

やまなし

第 94 号  
2019 年 9 月発行

# 衛環研だより

発行: 山梨県衛生環境研究所 甲府市富士見一丁目 7-31 TEL 055-253-6721

URL: <https://www.pref.yamanashi.jp/eikanken/index.html>

## 平成 30 年度に終了した調査研究課題の紹介

当研究所が実施する調査研究のうち、平成 30 年度に終了し、外部の評価委員による事後評価の対象となった調査研究課題 3 題を御紹介いたします。

評価結果は、当研究所ホームページの「メニュー」→「外部評価制度」→「平成 30 年度第 1 回課題評価委員会」に掲載しておりますので、併せて御覧ください。

No.	調査研究課題
1	石和・春日居温泉地域の温泉資源変化状況に関する研究
2	ミネラルウォーターに含まれる元素の起源および濃度特性に関する研究
3	下水中における腸管系病原体サーベイランス

## 石和・春日居温泉地域の温泉資源変化状況に関する研究

### 【 背景と目的 】

石和・春日居温泉の歴史は浅く、昭和31年に掘削された源泉から始まります。昭和36年には毎分1,200Lの豊富な湯量の源泉が掘られ、以降温泉郷としての知名度を増しました。

しかし、知名度の向上とは裏腹に、その温泉資源は開発当初から急激に低下しました。

県は昭和40年度に当該地域を「保護地域」に指定し、以降新規掘削や揚湯量規制を行いました。その後平成4年まで緩やかに低下を続けていることが指摘されています。

一方、県では平成2年以降、保護地域内10源泉、近傍1源泉において定時定点調査として毎年湧出量、泉温、各種イオン濃度等のデータを蓄積しております。

そこで、この研究では、定時定点調査結果の泉温、湧出量、導電率等をもとに熱量や成分量の変化状況の解析を行い、温泉資源の保全状況を明らかにすることにしました。

### 【 方法 】

石和・春日居温泉地域周辺の50源泉のうちナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム塩化物、硫酸、炭酸水素の各イオンを分析した44源泉について、トリリニアダイアグラム上で泉質の分類を行いました。

主要な泉質を持つ源泉のうち定期的な測定記録のある自噴泉8箇所について、熱量としての温泉資源賦存量の指標として湧出熱量((泉温 $^{\circ}\text{C}$ -13 $^{\circ}\text{C}$ ) $\times$ 湧出量L/min)、成分としての温泉資源賦存量の指標として導電率mS/m $\times$ 湧出量L/min(以下、湧出成分という。)を解析しました。

これら8箇所の源泉ではバルブを全開にして、温泉井に最も近いサンプリング口で泉温、導電率、自噴量を測定しました。なお、平成2年以降利用状況に大きな変化はありませんでした。

動力泉はポンプ出力により、温泉資源賦存量の多寡によらず揚湯量に変化するため解析対象から外し、温泉資源賦存量の多寡を反映する自噴泉のみを湧出熱量、湧出成分量の解析対象泉としました。

### 【 結果 】

地域内の源泉を、トリリニアダイアグラム上で泉質を分類したところ、3つの系統に分けることができ、その分布を図1に示しました。

ここでいう泉質とは、鉱泉分析指針に定められた泉質という意味ではなく、水質組成から3つのパターンに分けることができたといった意味合いです。

A系統は塩化ナトリウム、炭酸水素ナトリ

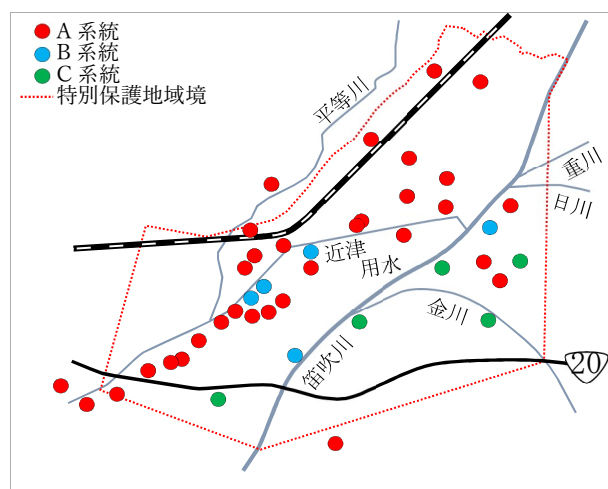


図1 各系統の源泉の分布

ウムを主成分とした系統で、地域全体に広く分布していました。源泉数、分布地域から見てこの地域の主要泉質と考えられます

B系統はA系統の塩化物イオンがすこしか硫酸イオンに置き換わった泉質であり、河川の近くで認められました。この系統は源泉数も少なく継続的に比較可能なデータをとっている源泉もありませんでした。

C系統はA, Bのナトリウムがいくらかカルシウムやマグネシウムに置き換わった泉質であり、地域内の南東側に分布しています。この系統も源泉数も少なく継続的に比較可能なデータをとっている源泉もありませんでした。

A系統の自噴泉 8 箇所の湧出熱量、湧出成分量の変化を源泉ごとに追ったところ、地域内南西側でいずれも増加傾向が認められました。

文献によると地域内の地下岩盤は南方面に向かって下っている傾向がみられ、過去に推定されている温泉の熱源から南西側に大規模取水源泉があり、平成14年ころにその取水量を抑えていることがわかっています。取水量を抑えたことで余剰となった資源が南西側の源泉に割り振られたものと考えられました。

自噴泉 8 箇所の各値を合計し合計湧出熱量 (図 2)、合計湧出成分量 (図 3) を求めたところ、いずれも平成14年ころに、増大していました。先に示した大規模取水源泉では泉温と取水量が記録されていますので、湧出熱量に相当する利用熱量を求め、合計湧出熱量と合わせて全熱量を求めました。すると、全熱量は横ばいとなっており、地域の熱としての温泉資源は平成2年以降安定していることがわかりました。

湧出成分量では大規模取水源泉の利用成分量がわかりませんので同様の解析はできませんが、同様に安定していると推測することができました。

【 まとめ 】

石和・春日居温泉地域の熱的、成分的な温泉資源は、平成2年以降安定していることがわかりました。

しかし、地域内には休眠している源泉もあり、それらの利用が再開されると、安定が崩れる可能性もあり、今後も継続的な調査が必要であると考えられます。

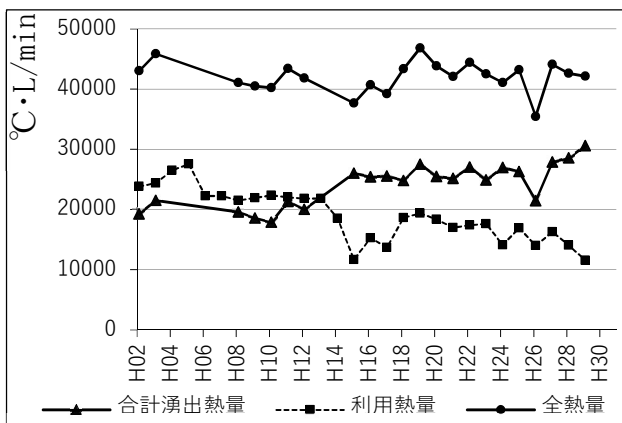


図2 合計湧出熱量、利用熱量、全熱量

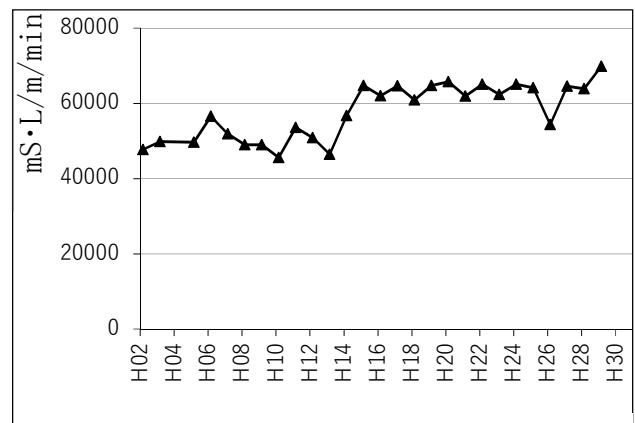


図3 合計湧出成分量

## ミネラルウォーターに含まれる元素の起源及び濃度特性に関する研究

### 【背景と目的】

本県のミネラルウォーター（MW）の生産量は国内の生産量の約4割を占め、多数のMWが生産・販売されています。MWは食品に分類され、規格基準が定められています。そのため、製品が規格基準を満たしているか否か検査する必要があります。一方、MWは井戸水（主に深層地下水）や温泉水が利用され、各MWの含有成分に特徴があり、水質性状は異なると考えられます。

本研究では、本県産MWの水質性状を把握することを目的に、ppbレベルに含まれる微量濃度元素と主要な陽・陰イオン元素の濃度状況を捉え、地域的な特徴や濃度関連性について検討しました。

### 【方法】

- 1) H29、30年度に収去されたMWの主要な陽・陰イオン成分と微量濃度元素を測定し、各元素の濃度状況を検討しました。
- 2) 新たにMWの規制対象となった臭素酸の前駆物質となる臭化物イオン（Br）の濃度状況を測定しました。また、この元素と濃度相関性が指摘されている塩化物イオン（Cl）との関連性を検討しました。

### 【結果及び考察】

#### 1) ミネラルウォーター（MW）の主な成分濃度の特徴

主要イオンによる水質性状では、温泉水を利用しないMWの陽イオンではカルシウムイオン、陰イオンでは炭酸水素イオンの割合の高いことが把握できました。一方、温泉水を利用するMWではナトリウムイオン濃度の割合が高く、水源の種類により含有成分に特徴がありました。温泉水を利用しないMWに含まれる微量及び主要な元素の濃度概要を表1及び表2に示しました。

バナジウム濃度の地域的な特徴は、既報の地域的な濃度傾向と大きな差異は認められませんが、濃度が $100\mu\text{g/L}$ を超える試料があり、水質性状と共に濃度状況を注視する必要があると考えられました。また、カルシウムと同族元素のストロンチウム濃度では、平均濃度が約 $40\mu\text{g/L}$ あり、他の元素に比較し多く含まれていることが分かりました。

#### 2) 臭素酸の規格基準とBr濃度

臭素酸がMWの規格基準となり、一部のMWに基準値（ $0.01\text{mg/L}$ は $10\mu\text{g/L}$ ）付近の臭素酸が確認されました。MWに含まれるBrは、オゾン処理により臭素酸を生成します。計算上 $6.4\mu\text{g/L}$ 以上Brが存在し、オゾン処理を行うと基準値を超える可能性があります。Brの測定はイオンクロマトグラフ法や誘導体化-ガスクロマトグラフ法などで行われますが、微量な濃度の定量性や誘導体化の操作性に難点があります。本研究では、ヘリウムガスクリジョンセル付加-誘導結合プラズマ質量分析（He-ICPMS）装置によりBr測定を行いました。その結果、温泉水を利用したMWではBr濃度の高いことが分かりました。温泉水を利用しないMWの平均濃度は約 $16\mu\text{g/L}$ でしたが、試料ごとの濃度多寡が認められました。また、地域的な特徴は把握できませんでした。

ハロゲン元素の一つであるBrは、同じくハロゲン元素のClとの濃度相関性が観察されま

した(図 参照)。Clはイオンクロマトグラフ法により測定が可能です。濃度相関性を元にBr濃度の推定を行なうことが可能と考えられ、Cl濃度の測定はオゾン処理時の注意喚起に活用できると考えています。

MWに含まれるBrの起源は、地質的要因が高いと推定され、涵養条件や地下水影響を加味した検討を行う必要があると思われます。Br濃度は重要な数値情報として監視指導に役立てることができると考えています。

【まとめ】

MWは水源の種類により含有する元素や濃度に違いが認められました。特に、主要成分のナトリウムイオン、カルシウムイオンや炭酸水素イオンは濃度が高く、MWの特徴を示す成分と考えられます。また、He-ICPMS装置により、多原子イオン干渉を除去した微量濃度の元素データを蓄積できると思われます。今後の研究への基礎資料として活用するとともに、MWの飲用利用だけでなく、利・活用に向けたデータ集積が重要であると考えています。

表1 各元素の微量濃度の概要

	最大値	最小値	平均値	中央値
リチウム	34.2	0.0	1.8	0.2
アルミニウム	34.2	0.0	4.2	3.0
シリカ	21.3	0.0	7.6	8.8
バナジウム	150	0.0	50.2	57.6
ニッケル	2.1	0.0	0.1	0.1
臭化物	790	0.0	16.0	3.0
ルビジウム	3.6	0.0	1.2	1.2
ストロンチウム	142	0.0	39.6	30.0
バリウム	21.7	0.0	1.5	0.9

単位:シリカはSiとしての濃度;mg/L 他の元素はμg/L

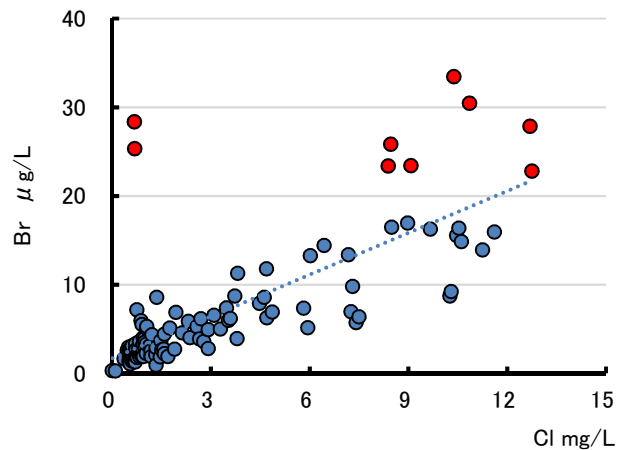


図 Br-Cl濃度概要 (温泉水利用MWを除く)

表2 主要イオン濃度の概要

(mg/L)	ナトリウム	カリウム	カルシウム	マグネシウム	塩化物	硫酸	炭酸水素
最大値	76.1	2.1	50.0	12.1	75.9	172	110
最小値	2.1	0.1	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0
平均値	10.9	1.1	10.6	3.4	6.7	10.3	50.2
中央値	6.3	1.0	8.9	2.8	2.0	3.5	46.4

主要イオンは、陽イオンではカルシウム、陰イオンでは炭酸水素の濃度割合が高い

水質分類では、多くのMWはカルシウム-炭酸水素型、温泉水を利用したMWは、ナトリウム-炭酸水素型

## 下水中における腸管系病原体サーベイランス

### 【 背景と目的 】

感染症をコントロールするためには、その流行状況を把握し、結果に基づいて予防を行うことが重要です。現状では、特定の感染症に感染した患者が医療機関を受診した場合、医師が診断を行い、行政に対し患者情報の届出がなされています。しかし、患者が医療機関を受診しない場合や、医療機関で検査や診断を行わない場合などは患者情報を捕捉することができないことが予想されることから、現状の流行把握方法では、感染症の種類によっては全体の傾向を把握することは難しい状況です。

そこで、本研究では糞便中に排出される腸管系病原体の検出を目的として、ヒト糞便が集積する下水処理場流入水（流入水）に着目し、ヒトおよび流入水由来腸管系病原体の関連性について比較することで、流入水は感染症流行状況の把握に有用であるかについて検討しました。

### 【 方法 】

試料水は2016年7月から2019年3月までに山梨県内の2カ所の下水処理場において、それぞれ月に1回未処理の流入水について採水を行いました（66検体）。検出対象腸管系病原体は、ポリオウイルス、エンテロウイルス、アデノウイルス、ノロウイルス、カンピロバクター、赤痢菌、ウエルシュ菌、サルモネラ属菌、腸炎ビブリオ、腸管出血性大腸菌を含む下痢原性大腸菌、コレラ菌、チフス菌、パラチフスA菌としました。試料について遠心分離を行い、上清をウイルス、沈渣を細菌検査に用いた。検出された腸管系病原体と医療機関や検査機関、集団下痢症発生時の行政検査において下痢症患者および健康保菌者から検出された腸管系病原体との比較を行いました。

### 【 結果 】

ウイルスではノロウイルスの集団下痢症患者発生状況と流入水中のノロウイルス遺伝子定量値に相関性があり、集団感染事例が発生する前に流入水からの定量値上昇が確認されました（図1）。また、アデノウイルス、エコーウイルスが季節を問わず検出されました。ポリオウイルスは検出されませんでした。

細菌ではサルモネラ、ウエルシュ菌、下痢原性大腸菌、カンピロバクターが検出されました。サルモネラは血清型、薬剤耐性、検出月、遺伝子型において、患者由来株と同様の特徴を持った菌株が検出されました。また、ウエルシュ菌については血清型、毒素遺伝子型、カナマイシン耐性においてヒト由来株と類似しており、特に非食中毒（保菌者）由来株と同様

の菌株が多数検出されました。さらに、下痢原性大腸菌については病原遺伝子による分類ごとに血清型、薬剤耐性において、ヒト由来株と同様の特徴を持った菌株が確認されました。

三類感染症の原因菌である赤痢菌、チフス菌、パラチフスA菌、コレラ菌は検出されず、対象期間、対象地域において患者の発生は確認されませんでした。同様に三類感染症の原因菌である腸管出血性大腸菌については、患者発生月に流入水から類似した特徴を持った菌株が検出されました。一方で、患者発生報告がない月に検出されることもあり、患者または保菌者の存在が示唆されました。また、患者発生月に検出されないこともあり、非病原性株など多種類の大腸菌を含む流入水からの腸管出血性大腸菌の分離は非常に困難でした。

これらのことから、流入水はヒトから排出される病原体を反映していると考えられました。ただし、病原体の種類によっては菌株を分離することは困難であることから、遺伝子の定量に基づいた注意喚起を行うことが必要であると考えられました。

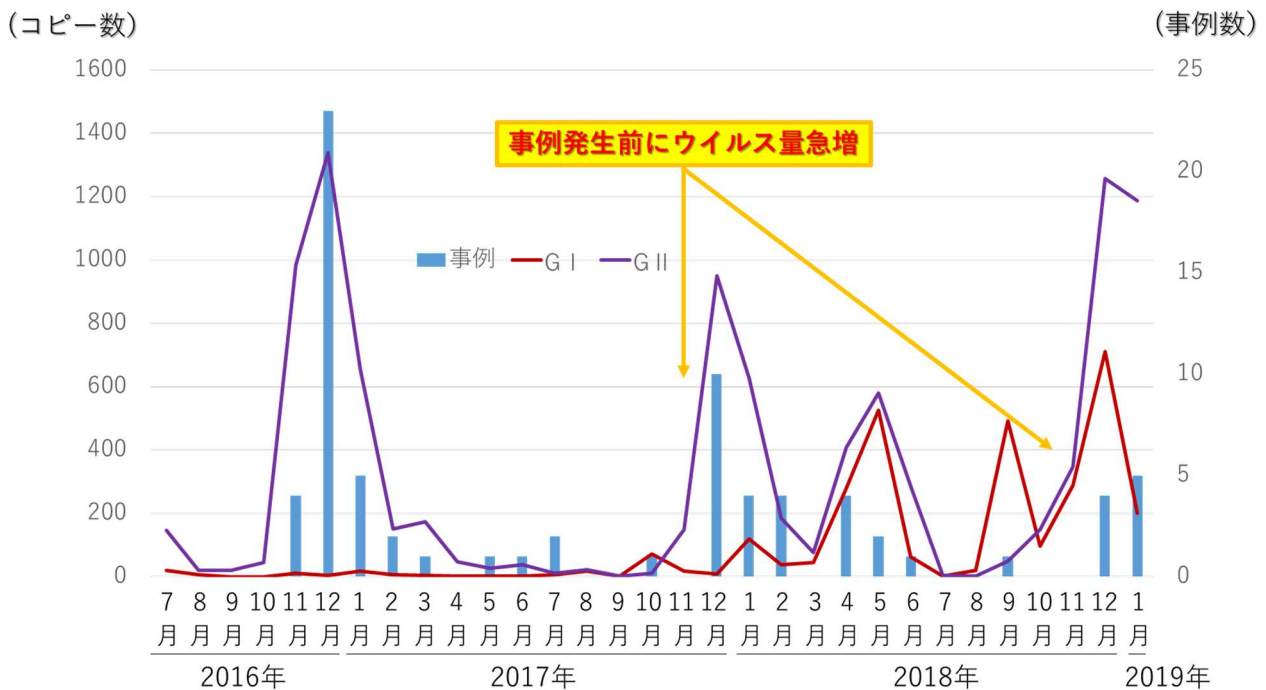


図1 ノロウイルスによる集団下痢症事例と流入水中の定量値

【 まとめ 】

流入水中のノロウイルス量とノロウイルス感染症集団発生事例の発生数には相関が確認されました。流入水由来ウエルシュ菌、サルモネラ、下痢原性大腸菌については検出数の多いヒト由来株と特徴が類似した株が検出されました。これらのことから、流入水はヒトまたは患者由来株を含有していることが考えられ、地域の感染症流行状況を把握する上で有用であると考えられました。

今後は、流入水の解析結果を、感染症の流行の探知や予防対策に生かせる情報提供について検討を進めます。