

# ImPACT

NEWS  
LETTER

Vol. 5 | Mar. 2016

## ■ contents ■

[プログラムの新たな展開]  
目標に向けて、着実な一歩を———02

[連載第5回]  
プログラム・マネージャー紹介———08

藤田玲子 PM

宮田令子 PM

# 目標に向けて、着実な一歩を

佐橋PM、合田PM、田所PMのプログラムからの新たな成果をお伝えします。  
 プログラムのスタート時には、まだアイデア段階だったものが、  
 プロジェクトメンバーの熱意と努力によって確かな形となりました。  
 これらの成果は研究者にとっては、大きな成功体験であり、  
 各PMが目指す非連続イノベーションの実現に向けての着実な一歩です。  
 本コーナーでは、その他プログラムの最新動向についてご紹介します。

## 佐橋PM

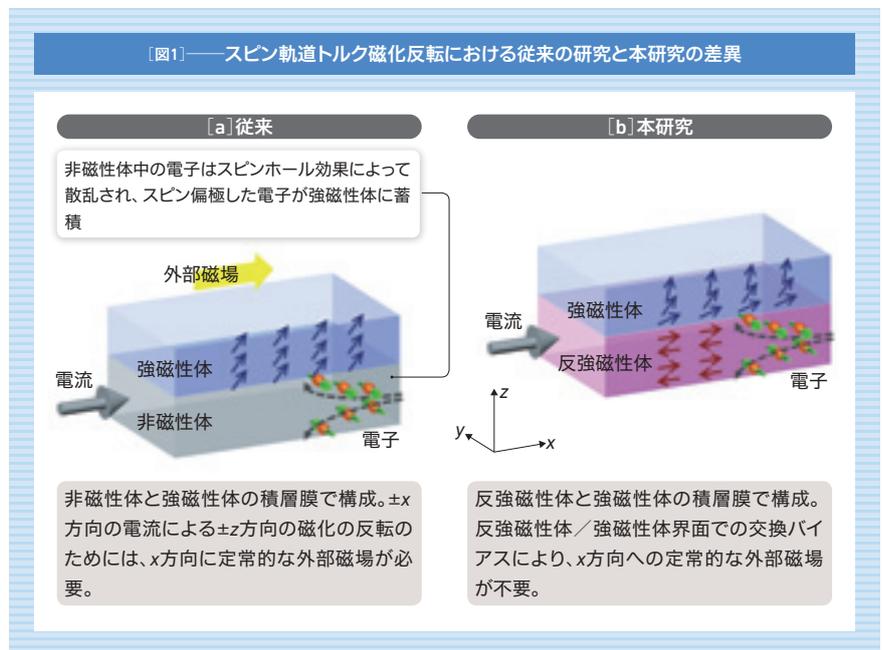
### ImPACT佐橋プログラムに新たな進展

——IoT社会の基盤構築に向けた高性能・低消費電力集積回路の実現に道筋——

「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」を目指す佐橋プログラムの柱の一つである大野スピントロニクス集積回路プロジェクト(PL: 東北大学 大野英男教授)が、反強磁性体においてもスピントール効果が発現されることを見出し、強磁性体との交換バイアスを巧みに利用することによって「高速動作に優れるスピントール磁化反転を無磁場で動作実証」することに成功しました。この成果は、これまでの高速化の壁を破る可能性を示すもので、高性能・低消費電力集積回路の実現に道筋をつけるものです。ここでは、実際に研究開発を推進しておられる東北大学准教授の深見俊輔先生と大野英男教授に、この度の研究について紹介頂くことにしました。尚、本成果については、2月にプレスリリースが行われ、日経産業新聞等に掲載されています。

**反強磁性体を用いたスピントール磁化反転動作実証とその集積回路応用**  
 東北大学省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター 深見俊輔、大野英男

私たちはImPACT佐橋プログラム「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」のもと、安心安全省エネIoT(Internet of Things)社会の基盤構築を目指して「スピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステム」プロジェク



トを進めています。ここでは当プロジェクトの概要を簡単に説明した後、高性能・低消費電力集積回路の実現を目指して私たちが行っているスピントロニクス素子の研究開発で得られた最近の成果を紹介します。

現在の情報インフラは、情報処理端末が取得した情報をいったんインターネット上のサーバーに上げて集中的に処理するクラウド方式が採用されていますが、この方法ではこの先の発展には限界があります。現在の端末は消費電力が大きく定期的な電池交換が必要なことからその適用範囲は限られ、また端末とクラウドでの通信容量にも限

度があるためです。従って将来の本格的なIoT社会を支えるためには端末と方式の両者において抜本的な解決策が必要です。

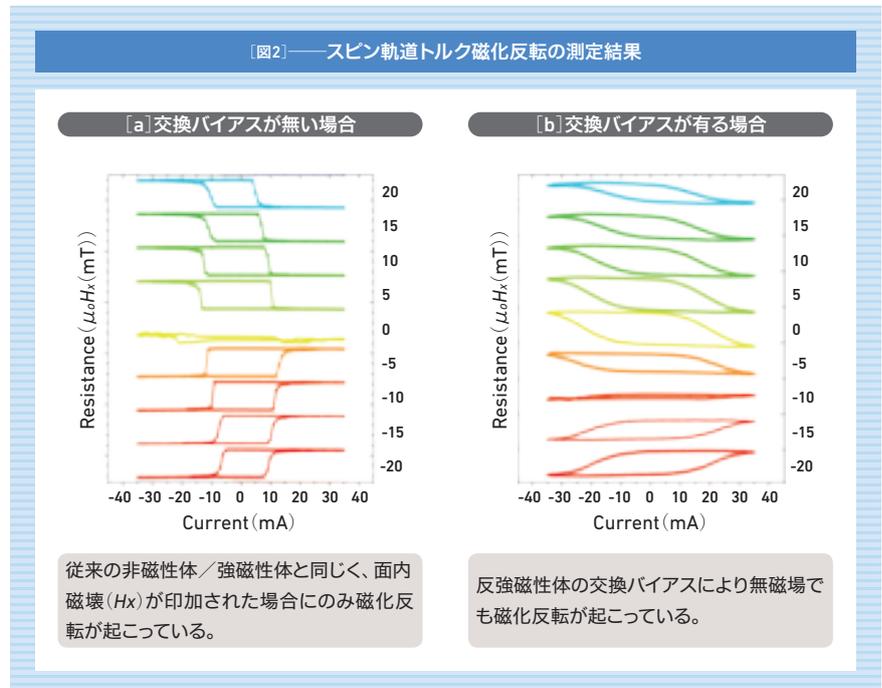
私たちのプロジェクトでは、スピントロニクス技術を用いてエネルギーハーベスティングで駆動するメンテナンスフリーの超低消費電力マイコンを世界に先駆けて開発し、この課題への解を与えることを目指しています。スピントロニクス素子は高速、かつ無限回の情報の書き換えが可能であり、また記憶した情報を不揮発に保持できることから待機電力を実質的にゼロにできます。これらの性質を利用した電池交換不要、

かつ高性能なマイコンを社会のいたるところに分散させて端末間でもローカルに情報を処理させることによってクラウドに上げる情報を最小限にでき、結果として身の回りの膨大な情報をリアルタイムで柔軟に活用できる利便性の高いIoT社会を構築できる、というのが我々の描くビジョンです。このようなマイコンを実現するためには、材料・素子・回路・集積化技術のすべてにおいて飛躍的な革新が求められ、これが私たちのミッションです。

上述のような高性能・低消費電力スピントロニクス集積回路を実現する上で鍵となる技術の一つに、いかにして低電流(または電圧)で高速にスピントロニクス素子の磁化方向を反転して情報を書き込むか、ということが挙げられます。磁化反転速度は単位時間で処理できる情報量に直結します。また磁化反転に要する電流は回路の集積度や動作時の消費電力を決めます。すなわち、低消費電力で高性能な集積回路を実現するためには、低電流で高速に磁化を反転する手法が求められます。

最近、新しい磁化反転手法として「スピン軌道トルク磁化反転」が注目され、国内外で盛んな研究が行われています。スピン軌道トルク磁化反転とは、非磁性重金属と強磁性体からなる積層膜の膜面内方向に電流を流したときに、強磁性体の磁化にトルク(スピン軌道トルク)が働いて反転する現象です。トルクの起源は現時点では完全には明らかになっていませんが、例えば非磁性重金属内でのスピンホール効果などのスピン・軌道相互作用に由来する現象が関係していると考えられています。スピン軌道トルク磁化反転は原理的にはナノ秒の時間スケールにおいても比較的小さな電流密度で実現できることから、高性能集積回路用途のスピントロニクス素子の磁化反転方式の有力な候補と言えます。

上述の通りスピン軌道トルク磁化反転は、従来の磁化反転方式にはないいくつかの優れた特性が期待できますが、



実用化を阻む大きな壁があります。それは、磁化反転に外部磁場が必要であるという性質です。図1(a)から分かるように、スピン軌道トルク磁化反転においては、強磁性体中の垂直(z)方向の磁化に対して、面内(y)方向に偏極したスピンを有する電子が作用しますが、これだけでは垂直方向での磁化反転は起こりません。電流符号に応じて磁化を垂直方向で反転させるためには電流と平行(x)方向に定常的な外部磁場を印加しなければならず、これが応用上の懸案でした。

今回我々はこの課題の解決を目指し、反強磁性体を用いた積層膜におけるスピン軌道トルク磁化反転を調べました(図1(b))。反強磁性体とは、物質内部において磁気モーメントが互い違いの方向を向き、全体としては磁化を持たない物質を指します。反強磁性体と強磁性体を積層させ磁場中で熱処理を行うと、その界面に交換バイアスという強磁性体の磁化を一方向に向きやすくする性質が現れることが知られており、この技術はハードディスクドライブの読み取りヘッド等に利用されています。これまで前述のスピンホール効果の研究対象は白金(Pt)やタンタル(Ta)などの非磁性体に限られていましたが、もし

反強磁性体においてもスピンホール効果が発現されれば、交換バイアスによって無磁場でのスピン軌道トルク磁化反転が実現でき、応用上の課題を解決できます。

本研究では反強磁性層には白金マンガン(PtMn)合金を、強磁性層にはコバルトニッケル(Co/Ni)積層膜を採用し、スパッタリング法によりシリコン基板上に堆積した積層膜を微細加工技術により素子に加工し、最後に磁場中熱処理を行うことで試料を作製しました。スピン軌道トルク磁化反転特性の評価は、室温においてははじめに素子に電流を導入して磁化反転を誘起し、続いて強磁性層の垂直方向の磁化成分を反映する異常ホール抵抗を測定することで行いました。

図2に異常ホール抵抗の印加電流依存性の測定結果を示します。PtMnはある膜厚以上のときに交換バイアスが発現される性質を有し、本研究では膜厚を変えることで交換バイアスが無い試料(図2(a))と有る試料(図2(b))のそれぞれについて測定を行いました。また測定の際は様々な大きさの面内(x)方向の磁場を印加しました。図から分かるように交換バイアスが有る場合において、期待通りに磁化反転に伴う異

常ホール抵抗の変化が無磁場で観測されています。磁化反転に要した電流密度は $10^{10}\text{A/m}^2$ 台であり、これは信頼性の点でも低電力動作の点でも問題ない大きさと考えられます。また交換バイアスの無い場合、有る場合のいずれも、磁化反転(抵抗変化)の方向と電流符号の関係が外部磁場によって変化しており、これはスピン軌道トルクが磁化反転に支配的に寄与していることを意味しています。電流が誘起するスピン軌道トルクを定量的に評価したところ、今回用いたPtMnは従来のPtやTaなどと同等の大きさのトルクを発現していることが明らかになりました。

このように本研究によって、反強磁性体を用いることで無磁場中でのスピン軌道トルク磁化反転が可能であることが明らかになりました。前述の通りスピン軌道トルク磁化反転をスピントロニクス素子の情報の書き込み方法に

用いると、超高速での情報の書き換えが可能となり、省エネルギー性に優れ、かつ処理能力の高い集積回路、マイコンを実現できます。このことから今回の研究成果はスピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステムの実現の道を切り開くものと考えられます。またより学術的な観点では、反強磁性体におけるスピンホール効果の発現自体が興味深いものと言えます。強磁性体における異常ホール効果や非磁性体におけるスピンホール効果などのスピニンに依存した電子の輸送現象はこれまでの研究でよく調べられていましたが、反強磁性体内における電子の運動、及びその結果としてマクロに観測される輸送特性についてはまだ十分に調べられていません。このようなことから、本研究は一般的な磁気輸送現象の物理的理解を促進する上でも重要な情報を与えるものと考えられます。

今後は集積回路応用を見据えて材料・素子技術の開発をより一層加速し、ナノスケールの極微細素子を用いたナノ秒電流パルスでの評価を通して、特性の向上に取り組んでいく予定です。また本研究とは別に、最近私たちのグループでは既存の方式とは異なる新方式のスピン軌道トルク磁化反転の動作実証にも成功しており、ここでも超高速での磁化反転など集積回路応用に適した特性が確認されています。スピン軌道トルク磁化反転技術はここ数年の国内外での研究により飛躍的に発展し、今まさに応用への道が開けつつあります。私たちはImPACT佐橋プログラムにおいて材料・素子から回路・集積化技術までを世界に先駆けてパッケージとして開発し、情報インフラのパラダイムシフトとその先にある利便性の高いIoT社会の実現に寄与できるよう取り組んで参ります。

合田PM

### 世界最高速の広帯域ラマン分光法の開発 東京大学大学院理学系研究科 井手口拓郎

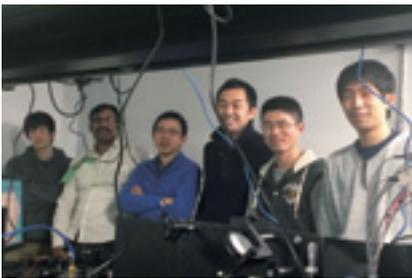


写真1▶若い学生中心のチームメンバー

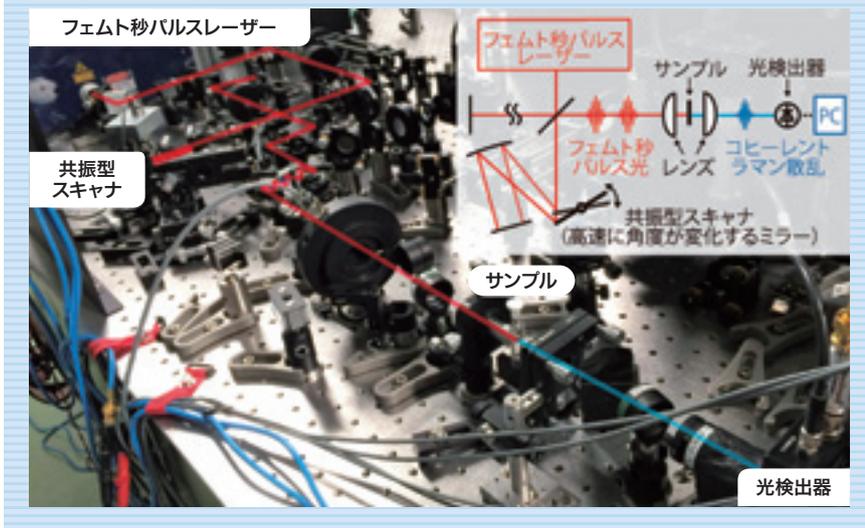
私の研究チームは、合田プログラムで開発しているセレンディピター(膨大な数の細胞集団から希少な単一細胞を迅速かつ正確に取り出して解析する装置)の細胞計測部分に搭載する技術を開発しています。複数のチームが各々独自の計測手法を開発する中、私のチームでは広帯域ラマン分光による迅速かつ正確な単一細胞評価の実現を目指しています。研究

開発がスタートしてから1年強が経ったこのほど、世界最高速の広帯域ラマン分光法を開発したことを発表しました(<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20160215/index.html>)。研究開発スタート時には私の頭の中に構想があるのみで、実験室には文字通り何も無い状態でしたが、実験設備を買い揃えるところからスタートして僅か1年で今回の成果を挙げられた背景には、チームメンバーとして研究を共に進めてくれた学生たちの若い力が不可欠でした(写真1)。ここでは、開発の背景、成果の内容と今後の展開について紹介いたします。

細胞などのバイオサンプルの計測には蛍光を用いることが一般的です。しかしながら、バイオサンプル自体が蛍光を発するものは少ないため、蛍光ブ

ローブと呼ばれるたんぱく質や高分子などをサンプル内のターゲット分子にラベルすることを行います。蛍光プローブは計測するサンプルにとっては外から加えられた異物であり、サンプルの真の姿を計測しようとする際には邪魔者となるため、計測の目的によっては好ましいものではありません。また、蛍光プローブは細胞毒性を持っていることが多く、医療への利用には不向きです。そこで、蛍光計測が向かない用途に対しては、蛍光プローブを必要としないラベルフリーの計測手法を用いる必要があります。本プログラムでは、選別した希少細胞を用いた再生医療などもターゲットの一つですので、ラベルフリー計測手法による細胞評価が望まれています。

【写真2】—— 開発したコヒーレントラマンフーリエ分光法の実験系



ラマン分光法は分子の振動周波数を光により計測する手法です。分子は複数の原子が結合して構成されており、原子同士はばねで繋がれているかのように振動します。各々の結合は固有の周波数で振動するため、分子がどのような周波数で振動しているのかを計測することは分子の種類を同定することを意味します。光を分子に当てると、入射光に対して分子振動の周波数だけ周波数が変化した光が散乱されます。これがラマン散乱であり、この現象を利用した分光をラマン分光と呼びます。分子振動は分子に内在する特性なので、ラマン分光はラベルフリーの計測手法です。

しかしながら、ラマン散乱は極めて発生確率の低い現象であるため信号強度が微弱であり、計測に長い時間積算が必要です。そのため、高速な計測には不向きな技術です。本プログラムのセレンディピターに要求されるのは、単位時間に多くの計測を行う高スループット性能ですので、従来型のラマン分光は不適合技術でした。そのような状況の中、近年、超短パルスレーザーを用いて微弱なラマン信号を非線形光学過程により増強するコヒーレントラマン分光という技術が発展してきました。この技術を使うことで、計測に要する積算時間が劇的に短くなり、高速計測

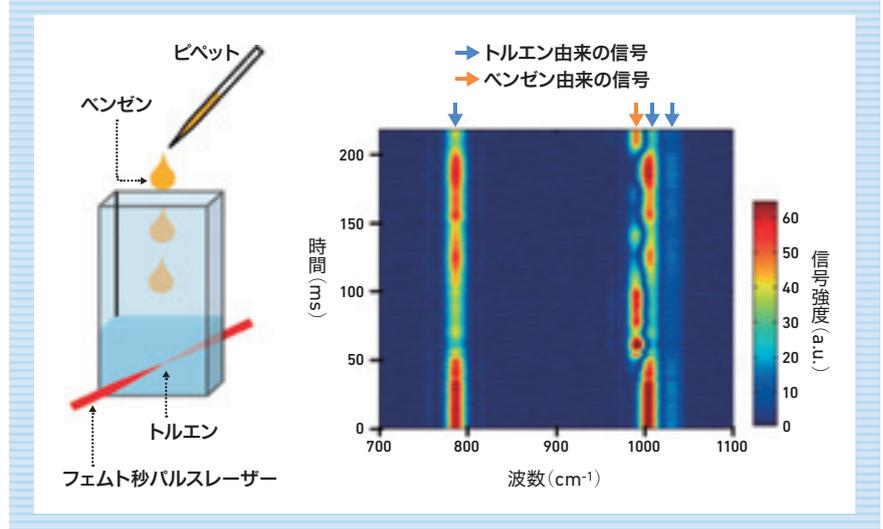
が可能となってきました。たくさんの分子振動の周波数を一度に計測する広帯域計測においては、1ミリ秒で1スペクトルの計測ができる技術が最高速度でした。

今回、私のチームは約40マイクロ秒で1スペクトルを計測する技術の開発に成功しました。これはこれまでの最高速度よりも20倍以上速い結果です。高速性能実現のポイントは、フーリエ分光と呼ばれる手法を利用したことにあります。これまでの最高速度であったコヒーレントラマン分光では広帯域のスペクトルを取得するために分光器を用いていますが、分光器に付随する検

出器アレイの読み出し速度が計測速度を制限していました。一方、フーリエ分光では検出器アレイを用いずに、より高速動作が可能である単一の検出器で広帯域計測を行うため、高速化の可能性があります。しかしながら、従来のフーリエ分光法では干渉計の遅延線のスキャン速度が計測速度を制限していました。我々は共振型スキャナを用いた高速スキャン遅延線によるコヒーレントラマンフーリエ分光法を開発し、世界最高速の性能を実現しました(写真2)。この手法の原理検証として、有機溶媒の混合ダイナミクスを40マイクロ秒の時間分解能で計測することに成功しました(図1)。

現在、細胞を迅速かつ正確に計測するシステムの構築に向け、開発した手法の感度改善を行っています。その後、本プログラムの別のチームで開発中の技術との統合を行います。マイクロ管路内で細胞を一列に整列させる技術、計測で得たデータを素早く解析して細胞特性の判断を行う情報処理技術、さらにはマイクロ管路中で細胞の分取を行う技術などとの統合を行います。ラベルフリー計測により非侵襲的に希少な細胞を分取する装置の実現を目指して、今後も研究開発を精力的に進めていきます。

【図1】—— 有機溶媒(トルエンとベンゼン)の混合の様子を計測したラマンスペクトルの時間変化



田所PM

多自由度で大把持力50kgf以上を両立する多指ハンドを開発

——災害現場から産業分野まで、タフ環境で性能を発揮——

並木精密宝石(株)の中村一也統括マネージャと岐阜大学毛利哲也准教授のグループは、小型で多自由度でありながら、50kgf以上の把持力を発生でき、さらに、消費電力ゼロで50kgfの保持力を維持できる多指ハンドを開発することに成功しました。そのコアとなる技術は、超小型無通電ロック機構付高出力アクチュエータ、および指ユニット型小型高効率リンク機構にあります。これによって、災害現場、工事現場、工場作業で求められる、細かい力作業や把持時の省電力を可能としました。

ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジは、災害の予防・緊急対応・復旧、人命救助、人道貢献のためのロボットに必要不可欠な「タフで、へこたれない」さまざまな技術を創りだし、防災における社会的イノベーションとともに、新事業創出による産業的イノベーションを興すことを目的として、研究開発を推進しています。

これまで世界中で数多くのロボット多指ハンドが開発され、商品化されてきましたが、その多くは器用な作業はこなせるものの、把持力があまりにも小さく、タフな用途では実用にならないものばかりでした。この多指ハンドは、この限界を新しい発想によって打ち破った非連続イノベーションであり、大き

な把持力で器用な作業を可能にすることから、災害現場(福島第一原発など)はもとより、産業用(自動車製造、建設現場など)としても、広い適用先が期待されます。

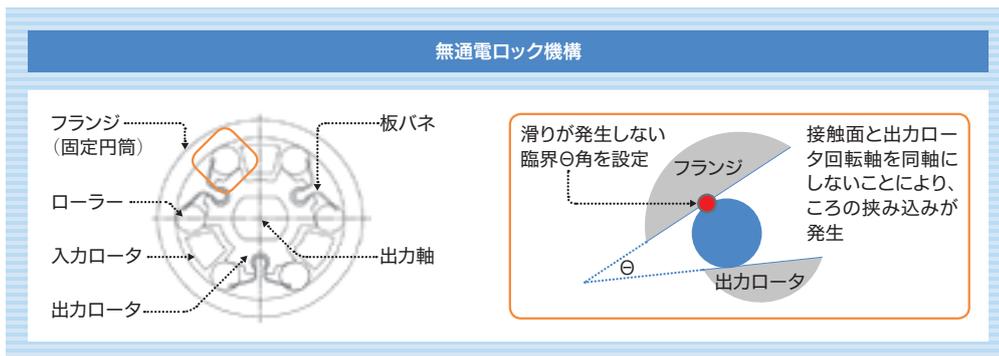
無通電時の一般的な電磁モータでは、出力軸に外力(回転モーメント)が加わった場合、容易に回転してしまいます。この外力に抗って回転しないように姿勢を維持するためには、相応の電力をモータに通電する必要があります。今回、開発に成功した無通電ロック機構は、モータが無通電の状態でも出力軸に外力が加わった場合でも機械的なロック機構により出力軸は回転しない機構です。一般的に、モータの出力軸をロックする無通電の機構としては、ワンウェイクラッチ機構やウォームギヤ機構などがありますが、機構が複雑で大型化してしまいます。この新しいロック機構は、独自技術により小型・省部品を実現でき、直径φ12mmの多段遊星歯車型減速機と一体化することに成功しました。また、高強度希土類磁石(既開発品)、高占積率コイル仕様、低うず電流損構造などの採用により、PWR[出力(W)/重量(g)] = 0.33W/gを達成しました。

この無通電ロック機構付高出力電磁モータを使い、小型高効率リンク機構

により伝達する方式の、4本の3関節指を持つハンドを試作し、最大長さ(全開時):328mm、最大幅(全開時):340mm、総重量:1,992g、指先力125N/指以上を達成しました。また、56.1kg(土囊+グリップボール)の重量物の無通電保持を実現することができました。

ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジでは、この画期的なハンドの要素技術をシステムインテグレーションすることによって、脚型ロボットのポディー重量を把持によって支えながらプラットフォームの垂直梯子を移動したり、大型工具を使った重作業を行いながら、同時に細かい精密作業を行うなど、災害現場で必要なタフな要求や、相反する厳しい要求を同時に満足させることにより、これまでの限界を超えた成果へと発展させていく予定です。

このハンドの要素技術は産業用として大きな波及効果を含んでいます。たとえば、自動車部品の組み立てに必要な数kgの部品を把持しながら、同時に細かい組み立て作業をも可能にするなど、これまで困難とされてきた現場からのタフな要求に応える可能性を秘めた成果です。今後、災害用はもとより、産業用としての事業展開を図ることが計画されています。



▶開発した多指ハンド

合田プログラムでは、チーム間の「協働」と「競争」を徹底し、また、フラットな人間関係を築かせることで超異分野融合を促すマネジメントにより、研究開発スピードの最大化を図ってきましたが、この度、研究開発者を奨励し、プログラムをさらに活性化する目的で、ImPACT賞を設立しました。ImPACT賞には、①素晴らしい研究開発成果を出したチームに与えられるImPACT Serendipity Research Excellence Award、②プロジェクト運営で素晴らしいリーダーシップを発揮したプロジェクト・リーダー(PL)に与えられるImPACT Serendipity Distinguished Leadership Award、③セレンディピティを引き起こした研究開発者(個人)に与えられるImPACT Serendipiter Awardという3つの賞があり、

PM、PM補佐、PL等による厳選の結果、以下の通り、各賞の第1回受賞チーム・受賞者が決まりました。3月のプロジェクト会議の中で、表彰式が行われるこ

とになっており、今後、研究開発者がモチベーションを高め、益々能力を発揮することが期待されます。

#### ImPACT Serendipity Research Excellence Award 受賞チーム

Cheng Leiチーム(PJ3T1)、三上秀治チーム(PJ3T2)、平木敬チーム(PJ4T2)、磯崎瑛宏チーム(PJ5T2)、新井史人チーム(PJ5T3)、白崎善隆チーム(PJ6T3)

#### ImPACT Serendipity Distinguished Leadership Award 受賞者

星野友さん(PJ8)、小関泰之さん(PJ3)

#### ImPACT Serendipiter Award 受賞者

伊藤卓朗さん、紅林伸也さん、持田恵一さん、脇坂佳央さん、橋本和樹さん、泊久信さん、佐久間臣耶さん、前野貴則さん、新宅博文さん、宮田楓さん

\*詳細は合田PMのHPをご覧ください▶ <http://www.jst.go.jp/impact/serendipity/index.html>

内閣府総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)におけるImPACT/SIP研究現場把握の一環として、久間和生議員が産業技術総合研究所を視察されました。本視察では、同研究所全体の概要について企画本部から紹介の後、ImPACTに関しては佐橋PM、田所PM、原田香奈子PMそれぞれのプログラムに参画する研究者から、研究開発の進捗状況や研究現場、設備の紹介がありました。

産業技術総合研究所は、社会ニーズに応える革新的な技術を創出し、育て、産業界に橋渡しをする役割を担ってい

ます。また、昨今はその機能を強化する取り組みとして、基礎や応用といった研究段階に応じて評価軸を設定し、研究を行っているとの説明がありました。

これに対し久間議員は、「適切な評価軸の設定で研究者のモチベーションを高めて欲しい」と期待を示されました。また、産業界への貢献を目指し基礎研究と応用研究のバランスを保ちつつ橋渡し役としての機能を強化すること、さらに企業に対して研究資金等の協力を積極的に求めることの必要性を強調されました。

また、久間議員は各研究者とも活発

な意見交換を行い、各研究の進捗状況や、PMの構想の妥当性・実現性を再確認されました。



▶クリーンルーム内で湯浅新治スピントロニクス研究センター長(佐橋プログラムに参画)から電圧トルクMRAMの研究開発状況についての説明を受ける久間議員(写真右)

#### 今後のイベントの予定

イベント名——ImPACT International Symposium on InSECT 2016[宮田PM]

開催日時——2016年4月26日(火)、27日(水)

開催場所——名古屋大学

申し込み方法——ImPACTのHPにてご案内いたします。

# 高レベル放射性廃棄物の低減化・資源化で「人類最大の課題」の解決に挑戦する



## 藤田玲子 | Reiko FUJITA

博士[理学]

1982年、東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了

1983年、(株)東芝入社(原子力技術研究所)

2012年より、同電力システム社電力・社会システム技術開発センター首席技監

2014年より、日本原子力学会会長

2014年より、ImPACTプログラム・マネージャー

東日本大震災による福島第一原発事故で、大きな岐路に立たされた日本の原子力。長年にわたり、使用済み核燃料の再処理技術の研究開発に取り組んできた藤田玲子PMが目指すのは、高レベル放射性廃棄物を核変換によって低減化し、さらにレアメタルの回収による資源化という非連続イノベーション。核物理と原子力工学の融合を視野に入れながら、エネルギー問題、資源問題の解決に挑む。

### 子どもの頃から理科好き 父の助言で電気化学を専攻

子どもの頃は、周りの女の子が好きな人形遊びにはまるで興味がなかったという藤田PM。

「母の話では、ラジオの理科の番組をずっと座って聞いていたそうです。私自身は意識していませんでしたが、そういうところが理科系に進む原点だったのかなと思います」

論理的に考えることが好きで、文科系の授業よりも、数学が好きだったという。

「でも数学教師だった父からは、『数学でやっていけるほどの能力はないので、理科系の大学に行くなら、化学を選んだ方がいい』と言われました」

父の助言に従って、早稲田大学理工学部に進学した藤田PMは、電気化学を専攻する。

「理学部でも女子学生は有機化学を選ぶことが多く、電気化学のクラスでは女性は数パーセント以下でしたね。今はやりのリチウムイオンなどの電池ではなく、電気分解や電極反応の研究をしました」

学部を卒業してからは、東京工業大学の大学院に進む。

「大学院に入ってから分かったのですが、当時女性の技官や助手(現:助教)はいらっしゃっても、それ以上のポストとなると、ほとんどいらっしゃらない状態でした。私も将来は研究者ではなく、大学の非常勤講師になればいいと思っていました」

非常勤講師の職を得るためにも博士号は持っていた方がいいだろうと考え、博士課程に進み「電極反応を用いた光学異性体の反応」をテーマとして博士論文を書き上げた。

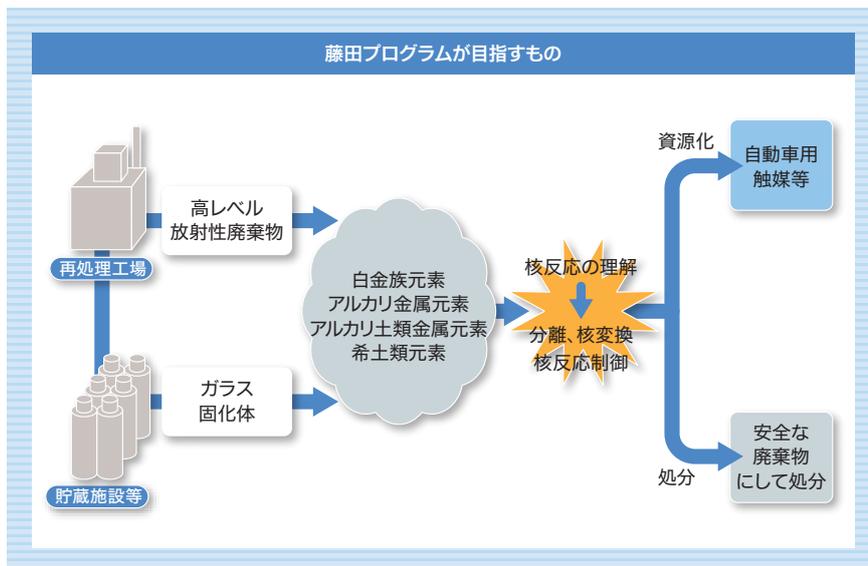
「審査教官からは、『国の税金を使って博士号を取った以上、このまま家庭に入ることは許されませんよ』と言われました」

### 東芝原子力技術研究所に就職 乾式再処理技術を研究

女性研究者の就職先はそう簡単に見つかる時代ではなかったが、知人の紹介で東芝に就職することができた。ちょうど同社が博士号を持つ女性を採用し始めた時期で、藤田PMは原子力技術研究所に配属された。

「当時は原子力発電所がどんどん作られていく時代で、東芝の原子力事業も好調でした」

原発が多くなれば、原発から発生す



る使用済み核燃料（放射性廃棄物）も多くなる。これらの処理が重要な課題となっていた。

「私は放射性的の金属廃棄物を除染して、放射性物質と金属部分に分離する研究に取り組みました。水溶液中で電気化学的な方法で処理を行う技術です」

自分が開発したシステムを現場で確認するために、浜岡原発に向かったこともあったという、

1984年にアメリカのアルゴンヌ国立研究所が、使用済み核燃料の再処理について新しい乾式再処理技術を提案した。

「当時高速増殖炉の使用済み燃料の再処理は、六ヶ所再処理工場でも使われているPUREX法（プルトニウム-ウラン溶媒抽出）が一般的でしたが、プラントが非常に大きなものになってしまい、コスト高も問題になっていました。一方、乾式再処理技術は非常にシンプルなプロセスで処理できる上、原子炉と再処理プロセスを一体化できるというメリットがありました」

東芝としても、コストを安くできる再処理技術が今後必要になると判断し、電力中央研究所と共同で乾式再処理技術の研究をスタートさせた。

「この処理法は溶融塩中で電気分解

将来は大学の非常勤講師になれればいいと思っていました。

を行うものだったので、電気化学を専攻していた私にも声がかかって、プロジェクトに参加するようになりました」

藤田PMはこの分野で積極的な研究を進め、日本における乾式再処理技術の第一人者となっていく。

#### カザフスタンでのレアメタル回収事業化へのマネジメントを経験

藤田PMは原子力に関する研究開発以外にも、海外でのレアメタル回収事業にも携わった経験を持つ。

「2007年に、東芝がカザフスタン共和国でウラン鉱山の採掘権益を取得しました。ウラン以外にもビジネスにできそうなものがないかという話になり、レアメタル回収の可能性を探りました」

カザフスタンは世界屈指のウラン埋蔵量を誇る。ウランを硫酸溶液に溶解

して回収した後の残液（ウラン抽出尾液）の分析データを見ると、レアメタルが多く含まれていることが分かった。

「そこで私たちはレニウムというレアメタルを回収する計画を立てました」

藤田PMは年に4、5回のペースで現地に飛んだ。鉄道がないため、飛行機を降りてから、ひたすら車で600kmを移動するハードな行程だった。

「結局プラントの設計まではしたものの、採掘規模の問題で、商業ベースまでもっていくことはできませんでした。ウランの採掘量が数千トンくらいあれば、ビジネスになったのですが、東芝の鉱山ではそこまでの規模がなかったのです」

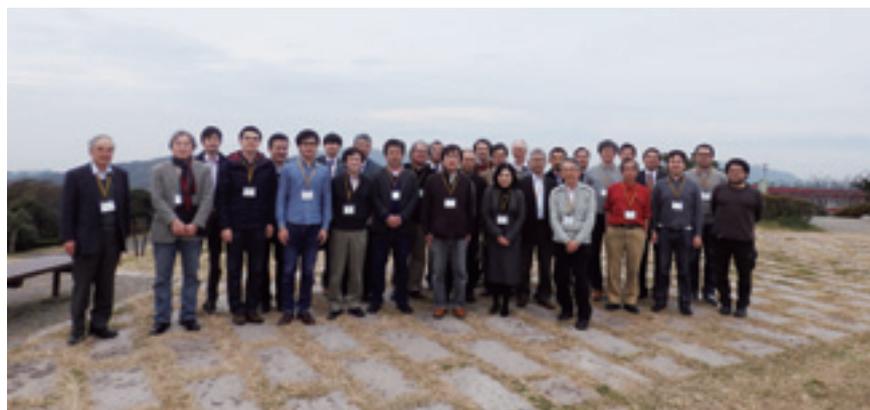
藤田PMにとっては残念な結果に終わったプロジェクトだったが、研究開発を事業化するためのマネジメントの経験を積めたことは、後のImPACTに活かせるものだった。

#### 東日本大震災と福島原発事故 原子力研究者としての思い

2011年3月11日の東日本大震災と、それに続く福島第一原発の事故により、日本の原子力業界は逆風にさらされることになる。

「一人の研究者として、非常に残念です。原子力業界がもっと多様な視点を持っていたら、多様な指摘ができ、それを受け入れる土壌があったなら防げていたのではないかと思います」

「原子カムラ」と呼ばれ、他の分野



▶湘南国際村での合宿[2015年12月10日]

の研究者等がなかなか入り込めない日本の原子力業界に特有の雰囲気の問題だったと藤田PMは考えている。

「個人的には、研究者がもっと良心に基づいて『これはおかしいのではないか』と意見を言える仕組みが必要ではなかったかと思います」

さらに今後については、研究者が事故前と同じような研究開発をしてはいけないと、藤田PMは強く主張する。

「事故を起こしてしまったからこそ、原子力の分野に対して、新しいアプローチが重要になります。異分野の研究者からの発想を取り入れ、従来からある研究に対する考え方であっても、おかしければ『これはおかしいのではないか』と意見をはっきり言えることが重要です。今までと同じ取り組みでいいんだと考えているなら間違いだと思います」

従来とは異なるコンセプトに基づく研究開発の取り組み、これこそが日本の原子力業界を再生する鍵になると、藤田PMは考える。そして藤田PMが挑むImPACTプログラムこそ、それに対するひとつの解答である。

### 高レベル放射性廃棄物を核変換によって低減・資源化

藤田PMがImPACTプログラムで掲げたテーマは「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減化・資源化」である。原発の使用済み核燃料を



▶ 京都大学の臨界集合体実験装置を訪問  
[2016年1月26日]

再処理した後に発生する高レベル放射性廃棄物は、現在はガラス固化して、地下300m以下の深さに地層処分することになっている。しかし高レベル放射性廃棄物には非常に長い半減期の核種が含まれているため、最終処分場がなかなか決まらない社会的問題がある。

「日本だけでなく、フランス、アメリカなど世界各国で最終処分場が決まらない状態です」

例えばセレン79は半減期が30万年、セシウム135は230万年とされる。これらの長寿命核分裂生成物(LLFP)を地層処分したとしても、長期間にわたる保管への不安が払拭できず、後の世代に大きな負担を残すことになる。

「そこでLLFPを核変換技術によって、半減期の短い短寿命核種や安定核種に変えてしまうことで、高レベル放射性廃棄物が抱える問題をゼロにしようというプログラムです」

もうひとつが核変換によって高レベル放射性廃棄物から、レアメタルを回収し、資源化しようというプログラムである。

「カザフスタンでのレアメタル回収を経験したことが、このテーマを選んだ大きな理由です」

資源輸入国である日本にとって、レアメタルの確保は産業に直結する問題である。今回アドバイザーとして参加している東京大学の岡部徹教授はパラジウムの核変換が有望という見方をしているという。

「パラジウムは自動車の排気ガス浄化の際の触媒等に使われますが、ロシアと南アフリカでしか産出せず、国際情勢の変化により輸入が途絶えてしまう可能性があります。高レベル放射性廃棄物からパラジウムを回収することができれば、海外市場に左右されない量を確保できると思います」

現在は行き場のない高レベル放射性廃棄物が資源になるという発想は、ま



▶ RIビームファクトリーの中性子検出器  
[2015年10月23日]

さにImPACTが目指す非連続イノベーションである。もちろん技術的なハードルは高く、ハイリスクなのは間違いない。

「高レベル放射性廃棄物をTRU廃棄物のような中レベル放射性廃棄物にまで低減できれば、最終処分場も不要になるかもしれません。原子力が社会に対して役立つ成果を提示できるハイリターンも期待できます」

### 日本が世界に誇る核変換技術 核反応データの取得を目指す

プログラムを進める上で重要となるのが、核変換のプロセスを解き明かすこと。そこで活用されるのが、理化学研究所仁科加速器研究センターにあるRIビームファクトリー。現在世界最高性能の加速器として知られ、新元素「原子番号113」の発見にも大きく貢献した施設である。

「核変換の研究では、従来、再処理工場の高レベル実廃液から目的とする核種を回収して、ビームを当てる必要がありました。しかしRIビームファクトリーはウラン238のビームをベリリウムのターゲットに当てることで、原子炉

内の反応を加速器の中で起こすことが可能です」

この施設を利用して、世界初の核反応データを取得し、これを基に工学的検討にまで踏み込もうと藤田PMは考えている。

「RIビームファクトリーは、現在のところ加速エネルギーとビーム強度が世界一ですが、アメリカ、ドイツ、フランス、韓国で、さらに高性能な施設の建設が始まっています。それらに追いつかれる前に何としても成果を出したいですね」

また日本原子力研究開発機構の大強度陽子加速器施設J-PARKも活用する予定だ。核変換データの取得後は、バルクでの核変換反応のシミュレーションを行い、その核反応を制御する技術の研究を進めていく。有力な核反応経路が示されれば、それを実現する技術開発を行い、加速器を中心とした要素技術の開発と核変換システムの構築を目指すことになる。

実は核変換は、日本が世界に先行して行っていた研究であり、過去には「オメガ計画」という高レベル放射性廃棄物の減量化・低害化を目指したプロジェクトも存在した。

「LLFPの核変換に取り組んでいるのは世界でもImPACTのプログラムだけです。過去の研究を継承しつつ、実用化にこぎ着けたいと思います」

### 核物理と原子力工学の融合 異分野同士の交流が生むもの

2014年に藤田PMは日本原子力学会の会長に就任し、福島以降の日本の原子力研究の舵取りを担う立場でもある。その人脈を活かし、ImPACTではまさにオールジャパン体制とも言うべき人材が集まっている。

「原子力工学の研究者だけに偏っては、これまでと同じになってしまいますから、できるだけ異分野の人材を集めたかった。加速器やレアメタルの専門家にも入ってもらって、多様な意見が

反映されるようにしたい」

そして今回、藤田PMが重要視しているのが、原子力工学と核物理の研究者の融合である。

「日本は原子力の技術開発の最初から、核物理と原子力工学の間に深い溝がありました。それは広島と長崎に原子爆弾を落とされた不幸な経緯によるもので、海外ではあり得ない状態です」

核物理＝理学の人はデータが取れば、すぐに実用化できると考えてしまう。一方、工学の人は最初から99.9%の目標値を求めてしまう。これでは話がかみ合わない。この両者の溝を克服するのは、なかなか難しいと藤田PMは理解している。

「最初はディスカッションをするのも大変でしたが、それは良いことなのだ」と割り切っています。それがないと原子力カムの雰囲気に戻ってしまいます。異なる意見を取り入れることが、これからの原子力分野には必要です」

プログラムの全体会議では、お互いがどんなことをやっているのかを報告し合うことで、自分が果たすべき役割が見えてくるようにしているという。

「プログラムに関わる全員が、高レベル放射性廃棄物を何とかしたいという思いは共有できています。原子力の問題に根本から向き合えば、やはりここを乗り越えていく必要があることが分かります」

日本のエネルギー基本計画でも原子力は基盤となる重要なベースロード電源と位置づけられている。藤田PMのプログラムは、今後も原子力を推進していく上で、重要な役割を担うも

のと言えるだろう。

### 若い研究者を原子力研究へ 未来の人材を育てる大切さ

「福島以降、若い研究者が原子力分野に入りにくい状況が生まれています。優秀な若い研究者が他の分野を選んでしまったと聞くことが少なくありません。それが続いてしまうことを何としても避けたいので、魅力あるテーマの芽を提案して、若い研究者がそれを育てていくことが大切です」

幸いImPACTには、若い研究者が多く参加している。異分野の研究者もいるという。

「こうした人たちが原子カムの雰囲気を変えていってくれるはずだし、私は彼らの発言をサポートしていきたいと思います。いろんなディスカッションが生まれることで、新しく良いコンセプトが作られていくと思います」

コンセプトができれば、乗り越えるべき課題が見えてきて、そこから研究開発へとつながっていく。そうした良い循環をImPACTから作り出していきたいと藤田PMは考えている。

子育てと親の介護で、自分の時間を持つこともできない日々が続いていたという藤田PM。現在もPMとして忙しい日々が続いているが、わずかな空き時間を利用して、趣味のクラシック音楽鑑賞や美術館を訪れることでリフレッシュを図っているという。

異なる意見を取り入れる  
ことが、これからの  
原子力分野には必要です。



▶RIビームファクトリーの超電導リングサイクロトロン

# 超迅速多項目センシングシステムで 安心・安全な社会の実現に貢献する



## 宮田令子 | Reiko MIYATA

博士[農学]  
お茶の水女子大学理学部生物学科卒業、東レ株式会社入社(基礎研究所合成化学研究室)  
2001年、同社・ケミカル研究所主任研究員  
2004年、名大産学官連携推進本部知財マネージャー(東レより出向)  
2010年より、名大大学術・産学官連携推進本部特任教授  
2014年より、ImPACTプログラム・マネージャー

異分野融合と産学官連携のマネジメント経験を持つ宮田令子PMは、昆虫が進化によって獲得した驚異的な極微量物質の知覚認識能力に学び、超微細エレクトロニクス技術を駆使することで有害・危険物質を簡便に検知することができる「超迅速多項目センシングシステム」を開発し、世界でもっとも安心・安全な社会の実現を目指す。

### バイオテクノロジーに魅了され 大学の生物学科で実験に取り組む

宮田PMは毎月購読していた小学生向けの学習雑誌では「科学」の雑誌が好きで、届いたらすぐに開けて、付録で付いてくる実験器具を楽しんでいたそう。また物事を調べることにとても興味があったという。

「お決まりの学校の宿題をやるのはそんなに好きではなかったのですが、夏休みの自由研究は、何をやるか計画を立て、じっくりと取り組んだ記憶がありますね」

進路については、数学が好きだったので数学の分野に進もうと考えていた時期もあれば、英語を活かした仕事がしたいので語学分野に進もうと考えた

こともあるという。しかし、最終的に宮田PMはバイオテクノロジー分野の道を選び、お茶の水女子大学理学部生物学科に進学した。

「私が大学受験をしたころは、丁度バイオテクノロジーが注目を集めていた時期でした。DNAの二重らせんや分子の集まりから生命が生まれる、バイオテクノロジーの分野と命との関係にとっても興味を持ったのです。女子大だったせいもあるかもしれませんが、のびのびと実験に取り組んだ学生時代でした。指導してくれた先生も自由にやらせてくれたし、少人数なのも良かった。もし共学だったらそんなに研究に没頭していなかったかもしれませんね……」

### 東レの研究所に就職 研究から実用化までを経験

大学を卒業した宮田PMは東レに入社し、新しく設立された名古屋の研究所に配属された。当時は化学メーカーがバイオテクノロジー分野への進出を図っていた時期であった。

「名古屋出身だったので、研究所には実家から通っていました。バイオに詳しい人はまだ少なかったので、生物学科卒の私は即戦力としていろいろな経験をすることができました」



▶幼少期の宮田PM

社内にたくさんいた化学のスペシャリストたちといっしょに、化学反応を微生物を使って行う基礎研究などに取り組んだ宮田PM。特に思い出深いのは、

生命の要であり、医薬等の重要な原料となるピルビン酸生産の研究だという。

「生命にとってエネルギーの産生に関係する非常に重要な役割を持っている有機化合物です。これを微生物を使った発酵により工学的に生産する研究に取り組みました。とにかくバイオテクノロジーで社会の役に立つことをしたいと考え研究をしていました。当時のグループリーダーのご指導には非常に感謝しており、その後の研究人生の礎となっています」

また研究だけにとどまらず、最終的な製品化に至るプロセスにも深く関わることができ、宮田PMにとって多くのことを学べる経験となった。

「自分の研究を学会で発表することはできても、そこから実際の製品にまで持っていくのは非常にまれなことです。でも当時の研究所は実用化までやり抜こうという意識が高く、上市、製品化まで関わることができました」

実用化のためには、開発部門や生産部門など、研究者とは別の社員とのやり取りが必要になる。宮田PMは、スケールアップ等に向け、自分の考えをどのように理解してもらえば良いのか、効果的なコミュニケーションのやり方を実地で学んでいった。

「製品として売るレベルにまで持っていくには、研究とは全く違うプロセスが必要なんですね。例えば品質管理の重要性もこの時学ぶことができました」

バイオテクノロジーで社会の役に立つことをしたいと考えていました。



▶お茶の水女子大学時代

時には営業担当者と一緒に顧客である医薬系メーカーを訪れたり、自ら説明したりすることもあった。

1999年、宮田PMは「代謝工学的手法による

ピルビン酸の発酵生産法の開発」によって、当時の研究時代の上司、開発部署の人々と日本生物工学会生物工学技術賞を受賞している。

「苦労も多く、忍耐

力も非常に必要でしたが、みんなで努力し、やり抜いた成果が形になることは、このうえない喜びでした。私が研究者として担当したピルビン酸の研究から生まれた製品は、今も東レグループから販売されています」

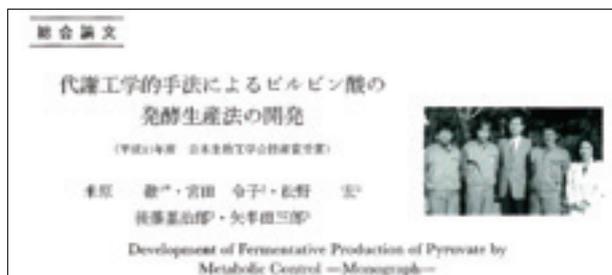
#### 大学の知財マネージャーとして 産学官連携と異分野連携を推進

2004年、宮田PMは国立大学法人化されたばかりの名古屋大学へ東レから出向。産学官連携推進本部で、知財マネージャーとしてバイオ・医療系分野における産学官連携業務に携わることになる。宮田PM自身は研究をもっと続けたいという思いもあったそうだが、自分の経験を大学でも活かせる、そうするともっと多様な異分野展開ができるのではないかと考えたという。

「東レでは自分の基礎研究の成果を実用化に結びつける経験ができました。そのプロセスでは、研究戦略と知財戦略が両輪の関係にあることを改めて認識しました。また研究成果を世に出すまでには、多くの部署との連携が必要だということも学び、その経験が活かせるのではと考えたのです」

当時の特に国立大学は、文部科学省からの運営交付金に頼らない独立採算への道を模索しており、産学連携を積極的に進めていこうとしていた。ここで宮田PMは特に医学部の教授をはじめとした教員等とコミュニケーションを取りながら、新しい産学連携の方向性を探りつつ、知財戦略を進めていくことになった。

「日本の医療業界は、医療機器等の



▶日本生物工学会生物工学技術賞を受賞後の総合論文に掲載された実用化開発者たちとの写真

ほとんどが海外からの輸入であり、国内大手の医薬品メーカーも大型特許の期間が切れる時期がきており、これからどうなってしまうのかという危機感がありました。そうした危機感を大学内でもみんなで共有しながら、再生医療など社会貢献につながる新たな研究開発分野について体制構築等にかかわっていきました」

その結果、名大の医学系では2012年、文部科学省の「橋渡し研究加速ネットワークプログラム(第2期)」および経済産業省の「中核病院臨床研究中核拠点」に採択され、トランスレーショナルリサーチや治験に関する大きなプロジェクトが連動して動き始める。宮田PMは医療チームリーダーとして、両プロジェクトを成功に導くために奔走した。

「医師だけではなく他の分野の専門家とも協力しながら、未来の医療技術を作り上げていく発想で、常に出口を見すえた戦略を進めていきました」

医学部の教授や大学病院の医師たちとのコミュニケーションでは、東レ時代の経験が活かされたが、それでもしばしば難しい場面に直面した。

「自分では分かっていたつもりでしたが、やってみると知財の取り扱い等思うように行かない部分もありました。その際のジレンマを乗り越えたその経験はImPACTでのマネジメントに活かしていきたいと思います」

#### 昆虫のセンサー能力を解明し センシングデバイスの開発へ

宮田PMが挑むImPACTプログラムは「進化を超える極微量物質の超迅速多

項目センシングシステム」である。東レでの研究開発とその事業化経験、名大での産学官連携マネジメントの経験がプログラムの運営に活かされることになる。

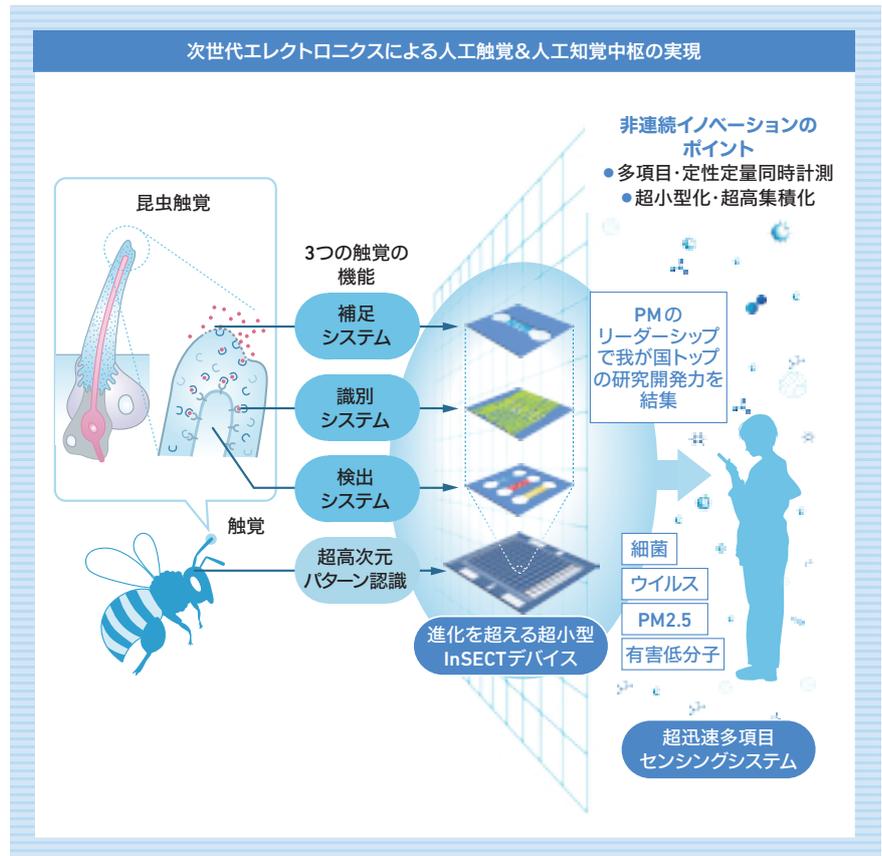
「ハチなどの小さな昆虫は匂いやフェロモンを遠距離から感知したり、特定の匂いだけを瞬時に認識したりできる能力を持っています。その何十億年も生き延びてきたメカニズムに学び、その能力を超える性能を備えたナノデバイスを超微細エレクトロニクス技術によって開発します」

ナノスケールでのデバイスを基に、私たちの身の回りにある有害・危険物質（PM2.5、花粉、ウイルス、細菌など）を迅速に感知できるセンシングシステムを作り上げ、安心・安全な社会の実現に貢献しようというのが、宮田PMが描いたシナリオである。

「体内外、また環境中の微量物質を測定しようとする、大型の装置が必要で、測定時間も長く、感度も不十分というのが現状です。でも昆虫は数ミリ程度の触覚と知覚中枢システムにより、物質を一分子レベルで検出し、さらに数十万種類のレベルで物質識別をやっつけます。まさに驚異的です」

現在、一分子レベルで物質を検出・同定するには、抗体反応など一種の生ものを利用する手法が主に使われている。しかしこれらを利用するとコストも高く、しかも扱う抗体はタンパク質であるため手軽に使うことができない。社会で広く使われるためには、手軽に扱え、量産化が不可欠と考えた。そこで宮田PMはタンパク質などの生体物質を使わず、自らの専門は生物系であるが、分子認識はタフな化学物質から機能分子を見出し、極微細エレクトロニクスデバイスでセンシングシステムを作る方針を立てた。

「FIRST(最先端研究開発支援プログラム)の中に、『分子解析技術を基盤とした革新ナノバイオデバイスの開発研究』と



いう研究テーマがありました。同プログラムのナノバイオデバイスの最先端技術がおもしろいと思い、この研究を活かしたいと考えたのです」

### インセクトデバイスの量産で社会に広く普及した未来を描く

宮田プログラムは、東京ビッグサイトで開催されている国際ナノテクノロジー総合展・技術会議「nano tech」に2年連続で参加し、メインシアターでシンポジウムを開催している。宮田PMやプロジェクト・リーダーが登壇し、ImPACTの全体構想や進捗状況についてプレゼンテーションを行い、来場者にアピール活動を行った。

「モデルとしてはハチの触覚によるセンシングをイメージし、信号をやり取りする機能を人工物に置き換えるコンセプトで進めてきました。有害物質をサンプリング、補足して、それを濃縮、

さらにそのデバイス基盤に分子認識機能を持つタフな機能化合物を付与し、分子の数と形と種類を電気信号として捉え、この電気信号をパターン認識で処理し、物質同定をします。まずはセンシング技術を確認し、超小型のインセクトデバイスシステムの開発を最終目標とし、社会実装のソリューションも作り上げていきます」

インセクトデバイスの具体的な目標は、スマートフォンにも内蔵できるほど小型で、測定時間は5分以下、超高感度(目標値は有害物質別に設定)、多項目の同時計測と定性・定量計測の同時計測が可能な半導体チップである。チップの価格は100円程度にする、システムを作り上げることで、広く社会に普及することを目指す。

「インセクトデバイスが量産できればできるほど価格は下がっていきます。いずれはスマートフォンに内蔵されるような時代が来るかもしれません。対象

きちんと調整すれば  
必ずや問題を乗り越えられる  
という確信をもっていきます。

物質は医療、食品業界さらには、空港や港などで爆弾の検査などにも使われるようになるかもしれません。呼吸を測って、ストレス計測ということにも取り組んでいます」

自らも2度の出産（2度目は双子）を経て、3人の子育てと仕事の両立を周りの協力を得て乗り越えてきた宮田PMは女性の視点からも安心・安全のニーズを探っている。



▶3人のお子さんと宮田PM

「子ども、特に乳幼児を抱える母親層には、早期に危険を感知したいというニーズがあるとヒアリングしています。今、インフルエンザウイルスなど呼吸器系疾患は、発症直後はただの風邪かウイルス疾患か家庭での判断が現状では難しく、これが、身近にできればとても実用的だと思うのです。だからこそ家庭にある身近な機器に内蔵させるというのは事業になると考えています。すでに前述の国際ナノテク展等でも様々な用途の提案がメーカー等からもあり、その社会への広がり、意義についても今後しっかり発信していきたいと思います」

### 東レや名大で得た経験を ImPACTのマネジメントに活かす

宮田PMは、FIRSTからの人材に加え、ImPACTをやる上で必要な、分子認識関連の研究者、エレクトロニクスデバイスの研究者等、様々な分野から

結集しプログラムをスタートした。

「本プログラムには様々な分野の研究者が参加しています。分野が異なるとなかなかコミュニケーションが難しいところもありますが、私はそこにフュージョン、異分野の研究者が集まっているからこそ、知識が融合して新たな考え方が生まれるようにと、その連携の工夫を考えています。たとえば全体会議の場で、困っていることやうまくいかないことを話し、ある程度共有してもらい、それを、他の分野の研究者にも聞いてもらい、異なる分野だからこそ見えてくる課題の解決方法がでてくるようにしています。そこをうまくつなげ、プログラム全体として実装の姿がふれないようにしていくのがPMの役割ですね」

宮田PMが心がけているのは、協調と協働を基本としたマネジメント。時には激しく議論をすることもありますが、着地点を探しつつ、納得により解決するようにしているという。東レや名大でのマネジメント経験が、プログラムの進め方でも随所で活かされていると思うが、まだまだ足りない部分もあるので本プログラム進行の中で自身も成長したいと考えている。

「難題に遭遇した経験が全くなければ、どうしたらいいんだろうと困ってしまうこともあるかもしれません。しかし、過去のそのような場面では、きちんと調整すれば必ずや問題を乗り越えられるという確信をもってやっています。今後も新たな強力なマネジメント力を学び、実践していきたいと思います」

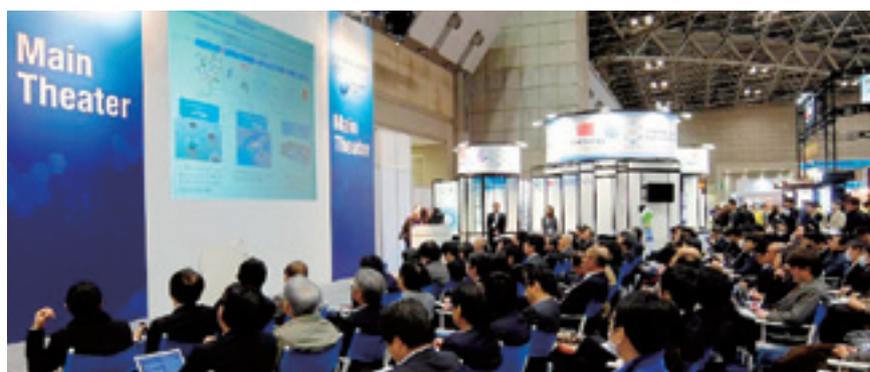
ハードルはもちろん高く、文字通りハ

イリスク、ハイインパクト。だからこそ成功すれば非連続イノベーションとなる。インセクトデバイスの事業化・量産化を考え、すでに大手メーカーも参画している。アカデミア、企業のベクトルを更に合わせ世に役立つ出口を見極めていく。

「これまではプログラムの基礎部分はアカデミアの先生方のがんばりで順調に進んできており、プロトタイプ1も計画通り作成でき、企業もアカデミアとの真なる連携が進行しています。超えるべきディスラプティブな技術はまだありますが、プログラム参加者が一丸となり、何とか行けるんじゃないかと思っています。最終的なモノづくりはエレクトロニクス分野が主であり、私にとってはこの分野は畑違いですが、初期からメーカーと組んで、製品化から販売まで、我々の構想を実現できるメーカーに任せたいと考えています。

現在はPMが会社組織でいえば、研究企画開発と事業部と営業を兼任していると思って行動しています。私はこれまでの人脈も生かして、一部の診断出口についてはそちらの企業とつなげる動きもしています。特に、医療系、環境系は実用化に向けては、規制の壁も高いですが、そこは企業、規制当局等と強力にタッグを組んで社会実装に向かっていきます。

とにかく、社会の役に立つイノベーションをおこしていくために寸暇を惜しまず邁進したいと思います」



▶「nano tech2016」会場でのシンポジウム



革新的研究開発推進プログラム

**IMPACT**

Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program

## ImPACT Newsletter Vol. 5

発行日	2016年3月31日
企画・編集・発行	国立研究開発法人 科学技術振興機構[JST] 革新的研究開発推進室 〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町
TEL	03-6380-9012
E-mail	impact@jst.go.jp
URL	<a href="http://www.jst.go.jp/impact/">http://www.jst.go.jp/impact/</a>