



高島 舞 研究室

工学部 工業化学学科 講師
たかしま まい
高島 舞 先生



光触媒の力を引き出す表面構造解析への挑戦

光触媒は身近な技術

光触媒の技術は、私たちの日常生活のあらゆる場面で利用されている。街で見かける建物の窓ガラスや外壁等には光触媒コーティングが施されることが増えてきた。その目的は「セルフクリーニング」と呼ばれる自己浄化機能だ。光が当たると光触媒製品の表面で酸化・還元反応（光触媒反応）が進行し、超親水性（水が表面全体に薄く濡れ広がる、撥水性とは逆の性質）を持つとともに、表面に付着した有機物（汚れ）が分解される。雨が降ると洗い流され、常に清潔な状態を保つ仕組みだ。必要なのは太陽光と雨水だけである。

光触媒製品の機能はセルフクリーニングだけではない。菌やウイルス、匂いの成分も有機物であるため、不活化（分解）できるのだ。また太陽光だけでなく、室内のLED光などに反応するものもある。トイレの床やカートの手すり、靴下やストッキング、空気清浄

機、さらには冷蔵庫にもこの技術は応用されている。

「密閉された冷蔵庫内では、野菜や果物が発する成長ホルモン物質、エチレングスが溜まります。光触媒がこのガスを分解することで、食材の鮮度を長期間保てます。この技術はコンテナ船など長距離輸送の際に使われることも多く、海を渡るバナナが日本の食卓にベストな状態で届く背景にも光触媒の存在があります。コロナ禍を経て、光触媒による抗菌・抗ウイルス商品も増えました。光触媒は私たちの生活を支える身近なものなんです」と高島先生は話す。

光触媒研究が盛んな理科大

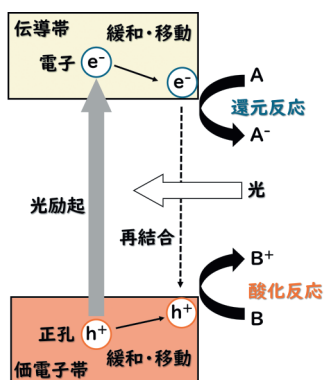
高島先生は2025年4月に着任した。なぜ理科大を選んだかを聞くと、先生は「光触媒といえば理科大だから」と答えた。その礎を築いたのは、藤嶋昭名誉教授だ。東大大学院在籍中に「本多-藤嶋効果」を発見し1972年にネイチャー誌で発表した。

「還元した単結晶の酸化チタン電極に光を当てると水が水素と酸素に分解されるというもので、オイルショック期と重なり、水素が石油に代わる資源として注目され、光触媒研究の火付け役となりました」と高島先生。

藤嶋教授はその後、理科大で学長を8年間務めながら2013年に東京理科大学光触媒国際研究センターを開設、今もなお学内で光触媒研究の発展を後押ししている。また、今年紫綬褒章を受けた工藤昭彦教授についても「理科大で最も論文引用数が多く、世界をリードする光触媒研究者の一人です」と教えてくれた。



東京駅前の丸の内ビルディングは外壁に光触媒の抗菌タイルを使用しており、光触媒の実用化第1号である（2002年）



光触媒反応の多電子移動反応

表面構造を正しく理解し 高性能な材料設計へ生かす

研究室では、人工光合成をはじめとした光触媒反応と、光触媒材料の表面構造の分析・評価に関する研究とともに、これを生かした材料の合成や設計も行う。

「2025年9月には環境省が人工光合成の社会実装ロードマップを発表し、2050年のカーボンニュートラル達成に向けたキーテクノロジーとして光触媒を位置づけています。常温・常圧の環境下で、クリーンな太陽光エネルギーだけで水素を生産できる光触媒は、まさに次世代エネルギー社会の中核的な役割を担う存在として期待されています」

人工光合成反応は、①水分解による水素・酸素の生成、②二酸化炭素の還元・資源化（一酸化炭素などへの変換）、そして③窒素固定（アンモニア合成や分解）の大きく3つに分類される。これらはいずれも「多電子移動反応」と呼ばれ、例えば水分解における酸素発生反応は4電子移動反応であり、化学反応の進行には4つの電子が必要になるため、反応を促進させる工夫が必要になる。

そこで光触媒材料の表面構造の分析が重要となる。光触媒反応は材料の表面で起きる現象であるため、表面構造が反応の効率を大きく左右するのだ。高島先生は2016年、北海道大学に在籍していた時に「逆二重励起光音響分光（RDB-PAS）法」という評価法を共同開発した。この手法の基礎となるのは、電話の発明者グラハム・ベルが発見した「光音響効果」だ。光エネルギーが熱エネルギーに変換され、さらに音エネルギーとして放出されるこの現象を応用し、2種の光を同時に照射して音を拾うことで、材料表面の電子状態を反映したスペクトルを取得する。従来の走査型電子顕微鏡（SEM）による局所的な観察ではなく、粉末材料であっても全体の平均的な表面構造を把握してマクロに評価できるのが特長だ。この装置は世界に数台しか存在せず、うち1台が高島研究室に設置されている。この独自の分析技術を武器に、表面構造と光触媒活性の関係を解明し、より高性能な材料設計へとフィードバックできるのが、この研究室の最大の強みだ。

学生の自由な発想もまた 研究の視野を広げる

学生の研究テーマは各々の興味から設定している。例えば去年はPFAS除去による環境浄化というテーマがあった。PFASは炭素とフッ素という最も強固

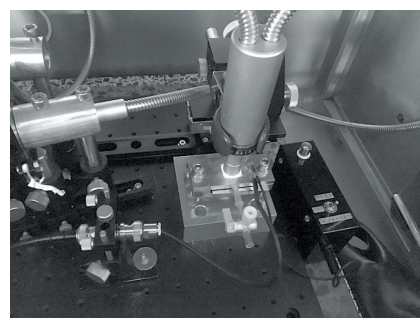
な結合による構成で自然界では分解されないため「永久化合物」とも呼ばれる。土壌・地下水・食品・人体に蓄積し、健康被害との関連が指摘され、近年問題となっている物質だ。「光触媒反応ではないが、光反応を応用した分解手法を学生とともに模索した」とい

う。他にも、超親水化のメカニズム解明というものもあった。超親水性や光触媒のコーティング効果は時間とともに劣化するが、そのメカニズムは十分に解明されていない。学生の「なぜ劣化するのか」という素朴な疑問から始まったこの研究もまた、先生自身楽しみながら共に取り組んだ。「私の視点だけでは絶対に見つからなかったテーマ。興味深い結果が出ることもあり、一緒に進めていて面白い」と笑う。

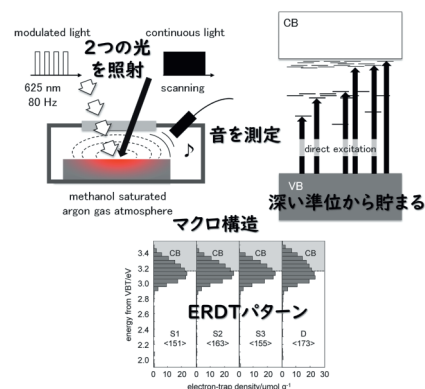
そうした研究室の雰囲気は、学生たちの言葉からも伝わる。修士1年生として在籍するジョン・ジュンファンさんと大林彰人さんは、ともに昨年、先生の理科大着任と同時に大学4年時に高島研究室に入った。ジョンさんは「光触媒を用いて、窒素や硝酸塩からアンモニア合成を目指す研究を行っています」と言い、大林さんは「この研究室ならではの装置、RDB-PAS法を使いアモルファス材料である炭酸亜鉛の表面と電子トラップの関係について研究しています」と話し、高島先生との関係は「相談しやすく、距離が近い」と口をそろえる。

脱炭素社会実現に向け光触媒への期待が集まる中、この研究室で追求する「表面構造を正確に捉え、それを材料設計にフィードバックする」というアプローチは光触媒研究全体の発展を支えるに違いない。

古村 亜希子（株式会社ジェイクリエイト）



逆二重励起光音響分光（RDB-PAS）法の装置



半導体粉末の表面構造評価法を開発