

表16 吸気弁ステム下部付着物の分析結果

	乳化燃料	通常燃料
外観	黒色粒状 (塊状を含む)	黒色粒状 (塊状を含む)
XRD	結晶性	低い
	結晶質の主成分	CaSO <sub>4</sub>
	結晶質の副成分	CaSO <sub>4</sub> ・2H <sub>2</sub> O CaSO <sub>3</sub> ・4H <sub>2</sub> O FeSO <sub>4</sub> ・H <sub>2</sub> O
EPMA	主要元素*	C, S, Ca
	少量元素**	O, Fe
		C, O S, Ca

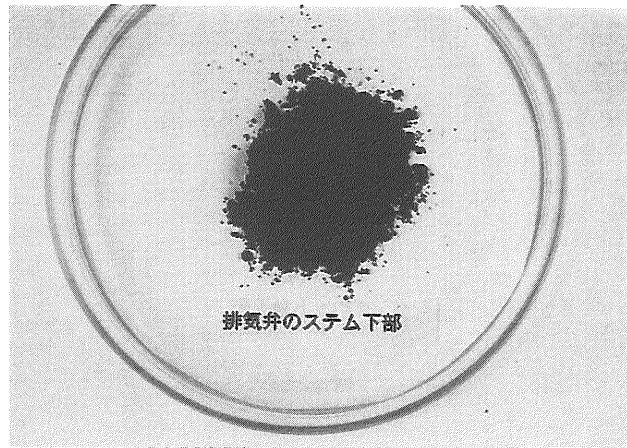
\* : 10%以上含まれるもの  
\*\* : 1%以上含まれるもの

いずれの試料も結晶性が低いものの、結晶質の主成分として硫酸カルシウムが検出された。また、微量成分として、乳化燃料を使用した場合には、硫酸カルシウム二水和物 (CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O) が、一方、通常燃料を使用した場合には、亜硫酸カルシウム四水和物及び硫酸鉄 (II) 一水和物が検出された。さらに、EPMAにより、乳化燃料を使用した場合は、主要な元素として炭素、硫黄及びカルシウムが、少量元素として、酸素及び鉄が検出された。一方、通常燃料を使用した場合は、主要な元素として、炭素及び酸素が、少量元素として、硫黄及びカルシウムが検出された。以上の結果から、いずれの試料も硫酸カルシウム及び炭素を主成分とすることが分かった。このうち、炭素の起源は燃料油及び潤滑油、硫黄では燃料油、カルシウムでは潤滑油及び乳化燃料用の水道水、鉄では部材と考えられる。さらに、カルシウムの濃度を比較すると乳化燃料を使用した場合の方が通常燃料を使用した場合よりもかなり高く、乳化燃料中に含まれる雑用水由来のカルシウムが相当量存在することを示唆している。

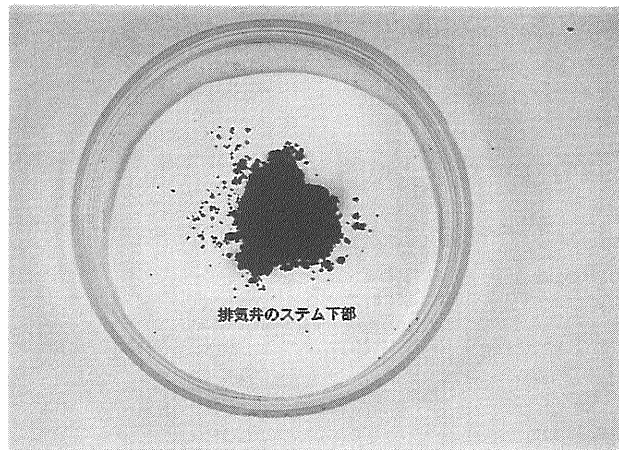
7.2.2.4. 排気弁ステム下部

排気弁ステム下部の付着物の写真を図62に示す。乳化燃料を使用した場合、試料は灰色灰状の外観を呈したが、通常燃料を使用した場合は黒色粒状及び塊状であった。

XRD及びEPMAの結果を表17に示す。XRDにより、乳化燃料を使用した場合、試料の結晶性は比較的高く、結晶質の主成分として硫酸カルシウムが、副成分として硫酸カルシウム二水和物が検出された。一方、通常燃料を使用した場合は、試料の結晶性は比較的低く、結晶質の主成分として硫酸カルシウムが、副成分として亜硫酸カルシウム四水和物及び硫酸鉄 (II) 一水和物が検出された。さらに、EPMAにより、乳化燃料を使用した場合は、主要な元素として硫黄、カルシウム及び酸素が、少量元素としてケイ素、炭素、亜鉛及び鉄が検出された。一方、通常燃料を使用した場合は、主要な元素として、炭素及び酸素が、少量元素として、硫黄及びカルシウムが検出された。以上の結果から、いずれの試料も硫酸カルシウム及び炭素を主成分とす



(a) 乳化燃料使用



(b) 通常燃料使用

図62 排気弁ステム下部付着物外観

表17 排気弁ステム下部付着物の分析結果

	乳化燃料	通常燃料
外観	灰色灰状	黒色粒状 (塊状を含む)
XRD	結晶性	高い
	結晶質の主成分	CaSO <sub>4</sub>
	結晶質の副成分	CaSO <sub>4</sub> ・2H <sub>2</sub> O CaSO <sub>3</sub> ・4H <sub>2</sub> O FeSO <sub>4</sub> ・H <sub>2</sub> O
EPMA	主要元素*	S, Ca, O
	少量元素**	Si, C, Zn, Fe
		C, O S, Ca

\* : 10%以上含まれるもの  
\*\* : 1%以上含まれるもの

ることが分かった。各元素の起源については吸気弁の場合と同様であるが、ケイ素等の微量元素は乳化燃料用の雑用水が起源と考えられる。さらに、カルシウム濃度の比較結果についても吸気弁の場合と同様であり、乳化燃料中に含まれる雑用水由来のカルシウムが相当量存在することを示唆している。

7.2.2.5. 排気集合管

排気集合管の付着物の写真を図63に示す。乳化燃料を使用した場合、灰白色灰状の外観を呈した。これに対し、通常燃料を使用した場合の付着物は黒色灰状であった。

XRD及びEPMAの結果を表18に示す。XRDにより、乳化燃料を使用した場合、試料の結晶性は高く、結晶質の主成分として硫酸銅 (CuSO<sub>4</sub>) が、副成分として硫酸銅五水和物 (CuSO<sub>4</sub>・5H<sub>2</sub>O) 及び硫酸カルシウムが検出された。一方、通常燃料を使用した場合は、試料の結晶性は比較的低く、結晶質の主成分として硫酸カルシウムが、副成分として亜硫酸カルシウム四水和物及び硫酸鉄 (II) 一水和物が検出された。さらに、EPMAにより、乳化燃料を使用した場合は、主要な元素として銅、硫黄及び酸素が、微量元素としてケイ素、カルシウム、鉄及び炭素が検出された。一方、通常燃料を使用した場合は、主要な元素として、炭素及び酸素が、微量元素として、硫黄、鉄及びカルシウムが検

表18 排気集合管付着物の分析結果

外観	乳化燃料	通常燃料	
	灰白色灰状	黒色灰状	
XRD	結晶性	高い	低い
	結晶質の主成分	CuSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>
	結晶質の副成分	CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O CaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>3</sub> ・4H <sub>2</sub> O FeSO <sub>4</sub> ・H <sub>2</sub> O
EPMA	主要元素*	Cu, S, O	C, O
	微量元素**	Si, Ca, Fe, C	S, Fe, Ca

\* : 10%以上含まれるもの  
\*\* : 1%以上含まれるもの

出された。以上の結果から、乳化燃料を使用した場合の試料は硫酸銅を主成分とし、このほかに微量の硫酸銅五水和物、硫酸カルシウム及び炭素を含むことが分かった。また、通常燃料を使用した場合の試料は硫酸カルシウム及び炭素を主成分とし、このほかに微量の亜硫酸カルシウム四水和物及び硫酸鉄 (II) 一水和物を含むことが分かった。このうち、炭素及び硫黄の起源は燃料油、銅では排気集合管の銅製パッキン、カルシウムでは潤滑油及び乳化燃料用の雑用水と考えられる。通常燃料を使用した場合に銅が検出されないのは、サンプリング位置の違いによるものと考えられる。

7.2.2.6. 過給機内部

過給機内部の付着物の写真を図64に示す。いずれの燃料を使用した場合も試料は黒色灰状の外観を呈した。

XRD及びEPMAの結果を表19に示す。XRDの結果から、いずれも試料の結晶性は比較的低く、結晶質の主成分として硫酸カルシウムが検出された。また、乳化燃料を使用した場合は微量の硫酸カルシウム2水和物が、一方、通常燃料を使用した場合は微量の亜硫酸カルシウム四水和物及び硫酸鉄 (II) 一水和物が検出された。さらに、EPMAの結果から、乳化燃料を使用した場合は、主要な元素として炭素、硫黄、酸素及びカルシウムが、微量元素としてケイ素及び鉄が検出された。一方、通常燃料を使用した場合は、主要な元素として、炭素及び酸素が、微量元素として、硫黄、カルシウム及び鉄が検出された。以上の結果から、いずれ

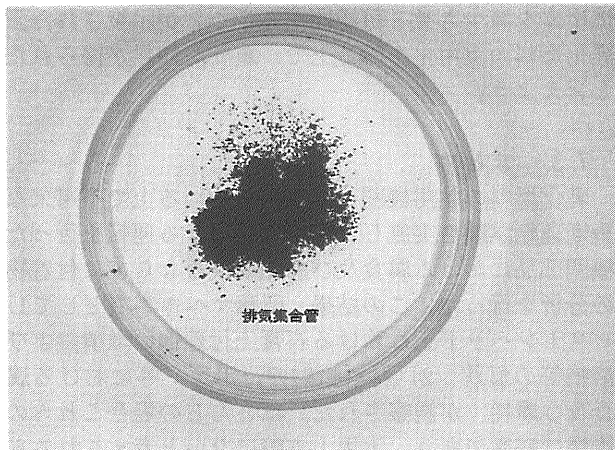
表19 過給機内部付着物の分析結果

外観	乳化燃料	通常燃料	
	黒色灰状	黒色灰状	
XRD	結晶性	低い	低い
	結晶質の主成分	CaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>
	結晶質の副成分	CaSO <sub>4</sub> ・2H <sub>2</sub> O	CaSO <sub>3</sub> ・4H <sub>2</sub> O FeSO <sub>4</sub> ・H <sub>2</sub> O
EPMA	主要元素*	C, S, O, Ca	C, O
	微量元素**	Si, Fe	S, Ca, Fe

\* : 10%以上含まれるもの  
\*\* : 1%以上含まれるもの

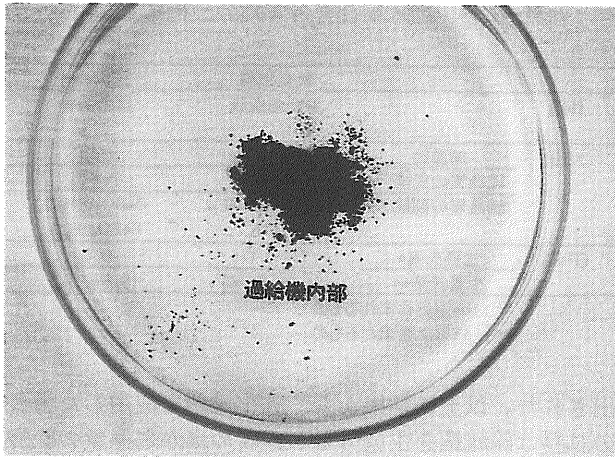


(a) 乳化燃料使用

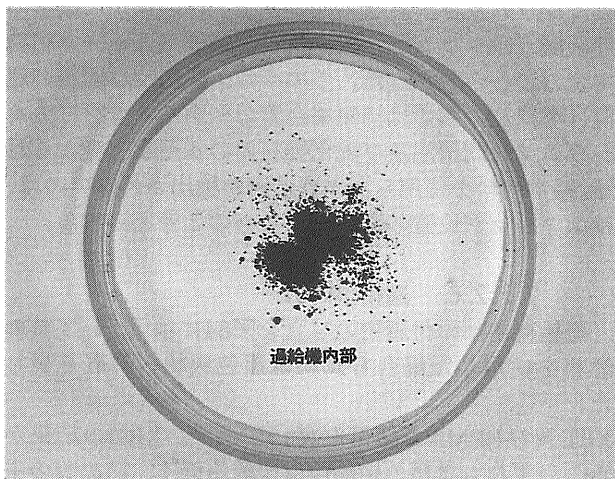


(b) 通常燃料使用

図63 排気集合管付着物外観



(a) 乳化燃料使用



(b) 通常燃料使用

図64 過給機内部付着物外観

の試料も硫酸カルシウム及び炭素を主成分とすることが分かった。元素の起源ならびに燃料の相違によるカルシウム濃度の変化については吸気弁等と同様と考えられる。

#### 7.2.2.7. 付着物検査のまとめ

以上の結果から、今回調査した付着物は3つのグループに分類される。第一は、乳化燃料を使用した場合のピストンヘッド頂部、シリンダヘッド触火面及び排気弁システム下部の試料、第二は、乳化燃料を使用した場合の排気集合管の試料、そして第三は、乳化燃料を使用した場合の吸気弁システム下部及び過給機内部の試料、ならびに通常燃料を使用した場合の全ての試料である。第一グループは炭素が少なく、硫酸カルシウムを多く含む。一方、第二グループは炭素が少なく、硫酸銅を多く含む。そして第三グループは多量の炭素を含み、結晶性の成分として硫酸カルシウムを多く含

む。このうち、第二グループは、サンプリング位置等による影響が考えられるため、通常燃料を使用した場合と単純に比較することは出来ないものの、第一及び第三グループを比較することにより、乳化燃料の使用が付着物に及ぼす影響を検討することが出来、さらにそこから燃焼及び部品に与える影響を検討する上で有益な知見を見いだすことが出来る。

第一グループのうち、ピストンヘッド頂部及びシリンダヘッド触火面の試料は、いずれも噴射された燃料が燃焼した直後に火炎もしくは排気ガスが直接接触する部位からサンプリングされたため、乳化燃料の試料が燃焼に及ぼす影響を検討する上で重要であるといえよう。まず、ピストン頂部に着目すると、7.2.2.1.節で述べたように、乳化燃料の使用により付着物の堆積状態が全く異なっており、また、ピストンヘッド上に溶痕が観察されたことから、燃焼火炎が伸張して、ピストンに直接接触したと示唆される。次に、シリンダヘッド触火面上の試料であるが、こちらも燃焼した直後の排ガスが接触する部分であるため、XRD及びEPMAともピストンヘッド頂部の場合とよく似た結果を示している。さらに、排気弁システム下部を含むこれら第一グループの試料を同一位置でサンプリングした第三グループの試料と比較すると、いずれも乳化燃料を使用した場合の方が炭素の含有量が低下している。排気弁システム下部には、燃焼後、燃焼室から排気されるガスが冷却される過程でガス中の固形物が付着し、この中には通常多量の炭素が含まれるが、乳化燃料を使用した場合は炭素の割合が少なく結晶性が高い。水の添加により燃焼温度は低下するはずであるが、それが必ずしも燃焼の悪化や未燃炭素の増加とはなっていないと考えられる。

このように、付着物の分析から、一部の部品への硬質付着物の堆積及び溶損等の発生が指摘されたが、一方で、乳化燃料の使用は燃焼を悪化させず、むしろ未燃炭素を減少させる可能性があることが示唆された。乳化燃料の実用化を図る上で、重要な知見が得られたと言えよう。

#### 7.3. まとめ

乳化燃料の船用機関への適用を進める上で不可欠な長期運転試験を実施し、乳化燃料による運転を行った機関部品における腐食及び摩耗の検査ならびに付着物の分析を行った。この結果、留意すべき事項として1) ピストンヘッド上における石膏上付着物の堆積および溶損等の痕跡、2) 燃料噴射弁、ポンプ等における腐食及び摩耗、が観察された。ほとんどの場合これらの影響は軽微であり、実用上支障はないと考えられるものの、ピストンヘッド及び燃料噴射弁については、機関の安全性の観点から、材質、形状等を再検討する必要性が指摘される。乳化燃料の利用を促進する上で、

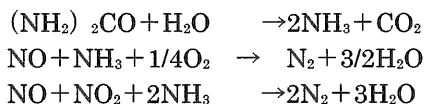
これらの問題についても充分留意する必要があると言えよう。

### 8. 船用ディーゼル機関における脱硝装置の適合性について

脱硝装置の使用は大幅なNOx排出量の削減が可能であるばかりでなく、機関は燃費の良い状態に調整できるため地球温暖化物質であるCO<sub>2</sub>の排出量の削減にもつながる有効な手法である。そこで脱硝装置を実験用ディーゼル機関の下流に設置し、機関の運転条件及び燃料性状の違いによる脱硝特性について調べ、船用ディーゼル機関における本装置の適合性について検討した。

#### 8.1. 実験装置及び方法

本実験はSCR式（選択接触還元式）脱硝装置を用いて行った。触媒にはTiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系の触媒を、還元剤には40%尿素水を使用した。この脱硝装置での代表的な反応式は次式である。



実験に使用した脱硝装置の主要目を表20に示す。図65、66に脱硝装置の反応器の外形図、脱硝システムの系統図を示す。反応器は150mm<sup>2</sup>、長さ580mmの触媒（セル数40）9本で構成される触媒層を2段配置したもので、機関出口から約14m下流に設置されている。また、排気温度の低下を防ぐため機関出口から反応器までの配管には保温が施されている。還元剤は反応器の約2m上流に設けられたノズルから噴射混合され、曲管部でさらに混合され反応器に導かれる。還元剤の投入量は、脱硝率が約90%に成るように設定した。

本実験についても表2に示した実験機関を使用し

表20 脱硝装置の主要目

様式	SCR式
処理ガス量	1350m <sup>3</sup> N/h (SV値：5750m <sup>3</sup> N/m <sup>3</sup> h)
温度	330~480℃
構成機器	脱硝反応器 還元剤供給装置 スートブロー
触媒	TiO <sub>2</sub> -V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 系
還元剤	40%尿素水

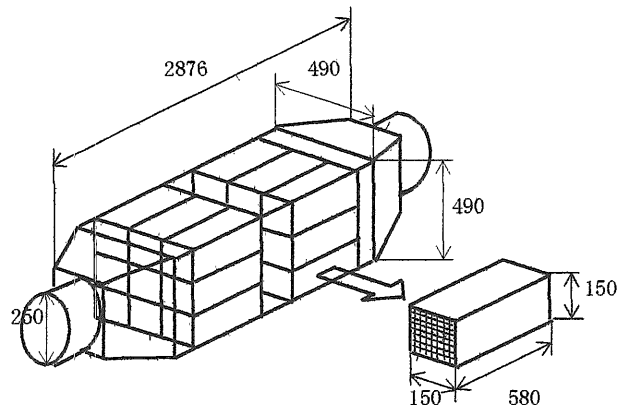


図65 脱硝反応器の外形図

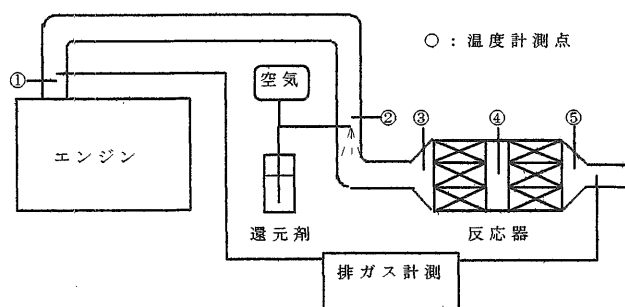


図66 脱硝システムの系統図

た。燃料は、表21に示すA重油及びC重油を使用した。実験は①機関の運転条件の違いによる脱硝特性、②燃料の性状の違いによる脱硝特性を調べるため実施した。

機関の運転条件の違いによる脱硝特性を調べるための実験は、機関を表22に示す船用特性、発電機特性の

表21 使用燃料の性状

燃料	A重油	C重油
密度 (15℃)g/cm <sup>3</sup>	0.8599	0.9555
反応	中性	中性
引火点 ℃	88	116
目づまり温度 ℃	-13	
流動点 ℃	-15	-7.5
動粘度 cSt(50℃)	2.52	163
総発熱量 kcal/kg	10840	10290
残炭分 wt%	0.42(10%)	11.1
硫黄分 wt%	0.06	2.92
灰分 wt%	0.01以下	0.02
水分 vol%	0.05以下	0.1
窒素分 wt%	0.02	0.22

表22 排ガス成分と測定装置

機関運転条件	船用特性		発電機特性	
負荷	50%	75%	50%	75%
出力 PS (kW)	175 (129)	262.5 (193)	175 (129)	262.5 (193)
回転数 rpm	333	382	420	420
荷重 kgf	525.5	687.1	416.7	625.0

50%負荷、75%負荷で運転し、機関出口部及び脱硝装置出口部の排ガスのNO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、HC、N<sub>2</sub>Oを計測した。機関の運転条件は排ガス温度及び排ガス流量の違いを考慮して選定した。

燃料性状の違いによる脱硝特性を調べるための実験は、A重油とC重油を使用して、機関を船用特性の50%負荷、75%負荷で運転し、機関出口部及び脱硝装置出口部の上記排ガス成分を計測した。

また、図66に示す過給機後、還元剤注入前、触媒前、触媒中間部、触媒後の排ガス温度も測定した。

## 8.2 実験結果及び考察

### 8.2.1 運転状態の違いによる脱硝特性

図67に、機関を船用特性、発電機特性の50%負荷、75%負荷で運転した時の機関出口部及び脱硝装置出口部のNO<sub>x</sub>の変化を示す。(13%O<sub>2</sub>換算の値である。)脱硝装置の使用により十分な脱硝効果(約90%脱硝)を確認できる。

図68に機関を運転開始後、船用特性50%負荷で運転した時の脱硝装置出口部でのNO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO及び各部排ガス温度を示す。還元剤の注入により脱硝反応が起こり、NO<sub>x</sub>が大幅に低減しているのが分かる。また、還元剤の注入を停止するとNO<sub>x</sub>が増加するのが分かる。COは還元剤注入の有無に関わらず変化しないのが分かる。

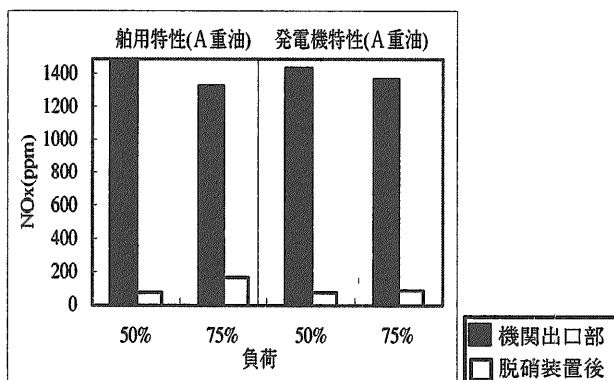


図67 機関出口部及び脱硝装置出口部のNO<sub>x</sub>濃度

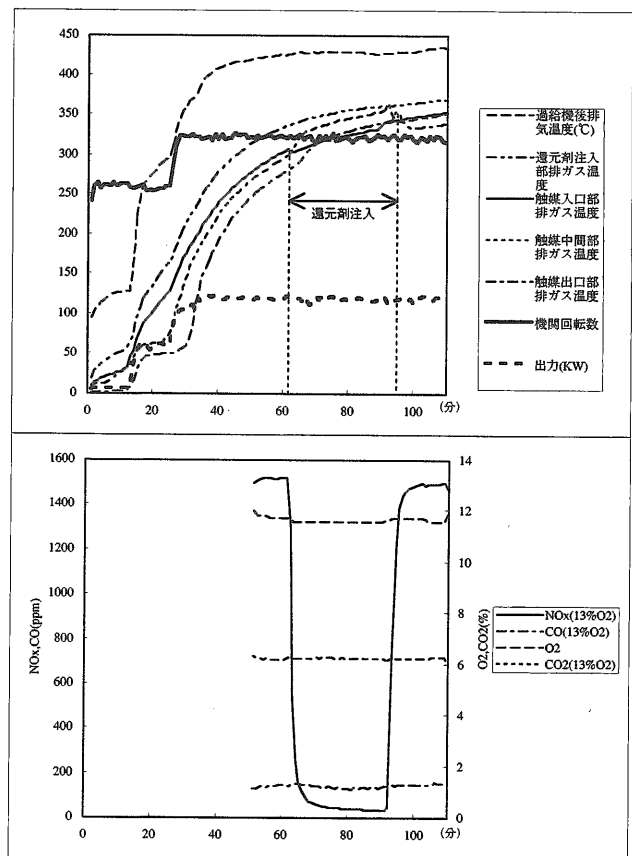


図68 各部排ガス温度及び脱硝装置出口部での排ガス計測例(船用特性50%負荷、A重油)

また、触媒前排気ガス温度は時間と共に上昇するが、還元剤注入の際に還元剤の蒸発熱により低下しているのが分かる。触媒中間部及び触媒後排気ガス温度は還元剤注入の際に発熱反応である脱硝反応により上昇しているのが分かる。機関運転開始後1時間後に還元剤を注入したが(触媒温度は定常状態に到達していないが)、触媒前、触媒中間部及び触媒後排気ガス温度は300°Cを越えており、十分な脱硝効果が得られた。

### 8.2.2 燃焼性状の違いによる脱硝特性

図69、70に、A重油とC重油を使用して機関を船用特性の50%負荷、75%負荷で運転した時の機関出口部及び脱硝装置出口部のNO<sub>x</sub>、N<sub>2</sub>Oの変化を示す。(それぞれ13% O<sub>2</sub>換算の値である。)脱硝装置の使用により十分な脱硝効果(約90%脱硝)を確認できる。

N<sub>2</sub>Oについて見てみると、機関から排出されるN<sub>2</sub>Oレベルは、A重油では低いですがC重油では非常に高くなっているのが分かる。NO、SO<sub>2</sub>及び水の反応によりN<sub>2</sub>Oが生成されるという報告もあり、燃料中のS分の影響によりC重油ではN<sub>2</sub>O排出レベルが高くなったものと考えられる。また、脱硝装置(Pt系触媒)の使用によりN<sub>2</sub>Oが増加するという報告もあるが、今回のC重油

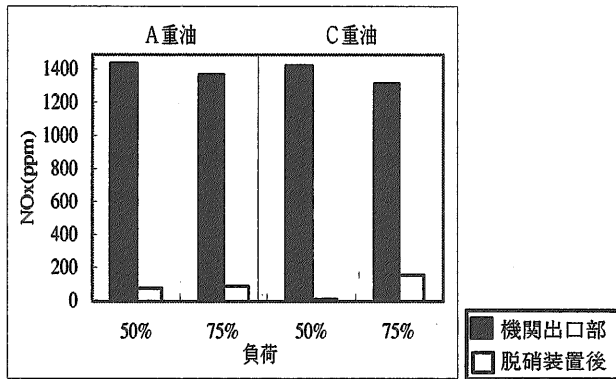


図69 機関出口部及び脱硝装置出口部のNO<sub>x</sub>濃度

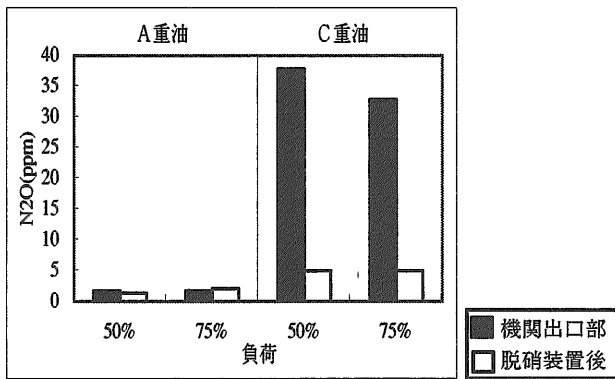
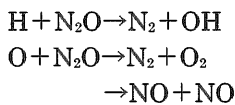


図70 機関出口部及び脱硝装置出口部のN<sub>2</sub>O濃度

での実験では減少することが確認された。これは、以下の反応により低減したものと考えられる。



触媒の種類によっては、NO<sub>x</sub>に加えてN<sub>2</sub>Oも低減が可能であることが分かった。

図71にC重油を使用して機関を船用特性75%負荷で運転した時の脱硝装置出口部でのNO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、N<sub>2</sub>Oを示す。還元剤の注入により脱硝反応が起り、NO<sub>x</sub>が大幅に低減すると共にN<sub>2</sub>Oも低減しているのが分かる。また、還元剤の注入を停止するとNO<sub>x</sub>が増加し、N<sub>2</sub>Oも増加するのが分かる。COは還元剤注入の有無に関わらず変化しないのが分かる。

### 8.3. まとめ

今回の船用中速4サイクル機関を用いたSCR脱硝装置の実験により以下のことが分かった。

- 1) 船用特性、発電機特性ともに機関負荷50%から脱硝装置の使用が可能である。
- 2) 機関を始動後負荷50%で運転すれば、1時間後に脱硝装置の使用が可能である。

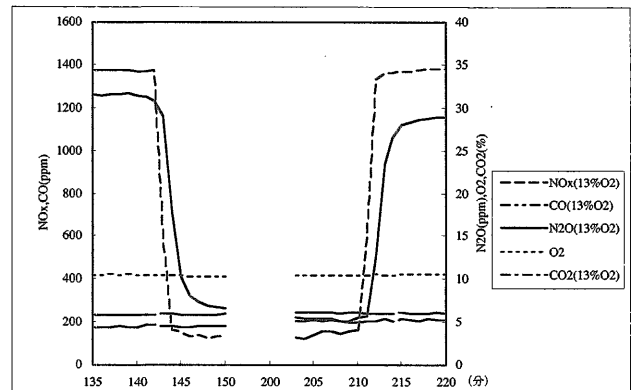


図71 脱硝装置出口部での排ガス計測例 (船用特性75%負荷、C重油)

3) C重油についてもA重油同様に十分な脱硝効果を確認した。

4) 本脱硝装置の使用により、NO<sub>x</sub>に加えN<sub>2</sub>Oの削減も可能である。

## 9. 本研究により得られた成果

船舶が大気汚染に与える影響を正確に推定できるようにするため、船用ディーゼル機関から排出される有害ガスの排出特性を実験用4サイクルディーゼル機関によって調査した。まず、燃料の性状が排ガス特性にどのような影響を与えるかについて、13種類の船用燃料を使用して調査した。燃料の着火性に注目してNO<sub>x</sub>の排出特性を調べた結果、燃料の着火性とNO<sub>x</sub>排出量の間には強い相関があることがわかった。

次に、負荷変更プログラム機能を備えた水動力計を使用して、船舶の航行状態における海象変化を模擬し、実験用ディーゼル機関からの有害排ガス成分の排出挙動を調査した。その結果、機関軸トルクによるNO<sub>x</sub>濃度の変化傾向を把握するとともに、周期的な負荷変動状態におけるNO<sub>x</sub>濃度の平均値が対応する平均静的負荷状態の値と同等であることを確認した。

また、将来のNO<sub>x</sub>低減対策として期待が高まる水エマルジョン燃料運転に伴う大気汚染物質の排出傾向を把握する目的で、実験用ディーゼル機関の負荷率、使用燃料油種及び加水率の組合せを種々に変更して、有害排ガス成分全般における発生率の変化を評価した。その結果、NO<sub>x</sub>低減効果の特性を確認したが、機関負荷率の低下に伴う燃焼悪化及びNO<sub>x</sub>低減効率の減少傾向を認識した。

更に、燃料ポンプ、燃料カム及び燃料弁を変更して、NO<sub>x</sub>低減高加及び燃焼改善効果との関係を検討するとともに、高加水率の乳化燃料運転を達成し、その排気特性を基に有用性について検証した。その結果、乳化燃料による噴射量増加のために燃料ポンプを変更する場合は、燃料カム形状、燃料弁を適合させることに

より、NO<sub>x</sub>低減効果の向上が期待できることが分かった。また、高負荷域における加水率60%の乳化燃料運転では、他の有害排ガス成分を増加することなく60%を超えるNO<sub>x</sub>低減率が確認されたことから、低負荷域を除く高加水率の乳化燃料運転は極めて有効なNO<sub>x</sub>低減法と考えられる。

次に、排ガス浄化システムである脱硝装置を実験機関に装備し排ガスに与える影響を調べた。その結果、TiO<sub>2</sub>-V2O5系の触媒を用いた本脱硝装置により、NO<sub>x</sub>の大幅な低減(脱硝率90%)に加えN<sub>2</sub>Oの削減も可能であることが分かった。

なお、本研究成果は下記の多くの発表論文の内容を総合的に取りまとめたものであることを付記する。

## 10. 研究発表

- 1) 菊地正晃他：船用4サイクルディーゼル機関のNO<sub>x</sub>排出量の実船計測(第2報)、船舶技術研究所第67回研究発表会、東京、1996
- 2) 中島康晴他：船用ディーゼル機関から排出されるパーティキュレートの測定、船舶技術研究所第67回研究発表会、東京、1996
- 3) 西川和美他：水エマルジョン燃料を用いた船用ディーゼル機関から排出されるパーティキュレートの測定、船舶技術研究所第67回研究発表会、東京、1996
- 4) 中島康晴他：エマルジョン燃料を用いた船用ディーゼル機関から排出されるパーティキュレートの測定、日本船用機関学会第57回学術講演会、神戸、1996
- 5) Y. Nakajima et al: Study on the exhaust emissions of NO<sub>x</sub> and Particulate Matters from a marine diesel engine with emulsified fuel, 3rd International Marine Engineering Conference, Shanghai, 1996
- 6) 山谷周二他：船用4ストローク機関の軸トルク変動によるNO<sub>x</sub>排出特性、日本船用機関学会第58回学術講演会、東京、1997
- 7) 菊地正晃他：NO<sub>x</sub>計測値に及ぼすトルク変動の影響、船舶技術研究所第69回研究発表会、東京、1997
- 8) 中島康晴他：乳化燃料を利用した場合の中速ディーゼル機関からの排ガス組成の研究、日本化学会第73回秋季年会、盛岡、1997
- 9) NAKAJIMA Y., et al: Study on Exhaust Emission from Medium-speed Marine Diesel Engine with Emulsified Fuels, 3rd International Conference on Internal Combustion Engines: Experiments and Modeling, Naples, 1997
- 10) 西尾澄人他：乳化燃料による船用ディーゼル機関の排気特性に及ぼす燃料噴射系の影響、日本船用機関学会第59回学術講演会、神戸、1997
- 11) NAKAJIMA Y., et al: Study on Emissions Characteristics of Air Pollutants from Medium-speed Marine Diesel Engine with Emulsified Fuels, 22nd CIMAC International Congress on Combustion Engines, Copenhagen, 1998
- 12) 石村恵以子他：船用ディーゼル機関の乳化燃料運転に及ぼす燃料噴射系の影響、第71回船舶技術研究所研究発表会、東京、1998
- 13) 西尾澄人他：船用ディーゼル機関における脱硝装置の適合性について(第1報)、第71回船舶技術研究所研究発表会、東京、1998
- 14) 西川和美他：エマルジョン燃料とEGRを使用した場合の高速ディーゼル機関の排ガス特性、第71回船舶技術研究所研究発表会、東京、1998
- 15) 桑原孫四郎他：船用ディーゼル機関における脱硝装置の適合性について、日本船用機関学会第61回学術講演会、神戸、1998
- 16) 張潔他：実船における乳化燃料使用時の排気特性の研究、日本船用機関学会第61回学術講演会、神戸、1998
- 17) 中島康晴他：4サイクルディーゼル機関への乳化燃料の適用、機械学会第7回交通物流部門大会講演、川崎、1998
- 18) 桑原孫四郎他：N<sub>2</sub>O等有害排ガスに与える燃料性状および脱硝装置の影響、日本船用機関学会誌Vol34.No.2、1999

## 11. 参考文献

- 1) 前田和幸他：水産大学校研究業績、第1414号、P.19~26、1993
- 2) 神戸商船大学船舶排ガス測定グループ：日本船用機関学会第53回学術講演会予稿集、P.6~11、1994
- 3) 山谷周二他：運輸省航海訓練所研究調査時報第72号、P.1~36、1996
- 4) 塚本達郎他：日本船用機関学会第57回学術講演会予稿集、P.26~30、1996
- 5) 西田修身他：日本船用機関学会誌第32巻第1号、P.30~36、1997
- 6) 前田和幸他：日本船用機関学会誌第32巻第3号、P.223~231、1997
- 7) 吉本康文他：日本船用機関学会誌第28巻第3号、P.228~235、1993
- 8) 塚本達郎他：日本船用機関学会第56回学術講演会予稿集、P.49~53、1996
- 9) 中山信義他：日本船用機関学会誌第32巻第3号、P.243~252、1997
- 10) 塚原茂司他：日本機会学会論文集(B編)54巻506

- 号、P.2955～2960、1988
- 11) 塚原茂司他：日本機会学会論文集 (B編) 57巻542号、P.3584～3589、1991
  - 12) 吉本康文他：日本船用機関学会第56回学術講演会予稿集、P.64～68、1996
  - 13) 長谷川勝男他：日本船用機関学会第58回学術講演会予稿集、P.13～18、1997
  - 14) 近藤博美：日本船用機関学会誌第33巻第5号、P.319～324、1998
  - 15) 淡井信幸他：陸泊中・大型ディーゼル機関用燃料油、山海堂、1994
  - 16) 中山信義他：日本船用機関学会誌第32巻第3号、P.243～252、1997
  - 17) 高崎講二：日本船用機関学会第61回学術講演会学術講演論文集、P.202～207、1998