

1 4. 室戸海洋深層水を用いた Mn 酸化細菌の培養による深層水からのレアメタル回収

○菊池早希子¹・星野辰彦¹・宮崎征行¹・井町寛之¹、秋田もなみ²

(¹海洋研究開発機構、²高知県海洋深層水研究所)

1. はじめに

マンガン (Mn) クラストはハイテク産業に不可欠なレアメタルを高濃度に含む海底鉱物資源であり、枯渇する陸上鉱床の代替資源として注目されている。しかし、Mn クラストは遠洋の深海底に分布するため、採掘に伴うコストや環境破壊が問題となり、商業化は未だ実現していない。

本研究では、深海底で起こる Mn クラストの生成過程を“海洋深層水を使った微生物の培養”により実験室で再現し、レアメタルを陸上で高速に回収することを目指した。Mn クラストがレアメタルを高濃度に含む理由は、その構成鉱物である Mn 酸化物が海水中のレアメタルを吸着・濃集することにある (Hein et al., 2013)。これら Mn 酸化物の深海底での成長は 1 mm/100 万年と極めて遅い。しかし、Mn 酸化細菌は深海底よりはるかに早く Mn 酸化物を作り出すことが可能である (e.g., Kato, et al., 2017)。本研究では、海洋深層水の特徴である低溶存有機物、高栄養塩に着目し、海洋深層水を使って低有機物環境を好む Mn 酸化細菌の培養を試みた。そのうえで、海洋深層水を用いた Mn 酸化細菌の選択培養と、生成された Mn 酸化物を利用した深層水からのレアメタル回収が可能か検証することを目的とした。

2. 実験

海洋深層水を用いた Mn 酸化細菌の培養とバイオ Mn 酸化物の合成は、Down-flow hanging sponge bioreactor (以下 DHS リアクター) と呼ばれる空気中に吊るした培養器 (スポンジ) に培養液を連続して供給可能な培養装置で行った (Imachi et al., 2022)。植種源として、深海熱水孔から培養された Mn 酸化細菌を含む微生物群集 (Kato, et al., 2017) を利用した。培養液として供

給する室戸海洋深層水は、取水後に 0.1 μm フィルターで微生物や粒子を取り除き、Mn 酸化細菌の増殖に必要な溶存 Mn²⁺ (1.4 mg/L) と生体必須微量元素、ビタミンを添加し使用した。定期的にリアクター排出液の溶存 Mn 濃度の測定、およびスポンジ上の鉱物生成の確認を行った。

3. 結果・考察

本実験では 0.3~1.1 L/日の速度で室戸海洋深層水を DHS リアクターに供給した。リアクター立ち上げ直後におけるスポンジ内での Mn²⁺ の消費率は 5% 以下であった。一方、20 日以降は Mn²⁺ 消費率が徐々に上昇し、約 330 日が経過した現在は添加した Mn²⁺ のほぼ全てが消費されている。培養日数の増加と共に、スポンジの表面がバイオフィームに覆われ、これらの生成に伴って Mn²⁺ の消費率が減少した。バイオフィームを取り除くと Mn²⁺ の消費率が再び上昇することから、バイオフィームによる Mn 酸化能の阻害、あるいはバイオフィームで覆われたスポンジへの培養液の浸透性低下によって、Mn 酸化活性が低下すると考えられた。

スポンジ上にはバイオフィームと共に黒色沈殿物が確認された。この沈殿物の一部を採取し X 線回折法による鉱物種同定を行ったところ、深海底の Mn クラストにも含まれる δ-MnO₂ であることが明らかになった。以上の結果から、室戸海洋深層水を用いた Mn 酸化細菌の選択培養と Mn 酸化物の合成が可能であることが示された。

今後は、Mn 酸化物に吸着したレアメタル濃度を定量し、DHS リアクターを利用して、深海底の Mn クラストと同等、またはそれ以上のレアメタルの濃集が可能か検証する予定である。