

## 酸性温泉緑色バイオマット中における単細胞紅藻出湯小米（イデユコゴメ）による Si-生体鉱物化作用

### Si-biomineralization of the unicellular red alga, *Cyanidium caldarium*, in acidic hot springs

# 朝田 隆二[1], 田崎 和江[2]

# Ryuji Asada[1], Kazue Tazaki[2]

[1] 金大・自然・地球環境, [2] 金沢大・理・地球

[1] Global Environmental Sci., Kanazawa Univ., [2] Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ.

全国各地の酸性泉に生成する緑色バイオマット中の単細胞紅藻類出湯小米(イデユコゴメ)による Si-生体鉱物化作用について研究を行った。緑色バイオマットは pH 1~3、温度 30~60 の環境下で発達し、温泉の湧出口付近、温泉が流れる斜面や浴槽の縁などによく発達する。イデユコゴメの細胞壁には主にシリカによってできた殻が形成しており、イデユコゴメの耐熱・耐酸性の能力を高めていると考えられる。また、培養実験からイデユコゴメやその他の微生物のコミュニティがバイオマットの形成に大きく関わっていることが明らかとなった。本研究では「生命と鉱物」の境界領域の分野において、貴重なデータを提供した。

ケイ素は地殻表層の主要構成元素のひとつであり、火成岩、堆積岩、地下水、温泉水、海および生物体内などの至る所に、シリカ鉱物、ケイ酸塩鉱物、ケイ酸イオンおよび有機物との複合体のように様々な状態で存在している。それゆえ、ケイ素は地球表層の物質循環、生命の進化および人間社会で使われる材料に深く関わり、様々な分野の研究者によって研究されてきた。しかし、「生命と鉱物」といった境界領域の分野において、特に、微生物によるケイ素の生体鉱物化作用については不明な点が多く残されている。生体鉱物化作用は、温泉、鉱山廃水などでみられる微生物と鉱物の集合体で構成されるフィルム状、マット状、テラス状のバイオマットと呼ばれる構造物中で起っている。

本発表では全国各地の酸性温泉に生成する緑色バイオマット中の好熱・好酸性単細胞紅藻類イデユコゴメ(出湯小米、*Cyanidium caldarium*)による Si-生体鉱物化作用について現地観察、室内分析および培養実験から総合的に議論する。緑色バイオマットは pH 1-3、温度 30-60 の環境下で生息し、温泉の湧出口付近、温泉が流れる斜面や浴槽の縁などによく発達する。また、その光学顕微鏡・電子顕微鏡観察により、イデユコゴメの細胞壁は非晶質あるいは低結晶質シリカが析出しており、細胞壁全体を覆い全体として殻状になっていることが明らかになった。ここではその殻をシリカクラストと呼ぶことにする。そのシリカクラストは2重になっていることが多く、イデユコゴメの耐熱・耐酸性の能力を高めていると考えられる。また、それらの超薄切片法による透過型電子顕微鏡観察から細胞の増殖とシリカクラストの形成のプロセスについて明らかになった。さらに、イデユコゴメのコロニー形成を行ない、それに伴って、その内部にシリカの濃集および結晶化が生じ、コロニー全体の形態が角張ってくる。また、コロニーが大きくなるにつれて部分的にイデユコゴメ内部の葉緑体の溶出による透明化がおこることが明らかになった。培養実験からはコロニー形成に伴う Si-生体鉱物化作用のプロセスを示す観察結果が得られた。バイオマットの断面の元素マッピングでは Si の濃度差による層構造が認められた。この密度の低い層に Fe、高い層に S の層が対応していた。またバイオマット表面付近の電子顕微鏡観察ではシリカクラストは少し厚くなるが、細胞の形を反映した組織を残している。表面から下方にいくにつれてそれらは変形したり、細胞間の隙間にシリカが充填する割合が大きくなる。FT-IR の測定結果は、表層の緑色バイオマットより下方に進むにつれて Si-O の結合を示す吸収ピークが顕著となることを示した。また、ペプチド結合および CH 結合を示す吸収ピークは上部でより大きいことが示された。これらの結果はバイオマットが構築されるにつれて、シリカの充填および有機物の溶脱が起きていることを示している。温泉水を用いた培養実験において、シリカクラストがイデユコゴメの生存能力に効果をもつことおよび微生物の分布やコミュニティがそのバイオマットの層構造の形成に大きく関わっていることが明らかとなった。本研究では細胞、コロニー単位での Si-生体鉱物化作用およびそれらの結果形成されるバイオマットについて、その一連のプロセスについてのモデルを紹介する。また、本研究で得られた結果は今後「生命と鉱物」の境界領域の分野において、貴重なデータとなりうる。