

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2009

課題番号：18390509

研究課題名（和文） X線吸収微細構造（XAFS）を用いた生体内微量元素の状態分析

研究課題名（英文） Chemical State Analysis of Rarely Contained Metallic Element
in the Biological Tissues using X-ray Absorption Fine Structure
(XAFS)

研究代表者

宇尾 基弘 (UO MOTOHIRO)

北海道大学・大学院歯学研究科・准教授

研究者番号：20242042

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：歯科用材料・歯科理工学・インプラント

1. 研究計画の概要

金属系生体材料の生体適合性、さらに広く金属元素が生体に及ぼす影響を正しく評価するには、生体内での微量な金属元素の分布状態やその化学状態を分析し、生体内での金属元素の挙動を明らかにする必要がある。本研究ではX線強度を低下させることなく極めて強力なX線源である放射光を100～10 μ m ϕ に集光し、ビーム径程度の微小領域を分析可能にし、生体組織に含まれる金属元素を主としたナノ微粒子や微量元素の化学状態、特に無機系や金属系生体材料から溶出した金属元素の生体内での分布状況、中でも化学状態を微小領域内で分析可能にする手法を開発することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

放射光の集光系についてはポリキャピラリーと呼ばれる複数のガラス細管の先端を絞ることで細管内でX線が全反射することにより50 μ mまで集光できる装置と光軸調整・試料駆動用の遠隔操作可能な電動ステージとコントローラーを用いて、微小部分分析可能な蛍光 XAFS 測定用の光学系を製作し、所定の性能を発揮するよう調整を行った。

光学系の性能評価は高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設（KEK-PF）のビームライン（BL）9A 及び 12C で行い、所定の X 線集光性（最小 50 μ m 以下）と透過性（10%以上）を達成していることを確認した。光軸・試料位置調整は X 線を照射しながらの遠隔調整を可能にしたことにより 30 分程度の短時間で調整が可能になった。キャピラリーで集光した X 線による XAFS スペクトルは通常の測定と同一であることも確認した。

微量元素含有生物試料の測定には、医用・歯科用材料として広く用いられている高耐食性の金属材料として、純チタン、ニッケルチタン合金及びステンレス鋼を動物の皮下に長期間埋入した組織や、歯科用インプラント周囲組織の放射光を用いた蛍光 XAFS 測定により、溶出元素の有無とその化学状態を評価した。Ni-Ti 合金やステンレス鋼ではニッケルが比較的高濃度に溶出することが確認され、その周囲組織中濃度は 300ppm 程度に達し、ニッケルは水和イオン状態で組織中に存在することが確認された。チタンは僅かに周囲組織中存在し、最大でも数 ppm の濃度で酸化物（二酸化チタン）の形態で存在することが確認された。クロムは周囲組織中に殆ど存在せず、合金成分元素によ

る溶出挙動の差が確認された。また同測定系は極めて微量な生物試料の状態分析にも有用であることが判明し、異物を含む微小（1mm 以下）の生物組織を集光した X 線で分析し、内部の異物を同定して病態との関連に関する知見が得られることにつながられた。本方法は極めて微量な試料採取で異物混入や吸引による症状の確定診断が可能であり、患者の負担軽減と高精度の原因解明に繋がる新しい手法と考えられた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している
(理由)

X 線集光・分析装置系が設計通りの性能を示しており、放射光科学研究施設 (PF) の測定も定期的に行えており、生物試料中の微量金属の微小部状態分析は順調に進行している。

4. 今後の研究の推進方策

試料部位による金属の状態分布を可視化するため、元素の存在状態の二次元分布分析を今後試みる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

1) Uo M., Asakura K., Tamura K., Totsuka Y., Abe S., Akasaka T., Watari F.: XAFS Analysis of Ti and Ni Dissolution from Pure Ti, Ni-Ti Alloy, and SUS304 in Soft Tissues, *Chemistry Letters*, 37 (9), 958-959, 2008

2) Uo M., Akasaka T., Watari F.他 4 名: The purity and thermal stability in air of metal-encapsulating carbon nanocapsules (MECNCs), *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 15, 303-309, 2007

3) Uo M., Asakura K., Yokoyama A., Akasaka T., Watari F.他 3 名: X-ray Absorption Fine Structure Analysis of Titanium-Implanted Soft Tissue, *Dent Mater J.*, 26, 268-273, 2007

4) Uo M., Watari F.他 4 名: Effect of surface condition of dental zirconia ceramic (Denzir) on

bonding, *Dent Mater J.*, 25, 626-631, 2006

5) Uo M., Asakura K., Kohgo T., Watari F.: Selenium distribution in human soft tissue determined by using X-ray scanning analytical microscope and X-ray absorption fine structure analysis, *Chemistry Letters*, 35, 66-67, 2006

[学会発表] (計 14 件)

1) Uo M., Terada M., Akasaka T., Kitagawa Y., Watari F., Carbon nanotubes/collagen composite for biomedical applications, First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Tours, 2009/3/15-19)

2) Uo M., Yokoyama A., Watari F., The application of X-ray scanning analytical microscope (XSAM) for the analysis of biological and dental specimens, 9th International Conference on X-ray Microscopy, (Zurich, 2008/7/21-25)

3) Uo M., Akasaka T., Abe S., Watari F., XAFS analysis of Ti, Ni-Ti and SUS304 implanted rat soft tissues, International Dental Materials Congress 2007 (Bangkok, 2007/11)

4) Uo M., Asakura K., Watari F., Chemical state analysis of titanium and nickel in the surrounding tissues of metallic implants, 9th International Conference on Biology and Synchrotron Radiation, Abstract of BSR2007, p.96 (Manchester, 2007/8)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究概要及び刊行物一覧をホームページに掲載(<http://m-uo.com/info.html>)
論文については機関リポジトリにも掲載済(<http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/items-by-author?author=Uo%2C+Motohiro>)