

戦略的国際科学技術協力推進事業の課題事例から

国際研究協力の醍醐味は “相乗効果”にあり!

政府間の合意に基づき、相手国・地域の研究費配分機関等と連携して研究交流活動を支援する戦略的国際科学技術協力推進事業。
ひとことで国際交流と言っても、そのかたちはさまざまだが、それぞれに充実した研究が進められている。

物質・材料研究機構光触媒材料センター長

葉金花
Jinhua YE

CASE 01

南京大学環境材料及び再生可能エネルギー研究センター長

鄒志剛
Zhigang Zou

加速度的にグローバル化が進む現在、国境を越えたさまざまな問題に対処し、同時に高レベルの科学技術を維持、発展させていくためには、国際的な協調が不可欠だ。JSTが2003年にスタートさせた戦略的国際科学技術協力推進事業は、そうした状況を踏まえ、政府間合意に基づき文部科学省が設定した協力対象国・地域・分野の国際研究交流プロジェクトを支援する、「トップダウン」型の事業である。2003年度下期以降、22カ国・地域において29分野、250以上のテーマで研究協力が行われているが、ここではそのなかから2つの事例をピックアップし、その実態を紹介したい。

日本で出会った中国人の研究者2人がスタートさせた共同研究

「こういうプロジェクトをやるのなら、私たちが最適の人選じゃないかと勝手に思っていました(笑)」と語るのは、物質・材料研究機構の光触媒材料センターでセンター長を



務める葉金花理学博士。名前からもわかるように中国の出身だが、「21歳で日本に来て、修士号も博士号も東京大学で取りました。そのあと大阪大学で助手、それから今の研究所の前身に来ましたので、完全に日本の研究者です」。そして葉博士のパートナーは、中国・南京大学の鄒志剛教授。2人が出会ったのは、ここ日本でのことだった。

「東大時代の後輩なんです。80年代、90年代から中国の若者がアメリカ、日本に留学し、そこで最先端の研究や技術を習得して中国に戻るといった流れがありますが、鄒教授もそのケースの1つなんです。彼は学位を取ったあと、産業技術総合研究所

年に1回、日本と中国で交互に大規模なシンポジウムを開催するほか、少人数のワークショップも数回開かれている。中国での会合には、相手先である南京大学だけでなく、中国全土から光触媒関係の研究者が参加。熱い議論がくり広げられる。

で博士研究員をやっていたのですが、そこで私との共同研究が始まったんですよ。先輩にも協力してほしいということで」

葉博士の当初の研究テーマは超伝導。しかし、鄒教授が当時在籍していたグループのテーマの1つに光触媒があった。その面白さに惹きつけられ、それぞれの得意分野を分担した研究協力が進められた。

光触媒機能を利用して クリーンエネルギーの製造へ

ここで光触媒について簡単に説明しよう。これは光を当てると、周囲の物質から電子を奪い、強い酸化反応を起こす。この反応により、汚れの原因となる有機物質の分解や殺菌効果を示す。この現象は本多・藤嶋効果とも呼ばれ、1972年に藤嶋昭・現東

2つのチームで
成果は
ダブルになります。



葉金花

よう・きんか

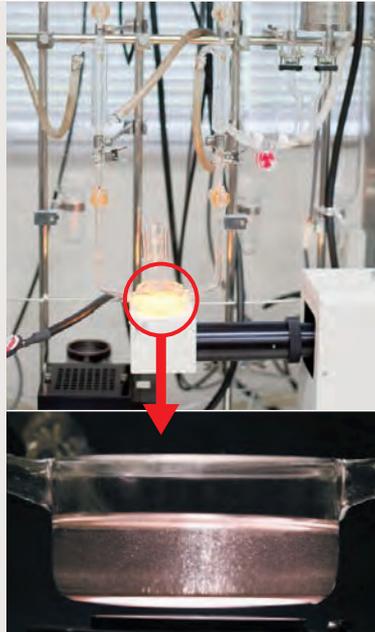
1963年生まれ。中国の浙江大学を卒業後、1984年に政府派遣留学生として来日。東京大学で修士・博士号を取得し、大阪大学の教務職員、金属材料技術研究所の特別研究員、物質・材料研究機構の光触媒研究室リーダー等を経て現職。

研究の概要

光触媒という材料は決して目新しいものではなく、実用化もすでに行われている。しかし、既存の材料には主に紫外光しか反応しないという大きな欠点があった。紫外光は太陽光に4%程度しか含まれておらず、太陽光の約40%、そして蛍光灯のような人工光の大部分を占める可視光では既存の光触媒はほとんど反応しない。つまり、太陽がさんと照っている屋外でしか機能しないわけで、利用効率があまりにも低いのだ。

一方、光触媒を使って水を分解し、発生した水素を燃料電池等に利用するという、新たなエネルギーを生む材料としての期待も持たれている。可視光でも機能する光触媒材料の開発は、今、実用化が求められている研究だ。

葉博士らが着目したのはリン酸銀。イオン



伝導体として以前より知られていたが、これまで光触媒の材料として考えられたことはなかった。しかし、長年の研究で積み重ねたデータをもとに、可視光で使える光触媒に必要な要素を絞りこんだ結果、浮上してきたのがこの材料だった。

実験では、可視光を当てた場合の水や染料の光酸化性能が既存の光触媒の数十倍にのぼることが明らかになった。しかし、このリン酸銀で、水を水素に還元することはできない。そのため、他の還元材料と組み合わせる利用や、二酸化炭素を還元して燃料や資源を合成する人工光合成システムなどへの応用が期待されている。

太陽光のスペクトルと近似した光を出すソーラー・シミュレーターを使った実験。水に光触媒の試料を入れ、光を照射してその反応、とくに水素と酸素の発生量を調べる(写真上)。下の写真は光触媒作用により水から気泡が発生する様子。

京理科大学長が発見した。この性質を利用して、現在では「抗菌」「防曇」「セルフ・クリーニング」機能を持つ、さまざまな日用品が流通している。しかし、今のところ光触媒と呼べる材料は藤嶋氏が発見した「酸化チタン」ぐらいしかなく、長年、新たな材料の開発が求められてきた。

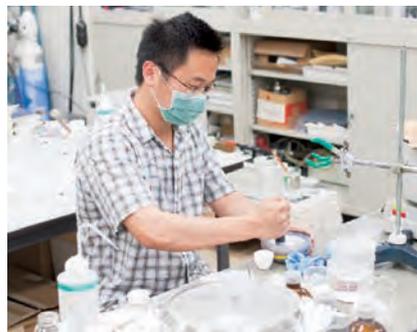
というもこの酸化チタンには、紫外線しか光触媒反応を示さないとという大きな弱点があるからだ。詳細は右上のコラムを見ていただきたいが、酸化チタンでは光触媒という有用な現象のごく一部しか利用することができない。今、新たな光触媒機能を持つ材料を探索・開発して、水から水素を作り出し、クリーンエネルギーとして利用しようという研究も盛んに行われている。

なによりも大切なのはお互いの信頼関係が構築されていること

「じつは2001年に私と鄒教授と共同で『ネイチャー』に論文を出しています。その時点では世界で初めて、可視光照射下で光触媒を利用して水を分解して水素を作ったという内容なんです。それ以来ずっとより効率のよい材料を追い求めてきたという感じですね」

2004年には鄒氏が南京大学の教授に就任。ここから日中の協力関係が本格的にスタートした。

「それぞれ得意なところを役割分担していました。当時彼は、ものを作ることが得意だったので、それが光触媒としてどの程度役



交流は日々の研究の間でも行われている。光触媒は中国でも非常に注目度の高い分野とあって、光触媒材料センターには、現在6人の留学生が在籍している。

立つかを調べるのは主に彼の役目、それ以外の、材料の結晶構造がどうなっているのかといった、構造的な考察は私のほうでやっていました」

JSTの国際研究協力プログラムが開始されたとき、葉博士はいち早く応募した。

「国際共同研究というのは、経験している方はみなさん言うことですが、双方のリーダーに相当な理解と信頼がないと成り立たないものです。言葉の問題もあるし、地理的なへだたりや、お互いのスケジュールも…いろいろな意味でトラブルになりやすいのです。こちらがこう期待しているのに、やってくれないとか。そうなりやすいので、すでにいい関係を築き上げていて、かつお互いに十分な人間性や能力の理解も持っている場合のみ成功すると思っていましたし、その点には自信がありました」

採択された現在では、年1回の共同シンポジウムや半年に1回程度のワークショップなどを軸に、積極的な研究交流がつつづらわれている。

「集まるというのは非常に重要です。なんらかの締め切りがないと、いつまでも先のぼしにしてしまう。でも、会議があるからそこで発表してという目標があると、それまでに新しい成果を出して…ある程度のデータを揃えて話ができるぐらいのものを持って行かないと、毎年同じことをしゃべる羽目になってしまいます。それではさすがに恥ずかしい。一種のプレッシャーとなるので、研究が進む動機づけにもなります」

共同研究のメリットとデメリットについて葉博士は次のように語った。

「メリットはマンパワーが増えたこと。うちのスタッフは20人ですが、向こうはもっと規模が大きくて40人ぐらい。そうすると、向こうでなんらかの新しい発見があると、すぐこちらに教えてくれるのです。私たちはお互い信頼しあっていますから、研究協力により2つのチームの多くのスタッフで研究を進めていくことができるのです。

デメリットは…特にありません。成果の共有に関しては、プロジェクトに関連するところはもちろん出しますが、あまり関係のないところは伏せておく必要がありますので、その線引きがむずかしい。ここでも、お互いの理解が重要ですね。でも、2つのチームで取り組んでいるので成果はダブルになる。それは間違いなくいいことだと思います」

国際研究協力の醍醐味は“相乗効果”にあり!

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

磯谷 順一
Isoya Junichi

CASE 02

シュトゥットガルト大学物理学科

J. ヴァフトップ
Jörg Wrachtrup

さて、次なる研究のパートナーはドイツ。相手国の研究費配分機関としてドイツ研究振興協会 (DFG) と、ナノエレクトロニクス分野での研究協力が行われている。今回は量子コンピュータ実現に向けた取り組みを紹介しよう。

従来のコンピュータは「ビット」(情報の最小単位)につき「0」か「1」という状態しか持てないが、量子コンピュータの情報単位は「量子ビット」は量子力学的に重ね合わせた複数の状態が持てる。このことを利用して、既存の計算とは比較にならないほど高度な超高速並列計算を実現するのが量子コンピュータだ。また、関連した分野として、外部には解読不能な量子暗号通信も注目される。1980年代にその概念が提示されて以来、大きな期待と注目が寄せられてきたが、いまだ実用化には至っていない。

最大の技術的課題は、「量子ビット」と呼ばれる量子コンピューティングの計算単位を、理論の世界ではなく、現実の世界でいかに数多く作製し、動作させるか。そこで筑波大学図書館情報メディア研究科の磯谷順一教授や同数理物質科学研究科の水落憲和講師らのチームは、ドイツのシュトゥットガルト大学と共同で、多量子ビット素子の実現を目指している。

「多量子ビット化のために、気体中でのイオン原子や液体中の分子を利用するアプローチもありますが、私たちはダイヤモンドの中の『NV中心』を使っています」(磯谷教授)

NV中心とは、結晶構造上の欠陥の一種。Nは窒素 (nitrogen)、Vは空孔

(vacancy) の略で、ダイヤモンドに窒素原子が混入し、と同時に炭素原子が抜け落ちて、孔が空いた状態をあらわしている。このような状態になるとダイヤモンドに色がついて見える。ダイヤモンド合成の技術が進んだ日本では、当然のように色を持つダイヤモンドの研究も重ねられていたが、このNV中心を量子コンピュータに使うというアイデアは、残念ながら日本産ではない。

「ダイヤモンド中の不純物や欠陥はたくさん知られていますが、不純物のニッケル、電荷-1の空孔、リンドナーなどの基本的な欠陥の同定では先駆けていました」(磯谷教授)

「1997年にドイツのグループはNV中心に

着目し、単一の(1個の)NV中心を観測することに成功しました。その後、1つひとつを観測できる等の特異性を生かし、量子情報への応用研究が始められたのです」(水落講師)

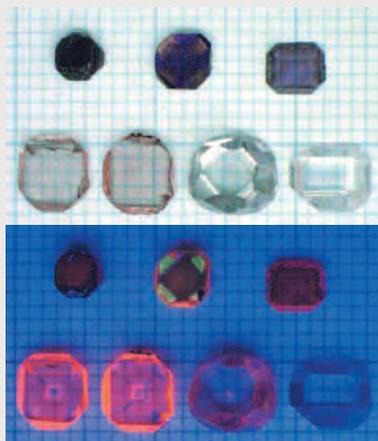
合成ダイヤモンドの技術を生かしてドイツとの共同研究をスタート

しかし、その先に進もうとしたとき、ドイツ側は壁にぶつかる。いかに量子ビットを増やすかという問題である。共同研究のきっかけは、水落講師がドイツ側にコンタクトを取ったことだった。

「2004年にシュトゥットガルト大で1つの

研究の概要

日 本とドイツの共同研究の成果が、2008年に発表された。これは「固体素子で量子もつれの生成に初めて室温で成功」というもの。量子コンピュータでは、同時に複数の状態を持つことができる量子ビットが相互に関係した「量子もつれ」という状態が、超高速計算を行うにあたって重要な役割を担っている。



ダイヤモンド中のNV中心。Nは窒素原子、Vは炭素原子が抜けた空孔。

そのため、そうした状態を作り出せる、多量子ビット素子の開発、研究が世界中で進められているが、実現は容易ではない。当時は極低温で超伝導体を用いた、2量子ビットの量子もつれ状態が報告されているだけだった。

しかし、水落講師、産総研、シュトゥットガルト大学の研究チームは、ダイヤモンドのNV中心における電子スピンと核スピンを用いて、3量子ビットでの量子もつれ状態を実現。固体を使い、しかも室温で3量子ビットの壁を破ったことは、実用化への大きな一歩となった。現在はこの成果をもとに、さらなる多量子ビット化の実現を目指している。

NV中心を持つ合成ダイヤモンドの数々。本来、ダイヤモンドは無色透明だが、結晶に欠陥を生じさせると色味を帯びる。写真下はUVを照射したとき

ドイツとは研究カルチャーが違います。



磯谷 順一

いそや・じゅんいち

1946年生まれ。東京大学大学院理学系研究科化学専門課程修了。理学博士。図書館情報大学図書館情報学部教授、筑波大学大学院・図書館情報メディア研究科科長などを経て、2007年より筑波大学図書館情報メディア研究科教授。

NV中心のスピンを操作するという論文が出たんです。もともと非常に興味のある分野でしたし、共同研究していた産業技術総合研究所の高品質ダイヤモンド合成技術で量子ビット(核スピン)を増やし、それとスピン操作に関する私の専門性も生かして、一緒に研究ができるんじゃないかと思いついて、あるドイツ人研究者を介して、直接先方に電話しました(水落講師)

まったくの飛びこみだったが、さいわい先方の快諾を得、水落氏は2006年、2007年、2008年と3年連続で渡独。滞在期間は、それぞれ半年ほどだった。

「初年度が文部科学省の海外先進教育研究実践支援、2年目はなかば自費、3年目にJSTの制度を利用することができました(水落講師)。この間に期待通りに量子ビットを増やして研究がなされた(「研究の概要」参照)。

直接交流を持つことでわかる 課題解決への道筋

ドイツでの研究の様子を振り返ってもらおう。

「まず、ヴァフトップ先生のような、世界でもトップレベルの研究者と、直に接することができたのが大きかったですね。しかも議論すると、向こうの先生やグループリーダーは1日時間を取ってくれるのです。人柄がいいということもありますが、なによりもまず、それだけ時間をつくれる。日本の研究者では雑多な仕事に追われて、それは無理でしょう(笑)。あと、学生でもドクタークラスになると個室があり、研究テーマの選択にしても、スタートのレベルが高い。そういう、うまくいっているところの状況を肌で感じることで、きてすごくよかったと思います(水落講師)。

「私も出張のたびに感じますが、向こうは研究のカルチャーが違いますね。成果を上げたり、新しい技術を学ぶということも大事ですが、向こうに行くと本当に研究室の一員として何カ月か暮らさないと得られないものがあると思います(磯谷教授)。

「私の今の研究は、1つのNV中心の観測と、その1つのスピン操作を行える共焦点レーザー蛍光顕微鏡装置抜きには考えられません。自分で組み立てたものですが、一個一個の装置をどれにするか、どう組み合わせるかというのはノウハウなんです。1つずつカタログを見ながら考えていたら、それこそ膨大な時間がかかってしまう。でも、ドイツチームは97年以前から始めていますから、そこからの

さらなる
多量子ビット化を
目指します。



水落憲和

みずおち・のりかず

1972年生まれ。2000年、東北大学大学院理学研究科博士課程修了。図書館情報大学助手、筑波大学大学院図書館情報メディア研究科講師を経て、2010年より同大学院数理工学物質科学研究所講師。2008年よりJSTさきがけ研究員を兼任。



ドイツで得たノウハウをもとに、水落氏が組み立てた共焦点レーザー蛍光顕微鏡。これにより、1つのNV中心の観測とそのスピン操作を行うことができる。

積み重ねがある。ですから、学ぶところも多かったです。彼らはなんでもオープンに教えてくれました(水落講師)

しかし、そこまでオープンだと、ドイツ側は与えるばかりで得る物が無いのでは?

「いや、そんな風にオープンで人柄もいいですから、人が寄ってきますね。私もその1人ですが。ですから、そういうところには、人も、物も、情報も流れていくのです。日本からは私が初めてでしたが、あとに続く人もいますし、世界から集まってくる。私の場合は人と物で行ったわけですから、カモネギ状態ですね(笑)。1つの大学ですから、やっぱり人材は必要なんです(水落講師)。

現在、水落氏はドイツで得たノウハウをもとに共焦点レーザー蛍光顕微鏡を用いて、NV中心のさらなる多量子ビット化とその仕組み作りを目指している。一方で磯谷教授は、より高品質なNV中心を、というドイツ側の要請に応えるべく、合成ダイヤモンドに含まれる不純物の濃度を現在よりも3桁落とすという、「合成する側にとってはこれまでにない、とてつもない課題」に挑戦中。実用化への道はまだまだ遠いが、今後も実りの多い共同研究が重ねられていくことだろう。■

相手国の

研究費配分機関は

この事業の意義をどのように 考えているか?

これまで、日本とドイツ、それぞれの国の研究者が個別に研究資金を得て独自に協力するというかたちでした。しかし、今回は課題選びから評価まで、すべてが両国の連携で組織的に実施されています。双方で研究内容の評価を行い、その評価をすり合わせ、よりよい研究を選び出す。そこが国際協力の魅力ですね。そういうことがない、なかなかお互いの考え方もわからないでしょう」DFG(ドイツ研究振興協会)日本代表部代表のI・ウィーツォレック博士は、このように日独共同研究支援について語った。

つまりは、相乗効果を得ること。基礎研究で実績のある日本とドイツの最先端



ドイツ研究振興協会
(DFG)
日本代表部代表
I・ウィーツォレック
(Dr. Iris Wiczorek)

分野において共同研究することで、さらなる研究拡大、成果が期待される。

当然のことながら、国が変われば研究費配分機関の仕組みも変わる。JSTとDFGのいちばんの違いは、前者はトップダウン式が主流であるのに対し、後者がボトムアップ式が主流であることだろう。

今回の研究協力は、日本側からのアプローチがきっかけだった。そのためDFGは共同研究支援を行うために、通常採用していない、分野に限定したトップダウン式の課題募集を行なった。分野は日本とドイツの最先端分野であり、双方に有益になりうるナノエレクトロニクスが選ばれた。

このように考え方の違いを調整しつつ国際的成果が期待できる協力を行うことが、パートナーを組む意義の1つとなっている。

科学的な価値はもちろんのこと、お互いからなにを得られるかも重要だ。

「ドイツから日本を見る、日本からドイツを見ることで、研究開発を進めるためのより良い体制や支援制度にも気づかれます」