

白山山麓の噴泉塔と温泉成分・温泉植物

金沢大学理学部化学教室

本 浄 高 治

Iwama Sinter Cone, Ingredients in Mineral Springs and Thermal Algae at the Foot of Mt. Hakusan in Ishikawa Prefecture

Takaharu HONJO

Department of Chemistry, Faculty of Science, Kanazawa University

Abstract

A qualitative and quantitative analysis by x-ray fluorescence and atomic absorption methods was made of principal ingredients (Ca (II), K (I), Cl (I), and SO₄ (II) etc.) and traces of ingredients (Sr (II), Rb (I), Mn (II), Fe (II), and Br (I) etc.) in mineral springs (Iwama Sinter Cone, Iwama Hütte, Iwama Spa, and Chugu Spa), rock of the sinter cone (a kind of tower of tufa), and dried flora of thermal algae growing in the hot springs in Ishikawa Prefecture. Ingredients like Na, Si, S, Cl, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Ge, Pb, Br, Rb, and Sr were detected qualitatively in hot springs. Thermal alga, *Synechococcus elongatus* v. *amphigranulatus*, was found in all the hot springs. Ingredients like P, S, Cl, Ca, Mn, Fe, Cu, Pb, and Sr were detected qualitatively in the thermal flora.

These hot springs are located at the foot of Mt. Hakusan, now a dormant volcano, and the results obtained by chemical analysis were compared with each other in order to ascertain mutual correlations among volcanic chain of Mt. Hakusan, head springs of the spa, and thermal vegetation in hot springs. In conclusion, all the mineral springs have almost the same characteristics and may have the same origin as head springs at the foot of Mt. Hakusan. The thermal alga accumulates traces of heavy metals in spa, and it may be useful for monitoring possible heavy metal pollution caused by hot springs.

1. 緒 言

白山の北の麓の標高800mの山あいには、昔から登山者に親しまれた湯治場の一つの岩間温泉がある。ここは白山(2,702m)への登山道「楽々新道」の起点で、室道へは約14km、10時間の健脚コースとなっている。元湯は岩間温泉から約3.5km登ったところにあり、近くにはヒュッテが建っていた。ここからさらに1.6kmほど山を下った中ノ川の谷あいには噴泉塔がある。この岩間の噴泉塔は最大4mほどの高さを有する石灰華の塔で、その先端から温泉水が噴出している。噴泉塔の表面には藍藻類が繁茂して色どりをそえており、かつてはその数30本以上で、高さ70~80cm、温度80~100℃のものが多く、高温の湯が噴きあがり、湯煙につつまれている光景はまさに壮観である。これらの噴泉塔群が発見されたのは、文政12年(1829)で、世界的にも珍しい現象として

昭和32年(1957)に国の特別記念物に指定されている^{1~3)}。

本研究は、この噴泉塔、噴泉水、噴泉塔で群落を形成している藍藻中の常量および微量成分をイオン捕捉用濾紙—ケイ光X線分析法および原子吸光分析法で分離分析し、白山の麓で湧出している各所の温泉の化学成分と比較検討し、白山火山脈と温泉源、温泉植物相とのつながりを化学的に探ろうとするものである。

2. 実 験

2.1 濾紙および装置

イオン捕捉用濾紙として、3種のエクスパピール⁴⁾(住友化学工業株式会社製)、強酸性カチオン交換濾紙(F-1, スルホン酸ナトリウム型)、キレート形成濾紙(F-2, イミノジ酢酸ナトリウム型)、強塩基性アニオン交換濾紙(F-3, 4級アンモニウム塩型)などを金属イオンおよび陰イオンの捕集に用いた。なおエネルギー分散型ケイ光X線分析装置、原子吸光分析装置、データ処理装置、その他の測定装置については前報で詳しく述べてある^{5,6)}。

2.2 温泉水および藍藻の採取場所

温泉水および藍藻を採取した場所の所在地を図1に示してある。また現場写真を5枚(写真1~5)撮って示してある。

①岩間温泉(含重曹・弱食塩泉): 石川郡尾口村, 山崎旅館にて昭和57年(1982)9月4日(土), 曇, 午後2時15分採取した。

②岩間ヒュッテ(含重曹・弱食塩泉): 石川郡尾口村, 岩間ヒュッテ前河原で自然に岩の間から湧出している温泉水を昭和57年9月4日(土), 曇, 午後3時26分採取した。

③岩間噴泉塔(含重曹・弱食塩泉): 石川郡尾口村, 岩間温泉から約5キロの山奥にあり, 昭和57年9月4日(土), 曇, 午後4時40分採取した。

④中宮温泉(含重曹・弱食塩泉): 石川郡吉野谷村, 西山旅館にて昭和57年9月5日(日), 晴, 午前10時50分採取した。旅館は西山旅館はじめ4軒, 村営宿舎「くろゆり荘」が同一元湯を使用していた。

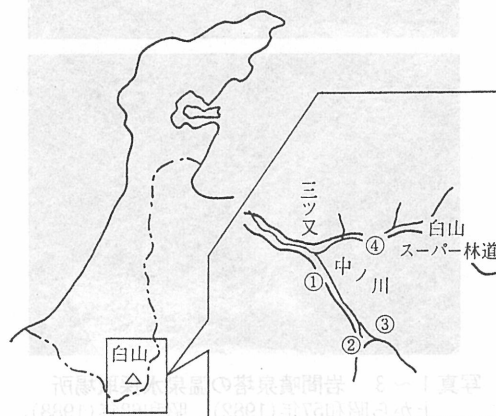


図1 石川県白山山麓域の温泉源の分布

- ①岩間温泉, ②岩間ヒュッテ
③岩間噴泉塔, ④中宮温泉

2.3 試料調製

試料調製は、酸と蒸留水であらかじめ洗浄しておいたポリエチレンタンク(11)を温泉水でよくすすぎ採取した。そして採水直後に濃塩酸10ml加え弱酸性とした試料水と何の処理も行わないそのままの試料水を持ち帰った。泉温とpHは現場で測定した。また温泉の元湯と噴泉塔上で繁茂している藍藻と噴泉塔岩石は、素手で採取しポリエチレン袋に入れて持ち帰った。

2.4 試料分析

試料分析は、蒸発残留物の測定、ケイ光X線法による蒸発残留物中の主成分および微量成分分析、イオン捕捉用濾紙—ケイ光X線法による温泉水、藍藻、岩石中の主成分および微量成分分析、



写真1～3 岩間噴泉塔の温泉水採取場所
上から昭和57年(1982), 昭和63年(1988),
平成6年(1994)に同じ場所を撮影したもの
である。噴泉塔の生長と消失が見られる。

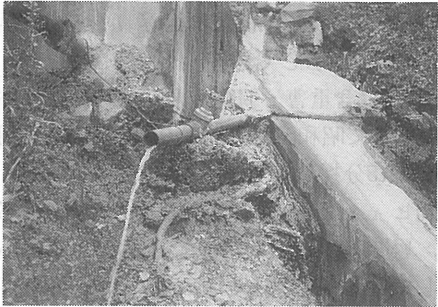
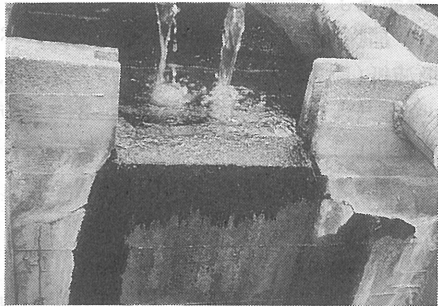


写真4～5 岩間温泉水および中宮温泉水の採
取場所
上から岩間温泉, 中宮温泉の湯口で, 藍藻
の群落もみられる。

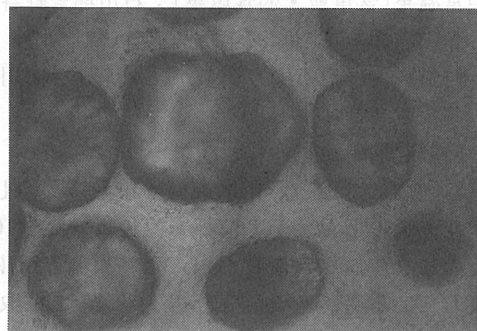
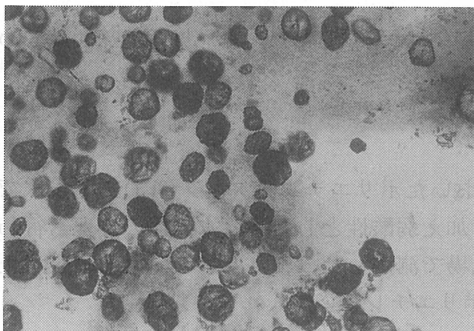


写真6～7 岩間噴泉塔の藍藻の顕微鏡写真

左から倍率が100倍, 400倍で, 丸い形をした単細胞の藻類が藍藻である。

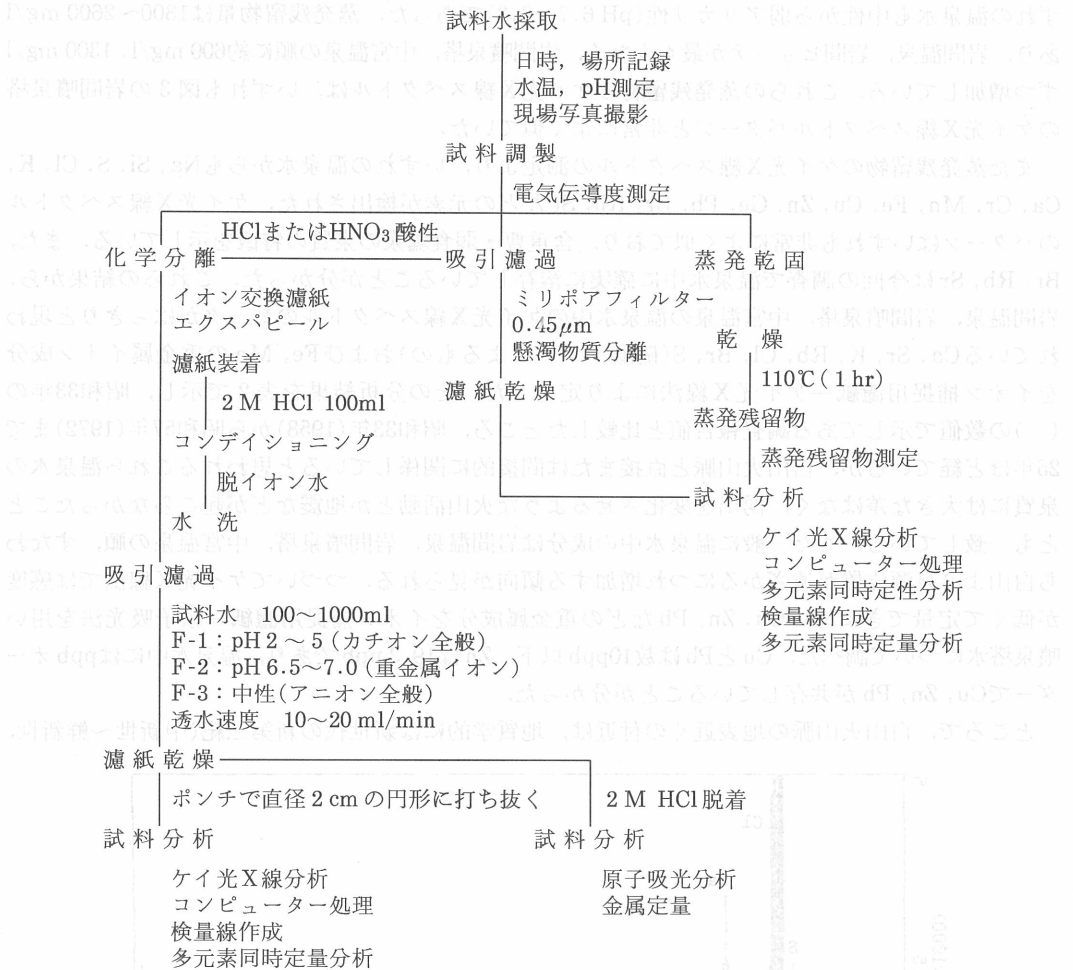


図2 温泉水試料の調製と分析のフローチャート

イオン捕捉用濾紙—原子吸光法による温泉水中の微量重金属成分分析を行なった。分析スキームは図2に示した通りであるが、これらの操作の詳細は前報で詳しく述べてある^{5,6)}。

3. 結果と考察

温泉水の温度, pH, 蒸発残留物は表1のようになった。()の中の数値は、文献値で⁷⁾、昭和33年(1958)10月15日に石川県衛生研究所が現地試験し、同年12月に中央温泉研究所が主成分および微量成分を試験室試験で求めたものである。温泉水の温度は50~90℃で、岩間噴泉塔が一番高く、岩間ヒュッテ、岩間温泉、中宮温泉の順に低くなっている。またい

表1 温泉水の温度, pH, 蒸発残留物

泉源	泉温 (°C)	pH	蒸発残留物 (mg/l)
岩間噴泉塔	87	8.30	1,890
岩間ヒュッテ	68	7.00	1,310
岩間温泉	65 (65.5)	7.30 (6.7)	1,300 (1,240)
中宮温泉	54 (59.2)	6.75 (7.0)	2,560 (2,580)

ずれの温泉水も中性から弱アルカリ性(pH 6.7~8.3)であった。蒸発残留量は1300~2600 mg/lあり、岩間温泉、岩間ヒュッテが最も少なく、岩間噴泉塔、中宮温泉の順に約600 mg/l, 1300 mg/l ずつ増加している。これらの蒸発残留物のケイ光X線スペクトルは、いずれも図3の岩間噴泉塔のケイ光X線スペクトルパターンと非常によく似ていた。

また蒸発残留物のケイ光X線スペクトルの測定より、いずれの温泉水からもNa, Si, S, Cl, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Ge, Pb, Br, Rb, Srなどの元素が検出された。ケイ光X線スペクトルのパターンはいずれも非常によく似ており、含重曹・弱食塩泉の泉質の特徴を示している。また、Br, Rb, Srは今回の調査で温泉水中に確実に溶存していることが分かった。これらの結果から、岩間温泉、岩間噴泉塔、中宮温泉の温泉水中のケイ光X線スペクトルのピークがはっきりと現われているCa, Sr, K, Rb, Cl, Br, S(硫酸イオンによるもの)およびFe, Mnの重金属イオン成分をイオン捕捉用濾紙—ケイ光X線法により定量した。その分析結果を表2で示し、昭和33年の()の数値で示してある調査報告値と比較したところ、昭和33年(1958)から昭和57年(1972)まで25年ほど経ているが、白山火山脈と直接または間接的に関係していると思われるこれら温泉水の泉質には大きな差はなく、湧出を変化させるような火山活動とか地震などが起こらなかったことも一致している。また一般に温泉水中の成分は岩間温泉、岩間噴泉塔、中宮温泉の順、すなわち白山より泉源位置が遠ざかるにつれ増加する傾向が見られる。つづいてケイ光X線法では感度が低くて定量できにくいCu, Zn, Pbなどの重金属成分をイオン捕捉用濾紙—原子吸光法を用い噴泉塔水について調べた。CuとPbは数10ppb以下、Znは19.3 ppbであり、温泉水中にはppbオーダーでCu, Zn, Pbが共存していることが分かった。

ところで、白山火山脈の地表近くの付近は、地質学的には新世代の新第三紀(中新世~鮮新世、

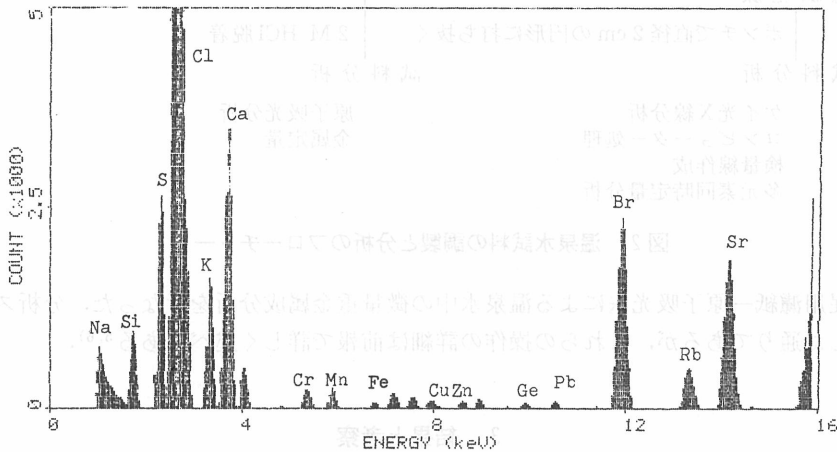


図3 岩間噴泉塔の蒸発残留物のケイ光X線スペクトル

表2 温泉水中の常量および微量成分の分析結果

泉源	Ca (ppm)	Sr (ppm)	K (ppm)	Rb (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cl (ppm)	Br (ppm)	SO ₄ (ppm)
岩間噴泉塔	47.78	1.92	24.64	0.020	0.11	0.19	310.6	4.23	146.5
岩間温泉	42.34 (45.47)	1.39 (—)	24.57 (24.1)	0.015 (—)	0.14 (—)	0.17 (0.19)	415.7 (351.4)	3.41 (—)	254.3 (116.8)
中宮温泉	47.87 (52.73)	1.50 (—)	31.81 (112.5)	0.068 (—)	0.21 (—)	1.40 (1.98)	1,074.3 (924.8)	7.00 (—)	95.3 (82.30)

2,500~200万年前)層に属し、古白山火山噴出物である安山岩が白山頂上部から長くのびた尾根にそって分布しており、この安山岩、火山噴出岩または火山砕屑岩などの下には、基盤となる花崗片麻岩層があり、その層を濃飛流紋岩(凝灰角礫岩など)が抜いており、白山火山脈にもとづく地下深部から出て来た熱源が与えられ、それらの接触部分に沿った岩盤の亀裂より炭酸水素カルシウムを含む温泉水が湧出していると考えられている^{1~3,8)}。そして、噴泉塔では、これらの熱源を新第三紀層の岩石がフタ(Caprock)をして貯え、その結果、その接触部分に沿った亀裂中に多量の熱源が与えられることになり、二酸化炭素のガス成分が地圧による圧縮を受けつつ滞留し、基盤中に比較的弱い部分があるとそこから急激に上昇し、地表近くなると地温が低下し、二酸化炭素を放出し、炭酸カルシウムを析出させて噴泉塔を形成すると考えられている。またこれらのカルシウム源は、石灰岩層中のカルシウムの溶解したものと考えられ、この付近の山地には石灰岩の露頭が溪谷沿いに見られることから明らかである。噴泉塔の誕生から生長、消失は写真1~3に見られるように10年内に起こり、消失は噴泉塔の先が詰まり、温水が噴出しなくなり、冬季の雪崩や洪水によって折られ川中に没するものと考えられている^{11,12)}。

ところで、噴泉塔の化学的組成は、Na, K, Ca, Mg, Fe, Al, Si, Cl, Sなどが構成成分で、98%がCaCO₃と推定されている^{7,8)}。そして、比較的低温で結晶した石灰華は方解石であり、高温において結晶した石灰華は方解石とアラゴナイトの混合物であることが確認されている⁹⁾。そこで、噴泉塔の一部を採取し、ケイ光X線スペクトルを測定したところ、構成成分として、P, S, Cl, Ca, Mn, Fe, Cu, Pb, Srなどの元素が検出された。つづいて噴泉塔岩石を硝酸に溶解し、イオン捕捉用濾紙—ケイ光X線法によりケイ光X線スペクトルを測定したところ、構成成分元素によるマトリックス効果もなくCa, Mn, Fe, Cu, Pbなどの元素が検出され、Mnが698 ppm, Feが1,457 ppm含まれていることが分かった。

以上の結果から、岩間噴泉塔、岩間ヒュッテ、岩間温泉、中宮温泉の温泉水の泉質には大差なく、泉源は全て同一であると思われる。

また、温泉植物相を調べるために岩間噴泉塔、岩間温泉、中宮温泉の温泉水採取場所で群落を形成している藍藻を採取した。その顕微鏡写真を写真6~7に示してある。昭和15年(1940)に中宮温泉において温泉産藻類が調べられ¹²⁾、藍藻類、緑藻類、接合藻類、鞭毛藻類など13種の藻類が確認されている。本研究では、顕微鏡写真のごとく、その大部分は、いずれの泉源においても高温で生育する藍藻(*Synechococcus elongatus* v. *amphigranulatus*)と考えられた。これらの藍藻を風乾後シリカゲルデシケーターで乾燥し、ケイ光X線スペクトルを測定したところ、図4~6のごとく、Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb, Srなどの元素が検出された。岩間噴泉塔、岩間温泉、中宮温泉で群落を形成している藍藻のケイ光X線スペクトルのパターンは、藍藻が温泉水から取り込む常量および微量元素が、岩間噴泉塔、岩間温泉、中宮温泉の順に増大している傾向を示している。また、温泉水中の微量重金属成分が藍藻に取り込まれて濃縮されていることが分かったので、噴泉塔の藍藻を湿式分解しイオン捕捉用濾紙—ケイ光線法で調べたところ、風乾試料としてFeが84 ppm, Mnが201 ppmが検出された。

以上の結果から、藍藻のケイ光X線スペクトルのパターンの類似性は泉質と相関性があり、藍藻は温泉水中の微量重金属の環境汚染を抑えるスキヤベンジャーの働きがあり、温泉水による環境汚染を探るモニター、即ち環境指標植物¹³⁾としても利用できるのではないと思われる。

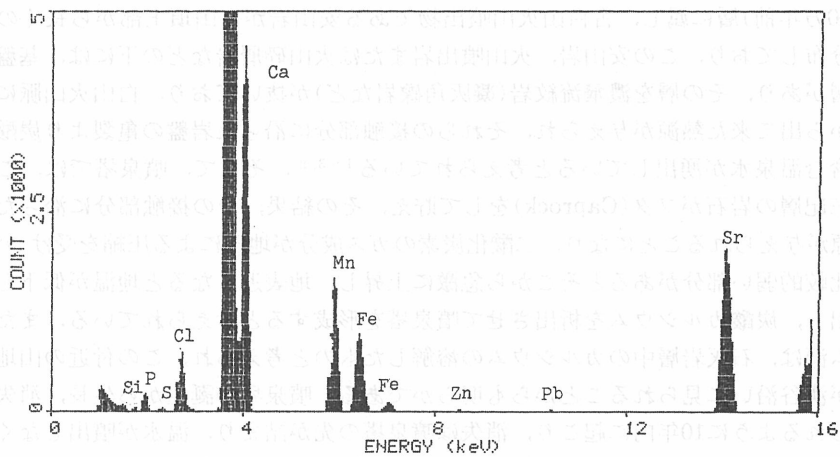


図4 岩間噴泉塔の藍藻のケイ光X線スペクトル

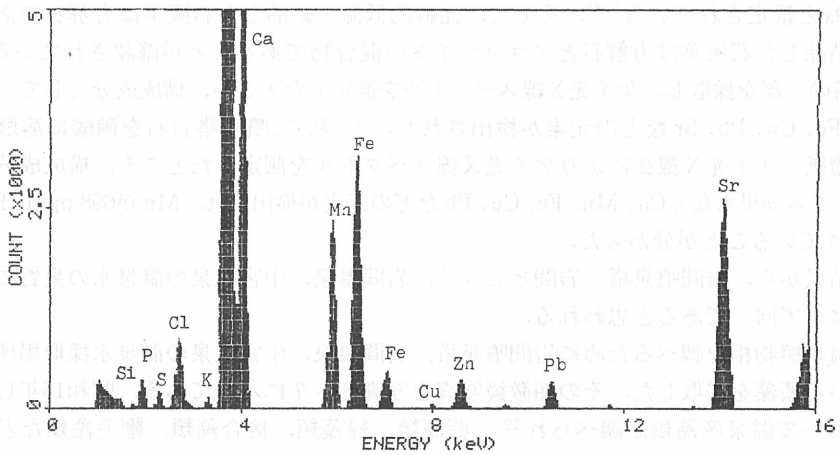


図5 岩間温泉の藍藻のケイ光X線スペクトル

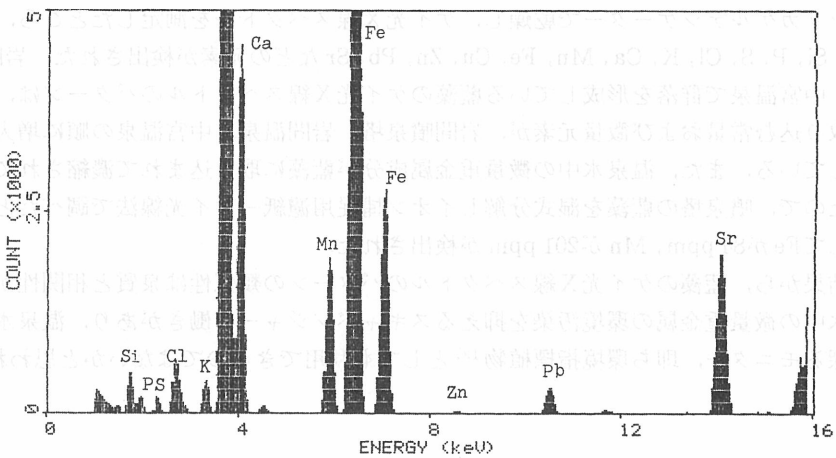


図6 中宮温泉の藍藻のケイ光X線スペクトル

謝 辞

本論文は平成6年(1994)8月, 石川県辰口町で開催されました第47回日本温泉科学会大会での特別講演をまとめたものです。大会委員長の阪上正信先生(金沢大学名誉教授)ならびに関係者各位に心から御礼申し上げます。

文 献

- 1) 紘野義夫編著: 北陸の地質をめぐって(日曜の地学6), 築地書館(1979).
- 2) 里見信生編著: 北陸の自然史, 山編(日本海カラーブックス6), 巧玄出版(1979).
- 3) 新保千代子著: 能登・金沢と北陸(ブルーガイドブックス131), 実業之日本社(1977).
- 4) 青柳正也, 下村隆敏, 美濃部正夫, 松本孝春: 住友化学II, 15(1979).
- 5) 本浄高治, 安念 誠: 温泉工学会誌, 15, 1(1980).
- 6) 本浄高治, 畠 重康, 八田昭夫: 温泉工学会誌, 18, 1 (1983); 本浄高治, 温泉工学会誌, 21, 50 (1987).
- 7) 石川県温泉開発研究会編: 温泉の開発, 14, 22 (1972).
- 8) 板倉 淳: 温泉の開発, No.5, 14 (1961); 温泉工学会誌, 1, 28 (1963); 温泉工学会誌. Vol.5, 1 (1967).
- 9) 大橋 茂: 総合研報化学編, p.90 (1942).
- 10) 紙谷 威: 岩間噴泉塔群の調査報告, 1-38 (1987).
- 11) 「自然人」編集委員会, 自然人, 2, 5, 20 (1988).
- 12) 米田勇一, 植物分類地理, 11, 211 (1942).
- 13) 本浄高治: ぶんせき, 1990, 213.