ライセンスで花開く大学発の特許技術

大学の研究成果を実用化するために、JSTは特許になった成果のライセンス（実施許諾）を行い、技術移転先の企業との橋渡しを支援している。一例として紹介するのは、東京大学大学院新領域創成科学研究科の鳥居徹教授らが発明した微小液滴生成技術の特許である。企業へライセンスされ、電子ペーパーの開発などの工業分野をはじめ、バイオテクノロジーなど、研究者の予想を超えた分野にまで広がり、実用化への道を歩んでいる。

鳥居 徹（とりい とおる） 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

1980年 東京大学農学部卒業。82年 同大学大学院工学系研究科修士課程修了。三菱自動車工業、東北工業大学助手、東京大学農学部助手、同大学大学院工学系研究科助教授を経て、2006年より現職。博士（農学）。

「新技術説明会」がライセンスのきっかけに

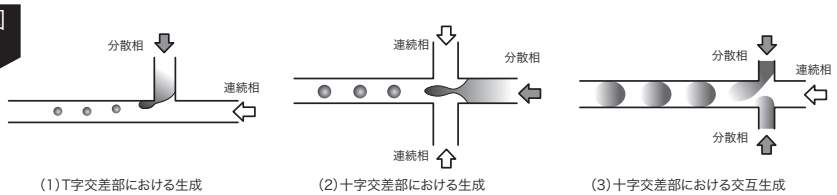
「精密機械工学」の研究者と「高分子化学」の企業。異分野を結び付けたのは、特許だった。

約15年前、東京大学大学院工学系研究科の助教授だった鳥居さんは、微小な流路（マイクロチャンネル）を利用して微小液滴を作る方法を開発した。この研究は2001年に、「エマルションならびにマイクロカプセルの製造プロセスおよびその装置」として、JSTの支援で特許を出願した。

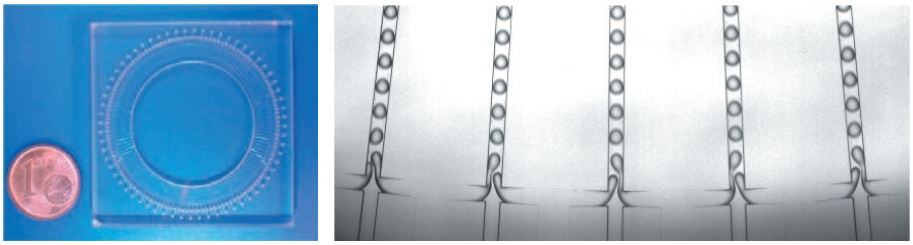
水と油のような互いに溶けない性質の液体を混ぜると、一方の液体が微小液滴として分散する。この状態をエマルションといい、塗料や接着剤など工業用に広く使われる高分子の微小粒子を作るのに利用されている。界面活性剤を用いた従来のエマルション生成方法では、均一な大きさの粒子を作ることは難しかった。

鳥居さんが開発した方法では、直径が数十マイクロメートルから数百マイクロメートルのマイクロチャンネルをT字や十字に分岐させる。異なる流路から混ざり合わない液体をそれぞれ流し込み、T字や十字の交差部で合流させると、一方の液体が液滴として分散する仕組みだ（図1）。分岐構造や液体の流速により液滴の生成条件を制御できるので、多様な大きさの液滴を得られる。また、直径のばらつきも小さくなる上、毎秒数千個程度と高速で作製できることもメリットだ。加えて、2色の微小粒子や多相（多重構造）エマルション（図2）など、従来の方法では難しい特殊な微小粒子やマイクロカプセルも実現できる。

図1



（1）T字交差部における生成　（2）十字交差部における生成　（3）十字交差部における交互生成



上：マイクロチャンネルによる液滴生成法。左下：流路を128本、円形に並べたガラスチップで、1辺は42ミリメートル。左のコインはユーロ圏の１セント。右下：128流路による液滴生成の様子。

当時、大学では研究成果は論文として発表することが普通で、特許を出願することはほとんどなかった。「研究室を主宰する樋口俊郎教授に、特許を出すのは大事だと言われことがきっかけでした」と鳥居さんは振り返る。

2002年、鳥居さんはこの特許技術をJSTが開催する「新技術説明会」で紹介した。新技術説明会は、特許の実施許諾や共同研究の開始などの技術移転を目的として、発明者自らが企業関係者に向けて技術内容を説明する場だ。この新技術説明会が出会いのきっかけとなり、説明を聞きに来ていた綜研化学にライセンスを提供することが決まった。

開発担当者との雑談から電子ペーパーに発展

綜研化学は、家電や自動車、建材で使

やまぎし まさゆき
山岸 雅幸
綜研化学 微紛体部 次長

たきざわ よういち
滝沢 容一
綜研化学 研究開発センターPJ推進室 主査

山岸さん（左）と滝沢さんの後ろの時計や手を添えている案内板に、開発したツイストボール型電子ペーパーが使われている。

われる粘着剤や微粉体などを製造している化学メーカーだ。2002年4月に新しい事業を企画することが決まり、会社の核になるような新しい技術を探すため、新技術説明会に赴いた。そこで巡り合ったのが鳥居さんの微小液滴生成技術だった。研究開発センターPJ推進室主査の滝沢容一さんは「最初は微小粒子の用途は決まっていなかったのですが、当時研究が盛んだった電子ペーパーのツイストボールとして使えるのではないかと、雑談のつもりで話したら、とんとん拍子で話が進みました。樋口先生や鳥居先生にとって微小粒子を2色にするという発想は新しく、興味を持ってもらえました」と振り返る。

電子ペーパーとは、電気を用いて絵や文字を表示できる紙のように薄い媒体のことである。開発が始まったのは意外に古く1970年代のことだ。白と黒に塗り分け、プラスとマイナスに帯電した微小粒子（ツイストボール）を静電気で反転させ表示する方式によるものだった。ツイストボールを工業生産するのは非常に難しく、開発が進んでいなかった。同社はツイストボールを作るのに役立つアクリル樹脂の製造技術を持っていたこともあり、製品化をめざした開発が始まった。

基盤技術を確立 10年をかけて実用化

まずは2色のツイストボールを作る基盤技術の共同研究が始まった。東京大学の鳥居さんらの研究室へ滝沢さんが通い、当時大学院生でエマルション技術の関連特許の共同発明者である西迫貴志さん（現・東京工業大学准教授）と研究を進めた。研究資金は、研究開発型の中堅企業などが持つ製品構想の実用化に向けて、大学や公的研究機関との共同研究を支援するJSTの制度（当時の独創モデル化事業、2009年度より研究成果最適展開支援事業（A-STEP）に再編）を利用した。

「あれこれ試した結果、T字ではうまくいきませんでしたが、十字のマイクロチャンネルで粒のそろったツイストボールを作ることに成功しました」と滝沢さん。白色と黒色のアクリルモノマーを2相でマイクロチャンネルに流すという方法だ。異なる流路から白黒の溶液を流し込んで交差させるが、お互いに混ざらないので平行に流れる。そこにまた別の流路から水を流し入れると、アクリルは水に溶けないので白黒のアクリルモノマーは混じり合わないままで液滴になる。その後、モノマー同士を化学結合（重合）させると固まり、ツイストボールが得られる（図3）。

工業生産するために必要な量産化技術にも挑み、1枚の基板にたくさんのマイクロチャンネルを設け、さらにその基板を複数つなげた装置を開発した。どうすれば流路が詰まらないか、微小粒子の大きさをそろえられるのか――。多くの課題を解決し、現在では月に200キログラムの製造が見込める。

共同研究を終えると、製品化に向けた研究は同社に引き継がれた。ツイストボールの帯電性（静電気をためる性質）を正確に制御するための材料を検討し、ツイストボールが回転できるようにシートに埋め込む技術、電子ペーパーの解像度を良くするために粒子をさらに細かくする技術なども開発した。そしてついに2008年にツイストボールの事業化が決まった。さらに大日本印刷と共同でツイストボール型電子ペーパーの開発も始まり、2012年に大型広告の用途で実用化された。翌年にはスポーツタイマーや屋外掲示板にも使われるようになった。

ツイストボール型電子ペーパーの強みは、省エネルギーで低コストなことだ。表示中はほとんど電力を消費しない。自然の反射光を利用して表示させるため、屋外の太陽光下でも見やすい上、バックライトも偏光フィルターも必要ないので薄くて軽い。この技術は高く評価され、2015年度化学工学会技術賞を受賞した。

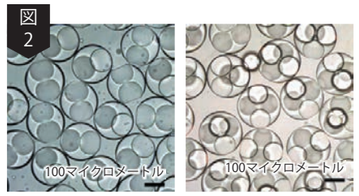
新技術の実用化に 支援が大きな役割

鳥居さんらは共同研究を終えた後も、滝沢さんと情報交換したり相談を受けたりしながら、開発のプロセスを見守っていた。「工学分野では実用化をめざすのがミッションです。開発した技術が電子ペーパーとして製品化に至ったのはうれしいし、綜研化学に感謝しています。私たちは精密機械工学、綜研化学は高分子化学が専門で、分野が違うことが良かったのでしょう。お互いに補い合うことができた学融合の成果でした」と鳥居さんは喜ぶ。

大学発の技術を実用化するには解決すべき問題も多く、どちらかといえば大手や既存の企業は産学連携に積極的ではなく、ベンチャー企業が挑戦することが多い。「綜研化学が実用化に挑んだのは特筆すべきことです。成功したのは綜研化学の努力とともにJSTの制度があったからですね」と鳥居さんは支援の重要性を指摘する。「実用化まで10年かかりましたが、鳥居先生の研究と綜研化学の技術がうまくかみ合ったことで成功できたのだと思います。JSTの制度がなかったら、ここまでたどり着けなかったでしょうね」と滝沢さんも声をそろえる。

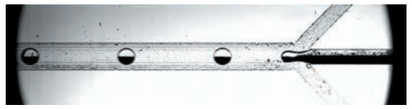
現在、ツイストボールの事業を担当する同社微粉体部次長の山岸雅幸さんはこう付け加えた。「事業化してみて、研究と実用化は別だということを実感しています。ツイストボールによる電子ペーパーを目標に必死に開発してきましたが、ツイストボール以外の新たな技術も登場しました。ツイストボールに優位性があった状況も変わりつつあります」。同社では、省電力や軽量といったツイストボール型電子ペーパーの強みを生かし、さらなる普及をめざすとともに、他の用途への応用も検討しているという。

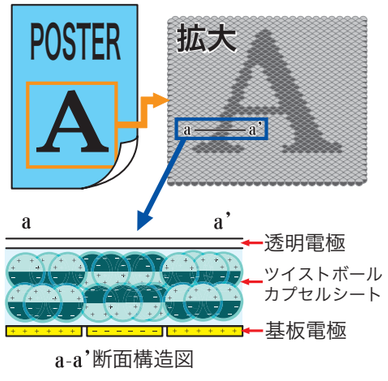
図2



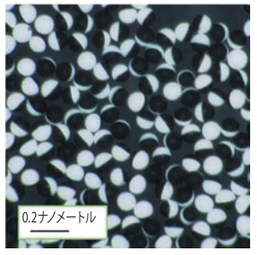
流路の制御により生成される多様な多相エマルション。

図3





a-a'断面構造図



左上：マイクロチャンネルにより2色のツイストボールを作製する様子。右上：作成されたツイストボール。黒い半球がプラスに、白い半球がマイナスに帯電している。左下：ツイストボールによる電子ペーパーの仕組み。基板電極のプラスマイナスを反転させることで、電子ペーパーの表示色を反転させることができる。右下：表紙で鳥居さんが手にしている電子ペーパーの青白を反転させたもの。

開発者の想像を超え 広がる応用先

鳥居さんらの微小液滴生成技術は医薬品やバイオテクノロジーの分野にも応用されている。その1つは、数千個の細胞を1個ずつ調べ、機能の解析や病気の診断をする1細胞計測技術である。細胞を1つずつマイクロプレートの穴に入れて解析する方法もあるが、とても手間がかかる。マイクロチャンネルを使えば、微小液滴に細胞を1個ずつと標識したプライマー（鋳型DNA）を封じ込め、遺伝子を迅速に簡単に解析できるのだ。

さらに、微量のDNAを高感度に測定するデジタルPCRという技術にも微小液滴が使われている。DNAを微細な仕切りの中に分配してPCR反応（DNAを増幅させる反応）を行うことで、目的のDNAの有無を判断する。この仕切りにマイクロチャンネルによる微小液滴生成技術が使われている。

「特許を出願した時には、バイオテクノロジーの分野にまで用途が広がるとは予想していませんでした」と鳥居さん。「いろいろな分野に技術を応用できるのは、特許を出願したからこそで、しかも用途を制限しない広い権利範囲の特許が取得できたのが良かったのだと思います」。

食品サプリメントのマイクロカプセル化や医薬品の開発などへの応用も期待され、ここ数年も海外企業も含め複数の会社にライセンス提供されているという。今後も鳥居さん自身も驚くような応用により、社会に大きく貢献していくに違いない。

研究成果展開事業　JSTフェア2017　検索

国内大学の最先端技術シーズと産業界のマッチングイベント

イノベーション・ジャパン 2017

「イノベーション・ジャパン」（主催：JST、新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、今年で14回目を迎える国内最大規模の産学マッチングイベントである。大学などで生まれた技術シーズの展示約400件に加え、研究者が5分程度で技術を紹介するプレゼンテーション約240件が企画されている。今年は新たに大学単位の「組織展示」を設け、「自動運転」や「IoT（モノのインターネット）」など大学の強みを生かした大型共同研究をめざす。
●開催日：8月31日（木）、9月1日（金）
●会場：東京ビッグサイト 東1・4ホール
●入場料：無料

JSTフェア 2017

2015年から始まったJSTフェア（主催：JST）は今年も「イノベーション・ジャパン」と同時開催される。将来の社会・経済に貢献する基礎研究や産学連携による製品化事例など、200以上のJST発の研究開発成果が一堂に会する。今年の目玉展示は、センター・オブ・イノベーションプログラム（COI）の東京藝術大学拠点が制作したブリューゲルの油彩画「バベルの塔」の3メートルを超える立体複製である。
●開催日：8月31日（木）、9月1日（金）
●会場：東京ビッグサイト 東4ホール
●入場料：無料
●URL：http://www.jst.go.jp/tt/jstfair2017/

東京藝術大学が立体化した「バベルの塔」。JSTフェアで展示される予定である。

大学発ベンチャー表彰 2017 表彰式

「大学発ベンチャー表彰」は、活躍が期待される優れた大学発ベンチャーや、特にその成長に寄与した大学や企業などを表彰する。4回目を迎える今年は、経営者が40歳未満かつ設立後3年以内の企業を対象に新設した「アーリーエッジ賞」など6つの賞が贈られる。
●開催日：8月31日（木）14:30～16:15
●会場：東京ビッグサイト 東1ホール セミナー会場
●入場料：無料
●URL：http://www.jst.go.jp/aas/

画像提供：鳥居徹、綜研化学／TEXT：佐藤成美、産学連携展開部・イノベーション拠点推進部・産学共同開発部起業支援室（p11コラム）／PHOTO：田中章雅（p9、p11図3右下）、浅賀俊一（p10）／イラスト：丹治美佐子／編集協力：野口尚志（知的財産マネジメント推進部）