

大学と企業における研究 (その1. 研究者への歩み)

元AGC(株)

伊藤 節郎

Research Life in University and Company (Part1. Steps toward becoming a researcher)

Setsuro Ito

1. はじめに

私は静岡県の太平洋に面した小さな田舎の村で育った。家の裏山に上ると、南側に遠州灘が、東側には茶で有名な牧野ヶ原台地が、北側には遠く南アルプスが、西側にはこの地方独特の雑木林からなる小高い山が連なっているのが見える。春から夏には緑と黄色の市松模様を織りなす麦畑と菜の花畑を、秋には黄金色の稲穂が絨毯のように広がる田圃を、冬には雪を頂く富士山や南アルプスの連山を望むことが出来た。昔の懐かしい私の原風景である。時代と共に村は変貌したが、実家のある集落は今も昔の村の面影を留めている。最近、この集落にある寺の鴨居に和算の問題と解答を記した額（写真1）が掲げられていることに気づいた。江戸末期から明治に掛けてのもので、問題を解くには高校の数学程度の学力が必要であると思われた。決して豊かではなかった時代に、この小さな集落で田畑を耕しながら数学問題に取り組んでいた農民がいたことは驚きであり、何か胸が熱くなる。

彼らのような人達こそが日本の発展を底辺で支えたのではないかと思う。そんな先人がいたこの地で、高校時代までをのんびり過すことが出来たことを幸せに思うと同時に、何もしなかった自分が恥ずかしくもある。そして現在、都会の片隅で老いを感じながらも、未だガラスの科学や技術の面白さに魅かれて過ごしている。その間の約50年、企業と大学の両方で曲がりなりにも研究を続けてきたが、何か中途半端な感じが否めず、本欄を執筆するには相応しくない気もする。しかし、異なる場所で何を感じ、何をしてきたかを記すことが、少しでも役に立つの

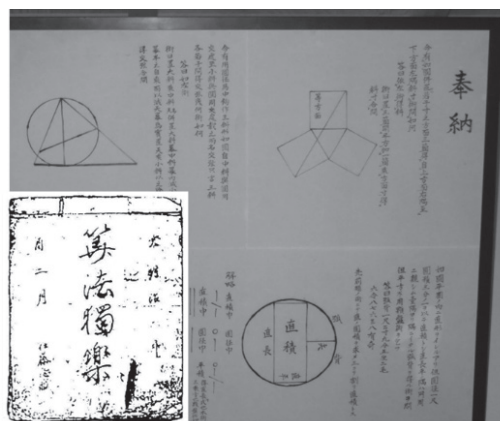


写真1 寺に奉納された和算の額と和紙を折って作った学習ノート「算法独楽」。図形の面積や周囲長、2次、3次方程式、級数の和などに関する問題と解答が記載されている。

〒240-0035

横浜市保土ヶ谷区今井町 412-5-511

TEL 045-352-6658

FAX 045-352-6658

E-mail: qqrg5h7d@theia.con.ne.jp

であれば思い直し執筆に至った。従って、本来の「研究ヒストリー」とはいささか異なる内容になるかもしれないがご容赦頂きたい。

2. 学生時代

1965年、高校卒業後、地元近くの浜松市にある静岡大学工学部に入学した。学生時代は、試験の時以外はあまり勉強した記憶もなく、剣道部で汗を流したり、家庭教師をしたり、ごく普通の学生だった。当時は学生運動が盛んで、左翼主義に被れた訳でもないが、安保やベトナム戦争反対、大学自治遵守、産学連携反対などのスローガンを掲げた集会やデモに参加したこともあった。社会の矛盾を感じ始める頃であったが、隔世の感がする。そんな平凡な学生生活であったので、卒業研究に打ち込んでみたくなり、当時人気のあった高分子化学や石油化学などではなく、過酷な実験を強いることで不人気だった無機化学の研究室を選んだ。そこでCo錯体合成のテーマを与えられた。出発物質のCo錯体の配位子を非水溶媒中で段階的に交換してゆくことにより新錯体を合成するというものであった。配位子を交換する毎に錯体の色が様々に変化する様子を眺めながら配位子場理論の基礎を学んだ。実験が深夜に及ぶこともしばしばあった。また、合成には大量の青酸カリを用いることが日常茶飯事で、実験中に青酸ガスの匂いが充満し部屋を飛び出すこともあった。現在ではとても許されない環境下での実験だった。それでも何とか、新Co錯体を合成することが出来、初めて学会や論文で発表することが出来た。ただ、その新錯体にどんな意味があるかを良く理解せず、言われるままの実験をしていたような気がする。今思えば、恥ずかしい限りである。しかし、この研究を通じて次第に無機材料科学への興味が湧き大学院で新しいテーマで研究してみたいと思うようになった。

3. 大学院時代

工学部の敷地内には、この地で全電子式TV

を完成させた高柳健次郎の偉業を記念して、1965年に設立された電子工学研究所があった。その中に材料研究室があり、ディスプレイ用のII-VI化合物や希土類酸化物の蛍光体の研究が行われていた。1969年、修士として配属され、II-VI化合物の中で最も基本的なZnS蛍光体に関する研究を始めた。ZnS材料に関しては既に膨大な研究がなされていたが、原料粉体の焼成の温度、時間、雰囲気、冷却速度などの作製条件によって発光が微妙に変化することを知り、それらを調べる内に新しい赤色発光現象を見出すことができた。研究し尽くされたと思われる材料でも未知のことがあり、泥臭く地道な研究が材料開発には必要であることを教訓として得た。修士を終える頃、材料開発にさらなる興味が湧き博士を目指すことにした。行く先を思索していた時、別の研究室の先生から京大化研の田代教授を紹介され、面接・筆記試験後に受け入れてもらった。当時研究室には作花助教授、小久保助手（共に京大名誉教授）、他助手2名、技官1名、大学院生の松下さん（長岡技科大名誉教授）などが在籍し（写真2）、ガラスの研究が活発に行われていた。私のガラスとの関わりがこの時から始まった。当時、透明PLZT多結晶体が合成され光電子材料の研究が盛んになり始めていた頃で、結晶化ガラスで高誘電率透明多結晶体を作るということがテーマとして与えられた。しかし、ナノオーダーの目標結晶の析



写真2 1972年頃の田代研究室（窯業化学研究室）のメンバー（田代教授、作花助教授、小久保助手、松下氏らと共に）

出や結晶と残存ガラス相との屈折率のマッチングが達成できず、思うような結果は得られなかった。また、残留ガラス相の存在は光電子材料の低電圧駆動に対して不向きということで結晶化ガラス法を断念し、結晶組成の融液を直接一方向に凝固する方法で透明多結晶体を作成することを試みた。何とかカー効果を示す材料を合成できたが、材料開発の成果としてはあまり満足できるものではなかった。一方、これらの研究を通じて結晶の核生成や成長の理論或は問題点などを学ぶことが出来た。また、ガラスや融液からの準安定結晶の析出しにしばしば遭遇し、その析出原因について考察することが出来た。準安定結晶の生成は予測不可能であり、しかも目的の材料特性とは異なるので見捨てられる場合が多い。しかし、逆に新しい機能を持つ材料となり得る可能性も秘めており、準安定結晶の制御は材料開発を進める上で極めて重要であり、それこそが研究の醍醐味であることを後に経験した。

結局、卒研から博士課程修了まで、異なる研究室で、それぞれ異なるテーマで研究を行った。この間、特段の成果も挙げられなかったが、異なる分野の知識や考え方を学ぶことが出来たことは幸いであったと思う。

4. 助手時代

大学院を修了した1974年、幸いにも田代研究室の助手に採用された。しばらくして、人工骨材料の開発の依頼が医学部整形外科より舞い込み、小久保先生と一緒にその研究に従事することになった。当時、Henchのバイオガラスが有名であったが、骨材料としてはあまりに脆く、生体内での劣化が激しく力の掛かる部位には使用できなかった。そこで、高強度で骨と直接化学結合する生体活性な結晶化ガラスを作ることを試みた。高強度化と生体親和性の両立を考え、繊維状ウォラストナイト結晶($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$:CS)が析出可能な珪リン酸カルシウム系($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 共晶系)を選び、さらに

溶融温度を下げるためにCaの一部をMgで置換した組成を基本組成として選定した。この組成のガラスからは予想しなかった準安定のアパタイト結晶が最初に析出し、次いでCS結晶が析出した。更なる高強度を図るためCS結晶が一方向に配向した結晶化ガラスを作製した。共同研究者で整形外科の中村氏(京大名誉教授)らの動物実験の結果、この材料は8週間で骨と直接化学結合し、しかも骨よりも高強度であることが実証された。また、骨と材料は、その界面に生成したアパタイト結晶を介して結合していることが分かった。一方、生体内での耐久性を高めるために TiO_2 、 Al_2O_3 を微量添加した材料も作製し動物実験を行った。しかし、これらの材料は骨と全く結合しなかった。その理由を知るために、ヒトの血漿を模擬した無機水溶液、すなわち擬似体液を作成し、その液体中に材料を浸漬し表面の化学的変化を調べた。面白いことに、骨と直接結合する材料の場合には、その表面にアパタイト結晶が生成する(写真3)ことが分かった。この表面結晶生成の有無によって、材料が生体活性であるか否かを動物実験無しでほぼ推定できるようになった。後に、この手法は生体材料の研究において広く取り入れられ、擬似体液は材料以上に高い評価を受けるようになったと聞かされた。

そんな研究が続いていた頃、風邪で熱を出し欠勤していたある日、田代教授より電話で「留学してみる気はあるか」と尋ねられた。あまり

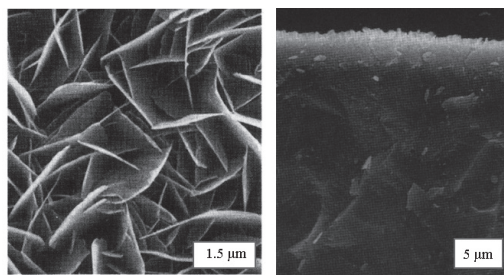


写真3 擬似体液中に10日間浸漬した $\text{MgO-CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ 系結晶化ガラスの表面に生成したアパタイト結晶(左:表面, 右:断面)(セラミックス顕微鏡写真展入賞)

深く考えもせず「はい」と返事した。出勤して留学先が米国レンスレーア工科大学（RPI）の友澤教授の所であることを告げられた。留学など考えたこともなく、また何の準備もなく、英語が苦手な私がよく決断したものと、今思えば不思議な気がする。

1980年、家族を同伴して慌ただしく米国に出発し、RPIのあるNY州のTroy市での生活が始まった。当時RPIには十数人の日本人研究者（写真4）がいて、家族ともども彼らに助けられながら研究に精を出す日々を送った。友澤研では、ガラスの機械強度と水との関係を探るために、高圧下でのガラスと水の反応、エージング効果とクラック先端の形状変化、水含有ガラスの疲労強度などの研究を行った。ガラス強度の研究は初めての経験であったので、時間を掛け苦勞して作製した試料を瞬時に破壊してしまうという実験の繰り返しに何か空しさを感じましたが、その地道な研究こそがガラス企業において最も重要な研究の一つであることを後に知ることになり、それが私のライフワークとなった。研究における友澤教授の精力的・積極的な姿勢や実験結果に対する物理的解釈を交えた議論など、圧倒されながらも私にとって新鮮な経験であった。また、研究においてSubstanceとStyle、すなわち、論文の内容はもちろんであるが同時にそれを上手に発表することの重要性を教えられた。英語の不得手の私に対する貴重なアドバイスであったと思う。研究成果を学会や論文に発表して2年間の研究生生活を終え帰国した。米国滞在中、雑用などに煩わされることもなく研究に没頭できたことは、その後の研究生生活でもなかった得難い経験であった。

1982年化学研究所に戻り、小久保先生と再び人工骨材料の研究に取り組んだ。特に、留学中に得た機械物性の知識を活かして、疑似体液中の疲労強度や破壊靱性などを調べ、生体中の材料の寿命を予測し、従来の生体活性材料に比べ信頼性が著しく向上していることを明らかにした。



写真4 RPIに在籍した日本人の研究者（材料科学、化学、電気、機械系など）及びその家族（1981年）

帰国2年後の1984年、将来を考え大学を去り企業へ転職することを決断した。米国の研究生生活の経験から、どこへ行っても何とかなるといふ気がして、あまり悩まず転職を決めた気がする。

学生時代から大学を去るまでの間、いろいろな人に教えを受けたが、特に、4人の恩師の教えが印象に残る。概略、最初の師は「とにかく沢山の実験をしてデータを増やせ」、2番目の師は「自分で考えて思うがままに自由にやれ」、3番目の師は「論理的思考や文章の書き方の定石を学べ」、4番目の師は「議論して自分と異なる意見や異分野の考えを学べ」と言われた。いずれも自分の信条を貫いた個性ある恩師の異なる教えであった。それらの含蓄ある教えは私の脳裏に深く刻まれた。日本の競争力を高めるために人材育成の重要性が叫ばれる今日、いずれの指導方針が相応しいか議論はあるが、可能ならば全てを包括した指導が理想のようにも思える。しかしそれでは逆に平凡な指導となってしまふかもしれない。私が、様々な知識や考え方を身に着けることが出来たのは、偏に、個性溢れる異なるタイプの指導者と出会い、様々な教えを受けることが出来たためであると思う。しかし、その分、自分は平凡になったかもしれない。そんなことを振り返りながら大学を後にした。