

# 材料工学的観点からの骨微細構造の解明と骨配向化誘導

大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授

**中野 貴由**



## 研究の背景

超高齢化社会に突入した日本において、骨疾患の診断や治療、骨再生手法の確立は急務な課題です。骨組織は主にアパタイトとコラーゲンという成分からなり、ナノレベルにまで緻密に制御されています。実際の医療現場では、骨強度や組織評価は従来型指標である骨密度(アパタイトの存在密度)を中心におこなわれていますが、骨密度だけで骨強度を理解することは難しく、骨密度以外の説明因子である骨質指標の探索が不可欠とされてきました。我々は、骨成分の多くを占めるアパタイトナノ結晶が、六角晶系の原子配列からなる結晶学的異方性を示すことに注目し、骨機能の解明や組織再建材料の開発をおこなっています。

## 研究の成果

我々は材料工学的手法を駆使することで、骨は部位に応じてアパタイトc軸の優先的な配向性(配列)を持つことを見出しました(図1)。つまり場所に応じて機能を発揮するための決まった並び方があるということです。そして、この配向性が力学特性や荷重負荷とも関連した、新しい骨質指標であることを提案しています。例えば、最新の骨再生手法にて欠損部の組織再生をおこなった場合、このアパタイト配向性は骨密度の再生より遅れて回復するため、従来の骨密度指標だけでは本来の回復の様子がわかりません(図2)。さらに骨強度は骨密度より、むしろアパタイト配向性により決定することを解明しました。このことは、従来の骨密度指標に代わるアパタイト配向性が重要であることを示すだけでなく、骨強度を健全化するために、骨系細胞の向きを揃えて、骨配向化を促すような組織再建材料の開発や、配向化制御メカニズムの解明の必要性を示唆しています。

実際に我々の研究では、骨誘導・配向化を促進するためのインプラント(体内に埋入する医療器具)の形状設計や新たな生体材料を開発し、従来のものより体内で再生する骨の配向化を促進することに成功しました。さらに骨配向化制御因子の一部を骨系細胞、分子レベルにさかのぼって解明しました。

## 今後の展望

アパタイト配向性は、体内での骨への力のかかりかたなどの外的因子の作用に極めて敏感であるため、配向性を指標とすることで、骨強度の正確な診断ができるとともに、骨再生や機能の回復、骨疾患の形成プロセスの解明やその診断、さらには創薬支援など、幅広い用途への応用が期待できます。

骨配向化機構の詳細なメカニズムを解明することでその制御が可能となり、骨配向性を基軸とした未来型医療が実現されると考えられます。さらには骨組織の持つ特異な異方性構造をフィードバックすることで、材料工学のさらなる発展に貢献できると考えています。

## 関連する科研費

- 平成15-16年度 若手研究(A)「自己再生能力を持つ配向性ナノアパタイト材料の開発」
- 平成17-18年度 若手研究(A)「強磁場を用いた骨組織の早期再生技術の開発と材料工学的解析」
- 平成19-20年度 基盤研究(B)「材料工学的手法による骨配向化機構の解明」
- 平成21-23年度 若手研究(S)「異方性の材料科学に基づく骨配向化誘導」

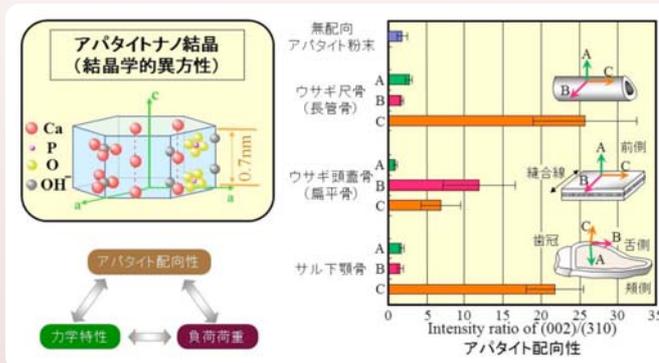


図1 皮質骨の部位に依存したアパタイト配向性の変化

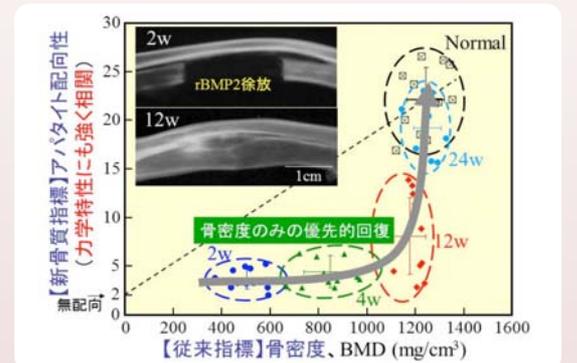


図2 骨再生過程(rBMP2徐放)における骨密度とアパタイト配向性回復の不一致

(記事制作協力: 科学コミュニケーター 福成 海央)