

が不規則に配列する象牙細管様構造とコラーゲン線維の錯綜がみられ、象牙質全層に多量の硫酸化複合糖質が検出された。骨は象牙質の下面に直接添加された。硫酸化複合糖質は類骨層に多量に認められたが、石灰化した骨では骨細胞周囲を除き検出されなかった。骨形成面の骨芽細胞に隣接して高電子密度顆粒を有する紡錘状の細胞が頻繁に観察され、その顆粒内に硫酸化複合糖質を認めた。酵素消化試験は象牙質および骨内の硫酸化複合糖質の大部分は、コンドロイチン硫酸、基底膜の硫酸化複合糖質はヘパラン硫酸であることを示した。

考察および結論

哺乳類の象牙質は一般的に外套象牙質と髓周象牙質に区分される。前者の硫酸化複合糖質は石灰化後も基質内に残存するが、後者の場合石灰化とともに脱却されより高度に石灰化した組織になる。これは両者の系統発生的な石灰化機序変遷の一部を示すもので、*Polyphteurs senegalus* の鱗の象牙質硫酸化複合糖質の局在様式も前者のそれに一致した。歯牙硬組織形成細胞の分化は上皮間葉相互作用に依存し、歯胚基底膜はその中心的役割を果たしている。ガノイン鱗上皮間葉境界面に基底膜構成成分の一つヘパラン硫酸の存在が確認されたが、細胞分化に伴うダイナミックな局在様式の変化は観察されなかった。上皮性硬組織の硫酸化複合糖質も系統発生と密接に関連している。すなわち、下等脊椎動物の無柱エナメル質形成に硫酸化複合糖質はまったく関与しないが、哺乳類小柱エナメル質形成には小柱形態を規制する新たな硫酸化複合糖質が加わる。*Polyphteurs senegalus* のガノイン質は構造的にも組成的にも無柱エナメル質に分類された。骨と象牙質の系統発生的な起原については、現存のところ明確な結論はえられていないが、ガノイン鱗の骨と象牙質の個体発生を見る限り象牙質の発生が先行する。またガノイン鱗の骨はすでに硫酸化複合糖質の脱却機構を獲得しており、この点においても象牙質に先行している。このようにガノイン鱗の硫酸化複合糖質の超微局在様式は、象牙質の系統発生的原始性を示唆した。

—本研究は平成16年度宮田研究奨励金（A）の補助を受けた—

座長 土井 豊 教授

5. CO₂レーザーによるリン酸カルシウムのエナメル質表面への融着

○後藤 博祐¹・若松 宣一²・土井 豊³
田村 康夫⁴

(¹朝日大学歯学部口腔構造機能発育学講座

小児歯科学分野)

(²朝日大学歯学部口腔機能修復学講座

歯科理工学分野)

我々は幼弱永久歯の小窩裂溝齲蝕予防を目的として、歯科用レーザーを用いたリン酸カルシウムのエナメル質への融着を試みている。本研究では、リン酸一カルシウム1水和物（MCPM）とリン酸二水素カルシウム2水和物（DCPD）を用い、CO₂レーザーにてエナメル質への融着を試みた。さらに、高エネルギー密度でのCO₂レーザー照射では、エナメル質の亀裂の発生および、歯髄組織の熱損傷を引き起こす可能性があるため、より低いエネルギー密度でリン酸カルシウムをエナメル質に融着させるために、リン酸カルシウム圧粉体にエネルギー密度を変えてレーザー照射し、照射痕の大きさ、深さを測定した。また、口腔内でレーザー照射されたリン酸カルシウムの溶解性を調べるため、酢酸バッファ（pH5.0）中での溶解性試験を行った。MCPM、DCPDを1500℃で1時間焼成したものを溶解させ、Caイオンの溶出量を測定した。

その結果、2.0W、30秒のレーザー照射において、MCPM、DCPDともエナメル質に融着することが分かった。エネルギー密度365J/cm²未満（1.0W、0.8秒）のレーザー照射において、レーザー照射痕の大きさは0.55～0.80mmとMCPM、DCPDの間でほとんど差が認められなかった。照射痕中央部にできたクレーターの大きさはMCPMが0.20～0.40mmだったのに対し、DCPDは0.05～0.40mmと低出力においてより小さい値を示した。また、照射痕の深さはMCPMが0.20～0.30mmだったのに対し、DCPDは0.10～0.15mmとより小さい値を示した。溶解性試験では、1500℃で焼成したMCPMよりもDCPDのCaイオン溶出量が小さいことが分かった。

座長 土井 豊 教授

6. 炭酸含有アパタイト焼結体の超塑性変形について

○足立 正徳・若松 宣一・亀水 秀男・飯島まゆみ
土井 豊

(朝日大学歯学部口腔機能修復学講座

歯科理工学分野)

緒言

近年、リン酸カルシウム系基材が生体材料として利用されている。そのなかで炭酸含有アパタイト焼結体は、水酸化アパタイトおよびβ-リン酸三カルシウムに比べ生体親和性に富み、骨補填材や骨置換材のような生体材料として広く応用できる可能性が示唆されている。また、アパタイト焼結体は高温下で適度な荷重

を加えることで大きな塑性変形（超塑性）を発現すると報告されている。そこで、このように性質を生かせば、生体親和性に優れた炭酸含有アパタイト焼結体を任意の形状に変化させることができ、硬組織代替材への応用も可能となる。このことから本研究では炭酸含有アパタイト焼結体の超塑性の発現の有無、発現条件、変形量などの基礎的検討を行った。

材料および方法

焼結体を作製するための炭酸含有アパタイトは、従来の方法に準じて合成した。アパタイト粉末は粒度調整してから予備成形し、その後静水圧（2トン）で加圧して圧粉体とした。圧粉体の焼結は700℃で2時間の条件で行った。焼結体は所定の大きさ（約7φ×9mm）に整形してから、サーボパルサー（島津）の付属電気炉内に設置し、アルミナ治具を介して加圧を行った。加圧は所定の温度に上昇するまでは0.2kNで、所定温度に到達後は初期荷重として10MPa相当で行った。以後初期荷重に相当する圧を加えながら2時間係留し、その間の焼結体の寸法変化を測定して、塑性変形（超塑性）の発現の有無を検討した。さらに、変形後の試料について組織および物性の変化はSEM観察、X線回折、熱分析等を行い検討した。

結果および考察

初期荷重を10MPaに設定した場合、塑性変形は720℃で僅かながら発現していた。係留温度の上昇ともなって塑性変形量も直線的に増加し、800℃では

変形量が70%近くに達していた。また、設定温度が800℃の場合、初期荷重を5MPaに減少しても約50%の変形量を示した。このように炭酸含有アパタイト焼結体は高温下で荷重を負荷することで大きな塑性変形を示し、いわゆる超塑性を発現することがわかった。SEM観察の結果から、無荷重下での再加熱後の焼結体は粒子が大きく粒成長し、かなりの空隙もみられたが、荷重負荷後の塑性変形焼結体では空隙が減少し、より密に充填されており、物性の向上が示唆された。X線回折分析では加圧方向に垂直な面（加圧面）と平行な面（側面）ではa軸33.0/2θ(300)とc軸25.9/2θ(002)の回折強度比が異なり、粒子は方向性を持って粒成長することがわかった。熱分析の結果、再加熱による炭酸含有量の変化は僅かであり、800℃加熱で超塑性を示した焼結体でも約8%の炭酸を含有していることもわかった。このように超塑性変形を起こした焼結体でも、これまでの炭酸含有アパタイト組成であることが示されたことから、超塑性加工をしても、生体親和性に富み、生体吸収性を兼ねそなえた硬組織代替材料の可能性が示唆された。

結論

炭酸含有アパタイト焼結体は高温下での荷重負荷により超塑性変形を示すことから、任意の形状に変化させられる可能性が示された。また、超塑性変形後も炭酸が消失することなく、炭酸含有アパタイト組成であった。