

氏 名 澤山 道則

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4424号

学位授与の日付 平成23年 9月30日

学位授与の要件 自然科学研究科 機能分子化学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 鉄酸化細菌 *Leptothrix* の単離菌株が形成するチューブ状酸化鉄に関する研究

論文審査委員 教授 高田潤 教授 岸本昭 教授 妹尾昌治 教授 白石友紀

学位論文内容の要旨

本学位論文は第1章の序論から第6章の総括までの6章で構成されており、概要は以下の通りである。

第1章の「序論」では、研究の背景について、関連する過去の研究の概要をまとめ、本論文の目的を述べている。

鉄酸化細菌の一種である *Leptothrix* 属菌は、常温常圧で中空のマイクロチューブ状の酸化鉄を形成する。この酸化鉄は特異な材料科学的特性を有するため、当研究室ではこの酸化鉄を次世代の新規機能性材料として位置づけ、「L-BIOX (Biogenous Iron Oxide)」と名づけた。これまで、L-BIOX はほかの BIOX などとの混合状態でしか得られず、材料として利用するには L-BIOX のみを得ることが求められていた。このような背景から、本研究ではさまざまな培地・培養条件にて *Leptothrix* 属菌を単離し、純粋培養系で L-BIOX を形成させることを目指した。

第2章の「*Leptothrix* 属菌の単離・同定」では、京都府城陽市にある地下水の鉄バクテリア処理槽から *Leptothrix* 属菌の単離を試みた。単離方法の特徴として、①単離源である城陽の地下水を基盤とした貧栄養の培地 (GP 培地) を用いた点、②鉄の供給源として鉄片を用いた点が挙げられる。この方法で得られた単離株 OUMS1 について、グラム染色、マンガンの酸化能、35℃での培養、16SrDNA 解析、RAPD 解析、糖・有機酸の代謝等の調査を行い、最終的に *Leptothrix* 属菌の新規株であると結論付けた。

第3章の「OUMS1 の増殖と L-BIOX 形成の両立が可能な培養条件の検討」では、L-BIOX が形成される培養条件についての検討を行った。第2章で単離に用いた GP 培地にグルコースとペプトンを 0.1% 添加した GPGP 培地を用いることにより、高密度の L-BIOX が鉄片上に形成が行われることを明らかにした。この L-BIOX の元素組成は城陽の鉄バクテリア槽で得られる L-BIOX と類似していた。続いて、城陽の地下水の主な陽イオン組成を再現した完全合成培地 (SIGP 培地) を編み出した。SIGP 培地を用いて OUMS1 を培養した場合も、鉄片上に L-BIOX が高密度に形成された。こうして純粋培養系で形成されたこの酸化鉄を OU-L-BIOX と名づけた。

第4章の「OU-L-BIOX の材料科学特性」では、OU-L-BIOX の材料科学的特性を調査し、L-BIOX との比較を行った。その結果、アモルファス構造を有し、数 nm の一次粒子からなる点は L-BIOX と同様であった。一方、SEM その直径や厚さ、元素組成については L-BIOX と異なっていた。

第5章の「OU-L-BIOX 形成およびその特性に及ぼす培地組成の影響」では、培地成分を増減させることによる L-BIOX 形成への影響や新規材料の可能性を検証した。その結果、有機物量を増加させると鉄やマンガンの酸化が起こらないこと、ケイ素やリン酸量を増減させると OU-L-BIOX の元素組成や結晶性の変化が起こること、鉄片の数を増やすと OU-L-BIOX の元素組成は変化するが結晶性は変化しないこと、 Al^{3+} や Co^{2+} が OU-L-BIOX の構成元素として取り込まれることが明らかとなった。

第6章の「総括」では本研究をまとめ、本研究の目的である *Leptothrix* 属菌の単離と純粋培養系での L-BIOX 形成が達成されたことによる材料応用への可能性について述べた。また、新たな材料特性を持った OU-L-BIOX を創出したことで期待される今後の展望について述べた。

論文審査結果の要旨

本論文は、自然界において常温常圧で中空マイクロチューブ状の酸化鉄（以後L-BIOXと称す）を形成する鉄酸化細菌で、これまで約180年間単離に成功していない細菌*Leptothrix* について、さまざまな培地・培養条件を検討して単離し（これを”OUMS1”と命名）、純粋培養系でL-BIOXの形成に初めて成功した上で、得られたL-BIOXの材料科学的な特徴を明らかにするとともに、培地組成の制御によりL-BIOXの組成や結晶構造等の制御ができることを世界に先駆けて見出したものである。

主な結果を要約すると次の通りである。

- (1) 京都府城陽市にある地下水を基盤とした貧栄養の培地（GP培地）を用い、鉄供給源として鉄片を用いることによって*Leptothrix*属菌の単離に成功し、これを”OUMS1”と名付けた。この鉄酸化細菌OUMS1は、種々の方法で検討した結果、*Leptothrix*属菌の新規株であることが明らかとなった。
- (2) 次に、城陽の地下水の主な陽イオン組成を再現した完全合成培地（SIGP培地）を考案し、この培地を用いてOUMS1を培養した場合も鉄片上にL-BIOXが高密度に形成されることを見出した。
- (3) 完全合成培地で得られたL-BIOXの材料科学的な特徴（形態、化学組成、結晶構造など）について、自然界のL-BIOXの特徴と比較検討することによってこれを明らかにした。
- (4) 培地成分を変化させることによって、L-BIOXの形成の有無やその化学組成や結晶性の制御が可能であることを見出した。

同氏の成果は、英文誌への掲載論文が1編であり、特許出願がPCT出願を含め2件である。

以上の如く、本論文の成果は微生物学と無機材料化学との学際的・融合的な初めてのものであり、その独創性ならびに新規性は極めて高い。さらに基礎的ではあるが学術的価値は高く、応用展開も期待できるものであって、総合的に高く評価できる。よって、本論文は学位（博士）論文として十分に値する。