



## 触媒微粒子の構造制御

豊田工業大学 山方 啓

我々の身の回りは半導体デバイスで溢れている。勤務先にも、出張先にも、いつでもどこでも必ず連れて行くのが愛用のスマホである。この原稿もパソコンがなければ書くことができない。そして、これらの電子機器の心臓部分を担っているのが半導体デバイスである。これは、p型半導体とn型半導体材料、そして、絶縁層をナノメートルサイズで高度に組み合わせることで電子の流れ制御し、情報を制御している。

半導体でできた光触媒粒子の場合にも、構造を制御すれば、電子の動きを制御でき、反応活性を飛躍的に向上させることができる。光触媒として良く用いられる粉末のサイズは数百ナノメートルから数マイクロメートルである。したがって、製造コストや時間を度外視すれば、光触媒粒子の表面にも電子デバイスで行うような微細加工は可能かもしれない。

もちろん、粉末系光触媒でも、電子の動きを制御しようとする研究が行われている。p型とn型半導体を接合すれば、電子と正孔を分離できる。さらに、PtやRh、CoO<sub>x</sub>やIrO<sub>2</sub>などの助触媒を担持すれば、電子や正孔を捕集し、その反応活性を向上させることができる。しかし、p型とn型半導体を接合した粒子にPtとCoO<sub>x</sub>の両方を担持しようとする、とたんに難しくなる。多くの場合、光触媒活性は低下する。これは、粒子の場合、化学的な方法でその構造を制御しようとしても、思ったように制御することが難しいからである。さらに、表面に分子が吸着すると、空間電荷層が変化する。そのため、思惑どおりに電子の動きを制御することは難しい。

単結晶材料を用いれば、構造を制御しやすい。さらに、単結晶の表面は構造が規定されているので吸着した分子の構造や電子状態を精密に調べることができる。しかし、実際の工業プロセスで進行するような触媒反応はなかなか進行しない。筆者も単結晶表面に吸着したギ酸分子の反応に関する研究で博士を取得した。しかし、綺麗な清浄表面を得るためには超高真空装置と高度な前処理が必要であり、手間と時間をかけてせっかく綺麗な清浄表面を準備しても、複雑な化学反応はなかなか進行しないことが不満であった。

一方、粉末表面では、気相や凝縮相では通常起こらない不思議な化学反応が容易に進行する。しかし、表面構造が複雑すぎて、一体、どのようなサイトでどのような反応が進行しているのか、理解しにくいことが問題である。これを調べるために単結晶が用いられてきたが、前述したように、単結晶の上では複雑な反応が起こりにくいことが問題である。そこで、このような研究をさらに発展させるためには、せっかく綺麗に調製した単結晶表面を破壊するか、あるいは逆に複雑な粒子の表面から、何らかの法則性を抽出することが必要である。どのようにすればどのような情報を抽出できるのか？それを考えることが今後の課題である。

粉末の構造を高度に制御すれば光触媒活性を高めることができる。単結晶材料からのブレイクダウンとナノ粒子のボトムアップを駆使すれば複雑な構造の微粒子を作製することができる。しかし、どのような構造の粒子を調製すれば活性が向上するのか？そのような設計指針を得るためには、目では見えない電子の動きを観測して、理解することが不可欠である。光触媒の研究は、応用研究が先行している。しかし、反応メカニズムを調べる基礎研究も手を抜いてはいけない。