

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 life and nature, the design of the materials that produce a harmony with the life and environment is studied from the viewpoint of environmental science. Furthermore, the designed materials are expected to produce a new harmony with the life and environment. We are developing the biomaterials to repair our bodies and environment-friendly 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。

研究成果

『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、自然・未利用熱(地中熱、太陽熱、雪氷、工場排熱等)の利用が注目されています。数種類の温冷熱源と蓄熱槽を組み合わせることにより、最低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を目指しています。特に夏の温熱を冬に、冬の冷熱を夏に利用するような場合はこれらを蓄えておく蓄熱槽の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、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断熱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)。

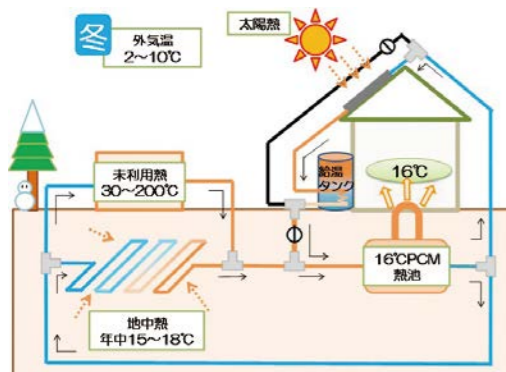


Fig.1 Schematic illustration of a new system on the utilization of multi-heat source for saving energy.

『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。とくに焼結や粒成長に係るモンテカルロシミュレーション研究を進めています。例えば、液相を一部に含む焼結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の成果も出しています(Fig.2)。いずれも、実際に試料作製を行って求められる組織とか寸法変化などをシミュレーションで再現することができ、材料開発のための強力な設計手法となりえるツールに発展させることができると考えています。

『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、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(Fig.3)。それらの成果については、学会で発表を行いました。これらの材料の開発は、患者の生

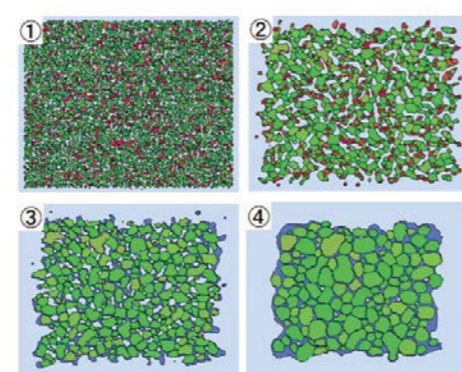


Fig.2 Computer simulation of sintering and grain growth with liquid-phase formation (①→④).

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。

『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。抗菌性を示す金属イオンを水酸アパタイトに微量添加することにより、材料表面に接着する微生物の数を低減できる現象を見出しました。その成果については、学生が研究会で発表を行い、賞を受賞しました。

『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。その成果については、学生が学会で発表を行い、賞を受賞しました。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も行っています(Fig.4)。

国際交流

- 短期留学生受け入れプログラム(JYPE)で、現在タイからの留学生を受け入れています。

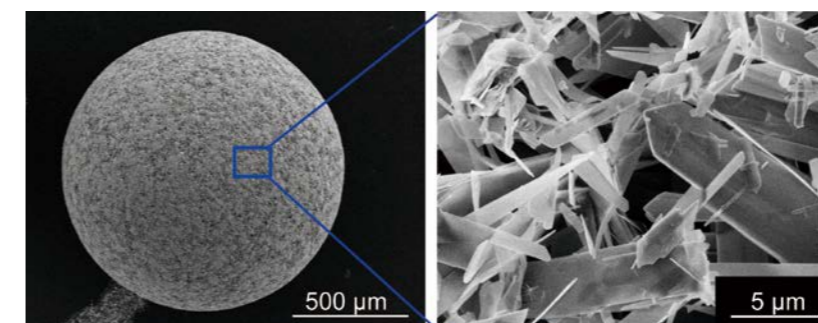


Fig.3 Spherical octacalcium phosphate/hydroxyapatite granules for DDS.

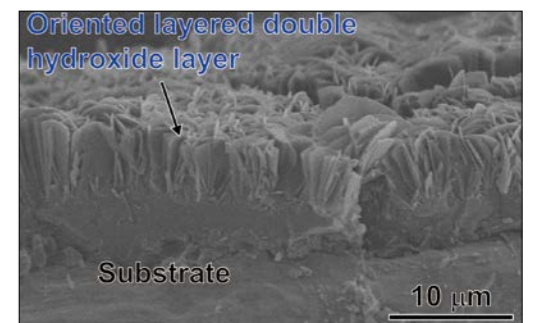


Fig.4 Scanning electron microscopic photograph of oriented layered double hydroxide layer.

- RESDプログラム(Regional Environment and Sustainable Development Certificate Program)で寺坂宗太君が日本・中国・韓国の大学を訪問しました。

共同研究

- 海外: University of Oxford(英国)、National Cheng Kung University(台湾)
- 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

業績

●受賞

- 1) 松原秀彰、粉体粉末冶金協会 第15回(平成26年度)論文賞
- 2) 寺坂宗太(D2)、環境科学研究科奨学賞
- 3) 寺坂宗太(D2)、第7回資源・素材学会東北支部若手の会においてポスター賞(銀賞)
- 4) 烏谷昂希(M1)、第7回資源・素材学会東北支部若手の会においてポスター賞(銅賞)

●学会等での活動

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
上高原理暢: 日本セラミックス協会生体関連材料部会 幹事、日本セラミックス協会第27回秋季シンポジウム特定セッションオーガナイザー、日本バイオマテリアル学会 評議員、日本アパタイト研究会 評議員、等