

# PS-22 NO<sub>x</sub>・SO<sub>x</sub> 規制に対応する排ガス処理技術

環境・動力系 \*仁木 洋一 平田 宏一 西尾 澄人 関口 秀紀 岸 武行 市川 泰久 柳 東勲 高橋 千織

## 1. はじめに

船用ディーゼル機関の排ガスに含まれている NO<sub>x</sub>(NO 及び NO<sub>2</sub>) 及び SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub>) は、光化学スモッグや酸性雨等の原因となる大気汚染物質である。IMO による排出規制排出規制では、一般海域での規制と ECA と呼ばれる指定海域での規制に分かれており、特に ECA 内においては、NO<sub>x</sub>・SO<sub>2</sub> 共に厳しい排出基準が設定されている。低減技術としては、種々の技術開発が行われているが、NO<sub>x</sub> を削減する脱硝技術については、EGR 及び SCR 脱硝装置、SO<sub>2</sub> を削減する脱硫技術については、湿式スクラバを用いて、海水または水に吸収させる方法がある。特に、4 ストロークの船用ディーゼル機関では、SCR 脱硝装置と湿式スクラバを用いた排ガス処理が有力であると考えられる。これは、排ガス温度が 300℃程度と高いため触媒に適しており、SCR 脱硝装置を用いることで、燃料消費率を悪化させずに NO<sub>x</sub> を低減できるからである。本報告では、海上技術安全研究所に設置されている湿式スクラバ、SCR 脱硝装置並びに中速 4 ストローク機関を用いて NO<sub>x</sub>・SO<sub>2</sub> を低減する実験を実施した結果を報告する。

## 2. 実験装置

本研究に用いた実験装置全体図を図 1 に示す。ディーゼル機関からの排ガスは、まず、SCR 脱硝装置に導入され、排ガス中に含まれる NO<sub>x</sub> が触媒前流で排ガス中に噴射した 40%濃度の尿素水から生成されたアンモニアと触媒上で反応することで、窒素と水に分解される。その後、湿式スクラバへ排ガスを流し、水に SO<sub>2</sub> を吸収させている。なお、排ガス管の経路は、バタフライ弁により切り替えることが可能であり、湿式スクラバへ排ガスを流さない場合は、煙突から大気へ放出される。本研究では、機関は、燃料油に 2.6wt%の硫黄分が含まれる C 重油を使用し、船用負荷特性 75%負荷率にて運転した。このとき、排ガス中の NO<sub>x</sub> は 1700 ppm、SO<sub>2</sub> は 860 ppm 程度である。

主要設備の諸元を表 1 及び 2 に示し、湿式スクラバについては、反応塔の基本構成を図 2 に示す。本湿式スクラバは、排ガス中に洗浄水を噴霧している。洗浄水噴霧は、装置排ガス入口部で噴霧される一次及びデミスターの前流で噴霧される二次に分けられる。噴霧された洗浄水は、下部の循環水出口より循環水タンクに貯められ、再び、洗浄水として排ガス中に噴霧される。循環水タンク内では、pH を 7 に保つように、25%濃度の水酸化ナトリウムが自動で注入されている。

排ガス成分の計測には FAST-2200 (岩田電業社製) を使用し、サンプリング場所を適宜変更しながら計測を行った。また、SCR 脱硝装置において触媒上で NO<sub>x</sub> と反応せずに後流に流出したアンモニア (スリップアンモニア) の計測は、SCR 脱硝装置出口及び湿式スクラバ出口において、排気管に直接取り付けれるレーザ方式の LGA-4100 (日本サーモ社製) を使用した。

## 3. 実験結果・考察

図 3 に、排ガスを、湿式スクラバに流入したときの湿式スクラバ運転状態を示す。同図に示される 12:10

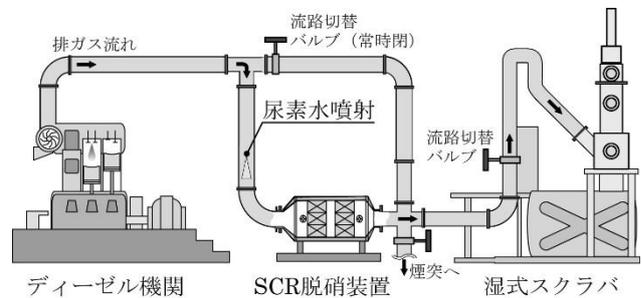


図 1 実験装置全体図

表 1 中速ディーゼル機関		表 2 SCR 脱硝装置	
型式	MU323 DGSC	触媒寸法	150×150 ×450 mm
定格出力	257kW	セル数	45
定格回転数	420rpm	触媒種類	中温用
排ガス流量(定格)	1200 Nm <sup>3</sup> /h	SV 値	6600 1/h
使用燃料	C 重油 S=2.6 wt%	触媒本数	計 18 本 3×3 2 段

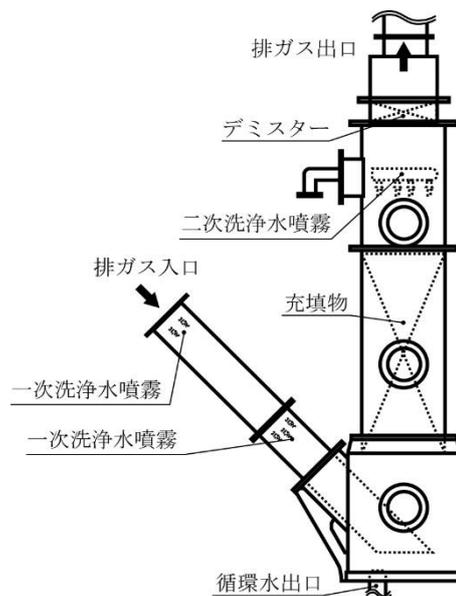


図 2 湿式スクラバ反応塔

頃、それまで、SCR 脱硝装置を通過し煙突側へ流れていた排ガスを、湿式スクラバへ流入させた。なお、12:05 頃までの計測は、SCR 脱硝装置出口において排ガス成分を計測していた結果である。同図の 12:05 から 12:10 (点線部) は、排ガスのサンプリング場所を切り替えた直後で、湿式スクラバ反応塔の残留ガスが計測されている。同図に示されるように、湿式スクラバの起動後 (12:10)、入口排ガス温度及び出口排ガス温度が高くなっている。SCR 脱硝装置出口において、860 ppm 程度の  $\text{SO}_2$  が、湿式スクラバ出口では、2 ppm 程度に低減されている。

湿式スクラバによるスリップアンモニアの除去効果を調べるため、SCR 脱硝装置に過剰な尿素水を噴射し故意にスリップアンモニアを発生させたときの排ガス成分計測結果を、図 4 に示す。排ガスの計測は、SCR 脱硝装置出口と湿式スクラバ出口において行った。同図では、尿素水噴射量の増加と共に、 $\text{NO}_x$  濃度が低下している。 $\text{NO}_x$  濃度が、数 ppm になった後、さらに尿素水を増加することで SCR 脱硝装置後流に、アンモニアが発生している。一方、湿式スクラバ出口では、アンモニアは検知されていない。アンモニアは、湿式スクラバの洗浄水に溶けていると考えられる。洗浄水に  $\text{SO}_2$  と共にアンモニアが吸収された場合、洗浄水中で、硫酸アンモニウム等の硫酸塩が生成・析出することが考えられる。しかし、本研究では、湿式スクラバの運転に不具合が生じるような硫酸塩の生成・析出は、確認されなかった。

湿式スクラバによる  $\text{SO}_2$  の脱硫と共に、SCR 脱硝装置による脱硝を行った結果を、図 5 に示す。同図は、湿式スクラバ出口での排ガス成分計測結果である。13:40 より尿素水を噴射し、段階的に尿素水流量を増加させている。これにより、湿式スクラバ出口での  $\text{NO}_x$  濃度が低減されている。なお、同図の実験では、 $\text{SO}_2$  の吸収量と洗浄水の流量の関係調べるために、洗浄水の流量を低減して実験を行った。一次洗浄水は、2.3  $\text{m}^3/\text{h}$  程度、二次洗浄水は、1  $\text{m}^3/\text{h}$  程度である。また、洗浄水流量が不安定であったため、図 5 に示されるように、 $\text{SO}_2$  濃度にわずかな変化が見られる。このとき、 $\text{SO}_2$  濃度は、37 ppm から 75 ppm の間であった。

#### 4. まとめ

SCR 脱硝装置及び湿式スクラバを用いて、C 重油を使用したディーゼル機関からの排ガス中の  $\text{NO}_x \cdot \text{SO}_2$  を低減する実験を行い、以下の知見を得た。

- SCR 脱硝装置による脱硝、湿式スクラバによる脱硫を用いて、排ガス中の  $\text{NO}_x \cdot \text{SO}_2$  を同時に低減した。
- 湿式スクラバは、SCR 脱硝装置後流に流出したスリップアンモニアについても、洗浄水に吸収できる効果があることが分かった。
- 湿式スクラバの  $\text{SO}_2$  吸収性能は、洗浄水の流量により変化することが分かった。

#### 5. 謝辞

本研究は、平成 25 年度国土交通省の受託研究「船用 SCR 脱硝装置の耐久性能評価及び未反応アンモニア対策に関する調査研究業務」の一部として行われた。また、一部については、JSPS 科研費 25820428 の助成を受けたものである。ここに謝意を表します。

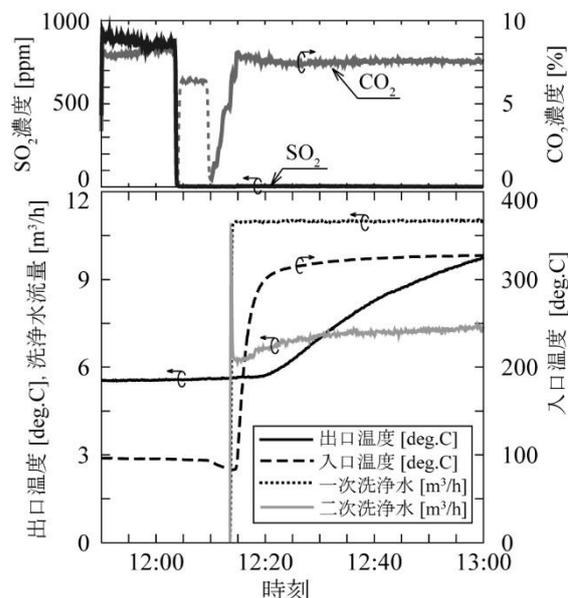


図 3 湿式スクラバ運転状態

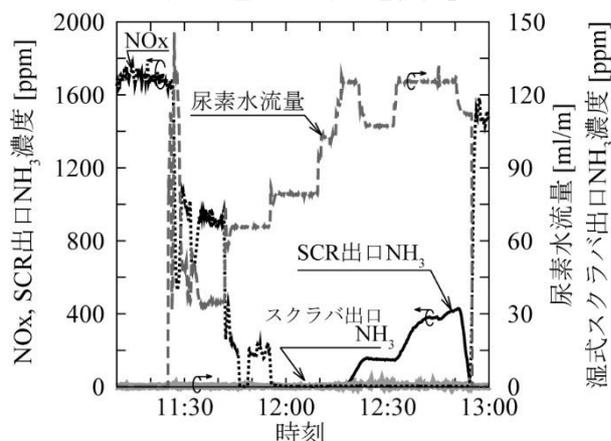


図 4 湿式スクラバのアンモニア除去効果

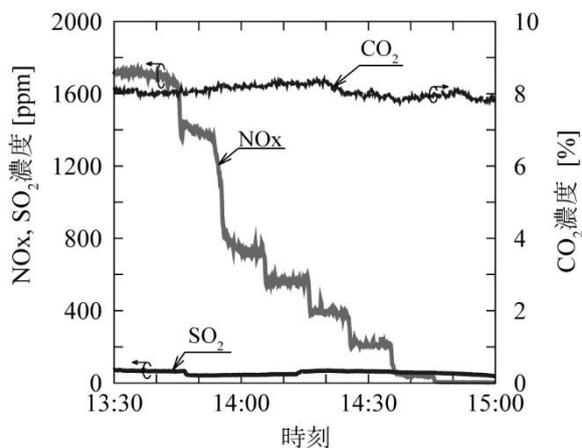


図 5  $\text{NO}_x \cdot \text{SO}_x$  同時除去試験結果 (洗浄水低減)