

# 米国 Rutgers 大学 Sigel 研究室 「Fiber Optic Materials Research Program」 訪問記

日本板硝子(株)技術研究所

岸本 正一

## Visiting Report at Prof. Sigel, Fiber Optic Materials Research Program, Rutgers University

Shoichi Kishimoto

*R. & D. Group, Kansai Research Center, Technical Research Lab., Nippon Sheet Glass Co., Ltd.*

昨年10月、業務で渡米する機会に恵まれ、幸運にも Rutgers 大学の George H. Sigel, Jr. 教授をお訪ねし、教授が Director を務められる Fiber Optic Materials Research Program の研究施設を見学させていただくことができた。

読者諸兄にはご承知のとおり、Rutgers 大学についてはセラミック誌 32 巻 2 号で日本特殊陶業(株)の坂野久夫氏が、Sigel 教授の Fiber Optic Materials Research Program (FOMRP) については本誌 12 巻 4 号やセラミック誌 32 巻 7 号で 10 ヶ月間客員研究員として研究された京都大学総合人間学部の田部勢津久先生が寄稿されているが、本稿ではできるだけ重複を避け、先生が紙幅に尽くせなかった(と思しき)部分について報告したいと思う。

Rutgers 大学は、米国最古の大学の一つ、Queen's College として 1766 年に私立大学として設立された。(同時期に設立された King's College は現在の Manhattan の Columbia

Univ. である。) 米国独立後の 1830 年、Henry Rutgers が多額の寄付を行なったことにより、それにちなんで Rutgers に名称が変更された。第二次大戦後の 1950 年、州立大学になり、現在の名称 Rutgers, The state university of New Jersey になった。現在では Camden, Newark, New Brunswick の 3 地区に別れ、総学生数は 48000 名にのぼる大規模な総合大学になっている。

その中でも New Brunswick 地区は 33000 名の学生を抱え、New Brunswick の市街を取り巻くように Raritan 川の両岸に広がる Busch, Livingston, College Avenue, Cook/Douglass の広大な各キャンパスで理工系(理学, 工学, 医学, 薬学, 農学, 海洋学など)を主とした教育・研究が行なわれている。

筆者が訪れたのは、Busch キャンパスであるが、各建物は美しく整備された並木や芝生の中に点在し、アメフトのスタジアムはもとより、陸上競技トラックやゴルフコースまで設置されており、その広大さは日本の大学に学んだ筆者には「巨大」としか言いようがない。巨大

だからと言って不便か、というわけでは決してなく、web page (<http://www.rutgers.edu/>)で人名なり組織や建物名で検索しておけば初めてでも容易にたどり着くことができる。米国の大学は大抵そうだが、web pageの充実度と利便性は高く、誰かを訪ねるに必要な情報や問い合わせ窓口にはすぐに到達することができる。しかし校門もなければ守衛さんもないので、下調べせずとりあえず行って誰かに聞いて、という横着者には具合が悪い。

また、学生生活に必要なことは大抵 Student Centerで済ませることができるようで、学食 (Food Court) や 購買部 (Convenience Store)、コピーセンター (Reprographics Copy Center)、郵便局はもとより日本の大学でいう学生課 (Administrative Office) や教務課 (Program Office)、就職課 (Career Services)、果ては警察署まで同居している。

特に大きな違いは Career Services で、各社の求人票が掲示されていると共に、ガラスで仕切られたブースが幾つかあり、各社の採用担当者が就職希望の学生を随時個人面接しているとのことで、日本と米国との就職形態の違いが如実に感じられた。

Fiber Optic Materials Research Program は、New Jersey Commission on Science and Technology の財政的後援によって、国研や民間企業の支援も得て 1985 年に発足した。このプログラムの目的は、光ファイバの材料合成、特性評価、ファイバ紡糸技術、光ファイバ応用用途などについて、基礎的研究から応用的研究まで高い研究水準を維持することにある。

Naval Research Laboratory より Program Director として着任された Sigel 教授を中心に、Elias Snitzer 教授、J. Harrington 教授、J. Matthewson 教授、Shariari 助教授ら招聘した全米トップの教官の指導の下、常時 10 数名在籍する優秀な院生から優れた成果が挙げられている。大きな成果を上げたプロジェクトに散見されるように、教授は「光ファイバについて優

れた研究を行なう」という大方針を堅持し、研究対象については材料から特性まで、基礎から応用まで幅広く、各々の研究者の自主性に任せておられるように感じた。

最近の研究分野としては、まずシリカガラス光ファイバ製造技術として、大口径プリフォームや高速紡糸、コーティングおよびヘリウムガスによる (紡糸されたファイバの) 高速冷却が挙げられる。また、紡糸時に重要な“筆”部 (プリフォームがファイバに引き伸ばされる過程の部分。書道の筆の穂先の形をしていることから) で生成される欠陥の研究や、ガラスの欠陥から発展したフォトリフレクティブファイバ (Photosensitive Bragg grating) の研究も行なわれている。さらに CVD によるプリフォーム作成技術の基礎的研究として、多成分系酸化ガラスを CVD 法で作成することを目指し (シリコン・ゲルマニウム以外の) 各種金属の dopant の研究に注力している。プリフォームの作成から紡糸・コーティングまで一貫して行っており、VAD 法または内付法 CVD 装置により作成した  $\phi$  数 cm  $\times$  約 1 m 長のプリフォームを研究の目的に応じて 3 基の紡糸塔の何れかで光ファイバに紡糸・コーティングすることができる。これらの装置は、外注せず院生が設計し学内共用の Machine shop (機械加工場) で自分たちで製作・施工したとのことだが、研究に必要な各パラメータの自由度と、安定な CVD・紡糸を維持できる安定性を兼備しており、外観も含め羨ましくなるほどのすばらしい出来栄である。

特に光ファイバのような基幹インフラに要求される、地味だが不可欠な技術に信頼性の確保が挙げられる。光ファイバの強度・信頼性の向上を目的として、光ファイバの強度の低下を支配する機構に注目した研究が J. Matthewson 教授の指導の下、行なわれている。これは単に大気中での破断強度を見るだけではなく、現実に光ファイバが曝されるであろう種々の温度・湿度・pH・他化学種濃度など広範囲の環境下

で各種の応力条件での強度や疲労特性（静的・動的）を研究している。またコーティングや紡糸時に発生する欠陥が機械的特性に与える影響についても研究されている。

光ファイバの使用可能波長域を拡げるための新たなガラス材料も研究されてきた。赤外域では長波長化して透過損失を低減するために、重金属フッ化物ガラス、カルコゲナイドガラス、カルコハライドガラスファイバの研究がなされてきた。

どちらも非酸化物で作成時に酸素の存在を極端に嫌うため、厳重な雰囲気置換/真空密閉系で実験を行うことができるようにしている。ハライドガラスでは耐失透性や耐候性、カルコゲナイドガラスでは不純物や揺らぎに問題があり、長距離伝送用の超低損失ファイバ用ガラスにはなり得なかったが、Elias Snitzer 教授（ガラスレーザの発明者！）による希土類イオンドーパドハライドガラスによる 1.3  $\mu\text{m}$  用光ファイバ増幅器の提案、ハライドガラス融液を電解するという独創的な不純物除去法の開発、光通信用高量子効率光ファイバ光源やセンサ、レーザ冷却として結実し、今もなお研究されている。

赤外域の吸収端、つまり透過可能な最長の赤外光の波長は、シリカガラス→ハライドガラス→カルコゲナイドガラスの順に（概して）長くなるが、Er:YAG レーザの 2.94  $\mu\text{m}$  や CO<sub>2</sub> レーザの 10.6  $\mu\text{m}$  の赤外光をよく透過し、かつ強力なレーザ光でも破壊されない材料はほとんど存在しない。そこで、導波コア(?)に赤外吸収やレーザ光による破壊のない空気を用いるのだが、この領域の権威、J. Harrington 教授の指導の下、中空ファイバを用い、光が漏れな

いように内壁に金属や誘電体薄膜を生成しその表面で反射させる構造を取ることで、既に数 kW オーダの赤外レーザを伝送させることに成功している。

光ファイバの応用については、センサへの応用が主に研究されている。例えば pH, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, 湿度など化学種のセンサ、インテリジェント構造材（印加された応力や歪みなどを検出）用フォトリフレクティブセンサ、遠隔温度測定のための単結晶サファイア導波路など、主に赤外域を利用した光ファイバについて研究がなされている。また、医療用を目的とした研究、生体内から生体外までの広い分野にわたる、レーザ手術のための中空ファイバや中実ファイバ（普通の光ファイバこと）の研究や、光動力学ガン治療のための導光システム、血液中のガス濃度やグルコースやセルロース濃度のバイオセンサ、遠隔熱画像のための赤外イメージバンドルなどの研究がなされている。

以上、このプログラムで研究されているテーマを列挙してきたが、卓見を持つ超一流の指導陣、優秀な院生、すばらしい装置群から優れた成果が続々と生まれる Center of Excellence だと言えよう。機会があるならここで研究生活を送ってみたいと思う。ただ、Snitzer 教授は昨年 1 月に退官されたとのことで、拜眉に浴せなかったのが残念である。

最後になるが、ご多忙中にも係わらず懇切にご説明いただいた Sigel 教授、筆者の拙い英語での discussion に付き合っていたいただいた院生諸氏に謝意を表したい。