

ふりがな氏名	にしむら たかこ 西村 貴子
学位の種類	博士（歯学）
学位記番号	甲 第 755 号
学位授与の日付	平成 27 年 3 月 6 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項に該当
学位論文題目	Porous Hydroxyapatite Can Improve Strength and Bioactive Functions of Glass Ionomer Cement (多孔質ハイドロキシアパタイトはガラスイオノマーセメントの強度および生体活性能を向上させる)
学位論文掲載誌	Nano Biomedicine 第 6 巻 第 2 号 平成 26 年 12 月
論文調査委員	主査 有田 憲司 教授 副査 山本 一世 教授 副査 今井 弘一 教授

## 論文内容要旨

従来型ガラスイオノマーセメント (GIC)は、歯質接着性、フッ素 (F)イオンおよびその他のミネラルイオンの溶出による再石灰化・歯質強化・抗菌性など各種生体機能を有する魅力的な歯科材料である。しかし、強度や耐久性に関しては不十分である。我々はこれまでの研究で、従来型 GIC である Fuji IX GP (IX-GP)に HAp 粒子を添加することにより機械的および化学的特性を改善することを見出し、新規アパタイトイオノマーセメント (AIC)を開発した。本研究の目的は、IX-GP に改良を加えてフッ素徐放能等を向上させた新製品の Fuji IX GP Extra (IX-Ex)を用いて、多孔質 HAp を添加した際の機械的強度や化学的特性を分析し、最適な HAp の添加率の特定、さらに反応時のメカニズムおよび歯質に与える影響を解明することとした。

### 【実験 1 : IX-Ex における最適な多孔質球形 HAp 添加率の検討】

基材である IX-Ex 粉末に多孔質球形 HAp (HApS)を 6、12、18、および 24%添加した AIC 試料を作製し、曲げ強さと圧縮強さの測定、F イオン溶出量の測定を行った。また、陰性対照として IX-GP を実験群に加えた。IX-Ex の曲げ及び圧縮強度は IX-GP のそれよりも有意に低いことを認めた。しかし、HApS を添加することによって IX-GP と同等のレベルまで曲げ強度を向上し、圧縮強さは低下しなかった。また、IX-Ex の F イオン溶出量は IX-GP より約 8 倍多かったが、18%-AIC のそれは IX-Ex よりさらに 1.2 倍高い値を示した。曲げ強度と F イオン溶出量の両方を比較した結果、IX-Ex に対する至適な HApS 添加率は 18%であった。

### 【実験 2 : IX-Ex を基材とした AIC の機能的特性の評価】

IX-Ex と 18%-AIC の試料を作成し、比較・検討を行った。まず、SEM 観察を行い、AIC のマトリックスには HApS のナノ粒子が分散しており、マトリックス成分が HApS へ浸透し統合しているという所見が得られた。次に、上記 2 群に陽性対照としコンポジットレジン Beautifil II (GIOMER)を

加えた3群のF、Al、Si、Ca、Sr、Pの溶出能をイオン電極法およびICP発光分析法により検討した。18%-AICのF、Al、PおよびSiイオンの溶出量はIX-ExおよびGIOMERよりも有意に多かった。また、18%-AICではCaイオンはほとんど検出されなかった。HApSから供給されたCaはAICの硬化反応に用いられ、GICマトリックスを強化し、セメント表面強度を向上させたと考えられた。さらに、Alはエナメル質のHApを強固な化合物に変化させ、齲蝕の発生・進行を抑制し、Siは脱灰した象牙質に浸透し、再石灰化を促す可能性が報告されており、それらのイオン溶出能が高いAICは、歯質の再石灰化や齲蝕病変の進行抑制作用、二次象牙質の形成促進効果が期待される。

本研究において、フッ素溶出量を最大限に発揮させようとして改良されたIX-Exに対しても、HApSの添加によって圧縮強度を低下させずに曲げ強度を向上でき、Fおよび他のミネラルイオンの溶出量を増加できることが示されたことより、多孔質HApは従来型GICの強度および生体活性能を同時に向上させる効果があると結論する。

### 論文審査結果要旨

本研究は、これまで何人もなし得なかったグラスアイオノマーセメント（GIC）の強度と各種イオンの徐放による機能性の両方を向上させる方法を探索し、新規GIC開発を目指す研究プロジェクトの一環をなすものである。これまでの研究で、従来型GICにハイドロキシアパタイト（HAp）粒子を添加することにより曲げ強さおよびフッ素徐放能を改善することを見出し、アパタイトアイオノマーセメント（AIC）の開発に成功した。本研究の目的は、Fuji IX GP (IX-GP)に改良を加えてフッ素徐放能を向上させたFuji IX GP Extra (IX-Ex)対してもHAp添加の効果が生じるか否かを検討し、さらに、AIC反応時のメカニズムおよび歯質に与える影響を解明することであった。

実験1では、基材であるIX-Ex粉末に多孔質球形HAp (HApS)を割合を変えて添加したAIC試料(P/L=3.4)を作製し、対照群のIX-Ex試料(P/L=3.4)および陰性対照群のIX-GP試料(P/L=3.6)と曲げ強さ、圧縮強さ、およびFイオン溶出量の値を比較し、IX-Exを基材としたAICでは、HApS添加率は18%が至適であることが示された。実験2では、AIC薄切片のSEM観察により、AICのマトリックスにはHApSから遊離したナノサイズのHAp一次結晶粒子が分散しており、かつ、HAp内部にはマトリックス成分が吸着され一体化していることが世界で初めて確認された。また、イオン電極法およびICP発光分析法による測定により、18%-AICからのF、Al、PおよびSiイオンの溶出量は対照群のIX-Exや陽性対照群のGIOMERよりも有意に多いことを示した。さらに、AICからCaイオンはほとんど溶出しないことを明らかにし、HApSから供給されたCaはAICの硬化反応に用いられ、GICマトリックスを強化に関与していることが示唆された。

本研究において、多孔質のHApS添加により、HApSおよび一次結晶のHAp微粒子がマトリックス中に拡散していることを初めて確認し、さらに、それらHApがセメント硬化中にGICと反応することにより、従来型GICのフッ素溶出量を最大限に発揮するよう改良されたIX-Exにおいても、IX-GPの場合と同様に、曲げ強さと、フッ素イオンなどミネラルイオン溶出量のどちらも同時に向上させることを明らかにした。

以上のことから、多孔質HApは従来型GICの強度および生体活性能を同時に向上させる効果があると結論し、本論文は博士（歯学）の学位を授与するに値すると判定した。