

原子分解能分析走査透過型電子顕微鏡

原子レベルでの材料観察・分析およびガス雰囲気中で物質の反応過程を解明

装置の概要

- 球面収差補正機構をTEM・STEMの両方に導入することで、0.1 nm以下の空間分解能を実現し、単原子レベルでの原子位置の特定や元素識別が可能となりました。
- ガス雰囲気下加熱試料ホルダーを用いることで、実使用環境に近い条件下における物質の構造変化や反応挙動をリアルタイムで観察することが可能です。

活用事例（参考文献 1 - 2）

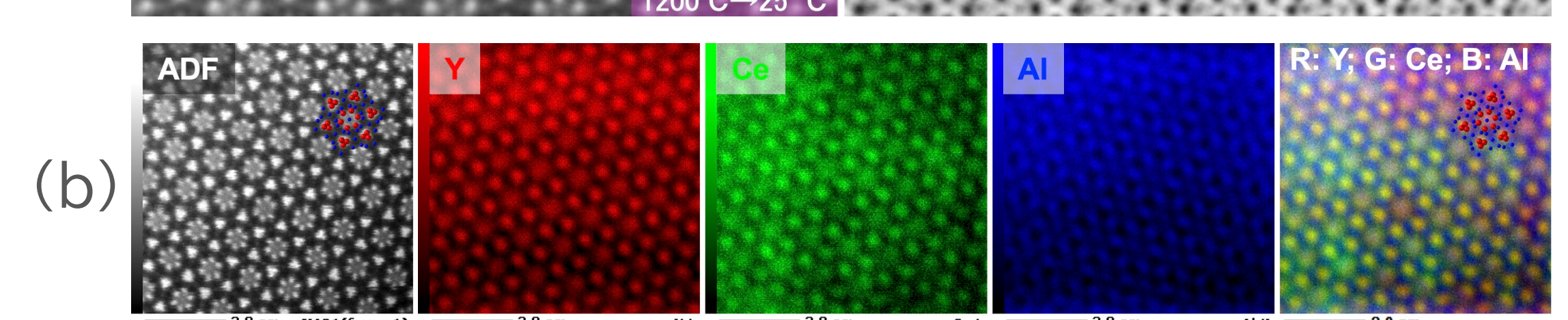
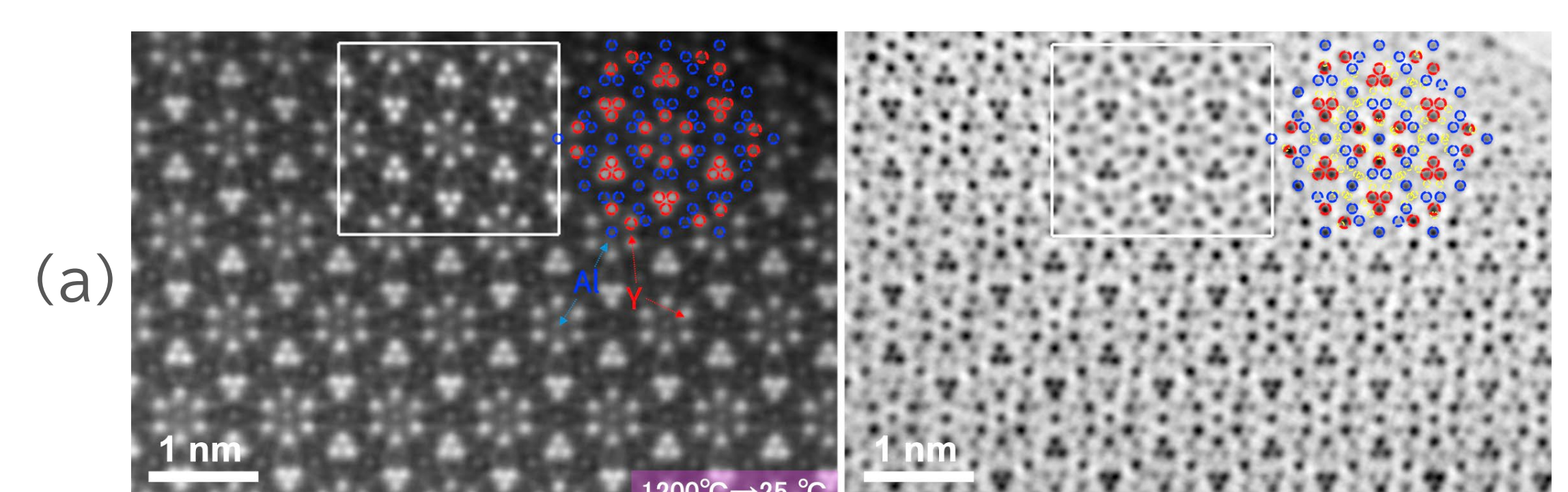
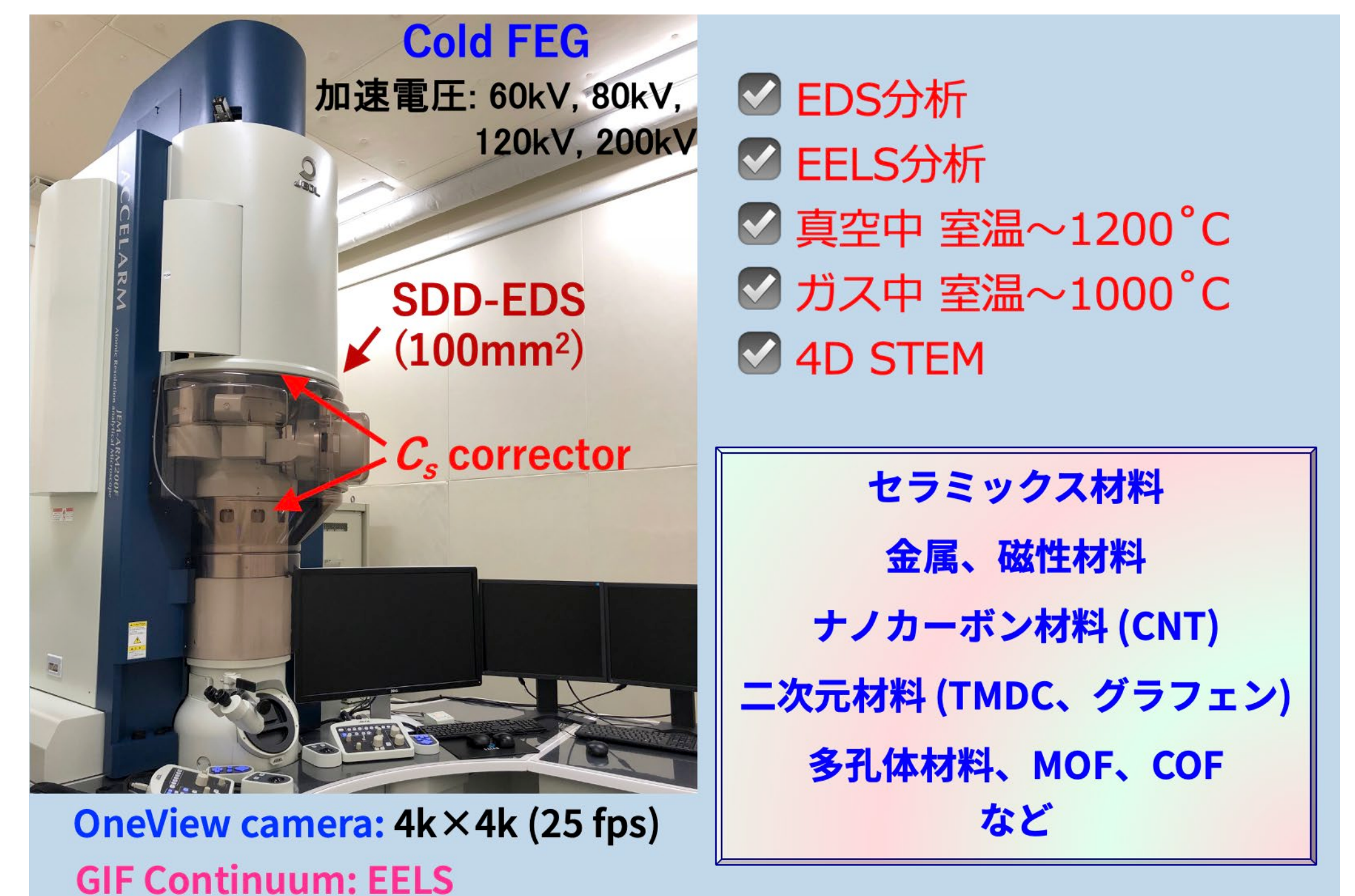
- 白色LED材料である $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ (YAG:Ce)の特性向上には、材料の形成過程や構造変化を理解することが重要です。本事例では、TEM内でYAG:Ce前駆体を1200℃まで加熱し、YAG:Ce結晶が生成するまでの構造変化をリアルタイムで観察しました。さらに、高倍率の構造像および元素マップを取得することで、添加元素であるCeがYサイトに存在すること、またCeの分布に不均一性が生じることを明らかにしました。これらの結果から、Ceの分布状態がYAG:Ceの発光特性に影響を及ぼすことが示唆されました。
- NiO/YSZにBZYを添加したNiO/YSZ/BZYナノコンポジットは、固体酸化物形燃料電池(SOFC)のアノード電極材料として期待されています。実使用環境に近い条件での反応過程や構造変化を明らかにするため、 H_2 ガス雰囲気下で900℃まで加熱し、環境STEM観察とEDS分析により構造変化をリアルタイムで追跡しました。その結果、NiOがNiへ還元され、還元されたNiが粒子表面を移動し、粒子間で凝集する挙動を明らかにしました。

研究者からのメッセージ

- 本装置は、磁性材料、次世代電池材料、一次元・二次元材料、ナノカーボン材料、多孔体材料など、幅広い先端材料の開発に対応しています。粒子サイズ・形状・結晶構造などのナノスケール構造評価に加え、元素分布や電子状態などの組成・状態分析を高精度に実施でき、材料機能の発現メカニズムの解明や、高性能材料の設計・組織制御に貢献します。本技術に関心をお持ちの企業との共同研究を広く募集しております。ぜひお気軽にご相談ください。

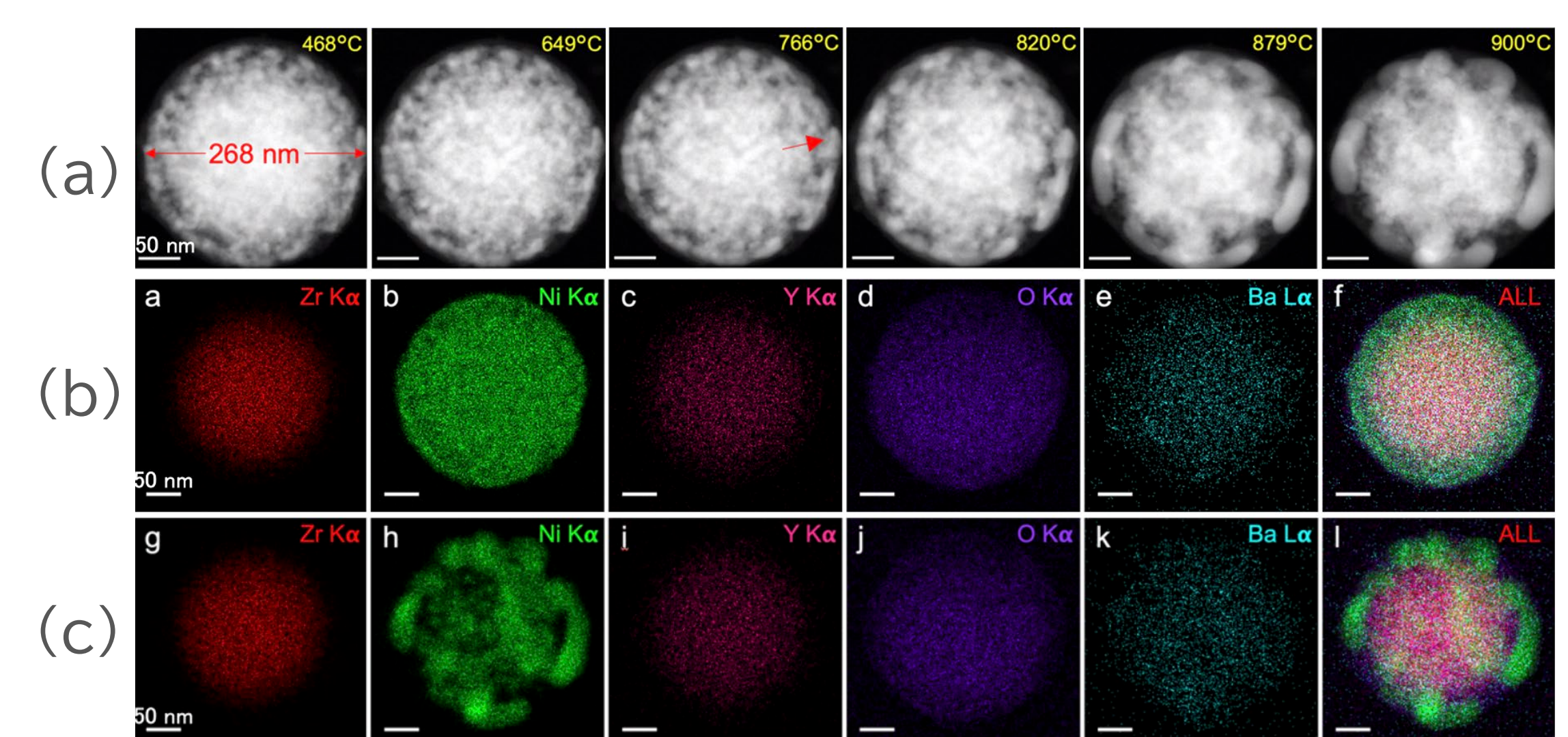
参考文献（いずれも活用事例）

1. Zheng Liu *et al.*, In Situ TEM/STEM Investigation of Crystallization in $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ at High Temperatures Inside a Transmission Electron Microscope, *Small*, **20** (2023), 1890-1896.
2. Zheng Liu *et al.*, Visualization of the structural transformation of NiO/YSZ/BZY nanocomposite particles using in situ gas environmental transmission electron microscopy, *Nanoscale*, **16** (2024), 2308001.



(a) YAG:Ce前駆体をTEM内1200℃加熱後、室温に急冷した試料のSTEM像(左:HAADF-STEM、右:ABF-STEM)

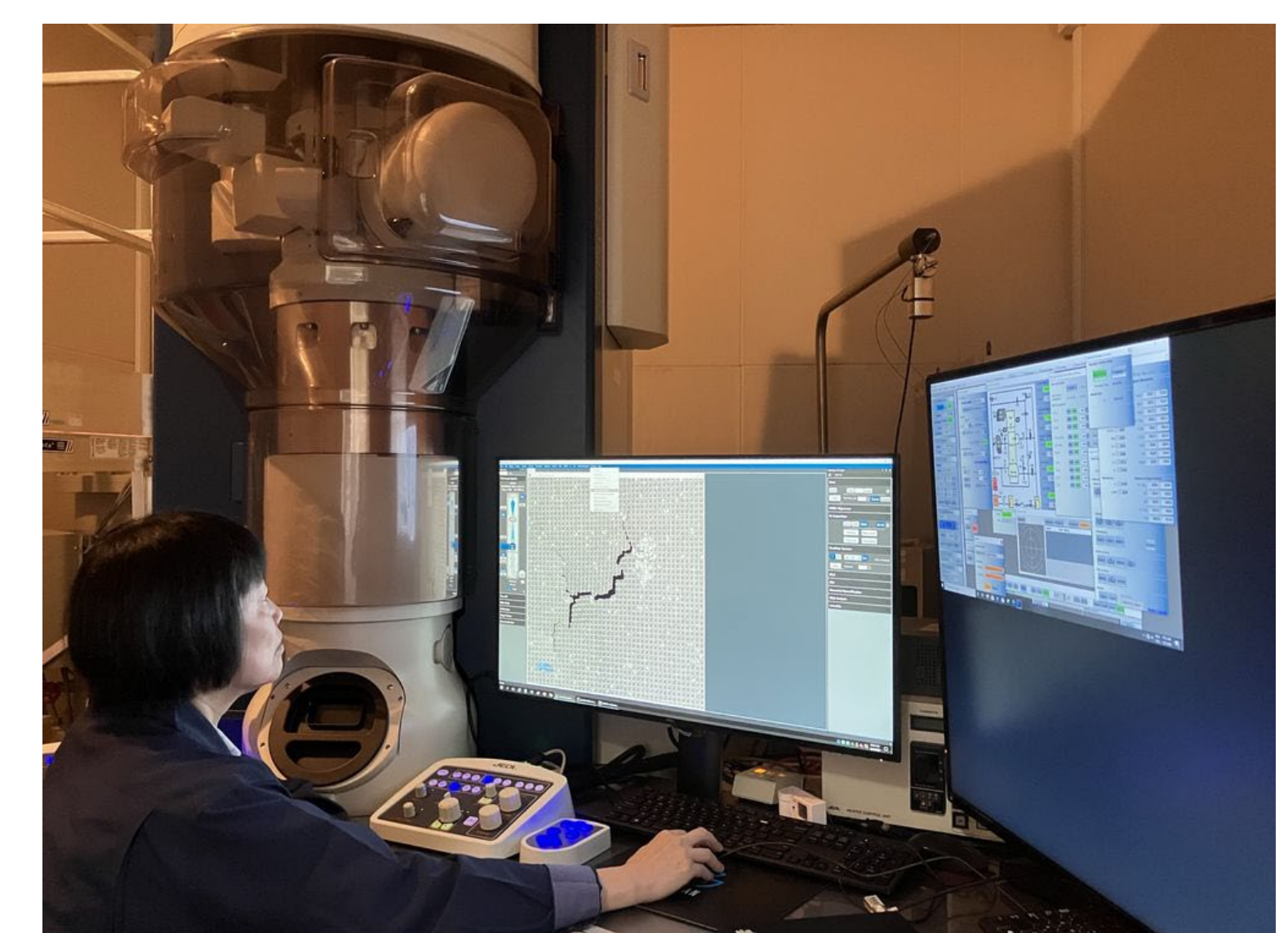
(b) ウィーナーフィルター処理したSTEM-EDS元素マップ



(a) NiO/YSZ/BZYナノコンポジットを H_2 ガス中で900℃まで加熱した時の構造変化を示すHAADF-STEM像

(b) N_2 中300℃時の粒子の元素マップ

(c) H_2 中300℃時の粒子の元素マップ(H_2 中900℃加熱後)



TEM(日本電子ARM200F)を操作する
劉上級主任研究員