アモルファス酸化モリブデンナノシート／有機高分子複合薄膜のラジオクロミズムによるエネルギー貯蔵

(京大成長戦略本部¹・産総研²) ○福田 勝利¹・森田 将史¹・熊谷 和博²

Reversible Radiochromic Thin-Film of Amorphous MoO_{3-x} Nanosheets/Organic Polymer Composites for Radioisotope-related Energy Storage System (¹Office of Institutional Advancement and Communications, Kyoto University, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) ○Katsutoshi Fukuda¹, Masahito Morita¹, Kazuhiro Kumagai²

Multilayer films consisting of crystalline MoO₂ nanosheets exfoliated from layered molybdenum oxide and cationic polymers were heated at 250°C in air to obtain amorphous MoO_{3-x} nanosheets/polymer composites, which are advantageous for photochromism based on double-injection of ions and electrons. Interestingly, the resultant films exhibited reversible color change upon electron-beam- or Tritium β-ray-irradiation, indicating a potential application of these films in radioisotope-related energy storage system. We evaluated the number of the electrons associated with these color changes, considering a relationship between the color change and the average valence of the Mo atoms in electrochromic testing.

Keywords : Nanosheets, Radiochromism, Molybdenum oxides, Tritium

原子炉の稼働に伴って増え続けているトリチウム水などの放射性同位体の処理・利活用は大きな社会課題となっている。可視光・紫外線などの光照射によるフォトクロミズムと類似して、放射性同位体から発せられる放射線を物質に照射すると変色（ラジオクロミズム）することが知られている。フォトクロミズムでは可逆的な酸化還元反応を利用することで光エネルギーを貯蔵する技術が多く報告されているが、ラジオクロミズムをエネルギー貯蔵へ利用する研究例は極めて少ない。我々はこれまで層状化合物の剥離から得られた酸化モリブデンナノシートを酸化することで、優れたフォトエレクトロクロミック特性を有するアモルファス酸化モリブデンナノシートへ変換できることを報告してきた[1]。本研究では、さらに電子線照射および標準線源からのβ線照射を行うことで着色挙動を調べ、同材料系のラジオクロミズムを利用したエネルギー貯蔵の可能性を検討したので報告する。

層状モリブデン酸化物 NaMo₂O₄ に酸処理を施すことで水素イオン交換型へ誘導した。これと四級アンモニウム水酸化物水溶液を混合することで、ホスト層が水溶液中で単分散した MoO₂ ナノシートゾル溶液を得た。このナノシートを有機高分子との静電自己組織化反応を利用してガラス基板上に交互吸着させることで超薄膜を作製した。さらに大気下 250°C で加熱することでアモルファス MoO_{3-x} ナノシート超薄膜へ変換した。

得られた薄膜を用いてエレクトロクロミズム素子を作製しポテンシャル掃引によって引き起こされるナノシートの着色と価数変化を調べた。次にこの薄膜に電子銃を用いてトリチウムやプロメチウムのβ線と同様のエネルギーの電子線(5keV, 20keV)を直接注入したところ、電子線クロミズムを観測することができた。さらに、同系の標準線源を用いてβ線を照射したところラジオクロミズムも示すことがわかった。最終的に各クロミズム発現時に関与した電子数を着色具合(吸光度差)と XAFS による Mo の価数のケミカルシフトから求めることでエネルギー貯蔵効率について考察した。

1) Morita, M.; Toyoda, S.; Kiuchi, H.; Abe, T.; Kumagai, K.; Saida, T.; Fukuda, K. *ACS Appl. Nano Mater.* **2021**, *4*, 8781.