

米国ニュージャージー州立ラトガース大学滞在記 —スパゲッティ研究記—

秋山 友宏／東北大学素材工学研究所

1992年7月より1年2か月に渡り、博士研究員（ポスドク）として米国ニュージャージー州立ラトガース（Rutgers）大学食品科学部に滞在する機会を得た。研究テーマは「スパゲッティ・マカロニ乾燥プロセスにおける亀裂発生と伝播解析」であった。「鉄と鋼」誌の大半の読者にはこの研究内容は直接関係ないことから、主として研究以外の感想を記し責任を果たしたい。

日本人留学生墓地のある大学

1766年設立のラトガース大学はニューヨークに隣接するニュージャージー州の州立大学で、米国内では次の研究で有名である。世界をリードする食品科学を始め、バイオ、光ファイバー、セラミックス、プラスチック・リサイクリング等で付置研究所を有し、各国から研究者が集まっていた。また日本人にとってもなじみ深く、今から126年前、開国直後ともいえる慶応3年（1867年）に、この大学が最初に日本人留学生を迎え入れていた。渡米した日下部太郎はパスポート番号第4号、奨学金は年600ドルだったと聞く。それ以降明治30年までの約30年間に、300人近くもの留学生がこの大学に集中して渡米してきた事実は意外であった。そのため、N総理が訪米時にはキャンパスで講演をしたと聞く。キャンパス内にある日本人墓地の大理石の墓石には「明治3歳次庚午3月13日卒 行年26歳 大日本越前 日下部太郎墓」、「明治5年 松方雅介 22歳」などと記してあり、すべて行年30歳以下。多くは志半ばで異国で葬られ、当時は命がけであったことが容易に想像できた。NY旅行でありきたりの観光地には物足りない諸氏はこの地に墓参は如何



キャンパス内にある日本人留学生の墓地

だろうか。マンハッタンのペン駅より西へ電車で50分、New Brunswick市下車、駅より徒歩15分程の所。危険地区なので訪問は昼間、グループで行くことをお勧めする。

公然と行われる学部審査会(External Review)

日本では昨年東大の一部の学科で試験的に導入され話題となった学部審査会が、この研究所・学部を対象に7年ぶりに行われ、つぶさに見学できた。審査団は産（食品会社）、官、学（他大学理学部、農学部、食品科学部等の教授）からなる研究者達で1週間に渡り、教官全員の活動報告、研究及び教育設備の視察が緊張の中執り行われる。迎える側は事前に審査団各人の研究経歴を教官に配布するなどし、各自、印象的な資料作りに精を出し、30分程度で最近の活動を報告する。審査結果はポスドク、大学院生を含めたスタッフ全員に後日配られ、酷評された研究分野、高く評価された研究分野が一目瞭然となる。学問における自由競争の原理を目の当たりに見た気がした。結果は総合的にはこの分野において米国内でトップであると認知され、一転学内の雰囲気は喜びに包まれた。研究業績の評価は予算獲得額が最重要で、論文はその量（数）も重要であるがいくつ著名な雑誌（例えばImpact Factor*1が高い雑誌）に投稿したかが重く評価される傾向にあった。また学生からの評判はアンケートにより集約され、評価の対象となる。

プロジェクト研究の進め方

よく知られているように米国の研究者は基本的には助手、助教授、教授は何れも独立に研究活動を行い、日本の講座制（Chair system）のように固定したグループはない。しかしプロジェクト研究という形態である共通した目的の下、何人かの研究者で決められた期間有機的に結びつく。近年州からの研究費は低下する一方なので、教官は研究費申請のために膨大な時間を裂く。獲得した一部はポスドクの給料や大学院生の奨学金に充てられる。教官が握っているこの奨学金制度の影響かも知れないが、大学院生は自分のなすべきこと、研究目的をはっきりと自覚しており、研究レベルは別としてその態度には非常に好感がもてた。私の研究費も30数社の食品会社が共同で出資する「水」プロジェ

*1 Impact Factor：論文あたりの平均引用回数。

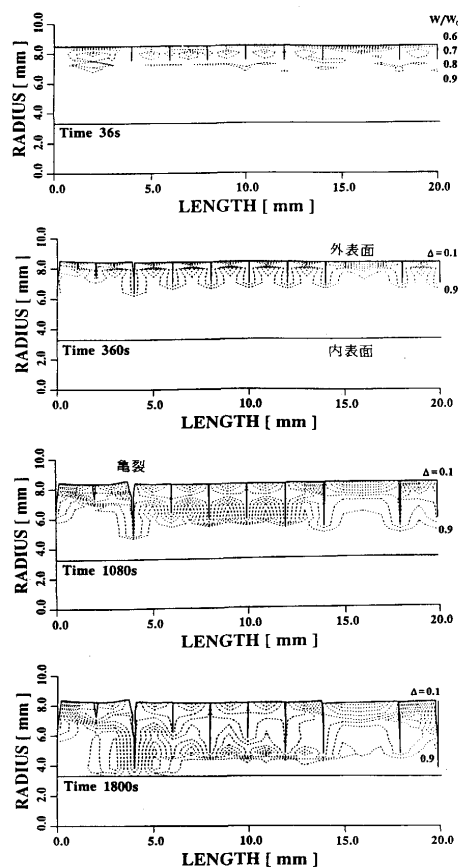
クト研究から支給された。契約日には10個ほどの研究テーマが提示され、研究の進め方は勿論のこと、投稿する場合の著者の順番、更には投稿すべき雑誌までが事前に話し合われる。合意後、書類 (Job description) にサインし同僚同席の場合は目撃者の欄を設けサインする。契約内容はそう厳しいものではなく最低線を示したという意味合いが強いが、ここが契約社会であることを思い知った。半年ごとにスポンサーの前で進捗状況報告も義務づけられ、口頭発表、ポスター及びWork Shopの3つの形態で発表がありスポンサーらはその場で評価用紙に記入する。この用紙は略称LIFE (Level of Interest Feedback Evaluation Form) と揶揄され呼ばれ、その判定が研究存続を決定づけた。各自、4段階 (興味あり、修正するなら興味あり、わからない、無意味) で採点した後実名入りでコメントを記す。この用紙は後日集計されプロジェクトリーダーから総括され、余りひどいようだと研究方針の変更もしくは研究費打ち切りが宣告される。この効率のよい評価方法が公然と行われているのには驚くとともに爽快でさえあった。特に私のような腰掛け研究者にはこのLIFE用紙は全くありがたく、研究の正直な評価を聞くことができ、コメントは次の研究の重要なヒントも与えてくれた。プロジェクトリーダーは何年かおきに交替し、当時は企業からの重役クラスの上級研究者が勤めており、運営は効率の良さが追究されリーダーの手腕にかなりの部分が自由に委ねられていた。名リーダーは優れた研究者と同等かそれ以上に高い評価を受け長期政権となった。また、このプロジェクトは各社の研究所が細々と同じようなことを非効率的に研究することを避け、共通する「水の現象」に関して全米自体の食品科学の研究を底上げする効果を大きく担っていた。

移動現象論からみた食品プロセス研究

スパゲッティやマカロニなどのパスタ類の乾燥製造プロセスにおいては、熱及び物質移動が同時に進行し、加熱により物質は膨張するが、水分除去による収縮力が大きいために表面に引っ張り応力が生じる。その値が臨界値を越えると亀裂が発生し、応力が緩和するまで亀裂は成長し続けることになる。多数発生した亀裂は互いに影響を及ぼしあう。亀裂の発生を避け高生産性を維持するためには、どういう条件下で亀裂が発生し成長するのかそのメカニズムを知る必要があり、私の研究は主に破壊力学パラメータの測定とスーパーコンピューターを使った数値実験 (右図) であった。研究を通して再認識したことは大きくわけて3つある。一つは移動現象論に基づくプロセス解析の手法は対象プロセスを問わず極めて有効であること。固体・破壊力学と熱物質移動を伴うプロセスは乾燥プロセスに限らず見方を変えると、単結晶引き上げ時の割れ、焼結鋳歩留まり向上、連铸における凝固割れの問題などと現象は類似する。また学会発表時にはタバコやビスケット製造業者も関心を

持っていた。二つ目は他のプロセス解析と同様にいかに物理現象を忠実に再現できるモデルを構築するかが勝負であるためには注意深い観察しかないこと。最後に、その結果例え精緻な数学的モデルを構築できたところで、結局は正確な物性値 (特に食品の物性値は整備されていない)、輸送パラメータとの戦いであることであった。そしてこれらの原則は鉄鋼プロセス解析と何ら変わらないことを強く実感した。

そのため、食品工学者 (Food Engineer) を自認する同僚達がやっていた研究である「スパゲッティ原料製造のためのTwin Screw型押し出し機 (Extruder) の熱流動解析」、「電子レンジ内でパンなどが茶褐色化する反応 (Browning Reaction) の速度論」、「点及び線加熱法による水分拡散率・熱拡散率同時測定プローブの開発」、「レトルト保存食の固液熱流動解析」(米軍がスポンサーで一種の軍事研究で問題なのだが) などは対象が異なるものの全く親しみのもてるテーマであった。昨今電子レンジはかなり普及しているものの、研究は後手に回っているということを目にした。解



マカロニ (中空円筒) を外部から強制対流下で乾燥した時の断面における亀裂発生およびその伝播状況の円筒2次元数値シミュレーションの一例。点線は等しい水分含有率を示す。この条件下では乾燥初期より外部表面から10本の亀裂が中心に向かって発生し、次第に伸び1800秒後は致命的なものとなっていることがわかる。亀裂生成は製品歩留まりを低下させるため、亀裂のない高速乾燥が検討されている。亀裂を避けるためには乾燥用空気の湿分上昇、水分拡散係数の低下、ガス流速の減少等が有利で、特に内部への補助的な空気吹き込みは効果的であった。マイクロウェーブ複合加熱も有望であろう。

凍時におけるホットスポット生成や破裂の問題など本質的な難問を抱えている。そのためか、マイクロウェーブ（電磁）加熱解析にはかなりの金がつき、均一電磁場をえるために部屋ごと加熱する巨大電子レンジ（？）があるのには驚いた。その他の工学的研究では食品の歯ざわり(texture)を解析するレオロジー的研究、NASA支援の宇宙食の研究、食品中に含有される水分子の分子動力学的研究などがあった。グルメブームといわれる日本だが食品工学の研究は米国に比べかなり遅れており、農学、水産、畜産学部などに

分散しているため非効率であるという話を聞いた。

最後に、米国滞在中には激しくテレビで議論する大統領選挙、大陸発見400周年、NY大供水、100年ぶりの大寒波(Blizard'93と呼ばれる；計らずも自家用車のフロントガラス上で亀裂発生・伝播現象の観察(？)を強いられる)、世界貿易センタービル爆破(友人と訪問した数日後発生、犯人の1人は化学工学科の学生)などなど歴史的な事件があり、非常に印象に残る米国生活を送ることができ関係者諸氏には衷心より感謝したい。(平成5年12月20日受付)

ドイツ留学随想

貝原巳樹雄/NKK 総合材料技術研究所

鉄鋼メーカーからとしてはやや異色の、マックスプランク生化学研究所にて、筆者は1991年9月から約1年半、留学の機会に恵まれました。マックスプランク財団(Max-Planck Gesellschaft, MPG)の本部はミュンヘンにあり、自然科学から社会科学に至るまでその研究所(Max-Planck-Institut, MPI)は全国に分散していますが、ミュンヘンには比較的研究所が集中しています。読者の中にはシュツットガルトの金属学研究所の留学経験を懐かしく思い出された方もいらっしゃると思います。生化学研究所(以下MPI)はミュンヘン郊外の広々とした緑に囲まれた平野の中にあり、隣の神経科学研究所と併せて約1200人と、かなり大きな規模でした。筆者は分子構造生物学(Prof. W. Baumeister)の講座で、トンネル顕微鏡(STM)による分子構造解析を学びましたが、本稿では、研究所や研究者の雰囲気、ドイツの生活体験などを観たまま、感じたままに紹介します。

研究所と研究者

研究所には、外国人が全体の約20%と開かれた研究所という印象でした。更に、講演会は年中開催されており、「Nature」に論文を掲載しているような研究者が内外から多数やって来て、その演題も機器に関する「走査型近接場顕微鏡」、生化学らしい「蛋白質の折り畳み」などから、抽象的な「形の骨」といった内容まで様々でした。生化学研究所のノーベル賞クラスの教授の求心力もあり、世界各地から研究者が多数やって来ていたのだらうと思います。筆者は最初の一ヵ月程は、ゲストハウスに滞在したのですが、快適な施設で、基礎的な研究機関であっても研究予算は豊富だったようです。ただ、東西ドイツの統一やソ連邦の崩壊、旧東側からの難民、世界的な不況などが重なって、研究予算も緊縮傾向でした。また、芸術、文化面などドイツ

は外国人の受け入れに寛容だったのですが、少しずつ排他的な傾向も出てきていたようです。分子構造生物学の講座には、イスラエルと米国からの教授と助教授が長期滞在していました。STMの分野では、ノーベル賞を受賞したIBMミュンヘンのG. BinnigのグループやMPIなど、世界の中でも有力なグループが集まっていて、米国西海岸の大学とは、研究者同士が活発に往来しています。筆者が所属したMPIでは、研究リーダーGuckusと、Ph.D.など7人のグループでした。論文を読んだり、週一回のミーティングで研究打ち合わせ、実験と、大学と同じような研究の進め方ですが、ランチタイムは11時半くらいと早く、7人揃って研究所のメソで食事をして、その後研究所の周囲を20分くらい気楽に散歩しながら雑談します。この時間帯は、実験のヒントが得られたり運動にもなって、結構有意義でした。研究部の特徴の一つは、研究の現場でもセミナーでも教授やPh.D.など、区別がわからないくらいリベラルな雰囲気だったことです。ジーンズをはいた普通の男性が、凄い業績を持った先生だったりします。勿論、教授は大きな権限を持っているのですが、教授が叱咤激励して仕事を進める光景には全く出くわさなかったし、各研究者が、かなり自由に研究を進めているように見えました。ただしパーマネントの研究者は各研究部とも2~3人しかいないし、研究者が解雇された話も、時々伝わってきましたから、研究所、或いは企業が一生面倒をみてくれるといった日本流の考え方は一切通用しないようです。おそらく一人一人の強い自立心があったこそ、リベラルな雰囲気や自由があるのだらうと感じました。また、研究所からの帰宅が夜遅くなったり、休日に出かけてみると、隣の研究室の教授が、じっと結晶構造の解析に取り組んでいる姿をしばしば目にしましたが、周囲の人々の目から全く独立した雰囲気を持つ、プライドが高く取っ付きにくい研究者も多かったと思います。幾