



魅力的な層状複合アニオン化合物光触媒

京都大学 石井 佑典

京都大学の石井と申します。このような貴重な機会を頂き、誠にありがとうございます。私は学部4年生の時に京都大学の阿部竜研究室に配属されました。私はそこで水分解光触媒の研究が、次世代エネルギーとして注目される「水素」を製造するために重要な研究であることを知り、その研究に注力するようになりました。

特に私はこれまでに層状複合アニオン化合物を水分解光触媒として利用することに注力してきました。層状複合アニオン化合物とは、2種類以上のアニオン（例 O, N, S）と金属カチオンから構成された層状構造を有する化合物のことです。この化合物は、従来の層状酸化物光触媒と異なり、バンドギャップが狭いため、太陽光スペクトルの大部分を占める可視光領域を利用することが可能です。また、層状構造を構成する各層には、層間相互作用が働く層や特異的な性質を有する層が存在します。例えば、層間が弱い van der Waals (vdW) 力で構成される層 (vdW 層) や層間に水分子が挿入可能な層 (水和層)、層間の金属カチオンが別のカチオンにイオン交換可能な層 (交換層) があります (図 1a, b^[1])。私はそのような魅力的な層を有する層状複合アニオン化合物に注目して、現在までそれらの開発および水分解光触媒への応用に向けた合成方法

の開発を行っています^[2,3]。

学部4年生から修士課程までは、層状複合アニオン化合物の1種である $\text{SrBi}_3\text{O}_4\text{Cl}_3$ のフラックス合成の開発に着手しました。ごく最近、当研究室の先輩が、 $\text{SrBi}_3\text{O}_4\text{Cl}_3$ が可視光下で Z-スキーム型水分解の O_2 生成用光触媒として機能することを発見しました^[2]。さらに、この材料は vdW 層という特徴的な層を有しており、これを利用できれば、層の剥離やヘテロ構造の形成、層間へのインターカレーション等による物性制御が可能となります。しかし、それまでの合成方法は固相法 (SSR) に限定されており、この手法で得られる粒子は結晶性が低い凝集体であり、その後の応用展開や性能最適化に適した粒子ではありませんでした。そこで、私は近年酸ハロゲン化物の有効な合成方法として知られるフラックス法 (flux) を用いて $\text{SrBi}_3\text{O}_4\text{Cl}_3$ を合成しました。これにより、結晶性が向上したプレート状の粒子が得られ、その粒子は固相法よりも高い光触媒活性を示しました (図 1c) ^[3]。

博士課程に進学後は、水和層や交換層を有する新規層状酸硫化物の開発に着手しました。これまで、水和層や交換層を有する層状酸化物は水分解光触媒として盛んに研究されており、それらの層を反応場として利用することで高効率な水分解が達成されてきました。しかし、それらはいずれも可視光を利用できないという欠点を有していました。一方で、層状複合アニオン化合物は可視光吸収能を有していても、ほとんどがそれらの層を有していませんでした。そこで、私は水和層や交換層を有する層状酸化物を前駆体を用いて硫化することで可視光吸収・層間水和・イオン交換能を有する新規層状酸硫化物の合成に成功しました。今後は、これを用いて、層間を反応場として利用することで高効率な水分解の実現を目指していきます。



図 1. (a, b) 層状複合アニオン化合物、(c) $\text{SrBi}_3\text{O}_4\text{Cl}_3$ のフラックス合成

[1] Oshima, T.; Maeda, K. *et al. Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 9736.

[2] Suzuki, H.; Ozaki, D.; Ishii, Y.; Abe, R. *et al. J. Mater. Chem. A* **2023**, *11*, 15159.

[3] Ishii, Y.; Abe, R. *et al. Sustain Energy Fuels* **2022**, *6*, 3263.