

Readout

HORIBA Technical Reports

No. **26**
APRIL 2003

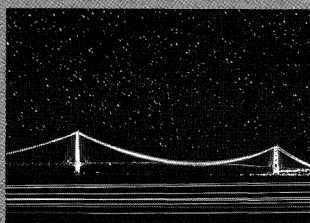
創立50周年記念号
特集 HORIBAグループの製品・技術



HORIBA

http://global.horiba.com/support/tech_info/index.html

2003年1月26日、HORIBAは次なる50年に向かって新たな船出をしました。世界中に広がる計測のプロ集団、HORIBAグループが、どのような製品と技術を持って21世紀の科学技術に、産業に、そして生活に貢献しようとしているのだろうか？本誌の中から読み取って(Readout)いただきたいと願っております。



■表紙写真

撮影：松井秀雄氏

(二科会写真部関西支部)

満天の星を仰ぎながら、進む船の光跡と虹色にライトアップされた明石海峡大橋に、宇宙と科学技術の間の夢の架橋を見つけました。

■誌名について

誌名Readout(リードアウト)には、「当社が創造・育成した製品・技術を広く世にお知らせし、多くの皆様に読み取っていただきたい」という願いが込められています。

特集 創立 50 周年記念号 HORIBA グループの製品・技術

巻頭言

- 2 分析の Only One を目指して
堀場 雅夫

総説

- 4 HORIBA 50 年間の製品・技術の歩み
堀井 良雄

特集論文

- 12 pH 計測の新たなる挑戦 ガラス電極の次に来るものは何か？
野村 聡

会社紹介

- 20 HORIBA グループの製品と技術

特集論文

- 22 ジョバンイボンのコア技術 グレーティングとその応用
Michel Mariton
- 28 ジョバンイボンと発光分光分析
George P. Thomas
- 34 超小型・超精密を目指す ABX の血液分析装置
Franck Seguy
- 38 ABX 初の臨床化学検査システム Pentra 400
HORIBA グループのアライアンスがもたらした成果
Georges Ferrandi, Christophe Fudaly, Olivier Magnin, Stéphane Rougale
- 42 エステックの製品・技術の流れ
原 清明
- 48 コスの基盤技術と製品展開
佐々木一訓, 鈴木理一郎, 内村 幸治
- 54 ホリバ・バイオテクノロジーの基盤技術と新製品
安井 義晶

座談会

- 60 創立 50 周年記念企画 私たちの目指す顧客満足
柏木知江子, 本田 千晶, 石川 純代, 木村 祐子, 西川 智子, 杉山 庸子, 三上 慶子

特集論文

- 70 車載型排ガス計測システム OBS-1000 の開発
中村 博司, 木原 信隆
- 76 ラボラトリーオートメーションシステム “stars”
津村 宗郎, 池内 利弘

特許メモ

社外発表リスト

HORIBA World Wide Network

分析のOnly Oneを目指して



会長 堀場 雅夫

21世紀の日本は、世界中の国々から、将来はこんな国になりたいと思われるような理想的な国家になりたいものです。

これを実現するためには、日本なればこそと感心されるような政治、経済、文化、すべての面で独自性を発揮しなければなりません。

明治以降、今日までの日本は、西欧の社会・文化に大きく影響されてきました。というよりは、積極的に模倣してきたと思います。しかし、模倣はあくまでも模倣で、そこからは何らの創造も生れてきません。

日本にはこれといった天然資源がなく、国土も狭く、その上有効に使える平野となると一層狭隘な、そんな土地の上で我々は生活をしています。だからこそ、資源、エネルギー、土地、すべての面で効率の高い産業を興さなければなりません。

このような考えを徹底すればするほど選択と集中を進めることになります。それを具現化するためには、企業間や産業間は当然なこと、国家間の役割分担が重要となります。そして、各々の役割分担をどのように実現するかが理想的な社会の成否を決めることになるのではないのでしょうか。

近年、従来世界的規模とされていた企業が、21世紀を生き残るためには単独で経営することは困難だと判断し、企業間の大同団結を進めています。同じように、国家規模でもEUに代表されるような統合が行われることは間違いありません。

しかし、21世紀に誇りを持って生き抜くためには弱者連合であっては意味がありません。互いに異なる分野で得意技を持ち、しかもそれぞれが一流であってこそ初めて連合の意味があると思います。

では、日本はいかなる分野でOnly Oneになる可能性があるのか。そこに国力を集中し、他の追従を許さない地位を確立し、そして持ち続けることがぜひ必要です。

その分野の一つとして、学術、科学技術、工業のすべてのジャンルにおいて不可欠なものとして物資の定性や定量を行う分析・計測があります。計測分野は、学術面においても産業面においても極めて地味で、陽が当たりにくいところがあります。しかし、自然科学も社会科学も、太古の昔から「サシ・マス・ハカリ」、すなわちL.M.T.の基準がなくては何も進みません。

かつての化学工業では、温度、圧力、流量などの物理量だけを制御していれば生産工程の大部分がコントロールできましたが、今や、原材料の受け入れから各工程の管理、最終製品の検査、更には工場からの排液や排気まですべての面で物質の処理・管理が必要になっています。そこには多くの分析・計測機器が使われています。

そして、その基本はスタンダライゼーション 標準化です。標準化のレベルが、一国の自然科学のレベルを左右すると言っても過言ではありません。我々が関わる分析・計測機器は、すべて標準物質を基準とした相対値から成り立っています。天秤の測定精度と信頼性は天秤と分銅の関係で決まるもの、つまり、分銅の精度が天秤の精度に直接つながっています。

HORIBAは、グループをあげて、あらゆる科学的手段を利用して「Number One」「Only One」の分析機器と世界標準の完成を通して、日本はもちろん世界人類の幸福のために貢献していきたいと日々努力しております。

計測分野が更に発展を続けていくためには、業界が力を合わせることは当然ですが、学、官、産との連携と、それぞれの大きなアントレプレナーシップが必要であることを痛感しております。

皆様のご支援を得て、HORIBAグループの活動が分析・計測 標準の世界一の国家になるための一助になりたいと精進しております。そしてホリバの技術誌 Readoutがこれらの活動の前進に少しでも貢献できればこれに過ぎる喜びはありません。

HORIBA 50年間の製品・技術の歩み

堀井 良雄

Yoshio Horii

品質・環境・安全統括センター
センター長



1粒の種が、小さな木へ、そして大きな樹木へ

HORIBAは1953年1月26日に設立され、今年(2003年)創立50周年を迎えた。この間「極限に挑む技術のHORIBA」をモットーに、ユニークな分析・計測機器の専門メーカーとして独自の道を歩んできた。理論や実験室レベルのシーズを、持ち前のチャレンジ精神と粘り強い技術屋魂で、世界初・日本初の製品という形にして実証し、発展してきた。

分析・計測機器は、大量生産されるコンシューマ商品のような華やかさはないが、科学技術の発展や産業基盤を支える「縁の下の力持ち」的な存在である。対象とする市場は多岐に渡り、製品の仕様も技術内容もまた多種多様である。

現在、HORIBAには1,000種を越える製品とこれを支える技術がある。しかし、それらは決して別々に存在するのではなく、互いに関連し合いながら生まれ、育ってきた。ちょうど、1粒の種から、小さな木へ、やがては大きな樹木へと成長するように。中には、市場ニーズとマッチせず果実を結ばなかったものもあるが、それらの多くは形を変えて今も脈々と受け継がれている。

本稿では、創立50周年を機に、これまで50年間の流れを「製品・技術の樹」に例えてレビューすると共に、次なる50年に向かって胎動するHORIBAを紹介する。

たわわな実りを生みだしてきた3本の幹

製品・技術の樹を考える時、製品が使われる市場分野という断面から見る手法と、製品に適用されている技術断面から解析する2つの手法がある。もちろん、両者は視点の違いであって、目的に応じて適時使い分けことが望ましい。

HORIBAは、現在、エンジン計測、環境計測、半導体・科学計測、医用計測、新事業の計5つのビジネス・セグメントで事業を展開している。中でも、半導体(IT)と医用分野は次なる50周年の柱として最も力を入れている分野である。これは、市場指向のビジネス・ポリシーの現れである。

一方、分析・計測機器を測定対象の形態や測定原理から見てHORIBAの製品・技術の樹をレビューすることは今後のビジネス展開を考える上で意義深いと考える。これまでの50年の歴史をたどると、pHメータで代表される液体計測で始まり、続いて非分散形赤外線法(NDIR)を核としたガス分析、エネルギー分散形X線検出器(EDX)を使った固体分析、更には分光技術を使った各種の計測機器へと製品・技術の幅を広げてきた。

pHメータから電気化学分析へ至る“液体計測の樹”

現会長堀場雅夫が、HORIBAを創立する前に手がけた電解コンデンサの安定生産のために開発したpHメータが、当社の最初の製品となった。1950年代、pHメータは、食料増産に大きな効果を発揮した化学肥料を始めとする重化学産業の発展に大きく貢献した。その後、高精度な研究用、生産プロセスの制御に使う工業用、鑑賞魚用水の管理などに使う汎用タイプなど用途に合わせて各種の機種をラインナップしてきた。ハード面では、棒状のガラス電極から始まり、フッ化ランタンなどを使った固体イオン電極、厚膜技術を使った平面電極、半導体技術と融合させた半導体センサ(IS-FET)、更には2次元pHセンサなどを次々と開発。今や、pH計測は、医療やバイオなどの先端研究を含め液体計測の基本パラメータとして幅広く使われている。

HORIBAは、pHで培った技術や市場をベースに、他の液体計測の分野へも積極的に進出していった。隔膜型ポーラログラフ式の溶存酸素計(OXBA)、イオン電極式のナトリウムモニタ(ASCA)、酸化還元式のヒドラジンモニタ(HYBA)など電気化学法の原理を中心に各種の工業用液体計測機器をラインナップしてきた。これらの機器は、それぞれの時代の先進エレクトロニクス技術を積極的に取り入れて高機能化・高性能化を繰り返し、現在は半導体プロセスの純水や薬液モニタとして先端産業を支えている。

一方、1960年代後半からは高度経済成長の影の部分として水質汚濁がクローズアップしてきた。HORIBAは、当初、JISで定められた公定測定法に基づくBODやCOD測定装置を製品化したが、やがて、より使いやすくメンテナンスが容易な計測機器の開発に取り組んだ。紫外線吸収法を使った有機性汚濁物質測定装置(OPSA)や、紫外線分解法を使った自動全窒素・全りん測定装置(TPNA)などオリジナリティに富む環境用液体計測機器をラインナップしてきた。

1980年代には、固体イオンセンサ(Na, K, Cl)を使った血液電解質分析装置(SERA)を開発し、医用分野へ進出していった。HORIBAの医用分野との出会いは、複合型電極による胃液のpH測定や、NDIR法を使った呼気分析など創業以来幾度かアプローチしてきたが、本格的な取り組みはSERAからである。

1990年代に入ると、フランスのABX社の血球計測技術とHORIBAの分析装置化技術とを融合させて中小病院向けの小型血球カウンタ(LC)を開発。更に、血球カウンタと免疫(CRP)測定とを一体化させたユニークな製品(LC-270 CRP)を製品化し、HORIBAグループの医用計測機器が世界中に知られるようになった。

pHメータから始まったHORIBAの液体計測の樹は、電気化学法を測定原理の中心に据え、研究用、工業用、環境用、半導体用、医用・バイオ用として豊富な果実を実らせ続けている。

NDIRから極微量分析へいたる“ガス計測の樹”

HORIBAの創立間もない頃、ガス計測の基本原則として非分散形赤外線ガス分析計(NDIR)を選んだことは当時のトップの洞見であろう。NDIRが持つ速い応答性と高い選択性は、その後、自動車排ガス分析や大気汚染監視の分野でHORIBAが確固たる地位を築いた最大の要因である。

急速なモータリゼーションや重化学工業化は、1960年代から先進諸国に深刻な公害問題を引き起こした。高感度で安定なガス計測機器が求められ、HORIBAはNDIRを使った自動車排ガス分析計など応用製品を次々と製品化し、一方では、化学発光法(CLD)や水素炎イオン化検出器(FID)など、より微量の汚染物質測定技術の開発も精力的に進めた。1980年代に入るとHORIBAのエンジン排ガス分析装置(MEXA)は世界の排ガス分析装置の代名詞にもなった。

1990年代に入ると、自動車から排出されるガス濃度は大気中よりも低くなり、また測定対象成分の種類も大幅に広がってきた。FTIRや質量分析計などの汎用分析機器と独自に培ってきたサンプリング・ノウハウとを組み合わせ、超低濃度エンジン排ガス分析装置(MEXA-SULEV)を開発し、エンジン排ガス計測のトップランナーとして走り続けている。

一方、環境用ガス計測の分野では、1960年代の後半にザルツマン法(窒素酸化物)やクーロメトリ法(硫黄酸化物)などいわゆる湿式法の大気汚染測定装置(APシリーズ)をリリースした。しかし、湿式法は試薬を定期的に補給しなければならないなどメンテナンス性が悪い。HORIBAは、自動車排ガス計測で開発したCLDやFIDを応用した乾式大気汚染測定装置を開発し、海外市場で高い評価を得た。一方、日本国内では、乾式法の優位性を繰り返し粘り強く実証し、1996年の公定測定法化に寄与した。

更に2002年には、飛行時間型質量分析法(TOF-MS)を使った極微量の揮発性有機化合物(VOC)を測定する有害大気汚染物質測定装置(MS-200)を開発し、シックハウスや土壌汚染などから生態系全体を守るための計測機器へアプローチしている。

NDIRから始まったHORIBAのガス計測技術の樹は、各種の物理・化学的なガス分析法を加えながら、エンジン排ガスや大気などの環境計測、プラント計測、煙道排ガスへと広げてきた。応答性と選択性がこの樹のキーワードであることは今後も変わりはないが、更に快適性も大きなファクタになるだろう。

シンチレータからXGTへ至る“固体計測の樹”

1970年代に入ると、液体、気体に続けて、固体計測の分野へも進出を図った。初めての固体分析は、エネルギー分散形X線検出器(EDX)を使った元素分析装置(EMAX)から始まった。

EDXのルーツは創業間もない頃に始めたNaIシンチレータである。1960年代にはシンチレータの大型化を図る一方で、より高いエネルギー分解能を持つEDX検出器の研究を進めた。そして、1975年に国産初のX線元素分析装置(EMAX-1000)を製品化した。その後、高純度シリコンを使って保管時には液体窒素の補給が不要な検出器(XEROPHY)や、ケモメトリックス手法を使った相分析用ソフトなど、オリジナリティの高いハード・ソフトを開発し、海外の競合製品との厳しい競争を乗り越えてきた。

一方 X線分析市場が成熟し、グローバル化が急速に進む中、HORIBAは2000年にはイギリスの科学分析機器メーカーであるオックスフォード社と提携し、両社の特徴を補完する形で世界市場への展開を始めた。

EDXを使った応用製品として蛍光X線方式の元素分析装置(MESA)も当初から手がけてきたが、大きな変革を起こしたのは、1994年に開発したX線分析顕微鏡(XGT)である。X線導管とEDXとを組み合わせたこの装置は、それまでの「X線分析顕微鏡はSOR光などの巨大な設備を使うものだ」という常識を破り、最小10 μ mビームによる蛍光X線分析を机の上で可能にした。

EDXセンサの開発から始まったHORIBAの固体計測の樹は、「国産初」から「グローバル・ナンバーワン」へとキーワードを変え、品質管理の現場など、さまざまな用途に使用されている。

点から面へと広がる光計測と情報・エンジニアリング

液体・気体・固体計測と製品分野が拡大すると共に、市場からはさまざまなニーズがもたらされるようになってきた。過去50年間の歩みの前半、HORIBAは、NDIRによる自動車排ガス分析装置で代表されるように、測定対象や用途を限定した計測機器を中心に展開してきた。このような計測機器は、コストパフォーマンスが高いという大きなメリットがあるが、半面、多様性に欠ける点が難点でもあった。そこで、1980年代以降は「光計測技術」の育成に力を入れてきた。

1984年にはレーザ散乱計測技術を利用してレチクル・マスク上の異物検査装置(PD)を開発した。半導体市場への本格的な進出であった。続けて、同じくレーザ散乱を使った超純水中のパーティクルカウンタ(PLCA)、分光分析を利用した洗浄薬液モニタ(CS)へと発展させていった。

2001年には、新たにHORIBAグループに加わったフランスのJobin Yvon社(JY)が得意とする分光エリプソメトリとHORIBAのメカトロニクスとを融合させて全自動超薄膜計測システム(UT-300)を製品化した。更には、このシーズをフラットパネルディスプレイの検査装置へも応用を広げようとしている。

JYの参加は固体計測分野でもHORIBAグループの守備範囲を広げた。同社が得意とするICP-OES、GD-OESなどの発光分光分析は、HORIBAの金属・セラミックス中元素分析装置(EMIA/EMGA)と補完し合うものとして期待している。

モノづくりを支える基盤技術

製品・技術の樹の根幹をなすのがセンサであり機械・電気・情報技術である。HORIBAの分析・計測機器メーカーとしての最大の特徴は、これらの基盤技術を自社で生みだし、辛抱強く育ててきた点にある。ちょうど、製品・技術の樹がしっかりと根をおろす大地のような働きを果たしているのが基盤技術である。

電子技術とソフトウェア

かつて分析・計測機器は、素晴らしい発想と技術に基づく“からくり”メカニズムのようなものであったが、最近では自然現象を的確に捉える高度な知的マシンになっている。これは、真空管、半導体、IC、LSI、CPU/MPUの電子技術発展の流れに乗って革新を続けてきたおかげである。電気信号をアナログ・デジタル処理し、更に機械と電気を複合化した制御技術によって、製品・技術の大きな樹を実現してきた。それらは、一口に電気系と表現できない程、実に幅広い技術要素(アナログOPアンプから、デジタル制御・電源制御、コンピュータ制御など)を含んでいる。

一方、最近の分析・計測機器は、制御と計測データの演算・解析とを同時に処理することが欠かせなくなっている。そして、両者を処理・統合しているのが、コンピュータとソフトウェア技術であり、システム設計技術である。今後の科学技術の中核をなすナノテクやバイオを支える分析・計測機器には、微量・微細に過渡現象を含めた、高精度・高速応答へのニーズがますます高くなるものと考えている。

また、蛍光X線分析、FTIR、質量分析など分析・計測機器が扱うデータはますます膨大になっている。コンピュータとデータ処理・解析ソフト技術の向上が分析・計測機器の新たな応用範囲を広げるであろう。HORIBAは、1970年代初頭からソフト技術への開発投資を始めており、常に更なる高度化を目指してきた。この分野に技術の“樹”を確立し、時代の要求に応えることが、次なる50年に向かって更なる成長の鍵を握っていると言っても過言ではない。

設計技術と支援ツール

電気系に並んで機械系の設計技術が製品化を支える技術として欠かせない。設計技術の進化もコンピュータとソフトウェアの発達によるところが多い。日本で青写真図面から湿式・乾式コピーが始まった1960年代後半、米国では既に大型コンピュータによるCAD設計(2次元)構造解析が実用化されていた。その後、それらは自動設計への道を開くものとして試行錯誤を繰り返しながら、現在では製造業のIT化の基本ツールとなっている。

HORIBAでは、まず電子回路のPWB(プリント・ワイヤ・ボード)化に取り組んだ。現在、電気回路の設計、評価、ボードの製作、実装・組立作業指示まで、設計・生産・製造プロセス全体を一元的に管理する環境を構築した。これによって、リードタイム(L/T)の短縮、実装品質の向上など、大きな成果が得られている。

一方、機械系の面ではより幅広い技術が必要となる。機械系技術者が分析・計測機器の設計をカバーすべき技術は実に広範囲である。測定対象は液体・気体・固体とさまざまな形態をしており、しかも測定中に化学変化や温度変化などを伴うことも少なくない。このため、材料に関する豊富な知識や機器が使われる現場の状況を的確に把握し、それらを総合的に処理した結果が設計のアウトプットとなる。

更に、設計結果を生産に向けて、生産情報に展開する必要がある。この情報処理は、L/Tの短縮に欠かせない重要な生産技術の一つであり、生産革新に向けた大きな課題である。

機械系のIT化は、コピー機などの既存図面の流用・編集設計に始まり、2次元CADから3次元CDA設計へ、CAE解析(強度、温度分布、流体など)、機械加工情報のCAM化(金型製作・板金加工)など確実に変革が進んできた。最近では、部品リストと称する材料調達情報、作業指図、取扱説明書、サービスマニュアルなどの基本情報を自動的に作成し、開発・設計・生産工程を同時進行させることにより、トータルなL/T短縮と品質を向上させている。

生産のシステム化・自動化とMEMS

HORIBAは、pH電極の応答ガラス、NDIR用ニューマティックセンサ、赤外線結晶、多層膜干渉フィルタ、焦電型赤外線センサ、半導体X線検出器など、分析・計測装置の鍵を握る主要なコンポーネントは自ら開発・生産してきた。ワールドワイドな競争が激化する中、コンポーネント単体の品質向上、納期短縮、コストダウンの要求がますます高まっている。このニーズに応えるため、キーコンポーネントの設計技術や生産・検査ツールの高度化、自動化、システム化、情報化を進めている。

しかし一方では、キーコンポーネント造りには熟練した技術者・技能者の経験と勘に頼る部分が少なくない。また、せっかく培ったノウハウを伝承できないケースも増えている。このような問題は、HORIBAでも、焦電素子センサ、赤外線透過フィルタ、PWB表面実装工場設備などの導入で経験をした。そこで、HORIBAでは、製造担当者自身が自由な発想で改善を進める取り組みを進めている。従来のような製造担当者の立場ではなく、開発・生産を含めた製造技術者という視点での発想・思考が芽生え始めている。これは、単に当社だけにとどまらず、今後の日本の製造業のあるべき姿の一步を踏み出したと認識している。

また、半導体技術を応用した微細加工を使ってセンサやコンポーネントの複合化・高度化を進めている。例えば、2次元pHセンサを開発して光走査型化学顕微鏡(SCHEM)を製品化したり、64素子のサーモパイルアレイによる2次元放射温度計(アイスクエア)などを生み出し、創立50周年を期にHORIBAの技術力を世に問うている。

トータル保全とアプリケーションサービス

これまでHORIBAの製品の多くはシーズとニーズの関係で成長してきた。ニーズがあってシーズが開発されたというより、むしろ、開発したシーズをいかにして商品化するかに主眼が置かれたケースも少なくなかった。

分析・計測機器は、製品が現場に組み込まれてから初めて課題が発生するケースも多々ある。これは、測定対象の性状が現場の環境条件によってさまざまに変化し、計測結果に大きく影響を及ぼすためである。そのため、製品を現場に設置する段階で、プロセスやサンプルの性状に関する情報を、前処理や設定条件にタイムリーに反映させることが大きな課題となる。HORIBAのサービス部門は、製造や設計・開発部門を経験した技術者によって構成されてきた歴史があり、製品の性能や設計・製造に関わるノウハウを熟知している。彼らは、現場で得られた情報(トラブル

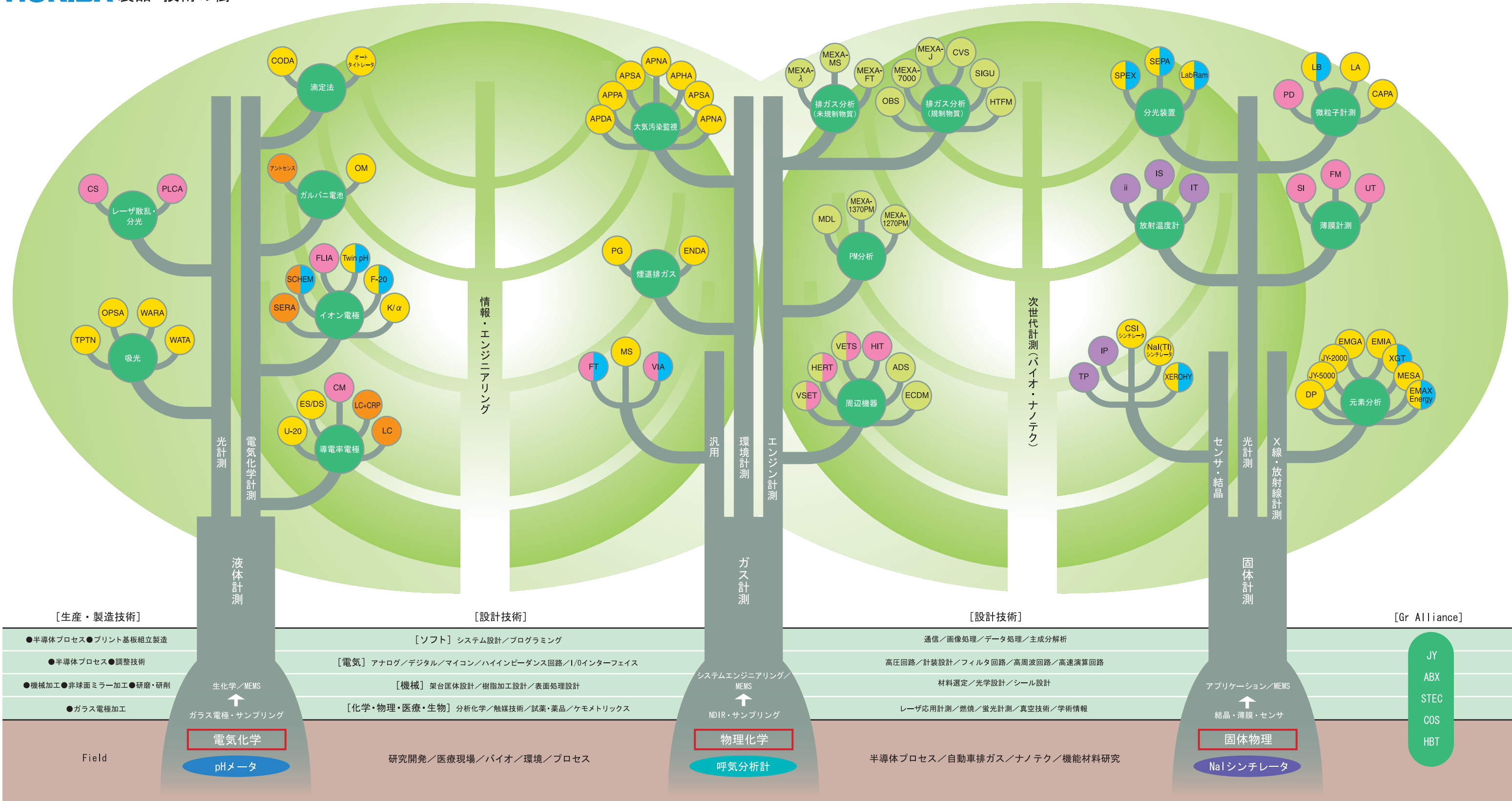
ル、問題点、解決策など)をいち早く見つけ出し対応する。更には、お客様と一体となってトータル的な保全サービスに努める。HORIBAの競合他社に対する強みは、このようにして培われてきた前処理技術であり、使いやすさを追求した設計技術である。

分析・計測機器メーカーのコア・コンピタンスの一つとして、アプリケーションサービスがある。HORIBAの分析センタは、お客様に対する購入前の分析サービスはもちろん、新たな分析技術の研究開発も活発に行っている。また、開発・設計・生産・品質管理活動を支える活動を通じて、前処理技術や周辺機器の開発や、品質・機能改良のために積極的に提案している。ISO 9001, ISO 14001に続き、ISO/IEC 17025の認証を取得したことは、HORIBAのアプリケーションサービスの質の高さを裏付けているものと考えている。

HORIBAの“DNA”を伝え、広げる

HORIBA 50年間の歩みの中で、筆者はその半分超を過ごしたに過ぎず、今日の土台を築かれた先輩たちの本当の苦闘は知らない。しかし、日頃の設計・開発業務を通じて、当時の悪戦苦闘を垣間見ることがある。縁あって1つの企業に集った者たちが、それぞれの役割を分担して“夢”を実現してきた結果が、HORIBAの“製品・技術の樹”である。発想と実証のフィロソフィ、時代が求める製品を生み出すHORIBAの“DNA”は、21世紀を担う次なる世代にも脈々と伝えられ、着実にものにしていくに違いない。

当社の分析・計測機器が、科学技術の発展や地球環境の保全に寄与できるという滅多にない機会が与えられた幸運と、本稿執筆に協力いただいた各位に深く感謝しています。

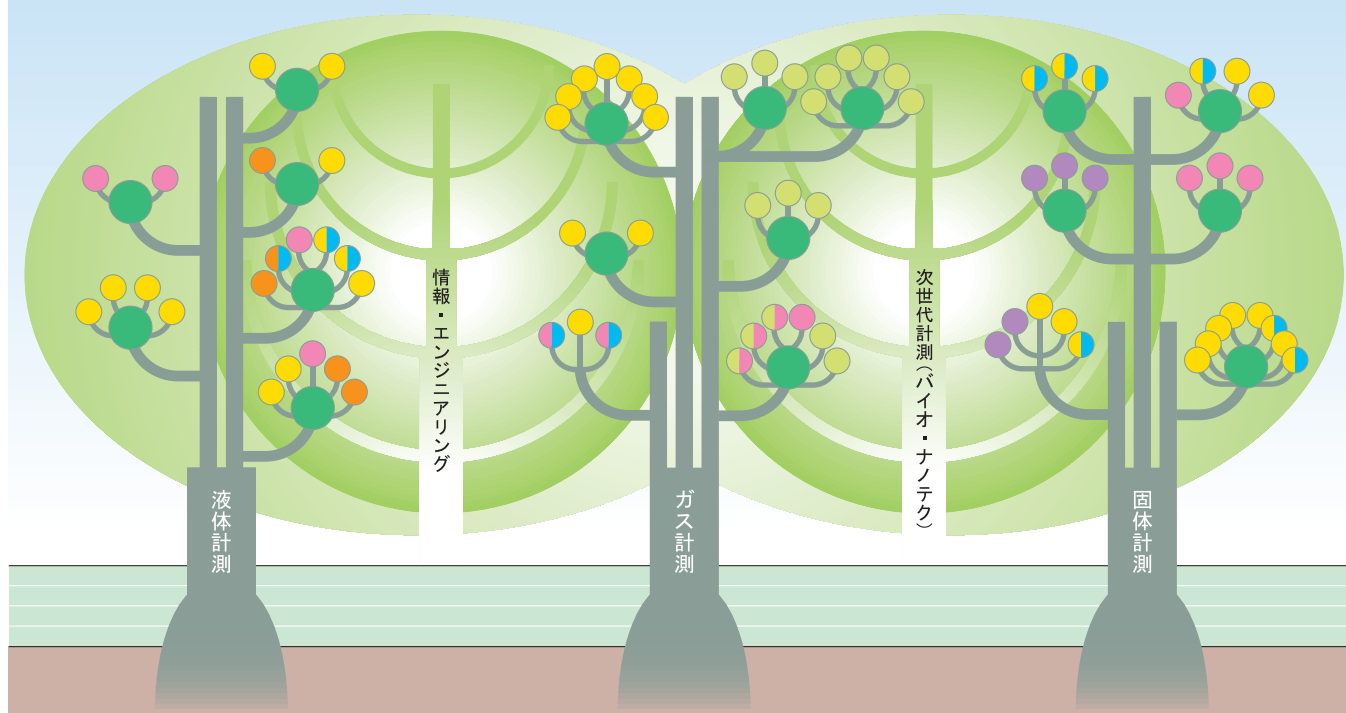


- | 光計測 | 電気化学計測 | 汎用 | 環境計測 | エンジン計測 | センサ・結晶 | 放射温度計 | 分光装置 | 薄膜計測 | 微粒子計測 |
|---|---|---|---|--|--|--|--|--|-------|
| [吸光] ●自動全窒素・全りん測定装置 TPNA ●有機性汚濁物質測定装置 OPSA ●河川水質自動監視装置 WARA ●レンズ集光式濁度計 WATA [レーザー散乱・分光] ●インラインパーティクルセンサ PLCA ●薬液濃度計 CS | [導電率電極] ●マルチ水質モニタリングシステム U-20 ●フッ酸濃度モニタ CM-200 ●導電率計 ES/DS ●自動血球計数CRP測定装置 LC+CRP ●自動血球計数装置 LC [イオン電極] ●自動電解質分析装置 SERA ●自動フッ素イオン測定装置 FLIA ●光走査型化学顕微鏡 SCHEM ●コンパクトpHメータ Twin pH ●ラボ用pH/イオンメータ F-20 ●工業用pH計 K/α [滴定法] ●自動COD測定装置 CODA ●オートタイトレータ | ●FT-IRガス分析計 FT ●ポータブルVOC分析計 MS ●汎用形赤外線ガス分析計 VIA | [煙道排ガス] ●廃棄物焼却プラント用ポータブルCO ₂ 分析計 PG ●煙道排ガス分析装置 ENDA [大気汚染監視] ●大気汚染監視用SPM濃度測定装置 APDA ●大気汚染監視用HAPs濃度測定装置 APPA ●大気汚染監視用O ₃ 濃度測定装置 APSA ●大気汚染監視用NO _x 濃度測定装置 APNA ●大気汚染監視用HC濃度測定装置 APHA ●大気汚染監視用SO ₂ 濃度測定装置 APSA ●大気汚染監視用CO濃度測定装置 APNA | [周辺機器] ●台上モード運転装置 VSET ●エンジン自動車計測制御システム HERT ●自動車排ガス試験システム VETS ●自動車運行システム HIT ●自動運転システム ADS ●48インチシャシダイナモメータ ECDM [PM分析] ●マイクロトンネル MDL ●超微量PM分析装置 MEXA-1370PM ●連続PM測定装置 MEXA-1270PM | [排ガス分析 (未規制物質)] ●直挿形空燃比計 MEXA-λ ●ソフトイオン化質量分析計 MEXA-MS ●フーリエ変換方式エンジン排ガス分析装置 MEXA-FT [排ガス分析 (規制物質)] ●車載型排ガス計測システム OBS ●排ガス分析装置 MEXA-7000 ●車検用排ガススタ MEXA-J ●自動車排ガス定容量試料採取装置 CVS ●触媒評価装置 SIGU ●ヘリウムトレース排ガス流量計 HTFM | ●サーモパイル型赤外センサ TP ●焦電型赤外センサ IP ●CsIシンチレータ ●NaI (TI)シンチレータ ●SiX線検出器 XEROHY | [放射温度計] ●非接触2次元放射温度計 アイスクエア ii ●人体センサ付電源リモコン IS ●放射温度計 IT [分光装置] ●蛍光分光装置 SPEX ●高速・高感度分光計 SEPA ●ラマン分光測定装置 LabRam | [薄膜計測] ●Si基板フラットネススタ SI ●LCDモジュール輝度コントラスト自動評価装置 FM ●全自動超薄膜計測システム UT [微粒子計測] ●レティクル/マスク異物検査装置 PD ●動的光散乱式粒径分布測定装置 LB ●レーザー回折/散乱式粒径分布測定装置 LA ●超遠心式自動粒度分布測定装置 CAPA | |

- IT
- メディカル
- 環境・分析
- エンジン
- バイオ
- ユーティリティ

HORIBA 製品・技術の樹

1953年1月26日、ガラス電極を使ったpHメータを携えて産声を上げたHORIBAは、今年、創立50周年を迎えました。この間、市場のニーズを素早くキャッチし、時々最新の技術を駆使して各種の計測機器を製品化してきました。現在、その数は1000種を超えています。ここでは、ゆるぎない大地（基盤技術）の上にとっかりと根を下ろし、3本の太い幹（液体・ガス・固体計測技術）の先に、たわわな果実（製品）を実らせた「HORIBA製品・技術の樹」を描きました。この扉を開いて、21世紀も活躍するHORIBAの姿をご覧ください。



pH計測の新たな挑戦

ガラス電極の次に来るものは何か？

野村 聡

要旨

HORIBAは1950年に国産初のガラス電極式pHメータを完成して以来、常にトップメーカーとして科学技術の発展に寄与してきた。pHは水素イオン濃度を示す指標として、近年、特に生物・生命科学の分野でますます重要になっている。本稿では、HORIBA創立50周年を記念して、当社のコア・テクノロジーの一つであるpH計測に関する最先端の研究開発動向をまとめて紹介する。

1 はじめに

pHは溶液物性のパラメータとして最も重要なものであり、我々の身の回りで起きている多くの現象を律するものである。そもそもpHという概念が提唱されたのは、今から約1世紀前に遡り⁽¹⁾、pH測定法として現在最も普及しているガラス電極によるpH測定法の原型が提案されたのも、pHの概念が提唱された時期に遅れること数年である⁽²⁾。HORIBAでは、創業以来、ガラス電極によるpH測定技術の改良、普及に努め、溶液物性の重要なパラメータであるpHをより簡便に正確に測定することを可能とし、科学技術の発展に貢献してきた。

一方で、ガラス電極によるpH測定法は、決してpH測定のあるあらゆる場面に適用できてきたわけではない。pHの概念が提唱されて以来、あらゆる手段を用いて、この重要な溶液パラメータに多くの人たちが立ち向かってきたのも確かである。HORIBAでも、ガラス電極の形状やサイズを工夫して、pH測定の可能性を広げる努力を行ってきた。しかし、今日発展の著しい半導体、バイオ、ナノテクなどの技術分野においては、原子や分子レベルの化学反応の理解が必要となり、ガラス電極法によるpH測定の応用にも限界が生じる。これからの科学技術の発展に、pH、そしてプロトンの測定で貢献していくためには、今一度、これまでに考案されてきた種々のpH測定法を見直すと共に、今後の科学技術に貢献できるpH測定法について考える必要がある。

本稿では、我々がこれまでに取り組んできたpH測定法をしばらく忘れ、先人たちがガラス電極の他に

も、どのようなpH測定方法を提案し、実現しようと努力してきたのか、また、それらにどのような未来があるのかについて考えてみたい。この半世紀の間、日本の世界のpH測定をガラス電極法という手法で牽引してきたHORIBAの一員として、そして、今後もpHとプロトンに関わっていききたいという思いをこめて。

2 ガラス電極を用いない電気化学的pH測定技術

本章では、ガラス電極を用いない電気化学的pH測定法として、どのような手法が提唱され、活用されてきたかを述べる。

2.1 金属酸化物電極と液体膜型pH選択性イオン電極

電気化学的原理に基づく電位差測定法において、ガラスを用いない電極を活用しようという挑戦は古くから行われてきた⁽³⁾。

一つは、ある種の金属酸化物が、被検液に浸された時、水素イオンまたは水酸イオンの濃度に応じた酸化還元電位を発生することを利用した金属酸化物電極である。代表的な酸化アンチモン電極では、電極を被検液に浸すと酸化還元反応に伴う起電力が発生する。この起電力が溶液のpHに比例するため、これを測れば結果としてpHを求められる。

金属酸化物電極は、応答部が丈夫で取り扱いやすい利点があり、さまざまなものが開発されている。例えば、酸化イリジウムを用いた微小pH電極が実用化されている⁽⁴⁾。しかし、電極の研磨状態によって指

示が変わったり、再現性が悪いなどの欠点があり、現在では限られた用途のみに使われている。

また、特定のイオンに選択的に反応するイオノフォアと呼ばれる化合物を有機溶媒に溶し、塩化ビニール(PVC)などの高分子マトリックスに保持させた液膜型のイオン選択性センサがある^[5]。イオノフォアとしてプロトンや水酸化物に反応する物質を用いれば、pHセンサとして機能させることができる。このタイプの電極は、感応部にガラス膜を用いていないため、特に小型化・微小化には適しており、生物分野で広く用いられている。

2.2 半導体技術を用いたpHセンサ

半導体技術とpH計測技術とを融合させた新たなpHセンサが1970年代に発明され^[6]、pHメータのコンパクト化、高機能化への道が開かれた。最初に発明されたセンサは、ISFET(Ion Sensitive Field Effect Transistor)と呼ばれ、端的に言えば従来のガラス電極とpHメータの初段増幅器とを1つのシリコン基板に形成した、いわゆるワンチップ・センサである。ISFETは、MOSFETのゲートそのものがpH応答部となっており、ガラス電極のように、高インピーダンスの増幅器が必要ない点が特徴である。pH応答膜としては、化学的気相成長法(CVD)で作製した Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 などの薄膜が用いられることが多い。ISFETは、半導体プロセスを使って作製するため、微小で自由な形状のものを加工しやすい。

一方、同じようにシリコン基板をベースにしたLAPS(Light Addressable Potentiometric Sensor)が1980年代に発明された。LAPSは絶縁体($\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$)半導体(Si)からなる構造を持つ^[7]。 Si_3N_4 はプロトン感受性の薄膜で、電解質溶液と接触させると、電解質中のプロトンの量に応じた界面電位を生ずる。この時、シリコンと電解質の間に電圧を印加しておき、シリコンに変調した光を照射すると、シリコンの内部に光励起された交流電流が流れる。この電流が電解質のpH値に応じて変化することから、pHの測定が可能となる。

LAPSの特長は、pH感応部を平面化し、小さくできる点である。従って、微小領域のpHをそれぞれ独立して測定することができる。つまり、Light Addressableという名の通り、測定点の「番地付け」が可能となる。

LAPSの応用例としては、センサが平面であること

を利用して、細胞代謝をpH値の変化から評価する装置や、センサ表面の複数個所で生じる酵素反応をモニタする装置^[8]などが実用化されている。

この他に、スクリーン印刷技術を用いて、液膜型イオン選択性電極をシリコン基板上に形成したpHセンサも提案されている^[9]。電極やpH応答膜部をスクリーン印刷で形成することにより、容易にコンパクトでフラットなセンサが実現できる。

HORIBAでは、スクリーン印刷技術を用いてシート型pH複合電極を10年以上前に開発している(図1)。この電極を使ったカード型pHメータCardyシリーズや、スティック型のTwinシリーズ(図2)は、現在も手軽なpHメータとして幅広い分野で使っていただいている。

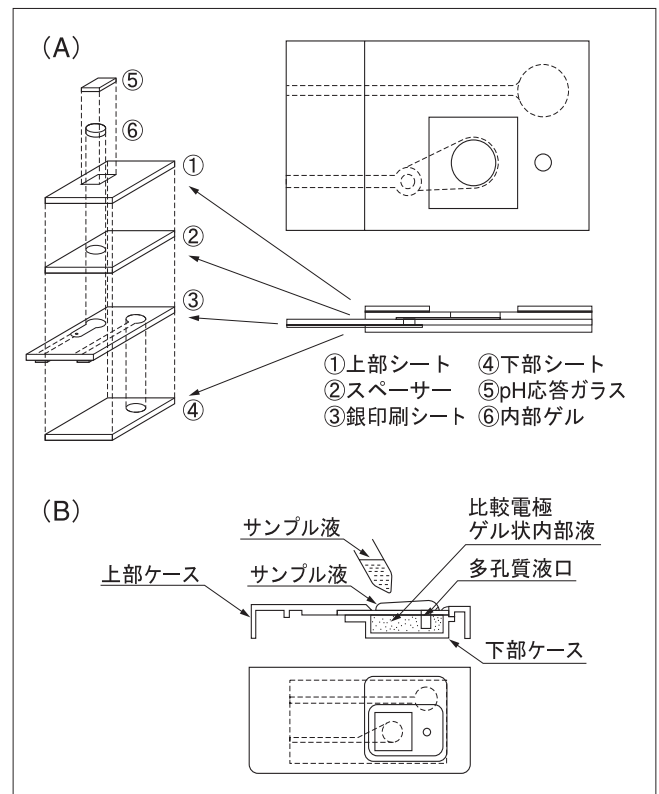


図1 シート型pH複合電極



図2 コンパクトpHメータ<Twin pH>

3 特殊な環境におけるpH測定

生物学におけるpH測定の試み

特殊な環境下におけるpH測定例として、生物学の分野における研究動向を紹介する。生物学の研究者達は、古くからいろいろな手段を使って生き物を最小単位に分けて観察しようと努力してきた。その成果が顕微鏡技術である。同様に、生物の最小単位である細胞内pHの計測もまたターゲットの一つであった。これは、生物反応の多くが細胞内のpHによって調節を受けており、細胞内pH測定が生物学の発展にとって重要な課題であったからである⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

3.1 微小電極法

本法はガラス電極や液膜型イオン選択性電極を微小化し、細胞に直接突き刺して内部のpHを測定する方法である。突き刺しによる細胞への影響をできる限り抑えるためには、電極は極力小さくしなければならない。ガラス微小ピペットの先端にpH応答ガラスを付けた⁽¹²⁾、水素イオン選択性液体膜をピペットに詰め込んだ電極⁽¹³⁾が用いられてきた。微小で製作が容易な後者が主に用いられてきたが、やはり微小化には限界があり、比較的大きな細胞測定が中心に適應されている。

3.2 標識弱酸・弱塩基を用いたpH測定法

脂溶性弱酸・弱塩基は細胞膜を透過して細胞内部に蓄積されるが、その透過量は細胞の内側と外側のpH値の差に依存する。この現象を利用して、脂溶性弱酸・弱塩基の濃度を測定することによってpHを測定する。これらの濃度測定には、アイソトープによる標識や、蛍光・吸光性の弱酸・弱塩基が用いられ、標識試薬に関する研究も報告されている。本pH測定法は、非常に小さな細胞にも適應できる利点がある一方で、付加した弱酸・弱塩基が平衡に達するまでの時間が長く、急激に変化するpHを連続的に追いかけることは難しい。最近では、細胞内の小胞など、より微小部のpH測定に使用されている⁽¹¹⁾。

3.3 蛍光性試薬を用いた方法

細胞質に蛍光性pH指示薬を導入し、特定の波長の光で励起した際に生じる蛍光スペクトルを測定することから細胞内pHを測定する方法である。蛍光色素としては当初はフルオロセインが用いられたが⁽¹⁴⁾、その後はその誘導体であるBCECF^{*1}などが主に用いられているようになった⁽¹⁵⁾。

細胞に対する侵襲性が少なく、急激なpH変化を連続的に測定できるなどの利点があり、広く用いられるようになった。一方で、蛍光の消滅時間の関係で測定可能時間が10~12分に制限されることや、蛍光強度がタンパクの影響を受けることなど問題もある。

本測定法は、後述のオプトードや蛍光顕微鏡などの新しいpH測定法の技術開発につながり、生物学への貢献は非常に大きいものがある。

*1: 2',7'-bis(carboxyethyl)-5,6-carboxyfluorescein

3.4 オプトード

蛍光物質の消光現象を利用したシンプルなセンサであり、イオン選択性電極同様に各種のイオンの測定に用いられている⁽¹⁶⁾。光ファイバーの先に各種イオン応答の蛍光物質を保持した構造をとることから、電極(electrode)の対比語としてオプトード(optode)又はoptrode)という名称がつけられている。イオン応答物質としてプロトン選択性のイオノフォアを用いたものがpH測定用のオプトードである。

オプトードは発明以来、測定部の微小化、イオン応答性蛍光物質を安定保持などさまざまな工夫・改良がなされ、既存の微小電極よりはるかに小さいものが開発され⁽¹⁷⁾、ラットの子宮内の測定などにも採用されている⁽¹⁸⁾。

3.5 NMR法によるpH測定

リンの同位体³¹Pを含む溶液の核磁気共鳴(NMR)スペクトルは、溶液のpH値に応じてシフトする。この現象を利用してpHを測定する手法は、測定精度や大がかりな装置が必要になるなどの問題はあるが、細胞内部を無侵襲でpH測定できる点では画期的である⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾。

4 局在化したプロトンの分布を観る

前章までに述べたpH測定法は、いずれも溶液中にプロトンが均一に存在する状態を定量的に評価する手法である。一方で、pH変化が関与する反応過程では、結果としてプロトンが局在化した状況が必ず発生しているはずである。このようなプロトンの局在状態を把握することは、身の回りの化学現象への理解を深める上でも大変重要である。このような観点から、本章では、プロトンの局在化した状況を把握する、言い換えれば“観る”方法として近年注目されているpHイメージング技術を紹介する。

pHイメージング技術として、最も早くから研究されていたのは、蛍光顕微鏡や共焦点レーザー顕微鏡を用いる方法で、これらの手法を発展させてきたのは、やはり生命の最小単位について探求してきた生物学者達である。近年は、光学技術の目覚ましい発展により、空間分解能は μm オーダーに、時間分解能もミリ秒のオーダーに達している。その結果、生命現象に伴う細胞内あるいは細胞間でのプロトンの動きがリアルタイムで観察されるようになってきている^[21]。一方、電気化学法においても、比較電極を機械的に移動させてpHの2次元分布を測定する走査参照電極法が金属腐食の研究者によって提案され^[22]、この手法を発展させた走査型振動電極法などが考案されている。その他、走査型トンネル顕微鏡 (STM) に、先を細くした金属酸化物pHセンサを探針の代わりに装着し、STMの高精度の機構を用いて数 μm レベルの空間分解能でpH画像を得ようという試みも行われている^[23]。

HORIBAは、前述のLAPS法を応用したpHイメージング顕微鏡 (図3)を開発し、多岐に渡る分野の研究開発に使っていただいている^{[24][28]}。図4にpHイメージング顕微鏡の測定原理を示す。



図3 pHイメージング顕微鏡とセンサ

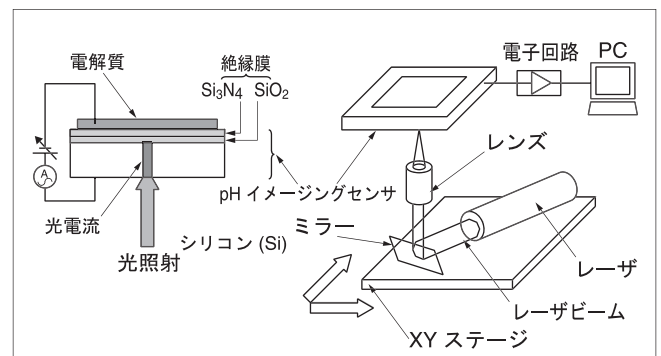


図4 pHイメージング顕微鏡の測定原理

5 これからのpH測定を占う ナノテクとpH・プロトン

近年、ナノテクやバイオテクと言われる科学技術が目覚ましく発展している。pH計測技術もまた、この動きと共に発展し続けていかなければならない。本稿の締めくくりとして、pH測定技術の最前線を最先端の科学技術動向との絡みで紹介する。

ナノワイヤ、ナノ粒子といったナノメートルサイズの材料開発の成果が、新規なpHセンサ開発にも結びついている。例えば、ナノワイヤをドーピングした半導体を用いて、応答部がナノメートルサイズのISFETが実現した^[29]。ゲートサイズがナノメートルレベルにまで微小化できることで、例えば、生体膜のイオンチャンネルにおけるプロトンの動きを、チャンネルごとに検出できる可能性も開けるであろう。

一方, ナノテクノロジー発展の原動力の一つである近接場光学は, 前述のオプトードの微小化, 高機能化に寄与している。また, ナノ粒子を用いたPEBBLE^{*2}というpH測定法が提案されており, 非接触で生物細胞のさらに内部の情報をも知る手がかりが得られている^[30]。

これらのナノテクを用いた新規なpH測定手法は, 生命現象の根源を理解することに多に貢献できるものと考えられる。もちろん, ナノ材料の開発・生産断面においても, 微小な領域のpHコントロールという点で, これらの新規なpHセンサの活用が期待される。

従来, 我々が取り扱ってきたpH計測という概念に基づくと, ガラス電極で測定できるpH範囲は一般的に1から14, 分解能は0.001pHであった。仮に, pH = 14の水素イオン濃度を単純に 10^{-14} Mとした場合, その溶液に存在するプロトンは 10^9 個になる。ガラス電極で分解できる最小pH値は0.001pHであるから, 10^{20} 個のプロトン数の差しか検出できていないことになる。現在ナノテクノロジーが目指している, 分子, 原子レベルの議論をプロトンに関してもするのであれば, 更に9桁から20桁も小さい量のプロトンを相手に, 挑戦していかねばならない。“ハイテクの一步先にいつもHORIBA”。このコーポレートスローガンの達成を目指して, pHそしてプロトン計測に対するチャレンジを続けていきたい。

*2: Probes Encapsulated By Biologically Localized Embedding

参考文献

- [1] Cremer, M.: Z. Biol., 47, 562 (1906)
- [2] Sorensen, S.P.L.: Biochem. Z., 21, 131, 201 (1909)
- [3] Koryta, J.: Anal. Chim. Acta, 233, 1-30 (1990)
- [4] Kato, A., Konno, Y., Yanagida, Y., Yamasato, M., Taguchi, T., Motohashi, R. and Katsube, T.: Analytical Sciences 7 Supplement 1577 ~ 1580 (1991)
- [5] Schulthess, P., Shijo, Y., Pham, H.V., Pretsch, E., Ammann, D., Simon, W.: Anal. Chim. Acta, 131, 111-116 (1981)
- [6] Berveld, P., IEEE Trans., Biomed., Eng., 19, 340-351, 1972
- [7] Hafeman, D. G., Parce, W. J., and McConnell, H. M.: Science 240, 1182-5 (1988)
- [8] Parce, W. J., Owick, J.C., Kercso, K.M., Sigal, G. B., Wada, H. G., Muir, V. C., Bousse, L. J., Ross, K. L., Sikic, B. I. and McConnell, H. M.: Science 246, 243-247 (1988)
- [9] Goldberg H. D., Brown R. B., Liu D. P. and Meyerhoff M.E.: Sensors and Actuators B 21 171-183 (1994)
- [10] Kurkdjian, A. and J. Guern: Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 40: 271-303 (1989)
- [11] 花岡一成, 今井正, 吉富宏治, 日本臨床 9 2048-2053 (1992)
- [12] Herbert, N. C.: In Ion-selective Microelectrode, (ed: Berman, H.J. and Herbert, N. C.) 23-41, Plenum Press New York (1973)
- [13] Walker, J.L.: Anal. Chem., 43, 89-93 (1971)
- [14] Martin, M. and Lindqvist, L.: J. Luminescence, 10, 381-390 (1975)
- [15] Michael, J. B. and David, W. H., Methods in Cell Biology, 41, 135-148 (1994)
- [16] 鈴木孝治, 久本秀明, ぶんせき, 112-120 (1998)
- [17] Kopelman, R.: Anal. Chem., 69, 863-867 (1997)
- [18] Tan, W., Thorsrud, B. A., Harris, C. and Kopelman, R.: ACS Symp Ser (Am Chem Soc) No. 690, 266-272 (1998)
- [19] Moon, R.B. and Richerds, J.H.: J. Biol. Chem., 248, 7276-7278 (1973)
- [20] Roberts, J. K. M.: Ann. Rev. Plant. Physiol., 35, 375-386 (1984)
- [21] Kurtz, I. and Emmonos, C.: Methods Cell Biology, 38 183-193 (1993)
- [22] Isaacs, H. S. and Brijesh, V.: In Electrochemical corrosion testing, (ed. Mansfeld, F. and Bertocci, U.) 3-33, ASTM, Philadelphia PA (1981)

- [23] Bard, J. A.: Anal. Chem., 65,1213-1224(1993)
- [24] Nomura, S., Nakao, M., Nakanishi, T., Takamatsu, S. and Tomita, K.: Anal. Chem., 69, 977(1997)
- [25] Yoshinobu, T., Iwasaki, H., Nomura, S., Nakao, M., Nakanishi, T., Takamatsu, S. and Tomita, K.: Bioimages, 5, 143-147(1997)
- [26] Yoshinobu, T., Iwasaki, H., Nomura, S., Nakao, M., Nakanishi, T., Takamatsu, S. and Tomita, K.: Jpn. J. Appl. Phys., 37, L353-355(1998)
- [27] 中野裕子, 野村 聡, 川本忠文, 田上順次, 堀場 厚, 高野吉郎, 51, 473-476(2002)
- [28] Kitasako, Y., Hiraishi, N., Nakajima M., Nikaido T., Tagami J. and Nomura S.: Operative Dentistry, 27,354-359(2002)
- [29] Cui Y., Lieber C. M.: Science, 1289-1292(2001)
- [30] Brasuel M., Kopelman R., Aylott J. W., Clark H., Xu H., Hoyer M., Miller T. J., Tjalkens R. and Philbert M. A.: Sensors and Materials, 14, 6,309-338(2002)



野村 聡
Satoshi Nomura
開発センター
MEMS プロジェクト
チームリーダー

pH
温故知新

Simple is Best?

白・青・ピンク...いろいろなアジサイがありますが、この花の色と生育する土壌のpHとに関連があることをご存じですか? 普通、pH4.5~5の酸性土壌では青色が強く、酸性が弱くなるにつれて赤味を帯びてくるのだそうです。リトマス試験紙とは赤と青とが逆ですが、言ってみれば、アジサイは“梅雨に咲くリトマス試験紙”と言ったところでは。

ところで、色の違いで化学量を測る方法は、紀元前、60年代(ネロ皇帝時代)に食酢中の鉄分の没食子(もっしょくし)による着色現象で測定する方法、いわゆる比色法が起源とされています。リトマス試験紙はこの原理を発展させたもので、没食子の代わりにpHに応じて色が変わる試薬を用いて酸やアルカリの強度を評価します。

この手法の基本は、適当な試薬を使って呈色させ、その度合いを標準物質による呈色状態と比較することです。今日までに数多くのpH試薬が見出されていますが、20世紀の分析化学の父と呼ばれたIzaak Maurits Kolthoff(1894-1993)は、変色域の異なる指示薬を混合し、pH4~11の範囲で、1pH単位の変化ごとに異なる呈色を示す万能指示薬(universal indicator)を考案しました。

この万能指示薬での各pHでの呈色の見本が手元があれば、測定対象での呈色を見本と比較することによりサンプルのpH値を知ることができます。この万能指示薬を濾紙などに染み込ませたものがpH試験紙で、カラー印刷された呈色見本が試験紙と共に試薬メーカーから売り出されています。

pH試験紙は、測定精度がせいぜい小数点以下一桁程度と低く、また機器分析技術の急速な進歩によりあまり使われなくなりましたが、最近、手軽で安価なpH測定法として見直されています。

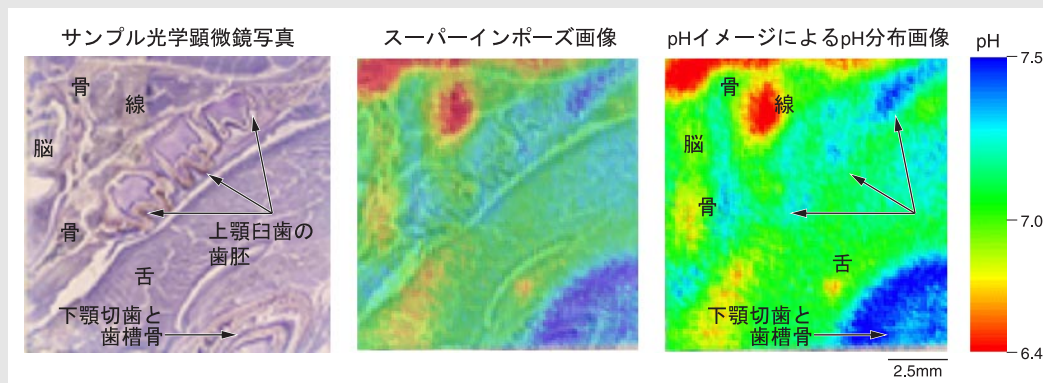
New Tool provide New World!

HORIBAは、永年蓄積してきたpH計測に関するノウハウと最新のMEMS(マイクロマシンニング)とを融合させてpHイメージング顕微鏡(SCHEM)を開発しました。

pH分布をイメージングすると何がわかるのだろうか?」「どんな用途があるのだろうか?」「将来、どのように展開するのだろうか?」こんな疑問が次々と浮かんできます。

まさに、「新しい道具は新しい世界を創る!」を実感します。

【ラットスライス資料の観察】



中野裕紀子, 他; 半導体シリコンセンサを用いるpHイメージング顕微鏡による生物資料の局所pHマッピングの試み”分析化学, Vol.51, No.6, pp. 473-476(2002)

HORIBA グループの製品と技術

HORIBA

ターゲットとする6つの領域

HORIBAグループが目指す市場は、大きくはIT、メディカル、環境・分析、エンジン、バイオ、ユーティリティの6つです。

IT

ITの領域では、半導体・液晶製造プロセス用の分析・計測及び制御機器をラインナップ。これらは新素材の研究開発の現場でも幅広く使われています。

メディカル

メディカル領域では、中・小型の血球カウンタを中心に、医療現場の効率・スピードアップに貢献。更に、生化学分析への進出を図っています。

環境・分析

環境・分析領域は、日・米・欧に加え工業化が著しいアジア各国にも、それぞれの事情に応じた製品を供給。

エンジン

排ガス分析の世界標準とまで言われているMEXAシリーズに代表されるエンジンの領域では、SLEVや燃料電池用の分析機器から周辺機器までエンジン計測全体をカバーしています。

バイオ

広範なバイオ領域では、抗原抗体反応を利用したバイオセンサを武器に、超微量環境計測分野にアプローチを開始。

ユーティリティ

ユーティリティの領域では、人体センザ“ついちゃうもん”など、日常生活に計測技術を持ち込んだコンシューマ・プロダクトにチャレンジしています。

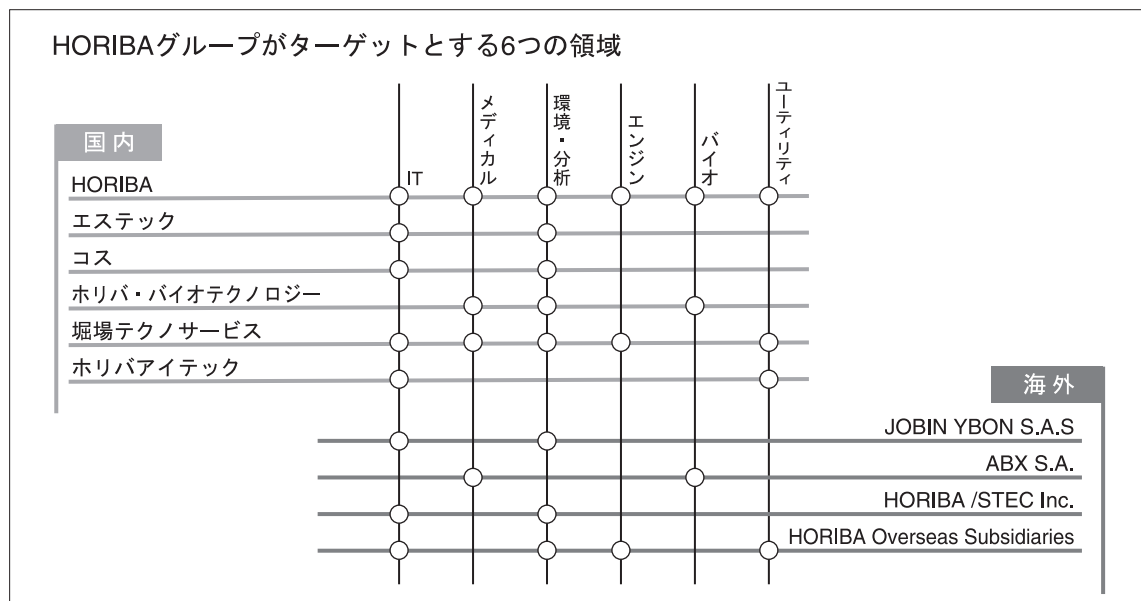
そして、これら6つのターゲット市場展開を支えているのが、HORIBAグループの5つのコアテクノロジーです。

礎となる5つのコアテクノロジー

pHメータに始まる液体計測技術、NDIR法を中心としたガス計測技術、蛍光X線による固体分析技術に加え、流体の計測・制御技術、及び分光計測技術の5つがHORIBAグループのコアテクノロジーです。pH、NDIR、X線は1953年の創立以来、HORIBAが培ってきた基幹技術で、今も液体・気体・固体計測関連製品を支え続けています。流体の計測・制御技術は半導体プロセスのキーデバイスであるマスフローコントローラでエステックを業界トップにした原動力です。また、コスはHORIBAの液体計測技術を受け継ぎ、半導体や農業分野に独自の製品を提供しています。

分光計測は回折格子の世界のトップメーカーであるJobin Yvon社(JY)が中心となって展開している技術分野です。分光エリプソメトリを使った超薄膜測定装置UT-300やABXが開発した臨床化学分析装置Pentra400は、HORIBAグループの計測技術を結集してできた成果の典型です。

HORIBAグループがターゲットとする6つの領域



グループ会社の概要

この創立50周年記念号では、HORIBAグループ各社の中でも特にオリジナリティに富んだコア技術を武器に新たな事業を展開している5社をピックアップし、それぞれの製品・技術を紹介します。



株式会社 エステック

得意の流体計測・制御技術をベースとしたマスフローコントローラのトップメーカーで、HORIBAグループの半導体事業の中核を担っています。エステックは、公害計測器検定用標準ガス発生装置の製品化ルーツとして1974年に設立されました。以来、標準化と品質確保に特に力を入れた製品・サービスを提供し、お客様から高い信頼をいただいています。最近の半導体産業の厳しい経済環境を背景として、エステックの製品のインテリジェント化、モジュール化、ネットワーク化を図り、半導体プロセス全体の生産性向上に貢献しています。



株式会社 コス

コスはHORIBAグループの液体計測のエキスパート集団です。1975年、農業分野や食品加工分野など、比較的小規模な新市場に向けた計測機器の製造・販売を目的に設立されました。最近では、生活排水や河川・湖沼などの水質保全用計測機器、半導体洗浄プロセスモニタなど、環境と半導体を主なターゲット市場として製品やサービスを提供しています。計測機器の総合サプライヤ、HORIBAグループの中で、当社の最大の強みは、お客様の現場に入り込んできめ細かいニーズをつかみ、すばやく具体化する軽快さです。



株式会社 ホリバ・バイオテクノロジー

環境負荷化学物質の高感度分析を目的に2000年3月に設立されたベンチャー企業。大学の研究成果とHORIBAの半導体センシング技術とを融合させて、環境ホルモンや残留農薬などの環境負荷化学物質を、超高感度でしかも手軽に測る製品・技術の開発を目指しています。免疫化学測定試薬キットを使った残留農薬分析は、食品原料メーカーや小児用食品メーカーにおけるスクリーニング用

として特に期待されています。近い将来、遺伝子組み替えを利用した抗原生産などの最新のバイオテクノロジーとHORIBAの物理・化学分析に関するノウハウとの組み合わせが、新たな市場を創り出していくに違いありません。



JOBIN YVON S.A.S

JYは1819年に創業を開始した総合光学機器メーカーで、本社をフランスに、世界中に拠点を置くグローバル企業。得意の分光技術をベースとした各種の光学・計測機器は、Jobin Yvon, Sofie, Dilor, Spexなどのブランド名で広く親しまれています。創業以来、主に研究開発者を対象とした種々の製品を提供し、優れた性能が高く評価されてきました。1997年にHORIBAグループに参入したのを機に、民間企業もターゲットに加え、半導体・バイオ市場に向かって積極的なビジネス展開を図っています。特に、「紫外・可視のJY」と「赤外・X線のHORIBA」とのアライアンスがもたらすシナジー効果は、お客様からも大きく期待されています。



ABX S.A.

1983年に設立したフランスの血液検査装置の専門メーカーで、現在は世界第5位の規模に成長しています。DHSS™やMDSS™など独自の技術を組み込んだ自動血球装置は、臨床検査の生産性向上に役立つと好評で、世界140カ国、25,000カ所以上の医療現場で活躍中です。1996年にHORIBAグループに参加して以来、ABXの研究開発力とHORIBAの生産技術力が相いまり、競合先へのOEMも含め高い信頼性を獲得しています。最近では、自動血球計数CRP分析装置 Micros CRPや臨床化学検査システムPentra 400など、HORIBAのグループ力を集結したユニークな新製品をリリースしています。

ジョバンイボンのコア技術 グレーティングとその応用

Michel Mariton

要旨

グレーティング(回折格子)は、入射光をさまざまな波長に分散させる光学素子で、分光分析、多重化通信、レーザシステムなどの重要なコンポーネントとして利用される。この分野のパイオニアで現在の世界的リーダーでもあるジョバンイボン社(JY)は、そのコアテクノロジーとして、新型グレーティングの製造に取り組んできた。本稿ではJYのグレーティングの特長とその光学分野への応用例を紹介する。

1 はじめに

ジョバンイボン社(JY)は、J-B. Soleilにより1819年パリに設立された。その初期には、Augustin Fresnelの実験用レンズを製作するなど、著名な科学者との共同研究も盛んに行われていた。こうして築かれた信頼を土台として、卓越した科学技術と広範な事業展開を両立すべく努力を続けてきた結果、今や取引高の85%がフランス国外で達成されるまでになった。

この論文では、グレーティングを例に挙げながら、JYの基本テクノロジーの開発について、また、然るべきユーザにタイミングよく新製品を届けるためのJYの市場努力について紹介する。

JYは1997年にHORIBAグループに参加し、財政支援、プロダクトエンジニアリングのノウハウ、品質文化に関して協力を得ることで、科学技術面・マーケティング面の強化を図った。300mmの半導体ウエハ用超薄膜分析装置(UT-300)を例に挙げて、この提携の将来性について解説する。最後に、将来の展望を述べて、論文を締め括る。

2 グレーティング

2.1 ルールドグレーティング

グレーティングの第1号は、アメリカの天文学者David Rittenhouseが1786年に製作したものとされている。その後も、科学的研究に用いる質の高いグレーティングを製造すべく、さまざまな試みがなされた。19世紀末になってようやく、ジョンズ・ホプキンス大学のHenry Rowland教授が、精巧な刻線機械を使ってグレーティングを製作し始め、こうして生まれたルールドグレーティングは、分光学の分野に衝撃を与えた。

グレーティングの刻線に求められる高い仕様を満たすには、高度のテクノロジーが必要となるため、その製造が可能なメーカーは世界中に数社しかない。JYの刻線機械は、現在良好に稼働している、世界でわずか20台の刻線機械の中に入っている。

グレーティングは、理論上は、多数の細長いスリットを同一平面に平行に等間隔で並べたもの、ということになっている。しかし実際は、これらのスリットの代わりに、平行に刻まれた溝が用いられる。

グレーティングの主要な特性の一つはスペーシング、すなわち隣り合った2つの溝の対応する点の間の距離である。スペーシングは一般にその逆数、すなわち格子定数(1mmあたりの溝本数)によって表される。分光器のニーズにより、グレーティングの刻線はますます緻密になり、1mmあたりの溝本数はますます増え、その結果、要求どおりに刻線を施すことが更に難しくなっている。

その上、グレーティングの質が、溝の真直度・平行度・等距離度の調整精度と密接に関わっているという事実が、事態を更に困難にしている。

また、グレーティングの所期の用途によって決まる溝の輪郭は、最初の溝から最後の溝まで一定に保たなければならない。従って、作動中の刻線ツールの磨耗は、すべて制御されなければならない。

凹面グレーティングの刻線の場合はまた特別で、輪郭は、溝の端から端まで厳密に均一でなければならない。というのもこの場合、刻線ダイヤモンドは、平行に移動するのではなく、グレーティングの曲率中心の周りを動いているからである。こうした動きは、偏心円ゾーン形状の現われ方の欠陥をなくす上で効果を発揮し、更に、非常に大きな口径を持つ凹面グレーティングへの刻線も可能にしている。この先進のメカニズムは、2光束干渉計によって制御され、最高次数においても、ゴースト(望ましくないスペクトル線)はほとんどない。

グレーティングの刻線は、経験と技能と非常な根気を要する、時間がかかって骨の折れる工程である。JYの刻線機械は、通常、1時間に600ストロークのスピードで作動する。そのため、標準的なグレーティング数個に刻線を施すのに、90日以上も機械を作動させなければならないこともある。

刻線機械の最も重要なパラメータは、ダイヤモンドキャリアッジのストロークごとの正確な動きである。少しでも左右にずれれば、完成したグレーティングの溝のスペーシングに誤差が生じてしまう。キャリアッジは、マイケルソン2光束干渉計の精密な制御のもと、完全に平滑なルール上を動く。このマイケルソン干渉計は、溝位置の2乗平均平方根誤差が $0.001\mu\text{m}$ 未満になるように絶対平行度及び移動精度を維持すべく、キャリアッジの移動を制御している。

グレーティングの刻線における上記の困難と、そのことによる費用の高さから、現在機器に使用されているグレーティングの大部分は、直接刻線を施した「マスタ」グレーティングの「コピー」すなわちレプリカである。

2.2 ホログラフィックグレーティング

ホログラフィの原理は、1948年にD. Gabor によって初めて発見された。この偉業が認められて、Gabor は、1971年にノーベル物理学賞を受賞した。

ホログラフィの急速な発展は、可干渉光源としてレーザーを利用できるようになった60年代初期に始まった。現在コレージュ・ド・フランスで天文学教授を務めているDr.A.LaBeyrieの独創的な研究に基づき、

Dr.G.PieuchardとDr.J.Flamandが率いるJYのグレーティングチームは、1967年に初めて実用的なホログラフィックグレーティングの製作に成功した。更にJYは、ホログラフィを利用した収差補正型のグレーティングを世界に先駆けて開発し、その後も徹底的な研究・開発を続け、多数の国際特許を取得した。

現在JYは、多種多様なルールドグレーティングに加えて、高品質のホログラフィックグレーティングも提供する、世界に数社しかない企業の一つとなっている。

図1は、ホログラフィックグレーティングの製造原理を示したものである。

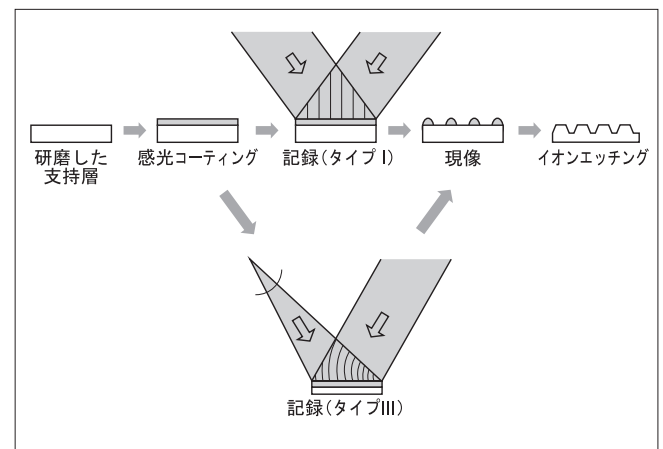


図1 ホログラフィック記録

オプティカルフラットガラス(平面度 $/10$)の上に置かれた感光材料に、2つの単色レーザー光線を当て、干渉縞を作る。

感光材料に記録された干渉縞に、JY独自の加工が施される。記録と加工は非常に精密な作業である。

レーザー光線の配置を変えることにより、平面及び凹面タイプ(ルールドタイプと同等)のグレーティング(左右対称の平行光線の場合)か、凹面タイプ(収差補正タイプ)及びタイプ(無非点収差タイプ)のグレーティング(非平行光線の場合)を製造することができる。

JYは、1mmあたり6000本もの溝を持つホログラフィックグレーティングを提供することができ、ルールド及びホログラフィックのマスタ版を基にしたレプリカを、毎年数万個製造している。

2.3 LMJ用大型透過グレーティング

LMJは、フランスの原子力委員会(CEA)が、現在ボルドーで建設中の高エネルギーレーザー施設である。2008年の施設完成時には、240本のパルスレーザー光線を2mmのターゲットに集束させて、2MJのエネルギーを放出し、核融合に必要な高密度・高圧・高温状態を作り出すことになっている。

LMJの独創性は、大型の回折光学コンポーネントを用いている点にある。これに匹敵するシステムは世界に1つだけあるが(アメリカカリフォルニア州のローレンスリバモア研究所にある国立点火実験施設(NIF))、こちらは古典的な屈折光学コンポーネントを使用している。

CEAとJYの科学者が緊密に協力しあった結果、このユニークなコンポーネント(400×400mm²の集束グレーティング)の実現可能性が確認され、1999年にデモンストレーション用の試作品(8~12本の光線)の製造が開始された。

図2は、JYが製造したグレーティングのうちの2つ*1を、走査型電子顕微鏡(SEM)で拡大した断面図である。このホログラフィックグレーティング技術の飛躍的進歩は(400×400mm²という市販品としては世界初のサイズに加えて)溝本数と高アスペクト比(幅約0.5μmに対して深さ1~2μm)に負うところが大きい。

グレーティングは極めて高いエネルギーレベルで稼動することになるため、その効率を(この用途の場合)グレーティングは透過モードで使用され、効率は透過エネルギーと入射エネルギーの比率によって表される。限りなく1に近くしなければならない。そうすることによって、システムのエネルギー移動の総量を最大限に保ち、消耗に伴うグレーティングの損傷を防ぐのである。図3は、グレーティングの表面全域で達成された効率を表したグラフである。このグラフからわかるように、多くの地点で理論上の最大効率である95%が達成されており、その平均値は90%を超える。これはCEAから要求された仕様を超える好成績である。

図4に、大型透過グレーティングの写真を示す。

今回のCEAの科学者との協力により、JYは、ホログラフィックグレーティング分野のリーダーとして、その先端技術を改良することができた。更に、2008年以降のCEAのニーズを満たすことにより、JYが製造するすべてのグレーティング、引いてはすべてのJY製機器の進歩に役立つものと期待している。

*1: 光路に沿って角振動数の比が1:3の2種類のグレーティングを使用。

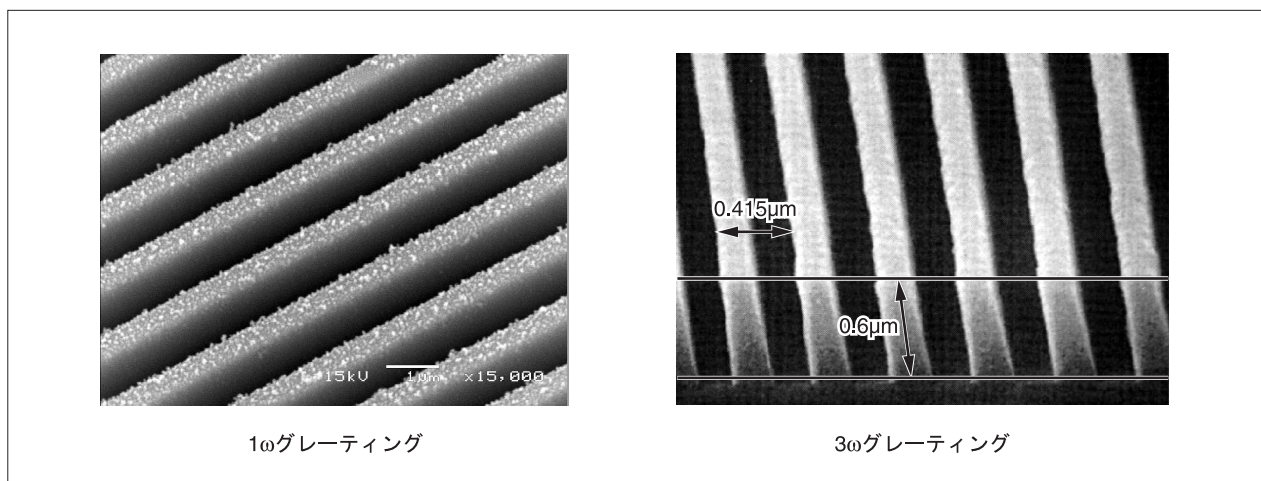


図2 グレーティングのSEM拡大断面図

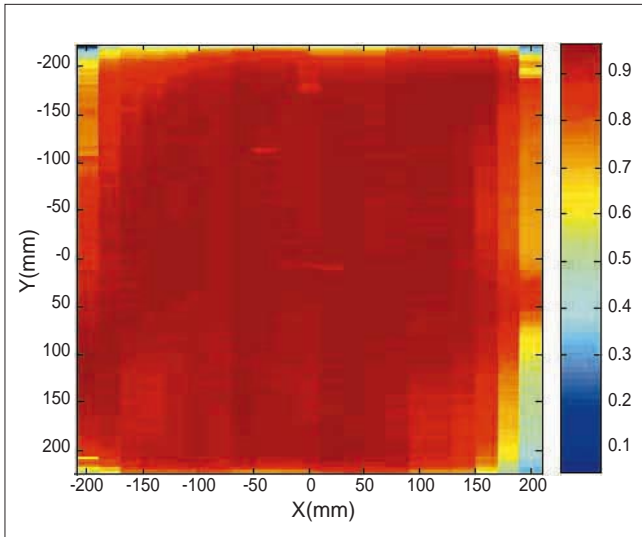


図3 集束グレーティングの効率

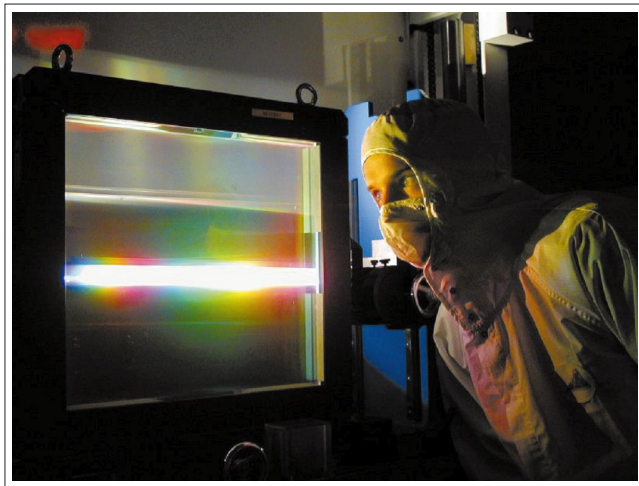


図4 大型透過グレーティング

3 光学分光器市場への進出

グレーティングは、光学分光器の重要なコンポーネントである。そこでJYは、グレーティングに関する豊富な知識を基に、分光器市場のニーズを満たす他のテクノロジーをグレーティングと組み合わせることで、事業範囲の更なる拡大を図ったのである。図5に、その展開イメージを表現する。

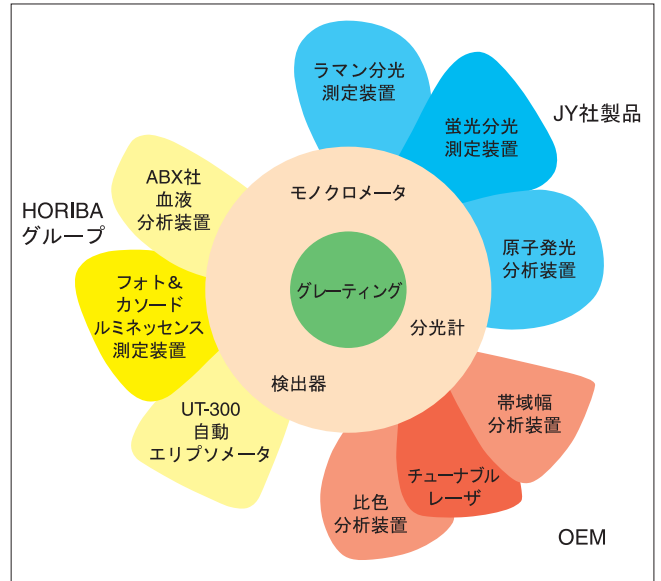


図5 グレーティングから分光法へ

ここで特に重要なのは、JYの中核を成す光学技術力とHORIBAグループの総合力との共同により、ABXの臨床化学検査システム Pentra 400や、HORIBAの全自動超薄膜計測システム UT-300(図6)のような革新的な製品が生まれたという事実である。



図6 UT-300 全自動超薄膜計測システム

JYは、エコール・ポリテクニク(フランス)のB. Drevillon 教授との共同研究により、世界に先駆けて分光エリプソメトリ技術を産業に応用した。教授の率いるチームは、SN比と測定速度を大幅に改善する位相変調方式を開発した。JYは、80年代後半に、この研究を卓上エリプソメータUVISELとして工業化し、現在も同分野のトップの座にある。1996年にはフランス科学研究賞も受賞している。JYの中核を成す光学・電子工学・機械工学技術にはもちろんのこと、エリプソメトリ技術にも、強力なモデリング及び最適化アルゴリズムが必要であるため、JYは、応用数学とソフトウエアを専門とするエンジニアをチームに加えて、技術ベースの拡大を図ることになった。

1997年にHORIBAグループに参加後、分光エリプソメトリ技術が同グループの半導体戦略に役立つ可能性が見えてきた。エリプソメトリ技術は、とりわけ、透明薄膜の複合層の特性を調べたり、その厚さを測ったりするのに適している。半導体産業では、より小さな寸法に向かって限界まで進化するため、超薄ゲート酸化膜の場合のように、エリプソメトリなどの限られた技術をもってしなければ、計測が不可能という事態が起こっている。

そうすると今度は、UVISELのようなセンサに、1時間に最大で200のウエハを分類するロボット型ウエハハンドラーを組み合わせ、工場オートメーションシステムとのソフトウエアインターフェイスを開発する必要が生じた。この開発は、HORIBA京都本社の研究開発部門のJYに対する力添えがなければ実現しなかつたろう。このことは、高度な光学技術を持つJYと、機器のトップメーカーであるHORIBAの提携がいかに有意義であるか、ということを示している。

4 おわりに

JYは、そのコアテクノロジーであるグレーティングの開発を今後も継続する。先端技術を更に改良するために、最適化した多層誘電体を使って有望な初期結果も得られている。このようにJYは、最高の科学水準を維持し、HORIBAグループにおける光学部門の中核としての役目を果たすべく、努力してゆく。

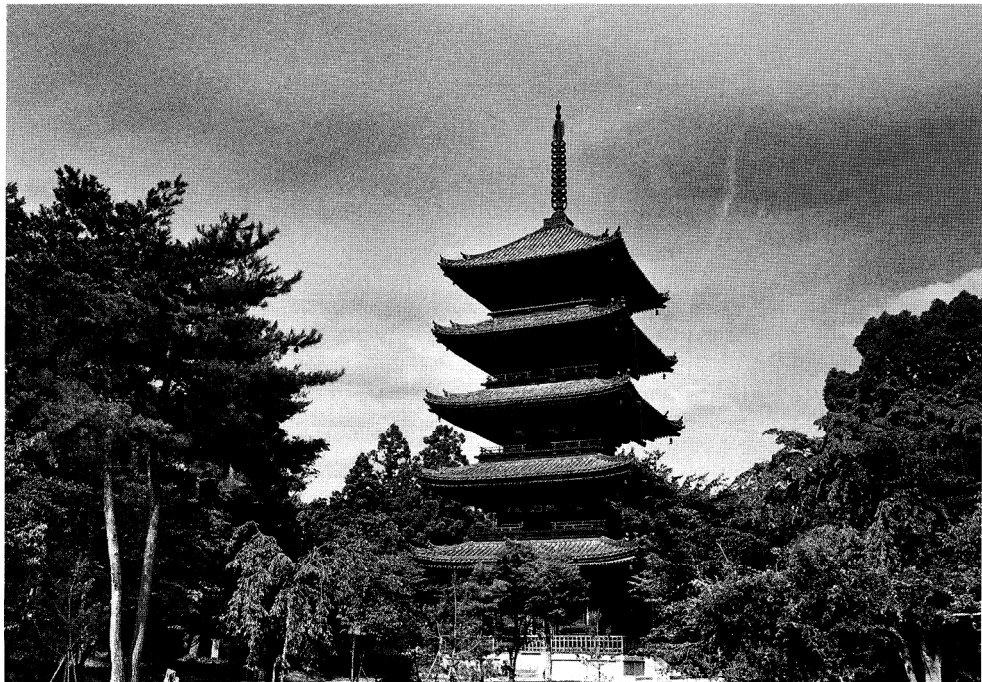
産業用製品については、世界のトップに立つことができるものに的を絞って、市場の要求に注意深く耳を傾けながら開発にあたる。

HORIBAグループとの提携によって得られた先端技術と市場ターゲットは、1819年にJ-B. Soleilが工房を創設して以来連綿と受け継がれてきた我が社の役割を再確認させてくれる。2019年には創立200周年を迎えるが、その時も尊敬されるメーカーとして、また光学分光法分野の世界的リーダーとして活躍していたものだ。



Dr. Michel Mariton

Jobin Yvon S.A.S.
Director General



京都 仁和寺 吉永 秀

ジョバンイボンと発光分光分析

George P. Thomas

要旨

ジョバンイボン社(JY)の光学との関わりは1819年の設立時にまで遡れることは多くの人が知るところであるが、発光分光装置(OES)開発における当社の初期の努力を知る者は少ない。当社の光学に関する専門知識は、発光分析部門が今日生産している誘導結合プラズマ、スパーク発光及びグロー放電発光分光装置などの広範囲の製品の成功につながっている。本稿では、発光分光分析装置を紹介すると共に、元素分析分野に対するJYの貢献について述べる。

1 はじめに

一般に 科学者のKirchoffとBunsenが1859年に発光分光分析の実験を最初に実施したと認められている。Bunsenは、自らの名前が付けられたガスバーナー(ブンゼンバーナー)でもよく知られている。1859年にBunsenは同僚に次のように書き送っている:

Kirchoffは、太陽スペクトルの中の暗線の原因を見つけ出すというすばらしい、まったく予期していなかった発見をなすとげました。我々が試薬を用いて硫酸、塩素などを定量するのと同じように、太陽や恒星の組成を判定する手段が見つかったのです。地球上の物質を、太陽にある物質とまったく同じように容易に判別することができ、その結果、例えば20グラムの海水中からリチウムを見つけ出すことができました。

2人はその後図1に示す分光器を使ってセシウムとルビジウムという元素を発見することとなった(物理学年鑑(1860)より)。Bunsenのバーナー(D)へ導かれた塩からの光(E)を、プリズム(F)によって分散し、それによって得られるスペクトルをプリズムを動かしながら望遠鏡を用いて肉眼で観察した。我々はこの光の分散効果を、空にかかる虹として見ている。虹は、水滴により太陽光の屈折と反射が起こり、可視スペクトルとなったものである。KirchoffとBunsenの分光器を使って彼等は、各元素が特定の波長の光を放射していることを発見し、それをを用いて新しい元素を見つけ出すだけでなく、元素の存在や濃度を知ることでもできるようになった。

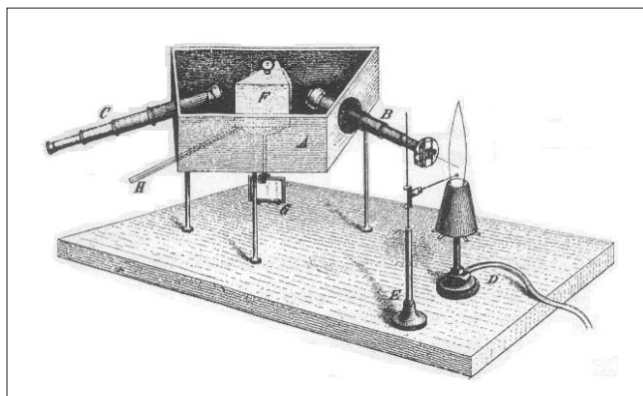


図1 Kirchoff と Bunsen の分光器

2 ジョバンイボン

Amédée Jobinは、フランスの高名な光学者であるJean-Baptiste Soleilが1819年に設立した会社をLéon Laurentから買い取った。Laurentは、彼の名を採って命名された有名な旋光計の設計者でもある。1893年に会社を取得後、JobinはC. Fabryを含む数人の研究者のために光学機器の設計と生産に従事した。C. Fabryのために彼は1899年に、有名なファブリーペロー干渉計を組み立てた。

我々が承知しているJobinの会社で作った最初の分光写真器の一つを図2に示す。ここでは、KirchoffとBunsenの分光器の望遠鏡に代わり、写真乾板が取り付けられている。これら器具の一つは調査船であるモナコのPrince Albert IIに搭載されていたらしい。このことは、後で述べる通り非常に興味深いことである。

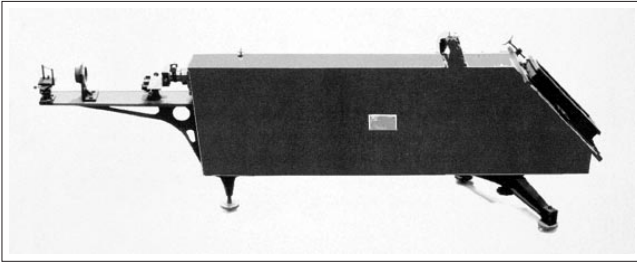


図2 水晶分光写真器

水晶分光写真器は、分析対象の様々な物質のスペクトルを写真によって測定する器具である。この測定器具は、1901年にパリのジョバンイボン社により組み立てられた。これら測定器具のうちいくつかは、エンジニアであるAmédée Jobinによって製作された。(写真及び説明はU.S. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) Central Libraryから。なお、写真はモナコのOceanographic Museumの好意によりNOAA Central Libraryに提供されたもの。)*1

* 1: NOAA photo galleryからの引用文

1901年の写真式から後、当社の発光分光分析装置に関わるそれ以上の情報はほとんど得られなかったが、当社の光学機器が発光分光分析装置に使われ続けていたことは確かである。パリ近郊のロンジュモーの新しい施設に移転してから、1962年にはグレーティング(回析格子)の製作を始めた。この場所は、今でもJYの発光分析部門の工場として稼働している。その直後の1968年には、JYは初の市販のホログラフィックグレーティングを発売した。この年は、誘導結合プラズマ分光分析装置(ICP)の技術が開発されていた時でもあり、幸先の良い出来事めぐり合わせであった。

3 誘導結合プラズマ 発光分光分析

3.1 ICP-OESの原理

ICPは、Bunsenのバーナーより高い温度の7,000°C以上で原子を励起するアルゴンプラズマを採用している。これを用いて、高温プラズマへ液体試料の細かいミストを噴霧することにより、周期律表内の約75の元素を励起することができる。ICPはまた非常に複雑なスペクトルを生成するため、より高い分解能と集光能力、すなわちより大きな開口度を必要としていた。当時の光学システムは、焦点の曲線に沿った光検出器の配列を使って、元素を測定するためにアークやスパークを生成するようなあまり複雑でないスペクトルを分析するポリクロメータシステムであっ

た。

光学的分析法へのニーズの高まりにより、JYは1977年に新型ICPを発売した。焦点距離1mのモノクロメータを持ったTHR 1000が、最初のコンピュータ化されたシーケンシャル形ICP分光装置JY 38の心臓部となった。ホログラフィックグレーティングによって、高い分解能を持ち、迷光や光学収差を極小にすることにより、この製品は即座に成功をおさめることができた。この製品はまた、JY発光分析部門のスタートをはっきりと示す製品となった。

年月を経てさまざまな改良が加えられたこの同じモノクロメータが現在、ULTIMA 2(図3)にも使われている。ULTIMA 2はHORIBAとの共同開発製品であり、HORIBA初のA-design 21*2設計製品でもある。

* 2: HORIBAグループのデザインイメージを統一するプロジェクト名



図3 ICP発光分析装置 ULTIMA 2

ULTIMA 2の光学系は優れたものであるため、微量(ppbレベル)の分析に対して、最上の検出限界と最少の干渉影響を、現在の分析者たちに提供する。ULTIMA 2に加えて、JYはシーケンシャル形モノクロメータに追加して「多元素同時形」ポリクロメータを組み込んだ組み合わせ型ICPシステムを製作している。

ポリクロメータ(焦点距離0.5または1.0m)は、プラズマを観察する40本以上もの光電子増倍管を備えることができる。これらシステムにより所定の時間内により多くの元素を判別することができ、ポリクロメータが高濃度の元素に対する測定精度を高める一方、モノクロメータは微量または超微量レベルで難しい元素に対して優れた分解能と感度を提供する。

ICPモデルのすべてに、多くの用途に適合できるように広範なオプション及び付属品が用意されている。更に、特定用途向けに特別に設計されたシステムもある。これら「測定用途対応」器具は、核物質用のグローブボックスと層流フードや、米国環境保護庁の車両研究所や、試料を80°C以上の高温液体状態に保持するシステムが必要な食用油プラントで使われている。最も興味深いことに、JYが海洋調査船 Prince Albert I用に分光写真器を作製して以来100年を越えて、JY製特注ICPが現在海底ボーリング船 JOIDES Resolutionに搭載して使われている。この装置は、www.oceandrilling.orgのFacilities/Labsで見ることができる。

3.2 医療分野の透析液分析への ICP-OESの応用

3.2.1 透析液用の標準試料調整

透析装置は、腎不全の治療で血液の浄化に使われる。ICP-OESは特に、透析に使われる溶液を測定し、Na、K、Ca、Mg及びClを高い正確さで分析するのに適している。これら元素は溶液中で電解質としての役割を果たすため、それらの濃度を高い正確さで求める必要がある。

S1及びS2と表示された2種類の透析試料を分析した。これら試料には、塩化物の形でK、Ca及びMgが含まれている。試料S1では、Naは塩化物とアセテートの混合物として存在する。その合計濃度は140mmol/Lであり、アセテート化合物の濃度は35mmol/Lであった。S2では、Naは塩化物として存在し、その濃度は102mmol/Lであった。

アセテートの量は無視できる量と考えられるため、標準をマトリックスマッチさせるため6g/LのNaCl溶液(105mmol/L)を調製した。K、Ca及びMgについて4種類の標準試料を、このNa溶液250mLとSPEX社の1,000mg/L標準試料を使って調製した。Na及びClについても4種類の標準試料を、NaCl濃度5、6、7、及び8.2g/Lで調製した。

3.2.2 分析

分析は2系列で行われた。一方は希釈しない直接分析で、他方は脱イオン水を用いて1:10に希釈した状態での分析であった。

測定条件は表1に示す通りである。

表1 測定条件

| パラメータ | 希釈なし | 希釈あり |
|---------------|-----------|-----------|
| 高周波出力 | 1400W | 1400W |
| プラズマガス流量 | 13L/min | 13L/min |
| 補助ガス流量 | 0.40L/min | 0 L/min |
| シースガス流量 | 0.35L/min | 0.2L/min |
| ネブライザガス流量 | 0.67L/min | 0.67L/min |
| ネブライザ圧力 | 2.8bar | 2.8bar |
| 試料導入量 | 1mL/min | 1mL/min |
| ネブライザのタイプ | 同軸 | 同軸 |
| スプレイチャンパのタイプ | サイクロン | サイクロン |
| アルゴン加湿器 | あり | あり |
| インジェクターチューブ内径 | 3.0mm | 3.0mm |

各元素の分析には、干渉の問題がなかったため、最高感度の波長(表2)を用いた。分析条件(表3)は、すべての元素で同じにした。

表2 分析波長

| 元素 | 波長(nm) | バックグラウンド補正波長(nm) |
|----|---------|------------------|
| Ca | 317.933 | 0.0325 |
| Cl | 725.665 | 0.0233 |
| K | 769.898 | 0.0372 |
| Mg | 279.806 | 0.0349 |
| Na | 588.995 | 0.0381 |

表3 分析条件

| 元素 | スリット(μm) | 分析モード | 積分時間(秒) |
|-----|----------|-------|---------|
| 全元素 | 20x15 | ガウス | 2 |

2種類の試料の予想濃度を表4に示す。

表4 予想濃度

試料S1の予想濃度:

| | 最小値 | 中央値 | 最大値 |
|----|---------|---------|---------|
| Ca | 66.53 | 70.14 | 73.75 |
| Cl | 3799.54 | 3993.27 | 4187.00 |
| K | 74.29 | 78.2 | 82.11 |
| Mg | 23.09 | 24.31 | 25.52 |
| Na | 3138.1 | 3218.6 | 3299.1 |

試料S2の予想濃度:

| | 最小値 | 中央値 | 最大値 |
|----|--------|---------|--------|
| Ca | 66.53 | 70.14 | 73.75 |
| Cl | 3688.0 | 3882.10 | 4076.2 |
| K | 74.29 | 78.20 | 82.11 |
| Mg | 23.09 | 24.31 | 25.52 |
| Na | 2286.4 | 2345.0 | 2403.6 |

2種類の試料に対し、希釈なしと1:10の希釈の2種類の条件で、それぞれ3回の繰り返し測定を3度行なった。濃度をmg/L単位で、またRSDを%単位で表した結果を表5に示す。

表5 分析結果

試料S1 希釈なしの場合の結果:

| 元素 | 測定1 | | 測定2 | | 測定3 | | 平均濃度 | RSD (%) |
|----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|---------|
| | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | | |
| Ca | 70.47 | 0.40 | 71.31 | 0.90 | 71.55 | 0.70 | 71.11 | 0.80 |
| Cl | 3930.93 | 2.50 | 3974.53 | 2.30 | 3953.56 | 1.80 | 3953.01 | 0.55 |
| K | 78.24 | 1.50 | 78.42 | 0.80 | 78.23 | 1.40 | 78.30 | 0.14 |
| Mg | 23.05 | 0.90 | 22.94 | 1.40 | 23.05 | 1.10 | 23.01 | 0.28 |
| Na | 3193.78 | 1.10 | 3149.56 | 1.10 | 3142.61 | 0.50 | 3161.98 | 0.88 |

試料S2 希釈なしの場合の結果:

| 元素 | 測定1 | | 測定2 | | 測定3 | | 平均濃度 | RSD (%) |
|----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|---------|
| | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | | |
| Ca | 71.37 | 0.80 | 71.61 | 0.90 | 70.82 | 0.65 | 71.27 | 0.57 |
| Cl | 4060.49 | 2.10 | 3910.38 | 1.20 | 3926.32 | 1.20 | 3965.73 | 2.08 |
| K | 80.92 | 0.60 | 79.91 | 1.20 | 80.62 | 0.45 | 80.48 | 0.64 |
| Mg | 23.03 | 0.90 | 23.23 | 0.70 | 23.21 | 0.60 | 23.16 | 0.48 |
| Na | 2287.94 | 0.15 | 2290.47 | 1.10 | 2349.15 | 0.90 | 2309.19 | 1.50 |

試料S1 希釈ありの場合の結果:

| 元素 | 測定1 | | 測定2 | | 測定3 | | 平均濃度 | RSD (%) |
|----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|---------|
| | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | | |
| Ca | 70.91 | 0.35 | 71.00 | 0.50 | 71.15 | 0.65 | 71.02 | 0.17 |
| K | 78.90 | 1.20 | 78.30 | 0.45 | 78.80 | 0.85 | 78.67 | 0.41 |
| Mg | 22.81 | 0.90 | 22.26 | 0.30 | 22.32 | 0.80 | 22.46 | 1.34 |
| Na | 3163.09 | 0.95 | 3124.85 | 0.25 | 3183.71 | 0.45 | 3157.22 | 0.95 |

試料S2 希釈なしの場合の結果:

| 元素 | 測定1 | | 測定2 | | 測定3 | | 平均濃度 | RSD (%) |
|----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|---------|
| | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | 濃度 | RSD | | |
| Ca | 70.26 | 1.30 | 71.00 | 0.30 | 71.18 | 0.20 | 70.81 | 0.69 |
| K | 81.23 | 0.75 | 80.93 | 1.10 | 81.30 | 0.85 | 81.15 | 0.24 |
| Mg | 22.43 | 0.70 | 22.65 | 0.65 | 22.62 | 0.45 | 22.57 | 0.53 |
| Na | 2343.97 | 0.75 | 2390.82 | 0.60 | 2352.13 | 0.90 | 2362.31 | 1.06 |

注記: Cl 725nmは十分な感度を持っていなかったため、希釈試料では塩素は測定されなかった。希釈試料では、Cl 134nmを測定するためのUVオプションが必要であった。これはClの最も感度の高い波長であり、LOD < 200ppbを示すことができる。

3.2.3 結論

以上の結果は、ICP-OESが透析液の直接分析に適した技術であることを示している。内標準元素としてイットリウムを使用することにより、主要元素についての精度を更に向上させることができる。アルゴン加湿器、シースガス、及び大きなインジェクタ内径により、希釈は必要ない。これら3つの特性により、塩の割合が非常に高い溶液でも問題なく分析できる。

4 スパーク 発光分光分析

JY 38 ICPを発売した年である1977年に、JYは焦点距離が1mのポリクロメータをベースとするいくつかのシステムを発売した。その中には、ICPモデルのJY 48P、スパーク発光モデルのJY 48E及びスパークスタンドとICPトーチを備え鏡を動かしてそのどちらかを見ることができるシステムであるJY 48PEがある。スパーク発光分光分析は、ICPよりずっと古い技術である。スパーク発光分光分析装置は、固体試料に高エネルギースパークを起こす電極を用いるものであり、その高エネルギースパークが原子を作り出すと同時に原子を励起する。光電子増倍管の配列を用いて発光を見ることができるが、分析できる時間は非常に短い(10秒未満)。

この技術は、金属が炉から出て鑄造されるまでの間に迅速に分析する必要のある鉄鋼業界(鑄物工場、製鋼所など)で広く用いられている。この技術は、通常ICPの場合に要求されるような試料を溶かすことを必要としないが、試料は均質で導電性を有していなければならない。また、ICPほどの感度はないが、試料及び分析要求度が適切であれば、迅速に行える使いやすい技術である。

1980年にJYは0.5mポリクロメータ付きJY 32スパーク発光分光装置を発売し、それが現在のMetalysスパーク発光分光装置(図4)に発展している。この同じポリクロメータは後に、JY 70 ICPにも使われ、最初の多元素同時形シーケンシャル形組合わせICPシステムとして1981年にIR 100賞^{*3}を受賞した。

*3: 年間で最も重要な新製品・新プロセス100に与えられる賞(現在名: R&D100賞)



図4 スパーク発光分光装置 Metalys

5 グロー放電 発光分光分析

1980年代半ば、JYはグロー放電の新しい技術のための装置(GD-OES)を開発し始めた。ICPの場合のように、この技術は、光学的に測定できるよう原子を作り出し、それらを励起するという新しい手段が1960年台に開発された結果として得られたものであった。この光学系はGrimmランプと呼ばれている。

5.1 GD-OESの原理

GD-OESの試料には固体を用いる。試料を、ランプの下に機械的に密閉する(図5)。最初真空状態にし、ランプ内に低圧ガス(一般的にアルゴン)を導入する。次に、エネルギーを供給しグロー放電を起こす高周波(RF)電力を試料とアノード間にかける。アルゴンイオンによる衝撃により試料のスパッタリングが起こる。放出された原子は、次に放電している空間での衝突により励起され、発光する。この発光を分光器によって記録、分析する。

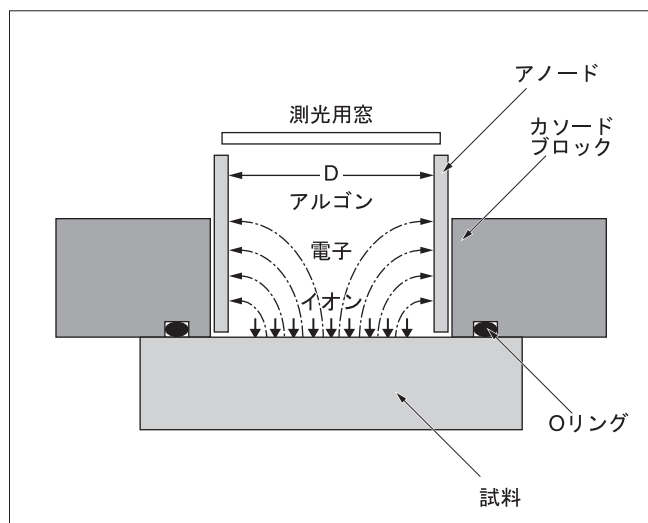


図5 Grimmランプ

JYの努力と研究者との共同作業により、ユニークなRF電源が開発された。当初のDC電源とは異なり、導電物質と非導電物質の両方に適用できる。このことにより、ガス(N, O, H, Cl)を含むすべての元素について濃度対深さのプロファイル測定をすることができ、それによってコーティング、熱処理、及び薄膜や厚膜の測定を行うことができるようになった。このRF電源にちなみ、JYはこの技術をRF-GD-OESと呼んでいる。

バルク分析の場合、迅速かつ容易に操作できる(高度の真空または手間のかかる試料調製を必要としないため)ため、スパークや蛍光X線に代わる優れた手段である。JYは現在2つのモデルを生産している。これらモデルの違いは、ポリクロメータの焦点距離の違いにあり、GD-PROFILER™では0.5m、GD-PROFILER HRでは1.0mとなっている。これらは、ICP及びスパーク発光分光システムで使われているポリクロメータに変更を加えたものである。いずれのシステムにも、ポリクロメータでは行えない試料の検査または元素の判別のためにモノクロメータを取り付けることができる。

RF-GD-OESは、あらゆる種類の材料のバルク分析及び深さプロファイル分析を行えるISO認定技術である。RF-GD-OESがユニークな貢献をしている多くの業界の一つが自動車業界であり、日々の仕事の重要なツールとして多くの自動車メーカーの中央研究所でその真価が認められている。

5.2 自動車業界でのRF-GD-OESの応用

表6は、自動車分野への応用例を示している。

表6 自動車分野での用途

| 用途 | 詳細 |
|----------------------|-----------------------------------|
| ベース金属 | あらゆる金属及び合金の化学組成 (Fe, Al, Zn, Mg.) |
| スチール清浄度 | 表面炭素。フォード方式に関して優れた相互関連性 |
| セラミックコーティング | エンジン耐磨耗コーティング* |
| 亜鉛コーティング | 全亜鉛コーティングの特徴付けを行える(ISO標準策定中) |
| 有機コーティング (ボナジックなど) | コーティングの組成及び挙動* |
| 燐酸塩化合物生成 | 燐酸塩化合物生成の制御 |
| DLCコーティング | 例えばF1レーシングカーに使われる硬質コーティング |
| 腐食研究 | 欠陥の確認、新しい処理方法の研究* |
| 電気泳動 | 電気泳動槽とコーティングの制御* |
| ガラス | ガラスのUV保護コーティング* |
| ベンチマーキング | 競合車両の全部品の比較研究* |
| Cr ⁶⁺ の存在 | 環境問題 |
| 塗装済み車体 | 200ミクロンまでの車体塗装深さ分析* |

* 非導電層または推定非導電層であることを示す。これらは、自動車研究所で行われる仕事の50%以上を占める。

RF-GD-OES分析の例を、同じ熱処理スチールのSEM分析と共に図6に示す(フランス、ルノー社の好意による)。試料表面付近で起きるさまざまな現象をRF-GDを用いて容易に測定し、定量化できる。

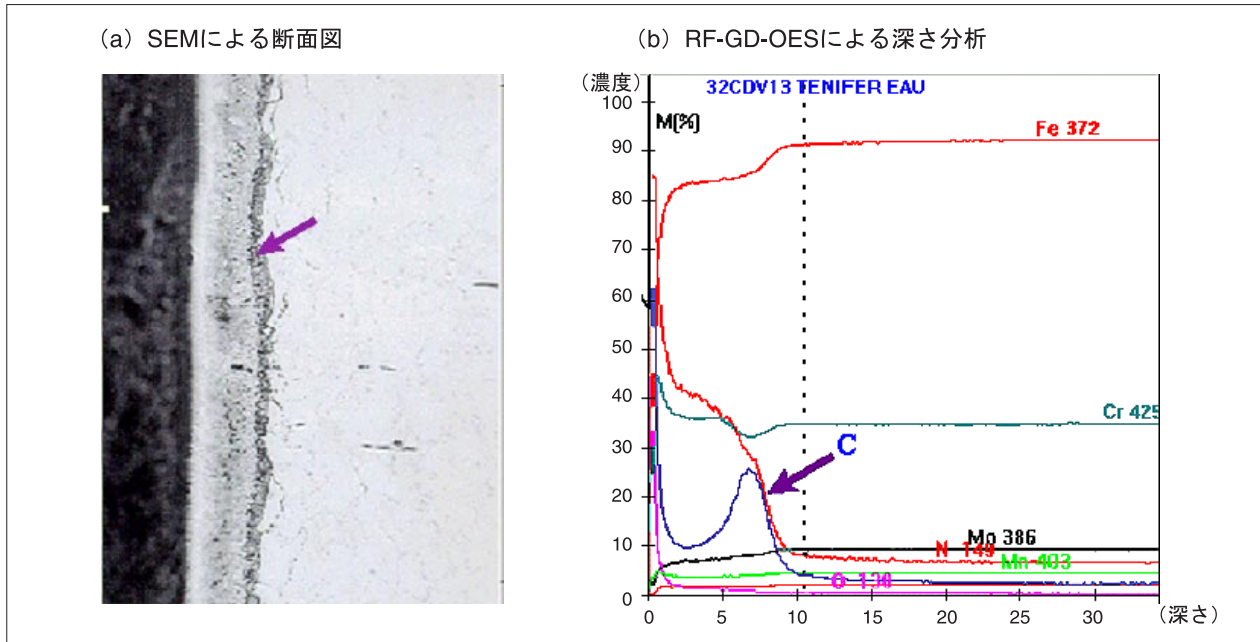


図6 熱処理スチールの分析例

6 おわりに

JYの広範囲に渡る元素分析のための光学発光分析技術は、HORIBAのEMIA、EMGA、SLFA、MESA、XGTなどのシステムと組み合わせた場合、分析者に非常に広い範囲に及ぶソリューションを提供することができます。ULTIMA 2のような新製品の開発を共に行うことにより、HORIBAとJYの最良の技術を用いてお客様のために優秀な製品を生み出すことができます。

謝辞: 本稿の内容について寄稿いただいたJobin Yvon S.A.S.のプロダクトマネージャーPatrick ChaponとGeoff Tyler、本稿を書くよう励ましをいただいた発光分析部門のグローバルマネージャーであるDr. Didier Arniaudに謝意を表します。



George P. Thomas

Jobin Yvon Inc.
Emission Division
Sales Manager

超小型・超精密を目指すABXの血液分析装置

Franck Seguy

要旨

ABXは血液分析装置の専門メーカーとして1983年に設立された。以来、中・小型の血球計数装置を中心とした製品群をラインナップし、現在、血液分析装置市場で世界5位にまで成長している。1996年にHORIBAグループの一員に加わり、グループ各社の得意技術を融合して、自動血球計数CRP測定装置Micros CRPや臨床化学検査システムPentra 400などユニークな製品を開発している。本稿では、ABX発展の道のり、これを支えてきた基幹技術、更には今後の展開などについて報告する。

1 血液検査装置の市場動向とABXの状況

血液分析装置は、検体検査装置の世界市場の7%を占めている。ABXは、1983年設立以来、血液分析装置の製造・販売を中心に事業を展開し、現在では、この分野の4大メーカーであるBeckman-Coulter社、Abbott社、Bayer社、Sysmex社に次いで、世界で5番目の血液分析装置メーカーに成長している。これは、ABXの製品を支える革新的な技術・ノウハウ、中でも、高品質でしかも低価格な装置を開発・生産する能力が、お客様や競合他社から高い評価を受けたおかげだと考えている。

検体検査は、大きくは、生化学、免疫、細菌、及び血液のそれぞれ独立した4つの分野から成り立っている。2001年の検体検査装置の世界市場は約227億ユーロに上り、10年前の46%増となっている。検体検査の中でも古い歴史を持つ血液分析装置は、赤血球、白血球、血小板などの血液細胞数をカウントしたり分画するのに使われている。血液分析装置の87%は臨床検査室で使われており、残りの13%が診療現場に持ち込んで使われている。

血液分析装置の技術的な歴史とABXの歩みを表1に示す。

表1 ABXの歩み

| 年 | |
|-----------|---|
| 1673 | van Leeuwenhoekによる最初の顕微鏡の開発(血液についての最初の記載) |
| 1877 | 細胞の形態を研究するための最初の染料アニリンを開発(Erich) |
| 1947 | インピーダンスを用いて赤血球と白血球を計数する技術の開発(W.Coulter) |
| 1952 | 最初の半自動計数器をシカゴ(米国)で発表(Coulter Model A) |
| 1963 | TOA CCシリーズを発表(半自動 5~7項目) |
| 1965 | 最初の自動分析器(Coulter S)、最初の連続フロー自動計数器SMA7(Technicon) |
| 1970 | 画像解析を用いた、白血球自動分類装置の出現 |
| 1973~1979 | Coulter & Technicon社が25種以上の分析器を生産 |
| 1983 | ABX 自動分析装置Minos 7を携えて血液分析装置市場へ参入(7項目、60検体/h、サイズ 1/2、コスト1/3) |
| 1996 | ABX 総売上高4000万ユーロを達成し、HORIBAグループに参画 |
| 2002 | ABX 総売上高1億2000万ユーロを達成(HORIBAグループME部門の95%) |

現在ABXは血液分析装置市場で世界5位にまで成長しているが、この成功の原因は常に次のような基本姿勢を貫いてきたことであろう。

- [1]信頼性が高く、直感的に理解できる分析装置を作る
- [2]参照法*(技術)を使い、更にそれを改善・発展させる
- [3]常に最新技術の把握に努める

世界中で年間25,000台の血液検査装置が販売されているが、このうちABXは7,000台を生産している。つまり、世界中の1/4以上をABXが生産していることとなる。

*1: 臨床検査において、正確かつ精密であると認められた方法。

2 ABXの生産が世界最高だと認知されるに至った道のり

2.1 優れた品質と高い生産性の追求

ABX発展の原動力は「品質と生産性の改善こそが第一の任務だ」となっているためである。これはすべての従業員が常に追求しなければならない目標である。何年もの間、生産部門では納得できない業務は絶え間なく改善を続け、あらゆる生産工程を細部までチェックし、プロセスの改良を重ね、コストを下げると共に不必要なサービスを排除してきた。

ABXでは毎年100万個以上の部品が生産工程に用いられているが、これらはすべてABXの厳しい品質基準に合格している。

このようにABXの生産体制は完璧に組織化されている。一方では、さまざまな課題に対応できるように分野横断的な技術者や技能者たちから構成されている専門家集団の働きが、生産活動を円滑に運営するためには欠かせない。技術サービス、開発、アフターサービス、マーケティングの連携が大変重要である。

2.2 優れた参照法

ABX成功のもう一つの要因は、血球計数(CBC)と白血球分類(DIFF)において、優れた参照法を採用し、これらを発展させた点である。

(1) CBCにおける参照法

血球計数における参照法としてはインピーダンス法^{*2}を用いている。

ABXでは、インピーダンス法を用いて血球計数しているが、同時にこの手法の限界も認識している。特に、特定の病的症例がある場合に問題となる。ABXでは、計測結果の信頼性をより高めるために白血球の三重測定の方法を導入している。この考え方とは、インピーダンス測定によって得られた結果を他の2種類の方法(光学及び白

血球分類を求める際のインピーダンス)と比較することである。

*2: 両側に電極を配した微細孔に電解質溶液を流通させ、電極間に一定電流を流すと、電解質溶液と異なるインピーダンスを持つ粒子が微細孔を通過した時、電圧パルスとして検出される。この電圧パルスの数から濃度を、電圧パルスの高さから粒子サイズを計測する方法。

(2) DIFFにおける参照法

白血球分類には参照法として、フローサイトメトリー^{*3}と細胞化学とを組み合わせ用いている。ABXではDIFFには2つの重要な技術を採用している。一つは、フローサイトメータ(インピーダンス法で測定するためのアパーチャ)で各細胞の体積を測定し、サイトメータ内の流量を確認する手法(Double Hydro-dynamic Sequential System: DHSSTM, 図1)である。

*3: 細胞などが浮遊する液体を細管に流して光を照射する。発生する散乱光や蛍光を測定して、細胞などの量や大きさを測定する方法。

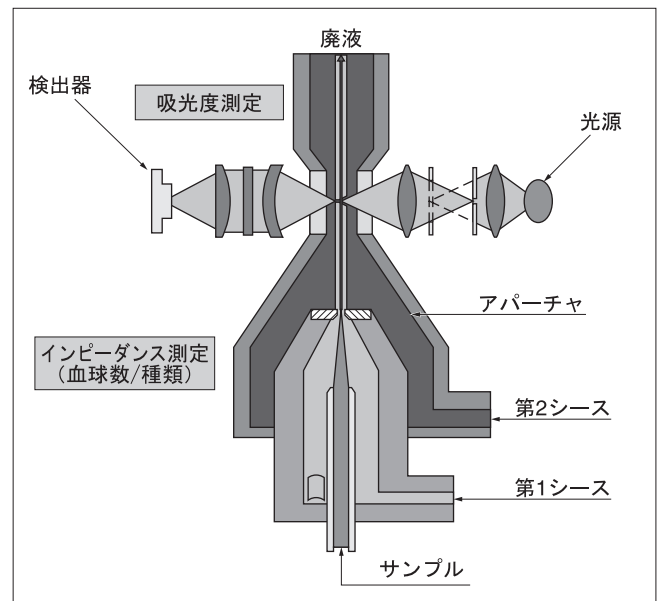


図1 DHSSTM

ABXはこの他の分野でも参照法の改善を行っている。

網赤血球の計数には、世界中でよく知られている蛍光フローサイトメトリを用いている。この計数法では蛍光色素(チアゾールオレンジ)を用いるが、通常、網赤血球を染色するために、30分前後インキュベーションしなければならない。ABXは、世界で初めてこのインキュベーション時間を24秒に短縮し高速処理を実現した。

3 製品展開

ここ5年間に渡り、ABXは刺激的でかつ革新的な製品を次々と開発し、血液分析の世界を大きく変革している。以下に、最近の新製品を紹介する。

- [1]コンプレッサを使わない最初の自動血液分析装置 MICROS(LC-150/151)
- [2]シェアバルブを使わない最初の自動血液分析装置 Pentra 60(LC-5000)
Multi Distribution Sequential System- MDSS™ (図2)を採用
- [3]自動塗抹標本作製機能を組み込んだ最初の自動血液分析装置 Pentra 120(LC-140)
- [4]全血での網赤血球分析機能を統合した最初の自動血液分析装置 Pentra 120 retic(LC-141)

- [5]バリデーションステーション及びタッチスクリーンを搭載した最初の自動血液分析装置 Pentra 80(LC-5501)
- [6]1台で血液分析とCRP測定が可能な最初の自動血球計数CRP測定装置 MICROS CRP(LC-175)

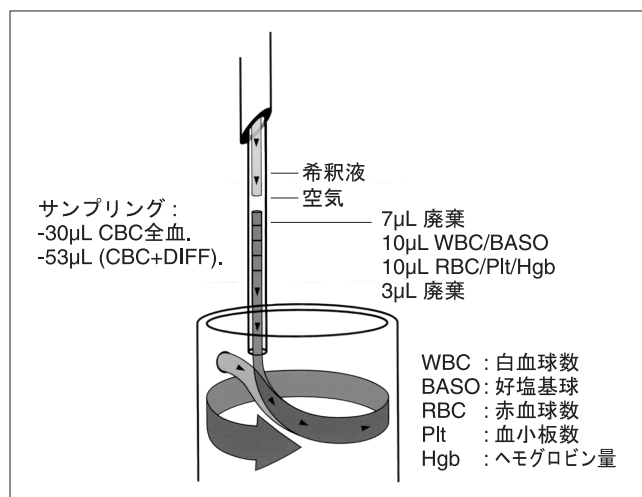


図2 MDSS™

今日、血液分析装置の市場は大きく6つのマーケットセグメントに分類され、それぞれの分野で必要とされる機能は異なる。ABXは、主に中小施設を対象として製品をラインナップしており、6つのセグメントのうち4つをカバーしている。表2にセグメントごとの要求仕様とABXの対応をまとめた。

ABXは市場ニーズの75%を網羅しており、我々のライバルよりも大きなエリアをカバーしている。大手4社のうち2社へは当社の製品が供給されている。

表2 血液分析装置6つの市場

| 施設分類 | 検体数/日 | 検査項目 | 要求される機能 | | | | ABXの対応 |
|-----------|--------|-----------|----------|------------------|--------|--------------|--------|
| | | | オートサンプラー | 特殊項目 (網赤血球など) | 自動塗抹染色 | ラボオートメーション対応 | |
| ポイントオブケア | < 30 | CBC/3DIFF | × | × | × | × | 35% |
| 中小検査センター | < 45 | CBC/5DIFF | × | × | × | × | 100% |
| 中規模病院 | < 80 | CBC/5DIFF | | × | × | × | 100% |
| 大規模病院 | < 200 | CBC/5DIFF | | | × | × | 100% |
| 大学病院 | < 400 | CBC/5DIFF | | | | × | 100% |
| 大規模検査センター | < 1500 | CBC/5DIFF | | | | | 15% |

4 更なる発展を目指して

2003年は、ABXは更に4機種の新製品を投入しトータル14機種が揃う。ABXは、ローエンド(ポイントオブケア分野)からハイエンド(大型システム分野)まですべての分野を視野に入れて将来の製品展開を考えている。このために、最新の通信技術(インターネット、ピアトゥピアステーションなど)を駆使し、またHORIBAの持つ各種分析技術の応用を図ると共に、HORIBAグループの一員であるJobin Yvon社(JY)と技術提携し光学技術を応用した診断機器の研究開発を進めていく方針である。

今後、ABXがマーケットシェアを拡大し、製品のラインナップを図り、更にOEM先から信頼を獲得するためには、当社の強みを増強する投資が重要だと考えている。そして、こうした強みこそが、ABXが世界中で事業を前向きに続けることを可能にするであろう。



Franck Seguy

ABX S.A.
Marketing Department
Hematology Product Group Manager

ABX初の臨床化学検査システム Pentra 400 HORIBAグループのアライアンスがもたらした成果

Georges Ferrandi , Christophe Fudaly , Olivier Magnin , Stéphane Rougale

要旨

医用診断機器は、コストを抑えつつ、より迅速な診断、高い精度と感度、安全かつフレキシビリティに富んだシステムの提供が常に求められている。中でも化学的検査機器は、臨床検査市場で大きな割合を占めており、コストへの要望はよりシビアである。ABXは、HORIBAグループ各社と協力して、新型の臨床化学検査システムPentra 400を開発した。本装置は、高い生産性と分析能力を持ち、この分野の分析装置には珍しくランダム・アクセスが可能な、フレキシビリティに富んだベンチトップ型の臨床化学分析装置である。Pentra 400は、日常的な臨床化学検査から、HbA1c（ヘモグロビンA1c）、DAT（直接抗グロブリン試験）、TDM（血中薬物濃度モニタリング）といった専門的検査まで幅広く対応することができる。本稿では、未来に向けた臨床化学検査システムPentra 400を紹介する。

1 はじめに

インビトロ型診断機器の2001年度の世界の市場規模は約227億ユーロである。その内7%が血液学、35%が臨床化学（グルコース、コレステロール、ナトリウム、カリウム、肝臓酵素、心筋酵素など）、28%が免疫化学（薬物検査、ホルモン、腫瘍マーカー、アレルギー検査など）、残りの30%が感染症、微生物学などに関連した診断機器である。

血液診断機器の分野でヨーロッパ市場をリードしているABXは、1998年に製品の多様化を目指して、血液学関連分野のお客様に対して臨床化学/免疫化学的ソリューションを提案することを決断した。

臨床化学と免疫化学の分野では市場全体の約86%を試薬が占めており、分析装置は14%にすぎない。しかも、検査システム全体のビジネスは、ハードを貸し付けて、試薬とセットで販売されるケースが多い。そこでABXは、ハード単体だけでなく、分析装置、試薬、キャリアプレート、制御装置をも含めたトータル・システムとして発売することにした。

図1にABX初の臨床化学検査システム Pentra 400を示す。



図1 臨床化学検査システム Pentra 400

2 Pentra 400の概要

Pentra 400は次のような特長を備えている。

- ・分光測定モードでは最大300テスト/時間の処理能力を持っている（12秒を1サイクルとして15波長で同時に測定）。
- ・一方、電解質測定モード（ISEモジュール）は180テスト/時間。
- ・両モードを合わせたトータルシステムの処理能力は最大420テスト/時間と非常に高い。
- ・52項目の化学的・試験項目（うち44項目は冷蔵可能）を設定でき、自立性が高い。
- ・レーザ式バーコードリーダを内蔵し、試薬管理（ロット番号、検査量、貯蔵寿命）が大変容易である。

図2にPentra 400の内部構造を示す。

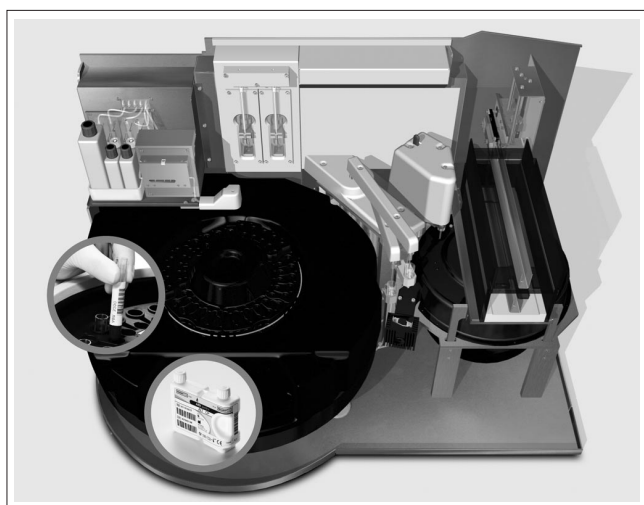


図2 Pentra 400の内部構造

予熱、液面検知、凝血検知機能を備えた試薬ニードルにより、反応キュベットに適正量の試薬/緩衝剤を注入する。この間に、液面検知と衝撃検知機能を持った検体ニードルで検体トレイ上の検体または試薬を吸引した後、キュベットに注入する。

検体トレイには10本のサンプルチューブを入れるラック6個を収納し、識別用のレーザ式バーコードリーダとサンプルチューブの大きさを検知する検知装置が備わっている。Pentra 400では、サンプルチューブの連続装着が可能になった他、できる限りフレキシブルに検体を処理できるよう検体ラックの形状にも工夫がされている。つまり、一般によく使われているサンプルチューブ(5ml, 10ml)とカップを同じラックに収めることができる。

一度検体と試薬がキュベットに注入されたら、最適な化学反応が起るよう混合パレットで均質化させる。

反応トレイはそれぞれ12個のキュベットを搭載した6つのセグメントに分かれており、温度は37°Cに保たれている。30個のセグメントを入れた2種類のセグメントラック(未使用及び使用済)からなるセグメントハンドラーにより、必要に応じてセグメントを自動的に交換する。このキュベット切り替え機能により、2時間以上の自動運転が可能となる。

3 Pentra 400の光学系 ジョバンイボンと共同開発

生化学分析には分光光度法を応用している。つまり、検体と試薬を混合した上で、所定の最大15種類の波長における吸光度を同時に測定している。選んだ試薬に応じて特定の波長における吸光度を測る。測

定結果の大半がこの吸光測定の良し悪しに左右されるため、光学系こそが本分析装置のコアユニットと見なされる。

図3にPentra 400の光学系を示す。

光学系は、測定感度が高くかつ保守性に優れていなければならない。Pentra 400の光学系は2つのユニットから構成されている。一つは光源ユニットで、もう一つは特定の波長を取り出す分光ユニットである。

光源としてコンパクトながらも発光効率の高い特殊仕様のハロゲンランプ(白色光源)を開発した。ランプの固定には精密ソケットを使っているため、複雑なアラインメントをしないでランプを容易に取り替えることができる。また、放射された白色光が測光に適した形状になるように設計されている。

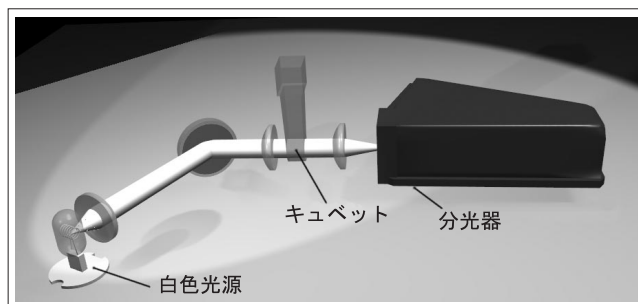


図3 Pentra 400の光学系

分光ユニットは白色光を分散するための重要な部分で、回折格子の世界のトップメーカーでありHORIBAグループの一員でもあるジョバンイボン社(JY)との緊密な協力のもとに開発した。コンパクトでかつ頑丈な分光光度計を実現するために凹面反射方式のJY製のホログラフィックグレーティング技術を導入した。図4に凹面反射グレーティング分光器を示す。

このグレーティングにより、迷光が劇的に低減し、高い光SN比が実現した。

このように、心臓部に15本の高分解能の回折格子を持ったPentra 400は、ABXとJY両社の緊密な連携の賜物と言えよう。

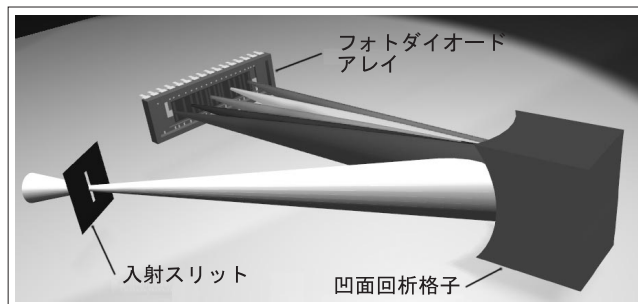


図4 凹面反射グレーティング分光器

4 ISEモジュール

HORIBAとの共同開発

Pentra 400に付けられる電解質分析(ISE)モジュールは、ABXからの要求に基づいてHORIBAが開発・設計したものである。HORIBAは、自動電解質分析装置SERA-520や電気化学マイクロセンサの製造を通して、この分野で幅広い経験を積んできた。ISEモジュールは、このHORIBAの医用計測システム統括部が電子機器・ソフトウェア・電極の開発を担当し、ABXが生化学分析モジュールとの接続、最終組み立てを担当した。

ISEモジュールはPentra 400に組み込まれ、血清(直接法)及び尿(間接法)中のナトリウム・カリウム・塩素を同時に測定する。図5にISEモジュールを示す。

この完全に独立したISEモジュールは、ナトリウム、カリウム、塩素及びリファレンスの4つの電極から成り、3種類の試薬が用いられる。校正を一定間隔で自動的に行い、結果をPentra 400へ送る。

検体吸引ニードルによって50 μ lの血清がカップに注入され、それが電極に転送される。検体は、サンプルが電極の適当な位置にセットされるよう、わずかなギャップを検知するような仕組みを持たせている。

尿を検体として使う時は、自動的に検体の前希釈が行われる。一方、血清の場合には、60秒後には測定結果がPentra 400へ送られる。



図5 ISEモジュール

5 対話式のタッチスクリーン

Pentra 400には最先端技術を応用したタッチ式のスクリーンモニターを採用した。このスクリーンを通して、分析装置の稼動状態の確認や試薬管理がリアルタイムにできる。つまり、機器・試薬・検体の状態に関する最新の情報が得られるのである。

また、Pentra 400には患者の測定結果の妥当性を自動または手動で検証するバリデーションステーション・ソフトが組み込まれている。

更に、お客様が独自の用途に合わせてアプリケーションを自分自身で開発することができるようになっており、医用診断だけでなく、界面活性剤の製造や食品製造工学といった多様な分野への発展が可能である。

図6に対話式タッチスクリーンインターフェイスを示す。



図6 対話式タッチスクリーンインターフェイス

6 試薬メニュー

Pentra 400は日常検査と専門検査の両方の市場に向けて開発されたものである。

日常検査の市場では、使いやすさと高い安全性の両方を兼ね備えたシステムが求められている。中規模検査室が必要とされる検査項目の95%以上を、Pentra 400たった1台で処理することができる。ABXは、これらの検査項目のほとんどに対応できるアプリケーションを、試薬と共に便利なカセットパッケージに収めて提供している(図7)。これにより、お客様が試薬に関するサポートを全面的に受けられる体制を整えている。

専門検査用としては、糖尿病モニタリング、薬物検査、血中薬物濃度モニタリング、研究用・産業用アプリケーションなどが含まれる。この市場では、質の高い分析結果を出すフレキシブルなシステムが求められている。



図7 ABX標準カセット

お客様が必要とされる試薬やアプリケーションがない場合には、ABXは新しいアプリケーションの開発に協力するサービスを行う。その場合、お客様はできた成果を次の試薬ラックで使うことができる(図8)。



図8 試薬ラック

特別注文のオープンチャンネルの場合は、1つの分析法につき最大で3試薬+7希釈液の使用が可能で、検体量は2~380 μ l、試薬量は2~600 μ l、更に過剰抗原のチェック機能もついている。このようにPentra 400は、ユーザがフレキシブルに独自のアプリケーションを開発できるよう工夫されているのである。

7 おわりに

Pentra 400は、HORIBAグループ3社 (ABX / JY / HORIBA) が、それぞれが得意とする専門知識・技術を持ち寄って、優れた製品の開発に成功した典型例である。また、本製品の開発は、分析の品質と生産性、システムの安全性に関する顧客ニーズに応えるための挑戦でもあった。今後、新しいアプリケーションの充実を図ることにより、本システムの可能性は更に広がっていくものと思う。Pentra 400が、医療の分野の発展に貢献できることを願ってやまない。



Georges Ferrandi

ABX S.A.
Marketing Department
Biochemistry Product Manager



Christophe Fudaly

ABX S.A.
Development Department
Project Manager



Olivier Magnin

ABX S.A.
Development Department
Optics Department Manager



Stéphane Rougale

ABX S.A.
Marketing Department
Biochemistry Product Manager

エステックの製品・技術の流れ

原 清明

要旨

株式会社エステックは、公害測定機器の目盛り統一を事業目的として1974年に設立されたスタンダードテクノロジーをルーツとしている。設立以来、当社は気体・液体の流量計測や制御をコア・テクノロジーとして発展し、特に半導体産業向けにマスフローコントローラを製品化してからは、その優れた性能と安定性が世界中から高く評価されている。本稿では、エステックの製品と技術の流れと共に、マスフローコントローラの最新動向を紹介する。

1 スタンダードテクノロジーの設立

エステックは日本中が公害対策に追われていた1974年1月19日「株式会社スタンダードテクノロジー」として設立された。

日本では高度経済成長の影の部分である環境破壊を何とか食い止めようと、1970年のいわゆる公害国会を契機に、大気汚染や水質汚濁に関する規制が強化された。一方で、国は規制の基となる環境用計測機器の整備を急いだ。

1972年には、当時の通商産業省は「公害計測用濃度計」を計量法上の法定計量器に指定すると共に、財団法人機械振興協会の新機械普及促進事業として「公害計量器検定用標準ガス発生装置」の開発を決めた。この装置の製作委託を受けたのが、毛細管式流量比混合法(図1)により独自の標準ガス検定技術を保有していたHORIBAである。

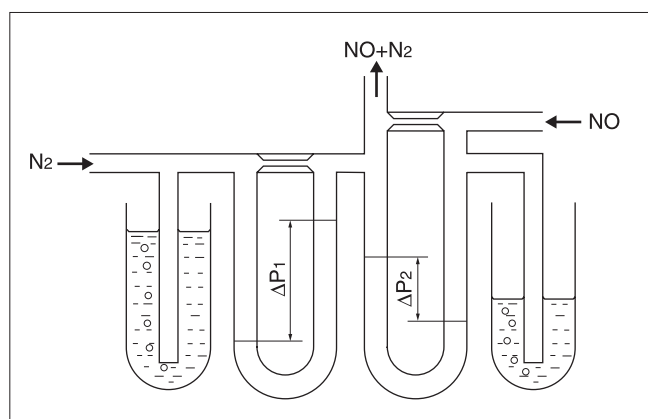


図1 毛細管式流量比混合法

当時のガス分析計は、ボンベに充填されたガスをガスクロマトグラフィなどで値決めし、これを使って濃度校正を行っていた。しかしこの方式では、真値が不明確で経時変化が大きいなど問題点があった。HORIBAでは、赤外線ガス分析計を製品化した当初から、毛細管式流量比混合法により標準ガスの濃度を検定し、これを使って分析計を検査・出荷しており、お客様から高い評価を得ていた。これが、日本のガス濃度のメートル原器とも言うべき公害計量器検定用標準ガス発生装置 SGGGS-1(図2)の開発受託へとつながった。



図2 公害計量器検定用標準ガス発生装置 SGGGS-1

その後、通産省は国の環境行政発展のために「標準ガス発生技術「毛細管式流量比混合法」を広く公開するよう打診してきた。堀場雅夫社長(当時)は「せっかくの強みを失う恐れもあるが、当社の技術が公に認められたことは大変喜ばしいことだ。」と、この申し入れを快諾した。と同時に、この事業は計測機器業界が結集して行うべきだと考え、計測機器メーカー「標準ガスメーカー」と共に1974年1月19日「株式会社スタンダードテクノロジー」を設立した。

2 毛細管式流量制御法からマスフローへの転換

その後、スタンダードテクノロジーは、毛細管式流量比混合法を用いたコンパクトな標準ガス発生システム(SGGUシリーズ)や標準ガス分割器(SGDシリーズ)を次々と開発し、地方自治体や自動車メーカー、触媒・化学メーカーなどさまざまな業界で採用頂いた。

一方、エレクトロニクスの発展と共に標準ガス発生装置も電子化が求められた。しかし、機械的原理に基づく毛細管式流量比混合法は、ガスの流量の検出や制御を直接電気信号として取り出すには不利であった。

当時、電気信号を直接取出せる流量制御素子としてマスフローコントローラ(MFC)が米国で開発されており、早速これを標準ガス発生システムへ組み込むことを試みた。しかし、標準ガス発生システムの混合精度1~2%を実現するためにはMFCにはフルスケール $\pm 0.5\%$ 以上の高い精度が必要となり、当時市販されていたMFCでは対応できなかった。そこで、標準ガス発生システム用として高精度MFCの開発に取り組んだ。

3 半導体のエステック誕生

当初、MFCは標準ガス発生システムへの組み込みを目指して開発を進めていたが、流体の流量計測・制御の市場調査を進める中で、半導体産業でのニーズが高いことを知った。試作品を半導体デバイスメーカーに持ち込んでPRしていると、1社から精度、再現性、リニアリティが輸入品より良いと評価を頂いた。この成果を基に生まれたのが最初のマスフローコントローラSEC-L/LU(図3)である。

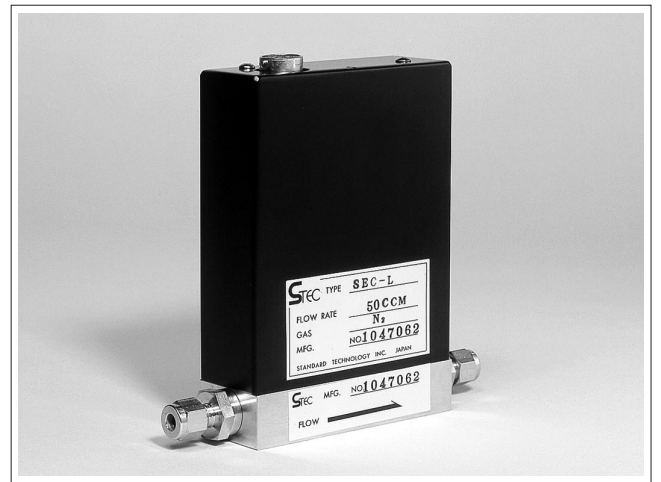


図3 エステック最初のマスフローコントローラSEC-L/LU

本MFCは、流量制御バルブにはサーマル方式を、バイパスには層流素子を採用し、センサとバイパスの流量比率が変化しにくいいため、特にリニアリティの良さが高く評価された。この頃から当社の半導体市場への本格的な挑戦が始まった。

半導体市場に進出した1980年頃から当社は順調に伸び始め、1984年には売上高が10億円に到達した。同年、創立記念日を機に社名を「スタンダードテクノロジー」から「エステック」へ変更した。この社名は、スタンダードテクノロジーの頭文字「エス」とテクノロジーの「テック」を取ったものである。

4 ウルトラクリーン・テクノロジー

MFCは、半導体プロセスにおいて流量制御素子としてなくてはならない大変重要な役割を担っている。半導体デバイスの微細化や多層化に伴いプロセスガスはますます高純度化、多様化しており、MFCにも耐腐食性、無塵化などいわゆるウルトラクリーン化が求められている。

SEC-4000シリーズ(図4)はこれらのニーズを受けて開発した世界初のウルトラクリーン対応のMFCで、次のような特長がある。図5にSEC-4000シリーズの内部構造を示す。



図4 SEC-4000シリーズ

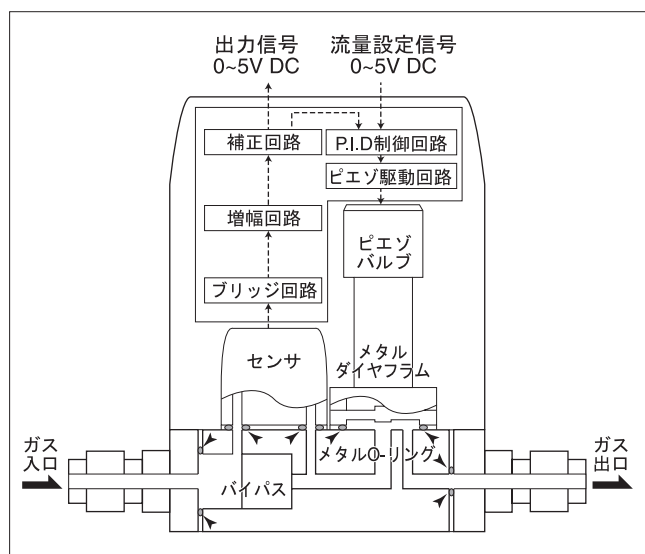


図5 SEC-4000シリーズの内部構造

(1) 高速応答

SEC-4000シリーズは世界で初めてバルブのアクチュエータにピエゾ素子を採用することにより、超高速応答を実現した。またピエゾ素子の大きな駆動力を利用して、バルブをウルトラクリーン対応可能なダイヤフラム構造にすることが可能となった。なお当時のピエゾ素子にはHORIBAのバイロセンサと同一の圧電材料を採用した。

(2) リークフリー

不純物がガス系内に混入したり、危険なガスが系外に漏れるのを防ぐため、MFCには高い気密性が要求される。SEC-4000シリーズでは、シール材として中空ステンレス金属を採用し、Heガスのリークレートを $1 \times 10^{-11} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下まで低減した。

(3) パーティクルフリー

パーティクルは半導体デバイスの生産歩留まりを左右する重要なパラメータである。MFCの流量コントロールバルブは駆動部を持つため、パーティクル発生の原因となる。当社は、メタルダイヤフラムの表面粗度をサブミクロン以下に仕上げ、オリフィスの面と面とのクリアランスを制御することにより摺動部を一切取り除き、更にネジを一切用いない構造とすることにより、パーティクルフリーを実現した。

(4) アウトガス

高純度ガスを供給するためには、ガス成分、特に水分の吸着・脱着を極力防がなければならない。SEC-4000シリーズでは、接ガス部をすべてメタル化することにより吸着・脱着を低減すると共に、ベーキング処理によるアウトガスを容易にした。

(5) デッドボリュームの最少化

MFCの内部にガスの滞留部分(デッドボリューム)があると、ガスラインのパージや排気に時間がかかり、不純物が残る危険がある。当社では、コントロールバルブをダイヤフラム方式にし、それをピエゾアクチュエータで駆動することにより、デッドボリュームを最少化した。

(6) ダウンサイズ

ガス供給系は設置スペースの点から、できる限り小型化が望まれている。SEC-7300シリーズでは、すべてのパーツの小型化し、面間距離を106mmと大幅なダウンサイズを実現した。

5 世界一の流体制御機器メーカー

エステックはこれまでの歴史において半導体市場における確固たる地位を築き上げてきたが、更に技術・製品の質と幅を広げ、グローバルな展開を図り「世界一の流体制御機器メーカー」を目指している。

5.1 集積化ガスパネルとモジュール化

ハード面では、より小型でメンテナンス性の良いガス供給系が強く求められている。従来は、個々のコンポーネントを配管で接続しているため小型化に限界があった。これらの背景の基に開発されたのが集積化ガスパネル対応のMFC SEC-G100である。SEC-G100は、最新の3D CADを駆使して設計し、39mm角と世界最小クラスを実現した。また、SEC-G100は、フィルタやバルブなど他のコンポーネントと一緒に1枚の集積化ガスパネル上に表面実装ができるよう接合部の仕様を標準化している。図6集積化ガスパネルの一例を示す。

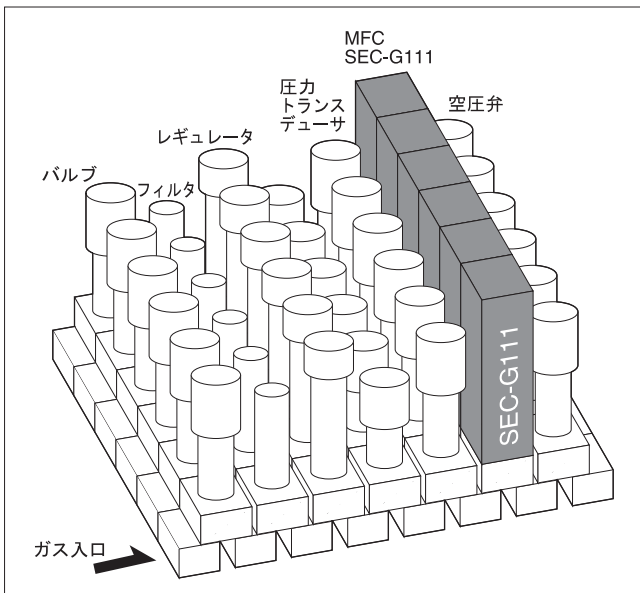


図6 集積化ガスパネル

当社では、集積化ガスパネルのコンセプトを更に発展させ、流量制御機能、圧力センサ、レギュレータ、フィルタ、温度センサなどを1つのデバイスに集約したガスフローモジュールSEC-Z70Dシリーズを開発した。このハイブリッド化されたガスパネルは、ガス系のトータルコスト低減、小型へのお客様の要望につながるものである。

5.2 液体材料気化供給システムへの展開

半導体プロセスの高度化・多様化に伴い、各種の薄膜形成方法が開発されている。中でも、化学的蒸着法（CVD）は、ステップカバレッジが良好で、スループットも高い薄膜形成法として多用されている。CVDではさまざまな液体材料を気化して成膜チャンバに正確に導入するMFCが求められている。半導体製造工程で使用される液体ソースにはさまざまな種類があり、絶縁膜ではSiO₂膜に代表されるTEOSがあり、そのドーパントにTEB、TEPOを添加した物はBPSG膜と呼ばれている。

最近の半導体デバイスの高機能化に対応するためにキャパシタやゲート膜には高誘電率材料が使われ始めている。一方で、配線容量の低減を目的とした低誘電率材料（Aurora[®]、TMS等）も検討されており、配線材料としては従来のAlより低抵抗なCuのソース材料も使用され始めている。

これらの液体ソースを半導体製造装置に供給するにはガス化させるための気化器が必要で、エステックでは液タンク加熱と高温用マスフローを組み合わせたベーキング方式のリキッドソースコントローラ（LSC）を開発した。システムが簡素でコスト面の優位性があるため、更にコンパクト化・標準化を推し進めている。

一方で液体材料そのものの流量測定用としてペルチェ素子を使った冷却方式の液体微量マスフローメータLFシリーズを1988年に世界で初めて製品化し、続けてコントロールバルブを内蔵した液体微量マスフローコントローラLVシリーズを加えた。更に、1990年には液体MFCに気化器を組合せた液体材料気化供給システムTLシリーズを製品化した。本シリーズは液相供給材料の流量を計測・制御し、これを全量気化・供給する方式で、ダイレクトインジェクション（図7）と呼ばれている。

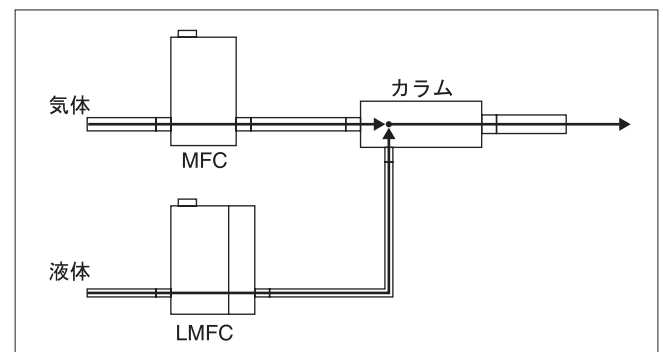


図7 ダイレクトインジェクション

ダイレクトインジェクション方式を発展させ、枚葉式の半導体製造装置に対応させたものが液体材料気化供給システムVCシリーズ(図8)である。本シリーズでは、高沸点・腐食性と取り扱いが困難な材料を0.001ml/min以下の微少流量を制御したいとのニーズに応えて、液体MFMまたは高温対応のMFMとの組み合わせでコンパクトなシステムを実現した。更に、液体材料タンクからチャンバまでを含めたトータルな液体材料気化供給システムもラインナップしている。



図8 液体材料気化供給システムVCシリーズ

5.3 デジタル化

1990年、CPUを搭載した世界初のデジタルMFC(DMFC)SEC-F1シリーズの製品化に成功した。デジタル化により、流量制御精度の向上、特性が異なるガスの流量を1台のMFCで制御できるマルチ検量線機能、全制御範囲における高速応答など機能の向上が容易となった。更に、流量の制御状態の変化からガス供給系の異常を監視する機能、センターアラーム機能を持たせたSEC-F700シリーズは、デジタルMFCの効用を広く認識させた。

またDMFCのアプリケーションソフトとして、制御状態を監視・自動保存して、より高度な不具合予知や原因解析が行えるソフトの製品化や、校正ガス種・流量値が容易に変更でき、DMFCの機能をフルに活用できるソフトの製品化も行っており、エステックではこれらのソフトの開発にも力を注いでいる。

5.4 リーディング・スケール(RS)、マルチ・ガス(MG)、マルチ・レンジ(MR)化

MFCの性能指数の一つに流量精度がある。従来、MFCの制御精度をフルスケールに対する精度(Full Scale精度)で評価していたが、より厳密に制御するために、設定値に対する精度(Reading Scale精度)が用いられるようになってきている。また、一台のMFCで複数のガス種や広い流量範囲仕様に対応(マルチガス化、マルチレンジ化)できるように、従来の一点コンバージョンファクタ(CF:センサの同一出力値でのN₂に対する実ガスの流量比)と違った新たなアルゴリズムを開発し、サーマルセンサ方式MFCとしての極限に挑戦している。更に最近開発した制御方式「連続最適化PID」を用いて、全流領域に渡って数百ミリ秒の応答速度の達成が可能となった。

MG/MR対応のMFCでは、お客様はCFを意識することなく、希望のガス種、流量をパソコンで入力することによって希望のMFCとなる。従って、ガスごとに用意すべきMFCの種類を大幅に削減できることになり、ユーザであるデバイスメーカーや装置メーカー、そして当社にとっても在庫数を極端に削減することが可能となる。このタイプのMFCはSEC-Z300シリーズとして既にアメリカの装置メーカーに出荷されている。

表1にSEC-Z300シリーズの主な仕様を示す。

表1 SEC-Z300シリーズの主な仕様

| 型式 | SEC-Z302 | SEC-Z303 |
|---------|---|----------------|
| 接ガス部材質 | SUS-316L | |
| 流量範囲 | 5 SCCM ~ 500 SCCM | 1 SLM ~ 10 SLM |
| 制御バルブ | ピエゾバルブ NC/NO | |
| 流量精度 | ±1% R.S. (25 ~ 100%) ±0.25 F.S. (2 ~ 25%) | |
| 応答速度 | 1秒以下(T ⁹⁸) | |
| 流量設定/出力 | アナログ出力: 0 ~ 5VDC/0 ~ 100% F.S. デジタル出力: RS485 | |
| 標準機能 | オートクローズ/クイックスタート | |

5.5 DeviceNet™通信

半導体製造工場の生産性向上の切り札として、共通のプロトコルを使用して製造ラインに含まれるすべての機器のネットワーク化が進められている。DeviceNet™はオープンなグローバルスタンダードとしてODVA(Open DeviceNet Vendor Association, Inc.)が推進している通信プロトコルで、国内外のデバイスメーカーや装置メーカーが導入を図っている。

当社では 既存の高性能デジタルMFCにDeviceNet™通信機能を搭載したSEC-Z10Dシリーズを製品化した。SEC-Z10Dは、第三者機関が実施する各種の機能試験 (ODVA Conformance Test, ODVA SEMI SIG Test, Texas A&M University Marathon Testなど)をパスし、高い性能と信頼性が確認されている。図9にSEC-Z10D DeviceNet™を使ったネットワーク構築例を示す。

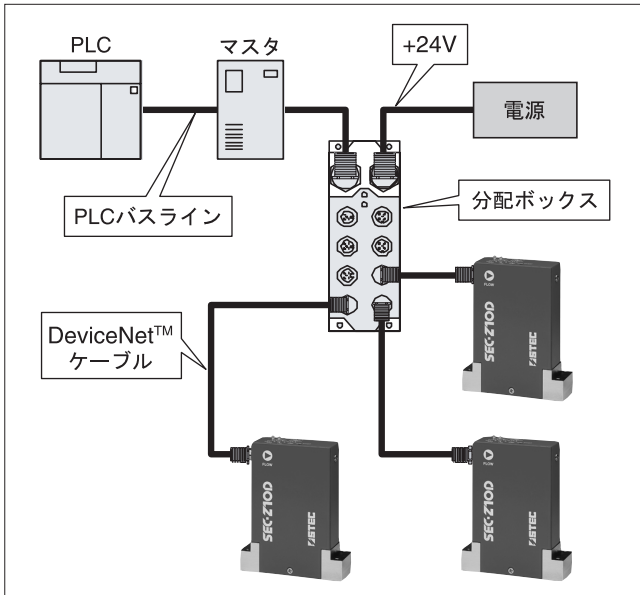


図9 SEC-Z10D DeviceNet™を使ったネットワーク構築例

6 今後の方向性

エステックは、技術・製品の質と幅の更なる拡大を目指して、次のような新たな取り組みを展開中である。

(1) 圧力計測/制御の技術と応用

当社は流量制御の他、既に排気圧コントローラを含む圧力制御機器 (URシリーズ、ECシリーズ) を製品化している。また、ソニック方式やガスフローモジュールSEC-Z70Dシリーズのように圧力センサを内蔵したMFCも開発している。圧力の計測・制御技術や機器はますます重要になっている。エステックは、本技術を今後の基幹技術の一つと位置づけ、積極的なアライアンスを含めて、その技術及び応用製品の育成に努めている。

(2) 残留ガス分析計 (RGA : Residual Gas Analyzer)

超小型四重極質量分析計を使った半導体装置のチャンバ・ガス系に関連する応用製品を検討中である。これにより、従来感覚的に行っていたチャンバの定期メンテナンスやPVD、Etcher、イオンプラなどのコンタミネーション・コントロールに威力を発揮するものと期待されている。

7 おわりに

エステックは設立以来、流体の計測・制御技術をベースとしたさまざまな製品を開発してきた。特に近年は、半導体のグローバル市場で「MFCはエステック」と評価いただけるようになってきた。半導体市場で培った技術・製品を半導体以外に応用展開することも半導体市場の大きな振幅に耐える体質を作るのに必要なことである。

今後は、MFCを中心とした当社独自の製品・技術を更に発展させ、一方ではHORIBAグループ各社との技術の融合を図り、より高度な、より良い製品とサービスを、よりスピーディに提供していきたいと考えている。



原 清明
Kiyooki Hara

株式会社エステック
執行役員 開発本部長兼
株式会社堀場製作所
半導体・科学システム統括部長

コスの基盤技術と製品展開

佐々木 一訓, 鈴木 理一郎, 内村 幸治

要旨

株式会社コスはHORIBAグループの液体計測のエキスパート集団である。本稿では、まずコスの設立から今日の発展に至るまでの経緯をレビューする。次に、HORIBAから技術移管を受け共同開発を進めている自動全窒素・全りん測定装置、長期に渡って信頼性を築き上げた有機性汚濁物質測定装置、コスで独自に開発に取り組んだ農業集落排水処理監視システムと半導体プロセスモニタを実例としてコスの基盤技術と製品群を紹介する。更に、より良い製品へ向けて技術開発を進めるコスの状況を、最近の新製品2チャンネル同時測定型比抵抗変換器GC-96RW及び高感度シリカモニタSLIA-300を通して紹介する。

1 コス発展の経緯

コスは、分析・計測機器のコンシューマ市場への展開を目指して1975年に設立された。当初、家庭用水耕栽培器「グリーンボックス」など一般家庭向けにユニークな商品を開発、販売していたが、1983年の大幅な機構改革を機に、工場排水や生活排水などの水質管理に市場を特化してビジネスの展開を図った。この分野は、サンプルの性状が多様で、計測する環境条件が厳しい上に、市場規模が小さいなど多くの課題があった。HORIBAの優れた計測技術と小回りをきかせた営業活動によって、これらの課題を一つ一つクリアし、現在では、農林・水産、食品加工などの分野で、安心して使える計測器として高い評価をいただいている。1980年代後半からは薬液濃度計や比抵抗計などのプロセスモニタを半導体市場に投入し、HORIBAグループの液体計測分野をリードしている。

1985年からは、HORIBA製品の保守点検を主業務とするサービスネットワークを全国に張り、コスのもう一つの柱として育てていった。その後、株式会社堀場テクノサービス発足(2000年)を機にサービス事業を同社に移管し、コスはHORIBAグループの液体計測のエキスパート集団としての新たな歩みを始めた。

2 基盤技術と製品群

コスは、農業集落排水、半導体、環境などの分野に向けて各種の水質計測機器を製造・販売している。これらの機器を測定原理からみると、光計測技術応用製品と電気化学計測技術応用製品との2種類に大別される。

2.1 光計測技術応用製品

光計測技術応用製品とは光の吸収、屈折、散乱、発色現象を利用した計測機器である。コスでは、紫外線から赤外線までの幅広い波長領域を使った各種の液体計測機器をラインナップしている。図1にコスがカバーする計測対象と光の波長との関係を示す。

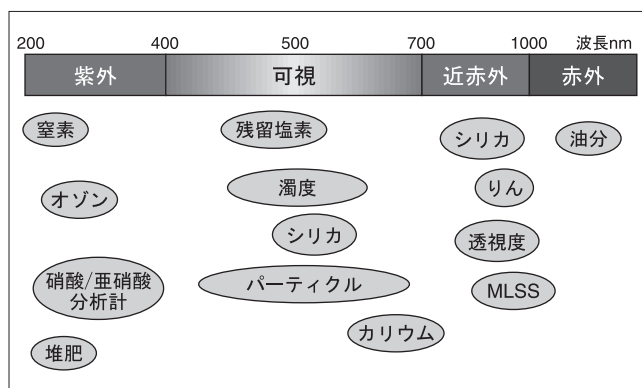


図1 コスの光計測技術応用製品

2.2 電気化学計測技術応用製品

2003年1月に創立50周年を迎えたHORIBAのルーツはpHメータであった。HORIBAグループの液体計測分野の中核をなすコスのもう一つの柱は、pHメータに端を発した電気化学計測技術である。

コスの電気化学計測法応用技術製品群を図5に示す。本図では各製品を検出原理から、ガラス電極を中心としたポテンシオメトリックセンサ、ポーラロ・ガルバニックセルなどのボルタンメトリックセンサ、電気伝導率センサに区分した。



図5 コスの電気化学計測法応用技術製品群

(1) 農業集落排水処理監視システム

コスは設立当初から農林・水産などの第一次産業との関わりが大きく、この分野に向けて数多くの計測機器を製品化している。中でも農業集落排水処理監視システムは、HORIBAが得意とするセンシング技術と、コスが培ってきたエンジニアリング技術とを集大成したものである。近年、下水処理場の施設の届かない農村や漁村においても快適に生活できる環境を整えるために、水洗化を目指して地域別に小規模な農業集落排水処理施設が建設されている。

本監視システムは、汚泥濃度計 (MLSS) や溶存酸素計 (DO) などの水質モニタをプロセスの各所に取り付け、排水処理システムの適正な運転に役立てるものである。

図6に間欠流入・間欠曝気方式の農業集落排水処理プロセスと計測機器を、図7にインテリジェントプリンタを使った監視システムを示す。

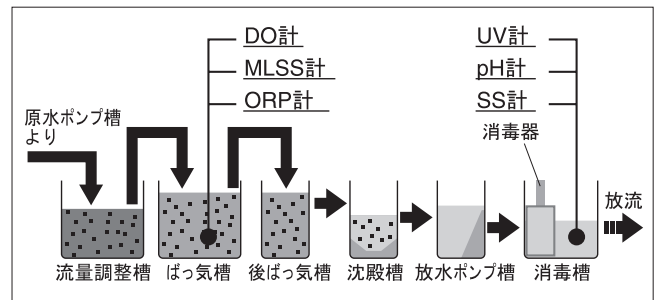


図6 農業集落排水処理プロセスと計測機器

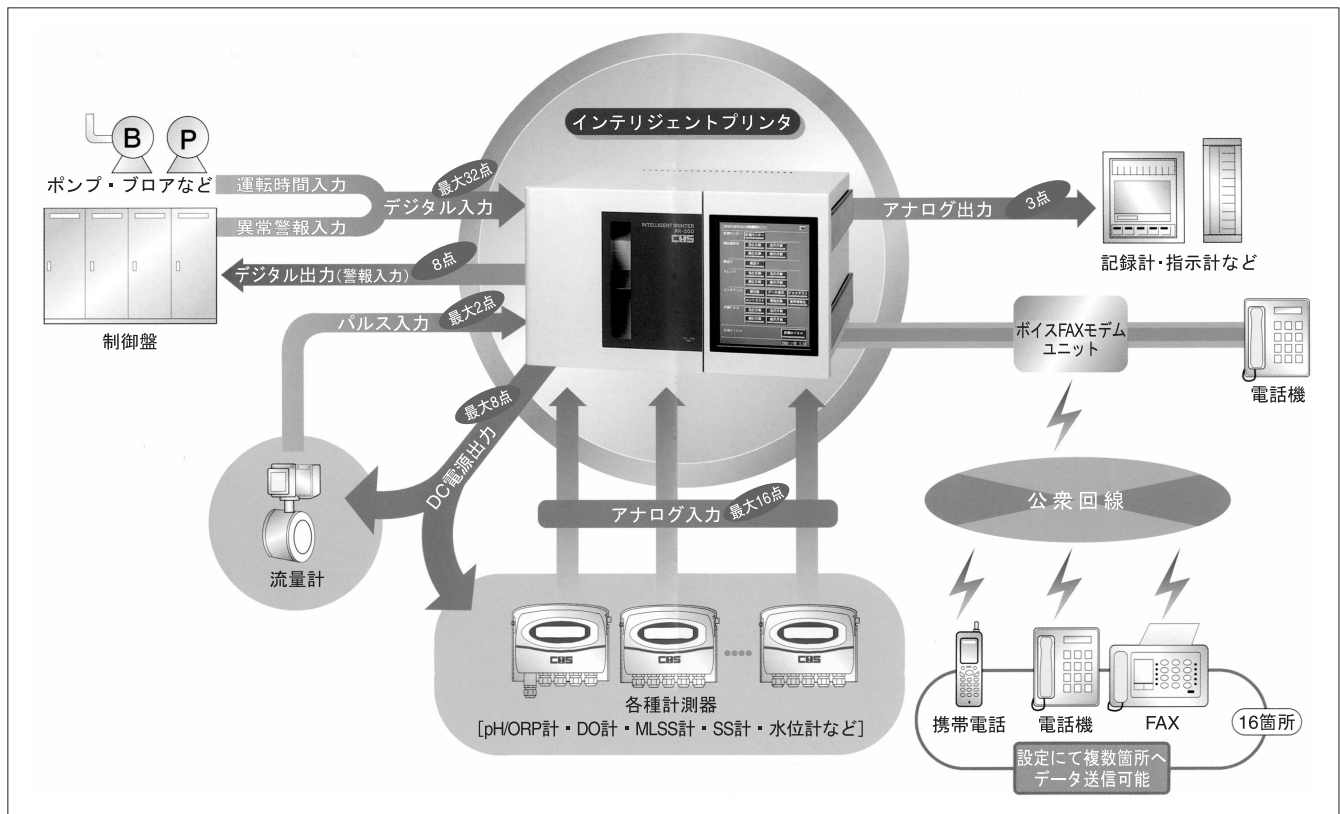


図7 農業集落排水処理監視システム

(2) 半導体プロセスモニタ

近年、コスでは電気化学計測法を応用した半導体プロセスモニタの分野に、特に力を入れている。導電率法を測定原理とした比抵抗計は、半導体工場ですます重要となっている超純水の質を監視・制御するために、広く使われている。

この他、イソプロピルアルコール純度モニタ、アンモニア濃度モニタ、カーボンセンサ比抵抗計などを、ウェットプロセスの各種モニタ用としてラインナップしている。

3 より良い製品への技術開発

コスの最大の特長は、お客様のニーズに合わせて迅速に製品やサービスを提供するフットワークの軽さにある。その一方では、より満足いただける製品を提供するために技術開発・改良に常に取り組んでいる。成果の一端を、以下の2つの新製品を通して紹介する。

3.1 2チャンネル同時測定型比抵抗変換器 GC-96RW

水の比抵抗は、水の純度を確認するための基本的な指標である。この度開発したGC-96RW(図8)は、2本のセンサを接続する機能に加え、温度の測定精度を高めることにより、より高精度で安定な比抵抗測定を可能にした。



図8 2チャンネル同時測定型比抵抗変換器GC-96RW

(1) 温度の測定精度の向上

純水の比抵抗を正確に測定するためには水温を正確に測らなければならない。例えば、比抵抗 $18\text{M}\cdot\text{cm}$ 程度の超純水では、温度が 0.1°C 高くなると比抵抗値が $0.1\text{M}\cdot\text{cm}$ 高くなるので、厳密な温度補償が求められる。そこで、比抵抗センサの中に埋め込んだ白金測温抵抗体で水温を測定・補正しているが、従来、白金抵抗体の特性がばらつくため、お客様サイドでの温度校正が必要であった。今回、白金抵抗体の器差を検定する手法と、測定回路の見直しなどにより絶対温度計測精度 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 、温度分解能 0.01°C を実現した。

ところで、この補正の際には、純水中の微量不純物の温度係数を考慮しなければならない。コスの比抵抗計は、水の電導率試験方法に関する ASTM D 1125-91 に基づく純水の温度特性と、塩化ナトリウムを不純物の代表とみなした温度補償を行っている。これにより、図9に示すように、GC-96RW は安定した温度補償特性が得られている。

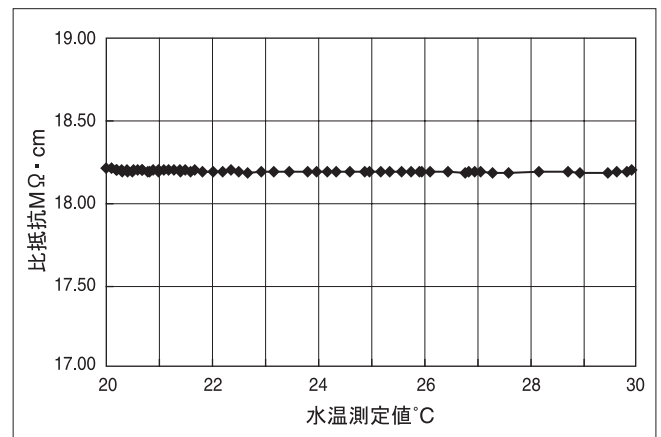


図9 GC-96RWの温度補償特性

(2) 信号伝達ケーブルの改善

比抵抗の測定においては、センサに流す電流が小さいために、信号ケーブルの浮遊容量や外部雑音の影響を受けないような対策が必要となる。GC-96RWでは、センサケーブルの芯線のシールドを同電圧に保持すること(シールドドライブ)により、セル定数 $0.1/\text{cm}$ で最長 30m まで延長しても安定な測定ができることを確認している。

3.2 高感度シリカモニタSLIA-300

超純水の高純度化は半導体工場における製品歩留まりを制する最大の要件と言われ、イオン交換樹脂で不純物を取り除いている。この樹脂が劣化するとシリカイオンがいち早く脱離するため、この濃度を常時監視することは半導体プロセスの安定化のためには大変重要である。高感度シリカモニタSLIA-300は超純水中の極微量シリカイオンをモニタする装置である。コスでは光ファイバーの原理に基づく長光路セルを新たに開発し、最小検出感度0.01 $\mu\text{g/L}$ という従来比10倍の高感度化に成功した。

(1) 2重管式の長光路測定セル

純水中のシリカの濃度はモリブデンブルー発色による比色法で測定している。比色法では、測定セルを長くすると感度は高くなるが、反面、外乱影響を受けやすくなり、また装置も大型化してしまう欠点がある。そこで、SLIA-300では、光ファイバーの考え方を取り入れた長光路セルを新たに開発し(特許出願番号2001-295441)、従来比約10倍のセル長で、サンプル量を約1/3に低減した。

新型の測定セルは、図10に示すように、ステンレス管の中に光透過性と耐薬品性に優れたフッ素樹脂チューブを通した2重管構造となっている。サンプルはフッ素系樹脂チューブの内側を流れ、光の強度変化は管の長さ方向で測定する。管の片側から入ってきた光は、フッ素樹脂チューブと周りの空気との屈折率の差により、管内で反射を繰り返しながら反対側に到達する。(この光伝達のメカニズムは、光ファイバーのコアとクラッドとの関係をイメージすると理解しやすい。)このように測定セルをフレキシブルな2重管構造にすることにより、コンパクトな容器の中に1mもの長いセルの収納を実現した。

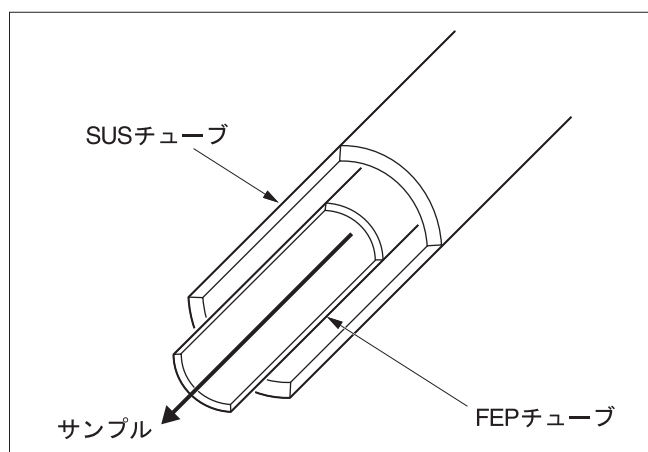


図10 2重管式の長光路測定セル

(2) サンプル及び発色試薬消費量の削減

測定セルを上記のような構造にしたことにより、サンプル及び発色試薬の消費量を大幅に削減することができた。従来、最も感度の高い100mmの測定セル長を持つ装置の場合、セルの容積が約70ml、洗浄などを含めると約400mlのサンプルを必要としていた。これに対しSLIA-300では、1mセルでも容積が約7ml、トータル約60mlのサンプル量で済む。結果的に、発色試薬の消費量も約1/4に低減できた。

(3) 実装結果

2重管式の長光路測定セルは上記のような利点がある反面、外乱光や温度変動の影響を受けやすくなる欠点もある。外乱光は測定セルに遮光構造を持たせることで、また温度変動は測定系を厳密に温調することによりクリアした。図11にSLIA-300を超純水供給ラインに実装した時の連続試験結果を示すが、0.2 $\mu\text{g/L}$ 付近の低濃度領域を十分にモニタできていることがわかる。

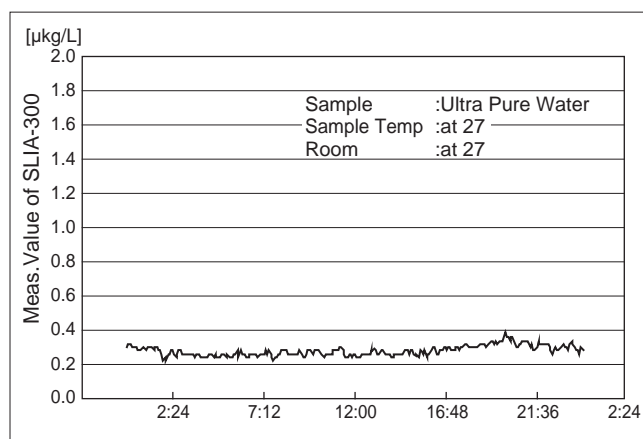


図11 SLIA-300の連続試験結果

4 おわりに

水質計測のスペシャリストを標榜するコスにとって、当社の製品が世界のデファクトスタンダードにもなり得るようなユニークで品質の高い製品を市場に提供することは我々の大きな願いである。今後は、排水処理や半導体分野で築いたノウハウを核として、食品や医薬品工場などのインラインプロセス計測や、海洋モニタなどグローバルレベルの環境計測へも分野を広げたいと夢を描いている。このために、社内外の諸機関と積極的にアライアンスを組み、お客様に対してベストソリューションを提供していきたいと願っている。



佐々木 一訓
Kazunori Sasaki

株式会社 コス
取締役統括部長



鈴木 理一郎
Riichiro Suzuki

株式会社 コス
設計部
マネージャー



内村 幸治
Koji Uchimura

株式会社 コス
設計部
マネージャー

ホリバ・バイオテクノロジーの 基盤技術と新製品

安井 義晶

要旨

株式会社ホリバ・バイオテクノロジー社(HBT)は、先端バイオテクノロジーを駆使して残留農薬やダイオキシンなどの環境負荷化学物質を迅速・高感度に分析するシステムの開発を目指して2000年6月に設立されたベンチャーカンパニーである。本稿では、当社の設立背景、免疫化学測定法の一つである酵素標識免疫測定法(ELISA)を使った試薬測定キット及びマイクロプレートリーダーMPR-01、更に今後の方向性などを紹介する。

1 はじめに

株式会社ホリバ・バイオテクノロジー社(HBT)は、HORIBAが開発した技術シーズの事業化を目指して2000年6月に設立された。

まずは、神戸大学遺伝子実験センターの大川秀郎教授の研究成果と、HORIBAの機器分析に関するノウハウを融合することから着手した。大川教授は、特定の物質と選択的に反応する抗体を使った超微量物質の検出に関する多くの研究成果を上げている。一方、HORIBAは半導体センサを使ったユニークな計測機器を多数製品化している。当社は、両者シーズと基盤技術を最大限に活用し、他に類を見ない環境用計測機器の製品化を目指している。

HBTは、創立間もなく大川教授を取締役に迎える一方で、通商産業省(当時)が推進するナショナル研究開発プロジェクト“エコモニタリングプロジェクト”に参加し、“生物の持つ機能を利用した環境中化学物質の高感度検出・計測技術の開発”に着手した。翌2001年には、HORIBAが(財)基盤技術研究促進センターの支援で設立された株式会社環境免疫技術研究所から購入した特許や抗体産生細胞株を含めた残留農薬の免疫化学測定法に関する研究成果の移管を受け知的資産の充実を図った。当社は、まさに大学発のベンチャー企業として船出した。

2002年には、本社社屋(図1)をHORIBAから移転し、研究・生産棟を設置し本格的に事業を開始した。また、近畿経済産業局が推進する新規のナショナルプロジェクトにも参加し、各種設備機器の充実を図ると共にバイオ・計測関係の研究者・技術者を多数採用し研究開発環境を充実した(図2a,b)。2003年の現在、バイオテクノロジー(BT)はもちろん、ナノテクノロジー(NT)や情報技術(IT)の融合分野に向けて新たなチャレンジを始めている。



図1 本社社屋

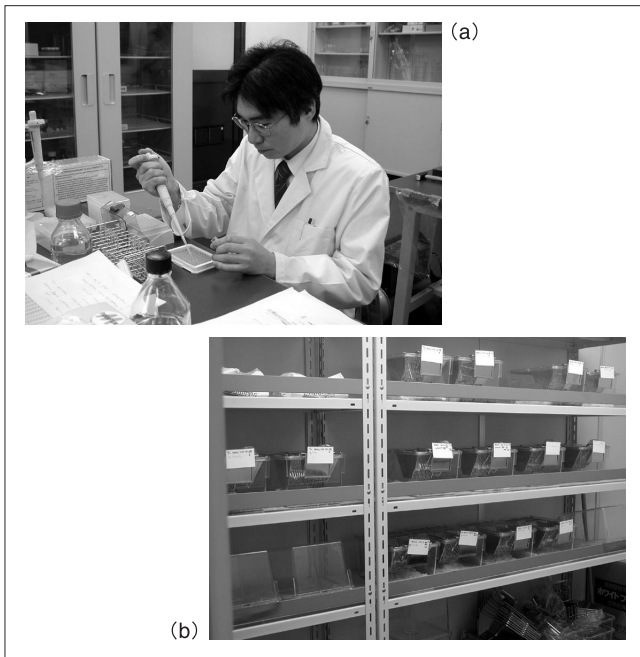


図2 研究開発環境の例
(a)基礎実験,(b)実験用マウスの飼育室

2 免疫化学測定法による微量化学物質の分析

学校や企業で行う定期健康診断における血液検査では、血液中のホルモンや酵素、タンパク質などを定量分析しているが、それらのほとんどが免疫化学測定法に基づく検査キットを使っている。

通常、動物は、ウイルスや細菌、蛇の毒素などが体内に侵入してくると、リンパ球の免疫作用によって体を防御している。リンパ球は、細菌などの外敵（抗原）に対して選択的に結合する抗体（タンパク質の一種）を生産し、この抗体が抗原にとりついて抗原を不活性化する。これを液性免疫機構という。更に、抗体と結合した抗原は、マクロファージといわれる食細胞（白血球の一種）によって分解され、体外へ排出される。これを細胞性免疫という。このように、液性免疫と細胞性免疫によって我々の体は、常に外敵から守られている。これらの免疫メカニズムを使って微量の化学物質を分析する手法を免疫化学測定法と呼んでいる。

従来、残留農薬などの微量の化学物質は、高速液体クロマトグラフィ（HPLC）、ガスクロマトグラフィ（GC）、質量分析計（MS）などを公定法として分析されてきた。しかし、これらの装置は専門の技術者による複雑な操作が必要であり、更に分析結果を得るまでには数日あるいは1～2週間も必要としていた。

近年、ヨーロッパや日本国内で社会恐怖を巻き起こした狂牛病は、プリオンという微量のタンパク質が原因で脳の萎縮が起こるといわれ、狂牛病のスクリーニング検査用として大量のサンプルを迅速、簡便でしかも、廉価な検査法として免疫化学測定法を使った分析方法が注目されている。

HBTでは、現在、農産物や食品、あるいは土壌や河川水などに残留している農薬の分析用として、免疫化学測定法の一つである酵素標識免疫測定法（ELISA: Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay）を使った試薬測定キットの開発を進めている。

3 抗原・抗体の開発

免疫化学測定法では、分析すべき対象化学物質に応じて高感度・高選択性で、かつ取り扱いが容易で、コストの安い抗原・抗体の確保が最大の課題となる。HBTでは、最新のバイオテクノロジーを駆使して抗原・抗体の開発、更にそれらを使った試薬キットの製品化に取り組んでいる。

3.1 ハプテン化抗原の化学合成

現在使われている農薬のほとんどは分子量が100～300の化学合成されたもので、抗体産生細胞（リンパ球）で抗体を作ることは困難である。そこで、血液に含まれるアルブミンのような大きな分子量のタンパク質の表面に、分子量の小さな農薬を結合させたハプテン化抗原を化学的に合成させることによって、抗体産生細胞が農薬を異物として認識し抗体を産生するようになる。

3.2 モノクローナル抗体産生細胞株

抗体産生能力とガン細胞のように永久に増殖する両方の性質を兼ね備えた細胞が実現できれば、生体外でも同じ抗体を永久に産生することが可能となる。それを実現させたのが、ドイツの免疫学者ケーラー（Kohler, J.F.Georges）で、正常なリンパ球とガン化したリンパ球とを細胞融合させて雑種細胞（ハイブリドーマ）を作製し、このハイブリドーマを使ってモノクローナル抗体を得ることに1975年に成功した。

HBTは、この技術をベースとして、マウスを使ったモノクローナル抗体を産生する細胞株（ハイブリドーマ）の作製技術を確立し、社外からの受託開発に応じる体制を整えている。

図3にモノクローナル抗体の製作プロセスを示す。

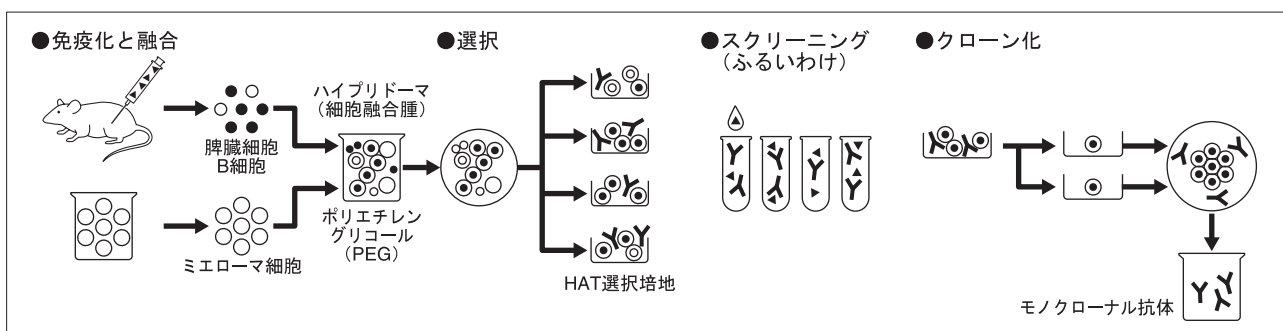


図3 モノクローナル抗体の製作プロセス

3.3 遺伝子組換による抗体作成

遺伝子組換による抗体の生産技術とは、前述の抗体産生細胞株から得られた抗体を生産する遺伝子を分離し、得られた遺伝子を大腸菌に組み込み、更にその大腸菌を培地の中で増殖させることによって目的とする抗体を大量かつ安価に生産する手法のことである。HBTでは、エコモニタリング・プロジェクトの中でこの技術の実用化を進めている。図4に環境ホルモン(内分泌かく乱物質)の一種とされるビスフェノールAに特異的なモノクローナル抗体可変領域のクローニングプロセスを示す。

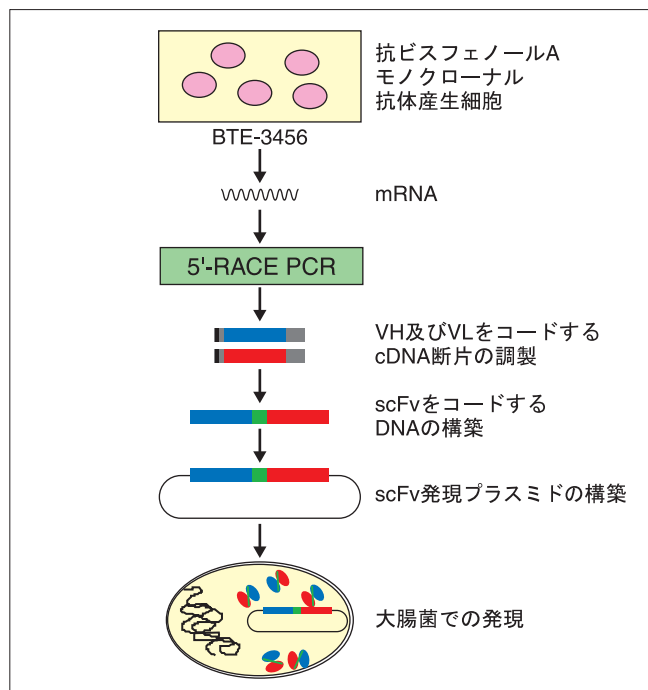


図4 ビスフェノールAに特異的なモノクローナル抗体可変領域のクローニングプロセス

4 免疫化学測定法試薬キット

免疫化学測定法試薬キットは、96穴のマイクロプレートと2次抗体試薬/発色用停止試薬/検量線用の標準試薬などの生理活性物質の数種類で構成されている。図5に本キットの外観を、表1に主な仕様例を示す。

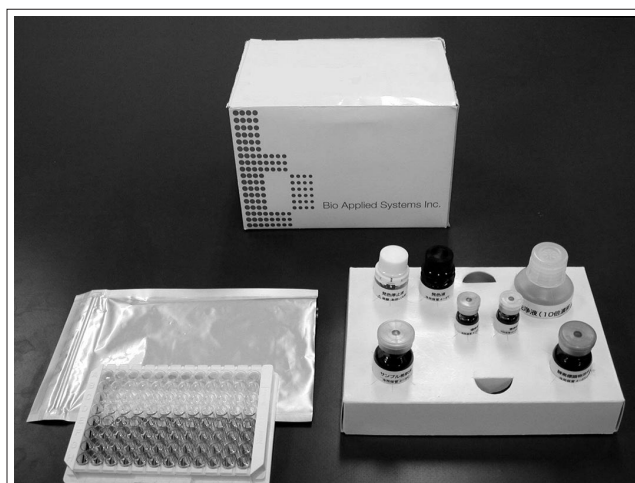


図5 免疫化学測定法試薬キット

表1 免疫化学測定法試薬キットの主な仕様例 (農薬アセタミプリド測定用)

| 品名 | 容量 | 剤型 | 数量 |
|----------------------|---------------------|-------|----|
| 抗体プレート | 8ウェル×12列 (96ウェル) | 乾燥品 | 1枚 |
| アセタミプリド標準試薬L(0.3ppb) | 1mL | 凍結乾燥品 | 1本 |
| アセタミプリド標準試薬H(4ppb) | 1mL | 凍結乾燥品 | 1本 |
| 酵素標識物試薬 | 5mL | 凍結乾燥品 | 2本 |
| 洗浄試薬(10倍濃縮) | 50mL | 液体 | 1本 |
| 発色停止試薬 | 13mL | 液体 | 1本 |
| 発色試薬 | 13mL | 液体 | 1本 |

4.1 測定プロセス

HBTの免疫化学測定法試薬キットは、直接競合ELISA法を採用しており、測定は次のプロセスで行う。図6に直接競合ELISA法の測定フローを示す。

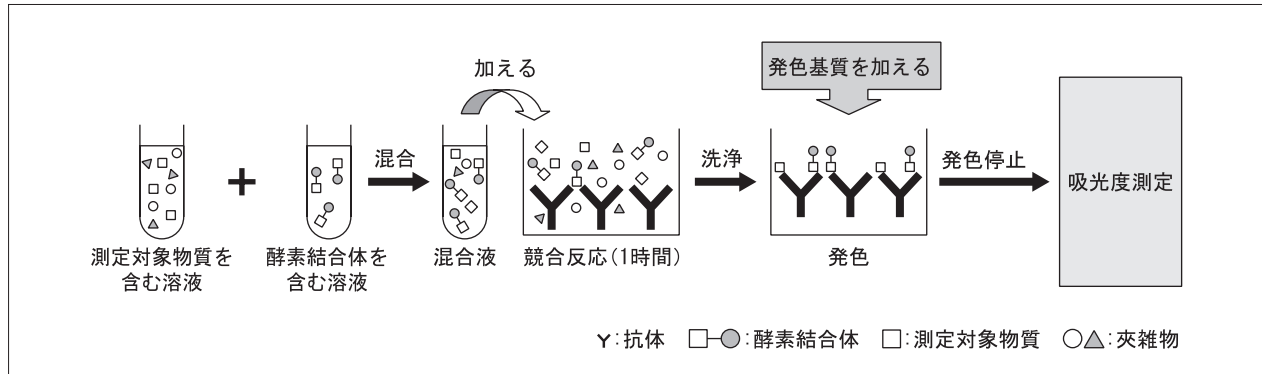


図6 直接競合ELISA法の測定フロー

(1) 抗体の固定化

測定対象物質と特異的に結合する抗体を96穴のマイクロプレートの穴底面に固定化する。

(2) 酵素による測定対象物質の標識化

測定対象物質のカルボン酸誘導体を合成して、酵素（西洋ワサビペルオキシダーゼ）のリジン残基と共有結合させる。

(3) 競合反応

測定対象物質を含む溶液と酵素結合体の溶液とを試験管中で混合する。この混合液を抗体固定化済みのプレート穴に加えて、競合的に反応させる。約1時間反応させた後、抗体と未反応物質を洗浄操作によって除去する。

(4) 発色反応

洗浄したプレート穴に酵素の発色基質を加える。固定化抗体へ酵素結合体が反応していると、酵素反応によって発色基質が着色する。測定対象物質の濃度が高いと着色しないが、濃度が低い場合は着色の程度が増す。

(5) 対象物質の測定結果

発色反応における着色の程度は、測定対象物質の濃度に依存することから、両者の関係をグラフ化し標準曲線を作成して、未知試料中の測定対象物質の濃度を算出する。

ただし(1)(2)の工程はキット中のプレートにあらかじめ処理が施されているため、実際の測定者は(3)~(5)の作業をすればよい。

4.2 マイクロプレートリーダー

HBTは、免疫化学測定法試薬キットに合わせてマイクロプレートリーダーMPR-01(図7)を製品化している。本機は吸光強度を正確に測定、演算、表示するデスクトップタイプのマイクロプレートリーダーで、次のような特長を持っている。



図7 マイクロプレートリーダーMPR-01

- [1] 固体発光素子を使って広い濃度範囲(0 ~ 2.9Abs) を安定に計測可能。
 - [2] マイクロプレート1枚あたり10秒以下の高速で測定。
 - [3] 測定結果は汎用の表計算ソフトで処理するため、データの転用・活用が容易。
 - [4] 小型・薄型で、狭い研究室でも場所をとらない。
- 図8にMPR-01の機器構成を、表2に主な仕様を示す。

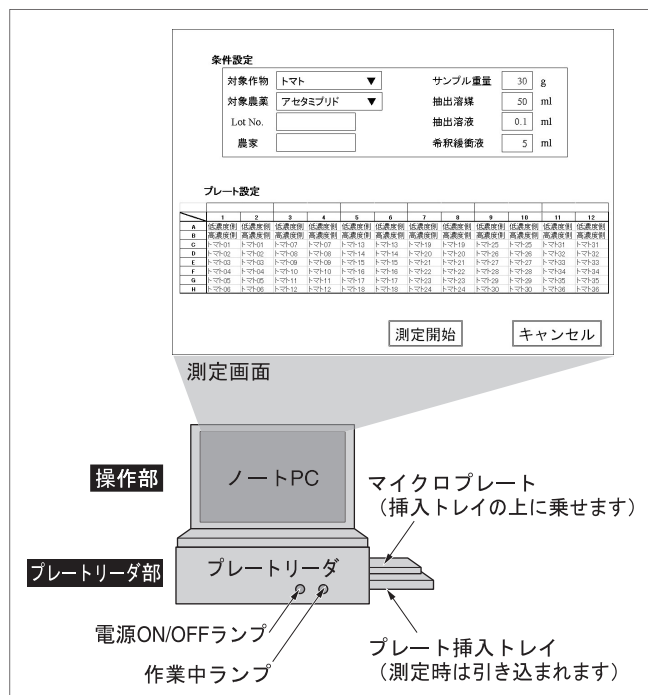


図8 MPR-01の構成

表2 MPR-01の主な仕様

[プレートリーダー部]

| | |
|----------|---|
| 測光方式 | 8列平行光路、垂直照射方式 |
| 測定範囲 | 0 ~ 2.9Abs. |
| 測定波長 | 450nm |
| 測定モード | 1波長または2波長可能 縦列 / 横列選択可能 |
| 測定可能プレート | 96ウェルマイクロプレート |
| 測定時間 | 10秒以下 / プレート |
| 光源 | 固体発光素子 |
| 外部接続 | D-SUB(37pin) 1ポート |
| 外形寸法/重量 | 300(W) × 300(D) × 65(H) mm / 約7kg |

[操作部]

| | |
|------|---------------------------------------|
| 操作本体 | ノートPC |
| 外部接続 | A/D変換PCカード+接続端子 (D-SUB(37pin)) |

5 おわりに

科学技術の目覚ましい発展は、多くの利便性をもたらしたが、一方では、農産物の残留農薬、環境水中の外因性内分泌攪乱物質（環境ホルモン）、土壌中のダイオキシンなどの微量化学物質が、生態系の根本を脅かす危険が指摘されている。このような危険を正しく把握しクリアするために、微量化学物質の迅速で、高感度かつ簡便な分析システムが不可欠である。

HBTが研究開発を進めている免疫化学測定技術は、まさに、このようなニーズにお応えできる最高の手段であるものと確信している。

バイオテクノロジーは21世紀の人類を幸福に導く最大のコア・テクノロジーだと言われているが、現段階では、生体が持つ豊富な機能のごく一部しか活用できていない。HBTは、HORIBAが長年培ってきた分析技術をベースとし、最新のバイオテクノロジーと情報技術を駆使して、人類の真の幸福に向けて貢献したいと願っている。



安井義晶
Yoshiaki Yasui

株式会社ホリバ・バイオテクノロジー
技術顧問



京都・亀岡 穴太寺 吉永 秀

創立50周年記念企画

私たちの目指す顧客満足



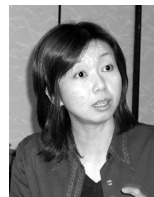
柏木 知江子

エンジン計測
システム生産部



本田 千晶

カスタマー
サポートセンター



石川 純代

分析センター



木村 祐子

海外営業部



西川 智子

エンジン計測製品企画部



杉山 庸子

医用システム製品企画部



三上 慶子

知的財産部

21世紀のビジネスの成否は女性のパワーが鍵を握っていることは間違いありません。HORIBAが次なる50年に向けてスタートしたのを機会に、製品企画から生産まで各部門の最前線で活躍中の女性ホリバリアン7人が、「私たちの目指す顧客満足」をテーマに、普段の仕事で大切に思っていることや願い、自分を生かすために日々努力していることを語り合いました。お客様が望んでおられることに速く的確に応えるためには、現場をよく知って一歩先に進んだ提案や対応をすることが必要であり、相手の身になる思いやりと真剣さが大切であることを理解し、組織的なパワーにしていく重要性が浮き彫りになりました。きっと、緻密さの中に溢れる意欲を読み取っていただけるものと思います。

(本座談会は京都市北区にあるHORIBAのメモリアルハウス“雅風荘”で2002年12月4日に開催されました。)

三上 司会の三上です。知的財産部でReadoutの編集の仕事をしています。創立50周年を迎え、本日は、HORIBAのCS活動を女性の観点から掘り下げてみようといういろいろな部署から女性の皆さんに集まっていただきました。顧客満足を目指して私たちがどういう努力をしているかを読者の皆様に伝え、身近に感じていただき、HORIBAがこれからも期待の持てる会社であることをアピールしたいと思っています。同時に皆さんには互いの理解と交流を深め、今後のCS活動に生かしていただきたいと考えています。

失敗や成功の中から得られたもの

柏木 エンジン計測システム生産部の柏木です。担当は、自動車排ガス分析装置と、環境・工業用計測機器の分析部の組み立てです。生産部としてコストをしっかりと押さえるために、今年できたチームに所属しています。目的に向かって、ようやく一歩踏み出したチームです。

ある自動車メーカーに7台の分析計を納入した時のことです。HTS*1の方から、「1台に組み立て上の不具合があるようだ」との連絡を受けました。お客様に対して、不安があるような状態で置いておくわけにはいきません。お客様に時間を取らせていただいて、全数を調査に行きました。ただ、私が今まで修理に行った実績がないのと、仕事柄男性がメインの現場なので、上司は女性が修理に行くことに少し思案されていたようです。けれども、どう使われているのかを見て今後の仕事に生かすということで結局調査に行きました。

お客様のところでは、分析計は常時動いている状態で、わずかな、ほんの数分の間に調査して手直しをしなければなりません。一つでもミスがあれば、お客様の仕事を止めてまで頂いている貴重な時間が更に数倍も必要となってしまいます。狭い隅の方でスパナやドライバーを使って作業したのですが、こうした場所でもメンテナンスのしやすい製品を作る必要があることを、身にしみて感じました。組み立ての試作業務の中で、開発担当者に伝えていきたいと思います。

現場ですべて調べることの難しさがわかって、HTSの方からの問い合わせに対しては、きっちり対応できるようにしたいと思いました。組み立ての不具合を見逃すという失敗をしたのですが、直接行って手直しをすることで良い経験になりました。

*1：株式会社 堀場テクノサービス

本田 カスタマーサポートセンターの本田です。お客様や特約店様、販売店様などからの電話やメールでの問い合わせに回答しています。pH計など小型の理器製品を担当していて、展示会にアテンダーとして行くこともあります。対応の際にお客様を嫌な気分にはさせないことと、折り返しの電話なり、カタログ送付なり、確実にすぐにやっていくことを心がけています。スピードに特に気を付けています。

お客様の中には、pH計などは簡単と思って、取扱説明書を全然読まずにすぐ製品を操作する方がいらっしゃいます。例えば、pHメータでは、pH電極の比較電極部に内部液といって規定濃度のKCl(塩化カリウム)溶液を注入するのですが、粉末のKClから比較電極内部液を調製される場合、規定濃度になっていなかったり、溶媒に純水を用いずに水道水が使われることがあったりします。また、pH7の標準液校正においても規定の標準液を用いず、pH7を中性と解釈して純水で代用



柏木 知江子

エンジン計測
システム生産部
チームリーダー

あらゆる方法でスピードを追求します。女性らしい優しさも発揮できればと願っています。私にとってのお客様である「次工程」に満足して頂けるように、また必要な情報がいつでも提供できるように、ドキュメントを充実させていきます。Q・C・D(=Quality(品質の安定)、Cost(コストダウン)、Delivery(納期の遵守))の充実にも全力で取り組みます。



本田 千晶

カスタマーサポートセンター

今後HORIBA製品を使って頂いているユーザの方たちの意見・情報交換の場を作りたいです。ユーザの方々が意見を交換し合い、情報を共有し、またHORIBAもその声をこれからの製品開発に生かしていければ、非常に良い関係ができると思います。

されるとか、まさかそんなことはされないだろうと思うことをされています。電話だと相当細かく聞かないとどういうことかわからない。そこが間違っていたのかと、あっと思うことがあります。説明の際に“早口で何を言っているのかわからない”と言われたこともあります。顔が見えないから、余計に丁寧に言わなければいけないと反省しました。

電話に出た途端に“技術者に代わって”と言われた時には、女性に説明されたくないのしょうけれど、“答えられます”と強く言ってしまいました。

石川 分析センターの石川です。X線分析装置を担当しています。HORIBAの装置評価につながるような測定データを出したり、デモを通じて、お客様に装置をよく理解していただき、ご購入の判断につなげるための仕事をしています。その中で、装置に関するさまざまな課題、問題点などを開発部門にフィードバックしています。また、装置を知っていただくために、興味を持っていただけるようなデータを探って、ホームページなどに公開しています。

6~7年前、分析センターに配属された頃の話ですけれど、海外から日本に出張に来られた中東の国のお客様に、私の担当製品の講習を行うことになりました。すると、通訳を通じて“前に訪問した会社は係長か課長級の男の人が僕の対応をしてくれたのにこの会社は何だ、担当を代えてくれ”と言われたのです。その日は私しかいなかったの、とにかくできる限りきちんと対応をしよう...

この人は何を知りたくて、ここにおられるのだろうか、何ができるようにならないとこの人は国に帰って困るのかということから突き詰めていって、“ではスケジュールはこうしましょう、ああしましょう”という話をして1日目は終わったのです。2日、3日と無事に過ぎて4日目のことでした。指輪にできるように加工してあるアメジストの石をMESA^{*2}で測ってくれとお客様に言われたのです。そして、鉄と何々と何々が出た、という結果をお渡ししようとしたら、お客様が“初日にすごく失礼なことをいった。僕の国でたくさん採れる石だからあなたにあげるよ”と言ってアメジストをくださったのです。それは今でもお守りに置いてあります。

当時は経験も少なく、真空ポンプのオイルを、お客様のところで撒き散らしたことがあって落ち込んでいた直後でした。巻き返そうと、その4日間はすごく死だったけれど、ただ、今から振り返ってみると、大したことをやっていたわけではなく、お客様の要望を確認して、それに対応するという当然のことをしていただけだったのです。

*2：蛍光X線元素分析装置



雅風荘(玄関)

個人と組織の力が融合し、更なるサービス向上を生む

三上 顧客満足におけるサービスのあり方という観点で、日ごろ感じていることなどありましたら聞かせてください。

木村 海外営業部の木村祐子です。国内営業のように直接お客様に接する営業ではなく、子会社や代理店を通じてのルート営業をしています。お客様と直接お話をすることがなかなかないのですが、子会社や販売店が受けたお客様のさまざまな要望やクレームに対応しています。

問題が起こった時に、何とかして解決しよう、と思うモチベーションって結局、次にHORIBAのことを考えて、買っていただくため、という企業としての目的から出てくるものだと思うのです。子会社でもお客様でも社内の人でも、相手が満足するような対応をすることによって、最終的には受注につなげるのが目的だと思いながら仕事をしているので、嫌な案件とかが来たとしても、それは受注のためと思って、顧客満足を上げるようにいろいろな方面で努力するように心がけています。最近、サービス部門が別会社（HTS）になりましたが、アフターサービス活動も営業活動の一環と思っているため、多少違和感を感じてしまっています。

石川 トラブル対応の際に、サービス部門にではなく私に依頼が来る場合があります。まだトラブルと決まったわけではない時など、デモ等で直接お客様にお会いしているので頼みやすいという面があると思います。サービスに対して十分には落とし込まれていないような新しい製品は特にバックアップを頼まれます。

西川 エンジン計測システム統括部製品企画の西川です。製品企画部は、開発・販売・顧客対応・マーケティングなどエンジン統括のほぼ全事業・方面に関わり、私は、販売促進的な広報活動を主に担当しています。また、営業サポートと市場情報の収集・伝達も業務の大きなウエイトを占めています。

具体的には、エンジン関連のセミナー・展示会の事務局業務、カタログ・製品広告の制作、メディアミックスによる新製品発表や製品プロモーション、Readoutやウェブ広告を見たお客様からの問い合わせ対応、市場情報の統括部内伝達、営業活動のための情報の充実と整備などです。それからMEXA Meeting^{*3}などの会議や来客対応もありますね。

どちらかといえばサービスとの関わりは少ないのですが、人が足りていないというのを聞きます。すごく勉強されているけれども、製品もいろいろ増えてきているのと、ソフトもハードも複雑になっているので、新しい製品をマスターするのは難しいと聞きます。

*3：エンジン計測関係のインターナショナルのセールスミーティング

木村 サービスマンや間接部門の人が頑張っているからHORIBAに製品の発注が来るということはあると思うのですが、その方々からすると自分の実績には直接つながらないわけで、個人のモチベーション維持力に依存する所が大きいように思います。営業は注文書という目に見える“報酬”がありますが、顧客満足アップへの取り組みでは、個人に頼るのではなく、組織として努力すべきことはたくさんあると思います。



石川 純代

分析センター

お客様にHORIBAとHORIBAの製品を好きになって頂けるように願い、日々仕事をしています。お客様のかゆい所を先に感じ取り、市場で求められているデータ提供等、先手の提案型のCSを目指します。



木村 祐子

海外営業部

海外営業特有の時差・距離・言語のファクタを考慮し、お客様の質問に対して、技術的に明確な答えと、問題解決のスピードを心がけます。真のソリューションをタイミング良く提供するためのグローバルなサポート、サービス体制で、次の注文につながるフローができればと思います。

三上 サービス向上のためのさまざまな課題や問題の改善、解決については、個人という側面はもちろん、組織的に動くということが重要だということですね。

西川 あと、インターネットを使った情報収集が一般化し、インターネットを通じたお客様からの問い合わせが結構多いように、ウェブの活用もかなり有効だと思います。自社のホームページに情報を充実させると、お客様の方で自分に必要な情報を取捨選択してくださる。そして、購入を考えるとところまできたら、お客様の方から、問い合わせをしてきてくださる。ウェブを整えることで、潜在顧客を引き寄せることも、また受注までの工数を軽減することもできると思うのです。社内業務のサポートも結構できると思います。

エンジンでは、こういったWebの有用性から、HAD*4に英語のウェブサイトの拠点を置いてエンジンのウェブサイトを立ち上げたのです。そこには、仕様や写真などの製品情報や、企業情報、全世界のエンジン事業関連のオフィスとコンタクトアドレスが載っています。お客様がそれをクリックすれば、最寄のオフィスまたは担当営業より顧客フォローできるようになっています。

エンジンの英語ウェブサイトの運営はHADで、日本語のウェブサイトの運営は広報室が担当しています。日本語のウェブサイトを更新する場合や、写真を差し替えたければ製品企画の私から広報へお願いするのです。エンジンのウェブサイトはHADを中心に展開する方向で、英語のウェブサイトの下に日本のエンジンのウェブサイトが来るようなイメージで、運営していこうとしています。

*4: HORIBA Instruments Incorporated Ann Arbor Facility

木村 例えばエンジンのカタログなども、そこに全部載っているのですか？

西川 はい、エンジンの英語のカタログや広告は全部“<http://www.emd.horiba.com>”に載っています。お客様の目に留まるものにウェブアドレスを案内し、利用していただければ、業務の効率が高まると思うのです。お客様が独自にウェブから欲しい情報を持っていかれる。HADのウェブサイトの構成は三角形になっているのですけれど、フロントページが目次で、製品のラインナップやニュース、簡単なアプリケーションなども載っていて、更に次のページにいくとすごく細かい製品仕様書とか写真があります。更に奥にいくと、論文発表のサイトで仕様をダウンロードできたり、アメリカ自動車技術会などの関係機関のところへ飛ぶようにしてあって、そういうふうにとどんどんしていけば、後は、お客様が製品の購入を検討されている時に連絡をいただけるという形になっています。ただ、データベースでもHORNET*5のアイコンでもそうなのですが、作った後のメンテナンスが重要になってきます。常に、新しい情報を載せ続けることが、大切です。

*5: HORIBAグループのイントラネット

私たちが考えるCSとは？

三上 それぞれの立場でのCSをもう少し追求するために、「ずばり私が考えるCSとは？」というテーマで話をしていきたいと思います。

杉山 医用システム統括部製品企画部の杉山です。極端な言い方をすれば、私のお客様は営業マンです。私は企画という立場からエンドユーザと話す機会が少ないので、営業マンが営業活動に専念できる、気持ちよく営業活動ができる環境を作ることによって間接的に顧客満足を高めようと考えています。例えば、製品に関してルーチンで聞かれることを1つの営業資料にまとめる仕事などもしています。

私が考えるCSは、検査結果を返すまでの時間が短くなったとか、隠れていた病気を発見できたとか、我々のユーザのその先のお客様である患者さんへのサービス向上です。製品を売るだけでなく、安心とデータをお届けしたいと思います。

本田 私が考えるCSは、お客様にいい気分になっていただくこと。例えば、お客様は装置の調子が悪くて直したいと電話をかけてこられます。けれども、その場で仮に装置が直らなかったとしても対応がよかったら一応いい気分にはなれると思います。その場で装置の不具合が直って「ありがとう」と言われたり、「カタログが着きました。ありがとう」とわざわざ電話をいただいたこともあるし、私の場合は、そういうことで顧客満足を日常的に実感します。逆に、答え方や電話の調子でお客様が悪い気分になられる時もあると思うのです。なるべくお客様がいい気分電話を切っていただけるように心がけています。

木村 本田さんから転送される引合いの対応依頼のメールは、今までの対応過程がきちんと書かれていて、私にどういう対応が求められているのかがすごくわかりやすいです。ぽんと転送すれば楽かもしれないけれども、例えば、大事な部分を太字にしたり、お客様のコメントを付け加えたり…。それがすごく助かるのです。

本田 たんに機械的に処理をすれば、何かと二度手間になることがあるから、自分の担当と違って、他の人に回す時は内容など、必ずある程度わかるように事前に勉強するようにしています。

木村 私が考えたCSサポート体制で、3年前くらいに顧客登録システム(<http://global.horiba.com/usercare/u20.nsf>)というのを他部署の協力を経て水質分析計で立ち上げました。エンジン計測関係の製品であればサービスマンが据え付けに行けば、お客様が何のために使われているかが全部わかる。けれども、pH計は販売店を介すし、特に海外となると本当に誰が使っているのかわからない。



西川 智子

エンジン計測製品企画部

CSでのスピードの大切さを痛感します。変化の早い市場において、お客様は、適度な時間の間隔と明瞭な答えを求められています。効率よく、迅速な対応に努めて参ります。そして今後も、画期的な製品やシステムの発展など、排ガス計測分野の発展とエンジン統括の拡張の一助になればと思います。



雅風荘(応接室)



杉山 庸子

医用システム製品企画部

お客様を大事にして、HORIBAの医用ビジネスを更に育てていきたいです。製品を売るだけでなく、安心と確実なデータをお届けします。お客様に対するオペレーションやメンテナンスのトレーニングを行うシステムを立ち上げ、トレーナーにも挑戦したいと思います。

このシステムで量産品でも顧客データベースができるため、今後お客様がpH計に期待していることなどのアンケートをとることや、IDさえ言っていただければお客様がどの製品を持っておられて、名前も、国もアプリケーションも毎回聞かずにすぐ、本題に入ることができる。また、例えば以前の問い合わせがpH計の校正に関することという履歴が残ることにより、「その後、いかがでしたか？」というようなことが、お客様が2回目に電話をかけてこられた時に聞けるようなシステムにしたいなと思っています。

杉山 医療業界と産業界では、レスポンスの感覚が違うのです。修理対応では、1~2時間後と1~2日後程度の感覚の違いがあります。24時間365日、生命に関わることの緊急性。履歴管理の徹底についても差が大きい。その辺り、業界と社内の常識にギャップがあるので、それをなくすように社内に働きかけたいのですが、その内容として今のお話結構近いものがあります。私が今やりたいと思っているのは、顧客管理システムにトレーサビリティの情報を付けて、社内でも出荷前に何をしたらのか、お客様にはどの製品が納入されていて、更に営業の情報を付け加えて、月額いくらでリースを組んでいるとか、試薬はどのようなタイプで組んでいるとか、更にサービスの履歴もつなげて、納入後いつどういうトラブルが起こって、誰がどういう処理をしたのか、すべて追えるように、つなげたいのです。もちろん既に個々の記録はあるのですが、まだ、一元化してつなげられていないのです。

木村 すごくいろいろな場面で使えますね。顧客登録システムでは、お客様がマーケティング調査のためにコンタクトしても構わないと登録していただいているので、ご協力ください、と言ってすぐに送れるメールアドレスがあり、開発断面や製品企画面でもすごく貴重です。また、サービス履歴があればお客様にとってメリットがある。お客様それぞれに対応した営業活動もできます。結局、そういうことが回り回って受注につながる気がします。

柏木 私のCSは、ものづくりという断面から、どうすれば早く安く作れるのか、また品質が安定するにはどうすればいいか、を考えて実行することです。品質とコストと納期のトライアングルのバランスが最も大事だと考えています。また、調整や検査をされている次工程の方をお客様だと思って、その方たちの仕事がやりやすくなるようにしたいと考えています。

私は開発部門で仕事をしてきた経歴があるので、生産以外に試作も手がけていますが、開発と生産が重視するポイントが違っている場合があります。開発は、少々組みにくいとか扱いにくくても、製品の「ここ(性能)」を売りにしたいという意図を持っています。生産は、調整しやすく納期通りに作ることが重要だと考えています。私たちのチームでは、目標コストを達成すると共に、その違いを詰めたいと思って試作をしています。生産の立場では、後の工程の人が困らないように、開発にきっちり伝えていきたいと思っています。けれども、生産が立ち上がった時には試作へのパワーがダウンしてしまうことがあり、頑張ってコントロールして2つの仕事を両立していきたいと考えています。

西川 私は、製品に直接触ったり、お客様の所に行って直接セールスをするわけではなくて、展示会でお客様と話したり、営業の人たちを通して社会を見るという感じです。ですから、日々心がけているのは、自分が作るものが、使い勝手のよいもの、使えるものになること。カタログ一つをとっても、そこに載せるグラフや表現一つでもお客様に響く、お客様が見て興味を引くグラフを載せたい。そしてそれを一番知っているのは日々お客様に接している営業さんだったり、開発の担当者の方や部長さんだと思いますから、その人たちに見てもらったり聞くことで、自分が、今社内で作っているものが生きるのだと思います。いつも、受け手側が欲しい感じで、欲しい時に、欲しい形で上げることを考えているのですけれど、すごく難しいです。

木村 西川さんは、流してしまいそうな1個1個の案件でも、すごく工夫しています。粗品選びなんかも、“別にボールペンでもいいじゃない”と安易に走りがちなもの、今はどういうものをお客様に渡したら喜ばれるのかとか、すごく考えています。目新しさと高級感とコストのバランスを取ったものを1個見つけるのって、本当に難しいのです。その1個だけでもすごいノウハウと思いが要ります。

西川 粗品を決める時も、絶対、営業とか部長とかに意見を聞くのですよ。すごく厳しいことも言われるけれど。イベントなどで使うストラップを作る時にも、それだけで作るのはもったいないし、数を増やせば単価が安くなるから営業に“抱き合わせて、一緒に作りませんか”と持ちかける。そうすれば、営業もまた別に粗品を考えるよりも効率がいい。

木村 海外で難しいのは時差があることです。返事を待ってからの回答、例えば、どういうサンプルを使っていますかという質問をして、その答えをもらってから、解決法を考えていたら簡単に何日も過ぎる。極力、あらゆるパターンを想定した上の答えを1回のメールで送るようにしてしまうのです。1つの答えでも、技術的な理由をきちんと説明するように努力しています。

もう一つは、表現が難しいところは、パワーポイントでも写真でも、取説でも何でもスキャンして、“ここ”と図示するように気を付けています。“とりあえず”の対応はしないようにすることと、先を見越した対応をすることで、結局は問題解決が早くなるように心がけています。

石川 私が担当しているX線分析装置というのは、いろんなことができるけれど、本当に必要なものを必要なお客様に必要な形で提供できているの？、というところがあって、問題解決に役立つアプリケーションを自分たちで見つけて提示するように努力しています。たまにお客様のところへ行くと、びっくりするようなことをされていることがある。この装置のこういった機能を使ったら分析できる...というのをご存じでなかったりする。



雅風荘(前庭)



三上 慶子

知的財産部

お客様が求められている情報を正しく迅速に提供することはもちろん、お客様の潜在的な要求にもわかりやすく、先手先手で応えていきます。いろいろな分野の方にHORIBAグループを知って頂くと共に、お客様に信頼と期待を与えられる技術情報誌Readoutを目指します。

何をどう使えば問題を解決できるかを示すことは重要なCSで、理化学という製品分野に分析センターが必要な理由の一つだと思うのです。逆に、お客様はその分野の専門家です。1つのデータから閃いて、思わぬ可能性も見つけていただけます。大切なのは、市場で何が起きているのかを知ること。本当はこういうものが欲しい、という市場ニーズを私たちが知らなければ提案ということができないので、それを知る努力をしなければならないと思います。

あと、アフターサービスなどの問い合わせでお客様が聞いてこられたことに対して、たぶん次はこれがお困りになることだろうと、もう一步先へ行って、聞き返すように心がけています。

ずばり私が考えるCSとは、HORIBAを、HORIBAの製品を、そして私たちを好きになっていただくことです。そうやって欲しいと願って対応することです。

仕事と女性

西川 女だからということは、あまり考えていません。仕事をしていても、部署の中での扱いとかも、結構、何というか、女性だからってこともないですし。過酷というか、重い荷物も持つし...

木村 私は最近結婚したのですが、仕事を頑張ろうと思うと、家庭がすごくなおざりになるのです。そういうところのバランスを取ろうと思うと、男性と比べて不利だと考えてすごく焦ったり、それが少し顔に出てしまうこともあるのです。でも、それも自分の長い人生の中の一つの時間だと思って受け入れて働こうと考えています。

杉山 私は、子供は早く生んでしまおうと考えました。というのは、長く働けば働くほど責任のある仕事が出てくるので、長く会社を休むことができなくなるから若くて仕事がまだ軽いうちに続けて子供を生んだ。それは正解だったと思うけれども、無理のできない状態になってしまった。将来、頑張って仕事したいので、今は残業もなかなかできないけれど、私にしかできない私なりの仕事をして、「杉山さんに今辞めてもらったら困る」と言ってもらえるような存在になっておこうと思っています。

幸い私の場合は、自分の仕事が医療の分野なので、子供が生まれたり妊娠したりということで、自分のユーザのそのまたお客様である患者さんの立場になることが増えました。今までであればうちの装置はこのようなことができますと言っても言葉上のことだった。例えば、すごく微量のサンプルで測定できますと言っても、それは技術的な特性でしかなく、セールストークとして頭でわかっているけど実感は伴っていなかった。けれども、自分の子供が病院へ行って血を抜かれるのを見ていたら、こんな細腕から採られるのはすごくかわいそうだし、じゃ、これは何とかして営業資料に...、どういうふうになれば営業マンに実感を伴って気づいてもらえるかを考えていく、というように。

木村 杉山さんは「しばらくは出張とが行けないのが悔しいけど」言いながらも朝早く来ていらっしゃったりとか、少し早めに帰ってらっしゃったりするのを見ていて、そういうのを許容していく環境というのが必要なのだと思いました。

自分を最大限に生かすことがCS向上につながる

三上 そうですね、女性が持てる力をフルに発揮するためには周囲の支えがなくてはなりませんね。

いつのまにか予定の時間を大幅に超えてしまいました。簡単にまとめさせていただきます。

CSにおいて本当に大切なことは、やはりお客様が望んでいるところに、いかに速く応えていくかということだと思います。そのためには、お客様との信頼関係を築き、現場をよく知って、常に一歩先に進んで提案していく必要があります。また、立場や状況が変わっても、それを大切にして、その中で自分を最大限に生かしていくことが、結局CS向上につながるのだと思います。今日は、早くから仕事の調整をして集まっていたいてありがとうございました。

車載型排ガス計測システム OBS-1000の開発

中村 博司, 木原 信隆

要旨

リアルワールド(実路走行,実走行環境)における自動車排ガスの実態調査が,近年大きな関心を集めている。従来,自動車の排ガスは実験室内において計測されてきたが,それらの計測技術を改良し,更に新しい技術を取り入れることにより車両搭載型の計測システムの開発を行った。この車載型排ガス計測システムOBS-1000について紹介する。

1 はじめに

エンジン排ガスが環境に与える負荷への関心が高まる中,自動車の排ガス規制はより厳しいものになってきている。にも関わらず,局所的に高濃度の窒素酸化物(NO_x)が検出されるなどの問題は依然として解消されていない。従来,自動車排ガスの評価は実験室内,すなわち中・小型エンジンならシャシダイナモ上,大型エンジンならエンジンダイナモ上で,一定のモード走行を基準に行われてきた。もちろん,こうした実験室内での排ガス計測は,認証試験など,条件を統一しての評価には非常に有効である。その一方,実走行環境を再現するのは困難であり,国内外で大きな関心を集めている実路走行における排ガスの実態調査には適していないのも事実である⁽¹⁾⁽²⁾。

本稿では,このような背景をもとに開発された,車載型排ガス計測システムOBS-1000の構成,データ処理,走行試験データについて紹介する。

2 システムの構成

2.1 加熱型NDIR 3成分計(MEXA-1170HNDIR)

OBS-1000システムでは, $\text{CO}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{HC}$ 計として,新たに開発した加熱型の非分散形赤外線分析計(H-NDIR),MEXA-1170HNDIRを採用している。図1に,H-NDIR分析部の模式図を示す。

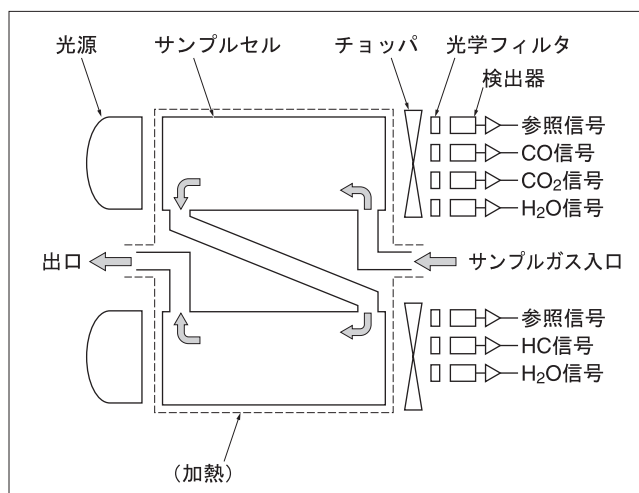


図1 加熱型NDIR分析計の分析部模式図

分析部は2組の光源・セルで構成され,一方のセルには $\text{CO}\cdot\text{CO}_2$ 用の赤外線検出器,もう一方のセルにはHC用の赤外線検出器が配置されている。光源から出た赤外光はセル内のガス成分による吸収を受けた後,光学フィルタを通過して検出器へ入り,各成分の濃度信号に変換される。ここで,検出器には焦電型赤外線センサを用いている。ガス配管及びセルは約 120°C に加熱されており,サンプルガスは除湿せずにそのままセルに導入される。この構成の場合,サンプル除湿を前提とする常温型NDIRよりもセル中の H_2O 濃度が高くなる。そこで,各セルに H_2O 用の検出器を設け,その出力を用いて,対象成分($\text{CO}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{HC}$)に対する H_2O の影響を補正している。

このMEXA-1170HNDIRは,実験室用の $\text{CO}\cdot\text{CO}_2$ 計として採用されているコンデンサマイクロホン型NDIR(常温タイプ)に比べ,振動に強いことを大きな特徴とする。また,水分干渉を内部で補正できる,つまり,従来の実験室用では不可欠な除湿装置が不要であることから,装置全体の消費電力を抑えることが

できる。このような耐振動性・省電力は、車載用としては非常に重要である。もちろん、除湿なしでCO・CO₂濃度が得られることそのものも、ダイレクト・モデル計測が前提の車載分析計としては有利である。更に、MEXA-1170HNDIRをHC計としてみた場合、一般的な水素炎イオン化検出器(FID)のような操作ガス(燃料水素、助燃空気)が不要であることも、車載用途に適した点としてあげることができる。

2.2 直挿形NO_x-A/F計(MEXA-720NO_x)

OBS-1000に使用されているもう1台のガス分析計はMEXA-720NO_xである。このMEXA-720NO_xは、ジルコニア(ZrO₂)式の直挿形分析計で、1つのセンサでNO_xと空燃比(A/F)を同時に計測できる。従来、同じ原理でNO_x計、A/F計として独立して使用されていたものを、今回新たに一体化した。このセンサ部は排気管に直接取り付けられるため、車載用には非常に適している。更に、MEXA-1170HNDIRと同様、操作ガスが不要で小電力という利点も合わせ持っている⁽³¹⁴¹⁵⁾。

2.3 車載計測システム

図2に、OBS-1000を実際に車に搭載した例を示す。ガス濃度測定には、前節で説明したH-NDIR(CO・CO₂・HC計)とZrO₂センサを用いた直挿形NO_x・A/F計とを使用している。また、排ガス流量計測器としては、ピトー管式流量計(後述)を採用している。このピトー管流量計は、排ガス温度計、排ガス圧力測定ポート、直挿形NO_x・A/Fセンサ、H-NDIRのサンプリングポート等と一体化したアタッチメントとして、簡単に車の排気管に取り付けることができる。また、OBS-1000には、これらの排ガス測定機器・センサの他にも、周囲環境モニタ用に大気圧力センサ、温度・湿度センサを搭載しており、更にGPS位置情報の受信機能も備えている。これらのセンサ類からの時系列データは、車速・エンジン回転などの車両データと共に、データロガーへ送信・記録される。



図2 車載型排ガス計測システム(OBS-1000)の車両への搭載例

3 OBS-1000におけるデータ処理

3.1 ピトー管による流量計測

車載型排ガス計測システムで分析計の濃度データを質量排出量に換算するためには、排ガス流量計が必要である。排ガス流量は、流量自身が瞬時にかつダイナミックに変化するばかりでなく、成分組成やガス温度も大きく変化することから、精度よく測定するのは非常に困難とされている。OBS-1000では、ガス条件変化の影響をできる限り抑え、かつ簡易に車両に搭載することができる流量計として、ピトー管式差圧計を応用している。

図3に、模式図を示す。

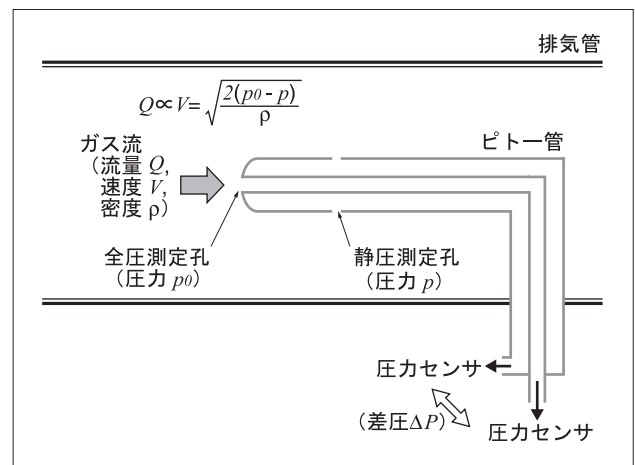


図3 ピトー管式流量計の模式図

ピトー管は、通常、風速計として用いられるもので、先端の全圧測定孔 (Stagnation point) と側面の静圧測定孔 (Static point) の差圧からガス流速を求める。ここで、エンジン排気管のように限定された空間を同一方向にガスが流れる場合、ピトー管で測定されるガス速度とガス流量とは比例するとみなすことができる。式(1)に、その関係式を示す。

$$Q_{exh}(t) = K \times \frac{P_{exh}(t)}{101.3} \times \frac{293.15}{T_{exh}(t)} \times \sqrt{\frac{\Delta P(t)}{\rho_{exh}}} \dots(1)$$

- $Q_{exh}(t)$: 排ガス流量 (標準状態換算) [m³/min]
- K : 比例係数
- $P_{exh}(t)$: 排ガス圧力 [kPa]
- $T_{exh}(t)$: 排ガス温度 [K]
- $\Delta P(t)$: ピトー管の差圧 [kPa]
- ρ_{exh} : 排ガス密度 [g/m³]

すなわち、比例係数Kをあらかじめ求めておけば、排ガスの温度・圧力及びピトー管の差圧の測定値から、流量算出が可能である。OBS-1000では、比例係数Kは、SAQ (Smooth Approach Orifice) 流量計によって校正した結果より算出している。

3.2 排出質量及び燃料消費の算出

各測定成分 (CO・CO₂・NO_x・HC) の単位時間あたりの排出質量は、排出濃度、及び排ガス流量、各成分の密度から算出される。式(2)に、その計算式を示す。なお、本装置で用いている分析計のうち、H-NDIR方式HC計はヘキサン (n-C₆H₁₄) 換算、すなわちn-ヘキサンとしてのppmを出力するように校正される。全炭化水素としてのppmC単位での値を得る際には、FID方式の分析計と比較試験を行うことによって得られる換算係数を用いて計算している。また、式(3)に、走行距離あたりの排出質量の計算式を示す。

$$M_x(t) = C_x(t) \times 10^{-6} \times \frac{Q_{exh}(t)}{60} \times \rho_x \dots(2)$$

$$M_{x_total} = \sum M_x(t) \times \frac{1}{L} \dots(3)$$

- $M_x(t)$: 成分xの単位時間あたりの排出質量 [g/s]
- $C_x(t)$: 成分xの排出濃度 [ppm]
- $Q_{exh}(t)$: 排ガス流量 (標準状態換算) [m³/min]
- ρ_x : 成分xの標準状態における密度 [g/m³]
- M_{x_total} : 成分xの走行距離あたりの排出質量 [g/km]
- L : 車両走行距離 [km]

本システムではA/Fを計測しているため、燃料消費率及び燃費の算出も可能である。式(4)式(5)に、それぞれの計算式を示す。

$$F_c(t) = \frac{Q_{exh}(t)}{60} \times \rho_{exh} \times \frac{1}{(A/F)+1} \dots(4)$$

$$F_e = \frac{1}{\sum F_c(t)} \times \rho_{fuel} \times L \dots(5)$$

- $F_c(t)$: 燃料消費率 [g/s]
- $Q_{exh}(t)$: 排ガス流量 (標準状態換算) [m³/min]
- ρ_{exh} : 標準状態における排ガス密度 [g/m³]
- A/F : 空燃比
- F_e : 燃費 [km/L]
- ρ_{fuel} : 燃料密度 [g/L]
- L : 車両走行距離 [km]

4 走行試験例

実験室内における試験で、OBS-1000と従来の実験室用測定設備とを比較した例を紹介する。表1に、使用した試験車両を示す。ガソリン車3台、ディーゼル車1台の計4台で評価を行った。

表1 試験車両データ

| 項目 | 車両 A | 車両 B | 車両 C | 車両 D |
|---------|----------|----------|----------|--------------|
| エンジンタイプ | ガソリン | ガソリン | DIガソリン | EGR付きDIディーゼル |
| 排気量 | 約1.0 [L] | 約1.6 [L] | 約2.0 [L] | 約2.2 [L] |
| 備考 | LEV | LEV | 無段変速装置 | 高圧噴射 |

4.1 排ガス流量計測結果

図4に、試験車両B・Cを用いた、ピトー管による排ガス流量の計測結果を示す。比較として示したCO₂トレース法の排ガス流量は、エンジン排ガス中のCO₂濃度 (OBS-1000内のMEXA-1170HNDIRによるダイレクト計測結果) と、従来設備 (常温型NDIR) によるCVS希釈排ガス中のCO₂濃度及びCVS流量から算出した。

CO₂トレース法には分析計間の時間軸ズレや応答時間差の問題があり、必ずしも正確な流量を表して

いない部分もあるものの、全体で見ると、両計測方法の基本的な流量パターンは比較的よく一致している。ただし、車両Bの場合に、アイドリング部分でピトー管の計測結果が高めに出る現象がみられる。原因としては、アイドリング時の大きな脈動が差圧計測に影響していることが推測される。なお、この現象は車両Cのデータではほとんど認められず、今後計測条件を改善することにより、ピトー管による充分な精度の流量計測が可能であることを示している^[6]。

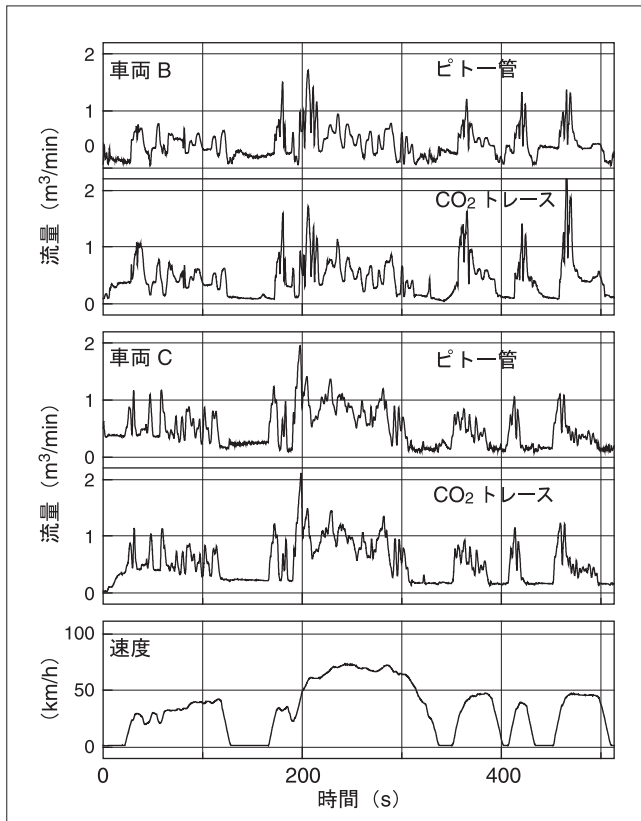


図4 ピトー管式流量計及びCO₂トレース法で計測した排ガス流量の比較 (FTP75 CT phase; EPAによって定められている米国規制モードの一部)

4.2 H-NDIR方式HC計とH-FIDとの比較

図5に、OBS-1000中のMEXA-1170HNDIRと、比較用の加熱型FID(H-FID)による、HC(THC)排出質量の算出結果を示す。図中、塗りつぶしのプロットはガソリン車(車両A、及びC)、白抜きのプロットはディーゼル車(車両D)のデータである。この試験では、H-FIDによるTHC排出質量計算値はH-NDIRの約1.66倍で、全体としてかなりよい相関が得られている。ここで、排出質量の比率が1:1にならないのは、FID・NDIRそれぞれの特徴によるものである。FIDでは、原理的に、HCの種類にかかわらず炭素数にほぼ比例した出力が得られる。一方、各HC成分の赤外吸収強度は炭素数だけに単純に比例するものではないため、NDIRにおけるHC種ごとの感度のばらつきはFIDより大きくなる。にも関わらず両分析法に一定の相関がみられることから、NDIRはHC車載計測に十分利用可能と言える。また、NDIRの感度はサンプルのHC組成により差が出ることを推測されるが、今回の試験では試験車両、走行モード共に感度への大きな影響は認められなかった。更に多くの車両・走行モードの組み合わせで確認することで、一律、あるいはガソリン車・ディーゼル車などの車種ごとの簡易的な換算係数が決定できる可能性もある^[7]。

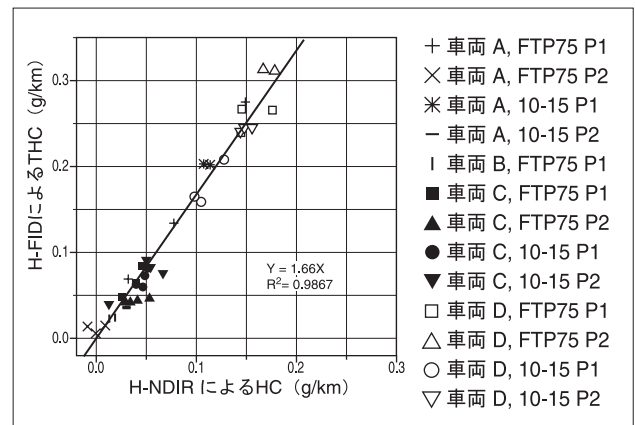


図5 H-NDIR方式HC計とH-FIDとの比較

図6に、車両C及びDについて、H-NDIRとH-FIDとの時系列濃度プロファイルの比較を示す。H-NDIRのデータは C_6H_{14} としてのppmで出力されるため、まず6倍してppmCに換算し、更に図6で得られた係数(1.66)を乗算した。ガソリン車(車両C)、ディーゼル車(車両D)とも、濃度レベル・排出パターンはほぼ一致しており、ここからもH-NDIRによるHC車載計測の妥当性が確認できる。FIDのような特別な操作ガスを必要としないNDIRのメリットを考慮すれば、HC車載計測の測定原理として非常に有望であると言える。

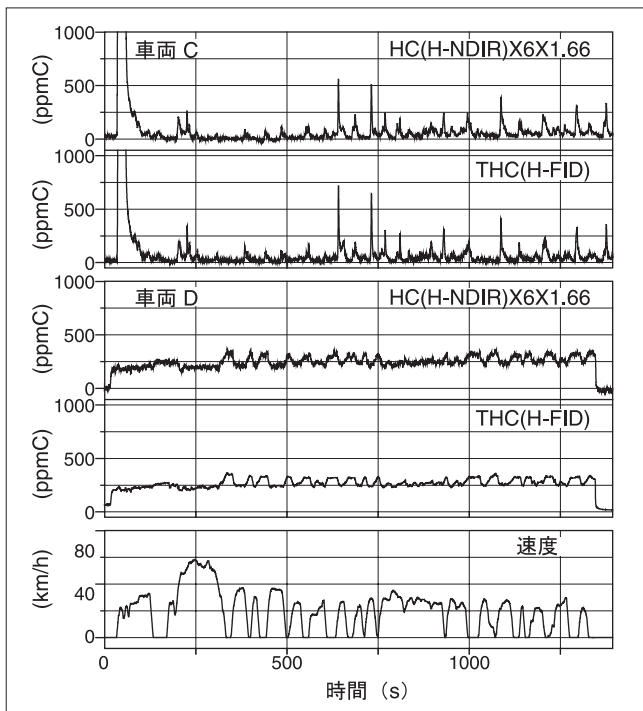


図6 H-NDIR方式及びH-FID方式で測定した瞬時のHC濃度

4.3 車載計測とCVS-bag法との比較

図7に、OBS-1000による排出質量と、CVS-bag法による排出質量の関係を示す。各成分とも $y = x$ の直線近くにデータ点が分布しており、車載システムによる計測とCVS-bag計測の間には、基本的に十分な相関が認められる。ただし、結果を詳細にみると、 CO_2 のプロットでは、車載システムの結果が車両A,Bの場合にCVS-bag法より高めとなる傾向がみられる。これは、前節で示したように、車両A,Bではアイドリング時の排ガス流量が高めに検出されることが影響していると考えられる。 CO 、 HC でこの影響が顕著でないのは、 CO_2 はアイドル時でも高濃度で排出されるのに対して、 CO 、 HC はアイドル時の排出濃度が低いためと考えられる。一方、 HC 排出量のばらつきが低排出量域で大きくなっているのは、H-NDIR方式HC計の感度がH-FIDと比較すると低いと推測される。これら

の結果から、ピトー管式流量計のアイドル時の脈動影響、及びH-NDIR方式HC計の感度をそれぞれ改善することにより、CVS-bag法との相関は更に向上することが期待できる。

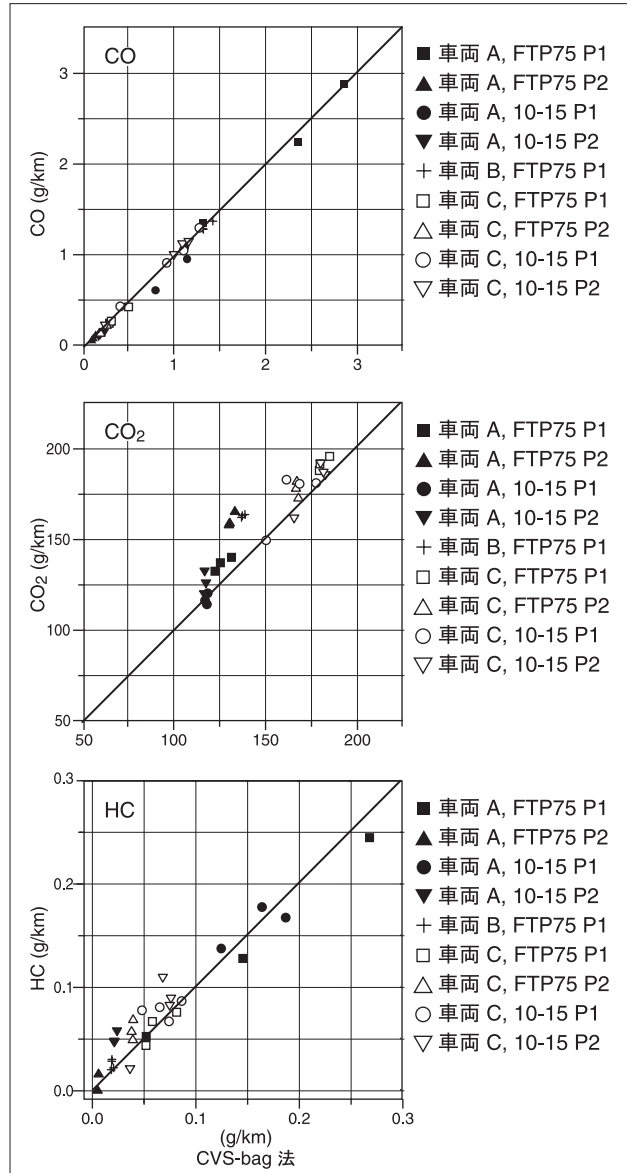


図7 車載型排ガス計測システム及びCVS-BAG測定法で計測した排出量の比較

5 まとめ

以上に紹介したように、車載型排ガス計測システムOBS-1000は、リアルワールドでの排ガス計測が可能である。今後、道路交通システム(ITS)、道路インフラ事業、大気モデリングなどの基礎研究分野、またアイドリングストップ運動などの一般的な活動に対する評価、更には、オンボードでの排ガス認証試験など、さまざまな分野でOBS-1000が活用され、有用な情報を提供できることを期待している。

参考文献

- [1] J. Jetter et.al., Development of an On-Board Analyzer for Use on Advanced Low Emission Vehicles, SAE paper 2000-01-1140
- [2] T. J. Truex et.al., Measurement of Ambient Roadway and Vehicle Exhaust Emission - An Assessment of Instrument Capability and Initial On-Road Test Results with an Advanced Low Emission Vehicle, SAE paper 2000-01-1142
- [3] N. Kihara et.al., Real-time On-board Measurement of Mass Emission of NO_x, Fuel Consumption, Road Load, and Engine Output for Diesel Vehicles, SAE paper 2000-01-1141
- [4] 木原他, 車載型分析システムによるNO_x排出量のリアルタイム計測, 自動車技術会2000年春季大会学術講演前刷集, No.20005192
- [5] N. Kihara et.al., Real-time On-board Measurement of Mass Emission of NO_x, THC and Particulate Matter from Diesel vehicles, COMMODIA 2001
- [6] H. Nakamura, et.al., Development of a Wet-based NDIR and Its Application to On-board Emission Measurement System, SAE paper 2002-01-0612
- [7] 中村他, 加熱型NDIRを用いた車載型計測装置の開発, 自動車技術会2002年春季大会学術講演前刷集, No.20025258



中村 博司

Horoshi Nakamura

エンジン計測システム統括部
エンジン計測開発部



木原 信隆

Nobutaka Kihara

エンジン計測システム統括部
エンジン計測開発部
チームリーダー

ラボラトリーオートメーションシステム “ stars ”

津村 宗郎 , 池内 利弘

要旨

HORIBAは、エンジン開発用試験システム分野での連携を強化することを目的に、シェンク・ペガサス社(ドイツ)、リカルド社(イギリス)とジョイントベンチャーSRHシステムズ社(イギリス)を設立し、最先端のエンジン研究・開発用に使用される計測・制御自動化システム“ stars ”の開発を行った。本稿では、その機能と特徴を紹介する。

1 はじめに

最近のエンジン開発現場では、高性能かつ低環境負荷の世界的な要求に応えるため、エレクトロニクスを駆使したエンジン本体や排ガス浄化触媒の研究開発が進められており、データ収集の効率化と実験の自動化が開発スピードアップのために必須となっている。

これらのニーズに合った製品を提供するため、HORIBAは世界最先端のエンジン開発技術を持つリカルドグループと、エンジン研究開発/製造設備をグローバルに供給しているシェンクグループとの間でグローバルなアライアンスを構築した。これにより、エンジン開発分野でも、世界トップレベルのHORIBA排ガス計測技術を最大限に活用できる環境を作り出している。

2 “ stars ”の開発

“ stars ”は、正式には、このジョイントベンチャーであるSRHシステムズ社が開発した、オートメーションソフトウェアプラットフォーム(基本ソフトウェア)である。

このソフトウェアプラットフォームは、エンジン研究開発における計測制御から、データベース、シミュレーション、エンジン自動マッピングや適合化など多岐多彩な機能を統括する。“ stars ”は、SRHの本社があるイギリスを始め、ドイツ、アメリカ、カナダに拠点を持つシェンク社、イギリスのリカルド社、及び日本のHORIBAがそれぞれ得意分野を結集してソフト開発を進めており、これにより世界各国からの市場要求に幅広く対応できる体制を取っている。

当然、各国独自の要求や仕様も存在するため、各社が“ stars ”を独自にカスタマイズできる仕組みを備えている。

3 “stars”を特徴づける最新技術

3.1 Windows™環境におけるリアルタイム実行環境

これまででも、HORIBAではエンジン計測制御システムを開発、販売してきた。しかし、現在ほぼ世界標準のオペレーティングシステムであるマイクロソフト社のWindows™上でアプリケーションソフトウェアを実行する場合、GUI(グラフィカルユーザインターフェイス)機能を備えたコンピュータと、リアルタイムな制御や計測を行うコンピュータの2種類が必要であった。

今回開発した“stars”は、さまざまなリアルタイムアプリケーションソフトウェアをWindows™環境下で実行するために、非リアルタイム実行部とリアルタイム実行部から構成されている。リアルタイム実行部には、アメリカVenturCom社製のWindows™用リアルタイム機能拡張ソフトウェアRTXを採用し、最大5kHzの計測が可能である。これにより、コンピュータ1台で、GUIとリアルタイムな計測制御までを行うことができ、低コスト、省スペース、メンテナンス性の向上に役立っている。

3.2 .NETソリューションによる分散化

“stars”では、内部機能をサービス、クライアントなどのコンポーネントグループに機能分割しており、各クライアントが各サービスに対して処理を依頼する構成にしている。

各サービス、クライアント間は、マイクロソフト社の.NETソリューションで提唱されている.NETリモートティングを利用している。そのため、それぞれのコンポーネントやサービスをシステム全体のパフォーマンスの改善やユーザの業務形態に従い、複数のコンピュータに分散することがソフトウェアの変更なしに可能である。

更に図1に示すように、同一事業所内の各テストセルを統合して管理できるだけでなく、遠隔地にある事業所とインターネットで接続することにより、他の事業所にある計測結果データの解析や、レポート出力ができる他、試験のモニタリングも行うことができる。今後のシステムは、自社のネットワークだけではなく、各グループ企業間でネットワークを構築して、試験手法やデータの管理を共通化していくことが必要となってくる。“stars”ではこれらの要求にも対応できるよう、以上の最新技術を採用している。

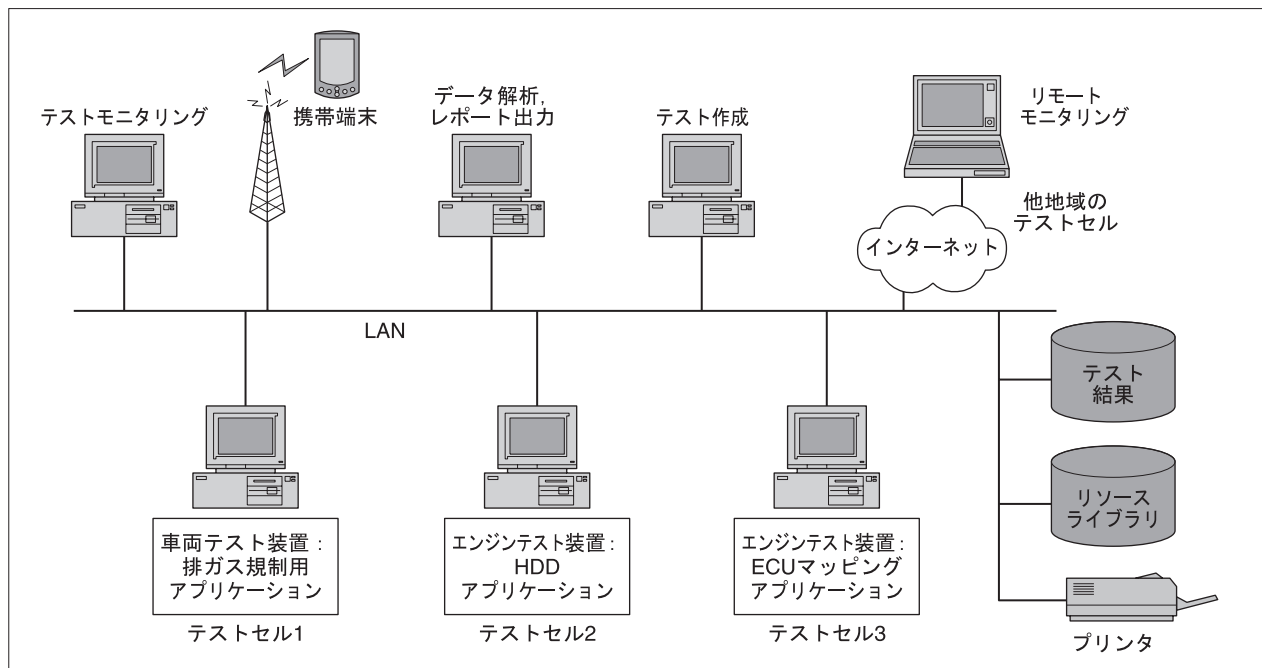


図1 “stars”によるネットワーク

4 統一性のある使いやすい ユーザインターフェイス

4.1 基本画面

図2が“stars”の基本画面である。すべての機能の操作方法が統一されているため、短時間のトレーニングでだれにでも容易に操作できるようになっている。

基本画面は、ショートカットグループ、プロジェクトエクスプローラ、ワークエリア、ステータスパネルで構成されており、Windows™を操作しているユーザであれば、直感的に操作できる構成となっている。

4.2 試験実行中の画面

試験実行中の画面については、ディスプレイページエディタという画面作成ツールを用いて、ユーザ独自の画面を作成し、ユーザのデータ表示や操作の要望を反映できる。図3はその一例である。

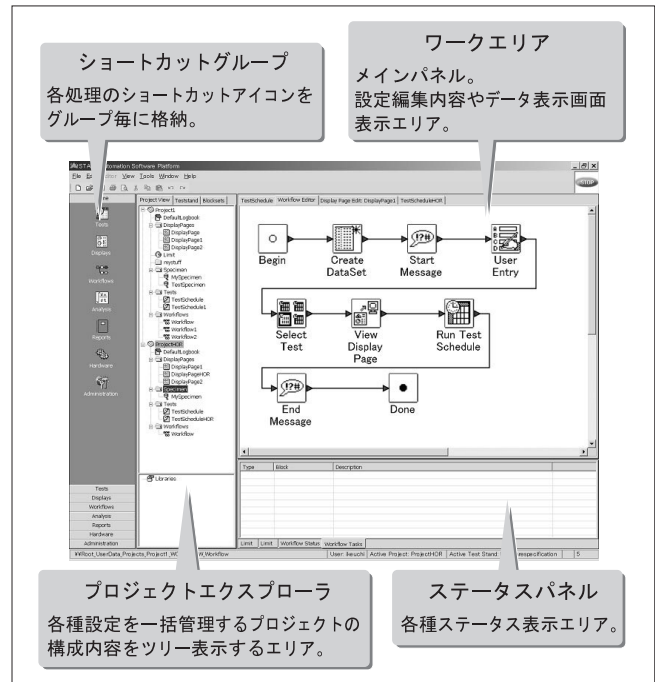


図2 “stars”の基本画面

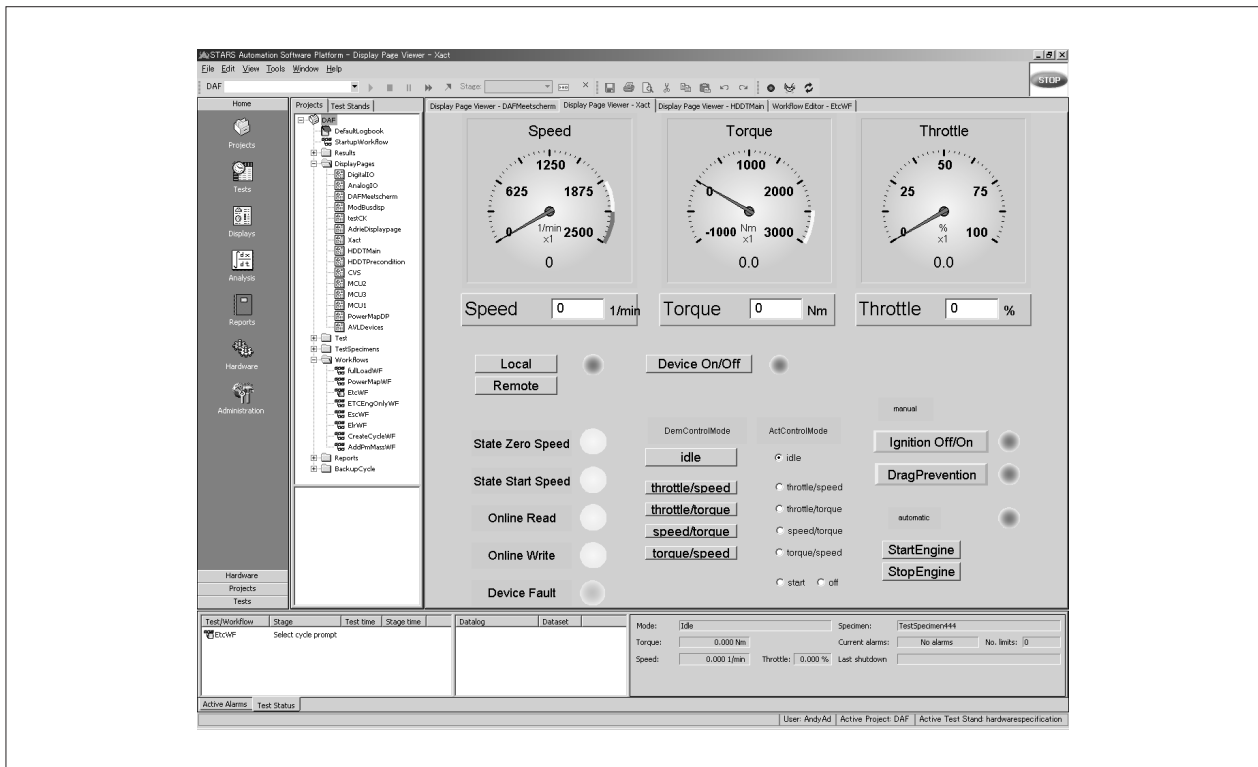


図3 試験実行中の画面

4.3 試験作成エディタ

日本・アメリカ・ヨーロッパのエンジン排気ガス規制試験はあらかじめ標準で用意しているが、ユーザが独自の試験を実施したい場合には、ユーザ試験作成エディタにより容易に作成することができる。

“stars”での試験は、以下に説明する各種エディタを使用して作成する。

4.3.1 ワークフローエディタ

“stars”では、試験手順を表現するために、ワークフローという概念を導入している。このワークフローを作成・編集するのがワークフローエディタ(図4)である。

ワークフローエディタでは、エンジン諸元に関する設定、エンジンやダイナモ、排気ガス分析計などの各種設備の計測・制御処理、データ解析、レポート処理等をワークフローブロックというアイコンの形で用意している。これらワークフローブロックの組み合わせで、ワークフローすなわち試験手順を作成する。

ワークフローエディタは、各ブロックの編集機能を持ち、マウスを使って各ブロックを接続することで簡単に試験の流れを作成・編集することができ、試験全体を視覚的にわかりやすく表現するエディタである。

またワークフローエディタでは条件分岐用のブロックを用いて試験を条件分岐させ、より複雑な試験作成も可能であり、ユーザの要望する試験に対し十分なフレキシビリティを備えている。

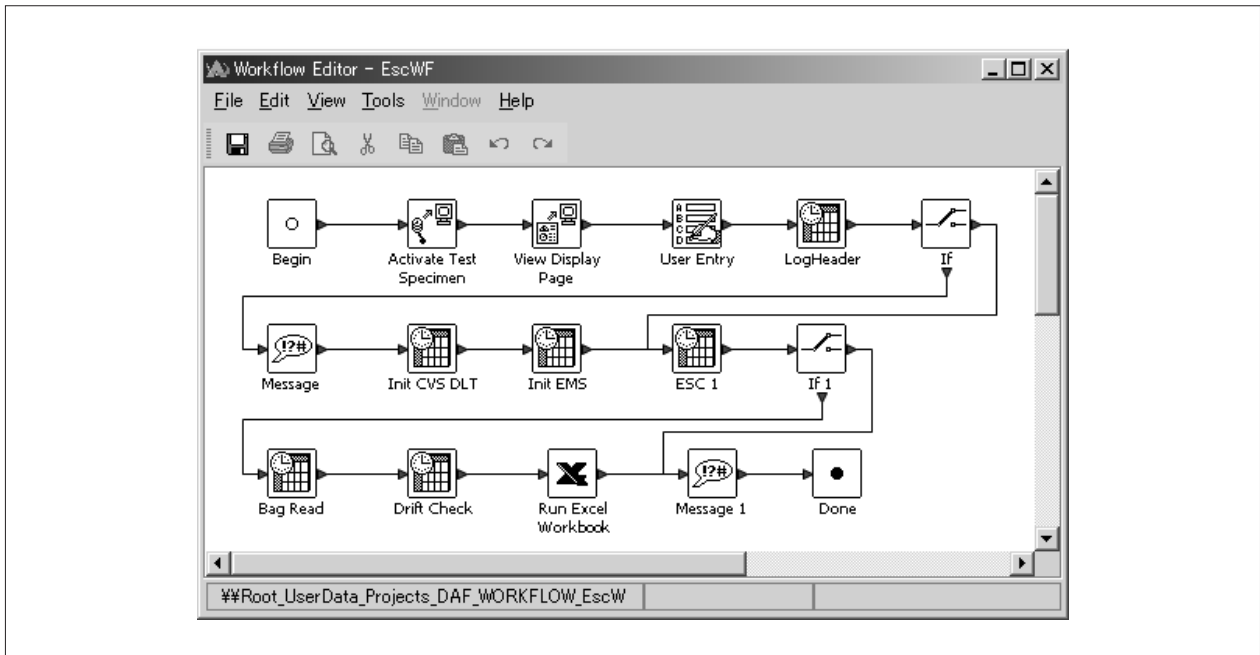


図4 ワークフローエディタ画面

4.3.2 テストスケジュールエディタ

テストスケジュールエディタ(図5)は、エンジンやダイナモの制御目標値の設定や排ガス分析計、燃費計などの各種設備の動作の設定を行い、試験スケジュールを編集するためのエディタである。

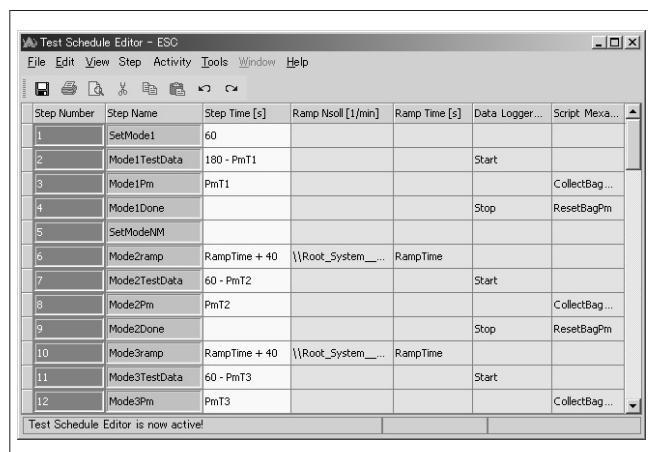


図5 テストスケジュールエディタ画面

作成された試験スケジュールは「Run Test」というワークフローブロックとしてワークフローの中に組み込まれる。試験スケジュールを実行するには、作成した試験スケジュールの「Run Test」を組み込んだワークフローを“ stars ”から実行するか、試験スケジュール単体で実行する形の2通りをユーザは選択できる。

テストスケジュールエディタでは、設定したい項目を列として追加していき、行単位で各項目に対する処理内容を記述するスプレッドシート形式を採用している。

各行をステップと呼んでおり、ラベルを定義し、名前を付けることも可能である。

列に設定できる項目としては (1)ステップ処理、(2)設定値出力処理 (3)データ計測処理設定 (4)アラーム設定 (5)他テストスケジュールの呼び出し、(6) stars ”スクリプト設定などがある。

以下に各処理について簡単な説明を記述する。

(1)ステップ処理

ステップ処理には、次のステップに進むためのステップアップ条件設定、条件により次に進むステップが決定される条件分岐設定、あるステップからステップまでを繰り返すループ設定などがある。

(2)設定値出力処理

設定値出力処理にはエンジン、ダイナモへの制御目標値出力設定、移行時間を持った任意の項目への設定値出力、デジタル接点出力や温度制御用の設定値出力などがある。

(3)データ計測処理設定

データ計測処理設定には、データロガーと呼ばれる機能を使用する。ユーザは、あたかもハードウェアのデータロガーを使用しデータを計測するイメージで計測条件(計測周期や計測したい項目等)をセットできる。また複数のデータロガーを一つのスケジュール内に設定することも可能である。データ保存の開始、終了は各ステップに記述できるため、好みのデータを好きなタイミングで保存できる特長を持つ。

(4)アラーム設定

アラーム設定では、ステップごとに任意の項目に対して、アラーム条件が設定可能であり、アラーム発生時の処理も設定することができる。

(5)他テストスケジュールの呼び出し

試験スケジュール呼び出し機能で、既に作成済みの他の試験スケジュールを実行することができる。

(6) stars ”スクリプト設定

“ stars ”スクリプトの設定では、“ stars ”独自のスクリプト言語により、ユーザが複雑な試験を記述することができる。このスクリプト言語で各設備への指令や処理のライブラリーをユーザが直接アクセスできる。

“ stars ”のテストスケジュールエディタは、各設定を自由に列に追加できる形式であり、複雑な処理はスクリプトを記述すれば実現可能であり、自由度の高い試験スケジュールを記述できるエディタとなっている。

5 新機能 ,高機能への取り組み

5.1 シャシシミュレーション

自動車の開発スピード向上に寄与するため ,エンジン単体で完成車をシミュレートし ,排気ガスや燃費の計測を行うことが必要となる。

“ stars ”では ,リカルド社 ,シェンク社の持つシャシシミュレーションの技術とHORIBAの持つ排ガス計測技術を融合することにより ,最新の高機能なシャシシミュレーションシステムを提供していく。

5.2 ECU開発支援機能(自動マッピング , キャリブレーション ,最適化)

現在のエンジンは ,ほとんどがコンピュータ (ECU)によって制御されている。今後更なる低燃費 ,低排出ガス等を実現するために ,ますますECUによる複雑なエンジン制御が求められている。このため ,ECUのソフトが非常に複雑になり ,開発に莫大な時間がかかる。現在 ,この部分が ,エンジン開発スピードのボトルネックとなっており ,強く自動化が要求されている。

“ stars ”では ,ECUの自動マッピング ,キャリブレーション ,最適化等の業務を効率的に行うため ,シェンク社のソフトウェアである“ vega ”と“ stars ”を連携させ ,トータルソリューションシステムとして提供していく。

6 おわりに

今後 ,HORIBAは排気ガス計測システムで培ったノウハウとシステムエンジニア力を“ stars ”を通じて ,世界中のエンジン研究・開発のお客様にソリューションとして展開し ,お客様の業務の効率化をサポートしていきたい。

注記: コンピュータソフト関係で ,各社保有の登録商標名をそのまま使わせていただいた場合があります。



津村 宗郎

Muneo Tsumura

エンジン計測システム統括部
システムインテグレーター部
チームリーダー



池内 利弘

Toshihiro Ikeuchi

エンジン計測システム統括部
システムインテグレーター部



京都 真如堂 吉永 秀

免疫測定方法

【登録番号】特許第 3249919 号

【発明者】山尾 泰生，奥 成博

第 47 回京都府発明等功労者表彰
発明考案功労者最優秀賞受賞

分野・目的

本発明は、直接に全血を試料とした免疫測定方法に関する。

本発明の目的は、血液を遠心分離機などによって前処理なく簡便にしかも短時間で測定することができると共に、免疫反応に影響しない方法によって血球を故意かつ強制的に溶血させた試料を用いることによって、各種の定量試薬と組み合わせて、精度のよいデータを得ることができる免疫測定方法を提供することである。

概要

本発明は、次の(1)から(4)の工程からなる血漿成分の免疫測定方法である。

- (1)全血を溶血性サポニン類溶液と混合することにより強制的に溶血させて被検体試料とする工程。
- (2)その被検体試料中の抗体・抗原と特定の抗原・抗体を固定化した不溶性粒子懸濁試薬とを凝集反応させる工程。
- (3)そこで生じた凝集混合液に光を照射し、吸光度変化または散乱光変化を測定する工程。
- (4)被検体試料のヘマトクリット%を用いて、ヘマトクリット補正を行う工程。

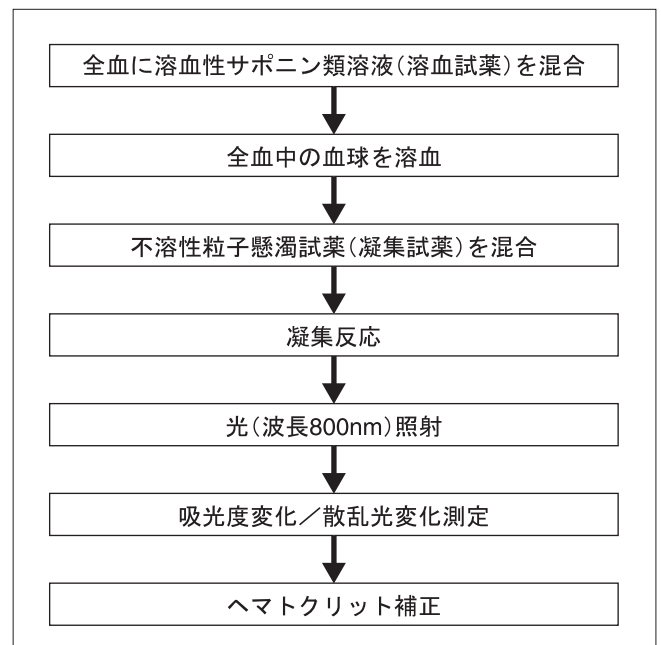
効果

従来、免疫測定の領域においては、被検者から採血した血液を遠心分離により血清または血漿に分離するなどの前処理を行った試料を用いて測定を行っていた。また、前処理においては、溶血を避け、できるだけ速やかに血清・血漿分離する必要があった。従って、免疫測定には、遠心分離機などの装置が必要で、また

臨床検査における採血の際の負担も極めて大きいといった欠点があった。

それに対し、本発明では、免疫反応に影響しない方法によって血球を故意かつ強制的に溶血させることにより、直接全血被検液を用いて、前処理を行うことなく、血漿成分の免疫測定を行うことができる。従って、測定時間の短縮、測定コストの低減及び測定操作の簡略化を図ることができる。また、本発明の免疫測定方法によれば、検査後直ちに確定診断を行うことができ、治療が開始される。確定診断が迅速に行える結果、必ずしも必要でない抗生物質投与の機会が減り、身体的な負担も軽減される。

例えば、本発明の実施製品では、感染症の診断に重要なC-反応性蛋白と血球計数測定(白血球・赤血球・ヘモグロビンなど全18項目)を約4分30秒で測定できるようになった。



社外技術発表リスト

▶ 口頭発表

2002年7月～12月

| 標 題 | 氏 名 | 発表機関[開催場所] | 発表日 |
|---|---|--|-------|
| 水のセンシング技術について | 小林剛士 | 電気学会マイクロマシンセンサシステム研究会[NIT武蔵野研究所] | 7/5 |
| 機能性ガラスの(自動機での)加工における加工条件の最適化 | 馬場康雄 | 品質工学会関西3研究会合同発表会[滋賀県工業技術総合センター] | 7/12 |
| 今後のLAシステムとSRH Systems社 STARSについて | 米重芳一 | 自動車技術会春季大会併設展示会「人とくるまのテクノロジー展」新製品・新技術紹介[パシフィコ横浜] | 7/23 |
| β線吸収法を用いたPM2.5測定装置の開発 | 篠原政良 | 第7回エアロゾル基礎講座[京都大学吉田キャンパス] | 8/5 |
| 「見えない部分」を視るX線分析顕微鏡のすべて | 村瀬 潤 | 分析展2002新技術説明会[幕張メッセ] | 9/5 |
| ナノテク、電池・触媒の開発者必見！ 微粒子の「今までわからなかった部分」の解析 | 光成京子 | 分析展2002新技術説明会[幕張メッセ] | 9/6 |
| 粒度分布測定 | 大石 誠 | セラミック分析セミナー[日本セラミックス協会] | 9/6 |
| 過加熱によるゆでたまご食感の変化とその制御方法 | 高木郁恵 | 日本調理科学会平成14年度大会[大阪市立大学] | 9/7 |
| バルク試料分析の最新機能「EDX(EDS)の限界を超える」 | 村瀬 潤 | SCANTECH2002[日本女子大学] | 9/13 |
| 光多重反射を用いたシリコン集積化へモグロビン量センサの諸特性 | 高尾英邦 ¹ 野田俊彦 ¹ 宮村和宏 足木光昭 ¹ 澤田和明 ¹ | 電気学会フィジカルセンサ研究会[姫路工業大学] | 9/20 |
| 分光分析における高感度前処理技術の開発と普及 | 池田昌彦 | 分析化学会第51年会技術功績賞受賞講演[北海道大学] | 9/20 |
| 不活性ガス融解法による鋼中微量元素定量法の検討(その1)デュアル投入機構を用いた表面酸化膜の除去法 | 内原 博 坂東 篤 吉田智至 池田昌彦 中原武利 ² | 分析化学会第51年会[北海道大学] | 9/21 |
| 不活性ガス融解法による鋼中微量元素定量法の検討(その2)予備還元炉を用いたデュアル投入機構による高精度分析 | 内原 博 坂東 篤 吉田智至 池田昌彦 中原武利 ² | 分析化学会第51年会[北海道大学] | 9/21 |
| PDMSダイヤフラムを用いた表面チャンネル型マイクロバルブ | 宮村和宏 衣斐寛之 高尾英邦 ¹ 足木光昭 ¹ 石田 誠 ¹ | 第63回応用物理学会学術講演会秋季[新潟大学] | 9/24 |
| 強力X線源の開発[VIII] | 日比孝明 ³ 永富隆清 ³ 木村吉秀 ³ 高井義造 ³ 粟田正吾 万木利和 大堀謙一 | 第63回応用物理学会学術講演会秋季[新潟大学] | 9/24 |
| 薄膜のEPMA定量補正図表(1)モンテカルロ計算による定量補正図表作成 | 吉岡明浩 ⁴ 荒木和彦 ⁴ 志水隆一 ⁴ 大堀健一 | 第63回応用物理学会学術講演会秋季[新潟大学] | 9/24 |
| ラマン分光法によるシリコンウェハのin-situ温度計測 | 中 庸行 佐竹 司 大槻久仁夫 | 第63回応用物理学会学術講演会秋季[新潟大学] | 9/25 |
| 液体供給MOCVD-Pb(Zr,Ti)O ₃ 系原料のFT-IRによるin-situモニタリング | 佐竹 司 大槻久仁夫 十七里和昭 ⁵ 高松勇吉 ⁵ 浅野剛司 ⁶ 舟窪 浩 ⁶ | 第63回応用物理学会学術講演会秋季[新潟大学] | 9/26 |
| FTIR OPTIMIZATIONS FOR ON-SITE PFC MEASUREMENT | Stuart Knight ⁷ Harald Birk ⁸ 佐竹 司 | SEMI Expo CIS2002, SEMI Technology Symposium[New Manège Exhibition Hall] | 10/1 |
| 粒子径分布測定の実際 - 正確な測定のためのノウハウ | 小倉淑子 | 岡山セラミックス技術振興財団研修会[岡山セラミックスセンター] | 10/4 |
| 光走査型化学顕微鏡を用いた樹種による酸中和能の測定・実験 | 佐々木佳明 ⁹ 菊地勝弘 ⁹ 笹垣和香子 ⁹ 菅原博樹 ⁹ 鈴木孝義 ⁹ 野村 聡 | 日本気象学会2002年度秋季大会[北海道大学] | 10/9 |
| 半導体プロセスにおけるガス計測の現状と標準ガス | 佐竹 司 | 日本学術会議標準研究連絡委員会[日本学術会議] | 10/21 |
| 河川、湖沼で活躍する水質モニタリングシステム | 小林剛士 | 第14回EICA研究発表会[ピアザ淡海] | 11/1 |
| 予備加熱表面酸化膜除去・Sn添加法による鋼中の微量元素定量 | 内原 博 坂東 篤 吉田智至 池田昌彦 中原武利 ² | 日本鉄鋼協会第144回秋季講演大会[大阪大学] | 11/3 |

| | | | |
|--|---|---|--------------|
| 粒子の組成・サイズ・個数を同時解析するパーティクルアナライザシステムの画期的なアプリケーション最先端情報 | 光成 京子 | 国際粉体工業展2002新技術説明会 [幕張メッセ] | 11/5 |
| 発砲残渣(GSR)の成分分析について | 橋本 敬 ^{*10} 塩津義信 ^{*10} 赤松啓之 ^{*10} 二宮利男 ^{*10} 光成京子 鈴木俊之 ^{*11} | 日本鑑識科学技術学会第8回学術集会 [東京青山会館] | 11/8 |
| ITO透明導電粉体のメカノケミカル合成と低温燃成 | 佐竹 司 井本行治 ^{*12} 飯泉清賢 ^{*12} 津田 豊 ^{*12} | 粉体粉末冶金協会平成14年度秋季大会 [京都工芸繊維大学] | 11/13 |
| 電子線照射によるX線発生のモンテカルロシミュレーションによる研究 | 日比孝明 ^{*3} 永富隆清 ^{*3} 木村吉秀 ^{*3} 高井義造 ^{*3} 栗田正吾 万木利和 大堀謙一 | 第4回韓国-日本表面分析国際シンポジウム [広島国際会議場] | 11/18 -19 |
| 唾液酸緩衝能試験におけるpH変化のカリエスリスク判定への応用 -カリエスリスク判定簡易キットとの比較- | 北迫勇一 ^{*13} 杜塚美千代 ^{*13} 池田正臣 ^{*13} 田上順次 ^{*13} 野村 聡 | 日本歯科保存学会2002年秋季学会(第117回) [徳島県郷土文化会館] | 11/21 -22 |
| 唾液酸緩衝能試験におけるpH変化の -唾液分泌量ならびにDMFTとの比較- | 杜塚美千代 ^{*13} 北迫勇一 ^{*13} 池田正臣 ^{*13} 野村 聡 田上順次 ^{*13} | 日本歯科保存学会2002年秋季学会(第117回) [徳島県郷土文化会館] | 11/21 -22 |
| 開発と特許(体験から?) | 青海 隆 | 第7講「研究開発リーダ実務講座2002」 [大阪科学技術センター] | 12/4 |
| フルオロカーボンの簡易分析装置について | 野村俊行 三井文彦 ^{*14} | 代替冷媒と環境国際シンポジウム2002 [神戸国際会議場メインホール] | 12/5 |

注：*1 豊橋技術科学大学 *2 大阪府立大学大学院 *3 大阪大学大学院 *4 大阪工業大学 *5 日本パイオニクス株式会社 *6 東京工業大学
*7 HORIBA INSTRUMENTS LIMITED *8 HORIBA EUROPE GmbH *9 秋田県立大学 *10 兵庫県警察本部刑事部科学捜査研究所
*11 横河電機株式会社 *12 東京工芸大学 *13 東京医科歯科大学大学院 *14 株式会社タスコジャパン

▶ 文書発表

2002年7月～12月

| 標 題 | 氏 名 | 発表書誌名 |
|--|--|---|
| ポータブル飛行時間型質量分析計による匂いの多成分連続計測 | 有田佳彦 平野恭司 関 秀世 松田耕一郎 中尾 基 ^{*1} | 「電気学会論文誌Eセンサ・マイクロマシン準部門誌」 Vol.122, No.7, P.380-381, 2002(2002年7月号) |
| observation and evaluation of proton diffusion in porous media with a pH-imaging microscope using a flat semiconductor pH sensor | 野村 聡 楊 延国 ^{*2} 井上千弘 ^{*2} 千田 侑 ^{*2} | 「Analytical Sciences」 Vol.18, P.1081-1084(2002) |
| In Vitro Surface Analysis of Active and Arrested Dentinal Caries in Sliced Extracted Human Teeth Using a pH-Imaging Microscope | 野村 聡 北迫勇一 ^{*3} 平石典子 ^{*3} 二階堂 徹 ^{*3} 田上順次 ^{*3} | 「Operative Dentistry」 Vol.27, No.7, P.354-359(2002) |
| X線分析顕微鏡によるネパール写本挿絵の分析 | 加藤雅人 ^{*4} 江南和幸 ^{*4} 佐久間恵子 | 「日本文化財科学会予稿集」 P.224-225 |
| 水環境のための計測技術 | 小林剛士 | 「環境新聞 河川環境特集号」 平成14年11月20日付 |
| Solutions for next generation emission measurement | 河邨 浩 井上 香 足立正之 | Testing 2002, September |
| エンジン排ガス計測の基礎と動向 | 河邨 浩 | 「環境浄化技術」 Vol.1, No.1, P.20-25(2002年11月号) |
| Studies on Emission Measurement Techniques for Super-Ultra Low Emission Vehicles | 大槻 聡 井上 香 山岸 豊 浪山和義 ^{*5} | 「SAE Technocal Papers」 (2002-01-2709) |
| Improvement of Repeatability in Tailpipe Emission Measurement With Direct Injection Spark Ignition (Disi) Vehicles | 寒川泰紀 ^{*5} 古関恵一 ^{*5} 川口浩司 ^{*5} 西村純一 ^{*5} 浪山和義 ^{*5} 山岸 豊 小川恭広 | 「SAE Technocal Papers」 (2002-01-2710) |

注：*1 大阪府立大学先端科学研究所 *2 東北大学大学院工学研究科 *3 東京医科歯科大学大学院 *4 龍谷大学 *5 東燃ゼネラル石油株式会社

HORIBA World-Wide Network

JAPAN

HORIBA, Ltd.

Head Office

2 Miyanohigashi-cho, Kisshoin, Minami-ku, Kyoto 601-8510 Japan
Phone : (81)75-313-8121 Fax : (81)75-321-8312

STEC Inc.

11-5 Hokodate-cho, Kamitoba, Minami-ku, Kyoto 601-8116 Japan
Phone : (81)75-693-2300 Fax : (81)75-693-2331

COS Co.,Ltd.

31 Miyanonishi-cho, Kisshoin, Minami-ku, Kyoto 601-8304 Japan
Phone : (81)75-321-7184 Fax : (81)75-321-7291

HORIBA TECHNO SERVICE Co.,Ltd.

2 Miyanohigashi-cho, Kisshoin Minami-ku, Kyoto 601-8305 Japan
Phone : (81)75-313-8125 Fax : (81)75-321-5647

HORIBA ITEC.,Ltd.

4F Higashikanda Daiji Bldg., 1-7-8 Higashikanda, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0031 Japan
Phone : (81)3-3866-0984 Fax : (81)3-3866-0908

Horiba Biotechnology Co.,Ltd.

48 Kurumamichi-cho, Kisshoin, Minami-ku, Kyoto 601-8315 Japan
Phone : (81)75-692-1786 Fax : (81)75-692-1790

ASEC, Inc.

4F Higashikanda Daiji Bldg., 1-7-8 Higashikanda, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0031 Japan
Phone : (81)3-3861-8343 Fax : (81)3-3861-8344

Chiyada Assy. Inc.*

55-3 Higashinokuchi-cho, Kamikatsura, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8221 Japan
Phone : (81)75-394-5959 Fax : (81)75-394-5963

MEC Co.,Ltd.*

5F Sairaize Bldg., 2-5-10, 2-chome Iwamoto-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0032 Japan
Phone : (81)3-3866-8090 Fax : (81)3-3866-5041

(* : Affiliate Company)

U.S.A.

HORIBA INTERNATIONAL CORPORATION

17671 Armstrong Avenue, Irvine, California, 92614 U.S.A.
Phone : (1)949-250-4811 Fax : (1)949-250-0924

HORIBA INSTRUMENTS INCORPORATED

Irvine Facility

17671 Armstrong Avenue, Irvine, California, 92614, U.S.A.
Phone : (1)949-250-4811 Fax : (1)949-250-0924

Ann Arbor Facility

5900 Hines Drive, Ann Arbor, Michigan 48108 U.S.A.
Phone : (1)734-213-6555 Fax : (1)734-213-6525

HORIBA / STEC INCORPORATED

1080 E. Duane Ave. Suite A, Sunnyvale California 94086 U.S.A.
Phone : (1)408-730-4772 Fax : (1)408-730-8975

Austin Office

9701 Dessau Road, Suite 605, Austin, Texas 78754, U.S.A.
Phone : (1)512-836-9560 Fax : (1)512-836-8054

ABX Inc.

34 Bunsen Drive, Irvine, California 92618, U.S.A.
Phone : (1)949-453-0500 Fax : (1)949-453-0600

JOBIN YVON Inc.

3880 Park Avenue, Edison, New Jersey 08820-3012 U.S.A.
Phone : (1)732-494-8660 Fax : (1)732-549-5125

BRAZIL

ABX BRAZIL

Rua Americo Brasiliense, 2414 Chacara Santo Antonio, 04715-005 Sao Paulo, Brazil
Phone : (55)1151883999 Fax : (55)1151816040

RUSSIA

HORIBA, Ltd. MOSCOW REPRESENTATIVE OFFICE

Unit# 2105 Molodyozhny Moscow International Hotel Complex 27, Building 1,
Dmitrovskoye Road, Moscow, 127550, Russia
Phone : (7)095-782-9038 Fax : (7)095-782-9039

GERMANY

HORIBA EUROPE GmbH

Hans-Mess-Strasse 6, D-61440 Oberursel, Germany
Phone : (49)6172-1396-0 Fax : (49)6172-137385

Leichlingen Facility

Julius-Kronenberg-Strasse 9, D-42799 Leichlingen, Germany
Phone : (49)2175-8978-0 Fax : (49)2175-8978-50

HORIBA EUROPE AUTOMATION DIVISION GmbH

Zabergaeustr. 3, 73765 Neuhausen, Germany
Phone : (49)7158-933-300 Fax : (49)7158-933-399

FRANCE

HORIBA FRANCE SARL

75 Rue L. et A. Lumiere Technoparc, F-01630 St-Genis-Pouilly, France
Phone : (33)4-50-42-27-63 Fax : (33)4-50-42-07-74

ABX S. A.

Parc Euromedecine, rue du Caducee, 34184 Montpellier Cedex 4, France
Phone : (33)4-67-14-15-16 Fax : (33)4-67-14-15-17

JOBIN YVON S. A. S.

16-18 rue du Canal, 91165 Longjumeau Cedex, France
Phone : (33)1-64-54-13-00 Fax : (33)1-69-09-07-21

Thin Films Division

5 avenue Arago, ZI de la Vigne aux Lous, 91380 Chilly Mazarin, France
Phone : (33)1-69-74-88-60 Fax : (33)1-69-74-88-61

Raman Division

231 rue de Lille, 59650 Villeneuve d'Ascq, France
Phone : (33)3-20-59-18-00 Fax : (33)3-20-59-18-08

ITALY

HORIBA ITALY

Europalace, Corso, Torino 43/45, I-10043 Orbassano, Torino, Italy
Phone : (39)11-9040601-9040609 Fax : (39)11-9000448

AUSTRIA

HORIBA (Austria) GmbH

Kaplanstrasse 5 A-3430 Tulln, Austria
Phone : (43)2272-65225 Fax : (43)2272-65230

CZECHO

HORIBA CZECHO

organizacni slozka Praha Petrohradská 13 CZ-10100 Praha 10, Czech Republic
Phone : (420)2-717-46480 Fax : (420)2-717-47064

SWEDEN

HORIBA SWEDEN

Hertig Carlsväg 55-57, S-15138 Södertälje, Sweden
Phone : (46)8-550-80701 Fax : (46)8-550-80567

U.K.

HORIBA INSTRUMENTS LIMITED

Kyoto Close, Moulton Park, Northampton, NN3 6FL, England, U.K.
Phone : (44)1604-542500 Fax : (44)1604-542699

KOREA

HORIBA KOREA LTD.

Pucheon Facility

202-501 Pucheon Techno Park, 192 Yakdae-Dong, Wonmi-ku, Pucheon, Kyunggido, Korea
Phone : (82)32-621-0100 Fax : (82)32-621-0105

Seoul Office

112-6 Songong-Dong, Choong-ku, Seoul, Korea
Phone : (82)2-753-7911-7912 Fax : (82)2-756-4972

STEC KOREA LTD.

D-604, Bundang Techno Park 151, Yatap-Dong, Bundang-ku Sungnam-City, Kyungki-do, Korea
Phone : (82)31-701-8164 Fax : (82)31-701-8166

SINGAPORE

HORIBA INSTRUMENTS (SINGAPORE) PTE. LTD.

10 Ubi Crescent Lobby B #05-11/12 Ubi Techpark Singapore 408564
Phone : (65)6745-8300 Fax : (65)6745-8155

CHINA

HORIBA LTD. BEIJING REPRESENTATIVE OFFICE

Suite 1409, Tower B, COFCO Plaza, No.8, Jianguomennei Avenue, Beijing, 100005, China
Phone : (86)10-6522-7573 Fax : (86)10-6522-7582

HORIBA Ltd. SHANGHAI REPRESENTATIVE OFFICE

Unit F1 16F Jiushi Fuxing Mansion, No.918, Huaihai Zhong Road, Shanghai, 200020, China
Phone : (86)21-6415-3689/3690 Fax : (86)21-6415-9746

Readout HORIBA Technical Reports April 2003 No.26

発行日 2003年4月20日
発行人 石田耕三
発行元 株式会社 堀場製作所
〒601-8510 京都市南区吉祥院宮の東町2番地
http://global.horiba.com/support/tech_info/index.htm

<Readout編集委員会>

委員長 石田 耕三
副委員長 青海 隆
編集局 伊藤 省二 吉良昭道 三上 慶子
お問い合わせ先 株式会社 堀場製作所 知的財産部
Tel:075-313-8121 Fax:075-321-5648
e-mail:readout@horiba.co.jp

HORIBA
Explore the future