

環境や生命に調和する材料デザインを求めて

Design of materials harmonizing with environment and life



教授 松原 秀彰
Professor
Hideaki Matsubara



准教授 上高原 理暢
Associate Professor
Masanobu Kamitakahara



Group photograph of our laboratory at graduation ceremony.

Nowadays, we are using many materials to live our daily life. The material design from the viewpoint of environmental science is required in order to build a sustainable society. In this laboratory, based on the fundamental science about the relationship between materials and phenomena of the nature and life, the design of the materials that produce a harmony with the environment and life is studied from the viewpoint of environmental science. The designed materials are expected to produce a new harmony with the environment and life. We are developing the materials for energy saving, biomaterials to repair our bodies and materials to clean the environment and are studying computer simulations.

研究概要

現在、我々は様々な材料を利用して生活を営んでいます。持続可能な社会を構築するためには、環境科学の観点からの材料のデザインが必要です。本分野では、材料と自然・生命現象の相互作用についての基礎学術に立脚し、環境科学の観点から、生命や環境と調和し、さらには積極的に生命や自然に働きかけて新しい調和を生み出す材料のデザインの探求を行っています。具体的には、省エネルギーのための材料、生体を修復するための材料や、環境を浄化するための材料の開発、コンピューターシミュレーションの研究を行っています。

省エネのための断熱・蓄熱システムの開発

エネルギー消費を抑え、化石燃料に依存しない暮らしへ移行するためには、自然・未利用熱(地中熱、太陽熱、雪氷、工場排熱等)の利用が重要となります。種々の熱源と蓄熱槽を組み合わせることにより、最小限のエネルギー消費で自然・未利用熱を有効利用するためのシステム構築が可能となります。特に夏の温熱を冬に、冬の冷熱を夏に利用したい場合には、これらの熱を長期間に蓄えておく断熱性能がそのまま利用可能熱量に直結します。本研究室では、季節間の熱利用を行うことを想定し、高性能の新規断熱材料を開発し(Fig.1)、断熱(熱保存)性能を評価するとともに、熱を蓄えつつ一定温度で放出可能な槽(熱池と呼称)と複数の熱源を組み合わせた回路によって熱利用システムの効率等を評価しています。

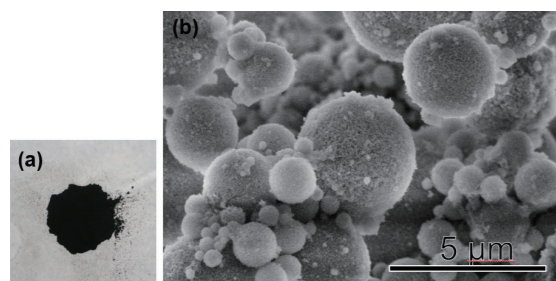


Fig. 1 Heat insulation material composed of silica and carbon. (a) Appearance and (b) Scanning electron microscopic image.

材料組織形成のシミュレーション

モンテカルロ法、有限要素法、分子動力学法などを用いて、セラミックスや複合材料の組織形成のシミュレーションの研究を行っています。例えば、複数の固相、液相、気孔を含む材料の組織変化を、温度と時間との関係で追うことのできるシミュレーションを開発し、またモンテカルロ法と有限要素法を連成させることにより、焼結(収縮)による形状変化を予測できるシミュレーションを開発しました。最新の成果として、航空機エンジンに用いられる熱遮蔽コーティングでは金属基材上に多孔質のセラミックス膜を形成させますが、そのような多孔質セラミックスの組織形成をシミュレーションで再現することができています(Fig.2)。

生体に調和する材料の創製

代謝に組み込まれて生体機能に働きかける骨修復材料ならびに薬剤使用量を最小限にすることを可能とする薬剤担体の創製を行っています。これまでに、生体内で吸収され骨の代謝に組み込まれるCa欠損組成の水酸アパタイトや骨形成を促進するケイ酸含有リン酸三カルシウムからなる人工骨の作製に成功しています。リン酸三カルシウムにケイ酸を添加すると、早期に骨形成が起こることを明らかにしています(Fig.3)。共同研究としてこれらの材料が骨代謝を活性化するメカニズムの解明にも取り組んでいます。適切な部位に適切な量の薬剤を送り込むことにより薬剤の効用を向上させるとともに薬剤の使用量を

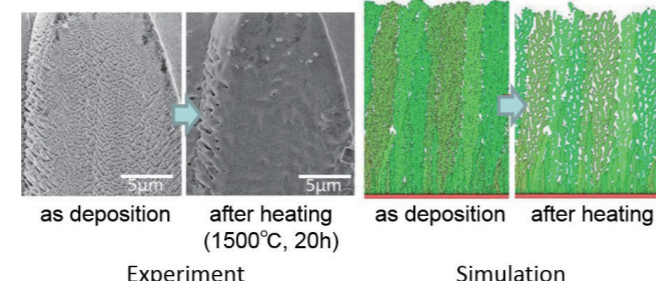


Fig. 2 Experimental and computational studies on microstructure change in thermal barrier coating for jet engine application.

減らすことのできるドラッグデリバリーシステム(DDS)の担体として、リン酸ハカルシウムと水酸アパタイトの複合相からなる顆粒の作製に成功しています。これらの材料の開発は、患者の生活の質(QOL)を向上させるだけでなく、医療廃棄物排出量や薬剤使用量の低減にもつながり、環境低負荷医療の実現に貢献できると考えています。これらの成果については、国際学会でも発表を行いました。

環境浄化材料の創製

骨の無機成分である水酸アパタイトは、有害陰イオン、重金属イオンや有機物に対して高い除去能力を有しており、環境から有害物質を除去するための材料として期待されています。そこで、医療用材料の創製において得られた水酸アパタイトに関する知見を活かし、廃棄される家畜骨やカキ殻を利用して作製した水酸アパタイト系環境浄化材料を作製し、これらの材料がフッ化物イオン(F-)に対して優れた除去特性を示すことを明らかにしています。カキ殻をリン酸イオンを含む溶液で処理するだけで、F-を除去できる材料が得られます(Fig.4)。水酸アパタイトへの炭酸含有がフッ化物イオン除去速度に与える影響が、水酸アパタイトの溶解速度と関連があることを明らかにしました。

国際交流

・短期留学生受け入れプログラム(JYPE)で、中国からの留学生を受け入れました。

共同研究

・海外: University of Oxford (英国)、University of California Santa Barbara (米国)
・国内: ファインセラミックスセンター、物質・材料研究機構、慶應義塾大学、長崎大学、順天堂大学

学会、国際会議等での活動

松原秀彰:
粉体粉末冶金協会理事、同協会硬質材料分科会主査、粉体および粉末冶金編集委員長、日本セラミックス協会エンジニアリングセラミックス部会委員、日本セラミックス協会東北・北海道支部委員、賢材研究会幹事、3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia Organizing Committee、粉体粉末冶金協会第118回講演大会実行委員長等

上高原理暢:
Associate Editor of Journal of the Ceramic Society of Japan、日本セラミックス協会生体関連材料部会幹事、日本バイオマテリアル学会評議員、日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム特定セッションオーガナイザー(代表者)、第26回日本MRS年次大会シンポジウムオーガナイザー等

その他の活動

上高原准教授が、仙台市施設のせんだい環境学習館たまきさんサロンにて、仙台市企画講座『骨を修復するセラミックス～セメントが歯や骨になる?～』を実施しました。

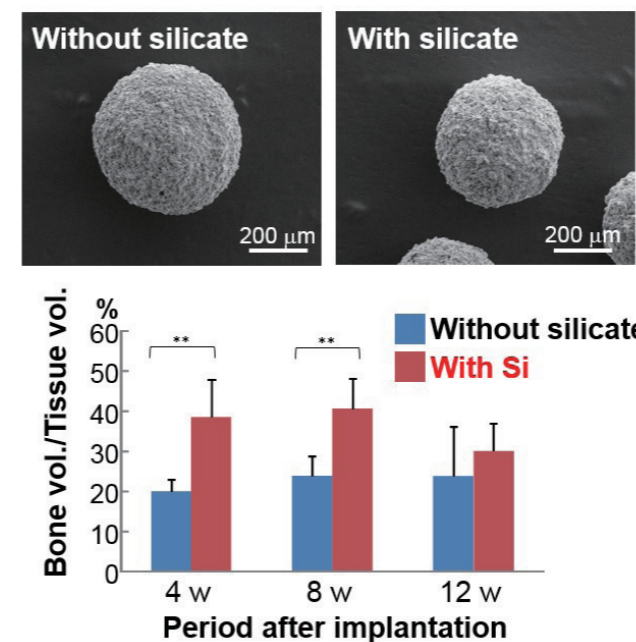


Fig. 3 Porous granules of α -tricalcium phosphate with and without silicate, and the Bone- volume/Tissue-volume at the implanted area in rats for different periods.

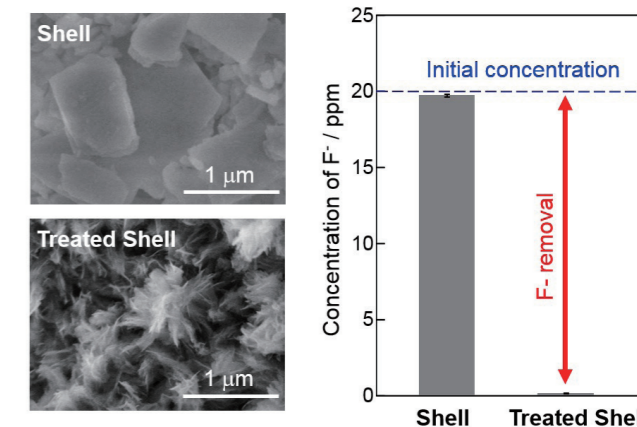


Fig. 4 SEM images of oyster shell (Shell) and that treated with phosphate-containing solution (Treated Shell), and the concentration of F- after the immersion of samples Shell and Treated Shell in solution containing 20 ppm of F-.