

サムコ科学技術振興財団 2020年度 第4回 研究助成金贈呈式

記念講演「いろいろな分野へチャレンジ ～新分野開拓は難しくない～」

9月9日に京都リサーチパークにおいて開催されましたサムコ科学技術振興財団 研究助成金贈呈式での
物質・材料研究機構 橋本和仁理事長の記念講演の要旨をご紹介させていただきます。



国立研究開発法人 物質・材料研究機構 理事長

プロフィール

略歴	1980年 4月 分子科学研究所 文部技官
	1984年 4月 分子科学研究所 助手
	1989年 9月 東京大学 工学部 講師
	1991年11月 東京大学 工学部 助教授
	1997年 7月 東京大学 先端科学技術研究センター 教授
	2004年 4月 東京大学 先端科学技術研究センター 所長(～2007年3月)
	2004年 4月 東京大学 大学院工学系研究科 教授(～2016年3月)
	2016年 1月 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 理事長(現職)

はしもと かずひと
橋本 和仁 先生

受賞歴	日本照明賞(1997年 日本照明学会) 日本IBM科学賞(1997年 IBM科学財団) 注目発明賞(1998年 科学技術庁) Innovation in Real Material Award(1998年 国際材料学会) 光化学協会賞(1998年 日本光化学協会) 内閣総理大臣賞(2004年) 日経地球環境技術賞(2004年 日本経済新聞社) 恩賜発明賞(2006年 発明協会) 山崎貞一賞(2006年 材料科学技術振興財団) 錯体化学貢献賞(2010年 錯体化学会) 日本化学会賞(2012年 日本化学会) 電気化学会賞・武井賞(2014年 電気化学会) Heinz Gerischer Award(2017年 The Electrochemical Society) 紫綬褒章(2019年)
-----	---

本日は辻理事長と選考委員長の村上先生から講演のご依頼があり、『いろいろな分野へチャレンジ ～新分野開拓は難しくない～』というタイトルでお話させていただきます。

私はこの7年半、政府の総合科学技術会議の議員をしております。日本の科学技術の状況に対してさまざまな情報があり、それらに對して政策を打たなければならないという立場にあります。日本の研究が最近縮小しているのではないかということを、文科省傘下の研究所がまとめたサイエンスマップをもとに科学技術振興機構(JST)が報告しております。そこでは、研究者や研究論文の参画数を、集中しているコンチネント(大陸)型、コンチネント型から派生して新しく出ているペニンシュラ(半島)型、それらとは全然関係なく存在するアイランド(島)型、そのアイランドを作り出しているスマーロー(小島)型と四つに分類しております。例えばナノ科学系や生命科学系は、非常に大きな分野を築いております。各国の2002年から2016年の変化を見た場合、日本は明らかにスマーロー(小島)型やアイランド型が少なくなり、コンチネント型が多くなっています。アメリカ、イギリス、ドイツ、中国は新しい分野であるスマーロー(小島)型やペニンシュラ型がどんどん増えている一方で、日本だけが減っております。日本の論文数の伸びが少ないとよく言われますが、それよりもチャレンジ精神を持って新分野を開拓しようしない方が大きな問題だと思います。成果を出せる研究にしかお金が出さない政策を行っているからいけないと言われますが、政策側にいる人間から

言いますと全く違います。プロポーザルを書く側がそういう領域を選んでいる、あるいは間違った忖度をしているということです。私自身はアイランド型とスマーロー(小島)型の研究を行ってきたと思っております。本日は、まず自分の得意分野を見定め、それを中心に据えながら異分野から人を呼び込み、一緒に研究するという戦略で展開してきた光触媒、光磁性体、微生物の研究についてお話しさせていただこうと思います。

私は電荷移動理論の研究で知られる東京大学の長倉三郎先生の研究室の出身で、分子にレーザ光を当てた際のケイ光の測定において、外部から磁場をかけるとケイ光はどうなるかという外部磁場効果の研究を行い、1980年に修士課程を修了しました。この年に長倉先生が定年退官されて分子科学研究所に所長として異動されることになりました。私はお声をかけていただき、技官として採用されることになりました。配属された坂田・川合研究室では、貴財団の第2回研究助成金贈呈式で講演をされました藤嶋先生が開発された光触媒の研究をしており、酸化チタンと白金の電極で水を分解して水素と酸素を発生させようとしていました。全くうまくいかない状況で、坂田助教授か川合助手のどちらが言ったのか覚えておりませんが、何か有機物を入れようということになり、アルコールを入れて光を当てたところ水素が発生しました。不要な有機物を入れると水素が出る。これは水素を作る方法になるのではないかということで、マスコミからも注目され、さまざまな新聞や雑誌で取り上げられまし

た。研究室が非常に盛り上がり、世界のエネルギー問題を解決できると思いましたが、いまだに解決しておりません。その理由は簡単です。実は酸化チタンは紫外線しか使えません。平均的な日本の屋外の紫外線強度は1mW/cm²であり、一週間で大量の水素が得られましたが、僅か1円分でした。要するに光エネルギーはタダでも希薄なので集めるにはお金がかり、化石燃料は安価だということです。薄膜太陽電池の研究が伸びていた時期であり、1982年にはサムコさんからアモルファスシリコン成膜用のCVD装置を研究室に納入してもらいました。当時社長だった辻会長のことについて先日のことのように覚えております。

酸化チタン光触媒には強い酸化力があることが分かりましたが、光の量の分だけであり、光子数の分だけしか使えません。私は理学部の出身ですので応用研究をやめて基礎研究に移ろうとしました。分子研にはピコ秒レーザと超高真空装置があったので、超高真空装置の中に光触媒を入れて光を当て、反応を見るという研究で博士の学位を取り、助手になりました。論文も書いて学位も取れましたが、30～34歳くらいのときは全然自信がなく、苦しい思いをしました。そのような時期に運よく東大の藤嶋先生の研究室に2年間の期限付き講師として迎えていただきました。私の研究室は1階に造った中2階でしたが、藤嶋先生の教授室は4階にありました。そのエレベーターの隣が非常に汚く臭いトイレでどうにかならないものかと考え、細菌が発生して分泌しているか

らであり、分解すればよいと思いました。光触媒で細菌を分解できないはずがないと思い、薄膜光触媒の概念に至りました。藤嶋先生に認めてもらうためには酸化チタンで何かしなければいけないと頭の中で追い詰められおり、2年間で成果を出さなければならず、必死の気持ちでした。大腸菌ですから $1\text{ }\mu\text{m}$ くらいの大きさです。光を一日照射しても何も変わらないようですが、一週間も照射すれば完全になくなります。薄膜光触媒は最初はトイレだと思い、TOTOに連絡しましたが、同社がシェアを伸ばそうとしていたタイルに使われることになりました。徐々に汚れが蓄積する塩ビテント、トンネル照明カバーなどにも応用されてうまくいきました。世の中で認められ、薄膜光触媒の建築資材という分野ができ、神奈川科学技術アカデミーからプロジェクトをやらないかと声をかけていただきました。当然期待されたのは光触媒研究ですが、光触媒と書くわけにはいきませんので、光機能変換と書きました。このプロジェクトの中で、幸運なことに光触媒で水の濡れ性が非常に向上することがわかりました。水の接触角は0度にまでなり、その状態は光を切っても数十時間から数百時間持ち、徐々に戻っていきます。これは新しいサイエンスで、まさにスマートアイランド型研究でした。この現象を使い壁面を光触媒でコーティングし光照射を行うと、汚れがついても自然に落ちるようになりました。これは超親水性になった壁面と汚れの間に水が入ることにより、簡単に洗い流されるということです。雨水が当たると簡単にきれいに洗い流されるということで、光の制限を取り払うことができました。光誘起親水化が完全に新しい分野として成長してきました。光と雨は同時に来ませんが、光が当たると数十時間親水性状態が持続し、屋外に置いておけば常に親水性状態で表面をきれいにしておくことができます。そのため世界のさまざまなところで使われるようになっております。

光触媒の研究も非常に面白いと思い、満足しておりましたが、しかしどんなに頑張っても酸化チタンを使っているうちは藤嶋先生の仕事になります。確かに藤嶋先生にチャンスを与えられ、藤嶋先生と相談しながら研究をしましたのでそれで構わないのですが、自分の名前が付いたプロジェクトであり、全く新しい研究を行おうと思い切りました。ちょうどその頃プロジェクトのメンバーの一人がブルシャンブルー類似体の論文を紹介してくれました。ブルシャンブルー類似体は鉄の2価、コバルトの3価のシアノ錯体で、ジャングルジム構造をしております。鉄の一方をコバルトにしたものに光を当

てると電荷移動吸収して、鉄の3価、コバルトの2価になり、しかもそれがそこでスピニートransitionとして1/2、3/2のスピニートransitionを持つらしいという論文でした。修士課程で研究していた外部磁場効果とも関係がありそうで、当時勉強した電荷移動やその後の光触媒でも分子から固体への電荷移動と展開しました。そこにスピニートransitionを絡めた話であり、光を当てるとき磁性が変化するのではないかと思って調べると、そのようになりました。これは世界で初めての光で磁性をコントロールする材料であり、まさにスマートアイランド型を造ることができました。私は学生や若い研究員と一緒に勉強をしましたが、これも一つのキーポイントです。新しい分野では自分は詳しくありませんので、学生と一緒に同じレベルで勉強します。そのようにした方が圧倒的に若者は伸びます。私を無視して勉強を始めますので自主性が出ます。彼らのおかげで私の仕事として世の中で認めてもらい、41歳で教授にしていただきました。自分たちで研究室を作り、光磁性体という分野をスマートアイランド型からアイランド型にするためさまざまな材料に展開してきました。

光触媒については、教授になって少し違う応用を始めようと思い、環境浄化に展開しました。これは農業の水耕栽培廃液浄化や有機塩素汚染土壤の浄化などで、いろいろなアイデアが浮かび、うまく進みました。教授として研究室もでき、少なくとも二つの分野で業績を上げることができました。普通ならその分野をずっと研究していたと思いますが、予想外のことが起きました。先端科学技術研究センターで教授になりましたが、40歳台で先端研の所長に選ばれてしまいました。断るわけにいかずに受けましたが、マネージメント業務が忙しく研究ができなくなりました。かつ、これは大変嬉しいことですですが、私の研究室で片腕として活躍してくれた大越助教授が理学系化学教授に栄転しました。自分の片腕を余裕ができるまで行かせないということがよくありますが、私は逆にいいチャンスだと思って大越助教授を送り出しました。これは大正解だったと思いますが、研究室は非常に困りました。半ば自棄になり、磁性研究を装置も学生も全部大越助教授の持参金として渡し、自分の磁性研究グループは空になりました。

どうせできないなら新しい研究を始めようを開き直りました。ちょうど50歳になるくらいでしたので、10年間新しい研究に挑戦してみようと思いました。たまたま有機高分子太陽電池が花開こうとしており、化学の人間は誰もしていないと聞き、決めました。私は高分子を知らな

いので、この分野の助手を招きました。また、私が得意とする電子移動、錯体などを組み合わせた人工光合成の研究も新たに開始しました。これらはアイランド型の分野に新たに参画したと言えるでしょう。しかしここでさらに新しい分野をもう一回造ってみようと思いました。自然界から学ぶエネルギー・システムで、スマートアイランド型の研究です。光合成の変換効率は通常0.2%で最大でもせいぜい数%です。太陽電池は当時すでに市場に15%のものがあり、実験室レベルでは41%のものがあり、人工のものが効率の点ではすでに自然界を超えていました。しかし何かが足りないような気がしていました。自然のものが持っていて、人工のものが持っていないものは、自己メンテナンス能力、自己増殖能力です。素晴らしい太陽電池ができても壊れてしまえばどうにもなりません。人工生命体を作ることもできませんので、生命体を利用して光合成をするものから電気を取り出そうと考えたところ、当時研究室の助手だった中村君がネイチャーに出ていた微生物燃料電池の論文を見つけてくれました。これをヒントに、生きた太陽電池を作るということでJSTの戦略的創造研究推進事業・総括実施型研究(ERATO)プロジェクトに応募したところなんと通りました。深海にいるある種の微生物は、酸素のないところで、酸化鉄の上に張り付いて、有機物を食べて酸素に渡す電子の代わりに酸化鉄に電子を渡すことによって呼吸を還元しています。人間もそうですけれども有機物を食べてどんどん分解していく、電子エネルギーを受けて生きています。普通は最後に酸素を細胞の中に取り込み、酸素に電子を渡すことによって完結しますが、この微生物は酸素の代わりにこの固体の電極に電子を渡すことによって完結します。この電流を取り出すのが微生物燃料電池です。

しかし電極に直接ついている微生物しか電子を渡せないので、ほとんどの微生物がこの電流発生に寄与しません。自然界で微生物は酸化鉄の近傍に存在しているのだからと、酸化鉄のナノコロイドと一緒に入れてみました。その結果、電流が上がり始めて200倍くらいの電流が流れました。まさにこれは生き物と固体の間の長距離電子移動という新しい分野です。釜石の海洋バイオテクノロジー研究所が閉鎖することを聞き、外部の微生物の専門家の知識を入れるために研究室ごと來ていたときまし

た。彼らはそのような微生物は深海だけでなく田んぼの中にもいると言い、田んぼの泥を入れました。彼らの知識と我々の得てた知識を組み合わせてNEDOプロジェクトに提案しました。微生物を使った燃料電池は盛り上がり、我々のグループも含めて実用化の一歩手前まで来ています。さらに発想を変えて、田んぼの中に電極を刺し、田んぼをそのまま燃料電池にしようと 생각ました。そうすると、光が当たっている時だけ発電し、燃料電池のはずが太陽電池になってしまいました。電極は水の中に入っているから光は関係ないはずです。調べてみると、稻は太陽光の光合成でんぶんを作りますが、作り切れないものは根から放出し、その根の周りにいる微生物がそれを食べて電子を流して電流を作るという植物と微生物のハイブリッドの太陽電池ができていることがわかりました。これはERATOの一つの大きな成果だと認めてもらっています。

まとめますと、コーティング光触媒はアイランド型からコンチネント型になりつつあると思っております。5年くらい前に抗ウイルス効果がある光触媒のコーティング剤を発表しましたが、現在コロナウイルス対策で注目され、さまざまなどころで使われております。光磁性体はスマートアイランド型から出発ましたが、今はけっこう大きなアイランド型に成長しています。高分子太陽電池もスマートアイランド型からコンチネント型になっています。微生物体外電子移動は最初スマートアイランド型でしたがアイランド型になり、今はコンチネント型になります。私自身は荷電移動、電子移動を中心にはじめて、さまざまな分野の人を呼び、彼らにどんどん展開してもらうということを行いました。意図的に外の知識を入れて自分の知識と組み合わせ、展開しました。そして展開したものを一緒に研究した彼らに持たせ、独立して発展させてもらっています。新しい分野に挑戦することは、一人では困難でも、異分野研究者との協同作業で十分可能、容易だと思っております。基礎研究を専門としている研究者にとっても応用研究、社会的課題解決研究も非常に面白いです。かつ、それを行うことによってまた新しい学問が出てくるということも経験いたしました。本日は、このような私の経験をお話しさせていただきました。皆様のご研究に少しでも参考になれば幸いです。ご清聴ありがとうございました。