

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

研究課題名	ジオミメティクスによる環境材料の創成
研究機関・部局・職名	九州大学大学院・教授
氏名	笹木 圭子

## 【研究目的】

本研究は、生体鉱物を含む地球化学物質および無機系産業廃棄物などの模倣的地化学物質（ジオミメティクス）と、水圏希少化学種（汚染物質あるいは希少価値元素）との間の反応機構を原子レベルで理解することにより、新規の収着材料の素材化、さらに素材のシステム化を実現し、安全なジオミメティクスから環境汚染物質の不動化や希少金属の回収に資するグリーン・イノベーションをめざす。

1) マンガン酸化微生物による生体鉱物は、ナノレベルで制御された特異的な結晶構造や形状をなし、多孔質のうえ反応性に富み、自然界では多くの金属イオン、希土類元素の収着、環境中の無機および有機物質の酸化に寄与する高効率反応場となっている。これを材料とみなし改変することにより、反復使用に耐えるリチウムイオンシープを合成することができる。Li は Li イオン電池材料として環境・エネルギー問題の最重要元素のひとつであるが、塩湖水や地熱水には海水の数 10~1000 倍以上の Li 濃度が含まれ、効率的な回収が望まれる。

2) ハイドロキシアパタイトは、骨成分の約 6 割を占め、生体親和性と並び陰陽両イオン交換反応性を特徴とする。廃魚骨を焼成し有機物を揮発させるとともに HAP としての結晶性を制御し、放射性核種をターゲットとした地中バリア材として素材化を検討する。

3) またブルサイトの焼成物であるマグネシアは、強塩基性物質で水との反応性が高く、とくに環境中で除去が困難なホウ素・フッ素の不動化にも、他の地化学物質に比べて圧倒的に高い容量を示す。反応後の残渣は再びブルサイトが主成分となり、再生利用の可能性を持つ。ホウ素・フッ素は半導体産業をはじめとした先端産業が主な排出源となっており、環境対策技術がこれを支える必要がある。

以上のようなジオミメティクスと水圏希少化学種との反応性をナノ領域で理解し、反応機構、支配的素反応の速度論、安全性の確認、長期連続試験、データ集積、数値シミュレーションをおこなう。ジオミメティクスをナノ領域で観察することによって、マクロ領域あるいはマイクロ領域では識別できない物性の差にもとづき、環境材料の効率的素材化に寄与する。未利用国内資源となっているジオミメティクスの循環的活用とともに資源エネルギー確保戦略を推進する。

【総合評価】	
<input type="radio"/>	特に優れた成果が得られている
<input type="checkbox"/>	優れた成果が得られている
<input type="checkbox"/>	一定の成果が得られている
<input type="checkbox"/>	十分な成果が得られていない

【所見】
① 総合所見
マンガン酸化微生物により合成されるバーネサイトによるリチウムイオン回収、魚骨材を焼成して得られるヒドロキシアパタイトによる放射性ストロンチウムバリア材の開発、マグネシアをベースとしたフッ素、ホウ素の除去剤開発の3項目の実施を通じ、安全なジオミメティクスから環境汚染物質の不動化や希少金属回収に資するグリーン・イノベーションを目指しており、所期の目的は概ね達成され、多くの優れた成果を上げた。

② 目的の達成状況
・ 所期の目的が ( <input checked="" type="checkbox"/> 全て達成された ・ <input type="checkbox"/> 一部達成された ・ <input type="checkbox"/> 達成されなかった)
研究目的は、生体鉱物を含む化学物質と無機系産業廃棄物との反応機構を原子レベルで明らかにすることで、吸着材の開発や環境汚染物質の不動化、それにLiなど希少金属の回収を主目的に、マンガン酸化微生物により合成されるバーネサイトによるリチウムイオン回収、魚骨材を焼成して得られるヒドロキシアパタイトによる放射性ストロンチウムバリア材の開発、マグネシアをベースとしたフッ素、ホウ素の除去剤開発の3項目の実施し、優れた研究を上げ、所期の目的を達成した。

③ 研究の成果
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が ( <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が ( <input checked="" type="checkbox"/> 創出された ・ <input type="checkbox"/> 創出されなかった)
・ 当初の目的の他に得られた成果が ( <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)
①マンガン酸化微生物により合成されるバーネサイトによるリチウムイオン回収、②魚骨材を焼成して得られるヒドロキシアパタイトによる放射性ストロンチウムバリア材の開発、③マグネシアをベースとしたフッ素、ホウ素の除去剤開発のいずれも、インパクトファクターの高い学術雑誌に成果が公表されており、先進性・優位性のある研究成果を上げた。 よりマイルドな条件で生体鉱物からリチウムイオン交換体が合成でき、リチウムの吸着容量をチャンピオンデータに匹敵するほど大きくできたこと、国内に豊富にあるドロマイトを原料にして再生可能な層状複水酸化物を合成し、これをホウ酸やフッ化物の吸

着体として利用できるようになったことと、その収着メカニズムを明らかにでき、さらに収着容量を最大化できる焼成条件を見出したことは、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出された。

当初の目的の他に、マグネサイトのアナロジーとして用いたドロマイトは当初の予定にはなかった材料であるホウ酸やフッ化物の吸着体として有効であることが分かった。

#### ④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

( 見込まれる ・ 見込まれない )

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が

( 見込まれる ・ 見込まれない )

マンガン酸化微生物が合成するバーネサイトを原料にマイルドな条件でリチウムイオンシープが合成できるという本研究の成果は、バイオミネラリゼーション等の関連研究分野の進展に大きく寄与するものと考えられる。また、層状複水酸化物とジオミメテイクスの関連付けにより、新たな研究分野への波及効果が見込まれる。

Li イオン電池の材料である Li 資源の確保、放射性核種の捕捉、フッ素とホウ素の不動態化は、資源の安定供給、レアメタルを用いる最先端産業の発展、環境の保全、健康的な生活環境の確保などに貢献でき、持続発展的な社会の構築に向けての重要課題の一つであり、本研究課題の成果は社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

#### ⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが ( 行われた ・ 行われなかった )

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施された。さらに、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究実施マネジメントが実施された。