

## 材料工学における組成分析の高度化と大衆化を どのように実現するか？

### —随想：中小企業支援のための公設試での取り組み 30年—

河野宏彰\*

#### 1. はじめに

公設試験研究機関（略称：公設試）とは、地方公共団体が設置した試験所・研究所などの総称であり、当該地域における産業振興・環境保全・保健衛生の向上などの行政目的に沿う試験・研究・高度な機器の供用・指導・相談等の業務を行う組織である。都道府県ごとに設置されており、政令指定都市でも設置している場合がある。著者が所属する組織は、大阪市が地元工業界の振興を支援するために、大正5年（1916年）に設立した研究機関である。一般的な鉱工業系公設試の設置条例もしくは定款の“目的”には、「産業技術に関する試験、研究、普及、相談その他の支援を行うことにより中小企業の振興等を図り、もって域内の経済の発展および県民（市民）生活の向上に寄与することを目的とする…」と謳われているが、大阪市立工業研究所（略称：阪市工研）では、設立当初から、「工業に関する科学研究を行うとともに、その研究成果の実用化および工業技術の高度化を図ることにより、企業に対する支援を行い、もって地域経済および産業の発展に寄与することを目的とする。」と明記しており、研究重視の基本姿勢を取り続けてきたのが特長であり、地元企業の製品開発研究を強力に支援しつつ100年の歴史を刻んできた。

こうした公設試の使命を果たすために、あらゆる物体（分析試料）の成分組成を測るための分析化学の知識と技術は多大の貢献を為してきた。また、今後也不可欠な戦力であり続けるであろう。

分析屋を良く利用してくれる顧客は、主として中小・零細企業である。設備力・人材ともに不足気味の中小企業にとって、品質管理にせよ開発研究にせよ、小回りの利く分析業務を公設試に期待する傾向は昔も今も変わらない。

産業界の底支え（製品の流れから言うと、サプライ・チェーンの川上）を担っている中小企業の分析ニーズを見ていると、産業界と社会が求めるものの質的変遷を知ることができる。本稿では、著者の公設試に勤める分析技術者としての経験を踏まえながら、化学分析が何を求められ、今後どのように発展して行くのかについて概観してみたい。

#### 2. 実業界が求める公設試の分析技術者とは？

1980年代半ばから2010年代半ばまでの約30年間で、分析ニーズは質的にも量的にも激増した。そして、分析データの利用目的も局所的・分野限定的だったものが全世界的・全分野的に広がってきた。これが、“分析の大衆化”というべき時代の流れである。それは、単に技術的な要請のみならず、一般消費者・生活者の品質管理・安全性などに対する意識の高まりによる社会的要求によってもたらされた。

ところで、成分組成を測る化学分析の操作は比較的簡単なものであるが、“厳密な分析値”を出すためにはあらゆる誤差要因を全て取り除くだけの知識と実験技量を持った技術者が必要である。しかし、この30年間に種々の自動化された分析

\*地方独立行政法人大阪産業技術研究所 環境技術研究部

装置が実用化されたことによって、名人技の分析技術者を擁していなくても、短時間で良質のデータを量産できるようになった。したがって、“分析の大衆化”はデータの品質を低下させることなく進められてきたように見える。結果的に、企業に連綿と継承されてきた化学分析の匠の技術の多くが途絶えてしまった。

ところが、“ものづくりの技術”も恐るべき速度で進歩している。例えば、電子回路の集積化を実現するための超高純度材料・マイクロ合成・微細加工による製品の品質管理には、従来のレベルを超える分析技術者が必要となっている。当たり前なことであるが、化学分析の技術者もまた、“異次元の進化”を要求されているのである。これが、“分析技術の高度化”という命題である。しかしながら、“異次元の進化”を遂げるために必要な基礎体力が長年培ってきた分析の知識と実技力を基盤としていることは間違いなく、一度放棄した技術力を回復することは極めて難しい。こうした“現場に空いた技術力の穴”を補填し、あわせて分析技術者の養成を支援することも、我々は求められている。

公設試の分析屋としてこの命題にどのように向き合うか？ 以下、具体的に見てみたい。

学術用語を紐解けば、「分析」とは そもそも 宇田川榕菴が...

**「分」**  
言うまでもなく、あるものを二つ以上に“わけ”ること。刀で二つに切り分ける。

**「析」**  
これも、「木」を「おの」で切って“わけ”ること。ときひらく。分解する。

結局、「分析」とは、もとの試料を何かの規則にしたがって(無作為・無定見ではなく、**合目的に“わけ”**ことである。

最終目的が何かの定性または定量であっても、その前段階としての、あるいはその目的を達成するための“わけかた”を研究する学問が、「**分析化学**」であると言える。

つまり、分析屋は“美しく分ける”、“後腐れなく(検出・測定を滞りなく進められるように)分ける”知識やノウハウを持っていなければならない。

### 3. 「定量分析」の基本とは？

化学分析とは、「何が(定性分析)」、「どれくらい(定量分析)」あるかを解き明かす技術である。定性と定量は、データの質が根本的に異なるため、目的に応じた分析方法を選択しなければ意味が無い。以下、無機成分の定量を主題として進める。

化学成分の量的な情報を得るための分析方法として、大まかに、手分析と機器分析の二通りの方法がある。これらは、分析機器(装置)を使うか否かだけではなく、もっと本質的な差異を持っている。

“手分析”とは、化学天秤(現代ではデジタル表示の分析用電子天秤)を使う「重量分析法」と、ビュレットを用いる「容量分析法(滴定法)」のことである。人が直接検知できる量の試料(重量分析ではグラム～ミリグラム、容量分析では数十ミリリットル～サブミリリットル)の定量に適している。これより少量サイズの定量には、特殊な場合を除いて機器分析に委ねる。つまり、手分析には比較的大量の試料を要するのであるが、機器分析よりも圧倒的に優る機能を持つ。それは、極めて高精度な定量が可能、ということである(重量分析では有効数字5桁、容量分析では有効数字4桁程度の測定ができる)。もう一つは、測定される重量および容量(体積)は絶対値であり、その測定に対して参照試料(標準物質)を必要としないことである。この2点の特性のゆえに、これらの分析法は最も厳密な定量分析に使用できる“一次標準測定法”に指定されている。

一方、機器分析法は、何らかの物理量を測り、予め調製しておいた標準試料(測定対象物質を既知量含む固体・液体・気体など)の測定値と比較することにより、未知試料中の測定対象物質量を算出する諸方法である。機器分析法の利点は、人が直接検知できない物理量(放射能など)や微量の定量ができること(微量定量に適する)、装置の自動化が容易であること、短時間で多量のデータを取得できることなどであり、この30年間で急激に普及した。ただし、ほとんどの分析機器は手分析よりも精度では劣り(有効数字2～3桁程度)、分析値を保証するため(トレーサビリティ)には何らかの標準測定法による分析値で補正せねばならない。つまり、微量量の概略値を手軽に測るのに適していると言える。

以上の特性を把握したうえで、自分が求められる

ている分析仕様（測定量・濃度の桁，定量限界，精度など）に合致する方法を選択し，最適条件を与えるように実験計画を立て，得られた結果を吟味するという手順を踏んでゆくのが基本である。

#### 4. 社会情勢に左右される分析仕様の変遷

##### 4.1. 経済に翻弄された実業界

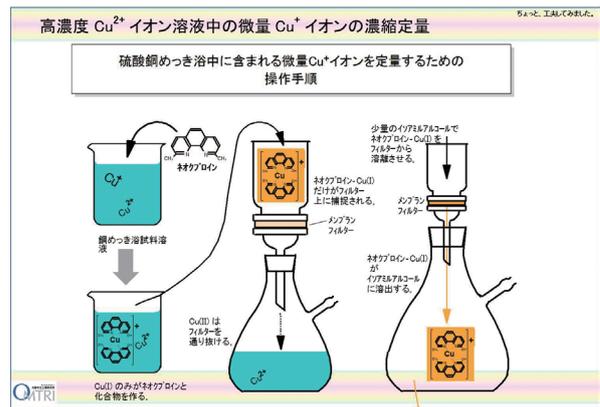
20世紀後半以降の分析業界は，分析操作の機械化・自動化と方法の規格化・世界標準化の一途であった。この時代を生き抜いたベテラン技術者方からは，戦後復興から高度経済成長を支えたのは分析化学界と分析機器工業界とが密接に連携しての二人三脚の成果であるという述懐を伺うことが多い。まさに，1950年代以降，学界から提案された種々の新規な分析方法を業界が装置化・普及することによってものづくり業界を活性化し，経済発展を持続させ得たのである。ところが，20世紀も終盤に近づくと，目新しい分析方法が出難くなり，分析化学者の研究テーマも方法論の開発から離れていった。分析化学系の学生たちは，「何を，どのように測るか？」という方法論のテーマではなく，「得られたデータを用いてどのような考察を為すのか？」（分析方法が妥当で，データは正しいという前提での議論）に集中するようになった。

結果的に，実試料を扱う化学分析に通暁しているはずの分析化学系の卒業生ですら，実業界にとっては即戦力に成り難くなってきたのである。

同時に，分析で困った会社が何でも相談できる現役の教授が少なくなってきた時期でもあった。

このような時機に，著者は現職に就いた。当時は，比較的単純な水質検査のニーズもあったために，基本的な溶液分析諸法を習得できたのは幸いであった。依頼案件の中には特殊な組成の試料があって，分析対象成分を試料の主成分（マトリックス）から分離・濃縮を要する場合があります。沈澱・吸着分離法や溶媒抽出分離法の応用を試みることによって知識と経験を蓄積することもできた。

1991年2月に平成バブルが弾け飛ぶ直前期には，



実業界での金余りのゆえか，天井知らずの予算を組んで，「何でも測れ！」という風潮さえ見られた。極端な例として，「自動車1台の“全成分分析”」などという依頼さえあった。実話である。こうなると，分析の目的も意味も分からず，「合理的な応対」に苦慮したものである。ただ，もしこの要求が意味のある分析であったとしたら，自分はそのように作業工程を設計したであろうかと自問すると，空恐ろしい思いをした。この難題は，わずか数年後に思いがけない形で再現することになった。

さて，平成バブルの直後に“平成大不況”である。実業界，とりわけ中小企業にとっては天国から地獄へ急転直下の没落であった。上記の“バカ依頼”が途絶えたのは良しとして，日常の品質管理や排水モニタリングの最小限の予算さえ確保できなくなった会社は，“言い訳文書”を顧客に示すばかりで，“実測値で証明する”という，実業界では当たり前のことさえできなくなった。

##### 4.2. 弱小企業受難の時代

後世，“失われた10年”と呼ばれる期間（1991年3月～2002年3月），必要な分析経費も出せない中小企業にとって，血を吐く思いをさせられる一大事が出来た。RoHS，WEEE，ELVなどのいわゆる“EU指令群”の発布である。その思想の背景は，“環境に優しい工業製品”の品質管理のために，“川上から川下まで”一斉に規制をかける”というものである。これらEU指令群のために，欧州に製品を輸出している全ての企業が，

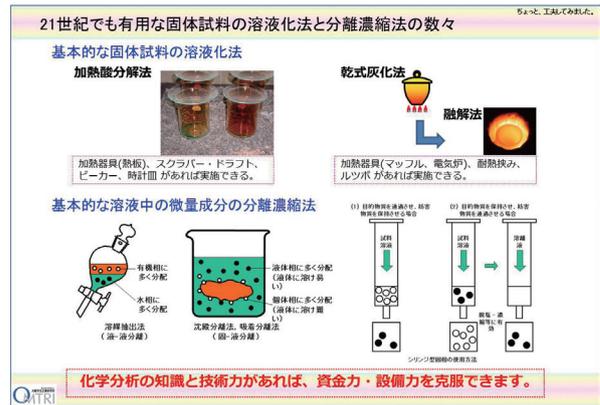
“RoHS指令”によって指定された“有害物質”

・カドミウム	含有率基準値: 0.01 wt %
・鉛	0.1 wt %
・六価クロム	0.1 wt %
・水銀	0.1 wt %
・PBB (ポリ臭素化ビフェニル) PolyBromo Biphenyl	0.1 wt %
・PBDE (ポリ臭素化ジフェニルエーテル) PolyBromo Diphenyl Ether	0.1 wt %

自社製品の安全性を保障するための分析を強要される思いに駆られ、恐慌を来す企業もあった。実際、著者のもとにも、水銀、鉛、カドミウム、六価クロムなどの分析依頼のほか、必要性の理由の照会から取引先への説明の手助けまで諸々の相談が寄せられた。1998年頃から10年間ほどは、依頼された試料のほとんどがEU指令に関わる分析であった。つまり、材料分析主体の仕事になった。



この時期の分析テーマの一つは“難分解性試料中の微量金属元素の定量”であった。樹脂材料に限っても、ポリエチレンやポリエステル類ならば、常圧のもと、試料をビーカーに入れて硝酸や過塩素酸を加えて熱板や砂浴上で加熱することにより、時間はかかっても分解・溶液化できる。それが、ポリカーボネートやABS樹脂になると分解時間が長くなり、作業の危険性や定量誤差の増大が生じるので、マイクロ波加熱分解装置を用いて溶液化することになる。このような種々の依頼をこなしながら、他の材質も合わせて、試料に応じた器材と操作条件を用いて分解・溶液化する方法の幾つかを習得できた。ただし、フッ素系樹脂になると、もはや公設試ごときの設備力・技術力では処理し切れない。



もう一つのテーマは、“共存成分による大きな干渉が生じる場合の微量定量”である。これは、より低濃度領域における測定が多くなったことによる。ICP発光分光分析装置を導入した1990年頃には、装置自身の補正機能を利用するか、簡単な抽出分離操作を施すことによって、大部分の干渉は回避できていた。それが、最近では、高機能性材料である金属・セラミックス系試料中のppmオーダーの微量成分の定量ニーズが増えてきたため、簡単な分離濃縮とICP発光分析との組み合わせでは対応できない状況になりつつある。より高感度な分析装置の導入計画は無く、著者自身の定年も迫っているので、この命題を解決できる可能性は低いが、周辺の公設試も含めて、徐々に対策は取られていくと思われる。

## 5. 21世紀の公設試における分析屋の役割は？

これまでの公設試における分析技術者は、主に中小企業から寄せられる技術相談に応じ、依頼された試料の分析を行い、時には所有する分析機器や設備を利用していただきながら技術の普及などを行ってきた。阪市工研では、もの作りへの積極的な支援として、開発研究における各種の測定からオーダーメイドの分析法の開発と技術移転なども行ってきた。総じて分析という業務の特性か、試料ありき、要求ありきの、“ニーズ対応型”の仕事が多かった。それはもちろん、実業界の役に立ってはいるのであるが、どうしても“待ちの仕事”、“守備的業務”と捉えられがちで、一般的には評価され難い面がある。それが、予算・人事な

大阪府工研はここから

今、大阪市工研では...

平成20年(2008)4月に大阪市工研が地方独立行政法人に改編され...  
 行政組織から切り離された結果、計量法の縛りを受けるようになった。  
 計量証明事業所でない市工研では、環境計量業務(水質、大気、土壌・  
 底質などの濃度分析)を業務として行えなくなった。  
 現在、難しい材料分析へのニーズが増えてきている。  
 公設試としての「標準化」への対応に苦慮している。  
 本来、最も信頼できる分析値を与えてくれる「溶液分析法」を常用する職  
 員がほとんど居なくなった。→ 国際標準にトレーサブルな分析が  
 できなくて企業支援を全うできるか? と思う者は我一人か?  
 水質分析を業務にできない今、溶液分析の基礎を“on the job training”  
 できる機会が失われた。→ 我が後継は絶える!  
 私のノウハウやスキルを欲しがってくれる方(団体)があれば、喜んでお  
 話しに行かせていただきますよ!  
 意気に燃えた新人に来てほしいなあ。

問もなく、大阪府立産業技術総合研究所と統合か?

どに影響してくると、結局、分析・評価部門の実力低下につながる。これは、企業にとっても同様の悩みであるが、「これだけ優秀な人材を、なぜ

分析や品管に回すのか?」などと言わせないように、どうすれば良いのであろうか?

それには、“待ち”の体勢から“仕掛け”の姿勢に改め、“ニーズ対応型”から“シーズ提案型”の研究体制に変革すべきであると思う。実用的な分析法を開発・改良し、望むらくは世界標準に公定されるような方法を提案できれば、発信源である公設試とそこで頑張る分析屋への評価も革まるうというものである。これは、自分が為し得なかった見果てぬ夢であるが、いつの日か気鋭の後進が成し遂げてくれることを期待するものである。