

## 今「新しいものづくり」を考える

東芝エネルギーシステムズ株式会社 須山 章子（昭和61年材化卒）

今から35年前の1986年に工学部材料化学科、現在の理工学部化学系を卒業し、日本の総合電機メーカーに就職しました。幸運なことに、仕事は一貫してエネルギー・インフラ分野に適用する材料・プロセス開発を担当し、2001年に国大で工学博士を取得しました。主な成果は、環境低負荷なプロセスを使って炭化ケイ素セラミックスの高強度化に成功して人工衛星に搭載する軽量・高剛性の宇宙望遠鏡用ミラーに適用されたことや、発電用ガスタービン高温部品や原子力事故耐性炉心材料に適用される高温強度・破壊エネルギーに優れた炭化ケイ素長繊維複合材料・プロセスを開発したことです。2020年の今年、日本セラミックス協会よりフェローの称号をいただきました。新型コロナ禍のため表彰式はありませんでしたが、記念品をいただきましたので顔写真の代わりに掲載いたします。このような一材料技術者が仕事を通じて最近感じていることを、国大化学会の現役学生および同窓会の皆様と共有できればと思いまとめてみました。

近年、「働き方改革」が叫ばれ、国主導により雇用の形態が少しずつ変化してきています。加えて、昨年末から新型コロナウイルスの世界的な感染拡大という危機に直面し、この数か月で企業での働き方が激変しています。すなわち、在宅勤務やリモートワークが大きく推進されています。現在、私の場合、週2日はテレワークで自宅にいて仕事をしています。そして、社内外を問わずに打合せはWeb会議システムで行われ、講演会もウェビナー（ウェブセミナー）として開催されています。そのため、これまで必須であった通勤や出張が不要となり、学会もオンラインでの開催が始められています。

このように新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、「新しいあたりまえ(New normal)」が次々と生まれています。コロナ危機の真っ只中の現在、先行きは不透明ですが、感染終息後も全てが元に戻るわけではないでしょう。働き方に関しても例外ではなく、一気に普及したりリモートワークは今後も継続すると考えられます。そのため、このような社会



の変革期に生きる私たちは、「新しい生活様式」に順応できるよう、思考および行動を変えていく必要があります。

材料・プロセス開発に従事する私をはじめ、「ものづくり」にかかわる仕事の多くは、テレワークができない仕事に分類されています。しかしながら、今までのあたりまえを疑い、デジタル化、データ活用で打破していくことが必要と考えられます。近年、AI（人工知能）が技術のキーワードとなり、材料工学分野においても、AI等の活用により、材料データベースから新材料の候補となる材料を選定し、シミュレーションにより効率的な材料開発を行う、マテリアルズインフォマティクス(MI)が注目されているのが良い例です。MIの活用により、開発期間の大幅な短縮や開発コストの低減が期待されています。

ところで、「ものづくり」は、戦後75年間、日本経済を支える大きな柱でしたが、低コストでものがつくれる新興国の台頭により、この10年で日本の国際競争力は大きく低下しています。すなわち、「ものづくり」の川下の産業領域にある製品やシステム及びサービスは大変な苦戦に陥り、産業構造の変革を強いられています。しかしながら、川上の産業領域では未だに日本企業の競争力は高く、日本の高性能・高品質な材料や部品は、米国・欧州・新興国に幅広く提供されています。ここで立ち止まって「ものづ

くり」の本質について考え直す必要があります。なぜ、川上の産業領域では未だに日本企業の競争力が維持されているのでしょうか？

「ものづくり」では製造条件などの数値化できるパラメータの他に、現時点では数値化できていないノウハウというものが存在します。数値化できるパラメータは「ものづくり」のレシピですが、料理と同じでレシピ通りに作っても美味しいものが作れるとは限りません。すなわち、「ものづくり」にはあるレベルの技能が必要になります。さらに、「つくりこみ」という過程があり、「ものづくり」の品質向上には欠かせません。また、材料・プロセスの実験など

を進めていると、単純には数値化できない事象のゆらぎのようなものがあります。この事象のゆらぎを見逃さず、さらに追求していくことにより、思わぬ結果につながることもあり、ここが興味深いところです。

人々の生活を一変させる技術や製品はその多くが社会の変動期に生み出されてきたと言われています。そして、思いも寄らず、新型コロナウイルスが社会の変動期をもたらしました。現在は変革の好機であると考えています。もしよろしければ、皆様のご意見やコメントをお聞かせいただければ幸いです (shoko.suyama@toshiba.co.jp)。

## 仕事を通して感じた化学の楽しさ・面白さ：企業から大学への幅広い変身

日本大学経済学部 特任教授 大場允晶（昭和53年大学院工学研究科電気化学専攻修了）

私は1976年（昭和51年）に電気化学科を卒業しましたが、オイルショック後でもあり大変な就職難の時代でした。そこで、就職を先延ばしする大学院に滑り込み、廃タイヤから造った活性炭の特性の研究を行いました。2年後にどん底の景気もいくぶん持ち直してきて、なんとか国大化学の先輩も多い小西六写真工業（現コニカミノルタ）株式会社に入社できました。しかし、まだまだ不景気で就職難の時代ということもあって、与えられた仕事は何でもやりますと応えたら、何と事務系の人事部に配属ということで内定しました。入社した小西六では、技術出身ながら工場の人事給与、原価計算業務を7年ほど経験した後、徐々に事務と技術を複合した業務にシフトすることになりました。人事では事務・技術出身者が入り混じり、業務を進めていましたが、化学系の会社ということもあり、技術職の職務評価に化学の基礎知識が大変役立ちました。自分で作った全社個人材計画に従って、工場人事、経理へとローテーションで人事異動しましたが、特に工場経理の原価管理担当としてその頃導入された表計算ソフト（今のExcelベース）を使ったフィルムの原価見積シミュレーションシステムを独自に作り、技術研究職から大変喜ばれ表彰されました。

化学品であるフィルムの原価計算では材料名や成分の把握には化学の知識が大いに役立ち、銀回収などの仕組み解析と材料構成への逆引き計算の仕組み



を作り、その後製品の損益計算や新規事業の投資計算シミュレーションまで発展させました。

コニカは事務機器や一般用・産業用フィルムなどの製品が主力というメーカーのため、ベースに化学の知識があると技術職・研究職のお話が理解しやすいこともあり、業務の幅も広がるメリットを享受しました。特に国大時代に論文作成のための文献調査や研究活動の経験が有用で、当時から隆盛となってきたITの活用に大変役立ちました。そして、徐々に事務と技術を複合した業務である生産管理業務改善、生産管理情報システムに15年以上、手を染めることになりました。ここでは、業務分析や情報システム開発、関係会社を含めた企業分析診断の手法を整理して多くの業務改革事例を残すことができました。また、担当した生産スケジューリングの解析から部下に入ってきた経営工学系の新入社員の出身の先生に共同研究を持ち込み、スケジュールの事例

研究に発展させました。これらも国大時代の論文作成のための文献調査や研究活動の経験が有効でした。

そして、企業内での業務経験から得た知識・技術を資産として整理するとともに自分の職務であった生産管理情報システム開発における専門性を高め、都立科学技術大学大学院博士課程へ社会人入学して、44歳で工学博士の学位を取得しました。そして、現場を離れた管理職業務から頼りは自分の経験と知識だけで、専門の研究にも継続して携われる大学教員の公募にチャレンジして、幸運にも2000年から48歳で日本大学経済学部の教員になりました。このことは、大学教員になってから2000年6月の夕刊フジに体験ストーリー「転職王」として載りました。

2000年の4月から教壇に立ち、生産管理論を中心に週6コマ（1.5時間×6回）の授業を受け持ちましたが、生産管理論では、企業活動における生産管理活動の位置づけや品質、時間、原価、調達などの個別の管理活動までの考え方や構造、一般に製造企業で取り入れられている管理手法や管理活動を支援する情報システムの機能や役割、課題について、特に納期短縮や在庫削減といった工場の経験を事例として挙げて、企業時代の経験を交えながら講義を継続しています。

また、授業で学生と接しているうちに「大学を卒業後、社会に出るための実務に関する能力が足りない」と感じ、「社会は、すぐ使える人間を求めている

て、丸暗記の知識より、実際に使える知識が重要で、大学の授業で多くの知識を得ても、実社会では持っているだけでは役に立たず、知識を活用してみ初めて自分の力を発揮することができる」という考えから、そうした実務の場を設けようと、「経済学部インターンシッププログラム」を実施しました。初めは単位なしでスタートしましたが、2007年よりキャリア形成論として授業科目にして、インターンシップに行く前の事前の教育が重要という中身の濃いキャリア教育を始め、責任者を務めました。さらに社会人から直接話を聞く社会人講座をスタート、2013年からは企業トップから経営理念や経営者の思いを直接聞けるオムニバスの産業特殊講義をスタートさせ、キャリア教育を充実させました。これらキャリア教育を推進するには、国大時代の科学の研究への取り組み経験や企業時代に蓄積した業務成果資産と親交人材の交流資産の活用が有用だったと思います。

現在の大学には理論だけでなく実務の世界で有用な実践の手法を教えることができる人材が不可欠で、特に、ひ弱な優等生のイメージとは程遠く、電子科の教員や事務業務や総務部長（コニカに国大出身の名物総務部長がいました）までこなしてしまう応用力のある国大化学出身者は、硬直した日本の大学教育を打ち破る人材として活躍できると思います、今後大学人への転身者が増えることも期待しています。

## 学生会員や卒業間もない同窓生にお伝えしたいこと

若林 学（昭和51年電化卒）

同窓会会誌の担当役員で同級生の唐石俊之さんより「化学以外の職業に就いている先輩の声も聴きたいので何か書いて下さい」と言う旨のご依頼があり、ここに少しだけ私自身の経験と日頃感じていることを書いてみたいと思います。

私は1976年に電気化学科を卒業しました。当時の同級生は全員が化学／工学に関連する分野に進学または就職していきました。私も当然の様に日本の大手メーカーに新卒として就職しました。

就職後数年は取り敢えず社長になることを目指して頑張っていましたがいろいろなことがあり退職を決意しました。その頃経営の分野に興味が大きく傾



いており、今社長になれないなら社長を含めて経営の現場にいる方々と一緒に仕事出来る「場」を求め、その頃まだその存在すら世間一般には多くは知られていなかった外資系経営コンサルタント会社に

転職しました。一社目で日本支社のコンサルタント／パートナーとして10数年経験を積んでいき、その後別のコンサルティング会社の米国本社に転職、そして日本支社を設立。逆上陸の形で日本代表として10年ちょっと勤務。都合外資の経営コンサルティング業界で20数年働くことになりました。その後外資系事業会社の日本法人社長を一昨年まで10数年勤めました。現在はエンジェル投資家としていくつかの会社の起業のお手伝い／複数の会社の社外取締役／日本に進出してきた外資系企業の成長戦略の立案や実施に関わる仕事等をしています。

### 大学での専攻とキャリア

私の頃はおそらく横浜国大工学部に限らず多くの人たちは大学での専攻と20年、30年後の仕事がかなり一直線でつながっていました。また、それが正統とされていたと思います。私の様に大学で化学系を専攻し、ほんの数年だけそれに関連した仕事をした後は全く異なる「場」で仕事を転々(?)とする人たちは全くの少数派だったと思います。また、言ってみればそんな人達は「地に足がつかない」フワフワしたならず者か風来棒と見られていたのかも知れません。ただ、もう数十年も前ですが私がハーバード・ビジネス・スクールで経営の勉強をしていたとき、ひょんなきっかけで知りあったMITの先生との当時の会話を思い出します。その先生が言うにはMITの卒業生のその後を調査した結果、卒業後5年目以降も卒業時の専門と直接関係のある仕事をしている人はとても少数派とのことでした。日本では少数派と見られていた私はアメリカでは多数派なんだとびっくりしたのを覚えています。確かにそもそもアメリカには文系、理系と言う日本の様な区分けはありませんし(学究の世界では知りませんが、少なくともビジネスの世界では)、私の元同僚のアメリカ人経営コンサルタントの人たちも知り合いの投資銀行の人たちもそして多くの経営者の人たちも大学／大学院の専攻が所謂日本流で言うところの理系の人たちがかなりの多数派だったように思います。

### 人生の節目節目をどう楽しむか

「この世界には絶対に変わらないことがいくつかある。その一つが“税金がなくなる”こと。“皆いつかは必ず死ぬ”こと。そしてもう一つは“世の中は常に変わり続ける”と言うことだ。」ある有名なユダヤ人の言葉です。

あれは私が横浜国大の3年生の時。時は1970年代、

日本がまだ高度成長を謳歌していたころ。同級生の唐石さんと阿部さんと三人で夏休みを利用してアメリカの大学に短期留学しました。そして日米の学生の価値観の違いに驚いたものです。その結果いろいろと日本では当たり前と言われていたことに疑問を持つようになりました。ただ、当時は「ジャパンアズナンバーワン」と言うアメリカ人が書いた本が日本でベストセラーになるような時代。日本が一番、日本は違う…そんな時代でした。ただ、その後50年近い年月が流れましたが少なくともその間アメリカで起きた変化で日本に起きなかった変化はありませんでした。ことごとく後追いの形で日本にもその波がやってきてそして徐々に変化していったと思います。

戦後70年余りだけを見ても日本の産業構造で言えば化学／鉄鋼／造船業の時代、家電／自動車の時代、コンピューターの時代、携帯電話の時代…ハードの時代からソフトの時代…日本の産業構造は未だに製造業が中心と思われていますが70%以上が第三次産業(アメリカは80%)…。「外資のコンサルや金融はならず者」から「高給取り」のエリートに、30年前からアメリカでは起業が学生たちのあこがれ…日本もやっとその兆し…。国大化学会(電気化学)の視点で言えば「電池」でノーベル賞なんて1970年代誰が考えたでしょうか?

全てのことには時がある(Everything has its time)聖書の中の好きなことばです。世の中は何時も変化しています。そして私たちの人生も常に変化しています。良いことも悪いことも…上り坂も下り坂も、そして「まさか」も必ず起こります。卒業、就職、結婚、育児…順風、逆風、賞賛、非難…。オールマイティーな正解なんてありません。節目節目の変化を自分なりに解釈してその変化を楽しむ。それが人生。そのことにやっこの歳になって気づきました。

### 国大化学系同窓会の後輩に期待したいこと

私自身の国大との関係性は体育会硬式テニス部が中心で化学会とはあまり接点がありませんでした。これをきっかけに化学会の皆さんとも新たな関係性が持てればと願っています。そして後輩諸氏と是非またどこかの機会でお会いしてお話したく思っています。皆さんがそれぞれの局面で活躍されますように。

## 化学の本質は初修から

横山幸男（昭和49年電化卒）

本稿筆者は長年にわたって分析化学実験（容量分析と重量分析）を指導・担当してきた。学科2年次生に対して、昭和時代は半期に12テーマが設定され、天秤の補正（古典的な二皿式化学天秤）や計量器（ガラス製体積計）の補正など定量分析の基本および、酸塩基、酸化還元、錯生成、沈殿生成の各平衡論に基づいた容量分析と重量分析を実施していた。いずれの実験も化学全般に共通する定量的取り扱いの基本操作として重要な要素を含んでいる。しかし、平成の時代に入ると学科再編や改組が頻繁に行われるようになり、そのたびに分析化学実験は縮小を余儀なくされた。最近では重量分析一つを含む6テーマを実施している。学科内の多くの先生方は「基本操作は重要だ」と仰って下さるが、それとは裏腹にさらに減らすという話も聞こえてくる。分析化学実験はどの分野の化学においても共通する基本中の基本であり、「定量すること」の考え方や技術を身につける訓練の場である。さらに深刻な問題は、湿式化学分析の技術を教授できる教員がほとんど居なくなってしまったことである。国立大学ではどこも同じような状況と聞いており、基礎を軽視した業績主義になってしまった結果であろう。機器分析万能 or 信仰？の時代に湿式化学分析は軽視されがちだが、試料処理が定量的に行われなくして、機器分析による結果の信頼性は得られない。

さて、この話はともかく、筆者が高校生の化学教育に首を突っ込むようになって数年が経つ。この間、改めて高校化学の教科書を読む機会に恵まれ、それまで何十年も開いたことのない教科書を眺めてみると、自分が高校生だったころはこんなに盛り沢山ではなかっただろうなと思うくらい、化学全般にわたり幅広く説明されていることに驚いた。内容をきちんと理解すれば大学でも十分通用するのではと思うほどである。さらに、分析化学関連の記述は中学理科にも載っていて、筆者が専門としていたクロマトグラフィーまで登場する。高校化学の化学平衡で取り扱われないのは、活量とネルンストの式くらいであろうか。

湿式化学分析は水溶液内化学平衡に基づいた定量



分析法であり、水溶液中にある目的イオンの濃度を正確に知ることができ、その定量精度はいわゆる機器分析法のそれらに比べて1～2桁は高い。たとえば、酸塩基滴定のバラツキは0.1%以下で求めることができ、すなわち、有効数字4桁が保証されるのである。液体クロマトグラフィーの定量精度（変動係数）は5%以内に収まればヨシとする程度なので、容量分析法の精度の高さがよくわかる。しかしこの精度は、試料を適切に取り扱い、ホールピペット、メスフラスコ、ビュレットの基本操作を正しく行い、標準溶液と試料溶液を正確に調製して、さらに滴定を注意深く行った結果得られるものである。永年学生実験を見ていると、1%程度ばらついた結果を持ってくる学生が多数を占める。ひどいのは数%も狂っていて平気であること。本来得られる精度の1桁以上悪く、これでは結果の有効数字は3桁かそれも怪しい。滴定の手順は、もちろん実験前に説明するが、高校でも習ってきており大学で初めてというものではない。

さて、問題はここからである。高校化学の教科書には、ビュレットコックを両手指で持つスタイルのイラストや写真が掲載されている。数社の教科書を調べたがすべて同様であった。この両手持ちスタイルの滴定では誰がビーカーを攪拌するのやら。滴定終点に近づくと反応が遅くなるのでゆっくり慎重に、終点直前では攪拌を止めて最後の1～0.3滴を滴下してから攪拌し指示薬の鋭敏な変色を確認する。分析化学実験は一連の操作を一人でやる個人実験が基本であるが、平成以降は学生数が一時増えたこともあり、また設備の都合上二人一組の共同実験となっ

た。実験前のガイダンスでは、滴定は最初から最後まで一人が責任を持ち、各自交代で行うように説明しておいても、聞いていないのか、作業分担という意識が働いて、一人がビュレットを操作し、もう一人がマグネチックスターラー役になってビーカーを揺らす、というスタイルが散見されるのである。滴定の正しい作法(図1)を説明するも、多くの学生は右手でコックを操作する。すなわち、高校で不器用なスタイルを習ってきているからであろう。

筆者が学生であった頃のビュレットコック部はスリガラスできており、漏れを防ぐためスリ部分にワセリンを塗ってコックの回転を滑らかにしていた。コックが操作中に抜けてしまわないよう、図1の様に、左手でコック部分を包むように持ち(右利き者)、親指、

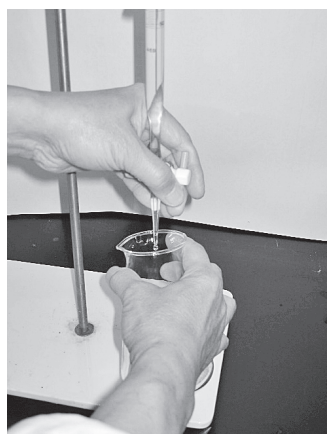


図1 滴定の作法

人差し指、中指で握るように抑えながらコックを回転させるのが正しいやり方である。近年主流のPTFEコックの場合は、平ワッシャとOリングを介してねじ止めされているので抜け落ちる心配はないが、ガラスコック時代の持ち方が滴定スタイルとして定着しているはずである。滴定中は右手で被滴定液の入ったコニカルビーカーを持ち、揺すりながら試料溶液とビュレットからの標準溶液を手早く混合するためである。縦型洗濯機の水流のように、コニ

カルビーカーを順回転と逆回転に交互に回すと混合効率が良い(ただし熟練しないと難しい)。

もう一つ問題がある。高校化学の教科書には、ビュレットの目盛を途中から途中を読むように書かれているのだ。標準溶液は目盛0.00にメニスカスを合わせてから滴定を開始し、終点の滴定量を小数点以下二桁目まで読み取る。もちろん最後の桁は目分量であるが、これで滴定量(10 mL以上が必要)の有効数字は4桁となる。ガラス製ビュレットの表示体積は公差の範囲内で保証されているが、それは目盛0.00から測った最大容量に対してであり、目盛の途中から途中の体積が保証されているわけではない。ビュレットの目盛は、例えば0 mLと50 mLとの間を等分してあるだけなので、ガラス管内径の不均一を補正するため、本来は、0~10 mL、0~20 mLなど細かな区間の正しい体積を知っておく必要がある。すべて0.00を起点に滴定量を求めておけば、後の計算における誤差を相対的に最小にできる。

分析化学は実学なので、割と早い段階から教科書に登場する。体積を測るという目的からは、ビュレットの正しい取り扱い方を知らなくても滴定はできてしまう。しかし、「精度の高い定量分析法」を提供するという観点からは、初修から正しく教えて欲しい。大学の先生は、学生が高校で何をどう習ってきたか知らずに授業を進められるので、ギャップを感じる学生も少なくないだろう。高校で習った化学をいちいち訂正しなければならない場面は他にもたくさんある。

参考:「高校で教わりたかった化学」

渡辺正・北條博彦(2008年、日本評論社)