

次世代への持続可能なライフスタイルのための 機能性非金属軽元素材料の開発

Development of High-Functional Non-Metal Light Element Materials for a Next-Generation Sustainable Life Style



准教授 佐藤 義倫
Associate Professor
Yoshinori Sato

ナノ物質の機能を最大限に活かした高次機能性を持つ集合体・複合材料・有機/無機ハイブリット材料を創成することは、最も魅力的な研究の一つである。本研究室では、表面・界面設計に基づいて、ナノ物質の特性をバルクまで持ち合わせた集合体・複合材料・有機/無機ハイブリット材料の設計・合成・評価を行い、「持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)」にも関わる次世代のクリーンエネルギー分野に必要な不可欠な軽量かつ高機能なエネルギー材料(特に非金属軽元素材料)の創成に挑戦している。研究を遂行するにあたり、軽元素のホウ素、炭素、窒素、酸素、フッ素、硫黄、リンを用いた高機能な表界面を持つ非金属軽元素材料の開発を行っている (Fig. 1)。

Our laboratory is in the research area of advanced nanomaterials for clean energy (alternative energy and hydrogen energy). To fabricate, assemble, and composite organic/inorganic materials with high-performance functions created from combinations of each material's properties is one of the most fascinating and necessary areas of research. In this laboratory, we design, synthesize, and characterize the assembly, composites, and organic/inorganic materials based on surface/interface design to apply nanomaterials' properties to bulky materials (Fig. 1). In particular, we have challenged ourselves to create and develop highly functional nonmetal light element materials (carbon-based materials including boron, nitrogen, oxygen, fluorine, sulfur, and phosphorus) with high-performance surfaces and interfaces. Such materials are necessary for the field of next-generation clean energy, which in turn is needed to meet sustainable development goals (SDGs).

機能性炭素ナノ材料と酸素分子の相互作用に関する研究

水素エネルギーの利用で期待されている固体高分子形燃料電池 (polymer electrolyte fuel cell: PEFC) は広い普及には至っていない。その課題の一つが酸素還元反応 (oxygen reduction reaction: ORR) 触媒として使用されている白金触媒である。白金は埋蔵量が少なく、寿命が短い。そこで、白金を使用しない炭素ナノ材料触媒が埋蔵量や耐久性の点で注目されている。本研究では、ヘテロ原子ドーピング炭素ナノ材料の ORR 触媒活性メカニズムの解明のために、スピン共鳴分光法や電気伝導率測定を用いて、機能性炭素ナノ材料と酸素分子の相互作用を調べている。

Study of the interaction between functional carbon nanomaterials and molecular oxygen

Although hydrogen-energy-harnessing polymer electrolyte fuel cells (PEFCs) have been expected, they are not yet widely used. Platinum, which is used as an oxygen reduction reaction (ORR) catalyst, is an expensive and nonabundant resource, and it has poor durability for ORR activity. Therefore, metal-free carbon nanomaterials have been developed as alternative platinum catalysts. In this study, we have investigated the interaction between functional carbon nanomaterials and molecular oxygen using spin resonance spectroscopy and conductivity measurements to clarify the mechanism for ORR catalytic activity in hetero-atom -doped carbon nanomaterials.

表面酸化された Ti₂AlN MAXene の電気特性

導電性と耐アルカリ性を持つ Ti₂AlN MAXenes は電極や電極触媒として注目されている。しかし、Ti₂AlN MAXenes の表面は酸化されやすく、電子輸送を阻害すると考えられる。本研究では、表

Electrical properties of surface-oxidized Ti₂AlN MAXene

Ti₂AlN MAXenes, exhibiting good conductivity and alkali resistance, have attracted attention as electrodes and electrocatalysts. However, the surfaces of Ti₂AlN MAXenes are highly susceptible to oxidation, which inhibits electron transport. In this study, we investigate the electrical

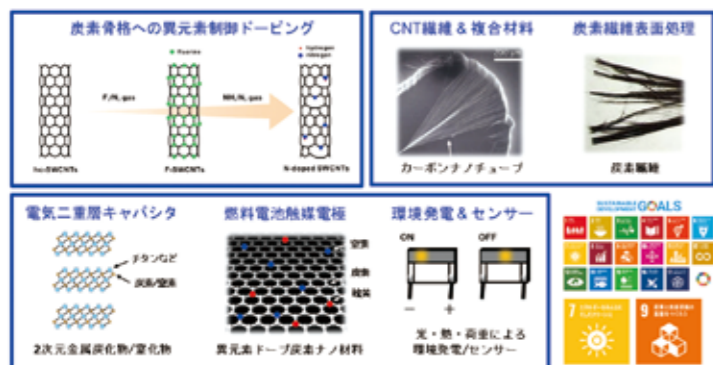


Fig. 1 Our research topics.

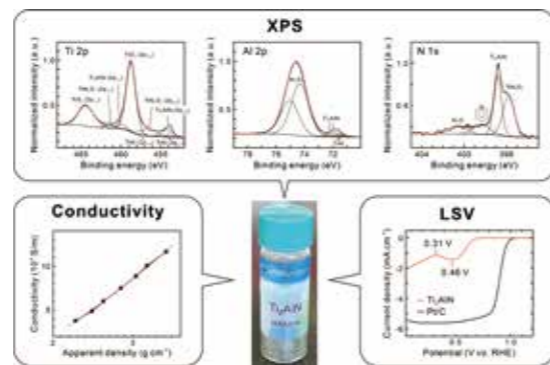


Fig. 2 Electrical properties of Ti₂AlN MAXenes.



Lab members (2024).



Open Campus 2024.



Get-together with high school students.

面酸化した Ti₂AlN 粉末の導電性とアルカリ水溶液中での酸素還元反応 (ORR) 触媒活性を調べた。X線回折と X線光電子分光のデータから、表面酸化した結晶性 Ti₂AlN 粉末の酸素濃度が 57.2 at% であることがわかった。最大見かけ密度 3.42 g cm⁻³ において、表面酸化 Ti₂AlN 粉末は 1.16×10⁵ S m⁻¹ の導電率を示し、固体の Ti₂AlN ブロックの導電率よりも 1桁低かった。表面酸化 Ti₂AlN 粉末のアルカリ水溶液中での ORR 触媒活性は 2電子反応を示した。本研究で得られた結果によると、Ti₂AlN の表面酸化は ORR 触媒活性に負の影響を与える。Ti₂AlN の表面酸化により、表面での電子輸送が抑制されている可能性を示した (Fig. 2)。

conductivity and oxygen reduction reaction (ORR) catalytic activity of surface-oxidized Ti₂AlN powder in alkaline aqueous solutions. X-ray diffraction and X-ray photoelectron spectroscopy data demonstrated surface-oxidized crystalline Ti₂AlN powder, with an oxygen concentration of 57.2 at%. At the maximum apparent density of 3.42 g cm⁻³, the surface-oxidized Ti₂AlN powder exhibited a conductivity of 1.16 × 10⁵ S m⁻¹, which is one order of magnitude lower than that of solid Ti₂AlN blocks. The ORR catalytic activity of the surface-oxidized Ti₂AlN powder in an alkaline aqueous solution exhibited a two-electron reaction. According to the results obtained in this study, the surface oxidation of Ti₂AlN negatively impacts their ORR catalytic activity. This study raises the possibility that electron transport at the surfaces of Ti₂AlN is suppressed due to surface oxidation (Fig. 2).

学術会議

- 池田 朋樹、森田 航世、資源・素材学会東北支部 春季大会、仙台市 (ポスター発表)
- 池田 朋樹、森田 航世、第 17 回資源・素材学会東北支部 若手の会、八幡平市 (ポスター発表)
- 宮本 京介、第 51 回炭素材料学会年会、福岡市 (ポスター発表)
- Yoshinori Sato, 10th International Symposium on Carbon for Catalysis (CARBOCAT10), Florence, Italy (ポスター発表)
- Yoshinori Sato, Curtin-Tohoku Joint Research Colloquium, Perth, Australia (招待講演)

Academic conference

- Tomoki Ikeda and Kosei Morita, The Mining Materials Processing Institute of Japan-Tohoku Branch, Spring Meeting, Sendai (Poster)
- Tomoki Ikeda and Kosei Morita, The 17th Mining Materials Processing Institute of Japan-Tohoku Branch, Young Researchers Association, Hachimantai (Poster)
- Kyosuke Miyamoto, The 51th Annual Meeting of the Carbon Society of Japan, Fukuoka (Poster)
- Yoshinori Sato, 10th International Symposium on Carbon for Catalysis (CARBOCAT10), Florence, Italy (Poster)
- Yoshinori Sato, Curtin-Tohoku Joint Research Colloquium, Perth, Australia (Invited Talk)

受賞

- 森田 航世、第 17 回資源・素材学会東北支部 若手の会 優秀発表賞

Awards

- Kosei Morita, The 17th Mining Materials Processing Institute of Japan-Tohoku Branch, Young Researchers Association, Best Poster Presentation Award

研究費

- JSPS 科学研究費補助金 23K26748 (基盤研究 (B) / 代表)
- 共同研究費 (ステラケミファ株式会社 / 代表)

Grants

- JSPS KAKENHI 23K26748 (Scientific Research (B)/PI)
- Collaboration grant (STELLA CHEMIFA Corporation/PI)



Fig. 3 Snapshot at The 51st Annual Meeting of the Carbon Society of Japan (Kyosuke Miyamoto)



Fig. 4 Snapshot at 2024 MMIJ-TB Spring Meeting (Tomoki Ikeda).



Fig. 5 Best Poster Presentation Award at MMIJ-TB Young Researchers Association (Kosei Morita)