

Development of Process for Fabrications of Multi-Functional Composites

多機能コンポジット作製を 目的としたプロセスの構築

プロジェクトリーダー 野 末 章

上智大学 理工学部 教授



図1 ホットプレス装置



図2 成果報告会での発表風景

1. 研究の目的

コンポジットはニーズ指向型の材料である。本プロジェクトでは、大学を拠点とする本グループの特長を生ずべく、高機能で付加価値の高いコンポジットの開発を行う。周知のように、自然界に存在する究極のコンポジットとして、「竹」と共に「骨」が広く知られている。生体の硬組織である「骨」に学び、コンポジットのニュープロセスの構築を行う。産業界に存在する高機能で付加価値の高い材料としては、股関節の代替品が挙げられる。人工股関節は1兆円産業といわれている。人工股関節に必要な機能は生体適合性、低弾性率、高強度、高破壊靱性であり、要求される機能は多機能である。そこで本プロジェクトでは、多機能コンポジット作製を目標とし、主にリン酸カルシウム系バイオコンポジットのプロセスの構築を行う。

2. 研究の内容

(1) バイオコンポジットの創製

リン酸カルシウム系セラミックスは生体骨と直接結合し、高い生体適合性を有しているが、単独では力学特性は優れておらず、適用できる部位が限定される。リン酸カルシウムをアルミナ、チタン合金等の基板材料である高強度材料と複合化し、硬組織のバイオコンポジットを創製する。代表的硬組織である人工骨の開発は基板材料とコーティングの開発に分類される。本プロジェクトで、コーティング技術の開発ならびに基板材料とコーティングの両者を包括する3次元一体成形を行う。

コーティングによるコンポジットの創製

- ①噴霧熱分解法によるアルミナ基板上へのリン酸カルシウム膜の生成： このプロセスは出発溶液を微細な液滴とし、それらを加熱した管状炉へ導入して瞬時に溶媒の除去および熱分解を起こさせ、組成の均質な粉体を得る方法である。本プロセスで得られたコーティング基板とその薄膜X線回折結果を図3 (a)、(b)と図4にそれぞれ示す。この方法は出発溶液の組成と濃度の適切な選択により、アルミナ基板上に種々の組成を有するリン酸カルシウムの析出が可能である。Ca/Pを変化させた溶液により、リン酸カルシウムの組成を連続的に変化させ、最表面はリン酸三カルシウム (β -TCP)、内部にハイドロキシアパタイト (HAp) を有する組成傾斜のコーティングも可能である。今後は、気孔率傾斜を試み、生体適合性のより高いバイオコンポジットの開発予定である。
- ②溶液プロセスによるチタン基板上的HApコーティング： 約200℃に加熱したチタン基板を尿素と Ca^{2+} と PO_4^{3-} を含有するHAp成分の溶液中に1～10秒浸漬後、生体擬似溶液に再び浸漬し、HApを析出、成長させる。このコーティングにより生成したHApの存在を薄膜X線回折等で確認している。この新プロセス技術に関し、特許（特願平10-134042）を申請している。

HApのコンポジット化による骨の類似構造の創製

Near net shapeに近い技術で、骨の類似構造を創製する。

- ①HApとポリマーのコンポジット： ポーラスなHApに熱硬化性エポキシ樹脂を含浸させ、高破壊靱性なHApコンポジットの作製に成功している。今後は、良好な生体適合性を有するPMMAの含浸を検討している。加えて、破壊靱性向上のモデル計算を行っている。
- ②HApとチラノ短繊維のコンポジット： HAp粉末とチラノ繊維を混合し、ホットプレスによりHApコンポジットを作製している。
- ③チラノ織物上へリン酸カルシウムのコーティング：

プロセスの評価

- ①生体適合性： 骨芽細胞様細胞の増殖と分化により、生体適合性の評価を行い、噴霧熱分解法と溶液プロセスにより作製したコーティング材の生体適合性の良好を確認している。
- ②自己修復性： 基板材料またはコーティングに生じた欠陥の生体擬似溶液内での自己修復の可能性を追求している。疲労予き裂を有するTi-6Al-4V合金の表面にHApをコーティングした場合、表1のように、非コーティング材と比べ、破壊靱性が約35%上昇し、き裂の自己修復による破壊靱性向上の可能性が示されている。

3. 研究の体制

期 間：1997年6月～2002年3月

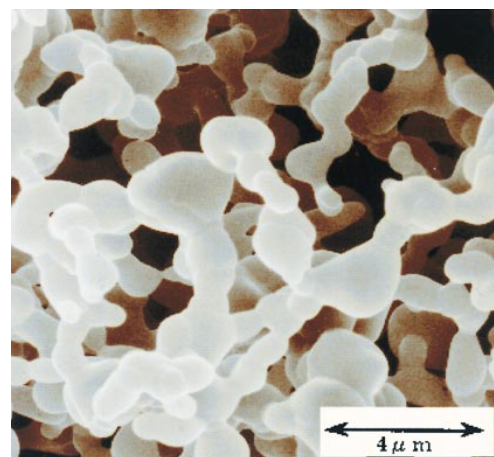
構 成：プロジェクトリーダー：野末 章（上智大学・理工学部・教授）コ

アメンバー：3名、研究協力者9名（内ポスドク1名）

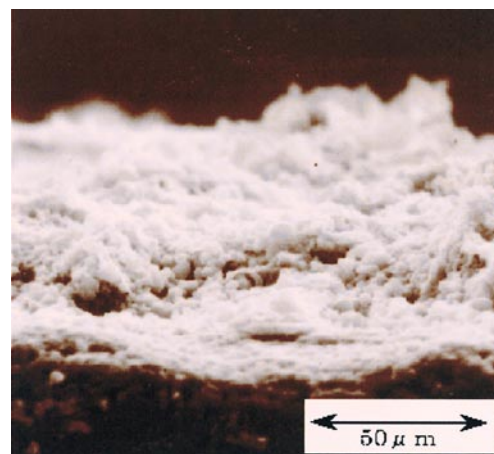
実施場所：上智大学理工学部 千代田区紀尾井町7-1

表1 5%オフセット値 K_Q (MPa $\sqrt{m}$) の比較

大 気 中	疑似体液浸漬
55.3	74.3



(a) 表面部



(b) 断面図

図3 アパタイトコーティング

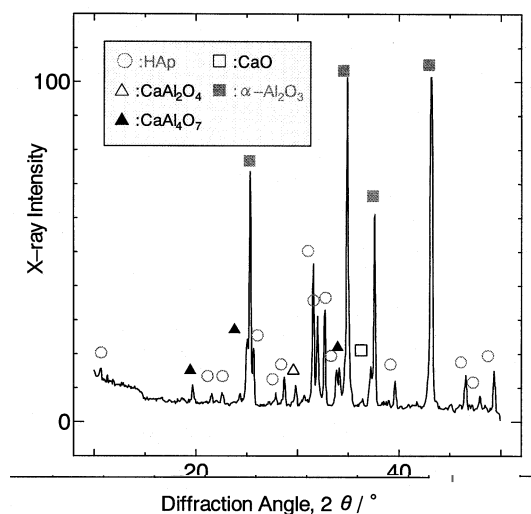


図4 アルミナ基板上的のアパタイトコーティングの薄膜X線回折