

人との出会いと研究開発の進展

―企業および大学での研究を通じて―

九州工業大学・理事・副学長 早瀬 修二



がありました。また、成功した事例もありますが、多くの失敗もありました。それらの失敗から学んだ教訓についても述べてみたいと思います。

東京芝浦電気株式会社（現・株式会社東芝）での研究

この度の嘉村記念賞受賞は誠に光栄なことであり、ご推薦いただいた皆様に心よりお礼申し上げます。これまで嘉村記念賞を受賞された方々の業績を拜見するとその中に加わっていないのかと身が引き締まる思いをしています。これも皆様方のご支援によるものと感謝しています。私が受賞したタイトルは「プリンタブル光電変換素子の基礎的研究とその応用展開に関する研究を通じた教育・研究に関する貢献」ですが、講演ではそれらの研究に至った経緯を、人との出会いという観点から考えてみたいと思います。今に至るまで、いくつもの幸運が重なっているのですが、その重要な起点に人との出会い

学生時代には、大阪大学理学部高分子学専攻でポリマーの立体規則性開環重合のメカニズムに関する研究を行いました。自由に研究ができる時間をもらい、研究や特にメカニズム解析の面白さを知りました。このことが企業に入ってから役立ちました。当時、東芝の総合研究所（現・研究開発センター、以降総合研究所と記載）でマテリアルを研究する研究員がほしいという求人があり、大学と同じような研究をさせてもらえるということでしたので入社することにしました。当時は東芝に入社したというより、東芝・総合研究所（当時1000人程度の規模だったと記憶しています）に入社したという認

識でした。東芝・総合研究所に20年近く在籍しましたが、研究者として、管理者として多くを学び、東芝に育てもらったという意味で感謝しています。

総合研究所では20%程度は自由な研究をしてもよく、東芝は自主的な研究、社外発表を奨励していました。私は大学時代からの続きでポリマー合成触媒の研究をしていましたが、偶然破壊電圧が高温でも低下しないポリマーとその触媒系を発見しました。当時発電機、電動機の小型高性能化で高温でも破壊電圧が高い絶縁材料が求められており、丁度シーズとニーズがマッチングでき、大型発電機用絶縁材料として採用してもらうことができました。もちろん欠点もあったのですが、破壊電圧が高温でも落ちないという利点を前面に押し出して、私を積極的にサポートしてくれる上司がいました。この上司がいなかったら、今の私は無かったかもしれません。またこの触媒はケイ素を含んでいる複合触媒系でしたが、ケイ素化合物の専門家からその種類のケイ素化合物は不安定ですぐに活性がなくなるというコメントをもらいましたが、若気の至りか、研

究にのめり込んでいました。後で考えるとこのケイ素化合物のみが特異的に安定であることを知り、ビギナーズラックに近い研究成果だったと思っています。この基礎研究および実用化研究により、全国発明表彰・発明協会長賞、日本化学会化学技術賞、日本化学会の若手講演会講演、日本電機工業会の電気工業技術功労表彰・奨励賞を受賞しました。

この研究の後に、半導体ポリマーに関する研究にシフトし、有機半導体デバイス、太陽電池、燃料電池、リチウムイオン電池等の研究に携わり有機デバイス（プリンタブルエレクトロニクス）に関する知識、研究の進め方、考え方を習得しました。上司に社内国際企業人制度に推薦してもらい、選抜試験に合格し、海外留学することができました。米国・ウィスコンシン大学で当時のケイ素化学で世界トップクラスの研究室（Robert West教授）のもとで1年半の研究生活も経験できました。九州工業大学に教授のポストを得て研究を行う知識・経験・海外志向は私が東芝・総合研究所に在籍していたときに得たものであり、私を育ててくれた東芝、および常にサポートし

ていただいた上司には深く感謝しています。移籍後も研究、資金等のサポートをいただき、両者良好な関係を保ったままの転職でした。

九州工業大学での研究と教育

私が九州工業大学を知ったのは、有機エレクトロニクス関係の学会で、全国的に活躍されていた九州工業大学の金藤敬一先生と知り合ってからです。高分子学会、日本化学会、応用物理学会、電子情報通信学会等に有機エレクトロニクス部会があり、それらの学会に誘われて、幹事等をしていた関係上、知り合いになりました。ある特異的な時間と場所で金藤先生とばったりお会いし、九州工業大学に生命体工学研究科が新設されるので、有機エレクトロニクス関係の教員を公募しているという話を聞きました。東芝・総合研究所ではアカデミックポストを得る研究員が多く、私もアカデミックポストに公募できる年齢に達していましたので思い切って応募してみました。当時論文数は100を超えていなかったと思いますが、登録特許および提案特許数が40件を超えていたのが評価されたと後で聞きました。金藤先生は私

の人生の分岐点に大きく関与した先生の一人であり、生命体工学研究科在籍時にも多くのサポートを受けました。

さて、2001年に生命体工学研究科にポストを得て移籍しましたが、まだ生命体工学研究科の建物は建築されておらず、2年間は隣の北九州市立大学の国際環境工学部の一室で過ごしました。当時設備等も何も無く、1年目は学生を取ることもできませんでした。企業から移ってきたばかりですから、外部資金等の研究費もありません。ただ東芝・研究開発センターからは寄付金として長年資金的にサポートしてもらいました。できる範囲内で最高の研究計画を立てるのがベストだと思っていましたので、高価な真空装置を必要とせず、低コスト装置の塗布で作製でき、また社会的にもニーズが盛り上がりつつあったプリンタブル太陽電池の一つである色素増感太陽電池の研究を開始することとしました。東芝でもこの研究は行っており、ある程度企業研究者として名は知られていたと思います。当初は研究費も潤沢ではなく、設備ありませんでしたので、よく東芝の研究所に入り浸っていました。

した。海外での研究発表に使う旅費が無いため、東芝を退職したときにいただいた退職旅行券を使って二度ほど海外に行っていました。そんな中で、本多・藤嶋光触媒効果として有名な藤嶋先生（現・東京理科大学学長）が領域代表をされていた文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「光機能界面の学理と技術」（2001年―2006年）の公募研究員として採用していただき、4年間程度研究をさせていただきました。成果が出ないと打ち切りになる厳しい領域でしたが、この期間に領域内の多くの人脈が形成され、かつ色素増感太陽電池に関する研究成果を出すことができました。研究資金が無いときに助けていただいた藤嶋先生には大変感謝しています。一方、当時北九州ではFAISの山崎専務が企業と大学の技術のマッチングに奔走していました。私のところにも何度も足を運んでいただき、特定領域で出た研究結果をシーズにした色素増感太陽電池の研究で新日鉄化学とのマッチングを行っていただき、NEDOのプロジェクト太陽光発電技術研究開発、革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発に応募し、

採択されました。これ以降、現在までNEDOの委託事業が継続しています。この間、NEDOの成果をシーズにして地域イノベ事業にも参加させていただき、このときには九州工業大学の執行部の方々、FAISの方々に大変お世話になりました。地域イノベプロジェクトで出た透明導電膜が必要ではないフレキシブル色素増感太陽電池に関する成果をもとにして、戦略的イノベーション創出推進事業（JST）（Sイノベ）に応募し、2009年にJST事業に採択され現在まで継続しています。

現在、設置が簡単で一日の発電量が多い円筒形色素増感太陽電池として実用化を進めています。これまでプロジェクトの研究成果を次のプロジェクトのシーズとして提案し、各ステップでいろいろな方々のサポートを受けてこれまで研究を進展させていくことができました。当然、九州工業大学の執行部からのサポート（人、物、資金）も研究発展のための一助となっています。私の実力というよりも、当時私が行っていた研究のシーズと社会ニーズの高まりが一致して研究が大きくなり（つまりタイミングがよかった）、さらに多

くの方々のサポートがあったからこそ今の研究が継続していると思っています。深く感謝いたしたいと思います。人がやらない視点からの研究をしていたことが、プロジェクトを採択する審査員には新鮮に見えたのかもしれない。

東芝で行った触媒の成果は実用化されていますので一つの成功例と考えることができます。一方大きな魚を逃がしたことがあります。現在プリンタブル太陽電池研究の主流はハロゲン化ペロブスカイト太陽電池と呼ばれるものです。プリンタブルで不純物がいっぱいあるにもかかわらず、不純物をできるだけ少なくしなければならぬシリコン系太陽電池に匹敵する太陽光変換効率があるので、太陽電池業界では最もホットな話題となっています。この太陽電池は色素増感太陽電池から発展したもののですが、私の近くに存在していたのに気がつきませんでした。私の大きな反省点です。色素増感太陽電池は光を吸収する層として有機色素、電気を集める層として乾電池と同じように液体の電解液を使っています。電解液と有機色素の接触は非常によく、どんなに色素層

表面がでこぼこしていても電氣的に接触のよい界面ができます。従って少々乱暴に作っても発電します。これは良い点ですが、消費者から見ると液体を含む太陽電池よりは全部固体のほうが印象が良いように思います。そこで我々は早い時期より電解液の代わりに固体のp型半導体を使った全固体色素増感太陽電池の研究を行っていました。しかし、液体電解質を使っていた場合の太陽電池の効率(10%)は全固体化すると大きく低下し、半分程度の効率(5%)になってしまっていました。全固体化は液体よりも接触が悪いのでそれがあたりまえと思っていました。他の研究者の判断も私と同じだったと思います。ある時日本の研究者から、光吸収層として有機色素の代わりにペロブスカイトを使った液体型色素増感太陽電池の報告がありました。効率がわずかに3%程度であったため、私を含め、当初は誰も見向きもしませんでした。しかし、韓国、およびイギリスの研究者がペロブスカイトとp型有機半導体を使った全固体太陽電池の効率が、液体型の色素増感太陽電池の性能よりも逆に良くなることを見つけ、ペロブスカイト型太陽

電池の研究に火がつけました。p型の有機半導体は私が使っていたものと同じものを使っています。我々の見落とし、つまり失敗は専門家であるが故の固定概念によるものでした。前にケイ素系の触媒の研究をしていたときに、ケイ素の専門家からそのようなケイ素化合物は不安定で触媒活性が失活しますよ、という助言を受けても私が研究を続行し成功したのは、私が当時あまりケイ素の専門的なことを知らなかったためだと思います。JST、NEDOなどの国プロは世の中の動向を見極めて目標をはっきり決めて、オールジャパン体制で進めているのはある意味、正しいと思います。これとは別に科研費等の基礎研究に関するサポートの中で絶えず新しい試みは続けるべきでしょう。イノベティブな研究結果は突然やってきます。もちろん隠れているイノベティブな研究結果をイノベティブと感じる感性が必要でしょう。

2009年から今年までの8年間、JSTの戦略的創造研究推進事業「さきがけ」で、「太陽光と光電変換機能」の研究総括をさせていただきました。「さきがけ」は個人研究

で教授等の上司から干渉されず若手研究者が独自の研究を行うことによつて、優秀な若手研究者を育成する事業です。通常のさきがけ領域では、自由な発想で研究をしてもよいので研究のベクトルは研究者ごとによらばりますが、太陽光と光電変換機能プロジェクトでは太陽電池にベクトルをあわせるようにJSTからコメントがありました。36名の若手研究者を採択しましたが、ほとんどの提案を含め優秀な研究者でしたので、すばらしい成果を出し、ほとんどの研究者が助教、准教授から教授に昇任しています。個々に大きな成果が出ているので、それらの成果を集めたプロジェクトを組んではどうかという提案がありました。個人研究であるさきがけ事業ではめったに無い試みでした。丁度、世界的にペロブスカイト太陽電池の研究の立ち上がり時期でしたが、日本では高い効率のペロブスカイト太陽電池を作製できることはありませんでした。我々のスタッフはもともと全固体太陽電池を研究していたためその技術を有しており、そのノウハウをペロブスカイト太陽電池に応用し、それなりの効率が出る太陽電池を作

製していました。「さきがけ」の研究者を全国から若松の早瀬研により、そのノウハウを公開し、ペロブスカイト太陽電池成果結集プロジェクトを立ち上げ、多くのすばらしい成果を出すことができました。この研究者ネットワークは私の大きな財産になっており、学会のオーガナイザーを頼まれるときには協力してもらったり、全国的に共同研究を進めたりしています。

生命体工学研究科では太陽電池グループを作り、特に太陽電池の国際研究拠点とするために日本語が理解できる海外の教員の雇用を促進しました。太陽電池グループには中国人教授、インド人准教授1名、スペイン人助教1名（任期付）が在籍し、海外との共同研究を進めるとともに、生命体工学研究科の生命線である海外からの優秀な博士課程留学生の確保に貢献してきました。学生の教育には明専会様にも大変お世話になっております。2012年から4年間生命体工学研究科の研究科長を務めさせていただき、2016年から研究・産学連携担当の理事・副学長を務めています。今年で九州工業大学に赴任してから17年目になります。

九州工業大学では大学での研究と教育方法を学び、また研究者として成長させていただきました。今後少しでも九州工業大学に恩返しをし、貢献していきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

■ 略歴

大阪大学理学研究科修士課程を1978年に修了後、1983年に大阪大学より理学博士号取得。1978年、株式会社東芝に入社。ケイ素－アルミニウム錯体開環潜在触媒、ULSI用超微細加工、有機ポリシランの研究に従事。その間1988-1990年に米国ウイスコンシン大学、JMSO研究室でポリシランに関する研究に従事。2001年より国立大学法人・九州工業大学・教授。2009年から2017年までJSTさきがけ「太陽光と光電変換機能」研究領域研究総括。2012年から2016年まで生命体工学研究科研究科長、2016年から研究・産学連携担当理事・副学長現在に至る。1992年 日本化学会の化学技術賞受賞など。現在の研究テーマは有機／無機ハイブリッド太陽電池。

◆ 嘉村記念賞受賞講演会



嘉村記念賞授与



受賞者：早瀬修二先生の挨拶



講演の様子



歓談される早瀬先生