

平成28年度

微細構造解析プラットフォームにおける利用成果

高エネルギー電子照射による高融点材料における
ボイド形成過程

^a島根大学

荒河一渡^a

【目 的】

従来、近傍にある2つの空孔同士は引力的な相互作用を持ち、結合した方が安定であると考えられてきた。したがって、空孔が導入される系では、材料の深刻な劣化をもたらす空孔集合体（ボイド）の形成は避け得ない現象と信じられてきた。これに対し、近年の理論研究によれば、核融合炉候補材料の一種であるタングステン等では、空孔同士が反発的な相互作用を持ち得ると結論されている。本研究では、この特異な空孔挙動に対する実験的な検証を目的として、タングステンの電子照射下におけるボイドの形成過程のその場観察およびその後観察を行った。

【成 果】

高純度タングステンTEM用薄膜試料を超高圧電子顕微鏡H-3000内で 加速電圧2MVで電子照射してボイドを導入した。電子ビーム照射強度は、 $3 \times 10^{22} \text{ e/m}^2\text{s}$ 、試料温度は628~1219K とした。電子照射後に加速電圧1MVでボイドを導入した視野を観察した。図は、照射温度16Kにおける転位ループの形成過程の実験結果を示す。一方、モンテカルロシミュレーション結果によると、パラメーター・セットを選べば、自己格子間原子の移動次元が1Dの場合には、実験結果が再現された。これに対し、移動次元が3Dの場合は実験結果を再現するパラメーター・セットを選ぶことができなかった。この事実は、タングステン中の自己格子間原子(SIA)の移動次元は3Dではなく1Dであることを示している。

また、ボイド密度の厚さ依存性から、各温度でのボイド体積密度を評価した結果、ボイド体積密度の温度依存性に異常が見られ、タングステンにおける空孔挙動の特異性を示唆する結果を得た。以上の事実は、BCC金属におけるSIAの長期にわたる、そして広く受け入れられている見解を覆し、最近、*ab-initio*シミュレーションによって得られた空孔同士が反発的な相互作用を持ち得るという結果を支持する。

(1) T.D. Swinburne, K. Arakawa, H. Mori, H. Yasuda, M. Isshiki, K. Mimura, M. Uchikoshi, and S.L. Dudarev, *Scientific Reports*, 6 (2016)30596 (8 pages).

(2) T. Amino, K. Arakawa, and H. Mori, *Scientific Reports*, 6 (2016)26099 (10 pages).

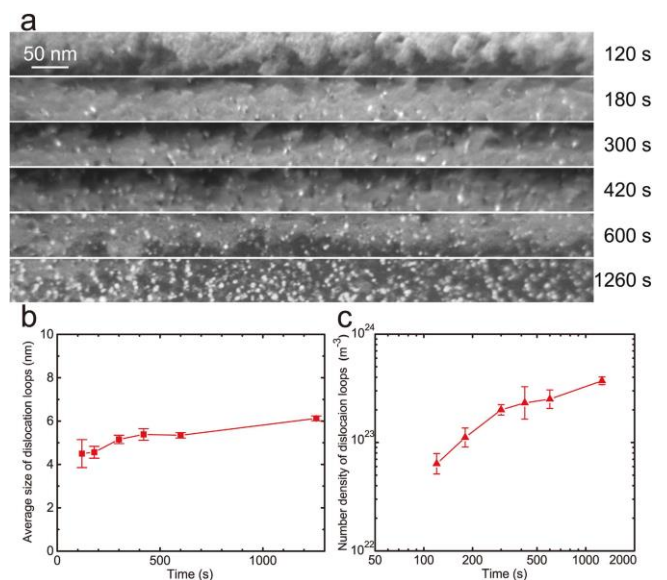


図. 純タングステンの電子照射下での転位ループ形成過程：実験 (a)、平均サイズ (b) と数密度 (c) (2MeV, $3 \times 10^{22} \text{ e/m}^2\text{s}$, 16 K)。

微細構造解析プラットフォームにおける利用成果

気管上皮アピカル構築の観察

^a大阪大学医学系研究科, ^b大阪大学生命機能研究科, ^c大阪大学
超高压電子顕微鏡センター, ^d日本繊維製品品質技術センター
立石和博^a, 西田倫希^{a,d}, 井上加奈子^c, 月田早智子^{a,b}

【目 的】

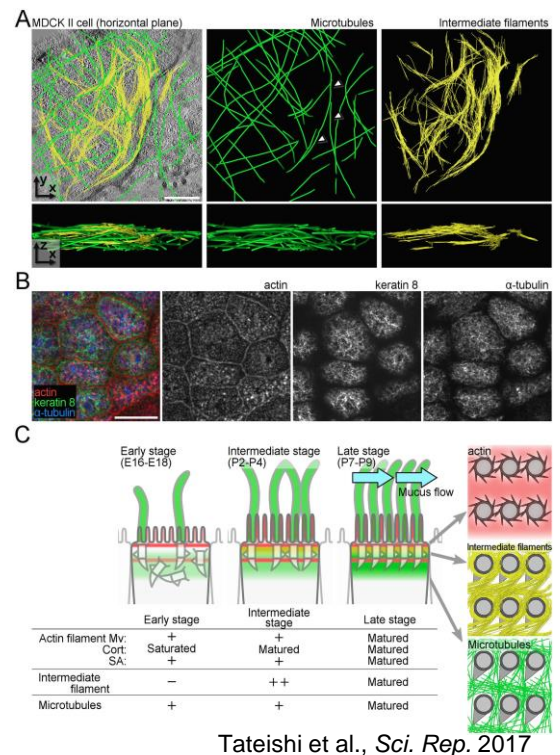
我々の気道表面には数億本という繊毛が存在し、協調的に運動し粘液流を作ること
でカビやウィルスを排出するという組織機能を創出している。こうした高度な組織機能は、
細胞骨格が発達し繊毛基部の基底小体と適切に相互作用することで獲得されると予想さ
れるが、それぞれの細胞骨格の役割や基底小体との相互作用形式については不明な点が
多い。そこで、超高压電子顕微鏡トモグラフィ法と免疫蛍光法を活用した3次元イメー
ジングにより、気管上皮細胞における細胞骨格の発達と組織機能との関連を明らかにす
ることを目的とした。

【成 果】

気管組織の発生にともなう細胞骨格の時空間的
変化を詳細に解析した。その結果、マウス気管多
繊毛細胞 (MCC) アピカル面直下において、アクチ
ン、中間フィラメント、および微小管からなる
ネットワーク構造を見出した。また、それぞれの
ネットワークは発生中に異なる時空間的遷移を示
すことがわかった(図)。これらアピカル細胞骨格
ネットワークの発達は、MCCの機能的成熟と連動
しており、高度な組織機能への寄与が示唆された。
また、繊毛基部と細胞骨格との相互作用を欠失す
ることが知られているOdf2変異マウスを用いた解
析により、3種の細胞骨格ネットワーク同士の相
互作用様式を示唆する結果が得られた。また、よ
り一般的な培養上皮細胞においても類似の構造が
確認され、アピカル細胞骨格ネットワークの上皮
細胞における一般性が示唆された。

(1) 立石和博、西田倫希、井上加奈子、月田早智子「気管上皮多繊毛細胞におけるアピカル細胞骨格ネットワークの3次元解析」第68回日本細胞生物学会大会 日本ケミカルバイオロジー学会第11回年会 合同大会(京都テルサ、京都市)平成28年6月17日

(2) K. Tateishi, T. Nishida, K. Inoue, and S. Tsukita. “Three-dimensional Organization of Layered Apical Cytoskeletal Networks Associated with Mouse Airway Tissue Development.” *Sci. Rep.* (2017) 7:43783.



Tateishi et al., *Sci. Rep.* 2017

図. 培養上皮細胞におけるアピカル細胞骨格ネットワーク。(A) 培養されたMDCK細胞の微小管および中間フィラメントネットワークの抽出モデル(上)およびzプロファイル抽出モデル(下)。微小管、中間フィラメントおよびBBは、緑色、黄色および灰色でそれぞれ疑似着色。矢印は、細胞接合部と平行に伸びる微小管を示す。(B) 培養したMDCK細胞の免疫蛍光。(C) マウス気管MCCにおけるアピカル細胞骨格ネットワーク形成の模式図。縦軸の段階的な遷移は左の図と表に示され、代表的なネットワークパターンは右図。Mv: 微絨毛、Cort: Cortical actin, SA: Sub apical actin。スケールバーは、500nm(A)および5μm(B)を表す。