

直接挿入レーザ方式ガス分析計「ZSS」

金井 秀夫 (かない ひでお)

中村 裕介 (なかむら ゆうすけ)

小泉 和裕 (こいずみ かずひろ)

特集

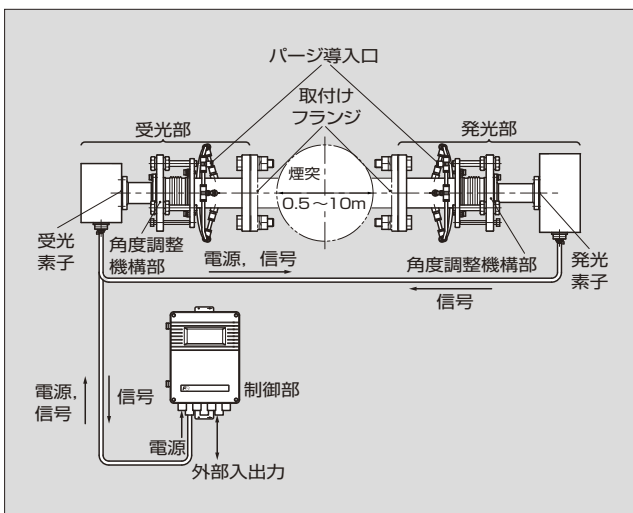
① まえがき⁽¹⁾

日本では、大気汚染から国民の健康を保護し、生活環境を保全することなどを目的として「大気汚染防止法」が1968年に制定されている。この大気汚染防止法では、排出物質の種類や施設内容や規模ごとに排出基準が決められており、地域によっては総量規制基準が定められている。

じんかい焼却施設、産業廃棄物焼却施設では有害物質の一つとして塩化水素の排出規制が定められている。施設内の煙突出口付近から自動連続採取したサンプルガスを吸収槽に通して測定するイオン電極方式の塩化水素自動測定器が多く使用されている。また、発電用などの大型ボイラではアンモニアを使用した脱硝設備の併設が多く、残存アンモニアのモニタや脱硝監視のため、アンモニア計が設置される。アンモニアは塩化水素と同様に試料ガスを自動連続採取して赤外線分析法、化学発光法などで測定されている。

このたび、レーザを使用した、サンプリング不要な直接挿入レーザ方式ガス分析計「ZSS」を国内メーカーとして初めて発売したので、その構成、原理、特長、用途などについて紹介する。

図1 直接挿入レーザ方式ガス分析計の構成



② 装置の構成

図1に構成を、図2に外観を示す。装置は発光部、受光部、制御部の3個のユニットから構成される。

(1) 発光部

赤外半導体レーザやその温度を制御する回路とペルチェ素子などで構成され、測定成分の吸収スペクトルに合った波長に安定させ発光する。

(2) 受光部

ホトダイオードや増幅回路、濃度検出回路などで構成され、煙道内を通過した光を電気信号に変換して濃度検出する。また、受光部と発光部は煙道や煙突を挟む形で取り付けられ、それぞれ角度調節機構部を持ち、フランジ取り付け位置のずれや煙道のひずみによる光軸のずれを調整できる。さらにダストによる詰まりや窓汚れを防ぐパージ機構を備えている。

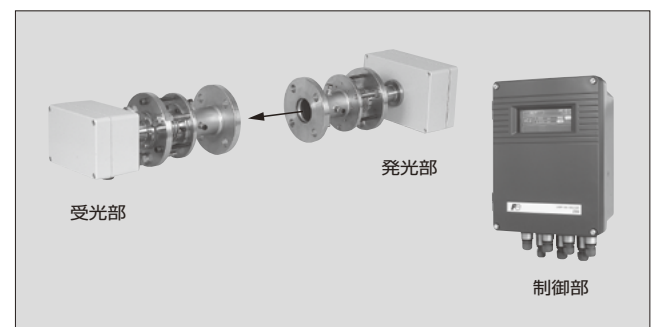
(3) 制御部

発光部と受光部への電源供給、ガス温度やガス圧力などの濃度補正、濃度やアラームの表示および信号の入出力を行う。

③ 測定原理⁽²⁾

塩化水素やアンモニアなどのガス分子はそれぞれ固有の赤外線吸収スペクトルを持っている。図3に各種ガスの吸

図2 直接挿入レーザ方式ガス分析計の外観



金井 秀夫

油膜センサ、水質安全モニタなどの水質計の設計・開発を経てガス分析計の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部PIA統括部計測機器技術第二部主任。



中村 裕介

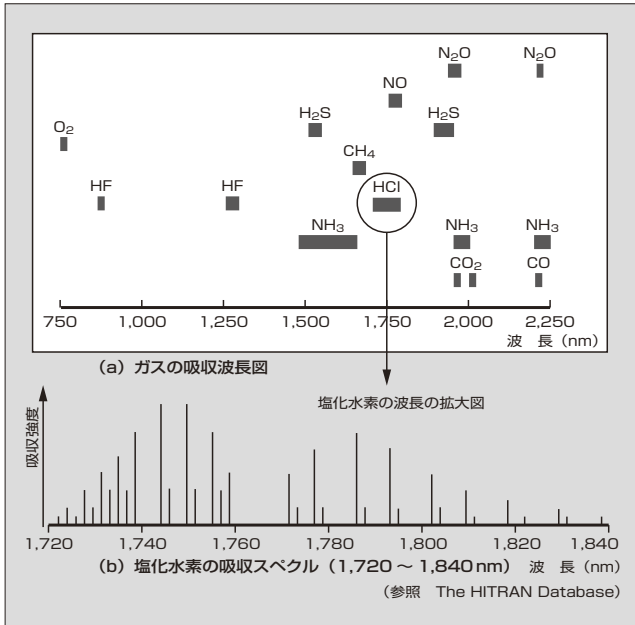
水質計の設計・開発およびガス分析計の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部PIA統括部計測機器技術第二部長。



小泉 和裕

センサ・計測機器の研究開発に従事。現在、富士電機アドバンステクノロジー株式会社生産技術センター機器技術研究所副主任研究員。電気学会会員。

図3 赤外線吸収スペクトル



吸収波長域と塩化水素の吸収スペクトルを示す。赤外線の吸収は線スペクトルとして存在している。

発光部から照射されたレーザ光は Lambert-Beer の法則に基づき煙道内の測定ガス濃度に応じ吸収され受光部に到達する。この受光強度を検知し煙道内のガス濃度を測定する。

$$I(L) = I_0 \exp(-knL) \dots\dots\dots (1)$$

- $I(L)$: 受光強度
- I_0 : 照射強度
- k : 比例係数
- n : 測定ガスの濃度 (密度)
- L : 煙道幅

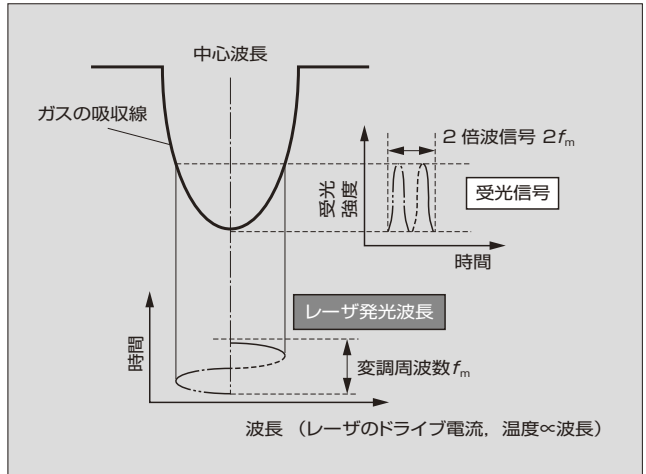
図4に測定方式の原理を示す。レーザ光は半値幅約 10 pm (pm = 10⁻¹² m) のほぼ単波長の光であるが、駆動電流や温度を変化させることで波長変調が可能である。測定対象ガスの線スペクトルを中心に波長を一定周期で変調して照射すると、周波数特性を持つ受光信号が得られ、吸収による微弱な減衰信号を周波数成分として取り出すことで精度よく測定できる。

4 特長

(1) 低ランニングコスト

イオン電極方式は月に約2回、吸収液の調製など定期的なメンテナンスが必要である。一方、レーザ方式では光量検知によるゼロ点自動補正の採用により、ゼロ点の安定性に優れ、半年から1年のメンテナンスフリーを実現することができる。点検作業費の低減や、試薬が不要なことにより従来に比べランニングコストを約1/5に低減できる。また定期的な自動校正も必要ないため、欠測時間がないことも特長である。

図4 測定方式原理



(2) 低消費電力

サンプリング方式ではガスを吸引し分析計まで導入するため、ダスト除去フィルタ、吸引器、ガス冷却器などが必要で、また、サンプリング配管を凝縮防止のため加熱し、約 50 W/m の電力を必要とする。一方、レーザ方式では、煙道に直接設置するため、これら部材は不要である。また、消費電力が 70 VA と小さく、地球にやさしい製品である。

(3) ダストの多い排ガスへ適用可能

サンプリング方式ではダストの多い排ガスで使用した場合、ダストフィルタなどが短時間で閉そくし、測定不能の事態が起こる。サンプリングが不要な直接挿入形のレーザ方式では、発光面や受光面を常時清浄空気でパージすることにより、ダストが多い排ガスへも適用できる。

(4) 制御系へ適用可能

サンプリング方式の応答時間は数分(サンプリング導管長に依存)を必要とする。一方、レーザ方式では2秒以下と高速なため脱塩設備や脱硝設備においてより緻密な制御に結びつけることにより、脱塩剤の消石灰や脱硝用アンモニアの注入量の削減を図ることができる。

(5) 他ガスの干渉を受けない測定

イオン電極方式では他のハロゲン物質の影響を受ける。一方、赤外線式の分析計では測定に広い波長域を使用しているため、バンドパスフィルタ(特定の波長域だけが透過可能な光学フィルタ)を組み合わせるなどして低減はしているものの、原理的に他ガスからの干渉の影響を受ける。レーザ方式は測定に使用する波長範囲が 1 nm 以下 (nm = 10⁻⁹ m) と非常に狭く、さらに共存ガスの吸収がない波長を選択しているため、原理的に他ガスの干渉を受けない。

(6) 低濃度領域での高精度測定

じんかい焼却施設の煙道出口付近の塩化水素濃度は 5 ppm にも満たない低い濃度のため、測定する機器は低レンジ仕様が望ましい。本分析計は 10 ppm (測定光路長 1 m のとき) の低濃度領域の測定が可能で、従来方式の最小レンジ 50 ~ 100 ppm に対し精度のよい測定ができる。

5 仕様

主な仕様を表1に示す。

6 プロセスへの適用例⁽³⁾

図5にじんかい焼却施設や産業廃棄物焼却施設への適用例を示す。

(1) 塩化水素濃度測定による消石灰注入制御

じんかい焼却炉や産業廃棄物焼却炉の集じん装置入口では、排ガス中の塩化水素濃度を低下させるために消石灰を噴霧している。測定対象とする排ガスは、焼却物の種類やプラントの状況によるが、塩化水素 500 ~ 2,000 ppm、温度 200 ~ 400 °C、ダスト量 2 ~ 10 g/m³(normal)、水分 10 ~ 20 vol% で、悪条件のため従来は自動連続測定が難しかった。レーザ方式の場合には、ダストのたい積防止、温度低減のため、排ガスの流速に応じて 50 ~ 100 L/min

表1 直接挿入レーザ方式ガス分析計の仕様

項目		仕様
測定原理		波長非分散赤外線方式 (NDIR)
測定方式		クロススタック方式 (パス方式)
光源		赤外半導体レーザ
レーザクラス		Class 1
測定成分	塩化水素 アンモニア	最小10 ppm, 最大1,000 ppm 最小15 ppm, 最大1,000 ppm (光路長1m時の測定レンジ)
限界測定値	塩化水素 アンモニア	0.05 ppm 0.15 ppm
性能	繰返し性 直線性 ゼロドリフト	±2.0%FS ±3.0%FS ±2.0%FS/6ヶ月 (アンモニアレンジ20ppm以下は±3.0%FS/ 6ヶ月)
	応答速度	2秒以下
暖気時間		90分
角度調整角		5°以上
ケース保護等級		IP65 (耐じん, 耐全方向噴流水)
測定可能範囲 (煙突径)		0.5 ~ 10m
測定条件	温度 圧力 水分 流速	最大450°C 大気圧±10kPa 50 vol%以下 10 m/s以下
温度範囲	受光部, 発光部	-20 ~ +55°C
	制御部	-20 ~ +45°C
電源・消費電力		AC100~240V, 50/60Hz, 約70VA
アナログ出力		DC4~20mA (550Ω), 2点 (測定値, 酸素換算値) (オプション最大4点)
外部入出力	アナログ入力 接点入力	DC4~20mA, 2点 (オプション最大6点) DC12~24V/5~20mA, 4点 (オプション最大5点)
	接点出力	DC24V, 1A, 8点 (オプション最大17点)
外形寸法	受光部 発光部 制御部	180(W)×400(D)×200(H) (mm), 約10kg 240(W)×400(D)×200(H) (mm), 約10kg 240(W)×135(D)×320(H) (mm), 約8kg

の清浄乾燥空気によるパージを行うことによって、このような条件にも対応できる。

(2) 煙突出口付近の塩化水素濃度監視

じんかい焼却炉や産業廃棄物焼却炉の排ガスは、排出規制に定められた濃度以下であるか監視する必要がある。ガス条件は、塩化水素濃度 0 ~ 50 ppm、温度 100 ~ 250 °C、ダスト量 200 mg/m³(normal) 以下、水分 10 ~ 40 vol% である。レーザ方式ガス分析計では湿りガス濃度 (水分を含めた濃度) にて測定される。予測される水分濃度を設定し乾きガス濃度 (水分を取り除いた後の濃度) で出力することも可能である。

(3) 脱硝設備のアンモニア注入制御

大型のボイラ、じんかい焼却炉などではアンモニアや尿素を使用した選択的触媒還元法 (SCR) による脱硝設備が導入されている。測定ガス条件は、アンモニア濃度 50 ~ 200 ppm、温度 300 ~ 400 °C、ダスト量 200 mg/m³(normal) 以下、水分 10 ~ 20 vol% が一般的である。脱硝設備の後方にレーザ方式ガス分析計を設置すると、過剰なアンモニアを注入することなく効率的な制御が可能になる。このような制御により、余剰アンモニアの排出を低減しながら、硫酸 ((NH₄)₂SO₄) の生成による配管の詰まりも抑制することができる。

7 フィールドの測定例

図6, 図7にフィールドでの測定例を示す。

図6では、サンプリングガスの採取場所とレーザ方式ガ

図5 廃棄物焼却施設での設置例

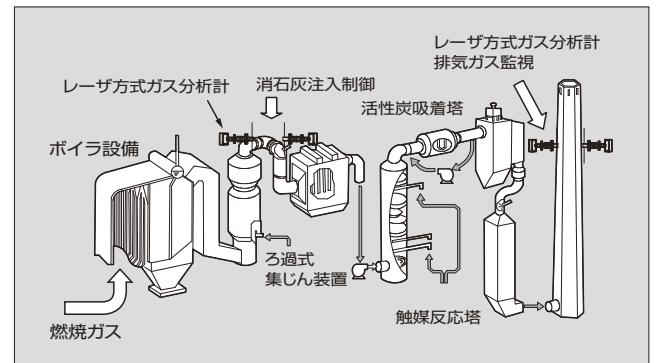


図6 従来方式との測定比較1

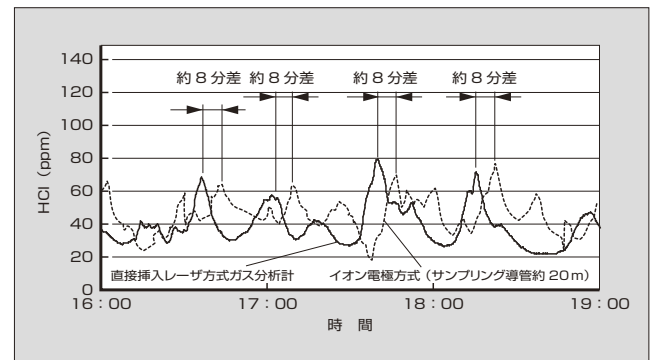
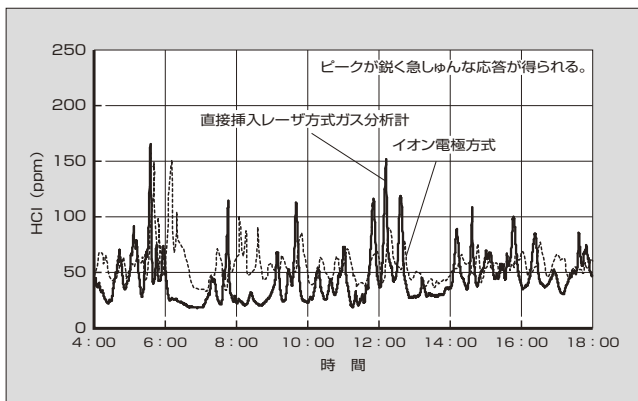


図7 従来方式との測定比較 2



ス分析計の設置場所は同じである。相互の出力は良好な相関を示しているが、レーザー方式ガス分析計の出力はサンプリング導管の長さが20mのイオン電極方式と比べて、応答が約8分速い結果を示している。

図7では、レーザー方式ガス分析計の出力はイオン電極方式と比べてピーク値が鋭く急しゅんな応答が得られている。これは濃度検出部が直接煙道に取り付けられているため、瞬時の状態を反映しているものと考えられる。

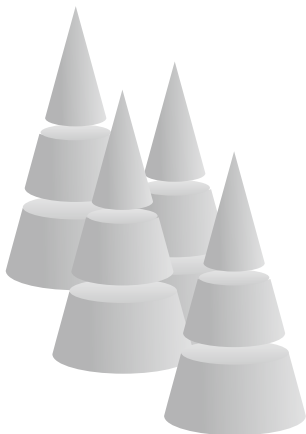
⑧ あとがき

直接挿入レーザー方式ガス分析計は従来のサンプリング式にはない高速応答、低維持費やメンテナンスフリーなど多くの特長があり、制御用など新しい用途への適応も可能になるので、ユーザーに満足していただける製品である。

現在、塩化水素やアンモニアなどの吸着性があり、サンプリングが難しいガスを測定対象にしているが、燃焼制御用の酸素計、測定ガスと水分を同時測定する2成分計など、ニーズに合った測定仕様の製品を増やしていく所存である。

参考文献

- (1) 中村裕介ほか. 直接挿入レーザー方式ガス分析計. 計測技術. vol.35, no.9, 2007, p.466.
- (2) Peter Werle et al. Near- and mid-infrared laser-optical sensors for gas analysis. Optics and Lasers in Engineering. 37 2002, p.101-114.
- (3) 谷川昇ほか. 都市ごみ焼却施設における試料非吸引採取方式塩化水素自動計測器の実用性の評価. 大気環境学会誌. 42 (1), 2007, p.28-33.





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。