

歯科治療のための ハイドロキシアパタイト膜形成法の開発

育成研究：JSTイノベーションプラザ宮城 平成17年度採択課題
「常温常圧下におけるハイドロキシアパタイト厚膜形成法の開発と
新しい虫歯治療への応用」



代表研究者：東北大学・大学院工学研究科
ナノメカニクス専攻 教授 厨川常元

■ 研究概要

粉体の高速衝突現象を利用した材料付着現象を応用し、室温、大気圧環境下でハイドロキシアパタイト(*hydroxyapatite*; HAP)厚膜をヒトの歯面(エナメル質、象牙質)に成膜する治療技術、並びに治療装置を開発した。本手法は、新しい生体・バイオマテリアルインターフェースを提案するもので、虫歯治療や予防歯科の分野において新しい可能性を示すものである。

■ 研究内容、研究成果

生体硬組織の主たる構成要素であるハイドロキシアパタイト(HAP)の微細粒子を高速で歯質表面(エナメル質、象牙質)に噴射、衝突させることにより、歯質表面にHAPからなる強固な構造体を生成し、虫歯の予防や治療に供する全く新しい方法(図1)を提案するとともに、そのためのHAP粒子(図2)と歯科用パウダージェットデポジション(*powder jet deposition*; PJD)ユニット(図3)を開発した。またHAP膜の特性評価、並びに成膜メカニズム解明を行った。

歯科用PJDユニットの開発では、精密な噴射制御が可能な電動型PJDユニット(Rタイプ)と、構造がシンプルで小型化(低コスト化)が容易な全空圧型PJDユニット(Iタイプ)の2機種を開発した。その設計にあたっては、ユニットやノズル部の内部での噴射用ガスとHAP粒子の流動特性、さらにはノズル先端部からの噴射特性をシミュレーションして最適化する手法を開発した。HAP膜の成膜能力は、Rタイプ、Iタイプいずれのユニットも良好で、ヒトエナメル質と同等の機械的特性を有する10数 μm 厚の膜を創成できることを確認した。またHAP膜と歯面の密着強度も従来のレジン系接着剤の2倍以上であることを確認した。さらに実際の治療時を想定し、噴射したHAP粒子を口腔内で飛散すること無しに回収するための吸塵装置も試作し、十分な性能を有していることを確認した。

一方、成膜に適するHAP粒子(球状、平均粒径3 μm 、高密度、高硬度)を製造する方法を確立した。またHAP粒子内にフッ素Fを導入した抗菌性HAP粒子の製造法も確立した。その結果、実用化を目指したHAP粒子の大量合成法に関しての見通しを得ることができ、企業化のための指針を得た。

付着メカニズムの解明のために、歯面界面への衝突時のHA粒子の破碎挙動に関してはSmoothed Particle Hydrodynamics法により、また衝突前後でのHAP膜と歯面界面での分子結合状態の変化に関してはMolecular Dynamics法によりシミュレーションする手法を確立した。これらのシミュレーションの結果、HAP粒子は歯面に衝突後、10 ns程度の短時間内で10 nmオーダーの微細粒子に粉碎され、直ちに再結合し、膜形成に至るものと考えられる。

■ 今後の展開、将来の展望

仙台ニコンでは、歯科用PJDユニットの2012年からの量産試作に向けて、その製造技術をヤマセ電気に既に移転を開始した。一方、サンギではHAPの量産技術の改良と、専用HAPカートリッジの最終製品試作を21年度内に終了し、臨床試験に供する予定である。東北大学では歯学部が中心となり、厚生労働省の医療機器認可を取得するための臨床試験を実施する。臨床的には歯頸部くさび状欠損、歯頸部露出象牙質上へのHAP膜形成、窩洞内象牙質への裏層等への適用をはじめ、さらには審美歯科への応用展開も期待される。東北大学では成膜メカニズム、最適粒子設計手法に関して引き続き研究し、事業化に向けた技術支援体制を構築する。なお本装置の販売に関してはワールドワイドな普及に努めるため、既に国内外の歯科機器専門メーカーと交渉をしている。

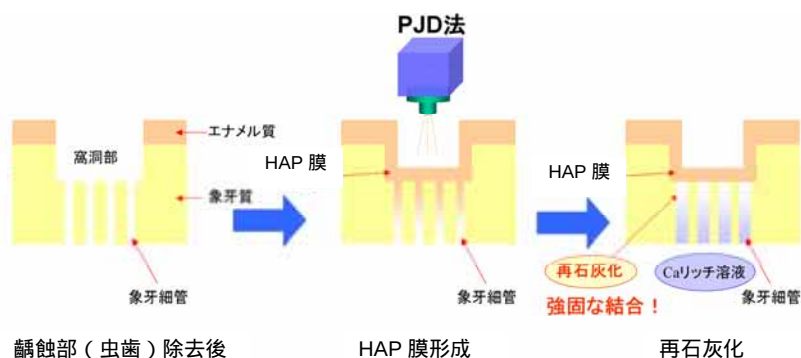


図1 PJD法による虫歯治療概念図

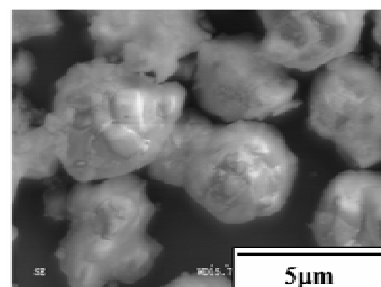


図2 試作した歯科用
ハイドロキシアパタイト

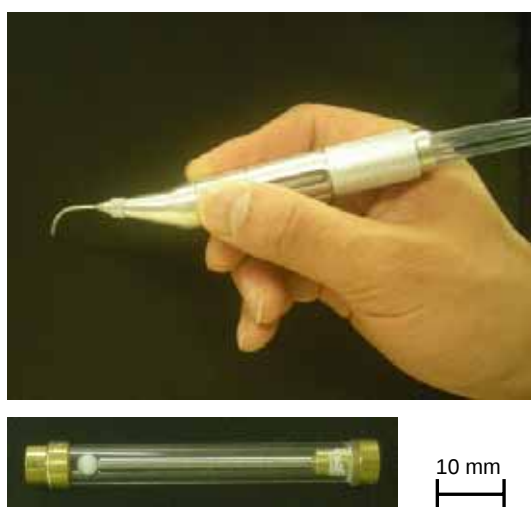


図3 試作した歯科用パウダージェット
デポジションユニット(Iタイプ、上)と
専用 HAP カートリッジ(下)

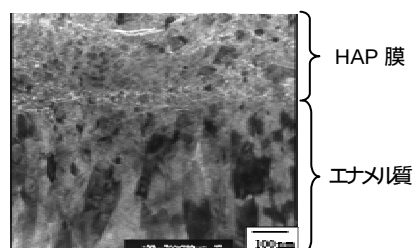
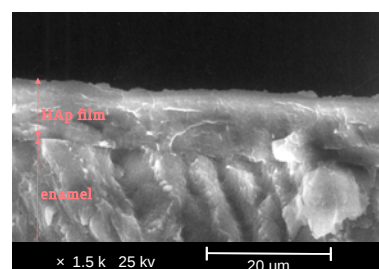


図4 ヒトエナメル質表面に成膜した
HAP膜断面のSEM(上)、TEM写真(下)

■ 研究体制

◆ 代表研究者

東北大学・大学院工学研究科・ナノメカニクス専攻 教授 厨川常元

◆ 研究者

セパシィ・サイド (JST) 佐々木啓一 (東北大・歯) 鈴木 治 (東北大・歯)
吉原信人 (東北大・工) 飯坂順一 (仙台ニコン) 石崎 勉 (サング)
野地美代子 (東北大・歯) 穴田貴久 (東北大・歯) 小川和洋 (東北大・工)
人見宣輝 (東北大・工) 坂口和彦 (東北大・工) 澁谷寿彦 (仙台ニコン)
櫻井継貴 (仙台ニコン) 阿部功悦 (仙台ニコン) 藤田恵二郎 (サング) 荒川正嘉 (サング)

◆ 共同研究機関

東北大学、株式会社仙台ニコン、株式会社サング

■ 研究期間

平成18年4月 ~ 平成21年3月