

## International Training Program 韓国 成均館大学 派遣報告

### 名古屋大学工学研究科電子情報システム専攻 乾 裕俊

2009年1月13日から3月13日の2ヶ月間、韓国の成均館大学の Center for Advance Plasma Surface Technology (CAPST)へ研究派遣を行いました。この韓国への2ヶ月間の長期派遣は、自分の人生の中で非常にすばらしい経験であり、これからの人生に多大な良い影響を与えるものだと確信しています。

成均館大学とは、韓国の中でトップクラスの大学であり、SAMSUNGが大学のスポンサーである大学です。また、成均館大学には2つのキャンパスがあります。ソウル市に経済学や文学部などの文系のキャンパスがあり、スワン市には、主に化学、物理学といった理系の専攻のキャンパスがあります。私はスワン市にあるキャンパスにあるCAPSTへ派遣を行いました。

成均館大学のCAPSTでは、主に、ハイブリットシステム(スパッタリングと誘導結合プラズマ(ICP: Inductively Coupled Plasma))やプラズマ化学気相成長法(PECVD: Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)やマグネトロンスパッタリングを用いたSiO<sub>x</sub>薄膜や太陽電池の応用を目指したSi薄膜形成の研究を行っています。また、低温プロセスのための薄膜やプロセスのデザイン、レーザー誘起蛍光法(LIF: Laser induced fluorescence)や発光分光法(OES: Optical Emission Spectroscopy)などのプラズマ診断による薄膜上の核形成や成長の基礎研究、プラズマパラメータと薄膜の性質間の関係についての研究を行っています。

韓国派遣前に、研究テーマが決定していませんでした。研究テーマを決定する前に、CAPSTに在籍している学生に現在行っている研究のプレゼンテーションを行って貰いました。その後、Han教授と何の研究をしたいか、何の研究テーマが良いのかの議論を英語で行い、2ヶ月間の研究テーマの決定を行いました。

韓国の成均館大学の2ヶ月間は、13.56MHzのRFパワーを用いたPECVDを用いた微結晶シリコン薄膜作製の研究を2ヶ月間することになりました。本研究は、CAPSTのドクター課程の学生のYoun J. Kim氏とともに行いました。Youn J. Kim氏は非常に優秀な学生であり、常に一生懸命に研究を行っていました。本研究で使用したプラズマ源は、13.56MHzのRFパワーを用いた容量結合型プラズマ(CCP: Capacitively Coupled Plasma)を用いました。アノード電極は直径220mmのシャワーヘッドであり、カソード電極にガラス基板をセットしヒータを用いて基板温度を一定に調整しました。また、シャワーヘッド内部へ水冷を流し、シャワーヘッドの温度上昇を低減しています。実験に使用したガスはSiH<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>を用いました。これらのガスはシャワーヘッドを通じてチャンバー内に導入しました。パワー、流量比、圧力、電極間距離、基板温度などのパラメータを変化させて、シリコン薄膜を形成し、また、ラマン分光やFT-IRを用いて、シリコン薄膜の膜質や結合状態の評価を行いました。さらに、OESを用いてプラズマ診断を行いました。

微結晶シリコンとは結晶性シリコンとアモルファスシリコンが混じっているシリコン薄膜であり、世界中で多くの研究者が研究を行っており、非常に注目されている研究である。微結晶シリコン薄膜の特徴として、低コスト、大面積処理が可能である、高効率な太陽電池の作製が可能であるなどをあげることができます。しかし、光吸収率が低いために、膜厚が2μm程度必要のために、太陽電池への実用化のために高速成長で高品質、また、低温度で成長させることが大きな課題になっています。

本研究のプロジェクトは2009年1月からスタートしたばかりでした。まず、一緒に研究をスタートする前に、Youn J. Kim氏と、この2ヶ月間で何

を行うかの議論を英語で行いました。その結果、この2ヶ月間の行う内容としては、最初に、パワー、流量比、圧力、基板温度のパラメータを変化させて、プロセスを最適化させることを計画しました。また、同時に、作製したシリコン薄膜を段差計やラマン分析や FT-IR と言った分析器機を用いて、デポジションレートや膜質の評価を行うことを考えました。さらに、Intensified Charge Couple Device (ICC) カメラを用いた発光分光法から、プラズマ診断を行うことに決定しました。ICCD カメラとは、ごく微小な光を検出するために製造されているカメラのことであり、プラズマの発光を分解能が高く計測できる特徴を持っている。そして、これらの議論した内容を英語でプレゼンテーションをまとめて資料を作り、ミーティングで、計画内容を英語でプレゼンテーションを行いました。日本でやっている研究が大気圧プラズマに関する研究を行っており、微結晶シリコンに関する研究を行ったことがありませんでした。そこで、Youn J. Kim 氏と議論を行いつつ、研究を進めました。また、微結晶シリコン薄膜に関する論文を読み、微結晶シリコン薄膜に関する勉強を行いました。また、2ヶ月間の韓国での研究の成果を、Han 教授や CAPST の学生の前で派遣終了の二日前に、英語でのプレゼンテーションを行いました。このように英語で議論すること、プレゼンテーションの資料を作ること、プレゼンテーションをすることは貴重な経験であり、これらの経験を通じて、自分自身の英語の能力が上がったことを実感しました。

毎日、9時頃に Research Center 1 にある CAPST に行き、実験および勉強を行い、20時から21時の間に滞在しているゲストハウスに帰宅しました。CAPST の学生は全員、非常に親切であり、また、勉強熱心でありました。

毎週月曜日の朝9時から10時の間から CAPST のメンバー全員がミーティングを行い、先週行ったこと、また、今週行うことを発表し、Han 教授と議論をおこなっていました。その全てが英語で行われており、非常に勉強になりました。特に CAPST の毎週のミーティングで非常に印象に残ったのは Han 教授の言葉でした。多くの研究が、今までの研究と同じことをしていき、また、

あなた達は研究者であり、また、エンジニアであるので、そのような研究はリファレンスを追いかけるような事をするな・リファレンスを追いかけるような研究はしてはならないと熱く語っていた事が印象に残りました。Han 教授の言葉は、これからの研究で肝に銘じなければならないことだと思いました。

ポストドクターである Dr. Nikolay Britun 氏によるセミナーが2回行われました。内容は、LIF 法と FPI についてでした。LIF とは、プラズマにレーザー光を照射して、そのレーザーによりラジカルを励起させる。その励起して、下の順位に落ちてきた時に発生する光を測定することで、プラズマ中のラジカルの密度を計測する手法である。また、FPI とはファブリペロー干渉計は、二枚の透過型反射鏡を平行に組み合わせた干渉計であり、二枚の鏡面間での反射により、干渉縞が発生することを利用してスパッタリング中の粒子のスピードとその分布を計測する手法である。Dr. Nikolay Britun のプレゼンテーションは非常にわかりやすく、非常に LIF に精通しており、強い感銘を受けました。プラズマ計測技術には非常に興味があったので、とても勉強になったセミナーでした。

私たち ITP 長期派遣者に部屋が一つ与えられて、また、デスクも一つずつ与えられました。日本の研究室のように電話がほとんどなく、また、お互いに集中しているので、作業を中断することが無く、非常に集中できる環境でした。また、セキュリティも非常にしっかりしていました。また、CAPST の研究センターにはシャワーも完備されており、夜遅くなりやむを得ず泊まることもある場合に、非常に便利なようです。

ITP 長期派遣の2ヶ月間、成均館大学のゲストハウスに滞在していました。ゲストハウスには冷蔵庫、テレビ、掃除機、洗濯機、炊飯器、トイレ、シャワー、キッチンなど一通り生活できる環境が整っていました。また、ゲストハウスから研究室まで徒歩5分程度の距離で、非常に近く便利でした。また、成均館大学の近くには大きな学生寮が沢山あり、多くの学生が住んでいます。

成均館大学の周辺には多くの韓国料理を出すレストランがあり、成均館大学の学生メンバーとよく昼食、夕食を食べに行きました。昼食にはよく

CAPSTの学生と共に学生食堂に行き、昼食を食べました。また、学生食堂では、非常にリーズナブルな値段で美味しい韓国料理を食べることができました。Han研究室から学生食堂までには歩いて10分程度の距離があり、多くのCAPSTの学生メンバーと日本のことや韓国のことや週末のことを英語で話し、親交を深めました。また、その様な交流を通じて、基本的な韓国語を教えて貰い、また、私からは日本語を教えるようなことを行いました。その結果、非常に韓国語に興味がわき、韓国語を帰国後も勉強したいと思っています。また、研究室のメンバー全員で食事を食べに行くこともあり非常に楽しい経験の一つです。

韓国のレストランで驚いた事の一つとしては、韓国のレストランでは日本と異なりサイドディッシュがサービスで何度もおかわりしても無料なことです。また、価格も非常にリーズナブルな値段でした。この2ヶ月間、キムチ、ビビンバ、スンデスープ、カルビ、カルビタンなど様々な韓国料理を食べました。中でも一番印象に残った食事は、CAPSTの秘書兼学生であるMrs. Kimの家族との食べた食事です。Mrs. Kimの家に招待されて、Mrs. Kimの家族と一緒に食事を食べ、Mrs. Kimの家族とコミュニケーションをし、そこで食べたブルゴギが非常においしかったです。

生活面では、CAPSTの修士一年生のDooHoon氏に非常にお世話になりました。韓国到着当初、生活に必要な食料や生活必需品などを買う店が分からなく困りました。また、スワン市はソウルとは異なり都市部ではないため、韓国語のみが通じて、英語がほぼ通じないが非常に困りました。しかし、DooHoon氏の提案により、生活に必要なものを買うために、E マートという大型ショッピングセンターに行き、生活に必要な食料や雑貨等を買いました。DooHoon氏自身、非常に親切でもあり、かつ、年も近かったために非常に仲良くなり、週末も一緒にどこかに出かけることもしばしばありました。例えば、DooHoonと共にソウル市の明洞や清溪川やソールタワーに案内してもらいました。特に印象に残ったのは、清溪川についてのエピソードでした。清溪川を再建したのは現在の韓国の大統領である李明博であり、昔はあまり良くないところだったそうです。しかし、李明博により現

在まで再建したそうです。また、日本の企業について、どの分野でどこの会社がトップなのかなどの話をしました。というのは、たとえエンジニアや研究者であろうと政治や経済に大きく影響されるために、それらについて関心を持つ必要があるからです。あまり普段から経済や政治に興味がなかったのですが、その言葉を聞いてから、すべてのエンジニアや研究者は政治や経済に関心を持つ必要があると痛感しました。そして、ビジネス感覚を持ち合わせたエンジニア・研究者を目指す必要があると考えました。韓国の歴史や文化を勉強するために、CAPSTの学生の薦めで、民俗村と慶州に行きました。民俗村に行った当日は、韓国の旧正月であり、多くの人々が民俗村に訪れていました。民俗村では、伝統的な踊り、太鼓、綱渡り、シーソーのパフォーマンスがあり、訪れている人達を楽しませていました。また、韓国の歴史の博物館があり、そこで韓国の伝統や歴史を学びました。また、慶州では、歴史的なお寺や場所を訪れて、韓国の歴史的な建造物を観て感動しました。

2ヶ月間のCAPSTのメンバーに非常にお世話になったので、何かプレゼントをしたいと考えて、九州大の坂井さんの提案で、今まで撮った写真でメッセージを書いて送ることにしました。今まで撮った写真で良いものを探して、それを印刷して、裏に相手へのメッセージを書きました。CAPSTのメンバーが非常に喜んでくれたので非常にうれしかったです。今後も連絡を途絶えることがないようにお互いに連絡を取りたいと思いました。また、今後、学会やワークショップなどで会うことを言い合いました。

今回の韓国への長期派遣は非常に有意義なものでありました。韓国で自分にとって未知な分野の研究が経験でき非常に勉強になりました。さらに韓国の友人も多くでき、より韓国と日本との距離が縮まったと感じました。また、韓国の様々な文化や歴史に触れることができ、非常に勉強になり、韓国の歴史や文化を理解することができて非常に良かったと思います。

今回の韓国の長期派遣は様々な人たちの協力のもとで行われたて実現しており、非常に感謝しております。ITPのスタッフやHan教授には、このような貴重な機会を与えていただいた事に非常に

感謝しています。また、韓国での研究生活で、全ての **CAPAST** の学生やスタッフには、非常に親切にしてもらい感謝しています。さらに、この **ITP** がさらに成功することを祈っています。