

## 松代温泉の石灰華の研究

柴田洋之 青木隆弘 佐藤翼 佐藤良平

【長野県屋代高等学校】

長野県にある松代温泉は湯の色が褐色であることが有名である。また大量の溶存物質(温泉1kg中に15070mg)を含み、浴槽や配管内に石灰華を形成している。また、CO<sub>2</sub>も大量に溶けており、源泉から一旦タンクに湯を入れてガス抜きを行っている。石灰華は場所により、色と形状が異なる。私たちは、各石灰華の観察および実験を行い、その成因について研究を行った。

### 1. 温泉水について

浴槽の温泉水は褐色だが、源泉は透明で淡い青色である。採取した源泉に酸素を10分間吹き込んだところ、茶褐色に色の変化が見られた。温泉水に含まれるFe(II)イオンが酸化してFe(III)イオンに変化していると考えられる。

### 2. 石灰華について

源泉からの配管内では白色、ガス抜きタンク内では白色～緑色(一部茶褐色)、浴槽から排水管では黄褐色で、繊維状に結晶成長しており、色の変化はその方向と垂直で縞状をなしている。配管中では外側から内側に向かって結晶し、その厚さは1年間で最大33mmになるため、毎年パイプの交換が行われている。

まず、これらが炭酸カルシウムであることの確認を行った。希塩酸を加えるとCO<sub>2</sub>の発泡がみられた。赤熱させて水溶液を作りCO<sub>2</sub>を吹き込むと白濁し、更に過剰に吹き込むと溶解がみられた。以上より炭酸カルシウムと同定した。ただ、希塩酸を加えると黄色の水溶液となり、赤熱すると黒色に変化することより鉄分を含むと考えられる。

各石灰華の薄片を作り偏光顕微鏡で観察した。どれも繊維状または樹枝状に結晶成長し、直消光で干渉色が炭酸塩特有の鮮やかなものであった。緑色の石灰華は白色や褐色のものに比べて細い結晶の集合体になっているのが観察された。

各石灰華における鉄イオンの価数を、ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム、チオシアン酸カリウムで調べた。白色と緑色の石灰華はFe<sup>2+</sup>が多く、Fe<sup>3+</sup>が少ない、黄褐色のものはFe<sup>3+</sup>が多くFe<sup>2+</sup>が少ないことがわかった。緑色のものはチオシアン酸カリウムで淡赤色を呈した※1。大気に触れる程度が多くなるに従って鉄イオンの酸化も進み、石灰華の色も褐色に変化することが読み取れた。

ガス抜きタンク内で石灰華の色が異なることに注目し、研究を深めた。白色の部分と緑色の部分が縞状になっているのは、緑色部に鉄分がより濃集していると考え、分析を行った。同質量の石灰華から発生す

る CO<sub>2</sub> 量を測定したが差はみられなかった。また沈殿物のほとんどが炭酸カルシウムだとわかった。エネルギー分散型蛍光 X 線装置で FeO と CaO の成分比を調べたが、有意の差はみられなかった。緑色になるのは鉄の含有量でなく、※1の事実より酸化が進むためであると考察した。鉄イオンを同程度含むのに白色であるのは意外な事であった。

石灰華の鉱物の同定をより行った。ガス抜きタンク内の茶褐色の石灰華のみ霰石で、それ以外は全て方解石であることが判明した。

### 3. 豆石状石灰華について

ガス抜きタンクの周辺りに大量の豆石状石灰華がみられた。1年前から温泉水がタンクよりあふれ出すようになり形成されたものである。非常に小さいものから最大直径 15 cm 程のものがある。上方粗粒化して堆積していることが観察された。豆石を薄片にして観察すると茶色の同心円状の層、放射状に伸びた結晶が見られた。X 線粉末回折法で方解石と判明した。9/18 と 12/25 にスcoop 1 杯を採取し、粒度分析をしたところ、粒径の頻度が大きくなっていることがわかった。

上方粗粒化の原因について研究を深めた。豆石は大きいものほど粗鬆で密度が小さいので上方に浮くと考え、粒度別の密度を測定したが、有意の差はみられなかった。豆石を水中で振動させてみたところ、上方粗粒化することが観察された。球状の温泉沈殿物生成はガスによって転がされて球状になるとのことである。豆石状石灰華の生成はあふれ出した温泉水で転がされながら球状に沈殿し、かつ上方粗粒化すると考察した。