

## アパタイトファイバー スキャフォールド

奥羽大学歯学部口腔衛生学講座所属 長岡正博

これまで不可能とされていた組織の再生が、生命科学の進歩に伴って展望が開け、組織修復を目指す再生医療が臨床応用に向けて動きだしている。なかでも骨組織の再生に関わる研究が活発に行われ、無機組成を同じくするエナメル質の再生研究にも注目が集まっている。エナメル質の欠損部分を同じハイドロキシアパタイト (HAp) 結晶で再生させる研究は、歯学をはじめ理学や工学関係者など多くの研究者によって活発に展開されている。最近の報告では、東北大グループが3  $\mu\text{m}$  のHApをエナメルに噴射し、平均3  $\mu\text{m}$  厚のエナメル質膜を形成する、歯科用デジタル式パウダージェットポジション装置が開発されている。また、FAP歯科研究所と山梨大学のチームは、フルオロ化したアパタイトを酸性溶液に溶解してFAPのペーストを調製し、そのペーストによってエナメル質が再生することを報告している。

最近、人工骨 (バイオセラミックス) による硬組織再生でアパタイトの3次元培養スキャフォールドの研究開発が注目されている。スキャフォールド (scaffolds) とは、骨組織細胞の足場材料あるいは支持体マトリックスのことをいい、成長因子を組み合わせて組織の再生を行う骨化しやすいスポンジ状新材料のことである。相澤らは、アパタイトファイバーをマトリックスとした3次元培養スキャフォールドを開発している<sup>1)</sup>。アパタイトファイバーは、均一沈殿法によってHAp前駆体のリン酸八カルシウムを生成させ、これを加水分解させることによって合成している。アパタイトファイバーの結晶学的特長は、HApの単一相の単結晶状を呈し、典型的なHApのX線の回折パターンに比べて、特に(100)、(200)、(300)面のピーク強度が高く、強い配向性を有している。このことはアパタイトファイバーが、c軸方向に伸長してa面が多く露出した結晶構造であることを示している。この単結晶の長軸径は60~100  $\mu\text{m}$ 、短

軸径は1~3  $\mu\text{m}$ の範囲である。一般にHApの六方晶系は、a面が正、c面が負に荷電すること、またc面が高い難溶性であるのに対し、a面が比較的溶解性を示す。したがって、アパタイトファイバーは、a/cの面積比が極めて大きく、a面を最大限に利用できる新たな歯科材料として期待されている。

また、アパタイトファイバーを水/エタノール混合溶液に懸濁させ、1 mass%スラリーを調製する。このスラリーにカーボンビーズをアパタイトファイバーに対して質量比で10および20倍量を添加し、これを乾燥させながら一定の成形体を作製し、さらに水蒸気雰囲気下で1300°C、5時間焼成したものがApatite-fiber scaffoldである。焼成によって、カーボンビーズは焼失しファイバー同士の絡み合いによる小さな気孔とカーボンビーズ由来の大きな気孔の多孔質性スポンジを呈する。気孔径は繊維の絡み合いで生ずる微細な数  $\mu\text{m}$  から大きな気孔では約250  $\mu\text{m}$ にまでおよび、各気孔が三次元的によく連続性を保っている。これらの気孔率は95~99%と高く、約340~2,000% (自重の20倍)もの高い吸水率を有する特長も兼ね備えている。一般的に骨スキャフォールドの骨侵入に必要な細孔径は、石灰化骨の形成に100  $\mu\text{m}$ 以上の気孔が必要とされ、骨様物質の中間層の形成には40~100  $\mu\text{m}$ の気孔、またコラーゲン繊維および血球の通過には5~15  $\mu\text{m}$ の気孔が必要とされる。Apatite-fiber scaffoldは、これらの条件を満足しハンドリングや細胞培養に耐えられる程度の強度を具備していることから、硬組織培養の支持体マトリックスとして注目されている。

## 文 献

- 1) Aizawa, M., Alexandra, E., Poter, Serena., M, Best. and William, Bonfield. : Ultrastructural observation of single-crystal apatite fibres. *Biomaterials* **26**; 3427-3433 2005.