



機能性骨修復材料の開発

研究背景と目的

水酸アパタイト (HAp: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) は Ca^{2+} 、 PO_4^{3-} 、及び OH^- 各サイトを様々なイオンで置換可能である。生体骨はCa欠損型で CO_3^{2-} を含む組成のHApを無機主成分とする。そこで各サイトに骨疾患に効果のある成分を導入できれば、試料埋入後、骨代謝に応答した有効成分放出制御可能な材料が得られると期待できる。本研究では、非晶質リン酸カルシウム (ACP) に骨形成のみならず酵素活性および機能維持に必須のMgの導入を試みセメントを作製し骨代謝環境において評価した。

実験方法

同濃度の Ca^{2+} および PO_4^{3-} 水溶液を $\text{Ca}/\text{P} = 1.00$ (モル比) となるように混合し、リン酸/カルシウム水溶液を調製した。冷却した NaOH 水溶液を攪拌しながら、リン酸/カルシウム水溶液を $\text{pH} 10.5$ になるまで滴下した。析出物をろ別、凍結乾燥し試料粉末を得た (CP)。一方、 Mg^{2+} を、 $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{P} = 1.00$ (モル比)、Ca に対しての Mg の導入量が 1, 10 mol% となるように Ca/Mg 水溶液を調製し、CP 合成と同様に試料粉末を得た (1MgCP, 10MgCP)。得られたそれぞれの粉末に H_3PO_4 水溶液を加えて練合し、円柱状の型に流し込んで成形し、 40°C に保持してセメント試料を得た (CPce, 1MgCPce, 10MgCPce)。試料を XRD, FT-IR, 圧縮試験により評価した。セメント試料は骨代謝環境に浸漬し Mg 放出挙動を調べた。

結果と考察

合成した試料粉末はいずれも XRD 図においてピークを検出せず、非晶質であった (Fig. 1)。Mg を導入した MgCP、および 10MgCP の Mg 含有量は、導入と同程度であった。XRD 図において結晶性のピークを検出しなかったことから、Mg を導入した試料は ACP 構造に固溶していると推察される。セメント試料の XRD 図はいずれも HAp に帰属された (Fig. 2)。各ピークはブロードなピークであったことから低結晶性のアパタイト構造を持つと推察される。FT-IR より、粉末、セメントいずれの試料も CO_3^{2-} に帰属される吸収を検出した (Fig. 3)。低結晶性アパタイト構造で、Mg および CO_3^{2-} を構造中に含有していると推察されることから、作製した試料は Mg 含有骨類似組成セメントである。セメント試料は Mg 導入により圧縮強度が増大した (Fig. 4)。セメント試料は骨代謝環境に交互に浸漬することにより、骨吸収環境 (酢酸緩衝液 AcBu 中) で Mg を放出し、骨形成環境 (擬似体液 SBF 中) において Mg 放出が抑制された (Fig. 5, 6)。Mg 導入量により放出を制御することができた。セメント試料は骨代謝環境に応じて Mg を放出する新規骨修復材料として期待される。

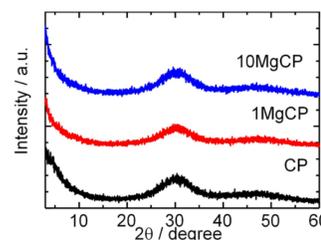


Fig. 1 粉末試料のXRD図

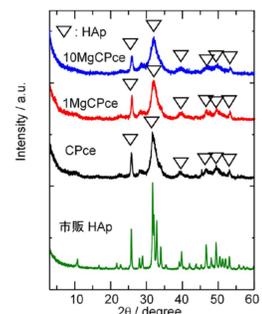


Fig. 2 セメント試料のXRD図

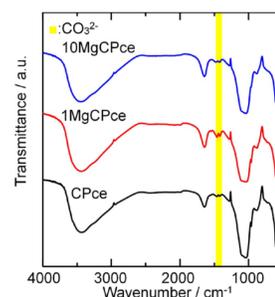


Fig. 3 セメント試料のFT-IR図

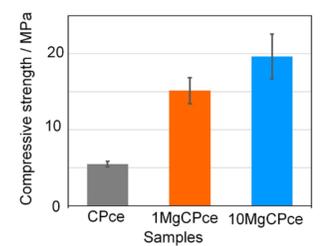


Fig. 4 セメント試料のFT-IR図

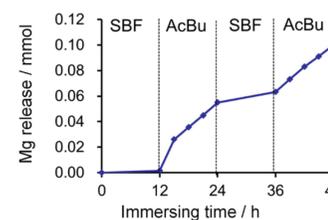


Fig. 5 10MgCPceのMg放出挙動

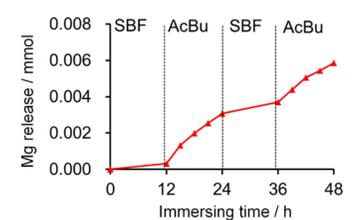


Fig. 6 1MgCPceのMg放出挙動

今後の予定

本研究で作製した有効成分導入リン酸カルシウムセメントは、化学的に類似させた体内環境において、有効成分放出制御が可能である。しかし実際の体内環境においては放出制御の可否は不明である。今後は、体内で起こると想定される埋入初期のタンパク質吸着、骨代謝に関わる破骨細胞、骨芽細胞等を用いての評価が必要である。