

Readout

HORIBA Technical Reports

CHINESE
EDITION
No. 37
February 2011

特辑 中国 (亚洲地区)



HORIBA

<http://www.horiba.com/jp/publications/readout/>

世界の工場地域として発展するアジア地域。そこで求められる分析・計測機器の役割が拡大しています。今号は、中国を中心としたアジア地域でのHORIBAグループの製品、サービス事業のさまざまな展開を紹介します。



■表紙写真

撮影：松井秀雄氏

(二科会写真部 会友)
志賀高原の奥深くを流れる清流「雑魚川」のほとりできわめて鮮やかな紅葉に出会いました。澄んだ空気と清らかな水のお陰でこのような自然が残っている事に感謝しながらシャッターを切りました。

■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 中国 (アジア)

巻頭言

- 2 アジアの中の HORIBA
室賀 裕一

総説

- 4 アジアの発展と HORIBA 計測技術
李 虎

特集論文

- 14 中国における自動車計測事業の動向
富永 滋
- 20 中国における自動車排ガス規制と計測設備要求
中西 秀樹, 池内 利弘
- 28 中国の固定発生源における連続モニタリングの概要
畠中 秀起
- 34 中国・アジアへの HORIBA 水質製品の展開
田中 敦志, 小林 剛士
- 40 複雑かつダイナミックなアジア血球計数市場における HORIBA Medical のチャレンジ
Olivier POU
- 44 中国のサービス体制構築と実情の差
伊藤 直人
- 50 中国における X 線分析顕微鏡の展開
—有害化学物質測定技術の開発—
坂東 篤, 横田 佳洋
- 56 鉄鋼業界における中国・アジアの躍進と固体中ガス分析装置の開発
井上 貴仁
- 62 太陽電池製造工程で用いられる薬液とその計測
中井 陽子, 植田 恭弘
- 68 インド自動車産業の現状と今後の見通し
—自動車開発およびインフラ整備プロジェクト NATriP—
小松 達生, 鶴見 和也

一般論文

- 76 レティクル/マスク異物除去装置用標準サンプル開発
—パーティクルリムーバー RP-1—
清水 智也
- 82 煙道排ガス中水銀濃度測定装置
— ENDA-Hg5200 —
石川 浩二
- 88 工業用水質計 H-1 シリーズの特長
山内 進
- 96 イムノアッセイによる農薬測定キット「SmartAssay シリーズ」の開発
三宅 司郎

新製品紹介

- 102 コンパクト自動旋光計 SEPA-500
村田 駿介
- 106 特許メモ
- 110 HORIBA World-Wide Network

Foreword

巻頭言

アジアの中の HORIBA



室賀 裕一

Yuichi MUROGA

室賀裕一

株式会社堀場製作所

シニアコーポレートオフィサー 海外本部長

HORIBAグループは五つのビジネス・セグメントをアジア、欧、米の3拠点に分けたマトリックス経営「HORIBA Group is One Company」のもとで経営を展開している。この中で、アジアのビジネスはグループの総力戦と位置づけ、日本の本社がイニシアティブを執りながらグループで注力している。日本とアジアは欧米競合に比べて地理的には近いというメリットがあるものの、欧米はポリテikalに自分たちの規制を、アジアの新興国に定着させビジネスを有利にしようとする努力をしているし、更に最近の円高と難しい局面が多い。また、中国では分析計分野においても現地競合会社が誕生し、そのトップグループはグローバルにシェアを伸ばし始めている。

これに対し我々もGovernmental Relationshipの強化を図り、国・省などの官製プロジェクトの獲得や規制策定をサポートすることに注力している。加えて顧客により近くフットワークの軽い現地販売ネットワークの確立、フレキシブルなローカル・エンジニアリング、アジア向け製品の開発、生産の現地化あるいはJV*1の設立など地道な努力を払っている。また、アジアのサービス&メンテナンス事情は、日本や欧米とはまた違った側面を持っており、それぞれの国の事情に合わせた体制を構築する必要がある。

HORIBA製品が最初に中国へ輸出されたのは、1957年の北京/広州日本商品展覧会で販売されたpHメータ2台で、その後日中貿易は数年閉ざされてしまった。日中民間貿易が再開された翌年の1963年に、北京と上海で日本工業展覧会が開催され、pHメータ、合成単結晶、赤外線ガス分析計を出展しビジネスを再開した。

1996年にはABX(現HORIBA-ABX社)、1997年にはISA(現HORIBA-Jobin-Yvon社)、2005年にはSchlenck-DTS(現HORIBA-EUROPE社)が加わり、1960年代と比べれば、HORIBAグループはグローバルな体制になった。1996年に設立した駐在員事務所を2004年に堀場貿易(上海)有限公司として「格上げ」した。この新しいグループ企業が持っていた上海や北京の事務所を順に吸収し、中国にも「One-Company」経営の基盤を確立した。

一方、半導体市場製品の基幹部品や環境計測関連製品の現地生産を行っている工場〔堀場儀器(上海)有限公司〕を、今年上海市嘉定区安亭鎮工業地区に移転し生産キャパシティを上げ、更に自動車市場向けの現地エンジニアリングや調達能力の強化をかけた。加えて血球計数装置用試薬の生産を開始した。これにより南フランスにある試薬工場から輸送してきたのを、現地生産することでリードタイムを大幅に短縮し、顧客の要望に応じて試薬を柔軟に供給できる体制を目指す。

工場を移転した安亭鎮工業地区周辺は、新エネルギー自動車および関連重要部品の産業拠点で、同済大学(Tongji University)はその中心の一つである。ドイツの自動車メーカーで働いた経験のある万鋼前学長は、卓越した「ビジネス・センス」を持っておられる方で、新しいキャンパスに様々な最新設備を、日本ではマネが出来ないスピードで導入された、それも妥協を許さない完成度である。さらに同大学はVWと燃料電池自動車の開発に着手したり[2004年度]、上海万博に電気自動車300台を納入する、またこの6月にはドイツ政府と両国市場に適した電気自動車「E-UniCar」の開発を目指す「中独電気自動車共同研究センター」を、学内に設立するなど矢継ぎ早に新しい産学官共同ビジネスモデルを開発している。

我々はこの同済大学にNVH(Noise・Vibration・Harsh) シャシダイナモメータを納入した、また同じ敷地内に次世代の自動車ボディの設計に重要な空力抵抗や、ウィンド・ノイズを減らすために不可欠な自動車用風洞実験施設「上海路面交通機関風洞センター」があるが、ここへの風洞天秤をドイツのHORIBA-EUROPE社から納入する幸運を得た。それ以降HORIBAグループはここで学ぶ学生に、ドイツで勉強できる機会を与える奨学金制度に参加している。工場の中にも電気自動車用モーターや新しいトランスミッションなどのテストが出来る試験設備を設置し、地域や学生の研究開発に貢献したいと考えている。

「1980年10月、クウェートから大気監視局8式、水質監視局6式を含む大気・水質監視総合システムの一括受注に成功した。堀場厚海外技術部長(現会長兼社長)が中心となって堀場・イギリスとの共同戦線を積極的に行った結果である。これは7.5億円と堀場製作所始まって以来の大規模受注になった。この受注は入札額だけで決まったものではなく、トータルシステムとしての提案とサービス&メンテナンス面がクウェート側に評価された結果である」とHORIBAグループの50周年記念誌に記録がある。実際イラク戦争が終結した後も分析計が稼働していて、石油パイプラインに火が放たれたとき、高い二酸化硫黄濃度をタイムリーに記録していたことが確認されている。これは分析計の信頼性もさることながら、現地人によるメンテナンス体制が機能していた結果であり、改めてサービスの重要性が認識される。

堀場製品はお客様に一旦納入されると15~20年以上の長期に亘ってご使用いただく場合が多いが、そのサービスに定評がありグローバルに伸びてきた、と考えている。我々はアジアにおいてもこれを基本として推進している。アジアにおけるサービスは、現地化をしてレスポンスを上げながらコストを下げる努力をし、販売会社のサービスも含めて技術・技能を向上させ、スペアパーツ・ロジスティックの最適化、そしてその国で修理を完結する体制を作るなど、やる事は多い。国や顧客ごとの需要にあったサービス商品の開発し、「Cost of Ownership」に優れ、かつ変化する顧客要求に対応できるソリューションを提案することが非常に重要なポイントと考えている。

これからの10年はアジアの時代、HORIBAグループの成長戦略はアジア抜きには考えられない。HORIBAグループのアジアにおける売上額は全体の15%、これを日欧米と肩を並べる25%に持って行きたい。アジア地域(日本を除く)のホリバリアン^{*2}500人とともに以上のような施策を地道に推進しながら「熱い思い」を共有して行きたい。

*1 : Joint Venture

*2 : ホリバリアン HORIBAグループに所属する従業員の社内での愛称

Review 総説

アジアの発展とHORIBA計測技術 Development of Asia and HORIBA's Analysis Technology

李 虎

Hu Li

世界経済のグローバル化が進む中において、最近の30年間にアジア各国では経済成長と共に、産業、環境、医療、研究開発などの多岐にわたる分野で様々な計測へのニーズが特に著しく増加している。HORIBAグループは計測技術を用いて、アジア社会の進歩に積極的に関わり、開発した技術をアジア各国の多様性のある計測ニーズにうまく適応するように取り組んでいる。HORIBAグループ各社のスタッフは各国・地域の現地状況を調査し、現地政府・大学・研究機関・企業と協力して、計測装置・計測システム・計測手法を開発・改善し、それぞれの分野で最適な計測ニーズに対応している。

It is while the globalization of the world economy is advanced, and the needs for various measurements are increasing especially remarkably with economic growth in 30 recent years in the field over many topics of industry, the environment, medical, and the research and development, etc. in each country of Asia. The HORIBA group uses the analysis technology, positively relates in the advancement of the Asian society, and works on the measurement needs well as adjusting of the diversity in many Asian countries. The staffs of each company in HORIBA group are investigating the local situation in each country and the region, developing and improving the instruments, measurement systems and the measurement techniques in cooperation with the local governments, the universities, research laboratories and the enterprises, and meeting the best measurement needs in each field.

はじめに

1964年東京オリンピック、1988年ソウルオリンピック、そして2008年北京オリンピックの開催は、アジア社会と経済成長のシンボルとしてのオリンピックが、約20年間隔で日本、韓国および中国という順番で、北東アジアの社会・経済の繁栄の推移を示していると言える。リーマン・ショック以降、アジアの経済成長は世界経済を牽引しており、特に中国やインドをはじめ新興国の成長が注目されている。現在、輸出型経済の日本と韓国の最大輸出先はアメリカから近隣の中国に変わった。

世界一の人口大国である中国は、1978年改革開放政策の実施から30年間に、年10%に近い経済成長率を達成している。海外資本による資金、技術およびビジネスノウハウが中国に流入しており、いまや中国は多国籍企業が最も投資したい国の一つとなっている。人口10億以上を持つもう一つの国インドは、1991年より改革を開始し経済成長率はGDP比約5.5%であったが、2000

年以後約7.5%で成長し、2010年には経済成長率8.5%前後になると予測されている^[1]。図1にアジア主要国・地域のGDP推移を示すが、1990年～2008年日中韓、インドおよびアセアン(ASEAN: Association of South East Asian Nations)諸国の経済成長状況が分る。

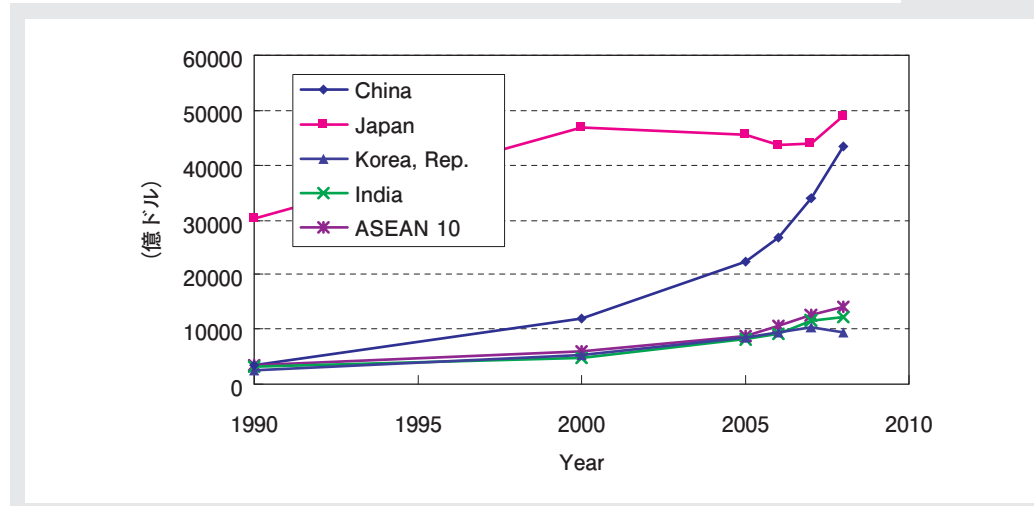


図1 アジア主要国・地域のGDP推移(データ出典)World Bank WDI Database.

1890年代末(19世紀末)、アメリカは世界最大の製造産業を持つ国となり、イギリスは「世界の工場」の座を明け渡した。2011年遅くとも2014年には、中国はアメリカに変わって、世界で最大規模の工業国になるとの予測があり^[2]、アジア地域の製造業は大きく成長している。

アジアでは各国の国内消費も増加の傾向を示している。例えば、2009年中国の内需は1,800億ドルに増えたが、アメリカでは900億ドルの増加にとどまった。日本を除いたアジア主要10ヶ国での個人消費は、2008年9月より7%増加した^[3]。また、2009年に中国では消費製品の売上総額が12.53兆元に増加し、中国GDPの半分以上を占めるに至った。2010年には中国の内需はさらに2,950億ドル増加し、外需を越えるとの予測がある^[4]。

アジア域内は、特に新興国の工業化や都市化による技術進歩・消費拡大の傾向があり、安定・持続的な経済成長が長く続くと思われる。

アジアの社会・経済成長, 工業化・都市化 および計測業界の状況

アジア地域の経済成長による計測ニーズ

アジア地域の経済成長と共に、特に製造業は製品品質や業績向上のための計測ニーズが高まっている。中国では鉄鋼、セメントおよび自動車などの重化学工業の進展が速く、現在ほぼ世界一の生産規模の製造業までに成長した。インドはこれからの5年間に火力発電所(石炭燃料70%前後)を新規に増設し、電力供給量を約28%向上させるインフラ整備の計画がある。

一方、アジア地域の高度経済成長と共に、多くの国・地域では、水資源、エネルギー、環境問題などが顕在化している。例えば、人口増加および生活の

繁栄による工業・農業用水量の増加が原因で、2030年にはアジア地域での水資源不足は40%に達するとのアジア開発銀行の予測がある^[5]。インドネシアでは、上水道ネットワークの2012年全面稼働や今年12月に海水淡水化プラントの稼働開始などの上水道インフラ整備計画がある。マレーシアでは水資源の保全・確保と再生のための、国家水資源環境政策を策定する動きもある。中国は、都市人口増加や工業化による水資源への汚染が増大し、国家環境保全対策として第11次5ヵ年計画期間(2006年～2010年)に、都市下水処理率を70%にするとの目標を設定した。現在、中国都市下水処理能力が第10次5ヵ年計画時(2001年～2005年)より75%改善し、都市下水処理場も1,993ヶ所となり、現在中国全土都市下水処理量は1億 m³/日を超えるに至った^[6]。2009年1月1日より実施された『中華人民共和国循環経済促進法』は、水の循環利用、省エネルギーおよび産業廃棄物の減量化などに関する内容が盛り込まれ、今後中国グリーン産業拡大の継続的な推進の根拠になると考えられる。

アジア地域の計測ニーズや計測技術は、経済・技術交流のグローバルな展開にともない、欧米に近づく傾向がある。アジア各国の中で、中国計測の市場規模は比較的に大きく、高度経済成長と共に計測ニーズが高まり、1980年代以降、海外から計測機器の輸入増加が続き、現在は高機能、自動化計測機器類の輸入量が多くを占める。リーマンショック以降、海外の計測機器企業は、中国市場に積極的に参入し地場企業と技術提携・委託生産、合弁企業の設立や、事業部門の本社を中国に設立し、加えて中国サービスセンターや開発センターの設立など様々なビジネスモデルを展開し、現地化による事業の展開を進めている。

1995年、中国では計測機器産業の総生産額は237億中国元であったが、2007年に2,517億元(約3.3兆円)になり、12年間に約10倍近く増加した^[7]。さらに、中国計測サービス業界の企業の中で2009年10月に華測計測社(CTI (Centre Testing International))は、深セン証券交易所に初めての同サービス業種の上場企業(300012)となった。中国では国内計測機器企業の販売実績の拡大や計測技術の進歩が著しく、主に中小企業を主体とする中国計測機器業界にあって、年間売上高10億円以上の企業も多くなり、これから地場で上場する計測機器企業が現れると考えられる。さらに中国イノベーション支援政策や計測ニーズの増加によって、今後中国計測業界の技術開発投資が増加すると思われる。

HORIBAグループの計測技術のアジア各国での展開

アジア域内計測業界の交流を重視し、社団法人日本分析機器工業会(JAIMA)堀場厚会長^{*1}は、中国分析計測協会(CAIA (China Association for Instrumental Analysis))との交流活動を強化している。社団法人日本環境技術協会(JETA)石田耕三会長^{*2}は、中日友好環境保全センターと協力協定の締結やJETA中国北京連絡事務所を開設し、中国環境モニタリングセンター(CNEMC (China National Environmental Monitoring

Center)との相互訪問などによって、日本の最新計測技術を海外へ持続的に発信し、中国・アジアでの計測事業を広げている。

HORIBAグループは、1996年に北京、その後上海、広州、深センと事業拠点を設立し、2010年中国に合弁会社の設立を決定した。2007年にはインドで子会社を設立している。このようにアジア各国・地域での事業展開を推進している。

*1: 株式会社堀場製作所 代表取締役会長兼社長

*2: 株式会社堀場製作所 代表取締役副社長

自動車計測セグメント

近年アジア地域では、自動車の生産・販売台数の増加が著しい。2009年中国は自動車の生産・販売台数ともアメリカを越えて、世界一となり今年も成長が続いている。例えば、世界の自動車業界を代表するGMはアメリカで経営破たんしたが、中国GMは同じ年に売上高が67%増加した。2010年1月～5月に、中国GMは100万台を販売し、年度目標の50%を達成した。インドでは特に小型車の人気が高く、2010年7月にインド国内販売台数は158,764台であり、昨年同期の115,084台より38%の増加となった^[7]。さらに中国、インドの自動車会社は世界的に有名な自動車企業(Volvo, Jaguar, Land Rover, など)を買収して、品質改善や生産量拡大を図っている。一方、アジアでは自動車排ガスによる大都市の大気環境の悪化が著しい。例えば、2007年に中国では自動車排ガス由来のNO_xは中国全土で排出量の30%を占めていた。自動車の大気汚染物質排出による大都市部大気汚染を改善するために、各国政府は自動車排ガス規制を導入しており、自動車業界の継続的な努力は不可欠である。アジアの自動車計測市場も大きく成長し、例えば中国では2007年～2009年に自動車関連計測機器販売実績は、年平均伸び率は27%であった。

HORIBAグループの自動車計測技術は、アジア各国で広く利用されている。例えば、1990年代日中環境協力シンボルである中日友好環境保全センターに自動車排ガス計測機器が設置され^[8]、いまでも中国環境保全の自動車排ガス計測分野で活躍している。さらに昨年には北京市環境保護局にもエンジン排ガス計測機器が導入された。自動車計測以外の分野では、農業用機器(トラクターの保有量は2,000万台弱であり、年間生産台数は約200万台^[9])にもHORIBAグループの技術が認められている。2007年に中国環境保護総局、国家質量監督検査検疫総局が『非道路用ディーゼルエンジンによる排ガス中の汚染物質排出規制および測定方法(中国I、II段階)』の標準を公表した。中国農業省が検査を強化するために、今年にHORIBAディーゼルエンジンの排ガス計測とエンジンダイナモシステムなど設備の購入を決定し、これからHORIBAグループは、中国農業用機器分野の排ガス計測に貢献できると思われる。

HORIBAグループは、インド自動車産業の成長を見込んで2006年に現地法人「ホリバ・インド社」(HORIBA India Private Limited)を設立した。インド自動車開発事業に計測技術でNATRiP(National Automotive Testing

and R&D Infrastructure Projectの略)に参画し、2009年9月にインド政府主導のもと、自動車試験ならびに研究開発の設備として、HORIBA自動車排ガス計測装置を政府認証試験場に一括納入できた。今後HORIBAグループの技術サポートによって、インド自動車産業の排ガス計測技術を確立し、インド自動車産業発展に大きく貢献できるだろう。

環境・プロセスセグメント

アジア各国は人口増加、都市化、工業化による環境汚染の増加、自然環境悪化などの問題に直面し、各国政府は、自国の具体的な環境状況による環境対策の検討・対応をすすめている。

中国のGDPは、30年ほどの経済成長によりASEANとインドの合計額を超えたが、その副作用は資源の大量消費と環境汚染などである。中国政府は2002年よりGDP優先の政策から環境と調和した経済社会の構築に向けて方向転換した。中国の第11次5ヶ年計画(2006～2010)期間に環境分野の国家投資は第10次5ヶ年計画(2001～2005)の2倍近く、1.53兆中国元(10兆円ほど)であり、第12次5ヶ年計画(2011～2015)期間の環境投資はさらに倍増の計画があると予測されている。2008年3月に中国環境保護総局は中国環境保護省に昇格し、環境観測局も新設され、環境モニタリングための投資を増やしている。

2002年以降の中国全体の環境状況には、SO₂やCOD^{*3}などの重要汚染物質排出の削減の効果がみられている。例えば中国全土SO₂、COD排出総量が、2008年は2005年よりそれぞれ8.9%、6.6%減少した。中国では石炭が主なエネルギー源であり、燃焼用石炭は年間12億トン以上を使用しSO₂の総排出量は世界一である。中国の第11次5ヶ年計画で中国政府はSO₂排出量を10%削減する目標を設定し、中国の排煙脱硫設備の設置状況は、この10年間で米国での30年間の設置状況と同程度である^[10]。また2006年より第1回国家汚染源調査を行い、調査汚染源対象は5,925,600ヶ所、11億個程の基本データを取得した。これにより、中国の汚染源排出の状況が良く把握でき、汚染源計測ニーズもさらに増加するであろう。

2007年～2009年の中国全計測機器業界の各分野のなかで環境計測機器市場の成長率が最も高く、中国環境計測機器の販売実績は、前年度比で年平均率は55%近くであった。

HORIBAグループは、積極的にアジア各国の環境計測に関わっている。例えば、HORIBAグループは東アジア地域の国際環境機構に協力して、1998年からの10年間に4名の技術者を派遣した。派遣先は、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)のネットワークセンターとしてのアジア大気汚染研究センター(旧財団法人日本環境衛生センター酸性雨研究センター)である。EANETは、東アジア13カ国や国際機関との酸性雨モニタリング分野で技術活動の支援をし、国際的枠組みのもと環境問題に取り組んでいるネットワークである。

2003年以降、中国でHORIBA製UV法水質汚濁連続分析計(OPSA-120)の

100台近くの設置・稼動経験から、中国現地の水質条件を考慮したワイドレンジなど新機能を持つ新製品(OPSA-150)が開発され、2006年2月には中国環境保護省(MEP)認証を取得した、中国市場で最初のUV法水質連続計測製品となった。さらにHORIBA上海工場では、中国市場向けのOPSA-150の製造を開始した。そして2007年に中国では、年間200台以上のOPSA-150販売・設置実績をあげた事が、中国の水質環境計測ビジネスの大きな足がかりとなった。この後、中国国内や海外分析機器メーカー約20社もUV法でのMEP認証を取得したが、HORIBAグループは中国の水質UV計市場を先駆者としてリードしている。但し、中国では環境連続機器サービス体制の構築・管理はまだ充分ではなく、今後営業・販売だけではなく、OPSA-150現地サービス・管理体制の強化が必要である。

2005年、中国の工学系図書出版最大の化学工業出版社より、中国語による環境自動計測専門書の執筆依頼を受け^[11]、堀場製作所石田耕三の監修の下、HORIBAグループの技術者27名が執筆した中国語『環境自動連続計測技術』は2008年5月、北京オリンピックの前に出版された。本書は、HORIBAグループの豊富な環境計測技術・経験の知識をまとめ、中華圏への環境計測の技術の普及に一役買うことができた。出版と同時にHORIBA環境計測技術交流会が開催され、中国報道関係企業の新華社、中国環境新聞、中国環境計測など十数社が参加し、本書の出版の意義が報道され、HORIBAグループの環境計測の技術力が高く評価された。現在も、この専門書は営業・宣伝資料や新人教育資料として活用されている。図2は化学工業出版社での図書出版記者発表の様子である。



図2 HORIBAと化学工業出版社共同での記者発表

2009年10月に中国環境保全分野で初めての温室効果ガス(CO₂, CH₄, N₂O三成分)連続計測機器(VIA-510, APHA-370, GA-360)が、雲南省環境モニタリングセンターに設置された。その計測結果に対して、中国環境モニタリングセンター所長や多数の重要省・直轄市の環境モニタリングセンター所長および、大学の教授も参加した現地評価会議が開催され高い評価を得た。さらに2010年には、CO₂, CH₄, N₂O三成分連続計測機器はHORIBA大

気計測機器として、はじめて中国環境保護省直轄の3ヶ所バックグラウンドモニタリングサイト(国設局)での設置が決定された。

今年になり、インドのJairam Ramesh環境大臣は、中国政府が昨年作成した重汚染企業リストを参考にして、インドでのワースト汚染企業データベースを作成すると表明した^[12]。今後、インドの環境規制による汚染源連続計測ニーズの増加も考えられる。アジア各国に環境貢献と共に環境市場が広がることで、環境計測ビジネス拡大期待される。

*3: COD: Chemical Oxygen Demand 化学的酸素要求量 水中の被酸化性物(有機物、硫化物や亜硝酸塩など)質量を酸化するために必要とする酸素量を示す

医用セグメント

経済成長による個人収入の増加、生活様式の改善、健康重視への生活の流れがアジア各国で見られる。中国では、都市化や所得・生活レベル向上と共に医療制度改革の推進によって、医療検査・診断の要求に応じた医用機器へのニーズが大きく成長しており、HORIBAグループは、中国をはじめアジアで医療分野の事業展開を強化している。

HORIBAグループは2009年までの4年間に、中国全土をカバーする販売・サービスネットワークを構築できた。以前から3分類の血球計数装置が拡販され、中小病院での実績は多かったが、現在ハイエンド機種の販売によって、大病院での設置が増加した。

2009年2月に中国広東省にある南方医科大学付属珠江病院に、中国では一台目のPENTRA DX120自動血球計数装置が設置された。HORIBAの同装置導入の前に、同病院では処理速度が80検体/時間の血液検査装置が使用されていたが、同病院の新規の規模拡大にともなう患者数の増加に加え、装置の故障もあり対応できなくなった現状があった。HORIBAグループの自動血球計数装置検査速度は、120検体/時間であり、同病院の一日に400～500検体のニーズに十分満足できた。PENTRA DX120は、同時に幾つもの検査プロセスが対応し、5項目の白血球の幼若細胞に由来に応じて分類することで、迅速な診断、より良いフォローアップがサポートできる。現在、同病院は珠江デルタ地域でHORIBAグループのモデルになり、製品の販売を有効的に促進できた。

血液検査装置に使う検査試薬の使用量増加に対応して、今年末をめどに試薬の現地生産を、中国で初めて行う予定であり、将来装置の製造も検討している^[13]。将来中国において、HORIBAグループは継続的にハイエンド市場へ推進し、中国現地ユーザのニーズに対応するために製品製造などの現地化対策も進める。

半導体セグメント

近年世界の半導体産業の生産、市場はアジア地域へシフトし、特に液晶パ

ネル、LED、太陽電池パネル産業が北東アジア地域で急激に成長している。数年前から欧州をはじめ、世界的に太陽電池パネルのニーズの拡大傾向があり、中国でも再生可能エネルギー、省エネルギーの促進政策により、太陽電池パネルやLED照明などの産業が非常に注目されている。中国では太陽電池パネル産業が急成長し、世界一の生産能力を持っている。太陽電池パネルの欧米への輸出や国内利用のニーズが大きく、地場太陽電池装置メーカーでは、海外企業の品質の良い製造装置用部品を採用する傾向がある。中国国内新興製造装置メーカーの投資計画を満足させ、現地装置メーカーへ迅速な供給体制を構築するために、HORIBAグループ会社の現地工場生産ラインを新たに設け、パネル生産に必要な流体制御機器(マスフローコントローラ)の現地生産を開始した。さらに中国のマスフローコントローラ市場に広く対応するために、現地企業北京メトロン社が得意とする太陽熱利用やセンサー製造工業分野などに向け、株式会社堀場エステックは同社と合弁会社(北京ホリバメトロン)を今年10月に設立すると発表した^[14]。中国の工業化によって、一般産業用マスフローコントローラの利用が増加しており、現地開発・設計・部品調達、製造、販売・サービスなどの現地化努力によって、HORIBAグループビジネスの快速対応が実現しやすくなる。

また結晶系太陽電池製作工程に用いられるエッチング用薬液の濃度管理用として、HORIBA薬液濃度計(CS-100シリーズ)の中国市場への納入が増加している。太陽電池製造装置の薬液濃度管理によって、適正にエッチング量をコントロールし、製品の歩留まり向上に貢献している。

韓国では急速な半導体・LEDのチップ生産の立ち上がりに対応する目的で、株式会社堀場エステックはチップ生産に不可欠なマスフローコントローラを生産ラインを、韓国京畿道城南市にある現地法人：ホリバエステックコア社に設備を設け、今年8月よりパイロット生産を開始した。

科学セグメント

アジア地域は経済発展と共に科学技術も進展している。2009年は新興国政府の財政支出拡大により、大学・政府系研究所で研究用分析機器のニーズが高まった。中国の科学研究および産業分野に対してのイノベーション支援政策が強化され、政府予算も増えている。

ナノテクノロジーについては、世界中の研究者が熱心に取り組んでいる。09年のBCEIA^{*4}で発表したナノ粒子解析装置nano Partica SZ-100シリーズは、シングルナノサイズの粒子状物質を高感度・高精度に測定でき、ナノサイズのキャラクタリゼーションを解析する重要な3つの要素測定(ナノ粒子測定・ゼータ電位測定・分子量測定)を一台に集約しているため、中国では大学・研究機関からの引合いが多い。また、レーザ回折/散乱式粒度分布測定装置LA-950V2は、独自の光学系により10 nm~3000 μmという世界No.1の超ワイドレンジを実現し、高精度で再現性が良いことから、大学・研究機関や産業分野で広く利用されている。

産業発展と共に環境意識も高まっている。グリーン調達のために、欧州のRoHS^{*5}は2006年7月に施行され、アジア諸国から欧州へ輸出される電気・電子機器中の有害物質の検査ニーズが高まり、中国国内では中国工業情報

化省が2007年3月1日から『電子情報製品汚染抑制管理法』(中国版RoHS)を施行し、さらに2009年10月9日にその関連規定を公表した。以上の二つ規制は、カドミウム(Cd)、鉛(Pb)、水銀(Hg)、六価クロム(Cr)、ポリ臭化ビフェニール(PBB)、ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE)の6物質を対象とし、蛍光X線検査装置は、迅速・非破壊で部品中の有害物質を検査できる特徴があるので、中国では、各分野でHORIBA蛍光X線検査装置XGT-1000WRシリーズやXGT-1700WRシリーズおよび、X線分析顕微鏡XGT-5000シリーズが約500台採用され、部品中の有害物質検査に活躍している。中国工業化、都市化発展と共に鉄鋼産業も大きく発達し、現在中国の鉄鋼生産量は世界一の年間5億トン強である。鉄鋼製造の品質管理にとって、炭素・硫黄分析装置(EMIAシリーズ)および酸素・窒素・水素分析装置(EMGAシリーズ)は、不可欠である。また中国の非鉄金属精錬産業の規模も世界トップレベルであり、主にこの二つの業界に中国では、約400台の分析装置(EMIA, EMGA)が納入されている。現場の計測ニーズに対応して、今後分析装置の自動化レベルアップを目標としている。

*4 : BCEIA : The Beijing Conference and Exhibition on Instrumental Analysis

*5 : RoHS : The Restriction of the use of certain Hazardous substances in Electrical and Electronic Equipment

おわりに

2050年には、世界人口が93億人に達すると国連が予測し、アジア地域の人口は世界人口の2/3を占める^[15]。2009年、中国とインドの総人口の合計は約25億、世界人口68億の3割強であった。中国とインドの2005～2025年における都市人口の増加は、アジア地域の都市への人口集中率の62%強を占め、世界都市人口の集中率の40%を占めるとの予測がある(中国約4億人、インド2億人以上)^[16]。膨大な農村人口が都市人口に変わり、工業化が進み、健康・安全な生活保障のための社会資本整備やインフラ整備が、アジア圏の長期安定な経済成長のポテンシャルとなるだろう。

中国と台湾の関税撤廃を軸とした経済協力枠組み協定(ECFA)が、2011年1月1日より発効する。北東アジアの国・地域間で関税引下げを軸とした経済協定が結ばれた最初の事例になる。今後、アジアには地域的や両国・地区間の経済協力協定が多くなる動きも見られている。これからアジア各国・地区間の経済活動の活性化によって、アジア地域での計測・分析のニーズも一層高くなると考えられる。各国・各地域での計測事業展開には、要求を的確に把握することで、既存製品の活用や現地計測アプリケーションの開発を進め、多様性のある計測ニーズに着実に対応し、多様化するアジア地域の要求に応えることが必要である。さらに、現地で製品開発・生産・サービスを実施し、顧客との長期的な信頼を築くことがHORIBAグループのアジアビジネスの継続的な展開の礎となるであろう。

参考文献

- [1] David Pilling, Time for India's tortoise to turn on the speed, Chinese Website of Financial Times^{*6}, Aug. 3, 2010
- [2] Peter Marsh, US Manufacturing Crown Slips, Chinese Website of Financial Times^{*6}, Aug. 21, 2010
- [3] Kevin Brown, Consumers in Asia Start to Open Their Wallets, Chinese Website of Financial Times^{*6}, May. 14, 2010
- [4] CHEN Deming, Thriving China is ever more open for business, Chinese Website of Financial Times^{*6}, Jul. 27, 2010
- [5] Kavin Brown, The Asian Century Calls for a Rethink on Growth, Chinese Website of Financial Times^{*6}, Jul. 2, 2010
- [6] 中国環境サービス業商会, 第11次5ヵ年計画の中国都市下水処理状況(中国語), 環境界, 2010年第3号, Vol.13
- [7] 科学時報社, 未来20年の計測機器技術発展の展望(中国語), 科学時報, 2010年6月11日
- [8] 李虎, 中国における環境分析への取組み, 78~83, Readout No.31, Oct. 2005
- [9] 王松, 農業省農機鑑定センターはディーゼルエンジンの排ガス計測キャパシティ強化, 省エネや汚染物質削減監督を推進, 中国農業機械化情報Website(<http://www.amic.agri.gov.cn>), 2010年5月5日
- [10] WANG Yangyang and CHAO Meng, Status of Desulphurization Industry of Thermal Power in China and Prospect of "Twelfth Five-year Plan", China Environmental Protection Industry, Jul. 2010, pp.9~12
- [11] 日本経済新聞社, 環境計測専門書中国で執筆協力 堀場製作所, 日本経済新聞, 2008年5月13日
- [12] James Lamont and Kathrin Hille, India to Copy China's 'Name and Shame' Database of Worst Polluters, Chinese Website of Financial Times, Apr. 14, 2010
- [13] 化学工業日報社, 堀場製作所 中国で医用分野拡大 血球測定装置を拡販 年末メド試薬生産も, 化学工業日報, 2010年9月15日
- [14] 日本経済新聞社, 堀場製作所子会社中国で合弁会社, 日本経済新聞, 2010年9月8日
- [15] Kevin Brown, The Asian Century Calls for a Rethink on Growth, Chinese Website of Financial Times^{*6}, Jul. 2, 2010
- [16] Richard Dobbs, Opinion: India vs. China, Chinese Website of Financial Times^{*6}, May. 24, 2010

*6 : <http://www.ftchinese.com>



李 虎

Hu Li

株式会社堀場製作所
コーポレート事業戦略室 ビジネスストラテジー部
中国戦略担当副部長
工学博士

Feature Article

特集論文

中国における自動車計測事業の動向 Trend of automotive testing business in China

冨永 滋

Shigeru TOMINAGA

HORIBAグループは、エンジン試験設備、駆動系試験設備、ブレーキ試験設備、車両試験設備、風洞天秤、電気モータ試験システムなど、エンジン排ガス計測機器以外にも多くの自動車計測関連設備を提供している。これらのメカトロニクス(MCT)製品は、成長著しい中国自動車業界でも近年とみに重要性を増している。本稿では、中国における自動車計測事業の動向と、HORIBAグループが提供できる設備の概要を紹介する。

HORIBA Automotive Test Systems Div. is a leading supplier in the fields of engine test systems, driveline test systems, brake test systems, wind tunnel balances in addition to emissions test systems. These mechatronics (MCT) products have become more important in the fast-growing automotive industry in China. The report outlines the trends in the automotive testing industry in China and overviews the testing solutions HORIBA can offer.

はじめに

近年、世界的には経済状況が停滞傾向にある中、世界最多の人口をかかえる中国は大きな経済発展を遂げている。自動車産業の分野も例外ではなく、自動車生産台数は短期間で急激な伸びをみせ、いまや世界第一位となっている。中でも、中国国内の所得水準の上昇により、個人向け乗用車の生産が急激に増加している。このような状況を受け、中国国内における自動車関連試験機市場も変化をみせている。HORIBAグループの同市場への最近の納入実績を見ると、これまでの主流であったエンジン・車両の性能耐久試験設備に加えて、より高度な研究開発用の試験設備が増加してきている。これは、中国自動車産業が、海外企業との技術提携による生産量増大、生産技術の取り込みの段階から、自国内の自動車産業の集約と規模拡大、研究開発施設の拡充という自主開発段階へと大きくシフトしていることを示している。中国政府も技術者育成と研究機関設立を積極的に支援しており、自動車工学院などの大学や公的機関には最先端の研究開発

設備が数多く導入されている。今後、一層の品質向上や海外展開を見据え、より多くの研究開発設備が必要とされることが予想される。

本稿では、このように成長著しい中国の自動車関連試験分野の動向と、それに対してHORIBAグループが提供できる設備について概説する。

中国における自動車試験設備

世界的な傾向として、最新の自動車(特に乗用車)は安全、快適、省エネ性をコンセプトとするものが多い。そのような車両は、センサと電子制御ユニット(ECU)により制御される最新装備(たとえばアンチロックブレーキシステム(ABS)など)を備えているのが普通である。中国自動車産業でもすでにこのような最新装備の開発に必要な試験機器が導入され始めている。以下、中国における代表的な試験システムの特徴について紹介する。

エンジン試験設備

エンジンの試験には、エンジンの負荷を再現するためのエンジンダイナモメータが不可欠である。エンジン生産工場用など機能面の要求が高くないケースでは、中国国産の比較的安価なダイナモメータが広く使用されている。一方、エンジン性能試験、耐久試験など信頼性の要求される用途では、HORIBAグループ製の渦電流動力計(WTシリーズ)、水動力計(DTシリーズ)など、より高機能タイプのダイナモメータを導入する例が多い。エンジン研究開発やECUのマッチングなどさらに高度な試験の場合は、実車負荷のシミュレートも可能な交流動力計(DYNAS3シリーズ)と、エンジン試験自動化システム(STARS, 図1)、あるいはECU自動適合支援システム(STARS Calibrate, 図2)とを組み合わせた、いわばフルオプションのシステムが要求される。近年は、単気筒エンジンによる燃焼室開発、可変圧縮比の研究など、エンジンの基礎的な研究開発が中国においても実施されるようになり、このような高度な試験設備も導入されるように



図1 エンジン試験自動化システムSTARS

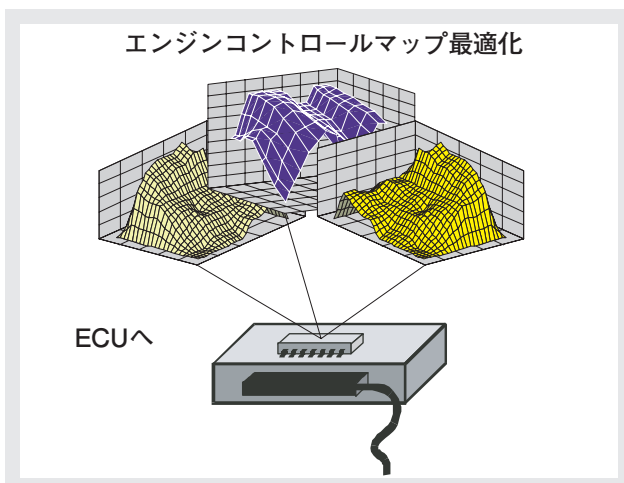


図2 ECU自動適合支援システムSTARS Calibrate

なっている。今後、このような最新設備を使いこなし、中国製の自主開発エンジンを作り上げることが期待されている。

駆動系試験設備

自動車を構成する部品のうち、エンジンからタイヤまで動力を伝達する部分を「駆動系」という。図3に、駆動系のイメージ図を示す。自動車の開発においては、この駆動系だけを取り出した試験もおこなわれる。たとえば、中国でも最近増えつつある自動変速機(AT)使用の車両の場合、その開発段階から、トランスミッションコントロールユニット(TCU)・ECUとの組み合わせ制御の最適化(シフトキャリブレーション)がおこなわれている。

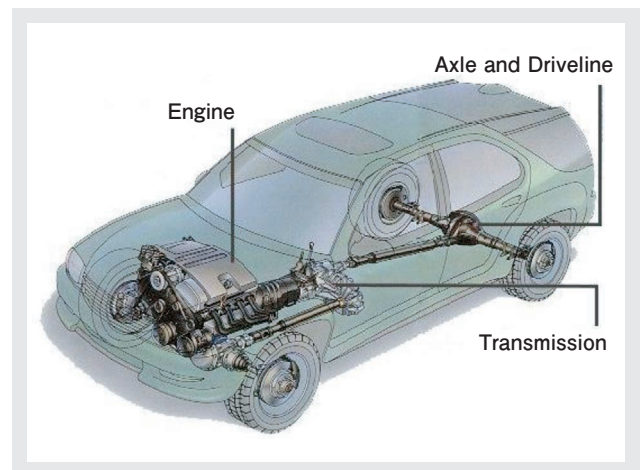


図3 駆動系の例

開発段階での試験では、本来の構成部品が一部未完成であることも多い。そのため、このような未完成部品をハードウェアまたはソフトウェアでシミュレートするバーチャル試験が多用される^[1]。図4に、バーチャル試験システムのブロックダイアグラム例を示す^[2]。シミュレーションで

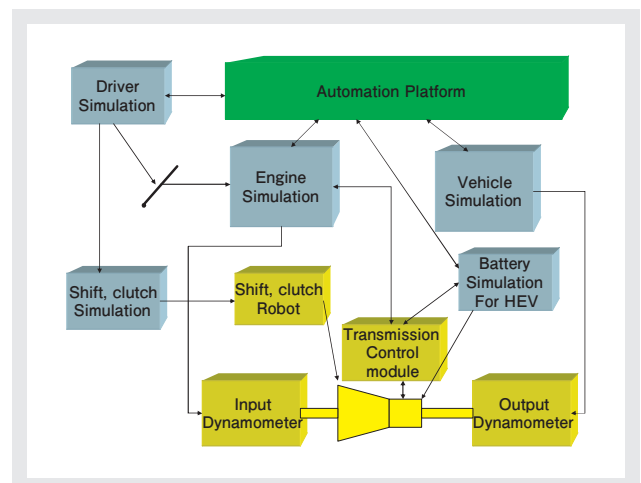


図4 バーチャル試験システムの構成例

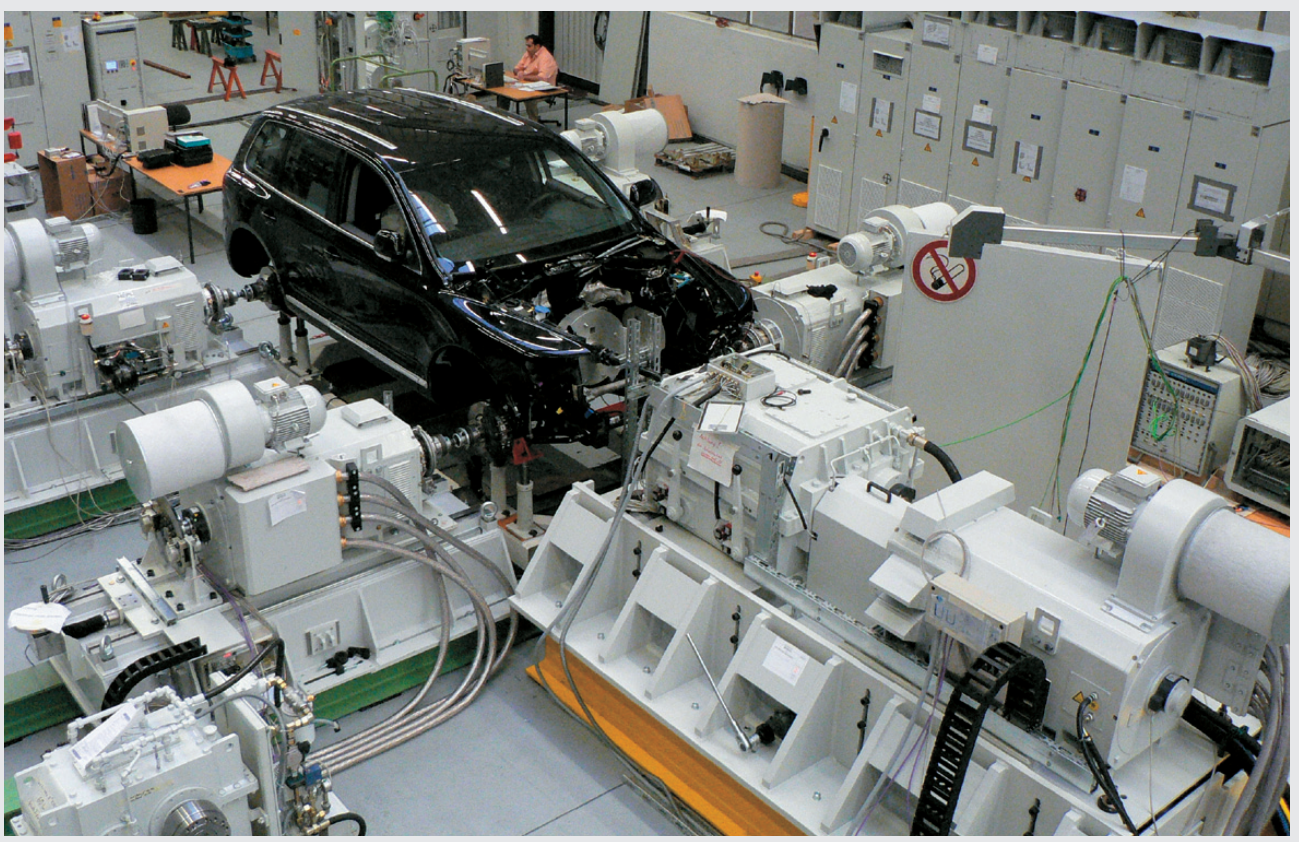


図5 コンプリート駆動系試験システムの例

代用される代表的なコンポーネントとしては、たとえばエンジンがあげられる。この場合、ダイナモメータを専用ソフトウェアで制御するバーチャルエンジンにより、駆動系部品の実働状態の負荷を再現する。このようなバーチャルエンジンの駆動系開発への応用は、中国でも今後増加することが予想される。

また、いわゆる駆動系に車体も加えた、より完成車両に近い形での駆動系試験設備も導入されている。図5に、このようなコンプリート駆動系試験システムの例を示す。このようなシステムの場合、車輪の代用としてホイールダイナモメータ、エンジン部分にはバーチャルエンジン(または実エンジン)を使用する。車両全体から駆動系部品までを対象にした各種試験が可能である。

中国の自動車メーカーでは、海外の提携企業からエンジンや駆動系の主要部品の供給を受け、それらを他のコンポーネントと自社で組み合わせていることが多い。このような状況の中、自動車メーカーにとっては、駆動系の制御最適化技術やシステム開発技術の取得が、主要部品の自主開発、量産化とともに大きな課題となっている。本節で紹介したバーチャル試験システムのような高機能駆動系

試験設備は、自主開発技術の取得・向上を目指す中国の自動車メーカーにとって、今後さらに重要性を増すと考えられる。

ブレーキ試験設備

近代の車両ブレーキは単なる制動装置ではなく、車両運動制御の重要要素として安全かつ快適な操縦性の実現に欠かせない部品となっている。静粛性を保ちつつ、確実に働き、十分な耐久性も確保したブレーキシステムを開発するためには、安定した性能を持つブレーキ試験設備が必要である。図6、7に、ブレーキ試験設備の例を示す。中国を含め、自動車業界では一般に、図6のような慣性型ブレーキテストと呼ばれるシステムが広く使用されている。HORIBAグループのブレーキテストは、公的研究機関や外資系ブレーキサプライヤを中心に納入されている。このうち、外資系サプライヤでは、中国市場の要求に沿った開発をスムーズに進めるため、本国の開発センターと同じ試験設備を中国の拠点にも設置する傾向がある。

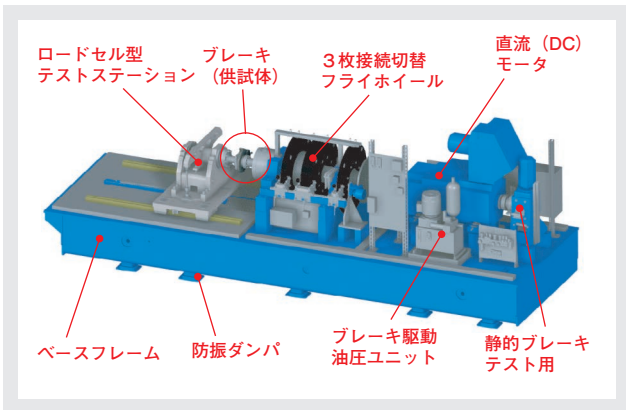


図6 ブレーキ試験設備の例(慣性型ブレーキテスタ)

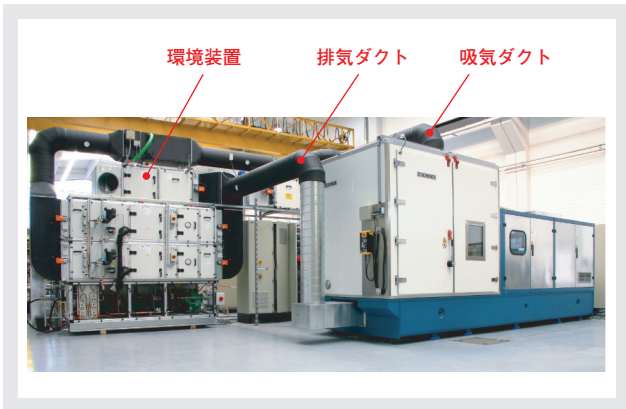


図7 ブレーキ試験設備(環境試験対応)

車両試験設備

完成車両の試験には、シャシダイナモメータを使用する。シャシダイナモメータは、車両を載せるローラにダイナモメータを組み合わせ、車両重量や走行抵抗など、台上

で車両の実走行負荷を再現するシステムである。図8に、四輪駆動車(4WD)用シャシダイナモメータの例を示す。



図8 車両試験設備(シャシダイナモメータ)

HORIBAグループでは、前述のブレーキテスタとともに1930年台から車両試験設備の製作実績があり、現在まで多くのシステムが排ガス計測装置、環境試験装置などと組み合わせて中国に納入されている。

風洞用6分力天秤

車両の空気抵抗は速度に比例して急激に増大し、高速走行における燃料消費に大きな影響を与える。そのため、風洞試験による空力の解析がおこなわれる。「風洞天秤」は、この風洞内で車体にかかる力を計測するための専用設備である。図9に、風洞天秤の略図を示す。HORIBAグループの風洞天秤には、車輪を回転させるホイールスピ

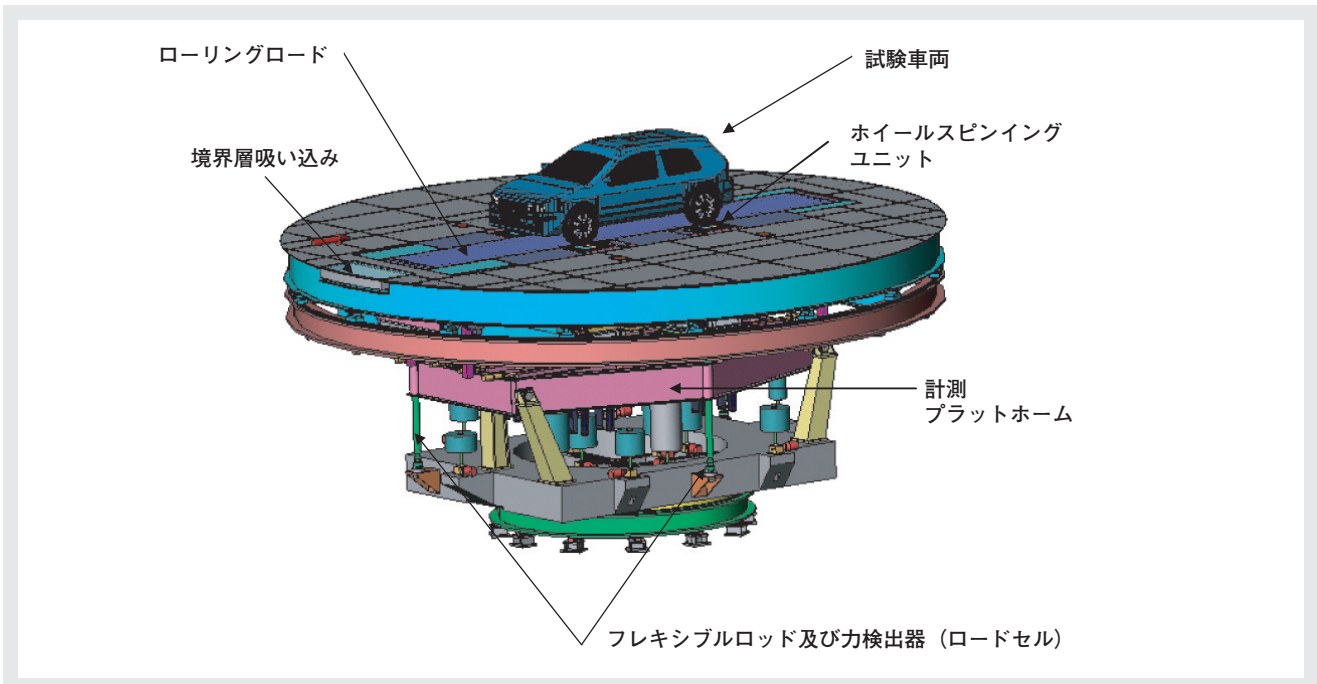


図9 風洞天秤

Feature Article 特集論文 中国における自動車計測事業の動向

ニングユニットに加え、走行安定性に重要な車体下面の風の流れを実走行に近い状態で再現するための走行ベルト(ローリングロード)が採用されている。空気抵抗は、車体にかかる3方向の力と3方向のモーメントとして6分力天秤で計測される。この各分力の計測感度と再現性は、車体のデザインにより抵抗がどのように変化するかを確認するための非常に重要な要素である。また、この風洞天秤では、試験体を乗せるプラットホームを6セットの計測ロッドで支持している。機械的リンクなどを使用しない単純な構造でメンテナンス性に優れ、必要な計測精度を長期にわたり維持することが可能である。これらの性能から、中国でも、最新のローリングロード付き実車風洞天秤が大学や公共機関を中心に導入されている。

中国自動車業界の今後と試験設備

個人所得水準の上昇やWTO加盟後にとられた政府の諸策により、中国自動車市場は今後も拡大傾向が続くと予想される。とはいうものの、これまでのような急激な伸びが持続するとは考えにくい。また、品質の向上、市場要求にあわせた車両の自主開発の必要性に加え、海外への中国市場開放、ユーザ志向の多様化への対応と、当面の課題も多い。その中で、中国の自動車業界は今後、国内市場規模の安定化とともに、世界の自動車生産拠点としての海外市場開拓を進めていくと考えられる。その過程では中国ブランドの確立のための自主技術獲得が必要であり、それを支える試験設備にも高いレベルが要求される。また、中国自動車業界は、はやくもハイブリッド車(HEV)や電気自動車(EV)に目を向けている。欧州をモデルにした排ガス規制が全国に適用され、環境問題も重要視されるようになってきた。また、中国は、燃料電池(FC)や電気モータ(E-モータ)製造に必要なレアアース資源に恵まれていることもあって、今後、HEV、EV、FC車の開発にさらに重点がおかれると考えられる。そのため、これらに不可欠なE-モータの試験システムの必要性も高まるものと見込まれる。HORIBAグループでラインナップしている、バッテリー機能を模擬できるバッテリーシミュレータ、標準化されたE-モータ試験システムなど、関連システムの需要も増大していくと考えられる。

おわりに

本稿では、主に、中国に納入されているMCT製品と市場状況について紹介した。中国では、生産台数で世界一になったのに続き、新たに自主開発の分野にも力を入れ始めている。資源・環境の問題でも、電動バイク、超軽量電動車がすでに普及しはじめるなど、より一層のエネルギー変換、低公害化が推進されると予想される。HORIBAグループが今後ますます進むであろう中国の自主開発技術の取得、研究設備関の充実などの市場要求に適切に応え、中国の自動車産業の発展に少しでも貢献できることを期待している。

略語一覧

ABS : Antilock Brake System
 AT : Automatic Transmission
 DC : Direct Current
 ECU : Electronic Control Unit
 EV : Electric Vehicle
 FC : Fuel Cell
 HEV : Hybrid Electric Vehicle
 MCT : Mechatronics
 TCU : Transmission Control Unit
 4WD : 4 Wheel Drive

参考文献

- [1] Bruno Thelen. "Virtual Test Case (Schenck Pegasus)". Engine Technology International, issue 2/01, P78-82. 2001.
- [2] Bryce Johnson. "Engine, Battery and Vehicle Simulation Strategies for Transmission Testing". Proceedings of the 2009 Ground Vehicle Systems Engineering and Technology Symposium. 2009.



富永 滋

Shigeru TOMINAGA

株式会社堀場製作所
自動車計測システム統括部
自動車計測メカトロニクス部
マネジャー

Feature Article

特集論文

中国における自動車排ガス規制と計測設備要求 Trend of automotive emission regulations and required measurement systems in China

中西 秀樹, 池内 利弘

Hideki NAKANISHI, Toshihiro IKEUCHI

21世紀に入り劇的な経済成長を遂げている中国の自動車産業の最新動向をつかむことは、環境面から、あるいはビジネス面からきわめて重要である。中国では、自動車産業の発展に伴って環境に対する関心も高まり、排ガス低減を目指した法整備が急速に進められた。その中で、排ガス低減を支える研究開発用、認証用排ガス計測設備へのニーズが非常に高まっている。本稿では、中国の自動車産業の最新動向と、乗用車・重量車・二輪車・汎用エンジンの排ガス規制動向に触れる。さらに、中国市場で求められる排ガス認証設備や、ハイブリッド車などの次世代自動車開発を支援する計測・制御ツールとして、HORIBAのソリューション・製品ラインナップを紹介する。

It is quite important to understand the latest trend of automotive industry in China, whose economy is growing up so fast in 21st century, from both environmental and business point of view. In China, environmental concern comes to be heightened along with automotive industry growth, and vehicle emission standards have been rapidly established for reducing pollutants. In this movement, emission measurement systems for R&D and/or certification purposes, which contribute to reduce pollutants in engine emissions, are highly demanded. This paper describes the latest trend of automotive industry in China and Chinese emission regulations for light-duty vehicles, heavy-duty vehicles, motorcycles and non-road engines. HORIBA's solution and products are also introduced as required measurement systems for Chinese emission regulations and as appropriate measurement and control systems for R&D of next generation vehicles such as hybrid electric vehicles.

はじめに

21世紀に入って以降、中国における自動車関連産業は目覚ましい成長を続けている。多品種にわたる完成車両の生産のみならず、部品生産からサービス体制の完備、道路や燃料供給ステーションなどのインフラ整備、さらには自動車販売促進のための金融サービス体系の構築にわたるまで、その影響範囲は幅広い分野にわたる。結果として、巨大な雇用の機会を生み出し、経済や社会の発展にも大きく貢献している。2009年の自動車生産台数が1000万台を超えるなど、中国はいまや世界有数の自動車

大国の地位を確立したといえる。その一方で、自動車産業構造そのものの歪み、すなわち国内の技術水準や開発能力の弱さ、また消費促進のための金融施策やインフラ整備の遅延など、さまざまな課題も顕在化してきた。自動車からの大気汚染物質・二酸化炭素(CO₂)の排出削減も、もちろんそのような課題のひとつである。本稿では、中国での国を挙げた自動車産業活性化の動きと、並行して進められている自動車排ガス規制への取り組みについて触れ、その中で求められる排ガス規制対応設備としてのアプリケーションを紹介する。

中国の自動車産業動向^[1]

政府による振興計画の策定

2009年3月に中国政府は、自動車産業全体の見直しを目的として、「自動車産業調整振興3年計画」という国家振興計画を発表した。これは、自動車産業の持続的で安定した成長を目指し、自動車消費の促進による内需拡大、産業構造の全面的な改革とその加速化、国内での創造・改善能力の強化による産業全体のレベルアップを図ることを、具体的な行動方策・計画として制定したものである。計画期間は2009年から2011年までとしている。

自動車産業調整振興3年計画の骨子

中国政府の最新の自動車産業目標を明確に示すものとして、振興計画の骨子を以下に紹介する。

基本原則

- 本計画における基本原則は次のとおりとなっている。
- ・財政政策を立て直して国内の自動車需要を拡大させ、さらには消費促進のための政策をとりながら、需給のバランスを獲得し、安定的な経済成長を確保する。
 - ・自動車産業構造の改善の一環として、自動車メーカーの吸収・合併を推し進めることにより技術集約と技術水準の向上を図る。

- ・研究開発能力の水準向上を図り、既存製品の改良と新エネルギー自動車の国内開発を促進する。
- ・自動車業界における金融サービスと消費者向けアフターサービスの充実を図り、製造とサービスの両面を協動的に発展させる。

目標と政策

表1に、基本原則を受けた具体的な行動目標と、それらに対応する政策措置を示す。

環境対応

環境対応の重点的対象を「排気量1.5 L以下のガソリン直噴エンジン」とし、後述する排出ガス基準Stage IV適合に向けた研究開発を支援する。

中国における排ガス規制の枠組みと動向^[2]

中国における排ガス規制は、1983年に始まって以来、急速に進展をみせている。特に、1998年以降、Euro 1~6（乗用車・小型トラック）あるいはEuro I~VI（重量車エンジン）と呼ばれる欧州の排ガス規制に準拠する方向が定着した。たとえば小型車の場合、2000年にEuro 1相当、2004年にEuro 2相当、2007年にEuro 3相当の規制が導入された。さらに、2010年にはEuro 4に相当する「第4段階(Stage IV)」の規制が導入される。導入タイミングは欧

表1 自動車産業調整振興3年計画の目標と政策

項目	目標	政策
自動車生産・販売の安定成長	<ul style="list-style-type: none"> ・2009年生産・販売台数=1,000万台 ・2009年~2011年までの年平均成長率=10% 	<ul style="list-style-type: none"> ・老朽車(廃車)の買い替えの補助対象拡大および補助金増加 ・地域・政府部門毎に存在する、自動車購入時の非合理的規制の整理・撤廃 ・自動車ローン制度の改正・完備のための、管理条例策定 ・自動車買い替え喚起のための、中古車取引市場の規範化 ・都市部の交通渋滞緩和のための、交通網整備・駐車場建設促進・駐車料金体系の整備
市場の需要構造の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・排気量1.5 L以下の乗用車の市場シェア=40%以上 ・うち、排気量1.0 L以下の小型乗用車の市場シェア=15%以上 ・大型トラックの市場シェア=25%以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・2009年1月20日から12月31日まで、排気量1.6 L以下の小型乗用車を対象に、車両購入税を10%から5%に減額 ・農民対象に、2009年3月1日から12月31日まで、排気量1.3 L以下の小型バンの購入時、および、三輪車または低速トラック廃車後の買い替え時に、一回一定額の助成金支給
自動車業界再編の促進	<ul style="list-style-type: none"> ・年間生産・販売台数200万台以上の大手自動車メーカーグループ=2~3社 ・100万台の自動車メーカーグループ=4~5社 ・市場シェア90%のメーカーグループ=上位10社。 	<ul style="list-style-type: none"> ・余剰人員の処遇、資産譲渡、債務処理、損益分配などの問題解決のための政策策定による再編支援 ・自動車メーカー共同の新型車、主要部品の開発・生産の奨励
自主ブランド乗用車市場シェア拡大、省エネ・環境・安全対策	<ul style="list-style-type: none"> ・国内市場シェア=40%以上 ・生産・販売の国外輸出比率=10%以上 ・省エネ・環境・安全基準=世界先進水準 	<ul style="list-style-type: none"> ・中央政府による、2009年以降3年間の100億元追加投資
電気自動車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車などの新エネルギー自動車の生産・販売促進	<ul style="list-style-type: none"> ・新エネルギー自動車生産台数=年産50万台 	<ul style="list-style-type: none"> ・中央政府による財政予算化、補助金支給 ・地方人民政府による公共機関での新エネルギー自動車の採用促進

Feature Article 特集論文 中国における自動車排ガス規制と計測設備要求

州に約5年遅れており、早い段階で欧州に追いつくことを目標に、今後も規制強化が図られるものとみられる。

具体的な排ガス基準は、中華人民共和国規格協会(China State Bureau of Technical Supervision)が制定する「中国国家標準規格」に規定されている。この規格は、その強制力によって、中華人民共和国強制国家標準(GB)、中華人民共和国勸奨国家標準(GB/T)、中華人民共和国国家標準化指導性技術書(GB/Z)の3つに分類される。表2に、自動車等のエミッション規制に関連するGB規格の例を示す。

表2 エミッション規制関連のGB規格

No.	内容	備考
GB20998-2007	二輪車・モペッドの燃料蒸発ガス	
GB20891-2007	ノンロードエンジンの排出ガス	Stage I, II
BG20890-2007	重量車のエミッション耐久	
GB19758-2005	二輪車・モペッドのスモーク	
GB19756-2005	三輪車・低速車の排出ガス	Stage I, II
GB18352.3-2005	小型車の排出ガス	Stage III, IV
GB18322-2002	三輪車・低速車のスモーク	
GB18285-2005	小型車・重量ガソリン車のアイドリング試験	
GB18176-2007	モペッドの排出ガス	Stage III
GB17691-2005	重量ディーゼル車の排出ガス	Stage III, IV, V
GB14763-2005	重量ガソリン車の燃料蒸発ガス	
GB14762-2008	重量ガソリン車の排出ガス	Stage III, IV
GB14622-2007	二輪車の排出ガス	Stage III
GB14621-2002	二輪車・モペッドのアイドリング試験	
GB11340-2005	重量ガソリン車のクランクケースエミッション	
GB3847-2005	小型ディーゼル車・重量ディーゼル車のスモーク	

中国自動車メーカーの排ガス規制に対する取り組みには勢いがあり、国内規制早期適合による優遇処置の適用も睨んで技術開発が進み、大手メーカーの実力は確実に向上している。その一方、国際市場に対しては、先行している排ガス基準に追い付けず、進出を断念するケースも見られる。このような状況への危機感もあって、中国自動車メーカーは最新の排ガス基準適合への高い意欲をみせている。中国環境保護庁(China EPA)の新基準導入への積極的な動きや、中国政府の自動車産業界への特別融資策も後押しし、排ガス規制への取り組みはますます加速される傾向にある。

中国における具体的な排ガス規制^[2,3]

乗用車・小型トラック エミッション規制

上述したように、中国における規制は基本的に欧州規制を踏襲している。中国全体では、2007年からStage III (Euro 3相当)、2010年7月からはStage IV (Euro 4相当)が適用される。ただし、一部の大都市では適用時期が前倒しされている。典型的なのが、2008年にオリンピックの開催された北京市で、2005年にガソリン車・LPG/CNG車・ディーゼル車に対してStage IIIが、2008年にガソリン車・LPG/CNG車に対してStage IVが適用された。また、広州市では、2006年に全車種に対してStage IIIが適用され、上海市では、2006年に全車種に対してStage IIIが、2009年にStage IVが適用された。表3~6に、排気管から排出されるエミッションに関する、Stage III・Stage

表3 乗用車のStage III エミッション規制値

車種別	CO重量		HC重量		HC+NOx重量		NOx重量		PM重量
	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km		
単位	g/km		g/km		g/km		g/km		g/km
燃料種別	G	D	G	D	G	D	G	D	D
M	2.3	0.64	0.2	-	-	0.56	0.15	0.5	0.05

G=ガソリン, D=ディーゼル

表4 乗用車のStage IV エミッション規制値

車種別	CO重量		HC重量		HC+NOx重量		NOx重量		PM重量
	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km		
単位	g/km		g/km		g/km		g/km		g/km
燃料種別	G	D	G	D	G	D	G	D	D
M	1	0.5	0.1	-	-	0.3	0.08	0.25	0.025

G=ガソリン, D=ディーゼル

表5 小型トラックのStage III エミッション規制値

車種別	車重(RM)	CO重量		HC重量		HC+NOx重量		NOx重量		PM重量
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km		
単位	kg	g/km		g/km		g/km		g/km		g/km
燃料種別		G	D	G	D	G	D	G	D	D
N1 I	RM<1305	2.3	0.64	0.2	-	-	0.56	0.15	0.5	0.05
N1 II	1305<RM<1760	4.17	0.8	0.25	-	-	0.72	0.18	0.65	0.07
N1 III	1760<RM	5.22	0.95	0.29	-	-	0.86	0.21	0.78	0.1

G=ガソリン, D=ディーゼル

表6 小型トラックのStage IV エミッション規制値

車種別	車重(RM)	CO重量		HC重量		HC+NOx重量		NOx重量		PM重量
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km		
単位	kg	g/km		g/km		g/km		g/km		g/km
燃料種別		G	D	G	D	G	D	G	D	D
N1 I	RM<1305	1	0.5	0.1	-	-	0.3	0.08	0.25	0.025
N1 II	1305<RM<1760	1.81	0.63	0.13	-	-	0.39	0.1	0.33	0.04
N1 III	1760<RM	2.27	0.74	0.16	-	-	0.46	0.11	0.39	0.06

G=ガソリン, D=ディーゼル
RM=ネット重量

表7 乗用車(手動変速機)に対する規制値 CM=正味重量(kg)

クラス(CM)	2005年7月1日～	2008年1月1日～
単位	L/km	L/km
CM≤750	7.2	6.2
750<CM≤865	7.2	6.5
865<CM≤980	7.7	7.0
980<CM≤1090	8.3	7.5
1090<CM≤1205	8.9	8.1
1205<CM≤1320	9.5	8.6
1320<CM≤1430	10.1	9.2
1430<CM≤1540	10.7	9.7
1540<CM≤1660	11.3	10.2
1660<CM≤1770	11.9	10.7
1770<CM≤1880	12.4	11.1
1880<CM≤2000	12.8	11.5
2000<CM≤2110	13.2	11.9
2110<CM≤2280	13.7	12.3
2280<CM≤2510	14.6	13.1
2510<CM	15.5	13.9

表8 乗用車(自動変速機, MPV, SUV)に対する規制値 CM=正味重量(kg)

クラス(CM)	2005年7月1日～	2008年1月1日～
単位	L/km	L/km
CM≤750	7.6	6.6
750<CM≤865	7.6	6.9
865<CM≤980	8.2	7.4
980<CM≤1090	8.8	8.0
1090<CM≤1205	9.4	8.6
1205<CM≤1320	10.1	9.1
1320<CM≤1430	10.7	9.8
1430<CM≤1540	11.3	10.3
1540<CM≤1660	12.0	10.8
1660<CM≤1770	12.6	11.3
1770<CM≤1880	13.1	11.8
1880<CM≤2000	13.6	12.2
2000<CM≤2110	14.0	12.6
2110<CM≤2280	14.5	13.0
2280<CM≤2510	15.5	13.9
2510<CM	16.4	14.7

注(1) Phase I, Phase IIの適用日以降新たに型式認証を取る車両に適用され、1年後には、全ての生産車に適用される。

IVの規制値を示す。車両のカテゴリも欧州規制と同一であり、M1(乗用車), N1(小型トラック)に区分して規制値が定められている。

燃料消費規制

2004年に乗用車の燃料消費基準がGB19578-2004として整備され、2005年にPhase I, 2008年にPhase IIの規制が導入された。中国の規制における燃料消費量(L/100 km)は、欧州の試験モードであるNEDCサイクルを走行し、その際に排出される炭化水素(HC), 一酸化炭素(CO), CO₂の濃度から算出する。表7に、手動変速タイプの乗用車の規制値、表8に、「自動変速(AT)車」「ミニバン(MPV)」「スポーツ多目的車(SUV)」のいずれかに該当する乗用車の規制値を示す。これらの規制値は、正味車両質量3500 kg以下の乗用車に適用される。なお、小型トラックについては、別途、GB20997-2007(2007年制定)に基づいた規制が開始されている。

重量車

エミッション規制

中国国内の全車両に占める重量車の割合は5%程度であるにもかかわらず、自動車からの窒素酸化物(NO_x)・粒子状物質(PM)の約8割は重量車に起因するとされる。そのため、重量車の排出ガス、特にNO_xとPMの排出量削減が重要視されている。表9に、重量車の規制導入スケ

ジュールを示す。規制値は、Stage I~VがそれぞれEuro I~V相当である。また、オリンピック開催にあたって大気質改善が課題とされた北京市では、小型車の場合と同じく中国全体よりも前倒しでの導入となっている。

表9 重量車に対する規制値

規制値	適用日	備考
Stage I	2000年9月	
Stage II	2003年9月(2004年9月)	
Stage III	2008年1月	北京: 2005年12月
Stage IV	2010年1月	北京: 2008年1月
Stage V	2012年1月(予定)	

Stage I/IIについては、国連が定める統一基準(UN/ECE Regulation)No.49に規定する13モード試験、あるいは、中国独自のChinese 9モード試験による排ガス試験が実施されていた。一方、Stage III~Vでは、欧州で使用されるESC*¹, ETC*², ELR*³モードによる試験が採用されている。

*1: European Steady state Cycleの略。重量車向けの13モードの定常運転サイクル。EU指令で2000年より適用。

*2: European Transient Cycleの略。重量車向けの1800秒の過渡運転サイクル。EU指令で2000年より適用。

*3: European Load Responseの略。重量車向けのオパシテメータを用いた光吸収係数の評価試験サイクル。EU指令で2000年より適用。

Feature Article 特集論文 中国における自動車排ガス規制と計測設備要求

走行耐久

重量車に対する現在のエミッション耐久性(航続距離または年数)の要求は以下のとおりである。これらの要求は、対応する欧州の基準よりも短い。

- ・カテゴリM2およびガソリン車：8万 kmまたは5年
- ・カテゴリM3(7.5 t以下)、
カテゴリN2、
カテゴリN3(16 t以下)：10万 kmまたは5年
- ・カテゴリM3(7.5 t超)、
カテゴリN3(16 t超)：25万 kmまたは6年

二輪車

エミッション規制

中国全体では、二輪車に対して、2008年にStage III(Euro 3相当)が適用された。表10に、Stage IIIの二輪車規制値を示す。また、北京市では、2気筒あるいは4気筒の二輪車を対象にCO 3.5 g/km, HC+NOx 2 g/kmという独自の規制値が定められている。

表10 二輪車に対するエミッション規制値

車両種別	CO重量	HC重量	NOx重量	
単位	g/km	g/km	g/km	
2輪	<150 cc (UDC)	2.0	0.8	0.15
	150cc (UDC+EUDC) ≤	2.0	0.3	0.15
3輪	全排気量 (UDC)	4.0	1.0	0.25

なお、モペッド*4に関して別途GB規格が制定され、規制対象となっている。

*4：ガソリンエンジンや電気モータなどの原動機を搭載した、ペダル付きの原動機付自転車(原付)。

走行耐久

中国全体における二輪車のエミッション耐久性の要求は、150 cc未満のクラスでは12000 km, 150 cc以上・最高速度130 km/h未満は18000 km, 150 cc以上・最高速度130 km/h以上は30000 kmである。試験走行パターンは11モードで、エンジンサイズにより目標速度が変わる。すなわち、モード#1～#9は45～70 km/h, モード#10～#11は70, 90, 100 km/hのいずれかが使用される。一方、北京市では、2気筒あるいは4気筒の二輪車に対して耐久走行15000 kmと規定されており、試験パターンはUN/ECE Regulation No.40が適用される。

ノンロードエンジン

エミッション規制

ノンロードエンジンのエミッション基準は、2007年にGB20891-2007として制定された。ここで定められている規制値(Stage I, II)は、欧州ノンロード規制におけるStage I, IIに相当する。また、中国では、欧州規制では対象外となっている小型ディーゼルエンジンもカバーしている。こちらの規制値は、米国のTier1/2基準に準拠している。表11に、エンジンレンジごとの規制値を示す。

表11 ノンロードエンジンに対する規制値 g/kWh P=定格出力(kWh)

定格出力(P)	CO重量	HC重量	NOx重量	HC+NOx重量	PM重量
単位	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Stage I : 2007年10月					
130 ≤ P ≤ 560	5.0	1.3	9.2	-	0.54
75 ≤ P < 130	5.0	1.3	9.2	-	0.7
37 ≤ P < 75	6.5	1.3	9.2	-	0.85
18 ≤ P < 37	8.4	2.1	10.8	-	1.0
8 ≤ P < 18	8.4	-	-	12.9	-
0 < P < 8	12.3	-	-	18.4	-
Stage II : 2009年10月					
130 ≤ P ≤ 560	3.5	1.0	6.0	-	0.2
75 ≤ P < 130	5.0	1.0	6.0	-	0.3
37 ≤ P < 75	5.0	1.3	7.0	-	0.4
18 ≤ P < 37	5.5	1.5	8.0	-	0.8
8 ≤ P < 18	6.6	-	-	9.5	0.8
0 < P < 8	8.0	-	-	10.5	1.0

ノンロードエンジンのエミッション試験においては、エンジンの用途により、ISO8178のC1定常試験サイクル、または、他の試験サイクルが適用される。

エミッション計測設備への要求

排ガス認証設備

既述のとおり、中国における排ガス認証は、規制値・試験方法とも欧州の法規をベースとしている。そのため、国内市場優先であれば、計測設備は対応する欧州規制レベル(Euro 1～4, Euro I～IV)で導入されるシステムに準拠すればよい。しかし、今後さらに厳しい規制レベル(Euro 5/6, Euro V/VIなど)に移行するのは確実であり、それらも前提とした設備導入が求められるようになってきている。たとえば、重量車におけるPM計測設備の要件

は、規制レベルがEuro IからVIに移る間に一部変更されている。そのため、設備導入にあたっては、サンプルフィルタ径・サンプル部温度範囲・粒子数計測の有無など、規制レベルで異なる各要件について、どの範囲をカバーするかを十分検討する必要がある。さらに、最近では、北米カリフォルニア大気資源局(CARB)のLEV II規制など、欧州以外の規制も意識され始めている。北京にあるChina EPAの設備や、政府系の研究施設である中国自動車技術研究センター(CATARC)などでは、このCARBのLEV II規制で要求される低濃度エミッション計測用のシステムを導入している。また、ノンロードエンジン業界では、米国への輸出も重視されており、米国環境保護庁(US EPA)の定めるノンロードエンジンの試験方法(CFR Part 1065)に対応したシステムの導入が検討される例も増えている。このように、中国においては考慮する規制の地域的・時間的な広がりが大きく、しかもそれを短期間で取り込もうとしているのが特徴である。このような事情を考えると、中国における計測対応システムとしては、欧州向けのものをベースに、北米や日本向けシステムの優れた点をあらかじめ盛り込んだ形が望ましいといえる。

研究開発用途の設備

中国では、日欧米に比べて燃料中の硫黄含有量が多く、それに起因する排ガス中の二酸化硫黄(SO₂)にも関心が集まっている。また、規制が厳しくなるにつれ、ディーゼ

ルエンジンからのNO_xやPM低減のための触媒技術開発もさらに重要になると考えられる。今後は、排ガス認証設備に加え、このような研究開発の支援ツールとしての排ガス計測システムの需要も増加すると見込まれる。ハイブリッド車(HEV)・プラグインハイブリッド車(PHEV)・燃料電池車(FCEV)などの開発に力を入れているBYD(比亞迪汽車)のようなメーカーもあり、これら次世代自動車のエミッション評価・燃料消費評価をサポートする設備に対する要求も増している。

HORIBAの提供する計測システム

認証排ガス試験設備では、CO・HC・NO_x、PM、スモーク(黒煙)などの排ガス成分に加え、空気温度・湿度、空気流量、燃料流量などの項目も計測対象となる。また冷却水や吸入空気温調など、試験環境としての設備類も必要である。HORIBAは、日欧米での経験を活かし、中国市場に対しても、さまざまな計測・制御機器を組み合わせたトータルシステムを提供している。

小型車向け排ガス認証設備

乗用車などの小型車は、シャシダイナモメータ上で車両試験を行う。図1に、典型的な欧米向けシャシダイナモメータベンチ(ディーゼル車用)の構成を示す。中国向けのシステムの場合も基本構成はほぼ同じである。また、図

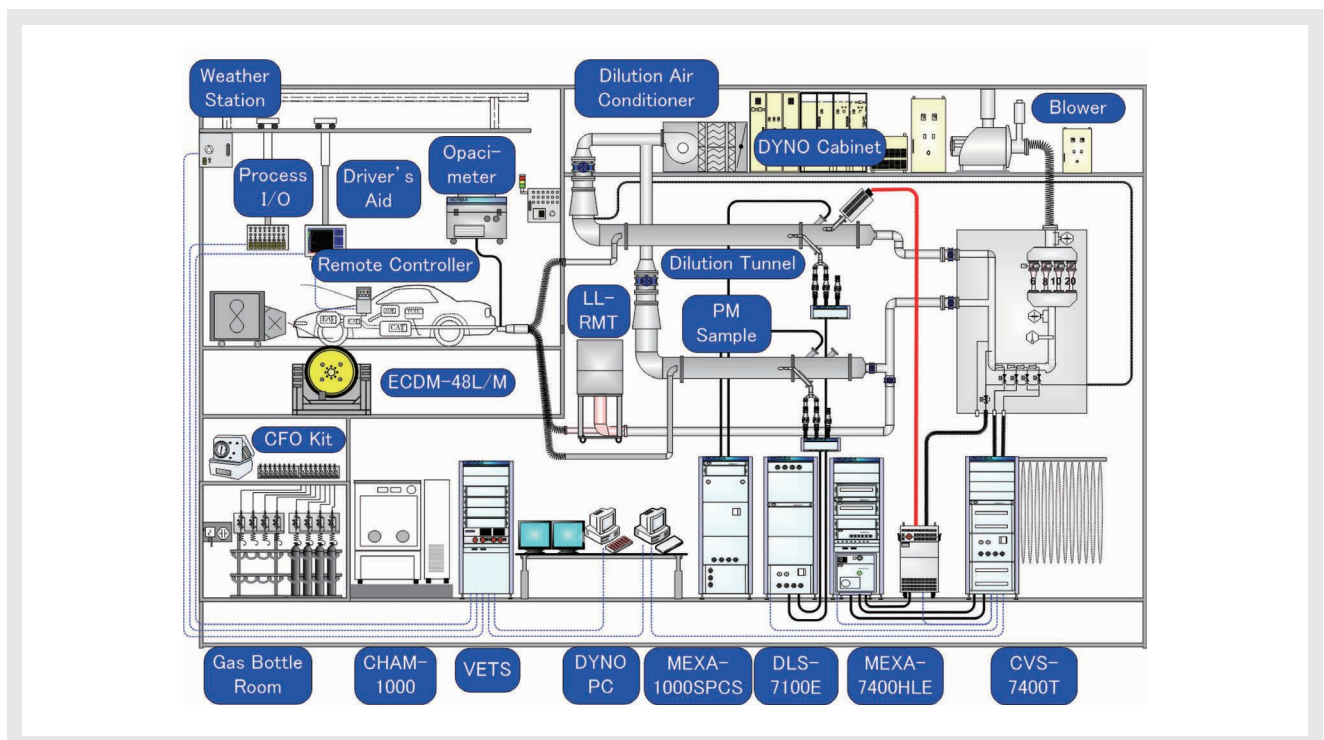


図1 欧米向け乗用車シャシベンチシステム例(ディーゼル)

Feature Article 特集論文 中国における自動車排ガス規制と計測設備要求

にはディーゼル車用システムを示したが、これ以外に、ガソリン車用、ガソリン・ディーゼル共用などのラインナップを用意している。

排ガス認証シャシ試験ベンチでは、シャシダイナモメータ(ECDM-48シリーズ)、排ガス計測設備(MEXA-7000シリーズ、CVS-7000シリーズ)、必要に応じてPM計測設備(全流希釈トンネルシステム)という構成が基本となる。ここに、試験車両の運転者をサポートするドライバーズエイド(CRSD-7000)といわれる走行パターン指示器、あるいはロボットドライバ(ADS-7000)など、各種周辺機器を組み合わせる。さらに、試験のコントロールと試験結果の演算、帳票作成をおこなう自動車排ガス試験システム(VETSシリーズ)なども使用される。

また、将来のシステムとしては、Euro 5以降に義務付けられる粒子数計測装置(MEXA-2000SPCSシリーズ)などの追加が考えられる。MEXA-2000SPCSシリーズはCPC(レーザ散乱式凝縮粒子カウンタ)を検出器とし、エンジンから排出される固体状粒子の粒子数を計測する装置であり、認証・研究開発から性能評価まで、幅広く対応できるシリーズとなっている。

重量車向け排ガス認証設備

重量車エンジンやノンロードエンジンの場合は、エンジンダイナモメータでエンジン単体の試験をおこなう。

HORIBAは、エンジン試験ベンチについても、エンジンダイナモメータ、排ガス計測設備、PM計測設備、オートメーションシステムおよび周辺機器を提供している。図2に、重量車エンジン用ベンチの一例を示す。図では全流希釈サンプリング法による排ガス計測設備・PM計測設備という構成になっているが、関連規制とニーズに応じて、直接サンプリング法による排ガス計測および分流希釈法によるPM計測というシステムも可能である。

HORIBAのエンジン試験オートメーションシステムSTARSでは、HDEET(Heavy Duty Engine Emission Test)というアプリケーションパッケージにて、排ガス認証試験を自動計測制御するソリューションを提供している。HDEETでは、重量車及びノンロードディーゼルエンジン向けの排ガス認証試験の試験前処理から帳票作成までの自動化を実現しており、ユーザの省力化に大きく貢献している。欧州向け、北米向け、日本向けの排ガス試験を簡単に切り替えることができ、将来の輸出対応、独自試験の作成にも対応可能である。エンジンダイナモメータとしては、低慣性、高トルク、高応答まで対応可能なDYNAS3シリーズにより、精度の高い過渡試験環境を実現している。

次世代自動車対応

中国政府は、排出ガス低減の観点から「乗用車はEV、商

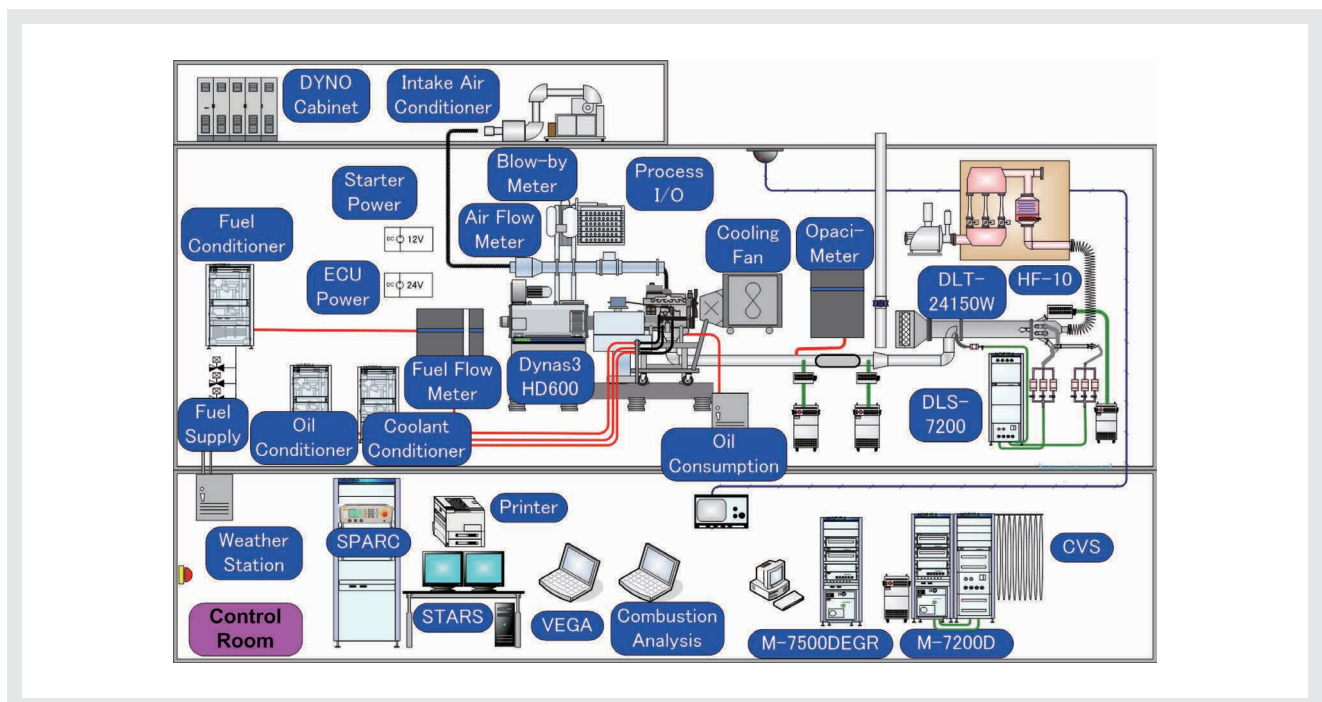


図2 重量車用エンジンベンチシステム例

用車はディーゼル]を基本方針として、次世代自動車の普及を政策として推進している。特に、HEV・PHEV・FCEVに関しては、「863計画^{*5}」、「十城千輛プロジェクト^{*6}」などを立ち上げ、開発を推進している。これに対し、HORIBAでは、電気モータ試験システム(EMTS)及びバッテリーシミュレータ(Virtual Battery)など、次世代自動車特有のコンポーネントの試験システムなども供給している。Virtual Batteryは、実バッテリーと同様の電圧出力を模擬する機能を持ち、バッテリーの充電状態による影響を再現することもできる。Virtual Batteryは、実バッテリーでは危険を伴う過負荷試験なども安全に実施できる、実バッテリーの準備(充電・放電)に伴う時間のロスがないなどの利点を持ち、EV開発において非常に有効なツールである。さらに、Virtual BatteryをEMTSに統合した場合は、エンジンダイナモとコントローラを組み合わせたシステムにおいて電圧供給することができるため、定電圧電源が不要になるメリットもある。

*5：1990年代から進められているクリーン・カープロジェクト。

*6：2011年までの約3年間、毎年10都市以上で1000台規模の新エネルギー車モデル運行プロジェクトを立ち上げるという構想。最初に始動したのは重慶市(2008年11月27日)。重慶市と武漢市に並んで「第1期都市」に選定されているのが、大連市、上海市、深セン市、長株潭地域(長沙市、株洲市、湘潭市)の4都市・地域。「候補都市」に選定されているのが、北京市、天津市、杭州市の3都市。

まとめ

以上、本稿では、中国における自動車排ガス規制の概要と、HORIBAが提供しているシステムについて紹介した。中国の排ガス規制を取り巻く環境は今も大きく変化している。最近の地球環境問題をめぐる状況を考えたとき、日々成長を続ける中国国内の排ガス低減と次世代自動車の開発に寄与することは環境面から見て大変重要な役割であり、グローバルにも大きな意味を持つ。また、輸出大国への道を開き、欧州・米国に打って出ようとする中国には、グローバル対応できるパートナーが必要であり、その意味でもHORIBAへの期待の高まりと使命の重大さをひしひしと感じている。排ガス認証設備のリーディングカンパニーとして、今後も最適なソリューションを提供していく所存である。

参考文献

- [1] “自動車業界情報”. Marklines自動車情報プラットフォーム. <http://www.marklines.com/ja/index.jsp>, (参照2010-8-16).
- [2] “Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China”. 中国人民共和国環境保護部. <http://english.mep.gov.cn>, (参照2010-8-16)
- [3] “Diesel Exhaust Emission Standards”. DieselNet <http://www.dieselnets.com/standards/>, (accessed 2010-8-16).



中西 秀樹

Hideki NAKANISHI

株式会社堀場製作所
自動車計測システム統括部
プロジェクトマネジメント部



池内 利弘

Toshihiro IKEUCHI

株式会社堀場製作所
自動車計測システム統括部
自動車計測メカトロニクス部

Feature Article

特集論文

中国の固定発生源における連続モニタリングの概要 Overview of Continuous Emission Monitoring of Stack Gas emitted from Stationary Sources in China

畠中 秀起

Hideki HATAKENAKA

一定の経済レベルに達した中国では、近年、環境保全に対する関心が高まっている。大気汚染防止を初めとする環境についての法整備が行われ、火力発電所や各種工場の煙突から排出されるガスは規制対象となっている。これら規制対象の計測は、国家認証を有する煙道排ガス連続監視システムによって行われる。HORIBAグループの中国における排ガス計測の歩みを踏まえ、国家認証取得への取り組み、およびシステム設置例を取り上げ、中国の排ガス計測の実状を述べる。また、HORIBAの計測システムの概要についても合わせて紹介する。

With constant economic level it reached recent years, concern over environmental preservation also remains higher attention in China. Developments of laws including air pollution prevention are performed and gas discharged from chimneys of thermal power plants or various factories is taken up as a control subject. These measurements are performed by the continuous emission monitoring systems of stack exhaust gas, which acquired China national certification. Based on HORIBA group progress on the exhaust gas measurements in China, this article is trying to describe the actual situation of China's exhaust gas measurement from the topics of China national certification application and system installation examples. And the overview of the HORIBA system is also introduced.

はじめに

経済優先の施策で目覚ましい発展を続ける中国では、火力発電所や重化学プラントが建設され、大気への排ガス放出量も急速に増加、環境汚染の問題が年々深刻化している。1990年代後半から本格的な環境改善のため法整備が行われ、大気汚染物質の監視や環境改善の目的で環境計測へのニーズが高まってきている。こういった状況のもと、HORIBAグループは、大気や煙道排ガスの計測の分野に参入するに至った。煙突や各種ボイラから排出されるガスを発生する発電所やプラントは固定発生源と呼ばれ、大気汚染を引き起こす物質は規制の対象となっている。これら物質の計測は、煙道排ガス連続監視シス

テム(Continuous Emission Monitoring System : 以下CEMS)で行われる。CEMSの計測対象はダスト、NO_x、SO₂であり、それらの排出総量を求めるため、流速、温度、圧力も同時に測定される。また、CEMSは演算処理やデータ保存、環境監視機関への通信機能も有している。CEMSの代表的な構成例を図1に示す。

中国市場に導入するため、CEMSは中国の国家認証^[1]を取得する必要がある。HORIBAグループは2003年に山東省でこの認証試験を受検し認証を取得した。2004年に重慶市の中国国家プロジェクトで25セットのCEMSを納入した。このプロジェクトを通じ、都市部の発電所や化学プラント、セメント工場等の大小のボイラ設備の排ガスを計測し、中国の排ガスおよび排ガス計測を行うための環

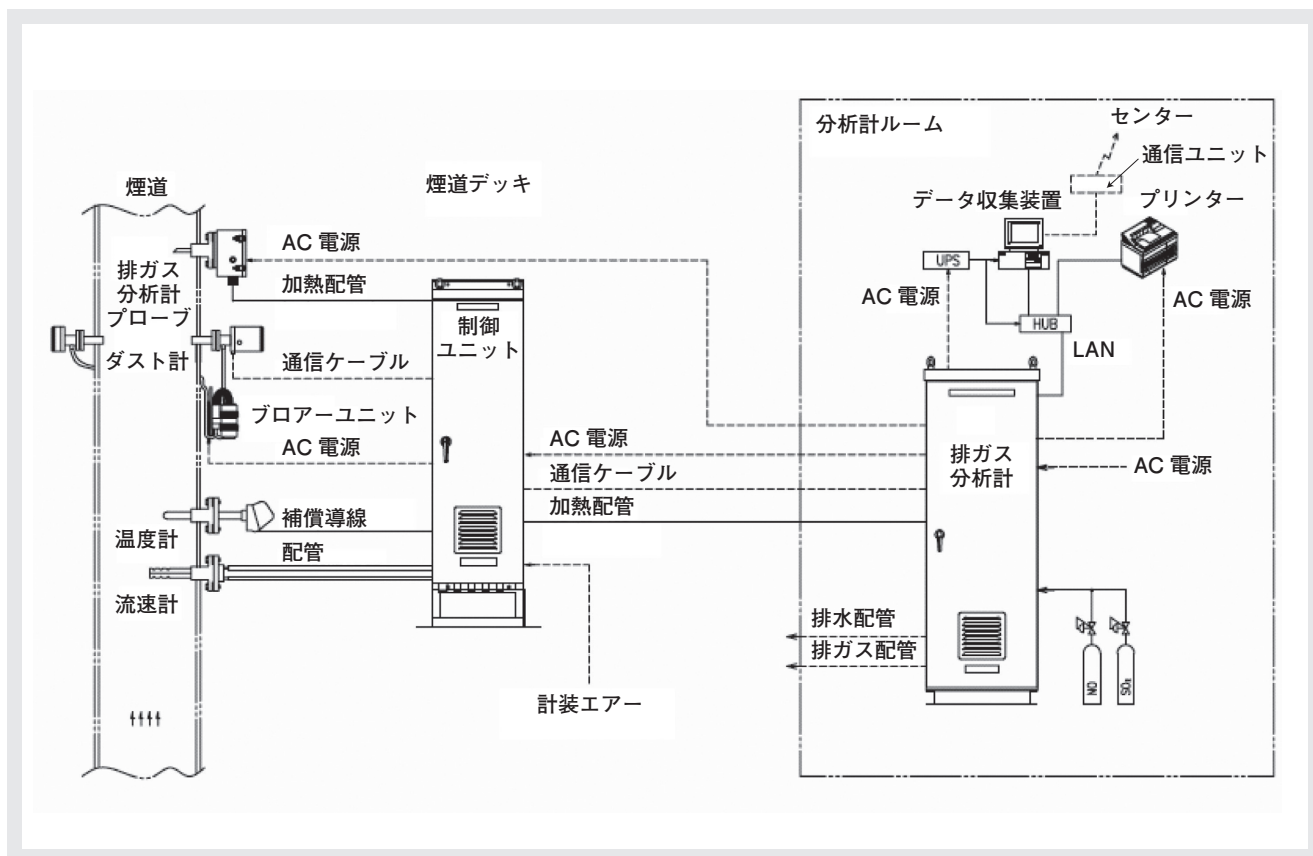


図1 CEMS システム構成(例)

境・インフラの実状を把握した。本報告では、HORIBAグループが中国での固定発生源の計測において歩んだ歴史も踏まえ、排ガス規制、中国認証取得やCEMS導入における実状について紹介する。

中国排ガス規制の動向

日本、欧米では1950年代以降からの工業化に伴い大気汚染が社会問題となり、大気汚染防止法等の法整備や排ガス抑制施策が実施されてきた。中国では環境保護法が1989年に改訂、大気の大気汚染物質が対象となり、別途ボイラ排ガスや火力発電所等の固定発生源の総合排出基準も2001年、2003年にそれぞれ制定された。また、SO₂と酸性雨の2種類については、重点規制区を設けて排出規制するプロジェクトも実施されている。ただ実状として資金力や人材不足、地域格差など課題があり成果が予定通り挙げられていないのも事実である。その一方、主要な火力発電所に対し、脱硫設備の義務付け、および監視計測、罰金制度、および排出総量による電力買取額の決定といった政策も行っている。これにより最近3、4年でCEMS需要が創出され、10,000セット以上のCEMSが、中国国内に設置されたと

推定される。環境保護総局(SEPA)は、2008年に環境保護部(MEP)に格上げされ、第12次5ヵ年計画(2011~15年)では環境保全が今以上に重要視される。脱硝規制も本格的に始まる見通しもあり、今後、環境計測市場が飛躍的に拡大していくと思われる。

CEMS認証の概要

中国には固定発生源の煙道排ガス連続監視システムの技術要求および、試験方法としてHJ/T76-2007があり、中国でCEMSを導入するには、これに合致する必要がある。技術要求としては、SO₂、NO_x、O₂およびダスト、流速、温度が対象で、24時間の指示ドリフトや手分析値との相関比較等がある(表1)。認証試験は、①1次試験(8日間)、②連続運転期間(90日間)、③2次試験(2日間)で構成され、中国環境監測総站の認証官により実施される。また、試験は特定の試験場が用意されている訳ではなく、実際に稼動している固定発生源の排ガス煙道設備に設置された状態で行う。その為、試験現場の調査から始まり、据付ポイントの選定、煙道デッキやシステムを収納するコンテナハウスの施工、CEMSの施工等の準備が必要となる。工場設備など各種条件が関連するため、認証試験の難易

Feature Article 特集論文 中国の固定発生源における連続モニタリングの概要

表1 CEMS 中国認証の検査項目, 規格

装置	試験項目	規格
ダスト	ゼロ, スバンドリフト	$\leq \pm 2\%$ FS/24h
	相関係数	≥ 0.85
SO ₂ , NO _x	直線性	$\leq \pm 5\%$
	応答速度	$\leq 200\text{s}$
	ゼロ, スバンドリフト	$\leq \pm 2.5\%$ FS/24h
	相対正確度	$\leq 15\%$ (排ガス濃度 ≥ 250 ppm時)
流速	精密度	$\leq 5\%$
温度	指示差	$\leq \pm 3$ °C

(代表的な検査項目を抜粋。定義の詳細はHJ/T76-2007をご参照。)

度は高く、最近2年間の認証試験では、10数メーカーが受検し、合格は半数程度と思われる。不合格となった場合、同一の試験現場で再受検できないため、新たな現場を見つける調査から始めなければならない。

CEMS認証取得のポイント

HORIBAグループは、CEMSの中国認証を取得するため、北京のエンジニアリング会社と協力し、認証試験を2003年に山東省青島市で実施し、認証を取得している。また、その更新試験を2006年に北京市で実施し、合格している。認証取得においては、いくつかのポイント挙げられ、以下に示す。

- ・固定発生源の排出濃度や総量の値を試験条件に合わせて変更する必要があるため、工場設備の運転条件を変える必要がある。約4ヶ月におよぶ試験期間中、固定発生源の安定連続稼働が求められる。これらが行える試験現場の確保が必要である。また政府関係者が工場に立ち入る等の条件もあり、試験現場は大手企業や火力発電所が望ましく、人脈の有無もポイントである。
- ・手分析装置との比較試験では、測定ポイントの違い、ガス流速、ダスト量や排ガス濃度が試験条件の理想値であるかどうか(例：ガス流速は原理上5 m/s以下では相関が悪くなる等)、またそれらの指示が安定しているかどうかによって測定結果が異なってくる。その為、工場設備の運転条件の把握、適正条件への設備調整等の考慮が不可欠である。尚、排ガス分析計の手分析装置としては、HORIBAポータブルガス分析計PG-250が使用されている。
- ・ダスト濃度は、手分析重量測定とCEMS値の相関性を

合格指標としている。試験手順上、実ダスト濃度を可変させる必要があり、集塵機の負荷量コントロールの精度、安定性が試験結果を左右する。

- ・排ガス分析計の直線性を測定する方法として、分析計レンジに対し低、中、高濃度の3種類のガスボンベを準備し、それを基準として、分析計の直線性試験を実施するため、ガスボンベの精度、ボンベ相互の相関性が重要である。以上のように、認証取得にはCEMS本体だけでなく、試験現場、設備運転条件、校正機器など多要素が関連している。

一般的な中国の固定発生源

CEMSが計測対象にしている工場プラントや、発電所等のボイラ設備の主要燃料は石炭であり、燃料需要全体の70%を占めている。埋蔵量が多く、安価であることがその主な理由であるが、硫黄分を多く含んでおり、燃焼によりSO₂や煤塵等の大気汚染物質を多く発生する。排ガス処理設備は、火力発電所や大手企業等の優良設備において低硫黄石炭を使い、バグフィルタや電気集塵機が設置されている。中小一般工場では、水洗シャワーの脱硫塔と石灰粉中和設備のみというのが主流である。燃料や処理設備の状況から中国固定発生源の排ガス濃度はまだまだ高い状況にある。

CEMSでの固定発生源の計測実例

重慶市は北京、上海等に並ぶ中央直轄市の1つで内陸にある重工業が盛んな都市であり、大気汚染による深刻な環境問題をかかえている。他方、環境改善の手本となる環境モデル都市に選定されている。こういった中、環境

モニタリングシステムの構築を目的とした中国国家プロジェクトが発足、HORIBAグループは2004年CEMS 25セットを設置した。モデルケースのため大小様々な規模の多業種の工場が設置現場として選定された。設置は市街地周辺に7割であったが、市中心から300 km離れた化学工場もあり広いエリアに点在した。火力発電所、自動車、化学、セメント、食品等の工場の主に蒸気用、発電用設備の最終排出ポイントに設置した。周囲環境は工場によって差が大きく、黒い粉塵が舞っている、煙道が老朽化で破損し排ガスが漏れ出している工場、他方火力発電所では設備も新しく、花や草木を植えるなど配慮されている場合もあり、事業所による格差が際立っていた。設置した25セットの排ガス処理設備は、一般工場では水洗脱硫塔のみが13セット、水洗脱硫塔と電気集塵機を備えたものが5セットであった。火力発電所では、吸収塔と石灰処理プロセスを備えた脱硫設備と電気集塵機を持ったものが7セットであった。設備例を図2, 3, 4に示す。排ガス濃度を比較すると、一般工場ではNO_x 200~1,000 ppm, SO₂ 300~3,000 ppm。発電所ではNO_x, SO₂とも50~300 ppmであり、明確な濃度差が見られた。ユーティリティは、停電が頻繁に発生し、システムが数日間停止したり、配管パージ用のエア源の圧力不安定、水、油、粉塵がエア源に含まれている等の品質問題も多々見られた。またシステム稼働を始めたころ、ダスト濃度が高いためサンプリング系フィルタの詰まりが多発、運用、メンテナンス面の配慮が重要であった。実際の現場状況は想定した以上に悪く、中国の環境対策の困難さや現状を実感するものとなった。

CEMS仕様について

HORIBAグループは、このような中国現地の実状を踏まえてCEMSを開発・提供してきた。HORIBAグループのCEMSのシステム概要、及びソフトウェア画面イメージを図5, 6にそれぞれ示す。

CEMSの基本機能はデータ収集、演算、データ保存、外部へのデータ転送である。中国の設置環境を考え特に次の点に留意した。

- ・連続稼働に対応できること
- ・データ破損や消失が起きにくいこと
- ・保守、調整が容易であること
- ・設置が早くできること

中国一般のCEMSでは、データ収集・処理を工業用PC1台で行っているケースが多々あるが、連続稼働には不向



図2 脱硫塔 一般工場



図3 電気集塵機 火力発電所



図4 石炭倉庫 一般工場

きであるため、連続稼働に適した専用のデータ収集・処理ユニット(PLC)を設ける。濃度や流速、ダスト量の演算、及び上位機器への通信は本ユニットを介して行われる。データ処理、表示用PCに故障が発生した場合でも運転を続けデータを関係機関に送り返す。一時的なデー

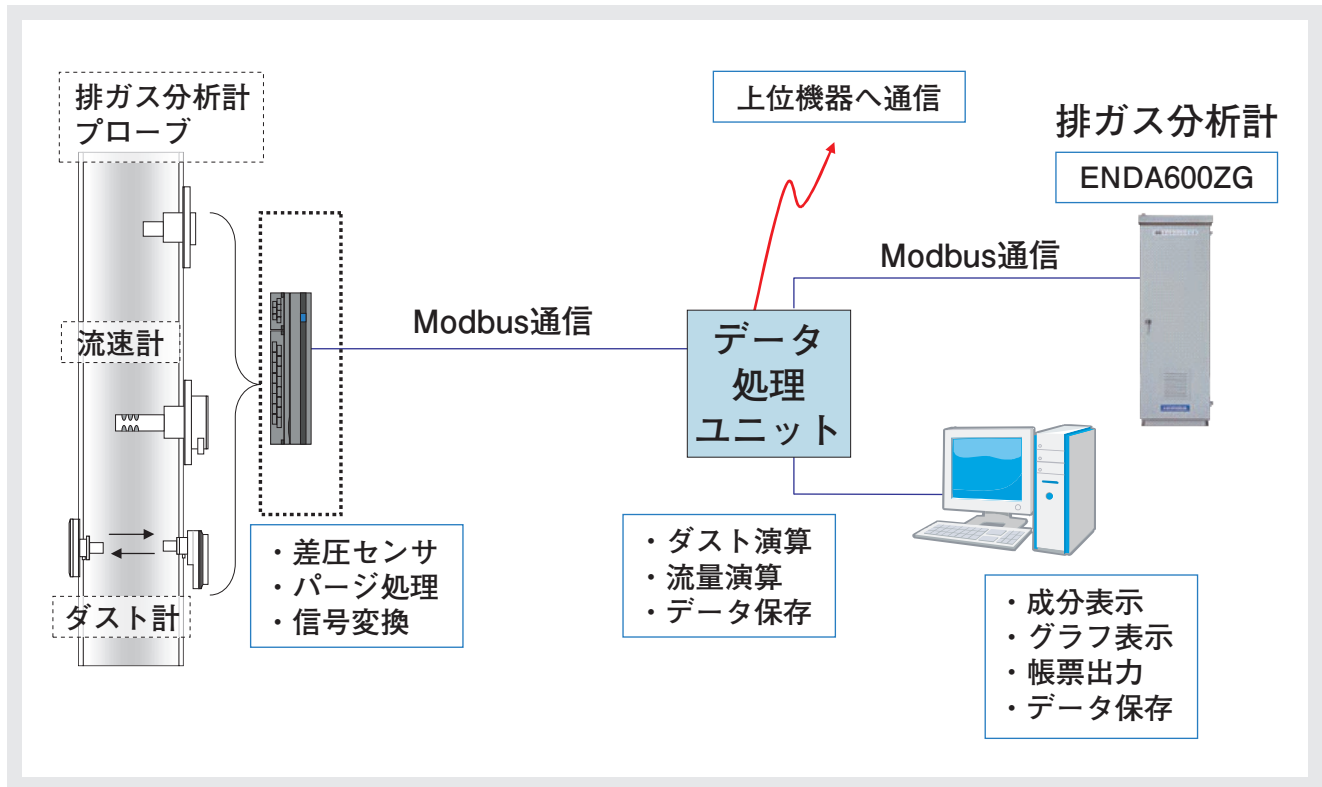


図5 HORIBA CEMS システム概要図



図6 ソフトウェア画面(例)

タ保存機能も備えているので、PC故障によるデータ欠測も補う。また、フィールドバスを採用し各ユニットを接続することで、省配線とデジタル信号での処理とし、設置時間の短縮と信頼度の高い信号を実現している。

おわりに

CEMSについて、先進各国、欧米等では長い歴史をもつ

成熟市場であるが、中国やインドの新興国では、法整備も含め、これからの市場である。中国の環境保全是これまで以上にクローズアップされてきており、環境汚染改善への関心が高まっている。今回、固定発生源の排ガス計測の概要を紹介したが、これまでの経験を踏まえ、より中国の環境保身に役立つ環境モニタリングシステムを提供していきたい。

参考文献

- [1] 国家環境保護総局標準 固定汚染源排ガス連続監視システム技術要求及び試験方法 HJ/T76-2007



畠中 秀起

Hideki HATAKENAKA

株式会社堀場製作所
環境プロセスシステム統括部
システムソリューションズ部

Feature Article

特集論文

中国・アジアへのHORIBA水質製品の展開 HORIBA process environmental water product development to China and Asia.

田中 敦志, 小林 剛士

Atsushi TANAKA, Takeshi KOBAYASHI

中国及びアジア地域における水質汚染にともなう、アジア各国の水質規制は年々厳しくなっている。現在進行形で拡大するアジア各国における総量規制の動向と、HORIBAグループが日本で培った製品群や日本における第五次水質総量規制で得たノウハウ、の2点を中国およびアジア地域に生かしていきたい。本稿では、HORIBAグループ製品のアジア地域水質総量規制における展望について述べる。

Accompanied by water pollution in China and Asia, Asian water quality regulations have become stricter every year. Regulations and the amount of increase in the ongoing Asia, HORIBA group total quality control know-how gained in Japan in the Fifth District and products developed in Japan, China and Asia would like to utilize the two points. In this paper, HORIBA group discuss on total control of product quality in Asia.

はじめに

中国およびアジア地域における経済発展に伴い、これらの地域の水質汚染が深刻な問題となっている。対応策として、排水の水質総量規制の動きが急ピッチで進められている。HORIBAグループは、日本において第1次から第5次まですべての水質総量規制に携わり、計測器の提供を主な業務として取り組んできた。現在、また今後アジア各国で実施される総量規制に対して、それらの国に貢献できるよう、HORIBAグループ製品群による提案と新製品を開発している。

中国及びアジア地域の水質規制に関して

中国の地表水質規制について

地表水とは、河川水、湖沼水など陸地表面にある水を指す。我々の生活をしていく上では、地表水と地下水は貴

重な水資源であり、地表水は水質監視の必要性がある。日本では、年間降水量が平均1,700 mmと豊富にあるが、降水量の不足と急激な人口増加などで、水不足に悩む地域は多い。中国の年間降水量は、660 mmと日本の約30%であり、利水目的別に地表水の水質分類を下記の表1のように定めている。工場排水や生活排水の増加にともなう、中国の水質汚濁問題は深刻化している。中国では水域を利水目的と保護目的にあわせて、水源水や国家自然保護区にあるI類から農業用水区や、一般景観確保用の

表1 中国水質分類

類型	主たる目的	使用目的(機能区分)
I類	飲料	主に水原水, 国家自然保護区
II類	飲料	主に生活用水1級保護区, 希少魚類保護区, 魚・海老産卵場
III類	飲料	主に生活用水2級保護区, 一般魚類保護区, 遊泳区
IV類	工業	主に一般工業用水区, 直接人体に触れない娯楽用水区
V類	農業	主に農業用水区, 一般の景観上必要な水域
劣V類		以上の用途に適さない水域

V類までにランク分けし、それぞれの類ごとに望ましい水質環境の目安を示す環境基準を示している。中国7大水系全体を対象とした2001年の水質測定結果によると、752カ所のモニタリング地点のうち、44%が最低ランクの基準であるV類の水質基準を満たしていない。また、特に汚染がひどい海河、淮河、遼河の3水系では約6割以上がV類以下の水質である。湖沼では、太湖、巢湖、鄱陽湖の3湖沼については、いずれも水質がV類以下となっており、富栄養化対策の実施が緊急の課題となっている。このため、上記の3河川と3湖沼に対しては、国家環境保護第9次5ヵ年計画(計画対象期間1996年～2000年)と、それに引き続く同第10次5ヵ年計画(2001年～2005年)によって、重点的に水質汚濁防止対策が実施されている。具体的には、化学的酸素要求量(COD: Chemical Oxygen Demand 以下COD)、アンモニア性窒素を対象とした総量規制の導入、および污水处理場の集中的整備が進められるとともに、生産設備が古くしかも、水質汚濁物質を大量に排出する、中小規模の工場(いわゆる郷鎮企業)の操業停止や、閉鎖措置などを講じられている。しかし、産業系排水だけではなく、生活排水の急増によって水質汚濁の改善は進んでいない。また、重点対策地域とされてい

るこれらの3水系と3湖沼以外の水質汚濁も深刻で、今後、水質汚濁の進行を原因とした取水障害による水不足の発生も予想される。

中国の地表水における環境基準を表2-1に添付する。表2-2は、日本の水質規制と比較したもので、中

表2-2 日本の水質分類

類型	主たる目的	使用目的(機能区分)	水質基準
AA	飲料	水道1級 自然環境保全	pH6.5-8.5, BOD 1 mg/L以下, SS 25 mg/L以下 DO 7.5 mg/L以上, 大腸菌 500 MPH/100 ml以下
A	飲料	水道2級 水産2級	pH6.5-8.5, BOD 2 mg/L以下, SS 25 mg/L以下 DO 7.5 mg/L以上, 大腸菌 1,000 MPH/100 ml以下
B	飲料	水道3級 水産2級	pH6.5-8.5, BOD 3 mg/L以下, SS 25 mg/L以下 DO 5 mg/L以上
C	工業	水道3級 工業用水1級	pH6.5-8.5, BOD 5 mg/L以下, SS 50 mg/L以下 DO 5 mg/L以上
D	工業	工業水2級 農業用水	pH6.0-8.5, BOD 8 mg/L以下, SS 100 mg/L以下 DO 2 mg/L以上
E	工業	工業水3級 環境保全	pH6.0-8.5, BOD 10 mg/L以下, DO 2 mg/L以上

表2-1 中国地表水環境基準(mg/L)

		I類	II類	III類	IV類	V類
1	水温	人為的に引き起こされる水温変化の限界 週平均の最大上昇範囲 ≤1℃				
2	pH	6~9				
3	溶存酸素≥	7.5	6	5	3	2
4	総マンガン塩指数≤	2	4	6	10	15
5	COD≤	15	15	20	30	40
6	BOD5≤	3	3	4	6	10
7	アンモニア窒素≤	0.15	0.5	1	1.5	2
8	総磷(TP)≤	0.02 (湖・ダム 0.01)	0.1 (湖・ダム 0.025)	0.2 (湖・ダム 0.05)	0.3 (湖・ダム 0.1)	0.4 (湖・ダム 0.2)
9	窒素(N)≤	0.2	0.5	1	1.5	2
10	総銅≤	0.01	1	1	1	1
11	総亜鉛≤	0.05	1	1	2	2
12	フッ化物≤	1	1	1	1.5	1.5
13	セレン≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	全砒素≤	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
15	総水銀≤	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
16	総カドミウム≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
17	クロム(六価)≤	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
18	鉛≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
19	総シアン化物≤	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
20	フェノール≤	0.002	0.002	0.005	0.01	0.01
21	石油類≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1
22	イオン活性剤≤	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
23	硫化物≤	0.05	0.1	0.2	0.5	1
24	総大腸菌≤	200	2,000	10,000	20,000	40,000

Feature Article 特集論文 中国・アジアへのHORIBA水質製品の展開

国では多くの項目の水質監視を行っていることがわかる。地表水の水質を監視する目的は、その地表水が用途に適しているかどうかを確認することである。特に、アジアの国々の場合、下水処理した水は河川や湖沼に戻され、下流で水を再処理して飲料水や、工業用水、水産や農業に使用されている。

中国、日本など各地の地表水の水質規制として、pHは重要な項目である。pHとともに、水質の重要項目として使用されるのが生物学的酸素要求量(BOD: Biochemical Oxygen Demand 以下BOD)で、水中の有機物が微生物の働きによって酸化される際に必要な酸素の要求量である。一般にBODが高いと、溶存酸素が欠乏しやすくなり、10 mg/L以上で悪臭などの発生などが見られる。

溶存酸素量(DO: Dissolved Oxygen 以下DO)は、植物プランクトンの光合成によって補われるが、好気性生物の呼吸によって消費される。水質の汚染度を示す指標にもなる。自然の浄化力以上の富栄養化が進むと、DOが減少し嫌気性微生物しか生息できなくなる。嫌気性発酵による分解が行われるものの、有機物の分解力が弱いため、富栄養化がさらに進行する。

中国政府の定めた排水基準

第一類汚染物の排水基準値を、対応する項目の日本の一律基準値と対比して表3に示す。基準値はほぼ同等であるといえる。アルキル水銀について検出されないことと規制されているのは、表3のように日本以外ではこの中国の基準だけである

表3 第一類汚染物の排水基準値(mg/L)

	汚染物	中国 最高許容排出濃度	日本の一律基準
1	総水銀	0.05	0.005
2	アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと
3	総カドミウム	0.1	0.1
4	総クロム	1.5	2.0
5	六価クロム	0.5	0.5
6	総砒素	0.5	0.1
7	総鉛	1.0	0.1
8	総ニッケル	1.0	-
9	3,4ベンゾ(a)ピレン	0.00003	-
10	総ベリウム	0.005	-
11	総銀	0.5	-
12	総α放射線	1Bq/L	-
13	総β放射線	10Bq/L	-

化学的酸素要求量(COD-Cr)の第二級基準値は部門により120~300 mg/Lの範囲で設定されており、日本の基準値COD Mn160 mg/Lとは、酸化条件が異なるため、取り扱いに注意を要する。CODの測定には、COD-Mn法、COD-Cr法、および相関を必要とするがUV法、TOC法の四つの方法がある。日本では、COD-Mn法がCOD測定の基準法に制定されているが、有害性の六価クロムや水銀を用いるCOD-Cr法は使用されていない。UV法は、COD-Mn法と異なり、試薬を使用せず、メンテナンスが容易で、ランニングコストの低減がはかれることから、多くの計測場所で使用されている。なお、中国では工場の排水管理はCOD-Cr法であるが、地表水のCOD測定はCOD-Mn法が採用されている。

水質モニタリングの現状

環境行政組織による工場排水のモニタリングは、3通りの方法がとられている。すなわち、定期的モニタリング、不定期モニタリング、そしてオンラインモニタリングである。一般的に定期的モニタリングと通告なしの不定期モニタリングが、それぞれ年に1回実施されている。

オンラインモニタリングについては、2006年からの第11次5ヵ年計画で、中国政府がCODの排出量を10%削減するという計画もあって、2006年から2008年にかけて多くの場所で設置された。中国のCOD監視においては、COD-Cr法が基本とされており、各省や市の環境保護局による規制のもとで、オンラインモニタリング装置として、COD-Cr、pH計、濁度計、流量計が多数設置されている。

中国のCOD監視に使用されているCOD-Cr法は、水銀を使用し、排水タンクで回収されずに下流に放出されるので、公害が懸念されている。また、COD-Cr法は1時間に1回しか計測ができず、突発的な工場からの排水を計測できないことから、広東省や山東省では、省の環境保護局の日本でも多数使用されているUV法が認められている。表4に、COD計測における各測定法の特徴を記載する。

また、中国では、2011年からの第12次5ヵ年計画において、富栄養化対策を進めるために、日本で2002年から規制されている全りん全窒素の連続監視も検討されている。日本では、水質総量規制における全りん全窒素の規制により、富栄養化対策を進めてきていたことから、中国の太湖やデン池で発生している富栄養化対策としても期待される。

表4 CODオンライン監視におけるメリット、デメリット

	日本のオンライン監視	メリット	デメリット
COD-Mn法	河川水、UV法で相関がとれない場合使用(10-20%)	現場での相関データ作成が不要	試薬を必要とするメンテナンスがかかる
COD-Cr法	未使用	現場での相関データ作成が不要	水銀などの試薬を使用 メンテナンスがかかる
UV法	固定発生源を中心に使用(70-80%)	試薬不要, 有害物質を排出しないメンテナンスが容易, ランニングコストが安価	現場でUVとCODの相関データ作成, 必要セル洗浄が自動化されていない装置の場合ドリフトが大きい
TOC法	低濃度固定発生源を中心に使用(10%)	試薬不要, 有害物質を排出しない	現場でのTOCとCODの相関データ作成必要

アジアの他国における水質規制の状況

アジア各国でも、日本の水質規制同様に、規制が開始検討されている。

韓国では、2006年から水質総量規制がすでに開始された。韓国の約600箇所の固定発生源(下水処理場を含む)で、COD-Mn, 全りん全窒素, pH, 濁度, 流量の計測を行い、データログで地域の環境監視局にデータを転送している。これらの水質総量規制により、地表水の水質汚染は改善されてきた。

タイでは、2010年より水質総量規制が、約200箇所の固定発生源(下水処理場を含む)で検討されており、監視項目や水質規制について検討がされている状況である。このため、タイにある日系企業などでは、いち早く水質計測器を購入し、水質規制に備え、下水処理システムの見直し自主監視を開始している企業もある。

マレーシア、ベトナム、フィリピン、インドネシア、インドといったアジアの国々も、地表水の水質監視を開始しており、一部オンライン監視が実施されているところもある。

水質総量規制と計測装置のリンク

日本の第5次水質総量規制における全窒素全りん測定装置<TPNA-300>の例

日本では、湖沼や海域での富栄養化を抑制するために、東京湾、瀬戸内海、伊勢湾などの閉鎖性海域において、昭和54年以来4次にわたり事業所排水中のCODを対象とした総量規制が実施されてきた。しかし、赤潮や青潮といった富栄養化にともなう問題を完全に解決するには至らなかった。このような状況を踏まえ、平成12年10月に、中央環境審議会水質部会-総量規制基準等専門委員会よ

り、総量規制基準や汚濁負荷量の測定方法が提示された。排水量が400 m³/day以上の事業所において、自動全窒素・全りん測定装置が必要となった。HORIBAグループは、自動全窒素・全りん測定装置としてTPNA-300を製品としてラインアップしている。製品の特長を以下に記した。

- ①本体の小型化により、屋外設置用ケース架台に収納可能。紫外線吸光度計(UV: Ultra violet) <OPSA-150>とともに収納可能。
- ②汚濁負荷量演算機能を内蔵し、流量信号を入力すれば、汚濁負荷量を演算可能。
- ③1台で全窒素、全りんの2成分を測定可能。
- ④加熱法と紫外線酸化分解法の併用により、常温・常圧で前処理が可能となり、従来のオートクレーブ法と比較してメンテナンス性が向上。
- ⑤手分析法との高い相関性が得られる。
- ⑥自動ゼロ点補正や自動校正機能など、ユーザフレンドリーな機能を搭載。
- ⑦試薬使用量を低減し、ランニングコストダウンを実現。
 - ・試薬使用量の低減：サンプル量を1 mLとし、試薬使用量を従来比1/10に低減
 - ・純水使用量の低減：純水使用量を50 L/monthとし、従来比1/14に低減
 - ・交換部品点数の削減：分解セルと測定セルを一体化し、交換部品点数を従来比1/2に削減
 - ・測定廃液の低減：測定廃液を15 L/monthとし、従来比1/5に低減
 - ・消費電力の低減：消費電力を400 VAとし、従来比1/2に低減

本製品は、日本国内市場における全窒素全りんの総量規制が実施された2004年度においてシェア40%を確保し、多くのユーザに使用いただいている製品である。

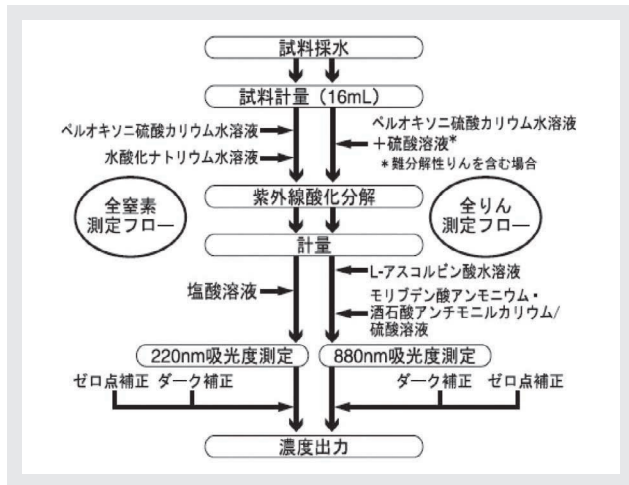


図1 TPNA-300 測定フロー

有機性汚濁物質測定装置<OPSA-150>の例

排水濃度の管理は、当初はCODを指標とする有機性汚濁物質の規制から始まったが、2002年からは全窒素、全リンの測定が追加されている。

有機性汚濁物質を連続で計測する測定装置としては、COD計、UV計、全有機炭素計(TOC: Total Organic Carbon 以下TOC)などがあるが、日本の約70%の事業所ではUV計が使用されている。この理由としては、①UV計の測定原理である紫外線吸収とCODとの相関性が非常に優れている点、②UV計の場合は試薬が不要であり、メンテナンスが非常に容易である点の2点が挙げられる。安定した連続測定を行うためには、①測定時に常時光量補正を行う、②測定セルを常時洗浄し汚染を防ぐ、必要がある。

OPSA-150は、独自技術である回転セル長変調方式を採用した。これは連続したセル長可変とワイパ洗浄を同時に行う画期的な方式で、排水という過酷な環境でも長時間連続して安定なデータを得ることができる特長がある。図2に、測定セルの長さとお透過光量出力信号の関係を示す。

測定セルが回転することにより、セルの長さとお透過光量信号が変化する。セルの最も近づいている時の透過光量を基準として、離れている数点の透過光量を見ることで、光源の光量を補正しながら、種々のセル長の吸収データを得ることができる。測定セルが常に回転していることを利用し、測定セルの周囲に取り付けている洗浄用ワイパで、測定に影響することなく連続的に測定セルを洗浄す

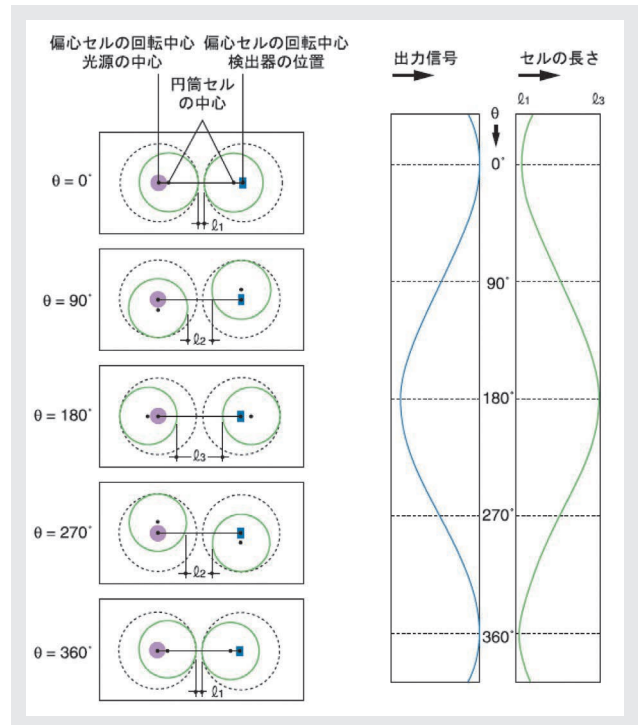


図2 OPSA-150 変調セルの動きと出力信号

ることが可能になっている。本機能により、長期間安定測定を実現している。

化学的酸素要求量<CODA-211/212>の例

工場排水や河川、湖湾、海域などの試料水のCODを連続測定する装置であり、負荷量演算器と組み合わせて水質汚濁負荷量が算出可能、排水の総量規制に適合した測定を行う。CODA-211は、JISの工場排水試験法に準拠した酸性過マンガン酸カリウム法測定法を自動化した装置で、独自の計量、液送システムに豊富な自己診断システムを加えることにより、さらに高い精度を実現している。また、海水など塩素イオンを含む試料にはアルカリ性過マンガン酸カリウム法を採用したCODA-212が準備されている。製品特長としては、以下の点が挙げられる。

- ①自動校正機能(ブランク/スパン校正)を標準装備。信頼性を高めるとともに定期作業の省力化を実現
- ②試薬の補給周期は1ヵ月に1回の周期でOK。
- ③オプションで薬液洗浄機能(反応槽内の塩化銀の溶解除去)を用意。
- ④大型で鮮明な液晶表示を採用。COD測定に必要な各種データおよび設定条件が迅速に表示/確認できる。

表5 アジアのサービス体制

	HORIBA事務所	サービス体制	水質販売製品
韓国	ソウル, ウルサン, スワン	HORIBA, 韓国からのサービスサポート	全製品
中国	北京, 上海, 広州, 重慶	HORIBA, 中国からのサービスサポート	全製品
インド	デリー, プネー	HORIBA, インドからのサービスサポート	OCMA, U-50/W-20, OPISA, CODA, TPNA, pH,
ベトナム	ハノイ	1次サービスはHORIBAハノイ事務所から 2次サービスはHORIBAシンガポールから	全製品
東南アジア他国	シンガポール	1次サービスは各国の販社事務所から 2次サービスはHORIBAシンガポールから	全製品

- ⑤標準装備のプリンタは時刻, CODの設定値に加えて測定データをグラフィックプリントする。
- ⑥測定値のデータを1ヵ月間記憶。これによってデータのチェックが容易となった。

特に近年, 韓国・中国における総量規制の動きにリンクして, 本製品は年間販売台数30台以上の販売実績を記録している。

HORIBAのアジアにおけるサービス体制

アジアに各国におけるHORIBAグループ体制を表5に記載する。今後5年間で, HORIBA/HATがワンカンパニーとして製品や人員を共有し, グローバルな競争力を有して更に市場に深耕していく予定である。

おわりに

本稿では, アジア市場の動向とHORIBAグループの取り組みを紹介した。HORIBAグループはTPNA-300, OPISA-150, COD-211/212を中心にアジア市場, 特に水質総量規制に対応するために必要な機能や技術を搭載した計測器を提供してきた。

HORIBAグループの水質製品を, 日本国内のみならずアジア各国の方々に使用いただくことで, 環境保全と産業の発展に貢献できるよう更に努力していきたい。

参考文献

- [1]「上水試験方法解説編2001年度版, 日本水道協会(2001)」
- [2]「自動全窒素・全りん測定装置TPNA-200」ReadoutNo.22, P66-70(2001.3)



田中 敦志

Atsushi TANAKA

株式会社堀場アドバンスドテクノ
開発部 開発2課

小林 剛士

Takeshi KOBAYASHI

株式会社堀場製作所
海外本部 海外営業部

Feature Article

特集論文

複雑かつダイナミックなアジア血球計数市場における HORIBA Medicalのチャレンジ HORIBA Medical's challenges in the complex dynamics of the Asian Hematology Market

Olivier POU

アジア各国の経済成長により、そのIVD(検体検査)市場は世界で最もダイナミックな市場のひとつとなっているが、欧米地域とは異なり人口一人当たりの医療費、文化、市場成熟度、教育、そして競争力の観点から、各国間で大きな格差が存在する。HORIBA Medicalは、これらに対処するため、アジア主要国に直接グループ会社を設立することに加え、販売、アプリケーション、および技術的な問題に対応する各地域のチームワークで、販売会社や顧客へのサービスの質向上に努めている。

The development of Asia makes its IVD market one of the most dynamic in the World but unlike other regions of the world, it comes with great disparities between the countries in terms of population, health expenditure per capita, culture, maturity, education and finally competition. To cope with these challenges, and in addition to the set up of direct affiliates in major markets, Horiba Medical has chosen to focus on the quality of service to distributors and customers thanks to the teamwork of a regional team covering Sales, Application and technical issues but also strengthening transversal communication with HMQ.

はじめに

アジア地域のIVD(検体検査)市場は今日、世界で最もダイナミックな地域である。また国によって発展の可能性に大きな格差がある地域でもあり、現地の競争も熾烈である。従って、HORIBA Medicalは、血球計数市場で中心的存在になるためにさまざまな取り組みが求められることとなる。

アジアのIVD市場

BRICs^{*1}のアジア地域2カ国、中国、インドを筆頭に、アジア地域のIVD市場は世界で最も成長著しいと考えられている。世界のIVD市場の成長率、特に血球計数市場においては、基本的に横ばい状態と予想されるが、アジア地

域は今後10年で平均10~15%の成長が見込まれ、中国とインドに至っては実に、20~25%の成長が見込まれる(図1)。

しかしながら、人口および経済成長の程度によって市場規模、また成熟度、特異性の観点から各国間で大きな格差がある。市場の成熟度は成長性に影響するので、装置の測定範囲や検査機関で要求される品質のレベルと同様に大変重要である。中国とインドは明らかに品質への要求よりも、価格要求が強い一方、韓国やシンガポールのような成熟度の高い国は国際的な品質規格や装置の信頼性に関して要求が厳しい。

アジア各国はそれぞれ特色を持ち、競争レベルは異なる。例えば、中国ではその精神的価値観から血液を命にかかわる体液と考え、体から採取される量が少ないほどよい

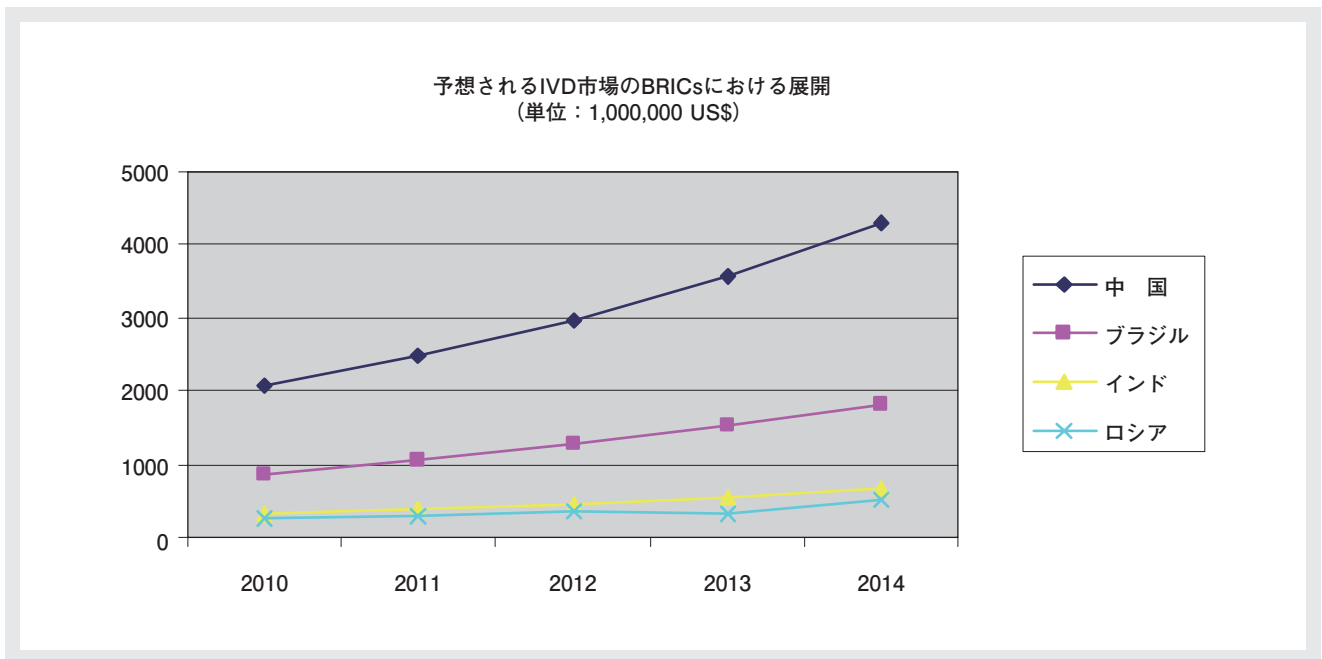


図1 IVD市場予想
出典：http://www.marketandmarkets.com

とされる。このような背景から、現代の技術で可能になったマイクロサンプリング(少量検体)測定は、静脈血を真空採血管で採取するかわりに指先の毛細管から血液を採取できるので優位性がある。中国には、白血球3分類市場に参入する多くの地元メーカーがあるが、ますます需要が高まっている、白血球5分類*2にも焦点を合わせてきている。

*1：BRICs：Brazil, Russia, India, Chinaの頭文字を合せた4カ国。
*2：白血球5分類検査は、血液の病気やアレルギー・炎症反応などの正確な診断に役立つため、病院などでのニーズは高くなってきている。

中国・インドの他にも、インドネシアのように大きな人口を抱えている市場があるが、白血球3分類装置のみを信頼している顧客の存在が5分類装置市場の成長を妨げている。したがって、白血球5分類市場の成長ペースは中国などより遅い。また韓国では、市場が特に大病院およびポイント・オブ・ケア・テスト(医療現場での迅速検査)に集中し、中規模病院は姿を消しつつある。

IVD市場での競争は各国間でも大いに異なる。アジアの他の国では世界の5大メーカーが主要なものであるが、中国では中国メーカーが活発である。

HORIBA Medicalにとっての一番の課題は小型装置市

場での価格圧力である。アジアには中国メーカーだけでなく、地元のジェネリック試薬メーカーがひしめいている。品質よりも低価格な装置を支持する顧客の傾向により、白血球3分類市場に参入している多くの中小メーカーにも扉が開かれている。一般的に、アジア各国の市場の成長の大部分は白血球3分類と中型の白血球5分類である。大型装置の市場占有率は限定的であり、大都市あるいは一定の国に集中している。中国メーカーが、これまで検査機器の導入に積極的でなかったテスト量の非常に少ない顧客を相手に新しい白血球3分類市場を創造してきているものの、これまで顧客を引き付けてきた白血球3分類市場は中型の白血球5分類装置へ移行してきている。中国メーカーさえも市場で信頼性を得るため中型の白血球5分類装置を始めている。

この上級機市場への動きにおいて、メーカーには2つの要件が求められる。それは、この分野への熟練した技術と財務力である。アジア諸国の一部では、顧客は白血球5分類の診断における利点について全く知識がないため、白血球3分類装置を使い続け、白血球5分類装置の使用を渋っている。大病院でさえ、検査機関のスタッフのトレーニング不足により、高度な技術の浸透が制限され、間違ったイメージが作られているケースもあり、実際、スタッフは今まで通りの装置を好み、新しい技術の使用を渋っているのが現状である。

Feature Article 特集論文 複雑かつダイナミックなアジア血球計数市場におけるHORIBA Medicalのチャレンジ

一般化しているこれらのトレーニング不足、品質に対する要求の低さ、また価格圧力のため、アジアの検査機関ではシステムの機能を保証するのに不可欠なコントロール血液がめったに使われない。その結果、患者へのサービスの質は保証されず、場合によっては医療ミスにつながる事となる。検査機関におけるスタッフのトレーニング不足は、地元の販売会社によって保証されるべきサービスの質の向上をも妨げる。

白血球5分類への移行の傾向は、市場が「試薬リース」ビジネスモデルに着実に移行していることを意味する。顧客は装置の代金をすぐにではなく、長期間(通常3~5年)かけて、通常価格より高い試薬の購入を通して支払うのである。従ってHORIBA Medicalは、地元の販売会社パートナーや直接のグループ会社とともに、成長する「試薬リース」市場に適切に対処していかなければならない(図2)。

中国では白血球5分類の分野に、マイクロサンプリング(少量検体)の使用するという、新たな課題が出てきている。現在マイクロサンプリングを使用するシステムが、マーケットシェアを獲得してきており、我々も継続的にこの特定の要求に対応していくことが必須となっている。

最後に、ここ数年、いくつかの国際的なIVDプレーヤーは自動化システムの概念を大規模な検査機関に導入して

きており、これらへの対応もHoriba Medicalの課題に加わってきている。

このように多様な国々におけるさまざまな課題に取り組むために、HORIBA Medicalアジアチームは、適切な販売促進、技術、アプリケーションのサポートを顧客に保証するために、アジアチームの組織と販売会社のネットワークを最適化してきている。

2004年にHORIBA Medical Thailandがアジア地域の基盤として、また急速に成長する可能性のある地元市場への対応のために設立された。また「試薬リース」が標準になりつつある中国やインド市場における販売強化のため、HORIBA Medicalは2005年に中国、2010年にインドに直接出資によりグループ販売会社を設立した。

その他のアジア諸国においては、企業戦略と一致させるべく、3つの販売会社を過去数年で変更し、また韓国では、新たな2つの販売会社を通じて異なる市場セグメントに対応している。

2005年と2007年には、リージョナル・テクニカルマネジャーとリージョナル・アプリケーション・スペシャリストがアジアチームに加わり、ビジネスの全ての側面でマネジメントが可能になり、より密着したフォローアップによ

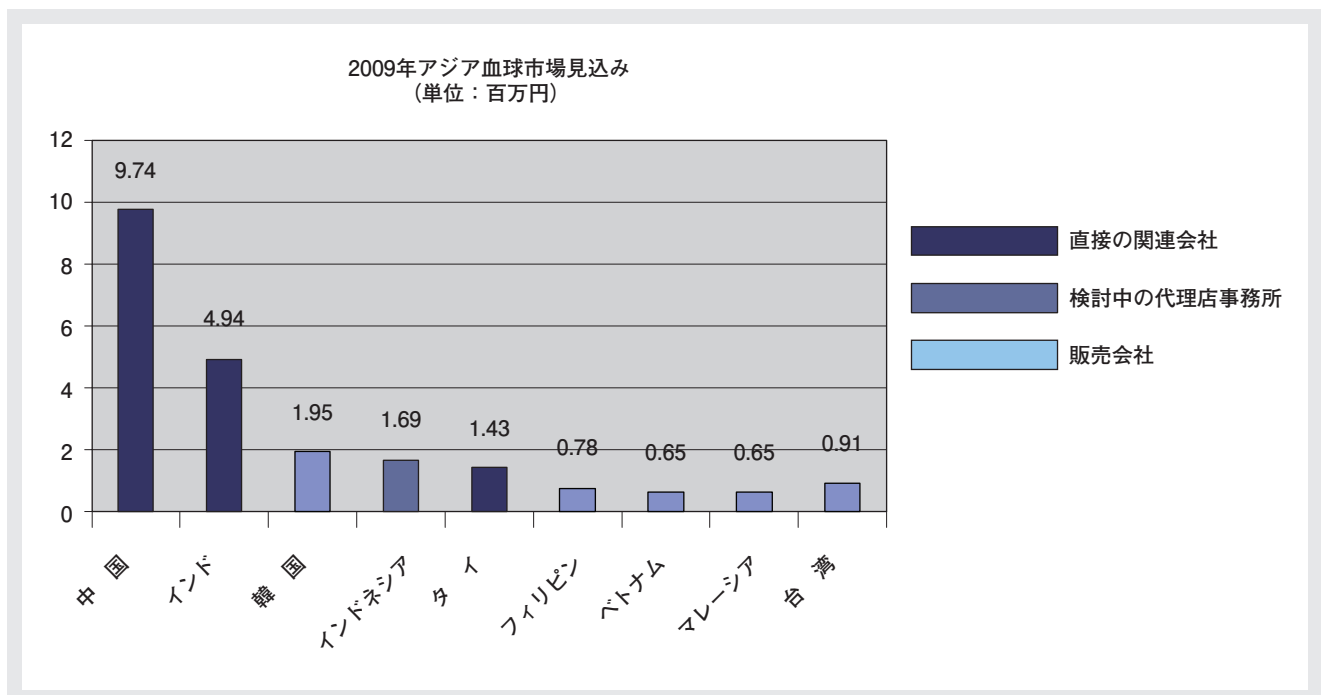


図2 アジア血球市場

り、グループ会社、販売会社、また顧客へのサービスの質が向上した。

この新組織により、各国グループ会社のテクニカルチームとの密着度が増し、販売会社スタッフのトレーニング不足を解決し、いくつかの国で売上増をもたらした。そして、一般的なトレーニングの提供を止め、個々に適した「テラーメイド」なサポートを開始した。検査機関における稼動機器、予備部品の在庫、試薬の在庫の管理を補助するため、それぞれに適した技術者を派遣し、速やかなサービスを提供した。また、稼動機器のよりよい管理を行う特別なITツールも開発した。

韓国では、地元販売会社とHORIBA Medicalの販売・技術マネジャーの協働により、Korean University Teaching Hospitalにおいて、自社の効率的な「ワークセル」が従来のトラッキングシステムと比較して検査用ガラスライドの使用量を30%減らすことを証明できた。

おわりに

HORIBA Medicalとアジア地域のチーム間の親密な協力により、販売会社やグループ会社へのサポートレベルを強化したことで、他社との競合が可能となった。柔軟なチームワークと個々人の事業へのオーナーシップは、HORIBA Medical Asiaが今日直面する多くの課題に対抗する手段を与え、また将来の課題を確実に予測することを可能とした。

以上



Olivier POU

HORIBA ABX Diagnostics Thailand Ltd.
HORIBA Medical Asia Segment
Managing Director

Feature Article

特集論文

中国のサービス体制構築と実情の差

The difference between actual situation and our goal about after sales services in China

伊藤 直人

Naoto ITO

日本を越え世界中に納入されているHORIBAグループ製品のアフターサービスは、地域に関わらず同品質の高い技術力をお客様に提供しなければならない。サービスは、お客様の要求以上に応えてこそ、お客様のHORIBAブランドに対する満足を得られる最も重要な手段の1つである事は皆が周知の通りである。ただ、今回執筆するにあたり、その困難さ、実情、顧客ニーズ等を中国赴任(2005～2010年)で得た経験を例に、中国市場の特徴、サービスの実情、そして、これから全社一丸となり取り組むべき課題を考えたい。

We have to offer the high performance skill level about after sales support and service of our product to customer even installed anywhere around the world. As anyone knows, the one of the most important method to get the customer's satisfaction for after sales is to meet higher respond than the requirement of customer needs. We'd like to think again about what we have to do as all HORIBA groups according to my service work experiences in China, 2005 to 2010, such as how difficulty, what is actual situation, customer's needs, and others.

はじめに

ここ、1,2年中国の成長が失速したと言われながらも依然GDP年平均8%の成長をキープしている。また、2009年の中国自動車市場の生産販売量が1350万台に達し、米国を抜いて世界一になった事も記憶に新しい。アジアの中でも中国経済の成長と変化は著しい。そのために本論文が発行される頃に、中国で求められるサービスニーズが変わっていても決して言い過ぎではない。外国製品だからサービス対応が遅くても仕方が無い、と思われていた時期もあったが、現在は日本同様、時にはそれ以上の対応や中国の独特なニーズにもサービス対応が求められている。世界の工場と呼ばれるだけに、世界中の企業が集まり、その世界中の顧客と一緒に中国企業の市場ニーズに応じていく事が求められている。中国市場を

サービスという視点で解析していく。

サービス体制と納入実績の把握

サービスの現状を理解頂くために、まず、堀場貿易(上海)有限公司(以下HST)のサービス体制と製品納入実績を自動車計測(Automotive Test Systems 以下ATS)製品を例に紹介する。

サービス体制

HSTは、2008年度より、ビジネスセグメント毎に組織化され、それぞれにサービスチームがある。ATSセグメントのサービスチームは、大きく北部地域と南部地域に分かれ、排ガス分析計とメカトロニクス製品体制があり、中国全

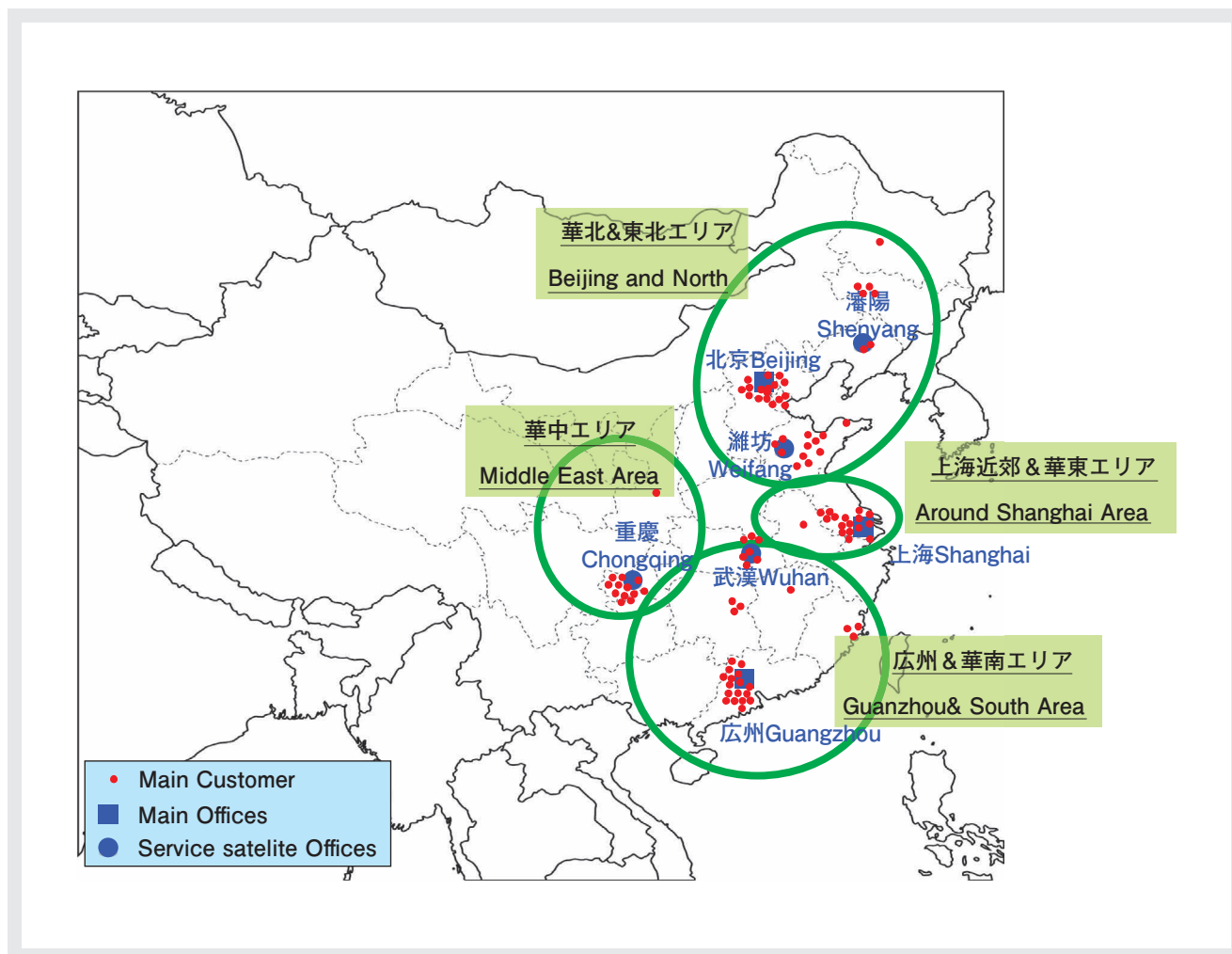


図1 サービス拠点と顧客／製品納入分布図

地域のATS全製品のアフターサービスを担当している。顧客分布より、北京(分公司)、上海(本社)、広州(分公司)をメインの3拠点として、更に重要な拠点を絞り込み、瀋陽、濰坊、重慶、武漢の4箇所をサテライト拠点として活動している。(2010年9月28日現在)

納入実績

ATSセグメントの納入実績は、排ガス分析計製品では、Light Duty Gasoline(以下LDG)システム製品が、中国の全地域を広範囲にトータルで100式以上の納入実績がある。Light Duty Diesel(以下LDD)システム製品やHeavy Duty Diesel(以下HDD)システム製品といったディーゼル車の大型システムも中部、東部、北部を中心に広範囲に納入されている。また、メカトロニクス製品では、主力のEngine Dynamometerが、北部、東部を集中して納入されている。他国と比較した特長としては、分析計では、ガソリン/ディーゼル共用で更に、小型エンジンか

ら大型エンジンまで幅広いエンジンが、1つのシステムで測定可能な、“特殊なシステム”が数多く納入されている。納入実績を確認しても、数ある現場に訪問しても、まるでそれらの“特殊なシステム”が、中国では標準システムなのではないかと錯覚してしまう。また、世界中のメカ、生産工場/R&Dが中国に集まっているため、HORIBA本社(日本)製品だけでなく、ヨーロッパやアメリカといったHORIBAグループ会社が開発/製品化されたシステムも納入されている。世界中のメカだけでなく、中国大手企業も開発のため、また次期認証規制の背景からも、新製品を含めた幅広い製品群が納入されている。メカトロニクス製品では、古い製品の稼働率が依然高く、カール・シェンク(Carl Schenck AG)社時代のアメリカ製品やドイツ製品が、現役で動作している。排ガス分析計製品同様、サービスの観点から言うと、他国と比較しても幅広い製品群を扱う事ができる能力が中国では必要で有り、この点だけでも、サービスエンジニア泣かせな市場といえる。

Feature Article 特集論文 中国のサービス体制構築と実情の差

サービス体制構築

人財

どの国においても、どの企業においてもローカルのスタッフ体制/スキルを向上させる事は大きな課題である。新興国の中でも中国は、特に成長が著しく、赴任中の5年間でも2008年には北京オリンピックが、2010年では上海万博が開催され全世界が中国に注目する機会があり、北京、上海の街の変化ほどではないが、中国全土で多くの大都市では、この論文記事を作成中の今でも著しい変化を見せている。その状況下で、中国の外資系企業の多くは人財不足という悩みを抱えている。特に熟練技術者やマネージャーになる人財を募集しても、企業からみて、満足できるレベルに達している者が少ない。日系企業はその企業文化からベースアップのスピードが遅いため、一般的に、中国人にとって人気は高くない。欧米系企業は能力主義と成果主義を徹底しているため、賃金のベースアップが早い。結果的に優秀な人財は、日系企業から欧米企業へと流れていく。もちろん、欧米系企業にとっても、優秀な人財をヘッドハンティングする動きが盛んになっていることで、欧米系の企業でも離職率が高いレベルで推移している^[1]。

HORIBAグループ製品のアフターサービスをするという事は、精密機器ということからも、人財育成に時間を要する。中国に限らず、HORIBAのサービスエンジニアとして、製品知識/原理を知り、ある程度の製品スキルを持ち、経験も重ね、コミュニケーション能力を含め客先へ一人で作業対応ができる最低限求められるレベルになるにも2年程度は必要になる。私が赴任して、チーム体制/人財育成をする事は、最も難しく感じた仕事の1つである。前記したように、離職の問題がチームの体制作りで完全に予測不可能な悪い状況になり兼ねない。「人を採用する」→「教育する」→「ある程度のレベルまで育成する」→「辞める」→「また新たに人を採用する」→「教育する」→「ある程度のレベルまで育成する」→「辞める」→・・・と繰り返しているだけでは、成長も無く、ただ無駄に時間だけが過ぎるだけの結果に終わってしまう。こうしたなかで、優秀な人財を定着させるためにHSTとしては、人事体制や評価手段、そして各チーム内では仕事の遣り甲斐を強化する手段をとる必要が出てくる。

人事体制や評価手段

HSTは、日本同様、下記の3点のポリシーを人事管理の基本として全従業員が理解できるように努めている。

- ・ Open & Fair
- ・ Two-way Communication
- ・ Challenging Mind

①Open&Fair

全従業員が評価を理解し、HORIBAは全従業員に対して自分の能力を高める機会を提供する。

②Two-way Communication

HORIBAはコミュニケーションを大切にし、普段の業務上のコミュニケーションだけでなく、年2回の目標設定/振り返りを実施する。

③Challenging Mind

HORIBAは、何もしない「見逃し三振」よりも「空振り三振」を評価する。その失敗を活かして、決して同じ失敗を繰り返さないようしなければならない。

もちろん、会社として当たり前の管理ではないかと思われる事だが、HSTは、中国の経済成長同様、急激な成長をしている。まず、設立は2004年8月だが、その頃サービスは別の背景があり、工場である堀場儀器(上海)有限公司(HSC)(当時は、厚利巴儀器(上海)有限公司)に所属していたが、サービスエンジニアはまだ上海1箇所です総勢2人のみと、現状を考えると考えられない状態でスタートしている(残念ながらその二人は既に離職している事実は、反省から次の成長へと進化する必要も込め記入する)。一方、HSTでは、現在記録として残っている05年10月21日時点の組織表を確認すると、総勢37名の組織であった。その5年後の10年7月21日時点では、サービス含めて総勢155名の組織に成長している。これだけの急成長をし、なおかつ離職率が高い社会環境の中では、何かのきっかけで社員の不満により、組織全体が悪い方向へつながる危険が十分ある事をご理解頂きたい。スタッフが辞める際の別スタッフへの悪い方向への相乗効果も考える必要がある。当たり前かも知れないが、上記に挙げたHSTのポリシーを社員全員に示し、全員が理解してこそ組織が成り立つ。

仕事の遣り甲斐

また、チームをまとめるリーダーの能力も重要であり、会社が平等なルールにのっとって社員一人一人を管理するだけでなく、仕事の遣り甲斐を求めてもらうために、各々の能力に合わせて、責任と役割を任せていかなければならない。そのためには、一人一人の能力や人間性含めて、日本人駐在者が把握する事は必須条件となってくる。日本でも同様で、相手の能力がわからず仕事を任せると、あるレベルを超えた能力以上/以下であるとスタッフの業務に対するストレスが溜まる事になる。そのストレスも、社員の能力次第であるため、業務内だけでなく、何気ない普段のコミュニケーションを常にとる事が、彼ら一人一人に適切なハードルの仕事を任せることができ、責任感と、達成感、更に仕事の遣り甲斐を感じた結果、スタッフの定着率を上げ、チーム全体のレベルアップに繋げていく。

つまり、別の角度から述べると、日本から遠隔に操作する手段は、双方の認識が合えば多くのメリットがあるが、ローカルエンジニアの一人一人のスキル、現地の緊急性、チームコンディションを掴む事は遠隔では簡単な事ではなくなる。

ローカル化

広州事務所

広東省の広州市は、東部・黄埔区に広汽HONDA、北部・花都区に東風日産、そして南部・南沙区に広汽TOYOTAと、日系三大自動車メーカーが存在している。また、二輪業界でも中国最大手である大長江やその日系提携企業であるSUZUKI、そして地元民族系メーカーも集中しわが社では、広州事務所が2005年7月15日に開設した。私はその広州事務所に2005年6月に赴任を開始し、当初日本人：1人 ローカル：エンジニア：1人、アシスタント：1人の計3名でスタートした。

外国人エンジニアの存在意義

私のケースでは、赴任開始し事務所の開設行事を終えた後、エンジニアと共に現場作業に集中する。赴任して2年半は、年間業務時間の9割は中国全土のお客様に訪問し、作業を実施する。人との関係を重視する中国では、その市場で日本メーカーの日本人エンジニアが、お客様に訪問

し作業する事は、その場の作業だけでなく、今後のアフターフォローを含めて、HORIBAグループという企業の信頼を構築できる重要なポイントでもある。特に、外国人の少ない地域のお客様へ一人訪問し、そこで装置復旧ともなると、お客様の満足度は上がる。更に外国人エンジニアが、中国語でコミュニケーションできればなおさらである。また、私自身が訪問した数々の顧客もそうであるが、訪問のできていないお客様でも当時は、本社・上海や北京分公司ではなく、私が赴任していた広州分公司に問合せやメンテナンスの依頼/相談が度々あった。この気軽な連絡のとり易さも、サービスにとって特に重要な体制だと思っている。日本を拠点とした日本人エンジニアに問い合わせとなると、例え簡単な連絡ルートを構築しようと、その手軽さを顧客に知って頂く前に、問い合わせがなくなるケースもあるかもしれない。外国人が赴任となると、組織の管理等の事務業務ももちろん必須ではあるが、どの国でもお客様の装置が納入されている現場にまで足を運ぶ外国人エンジニアは、たとえローカル(現地)のサービスレベルが向上しようと、顧客からのHORIBAブランドに対する信頼を得るためには必要だと今でも強く思っている。

ローカル化

しかしながら、どの地域のどの拠点であっても同品質の高いレベルのサービス提供をするためには、ローカル拠点作りとローカルエンジニアの採用/育成が重要である。サテライト拠点を作ることは、その拠点のお客様にとっては、何かトラブルがあった際に、スピーディに対応できる事であるが、エンジニアの採用/育成は難しい。そのため、採用後の1,2年は、メイン拠点のエンジニアとどの拠点に関わらずに、全国の多くの現場に行く機会を設けている。メイン拠点とサテライト拠点のエンジニアのスキルに差がでる事は想定内とし、いかに担当拠点の現場にスピーディに訪問できるのかが重要と判断している。私の経験上、現時点の中国の客先では、モバイルフォンは、ほぼ9割以上の客先で使用可能で、作業上のスキルの問題に関しては、電話をコミュニケーションツールとして利用し、ほぼリアルタイムでサポートが可能である。中国全土に納入実績がある以上、そういったローカル拠点を今後も増設していく事が求められてくるが、人財採用が難しいのが実情である。上記でも記入しているが、日常はFace to Faceでコミュニケーションができないため、十分な意思疎通が図れない状態で人を管理する事が難しい。私自

Feature Article 特集論文 中国のサービス体制構築と実情の差

身、良い手段が見つけられなかったため、赴任した5年間では残念ながら、3拠点(武漢、重慶、濰坊)のみしか増やすことが出来なかった。

他セグメントのケース

他セグメント含めてサービス組織全体の体制、製品の販売戦略に基づいたローカルエンジニアの人員配置と、セグメント毎に専門エンジニアとして外国人を配置している。

製品の販売戦略や納入実績等でサービス体制は異なってくるが、広い大陸に幅広い製品群をフォローする能力が求められるのは、どのセグメントでも抱えている問題である。また、販売戦略上、販社がサービス窓口を担当するセグメントもあるが、その場合、販社のサービスフォローが別の課題になってくる。販社が最前線となるため、エンドユーザが見え難い事でサービスのニーズ把握や、販社との関係が重要になってくる。

おわりに

6年前の中国では、サービスエンジニアスタッフが2名(販社サービス/協力会社除く)であった。その5年後、サービスは、26倍の52名に増加している。スキルの問題含めて中国市場の顧客要求に応え切れているわけではないし、多くの課題を持っている。スキル育成を考慮しても、サービス体制を拡大するには時間を要する。現在の中国市場で求められる要求を満たすためには、外国人サービスエンジニアの必要性和、外国人エンジニアがその国の文化を受け入れ、現地に溶け込みチーム一丸となり、ローカル化推進していかななくてはならない。もちろん、赴任している方だけの能力だけでなく、その方向性についてサポートする日本本社との密なる連携が今後いっそう強化していく必要がある。

参考文献

- [1] 柯隆, 経済トピックス Vol.11 No.1富士通総研
2007年1月



伊藤 直人

Naoto ITO

株式会社堀場テクノサービス
業務推進室 企画部

Feature Article

特集論文

中国におけるX線分析顕微鏡の展開 —有害化学物質測定技術の開発—

X-ray analytical microscope in China

— Development of the measurement technology for hazardous substances —

坂東 篤, 横田 佳洋

Atsushi BANDO, Yoshihiro YOKOTA

X線分析顕微鏡の技術は、中国における有害化学物質管理のニーズに対応することで多様な進展を見た。新たな機能や技術には、プリント基板に部品を実装した状態で鉛はんだの混入を一目で確認する視覚化アプリケーション。さらにシリコンドリフト検出器(SDD)を採用し、その高計数率特性に合わせて最適な1次X線フィルタを選択して、50 mm角の領域の鉛フリーハンダ中の鉛含有1000 ppmを、30分でマッピングし検出する迅速測定などである。また、測定対象の微細化に合わせて、400 μm の有害元素測定用のX線ビームが開発された。ハロゲン規制に対しては、最適な1次X線フィルタとX線透過部の真空排気により、ポリエチレン中の塩素の検出下限は1.2 mmのX線照射条件において、約100 ppm(200秒測定)となり、ハロゲンフリー規格の確認に使用できるものとなった。

Technologies of the x-ray analytical microscope have variously developed by dealing with the needs of the hazardous substances management in China. By the application of visualization, lead solders can be checked at a glance, in the condition that parts are mounted on the printed circuit board. Lead 1000 ppm in lead free solder is detected with mapping 50 mm square in 30 minutes, by selecting the primary X-ray filter which is optimal for the high count rate characteristics of the Silicon Drift detector (SDD). In addition adjusting to miniaturization of measuring objects, the X-ray beam of 400 micrometer was developed. For halogen regulation, depending on the optimum primary X-ray filter and the vacuum of the X-ray pass section, the detection lower limit of Chlorine in the polyethylene became approximately 100 ppm (200 second measurement) in 1.2 mm X-ray beam conditions, became something which can be used for the verification of halogen free standard.

はじめに

近年、発展が目覚ましい中国は世界の工場と呼ばれ、さまざまな製品の生産が活発に行われている。これに伴い、製品の品質管理や開発に用いられる分析・計測機器も数多く導入されている。特に、製品に含有されている有害化学物質を測定するための蛍光X線分析装置は、欧州連合(EU)が施行したRoHS指令^[1]をきっかけに、2005年ご

ろから中国国内に爆発的な勢いで普及した。

本稿では、その一翼を担ったHORIBAのX線分析顕微鏡に対して、中国の顧客などからの要求で付加された、電気・電子製品や部品などに含有される有害化学物質を測定するための機能および分析技術を紹介する。

有害化学物質規制の動向

1992年に国際連合の主催により、ブラジルのリオ・デ・ジャネイロで開催された地球サミットにおいて、地球環境問題に取り組む行動計画である“アジェンダ21”が採択された。“アジェンダ21”は、有害化学物質の環境上での適正な管理への取り組みを要求しており、有害化学物質のリスク低減はグローバルな問題として認識され、欧州をはじめ、日本、韓国、米国など多くの国々において製品に含有される有害化学物質を規制する法令が施行された。

中国においても、2007年に電子情報製品汚染管理弁法（中国版RoHS）が施行され、中国国内で上市される電子情報機器に含有されている有害化学物質の規制が開始された。鉛(Pb)、カドミウム(Cd)、水銀(Hg)、6価クロム(Cr⁶⁺)、ポリ臭化ビフェニル(PBB)、ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE)の6物質が規制対象として定められている。中国版RoHSは、2010年9月現在、第1段階として規制物質を含有する製品に関して表示義務を課しているが、将来的には第2段階として携帯電話、固定電話、プリンターなどの機器をCCC制度(China Compulsory Certificate system)による製品認証にすることが計画されている。製品認証が開始されると、完成品に有害化学物質が含有されていないことを迅速に分析する技術の重要性がさらに高まると考えられる。

また、規制対象物質以外にも塩素(Cl)などのハロゲン類は、焼却した際に人体に有害なダイオキシン類などを発生する可能性があり、環境への影響が懸念されている。

このため市民団体などが、ハロゲン類の使用削減を求めており、米国を中心としたパソコンメーカーや携帯電話メーカーなどが、電子機器の受託生産を専門に行なう大手EMS(Electronics Manufacturing Service)企業に対して塩素の管理を要求し、分析ニーズが高まっている。これらの要求に対応するために、従来の欧州RoHS指令に対応した分析技術に加えて、新たな技術の開発が必要となっている。

X線分析顕微鏡の原理と特長

X線分析顕微鏡^[2]は微細X線ビームを試料に照射し、発生する蛍光X線を検出して元素分析を行う装置である。X線ビームは電子線ビームのように簡単に走査することはできないが、試料を水平面内で走査することによって電子線マイクロアナライザ(EPMA)と同じように元素のマッピング(2次元元素分布像の取得)を行うことができる。また、同時に透過X線強度を検出することで試料の2次元密度分布、すなわち透過X線像を取得することも可能である。図1にX線分析顕微鏡の模式図を示す。

HORIBAのXGTシリーズは、X線ガイドチューブを使用してX線の照射範囲を絞っている。有害化学物質を測定する場合は、標準的な部品に対して最適な直径1 mm程度のものを使用している。X線ガイドチューブは極めて滑らかな内表面を持つガラス細管(モノキャピラリ)に、X線管から放射状に発生したX線(1次X線)を導入し、内面で全反射させることでX線を集光する。X線ガイドチューブの内面形状を制御することによって最小10 μmまでX線

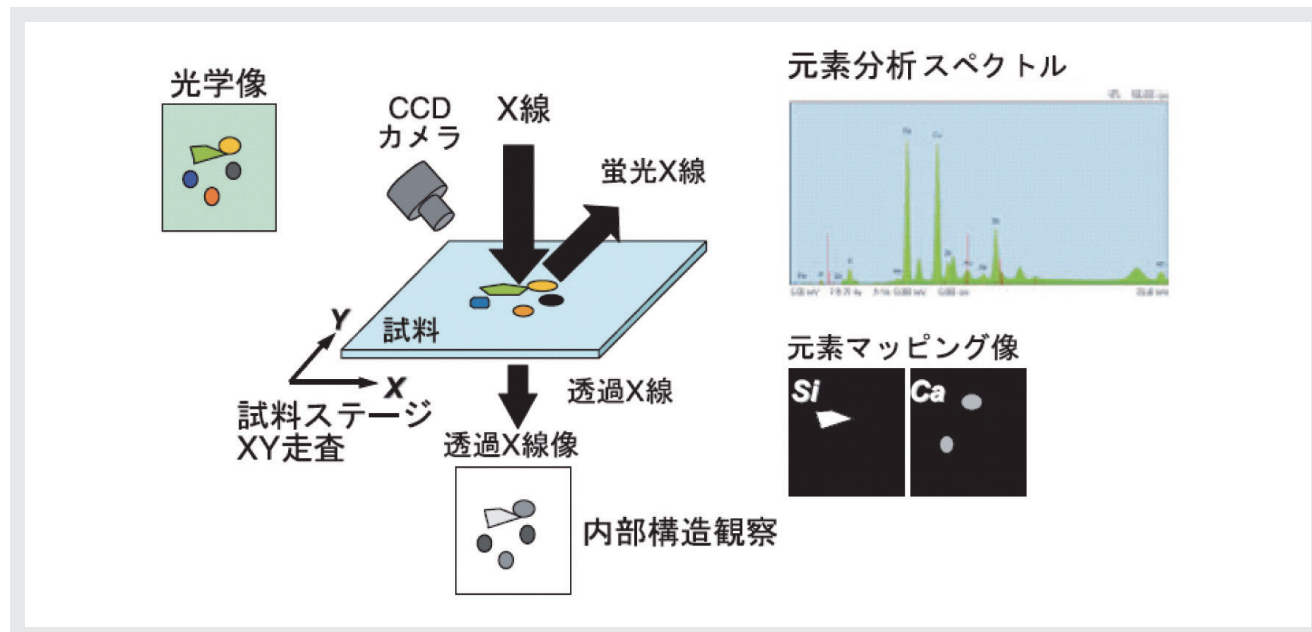


図1 X線分析顕微鏡の概要
試料ステージを走査することで、蛍光X線スペクトルから元素分布像が得られ、透過X線強度から透過X線像が得られる。

Feature Article 特集論文 中国におけるX線分析顕微鏡の展開

を絞ることが可能である^{[3], [4]}。1次X線の有効立体角が拡大することにより、単純なピンホールでX線を制限した場合と比較して、高い強度を実現する(照射径10 μmの場合、強度は100倍以上高い)。

有害化学物質の分析においては、規制の最大許容値レベルを迅速に分析でき、ケーブルや電子部品などの小さな部品も前処理なしで測定する機能が求められる。このため、精度向上に効果のある1次X線フィルタとX線ガイドチューブを組み合わせ、1次X線フィルタ付きのX線ガイドチューブを開発した。このプローブを用いることにより、微小部の有害化学物質の分析、マッピングが迅速に行える。

有害化学物質分析のための新技術

完成品のスクリーニング分析

先に述べたように中国版RoHSの第2段階が開始されると、認証機関においてサンプル品を完成状態で検査する必要が生じる。通常の生産現場においては、部品単位でのスクリーニング分析が基本になるため、納入された部品を照射径の大きな汎用型の蛍光X線分析装置を用いて分析することも可能であるが、限られた数の完成状態のサンプル品しかない場合は、分解しても測定に必要な試料の量を確保することが困難で対応が非常に難しくなる。特にプリント基板は、鉛フリーはんだへの共晶はんだ(鉛はんだ、鉛40%)の混入、鉛フリー非対応部品の混入が懸念されており、プリント基板に部品を実装した状態で迅速に有害規制物質を検出する技術の開発が求められていた。

HORIBAは、XGT-5000WRによりプリント基板をマッピングし、基板上に存在する鉛を視覚化して鉛はんだの混入を一目で確認するアプリケーションを開発し、多くのユーザーから好評を得てきた。さらに、従来は共晶はんだの混入や鉛フリー非対応部品の混入など比較的高濃度の鉛の分析が主体であったが、近年さらに低濃度の鉛の検出へのニーズが高まっている。また、製品の認証のためには、規制の最大許容値である1000 ppmに近い数百 ppm程度の混入を見分けることが必要となる。そこで、このような分析要求を受けて、XGT-5200WRを新たに開発した。XGT-5200WRには、検出器として液体窒素が不要で高計数率特性に優れたシリコンドリフト検出

器(SDD)を採用した。ペルチェ素子による電子冷却で、100 kcpsを超える高計数率の蛍光X線を検出することができる。

検出器の高計数率特性に合わせて1次X線フィルタの見直しも行った。プリント基板中の鉛の検出に最適化したフィルタを新規に搭載し、50 mm角の領域の鉛フリーハンダ中の鉛1000 ppmを30分のマッピングで検出することを可能としている。また、表面実装部品の微細化に合わせて、400 μmの有害元素測定用のX線ビームも搭載可能とした(図2)。

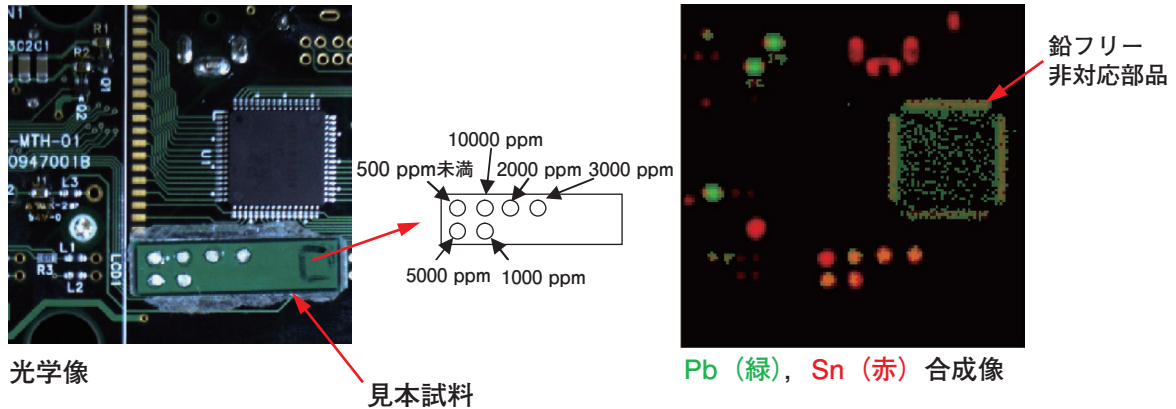
塩素(Cl)分析

近年、ハロゲン、特に塩素の分析要求が高まっている。現在、塩素は法律で規制された元素ではないが、プリント基板においてはハロゲンフリーの規格(定義)が定められている。JPCA(社団法人日本電子回路工業会)やIEC規格の61249-2-21(国際電気標準会議)において、塩素含有率900 ppm以下、臭素含有率900 ppm以下、塩素および臭素の含有率総量1500 ppm以下というものである。将来の規制化に備えて海外の大手電気メーカーが自主規制を始めており、これに倣いアジアの大手EMSが対応を始めている。

XGTシリーズは、X線発生部にロジウム(Rh)ターゲットのX線管を採用している。X線管から発生するRhのL α 線のエネルギー(2.696 keV)が、ClのK線のエネルギー(2.63 keV)と非常に近いため、微量塩素の検出は難しかった。そこで、RhのL線をカットする1次フィルタを使用することでClとの干渉を低減させた。またX線パス部(X線管からX線ガイドチューブを通る1次X線経路と、試料からX線検出器への蛍光X線入射経路の大部分)を真空にして、試料は大気中で測定できるように、真空保持膜を試料とX線パス部の間に設けている。X線パス部が大気の場合、大気中に含まれるアルゴン(Ar)が大きなピーク(Ar K α : 2.957 keV)として検出され塩素分析の精度に影響を与えるため、X線パス部は真空排気した状態で分析をおこなうようにした。

図3に塩素の標準試料を用いて作成した検量線を、図4に大気中と真空中でのスペクトルを示す。ポリエチレン中の塩素の検出下限は1.2 mmのX線照射条件において、約100 ppm(200秒測定)となり、ハロゲンフリー規格の確認に使用できる。

測定条件 X線管電圧：50 kV マッピングエリア：50 mm×50 mm
 X線管電流：1.0 mA
 測定時間：360秒×5回積算



【400 μmプローブで拡大マッピング】

測定条件 X線管電圧：50 kV マッピングエリア：20 mm×10 mm
 X線管電流：1.0 mA
 測定時間：360秒×5回積算

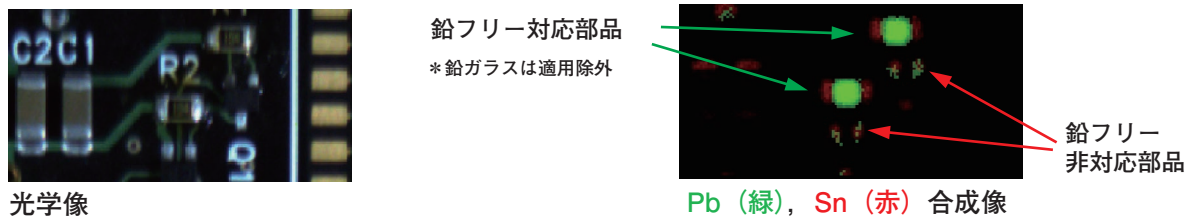


図2 プリント基板上的鉛、スズの検出例
 プリント基板上の50 mm角の領域をX線ビーム径1.2 mmでマッピング。鉛(Pb)を緑色、スズ(Sn)を赤色に表示することで、両方が存在する共晶はんだ部分が黄色に表示される。ICチップの電極部が黄色に表示されており、共晶はんだが使用されていることが分かる。また、基板に乗せられている鉛フリーハンダの小片(鉛0 ppm~10000 ppm)を並べた見本試料のマッピング像から1000 ppmの鉛が検出されていることが分かる。
 X線ビーム径が1.2 mmの場合、鉛ガラス(有害化学物質規制の適用除外)に近接している部分などは測定が難しい(右上の図)。400 μmのX線ビームを用いると、鉛ガラスと近接している部分を分離して測定できる(右下の図)。

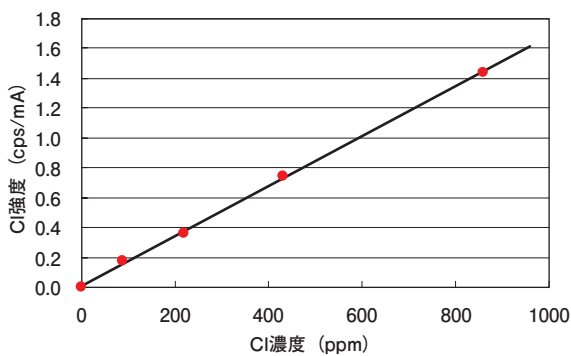


図3 塩素標準試料による検量線
 測定条件：X線ビーム径1.2 mm, 管電圧15 kV, 管電流1 mA
 測定試料：塩素(0~860 ppm)を含むポリエチレン試料

まとめ

有害化学物質のリスク低減は、世界的に重要な課題となっており、製品からの有害化学物質排除が進められている。これに伴い、製品や部品に含有されている有害化学物質を分析するための技術に対する要求も高まっている。また、世界の工場と呼ばれる中国においても中国版RoHSが施行され、第2段階として製品認証の準備が進められており、規制物質以外のハロゲンフリーへの対応の要求も増加している。今回、X線分析顕微鏡に中国の顧客などからの要求で付加された分析技術を紹介した。今後も分析に対する新たなニーズが予想されるため、分析装置の改良に努めて更に高精度で使いやすい装置の開発に努めたい。

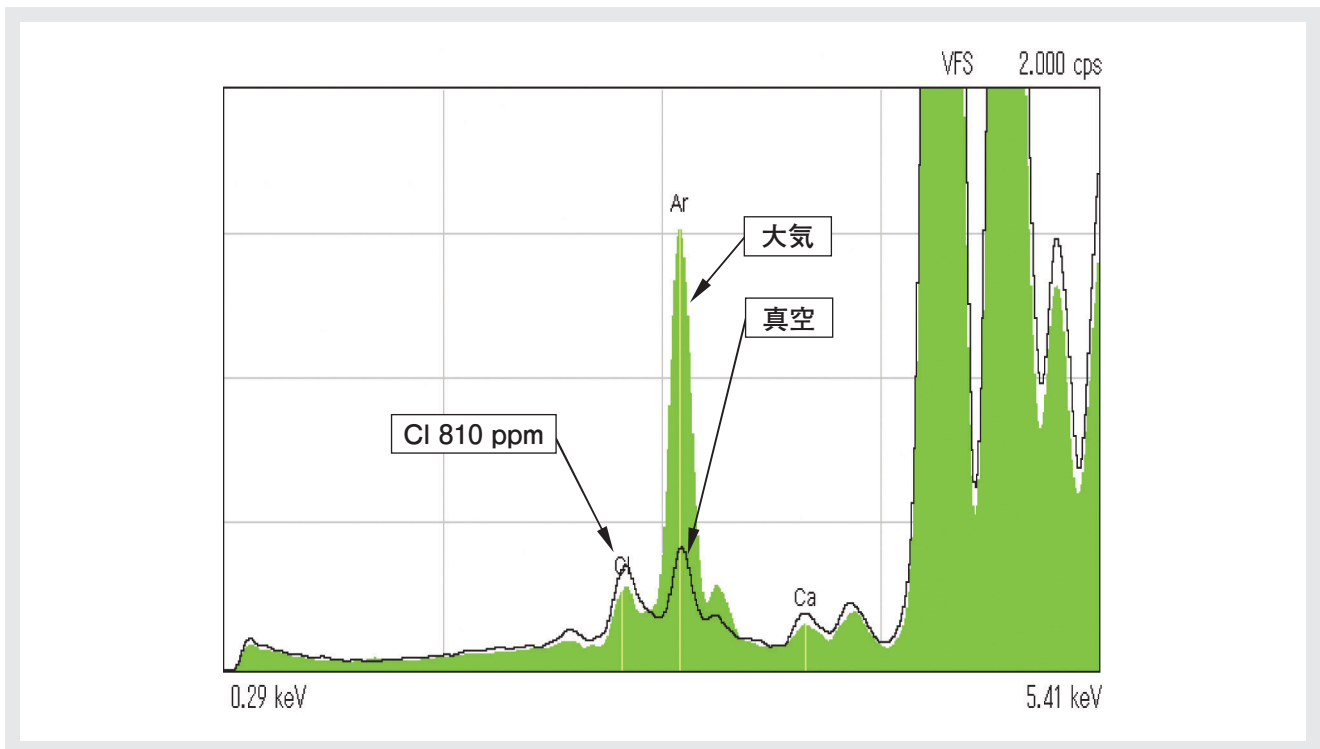


図4 減圧による塩素検出の効果
 X線バス部を真空排気することでArピークが減少する。
 測定条件：X線ビーム径1.2 mm, 管電圧15 kV, 管電流1 mA
 測定試料：塩素(810 ppm)を含むポリエチレン試料(BCR-680)

参考文献

- [1] Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, EUROPEAN COMMISSION
- [2] Readout No.30 P70 XGT-5000の開発
- [3] Y. Hosokawa, S. Ohzawa, H. Nakazawa, Y. Nakayama, An X-ray guide tube and a desk top Scanning X-ray analytical microscope. X-ray Spectrometry, 26, 380-387, (1997)
- [4] Readout No.33 P70 X線ガイドチューブの開発



坂東 篤

Atsushi BANDO

株式会社堀場製作所
分析アプリケーションセンター



横田 佳洋

Yoshihiro YOKOTA

株式会社堀場製作所
科学・半導体システム統括部
理化学機器開発部

Feature Article

特集論文

鉄鋼業界における中国・アジアの躍進と 固体中ガス分析装置の開発

Breakthrough of the Chinese and Asian market in steel industry
and the development of the gas analyzer in solid sample

井上 貴仁

Takahito INOUE

近年、鉄鋼業界における中国・アジアの躍進により、本市場をターゲットにした製品開発の重要性は増してきている。固体中ガス分析装置は、鉄鋼の品質管理・研究開発において鉄鋼の性質を決める重要な元素を計測する装置である。これらの装置において、保守性や精度向上が望まれており、中国の顧客の意見を取り込むことは必要不可欠である。本稿では炭素・硫黄分析装置(EMIAシリーズ)と酸素・窒素・水素分析装置(EMGAシリーズ)ならびに自動化装置についてその特長を述べる。

In recent years, as breakthrough of Chinese and Asian market in steel industry, this opinion can't be ignored for product development. The gas analyzer in solid sample is important device in quality control and the research development of steel. Especially the improvement of the maintenance and performance are desired. In this time, we developed gas analyzer in solid samples for important element as determine the performance of steel. This paper is discussed several features for carbon and sulfur analyzer (EMIA series), oxygen, nitrogen, hydrogen analyzer (EMGA series) and automation unit.

はじめに

近年鉄鋼業界における中国の躍進は目を見張るものがある。2010年1月22日に世界鉄鋼協会(WSA: World Steel Association)の発表では、2009年の世界粗鋼生産量は12億1,971万トンであり、その特長をあげると、(表1)

- 1) 世界粗鋼生産量は2007年の13億4,582万トンをピークに2008年は13億2,645万トンで対前年-1.4%、引き続き、昨年2009年は対前年-8.0%となった。
- 2) 2009年はほぼ全ての主要国が世界的な経済情勢悪化の影響を受けて、粗鋼生産量は減少したが、1位中国と5位インドは増加した。中国の対前年伸び率は13.5%であり、世界の約47%となった。

- 3) 日本やEU主要国はいずれも2009年は対前年20%を越える減少であった。更に米国は対前年36.4%の大幅減少となった。一方で、ロシアは減少率が12.5%にとどまり、韓国も減少率を9.4%に留めている。

中国の鋼材生産は2008年の金融危機の影響を受け一時減少傾向にあったが、いち早く政府が公的資金を投入して景気刺激策を講じた。自動車産業の好調さと、上海万博等に向けたインフラ整備等の需要増加により、大幅な伸長を示している。特に、自動車生産は過去最高を更新し続け、2009年の自動車生産台数は、対前年に48%増の1,379万台となり世界最大の自動車生産国となった^[1]。さらに設備投資の伸びは著しく、2006年以後は売上高設備投資比率と投資額の双方とも日本の企業を上回っている^[2]。

表1 各国の粗鋼生産量(2009年)

Rank		2009	2008	2007	2006	2005	2004	%2009/2008
1	China	567.8	500.3	489.3	419.1	353.2	282.9	13.5
2	Japan	87.5	118.7	120.2	116.2	112.5	112.7	-26.3
3	Russia	59.9	68.5	72.4	70.8	66.1	65.6	-12.5
4	United States	58.1	91.4	98.1	98.6	94.9	99.7	-36.4
5	India	56.6	55.1	53.1	49.5	45.8	32.6	2.7
6	South Korea	48.6	53.6	51.5	48.5	47.8	47.5	-9.4
7	Germany	32.7	45.8	48.6	47.2	44.5	46.4	-28.7
8	Ukraine	29.8	37.3	42.8	40.9	38.6	38.7	-20.2
9	Brazil	26.5	33.7	33.8	30.9	31.6	32.9	-21.4
10	Turkey	25.3	26.8	25.8	23.3	21.0	20.5	-5.6
11	Italy	19.7	30.6	31.6	31.6	29.3	28.6	-35.5
12	Taiwan, China	15.7	19.9	20.9	20.0	18.9	19.6	-20.8
13	Spain	14.3	18.6	19.0	18.4	17.8	17.6	-23.3
14	Mexico	14.2	17.2	17.6	16.4	16.2	16.7	-17.7
15	France	12.8	17.9	19.2	19.9	19.5	20.8	-28.2
16	Iran	10.9	10.0	10.1	9.8	9.4	8.7	9.1
17	United Kingdom	10.1	13.5	14.3	13.9	13.2	13.8	-25.4
18	Canada	9.0	14.8	15.6	15.5	15.3	16.3	-39.6
19	South Africa	7.5	8.3	9.1	9.7	9.5	9.5	-9.5
20	Poland	7.2	9.7	10.6	10.0	8.3	10.6	-25.9
21	Malaysia (e)	6.0	6.4	6.9	5.8	5.3	5.7	-6.6
22	Austria	5.7	7.6	7.6	7.1	7.0	6.5	-25.4
23	Belgium	5.6	10.7	10.7	11.6	10.4	11.7	-47.2
24	Egypt	5.5	6.2	6.2	6.0	5.6	4.8	-11.1
25	Australia	5.2	7.6	7.9	7.9	7.8	7.4	-31.2
26	Netherlands	5.2	6.9	7.4	6.4	6.9	6.8	-24.2
27	Thailand (e)	5.0	5.2	5.6	4.9	5.2	4.5	-4.1
28	Saudi Arabia	4.7	4.7	4.6	4.0	4.2	3.9	0.5
29	Czech Republic	4.6	6.4	7.1	6.9	6.2	7.0	-28.1
30	Kazakhstan	4.1	4.3	4.8	4.3	4.5	5.4	-2.4
31	Argentina	4.0	5.5	5.4	5.5	5.4	5.1	-27.6
32	Venezuela	3.8	4.2	5.0	4.9	4.9	4.6	-9.5
33	Slovakia	3.7	4.5	5.1	5.1	4.5	4.5	-16.5
34	Indonesia (e)	3.5	3.9	4.2	3.8	3.7	3.7	-10.6
35	Finland	3.1	4.4	4.4	5.1	4.7	4.8	-30.3
36	Sweden	2.8	5.2	5.7	5.5	5.7	6.0	-46.0
37	Romania	2.7	5.0	6.3	6.3	6.3	6.0	-46.4
38	Byelorussia	2.4	2.6	2.4	2.3	2.0	1.8	-6.6
39	Luxembourg	2.2	2.6	2.9	2.8	2.2	2.7	-14.2
40	Greece	2.1	2.5	2.6	2.4	2.3	2.0	-15.9
	Others	23.3	28.3	29.8	28.6	25.8	24.8	-17.5
	World	1219.7	1326.5	1345.8	1247.3	1144.1	1071.5	-8.0

出典 WSA資料 (WSA: World Steel Association 国際鉄鋼協会)

以上のように、鉄鋼業界において中国鉄鋼生産の伸びは非常に大きく、品質管理・研究開発における固体中ガス分析装置は、今後一層重要な分析装置として、位置づけられていくであろう。

固体中ガス分析装置

鉄鋼生産において迅速かつ高精度な分析が、材料特性の把握や品質管理の断面から益々必要となってきた。特に炭素・硫黄・酸素・窒素・水素は鉄鋼の基本的特性を考える上できわめて重要な元素であり、今日に至るまで工程管理・品質管理上の重要な分析元素となっている。また鉄鋼の種類によっては、元素含有量は極低濃度から比較的高濃度まで幅広い分布が見られる^[3]。現在、弊社において、鉄鋼中の炭素・硫黄分析装置として、高周波誘導加熱燃焼—赤外線吸収法を用いたEMIAシリーズ、鉄鋼中の酸素・窒素・水素分析装置として不活性ガス融解—赤外線吸収法・熱伝導度法を用いたEMGAシリーズを販売している。

今回、保守性および精度向上に対して中国ユーザーの意見を取り込み、開発した製品の内容について報告する。また、それらの機種をベースとした自動化装置もあわせて報告する。

ソフトウェアによる作業効率改善

今回開発したEMIA・EMGA共に、ソフトウェアの改良を行なった。ここでは、新規に開発した機能の特長を報告する。

今回の装置では、保守作業を行なう際にソフトウェアが重要なサポートを行なっている。従来は、取扱説明書の内容をソフトウェア上で閲覧できるものであった。しかし、実際に保守作業を行なう際、どのように活用しているのか分かり難いとの意見が多くあった。そこで、ソフトウェア上で作業箇所を表示し、同時に作業内容を動画で説明するメンテナンスナビゲーションを開発した。この機能により、作業内容についての誤った認識と個人のばらつきを低減することができ、装置停止時間を少なくできるようになった。

EMIA-920V2(炭素・硫黄分析装置)

鉄鋼中の炭素・硫黄分析装置EMIA-920V2の特長を、以下に報告する。(図1)



図1 EMIA-920V2外観

原理

本装置は、高周波誘導加熱—赤外線吸収法を採用している。

高周波誘導渦電流により、セラミック炉筒内に入っている試料が加熱され、酸素気流により燃焼し、融解される。この時、燃焼促進のために、助燃剤が一般的に添加される。助燃剤としては、主に金属タングステン、スズ、銅、鉄、などが用いられる。燃焼過程にてガス化された炭素・硫黄は、二酸化炭素(一部、一酸化炭素)・二酸化硫黄となる。これら発生ガスは、酸素気流にて非分散型赤外線検出器へ搬送され、炭素・硫黄として定量される事になる^[3]。以下に分析結果の一例を示す。(表2)

表2 日本鉄鋼標準物質(JSS)を用いたEMIA測定データ

試料名	炭素		硫黄	
	JSS1201-1	JSS111-12	JSS606-8	JSS150-14
標準値% (m/m)	0.0005	4.25	0.0008	0.030
1	0.000495	4.241	0.000803	0.0301
2	0.000506	4.269	0.000839	0.0301
3	0.00050	4.236	0.000815	0.0299
4	0.000479	4.258	0.000823	0.0301
5	0.00047	4.251	0.000796	0.0298
平均値	0.00049	4.251	0.000815	0.0301
σn-1	0.000015	0.013	0.000017	0.0002
CV(%)	3.1	0.31	2.08	0.49

自動清掃機構

試料燃焼において、ガスの発生と共にダストが発生する。このダストは燃焼炉内に堆積し、燃焼の妨げとなる。さらに、燃焼により発生したSO₂ガスを吸着しやすく、硫黄分析値の低下を引き起こす。そこで、本装置はダスト堆積の防止に自動清掃機構、そしてガス吸着の防止にダストフィルターの加熱機構を搭載している。ただし、これらの機構を搭載していても、ダストが燃焼炉内および機構部に徐々に堆積していくため、定期的にこれらの機構を保守清掃する必要がある。従来、この保守作業は工具が必要な作業であり、時間がかかっていた。EMIA-920V2シリーズでは、工具を使用せずに自動清掃機構を取り外せるようにした。その結果、保守作業のミス低減・作業時間の短縮を実現し、本機構周辺の作業効率は飛躍的に上昇した。

ダストボックス

前述の自動清掃機構に加え、EMIA-920V2に燃焼炉内の清掃に関する新たな機能を付加した。従来は分析後にキャリアガスを吹きつけることで、ダストの除去を行っていた。清掃の能力をさらに高めるため、EMIA-920V2に掃除機を用いた吸引機構を付加した。この結果、掃除機による吸引と、ガスによる吹きつけを組み合わせる方法になり、EMIA-920V2では炉内の清掃効率をあげることができた。このことにより、定期保守を実施する間隔を広げることができた。

吸引機能を付加するにあたり、清掃時に炉内から吐き出されたダストを収集するダストボックスの設置位置を装置の左側から前面へと変更した。従来のダストボックスは、装置の左側に設置されていた。そのため、保守作業の際は、毎回装置の左側に回りこまなければ、作業を行なうことができなかった。そこで、EMIA-920V2では、ダストボックスを前面から容易に取り出せるようにし、作業負荷低減と共に、作業時間の短縮を行なった。

EMGA-900シリーズ (酸素・窒素・水素分析装置)

次に鉄鋼中の酸素・窒素・水素分析装置EMGA-900シリーズの特長を、以下に報告する。



図2 EMGA-900外観

原理

本装置は不活性ガス溶解—赤外線吸収法・熱伝導度法を採用している。黒鉛ルツボに電流(～1000 A)を流し、発生したジュール熱で、ルツボを3,000℃以上に加熱する。この加熱により、ルツボ内に含有または付着しているガス成分の脱ガスが行なわれる。その後ルツボの温度を一旦下げ、試料をルツボに投入し、再度加熱を行なう。加熱により試料は融解され、黒鉛ルツボと反応する。試料中に含有されている酸素・窒素・水素は、それぞれ一酸化炭素ガス、水素ガス、窒素ガスとなり抽出される。これらの抽出ガスは不活性ガス(キャリアガス)により検出器へ搬送される。検出器は非分散型赤外線検出器と熱伝導度検出器が搭載されている。ガス検出において、前者はガス選択性があるが、後者には選択性がない。従来の酸素分析では、非分散型赤外線検出器を使用し、一つの検出器で低濃度から高濃度まで対応させていた。しかし、EMGA-900シリーズでは、低濃度にCO₂検出器、高濃度用にCO検出器と二つの検出器を搭載させた。低濃度用と高濃度用とを、各濃度に適した検出器へ切り替えることで、高精度の酸素分析が可能になった。

窒素は酸素・水素を計測後、ガスを脱CO₂剤、脱水剤に通し窒素ガスのみにし、熱伝導度検出器にて検出する^[4]。酸素・窒素・水素の三成分測定が可能な機種での水素分析は、酸化剤にて水(H₂O)に酸化させ、非分散型赤外線検出器を用いて検出する方法を採用している。また水素分析専用機として、カラム分離にて水素ガスを分離し、水素専用熱伝導度検出器を用いて検出する機種もライン

Feature Article 特集論文 鉄鋼業界における中国・アジアの躍進と固体中ガス分析装置の開発

ナップしている。
以下に本装置での分析結果例を示す。

表3 日本鉄鋼標準試料(JSS)を用いたEMGA測定データ

	酸素	窒素	水素
試料名	JSS GS-6b	JSS 366-8	JSS GS-1d
標準値% (m/m)	0.00034	0.00075	0.00016
1	0.000362	0.000722	0.000160
2	0.000357	0.000774	0.000160
3	0.000366	0.000751	0.000162
4	0.000367	0.000769	0.000156
5	0.000361	0.000725	0.000163
平均値	0.000362	0.000758	0.00016
σ_{n-1}	0.000043	0.0000206	0.000003

自動清掃機能

試料抽出において、ガスの発生と共に黒鉛ダストが発生する。このダストは、分析性能に影響を与えるため、測定者は測定毎に炉内の清掃を行なう必要がある。従来の炉内の清掃は、測定者が手作業で行なう必要があった。そのため、測定者によって炉内清掃の度合いに違いが生まれ、測定結果のばらつき原因の一つになっていた。そこで、EMGA-900シリーズに、炉内の自動清掃機能を標準装備させた。その結果個人差を無くし、各測定における測定者の負担を低減できた。

ルツボローダー機構

従来のEMGAでは、測定者がルツボを毎測定時に電極上にセットする必要があった。そこでEMGA-900シリーズに、ルツボを装置内にあらかじめストックし、測定毎に電極上にルツボを自動で供給するルツボローダー機構を付加させた。自動清掃機構、ルツボローダー機構の追加により、測定時間の短縮ならびに安定した測定結果を得ることができるようになった。

ガス分析装置の自動化

中国の生産量の激増に伴い、鉄鋼生産ラインにおける人件費の削減、生産性の向上および個人差低減を進める動きが強まり、元素分析装置に対して自動化要求が高まっ

てきている。試料の受取りから秤量、測定、ルツボの廃棄までの測定における一連の流れを、全て自動化装置に行なう必要がある。従来の自動化装置は、機能の制約で大型になり、稼働部の保守が必要な箇所が多かった。そこで、小型化、保守容易化の要求に対して新規に自動化装置の開発を行なったので、その特長を以下に報告する。

専用のハンドリング機構

小型化の要求に応えるために、自動機内部の試料搬送ユニットの制御機構を一新させた。試料搬送ユニットにおいて、アーム制御を行なっているのは、X、Y、Z、R方向である。従来は、ルツボ搬送用のアームの移動、秤量用の天秤のカバーの開閉、試料・助燃剤投入用ロートの上下動など稼働部が非常に多い構造となっていた。さらにY、Z方向は、駆動用シリンダーで位置が決まっていたため、試料受け取りからルツボ廃棄までの、必要な各ポジションはX方向に並べて配置しなければならなかった。(図3(a)参照)今回開発した自動化装置は、アームの移動機構に電動モーター駆動を採用している。この機構の特長は、アームの移動位置を任意に設定できることである。これにより、前述したようなZ、Y方向の制限はなくなり、搬送に必要なポジションを配置する自由度が広がった。(図3(b))その結果、設置面積の大幅減少を実現することができた。また、今までシリンダーで制御を行なっていたポジションも、電動アームで行なえるため、システム全体として保守項目の削減を実現した。(図4)

インターフェース

分析装置の自動化と共に重要なのは、試料前処理装置と自動化機構が連動して動き、分析ライン全体のシステムが機能することである。近年、通信手段として、双方向・大容量の通信の利点からLANを使用することが増加してきている。通信インターフェースをLANにすることで様々な試料前処理装置との連動が可能となり、今回開発した自動化装置も本通信システムを採用している。これにより、自動化装置は周辺装置からの様々な要求に対して柔軟に対応できるようになった。

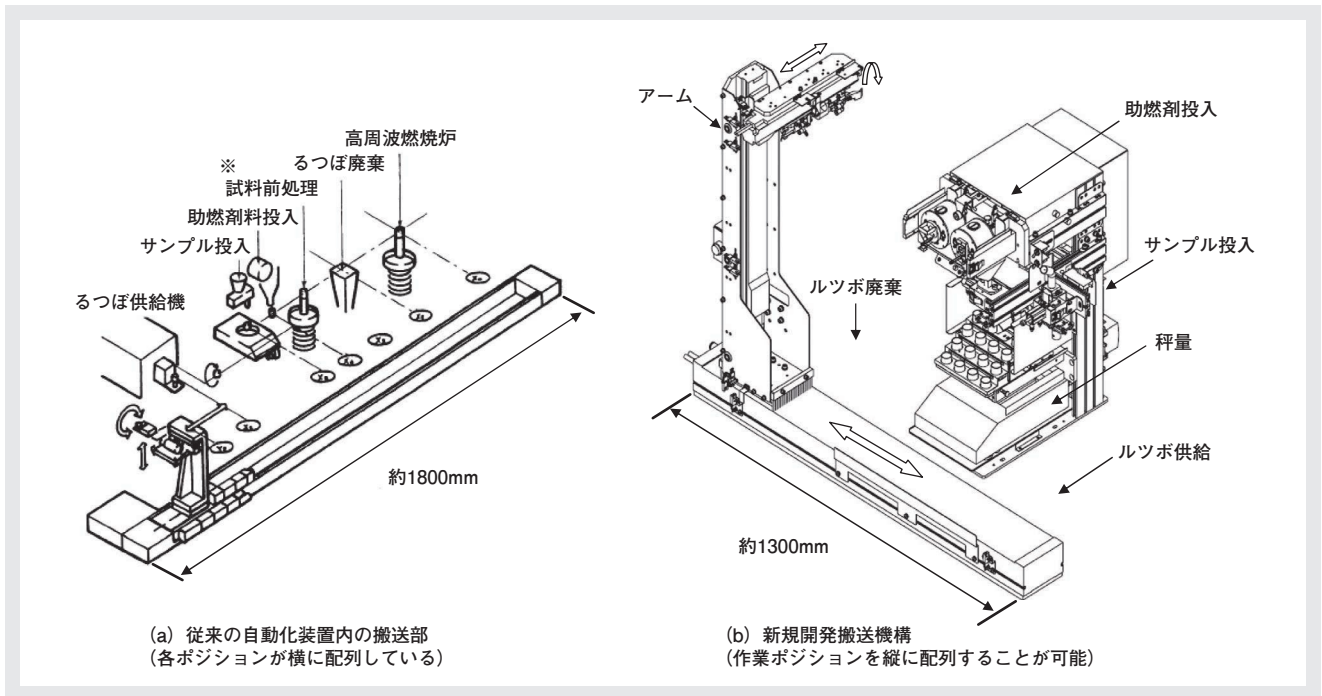


図3 自動化装置機構

おわりに

鉄鋼業界における中国・アジア市場の躍進は非常に大きく、自動車生産量がトップになるまでに成長している。そのため、鉄鋼業界における分析装置開発において、中国市場の要求を盛り込むことは必須となっている。自動車に使用される鋼板は主に高付加価値鋼板であり、より高品質な鋼板の生産が今後中国で増加していくと予想される。そのため、中国市場において、保守性の更なる向上に加え、測定精度向上の要求が増加していくと考えられる。今回開発した分析装置が中国市場に浸透していくことを期待すると共に、今後さらに、中国市場の要求、意見を取り入れ、新製品開発につなげていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 日本鉄鋼協会生産技術部門, 2009年鉄鋼生産技術の歩み, ふえらむ, 2010, vol.15, no.3, p.22-41
- [2] 川端望, 東アジアの製鋼一貫企業—高級鋼材生産システムの構築をめぐる競争—, ふえらむ, 2010, vol.15, no.3, p.16-25.
- [3] 辻勝也, 平野彰弘, 炭素・硫黄分席装置の自動化ニーズに向けて, Readout, 1991, no.2, p.73-74.
- [4] 平野彰弘, 酸素・窒素・水素分析装置の自動化ニーズに向けて, Readout, 1992, no.5, p.64-73.

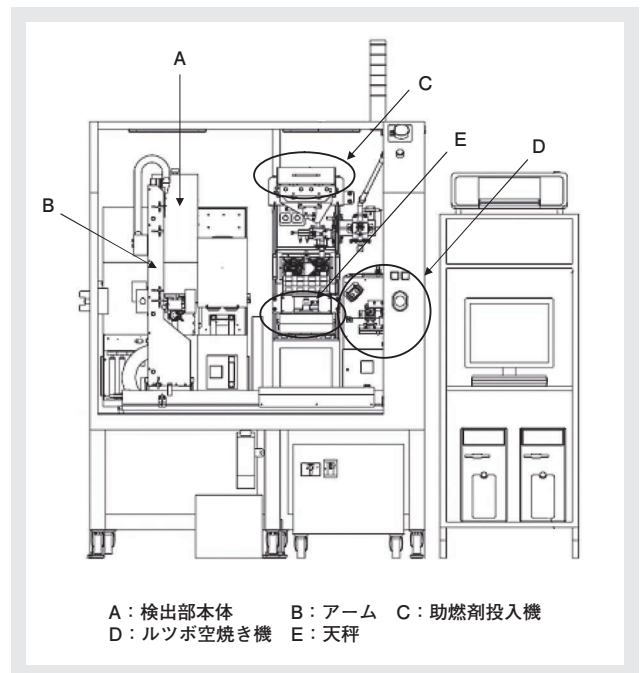


図4 自動化装置ユニット外観(型式: EMIA-9200V)



井上 貴仁

Takahito INOUE

株式会社堀場製作所
科学・半導体システム統括部
自動計測機器開発部

Feature Article

特集論文

太陽電池製造工程で用いられる薬液とその計測 The chemicals used in the PV manufacturing and monitoring

中井 陽子, 植田 恭弘

Yoko NAKAI, Yasuhiro UEDA

太陽電池は、近年クリーンエネルギー源として注目をされており市場は活況である。その製造工程において、ウェットプロセスは品質とコストを左右する重要な技術である。主に使用されているウェットプロセスと、そのモニタリングの特色および今後の展望について述べる。

Photovoltaic (PV) cells have been attracting the attention as the source of clean energy, and its market is drastically rising now. In its manufacturing processes, wet process is the key technology for its quality and cost. In this paper, the main wet processes, the monitoring for them and the prospect of the wet process monitoring is described.

はじめに

—太陽電池の概要と現状—

近年の太陽電池市場は、地球温暖化問題、各国政策、原油高などを受けて、需要が急激に増加しており市場は活況である。世界での太陽電池セル出荷量は、発電量にして2009年は約10 GW_p*¹であったのに対し、2013年には30 GW_pとほぼ3倍にまで増加するとの見通しもある^[1]。特に中国の躍進が著しく、2009年の太陽電池生産量は2006年比で約6倍と急激に生産能力を増強しており、その生産能力は、世界の35%と第1位の座を占めている。これに、2位にヨーロッパの18%、3位に日本、4位に台湾がつづく状況である^[2]。爆発的な需要増加の背景には、既存の発電による電力価格と太陽電池発電による電力価格が拮抗しはじめたことが挙げられる。これはフィードインタリフ*²など政策的背景もひとつの要因であるが、技術的観点では太陽電池の高効率化と低コスト化が重要なファクターとなっている。

太陽電池を材料の観点から大別すると、Si系、化合物系、

その他有機系などに分けられる。Si系太陽電池は、さらに結晶系、薄膜系に分類される。現在主流となっているのは結晶系であり、全生産量の70%以上を占めている^[3]。結晶系太陽電池は、半導体同様Si基板を用いるために類似する製造工程があり、半導体製造装置メーカーが太陽電池分野へ進出するケースが多々みられる。HORIBA薬液濃度モニタも同様に、半導体の薬液濃度モニタリングで長年培ったノウハウを太陽電池分野でも発揮している。本稿では、現在主流の結晶系太陽電池の製造工程で用いられる、ウェットプロセスと薬液濃度モニタリングの現状と展望について述べる。

*1: ピーク電力定格

*2: 電力の固定価格買取制度 Feed-in Tariff

結晶系太陽電池の製造プロセス

結晶系太陽電池の構造としては、P型Si基板の受光側に、pn接合が形成されており、その上に反射防止膜、グリッド電極が形成されている。一方裏面側には裏面電界層、

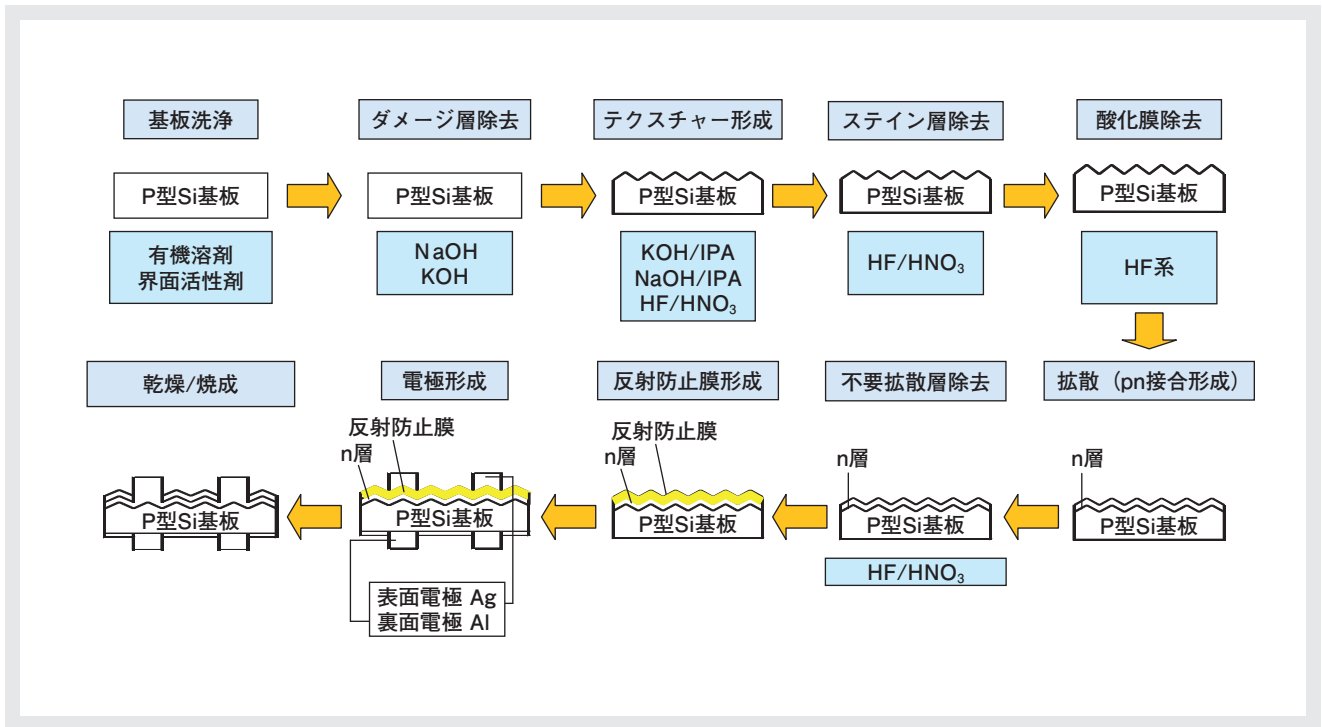
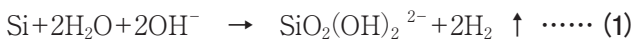


図1 太陽電池セル製造プロセスのフローと各ポイントで使用される薬液

裏面電極が形成されている。

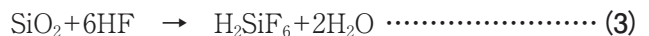
製造工程としては、まず、Si基板スライス後の異物除去のために、有機溶剤にて洗浄が行われる。さらに、スライスによるダメージ層の除去として、NaOHやKOH等のアルカリ薬液によるエッチングが行われる。その後、Si基板に対して反射防止目的のテクスチャ形成^{*3}が行われる。Si系太陽電池の表面は、平坦な場合では、入射光の約1/3も反射してしまい、多大な光量損失となる^[4]。そこで表面に凹凸形状のあるテクスチャを形成することで反射ロスを低減し、発電効率を上げる手法がとられている。

単結晶Siの場合は、アルカリ薬液を用いて異方性エッチングを行い、ピラミッド状のテクスチャを形成する。これはアルカリによるエッチングの場合、Si結晶の(111)面は(100)面と比較してエッチング速度が遅いという特徴があるため、(111)面が溶け残り、ピラミッド形状のテクスチャが形成される、という性質を生かしたものである。一般的にはKOH/IPA (イソプロピルアルコール)の混合薬液が用いられることが多いが、KOHに代わりより価格の安いNaOHが用いられることもある。この反応は以下の式(1)で表わされると考えられている^[5]。



一方多結晶Siの場合は、基板表面の結晶方位が一様ではないため、アルカリ薬液でのエッチングでは単結晶Siの

ように均一なテクスチャを形成することができない。そこで、基板表面上にマスクを形成し、レーザーパターニング等によって穴あけ加工を行う。その後、HF/HNO₃混合薬液を用いて等方性エッチングを行い、半球状のテクスチャを形成する方法などが行われている^[6]。この場合の化学反応は式(2)、(3)のように、酸化力の強いHNO₃でSiを酸化し、HFでSiO₂を溶解するというものである^[7]。



次に、HF系薬液を用いて、テクスチャ形成時に生じたSiO₂酸化膜や異物除去を行った後、リン系の塗布剤などで拡散を行うことで、pn接合が形成される。この際、基板の裏面や側面にも拡散がおり、リークや短絡等の不具合がおきてしまう。これを防止するために、レーザーによる端面の切断や、HF/HNO₃系薬液でのエッチング^[8]などにより、裏面や側面に形成された拡散層の除去を行う。pn接合が形成された後、反射防止膜を表面に形成し、さらに表面および裏面に配線を印刷して、乾燥・焼成の工程を経て、太陽電池セルが完成する。以上が一般的な太陽電池の製造プロセスであり、エッチングや洗浄において多くの薬液がもちいられている(図1)。

*3: texture 微細なピラミッド状凹凸部を形成する工程

Feature Article 特集論文 太陽電池製造工程で用いられる薬液とその計測

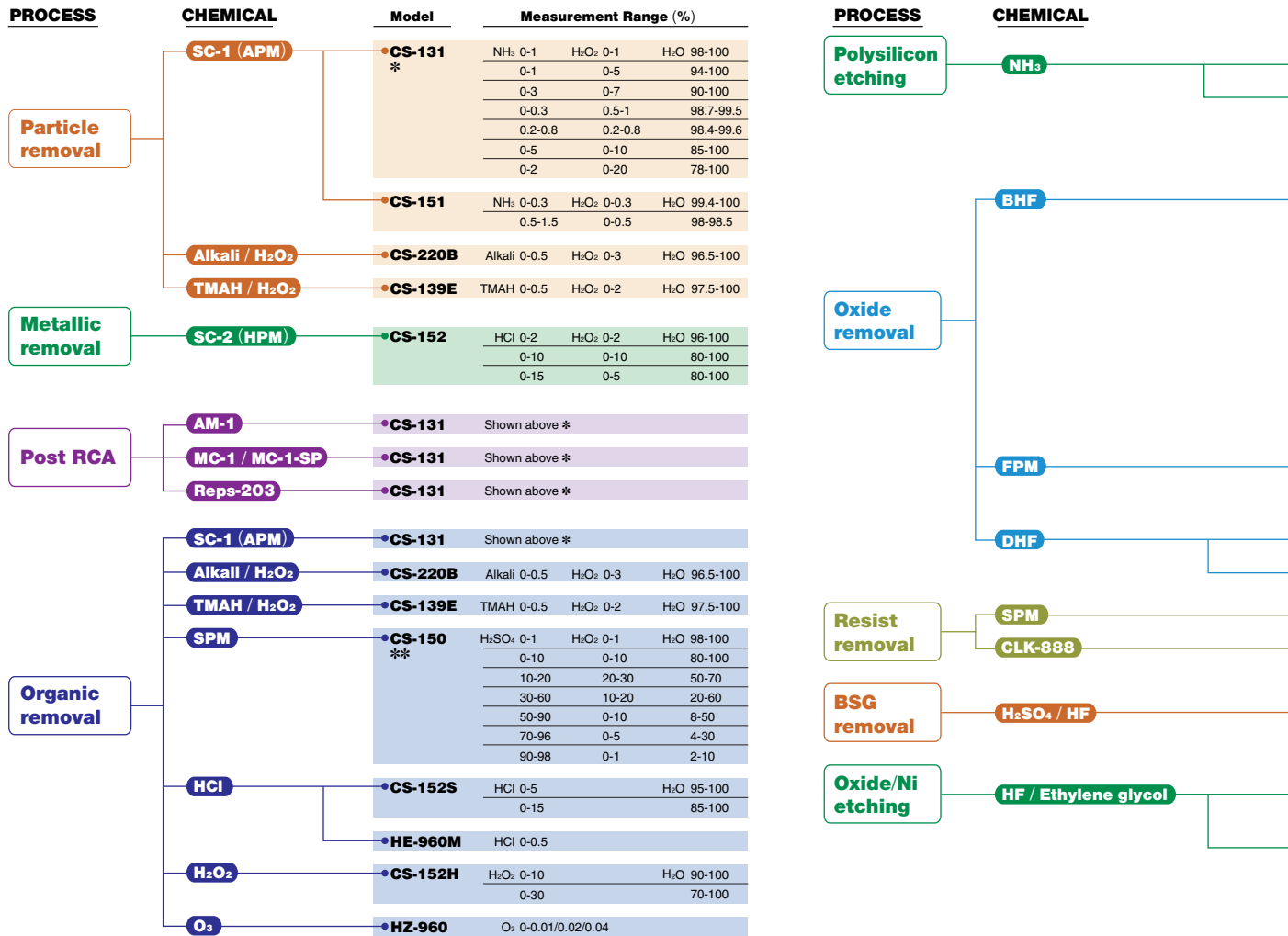


図2 HORIBA各種薬液モニタラインナップの一例

太陽電池の製造工程において求められる薬液濃度モニタの特性

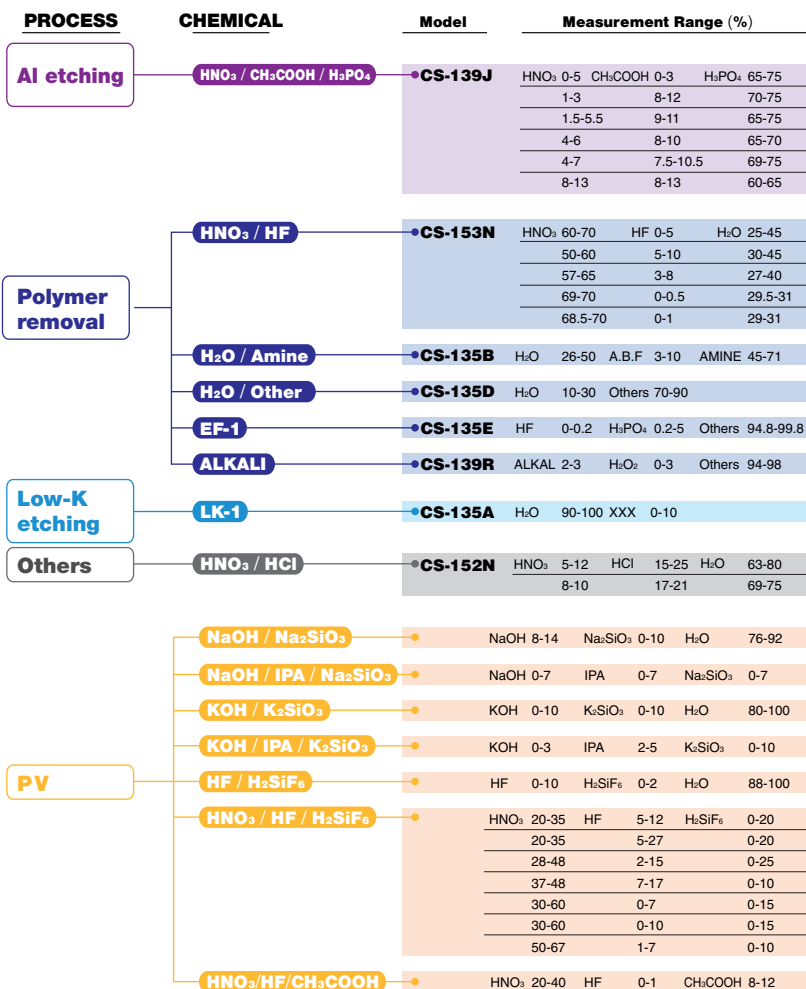
薬液濃度モニタリングは、半導体分野では実績はあるが、太陽電池分野ではコスト重視のため濃度モニタリングの重要性についてあまり認識されてこなかった。しかし近年、高品質化や歩留まり向上を維持しつつも、使用薬液量の低減によるコスト削減や、環境負荷低減を実現するために、濃度モニタリングの重要性が改めて認識され始めている。また、品質安定のために単なるモニタリングにとどまらず、フィードバック制御に使用されるケースも見られる。

このような背景の中、太陽電池製造における薬液濃度モ

ニタリングが半導体製造でのそれとは異なる特色として、以下の2点と考えている。

- 1) 副生成物が生じても測定可能であること…太陽電池製造においては、副生成物が生成されるが、長時間にわたり薬液の交換なしに使い続けることが多い。副生成物の共存下であっても正確に測定できることや、ライフタイム管理のために副生成物を測定できることが求められている。
- 2) 低温、高温サンプルを測定可能であること…酸系は低温(5~10℃)、アルカリ系は高温(70~90℃)で用いられることが多い。

Model	Measurement Range (%)		
• HF-960M	NH ₃ 0-0.5		
• CS-131S	NH ₃ 0-0.2	H ₂ O 99.8-100	
	0-1	99-100	
	0-5	95-100	
	0-29	71-100	
• CS-137	NH ₃ F 0-10	HF 0-3	H ₂ O 87-100
	4-5	0.5-1.5	93.5-95.5
	15-21	0-3	76-85
	15-25	0-3	72-85
	16-18	0-0.5	81.5-84
	19-21	4-6	73-77
	19-21	5-8	71-76
	25-30	0-1	69-75
	29-31	5-7	62-66
	32-34	3-5	61-65
	35-38	3-5	57-62
	37-39	1-3	58-62
	39-40	0-0.5	59.5-61
	• CS-153	HF 0-0.5	H ₂ O ₂ 0-9
0-1.5		0-1	97.5-100
0-10		0-10	80-100
• CM-210	HF 0-1/2/5/10/20/50		
• HF-960M	HF 0-0.5		
• CS-150	Shown on the left **		
• CS-139K	ALKAL 0.5-2	H ₂ O ₂ 1-5	Others 93-99
• CS-133V	H ₂ SO ₄ 83-93	HF 0-5	H ₂ O 2-17
	80-96	1-5	4-19
	HF 0.5-1.5	H ₂ O 2-4.5	H ₂ SO ₄ 94-98
• CS-138	HF 0-5	H ₂ O 0-10	EG 85-100
	5-10	7-12	78-88
• CS-138W	HF 0-5	EG 85-100	H ₂ O 0-10
	0-5	0-10	85-100



混合薬液に対応する薬液モニタCSシリーズ

このような要求に対してHORIBAでは、図2に示すような多様なモニタをラインナップしている。なかでも副生成物を含めた多成分の混合薬液測定としてはCS-100シリーズがある^[9]。これは紫外・近赤外吸収分光分析法を用いている。近赤外領域のスペクトルにおいては、様々な官能基の高次振動や混成振動による吸収が複雑に重なっており^[10]、吸光度が、含有成分の濃度に比例するような単純なLambert-Beer則^{*4}に従うものはほとんどない。また、紫外領域にも様々な分子やイオンの吸収があり、この領域でも吸収が重なる場合がある。これらの複雑な吸光度スペクトルから濃度を算出するために、多変量解析法を

利用している。多成分の濃度をより正確に算出するためには多数の波長での吸光度、すなわち吸光度スペクトルを求める必要があるが、CS-100シリーズではマルチチャンネル検出器を使った分光器を自社開発することによって高速測定を実現している。測定周期は標準仕様で約3秒、高速仕様で約0.5秒である。

高温・低温サンプルに関しては、濃度測定精度を上げるために、熱交換器をオプションとして内部に追加して室温付近まで冷却もしくは昇温して測定している。また、測定ポイントの省スペース化が必要な場合や、サンプル薬液を高温(～80℃)のまま測定する場合には、試料セルと本体部を分離して設置可能な光ファイバタイプ(CS-100F1シリーズ)もラインナップしている^[11]。

Feature Article 特集論文 太陽電池製造工程で用いられる薬液とその計測

CS-100シリーズはその性能のほか、新規導入時の立ち上げが容易、約半年に一回のバックグラウンド補正以外は、校正などの煩雑なメンテナンスが不要である点も評価いただいている。



図3 薬液濃度モニタCS-100/100F1シリーズ

CS-100シリーズは、これまで様々な薬液種に対応できるようラインナップを増やしてきた。一例として図4にKOH/IPAモニタでの連続測定例を示す。(KOH: 1.5 mass%, IPA: 3.0 mass%液測定。測定周期約3秒)

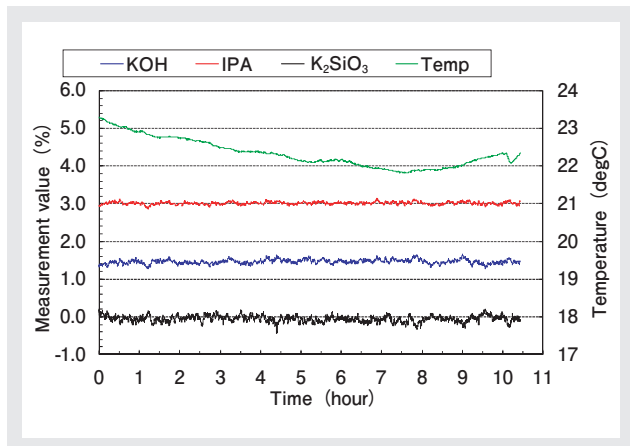


図4 KOH/IPAモニタ連続測定例

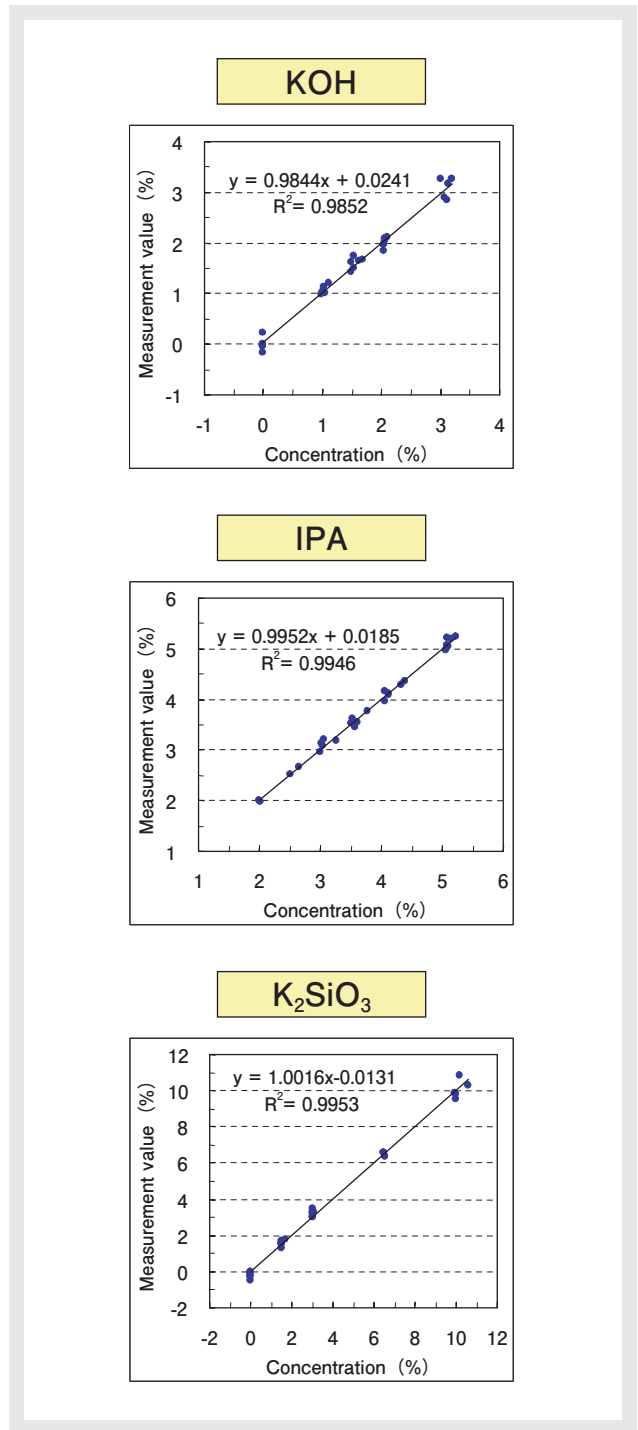


図5 KOH/IPAモニタ リニアリティ性能例

図5に同じくKOH/IPAモニタのリニアリティ性能を示す。

*4: 光の物質による吸収を定式化した法則

おわりに

—今後の濃度モニタの展望—

太陽電池分野での技術進歩やコスト競争を背景として、さらなる品質、歩留り向上のために、より高精度な副生成物管理などが必要になることも予想される。また、太陽電池メーカー各社においても独自の薬液、組成でのモニタリングが必要になることも考えられる。このような新しいプロセスに対するニーズにタイムリーに応え、顧客各社の生産性向上、ひいてはクリーンエネルギー源としての太陽電池普及に貢献していくことが我々の使命と考えている。

参考文献

- [1] VLSI Research Inc. Doc: 490581_pvcell_v10.04, 04/10
- [2] VLSI Research Inc. Doc: 695132 V9.08 - 06/09
- [3] VLSI Research Inc. Doc: 695133 V9.08 - 06/09
- [4] 江田善昭, 安部ゆかり, 二宮信治. シリコン基板洗浄の解析～高効率太陽電池製造法の開発～, 平成20年度研究報告 大分県産業科学技術センター, 2008, p.16
- [5] 江刺正喜, はじめてのMEMS, 工業調査会, 2009, p.33-36
- [6] 大見忠弘 他, ウェットプロセスが拓くプロダクトイノベーション, サイベック, 2001, p.95
- [7] 松野 繁, 表面微小凹凸構造による高効率多結晶シリコン太陽電池, J.Plasma Fusion Res. Vol.85, No.12, 2009, p.829-830
- [8] Finlay Colville, Laser scribing tools edge in front, Global Solar Technology, 2009, March/April, p.12
- [9] 矢田隆章, 高性能薬液濃度モニタ, クリーンテクノロジー, 2006, Vol.06, 12月, p.56-58
- [10] Donald A. Burns, Emil W. Ciurczak, Handbook of Near-Infrared Analysis, 1992, p.391-395
- [11] 横山一成, ウェットプロセスにおける薬液濃度モニタ, 2008, 計測技術, 12月, p.22-25



中井 陽子

Yoko NAKAI

株式会社堀場製作所
科学・半導体システム統括部
自動計測機器開発部



植田 恭弘

Yasuhiro UEDA

株式会社堀場製作所
海外本部 海外営業部

Feature Article

特集論文

インド自動車産業の現状と今後の見通し —自動車開発およびインフラ整備プロジェクトNATRIp—

A Status of Indian Automotive Industries and Future Vision — Indian Automotive R&D and Infrastructure Project, NATRIp —

小松 達生, 鶴見 和也

Tatsuo KOMATSU, Kazuya TSURUMI

インド政府は、自動車産業を2016年までに1450億円規模の市場に成長させる施策の一環として、自動車試験および研究開発インフラ整備を目的としたプロジェクト(NATRIp)を立ち上げた。2009年9月、HORIBAは、本プロジェクトの排ガス計測設備受注に成功した。NATRIpに対してHORIBAが納入する排ガス計測設備は、世界各国の異なる排ガス規制に対応する柔軟性・広範性、およびインドにおける将来の排ガス技術の発展を見越した設備の拡張性、さらに複数研究拠点での排ガス計測設備の相関性を担保した仕様となっている。加えて、生産台数の多い2輪車・3輪車、重量車の主流となっている圧縮天然ガス(CNG)エンジンなど、インド特有の自動車事情も考慮した仕様となっている。

The Indian government has started up a project, NATRIp, targeting at the automotive R&D infrastructure development as a part of the political measure to develop the automotive industry. It is the market of 145 billion JPY scale by 2016. In September 2009, HORIBA has succeeded to receive an order for the exhaust gas measurement systems in this project. Each system has a wide application for several different automotive emission regulations in the world, and it has a future extendibility corresponding to the upcoming Indian automotive technologies evolution. Also the systems have correlation capabilities between several different test laboratories in NATRIp. Additionally, the systems have specifications to meet distinctiveness of Indian market, such as emission measurement capabilities for 2- and 3-wheelers and CNG engines.

はじめに

1990年代後半以降、インドはIT産業を中核に新興国として頭角を現し、いわゆる「BRICs」の一国として注目を集めるようになってきた。それに先立つ1980年代には、日系自動車メーカーがインド現地メーカーとの合弁企業を設立する動きが出始めた。HORIBAは、この頃からインドの自動車開発用途にエンジン排ガス測定装置を提供してきた。たとえば、ARAI*¹、iCAT*²などと呼ばれる公的自動車認証機関に対しても装置を納入している。このようなインド国認証試験機関への納入実績なども評価され、インド

における自動車排ガス測定装置のHORIBAのマーケットシェアは現在80%に達しており、実質的にHORIBAの分析計はインド標準機のポジションを獲得している。このポジションをより強固なものとする為に、HORIBAグループは、インド自動車産業の成長を見込んで、2006年、現地法人「ホリバ・インド社(HIN)」*³を新たに設立した。2010年時点で、主要自動車メーカーが集中するデリー、プネー、バンガロールに営業・サービス拠点を構えるなど、現地体制の強化を進めている(図1)。

2009年9月、このインドで政府主導の自動車試験ならびに、研究開発のインフラ事業NATRIp*⁴に関連する設備

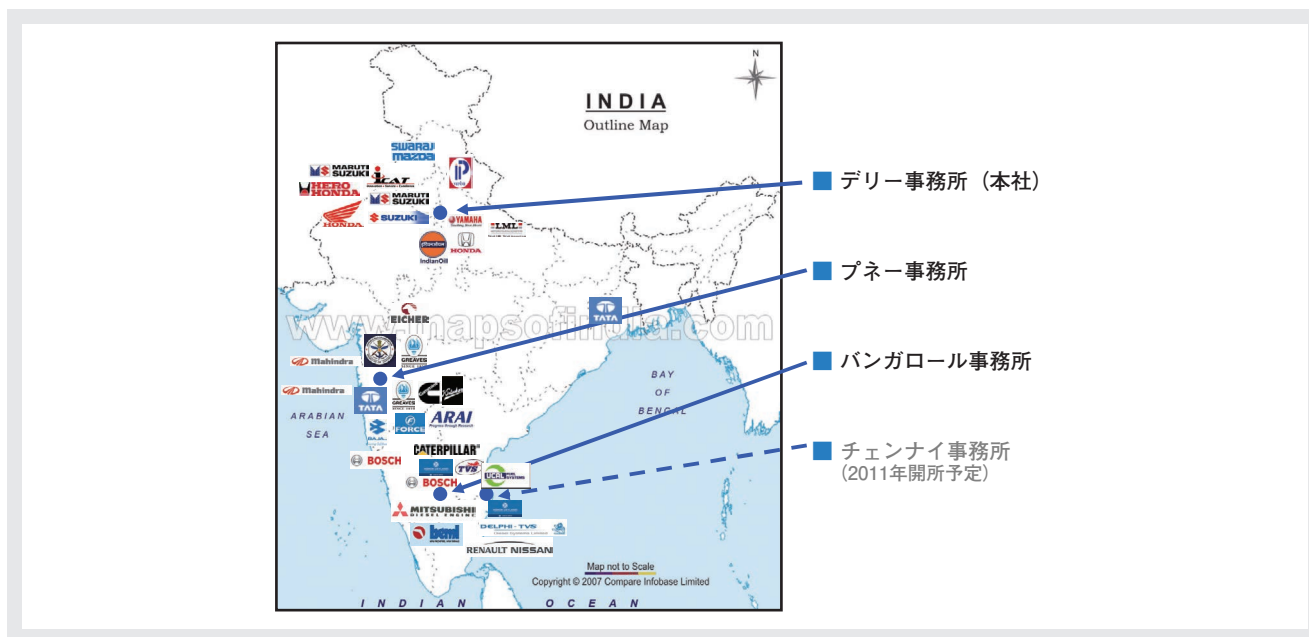


図1 HORIBA INDIA Pvt. Ltd.および主要顧客所在地

の入札がおこなわれた。HORIBAは、この入札においてエンジン排ガス計測設備を一括受注することに成功した。単に装置性能のみではなく、上述のようなインドにおけるHORIBAの継続したアクティビティと、長年にわたるインド自動車産業への貢献が評価された結果といえる。本稿では、今後インド自動車産業の成長に大きく寄与すると期待されるNATRiPへの導入設備について、インド自動車産業の動向と併せて紹介する。

- *1: ARAI: Automotive Research Association of Indiaの略。インドの自動車認証機関のひとつ。1966年にインド西部の工業都市ブネーに設立。現在、政府と自動車産業の88社によって共同運営されており、主に自動車排ガス測定、車両評価、安全性能などの認証試験が行われる。
- *2: iCAT: International Centre of Automotive Technologyの略。インドの自動車認証機関のひとつ。インド北部、デリー郊外のマネサル=グルガオン工業地帯に設立。認証試験のほか、自動車コンポーネント開発サポートや基礎開発研究が行われている。
- *3: ホリバ・インド社(HIN): 正式名称はHORIBA India Private Limited。
- *4: NATRiP: National Automotive Testing and R&D Infrastructure Projectの略。インド国内6ヶ所に整備される自動車研究開発・試験施設を拠点とし、第2次産業において世界に通用する中枢技術とノウハウの開発・育成を目的とする事業。

インドの自動車市況

インド自動車市場の特徴

インド政府は、2016年までに、国内の自動車産業を1450億円、GDPの10%以上を占める規模に成長させ、2500万人以上の雇用を創出することを、国策として中長期の目標に掲げている^[1]。図2、図3に、インドにおける2003～

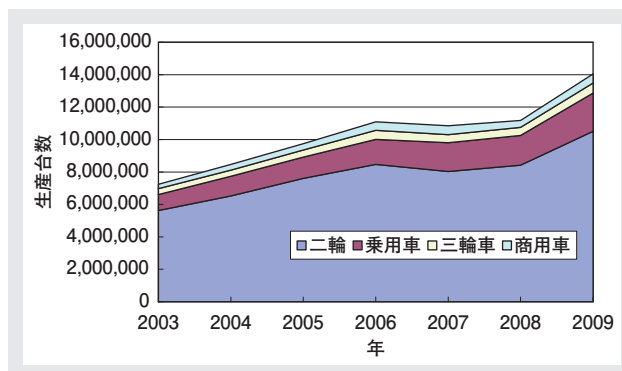


図2 インド国内自動車生産台数推移

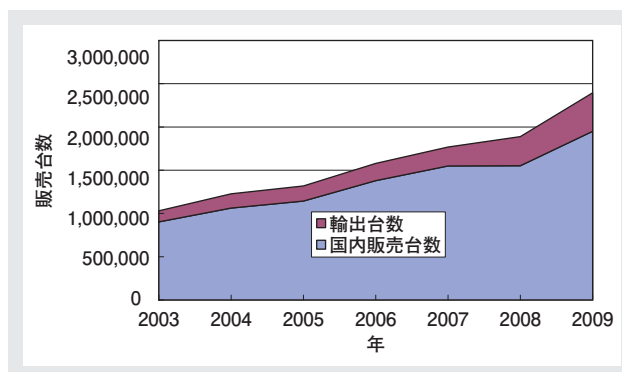


図3 乗用車販売台数の推移

Feature Article 特集論文 インド自動車産業の現状と今後の見通し

2009年の自動車生産台数、乗用車販売台数の推移を示す^[2]。2009年度の自動車(2輪車含む)の国内生産台数は1400万台(2009年10月統計)、また乗用車輸出実績は44万台以上で、それぞれ前年比26%増、33%増の伸びをみせている。引き続き大きな成長が見込まれるインド自動車産業で特筆すべき点は、他地域よりも「小型車」が重要な役割を担っていることである。価格、燃費に優れた小型車は、自動車を持つだけの経済力を確保しつつあるインドの中間所得者の心を掴み、着実に販売台数を増やしている。同時にインド政府は、自動車産業育成政策として策定した「自動車産業育成10年計画(AMP: Automotive Mission Plan 2006~2016)^[1]」で小型車の生産・輸出の推進を目標に掲げ、小型車に優遇措置を講じている。たとえば、一般乗用車は本来24%の物品税(日本の消費税に相当)を課せられるところを、小型車の物品税は2006年に16%、さらに2008年には12%に引き下げられた。なお、ここでの小型車は、全長4 mで排気量1.2 L未満(ディーゼルの場合は1.5 L未満)のものを指す。

このような状況をふまえて、自動車メーカーの主たる投資も小型車開発に集中している。小型車生産を得意とし、乗用車部門においてインド国内5割のシェアを握るマルチ・スズキ社は、スズキグループにおける小型車開発のハブとして、外資系企業初の本格的なグローバルR&D拠点をインドに設立する。民族系乗用車メーカートップのタタモーターズ社は超低価格車Nanoを発売し、新たな小型車の可能性を世界に示した。また、トヨタ自動車は「ワンランク上」をテーマに開発した小型車Etiosを2010年末から生産開始、日産はマーチの同型車Micraを2010年5月からチェンナイ工場で生産開始している。

表1 2008-09 乗用車販売台数シェア

順位	企業名	シェア
1位	MARUTI SUZUKI INDIA Ltd.	47.7%
2位	HYUNDAI MOTOR INDIA Ltd.	16.1%
3位	TATA MOTORS Ltd.	14.3%
4位	MAHINDRA & MAHINDRA Ltd.	6.3%
5位	GENERAL MOTORS INDIA Pvt. Ltd.	3.6%
6位	HONDA SIEL CARS INDIA Ltd.	3.5%
7位	TOYOTA KIRLOSKAR MOTOR Pvt. Ltd.	3.1%
8位	FORD INDIA Pvt. Ltd.	1.8%
9位	SKODA AUTO INDIA Pvt. Ltd.	0.9%
10位	MAHINDRA RENAULT Pvt. Ltd.	0.9%

引用元: SIAM(Society of Indian Automobile Manufactures) [2]

このような小型車を中心とした地産地消は、増大する国内需要にも支えられ、今後も続く予想されるが、将来的には世界のグローバルマーケットをターゲットとした小型車の開発・生産拠点をめし、低価格・安全品質を強みとしつつ環境にも配慮した、自動車産業の育成が、国家事業として推進されるものと考えられる。

自動車排ガス政策

インドでは、1989年から、首都デリーやいくつかの州を対象にエミッション規制が導入され始めた。さらに、1990年に連邦政府の自動車法が強化されたのを受け、インド全土にエミッション規制が適用されるようになった。インドの規制は、欧州の排ガス基準(Euro 1~6)に準じた「Bharat Stage^{*5}」で規定される。

図4に、インドと欧州の排ガス規制の比較を示す。インドでは、ディーゼル乗用車に対して1992年からマスエミッ

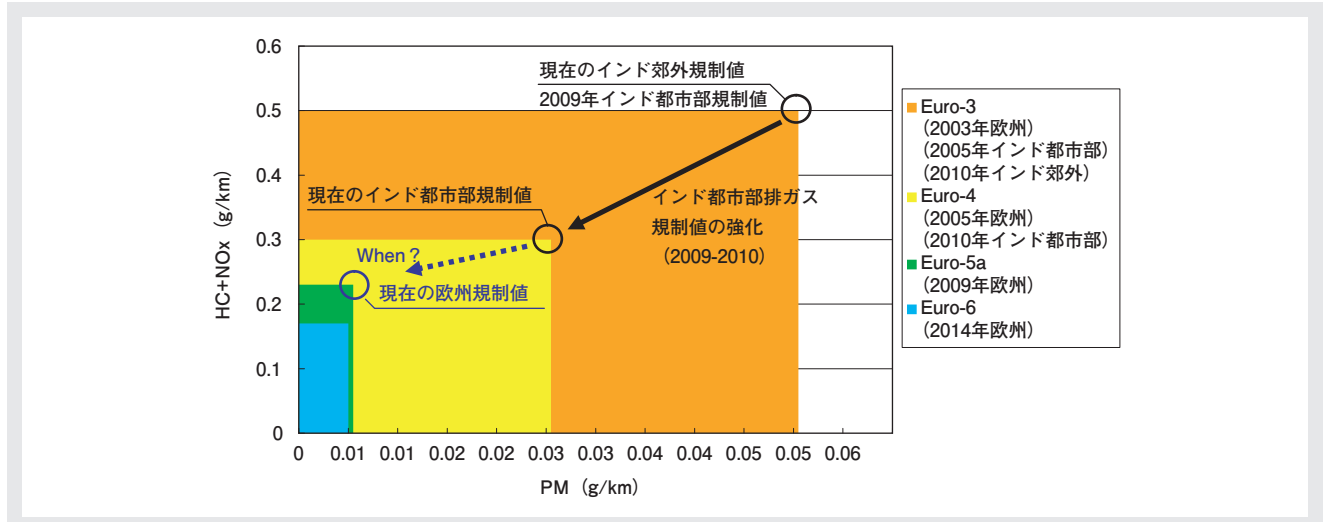


図4 インドにおける排ガス規制の動向(ディーゼル乗用車)

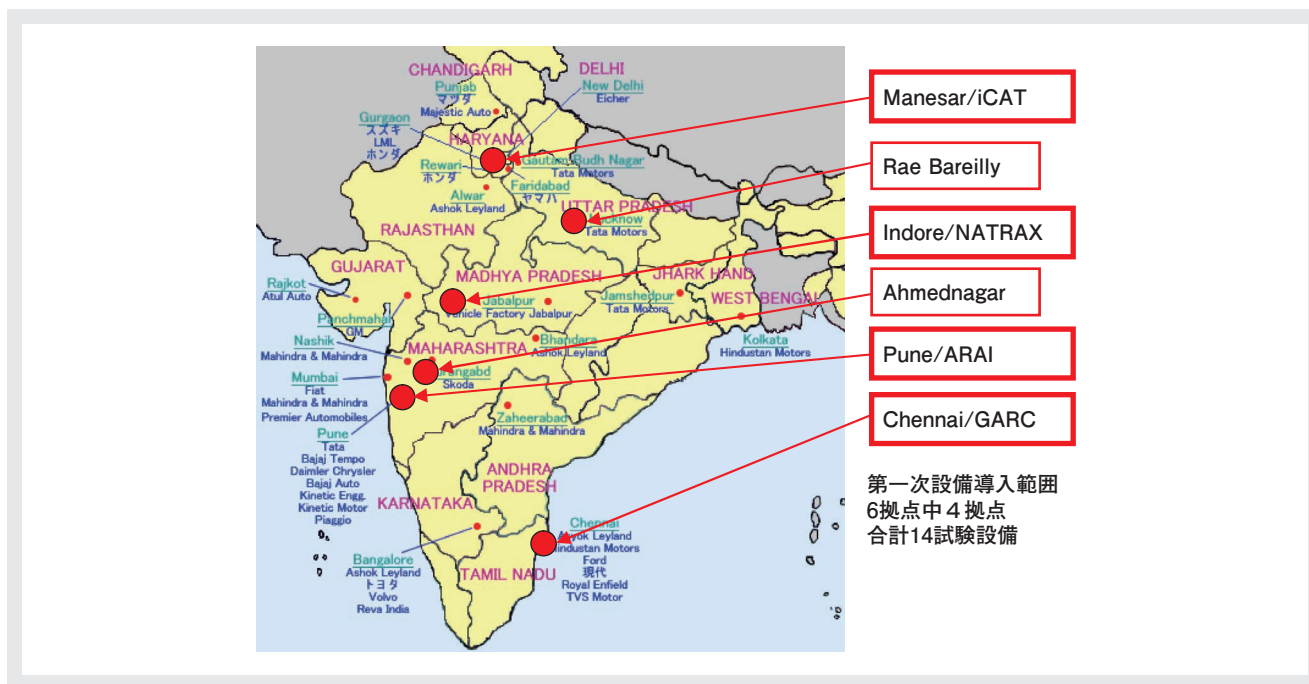


図5 NATRiP研究拠点

ション規制が適用され、2010年4月には郊外でBharat Stage II (Euro 2相当)、主要都市部ではBharat Stage III (Euro 3相当)が導入された。一方、欧州ではさらに厳しいEuro 5aがすでに適用されており、インドでもこれを追いかける形で、Bharat Stage IV (Euro 4相当)を2012～2013年度に都市部で導入することを検討している。このように欧州の排ガス基準の短期間での採用が進められている背景には、単に大気汚染の問題だけではなく、世界の自動車排ガス規制レベルに追い付くことで、技術力を担保すると同時に国際競争力を獲得する狙いもある。

*5：Bharat Stage：インドの自動車排ガス認証法規の名称。11都市部とそれ以外の地域で排ガス規制値が異なる。乗用車走行サイクル (Bharat Stageサイクル)は、欧州で用いられているMVEG-B (ECE +EUDC)90 km/h運転サイクルと同等。

NATRiPプロジェクト

NATRiPの意義

NATRiPは、インド政府が自動車産業をIT産業に続く第二の主軸産業と位置づけ、世界に通用する中枢技術の開発・育成、世界市場における競争力の確保を目標に掲げて立ち上げたプロジェクトである。このプロジェクトは、単に自動車産業を育成するのみならず、電力・建設・鉄鋼・素材など自動車に関連する他産業の成長も目指すも

ので、インドにとって、国力強化に向けた極めて重要な国家戦略プロジェクトといえる。

図5に、プロジェクトで自動車試験施設が設立される予定地を示す。このように、NATRiPでは、現在既に公的認証機関 (ARAI, iCATなど)が存在する拠点と、まったく新規の拠点、合わせて6箇所が今後の研究開発拠点として運営される予定である。対象の研究施設は、エンジンや部品の研究開発棟から実走行試験用のテストコースまで多岐にわたり、いずれも世界先端レベルの設備が整備されていく予定である。一部既存設備が使用できる拠点もあるものの、基本的には新規に設備を導入する拠点多く、土地取得、建物・テストコースの建設費用まで含めると、これら拠点整備の費用総額は400億円にものぼる。インドは、この投資により国内自動車産業の基盤整備を行うとともに、世界水準に早期に追いつき、ひいてはグローバル自動車市場において存在感を示すことを目指している。

受注設備概要

HORIBAは、今回NATRiPより以下の設備を受注した。本節では設備概要について紹介する。

- ・重量車エンジン排ガス計測設備：5式
- ・オフロードエンジン排ガス計測設備：2式
- ・中・軽量車排ガス計測設備：8式
- ・2輪車・3輪車排ガス計測設備：1式

Feature Article 特集論文 インド自動車産業の現状と今後の見通し

NATrIPの設備に求められる要件

NATrIPに設備を導入するにあたり、排ガス計測設備に対して特に要求される要件が存在する。以下、簡単に解説する。

(1) 世界各地域の排ガス規制への対応

インド自動車産業が国際競争力を獲得するためには、NATrIPに納入される設備は、世界各地域(特に欧州・北米)で採用されている排ガス規制の要件を満たす必要がある。具体的には、少なくとも、欧州経済共同体(EU)、国連欧州委員会(UN/ECE)、米国環境保護庁(EPA)、カリフォルニア州大気資源局(CARB)がそれぞれ規定する規制・基準を考慮することが必要となる。ところが、欧州と北米では、規制・基準の要求で異なる部分があるため、仕様決めの際には注意が必要である。図6に、欧州・北米両方の規制に対応した粒子状物質(PM)サンプリングシステムの例を示す。PM採取フィルタに関する要求が互いに異なるため、NATrIPではそれぞれ専用の装置を使う構成になっている。

(2) インド国内の排ガス規制事情への対応

前述したように、インド国内においては、欧州の排ガス規制(Euro)に準拠したBharat Stageという規制が採用されている。したがって、国内規制対応計測設備に関しては欧州の要件を満たしていればよい。ただし、対象成分

の排出規制値は、欧米のレベルには追いついておらず、現在の欧州や北米で要求される排出ガス基準値と比べて約20倍高い値となっている。その結果、インドでは、輸出向けの場合、欧米並みのクリーンな排ガスの計測が求められる一方で、国内(特に非都市部)向けでは汚染物質濃度の高い排ガスの計測が同設備上で要求されるという状況にある。この場合、たとえば、欧州・北米向けの排ガス計測を実施する装置が、国内向け車両の排ガスによって汚染されてしまわない工夫が必要である。図7に、その対策として、低濃度排ガス用と高濃度排ガス用とでガス流路を分離した設備の例を示す。

(3) 将来の法規動向を考慮した拡張性

現在、世界各国において、自動車のさらなる低エミッション化、省燃費化を目的とした規制強化の動きが活発である。欧州では、重量車の最新エミッション規制であるEuro VIが2014年から導入される。米国カリフォルニア州では、小型車の次期排ガス基準であるLEV III制定に向けた公聴会が開始された。また、国連の自動車基準世界調和フォーラムでは、以前からの基準調和・相互認証活動としてのUN/ECE規則に加え、相互認証を含まない世界統一基準(gtr)の制定もすすめられている。排ガス試験関連では、すでに2輪車(WMTC^{*6})と重量車(WHDC^{*7})のgtrが制定済みで、乗用車(WLTP^{*8})についても検討が始まっている。さらに、地球温暖化問題・エネルギー問題にからんで、各地域で温室効果ガスの規

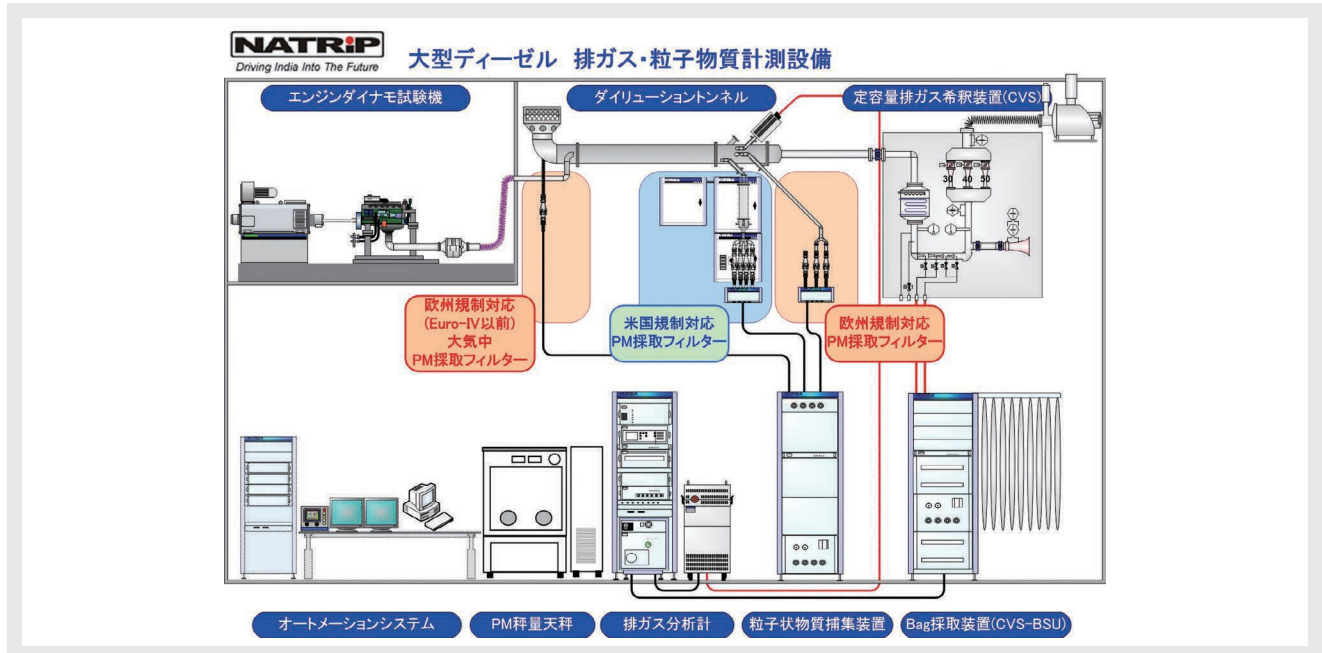


図6 欧州・米国PMサンプリングシステム

制や燃費計測法規の再整備の動きがある。
 NATRiPに導入される設備は、インド国家による排ガス
 認証設備でもあり、このような将来的な世界の法規動向
 を見据えたものでなければならない。少なくとも、予測で
 できる範囲の要求変化にあわせて、設備のアップデートが
 可能な構造・構成であることが求められる。

- *6: WMTC: Worldwide Harmonized Motorcycle Emission Certification Procedureの略。国連欧州委員会が定める、自動二輪車排ガス計測手法の世界統一基準。gtr No.2。
- *7: WHDC: Worldwide Harmonized Heavy-Duty Emission Certification Procedureの略。国連欧州委員会が定める、重量車エンジンの排ガス計測手法の世界統一基準。gtr No.4。
- *8: WLTC: Worldwide Harmonized Light-Duty Emission Test Procedureの略。国連欧州委員会の作業部会で現在策定中の、中軽量車排ガス計測手法の世界統一基準。

(4) 研究拠点間での相関

インドでは、広大な国土のうち、北部のデリー、中部のブネー、南部のチェンナイ近辺に主たる自動車会社が分散して拠点を構えている。NATRiPでは、このような重要拠点それぞれに認証設備が設立される。これは、大半の自動車メーカーの研究開発拠点と環境保護庁(EPA)の認証設備が一箇所(ミシガン州)に集中する米国などと、大きく異なる点である。

このように国内に複数の認証拠点がある場合、基準となる各拠点で試験結果に差があることは許されない。すなわち、拠点間で排ガス計測結果に相関があることが極め

て重要となる。しかし、実際には、各拠点間での試験結果相関性確保は極めて困難である。ここに相関に影響する主要因をあげる。

- ・計測システム自体の機差：校正手法や調整の違い
- ・運転者の違い：(人間のドライバーが運転する場合)アクセルを踏み続ける時間や踏み方の個人差
- ・ダイナモメータの機差：エンジンダイナモやシャシダイナモの慣性・トルク校正の精度の違い
- ・環境条件：水温・油温、吸入空気の温湿度・気圧、触媒筒に当たる冷却風などの影響
- ・校正ガス精度：分析計を校正するガスボンベの精度

最終的な排ガス計測結果のばらつきを抑えるためには、各要因の影響を最小にする必要がある。たとえば、最初にあげた計測システムの機差については、校正方法を自動化することにより、校正作業者に起因する誤差を抑制する効果が期待できる。

納入設備の特徴

(1) 重量車エンジン排ガス計測設備

図8に、NATRiPに納入する重量車エンジン排ガス計測システムのイメージを示す。重量車エンジンの試験では、エンジンを単体で運転し、ガス濃度計測用の希釈排ガスのサンプリング、およびPMのフィルタ捕集を行う。希釈には、全流希釈トンネル(フルトンネル)と定容量希釈サンプリング装置(CVS)の組み合わせを用いる。

NATRiPの設備の特徴として、後述のようにディーゼル

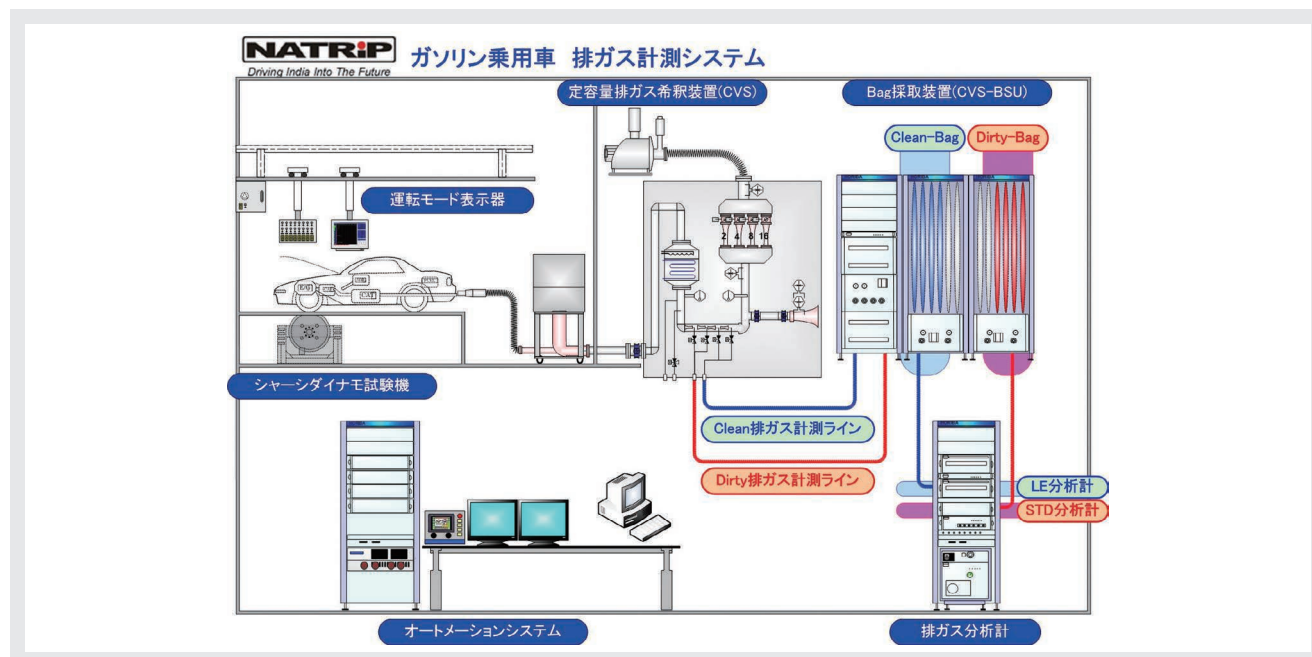


図7 Clean・Dirty排ガス計測フロー

Feature Article 特集論文 インド自動車産業の現状と今後の見通し

エンジンのほかにCNGエンジン排ガスの計測を意識した仕様であることがあげられる。これは、一般的には重量車エンジンはディーゼルが主流であるのに対し、インドの場合は圧縮天然ガス(CNG)を燃料としたバスやトラックが都市部における主流であるためである。具体的には、以下のような構成となっている。

ディーゼル用・CNG用のライン分離：

ディーゼル排ガス計測では、希釈トンネル内壁をはじめ、サンプルラインにPMが付着しやすい。さらに、その付着PMには、高い確率で炭化水素(HC)などの排ガス成分が吸着する。そこで、ディーゼルエンジン用とCNGエンジン用とでサンプルラインを分離し、このような吸着成分がCNGエンジンの計測結果に与える影響を低減している。

HC分析計：

ディーゼル計測ではHCは加熱条件(191℃)下での計測が要求されるのに対し、CNG計測の場合はこのような規定がない。CNGは比較的低沸点のHCで構成されていることから、高温サンプリングの必要性は低く、むしろ191℃では燃焼してしまう成分もあると考えられる。このため、NATRiPの設備では加熱(191℃)・常温の両方のHC分析計を搭載している^[3]。

また、メタン(CH₄)分析計についてもノンメタンカット法、ガスクロマトグラフ法という2種類の方式のものが搭載されている。これは、欧州では前者による連続法が主流で

ある一方、北米の法規では後者による計測が要求されているためである。

(2) オフロードエンジン排ガス計測設備

オフロードエンジンの排ガス計測は、ダイレクト分析計によるガス濃度計測と、分流希釈トンネル(マイクロトンネル)によるPMサンプリング手法を用いている。PMサンプリング部は、欧州法規による最新の動向を加味し、PM捕集フィルタを47℃±5℃で温度制御している。

(3) 中・軽量車排ガス計測設備

図9に、ガソリン車およびディーゼル車共用の排ガス計測設備のイメージを示す。特徴としては、ディーゼルPMの残留による影響を低減するため、ディーゼル計測用・ガソリン計測用のラインを互いに分離した構成となっている。また、ガソリン車排ガスが将来さらに低濃度化することを想定し、CVS内のガソリン計測ラインについては、高濃度計測用と低濃度計測用を別々に設けている。そのほか、排ガスの希釈率を必要最低限にとどめるため、水分量0.25%(重量%)以下のレベルまで希釈空気を除湿し、CVSバッグも加熱可能な構成としている。これにより、一般的な手法と比べて約3倍の排ガス濃度を確保することが可能で、低濃度排ガスの計測に有利である。

(4) 2輪車・3輪車排ガス計測設備

インドの街中では、オートリクシャと呼ばれる3輪タクシーが多数走っている。また、2輪車の台数も諸外国と比べて群を抜いて多く、2輪車・3輪車が国内自動車販売に占め

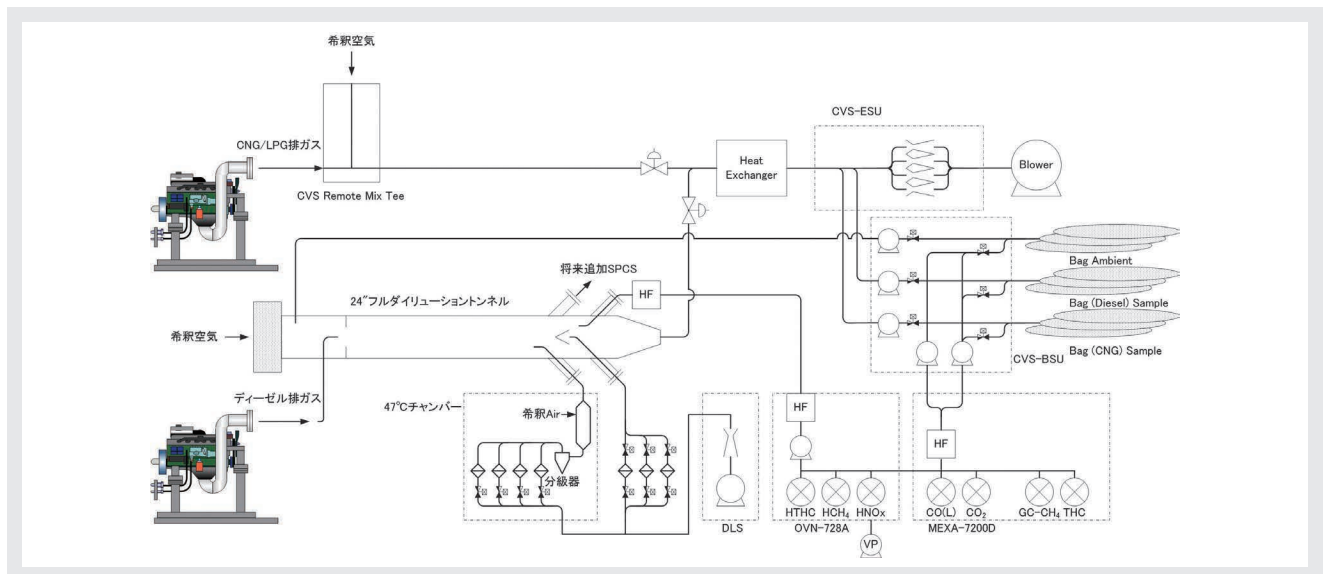


図8 大型エンジン排ガス計測システムフロー

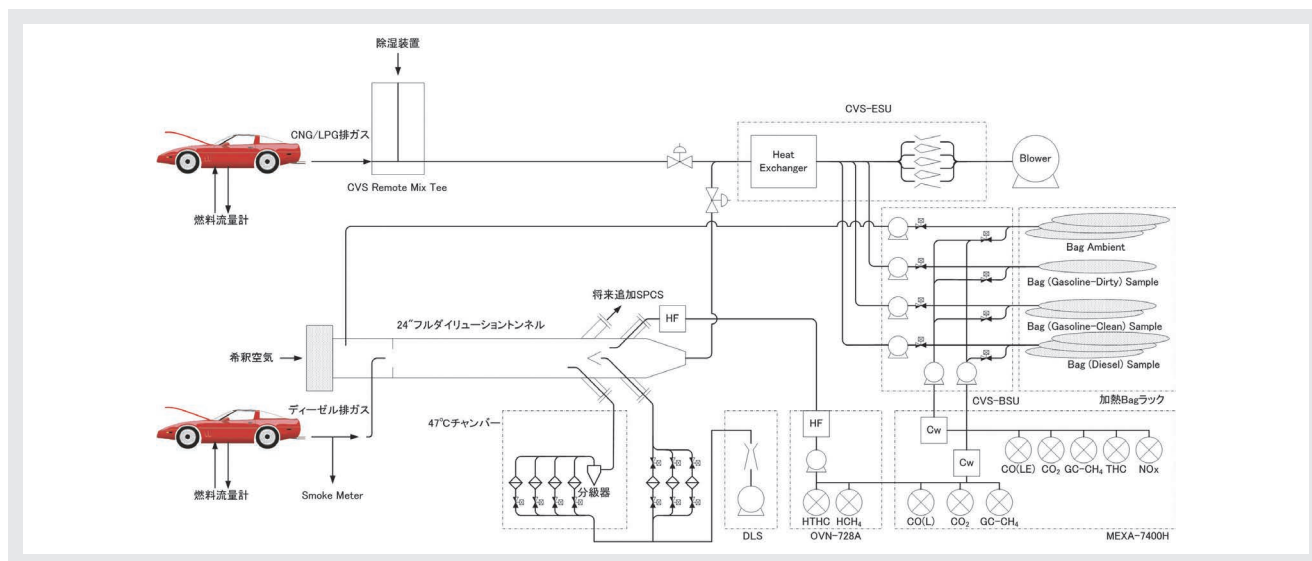


図9 乗用車排ガス計測システムフロー

る割合は80%にもものぼる(2009年)。このため、2輪車・3輪車用の排ガス計測需要も高い。NATRiPでは、今回1式のパイロットベンチの立ち上げを皮切りに、将来は全ての研究拠点に2輪車・3輪車の排ガス計測ラボを立ち上げる予定である。

2輪車・3輪車排ガス計測設備の場合、分析計・サンプリングシステムの構成は、ほぼ中・軽量車ベンチと同等である。ただし、排ガス流量の少ない50~200 ccの小型エンジンが主流となるため、CVSも標準より低流量(最低流量 $2\text{ m}^3/\text{min}$)での運転が可能となっている。また、3輪車の場合、エンジンの種類や燃料は多岐に渡る。2ストロークエンジンも珍しくないため、排気管から出る潤滑油ミストのトラップを設けるなどの対応を行っている。

4. おわりに

今回NATRiPに納入する設備は、今後インドで生産販売あるいは輸出される自動車の排ガス測定に、インド標準機として使用されることになる。自動車の環境負荷が世界的に関心を集める昨今、インドのような新興国においても排ガス低減や燃費改善(CO_2 排出抑制)は重要な課題であり、自動車の研究開発における排ガス測定装置の必要性は今以上に高まることは間違いない。今後も、これまでの経験と計測技術をベースに、排ガス計測のリーディングカンパニーとして各国独自の要求に確実に応えていくことが、HORIBAの使命である。

参考文献

- [1] Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises Government of India. "Automotive Mission Plan 2006-2016, A Mission for Development of Indian Automotive Industry". 2006.
- [2] "Automobile Industry Statistics of India by Automobile Association of India". Society of Indian Automobile Manufacturers. <http://www.siamindia.com/scripts/industrystatistics.aspx>, (accessed 2010-08-16).
- [3] State of California Air Resource Board, "A Complete Set of the Speciated Emission Profiles used to Establish Light Duty RAFs for CNG and LPG and Medium Duty Baseline Specific Reactivity".



小松 達生

Tatsuo KOMATSU

自動車計測システム統括部
自動車計測企画部
副部長



鶴見 和也

Kazuya TSURUMI

自動車計測システム統括部
プロジェクトマネジメント部
マネジャー

Selected Article

一般論文

レティクル／マスク異物除去装置用標準サンプルの開発 — パーティクルリムーバー RP-1 —

Developing the standard sample for the reticle/mask particle remover

— Particle Remover RP-1 —

清水 智也

Tomoya SHIMIZU

半導体デバイス製造現場では、レティクルのペリクル膜およびガラス面上の異物除去処理は、エアブローまたは粘着剤などを用いて手動で行われることが多い。このとき、ペリクル膜を汚損する問題が発生する場合がある。このような人為的なミスによるペリクル膜の汚損リスクを低下させ、レティクルを清浄な状態で長期に維持するため、ペリクル膜およびガラス面上の異物除去を自動で行う装置パーティクルリムーバーRP-1を開発した。今回、標準サンプルを考案したことによって、除去率の定量化と再現実験が可能となり装置の性能保証を実現した。さらに、標準粒子付着後の除去率経時変化についても考察を加える。

In manufacturing semiconductor devices, removing particles on a pellicle and a glass surface of a reticle has been frequently done by manual air blow or by adhesive substance. In this case, pellicles can be contaminated. To reduce the risk of causing such errors and keep reticles clean over the long term, we developed the Particle Remover RP-1 that automatically removes particles on a pellicle and a glass surface. This time, developing the standard sample allows to measure removal rate and repeat test, which assure performance of RP-1. Moreover, time dependency of the removal rate after attaching particles is reported.

はじめに

フォトリソグラフィとは、レティクルやマスクと呼ばれる原版に印刷されたパターンをウェハ表面に転写することによって、半導体デバイスの大量生産を可能にする技術である。近年は回路パターンの微細化に伴い、転写時に欠陥の原因となるレティクル表面上の異物も小さくなっている。そのため、レティクルのパターン面には直接パーティクルが付着しないように、ペリクルと呼ばれる透明な高分子膜が貼られている。このペリクル膜は、露光時に使用される光の短波長化に伴い材質の変更(セルロースからフッ素系材料)および薄膜化が進んでいる。

当社では、このレティクルのペリクル膜およびガラス面上のパーティクル除去を自動で行う装置RP-1の開発を行った。開発にあたって重要と考えたのが、定量的な性能評価手法の確立である。今回、標準サンプルを考案したことによって除去率の定量化と再現実験が可能となったのでその詳細を示す。さらに、異物付着後の除去率経時変化についても考察を加えた。

開発の背景と製品コンセプト

レティクルのペリクル膜およびガラス面上に異物が付着した場合の問題について述べる。ペリクル膜およびガラ

ス面上に異物が付着した状態で、微細パターンを転写しても、ウェハ表面にて微細な異物の像は、デフォーカスされるため欠陥を形成しない。しかし、一定以上の大きさの異物が付着した場合には露光量にムラを生じ、微細パターンに欠陥を形成してしまう。この時、欠陥の原因となる異物の大きさは、露光機やパターンのデザインによって異なる。これまで、デバイスメーカー等において、ペリクル上に基準以上の個数または、基準以上の大きさの異物が検出された場合、オペレーターがケースからレティクルを取り出し、直接ペリクル表面をエアブローにより異物を除去するのが一般的であった。しかし、この処理には以下のような問題が挙げられる。

- ① オペレーターのミスによるペリクルの汚損
- ② レティクルに触れる際、静電気発生によるパターンの破壊
- ③ レティクルをケースから出し入れすることによる異物付着リスクの増加

以上の理由により自動で効率的に、ペリクル上およびガラス面上の異物を除去する装置への期待が高まっている。これらのニーズに対応するため、RP-1はペリクル膜およびガラス面上の異物除去を、レティクルケースの開閉からステージへの搬送、異物除去、ケースへの返却までのプロセスを自動化した。異物除去機構は、レティクルのペリクル膜およびガラス面上の異物を、クリーンドライエアーによって効率的に除去できることを特徴としている。RP-1の異物除去性能の仕様は、ペリクル膜上では直径20 μm標準粒子で90%以上、ガラス面上では直径5 μmの標準粒子で90%以上を仕様とした。また、RP-1の除去対象は、レティクル表面にて成長した異物ではなく、降下異物とした。

装置の概要

RP-1は異物除去機構、各種のレティクルケース開閉機構、レティクル搬送機構を有する。異物除去は0.3×10 mmスリットから吹き出すエアにより、異物を対象表面から離脱させバキュームによって吸い込むことによって行う。異物除去プローブおよびその可動部とレティクル上の異物除去経路を図1に示す。図1の矢印に示す経路でプローブを動かすことによってペリクル膜およびガラス面全面の異物を効率的に除去する。

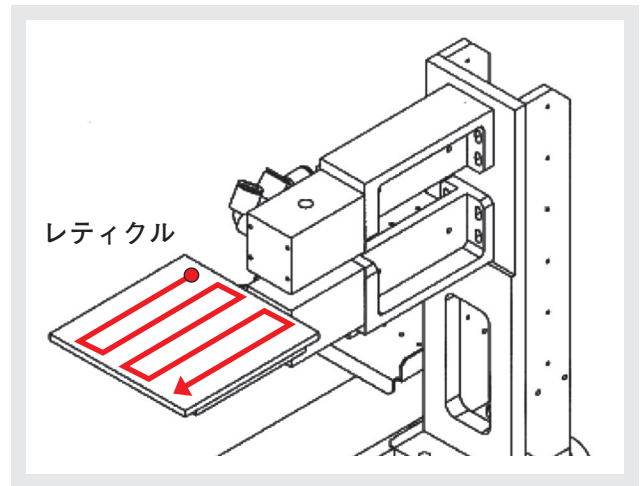


図1 RP-1の異物除去機構部

異物除去性能評価方法

評価方法の検討

RP-1の異物除去性能を評価するには、異物の付着状態がわかったサンプルを必要とする。しかし、実際にクリーンルーム内で発生する異物は、大きさ、形状とも一様でなく、粘着性のあるものや潮解性のあるものも含まれる。このため状態の再現が困難であり、適切な指標にならない。そこで大きさが均一に作製されたホウ珪酸ガラス粒子(標準粒子)が、RP-1の性能評価に適切ではないかと考え評価を行った。

標準粒子の受ける空気抵抗

標準粒子と不整形異物との動力学的性質を比較する。標準粒子は真球に近い球形粒子である。同じ体積をもつ球形粒子の終末重力沈降速度を v_s 、回転楕円体粒子の終末重力沈降速度 v_{el} とし、その比 η_1 を式(1)に示す。

$$\eta_1 = v_{el} / v_s = \beta^{-1/3} \kappa^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

$1/\beta$ は回転楕円体のアスペクト比である。 $\beta = 1$ で真球、 $\beta > 1$ の領域で扁平球、 $\beta < 1$ の領域では扁平長球となる。 κ (不整形粒子の動力学的補正因子)を式(2)に示す。

$$\frac{1}{\kappa} = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{\kappa_c} + \frac{2}{\kappa_a} \right) \dots\dots\dots (2)$$

κ_c は回転軸方向成分、 κ_a は回転半径方向成分で、それぞれ次式で与えられる。

扁長球 ($\beta < 1$) について,

$$\kappa_c = \frac{\frac{4}{3}(1-\beta^2)}{\frac{(2-\beta^2)\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \ln\left(\frac{1+\sqrt{1-\beta^2}}{\beta}\right) - \beta} \dots\dots\dots (3)$$

$$\kappa_a = \frac{\frac{8}{3}(1-\beta^2)}{\frac{(2-3\beta^2)\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \ln\left(\frac{1+\sqrt{1-\beta^2}}{\beta}\right) + \beta} \dots\dots\dots (4)$$

扁平球 ($\beta > 1$) について,

$$\kappa_c = \frac{\frac{4}{3}(\beta^2-1)}{\frac{\beta(\beta^2-2)}{\sqrt{\beta^2-1}} \arctan\sqrt{\beta^2-1} + \beta} \dots\dots\dots (5)$$

$$\kappa_a = \frac{\frac{8}{3}(\beta^2-1)}{\frac{\beta(3\beta^2-2)}{\sqrt{\beta^2-1}} \arctan\sqrt{\beta^2-1} - \beta} \dots\dots\dots (6)$$

式(1)より, η_1 と β の関係を図2に示す。^[1]

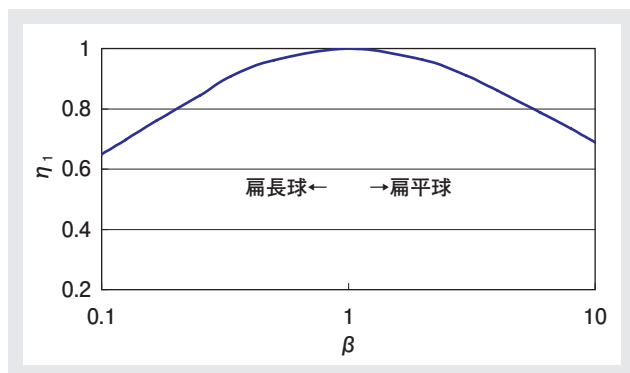


図2 同じ体積を持つ球形粒子に対する回転楕円体の重力沈降速度の比

図2より, 同じ体積を持つ回転楕円体では真球より重力沈降速度の比は小さくなっている。これは回転楕円体が, 真球より空気力学的径が大きいためである。一般の異物は, 回転楕円体より複雑な形状であり真球と同体積の場合で比較すると, より大きな投影面積を持つため空気抵抗を受けやすい。よって, 標準粒子は一般の異物より除去されにくいと考えられる。ただし, ここでは粘着性異物や潮解性のある異物は考慮していない。本章の式および図2は参考文献^[1]より引用した。

標準サンプル作製方法

RP-1用標準サンプルの評価には当社製異物検査装置PR-PD3(以下PD3)を用いる。PD3は, レーザー散乱方式により直径0.5 μm 以上の異物検出感度を有する。また検出した異物のマッピング, 顕微鏡観察機能を備えており, 異物の検出および観察が可能である。以下に適量の標準粒子をレティクル表面に均一に分散させる方法について述べる。

一般的に異物検査装置の標準サンプルは, 清浄なレティクル上に粒子を含んだミストを降下, 一様に分布したものを蒸発乾固させることによって作製する。PDシリーズの標準サンプルの場合は, 一定濃度の粒子を含んだ液滴をレティクル表面の一部に滴下し, 蒸発乾固させることによって作製する。しかし, 上記の方法では, 水垢が標準粒子とレティクル表面との間に入り, 強い力で付着する可能性があるため, RP-1の評価には適さない。

そこで, 乾燥状態の標準粒子をレティクル表面に均一に分散することで標準サンプルの作製を試みた。使用するのはDukeScientific社製ホウ珪酸ガラス粒子, 粒径5~40 μm のものである。異なる粒径の中でも均一に分散させることが困難な20 μm , 40 μm 標準粒子の標準サンプル作製について述べる。

20 μm および40 μm 標準粒子をレティクルのガラス面上に, 800 mmの高さから自然に分散降下させた結果を図3に示す。以上の作業はクリーンルーム内で気流を遮断した清浄空間において行った。

図3において, 赤線で囲まれた範囲がレティクル表面の検査エリア(120×100 mm), ローマ字記号が, 散乱光検出箇所である。図3(a)に示すように20 μm 標準粒子はレティクル全体に均一分散している。一方, 40 μm 標準粒子は図3(b)のようにレティクル上端に極端に密集している。これは, 粒子の沈降速度が大きすぎたため十分に分散する前にレティクル表面に到達したためと考えられる。大気中における終末重力沈降速度を式(8)に示す。

$$v_s = \frac{2(\rho_p - \rho)}{9\mu} a^2 g \dots\dots\dots (8)$$

$\rho_p = 2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (ホウ珪酸ガラスの密度), $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ (空気20 $^{\circ}\text{C}$ の密度), $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ (重力加速度), $\mu = 1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa/s}$ (空気20 $^{\circ}\text{C}$ の粘度)である。式(8)より20 μm

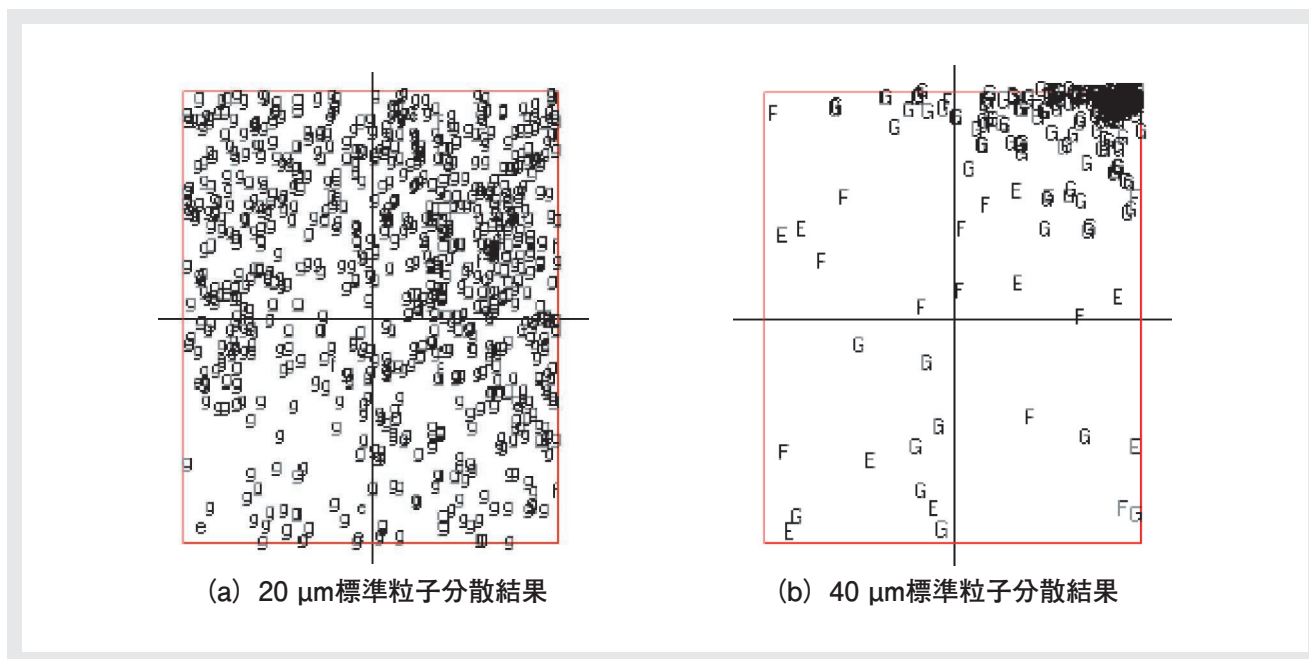


図3 レティクル上に標準粒子を分散配置した結果マッピングイメージ
 グリッド入りテスト用レティクル使用 ブロー流量：バキューム流量=6：10(L/min)

標準粒子の重力沈降速度は0.03 m/sであるのに対し40 μm標準粒子では、0.12 m/sと4倍大きく、20 μm標準粒子と同程度の均一に分散させるためには4倍以上の高さから落下させる必要がある。クリーンルーム内で3 m以上の高さから、レティクル上に標準粒子を落下させるのは困難である。そこで40 μm標準粒子落下時に適切な乱流を発生させた結果、20 μm標準粒子と同様に均一な分散が得られた。

次に、レティクル上に分散した標準粒子が多粒子であるか単粒子であるか、その存在割合を調べた結果を表1に示す。粒子が多粒子である場合、単粒子と比較し空気抵抗が大きくなるため、同一の基準で評価できない。単粒子または多粒子であるかの判断は、標準粒子付着後のレティクルをPD3で検出し、1個ずつ顕微鏡観察によって確認している。

表1より、10 μm以上の標準粒子は80%、5 μmでは70%以上が単粒子であった。5 μm標準粒子は、分散以前に粒子同士の重心の間隔は、約5 μmと小さく静電気力などが影響し、多粒子の割合が増えたと考えられる。

表1 各粒径による標準粒子*の単粒子率

粒径(μm)	5	10	20	40
単粒子(個)	684	827	798	900
多粒子+単粒子(個)	989	990	980	900
単粒子率(%)	70.1	85.5	81.4	100.0

*DukeScientific社カタログナンバー9005, 9010, 9020, 9040

単粒子率の違いによる除去率の誤差は以下のように推定できる。標準粒子をレティクル上に分散させたとき、単粒子350個、多粒子150個(単粒子率70%)であったとし、除去処理後10個の単粒子標準粒子が残ったと仮定する。単粒子の除去率は97.1% (=340/350×100)、多粒子を含めた除去率は98.0% (=490/500×100)となり、単粒子率のみの場合と比較して0.9%の誤差が生じる。除去率を求める際、常に、単粒子か多粒子かを確認することは困難であるため、標準粒子は全て単粒子として扱う。よって除去率は、以上の誤差を含んでいるものとする。除去前の標準粒子数が少ないと誤差が大きくなるため、誤差を十分小さくするために、除去前の標準粒子数500個以上を基準とした。

標準粒子除去性能の評価と考察

各ブロー条件による除去率の変化

本章ではペリクル膜上の異物を想定した評価結果を示す。

清浄なレティクルを準備し、PD3にて異物付着の有無を確認する。すでに付着異物がある場合は標準粒子と区別できる様に記録しておく。使用するレティクルは、標準粒子を特定しやすくするためグリッド入りレティクルを用いる。先に述べた方法により、標準粒子を付着させPD3で測定する。検出された標準粒子の数と除去処理後の測定

に検出された数を比較することにより除去率を算出する。**図4**にブローの流量を変更したときの標準粒子除去率の変化を示す。**図4**より、流量を上げることによって除去率が向上していることがわかる。ただし、流量を上げすぎるとペリクルを損傷する可能性がある。そこで各種のペリクル(i線, g線, KrF, ArF用など)で破損のおそれがある流量を別途調べた結果、6 L/minでは破損しないことを確認している。RP-1の目標仕様は、ペリクル上の20 μm 標準粒子にて除去率90%以上である。ブロー条件6 L/minにて20 μm の異物が約99%除去できRP-1の目標仕様を満たしている。よって以下の実験では、この流量条件を採用した。

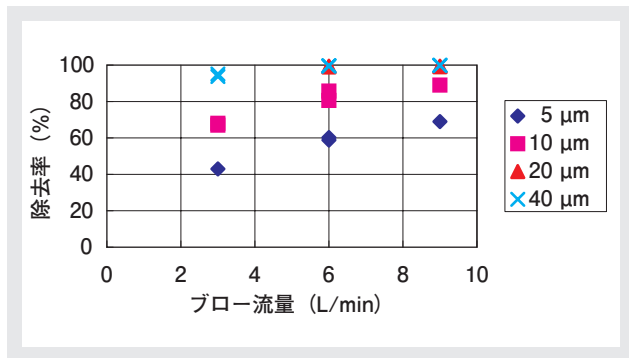


図4 各ブロー条件による標準粒子除去率の変化
バキューム流量10(L/min)

各標準粒子径による除去率の違い

図5に5~40 μm の各標準粒子径による除去率の違いを示す。

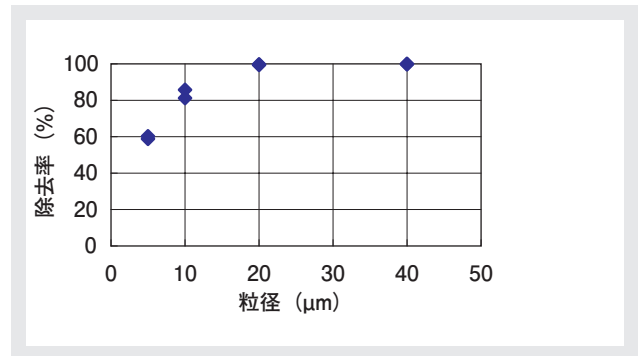


図5 各標準粒子径による除去率の違い
ブロー流量：バキューム流量=6:10(L/min)

図5より、粒径が小さくなるにつれ除去率は低下していることがわかる。これは、粒径が小さくなることによって空気力学的径が小さくなったためと考えられる。

除去率の再現性

標準粒子の付着直後の測定結果と、除去処理後におけるPD3測定結果(マッピングイメージ)を**図6**に示す。ここでは代表例として20 μm 標準粒子を選択した。

図6より、除去処理によって多数の標準粒子が除去されたことがわかる。除去処理後の検出異物を顕微鏡観察したところ9/14個が標準粒子であり、残りは標準サンプル作製以前に検出された実異物であった。除去前および除去処理後の標準粒子検出結果と除去率の再現性をまとめた結果を表2に示す。

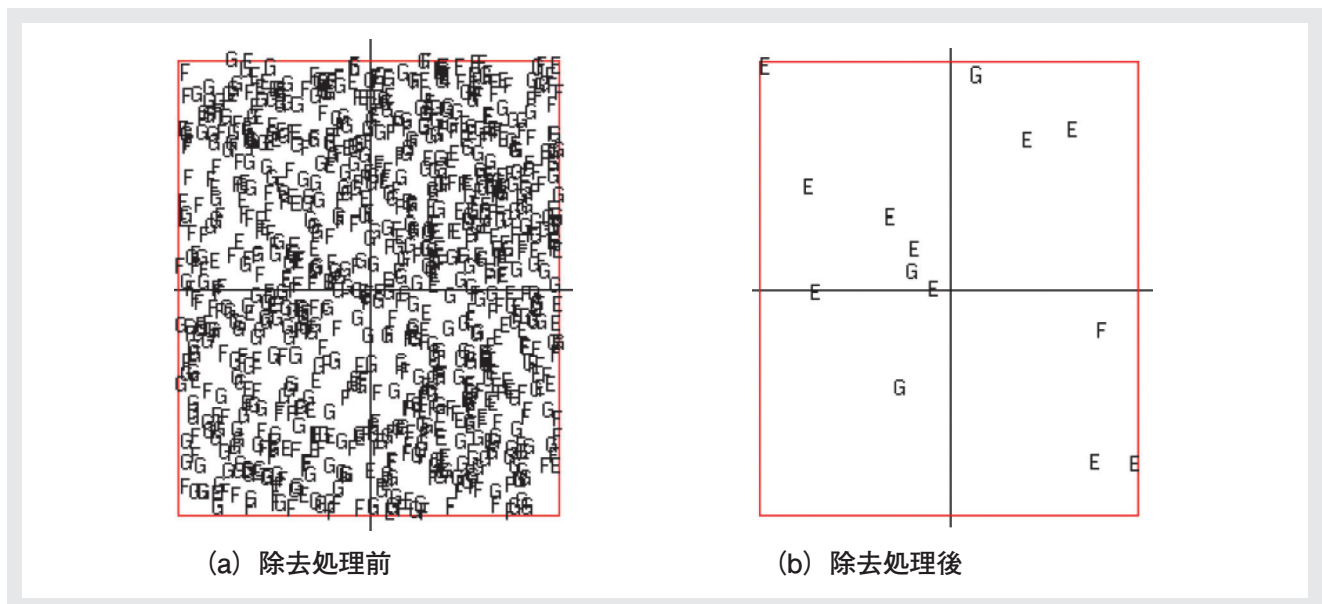


図6 除去処理前後におけるPD3の測定結果マッピングイメージ
ブロー流量：バキューム流量=6:10(L/min)

表2 標準粒子除去率再現性
20 μm標準粒子 ブロー流量：バキューム流量=6：10(L/min)

回数	1	2	3
除去前粒子数(個)	897	966	977
除去後粒子数(個)	7	9	5
除去率(%)	99.1	99.0	99.4

除去率は3回ともに99%以上であり高い再現性が得られた。

除去率経時変化

異物付着後の除去率経時変化は、レティクルを清浄に管理する上で重要な指標となる。レティクルに標準粒子を付着させ、レティクルケース内に格納した状態で一定時間保存した後、RP-1で除去処理を行った。保存時間と除去率の関係を図7のグラフに示す。ここでは代表例として、各ブロー条件での除去率の差が大きい10 μmの結果を示す。

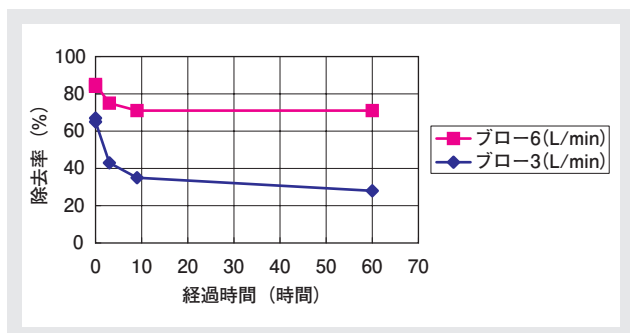


図7 標準粒子除去率の経時変化
バキューム流量 10(L/min)
10 μm標準粒子 保存状態：レティクルケース格納

図7より標準粒子付着後10時間以内にて除去率は、すみやかに低下している。ブロー条件3 L/minでは10時間以上経過後も低下しており、6 L/minでは変化は小さいが、緩やかな低下傾向が続いていると考えられる。

以上より、単純形状かつレティクル表面との接地面積が小さいホウ珪酸ガラス製粒子でさえ、レティクル表面に付着後長期間放置しておくと、除去率が低下することがわかった。標準粒子より複雑な形状を有する一般の異物であれば、この傾向はより顕著に現れると考えられる。すなわち、異物除去は、異物が付着した直後に行うことが望ましい。フォトリソグラフィ工程では、レティクル使用直後の異物除去がレティクルを清浄に維持管理するために有効であるといえる。

おわりに

今回作製した標準サンプルを用いた試験にて、除去率の再現性が得られた。これにより標準サンプルを用いた試験は、異物除去装置の性能評価に適切な手法であることを示せた。除去率の経時変化では、保存時間の増加に伴い、初期から10時間にかけて顕著に低下した。さらに10時間以上を経ても除去率の低下が続くことを確認できた。このことから、レティクル使用直後に異物除去処理を行うことは、レティクルを長期に清浄保存するために必要であるといえる。実際の異物による除去性能の評価は、標準粒子のように再現性が得られないため難しい。一般的な結果を得るためには、より多くの実異物の除去結果を積み重ねるしかない。少なくとも数千個以上の実際の異物について、その形状などと共に除去性能を議論する必要があると考えられる。

近年、さらなるプロセスの微細化に伴いレティクル価格は高騰しており、異物除去プロセスに対する自動化のニーズは、益々増加すると考えられる。これらのニーズに対応するため、更に微細な異物や除去困難な粘着性を有する異物も効果的に除去できる手法と評価方法の開発を進めていきたい。

参考文献

- [1] 高橋幹二著, 日本エアロゾル学会編, エアロゾル学の基礎, 森北出版株式会社(2003)



清水 智也

Tomoya SHIMIZU

株式会社堀場製作所
科学・半導体システム統括部
自動計測機器開発部

Selected Article

— 一般論文 —

煙道排ガス中水銀濃度測定装置 (ENDA-Hg5200) Development of Mercury Analyzer for Stack Gas — ENDA-Hg5200 —

石川 浩二

Koji ISHIKAWA

重金属への環境配慮の関心が高まる中、煙道排ガス中水銀濃度測定装置を開発した。ガス状水銀は様々な物質との反応性が高く、共存ガスの影響も受けやすいため測定が困難である。特に、従来は連続測定においてゼロ点の信頼性に問題があった。そこで、接ガス部の配管材料選定とその使用温度など最適条件を検討し、プローブユニット内に設置する乾式の還元触媒を開発した。またサンプルガス中共存ガスの影響を低減するために、HCL除去スクラバを開発し、還元触媒の前段に配置することにより、触媒劣化を低減し長期安定稼動を実現した。測定原理には、紫外線吸収法-流体変調方式を採用し、高感度計測が可能でかつ原理的に妨害成分の影響を低減した。それにより、指示安定性に優れた連続分析計の開発をした。

We made a design the new mercury analyzer for stack gas, amid mounting international concern over environmental from heavy metal. It was difficult for us to measure the mercury, because gaseous mercury is high reactivity with other material and susceptible to coexistence gas. Especially, existing analyzer had a problem that stability of measurement value was no good. So, we selected the materials at sample line and examined most suitable condition for measurement mercury, and made a design new dry reducing catalyst in the probe unit. And we made a design new hydrogen chloride scrubber for extend the catalyst lifetime. Analyzer uses cold vapor atomic absorption and cross-modulation method, therefore can measure high sensitivity and stability.

はじめに

水銀は金属元素の中で、常温常圧にて唯一液体として存在する。そのため産業界では過去に多くの用途があり、蛍光灯や電池などに使用されてきた。しかし、水銀が人体に影響を及ぼすことから現在は、電池など製品への使用が禁止されてきている。特に、日本国内では公害の原点ともいわれる水俣病があり、河川水中のメチル水銀が食物連鎖により人体に取り込まれ、人間の中枢神経系に障害を及ぼす被害をもたらした。また、米国では石炭燃焼排ガス中の水銀による人体への被害も報告されている。それを受けて米国EPA (Environmental Protection Agency) では、2005年12月に石炭火力発電所からの

水銀の総排出量を制限する規制(CAMR: Clean Air Mercury Rule)を施行し、排ガス中の水銀濃度の低減に努めている^[1]。国際的にも国連環境計画(UNEP: United Nations Environment Programme)にて水銀の取り扱いに関する条約の制定に向け、各国間での協議が進められている^[2]。これは、生物残留性および長距離移動による極地汚染の増加などの観点から、残留性有害物質として水銀を国際的に監視、管理する必要性が認識されてきたためである。水銀監視への関心が高まる背景のなか、2価水銀(Hg²⁺)を0価水銀(Hg)に還元し、排ガス中の全水銀を連続計測する分析計を開発したので報告する。

水銀の特性

水銀は主に無機水銀, 有機水銀として自然界に存在し, それぞれの特性が異なる。

無機水銀は元素水銀(0価水銀), 1価および2価水銀など様々な形態で存在しているが, 煙道排ガス中には0価水銀もしくは, 2価水銀として多く存在しており特性も異なる。0価水銀は水溶性がなく, 多くの金属と反応しアマルガムを形成する。また紫外線領域である253.7 nm付近の光に強い吸収が計測される。2価水銀は水溶性があり, 塩化水銀(HgCl₂)として存在し, 強い毒性を持つ。

一方, 有機水銀は, 水銀原子に炭素が結合した化合物の総称をいい, メチル水銀(CH₃-Hg⁺)などがある。有機水銀は無機水銀に比べて毒性が強く, 水俣病の原因はこの有機水銀の流出によるものであった。

煙道排ガス中水銀濃度分析装置 (ENDA-Hg5200)の開発

測定フロー

今回開発した煙道排ガス中水銀濃度分析装置 (ENDA-Hg5200)の測定フローを図1に, 全体写真を図2に示す。採取点であるプローブユニット内に還元触媒を配置し, 水溶などによる損失が発生しないように2価水銀を0価水銀に還元する。その後ドレンセパレータ, 電子冷却器に

て除湿し, 分析計内で電磁弁により交互に2流路に切り替えられる。一方は, 金を含む水銀除去スクラバにてサンプル中の水銀を取り除く, もう一方は直接セルに導入される。

セルは, 中心波長253.7 nmの紫外線を発生する低圧水銀ランプで照射されており, 水銀が存在するとこの波長の光が吸収される。この光の減衰量を半導体検出器(フォトダイオード)で検出し, 濃度信号に変換する。



図2 ENDA-Hg5200の全体写真

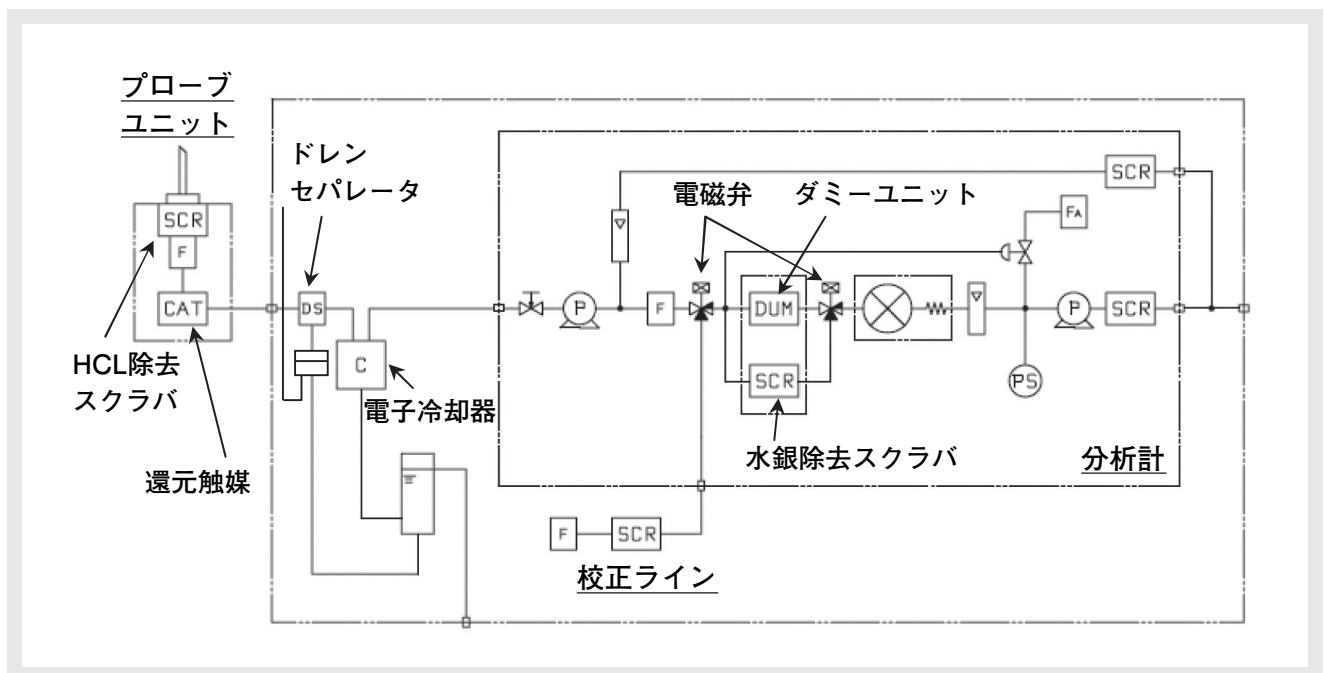


図1 ENDA-Hg5200の測定フロー

プローブユニット

ENDA-Hg5200の専用プローブユニットとしては、炉内採取点からプローブユニット内までをフッ素樹脂配管とし、2価水銀を0価水銀に還元する触媒と、サンプル中の塩化水素を除去するHCL除去スクラバで構成した。

還元触媒

2価水銀を0価水銀に還元する方法として、表1にまとめた。

表1 還元方法の違い

		メリット	デメリット
試薬の使用	湿式還元法	実験室用途として簡易測定が可能。	試薬調整・交換などのメンテナンス性が悪い。
	乾式還元法	試薬の扱いが容易である。低温度域にて使用可能。	共存ガスの影響を受けやすい。

試薬を用いる方法では、塩化水素(II)二水和物を硫酸に溶解したものや、L-アスコルビン酸溶液にサンプルを通気する湿式還元法^[3]と、還元作用のある試薬を固体としてサンプルガスを通気する乾式還元法がある。湿式還元法は溶液の調整や交換など、メンテナンス性に問題がある。種々の方法を検討し、今回は乾式還元法を採用した。なお共存ガス対策は、次章にて説明する。還元触媒は、亜硫酸カリウム(K₂SO₃)を粒状化したものを選定し、下記反応式にて2価水銀を0価水銀に還元する。



また、最適な還元効率とするため、加熱温度の検討を行った。結果は図3の通りであり、620 Kを下回ると還元効率が低下することがわかった。またK₂SO₃は分解温度が

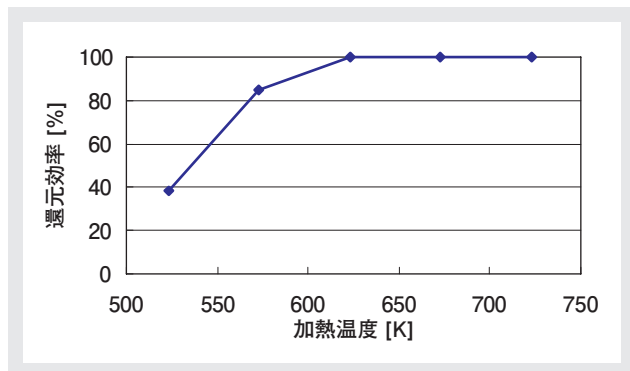
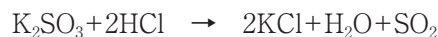


図3 還元触媒の加熱温度による還元効率の変化

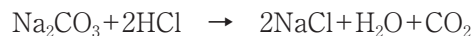
約770 Kである。それらの結果から、触媒の加熱温度は650 Kとした。

HCL除去スクラバ

ごみ焼却炉の煙道排ガス中には塩化水素(HCl)も共存するため、還元触媒上では下記の反応が生じる。



そのため触媒表面がHClによる劣化を起し、2価水銀が還元されにくくなり、全水銀の指示値が低下する。そこで還元触媒の前段にHCL除去スクラバを設置し、触媒のHCl劣化防止対策を行った。HCL除去スクラバには、アルカリ性炭酸塩であるNa₂CO₃を主成分とした試薬を用いて中和反応により除去を可能とした。



分析計

従来法の連続水銀計測の分析計では、一時間毎にゼロ校正を行い、校正後にサンプルを常時測定する方法が一般的である。しかし、この方法ではゼロ点がドリフトするという問題がある。ドリフトの原因は、干渉ガスの影響、フライアッシュやミストなどの腐食成分によるセル汚れによるものである。

そこで、ゼロ点の長期安定性を考慮し、流体変調方式を採用した。図4に示すように、光源には低圧水銀ランプを、検出器にはフォトダイオードを用い、測定原理には紫外線吸収法を採用した。リファレンスラインには金を珪藻土に含浸したもの(以下、水銀除去スクラバ)を使用し、金と水銀のアマルガム反応にて水銀を除去することとした。水銀除去スクラバの選定として、金と珪藻土の配合比、加熱温度、他成分の影響などを検討した。それぞれの結

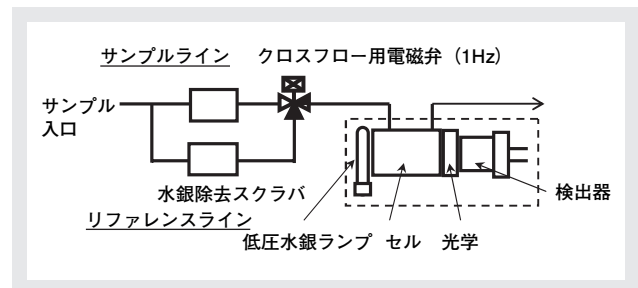


図4 分析部の原理図

果を次章より示す。なお、測定ガス出口にも同様な水銀除去スクラバを配置し、環境面にも配慮し評価を行った。

水銀除去スクラバの選定

金と珪藻土の配合比

金と珪藻土の配合比については、金15%（重量比）、30%、35%、45%を製作し、破過時間から最適な配合比を検討した。金と珪藻土の製作方法は、塩化金($\text{AuCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)と珪藻土を純水に浸漬し、加熱して塩素・水分を蒸発させ、珪藻土に金を蒸着させた。破過実験については、上記にて製作した水銀除去スクラバに、気化させた濃度の異なる0価水銀を流し、後段の分析計にて水銀の指示値を計測した。分析計の指示値が 0.005 mg/m^3 を超過するまでの時間を破過時間とした。試験結果を図5に示す。結果より、配合比30%にて破過時間が長いことがわかる。これは、珪藻土に蒸着した金の表面積によるものと考察する。

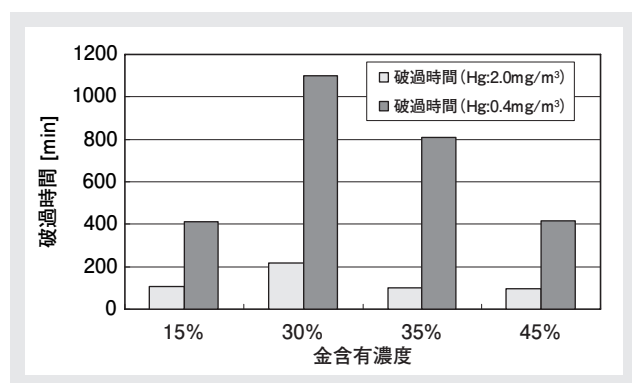


図5 金含有率の違いによる破過試験結果

水銀除去スクラバの加熱温度

金と水銀のアマルガム反応の最適化を検討するために、水銀除去スクラバ加熱温度の評価を行った。試験方法は上記と同様であり、15%の配合比の水銀除去スクラバを

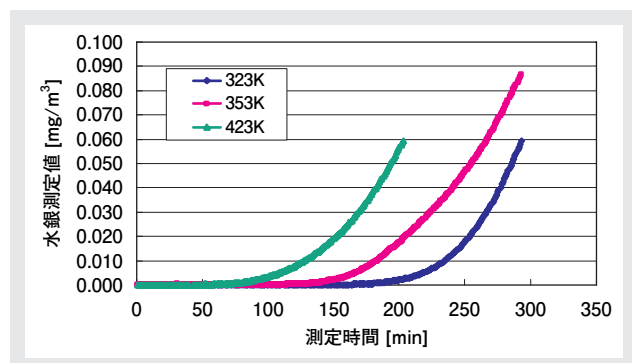


図6 水銀除去スクラバの加熱温度試験結果

323 K、353 K、423 Kと加熱し、それぞれの破過時間を測定した。その結果を図6に示す。

結果より、加熱温度が低い水銀除去スクラバの破過時間が長くなった。これは反応速度との関係であり、高温になれば反応が遅くなると考察できる。これらの結果と、周囲温度影響を考慮し、323 Kでの加熱が最適と判断した。

他成分の干渉影響

排ガス中の共存ガスである二酸化硫黄(SO_2)は、水銀の吸収波長の253.7 nm付近に紫外吸収があり、干渉影響の原因となる。本分析計は、原理に流体変調方式を採用しているため干渉影響は受けないが、検証のため分析計に SO_2 を流し指示確認を行った。結果、水銀除去スクラバの加熱温度と指示影響の関係が見られた。これは SO_2 の水銀除去スクラバへの吸着量が無視できないことがわかった。石炭排ガスなどの SO_2 濃度が高く水銀濃度が低いガス条件では、水銀除去スクラバの加熱温度をより高温に、ごみ焼却排ガスのように SO_2 が低く水銀が高い場合は、低温にて設定し対策することとした。

流量の検討

上記水銀除去スクラバの寿命を長くするため、セルへの流量の低減化を検討した。まずはサンプルガスおよびリファレンスガスが導入されるセルの長さを、測定濃度範囲等から最短とした。同様にクロスフロー用の電磁弁からセルへの配管も最短にし、セルを含むガス置換容積を最小化した。その容積にガス流量と感度、水銀測定値の関係の結果を図7に示す。200 mL/min以上の流量では感度はほぼ等しくなったため、セル流量を200 mL/minとした。採取点からポンプ出口までのサンプル採取流量は、採取点からの応答性を考慮して、600 mL/minとした。実用的にも応答時間の規格を満足することを確認した。

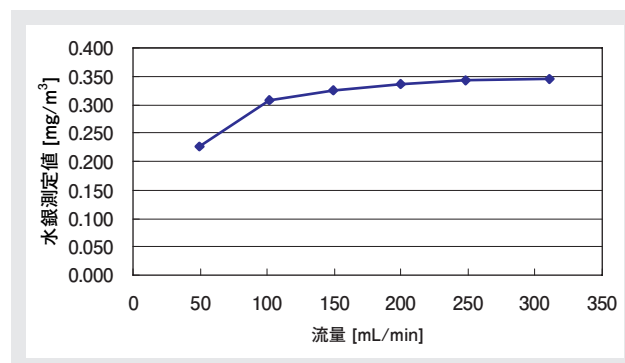


図7 流量に対する感度関係

清掃工場での実装試験

すべての機能を評価するため、実際に稼動している清掃工場にて実装試験を行った。試験は排ガス条件の異なる2箇所にて実施した。

煙突入口での測定結果

試験を行った清掃工場は、灰溶融炉出口から煙突入口にて各排ガスが合流する構造になっており、水銀濃度が変動しやすい条件となっている。比較用の既設分析装置(他社製)の隣にプローブを設置し、約3 m離れた箇所にて分析計を設置し、排ガス測定を行った。結果を図8に示す。グラフからも分かるように、既設機との相関もよく、相関係数は0.9846であった。

ろ過集じん器出口での測定試験

本工場のろ過集じん器出口のガス条件としては、排ガス処理にバグフィルタやウエット処理が行われており、塩化水素濃度が300~400 ppm存在し、水銀濃度はほぼ0.000 mg/m³であるといわれている。

そのため、HCL除去スクラバの評価ならびにゼロ点の安定性を中心に評価を行った。結果、約3ヶ月間の連続測定を行ったが、HCLの除去能力は低下しなかった。また、測定値についても0.000~0.002 mg/m³を示し、低濃度付近

での安定性を確認することができた。

指示安定性

従来法の分析計では、排ガス中フライアッシュやミストなどの腐食成分によるセル管の汚れにより、ゼロドリフトの発生が避けられなかった。また、ゼロドリフトが発生する場合は、数時間毎にゼロ校正を行うので欠測時間が多くなり問題があった。

本試験では、清掃工場の排ガスにて長期の連続試験を行なった。測定開始から終了時の間にてゼロガス(窒素ガス)と既知濃度のスパンガス(水銀ガス)を用いて分析計の安定性を確認した。なおスパンガス濃度は、サンプルガスと近似な濃度とした。結果を表2に示す。43日間測定を行い、ゼロ、スパンとも1.0%F.S.以内の結果となり、安定性が良好であった。よって、ゼロ点の校正は1週間または1ヶ月間に1回程度の校正周期でよく、極力欠測時間を

表2 ゼロガス、スパンガスの測定結果

経過日数	ゼロ[mg/m ³]	スパン[mg/m ³]	スパン幅[mg/m ³]	影響値[%F.S.]
基準日	0.000	0.070	0.070	---
9日目	0.000	0.070	0.070	0.0
23日目	0.000	0.067	0.067	-0.6
29日目	0.000	0.069	0.069	-0.2
37日目	0.000	0.070	0.070	0.0
43日目	0.000	0.072	0.072	0.4

(注記) %F.S.: %フルスケールの意味であり、測定レンジである0.500 mg/m³をフルスケール(100%)として演算した影響値である。

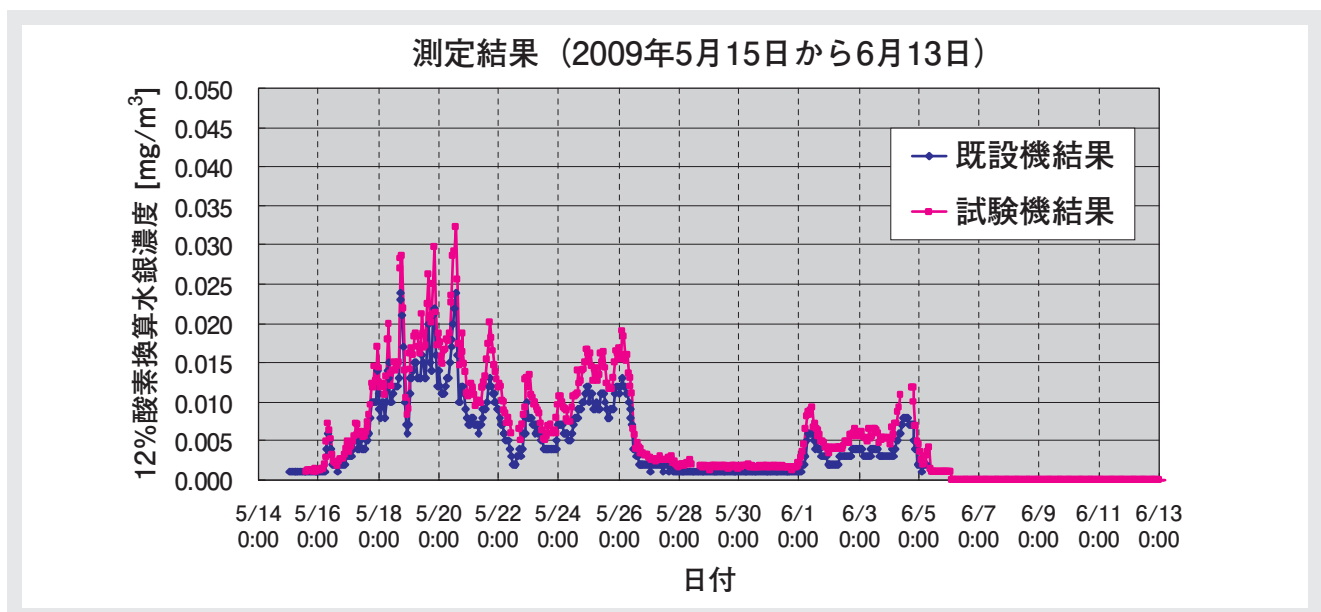


図8 煙突入口での試験結果【代表図】

少なくできることがわかった。

石炭燃焼排ガス測定への展開

石炭燃焼排ガス中には様々な重金属、硫黄分が含まれており、それらの物質がサンプリング経路に堆積することで水銀が損失し、測定値が低下する問題がある。そのため、分析計の前段にサンプルガスを洗浄する機能(前処理ユニット)を設けた(図9)。

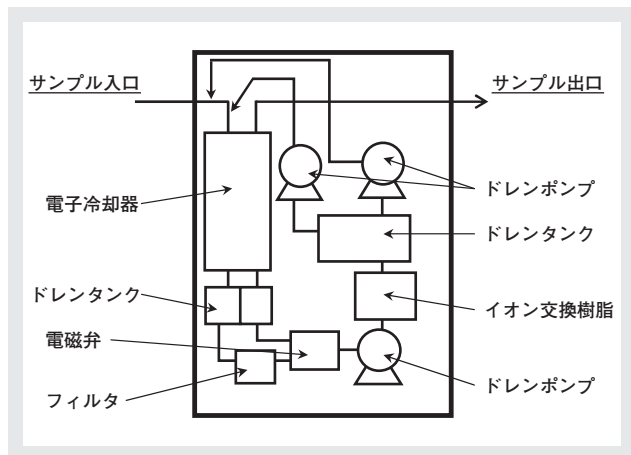


図9 石炭燃焼排ガス用前処理ユニット

ここで開発した前処理ユニットは、サンプルガスに共存する他の金属成分の除去洗浄と急冷を同時に行う機能を持ち、金属成分との反応性を防止し指示低下を防ぐことができる。また、洗浄液の再生循環機構を設けているために、メンテナンスも軽減できる。

終わりに

上記清掃工場での測定結果から、既設機との良好な相関が得られ、ゼロ点の安定性など高感度水銀計測の実用化試験として当初の目標を達成することができた。これにより煙道排ガス中の低濃度水銀を安定して連続測定することができ、他の煙道排ガス分析計製品にラインアップが可能となった。特に、本分析装置に流体変調方式を用いたことから干渉成分の低減、HCL除去スクラバと還元触媒の組み合わせによる、連続全水銀測定方式を確立することができた。

測定対象排ガスの種類によりサンプリングユニットを変えることにより、様々なサンプル排ガス分野の測定が可能となった。

参考文献

- [1] USEPA Clean Air Mercury Rule
(<http://www.epa.gov/CAMR/index.htm>.)
- [2] UNEP Mercury Programme.
(<http://www.chem.unep.ch/mercury/>)
- [3] JIS K 0222-1997 排ガス中の水銀分析方法



石川 浩二

Koji ISHIKAWA

株式会社堀場製作所
環境・プロセスシステム統括部
ガス計測開発部

Selected Article

一般論文

工業用水質計H-1シリーズの特長 Introduction of the New H-1 Series Water Quality Instruments

山内 進

Susumu YAMAUCHI

工業用水質計H-1シリーズは、水質指標の基本9項目(pH／溶存酸素／酸化還元電位／フッ化物イオン濃度／電気伝導率／電気抵抗率／MLSS／濁度／遊離残留塩素)を測定対象としてフルラインアップした。新開発の応答ガラスを採用したpH電極、チップ交換と再生使用を両立した溶存酸素センサ、汚れが付着し難いMLSSセンサ、独自の2光源透過90度散乱法を採用した低ドリフトの濁度センサ、チップ交換式カソード極と電気化学洗浄専用極を備えた遊離残留塩素センサ、ノイズ耐性や環境性能を向上させた変換器など、センサの寿命改善やメンテナンス性の向上を目指した。各機種に搭載したHORIBAの独自性のある特長及びその効果について紹介する。

We have developed the H-1 Series to provide a comprehensive water quality instrumentation product offering for a wide variety of applications. The measurement parameters include the 9 most commonly required parameters for monitoring water quality (pH, DO, ORP, F-, Conductivity, Resistivity, MLSS, Turbidity, Residual Chlorine). Unique features incorporated in the design are a new glass membrane for pH, a MLSS sensor with high resistance to fouling, a low drift turbidity sensor with transmitted and scattered light detection at a 90 ° scattering angle, a changeable cathode electrode for residual chlorine analysis and a special purpose electrode for electrochemical cleaning. We targeted sensor enhancements to meet user demands for easy maintenance and longer sensor life as well as transmitter EMC improvements with wider temperature operating ranges and a more rugged environmental design. The H-1 Series instruments are available now.

We will introduce the features and characteristics of the H-1 series in detail.

はじめに

地球環境保護の重要性が叫ばれる中、水環境の保護は人類の健康・安全や工業の発展に欠かすことができない。日本や欧米では1970年代から環境汚染対策のために排水規制が導入されている。近年、中国やインドなどアジア圏でも工業の発展にとまらぬ、安全な水資源の確保のため、工業用排水から河川や地下水などの天然水資源まで民間レベルでも水資源の管理が進められており、各国で水環境関連事業の需要が高まっている。そうした中、水質計測分野においては、メンテナンスフリーで長期間安定稼動し、IEC規格やRoHS規制などの国際標準に適

合する、信頼性が高く環境負荷が少ない計測器が要求されている。

堀場製作所と堀場アドバンスドテクノは、豊富な経験と両社の技術ノウハウを結集し、統一ブランド“Process & Environmental”の第一弾として、9項目16機種(pH／溶存酸素／酸化還元電位／フッ化物イオン濃度／電気伝導率／電気抵抗率／MLSS／濁度／遊離残留塩素)の工業用水質計H-1シリーズを一斉にラインアップした。H-1シリーズは、検出器、変換器、洗浄器の全てに対して、Tough(堅牢性)、Intelligence(機能性)、Easy maintenance(保守性)の向上を共通のコンセプトとして開発した。本稿ではH-1シリーズの技術的特長を中心に

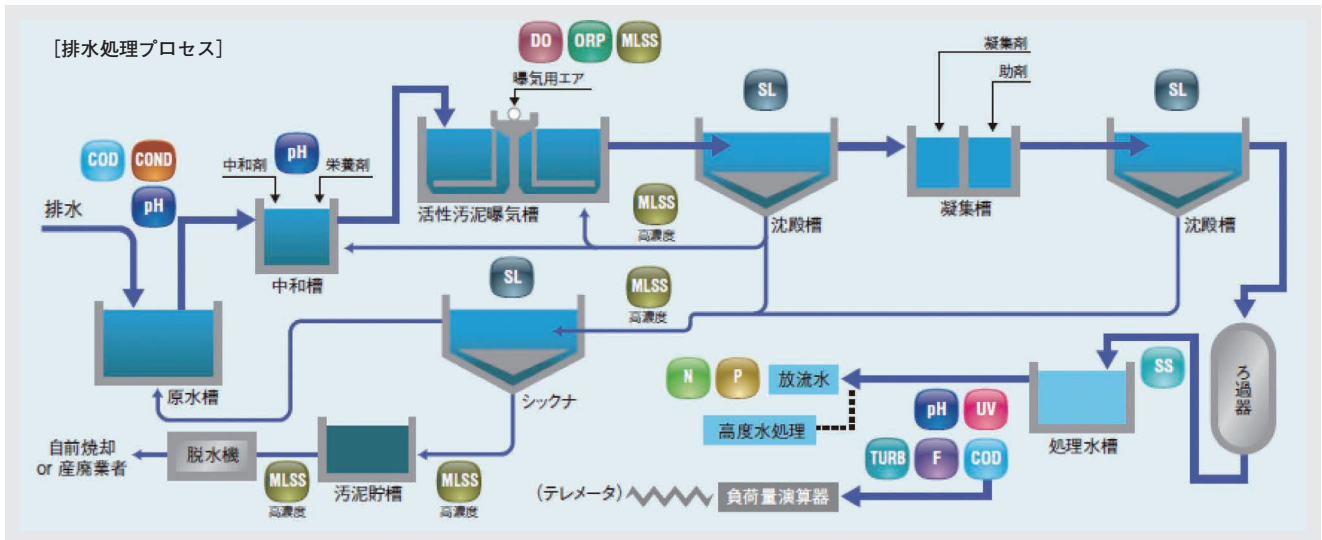


図1 排水処理プロセスにおける水質計測器の使用例

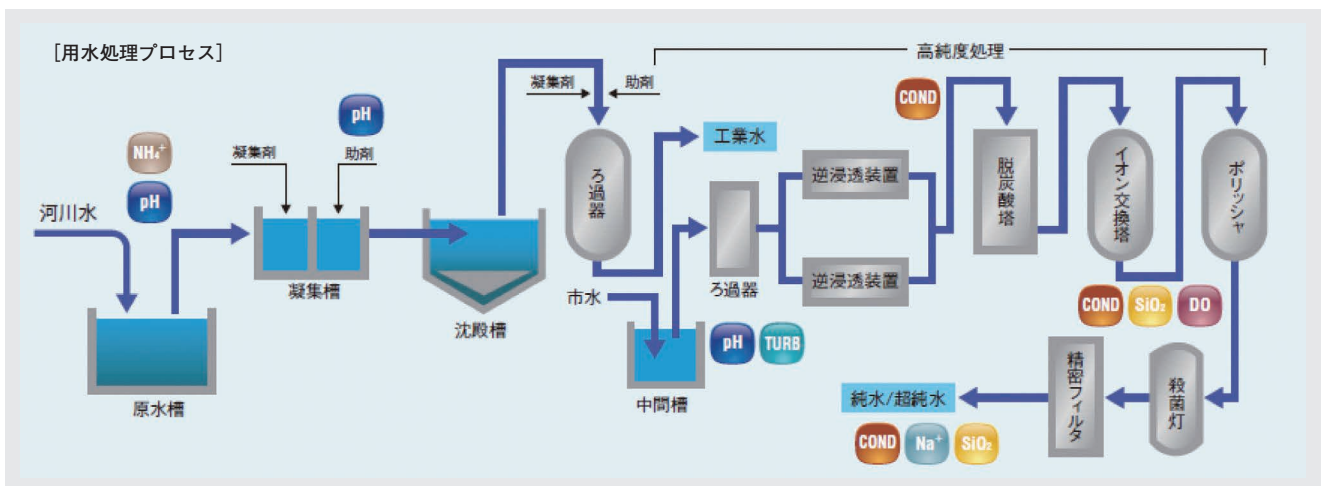


図2 用水処理プロセスにおける水質計測器の使用例

紹介する。

工業用水質計H-1シリーズの概要

飲料水や超純水などの用水処理及び、下水処理場や工場排水などの排水処理プロセスでは、前述の各種水質を連続測定し、プロセスの最適な運転管理や排水規制遵守の監視が行われている。図1に排水処理プロセスにおける水質計測器の使用例、図2に用水処理プロセスにおける水質計測器の使用例を示す。工業用水質計は、長時間、有機物や化学成分を含む溶液に浸されることで測定部に汚れや欠損が生じる。日常的なメンテナンス作業時間の6割が測定部の洗浄やセンサの交換作業で占められており、メンテナンス作業を半減するために、汚れ難く長寿命なセンサが求められている。そこで、H-1シリーズでは各センサの汚れ影響の低減と耐久性の向上を主たる開



図3 H-1シリーズ変換器の概観

Selected Article 一般論文 工業用水質計H-1シリーズの特長

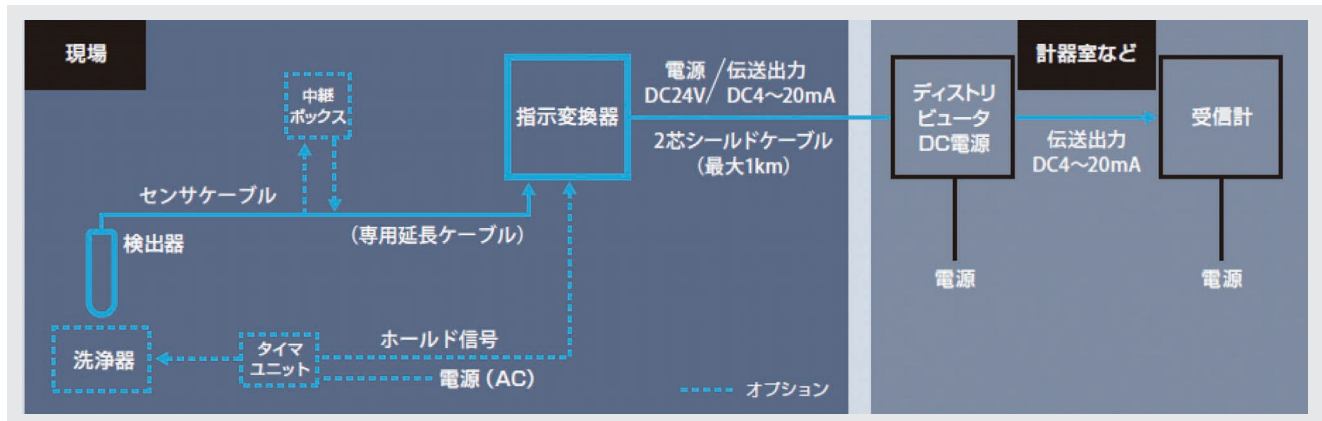


図4 2線伝送式変換器システム構成図

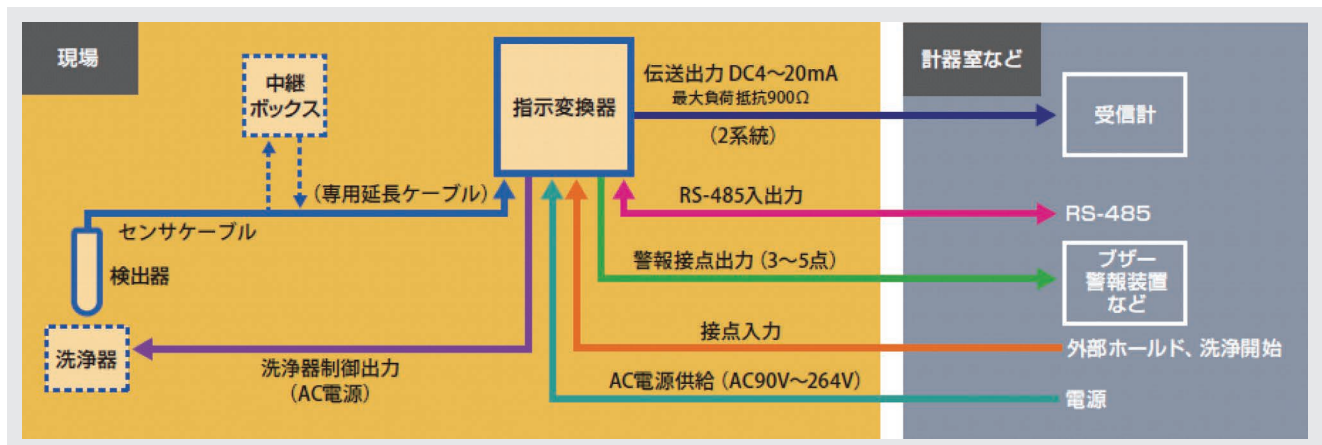


図5 4線式変換器システム構成図

発目標とした。

変換器は2線伝送式6機種とフリー電源仕様の4線式10機種をラインアップし、4線式変換器では主測定項目及び水温の伝送出力(4~20 mA)やデジタル通信出力(RS-485)を標準装備した。図3に変換器の概観を、図4、図5にシステム構成図を示す。ケースには防塵防滴の保護等級IP65を満足する堅牢なアルミダイカストケースを採用した。電磁波ノイズ妨害影響性能はIEC規格に適合しており、有害物質に関するRoHS規制にも対応した環境配慮形設計になっている。各センサの自己診断機能を充実させ、pH変換器では標準液の自動識別機能、ワンタッチ自動校正機能、校正履歴呼び出し機能、pH制御用出力機能など、ユーザーの利便性を高めている。

独自性の追求

HORIBAでは、『Only one』をキーワードの一つとして、製品開発に取り組んでいる。H-1シリーズにおいても独自

性を追求し、各機種にユーザーにメリットのある特長を盛り込んだ。代表的な例を以下に紹介する。

pH電極の特長

HORIBAでは、業界に先駆けて鉛フリーガラスを採用し、また、応答ガラスの厚みを増した衝撃に強いタフ電極を従来から販売してきた。今回、新たに応答ガラスの組成を改良し、様々なサンプル条件に適したpH電極をラインアップした。表1にpH電極の主な仕様と特長を示す。従来のタフ電極は、先端が細長形の形状にしか製作することができなかったが、新タフ応答ガラスの開発により、応答ガラスの厚みを増した状態でドーム形状に成形することが可能となった。その結果、全方向に対して衝撃強度が向上し、耐圧性能も0.6 MPaに向上した。また、応答ガラスと支持管との接合部を滑らかな形状にすることにより、汚れが付着し難く、かつ洗浄性が向上した。比較電極の内部液を微量リークさせる液絡部は、ジルコニ

表1 pH電極の主な仕様と特長

分類	汎用			特殊					
製品名	ドーム形 pH電極	固定スリーブ形 pH電極	pH電極 (チップ交換式)	耐フッ酸 pH電極	耐高アルカリ pH電極	耐フッ酸 pH電極 (チップ交換式)	耐高アルカリ pH電極 (チップ交換式)	耐油pH電極 (チップ交換式)	ドーム形 pH電極 (内部液ゲル)
形式	6108-50B	6109-50B	6174-50B	6151-50B	6152-50B	6171-50B	6172-50B	6173-50B	6108G-50B
外観									
温度範囲	-10~100 °C	-10~80 °C	-10~100 °C	-10~60 °C				-10~100 °C	
圧力範囲	0-0.6 MPa	0-0.03 MPa		0-0.2 MPa		0-0.03 MPa			0-0.6 MPa
特長	新タフ応答ガラス 洗浄性のよいドーム形状 ダブルセラミック液絡 高温、高压対応	新タフ応答ガラス KCl流出量が安定な固定スリーブ	G,Rチップ交換式 耐薬品性の高いポリフェニレンサルファイドボディ	新タフ応答ガラス フッ酸耐性(フッ酸濃度1000 ppm, 25 °C, pH3で1ヶ月以上) ダブルセラミック液絡 耐薬品性の高いポリサルフォンボディ	アルカリ耐性(0.1N苛性ソーダ, 60 °Cで3ヶ月以上) ダブルセラミック液絡 耐薬品性の高いポリサルフォンボディ	新タフ応答ガラス G,Rチップ交換式 フッ酸耐性(フッ酸濃度1000 ppm, 25 °C, pH3で1ヶ月以上) 耐薬品性の高いポリフェニレンサルファイドボディ	G,Rチップ交換式 アルカリ耐性(0.1N苛性ソーダ, 60 °Cで3ヶ月以上) 耐薬品性の高いポリフェニレンサルファイドボディ	新タフ応答ガラス G,Rチップ交換式 油分含有サンプルの汚れに強い 耐薬品性の高いポリフェニレンサルファイドボディ	新タフ応答ガラス 内部液ゲル補充可能 ダブルセラミック液絡 高温、高压対応可



図6 ドーム形pH電極(6108-50B)応答ガラス部分の断面図

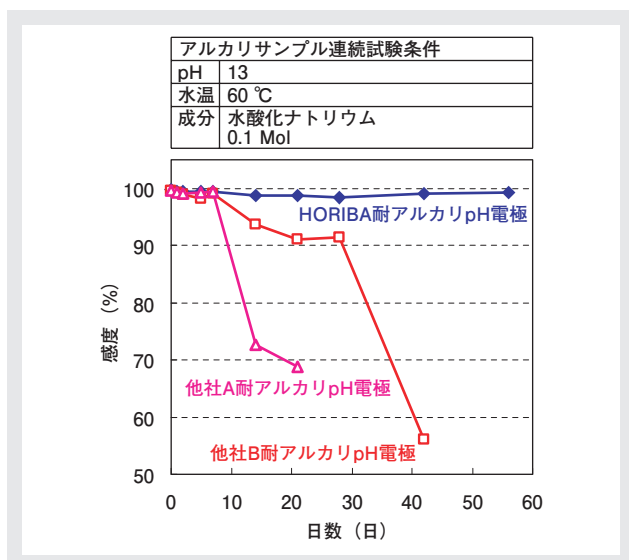
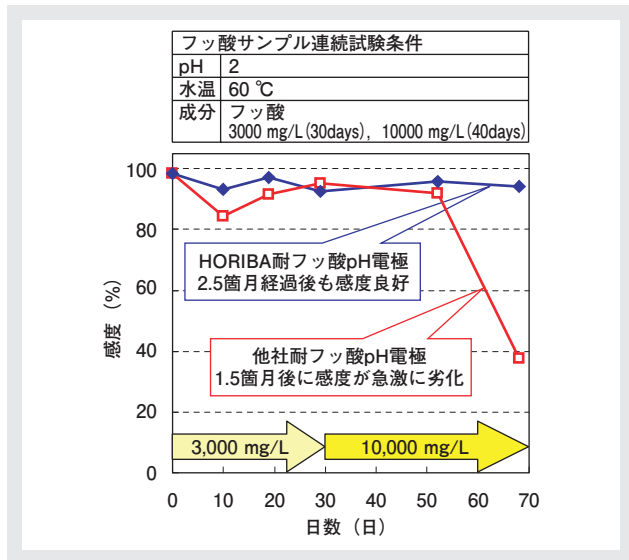
アセラミックを対向面に2箇所配置して汚れや目詰まりによる影響を受け難くしている。図6にドーム形pH電極(6108-50B)の応答ガラス部分の断面図を示す。フッ酸の処理が必要な半導体工場の排水処理や、高アルカリのスクラバー液を使う脱硫プロセスでは、汎用のpH電極は1ヶ月で性能が劣化する。その原因は、応答ガラスの水和層と呼ばれるガラスゲル層の厚さと関係している^[1]。水和層が厚いとガラスが水と反応し易く溶解し易い。ガラスの主骨格である二酸化珪素を溶解させるフッ酸や高アルカリを始めとした過酷な環境下で連続使用する場合、このような応答ガラスは劣化が顕著であるため、ガラス構造を根本から見直すことで耐久性の向上を目指した。pH電極に使用されるpH応答ガラスは主骨格である二酸化珪素に複数の微量金属を添加し作製する。微量金属の添加は応答ガラスの性質を決定する上で非常に

重要であり、例えばランタノイドと呼ばれる金属元素群の添加はアルカリ誤差の低減に寄与することが知られており、広く適用されてきた。しかし、ランタノイドのイオン半径は比較的大きく電子親和力が弱いいため、水和層が厚くなる要因となっていると考えられる。今回、元素周期表の3族金属の中でランタノイドよりもイオン半径が小さく電子親和性の高い元素の添加により応答ガラスの改良を試みた^[2]。イオン半径が小さく電子親和力の強い金属元素を添加することで水和層の厚さを薄くすることに成功し、その結果、フッ酸、高アルカリのサンプルに対して従来電極の2倍の耐久性を実現した。耐フッ酸及び耐アルカリpH電極の寿命試験結果を図7、図8に示す。

溶存酸素(DO)センサの特長

DO計は主に活性汚泥法による排水処理のばっ気槽の風量制御やDO濃度管理に使用される。DOセンサは、DOプローブ(DO-1100)とDOチップ(5505)で構成されており、測定原理は隔膜式ポーラログラフ法を採用している。工業用では初めてDOセンサチップのワンタッチ交換と、内部液、隔膜交換によるセンサチップの再生の両方を可能な構造にし、現場でのメンテナンス時間短縮とランニングコスト低減を両立した。図9にDO-1100及び5505の構造図を示す。カソード極には電気化学的に安定で強度の高いプラスチックフォームドカーボンを新たに採用した。隔膜には酸素ガス透過性が良いパーフルオロ樹脂(PFA)

Selected Article 一般論文 工業用水質計H-1シリーズの特長

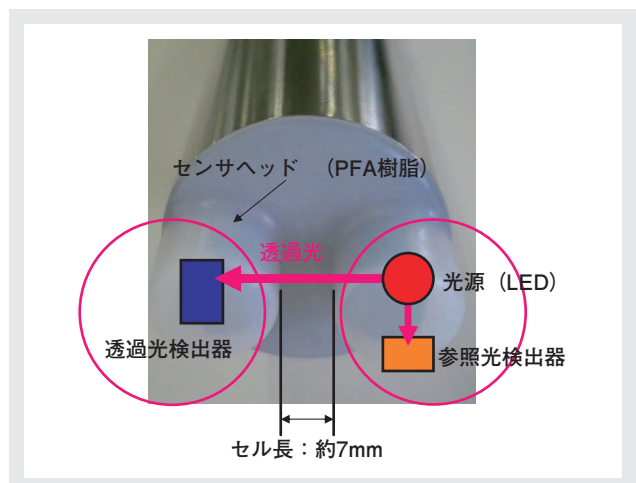


を採用し、膜厚は50 μm と100 μm の2種類を用意した。厚膜の採用により、ばっ気槽の固形物が隔膜に衝突することによる隔膜破損への耐久性を向上させた。内部液は安全な中性液(塩化カリウムとリン酸塩緩衝液の混合液)で、HORIBA独自のカートリッジ式隔膜キャップの採用により、誰でも簡単にセンサチップの再生が行える。また、隔膜破れやプローブへの浸水などのセンサ異常診断機能を搭載し、測定値の信頼性向上を図っている。

MLSSセンサの特長

MLSS計は主に活性汚泥法による排水処理のばっ気槽

において活性汚泥濃度管理に使用される。MLSSセンサ(SS-90)の測定原理はスパン感度が安定な近赤外透過光法を採用している。近赤外光の透過性が良く、汚れが付着し難いPFAを初めて採用し、HORIBA独自のセンサヘッド形状により、測定部の汚れ影響を改善した。光源は長寿命の近赤外LED(波長860 nm)を使用し、パルス点灯により外乱光影響を低減している。また、参照光による光源光量変動の自動補正機能により、長期間低ドリフトを実現した。図10にSS-90の構造図を示す。標準的な活性汚泥濃度の回分槽(MLSS濃度2,000~4,000 mg/L)と、高濃度の活性汚泥が用いられる膜分離活性汚泥法(MLSS濃度8,000~10,000 mg/L)のばっ気槽でフィールドテストを行った。いずれも洗浄器無し、ノーメンテナンスの条件で6箇月間の連続試験を行ったが、センサの汚れによる測定値影響は0.1%フルスケール以内であり、良



好な結果を得た。図11に試験終了後のセンサの汚れ状態を示す。また、センサにはCPUを搭載して、校正データなどの固有データをデジタル通信(RS-485)で変換器に送るため、変換器とのペアリングが不要となった。



図11 MLSSセンサ汚れの状態

濁度センサの特長

濁度計は主に排水処理後の処理水や、用水、浄水の処理プロセスの濁度管理に使用される。濁度センサ(SS-120)の測定原理はHORIBA独自の2光源透過90度散乱法を採用している。2つの光源を交互にパルス点灯し、2種類の透過光と90度散乱光の信号の比をとり、それらの相乗平均演算を行うことにより、光源光量の変動や測定セルの汚れの影響をキャンセルし、低濁度を低ドリフトで安定に測定することを特長としている。光源は長寿命のLED(波長660 nm)を採用した。図12にSS-120の測定原理図を示す。電動式ワイパー洗浄器の装着により、ノーメンテナンスで長期間の安定測定を可能にしている。センサと洗浄器にはそれぞれCPUを搭載して、変換器と

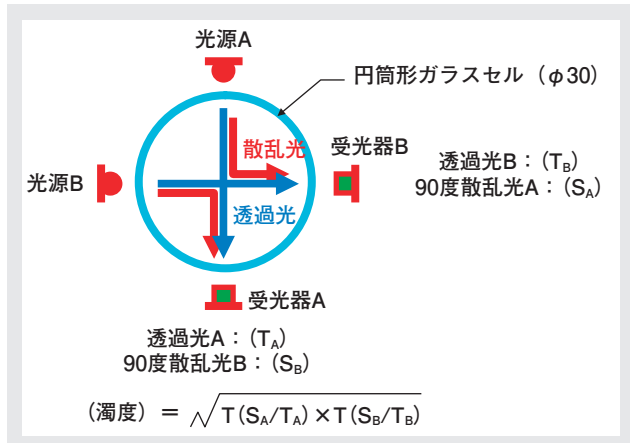


図12 濁度センサ(SS-120)の測定原理図

デジタル通信(RS-485)で情報伝達するため、測定と洗浄動作のインテリジェント化を実現している。

遊離残留塩素センサの特長

遊離残留塩素計は主に浄水場やプール、浴槽水などで塩素による滅菌処理の制御や管理に使用される。残留塩素センサ(RA-10)の測定原理はサンプル性状の影響を受け難い3極ポーラログラフ法を採用している。カソード極は、ガラスビーズによる物理的洗浄と電気化学洗浄を併用し、常時清浄な状態が維持されている。HORIBA独自のチップ交換式カソード極の採用によりランニングコストを低減した。図13にRA-10の構造図を示す。また、電気化学洗浄の対極には専用に電気化学洗浄極を設けて、専用極が無い場合に生じる電気化学洗浄時のアノード極のメッキを防止している。図14に、電気化学洗浄動作説明図を示す。

表2に各センサの主な仕様をまとめた。

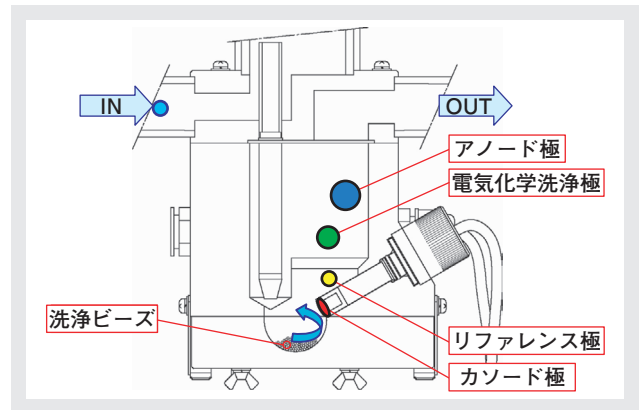


図13 遊離残留塩素センサ(RA-10)の構造図

現場への適合性

工業用水質計は、用途、設置環境、サンプル条件が多様多様であるため、実際に使用される現場への適合性の確認作業は重要である。また、長期間安定稼働の高い品質が要求される反面、低コストでメンテナンスフリーが要求される。我々はユーザーの要求に対応するため、独自性のあるメリットの提案やコストダウンの努力を行っているが、品質側面ではリスクとなる。今回のH-1シリーズでは、実際の測定現場での適合性評価を開発プロセスの重要項目と位置づけ、フィールドテストに重点を置いた。様々な水処理プロセスにおいて、延べ30箇所で6箇月間から1年間の連続試験を行い、前述の独自性のある特長の検証や、累積稼働時間による耐久性の検証作業を積み重ねて

Selected Article 一般論文 工業用水質計H-1シリーズの特長

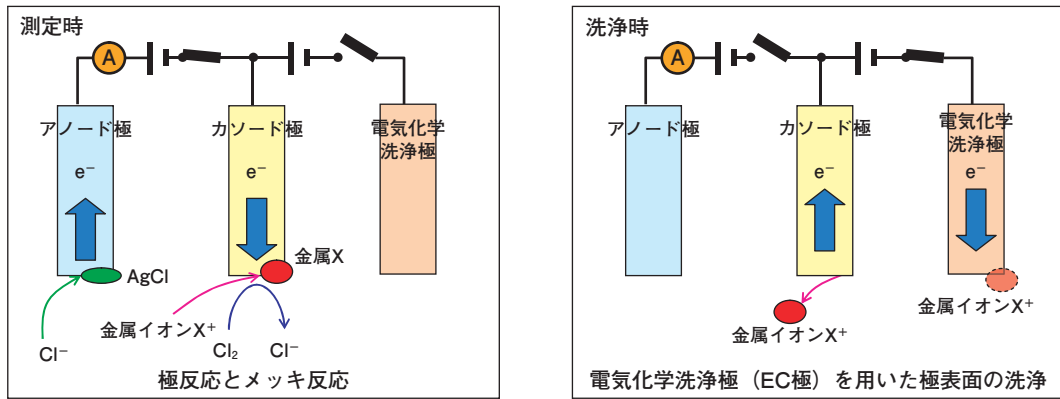


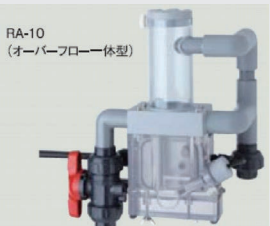


図14 遊離残留塩素センサの電気化学洗浄動作説明図

表2 DO, MLSS, 濁度, 遊離残留塩素センサの主な仕様

機種	DOセンサ	MLSSセンサ	濁度センサ	遊離残留塩素センサ
形式	DO-1100, 5505, 5510	SS-90	SS-120	RA-10, RA-20
概観				
測定原理	隔膜式2極ポーラログラフ法	近赤外透過光法	2光源透過90度散乱法	3極ポーラログラフ法 (電気化学洗浄極付)
測定範囲	0~20 mg/L	0~20,000 mg/L	カオリン: 0~500度 ホルマジン: 0~1,000度 PSL: 0~100度	0~3 mg/L
試料水温度	0~50 °C	5~50 °C	0~40 °C	0~45 °C
試料水圧力	0.5 MPa以下	0.2 MPa以下	0.3 MPa以下	0.3 MPa以下

集落排水施設回分槽における連続試験データ
＜試験開始から5箇月後の1工程データ＞

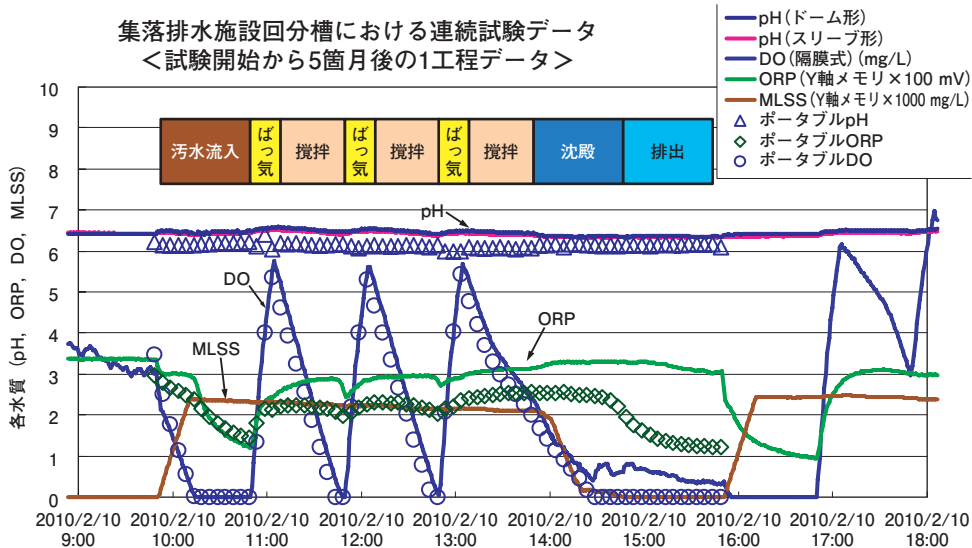


図15 回分槽におけるフィールドテストデータ

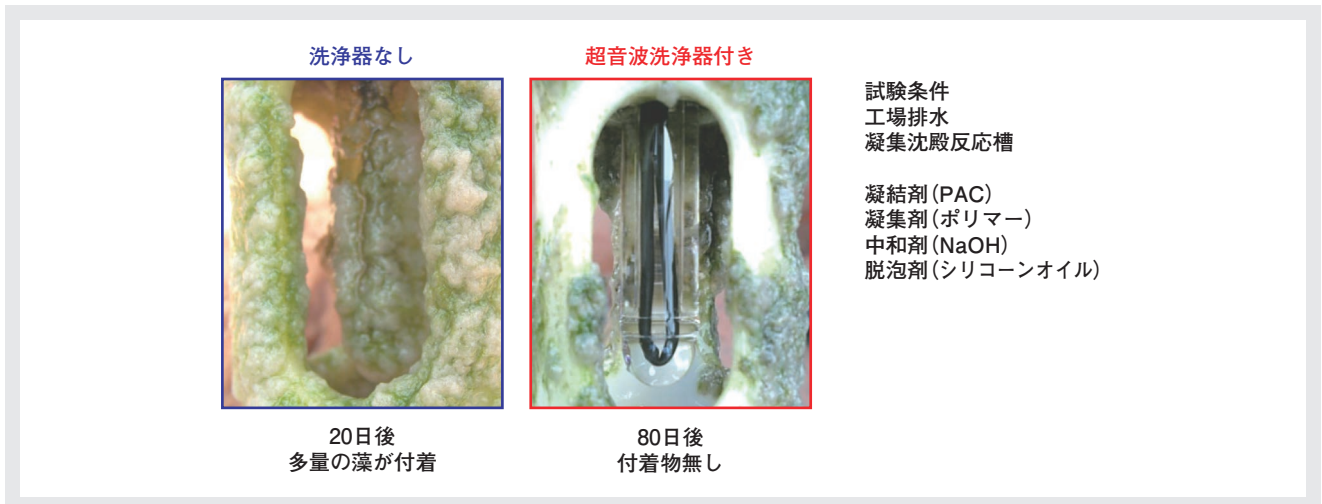


図16 新形超音波洗浄器 (UCH-101) を組み合わせたpH電極の洗浄効果例

きた。一例として集落排水処理施設の回分槽で実施した試験データの一部を図15に示す。この例では洗浄器無しで良好な結果が得られたが、サンプル条件においては洗浄器の組合せが必要な場合もある。H-1シリーズでは、超音波、水・エアジェット、ブラシ、薬液などの各種自動洗浄器を全機種フルモデルチェンジして、ラインアップした。一例として新型超音波洗浄器を組み合わせたpH電極の洗浄効果を図16に示す。新型超音波洗浄器は、超音波振動子を間欠的に動作させるバースト発振方式を採用し、従来の連続発振方式に比べて定在波が生じ難く、洗浄能力が高い特長がある。

おわりに

現場設置型の水質計測器は、過酷な設置環境やサンプル条件の下で、稼働率が高いことが最も重要である。今回紹介したH-1シリーズは、いくつかのフィールドテストでメンテナンスコスト半減が実現可能であることを実証できた。一方で、現場でしか発見できない問題も多いことを実感した。今後もお一層現場主義を徹底し、ユーザーに密着したアプリケーションの充実を図っていきたい。昨今では、世代交代や人件費削減により熟練のメンテナンス技術者が減少しており、メンテナンスの省力化は重要な課題である。現在我々は、ワイヤレス通信によるメンテナンス支援ツールを開発中であり、省力化のための新たなソリューションの提案を検討している。図17にその概要を紹介しておく。世界規模で貴重な水資源の確保と環境保全のため、水質計測の分野でその一端を担っていることに誇りと責任を持ち、今後もユーザーにメリットを感じて頂ける魅力ある製品開発に邁進していきたい。

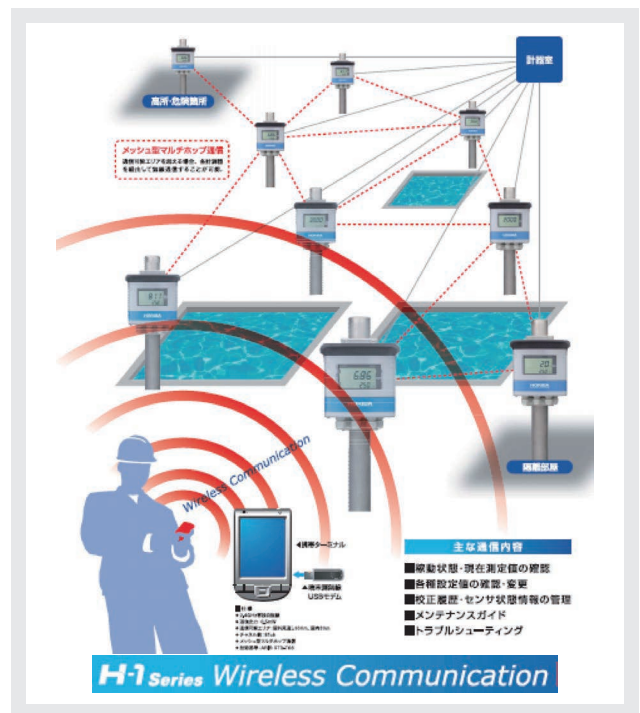


図17 H-1シリーズ Wireless Communication

参考文献

[1] 「SIMSを用いたpH応答ガラスの分析」, 西尾友志他, 2006年電気化学秋季大会
 [2] 特許公開番号2009-288117)



山内 進

Susumu YAMAUCHI

株式会社堀場アドバンスドテクノ
 製品企画部 製品企画課
 マネジャー

Selected Article

一般論文

イムノアッセイによる農薬測定キット 「SmartAssayシリーズ」の開発 Development of Immunoassay Test Kit “SmartAssay Series” for Pesticide Analysis

三宅 司郎

Shiro MIYAKE

農産物の収穫直前に散布される主な農薬(殺虫剤と殺菌剤)21種類について、直接競合ELISAを利用した測定キットを開発した。農薬などの低分子性物質は、それ自体に抗体産生能がないが、免疫原性を持つタンパク質表面に共有結合し接種することで抗体を産生する場合がある。このような物質をハプテンといい、農薬に対する抗体もこの性質を利用して調製した。まずハプテン設計や抗体調製の基礎的検討を行い、モノクローナル抗体が対象農薬と高い反応性を示すほか、有機溶媒耐性など農薬分析に有効な反応特性を示すことを見出した。これらの知見に基づいて開発した農薬測定キット「SmartAssay (スマートアッセイ)シリーズ」は、農産物中の残留農薬測定に適用可能との評価を得、農産物の出荷前検査に利用されている。

Twenty one kinds of direct competitive ELISA test kits were developed for checking insecticides and fungicides. The pesticides are applied just before harvests. Low molecular compounds including pesticides do not have an antibody by producibility themselves. However, some of them produce antibody by binding covalently to the surface of immunogenics protein to inoculate. These compounds are called hapten and anti-pesticide antibodies were also prepared by this behavior. In the basic examinations of hapten design and antibody preparation, it was found that monoclonal antibodies showed higher reactivity to the pesticides than polyclonal antibodies and efficient reaction property to pesticide analysis such as tolerance to organic solvent. Pesticide residue analysis test kits “SmartAssay series” developed based on such a knowledge have been evaluated by researchers as applicable to residual pesticide analysis in farm products. The kits are used for pesticide test before shipment.

はじめに

高温湿潤な日本では、作物を栽培する際に様々な病害虫が発生する。特に収穫期に発生するとその商品価値を損なうため、殺虫剤と殺菌剤などの農薬による防除が欠かせない。全ての農薬は登録制で、農薬取締法により使用者が守るべき適正な使用方法が定められている。しかしながら、基準値を超過する事例や無登録農薬が検出され

る事例が払拭されていない。一方で、食品衛生法において2006年5月からポジティブリスト制が施行され、全ての農薬について農産物ごとに残留基準値が設定され、農産物中の残留農薬に関する規制環境が整った。そのため、生産者自身が農産物の出荷前に残留農薬を検査する必要性が高まっている。

残留農薬の分析は、ガスクロマトグラフィー (GC) や高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用いた機器分析法を

表1 SmartAssayシリーズのラインアップ

測定項目(殺虫剤)	測定範囲(ppb)		測定項目(殺菌剤)	測定範囲(ppb)	
	下限	上限		下限	上限
アセタミプリド	0.30	4.0	イプロジオン	1.5	30
イミダクロプリド	2.0	100	イソプロチオラン	6.0	100
高感度フェントロチオン	0.15	2.0	マイクロタニル	0.2	2.0
イソキサチオン	1.0	20	イマザリル	5.0	50
クロルフェナピル	2.0	10	フルトラニル	1.0	8.0
マラチオン	15	250	ピテルタノール	9.0	50
カルバリル	1.5	30	トリフルミゾール	2.0	20
クロチアニジン	1.5	15	クロタロニル	0.15	1.5
ジノテフラン	1.5	30	アゾキシストロビン	10	200
エマメクチン	0.30	3.0			
チアメトキサム	0.30	3.0			
ニテンピラム	5.0	100			

用いることが一般的である。機器分析法は感度や精度に優れ、質量分析計を併用することにより多くの化合物を同時に測定できる利点がある。しかし、高額な機器と専用の設置場所、農産物の前処理を含めた高度な分析技術が必要であり、生産現場での出荷前検査に適しているとはいえなかった。

機器分析法と比較して迅速・簡便・安価な測定法として、抗体を用いたイムノアッセイ*1が知られている。医療分野ではルーチンの検査業務に利用され、患者の病態の診断に貢献している。農薬についても開発されたが、主に地下水汚染などの環境分析に用いられ、農産物の出荷前検査に使用されることは少なかった。これは、従来のイムノアッセイが、農産物に由来するマトリックスの影響により測定結果の精確さに欠けたことが大きい。

このような状況の中、筆者らはモノクローナル抗体を用いた直接競合ELISA*2がマトリックスの影響を受けにくく農産物検査に適用できることを見出した^[1]。その知見に基づいて開発された21種類の農薬測定キット(表1参照)は、生産者による農産物の出荷前検査への利用が進んでいる。本稿では、農薬に対する抗体の調製法、直接競合ELISA開発とそのキット化、測定試料への適用性について概説する。

*1: 抗体を用いた測定法の総称

*2: Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: イムノアッセイの一手法で、抗原或いは抗体の一方を固相に結合し、液相の抗原或いは抗体に酵素を標識して抗原抗体反応させ、反応後に洗浄することによって未反応物を除去し、固相に結合した酵素の活性を検出することにより高感度な測定を実現した測定法

抗体の調製

農薬などの低分子性物質は、動物へ接種しても代謝・排

泄されるのみで抗体を生じることはない。しかし、免疫原性を持つタンパク質表面に共有結合させて接種(免疫)すると、そのタンパク質だけでなく、結合した農薬部分に対する抗体も生じる場合がある。このような物質をハプテンといい、農薬に対する抗体もこの性質を利用して調製する。農薬によっては、タンパク質と直接結合可能な官能基を持つものもあるが、多くの場合、新たに官能基(例:カルボキシル基)を導入するなど、ハプテンの設計が必要になる。図1に、ハプテンの設計を工夫することによって

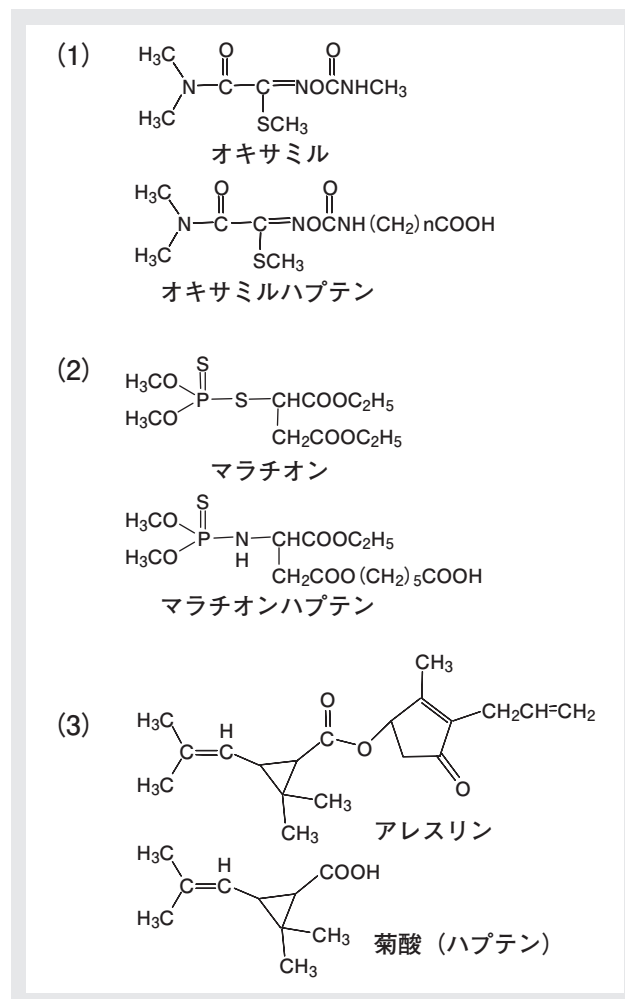


図1 農薬とそのハプテンの構造式

対象農薬に対して高い反応性を持つ抗体を調製することができた例を示した。農薬によってハプテン設計は異なるが、(1)オキサミルの場合のように、カルボキシル基導入部位のリンカー鎖($n=5\sim7$)を伸張させてタンパク質表面との相互作用を抑制する、(2)マラチオンの場合のように、生体中で不安定な化学構造を修飾し安定化させる、(3)菊酸を共通に持つピレスロイド系殺虫剤のように、グループ特異的な抗体の調製において、構造類縁物質群の共通構造をタンパク質と結合する、などが有効であることが判った^[2-4]。

抗体は、ポリクローナル抗体(PoAb)とモノクローナル抗体(MoAb)に大別される。PoAbは、免疫した動物の血液から血清を調製し抗体成分を精製したもので、対象農薬に対して、様々な反応性を持つ多様な抗体分子から成る。一方、MoAbは、生体中の1個の抗体産生細胞に由来する抗体を細胞融合技術によって調製したもので、対象農薬への反応性が単一の抗体分子から成る。PoAbとMoAbの反応特性をいくつかの農薬について比較した結果、MoAbは常にPoAbより高い反応性を示した^[1]。この理由は、PoAb中には対象農薬に対して様々な反応性を示す抗体分子が存在していて、中でも IC_{50} 値^{*3}付近の反応性を示す抗体分子が最も多いと考えられるが、MoAbではその中で極わずかに存在する高い反応性を示す抗体分子を、常に釣り上げることができたからだろうと考えている。また、農薬は疎水性の化合物が多いので、有機溶媒耐性を示す抗体の利用が測定に有効である。PoAbでは、その耐性が抗体分子毎に異なるため高耐性のものを調

製することが困難なのに対して、MoAbでは、有機溶媒耐性を指標にしたスクリーニングによりその選択が可能だった^[1]。これらの結果から、高い反応性と有機溶媒耐性を示すモノクローナル抗体を用いて、直接競合ELISAを開発することにした。モノクローナル抗体の特性によって、農産物由来の複雑で多量なマトリックス存在下でも比較的安定に農薬を測定できることが期待された。

*3: 50% of inhibition concentration value : 吸光度を50%阻害する濃度を意味する。

直接競合ELISA

直接競合ELISAは、対象物質、およびそのハプテンと西洋ワサビペルオキシダーゼ(酵素)との結合体(酵素標識ハプテン)が、それらに対する抗体と競合的に反応した後、抗体と結合した酵素標識ハプテンの酵素活性を利用して農薬濃度を測定するもので、測定時の反応ステップが少なく高感度で精確性に優れることから、様々な低分子性物質の測定に利用されている。農薬測定用イムノアッセイキットにおいても、直接競合ELISAを応用して開発した。図2にその測定フローを示すが、上のフローは試料に農薬が含まれない場合で、下のフローは農薬が過剰量含まれる場合である。農薬濃度が測定範囲の場合は、農薬濃度に依存して発色の程度が低くなることが、直接競合ELISAの特徴である。以下に、測定フローの各ステップを説明する。

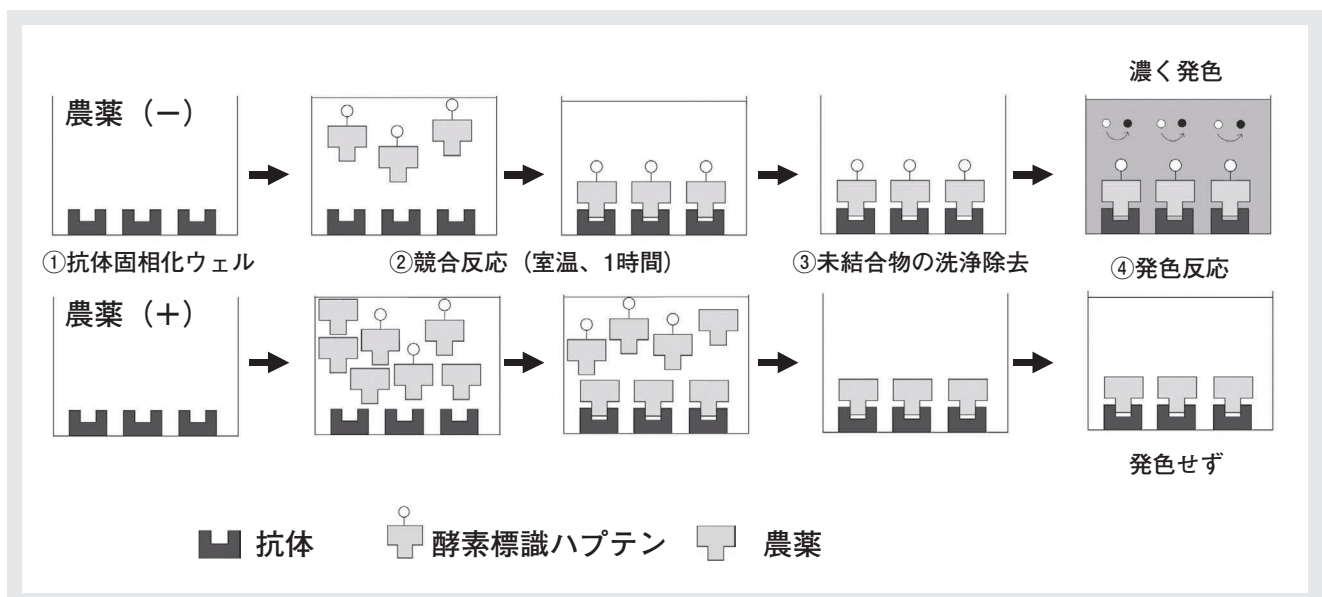


図2 直接競合ELISAの測定フロー

抗体を固相化した96ウェルマイクロタイタープレートの各ウェル上に、測定対象農薬と酵素標識ハプテンの5%メタノール溶液を加え、室温で1時間競合反応させる。抗体などの濃度は、予め必要な測定範囲と吸光度が得られるよう調整する。通常、測定範囲は抗体の反応性に依存し、吸光度は酵素標識ハプテンの濃度に依存する。

競合反応後、そのウェルを生理食塩水などで3回洗浄し、固相化抗体と結合しなかった酵素標識ハプテンや農薬を除く。抗体を介してウェルの固相に結合した酵素の発色基質として、テトラメチルベンジジンを含む溶液を加え、室温で10分間発色後0.5 M硫酸を加えて反応を停止させる。この際、希硫酸により酵素が失活すると共にpHが下がるため発色液の色が青色から黄色に変化し、安定化する。

発色停止後の吸光度を、マイクロプレート専用の分光光度計で測定する。測定試料に含まれる農薬濃度が高い場合には、抗体に結合する酵素標識ハプテン量が少なくなるので発色の程度が抑えられ、農薬濃度が低い場合には強く発色する。標準農薬濃度をx軸、対応する吸光度をy軸にとって検量線を作成し、測定試料の吸光度を当てはめてその農薬濃度を求める。図3に、ジノテフラン測定キットの検量線(2点検量)と5点検量による標準曲線を例示した。一般に標準曲線はシグモイドカーブを描くため多点検量を用いる場合が多いが、農薬測定キット「SmartAssayシリーズ」では、その直線性の高い範囲に絞って2点検量による直線領域を測定範囲としている。これは、検量線に使用するウェル数を最小限にして測定可能な検体数を多くすることが目的である。図から明らかな通り、2点検量でも実用的な正確さは確保されている。

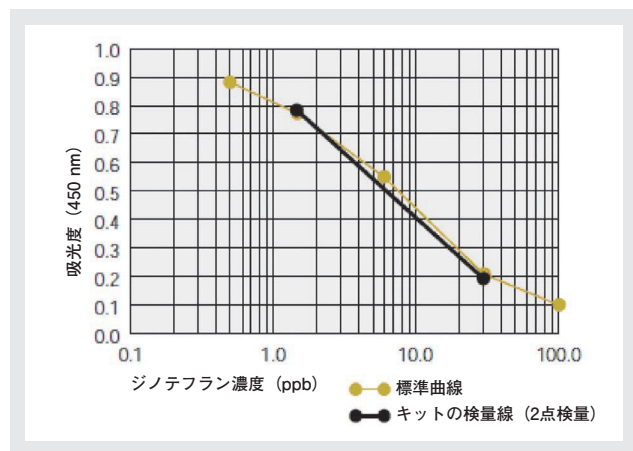


図3 検量線の例(ジノテフラン測定キット)

キット化

直接競合ELISAを自身で作製し測定に用いる場合、測定前に数多くの準備を行う必要がある。まず96ウェルマイクロタイタープレートの各ウェルへ所定濃度に希釈した抗体を分注、一晚4℃で静置して抗体を固相化、ブロッキングを経て抗体プレートを作製する。通常作製に1日必要である。酵素標識ハプテンは、使用濃度の100倍のものをバイアルに分注して冷凍保存し、測定時に溶解・希釈する。検量線作成に使用する農薬標準液と発色基質は分解しやすく、測定の都度調製する必要がある。また、しばしば調製間差が大きく測定結果に精確さを欠く原因になる。

キット(図4参照)は、これらの調製を省略できるように製剤化したもので、同時に試薬の安定化が図られている。キットを用いることによって、煩雑な測定準備に追われることなく農薬を検査できる。また、製品性能を一定の範囲で保証しているため調製間差を保証の範囲内で考慮すればよく、測定者の技術、測定装置、測定条件を検証することで精確さを確保することができる。



図4 SmartAssayシリーズ ニテンピラム測定キット

試料の測定

イムノアッセイは、機器分析法と異なり農産物の前処理において基本的に精製を必要としない。野菜・果実類を対象にした前処理条件では、まず試料を細切しミキサーで約1分間磨砕均一化する。遠沈管に5 gを量り取り、メタノール25 mLを加えて30分間振とう抽出する。抽出液をろ過し、そのろ液を7.5倍量の精製水で希釈する。これらの操作により試料中のメタノールは、10%相当に希釈される。通常この希釈液を測定試料とすることで、農産物

中の農薬をキットで測定できる。

渡辺らは、SmartAssayシリーズの幾つかのキットについて機器分析法との相関性を調べた。その結果、イミダクロプリド測定キットでは、ピーマンでHPLCとの相関係数(r)が0.913と若干の差異を認めたと、きゅうり、なす、レタスでは $r=0.979$ 以上と高い相関性を示した^[5]。また、クロロフェナピル測定キットでは、りんごと梨を用いた試験で、それぞれ $r=0.989$ 以上と高い相関性を示した^[6]。一方、クロロタロニル測定キットでは、GCに質量分析計を組み合わせたGC/MSの結果と回帰直線の傾きが、イムノアッセイ側に偏ったものの高い相関性($r=0.986$)を示した^[7]。傾きが偏った原因については、クロロタロニルが農産物中で不安定な農薬のため、工程の多いGCの前処理で分解が進んだためであろうと考察している。渡辺らは、これらの結果からイムノアッセイが、簡易かつ迅速なスクリーニング検査法として有望な手段と考察している。

一方、SmartAssayシリーズにおいても、農薬とともに抽出される農産物由来のマトリックスが、正常な反応を妨害する可能性があることが、学会などで報告されている。その影響と回避方法は、天野による技術解説に詳しく書かれ、(1)測定試料を10%メタノールでさらに希釈する、(2)測定試料を限外濾過する、(3)活性炭やミニカラムにより精製する、などが有効である^[8]。天野も、キットの特徴をよく理解して上手に活用することで、その力が十分に発揮できるはずと纏めている。SmartAssayシリーズは高い反応性と有機溶媒耐性を示すモノクローナル抗体を利用して開発した結果、農産物に由来するマトリックス影響を抑制することによって農産物中の残留農薬測定を実現した。しかしながら、キットと農産物の組み合わせによってはその影響を受ける場合があることも事実である。使用する前には必ず影響の有無を検証し、影響があった場合にはその回避方法を確立の上、使用して戴きたい。

おわりに

イムノアッセイは、機器分析と比較して ①高価な測定装置を必要としない、②前処理が簡便で迅速である、③高度な知識と測定技術を必要としない、④多数の検体を同時に測定できるといった利点がある。従って、農産物の出荷前に多数の検体を検査する必要がある農産物集出荷場などでの農薬検査に有効といえる。実際に、農協や卸売市場を中心にSmartAssayシリーズを用いた出荷前

検査の普及が進んでいるが、他にも測定対象農薬の明らかな現場、例えば農薬の効力試験、森林害虫への残効性確認、環境モニタリングなどで活用され始めている。

以上、農薬測定用ELISA「SmartAssayシリーズ」について、その技術基盤であるハプテン設計と抗体調製、直接競合ELISAによるキット開発とその適用性について概説した。本稿により、農薬がイムノアッセイによって迅速・簡便・高感度に測定可能なことをご理解戴くと共に、ユーザーの皆様がキットを用いて農薬分析する際の参考になれば幸いである。

参考文献

- [1] 三宅司郎 日本農薬学会誌, 35(2), 176-180(2010)
- [2] S. Miyake, K. Morimune, Y. Yamaguchi, K. Ohde, M. Kawata, S. Takewaki & Y. Yuasa: J. Pesticide Sci. 25, 10-17(2000)
- [3] K. Nishi, Y. Imajuku, M. Nakata, K. Ohde, S. Miyake, K. Morimune, M. Kawata & H. Ohkawa: J. Pesticide Sci. 28, 301-309(2003)
- [4] S. Miyake, R. Beppu, Y. Yamaguchi, H. Kaneko & H. Ohkawa: Pestic. Sci. 54, 189-194(1998)
- [5] E. Watanabe, H. Eun, K. Baba, T. Arao, Y. Ishii, S. Endo & M. Ueji: Anal. Chim. Acta 521, 45-51(2004)
- [6] E. Watanabe, K. Baba, H. Eun, T. Arao, Y. Ishii, M. Ueji & S. Endo: J. Chromatogr. A 1074, 145-153 (2005)
- [7] E. Watanabe, S. Miyake, S. Ito, K. Baba, H. Eun, M. Ishizaka & S. Endo: J. Chromatogr. A 1129, 273-282(2006)
- [8] 天野昭子 日本農薬学会誌, 35(3), 396-400(2010)



三宅 司郎

Shiro MIYAKE

株式会社堀場製作所
医用システム統括部
医学博士

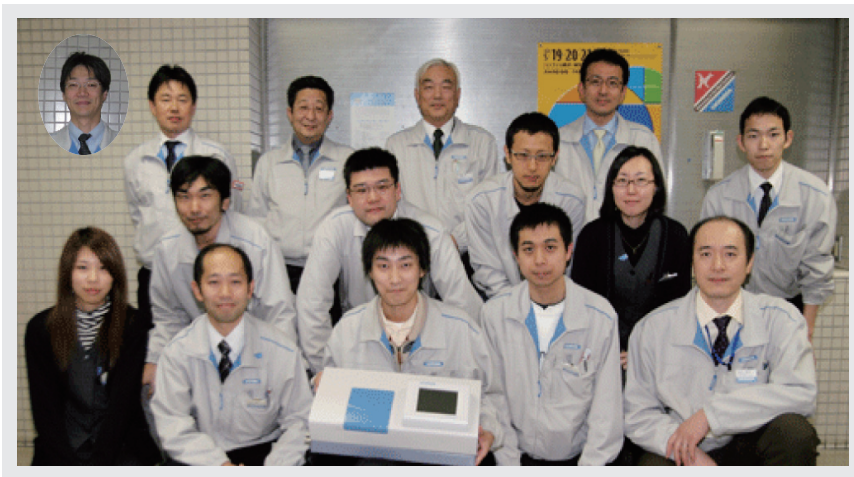
Product Introduction

製品紹介

コンパクト自動旋光計 SEPA-500

村田 駿介

Shunsuke MURATA



[開発に携わったメンバー]

左上

伊串 達夫

後列左から

米澤 依介, 右近 寿一郎, 西條 豊, 伊東 俊哉

中列左から

井田 美彦, 夏目 好隆, 藤原 真悟, 平井 千恵,

石井 勇氣

前列左から

島 充子, 大西 智行, 村田 駿介, 山中 孝之,

東川 喜昭

はじめに

旋光計は、医薬品、製糖、食品分野で使用される糖類、アミノ酸、ビタミン、アルカロイド、ホルモンなど光学活性物質の濃度や純度の高精度測定に欠かすことができない分析計である。

堀場製作所では、1992年に最初の旋光計SEPA-200を発売して以来、多くのお客様の声に触れる機会を頂いている。SEPA-500(図1)は、この経験と新しい技術・ノウハウを融合させて、「高精度な測定」を「簡単」に「短時間」で実行させるというコンセプトで開発された。

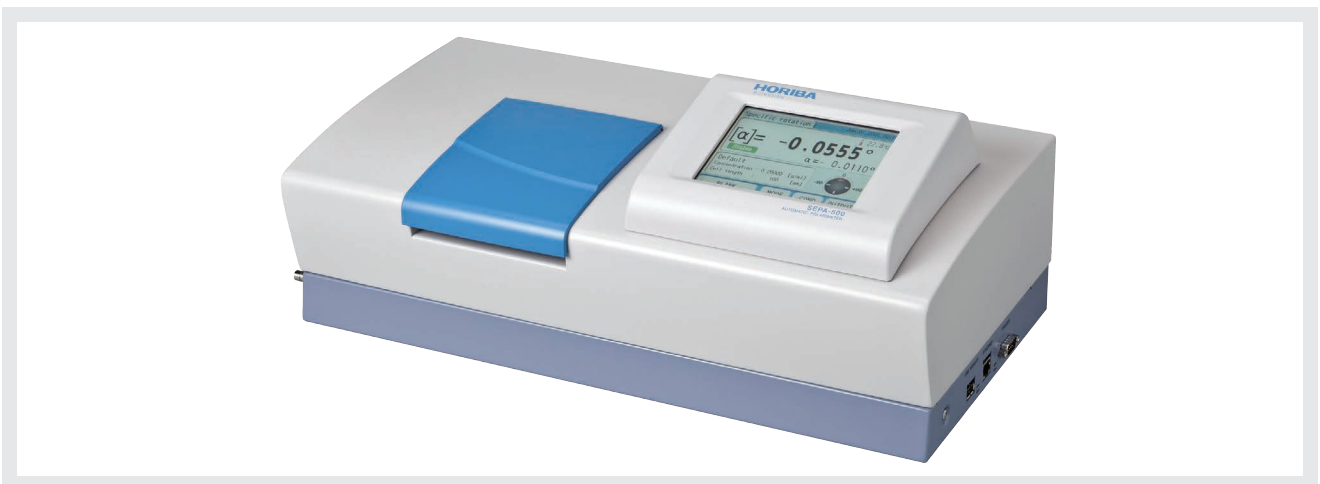


図1 SEPA-500写真

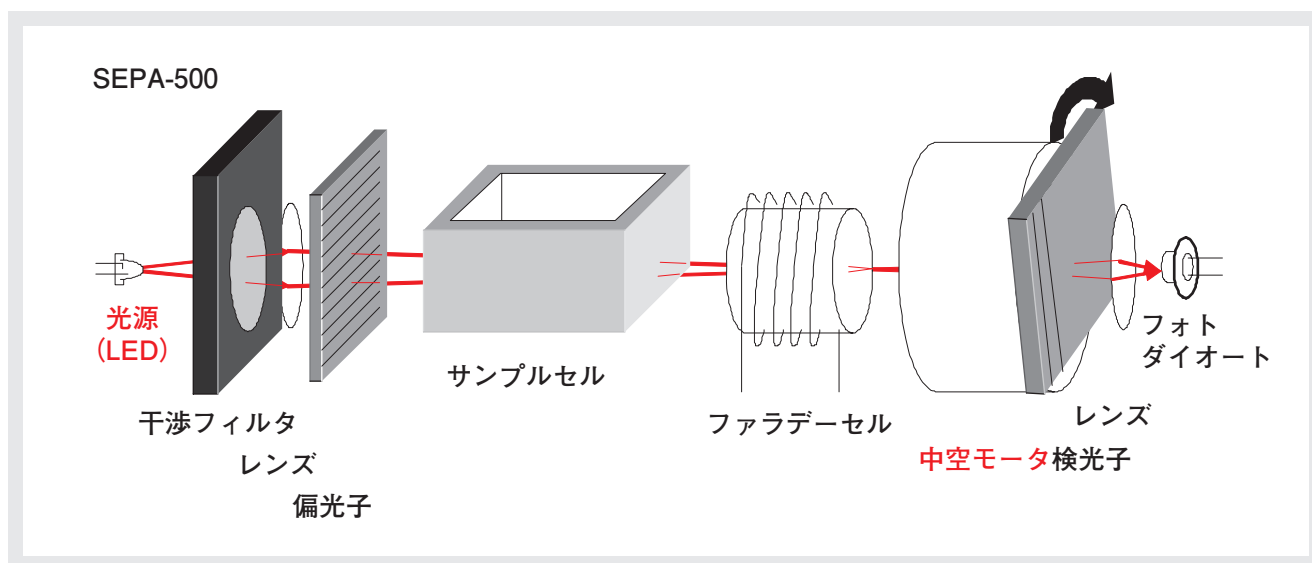


図2 SEPA-500光学系

測定原理

旋光とは、光学活性物質の入った溶液を直線偏光が通過するときに、濃度と物質の特性に応じて偏光面が回転する現象をいう。糖類やアミノ酸などは、一般的に光学活性なので、旋光度を測定することで濃度や純度が分かるため、品質管理の指標とすることができる。そのため、旋光計は製薬や食品業界において、品質検査や工程管理の分野などに役立てられる。SEPA-500で用いている光学系の概略を図2に示す。

まず、特定の波長の光束を偏光板により直線偏光とし、サンプルセル内の試料を透過させる。

試料が光学活性を持つ場合、偏光方向は試料の光学活性の強さ、濃度、セルの光路長に応じて回転する。サンプルセルを透過した光は、変調用ファラデーセルと検光子を順に通過する。検出器側の偏光板を検光子とよび、モータなどの回転機構により、通過させる偏光方向の角度を制御できるようにする。検光子を通過した光は、フォトダイオードにより光強度に応じた電気信号に変換される。

検光子の回転角度は、検出される光の強度が最小となるように常に自動で調整されている。すなわち、検光子の透過軸は、サンプルセルを通過して回転した直線偏光に対して常に直交する角度となるように自動制御される。試料の旋光度は、サンプルセル内に試料がある場合と無い場合(通常旋光性のない液をセル内に充填する)の検光子の角度の差として得られる。

ファラデーセルは、分極を起こす透過性物質と、それを取り巻くファラデーコイルから構成されている。ファラデー

コイルに電流を流して磁場を発生させると、内部を通過する直線偏光の偏光面が回転していく、いわゆるファラデー効果が生じる。このファラデーセルを用いることで、偏光面振動方式による光学零位法を採用して、分解能の向上と偏光面の回転方向の検出を行っている。

高速応答と高分解能測定

測定精度と応答速度は、検光子の制御機構に大きく依存する。堀場製作所では前機種のSEPA-300まで、検光子を取り付けて回転させる機構として、ステッピングモータとウォームギアを用いて、 $5/10000$ °の分解能を得ていた。SEPA-500では新たに中空モータを採用した。中空モータは中央にシャフトやモータ本体が存在しないので、検光子を中央に取り付けて、モータ中央の空洞に光束を通すことができる。これにより、これまで使われていたカップリングやウォームギアといった、周辺部品に起因する角度誤差を除去することができた。さらに、電気系の制御の一部をデジタル化することで、安定位置ではバックラッシュを最小限に抑えて、スムーズに動作させるなど状況に応じた最適制御ができるようになった。これらによって、これまで最大 5 °/sであった回転速度を最大 60 °/sと従来比12倍、角度分解能を従来比5倍にあたる $1/10000$ °の世界最高クラスを実現することができた。高速応答や高分解能という特徴は、特に大きな旋光角を示す試料を測定する場合に有用であるだけでなく、フローセルを用いた連続モニタリングのような薬液を常に監視するアプリケーションにおいても効果を発揮する(図3)。

Product Introduction 製品紹介 コンパクト自動旋光計 SEPA-500

仕様	
光源	LED
偏光子	ダイクローム
測定波長	589 nm (D線相当)
検出器	フォトダイオード
最大使用セル長	100 mm
測定角度範囲	±90°
測定精度	±0.002° (>1°)、±0.2% (≤1°)
測定再現性	±0.002°
最小表示角度	0.0001°
最高応答速度	60°/秒
測定方式	対称角振動方式光学零位法
温度測定点	セルホルダ／セル内
測定温度範囲	0～99.9℃
表示	カラーLCD 5.7インチ
入力方式	タッチパネル
測定項目	旋光角、比旋光角、国際糖度、濃度、純糖率
データ処理	連続自動測定、統計(平均値、標準偏差)処理
データ保存	外部プリンタ印刷(オプション)、外部USBメモリ
外部接続	Ethernet
外形寸法	490(W)×250(D)×200(H) mm
質量	13 kg

図3 SEPA-500の仕様

光源メンテナンスフリー

SEPA-500では光源にLEDを採用した。LEDの発光波長はNaランプと比べて広い半値幅を持つが、後段の干渉フィルタにより、中心波長589 nm半値幅2.5 nmの光を得ている。前機種までは、およそ1000時間の寿命を持つNaランプを使用してきたが、SEPA-500では2万時間以上の寿命を持つLEDを採用した。通常の使用で10年以上交換の必要がなく実用上メンテナンスフリーといつてよい。

小型化・軽量化

本装置の開発では性能向上だけでなく、小型化も実現した。光学系では、先に述べたとおり光源を従来のNaランプからLEDに、検光子の制御は周辺機構を伴うウォームギアから中空モータにそれぞれ変更したが、それ以外に特筆する点として、シンプルな光学系があげられる。中空モータをベースにして左右からはさみこむ形で光学素子を取り付けており、これまで光学部品を支持するため

に用いていた光学ベンチを不要とし、光学軸の安定性を維持しながら小型化・軽量化を達成した。以上のようにLEDの採用、中空モータの採用、そして光学系の見直しにより、前機種であるSEPA-300の外寸565(W)×445(D)×270(H) mm質量35 kgに対して、SEPA-500では490(W)×250(D)×200(H) mm質量13 kgと、設置面積・質量ともに半分以下とすることができ、場所を取らない旋光度計測を実現した。

操作性の工夫

使いやすさの向上のため、カラー液晶ディスプレイ(図4)を採用した。また入力にディスプレイ上を直接操作するタッチパネル方式を採用し、直感的に操作できるようにした。基本画面では、測定結果の表示内容を、旋光角、比旋光角、国際糖度、濃度、純糖率からワンタッチで切り替えることができる。また条件設定画面では10個までの条件をメモリに記憶させておくことが可能となっている。測定値の出力は、オプションのプリンタによる印刷のほか、USBメモリへの保存も可能で、それによってPCで読み出すことも可能である。

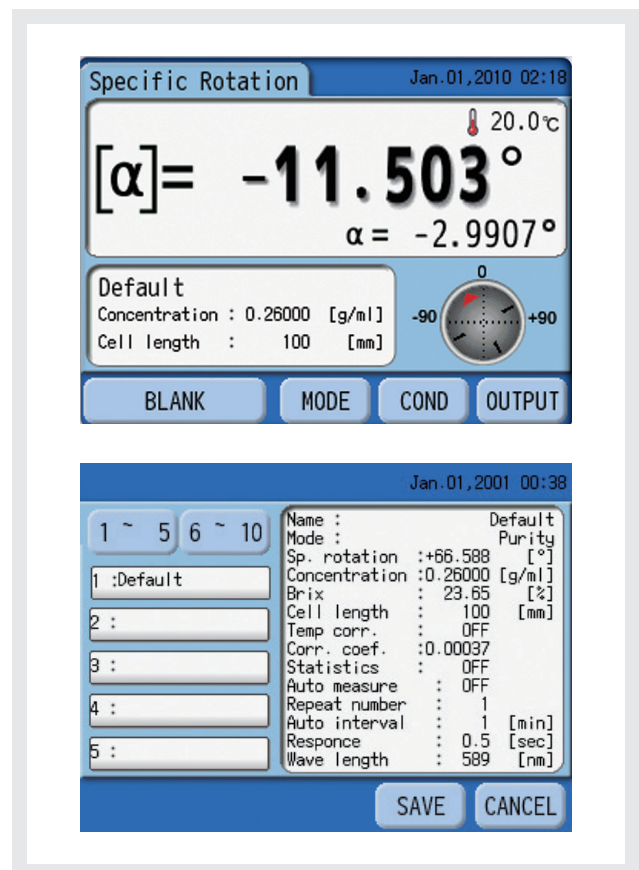


図4 基本画面と条件設定画面

ペルチェ式温調セルユニット

試料の旋光度は温度により変化するため、旋光度測定では温度管理が重要である。従来機では、恒温槽を装置に接続して循環水を用いて試料セルを温調していた。SEPA-500では、冷却部を試料室内部に取り付けることができるペルチェ式温調セルユニットをオプションで用意されている(図5)。これにより恒温槽の設置場所や循環水の漏れを心配しなくて良い旋光度測定ができるようになった。

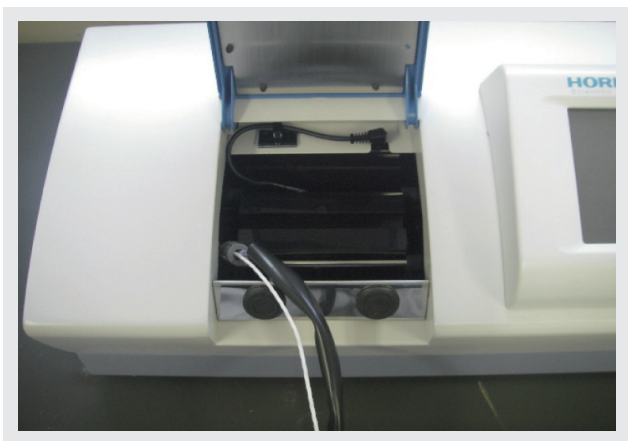


図5 ペルチェ温調ユニットを取り付けた試料室

おわりに

SEPA-500では、中空モータとLED光源を採用することで、高速応答・高分解能、メンテナンスフリーを達成することができた。また、タッチパネル方式のディスプレイを採用し使いやすさを追求した。さらにオプションとして、ペルチェ式温調セルユニットが用意され、これまで悩みの種であった水漏れの心配を解消することができた。SEPA-500は高精度な測定を早く簡単に行える、小型化・軽量化の装置であり、多くのお客様に喜んでいただけるものと考えている。

Patent

赤外線検出器

【登録番号】 特許第 3210795 号
 【発明者】 岡本一隆, 高田秀次
 松本浩一

分野・従来技術

本発明は、赤外線式ガス分析計や、非接触温度計、人体感知などに使用される赤外線検出器に関する発明である。従来、本分野では一般に、赤外線検出器を構成する容器への赤外線透過窓(窓材)の接着を樹脂系接着剤(図2-7.8)によって行っていたことから、高温多湿な環境が長期間に渡る場合、樹脂系接着剤が吸水して容器内に外気や水分が侵入することがあった。このため、容器内部回路の絶縁性が低下し、感度低下を防止することが最大の課題であった。

目的

本発明は、高温多湿な環境下においても、外気や水分が検出器容器内に侵入するのを防ぎ、長期にわたって良好な特性を維持することができる気密性の高い赤外線検出器を提供することを目的とする。

実施形態

図3は赤外線検出器の内部構造、図4は発明考案適用部分、図5は本特許製品の焦電型赤外線検出器である。赤外線検出器は主に容器(図3-1)、赤外線透過窓材(図3-4)、赤外線検出素子(図3-9)、FET(電界効果トランジスタ)(図3-14)や高抵抗(図3-15)などから構成されるが、要求される絶縁(回路のインピーダンスは1X10¹¹Ω〜)は極めて高い。また、赤外線透過窓材(図4-4)はシリコンやゲルマニウムなどの赤外線透過材料よりなる母材両面に波長選択性多層膜(図4-6A.6B)を形成している。また、窓材は容器の上面に面一に設けられ、ハンダ(図4-21)によって側壁面部に接合されていることを特徴としている。また、ハンダ付けをするために、窓材にハンダ付け可能な金属層(図4-18.19)として、クロム・ニッケル・金などの金属をスパッタリングにて窓材表面に選択的に形成している。

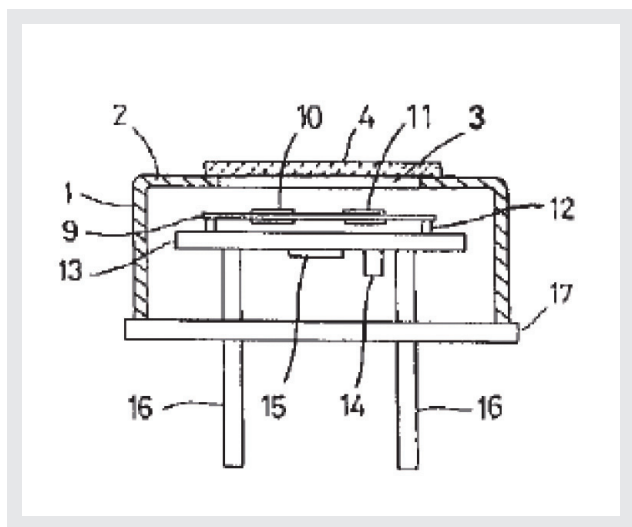


図1 従来の赤外線検出器内部構造

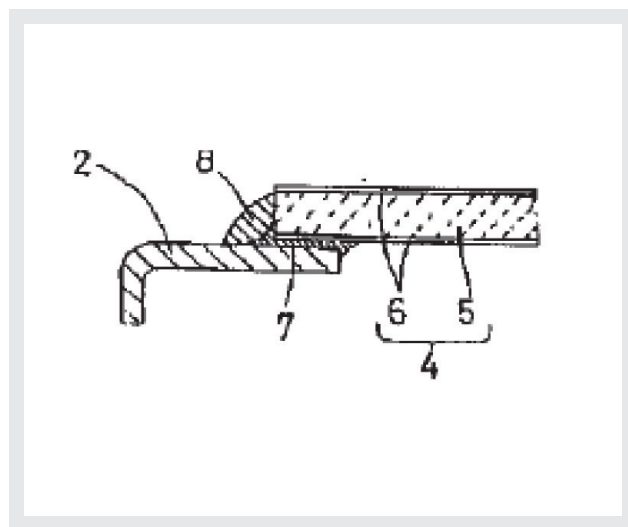


図2 従来の容器と窓材との接合部の詳細図

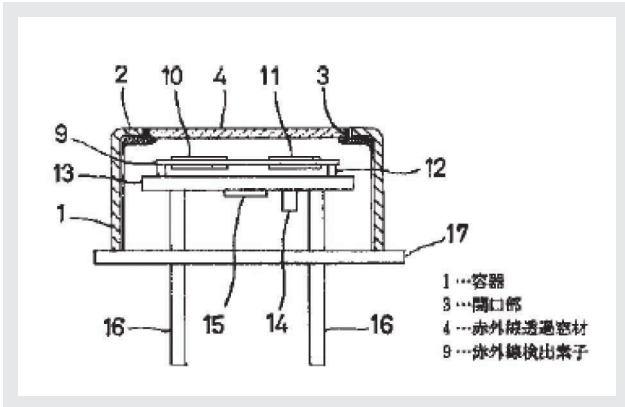


図3 赤外線検出器内部構造

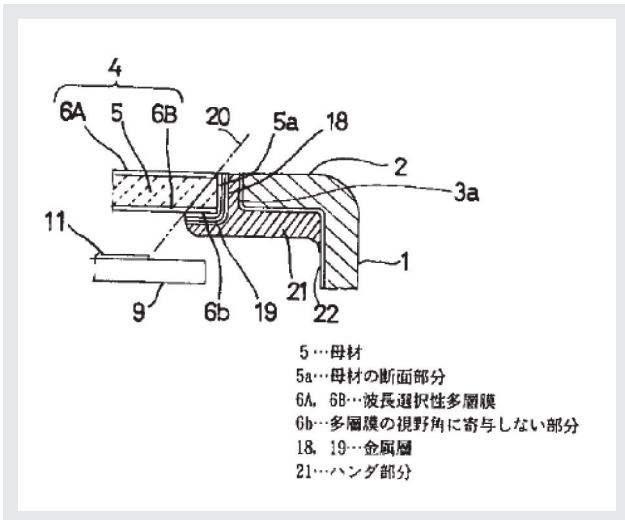


図4 発明考案適用部分の詳細図

効果

本発明考案では、窓材として形成した多層膜の接合予定部分と赤外線透過材料よりなる母材の断面部分(図4.-5a)に、金属層(図4.-18.19)を設け、この金属層と容器の開口部とをハンダで接合することで、ハンダと両金属層との接合強度を大きくすることができた。これにより、検出器の気密性が確保できるとともに、ハンダ部分を介して窓材の母材(シリコンやゲルマニウム)と金属容器との電気的な結合が確実に行われるので、電磁気に対するシールドも良好に行われる。以上より高温多湿環境でも長期間にわたって安定に動作する気密性の高い赤外線検出器を得ることが可能となる。また、窓材に形成するハンダ付け可能な金属層(図4.-19)の形状を適宜アレンジすれば、検出器の視野角を決定する開口部の形状や配置の自由度が広がる。

本内容は、焦電型赤外線検出器の実施例であるが、サーモパイルやサーミスタボロメータなどの他の赤外線検出器でも適用可能である。

※ 現在、弊社では鉛フリーはんだを用いて赤外線検出器を生産している。



図5 本特許適用製品：
赤外線検出器パッケージ

Patent

粒径分布測定装置

【登録番号】 特許第 3471634 号
 【発明者】 伊東俊哉, 東川喜昭
 伊串達夫

分野・従来技術

この発明は、半導体レーザからのレーザ光を集光レンズを介して分散している粒子群に照射し、そのとき生じる回折／散乱光を検出器によって検出し、得られる回折／散乱光強度信号に基づいて粒子群の粒径分布を測定する粒径分布測定装置に関する。

近年、装置の小型化を図る観点から、レーザ光源として半導体レーザが用いられるようになってきている。ところが半導体レーザは、光が発散性であることから集光レンズを用いて平行光または収斂光とする必要があるほか、照射される光線の光量が多いため検出器の感度の直線性を良くすることを目的として供給電圧を調整したり、光学素子を用いて別途光量を調節する必要があった。

目的

本発明の目的は、半導体レーザを光源として用いた粒径分布装置において、半導体レーザから照射されるレーザ光を簡単かつ安価な構成で減光して、所望の光量のレーザ光をサンプルに確実かつ安定よく照射することで、測定精度を向上することである。

実施形態

図1は粒径分布測定装置の構成を概略的に示し、図2及び図3は本発明の特徴部分となる光源部分の構成を概略的に示すものである。これらの図を参照して、本発明の実施形態を説明する。図2に示すように、半導体レーザ3からレーザ光5aを発すると、このレーザ光5aはその周辺部が集光レンズ4を保持するレンズホルダ6の周壁によってカットされ、所望の光量のレーザ光に減光されて集光レンズ4を通過する。

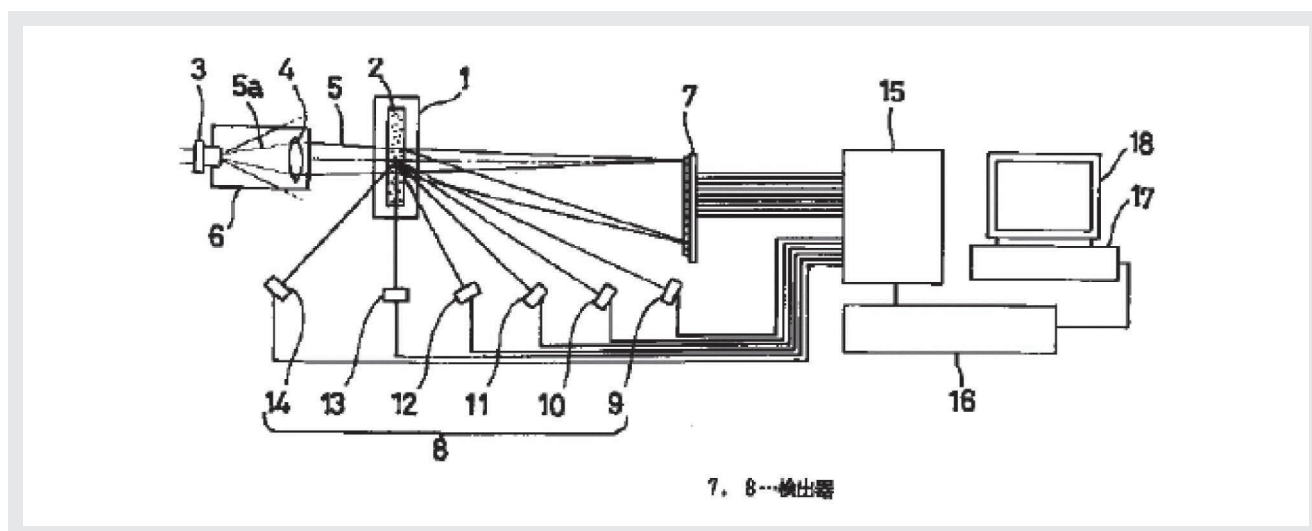


図1 本発明の粒径分布測定装置の一例を概略的に示す図

この減光されたレーザー光は、集光レンズ4において収斂され、**図1**に示すように集光レーザー光5となってセル1内の試料液2を照射する。そしてこの集光レーザー光5は、セル1中の粒子によって回折または散乱する。その回折光または散乱光のうち、比較的散乱角の小さいものはリングディテクタ7上に結像されるが、この場合、外周側に配置されるフォトセンサが、散乱角のより大きい光を受光し、内周側のフォトセンサが散乱角のより小さい光を受光する。外周側のフォトセンサの検出する光強度は粒子径のより小さい粒子の量を反映しており、内周側のフォトセンサの検出する光強度は粒子径のより大きい試料粒子の量を反映していることになる。

これらの各フォトセンサが検出した光強度はアナログ電気信号に変換され、さらにプリアンプを経てマルチプレクサ15に入力される。マルチプレクサ15によって取り込まれたアナログ電気信号は直列信号にされて、AD変換器16で順次デジタル信号に変換され、さらにコンピュータ17に入力される。各散乱角ごとの光強度データを、フラウンホーファ回折理論やミー散乱理論に基づいて処理することで、粒径分布測定の結果を算出することが出来る。

本発明のその他の実施例を**図3**に示す。この図において19はレンズホルダで、ほぼL字状で、一方の垂直部19Aに半導体レーザー3が取り付けられ、その前方側の垂直部19Bに集光レンズ4が光軸を合わせた状態で取り付けられている。そして遮光部材20によって、半導体レーザー3から発せられたレーザー光5aの周辺部がカットされる。

効果

本発明においては、半導体レーザーから発せられるレーザー光の光束周辺部が集光レンズを保持するレンズホルダまたはこのレンズホルダに連ねて設けられた遮光部材によってカットされて所望の光量に減光されるように構成しているため、光源として市販の半導体レーザーを用いても、この半導体レーザーから発せられるレーザー光を所望の光量に減光(光量調整)することができる。したがって、半導体レーザーに対しては、所定の定格電圧よりも低い電圧を供給するのではなく、所定の定格またはこれに近い電圧を供給すればよいので、安定したレーザー発振が得られ、所望の粒径分布測定を確実に行うことができる。また、減光フィルタなど他の光学素子を別途設ける必要がないので、光源周辺の構成がシンプルとなり、コストダウンを図ることができる。

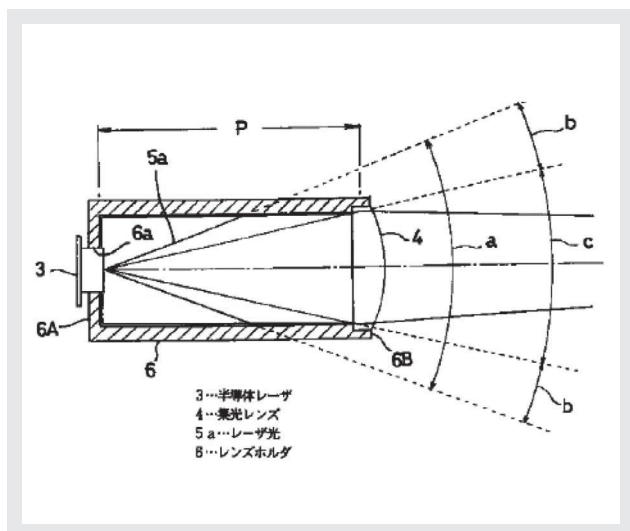


図2 半導体レーザーおよび集光レンズの配置構造を拡大して示す図

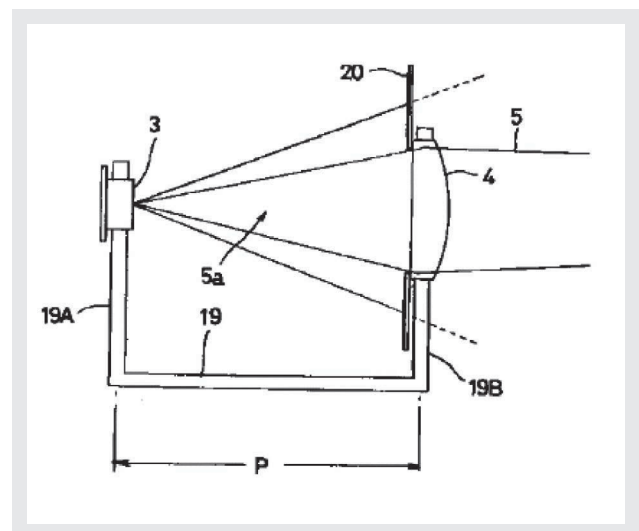


図3 半導体レーザーおよび集光レンズの配置構造の他の形態を示す図

HORIBA World-Wide Network

JAPAN

HORIBA, Ltd.

Head Office Factory

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

HORIBA STEC, Co.,Ltd.

11-5, Hokodate-cho, Kamitoba, Minami-ku Kyoto 601-8116
Phone : (81)75-693-2300 Fax : (81)75-693-2350

HORIBA Advanced Techno Co.,Ltd.

31, Miyanonishi-cho, Kisshoin, Minami-ku Kyoto 601-8306
Phone : (81)75-321-7184 Fax : (81)75-321-7291

HORIBA Techno Service Co.,Ltd.

2, Miyanohigashi-cho, Kisshoin, Minami-ku Kyoto 601-8305
Phone : (81)75-325-5291 Fax : (81)75-315-9972

HORIBA ITECH Co.,Ltd.

Maekawara-cho, Kisshoin, Minami-ku Kyoto 601-8304
Phone : (81)75-326-1700 Fax : (81)75-326-0300

U.S.A.

HORIBA International Corporation

17671 Armstrong Avenue Irvine, CA 92614
Phone : (1)949-250-4811 Fax : (1)949-250-0924

HORIBA Instruments Inc.

Irvine Facility
17671 Armstrong Avenue Irvine, CA 92614
Phone : (1)949-250-4811 Fax : (1)949-250-0924

Ann Arbor Facility

5900 Hines Drive Ann Arbor, MI 48108
Phone : (1)734-213-6555 Fax : (1)734-213-6525

Tempe Facility

2520 South Industrial Park Drive Tempe, AZ 85282
Phone : (1)480-967-2283 Fax : (1)480-967-0281

HORIBA STEC Inc.

HORIBA Technology Center
3265 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95054
Phone : (1)408-730-4772 Fax : (1)408-730-8975

New Hampshire Office

315 Derry Road Suite 13 Hudson, NH 03051
Phone : (1)603-886-4167 Fax : (1)603-886-4267

Portland Office

10240 SW. Nimbus Avenue Suite L-5 Portland, OR 97223
Phone : (1)503-624-9767 Fax : (1)503-968-3236

Austin Office

9701 Dessau Road Suite 605 Austin, TX 78754
Phone : (1)512-836-9560 Fax : (1)512-836-8054

Reno Office

605 Spice Island Drive #5 Sparks, NV 89431
Phone : (1)775-358-2332 Fax : (1)775-358-0434

HORIBA Automotive Test Systems Corp.

2890 John R Road Troy, MI 48033
Phone : (1)248-689-9000 Fax : (1)248-689-8578

HORIBA ABX Inc.

34 Bunsen Drive Irvine Spectrum, Irvine, CA 92618
Phone : (1)949-453-0500 Fax : (1)949-453-0600

HORIBA Jobin Yvon Inc.

3880 Park Avenue Edison, NJ 08820
Phone : (1)732-494-8660 Fax : (1)732-549-5125

CANADA

HORIBA Automotive Test Systems Inc.

1115 North Service Road West Oakville Ontario L6M 1N1
Phone : (1)905-827-7755 Fax : (1)905-827-8162

BRAZIL

HORIBA ABX Brazil

Av. das Nações Unidas, 21.735 = Jurubatuba São Paulo CEP 04795-100
Phone : (55)11-55-45-1500 Fax : (55)11-55-45-1570

TCA/HORIBA Sistemas de Testes Automotivos Ltda.

Rua Osvaldo Cruz, 1.056 - Sta.Paula - CEP: 09540-280 S. Caetano do Sul - SP
Phone : (55)11-4224-0205 Fax : (55)11-4227-3133

RUSSIA

HORIBA, Ltd. Moscow Representative Office

Build 5, h.13, Altufevskoe shosse Moscow 127106
Phone : (7)495-221-87-71 Fax : (7)495-221-87-68

GERMANY

HORIBA Europe GmbH / Oberursel Office

Hans-Mess-Strasse 6 D-61440 Oberursel / Ts.
Phone : (49)6172-1396-0 Fax : (49)6172-137385

Darmstadt Office

Landwehr-Strasse 55 D-64293 Darmstadt
Phone : (49)6151-5000-0 Fax : (49)6151-5000-3865

Hanover Office

Bayern-Strasse 29 D-30855 Langenhagen
Phone : (49)511-741095 Fax : (49)511-741053

Leichlingen Facility

Julius-Kronenberg-Strasse 9 D-42799 Leichlingen
Phone : (49)2175-89780 Fax : (49)2175-897850

Munich Office

Josephsburg-Strasse 88a b-81673
Phone : (49)89-2444779-0 Fax : (49)89-2444779-10

Potsdam Office

Neuendorfer-Strasse 39a D-14480 Potsdam
Phone : (49)331-6490070 Fax : (49)331-6490074

Stuttgart Office (Neuhausen)

Zabergau-Strasse 2, D-73765 Neuhausen
Phone : (49)7158-933-800 Fax : (49)7158-933-899

Stuttgart Office (Böblingen)

Hans-Klemm-Strasse 56 D-71034 Böblingen
Phone : (49)7031-677-9440 Fax : (49)7031-677-9450

HORIBA Europe Automation Division GmbH

Zabergau-Strasse 3, D-73765 Neuhausen
Phone : (49)7158-933-300 Fax : (49)7158-933-399

HORIBA Jobin Yvon GmbH

Haupt-Strasse 1, 82008 Unterhaching
Phone : (49)89-46231-70 Fax : (49)89-46231-799

Raman Division

Neuhof-Strasse 9 D-64625 Bensheim
Phone : (49)6251-84750 Fax : (49)6251-847520

FRANCE

HORIBA France SARL

12 Av. des Tropiques Hightec Sud F-91955 Les Ulis
Phone : (33)1-69-29-96-23 Fax : (33)1-69-29-95-77

HORIBA ABX S.A.S.

Parc Euromedecine, Rue du Caducée - BP 7290 34184 Montpellier Cedex 4
Phone : (33)4-67-14-15-16 Fax : (33)4-67-14-15-17

HORIBA Jobin Yvon S.A.S.

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

Thin Films Division

5 avenue Arago, ZA dela Vigne aux Lous 91380 Chilly Mazarin
Phone : (33)1-69-74-88-60 Fax : (33)1-69-74-88-61

Raman Division

231 Rue de Lille 59650 Villeneuve D'ascq
Phone : (33)3-20-59-18-00 Fax : (33)3-20-59-18-08

BELGIUM

HORIBA ABX S.A.S. Belgium Branch

Luchthavenlei 7A Deurne 2100
Phone : (32)3-281-49-08 Fax : (32)3-281-65-04

ITALY

HORIBA France SARL Italy Office

Europalace, Corso, Torino 43/45 10043 Orbassano Torino
Phone : (39)011-904-0601 Fax : (39)011-900-0448

HORIBA ABX S.A.S. Italy Branch

Via Le Luca Gaunico 209/211, 000143 Roma
Phone : (39)6-51-59-22-1 Fax : (39)6-51-96-43-34

HORIBA Jobin Yvon Srl

Via Cesare Pavese 35AB, 20090 Opera Milano
Phone : (39)2-57-60-30-50 Fax : (39)2-57-60-08-76

SPAIN

HORIBA ABX S.A.S. Spain Branch

Avenida Caidos de la Division Azul 16 Madrid 28016
Phone : (34)91-353-30-10 Fax : (34)91-353-30-11

HORIBA Jobin Yvon S.A.S. Spain Branch

C.Francisco Silvela 56 Duplicado 2DIZQ Madrid 28028
Phone : (34)91-724-16-57 Fax : (34)91-724-13-73

PORTUGAL

HORIBA ABX S.A.S. Portugese Branch

Rua Alfredo da Silva, 8-A, 3C, Quinta Grande Alfragide Amadora 2610-016
Phone : (351)214-72-17-70 Fax : (351)214-72-17-89

AUSTRIA

HORIBA GmbH

Kaplanstrasse 5 A-3430 Tulln
Phone : (43)02272-65225 Fax : (43)02272-65230

CZECH REPUBLIC

HORIBA GmbH Czech Office

Orga Praha Petrohradská 13 Praha 10 CZ-10100
Phone : (42)2717-46480 Fax : (42)2717-47064

SWEDEN

HORIBA Europe GmbH

Sodertalje Office
Sydhamnsvägen 55-57 S-15138 Sodertalje
Phone : (46)8550-80701 Fax : (46)8550-80567

Gothenburg Office

Kaerlyckegatan 21 S-418 78 Gothenburg
Phone : (46)3164-4268 Fax : (46)3164-4269

NETHERLANDS

HORIBA Europe GmbH Netherland Office

Science Park 5080 (Ekkersrijt) 5692 EA SON
Phone : (31) 40-2900240 Fax : (31)40-2900624

U.K.

HORIBA Instruments Ltd.

Kyoto Close, Summerhouse Road, Moulton Park Northampton NN3 6FL
Phone : (44)1604-542-500 Fax : (44)1604-542-699

HORIBA ABX S.A.S.

Kyoto Close, Moulton Park Northampton NN3 6FL
Phone : (44)1604-542650 Fax : (44)1604-542651

HORIBA Jobin Yvon Ltd.

2 Dalston Gardens Stanmore Middlesex HA7 1BQ
Phone : (44)20-8204-8142 Fax : (44)20-8204-6142

HORIBA Jobin Yvon IBH Ltd.

Skypark 5, Level 1, The Clydeway Centre, 45 Finnieston Street, Glasgow G3 8JU
Phone : (44)141-229-67-89 Fax : (44)141-229-67-90

SRH Systems Ltd.

Evesham House, Whittington Hall, Whittington Road, Worcester WR5 2ZX
Phone : (44)1905-359359 Fax : (44)1905-359332

Kore Technology Limited

5 Bartholemew's Walk Cambridgeshire Business Park Ely Cambridgeshire CB7 4EA
Phone : (44)0-1353-653035 Fax : (44)0-1353-653031

POLAND

HORIBA ABX Sp. Zo. o.

Ul. Wal Miedzyszynski 598-03 994 Warszawa
Phone : (48)22-673-2022 Fax : (48)22-67-32-026

KOREA

HORIBA Korea Ltd.

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

Seoul Office

112-6 Sogong-Dong Choong-ku Seoul
Phone : (82)2-753-7911 Fax : (82)2-756-4972

HORIBA Automotive Test Systems Ltd.

Room #906, World Meridian Venture Centre I, 60-24 Gasan-Dong Geumcheon-Gu Seoul 153-78
Phone : (82)25-62-72-06 Fax : (82)25-62-76-30

HORIBA STEC Korea, Ltd.

110 Suntech-City, 513-15 Sangdaewon Jungwon-ku, Sungnam-city Kyungki-do
Phone : (82)31-777-2277 Fax : (82)31-777-2288

SINGAPORE

HORIBA Instruments (Singapore) PTE, Ltd.

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

CHINA

HORIBA Instruments (Shanghai) Co., Ltd.

No.2, Lane 1883, Huicheng South Rd. Jiading Industrial District Shanghai 201821
Phone : (86)21-6952-2835 Fax : (86)21-6952-2823

HORIBA Trading (Shanghai) Co., Ltd.

United Plaza, Room 1701, 1468 Nanjing Road West Shanghai 200040
Phone : (86)21-6289-0600 Fax : (86)21-6289-5553

Shanghai Zhangjiang Service Center (for Semiconductor business)

Room 303, No.84, Lane 887, Zu-chong-zhi Road, Zhangjiang Hi-tech Park Shanghai 201203
Phone : (86)21-5131-7150 Fax : (86)21-5131-7660

Beijing Branch Office

Room 1801, Capital Tower Beijing, Tower 1 No.6Jia, Jianguomenwai Ave. Chaoyang District Beijing 100022
Phone : (86)10-8567-9966 Fax : (86)10-8567-9066

Guangzhou Office

Room 1810, Golden Digital Network Center, 138 Tiyu Road East Guangzhou 510620
Phone : (86)20-3878-1883 Fax : (86)20-3878-1810

TAIWAN

HORIBA STEC, Co., Ltd. Taiwan Branch

3rd Fl., No18, lane 676, Jhonghua Rd., Jhubei City, Hsinchu Conty 302
Phone : (886)3-656-1160 Fax : (886)3-656-8231

Tainan Office

1F., No.117, Chenggong Rd., Shanhua Township Tainan County 741
Phone : (886)6-583-4592 Fax : (886)6-583-2409

INDIA

HORIBA India Private Ltd.

1212A, Hemkunt Tower, 98 Nehru Place 110 019 New Delhi
Phone : (91)11-4669-5001 Fax : (91)11-4669-5010

Pune Office

502, 5th Floor, Purushottam Plaza, Baner Road, Baner, Pune - 411045
Phone : (91)20-2729-1121

Bangalore Office

Golden Square Business Centre 53/A, 16th C Main, 4th block, Koramangala, Bangalore - 560034
Phone : (91)80-4261-3203 Fax : (91) 80-4092-9225

HORIBA ABX S.A.S. India Representative Office

A-32, Mohan Co-operative Industrial Area New Delhi 110 044
Phone : (91)11-420-98-800 Fax : (91)11-420-98-850

THAILAND

HORIBA ABX Diagnostics Thailand Ltd

395, Latya Road, Somdetchaopraya Sub-district Klongsan District Bangkok 10600
Phone : (66)2-861-59-95 Fax : (66)2-861-52-00

Readout HORIBA Technical Reports NOV 2010 No.37

発行日 2010年11月30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://www.horiba.com/jp/publications/readout/>

DTP・製版・印刷・製本 株式会社 写真化学

<Readout編集委員会>

Readout企画委員長	石田 耕三
Readout副企画委員長	臼井 誠次
Readout37号編集委員長	室賀 裕一
特集企画委員長	李 虎
企画委員	谷本 正博 吉岡 和憲 荒谷 肇 藤井 洋 井上 香 岩崎 俊典
編集局	関 秀世

お問い合わせ先

株式会社 堀場製作所 法務・知的財産センター
Tel:075-313-8121 Fax:075-321-5648
e-mail:readout@horiba.co.jp

HORIBA

Explore the future



この印刷物は、E3PAのシルバー基準に適合し、地球環境負荷に配慮した印刷方法にて作成されています。
E3PA：環境保護印刷推進協議会