

異分野技術の融合による高活性水分分解光触媒の創製を目指して

公募C班 根岸 雄一

私達は金属クラスターについて研究を行っています。そうした研究者がなぜ、本領域に参加しているのかといいますと、金属クラスターを精密に合成する技術と金属クラスターのサイズ特異的な物性と機能を活用すれば、水分分解半導体光触媒を今よりもさらに高機能化させられるのではないかと考えているからです。

水分分解半導体光触媒は一般に、光触媒本体と反応サイトとなる金属ナノ粒子/クラスター助触媒から構成されています(図1(a))。光触媒の高機能化には、光触媒本体の改良に加えて、助触媒の改良も非常に有効な手段です。これまでの研究より、助触媒の粒径微細化と分散性の向上は水分分解活性の向上に繋がることが明らかにされています。また、液相合成された金属ナノ粒子/クラスターを前駆体に用いると、助触媒の粒径と分散性を制御できることも明らかにされています。

液相合成される金属ナノ粒子/クラスターの中でも、チオラートに保護された金属クラスターについては、1 nm程度の粒径で、原子レベルの精密さで合成することが可能です。そうした精密なチオラート保護金属クラスターを前駆体に用いれば、微小な金属クラスターを単分散で光触媒上に担持させることができます^{1,2}。また、近年の技術を用いますと、金属クラスター内の一部の金属原子を異原子にて置換することも可能です。これらの精密なチオラート保護合金クラスターを前駆体に用いれば、助触媒の化学組成が光触媒活性に与える影響を原子精度にて明らかにし、それによって、高活性光触媒創製に対する新たな設計指針が得られると期待されます。このような期待から、私達は、精密なチオラート保護金属クラスターを水分分解光触媒の活性部位に活用する研究に取り組んでいます。

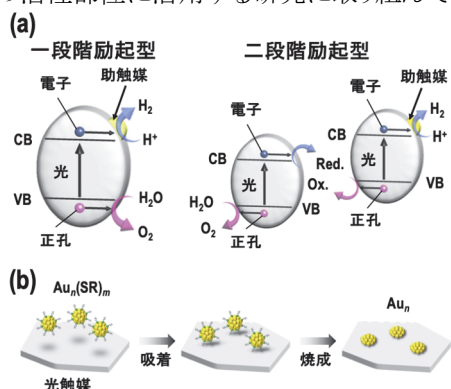


図1. (a) 水分分解半導体光触媒の模式図、(b) 助触媒クラスターの精密担持方法。

具体的にはまず、化学組成が厳密に制御された金属クラスターを液相法により合成します。次に、それらを光触

媒上に吸着させ、焼成により配位子を除去します(図1(b))。得られた光触媒の触媒活性を測定することで、担持金属クラスターの化学組成と光触媒活性の相関を明らかにします。また、得られた光触媒の構造解析を行うことで、電子/幾何構造が光触媒活性に与える影響を明らかにします。これらの研究を通して、活性向上に対するキーファクターを明らかにし、高活性水分分解光触媒創製に対する設計指針を見いだします。得られた設計指針に基づき高活性化に適した金属クラスターを合成することで、水分分解活性をさらに向上させることに取り組みます(図2)。このような研究によりこれまで、助触媒の微細化や異原子置換が水分分解活性に与える影響の解明、また逆反応阻止膜を形成する上での新たな方法論の確立などに成功しています^{1,2}。

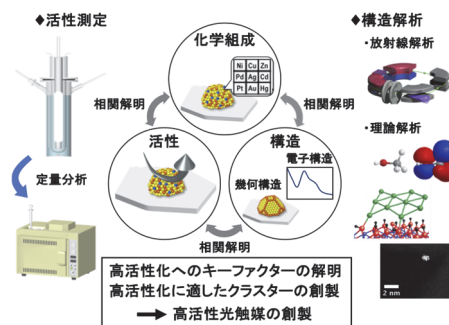


図2. 私達の研究の進め方。

水分分解光触媒は、大きな期待と専門家達の強い信念により、これからも着実に改良され続けてゆくと思います。ただ、同様な視点からの研究推進だけでは、いずれは技術の進展も緩やかになってしまうのではと危惧されます。私達は、助触媒制御については、まだ改良の余地が多く残されていると感じていまして、そこで、この点に私達の精密合成技術を投入することにより、水分分解光触媒を今よりもさらに高機能化させることに取り組んでいます。このような専門分野を越えた学際的なインタープレイが、ブレークスルーを創出し、革新的光—物質変換系の創製の実現をさらに一歩近づけるものと信じてこのような研究を行っています。

参考文献

- 1) W. Kurashige, R. Kumazawa, D. Ishii, R. Hayashi, Y. Niihori, S. Hossain, L. V. Nair, T. Takayama, A. Iwase, S. Yamazoe, T. Tsukuda, A. Kudo, Y. Negishi, *J. Phys. Chem. C*, 122, 13669-13681 (2018).
- 2) W. Kurashige, R. Hayashi, K. Wakamatsu, Y. Kataoka, S. Hossain, A. Iwase, A. Kudo, S. Yamazoe, Y. Negishi, *ACS Appl. Energy Mater.*, 2, 4175-4187 (2019).