

原油を含む温泉水における銅藍の生体鉱物化作用  
**Bacterial mineral formation of covellite in oily hot springs**

環境動態講座 3年 Environmental Dynamics, 3<sup>rd</sup> year

脇元 理恵 Wakimoto, Rie

指導教員 田崎 和江 Tazaki, Kazue

温泉や地下水中には多種多様な微生物が生息し、特有のバイオマットを形成している。一般にバイオマットは、原核生物あるいは単細胞真核生物で構成される構造物で、微生物の増殖と共に厚みを増し、その内部では金属イオンの沈積と生体鉱物の生成（バイオミネラリゼーション）が行われている。本研究では、比較的低温、常圧の、温泉-原油-微生物の三者が混合した環境系において、緑色バイオマット中に銅藍の存在を電子顕微鏡観察で明らかにした。また、微生物の培養実験により、銅藍の形成に直接関与する二種類のバクテリアの存在が明らかになったので報告する。

新潟県月岡温泉は、原油と共に噴出した pH 7.3, Eh -184 mV, 49.2 °Cの化石海水型の温泉で、その源泉井戸には黒色の原油と緑色バイオマットが存在する。このバイオマット中には糸状細菌および球菌が存在し、銅藍 (covellite ; CuS) の鉱物化が認められた。銅藍の構成元素である Cu は原油由来している。SEM 観察により、油滴表面での糸状細菌のコロニー形成および溶菌作用によるバイオフィルムの形成が認められ、さらに、その表面に銅藍の結晶化が認められた (Figure 1, 2)。微生物の培養実験により、バイオマット中には石油分解菌である糸状細菌と硫酸還元菌である球菌が同定された。さらに、有機結合およびリン脂質分析により、バイオマット中のリン脂質、特に、界面活性作用を持つレシチンおよびリン酸エステルが存在が明らかになった。また、糸状細菌は二重膜および細胞外多糖類 (EPS) を持ち、リン脂質はこの部分に含まれると考えられる。糸状細菌はバイオマット表面に付着した油滴を栄養源とし、球菌が生成した硫酸塩を電子授与体として代謝を行い、溶菌後、バイオフィルムを形成する。油滴中の Cu は温泉水中に溶出し、中性で還元的环境下において銅藍の結晶を形成する。すなわち、本研究において、石油分解菌の細胞膜および EPS の有機界面活性作用と硫酸還元菌による水質の還元化が、油滴表面での銅藍の形成に重要な役割を果たしていることが明らかになった。この結果は、土壌および地下水圏の石油汚染地域における石油の分解・除去メカニズムの解明の糸口となると考えられる。

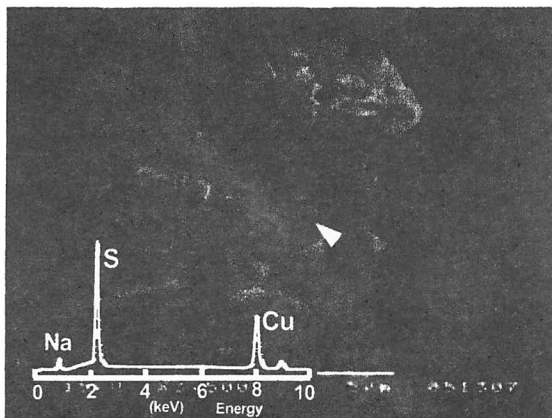


Figure 1. Covellite mineralization has completed and covellite is formed on the surface of oil droplets, is wrapped in biofilms. The crystalline covellite is composed of high S and Cu with trace of Na (an arrow).

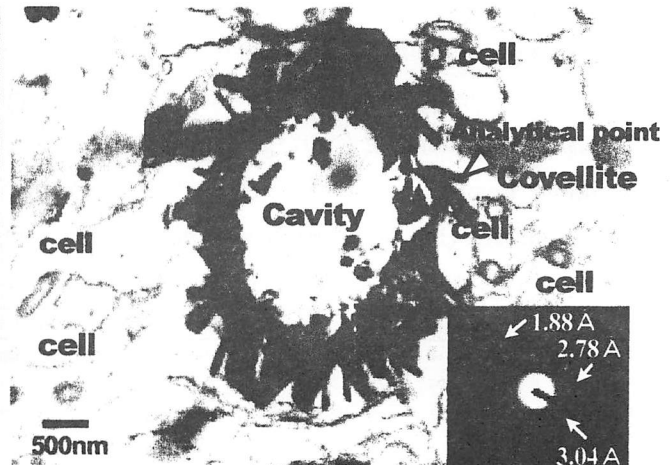


Figure 2. Crystallized covellite is observed around the cavity of oil droplets. Covellite is surrounded by numerous bacterial cells.