

トライアルユース課題実施報告書

課題番号：2003A0849-RI-np

使用ビームライン：BL19B2

高性能な関節インプラント用ジルコニア材料の XAFS による構造解析

京都工芸繊維大学工芸学部・中平 敦

高齢化社会の到来とともに、関節部位（例えば股関節や膝関節）でのインプラント材料の要求が高まっている。特に、近年、骨粗しょう症の症例が増加するにともない、数十万例といわれる代替骨を必要とする患者にとって高性能な関節インプラント材料の開発が求められている。現在、関節用インプラント材料としては、アルミナ(Al_2O_3)あるいはジルコニア(ZrO_2)が使用されているが、強度、靱性、あるいは耐磨耗性などの機械的な性質が不十分である。これまでに本研究グループでは、酸化セリウム(CeO_2)の添加により安定化された ZrO_2 系 (Ce-ZrO_2) マトリックスへ酸化イットリウム(Y_2O_3)を僅かに添加した Ce-ZrO_2 系材料の開発を進め、従来の関節用インプラント材料に比べ極めて高強度・高靱性で、しかも、劣化の無い耐久性に優れた材料の開発に成功している。本研究では、この高性能化のメカニズムを明らかにすることを主たる目的とし、本 Ce-ZrO_2 系インプラント材料における Ce, Y, Zr 原子の K 殻 XAFS 測定を行った。

Ce-ZrO_2 系インプラント材料の作製は、所定量の CeO_2 , Y_2O_3 をボールミル法により ZrO_2 と混合して混合粉末を作製した後、 1400°C で大気中にて 2 時間、常圧焼結法により作製した。焼結後に得られたサンプルは機械加工、研磨して各種の評価に供した。Ce, Y, Zr 原子の K 殻 XAFS は、Spring8 の BL19B2 で透過法により行った。分光結晶は Si の (311) 面を用いて測定を行った。試料は非常に高強度なバルクであるため、所定の厚さになるように機械研削した。

得られた XAFS スペクトルは通常の手法によりバックグラウンド除去、規格化した。図 1 に出発原料として添加した CeO_2 , Y_2O_3 そして関節用インプラントとして開発された Y_2O_3 添加 Ce-ZrO_2 セラミックスの FT-EXAFS スペクトルを示す。図 1 から分かるように、出発原料として加えた、 Y_2O_3 や CeO_2 における Y 原子そして Ce 原子の周辺構造は、本 ZrO_2 系インプラント材中では保たれておらず、 ZrO_2 の Zr の周辺構造とほぼ同じである。

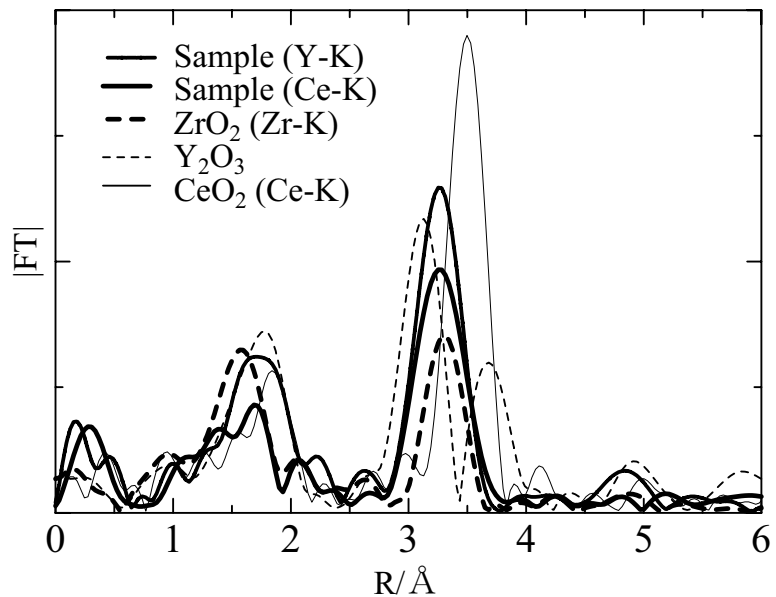


図 1. CeO_2 (Ce-K 殻), Y_2O_3 (Y-K 殻), ZrO_2 (Zr-K 殻) そして Ce-ZrO_2 系インプラント材 (sample, Ce-K 殻, Y-K 殻) の FT-EXAFS

これは、添加した Y_2O_3 の Y 原子が ZrO_2 の Zr サイトに置換してことを示唆している。したがって、このインプラント材が高強度および高靱性を示したのは、 Y_2O_3 が焼結過程で Ce-ZrO₂ マトリックスへ固溶し Ce-ZrO₂ の臨界変態応力を変化させたためであると考えられた。

以上のトライアルユースで行った Ce, Y, Zr 原子の K 殻 XAFS 測定結果から、Y 添加した Ce-ZrO₂ 系インプラント材料が、従来の関節用インプラント材料にくらべ極めて高強度・高靱性で且つ耐久性に優れた性能を示したのは、添加した Y 原子が Ce-ZrO₂ の Zr 骨格を不安定化させることなく、固溶していることが一因と結論付けられ、これらの知見は Ce-ZrO₂ への Y 添加効果の有効性を明らかにし、さらに多様なインプラント用 ZrO₂ 材料の設計の可能性を示唆する結果であり、実用材料の開発に向けてきわめて有意義な結果である。