



News letter

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究
 領域略称「人工光合成」領域番号 2406
 人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：
 実用化に向けての異分野融合



班員から

つじつまがあうこと

A04 班 吉田寿雄

私事で恐縮ですが、京都大学大学院人間・環境学研究科に新しい研究室を構えて早や 1 年余が経ちました。本研究科には総合人間学部という学部がありますが、自然科学系の研究室では学部から大学院に上がってくる学生の数が少なく、研究室としては他学部・他大学の学生に周知し受験してもらう必要があるため、大学院入試の説明会を開いたり、ホームページで宣伝したりする必要があります。当研究室のホームページでは、触媒・光触媒化学を専門として、資源・環境・エネルギー問題を対象とした研究を展開していることを示し、そしてもちろん、現在の人類にとって最重要課題の一つである「人工光合成」はそのキーワードですから、それも明記しました。その結果、おかげさまで、様々な分野からそれなりの人数の学生さんが集まってくれました。学生さんらに聞くと、中でも、やはり「人工光合成」は魅力的なキーワードであるようです。まずは本新学術領域研究に加えていただいたことに感謝する次第です。

人工光合成という言葉は、植物の行う光合成を化学的に理解してそれを模倣しようとする考えから、「太陽光をつかって、水や二酸化炭素から、化学反応性の高い水素や有用な化合物を作ることによって、太陽エネルギーを化学ポテンシャルに変換する」という意味に拡張されました。このキーワードにより、この全人類的な大きな目標に向かって、不均一系の光触媒やその他様々な分野の研究者を含めてオールジャパンの協力体制ができたことは、本新学術領域の重要な成果のうちのひとつだと思います。しかしまだ「あなたのやっているのは光触媒であって人工光合成ではない」といわれることもあるので、広義の意味を定着させられるように、我々が実際に成果を上げていかねばならない、と思っています。

さて、私は学生時代より不均一系の光触媒の研究を続けてきましたが、新たに水による二酸化炭素の還元反応に取り組もうと報文を調査していたころ、とても気になることがありました。それは、二酸化炭素の還元生成物については少ないながらも同定・定量されているのに、水を還元剤とした場合の酸化生成物であるはずの酸素の発生の記述があいまいであるか、あるいは全く無視している論文が多かったことです。学会で質問しても、還元生成物が有用なのであって酸素は利用価値がないから検討もしていない、などという返答も聞きました。しかし、触媒は化学反応の前後で不変であることが鉄則ですから、触媒量に対して明らかに

多量の生成物ができる場合は別ですが、特に生成物量が少ない場合には、反応全体の化学量論のつじつまがあっていないと触媒反応であるかどうかとも怪しいわけですね。水による二酸化炭素の還元は、難易度が高い反応なので生成物が少ししか得られず検出限界以下となることも多いだろうとはいえ、研究を始めるにあたり、つじつまがあうことを示すことはとても大切なことであると思いながら実験を開始しました。

まずはわずかな生成物も検出できるように真空ラインを用いた閉鎖系で本光触媒反応の実験を始めました。始めてすぐに、酸素はさておき、まずは還元生成物が得られたと喜んだのですが、触媒に紫外線を照射しただけでも同様の生成物がわずかながらも検出され、反応器や触媒表面に付着していると思われる有機物（よごれ）からそれらが発生することが判明しました。二酸化炭素よりもその様な有機化合物からのほうが生成物は得られやすいと考えられました。直ちに同位体を含む二酸化炭素を用いて実験したところ、幸い、生成した一酸化炭素は確かに二酸化炭素から生成していることが確かめられました。ただし、この段階では、生成物の量も少なく酸素の生成はよくわからずのままでした。その後、二酸化炭素を流通させるタイプの反応装置に変えてから、つじつまの合う生成速度比で酸素の生成も確認できるようになりました。

さらに、いくつかの光触媒について検討を進めてゆくと、反応初期では還元生成物のみしか検出されないのに、何時間も続けると次第に酸素も生成するようになり、最終的には還元および酸化生成物が正しい生成速度比で得られるようになるという系に出会いました。酸素分子が触媒表面に吸着し飽和に達するとそれ以上は吸着せず正しい生成速度比で酸素が得られると考えるとつじつまがあったので、初期に酸素が生成してこないのは酸素が光触媒表面上に吸着するためだという確信を得ました。これで酸素が出ない現象についても納得でき、以来、自信をもって光触媒の開発・研究を続けるに至っております。

研究を推進するには、経験に基づく確かな自信とそれなりの作業仮説が必要です。（もちろん予算も設備も人も必要ですが。）不均一系の光触媒と水を用いた二酸化炭素の還元反応については、まだまだゴールは遠いですが、光触媒に求められる必要条件是少しずつ明らかになってきました。できるだけ視野を広げながらこの研究課題について真剣にとりくみたいと、決意を新たにしているところです。

新学術領域「人工光合成」ニュースレター
 第 2 巻・第 4 号（通算第 16 号）平成 26 年 7 月 1 日発行
 発行責任者：井上晴夫（首都大学東京 都市環境科学研究科）
 編集責任者：八木政行（新潟大学 自然科学系）
<http://artificial-photosynthesis.net/>