

SCR を装備した船用ディーゼルエンジンの 認証技術に関する研究

平田 宏一*、岸 武行*、仁木 洋一*

Study on attestation of marine Diesel engine installed SCR system

by

Koichi HIRATA, Takeyuki KISHI and Yoichi NIKI

1. まえがき

船舶の動力源として使われているディーゼルエンジンからは、NO_x（窒素酸化物）や SO_x（硫黄酸化物）、PM（粒子状物質）などの有害成分が含まれた排ガスが放出されている。これらの有害成分は、人体への影響の他、酸性雨や光化学スモッグの原因となる。そのような背景を受けて、IMO（国際海事機関）では段階的な NO_x 削減規制が実施されている。

図-1.1 は IMO で提案されている NO_x 排出規制である。NO_x 排出率の規制値はディーゼルエンジンの定格回転数毎に決められており、2013 年現在、2 次規制（2005 年に施行された 1 次規制に対して 20% の NO_x 削減）が施行されている。さらに、2016 年には 1 次規制に対して 80 % の NO_x 削減が要求される 3 次規制が施行される予定である。一般に、2 次規制までの NO_x 削減は、ディーゼルエンジンの燃焼改善等のいわゆるインエンジン技術で対応されている。一方、3 次規制の NO_x 削減に、メインエンジン技術だけで対応することは難しく、SCR（Selective Catalytic Reduction、選択式還元触媒）と呼ばれる排ガス後処理装置が必要となるものと考えられる。

当所では NO_x 削減の実用技術の構築を目

指して、主に船用 4 ストロークディーゼルエンジンを対象とした尿素 SCR システムの研究・開発を進めてきた¹⁾。2010～2012 年には、（社）日本船用工業会からの請負研究として、（一財）日本海事協会の助言・協力を得ながら、SCR を装備した船用ディーゼルエンジンの認証を円滑に実施するための課題の整理及び認証技術の確立を目指した調査研究を実施した。本報では、今後実施される認証方法について概説するとともに、本調査研究で得られた成果の一部を紹介する。

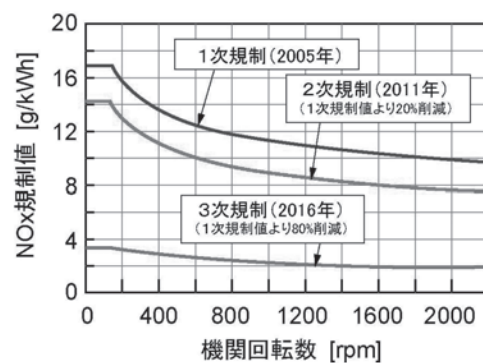


図-1.1 IMOによるNO_x排出規制

* 動力システム系

原稿受付 平成25年1月21日

審査日 平成25年2月15日

2. SCR システム及び認証方法の概要

上述の通り、2016 年から NOx 3 次規制が導入される予定であり、この規制に対応するため、エンジンに SCR を装備することが想定されている。この SCR システムを装備したエンジンの認証は、NOx テクニカルコード 2008 (NTC 2008) 及び IMO に設置された海洋環境保護委員会 (MEPC 62) において採択された SCR 認証ガイドライン (以下、ガイドライン) に基づいて実施される必要がある。以下、SCR の概要及びガイドラインに記載された認証方法について記す。

2.1 SCR システムの基本構成

図-2.1 に尿素 SCR システムの基本構成を示す。排気管中に触媒を取り付け、その上流から尿素水の噴霧を吹き込む。尿素水は排ガスの熱によって分解され、アンモニアに変化する。そして、触媒反応によって、NOx とアンモニアは無害な窒素と水に変換される。一般に、船舶用 SCR システムには、ハニカム形状をしたチタニア・バナジウム系の触媒が用いられる。

SCR システムを運転する際には、触媒が十分な脱硝性能を有していることの他に、排ガス中の NOx 排出量に応じた尿素水の流量制御が重要となる。尿素水が少なくすると十分な脱硝反応が行われず、尿素水が多すぎると加水分解されたアンモニアが触媒後流に流出するためである。

NOx 3 次規制施行後の SCR を装備した船用ディーゼルエンジンでは、SCR 通過後の排ガス中に含まれる NOx の濃度を計測し、NOx 排出率が図-1.1 に示した規制値を満たすことが必要となる。

2.2 認証方法の概要

ガイドラインには、SCR を装備したエンジンの認証方法として、エンジンと SCR を一体として

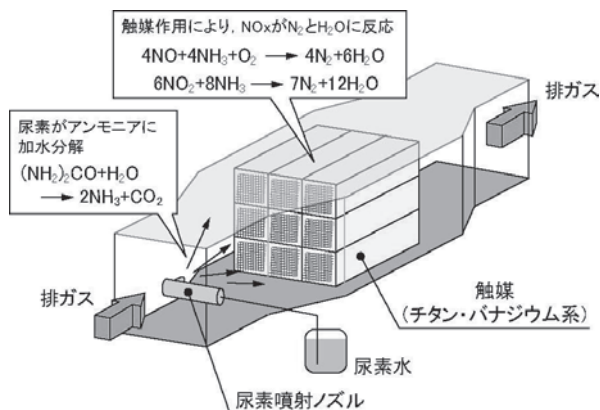


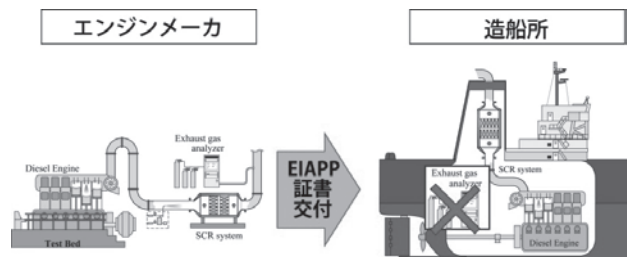
図-2.1 尿素 SCR システムの基本構成

NOx 排出量を計測するスキーム A、及びエンジンと SCR についてそれぞれの NOx 排出量と NOx 低減率（脱硝率）を計測し、全体の NOx 排出量を算出するスキーム B と呼ばれる 2 種類の認証方法が記載されている（図-2.2）。以下、それらの認証方法について述べる。

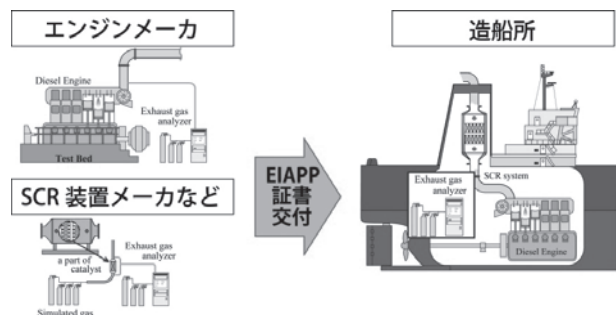
2.2.1 スキーム A による認証方法

スキーム A による認証方法は、エンジンと SCR とをエンジンメーカーの陸上試験設備で組み合わされた状態として NOx 排出量を計測する方法であり、今までエンジン単体において NTC 2008 で行われていた認証方法をそのまま用いるものである。NOx 計測後に EIAPP 証書（国際大気汚染防止原動機証書）がメーカーに交付され、造船所においてエンジン並びに SCR が搭載されることになる。スキーム A では、基本的に、船上での NOx 計測は行われず、パラメータチェック（部品確認並びにエンジンの設定値・運転値の確認）が行われると考えられる。そして、チェック後に IAPP 証書（大気汚染防止証書）が船舶所有者に交付される。

スキーム A では、船上での NOx 計測が行われず、従来から NTC 2008 で行われていた認証方法と同様に陸上設備での NOx 計測となるため、計測精度を高めやすいといった特徴がある。一方、エンジンとほぼ同じ大きさの SCR を陸上試験設備に設置することとなり、認証のための試験の実施には、試験設備の大規模な改修等、大幅なコスト増となる可能性がある。



(a) スキーム A



(b) スキーム B

図-2.2 SCR システムが装備されたエンジンの認証方法

2.2.2 スキームBによる認証方法

スキームBによる認証方法は、次の2段階の試験を経て、認証する方法である。なお、スキームBによる認証は、スキームAによるNO_x計測が構造上または技術上難しいことが主管庁により認められた場合に適用可能となる。

(1) エンジン及びSCRの単体試験

陸上試験設備において、エンジン単体のNO_x計測並びにSCR単体の脱硝性能試験を行う。エンジン単体は、NTC 2008に従って試験を行い、温度や成分等のエンジンの排ガスに関する特性を確認する。SCRについては、エンジンの排ガス特性を再現した模擬ガス、または実排ガスを用いて脱硝性能を確認する試験を行う。また、SCR単体の試験では、実機そのもののフルスケール試験でなくても、実機で使用する同種類の小型触媒試験片による触媒単体試験でもよい。そして、エンジンとSCRとが組み合わされたことを想定した場合にNO_x排出率が規制値以下であることを確認する。ただし、小型触媒試験片による脱硝性能確認試験を行う場合、脱硝率の計測に加え、排ガスの流れやスケーリングを考慮した適切な方法で実船における性能を推定することが要求されるも考えられる。

(2) 船上におけるSCR装置実機試験

上記(1)の試験をクリアし、EIAPP 証書がメーカに交付された後、船上でエンジンとSCRが組み合わされた状態でNO_x排出量の計測を行う。計測は上記(1)のエンジン単体での試験の負荷条件のうち25%、50%、75%になるべく近い負荷状態で行われる。そして、脱硝率が上記(1)のSCR単体の試験で確認された脱硝率よりも5%を下回らないことを確認することがIAPP（大気汚染防止）証書発行の条件となる。

以上がスキームBによる認証方法である。スキームBでは、陸上試験設備で実機スケールのSCRをエンジンに組み合わせて試験をする必要がないため、試験実施に必要となるコストはスキームAに比べて大幅に低減できるものと考えられる。

しかし、現在までに日本でエンジンとSCRとが組み合わされて船舶に搭載された例が少ないため、陸上設備におけるエンジンとSCRの個別の試験結果からNO_x排出率が規制値以下であることを推定・確認するための判断材料は十分ではない。特に、陸上のSCR単体の試験では、実機スケールではなく、小型触媒試験片の性能試験でもよいとされているが、SCR単体試験の結果が要求性能を満たしていた場合であっても、実機のSCRがその性能を維持するための条件は明確ではない。さらに、船上では、陸上設備と同等の精度でNO_x

排出量を計測・評価することは難しいという問題がある。

3. NO_x テクニカルコードに基づく実機計測例

エンジンの認証に関するNO_x排出量の計測手順についてはNTC 2008に記載されている。以下、エンジンとSCRを一体としてNO_x排出量を計測するスキームAを想定して、SCRが装備されたエンジンにより、NO_x排出量等を計測した結果について述べる。

3.1 供試機関及び試験装置

図-3.1に、試験に用いた中速船用4ストロークディーゼルエンジン及びSCRの構成、表-3.1にそれらの主要目を示す。エンジンから排出された排ガスは、排ガス管後方に設置された試験用SCRに導かれ、その後、消音器を通り大気に放出される。回転数やトルク、排ガス温度等のデータは、計測・制御用パーソナルコンピュータにより1秒間に1回のサンプリングで計測される。また、パーソナルコンピュータは排ガス分析器の計測データから排ガス量及び目標のモル数に対応する尿素水噴射量を計算するとともに、SCR制御用PLCに信号を送り、流量制御を行っている。

本試験に使用した試験用SCRでは、還元剤の種類、還元剤の噴射位置及び触媒充填量を変更することが可能である。以下の試験においては、還元剤に濃度40%の尿素水を用いている。還元剤噴射位置は触媒前約1400mm

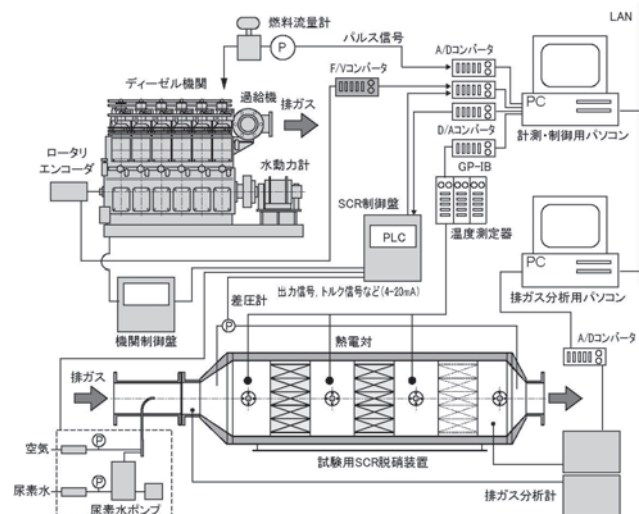


図-3.1 SCRシステム性能評価設備の構成

表－3.1 エンジン及び SCR システムの主要目

(a) エンジン

形式	6 気筒 4 ストローク
シリンダ径	190 mm
ストローク	260 mm
連続最大出力	750 kW
定格回転数	1000 min ⁻¹

(b) SCR システム

触媒形式	モノリス型セラミックハニカム
反応器寸法	915×950×3110 mm
触媒本数	25 本 (5×5)
触媒寸法	□150mm×375 mm×1 段
セル数	45 (150 mm 当たり)
触媒体積	約 210,000 cm ³
SV 値 (空間速度)	約 19000 h ⁻¹
AP 値 (比表面積)	約 1056 m ² /m ³
還元剤種類	尿素水 (濃度 40 wt%)
還元剤ノズル	2 流体式

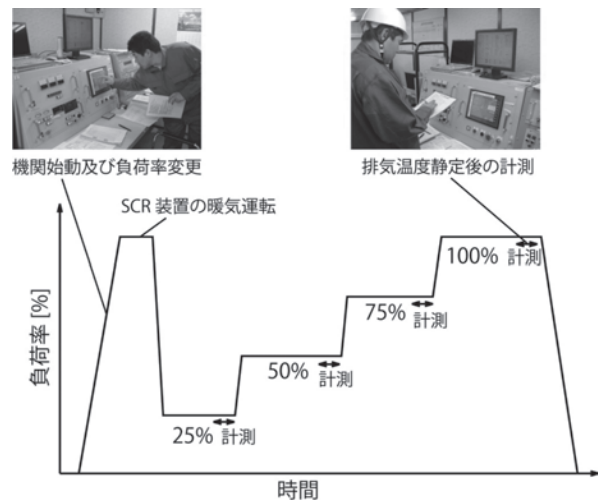
である。また、触媒充填量は、0.21 m³ であり、負荷率 100 %における SV 値 (排ガス量 [Nm³/h] を触媒全体積 [m³] で除した値であり、同一の排ガス量においては触媒の外形寸法の度合いを示す) は 19000 h⁻¹ 程度である。

3.2 試験方法及び試験条件

NTC 2008 に規定された E3 モードのテストサイクルを参考にして、図－3.2 に示す試験スケジュールを定めた。エンジン始動及び暖機運転の後、負荷率を 25 %負荷率まで減少させる。その後、50、75、100 %と負荷率を段階的に変化させて SCR の反応器出口の排ガス温度が静定した後、10 分間の排ガス計測を行う。排ガス計測においては、NTC 2008 に定められた基準を満たした排ガス分析器を使用しており、SCR 後流にある消音器の出口より排ガスのサンプリングを行っている。ただし、尿素水噴射量の算出のために、SCR 入口の排ガスの NO_x 濃度が必要であるため、計測時以外は、サンプリング位置を適宜切り替えている。また、排ガス量の算出及び NO_x 濃度の乾き湿り補正等は NTC 2008 を参考にしており、燃料油には LSA 重油 (硫黄分約 0.05 %) を用いている。

3.3 試験結果

図－3.3 に以上の試験により得られた負荷率と排ガス温度の時系列データを示す。触媒は、過給機出口の約 20 m 後方に設置されているため、触媒入口及び出口の排ガス温度が

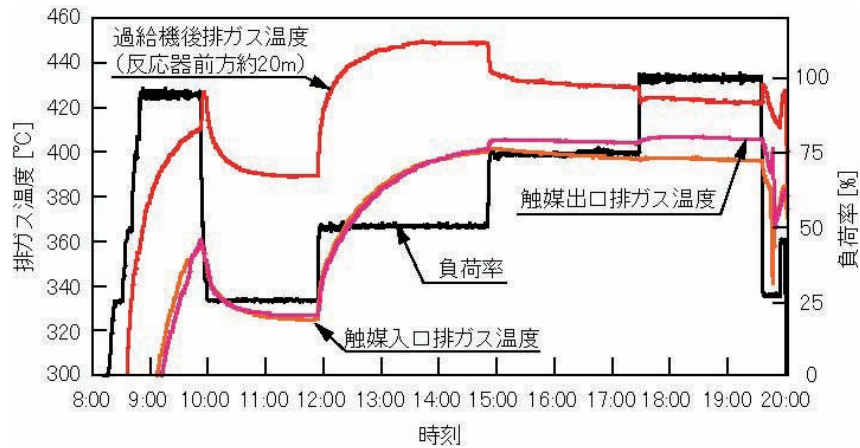


図－3.2 試験スケジュール

静定するまでにかなりの時間を要する。本試験では、エンジン始動後に負荷率を 100 %付近まで増加させて、排気管及び触媒の暖機を行っている。その後、25 %負荷率として、触媒の入口及び出口温度が静定した後に計測を開始した。本試験においては、各負荷率における排ガス温度の静定に概ね 2～3 時間を要している。なお、負荷率が 75 %を超える範囲において、触媒出口排ガス温度は触媒入口排ガス温度を上回った。これは触媒反応が発熱反応であるため、反応量の増加により触媒出口排ガス温度が上昇したものと考えられる。

表－3.2 に各負荷率における主な計測結果を示す。これらの値は、各負荷率における計測データの最終 120 秒間の平均値として求めたものである。同表より、SCR を装備した場合においても、現在の NTC 2008 の計測方法によって、SCR 後流の NO_x 濃度を計測し、NO_x 排出量を算出できることがわかる。また、同表の各負荷率における NO_x 排出率から、E3 モードの重み付け係数を与えると、本試験に用いた SCR を装備したエンジンの NO_x 排出率は 1.70 g/kWh と計算される。これは図－1.1 に示した NO_x 3 次規制を十分に満足する値である。

なお、脱硝率はモル比と同程度になるのが望ましいが、各負荷率における脱硝率はモル比よりも数%程度低くなっている。これは、SV 値が 19000 h⁻¹ と大きく、脱硝に不利な条件で試験を実施したこと、さらに尿素水噴射ノズルを触媒に近い位置に設置して試験を行ったことが原因であると考えられる。



図－3.3 負荷率及び排ガス温度の計測結果

表－3.3 試験運転結果

項目		単位	エンジン負荷率			
			25 %	50 %	75 %	100 %
エンジン	エンジン回転数	min ⁻¹	629	793	904	997
	軸出力	kW	189	377	561	750
	燃料消費量	kg/h	45.2	86.7	122.3	162.5
	給気圧力	MPaG	0.014	0.061	0.115	0.177
大気	大気圧	kPa	100.2	100.2	100.2	100.3
	大気温度	℃	32.9	34.9	34.3	33.6
	大気湿度	%	56.2	54.1	53.3	56.7
	大気飽和水蒸気圧	kPa	5.0	5.6	5.4	5.2
	大気絶対湿度	g/kg	18.0	18.3	18.4	18.8
排ガス (触媒出口)	NO _x 濃度 (dry)	ppm	113.0	97.1	166.7	203.9
	CO 濃度 (dry)	ppm	520.0	740.2	229.2	114.1
	CO ₂ 濃度 (dry)	%	5.16	5.69	7.19	7.16
	O ₂ 濃度 (dry)	%	13.71	12.97	11.01	11.01
	HC 濃度 (dry)	ppmC	3.6	3.2	4.6	6.0
	乾き湿り補正係数	---	0.9397	0.9339	0.9245	0.9241
	排ガス量	Nm ³ /h	1498.6	2558.6	2959.8	3947.9
	NO _x 濃度 (wet)	ppm	106.2	90.7	154.1	188.5
	NO _x 排出量	g/h	326.7	488.6	936.8	1528.0
	NO _x 排出率	g/kWh	1.72	1.29	1.67	2.04
SCR 性能	尿素水流量	mL/min	39.5	54.4	89.6	144.8
	触媒入口 NO _x 濃度 (wet)	ppm	597	502	706	846
	触媒入口排ガス温度	℃	325	400	397	397
	モル比	%	86.2	82.7	83.8	84.7
	脱硝率	%	82.2	81.9	78.2	77.7

3.4 認証における計測上の課題

以上に記した SCR が装備された中速船用ディーゼルエンジンの試験を基に、SCR 認証における NO_x 計測の課題について考察する。

(1) 排ガス温度

SCR を装備したエンジンの認証試験においては、排ガス温度が静定するまでに十分な時間が必要となる。上記で行った実機試験は、今までに行われてきた SCR を取り付けない状態の認証試験

と比べて、2 倍程度の時間を要している。また、SCR の脱硝性能は排ガス温度に大きく影響される。一般に、排ガス温度が 300℃ 以上であれば脱硝性能に大きな変化は見られないが、300℃ 未満の低温域では排ガス温度が脱硝性能に与える影響は大きくなる。実際の認証試験を実施する際には、これらの特性に留意する必要がある。

(2) 触媒へのアンモニア吸着

触媒では、触媒表面へのアンモニアの吸着・脱離現象が生じる。触媒表面に吸着したアンモニアが脱硝反応に寄与するため、尿素水の供給を止めても、しばらくの間、脱硝反応が続くことがある。したがって、モル比と脱硝率の関係を正確に評価する場合、触媒へのアンモニアの吸着・脱離現象を踏まえて、十分に安定な状態になったことを確認してNOx計測並びにその評価をする必要がある。

(3) システム構成

別途実施した試験により、SCRの脱硝性能は、排ガス温度やSV値の他、触媒と尿素水噴射ノズルとの距離や尿素水と排ガスとの混合を促進するスタティックミキサの有無等に大きく影響を受けることが確認されている。すなわち、実際の認証試験においては、装置構成や運転状態、還元剤噴射量制御方法にも十分な考慮が必要である。

4. 各スキームの認証精度確認試験

2.2節で述べたように、SCRを装備したエンジンの認証方法として、エンジンとSCRを一体としてNOx排出量を計測するスキームA及びエンジンとSCRシステムについてそれぞれのNOx排出量と脱硝率を計測し、全体のNOx排出量を算出するスキームBと呼ばれる2種類の認証方法がある。以下、それぞれのスキームの認証精度を確認するために行った試験の一例を紹介する。

4.1 各スキームの試験方法

以下の試験方法により、各スキームの認証精度確認試験を実施する。

(1) スキームAを想定した試験

スキームAを想定した試験は、前章に述べた中速船用4ストロークディーゼルエンジン及びSCRを用いる。試験方法は、前章と同様、NTC 2008に規定されたE3モードのテストサイクルに従う。

(2) スキームBを想定した試験

スキームAを想定した実機試験において得られる触媒前の排ガス温度並びに各ガス成分濃度等の排ガス特性データに基づき、マイクロリアクタ(図-4.1)を用いてスキームBを想定した触媒単体試験を行う。表-4.1に試験条件をまとめて示す。試験に用いる触媒は、材質及びセル数が実機に用いた触媒と同じ小型触媒試験片である。還元剤には尿素水及びアンモニアガスの2種類を使用し、

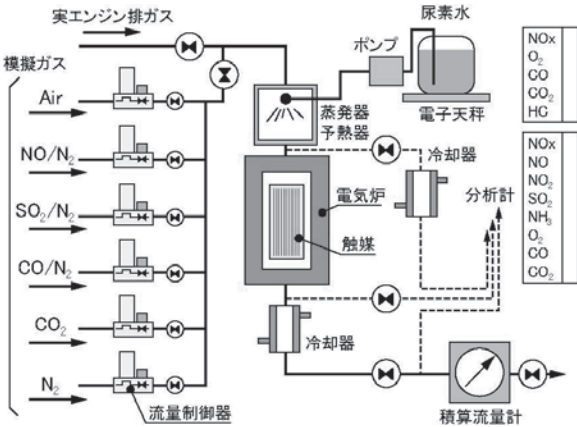


図-4.1 マイクロリアクタの構造

表-4.1 マイクロリアクタによるスキームBを想定した試験

触媒寸法	5×5セル (17 mm×17 mm) 長さ 180 mm (触媒体積 50 cm ³)
還元剤	尿素水／アンモニアガス
排ガス分析計	HORIBA MEXA-1600D
模擬ガス成分	NO、O ₂ 、CO ₂ 、H ₂ O、N ₂

それらの結果を比較する。

ガイドラインでは、スキームBの触媒単体試験の実施にあたって、スケール化された排ガス流量、模擬ガス成分(NO、NO₂、O₂、CO₂、H₂O、SO₂、N₂バランス)、触媒入口温度、SV値並びに還元剤の濃度が規定されている。また、模擬ガスの各成分は実ガス成分の±5%であることが求められている。以下のスキームBを想定したマイクロリアクタによる触媒単体試験においては、模擬ガス成分にNO₂及びSO₂を含めず、それらを除いた成分をスキームAの試験結果と一致させた状態で、各負荷率に相当する運転条件における脱硝率を計測する。また、H₂O濃度についても計測器の都合により推定値としている。実際の認証時には、模擬ガス成分としてNO₂及びSO₂成分を含める必要があり、またH₂O濃度についても実ガス成分の±5%以内とする必要がある。

以下に述べるスキームBを想定した触媒単体試験はガイドラインに完全に合致した手順では実施していないが、以降、上記条件での触媒単体試験をスキームB試験と呼ぶ。また、上記のスキームAを想定した実機による試験をスキームA試験と呼ぶこととする。

4.2 各スキームの試験結果

表-4.2にスキームA試験及びスキームB試験の結果、図-4.2に本試験で得られた脱硝率を比較した結果を示す。還元剤が尿素水の場合、全て

の負荷条件において、スキーム B の脱硝率は、スキーム A よりも低い値となった。この原因として、スキーム A では、尿素水が大量の排ガス中で微粒化されて加水分解されるのに対し、今回のスキーム B 試験に使用したマイクロリアクタでは、蒸発器内で尿素水が噴霧状態にされないまま加水分解されるため、尿素水の一部が蒸発器内に固形物として残留するなどして、還元剤として有効に作用していないことが考えられる。

本調査研究を開始した当初、実船舶への搭載を想定したスキーム A 試験では還元剤噴霧の不均一性が生じやすく、触媒単体試験のスキーム B 試験と比べて、脱硝性能に劣ることが懸念されていた。しかし、本試験の多くの計測値はその逆の傾向を示しており、スキーム A 試験の脱硝率はスキーム B 試験を上回ることが確認された。

また、アンモニアガスを還元剤として用いた場合のスキーム B 試験の脱硝率は、尿素水を用いた場合と比べて、全般的にスキーム A 試験の脱硝率に近い。一般に、脱硝反応は、尿素水が加水分解によりアンモニアに変化した後に生じると言われている。このことからマイクロリアクタの蒸発器内で尿素水の加水分解が十分に安定していなかったことが、還元剤に尿素水を用いた場合にスキーム A 試験とスキーム B 試験の相違が大きくなった要因であると考えられる。

4.3 認証試験における課題

以上、中速船用ディーゼルエンジンと SCR を用いて、各スキームの違いによる測定値の精度を調べた結果について述べた。また、本調査研究においては、上記に挙げた試験の他、国内数社のエンジンメーカの協力により、複数の船用ディーゼルエンジンについても、上記と同様の各スキームの認証精度確認試験を行っている。それらの結果より、以下に示すような認証試験における

様々な課題が明らかになった。

(1) マイクロリアクタ

スキーム B の触媒単体試験において尿素水を還元剤として用いる場合、マイクロリアクタの蒸発器における加水分解が安定かつ確実にに行われる必要がある。また、マイクロリアクタ及び排ガス分析器の仕様に制限を受け、試験条件によっては計測時に空気の希釈が必要となり、希釈率が高い場合、計測誤差が大きくなる可能性がある。

(2) 一次反応速度定数による評価

触媒化学では一次反応速度式の考え方が一般的に用いられている⁽²⁾。触媒の脱硝性能を推測・評価する場合、触媒の反応速度定数 K_a 値を適切に活用することは極めて有効であるが、マイクロリアクタ等を用いた触媒単体試験において、 K_a 値の計算方法によっては、実機の触媒性能に適合しないことがあることに注意しなければならない。

(3) NO_x の主成分と脱硝性能

排ガス中に含まれる NO_x の主成分は NO と NO₂ であり、それぞれの割合を正確に考慮しなければ、正確なモル比の設定や脱硝率の評価は難しい。また、NO と NO₂ の割合は脱硝性能に大きく影響すると言われており⁽³⁾、触媒の性能を詳細に

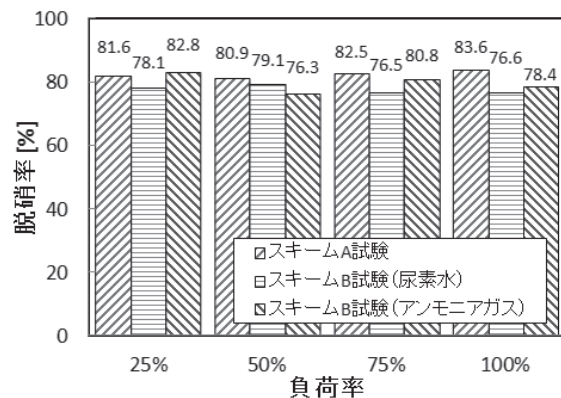


図-4.2 各スキームの試験結果

表-4.2 試験結果

(a) スキーム A 試験

項目	単位	負荷率			
		25 %	50 %	75 %	100 %
SV 値	h ⁻¹	5206	9972	14694	19450
触媒入口排ガス温度	℃	338	375	396	402
触媒入口 NO _x 濃度	ppm	886	662	745	907
モル比 (尿素水)	%	84.0	84.0	86.0	86.0
脱硝率	%	81.6	80.9	82.5	83.6
CO ₂ 濃度 (dry)	%	7.40	7.51	7.24	7.20
O ₂ 濃度 (dry)	%	10.79	10.57	10.97	10.88

(b) スキーム B 試験

項目	単位	負荷率			
		25 %	50 %	75 %	100 %
脱硝率 (尿素水)	%	78.1%	79.1%	76.5%	76.6%
脱硝率 (アンモニアガス)	%	82.8%	76.3%	80.8%	78.4%

評価する場合、NO と NO₂ の割合を無視できない可能性がある。

図-4.3 は、NO と NO₂ の割合を変化させてマイクロリアクタによる触媒単体試験を行った結果である。なお、反応の速度変化による脱硝率の違いを明確にするため、SV 値を 25000 h⁻¹、温度を 230℃とし、還元剤供給装置の流量変動等で生じる脱硝率への影響を避けるため、モル比を 100 %より若干高く設定した (110%)。図-4.3 より、NO が 100 %の場合の脱硝反応よりも NO₂ が混合されている場合の脱硝反応の方が速くなり、NO と NO₂ 濃度の比が 1:1 のときに最大の脱硝率が得られていることがわかる。これは、NO だけでスキーム B の触媒単体試験を行った場合の脱硝率よりも、実排ガスで NO₂ が混合されている方が有利になり、高い脱硝率が得られる可能性があることを示している。実排ガスの NO 濃度に対する NO₂ 濃度の比は数%程度であり、前節で実施した模擬ガスに NO だけを含めた試験結果はわずかに低い脱硝性能を示していると言える。

(4) SO₂ が脱硝性能に及ぼす影響

排ガス中に含まれる SO₂ は、触媒の性能低下をもたらす成分であることが知られている。ただし、別途実施した試験より、SO₂ は触媒の劣化に大きく影響するものの、短期間の試験において脱硝性能に与える影響は小さく、SV 値が実機条件と同程度であれば劣化の度合いも小さいものと考えられる。すなわち、前節のスキーム B 試験では模擬ガスに SO₂ を含めていないが、その影響は小さいものと考えられる。しかし、触媒の長期に渡る性能維持は認証時の重要な要件であり、脱硝率や NO_x 排出量の計測だけでなく、触媒劣化や再生方法についての適切な評価が必要不可欠である。

5. まとめ

本報では、NTC 2008 に基づき、SCR 装置が設置された中速船用ディーゼルエンジンの NO_x 排出量を計測した結果、さらに、NO_x 3 次規制が施行された後に実施されるスキーム A (一体計測) とスキーム B (分離計測) を想定して、計測方法の違いによる計測精度について調べた試験結果について述べた。これらの結果は、当該調査研究で実施した成果の一部であり、この他にも実船に用いる SCR システムの触媒寸法とマイクロリアクタの試験に用いる触媒寸法の相違が脱硝性能に及ぼす影響 (スケールエフェクト) や就航後に実施される定期的検査の内容等についての考察を行っている。これらの成果は、今後実施される SCR

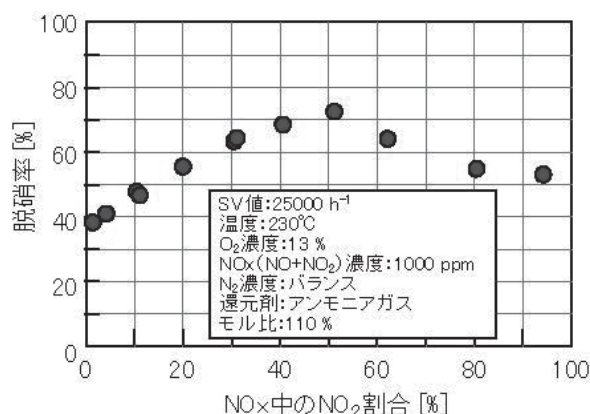


図-4.3 NO₂ 割合が脱硝率に及ぼす影響

が装備されたエンジンの認証において有効な知見になるものと考えている。

謝 辞

本報の内容は、(社)日本船用工業会より請負研究として実施した「SCR 装置が装備されたエンジンの認証技術の確立に関する調査研究」の研究成果の一部である。なお、本研究は(社)日本船用工業会が(一財)日本海事協会の「業界要望による共同研究」スキームにより、同協会の支援を受け実施されたものである。また、本研究の実施にあたっては国土交通省海事局並びに国内数社のエンジンメーカーの多大な助言・協力をいただいた。ここに関係各位に対して謝意を表す。

参考文献

- 1) 平田宏一、他 13 名：海上技術安全研究所における船舶用 SCR システムに関する研究、海上技術安全研究所報告、第 11 巻、第 22 号(2011)、pp.71-89
- 2) 岸武行、他 6 名：船用ディーゼルエンジンに用いる SCR 脱硝装置に関する研究、海上技術安全研究所報告、第 8 巻、第 2 号(2008)、pp.191-195
- 3) 村田豊、他 5 名：尿素 SCR システムの NO_x 浄化率向上に関する研究(第 4 報)-尿素水の噴射制御ロジックの構築と各種過渡運転への適用-、自動車技術会論文集、第 40 巻第 6 号(2009)、pp.1509-1514