

「霧島市地熱発電に関するモニタリング基準（霧島市, 2017）」活用の際の注意点

鹿児島県霧島市企画部地域政策課

本市では、温泉を利用した発電事業に関して、温泉資源の適切な保護と持続可能な発電事業を実現するため、市独自の源泉モニタリング基準を平成 29 年 7 月に作成（市条例に基づく霧島市温泉資源の保護及び適正な利用に関する調査検討委員会により議論）し、事業者が源泉モニタリングを実施する際の参考として提示することとしています。

本基準は、広範で活用できる成果として多くの自治体や各種地熱関係団体での参考資料として、また、様々な講演会などの機会を活用していただきたいと考えており、地熱発電事業を行う事業者等にモニタリングの必要性とその実施が常識化されることを期待しています。

本基準のコピーを配布される際には、「霧島市地熱発電に関するモニタリング基準（霧島市, 2017）」を引用した旨を記載していただくようお願いいたします。

霧島市地熱発電に関するモニタリング基準

- 1 対象地点篇
- 2 測定項目・頻度篇
- 3 解析篇

対象地点篇

対象種別	選定 ランク	選定方法	順応的管理
湧水・地下水	基本	事業用開発源泉に関連すると考えられる半径1km以内の湧水・地下水。各地下水帯水層を代表する湧水・地下水の見当がつけば絞り込み可。	モニタリングの経過で対象地点が不足であれば増強し、省略できるようであれば縮小。また、モニタリング項目と実施頻度についても不十分であれば増強し、省略できるようであれば縮小。
	推奨	地下水系モデルを引用あるいは作成し ^{※1} 、事業用開発源泉に関連すると思われるできるだけ多くの湧水・地下水。各地下水帯水層を代表する温泉の見当がつけば絞り込み可。	
	代用	適当な湧水・地下水が見当たらなければ、近隣のアメダスデータで代用。	
温泉	基本	発電用地熱流体を含む温泉帯水層（地熱貯留層）につながる ^{※2} と考えられる半径1km以内の温泉。各温泉帯水層を代表する温泉の見当がつけば絞り込み可。	モニタリングの経過で対象地点が不足であれば増強し、省略できるようであれば縮小。また、モニタリング項目と実施頻度についても不十分であれば増強し、省略できるようであれば縮小。
	推奨	地下水系モデルを引用あるいは作成し ^{※1} 、事業用開発源泉の属する温泉帯水層（地熱貯留層）につながる ^{※2} と考えられるできるだけ多くの温泉。各温泉帯水層を代表する温泉の見当がつけば絞り込み可。	
事業者開発源泉	必須		

※1 既存の妥当な温泉帯水層（地熱貯留層を含む）、地下水帯水層を含む地下水系モデルがあれば引用するが、引用できるモデルがなければ、既存データを収集あるいは一斉調査によりデータを収集してモデルを作成する。

※2 発電用地熱流体を含む温泉帯水層（地熱貯留層）とつながりがあると考えられる温泉帯水層のタイプは同一熱水型、熱水浸出型、蒸気加熱型（別表参照）。

測定項目・頻度篇

霧島市が発電事業者に推奨する源泉等モニタリングの測定項目・頻度等一覧

対象区分	対象種別	測定項目	頻度	掘削前 ^{※1}	掘削工事中	掘削工事後の噴気(揚湯)試験時 ^{※2}	噴気(揚湯)試験終了後1ヶ月まで ^{※3}	同左から噴気(温泉)採取開始まで ^{※3}	噴気(温泉)採取開始後1年間 ^{※4}	採取(温泉)採取開始後2年目以降 ^{※4}	
陸水	湧水・地下水等	温度、濁度、湧出量、水位(計測可能井) ^{※5}	基本	3ヶ月前から1回/月	1回/週	1回/週	1回/週	1回/四半期	1回/四半期	1回/年	
			推奨	1年前から1回/月	1回/日	1回/日	1回/日	1回/月	1回/月	1回/四半期	
温泉	温泉水	温度、湧出量、水位(計測可能井)	基本	3ヶ月前から1回/月	1回/週	1回/日	1回/週	1回/月	1回/月	1回/年	
			推奨	毎時連続測定 ^{※6}	毎時連続測定	10分間隔程度の連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	
		成分分析	基本	最初に主要成分分析	重要成分1回/月	主要成分1回	重要成分1回/月	重要成分1回/四半期	重要成分1回/四半期	重要成分1回/年	
			推奨	1年前から1回/四半期	2回/月以上	2回以上	2回/月以上	1回/月	1回/月	1回/四半期	
二相流体(分離可能なときは分離熱水と分離蒸気)	分離熱水	温度、湧出量	基本	3ヶ月前から1回/月	1回/週	1回/週	1回/週	1回/月	1回/月	1回/年	
			推奨	1年前から1回/月	1回/日	1回/日	1回/日	1回/週	1回/週	1回/四半期	
		成分分析	基本	最初に主要成分分析	重要成分1回/月	主要成分1回	重要成分1回/月	重要成分1回/四半期	重要成分1回/四半期	重要成分1回/年	
			推奨	1年前から1回/四半期	重要成分2回/月以上	主要成分2回以上	重要成分2回/月以上	重要成分1回/月	重要成分1回/月	重要成分1回/四半期	
	分離蒸気	温度、蒸気量(計測可能井)、坑口圧力(計測可能井)	基本	3ヶ月前から1回/月	1回/週	1回/週	1回/週	1回/四半期	1回/四半期	1回/年	
			推奨	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	
		二相流体	温度、蒸気量(計測可能井)、坑口圧力(計測可能井)	基本	3ヶ月前から1回/月	1回/週	1回/週	1回/週	1回/四半期	1回/四半期	1回/年
				推奨	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定
蒸気単体	蒸気	温度、蒸気量(計測可能井)、坑口圧力(計測可能井)	基本	3ヶ月前から1回/月	1回/週	1回/週	1回/週	1回/四半期	1回/四半期	1回/年	
			推奨	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	毎時連続測定	
事業者開発源泉	開発熱水の状態に応じて上記各項目を参照する	温度、湧出量(蒸気量)、水位(坑口圧力)	基本			1回/日	1回/日(水位のみ)	1回/週(水位のみ)	1回/週	1回/四半期	
			推奨			10分間隔程度の連続測定	毎時連続測定(水位のみ)	毎時連続測定(水位のみ)	毎時連続測定	毎時連続測定	
		成分分析	基本			主要成分1回			重要成分1回/四半期	重要成分1回/年	
			推奨			主要成分2回以上(試験当初と終了時の頃)			重要成分1回/月	重要成分1回/四半期	
		環境成分分析(硫化水素)	基本			1回			1回/四半期、基準値を超える場合は室内空気中濃度も測定	1回/年、基準値を超える場合は室内空気中濃度も測定 ^{※7}	
		環境成分分析(ヒ素、ホウ素、フッ素)	推奨			1回			1回/四半期	1回/年 ^{※8}	

※1: 基礎データとして少なくとも掘削前3年間のデータ収集・解析を推奨する。

※2: 噴気(揚湯)試験時に周辺源泉に影響が出現した場合は、噴気(揚湯)試験や事後のモニタリングの実施期間を見直す場合もある。

※3: 開発した源泉が目標とする温度、量の水準に達せず、廃孔とする場合は、この段階以降のモニタリングは不要となる。ただし、新たに別の源泉を掘削・増掘する場合は、掘削工事中～後のモニタリングに戻る。

※4: 発電用源泉の採取開始後に代替掘削・増掘を行う場合は、掘削申請も含めて工事前からのモニタリングを再度実施することになる。

※5: アメダスデータにより代用する場合は、毎日の平均気温と合計降水量のデータを使用する。

※6: 連続測定は原則、自動観測機器によることを念頭に置いているが、スケールや腐食等により機器が安定的に動作しない場合もあるので、手観測によるモニタリングも推奨される方法である。

※7: 基準値を下回るよう処理されていればモニタリング不要、前年の測定値が基準値の半分以上を超えなかった場合はモニタリング不要(基準値: 硫化水素、2mg/L)

※8: 排水が30m³/日未満が公共水域への排出がない場合はモニタリング不要、基準値を下回るよう処理されていればその成分はモニタリング不要、前年の測定値が基準値の半分以上を超えなかった成分はモニタリング不要(基準値: ヒ素、0.1mg/L、ホウ素、500mg/L、フッ素、15mg/L)

成分分析について 分析は温泉分析登録機関か環境計量証明機関(濃度(水))に依頼して実施する。

(1) 重要成分 採取者は分析機関に採取水を送る。

(現地試験) 採水時に採取者が行う測定: 温度、湧出量

(室内試験) 分析項目: 塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオン

(2) 主要成分 採取者は分析機関に採取水を送る。

(現地試験) 湧出量、泉温

(室内試験) 分析項目: ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオン、メタケイ酸、pH、電気伝導度(EC)

(3) その他 必要に応じて成分を追加する場合がある。

・温泉水、陸水、分離熱水の測定実施内容は、環境省「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」、「温泉モニタリングマニュアル 平成27年3月」を参照して実施する。なお、温泉水試料採取位置は、坑口付近にて行うこと。

・蒸気・分離蒸気及び二相流体の量を計測するには、坑口設備付近にオリフィス式流量計の蒸気流量計の取り付けが必要。

・熱水を多量に含む二相流体や飽和蒸気は蒸気量計測が困難な場合がある。蒸気井・二相流体井では坑口圧力の計測が有効。坑口圧力計に自動データ記録装置を取り付けることで、坑口圧力の連続測定・記録が可能となる。

解析篇

解析 ランク	解析法	解析法概要
基本	解析図による方法	温泉モニタリングマニュアル（環境省自然環境局, 2015）の8. に解説されているような図化（グラフ化）による解析を行う。
推奨	解析ソフトによる方法	例えば地熱－温泉共生型貯留層管理アドバンスシステム（野田ほか, 2014）のような数値解析法による定量的解析を行う。

環境省自然環境局, 2015 : 温泉モニタリングマニュアル, 43pp.

野田ほか, 2014 : 地熱－温泉共生型貯留層管理アドバンスシステムの開発.

日本地熱学会平成26年学術講演会講演要旨集. ポスターセッションp22.

(別表) 温泉帯水層のタイプ分類フローチャート

