

# 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



助教 横井 太史  
Assistant Professor  
Taishi Yokoi



Group photograph of our laboratory.

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 according to the idea mentioned above.

## 研究の概要

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、生命現象や自然現象と材料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デザインと作製を行っています。

## 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用いた断熱箱を作製し(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 Thermal insulation boxes by using high performance material.

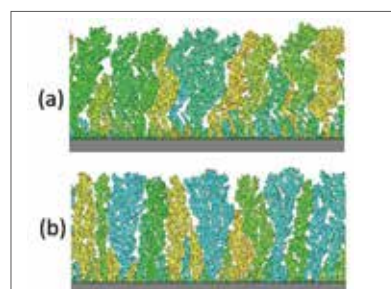


Fig.2 Computer simulation of porous ceramics for thermal barrier coating in jet engine. The rotating speed of substrate at the coating process is low(a) and high(b).



Fig.3 Presentation of our student on an international conference held in Taiwan.

## 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。その成果をもとに、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。また、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、リン酸八カルシウムと水酸

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、国際学会で発表を行いました(Fig. 3)。

## 生態系に調和する材料の創製

環境浄化や有用物質回収のために、微生物の利用が注目されています。微生物を適切な足場材料に固定して利用できれば、微生物の分離回収が容易になるだけでなく、微生物の機能効率を向上させることができる可能性があります。医療用材料の開発において培った細胞と材料との相互作用に関する知見を活かし、微生物の足場材料の相互作用の解明に取り組んでいます。

## 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吸着特性を有しており、環境から有害物質を除去するための吸着剤として有用と期待されています。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ました。これらの材料はフッ化物イオンに対して優れた除去特性を示しました。さらに、層状複水酸化物配向膜を用いた新規な環境浄化材料の作製にも成功しました(Fig. 4)。

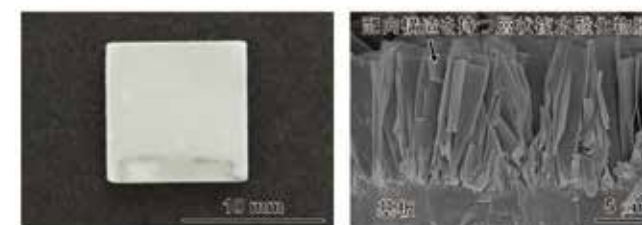


Fig.4 Photograph of oriented layered double hydroxide coating.

## 国際国流

- ・短期留学生受け入れプログラム(JYPE)で、タイや中国からの留学生を受け入れました。
- ・上高原准教授が中国のInstitute of Metal Research Chinese Academy of Scienceに招待されました(Fig. 5)。

## 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、名古屋大学、山口大学、順天堂大学

## 学会、国際会議等での活動

松原秀彰:  
粉体粉末冶金協会副会長および硬質材料分科会主査、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、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116回講演大会プログラム委員、15th Asian BioCeramics Symposium International Advisory Board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28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)、Biomaterials International 2015 Session Chairman、15th Asian BioCeramics Symposium Executive Member、第25回日本MRS年次大会シンポジウムオーガナイザー等



Fig.5 Photograph at Institute of Metal Research Chinese Academy of Science. (Left: Kamitakahara, Right: Prof. Cui)