



企画番号：11

**企画タイトル： 温泉及び河川の水質調査と
温泉成分に基づいた入浴剤の制作**



No11 温泉及び河川の水質調査と温泉成分に基づいた入浴剤の制作

活動報告書

- Y200482 茶谷 智之
- Y200483 塚本 優月
- Y200492 中西 健人
- Y200497 春名 卓人
- Y200501 平林 薫人 (会計)
- Y200504 吹原 里美香 (リーダー)
- Y200506 藤田 皓也

No11 温泉及び河川の水質調査と温泉成分に基づいた入浴剤の制作 概要

1、目的:温泉と河川の含有イオンを定量分析し、温泉や周辺河川の水質は場所によって変化するのか、また、河川と温泉には相関性があるのかを調査する。また、温泉のイオン含有量を参考に温泉に寄せた入浴剤を制作する

2、計画:城崎、下呂、道後、嵐山温泉の温泉水を採取する、またその周辺河川である円山川、飛騨川、石手川、桂川の水を採取し、pH 試験紙、COD 検査キットを用いて水質を調査し、原子吸光光度法、イオンクロマト法を用いて含有イオンの定量分析を行う。得られた結果を水質調査班と入浴剤制作班に分かれて考察する

3、調査方法

・水質調査班、入浴剤制作班共通作業:温泉や川の成分分析方法や温泉の主成分を調べ、分析方法を決定し、実際に温泉地に行き、周辺河川と温泉水を採取し、その場で pH 測定と COD 分析を行い冷蔵庫で保存した。次に原子吸光光度分析や陰イオンパックテスト分析方法を用いて含有イオンの定量分析を行った

・水質調査:河川に放流する一般排水基準を調べ、CODの性質、測定原理を調べ、分析結果に基づき、温泉と河川の位置関係の相関性について、温泉のイオン濃度と近くを流れる河川のイオン濃度の相関性について考察した

・入浴剤制作:入浴剤の制作方法家でも作れることを軸に重曹とクエン酸による中和反応を利用することに決定し、温泉分析から得られたデータを用いて実際に含まれている量を調査し、道後温泉が炭酸水素イオンを主成分とする泉質であったため、道後温泉を再現するために湯の中に含まれ炭酸水素イオンが全て重曹由来であると仮定して、必要な重曹の量を計算した。次に、ネットの入浴剤制作方法を参考に入浴剤を制作して、反応時間に市販の入浴剤と差があったため、何故差が生まれるのかを考察した

4、結果

・水質調査班、入浴剤制作班共通:ICP、陰イオンパックテストを用いて含有元素の定量分析を行った結果、各陽イオンの最大、最小値をとる調査地は城崎温泉とその付近の川である円山川であること、飛騨川、下呂温泉、道後温泉となった。また、それぞれの採取地のナトリウムイオンの増減に相関性が見られた。陰イオンの最大、最小値を取る調査地は陽イオンのように特定の地域に密集することなくそれぞれの地域に分散したが、4つの温泉地での硫酸イオン濃度がほぼ同濃度となった。pHについて、温泉のpHは道後、城崎ではほぼ中性、下呂、嵐山では塩基性を示すことが分かった。また、ほとんどの周辺河川では酸性の水質であることが分かり、河川と温泉の pH の関係は薄いことが分かった。COD 値は採取場所が上流であれば低いと予想したものに反し、下流でもCOD値が上流の値よりも低いものが確認された。

・入浴剤制作:道後温泉の炭酸イオンの実験値は 35.6 mg/L であった。よって必要量は1Lあたり重曹 0.0490 g、クエン酸 0.0245 gと計算し、ボール状の入浴剤を制作した。湯船に入れると発泡し、数秒で反応が終了した

5、考察

・水質調査:pH 測定結果より温泉と近くを流れる河川との相関性が薄いと考えられた要因には、前日の雨によって河川の水質が酸性寄りになっていたことが挙げられた。また、下流でのCOD値が低かった原因には、上流の採取地には多くの有機物が含まれていた場所であったことが考えられた。陰イオンパックテストより、4つの温泉地、河川の硫酸イオン濃度が同じである要因には温泉源による火山活動が考えられた。ICP パックテストについて温泉と河川中のナトリウムイオン濃度は地質的な観点から相関性があると考えられた。

・入浴剤制作:制作した入浴剤の発泡速度が市販炭酸系入浴剤よりも早い原因として、第一に反応する量が市販品と比較して少量であったこと、第二に、入浴剤に含まれる成分種が市販品と比較して少ないため、炭酸ガスを微細に発泡させる反応などが生じなかった事が考えられた。

目的:温泉及び河川の水質調査と温泉成分に基づいた入浴剤の制作。

●計画

城崎、下呂、道後、嵐山温泉の温泉水を採取する、またその周辺河川である円山川、飛騨川、石手川、桂川の水を採取し、pH 測定や COD 検査キットを用いて水質を調査し、原子吸光光度法、陰イオンパックテストを用いて含有イオンの定量分析を行う。得られた結果を水質調査班と入浴剤制作班に分かれて考察する

●調査方法

○河川調査、入浴剤制作共通

分析方法、温泉や川の内容成分分析にはどのような分析方法があるのかを調べ、温泉の主成分と、その主成分を定量、定性分析するためにどのような分析方法があるのかを各自ネットを通して調べた。

↓

班員それぞれが8月7～9日にかけて温泉地に分散して採取し、冷蔵庫に入れて保存した。

↓

水原先生のご協力の下、原子吸光光度法とイオンクロマト法を用いてイオンの定量分析を行った。

○入浴剤制作

市場に販売されている入浴剤はどのような化学反応をしているのか、また、どのような工程を得て入浴剤としているのかを調査し、入浴剤をどのように制作するのか決定した。

↓

温泉の分析の下、実際の温泉に含まれている主な成分とその量を調査した。

↓

入浴剤を制作する上で、規定や排水管に影響を及ぼさない量は何かを調査した。

↓

実際に入浴剤を制作し、温泉が再現されているのかを調査した。

●活動経過

○河川調査、入浴剤制作 :温泉採取方法や場所

- ・道後温泉(塚本、茶谷、中西)

温泉水:道後温泉本館の近くに管理所があり、職員の方に源泉をくみ上げている装置の中から温泉を採取していただいた。

・石手川:道後温泉駅から20分歩いて石手川まで行き、河川敷にある公園から石手川に入り、河川水を採取し、その場でpH測定とCOD測定を行った。



図1 石手川採取の様子



図2 道後温泉

・城崎温泉(吹原)

温泉水:城崎温泉駅のすぐ近くに温泉を組むところがあり、そこで温泉水を採取し、pHやCODテストを行った。
円山川:円山川へは、直接川の水を取れるような道が無かったため、円山川の枝分かれ部分にある船置き場から採取した。採取場所は円山川の上流にあたり、以下に採取場所を図3に示す。

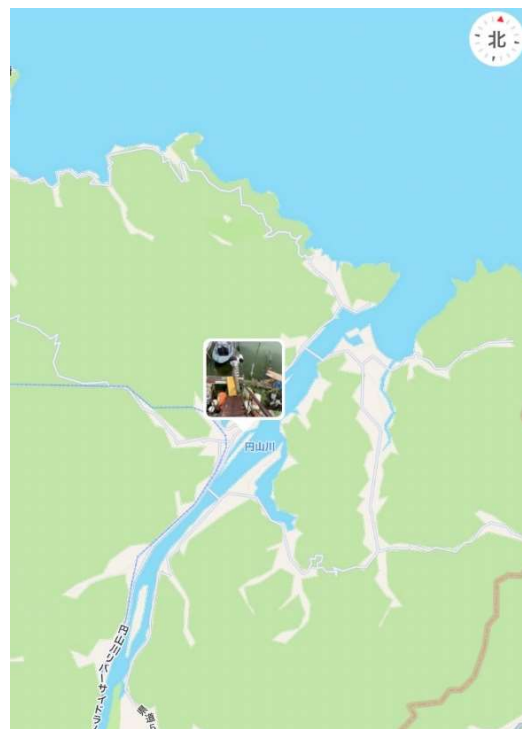


図3 円山川採取場所

下呂温泉(春名、平林、藤田)

飛騨川:下呂駅から徒歩10分程のところであり、そこで採取し、pH及びCODの検査をした。

下呂温泉:下呂温泉事業協同組合の敷地内に湯元があり、そこから温泉水を採取し河川と同様に検査した。(図4~5)



図4 飛騨川採取の様子



図5 採取した下呂温泉の湯元

嵐山温泉(平林,茶谷)

温泉水: 風風の湯の方が事前に採取してくれた温泉水をいただいた。

桂川: 途中で雨が降ってきた為、本来の桂川の水ではなく少し濁った水を採取した可能性がある。

○パケットテスト、ICP測定
イオンクロマトグラフ

溶離液の調製

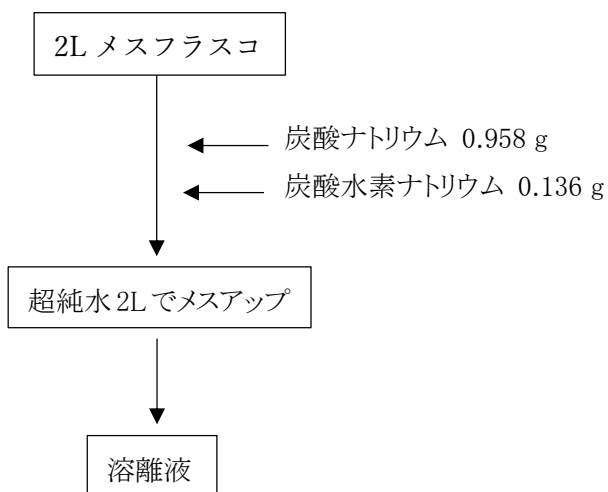


図6 カラムの接続の様子

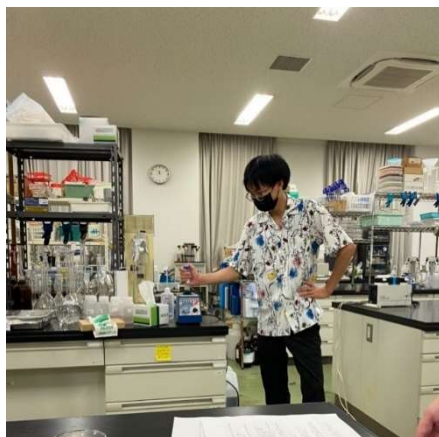


図7 標準溶液の調製

今回は分析装置が故障していたため使用することができなかった。

ICP 発光分光分析装置

- ①標準液の濃度を 1mg/L、5mg/L、10mg/L になるように調製
- ②城崎温泉、円山川を 1000 倍希釈、道後温泉、嵐山温泉、下呂温泉、石手川、桂川、飛騨川を 100 倍希釈
- ③システムを起動し、プラズマ点灯、装置の最適化、メゾットの作成、サンプルファイルの作成を行った後、分析を実行
- ④得られた結果より、各試料のイオン含有量にそれぞれ希釈した倍数をかけてそれを含有量とした。

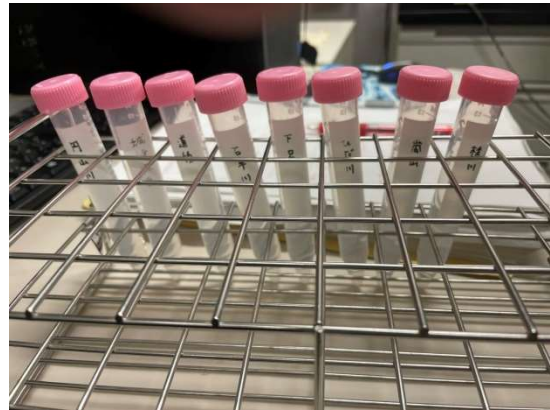
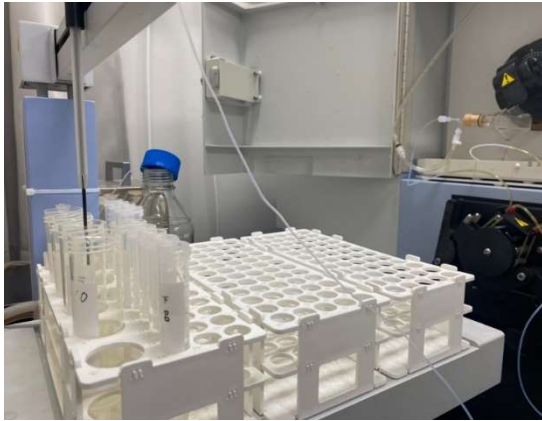


図8 ICP測定



図9 ガスを開ける様子

○河川調査

河川に放流する一般排水基準

pH

海域以外の公共用排水域に排出されるもの→5.8 以上 8.6 以下

海域に排出されるもの→5.0 以上 9.0 以下

化学的酸素要求量(COD)→160mg/L(日間平均 120mg/L)

※日間平均による許容限度は 1 日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。

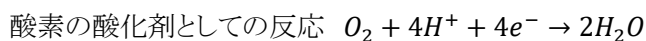
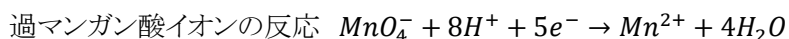
COD とは

化学的酸素要求量(Chemical Oxygen Demand)

水中の汚物(有機物)を測る指標として用いられる。家庭排水等による有機物で、有機物が多いと酸素がその有機物を酸化するために消費されてしまい、その結果、COD の値が高くなり、酸素が必要な水中の生物(微生物、水生植物、魚類等)が生息できなくなる

測定原理

COD は、強い酸化剤である、有機物を過マンガン酸カリウムで化学反応(酸化還元反応)をさせ、そのときに要した過マンガン酸カリウムの量から消費された酸素の量を計算した値。直接有機物を測るのではなく、有機物の相対的な指標になる。反応式は以下ようになる。



実験では試料水中の還元物質(有機物などの汚れ)を一定量の過マンガン酸カリウム(KMnO₄)で酸化し、酸化に使われなかった余剰分の過マンガン酸カリウム(KMnO₄)を一定量のしゅう酸ナトリウム(Na₂C₂O₄)で分解し、その後余剰分のしゅう酸ナトリウム(Na₂C₂O₄)を過マンガン酸カリウム(KMnO₄)で滴定し計算によって試料水中に含まれる還元性物質と反応した過マンガン酸カリウム(KMnO₄)の量を求め、酸素量に換算する。

今回の測定ではこれらの粗さを簡易的に行うことができるパックテストを行った。

○入浴剤制作

ネットを通して入浴剤をどのように制作するのかを考えた。

①塩化物泉(ナトリウム-炭酸水素)を再現する方法として、塩(天然のもの、海塩)と重曹を加えることが調査によって挙げられた。ここでの比率を変えることによって、同じ塩化物泉の性質を持つ城崎温泉の湯を再現する方法

②重曹とクエン酸を加えて反応させることによる入浴剤の制作方法

今回は多くの手作り入浴剤制作時に使われていることと、化学反応式が考えやすいことから、②の方法で再現することにした。また、入浴剤制作にあたってのコンセプトや再現方法を以下に示す。

- ・入浴剤コンセプト: 現地の温泉を自宅でも体感できる入浴剤
- ・再現する要素: 成分、色や香り、効果、肌触りのうち、成分を再現する
- ・再現温泉: 温泉の主成分が炭酸水素イオンとナトリウムイオンである道後温泉または嵐山温泉
- ・入浴剤作成方法と必要量計算

必要量計算

道後温泉の場合(泉質がアルカリ性単純温泉)

NaHCO₃ 必要量

湯の中に含まれる HCO₃⁻イオンが全て NaHCO₃ 由来のものであった時、溶液1L 中に NaHCO₃ の量を x g と s すると、以下の式から重曹の必要量を求めることができる。(NaHCO₃:84.01 g/mol、HCO₃⁻:61.0168 g/mol)

$$\frac{\text{HCO}_3\text{イオン実験値}}{x} = \frac{61.0168}{84.01}$$

道後温泉の実験値は 35.6 mg/L であったので、

$$\frac{35.6 \times 10^{(-3)}}{x} = \frac{61.0168}{84.01}$$

$$x = 0.0490 \text{ g}$$

また、一般的な家庭の浴槽は約 200L であるとする、NaHCO₃ は約 10 g 必要と考えられた。

クエン酸必要量

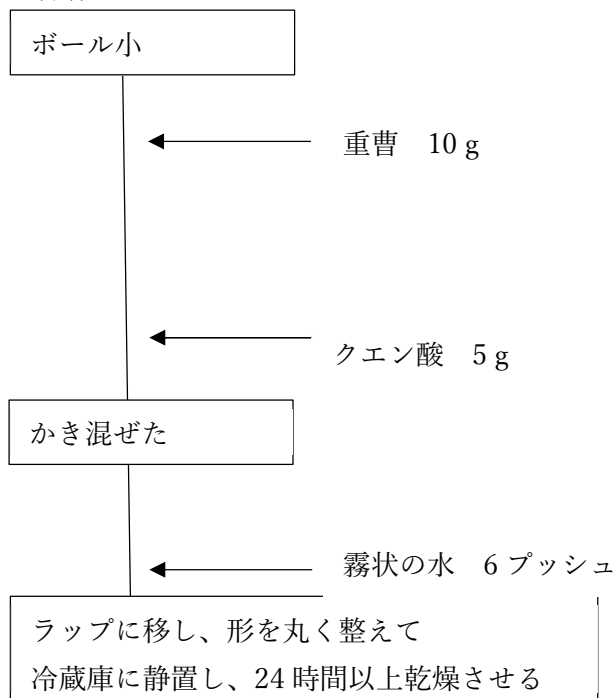
クエン酸は重曹 2 に対して1入れる。よって 1L 当りに必要量は $0.0490/2=0.0245$ g
また、一般的な家庭の浴槽は約 200L であるとする、クエン酸はは約 5.0 g 必要と考えられた。

作製方法

* 必要試薬、道具

重曹 10 g、クエン酸 5 g、水道水 微量、霧吹き、家庭用計量器、計量スプーン、かき混ぜ棒、ラップ、輪ゴム、ボール小

* 操作



また、入浴剤は厚生省から、湯 100L 当たりの投入量が 10.0～50.0 g とされている基準を満たしていることに注意した。

・入浴剤作成の様子

以下の図 10～図 13 に入浴剤制作の様子を示す



図 10 用意した道具、材料



図 11 重曹とクエン酸混合後の様子

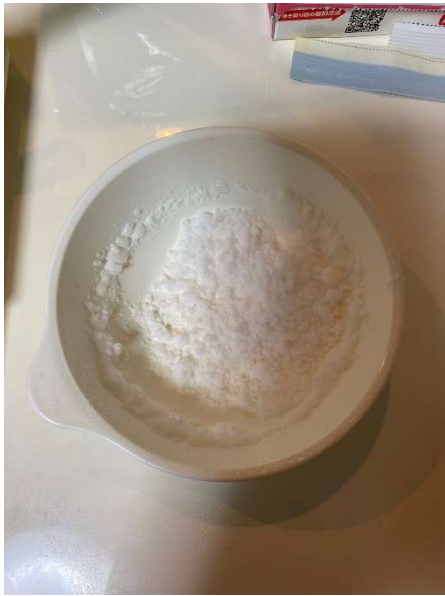


図 12 重曹、クエン酸混合物に水を吹きかけた後の様子



図 13 乾燥前の入浴剤

・その他調べて分かったこと

①アルカリ性単純温泉とは

温泉水1kgの溶存物質量が1,000mg未満かつ湧き出た温泉の温度が25℃以上のもの。このうち、pHが8.5以上のものを呼ぶ。血行促進効果や肌がすべすべになる効果が期待される。

②血行促進や肌がすべすべになる効果はどのような仕組みからなるのか

肌がすべすべ効果には、 NaHCO_3 が水に溶けることによって生成する HCO_3^- が効果の要素として考えられた。

炭酸水素ナトリウムから生じた HCO_3^- は水と反応して OH^- を生成し、溶液が塩基性を示す。そのため、酸性である皮脂汚れを中和して落とすことが可能となり、結果的にすべすべになると予想された。

血行促進効果として、水に溶けた二酸化炭素が皮膚を通過し血管に入り込むことで血管内の二酸化炭素量が増加するため、さらに酸素や栄養が必要という信号が発信されることによって血管が広がり、血行促進効果が高まると考えられる。(二酸化炭素は、酸素や栄養素を利用して細胞の再生を行った後の老廃物として生成されるもの。)その他直接血管の筋肉へと働きかけて血管を広げることも考えられた。

●結果

○河川調査、入浴剤制作

各温泉の主成分を、インターネットを用いて調べた結果を表1に示す。

表1 各温泉の主成分文献

温泉名	成分	含有量 (mg/L)
嵐山温泉		
	Na ⁺	247.7
	Ca ⁺	3.0
	K ⁺	7.1
	Cl ⁻	105.7
	HCO ₃ ⁻	494.8
	F ⁻	16.0
S ⁻	—	
下呂温泉		
	Na ⁺	25.80
	Ca ⁺	3.7
	K ⁺	2.0
	Cl ⁻	104.09
	HCO ₃ ⁻	32.8
	F ⁻	11.0
S ⁻	13.3	
道後温泉		
	Na ⁺	72.2
	Ca ⁺	3.4
	K ⁺	1.3
	Cl ⁻	28.3
	HCO ₃ ⁻	68.5
	F ⁻	12.6
S ⁻	21.4	
城崎温泉		
	Na ⁺	1030
	Ca ⁺	457
	K ⁺	47.9
	Sr ⁺	5.5
	Cl ⁻	2300
	HCO ₃ ⁻	53.4
	F ⁻	2.4
S ⁻	—	

温泉の pH やCOD検査キットの結果を表 2 に示す。

表 2 各温泉地のpH、COD 検査結果

温泉名	道後	城崎	下呂	嵐山
pH	5~6	5~6	6~7	7~8
				
河川名	石手川	円山川	飛騨川	桂川
pH	4~5	6~7	4~5	5~6
				
COD(mg/L)	0~2	6	0~2	2~4
				

pH について、温泉の pH は道後、城崎ではほぼ中性、下呂、嵐山では塩基性を示すことが分かった。

また、ほとんどの周辺河川では酸性よりの水質であることが分かった。

COD について パックテストは色が薄くなるほど COD 値が高くなるので、円山川が最も高く、次に桂川となった。

次にパックテストを用いて得られた陰イオン濃度を示す

・塩化物(200)のパックテスト

操作

- ①検水を専用カップの線(1.5mL)まで入れ、K-1 試薬を2滴加える。
- ②蓋をしてゆっくり1回振る。
- ③チューブ先端のラインを引き抜く。
- ④穴を上にして、指でチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を押し出す。
- ⑤そのまま穴を検水の中に入れてつまんだ指を離し、全量吸い込む。
- ⑥10秒後

結果



図 14 塩化物 200 のパックテスト結果

・塩化物(低濃度)のパックテスト

操作

- ①検水を専用カップの線(1.5mL)まで入れ、K-1 試薬を2滴加える。
- ②蓋をしてゆっくり1回振る。
- ③チューブ先端のラインを引き抜く。
- ④穴を上にして、指でチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を押し出す。
- ⑤そのまま穴を検水の中に入れてつまんだ指を離し、全量吸い込む。
- ⑥1分後にチューブを見て標準色と比較する。

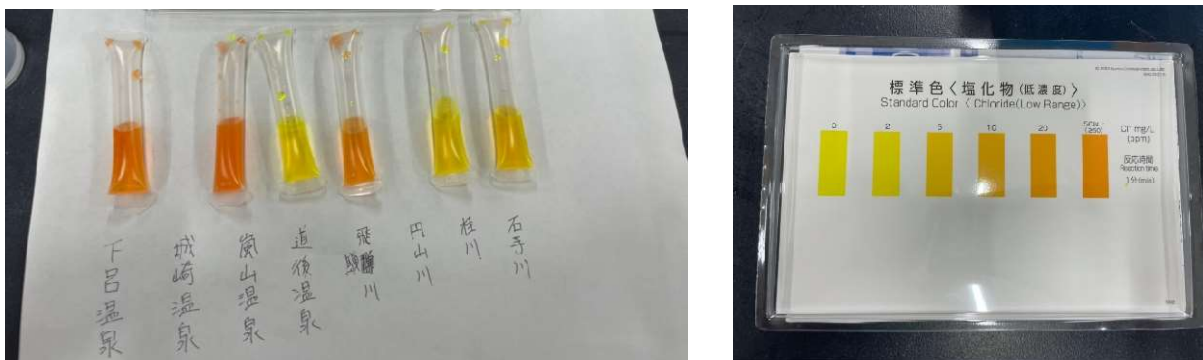


図 15 塩化物(低濃度)パックテスト結果

塩化物のパックテストで得られた結果を表 3 に示した。

表 3 塩化物のパックテスト結果

濃度 (mg/L)	試料
0	
~2	道後温泉
~5	桂川、石手川
~10	
~20	
20~50	
50~100	飛騨川
150 付近	下呂温泉、嵐山温泉
200 以上	円山川、城崎温泉

・フッ素のパックテスト

操作

- ① 検水を専用カップの線 (1.5mL) まで入れ、K-1 試薬を 2 滴加える。
- ② 蓋をしてゆっくり 1 回振る。
- ③ チューブ先端のラインを引き抜く。
- ④ 穴を上にして、指でチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を押し出す。
- ⑤ そのまま穴を検水の中に入れてつまんだ指を離し、全量吸い込む。
- ⑥ 1 分後にチューブを見て標準色と比較する。

結果



図 16 フッ素のパックテスト結果

フッ素のパックテスト結果を表 4 に示した。

表 4 フッ素のパックテスト結果

濃度(mg/L)	試料
0 付近	道後温泉、石手川、円山川、桂川
0.4 付近	
0.8 付近	
1.5 付近	飛騨川、城崎温泉、嵐山温泉
3 付近	下呂温泉
8 以上	

・硫酸(高濃度)のパックテスト

操作

- ① 検水を専用カップの線(1.5mL)まで入れ、K-1 試薬を 2 滴加える。
- ② 蓋をしてゆっくり 1 回振る。
- ③ チューブ先端のラインを引き抜く。
- ④ 穴を上にして、指でチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を押し出す。
- ⑤ そのまま穴を検水の中に入れてつまんだ指を離し、全量吸い込む。
- ⑥ 1 分後にチューブを見て標準色と比較する

結果



図 17 硫酸(高濃度)のパックテスト結果

硫酸(高濃度)のパックテスト結果を表 5 に示した。

表 5 硫酸(高濃度)のパックテスト結果

濃度(mg/L)	試料
50 付近	道後温泉、石手川、嵐山温泉、桂川、下呂温泉、飛騨川
100 付近	
200 付近	城崎温泉、円山川
500 付近	
1000 付近	
2000 以上	

・炭酸イオンのパックテスト

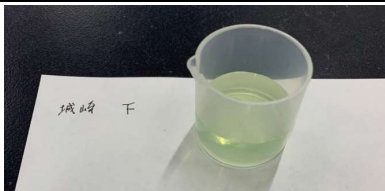
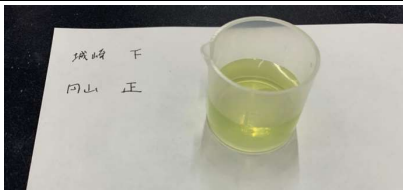
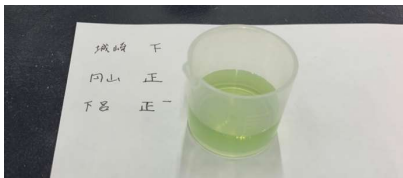
操作

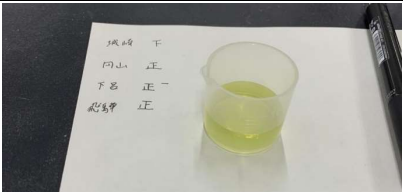
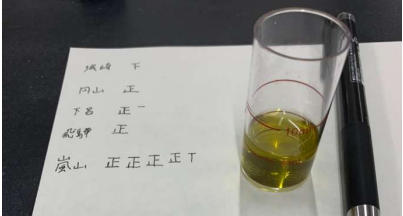
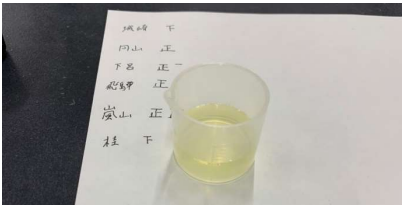
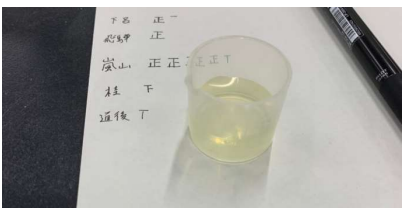
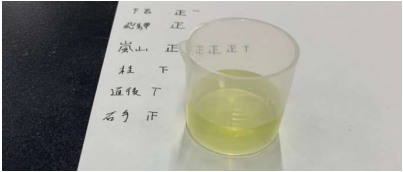
- ①検水を専用カップに 0.5ml まで入れる
- ②試薬を一滴加えて振る
- ③青色から黄色になるまで③の操作を繰り返す
- ④黄色になれば終了
- ⑤黄色くなるまで入れた滴数×17.8mg/L 炭酸イオンが入っていることがわかる

結果

炭酸イオンのパックテスト結果を表 6 に示した。

表 6 炭酸イオンのパックテスト結果

試料	滴数	濃度(mg/L)
城崎温泉	 3 滴	$17.8 \times 3 = 53.4$
円山川	 5 滴	$17.8 \times 5 = 89.0$
下呂温泉	 6 滴	$17.8 \times 6 = 106.8$

飛驒川	 <p>5 滴</p>	$17.8 \times 5 = 53.4$
嵐山温泉	 <p>22 滴</p>	$17.8 \times 22 = 391.6$
桂川	 <p>3 滴</p>	$17.8 \times 3 = 53.4$
道後温泉	 <p>2 滴</p>	$17.8 \times 2 = 35.6$
石手川	 <p>4 滴</p>	$17.8 \times 4 = 71.2$

ICP、陰イオンパックテストを用いて得られた各温泉、河川における陽イオン濃度を表7にしました。

表7 各温泉、河川におけるイオン濃度

温泉名	成分	文献値 (mg/L)	測定値(mg/L)	誤差	河川名	測定値(mg/L)
嵐山温泉					桂川	
	Na ⁺	247.7	152.1	95.6		40.22
	Ca ⁺	3.0	2.935	0.065		79.03
	K ⁺	7.1	5.49	1.61		10.62
	Cl ⁻	105.7	150~200			~5
	HCO ₃ ⁻	494.8	391.6	103.2		53.4
	F ⁻	16.0	1.5~3.0			0
	S ⁻	—	50~100			50~
下呂温泉					飛騨川	
	Na ⁺	25.80	78.7	52.9		39.78
	Ca ⁺	3.7	1.135	2.565		46.28
	K ⁺	2.0	1.522	0.478		6.25
	Cl ⁻	104.09	150~200			50~100
	HCO ₃ ⁻	32.8	106.8	74		53.4
	F ⁻	11.0	3~8			1.5
	S ⁻	13.3	50~100			50~100
道後温泉					石手川	
	Na ⁺	72.2	50.1	22.1		85.3
	Ca ⁺	3.4	2.195	1.205		198.1
	K ⁺	1.3	0.729	0.571		15.32
	Cl ⁻	28.3	2~5			~5
	HCO ₃ ⁻	68.5	35.6	32.9		71.2
	F ⁻	12.6	0	12.6		0
	S ⁻	21.4	50~100			50~100
城崎温泉					円山川	
	Na ⁺	1030	835	195		1196
	Ca ⁺	457	454.3	2.7		4
	K ⁺	47.9	39.29	8.61		106
	Sr ⁺	5.5	3.37	2.13		—
	Cl ⁻	2300	200以上			200以上
	HCO ₃ ⁻	53.4	53.4	0		89.0
	F ⁻	2.4	1.5	0.9		0
S ⁻	—	200		200		

○入浴剤制作結果

以下に完成した入浴剤を示し、お湯に入れた時の溶け方を表した図を以下に示す



図 18 入浴剤完成図



図 19 完成した入浴剤を湯船に入れた時の様子

湯船に入れた入浴剤はシュワシュワと音を立て、泡が発生射ていることが確認された。また、入浴剤とお湯の反応し終わる速度は7~10秒程であった。市販のものは2~3分、長くて10分程度反応することと比較すると、反応時間が短いこと分かる。このように市販の入浴剤と比較して反応時間が短くなった原因は考察にて述べる

●考察

河川分析

・pH測定結果について

温泉とその近くを流れる河川のpH測定について、温泉が中性よりはやや塩基性によっているのに対して、河川はほぼすべて酸性に寄っていることがわかった。これについて河川と温泉のpHの関係は薄い、または別の要因があり、河川の方は酸性側に偏っているのではないかと考えた。考えられる要因の一つは雨による影響である。雨は空気中の二酸化炭素を取り込むため微酸性になる。これが河川に影響を与えたのではないかと

と考えた。飛騨川は前日に雨、桂川の河川採取を行った日に雨が降っていたため他の河川よりも酸性が強かったと考えられる。また、地下水は土壌中の生物作用によって生じた二酸化炭素によって酸性側に、表流水はアルカリ側に多く、流れの緩やかな河川や湖沼などは表層が植物プランクトンの光合成の影響によりアルカリ性に、底層はプランクトンの死骸分解のために酸性側に傾いていると考えられる。

・COD パックテストについて

COD パックテストについて、河川の上流の方が下流の方より、COD の値が低く、下流に行くにつれて値が高くなっていくと考えていたが、そうではなかった。

下流でも上流より、COD が低かった原因は下の図 20 のようなことが考えられる。



図 20 COD の値の変化図

このように川の最上流が最もきれいで、最下流が最も汚くなることはないことがわかった。この図を元に考えると、上流で採取した飛騨川の COD の値が高く、石手川の COD の値が低くなることが説明可能である。

・温泉のイオン濃度と近くを流れる河川のイオン濃度の相関性について

今回の調査では COD のパックテストのみ行ったため、河川の汚れを数値で表すデータが一つしか得られなかった。また、河川と温泉の関係性について焦点を当てて測定を行ったが、調査を行った温泉が予算の関係で塩基性の温泉のみで、酸性の温泉とその河川を測定することが出来なかった。温泉と河川の関係性について、酸性の温泉を測定することでまた新しい関係性が見いだせるのではないかと考えた。

・陰イオンパックテストについて、硫酸イオンの含有量を見比べると、4 つの温泉地とも河川と同じ値になっていることがわかった。硫酸イオンの含有量が同じ値になった理由として、温泉源である火山が関係しているのではないかと考えられる。火山からは火山ガスが発生し、その成分の一つに亜硫酸が含まれている。この亜硫酸が空気中で酸化し硫酸となるのだが、温泉、河川ともに同じ地盤上で測定を行ったため、同じ値が測定できたと考えられる。また、火山ガスにはフッ素およびその化合物も含まれるため、フッ素が多く検出された下呂温泉では飛騨川でもフッ素を検出することができた。

・ICP により得られた陽イオンの結果について考える。なお、飛騨川、桂川は天候による要因で結果に妥当性がないと考えられるためそれらを除いて考える。まず Na⁺については原因が自然界に存在する NaCl によるものと考え、Cl⁻のパックテストと照らし合わせて考えると、それぞれの増減が同じように起きていることから、その土地の地質的な観点から温泉も河川も含む NaCl 量に関係性があると考えられる。次に Ca²⁺も同様に CaCO₃の塩が原因であると考えたが、それぞれの増減があべこべで相関が見られず、K⁺も同じく土壌的な観点から考えたが相関は見られなかった。

入浴剤制作

・市販の入浴剤よりも反応が終了する速度が早かった原因

制作した入浴剤は反応が終了する速度が、市販の入浴剤よりもかなり早かった。このことから何故反応が早く終了したのかを考えた。第一に、市販の入浴剤と私達が制作した入浴剤では見た目の大きさが市販の入浴剤の方が大きいことから、反応に必要な量が少なかったことが考えられた。また、花王、バスクリン、白元が販売している粒状炭酸ガス系入浴剤の使用量を見ると、お湯 200L に足して最小で 30 g、最大で 70 g であった。それに対して、今回制作した入浴剤は、重曹 10 g、クエン酸 5 g を測り、お湯 200 L に対する使用量は 15 g であることから反応するそもそもの量がすくないことが考えられた。各メーカーが製造する入浴剤の商品と、使用量を表 8 に示す。

表 8 各メーカーが販売している入浴剤と使用量、特徴

商品名	きき湯 ファインヒート	きき湯 温泉科学の ツブが効く	バブ	薬用バブ メディケイティット	バスキング 炭酸ガスの薬 用入浴剤	バスララ 美的温浴
メーカー	バスクリン	バスクリン	花王	花王	白元	白元
使用量 (g/200L)	50	30	40	70	45	45
特徴	炭酸ガス量約 3 倍			泡の量がバブの 10 倍		

参考：[130206-1.pdf \(fcg-r.co.jp\)](https://www.fcg-r.co.jp/130206-1.pdf)

第二に、市販の入浴剤と自作の入浴剤では、入浴剤に含まれる成分に差があり、入浴剤には重曹、クエン酸の他に様々な成分が含まれているため、炭酸ガスをより微細に発砲させることで反応時間を伸ばしていることが考えられた。参考：[公開特許公報\(A\) 発泡入浴剤製品および発泡入浴剤の発泡時間を延長する方法 \(biosciencedbc.jp\)](https://biosciencedbc.jp/publication/20220301)

その他、市販の入浴剤はお湯に入れると同時に入浴剤は浴槽に沈み、浴槽の底で反応が進むが、自作の入浴剤は浴槽表面で反応が進んでいた所も反応時間の差につながったのではないかと考える。

●謝辞

今回の活動にあたり、アドバイザーである糟野潤先生、環境ソリューション工学科の水原詞治先生、各温泉関係者の皆様のご指導、ご協力、支援を頂いたことをここに深く感謝申し上げます。

●参考文献

- ・[兵庫県／城崎温泉『湯めぐりの宿 錦水』温泉分析書－温泉検索どっとこむ \(onsen-k.com\)](https://onsen-k.com/)
- ・[浴用剤製造販売承認基準について\(◆平成 27 年 03 月 25 日薬食発第 325039 号\) \(mhlw.go.jp\)](https://mhlw.go.jp/)
- ・[温泉の泉質のいろいろ | 日本温泉協会 \(spa.or.jp\)](https://spa.or.jp/)
- ・[入浴剤の効果とメカニズム | 日本浴用剤工業会 - Japan Bath additive Industry Association - \(jbia.org\)](https://jbia.org/)
- ・環境省 水・土壌・地盤・海洋環境の保全
<https://www.env.go.jp/water/impure/haisui.html>
- ・[公開特許公報\(A\) 発泡入浴剤製品および発泡入浴剤の発泡時間を延長する方法 \(biosciencedbc.jp\)](https://biosciencedbc.jp/publication/20220301)
- ・入浴剤の成分一覧表 (2022.10.23 閲覧)

[130206-1.pdf \(fcg-r.co.jp\)](#)

- CODパックテストによる水質調査(2022.10.23 閲覧)

<https://www.aburagafuchi.jp/yougo/pdf/pakukaisetu.pdf>

- (株)共立理化学研究所 パックテスト COD の測定値と公定法の測定値に差が生じる訳

<https://kyoritsu-lab.co.jp/blog/19266>

- COD パックテストによる水質調査

<https://www.aburagafuchi.jp/yougo/pdf/pakukaisetu.pdf>