことから、地元への給湯が行われているが、原因についてははっきりしていないようである。定期的な温泉事業者との会合が設けられている。
7	【開発会社】年4回	2~4km	これまで温泉への影響は確認されていないとのこと	
8	【開発会社】 温泉、自然噴気、地下水位 4回/年、地盤 1回/年 【自治体】観測井の水位観測	~14km	周辺源泉の観測が地熱事業者によって、行われ結果は地元自治体へと提出され保管されている。これまでに温泉への影響は確認されていないとのこと。水位のモニタリングなどは県でも行っている。3km程離れた噴気帯の地温が低下し地表の噴気活動が消失したことから地元温泉事業者では地熱発電所による影響が懸念されているとのこと。	観測記録は、役場に報告され記録を共有している。影響の有無については記録をとり続け何かあれば検証する体制をとられている。当初の協定でのモニタリング期間は終了したが、観測を自主的に継続している。
9	【発電所】温泉4回/年、地下水連続観測、地盤 1回/年 【自治体】観測井の水位観測	0km~3.5km	周辺源泉の観測が電力会社により、行われ結果は市へと提出され保管されている。これまで温泉への影響は泥水混入などが取りざたされたことはあったが影響は確認されていないとのこと(地元自治体ヒアリングによる)。	観測記録は、役場に報告され記録を共有している。影響の有無については記録をとり続け何かあれば検証する体制。特に報告会や協議の場は設けていない。

2. 課題整理

- 1) 影響の監視体制（モニタリング）について
 - ① 調査結果資料の説明責任、透明化（見える化）の実現
 - ② 温泉事業者自身によるモニタリングの重要性
 - ③ モニタリング項目について
- 2) 影響の判断について
 - ① モニタリング結果に基づく影響判断は何処がどのように行うべきか
 - ② モニタリング結果の判断における課題
 - 源泉同士の相互干渉による変化との区別
 - 源泉固有の問題との区別
 - 自然現象（火山活動や河川状況）

3. 今後の検討課題と内容

A) 課題

- 温泉法における掘削等の許可・不許可における判断
- 地熱流体移動モデルの構築について
- 都道府県で定めた掘削規制（深度規制や採取量規制、掘削口径の規制）

B) 今後の検討内容

- 地熱流体移動モデルの構築と検証
- 地熱開発による影響評価の指標作成と整合性検証
- 温泉地の特性検証
- 温泉に関わる規制と地熱開発との関係
- 関係者へのヒアリング
- その他必要な資料収集や現地調査

付記. 影響発現事例（海外）※

※ 環境省（平成 22 年 3 月）：平成 22 年度 地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務、プレック研究所）による。

我が国の地熱発電所は、昭和 41 年（1966 年）に操業開始した松川地熱発電所が最初であり、40 年以上の実績がある。この間、これまでに地熱開発に伴う周辺温泉などへの影響が発現した事例はなく、順調な運転を続けている。しかし、海外では 100 年前からの開発実績があり、その間には大きな環境影響が発現したとされる事例もみられる。

このような影響事例は、日本の発電所に比べて相当大規模な発電所である場合や、還元井での資源管理が実施されていなかったものも多いことから、きめ細かな環境対策や管理が実施されている日本で同様の環境影響が起こればと考えられないが、参考までに次ページの表に 7 ヶ所の事例を収集し、その概要を整理した。

表 2 地熱開発に伴う環境影響の発現事例 (プレック研究所)

国	(1) ニュージーランド			(2) フィリピン			(3) イタリア			(4) 米国		(5) スイス	
	ワイラケイ	オハーキ	ティウイ	トンゴナン	ラルデレロ	ガイザー	バーゼル	トンゴナン	ラルデレロ	ガイザー	バーゼル	バーゼル	バーゼル
事例名													
発電規模 ^{*1}	204 MW ^{**2}	104 MW (4 基)	330 MW (6 基)	723 MW (21 基)	543 MW (21 基)	1421 MW (21 基)							
面積 ^{**2}	15 km ²	5-8 km ²	13 km ²	120-150 km ²	250 km ²	100 km ²							
生産井数	60 ^{**2}	24 ^{**2}	43 ^{**1, 2}	81 ^{**1} (75 ^{**2})	180 ^{**1, 2}	424 ^{**2}							3
還元井数	(情報なし)	(情報なし)	16 ^{**1, 2}	33 ^{**1} (26 ^{**2})	23 ^{**1, 2}	43 ^{**2}							1
地熱系タイプ	熱水/蒸気	熱水	熱水	熱水	熱水	蒸気							高温乾燥岩体 (EGS 法)
本格的発電開始年	1958 年～	1988-89 年～	1979 年～	1983 年～	1910 年～	1960 年～							2006 年～
環境影響	温泉水位・水温低下、温泉枯渇、間欠泉停止、塩化物含有量減少	温泉水位・水温低下	地震、水蒸気爆発、温泉枯渇	温泉流量低下、温泉枯渇またはゆう出停止、塩化物濃度低下	蒸気・ガス噴出停止	温泉流量低下、蒸気供給量低下、地震							地震
対策等	還元井の設置 (1996 年頃～)	還元井の設置 (試験運用中の 1980 年頃～)、分離熱水を温泉へ直接供給、温泉底部へのコンクリート施工	還元井の設置 (1983 年～)、開発対象地の移動	還元井の設置 ^{**7}	還元井の設置 (1980 年代前半～)	注水 (1980 年半ば～) ^{**7}							開発停止
回復の程度	回復なし	水位上昇 (但し、分離熱水の直接供給により、水温変動、塩化物含有量増加が発生)	回復なし	塩化物濃度増加、流量増加	回復なし	生産量減少に歯止め (但し、注水量増加に伴い地震増加)							開発停止から 5 ヶ月後まで地震観測

※1 (Bertani, 2005a)、※2 (Bertani, 2005b)