

## 42 年間の神奈川大学での思い出

井川 学\*

### Memories of 42 years in Kanagawa University

Manabu IGAWA\*

#### 1. はじめに

私は1978年4月、東京大学生産技術研究所にて博士課程修了後に、工学部応用化学科田中研の助手として本学に赴任した。神奈川大学工学部の各研究室は主宰教員と補助者という構成だが、私が赴任する前は阿部技術員が田中先生の前任の岡先生の研究室の時代から在籍しておられたが、工学研究所の前身である電子顕微鏡室に移動されて空席ができたことによる人事であった。様々な経験をするうちに70歳となって2020年3月に定年となるが、この機会に本学で過ごした42年間について、研究面と教育面で振り返りたい。

#### 2. 研究活動を振り返って

私は逆浸透に関する研究で博士号を取得したが、赴任した頃の田中研では鶴見川の分析やイオン交換クロマトグラフィーの研究を進めていた。田中先生からは自由に研究テーマを考えて良いと言われてはいたが、工業分析化学研究室であり、研究室の趣旨に沿った研究として何をするか思い悩んだ。大学院で研究した逆浸透は、当時、いよいよ実用化しようという段階であり、もう研究テーマにはなれないと思っていたので、膜については選択透過膜の研究に限定して続けることにした。しかし、これだけではテーマが狭すぎるため、引き続き鶴見川の水質調査の研究を学生とともに進めたが、見るべき成果を出すことができなかった。この当時、助け舟となったのは以下の二つのことだった。一つは、当時、私の東大時代の恩師である山邊先生が応用化学科の教授として在籍しておられ、当時の専売公社(現在の塩事業センター)から「クラウンエーテルによるカリウムの分離」という委託研究テーマを山邊先生を介して頂いたことである。クラウンエーテルの研究は当時のはやりであったが、日本曹達からクラウンエーテルポリマーを試料として頂く等の大きな支援を得て、いくつかの論文を書くことができた。代表的な論文は、クラウンエーテルの環径と陽イオンイオン径の適合性と、陰イオンの親疎水性とクラウンエーテルポリマーとの親和性との組み合わせにより、陽イオンと陰イオンとの同時にクロマトグラフィー分離するという論文であり Anal.Chem.に掲載されている。もう一つは、当時、分析化学若手会が東北大学の分析化学系の研究室メンバーを中心に組織されたことである。私はこれを知って、参加するために東北に向かった。特に知己を介してというわけではない一番南からの参加

者であったために、若手会設立メンバーからは驚かれつつも大歓迎され、研究上の悩みについても議論することができた。さらに、田中先生からの暖かい励ましもあって、研究成果をある程度出しながら助手の時代を送ることができた。

赴任して6年が経ち、田中先生が定年を迎えられ、その後任として私が新たに研究室を主宰することになった。私は学生時代から環境関係の研究をしたいと考えていた。田中研の助手となって鶴見川の調査研究を始めたのは、その点では良かったのだが、私自身は環境関係の研究経験がなかったのも、研究というレベルに押し上げることができなかった。その頃の神奈川大学工学部の若手は、在外研究員として外国で研鑽を積むことが奨励されていた。私は当初、「外国に行くのは箔を付けに行くようなものではないか」と思っていたが、経験した人と話す中で、外国での研究経験も有意義かもしれないし、そうなら環境科学関係の研究室にと考え、カリフォルニア工科大学で霧の研究をしていたマイケル・ホフマンの研究室で研究することにした。その詳細は、以前の工学研究所所報に詳しく書いている<sup>1)</sup>ので略すが、極めて有意義な一年であった。

1987年9月の帰国後、次の年度から霧の研究を始めることにして、まずは霧の採取機づくりと採取地探しを始めた。アメリカでは当時、自動霧水採取装置が使われていたが、これは霧発生地点に装置を置いておくも霧の発生を装置が感知して自動的に霧を採取するというものである。しかし日本ではこのような装置はなく、霧が発生しそうな夜に研究者が山に装置を持って出向き、霧の発生を夜通し見張り、霧が発生するとスイッチを入れて霧を採取していた。私は卒業研究として取り組むには自動霧水採取装置を作ることが必須だと考えた。運よく4月から科学研究費を取得したので、従来型の採取機を作っていた臼井工業研究所に基本的な設計指針を伝え、製作を依頼した。採取地としては丹沢の山小屋の主人のご自宅を訪ねたり、この道の先達と目された当学科卒業生で今はもう故人となられた関口恭一さんが県職員として働く群馬県を訪ねたりしたが、最終的には大山阿夫利神社のご厚意により境内に装置を置かせてもらうことになった。

1988年から採取を始め、雨よりも成分濃度が10倍多く、平均pHとしては1低い霧が頻繁に発生していることが確認された。そこで

\*教授 物質生命化学科  
Professor, Dept. of Materials and Life Chemistry

最初の学会発表を計画したところ、その要旨を読んだマスコミ関係者から取材を受け、その後、次々に取材を受けることになった。その当時は環境問題が我が国でもクローズアップされはじめた時期であったこともあり、その後の数年間で、ほぼ全ての新聞と、すべてのテレビチャンネル、ラジオで報道されたと言って良いと思う。最初にこの仕事を担当したのは佐賀県出身の学生であったため、故郷に錦を飾ろうと鼓舞しながら佐賀大学で行われた学会で発表してもらったが、テレビカメラが我々の発表のために会場に配置されていた。学会の合間に私は、その学生の運転で、酸性雨による立ち枯れがあるとされていた福岡県の宝満山に見学に向かったが、その車の中で流れていたカーラジオのニュースで、神奈川大学から酸性霧の研究発表があったと放送されたのにはびっくりした。NHKのクローズアップ現代にも紹介されたが、それを見ていた出身地長崎の中学の懐かしい恩師から、長崎の自宅に電話があったりしたものだった。これまで、霧のデータは日本では少なかったところに、次々と新しいデータが出たので引き続きしばらくは注目され続けたが、学会の懇親会で、東大の先輩にあたるある先生から、「低い pH の霧が出たら、研究室の皆で祝杯をあげるのですか」と、言われた。また、ある学会誌の酸性雨関連の解説記事で名指しされていないものの「低い pH が観測されて喜ぶ研究者」という文言が書かれていた。確かにマスコミは低い pH の霧ということで飛びつき、低いほどセンセーショナルな記事になる。しかし、私たちはマスコミで取り上げられるために研究しているわけではない。これらの批判は、学問として深い研究にしようという決意を新たにする契機となった。

霧の採取は当初、大山阿夫利神社の下社に自動霧水採取装置を設置し、霧の発生頻度の高い夏のみでの採取であったが、その後、一年中の採取とし、週一回、学生が交互に採取に向くことを、装置を撤去する 2015 年まで続けた。さらに、1992 年からは大山全山での大気汚染物質沈着量の標高分布を月ごとに調査する研究へと仕事を拡大していった。観測対象も受動霧水採取装置による採取、風向風速、視程の観測等と広げ、2011 年から 2015 年までは丹沢山塊の鍋割山での観測も行った。大山全山の採取を始めた当初は、大河内助手と担当する学生によるものであったが、大河内助手の転出後は、私も学生とともに山に登るようになり、最終年度までこれを続けた。

酸性雨と森林衰退は、いつも結びつけて報道される。1990 年代初頭のある学会でこの趣旨の講演会が企画され、私も講演者の一人として招待された。講演の後の総合討論の時、年配の研究者から、「植物は色んな理由で枯れる。酸性雨で枯れた証拠のある森があるなら、言ってみなさい」という、発言があった。講演者の多くが黙る中で、私は、可能性があるのではないかと主張したが、推測でしかないと弱さを感じた。そこでこの講演会が終わった後、畑違いであることを顧みず、酸性霧の暴露実験を始める決断をした。当然、一人ではできるはずもないので、当時、本学の生物教室を主宰しておられた大塚先生のご協力を得て、仕事を始めた。苗木をどこで入手するか、酸性霧をどのように発生させるか等、最初は全てが手探りだった

が、継続して噴霧を続けることにより、酸性霧でモミの葉は直接的な影響を受けることが確認された。この研究成果は国内学会での発表までは問題なく進んだが、外国の英文誌に投稿したところ、これまでの分野とは全く違う植物の専門家の査読がなされ、主に結果の統計的处理を巡って膨大なコメントが返ってきた。生物は個々に耐性が大きく異なるためであるが、分野による慣習や考え方の違いに驚きながら、丁寧の一つずつ反論し、無事掲載させることができた。酸性霧と森林衰退に関する研究の結論としては次のようにまとめられると思う。

pH3.5 以下の酸は植物の葉に直接的な影響があるとされているが、雨ではそこまで下がることは滅多にない。しかし、都市近郊山間部では、近年は改善されてはいるものの、酸性度の高い霧が頻繁に発生している。その主な原因は、都市部で発生する窒素酸化物が酸化されて硝酸ガスとなり、大気中の液滴量が少なく液滴径も小さい霧に高濃度で取り込まれることによる。酸性霧がモミの葉に付着するとクチクラワックス層を溶かし、葉の内部のカルシウムイオン等を溶かし出す。現場で被害のないスギの場合、酸性霧でも葉からのワックス層の溶出がない。オゾンの影響が指摘されているが、高濃度オゾンが共存すると衰退への影響は強まる、というものである<sup>2)</sup>。

霧の研究を開始した後、露にも興味を持ち、研究を開始した。最初は、どうしたら露が発生するのかというところから試行錯誤であったが、厚さ 10cm の発泡スチロール上に貼ったテフロンシートの上に、頻繁に明け方に発生することを確認し、本学屋上でスチロールを大型の天秤の上に置いて質量の経時変化を測定することにより露の発生と消滅を感知し、連続観測を行った。露の研究はその後、当研究室の竹内君が取り組み、彼は露の研究で博士号を取得した。その後さらに露だけでなく、微小液滴の科学として霧雨やモヤの研究も始めた。横浜では霧の発生は稀だが、モヤは頻繁に発生する。霧は視程 1km 以内であるが、モヤとは 1km 以上 10km 以内、湿度 75%以上の現象である。霧では液体として試料を集めることができるが、モヤでは液量が少ないため、それができない。試行錯誤の末、モヤの液滴を酸化マグネシウムでコーティングしたスライドガラス上に衝突させて生じる液滴跡の径と個数を測定して大気中液量を求め、エアロゾル中の水溶性成分量から濃度を算出した。この液滴の pH を求めるのがまた一苦労だった。大気中の液量が極めてわずかなので分析時には液量を 1000 倍以上増やさなければならない。他の成分は液量を変えても物質量は変わらないが、水素イオンは液量を変えると成分の解離度が変わるので、単純計算できない。最終的には滴定により酸中和成分量を求め、平衡計算により pH を求めることにより、もや液滴は 0.1M にものぼる高濃度だが、pH は 5 前後となり強酸性にはならない、という結論を得て論文とした。このモヤの仕事は開始して 10 年以上かけてまとめたことになる。

霧の研究に関連しては、霧の国際会議のことに触れなければならない。霧の研究を開始してしばらくして、大河内助手が霧の国際会議が組織されたことに気がついて教えてくれた。それは是非とも参加しようということで、バンクーバーで開かれた第一回国際会議に

二人で出向いた。この国際会議は200人前後の小規模学会であったが、カナダの環境省のシュメナウアーさんの呼びかけによるもので、彼自身は、乾燥地帯にある開発途上国で、雨は降らなくとも霧は発生するので丘の上に霧採取の大きなネットを張り、水を確保しようという活動を進めていた。彼らのロマンに感銘を受けるとともに、非常に家庭的な雰囲気であったことから、この学会のファンになり、日本でも将来是非、開催したいと思った。この学会は3年ごとに開かれたが、2013年の第6回は立候補して日本開催となった。開催にあたって、私が日本の組織委員長となり、東大の植松先生、大阪府立大学の竹中先生、早稲田大学の大河内先生が副委員長となって、会を準備した。また、プログラム委員長にはかつてホフマン研で一緒に仕事をした仲間であるコロラド大学のジェフ・コレット教授に務めて頂いた。この会の準備の話だけでも長くなるので、詳細は割愛する。最終的には、横浜赤レンガ倉庫で開催し、成功裏に終えることができた。成功の鍵は、副委員長の3名の先生方を中心とした組織委員の皆さんの一致団結と運営資金が十分に確保できたこと、それに横浜コンベンションビュロー等の厚い援助にあったと言える。私はこの会議の開催の2年前位から、資金援助の申請書書きに追われ、結果の連絡に一喜一憂したものだ。

以上は、霧の研究を中心とした環境関係の研究紹介だが、研究室では膜法を中心とした分離化学の研究も並行して行ってきた。膜法の研究は疎水性膜とイオン交換膜を用いた研究が主であった。疎水性膜は疎水性物質を選択的に透過するという面白い性質があり、これは生体膜の選択透過にも通じる原理である。主にFEPをテフロンメンブランフィルター上にコーティングした膜を用いて研究を進め、この工業的な利用も期待したが、透過特性を明らかにすることまでで時間切れになりそうである<sup>3)</sup>。もう一つはイオン交換膜の研究で、これは濃度勾配を駆動力として、膜内に担持した様々なイオンとの相互作用を利用した選択透過である。また、二枚の膜を使い、酸溶液／陽イオン交換膜／塩溶液／陰イオン交換膜／アルカリ溶液、と配置すると塩溶液中の陽イオンと陰イオンがそれぞれ水素イオンと水酸化物イオンとイオン交換し、水素イオンと水酸化物イオンは反応して水になる。このシステムは脱塩に使えるということで、中和透析法 (neutralization dialysis)<sup>4)</sup> と銘打って論文化した。発表当時は多くの会社の研究者に注目されたが、その後も東欧とロシアの研究者が関心を持ち、私がこの研究をやめた後もこの方法の研究論文が幾つか出されている。

2011年、福島原発の爆発事故により、大量の放射性物質が広範な地域に拡散した。私は分離科学を研究するものとして、日本のこの大問題の解決に少しでも役立ちたいという思いから、対処法を様々な検討した。その結果、除染廃棄物中のセシウムを電気泳動で移動させ、特異的な吸着剤を用いてセシウムイオンのみを除去し、廃棄物を減容するという技術の開発を現在進めている<sup>5)</sup>。

### 3. 教育活動を振り返って

以上に述べたように研究活動を進めたが、研究室運営や大学行政との関わりについても触れておかねばならない。

本学に赴任して東大の少人数の研究室から、多数の学生を相手にすることに戸惑ったが、特に鮮烈な印象は卒業研究発表会だった。

当時は階段教室で学科の全教員が揃って、3日間くらい朝から夕方まで開かれていた。発表後の質問は厳しく、学生諸君は立ち往生するので、たまらず私が立って質問に答えたものだった。当学科は以前から軟式野球が盛んで、野球の強さで研究室が序列化されているような雰囲気を感じたので、私は学生諸君とともに、野球の練習に打ち込んだ。私の右手の薬指は曲がっているが、これはその時の練習での突き指によるものである。最初は学科の雰囲気に馴染めず、反発していたが、次第に学科に溶け込んでいった。印象に残った先生としていづれも故人となった辛先生、西久保先生、山村先生を挙げておきたい。辛先生は、包容力のある懐の深い親分肌の先生であった。西久保先生は、とても鋭い方であり、最終目標は非常によく一致して共鳴するものがあつたが、どういうわけかそのプロセスは180度異なった。そのため、私が講師になって教室会議に参加するようになると対立することが多かった。このころの学科の教室会議の雰囲気は自由活発であり、激しく議論しても最終的に決まったことは皆で協力して実行しようという雰囲気で、集団のあり方として理想的なものであった。山村先生は私が助教授だった頃に企業の研究所長から転身して赴任された。非常に学生思いの先生で、研究室学生の父兄会を毎年開かれていたが、そういう大学の研究室を私は聞いたことがない。また、飲み会を研究室でよく開いておられたが、学生から青年らしい人生の悩みを引き出して議論することのできる先生だった。

私は最初の6年間は助手であったが、その後、研究室を主宰することになった。試行錯誤の連続であったが、学生諸君と気持ちを一つにして初めて、仕事は発展する、という思いで研究を進めてきた。その間に4人の方に助手になっていただき、それぞれに協力して仕事を進めていただいた。早下助手、大河内助手、松本特別助教、南齋特別助教であり、現在それぞれ、上智大学教授、早稲田大学教授、山梨大学准教授、静岡理工科大学准教授として活躍している。なお、最後の3年間はベテランの松野技術員が当研究室に配属され、厳しくも暖かい実験指導をしていただいている。

研究室運営の中での不幸な出来事として、A君の自殺がある。ある日の早朝、教授室で学生が硫化水素で自殺しているから、至急、大学に来るようにとという事務連絡があつた。急いで大学に出向くと、多くの事務職員の方が23号館の前に待機していた。消防の方はすでに入り、危険はなさそうだということで、私は他の事務職員の方とともに23号館に入り、A君の亡骸にも対面した。世を儚んだ遺書もあつた。直接の動機はわからないが、その頃は就職活動の時期だったのでそれが一因ではないかと推測された。その日の午後には学生部長等とともに、A君のご自宅に伺い事実関係を報告した。お通夜とお葬式には研究室の学生や卒業生が沢山参列してくれた。通夜の晩、学生諸君より少し遅れて会場を出たが、出口で皆が待っており、その無言の気遣いが有難かった。その後、一周忌、三回忌、七回忌とお墓参りをして、ご両親とも話す機会があつたが、「研究室の様子で気づいてもらっていたら」と言われたのが心に残った。



この事件の後に、中島学長から学生生活支援部長になってほしいという話があった。私は A 君の寂しさを汲み取れなかったことへの贖罪の意味もあって、引き受けることにした。就任後、まずは学生諸君の希望に応えたいと思い、本学で発行されている学生生活調査報告書の中の学生諸君の声を集めているページを丹念に読んでみると、野放図に学内で喫煙が行われていることに多くの不満があることが読み取れた。そこで、学内を禁煙にする活動に取り組んだ。そのためには、喫煙施設を作ることと、喫煙室以外での喫煙を取り締まる規則作りが必要である。事務局との議論を重ねて、喫煙施設作りは順調に着工されたが、規則作りは難航した。最初は徹底を図り、喫煙室以外での喫煙を厳格に取り締まるために違反者の本人特定の方法までを織り込んだ規則を作り、全学部の教授会にかけたところいくつかの教授会で反対された。止むを得ず、違反者特定部分を弱めて、再度提出し可決された。振り返れば、最初の案は否決されてよかったと思う。それから何年か経ち、少なくとも学内での違反者は根絶されたと言っていいだろう。厳格に適用することだけがいいわけではないことを学ばされたことだった。この職にあった 4 年間は常に緊張を強いられたが、様々な経験をさせていただいた。

大学での教育行政に関しては学科主任のほか、法人評議員に推挙された。教学選出の法人評議員はあまり発言しない慣習になっていたようだが、私は学部から一人選出されているのだから、学部を代表して発言しなければという強い思いで臨んだ。院生の授業料減額や、教育研究活動条件の改善に関する要望での発言が多かったと思う。法人評議員の 2 年目の途中から副議長に指名され、評議員会を活発な議論の場に、と呼びかけて法人評議員としての活動は終わった。

最後に、最も重要な講義のことにも触れておく。授業は分析、機器分析、環境化学、演習、実験等、多くを受け持った。残念ながら、学生諸君の私の授業への評価は散々であったし、試験のでき具合もがっかりするのが毎回のことだった。しかし中には 1 年から毎年試験を受けて、4 年目で必死に勉強したのか非常に良い成績を取る学生もいて、それは大変嬉しいことだった。やって良かったと思うことは、授業の終了後、今日の授業でわかったことと疑問点を書かせたことである。次回の授業ではその中の主な質問に答えるようにしたが、中には非常に面白い観点からの質問をする人がいたり、聞く立場の受け取り方を知ることにもなり、非常に有意義だった。

#### 4. おわりに

赴任最後の年に当たって、これまでの学生諸君の実験ノート等を整理していると、一人一人のことが思い出されるとともに、たくさんのデータをきちんと整理して記録している多くの卒業生に頭がさがる思いである。これまで、研究室で 120 報程度の原著論文を著すことができたが、いずれも学生諸君との共同作業の賜物であり、学生諸君の献身的な学問上の貢献に心から感謝したい。

本学での 42 年を振り返ると、やりたいことを自由にやらせていただき、大変ありがたいことだったと思う。本学、特に当学科のこ

とを振り返ると、全教職員が学生諸君に愛情を持って臨んでいたことが学科の特質であったと言える。私は、昔の日本の長屋のように研究室を超えて学生や教職員が触れ合う当学科が好きだった。人との付き合いはまず挨拶からであるが、近年は挨拶しない学生が増えてきたようで残念に思う。当学科の良き伝統を、是非いつまでも続けてほしいものである。

最後にいくつか要望を述べておきたい。2021 年にはみなとみらいにキャンパスがつくられ、平塚から理学部が移転してくる。是非、力を合わせて理工系研究拠点になってほしい。研究の発展には人材を要すが、若い人を大事にしてほしい。特に特別助教に在外研究の機会を与えてほしい。私自身もそうであったように若い時に外国で学ぶことは得るところが大きく、本人の成長につながるのは間違いない。特別助教は長くても 10 年の任期制なので、在外研究員で得たことが短期的には直接本学の発展に貢献できないかもしれないが、若い人を在外研究員として海外に派遣することは日本の科学の発展に本学として貢献することになる。また、多くの活発な研究者が神奈川大学を拠点に生み出され、大学の枠を超えた研究のネットワークがつくられることにもつながるであろう。もう一つ望みたいことは、院生だけでなく学部学生諸君の学会発表に対する旅費宿泊費の援助である。本学の理工系学部の学生の大多数は 4 年で卒業している。彼らに学会参加の機会を与えると大きな刺激が得られ、大学院への進学意欲も高まることは経験的にも実証されることである。学生は卒業「研究」を行っている以上、その研究経験の一環として発表する機会を得ることは教育的にも意義深いことではないだろうか。研究は、学生と教員が一体となって進めて初めて大きく前進するものである。本学の研究レベルをさらに上げるためにも是非とも実現してほしい。

本学では建学の精神として、質実剛健、積極進取を挙げている。積極進取はわかりやすいが、質実剛健は分かりにくく、詰襟学生服姿の蛮カラ学生をイメージする向きもあるかもしれない。私は質実剛健とはスタンドプレーではなく、目立たないがやるべきことをきちんとやることではないかと思う。本学においては例えば、保健室の学生への手厚い支援態勢、富士見研修所の贅沢ではないが心のこもったもてなし、学内の行き届いた掃除等に現れていたと思うし、それは担当者の持つ学生への愛情と誠意によるものと思う。私はこのような地味なことに心を込めていく神奈川大学の姿勢こそ、誇るべき日本の若者を作る素地となるのではないかと思っている。

最後に、神奈川大学の一層の発展を願うとともに、関わっていただいたすべての皆様と神奈川大学にお礼を述べて、終わりとしたい。ありがとうございました。

#### 引用文献

- (1)「カリフォルニア工科大学滞在記」、神奈川大学工学研究所所報、11、87-95 (1988).
- (2)「霧と露の化学とその環境影響に関する研究」、大気環境学会誌、50、59-66 (2015).
- (3)「疎水性物質の膜分離システム」、ケミカルエンジニアリング、63、337-340 (2018).
- (4)「中和透析法による脱塩」、日本イオン交換学会誌、9、20-25 (19980).
- (5)「除染廃棄物減容のための電場によるセシウムイオンの除去」、環境浄化技術、18(5)、25-28 (2019).