

# GMSI

## Newsletter

Vol. 4  
2010/March



### contents

#### 共同研究者対談

- 01 微細加工技術とともに発展する  
マイクロ・ナノ化学チップ  
北森 武彦・中尾 政之

#### 未来を担う若手研究者

- 05 複合材料における熱残留応力を最小化するための  
代替硬化サイクルの開発  
金 成洙

#### インターンシップレポート

- 07 長期海外派遣渡航報告  
横山 喬・木村 文陽・焼野 藍子

#### 活動報告

- 10 2009年度下半期活動記録



対談  
医療や環境計測に  
役立つ小さな  
「化学プラント」を実現



# 医療や環境計測に役立つ 小さな「化学プラント」を実現

微細加工技術とともに発展するマイクロ・ナノ化学チップ

Takehiro KITAHARA

工学系研究科 応用化学専攻・教授



1980年、東京大学教養学部基礎科学科卒業。  
1980年、日立製作所エネルギー研究所研究員となり、89年工学博士を取得。  
東京大学工学部助手、同学部講師、助教授を経て、98年、東京大学工学部教授に就任。  
2008年より東京大学大学院工学系研究科副研究科長。  
専門は極限化学計測、化学システムの集積化など。  
主な著書に、『分析手法の最前線』、『早わかりマイクロ化学チップ』、『インテグレートッド・ケミストリー』などがある。

Masayuki MAENO

工学系研究科 機械工学専攻・教授



1983年、東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻修士課程修了。同年、日立金属株式会社入社し、磁性材料研究所に勤務。89年、H.M.T. Technology Corp. (米国カリフォルニア州) に出向し、磁気ディスク生産設備の立ち上げに従事。  
91年、東京大学で博士(工学)を取得。92年、東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻助教授。2001年、東京大学大学院工学系研究科教授。ナノ・マイクロ加工、加工の知能化、科学機器の微細化などの研究に従事するとともに、失敗学のエキスパートとしてメディアで活躍。  
主な著書に『失敗の「予防学」』、『失敗は予測できる』、『失敗百選』、『生産の技術』などがある。

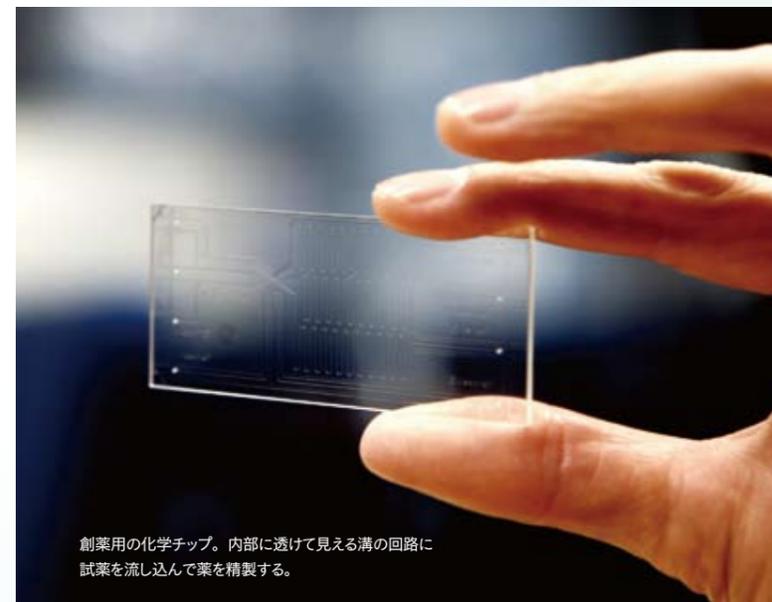
顕微鏡で覗くためのプレパラートの内部に小さな溝を刻み、さまざまな研究に役立てられるマイクロ・ナノ化学チップ。この化学チップは、レーザー分光分析を専門とする北森武彦教授と、マイクロ・ナノマニファクチュアリングの第一人者である中尾政之教授の研究成果の結晶である。薬品を量産したり、血液の免疫分析を行ったり、環境計測に役立てたりと、実に多様な活用法が期待されるこの小さな「化学プラント」が、いかにして開発されたか、その経緯と今後の展望を両氏に聞く。

## 極小の化学プラント、 マイクロ・ナノ化学チップとは

先生方は以前から共同研究をされてきたそうですね。

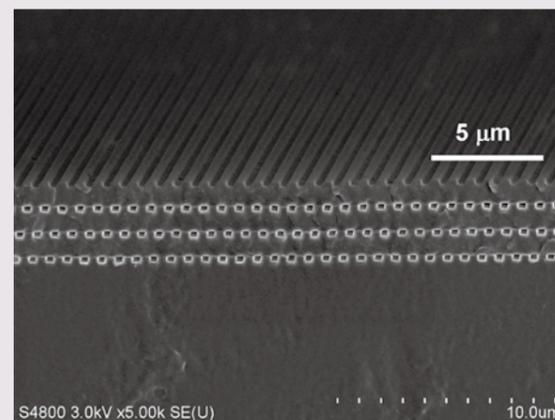
**北森** 代表的なのが、薬を合成する化学チップの開発です。これは、縦3cm、横7cm、厚さ0.7mmのガラスのプレパラートの内部に、深さ約100 $\mu$ mという極細の溝を刻み、小さなポンプを使って溝に数種類の薬品を流し込んで、内部で化学反応を起させたり、分離精製をさせたりして、薬をつくるための容器です。いくなれば極小の化学プラントですね。溝の体積はわずか数百nl程度ですから、フラスコやビーカーで薬品を合成するのに比べると、試薬の量は10億分の1とか数千万分の1といったスケールで済みます。試薬が少ないと経済的であるだけでなく、温まりやすく冷えやすいので化学反応のスピードが速く起こり、不純物もできにくくなり、爆発などの心配もありません。1枚だと合成される薬の量は微々たるものですが、これを7500枚並列に並べて反応を起させ、年間150tの化成品を合成するプラントがすでに稼働しています。昨年10月には、このチップを応用した血液の分析装置も発売されました。

この化学チップの開発にあたり、長い間、中尾先生とタッグを組んできました。というのも、チップの溝を肉眼で見ると1本の筋にしか見えませんが、実際には内部で化学反応を起させるように非常に複雑な構造となっていて、これをつくるには微細加工技術が不可欠だからです。チップの開発に取り組み始めたのは15年ほど前ですが、当時はまだ、どんな技術を採用したらいいかまったく手探りの状況でしたので、ナノ・マニファクチュアリングの世界で活躍されている中尾先生に相談を持ちかけたのです。



創薬用の化学チップ。内部に透けて見える溝の回路に試薬を流し込んで薬を精製する。

**中尾** 実は私は、大学院を出た後いったん就職し、日立金属に在籍していました。当時はハードディスクの生産に従事したので、最初から微細なものをつくっていたわけではありません。18年前、33歳で大学に戻って、何を研究テーマにしようかと考えたとき、より小さいものにチャレンジしようとして研究し始めたのがきっかけです。とはいえ、当時はまだ微細加工のための道具がなかったもので、まずは道具づくりからスタートしなければなりません。ところが十数年経つうちに技術が飛躍的に進歩して、皆、同様に半導体製造技術を応用して微細加工ができるようになってきました。今では、台湾のように、化学チップの図面を出して頼めば微細加工してくれる国も出てきています。つまり、サブミクロン程度の微細加工自体は、もはやすごいことではなくなっていて、今はその100分の1の数nmのパターンを作る技術にブームが移ってきています。むしろ、北森先生の研究の強みは、加工する溝のパターンを用途に合わせて開発してきたことにあると言えます。



ロールナノインプリントで作った4層マイクロシートのSEM断面画像

## 化学チップはどのようにして発想されたのですか？

**北森** 中尾先生と同じく、私も大学を経て、日立製作所のエネルギー研究所に在籍していた時期があるのですが、そこで手がけていたのは、レーザーを使って微量なものを分析するためのレーザー分光分析装置の開発でした。その後、その研究の第一人者である東大の澤田嗣郎教授のもとで研究に携わるようになったのです。つまり最初から化学チップをつくらうと思っていたわけではありませんでした。

顕微鏡でモノを見ようとする場合、対象物は通常薄いプレパラートに挟んで観察しますね。その中に微量な液体を入れてレーザーを照射して測るのですが、対物レンズとプレパラートのすき間はとても狭くて、陽気を入れられません。そこで、液体容器物としてプレパラートに傷をつけることを思いついたのです。その後、プレパラートにY字に傷をつけることで、A液とB液を混ぜ合わせることに成功した。これが最初の化学チップの誕生です。さらに、混ざらない液をこの方式で交わらせてみたところ、きれいに並行して流れることがわかり、何かに応用できそうだと考えるようになりました。そうして試行錯誤を続けるうちに、Y字をさまざまに組み合わせることで複雑な回路がつけられるようになってきた。つまり化学チップに半導体のICと同様な役割を担わせることができるようになったのです。

とはいえ、当初はガラスに傷をつけるのにも一苦労でした。外部の企業に頼んだら半年はかかるうえに、溝が詰まっていたり使えなくなったりもあって、中尾先生に助けを求めたというわけです。あるいは、表面張力により液体が思うように溝に入っていかなかったり、入ったと思うと毛細管現象により猛スピードで流れてしまったり。非常に原始的なのですが、当初は風糸をこよりにして、液体が流れるスピードをコントロールするなど、いろいろ試しましたね。

**中尾** やっかいなのは、ガラスの性質です。実験器具になぜガラスを使うかといえば、ガラスは安定していて反応しにくいから。つまり、ガラスの加工というのはエッチングで作るととても難しいのです。しかもこの化学チップは、溝をつけた2枚のガラスを重ね、拡散接合といって、溶接せずに加熱・加圧して張り合わせる方法を採用しています。このとき、プレス機を使って、加工した溝が変形しないように650℃程度とガラスがやわらかくなるけれど溶けない温度に一定に保ちつつ、たわみのないように圧力をかけなければなりません。そうした機器の開発もすべて、一から手探りでつくる必要がありました。今でこそ学内で研究機器を融通し合うようになってきましたが、当時

は、加工のために他の研究室から電子ビームを借りることもままありませんでした。また、機械と化学では教授と助教授の肩書きの差に対して文化が違ったりと、今から思えばいろいろ苦労がありましたね(笑)。

**北森** 本当にそうですね。ガラス以外にも金属やセラミックなどいろいろと試してみたのですが、レーザーを照射して観察することから、現状はやはりガラスを使用しています。今後は用途や価格に応じて材料も変わっていくことになるでしょう。

## 化学と機械の融合が生み出したチップ

化学と機械では研究へのアプローチが違う面もあるのでしょうか？

**北森** 化学の研究は、かなりの部分が経験とセンスによるところが大きいかもしれませんね。つまり研究で成果をあげようと思ったら、一定のスキルを身につけ、センスを磨く必要がある。たとえば、日立時代に原子炉の炉水の診断をしていたことがあるのですが、ほぼ純水に近い炉水からpptという単位で不純物を割り出すとなると、試験管の洗い方一つで結果が変わってしまうのです。試験管をちゃんと洗えるようになるのに、半年以上もかかりました。さらに、偶然をチャンスと見抜くセンスというか——。実は化学チップの開発のきっかけをもたらしてくれたのは、医学部が処分するというので、もったいないからもらってきた古い顕微鏡なんですよ。ところが面白いことに、この顕微鏡でレーザーを通して液体を測定してみたところ、通常なら計測できないはずの計測ができてしまった。実は、古すぎて色取差が補正されていなかったことから、測ることができたのです。これをきっかけに世界初の熱レンズ顕微鏡を開発することができ、さらに、この顕微鏡で観察するためのプレパラート、つまり化学チップの開発へとつながっていったのです。

熱レンズ顕微鏡にはどんな特徴があるのですか？

**北森** 熱レンズ顕微鏡を使って液体にレーザーを照射すると、発生した熱による屈折率の変化からレンズ効果が生じます。その程度を見ることで分子の量を計測することができます。もっとも分子を一つずつ「目で見える」ためには大型の電子顕微鏡が必要になりますが、熱レンズ顕微鏡では分子を見ることはできなくても検出は可能です。しかしながら、何の分子が特定はできません。ここで化学チップの出番となります。つまり、A液は溝を通過して左に、B液は右にといった具合に、化学チップの回路で誘導することにより、何の分子がどの溝を通るか振り分けることができます。たとえば、アレルギーやガン特有のたんぱく質だけを特定の溝を通れるようにしておけば、特定の病気を検出することも可能です。化学でいう「分離精製」で分離できればあとは検出するだけです。その精度は今やpptの単位。pptといえば、地球の赤道25周に

対して、たった1mmの大きさですから、いかに高精度がおわかりになるでしょう。

さらに今後は、1000兆分の1を表すppqのスケールまで検出しようとしているところですが、そのためにはさらに細かい溝が必要ですが、ところが、数nm～数十nmという単位になってくると液体の性質が大きく変わってきてしまうんですね。たとえば、溝の壁の影響を受けて粘度が4～5倍上がってしまったり、誘電率が10分の1程度に下がってしまったり、水素イオンが活性化されたりして、化学反応自体が変わってくる。これが我々がやろうとしている拡張ナノの領域です。

拡張ナノ領域へ研究を進めることで用途も広がっていくわけですね？

**北森** はい。現状、この化学チップは化合物の生産のほかに、免疫分析装置として、研究ではガン、炎症、アレルギー、心筋梗塞、B型肝炎などの分析に応用されています。さらに、環境分析にも応用できます。たとえば、クリーンルームで微量のアンモニアを検出するといったことに活用できるとして、研究を進めているところですが。LSIをつくる工場では、人間が皮膚から発するアンモニアが原因で製造に支障をきたすことがあるのですが、現状はいいアンモニアモニターがないので、この化学チップを役立てられたらと。さらに拡張ナノ領域を突き詰めることで、半導体の冷却装置など、エネルギー関係のデバイスをつくらうと研究を進めているところですが。

**中尾** 一方、私のほうは、この化学チップを金属製にして100枚重ねて拡散接合し、水冷しながら反応できるものをつくっています。また、もっと安価に1枚10円で作るために、ガラスではなくプラスチックを射出成形してつくったり、少しずつ研究内容をシフトさせています。とくに「ナノインプリント」といって、溝を削るのではなく、金型を使ってプラスチックの基板に微細加工を転写する技術に取り組んでいます。この新たな方法で、拡張ナノのスケールでのものづくりを目指しているのです。たとえば液晶画面のような大きなものに、幅100nmほどの微細パターンを転写することを手がけています。

## 分野の垣根を取り払い、日本の強みを磨く

お二人とも偶然にも、大学の衛生安全管理室の室長を務められているんですね。

**中尾** 北森先生から引継ぎ、現在は私が室長を務めているのですが、なかでも重要な仕事は、学内に保管されている不明試薬の処理です。不明試薬とは、各研究室で研究用に使っていた薬品なのですが、東大130年の歴史の中で受け継がれてきた負の遺産ともいえるべきものです。たとえば教授が退官されると、中身が何であるか特定できない薬品がでてきます。それが工学部だけでも3000本近くあり、学内を併せると3万本近くもあり

す。中には危険な薬品が存在するので、中身を分析し、処理するという作業を進めているところなのですが、量が膨大でなかなか進みません。現在は、30名ほどの学生アルバイトをお願いして分析を進めています。1年間に処理できる薬品は1300本程度。こうした薬品の分析に、北森先生の化学チップが応用できたら、どんなに良いだろうと思います。

**北森** 確かにそうですね。薬品の分析というのは、外部の専門機関をお願いすると1つ数万くらいかかってしまうのです。危険物だと、中には200万くらいかかるものもある。薬品を購入するよりも処理するほうがお金がかかる時代なんですね。今後、こうした場面にも化学チップを役立てていけたらいいですね。

今後の展望と、若い研究者へのメッセージをお願いします。

**中尾** これからの時代は、分野の垣根を取り払って、互いにアイデアを出し合うことが不可欠です。そうした中で、当拠点ができ、分野横断の共同研究が進展しつつあることは、大変、喜ばしいことだと思います。15年前には、私たちのような共同研究はレアケースだったわけですが、この拠点を通じて、共同研究が盛んになることで学問の世界も元気になっていくでしょう。今後さらに、さまざまな分野の方と交流して、1+1が2以上の3になるように、新たな価値を生み出してほしいですね。もう一つ、私は失敗学のエキスパートでもあるのですが、製造現場の失敗の原因の3分の1がコミュニケーションエラーなのです。そういう意味でも、学問の壁を取りはらってコミュニケーションの活性化がいかに大事かということを知っていきたくと思っています。

**北森** 分野の垣根を越えることで、思いがけない発見が生まれる可能性はますます大きくなっていくでしょう。日本の科学技術の方向性が危ぶまれる今だからこそ、若い研究者には分野や組織を越えて、新たなものを生み出していく力強さを身につけてほしいと思います。今、アジアや欧米の優秀で元気のいい学生達が日本の頭越しに飛びかっています。日本にも国際求心力をつけなければ、この大きな流れに乗り遅れるでしょう。

取材・文/田井中麻都佳  
表紙・本文写真/秋山由樹



特任研究員

金 成洙

Seong Su Kim

## 複合材料における熱残留応力を最小化するための代替硬化サイクルの開発

私は金 成洙と申します。

2009年5月16日付けで研究員として採用されました。2007年2月、韓国科学技術院(KAIST)先進材料機械設計専攻で博士号を取得し、その後、主任研究者として韓国科学技術院複合材料研究所(KIDCS)で研究活動を行ってきました。博士課程では李大吉教授の下で大型船舶のハイブリッド複合材料軸受けの開発を行いました。現在の研究対象は、先進複合材料の特性を利用した構造設計、潤滑に関する熱流体解析と自己潤滑材料の摩擦挙動、損傷評価手法の開発です。更に、自動車用燃料電池の複合材料バイポーラ板の開発に力を入れたいと思っています。

### 1. 複合材料における熱残留応力

繊維強化複合材料は、航空宇宙、土木分野、工業製品に広く使用されています。これらの材料の製造では、黒鉛やガラスといった強く硬い強化繊維をエポキシのような軽量の母材に埋め込むことで、繊維と母材の双方の優れた機械的特性および温度特性を併せ持つ材料を作り出します。複合材料は、より高い比剛性および比強度を持ち得るために従来の工業材料に取って代わって使用されることが多くあります。加えて、複合材料においては、材料や積層構成、加工条件を適切に選択することで、機械的特性および温度特性をカスタマイズできます。構造工学への複合材料の適用が増えるにしたがって、これらの材料の

信頼性が懸念されるようになりました。特に、成形中に生じる熱残留応力というもの、複合材料の製造における最も重大な問題の1つであるとされています。こうした応力は複合材料構造の湾曲や「スプリングバック」の原因となり得るほか、材料の強度を大きく低下させる恐れもあり、その結果、亀裂の発生を招いたり、破壊靱性や疲労強度の低下、および層間剥離を引き起こすこととなります。複合材料における残留応力の主な原因は、その構成成分ごとに異なる熱膨張係数に起因する熱応力、および高分子材料の加工工程における母材の化学的収縮に起因する硬化応力です。

### 2. FBGセンサーおよび誘電センサーを用いた硬化モニタリング

これらの理由から、硬化工程というのが複合材料構造の製造において最も重大でコストのかかる段階です。知的製造工程では、現場型センサーを用いて工程の特徴を認識して、システムアクチュエータに接続されたコントローラに信号を送ることが可能でなければなりません。フィードバック機能により作業工程を制御するためには、材料の状態に関するリアルタイムでの現場の情報が必要です。図1に示すような光ファイバセンサーは、複合材料製造工程の現場を遠隔かつオンラインでモニタリングするための強力なツールとなります。光ファイバは電磁波の影響を受けること

がなく、耐薬品性、耐熱性に優れているという特徴があります。さらには、光ファイバセンサーは数々の独立したチャンネルに多重化することができるということ、ファイバは複合材料中に容易に埋め込むことができるということ、そしてその小ささゆえに埋め込む先の構造に対して低侵襲であるということから、このアプローチはいわゆる知的材料を実現するのに有用なツールとなるのです。複合材料がコンデンサの役割を果たします。コンデンサに蓄えられる荷電は、双極子と交流電磁場の流れのために樹脂中に存在するイオンの運動性に依存して、硬化状態に伴って変化し

ます。硬化度は双極子およびイオンの運動に関していて、その運動性はエポキシ樹脂が未硬化の場合には大きくなっていますが、エポキシ樹脂がゲル化もしくは凝固すると、その運動は急激に抑制されます。運動量は散逸係数Dで表すことができ、これは供給エネルギーに対する双極子およびイオンの運動によるエネルギー損失の比率を表しています。

本研究では、炭素エポキシ複合材料における散逸係数Dを、周波数1kHzの交流電流を用いて誘電計測器により計測します。図2に示すように、誘電センサーは同一のプレート上に設置された異極性を持つ2つの極めて長い電極からなります。センサーは、光リソグラフィ工程で作られる厚さ25μmの薄い銅板ででき

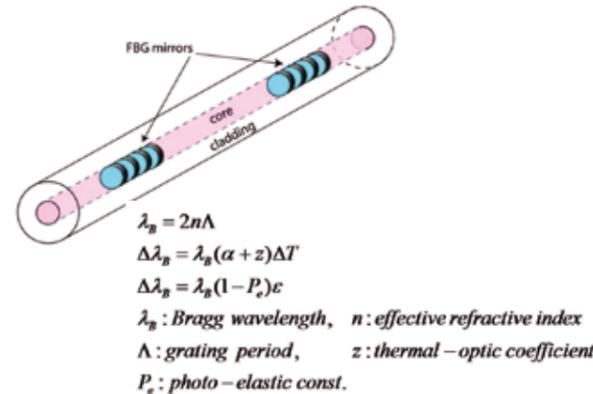


図1: FBG センサの模式図。

ていて、そのベースフィルムには、温度に関係なく一定の誘電特性を持つポリイミドの性質を利用して厚さ50μmのポリイミドフィルムを使用しています。

センサーのセンシング範囲、電極の幅、および電極間の距離は、順に9mm×25mm、100μm、100μmです。

硬化モニタリングのために、炭素エポキシプリプレグシートをアルミ板上に積層します。FBGセンサー、誘電センサーおよびK型熱電対は、供試体の中央に埋め込みます。様々な硬化サイクルにおける、炭素エポキシ複合材料の熱残留ひずみ、散逸係数、および温度を、それぞれの計測システムで計測します。

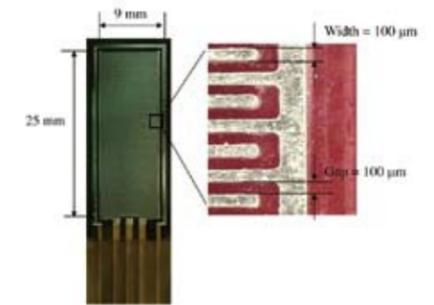


図2: 誘電センサー。

### 3. 熱残留応力を最小化するための代替硬化サイクルの開発

炭素繊維とエポキシの間の成形熱残留応力を緩和するため、硬化モニタリングの結果に基づいて、図3に示すような冷却および再加熱を用いた複合材料構造の代替硬化サイクルを開発します。冷却工程に費やす最適な時間を得るために、高剛性炭素エポキシ複合材料の熱機械的特性を示差走査熱量計(DSC)および流量計により計測します。硬化サイク

ルによる熱残留応力への影響を調べるため、複合材料供試体の曲げ強度を三点曲げ試験により計測します。この実験により、成形による熱残留応力の緩和だけでなく、さらに複合材料構造の強度および寸法精度の向上も果たすことのできる、冷却および再加熱による最適な硬化サイクルが確立されます。

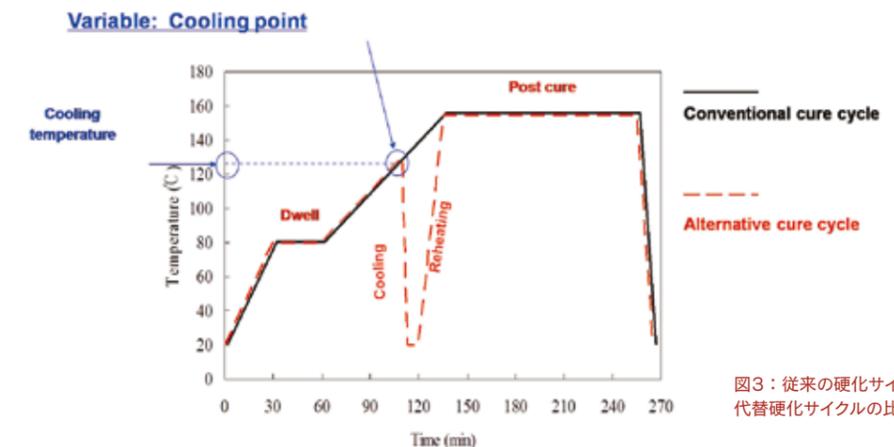


図3: 従来の硬化サイクルと代替硬化サイクルの比較。

# インターンシップレポート

## 長期海外派遣渡航報告

横山 喬・木村 文陽・焼野 藍子



機械工学専攻 酒井・泉研究室

横山 喬

私は2007年10月に工学系研究科機械工学専攻博士課程に進学し、酒井・泉研究室に所属しています。また、2008年10月より本GCOEプログラムのRAに採用されています。現在、ボルト締結体のゆるみのメカニズムの解明と、そのモデル化の研究に取り組んでいます。

### 渡航先紹介

渡航先はスウェーデンの首都、ストックホルムにある王立工科大学(KTH)です。KTHはスウェーデンにおける科学技術研究・教育の中心であり、自然科学から機械工学、建築、都市計画、情報工学、環境工学に至るまで幅広い分野における研究・教育がされています。そのため、国や企業からの援助を受けた数多くのプロジェクトが行われています。KTHには現在、約12,000名の学部生と約1,400名の大学院生が在籍しておりますが、大学院には交換留学プログラムがあり講義は英語で行われるため、ヨーロッパ各国をはじめ、アジアからも数多くの留学生が在籍しています。私が滞在したメインキャンパスはストックホルム中心部の北東に位置し、いくつかの大学等が集まった地域にあります。市街地から近く便利な場所ですが、キャンパスは広大な公園に隣接しており、自然に恵まれた場所でもあります。

私が在籍したDepartment of Solid Mechanicsは、材料力学、破壊力学、接触力学等の研究を行っている学科です。工業製品の信頼性に関わる重要な領域であるため、博士課程の多くの学生は企業とのプロジェクトにおいて中心的な役割を担っています。学生は教授からの指導を受けるとともに、研究を支える優秀な技術スタッフと協力して研究を進めています。しかし、比較的小ぢんまりとした学科であるためフロアはファミリーのような雰囲気、朝や昼には先生方や学生、スタッフがフロアの中心のスペースに集まり、研究の議論をしたり雑談をしたりする光景が見られます。

### 研究内容

私はこれまで、ボルト軸に直角な方向に外力が作用する場合のゆるみを対象としてメカニズムの解明とモデル化に取り組んでまいりましたが、KTHでの滞在は2カ月間に限られていたため、そこではこれまでの研究の応用としてボルトの軸回りに外力が作用する場合のゆるみに取り組みました。これまでの研究では有限要素解析によるメカニズムの解明を行ってききましたが、KTHではOlsson教授のご指導のもと、技術スタッフの方の協力を得て新たに実験にも取り組むことができました。このように学科のすべての実験をサポートする体制が整っており、いつでも相談ののってもらえることは非常に頼もしく感じました。

滞在中、上記の作業のほかに、私の研究発表を行う機会を学科と共同研究先である大型トラックメーカーのScaniaで設けていただきました。ボルト締結のゆるみの問題は日本においては度々大きな問題として取り上げられますが、スウェーデンでも関心を持って聞いていただき、共通した問題であるということが分かりました。また、

共同研究先である大型トラックメーカーのScaniaで設けていただきました。ボルト締結のゆるみの問題は日本においては度々大きな問題として取り上げられますが、スウェーデンでも関心を持って聞いていただき、共通した問題であるということが分かりました。また、

私の研究に特に興味を持った学生が、逆に酒井・泉研究室に1ヶ月間滞在し、調査研究を行うこととなりました。

### スウェーデン、ストックホルムの紹介

スウェーデンの国土は日本より少し広く(45万km<sup>2</sup>)、人口は10分の一以下(約900万人)であるため、ストックホルムでさえも人口の密集した地域はごく狭い地域に限られ、森と水辺に囲まれた穏やかな環境の中で過ごすことができます。しかし、高緯度の地方であるため、夏と冬では日照時間が大きく異なります。夏のストックホルムでは日の出から日の入まで18時間程度あるのに対し、冬は6時間ほどしかありません。また冬は雪に閉ざされ、ストックホルムでさえ最低気温は-20度に達することもあるそうです。私は幸運にも夏に滞在することができましたが、このような気候のため、皆、夏の長い昼間の時間を有意義に過ごそうとしていることが分かりました。学生も先生も、朝8時過ぎには大学に着いて仕事を始め、夕方5時過ぎには大学を出て、その後はスポーツなどを楽しんでいるようでした。

ストックホルムで一番の繁華街はセルゲル広場周辺で、多くのデパートやショッピングモールなどが並んでいます。日曜日にはお店の営業時間は昼間の数時間のみとなるところが多いようでしたが、完全に休みになってしまうわけではなかったので日曜日でも中心部での買い物を楽しむことができます。街にはあまり英語の表示は多くないものの、ほとんどの人が英語を話すことができるため、英語で日常会話ができれば困ることはほとんどないと思います。食事に関しては、スウェーデンの伝統的な料理というのは家庭料理が多いため、スウェーデン料理のレストランはあまり多くはありません。日本と同様、ヨーロッパ各国の料理店やアジア料理店を多く見かけます。寿司屋は非常に多くある印象がありますが、スウェーデンでは伝統的によく食べられる鮭がもっともポピュラーなようでした。

### 現地での生活

私はストックホルムの北に位置するストックサンドという閑静な住宅地に下宿して生活していました。ストックホルム周辺であればバスと地下鉄でだいたい場所を回れるので、共通の1ヶ月パスを購入して通学や観光に利用していました。現地の人の生活に合わせて、日本での生活よりも朝型の生活をしていました。

休日にはストックホルム周辺だけでなく、郊外電車や飛行機に乗ってスウェーデンのほかの地方に足を伸ばしたりしました。一方で、下宿は水辺のすぐ近くだったため、近くでジョギングやサイクリングも楽しむことができました。また、同じ学科の学生とはボーリングに行ったり、年に一度行われるチョコレートフェスティバルに行ったりして、短い期間でしたが楽しく過ごすことができました。

### 謝辞

スウェーデンは遠く離れた国ですが、日本人と国民性が似ているところがあるため、特に抵抗なく生活に馴染めたような気がします。また、研究においても自分の研究室と同じ分野の研究に取り組んでいる学科に在籍することができ、自分の研究に理解を示していただけのため、非常に有意義な時間を過ごすことができたと思います。この様な機会を与えて下さったGMSI関係者の皆様、およびOlsson教授をはじめ、KTHで支えて頂いた多くの方々に深く感謝致します。ありがとうございました。



水辺に囲まれたストックホルム中心部



精密機械工学専攻 樋口・山本研究室

木村 文陽

私は2009年4月に工学系研究科精密機械工学専攻博士課程へ進学し樋口・山本研究室に所属しています。同時に本GCOEプログラムにRAとして採用されました。現在は、メカトロニクス分野においてアクチュエータとセンシング技術について研究に取り組んでいます。

### 渡航先紹介

渡航先はスイスのローザンヌと言う街にあるスイス連邦工科大学ローザンヌ校(以下EPFL)です。スイス連邦工科大学は工学系の単科大学であり、フランス語圏に属するローザンヌ以外に、ドイツ語圏のチューリッヒにもキャンパスがあります。国際色の強い大学で、世界中から来るバラエティに富んだ学生が半分以上を占めています。キャンパスはレマン湖に近い静かな地区にあり、建物から見渡すとレマン湖はもちろんのこと、対岸にあるフランスの街やアルプスの一部をなすシャブレ山塊等の美しい景色を見ることが出来ます。

私が所属したのは、Micro engineering科に属するLaboratories of System Robotics (LSRO1)でした。Hannes Blueeler教授をリーダーに30名以上が所属する研究室です。ロボット工学に関して各自が幅広く研究に取り組んでおり、特に医療用ロボットに関する研究が中心に行われていました。研究室では学生同士で活発な議論が毎日行われるだけでなく、キャンパスを出た後も学生の家で母国料理を振る舞ったり湖へ出かけるなど学生同士の仲が非常に良く、フレンドリーな雰囲気が研究室全体にあると感じました。これはEPFL全学で見ても特徴的な様です。

### 研究内容

私はMR環境下で使用可能なハプティックデバイスに関連する研究を行っていました。内容の詳細は省略し、ここでは私が感じた日本との研究スタイルの違いについて述べようと思います。日本では理論的な考察と実際の作業を伴う実験を同時に進めていますが、向こうの学生はほとんどの時間を理論考察に費やし、期間の後半になって一気に実験を行っていることに驚きました。実験を繰り返しては細かい調整をする日本での方法に対して、大雑把で動作にほとんど影響の無いであろう細かい点にはこだわらず、理論と整合性の取れる動きが確認できればそれでよしとするやり方の違いは、国民性から来ているのかなと言う印象を受けました。どちらが良いと言うわけではなく、今後外国人研究者と共同で作業をする際に、相手について理解すると言う意味でとても勉強に



校舎3階から見えるレマン湖方向の景色

なりました。また、書籍等を調べるよりもプロジェクトの異なるメンバ同士でも疑問点について議論によって解決しようとする姿勢も新鮮で、日本よりも一日に議論をする回数が飛躍的に増えたことが印象的でした。

### ローザンヌの紹介

ローザンヌはスイスの西端に位置しフランス語圏に属しています。レマン湖に面しており、湖を国境に對岸はフランスとなります。フランスの首都パリまではTGVで約3時間半です。国際オリンピック委員会の本部が置かれており、オリンピックの首都とも言われています。これにちなんで世界で唯一 **スイスの象徴マッターホルン**のオリンピック博物館があり、各大会のメダルや、日本関連ではマラソンの高橋尚子選手が使用した靴が展示されていました。街は中央駅とローザンヌ大聖堂のある中心部周辺に各種ショッピング店やレストランが集中し、離れたところでは住宅街の中に規模の小さなスーパーがあると言う感じでした。小さなスーパーでは品揃えが限られ買えない物も多いため、2本のメトロとその各駅を起点とするバスを利用して中央駅付近で買い物をしているようです。一番驚いたのは、一部のバー等を除いて、スーパーや飲食店が夜の7時には閉店してしまうことです。その為なのか皆さん基本的に朝型人間で、8時前には職場に入り6時過ぎには帰宅していました。閉店前にスーパーへ行くとスーツ姿の人がレジの前で行列を作っています。こうして半ば無理にでもワークライフバランスをとっているのかもしれない。さらに、日曜日は9割以上のお店が休業。中心部はゴーストタウンの様でした。遅くまで働き、帰りにお総菜を買ったり休日に買い溜めをする日本のスタイルとは大きく異なっていたので最初はとても戸惑いました。では休日に何をしているのかと言うと、夏は湖周辺でピクニックや野外コンサート、冬はスキーやホームパーティを楽しんでいるようです。

### 現地での生活

私は同じ研究室に所属する学生の家の一部屋を借りて生活していました。彼やその家族が親日だったこともありとても親切にしてくれました。週末には友人や親戚を自宅に招いてパーティをすることが多く、観光も大切ですが、私は人との交流に重点を置いていたのでほとんど参加していました。そこでは大学を越えた人達と知り合い、後日イベントや旅行に招待して頂く等一期一会に終わらない人脈を築くことが出来ました。彼らと一緒に出かけることで一観光客では体験し辛い地元密着の経験をし、結果的には一人で観光するよりもはるかに充実した時間を過ごせたと思います。この様に大学以外の場所でも多くの人と交流する機会を持ったことは、彼ら家族と一緒に生活出来たことが大きく、苦勞もありましたが受け入れてもらえてとても幸運でした。

### 謝辞

帰国して東京での生活に戻ってみると、視野が広がり、語学だけでなく精神的にも自分が成長したとはっきり感じます。この様な機会を与えて下さったGMSI関係者の皆様、及びスイスで支えて頂いた多くの方々に深く感謝致します。ありがとうございました。



機械工学専攻 笠木・鈴木研究室

## 焼野 藍子

私は2009年4月に工学系研究科機械工学専攻博士課程に進学し、笠木・鈴木研究室に所属しています。同時に本GCOEプログラムにRAとして採用されました。現在は、壁乱流の生成機構とその制御に関する研究に取り組んでいます。

ケンブリッジ大学 パーカーズピース  
クリケットをしている学生達が見える

## GCOEのRAとして活動するようになった経緯

私は工学系研究科機械工学専攻の博士課程1年生で、笠木・鈴木研究室で壁乱流の生成機構とその制御に関する研究を行っています。本年度よりGCOEのRAとして採用され、今回長期派遣インターンシップのプログラムで海外へ行く機会いただきました。

もともと私は博士課程進学など考えたこともなく、ほとんどの人のように修士課程を卒業したら企業に就職しエンジニアとして働きたいと思っていました。しかしいざ就職活動してみると、実際のところ自分がどの企業になぜ入社したいかさえ定まっていなかったことが分かり、さらに今後一つの会社のためだけに自分の人生を捧げるのは果たしてどうだろうか、と考えるようになりました。そんな中、研究室の教員の方々、研究室を訪ねる海外の研究者達、卒業生達に触れるうちに、特に地球環境問題など国境を越えたより大きなことのために活動することに魅力を感じました。そうして私は、博士課程に進学し研究を続けることで、さらに世界を視野においた研究者を目指すようになりました。

## 海外派遣インターンシップの内容

今回私は、東京大学とUnited KingdomにあるImperial College of Science, Technology and Medicineとの共同研究を進めるにあたり、5ヶ月間の海外派遣を体験しました。始めは言葉や研究システムの違いに戸惑うことが多くありましたが、全体として大変貴重な経験となりました。多くの研究者とのディスカッションを通じて、自らの研究の位置づけを確認し、ヨーロッパの研究者達が何に興味をもっているのか、研究活動の様子などを詳細に知ることが出来ました。そこでは、英国の大学で良いところもありましたが、日本の大学の方が優れていると思えるところも大いにありました。良いと思ったところは取り込むべきだし、日本の大学で優れているところは今後それを強みとして戦えると思いました。



インペリアルカレッジ サウスケンジントンキャンパス 正面玄関

また、研究室でのつながりが強い日本での研究活動と比べて、ヨーロッパでは同じグループ内であっても個人がより独立しているように感じました。世界での大変厳しい研究競争をかいま見、世界で評価されるためには、グループとしてだけでなく、個人としても研究者として高い能力を持っている必要があることが分かりました。未だ博士課程の1年目ではありましたが、特に自分が研究者として、能力的にも、精神的にもどれほど足りないかを思い知らされる経験となりました。今後は、東京大学で博士号を取得するまで、一研究者として世界で戦える能力を身につけたいと思います。

GCOEの海外支援のメリット、  
後輩へのメッセージ

私は博士課程でGCOEのRAとして採用されましたが、何よりGCOEの経済的支援によって学生として研究を続けられることに感謝しています。博士課程で得られることは、単にある特定の分野の知識を深めることに留まらなないと思いますが、特にGCOEでの研究活動は、世界に目を向ける多くの機会に恵まれるのではないのでしょうか。海外渡航の経済的支援だけでなく、海外の研究者による公開セミナー、留学生とのディスカッションなどGCOEのプログラムに参加することは日本から世界に出て行く大きな足がかりになります。何を自分のモチベーションとして研究を行っていくかは、研究成果を残すに最も大きな要因の一つだと思いますが、GCOEでの各種の取り組みは、私たちに世界というより大きな視点を与え、精神的に活動を行うに必要な熱意を起こさせるものだと思います。

東京大学の中にいるとあまり意識することはないかもしれませんが、東京大学は本当に恵まれた環境と言わざるを得ません。チャンスはたくさん与えられますが、どちらかというとむしろ私たちが見過ごすことが多いように思います。だから選択肢を限らないようにした方がいいのではないのでしょうか。

みな、東京大学工学部卒業、あるいは東京大学大学院工学系研究科修了として世間に出て行き、それだけで既に、専門家として見られそのようであることを期待されるのではないのでしょうか。中には文系就職をしようと考えている人もいるでしょうし、女性であれば将来母親になることもあると思います。しかしどんなことをするとしても、早く自分の得意な分野を見つけて、自分の位置で一流を目指せばいいのではないのでしょうか。信念を持って、今後も世間でリーダーシップを発揮していただきたいと思えます。

東京大学のGCOE研究拠点は、そのような研究者を養成する機関です。今後も、世界的に活躍する研究者を目指すなら、その思いに十二分に答えてくださる環境や支援があることを知っておいてもよいと思います。

## ●国際シンポジウム

2010.03.12-2010.03.13

4th TU-SNU-UT (Tsinghua University, Seoul National University and the University of Tokyo) aJoint Symposium

## ●公開セミナー

2009.10.06 第31回GMSI公開セミナー

講師：S. J. Pennycook (Dr., Materials Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory)

担当：幾原雄一(総合研究機構ナノ工学研究センター・教授)

講演題目：New Directions with Aberration-corrected STEM

2009.10.29 第32回GMSI公開セミナー

講師：Pierre DUYSINX (Professor, Department of Automotive Engineering, Aerospace and Mechanical Engineering Department, University of Liège)

担当：鈴木真二(航空宇宙工学専攻・教授)

講演題目：EU戦略ロードマップ欧州で注目される高電力スーパーキャパシター

2009.11.06 第33回GMSI公開セミナー

講師：J. Michael Ramsey (Professor, Department of Chemistry, Biomedical Engineering, and Genome Sciences, University of North Carolina)

担当：北森武彦(応用化学専攻・教授)

講演題目：Microfabricated Fluidic Devices for Biochemical Analysis

2009.12.02 第34回GMSI公開セミナー

講師：Stephan Irle (名古屋大学高等研究院 理学部 特任准教授)

担当：丸山茂夫(機械工学専攻・教授)

講演題目：Quantum chemical molecular dynamics simulations of SWNT nucleation and growth on iron and nickel

2009.11.11 第35回GMSI公開セミナー

講師：Yogesh Gianchandani (Professor, The University of Michigan)

担当：鈴木雄二(機械工学専攻・准教授)

講演題目：Hybrid Micro-Technologies for Medical and Other Applications

2009.11.27 第36回GMSI公開セミナー

講師：L. J. Allen (Professor, School of Physics, University of Melbourne)

担当：幾原雄一(総合研究機構ナノ工学研究センター・教授)

講演題目：Atomic resolution transmission electron microscopy

2009.12.07 第37回GMSI公開セミナー

講師：Klaus van Benthem (Professor, Davis Department of Chemical Engineering and Materials Science, University of California)

担当：幾原雄一(総合研究機構ナノ工学研究センター・教授)

講演題目：New Prospects of Aberration corrected Scanning Transmission Electron Microscopy

2009.12.09 第38回GMSI公開セミナー

講師：Thijs J. H. Vlucht (Associate Professor, Process &amp; Energy Laboratory, Delft University of Technology)

担当：丸山茂夫(機械工学専攻・教授)

講演題目：Adsorption / diffusion of guest molecules in zeolites / MOFs studied by molecular simulations

2009.12.15 第39回GMSI公開セミナー

講師：Brian L. Wardle (Professor, Director, Nano-Engineered Composite aerospace Structures (NECST) Consortium, Technology Laboratory for Advanced Materials and Structures (TELAMS), Dept. of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology)

担当：丸山茂夫(機械工学専攻・教授)

講演題目："Literally Big Nano: Bulk Nanostructured Materials for Aerospace and Infrastructure Applications"

2009.12.22 第40回GMSI公開セミナー

講師：Takao Suzuki (Dr., Commercial Airplanes, The Boeing Company)

担当：鈴木真二(航空宇宙工学専攻・教授)

講演題目：From Technology to the Airplane: The Quiet Technology Demonstrators

2010.01.14 第41回GMSI公開セミナー

講師：Javad Mostaghimi (Professor, Plasma Engineering Centre for Advanced Coating Technologies, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto)

担当：吉田豊信(マテリアル工学専攻・教授)

講演題目：On the Dynamics of Droplet Impact and Solidification Process

2010.01.14 第42回GMSI公開セミナー

講師：Jun Nogami (Professor and Chair, Materials Science and Engineering, University of Toronto)

担当：渡邊聡(マテリアル工学専攻・教授)

講演題目：Materials Engineering Research at the University of Toronto

2010.01.18 第43回GMSI公開セミナー

講師：Cindy Colinge (Professor, California State University Sacramento, Principal Investigator, Tyndall National Institute)

担当：須賀唯知(精密機械工学専攻・教授)

講演題目：Low Temperature Direct Wafer Bonding: Mechanisms and Applications

2010.01.18 第44回GMSI公開セミナー

講師：Helmut Baumgart (Professor, Old Dominion University)

担当：須賀唯知(精密機械工学専攻・教授)

講演題目：Atomic Layer Deposition for Nanotechnology Fabrication with Applications in Microelectronics, Biosensors and Microfluidics

2010.01.29 第45回GMSI公開セミナー

講師：Shashi P. Karna (Dr., Senior Research Scientist, Materials Research Directorate, US Army Research Laboratory)

担当：丸山茂夫(機械工学専攻・教授)

講演題目：New Concepts in as-Grown Single-Walled Carbon Nanotube Applications to Nanoelectronics

2010.02.01 第46回GMSI公開セミナー

講師：Kanako Harada (Dr., Scuola Superiore Sant'Anna)

担当：光石衛(機械工学専攻・教授)

講演題目：Reconfigurable modular robot for endoluminal surgery: study in a multidisciplinary research setting

2010.02.18 第47回GMSI公開セミナー

講師：R. Bruce Weisman (Professor, Department of Chemistry, Rice University)

担当：丸山茂夫(機械工学専攻・教授)

講演題目：Fluorescence of Single-Walled Carbon Nanotubes: Applications in Physics, Chemistry, and Bio-medicine

## ●イブニングセミナー

2009.10.19 第9回イブニングセミナー

講師：Brajendra Mishra (Professor, Department Head of Metallurgical &amp; Materials Engineering, the Colorado School of Mines)

担当：藤田豊久(システム創成学専攻・教授)

講演題目：Development of Multifunctional Nanocomposite Coatings using Pulsed Close-Field Unbalanced Magnetron Sputtering

2009.11.24 第10回イブニングセミナー

講師：碓井誠(フューチャーアーキテクト株式会社取締役副社長、芝浦工業大学大学院教授)

担当：高増潔(精密機械工学専攻・教授)

講演題目：「生活者起点の価値共創とサービス・イノベーションの進展」

2009.12.21 第11回イブニングセミナー

講師：井上健裕氏 (Ph.D., 新日本製鐵株式会社 技術開発本部 鉄鋼研究所 主幹研究員 破壊研究グループリーダー)

担当：小関敏彦(マテリアル工学専攻・教授)

講演題目：「構造物の安全・安心を支える破壊研究とは」

2010.01.25 第12回イブニングセミナー

講師：室園 幹夫 (Dr., 株式会社クリーンベンチャー 21 (CV21) 代表取締役社長)

担当：山口由岐夫(化学システム工学専攻・教授)

講演題目：集光型球状シリコン太陽電池の開発から商品化まで

2010.02.23 第13回イブニングセミナー

講師：有信 睦弘 (Dr., 株式会社東芝 顧問)

担当：横野泰之(機械工学専攻・特任教授)

講演題目：東京大学の博士課程学生に期待すること

## ●ワークショップ

2009.10.26 GMSI特別ワークショップ

小林淳一教授(秋田県立大学)

講演題目：「スーパー連携大学院はなぜ必要か」