

## 骨アパタイトセラミック結晶の配向性に基づく骨質・骨機能評価

富山大学先進アルミニウム国際研究センター

教授 石本 卓也

骨組織は主に、いずれも異方的な力学特性を示すコラーゲン線維と生体アパタイトセラミックナノ結晶からなり、これらが骨中で特定の方向に優先配向した、配向化複合材料である。この配向性、すなわち優先配向方向や配向度合は骨の種類や同一骨中においてもその部位によって異なり、骨部位毎に配向化構造を変化させることで骨は最適な機能を発揮している[1]。実際、アパタイトの優先配向度が、骨密度よりもはるかに大きな寄与で骨のヤング率を決定することを、我々は再生骨[2]や種々の疾患骨[3]を用いた解析により明らかにしている。配向性の制御因子の重要な1つとして、*in vivo* 応力負荷があり、骨中に存在する応力センサーの機能を果たすオステオサイト（細胞）が配向化に深く関与している可能性が見出されている[4]。さらに、通常の骨再生においては骨基質配向性が正常化し、結果として力学特性が回復するのに長期間を要する。早期の力学機能回復のためには、積極的に配向化を促進する骨再建手法の確立が不可欠であると言える。本講演では、筆者らがこれまで材料工学の立場から微小領域X線回折法や複屈折顕微鏡法を駆使しつつ明らかとしてきた骨中のアパタイト/コラーゲン配向性分布と骨力学機能との相関、その知見に基づき、健全な配向性と機能の早期回復を目指した骨再建法について、インプラントデバイスにも関連付けながら紹介させていただく。加えて、高機能インプラントデバイス創製に向けた、3Dプリント技術を用いた金属材料の組織制御[5,6]についても紹介する。

なお、本講演で紹介する知見は、筆者の前所属である大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻・中野貴由教授の研究室にて共同研究で実施したものである。

- [1] T. Nakano, K. Kaibara, Y. Tabata, N. Nagata, S. Enomoto, E. Marukawa, Y. Umakoshi: Unique alignment and texture of biological apatite crystallites in typical calcified tissues analyzed by micro-beam X-ray diffractometer system, *Bone* 31 (2002) 479-487.
- [2] T. Ishimoto, T. Nakano, Y. Umakoshi, M. Yamamoto, Y. Tabata: Degree of biological apatite c-axis orientation rather than bone mineral density controls mechanical function in bone regenerated using rBMP-2, *Journal of Bone and Mineral Research*, 28 (2013) 1170-1179.
- [3] T. Ishimoto, M. Saito, R. Ozasa, Y. Matsumoto, T. Nakano: Ibandronate suppresses changes in apatite orientation and Young's modulus caused by estrogen deficiency in rat vertebrae, *Calcified Tissue International*, (2022) in press.
- [4] T. Ishimoto, K. Kawahara, A. Matsugaki, H. Kamioka, T. Nakano: Quantitative evaluation of osteocyte morphology and bone anisotropic extracellular matrix in rat femur, *Calcified Tissue International*, 109 (2021) 434-444.
- [5] T. Ishimoto, K. Hagihara, K. Hisamoto, T. Nakano: Stability of crystallographic texture in laser powder bed fusion: Understanding the competition of crystal growth using a single crystalline seed, *Additive Manufacturing*, 43 (2021) 102004.
- [6] T. Ishimoto, K. Hagihara, K. Hisamoto, S.-H. Sun, T. Nakano: Crystallographic texture control of beta-type Ti-15Mo-5Zr-3Al alloy by selective laser melting for the development of novel implants with a biocompatible low Young's modulus, *Scripta Materialia*, 132 (2017) 34-38.