

群馬県の温泉沈澱物

—伊香保温泉鉄質沈澱物—

東北大学教養部化学科
鈴木 励子

Hot-spring Deposits in Gunma Prefecture: Ikaho Ferruginous Sinters

Reiko SUZUKI
College of General Education, Tohoku University

1. はじめに

群馬県には多数の温泉が湧出する。それに伴って多種多様な温泉沈澱物が見られる。特に有名なのは草津温泉の湯の花である。多くの沈澱物の中から過去10年間に採取した温泉沈澱物について化学分析を行ない、主成分によって分類した。下記に産地の温泉名を示す。

鉄質沈澱物：伊香保，塩の沢，青倉，大前，下仁田，老神，増田，梨木，鹿沢，孺恋，根羽沢，五色。

石灰華：星尾，荒船，浅間高原，湯ノ沢，磯部，赤城，湯ノ小屋2号

マンガン沈澱物：北軽井沢，湯ノ小屋1号

石膏：谷川，四万，尻焼，老神7号，湯ノ平

ケイ華：新巻

以上のうちから鉄質沈澱物を多量に析出する伊香保温泉沈澱物について報告する。

伊香保温泉に関する研究は古くから多くの研究者によって行われ文献も多い。引湯に伴う沈澱物の変化についても，例えば甘露寺と田中(1970)，酒井と鈴木(1986)などがある。

荒木と平山(1974)は本邦の温泉から析出した鉄質沈澱物中のマンガン含量を求めている。著者は伊香保温泉沈澱物の鉄およびマンガンの存在状態を知る目的でX線粉末回折，紫外反射スペクトル，ESRスペクトルを測定した。

2. 実 験

2.1 沈澱物の析出状況

伊香保温泉の特徴は数ヶ所より自然湧出する温泉水を集めて，一本のパイプ(本線と言う)で送湯し，小間口と呼ばれる分岐設備より各施設に分湯される。その間温泉水は20%の急傾斜地を約750mも流下する。温泉水は激しく攪拌されそれによってCO₂を放出しpHは上昇する。pHの変化は温

泉水の化学成分に変化を来し沈澱物を析出する。その様子は小間口を蓋ったガラス窓と照明設備で外部から観察できる。本線および小間口は厳重な管理下にあるために、雨水、生活廃水、地下水が混入しないように出来ている。

試料としての温泉水および沈澱物は各小間口で採取し、St.1, St.2, St.3, St.4とした。化学分析の結果を温泉水については表1に、沈澱物については酸化物として表2に示した。

表1 伊香保温泉水の化学成分*

No.	St.1	St.2	St.3	St.4
採水場所	本線湯元	本線薬師共同湯こま口	本線金太夫こま口	本線村松前こま口
性状	無色透明	無色透明	淡黄色微濁あり	淡黄色微濁あり
泉温(気温)℃	46.6(5.0)	46.3(4.8)	46.3(6.4)	46.1(6.4)
pH (現地)	6.2	6.6	7.4	7.6
蒸発残留物(mg/l)	1066	1069	1073	1063
K ⁺ (mg/l)	11.4	11.4	11.4	11.4
Na ⁺ (mg/l)	112	112	112	112
Ca ²⁺ (mg/l)	134	134	133	133
Mg ²⁺ (mg/l)	29.4	29.4	29.0	29.5
T-Fe ²⁺ (mg/l)	6.5	6.5	6.5	6.0
Mn ²⁺ (mg/l)	1.47	1.43	1.43	1.43
Cl ⁻ (mg/l)	131	130	130	131
F ⁻ (mg/l)	0.14	0.14	0.14	0.14
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	328	328	315	315
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	273	264	270	269
CO ₂ (mg/l)	202	174	79.2	52.8
F ₂ SiO ₃ (mg/l)	194	191	191	189

* 酒井, 鈴木 (1986)

採水日: 1980年2月26日

表2 伊香保温泉沈澱物の化学組成*

No.	St.1	St.2	St.3	St.4
沈澱物の色	茶褐色	茶褐色	黄土色	灰緑色
H ₂ O (-) %	12.21	11.80	10.84	10.59
Ign. loss %	9.54	10.37	11.56	12.29
SiO ₂ %	19.95	18.08	20.26	24.47
CaO %	1.18	1.44	2.82	3.83
MgO %	0.097	0.080	0.271	0.369
Fe ₂ O ₃ %	48.51	48.30	38.00	33.22
Al ₂ O ₃ %	8.69	9.19	8.45	7.61
Na ₂ O %	0.180	0.141	0.197	0.170
K ₂ O %	0.103	0.119	0.135	0.092
MnO %	0.083	0.562	7.78	6.92
SO ₃ %	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ToTal	100.54	100.08	100.31	99.56

* 酒井, 鈴木 (1986)

採取日: 1980年2月26日

2.2 沈澱物の化学組成

温泉水の流下に従い析出した沈澱物の色は、茶褐色から黄土色、灰緑色と変化する。これを紫外反射スペクトルで測定すると最大ピークの位置が350nmから290nmにシフトして化学組成の違いを示唆している。表2の各成分含量を縦軸に、横軸には引湯の距離に比例させてプロットしたのが図1である。図1からわかるように各成分がSt.3から急激に変化している。主成分の Fe_2O_3 が減少し、対照的に SiO_2 、 CaO 、 MnO が増加している。特に MnO 含量は7%と顕著である。荒木と平山(1974)による本邦の鉄質沈澱物中の Mn 含量が0.0006~0.81%である事と比較してみても伊香保温泉沈澱物のマンガン含量の高さは注目に値する。

2.3 X線粉末回折

沈澱物の結晶相を知る目的でSt.1とSt.4の試料についてX線粉末回折を行なった。その結果を図2に示す。St.1、4試料とも非晶質であった。St.4試料には9.92Åに1ヶのピークがみられるが結晶相の同定には致らなかった。化学分析の結果から Fe_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 、 MnO の存在が知られている事から沈澱物を1000°Cまで加熱しX線粉末回折を行なった。その結果を図3に示す。St.1ではHematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)とCristobalite (SiO_2)のピークが見られた。St.4では更にJacobsite (MnFe_2O_3)のピークが見られた。この事から加熱前のSt.1の試料は酸化鉄ゲルとシリカゲルの混合物と推定され、St.4ではその他にマンガンが取込まれていたと考える。

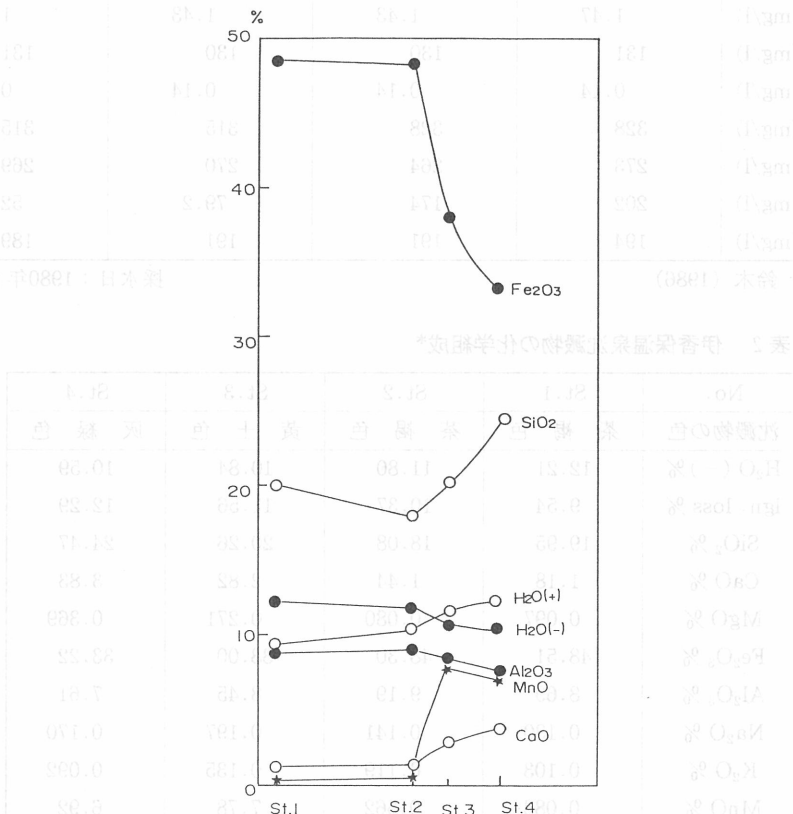


図1 伊香保温泉沈澱物の流下に伴う化学組成の変化

○：増量，●：減量，*：マンガン

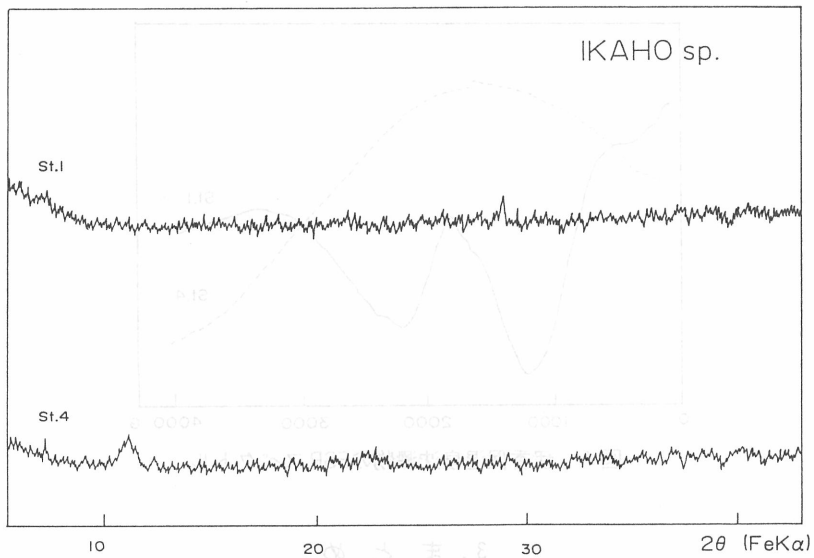


図2 伊香保温泉沈澱物のX線粉末回折

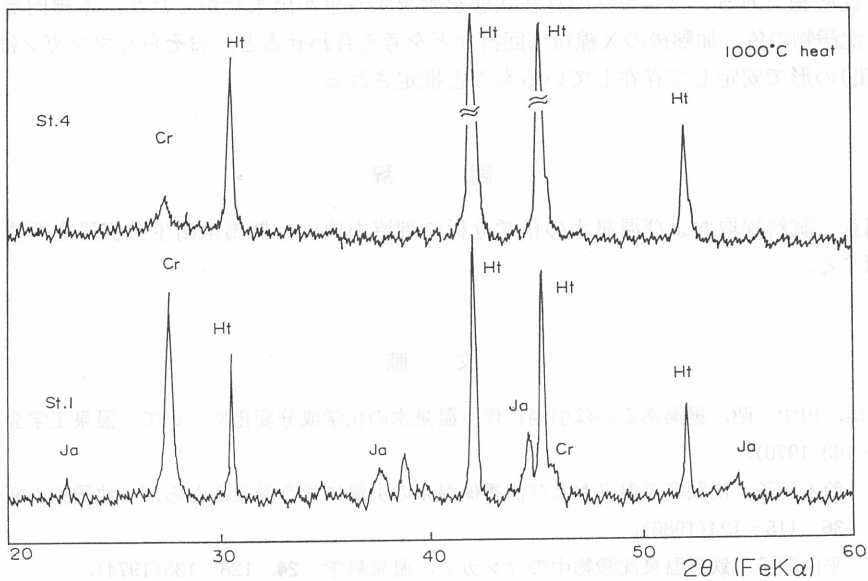


図3 伊香保温泉沈澱物の加熱後のX線粉末回折

2.4 ESRスペクトル

マンガンが存在状態を確認する意味でESRスペクトルを測定し図4に示す。St.1を実線でSt.4を点線で示した。St.1, 4ともMnに関する情報は得られず、St.1ではFe(III)のシグナルのみが見られた。St.4でもかすかなFe(III)のシグナルが見られただけであってMnの存在状態は確認できなかった。

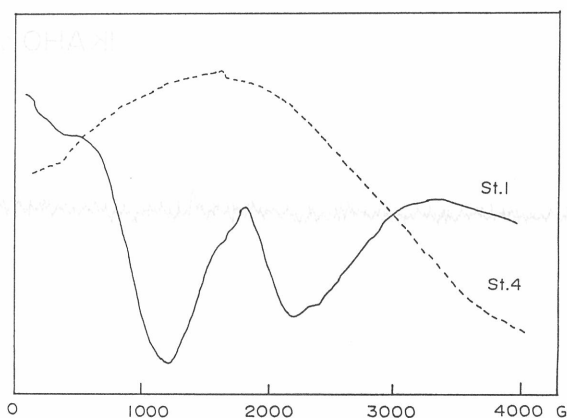


図4 伊香保温泉沈澱物のESR スペクトル

3. ま と め

以上の結果から伊香保温泉沈澱物は非晶質な鉄質沈澱物であり、流下に従ってマンガンを濃集している沈澱物である。マンガンの存在状態を確認する事が出来なかったが、本線内部の CO_2 の雰囲気、沈澱物の色、加熱後のX線粉末回折などを考え合わせると、おそらくマンガンは Mn(II) または (III) の形で安定して存在しているものと推定される。

謝 辞

現地調査、試料採取および温泉水の化学分析に御協力頂いた群馬県衛生公害研究所酒井幸子技師に深謝する。

文 献

- 甘露寺泰雄, 田中 昭, 揚湯あるいは引湯に伴う温泉水の化学成分変化について. 温泉工学会誌 **7**, 155~163(1970).
- 酒井幸子, 鈴木励子, 浅間高原温泉および伊香保温泉の引湯に伴う温泉水ならびに沈澱物の変化. 温泉科学 **36**, 115~124(1986).
- 荒木 匡, 平山順子, 鉄質温泉沈澱物中のマンガン. 温泉科学 **24**, 128~135(1974).