

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



教授 上高原 理暢
Professor
Masanobu Kamitakahara

現在、我々は様々な材料を利用して生活を営んでいる。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ある。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る。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、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る。

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

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）の利用が重要となる。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る。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する。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、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る。

材料プロセスと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る。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た。最近、粉末成形と焼結を連続させたプロセスのシミュレーションを研究している。

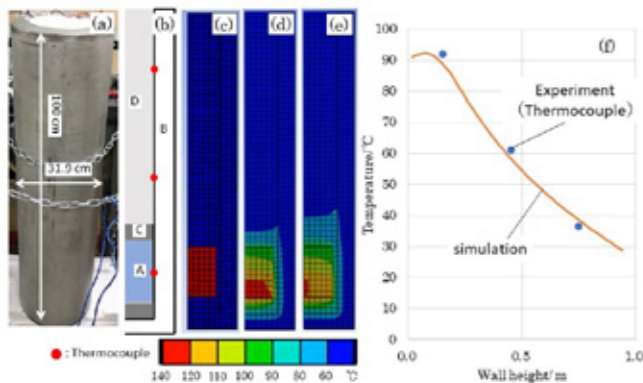


Fig.1 Study on the heat system using porous silica for thermal insulation and erythritol for thermal storage. (a) vessel, (b) model, where heat storage material (A), thermal insulation in the vacuum space (B), thermal insulation board (C), foamed styrene (D), (c) simulation of 0h, (d) 10h, (e) 20h, (f) experiment and simulation for wall temperature while phase changing.

Development of a thermal insulation /storage system for energy conservation

In order to reduce energy consumption and shift to a life independent from fossil fuels, it is important to use natural and unutilized heat. By combining heat sources and storage, it is possible to construct a system to utilize natural and unutilized heat effectively with minimum energy consumption. In this laboratory, assuming that heat is used across seasons (summer and winter), we developed a new high-performance insulation material and evaluated its insulation performance. The heat utilization efficiency of the heat utilization system was evaluated by using a circuit combining heat storage and several heat sources.

Simulation of material processing and microstructure development

We are studying the simulation of material processing and microstructure development of ceramics and composites using the Monte Carlo method, the finite element method, the molecular dynamics method, etc. We have developed a simulation that can calculate the change in a material's structure, including several solid phases, liquid phases, and pores, from the perspective of the relationship between temperature and time. Recently, simulation of process powder compaction followed by sintering has been studied.

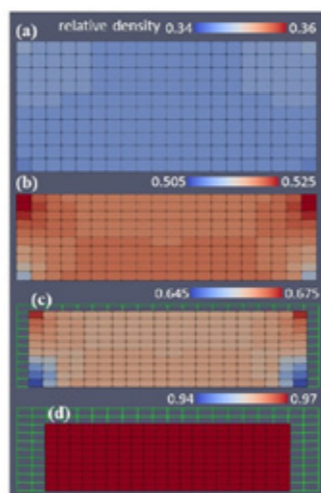


Fig.2 FEM simulation of powder compaction (a, b) and sintering of b (c, d).

セラミックスコーティングや焼結複合材料の特性・性能のシミュレーション

本研究では、セラミックスコーティングの組織形成、組織変化、損傷・剥離のシミュレーションを、モンテカルロ法と有限要素法を用いて行っている。最近では、焼結複合材料の強度や破壊に関するシミュレーション研究を進めている。

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の創製を行っている。これまでに、生体内で吸収され骨の代謝に組み込まれるリン酸カルシウム球状多孔体の作製に成功している。この球状多孔体をリン酸カルシウム骨セメントに組み込むことにより、細胞や骨組織の進入可能なマクロ気孔と体液やタンパク質の進入可能なミクロ気孔の両方を有する新規な多孔質リン酸カルシウム骨セメントの開発を進めている。これらの材料の開発は、患者の治療だけでなく、環境低負荷医療の実現に貢献できると考えている。

受賞や学会等での活動

<受賞>

- (1) 松原秀彰：粉体および粉末冶金論文賞（2020年6月）「分子動力学法によるアルミナ-ガラス系における界面エネルギーと拡散の解析」
- (2) 加藤大夢 (M1)：粉体粉末冶金協会 2020 年度秋季大会 優秀講演発表賞

<学会等での活動>

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、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、無機マテリアル学会北部支部長、賢材研究会幹事等

上高原理暢：Associate Editor of Journal of the Ceramic Society of Japan、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生体関連材料部会幹事等

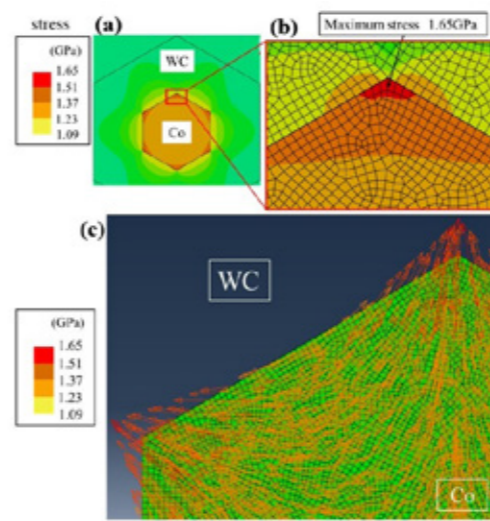


Fig.3 Study on FEM simulation of thermal stress in WC-Co cemented carbide. (a) model, (b) tensile stress, (c) direction of principal stress.

Simulation for property and performance of ceramics coating and sintered composite

This study aims at developing a simulation technique for microstructure formation and change, as well as delamination/fracture in ceramic coatings by using the Monte Carlo and Finite element methods. Recently, we have studied the simulation for strength and fracture of sintered composite (cermet) by using the finite element and discrete element methods.

Preparation of materials that harmonize with life

We have designed bone-repairing materials that can be incorporated into bone metabolism and activate biological functions. We have successfully prepared spherical porous calcium phosphate granules that are resorbed in vivo and are incorporated into bone metabolism. We are preparing the calcium phosphate bone cement with macropores and micropores. Cells and bone tissues enter the macropores, and body fluids and proteins enter the micropores. The development of these materials will contribute not only to the treatment of patients, but also to the realization of medicine with a low environmental impact.

Awards and Activities in academic societies

< Awards >

- (1) Hideaki Matsubara: Japan Society of Powder and Powder Metallurgy Distinguished Paper Award, "Analysis of Interfacial Energy and Diffusion for Alumina-Glass System by Molecular Dynamics", June 2020.
- (2) Hiromu Kato (M1): Best Presentation Award, Autumn meeting of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 2020

<Activities in academic societies>

Hideaki Matsubara: Director of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Chairperson of Technical Division of Hard Materials Committee of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Chief Editor of the *Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*, Committee Member of the Engineering Ceramics Division of the Ceramic Society of Japan, etc.

Masanobu Kamitakahara: Associate Editor of the *Journal of the Ceramic Society of Japan*, Committee Member of the Japanese Society for Biomaterials, etc.

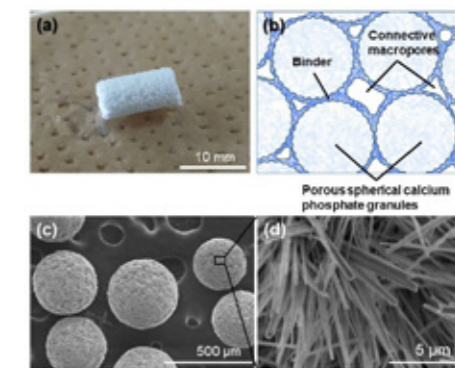


Fig.4 Calcium phosphate cement with macropores and micropores. (a) appearance, (b) model, (c) porous spherical calcium phosphate granules in cement, (d) microstructure of spherical calcium phosphate granules.