

## 開発

STORY



独立行政法人物質・材料研究機構  
生体機能材料ユニット バイオセラミックスグループ  
グループリーダー 菊池正紀



1995(平成7)年早稲田大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。卒業研究時から東京医科歯科大学医用器材研究所(現・生体材料工学研究所)にてアパタイト系セラミックスの研究に従事。早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員、無機材質研究所重点研究支援協力員などを経て、2007(平成19)年から現職。

## 骨に接合し骨を伝導する日本発の生体材料

ハイドロキシアパタイト(HAp)は“日本発のバイオセラミックス”として世界で認められている。このHApセラミックスを開発したのは、東京医科歯科大学医用器材研究所の青木秀希教授らのチームであり、発表されたのは1972年、世界で初めての成果だった。この材料の特長は、生体内で異物として認識されることがなく、骨組織と直接結合することができる点だ。この特性を生かして、まず骨補填材として臨床応用がなされ、さらに人工歯根や生体硬組織代替材料としての人工骨にも利用が進んでいる。今後はさらに再生医療分野でも欠かせない材料になるはずだ。

アパタイトは生体適合性に優れるだけでなく、タンパク質を吸着するなどの特性がある。HApのバルク材料の開発を契機として、多孔体をはじめ、近縁のリン酸カルシウムなどと組み合わせて生体

吸収性を調節するなど、様々な特性を持つバイオセラミックスの開発が1970年代以降数多くの研究者によって進められてきた。また合成法の確立や人工骨などへの臨床応用が進むのと並行して、結晶構造の解析など無機材料としての基礎研究も熱心に進められた。

筆者は医用器材研究所在籍時に、イオンの一部を置換しても結晶構造を保つ特性に着目し、 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ のCaをBaやSrに置換し、様々なアパタイトを合成した。また、相対密度99%を超える透明なアパタイトセラミックスを作製したり、OH基の水素を重水素に置換した重水酸アパタイトなど、当時は実に多種の材料の合成を手掛けた。

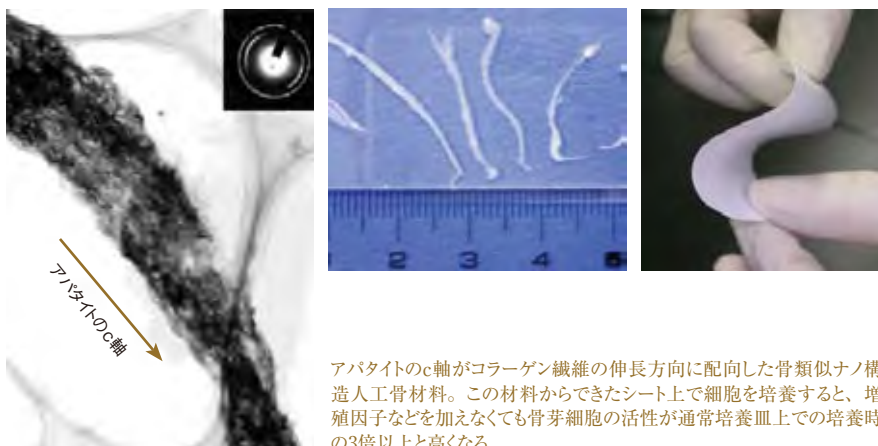
一方、青木教授は人工歯根への応用を意図して、チタン材料の表面にHApを薄膜コーティングする技術を開発するなど、HApの欠点である低強度の問題

の解決にも精力的に取り組んだ。この技法の確立に基づいて、骨と癒合するまでの期間を短縮できる新しい概念の人工歯根が生まれた。

また、旭光学工業(当時、現・HOYA)の小川哲朗氏はHApの吸着能に着目し、アミノ酸やタンパク質、脂質、糖など生体由来の高分子を分離するカラム吸着材を開発された。生体内に使う目的で開発されたHApが、生体外でも有効な用途を見いだした好例である。

現在筆者は、生体活性セラミックスと有機材料の複合体を合成し、医療に役立つ材料の創造に取り組んでいる。その一つは古い骨が吸収されて新しい骨に生まれ変わっていく骨リモデリングに組み込まれる、骨と似た組織と構造を持つ材料の開発だ。純粋なアパタイトセラミックスは吸収が遅く骨リモデリングには組み込まれないが、アパタイトのナノ粒子とコラーゲンの自己組織化により合成される複合体ならば、生体骨と同様に破骨細胞に吸収されてリモデリング過程に入るわけだ。この材料も実用化が進んでおり、今後の展開が楽しみな材料に育っている。

六角柱状の結晶構造を持つアパタイトは「惑わす」という意味を持つ「アパター」という言葉が語源である。本物の骨や歯であるかのように生体を惑わすアパタイトでもあるだけに、今も多くの研究者たちを惑わす魅力的な材料である。



アパタイトのc軸がコラーゲン繊維の伸長方向に配向した骨類似ナノ構造人工骨材料。この材料からできたシート上で細胞を培養すると、増殖因子などを加えなくても骨芽細胞の活性が通常培養皿上での培養時の3倍以上と高くなる