

## [資料]

### 温泉水の泉質変化の把握のための電気伝導率の活用

谷畑 智也<sup>1\*</sup> 矢野 美穂<sup>2</sup> 上村 育代<sup>1</sup> 井上 亘<sup>1</sup> 川元 達彦<sup>1</sup> 吉田 昌史<sup>1</sup>

#### Utilization of the Electric Conductivity for Grasp of a Hot-spring Quality Change

Tomoya TANIHATA<sup>1\*</sup>, Miho YANO<sup>2</sup>, Ikuyo KAMIMURA<sup>1</sup>, Motomu INOUE<sup>1</sup>,  
Tatsuhiko KAWAMOTO<sup>1</sup> and Masashi YOSHIDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Life Science Division, Public Health Science Research Center, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and Consumer Sciences, 2-1-29, Arata-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-0032, Japan and <sup>2</sup>Katou Health and Welfare Office

The correlation between the electric conductivity and the total dissolved chemical components of water from hot springs was analyzed at 176 different hot spring wells in the Hyogo Prefecture. There is an extremely strong correlation between these parameters( $r=0.997$ ,  $p<0.01$ ). Furthermore, for the different such as the chloride hot springs, the hydrogen carbonate hot springs, the hot springs do not fall under the therapeutic hot spring and well waters do not fall under the hot spring also exhibited high correlations with the electric conductivity and the total dissolved chemical components (respectively  $r=0.997$ ,  $0.999$ ,  $0.973$  and  $0.897$ , all of  $p<0.01$ ). From these results measurement of the electric conductivity is regarded as the effective way to monitor the dissolved chemical components of hot spring waters.

#### I はじめに

温泉は国民にとって貴重な資源であり、その保護及び適正使用等は公共の福祉の増進を担っている。そのため、温泉のゆう出を目的とした土地の掘削を行う場合は、温泉法（昭和23年法律第125号以下「法」という）に基づく都道府県知事の許可が必要である。そして、温泉の掘削に関しては、法第4条第1項の規定に該当する場合を除き、都道府県知事は温泉掘削の許可をしなければならないことが定められている。

特に、同項第1号の「当該申請に係る掘削が温泉ゆう出量、温度又は成分に影響を及ぼすと認めるとき」の規定については、頻繁に行政訴訟の争点になるなど、温泉

行政を行う上で非常に重要である。また、環境省も、「温泉資源の保護に関するガイドライン」<sup>1)</sup>で、源泉所有者等が定期的にゆう出量や温度等のモニタリングを行う必要性を説いている。

当該規定のうち、温度及び成分については、法第2条第1項に規定する温泉に該当するか否か、また、療養泉に該当するか否かにかかる重要な要素である。なお、療養泉とは、鉱泉分析法指針<sup>2)</sup>で定義されており、適応症を掲示することができる温泉のことである。

このうち、温度の測定については操作が容易であるため、源泉管理者等でも実施することができ、費用もほとんどかからないことから、頻回に測定を実施することができる。しかし、成分については、法第19条に規定される登録分析機関が実施する分析によることが必要で、時間と多額の費用を要するため、高頻度での測定は非現実的である。

そこで、温泉水中の溶存物質量の推定のための簡便な方法として、電気伝導率の活用について検討した。

<sup>1</sup>健康科学部、<sup>2</sup>加東健康福祉事務所

\*別刷請求先：〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町2-1-29  
兵庫県立健康生活科学研究センター 健康科学研究センター  
健康科学部 谷畑 智也

電気伝導率は、面積  $1 \text{ cm}^2$  の 2 個の平面電極が距離  $1 \text{ cm}$  で対向している容器に電解質溶液を満たして測定した電気抵抗の逆数と定義されている。すなわち、電気伝導率が高い溶液は、溶存物質質量（ガス性成分を除く。以下同じ。）が高く、電気伝導率が低い溶液は、溶存物質質量が低いことを示す。

この電気伝導率の測定は 2014 年の鉱泉分析法指針<sup>3)</sup>の改訂によって、新たに追加された分析項目である。しかしながら、当所では、温泉水に含まれる溶存物質質量の推定や機器分析における試料の希釈率の決定を行う目的で、鉱泉分析法指針の改訂以前から電気伝導率の測定を行ってきた。

本研究では、兵庫県内の温泉の泉質別の電気伝導率の値と溶存物質質量との関連性について解析を行い、源泉管理者等が簡便に温泉成分のモニタリングを行うことができるか否かについて検証したので報告する。さらに、泉質別の相関関係を把握するため、塩化物泉、炭酸水素塩泉、療養泉に該当しない温泉（規定泉）及び法 2 条の温泉に該当しない井戸水について、泉質別に解析を行ったので併せて報告する。

## II 材料と方法

### 1. 対象源泉

2004 年 4 月から 2015 年 9 月の期間に、当所で分析を行った 176 本の温泉井戸（内 8 本は法第 2 条の規定する温泉に該当しない）とした。

また、泉質の分類は鉱泉分析法指針に基づいて行った。

### 2. 測定方法

電気伝導率は、電気伝導率計（HORIBA ES-51）を用いて測定を行った。なお、電気伝導率の値が水温の上昇に伴い高値を示すことから、 $25^\circ\text{C}$  に補正<sup>4)</sup>する電気伝導率計の温度補正機能を用いた。

溶存物質質量は、鉱泉分析法指針に基づき、陽イオンは誘導結合プラズマ発光分光分析装置（パーキンエルマー OPTMA7300DV）で、陰イオンはイオンクロマトグラフ（日本ダイオネクス社 ICS-2100）等で定量し、それらの総和を求めた。

## III 結果及び考察

### 1. 温泉水の電気伝導率と溶存物質質量との関係

電気伝導率 (S/m) と溶存物質質量 (g/kg) との相関関係について解析を行った。

全 176 本の温泉井戸（内 8 本は法第 2 条の規定する温

泉に該当しない）を対象として、横軸に電気伝導率の対数を、縦軸に溶存物質質量の対数をプロットして直線回帰式を求めた。

その結果、有意 ( $p < 0.01$ ) かつ極めて高い相関性 ( $R = 0.996$ ) が認められ、溶存物質質量 (g/kg)  $= 7.37 \times$  電気伝導率 (S/m) の関係式が得られた (Fig. 1)。

### 2. 塩化物泉

全塩化物泉 79 源泉を対象として、横軸に電気伝導率の対数を、縦軸に溶存物質質量の対数をプロットして直線回帰式を求めた。

その結果、有意 ( $p < 0.01$ ) かつ極めて高い相関性 ( $R = 0.997$ ) が認められ、溶存物質質量 (g/kg)  $= 7.30 \times$  電気伝導率 (S/m) の関係式が得られた (Fig. 2)。

また、本県の係数 7.30 に対して、他機関から報告されている関係式の係数は、7.3 (神奈川県)、6.7 (愛知県)<sup>5)</sup>であり、概ね一致した値が得られた。

なお、塩化物泉の定義は溶存物質質量  $1000 \text{ mg/kg}$  以上かつ塩化物イオンが主成分の温泉<sup>6)</sup>である。このことから、兵庫県内の塩化物泉においては、電気伝導率が  $0.137 \text{ S/m}$  未満になると、塩化物泉に該当しなくなる可能性が示唆された。

### 3. 炭酸水素塩泉

全炭酸水素塩泉 21 源泉を対象として、横軸に電気伝導率の対数を、縦軸に溶存物質質量の対数をプロットして直線回帰式を求めた。

その結果、有意 ( $p < 0.01$ ) かつ極めて高い相関性 ( $R = 0.999$ ) が認められ、溶存物質質量 (g/kg)  $= 8.65 \times$  電気伝導率 (S/m) の関係式が得られた (Fig. 3)。

また、本県の係数 8.65 に対して、他機関から報告されている関係式の係数は、9.1 (神奈川県)、8.9 (愛知県)<sup>5)</sup>であり、概ね一致した値が得られた。

なお、炭酸水素塩泉の定義は溶存物質質量  $1000 \text{ mg/kg}$  かつ炭酸水素イオンが主成分<sup>6)</sup>である温泉である。このことから、兵庫県内の炭酸水素塩泉においては、電気伝導率が  $0.116 \text{ S/m}$  未満になると、炭酸水素塩泉に該当しなくなる可能性が示唆された。

### 4. 療養泉に該当しない温泉（規定泉）

全規定泉 19 源泉を対象として、横軸に電気伝導率の対数を、縦軸に溶存物質質量の対数をプロットして直線回帰式を求めた。

その結果、有意 ( $p < 0.01$ ) かつ極めて高い相関性 ( $R = 0.973$ ) が認められ、溶存物質質量 (g/kg)  $= 8.12 \times$  電気伝導率 (S/m) の関係式が得られた (Fig. 4)。

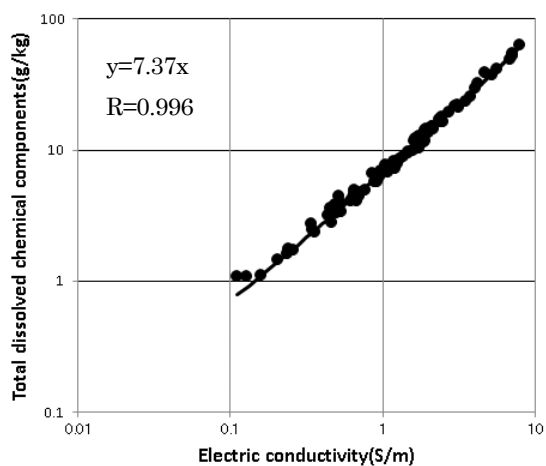


Fig. 1 The relationships between the electric conductivity and the total dissolved chemical components for 176 hot spring waters

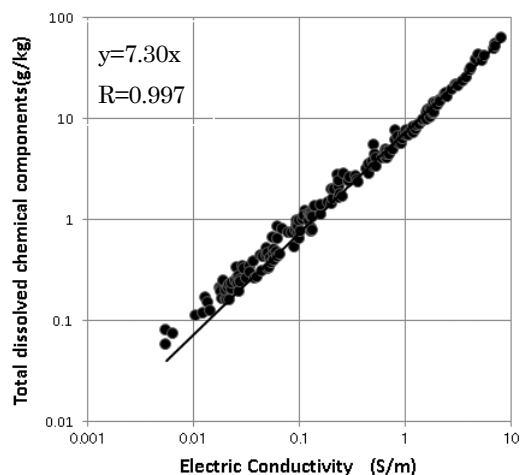


Fig. 2 The relationships between the electric conductivity and the total dissolved chemical components for 79 chloride hot springs

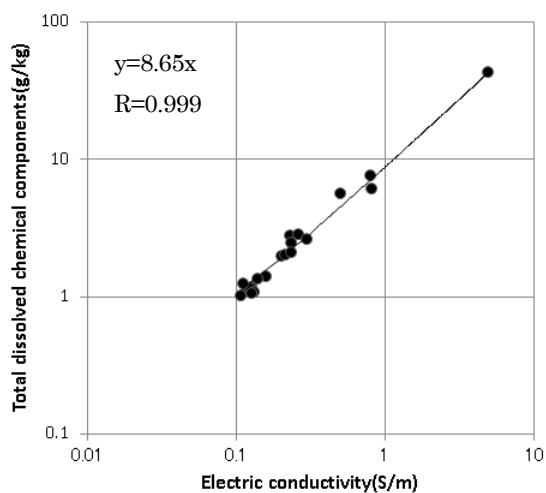


Fig. 3 The relationships between the electric conductivity and the total dissolved chemical components for 21 hydrogen carbonate hot springs

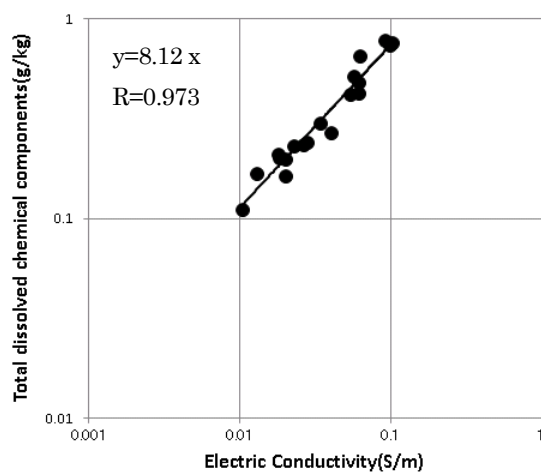


Fig. 4 The relationships between the electric conductivity and the total dissolved chemical components for 19 hot springs do not fall under the therapeutic hot spring

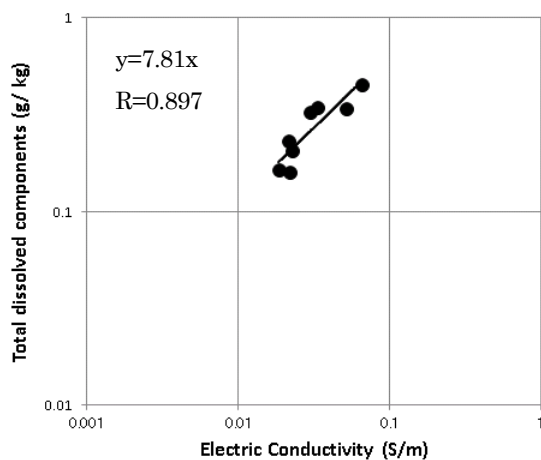


Fig. 5 The relationships between the electric conductivity and the total dissolved chemical components for 8 well waters do not fall under the hot spring

#### 5. 法第2条の温泉に該当しない井戸

法第2条の温泉に該当しない水を湧出する井戸8本を対象として、横軸に電気伝導率の対数を、縦軸に溶存物質量の対数をプロットして直線回帰式を求めた。

その結果、有意 ( $p < 0.01$ ) かつ高い相関性 ( $R = 0.897$ ) が認められ、溶存物質量 ( $\text{g/kg}$ )  $= 7.81 \times$  電気伝導率 ( $\text{S/m}$ ) の関係式が得られた (Fig. 5)。

### IV 結論

1. 電気伝導率の測定により、兵庫県内 176 本の温泉井戸について、温泉水中の電気伝導率と溶存物質量の間には、極めて高い相関性があることがわかった。

2. 塩化物泉、炭酸水素塩泉だけに特定しても温泉水中の電気伝導率と溶存物質量の間には、極めて高い相関性があることがわかった。

また、溶存物質量が少ない療養泉に該当しない温泉や法2条の温泉に該当しない井戸水でも電気伝導率と溶存物質量の間にも、高い相関性があることがわかった。

3. 上記1, 2から、電気伝導率の測定により、温泉水中の溶存物質量の変化を推定することができることがわかった。

そのため、電気伝導率の測定は非常に簡易かつ短時間で行えるため、費用等の面から温泉水中の溶存物質のモニタリングを行う有用な方法と考える。

### 文献

- 1) 環境省自然環境局：温泉資源の保護に関するガイドライン (改定), p. 20 (2014)
- 2) 環境省自然環境局：鉱泉分析法指針, p. 3 (2014)
- 3) 環境省自然環境局：鉱泉分析法指針, p. 27 (2014)
- 4) 水質試験法専門委員会：上水試験方法 2001 年版, p. 114, (社) 日本水道協会, 東京 (2001)
- 5) (財) 中央温泉研究所：環境省業務報告所 平成 17 年度鉱泉分析法指針改定検討調査, p. 135 (2006)
- 6) 環境省自然環境局：温泉資源の保護に関するガイドライン (改定), p. 3-7 (2014)

(平成28年3月24日受理)