

## 研究者としての第一歩を踏み出して



者

有馬 健太\*

Taking the first step forward as a researcher

Key Words : Precision Science and Technology, researcher, scanning tunneling microscopy

### 1. はじめに

私は、平成12年3月に大阪大学大学院工学研究科精密科学専攻の博士課程を修了し、そのまま専攻の助手として採用されました。研究者としての第一歩を踏み出してあっという間に一年が経った今、もう一度これまでの研究生活を振り返ると共に、自分が教官となってみて初めて感じたこと等を整理したいと思います。

### 2. 学部・修士課程時代

今から7年前(もう7年も前!), 工学部精密工学科の4回生となった私は研究室配属の際に、当時「科学機器」という講座名であった片岡俊彦教授の研究室を選択しました。二・三回生の時の講義で電子や光、イオンを用いた様々な古典的分析手法があることを知り、計測関連の研究テーマが多かった片岡研を選べば、普段は教科書で読むしかないような、電子や光子の特徴的な振る舞いを実感できるのではないかと考えたのが、研究室を選んだ際の決め手でした。(それに加えて、他の研究室の講座名(～加工, ～材料～, 制御～)と比較して、「科学機器」という研究室なら最先端っぽいことがやれるのではないかと漠然とした期待があったのも事実でした。)

研究室に入りたての頃は、板書をノートに写して友達みんなで協力しながら試験に備えるといった講

義中心の三回生までとは大きく異なった生活に戸惑いを感じたものです。まず、学生には一人一人にテーマが与えられており、先輩や担当の先生を含めても一つのテーマを受け持つのは3～4人でした。このような場合、その研究テーマの成否は、テーマを担当した小人数のメンバーにかかっているということになり、個人がより重視されるという点が三回生までとの大きな相違でした。そんな中で、グラフ上にプロットした測定データを直線で結ぶことから、簡単な部品の図面作成に至るまで、細かく指導を受けて、研究生活がスタートしました。四回生の夏休みは、休み明けに行われる大学院修士課程の入学試験に向けて、猛烈な試験勉強をしたことがよい思い出です。図書館(吹田分館)で膨大な過去問題を左脇に置いてため息をつく毎日だったため、随分涼しく(!)夏を過ごせたと同時に、試験終了後に校舎から出た時の残暑の日差しが妙にまぶしかったことを覚えています。

折からの大学院重点化計画により、私が修士課程に進学した年から専攻名が、「精密工学(Precision Engineering)専攻」から「精密科学(Precision Science and Technology)専攻」と変更されました。当専攻では以前から、研究室間の「壁」を取り払い、それぞれの研究室が有する得意分野を生かしあって、他ではできない共同研究を積極的に進めようという伝統がありました。そのため、これを機会に従来の講座制ではなく、それまでにあった七つの研究室をまとめた大講座制が敷かれました。それに伴って私の在籍していた片岡研もその名称が「科学機器講座」から「量子計測領域」と変わりました。私の学部～修士時代の研究テーマは、走査型トンネル顕微鏡/分光法(STM/STS)を用いて、半導体デバイス作製時に用いるシリコンウエハ上に残留する金属汚染物の元素分析を行うことでした。この研究を遂行するためには、シリコンウエハ上に吸着した



\* Kenta ARIMA  
1972年9月19日生  
2000年大阪大学大学院・工学研究科・精密科学専攻修了  
現在、大阪大学大学院・工学研究科・精密科学専攻先端機器システム領域、助手、工学博士、表面科学  
TEL 06-6879-7274  
FAX 06-6879-7274  
E-Mail arima@prec.eng.osaka-u.ac.jp

各種金属汚染物が作り出す局所的な表面電子状態をあらかじめ知っておく必要があり、量子力学を利用した計算機シミュレーションを行うことが不可欠でした。この時、第一原理に基づく計算機シミュレーションを専門とした研究室を頻りに訪れ、議論が交わされるようになったのも、先述した共同研究体制が動き始めていたからに他なりません。修士課程の一年目が終わる頃から、将来の進路、具体的には就職するか博士課程に進学するかを考えるようになりました。当専攻では元々、修士課程修了後に博士課程に進学する学生は少なく、研究室の先輩方も当然のように企業に就職していきました。ただ、何かの分野でプロフェッショナルとして通用するような知識や技術を若い間に身に付けることが出来れば、それは素晴らしいことだという考えに至り、博士課程への進学を決意しました。教室から企業へ推薦状が出される、ちょうど三日前のことでした。

### 3. 博士課程時代

私が修士課程の二回生の時(平成八年度)に、当専攻の森勇藏教授を研究リーダーとして、「完全表面の創成」をテーマにした文部省の中核的研究拠点形成プログラム(COE)が5年間の計画でスタートしました。それに伴い、世界最高の超純水と超高純度ガスを供給できる最先端研究施設であるウルトラクリーンルーム(UCR)の建設が着工し、私が博士課程に入学する頃からUCR内での本格的な研究が専攻を挙げて始まりました。UCR内では温度・湿度・圧力が常にコントロールされているのは言うまでもなく、直径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の微粒子が $1\text{ft}^3$ 内に一個以下という「クラス1」の清浄度が保たれています。これにより、不確定要因を含まず、パラメータを厳密に制御した実験を行うことができます。このUCRに入室する際には、帯電防止処理の施されたクリーンウェア・フード、手袋、靴およびマスクの着用が義務付けられており、実験施設の管理体制も含めて、修士課程までと比して研究環境が大きく様変わりしました。

一方、私の研究ターゲットは、半導体産業で酸化膜等の各種成膜プロセスの直前に、基板のシリコンウエハに対して行われる湿式洗浄後の表面構造を原子レベルで解明することへと移行していきました。先述したSTMを用いれば、表面の原子構造を反映した‘原子像’が観察できることはよく知られてい

ます。しかし、報告されている原子像の大半は、超高真空中での熱処理によって作製した、広範囲で平坦な理想表面上で得られたものです。それに対して、実際の生産現場で必要とされているのは、各種の加工や成膜等の実プロセスを経た後の実用表面の原子構造に関する情報であり、湿式洗浄後に最表面シリコン原子のダングリングボンドが水素原子によって終端化されたシリコン(Si(001))ウエハはその代表的な一例であると言えます。博士課程在籍中に、シリコンウエハ表面を覆っている自然酸化膜を除去して表面を水素原子で終端化する希フッ酸洗浄、およびその後通常行う超純水によるリンス時の明瞭な原子像観察に成功し、短時間の超純水リンスによって表面原子構造は大きく変化することを明らかにすると共に、超純水によるSi(001)表面のエッチング機構を提案して、その妥当性を第一原理に基づくシミュレーションにより実証しました。これらの結果から、長年続いていたこの分野の議論に決着を付けることができたのではないかと考えています。勿論、一連の研究は全て先述したウルトラクリーンルーム内で行われたものであり、有機・金属成分や溶存酸素等の不純物を一切含まない、超純水を利用できたからこそ得られた結果であると確信しています。また本研究の成果は、ウルトラクリーンルーム内で行われている、超精密加工・成膜プロセスの評価に直結するものであると言えます。

大学院にいた間には、学生の身分のままで国内の多数の学会・シンポジウム・研究会および一度の国際会議(@ドイツ・ハンブルグ)に参加する機会を得ました。それらに参加していると、その時々‘ホットなターゲット’に関する似通った講演・発表が多くあり、異なった分野の人が一回聴いても、その前後の講演発表とどこが違うのかがよく分からない場合もよくありました。そんな時、「このような大きな学会発表で聴衆にインパクトを与える(目立つ)ためには、よほど他とは変わった研究を進めなければ。」と思ったものです。

そうこうするうちに、博士課程の三年間は流れるように過ぎていき、博士論文をまとめる段階に入りました。自分では三年間の間に色々な実験を行ったつもりでしたが、いざ論文を構成しようとする、あるパラメータでの測定データが一つ欠けていることに気が付いたり、重要な実験結果を‘ベタベタ’と貼り付けただけでは妙にあっさり完結した論文に

なってしまうたりで、なかなか前に進まずいらいらしたものです。(またこの時ほど、日本語の文章を筋を通して書くことが難しいと感じたことはありませんでした。)やっと完成した博士論文を読み返すと、学生生活の集大成としていいものができた満足する一方で、もっと色々なことができたのではという思いも少し生じたことを覚えています。

#### 4. 助手に採用されて

平成12年の3月に博士課程を修了し、4月から精密科学専攻の助手として採用されました。またそれと同時に研究領域(研究室)も、森田瑞穂教授の担当されている「先端機器システム領域」へと移りました。当研究領域では、原子配列を精密に制御した超微細構造を創り、超微細構造が創る場により電子の輸送を制御して新しい機能を生み出し、それらの新機能を集積することによって高機能デバイスを実現することを目的としています。そのため、材料表面原子配置と電子デバイス特性との相関の解明や、デバイス特性に影響を与える汚染物を徹底的に低減した超洗浄空間で原子配列を精密に制御する微細構造形成プロセスの構築に関する研究を進めています。私も、大学院在籍時にはともすれば探針先端の原子の挙動に思いを馳せながら、ほんの1~2分の間だけ現れる鮮明な原子像をモニターで確認し、「来た!」と心の中で万歳して満足しがちな表面科学の研究が、実際の「モノ(電子デバイス特性)」にどのように生かされるのかが探れる機会を得ることができ、新鮮な気持ちで日々の研究に取り組んでいます。

また、当たり前のことですが研究室のスタッフになると、指導する学生の数が大学院在籍時と比べると増えます。そして、学生は日々の実験等のことで様々な質問をしに来てくれます。私の方もなんとか力になってあげたいと思うので、「それは~だから、~のようにすれば?」と涼しく答えるのですが、実は自分の知識も曖昧であることが少なからずあります。そんな場合は後でこっそり調べて間違いに気付

き、慌てて「あ、さっきのは~しないといかんわ。」と訂正しては、自分の実力不足を再認識することになりました。そうしているうちに、大阪大学助手としてスタートした社会人一年目が終わろうとしています。

私が大学の四回生になって研究室に配属され、研究生活がスタートしてから7年の歳月が経とうとしています。毎年春が来て、修士課程を修了した後輩の学生を送り出す度に、「自分はこの一年で研究者・社会人として順調に伸びているだろうか?」と不安になります。この7年の間に、私が所属する精密科学専攻は大きな変化を遂げ、非常に恵まれた研究環境の中で学生生活を送ることができました。教官となった今、今度は多くの学生を社会に送り出す側へと立場が変化してきました。自分の行った仕事をまとめた投稿論文に対して、遠い国の研究者から論文送付の依頼が届いたりすると、小さな喜びを感じるものです。日々の生活の中で、そういった‘達成感’のようなものを一人でも多くの学生に味わってほしいと思うと同時に、そのためには自分自身も少しでも視野の広い研究者になり、学生に適切な指導が行えるような努力を重ねる必要があると自分に言い聞かせる今日この頃です。

#### 5. おわりに

この一年は私にとって、研究者としての一步を踏み出した節目の年となりました。今回の本コラムの執筆を機にこれまでの研究生活を振り返ってみると、過ぎ行く年月は早くても、様々な貴重な経験をさせてもらっていたということを改めて実感しました。自分自身、研究者としてまだまだ未熟ではありますが、より一層の努力を重ねると同時に、社会で貢献できる後輩を育てていく義務があることを常に意識しながら、日々の生活を送っていきたくと考えています。最後に、本執筆の機会を与えてくださり、ありがとうございました。

