

地球環境および経済活動への貢献を目指す 環境・プロセスシステム事業

Aims to Contribute to the Global environment and the Economic Activity

中村 新哉

Shinya NAKAMURA

井ノ上 哲志

Satoshi INOUE

江原 克信

Katsunobu EHARA

坂東 直人

Naoto BANDO

はじめに

環境・プロセス事業は産業の発展とともに変化してきたといえる。高度経済成長後期になると大気汚染や水質汚濁などの公害が深刻化し、環境規制や条例が施行された。これら規制に対応するため、HORIBAグループのコア技術である非分散型赤外線分析(NDIR)やpH計測技術を核に新技術を取り入れ、環境分析市場のニーズにあった分析計の開発を進めてきた。2011年、東日本大震災により引き起こされた福島県第一原子力発電所の水素爆発により放射性物質が福島県周辺に飛散した。当時HORIBAグループはいち早く放射線計を自治体に寄付することで、市民の放射線測定に寄与した。このように環境・プロセス製品は各時代に引き起こされた公害・環境問題に対して、見えないものを“見える化する環境計測”の側面から世の中に安心・安全を提供してきた。環境・プロセス事業は環境計測に留まらず、その技術を産業プロセス計測に応用することで産業発展に貢献してきた。1960年代以降、日本の産業発展にともない日本では多くの石油精製・石油化学プラントが建設され、プロセス用ガス分析計のニーズが高まった。HORIBAグループは耐圧防爆認証を取得し、プロセス用としてガス分析計を供給してきた。水質分析製品では上下水道の水質コントロールにより水資源の持続的な活用に貢献し、また非接触で温度を高精度に測定できる放射温度計は温度監視及び温度制御といった工業の重要なプロセスを支えている。

アジアをはじめとした経済成長が著しい新興国諸国においては、大気汚染やPM2.5、水不足などの環境問題が深刻化している。かつては無いに等しかった環境法規制に対しても、徐々に執行の強化、遵守する傾向があり環境計測の需要も高まりつつある。一方、経済が成熟した先進国においては、環境意識の高まりから企業の社会的責任(CSR)の一貫として新たな環境計測ニーズが高まりつつある。CSRの遵守を社会貢献や慈善活動としてとらえるのではなく、CSR遵守を活用することで利益創出を目指すようになってきている。単なる計測の時代から、企業価値を高めるといった計測の新たな市場が登場してきている^[1]。このように、社会・時代の変化とともに環境計測のニーズは多角化し、さらにグローバルに広がりつつある。環境・プロセス製品は、各時代のあらゆる局面で必要とされその責任は重い。このような期待に応えるべく日々計測技術を研鑽するガス、水、温度・放射線計測について紹介する。

ガス計測事業

ガス計測機器にとって、高精度に、外乱影響を抑えて、不具合なく測定し続けること、簡単に計測できることなどはとても重要である。それらを実現するために、測定ガスをガス分析計に導入する前に、サンプリング部で、様々な処理を行ったり、個々の条件に合わせ測定原理を使い合わせる必要がある。HORIBAでは、早くから数多くの測定原理を開発し、サンプリングの改良を行い、ニーズに合わせて使い分けてきた。

日本では1950年代から60年代において、煙道排ガスによる健康被害が大きな社会問題となり、1968年に大気汚染防止法が制定された。これに応えるべく、HORIBAグループの煙道排ガス分析計の最初のモデルである二酸化硫黄(SO₂)計ESDAを発売した。ESDAには現在でも、核となる技術の1つである非分散型赤外分析計(NDIR)が搭載され、その後ENDAシリーズとして窒素酸化物(NO_x)計、一酸化炭素(CO)計、二酸化炭素(CO₂)計、酸素(O₂)計、アンモニア(NH₃)計などを追加して、今日まで改良が繰り返され発展してきた。計量法で規定されている窒素酸化物(NO_x)計の最少レンジは、赤外線分析法の10 ppmレンジである。HORIBAグループは早くから赤外線ガス分析計の高感度化に取り組み、流体変調方式(Figure 1)という技術を開発し、赤外線分析法でNO_x計10 ppmレンジを実現した。また、煙道排ガスには、ダストや硫酸ミスト、多くの水分など、様々な計測妨害成分が含まれ、それらの影響を取り除くサンプリングの改良も多く行われてきた。今日では、日本国内だけでなく、世界各地の煙道排ガス計測にHORIBAグループのENDAが使用されている。(Figure 2)

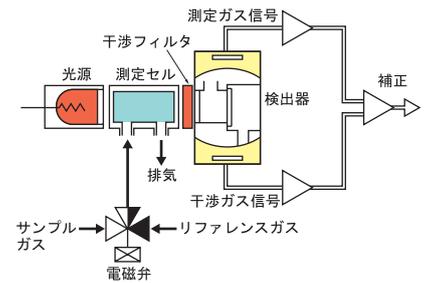


Figure 1 APMA-370の分析部構成図

大気計測分野では、1964年にAPMA-1として、一酸化炭素(CO)計を発売した。大気計測には最初、各社は湿式方式を採用したが、HORIBAグループは、いち早くドライ法を使った大気計測機の開発に取り組み商品化した。ドライ法は、精度よく連続に測定できること、メンテナンスコストを抑えることができることから、海外ではいち早くこの方式が取り入れられてきた。このドライ法のAPシリーズを早くから海外、特に欧州進出を行ってきた。高感度・高精度測定を実現するため、測定成分に応じた測定原理を採用してきた。一酸化炭素計測にはNDIR法を、窒素酸化物(NO_x)計測には化学発光法(CLD法)を、二酸化硫黄計測には、紫外蛍光法(UVF法)、オゾン(O₃)計測には、紫外吸収法(NDUV法)、炭化水素(HC)計測には水素炎イオン法(FID法)を採用している。日本では1996年の大気汚染防止法の改定で、湿式法に加えて乾式法が認められることになり、以後、日本でも、HORIBAのAPシリーズが数多く採用されてきた^[2]。

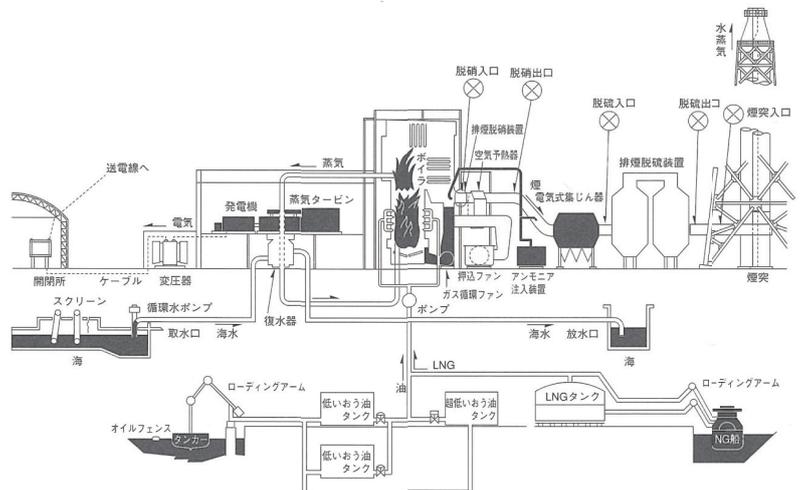


Figure 2 発電所の仕組みと煙道排ガス分析計の設置場所

分類	原理	特徴
電気化学法	水素イオン濃度 (pH)	日本初、堅牢(Tough), ISFET
	電気伝導率 (Cond)	少量, ワイドレンジ,
	酸化還元電位 (ORP)	小型化
	イオン選択性電極 (ISE)	多種, 測定に対する最適化
分光学法	溶存酸素 (DO)	流量影響の低減
	濁度 (Turb)	自動洗浄・小型化
	粒子 (particle)	高感度
	紫外線 (UV)	セル長変長方式
その他	可視光線 (VIS)	セル長変長方式
	赤外線 (IR)	ND IRと溶媒抽出の複合
	ラマン散乱, 蛍光	HORIBA Jobin Yvonとの連携
	液体分注・混合・反応	連続稼働性
その他	ダイヤモンド電極	高感度、広電位窓
	新技術	蛍光膜 など

Figure 3 HORIBAの水計測事業における技術シーズ

プロセスガス計測分野では、1960年代以降の日本の産業の大きな発展に伴い、日本にも多くの石油精製プラント・石油化学プラントが建設され、プロセス用ガス分析計のニーズが高まった。HORIBAでは、NDIRで日本国内の耐圧防爆認定を取得し、プロセス用としてガス分析計を供給してきた。日本国内だけでなく、中国や中近東にも早くから進出してきた。

水計測事業

言うまでもなく、人口の増加、環境汚染および気候変動などを鑑みると、水資源は我々生物にとって今後ますます重要となる。したがって、水の持続可能な活用のために水を計測し管理することは、今後も必須の課題となる。HORIBAはpH計^[3, 4]の開発から起業し、現在では電気伝導率(COND)、溶存酸素(DO)、酸化還元電位(ORP)、濁度(TURB)、残留塩素(RC)、各種イオンなど水の一般特性の多くをカバーできる技術を有している。Figure 3に、HORIBAの技術シーズをまとめた。電気化学法、分光学法およびその他に、大別できる。電気化学法の中でもpHはガラス応答膜組成のコントロールする技術を有しており、耐久性や応答性を向上させる技術を有している。また、近年ではイオン選択性電極をアプリケーションに応じて最適化させて、これまでは不可能だった用途へ適用する試みも行っている^[5]。

分光学法においては、主に紫外および可視光を用いている。環境・プロセス市場の特徴である連続測定における安定性と汚れの影響に対応するために、測定部分を回転させて連続洗浄したり、セル長を変調させてバックグラウンドの変動影響をキャンセルする技術を有している。また、ガス計測事業で有している赤外線センサーの技術を油分測定技術にも転用している^[6]。今後は、グループ企業のHORIBA Jobin Yvon社のラマン散乱や蛍光技術を取り入れた製品開発も推進していく。さらに、その他の技術として、液体の分注、混合、反応技術も独自のノウハウを有している。水を計測する場合には、化学薬品と試料とを混ぜ合わせて、発色や滴定量などを測定することも多い。長期間にわたり、安定して計量、分注、反応させるためには、計量装置、ポンプ、電磁弁等を複合させる必要がある^[7]。なお、ダイヤモンド電極やその他の新規

技術についても継続して取得してきている。特に、毎年開催している堀場雅夫賞は、世界の大学や研究機関で行われている最先端の計測技術を知るための良い機会となっている^[8]。以上の技術を製品にまで仕上げるだけでなく、小型化し、複合装置や複合センサーとして商品化もしている^[9-11]。さらには、製品類を複数台まとめて、計測システムにすることもできる。Figure 4に、水の循環サイクルとHORIBAグループ水計測事業の代表的な製品群をまとめた。水は循環資源であることから、太古の昔から我々は有限な水資源を繰り返し使用してきている。水の特性を計測・分析することは、この循環を客観的に監視・制御する第一歩である。今後も、持続可能な水資源の活用に貢献していくことが、我々の存在意義と考えている。

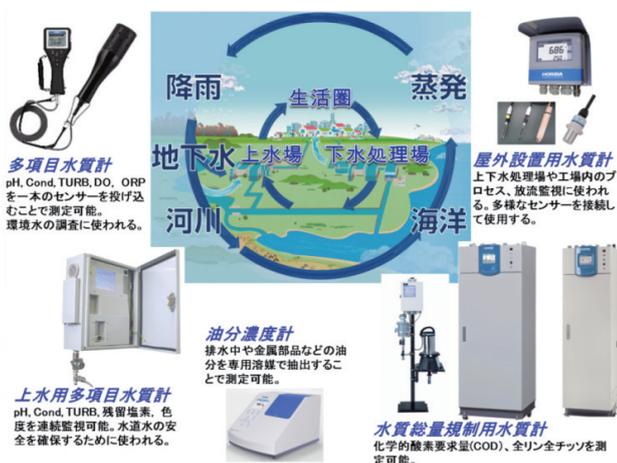


Figure 4 水の循環サイクルとHORIBAグループの水計測事業の代表的な製品群

温度・放射線計測事業

工業における生産、保守、物流等の活動において温度監視および温度制御は重要なプロセスであり、温度測定技術の研究開発は長い歴史を経て今なお新たな試みがなされている。HORIBAグループでは、創業間もない1950年代より赤外領域の光学材料であるアルカリハライド結晶の生産・加工技術の開発に取り組み、ガス分析に必要なコア技術を着実に蓄積してきた。1980年代に入ると、物体からの赤外輻射を計測することで非接触温度計測が可能となる放射温度計の製品開発を行い、たゆまぬ努力を続けて現在に至っている。放射温度計を支えるコア技術の中で、高感度の赤外線検出素子(サーモパイル素子)、赤外線多層膜フィルタ、温度指示値を高精度で校正するための黒体炉等を全て自社開発し、HORIBAグループの高精度放射温度計製品群の基礎を支えてきた。原子力発電所の使用済み核燃料の保管中の連続温度監視用を目的としたIT-200(1984年)を皮切りに、鼓膜式体温計IT-500Mを株式会社ニッショー(現ニプロ株式会社)と共同開発製品化(1993年)、世界初の8×8アレイ式サーモパイルを搭載した2次元放射温度計アイスクエア(2003年)といった時代の要求に応えた製品を供給してきた^[12, 13]。それらの製品群はその使命を終え、我々の大切な過去の記憶となっているが、今現在、業界最高水準の高精度・測定再現性(2014年当社調べ)を誇るハンディ型放射温度計IT-545シリーズと設置型放射温度計IT-230, IT-450シリーズで高精度非接触温度計測の市場ニーズに対応している(Figure 5)。

一方、HORIBAはアルカリハライド結晶の応用分野として、1950年代にNaI(ヨウ化ナトリウム)結晶とその応用技術である放射線計測分野の製品開発にも取り組んできた。NaIシンチレータ(1955年)、サーベイメーターRM-2/RM-3(1957年)、12インチアンガー型NaIシンチレータ(1969年)、CsI(ヨウ化セシウム)結晶を使用したシンチレータ(1986年)、そして放射線教育を主目的とした環境放射線モニター“はかるくんDX-100”(1989年)放射線サーベイメーターPA-100(1993年)等の製品を経て、現在販売している環境放射線モニターPA-1000/PA-1100につながる^[14, 15]。高エネルギー物理学における加速器の検出器(カロリメータ)として、CsI結晶(一辺5~6 cm, 長さ25~30 cm)の結晶4000本を1986年に米国コーネル大学より受注し、その後CsI結晶とフォトダイオードの組み合わせによる、小型で乾電池駆動が可能な環境放射線モニターの可能性を追求してきた。2011年3月の東日本大震災が引き金となった福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が福島県を中心に拡散し、簡単かつ精度良く空間線量率を測定する必要性が生じ、多くの場所で環境放射線モニターPA-1000/PA-1100を利用いただくこととなった。この状況下で、我々はPA-1000/PA-1100と組み合わせることで、簡単に食品や土壌の放射能を見積もることが出来る簡易放射能測定キットPA-Kを開発し、安心安全を確認するための一助とした^[16]。PA-1100はBluetooth[®]によるデータ通信機能を備え、スマートフォンを活用することで容易に空間線量率の地図表示(マッピング)を可能とし、多くの現場で活用されている(Figure 6)。



鼓膜式体温計 IT-500M



2次元放射温度計アイスクエア



ハンディ型放射温度計
IT-545シリーズ

Figure 5 温度計関連製品の外観



PA-1100



空間線量率マッピング

Figure 6 環境放射線モニターの外観と空間線量率マッピングの例

放射温度計と放射線計測は技術的には大きく異なるが、HORIBAグループのコア技術として、アルカリハライド結晶技術という共通の起源を有している。それぞれ専門的に分化していく技術開発の流れの中で、常にコア技術となる検出器とその周辺技術を自ら保有し磨くことで、その時々ニーズに応えるべく努力を重ねてきた。今後も努力を重ね、測定器としての確かさを追求し、社会のニーズに応えて行きたい。

おわりに

環境・プロセス事業は日本や欧米が牽引してきたが、近年は中国や韓国など新興国の成長も著しい。各エリアの環境法規制や産業規格に対応するため、主要拠点にはエンジニアリング・生産機能を集約し、現地の要望にあった分析計を提供している。近年はアジア諸国の大学・研究機関との環境分析に関する共同研究や環境省職員の環境計測トレーニングなども実施し、ビジネスの枠組みを超えた取組みを実施している。このように日本の分析メーカーとして環境対策に関する日本の知見や経験を伝えていくことも本事業の使命であると考えている。今後も「お客様の計測のパートナー」として、分析計のみならず計測ソリューションを提供し、地球環境の保全・産業の発展に貢献していきたい。

参考文献

- [1] Michael E Porter, Mark R Kramer, Creating Shared Value, *DIAMOND Harvard Business Review*, 2011
- [2] DNA of HORIBA「堀場製作所創立50周年記念誌」堀場製作所
- [3] 岩本恵和, 吉岡伸樹, “環境配慮形の工業用pH計HP-48/96シリーズ”, *Readout*, **31**, 46(2005)
- [4] 西尾友志, “大川浩美, 堀場製作所の基礎技術2 pH電極”, *Readout*, **41**, 60(2013)
- [5] 江原克信, 永井博, “生産・流通現場における硝酸イオン測定”, *計測技術 2008年別冊号*“食品の安全・安心を守る分析・評価技術 食品分析・評価装置のすべてがわかる”, 131-135(2009)
- [6] 西尾友志, 高坂亮太, “油分濃度計OCMA-500シリーズ”, *Readout*, **42**, 120(2014)
- [7] 石井章夫, 河野忠司, “自動全窒素・全りん測定装置TPNA-500”, *Readout*, **42**, 125(2015)
- [8] 江原克信, “欠くことのできない水資源とHORIBAグループの水計測技術の歩み” *Readout Special issue October*, 26(2013)
- [9] 小椋克昭, 山口真矢, 塚田徳昭, “自動水質測定装置TW-100と遠方監視システムによる水道水の連続監視”, *Readout*, **31**, 36(2005)
- [10] 本城充, 森健, “水質データ遠隔監視システムU-20AQシリーズ”, *Readout*, **31**, 62(2005)
- [11] 小松佑一朗, 江原克信, “小椋克昭, 多項目水質計U-50シリーズの開発”, *Readout*, **35**, 56(2009)
- [12] 松本直之, 辻岡唯二, 迫田博文, “鼓膜体温計(IT-500M)”, *Readout*, **7**, 52(1993)
- [13] 中田嘉昭, 浅野一郎, “2次元放射温度計アイスクエア(ii-1064)”, *Readout*, **25**, 39(2002)
- [14] 今川恭四朗, “ヨウ化ナトリウムシンチレータ”, *Readout*, **30**, 88(2005)
- [15] 板谷紀雄, 青山剛士, “ヨウ化セシウムを使った放射線サーベイメーター(PA-100)”, *Readout*, **3**, 91(1991)
- [16] E. Matsumoto, K. Tominaga, T. Saze, S. Nakayama, M. Sakama and Y. Kuwahara, “Development of a simple radioactivity measurement method using a portable dose rate meter, “Radiation Detectors and their uses” Proceedings of the 26th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, 17-26(2012)



中村 新哉

Shinya NAKAMURA

株式会社 堀場製作所
経営戦略本部 環境・プロセス事業戦略室
環境・プロセス事業戦略室長



井ノ上 哲志

Satoshi INOUE

株式会社 堀場製作所
経営戦略本部 環境・プロセス事業戦略室



江原 克信

Katsunobu EHARA

株式会社 堀場製作所
経営戦略本部 環境・プロセス事業戦略室
博士(農学)



坂東 直人

Naoto BANDO

株式会社 堀場製作所
経営戦略本部 環境・プロセス事業戦略室