

名大物国セ/院理/高等研究院¹ ○唯 美津木¹

固体高分子形燃料電池 (PEFC) は、水素社会に向けた水素の利用技術として、自動車をはじめとした様々な対象で実用化が進められている。電極触媒の活性向上や発電環境下での劣化抑制の問題に加えて、発電下で生成するラジカル種による膜劣化の抑制、液水の制御など、膜電極接合体 (MEA) 内部で起こる様々な現象や反応の理解が求められている。アノード、カソード極の触媒、電解質膜、ガス拡散層、ラジカル捕捉剤など、異なる物質・材料が複合化された MEA 内部で起こる反応を捉えることは容易ではなく、大量の水素、酸素、水が共存する PEFC の発電環境下で電極触媒や部材の構造や反応を捉えるには、硬 X 線を利用したイメージングが有効である。我々は、SPring-8 の高輝度硬 X 線を用い、コンピュータトモグラフィ (CT) による三次元イメージングと X 線吸収微細構造 (XAFS) 分光法を組み合わせた CT-XAFS イメージング法により、PEFC の作動環境下における電極触媒のオペランド三次元 XAFS 分光イメージングを実現してきた。

本講演では、PEFC に関する我々の最近の研究成果として、Pt₄ 核クラスターとカーボンナノチューブを用いたカソード電極触媒の調製と複合化 [1, 2]、回転ディスク電極作動環境下での電極触媒のオペランド硬 X 線 XAFS 構造解析 [2]、オペランド CT-XAFS イメージング法 [3, 4] とそれを用いた PEFC 発電下での MEA の三次元 XAFS 分光イメージング [3, 5, 6, 7] を取り上げたい。

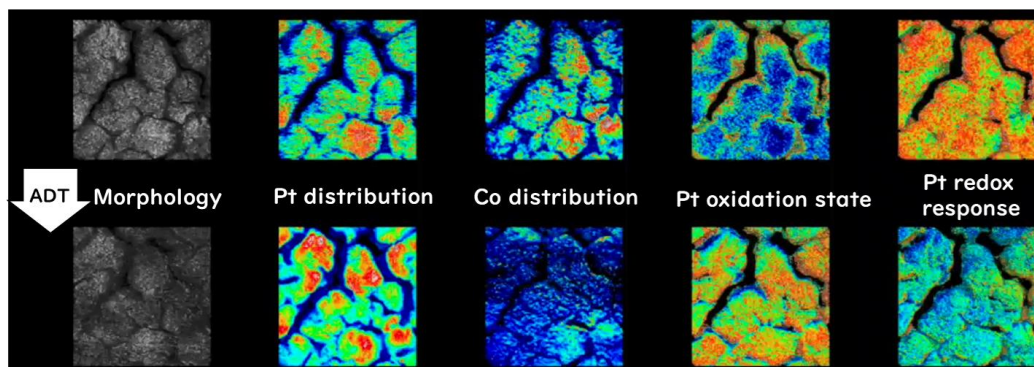


Fig. 1 Pt-Co カソード触媒を用いた MEA における加速劣化試験 (ADT) 前後のオペランド三次元 CT-XAFS イメージング [ref. 5].

参考文献

- 1) K. Ichihashi, S. Muratsugu, S. Miyamoto, K. Sakamoto, N. Ishiguro, and M. Tada, "Enhanced Oxygen Reduction Reaction Performance of Size-controlled Pt Nanoparticles on Polypyrrole-functionalized Carbon Nanotubes", *Dalton Trans.* **48**, 7130-7137 (2019). [Inside Front Cover]
- 2) K. Ichihashi, S. Muratsugu, H. Matsui, K. Higashi, O. Sekizawa, T. Uruga, and M. Tada, "Oxygen Reduction Reaction Performance Tuning on Pt Nanoparticle/MWCNT Catalysts by Gd Species", *J. Phys. Chem. C* **124**, 26925-26936 (2020).
- 3) H. Matsui, N. Ishiguro, T. Uruga, O. Sekizawa, K. Higashi, N. Maejima, and M. Tada, "Operando 3D Visualization of Migration and Degradation of Pt Cathode Catalyst in a Polymer Electrolyte Fuel Cell", *Angew. Chem. Int. Ed.* **56**, 9371-9375 (2017).
- 4) H. Matsui, N. Maejima, N. Ishiguro, Y. Tan, T. Uruga, O. Sekizawa, T. Sakata, and M. Tada, "Operando XAFS Imaging of Distribution of Pt Cathode Catalysts in PEFC MEA", *Chem. Rec.* **19**, 1380-1392 (2019). [Invited personal accounts]
- 5) Y. Tan, H. Matsui, N. Ishiguro, T. Uruga, D. N. Nguyen, O. Sekizawa, T. Sakata, N. Maejima, K. Higashi, H. C. Dam, and M. Tada, "Pt-Co/C Cathode Catalyst Degradation in a Polymer Electrolyte Fuel Cell Investigated by an Infographic Approach Combining Three-Dimensional Spectroimaging and Unsupervised Learning", *J. Phys. Chem. C* **123**, 18844-18853 (2019). [Supplementary Cover]
- 6) H. Matsui, S. Takao, K. Higashi, T. Kaneko, G. Samjeske, T. Uruga, M. Tada, and Y. Iwasawa, "Operando Imaging of Ce Radical Scavenger in a Practical Polymer Electrolyte Fuel Cell by 3D Fluorescence CT-XAFS and Depth-Profiling Nano-XAFS-SEM/EDS Techniques", *ACS Appl. Mater. & Interfaces.* **14**, 6762-6776 (2022).
- 7) H. Matsui, N. Ishiguro, Y. Tan, N. Maejima, Y. Muramoto, T. Uruga, K. Higashi, D. N. Nguyen, H. C. Dam, G. Samjeske, and M. Tada, "Variation of Local Structure and Reactivity of Pt/C Catalyst for Accelerated Degradation Test of Polymer Electrolyte Fuel Cell Visualized by Operando 3D CT-XAFS Imaging", *ChemNanoMat*, accepted.