

サメの歯のエナメル質の原子構造

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 陳 春林
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 高野 吉郎
東京大学大学院工学系研究科総合研究機構 斎藤 光浩 藤平 哲也 幾原 雄一

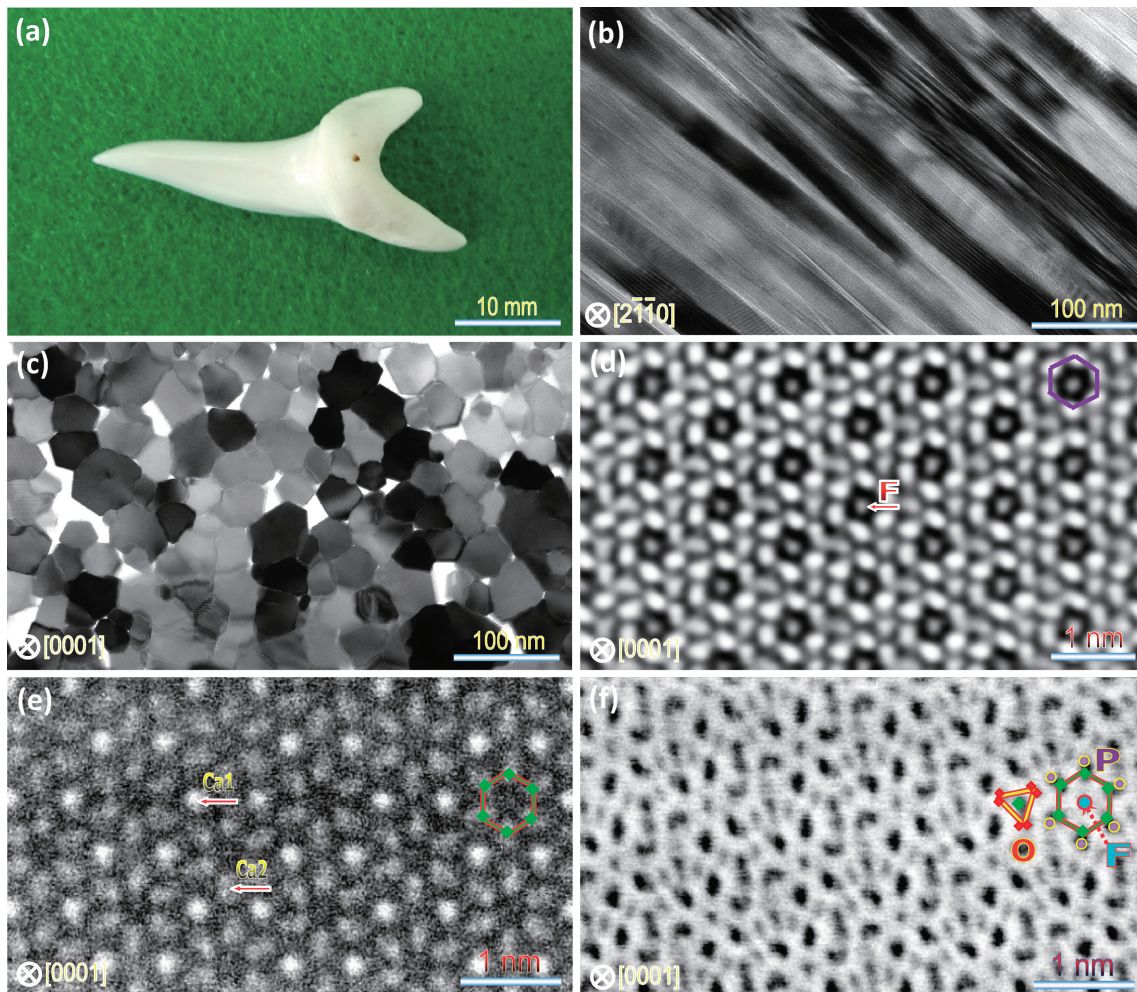


Fig. 1 サメの歯の実像および電子顕微鏡像 (JEM-ARM200CF, 200 kV). (オンラインカラー)

歯の最表層は生体材料の中で最も高硬度のエナメル質で覆われており、エナメル質に存在するフッ素がカルシウムの溶出を阻止することで虫歯予防に効果を発揮すると言われている。しかしながら、生体材料は高エネルギービームにより損傷を受けやすく、原子レベルの構造や構成元素の結合状態については未解明である。

サメの歯 (Fig. 1(a)) をイオン研磨・薄片化し、エナメル質構造を低倍率で観察したところ、直径 50 nm 程の柱状フッ化アパタイト ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) の束が多結晶体を構成することが分かった (Fig. 1(b), (c))。結晶の長軸方向と咀嚼方向がほぼ一致し、高強度を発現している。この柱状結晶を球面収差補正走査透過型電子顕微鏡 (JEM-ARM200CF, 200 kV) により観察を行った。高速計測および低ドーズイメージング ($3.7 \times$

$10^{27} \text{ e}^-/\text{s m}^2$) により、照射ダメージを抑えて微細原子構造を捉えることに成功した。さらに高分解能観察と元素分析により、F 原子の周りを Ca, P, O 原子が取り囲んでいることが分かった (Fig. 1(d))。高角度環状暗視野法による STEM 像 (Fig. 1(e)) では比較的重い Ca 原子が白い輝点として捉えられ、環状明視野法による STEM 像 (Fig. 1(f)) では軽元素の F および O 原子が黒い点として観察できた。理論計算の結果、Ca 原子が形成する六角形の中心に F 原子が存在することで共有結合性を発現することが明らかとなった⁽¹⁾。

文 献

- (1) C. Chen, Z. Wang, M. Saito, T. Tohei, Y. Takano and Y. Ikuhara: *Angew. Chem.*, **53** (2014), 1543-1547.
(2016年7月25日受理) [doi:10.2320/materia.55.612]

Atomic Resolution Imaging of Enamel in Shark Teeth; Chunlin Chen*, Mitsuhiro Saito**, Tetsuya Tohei**, Yoshiro Takano*** and Yuichi Ikuhara*,** (*Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai. **Institute of Engineering Innovation, The University of Tokyo, Tokyo. ***Graduate School of Tokyo Medical and Dental University, Tokyo)

Keywords: STEM (scanning transmission electron microscopy), HAADF (high-angle annular dark field), ABF (annular bright field), biomaterial
TEM specimen preparation: Ar-ion thinning TEM utilized: JEOL JEM-ARM200CF (200 kV)