

RF マグネトロンスパッタリング法によるシリコン徐放型 リン酸カルシウムコーティング膜の作製とその評価

東北大学・工学研究科・上田 恭介

1. はじめに

チタンおよびチタン合金は、優れた機械的特性、耐食性および生体適合性から、人工関節や人工歯根といった硬組織代替デバイスに用いられている。一方、リン酸カルシウムは骨の無機成分の大半を占める材料であり、高い骨適合性を有している。そのため、チタンの骨適合性向上にはリン酸カルシウムコーティングが有効である。当グループでは RF マグネトロンスパッタリング法によるリン酸カルシウムコーティングに関する研究を行っており、非晶質リン酸カルシウム(ACP)が高い生体吸収性を有することを明らかにしてきた。

一方、Si は骨形成に遺伝子レベルで関与することが報告されており、生体内において徐放することで骨形成能が向上するとされている。そこで本研究では、リン酸カルシウムコーティング膜中に Si を添加した Si 徐放型リン酸カルシウムコーティング膜の作製およびその評価を行った。本研究では Si の徐放性に着目し、コーティング膜からの溶解性および細胞培養試験による細胞接着数の評価を行った。

2. 実験方法

コーティング膜の作製：ターゲットには、60CaO-30P₂O₅-7Na₂O-3TiO₂ (mol%)組成を有する PIG3 を基本とし、これに Si を 3 および 13 mol% 添加した 3Si-PIG3 および 13Si-PIG3 焼結体を用いた。なお、これらのターゲットを用いて作製したコーティング膜をそれぞれ 0Si、3Si、13Si とする。ブラスト処理を施した Ti-6Al-4V 合金板(10×10×1 mm)を基板とし、RF マグネトロンスパッタリング法により基板温度室温の条件にて、膜厚 0.5 μm のコーティング膜を作製した。

コーティング膜の溶解性評価：擬似体液中へのコーティング膜の溶解性評価を行った。擬似体液には Tris 緩衝溶液を用い、所定の期間浸漬後、溶液中へのコーティング膜構成元素の溶出量を ICP-MS により定量分析した。

コーティング膜の細胞接着数評価：骨芽細胞様細胞である MC3T3-E1 細胞をコーティング膜上に播種し、所定の期間培養後の細胞接着数を測定した。なお、コントロールとして細胞培養用ポリスチレン板を用い、コーティング無しのものも併せて比較した。

3. 研究成果

ターゲットの Si 濃度によらず、いずれのコーティング膜も成膜ままにおいては ACP 相であった。コーティング膜の組成はターゲットの組成とほぼ一致しており、Si 添加量に伴い、コーティング膜中の Si 濃度も増加していた。Fig. 1 に、0Si、3Si および 13Si コーティング膜からの Si イオン溶出量を示す。コーティング膜中の Si 濃度に伴い Si 溶出量が増加していた。このことから、ACP コーティング膜中からの Si イオン溶出は、その濃度に依存することが示唆された。

Fig. 2 に、コントロール、コーティング無し、0Si および 13Si コーティング膜上に 1, 3 および 5 日間細胞培養後の細胞接着数を示す。3 日および 5 日培養後においては、コーティング無しと比較して 0Si、3Si 共に細胞接着数は増加しており、特に培養 3 日後では有意に高い値となった。しかし、0Si および 3Si 間には差は見られず、Si イオンの影響を明らかにすることはできなかった。

4. まとめ

RF マグネトロンスパッタリング法により、Si 徐放型リン酸カルシウムコーティング膜を作製することに成功し、コーティング膜中の Si 濃度を変化させることで、徐放する Si イオン濃度を制御することができた。細胞接着数に対する Si 添加の効果は確認できたが、Si イオンの影響は明瞭に示すことはできなかった。今後は細胞増殖率、ALP 活性等の調査により Si 添加量の影響を明らかにする必要がある。

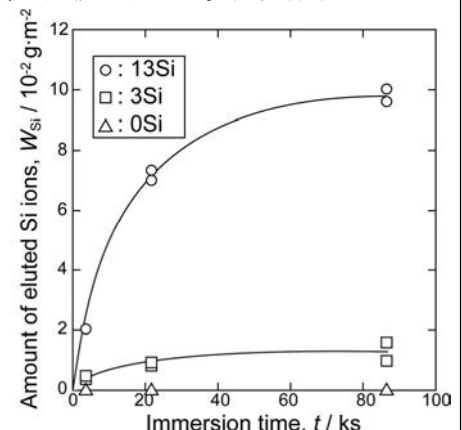


Fig. 1 Tris 緩衝溶液中へのコーティング膜からの Si イオン溶出量

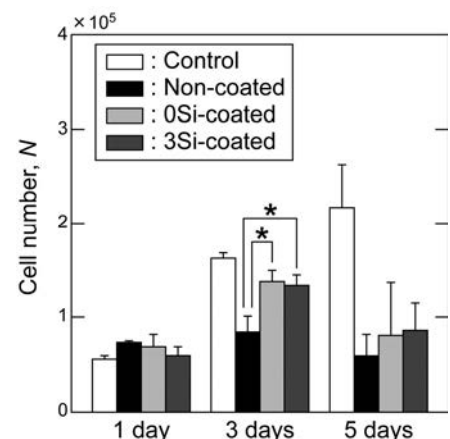


Fig. 2 コントロール、コーティング無し、0Si および 3Si コーティング膜の細胞接着数 (*p < 0.05)