
解 説

鉱泉分析法指針 (平成 26 年改訂) の要点森 康則^{1) 2)*}, 滝沢英夫³⁾, 甘露寺泰雄³⁾

(平成 26 年 10 月 28 日受付, 平成 26 年 11 月 13 日受理)

The Main Revised Points of “The Guidelines for Analysis of Kosen (Fluid-Type Hot Springs) Revised in 2014”Yasunori MORI^{1) 2)*}, Hideo TAKIZAWA³⁾ and Yasuo KANROJI³⁾**Abstract**

The Ministry of the Environment, Nature Conservation Bureau of Japan released “The Guidelines for Analysis of Kosen (fluid-type hot springs) revised in 2014” as notification article No. 1407012 on 1st July 2014. This report summarizes the main points of this guideline. All analytical laboratories registered under article 19, paragraph 1 of Hot Springs Law in Japan will need to analyze hot springs as described in this guideline and prepare a hot spring analysis sheet. This guideline has been revised for the first time in twelve years. This report reviews many revised points, including (1) Unification of units and terminology, (2) Analysis of metal ions, (3) Analysis of radon and radium salts, and (4) Analysis of sulfur systems.

Key words : The Guidelines for Analysis of Kosen (fluid-type hot springs), Hot Springs Law, radium salt, metal ion, sulfur systems

要 旨

環境省は、平成 26 年 7 月 1 日付け環自総発第 1407012 号環境省自然環境局通知により、「鉱泉分析法指針 (平成 26 年改訂)」を発出した。温泉法第 19 条第 1 項に基づく全国の登録分析機関は、同指針に準拠して温泉成分分析を行い、温泉分析書を作成することとなる。今回の改訂は、平成 14 年 3 月以来、12 年ぶりの大幅な改訂である。本論では、今回の改訂によって変更された内容の要点を、(1) 表記の統一、(2) 金属成分の分析、(3) ラドン、ラジウム塩の分析方法、(4) 硫黄系成分の分析方法、(5) その他、に大別して整理し、概説する。

¹⁾三重県保健環境研究所 〒512-1211 三重県四日市市桜町 3684-11. ¹⁾Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, 3684-11 Sakura-cho, Yokkaichi, Mie 512-1211, Japan. *Corresponding author : E-mail moriy04@pref.mie.jp, TEL 059-329-2917, FAX 059-329-3004.

²⁾三重大学大学院生物資源学研究所 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577. ²⁾Graduate School of Bio-resources, Mie University, 1577 Kurimamachiya-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan.

³⁾公益財団法人中央温泉研究所 〒171-0033 東京都豊島区高田 3-42-10. ³⁾Hot Spring Research Center, Japan, 3-42-10 Takada, Toshima-ku, Tokyo 171-0033, Japan.

キーワード：鉱泉分析法指針, 温泉法, ラジウム塩, 金属成分, 硫黄系成分

1. はじめに

環境省は、温泉成分分析を行う上での都道府県への技術的助言として、平成 26 年 7 月 1 日付け環自総発第 1407012 号環境省自然環境局長通知により、「鉱泉分析法指針 (平成 26 年改訂)」を定め、公表した (環境省自然環境局, 2014a)。鉱泉分析法指針は、温泉法 (昭和 23 年 7 月 10 日法律第 125 号) 第 19 条第 1 項に基づき、都道府県登録を受けた分析機関が、温泉成分分析を行い、温泉分析書を作成する際に広く活用されているガイドラインである。

環境省は、「鉱泉分析法指針改定検討調査」(平成 16~18 年度) (中央温泉研究所, 2005, 2006, 2007), 「平成 21 年度鉱泉分析法指針説明会開催関係業務及び同指針改訂検討調査」(中央温泉研究所, 2009), 「平成 22 年度鉱泉分析法指針改訂検討業務」(中央温泉研究所, 2011), 「平成 25 年度鉱泉分析法指針改訂検討委託業務」(中央温泉研究所, 2013), 「温泉利用に関する掲示内容等についての医学的検討調査」(平成 18~23 年度) (日本温泉気候物理医学会, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012) を経て、学識経験者による検討会議や実証試験等を実施してきた。

この度、環境省自然環境局から発出された「鉱泉分析法指針 (平成 26 年改訂)」(環境省自然環境局, 2014b) (以下、改訂指針) は、これらの数々の検討結果をベースとして発出されたものである。その改訂の全容については、環境省自然環境局の web サイト (<http://www.env.go.jp/nature/onsen/docs/index.html> 2014/11/11 アクセス) から誰でも容易にダウンロードすることが可能である。

2. 基本的な方針

昭和 26 年の旧厚生省による「温泉分析法指針」の策定以来、温泉分析に係る公的な分析法は「鉱泉分析法指針」と名称を変えながら、その時代に普及する分析機器に応じた逐次の改訂を経てきたものの、平成 14 年 3 月の部分改訂を最後に、長らく改訂が行われなかった。かつては測定が困難であった微量領域の測定機の導入や、また分析者のリスク低減、実験廃液や危険試薬の使用量低減、旧態の単位系や同一物質の異なった表記等の理由により、指針の改訂を求める機運が高まってきた。

これらの背景から、今回の改訂作業では、以下の点を重点的に考慮した修正・追記等がなされている。①物質名や単位系の記載の統一や一般的な表記への変更、②実証試験による検証に基づいた新たな分析方法の追加および従前の分析方法の修正、削除、③療養泉の定義の変更。これらの改訂された点の主要部分を、次節以降に概説する。

3. 平成 26 年改訂の要点

3.1 表記の統一

化学物質や単位の表記方法については、温泉分析書固有の従前の表記は尊重しながらも、IUPAC や JIS 等の近年の表記方法の傾向に配慮して、より統一性を持たせるよう改訂が行われた。

例えば、従前の指針で散見された「ヒ素」「砒素」「ひ素」といった異なった表記は、「ひ素」と統一された。これは、外来語として片仮名表記が一般的に用いられている物質名 (ナトリウム、カリウム、カドミウム等) は片仮名として、それ以外の物質名 (よう化物イオン、けい素) は平仮名として記載を統一するという方針に基づいている。このため例えば、「メタほう酸」(HBO_2)

metaboric acid)「メタけい酸」(H_2SiO_3 metasilicic acid)は、「メタ」(meta)が外来語であり片仮名表記,「ほう酸」「けい酸」はひらがな・漢字表記とされる。

また,温泉法上では「臭素イオン」「ふつ素イオン」(「つ」が促音ではない)といった表記,従前の指針でも「塩素イオン」「ヨウ素イオン」といった表記が見られたが,改訂指針ではIUPAC法に準拠して,それぞれ「臭化物イオン」「ふっ化物イオン」「塩化物イオン」「よう化物イオン」といった表記に修正されている。

単位系の表記は,可能な限りSI単位系に対応するため,これまで規定濃度として表記されていた箇所に対してモル濃度へと修正された。ただし,温泉分析書上の当量値については,従前のとおりバル(val)表記が残されている。また,温泉法上の記載にSI単位系以外の表記が残っている箇所(例えば,「含有量(一キログラム中)ラドン(Rn)二〇(百億分の一キュリー単位)以上」)については,改訂指針では,SI単位系との併記(例えば,「ラドン(Rn):7.4Bq/kg(2.0×10^{-10} Ci/kg:0.55マッヘ単位)」)(改訂指針 p.157)が求められている。

また数字の表記については,4桁以上の数字は「1 000」,小数第4位以降の数字は「78.099 5」と3桁ごとにスペースをそれぞれ挿入し,カンマ(,)を使わない表記に統一されている。

3.2 金属成分の分析方法

平成14年3月の改訂から現在までに,水中に溶存する金属成分の分析は,誘導結合プラズマ質量分析法に代表される分析技術が一般の分析機関にも普及し,目覚ましい進歩を遂げた。こうした背景から,誘導結合プラズマ質量分析計等の分析機器を利用し,以下の改訂が行われるに至った。

①誘導結合プラズマ発光分光分析法及び誘導結合プラズマ質量分析法による一斉分析法の追加,②他の分析方法の準用容認の明記,③リチウム(Li)及びストロンチウム(Sr)等の分析方法の修正。

誘導結合プラズマ発光分光分析法,誘導結合プラズマ質量分析法による一斉分析法は,環境水や水道水,工場排水等の水質分析において既に普及している分析技術であり,その方法自体は特に目新しいものではない。しかし,温泉分析特有の分析上の課題を考慮する必要があるため,様々な泉質の温泉水を用いた実証試験を実施し(中央温泉研究所,2011;長野県薬剤師会,2011;宮城県公害衛生検査センター,2011),その結果をふまえて改訂指針に追加された。

追加された分析方法において,他の水質分析にはない温泉水特有の分析上の留意点があるとすれば,例えば温泉水中に溶存するほう素(B)の分析であろう。他の環境水等に比べて,温泉水はBを高濃度で含有する場合が多く,また,地質や湧出状況等の周辺状況から,温泉水中の濃度を推測しにくい成分でもある。一方でBは,オートサンプラの導入口のコンタミネーションやチューブ内のメモリー効果を引き起こしやすい物質であるため,高濃度のBが含まれる可能性がある場合は適度な希釈を行うこと,万一高濃度のBをライン中に導入してしまった場合には,メモリー効果が認められなくなったことを確認すること等の注意が必要である。

また,改訂指針の「まえがき」には,他の具体的な分析方法を例示し,その準用の容認について明記している箇所がある。例示されている分析方法は,「衛生試験法:公益社団法人日本薬学会」,「工業用水試験方法(JIS K 0101):一般財団法人日本規格協会」,「工場排水試験方法(JIS K 0102):一般財団法人日本規格協会」,「上水試験方法:公益社団法人日本水道協会」,「放射能測定法シリーズ:文部科学省」の5法である。これは,以前に環境省により作成された鉱泉分析法指針説明会テキスト(環境省自然環境局,2009)の内容が,改訂指針中に追加されたものである。

しかしながらこれらの5法には,温泉水に特化した分析項目であるLi,Srについては,分析方法の規定がされていない。このため,この2成分については,より多くの機関が汎用的に分析できるよう,原子吸光法(フレーム)が追加された。ただし,実証試験の結果,一部の測定機種を用い

た原子吸光法による Sr の定量下限値が、主要成分の一般的な報告下限値である 0.1 mg/kg を満足しない可能性が示唆されたため、Sr の分析に原子吸光法を用いた場合は、定量下限値が 0.5 mg/kg 程度である旨が改訂指針中 (p. 63) に明記された。また、他の環境水に比べ、比較的多量に温泉水に含まれる Li, Sr, けい素 (Si) 及びひ素 (As) についても実証試験を行い、誘導結合プラズマ発光分光分析の一斉分析法には Li, Sr, Si が、誘導結合プラズマ質量分析法の一斉分析法には Li, Sr, Si, As がそれぞれ分析項目として加えられた。

3.3 ラドン、ラジウム塩の分析方法

ラドン、ラジウム塩の分析方法に関する主な改訂点は、以下のとおり整理される。①簡易型液体シンチレーションカウンタによる分析が可能であることの明記、②直接法によるラドン分析方法の追加、③ラジウム塩測定法の修正。

これらの改訂には、温泉法施行規則にも記載されている IM 泉効計について、現時点で既に主要メーカーの新規生産および修理サポートが終了しているため、今後の普及拡大が期待できないこと、その一方で、従来の液体シンチレーションに比べて可搬式の簡易型液体シンチレーションカウンタが開発され普及が見られるという背景がある。

簡易型液体シンチレーションカウンタの使用に関して、改訂指針 (p. 32) で次のように記載されている。「鉱泉分析法指針のラドン分析では、一般的な液体シンチレーションカウンタの他、簡易型液体シンチレーションカウンタ (光電子増倍管が単数で持ち運び可能なもの) を使用してもよい」。この記述を行うにあたっては、簡易型液体シンチレーションカウンタの一例として「トリアスラー」(Hidex 社 フィンランド) を用いた実証的な検討 (Yasuoka *et al.*, 2009, Tanaka *et al.*, 2013) が参考にされた。簡易型液体シンチレーションカウンタにより新たに測定を行う場合は、その測定機器および条件が十分な定量性を持つものかどうか検討するため、まず分析目標値を算出し、その値が温泉の規定値の 1/10 に相当する 7.4 Bq/L の定量下限値を確保することを確認した上で、温泉分析に供することが可能と定められている。結果として改訂指針では、これまで特に規定されてこなかった液体シンチレーションカウンタの性能基準が示されることとなった。

改訂指針で新規に追加された直接法によるラドン分析方法とは、シンチレータと塩化ナトリウムを入れた液体シンチレーション用バイアルを現地調査に持参し、そのバイアル中に直接温泉水を注入し、これを液体シンチレーションカウンタで測定するという方法である。直接法は従前の抽出法に比べ、定量性はやや劣るものの、抽出段階の試験操作に伴うラドンの漏えいを防ぐことができ、また分析廃液の少量化等の利点がある。

ラドンを多く含む温泉の分布は極めて限定的であり、主に地質に依存した地域偏在性が高いことが知られている (甘露寺, 2012)。このため、こうした特殊性の高い温泉成分の分析は、測定機器を持たない分析機関が、測定機器を保有する分析機関へ分析を依頼する状況が想定されるが、トルエンは、毒物及び劇物取締法 (昭和 25 年 12 月 28 日法律第 303 号) に規定される劇物であるため、郵便法 (昭和 22 年 12 月 12 日法律第 165 号) 第 12 条に定める郵便禁制品に相当する。そこで、ラドンの直接法においては、従前の指針で規定されていた DPO+POPOP トルエンシンチレータに限定せず、郵送が可能な「非水溶性液体シンチレータ」の使用を追加した。改訂作業における実証試験は、ミネラルオイルシンチレータ (PerkinElmer 社 アメリカ) を使用して実施され、この検証作業の結果、改訂指針では非水溶性液体シンチレータの使用が容認されるに至った。

ラジウム塩の測定法は、「鉱泉中にはラジウム塩以外にラドン (^{222}Rn) を放射性崩壊により生成する同位体が僅かに含まれているが、鉱泉分析法指針では、ラジウム (^{226}Ra) と ^{222}Rn が放射平衡に達しうる時間放置した後に試料中に含まれている ^{222}Rn は、すべてラジウム塩から放射性崩壊に

より生成されたものとしてラジウム塩濃度を計算することとする」(改訂指針 p. 40) とラジウム塩を再定義することによって, 液体シンチレーションカウンタの測定値によりラジウム塩濃度を換算することを可能とした。

なお, 平成 25 年度鉱泉分析法指針改訂検討委託業務報告書によると, 近年の普及が甚だしいゲルマニウム半導体検出器を用いたラジウム分析方法の導入について今後検討するべきであるとしている(中央温泉研究所, 2013)。今回の改訂作業では, 同機器による分析方法の追加については見送られたものの, 将来的な課題として検討が継続されるべきであろう。

3.4 硫黄系成分の分析方法

硫黄系成分については, 温泉の規定値「総硫黄 (S) [$\text{HS}^- + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{S}$ に対応するもの] 1mg/kg 以上」, 療養泉の定義「総硫黄 2mg/kg 以上」が規定されている。さらに, 硫化水素 (H_2S) による事故の未然防止のために, 硫黄泉に限った浴用利用基準が定められている等, 特に火山性温泉の湧出地域において, 分析の必要性の高い項目である。

硫黄系成分の分析方法に関する改訂点は以下のとおりである。①チオ硫酸イオンの分析方法の修正, ②滴定可能な硫黄(硫化水素)の定性と定量及び全硫黄の定量の削除。

チオ硫酸イオン ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) の分析方法については, 従来のメチレンブルー比色法の適宜修正に加え, 新たにイオンクロマトグラフ法が採用された。イオンクロマトグラフ法に関しては, 炭酸系の溶離液を用いた一般的なアニオンの一斉分析と同一の測定条件を用いることが可能であることが実証試験により確認されたため(中央温泉研究所, 2011; 長野県薬剤師会, 2011; 宮城県公害衛生検査センター, 2011), 採用されたものである。また, 従来の指針に記載のあった「滴定可能な硫黄(硫化水素)の定性と定量」及び「全硫黄の定量」については, 総硫黄の判断を行う際に誤解が生じる可能性があるため, 定性分析の方法を除き全文が削除された。

3.5 その他

前節までに整理することができなかった今回改訂による変更点は, 以下のとおりである。①電気伝導率の測定, ②市販の分析用標準液の容認, ③危険試薬の削除, ④療養泉の定義の見直しと温泉分析書別表の記載方法についての記載。

電気伝導率の測定については, 現地調査において簡便・迅速に測定を行うことが可能であり, またおおよその溶存成分の総量を把握することができることから, 改訂指針では測定方法を規定し, 温泉分析書への記載を求めることが明文化された。

市販の分析用標準液の使用については, 改訂指針の中で「各検査項目において標準溶液を調製する際には市販の分析用標準液を使用してもよい」(改訂指針 p. 41) と明記された。

危険試薬については, 分析者の安全面および環境面のリスクが高く, また代替性のあるものについては, 可能な限り削除された。

療養泉の定義については, 「温泉利用に関する掲示内容等についての医学的検討調査」(平成 18~23 年度)の検討結果を受けて, 見直しがなされた (Table 1)。この中で大きな変更点は, 銅イオン (1mg/kg 以上), アルミニウムイオン (100mg/kg 以上) が削除されたこと, また, よう化物イオン (10mg/kg 以上) が新たに追加されたことである。この改訂に関する検討経緯は, 日本温泉気候物理医学会 (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012) に詳しい。よう素を多量に含む温泉水の湧出は, 千葉県や宮崎県の海岸部, 日本海側の背斜構造を持つ油田地域等, 極めて限られた地域でしか認められていないが (本島, 1971), 今後, 当該地域周辺等, 高濃度の温泉水が湧出する可能性がある地域での温泉成分分析には注意を要する。

Table 1 Definition of medical springs based on the revised guideline (Ministry of the Environment, Nature Conservation Bureau of Japan, 2014)

表 1 療養泉の定義 (環境省自然環境局, 2014)

1. 温度 (源泉から採取されるとき温度) 摂氏 25 度以上
2. 物質 (下記に掲げるもののうち, いずれかひとつ)

物質名	含有量(1 kg 中)
	mg 以上
溶存物質 (ガス性のものを除く)	総量 1 000
遊離二酸化炭素(CO ₂)	1 000
総鉄イオン(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	20
水素イオン(H ⁺)	1
よう化物イオン(I ⁻)	10
総硫黄(S) [HS ⁻ +S ₂ O ₃ ²⁻ +H ₂ S に対応するもの]	2
ラドン(Rn)	30×10 ⁻¹⁰ Ci = 111 Bq 以上 (8.25 マッヘ単位以上)

温泉法第 18 条第 1 項では, 温泉利用施設における温泉成分等の揭示を規定しているが, これまでその書式や内容について, 若干のばらつきが見受けられた. 統一を図るため, 改訂指針では温泉分析書別表を作成する上での注意事項および例示についての記載がなされた.

改訂指針 p. 155 には, 「8-6 温泉分析書作成上の注意点」の項で, 温泉分析書別表に関して注記されている. その主な内容は, ①温泉分析書別表は, 温泉法第 18 条第 1 項による揭示に直接結びつくわけではないものの, そのまま揭示する利用施設が多いという現状から, 内容を正確に記載すること, ②飲用許可を有しない施設における無許可飲泉の誘発を未然に防止するため, 飲用利用許可を取得していない施設には, 原則的に飲用の禁忌症, 適応症および飲用の注意事項を記載しないこと, の 2 点であり, 登録分析機関は温泉分析表別表の作成時には十分に留意する必要がある.

4. ま と め

本論では, 平成 26 年 7 月 1 日付け環自総発第 1407012 号で環境省自然環境局長から発出された「鉱泉分析法指針 (平成 26 年改訂)」の主な改訂点について解説した. 前述のとおり, 改訂指針の全容については, 環境省の web サイトからダウンロードすることが可能である. 本論では, 紙幅の都合から言及が十分ではないため, 実際の分析作業にあたっては必ず同指針の本文を参照された.

また, 環境省は, 温泉利用に係る禁忌症及び入浴又は飲用上の注意の揭示や, また飲用量の計算方法等に係る通知を同日に発出している (環境省自然環境局, 2014a, 環境省自然環境局自然環境整備担当参事官, 2014). これは, 昭和 57 年に発出された環境庁通知 (環境庁自然保護局, 1982) 以来 32 年ぶりの大改訂であり, 温泉利用施設において揭示されている禁忌症, 入浴又は飲用上の注意, 適応症の抜本的な改訂や新たに含有成分別禁忌症の概念を取り入れること等が, 主な内容となっている. これらの改訂により, 温泉分析書の内容のみならず, 別表の内容の変更が必要となる. 禁忌症等の変更に係る通知に関しても, 環境省の web サイト (<http://www.env.go.jp/nature/onsen/docs/index.html> 2014/11/11 アクセス) からその全文を閲覧することが可能であるため, 文書の作

成にあたっては、こちらも参照されることを推奨する。

謝 辞

投稿の御配慮を頂きました日本温泉科学会編集委員長の北海道大学大学院教育学研究院大塚吉則教授、同編集委員会幹事の北海道立衛生研究所理化学部生活保健グループ内野栄治研究職員には深く感謝申し上げます。また、匿名の査読者からは有益な助言を頂いた。

本稿は、日本温泉科学会評議員（日本温泉科学会温泉分析法研究会代表）、一般社団法人群馬県温泉協会酒井幸子常務理事よりお声掛け頂き、投稿の機会を頂いたものである。

筆頭著者とともに、平成 25 年度環境省鉱泉分析法指針改訂検討委員であった東邦大学今橋正征名誉教授（検討会座長）をはじめ、名古屋大学大学院医学系研究科環境労働衛生学大沼章子非常勤講師、一般社団法人群馬県薬剤師会環境衛生試験センター加藤克之課長、神奈川県温泉地学研究所菊川城司主任研究員、東邦化工建設株式会社三島分析センター多田内夫顧問、東京慈恵会医科大学アイソトープ実験研究施設堀内公子訪問研究員、神戸薬科大学薬学部放射線管理室安岡由美講師、一般財団法人栃木県薬剤師会検査センター仁木喜治顧問には、本稿を御閲読頂き貴重な御意見を賜った。

鉱泉分析法指針の改訂の検討については、本論中に記述したように、平成 16 年度の鉱泉分析法指針改訂検討調査以来、継続的に環境省によって設置された検討会による闊達な意見の上によりやく実現されたものである。その責務を担った検討委員の先生方、またその検討会および指針策定の事務に携わった環境省自然環境局の担当者各位には、ここに記して深く敬意を表する。

引用文献

- 中央温泉研究所（2005）：環境省業務報告書 平成 16 年度鉱泉分析法指針改定検討調査，pp. 1-128.
中央温泉研究所（2006）：環境省業務報告書 平成 17 年度鉱泉分析法指針改定検討調査，pp. 1-137.
中央温泉研究所（2007）：環境省業務報告書 平成 18 年度鉱泉分析法指針改定検討調査，pp. 1-215.
中央温泉研究所（2009）：環境省業務報告書 平成 21 年度鉱泉分析法指針説明会開催関係業務及び同指針改訂検討調査，pp. 1-148.
中央温泉研究所（2011）：環境省業務報告書 平成 22 年度鉱泉分析法指針改訂検討業務，pp. 1-157.
中央温泉研究所（2013）：環境省業務報告書 平成 25 年度鉱泉分析法指針改訂検討委託業務，pp. 1-159.
環境庁自然保護局（1982）：温泉法第十四条の運用について（昭和 57 年 5 月 25 日環自施第 227 号環境庁自然保護局長通知）.
環境省自然環境局（2009）：鉱泉分析法指針説明会テキスト，pp. 1-28.
環境省自然環境局（2014a）：「温泉法第 18 条第 1 項の規定に基づく禁忌症及び入浴又は飲用上の注意の掲示等の基準」及び「鉱泉分析法指針（平成 26 年改訂）」について（平成 26 年 7 月 1 日環自総発第 1407012 号環境省自然環境局長通知）.
環境省自然環境局（2014b）：鉱泉分析法指針（平成 26 年改訂），pp. 1-163.
環境省自然環境局自然環境整備担当参事官（2014）：温泉法第 18 条第 1 項の規定に基づく禁忌症及び入浴又は飲用上の注意の掲示等について（平成 26 年 7 月 1 日環自総発第 1407012 号環境省自然環境局自然環境整備担当参事官通知）.
甘露寺泰雄（2012）：泉質の地域分布，特に東日本と西日本の分布の相違について，温泉工学会誌，32，94-108.
宮城県公害衛生検査センター（2011）：環境省業務報告書 平成 22 年度鉱泉分析法課題検討実施業

- 務 (その 2), pp. 1-66.
- 本島公司 (1971) : 油田・ガス田地域におけるヨウ素について—特にヨード鉱床の探査に関する地球化学的考察—, 地質調査所月報, **22**, 559-574.
- 長野県薬剤師会 (2011) : 環境省業務報告書 平成 22 年度鉱泉分析法課題検討実施業務 (その 1), pp. 1-207.
- 日本温泉気候物理医学会 (2007) : 環境省業務報告書 平成 18 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査, pp. 1-181.
- 日本温泉気候物理医学会 (2008) : 環境省業務報告書 平成 19 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査, pp. 1-197.
- 日本温泉気候物理医学会 (2009) : 環境省業務報告書 平成 20 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査, pp. 1-157.
- 日本温泉気候物理医学会 (2010) : 環境省業務報告書 平成 21 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査, pp. 1-119.
- 日本温泉気候物理医学会 (2011) : 環境省業務報告書 平成 22 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査, pp. 1-123.
- 日本温泉気候物理医学会 (2012) : 環境省業務報告書 平成 23 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査, pp. 1-59.
- Tanaka, R., Araki, S., Yasuoka, Y., Mukai, T., Ohnuma, S., Ishikawa, T., Fukuhori, N., Sanada, T. (2013) : A simplified method for improved determination of radon concentration in environmental water samples, *RADIOISOTOPES*, **62** (7), 17-32.
- Yasuoka, Y., Ishikawa, T., Fukuhori, N., Tokonami, S. (2009) : Comparison of simplified liquid scintillation counter (triathler) with conventional liquid scintillation counter in the measurement of radon concentration in water, *J. Hot. Spring Sci.*, **59** (1), 11-21.