

## 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 中坊 将人

2011年12月9日から2012年2月6日の60日間にわたり、International Training Program (ITP) 長期派遣に参加し、韓国の成均館大学にて研究を行いましたので、ここに報告させていただきます。

#### 派遣先

成均館大学はソウル市とスウォン市にキャンパスが二ヶ所あり、私はその中でも理系学部が集まるスウォン市キャンパスにある Center for Advanced Plasma Surface Technology(CAPST)を訪問させていただきました。

CAPST ではプラズマを用いて作られた新機能性薄膜材料の開発及び評価、プラズマ診断など様々な分野における最先端の研究が行われています。建物は広くゆったりとしていて、地下階や別棟の工学部棟には共用の実験装置なども数多く存在し、クリーンルームも設置されていて設備が充実していました。今回、私は CAPST のセンター長を務めておられる Han 教授の研究室に配属され、研究を行うことになりました。

Han 教授の研究室は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薄膜形成と評価を重点的に研究しており、成膜用の実験装置や薄膜評価装置が充実しています。

#### 研究

##### ・滞在中の研究テーマ

現在、私は日本において酸化物の薄膜生成に用いられる RF マグネトロンプラズマスパッタリングについて研究を行っています。しかし、日本では四重極質量分析器やシミュレーションによるプラズマ中の高エネルギー粒子の挙動を研究しており、実際に酸化物薄膜の成膜を行っておりませんでした。そこで、実際に最先端の技術を使ってマグネトロンプラズマスパッタリングで酸化物の成

膜を行っている成均館大学において、薄膜の成膜技術と評価手法を学びたいと考え ITP に参加いたしました。

実際に Han 教授の研究室に訪れたところ、修士1年である Shim Byeong Cheol さんが透明導電酸化物(TCO: Transparent Conductive Oxide)薄膜として ZnO 膜のマグネトロンプラズマスパッタリングでの成膜とその膜特性の評価を行っておられましたので、その研究を共同で行わせて頂きました。

##### ・研究目的

透明導電酸化物(TCO)薄膜は光起電装置、有機EL、タッチパネル、ディスプレイなどに広く用いられています。現在この TCO 薄膜は電気抵抗が低く、加工の容易なインジウムとスズの酸化物である ITO が最も普及しています、しかし ITO はレアメタルを原料として用いるため高価となっています。

それに対し ZnO に  $Al_2O_3$  をドーブした AZO は原料が非常に安価なことがメリットとして挙げられます。



図1:CAPST の入っている棟

そこで、低い抵抗率と高い透過率を持った AZO 薄膜の成膜を行うことを目的といたしました。具体的には  $\sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  の抵抗率と 90%以上の可視領域での透過率を目標値に設定していました。

#### ・実験

前述の通り、Han 研究室のマスターである Shim Byeong Cheol さんと共同で実験を行ってまいりました。AZO の成膜には RF 電源の対向ターゲット型スパッタ装置を用いました。ターゲットには質量%比 98 の ZnO と 2%の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を含む合金を使用しました。原料ガスとして、アルゴンと酸素を導入し、ガスはターゲットから 12cm 離れた位置のチャンバー上部から供給します。また、チャンバーはロータリーポンプとターボ分子ポンプを併用して排気を行います。成膜基板にはガラス基板を用いました。成膜条件として、ターゲット - 基板間距離、入力電力密度、成膜時における圧力、導入ガスの Ar :  $\text{O}_2$  比率を変化させて成膜を行いその膜特性の評価を行いました。

膜の評価方法としてまず、触針式段差系によって膜厚を測定し、成膜速度を求めました。また、ガラス基板上に成膜したサンプルを XRD(X-Ray Diffraction)により調べ、製膜した AZO 薄膜の結晶構造を調べました。XRD の半値幅から結晶子の大きさを計算しました。

### 現地での生活

#### ・研究室での生活

毎週火曜日が研究室でのミーティングになっており、毎週ドクターの学生が研究の進捗状況の報告を行っていました。最初の週には私と定末さんがそれぞれ日本での研究内容の概要説明を行いました。その後、Lee 先生と韓国での研究テーマについて話し合いがあり、マグネトロンプラズマスパッタリングを行っていた Shim Byeong Cheol さんと共同研究を行うことに決まりました。

しかし、派遣直後の時期は韓国のマスターである Shim さんは学期末の試験があり、研究室の部屋移動も重なってしまい、多忙でした。そのため、Han 研究室の秘書兼ドクターである Kim さんからマグネトロンプラズマスパッタリングに関する論文や書籍を紹介していただき、それを読んで勉

強を行いました。私は日本では TCO 薄膜については学んでいなかったため、Shim さんと研究を行う前に TCO 薄膜成膜のためのスパッタ源の知識を得るのに非常に役に立ちました。

試験の時期が過ぎた後は Shim さんと成膜実験を共同で行いました。RF マグネトロンプラズマでの成膜は 1 サンプルにつき 30 分~1 時間ほどの長い時間がかかるため、Shim さんが研究室を出る時間は大抵翌日の午前 2 時程度になることが印象的でした。また、プラズマを発光させて成膜中の長い時間にはチャンバー前にいなければならないため、その時間にデータ整理を行うのですが、その時点で既に英語でスライド作成をしており、韓国の学生の英語への馴染み方を実感させられました。

また、韓国の学生の特徴として印象的だったのは生徒同士で実験の相談が活発だったことです。実験で分からないことがあるとすぐに先生方に聞くのではなく、まず研究室の先輩であるマスターやドクターの方に相談を行っていました。その際ドクターの学生も実験データから一緒に考察を行い、次に何をすればよいのか等を共に考えてくれていました。そのように学生同士で研究について意見を交わし、高めあっていく姿勢は見習わなければならないと思われました。

昼食についてはほぼ毎日学食を利用していました、あちらの学食は 1 食 250 円程度とお手頃な価格で食べることが出来ました。大学内に 3 つ以上の学食があり、それぞれが毎日違ったメニューを提供していたこともこちらでの大学生活と違って新鮮に感じられました。また、韓国ではデリバリ



図 2: デリバリーの昼食

サービスも充実しており、学食が充実しているにも関わらず忙しいと言って居る時は配達を頼むこともありました。昼食の時間も惜しむ姿勢は韓国の学生達のモチベーションの高さを表しているのではないかと思います。

1月に入ると、タイからも ITP による3人の生徒が派遣されてきました、名古屋大学からも中国からの留学生である Lu さんが合流し、研究室に派遣された学生が6人いる状況となりました。タイの学生に研究室や近辺市街の案内を任されることもあり、その途中に英語で自分の研究内容の説明をする機会がありました。その際にスライド等を使わずに自分の研究内容の説明をする難しさを痛感しました。また、日本語の分かる秘書のお二人には研究、生活の両方の面で大変お世話になりました。

#### ・宿泊施設での生活

現地での宿泊先としては2人用の部屋に定末さんと共に大学のゲストハウスを使用させていただきました。部屋内はとても広く、またベッド、テレビ、冷蔵庫、洗濯機や掃除機等、一通りの家具や家電もそろっており、特に不自由せずに過ごすことができました。朝と夕は主に自炊を行っていたため、食材を駅近くのスーパーマーケットに買いに行っていました。その際に韓国では値札をつけない文化が存在するようで、露店ではない商店で値札のはっていないものを買うという日本では考えられないことを経験することも出来ました。値段に関しては肉類を除いて日本よりも比較的安く売っていましたが、初めは野菜の買い方が分からず苦労しました。また、インターネット環境についても wi-fi ルーターを研究室から貸して頂けてとても快適に過ごすことができました。

また、冬の韓国は滞在中に最高気温がマイナスの日もあるなど寒さが非常に厳しいのですが、床暖房が完備されていて室内はとても暖かかったです。温度調整の仕方がよく分からず、室内が逆に暑いといった日もあったほどです。気温が低いことに加えて湿度も低く乾燥していたので、スウォンでは降雪は珍しかったです。しかし、車で50分ほど移動したところに雪の良く降る地域があるようで、実験後にスキー場にナイターをしに連れ



図3: ゲストハウス外観

て行って貰った日もありました。

1月2日からは堀研究室の Lu さんが合流したため、三人一部屋での生活を行いました。留学生の方と同じ部屋で過ごして、英語でコミュニケーションをとる経験は今後の研究生活においても役に立つと思います。しかし3人生活で最も大変だったのはお風呂の順番でした。

#### ・休日の過ごし方

休日には地下鉄（電車）に乗ってソウル方面に観光や買い物に出かけることが多くありました。地下鉄で乗り換えずにソウル駅まで1時間程度であり、値段も日本の地下鉄に比べ遙かに安く往復約300円程度で乗ることができるため気軽に行くことができました。ソウル駅周辺の東大門、南大門市場や繁華街であるミョンドンでは商店が多数並び人も多く活気にあふれていました。ほとんどの店員さんが日本語を話すことが出来て大変驚きました。しかし後で研究室の人に話を聞くとミョンドンは日本人向けの商店街であるため、日本語を話せる人が多いとのことでした。同様に欧州向け、現地人向けの繁華街も存在するそうです。

成均館大学のあるスウォンの世界遺産である水原華城にも足を運びました。朝鮮王朝の末期に作られた城塞であり、城を囲んでいる万里の長城のような平坦な城壁を2時間ほどかけて歩いて回りました。その城壁の途中にいくつかの大門が存在し、その見事な外観に感動しました。



図 4：水原華城城郭

### 韓国生活を通して

初めての一人暮らしにも関わらずルームシェア、言葉が通じるのか不安な研究室環境など出発前は不安に思うことが多くありました。しかし、いざ始まってみれば温かく受け入れて下さった方のおかげで大きな事件もなく、無事に2カ月を過ごすことが出来ました。普段の生活とはかけ離れた韓国での研究生生活と多くの外国人の方との交流を通

して違った価値観や意見に触れることで私の世界観を広げる素晴らしい経験になりました。私はこの経験がこれからますます進んでゆくグローバル社会において大きな財産になると考えています。

研究では実際に韓国で研究を行うことで、別の視点から自分の研究テーマを見ることが出来るようになりました。英語でコミュニケーションを取ることがやさしくはありませんでしたが、自分から話していかないと物事が進んでいかないため、積極的に自分の意思を伝えることの大切さを学ぶことが出来ました。研究以外でも韓国の文化や価値観に触れることは様々な面で考えさせられることが多くありました。さらに、今回の ITP ではタイの学生との交流の機会もあり、非常に密度の濃い派遣生活を送ることが出来たと思います。今回学んだ国際意識を忘れずに、今後の研究生生活に励んでいくことでこのプログラムに関わって下さった人々への感謝としたいと思います。最後になりましたが、このような素晴らしい機会を与えて下さった ITP 関係者の皆様と、温かく迎えて下さった Han 先生をはじめとする CAPST の皆様に心より感謝申し上げます。