



武田 宏：クロレラの細胞壁 —生理学と分類学—

はじめに

2000年3月新潟大学定年退職を機に藻類編集部からシリーズ最終講義を書くようにとのお話しを頂いた。光栄で大変嬉しいことではあるが、私はその任でないとはじめにご辞退申し上げた。なぜかと言うと、私は34年も大学に勤務したが日本藻類学会の会員歴は10年に満たず、学会への貢献がなかったからである。実は1991年にJ. Phycology に書いた論文を大阪市立大学名誉教授の高田英夫先生にお褒めいただき、その時、先生から日本藻類学会に入っているだろうね、と訊ねられた。いいえ、とお答えすると、それはいけない、すぐ入りなさい、日本の藻類学会にも入っているいろいろな人とお付き合いしなさい、そうすれば思わぬ拾いものがあるものですよ、と言われ素直に入会したのであった。それがこの最終講義の機会を頂くという大きな“思わぬ拾いもの”に巡り合うものになるとは私はもとより高田先生も想像されなかったことであろう。貴い機会を頂き私の研究履歴書を書かせていただくことにした。最終講義と言えば新潟大学理学部生物学科でさせていただいた。ここではその時の筋書きで書かせて頂くことにする。

生い立ち

出身は新潟県柏崎市、鶴川の上流旧鶴川村で国の重要無形文化財綾子舞の里である。水と空気が大変きれいなその土地で中学卒業までを過ごした。

大学は新潟大学理学部生物学科に1954年入学し、植物生理学は田沢康夫教授の指導を受けた。また、植物の水分代謝の実験を教育学部教授の相馬倂介先生にお習いした。卒業研究は田沢研究室で緑葉のペプチド、プロテアーゼ関連の勉強をした。お茶を頂きながらの田沢先生との会話の中で、大学院とはどういうものですかと一言お尋ねしたところ、情熱家の先生はすっかり早とちりされて、是非受けてみなさい、東京教育大学の三輪さんがよいですよと言われ、受験勉強にもなるからと英語とドイツ語の論文を次々と渡された。そんなわけであれよあれよという間に大学院を目指すこ

とになった。大学院入試は9月にあったが、それこそまさに予想を裏切って合格の通知を頂いた。

大学院とカワノリの細胞壁

1958年新潟大学理学部を卒業し、東京教育大学大学院に入学した。当時の地方大学には大学院はなく、また、旧制大学の大学院に行く人も非常に少なかったので嬉しいと同時に教育大出身の優秀な人達の中に入ってやっていけるかどうか、実に心もとないものであった。同期には田中実(三共ヨーロッパ総支配人)、横浜康継(志津川自然環境活用センター、筑波大学名誉教授)、菅野延彦(富山医科薬科大学名誉教授)君等がいて、花のマスターコースの時を過ごした。三輪知雄教授の植物生理学講座と一緒に入った田中君は当時から研究室の世話役、ムードメーカーであった。一年上の猪川倫好氏(筑波大学名誉教授)は申し訳ない程みんなの下支えをしてくれていた。お二人ともそのまま少しも変わらずに加令された感じだが、隣の研究室に入った横浜君は当時は大変おとなしい人で今の威勢のいい彼とは大変な違いであった。おそらくナポリが彼を改造したのであろう。

大学院でのテーマはカワノリの細胞壁の化学的研究であった。カワノリ *Prasiola japonica* はご存知の通り進化の迷い子のような生きもので、三輪教授が細胞膜(細胞壁だが当時はそう呼んでいた)の化学組成から解明できないかと少しやりかけていたものをより生化学的に発展させることが私に与えられたテーマであった。カワノリは食通の人の贅沢珍味で、石灰質に富む清流にわずかに生育するアサクサノリに似た単層葉状の緑藻で、奥秩父、富士川等に産する。秩父の大血川支流に採集に行ったが、大量に使う材料には富士川産の高価な風乾品を買ってもらい、これを発発物質にして実験した。カワノリを水に浸し、トルエンをたっぷり張って、室温に放置すると1週間ほどで藻体がぐさぐさに崩れる。細胞壁溶解酵素による自己消化現象で、これをろ過、濃縮してアルコールを加えると綿状沈殿を生じる。これをアセトン、次いでエーテルで洗

淨・乾燥すると白色粉末が得られる。加水分解してフェニルヒドラジンと反応させるとマンノースフェニルヒドラゾンが生じることからマンナンであることが示されていた。これから先をやるのが私のテーマであった。当時ペーパークロマトグラフィーがはやりだしたばかりでこれで調べると主成分はマンノースであるが、7%のキシロースを含むことがわかった。このキシロースがマンナンの構成成分なのか、それともマンナンとキシランの共存物かがまず大事な問題であった。このマンナンを部分分解し、出来た数種のオリゴ糖類を調べたところ中のひとつがマンノースとキシロースの結合したキシロマンノオリゴ糖であることを認めたのでキシロースはカワノリのマンナンの構成成分であり、キシロマンナンといわれるものであることがわかった。ところがキシロマンナンはカワノリ以外どこからも見つかっていない。新記載の多糖類なので構造研究をおこなった。

カワノリの細胞壁はキシロマンナンの外にどのような壁物質からなるかを知るべく細胞壁を組織化学的に研究した。自己消化でキシロマンナンが溶けだした残りに遊離した細胞が見られ、それを被う壁は塩化亜鉛ヨードで濃青色に染まった。そして、シュバイツァー液に溶けることからセルロースであろうと判断した。折しも明治製菓がトリコデルマ *Trichoderma viridis* からとったセルラーゼを製品化前に西沢一俊先生のところに持ち込まれていた。この酵素製剤を加熱処理した藻体に作用させると、何と葉状藻体がガーゼのように透け透けになった。これはセルラーゼ処理によってセルロースの壁が分解され、それに包まれた細胞が溶け出しキシロマンナン層が残ったためである。一方藻体をアルカリまたはペクチナーゼで処理すると細胞が遊離した。これはペクチン質の分解によることを示している。また、自己消化液の中には細胞のほかに広いセロファン状の膜が残った。これを集めて洗浄することにより藻体の外側全体を被う膜が得られ、分析の結果キシランであることがわかった。そんなわけで、カワノリの細胞壁を組織化学的に明らかにすることができた。

学位は頂けそうな雰囲気を感じとったが、就職状況は大層厳しかった。それならばバイトをしながら何年も待つより、この際、外国留学を経験してみようという気になった。西沢先生から Dr. D. R. Whitaker からカナダ国立科学研究所のポスドク募集がきているという話を頂いた。応募することにし、学位論文仕上げ中の忙しい中で出願手続きに奔走した。幸にもこれが通

り、カナダでの2年間の研究生生活につながった。

カナダ NRC でのポスドク

1963年3月に大学院を修了し、学位を頂いて、8月にカナダはオタワにあるカナダ国立科学研究所 National Research Council of Canada (NRC) にポスドクとして渡った。

日本はそのころまだ大変な貧乏であったが、カナダは豊富な資源をもつ豊かな国で、そのお金を科学振興に振り向けていた。世界中から35歳以下のポスドクを多数集め、研究の実績をあげるとともにそれを通して世界平和に寄与しようというのがカナダの国是であった。ランチタイム、ティータイムには世界各地から来ているフェローと交流する機会がもてたが、その時の仲間たちが今も大事な友人である。日本からも20-30名のフェローが来ていた。研究所がたまたま首都にあったせいもあり新年や天皇誕生日等には幾度となく大使公邸に招待された。その時の大使は牛場信彦氏で、彼はそのあと審議官、次官、アメリカ大使、大臣等を忙しく務めたのでカナダ大使時代は彼にとっても束の間のよき時代であったろう。

Whitaker博士の研究室ではセルラーゼの研究がよいところまで来ていたので、私のテーマは細菌細胞壁を分解するカタツムの Cell wall lytic enzyme の精製と性質の特定であった。カタツム *Helix pomatia* を大量に取り寄せ、中腸腺から消化液を抽出し、これを発酵物質として酵素の精製を行った。当時セファデックスはまだビーズ状でなく、砕いたゲルを使用していたので分離能を高めるためセファデックスを粒度分画する作業から始めた。Whitaker博士は酵素精製は最少のステップで行うべしとし、ゲルろ過と弱イオン交換樹脂アンバーライト CG50 だけで Lytic enzyme を2つの成分にそれぞれ単離した。これらの酵素は細菌の細胞壁を分解し、分解産物の還元末端が N-acetyl muramic acid なのでムラミダーゼだが、その一つはキチナーゼ活性をもち、他のひとつはもたない。はじめて英語での学会発表を経験し、論文は *Canadian Journal of Biochemistry* に掲載された。

新潟大学とクロレラ

1965年(昭和40年)カナダでの2年間の留学を終え、前年に発足したばかりの新潟大学教養部に就職した。新潟へ来たことを契機に、自分の今後の方向を決めるような研究を手懸けたいと思っていた。今までのテーマからしてやはり細胞壁にかかわる方向が自然だ

が、それにしてももっとダイナミックに、そして定量的に扱えるような仕事ができないかと思った。いかなる生き物を扱うか、何を研究するかと思案している時にふと頭に浮かんだのがクロレラの同調培養であった。大学院時代非常勤講師で来られた東大教授の田宮博先生がクロレラの同調培養を講義されたのを思い出したのである。同調培養で細胞のセルサイクルを追うことができれば細胞の成長、分裂に伴う細胞壁の変化をダイナミックにとらえることができるかも知れないという期待があった。クロレラに関しては理学部の広川豊康博士が光合成の研究をしておられたので広川氏に相談するとすぐ賛成してくれ、彼も足を突っ込むことになった。私としては話をお聞きしてすぐ仕事ができるか位に思ったのだが、同調培養は一人でやすやすとできるような仕事ではないことがわかった。また、広川氏も前から同調培養に興味をもっておられたということで二人で一緒に仕事をするようになった。氏は新潟大学の5年先輩で東大の田宮研究室出身である。東大では同調培養のグループではなかったが、グループの人達の実験ぶりを見ておられたのでそれが培養の水先案内となった。私にとってはクロレラを扱うことから始めてのことであり広川氏に培養のいろはからご指南いただいた。

クロレラの同調培養

クロレラは同調培養ができれば1日で1セルサイク

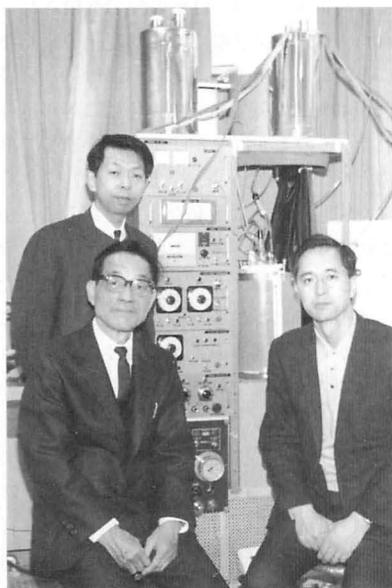


写真1. 後援者の相馬悌介教授（左前）とともに同調培養機の完成を祝う広川豊康先生（左後）と筆者（右）

ルを追うことができるが、同調化は大変な仕事である。揃った細胞を得るためにはろ過、遠心分離等いろいろな方法があるが、それらのいずれによってもよい結果は得られなかった。そうこうしているうち、明暗交代による同調化の論文(Lorenzen)がでた。クロレラにとって光は成長に必要なだが分裂には不要である。適当な長さの明期と暗期を交互に与えると、細胞の大きさがそろってくる。明期のおわりに十分成長した細胞は分裂し、暗期中に待機して次の明期にいっせいに成長する。一方成長の足りない細胞は分裂できないが暗期を過ぎた後次の明期で成長して分裂する。この明暗交代を3回ほど繰り返すと揃った細胞群が得られる。顕微鏡的な仕事ならば小形の培養瓶での培養がすむが、分析を伴う実験のためにはかなりの量のサンプルを必要とする。一方、十分な光の中で培養するとクロレラはすぐに殖え成長が頭打ちになるので時々薄めなければならない。この2点を同時に解決するために定期的に定量的なサンプリングと新培養液による希釈が行えるような同調培養装置を作ることにした。丁度そのころ、大学紛争で研究室が封鎖されるような事態が続いたが、広川氏と会議や対策の合間に寸暇を惜しんでいろいろな場所でカレンダーの裏紙をひろげて同調培養装置の設計に取り組んだ。設計が部分的に固まる毎に部品を理科機械店に製作させた。それらを組み立てることにより大学紛争が収まるころに装置が完成した。これは明暗の時間、温度、光の制御と定期的かつ定量的なサンプリングと希釈をすべて電気制御によっておこなうもので連続無菌の同調培養ができた。私は子供の頃から創作工作が好きであったが、広川氏はそれに輪をかけて、と云うよりも桁ちがいに好きでかつ優れておられた。一旦完成した装置も以後次々と改良が加えられていった。

クロレラのセルサイクルにおける細胞壁代謝

1.5時間ごとのサンプリング・希釈をしながら明期16時間、暗期8時間の明暗交代を3回くりかえすことによりほぼ完全な同調化が達成された。サンプリングした細胞懸濁液の一部で基本計測（総細胞体積、細胞数および細胞サイズ分布）を行い、残りを定量的に収穫して分析のために凍結保存するか、光合成を計るのである。その作業に各期それぞれ約1時間を要するので30分弱の休憩で次のステージを迎え、1実験に連続30時間を要する過酷な作業であった。

実験に用いた材料は東大応微研藻類保存施設(Institute of Applied Microbiology, IAM)のクロレラで

IAM *Chlorella ellipsoidea* C-27通称田宮株といわれて来たものである。培養液の約16%をサンプリングし、次の時期までに同量の新培養液でゆっくりと希釈する。それぞれの時期の細胞計測値と分析値には希釈率を乗ずることによりセルサイクルを通しての細胞の変化に関するデータを得た。

クロレラ細胞壁をアルカリで処理し、遠心分画すると可溶のヘミセルロースと不溶の区分に分けられる。不溶区分をわれわれはRigid wall(リジド壁)と称した。それぞれ分析すると、ヘミセルロースは希酸で加水分解され数種の中性糖(ラムノース、キシロース、アラビノース、マンノース、ガラクトース)を与えた。リジド壁は希酸では加水分解されず蛋白質およびセルロースの加水分解条件でそれぞれ分解したところ、主成分はグルコサミンであった。そしてセルサイクルを通してそれぞれの量を計ると、ヘミセルロースの増加は細胞の総体積の増加に似たパターンを示したのに対し、リジド壁物質は細胞の成長期には全く増えずに一定値を維持し、分裂期に一齐に増加するという細胞数の変化に似たパターンを示した。この違いは何であろうか?ヘミセルロース、リジド壁それぞれは何をベースに増加するのか考えてみた。細胞壁は細胞の外側を被うものであることから細胞表面積あたりの量を計算してみた。幸なことにクロレラの形はほぼ球形であるため細胞表面積は手持ちの総細胞体積と細胞数のデータから算出することができる。計算の結果ヘミセルロースは生長期に一定の値を示した。ということは細胞壁は細胞の表面あたり同じ量、つまり同じ厚さを維持していることがわかった。それに対し、リジド壁は、表面積あたりでは、当然予想されることではあるが、成長にともない直線的に下降し分裂期に一気に増加した。これはゴム風船が膨らむにつれてゴムが薄くなることに似ていた。ではリジド壁は分裂の時にだけ合成され、成長期には全く合成されないのであろうか?この疑問に答えるために生育を通しての細胞壁の合成活性の変化を追うことにした。

同調培養の過程で収穫したクロレラを ^{14}C -重曹の中で光合成的に炭酸固定させ、0, 2, 5, 10, 20分後に固定し、それぞれの細胞から細胞壁を分画し、その放射能を測定した。タイムコースから細胞壁への ^{14}C とりこみ速度を算出し、それをセルサイクルを通して比較した。つまり細胞壁合成活性のセルサイクルにおける変化である。その結果、細胞壁合成活性は新しい娘細胞ができる細胞分裂期よりも成長初期の方がはるかに高いことが示された。これは活発に成長している細胞に

とって細胞壁が活発に組み替えを行うため壁物質の合成が重要であることを意味するものである。それならば増加のモードの異なるヘミセルロースとリジド壁ではそれぞれいかがであろうか? ^{14}C を取り込んだ細胞壁をアルカリで分画し、ヘミセルロースとリジド壁に分け、それぞれの合成活性を求めた。ヘミセルロース合成活性の変化のパターンは細胞壁のそれとほとんど同じであったが、リジド壁合成活性が成長期にもはっきりした高まりを示した。先に記したリジド壁物質のセルサイクルにおける量的変化のパターンを想起して頂きたい。物質量は成長期には一定値を維持した。この時期にとりこみ活性が高かったことはリジド壁物質が合成とともに分解もおこしており、結果として一定値を維持することになる。後形質の代表と見られていた細胞壁も合成と分解、つまりはげしいターンオーバーを行っていることが証明された。

細胞壁にターンオーバーがあるならばそれはどの位の速さであろうか?細胞壁の量のデータと細胞壁への ^{14}C とりこみのデータからセルサイクルにおける細胞壁ターンオーバーの量が計算できるであろう。細胞壁は主に炭水化物からできているのでその分子式を CH_2O とすると手持ちのデータから細胞壁の炭素量を算出できる。ヘミセルロースおよびリジド壁に1時間にとりこまれた炭素が全細胞壁(ヘミセルロース、リジド壁)の炭素のうちどのくらいにあたるかを算出してみた。その結果、ヘミセルロースは全生育時期を通して1時間あたり5-11%の幅で交換されることが示された。一方リジド壁では量的変化の全くない成長初期に1時間あたり10%もの交換があり、分裂直前にはそれが47%にも達し、その後急激に落ち込むことが示された。このようにセルサイクルを通しての物質量とそのとりこみ活性から、今まで不活性であると思われて来た細胞壁が実は活発な存在であることが示された。これより少し前、佐藤七郎先生が「細胞壁は生きている」と題する論文を書かれたことがあったが、それは当時細胞壁は静的なものであると一般的にみなされていたからこそ書かれた表現である。クロレラのセルサイクルでの研究で細胞壁が活発に生きていることが証明されたと思っている。

この研究は広川豊康氏と取り組んだが、論文作成に際し東大教授の長谷栄二先生からご指導をいただいた。先生は田宮博士の同調培養学軍団の指揮官であられた方で、東大での同調培養の後われわれの同調培養を仕上げてくださった。

Modern Methods of Plant Analysis

クロレラ細胞壁の一連の論文がパブリッシュされて間もなく、オランダのナイメーヘンNijmegenから一通の手紙が届いた。差出人はカトリック大学のリンスケンス Prof. H. F. Linskens という人で、シュプリンガー社の Modern Methods of Plant Analysis (MMPA) の編者である。MMPAが今度新シリーズを英語で出版することになったので細胞壁の研究法を書かないかと言う内容であった。大変嬉しく興奮したが、次の瞬間、大丈夫だろうか、書けるだろうかという不安の方がつよくなった。というのは前版のMMPAは *Moderne Methoden der Pflanzen Analyse* というドイツ語で書かれた世界で最も権威のある植物科学の実験書であり、大学院時代ドイツ語の辞書片手に研究方法を勉強させてもらったものである。もしも書けなかったらどうしようかと心配し教室の白杵格教授に話したところ、話をもらって断わることはないだろう、書いてもしも失敗したら依頼した人の責任だと思えばよいと言われ、とにかく覚悟して書くことにした。多細胞生物はカワノリの細胞壁の組織化学を題材とし、単細胞生物はクロレラの細胞壁の定量的研究手法を広川氏と共に書きリンスケンス教授に送った。教授からは内容を喜んで頂き、ほっとした。われわれの著作部分は第1巻 Cell components に載り 1985年12月に刊行された。

細胞壁組成とクロレラの種類

われわれの同調培養は東大応微研の IAM *Chlorella ellipsoidea* C-27 通称田宮株を使って行われた。その研究中、リジド壁の主成分がグルコサミンであることを明らかにした。しかし論文を投稿した時レフリーから、クロレラの細胞壁にグコサミンがあるのはおかしい、何かの間違ひではないかとチェックされた。前に2, 3報告のあるクロレラの細胞壁の分析結果にグルコサミンはないというのである。事実は事実、こちらの実験結果を説明して通して頂いた経緯がある。しかし、あのように単純なクロレラもひょっとすると種によって細胞壁組成が異なるのかも知れないと思うようになった。そこで応微研に保存されている IAM *Chlorella ellipsoidea* 全4株 (C-27, C-87, C-102, C-183) を取り寄せて比較分析した。同じ種 species だし、細胞壁はそう違わないだろうと思って分析した。ところが細胞壁を加水分解して薄層クロマトグラフィーでテストしたところ一つとして同じものがなかった。そこで正確に糖の比率を出すことの必要性を痛感した。ペーパーや薄層のクロマトでは分離に限界があり組成を正確に比較

することは困難であった。ガスクロは糖のように不揮発性のものは誘導体にして分析するので、100%誘導体ができなければおかしな結果を招くことになる。何とかよい分析法は無いものかと思っていたところに液体クロマトによる糖自動分析計の論文が出た。糖をほう酸誘導体にして陰イオン交換樹脂のカラムで分離しオルシンで発色してアミノ酸分析機のように定性定量分析するものである。勿論市販品は未だである。これを見るなり広川氏と私の病気が再発した。糖の液体クロマトグラフをつくろうということになった。ダウエックス1を買い、粒度分画し、細かい区分を直径3mm長さ1mのカラムに充填し、ほう酸・ほう砂液で平衡化しこれに糖混合物を通した。ほう砂の濃度をグラジエントに上げて溶離した液を比例定量的にフェノール硫酸と混合して発色させ、分光光度計のフローセルを通して比色定量しようという液体クロマトグラフィーによる糖自動分析計を完成させた。この装置を用い4種の *C. ellipsoidea* 株の細胞壁加水分解物を分析したところ、それぞれ明かに違うプロファイルが得られた。C-27, C-87, C-183の3株は数種の中性糖がそれぞれ異なった量比で現われたが、C-102株についてはほとんどがマンノースであった。これらはヘミセルロースの中性糖についてであるが、リジド壁の糖はグルコースのものとグルコサミンのものがあつた。グルコサミンのものはC-27田宮株だけであつた。細胞壁をルテニウム赤で染色するとよく染まる株 (C-27, C-

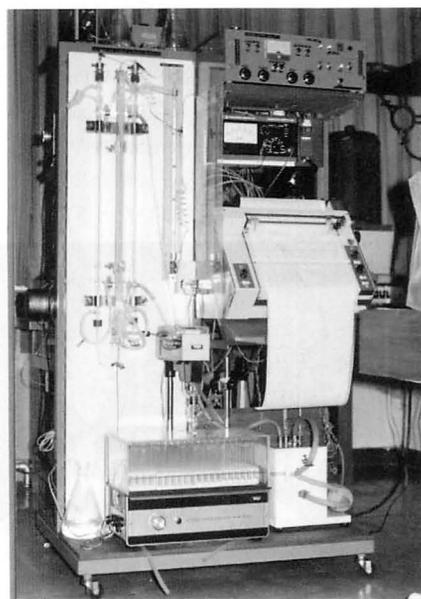


写真2. 自作の糖自動分析機

87)とそうでない株(C-102, C-183)があることが分かった。また単離した細胞壁を偏光顕微鏡でしらべると結晶性を意味する異方性がプラスのもの(C-102, C-183)とマイナスのもの(C-27, C-87)があった。これらすべては株の識別に使われるのではないかと思いつながら、分類学的な意味が不明のままクロレラの細胞壁が多様であるという視点から論文を書いた。

なお、糖組成の分析に関し、アルバーシャイムらによる糖のアルジトールアセテートのガスクロマト分析の方法が論文に出て、コンピューターが使えるようになってからはこの方法に切り替えた。

ケスラーとシュレッサー

応微研の *C. ellipsoidea* 4株の細胞壁組成の比較の論文が出て程なく、ドイツのエランゲン・ニュルンベルグ大学のケスラー教授 Prof. Erich Kessler から手紙がきた。ケスラーといえばクロレラの化学分類の世界の大家であり、その人からの手紙で緊張した。With great interest ---- で始まる彼の手紙は大変暖かみのあるものであった。大変興味があり分類に役立つと思われる、ついては2, 3コメントしたいとのことでドイツの *C. saccharophila* の結果が記されていた。早速こちらの株について追試して手紙を書いた。これが私とケスラーとのおつきあいはじまりである。

一方長谷先生も日本のクロレラ *C. ellipsoidea* の株の間で大きな違いが出たことに関心を示され、今後は分類のしっかりしているドイツのクロレラをやってみたら、とアドバイスしてくださった。そしてドイツの藻類生理学の大御所ピルゾン教授 Prof. A. Pirson とその弟子でゲッチェンゲン大学藻類保存施設 Sammlung von Algenkulturen, Universität Göttingen, SAG) の責任者シュレッサー教授 Prof. U. G. Schlösser に紹介して下さった。私がシュレッサーに手紙を書いたときはとても好

意的に対応してくれた。まず、日本の *C. ellipsoidea* との比較のためゲッチェンゲン大学のSAG *C. saccharophila* 211-1a, 211-1b, 211-1c, 211-1d, 211-9a, 211-9bを送ってもらった。ドイツの *C. saccharophila* はもと *C. ellipsoidea* と言われたものを一斉に変えたものである。分析したところどの株の細胞もリジド壁の糖組成がグルコースとそれより少量のマンノースであり、応微研のC-27株のようにグルコサミンでできているものはなかった。そしてヘミセルロースの糖組成は211-1b, 211-1c, 211-1dが完璧に同じであった。ただし211-1a株のヘミセルロース組成はそれらとは同じでなく、日本のC-87株の組成と同じであった。応微研のクロレラでは同じ種内で同じ組成のものがなかったのに対しドイツのクロレラでは同じ種の中の株が同じ組成をもつことは私を勇気づけた。とすると田宮株C-27は *C. ellipsoidea* ではないのではないかという疑問が生じた。いくつか比較分析するうち田宮株はドイツのSAG *C. vulgaris* 211-1eと細胞壁組成が同じであることがわかった。さらにドイツのクロレラ株のリストの中にTamiyaの名前を発見した。それはSAG *C. saccharophila* 30.80で、その備考にはTamiyaがゼンガー Prof. H. Senger (マールブルク大学, 当時チュービンゲン大学) に渡し、ゼンガーがゲッチェンゲン藻類保存施設に寄託したと記されている。興味をもって早速30.80株の細胞壁を分析したところ、それはヘミセルロース、リジド壁成分ともIAM *C. ellipsoidea* C-27 田宮株のそれと完全に一致した。そしてそれらはSAG 211-1eと同じであった。211-1e株は *C. vulgaris* である。そこでゲッチェンゲンの *C. vulgaris* を体系的に分析したところリジド壁は全てグルコサミンであった。SAG 30.80のこの結果をシュレッサーに報告したところ、彼はただちにケスラーに連絡し、検討を依頼した。ケスラーは彼独自の方法で調べ、間違いなく *C. vulgaris* であるとの結果を



写真3. ケスラー教授(左)と筆者 ケスラー家の庭で



写真4. シュレッサー教授(左)とブルーノー大学Eutl教授スモレニスにて

得てシュレッサーに報告した。ゲッチングン藻類保存施設ではこれをもとに *C. saccharophila* 30.80 を即座に *C. vulgaris* 30.80 と訂正し、公表した。私は東大の藻類保存施設に *C. ellipsoidea* C-27 は *C. vulgaris* であると報告し、訂正を求めた。東大でも *C. vulgaris* に訂正したが、それには数年を要した。田宮株に関しては名古屋大学の岩村達一先生が徳川研究所で使っておられたものを応微研を介さず名古屋に持参されてお使いと聞き分析させていただいた。それは応微研のC-27株と一致した。したがってこの株は応微研に渡る前に徳川研究所でずれたものと思われる。柴田万年先生によって東北大学の池から単離された *C. ellipsoidea* はドイツで使われたものの絶えてしまい、再度田宮先生に依頼されたのではないかと推察される。それが間違っただけでドイツに持ち込まれたものようである。早い時期の C. J. Soeder の論文ではもとの田宮株はあきらかに *C. ellipsoidea* であることを示している。

その後ゲッチングンの他の株も次々分析し、結果を論文にして発表したが、同時にゲッチングン保存施設に連絡することを忘れなかった。シュレッサーはそれらの報告を謙虚に受け止めてくれた。彼は好きな株を好きだけ無償で送ると言ってくれた。そのためこの種の仕事が実にしやすかった。私はゲッチングンには一文も払ってなく、国費をかなり節約したことになる。こうして私が分析したゲッチングンのクロレラは100株を越える。そしてその7株が間違いであることを指摘した。私の狙いは細胞壁組成の多様性と分類への利用可能性を探ることであったが、その結果は即ゲッチングンのクロレラ分類の再検討につながり、その都度シュレッサー、ケスラーによる検討を通して訂正された。そして方法が違いながら私の結果とケスラーの結果はピタリと一致した。

保存施設間のクロレラの比較

異なる組織で保存されても同一の祖先を持つ株については組成が互いに同じでなければならぬだろう。主要施設のクロレラを比較してみた。日本の IAMC *ellipsoidea* C-87 はそれと同じ起源をもつといわれているアメリカの UTEX (University of Texas) 20, イギリスの CCAP (Culture Collection of Algae and Protozoa) 211/1a, ドイツの SAG 211-1a と細胞壁組成がぴたりと一致し嬉しくなった。しかし同様に同一の起源をもつと言われている IAM C-102, UTEX 246, CCAP 211/1b, SAG 211-1b の間では結果がばらばらだった。これはいったいどういうことであろうか? テキサス大学のスター教

授 Prof. R. C. Starr がクロレラの株の保存施設間の対応を *Methods in Enzymology* に書いていたのでオースチンへ質問の手紙を書いた。スター先生は親切に出典と由来を説明してくれた。それによるとこの株はアメリカでブラノンによって単離され、イギリスの CCAP に寄託され、CCAP 211/1b と称した。それがアメリカとドイツに分与された。アメリカはインディアナ大学のスターに渡され IND 246 となり、スターのテキサス大学への移動にともない UTEX 246 となった。一方ドイツはゲッチングン大学に渡され SAG 211-1b として保存された。日本のものはスターから応微研に渡され IAM C-102 となったということであった。同じオリジンなら細胞壁組成も同じであることが期待された。ところが結果はイギリス株 CCAP 211/1b とアメリカ株 UTEX 246 が同じ組成を示し、それらはドイツのもの (SAG 211-1b) と、また日本のもの (IAM C-102) とも違っていた。それならば4株のうち2株が同じであるアメリカ株とイギリス株が正しく、それ以外が間違っているのであろうかとも考えた。しかし、両者のリジド壁の糖がグルコサミンであることは私を疑わせた。また、ドイツの SAG 211-1b 株は同じドイツの他の *C. saccharophila* の株 (211-1c, 211-1d, 211-9a, 211-9b) と細胞壁糖組成が同じであったことからこれが正しい株ではなかろうかとも考えた。おそらくブラノンにより単離された株はケンブリッジにおいてドイツに分与した後にコンタミをおこし、その不正株がアメリカのスターのもとへ送られてしまったのであろう。それを両施設とも何十年も大事に保存し続けたことになる。さて日本の IAM *C. ellipsoidea* C-102 はアメリカのスターから来たと言ったが、私の分析結果ではもとの株 (UTEX 246) とは似ても似つかない細胞壁組成をもっていた。C-102 株は日本では C-27 株とともに多くの研究



写真5. スター教授 UTEXにて

に用いられ、沢山の論文が出ているが、これの細胞壁はマンノースのヘミセルロースをもち、IAM *C. pyrenoidosa* C-104のそれと同じであった。恐らくC-102株は植え継ぎのある時にC-104と混同してしまったのではないかと推測する。怖いもので、たった1回混ざってしまうとそのあとチェックする機会が訪れるまで間違っただま保存され、多くの研究者に提供してきたわけである。私のところへレフリーを依頼されて来たクロレラの論文で題名に*C. ellipsoidea*と種名だけ記されているものは必ず株名も明記するように求めることにした。クロレラならば何でもかまわぬような種類の論文もあろうが、種が違えば根底からひっくり返ってしまうものもある。最近のモレキュラーのデータからもクロレラがいかに多様であるかは皆さんのよく知るところとなったのでこの辺のことは十分ご理解いただけると思う。もしも株名が記載されていれば後の研究によって訂正ができる。しかし株名がなく種名のみ記載では間違いが間違いのまま葬られることになる。大抵の研究者は権威ある施設の株を信じそれを用いて研究し、論文を書く。したがって保存施設の責任は極めて重いと云わなければならない。では世界の施設でどの位まちがったクロレラが保存されてきたであろうか。ドイツではケスラーが生理生化学的分析をして来たのでかなりよくなっていたが、それでも私の実験によって数パーセントが正しくないと指摘された。ケスラーとの会話の中で世界中のクロレラが国毎に勝手に分類され、勝手な名前がついているのは研究上困ったものだ、その点宮地らの編集によるWorld Catalogue of Algaeは施設間の対応関係をひもとくことができよき本だがあなたは当然持っているだろうねと尋ねた。ケスラーは持っていないとのことであったので帰国して1冊送ってあげた。数ヶ月後ケスラーからの手紙で彼がテキサス大学の保存クロレラの全てについて研究していることを知った。そして、困ったように書いてあった。なんとテキサス大学のクロレラで正しいのは60%しかなかったというのである。そして、その結果をJ. Phycologyに公表した。スターとザイクスDr. J. Zeikusはそれに従いだちに分類の改訂リストを発行した。世界のいろいろな保存施設には誰が何と言おうが、かたくなに従来の分類に固執し、報告しても受け付けてくれないところが多くある。歴史と伝統に輝くところに特にその傾向がつよいようである。保存施設の体制が整備されていなかったり、その責任者が責任ある仕事をしなかったり、間違っただま株を後生大事に何十年も保持していることが多く見ら

れる。やたらに安易に変更することは困りものであるが、ここの報告はがっちり受け止め、自施設の分類の再検討をする真摯な態度が期待される。その点テキサス大学のスター先生は流石と敬服した。ゲッチング大学のシュレッサーは実に立派にその職責を全うした。彼はクラミドモナスのオートリシンでよい仕事をしてきた人であるが、ゲッチングの保存施設の教授に就任するや、まさにそれを仕事にして頑張った。私がゲッチングのクロレラを多く研究したのはドイツのためではない。世界のどこか一つの施設で正しい分類がなされていれば、そこから次々に他の施設でも正されて行く、そういう思いでやったのであったが、彼は私を全面的に後押ししてくれた。幸なことにこれを通してシュレッサー、ケスラーと仲のよいおつきあいができて喜んでいる。ケスラーは退官、スターは他界し、シュレッサーは私より半年前に定年になった。シュレッサーの後任はどうなるのかと思っていたところに彼から手紙が来た。ゲッチング大学ではシュレッサーの退官を機に保存施設の専任教授ポストを廃止し、実験藻類学の教授が兼務することになったというのである。世界で一番の施設でリストラされたことは痛手で、以後の責任者はさぞや大変であろうと想像したが、実験藻類学のProf. W. Wiessnerの後任のポストにはフリードルProf. Thomas Friedlがバイロイトから迎えられた。フリードルは学識、人柄とも藻類学のプリンスと言われている。ゲッチングは大変よい人を得たと思うとともに、Thomas 大変だろうと思うものである。頑張れとエールを送ったところである。

それにしても私がやりだした時には生理生化学的な分類はケスラーの仕事のみであり、私の分類指標としての細胞壁分析はタイミングとしては最高であったと思う。今はモレキュラーの仕事が主流になっているが、決してこれだけで決定できるものではない。遺伝情報の最終発現としての形、化学成分等の比較を平行して進めて始めて正しい分類・系統が得られる。

Takeda 式分類

私の分類は1または2の数字三つからなるインデックスを用いる。第一はリジド壁の糖がグルコースとマンノース(1)であるかグルコサミン(2)であるか(今まで試みた限りクロレラのリジド壁はグルコース・マンノースでできているかグルコサミンでできているかのいずれかである)、第二はルテニウム赤に染まる(1)か、染まらない(2)、そして第三が細胞壁に異方性がある(1)、またはない(2)で、1.1.2, 1.2.1, 1.2.2, 2.1.2のよう

な三数字からなるインデックスでクロレラを分類した。インデックス 1.1.2 は *Chlorella saccharophila* var. *ellipsoidea*, 1.2.1 は *C. saccharophila*, *C. luteoviridis*, *C. fusca* var. *vacuolata*, *C. minutissima* で, 1.2.2 は *C. zofingiensis*, *C. prototecoides*, *C. mirabilis*, 2.1.2 は *C. vulgaris*, 2.2.1 は *C. sorokiniana*, そして 2.2.2 は *C. kessleri* と同定された。インデックス 1.1.1 と 2.1.1 のクロレラは未だ見つかっていない。リジド壁がグルコサミンでできているクロレラについてはこれだけで *C. vulgaris* (2.1.2), *C. sorokiniana* (2.2.1) そして *C. kessleri* (2.2.2) とはっきり区別できる。ところがリジド壁成分がグルコースとマンノースでできているインデックス 1.2.1, 1.2.2 のクロレラは複数あり, さらなる区別はヘミセルロースの糖組成の違いで判断する。

クロレラの分類でのモレキュラーデータと細胞壁データの比較

1987年頃からスモールサブユニットリボソームRNAの塩基配列による系統研究が盛んになった。これを共同研究でやりはじめたところ, 細胞壁分析の結果とよく一致することが分かった。しかもモレキュラーデータは最近ではデータベースによってひきだすことができる。1999年のセントルイスでの国際植物科学会議のシンポジウムで話すようお願いを頂いたので細胞壁による分類とモレキュラーによるそれとを対比すべく, 富山大学の渡辺信教授にデータベースをひいて頂いた。両者による分類がほとんどぴたりと一致した。ただひとつ *C. mirabilis* と *C. ellipsoidea* がシークエンスの仕事で近縁という結果がでているが, これは誰の報告か調べてみたところドイツのフッス Dr. V.A.R. Huss の仕事であることがわかった。彼に使った株を聞いたところ, ロシアのサンクトペテルブルクの株であるとのことである。ゲッティングンのものをどうして使わなかったか, これを使って再度やらないかと聞いたが, この仕事は終了しており, その予定はないという。のちのち検討してみたい問題点である。

細胞壁 Lytic enzyme

クロレラの細胞壁がターンオーバーしていることが示されたので分解活性も証明されなければならない。そこで細胞壁溶解酵素の研究を行った。細胞壁溶解酵素は細胞壁そのものに局在していた。これは塩化リチウム処理で簡単にはずれる。活性の至適 pH はあるものは酸性 (PH5-6), あるものはアルカリ性 (pH8) であった。至適 pH 酸性の酵素はリジド壁がグルコース・マン

ノースのクロレラで, アルカリ性のものはグルコサミンのリジド壁をもつクロレラであった。可溶化産物に関しても前者による産物は低分子, 後者によるそれは高分子のままで, クロレラの種によって分解様式が違ふことが明らかになった。前者は多糖分解酵素で, 後者は多糖分子間をリンクするペプチド鎖を開裂することによって細胞壁可溶化に導くものでペプチダーゼ様酵素であることが示唆された。この仕事は佐藤等君, 荒木直子君らの修士の仕事である。

ミドリゾウリムシにおける共生クロレラ

原生動物せん毛虫類ミドリゾウリムシに共生しているクロレラを研究した。一個体のミドリゾウリムシ体内には 400-500 個体のクロレラがいるがそれらが同一のクロレラか, それとも雑多なものか, また異なる土地にいるミドリゾウリムシ内のクロレラの種類はどうであろうか? 白杵格教授からミドリゾウリムシを分けて頂き, 比較研究をおこなった。1 個体のミドリゾウリムシをスライドガラス上で単離し, ちょっと放置すると培養液が乾燥する。ゾウリムシの細胞膜は破壊されるのでただちにクロレラ用の培養液 1 滴に懸濁し, 寒天上にコロニーをつくらせた。各コロニーを別々に培養して細胞壁を調製し, 組成を比較した。どのミドリゾウリムシにおいても中のクロレラは同一の壁組成を示した。また, 日本の各地から採集したいろいろなミドリゾウリムシについてクロレラを比較したが, 細胞壁組成は同じであることが示された。ヨーロッパ, アメリカのミドリゾウリムシについてはヘミセルロース糖組成は日本のそれとは異なっていた。しかしミドリゾウリムシの共生クロレラはいずれの場合もリジド壁がグルコサミンであり, ルテニウム赤マイナス, 異方性マイナス (インデックス 2.2.2) で *Chlorella kessleri* と同定された。ミドリゾウリムシのクロレラが特定のものだということが示されたことから宿主とクロレラとの間でたしかな親和性・特異性が存在することが想像される。そこで各種クロレラと異なる地域から採集されたいろいろな白化ミドリゾウリムシとの間でのアソシエーション特性を研究した。白化ミドリゾウリムシとは除草剤処理でつくられたクロレラを欠く白いミドリゾウリムシである。これと各種クロレラを接触させ, アソシエーション成立の有無を蛍光顕微鏡的に検査するのである。その結果リジド壁がグルコース・マンノースのクロレラはただちに消化されるが, グルコサミンのリジド壁をもつクロレラがゾウリムシに定着することが示された。この研究は白杵格教授と関口珠

美, 布川寿美の学生で行った。定年最後の年には修士の山崎武史君がミドリゾウリムシにおけるクロレラとゾウリムシの間の特異性のきめてはクロレラの表面を認識するゾウリムシ側にあるとし、宿主のレクチンの立場から研究した。

国際学会と研究室訪問

コペンハーゲン：1985年国際藻類学会のコペンハーゲン大会に参加した。私は在外研究のドイツからの参加である。この時内外の多くの藻類学者とお知り合いになった。私の報告は広川氏とのクロレラの細胞壁形成に関してである。コペンハーゲンに在る間にカールスパークリサーチセンターの研究者と交流した。この研究所はご存知のようにピールのカールスパークの基礎研究所で、古くは窒素定量のケルダール、pHのゼーレンゼン、タンパク質のリンドストロウム-ラング、そして近年はヴェットシュタイン等、第一流の科学者を多数抱えて立派な業績をあげている世界有数の研究所である。カナダ時代の親友ベン Dr. Bent Stig Enovoldsenが研究員を勤めていたので在外研究を彼のラボで共同研究できないかと打診した。ところが彼はスカンジナビアブルーイングスクールの校長を兼務することになったのでアクチブな研究ができなく共同研究は無理だが、その代わりにカールスパークの研究者との討論の機会をつくろうということになっていた。1週間にわたり19人の科学者達と面談し、下手な英語で正直なところくたくたになったが、素晴らしい勉強の機会であった。印象的だったのはケルダールが設計し、使用していた研究室がドラフトともども現在もきれいに使われていることであった。

プラハ大学：1985年チェコスロバキアにプラハ大学のマルセラ・ブンコチャロヴァ Dr. Marcela Punčochářováとトマス・カリナ Dr. Tomas Kalinaを訪ねた。マルセラはプラハ大学のフォット教授 Prof. B. Fott の門下で、クロレラの分類を研究している人は Fott and Novakova の分類学が古典として必ず引用されていることを思い出していただけたと思う。Novakova は彼女の結婚前の姓である。私も Novakova の名は知っていたがドイツのシュレッサーに訪ねるようアドバイスされたのである。彼女は長いことカリナと緑藻の分類の共同研究を行ってきた。空港にはブンコチャロヴァ夫妻の出迎えを受けた。ご主人は科学アカデミーの陸水学研究所の部長である。1985年は社会主義の国で様子が不案内の中を歴史を感じる独特の雰囲気をもつプラハの町を案内された。伝統あるプラハ大学植物学教室

に近付いて建物を見上げると窓から赤旗をなびかせている研究室があった。マルセラとカリナは嘆かわしいと恥ずかしそうであったがあのような体制のところでは保身のためか、それとも真からの共産主義者かこんな光景がよく見られた。科学アカデミーを訪ねた時は部屋の内部では平気で撮っていた写真も最後に建物全景を撮影しようとしたところ、ちょっと待ってくれ、守衛に許可をとってきてからにしてくれ、と言われたりした。また、チェコスロバキアの藻類学のリーダーのブルーノー大学教授 Prof. H. Ettl は共産党の押し付けに従わなかったが故に大学教授の職を追われ、小学校の先生をして生きていた。このように社会主義の国での苦労や不都合をいろいろ見聞させられた。

スモレニスシンポジウム：1990年チェコスロバキアのスモレニスで開催される「緑藻の生物学・分類学の国際シンポジウム」にお声がかかった。スモレニスは今は平和的に分国されたスロバキアの首都ブラチスラバからバスで1時間半位の位置にあり、もとハンガリー領のこともあったそうである。その小高い丘に Smolenice castle と言われる素敵なお城がある。この城はスロバキア科学アカデミーの所有でいろいろな分野の国際学会が開催されている。チェコスロバキアは経済的に厳しく多くの研究者を外国に派遣することができないのでその代わりに文化遺産としてもっているこういうお城で国際会議を開催し世界中から学者を招き学術交流をしようというものだそうである。スロバキア科学アカデミーのヒンダック博士 Dr. Hindak から招待状が送られてきた。ブラチスラバならウイーンと目と鼻の先なのでそこからと思っていたが新潟大学の事務はチェコスロバキアならば首都のプラハから入国するようにと言われプラハに降り立った。ブンコチャロヴァ夫妻に5年ぶりに歓迎され、われわれは解放され今自由になったんだ、良い指導者を得たんだ、あそこが大集会のあった広場だ等々二人で喜々として話して

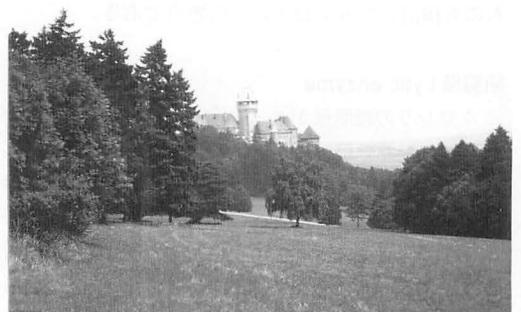


写真6. 素敵な学会場スモレニス城

いた。プラハの目抜き通りに壇をつくり、そこに旧ソ連の指導者達の人形を並べ、首をはねるデモで憂さ晴らしをしているのが見られ、圧迫されてきた民族の姿に哀れささえ感じられた。

スモレニスへはブコチャロヴァと一緒にバスの旅をした。ボヘミア、モラビアの風景を楽しみ夕刻ブラチスラバ大学のドミトリーに着き、そこで富山大学の渡辺信教授にはじめてお会いした。スモレニスシンポジウムは城の大きさから参加者定員を80人とし、その同伴者を含めた数であった。全1会場で三度の食事からコーヒーブレイクまで全員がまさに幽閉されての1週間であった。会期中頃には近くの洞窟へハイキングがあり、この道の専門家たちと親しくなった。私の細胞壁からの分類は今まで体系的にやった人がないだけに、自分たちの分類とがっちり一致するとか肯定的な評価を頂きその後への励みとなった。

ケンブリッジとCCAP：イギリスは1985年ケンブリッジにケンブリッジ大学生化学教室のノースコート教授Prof. D. H. Northcoteを、そして藻類保存施設を訪ねた。ノースコートは植物の生長生理と炭水化物代謝の研究の第一人者で細胞壁の生化学に関する討論をおこなった。藻類保存施設(Culture collection of algae and protozoa, CCAP)は改組して淡水産、海水産の二部門に分割移転する直前であったが、アン・アッシャーというキュレーターが機関の運営に関しいろいろ説明してくれた。

ドイツの大学：ドイツではゲッチンゲンの他にエルランゲン、レーゲンスブルク、マールブルク、アーヘン、ビーレフェルト等を訪問した。エルランゲンのケスラー教授にはクロレラの分類について討論するため1985年、1990年訪問した。博士は夫妻ともブレーメンの出身で童話の国の王子さまがそのまま年をとったような雰囲気であった。ブレーメンと聞いたので特にそう感じたのかも知れない。ゼミを開いてくださった。そしてローテンブルグへ連れて行ってくださった。親しいおつきあいが続いている。レーゲンスブルク大学ではロースEckhard Loosが細胞壁の研究を行っていて、筆者と焦点が一緒の研究者である。お宅に泊めていただき、研究討論と家庭的交流をもつことができた。彼は*Chlorella vulgaris*の細胞壁にグルコサミンがあることを始めて示した。しかしそれより前に我々が*C. ellipsoidea* C-27で報告してあり、互いに前になったり後になったりして研究してきた。ベルギーとの国境の町アーヘンではアーヘン工科大学を訪ねた。教授のアッハ博士Prof. H. G. Aachは前から細胞壁の分解酵

素、細胞壁の可溶化によるクロレラのプロトプラストの生成等で共通の興味をもっており、ゼミを開いてくださった。カール大帝の歴史的遺産を息子のTil君の案内で観光させていただいた。マールブルクへはアーヘンへ行く途中にゼンガー教授を訪問し、光生物学のいろいろな面を勉強させていただいた。ビーレフェルトは新潟の同僚白岩博士が留学中であった。日本で言えば、筑波大学のような新構想大学で新しい機能的なキャンパスをもつ。ゲッチンゲンに帰ってシュレッサーにビーレフェルト大学はさながら宇宙基地のようでこれからの大学らしいと言ったところ、彼は、あれは大学のキャンパスではない、大学とは町中に点在し、町をひとつのキャンパスとするのが大学だと言われた。

オランダのナイメーヘン：オランダはドイツとの国境の町ナイメーヘンにあるカトリック大学にMMPAの編集者リンスケンス教授を訪ねた。まずはMMPAに執筆の機会を下されたことに感謝すると同調培養と細胞壁ターンオーバーを評価してくださった。この大学には細胞壁タンパク質のリンスケンス教授のほかDr. M.M.A.Sassen, Dr. M. Kroh, Dr. A.F. Croesなど細胞壁研究者がおり、よき討論の機会をつくっていただいた。町の観光は大学院の女子学生をつけてくださり、その粋なはからいに感じ入ったものである。

ジューク大学とテキサス大学：1991年合衆国ノースカロライナ州ダーラムにあるジューク大学で開かれた国際藻類学会に参加した。ジューク大学はそのきれいなキャンパスが合衆国でも有名である。広大な敷地に点在する校舎を行ったり来たりした。そこではクロレラの細胞壁溶解酵素とその種特異性についての荒木直子との研究を発表した。学会でテキサス大学のスター教授にお会いした。彼とは学会のあと訪問することになっていたが、会場でもうひとりの人と巡り会った。中国南京大学のチェン教授Prof. Tseng Chao-Tsi夫妻である。会話の中で、学会後どこへ行くかと聞かれテキサスへ行くと言ったところ、彼等はびっくりし、テキサスの何処かとの問いにスター研と云うとさらに驚いた。彼等はスター研究室に滞在していたのである。学会後オースチンにスター先生を訪ね、彼らとも一緒に食事をご馳走になった。テキサス大学を訪ねた意味はクロレラの素性に関する討論をし、ひろくクロレラの分類を話すためである。スター先生はメキシコに近いサン・アントニオまで車を出してくださり、アラモヤアメリカ離れた街並を見せてくださった。ザイクスがスターのよき片腕として藻類管理にあたっているの

が印象的であった。

南京大学：1992年南京大学に招待された。ジューク大学で知り合ったチェン先生から南京大学で大学院の講義をしてもらいたいとの意向である。喜んでお招きに応じ、こちらは三つのテーマが用意できるのでそちらの教育上どれがよいか選ぶよう依頼した。それに対し三つのテーマみんなやってくれと云われ、五日間南京大学に滞在し、彼等とよい交流ができた。聴講者の中に少壮助教授の呉さん Prof. Quing Wu がいた。彼は中国の藻類学のホープでその時以来ずっと訪日を希望していた。1995年南京大学教授に昇任、1997年清華大学教授に招へいされた。理学部で外国人教員採用の枠がとれそうになったので、人事移動の事実を知らないまま声をかけたところ、着任早々の清華大学と話しをつけ、半年間新潟に赴任することになった。新潟大学理学部の客員教授として私どもの研究室にくることになったのである。彼のテーマは光生物学であり、それよりも私が定年直前であることから今後の研究の継続と発展を考え、朋友白岩君と共同研究を組んでもらった。白岩・呉のコンビが続いていることを大変嬉しく思っている。

ライデン：1997年オランダのライデンで開催された国際藻類学会に池田泰治教授と参加しクロレラのピレノイドの形態的多様性と分類を発表した。池田氏の電子顕微鏡観察によりクロレラのピレノイドが細胞壁と並行して種特異的に変異していることが示された。

現在の共同研究

カリフォルニア大学サンジエゴの Prof. Lewin から海産のクロレラ様微細藻類の共同研究の申し入れがあった。カリフォルニア湾とモンゴル産の緑藻で細胞壁組成を調べるようにというのである。今まで調べたクロレラの細胞壁はリジド壁がグルコースとマンノースかまたはグルコサミンであったが、この一群のそれはア



写真7. 南京大学チェン教授(右)と筆者 南京玄武湖で



写真8. 呉さん(中央)、白岩さん(その左)はじめ研究室メンバーとともに

ラビノースのポリマーであった。モレキュラーのデータとともに分類のまとめを急いでいるところである。Dr. L. Krienitz とはドイツの湖から採取した微細藻類について形態、モレキュラーそして細胞壁からの総合的研究を行ない、Phycologia に掲載された。Prof. T. Friedl とはゲッチンゲン大学保存の海産クロレラを、富山大学渡辺信教授とは UTEX の海産クロレラにつき、それぞれ研究が進んでいる。

終章

長年勤めた教養部も全国的な時代の波を受けその使命を終える事になった。私は理学部生物学科へ配置換えになり最後の6年間をここで過ごした。同調培養で共同研究を組んだ広川豊康教授とは以来学部を超えて連帯して来たが1年間真正銘同じ組織にご一緒した。そして白岩善博氏とは六年間を共に過ごし、私を送り出してもらった筈であったが、彼が筑波大学教授に招へいされたことによりその順序が逆転した。彼は持ち前の性格と努力で実績をあげ、また学生の指導も優れていただけにこちらとしては大変な痛手であったが、氏の活躍の舞台が大きくなったことはそれにも増して嬉しいことであった。毎年欠かさず実施して来た芋煮会は研究室の雰囲気盛り上げに大きく役立った。こうして私はしあわせな環境の中で大学での研究生生活を送ることができた。思えば無事にここまで来たという思いがあるが、それも全て多くの先生方、友人、学生に支えられてのことで感慨も一入である。皆様から感謝を捧げたいと思います。そして今私の拙い履歴書におつきあい下さったことに深く感謝いたします。藻類学を専攻する若い皆様がおおいにはばたかれることを祈って筆をおくことにします。

(950-2102 新潟市五十嵐二の町 8339-2)