

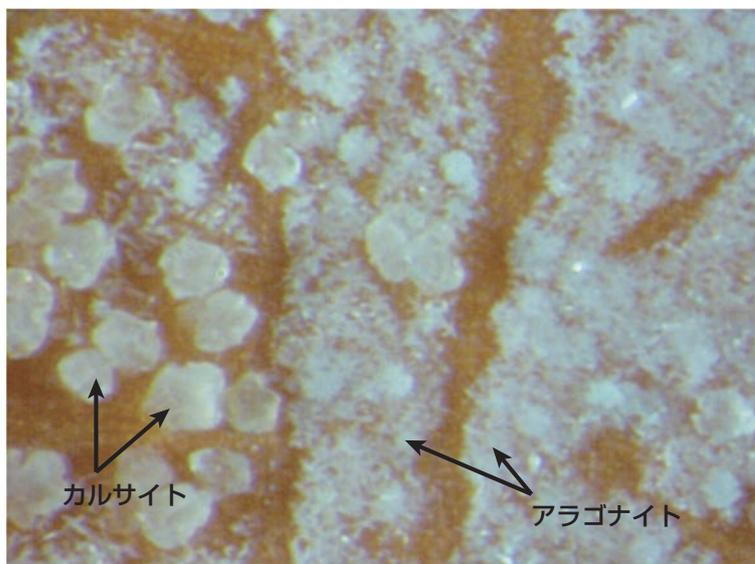
# 地熱の湯あか（スケール）

## スケールとは

湯けむり漂う温泉地の湯船には多種多様な泉質の湯があふれ、しばしば可憐な湯の華が咲き誇ります。この湯の華は温泉水の物理化学的变化によって生じた浮遊物や沈殿物のことで、鉄の赤、炭酸カルシウムの白、硫黄の黄のように湯船に彩りを添えてくれます。ところが、温泉の維持管理の観点からは湯の華は少々厄介な存在で、井戸内や配管内に付着し成長すると温泉水の生産量や給湯量を減少させ、時には井戸や配管を閉塞します。温泉や地熱ではこのような湯の華をスケールと称しています。よく問題となるスケール物質は、温泉水では酸化水酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )と炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ )、地熱水では炭酸カルシウムと二酸化ケイ素を主成分とするシリカ鉱物 ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )です。

## 対策の現状

温泉水が地上に湧き出ると、溶存する鉄分が酸化して酸化水酸化鉄を生成し、脱水反応が進行すると硬化します。対策は浮遊中にろ過除去したり、沈殿固化後には薬剤で洗い流したりしています。温泉水が井戸内を上昇し、あるいは、配管内を流動する際に圧力が低下すると、溶存する炭酸成分が脱気して炭酸カルシウムが沈殿します。対策はいろいろなものが考案・試験されています。例えば、保守管理的手法（水で希釈、沈殿槽設置、沈殿物の浚渫、閉塞配管の交換）、電磁気学的処理（電気分解、磁界照射）、化学的処理（薬剤添加）が



温泉水に浸した材料表面に成長した2種類の炭酸カルシウム鉱物（粗粒：カルサイト、細粒：アラゴナイト）

挙げられます。地熱水は高温で多量のシリカが溶存するため、生産後の温度低下によって配管やタービンにシリカ鉱物が析出します。対策として沈殿槽設置や薬剤によるpH調整と重合制御が試みられています。

## 基礎研究の展開

温泉や地熱の多段的利用が奨励・期待される中で、現状のスケール対策は泉質や利用形態を配慮するにはいまだ不十分であると思われ、今後に対策の選択肢の幅を広げ、費用対効果を向上していく必要があります。そこで、基礎研究として、スケール発生機構、各種材料の表面物性に基づく抑制機能、電磁気学的な抑制効果、回収したスケールの利活用法を検討しています。例えば、炭酸カルシウムについて、マクロな観点からは脱気した分の炭酸ガスを温泉水に

圧入して送水時の沈殿を抑制する方法を、ミクロな観点からは温泉水に材料を浸して生成するスケールの種類とそれらの成長速度を調査する方法（図）や、結晶核形成に対する溶存成分の影響の調査方法について、検討しています。このような基礎研究にはいろいろな物理化学特性が関係するので、例えば材料開発分野などの分野横断的な連携・推進が必要です。

地圏資源環境研究部門  
地熱資源研究グループ  
佐々木 宗建