貴重な金属に頼らない次世代触媒をつくる―炭素の“効く場所”を原子レベルで探る



ラフィク　アルサド

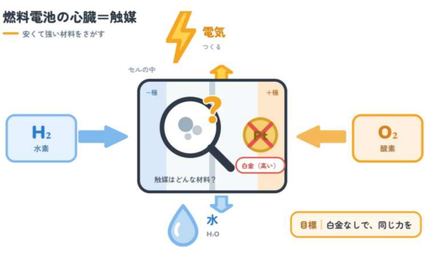
北海道大学　触媒科学研究所
触媒構造研究部門
高草木研究室　博士後期課程2年

未来社会のあるべきかたち

- ✦貴重な金属に頼らない、次世代燃料電池の実現へ
- ✦炭素材料の“効く仕組み”を、原子レベルで解明する
- ✦誰もが使えるクリーンエネルギー社会へ

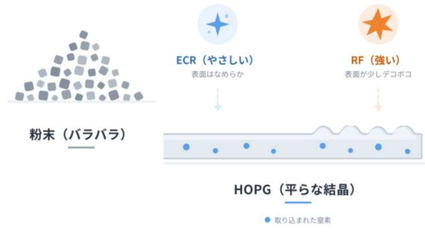
① なぜこの研究をするのか

燃料電池は、水素と酸素から電気と水をつくるクリーンなエネルギー技術です。その中でも、酸素を還元する反応(ORR)を進める“触媒”には、これまで高価で希少な白金が使われてきました。炭素材料に窒素を加えることで、白金の代替になりうることがわかってきましたが、実際に“どの原子が触媒として働いているのか”は、粉末状の材料では特定が困難でした。



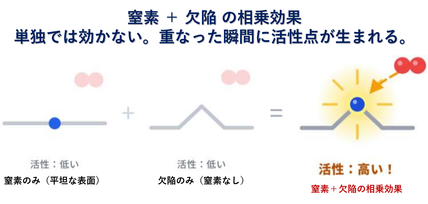
② 私たちのアプローチ

そこで私たちは、平らな単結晶グラファイト“HOPG”を使い、顕微鏡(AFM)と分光法(XPS・NEXAFS)を同じ面で同時に行える“モデル触媒”を作りました。HOPGに2種類のプラズマ処理を行うと、“ECR”は窒素だけをやさしく加え、表面は平らなまま保たれます。一方“RF”は、窒素を加えると同時に、表面にナノスケールの凹凸(構造の乱れ)も作り出します。この2つを使い分けることで、窒素の量と表面の構造を、それぞれ別々にコントロールすることに成功しました。



③ 何がわかったか

驚いたことに、窒素の量を増やすだけでは、触媒としての性能は上がりませんでした。詳しく調べると、“ピリジン型”と呼ばれる特定の窒素と、炭素表面のわずかな“曲がり”(局所的な構造の乱れ)が同じ場所に存在するときに、初めて高い活性が現れることがわかりました。この曲がりが近くの炭素の電子を集め、酸素を引き寄せやすくしていると考えられます。



④ 実際の触媒粉末でも有効

この手法は、実際の粉末状触媒にも適用可能です。カーボン粉末に対して同様のプラズマ処理を行ったところ、触媒が機能し始める電位（値が高いほど性能が優れていることを示します）は、プラズマ処理をより強力かつ長時間行い、窒素（ドーピング）含有量を増加させるにつれて、着実に向上しました。



⑤ これからの展望

今回確立したモデル触媒プラットフォームは、窒素以外の元素(リン、ホウ素、ケイ素など)にも応用可能です。また、粉末では隠れてしまう活性点をすべて表面に露出できるため、触媒1つ1つの働きをより正確に評価できます。この基盤研究が、白金に頼らない次世代燃料電池触媒の設計につながることを目指しています。

