



筆

南 茂夫\*

# 「モノづくり」を科学機器に求めて

—いのちを守る科学計測のテクノロジー—

To Exhibit Engineer's Spirit in Scientific Instrumentation  
—Scientific Measurement Technology Watches Daily Life—

Key Words : Scientific Measurement and Instrumentation  
Analytical Instruments, Spectroscopic Measurement

## はじめに

丁度半世紀前、旧制大学院研究奨学生として分光計測機器の開発研究を産学連携の形で始めて以来、メシより好きなモノづくりへの執念を、一貫して科学計測機器とそのシステム化に注いできた。昨年春、大学というアカデミズムの場に別れを告げ、一介の技術者として科学機器関連業界の方々の相談を受けながら毎日を楽しく過ごしている。もともと、研究・開発の支援を目的として製造が始まった科学計測機器は長い間黒子としての地位に甘んじていたが、近年、走査型トンネル顕微鏡や巨大分子質量分析技術などノーベル賞の対象となる機会も増えてきた。とはいえ、科学計測機器は一般計測技術者の間でも完全に認知されたものになっていない。産業界の方々にも再認識を頂くため、我々の命を守るためにも科学計測機器が如何に役立っているかを述べるとともに、技術者の要件についても言及する。

### 科学計測エンジニア田中耕一さんのノーベル賞

2002年10月9日、神戸で開かれていた応用物理学会関西支部役員会から帰宅して間もなく、新大阪にある分析機器ベンチャー企業の社長から一通のメールが入った。「鳥津の田中耕一という一技術者がノーベル化学賞を受けたというニュースを見たが、どん

な人なのか。賞の対象はレーザー照射イオン化の質量分析らしいが」という内容である。小柴先生が物理学賞を受けられた直後でもあったし、田中耕一氏という名前を聞いたのも初めてということで、一瞬この目を疑ったが、とりあえず、マトリクス支援レーザー脱離イオン化法(MALDI)ではないかと返信した。直後、新聞社からもコメントが欲しいとメールがあったが、光分析を主専門とする私には内容説明はおぼつかなく、分析化学会の質量分析専門の方々を紹介した。後で分かったのは、企業開発現場の無名の技術者が賞を受けたことへの驚きと喜びをコメントすればよかったらしい。何しろこちらも動転していた。夕食後、放映されたニュースに釘付けとなったが、鳥津製作所でのインタビューに、応用物理吉永研究室の後輩で私が学位審査の主査をした山本裕志常務取締役が陪席していたので、兎に角彼にお祝いの電話を掛けた。

受賞対象は質量分析のイオン源で、生体高分子など巨大分子のソフトイオン化をレーザー照射により達成するもので、MALDIと呼ばれる。ドイツのHillenkamp教授がその名付け親であり精力的な研究で国際的に著名であるため、私の頭の中には、彼が発明者であるという認識しかなかった。ルーツが田中氏の研究にあることを始めて知ったのである。

次の日になって、田中氏と同じ研究グループの一人であり、田中氏の直接の上司であった吉田佳一君から賞の対象となった原著論文のコピーがメールで届き、いきさつが明確になってきた。吉田佳一君は阪大時代の私の研究室出身者である。その後テレビにもよく登場したグループリーダー、鳥津の基盤技術研究所長吉田多見男氏も阪大基礎工学部電気の卒業生であり、二人の同姓の阪大OBが重要な役割を果たしたことは本当に嬉しい。



\* Shigeo MINAMI  
1929年1月生  
1951年大阪大学・工学部・精密工学科卒業  
現在、SMS事務所、科学計測スペシャリスト・大阪大学・大阪電気通信大学名誉教授、工学博士、科学計測、光応用計測、分析機器  
TEL 0797-32-2251  
FAX 0797-32-2251  
E-Mail minami-sms@nifty.com

田中さんの「企業で働くエンジニアとして、原理が分からなくても、役立つものであれば製品化する」は、まさに技術者の真髄を述べたものであり、また「何時までも一技術者であり続けたい」の発言は技術者のプライドから発せられたものだろう。多くの企業の若い開発技術者達に自信を植え付けたこと、科学計測技術を縁の下から陽の当る場所に引き出す切っ掛けを作って頂いたことに感謝している。

### 科学計測技術と計測機器

もともと、理化学器械は研究支援の道具としての性格を持ち、当初は化学分野の実験器具や測定器が主流であった。わが国でも既に1920年代から、pH計やポーログラフなど電気化学分析用のものが製造されている。このように化学実験の道具立てから出発した測定器は、古い用語である湿式分析、即ち溶液系を使う分析から始まっている。

一方、化学分析に対して物理分析という言葉がある。X線、光、電波などの電磁波や音波で代表される波動のほか、電子、イオン、中性子などの粒子を利用するものであり、それらの放出や物質との相互作用の検出を基本原理としている。従来から物理作用と理解され、物質のミクロ的振る舞いと密着している点や、溶液系を使わない点などから分析化学分野では乾式分析とも呼ばれている。物理分析法は検出感度や定量性にすぐれるため被検試料が少なく済み、その上、手法の殆どが非破壊・非接触であるという特徴がある。

物理分析法が分析化学の領域に持ち込まれる嚆矢となったのは、1860年のキルヒホッフとブンゼンによる発光分光分析への試みであるが、続いて吸光分光分析へと進む十九世紀末に既に分光器の製造が始まっている。その後、分光分析技術は紫外・赤外へと拡張されるとともに、X線分析、質量分析の分析化学への導入が始まる。片や、理化学測定器として光学顕微鏡や電子顕微鏡も重要な位置を占める。特に光学顕微鏡の製造の歴史は古く1866年Carl Zeiss社で始まっており、1939年に製品化された電子顕微鏡とともにその後各種の物理分析法と結合され発展してきた。

光学顕微鏡と電子顕微鏡、分光写真器、電気化学分析計などの測定機器は戦時中も国産化が進んだ。しかし何と云っても、敗戦直後から輸入され始めた

欧米とりわけ米国の分析用測定器は、エレクトロニクスによる自動化が図られ、当時の我々を驚嘆させるに十分であった。それまで、研究者が細心の注意を払いながら使ってきた高度な理化学測定器が、戦時中鉄鋼業や化学工業における品質管理に使われた理由も、その電子化にあることが明らかになったのである。それらの機器は分析機器(analytical instruments)と呼ばれ、研究者から現場の分析技術者までが、容易に使える製品として本格的に生産されていたのである。

戦後のわが国ではすべての産業がそうであったように、分析機器も欧米模倣時代、独自国産技術時代、欧米への輸出時代という成長過程を辿る。この過程において、広範な周辺技術の進歩を取り入れながら発展していくのであるが、とりわけ画期的な事柄は、コンピュータ技術の早期導入であった。コンピュータ技術は単に自動化だけではなく、分析機器の責務である信頼性の高い情報取得に大きな力を発揮した。

光学顕微鏡や電子顕微鏡も理化学測定器であり、それらを分析機器とともに科学計測機器という工学的な言葉で呼ぶ方が相応しい。欧米では以前から科学機器(scientific instruments)という用語が定着している。

### 科学計測機器の代表「分析機器」と分析機器産業

これまで述べてきたように、本来、科学計測は研究・開発環境で使われる計測技術であり、近い将来実用計測へと発展する萌発的計測技術といえるが、ハイテク時代の今、研究室で生まれた高度な科学計測技術が次の日に生産現場で要求されるという状況になっている。科学計測は、将にハイテク時代を担う計測技術である。機器の主力を占める分析機器は、物質の組成、性質、構造、状態など物質情報を取得するための機器として、(社)日本分析機器工業会では、ラボラトリー用分析機器、プロセス用分析機器、環境(公害)用分析機器、作業環境用・保安用分析機器、医用分析機器に大別している。

◇ラボ用分析機器：電気化学、光学、電磁気学などを応用したものが主体で、分析機器生産高の70%を占める。

◇プロセス用分析機器：浄水場、下水処理場や各種化学工場現場などに設置して製造や処理工程の管理に使用。

◇環境(公害)用分析機器：地球環境保全や健康な日常生活維持に不可欠。大気汚染、水質汚濁、自動車排ガス、悪臭などの計測装置。

◇作業環境用・保安用分析機器：作業環境を一定の安全衛生基準に維持するチェック機器で、携帯用の可燃性ガス検知器が例。

◇医用分析機器：病院の中央検査室や臨床検査センターなどで、健常者や患者の体液成分の定量や、薬理効果、代謝状態などの監視に使用。

分析産業の市場規模は世界で約2兆円であり、そう大きくはない。機器の国内生産高は現在約3,000億円であり、国内生産高の3割が海外輸出である。生産量は1990年以来漸増状態であり、景気動向にあまり左右されないのが特徴といえる。しかし、最近バイオテクノロジーやナノテクノロジーでの国際競争が熾烈になり、我が国の研究開発者が輸入機器を好む傾向が強まりつつある。政府支援の研究予算の多くが海外に流れていると危惧されている今、分析機器産業の活性化が緊急の課題となっている。

業界団体としては、会員約160社からなる(社)日本分析機器工業会(JAIMA)と、会員約1200社からなる日本科学機器団体連合会(SIA)がある。

### 我々の命を守る分析機器

分析機器は殆どの産業分野で不可欠な道具となっていることが、理解して頂けたと思う。それと共に、直接われわれの日常生活の安全にも寄与しているという、身近な話題を幾つか取り上げでみる。

#### 1) 環境と分析機器

資源採取量の増加と自然に存在しない人工新物質の増加で、地球環境容量や自浄能力の有限さが認識されるようになり、環境と調和した経済活動への指向がなされている。

環境計測は、地球の大気圏、地表、海洋などのリモートセンシングを主体とした広域の環境計測と、生活空間周辺での大気、水、土壌などの狭域環境計測に分かれる。前者では成層圏オゾン層や大気圏温室化効果ガスCO<sub>2</sub>などの計測があり、飛翔体搭載型や地上設置型の分光機器によってなされている。狭域計測では、シックハウス症候群の原因となる室内アルデヒドや自動車の排ガス計測、河川・沼湖水、排水から大気に揮発する揮発性有機化合物計測などがある。水質汚染では、排水だけではなく、農地や

ゴルフ場から流れ出た農薬、産業廃棄物や廃水処理施設からの浸透水にも有害な重金属や有機化合物が含まれており、重要な計測対象である。また浄水場での投入塩素の監視も行われている。焼却場でのダイオキシン類、工場跡からの有害有機物質、農地土壌からの農薬など土壌の分析は、汚染の元凶となる発生源を突きとめるため必要である。狭域環境計測では、金属元素分析に原子吸光・発光分光機器や質量分析計が、また有機物分析にはクロマトグラフなど分離分析機器が多用されるほか、光分析機器や質量分析計が使われる。

#### 2) 食品検査と分析機器

農畜水産関連食材検査は勿論のこと、加工食品においても分析機器の活躍の場は多い。熟度や鮮度チェックは言うまでもなく、食品添加物、残留農薬、残留抗菌性物質、遺伝子組み換え食品などの監視のほか、最近の話題を眺めても、病原性大腸菌O-157、牛海綿状脳症(狂牛病)病因の異常プリオンの検出などがある。元素や無機・有機化合物の定性・定量に使われる分析機器のほか、核酸や蛋白質などの生体高分子に対しては電気泳動などの分離分析機器や質量分析計はじめ、顕微鏡や顕微分析機器などが使われる。

#### 3) 犯罪、災害、テロと分析機器

地震や噴火などの自然災害のほか、犯罪などに対して分析機器は極めて有力な武器として活躍する。オリンピック選手のドーピング、地下鉄サリン事件、砒素混入カレー事件、各地で起こるテロなど、不幸な出来事のたびに必ず分析機器がクローズアップされるのは悲しい。麻薬や偽造紙幣鑑識のほか事件物証確定のため、警視庁の科学捜査研究所には高度な分析機器が全て揃っているし、空港では手荷物検査装置などに加えて簡易型の分析機器が背後に控えている。化学兵器や生物兵器が取沙汰されている最近であるが、携帯型の光分析機器、分離分析機器に加えて、もともと基礎研究の道具であった質量分析計までもがモバイル化されつつある。

#### 4) 医療と分析機器

病院の検査機器には、X線撮影装置、磁気共鳴イメージング装置(MRI)、超音波診断装置など画像診断装置が使われることはよく知られている。一方、採取された血液は目前で検査機器に直ぐかけられないため一般には疎遠であるが、検査室の奥では大型から小型まで各種の分析機器が使われている。主た

る分析機器は生化学自動分析装置と呼ばれ、血清中の糖、蛋白質、脂質、酵素などを調べて体内の異常を検出する。一定量の血清(2~10 $\mu$ l)を取り試薬を加えて高温槽で反応させ、生成物を吸光や蛍光など光分析手法で分析する。このような前処理とコンピュータによる定量処理を全て自動化したシステムが一般的である。このほかに、光分析手法を用いた免疫血清学的検査や血球や血液凝固検査、尿検査、遺伝子検査など全てが自動化されている。

#### 科学計測機器の開発・生産に当る技術者の要件

科学計測機器の開発や生産に携わる技術者には物理・化学・生物学などの基礎知識が必要な上に、機器を具現化するための技術として、機械設計、エレクトロニクス、コンピュータ、自動制御などの広範な工学基礎力が求められる。加えて、それらの融合化とシステム化についての素養とともに、応用面での分析化学の知識も必要である。なかなか厳しい要件である。また、営業技術者であっても、研究者・開発者と議論が出来るくらいの実力が要る。

随分以前から科学計測学の確立を標榜し、一握りでもよいから、この分野の専門技術者を産業界に供給する努力を続けてきた。欧米では産業界に科学計測への認識が高く、ニッチとも言えるこの分野に興味を持つ学生が育ち、多くのベンチャー的起業に成功している。米国ではReview of Scientific Instruments、英国ではMeasurement Science and Technologyという国際ジャーナルを昔から刊行しており、科学計測機器の国際的先導役としてのプライドを保ち続けている。

実用主義の米国では、機器作りに興味を持つ分析化学者が多いのが特徴的であり、英国ではマンチェスター大学に“Department of Instrumentation and Analytical Science”という大学院のコースがあって科学計測機器メーカーへの人材供給を行っている。我が国の院卒者と比較すると、物理学・化学・生物学に共通した高い基礎学力を備えており、モノづくりの好きな若者も結構多いようである。明治時代から変わらない工学部の極端な縦割り専門学科で、専門馬鹿を養成し続けてきた我が国大学の罪は大きい、ハイテク時代に入り古い組織が崩壊しつつあるのは嬉しい。文部科学省の指導でという点が気懸りではあるが。

#### おわりに

分析機器を中心とした科学計測機器は、物質からの情報を生産する生産財であり、その生産形態は多品種少量生産である。価格帯は十万円くらいから一億円を超えるものまで幅広い点も特徴であり、高度で高価格のものでは多分に特注一品生産的な形で扱われる。モノづくりの観点からすれば、学際的・横断的思考が必須の機種であり、少品種大量生産の製品とは違って、かなり個人プレイが生きる。その意味で、欧米でも知的ベンチャー企業が活躍している。

分析機器もモバイル化に向かってダウンサイジングが進みつつあり、“Analysis at home”という流れも現れている。手によるアSEMBルや調整が不可能なマイクロ化への動きも進んでおり、これまでと異なる能力を持つ技術者・技能者の育成も今後の課題となる。

