

レーザー吸収分光方式による可搬型 NH₃ 濃度測定装置の開発

(株)四国総合研究所 エネルギー技術部 市川 幸司
(株)四国総合研究所 エネルギー技術部 海稻 隆成

キーワード : 脱硝装置
NH₃ 濃度
排ガスサンプリング
セル一体型プローブ
レーザー吸収分光方式
可搬型測定装置

Key Words : Denitration equipment
Ammonia concentration
Exhaust gas sampling
Cell integrated probe
Laser absorption spectroscopy
Portable analyzer

Development of a Portable NH₃ Analyzer Based on Laser Absorption Spectroscopy

Shikoku Research Institute, Inc., Energy Engineering Department

Koji Ichikawa, Takashige Kaine

Abstract

We developed a portable analyzer based on laser absorption spectroscopy using a transmission type gas sensor, in order to measure NH₃ concentration efficiently and precisely in a gas duct of a coal-fired power plant.

In general, NH₃ concentration is one of the most important criteria to confirm denitration efficiency of a catalyst and a dispersed state of NH₃ in the duct. NH₃ is a most adsorptive and desorptive substance contained in exhaust gas of boiler. Accordingly, it is very difficult to sample and analyze NH₃. It had been sampled regularly at an outlet of denitration equipment and measured by manual analysis at a chemical laboratory. However, it is time consuming work by chemical specialists, and is intermittent measuring.

In this paper, we describe the portable analyzer with a cell integrated probe and a position adjusting mechanism of projector/receiver. The analyzer can realize to sample the exhaust gas stably and to measure NH₃ concentration in real time at many measuring points while moving along a passage on the duct.

1. はじめに

石炭火力発電所では、ボイラ排ガス処理系統の主要設備である脱硝装置の運用管理のため、煙道内の排ガスを対象に NH₃ (アンモニア) の濃度分布測定を定期的実施している。この分布測定は手間のかかる長時間作業となっており、また手分析による間欠測定であるため、従来からリアルタイムに濃度を測定できる測定装置の開発が望まれていた。

そこで当所では、手分析作業の代替用として、保守が容易で小型軽量化にも適したレーザー吸収分光方式を採用し、排ガス中の NH₃ 濃度を精度よくリアルタイムに測定でき、かつ操作性の高い可搬型の NH₃ 濃度測定装置を開発し、様々な観点から実用性能を検証している。実験室で試作装置の基本性能を確認のうえ、脱硝装置の各部(上部・中間部・出口)で NH₃ 濃度測定試験を開始し、脱硝出口では既に良好な結果が得られている。

本稿では、開発の背景、試作装置の測定方式と基本仕様について説明した後、実験室および脱硝出口での試験結果を示し、本装置の実用性能に関する考察と今後の装置活用に向けた展望を述べる。

2. 開発の背景

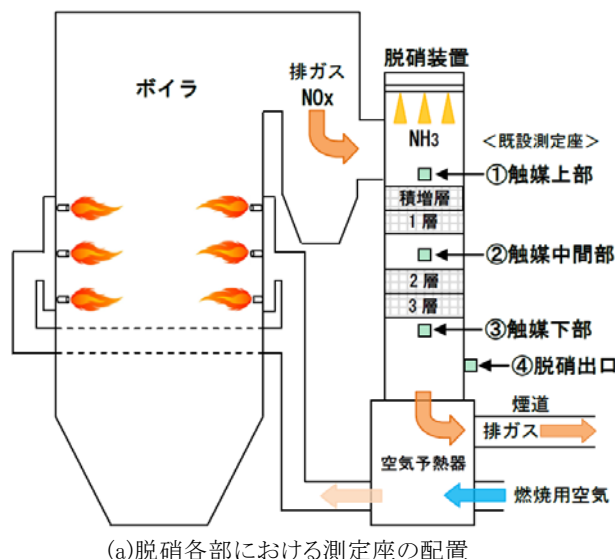
石炭火力発電所のボイラ排ガス中に含まれる NO_x(窒素酸化物)は、煙道の排ガス処理設備を經由して煙突から大気中に排出される。この代表的な大気汚染物質である NO_x の排出量を低減するため、ボイラの直後には脱硝装置が設置されている。脱硝装置では、排ガス中に NO_x 還元剤として NH₃ を注入し、そのガスが高温の触媒層を通過する際に、NO_x と NH₃ が選択的に反応して無害な N₂(窒素)と H₂O(水蒸気)に変換される。この方法による NO_x 低減は SCR(選択触媒還元)と呼ばれ、発電プラントにおける最も標準的な脱硝方式である。脱硝装置と NH₃ 測定座の状況を図 1 に示す。

脱硝装置が所期の性能を発揮するためには、運転状況に応じて過不足なく NH₃ 注入量を制御し、かつ触媒層に対して NH₃ を均等に分散注入しなければならない。ここで、NH₃ の過剰注入や脱硝触媒の性能低下が生じると、脱硝装置の出口におけるリーク(未反応)NH₃ 濃度が上昇し、この NH₃ が排ガス中の三酸化硫黄(SO₃)と反応して酸性硫酸(NH₄HSO₄)が生成される。粘着性の高い酸性硫酸は、排ガス中の煤塵とともに後流の空気予熱器(AH)熱交換エレ

メントに付着して閉塞を引き起こし、プラントの安定運転を阻害する要因となっている。1)2)

従って、石炭火力発電所における脱硝装置の適切な運用と性能維持は不可欠であり、そのためには NH₃ の注入量および注入バランスを把握しておく必要がある。その具体的な手段として、脱硝出口(煙道内)の NH₃ 濃度分布測定は非常に重要な作業であり、発電所では煙道(通路上)を移動しながら、脱硝出口の各測定座を対象に、短時間で簡単に NH₃ 濃度を測定できる装置へのニーズが高い。

また、高価な触媒の取替周期延長や部分取替によるコスト低減に向けて、脱硝各部(上部・中間部・出口)での NH₃ 濃度測定に基づく触媒性能評価への装置活用も期待されている。



(a)脱硝各部における測定座の配置

測定座周辺



NH₃ 測定座



(b)脱硝上部の状況(上図(a)の①)

測定座周辺(煙道通路)



NH₃ 測定座



(c)脱硝出口の状況(上図(a)の④)

図 1 脱硝装置と NH₃ 測定座

2.1 NH₃濃度測定方式の比較

ボイラ排ガスを対象とした代表的な NH₃ 濃度測定手法として、一般に NO_x 変換方式(間接測定)とレーザー吸収分光方式(直接測定)が知られている。

前者は従来から日本国内での使用実績が豊富な技術であるが、処理が複雑で保守面に課題がある。後者は欧米を中心に実用化が進んでいる新しい技術で、応答が速く点検保守が容易なことから、海外では急速に普及しつつあり、将来的には国内でも普及する可能性が高い。

(1) NO_x 変換方式

高温触媒を用いてサンプル排ガス中の NH₃ と NO_x を反応させ、それに伴う NO_x の濃度変化を化学発光式または非分散型赤外吸収式の NO_x 計で測定し、間接的に NH₃ 濃度を求める方法である。

図 2 に示すとおり、触媒を通過した排ガスと通過していない排ガスについて、それぞれ NO_x 濃度を測定し、両者の差分から等価的に NH₃ 濃度を算出する。NO_x に変換した時点でサンプリングは容易になるが、差分に伴う誤差(計器差・系統差)が避けられない。同方式による NH₃ 分析計は、従来から発電所で使用されてきたが、低濃度域では十分な性能を発揮できていないのが実情である。

また、サンプル排ガス中の煤塵や水分を除去して NO_x 計内部の汚損を防止するため、大型の前処理装置が設置されており、保守点検が課題となっている。

(2) レーザ吸収分光方式

NH₃ を直接測定する方法である。近赤外領域における NH₃ 固有の光吸収特性(波長 1.5 μm・2.0 μm・2.2 μm)に着目した分光測定が一般的であり、広く普及している通信用 LD(半導体レーザー)を活用できることから、1.5 μm 帯を対象とした測定方式(センサ)が主流となっている。

透過型(シングルパス式)・反射型(デュアルパス式)・多重反射型(マルチパス式)の 3 種類があり、基本的に、透過型は煙道に対向設置して、反射型は煙道に直接挿入して、多重反射型は煙道から排ガスをサンプリングして測定する用途に適している。

2.2 レーザ吸収分光方式の優位性

上述の状況を踏まえ、現場での耐久性・操作性・保守性、また小型軽量化の必要性等も勘案すると、レーザー吸収分光方式の優位性が高い。

ここでは、それぞれ特徴のある 3 種類のレーザー吸収

分光方式について、可搬型装置の開発と実機適用を念頭におき、以下のとおり具体的な比較検討を加える。

(1) 透過型(シングルパス式)

投光器から照射されたレーザー光を受光器で直接受光する方式であり、図 3(a) に示すとおり通常は非サンプリング(煙道対向設置)測定に適用される。この方式では、煙道の両側にガイド管を取付けて実質的な光路長を短縮し、煤塵による受光レベルの低下を抑制する必要がある。同方式による常設型装置に関しては、他社の先駆的な取組みがあり、実機での有効性を示す試験結果が報告されている。3)

一方、可搬型装置の開発を念頭において、この透過型を図 3(b) のようにサンプリング測定に適用すると、その原理上、セル分離(排ガス流入経路と光学系の分離)が可能である。投光部と受光部の間にセル(両端ガラス)を配置し、セル内に排ガスを吸引する方法、すなわち「セル分離型・シングルパス・レーザー吸収分光方式」を採用すれば、従来からサンプリング測定において常に問題となってきた排ガス流入による汚損の影響を大幅に軽減できる。また、セル両端ガラスの内面が汚損された場合でも、セル分離型であればガラスの取外しが可能な構造とすることができ、清掃等の対応も容易となる。

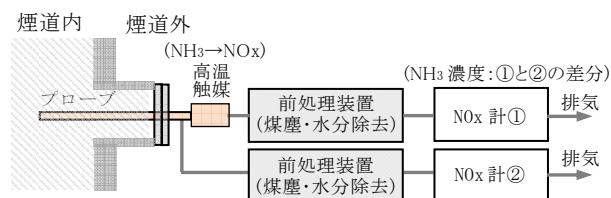
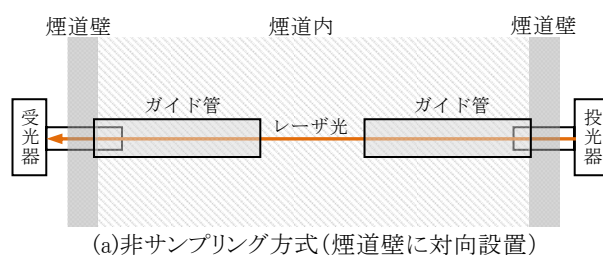
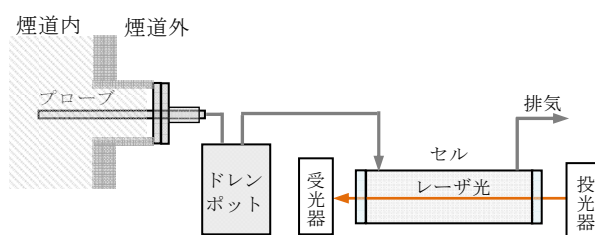


図 2 NO_x 変換方式による NH₃ 濃度測定の基本構成



(a)非サンプリング方式(煙道壁に対向設置)



(b)サンプリング方式(煙道外に設置・排ガス吸引)

図 3 透過型(シングルパス式)の現場適用イメージ

但し、一光路(シングルパス)におけるレーザー光の光量変化を測定するので、セル長(光路長)によって検出感度が制約され、低濃度域で十分な測定性能を得られない可能性がある。

(2) 反射型(デュアルパス式)

投光器から照射されたレーザー光をミラーで1回だけ反射して受光器で検出する方式であり、図4に示すとおり通常は非サンプリング(煙道直接挿入)測定に適用される。

反射型に関しては、以前の研究で代表点の傾向監視用として常設型 NH₃ 測定装置を別途開発し、H22年から四国電力(株)橋本発電所の脱硝出口で実運用中である。排ガス温度が低下した場合にプローブ(セラミックフィルタ)への NH₃ 吸着等によって測定誤差が生じるが、プラント定常運転時(排ガス温度 350℃以上)における稼働状況は良好である。煙道内の排ガスが同フィルタを浸透通過してプローブ内(光路長上)に達し、測定値に反映されるまでに90秒ほど時間遅れはあるが、実用上の支障はない。4)

また同装置は、定期的な自動ゼロ校正機能によってドリフトを抑制し、長期間に亘って測定精度を維持できる。ゼロ校正前後の測定値に若干の差異が生じる場合はあるが、ほぼメンテナンスフリーで長期連続稼働できていることから、実機でのレーザー吸収分光方式および反射型の有効性を示す一例であると言える。但し、同装置のプローブは堅牢かつ大型の重量物であり、移動測定には不向きである。

一方、サンプリングによる複数点の移動測定・リアルタイム測定を前提とした可搬型装置の開発において、反射型の測定方式を適用すると、後述の多重反射型と同様、排ガス流入に伴うミラー汚損が避けられないため実用的ではない。

(3) 多重反射型(マルチパス式)

図5(a)に示すとおり、投光器から照射されたレーザー光をミラーで繰返し反射して受光器で検出する方式であり、光路長を最も長く確保でき高感度であるため、低濃度域の NH₃ 測定に適している。

多重反射型に関しては、事前に現場試験を行ったが、排ガスが多重反射セルに直接流入するため、煤塵の多い石炭火力プラントでは特に内部ミラーの汚損が問題となる。一体化されたセルとミラーが200℃以上に加熱された状態となっており、ミラーが汚損されても簡単に取外すことができないため、保守面にも大きな課題があり実用的ではない。

2.3 可搬型装置開発における課題と透過型の採用

現場でのサンプリング機能を必要とする可搬型の装置開発においては、上述のとおり排ガス流入経路と光学系をガラスで分離することにより、光学系の汚損を防止して測定性能を維持でき、かつ保守も容易なことから透過型が最も実用的であると考えられる。

また、光学系の汚損と並んで課題となるのは、排ガスのサンプリング方法である。NH₃は吸脱着性が高く、しかも排ガス中には煤塵や水分も含まれているため、煙道内からガス状の NH₃ を安定的にサンプリングすることは非常に難しい。また、煙道における多数の測定座を対象に、NH₃ の移動測定を効率的に短時間で実施するためには、プローブの着脱やセルの位置調整が容易で、しかも現場での繰返し操作に耐える強度と気密性を確保することも不可欠である。

これらの課題を解決するため、図6に示す加熱プローブと加熱セルの一体化や嵌合接続によるプローブ着脱方式のほか、セル位置を自在に調整できるスライドレール方式等の採用について検討し、試行錯誤を重ねながら装置開発を進めた。

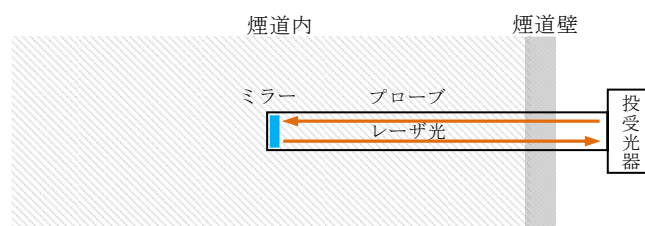


図4 反射型(デュアルパス式)の現場適用イメージ

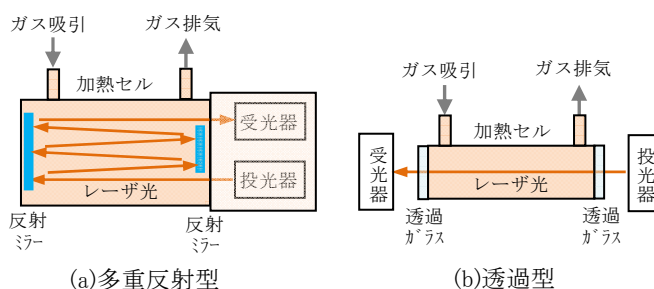


図5 多重反射型と透過型の原理比較

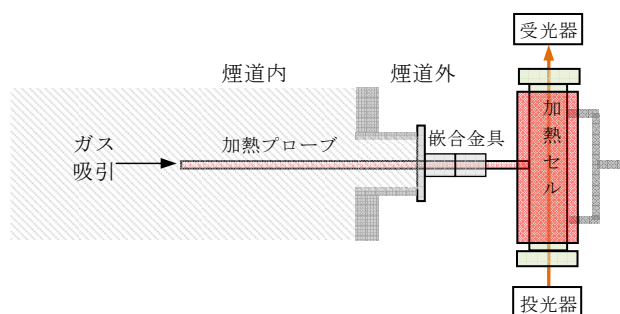


図6 加熱プローブ・セルの一体化と嵌合接続の考案

3. 試作装置の設計製作

上述の比較検討結果を踏まえ、最も実用性が高いと考えられる透過型(シングルパス式)を採用し、「セル分離型・シングルパス・レーザー吸収分光方式」の試作装置を設計製作した。

3.1 測定方式

試作装置は、排ガスをサンプリングして加熱セルに導き、レーザー光を照射して NH₃ 固有の波長における吸光量を計測し、その値に圧力・温度補正を加えて濃度を算出している。基本構成を図 7 に、NH₃ の吸収スペクトルを図 8 に示す。

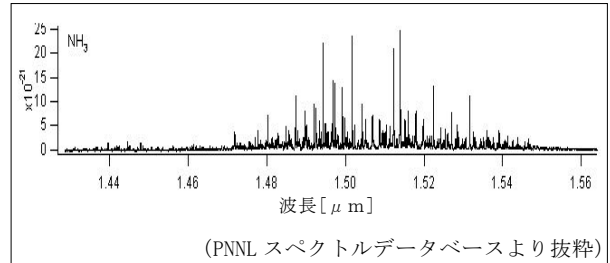
一般に、物質(分子)の固有状態(エネルギー準位)は不連続の値をとり、各状態間の準位差と等しいエネルギーをもつ光が照射されると、分子は光を吸収して励起され、エネルギーの低い準位(基底状態)からエネルギーの高い準位(励起状態)に遷移する。この過程において、個々の物質は種類ごとに異なった光吸収特性を示すことが知られている。吸収分光法は、この特性(吸収スペクトル)を調べることで物質を特定する手法である。

ここで、ランベルト・ベールの法則によると、気体中における吸光量は分子数(濃度)と光路長(セル長)に比例する。またボイル・シャルルの法則によると、一定体積の気体中に存在する分子数は、圧力と比例関係に、温度と反比例関係にあり、それらの関係は

気体の状態方程式として記述される。更に、アボガドロの法則によると、その分子数は気体の種類に依存しない。

これらの基本原理を踏まえ、レーザー吸収分光方式によって排ガス中の NH₃ 濃度を測定する場合、NH₃ の吸収波長と同波長のレーザー光を照射して吸光量を計測し、ランベルト・ベールの法則に基づいて濃度に換算する。その値に対して、状態方程式に準じた圧力補正と温度補正を行えば、セル内の NH₃ 濃度を正確に算出できる。

なお、ランベルト・ベールの法則は NH₃ 手分析(吸光光度法による比色分析)の基本原理でもある。



ランベルト・ベールの法則

$$\text{吸光度} = -\log(I/I_0) = \epsilon c L$$

ϵ : 吸光係数

c : 濃度

L : 光路長(セル長)

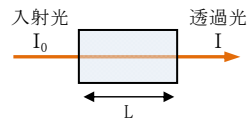


図 8 NH₃ の吸収スペクトルと測定の基本原理

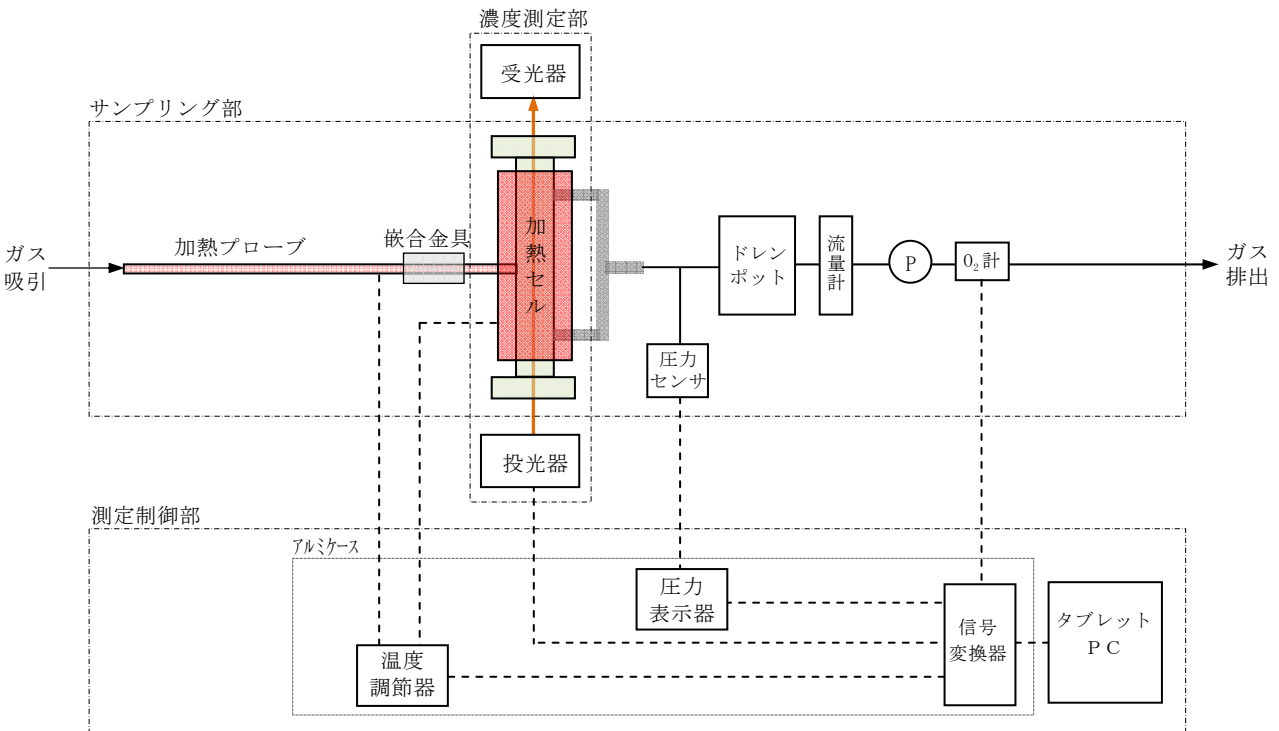


図 7 試作装置の基本構成

3.2 装置仕様

試作装置は、サンプリング部・濃度測定部・測定制御部から構成され、煙道通路を移動しながら、各測定座で容易にプローブの抜き差しを行い、リアルタイムに NH₃ 濃度を測定できる仕様となっている。装置の外観を図 9 に、測定画面を図 10 に示す。

(1) サンプリング部

サンプリング部に関しては、上述のセル一体型プローブや金属管嵌合接続方式等を考案し、煙道通路の移動測定におけるプローブ抜き差しの時間短縮を図ったほか、O₂ 計により気密性(エアリーク)を常時確認できる仕様となっている。

現場での操作性向上を図るため、測定性能への影響を十分に確認しながら、セル長は350mmまで、プローブ長は600mmまで短縮した。セルはマントルヒータで、プローブはフレキシヒータで所定の温度まで加熱している。

なお、材質はセルおよびプローブともにSUS304である。一般にSUS316の方が耐腐食性は高いが、NH₃ のサンプリングには適していないことが報告されている。5)

(2) 濃度測定部(投受光部)

濃度測定部は、セル内に吸引されたガスに対して投光器からレーザー光を照射し、受光器で透過光(吸光量)を計測する。この吸光量から圧力・温度補正前の NH₃ 濃度を算出してタブレット PC に送信する。

投光器と受光器の間にセルを配置し、投受光器がセル両端の特殊ガラスによって完全に分離されているため、排ガス流入による光学系(投受光器側)の汚損は生じない。但し、セル両端のガラス内面は、排ガス流入に伴う経時的な汚損が避けられないため、現場で簡単に取外し清掃できるよう、ガラスの着脱が容易な構造となっている。

また、各測定座の位置に合わせてセル位置を自在に調整できるよう、スライドレール式移動機構による水平位置調整およびアルミジャッキによる高さ調整の機能を備えている。

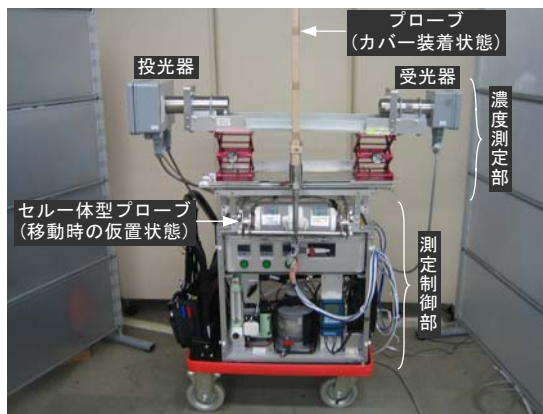
(3) 測定制御部

測定制御部については、温度調節器と圧力表示器をアルミケースに収納し、信号変換器経由で同ケースとタブレット PC を USB ケーブル 1 本で接続する構成となっている。

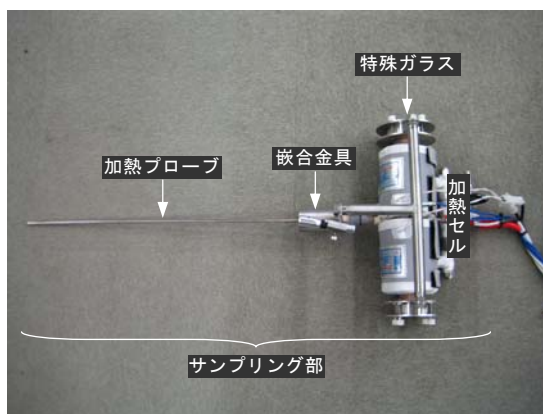
タブレット PC は、投受光器・温度調節器・圧力表示器にコマンドを送信してデータを取得し、各種の演

算制御・補正処理および画面表示処理を実行する。

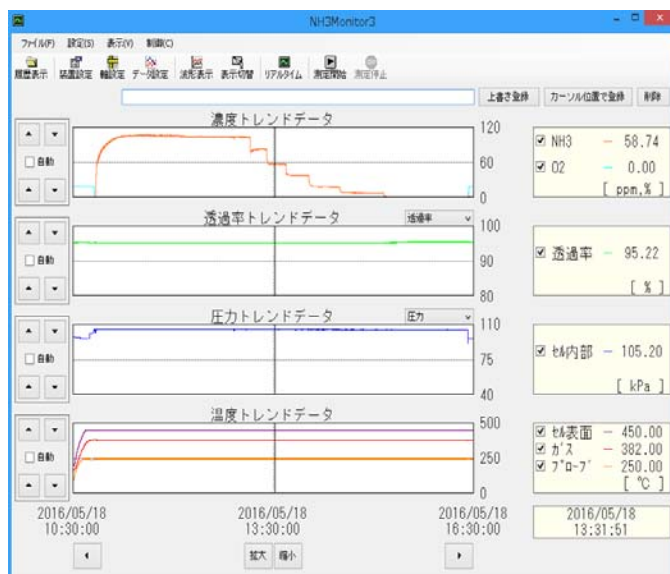
これにより、セルの圧力と温度に応じた NH₃ 濃度補正を行い、濃度(リアルタイム・ヒストリカル)トレンドグラフやスペクトル波形を表示し、測定精度の確保ならびに視認性・操作性の向上を図っている。



(a)試作装置全体



(b)セル一体型プローブ
図 9 試作装置の外観



(濃度階段試験時の表示例)

図 10 タブレット PC の測定画面

4. 試作装置の性能評価

実験室および現場(脱硝出口)で試作装置の性能評価試験を行い、以下のとおり良好な測定結果が得られている。なお、装置の基本仕様を表 1 に示す。

4.1 実験室での測定試験

実験室では、実機を模擬した測定座とガイド管を製作し、そのガイド管にセル一体型プローブを装着して試験を行った。標準ガス(NH₃・N₂)は、流量調整器(マスフローコントローラ)経由でガイド管の先端から供給した。

低濃度域と高濃度域において測定試験を行い、下記のとおり、所期の目標精度を達成できている。試験システムを図 11 に、試験状況を図 12 に示す。

(1) 低濃度域の測定性能評価

低濃度域に関しては、5ppm から 1ppm ずつ濃度を下げていく階段試験を行った。その結果、図 13 に示すとおり、測定値は供給ガス濃度に対して±0.5ppm の範囲内で安定推移し、目標精度を十分満足するデータが得られた。この濃度域では吸脱着の影響が顕著となるため誤差を生じやすいが、サンプル流量など試験条件を最適化することで精度よく測定できている。

(2) 高濃度域の測定性能評価

高濃度域に関しては、100ppm から 20ppm ずつ濃度を下げていく階段試験を行った。その結果、図 14 に示すとおり、測定値は供給ガス濃度に対して±5.0%の範囲内に収まっており、低濃度域と同様に目標精度を十分満足するデータが得られた。

なお、実験室における測定値と手分析値との比較試験結果については割愛するが、低濃度域・高濃度域において両者の高い相関性を確認できている。

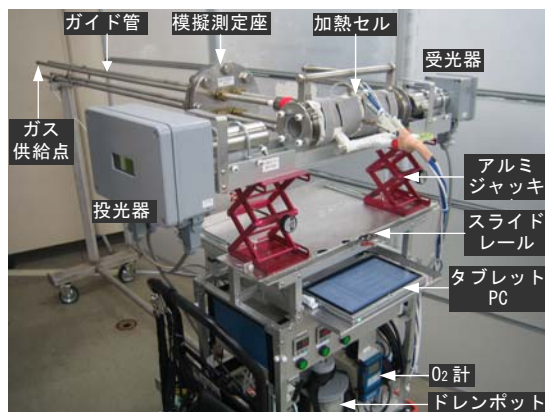


図 12 実験室での試験状況

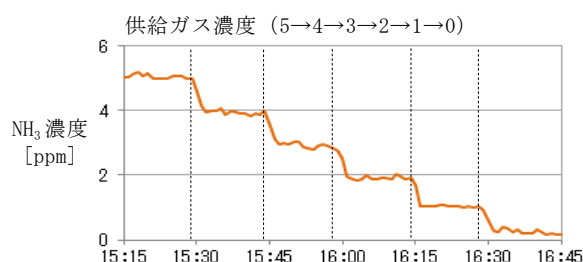


図 13 低濃度域の試験データ

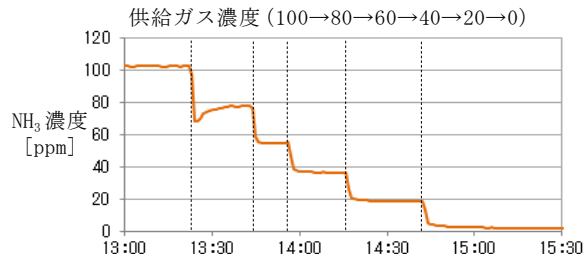


図 14 高濃度域の試験データ

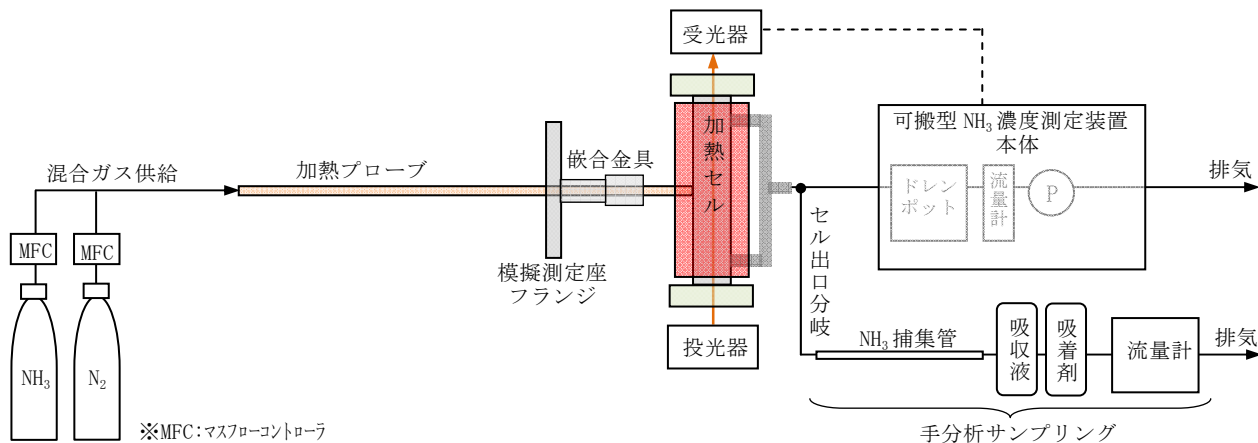


図 11 標準ガスによる試験システムブロック図

4.2 脱硝出口での測定試験

四国電力(株)橋湾発電所の脱硝出口で、試作装置による NH₃ 測定試験を実施し、現場での実用性能を検証した。

脱硝出口の測定座(フランジ)は、A・B 各煙道に 5 個ずつ配置されている。各測定座のサンプリング用ガイド管(外管:SUS、内管:アルミ)は 4 本であることから、両煙道における移動測定の対象は計 40 点となる。既設測定座の状況を図 15 に、移動測定のイメージを図 16 に、また試験状況を図 17 に示す。

試作装置による移動測定試験を実施した結果、図 18 に示すとおり装置移動やプローブ抜き差し時間も含め、1 個所あたり 10 分以内で測定可能であり、現場での操作性に関する所期の目標を達成できた。

また、測定値とセル出口分岐サンプリングによる手分析値との比較試験では、図 19 に示すとおり測定値が 1.5ppm 未満、手分析値が 1ppm 未満で推移し、両者の相関性も確認できた。更に図 20 の連続測定試験では、NH₃ 注入量との連動性を示唆する測定値が得られている。

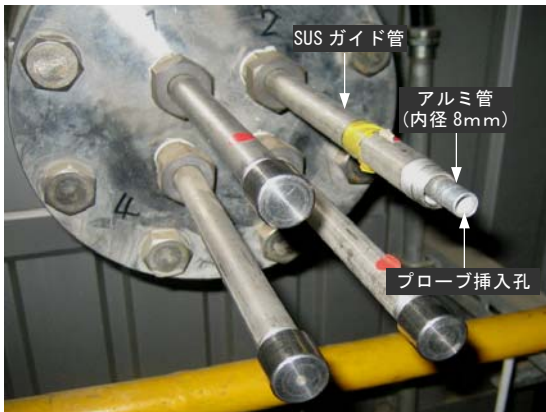


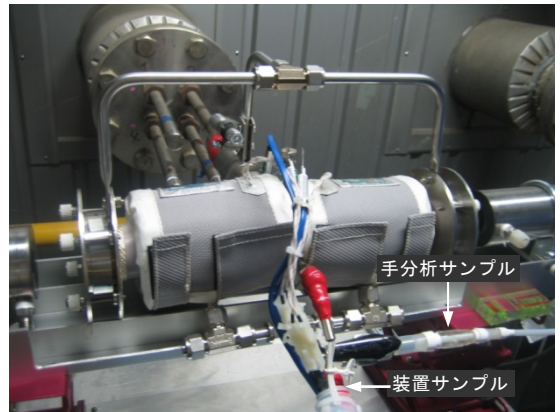
図 15 脱硝出口の既設測定座

表 1 試作装置の基本仕様

測定原理	シングルパス・レーザー吸収分光方式
サンプリング方式	セル一体型プローブ (加熱吸引)
測定濃度	0~100ppm (測定下限:0.5ppm)
測定精度	±5.0 % FS (0~10ppm) ±5.0 % RS (10~100ppm)
更新周期	1.0 秒
移動測定時間	10 分以内/点

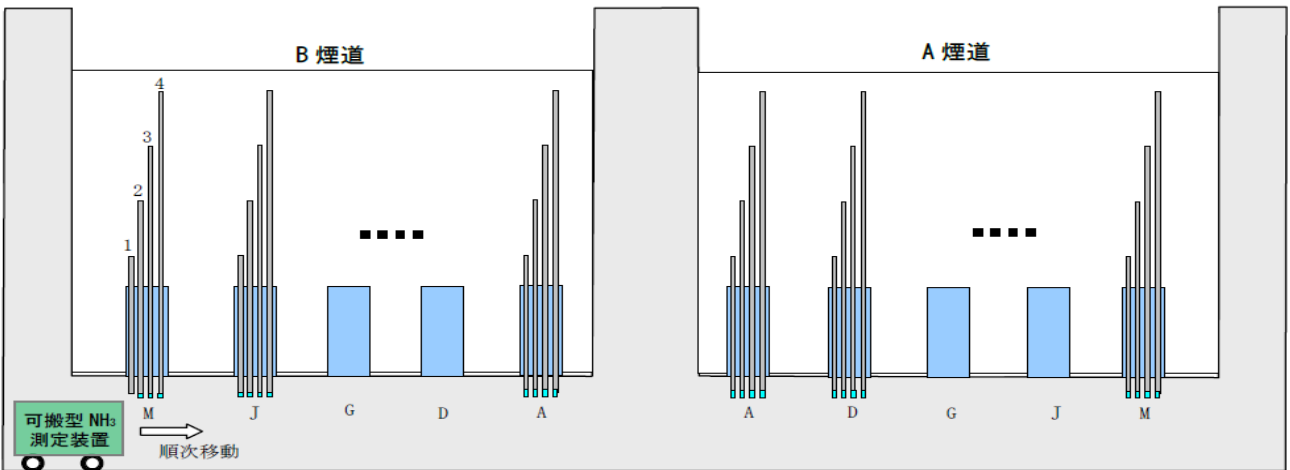


(a)移動測定試験状況



(b)セル一体型プローブの装着状況

図 17 脱硝出口での試験状況



※図中 1~4 は長短 4 種類の既設ガイド管(SUS 外管・アルミ内管、先端フィルタ付)。同管内にセル一体型プローブを順次挿入して移動測定実施。

図 16 脱硝出口における移動測定のイメージ

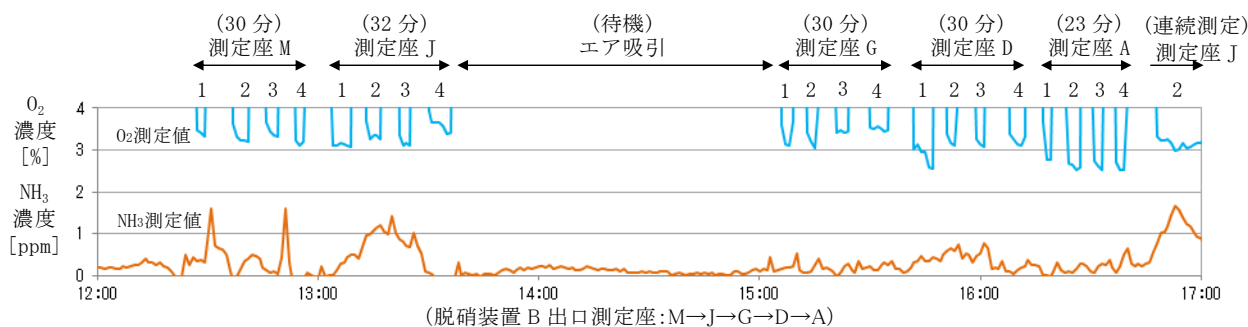


図 18 脱硝出口における移動測定試験データ

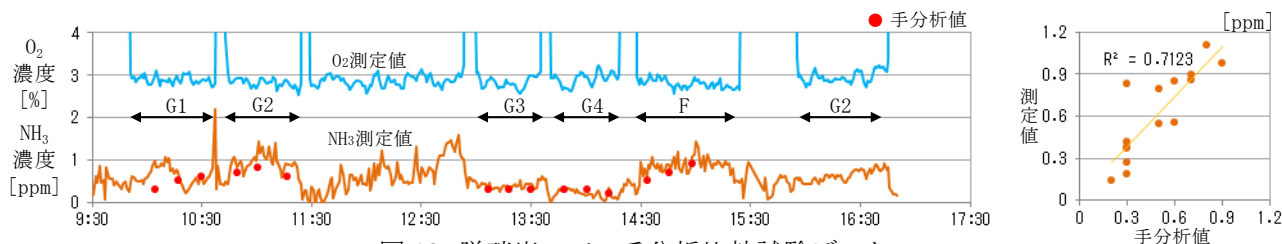


図 19 脱硝出口での手分析比較試験データ

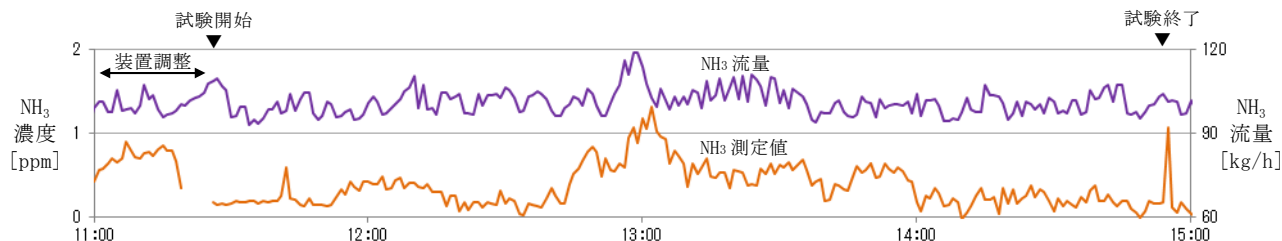


図 20 脱硝出口での連続測定試験データ

5. 考察と展望

実験室および現場における各種試験結果を踏まえ、試作装置の実用性能について考察し、今後の装置活用に関する可能性と展望を以下に述べる。

5.1 脱硝出口での手分析代替用としての評価

(1) 測定性能について

脱硝出口における手分析値と測定値には高い相関性があり、絶対値も同レベルで推移していることから、試作装置の測定性能は良好であると言える。これは本装置の測定値をセル出口分岐サンプリングによる手分析値と比較した場合の評価である。本稿では割愛したが、セルの前段すなわちセル入口分岐サンプリングによる比較試験も行い、ほぼ同等の結果が得られている。場所・時刻およびサンプルガスの同一性という観点から、セル出口分岐サンプリングの方が妥当性は高いと考えられる。

試作装置(レーザー吸収分光方式)は原理上、ガスとして存在するNH₃濃度の測定を前提としており、レーザー透過率の極端な低下がない範囲(透過率60%以上)において、基本的に測定値は煤塵の有無に影響されない。これは排ガス中のNH₃ガス濃度の把

握という観点からは大きなメリットである。

一方、JIS準拠の手分析(吸光光度法・イオンクロマトグラフ法)では、煤塵に付着したNH₃や酸性硫酸も含めたトータルのNH₃が分析対象となり、煤塵の有無が分析結果に反映される。従って、ガス状のNH₃だけを対象とした手分析を行う場合は、サンプリング時に円筒濾紙等を用いて、できる限り微細な煤塵まで除去する必要がある。

(2) 操作性・保守性等について

移動測定(全点分布測定)において、1点を10分以内で測定でき、A・B両煙道(A側:20点、B側:20点)の計40点を400分(約7時間)で測定可能であることから、所期の機能を発揮できていると言える。

開発当初は、加熱状態のプロープとセルを接続・分離する作業等に手間がかかり、安全性・気密性・耐久性が課題となっていたが、セル一体型プロープの採用によって解消できている。また、プロープの煙道壁貫通部(測定座内と測定座外のプロープ連結部)は通常のネジ込み式ではなく、金属嵌合・耐熱融着テープ方式を採用したことで、プロープの着脱操作も非常に容易となっている。

既設ガイド管の先端には SUS フィルタ (2 μ m メッシュ) が常時装着されているが、同フィルタを通過する微細な煤塵やガイド管内に残留した煤塵等は除去できず、装置側に流入する。しかし、煤塵の存在下でも原理的にロバスト性の高いセル分離型・シングルパス・レーザー吸収分光方式の長所を活かし、装置側 (サンプル加熱ライン) にはフィルタを一切使用せず測定が可能である。このように特別な前処理が不要で、加熱ラインにおけるフィルタ着脱作業も生じないことは、保守面における大きなメリットである。

5.2 脱硝各部での装置活用に向けて

現在、触媒層ごとの脱硝性能の実態を把握するため、試作装置を活用して脱硝上部・中間部においても測定試験を開始し、NH₃ 濃度の長期的な変化傾向について調査中である。

また、NH₃ 注入バランス調整への装置活用の可能性という観点からは、必ずしも脱硝出口での NH₃ 濃度分布測定に限定することなく、脱硝中間部や脱硝上部での濃度分布測定の可能性・有効性についても調査検討が必要であると思われる。

これに関しては、脱硝各部における NH₃ 濃度の高低 (測定の難易度)、測定座の仕様 (煙道外への突出長)、煙道通路の状況 (作業空間) 等も勘案しながら、従来よりも濃度分布測定作業が容易で、かつ NH₃ 注入量 (注入弁の開度調整) との関連性を確認しやすい方法を見出し、その妥当性を検証していきたい。

なお、脱硝各部 (上部・中間部・出口の 3 フロア) での測定作業を考えると、装置の更なる小型化が望ましい。今回の試作装置は、最も一般的な近赤外域の吸収特性を利用しているが、NH₃ の吸収が格段に強い近紫外域に着目した装置開発についても検討中である。今のところ干渉成分の影響や紫外光源の性能など課題は多いが、検出感度を維持しつつ、セルの短縮や投受光器の小型化が可能な方式として、将来的に有望と考えられる。6) 7)

6. まとめ

レーザー吸収分光技術の活用やセル一体型プローブの考案等により、多数の測定座を対象に排ガス中の NH₃ 濃度を効率的に移動測定できる装置を開発し、その実用性能を検証した。

実運用に向け、今後も橘湾発電所の脱硝出口で引続き測定試験を実施してデータを蓄積し、手分析

の代替用として完成度の高い装置に仕上げる予定である。

また、脱硝各部の NH₃ 測定値に基づく触媒層ごとの性能評価の可能性について検討するほか、NH₃ 濃度分布に応じた短時間でタイムリーな NH₃ 注入量調整およびバランス調整への適用可能性についても調査し、脱硝装置の運用効率化に向けて本装置の有効活用を図っていきたい。

【謝辞】

本研究は、四国電力(株)火力部からの委託を受け実施した。装置開発および現場試験にご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する。

末筆ながら、具体的な試作装置の開発に際して、ソフト・ハード両面で絶大なる協力をいただいたマイクロ電子(株)の門脇渉氏と(株)ブレインズの小野実氏に、様々な条件での手分析試験を鋭意実施していただいた四電ビジネス(株)の前田博史氏に、またレーザー式ガス分析計に関する最新情報等を適宜提供いただいた西華産業(株)および中外テクノス(株)の関係各位に、この場を借りて心からお礼申し上げたい。

【参考文献】

- 1) 金森、三池、伊藤、一之瀬:「石炭火力発電所の排煙系閉塞対策」, 火力原子力発電, Vol.65, pp40-44(2014)
- 2) 久次米、島尾:「橘湾発電所空気予熱器の運転中水洗装置における実運用試験結果について」, 火力原子力発電, Vol.66, pp124-128(2014)
- 3) 馬目、田鹿、近藤、田上、杉山、土橋:「石炭焚きボイラ空気予熱器閉塞抑制のための脱硝出口リークアンモニア連続監視」, 火力原子力発電, Vol.68, pp431-436(2016)
- 4) 山地:「四国電力における技術革新の歩み」, 電気評論, Vol.98, pp170-172(2013)
- 5) 毛利、本多、島崎、浜島:「石炭火力排煙脱硝における未反応アンモニア分析計の検討」火力原子力発電, Vol.35, pp57-65(1981)
- 6) 福地、二宮:「高濃度 SO₂ 含有ガス中における微量 NH₃ の紫外吸収分光測定」電気学会論文誌 A, Vol.131, No.7, pp540-546(2011)
- 7) 朝日、杉本、星野、二宮ほか:「紫外吸収分光法を用いた高温ガス計測装置の開発」四国電力・四国総研研究期報, Vol.102, pp19-27(2015)