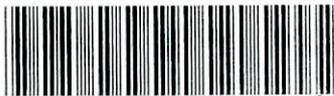


# 環境よもやま話

PART 5

～金沢水物語～

金沢大学附属図書館



0300-05454-8

編集・監修 田崎 和江

金沢大学理学部地球学科 地球環境科学 2003.2.28

511  
K16  
5

# 環境よもやま話

PART 5

～金沢水物語～



「水と社会」

水にあふれた空間をイメージしました。

田崎和江氏寄贈

## まえがき

地球環境シリーズ ISSN 1344-252X として1998年から出版を始め、今年は5年目です。  
ちなみに今までは、

- PART 1; 環境一般 (理学部 2年生)
- PART 2; 環境一般 (全学、一般教養)
- PART 3; <抗菌>の裏事情 (理学部2年生)
- PART 4; ねんどとあそぼう! やきものづくり (一般市民と理学部学生、  
院生、金沢美術工芸大学共著)

そして今年は PART 5: 金沢水物語 (理学部2年生) を出版します。

今回は、金沢の<水>にこだわってみました。水でもいろいろな水があります。河川水、湧き水、処理排水、温泉水、銭湯の湯など6つの班が興味を持った<水>の研究に取り組みました。班の編成、テーマの決定、現地調査、採取した試料<水、土壌、ボーリングコア、バイオマット、植物など>の観察と分析、データの整理(図表作成)などすべて学生の手で行ないました。もちろん、現地調査、特に他人の家をたずね、お願いして試料をとらせていただくことはじめての経験です。化学分析も初めてです。パソコンを使って文章や図表を作るのも初めてです。ほぼ毎週、調査研究の進行状況をみんなの前で発表しましたが、これもはじめての経験でした。はじめ漠然とした興味関心も、回をかさねるうちにしぼれてきて、次回の方針がたてられるようになりました。化学分析値がでると、さらに他のところと比較してみたくなりました。3~4回現地をたずねることにより、地域の関係者や持ち主の方々が協力して下さるようになりました。温泉成分表はもとより源泉を案内して下さり、ボーリング試料も提供して下さいました。一方、何回たずねても<企業秘密>であるとか、<上の人の許可を得ないと>とか、苦戦をを強いられた班もありました。温泉を研究した班は、当初、温泉水試料のみをいただきにいましたが、田崎が<せっかくそこまで行って、どうして温泉に入ってこなかったの?>の一言で班員全員でいくつも温泉や銭湯に入るようになりました。これらの研究プロセスは彼等の青春の1ページになるでしょう。

今回の研究結果はなかなか面白いと思います。はじめて明かされた事実もたくさんあります。いつも飲んでいる湧き水や銭湯、温泉がさらに身近に感じるでしょう。この成果を2年生だけのものにするにはもったいないので、金沢で開催された<第7回環境の保全と緑化に関わる資材、技術研究会>(2003年1月28日)で各班が口頭発表とポスター発表を行ないました。もちろん、彼等は口頭発表もポスター用のパネルの製作もはじめての経験でした。

2003年 2月 1日

田崎 和江

# ～ 目 次 ～

## まえがき

### ○理学部生と温泉水の巻 ----- 1

1. 金沢市とその近郊の温泉と地下構造  
今西弘樹, 大谷裕介, 岡島利幸  
小田原誠, 小門研亮, 松田大地
  
2. 近距離にある金城温泉とテルメ金沢の温泉の由来  
伊田明弘, 斎藤洋一, 佐藤寿年,  
堀 峻滋, 宮本一宏, 柳田裕樹
  
3. みろくのみわく! ～温泉水とバイオマット～  
内村奈緒子, 榎本圭佑, 加藤梨枝,  
児嶋 恵, 菅谷勝則, 巻田光央
  
4. 湯涌の誘惑 ㊦  
日下部有里子, 佐野ゆう子, 清水里美, 渡辺朋子

### ○理学部生と湧き水の巻 ----- 25

- 湧き水に違いをもたらす土壌 ～新保町の飲める湧き水～  
伊藤亜希子, 松岡玉衣, 涌島英揮

### ○理学部生と処理排水の巻 ----- 33

- 水から見るゴミ埋め立て場  
白鳥達也, 竹本吉利, 鶴見厚支, 三輪学史

### ○理学部生の授業写真館の巻 ----- 41

### ○理学部生たちの感想の巻 ----- 45

### ○編集委員の編集後記の巻 ----- 51

# 理学部生と温泉水の巻

## 1. 金沢市とその近郊の温泉と地下構造

今西弘樹, 大谷裕介, 岡島利幸,  
小田原誠, 小門研亮, 松田大地

## 2. 近距離にある金城温泉とテルメ金沢の温泉の由来

伊田明弘, 斎藤洋一, 佐藤寿年,  
堀 峻滋, 宮本一宏, 柳田裕樹

## 3. みろくのみわく! ~温泉水とバイオマット~

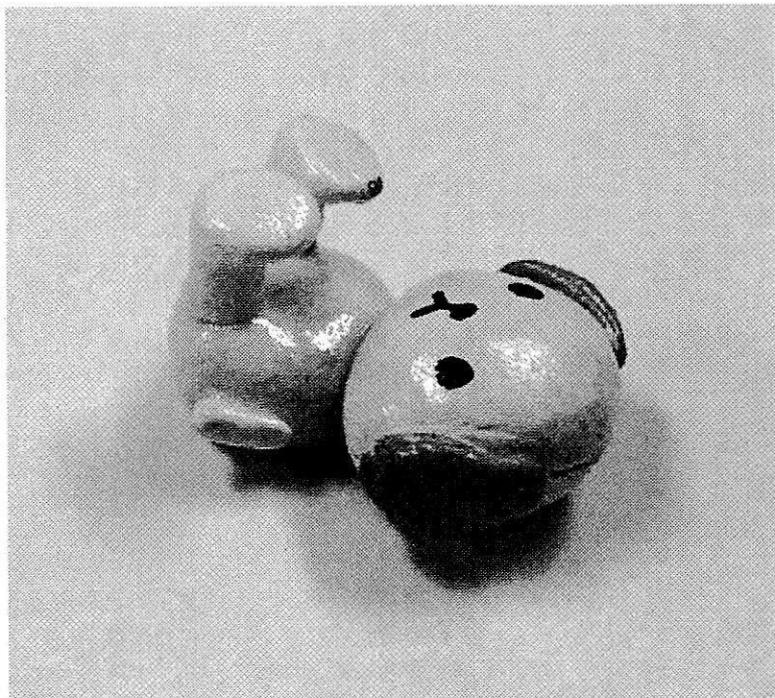
内村奈緒子, 榎本圭佑, 加藤梨枝,  
児嶋 恵, 菅谷勝則, 巻田光央

## 4. 湯涌の誘惑

日下部有里子, 佐野ゆう子, 清水里美, 渡辺朋子

# 1. 金沢市とその近郊の温泉と地下構造

今西弘樹, 大谷裕介, 岡島利幸,  
小田原誠, 小門研亮, 松田大地



# 金沢市とその近郊の温泉と地下構造

今西弘樹・大谷祐介・岡島利幸・小田原誠・小門研亮  
松田大地・田崎和江(金沢大学理学部)

## 1. はじめに

石川県は白山火山帯に付随して山中、山代温泉など古くから知られた温泉が多数存在する。

一方火山帯から離れた金沢市内にも温泉が多数存在する。これらの温泉は近年開発されたものが多く、ポンプ等で地下からくみ上げている。さらに、金沢近郊には医王山があり数十万年前まで活動していたが、これらの温泉はこの火山を熱源としてできた温泉と言えるのであろうか。そして、これらの温泉の多くは見た目に淡黄褐色から茶褐色を呈し、塩味が特徴である。これらの温泉の泉質と地層との関係について調査したので報告する。

## 2. 試料および実験方法

この研究に用いた温泉水は、源泉に近い所から採取し、比較検討した。これらの試料を採集するにあたって、採集容器を三回とも洗いをし、なるべく空気が入らないように密封した。その際に、温泉水の水温を計り、臭気、味、色、浮遊物の有無、掘削距離、成分表等を調べ、実際に温泉につかり、直に温泉を体験した。

実験室ではそれらの採取した温泉水を水素イオン濃度(pH)、酸化還元電位(Eh)、電気伝導度(EC)、溶存酸素量(DO)の4項目を測定した。さらに含有元素の量と種類をエネルギー分散型蛍光X線分析(ED-XRF)を用いて分析を行った。

今回採取した試料は、七塚温泉、内灘温泉、深谷温泉中の湯、金石温泉、有松レモン湯、野々市温泉美人湯、美川温泉、曲水温泉、湯楽温泉の9ヶ所である(地図1)。また、みろく温泉、大和温泉、石引温泉の実験結果を含めた12ヶ所について比較、検討した。

## 3. 結果

### (1)水質測定結果

水質測定結果を第1表に示す。現地で測定したpHは七塚温泉を除いた12ヶ所で弱アルカリ性を示した。しかし、石川県保健環境センター発行による温泉分析表によるとほとんどがpH7.6である。Ehは金石温泉の-204mVと還元的なものから美川温泉の235mVと酸化的なものまで様々であった。ECは一般に色が濃いものや、塩味が強いものは高い傾向にあった。DOは採取から測定まで数日経過しているが深谷温泉の0.84mg/lの値は非常に還元的であった。

### (2)ED-XRF分析について

ED-XRF分析結果を第2表に示す。いずれの温泉もNaの含有量が高く、Clもともに高いことからNaCl含有量が高いことを示唆している。またSi、K、Caは全温泉で検出された。Sr、Sは山間部の温泉と美川温泉で認められ、今後の地層の同定等に活用できると考えられる。また、Pdは石引温泉、CoとNiは野々市温泉、

Zn は内灘温泉、Ga は七塚温泉、Fe は湯楽温泉のみでしか検出されなかった元素である。

### (3) 成分表による泉質等の比較

温泉の分類を第3表に示す。今回調べた温泉については、ほぼすべてにおいてナトリウム-塩化物泉、ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉であり、味覚として塩味がしたということもなすける。特徴的なものでは、曲水温泉のナトリウム・カルシウム-塩化物泉や、湯楽温泉のナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉があり、平野部の温泉とは異なり、医王山に近い金沢市東部の山間部ではカルシウムの含有量が高いことが特徴である。

金沢とその周辺部の温泉を分類すると、弱アルカリ性で、等張液より浸透圧の低い低張性、そして、源泉温度が25℃から34℃である低温泉と、34℃から42℃である普通泉が多く、弱アルカリ性低張性温泉となる。金石温泉や、医王山に近い金沢市東部といった周辺部では、浸透圧も温度も高く、弱アルカリ性高張性高温泉と分類された。

## 4. 考察

平野部では黄褐色から茶褐色の塩味のある温泉が特徴的であった。金沢周辺の平野部の地下構造は地下千数百mまで南西方向に緩やかに傾斜する堆積層が広がっている。このため今回調査した温泉はこれら堆積層のいずれかの層準に帯水しているものが掘削により涌出したものであることがわかる。深谷温泉は掘削深度が他の温泉に比べ15.5mと浅く、他の温泉とは明かに別の層に由来していると言える。大桑層がこれに当たる層であると考えた。その他の平野部の温泉はほとんどが掘削深度800m前後であり、これらに由来する帯水層として朝ヶ屋泥岩層の上下を被う七曲凝灰岩層、砂子坂層(凝灰岩質砂岩、泥岩の互層)、犀川層(凝灰質砂岩層)、下荒屋凝灰岩層を考えた。それぞれの温泉が具体的にこれらのどの層準に由来するのかわかるまでは確認できなかった。

金沢東部の山間部では平野部に比べ無色で塩味の薄い温泉が特徴的であった。山間部の地下構造は平野部と異なり、火山岩を基盤としており、この地下構造の違いが泉質の違いと関係していると考えられる。七塚温泉もまた火山岩を起源としている。

泉質は全ての温泉で中性～弱アルカリ性である。またどの温泉でもNaとClが多く検出された。この他に検出された微量元素は平野部の温泉よりも山間部の温泉の方が多種であった。各温泉で他の温泉には見られない固有の元素も検出された。具体的にはPdは石引温泉、CoとNiは野々市温泉、Znは内灘温泉、Gaは七塚温泉、Feは湯楽温泉のみでしか検出されなかったものである。

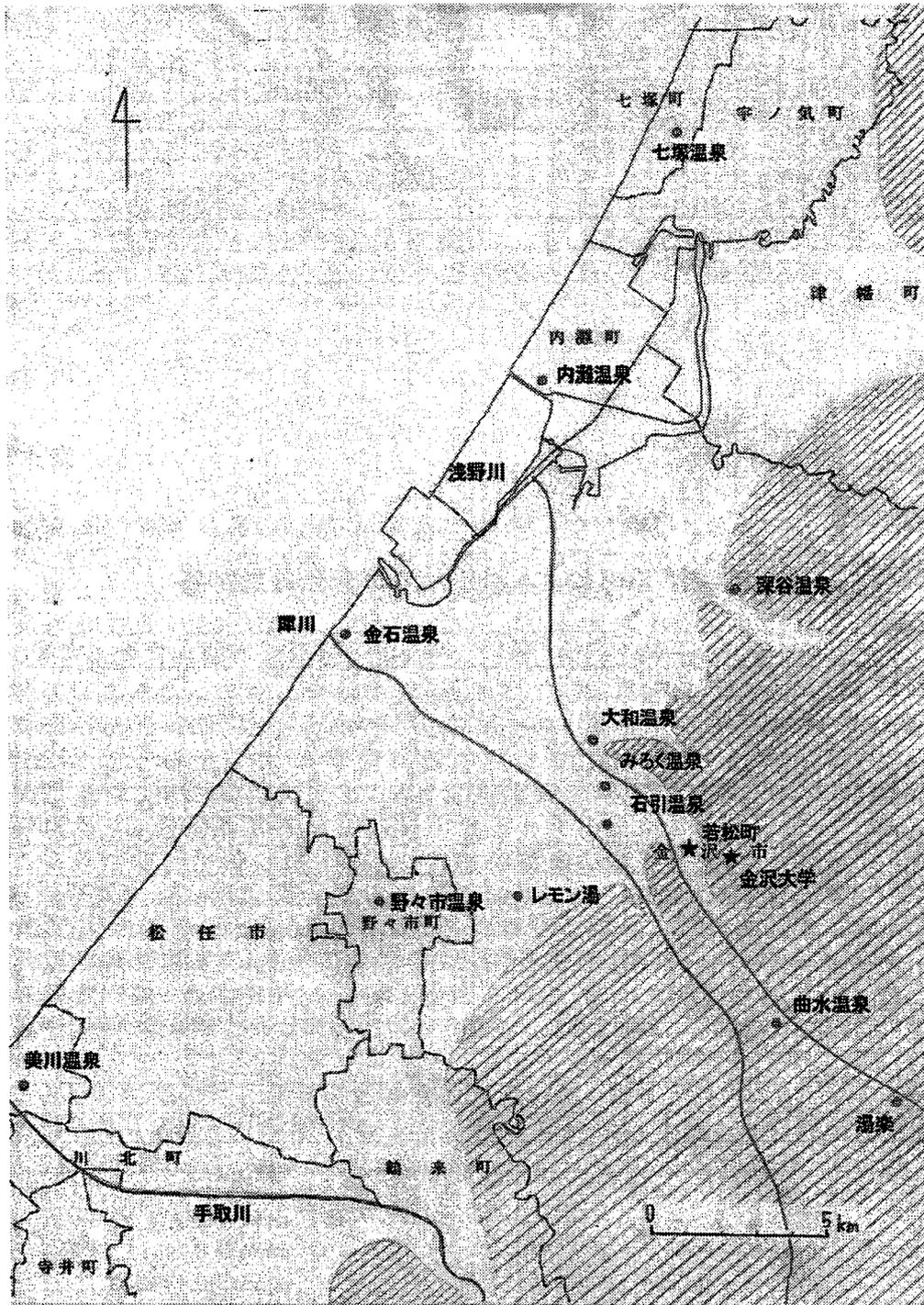
源泉の温度については温泉の掘削深度との相関が認められる。深谷温泉では掘削深度が15.5mで源泉の温度が7.2℃であり、今回調査した中で最も温度が低い。これに対し金石温泉は掘削深度が1000mで源泉の温度が56℃であり、最も温度が高い。

涌出量については深谷温泉では毎分40lと突出して少ない。掘削深度と関係しているのか、もしくは帯水層として考えられる大桑層の特徴であるのか、いずれかが原因として考えられる。

総合すると、金沢市とその近郊では5つに大別される地下構造に由来し、それぞれに上記したような特徴を有する温泉を涌出している。それらは医王山層、船津花崗岩類、大桑層、朝ヶ屋層の上位および下位の堆積層である。どれもこの地域の主要なものである。よって金沢市近郊で温泉を掘る場合、その地下構造を調べることで涌出

する温泉の泉質や温度、掘削深度を大方予想することができそうである。例えば金沢大学角間キャンパス近くの若松町では、深度およそ800m~900mから黄褐色で塩味が強く、源泉の温度が40℃前後の弱アルカリ性低張性温泉が湧出することが予想される。

地図1 今回試料を採取した温泉



第1表 各温泉水の泉質測定結果

	水素イオン濃度 pH	酸化還元電位 Eh(mV)	電気伝導度 EC(mS/cm)	溶存酸素量 DO(mg/l)	水温 WT(°C)
レモンの湯	8.4	50	3.83	2.2	29.2
みろく温泉	8.2	147	4.22	3.9	21.6
石引温泉	8.2	65	4.36	3.5	10.4
大和温泉	8.4	173	0.763	6.3	—
美川温泉	8.7	235	2.84	11.1	35.0
野々市温泉	8.1	12	7.2	3.6	—
金石温泉	7.6	-204	21.2	1.9	45.0
内灘温泉	7.4	97	13.1	2.2	40.2
深谷温泉	7.3	-87	2.27	0.8	19.2
七塚温泉	6.6	155	9.1	3.4	25.0
曲水温泉	8.1	132	18.25	2.5	45.5
湯楽	8.1	112	8.31	4.3	49.7

— : not detected

第2表 ED-XRF による温泉水中の元素分析結果

	レモン	みろく	石引	大和	美川	野々市	金石	内灘	深谷	七塚	曲水	湯楽
Na	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cl	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
K	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
Si	○	●	○	●	●	●	●	●	●	○	○	●
Ca	○	○	○	○	○	○	●	○	○	●	●	●
Mg		○		○		○	○	○	○	●	○	○
S					●					○	○	●
Al		○	○		△	△	△	△		△	△	△
Br					△	△	△	△		△	△	△
Sr										△		△
P								○	○			
Pd			△									
Co						△						
Ni						△						
Zn								△				
Ga										△		
Fe												△

●: wt%が5%以上,  
○: wt%が0.1%以上5%未満,  
△: wt%が0.1%未満.

第3表 成分表等によるそれぞれの温泉の分類

	掘削深度 (m)	泉質	分類	湧出量 (l/min)	源泉温度 (°C)
レモンの湯	850	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉	弱アルカリ性低張性温泉	337	34.2
みろく温泉	750	ナトリウム-塩化物・炭酸塩泉	弱アルカリ性低張性温泉	419	39.6
石引温泉	800	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉	弱アルカリ性低張性温泉	416	38.6
大和温泉	900	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉	弱アルカリ性低張性低温泉	140	33.0
美川温泉	450	弱食塩泉	緩和性低張性温泉	200	38.0
野々市温泉	—	ナトリウム-塩化物泉	弱食塩泉、弱アルカリ性低張性温泉	360	38.0
金石温泉	1000	ナトリウム-塩化物泉	弱アルカリ性高張性高温泉	363	56.0
内灘温泉	2000	ナトリウム-塩化物泉	中性低張性高温泉	200	42.3
深谷温泉	15.5	ナトリウム-炭酸水素・塩化物泉	弱アルカリ性低張性低温泉	40	7.2
七塚温泉	800	ナトリウム-塩化物泉	弱アルカリ性高張性温泉	143	35.0
曲水温泉	800	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉	弱アルカリ性高張性高温泉	81.3	47.6
湯楽	850	ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉	弱アルカリ性高張性高温泉	406	49.7

—; not detected

出展 石川県保健環境センター

## 5. まとめ

金沢地域の地下構造により、温泉水は大きく4つに分類できる。

まず、金沢東部の山間部の2温泉は800mの深さであり、この深さは流紋岩質の医王山層であると考えられる。一方、七塚温泉は800mの深さであるが、ここでは船津花崗岩類を基盤としている。すなわち、いずれも性質の似た火山岩を源としている。このため、他の平野部の温泉に比べ塩分濃度が低く泉質の違いが考えられる。また、山間部の温泉と美川温泉には他に見られないSr、Sが検出された。

平野部の温泉では、色が黄褐色から茶褐色で、塩味が程度の差こそあれ感じられる。これは、地下構造より、堆積層起源の温泉であると考えられる。これらの堆積層起源の温泉は、火山岩起源のものより含有元素の種類は少ないという特徴がある。掘削深度は、位置が距離的に近い石引温泉と大和温泉とでもおよそ100mの差があった。これは金沢平野の地下における褶曲構造の影響と、温泉が湧出する層の違いが考えられる。温泉は、朝ヶ屋泥岩層をはさんだ、上部の凝灰質砂岩の犀川層、下荒屋凝灰岩層を源とするものと、下部の凝灰質砂岩、泥岩の互層の砂子坂層、七曲凝灰岩層を源とするものの2種類があると推定される。

深谷温泉では、通常井戸水を掘る程度の深さ15mから温泉が湧出している。当然温度も井戸水同様かなり低温(7.2°C)であるため、他の温泉とは、成因が大きく異なるといえる。

金沢とその周辺には、船津花崗岩類、医王山層、朝ヶ屋層をはさんだ2層、深谷温泉の源と考えられる大桑層の5つの地層が考えられ、それぞれの地域で温泉が湧出されていると考えられる。

## 6. 参考文献

石川の地質誌 紺野 義夫 編著  
「温泉分析書」石川県保健環境センター

## 2. 近距離にある金城温泉と テルメ金沢の温泉の由来

伊田明弘, 斎藤洋一, 佐藤寿年,  
堀 峻滋, 宮本一宏, 柳田裕樹



## 近距離にある金城温泉とテルメ金沢の温泉の由来

伊田明弘、齊藤洋一、佐藤寿年、堀 峻滋、宮本一宏、柳田祐樹、田崎和江  
(金沢大学理学部地球学科)

### 1. はじめに

金城温泉は金沢市赤土町にあり、テルメ金沢は松島町にある。両温泉は、約 1km しか離れておらず比較的隣接しているといえる(図 1)。しかし、両温泉は、知覚的な観点からみると、匂い、色、味に違いが見られ、湧出深度も 360m の違いがある。そこでさらに詳しい泉質の比較とそこに生成するバイオマットの相違について研究を行ったので報告する。

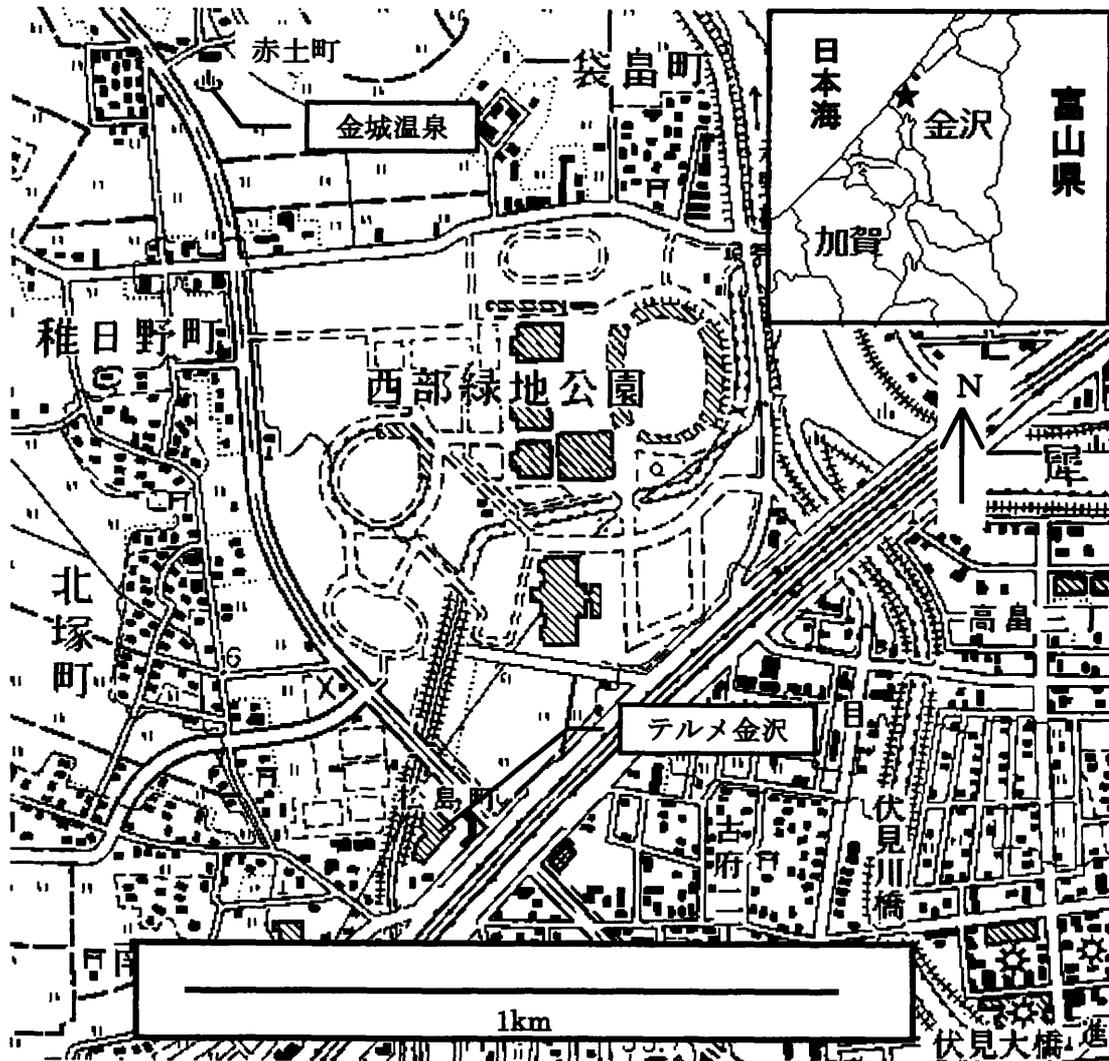


図 1 石川県赤土町にある金城温泉と松島町にあるテルメ金沢の位置図

## 2. 試料および実験方法

研究試料は、金城温泉とテルメ金沢の温泉水と、タンクから採取したバイオマットを用いた。温泉水の水質測定を行い、さらに温泉水を乾燥し、エネルギー分散型蛍光 X 線分析(ED-XRF)により含まれる元素を調べた。水質測定した項目は、水素イオン濃度(pH)、酸化還元反応(Eh)、電気伝導度(EC)、溶存酸素(DO)、水温(WT)である。

バイオマットについても同様に乾燥し ED-XRF で含有元素を調べた。さらに、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡で観察し、どのような微生物で構成されているのかを確認した。

## 3. 結果

### (1) 温泉水の水質

味はテルメ金沢のほうが、塩味が強いのにに対し、金城温泉はほとんど無味である。金城温泉の色は黄褐色で、テルメ金沢のほうが淡黄褐色を呈する。さらに、金城温泉は硫化水素臭なのに対し、テルメ金沢はほとんど無臭である。水質測定の結果は表1に示す。

ED-XRF 分析結果から、両温泉とも Na を主成分とし、Si, K, Ca を含むことが明らかになり、テルメ金沢は、金城温泉より  $K^+$  イオンで約 5 倍、 $Ca^{2+}$  イオンで約 20 倍も多いことが分かった。

また温泉分析書(テルメ金沢:石川県保険環境センター, 1992, 金城温泉:石川県衛生公害研究所, 1980)を参照すると、金城温泉に含まれる  $Na^+$  イオンは 1kg に約 400mg、 $Cl^-$  イオンは約 300mg、 $HCO_3^-$  イオンは約 650mg で、一方、テルメに含まれる  $Na^+$  イオンは 1kg に約 4000mg、 $Cl^-$  イオンは約 6200mg、 $HCO_3^-$  イオンは約 500mg である。すなわち、金城温泉のほうは  $Cl^-$  よりも  $HCO_3^-$  が多く、テルメ金沢はその逆である。テルメの NaCl の割合が高いことは、泉質の塩味を裏付けている。また、金城温泉に比べテルメ金沢は総イオン量が高く、高い EC 値と一致している。

表1 金城温泉とテルメ金沢の水質測定値

Date	Sample name	深さ(m)	pH	Eh(mV)	EC(mS/cm)	DO(mg/l)	WT(°C)
2002/11/14	金城温泉	800	8.2	275	1.98	3.2	39.0
2002/12/16	テルメ金沢	1160	7.4	348	21.2	6.3	45.7

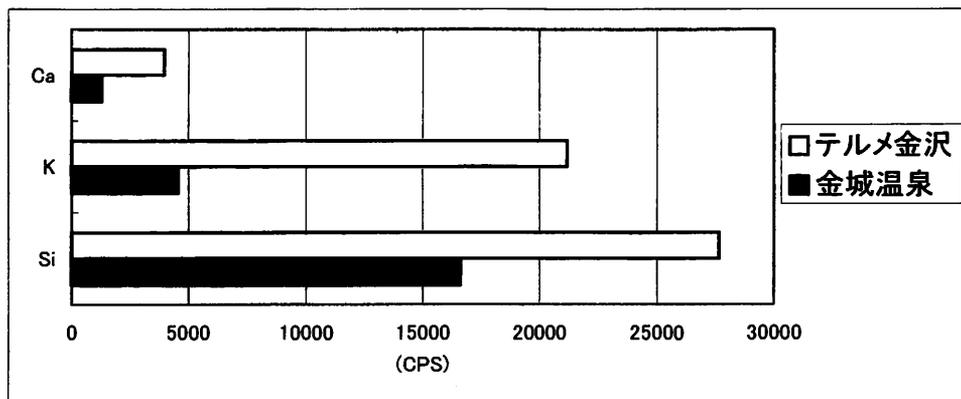


図2 温泉水のED-XRF分析(積分強度)

(2) バイオマットのED-XRF分析

両温泉のタンクから採取したバイオマットのED-XRF分析結果から、主要成分は両者に共通して、Fe, S, Caではあるが、テルメ金沢ではFeが多く、Sは少ない。一方、金城温泉ではSが多く、Feはテルメに比べ少ないことが明らかになった(図3)。

また微量元素として両温泉中には、Na, Mg, Si, P, K, Ti, Mn, Cuを含んでいる。

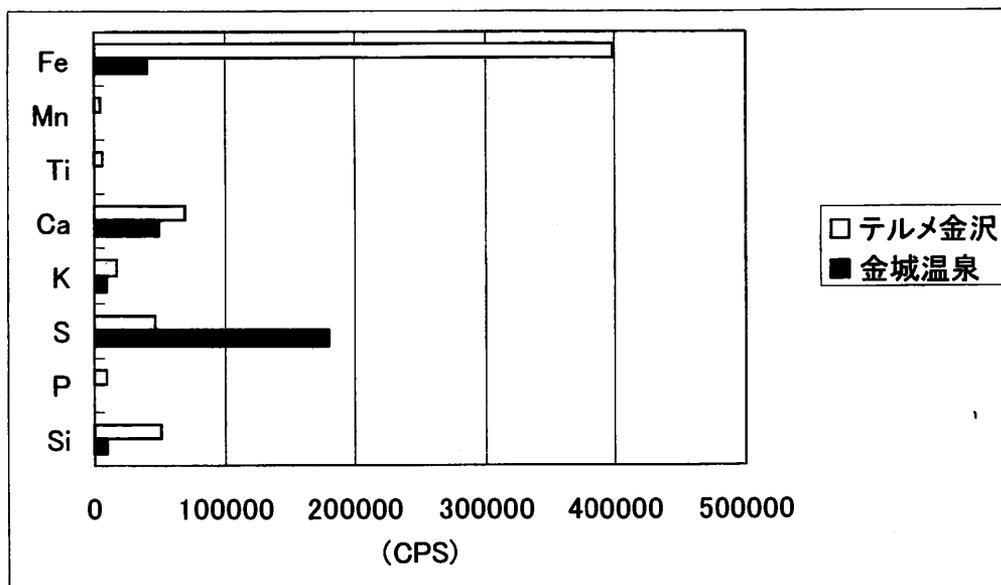


図3 バイオマットのED-XRF分析(積分強度)

### (3) 光学顕微鏡によるバイオマットの観察

DAPI 染色をして紫外線を当てて観察すると、両温泉のバイオマット中には青白く光った球菌と桿菌が見られ、その大きさは約 $2\ \mu\text{m}$ 以下で、凝集している部分と散在している部分がある。金城温泉のほうがテルメ金沢に比較し、若干桿菌が多いように見える(図 4-B, D)。

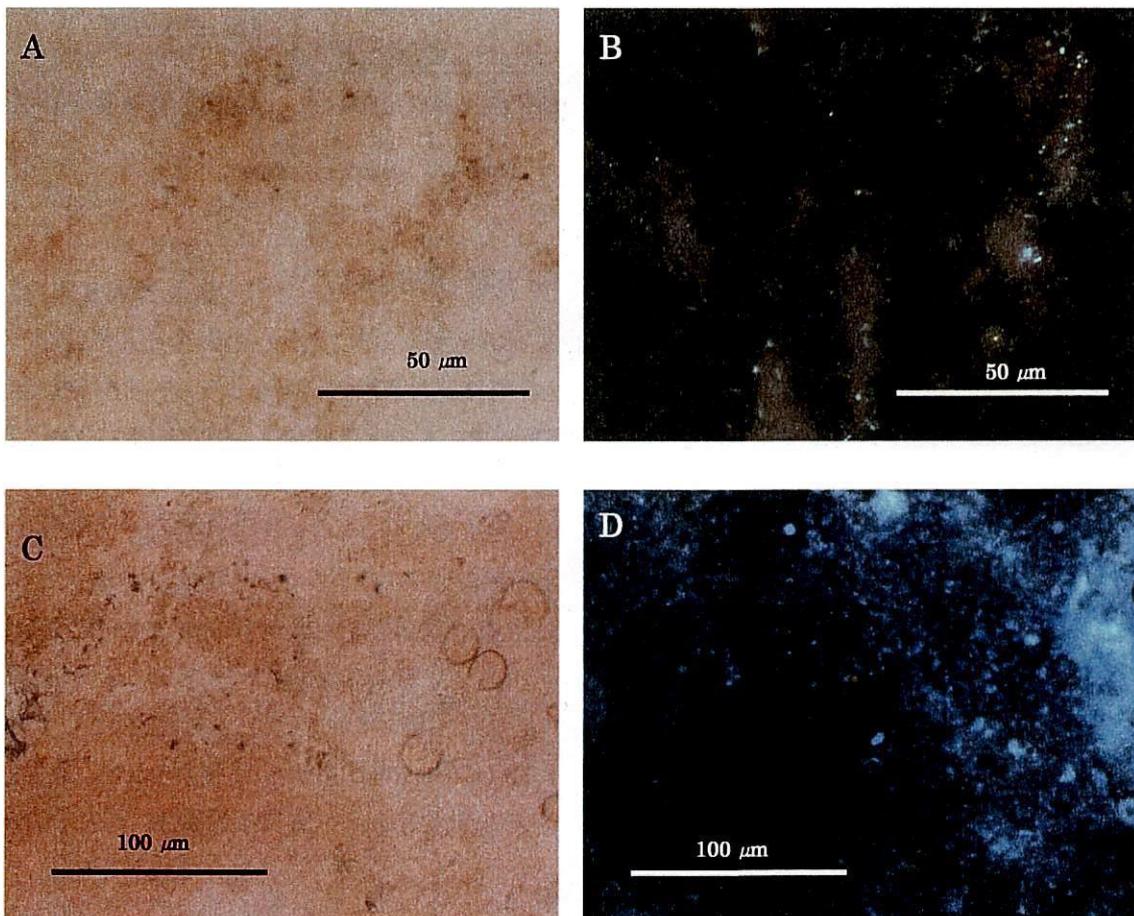


図 4 バイオマットの光学顕微鏡写真

A, B; 金城温泉のバイオマット,  
C, D; テルメ金沢のバイオマット.

#### (4) 走査型電子顕微鏡によるバイオマットの観察

金城温泉のバイオマットを遠心分離し、上澄みを観察すると糸状菌が多く見られ、球菌も見られる(図 5-E)。EDAX の結果、糸状菌の主成分は Al, Si, S であり、中でも Al が高い。また、K, Ca, Fe を微量に含む。遠心分離後の沈殿物には、1  $\mu\text{m}$  の球菌が密集して見られる(図 5-F)。EDAX の結果、構成元素は Si, P, S を主とし、K, Ca, Fe を微量に含む。

テルメ金沢のバイオマットを観察すると金城に比べ、球菌・桿菌や粘着物質が多く見られる(図 5-G)。EDAX の結果、球菌は S, P, Ca, Cl を主として、微量元素として Fe, Zn を含む。

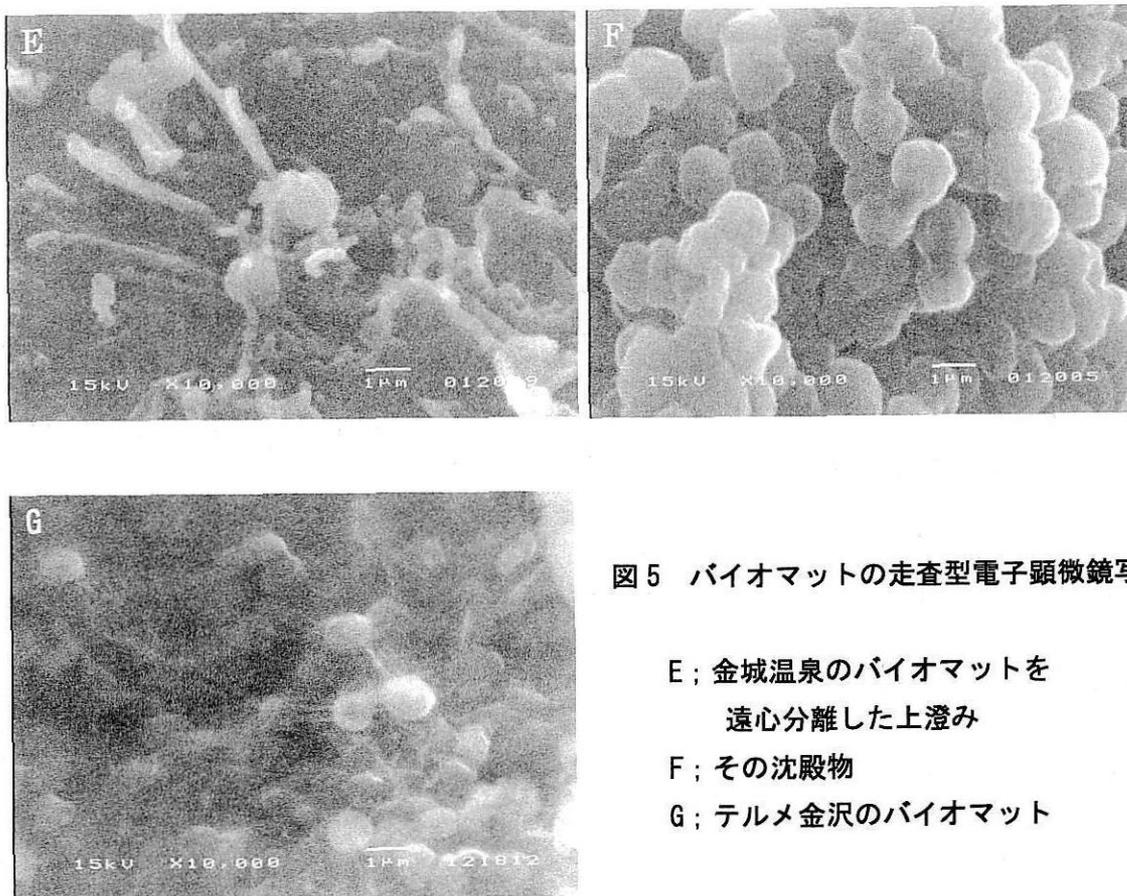


図 5 バイオマットの走査型電子顕微鏡写真

E; 金城温泉のバイオマットを  
遠心分離した上澄み

F; その沈殿物

G; テルメ金沢のバイオマット

#### 4. 考察

テルメ金沢でCl<sup>-</sup>イオンが高い数値を示す理由としては、海岸に近いことから海水の影響があるか、または、過去に地層中に封じ込まれた海水によるものであるか、二つの可能性が考えられる。

二ヶ所のバイオマットの外見、色、菌の繁殖具合、種類は大きく異なる。これは深さ(温度)によって大きく異なっているのは当然のことと言えるが、やはり生息している環境の相違を物語っている。各バイオマットについて EDX の解析の結果、金城温泉では Al、テルメ金沢では Ca が極めて高い。温泉水中の Al、Ca の濃度と比べてもバイオマットの方が高いことから生物が体内へ吸収している可能性があると考えてもよいだろう。また、微量ではあるが、S、P、Si、その他の元素も注目し値するものである。

#### 5. まとめ

今回の研究結果から2つの温泉における温泉水とバイオマットに顕著な相違点が見られたことは、源泉の由来によるものであろう。両温泉の湧出した深さの地層を考えると、金城温泉は犀川層にあたり、間に下荒屋凝灰岩層をはさみ、テルメ金沢は朝ヶ屋層にあたると思われる。この地層の違いが、今回の結果を導き出したことは間違いない。

#### 6. 謝辞

今回の研究にあたり金城温泉の会長、テルメ金沢の支配人ならびに関係者方々にご協力いただきました。また、田崎先生や先輩方にもお世話になりました。ありがとうございました。

#### 7. 参考文献

石川県保健環境センター(1992)テルメ金沢の温泉分析書。

石川県衛生公害研究所(1980)金城温泉の温泉分析書。

# 祝・みろく温泉元湯 創業 50 周年 みろくのみわく！ ～温泉水とバイオマット～

内村奈緒子・榎本圭佑・加藤梨枝・児嶋 恵  
菅谷勝則・巻田光央・田崎和江(金沢大学理学部地球学科)

## 1. はじめに

金沢には温泉を含む公衆浴場が 80 件以上あり、湯の街に住む私たちの生活にとっても温泉は身近なものである。特に、市内横山町にあるみろく温泉元湯(UTM 座標・北緯 36° 33' 40"、東経 136° 40' 15")は、泉質がナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉であり<sup>1)</sup>、温泉掘削時のボーリングコアを所有している為、地質的な側面からも調査・研究できると考えられる。さらに、温泉水と微生物が形成するバイオマットの関係についても、みろく温泉を研究の対象とし、みろく温泉の魅力に迫りたい。

ここでバイオマットとは、微生物の集合体で、フィルム状、皮膜状、マット状、テラス状等の構造を持ち、色も様々である<sup>2)</sup>。また、バイオマットは、微生物の種類によって特定の元素を吸着し、鉱物を形成している場合もある。温泉をはじめ、河川、土壌堆積物などほとんどの水圏と地殻には微生物が生息しており、バイオマットを形成している。

みろく温泉元湯は昭和28年(1953)、弥勒菩薩から名前を取ったみろく湯として創業をはじめた。その後、昭和60年(1985)、ボーリングによって地下750mから温泉水が湧出し、現在のみろく温泉元湯となり、今年創業50周年を迎える。



みろく温泉元湯の正面玄関の様子。

## 2. 試料および実験方法

試料には、温泉水、地下水、バイオマット、ボーリングコアを用いた(表 1)。温泉水は、地下約 750m から汲み上げており、源泉からサンプリングを行った。試料採取時の泉温は、32°Cで黄褐色澄明・塩味で飲用もできる。地下水は、シャワー用に地下 110mから汲み上げており、水温は、18°Cで無色透明である。バイオマットは、ボイラー室内にある温泉水の熱を用いて地下水を温めている床下に生成している。光が遮断された装置内には、温泉水表面付近を浮遊した状態でコロイド状の黒色のバイオマットが形成されている。ボイラー室内の室温は 24°C、バイオマットが形成されている所の温泉水の水温は 26.5°Cであった(図 1)。

ボーリングコア(直径 6cm)は、全部で地下 401.50~653.00mまで存在し、温泉水が含まれる地層に一番近い 605.10~653.00mの部分からサンプリングを行った(図 2)。この部分は、605.10m付近が灰色から灰白色の凝灰岩であるほかは表面が薄茶色から灰白色を呈し、内部は灰白色で主として中粒から粗粒の凝灰質砂岩である。所々、表面が薄い黄色の部分が多い。また、炭化した木片や貝化石を含む。なお、サンプリングしたボーリングコアは、650m 付近という深さから地質断面図<sup>3)</sup>を参照にした結果、高窪層下位から犀川層との境界付近で中新世中期(13Ma 前後)と考えられる。また、温泉水は、犀川層から汲み上げられているものと推察される。

表1 みろく温泉より採取した試料の一覧。

サンプル名	備考
温泉水	屋外の源泉からサンプリング 気温4.5℃、泉温32℃ 黄褐色澄明、塩味
地下水	ボイラー室にてサンプリング 室温24℃ 水温18℃ 無色透明
バイオマット	ボイラー室にてサンプリング 室温24℃ 泉温26.5℃ 黒色で岩のり状に水面を覆っている
ボーリングコア	No20-① 地下608.50m付近 灰色から灰白色の凝灰岩 5mmほどの軽石などからなる
	No21-② 地下624.80m付近 凝灰質砂岩 1~2mmの貝化石破片含む
	No23-① 地下639.86m付近 凝灰質砂岩 表面が黄灰色で5~10mmのしっかり形を残した貝化石を含む
	No23-② 地下643.55m付近 凝灰質砂岩 表面が薄い黄色 部分的に粗粒砂で炭化した木片を含む
	No24-① 地下650.50m付近 凝灰質砂岩 粗粒砂多い 貝化石は含まず
No24-黄	同上で表面の黄色の部分サンプリングした

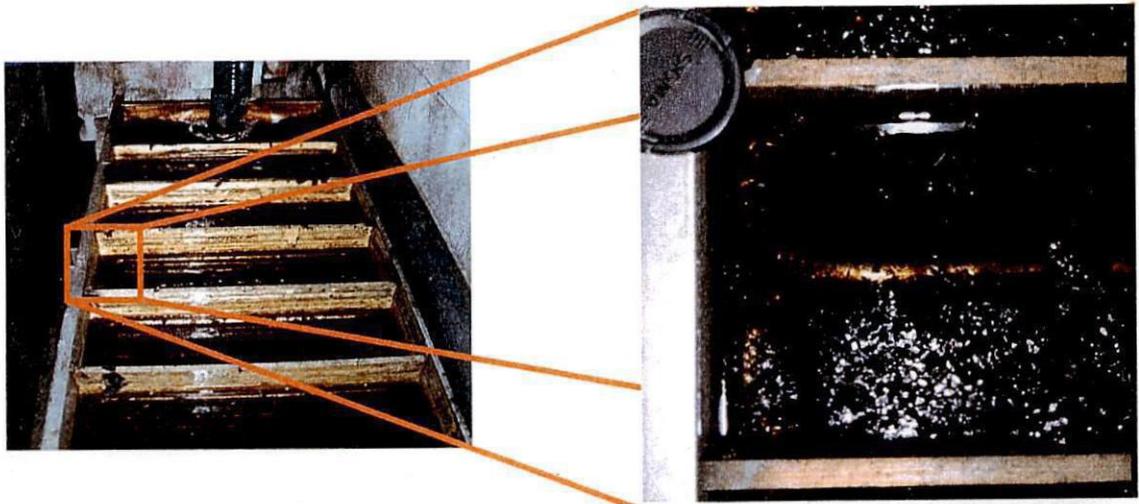


図1 温泉水を用いて地下水を温めている装置内にある黒色のバイオマットの産状。右図は左図の拡大。

まず、温泉水、地下水について、水素イオン濃度(pH)、酸化還元電位(Eh)、電気伝導度(EC)、溶存酸素量(DO)、水温(WT)を測定した。また、ボーリングコアをハンマーで塊状の部分がなくなるまで2~3mmに粉碎し、質量比が、ボーリングコア：イオン交換水=1:3で混合、攪拌して静置した溶液に対しても同様の測定を室温下で9日間行った。さらに、攪拌して9日目の溶液、温泉水、地下水中のイオンおよびバイオマット、ボーリングコアの化学組成を測定する為にエネルギー分散型蛍光X線分析(ED-XRF)を行った。バイオマットについては、DAPI染色を施し、落射蛍光・微分干渉顕微鏡を用いて可視光線下および、蛍光下で観察した。また、バイオマットの構造を視覚的に見る為に走査型電子顕微鏡(SEM)で観察し、どのような元素で構成されているか調べる為にエネルギー分散分析(SEM-EDX)を行った。

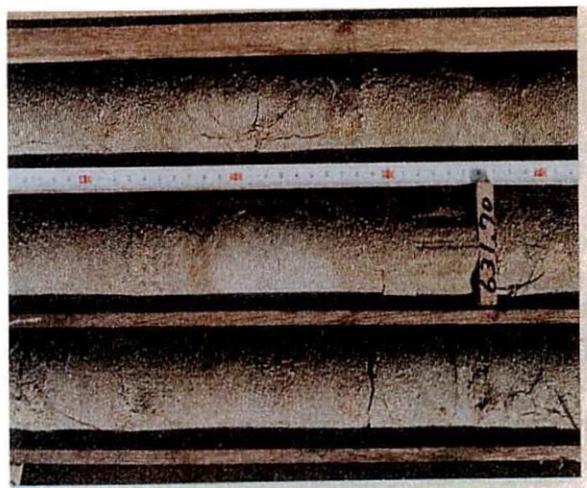


図2 みろく温泉掘削時の631m付近のボーリングコア。

表面は薄茶色から灰白色を呈する中粒から粗粒の凝灰質砂岩。

### 3. 結果および考察

#### i) 水質測定

温泉水と地下水の水質測定結果を表 2 に示す。pH は温泉水で 8.2、地下水で 7.5 を示した。Eh は共に酸化的事であることを示している。

	pH	Eh(mV)	EC(mS/cm)	DO(mg/l)	WT(°C)
温泉水	8.2	353	4.220	3.9	21.6
地下水	7.5	316	0.315	4.2	20.6

EC は温泉水のほうが地下水よりも高く、地下水よりも多くのイオンが溶けている事を示唆している。しかし、ED-XRF の結果とは一致しなかった。また、温泉水は黄褐色澄明であるが、原因としては溶存有機物によるものと考えられる<sup>4)</sup>。

ボーリングコアとイオン交換水を攪拌した溶液の水質測定結果を図 3 に示す。No23-②の pH は、3.7 前後を推移し他の試料と大きな違いが見られる。EC はすべての試料で上昇しており、No20-①と No21-②、No23-①と No23-②でそれぞれ同じ傾向で上昇している。これはボーリングコアに含まれていた元素がイオンとして溶け出していることを意味している。さらに前者は 9 日目でも懸濁しているが、後者は 4 日目から徐々に透明度を増していくのが観察された。前者は温泉水の pH にも近い値を示している。さらに懸濁の色も温泉水に近く、塩味でもある。Eh は、No23-②以外は値が安定していない。また、DO と WT は、逆相関の関係にある。

表 2 みろく温泉の水質測定結果。

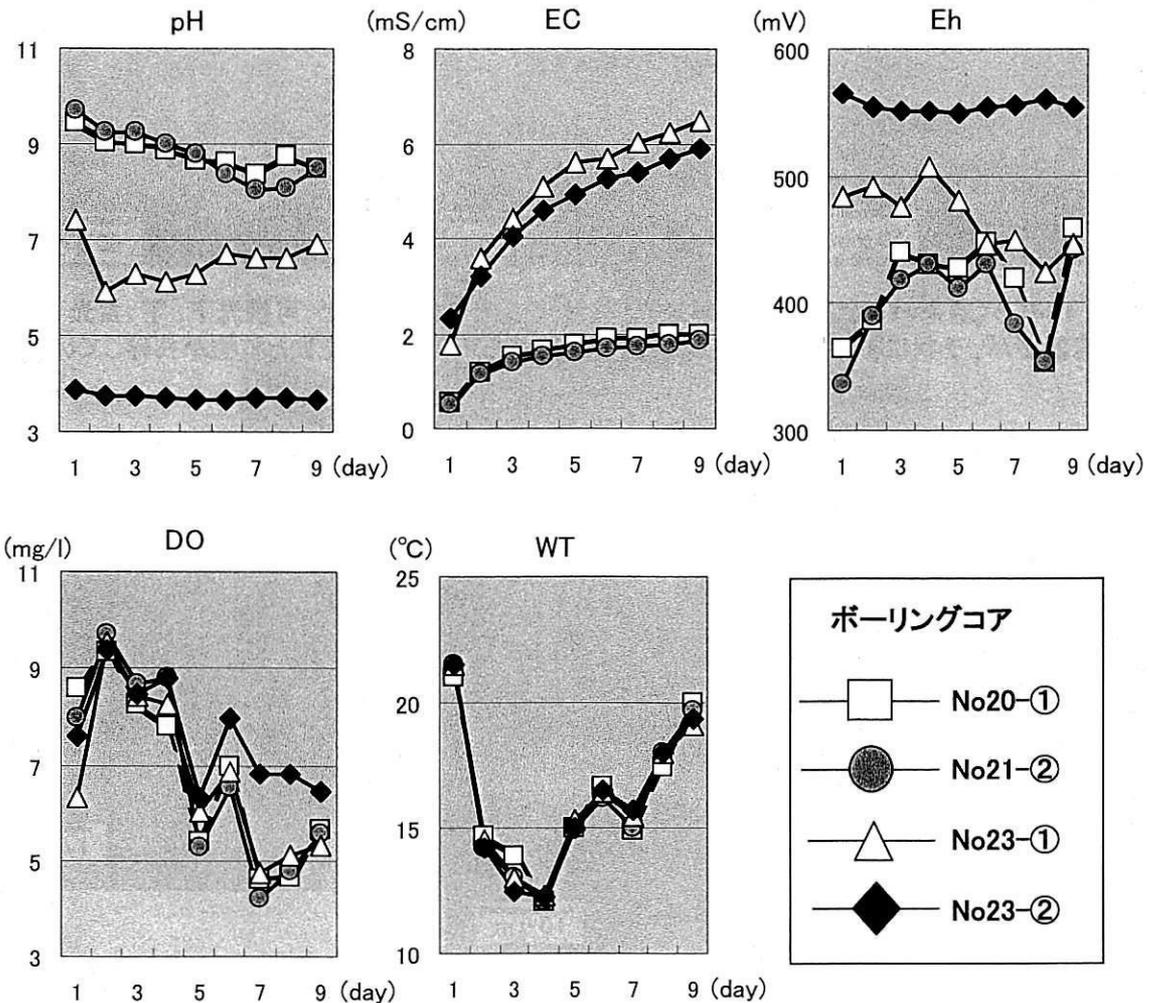


図3 みろく温泉のボーリングコアとイオン交換水を攪拌した溶液の水質測定結果。

ii) バイオマットの観察・分析

落射蛍光・微分干渉顕微鏡の観察で微生物が、褐色の集合体を形成しているのを確認した。集合体の大きさは、50~150  $\mu\text{m}$  程度である。さらに蛍光下で観察した結果、青色の蛍光色をパッチ状に示すなど球菌や糸状の微生物などが認められた。また、鉱物は黄色の蛍光色を示すことから微生物と共に鉱物が存在している事も確認された(図 4)。SEM 観察では糸状菌が方向性を持って並んでおり、その表面や間隔に球菌が付着しているように見える(図 5)。大きさは、球菌が約 2  $\mu\text{m}$ 、糸状菌が約 10  $\mu\text{m}$  で、数としては糸状菌の方が多く認められる。また、糸状菌がネット状に絡み合っている構造も認められる。SEM-EDX 分析結果から P、Ca が主で他に S、Al、Si、Cl で構成されている事が認められた。これは、P、S といった生体特有の元素を含むことから、落射蛍光・微分干渉顕微鏡観察からも言えるように、微生物と鉱物が共存していると考えられる。

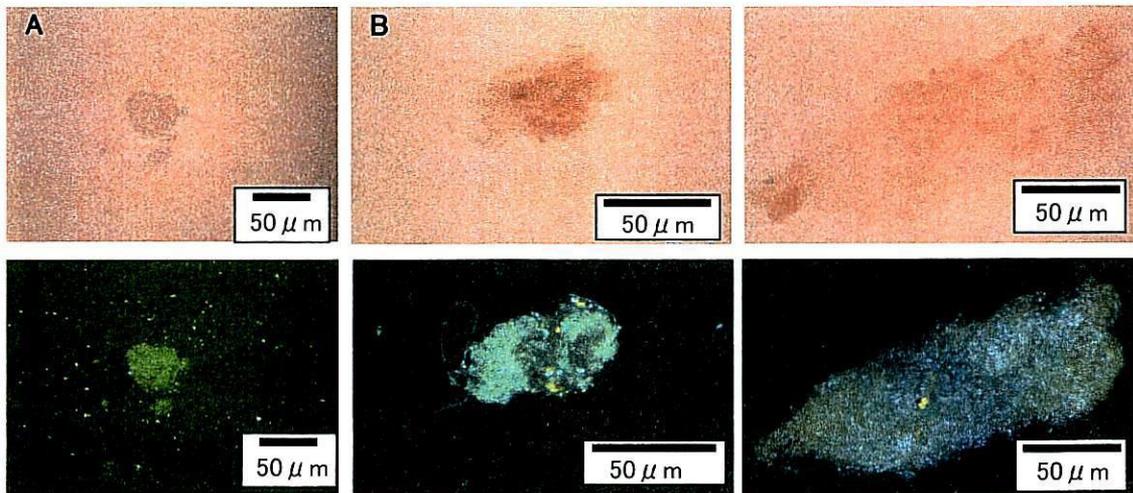


図 4 みろく温泉バイオマットの落射蛍光・微分干渉顕微鏡写真(上:可視光下、下:蛍光下)  
A:球菌がパッチ状に存在している, B:糸状菌が認められる, C:微生物と鉱物が共存している。

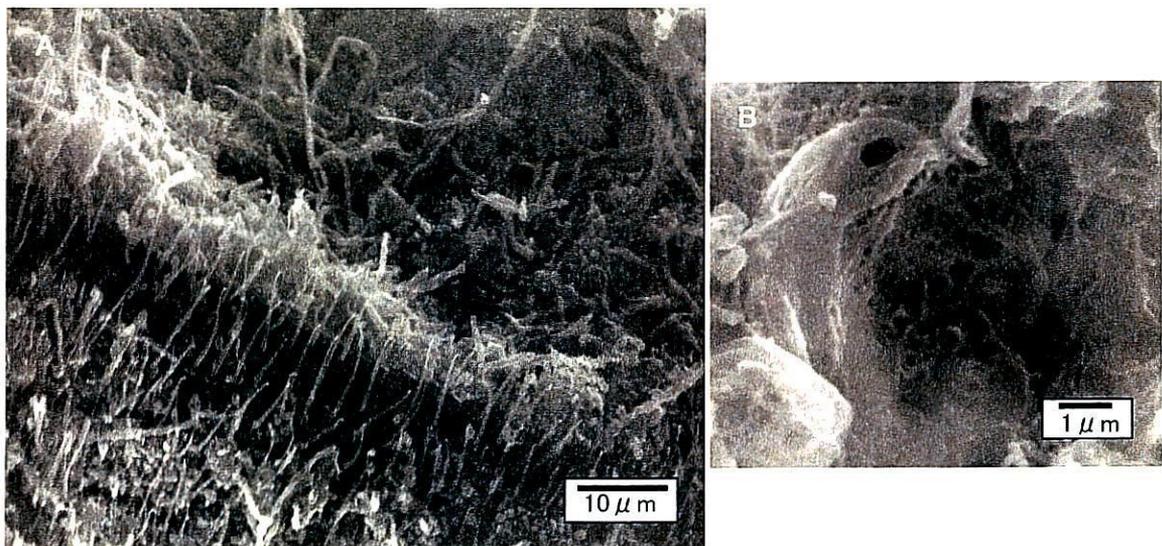


図 5 みろく温泉で見られるバイオマットの走査型電子顕微鏡(SEM)写真  
A:糸状菌が方向性を持って並んでおり、その表面や間隔に球菌が付着しているように見える。  
B:糸状菌がネット状に絡み合っているように見える。

### 3. みろくのみわく！ ～温泉水とバイオマット～

内村奈緒子, 榎本圭佑, 加藤梨枝,  
児嶋 恵, 菅谷勝則, 巻田光央



iii) ED-XRF 分析

ED-XRF 分析結果から得られた試料を構成する元素の一覧を表3に示す。Mg、Si、Ca はすべての試料に含まれる。ただし、ボーリングコアには貝化石(CaCO<sub>3</sub>)を含む事を考慮しなければならない。また、攪拌した溶液は温泉水とほぼ同じ成分が含まれている事が明らかである。バイオマットは温泉水と比較し多くの元素から構成されている。それは、主としてCa、S、PであるがTiを含む事が特徴的である。Tiは、軽く・強く・硬い金属で耐食性に優れており、抗菌作用も持つ。また、精製が難しいことで知られているが、最近では、メガネや人工骨、航空機材など工業製品に利用されている。一般には、人体に影響を与えないと言われているが、Tiを利用する生物も知られていない<sup>5)</sup>。このため、バイオマットが、温泉中に含まれる微量のTiを吸着していることは、Tiの抗菌作用を考える上で興味深い現象であるが、原因はまだ特定できない。

ボーリングコアを構成する主要元素は、Si、Ca、Fe、Al、S、K、Tiである。No24-黄は他のボーリングコアの試料と比較してSが特に顕著である。また、その部分の試料を乳鉢で粉末にする過程で硫黄臭がした。全試料のTiとSの積分強度を図6に示す。

表3 みろく温泉より採取した試料のED-XRF分析結果による試料の構成元素一覧。

	温泉水	地下水	バイオマット	溶液				ボーリングコア						
				No20-①	No21-②	No23-①	No23-②	No20-①	No21-②	No23-①	No23-②	No24-①	No24-黄	
Na	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++							+
Mg	++	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Al	+		++	++	++		++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Si	+++	++++	+++	+++	+++	++	++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
S		+++	+++	+++	+++	++++	++++		+++	+++	+++	+++	+++	++++
K	+++	++	+++	++	++	++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Ca	++	+++	+++	+	++	+++	+++	+++	++++	++++	+++	+++	+++	+++
Fe		+	+++	++	++		+	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Mn			++				++	++	++	++	++	++	++	++
Br							+							
Ti		+	+++					+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
P			+++					++		++	++	++		
V			+					++	+	+	+	+	+	+
Cu			+											
Zn			++					++	++	++	++			+
Sr								++	++	++	++	++	++	++
Y									+	+				+
Zr														++

積分強度 + 0~1,000 ++ 1,000~10,000 +++ 10,000~100,000 ++++ 100,000~

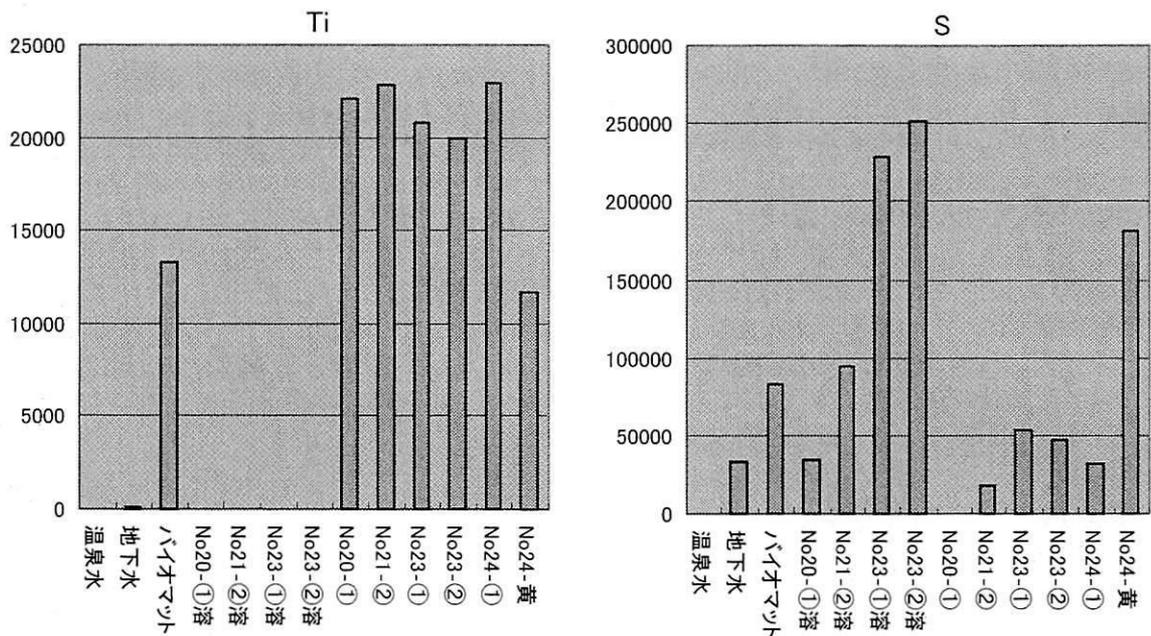


図6 みろく温泉のED-XRF分析によるTiとSの積分強度。

iv) まとめ

犀川層と考えられる地下約750mからの温泉水に含まれる多くの微生物の中で、次の環境条件下でバイオマットを形成する微生物が存在した。まず水質は、pHが約8であり、源泉では水温が32°Cであるが、26.5°Cほどに低下した場所で外気が24°Cほどで暖かい場所。さらに、水流は強くないが常に新しい温泉水が供給され光が遮断される場所を条件としている。この事から市内の他の温泉でも、みろく温泉と同じ地層の温泉水を汲み上げていて上記の条件を満たしていれば、みろく温泉と同じようなバイオマットが見つかる可能性がある。このような事から同じ微生物でも広範囲における水平方向でのバイオマットの違いについて調査・研究ができると考えられる。また、一般にTiを含むバイオマットは珍しく、Tiの性質のひとつである抗菌作用を考慮すると大変興味深い。また、温泉水からはTiが検出されておらず、温泉水中の濃度の低いTiを選択的に吸着しているのか、もしくは別の起源のTiを吸着しているのかも問題である。今後、Tiを含む原因や、どのような状態で吸着しているかについて調査・研究の余地がある。

4. 謝辞

この調査・研究を行うにあたり、何度となくお伺いし、みろく温泉の宮本孫久様には大変お世話になった。特にボーリングコアや温泉水を源泉からサンプリングさせて頂くなど様々な情報を提供して頂いた。記して心より御礼申し上げる。

5. 引用文献

- 1) みろく温泉 温泉分析書 1985 石川県衛生公害研究所。
- 2) バイオマット～身近な微生物がつくる生体鉱物～ 1997 田崎和江編著 金沢大学理学部地球学教室バイオマット研究会。
- 3) 新版石川県地質図 石川県地質誌 1993 粕野義夫編 石川県・北陸地質研究所。
- 4) 地下水・温泉水の分析 1973 本島公司, 益子安, 甘露寺泰雄 講談社。
- 5) 環境・防災ライブラリー 微量元素－栄養と毒性－ 1975 日本化学会訳編 丸善。

## 4. 湯涌の誘惑

日下部有里子, 佐野ゆう子, 清水里美, 渡辺朋子



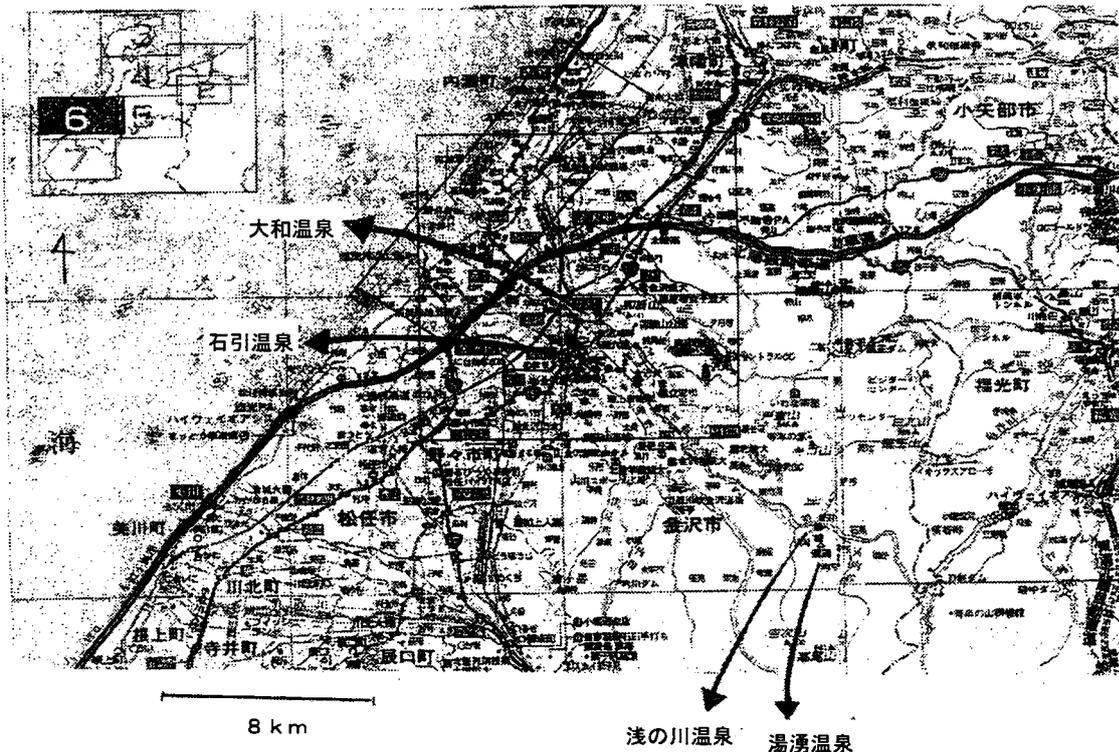
# 湯涌の誘惑

～湯涌温泉の歴史と特徴～

日下部有理子、佐野ゆう子、清水里美、  
渡辺朋子、田崎和江(金沢大学理学部地球学科)

## 1. はじめに

金沢は温泉の多い地域である。私達は浅の川、石引、大和、湯涌の4つの温泉を調べるうちに、湯涌温泉と浅の川温泉のお湯が市内ではめずらしい硫黄を含んだお湯であることに気付いた(第1図)。この2つの温泉は1km以内に位置している。湯涌温泉は昔、竹久夢二が最愛の人、彦乃と共に滞在した場所であることはよく知られている。金沢市の東南、医王山麓にたたずむこの温泉の特徴は、硫黄を含むこと、無色透明であること、市内の他の温泉に比べて井戸の深さが非常に浅いことである。これらのことから湯涌温泉に興味を持った私達は、この温泉に焦点を当て、歴史もふまえた上で温泉の泉質を調べたので報告する。



第1図 4つの温泉の位置図

### 《湯涌温泉の歴史》

湯涌温泉は、今から約1300年前の養老年間に発見された歴史ある温泉である。藩政時代には歴代の加賀藩主の「湯治湯」として愛用された。大正初期、美人画で知られる画家、詩人竹久夢二が最愛の女性、彦乃と共に二十数日間この温泉に滞在した。大正中期、ドイツで開かれた「万国鉱泉博覧会」で日本三名泉に選ばれ、良質の温泉であることが証明された。昭和7年、白雲楼ホテルが創業する。それまでは、がけから自然に出ていたお湯をためて使っており閑寂な温泉街だったが、白雲楼ホテルによって井戸が掘られ、共同浴場が作られ道が舗装され整備されていった。白雲楼ホテルは「東洋一の温泉ホテル」と言われるホテルとなり、湯涌温泉の全ての管理をしていた。戦後、侵駐軍の保養所となるが昭和25年元の体制に戻る。しかし不況の折、経営が悪化し平成10年に廃業した。その後新たに湯涌を活性化しようということで、金沢市に調査を依頼し、新しく井戸を2本掘った。また、共同浴場が新しくなり金沢夢二館が造られた。現在、湯涌温泉は自然に囲まれた「金沢の奥座敷」として栄えている。

## 2. 試料と実験方法

浅の川、石引、大和、湯涌の各温泉の源泉より温泉水を採取し水質を調べた。また、湯涌温泉付近において源泉に混入する湧き水を採取し、それらの水質について測定を行った。測定した項目は、採取時に水温、実験室において水素イオン濃度(pH)、酸化還元電位(Eh)、還元伝導度(EC)および溶存酸素量(DO)である。さらに、温泉水の化学組成を測定するためエネルギー分散型蛍光X線分析(ED-XRF)を行った。

なお、湯涌温泉については4つの源泉があるが、採取した温泉水はすべての源泉の水が混入したものである。その源泉はすべて約100m以内に位置している。また、それらを分けて採取することを試みたが不可能であったため、各々の成分は石川県保健環境センターによる温泉分析書(4号源泉は1999年、その他は1998年)より引用する。

## 3. 結果

採取時の各々の水温、水の味、臭い、その他の特徴は以下の通りである。

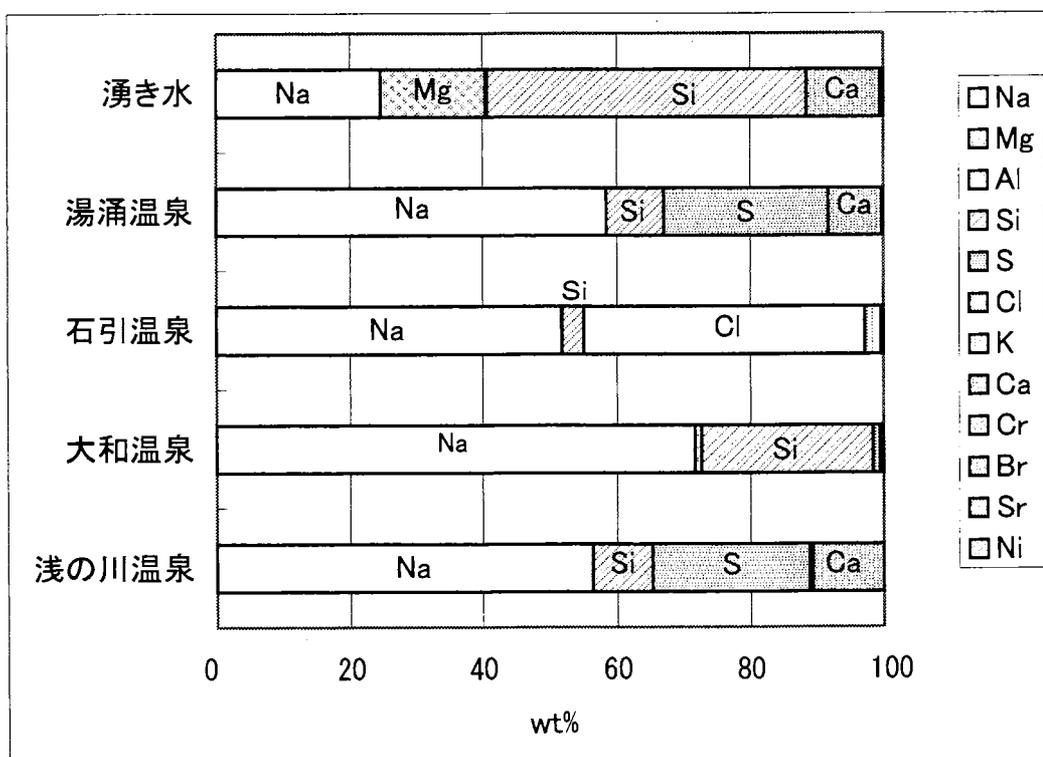
- ① 石引温泉の温泉水 ……水温 36℃、黄褐色、弱塩味、微硫化水素臭。細かい気泡発生。
- ② 浅の川温泉の温泉水 ……水温 49℃、無色に近い弱黄色、弱塩味、微硫化水素臭。
- ③ 大和温泉の温泉水 ……水温 33℃、無色透明、炭酸水素臭。
- ④ 湯涌温泉の温泉水 ……水温 34℃、無色に近い黄色、弱塩味、硫化水素臭。
- ⑤ 湯涌温泉の湧き水 ……水温 16℃、無色透明。

\* ⑤の湧き水は④の温泉水に混入している。

実験室における各々の水質調査の結果を第1表に、また、ED-XRFによる化学分析結果を第2図に示す。

第1表 各温泉水の水質測定結果

sample name	pH	Eh(mV)	EC(mS/cm)	DO(mg/l)
①石引温泉	8.2	271	4.4	3.5
②浅の川温泉	8.1	30	8.1	5.0
③大和温泉	8.4	379	0.8	6.3
④湯涌温泉	8.0	399	3.4	6.7
⑤湧き水	7.7	457	165	9.5



第2図 各々の温泉水中の化学組成

それぞれED-XRF分析結果から①石引温泉は主にNa、Clを、微量にK、Si、Ca、Al含む。②浅の川温泉は主にNa、Sを、微量にCa、Si、K等を含む。③大和温泉は主にNa、Siを、微量にK、Caを含む。④湯涌温泉は主にNa、Sを、微量にSi、K、Ca、Cr、Br、Srを含む。⑤湧き水は主にNa、Mg、Si、Caを、微量にNi、Alを含む(第2図参照)。このうち浅の川温泉と湯涌温泉はSを含んでいる点特徴的である。

#### 4. 湯涌温泉の4つの源泉の特徴

第2表 湯涌温泉の4つの源泉における陽イオン量と陰イオン量の比較

陽イオン				
成分(mg)	1号源泉	2号源泉	3号源泉	4号源泉
Na <sup>+</sup>	714.6	445.3	447.4	627.7
K <sup>+</sup>	15.4	9.4	7.6	9.6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
Ca <sup>2+</sup>	164.6	86.0	68.2	97.4
Sr <sup>2+</sup>	2.1	1.1	1.1	< 0.1
Mn <sup>2+</sup>	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1
Fe <sup>2+</sup>	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1
陽イオン計	898.0	542.8	525.7	735.9
陰イオン				
成分(mg)	1号源泉	2号源泉	3号源泉	4号源泉
F <sup>-</sup>	2.5	2.3	0.6	2.6
Cl <sup>-</sup>	969.0	514.8	540.0	701.3
Br <sup>-</sup>	3.0	1.5	1.8	2.0
HS <sup>-</sup>	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	485.8	328.8	367.0	498.9
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	51.1	64.8	75.9	75.9
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.6
陰イオン計	1511.0	912.2	985.3	1282.0

石川県保健環境センター(1~3号源泉:1998 4号源泉:1999)

第2表から1号、2号、3号、4号の源泉のイオン量を比較すると、1号源泉と4号源泉は2号、3号源泉に比べNa、Cl、Brを多く含んでいる。また2、3号はいずれの陽イオン、陰イオンともほぼ同様の値を示している。また1号源泉はCa、Srを他の3つの源泉と比べ多く含んでいるのが特徴である。泉質は、1号がナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉であるのに対し2号、3号がナトリウム-塩化物・硫酸塩泉、4号がナトリウム-塩化物泉である。本研究において現地で採取した4つの源泉の温泉水から成る湯涌温泉の温泉水の化学組成はNa、Sを主成分とし、微量のSi、K、Ca、Cr、Br、Srを含んでいる。

## 5. 考察

今回使用した試料の温泉水は4つの源泉の水が混ざっており、4、5年経過しているにも関わらず、Na、S、Caの含有量は依然高い値を示している。しかし、分析書には見られなかったSiが見られた。これは、源泉に混入する湧き水の影響と考えられる。

Sを含む温泉が皮膚病に効くことは一般的に知られている。そして、湯涌温泉が皮膚病に聞くことは昔から言われており、それは今回行った水質測定の結果からも証明された。

湯涌温泉は、市内から最も手軽に行ける温泉街であり、昔からの泉質が守り続けられている。♨️入るとお肌がツルツルになりますよ！（実証済み★）

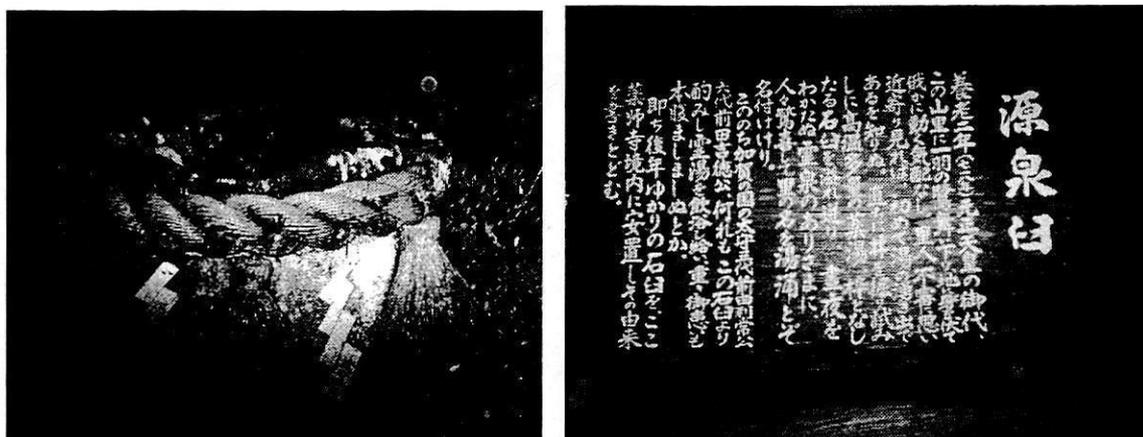


図3 昔使われていた源泉臼

「養老2年、この地に一羽の鷺が舞い降りて、じっとそこを動かない。その地に住む人がこれを不審に思い、近寄って見てみたところ、お湯が湧き出しているのを発見した。そこを掘ると、高温の薬湯が石臼から溢れ出してきた。そのありさまに人々は驚喜して、この地を“湯涌”と名づけた。」

これが湯涌温泉の始まりと、石臼の由来(図3)である。

## 6. 謝辞

本研究を行うにあたり、湯涌温泉観光協会様、やまね旅館様、公共浴場・白鷺の湯様、北陸地下開発様、石引温泉様、大和温泉様、浅の川温泉様に御協力を承りました。お忙しい中、私どもの研究にご協力頂きましたことを心より感謝申し上げます。

また、田崎和江教授及び研究室の皆様には、研究・発表を行うにあたりご指導、ご協力頂きありがとうございました。

## 7. 引用

ゆわくものがたり(湯涌温泉観光協会 2002年3月31日 発行)。

温泉分析書(石川県保健環境センター 4号源泉1999年、他1998年)。

# 理学部生と湧き水の巻

湧き水に違いをもたらす土壌

～新保町の飲める湧き水～

伊藤亜希子, 松岡玉衣, 涌島英揮



# 湧き水に違いをもたらす土壤

## ～新保町の飲める湧き水～

伊藤亜希子、松岡玉衣、涌島英揮、田崎和江（金沢大学理学部）

### 1. はじめに

近年、「ウォータービジネス」という言葉が盛んに言われるようになってきた。日本では、一昔前まで、「水はタダ」といわれていたが、コンビニやスーパーではペットボトルで水を販売している。そこで私たちは水道管から出てくる水や、売られている水ではなく、飲むことのできる湧き水をテーマに選び研究を行った。

湧き水は金沢市から近く、取りやすいところとして、金沢市の中心部から南南西約10 kmの所にある金沢市新保町を調査地とした。ここでは、道路沿いに4ヶ所で湧き水が出ており、どれも飲むことが可能な水とされていた。また、現地の人のお話によれば、湧き水はすべてが同じ所から湧き出てきているものではないとのことであった。

そこで、本研究では、それらの4ヶ所の湧き水に違いがあるのか、またあれば、どうしてそのような違いが生じているのかについて、水質、土壤、地質学的に調査研究した。湧き水および周辺の地層から土壤試料を採取し実験した結果について報告する。

### 2. 試料

金沢市新保町周辺の地質は中新世前期の堆積岩を挟む流紋岩質火砕岩である（紺野 1993）。その周辺の湧き水は、北から順に、「そだにし」、「水上」、「しょうぶだに」、「みなみやま」と名前がついており、一番北の「そだにし」から一番南の「みなみやま」までの距離は約1 kmである。一方、湧き水の採取場所の上部、下部も含めて露頭を観察した結果、周囲の土壤は10種類の層に分類することができた。北から順に、軽石凝灰岩層（A層）、軟質泥岩層（B層）、凝灰岩層（C層）、茶色泥岩層（D層）、不純物を含まない茶色泥岩層（E層）、茶色泥岩層（F層）、黒色凝灰岩層（G層）、泥岩層（H層）、緑色凝灰岩層（I層）、円礫を含む緑色凝灰岩層（J層）であり、湧き水は、それぞれ、「そだにし」がA層、「水上」がC層、「しょうぶだに」、「みなみやま」がG層の露頭の場所から採取した（図1）。ただし、採取した水がその層から湧き出たものかについては確認していない。

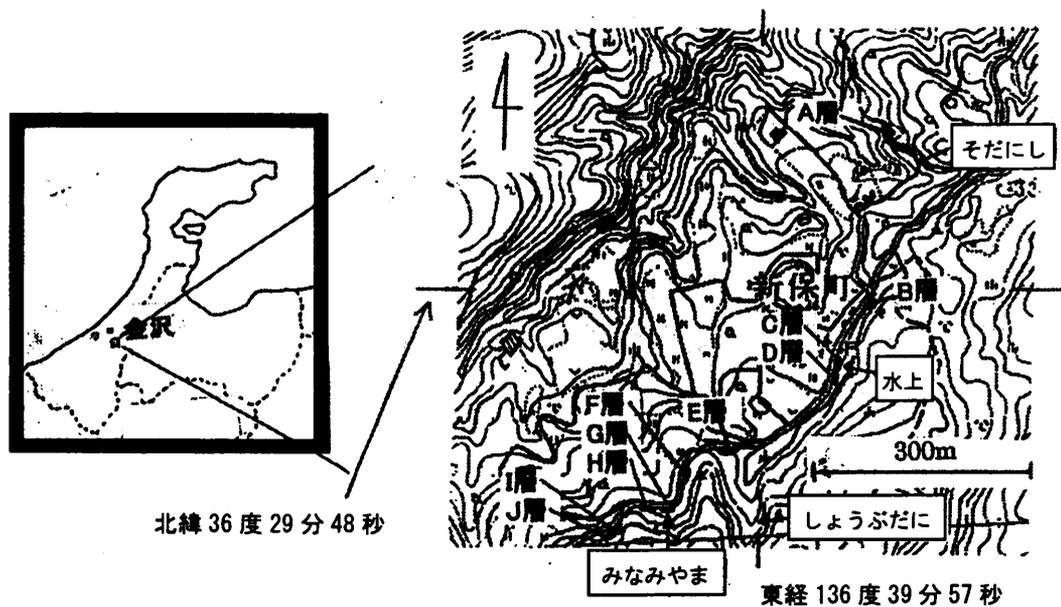


図1 新保町の地図

### 3. 実験方法

第一に、4ヶ所の湧き水に違いがあるのかを調べるために、湧き水の水質を調べた。測定した項目は水素イオン濃度 (pH)、酸化還元電位 (Eh)、電気伝導度 (EC)、溶存酸素量 (DO)、水温 (WT) である。さらに、各湧き水の化学組成および溶存中のイオンを測定するためにエネルギー分散型蛍光 X 線分析 (ED-XRF) を行った。

第二に、湧き水に違いが生じた原因を調べるために、各地層ごとに、採取してきた土壌試料 50 g をイオン交換水 100 g に加え、18日後の水質を測定した。測定項目は湧き水の水質と同じである。ただし、そのあいだに6回、ED-XRF 以外については測定し各地層からのイオン等の溶け出し方による pH、EC の変動が安定するのを確認した。また、採取した土壌の化学組成を調べるために、試料を乾燥させ ED-XRF を行った。

#### 4. 実験結果

##### 1) 湧き水の水質測定結果

湧き水の現地における水質測定を行った結果、以下の表1のようになった。この表から分かるように、pHは「そだにし」で7.2、「水上」で6.5前後、「みなみやま」、「しょうぶだに」で6.9前後であり、ECは「そだにし」で176.9 $\mu$ S/cm、「水上」で85.3 $\mu$ S/cm、「しょうぶだに」で77.7 $\mu$ S/cm、「みなみやま」で67.5 $\mu$ S/cmと採取場所が北になるに従って高くなることを示した。また、水温は「そだにし」で7.2 $^{\circ}$ C（気温4.2 $^{\circ}$ C）、「水上」で8.2 $^{\circ}$ C（気温5.4 $^{\circ}$ C）、「しょうぶだに」で7.2 $^{\circ}$ C（気温4.7 $^{\circ}$ C）、「みなみやま」で8.9 $^{\circ}$ C（気温6.3 $^{\circ}$ C）といずれも外気よりも高かった。

表1 湧き水の水質測定結果

水の名前	pH	Eh (mv)	EC ( $\mu$ S/cm)	DO (mg/l)	水温 ( $^{\circ}$ C)	気温 ( $^{\circ}$ C)
そだにし	7.2	158	176.9	9.20	7.2	4.2
水上	6.5	222	85.3	9.05	8.2	5.4
みなみやま	6.8	242	67.5	8.18	8.9	6.3
しょうぶだに	6.9	168	77.7	9.20	7.2	4.7

##### 2) 湧き水のED-XRF分析結果

それぞれの湧き水中の元素分析結果から、Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Feが認められた。そのうち、CaとKについては2つの湧き水で大きな違いがあった。Caは「そだにし」には他と比較して積分強度で12840cpsと多く含まれていた（図2）。また、Kは「水上」以外には微量しか認められていないのに対して、「水上」では、積分強度で816cps認められた（図3）。

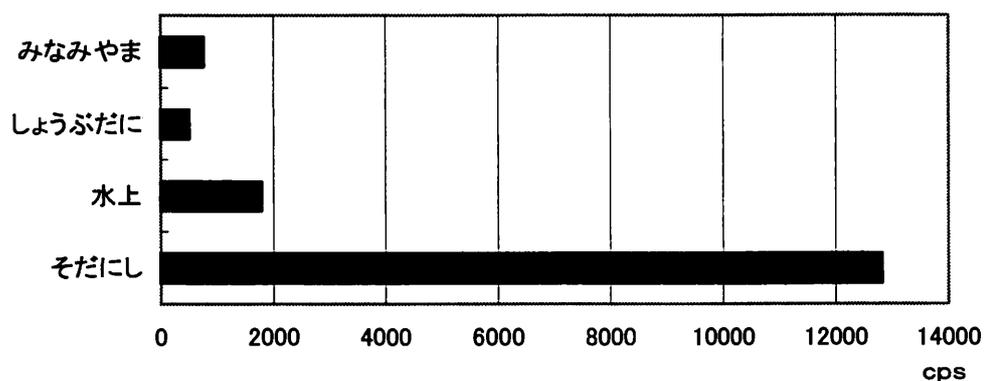


図2 湧き水のCaの積分強度

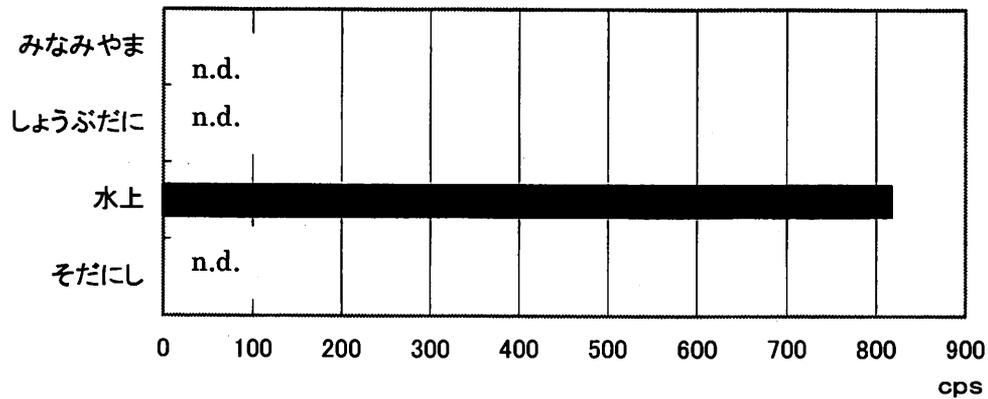


図3 湧き水のKの積分強度

3) 土壌試料をイオン交換水に浸した水質測定結果

3日に一度の間隔で水質測定を行い、水質が安定してきたことを確認した。開始から18日後のものに対しての水質測定の結果、C層、G層、I層の3つの層（いずれも凝灰岩層）でpH、ECが、他のものと比較して、高い値を示した（図4）。C層はpHが7.2、ECが119.3 $\mu$ S/cm、G層はpH 6.9、EC 120.2 $\mu$ S/cm、I層はpH 7.2、EC 86.7 $\mu$ S/cmであった。他の層では、pHは6.0（ただしA層は6.2、H層は7.0）、ECは60 $\mu$ S/cm以下であった。

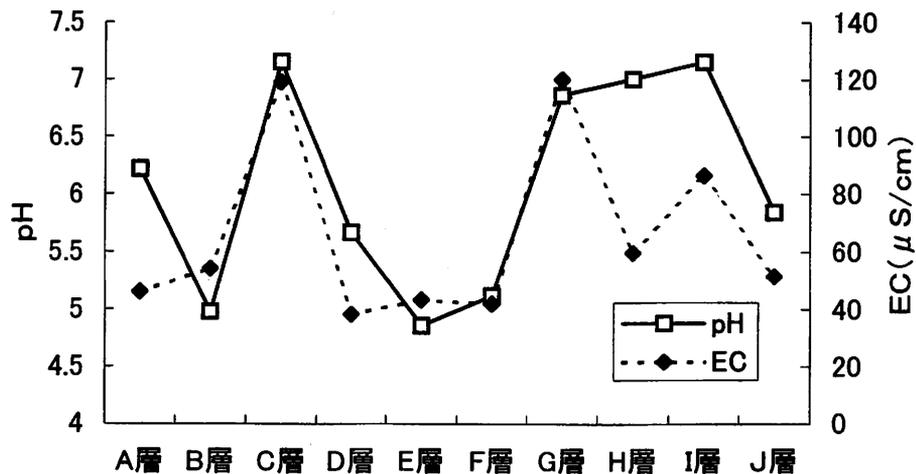


図4 土壌試料をイオン交換水に浸した水質測定結果 (pH、EC)

4) 土壤試料の ED-XRF 分析結果 (イオン交換水に浸したもの)

イオン交換水につけた土壤の ED-XRF 分析結果から Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Fe が溶出することが認められた。そのうち、B層のものはKの割合が他のものと比較して高かった (図5)。また、D層とF層のものでは、Sが認められた (図6)。

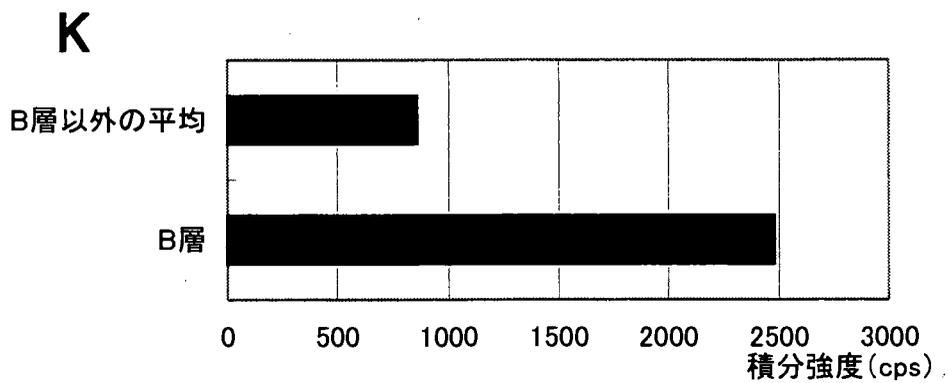


図5 土壤試料をイオン交換水に浸したもののKの積分強度

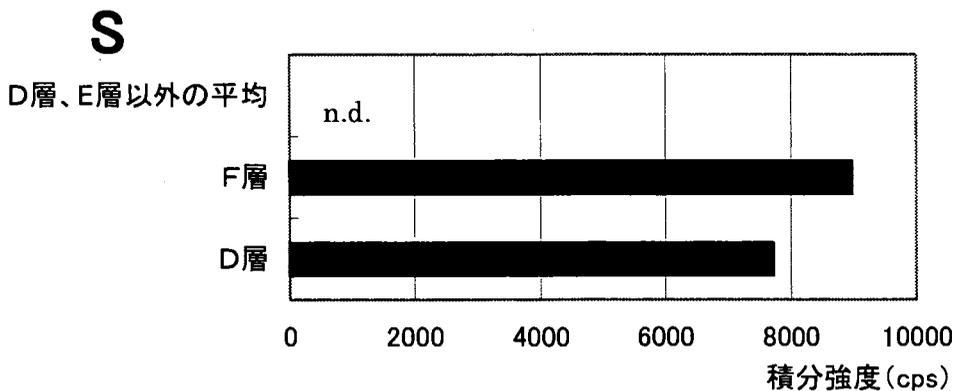


図6 土壤試料をイオン交換水に浸したもののSの積分強度

## 5) 土壤試料の ED-XRF 分析 (固体)

採取してきた土壤試料を乾燥させ ED-XRF 分析した結果、Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Zn, Sr, Zr が認められた。いずれの層も Fe の割合が最も高かった。凝灰岩の層と泥岩の層を比較すると、Fe は泥岩の方が高く、Si と Ca は凝灰岩の方が高い (図 7)。

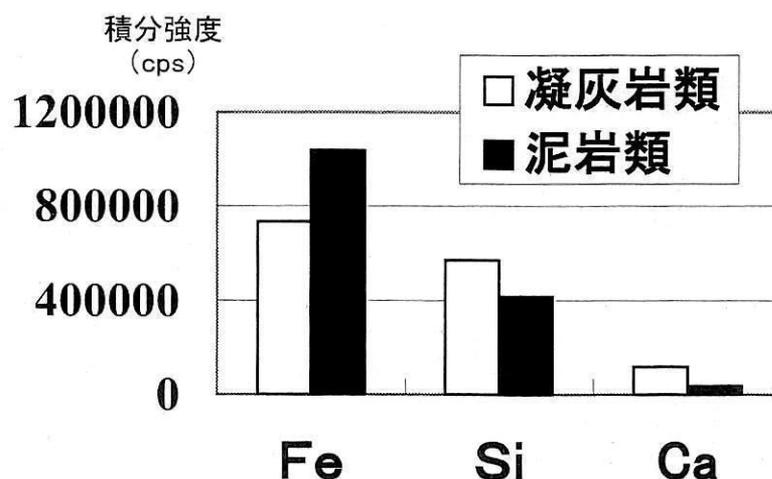


図 7 土壤試料の S の積分強度

## 5. 考察

まず、湧き水の水質測定と元素分析の結果より、「そだにし」の湧き水が Ca を豊富に含むという点と、EC の値が他の 3 つと比較して高いといったことから他のものとは異なることが言え、同時に、「水上」の湧き水が K を含んでいるという点からこれも他のものとは異なることが言える。これらのことから湧き水が「そだにし」、「水上」、「しょうぶだに」と「みなみやま」の 3 つのグループに分けられ、これらが異なった土壤から涌出していると考えられることができる。

そこで、各土壤試料がイオン交換水に与えた影響を水質測定の結果から考えると、それぞれ「そだにし」は C 層、「水上」は G 層、「しょうぶだに」と「みなみやま」は I 層の影響を強く受けているものと考えられる。したがって、湧き水はそれらの土壤に接触した所から湧き出ていると考えられる。

また、土壤試料をイオン交換水に浸した水質測定の結果より、この地域の凝灰岩層には水を中性に保つ力があると考えられる。

## 6. 結論

金沢市新保町の湧き水（そだにし、水上、みなみやま、しょうぶだに）の水質測定およびイオン交換水による実験の結果から、3つの種類に分けられる。これらは、いずれも異なった土壌から湧き水しており、pH を中性に保つ性質のある凝灰岩層の影響を受けている。4つの湧き水は、ほぼ同じ pH(約7)を示すが、Ca, K, S の含有量に差異が認められた。

## 7. 今後

金沢でも近年、酸性雨が降ることがある。降った雨が直接出ているなら、水は酸性が強いはずであるが新保町の湧き水は中性に近い。それには、水の性質を中性に保つ凝灰岩層により、酸性雨の影響を表面に出さずに流れている可能性も考えられる。それゆえ、今後の課題としては、この地域の地層が雨水にもたらす影響を酸性雨も踏まえて調べていくことがあげられる。次回以降に期待してもらいたい。

## 8. 謝辞

調査にあたり、金沢大学理学部地球学科の田崎教官、大学院生の方々に指導していただいた。また、調査をするにあたり、新保町ならびにその周辺の住民の方々に、ご協力をいただいた。以上の方々に感謝の意を表す。

## 9. 参考文献

石川県地質誌 紺野義夫編著 石川県北陸地質研究所 1993年。

# 理学部生と処理排水の巻

## 水から見るゴミ埋め立て場

白鳥達也, 竹本吉利, 鶴見厚支, 三輪学央



# 水から見るゴミ埋め立て場

—石川県内のゴミ処理場を例にとって—

白鳥達也・竹本吉利・鶴見厚支・三輪学央・田崎和江(金沢大学理学部)

## 1. はじめに

戦後日本は急激な経済成長を遂げ、世界的に見ても豊かな国となった。しかし、その一方で物が溢れ次々とゴミが出される使い捨て社会が形成された。都心では溢れたゴミを埋め立てる場所も確保できず、地方に運搬し、埋め立てしているというのが現状である。そのために地方の山々を崩し、巨大なゴミ埋め立て場が作られている。しかし、ゴミ埋め立て場は山を崩すだけではなく何十年にもわたって汚水を排出し続けている。この排水は浸出液といわれ、処理場で微生物的・化学的処理をされて川に放流される。

本研究では、①浸出液、②放流水(処理後の水が流れ込んでいる川)、③角間の湧水(ゴミ処理場の影響を受けていない湧水)の水質を調査した。さらに、④浸出液が流れ出す場所に形成されていた三種類のバイオマットと、⑤そのバイオマットの表層を流れる浸出液を観察、分析し、以下にそれらの結果を示す。

## 2. 試料および研究方法

試料として①浸出液(ゴミ埋め立て場の側面より流れ出ている水)、②放流水(処理後の水が流れ込んでいる川)、③角間の湧水(ゴミ処理場の影響を受けていない湧水)、④浸出液周辺に形成されていた、それぞれ茶褐色、黄土色、赤褐色の色を呈する三種類のバイオマット、⑤バイオマットの表層を流れる浸出液を用いた。各試料のサンプリング地点と地図を図1、図5、図6、図7に示す。水質の測定項目は水素イオン濃度(pH)、酸化還元電位(Eh)、電気伝導度(EC)、溶存酸素量(DO)、水温(WT)である。ここで⑤に関しては、図8に示すように四ヶ所の表層水について測定した。また、①、②、③とバイオマットはエネルギー分散型蛍光X線分析(ED-XRF)を行った。さらに、バイオマットについては DAPI 染色を施し、落射蛍光・微分干渉顕微鏡を用いて可視光線下および紫外線下で観察した。

# サンプリング地点

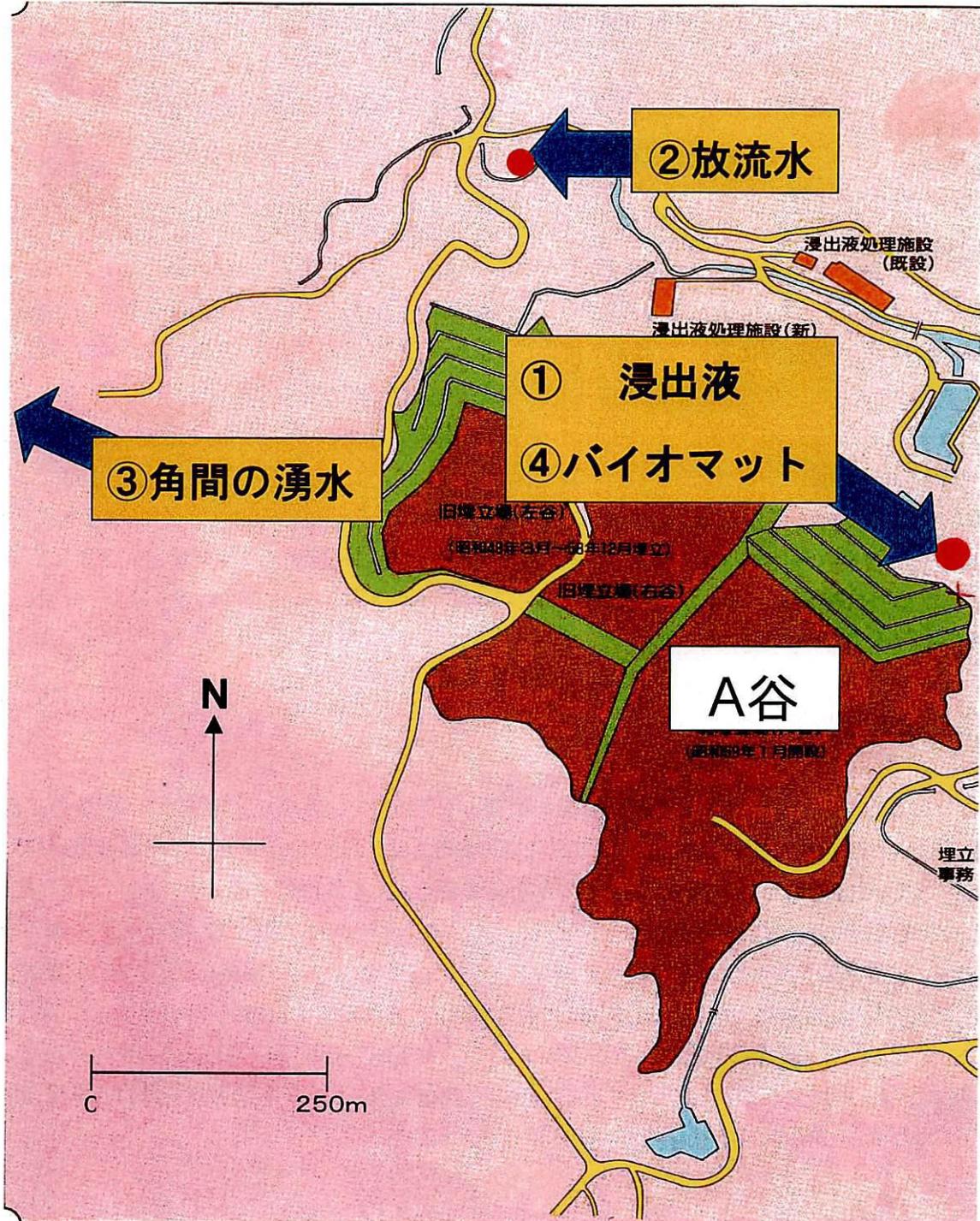


図1 サンプリング地点の地図。



図4 今回調査したゴミ埋め立て場。  
ゴミが山のように積まれ、そこにたくさんのカラスが群がっている。



図5 浸出液のサンプリング地点。

浸出液の色は赤みがかったている。  
鼻に残る異臭がする。



図6 放流水のサンプリング地点。

放流水の色は少し白くにごっている。  
水の流れは活発である。



図7 角間の湧水のサンプリング地点。

角間の湧水は無色透明である。

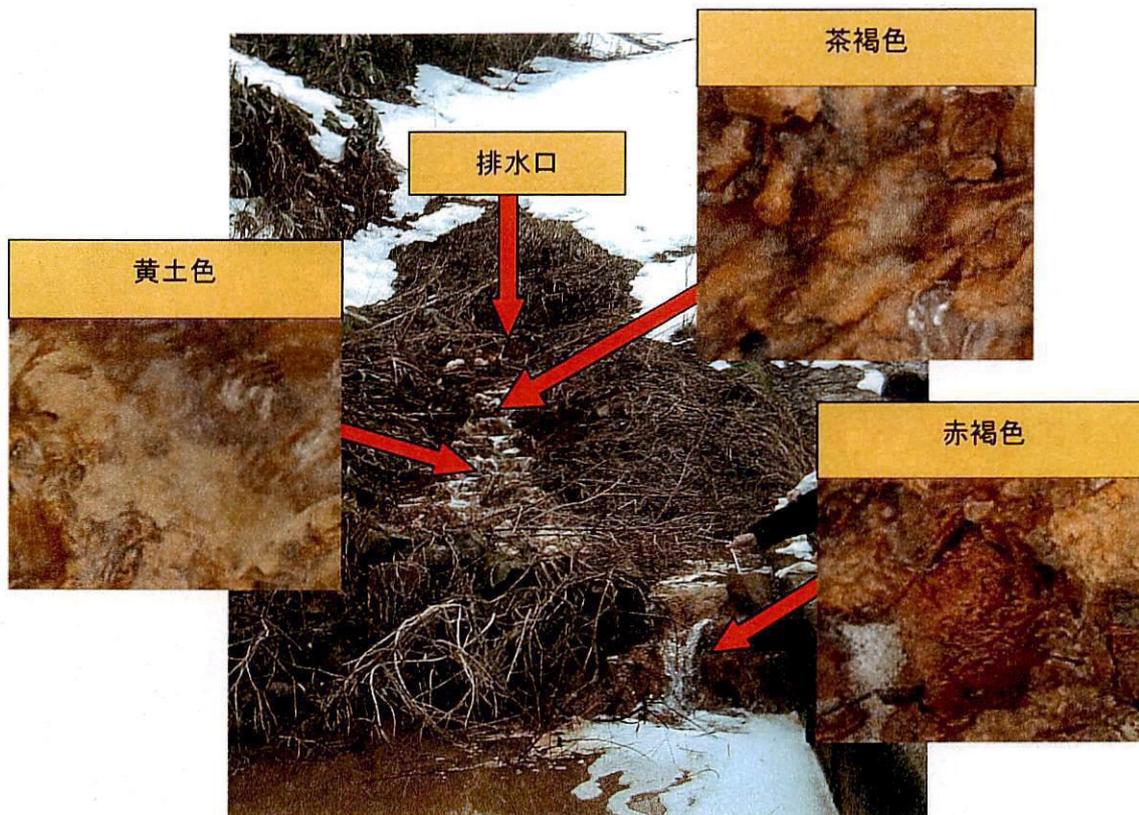


図8 バイオマットの形成状況。

上流から下流にかけて、茶褐色・黄土色・赤褐色のバイオマットが形成されている。

### 3. 結果

#### 1) ゴミ埋め立て場周辺の水質測定結果

ゴミ埋め立て場周辺の水質測定結果を表1に示す。浸出液のpHは7.0と中性を示し、放流水と角間の湧水では8.0と弱アルカリ性を示した。Ehは、浸出液と放流水で380～460 mVであったが、角間の湧水は280 mVと比較的還元的であった。浸出液のECが3.20 mS/cmと高く、一方、放流水では0.79 mS/cmと低い値を示した。さらに、角間の湧水では0.09 mS/cmと最も低い値を示した。この結果は、浸出液中に比較的イオンを多く含むことを示唆している。DOは、浸出液と角間の湧水で3.5～4.9 mg/lと低く、放流水は9.5 mg/lと高い値を示した。浸出液の水温が24.1 °Cと高いことが特徴的である。しかし、放流水と角間の湧水は、8.9～9.5 °Cと低い値を示した。

表 1 ゴミ埋め立て場周辺の水質測定結果

	pH	Eh(mV)	EC(mS/cm)	DO(mg/l)	WT(°C)
浸出液	7.0	380	3.20	3.5	24.1
放流水	8.0	460	0.79	9.5	8.9
角間の湧水	8.0	280	0.09	4.9	9.5

## 2) ゴミ埋め立て場周辺の ED-XRF 分析結果

浸出液、放流水、角間の湧水の分析結果を図 2 に示す。また、三種類のバイオマットの分析結果を図 3 に示す。

- 1) 浸出液 → Na、Mg、Si、K、Ca、を多く含み、Al、Fe を微量に含んでいる。
- 2) 放流水 → 浸出液と比べ S を多く含むことが特徴的である。
- 3) 角間の湧水 → 放流水と同様に S を多く含む。しかし、他の二つと比べると Ca、Ti を微量に含んでいることが特徴的である。
- 4) バイオマット → 三種類とも Fe を極めて多く含み、Ca を伴う。赤褐色のバイオマットは他の二つに比べて Si を多く含む。

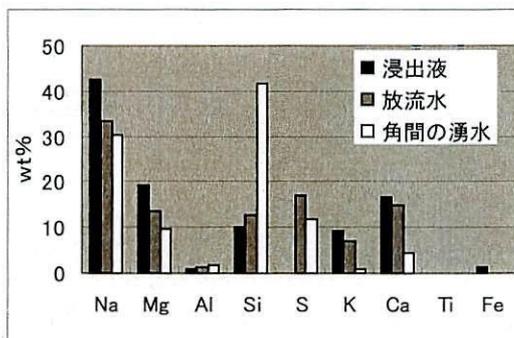


図 2 浸出液・放流水・角間の湧水の ED-XRF 分析結果。

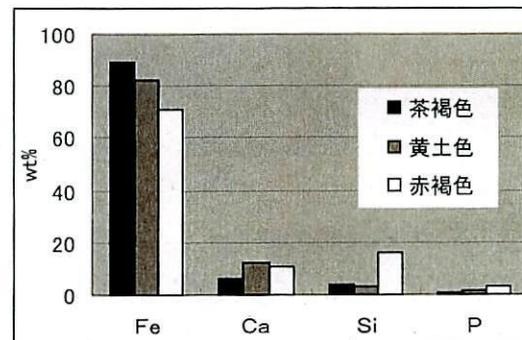


図 3 三種類のバイオマットの ED-XRF 分析結果。

\*図 3 については主な元素のみ示した。

## 3) 光学顕微鏡での観察結果

三種類のバイオマットを光学および蛍光顕微鏡を用いて観察結果を図 9、図 10、図 11、に示す。茶褐色のバイオマットには球菌や鉱物、鉄沈殿物が認められるが、球菌の存在は希薄で、鉱物や鉄沈殿物が目立っている。これに対し黄土色のバイオマットは球菌の存在が顕著で、さらに鉱物と鉄沈殿物も認められる。また赤褐色のバイオマットには球菌や鉱物、鉄沈殿物が確認された。

## 茶褐色のバイオマット

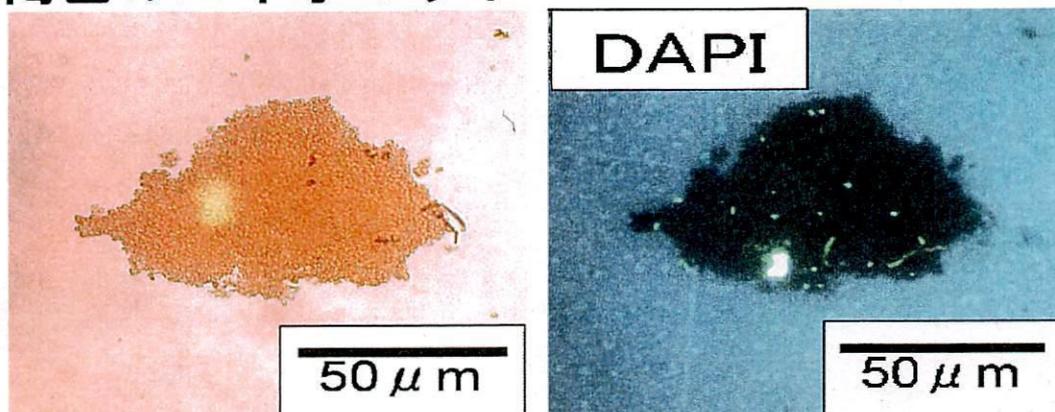


図9 茶褐色のバイオマットの光学顕微鏡写真。  
多くの鉄沈殿物と球菌が確認された。

## 黄土色のバイオマット

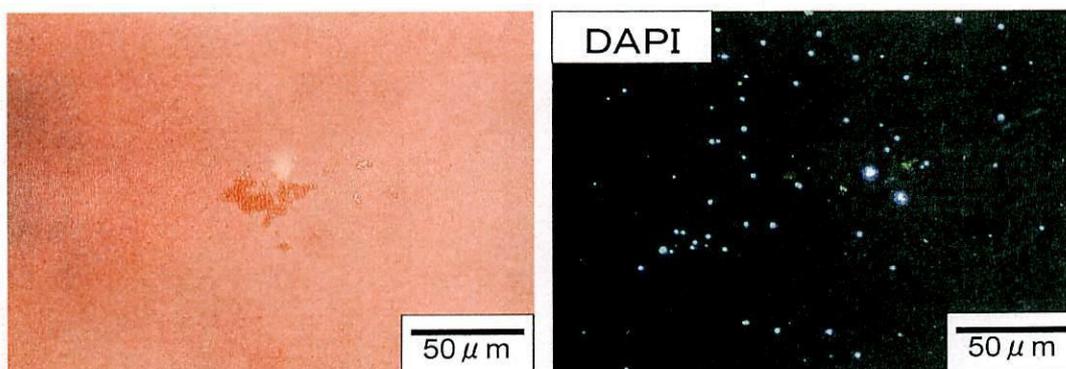


図10 黄土色のバイオマットの光学顕微鏡写真。  
多くの球菌と鉄沈殿物が確認できる。

## 赤褐色のバイオマット

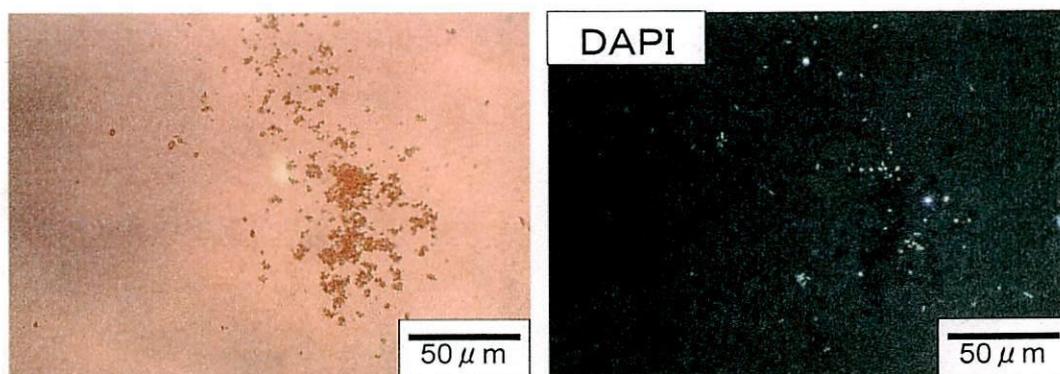


図11 赤褐色のバイオマットの光学顕微鏡写真。  
多くの球菌と鉄沈殿物が確認できる。

#### 4) バイオマット表層水の水質測定結果

バイオマット表層水の水質測定結果を表に示す。pH は四種類とも 6.8～7.0 とほぼ中性を示した。また Eh は 180～200 mV、EC は 2.91～3.32 mS/cm といずれの表層水においても著しい変化は見られなかった。しかし DO は上流から下流にかけて 1.3 mg/l⇒2.2 mg/l⇒1.4 mg/l⇒2.2 mg/l と上下に変動している。水温は 23.9～25.0 °Cであった。

表2 バイオマット表層水の水質比較。

	pH	Eh(mV)	EC(mS/cm)	DO(mg/l)	WT(°C)
排水口	6.8	180	3.32	1.3	25.0
茶褐色	7.0	200	3.25	2.2	24.5
黄土色	6.9	180	2.91	1.8	23.9
赤褐色	7.0	190	3.00	2.2	23.9

#### 4. 考察

浸出液の水温が異常に高い理由は埋め立てゴミの生ゴミなどが腐敗する際の化学反応熱が原因と考えられる。また角間の水と比較すると浸出液は電気伝導度が高く、溶存酸素量が低い。放流水においても明らかに電気伝導度が高いのは浸出液の影響を受けていることが考えられる。

バイオマット表層水の DO が上流から下流にかけて上下に変動しているのは、浸出液が空気に触れることによって酸素が溶け込む場合と、バイオマット中の微生物の呼吸活動によって液中の酸素が消費される場合があるためと考えられる。またこのような微生物の活動によって、浸出液の水質が少しずつ変化することにより三種のバイオマットが形成されたと考えられる。さら三種のバイオマットはいずれも Fe を多く含み、光学顕微鏡観察でも鉄沈殿物が確認できた。これらからバイオマット中の微生物は Fe を沈殿させ、浸出液を浄化していることが示唆される。

一般的に日本の淡水はカルシウムイオンの含有量が少ないが、ED-XRF 分析結果から、浸出液と放流水が Ca を多く含む。その理由は、燃焼ゴミから発生するダイオキシンを処理する際に Ca を使うためである。カルシウムの含有量が多ければ、他の物質(無機酸・炭酸等)と反応、沈殿し底砂の固結等を引き起こす。また、植物そのものへの影響として、カルシウムによる葉脈硬化にともない、物質循環不良、栄養循環過多などの症状をきたす可能性が考えられる。

#### 5. 謝辞

今回調査の際に御協力下さった某ごみ処理場の職員の方々、ご指導下さった田崎和江先生、並びに田崎研究室のみなさまに深く御礼申し上げます。

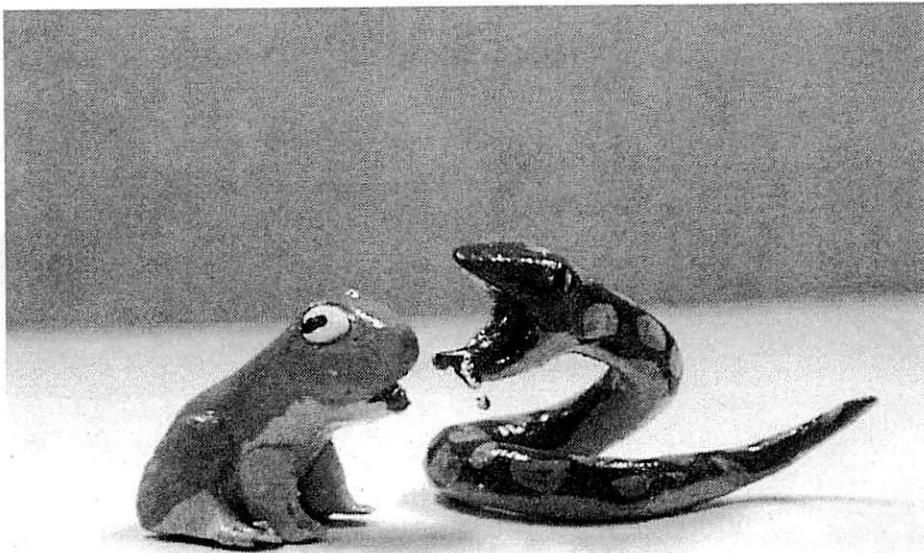
#### 6. 参考

・水草神髓 (<http://www.aquagarden.co.jp/SINZUI/SINZUI.html>)。

# 理学部生の授業写真館の巻

研究授業と研究発表会

“第7回環境の保全と緑化に関わる資材,  
技術研究会”



## 授業写真館



←授業風景。田崎先生、ほえる！！  
みんな真剣な表情。  
さあ、がんばるぞ！！

授業を聞くみんな。だれか寝てないかな？→



地球学科2年生の華(！?)おなごたち→  
みんな美しいの～(・o・)φ



←楽しく授業。だけど、“考える人”がふたり  
いる……………(だれだ?!)



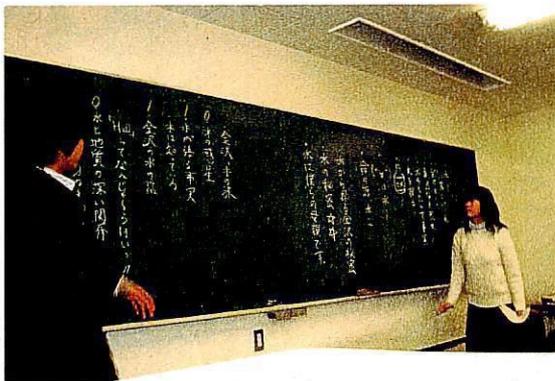
←真剣そのもの。みんな、こんな顔するんだね  
(笑)



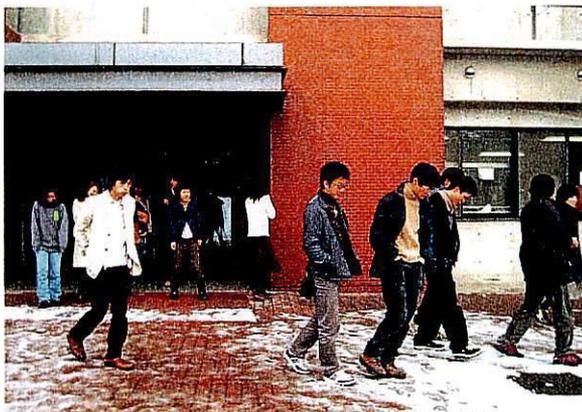
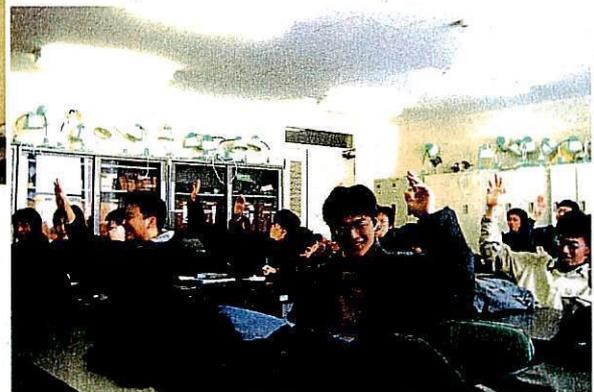
↑『環境よもやま話』発行について  
みんなで話し合ってます。



↑「あなたたちい、この本はね～……」  
田崎先生、大いに語る！！  
……の部分は想像にお任せします。



↑本のサブタイトル決めます！！  
この候補の中から2回手をあげてください。



みんなまぶしい笑顔「ハイ、チーズ！！」→  
みんなの…キモい。

By I O モト

↑スマイリー大谷:「は～い♡」

←みんな集合写真とるから外へ。  
寒い！！



第7回環境の保全と緑化に関わる資材、技術研究会で発表  
(2003年1月28日)

一生に残る、貴重な  
体験となるでしょう。



いろいろな人に見てもらいました。自分達の  
努力の成果です。みんな、  
本当にがんばりました。

発表、たくさんの人に聞いて

てもらいました。

表紙の試作品をパネルに  
して、1枚選んでもらいまし  
た。一般の方にも選ん  
でもらいました。





理学部学生自ら作ったパネル。みんな夜遅くまでがんばりました。

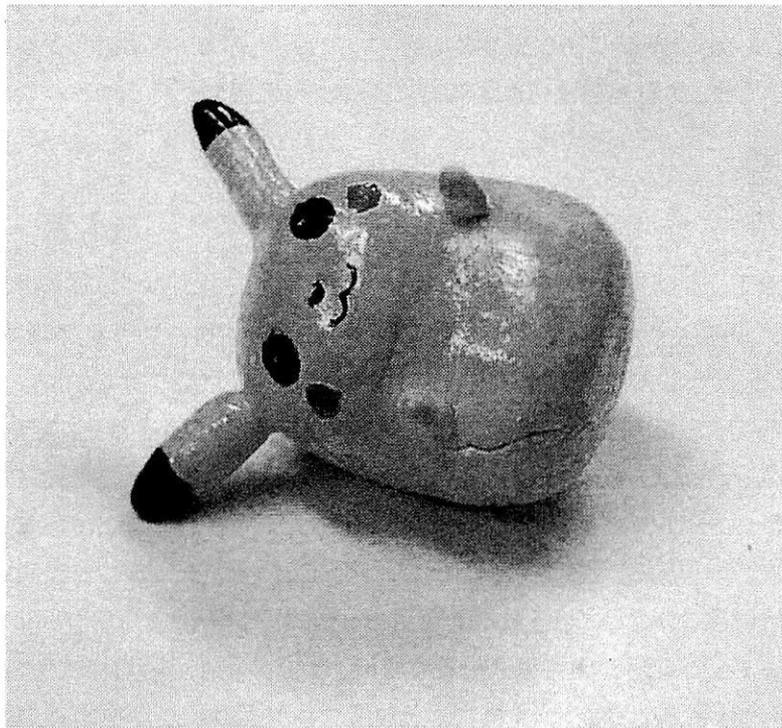


発表。緊張したけれど、発表することに快感を得た人もいました。



最後にみんなでかしゃっ！！

## 理学部生たちの感想の巻



## ご指導頂いた先輩方から

### 田崎研4年 小路 奈々絵

授業のお手伝いをさせていただきました小路と申します。私は2年生のみなさんと前期に野外調査方などの授業を飛び入り参加で一緒に受けていました。実はかなりの年増ですが、いたって自然にみなさんと混じって授業を受けていたかと思います。

今回突然「授業のお手伝い命令」が下り、再び皆さんと一緒に授業を受けることとなったわけですが、授業を受けると言っても今までとはちょっと違った形で、裏方から雑用のお手伝いをさせていただきました。アシスタントと言うとなんだかカッコイイ(?)響きですが果たしてアシスタントができたのかどうか疑問が残ります。また私自身が分析機器の使い方など、この授業を通して勉強させていただきました。最後に、本当に2年生で遊び盛りにもかかわらず土日も学校へ来て作業をしている姿には感服いたしました。みなさんお疲れ様でした。

### 田崎研4年 藤沢 亜希子

今回地球学概論EでTAとして、2年生と一緒に水質や放射能を測定してきました。最初は慣れない形式の授業のせいか、何をしたいのかわからないといった雰囲気でしたが、後半は“サンプリングポイントを増やそう”、“バイオマットをSEMで見てみよう”などと積極的に班ごとに自分たちでアイデアを出し合って実験を進めていく姿が見られるようになりました。私も2年前にこの授業を受講したのですが、最初はどんな風に研究を進めていったらよいのか、どんな風にデータをまとめたらよいのかなど、特にパソコンに触るのも初めてだったので、まずパソコンの使い方から先輩に教えてもらったことを思い出し、とても懐かしく思いました。また、金沢の温泉水というテーマにしても、班ごとに違った視点から見るとこんなにも異なったまとめ方になるのだなあと改めて感じる事が多く、とても新鮮な気持ちで毎回の授業がとても楽しかったです。緑化シンポジウムに出ることは、とても大変だと思いますが、これから自分の研究を進める上でよい経験につながっていくと思うのでがんばって下さい。

### 田崎研4年 盛一 慎吾

今回のテーマは金沢市内の温泉調査であった。各班、温泉めぐりをしたそうで、とてもうらやましい。はじめに、体で泉質を味わってから研究を始めたのだが、まず五感で感じるということとはとても大切なことだと思う。僕も負けずに温泉めぐりに励みたい。

## 研究者たちの感想

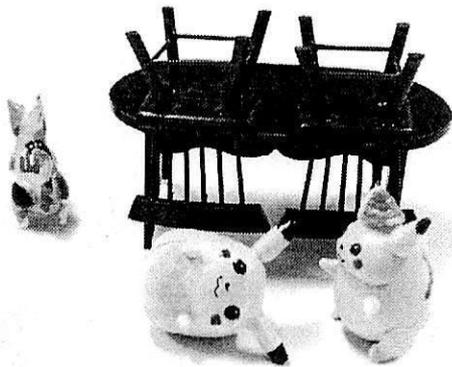
### 001. 伊田 明弘

我々の班では、1kmという近距離にある温泉の成分の違いについて調査した。その違いの原因をいろいろ考えるのが楽しかった。いまでもその原因はよくわかっていないが、これからも様々な可能性を検索してみたいと思っている。今回の調査に全面的に援助してくださった、田崎教授及び研究室の方々には大変感謝しております。ありがとうございました。



### 002. 伊藤 亜希子

初めて、このような自由に研究するということを体験しました。指示を(あまり)与えられず、グループのみなんで考えて研究を進めていくのは大変でしたが、同時に充実感や楽しさも感じました。



### 003. 今西 弘樹

この研究をするまで、金沢市内にこんなにも温泉があるとは思わなかった。一人暮らしを始めて2年近くになるが、銭湯には一度も行っていなかった。そこで温泉水採取の際に初めて入ったのだが、足をのびしゆっくり入ったのは久々になかなかいい研究だと思った。

後の作業も考えずに……

### 004. 榎本 圭佑

テレビで見たことしかない電子顕微鏡を初体験したで！内容の濃さは遥かに違うけど、小学校の自由研究を思い出させるような時間でした。クラスの皆さん、先輩方、田崎先生、どうもありがとうございました。

### 005. 大谷 祐介

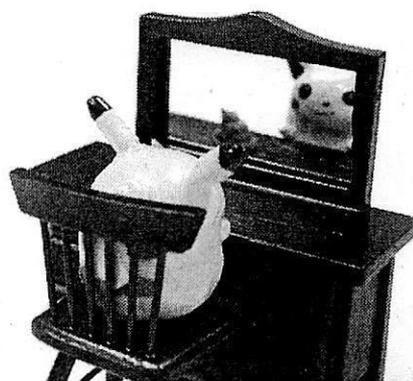
今回は“水”についてのお題だったので、自分たちの班は温泉について研究して温泉についての理解が深まりよかったです。

### 006. 岡島 利幸

温泉水について調べると、当然、温泉につかる機会も多くなる。だが何か違う。日帰りの温泉は何か違う。私が惹かれていたのは温泉ではなく温泉宿だったのかもしれない。無論、自宅の隣に温泉があれば、この上ないのだ。そんな想いで今回の研究に取り組んだ。

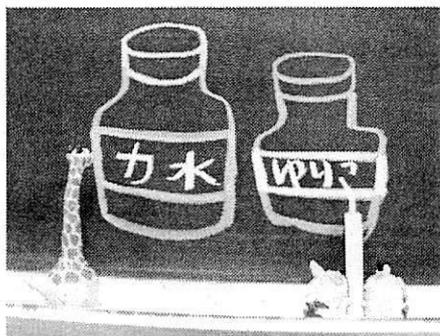
### 007. 小田原 誠

温泉水を調べてみました。僕の実家は鹿児島で、桜島という活火山があるため、鹿児島には温泉が数多くあります。そのため、小さい頃から温泉とは頻繁に関わってきました。その常に身近にあったものを自分の手で調べ、理解を深められたということは大変に楽しいものでした。



### 008. 加藤 梨枝

今回、授業の一環として温泉についていろいろと調べた。最初は何をすればいいのかわからず、正直あまり興味がわかなかった。でも、回を進め、様々なことを実験していくうちに、忙しさの中におもしろさを見つけることができるようになった。難しかったけど、とても充実していたと思う。

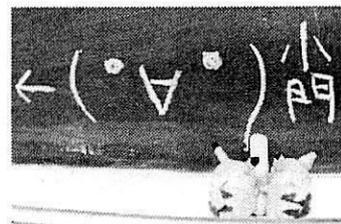


### 009. 日下部 有理子

今回の調査のためにいろいろな温泉に行ったのですが、金沢市内だけでもたくさんの温泉があって、それぞれ違いがあり、それらの持つ歴史も様々で興味深かったです。まだまだ金沢での学生生活の時間はたっぷりあるので、温泉巡りしてみたいと思います。

### 010. 小門 研亮

水ということでうちの班は温泉を研究しました。温泉の研究というのは聞いたこともなく、どうなるかと思いましたが、実際にやってみると、なるほど、と思うことが多かったです。これまで温泉というものについてはそんなに知識もなかったのですが、研究を通して、知識が増えました。

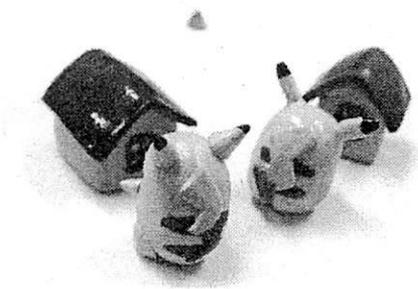


### 011. 齊藤 洋一

私は菲才の身にて、その柄ではありませんが、今回全員で、ということなので、概論Eの授業を受講しての感想を寄せたいと思います。自分たち6班は温泉についてですが、あちらの温泉、こちらの温泉にと、まさに東奔西走しました。pH、Eh、EC、SEMと初めて扱う器具を使うことができ幸運に思います。すばらしい結果が出てきました。末尾ながら、御協力して下さった温泉屋の方々、御指導して下さいました教官及び院生方に感謝します。

### 012. 佐藤 寿年

私たちは温泉について調べてみて、今まで温泉にはほとんど入ったことがなかったが、その奥の深さを知った。バイオマットという珍しい観点から観察できてとてもおもしろかったです。



#### 013. 佐野 ゆう子

「金沢市内」の温泉水を調べる」というテーマはおもしろそうだなとは思ったけど、何も分からない1からの出発で、大変なことも多く、しんどい授業だった。でもその分得したものはあるし、何かが見え始めてきたのは確かだ。もう少し時間があればよかったと思うけれど、限られた時間の中でできるだけことはやったのではないかと思う。

#### 014. 清水 里美

私は温泉について調べました。金沢には温泉がたくさんあって、身近な存在ですが、詳しいことは全く知りませんでした。私たちの班は特に湯涌温泉を調べたのですが、水質や組成はもちろん、温泉の歴史にも触れることができ、おもしろかったです。

#### 015. 白鳥 達也

今回の調査を通して、何より一番感じたことは、実際に行動し、現場に行って、その周囲の環境を自分の身で感じるということが大切だということです。実験室の中では分からない事も、実際現場に行って気付いた事がたくさんありますし、何より頭を抱えて悩むよりも楽しかったです。最後に、お世話になった人々皆さんに感謝の意を込めて、お礼申し上げます。



#### 017. 竹本 吉利

今回授業で研究をできたことは非常に自分にとってよい経験だったと思います。なかなか思った成果があらわれず、途方に暮れることが多かったが、何とか形になったと思う。今回自分で取ったデータを信じて、人から聞いたことは鵜呑みにしないという教訓を得ました。すばらしい授業でした。ありがとうございました。

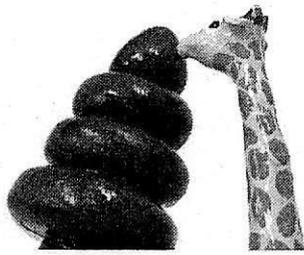
#### 018. 鶴見 厚支

最近山に降る雪が減ってきているらしい。これは明らかに地球の温暖化による影響らしい。このことは我々スノーボーダーにとっては極めて重大なピンチである。これからも毎年冬になったら気持ちよく雪山を滑れるように、みんなエコロジストになりましょう。



#### 020. 堀 峻滋

私たちは今回温泉について調べましたが、1つ驚いたのは金沢に温泉が多いことです。このテーマにしたきっかけは「金沢の温泉に入りまくる！」という願いでしたが、とても今回だけでは入りきれませんでした。今後も少しずつ入っていきたいと思いました。



#### 021. 松岡 玉衣

研究内容から考察までの一連を自分たちで決めて行うのはとても大変なことでつまづくことも多かったが、先生や先輩方からアドバイスをもらうなどいろいろと協力してもらい、自分なりの成果を出すことができた。ありがとうございました。

#### 022. 松田 大地

「温泉ってなんじゃ〜らほいっ！！」ってな感じで温泉について研究をし始めました。はじめは何をすべきかもわからず、毎週毎週、温泉に行き、温泉に入り、温泉水を調べて、いつの間にか9カ所も。先生やTAの人たちのおかげでなんとか形にもっていくことができました。この研究によって温泉についての地層との関係がなんとなくわかり、これからの糧になればよいなと思います。



#### 024. 宮本 一宏

私たちは温泉について調査を行った。地域によって成分が異なると思っていたが、ほとんどの温泉は同じ地層からとっており、成分は似ていて驚いた。成分を調べるなどの作業も楽しかったが、現地で温泉に入れたし、現地の人のお話も興味深くおもしろかった。

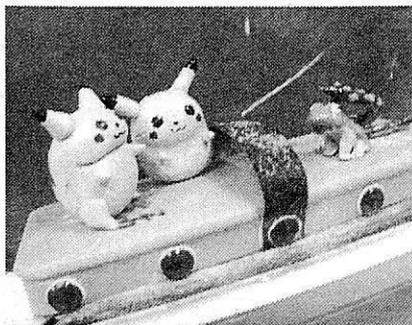


#### 025. 三輪 学央

見たこともない機器を使っての研究はまさに大学生になったという感じでした。田崎先生をはじめとする田崎研の方々には本当にお世話になって感謝してもしきれないです。ありがとうございました。

#### 026. 柳田 祐樹

研究のテーマなど何にするかほとんど自分たちで決定して取り組んだのだが、それなりに意味のある成果を出すことは難しいと痛感した。方向性がなかなか決まらないなど、苦労はしたが、研究を通して、とても良い経験ができたと思う。



#### 027. 涌島英揮

私たちは湧き水について調べた。おいしい湧き水がなぜできるのかを、土壌の分析を行い、追求していった。そのため水が雨水から飲み水になる過程を深く考えることができた。水に対する価値観が変わった。

#### 028. 渡辺 朋子

金沢は温泉がたくさんある町で、今回その身近にある温泉を調べることができて大変興味深かった。自分たちで温泉に出向いて調べさせていただいたり、水質調査など初めてのことで、大変だったけれど楽しくやることができ、良い経験になりました。

#### 029. 児嶋 恵

昔から温泉は好きだったから、今回の調査はとても親近感がわいたと思う。初めて使うような器具や膨大な量のデータにはびっくりすることばかりで、いい経験になったと思う。私はみんなに迷惑ばかりかけていたような気がするけど、暖かく世話してくれた(笑)、班の皆さん、先輩方、そして田崎先生、ありがとうございました。

#### 030. 内村 奈緒子

今回、みろく温泉について調べた。みろく温泉では実際に温泉に入ることから始まり、ボーリングコア等を通し、調べていくことができた。また、今まで使ったことのない器具や実験装置などにもふれることができ、良かった。色々みていただいた先輩方、みろく温泉の人々、一緒に実験をしたみんな、楽しかったです。ありがとうございました。

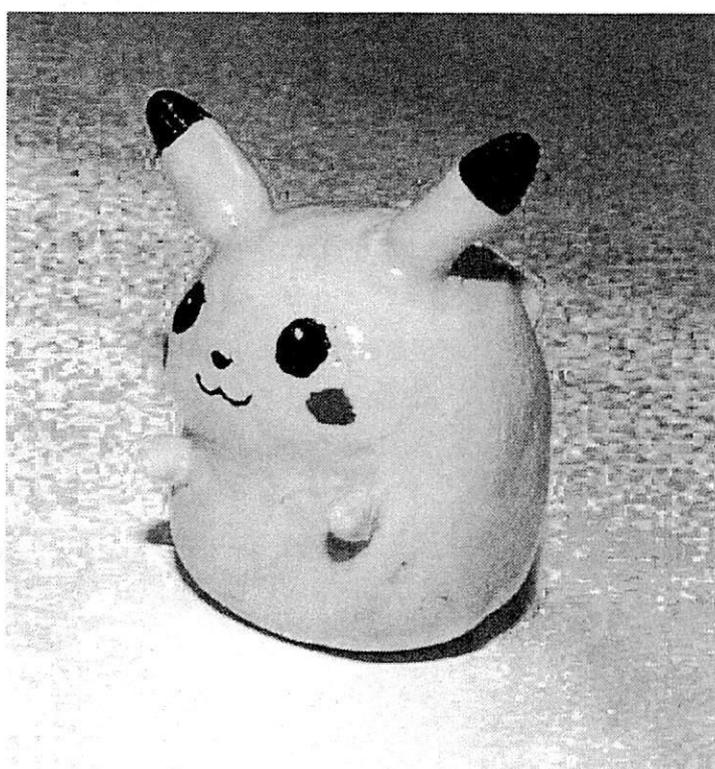
#### 031. 巻田 光央

これまでの講義と違い、自分たちでテーマを決めて調査を進めていくというやり方に最初は戸惑ったが、やってみるとなかなか楽しかった。これから研究を始める上でも役に立つ、よい経験になったと思う。

#### 032. 菅谷 勝則

教室だけでなく、外に出て自分たちでサンプルを取って様々な装置を使うなどして分析できて楽しかったです。みろく温泉のご主人、田崎先生はじめ研究室の皆さんには大変お世話になりました。本当にありがとうございました。

## 編集委員の編集後記の巻



## 編集後記

ようやく任務完了いたしました。思えば長く険しい道のりだった...というわけでもなく、日々忙しい中にも、自分達の好きなことができる喜びもあってか、短い時間だったように感じます。

昨年の11月から自分達の手で始めた研究は、それはもう大変な試行錯誤の繰り返しでしたが、2週間に一度は各班が途中成果をクラスで発表していたもので、自分達の班だけでなく、他の班の研究も徐々に形になっていく様が見えました。そしてついには金沢で開催された学術研究会での口頭発表とポスター発表の場に立ち、その成果を大舞台で披露したのです。

他人事のように聞こえるかもしれませんが、どこぞの誰かが言った「誰もが科学者のタマゴなのです。」という言葉が、目に見える形であらわれた数ヶ月でした。

ここに至る研究経過のすべては見えずにしろ、この『環境よもやま話』を読んだ皆さんもそれを垣間見たと思います。

この本の製作にあたって、最初に行なったのがサブタイトルの決定です。クラスの全員に募集し、さらにみんなの選考で決まったのが[～金沢水物語～]です。どないですか？上品な匂いがするでしょう？表紙絵との見事なハーモニーを今一度味わってください。...そう、この表紙絵の決定が一番熱中し、気合のこもったイベントとなりました。4作品を試作品として作成し、なんと学術研究会のポスター発表の場で作品を展示し来場された多くの人達に見てもらい、投票を行ないました。見事ぶっちぎりで選ばれたのがこの表紙絵です。落選したうちの2作品は巻始と巻末に載せることになりました。もう1作品は本の中にカットとして散りばめた人形絵がそうです。読者の皆さんにも気に入って頂けたでしょうか？



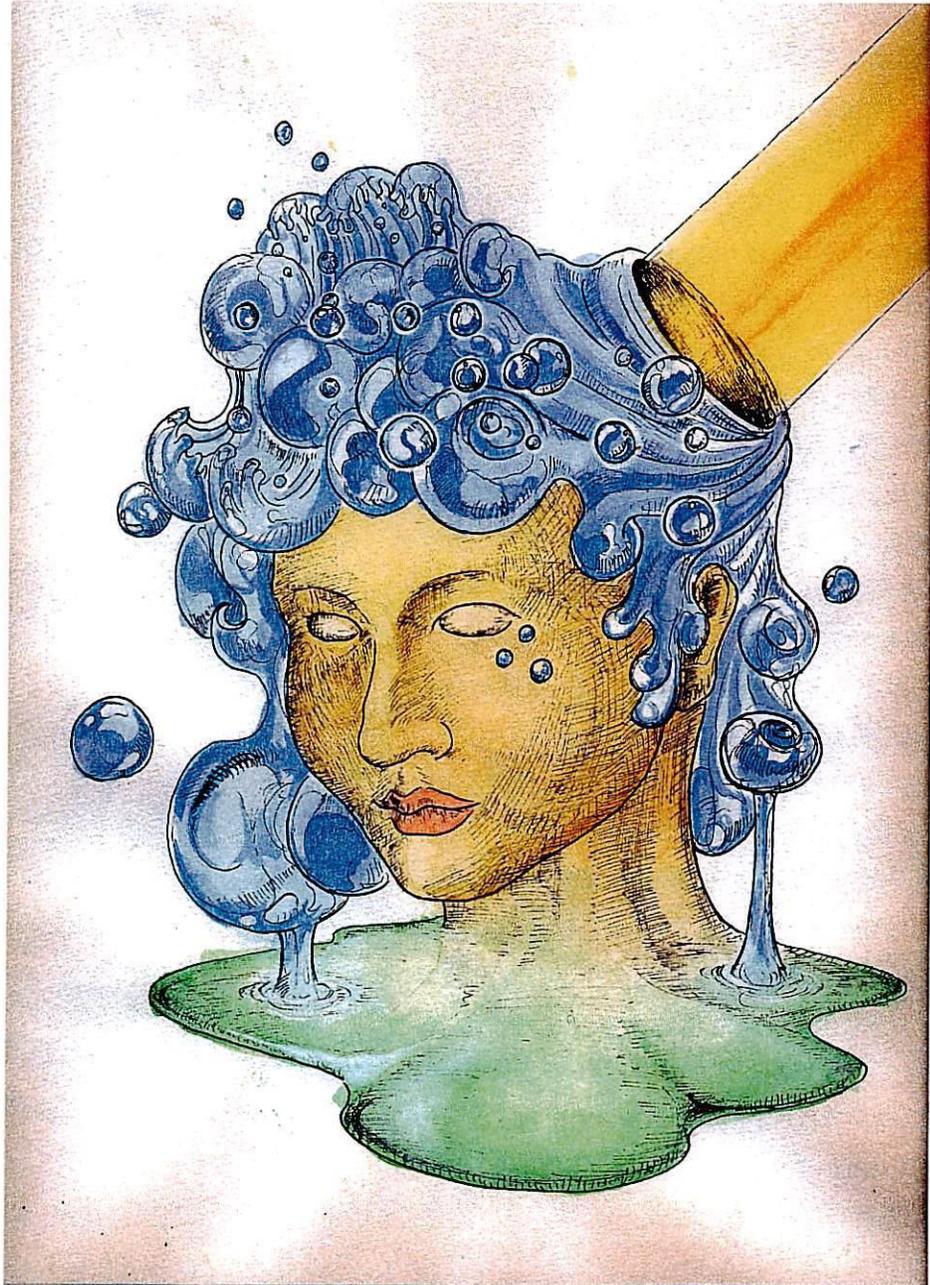
この本に掲載した私達の研究内容はまだまだ完成度の低いものかもしれませんが、私達にとっては様々な記憶を思い起こさせる、価値ある「作品」です。私達の汗と汁に満ちた研究成果をまとめたこの作品が、多くの読者に厳しくも温かい目で見れば幸いです。

私達の進む道はこれから、皆それぞれ大きく変わることもあるでしょう。いつの日かタマゴを割って成長した私達の新たな研究発表が世に出ることを期待して下さい。

2003年 2月 8日

編集委員 榎本 圭佑

児嶋 恵



### 「自然と人」

下から緑が大地、人面が木、頭が水、そこに射す日の光を絵にしました。



## Environmental Earth Sciences —from Kanazawa University— PART5 Study of Water in Kanazawa

---

Corresponding to Kazue Tazaki

address; Kanazawa University, Kakuma,  
Kanazawa 920-1192 Japan

Tel&Fax; +81-76(264)5736

E-mail; [kazueta@kenroku.kanazawa-u.ac.jp](mailto:kazueta@kenroku.kanazawa-u.ac.jp)



地球学科2年生のみんな