

## 豪州シドニー大学・OFTC滞在記

豊田工業大学 工学研究科

フロンティア材料研究室 藤原 巧

### Introduction of Optical Fibre Technology Centre, University of Sydney, and Australia

Takumi Fujiwara

筆者は1994年4月より1995年8月まで、約1年5ヶ月の間豪州（オーストラリア）シドニー大学光ファイバ技術研究所（Optical Fibre Technology Centre：以下OFTCと略称する）に研究員として勤務・滞在した。本文は、一研究者の偏見に満ちた見て歩きの記録程度と捕らえて頂ければ幸いである。

#### 〔豪州・シドニー大学〕

オペラハウスとハーバーブリッジで知られる豪州最大人口（周辺地域を含めて約400万人）を有する都市にあるシドニー大学は、1851年に創立された豪州最古の歴史を誇る州立（ニューサウスウェールズ州）大学である。大学キャンパスはシドニー市内中心部に位置しており、学部・大学院学生総数約2万5千人の大規模な総合大学である。荘厳なQuadrangle（四角の中庭を持つ建物）を有するメインキャンパスを中心として種々の学部・学科が集中して配置されている。しかし、米国等の大学キャンパスに比べると周辺住居地との整合性が保たれており、市街地からキャンパスに侵入したという明確な境界はそれほど強く感じない。学生の構成は米国

の大学と同様に各国から留学生が集まって来ており、昼食時のカフェでは賑やかに種々の言語が飛び交っている。留学生の出身国の割合は正確には分からないが、他の英連邦の国々やアジア（特に中国）からの留学生が多いようである。

豪州大陸発見後、初期の国家形成・発展に際して指導的な役割を担う人材の育成を目指して創立された経緯から、シドニー大学からは伝統的に政治、医学及び法学分野に特に多くのリーダーが現れてきた。その点シドニー大学は、豪州でも最高の権威を誇る大学である。だが、近年豪州においても大学評価・ランキング付けが盛んになりつつあり、1994年の評価でシドニー大学は、カリキュラム内容や研究成果、図書館設備等の項目で、シドニー大学と並ぶ伝統校のメルボルン大学や、新興の理工系に強いニューサウスウェールズ州立大学の後塵を拝する結果となった。当初はその評価方法自体を疑問視・批判する意見が多かったが、最近では評価を真正面から受け取り、過去の権威の上に安閑とせず、積極的に改革していこうとする姿勢が強く打ち出されてきているようである。

さて、正式名称Commonwealth of Australiaである、英連邦に所属する豪州は、国策として積極的に移民を受け入れる方針を掲げているが、

英連邦に属する国からか、あるいはそうでないかによって、市民権を得るための手続きやそれに要する期間など実際にはかなり大きく事情が異なるようである。中国から来ていたOFTCの研究員は市民権を得るために再三に渡る移民局との交渉が必要で、よく不満を漏らしており気の毒であったが、最終的に無事市民権を得ることができ、皆の祝福を受けていた。

豪州は、形式上は未だに英国女王エリザベス2世を国家元首として奉っているが、現政権を有する労働党キーティング首相（当時）は数年後に共和制に基づく英国からの”完全独立”を目論んでいる。また一方では、経済面を始めとする種々の点から、日本や中国などアジア各国との連携をより強固にする姿勢が見られる。その背景には、最近5年間の移民人口の5人中3人は中国を始めとするアジアからの人口流入であり、また経済的にもアジア諸国との強い結び付き無くしては将来豪州の経済活動が立ち行かない状況にあることがあろう。従来言われてきた「アジア・オセアニアの中のヨーロッパ」であった豪州から、アジアのパートナーとしての豪州へと、その変革は着実に進み、近い将来ユニオンジャックの含まれない国旗を掲げる名実共に新しい豪州が誕生すると予想される。

### 〔米国と豪州〕

豪州に渡る1年前まで、私は約2年間米国フロリダ大学に留学していたことから、米国と豪州、両者の歴史的経緯に関する類似性とその後の発展の相違性について興味を覚えた。新大陸の発見に端を発する新国家形成に始まり、ほぼ同時代に英国から渡って来た大量の移民によって広大な土地が開拓されてきたという類似の歴史的経緯を有する両国である。しかしながら、今日に至る発展は必ずしも同様の道を歩んで来ていない。例えば、米国方式（またはそれを模範として発展してきた日本方式）の大量生産・大量消費に慣らされた私にとって、渡豪後の最初の豪州最大の都市シドニーに対する期待は無

惨に打ち碎かれることになった。米国流の超近代的な都市を期待したシドニーの第一印象は新旧入り交じったどこかすさんだ街というものであった。要するに、新しく建造されたビルディング（これらは確かに近代的）の間に古い建物や町並みが放置されており、ひどく雑然としてガックリしてしまった。米国ではスラムと称して街の一部に集中する傾向があるが、少なくともシドニーでは至るところ（但し観光地以外）新旧のモザイク模様である。このことは一見、場当り的で、都市計画性の欠如を伺わせるが、約80年前に自動車8車線、電車2車線の幅を持つハーバーブリッジを建立した国民性である。今日の交通状況を当時完全に予想して設計したとは断言できないが（現在ハーバーブリッジだけでは容量不足で海底トンネルを併用している）、成行き任せの都市計画ではないであろう。

豪州人に聞くと大体10人中8人位は、米国または米国文化に嫌悪感を抱いているように感じた。その点、米国人が生い立ちが類似する豪州に対して親近感に近い好感を持っている事と実に対称的である。一人の同僚研究者のコメントは象徴的であった。それは、「我々（豪州人）は、世界の大国となった米国人と米国文化に敬意を表するが、我々は我々のやり方でやる。近ごろの米国資本の侵入は豪州らしさを喪失させる可能性があり好ましくない。」という意見であった。彼らは他国から進んでいるものは何でもかんでも取り入れるという姿勢とは対極に立っているようであり、特に自国の守り続けてきた文化を脅かすものに対しては抑制を働かせる良心を持っているのであろう。

日本人が様々な面で特段に米国を範あるいはライバルと考えがちである点に対して、豪州人が真っ向から批判してくれる機会に遂に恵まれなかったことは残念であった。もし米国人であったなら、相手におかまい無しにたちどころに多くの観点から批判が帰って来るであろう事を考えると、我が道は行くけれど奥ゆかしく相手

の立場を尊重する豪州の国民性にむしろ共感を覚えた。

#### [OFTC]

OFTCは、シドニー大学付属の研究機関であり、かつ、豪州光学共同研究機構（Australian Photonics Cooperative Research Centre：以下APCRCと略称）の一機関でもある。APCRCは、政府（州が主体）、大学、産業界が共同して設立された研究機構であり、光エレクトロニクスを主体とする科学・技術分野における豪州のレベルアップを目指して設立された。実際、豪州においても、情報スーパーハイウェイ構想や2000年に開催されるシドニー五輪を契機として情報・通信網の拡充は国を挙げての急務とされる課題の一つである。APCRCに含まれる研究機関は、OFTC（シドニー大学）以外にメルボルン大学のR. Tucker教授（ベル研のOB）の研究室や首都キャンベラにある国立オーストラリア大学のJ. Love教授やA. Snyder教授らのグループがある。お互いに緊密な関係にあり、例えばOFTCで研究・開発した分散補償ファイバ型回折格子を用いて、メルボルン大学でシステム評価を行うなど相補的な共同研究は気軽に行える環境にある。

OFTCの陣容は、概ね研究員20名、博士過程大学院生15名、事務関係5名、程度であろうか。また、OFTC専属の研究者以外にもシドニー大学の物理、化学、電気・電子工学科から兼任で助教授・講師クラスやポスト・ドクター研究員が常時10名ほどOFTCで研究を行っていた。研究員の出入りはかなり頻繁で、英連邦に属する他の国々や欧州からの留学生が目立った。実験設備は新しいものが多く日本の企業の研究所と遜色無いレベルであるが、研究員の増加ペースに建物・施設の拡充が追いつかず、研究室や実験室は日本並の多人数共同使用であった。

OFTCはAPCRCの一機関とはいえ、研究費の約4～5割はIBMやテレコム・オーストラリアなどの企業からの委託研究費によって賄われてお

り、研究テーマの設定にその企業の意向を反映させなければならない場合が多い。従って、主要な研究テーマは、特定の応用分野を意識したものであり、例えば、光メモリー用青色ファイバ型レーザとファイバ型変調器、波長分散補償用ファイバ型回折格子、ファイバ型電流センサなどである。また、OFTCの創設者の一人であるS. Poole（英国、サウサンプトン大におけるEr添加光ファイバ増幅器開発メンバーの一人）の意向で、光ファイバの光非線形性や材料特性に大きな関心が持たれており、特注の光ファイバ製造装置を用いて、高複屈折ファイバなど様々な特殊ファイバの作製を行っていた。彼の持論は、材料研究は全てに対して優先されなければならない、なぜなら新しい材料研究は独創的な新規のデバイス・システム研究に結び付くから、という事であり、要するにちょっとした改良や改善ではなく、真に創造的な研究は学問的にも実用的にも極めて大きなインパクトを及ぼすものであるということであろう。

また、私が赴任する少し前にカナダのラベル大学からF. Ouellette が OFTCに着任していた。最近大きな興味を集めている光ファイバ回折格子の基礎・応用研究の第一人者であり、かつ、光ファイバ型回折格子の普及に熱心な研究者の一人である。米国や欧州で盛んに研究されてきた光ファイバの光誘起屈折率変化とブラッグ回折格子の研究は最近日本にも飛火し、活発な研究が行われつつある。光通信に波長多重方式の重要性が高まるにつれてこの様なファイバ型波長フィルターなどの素子はますます注目されると考えられる。

実はOFTCの組織は当初の予定では1999年までの期限限定であり、既にその生き残りの模索が始まっている。私が滞在中に、S. Poole が代表となり特殊ファイバやファイバ素子関連のベンチャー企業を設立する案とか、シドニー大学工学部に所属する案など様々な方法が検討されていた。OFTCで研究生活を送って感心したことの一つに、この様な案件は先ず全員参加のミーテ

ィングで提案され、その後主に電子メールを使って活発に議論されることである。従って、自分の空き時間に充分時間をかけて考慮し、誤解の無いように意見を主張することができる。もっともごく簡単なことは相手の研究室に行き直接話せば良いのだが、私のようにすぐに適切な言葉が出てこない異邦人である研究者にとっては有難いやり方であった。

さて、そのOFTCの行く末であるが、大方の予想では1999年以降もAPCRCの一機関として存続可能であろうということであった。それは、いまやOFTCが豪州を代表する光関連の研究機関として認知されつつあることが大きな理由である。実際に、1996年にはシドニーに新設されるAustralian Technology Park (ATP) という研究拠点を移転することがほぼ決定している。

#### [ガラス光ファイバの光非線形性]

OFTCにおける私の研究テーマは、反転対称性を有するガラス材料では本来存在しない2次の光非線形性(第二高調波発生やポッケルス電気光学効果が示される)をポーリング(電場配向)によって発現させることであった。それまでは、高温励起状態(約250度C)のポーリング(印加電場約 $10^4$  v/cm)により得られる2次の非線形性が最大であり、誘起される非線形感受率の値は約 $1\text{pm/V}$ であった[1]。応用的な観点からみると、ガラス材料に結晶並みの大きな2次の光非線形性を誘起させることができれば、伝送用ガラス光ファイバと接続が容易でかつ長期安定性を有するファイバ型電気光学機能デバイスや、紫外波長域まで透過領域を持つ第二高調波発生による短波長光源の可能性が開ける。これは、受動的な用途にのみ使われてきたガラス材料の適用範囲を従来の単結晶材料の領域まで拡大し、さらに単結晶材料にはない特徴を有する新材料の創出に結び付くと考えられる。

さらに大きな光非線形性を得るためにポーリングに必要な基本的要件は以下の点であること

が推察された。

- 1) 高強度(熱、光等)励起
- 2) より大きな印加電場

最初の点は即ち、より多数の励起キャリアを生成させる条件であり、次の点は電場方向に沿った構造変化を誘起させる条件である。

詳細は参考文献[2]に譲るが、我々は石英系ガラスの紫外光励起による光誘起屈折率変化に着目し、従来の熱的励起の代わりにエキシマレーザーによる紫外光励起を用い、かつ、ファイバ内の電極構造を工夫することによって高パワー密度の光励起と大きな電場(約 $10^6$  v/cm)を同時に得ることができた。その方法により、石英系ガラス光ファイバに誘電体結晶であるニオブ酸リチウムの $r_{22}$ にほぼ匹敵する電気光学係数が誘起されることを確認した。

このガラスに2次の光非線形性が誘起される機構は未だに不明であるが、添加不純物の影響や発現機構を解明する事はさらに大きな光非線形性を誘起するために重要な研究課題である。

著者は1995年の秋、シドニー大学から豊田工業大学フロンティア材料研究室(主任教授生嶋 明)に着任した。これを機にガラスの光非線形性の研究、特に微視的レベルからその発現機構を解明することを中心課題としてこの研究を継続する予定である。これは、極端条件励起(紫外光照射や高電場印加など)によるガラスの構造変化と誘起光非線形性という極めて興味深い物性研究につながり、かつ、結晶レベルの光非線形性とガラスが本来有する高機能性(透明、広い透過波長域、賦形性など)を併せ持つ新しいフォトニクス材料を創製する基盤研究となる事が期待される。

#### 参考文献

- [1] R. A. Myers et al., Opt. Lett. 16, 1732 (1991).
- [2] T. Fujiwara et al., Electron. Lett. 31, 573 (1995).