

こんにちは



紀本電子工業株式会社 本社を訪ねて

〈はじめに〉

清々しい秋晴れの2009年10月16日、大阪のJR環状線の鶴橋駅を下車して徒歩5分、紀本電子工業株式会社本社を訪問し、専務取締役の紀本英志（キモトヒデシ）さんにお話を伺った。2007年度、社団法人日本分析化学会の近畿支部で支部長を務められた紀本岳志（キモトタカシ）氏は代表取締役で紀本英志さんの実兄である。昭和28年（1953年）の創業以来、その間、一貫して我が国で唯一の環境計測機器の専門メーカーとして、大気環境、水環境、地球環境全般にわたり、汚染物質の時々刻々の変動を捉えるための連続自動測定器の開発・製造を行っておられるそうだ。

同社の所在する鶴橋のいわれは、「日本書紀」に文献上日本で初めてこの付近に橋が架けられたと記述があり、橋の付近に鶴が群れていたからとも言われている。20世紀になって、在日韓国人が多く居住し、現在、駅の周辺は「大阪コリヤタウン鶴橋商店街」があり、韓国風焼肉店が多数立ち並び、焼肉の町として有名である。

〈創業当時の大気汚染と開発された装置〉

まず、同社が設立された1953年当時のお話をお伺いした。紀本岳志氏の父、故、紀本俊夫氏が会社を設立し、1959年に大気汚染自動測定連続記録計（SO₂・粉じん）の国産第1号機を開発し、厚生省に採用されるとともに、兵庫県尼崎市に納入された。その当時、わが国は高度成長に伴い、大都市圏の東京、川崎、大阪、北九州などの都市圏で深刻なスモッグ問題が起こっていた。当時の大気汚染の研究者は大気汚染濃度と健康影響との関係を調べる目的で、大気汚染濃度の連続データを取るために不眠不休でサンプリングと手分析によって観測を行っていた。そんな時代に、世界で初めて、この装置は自動的に大気をサンプリングし測定を行い、結果がレコーダに記録できたので大変重宝されたそうだ。

〈最近の大気汚染の動向と開発されている測定装置〉

1. 微小粒子状物質

次に、最近の大気環境についてのお話を伺った。1960～1970年代にかけての官民あげての大気汚染対策により、先進国ではSO₂や浮遊粒子状物質の濃度は下がり続けた。わが国でも1980年代には大気汚染問題はほぼ解決したとかのように考えられていたが、1993年に米国のハーバード大学のドケリーらは粒径が2μm以下の浮遊粒子状物質で現在でも心血管疾患、肺がん、喘息などの疾患に影響すると考えられ、死亡率が増加しており、全米の死亡者数の増加を試算すると、年間で6万4000人（中央値）になると発表した。特に、硫酸エアロゾルとの相関が高かった。現在、最新の疫学調査でも米国では平均寿命と微小粒子状物質濃度とが関係していると報告されているそうだ。

一方、日本でのモニタリングはなかなか進まなかったが、ようやく2009年9月に環境基準が定められ、今後、米国のようなモニタリングネットワークが構築され、疫学調査が進むものと期待されている。このように、大気エアロゾル粒子は、人の健康へ悪影響を及ぼすとともに、一方では、また、地球の温暖化・冷却化の因子として、大気環境に大きな影響を与えると考えられており、この方面からも系統的な観測が期待されているそうだ。

2. ベータ線式 PM_{2.5}/PMc/OBC 粉じん計

同社における、最近の微小粒子物質の測定装置についてのお話を伺った。こちらでは、平成11年（1999年）・13年（2001年）度に科学技術振興機構（JST）より独創的研究育成事業に応募し採択され、大気中の微小粒子状物質濃度（粒径が2.5μm以下）と粗大粒子状物質（粒径が2.5～10μm）を同時に重量濃度を測定するベータ線式 PM_{2.5}/PMc/OBC 粉じん計を開発した。これはまた、ディーゼル排ガスから排出される炭素粒子も同時に測定する。この装置は2003年に米国環境保護庁（EPA）で行われたフィールド観測（Air Marathon）に参加し、米国内の浮遊粒子状物質の組成の異なる地域を移動しながら試験を行った。現在、日本の環境省で実施されている「そらプロジェクト：自動車排出ガスと呼吸器疾患との関連についての研究調査」で数多く使用されており、自動車排出ガスと汚染物質、児童、成人の喘息との疫学的な研究に役立てられているそうだ。

3. 大気エアロゾル化学成分連続自動分析装置

話の途中でこれらの調査が行われた本社屋上に案内された。ここでは、新しい装置が開発されると、従来の装置との比較試験が行われているという。大気中のNO_x計、SO₂計、O₃計、ベータ線式粉じん計の評価試験が



写真1 大気エアロゾル化学成分連続自動分析装置と左から筆者、装置の試運転をしている福永明子さん

行われていた。さらに、開発中の新しい大気エアロゾルの化学成分・重量濃度を、微小粒子（PM_{2.5}）と粗大粒子（PM_{10-2.5}）に分けて1時間毎に連続自動分析する新しい装置が開発され、現在、試験運転がされていた（写真1参照）。この装置は重量濃度とともに、エアロゾルの酸性度、硫酸イオン、硝酸イオン、水溶性有機物、元素上炭素を1時間ごとに測定できるものである。試運転中も高濃度の硫酸エアロゾルが観測されたそうである。エアロゾルの成分分析は通常、サンプリングした後、ラボに持ち帰り、イオンクロマトグラフィーや液体クロマトグラフィーによる分析を行う必要があるが、時間分解能を上げての観測を行うには大変な手間がかかり、現実的ではないので、このような装置の一刻も早い普及が望ましいと思った。

当日、屋上から生駒山がきれいに見え、視程は良好であった。エアロゾルは視程にも影響があるそうだが、月に数回、目に見えない硫酸エアロゾルが西の空から東の生駒山に向かって飛来し、大阪の町に滞留し、これを人が吸い続けているそうである。

4. 大気中のNO_x、SO₂、O₃計、SPM計

製品検査を行っている部屋に案内された。ここでは、環境大気中のNO_x（化学発光方式）、SO₂（紫外線蛍光方式）、O₃（紫外線吸収方式）、SPM計（β線吸収方式）を見学した（写真2参照）。NO_x、SO₂計は大気を測定している間も、大気とゼロ・スパンガスとをスイッチングし、ゼロ・スパンドリフトを小さくしていた。O₃計はO₃を取り除くO₃スクラバーが入っており、スクラバーが劣化しているかどうかを自己診断するスクラバーチェック機能がついていた。どの装置も、大型のカラーLCDタッチパネルが取り付けられており、簡単に操作できるとともに、自己診断機能がついていた。データはUSBで取り出しが可能であるとともに、イーサネット³でデジタルテレメータ通信が行えるので、別の部屋の



写真2 環境大気中のNO_x計、SO₂計、O₃計、SPM計と筆者

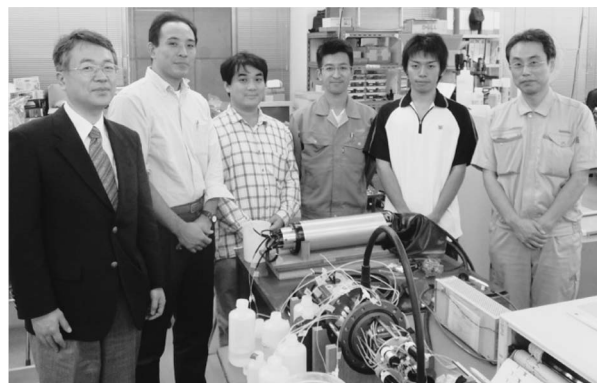


写真3 左から、筆者、小畑 元先生、岡村 慶先生、鈴江崇彦さん、東大海洋研究所大学院生の馬瀬さん、紀本英志さん、装置は調整中の水中化学計測ロボット

PCで操作が行えるとともにデータを見ることもできた。

〈海洋の微量元素の測定装置〉

1. 水中化学計測ロボット

技術部の部屋にお伺いした。ちょうど、見学日当日、東京大学海洋研究所の小畑 元先生と高知大学海洋コア総合研究センターの岡村 慶先生が、水中化学計測ロボットの改造と調整のために来社されていた（写真3参照）。2009年11月に予定されている白鳳丸のインド洋の航海で、世界で初めて、海水中のサブナノモルレベルの溶存2価鉄の*in-situ*の測定をされる予定である。小畑先生と岡村先生とは京都大学理学部機器分析センターの故、中山英一郎先生のところで研究された同窓であられ、ともに、海洋における微量元素の分析をご専門とされている。

高知大学海洋コア総合研究センター、岡村 慶先生は京都大学大学院博士課程前期の時から、同社と海底熱水活動探査用の水中化学計測ロボットの開発を開始されたそう。開発において岡村先生はシステムの基本設計、CPUを動かすプログラムの開発、同社は耐圧・油漬け

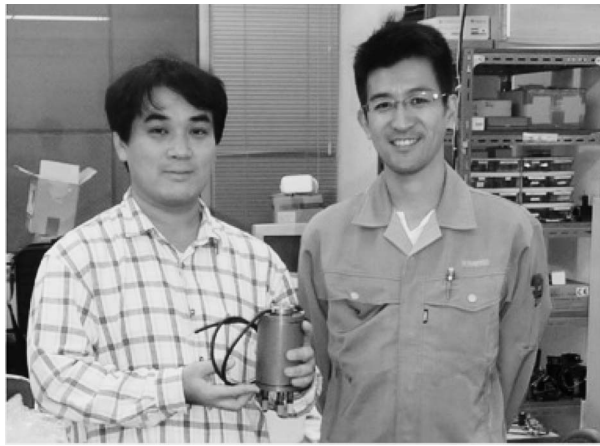


写真4 左から、岡村 慶先生、開発担当の鈴江崇彦さん、岡村先生が持っておられるのが小型化された最新鋭の水中化学計測ロボット

容器、電気回路の設計製作を行い、調整・動作試験・フィールドでの運用は岡村先生が行った。水中化学計測ロボットは、ルミノール-過酸化水素系化学発光法による溶存マンガンフロースルー式分析を基礎にし、海水サンプルで検出限界が0.23 nMの高感度で測定でき、且つ、水深5200 mまでの耐圧水深を誇っている。

どうして、海底熱水活動の探査に水中化学計測ロボットが必要かをお尋ねした。熱水性鉱床を形成する熱水にはいわゆる温泉水とは違って高濃度のマンガンが含まれているため、海水プルーム中でのマンガン濃度を計測するといった化学的手法を用いることで初めて熱水活動を証明することができるそうである。

実際、この装置はフィールドでの運用で目覚ましい成果をあげられたそうである。東京大学生産技術研究所海中工学研究センターの浦環（ウラタマキ）先生の開発した海底を高速で自由に動き回ることのできる自立型海中ロボットに搭載し調査を行ったところ、2004年のロタ海底火山の観測潜航や2005年の明神礁カルデラへの潜航において、熱水活動を発見した。さらに、2006年のインド洋中央海嶺調査では、通常ならば発見まで数ヶ月程度要するところ、海域到着後36時間という短時間で、インド洋で世界最大規模の溶岩平原とそれにとまなう熱水活動を発見することに成功した。今後、水中化学計測ロボットは海底資源探査のためにも活躍が期待されており、現在、小型化のための開発が進められ、ビール缶程度の大きさの、ルミノール化学発光法を用いたMn、Fe分析装置や硫化水素センサーが製作されていた（写真4参照）。

2. 微量鉄分析装置

東大海洋研究所の小畑 元先生が京都大学4年生の時から中山先生と海水中の鉄(III)測定システムの開発を開始されたそうである。ルミノール-過酸化水素化学発光系にキレート樹脂カラムを自作され、鉄(III)を濃

縮分離し、高感度に且つ選択的に測定するシステムを開発され、海水試料20 mLで5~500 pptの鉄が定量可能となったので、同社が装置のシステム化と自動化の開発を行った。海洋の鉄の測定ではこの方法が最も優れた方法とされているという。

どうして、海洋において鉄の測定が必要なのかお聞きしたところ、米国モスランディングス研究所の故マーティン教授らによる「鉄の仮説」である。これは、南極海、亜寒帯太平洋域、太平洋赤道域など植物プランクトンが表層水中のリン酸塩、硝酸塩を使い切っていない海域、すなわち、栄養塩が高いにもかかわらずクロロフィル濃度の低い海域では、表層水中の鉄の濃度が0.1 nmol/L (5 ppt) 以下ときわめて低く、植物プランクトンが光合成を行うために必要な鉄の枯渇によって、一次生産が制限されている。その後、この仮説がきっかけとなって海洋における鉄と生物過程についての研究が精力的に始まった。現在、海洋における鉄は栄養塩と同様に植物プランクトンの成長になくてはならないと考えられている。地球環境問題を考える上で、将来の二酸化炭素濃度の予測を行う必要があり、海洋における植物プランクトン生産量を組み込んだ炭素循環モデルを作るためには、重要な測定項目として考えられているそうだ。

〈海洋の炭酸系測定装置〉

1. 海洋表層の二酸化炭素分圧測定装置

次に、営業部の装置をメンテナンスされている部屋に案内された。ここで、海洋表層の二酸化炭素分圧(pCO₂)測定する装置を拝見した。この装置は国立環境研究所で行われているモニタリングに利用され、メーカー保守のために、戻ってきているそうだ。この装置の開発の経緯をお伺いしたところ、国立環境研究所の野尻幸宏先生（現在、地球環境研究センター副センター長）が1995年より定期航路船を利用した海洋表層のCO₂分圧の高頻度連続観測を開始されたときに開発が始まったそうである。定期航路船はコンテナ船、自動車運搬船などの大型商用船で日本~豪州、日本~北米間を1~1.5ヶ月の間隔で運行されているそうだ。同社ではモニタリングシステムの開発に当初より携わり、装置を開発、改良を進めたそうである（写真5左参照、大気・海洋二酸化炭素自動測定装置）。海洋のCO₂吸収を測定する方法として、海洋のCO₂分圧と大気中のCO₂を測定する方法がある。海洋のCO₂分圧の測定方法は、気液平衡器を用いて大量の海水とわずかな空気を厳密に大気圧下でよく接触させ平衡にした後、平衡に達した空気を取り出して、除湿後に非分散赤外分析計で測定する。同社では野尻先生と一緒に新しい気液平衡器を共同開発した（写真5右参照、タンデム型気液平衡器）。新しい平衡器はタンデム型気液平衡器と呼ばれ、全体が人の背丈ぐらいのもので、海水に空気をバブリングした後、ミキサーと呼



写真5 左が大気・海洋二酸化炭素自動測定装置と海洋の営業担当の木下勝元さん、右が $p\text{CO}_2$ のタンデム型気液平衡器

ばれる複数の羽に海水を当てて空気と混ぜ、1分程度の応答速度で平衡にすることができるものであった。地球規模の炭素循環で海洋は大きな炭素吸収源としての役割を果たしている。その吸収の大きさは時間的にも空間的にも大きな変動を示す。現在の海洋における二酸化炭素フラックスの時間的な変動を正確に捉えることは、将来の気象変動を予測するモデルの検証や改良に大きく寄与している。この装置は今後の地球温暖化物質のモニタリ

ングには欠かせない装置であると思った。

2. 全アルカリ度滴定装置

海洋の炭酸系の測定装置として全アルカリ度滴定装置を見せていただいた。海洋で全アルカリ度は $2000 \sim 2500 \mu\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ で要求される精度が再現性で 0.1% である。オープンセル方式のアルカリ度滴定法を採用し、0.1% 以下の繰り返し性で分析することが可能である。また、セミクロードセル方式で分析すれば、全炭酸・アルカリ度・pH も測定することが可能である。現在、海洋のモニタリング、海洋酸性化実験などに使用されているようだ。

〈おわりに〉

環境問題は、我々にとって、また、この地球上で生を受けているすべての生き物にとって、我々自身に取り組んでいかねばならない極めて重要な課題である。今後も同社の取り組みが期待される。

最後に、本社訪問の機会をいただきました紀本岳志代表取締役、また、ご案内ご説明いただいた紀本英志専務取締役ならびに社員の皆様に心より厚く御礼申し上げます。

〔同志社大学理工学部 塚越一彦〕

新刊紹介

分子から酵素を探す 化合物の事典

八木達彦 編著

本書は、約 4500 種の化合物について、その分子を生成する酵素反応や、その分子がさらに化学変換される際の酵素の作用をまとめた事典である。生化学に関する便覧やデータベースは、これまでも数多くあるが、分子名から関連する酵素を探し出すことを目的に編纂されている点で本書は非常に個性的である。例えば、本書の編著者が著者の一人として加わっている「酵素ハンドブック」(朝倉書店、2008 年刊)では、酵素名や酵素番号から反応を調べることは容易であるが、逆に、ある分子に働く酵素を探す場合には不向きである。まえがきの言葉を借りれば、酵素表が英和辞典に例えられるのに対して、本書は

和英辞典に相当し、両辞書を駆使することで酵素反応にかかわる化合物の全体像を見渡せるようになるという。本書では、アルファベット順、続いて五十音順に化合物が配列され、巻末には英語名・和名・化学式での索引が収められている。もちろん、本文中にも和名のほか、英語名、別名が記載され、さらに分子式や分子量、 pK 値が併記されており、使い勝手が配慮されている。構造式は、立体配置をわかりやすく示すために、Fischer 投影式、Haworth 式、平面への投影図などが使用され、非常に明快な視覚的印象を受ける。記載の酵素反応は、酵素番号によって簡潔に示されており、他の文献を参照する際にも便利である。ある化合物を得ようとするとき、それを有機合成ではなく生化学反応によってつくるにはどうしたらよいか、あるいは、新しい効能を持つ酵素の設計を目論んでいるときなど、本書はそのページを繰るたびに良いアイデアが浮かんでくるような気概に満ちた事典である。

(ISBN 978-4-87211-974-9・B5 判・534 ページ・12,000 円+税・2009 年刊・みみずく舎)