

## セラミックス製人工歯根

(1984年～現在)

Key-words：水酸アパタイト、バイオ・イナート、バイオ・アクティブ、上皮付着

注1  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  で表されるリン酸カルシウム化合物。脊椎動物の骨の無機質の主成分であり、人工的に合成されたセラミックスは優れた生体親和性を有し、生体材料として幅広く利用されている。

注2 生体活性ともいう。ある材料を骨内に埋入した際に、骨と直接結合する性質をいう。これに対し、軟組織の介在なしで骨と直接接するが結合はしないものをバイオ・イナート(生体不活性)という。

事故や疾患により歯を失った場合、咬合機能の回復は人類の長年の望みであり、古代より人工歯根として様々な材料が試されてきたが、満足いく結果はなかなか得られなかったようである。現代の人工歯根は1952年スウェーデンのブローネマルクが純チタンと骨との親和性の良さを見出したことに始まるとされている。その後純チタン製の人工歯根が世界的な広がりを見せる中、純チタンよりさらに優れた生体親和性をもつセラミックスの材料開発が行われ、わが国において単結晶及び多結晶アルミナセラミックス製の人工歯根、水酸アパタイト製人工歯根が厚生省(当時)の製造承認を得て発売され、広く臨床応用された。

## 1. 製品適用分野

セラミックス製人工歯根

## 2. 適用分野の背景

事故や疾患で歯を失った場合、健康な歯を支台にして橋渡しをするブリッジといわれる方法や、橋渡しをするための健康な歯も失われた場合には入れ歯による治療が行われる。しかし、特に入れ歯の場合には噛み心地が悪く、失った自分の歯の機能を取り戻したいという願いには非常に強いものがあると言われており、この願いをかなえる治療法として登場したのが人工歯根を用いた、インプラント療法である。

人工歯根の起源は非常に古いと言われている。紀元前のインカ帝国の遺跡より、エメラルドと思われる緑色の石を上下の顎骨に埋入したミイラが発掘されている。それから現在に至るまで、さまざまな素材を用いた試みが行われていたが、満足行く結果はなかなか得られなかったようである。

現代の人工歯根は1952年にスウェーデンのブローネマルクが、純チタンと骨の親和性の良さを見出したことに始まると言われている。その後純チタン製の人工歯根が世界的な広がりを見せる中、純チタンをしのぐ骨との親和性を持つセラミックス製の人工歯根の開発が行われ、日本において単結晶及び多結晶アルミナを用いた人工歯根及び水酸アパタイト<sup>注1)</sup>(以下HApと略す)を用いた人工歯根が製品化され、実際の臨床に使用された。本稿ではHApを用いた人工歯根について記載する。

## 3. 製品の特徴

## (1) 骨との関係

プラスチック材料やコバルト・クロム合金等の材料を骨内に埋入した場合、材料表面には軟組織が形成され、骨と材料は直接接触することはない。純チタンやアルミナセラミックスの場合、軟組織が形成されることはなく、骨は材料と直接接するという、優れた生体親和性を有する。HApの場合、これに加え骨と化学的に結合することが開発の過程で明らかになった。図1にHApと骨との界面を透過型電子顕微鏡で観察した写真を示す。

現在では、純チタンやアルミナセラミックスと骨との関係をバイオ・イナート、HApのそれをバイオ・アクティブ<sup>注2)</sup>と呼ぶことが多い。

## (2) 歯肉との関係

天然の歯の場合、健康な歯肉は歯のエナメル質と付着しており、細菌の侵入を防御している。HAp人工歯根と歯肉との接触関係を調べたところ、歯肉とエナメル質の関係と同じ構造の組織により接触していることが明らかになり、歯肉はHApに対し上皮付着することが見出された。その後、アルミナセラミックスにおいても同様な接触関係が観察されることが報告され、歯肉が接触する材質ではなく、動揺なく顎骨内に固定されることが上皮付着の成因と考えられた。このこと

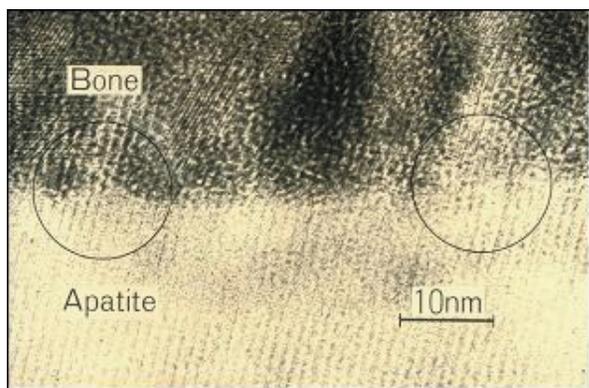


図1 水酸アパタイト(HAp)と骨との界面

東京医科歯科大学 小木曾誠先生提供  
骨の無機質の主成分もHApであり、人工的に作られたHApと骨のHApが直接接している。また、両方のHApの結晶格子の方向が一致する部分が観察され、HApと骨が化学的に結合することを示している。

は歯肉が接触する部分は必ずしも HAP である必要はないことを示しており、後の 2 ピース・インプラントの開発へと繋がっていった。

#### 4. 製品の種類と仕様

最初に開発されたものは、インプラント<sup>注3)</sup>された直後から上部構造の支台となる部分が口腔内に露出している 1 ピースタイプの人工歯根で、1983 に厚生省(当時)より製造承認を取得して、同年に発売された。HAp 製人工歯根の最大の特徴は骨と結合することであるが、そのためには骨が治癒する数ヶ月間の安静期間が必要で、この間動揺等が生じると骨との結合は成立しない。1 ピースタイプの人工歯根では、この安静の確保が難しいため、顎の骨と接する部分のみを HAP にし、チタン合金との複合体とした 2 ピースタイプへと発展した。これは、一旦人工歯根を粘膜の下に埋め込んでしまい、骨との結合が完了した後にチタン合金をネジで結合して上部構造を固定するための支台部分を口腔内に露出させるというものである。製品写真を図2に示す。

#### 5. 製法

HAp の製造方法は静水圧プレスを用いた乾式成形→NC 旋盤による切削加工→焼成という工程を採用した。工程自体は一般的なセラミックスの製造工程である。開発当時 HAp は焼結が難しく、高強度化は困難と考えられていた。そのような中、人工歯根として実用化するために曲げ強度 200MPa 以上という強度値を開発目標として掲げた。開発方針としては、極力低温で理論密度に近くまで焼結する粉体の製造方法の確立であり、そのために合成方法の改良を続けた。ノウハウの蓄積により、HAP の焼結には 1,200℃以上が必要とされていたが、1,050℃で相対密度が 99.2% 以上という緻密な焼結体を製造する技術を確立し、強度目標も達成することが出来た。図3に人工歯根として用いた HAp の表面構造を示す。

#### 6. 将来展望

理想的な人工歯根として期待された HAp 製人工歯根であったが、口腔内という使用環境は想像以上に厳しく、臨床上の長期の成功率が 80% を超えることが出来ず、現在では製造を中止している。しかし、HAP の優れた生体親和性は広く認知されており、人工骨としては全世界で使用されている。今後も生体材料としての情報が蓄積され、人工歯根としてもセラミックスの特性が活かされる日が来ることを楽しみにしている。

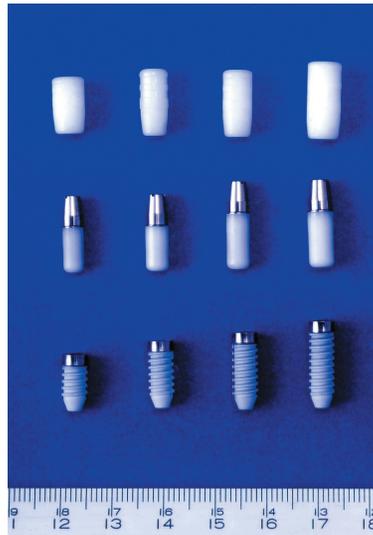


図2 HAp 製人工歯根の製品外観

上段が 1 ピース・タイプ、中段が 2 ピース・タイプ、下段は溶射法による 2 ピースタイプの試作品を示す。中段の 2 ピースタイプは骨と接触する外筒部分は HAp、内筒及び支台部分はチタン合金であり、外筒と内筒は特殊な接着剤で接着されている。

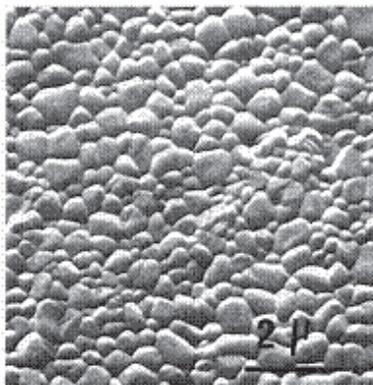


図3 HAP の表面構造

平均粒径が約 0.3 $\mu$ m の HAp 結晶が密に焼結した緻密な構造となっている。

#### 文献

- 1) 小木曾 誠, 口病誌, 50, 1(1983)
- 2) 小木曾 誠, “骨内インプラントの限界と可能性”, クインテッセンス出版(1984), pp53-66

[連絡先] 平山 泰彦  
HOYA(株) PENTAX  
ニューセラミックス事業部  
〒174-8639 東京都板橋区前野町 2-36-9

注3 本来は「埋入」や「埋植」を意味する用語であるが、転じて人工歯根そのものを意味する用語として使用されることが多い。特に「歯科用インプラント」という用語は人工歯根と同義で使用されている。