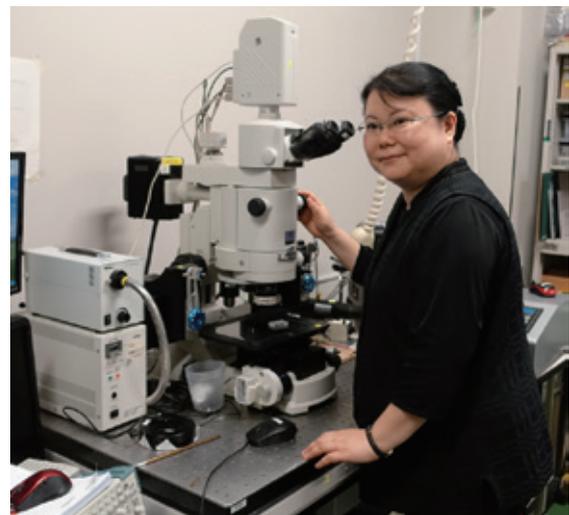


ナイスステップな研究者から見た変化の新潮流

# 九州大学工学研究院機械工学部門流体医工学研究室 山西 陽子 教授インタビュー

聞き手：科学技術予測センター 上席研究官 相馬 りか、特別研究員 蒲生 秀典、矢野 幸子

当研究所が「ナイスステップな研究者 2015」に選定した山西陽子氏は、ガラスの毛細管のマイクロ空間内に発生させた放電の爆発的なパワーによって液中に指向性を有する高速気泡列が発射される現象を発見し、それを活用した「針なし気泡注射器」を考案した(図表)。これは、発射された気泡がはじける力で細胞に微細な穴を開け、気泡界面に付着した状態で試薬がその穴から細胞内に注入されるというインジェクション技術であると同時に、穿孔径約5 $\mu\text{m}$ (ウシ卵母細胞を対象とした場合)で穴を開けることができる穿孔技術としても活用できる。また、山西氏が開発し、発展させたインジェクション技術は、固相・液相など幅広い物性の気液界面付着が可能であり、将来的には穿孔・試薬インジェクションだけでなく、気泡の気液界面の反応性利用技術、気泡の収縮性を利用したタンパク質結晶を生み出す新しい再構成技術としての活用も期待されている。このように、山西氏は現在、マイクロ、ナノレベルのものづくり分野の研究者として活躍しているが、最初は石炭燃焼や流体力学といった、現在の研究とは一見離れた分野から研究者としてのスタートを切り、何回か研究の場を変えながら成果を出してきた。芝

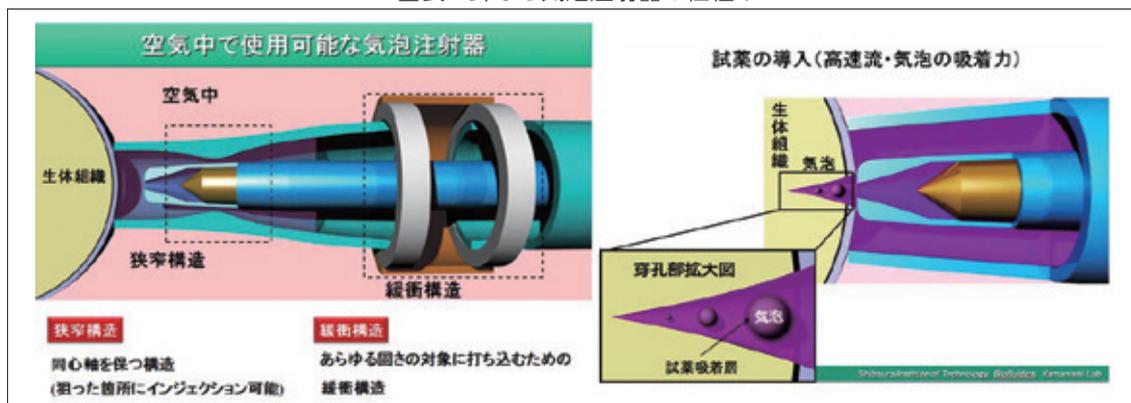


山西 陽子 九州大学 教授

浦工業大学から九州大学に移って新たな研究室を立ち上げたばかりの山西氏の研究とキャリアパスのダイナミックな変遷を中心にお話を伺った。

— 先生は国内で大学を卒業後、すぐにインペリアル・カレッジ・ロンドンの大学院へ進学されたのですか？

図表 針なし気泡注射器の仕組み



出典：九州大学 山西陽子教授御提供資料

大学の卒業研究も海外で行いました。海外留学は大学1年生の頃から憧れていて、指導教員のついで卒業研究を英国のサリー大学で行う機会が得られ、そこでは非常に楽しく、集中して実験することができたので、大学院も海外の大学院に進学したいと思いました。運良くインペリアル・カレッジ・ロンドンの大学院を受験することができ、合格通知を受け取ると、すぐにロンドンへ行きました。

— ロンドンでの研究生生活はどのような状況でしたか？

晴れて大学院生となったものの、最初の1年間はなかなか思うような成果を出すことはできませんでした。

大学院生には、自分の研究を行うだけでなく、プロジェクトを円滑に進める研究補助員、スタッフとしての活動も求められていました。言わば研究室のマネジメントのサポートをしなければならず、サリー大学では英語に支障はなかったのですが、教授から見れば研究室の仕事を任せることができないという状態だったのだと思います。

英国でPh.D. 候補生となるためには、大学院に進学するだけでなく入学から18か月後に行われる試験で研究計画のプレゼンテーションを行い、合格しなければなりません。それまでは研究者としての資質を試されるための期間と言えるでしょうか。サリー大学では卒業研究ということもあり、実験結果が出るたびに次に行うべきことについては先生からアドバイスを頂いていました。しかし、Ph.D. 候補生に対しては、研究の自由度が非常に大きく、自分で道を切り開くことが求められていました。言い換えると「自由すぎて厳しい」という状態で、試験に合格する自信は全くありませんでした。

試験が近づいた頃、教授が“Joule Thermo”という、原子力に頼らない持続可能なエネルギーに関する研究のEUプロジェクトに採択されました。これはヨーロッパ技術開発ジョイントチームで3年半にわたって研究を行うというもので、私はこのプロジェクトのメンバーとして研究をすることになりました。今まで自分が思っていたこととは少し内容が異なりましたが、教室1個分くらいの大きさの装置を駆使し、湿った質の悪い石炭燃焼（微粉炭）の効率を上げるための複雑な燃焼形態を計測する独自の光学的熱流体計測機器を生み出すといった、非常に面白い研究ができそうでした。試験にも合格することができ、Ph.D. 候補生となってからは大型装置と格闘し、一生懸命に研究に取り組みました。

Ph.D. の審査では、あらかじめ1か月くらいかけて論文を読み込んできた外部の審査官2、3人から数時間にわたる口頭試験を受け、2003年7月に合格しました。最初から6年半かかりました。試験に先立ち、指導教員とタフな口頭試問に備えた議論を繰り返し、安心して試験に臨むことができました。

— 帰国されてから母校で教鞭をとった後、東北大学に移られました。東北大学では、今までの研究内容とは大きく異なる、小さなロボットの研究に取り組みましたが、これはどのような経緯だったのでしょうか？

2003年に学位を取得した後、2004年の4月に任期付の特任講師として母校の芝浦工業大学に就任しました。ここでは力学の講義や学生実験を担当し、教育歴を積むことができました。これまで教育歴がなかったので非常に貴重な経験でした。

任期のあるポジションだったのでその間国内で就職活動をしたのですが、留学中に日本の学会でほとんど発表をしていなかったために知名度が低く、業績も少なかったため非常に不利でした。また、当時は熱流体や石炭燃焼といった分野自体への注目度も余り高くありませんでした。不安な日々を過ごすうち、思い切って新しい分野の研究をしてみよう、自分で一から技術を手につけて業績を稼げる分野に移った方がよいのではないかと思うようになったのです。

以前から、微小な場での流れに興味があり、学会でマイクロ流路の発表を聞いて非常に面白いと思っていました。ちょうどその頃東北大学のバイオリボティクス専攻でマイクロ流路関係のポスドクを募集していたのでこれに応募したところ採用されました。そこで2008年、特任講師からポスドクにくら替えしたわけです。

東北大学では、バイオリボティクス専攻の新井史人先生（現：名古屋大学大学院工学研究科マイクロ・ナノシステム工学専攻・機械理工学専攻）の研究室で「マイクロ磁気ロボット」の研究に取り組みました。マイクロチップ上に作られた髪の毛1本程度の流路の中を流れていく細胞に対して、切ったり、核を取り出したり、流路の分岐で流れる方向を指定したりといった操作をする小さなロボットを作るというものです。実際に操作の対象としていたのは直径100～150μmほどのウシの卵母細胞で、顕微鏡下で卵子の核を取って新しい核を入れるという畜産分野では重要でかつ熟練の技を要する作業をロボット化するというプロジェクトでした。このプロジェクトには東北大学のほか、農業・食品産業技

術総合研究機構畜産草地研究所、産業技術総合研究所、川崎重工業株式会社、富士平工業株式会社、大阪大学などが共同で取り組んでいました。作業には東北大学マイクロシステム融合研究開発センターの江刺正喜先生の研究室の大きなクリーンルームを使わせていただき、親切な先輩や後輩に助けられて、新しいことを思いついたらクリーンルームに走っていき、朝から晩までずっとこもってマイクロロボットを作るということもありました。顕微鏡の下に広がる世界は実際に手で触れる世界とは異なる箱庭のようで、その中で作業ができるということがとても新鮮でした。こうして出来上がったロボットが思ったとおりに動作したときにはものすごくうれしかったです。もちろん大変なこともありましたが。ロボットの機能を検証するためにはどうしても生きた細胞が大量に必要になります。しかし工学部出身だったので、細胞の取扱いの知識は全くありませんでした。農学部の先生から必要な装置や操作を一から教えていただき、食肉用のウシの卵子を分けていただいてインキュベーターで育てられるようになるまで1-2か月くらいかかりました。慣れない作業ばかりでしたが、当時はほかにもバイオサイエンスの技術を新しく学んでいる工学系のポスドクがおり、異分野を初めて体験する仲間がいたのは心強かったです。こうして研究以外のことは何も考えず、24時間研究に打ち込むことができました。

東北大学で研究を始めてから、マイクロ・ナノ分野の学会、マイクロロボットの分野の学会に出るようになりました。これまでは、理論や計算によって新しいセオリーを描くというスタイルの研究でしたが、この分野は新しいものを作ってそれを論文にするという全く異なる世界で、学会でのディスカッションの盛り上がり方も今までとは違い、だんだん研究が楽しくなりました。

新井先生は非常に指導力のある先生で、論文の書き方はもちろん、戦略的に研究を進めるにはこうすればいいんだというロールモデルとしても多くを学びました。まず研究結果で特許を書くように言われましたが、当時私は特許の書き方は全く知らず、マニュアルを見ながら書きました。論文を執筆するのとは異なり、特許では「請求項」、「実施例」を書く必要があります。これを考えることで、どうすれば研究成果が「生きる技術」になるかを明確にすることができました。実社会で役に立つ、目に見える技術へのこだわりはここで培われました。論文についても徐々に競争率の高いところに投稿して掲載されるようになりました。研究の進め方についての新井先生の方針は、開発した技術を水平展開するのでは

なく、機能をシフトして違う次元で使えるツールを開発するというもので、マイクロ磁気ロボットではこうして共同研究者とともに多くの特許や20本近くの論文の成果を出すことができました。東北大学では研究対象とキャリアが大きく変わっただけでなく、優秀な指導者の下、研究への考え方が変わり、自分自身が大きく成長した時期でした。

— 次には JST 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」に採択され、名古屋大学に移られました。

学会発表を重ねるうち、まず文部科学省科学研究費補助金に採択されるようになりました。JST 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」（以下さきがけ）にも2回目の応募で2009年から「ナノ電気メスによる高精度細胞センシング・加工システム」という内容で採択されました。

ところが、さきがけの3年半の研究期間のうち、最初の2-3年間はほとんど研究成果が出ませんでした。そもそもさきがけのような大型の予算の使い方がよく分かりませんでした。2010年には東北大学から名古屋大学に移ったこともあり、様々な研究機器が必要ではあったのですが、ある程度研究結果が出ないと何が必要なのか分からず、研究内容と研究機器をうまくリンクさせ、計画どおりに研究を進める自信はなく、1年ほど研究の進行が遅れてしまいました。

さきがけでは、公募で採択された研究者たちと研究総括や関連する分野のアドバイザーで構成される「領域会議」が期間中何回か開催されます。なかなか結果が出なかったために、この会議でアドバイザーの先生方から心配され、バイオ、ロボット、化学など様々な分野の先生方、研究者の仲間から多くの助言を頂きました。結果的には最後の半年に加速度的に研究が進みました。今まで想定していなかったタンパク質結晶化への応用についてもアドバイスを頂きました。針なし気泡注射器に應用されたマイクロ流体のインジェクション技術を利用し、収縮していく気泡を利用してタンパク質の結晶を作るといったものです。この内容で2回目のさきがけに応募して採択されました。さきがけがなかったらこの技術はなかったと思います。

— 名古屋大学から芝浦工業大学へ、そしてさらに九州大学に移られて変わったことは？

名古屋大学へは東北大学の研究室全体で移動してきたので、准教授にはなりましたが自分で独立して

研究を行っている気分ではありませんでした。研究を進めるうち、自分で研究室を運営してみたいという気分がむくむくと湧いてきて、このままずっと名古屋で研究を続けていけるとは思っていませんでした。2013年に芝浦工業大学に移り、独立して研究室を持ち、自分で学生の面倒を見ることができるようになりました。

2015年には日本国内の様々なところで講演をする機会があり、九州への縁ができました。九州大学には医学部があります。これまでの研究成果を実際に人の役に立つものにするために、医学部と共同研究ができることは非常に魅力的でした。そこで、2016年の4月から、九州大学での研究をスタートさせることになりました。

#### — 研究者としてスタートした頃の経験は今のよ うに生きているのでしょうか？

英国での6年半の間に、まず英語で議論する力をつけることができ、それは今でも続いています。しかしもっと重要なのは、悩む体力、どん底でも何かを見付けるといふ、言わば「ひらきなおれる精神力」がついたことでしょうか。物事の考え方の基本も学びました。自分にとって大切なことは研究であり世に役立つ技術を生み出すことである、という観点はそのとき出来上がりました。

マイクロロボットとロンドン時代の研究内容とは異なるものですが、針なし気泡注射器は微小空間内の気泡の高速発射現象を利用したものであり、結果的に流体の研究に少しずつ戻ってくることになりました。また、ビジターとしてかつて日本からインペリアル・カレッジ・ロンドンに来ていた先生方が私のことを覚えていてくださったおかげで、思いも寄らないことに以前の研究分野の人脈ともつながりました。さらに、最近では衝撃波や熱流体といった分野からも昔の研究とつながっていることを実感しています。これまでに、ロボット、マイクロ・ナノ、電気、熱流体など様々な分野の多くの研究者と知り合うことができ、研究の輪が広がっていることを感じます。

#### — 最後に、女性研究者へメッセージはありますか？

現在、日本機械学会のレディースアソシエーションLAJ（女性エンジニア交流会）のメンバーとして、女子中学・高等学校での出前授業などの活動を行っています。私自身は、女性であることを特に意識せずにここまで歩んできたのですが、女性だからこそオンリーワンの技術、何か変わったことを目指してほしいと思います。しがらみにとられることなく、自由気ままに独自性を出して存在価値を上げていくのがよいのではないのでしょうか。工学部は男性が多いですが、その中で自分の独自色を出している女性研究者は多いと思います。

#### インタビューを終えて

芝浦工業大学豊洲キャンパスの程近くに各種イベント会場として有名な東京国際展示場がある。ここではセンサ技術や医療機器、ロボット、マイクロ・ナノ技術、といった様々なテーマで国内外のメーカーや研究機関が一堂に会する見本市がほぼ毎月のように開催されている。山西氏はこの会場に足しげく通い、「わくわくするような技術で宝の山のように」と最先端の技術を見付けては自身の研究に取り込むこともあるという。自動車、時計、電子部品等を扱う精密機械工場を営む実家で、小さなモノが持つ価値や研究開発の重要性を幼い頃から目の当たりにしてきたことも、現在の社会で役に立つ技術へのこだわりと小さなモノへの思い入れの源泉となっているのであろうか。

なお、「針なし気泡注射器」の製作は難易度が高く熟練を要する技術であるため、現在、同じ機能を実現できる微細加工技術を利用した超小型の集積デバイスを開発中とのこと、また「針なし気泡注射器」で用いられている放電技術はプラズマ医療として近年注目されており、今後の展開が期待される。