

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。

Currently, people use many materials for daily life. From the viewpoint of environmental science, materials design is required to build a sustainable society. In this laboratory, based on the fundamental science of the relationship between materials and the 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 biomaterials to repair our bodies and are studying materials for bioreactors and materials to clean the environment.

骨再生能力の高い骨修復材料の作製

代謝に組み込まれ骨再生を促す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。これらの球状多孔質顆粒をリン酸カルシウム骨セメントに組み込むことにより、骨再生に貢献するマクロ気孔と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。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、骨再生能力の高いリン酸八カルシウム (OCP) を主結晶相とするセメントの作製に成功している (Fig. 1)。また、生体吸収性のセメントの開発を目指し、水溶性の生体吸収性高分子を混合したリン酸カルシウムセメントを作製し、生体吸収性高分子がセメントの特性に与える影響を明らかにした。

Preparation of bone-repairing material with high bone regeneration

We are preparing bone-repairing material that metabolically incorporates and promotes bone regeneration. Developing injectable artificial bones that promote bone regeneration is desired. We have prepared spherical porous calcium phosphate granules that are incorporated into bone metabolism. By incorporating these granules into calcium phosphate cement, we are developing a novel porous calcium phosphate cement with both macro and micro pores that contribute to bone regeneration. By devising the type of granules and the reactions that contribute to hardening, we succeeded in creating cement with octacalcium phosphate (OCP) as the main crystalline phase with high bone regeneration capacity (Fig.1). Aiming to develop a bioresorbable cement, we prepared calcium phosphate cements mixed with a water-soluble bioresorbable polymer and clarified the effect of the bioresorbable polymer on the properties of the cements.

バイオリクターの構築を目指した微生物の固定化方法の検討

微生物を利用したバイオリ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。バイオリクターの構築のためには、微生物を安定に固定化する技術が求められる。1つのアプローチとして、微生物の付着を制御できる担体材料の開発に取り組んでいる (Fig. 2)。さらに、電気泳動堆積法を用いることで、電極上に微生物を固定化

Study of immobilization method of microorganisms for bioreactor construction

Attention is being paid to metal recovery and environmental purification by bioreactors using microorganisms. To construct a bioreactor, technology to stably immobilize microorganisms is required. As one approach, we are working on the development of carrier materials that can control the attachment of microorganisms (Fig.2). We are also studying the immobilization of microorganisms on electrodes using

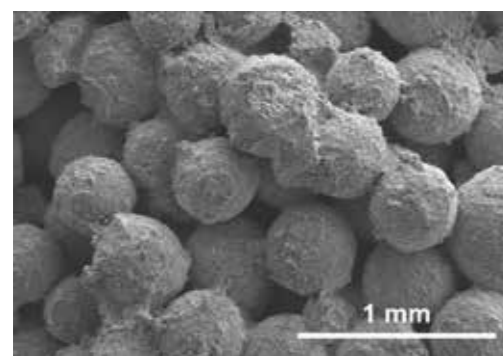


Fig. 1 SEM images of fracture surfaces of calcium phosphate cements containing OCP.

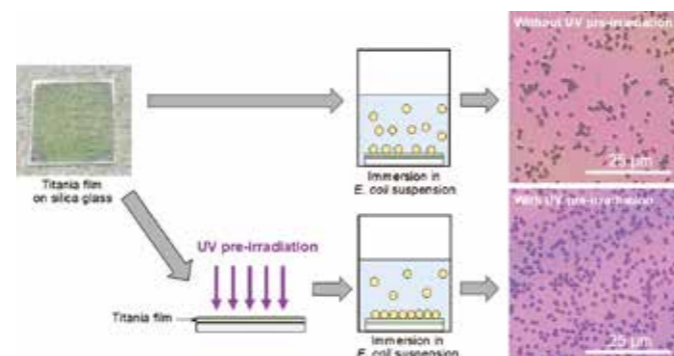


Fig. 2 Control of microorganism adhesion on titania film by UV pre-irradiation.



助教 梅津 将喜
Assistant Professor
Masaki Umetsu

する方法についても研究している。電気泳動堆積を用いることで、微生物を電極上に固定化できることを明らかにしている。また、リン酸カルシウムセメントを利用することで、微生物を生きたまま、担体内部に比較的高密度で均一に担持させる方法の開発に成功した。

微生物を利用した鉄化合物の合成と環境浄化への適用

Fe^{2+} を Fe^{3+} に酸化できる鉄酸化細菌を利用すると、鉄イオンを含む溶液から鉄化合物を合成することができる。水中のセレン酸の除去のために、微生物を利用して合成したジャロサイトを除去材料として検討した。培養培地の pH を制御することで、既に高いセレン酸イオンの除去を示すことが報告されているシュベルトマナイトと同等なセレン除去能力を示すジャロサイトの作製に成功した。鉄酸化細菌を利用して合成したジャロサイトは、廃水からの安定的かつ効率的なセレン酸イオン除去材料になり得ることを示した。

イベント

- ・トリノ工科大学の Silvia Spriano 准教授が来訪し、コロキウム環境を開催した (Fig. 3)。
- ・慶應義塾大学の井奥洪二教授を招聘し、コロキウム環境を開催した (Fig.4)。

受賞

- ・Upasana Jhariya (D3) : The 2025 Fall Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS), 2nd Prize in PhD Thesis Competition
- ・Indra Jaya Budiarmo (D1) : WET2025, WET Excellent Presentation Award

学会等での活動

- ・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、日本バイオマテリアル学会評議員、無機マテリアル学会評議員、日本無機リン化学会理事等



Fig. 3 Lecture by Prof. Silvia Spriano



Group photo

electrophoretic deposition. We have shown that microorganisms can be immobilized on electrodes. In addition, we succeeded in developing a method to uniformly support live microorganisms inside a carrier at a relatively high density using calcium phosphate-based cements.

Synthesis of iron compounds using microorganisms and their application to environmental remediation

Iron-oxidizing bacteria that can oxidize Fe^{2+} to Fe^{3+} can be used to synthesize iron compounds from solutions containing iron ions. In order to remove selenate from water, jarosite synthesized using microorganisms was examined as a removal material. By controlling the pH of the culture medium, we succeeded in producing jarosite that exhibits selenium removal capacity equivalent to that of schwertmannite, which has been reported to have a high ability to remove selenate ions. We showed that jarosite synthesized using iron-oxidizing bacteria can be a stable and efficient material for removing selenate ions from wastewater.

Events

- ・Associate Professor Silvia Spriano from Politecnico di Torino visited, and a colloquium was held (Fig.3).
- ・Professor Koji Ioku from Keio University was invited, and a colloquium was held (Fig.4).

Awards

- ・Upasana Jhariya (D3) : The 2025 Fall Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS), 2nd Prize in PhD Thesis Competition
- ・Indra Jaya Budiarmo (D1) : WET2025, WET Excellent Presentation Award

Activities in academic societies

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



Fig. 4 Lecture by Prof. Koji Ioku