

2004年（20周年記念）日本国際賞受賞者 2004 (20th Anniversary) Japan Prize Laureate



藤嶋 昭博士（日本）

財団法人 神奈川科学技術アカデミー理事長
1942年生まれ

Dr. Fujishima, Akira (Japan)

Chairman, Kanagawa Academy of Science and Technology
Born on 1942

環境改善に寄与する光触媒

私たち科学者はなんのために研究するのであるか。快適な空間をつくり、全ての人が天寿を全うできるようなことに寄与したい、それが科学者として私達のやるべき目標の一つではないかと私は常々思っている。

最近、テレビや新聞の報道で光触媒という言葉が耳にする機会が増えてきた。実際に身近なところで応用も始まっている。例えば、街中の電器店に行ってみると、あちこちで「光触媒方式」の製品が大手メーカー各社から出ている。空気清浄機のフィルターに光触媒を組み込み、そこに室内の空気を通すことで、タバコの煙やペット臭、空気中に浮遊する風邪のウイルスなどを取り除き室内の空気をきれいにできることがわかってきて製品化が実現し、ユーザーからもたいへん好評を得ているという。

“光触媒”とは、いったいどういうものであるか？この光触媒が私の研究テーマの中心である。触媒というのは、そのもの自身は反応の前後で変化しないが、化学反応を速く進める効果のある物質のことである。したがって、“光”が当たったときに“触媒”として働くのが“光触媒”ということになる。

例えば、植物の光合成を考えてみよう。光合成は、太陽光によって二酸化炭素と水が反応し

て、デンプンと酸素ができる反応であるが、単に二酸化炭素と水を混ぜたものに光を当てても、この反応は進まない。植物のもつ葉緑素が太陽光を吸収することによって、初めてデンプンと酸素が生まれる。しかも、反応の前後で葉緑素はまったく変化しない。葉緑素が吸収した光エネルギーを利用して反応が進むことから、この場合、葉緑素はまさに“光触媒”とすることができる。

酸化チタン光触媒においては、光合成反応の葉緑素に相当するものが酸化チタン（ TiO_2 ）という物質である。酸化チタンは特別めずらしい物質ではない。白色のペンキや顔料は、主として酸化チタンからできている。ただ、顔料用としては、できるだけ光に反応しない酸化チタンが利用されてきているが、光触媒用としては、逆に光反応をできるだけ高めた酸化チタンが使われている。

さて、酸化チタン光触媒のオリジンは酸化チタン電極の照射下での反応である。今から40年近く前、私は大学院の修士の学生のときに、酸化チタンのルチル単結晶に出会った。このルチル単結晶を円板状にカットし、電気炉中で真空還元して電気伝導性を付与した。これを電極にして、電解液中にセットし、半導体電極とし

ての光電極反応特性を調べ始めた。酸化チタン電極に光を当てるとすぐ気体が出始め、光を止めるとスーと止まった。500W のキセノン燈を使い、シャッターを on、off しての実験のときである。ポテンショスタットの電流計を見ると、やはり光を当てると大きな酸化電流がパッと流れ、光を止めると電流がびたりとゼロになるのがわかった。水溶液中での酸化電流が流れたことによる結果としてのガスであるので、酸素であることは容易に想像がついた。

酸化チタン電極では、光を当て続け、ガスを十分に発生させた後にその表面を見てみてもほとんど変化しておらず、最初と同じようにピカピカの表面であった。念のため酸化チタン電極の重さを実験の前後で量ってみたが、何も変わっていなかった。

気体は酸素であるが酸化チタンからではないらしい。水の電気分解と同じではないか。しかし設定している電位は教科書に書いてある酸素発生電極電位より相当マイナスの電位にしか設定していない。

このように酸化チタン電極をアノードに用いると水の分解による酸素発生反応が、光照射下では通常酸化電位よりも負の電位で起こることから、これを光増感電解酸化と名づけた。さらにこの光照射された酸化チタン電極を白金電極と組み合わせると光電池として作動させることが可能となることを確かめ Nature 誌に発表した。酸化チタンに光照射すると、酸化チタン電極では酸素発生反応が起こり、白金電極では水素が発生し、負荷を通して電力が得られる湿式光電池である。

この光電池は太陽エネルギーを利用し、クリーンエネルギーの水素を生成するシステムとしても認めていただいた。そこで太陽光下、チタンの金属板を高温酸化させ、表面に約 1 μm の厚さの多結晶酸化チタン膜を形成させた大きな半導体電極を用い、光電池を作動させて水素をとる実験も実際に行った。夏の晴れた 1 日 1

m² 当たりの酸化チタン電極で約 7 リットルの水素を実際に得ることもできた。このときのエネルギー変換効率は約 0.4% であった。効率は低い、安い材料で実際に太陽光から水素をとることができたという点では意義があると思っている。

酸化チタン電極の持つ光電極反応特性が発展した形として現在利用されているのが、酸化チタン光触媒である。特に光触媒のはたらきで殺菌や消臭のできる空気清浄機や、車の排ガス汚れの付着しにくいトンネル照明機器、窒素酸化物を除去できる舗道用ブロック材など光触媒を利用した製品が次々と登場し、光触媒による環境浄化に注目が集まっている。ここでの基本反応のベースとなっているのが上述の酸化チタンの光電気化学反応である。また、酸化チタンに光が当たるとその表面が超親水性になることも見出され、この光触媒反応の超親水性を利用して雨の日の車のドアミラーを曇りにくくする技術や、自然に汚れが取れるというセルフクリーニングの性質を利用して外装建材としても利用されている。

このように、光触媒反応の特徴は強い酸化力と超親水性であり、酸化チタンと光が、光触媒反応におけるキーワードである。酸化チタンが光を吸収したときに、その表面で起こるこの 2 つの現象が特徴である。

光触媒反応による強い酸化反応力によって、表面にきた物質を分解できる。例えば、有機物は二酸化炭素と水に分解される。この反応は、光が当たるときに、光の量の分だけ起こる。通常の燃焼反応と異なり、温度の上昇もなく室温の状態ですべて反応が進む。

もうひとつの超親水性は、水に非常になじみやすくなる現象である。一般的に多くの材料では、表面に水を落とすと水滴がつくが、酸化チタンをコーティングした材料に光を当てると、水は丸い玉にならずに、ほぼ完全に一様な膜として広がってしまう。このため油汚れなどが付

着しても水をかけるだけで、汚れの下に水がしみ込んで汚れを浮かし、簡単に水で洗い流すことができる。また、水滴ができないことから、曇らないガラスや鏡としての応用もできる。すでに車のサイドミラーに応用され、雨の日でも水滴がつかないことから、良好な視界を確保できる技術として好評を得ている。

酸化チタン光触媒の最近の応用展開は目をみはるものがある。脱臭、抗菌、防汚、防曇から、「環境ホルモン除去」「防錆」などと広がってきている。さらに最近では可視光応答型の光触媒の研究も活発であり、実用化されれば一段と光触媒の汎用性が高められるであろう。