バーミンガム大学訪問記

木俣 光正

Mitsumasa Kimata

1. はじめに

2001年10月1日から10ヶ月間、School of Chemical Engineering, The University of Birmingham (バーミンガム大学、化学工学科)に文部科学省在外若手研究員として滞在する機会を得た。今年から工学関係は6つの学科に改組され、化学工学科はBiochemical, Environmental, Minerals Engineeringを含むThe Department of Chemical and Formulation Engineeringとなった。特にこれからは薬品、食品、飲料をキーワードに展開するようであり、現在建物の改修工事も進められている。以下にバーミンガム大学と化学工学科の概略、私が所属する流体混合グループの研究および粉体関連の研究を紹介したい。

2. The University of Birmingham (バーミンガム大学)

1900年に創立されたバーミンガム大学は、殆どの建物が赤レンガ造りでありとても落ち着いた雰囲気がある。図1を見ると中央に時計塔があり、これは大学のシンボルともなっている。学生数は約2万2千人、学生数の約70%が大学生、約19%がTaughtと呼ばれる大学院生、約11%が研究活動をする(Research)大学院生であり、学生数の約17%は海外からの留学生である。また、バーミンガム大学は2001年に行われたRAE (Research Assessment Exercise) のランキング調査において全英で5番目にランクした。1番目からスコアを示すとケンブリッジ:51、オックスフォード:46、ロンドン:46、マンチェスター:46、バーミンガム:45となっている。しかし、学科別では、化学工学科を含む12の学科がトップスコアをマークした。なお、大学についての詳しい情報につい

図1 バーミンガム大学(中央がClock Tower)

ては www.bham.ac.uk, ランキング調査についての詳細はRAEのホームページ www.rae.ac.uk を参照していただきたい。

バーミンガム市はロンドンから約200km北東に位置するイギリス第2の都市であり、バーミンガム大学(図1)はその街の中心部から電車で2駅目、約5分のところにある。バーミンガムには国際空港があり便利などころであるが日本からの直行便はないため、こちらを訪れる場合はヨーロッパ経由便を利用するか、ロンドンからバスまたは電車を利用しなければならない。ロンドンからバーミンガムまで電車で約1時間半である。ここは工業都市として有名なため、旅行のガイドブックに掲載されることはあまりない。こちらに来る前にイギリス人の知り合いから汚い街だと言われたのを思い出す。しかし、ここは赤レンガ作りの建物が多く、ときどきリスも見ることができるとほど緑が豊富な街である。街の中心部には運河が流れており、船内で食事をして楽しむこともできる。また、汚いといったイメージを一新するかのように中心部の駅周辺では大掛かりな改装工事が進められており、数年先が楽しみである。イギリスは雨が非常に多いところであるが、緯度が北海道よりも高いにもかかわらず、バーミンガムでは雪がほとんど降ることはなく(12月末に一

2002年6月3日受付
山形大学工学部物質化学工学科

(〒992-8510 米沢市城南4-3-16) TEL 0238-26-3157

度だけ、3センチ程度積もっただけであった)、私が住んでいる山形より過ごしやすと感じた。

3. 化学工学科および研究内容紹介

現在、学科内の学生数は大学院を含め約400名である。先に触れたが、Chemical EngineeringはChemical and Formulation Engineeringと改名された。今年から建物の改築工事がはじまり、部屋の移動があったり騒音がひどかったりと、今年度は研究にあまり良い環境とは言えないが、昨年のランキング調査でトップスコア(5*)をマークしたこともあってか、雰囲気は非常に明るい。学科内のFormulation Engineeringリサーチセンターのセンター長は、粉体工学会2002年春季研究発表会の「高温集塵」の国際セッションで講演されたSeville教授である。なお、学科は25名のAcademicスタッフと15名のResearchスタッフで構成されることになった。(ウェブサイト: www.eng.bham.ac.uk/chemical/)

3.1 攪拌に関する研究

私が所属している流体混合グループ(ウェブサイト: www.bham.ac.uk/ChemEng/res_act/mixingr/mixgrhp.htm)はNienow教授、Bujalski博士、学生は大学院博士課程3名、ドイツから受け入れた卒研1名(既に帰国)、イタリアからの研究生1名で私を含めると7名となる(図2)。研究内容は、主に固-液、駅-液、気-液などの攪拌について実験とCFX-4または5(Computational Fluid Dynamics Software)を使ったコンピュータシミュレーションを行っている。CFXはソフトウェアであるため、バージョンアップによる旧バージョンとの比較、確認計算や操作方法の変更などに対応しなければならない点が問題となるが、大変優れたシミュレーション

図2 研究室にて(写真中央にNienow教授、中央右端にBujalski博士、前列中央に筆者)

図3 LDVシステム概略

ョンソフトであり、こちらでは、円筒形攪拌槽内の濃度変化やバイオリアクターの設計などを目的に活用されることが多い。

また、以下にシミュレーションの検証実験には欠かせない、研究室にある攪拌槽内の流速を測定するすばらしい2つの装置を紹介する。

LDV (Laser Doppler Velocimetry, TSI社製)の装置概略を図3に示す。これはマルチカラービームセパレーターにより分けられたそれぞれの2本の波長514.5nm(緑)、488nm(青)、476.5nm(紫)のレーザーが交差した点の流速を測定することができる装置である。ただし、ここでは476.5nm(紫)は使用していない。測定対象となる攪拌槽はガラスなどの透明な容器を用い、液体中にトレーサー粒子を加える。なお、トレーサー粒子は平均粒径10 μ mの中空ガラス粒子を用いた。レーザーの交差した点から得られるトレーサー粒子の速度はアナライザーを介してパソコン内で処理され、例えば円筒形の攪拌槽であれば、半径および軸方向または回転方向の2方向の速度情報が同時に得られる。また、攪拌軸の角度情報も得られるため、平均速度だけでなく攪拌翼の位置における速度情報も得ることができる。さらに、3軸トラバースシステムにより、プローブの位置をコンピュータ制御することができるため自動運転が可能である。

PIV (Particle Image Velocimetry TSI社製)の装置概略を図4に示した。LDVと同様にトレーサー粒子を使用する。ここでは平均粒径10 μ mの銀コーティング中空ガラス粒子を用いた。攪拌槽に2台のYAGレーザーからシート状に広げたレーザー光(ライトシート)を数ナノ秒から数千ナノ秒という非常に短い時間間隔で2回照射し、これを高解像度CCDカメラで撮影した。この2枚の画像を1組として、画像間の相互作用を解析してトレーサー粒子の移動量と方

図4 PIV システム概略

向を計算することにより、測定面のすべての流速を求めることができる。したがって、LDV が点測定に対して本測定法は面測定が可能となるため、一度により多くの情報が得られる。また、CCD カメラを2台用意することで3次元測定も可能となる。ただし、LDV のような角度情報は得ることができない。

3. 2 粉体に関する研究

粉体の研究で活躍されている Seville 教授は、実験とシミュレーションの2方向からアプローチしており、粉体のサイズは1mm 付近が多い。具体的には、流動層や回転ドラム内の粒子挙動の調査、錠剤を作成する際の粉体の圧縮挙動に関する研究が挙げられる。また、特に興味深かったものは物理学科と共同で研究している PEPT (Positron Emission Particle Tracking) という粒子の運動状態の測定法を利用した実験である。これは、X線 CT のような人体の断面

を撮影する PET (Positron Emission Tomography) 装置を粉体工学に応用したものであり、陽電子を放出する放射性のトレーサー粒子を混合機、ホッパー、粉碎機など様々な装置に加えることにより、装置内の粒子の挙動を粒子速度 2m/s まで正確に追跡できる装置である。ただし、測定できる範囲は2台の検出器の間に入る大きさであり、ここでは $600 \times 400 \times 2000$ mm、また検出器を装置から取り外せば 2000mm 以上の距離も可能となる。なお、トレーサー粒子は最小 1mm のガラスビーズまたは 0.6mm のポリスチレン樹脂が使われている。本法を用いることにより、流動層、粉体混合機、粉碎機などの装置内の粒子の速度分布がリアルタイムに計測可能であるため、透明な容器を用いた可視化のための実験装置を新たに作成する必要はなく、既存の装置で粉体の流動状態が測定できる利点がある。なお、詳細はホームページ (www.np.ph.bham.ac.uk/pic/) を参照していただきたい。

4. おわりに

以上バーミンガム大学と化学工学科内の攪拌および粉体関連の概略を説明したが、不十分な部分が多々あると思われる。興味のある方は是非バーミンガム大学のホームページを参照していただきたい。

末筆ながら、Nienow 教授、実験から生活全般にいたるまでお世話を戴いた Bujalski 博士、そして Seville 教授、さらに粉体関連の研究室を案内してくれた博士課程3年の John 氏に感謝したい。

求人欄の新設と掲載について

本学会誌も発行から39年、通巻400号を越え、粉体に関係する大学、研究所、企業等において広く読まれており、発行部数も3000部を越えております。

求人募集の新しい欄を設け、大学の学生募集や企業の募集案内、スタッフや研究者の公募などの掲載を歓迎いたします。

料金：刷り上がり 1 / 3 ページ ￥10,000 (大学、国公研、官庁)

￥30,000 (企業)

(注) カラーの場合は別途料金が必要です。