

## ◆令和3年度 第4回（通算第89回）蔵前ゼミ 印象記◆

日時：2021年7月16日（金）

ZOOMによる遠隔講義

### 材料開発を通して経験したこと

舟橋 正和（1991 化工，1993 応化 MS）

出光興産株式会社 電子材料部 電子材料開発センター 所長付

予想していたスライドが出てこなかったのは驚きだったが、その分 舟橋さんの控えめな性格が強く印象に残った。『週刊ダイヤモンド』（2019年6月15日号）の“ものつくる ひと”欄で、「出光ブルー」（青色有機 EL, electroluminescence）の開発者として紹介されているが、そのスライドが登場しなかったのだ。出光ブルーのお陰で、有機 EL ディスプレイを搭載した最新型のスマートフォンが誕生し、私たちは写真やゲームを思う存分に楽しめるようになってきているが、これは有機 EL の特徴である省電力・高精細・高速応答性によるものだ。先に普及した液晶や LED (light-emitting diode) を凌ぐ優れた性質を有することから、有機 EL は次世代ディスプレイや照明用の素材として注目されているが、青色が実現できないために応用が大きく制限されていた。2014年に3人の日本人がノーベル賞を受賞した青色 LED の開発と似た状況だったのだ。この難局を打開したのが舟橋さんたちの出光グループだったと言え、その偉業ぶりが分かるだろう；平成30（2018）年度全国発明表彰の最高位「恩賜発明賞」を受賞。

イバラの道に踏み込むきっかけが、バブル経済の崩壊による景気低迷で、会社が研究開発テーマの選択と集中を迫られる中、当時はまだ小さなテーマだったが 将来性から継続となった「有機 EL」グループに配置換えになったことだった。転職し会社を去った同僚も多かった。そんな状況下、途中でグループ解散の危機に直面しながらも、「出光ブルー」の灯を消さず、実用化できたのは、(1) 学生時代に、目ぼしい成果は上げられなかったが、いい意味で失敗を恐れず様々な試行錯誤をしたことと (2) アイデアは既存の技術の組み合わせと考へ、日ごろから社の内外を問わず、幅広く情報収集に努めていたからのようだ。

### 生い立ちと学生時代

舟橋さんは木曾川沿いにそびえ立つ国宝「犬山城」に比較的近い小さな町（愛知県丹羽郡大口町）で育ち、地元で高校まで終えた。理数系が得意で、「自分はコツコツと努力して積み上げていく分野に向いているのではないか」と思い始めていた高校生の時に、名古屋大学出身の化学の先生から化学の面白さを教わるとともに「舟橋君は、化学に向いているよ」と言われ、本学の3類に進んだ。

この時はまだ漠然と「分野は化学」と思っている程度だったが、学生実験等を通して次第に実際にモノを作る有機合成に興味を持つようになり、卒業研究から修士課程にかけては「有機合成化学・有機金属化学」が専門の山本経二（1935～2016, 1996 定年退職）研究室に所属し、「新規ジホスフィン配位子を用いた不斉触媒反応の開発」に取り組んだ。舟橋さんは大学の近く（大岡山駅の北口方面）に下宿していたので、終電の時刻を気にすることなく実験に精を出したが、残念ながら目ぼしい成果には結びつかなかったそうだ。舟橋さんが取り組んだ不斉触媒反応といえば、2001年にノーベル化学賞を受賞した「キラル触媒による不斉反応の研究」（野依良治）を思い浮かべる人も多かろう。「目立つような大きな成果を上げられなかった」と学生時代を振り返った舟橋さんだが、この時の経験（多くの trials and errors）が後で物を言うのだから、学生のうちは実験が思うように進まず苦労しても余り落ち込まず、試行錯誤を続けることが大事なようだ。

**バッテリーボックスに立とう！**：うまく行かない時こそ、情報を集め孵化させる（分析し自分の頭で考える）ことによって新しいアイデアを生み出し、その具現化に向けて失敗を恐れることなくひたすら試行錯誤を繰り返すという研究開発の基本中

表 1. 舟橋正和の略歴と本ゼミで紹介された仕事の概要( Episodes 1~3)

年	出光における有機EL	舟橋正和 (所属・分担)	世の中
1985	有機EL 研究開発 開始		
1987		東工大 3類 入学 1991: 化学工学科 卒業	積層有機EL素子の発表 (Kodak社) 1986~1991: バブル景気
1989	水色有機EL発光材料の発見		
1993		東工大 化学工学専攻 MS 修了 出光興産入社, 中央研究所 附属	青色LEDの開発(無機半導体材料 GaNによる発光)
1994		Episode-1: バブル崩壊の余波	
1997	有機ELフルカラーTVの発表	有機EL用発光材料の開発	
2000		Episode-2: 出光ブルーの開発	エリアカラー有機ELの発売 
2002	事業部(前身)発足	青色有機EL材料の基本思想特許	
2007	自社工場稼働開始	有機EL材料の商品化 Episode-2': 高収率反応でコスト 低減(学生時代にヒント)	11インチ有機EL TVの発売 
2008			リーマンショック
2011	韓国現地法人設立	Episode-3: 日本から世界へ	東日本大震災
2013			55インチ有機EL TVの発売 
2018	中国現地法人設立		
2018 恩賜発明賞受賞 (松浦正英, 舟橋正和, 福岡賢一: 有機EL素子及び有機発光媒体の発明)			

の基本を舟橋さんは、「バッテリーボックスに立つ」と表現していた；確かに、バッテリーボックスに立たなければ何も始まらない。

社会に出ても、自分でやってみることに、とにかくバッテリーボックスに立ってバットを振ってみる心掛けが大事なようだ。特に、責任が重くのしかかる勝負どころでもしっかりバッテリーボックスに向かわなければならない。

集めるべき情報としては、従来技術や周辺技術関連のものが中心になるが、この点においても舟橋さんは学生時代から自然な形で次のようなことを実践していた：(1) 周囲の研究からも学ぶ姿勢——山本教授・高橋孝志 助教授 (当時, 現名誉教授) 研究室は辻二郎 栄誉教授<sup>(注1)</sup> (1988 定年退職) の流れをくむ研究室で、有機合成化学でも難しいとされる炭素-炭素結合の形成反応 (クロスカップリング) 関連の研究に精力的に取り組んでいた；それらを脇で見ながら、舟橋さんが間接的に吸収した技術や考え方は、後に出光興産で青色の有機 EL 素材を合成する際に非常に大きな助けになった。注1に記した日本人研究者が活躍する錯体触媒反応の知見を余すところなく習得できたのだ。(2) 教官・研究室メンバーとの深い付き合い——研究室では直接の指導教員

だけでなく、先輩・同期・後輩とも密な人間関係を築いておく社会に出てからもいろいろと相談でき、解決のヒントがもらえることも多いだろう。舟橋さんの場合は、同研究室の同期だった田中浩士さんが 現在 物質理工学院 応用化学系の准教授をしている関係もあって、母校とのつながりは貴重な財産になっているようだ。スライドには「大学卒業は区切りですが、就職後も大学関係者との関係を保ちましょう」と書かれていた。人脈の構築という意味では、舟橋さんがテニスを楽しんだ同好会も一役買っている；学部卒業 30 年になる今も昔のテニス仲間との付き合いが続いているようだ。

### 売り手市場下での就職

舟橋さんが卒業研究のテーマに興味を持ち、修士課程修了後は有機合成や錯体触媒の専門知識を活かせる企業に就職したいと思うようになっていた頃は、バブル景気 (1986~1991, 表 1) の終焉の兆しが見え始めていたが、就職戦線はいまだ売り手市場であり企業の奨学金制度が残っていた。

舟橋さんの場合は、研究室の先輩からの引き合いで「触媒部門なら出光にもあるよ」と聞いて、まだ

4年生だったが、出光興産<sup>(注2)</sup>が有力候補となった。奨学金制度もあるとのことで、面接を受けた際に新規事業にも力を入れていることを知り、自分にも何かできそうな気がして入社を決心した。

バブル景気の真ただ中で学生時代を過ごした舟橋さんの世代は、振り返ってみれば、バブルが崩壊し景気が後退し始める局面で社会に出ることになったが、当時は日本経済の先行きに危険な臭いを嗅ぎ取り、“失われた20年”とまで言われる苦しい時代が待ち受けていることを予測できた人は少なかったに違いない。この苦境下で活路を見出した出光興産の有機ELグループの人たちの奮闘を辿ってみよう。

### バブル経済の崩壊と配置転換(液晶→有機EL)

舟橋さんは1993年に出光興産に入社し、中央研究所(現次世代技術研究所)に配属された。テーマは錯体触媒関連ではなく、電子材料(液晶材料)の開発を担当することになった。この部署は物理系と化学系出身者の集まりで、最初は物理系の人たちの専門用語についていけず苦勞したそうだが、先輩や同僚から謙虚に学ぶうちにフォローできるようになるとともに、自分自身の専門についても分野外の人たちと議論することにより磨きをかけることが出来た。しかし、この間にバブル経済が破綻。景気後退が深刻化し、中央研究所もテーマの選択と集中を迫られた。

電子材料部門は、石油ビジネス以外の新規事業の開拓を目指す部署だったが、テーマ見直しの聖域とはなり得ず、舟橋さんは「有機ELグループ」に移ることにしたが、転職し社外に去っていったメンバーもいた。

### 青い光を求めて

#### 課題は2つ：青色素子の実現と長寿命化

出光興産は、「有機EL」という言葉がまだよく知られていなかった1985年に、有機ELの研究開発に着手した(表1)。当時普及し始めていた液晶ディスプレイに比べて、次のような多くの優れた特徴を持っており、次世代ディスプレイの主役になると期待したからだ：有機EL素子は、(1)明るく鮮明で、

(2)視野角が広く視認性に優れ、(3)構造が単純で薄型化および軽量化でき、(4)低電圧で駆動でき、液晶に必須なバックライトが不要で、消費電力が少なくてすみ、(5)応答が速く動画再生に適する。

舟橋さんがチームに加わった1997年時点では、10年前(1987)に米国Kodak社のTang & Vanslykeによって薄膜積層型有機ELの原型が提案されたのを皮切りに、3原色(赤・緑・青)の内の2色に対応する「赤色有機EL」と「緑色有機EL」が開発され、出光チームも8年前(1989)に“水色有機EL”素材を発見し「青色有機EL」にかなり近づいているように思われた。残りの青色有機ELさえできれば、天然色ディスプレイ(full color display)や自然光に近い面発光照明などが実現できるのだから期待は大きかった。

しかし、水色素材の開発から8年近く経過しても足踏み状態が続いていた。有機ELは電気エネルギーを光に変換するプロセスだが、青色光は3原色の中では一番エネルギーが高く、技術的にはハードルが高いゆえ、やむを得ないところもあるが、経営的には「実用化の気配がないところに、いつまでも金をつぎ込むわけにはいかない！」となる。そこで舟橋さんらが加わり再編強化された有機ELグループのメンバーが研究所近くの合宿所に集められ、経営幹部から活を入れられた。「金にならない研究は意味がない！企業なんだから」という経営陣に必死で食い下がる細川地潮(1986京大物理、2014没)リーダーの姿を見て、舟橋さんはプレッシャーとともに、闘志がみなぎってくるのを感じた。

「今のままでは、君らは人夫以下だ。人夫は日銭を稼ぐが、君らは日銭を使うだけだ」というようなニュアンスのことまで言われると、今まで蓄積してきた成果を具体的な商品の形に見せないわけにはいかない。有機ELの応用としては薄型・省電力ディスプレイか天井の代わりになる面発光照明板が考えられたので、とりあえず有機ELカラーテレビを試作することになった。世界初のこの試みは研究者からすると大胆すぎる(too ambitious)と思えたが、当時の営業のリーダーは、やり手の人で皆をその気にさせた。

## 流れを変えたディスプレイ展示会

手元には水色の有機 EL<sup>(注3)</sup>しかないので、水色から、青色、緑色と赤色を作る出光独自のカラーフィルター+色変換方式により、(真の3原色には及ばないにしても)なるべく綺麗な色合いが出せるディスプレイを作り、それに制御回路等を組み合わせてカラーTVを作ることとなった、本来は“化学屋”の舟橋さんも機械系や電気系の工作に関与せざるを得なかったようだ。ここで「専門外です」と逃げなかったのは、舟橋さんの“バッテリーボックスに立とう”精神のなせる業だ。幸い出光興産には、TVの試作品をつくるだけの技術と設備があり、電気回路を設計・製作できるメンバーもいたので、何とか自前で作り上げることが出来た(図1)。これを1997年7月に東京ビッサイで開かれたディスプレイ展示会に出展すると大騒ぎになった。実用化が疑問視されていた有機EL素子を用いたTVのプロトタイプが、目の前で動いていたから無理もない。それまで少数の専門家からは注目されていたが、どちらかというとなりに近かった出光興産が一躍有名になるとともに、有機ELの産業化に向けた世界的な大きなうねりが生じた瞬間だった。立ち会っていた出光興産の関係者自身も驚いたというから反響の大きさがうかがえる。この出来事をきっかけに舟橋さんたちの真の青色有機ELへの挑戦が加速した。



図1. 世界初の有機EL試作TV(出光興産製, 1997)

有機EL素子の基本構造と製法上の難関: 青色有機ELの開発が難しかった理由を理解するために、有機ELの構造と製法を簡単に見ておこう(図2)。発光色素から成る薄膜(発光層, [b])を電子輸送

材[a]と正孔輸送材[c]でサンドイッチし、電圧をかけると電子と正孔が発光層内に流入し(図2の矢印)、両者が出会い合体するとエネルギーが放出される。このエネルギーによって発光色素が励起され(図3B)、基底状態に戻るときに光を放射する(図3C)。

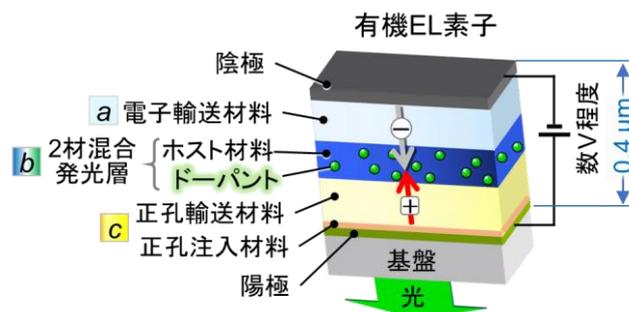


図2. 有機EL素子の構造。ガラスやプラスチック等の基板上に所定の機能分子を真空蒸着することにより、薄膜積層型の有機EL素子が製造される。真空蒸着は有機化合物を300~400°Cで昇華させて行うので、用いる素材(有機化合物)はその温度で安定である必要がある。厚さを薄く(約0.4 μm)することによって、数 Volt 程度の低い電圧で駆動できるようになっている。◆正孔田と電子⊖が出会って再結合するとき放出されるエネルギーによってホスト材料が励起され、さらにそのエネルギーがドーパント材料(ゲスト材料、発光色素)に転移し、光に変換される(図5, B1 & B2 参照)。

これが有機ELの原理だが、実用的には駆動電圧をなるべく低く抑えるために膜厚(各層の厚さ)を薄くする必要がある。そのために各成分を真空中で300~400°Cに熱して昇華させ、基板上に順次沈着させ重層薄膜を形成させる。この“真空蒸着”過程の高温に耐える有機化合物を探すのが第1関門。第2関門は正孔と電子の合体効率の向上、第3関門は寿命で実用的には10,000時間以上の耐久性が求められる。これらの課題は、次に述べる2材混合型の発光層(図2)の考案によって、赤色と緑色の有機ELについては比較的早く解決され(図5, B1)、水色有機ELについても1995~1997年にかけて出光興産グループによってほぼ解決されていた<sup>(注3)</sup>。しかし、真の青色有機ELについては

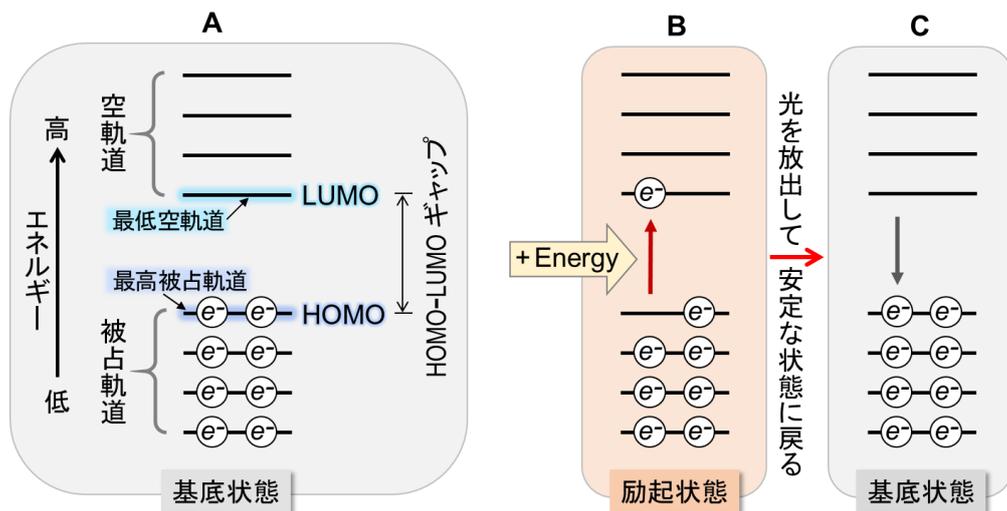


図 3. 有機化合物にエネルギー(光, 電気 etc.)を加えた場合の基底状態から励起状態への遷移。HOMO(最高被占軌道, 電子供与性)上の電子が LUMO(最低空軌道, 電子受容性)上へと励起される。外部から加えるエネルギーが HOMO↔LUMO 間のエネルギーギャップよりも大きくないと励起は起きない。各軌道にはスピンの向きが異なる 2 個の電子が入る。励起状態(B)から基底状態(C)に戻るときに光(蛍光, 燐光)が放射される。

第 4 の関門ともいべき有機化合物の電子配置によるエネルギーギャップ(図 3)問題が大きな壁として立ちはだかっていた。すなわち、「青色光」の場合はエネルギーが高いために、そのエネルギーに相当する HOMO-LUMO ギャップ(図 3A & 図 5, B2 参照)を有する適当な素材が見つけないという本質的な問題を抱えていたのだ。

#### ヒントは身近に—既存要素の組合せと孵化

舟橋さんには、難問に立ち向かうときの流儀があった。一通りの手順・原理・現状が把握できたら、関連の情報を徹底的に集め分析し有用な知見(アイデア)を見いだすべく努力するのだ。自分の頭で考えアイデアを生み出す分析過程を舟橋さんは「孵化」とよんでいた。この舟橋さんの流儀は、「膨大なデータ×集中」というタイトルで『プレジデント』(2010年7月号)で紹介されている。関連して紹介されたのが『アイデアのつくり方』(注 4)という本で、「アイデアとは 既存の要素の新しい組み合わせ以外の何ものでもない」ことを説いている。

舟橋さんは有機 EL 開発の現状をよく把握した上で、未開発だった純正の青色有機 EL(図 4, ◎)の実現を目指して舟橋さん流の「アイデアのつくり方」で戦略を練った。既に赤・緑・水色で成功を収めていた“2材混合技術”, すなわち「再結合・発光層」が担っている 2 つの機能を 1 つの有機化合

物で実現するのではなく、電気からエネルギーを受け取る材料(材料 1)と光を出す材料(材料 2)に機能分離し、それぞれに最適な材料を探すことにした。材料 1 をホスト, それにドーピング(doping)する形で混ぜる材料 2 はゲストないしはドーパントともよばれる。

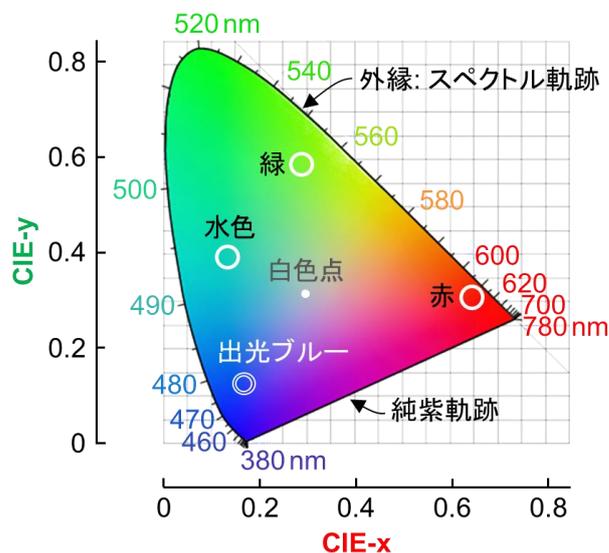
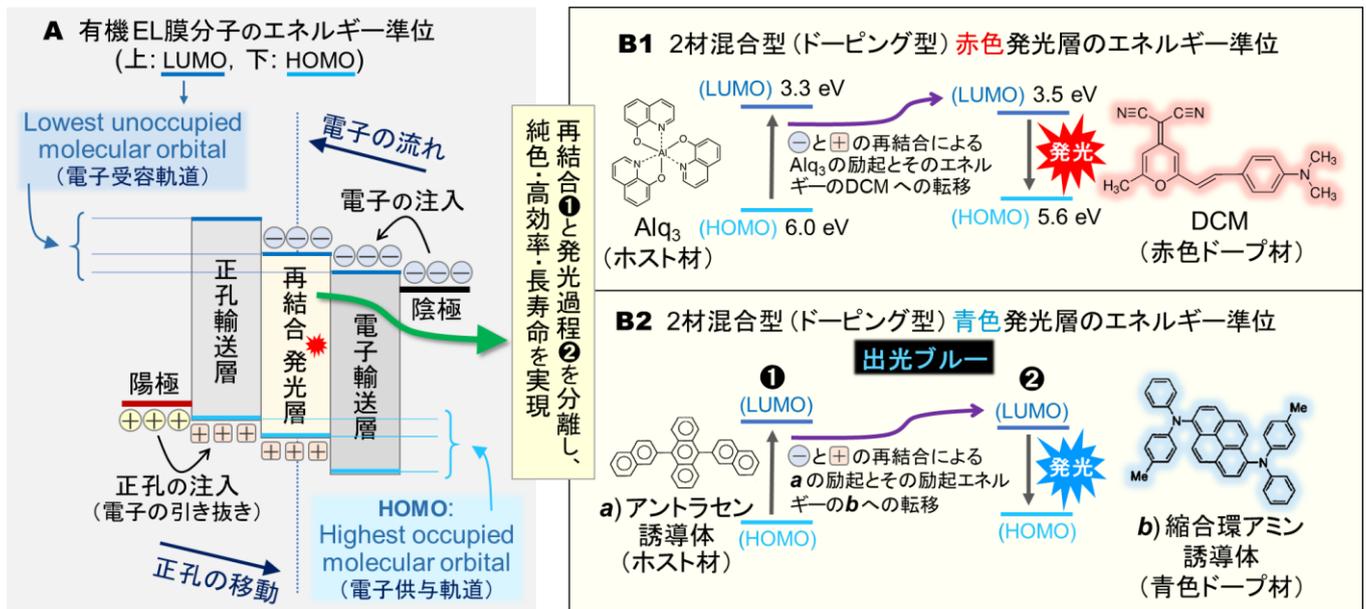


図 4. 有機赤色 EL, 緑色 EL, 水色 EL, 及び青色 EL(出光ブルー)の発光色の色度図上の位置。色度図は, 1931 年 CIE(国際照明委員会, Commission Internationale de l'Eclairage)で採択された XYZ 表色系; CIE-x の値が大きいと赤みが, CIE-y の値が大きくと緑みが, CIE-z の値が大きくなると青みが強くなる。外縁の曲線上の色はスペクトルで得られる純色(数字は光の波長)。3 つの原色(赤・緑・青)が均等に混じる中央は白色点。



エネルギー準位の要求を満たす誘導体の合成はイバラの道！

図5. 有機EL素子を構成する分子のエネルギー準位。電流による発光であること、電圧-電流の関係がダイオード特性であることから英語では有機ELをOLED (organic light-emitting diode) と呼んでいる。HOMOとLUMOの説明は図3参照。(A)陽極からの正孔 $\oplus$ の注入とその移動及び陰極からの電子 $\ominus$ の注入とその流れの向き。再結合・発光層内で正孔と電子が会合するとエネルギーが放出され、それを受け取った色素分子が光を放つ[図2&3参照]。(B1)既存の赤色有機ELの仕組み。再結合・発光層の機能を分離した2材混合型とすることにより、正孔-電子の再結合効率を高め、素子の発光効率の向上と耐久性の改善が図られた。エネルギーの流れ： $\oplus \ominus \rightarrow \text{Alq}_3 \rightarrow \text{DCM}$ 。(B2)舟橋さんらが開発した青色有機EL“出光ブルー”の仕組み。既存の2材混合方式を採用し、素材に関する過去の莫大な集積データを解析し、 $\oplus \ominus \rightarrow$ アントラセン誘導体 $\rightarrow$ 縮合環アミン誘導体へと励起状態が遷移し発光する系を作り上げた。

◆略号: Alq<sub>3</sub>, aluminium quinoline; DCM, 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(*p*-dimethylaminostyryl)-4H-pyran; HOMO, highest occupied molecular orbital; LUMO, lowest unoccupied molecular orbital (the lowest energy orbital that has the scope to accept electrons).

それまでに蓄積されていた有機化合物の特性データをもとに、舟橋さんたちは候補分子を絞込み、最終的に材料1の再結合機能をアントラセン系化合物に、材料2の発光機能を縮合環アミン化合物に持たせることによって、色純度や寿命特性を大きく向上させることに成功した(図4, 出光ブルー& 図5,B2)。

<参考> 専門的な説明: 学生の勉強のために専門的な説明がなされたので要点をまとめておきたい。既存の水色発光材料を出発物質とし、その改良によって青色発光材料を開発するのが常道だが、すでに8年にもわたって改良が試みられてきたが、ビニル基(注3)を持つゆえに熱や光に弱いという弱

点は解決できていなかったことから、舟橋さんは材料分子の母核を強固なものにする必要があると考え、次のような戦略を立てた。(1)材料1は、 $\oplus$ と $\ominus$ の会合によって放出されるエネルギーから青色光以上のエネルギーを受け取る必要がある。それには濃青色の蛍光を発する“アントラセン”が候補になるが、そのままでは有機EL材料として使えないので、種々の置換基を導入して励起安定性に優れた誘導体を探すこと、及び(2)材料2に関しては、ビニル基に代わる多環芳香環(アントラセンに近い母核)を採用し、アミノ基を入れることによって、分子吸光係数を大きくし、よく光るようにすることを狙い開発を進めた。

## 労を厭わず

舟橋さんたちの成果を一言でいえば、「役割を分けたことで、真っ青に光り、寿命も長い実用的な有機 EL にめどを付けた」となるが、この間の実験量には想像を絶するものがある。候補分子を数ヵ月かけて合成し、それらを種々の組合せで評価にかける；思わしくない結果が出て振出しに戻るといふ繰り返しが延々と続いた。2000年頃によく、美しく青色に輝く組合せが見つかり、実用化に向けて発光の更なる効率化と長寿命化に取り組み、2002年に特許を取得した。

**鈴木・宮浦クロスカップリングにも感謝：**分子の設計→合成→分析→物性評価を繰り返して目的の化合物を得る材料開発は大変な作業で、技術のみならず忍耐力も必要だ。なかでも炭素-炭素結合を作る反応は特に難しいとされていた。これを比較的簡単にできるようにしたのがクロスカップリングだ(注1)。特に、鈴木・宮浦クロスカップリング(注5)は、最も理想に近い有機合成反応の一つとして名高いだけあって、舟橋さんの芳香環化合物を中心とする莫大な数の誘導体合成にも威力を発揮した。この反応の助けなしには途中で挫折していたかもしれないと思うと、クロスカップリング色の強い研究室で学生時代を過ごしたことに加え、開発者の鈴木・宮浦さんに対しても感謝の念が込み上げてきたそうだ。

**スケールアップ：**出光ブルーを世界のディスプレイメーカーに供給するためには、量産体制を構築しなければならない。研究室レベルから工場生産へとスケールアップする際にも多くの困難に直面するのが一般的だが、出光ブルーの場合は鈴木・宮浦クロスカップリングの高収率、操作の簡便性、低コストなどに助けられ、スムーズに進んだようだ。2005年には量産にこぎつけ、商品化した。

**営業活動と海外展開：**開発した有機 EL 材料を営業担当とともに、顧客であるディスプレイメーカーへ自ら売り込み、有機 EL ディスプレイへの採用を促進する活動にも積極的に関わったそうだ。顧客からは性能や納期に関し厳しい要求を突き付けられるが、それらの課題を技術で解決していくのも技術者の醍醐味のようなのだ。

性能と品質が良ければ黙っていても売れるわけではない。液晶に取って代わる材料であることを納得してもらい、価格的にも魅力で、供給能力にも問題がないことを説明しなければならない。こうして市場が出来上がれば、出光興産にとってはブルーオーシャンの出現となるが、最近では業界の立ち上がりとともに競合メーカーが乱立してくるので、猛追を覚悟しなければならないようだ。舟橋さんの経験では、顧客であるディスプレイメーカーの人たちとの個人的な信頼関係が最後の決め手になることが少なくないそうだから心に留めておこう。

韓国と中国における有機 EL 材料の需要拡大に備え、供給体制と技術支援を強化するために、次の現地法人を設立し、生産工場を稼働させている(表1)：出光電子材料韓国株式会社(2011)、出光電子材料(中国)有限公司(2018)。2011年の東日本大震災の時には国内外の関係会社の人たちが示してくれた協力姿勢には心打たれたそうだ。

**実社会へのデビュー：**出光ブルーを組み込んだ最初の製品は2007年に発売されたSONY製の11インチ有機ELテレビ(XEL-1)だ(表1)；2013年には韓国のLGディスプレイ社が55インチの大型を発売。TVに続いて、スマートフォンにも使われ始めた；2017年にiPhone Xの画面に採用されると大きな話題になり、スマートフォン市場も一気に盛り上がった。これらの製品は、色鮮やかで、応答が速く、低消費電力という有機ELの特徴をいかに発揮し、私たちの生活に色を添えてくれている。青色有機ELの開発によって、フルカラーディスプレイが急速に普及するのを見届けて、2018年に発明協会から全国発明表彰最高位「恩賜発明賞」を送られた(表1)。受賞式には出光興産の関係者全員がお揃いの青いネクタイを締めて参加した。有機ELプロジェクトに加わった当初にイメージしていた以上に社会に貢献でき、幸せだそうだ。

## 結び

舟橋さんたちが合宿所に集められた場面を書いていた時に、「大橋悠依 金メダル」のニュースが飛び込んできた。後日知った彼女の裏話を書き留め

て結びにしたい。大橋さんは、厳しい練習をしてきたにもかかわらず、オリンピックの開幕 1 カ月前には予選落ちしそうな泳ぎしかできなくなっていた； 体とメンタルの調和がとれなくなっていたのだらう。開幕の直前に、「400 メートルを棄権して 200 メートル女子個人メドレー1 本にしたい」と平井伯昌コーチに悩みを打ち明けた。返事は「オリンピックへの参加自体を辞退する道もあるよ」だった。

翻って、新素材等の開発現場で「今のままでは、君らは人夫以下だ」と活を入れれば、今ならばパワーハラスメントだが、「効果のほどは如何に」と思いを巡らせた。舟橋さんたちの性格からすれば、「活」を入れられなくても、『出光ブルー』を完成させたに違いない。よく解釈すれば、活によって“合成グループ”と“特性評価グループ”間の精神的な壁が低くなり、開発チームの一体感醸成に寄与したのではないかと想像した。舟橋さんの「まとめ」のスライドには、「**社内外の協力者と連携する、一人ではできないことは限られる**」と大書されていた。日本人ならではの特性といわれる「実験の丁寧さ」や「膨大な数の条件検討をこなせる忍耐力」などに「チーム力」が加われば、熾烈な国際競争も生き抜けるだろう。

舟橋さんは年齢的に管理職業務も担うようになり、後輩の育成にも力を入れているが、「実験上のヒントと同様、若い人たちの心の小さな変化にも気づけるようになりたい」とのことだった。その時の会話の基本は「**相手の話をしっかり聞くこと**」だそう

### ＜パネルディスカッション＞

今回はページ数の関係で項目のみリストする：

(研究活動において)

- ・これまで研究テーマを進める上で、成功・失敗した事例とそこで得た気づきは？
- ・研究上のアイデアをいかに生みだしていますか？

(仕事について)

- ・どのような仕事を望みますか。将来のありたい姿は？
- ・「働く」ことをどのように考えますか？

-----

(注 1) 辻 二郎 (1927~) : 1951 年 京都大学 理学部化学科卒業。会社勤めの後、1957 年 フルブライト留学生として米国のコロンビア大学で研鑽を積み 1960 年に PhD を取得。1962~1974 年 東レ基礎研究所研究主任研究員を経て、1974 年 3 月から 1988 年 3 月まで本学教授 (化学工学科)。パラジウム化合物を用いる炭素-炭素結合生成反応 (クロスカップリングの原型) を 1965 年に世界に先駆けて開発し、有力なノーベル賞候補となっていたが、2010 年のノーベル化学賞「有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング」(R.F. Heck, 根岸英一, 鈴木章) では残念ながら選に漏れた (ノーベルの遺言で受賞者は 3 人以内と決まっている)。後発の鈴木章 北大名誉教授が選ばれた理由は、1979 年に 鈴木章・宮浦憲夫らによって、取り扱いと合成が容易な有機ホウ素化合物を用いるクロスカップリングが報告され、反応効率・基質の一般性・官能基の受容性・操作の簡便性・安全性など多くの点で他のクロスカップリング系を圧倒する優れた反応系として瞬く間に世界に普及したからだろう。舟橋さんも「出光ブルー」の合成に関し、「鈴木・宮浦クロスカップリング」に大いに助けられたそう。◆2004 年の学士院賞は「パラジウム触媒を活用する新有機合成反応」というタイトルで、辻さんと鈴木さんの共同受賞。◆もう一人、こちらは短命だったためにノーベル化学賞を逸した本学の研究者 (溝呂木 勉 [1933~1980, 47 歳], Mizoroki-Heck reaction として教科書に載っている) がいるので、本印象記シリーズの [平成 28 年度 第 5 回 \(通算第 59 回\) の注 2](#) を参照されたい。

(注 2) 出光興産 (株)  idemitsu ◆社長: 木藤俊一 (第 11 代) ◆設立: 1911 年 6 月 20 日, 創業者の出光佐三は次のベストセラーのモデルとなった: 百田尚樹, 『海賊とよばれた男』, 講談社, 2012, 第 10 回本屋大賞受賞 ◆売上高: 6.0 兆円 (FY 2019), 2019 年に昭和シェル石油と経営統合, 2021 年サービスステーション (系列給油所) のブランド名を「apollostation (アポロスステーション)」へ刷新・統一 ◆従業員: 14,000 名 ◆主要製品・サービス: (1) 燃料油: 石油精製・販売, (2) 基礎化学品, (3) 資源: 石油・天然ガス開発, (4) 高機能材料: 潤滑油・機能化学品・アグリバイオ・電子材料 (有機 EL), (5) 電力・再生可能エネルギー: 風力・地熱・太陽光・バイオマス。

(注 3) 有機 EL (エレクトロルミネッセンス) 水色発光材料: 出光興産の細川地潮 (ちしお) グループは、有機 EL の実用化を阻んでいた「短寿命」問題の解決に挑み、スチルルアミンのドーパント (図 2 参照) とスチルルアリーレンのホスト材料から構成される水色発光層を用い、著しい寿命改善が可能であることを示した [Chishio Hosokawa, Hisahiro Higashi,

Hiroaki Nakamura, and Tadashi Kusumoto. Highly efficient blue electroluminescence from a distyrylarylene emitting layer with a new dopant. *Appl Phys Lett* 67, 3853–3855, 1995]. ドーパントであるスチリルアミン\*は、発光層へのホール\*\*注入を改善し、発光層中でホールを捕捉できるので、電子-正孔の再結合を高効率化し、素子の発光効率が向上するのに加えて、耐久性を大きく改善する。この技術を用い、同グループでは1997年までに1万時間、100 cd/m<sup>2</sup>を達成したことを報告した [C. Hosokawa, M. Eida, M. Matsuura, K. Fukuoka, H. Nakamura, T. Kusumoto. Organic multi-color electroluminescence display with fine pixels. *Synthetic Metals* 91, 3–7, 1997]. これは、長らく実用化が疑問視されていた青色素子の実現が視野に入ってきたことを示し、有機 EL の研究開発が加速するきっかけとなった。第24回(2009)高柳記念奨励賞受賞(細川地潮, 出光興産株式会社 電子材料部 電子材料開発センター所長)。

\* 代表例: 4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)-1,1'-biphenyl

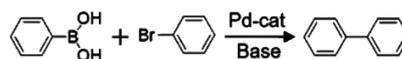
\*\* ホール = 正孔, 田

(注4) J.W. ヤング (著), 今井茂雄 (訳), 『アイデアの作り方』, CCC メディアハウス, 1988 (原著初版は1940年に出版)。(1)「アイデアとは既存の要素の新しい組み合わせ以外の何ものでもない」こと, (2)「新しい組み合わせを作り出す才能は事物の関連性を見つけ出す才能に依存する」こと, そして (3)「アイデアは、資料収集→集めた資料の消化・加工→関連性による新しい組合せの探索(孵化)→アイデアの誕生→アイデアの具現化(検証と発展)という過程で作られる」ことを説いている。多くの情報の中から関連性あるものを選び出し結びつけることにより、新しいアイデアを生み出す手法は、本学の教授だった川喜田二郎の「KJ法」や最近のビッグデータをもとにしたディープラー

ニングなどとも相通じるものがある。

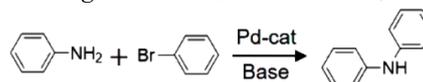


(注5) 鈴木・宮浦クロスカップリング: パラジウム Pd 触媒を用い、有機ホウ素化合物と有機ハロゲン化合物を結合させる反応。比較的温和な条件下で反応が進行する。有機ホウ素化合物の中でも有機ボロン酸は合成しやすく水や空気に安定で結晶性が高いのでよく利用される。ホウ素を含む副生成物が水溶性で無毒であることも利点となっている。工業スケールへの展開も可能であり、医薬品や液晶等の生産などに広く使われ、最も実用性の高い反応の1つとなっている。本反応のように収率が高ければ、そのまま生産コストの低減につながる。



Suzuki-Miyaura reaction

縮合環アミン化合物の合成では、Buchwald-Hartwig クロスカップリングが威力を発揮した:



Buchwald-Hartwig reaction

(東京工業大学 博物館 資史料館部門 特命教授 広瀬茂久)