

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	地球史を通じた微生物硫酸還元
Title(English)	Microbial sulfate reduction through Earth's history
著者(和文)	青山慎之介
Author(English)	Shinnosuke Aoyama
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10411号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:上野 雄一郎,綱川 秀夫,岩森 光,横山 哲也,太田 健二
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10411号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		青山 慎之介	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	上野 雄一郎	准教授	審査員	横山 哲也	准教授
	審査員	綱川 秀夫	教授		太田 健二	講師
		岩森 光	特定教授 (海洋研究 開発機構)			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

<p>本論文は「Microbial sulfate reduction through Earth's history」と題し、5章から成る。</p> <p>第1章「Overview」では、地球史を通じた硫黄循環と、微生物による硫酸還元が果たす役割についてまとめている。微生物硫酸還元活動は表層の堆積物中だけでなく、その下の海洋地殻中でも起きていることが近年の海洋底掘削等により明らかになった。海洋地殻中での微生物活動による海水硫酸の消費フラックスは、見積もりに大きな幅があるが、堆積物中での硫酸還元ほど大きくないとされてきた。一方、中央海嶺や背弧海盆などの熱水系や、冷湧水帯など、活動的な地殻環境では、より活発な微生物活動が行われている可能性がある。しかし、これら活動的地殻環境での硫酸還元フラックスは明らかではない。さらに、太古代では海洋地殻中で微生物硫酸還元が起きていたことも十分実証されていない。これら、現在および過去の地殻環境下で微生物硫酸還元の活動を評価する指標として、硫黄安定同位体比は有用である。近年、微生物培養実験等により、硫酸還元菌は特徴的な四種の硫黄同位体分別を引き起こすことが明らかにされている。活動的地殻の掘削試料や太古代の岩石試料について、あらたに四種硫黄同位体分析を行うことにより、硫酸還元菌の存否や、その活動度を評価することが可能である。</p> <p>第2章「Microbial sulfate reduction within the Iheya North seafloor hydrothermal system constrained by quadruple sulfur isotopes」では、現在の海底熱水系である沖縄トラフ・伊平屋北海丘熱水系の海底下で、微生物により海水硫酸が還元されていることを報告している。学位申請者は、同熱水系で掘削されたコア試料の間隙水硫酸、及び硫化鉱物の四種硫黄同位体比を高精度で分析し、微生物硫酸還元の特徴的な同位体分別を初めて検知した。また、微生物活動の深度分布、及び熱水系硫黄循環への寄与を定量的に評価した。その結果、堆積物に富む同地域の海底下熱水場においては、大陸縁辺部の堆積物中よりも、硫酸還元菌の活動度は高いことを明らかにしている。</p> <p>第3章「Biological activity and sulfur cycle constrained by sulfur isotopes in the seafloor environment of the South Chamorro serpentinite seamount」では、蛇紋岩化反応によって供給される水素が微生物活動を促進させるような冷湧水体であるマリアナトラフ・南チャモロ蛇紋岩海山内における微生物硫酸還元活動を調べている。学位申請者は同蛇紋岩海山で掘削されたコア試料の間隙水硫酸、及びコア中の硫化鉱物、さらに掘削孔から採取された深部流体中の溶存硫酸・硫化水素の四種硫黄同位体比を分析している。分析の結果、pH 12を超える蛇紋岩海山内でも微生物硫酸還元活動があることを明らかにした。また、微生物に用いられた硫酸の一部は、海水ではなく、深部流体に由来する硫酸であることが明らかになった。この深部硫酸は負の同位体異常を有しており、太古代地殻成分が現在のウェッジマントルに存在する可能性を指摘している。</p> <p>第4章「Multiple sulfur isotope constraints on microbial sulfate reduction below Archean seafloor hydrothermal system」では、約35億年前の海洋地殻内において微生物硫酸還元活動を評価するため、西オーストラリア・ビルバラ地塊の緑色岩を用いた四種硫黄同位体分析を行っている。同時代の堆積岩中の硫化鉱物は5%以下の同位体分別を示すのに対して、変質緑色岩中の硫化鉱物は25%にも及ぶ大きな硫黄同位体分別を示すことを明らかにしている。また緑色岩中の硫化鉱物は同位体異常を持つが、その異常は同地域に産する硫酸塩鉱物よりも小さい。これらの結果は、太古代では堆積物中よりむしろ、活動的な海底下の熱水環境において、より活発な微生物硫酸還元が起きており、その高い活動度は熱水により電子供与体や硫酸が供給されることで促進されていた可能性を示している。</p> <p>第5章「Global activity of microbial sulfate reduction and sulfur cycle constrained by multiple sulfur isotopes of Archean granitoids」では、初期地球の硫黄循環を追跡する手段として、新たに花崗岩類の四種硫黄同位体比を分析している。顕生代花崗岩の硫黄同位体比($\delta^{34}\text{S}$ 値)を分析した先行研究から、花崗岩中の硫黄は海水硫酸や堆積物中の硫化物に由来する成分を含むことが示唆されてきた。学位申請者は、四種の硫黄同位体比に拡張して顕生代花崗岩の分析を行った結果、従来の仮説を追証している。さらに、花崗岩中の硫黄はマントル起源の硫黄と、海水硫酸の微生物還元によって生じた硫化物の混合で説明できる。一方、太古代花崗岩を分析した結果、同様の混合過程が適用できることを示したうえで、^{33}S について負の同位体異常を持つことを明らかにしている。これは、当時の海水硫酸を起源とする硫黄が花崗岩中に含まれることを強く示している。さらに、実測された同位体異常は微生物硫酸還元特有の分別挙動を保持しており、海水硫酸が微生物により還元された硫黄成分が太古代花崗岩中に存在していることを示している。この特徴は約40億年前の花崗岩質片麻岩からも得られるため、微生物硫酸還元は太古代初期において既に全球的硫黄循環に寄与していたことを示す証拠を提示している。</p> <p>以上の通り、本論文は新たに四種硫黄同位体を用いて、現在および太古代の岩石試料から、海洋地殻中での微生物硫酸還元の実態を追求したものである。特に40億年前から微生物硫酸還元があったことは、地球と生命の歴史を理解する上で重要な知見をもたらしており、初期地球の生命進化や、地球表層の物質循環に新たな視点を与えるものである。よって、博士(理学)の学位を与えるにふさわしいものと認める。</p>
