



	領域代表者	東京海洋大学・海洋資源エネルギー学部門・准教授 淵田 茂司 (ふちだ しげし)	研究者番号: 50762126
	研究領域情報	領域番号: 23B204 キーワード: 海底熱水鉱床、バイオフィミネラリゼーション、硫黄同位体、硫黄細菌、硫化鉱物	研究期間: 2023年度~2025年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

●研究の全体像

本研究領域では、金属資源として重要である火山性塊状硫化物(VMS)鉱床および海底熱水(SMS)鉱床を対象に、『地質学(鉱床学)』『微生物学』『地球化学』『生物工学』の視点を融合させた『生物鉱学(BIOre)』という新たな学問・概念の構築を目指す。VMS・SMS鉱床の生成プロセスのほとんどは無機化学的・熱力学的反応によって説明されると考えられてきたが、本研究領域では鉱床生成・保存における微生物反応の寄与を検討する。特に、**硫黄代謝微生物による硫化反応に注目し**、局所硫黄同位体分析、遺伝子解析・培養試験、量子化学計算などの方法を用いることで評価可能な化学指標の設定を目指す。さらに、鉱物学的・生物学的反応機構の理解を通して、**理学的な研究のみならず鉱物資源開発技術や鉱物資源処理技術といった工学分野への応用**も見据えた基礎情報の取得を目指す。

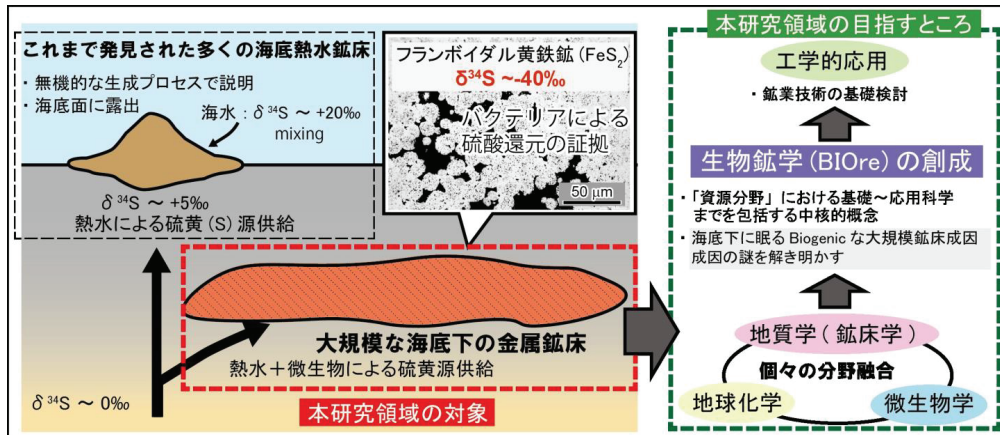


図1 『生物鉱学』による海底熱水鉱床成因論と本研究領域の目的の概要

●研究の背景・目的

① 微生物が創る金属資源を探る

金属資源は社会基盤を支える必須のモノであり、古くから鉱床探査、掘削や鉱物処理まで様々な技術開発・研究が進められてきた。また、鉱床の成因に関する理学的研究も古くから進められ、様々な知見が蓄積されてきた。特に、海底熱水鉱床は将来の金属資源として重要な研究対象であり、多くの研究航海により調査が行われ、成因や将来の産業利用を目指した研究が進められている。海底熱水系では300℃を超える高温の熱水が噴出しており、鉱床生成プロセスのほとんどは無機化学的・非生物的 (abiogenic) に説明できる、というのが現在の鉱床学の通説となっている。しかし、実際の鉱石試料から微生物活動由来のデータが得られたことから(図1)、海底の微生物活動が鉱床成因に寄与する可能性が示された。この問いを定量的に解明するために、本研究領域では『微生物』と『鉱床』の共通材料である『硫黄』に注目し、局所硫黄同位体分析・シンクロトロン・メタトランスクリプトームという先進的分析技術を駆使することで、硫黄代謝微生物と硫化鉱物の間で生じる反応プロセスを定量的に評価することを目指す。

②生物鉱学 (BIOre) という新たな学問を創造する

本研究領域では、鉱床成因論と密接にリンクする『地質学(鉱床学)』『地球化学』分野に新たに『微生物学』の視点を融合させ、資源分野全体を包括する『生物鉱学(BIOre)』という新たな学問の創成を目指す。このBIOreは、BiologyとOre(鉱石)を合わせた造語であり、海底下における大規模金属鉱床のbiogenicな成因論の構築のみならず、その知見を生物工学的に応用することで新たな鉱物処理技術開発へと繋げる、資源分野における変革研究となることを期待するものである。また、『生物鉱学』という新しい学問および研究者コミュニティの創造を参画者一体となって目指すことにより、異分野間の研究体制をより強固なものにすることを目指す。特に若手研究者が自由な発想に基づいて活躍できる場を提供し、産学連携を見据えた活動を推進することで資源分野の活性化を図る。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●各班の研究内容

A01班 地質班

【代表: 野崎達生 (JAMSTEC)】

海底熱水鉱床と陸上鉱床の試料を対象に、研磨片・粉末試料の顕微鏡観察など従来の岩石学的手法を用いて、鉱物晶出順序(鉱化ステージ)の整理と黄鉄鉱粒子の抽出を行う。さらに、黄鉄鉱試料について(nano-)SIMS(二次イオン質量分析装置)による2種・4種局所硫黄同位体分析を適用し、B01班の合成試料やC01班の理論計算結果とも比較することで、実際の鉱床形成場におけるバイオフィミネラリゼーション反応の寄与を定量的に評価する。

B01班 微生物班

【代表: 若井暁 (JAMSTEC)】

鉱石試料の微生物群集構造解析により生息微生物情報を明確にした上で、現場で生息・反応に寄与する微生物を分離・培養する。また単離した微生物を様々な鉱物とともに海底熱水系を模した条件下(高温・高圧)で培養し、バイオフィミネラリゼーション反応試料の合成を試みる。そして、発現している遺伝子をメタトランスクリプトームにより網羅的に解析し、遺伝子発現動態から複合微生物系で反応プロセスに寄与する種をリスト化しD01班に提供する。

C01班 地球化学班

【代表: 淵田茂司 (東京海洋大学)】

熱力学データベースや第一原理計算値に基づき、B01班の水熱合成実験データセットと比較することで、バイオフィミネラリゼーション反応を定量的に評価できる速度モデルを構築する。さらに、A01班・B01班で得られるバイオフィミネラリゼーション反応由来の試料について、通常のX線吸収微細構造や走査型透過X線顕微鏡などのシンクロトロン放射光を用いて局所的かつ高感度に対象試料の硫黄存在形態や鉱物結晶構造の違いを調べ、反応機構を詳細にする。

D01班 化学工学班

【代表: 小山恵史 (早稲田大学)】

実際にバイオフィミネラリゼーションに寄与する微生物種の鉱業利用について検討する。B01班で単離・リスト化した硫黄微生物のうち、硫酸化細菌を用いた塩水鉱物分離処理技術(バイオリッチング・浮選)や硫酸還元菌によるプロセス水中の有価金属回収技術を検討する。最適処理した試料について、局所硫黄同位体分析(A01班)、遺伝子発現動態分析(B01班)、シンクロトロン放射光(C01班)を適用し、分離機構を明らかにする。

総括班【代表: 淵田茂司 (東京海洋大学)】

生物鉱学』のアウトリーチ活動と資源分野における新規ネットワーク構築を目指す。上記の4つの研究分野より広域な学術領域、すなわち地球惑星科学や生物学、化学工学分野など大規模学会でのセッション開催を通じて成果や概念等の発信を試みるとともに、非鉄金属分野を中心に産学官民連携の強化を図る。

●研究領域の波及効果

本研究領域で環境試料中のバイオフィミネラリゼーション反応を定量評価する生物鉱学的手法が確立されることにより、海底熱水鉱床のみならず様々な地球環境における硫黄循環と微生物活性の関係を全球規模で調査可能となる。特に、国内では貴重な掘削試料が多数採取・保管されており、地下微生物圏評価や古環境の復元など各種地球科学的課題にアプローチできる。また、海底熱水鉱床の成因解明によって、これまで発見に至らなかった海底に埋没する大規模な“潜頭性鉱体”の生成に適した地質・化学条件が明らかとなり、新規鉱床発見や分布予測に繋がると期待される。

ホームページ等

生物鉱学の創成HP: <https://www.jamstec.go.jp/biore/j/>
東京海洋大学・淵田研究室HP: <https://fuchida.myportfolio.com/>
JAMSTEC・海底資源センターHP: <https://www.jamstec.go.jp/srrc/j/index.html>
JAMSTEC・超先鋭研究開発プログラムHP: <https://www.jamstec.go.jp/sugar/j/>