

# 化学の原点回帰と観察眼涵養の重要性

Hiroshi KITAGAWA **北川 宏** 京都大学 教授 (大学院理学研究科化学専攻), 理事補 (企画・調整担当), 副プロボスト



## 自然の中で育つことで観察眼が養われる

私は大阪市内を流れる淀川のほとりでバッタやトンボ、川エビなどを捕って育った。友達からは「バッタとりのおうさま」と呼ばれるくらい昆虫捕りがうまかった。小学校に上がるときに奈良市西方の新興住宅地に引っ越したが、自分の家がポツンと1軒あるだけで辺り一帯は造成したての原っぱや雑木林で、両親が買ってくれた昆虫図鑑や植物図鑑を片手に、四季折々の虫や野鳥、植物を観察したり捕まえたり採ったりして育った。そのおかげでじっくり観察するくせが身についたが、それと同時に想像力(妄想力?)も培われた。小学3年生のときにアポロ11号が月面着陸を果たし、私の妄想は宇宙にまで広がった。宇宙への憧れが、次第に天文学や理学への憧れとなり、京都大学への憧れとなった。

## 化学の原点を切り拓いたのは、宇宙人が大天才か?

いきなり話は太古にさかのぼる。石器時代には石を打ち砕いたり磨いたりするだけで、当時の人々は化学を知らない。その後、今から約5,500年前になるが、青銅器時代が登場する。人類にとって化学の始まりである。純粋な銅では展延性のために柔らかくて武器や道具にならないが、銅(Cu)にスズ(Sn)を10%くらい混ぜた合金では硬くなり武器や道具となった。CuとSnは比較的融点が高いので、釜の温度を1,000℃以上にする必要がないために、より高温を必要とする鉄(鉄器時代)よりも先に誕生することになる。酸化状態にある銅鉱石やスズ鉱石を0価の金属に戻す還元剤は、我々がバーベキューで使用する、木を蒸し焼きにした木炭である。室町時代の日本を舞台にした映画「もののけ姫」で描かれているように、昔の製錬は山中で行われていた。木炭の原料である木が豊富に存在するからである。銅鉱石やスズ鉱石の上に木炭の粒を乗せ、釜の中で蒸し焼きにすることで、銅鉱石やスズ鉱石に含まれる酸素が木炭の主成分である炭素と結合し一酸化炭素や二酸化炭素として釜の外へ放出され、同

時にCuイオンやSnイオンが金属へ還元され、熔融し、合金化する。太古の昔にとんでもない天才化学者がいて、鉱石の還元による合金製造方法をひらめいたのかもしれない。しかし私は、天才のひらめきは自然災害が切っ掛けではないかと想像する。土壌中に銅鉱石やスズ鉱石が豊富に存在する山で、雷や乾燥などにより森林火災が自然発生し、鎮火した後に燃え尽きた山の中に入っていった人が、土や岩石でなくキラッと光る硬い物質を見つけたのではないかと。つまり、森林火災で木が蒸し焼きになり、銅やスズが多く含まれる土壌に覆い被さり、青銅が偶然に誕生したのではないかと。仮にそうだとしても、燃え尽きた山でキラッと光る硬い未知物質を見つけ、生成過程を想像し、論理実証主義的に仮説を立て、模擬実験を行って証明したとすると、やはりとんでもない観察眼のある天才化学者がいたのだと思う。見逃さない観察眼、あれこれと想像して妄想する力、論理的に考察し実証する力を兼ね備えていたのだ。

青銅や白銅(Cu-Ni)、その後の鉄の誕生は現代化学の基礎である中世の錬金術に繋がっていき、18世紀には産業革命が起こる。製錬に使う還元剤が「木炭」から「石炭」に変わったことにより、石炭が採れる平野部や河口で都市が発展していくことになる。もちろんその結果、人類に深刻な大気汚染をもたらすことになる。

## 混ぜ合わせることは化学の原点

化学と料理は似ているとよく言われる。具材やスパイスを混ぜ合わせて調理すると全く違うものに化けるからである。「化学」とはうまく名付けたものである。確かに化ける学問である。

50歳前後までは、「化学」とは所望の物性や機能を生むための手段や道具であると私は考えていた。しかしながら、歳をとるにつれて、「化学」とは何が起こるか予想もつかない魔法のようなものと思い始めた。AとBを混ぜると未知のCが生まれないとワクワクする。これが化学の原点であったことにあらためて気がついた。原点回帰である。

20年ほど前から「元素間融合」に取り組んでいる。原子レベルで混ざらない元素の組合せを非平衡合成法を駆使して混ぜ合わせようとする新物質探索である。最近、非平衡合成法を用いて、貴金属全8元素 (Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ir, Ru, Os) を均一に原子レベルで混合したナノ合金の作製に成功した。青銅器時代からの歴史で、貴金属8元素すべてを均一に混ぜあわせた最初の例である。実は2020年に5元素 (Pt, Pd, Rh, Ir, Ru) を混合した多元素ナノ合金が水素発生反応 (HER) に対して高活性を示すことを見いだした。HER触媒活性が高いベスト5元素を混ぜ合わせた、言わばHERの秀才5元素チームである。確かにPtよりも約2倍の活性を示した。しかしながら、この秀才5元素チームに、HER触媒としては鈍才3元素 (Au, Ag, Os) を加えた貴金属8元素チームの方が遙かに活性が高く、Ptの約10倍、秀才5元素チームの約5倍の活性を示した。これには正直びっくりした。この発見で化学の原点に戻れた。「何が起こるかわからない」というワクワク感である。これまでの勉強してきた化学や常識も通用しない。還暦を過ぎて小学生に戻ったような気分である。

元素間融合の切っ掛けとなる発見も学生の観察眼であった。20年前、学部4年生の小林浩和君 (現九州大学准教授) がPd/Ptコア・シェル型ナノ粒子に水素吸蔵/放出の実験を繰り返し行っていたところ、いつもとは違う水素吸蔵量の微妙な変化が現れ、彼はそれを見逃さなかった。指導教員の私は水素ガスラインのわずかな漏れと考えていたが、彼は後にSPring-8のその場観察実験で、混ざらないはずのPtとPdが原子レベルで混ざったことが原因であることを明らかにした。彼の観察眼がなければ、今日の研究成果はない。

### 合成実験の手数が物質勘の涵養につながる

私の研究室では最近、多元素ナノ合金による組合せ爆発に対処するために、超臨界・亜臨界ソルボサーマル合成法によるナノ合金のフロー型ハイスループット自動作製装置を世界で初めて開発した。1日20種類の多元素ナノ合金が自動合成できる。人口が日本の10倍以上で科学技術力で台頭する中国に対抗するためにも、このような飛び道具が必要である。しかしながら、研究員や技術支援員のみが使用するだけで、学生には一切使わせていない。

観察眼や想像力は、少年時代の四季折々の自然の中での体験で培われるものと思う。また、観察眼に加えて物質勘の涵養も実際に自分の手で行った合成の数に比例するものとする。学生に自動合成装置を使用させたら、確かに研究成果は桁違いに上がると思うが、

観察眼や物質勘、想像力のない人材を社会に多数輩出することになりかねない。やはり、学生には泥臭いことを体験させないといけないと考える。

### 「発見」、「驚き」、「感動」が成長の駆動力

最近、様々なインフォマティクスやデータ科学、人工知能 (AI)、汎用ニューラルネットワークポテンシャルによる材料探索などが流行である。メタバースにおける実験も行われつつある。いずれも我が国の研究基盤を支える必須アイテムになりつつある。しかし、それらを駆使する前に、若い世代の観察眼や物質勘の涵養が重要であり、喫緊の課題である。

化学の原点は異なる物質を混ぜ合わせるときのワクワク感であり、研究を進める上での原動力となる。そして、昼夜を分かたず実験してもたまにしか出くわさない、新しい反応や新物質を目にしたときの「発見」、「驚き」、「感動」が人の成長を促す駆動力となる。20世紀には身の回りのいたるところにこれら原動力や駆動力が遍在していた。インターネットがいつでもどこでも存在し、メタバースと現実との区別がはっきりしなくなる時代となった今、化学の原動力や駆動力を学生が自然に体得できるための環境整備や雰囲気醸成を併行して進めないといけない。そのためにも、大学教員は、今後、幼児教育や初等・中等教育にも積極的に関わっていくべきであろう。

### 多様性の担保が成長の鍵

ふと、やはり「能力別クラス」や「選択と集中」、文科省の「金太郎飴教育 (統一的な教育プログラム)」は駄目だなあと感じてしまう。多様性を担保しておかないと新しい発想は生まれにくい。異なる思想や考え、文化、人種が交わるときに、新しい化学反応とも言うべきイノベーションが起こると同じだ。パラジウム金属中の異物とも言うべき水素原子が、ある臨界濃度を超えると、固溶相 ( $\alpha$ 相: 金属Pd+水素H) から水素化物相 ( $\beta$ 相: Pd-H) に一次相転移が起こる現象と似ている。自分がその異物になって世界を変えてやるという、威勢が良くて常識にとらわれない若手研究者がどんどん出てくることを願ってやまない。

© 2022 The Chemical Society of Japan

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員会が依頼した執筆者によるもので、文責は基本的には執筆者にあります。日本化学会では、この内容が当会にとって重要な意見として掲載するものです。ご意見、ご感想を下記へお寄せ下さい。  
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp