

# International Training Program イギリス クイーンズ大学ベルファスト校 派遣報告

## 名古屋大学工学研究科電子情報システム専攻 平岡 丈弘

この度、International Training Program (ITP)の長期派遣プログラムに参加し、2011年1月30日から2カ月間イギリス北アイルランドのクイーンズ大学ベルファスト校、Centre of Plasma Physics の Bill Graham 教授のグループにおいて研究活動を行ったので報告致します。

### § クイーンズ大学ベルファスト校

クイーンズ大学ベルファスト校は北アイルランド首都のベルファスト南部の文教地区に位置します。大学周辺にはアルスター博物館やボタニックガーデンがあり、たいへんゆったりとした地域です。ボタニックガーデン内の植物園の周りでは、読書をする人や、広大な広場でフットサルなどを遊ぶ大学生も多くみられました。

Centre of Plasma Physics は QUB の Mathematics and Physics 内にあります。現在、古い石材を新しいものに変える工事が行われていました。Graham 教授のグループでは非平衡プラズマを取り扱っており、大気圧プラズマ源や液中プラズマ源をシミュレーションと実験で解析しております。また、グループは、ほとんどが PhD および PhD の学生で構成されています。



図1 クイーンズ大学ベルファスト校

### § 生活

私は、Graham 教授の紹介でアルスター大学の Charlie 博士と QUB 博士後期課程の Arthur が住む家に滞在しました。家は QUB から徒歩で10分程度のところにあります。部屋は屋根裏部屋ですが十分に広く、また、家電は自由に使うことができました。食事は、ほとんどが自炊でサンドイッチやパスタなどを作りました。お昼ごはんは学食やテイクアウトを利用しました。大学周辺にはスーパーやテイクアウトのお店がたくさんあり、サンドイッチやカレー、フィッシュ&チップス、ピザなど豊富にありました。また、学生会館内の食堂でも5ポンドくらいのメニューがありました。メニューはソーセージパイやビーンズ&チップスなどが主としてありました。物価としては円高の影響もあり、あまり高いとは感じませんでした。スーパーで売っている食パン1斤が1ポンドであったり、果物が40ペンス程度であったりしたため節約のため、できる限りスーパーで購入しました。

帰宅後の過ごし方としては、18時ごろには暗くなるので、家で過ごしました。読書をするのが多かったのですが、Charlie 氏とともに映画のDVDをみたり、テレビのクイズ番組をみたりすることも多くありました。

休日は市内を観光したり、6ネーションズ開催期間であったため、PUBでラグビーの試合を観戦したりしました。ベルファストは北アイルランドの首都ということもあり、中心部にはシティホールやグランドオペラハウスなどがあります。また、ベルファスト西部のほうに行くとカトリック系住民の地域とプロテスタント系住民の地域がわかれており、それぞれの地域に壁画がたくさん見られました。大学横にあるボタニックガーデン内のアルスター博物館や植物園は入場用も無料で観光客も多くみられました。

また、Arthur 氏の友人がドイツから遊びに来た

ときに北アイルランドの観光名所であるジャイアンツコーズウェイを回るツアーに行きました。ポートラッシュの地域にあるダンルース城やキャリック・ア・リードのつり橋、ブッシュミルズ蒸留所などを回り、25ポンドでした。ガイドはもちろん英語のため、完璧には理解できませんでしたが、とてもよい勉強になりました。

3月17日のセント・パトリック・デイには、シティホールでパレードが行われました。街全体が緑一色に染まるこの日はアイルランドの文化にも触れることができました。

### § 研究活動

1週目はGraham教授が不在であったため、研究室の簡単な案内とメンバーの紹介をハウスシェアしている博士後期課程のArthur氏にしてもらいました。また、滞在時に必要な書類申請を行いました。

2週目は、私のこれまでの研究についてプレゼンテーションを行いました。私が和歌山大学博士前期課程において行った「光ファイバ型キャビティリングダウン分光の開発」および「光ファイバ型低コヒーレンス干渉計」、本大学博士後期課程で行っている「テラヘルツ分光を用いたカーボンナノウォールの特性評価」について発表しました。分光計測を行っていることから、「液中プラズマの発光分光による温度計測」に決定しました。

3, 4週目は、実験に関する論文を読むことと装置の使い方を博士後期課程のColin氏に教えていただきました。また、アルスター大学との共同研究があり、アルスター大学の先生と学生とのミーティングに参加しました。彼らの実験では気液プラズマを用いた微粒子の生成を行っており、そのプラズマについてPMTを用いた発光分光を行いたいとのことでした。そのため、関連論文の調査とアルスター大学NIBECにおいて気液プラズマの発光分光計測を行いに行きました。残念ながら、プラズマ源の安定性が悪く、点いている状態が続かないため、測定はうまくいきませんでした。

5~8週目は今回の報告で行う液中プラズマの発光分光計測を行いました。他グループの博士後期課程の学生がColin氏と共同研究として、低温アブレーションシステムを用いたポリマー合成を

行っており、このプラズマ源の特性評価を行うために分光計測を行うことになりました。プラズマ源はArthourcare systemの医療用低温アブレーション源です。また、溶液にはポリマー合成に使用したNaCl、BaCl<sub>2</sub>、NaOCH<sub>3</sub>、KCl、NaCO<sub>3</sub>を用いました。図2は発光分光の装置構成です。ここで、BaおよびBaイオンが励起されやすく、可視領域に多数ピークが見られることから、BaCl<sub>2</sub>の発光スペクトルから温度計測を行いました。BaCl<sub>2</sub>は0.5モルで10ml用いました。まず、プラズマ源の電圧、電流、PMTによって測定した発光強度の時間応答を測定しました。電圧は200kHz、V<sub>p-p</sub>=300Vです。電流値がプラズマの発光に伴い、変化が見られました。特に、発光し始めの1μsの部分では常温の溶液を熱し気泡を発生させるために変化が大きくなっています。

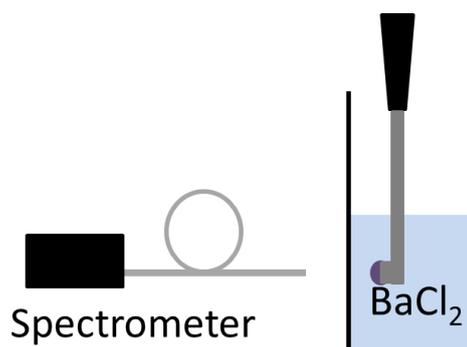


図2 液中プラズマの発光分光測定装置概略図

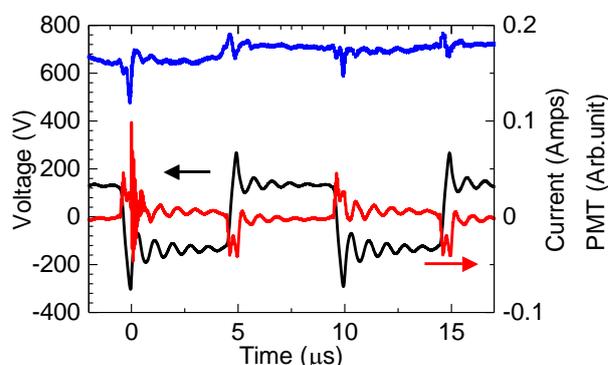


図3 電圧、電流、発光強度の時間応答

図4はBaCl<sub>2</sub>中におけるプラズマ源からの発光の様子です。Baによる薄紫色の発光が確認できました。分光計測には光ファイバ型のマルチチャンネル分光器を用いました。測定領域は200nm～1100nmです。積算時間は300msとし、平均回数3回としました。図5は得られたBaCl<sub>2</sub>の発光スペクトルです。NISTのデータベースと照合し、Ba I、Ba IIの特定を行いました。今回の測定では、Baに着目したため、H $\alpha$ ラインは確認することができましたが、H $\beta$ ラインは積算時間が短いため測定を行いませんでした。また、Clの発光ラインは励起エネルギーが高いため確認することができませんでした。

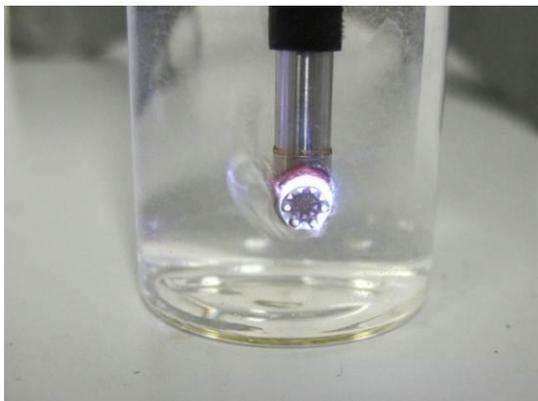


図4 BaCl<sub>2</sub>中における発光

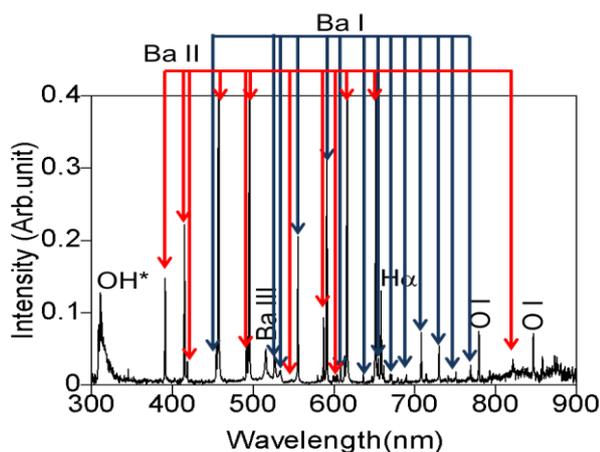
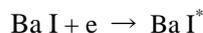


図5 BaCl<sub>2</sub>の発光スペクトル

図6は図5の発光スペクトルから求めたBa I、Ba IIのボルツマンプロットです。Ba Iの励起状態への過程は、



となります。そのため

$$\ln \left( \frac{I\lambda}{Ag_k} \right) = -\frac{E_k}{kT} + \ln C$$

で近似することができます。ここで、Iは発光強度、 $\lambda$ は波長、Aは遷移確率、 $g_k$ は上準位の多重度、 $E_k$ は励起エネルギー、kはボルツマン定数、Tは励起温度、Cは定数です。

また、Ba IIの励起状態への過程は、



の2過程が考えられます。そのため、

$$\ln \left( \frac{I\lambda}{Ag_k} \right) = -\frac{E_k + E_{ion}}{kT} + \ln C$$

で近似することができます。ここで、 $E_{ion}$ はBaの第1イオン化エネルギーを表します。Baの第1イオン化エネルギーは5.212eVです。図6中の実線は式1、2で最小二乗法で直線近似したものです。この傾きからそれぞれの励起温度を求めると、Ba Iの励起温度は0.52eV、Ba IIの励起温度は1.09eVと求めることができました。

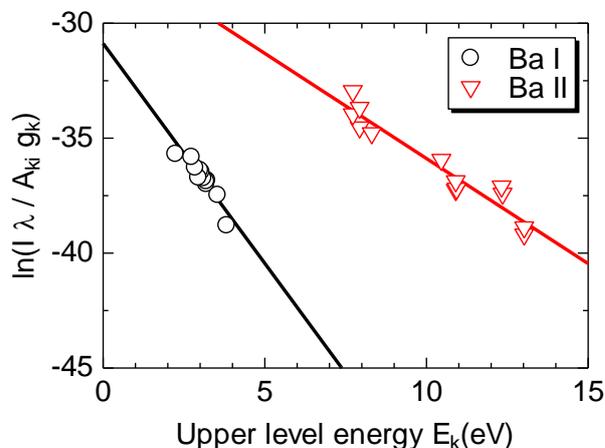


図6 ボルツマンプロット

- 研究生活について

研究室のミーティングは週に1度あり、学生が2人程度スライド2枚で研究状況のプレゼンテーションを行い、議論するという形式でした。発表者がいない場合は、自由に口頭で現在状況などを報告し、議論することもありました。学生、ポスドク、先生方を含めた活発な議論が毎回行われており、彼らの意欲的な研究姿勢に刺激を受けました。

以上のように、今回の派遣で液中プラズマの発光分光計測、クイーンズ大学ベルファスト校の学生や先生方との交流、海外生活などを通して今後の研究活動をさらに発展させたり、日英互いの文化の理解を深めたりするきっかけとなるもので、私にとってかけがえのない2か月間になったと思います。

このような機会を与えてくださった堀勝教授、豊田浩孝教授、諸先生方、名古屋大学プラズマナノ工学研究センター、クイーンズ大学ベルファスト校 Graham 教授および講師、諸学生、この度のITP 長期派遣プログラムに携わって下さった皆様に感謝申し上げます。