

# トピックス

## 転位導入によるリン酸ハカルシウム骨補填材の組織再生強化

整形外科や口腔外科の領域において、骨欠損の再生を促進する非吸収性のハイドロキシアパタイト (HA) や生体吸収性の $\beta$ -リン酸三カルシウムといった骨伝導性のリン酸カルシウム系骨補填材が臨床応用されている。近年、HAの前駆体であるリン酸ハカルシウム (OCP) が新たな骨補填材の基材として注目されている。OCP は、HA に加水分解される過程で骨芽細胞分化や破骨細胞形成を誘導することで、既存材料と比較してより早く新生骨に置換する傾向を示す人工合成材料である。しかしながら、患者自身の正常な骨組織から採取される自家骨が未だ骨補填材の第一選択となっている。自家骨は、優れた骨再生能を示すが、採取には侵襲をとめない、採取量にも制限がある。そのため、自家骨に匹敵する骨再生能をもつ骨補填材が求められている。

東北大学の鈴木 治 教授、濱井 瞭 助教らの研究グループは、OCP に高密度の刃状転位を導入すると、より高い生体吸収性と骨置換性を付与できることを明らかにした。高転位密度 OCP は、生体由来材料であるゼラチン分子共存下で湿式合成された。高分解能透過型電子顕微鏡 (HRTEM) により、本合成方法で得られた OCP は、ゼラチン非共存下で合成した従来の OCP と比較して約 6 倍の密度で刃状転位が存在することが分かった。高密度の刃状転位は、OCP の結晶成長の過程で、特定の結晶面がゼラチン分子と相互作用することで導入されたと考えられた。

動物実験では、従来の OCP よりも高転位密度 OCP を埋入した骨欠損で多くの新生骨組織が形成された。高転位密度 OCP は、吸収されてほぼ新生骨に置換されることが確認された。高転位密度 OCP は、従来の OCP よりも *in vitro* で高い溶解性を示し、加水分解速度が増大した。また、高転位密度 OCP の溶解により調節される化学環境が開業系幹細胞の骨芽細胞分化をさらに促進することが示唆された。本研究で見出された、転位導入による骨再生強化のプロセスは、OCP を基材とした人工

骨補填材の新たな設計指針となることが期待される。本研究の成果は、Applied Materials Today 誌 (R. Hamai, S. Sakai, O. Suzuki et al. Appl Mater Today 26:101279 (2022).) に掲載されている。

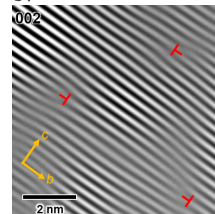


図 高速 Fourier 変換-逆高速 Fourier 変換でフィルタリングした高転位密度 OCP の HRTEM 像 (東北大学プレスリリースより転載)

連絡先：東北大学大学院歯学研究科 顎口腔機能創生分野  
教授 鈴木 治 E-mail: suzuki-o@tohoku.ac.jp  
助教 濱井 瞭 E-mail: ryohamai.a3@tohoku.ac.jp  
〒980-8575 宮城県仙台市青葉区星陵町 4-1  
[2022 年 2 月 25 日]

## セラミックス界面における局所熱膨張の直接計測

異なる結晶が接している界面では、結晶内部と異なる熱膨張が生じていると考えられてきた。熱膨張は、電子デバイスの故障やインフラ設備の劣化にもつながるが、これまで、界面などの局所的な熱膨張を直接測定する手法はなかった。

研究グループでは走査透過型電子顕微鏡 (STEM) で測定される電子エネルギー損失分光法 (EELS) に注目した。EELS は電子構造や原子構造に関する情報を与えてくれる分光法である。EELS の低エネルギー領域に現れるプラズモンのピーク位置は電荷密度と関係することが知られている。また EELS は STEM を用いて測定されるため、ナノメートルレベルの微小な領域から選択的にスペクトルを得ることができ

る。さらにプラズモンピークの変化と熱膨張の相関を明らかにするための第一原理計算も実施した。

今回、チタン酸ストロンチウムの 2 種類の双結晶界面の熱膨張の挙動を、STEM-EELS により調べた。同界面は大きく異なった構造をとっていることが分かっている。STEM 内で 700°C まで昇温し、各界面の局所的な熱膨張を計測した。その結果、一方の界面は結晶内部の約 3 倍の熱膨張を示し、以前から予想されていた界面における熱膨張におおよそ一致したが、もう一方の界面の熱膨張は、結晶内部のわずか 1.4 倍程度に抑えられていることが明らかになった。このような結果は、本実験手法により個々の界面の局所的な熱膨張を測定できて初めて分かった。

また、界面の構造を調べた結果、界面には結

晶内部と比較すると余剰の空間 (フリースペース) が存在しており、界面における熱膨張とフリースペースの大きさが相関していることが明らかになった。

以上の結果から、すべての界面が結晶内部に比べて同じように大きな熱膨張を示すわけではなく、界面構造に依存した熱膨張を示しており、界面の原子配列を意図どおりに作製することができれば、熱膨張も制御できることが明らかとなった。

東京大学・生産技術研究所・溝口照康  
〒153-8505  
東京都目黒区駒場 4-6-1  
teru@iis.u-tokyo.ac.jp  
http://www.edge.iis.u-tokyo.ac.jp/

[2022 年 3 月 7 日]