

平成から令和へ

工業技術センターと共に 試験研究業務 31 年を振り返って



徳島県立工業技術センター
正木孝二 (Kohji MASAKI)
技術士 (化学部門)
博士 (工学)

1.はじめに

徳島県立工業技術センター（以下工業技術センターと略す。）は、1991 年 8 月に、工業試験場と食品加工試験場が統合し、徳島市雑賀町に発足いたしました。工業技術センターにおきましては、依頼業務、技術相談、研究業務という 3 つの業務を柱として、県内企業の技術支援を行うミッションを担っております。

思えば 1992 年（平成 4 年 4 月）に入庁後 5 月に工業技術センター材料技術課（当時）に配属され、高分子材料についての試験研究業務に携わりました。退職までの 31 年もの長き間、いろいろな方々にお世話になり、2023 年（令和 5 年 3 月）まで務めることができました。



本稿では、これまで工業技術センター発足から、ほぼ同じ時間を共に歩んできたことを振り返り、試験研究業務についてエピソードを交えつつ私見を述べてみたいと思います。しばしお付き合いの程宜しくお願い致します。

2.専門分野である高分子とは？

一般に、化学は各論のサイエンスともよく言われます。

私の専門は、化学の中でも高分子化学という分野です。さて、ここで、高分子という耳慣れないワードが出てきました。高分子とは、アカデミックな言い方であり、「ポリマー」と言った方が分かり易いでしょうか。もっと平たく言うと、プラスチック、ゴム、合成繊維、接着剤など、我々のごく身近に存在し、とても親しみのある材料とも言えるでしょう。折角の機会ですので、私のこれまでの経歴と専門分野である高分子化学についてお話をさせていただきます。それでは、これより少し学術的なお話？をします。

モノマーがポリマーに変化する化学反応を重合（じゅうごう：Polymerization）と呼び

ます。化学に馴染みのない方々には全く何のことかさっぱり分からないと怒られますので、もう少し分かり易く説明します。モノマー（単量体と呼ばれ比較的分子量の小さい化合物）が、熱とか光（主に紫外線）とかの刺激（反応のきっかけ）を与えられることによって、ポリマー（重合体と呼ばれる分子量の大きな化合物）に変化すること。つまりモノマーという分子をつないでポリマーにする作業これが重合のイメージです。

例えば、一輛の電車が、もう一輛の電車と連結し、次々と連結されて長い長い電車の連結体になっていくことをイメージしていただくと理解し易いかと思います。実際には、人間の目をもってしては決して見ることのできない、人間のまばたく瞬間よりもはるかに短い時間スケールで起きている分子レベル（ナノサイズ）での化学反応という出来事です。

私は、大学、大学院で重合反応に関する研究をしておりました。重合反応には、その化学種とか様式の違いによってラジカル重合、イオン重合（アニオン重合、カチオン重合）重縮合、重付加、配位重合などがあります。ポリマーが生成する反応機構の解明にサイエンスとしての意義と価値があります。私は、上述のラジカル重合について、反応機構に関する研究を行っておりましたので、このラジカル重合についてもう少し詳しくお話をしましょう。

さて、このラジカル（Radical）を英和辞典で調べてみますと、「過激な、急進的な、攻撃的な」という意味があります。化学で言うところのラジカルとは、不対電子（unpaired electron）のことを指します。ラジカルをまるで見てきたかのように言いますが（見ようと思っても我々人間には見えませんが（笑）研究では、電子スピン共鳴法（ESR: Electron Spin Resonance）、で観測可能です。おおよそ、科学の分野では次のように理解されています。

一般に、電子は2個がペアー（一对）となって分子同士が結合して存在している状態が安定です。言わば、電子は原子、分子同士を引っ付ける接着剤の役割をしているとも言えます。ところが、そこに熱（ Δ ）や光（UV）や電子線（EB）などが作用することによって、分子が切断される（分子が開裂する。つまり電子がペアーを失う。）と、電子1個のラジカルが発生します。このラジカルは一般に非常に不安定です。電子が1個の状態は、とても不安定であるがゆえに安定になろうとする傾向が強く、反応性が高く（重合活性が高いとも言う。）なります。こういう特性を利用し、重合反応を用いていろいろな特徴を持つポリマーが合成されます。得られたポリマーにいろんな添加剤などを配合し、さらに、成形という二次加工を経て、我々の身の周りにあるプラスチック製品、ゴム製品、合成繊維などに姿を変えて存在しているのです。

以上をまとめると、モノマーの重合→ポリマーの合成→ポリマーに種々の添加剤を配合（コンパウンディング）→成形（モールディング）→最終製品という一連のものづくりの流れとして捉えることができます。つまり、これを川の流に例えるなら、モノマーの重合によるポリマーの合成は、川上にあたり、最終製品は成果物として川下ということになります。川上で行われる研究は、大学・企業・研究所などの研究機関がその役割を担い、

川中でいろんな試行錯誤を重ねてポリマー製品のデザイン（料理でいうところのレシピ）を化学系企業が担い、最終製品として世の中に出ていくのです。

大学等で行われる基礎研究は、材料の特性が一義的に決まる役割を担っていると言えます。こういった一見地味に見える基礎研究があつてはじめて、これまでにない機能性を持ついろいろなポリマーが誕生しています。

たとえば、2000年（平成12年）に「導電性高分子の発見と開発」の業績によりノーベル化学賞に輝いた白川英樹先生は、まさにセレンディピティとも言うべき大発見をされています。それまではプラスチックは不導体（絶縁体）として認識されていた常識を覆した画期的な事例です。しかも、失敗から生まれた大発見であったエピソードには、とても興味深く示唆されるところが大きいです。また、導電性高分子としてアセチレン（通常はガス状態）を重合して合成されたポリアセチレンに端を発した研究は、導電性ポリマーという研究分野を拓きました。その後改良が加えられ、現在エレクトロニクス分野では、携帯電話の電池などに実用化され、最終製品としてかけがえのない素材として使用されています。このことは、化学が日本のお家芸として世界から注目され、マテリアルサイエンスの分野において、そのレベルが高く評価されている所以でもあります。

3.研究とは？

工業技術センターの主要業務の一つとして依頼業務があります。それは企業の方から相談を受け、世に出る前の開発品・プロトタイプあるいは既に出ている製品について、要求されたレベルかどうかを、例えば日本産業規格（JIS）に照らし合わせて、試験・分析をやりながら、開発、品質管理などのお手伝いをさせていただくというものです。

入庁以来30年以上が経過しました。これまで、県内外を問わず、いろんな分野の企業の方、大学、国立研究機関、他県の公設試験研究機関の方々、そして家族はもちろん職場の上司ならびに同僚および後輩とのコミュニケーションを通じて、研究者そして技術者として成長させていただいたことを心より深く感謝しております。

中でも大学・大学院時代に指導いただいた恩師（既に鬼籍に入られました。）の言葉が今でも忘れられません。それは次のような言葉でした。

- ☆ 「実験がいちばん正しいんや！再現性がないのはサイエンスとは言わん」
- ☆ 「何でもそやけどなあ、自らアクションを起こさんとリアクションはないんやで！」
- ☆ 「できん理由ばかり言うな！できるように くふう せい！」
- ☆ 「本（教科書・専門書）は家で読んで来い！学校に来たら実験をやれ！」等々

関西弁で飾り気のない気さくな言葉が、今でも私の脳裏に言霊のごとくよみがえってきます。大学・大学院〈修士課程〉時代は、決して裕福な（研究予算に恵まれたという意）研究室ではありませんでしたが、恩師の研究に対する情熱と真摯な態度、実験結果から導かれる結論と考え方など、科学者に必要な作法を学べたことが以後の自分の研究スタイルと財産になっていると考えています。（まだまだ恩師の足元にも及びませんけど・・・）

こんなことがありました。平成8年～10年にかけて、とある県内企業様との共同研究を実施したときのことです。それは、「工業用ゴムのリサイクル」^{2,3,4)} についての研究でした。その共同研究の中で、私は不思議な現象を発見しました。既に、論文発表されていないかどうかを自分なりに調査したところ、まだそのような報告はないことが分かりました。そこで、大学の恩師に報告してディスカッションをしていただきました。恩師曰く、「それは、もしかしたら大発見かも知れんぞ！そんな実験は正木君しかやらんだろうなあ。賢い人はそんなことは多分思いつかん。是非特許と論文にして欲しい。」と最大級の誉め言葉？？？をいただきました。それから数年悪戦苦闘の末、実験結果を積み重ね、2001年（平成13年度）に、母校の徳島大学の大学院工学研究科博士後期課程（社会人ドクターコース）の門を叩きました。その後、恩師の薫陶を受け、学会発表、権威ある米国学術誌（*Journal of Applied Polymer Science*^{5,6)}）に投稿査読後掲載可（accept）の連絡を受け、予備審査、博士論文の執筆、論文目録の提出^{2,3,4,5,6,7,8)}と公聴会を経て、2004年（平成16年3月）に博士（工学）の学位をいただきました。（業績：主論文2報、副論文5報）今振り返ると、既に学位取得から20年以上が経過し、研究者として曲がりなりにも、「ヨチヨチ歩き」から「ひとり歩き」ができるようになりました。

また、2012年（平成24年度）には、自分の専門性を体系化した技術を身につけるべく、技術士二次試験に挑戦しました。筆記試験及び口頭試験については、徳島県技術士会有志のみなさまのご指導をいただき、無事技術士二次試験に合格し、晴れて技術士（化学部門）に登録することができました。技術士とは、国が認めた技術者です。私は、名刺に技術士（化学部門）を名乗り（名称表示の場合の義務）、責任をもった技術者として日々業務に臨んでおります。はじめて会った企業の方との名刺交換の際は、自分の名刺を見るたび、身の引き締まる思いが致します。ちなみに、工業技術センターの初代所長ならびに技術次長はお二人とも技術士（金属部門）の方で、食品技術課（当時）食品・応用生物担当（現）には、技術士（農業部門）の方もおいでることを知りました。お三方とも徳島県技術士会に所属しておられました。やはり、試験研究機関に務める先輩技術者として高い意識と見識をもっておられたのだと今更ながら心より敬意を表しております。

4. 研究者と技術者の役割

現在も引き続き、お世話になった工業技術センターで、再任用職員として勤務しております。久しぶりの現場復帰。気分も新たに企業の方々からの技術相談と後進の方々の育成に微力ながら注力しております。このことが、ひいては徳島県の産業の発展に寄与できるものと考えております。技術士取得を機に、研究者&技術者という複眼的視点で物事を俯瞰するよう日々努力をしております。研究者と技術者という視点をもってはじめて見えてくるものがあります。まずは、何と言っても公務員ですので、全体の奉仕者であることが第一です。技術士には、3義務2責務が課せられており、技術士法では信用失墜行為の禁止、秘密保持の義務と公益確保の責務が特に公務員技術士には重要であり、日々の業務に

求められていることを痛感しております。私は、サイエンスとテクノロジーは、イノベーション創出のための源泉であると考えます。さらにイノベーション創出のためには、それができる人を育てることが何よりも大切ではないかと思います。サイエンスもテクノロジーもそれを生み出すことのできるのは鍛えられた研究者や技術者です。また、その後継者を育成するのは先達の義務であると考えています。

最近、人工知能（AI）が脚光を浴び、あらゆる分野でその実力を発揮しています。私は、人命に関わる医療などで、病気などの見逃してはならない重要な分野において、医師等をアシストしてくれるツールとしての利用は建設的だと考えます。しかし、試験研究・創作・芸術などの創造性のある営みは、人類の叡智であり、人間の暗黙知（経験知）をAIでは置き換えることはできないと考えます。いかに利便性が求められている時代とはいえ、やはり、研究分野においては、根本的には人と人とのコミュニケーションが基本かつ必要不可欠であることは、未来永劫変わることはないでしょう。学会発表などを通じて、いろんな方々と議論を交わし、批判を受け、謙虚な姿勢を失うことなく精進すれば、研究者、技術者としてはじめて成長するものだと考えます。

今後も、企業の方々からのご相談および弊所の若手職員の人材育成に微力ながら尽力できればと考えています。また、そのためには、何事においても必要な寛容さを心掛けてまいりたいと考えています。

5. おわりに

今振り返ると、研究者として活躍するために社会人ドクターコースに入学し、幸運にも博士（工学）を取得することができました。しかしながら、入学するまでが如何に大変な道のりであったかと思います。それは、学位論文にはオリジナリティが求められ、それがすべてだからです。恩師からは、特にそのあたりのことを入学前に厳しく指導されました。「論文が書けるようになってから来い！今はまだまだや！もっと定量的な結果でないとあかん！それでは論文にはならん。正木君 君に足らんのは辛抱や！」云々、当時の私にはとてもハードルが高く、もがき苦しんだ記憶が懐かしい思い出です。入学してから何をしましょうか？と言うのでは、博士号取得は夢のまた夢、本末転倒です。社会人ドクターの場合、少なくとも業務経験で自分が見出した新たな知見もないまま、ただ先生に与えられたテーマを遂行すれば、学位は取得できるなどと勘違いしているようでは全く話になりません。仮に、運よく学位が取得できたとしても、その後の研究者としての独り立ちはできないでしょう。親離れできない子供のように、研究者としての実力が如何ばかりかは、火を見るよりも明らかです。名誉が欲しいだけなら、やめた方がいいと思います。重荷となるだけです。博士を名乗るに足る実力があるかどうかは、議論すればただちに分かります。体裁だけの誤魔化しは通用しませんから。プロの目を欺くことなどできません。やはり、ドクターコース入学前に、論文が書ける程度にまで、研究内容をブラッシュアップしておかないと、中途半端な覚悟では目的も達せられず、ただ時の過ぎゆくままに、終

には挫折することはよくある話だと聞かされました。今となって、その意味がよく理解できます。研究者としての本質が何か、また学位論文の執筆にあたり真理の淵を垣間見ることができたという何ものにも代え難い経験ができたこと、学位論文を執筆するという産みの苦しみを味わえたこと。恩師に心より感謝しております。本質的には、課題発見能力があるかどうかはドクターに求められる資質だということがよく分かりました。

今後も、生涯現役を旨として、科学技術に携わっていければと思っております。恐れながら申し上げますと、学位取得と技術士取得は決してゴールではなく、取得してからがスタートで、まだまだ道半ばという心境です。博士も技術士も、常に継続研鑽（資質向上の責務）が求められます。今より少しでも前へという気持ちを忘れずに謙虚に進んで行きたいと思います。

末筆ながら、徳島県技術士会の会員のみなさまには、今後とも引き続き、ご指導ご鞭撻のほど宜しく願い申し上げます。

謝辞

最後に、ひとりの拙い技術者の独り言に、執筆の機会を与えていただきました徳島県技術士会会長 菊池 昭宏氏ならびに広報委員会のみなさまに深謝いたします。

参考文献

1. 白川英樹博士と導電性高分子, 赤木 和夫・田中 一義 編, (株)化学同人, 2002 第1版第1刷発行
2. 工業用ゴム廃材の再利用化に関する研究, 正木 孝二, 大林 新一, 徳島県立工業技術センター研究報告, Vol 6, 25-29(1997)
3. 工業用ゴム廃材の再利用化に関する研究, 正木 孝二, 境 真太郎, 大林 新一, 徳島県立工業技術センター研究報告 Vol 7, 29-34(1998)
4. 工業用ゴム廃材の製品化技術の研究, 正木 孝二, 境 真太郎, 大林 新一, 徳島県立工業技術センター研究報告, Vol 8, 35-38(1999)
5. Fourier Transform Near-Infrared and Electron Spin Resonance Studies on the Crosslinking Reaction of Liquid Carboxylated Poly(acrylonitrile-co-butadiene)Rubber with Dicumyl Peroxide
K.Masaki, S.Ohkawara, T.Hirano, M.Seno, T.Sato, J Appl Polym Sci 2003, **89**, 2095.
6. Devulcanization of Nitrile Butadiene Rubber in Nitrobenzene
K.Masaki, S.Ohkawara, T.Hirano, M.Seno, T.Sato, J Appl Polym Sci 2004, **91**, 3342.
7. Kinetic and ESR Studies on Radical Polymerization. Radical Polymerization of N-octadecylmaleimide in Benzene
T.Sato, **K.Masaki**, M.Seno, H.Tanaka, Makroml. Chem, 1993, **194**, 894.
8. Solvent Effect on the Radical Polymerization of N-dodecylmaleimide
T.Sato, **K.Masaki**, K.Kondo, M.Seno, H.Tanaka, Polymer Bulletin, 1995, **35**, 345.