

湯の華の鉱物学的研究, その2

Mineralogical study of Spa-sinters, Part II

上野 禎一 税所 美早 牛島 美希 三村 千紘

Teiichi UENO Misa SAISHO Miki USHIJIMA Chihiro MIMURA

福岡教育大学 地学教室

(平成22年9月30日受理)

Abstract

Spa-sinters from the representative hot springs in Japan were mineralogically investigated.

The sulfur-sinters are almost composed of α -sulfur and have yellow to yellowish white colors. They are observed in Niseko-spa (Hokkaido), Zao-spa (Yamagata), and Ioudani-spa (Kagoshima).

The calcic-sinters are composed of carbonate minerals; calcite and aragonite, and have white to brown colors. Only calcite-sinters are observed in Futamata-spa (Hokkaido), Kawazu-spa (Shizuoka), and Dogo-spa (Ehime). Only aragonite-sinters are observed in Atagawa-spa (Shizuoka) and Shirahama-spa (Wakayama). Both calcite- and aragonite-sinters are observed in Niseko-spa (Hokkaido), Hiratanai-spa (Hokkaido), Geto-spa (Iwate), Nigorigawa-spa (Gifu) and Hanayama-spa (Wakayama). These facts might give a bright light for the elucidation of the inversion problem between calcite and aragonite.

I. はじめに

昭和23年7月10日に温泉法が制定されてから既に60年が経過し、日本各地の温泉は国民の健康増進、医療、慰安、懇親に役立ってきているが、近年、温泉場で湯治や温泉療法を受けていた老人達の間での循環湯システムに起因する伝染病の発生や都会の温泉施設での天然ガスの管理ミスが原因の爆発による死亡事故等も起こっていることもあり、安全・保安・適正の観点から平成に入ってから8回の温泉法の改正が為され現在に至っている。

温泉法の第1条には「温泉を保護し、温泉の採取等に伴い発生する可燃性天然ガスによる災害を防止し、及び温泉の利用の適正を図り、もって公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。」とあるが、正にその通りで、日本国民及び来日外国人ビジネス・観光客の健康と福祉の増進に国内の温泉を有効にかつ適切に運営・維持管理していかななくてはならない。環太平洋造山帯に属する世界有数の火山国である我国としては、この温泉資源を有効に活用し、人類の健康増進と良好な国際関係を築く為にも、温泉大国を目指さなくてはならないと考える。近年、中国・台湾・韓国からの日本の温泉巡りツアーの観光客が大幅に増加していることもあり、営利目的を優先した軽はずみで安易な温泉の開発及び運営は、国際的な信用を失墜する危険性があるため、厳しく取り締まらなくてはならない。

ところで本研究は、温泉水中に溶け込んでいる鉱物成分の結晶である湯の華を鉱物学的に調べるもので、既に上野他(2008)により北海道の登別温泉をはじめ、鹿児島県の霧島温泉までの17温泉を選び、それら

の湯の華の鉱物組合せ、泉質と効能との関係について報告されているが、今回の報告は、その第2報で、北海道のニセコ温泉をはじめ鹿児島県の硫黄谷温泉までの12温泉の湯の華を調べた税所以下3名の卒業研究をまとめたものである。



図1. 湯の華採取温泉一覧

II. 湯の華の試料

試料の入手法については、上野他（2008）に記載されているが、今回も同様な方法で、各地の温泉旅館の皆様との温かい協力を得て入手し研究に使用した。それらの湯の華を得た温泉の名称と場所を図1に表示する。北海道からはニセコ、二股ラジウム、平田内の三温泉、東北からは夏油、蔵王の二温泉、関東甲信越からは熱川、河津、濁河の三温泉、近畿からは花山、白浜の二温泉、四国からは道後温泉、九州からは硫黄谷温泉を選んでいる。表1には試料番号、温泉名、温泉の所在地、泉質、湯の華の分類名一覧を示す。今回の研究試料は、分類上、硫黄華のみが二温泉、石灰華のみが九温泉、硫黄華と石灰華の両者の湯の華をもつのが一温泉という結果を得ている。

表1. 研究に使用した湯の華試料一覧

試料番号	温泉名	所在地	泉質	湯の華の分類
NIS-1	ニセコ	北海道	炭酸水素塩素泉、硫黄泉	石灰華・硫黄華
FTM-1	二股ラジウム	北海道	ラジウム・Na・Ca・塩化物泉	石灰華
HTN-1	平田内	北海道	Na・塩化物泉	石灰華
GET-1	夏油	岩手	含土類食塩線	石灰華
ZAO-1	蔵王	山形	強酸性含 Fe-Al-硫黄泉	硫黄華
ATG-1	熱川	静岡	Na・塩化物硫酸塩泉	石灰華
KWD-1	河津	静岡	Ca・Na・塩化物泉	石灰華
NIG-1	濁河	岐阜	Na・Ca・Mg-炭酸水素泉	石灰華
SIH-1	白浜	和歌山	Na・塩化物炭酸水素塩泉	石灰華
HAN-1	花山	和歌山	含 CO ₂ -Fe-Ca-塩化物炭酸水素塩泉	石灰華
DOG-1	道後	愛媛	アルカリ性単純泉	石灰華
IOD-1	硫黄谷	鹿児島	硫黄泉、明礬泉	硫黄華

III. 実験方法

今回の研究で行った実験の方法については、上野他（2008）により記載された通りであるが、X線粉末回折データは、Mac Science社製の封入型X線粉末回折装置でCuK α 線を用いて、40kV-30mAの条件で分析を行い鉱物組合せを求めた。外部標準としてSiの結晶を用い、一部の鉱物については、最小二乗法にて格子定数を算出して、JCPDS Cardのデータと比較した。又、一部の試料については、走査型電子顕微鏡JSM5200を用い、加速電圧：15kvの条件で二次電子像により湯の華の結晶外形及び表面構造等を観察し、SEM像の撮影を行った。

IV. 温泉の説明と実験結果

1. ニセコ温泉（北海道）

雄大なニセコ連峰の主峰アンヌプリ山（1,308m）の周りに分布する明治時代から100年以上の歴史をもつ名湯で、五色、ニセコ湯元、薬師、昆布川、ニセコ昆布、アンヌプリ、東山、真狩温泉等からなる広大な温泉郷を形成している。五色、ニセコ湯元温泉は硫黄泉、薬師、昆布川温泉は炭酸水素塩素泉、ニセコ昆布、アンヌプリ温泉は塩化物泉、東山温泉は弱食塩泉、真狩温泉は鉄鉱泉と言われ、泉質が豊富な温泉郷とされている。今回、研究に使用した湯の華は、炭酸水素塩素泉である薬師温泉から頂いたもので、無臭で白色～茶褐色を呈している塊状物質である。X線粉末回折の結果、結晶性はあまり良くないが、霏石と方解石のピークが診られた。湯の華としては分類上、石灰華と言えよう。泉質が炭酸水素塩素泉であることから、温泉母岩中のCa-鉱物と反応して炭酸カルシウムの湯の華が生じたものと考えられる。

表2. 二股ラジウム温泉産湯の華のX線粉末回折結果

Sample No.=FTM-1				JCPDS Card No.=50586		
				CaCO ₃ Calcite, Syn		
2θ	d _{obs} (Å)	d _{calc} (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀	hkl
22.78	3.900	3.87	6	3.860	12	012
29.18	3.058	3.049	100	3.035	100	104
31.14	2.870	2.860	3	2.845	3	006
35.76	2.509	2.502	15	2.495	14	110
39.24	2.294	2.293	19	2.285	18	113
43.00	2.102	2.101	16	2.095	18	202
46.86	1.937	1.934	7	1.927	5	024
47.30	1.920	1.922	21	1.913	17	018
48.32	1.882	1.883	23	1.875	17	116
56.40	1.630	1.631	3	1.626	4	211
57.24	1.608	1.609	10	1.604	8	122

Rhombohedral (Hexagonal)

$a = 5.005(3) \text{ \AA}$

$c = 17.16(2) \text{ \AA}$

$a = 4.989 \text{ \AA}$

$c = 17.062 \text{ \AA}$

2. 二股ラジウム温泉（北海道）

長万部町から山奥に18km程入ったところにあるラジウム温泉で、熊が温泉につかっているところをアイヌの人々が発見し、明治時代からは湯治場として付近の住民に利用されてきている。一軒宿の温泉で、深い原生林に囲まれており、林道ではしばしばキタキツネに出会うという。泉質はラジウム-Na-Ca-塩化物泉とされているが、CaCO₃が大量に含まれ、巨大な放射性石灰華が存在している。二股地区には大きな石灰岩層があり、ここを温泉水が通過して豊富に湧き出しているため、アメリカのイエローストーン国立公園に有る様な見事な石灰華ドームとなっている。源泉の温度は50°C程であるが、茶褐色を呈しており、タオルもすぐに着色してしまうそうである。湯の華は無臭で薄い茶褐色を呈しているが、X線粉末回折の結果では、100% 方解石である。表2にX線粉末回折の結果を示す。JCPDS Cardのデータと比較して各ピークの強度比は極めて良く一致しているが、d値が大きく出ており、格子定数は、a, c軸共、合成の純粋なカルサイトより大きな値を示しているため、Caよりイオン半径の大きいSrのような元素を含んでいる可能性が高い。図2にSEMの画像を示すが、結晶質が良く、最大300μm程の方解石の自形結晶の集合体となっていることが判明した。



図2. 二股ラジウム温泉湯の華のSEM像（方解石）

3. 平田内温泉（北海道）

二世郡の八雲町にある温泉で、「熊の湯」と言う野湯があることで地元では大変有名な温泉である。この「熊の湯」と言う野湯は、岩をくり貫いて造られており、なかなか野性的で面白くしかも入湯料は無料である。85°Cの高温泉なので、近くの川の水をホースで注入し湯温を調整しながら入るようである。脱衣小屋はあるが、野性味溢れる混浴の為、水着を持参の方が無難とのことである。最近、九州の別府温泉郷にある秘湯に向かう途中の若い女性は何物かにより殺害されるという、大変痛ましい事件が起こっているので、こうした秘湯に行かれる方は、比較的頼りになる男性を伴った複数で出掛けるようにされたい。ここの秘湯は川のせせらぎを聞きながら、どっぷりと自然に包まれての入浴が可能でこれは何物にも代えがたいそうである。八雲町というのは、日本で唯一太平洋と日本海に面している町で、太平洋のホタテ貝と日本海のアワビが堪能できる町として、食通には嬉しい町なので、是非訪れることをお勧めする。ところで源泉の泉質は、Na-塩化物泉だが塩辛さは無いそうである。湯の華は、薄い茶色を呈していて軽く硫黄臭がするが、X線粉末回折の結果では、方解石と霰石の混合物であった。表3にX線粉末回折の結果を示す。方解石については、JCPDS Cardとの一致はd値及び強度とも比較的良いが、霰石に関しては、指数によりd値が小さめに出ている部分もあり、強度比もJCPDS Cardのデータとあまり一致していないので、Mg等の他成分を含む可能性が高いと考えられる。正確なところは、EPMA等による分析が必要である。

4. 夏油温泉（岩手県）

北上市より西へ車で50分、焼石岳（1,548 m）の北東山麓の夏油川沿いにあるみちのくの秘湯である。「ゲトウ」という名は、アイヌ語の「グット・オ」（崖のあるところ）から来ており、冬場は豪雪の為近づけず、夏のみ温泉場であるところから「夏湯（げとう）」とも言われ、お湯が夏の日差しにキラキラと油のように輝いて見えたことから「夏油」と呼ばれるようになったそうである。温泉の発見由来については、今から850年程前、平家の落人の末裔であるマタギの高橋四郎左衛門が、傷ついた白猿を追って行ったところ、大湯で傷を癒している姿を見て発見したという話が伝わっている。泉質は含土類食塩泉又はNa-Ca塩化物泉（pH=6.5）といわれ、湯の色は無色透明であるが、湯の華は白灰色を呈している。X線粉末回折の結果では、方解石と霰石の混合物であった。近くに「天狗の岩」と呼ばれるドーム状の石灰華がある（1957年に国の特別天然記念物に指定）。これは高さ7.6m、下底部の直径25mで我国の噴泉塔では最大のものである。

表3. 平田内温泉産湯の華のX線粉末回折結果

Sample No.=HTN-1			JCPDS Card No.=50586			JCPDS Card No.=411475		
			CaCO ₃ Calcite, Syn			CaCO ₃ Aragonite		
2θ	d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀	hkl	d (Å)	I/I ₀	hkl
20.94	4.239	2				4.212	3	110
22.02	4.033	2				3.984	1	020
22.88	3.884	3	3.860	12	012			
26.00	3.424	38				3.397	100	111
26.98	3.302	21				3.274	50	021
29.30	3.046	100	3.035	100	104			
31.40	2.847	3	2.845	3	006	2.872	6	002
32.56	2.748	5				2.733	9	121
32.92	2.719	12				2.702	60	012
35.98	2.494	28	2.495	14	110	2.481	40	200
37.12	2.420	10				2.411	14	031
37.64	2.388	11				2.373	45	112
38.24	2.352	34				2.342	25	130
						2.330	25	022
39.28	2.292	7	2.285	18	113			
41.02	2.198	9				2.190	12	211
41.42	2.178	3				2.168	2	131
42.74	2.114	31				2.108	20	122
						2.108	20	220
43.16	2.094	4	2.095	18	202			
45.66	1.985	57				1.977	55	221
						1.950	1	032
47.06	1.929	8	1.927	5	024			
47.44	1.915	10	1.913	17	018			
48.14	1.889	30				1.882	25	041
48.54	1.874	9	1.875	17	116	1.878	25	202
49.18	1.851	3				1.862	2	013
50.00	1.823	15				1.828	4	212
						1.815	20	132

5. 蔵王温泉 (山形県)

山形蔵王山麓, 標高900mの地にあり, 夏は山形市街地より約10°Cも涼しいリゾート地で, 冬は積雪が多くスキー・スノーボードのメッカとなっている。筆者の一人も学生時代, 毎年スキーとこの温泉を堪能したものである。白布温泉 (山形), 信夫温泉 (福島) と共に「奥羽三高湯」に数えられている高温の温泉である。開湯は古く西暦110年, 今から1900年前, 日本武尊の東征に従った吉備多賀由により発見されたとされている。初めは発見者に因んで多賀由温泉と呼ばれていたが源泉の温度が高い為に高湯温泉と名を改め, さらに蔵王温泉と名称を変更し現在に至っている。湯量は毎分5,700 l, 8,700t/dayであり, お

表4. 熱川温泉産湯の華のX線粉末回折結果

Sample No.=ATG-1				JCPDS Card No.=411475 CaCO ₃ Aragonite		
2θ	d _{obs} (Å)	d _{calc} (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀	hkl
21.12	4.203	4.202	4	4.212	3	110
				3.984	1	020
26.18	3.401	3.388	57	3.397	100	111
27.20	3.276	3.267	31	3.274	50	021
				2.872	6	002
32.86	2.723	2.726	9	2.733	9	121
33.20	2.696	2.694	15	2.702	60	012
36.28	2.474	2.474	46	2.481	40	200
37.42	2.401	2.406	21	2.411	14	031
38.02	2.365	2.366	15	2.373	45	112
38.50	2.336	2.337	66	2.342	25	130
				2.330	25	022
41.30	2.184	2.184	18	2.190	12	211
				2.168	2	131
42.98	2.103	2.104	64	2.108	20	122
				2.108	20	220
45.92	1.975	1.973	100	1.977	55	221
				1.950	1	032
48.40	1.879	1.879	41	1.882	25	041
				1.878	25	202
				1.862	2	013
50.04	1.821	1.823	8	1.828	4	212
50.32	1.812	1.811	23	1.815	20	132

Orthorhombic

$a=4.949(4)$ Å	$a=4.9623(3)$ Å
$b=7.955(5)$ Å	$b=7.968(1)$ Å
$c=5.727(6)$ Å	$c=5.7439(3)$ Å

湯は乳白色を呈し強い硫黄臭がある。強い酸性の硫黄泉であり、特に皮膚に効くことから、「子供が丈夫に育つ湯」、「難病治療の湯」、又肌を白く滑らかにすることから「姫の湯」「美人づくりの湯」とも言われている。湯の華は乳白色を呈しているが、X線粉末回折の結果では、100% α -硫黄であった。

6. 熱川温泉（静岡県）

伊豆半島東海岸の中程にある室町時代に発見された歴史的温泉である。江戸城を築いた太田道灌が、狩りの途中にこの地に立ち寄り湯煙りが上がる川で傷を癒す猿を見て温泉を発見したという逸話が残っている。熱川温泉発展の立役者としての太田道灌の像が建立されている。温泉熱を利用して世界各地より集めたワニ、27種350頭を飼育している熱川バナナワニ園は有名である。泉質はNa-Ca塩化物泉（99.5°C）で、無色透明だが、少し塩分があるので保温効果があるとされている。湯の華は白色を呈しているが、X線粉末回折の結果では、結晶度の良い霰石であった。表4にX線粉末回折の結果を示す。JCPDS Cardのデータと比較して、強度の順番が一致していないが、d値に関しては、良く一致しているので、霰石で間違いないと思われる。a, b, c軸共、JCPDS Cardのデータより小さく出ているので、Mg等のイオン半径の小さな元素を含んでいると考えられる。

7. 河津温泉（静岡県）

東に相模湾、背後に天城山をひかえる河津川沿いに広がる伊豆の温泉で、約1,500年前に開湯されたと言われ、川端康成の「伊豆の踊子」のワンシーンにもなった所でもある。地上30mにも吹き上がる「峰の大噴湯」は東洋一の源泉と言われ、約100°Cの塩化物泉が、600 l / 分湧出しており、ここから採れる湯の華は、お土産として人気となっている。今回の研究で調べた湯の華は、河津温泉郷中の谷津温泉の「旅師の宿、やかた」から送って頂いた白色のもので、X線粉末回折の結果では、結晶度の良い方解石であった。図3にSEMの画像を示す。結晶質が良く、SEMの画像では、最大30 μ m程の綺麗な方解石の結晶形を示している。谷津温泉というのは、約1,500年前に僧行基が開湯したとされている古い温泉で、曾我兄弟の父、河津三郎にまつわる歴史や河童のカメの言い伝えが残されている。

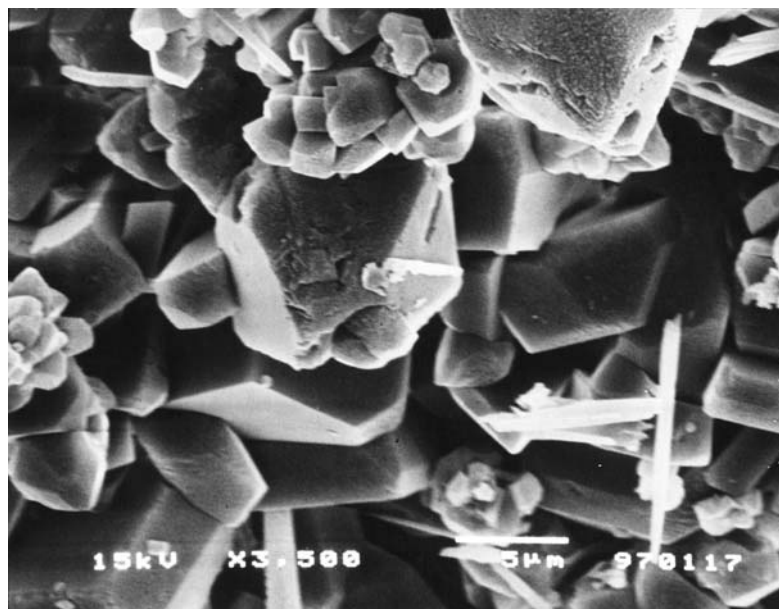


図3. 河津温泉湯の華のSEM像（方解石）

8. 濁河温泉（岐阜県）

木曾御嶽山（3,067m）の7合目に広がる星空が美しい飛騨小坂温泉郷の一つで、標高1,800mの日本一高所にある秘境の温泉地である。星空の美しさは、他と比べようもなく綺麗で、手の届きそうな満天の星空を眺めながら入る露天風呂は格別の感があるそうである。泉質は、Na-Ca-Mg-炭酸水素塩泉、塩化物

泉, 含土類芒硝泉等, 複雑である。湯の華は「旅館, 御岳」の温泉タンクの配管に付着している固形化した結晶を, 旅館の好意により頂いたもので, 無臭で黄灰色をしており, X線粉末回折の結果では, 霰石と方解石の混合物であり, 最強ピークどうしの強度比からは, 霰石の結晶量が方解石よりも卓越していることが判明した。

9. 白浜温泉 (和歌山県)

有馬, 道後温泉と並び, 日本三古湯の一つに数えられている温泉。飛鳥, 奈良朝の時代から「牟婁 (むろ) の温湯」「紀の温湯」の名で知られ, 斉明, 天智, 持統, 文武天皇をはじめ, 多くの宮人達が来泉された1,400年余りの歴史をもつ由緒ある温泉である。「崎の湯」, 「牟婁の湯」, 「しらすな」, 「白良湯」, 「松の湯」, 「網の湯」の外湯6湯と「足湯」の7湯からなる温泉郷である。万葉集にも詠われており, 海沿いには大自然が造った千畳敷や三段壁, 円月島などの景勝地が点在する我国有数の観光地である。泉質は, Na-塩化物・炭酸水素塩泉で, 60~85°Cと比較的高温の温泉である。湯の華はクリーム色で少し硫黄臭をもつが, X線粉末回折の結果では, 霰石のパターンを示すが, 低角度側の主なピークがダブルピークとなっているため, Mg含有量の多い霰石と少ない霰石の混合物からなっている可能性がある。

10. 花山温泉 (和歌山県)

和歌山市郊外, 花山にある開湯803年と言われる古くからある温泉で, 花山薬師温泉とも言われている。源泉はNa, Ca, Mg, Fe分が多く含まれ, 湧出時は無色透明だが, 空気に触れ次第に茶褐色に変化する。泉質は, 含CO₂-Fe-Ca-Mg-塩化物・炭酸水素塩泉で, pHは6.4である。毎日本木の年輪の様に成分が結晶化して湯の華が積み重なって堆積している。源泉からすぐに結晶化したものは, 白色の方解石であるが, 空気に触れ浴槽で結晶化したものは, X線粉末回折の結果では, 霰石と方解石の混合物であった。図4, 5にSEMの画像を示す。図4は, 霰石の連晶を, 又図5は, 方解石の連晶を示す。炭酸ガスの圧力のみで温泉が自噴し, 炭酸ガスが温泉の成分中に1,742.4mgも含まれている数少ない炭酸温泉である。Ca成分も多い為, CaCO₃が湯の華として結晶化するようである。

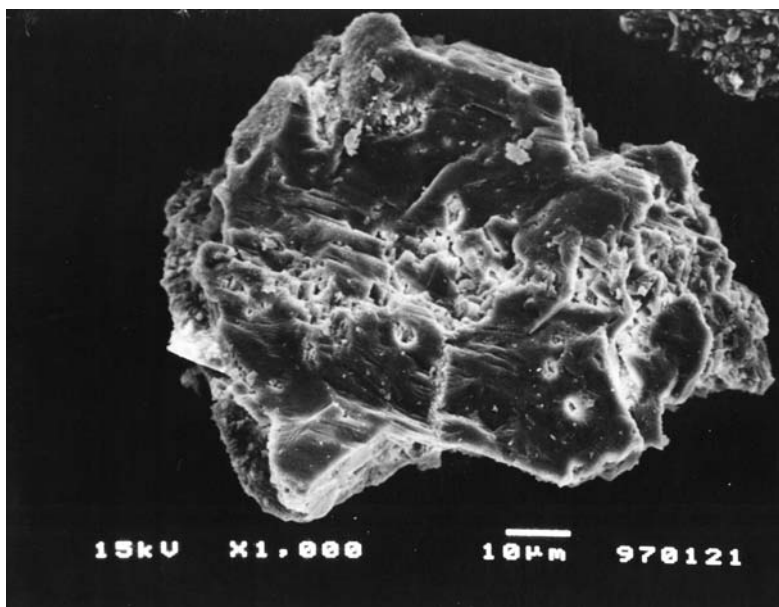


図4. 花山温泉湯の華のSEM像 (霰石)

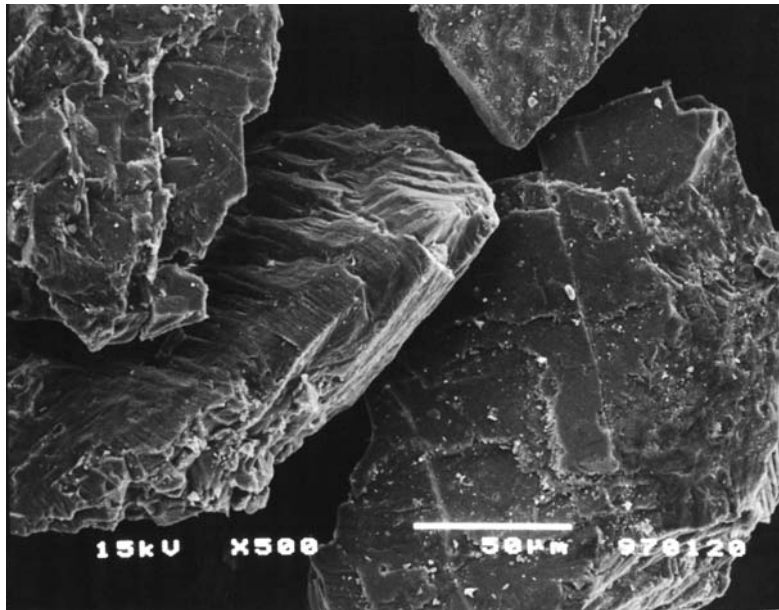


図5. 花山温泉湯の華のSEM像（方解石）

11. 道後温泉（愛媛県）

日本書紀，万葉集にも登場する3,000年を越える歴史をもつ日本最古の温泉である。シンボルは明治27年に建築された道後温泉本館で，夏目漱石の「坊っちゃん」にも登場している。古代には，伊予の熟田津の温泉と言われていたが，大化改新（645年）以降，各国に国府なるものが置かれ，この地方の国府を中心に，道前，道中，道後と三つに分けて呼ばれた為，温泉の位置する地域名から道後温泉と呼ばれるようになった。温泉の発見に関しては，古くから様々な興味ある伝説が残されているが，一番有力なのは，白鷺伝説である。すなわち，足に傷を負い苦しんでいた一羽の白鷺が，岩間から噴出する温泉を見つけ，毎日やってきてその中に足を浸したところ，傷は完全に治り元気に飛び立っていったというもので，それ以来，周辺の人々が健康回復の為に入浴を始めたのがこの温泉ということである。この白鷺による発見を記念して，「鷺石」という石が置かれていたが，現在は「放生園」という所に移され保存されているとのことである。泉質は，アルカリ性単純温泉（20～55℃）で，28本の源泉がある。湯の華は少ないが，白色の方解石でX線粉末回折の結果では，強いピークが出ている。

12. 硫黄谷温泉（鹿児島県）

始良郡牧園町，霧島山南西山麓にある霧島温泉郷の一つである。自噴泉が地下のマグマの影響で時折吹き上がる，まさにマグマの上に出来ている温泉と言われている。慶応二年（1866年），幕末の寺田屋事件で負傷した坂本龍馬は，妻お龍と共に療養と日本人初の新婚旅行を兼ねてこの地方を訪れており，又，温泉好きの与謝野鉄幹・晶子夫妻も来ていたとされている。泉質は，硫黄泉，明礬泉，鉄泉，塩類泉，炭酸泉，アルカリ泉，ラジウム泉と多彩である。湯量6t/分，45～62℃，pH=3.2～5.8の強酸性の白濁したお湯で，湯の華が浮いているそうである。湯の華は白黄色で，X線粉末回折の結果では，ほとんど硫黄の結晶であった。表5にX線粉末回折の結果を示す。JCPDS Cardのデータと比較して，d値及び強度共，極めて良く一致している。格子定数は，JCPDS Cardのデータと比較してa，b，c軸共，やや大きいので，Sよりイオン半径の大きな元素を含んでいる可能性がある。

表5. 硫黄谷温泉産湯の華のX線粉末回折結果

Sample No.=IOD-1				JCPDS Card No.=80247		
				α -S Sulfur, syn		
2θ	d_{obs} (Å)	d_{calc} (Å)	I/I_0	d (Å)	I/I_0	hkl
15.83	5.76	5.75	11	5.76	14	113
21.84	4.07	4.06	16	4.06	12	220
23.02	3.86	3.85	100	3.85	100	222
24.80	3.59	3.57	7	3.57	8	133
25.80	3.45	3.44	32	3.44	40	026
26.62	3.34	3.34	30	3.33	25	311
27.64	3.22	3.21	47	3.21	60	040
28.64	3.11	3.11	28	3.11	25	313
28.94	3.08	3.08	14	3.08	18	135
31.40	2.846	2.847	21	2.842	18	044
34.12	2.626	2.623	18	2.621	14	137
35.86	2.502	2.501	13	2.501	8	244
37.02	2.426	2.426	16	2.424	14	317
37.88	2.373	2.378	13	2.375	4	422
39.30	2.291	2.287	7	2.288	6	0210
42.68	2.117	2.116	19	2.112	10B	319
45.52	1.991	1.989	6	1.988	4	408
46.28	1.960	1.959	6	1.957	2	262
47.70	1.905	1.904	17	1.900	8B	515
49.90	1.826	1.825	8	1.823	4	2410
51.22	1.782	1.784	17	1.781	12	266
51.96	1.758	1.756	10	1.754	8	535
53.02	1.726	1.728	17	1.725	8	602
53.96	1.698	1.701	10	1.698	8	1313

Orthorhombic

$a=10.471(5)$ Å	$a=10.45$ Å
$b=12.866(9)$ Å	$b=12.84$ Å
$c=24.47(2)$ Å	$c=24.46$ Å

表6. 湯の華の構成鉱物と温泉効能一覧

温泉名	所在地	湯の華の分類	構成鉱物	効能
ニセコ	北海道	石灰華・硫黄華	霏石、方解石、硫黄	慢性消化器病、やけど・切り傷、慢性便秘、慢性婦人病、痛風、糖尿病、虚弱体質
二股ラジウム	北海道	石灰華	方解石	神経痛、筋肉痛、関節痛、五十肩、運動麻痺、慢性消化器病
平田内	北海道	石灰華	方解石、霏石	筋肉痛、関節痛、打撲、慢性婦人病、冷え性
夏油	岩手	石灰華	方解石、霏石	やけど・切り傷、神経痛、リウマチ、慢性皮膚病、慢性婦人病、
蔵王	山形	硫黄華	硫黄	やけど・切り傷、慢性皮膚病、神経痛、筋肉痛、関節痛、慢性婦人病、慢性消化器病
熱川	静岡	石灰華	霏石	慢性消化器病、虚弱体質、神経痛、関節痛、五十肩、慢性婦人病
河津	静岡	石灰華	方解石	やけど・切り傷、慢性消化器病、神経痛、慢性婦人病、虚弱体質
濁河	岐阜	石灰華	霏石、方解石	動脈硬化症、高血圧症、慢性消化器病、リウマチ、糖尿病、冷え性
白浜	和歌山	石灰華	霏石	神経痛、筋肉痛、関節痛、五十肩、慢性消化器病、慢性皮膚病、冷え性
花山	和歌山	石灰華	方解石、霏石	神経痛、筋肉痛、関節痛、慢性消化器病、慢性皮膚病、動脈硬化症、高血圧症
道後	愛媛	石灰華	方解石	神経痛、リウマチ、筋肉痛、関節痛、痛風、五十肩、慢性消化器病
硫黄谷	鹿児島	硫黄華	硫黄	神経痛、筋肉痛、関節痛、打ち身、冷え性

V. まとめ

今回、12の温泉産湯の華について、主としてX線粉末回折計にて調べてみたが、9カ所が石灰華のみ、2カ所が硫黄華のみ、及び1カ所が石灰華と硫黄華という結果となった。表6に、今回調べた温泉名、湯の華を構成する鉱物及び効能の一覧を示す。

石灰華は、方解石、霏石、及び両者の混合物の三種類がみられた。方解石のみの石灰華が見られるのは、二股、河津、道後温泉で、霏石のみが見られるのは、熱川、白浜温泉で、両者がみられるのは、ニセコ、平田内、夏油、濁河、花山温泉であった。炭酸カルシウムの結晶は一般に方解石が安定とされているが、貝殻の殻体の一部や真珠等、生体が作る鉱物として霏石が見られる事が多く、又、自然界においても方解石ではなく、霏石の結晶が生じるケースも決して少なくない。熱力学的に不安定な霏石が生成されるはつきりとした理由は現在のところ判っていないが、生体反応やバクテリアの存在、その他pH、Eh、温度、圧力等の物理化学的条件の相違も指摘されている。今回の湯の華の研究においても、方解石、霏石、又その両者が見られたことは大変興味深い事実である。花山温泉の湯の華の場合が、大変面白い。源泉から温泉場にお湯を運ぶパイプの中でスケールとして結晶化した湯の華は白色の方解石であるが、湯船に導かれて、湯船の縁で結晶成長した湯の華は茶褐色の霏石なのである。温泉旅館の人によれば、源泉は無色透明

なのであるが、含まれている鉄分が空気に触れ酸化され、湯船に到達する頃のお湯の色は茶褐色になっているとのことである。湯船に導かれた後は、湯につかった人々から出る老廃物等の有機物あるいは何らかのバクテリアの存在により、霰石が湯の華として結晶化するのであるだろうか？

いくら人々が湯に浸かっても湯の華は方解石のままである温泉もあるので、そう単純な理由ではなさそうである。今後、科学的な研究を進めるべきであろう。方解石—霰石間の安定性を解明する糸口となりそうである。

硫黄華の方は、蔵王温泉と硫黄谷温泉の湯の華で見られたが、両者共X線粉末回折の結果は、 α -硫黄のパターンを示した。

湯の華と効能との関係についても考察を試みたが、どの温泉も多くの効能を列挙するため、残念ながら湯の華の種類と効能についての明瞭な関係はつかめなかった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、福岡教育大学鈴木清一教授には、エネルギー分散型EPMAの使用に関して大変便宜を図って頂いた。検鏡試料及びEPMA分析試料の作製に関しては、元福岡教育大学高須岩夫文部科学技官に大変お世話になった。記して感謝の意を表したい。

各地の温泉の歴史・効能等については、インターネットで公表されている資料を引用させて頂いた事を合わせて感謝致したい。又、親切にも学生の卒論研究の為に貴重な湯の華を提供して頂いた全国各地の温泉旅館の方々に深く御礼申し上げます。

参考文献

おとなの温泉旅行術：松田忠徳著 PHP新書 2003年
温泉法則：石川理夫著 集英社新書 2003年
温泉の指針：服部安蔵著 広川書店 1959年

引用したインターネット情報

〔ニセコ温泉〕

<http://travel.rakuten.co.jp/onsen/hokkaido/OK00054.html>

〔二股温泉〕

<http://www.futamata-onsen.com/>

〔平田内温泉〕

<http://www.n43.net/onsen/hiratanai/>

〔夏油温泉〕

<http://mizuki.sakura.ne.jp/~geto/>

〔蔵王温泉〕

<http://www.zao-spa.or.jp/>

〔熱川温泉〕

<http://www.atagawa.net/>

〔河津温泉〕

<http://www.kawazu-onsen.com/>

〔濁河温泉〕

http://www.jalan.net/onsen/OSN_50305.html

〔白浜温泉〕

<http://www.nanki-shirahsama.com/>

〔花山温泉〕

<http://www.hanayamaonsen.com/>

〔道後温泉〕

<http://www.dogo.or.jp/>

〔硫黄谷温泉〕

<http://www.kirishima-hotel.jp/>