

深海底熱水システムにおけるバリウムのバイオミネラリゼーション

Biom mineralization of barium at deep-sea hydrothermal systems

俵 健二[1], 田崎 和江[1]

Kenji Tawara[1], Kazue Tazaki[1]

[1] 金沢大・理・地球

[1] Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ.

<http://kankyo.s.kanazawa-u.ac.jp/tazaki/index.html>

1. はじめに

微生物活動は地球上の元素循環に密接に関連しており、それによって形成されたバイオミネラルの組成、形態、構造は微生物の生体的特長のほか、生息環境を反映している。したがって微生物のバイオミネラリゼーション研究は、生命体と地球との相互関係を明らかにし、ミクロ(=生命体)からマクロ(=地球)を評価できるという点で極めて有用である。本研究では、1996年から沖縄トラフ伊部屋凹地北部の深海底熱水系に生息している微生物や、その細胞内外に集積されている物質の観察、分析を行い、地球化学、および鉱物学的データと比較検討を行ってきた。その結果、熱水起源のバリウムの挙動に微生物が関与していることを確認したので報告する。

2. 試料および分析方法

本研究に用いた試料は、1996-1999年の「しんかい2000」の調査潜航により採取された固体試料(堆積物、岩石、チムニー団塊)、および採水された4種の熱水をろ過したフィルター上の懸濁物である。採水時に得た各熱水の最高温度は70, 180, 238, 311であった(千葉ほか, 1996, 1997)。いずれも無色透明な熱水(クリアスモーカー)であるが、311のクリアスモーカーは高さ10m幅3mにおよぶチムニーから激しく噴出しているのが確認された(千葉ほか, 1997)。固体試料は、含有する鉱物、並びに組成元素同定のため、粉末X線回折分析、エネルギー分散型蛍光X線分析を行った。船上で熱水試料をろ過したフィルターは持ち帰り、実験室で各フィルターの切片をそれぞれ蒸留水で懸濁させ、各懸濁物の観察・分析を行った。まず、懸濁物中の生命体の存在を確認するため、フーリエ変換型赤外分光分析(FT-IR)で赤外吸収スペクトルを測定した。各試料の微細組織の観察とその構成元素の分析には走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型分析装置(EDX)を用い、さらに透過型電子顕微鏡で微細組織の形状や内部構造を観察し、結晶性物質に関しては、電子線回折像よりその物質の同定を行った。

3. 結果および考察

本研究で用いた試料より多くの微生物が観察され、様々な元素を濃集していることが認められた。特に70以上の熱水噴出孔には古細菌が生息していることをFT-IR分析より確認し、EDX分析から、これらの古細菌は熱水中の硫化水素を酸化しエネルギーを得ていることが示唆された。180, 238の熱水噴出孔に生息している古細菌の電子顕微鏡観察により、不定形、円形、楕円形のバライト(BaSO_4)が細胞表面で確認されたが、これらのバライトの形態、大きさ(0.01 - 0.07 μm)は、チムニー、噴出孔周辺の岩石、熱水試料の懸濁物中より観察されたバライトとは明らかに異なる。古細菌の細胞表面で観察されたバライトの生成条件、結晶形態が、熱水試料中の Ba^{2+} と SO_4^{2-} の濃度積との関係によって求められた無機結晶のバライトのそれらと合致しないことから、古細菌のバイオミネラリゼーションによって生成されたことが明らかになった。熱水の化学組成は他の沖縄トラフ熱水系のそれと類似しており、中性から酸性の背弧海盆の岩石と反応したことを示している。また、熱水中のBaの高濃度(23.2 $\mu\text{M}/\text{kg}$)は、背弧海盆系の熱水活動の特徴であり、70以上の熱水噴出孔に生息する古細菌は、バライトを作りやすい。

Baのバイオミネラリゼーションは、細胞内の封入体(inclusion bodies)でのS0の貯蔵や、 SO_4^{2-} の代謝生成物の排出といった硫黄の挙動と密接な関係があると考えられる。好熱性古細菌はグラム陰性細菌であり、その細胞外部のサブユニットは細胞質膜上にSレイヤーが細胞壁として存在しているだけのもので、高温環境中での物質輸送に都合のよい構造をなしている。外部に排出された SO_4^{2-} は決して遊離状態ではなく、有機分子に結合した状態で存在し、負に帯電した有機分子と周辺に遊離している Ba^{2+} を母体に結合させ、難溶解性の硫酸バリウムが生成され、結晶核となってバライトへの結晶成長が進むと考えられる。180の熱水噴出孔に生息する古細菌は、バライトによって構成されているシース(鞘)を形成しているのが確認された。EDX分析結果から、238の熱水噴出孔に生息する古細菌とは異なりS0の貯蔵は示唆されなかったことから、180の熱水噴出孔に生息する古細菌は、S0を貯蔵しないほど活発な代謝を行っていると考えられる。シースの形成はSレイヤーの自己集積という柔軟な特性に依存するもので、Sレイヤーを唯一の細胞壁とする好熱性古細菌は、生息環境からのストレスによってSレイヤーに代わってシースを形成し、細胞表面を保護するという生理的機構が本研究によって示唆された。