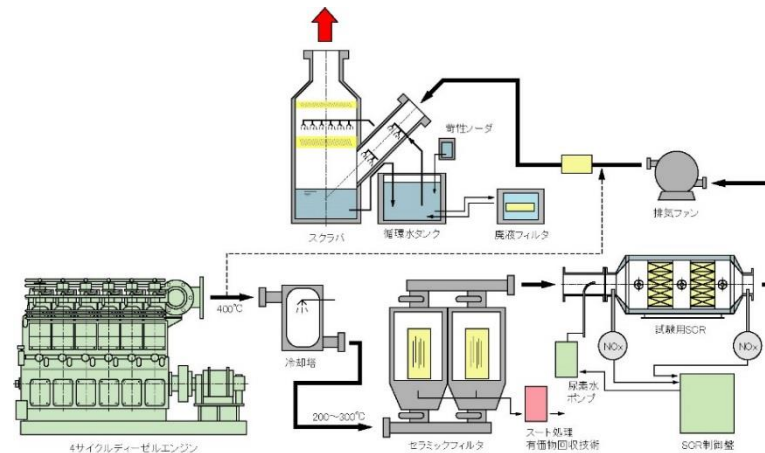


スートフィルタを用いた 排ガス処理システムに関する研究開発 ～最終報告～

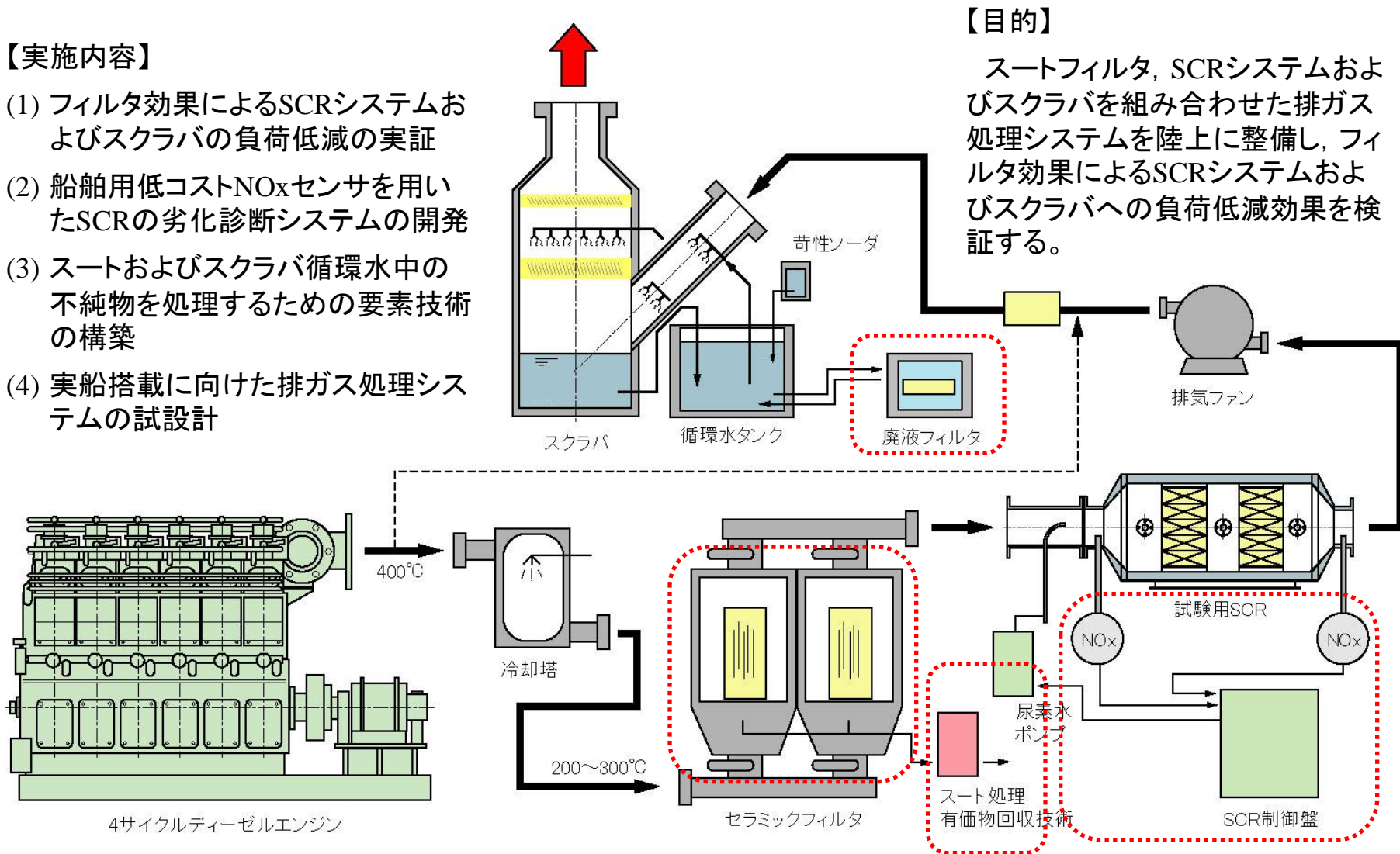


第一中央汽船株式会社
日本ガイシ株式会社
国立研究開発法人海上技術安全研究所

1. はじめに

【実施内容】

- (1) フィルタ効果によるSCRシステムおよびスクラバの負荷低減の実証
- (2) 船舶用低コストNO_xセンサを用いたSCRの劣化診断システムの開発
- (3) スートおよびスクラバ循環水中の不純物を処理するための要素技術の構築
- (4) 実船搭載に向けた排ガス処理システムの試設計



2. フィルタによるSCRおよびスクラバの負荷低減試験

2.1 試験設備の概要

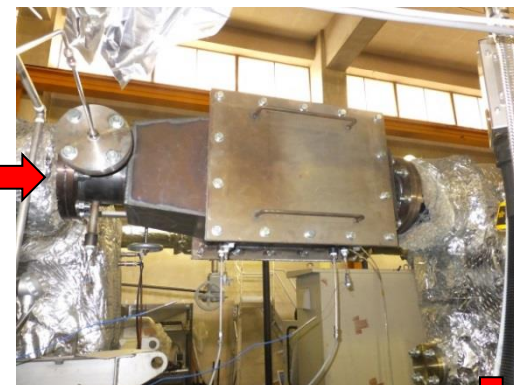
●スートフィルタ, SCRシステムおよびスクラバを組み合わせた排ガス処理システムの陸上試験を実施するため, 海技研内に試験設備を構築する。



供試エンジン
(定格出力257 kW)



スートフィルタ



試験用SCR反応器



SCR制御装置(PLC)



ジルコニアNOxセンサ

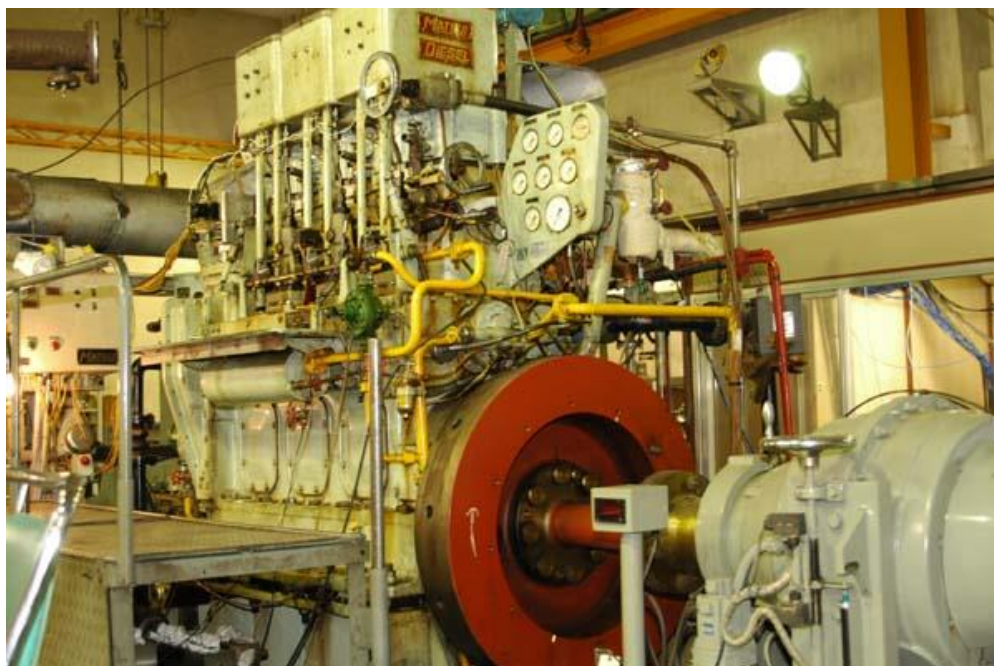


スクラバ

(1) 供試エンジン

●以下の試験においては、エンジン負荷率を25%とし、全量の排ガス(流量約380 Nm³/h)をスートフィルタ, SCRおよびスクラバに通ガスさせている。

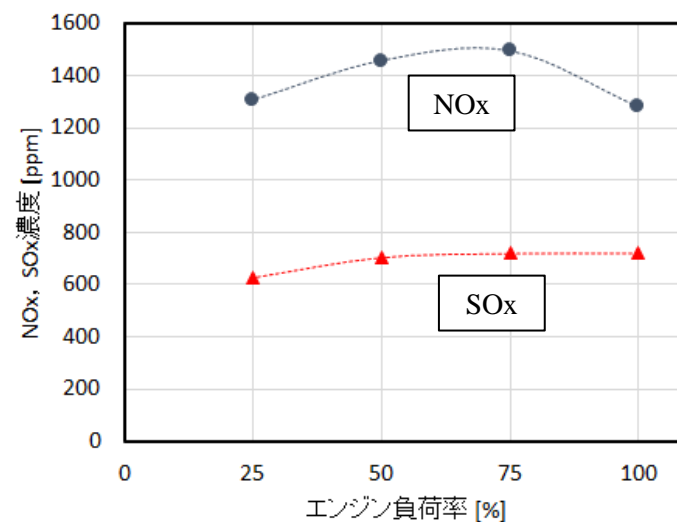
●C重油使用時に負荷率を25%としたときのスート濃度は約70 mg/m³(FSN)である。



供試ディーゼルエンジン

供試エンジンの諸元

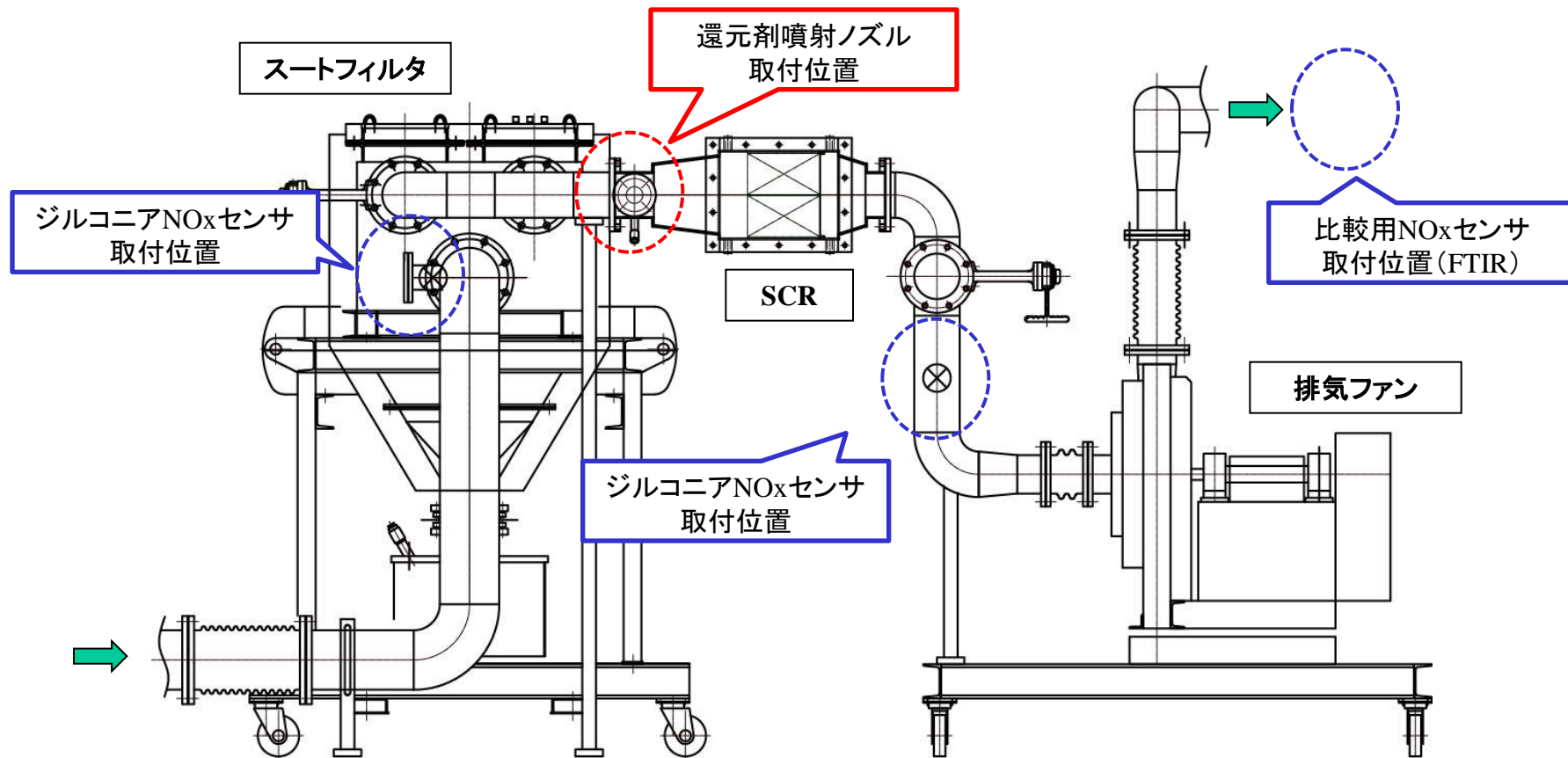
メーカー	松井鉄工所
型式	MU323DGSC
形式	立型4サイクル
シリンダ数	3
シリンダ径	230 mm
ストローク	380 mm
連続最大出力	257 kW
定格回転数	420 min ⁻¹



排ガス中のNO_x, SO_x濃度(C重油使用時)

(2) ストーフイルタ試験機

- 共同研究「主機用ストーフイルターに関する研究開発(～H26年)」に使用していたストーフイルタ(日本ガイシ製)を使用する。
- ストーフイルタと排気ファンの中にSCR反応器, 船舶用低コストNO_xセンサを設置している。



還元剤噴射位置およびNO_x排ガス計測位置

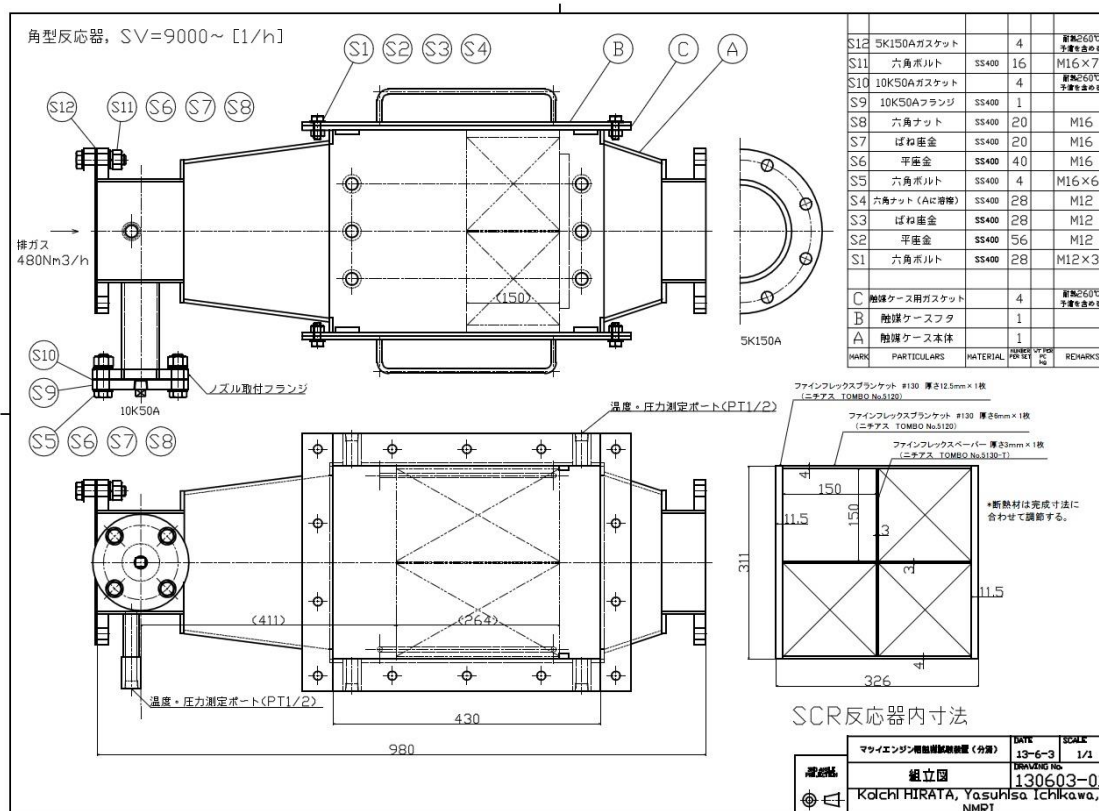
(3) SCRシステム

- スートフィルタの効果を調べるため、高SV値で運転する反応器を準備する。
- 主に2種類のSCR(85セル, 45セル)を用いて評価試験を実施する。
- 以下の試験では、還元剤にアンモニアガスを使用する。

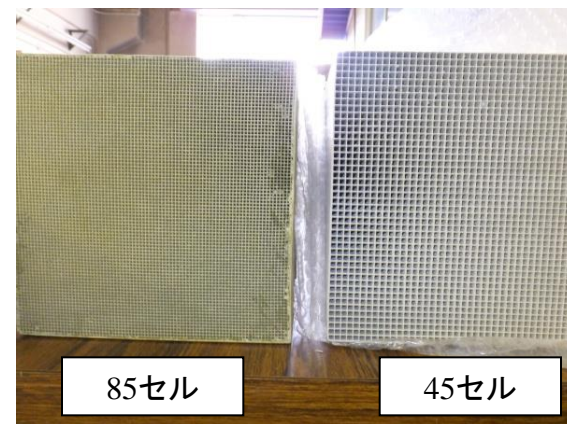
試験に使用する触媒の仕様
(推定値を含む)

整理記号		高密度	比較用
排ガス流量	Nm ³ /h	約570	
排ガス温度	°C	約270	
SV値	h ⁻¹	42222	23711
触媒長さ	mm	150	267.1
触媒本数		4	4
触媒体積	cm ³	13500	24039
触媒体積比率※	%	56	100
セル数		85	45
ピッチ	mm	1.76	3.33
肉厚(実測)	mm	0.385	0.569
総表面積	m ²	23.92	
比表面積比(Ap値)	m ² /m ³	1772.2	995.2

※比較用触媒を100%としたときの体積比



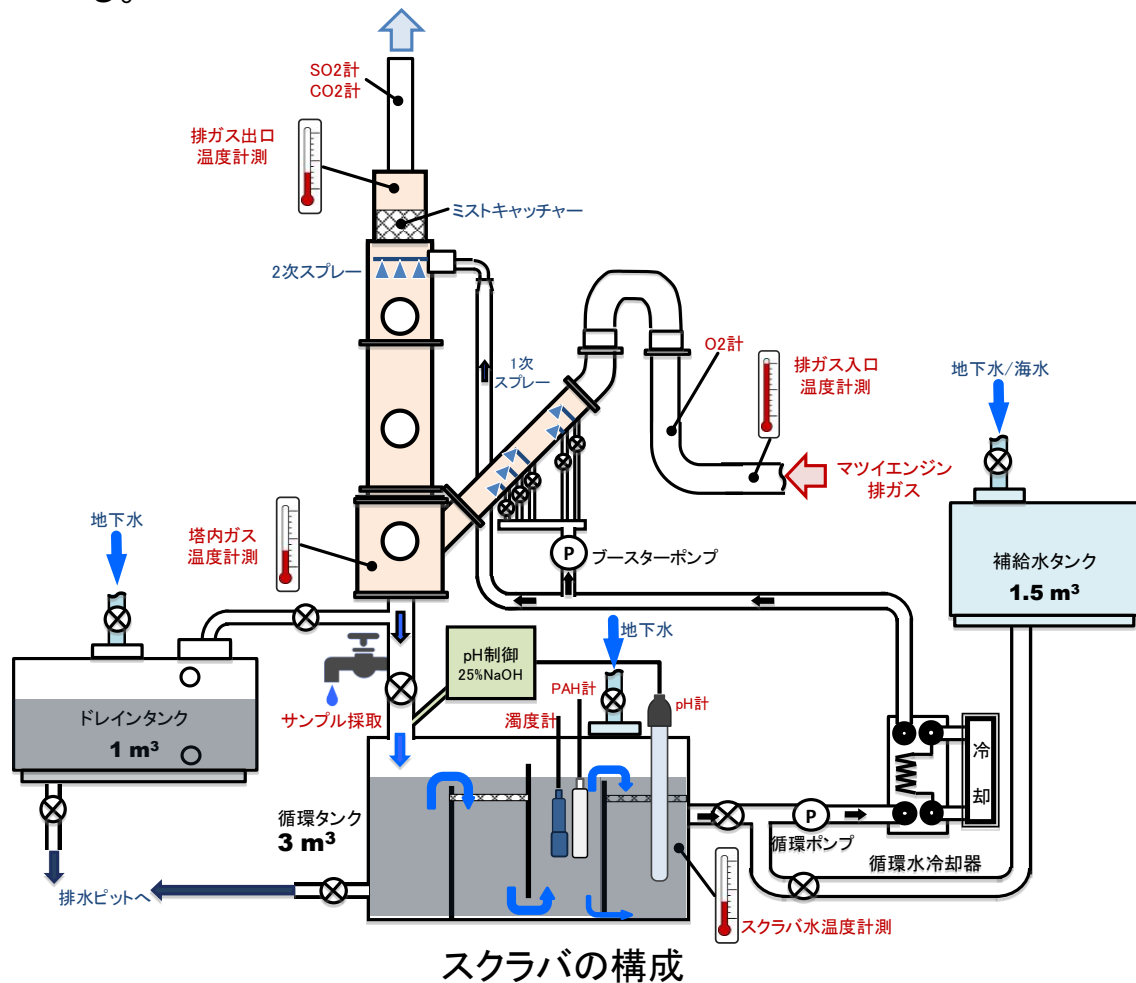
SCR反応器



触媒の外観

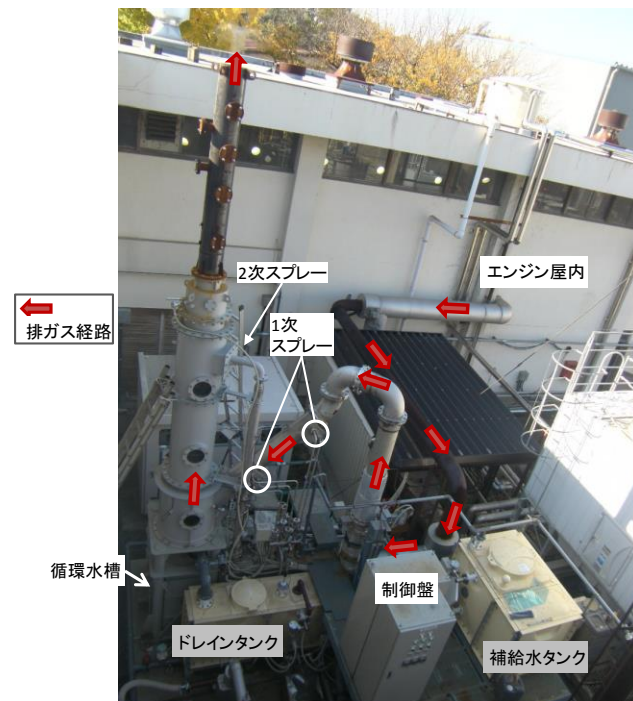
(4) スクラバ

- 陸上試験には、アルファラバル製の試験用スクラバを使用する。
- 洗浄水を循環させて、循環水の濁度やPAH濃度などの変化を調べる。



スクラバの仕様

メーカー	アルファラバル株式会社
高さ	8.17 m
直径	0.76 m
循環水タンク	3.5 m ³
循環水流量	12-18 m ³ /h (最大27 m ³ /h)
最大排ガス処理量	1200 Nm ³ /h
脱硫性能	SO ₂ 削減率97%以上



スクラバの外観

2.2 試験条件および試験概要

【事業計画書より】

●スートフィルタ効果によるSCRシステムおよびスクラバの負荷低減の実証

SCRシステムの上流にスートフィルタを設置し、そのフィルタ効果(スート低減率95%以上)によって、目開きが小さく、触媒体積が従来の75%以下の触媒を使用した場合であっても目詰まりがしにくくなることを実証する。さらに、フィルタ効果によって、スクラバ使用時の循環水中の不純物が低減し、スクラバ周辺機器への負荷が低減できることを実証する。

●陸上設備の整備を進めながら、主にSCRおよびジルコニアNO_xセンサの性能評価試験を行った。

●C重油使用時のSCR基本性能(劣化を含む)を調べる試験およびスートフィルタがスクラバ循環水に及ぼす影響を調べる試験を実施した。



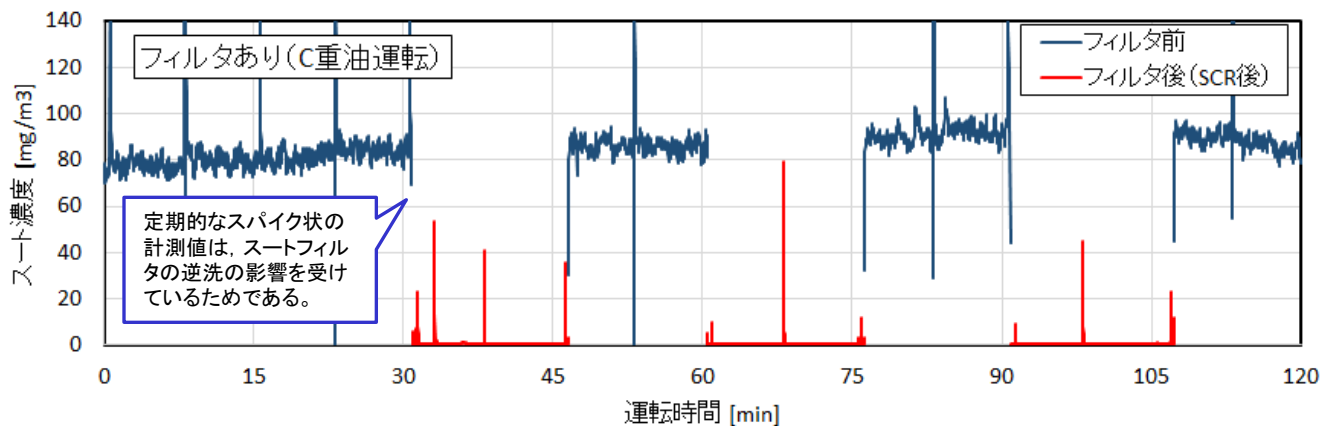
陸上試験設備(海技研)

試験条件

項目	仕様
燃料	C重油
機関負荷率	25 %
NO _x 濃度	1500~2000 ppm
排ガス温度	270~280°C
スートフィルタ	あり/なし
SCR	85セル/45セル(比較用) (還元剤:アンモニアガス)
スクラバ	あり/なし

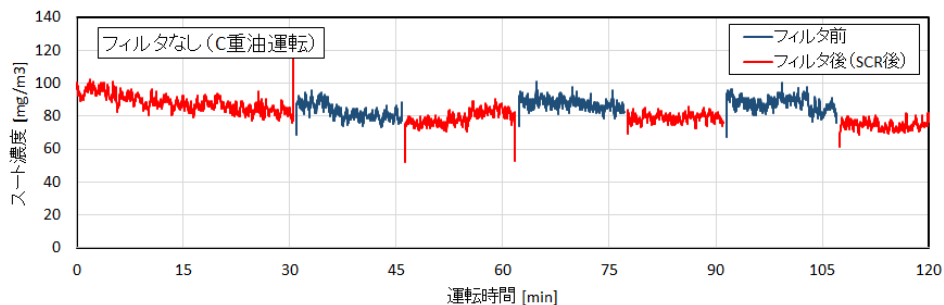
2.3 フィルタ前後のスート濃度

●AVL製マイクロスートセンサによって、フィルタ前後のスート濃度を交互に計測した。

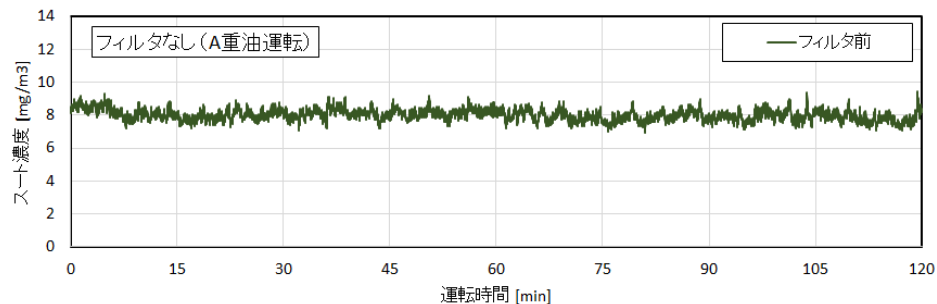


- C重油運転時、フィルタ前のスート濃度は80～90 mg/m^3 程度である。
- フィルタおよびSCR通過後のスート濃度は0.5 mg/m^3 以下であり、ほぼすべてのスートが除去されている。(スート低減率95%以上)

参考



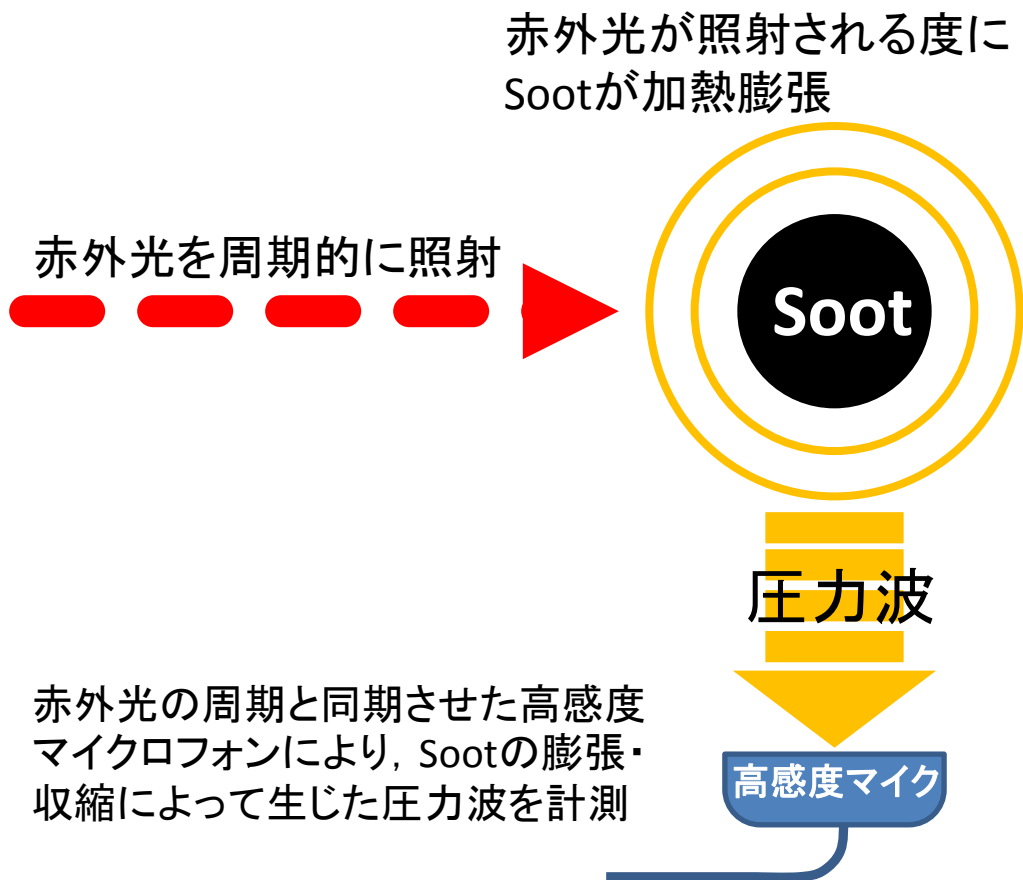
●フィルタに通ガスしない場合、SCR前後のスート濃度はほとんど変わらないことを確認している。



●A重油使用時のスート濃度は8 mg/m^3 程度であり、C重油使用時の1/10程度である。

【参考】AVL社マイクロストセンサの計測原理

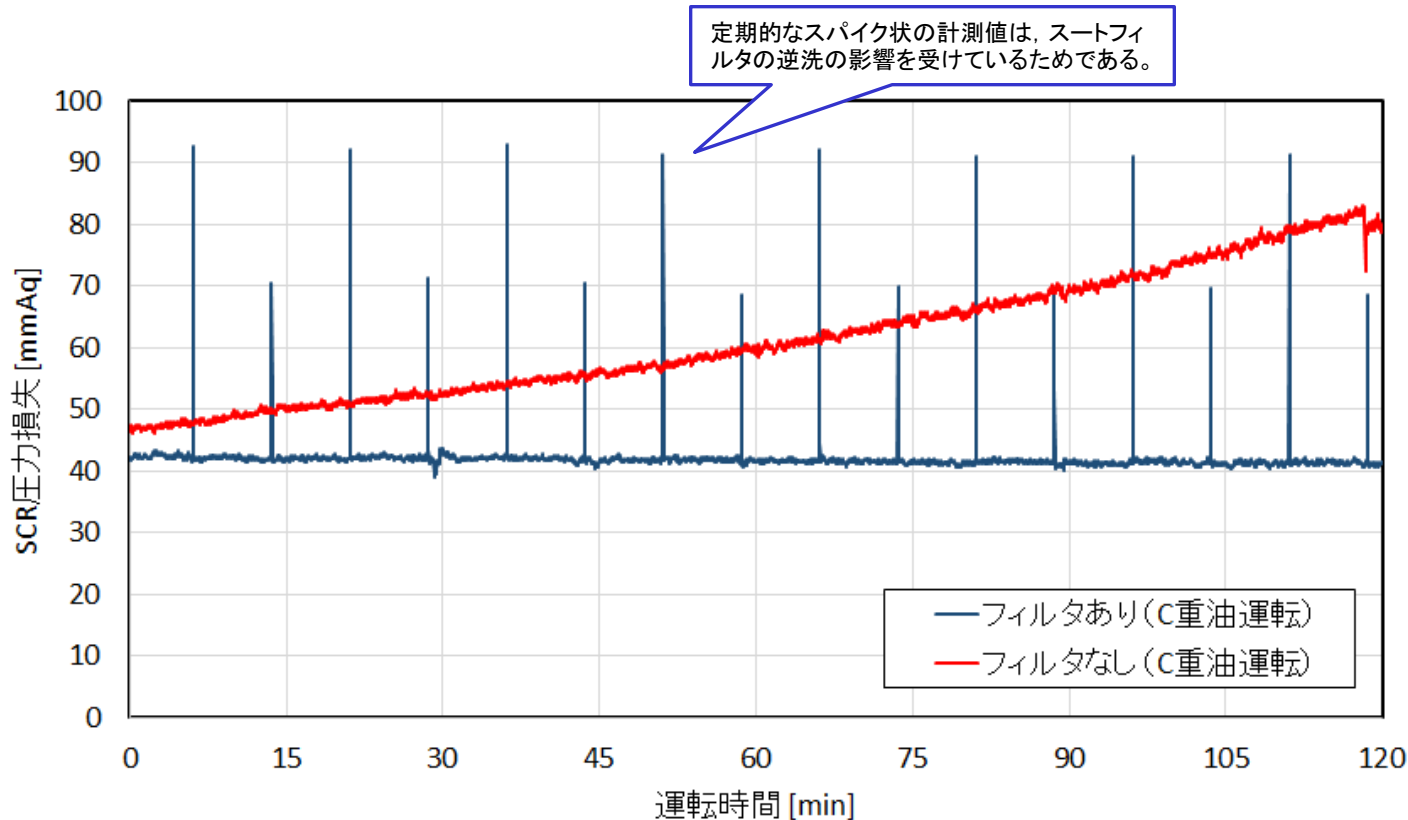
本実験に用いたAVL社マイクロストセンサ(AVL 483)は、光音響法(Photo Acoustic Spectroscopy)によるスト濃度計測装置である。その計測原理の概念図を下図に示す。



排ガスに赤外光(800nm)を周期的に入射すると、排ガス中のストが加熱され周期的な膨張・収縮を繰り返す。その時発生する圧力波を音響変動としてマイクロフォンで計測し、スト濃度に換算して計測する。

2.4 SCRの目詰まりに及ぼす影響

●C重油運転時, SCR前後の圧力損失を計測することで, スートフィルタがSCRの目詰まり防止に及ぼす影響を調べた(85セル使用)。



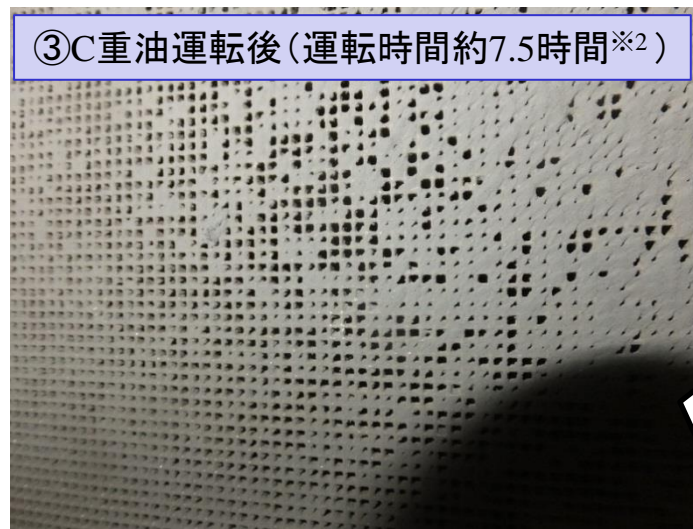
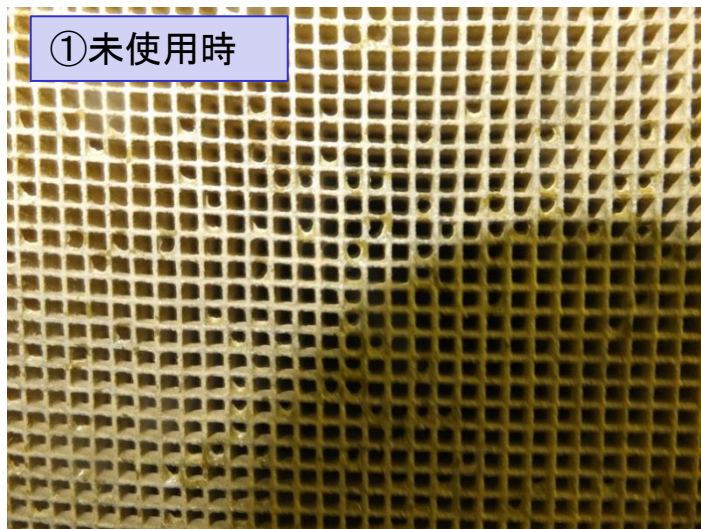
SCR前後の圧力損失の変化

- スートフィルタ使用時, SCR圧力損失は約40mmAqであり, ほとんど変化していない。
- スートフィルタに通ガスしない場合, 2時間の運転によって, SCR圧力損失は約2倍に増加している。

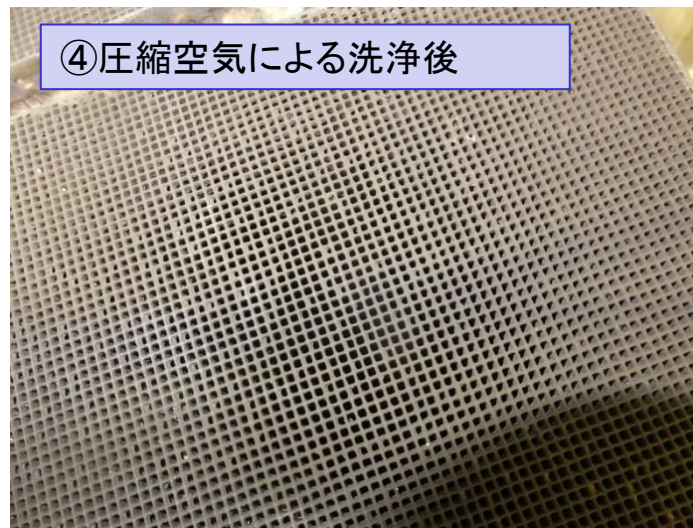


フィルタ効果によって, 目開きが小さい触媒を使用した場合であっても目詰まりがしにくいことが確認された。

●SCRの目詰まりに及ぼす影響(高密度触媒, 85セル)

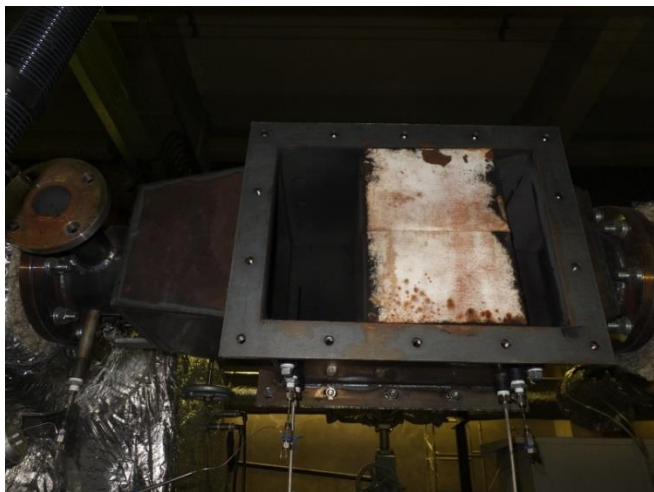


触媒表面の堆積物の詳細は不明であるが、圧縮空気によって比較的簡単に洗浄できることから、酸性硫黄ではなく、排ガス中のスオットが堆積しているものと考えられる。(酸性硫黄は粘着性があり、簡単には除去できない。)



※1: フィルタ未使用時の運転時間, ※2: A重油運転後に続けて運転したフィルタ未使用時のC重油運転時間

【参考】SCRの目詰まりに及ぼす影響(45セル)



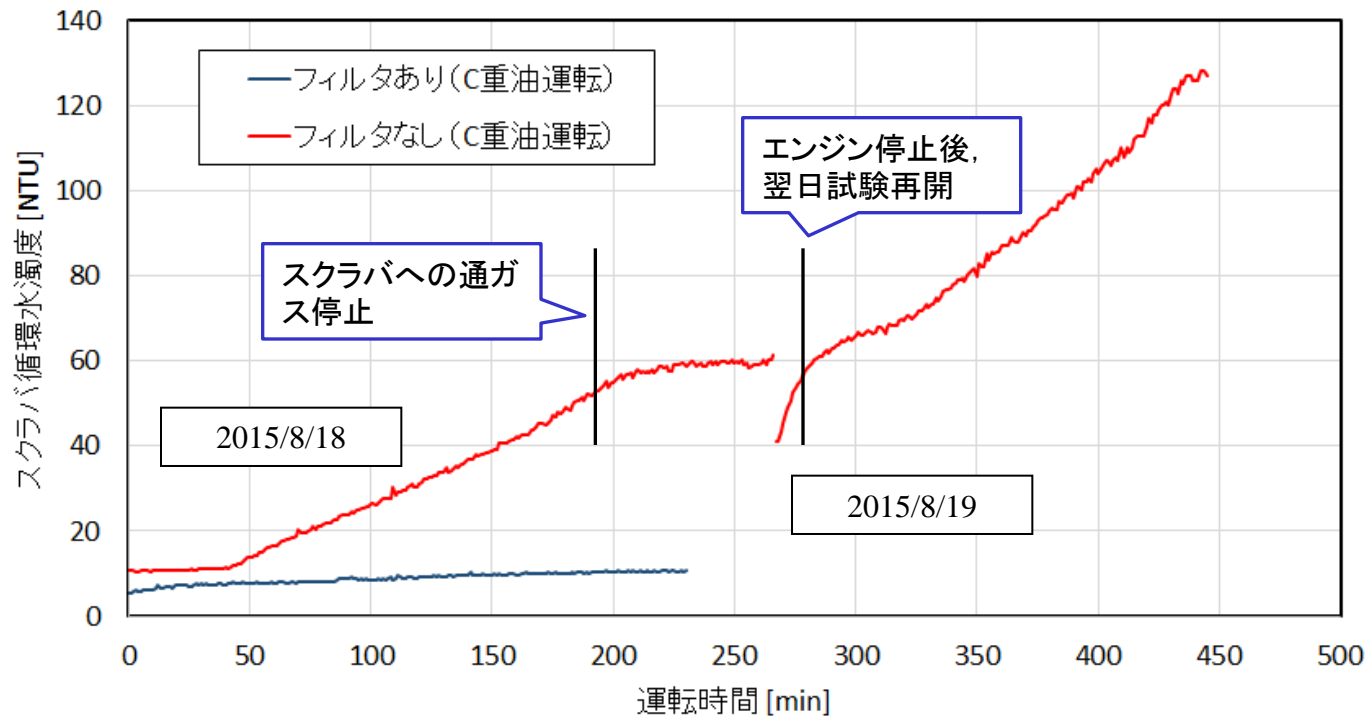
- 比較用の45セルの触媒をフィルタ未使用で運転した。
- 表面はスートで汚れているが、目詰まり(セルの閉塞)はほとんどしていない。



A重油で約15時間, C重油で約9時間の運転をした触媒(45セル)

2.5 スクラバ循環水の濁度に及ぼす影響

●C重油運転時，SCR運転と同時に，スートフィルタがスクラバ循環水の濁度に及ぼす影響を調べた。



●スートフィルタ未使用時のスクラバ循環水の濁度の増加は、フィルタ使用時と比べて、極めて大きい。



フィルタ効果によって、スクラバ循環水の濁度が低減し、スクラバ周辺機器への負荷が低減できることが確認された。

スクラバ循環水の濁度変化

3. 低コストNO_xセンサを用いたSCR劣化診断システム

【事業計画書より】

● 船舶用低コストNO_xセンサを用いたSCRの劣化診断システムの開発

SCRの常時モニタリング並びに還元剤制御を主目的として、重油炊き船用エンジンの排ガスの長期使用に耐えるNO_xセンサを開発し、実排ガス暴露試験により3,000時間以上の排ガス暴露に耐える性能を有することを確認する。

さらに、低コストNO_xセンサを用いて、SCRの劣化状況を判断するための劣化診断システムを開発し、実船試験と陸上における触媒単体試験によりその効果を実証する。

3.1 NO_xセンサの陸上試験および耐久性能試験の概要

● NO_xセンサの実船耐久性能試験と並行して、センサの特性を調べるための陸上予備試験を実施する。

● セメント運搬船「パシフィックシーガル」の停泊用発電機排気管のSCR前後および石灰石専用船「拓洋丸」の主機排気管のコンポジットボイラ前にジルコニアNO_xセンサを設置し、センサの耐久性能を確認する。

● パシフィックシーガルの停泊用発電機はA重油で運転している4ストロークディーゼル機関である。

● 拓洋丸の主機はC重油で運転している2ストロークディーゼル機関である。



NO_xセンサの耐久試験を実施したセメント運搬船「パシフィックシーガル」

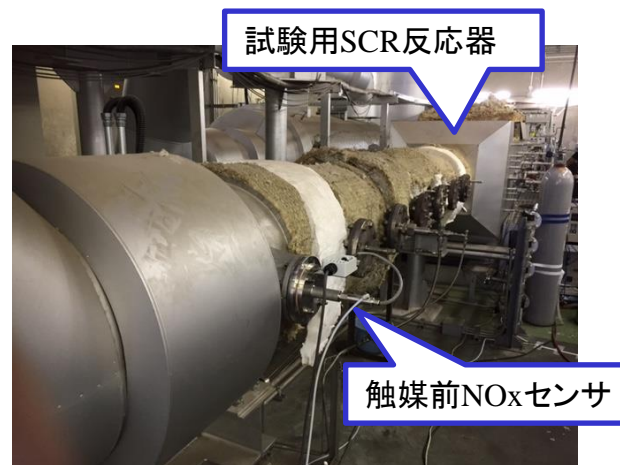
3.2 NO_xセンサの陸上予備試験

●NO_xセンサの実船耐久試験と並行して、センサの特性を調べるための陸上予備試験を実施した。

メーカー	新潟原動機
機関形式	6L19HX形
形式	立型4サイクル
シリンダ数	6
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



陸上予備試験に用いたディーゼルエンジン



触媒前NO_xセンサ

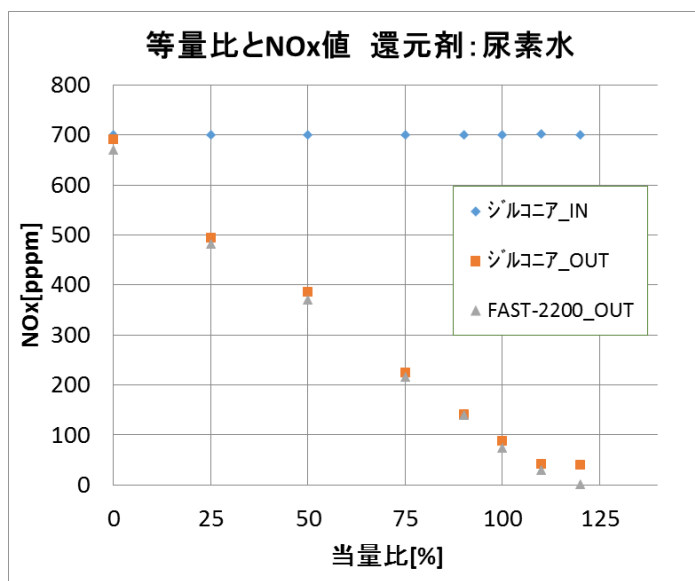
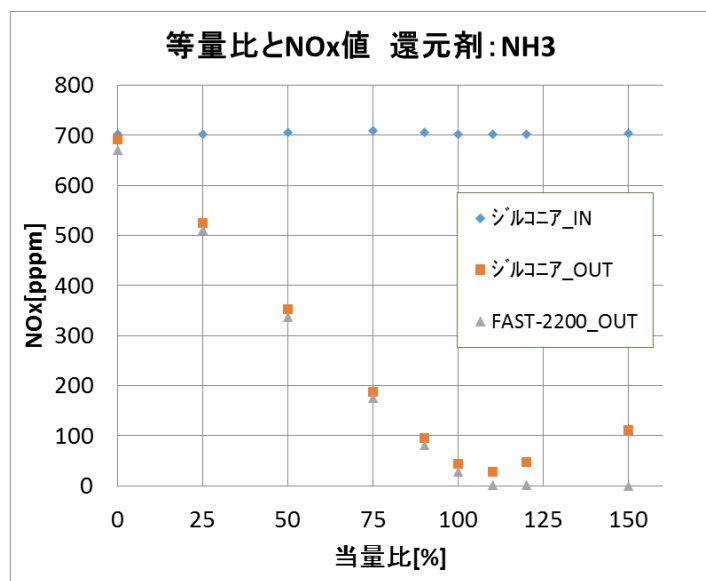


触媒後NO_xセンサ

NO_xセンサの設置

●陸上予備試験の結果

- SCR前後にジルコニアNO_xセンサおよび比較用センサ (FTIR, 岩田電業FAST-2200)を設置し, 排ガス中のNO_x濃度を測定した。
- 当量比が90%以下の十分な脱硝性能で運転している際(アンモニアスリップが少ない条件), SCR前後のジルコニアNO_xセンサは概ね適切な計測値を示すことを確認した。
- 当量比90%以上の条件において, ジルコニアNO_xセンサによる計測値は, FTIRによる計測値よりも高まる傾向がある。これはアンモニアスリップと干渉しているためと考えられる。



当量比に対するNO_x濃度の試験結果

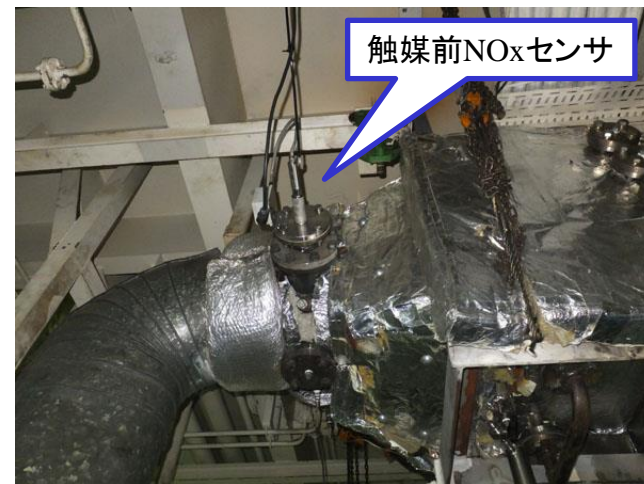
3.3 NO_xセンサの設置状況と試験結果の概要 (P. シーガル)

- 試験用SCRの前後にNO_xセンサを設置し、約1年間の耐久試験を実施した。
- SCR運転中のNO_xセンサの動作などを確認した。なお、実船試験中、センサの清掃等のメンテナンスおよび校正はしていない。



試験用SCR反応器

試験用SCRの外観



触媒前NO_xセンサ



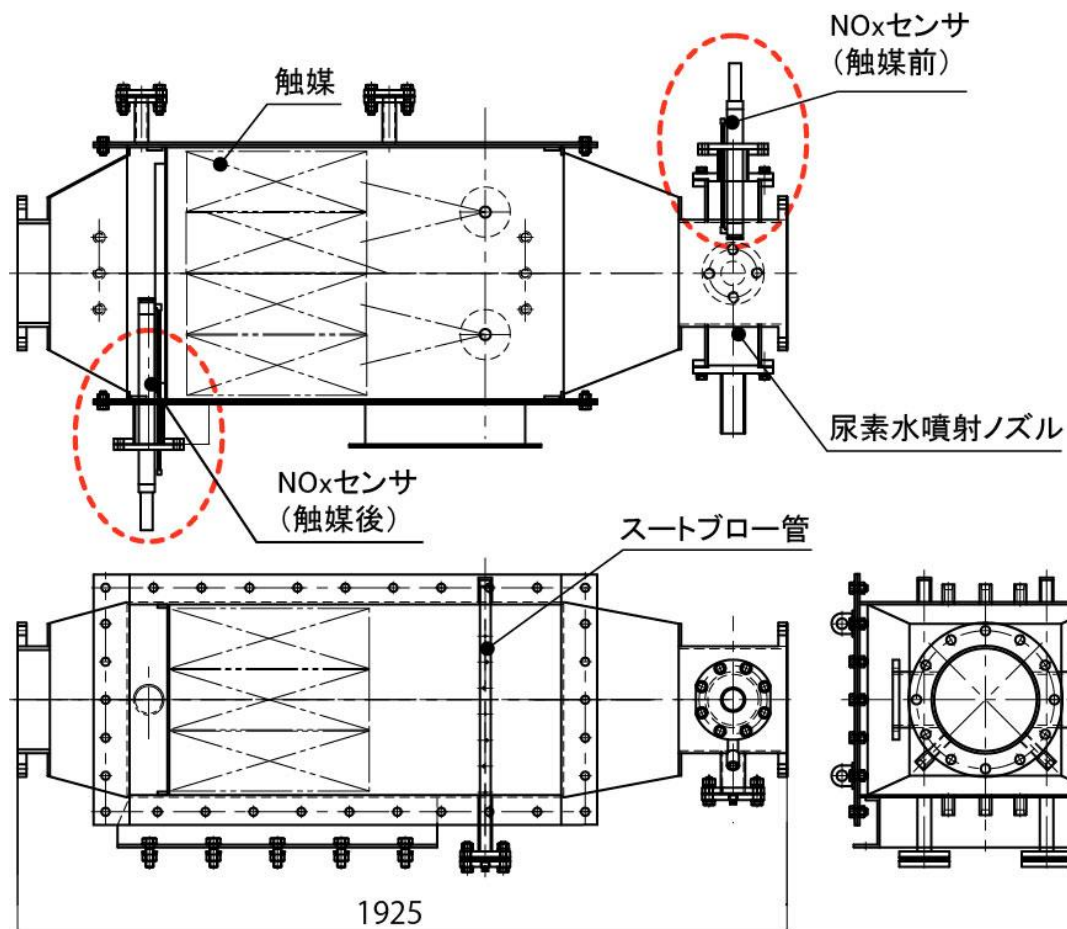
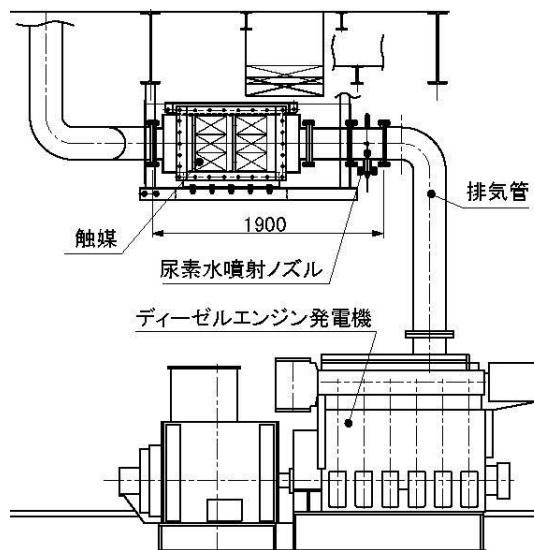
触媒後NO_xセンサ

NO_xセンサの外観 (P. シーガル)

●NO_xセンサの設置 (P. シーガル)

供試エンジンの諸元

メーカー	ヤンマーディーゼル
名称	S165L-UN X 400kVA
形式	立型4サイクル
シリンダ数	6
シリンダ径	230 mm
ストローク	380 mm
定格出力	353kW (480PS)
定格回転数	1200 rpm



SCRおよびNO_xセンサの設置 (パシフィックシーガル)

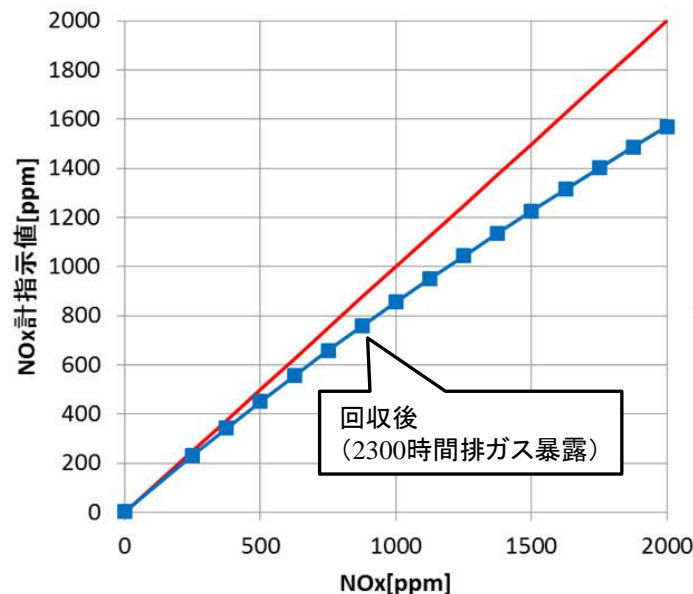
●試験結果の概要 (P. シーガル)

●実船搭載したNO_xセンサは、約1年間で2300時間の排ガス暴露、8000時間のセンサ駆動をした。

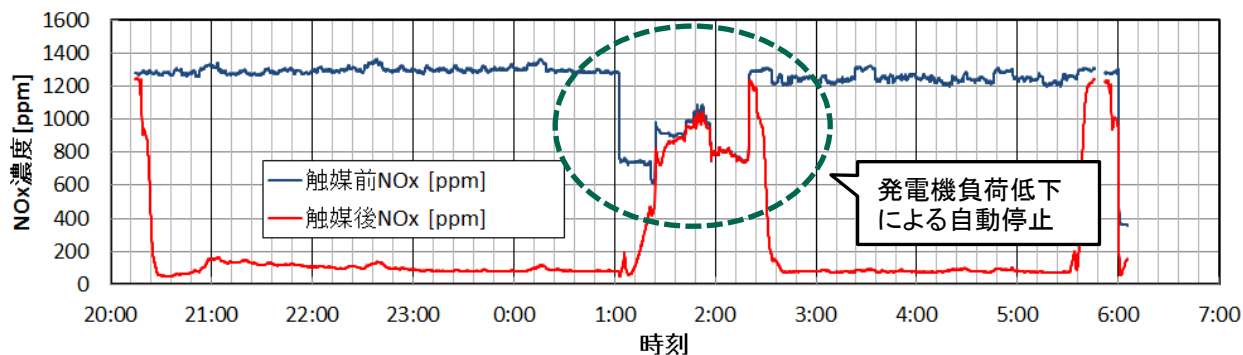
●ジルコニアNO_xセンサの耐久性は、内部ヒータの寿命の影響を受けるため、エンジンの運転に連動したセンサ駆動のON/OFF制御を組み込むことによって長寿命化を図った。

●センサ内リード線の被覆に耐久性(耐振動性)の課題があることなど、有効な知見が得られ、その対策を行った。

●陸上で使用しているセンサと同様、経時使用によるNO_xの感度低下が確認された(1000 ppmで約15%, 2000 ppmで約20%)。ただし、センサ素子自体の不具合はなく、校正によって再使用が可能であることを確認した。



経時使用によるNO_xの感度低下



SCRを運転しているときのNO_x濃度 (2015年2月8~9日)

3.4 NO_xセンサの設置状況と試験結果の概要(拓洋丸)

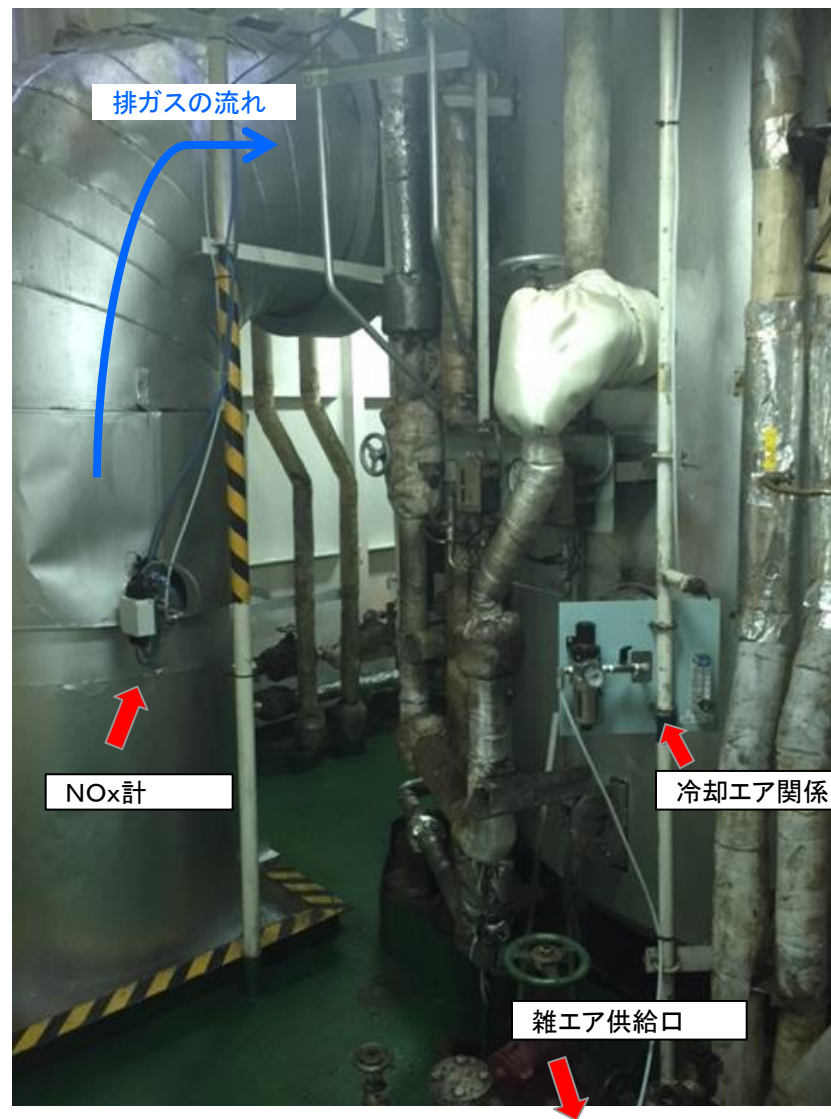
●2015年11月にNO_xセンサを石灰石専用船「拓洋丸」の主機排気管のコンポジットボイラ前に設置し、2016年9月までの10ヶ月間に3100時間以上の排ガス暴露試験を実施した。

●暴露試験期間中、センサのメンテナンス(部品交換・清掃・パージ等)および校正はしていない。

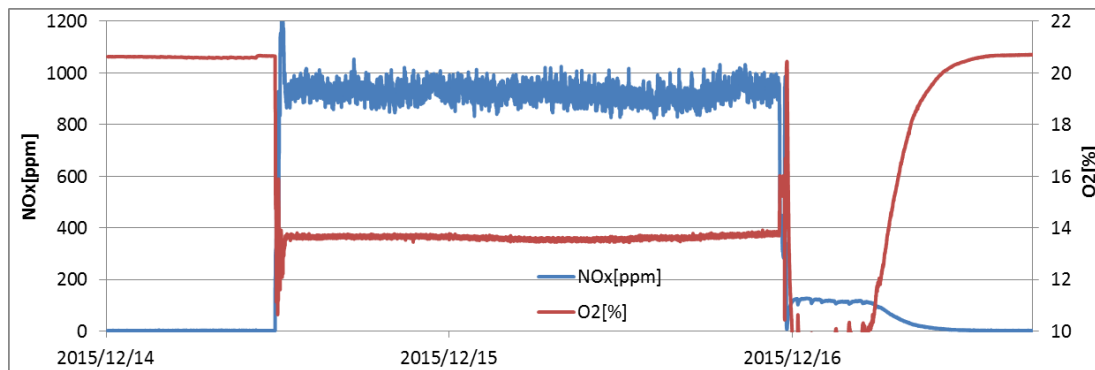
拓洋丸

年	2016													
月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ボイラ入口			→											
			設置											取外し

センサ駆動: 約 7264時間 排ガス暴露: 約 3131時間



● 試験結果の概要 (拓洋丸)

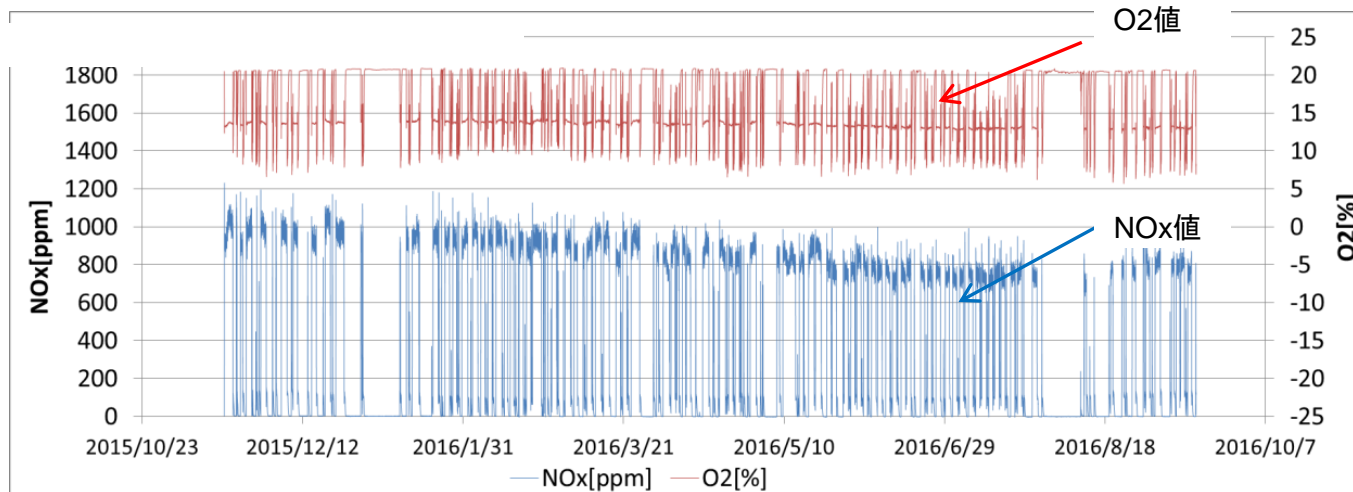


航行中の時系列データ 一部抜粋 (2015/12/14～2015/12/16)

- 航行中, 安定した計測ができています。
- 全航行データを通じて, 異常値の指示は確認されていない。
- リード線の損傷等の不具合も確認されていない。

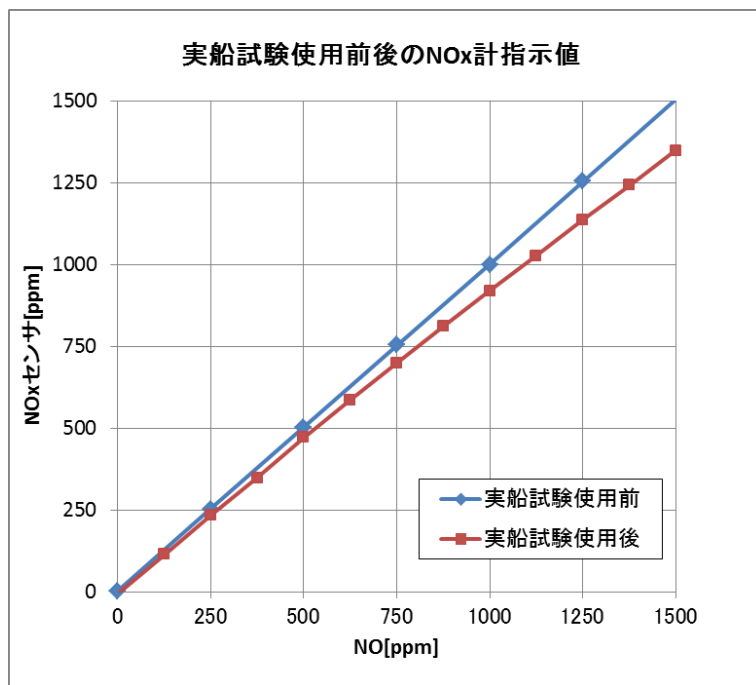


実排ガス暴露試験により3,000時間以上の排ガス暴露に耐える性能を有することを確認できた。

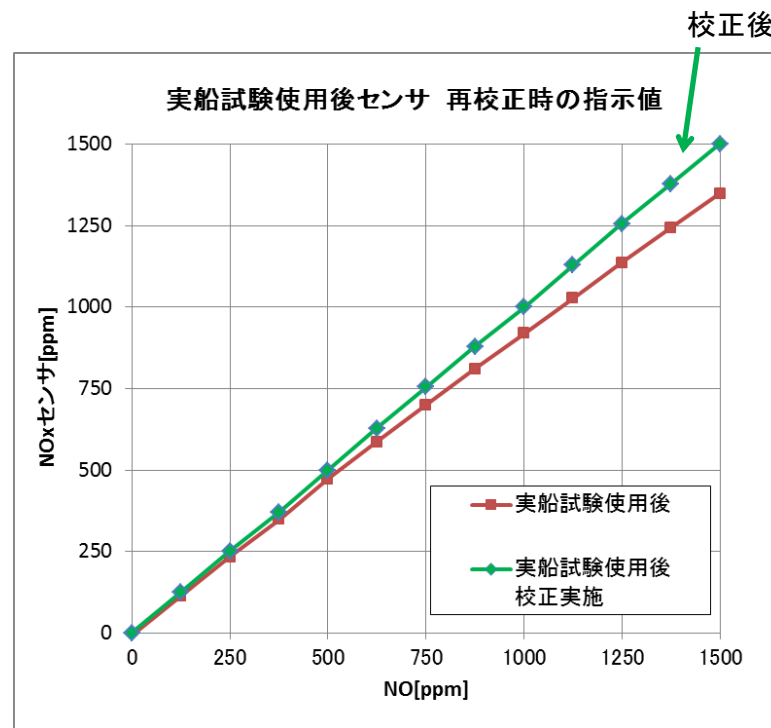


時系列データ (2015/11～2016/7末)

●試験結果の概要(拓洋丸)



校正

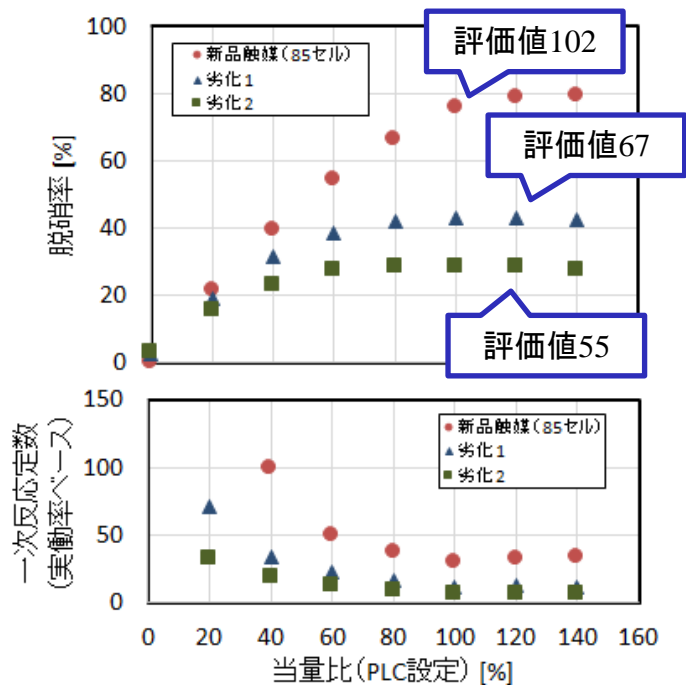


- 実船試験に使用したNO_xセンサを取りはずし、標準ガスに対する指示値を確認した。
- 実船試験使用前に対し、NO_xセンサの指示値の低下が確認された(1000 ppm NO時のセンサ指示値⇒約920ppm(△80ppm, 約8%の感度低下))。
- 実船試験に使用したNO_xセンサは、再校正することで精度が回復することを確認した。
- NO_xセンサは駆動から約1000時間の間、感度低下の進行が速いため、1回/週程度の校正が望ましい。その後、500~750時間の駆動毎の校正が適切であると考えられる。

3.5 SCR劣化診断システム

●当量比に対する脱硝率の割合(実働率=脱硝率/当量比)に基づく、一次反応速度定数の概算値を分析することによって、SCRの劣化状況を評価する診断方法を提案した。

●排ガス温度変化や負荷変動に応じた適切なデータ処理と補正に課題があるが、概ね適切な評価値を示すことが確認できた。



劣化した触媒の評価例

Calculated Sheet for SCR Diagnosis Monitor				
Classification	Items		Value	Unit
触媒仕様 Specifications of catalyst	Length of catalyst	触媒長さ	380	mm
	Number of catalysts per unit	触媒本数	25	本
	Number of unit in chamber	触媒段数	1	段
	Number of cell per one side	セル数	50	cell/unit
	Side length of one cell	目開き	2.5	mm
	Volume of total catalyst	触媒容積	0.21375	m3
	Surface area of total catalyst	触媒表面積	237.5	m2
	Surface area ratio, AP	比表面積比Ap値	1111.1111	m2/m3
計測値 Measured value	Equivalent ratio	当量比(計測値)	80	%
	Nox conversion	脱硝率(計測値)	70	%
	Slip ammonia	スリップアンモニア濃度(計測値)	30	ppm
	Typical exhaust gas temperature	代表排ガス温度(計測値)	350	degC
	Space velocity, SV	実運転時SV値(排ガス流量より)	12000	h-1
係数(検討中) Coefficient [tentative]	Nox concentration at upper side	SCR入口NOx濃度(計測値)	700	ppm
	Scale factor and etc.	補正係数(スケールファクタなど)	0.5	
触媒基準性能 Performance of fresh catalyst	Coefficient of reaction rate	温度基準の反応速度定数K0	88.2346	
	Nox conversion of fresh catalyst at 100 % of equivalent ratio	フレッシュ時の脱硝率(当量比1)	98.317577	%
	Nox concentration at lower side of SCR with fresh catalyst at 100 % of equivalent ratio	フレッシュ時のSCR出口NOx(当量比1)	688.22304	ppm
	Slip NH3 concentration with fresh catalyst at 100 % of equivalent ratio	フレッシュ時のスリップアンモニア(当量比1)	11.776961	ppm
	Nox conversion of fresh catalyst at Equivalent ratio of experiment	フレッシュ時の脱硝率(実当量比)	78.654062	%
	Nox concentration at lower side of SCR with fresh catalyst at equivalent ratio of experiment	フレッシュ時のSCR出口NOx(実当量比)	550.57843	ppm
	Slip NH3 concentration with fresh catalyst at equivalent ratio of experiment	フレッシュ時のスリップアンモニア(実当量比)	9.4215686	ppm
劣化評価 Estimated value for deterioration	Coefficient of reaction rate in operation based Nox concentration	実運転Ka値(NOxベース)	44.915937	
	Deterioration Estimated Value based NOx	劣化評価値(Ka/K0相当数)	50.90513	%
	Nox conversion calculated by slip ammonia	スリップNH3ベースの脱硝率	76.571429	%
	Coefficient of reaction rate in operation based slip NH3 concentration	スリップNH3ベースの実運転Ka値	68.037472	
	Deterioration Estimated Value based NH3	劣化評価値(Ka/K0相当数)	77.10974	%

4. スートおよびスクラバ循環水中の不純物処理技術

【事業計画書より抜粋】

- スートフィルタで捕獲するスートやスクラバ循環水中の不純物を回収・処理するための技術について調査並びに要素試験を実施する。
- スクラバ循環水中の不純物を低減・処理するためのフィルタシステムを構築し、陸上試験を行う。
- スートフィルタで捕獲するスートの処理方法として、バナジウムやニッケル等の有価物を回収する技術について調査する。
- これらの試験結果を基に、新たな要素技術の船舶への適用性について考察する。

スクラバ排水用フィルタシステム



スクラバ排水ろ過装置



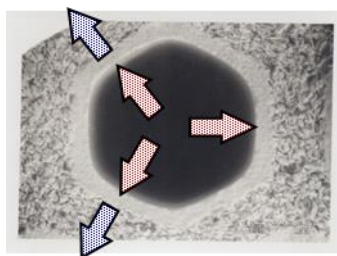
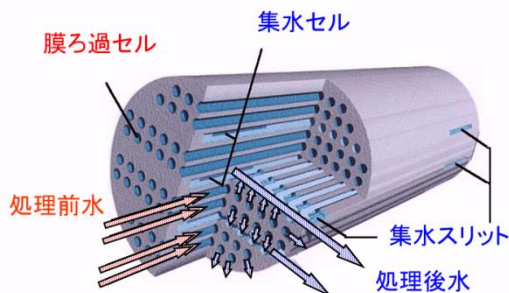
ろ過膜

★ろ過膜仕様(NGK製)

- ・Φ30 × 1000L
- ・細孔径 0.1 μm
- ・材質 アルミナ

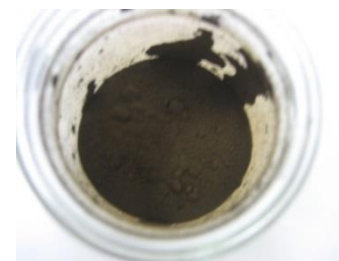
★ポンプ仕様

- ・500L/h × 0.3MPa



膜ろ過セル構造

回収スートの有効利用調査

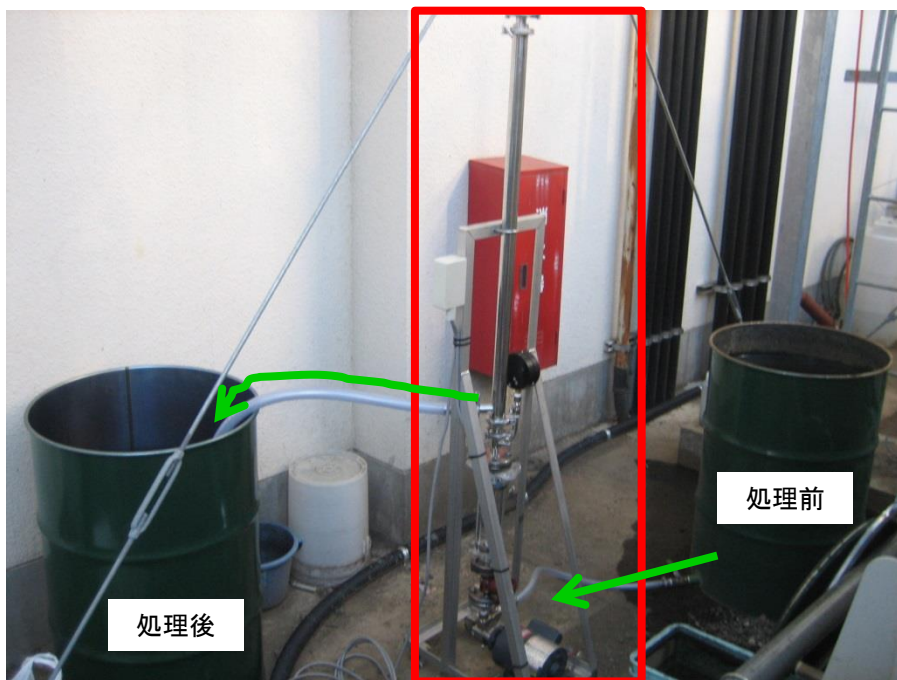


主機回収スート

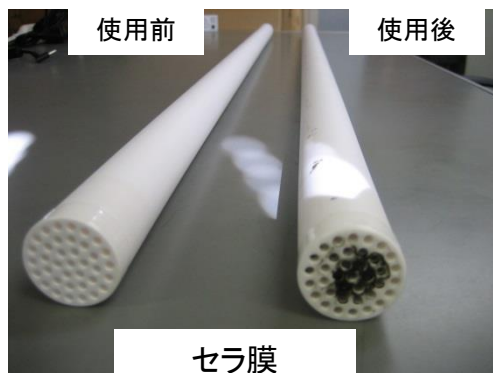


補機回収スート

4.1 スクラバ循環水中の不純物処理技術



セラ膜試験装置



セラ膜によるスクラバ循環水処理の効果

	単位	処理前	処理後
濁度	NTU	680	3
PAH	$\mu\text{g/L}$	<1	<1
電気伝導率	25°CmS/cm	5.03	5.45
pH	-	9.0	9.1

●セラ膜によってスクラバ循環水処理することにより、濁度を99.6%除去できることを確認した。



●電気伝導率並びにpHはわずかに増加している(原因不明)。

4.2 回収PM(黒煙)の有効利用調査

試験報告書

2014年8月25日
新興化学工業株式会社
資源リサイクル事業部

No. 83-59, 64

受付日	2014年6月23日、7月28日	 
依頼先	日本ガイシ株式会社様	
品名	回収スート 3種類	
種類	ばいじん	
サンプリング場所	日本ガイシ株式会社様 ご提供	
依頼事項	組成分析	

試験結果

	A:主機 回収スート	B:補機 回収スート	C:補機(実機) 回収スート	
D R Y ベ ー ス	水分	22.32 %	14.75 %	0.14 %
	V2O5	7.30 %	1.07 %	38.22 %
	C	12.47 %	66.83 %	0.98 %
	S	14.97 %	5.38 %	11.45 %
	V	4.09 %	0.60 %	21.41 %
	Ash	45.66 %	3.38 %	60.40 %
	N	0.52 %	0.73 %	0.05 %
	Si	0.09 %		
	H-Se	0.0002 %	0.0002 %	0.0004 %
	Ni	1.54 %	0.41 %	6.58 %
	P	0.186 %	0.016 %	0.243 %
	Fe	1.03 %	0.48 %	3.23 %
	Al	0.07 %	0.12 %	0.39 %
	Mo	0.037 %	0.005 %	0.150 %
	Cr	0.014 %	0.010 %	0.017 %
	Mg	0.04 %	0.03 %	0.16 %
	Ca	11.43 %	0.36 %	1.81 %
	Na	0.96 %	0.19 %	2.63 %
	B	0.003 %	0.003 %	0.005 %
	参 考	As	<0.0001 %	0.0008 %
Cd		0.0001 %	<0.0001 %	0.0001 %
Pb		0.0009 %	0.0010 %	0.0065 %
Zn		0.0244 %	0.0239 %	0.2713 %

<特記> [A:主機回収スート]:Vは4%ありますが、Caが11.43%と高くVとの固着性が強いのでVの回収が難しいです。(受入不可)

[B:補機回収スート]:Vは0.6%ですが使用可能です。(V5%以下のため、産業廃棄物扱いとなります。)

[C:実機補機回収スート]:Vが21%と高くNiも6.5%あり、その他の分析結果からも有効評価可能です。ただし今回はサンプル量が少なかつたため、今後500g~1kg程度のサンプルテストが必要です。

*実際のご搬入時は、飛散防止の観点から十分な加湿処理をお願いします。

●C重油燃焼排ガス中のPM(黒煙)には、バナジウムV、ニッケルNi等の有価物が含有されていることを確認した(バナジウムは触媒、ニッケルはステンレス鋼等の原材料)。

●補機エンジン中のPMは、有価物としての利用価値がある。

●主機エンジン中のPMは、カルシウムCaが多量に含有されており、バナジウムとの固着性が強いので、利用が難しい(カルシウムはエンジン潤滑油由来と推定)。

※V, Niの回収業務を行っている新興化学工業殿に評価を依頼

5. 実船搭載に向けた排ガス処理システムの試設計

【事業計画書(事業内容)より】

上記の評価試験の成果を反映して、スートフィルタ、SCRシステム、スクラバ並びに関連する要素技術を組み合わせた排ガス処理システムの試設計を行う。それにより、各種船舶の運用形態に適した排ガス処理システムを提案し、実用技術構築のための課題を明らかにする。

- スートフィルタは、安価な高硫黄燃料使用時に有利であり、その特徴を活かした排ガス処理システムを検討する必要がある。
- 180,000DWTバルクキャリアを対象船として、スートフィルタ、SCRシステムおよびスクラバを組み合わせた排ガス処理システムの試設計を行った。

対象船の諸元

船種	バルクキャリア (ケープサイズ)
全長	290 m
幅	45 m
深さ	25 m
総トン数	93,000 GT
載荷重量トン数	180,000 DWT
主機連続最大出力	17,780 kW
航海速力	15 kt



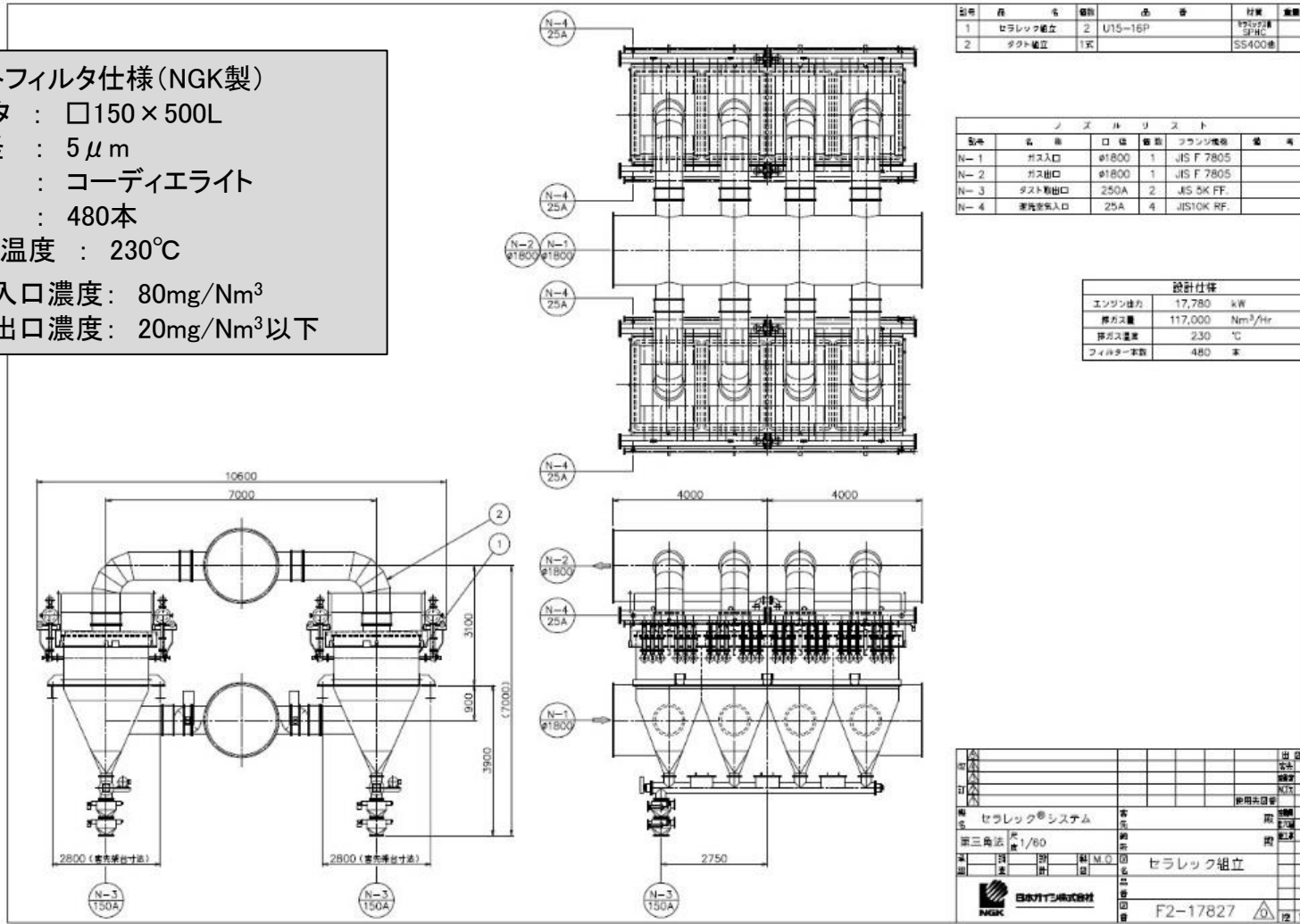
180,000DWTバルクキャリア

(川崎重工HP, https://www.khi.co.jp/news/detail/20130117_1.html)

5.1 スートフィルタの試設計

★スートフィルタ仕様(NGK製)

- ・フィルタ : □150 × 500L
- ・細孔径 : 5 μm
- ・材質 : コーディエライト
- ・本数 : 480本
- ・排ガス温度 : 230℃
- ・ダスト入口濃度 : 80mg/Nm³
- ・ダスト出口濃度 : 20mg/Nm³以下



品名	数量	単位	仕様	材質	備註
セラレック組立	2	1式	U15-16P	SPHC	1995年
ダクト組立	1式				SS400

ノズルリスト					
品名	数量	口径	材質	フランジ規格	備註
N-1 ガス入口	1	φ1800	JIS F 7805		
N-2 ガス出口	1	φ1800	JIS F 7805		
N-3 ダスト出口	2	250A	JIS 5K FF		
N-4 差圧計入口	4	25A	JIS10K RF		

設計仕様	
エンジン出力	17,780 kW
掃ガス量	117,000 Nm ³ /hr
排ガス温度	230 °C
フィルタ本数	480 本

設計									
製図									
承認									
検査									
材料									
加工									
組立									
出荷									
備考	セラレック®システム								
縮尺	第三角法 1/80								
製図	M.O								
製図	セラレック組立								
製図	日本ガイシ株式会社								
製図	F2-17827								

試設計を行ったスートフィルタ

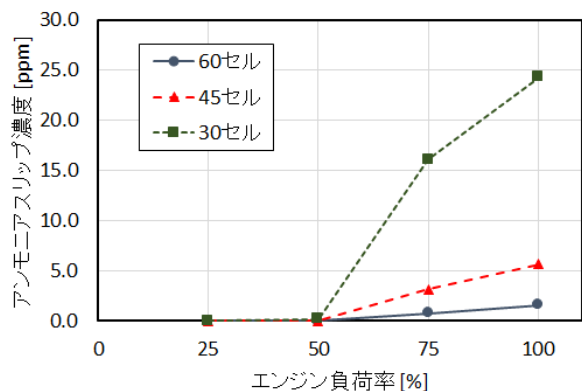
5.2 SCR脱硝装置の試設計

●SCRの上流にスートフィルタを設置するため、目詰まりがしにくくなる。そのため、メッシュが細かい(セル数が多い)触媒を用いることができる。

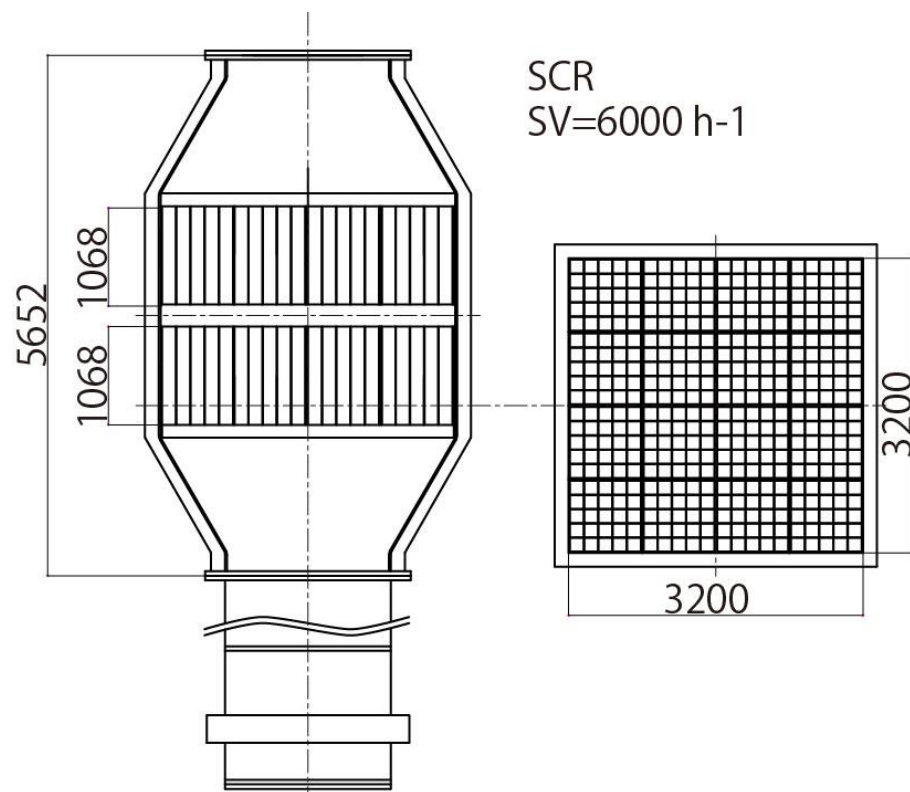
●メッシュが細かい触媒を用いることにより、触媒表面積が大きくなるため、脱硝率が高く、アンモニアスリップ濃度を低くできる。

SCRの諸元

SV値	6000 h ⁻¹
触媒セル数	60
触媒本数	400本×2段
触媒長さ	1068 mm
アンモニアスリップ濃度	2 ppm以下(新品) 31 ppm以下(劣化時)

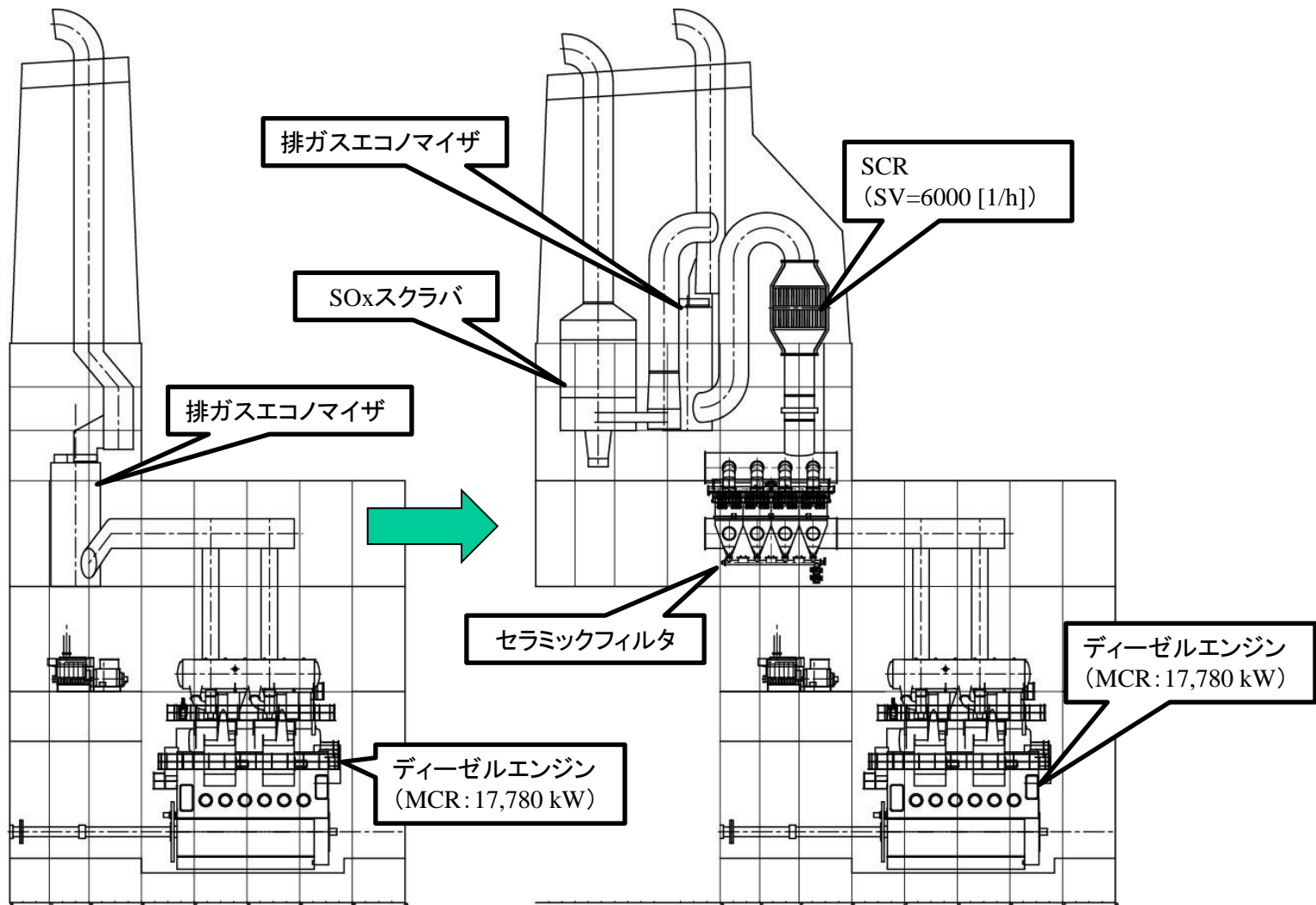


アンモニアスリップ濃度の計算結果



試設計を行ったSCR

5.3 機関室配置図



(a) 従来船 (Tier II)

(b) スートフィルタ, SCRおよびスクラバを搭載した船舶

6. まとめ

- (1) SCRシステムの上流にスートフィルタを設置し、そのフィルタ効果(スート低減率95%以上)によって、目開きが小さい触媒を使用した場合であっても目詰まりがしにくくなることを実証した。
- (2) フィルタ効果によって、スクラバ循環水中の濁度が低減され、スクラバ周辺機器への負荷が低減できることを実証した。
- (3) 実船搭載したジルコニアNO_xセンサは、実排ガス暴露試験により3,000時間以上の排ガス暴露に耐える性能を有することを確認できた。また、長期使用したセンサは、再校正することで精度が回復することを確認した。なお、本NO_xセンサは、感度低下の進行に応じて、初期(駆動時間約1000時間まで)は1回/週程度、それ以降は500~750時間駆動毎の校正が必要であると考えられる。
- (4) ジルコニアNO_xセンサを用いてエンジン運転中の触媒性能を評価するSCR劣化診断システムを開発した。
- (5) セラ膜によってスクラバ循環水処理することにより、濁度を99.6%除去できることを確認した。また、C重油燃焼排ガス中のPM(黒煙)には、バナジウムやニッケルなどの有価物が含有されていること、補機エンジン中のPMは有価物としての利用価値があることなどの知見が得られた。
- (6) 実船搭載に向けた排ガス処理システムの試設計を行い、機関室配置を検討した。