

# 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 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、生体を修復するための材料、微生物を利用したバイオリアクターのための担体材料、環境を浄化するための材料、などの開発を行っている。

Nowadays, we are using many materials in our daily lives. From the viewpoint of environmental science, materials design helps to build a sustainable society. In this laboratory, based on the fundamental science of the relationship between materials and phenomena in nature and life, we study the design of materials that produce harmony between the environment and human life from the viewpoint of environmental science. We are studying and developing biomaterials to repair our bodies, materials for bioreactors, materials to clean the environment and materials that are in harmony with the environment.

## 骨再生を目指したリン酸カルシウムセメントの作製

代謝に組み込まれる骨修復材料の創製を行っている。骨再生を促す注入可能なセメント状の人工骨の開発が求められている。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質顆粒の作製に成功している。これら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。不定形な多孔体顆粒を用いる場合に比べ、リン酸カルシウム球状多孔質顆粒を用いることで、顆粒の充填が起こりやすいことやマクロ気孔のサイズ分布を均一化できることを明らかにしている。リン酸カルシウム球状多孔質顆粒の種類や硬化に寄与する反応の工夫により、骨再生能力の高いセメントの作製を目指している。

また、生体吸収性の高いリン酸カルシウムセメントのデザインとして、リン酸化プルランなどの生体吸収性高分子とリン酸カルシウムを複合化したセメントの作製にも取り組んでいる。生体吸収性高分子

## Preparation of calcium phosphate cement for bone regeneration

We are preparing bone repair materials that are incorporated into metabolism. Development of injectable artificial bone cements that promote bone regeneration is desired. We have succeeded in preparing spherical porous calcium phosphate granules that are incorporated into bone metabolism. By incorporating these spherical porous bodies into calcium phosphate bone cement, we developed a new porous calcium phosphate bone cement that has macropores that allow cells and bone tissue to enter as well as micropores that allow body fluid and protein to enter. We revealed that the use of spherical porous calcium phosphate granules facilitates granule packing and makes the size distribution of macropores uniform compared to the case of using irregular-shaped porous granules. We aim to produce cement with high bone regeneration ability by selecting the type of spherical porous calcium phosphate granules and the reaction that contributes to hardening.

In addition, as a design of highly bioresorbable calcium phosphate cement, we are also studying the preparation of cement that combines bioresorbable polymers such as phosphorylated pullulan with calcium phosphates. We aim to produce a cement with high bioresorbability that hardens even with a low calcium phosphate content due to the ability of bioresorbable polymers to retain particles. A student has received a poster presentation award at the academic conference for the achievement.

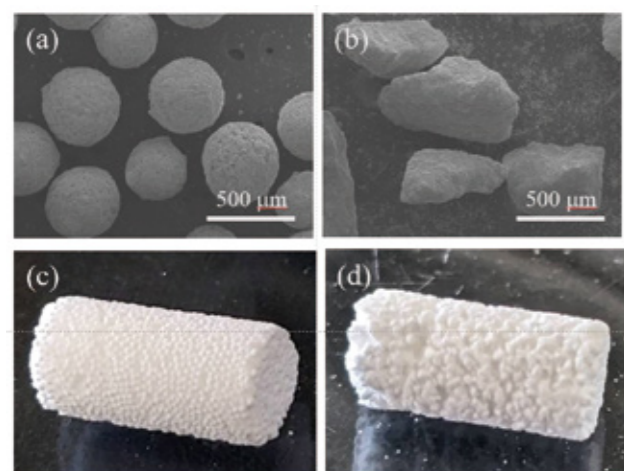


Fig.1 Spherical granules and irregular-shaped granules of calcium phosphate, and cements prepared from those granules. (a) Spherical granules (b) Irregular-shaped granules (c) Cement from spherical granules (d) Cement from irregular-shaped granules

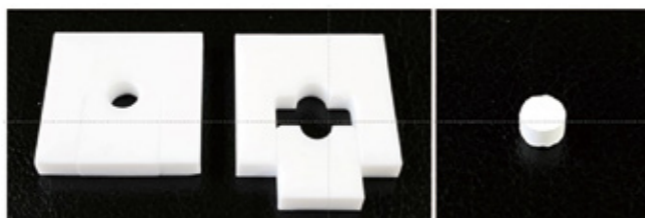


Fig.2 Cement mold and cement composed of calcium phosphate and biodegradable polymer.



助教 梅津 将喜  
Assistant Professor  
Masaki Umetsu

による粒子保持能力により、リン酸カルシウム含有量が少なくても硬化して生体吸収性の高いセメントの作製を目指している。その成果について、学生が学会でポスター発表賞を受賞している。

## 薬剤を担持した骨修復材料の作製

人工骨に薬剤を担持して機能を付与しようという試みが多くなされている。担持した薬剤を有効的に機能させるためには、薬剤の放出挙動を制御する必要がある。そのためには、薬剤の担持方法が重要であると考えられる。本研究では、薬剤の担持方法が薬剤の放出挙動に与える影響を調べている。骨再生能力の高いリン酸八カルシウム球状多孔質顆粒を溶解-析出反応により作製する際に、薬剤を共存させることで強固に薬剤を担持することができることを明らかにした。一方で、リン酸八カルシウム球状多孔質顆粒の作製後に薬剤を担持すると、高濃度で担持はできるが早期に放出してしまうことを明らかにしている。現在は、抗菌性を付与することを目指して、銀イオンを担持したリン酸八カルシウム球状多孔質顆粒の作製にも取り組んでいる。

## 微生物を利用したバイオリアクターのための担体材料の作製

微生物を利用したバイオリアクターによる金属回収や環境浄化などが注目されている。バイオリアクターの構築のためには、微生物を安定に担持できる材料が求められる。微生物の担持のためには、微生物が接着しやすい表面を持つ材料の開発が重要であると考えられる。本研究では、親水性の高い酸化チタンを表面に形成させることのできるチタン金属に注目した。種々の条件で酸化処理したチタン金属基板を作製し、その基板上での微生物の接着挙動について調べている。

## 学会等での活動

・上高原理暢：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、無機マテリアル学会評議員等

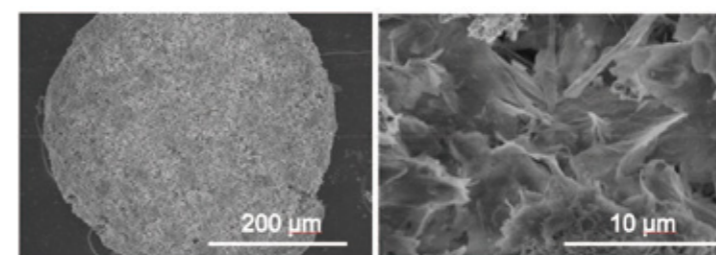


Fig.3 Octacalcium phosphate granules loaded with silver ions.



Group Photo

## Preparation of drug-loaded bone repair materials

Many attempts have been made to load drugs on artificial bones to impart a function. To induce a drug's function effectively, it is necessary to control the drug's release behavior. For that purpose, we think the drug-loading method is important. In this study, we investigated the effect of the drug-loading method on the release behavior of the drug. We revealed that the drug could be firmly loaded on spherical porous granules of octacalcium phosphate having high bone regeneration ability when the granules are produced by a dissolution-precipitation reaction by coexisting with the drug. However, it was also revealed that when the drug is supported after the production of octacalcium phosphate spherical porous granules, it can be supported at a high concentration but is released at an early stage. At present, we are also studying the preparation of octacalcium phosphate spherical porous granules loaded with silver ions with the aim of imparting antibacterial properties.

## Preparation of scaffold materials for bioreactors using microorganisms

Attention is being paid to metal recovery and environmental purification by bioreactors using microorganisms. To construct a bioreactor, a material capable of stably supporting microorganisms is required. To support microorganisms, it is important to develop a material with a surface on which microorganisms can easily adhere. In this study, we focused on titanium metal, which can form highly hydrophilic titanium oxide on the surface. Titanium metal substrates that have been oxidized under various conditions have been prepared, and the adhesion behavior of microorganisms on the substrates has been investigated.

## Activities in academic societies

M. Kamitakahara: Committee Member of the Japanese Society for Biomaterials, Committee Member of Division of Ceramics in Medicine, Biology and Biomimetics of the Ceramic Society of Japan, The Society of Inorganic Materials, Japan, etc.

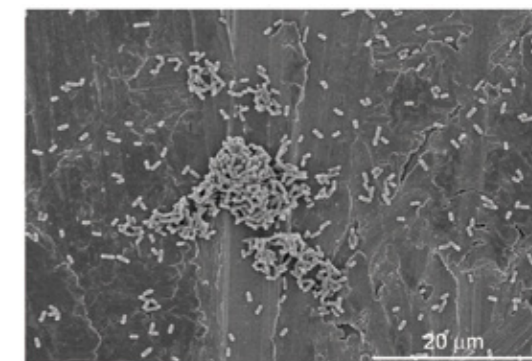


Fig.4 Microorganisms attached on titanium plate.