

改正MARPOL条約ANNEX VI (SO_x・PM)対応 EGCSの実用化試験

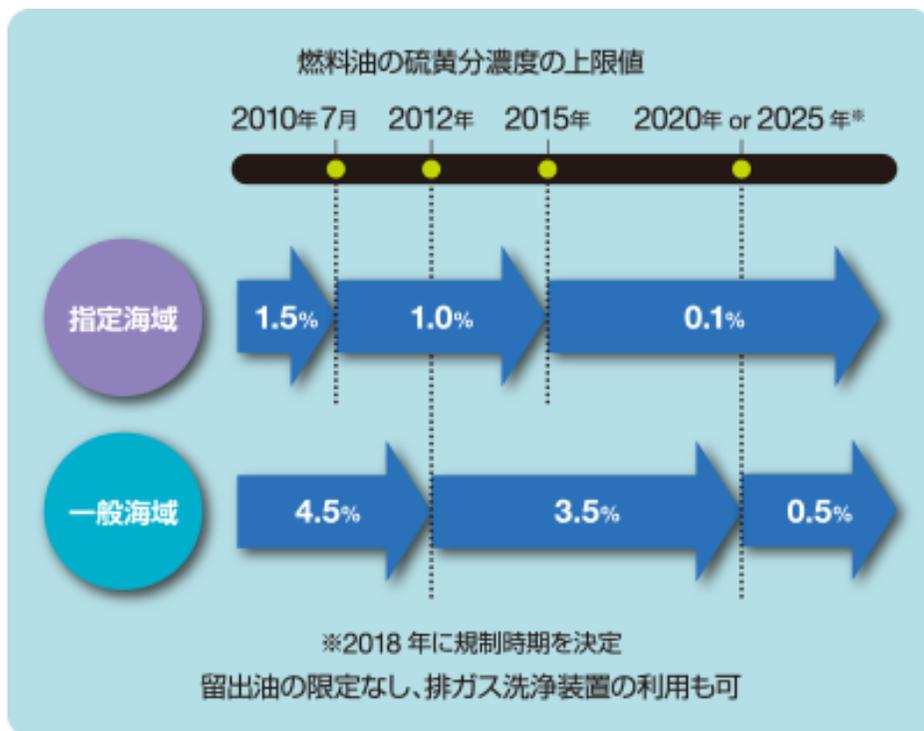
2016年 11月11日

富士電機株式会社
今治造船株式会社
ダイハツディーゼル株式会社

1. 研究開発の背景
2. 研究体制
3. システム構成
4. 陸上試験 (基本性能評価)
5. 船上試験 (運転性能評価)
6. 総括

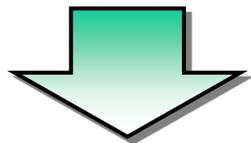
1. 研究開発の背景

IMO(国際海事機関)が1997年に採択したMARPOL条約ANNEX VI(国際的な船舶による大気汚染防止規則)は、2005年に発効し、その後、同ANNEX改正案が2008年に採択、2010年に発効した。この中でSOx・PM規制は、原則として、硫黄分の濃度の基準値を満たす燃料油の使用が義務付けられている。一方で、主管庁によって承認された同等措置(排ガス浄化システム等)による対応も認められている。



SOx・PM規制では、SOx・PMの原因物質である燃料油中の硫黄分濃度を規制しているため、ディーゼルエンジンの燃料として一般的に使用されているC重油から、割高な低硫黄燃料油に転換する必要がある。この方法では、燃料コスト増により、船舶輸送コスト上昇につながる。

一方で、代替手段として認められている排ガス浄化システム(EGCS : Exhaust Gas Cleaning System)は、設置コストは発生するものの、短期間(例えば5年以内)にそのコストが回収でき、結果的にライフサイクルコストを抑えることが可能である。



そこで、本事業では、排ガス浄化技術としての電気集塵技術を発展させるとともに、他の排ガス浄化技術(SOx除去)を改良して組み合わせることにより、SOx・PM規制に対応する船舶用排ガス浄化装置を実用化することを目的とする。

本事業では、IMOのEGCSガイドライン※で定義された、以下の性能仕様を達成するとともに、船用機器としての設置要件を満足することを目標とする。

※2009 GUIDELINES FOR EXHAUST GAS CLEANING SYSTEMS [決議MEPC. 184(59)]

【性能仕様】

①洗浄排ガス排出規制

洗浄排ガス中の成分濃度比[SO₂(ppm)/CO₂(% v/v)]は4.3以下であること

②洗浄水排出規制

pH、PAHs(多環芳香族炭化水素)、濁度、硝酸塩は規制値以下であること

1) 陸上試験（基本性能評価）

- EGCS（クローズド式）と補機関（660kW）との組合せ試験（プラントの設計施工を含む）を実施
- 各構成機器の機能・性能検証およびEGCSガイドラインにより求められている装置要件の評価
- 排ガス浄化システムの設置条件／仕様
 - ・電気集塵機（ESP）を湿式スクラバの前段に配置し、排水基準値（濁度25NTU以下）を満足することを実証
 - ・洗浄水にアルカリ（苛性ソーダ）を注入し、排水基準値（pH差分2以内）を満足することを実証
 - ※PAHsおよび硝酸塩については、排ガスから洗浄水への移行度合を調査
- サンプリング式ガス分析計（NDIR）とSO₂/CO₂計試作機との性能比較評価
湿式スクラバの洗浄排ガスの成分濃度比[SO₂(ppm)/CO₂(% v/v)]が「性能仕様①」の規制値を満足することを実証

2) 船上試験（運転性能評価）

- EGCS（オープン式）と補機関（1.2MW）との組合せ試験（プラントの設計施工を含む）を実施
- 各構成機器の機能・性能を検証およびEGCSガイドラインにより求められている装置要件の評価
- ※EGCS搭載対象船：今治造船株式会社が新造する自動車運搬船（2014/5就航，IMO No.9675585 M/V MORNING CHERRY）

3) EGCSの認証手順のノウハウ化

上記試験の実施により、船級を含めた海事関係者間で、EGCSガイドラインに準拠した認証手順の知見を蓄積

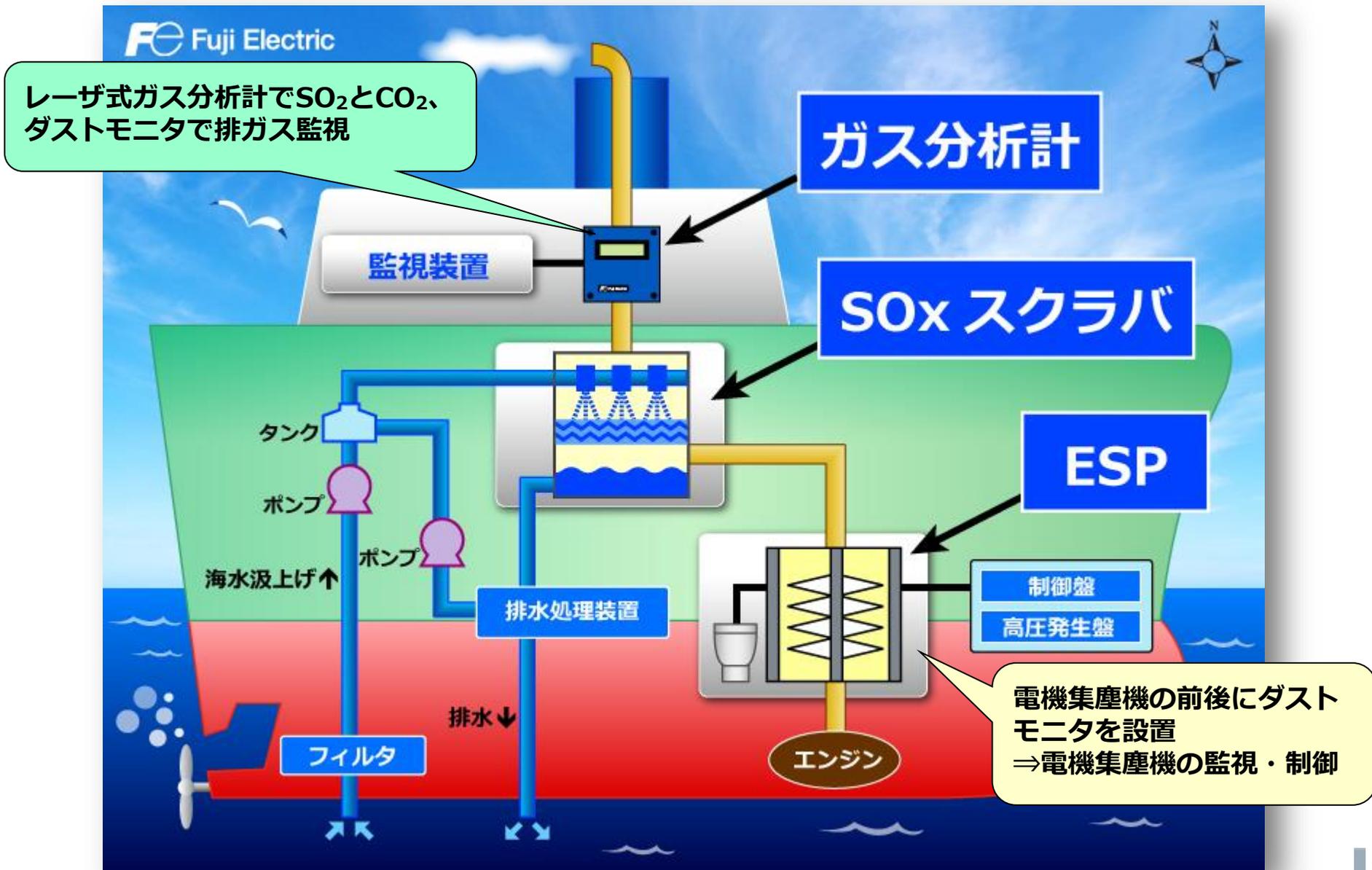
なお、以降、湿式スクラバについて、業界の通称として認知されている「SO_xスクラバ」と表記する。

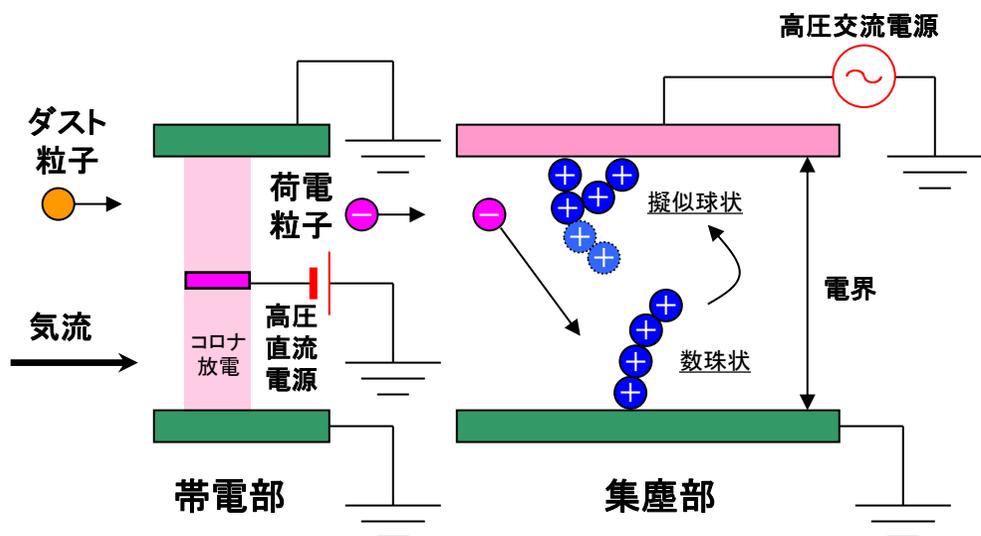
2. 研究体制

【研究体制】

本研究開発は、今治造船株式会社、ダイハツディーゼル株式会社、富士電機株式会社、日本海事協会との共同研究体制により研究を行うとともに、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームにより同協会の研究支援を受けて実施しております。

3. システム構成





二段式電気集塵(交流電圧印加)の概略構造

◆ 利点

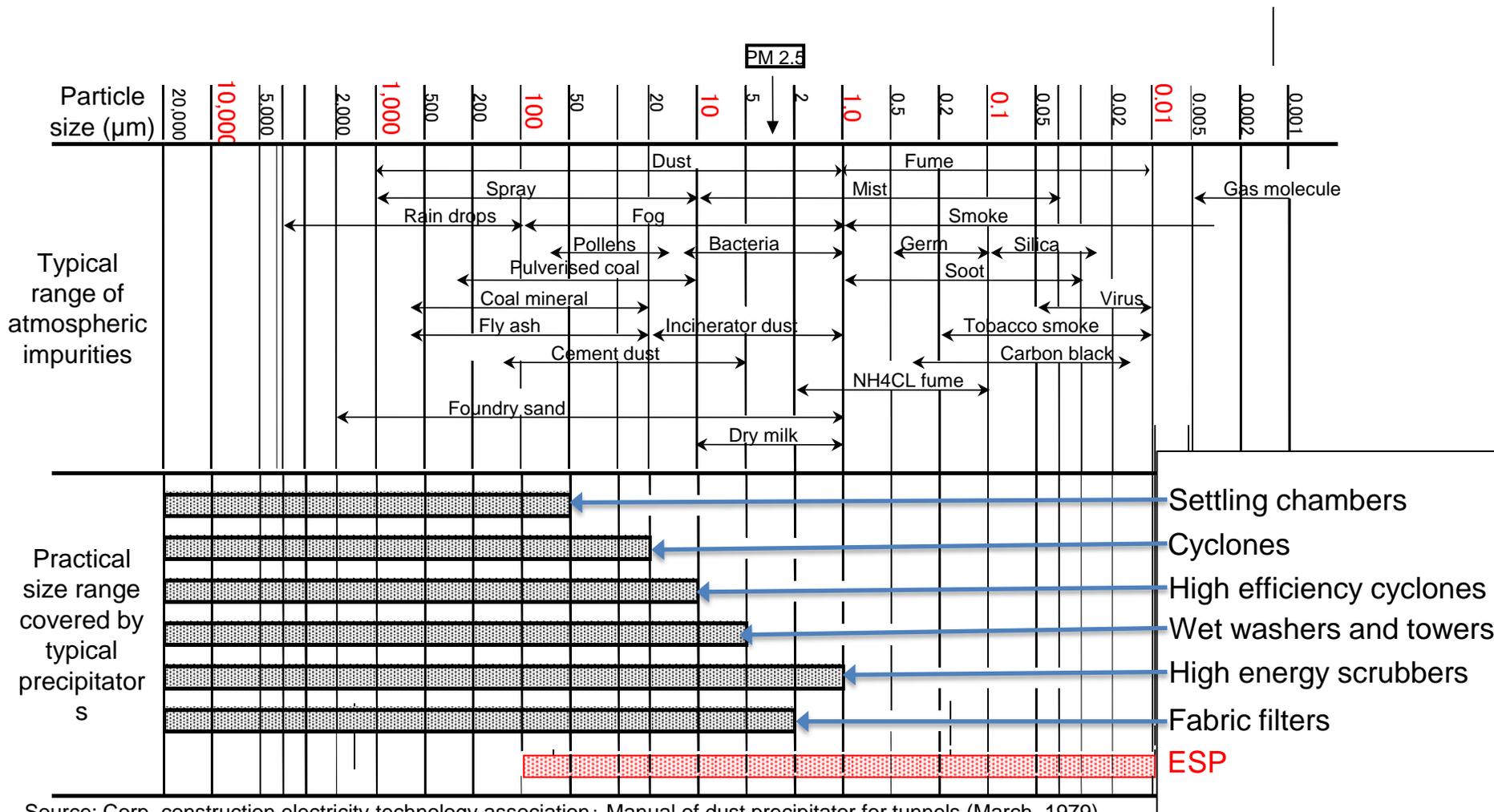
- ・高集塵率, 高風速処理(トンネル換気用 $\geq 90\%$; 9m/s)
- ・除去可能な粒径下限小(0.01 μm)
- ・圧力損失, 消費電力小 \Rightarrow 運転費小
- ・交換部品数小, 構造簡単で点検容易 \Rightarrow 保守費小

◆ 難点

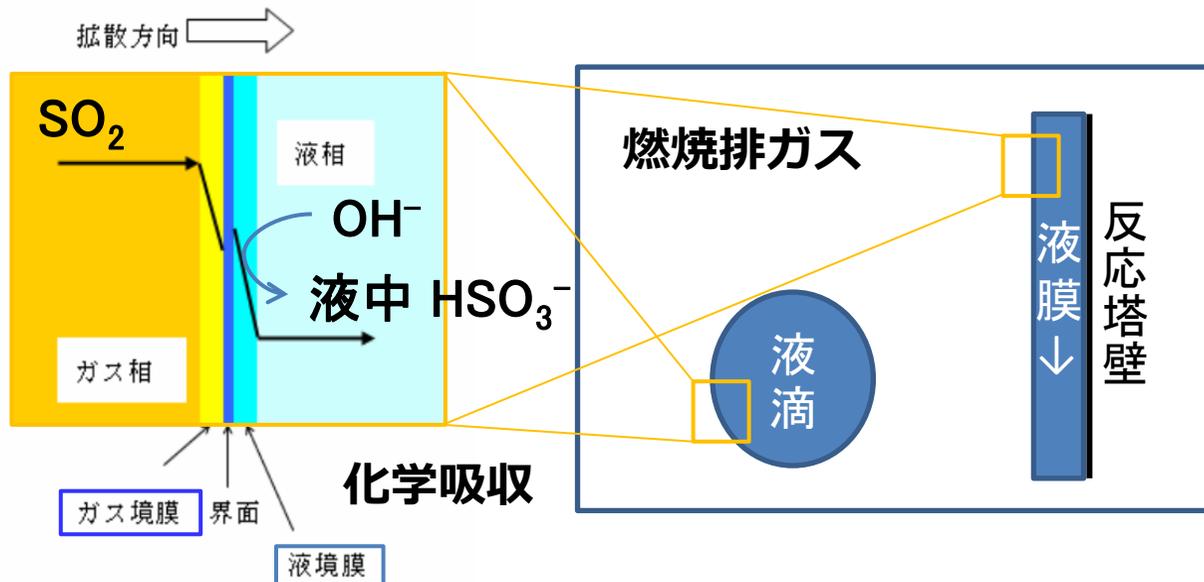
- ・集塵性能が粒子の電気抵抗/粒径に依存
- ・粒径 $\geq 1 \mu\text{m}$ では集塵性能低下(再飛散現象)
- ・イニシャルコスト, 設置スペースは比較的大
(電極再生用の水処理装置が必要)

方式名	セラミックフィルタ方式	電気集塵方式(トンネル用)	メタルフィルタ方式	
処理原理	ろ過(フィルタ吸着).	クーロン力による誘導, 吸着	障害物に気流衝突(粒子慣性力)	
再生方式	高圧空気逆洗/吸着物焼却	水洗浄 \Rightarrow 汚水処理	高圧空気逆洗	
特徴	集塵率/粒径下限	99%/0.1 μm	60-70%/10 μm	
	処理風速	0.5m/s	9m/s	
	圧力損失	5000Pa	200Pa	
	ガス温度	$\sim 900^{\circ}\text{C}$	$\sim 40^{\circ}\text{C}$ ($\sim 200^{\circ}\text{C}$)	$\sim 230^{\circ}\text{C}$
	ダスト濃度	$\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$	$\sim 1\text{mg}/\text{m}^3$	$\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$
用途(排ガス処理)	工業用/自動車用	工業用	工業用	

捕集粒子径の下限が小さい(>0.01 μm)電気集塵機はPM2.5の捕集に最適。



Source: Corp. construction electricity technology association: Manual of dust precipitator for tunnels (March, 1979)



$$N_{OG} = 7930 \frac{L_v D_T \pi}{G_e^{0.8} S D_d (S c_G)^{\frac{2}{3}}} + 0.0523 \frac{A_w \pi}{G_e^{0.37} S (S c_G)^{\frac{2}{3}}}$$

- L_v : 液流量
- D_T : 塔内径
- π : 全圧
- G_e : 塔入口部でのガス流速
- S : 塔入口部の断面積
- D_d : 液滴径
- A_w : 塔壁の濡れ面積
- S_{cG} : シュミット数(定数)

※化学工学便覧3版、p.507-508

設計仕様（補機関1.2MW用）

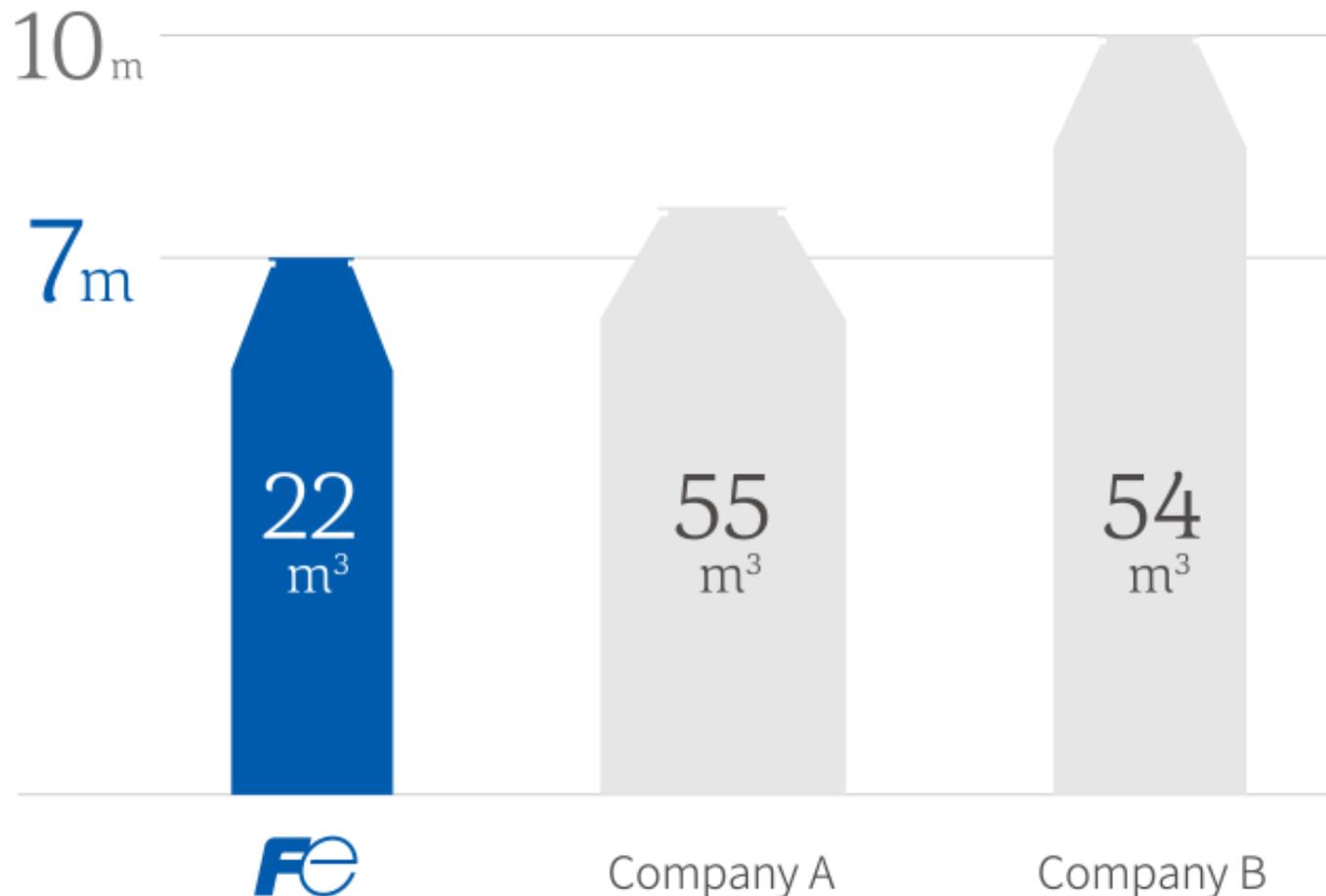
項目	仕様
SO _x 除去率 [%]	98
海水流量 [m ³ /h]	200
反応塔外径 [m]	0.8
反応塔高さ [m]	7
排ガス流量 [m ³ (N)/h]	6850
排ガス温度 [°C]	310
燃料中硫黄濃度 [wt%]	3.5

どの方式も一長一短。サイクロン式の脱硫率向上が望ましい。

⇒小型化可能（空塔速度：高）、かつ低圧損であるサイクロン式を採用。

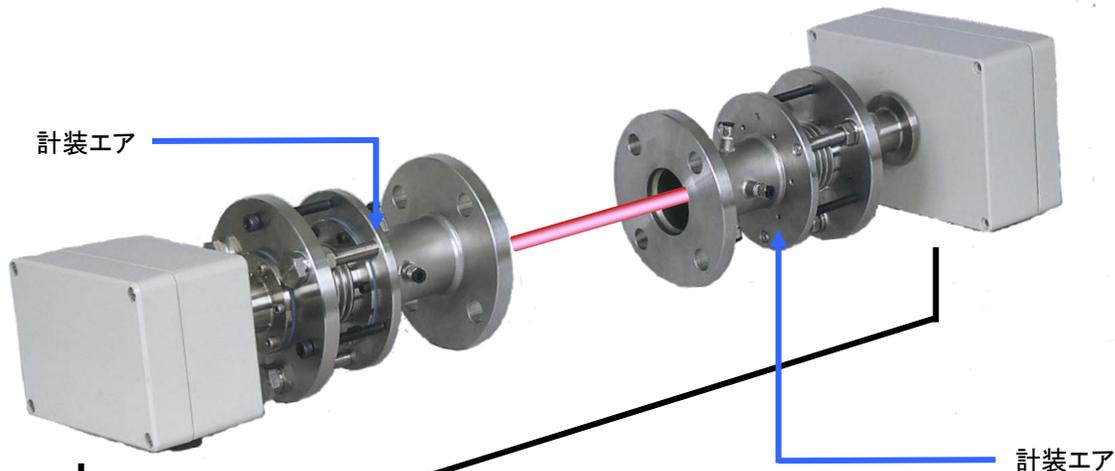
方式	サイクロン式	スプレー塔	充填塔	棚板/充填材+スプレー
空塔速度	～10 m/s	～10 m/s	1～1.5 m/s	1.6～3.5 m/s
吸収剤液量	中	多	少	少
脱硫率	～95%	～90%	95～98%	95～98%
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧損 ・簡素な構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・簡素な構造 ・ガス偏流リスク有り 	<ul style="list-style-type: none"> ・高脱硫率 ・高圧損 ・保守性悪い 	スプレー塔と充填塔の中間特性

エンジン出力10MWにて、各社スクラバのサイズを比較
⇒富士電機はサイクロン方式の採用により小型化を実現



◇特長

- 煙道に直接設置
⇒ 設置スペースの低減可能
- 高速応答(1~5秒)
⇒ プロセス制御への適用可能
- 校正周期は年2回
⇒ 保守頻度の低減可能



FTNK0PT1-C00Y 温度センサ
(測定値補正用)



FKA-5シリーズ 圧力計
(測定値補正用)



ZFKシリーズ O2計
(測定値補正用)



PHRシリーズ 記録計
(測定値記録用)



制御部



情報制御システム

プログラムコントローラ

MICREX-NX



4. 陸上試験

陸上試験では、これまで個別に開発してきた電気集塵機、SO_xスクラバ、レーザ式ガス分析計を組み合わせた初の総合評価を実施する。
以下を目標とする。

【目標】

①排ガス浄化性能：SO_x除去率 98%以上 (ECA規制対応)

評価はサンプリング式ガス分析計 (NDIR) とSO₂/CO₂計試作機を併用

②集塵性能：煤塵除去率50%以上

SO_xスクラバ洗浄水の水質汚濁低減効果が確認できること

- 硫黄分濃度3.5%の燃料使用時に、0.1%(ECA規制)相当排ガス基準を満足するにはSOx除去率98%が必要。
- 同様に3.5%→0.5%(グローバル規制)では85%以上のSOx除去率が必要。

Fuel Oil Sulphur Content (% m/m)	Ratio Emission SO ₂ (ppm)/CO ₂ (% v/v)
4.50	195.0
3.50	151.7
1.50	65.0
1.00	43.3
0.50	21.7
0.10	4.3

Global (pointing to 1.00 sulphur content)

ECA (pointing to 0.10 sulphur content)

連続監視項目は、pH、多環芳香族炭化水素(PAH)、濁度、温度の4項目。
⇒このうちpH、PAH、濁度は排水基準が設けられている。

連続監視項目	排水基準	備考
pH	6.5以上 または 取水と排水の差が2以内	pH電極: BS 2586 pHメータ: BS EN ISO 60746-2:2003
PAH	取水と排水の差が 50 μ g/L以内 (洗浄水流量45t/m ³ 時)	洗浄水流量が増減する場合は別途規定。 (詳細はガイドライン参照)
濁度	取水と排水の差が25NTU 以内	ISO 7027:1999 USEPA 180.1

1. 日時

2013年2月26日

2. 場所

ダイハツディーゼル株式会社 守山事業所 守山第二工場

3. 対象エンジン

製造者：ダイハツディーゼル株式会社

エンジン型式：6DE-18 (680kW、720min⁻¹)

4. 試験設備

i. 湿式スクラバ：直径300mm、高さ4.5m、海水量160L/min
(SO_x浄化装置) 目標性能：SO_x低減率 \geq 98%

ii. 用水タンク：容積6m³ (W2m×D2m×H2.5m)

iii. 送水ユニット：W1,400mm×D1,650mm×H650mm

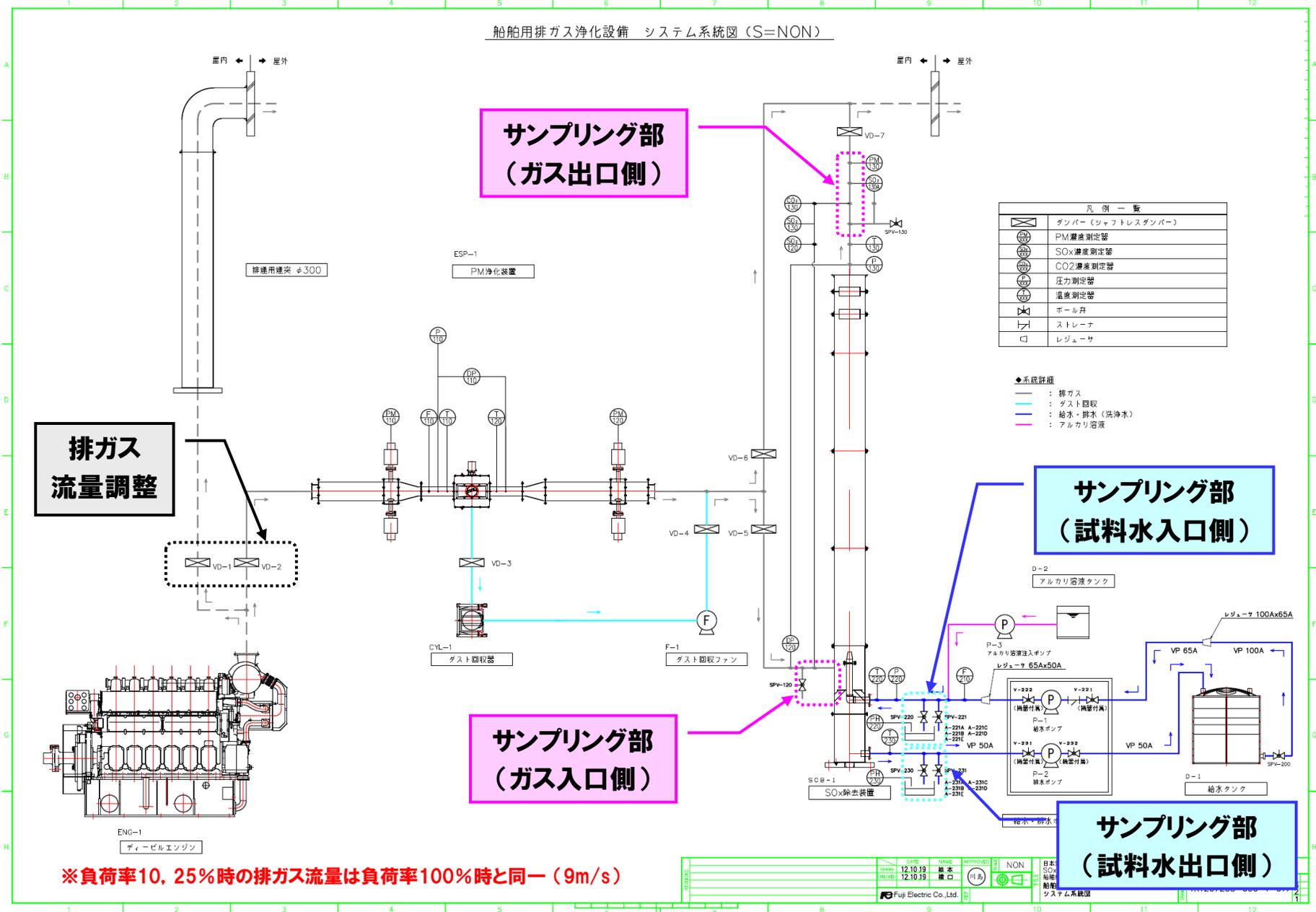
IV. 電気集塵機：W500mm×D490mm×H490mm

(PM浄化装置) 目標性能：PM低減率 \geq 60% (条件：260°C, 9m/s)

V. ダスト回収装置：W1,000mm×D900mm×H3,970mm

VI. ダスト吸引ファン：W700mm×D505mm×H755mm

船舶用排ガス浄化設備 システム系統図 (S=NON)



**排ガス
流量調整**

**サンプリング部
(ガス出口側)**

**サンプリング部
(ガス入口側)**

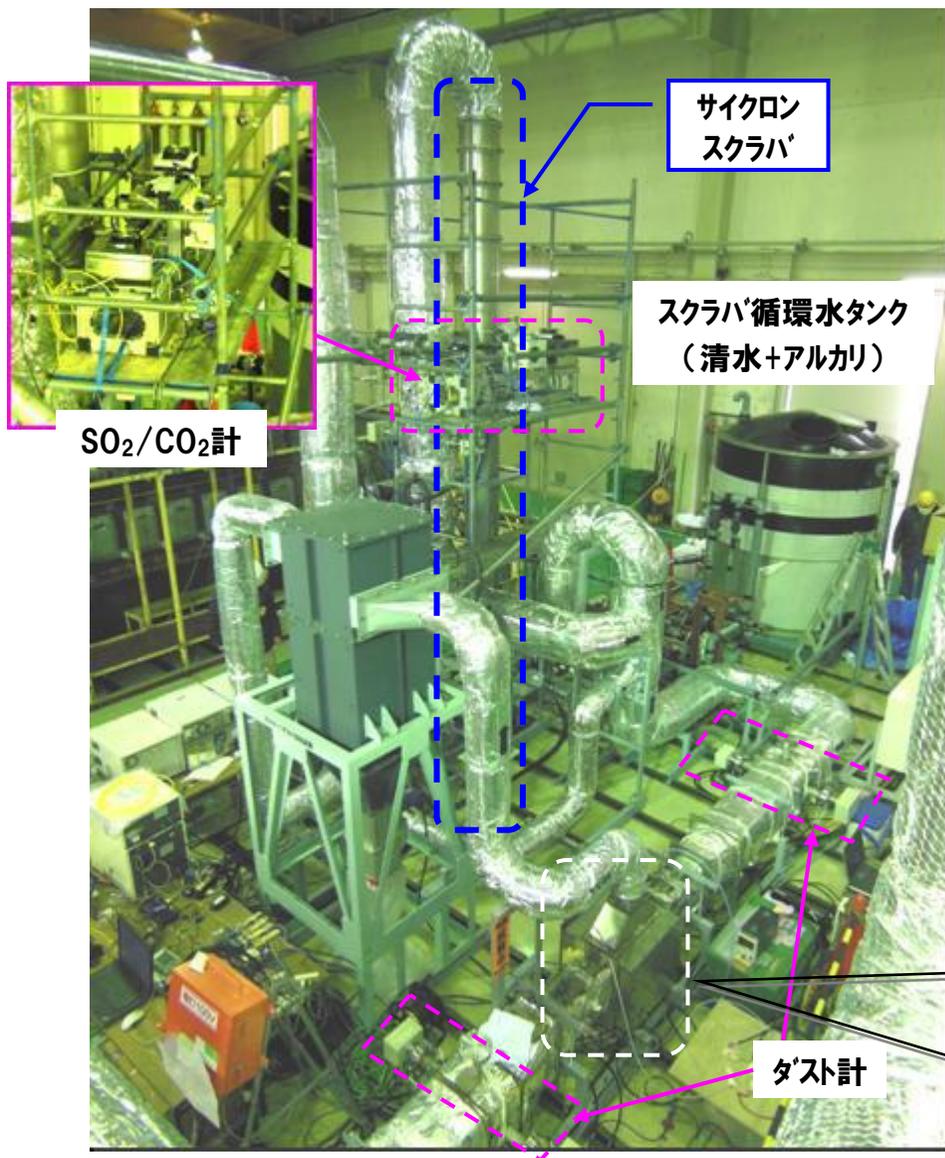
**サンプリング部
(試料水入口側)**

**サンプリング部
(試料水出口側)**

※負荷率10, 25%時の排ガス流量は負荷率100%時と同一 (9m/s)

DATE	NAME	APPROVED	ST	NON
12.10.19	橋本			
12.10.19	廣口			

日本 SOLAS 船舶 船級 システム系統図	FE Fuji Electric Co., Ltd.
------------------------------------	----------------------------

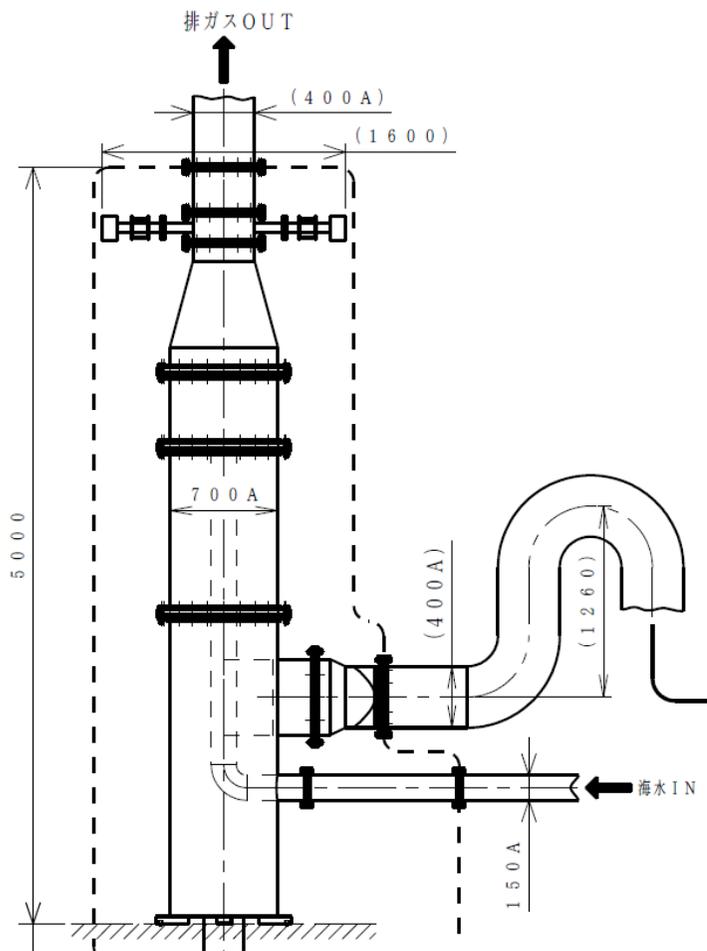


- 製造者：ダイハツディーゼル株式会社
- エンジン型式：6DE-18
- 定格出力：680kW、720min⁻¹
- サイクル：4サイクル



ダイハツディーゼル株式会社カタログより

外形図



外観



計測成分	製造者	型式	計測原理	乾/湿	レンジ	計測位置
SO ₂	富士電機	ZSVF	NDIR(採取式)	乾	0-1000ppm	入口
SO ₂	富士電機	ZSSp	NDIR(レーザ式)	乾	0-100ppm	出口
SO ₂	GASTEC	5La	検知管※1		2-30ppm※2	出口
CO ₂	富士電機	ZSVF	NDIR(採取式)	乾	0-10vol%	入口/出口
CO ₂	富士電機	ZSSp	NDIR(レーザ式)	乾	0-10vol%	出口

※1：SOxスクラバ出口では、SO₂濃度が低いことが想定されたため、ZSSpのデータは検知管のデータと比較することとした。

※2：手動計測であるため、指示誤差は±10%である。

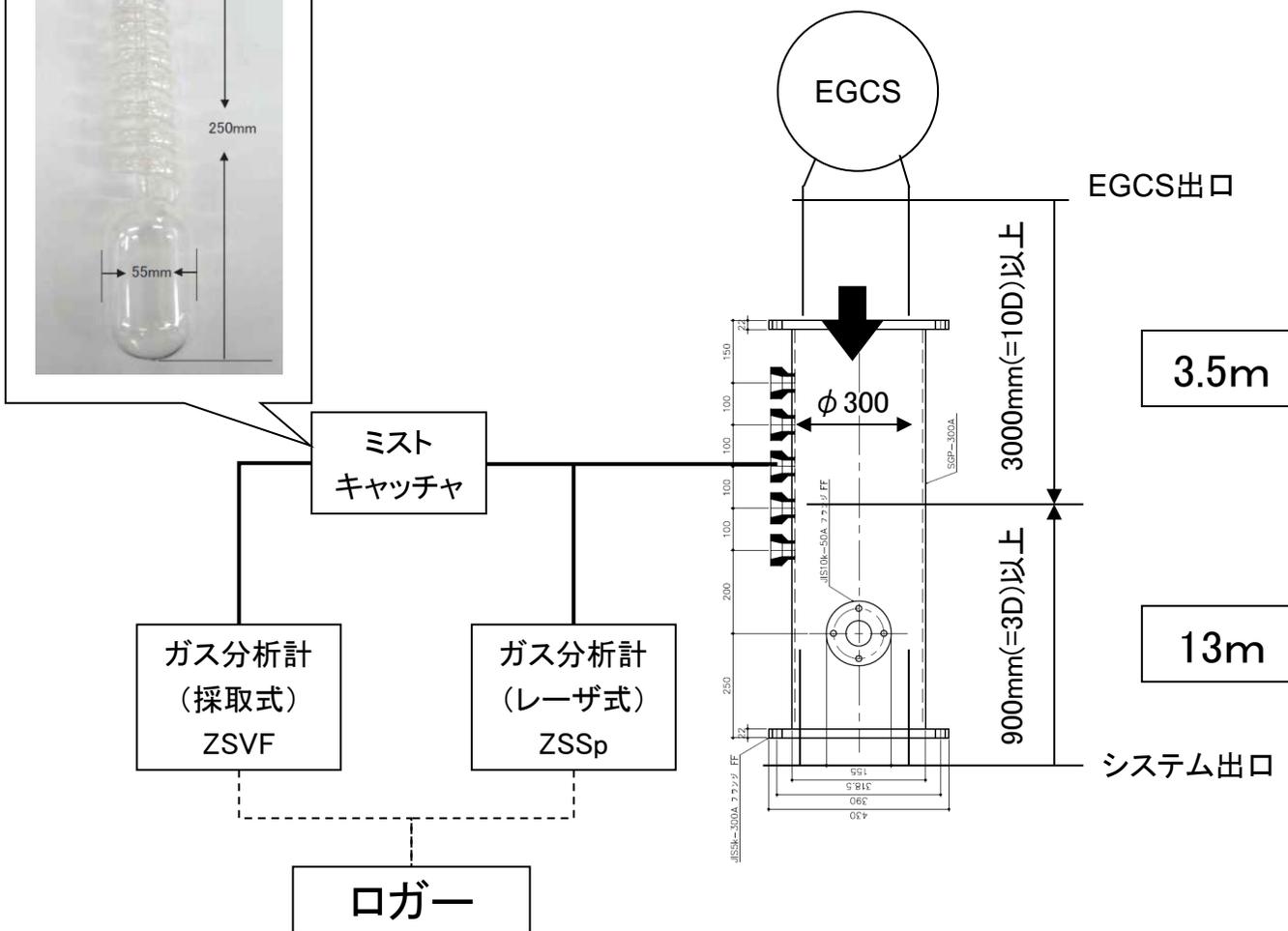
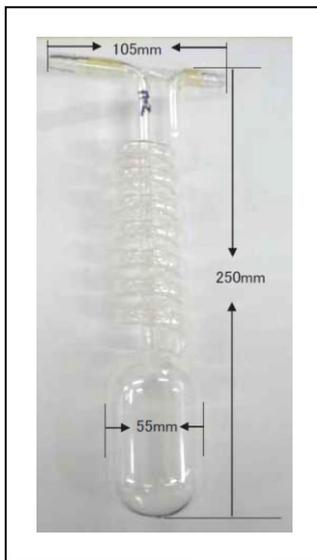
項目	NTC	ZSVF	ZSSp
SO ₂ 濃度レンジ	9～60ppm	1000ppm	100ppm
CO ₂ 濃度レンジ	5.8～38.6vol/%	10.00vol%	10.00vol%
正確さ	±2%rdg.または±0.3%FS (いずれか大きい方)	±2%FS	-0.48～0.42%FS※1
精度	±1%FS	±0.5%FS	+0.60%FS※1
ノイズ	2%FSp-p@10秒間	—	+0.77%FS@10分間※1
ゼロドリフト	(±)2%FS@1時間※2	±1%FS/日	-0.98～+0.69%FS/3時間※1
スパンドリフト	(±)2%FS@1時間※2	±1%FS/日	-0.70～+1.88%FS/3時間※1

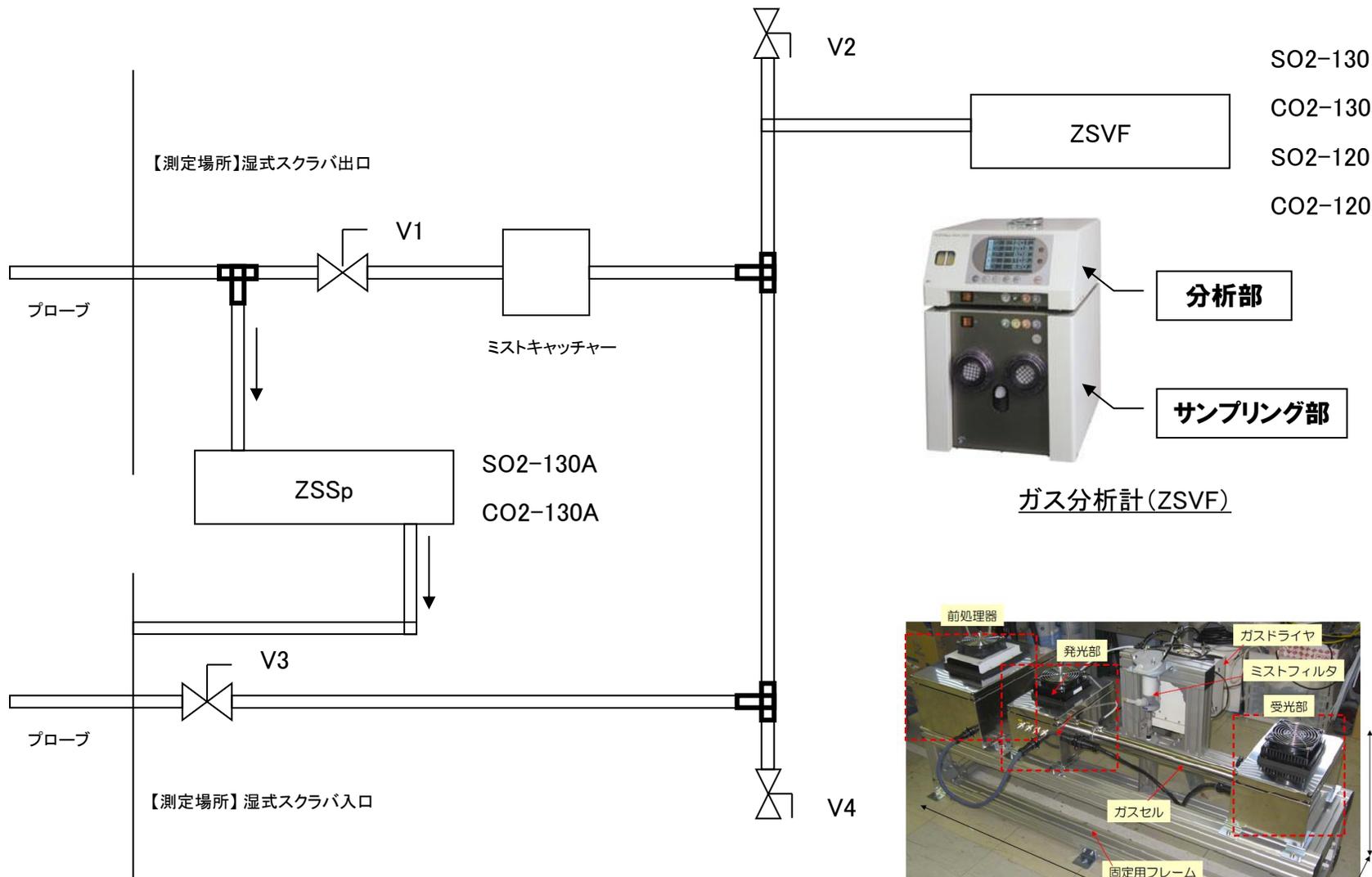
※1：試作機であるため、社内試験時データを記載

※2：30秒間移動平均値

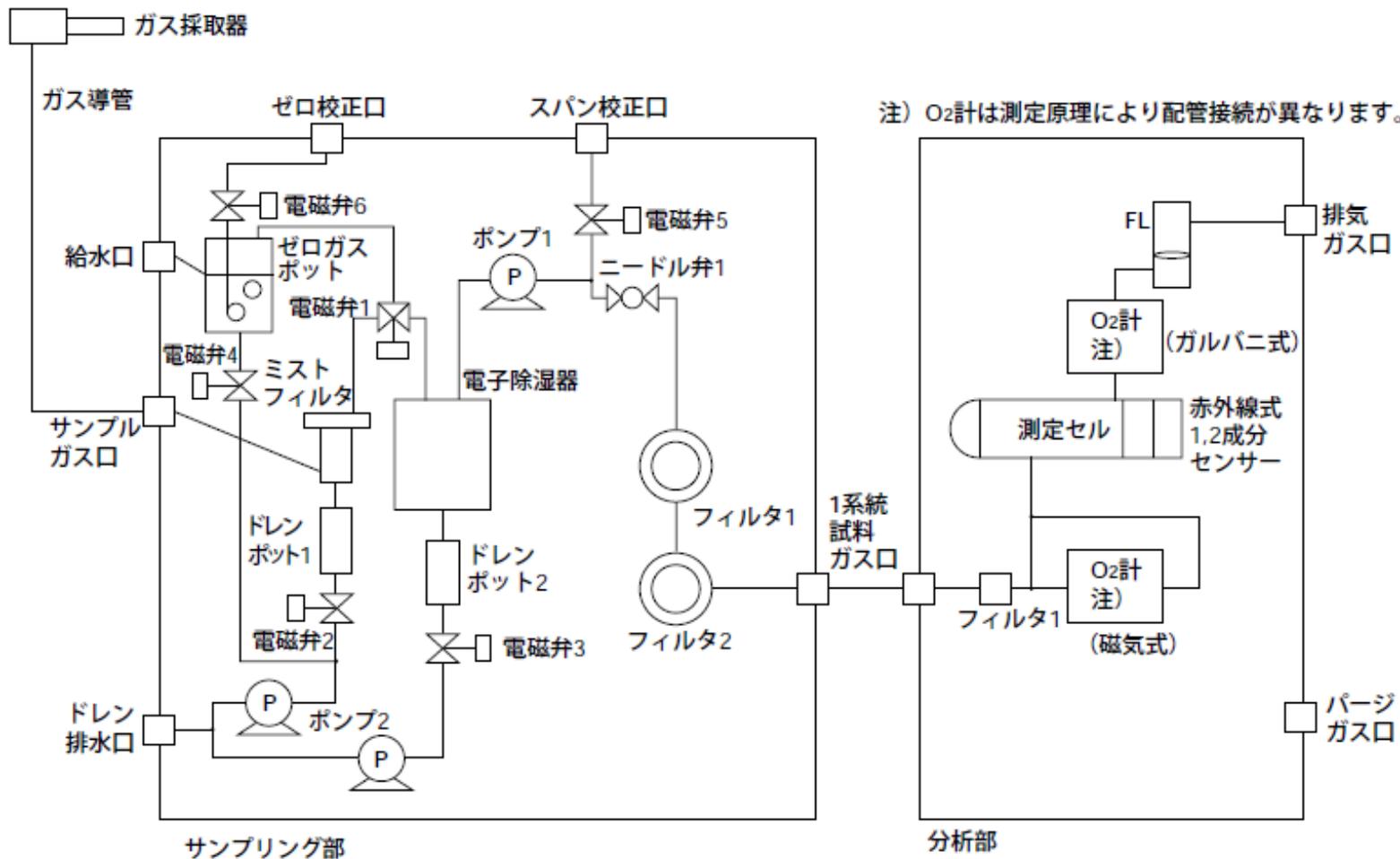
主要な性能仕様はNTCの要求以上であることを確認

適当な容器内で冷却

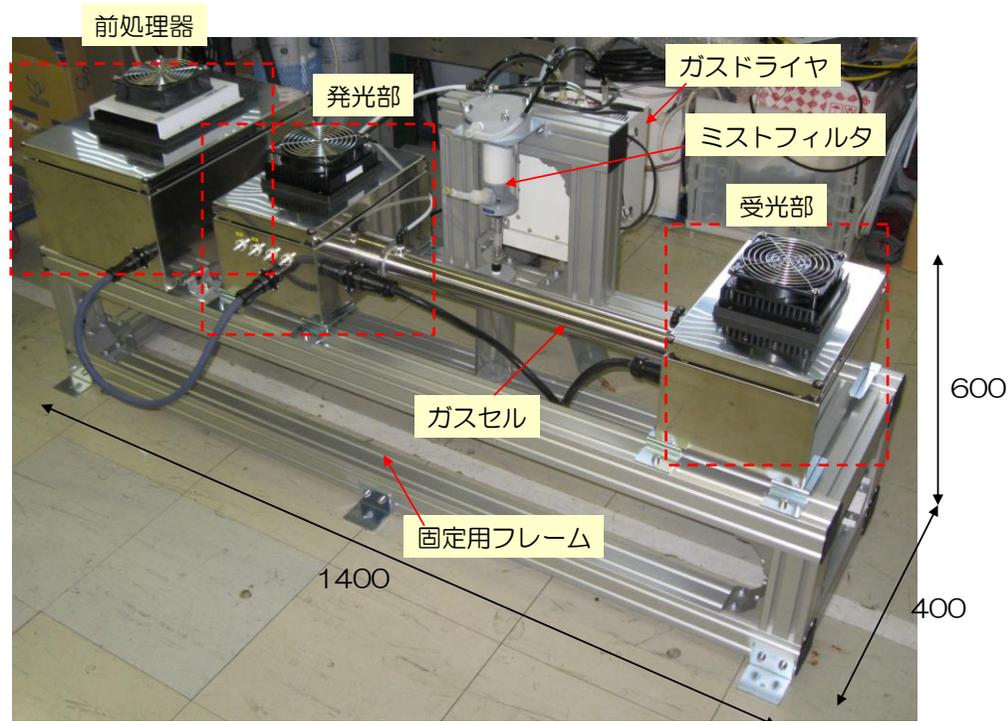
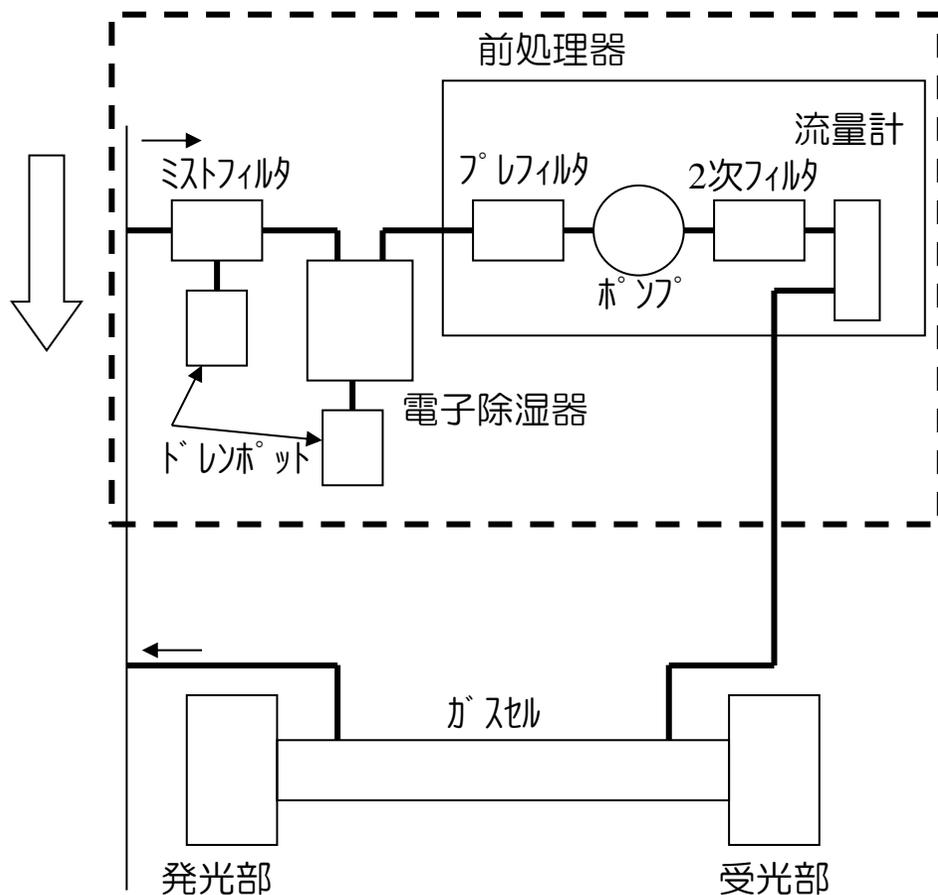




レーザ式ガス分析計 開発品 (ZSSp)



- 製造者：富士電機株式会社
- 型式：ZSSp
- 装置外形：1400mm×400mm×600mm
- 計測成分：SO₂(0-100ppm)、CO₂(0-10vol%)



- 使用する燃料油：C重油
- 採取時期／場所：2013年2月26日／エンジン燃料油供給配管

項目	測定値
C (wt%)	85.8
H (wt%)	10.9
S (wt%)	2.32
N (wt%)	<0.3
O (wt%)	0.55
水分 (v/v%)	0.1
灰分 (wt%)	0.011
密度 (g/cm ³ 15°C)	0.9618
総発熱量 [HHV] (J/g)	43950
真発熱量 [LHV] (J/g)	41480

薬品名 : 25%液体苛性ソーダ

薬品使用方法 :

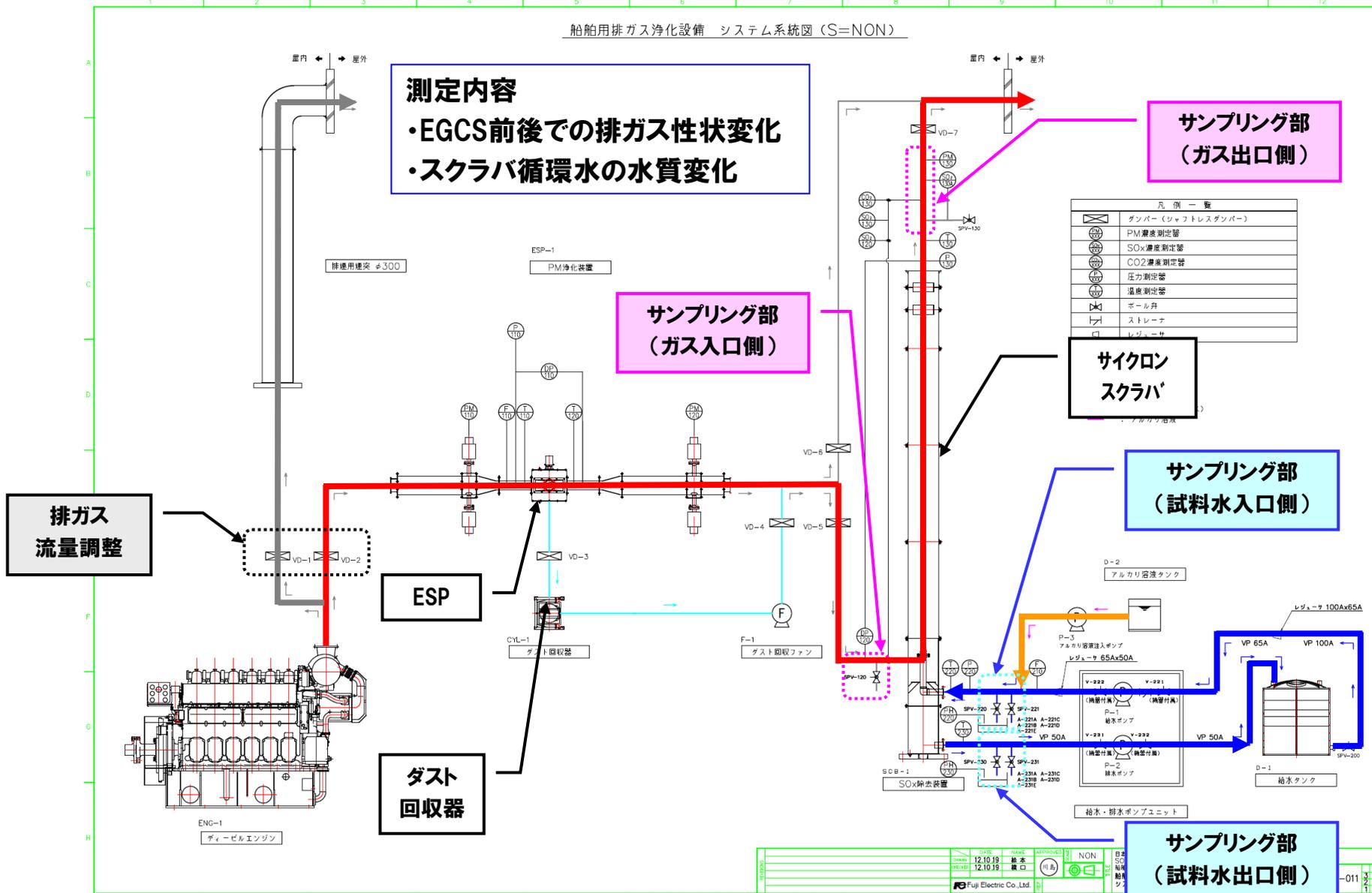
試験場所の都合（排水不可）のため、試料水を循環使用することからアルカリを添加（Closed式）
〔添加量制御法〕

- ・ 予め試験負荷（ガス流量）と必要アルカリ量との関係を計算
- ・ 上記関係式を基に、電磁定量ポンプの流量を手動で予め設定
- ・ スクラバ出口のpHが4.5～5.5になるように手動で調整
- ・ 設定値は、事前に採取・分析した重油中の硫黄分濃度2.3%で計算
- ・ 流量は計算値（電磁定量ポンプのストローク長とストローク数との積）
- ・ 流量計による実測は行わない。下表に、薬品の流量設定値と試験時の流量調整値を示す。

エンジン負荷率 (%)	流量設定値 (ml/min)	流量調整値 (ml/min)
10	12	29※
25	17	28※
50	26	16
75	35	23
100	42	28

※：排ガス流量調整（100%時と同一とした）に伴い、設定値より増大

船舶用排ガス浄化設備 システム系統図 (S=NON)



船舶用排ガス浄化設備 システム系統図 (S=NON)

試験内容

- 基本性能評価
- 連続運転評価

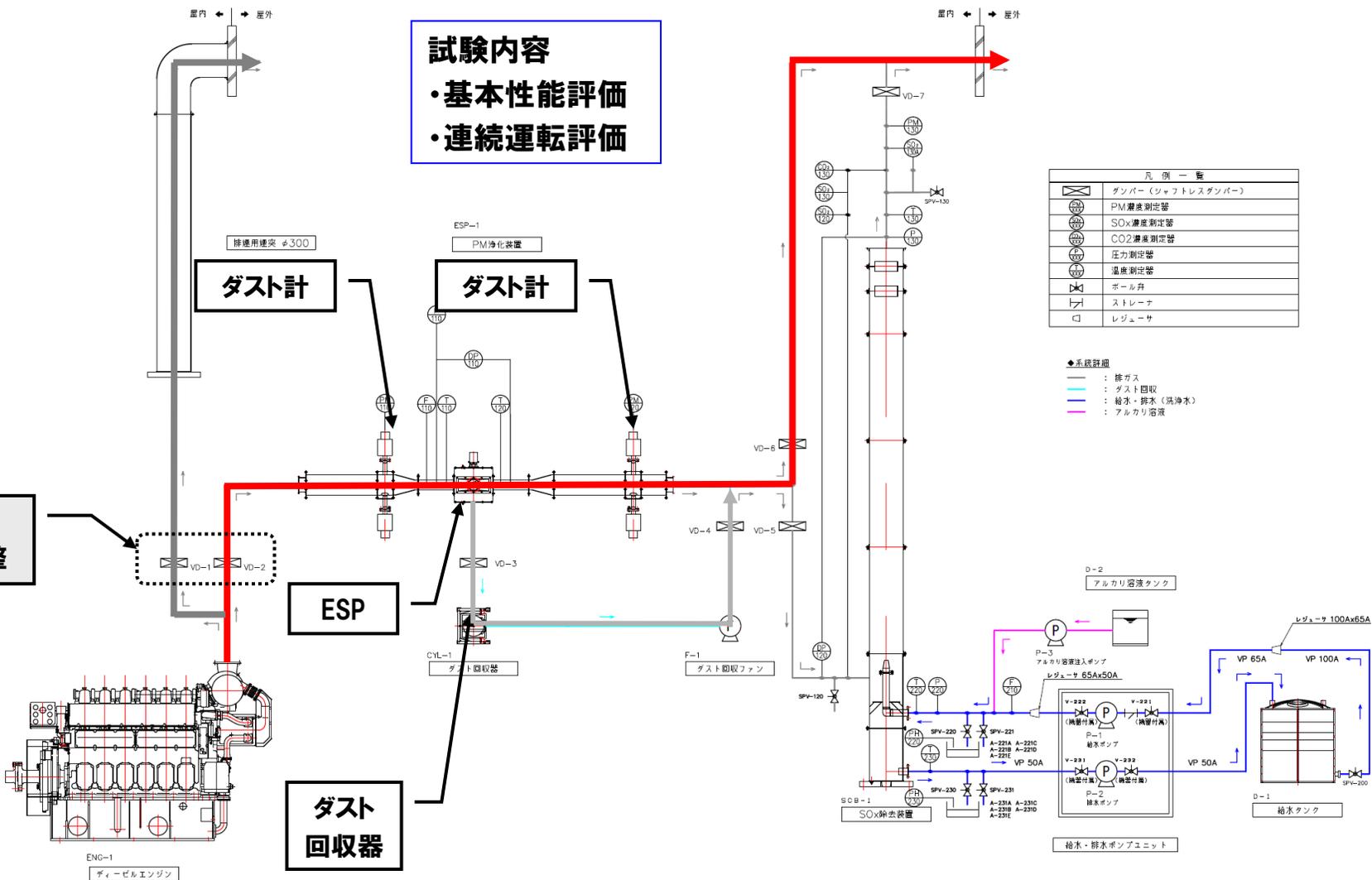
**排ガス
流量調整**

ダスト計

ダスト計

ESP

**ダスト
回収器**



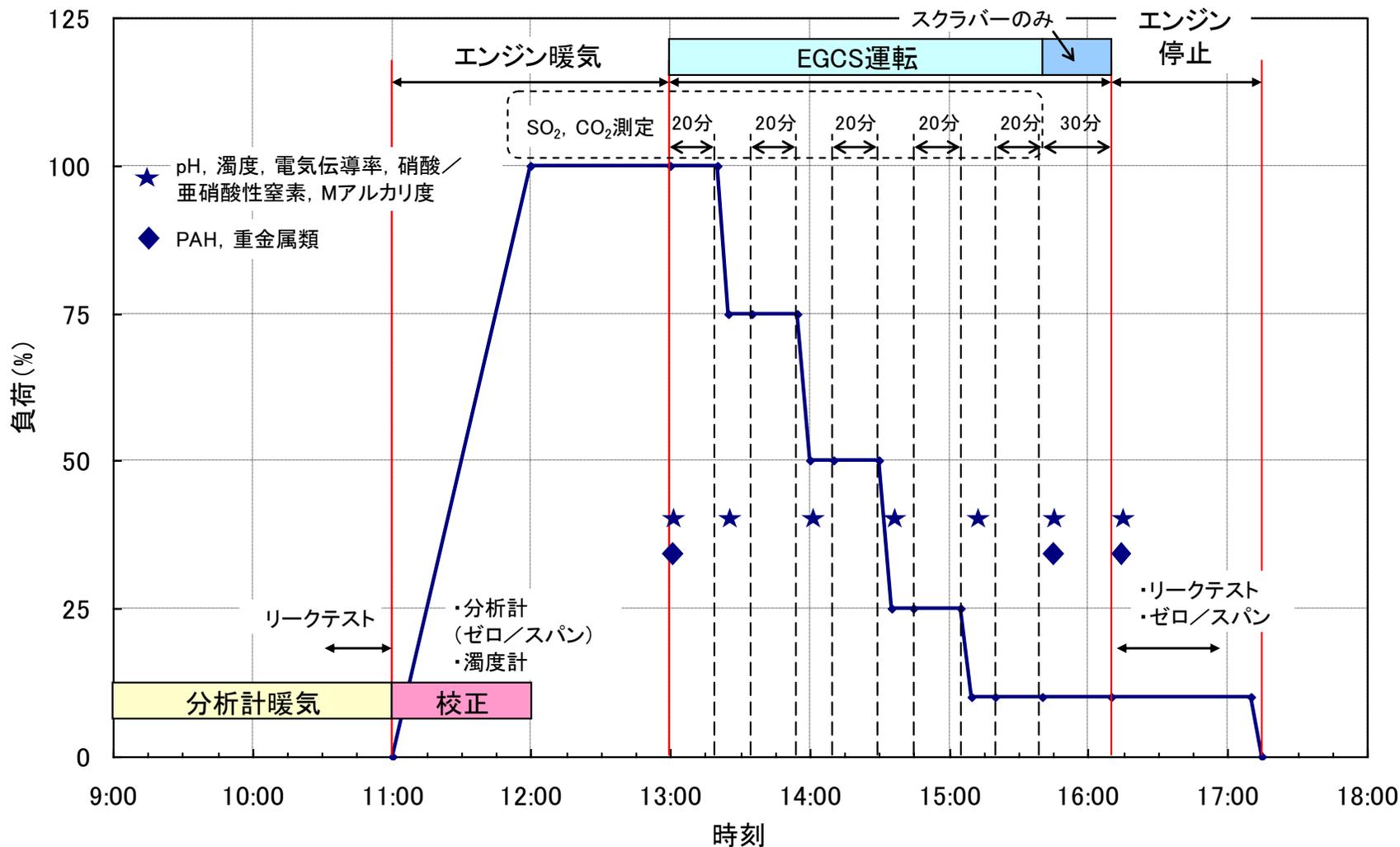
凡例一覧

	ダンパー (シャフトレスダンパー)
	PM濃度測定器
	SOx濃度測定器
	CO2濃度測定器
	圧力測定器
	温度測定器
	ボール弁
	ストレーナ
	レジェューサ

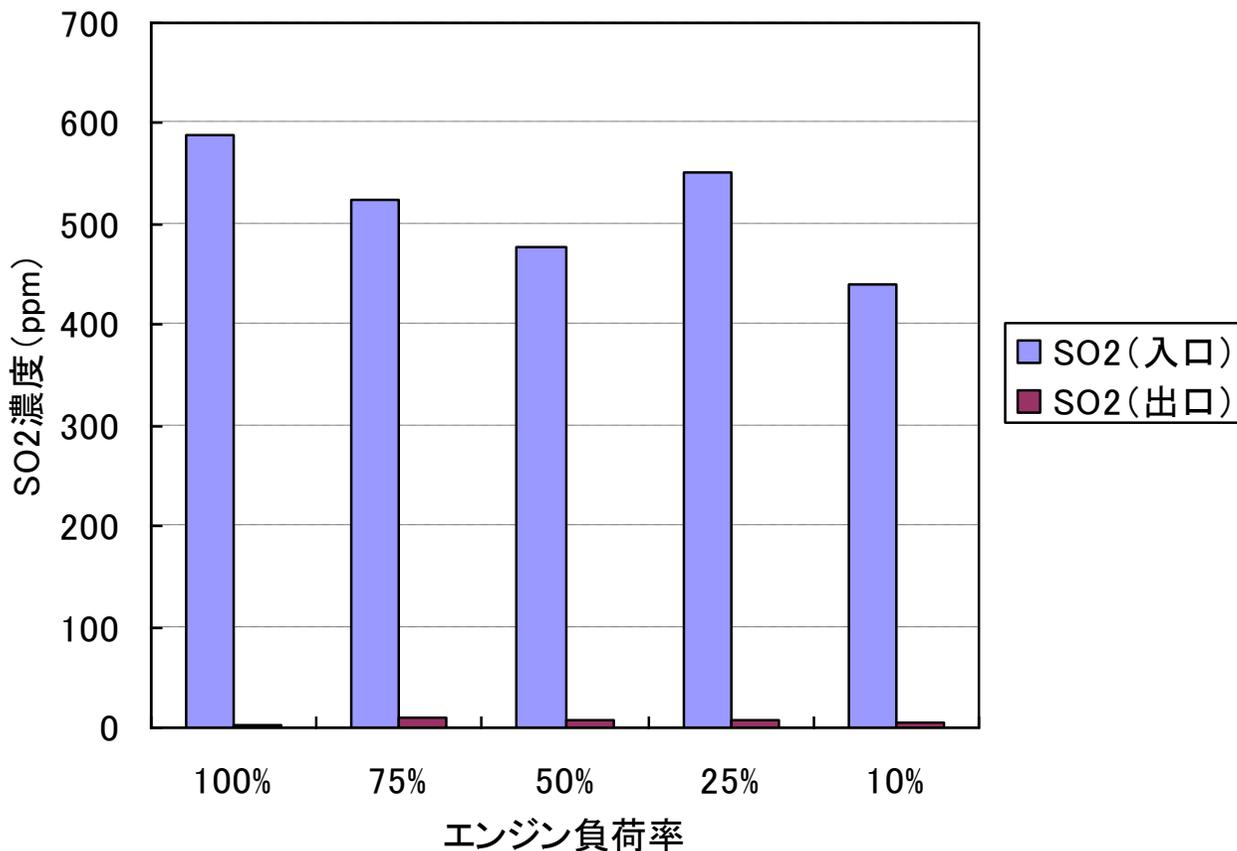
◆系統詳細

- : 排ガス
- : ダスト回収
- : 給水・排水 (洗浄水)
- : アルカリ溶液

DATE	12.10.19	NAME	楠本	MODIFIED	NON	日本海事協会船中汚濁防止装置 SOx-PM規制対応ECCSの適用化試験 船舶用排ガス浄化装置取組工事【陸上試験】 船舶用排ガス浄化装置 システム系統図
DRAWN	12.10.19	CHECK	山口	APPROVED		1K1207233-000-1-011
COMPANY	Fuji Electric Co., Ltd.					CLASSNK



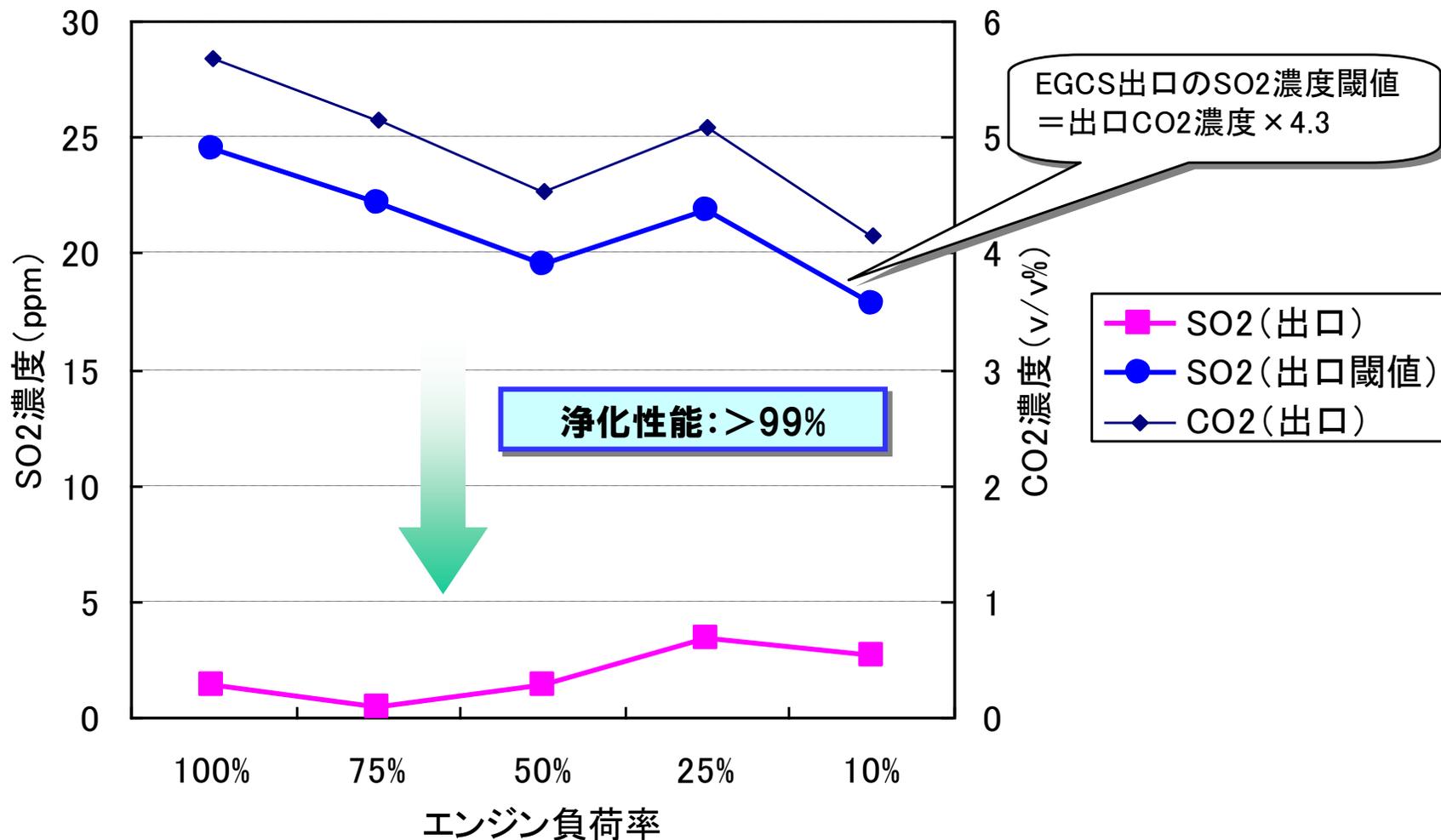
エンジン負荷に関わらず除去性能99%以上を確認



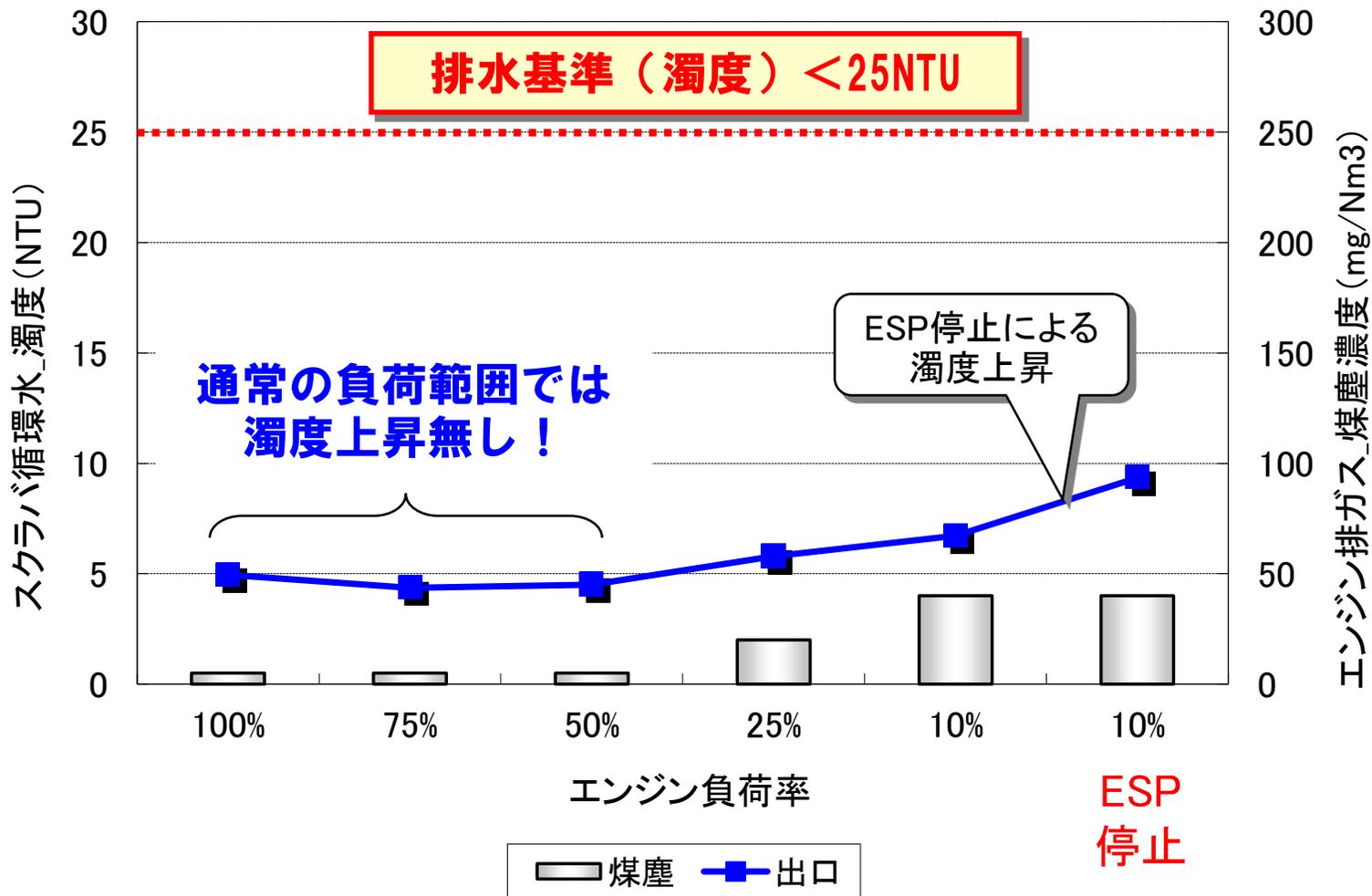
エンジン負荷率 (%)	100	75	50	25	10
SO ₂ 濃度_in (ppm)	588	525	478	552	440
SO ₂ 濃度_out (ppm)	1.4	0.4	1.4	3.4	2.7
SO _x 除去率 (%)	99.8	99.9	99.7	99.4	99.4

全ての試験条件でEGCSガイドラインの規定値($\text{SO}_2/\text{CO}_2 \leq 4.3$)を満足

⇒ 硫黄分濃度0.1%以下の燃料油使用と同等

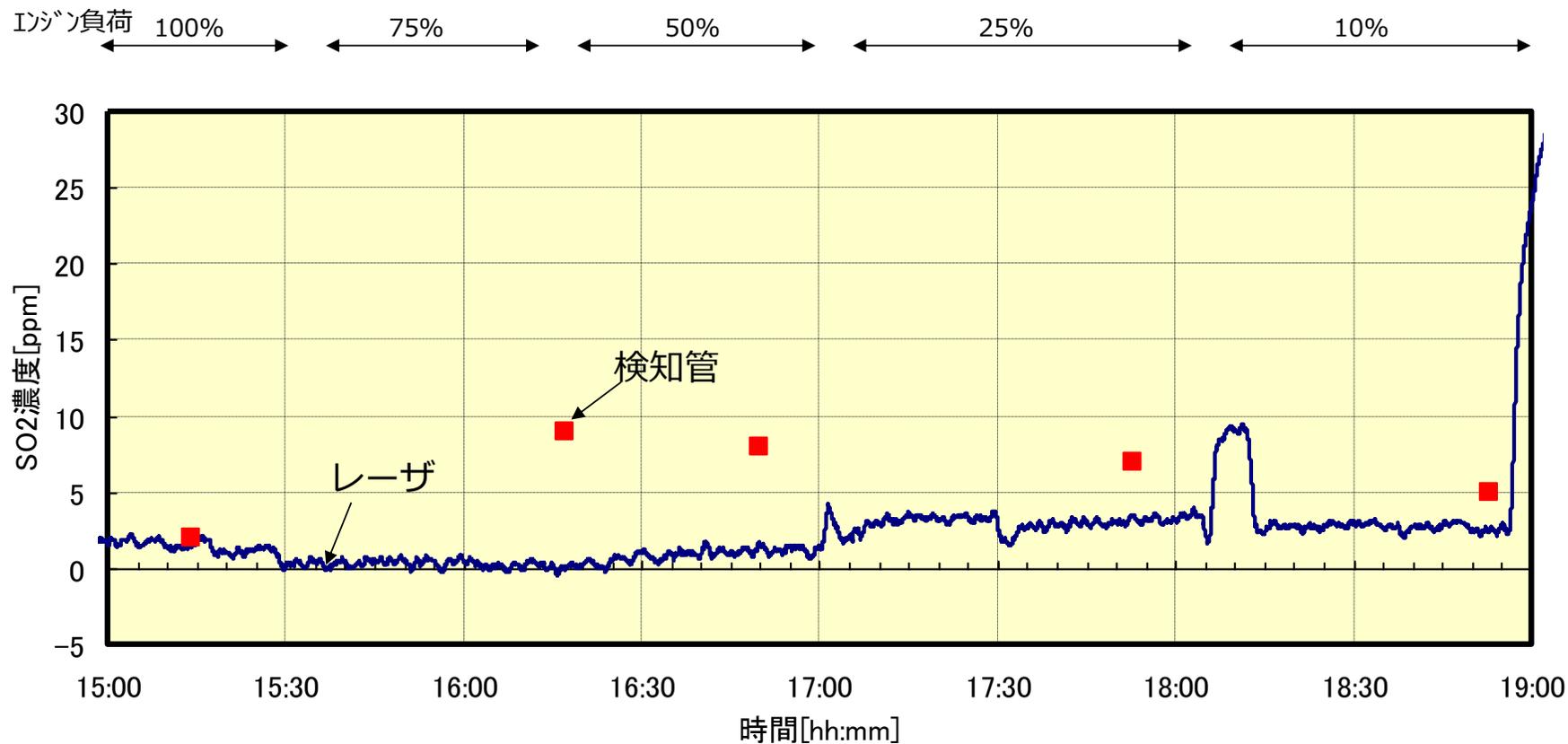


全ての試験条件で排水基準値(25NTU)を満足

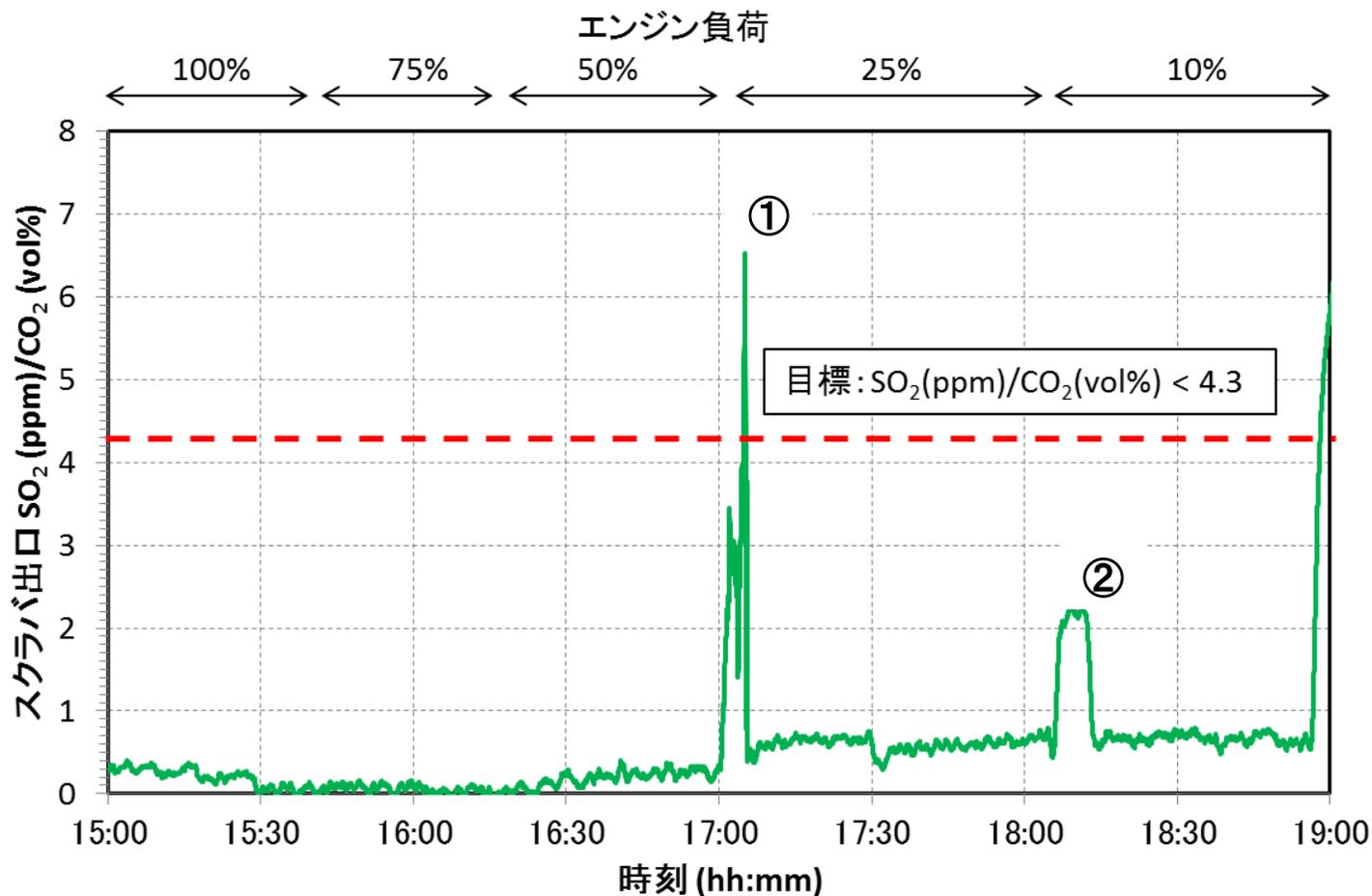


項目	エンジン負荷率				
	10	25	50	75	100
洗浄水PAH [$\mu\text{g/L}$]*	<45				
洗浄水硝酸塩濃度 [mg/L]	1.5	1.4	1.3	1.3	1.1
洗浄水添加物や その他物質	Cd	<0.001			
	Ni	0.079			
	Pb	0.012			
	Zn	3.5			
	As	<0.002			
	Cr	0.010			
	V	0.071			
	Cu	0.28			

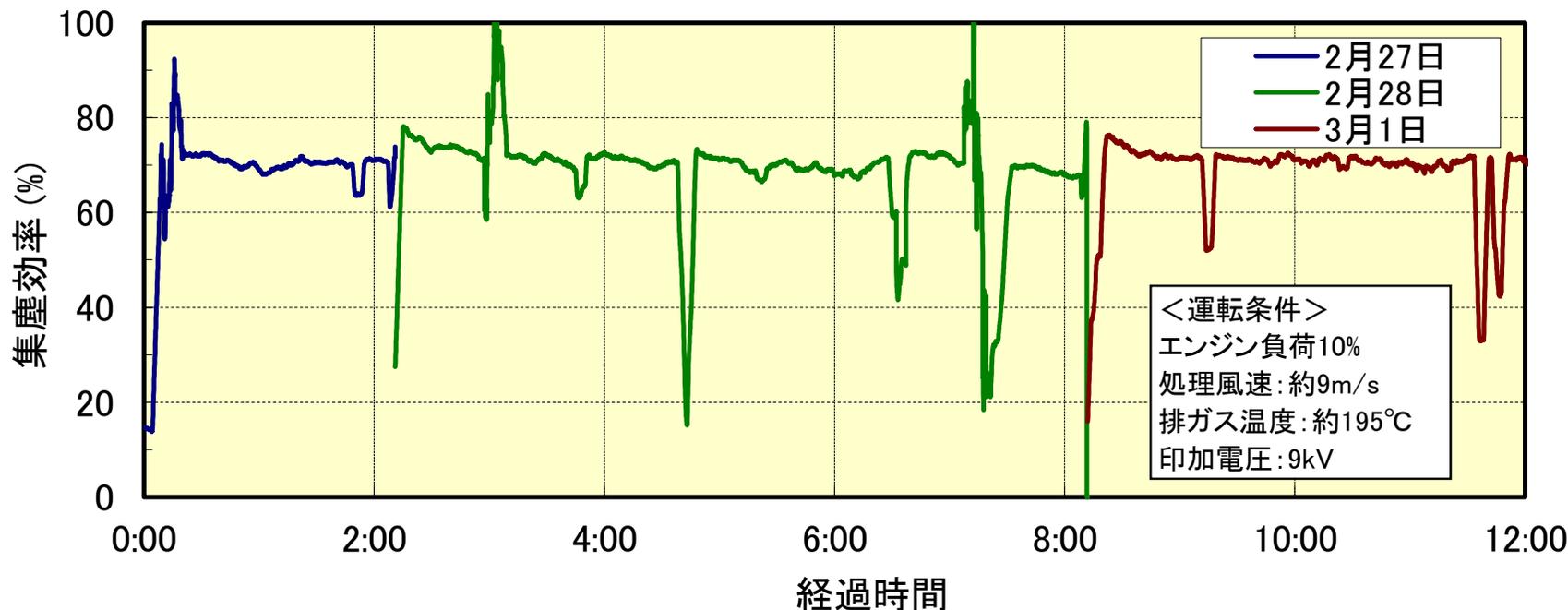
※PAHは18物質(ナフタレン、アセナフチレン、アセナフテン、フルオレン、アントラセン、フェナントレン、フルオランテン、ピレン、ベンゾ[a]アントラセン、クリセン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[i]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[e]ピレン、ベンゾ[g,h,i]ペリレン、インデノ[1,2,3-cd]ピレン、ジベンゾ[a,h]アントラセン)の合計。PAHはそれぞれの物質が検出下限は $2.5 \mu\text{g/L}$ であったため、上表では、合計の検出下限は $45 \mu\text{g/L}$ 未満と表示。



➤ ZSSpの測定値は検知管の測定値と概ね同レベルであることを確認



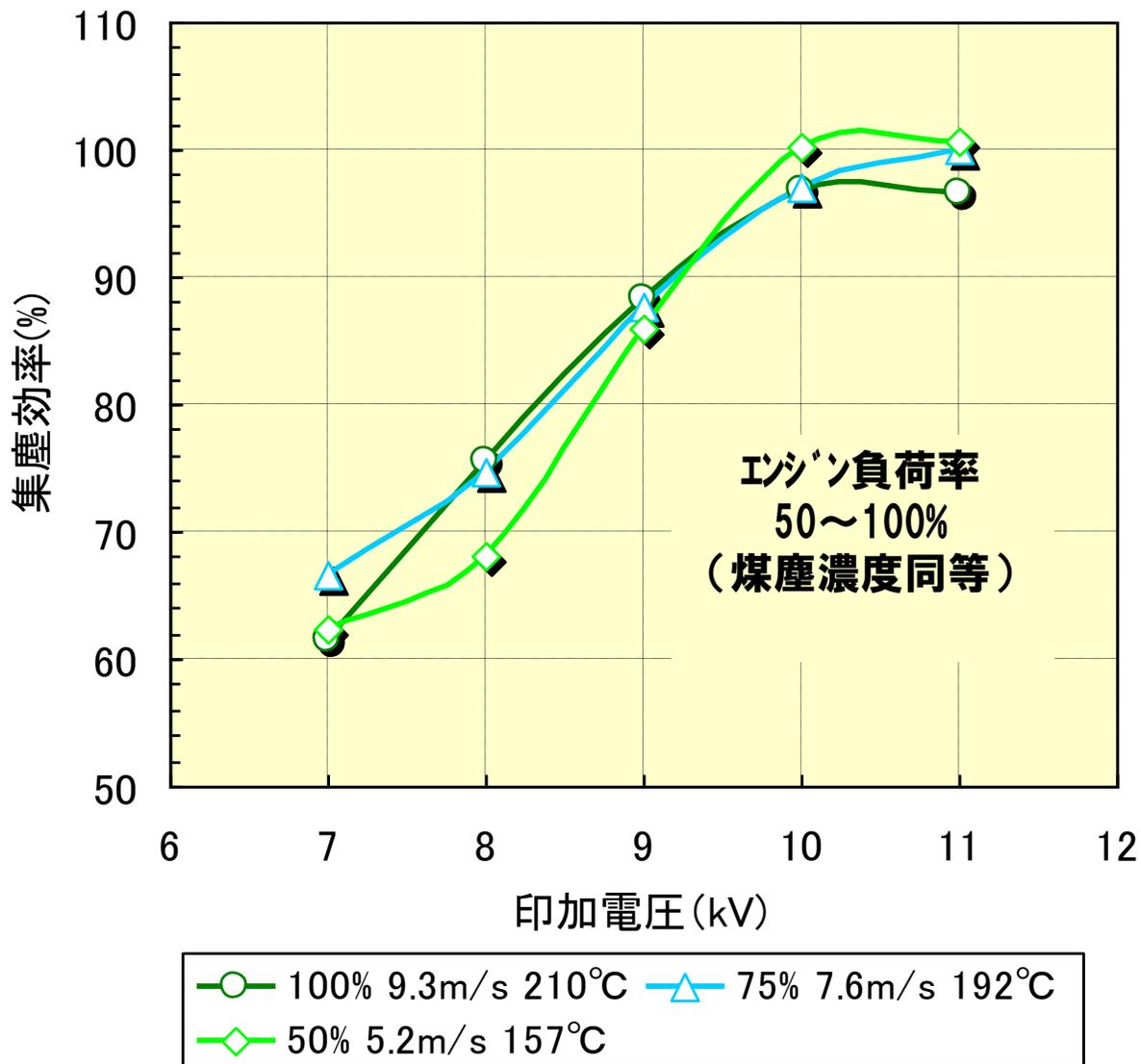
- ZSSpの特長である高速応答性により、エンジン負荷調整時の突変〔①排ガス流量(CO_2 濃度)低下、②アルカリ流量の手動調整〕を正確に把握
⇒ システム変動状況を細やかに監視可能



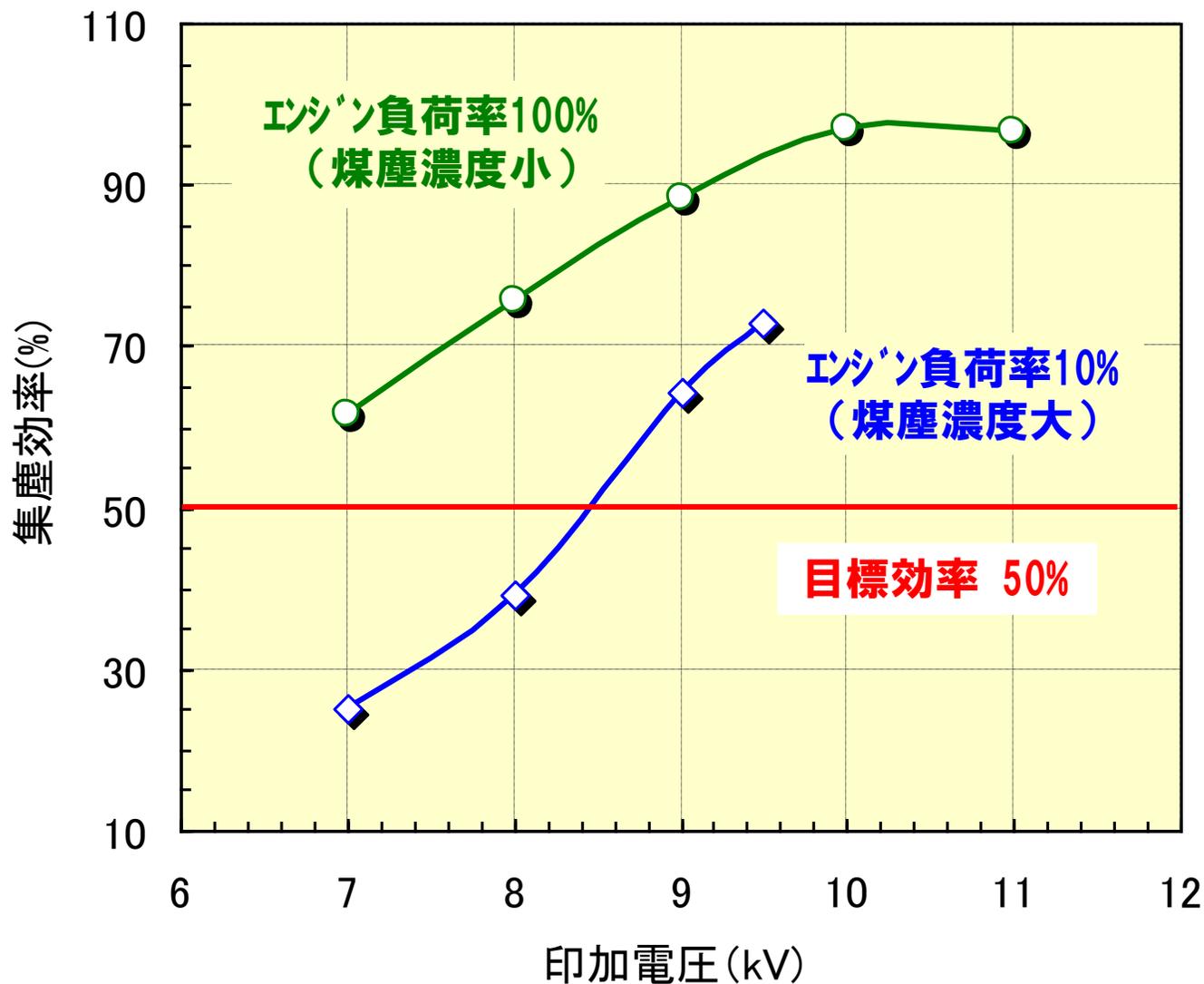
- 開発品(ダスト計)によるESP性能の連続監視を実証
- 連続運転中(通算12時間)、集塵効率70%以上を達成

※最も煤塵負荷の高い条件(エンジン負荷率10%)で試験
 ※スパーク発生時は電圧調整/電極洗浄を実施

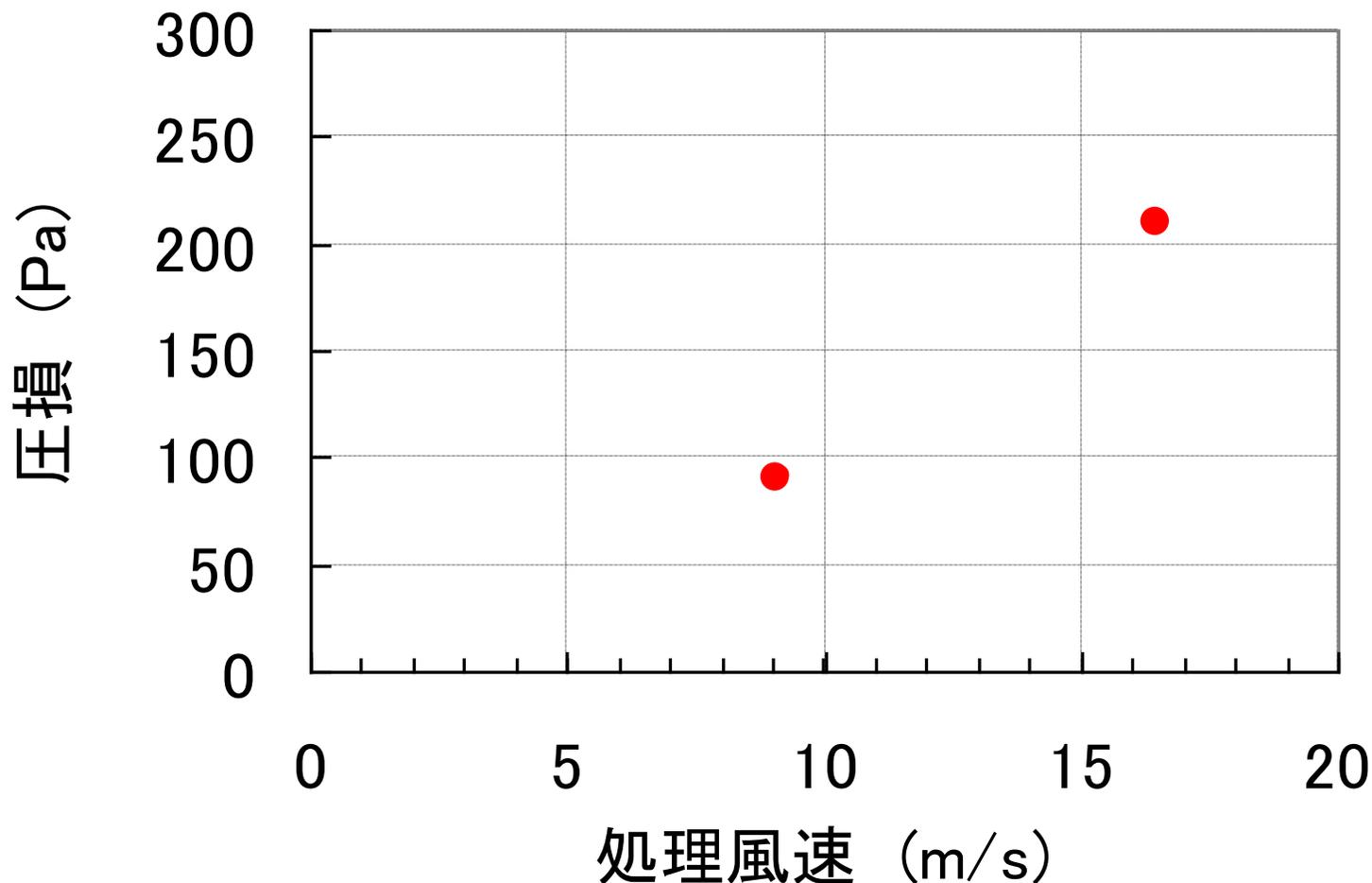
エンジン負荷50%, 75%, 100%において集塵性能の変動なし



低負荷（高煤塵濃度）で目標の集塵性能を達成



圧力損失は処理風速設計値(9m/s)の約2倍で、目標値(500Pa)を達成
電気集塵機の特長である低圧損を確認



- 開発した3つの機器(電気集塵機、SO_xスクラバ、レーザ式SO₂/CO₂計)を統合した試験を実施
 - (1) 電気集塵機によるSO_xスクラバ洗浄水の水質汚濁低減効果を確認
 - (2) サイクロン式SO_xスクラバで脱硫率98%以上を確認
 - (3) 水質(濁度、PAH、硝酸塩)はEGCSガイドラインの規定値を満足

5. 船上試験

船上試験では、EGCSの実船搭載試験(就航前：係留運転時および海上試運転時、就航後)を実施する。以下を目標とする。

【目標】

- ①排ガス浄化性能： $\text{SO}_2(\text{ppm})/\text{CO}_2(\text{vol}\%) < 4.3$
- ②排水基準準拠： $\text{pH} < 6.5$ 、 $\text{PAH} < 25\mu\text{g}/\text{L}$ 、濁度 $< 25\text{FNU}$

1. 日時

係留運転時試験：2014年3月31日、5月14日

海上運転時試験：2014年4月3日～4月5日

就航後試験：2016年6月21日

2. 場所

今治造船株式会社 丸亀事業本部：香川県丸亀市古昭和町30番地

今治造船株式会社 丸亀事業本部 多度津事業部：香川県仲多度郡多度津町西港町1-1

フランス、スペイン沿岸(ECA外)

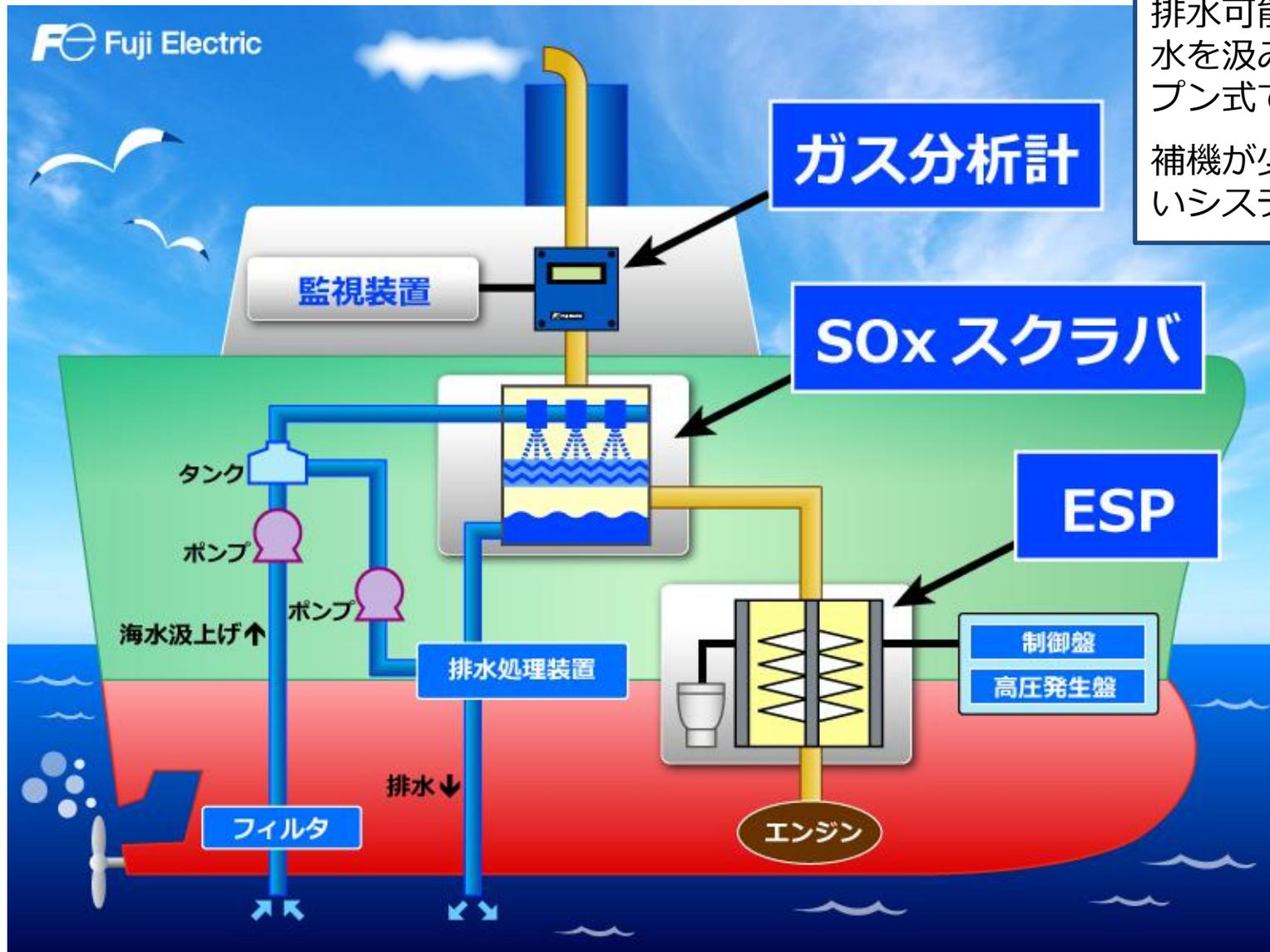
3. 対象エンジン

製造者：ダイハツディーゼル株式会社

エンジン型式：6DE-23 (1,180kW)

4. 試験設備

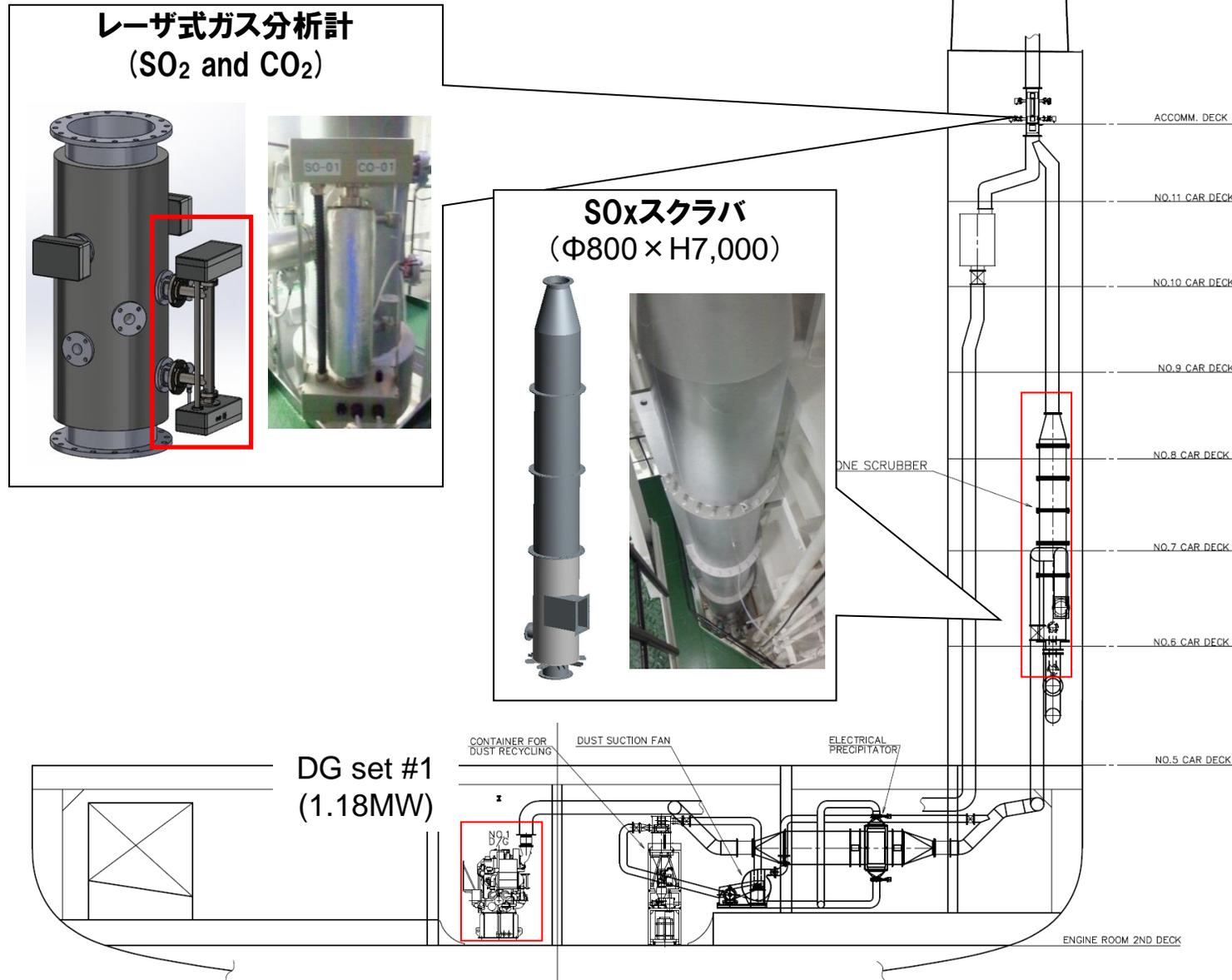
分類	機器名称	数量	概略寸法	備考
SO _x 低減装置	SO _x スクラバ	1式	800 × 800 × 7,000mm	処理風量7,980Nm ³ /h
	手元操作盤	1面	550 × 250 × 450mm	-
計測装置	レーザ式ガス分析計	1式	-	SO ₂ × 1、CO ₂ × 1
	排ガス分析装置	1式	800 × 700 × 1,780mm	SO ₂ × 1、CO ₂ × 1
	その他計器	9台	-	温度 × 4、流量 × 1 濁度 × 1、pH × 2、PAH × 1
	WEBサーバー	1台	-	-



排水可能な外洋運航時は、海水を汲み上げて使用するオープン式で運用
補機が少なく投資負担の小さいシステム

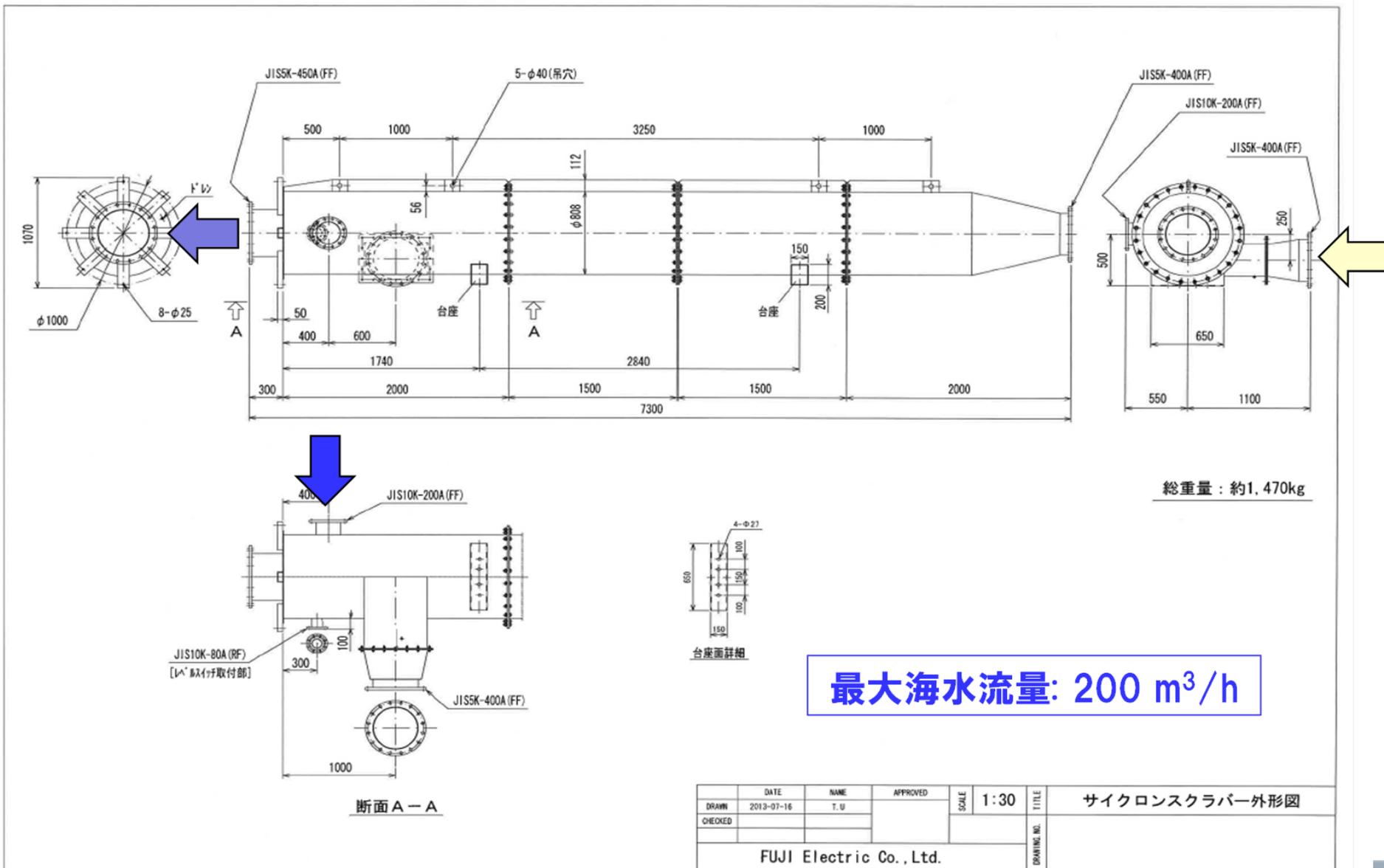
- IMO Number : 9675585
- Name : MORNING CHERRY
- Type : VEHICLES CARRIER
- Build : 2013
- Flag : Panama
- Class : NK





- 製造者：ダイハツディーゼル株式会社
- エンジン型式：6DE-23
- エンジン番号：DE623Z0052
- 定格出力：1180kW、720min⁻¹
- サイクル：4サイクル





DATE	2013-07-16	NAME	T.U	APPROVED	SCALE	1:30	TITLE	サイクロンスクラバー外形図
DRAWN		CHECKED					DRAWING NO.	
FUJI Electric Co., Ltd.								

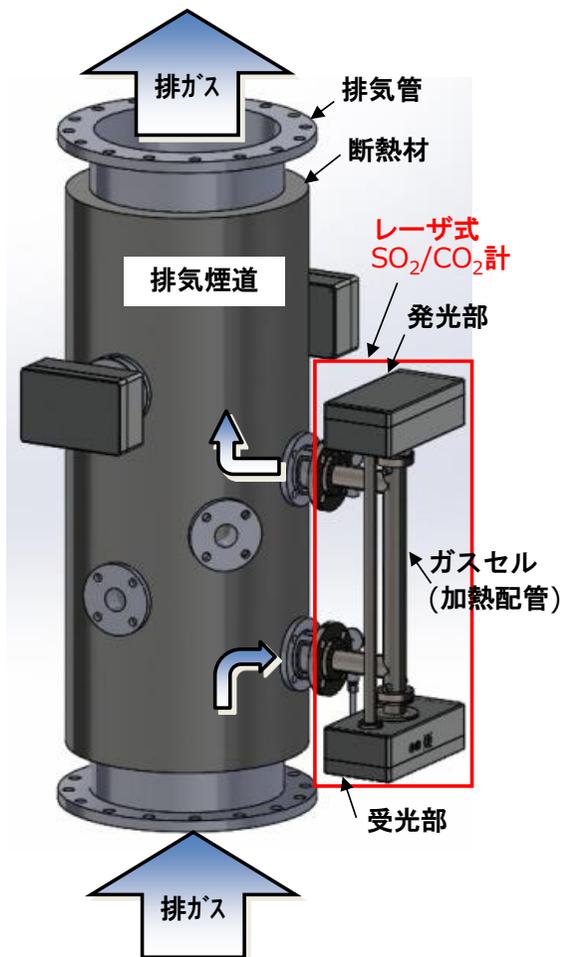


計測成分	製造者	型式	計測原理	乾/湿	レンジ	計測位置
SO ₂	富士電機	ZSU-5	NDIR(採取式)	乾	0-300ppm	出口
SO ₂	富士電機	ZSSp	NDIR(レーザ式)	湿	0-300ppm	出口
CO ₂	富士電機	ZSU-5	NDIR(採取式)	乾	0-10vol%	出口
CO ₂	富士電機	ZSSp	NDIR(レーザ式)	湿	0-10vol%	出口

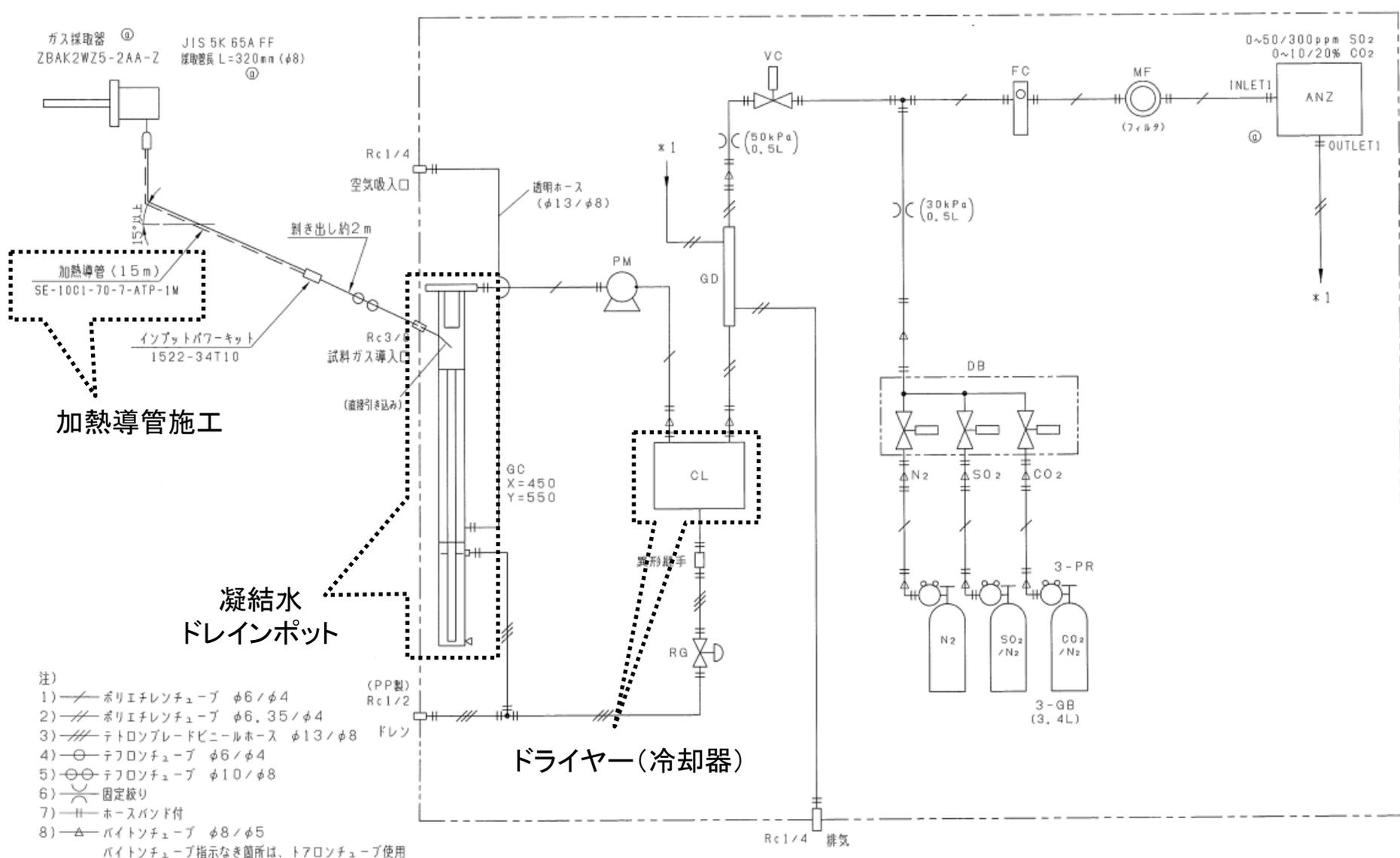
項目	成分	組成	濃度 (規定値/真値)	備考
スパンガス	SO ₂	SO ₂ +精製N ₂	① 50ppm / 49.03ppm	2級標準ガス
			② 100ppm / 99.59ppm	
			③ 150ppm / 149.5ppm	
			④ 200ppm / 198.7ppm	
			⑤ 250ppm / 249.6ppm	
			⑥ 285ppm / 284.6ppm	
	CO ₂	CO ₂ +精製N ₂	⑦ 1.7% / 1.711%	2級標準ガス
			⑧ 3.3% / 3.347%	
			⑨ 5.0% / 5.064%	
			⑩ 6.7% / 6.765%	
			⑪ 8.3% / 8.363%	
			⑫ 9.5% / 9.540 %	
ゼロガス	N ₂	N ₂	⑬ G2グレード	検定付



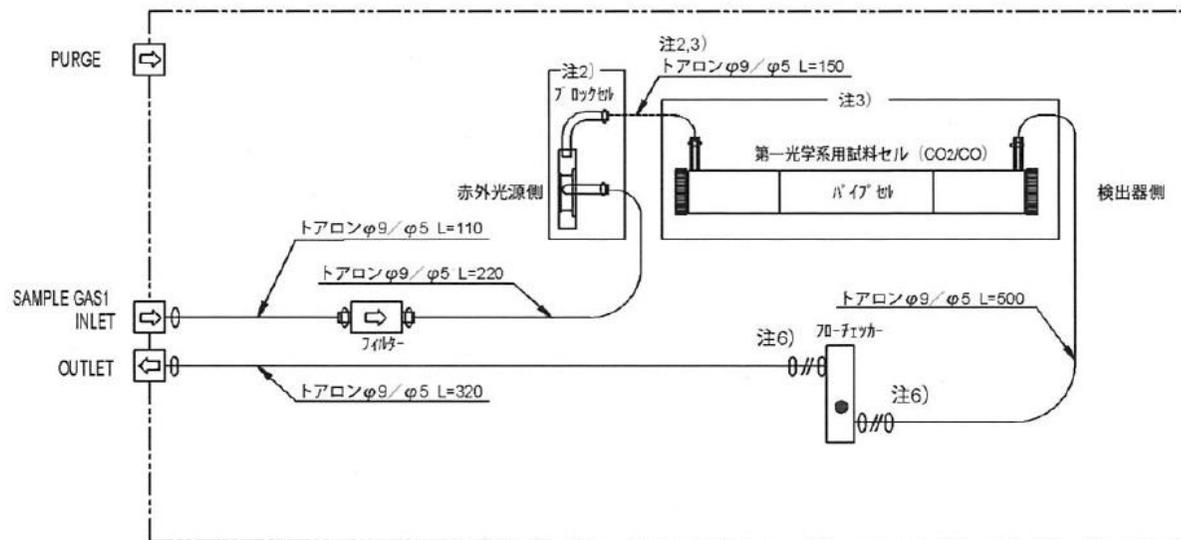
排ガス分析装置 (ZSU-5)



レーザ式ガス分析計 開発品 (ZSSp)



1. サンプルフロー (一系統用)



2. 使用配管材料

名称	配管径	図番・資材コード	使用数	記号
トアロン	φ9/φ5	TK727528P1	1300mm	
ホースバンド	φ8	TK712007P1	10個又は12個	0
フィルター	φ6/φ4	TK7L8925P1	1個	
テフロン	φ6/φ4	415538P4	30mm×2本	—#—

3. 注意事項

- 注1) 気密を要す。気密仕様は製品規格による。
- 注2) 第一光学系ブロックセルの有無はレンジ仕様による。
(ブロックセル無き場合、『トアロンL=150』配管不要。)
- 注3) 第一光学系パイプセルの有無はレンジ仕様による。
(パイプセル無き場合、『トアロンL=150』配管不要。)
- 注4) ガス口が3ヶの場合、TK7M3891 (ガス口追加加工) を使用すること。
- 注5) 配管寸法公差±10
- 注6) 流量計の出入口はテフロン管を中継管として使用する。

本試験では2系統
(SO₂, CO₂測定)

No	項目	測定箇所	使用計測器	測定レンジ
1	pH	給水側 ／インライン	HBM-160 TOADKK製 JIS Z 8802/JIS Z 8805	0～14.00
2	pH	排水測定槽 ／インライン	HBM-160 TOADKK製 JIS Z 8802/JIS Z 8805	0～14.00
3	pH	船外弁から4m ／手分析	ポータブルpH計 JIS形式 I (JIS Z 8802準拠)	0～14.00
4	濁度	排水測定槽 ／インライン	SOLITAX HACH製 DIN EN 27027準拠	0～100 FNU
5	PAH	排水測定槽 ／インライン	FP 360 sc HACH製 Fluorescence	0～100 ppb
6	アルカリ度	排水測定槽 ／サンプリング・手分析	ドロップテスト 共立製 JIS K0101 13.1	5～500mg/L
7	その他 (重金属、硝酸塩)	排水測定槽 ／サンプリング・事後分析		

※No.7: サンプル水は保管し、分析業者に測定依頼



使用する燃料油：C重油

採取時期／場所：

①2014年3月31日／エンジン燃料油供給配管

②2014年4月5日／エンジン燃料油供給配管

項目	測定値(①)	測定値(②)
C (wt%)	86.9	85.0
H (wt%)	12.4	11.1
S (wt%)	0.38	2.73
N (wt%)	<0.3	0.6
O (wt%)	0.27	0.57
水分 (v/v%)	<0.1	<0.1
灰分 (wt%)	<0.001	0.022
密度 (g/cm ³ 15°C)	0.8600	0.9574
総発熱量 [HHV] (J/g)	44360	42780
真発熱量 [LHV] (J/g)	41560	40270

試験要領

下図の通り、エンジン負荷率を30%、80%、成行き(40-50%)、海水スクラバの洗浄水の流量を100%、50%に変動させ、必要な項目を測定する。

- ・ A重油を使用
- ・ 負荷を変化させた時は、安定した後(ガス、水が十分入れ替わった後)にデータ取得を行う。

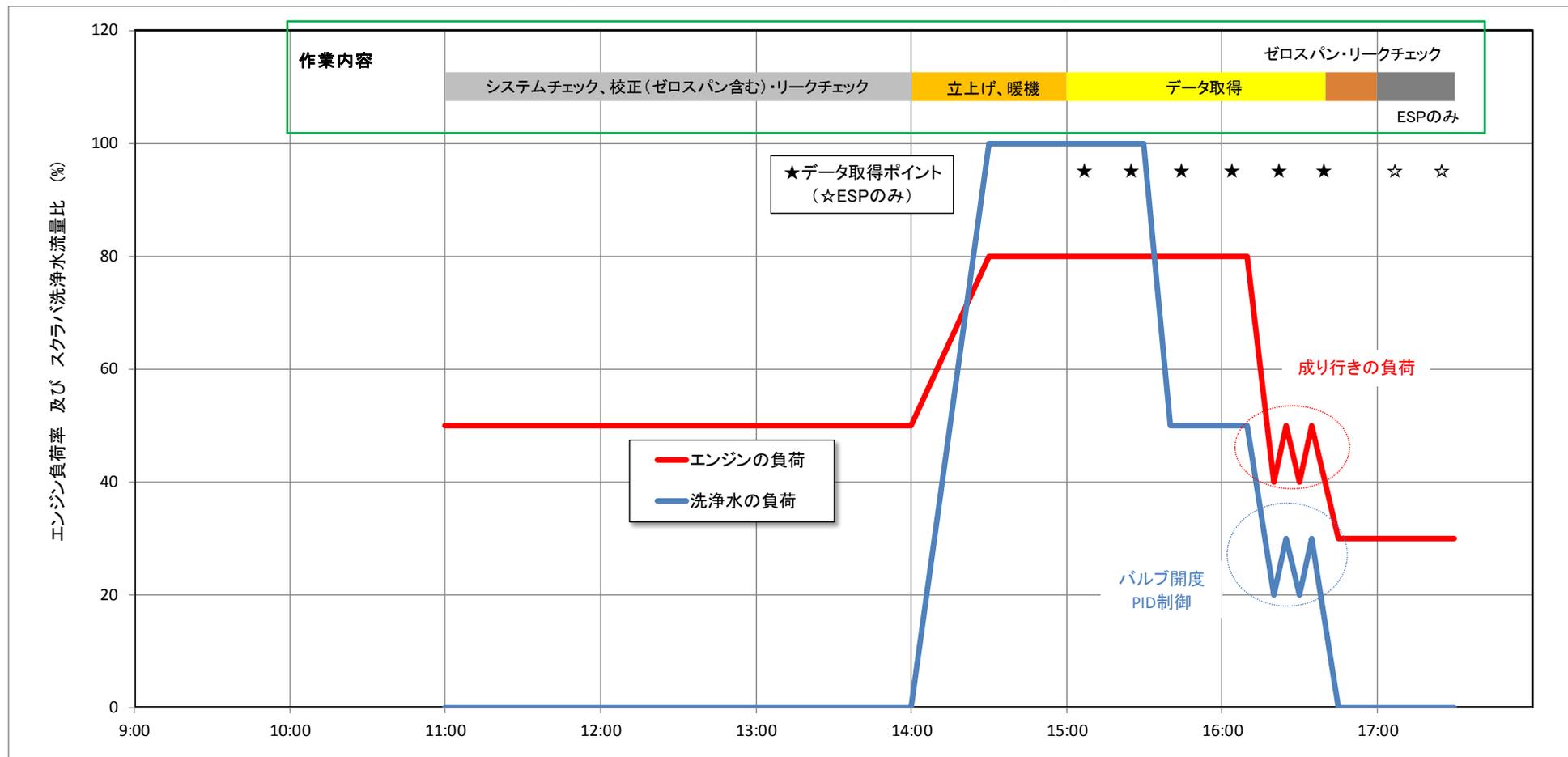
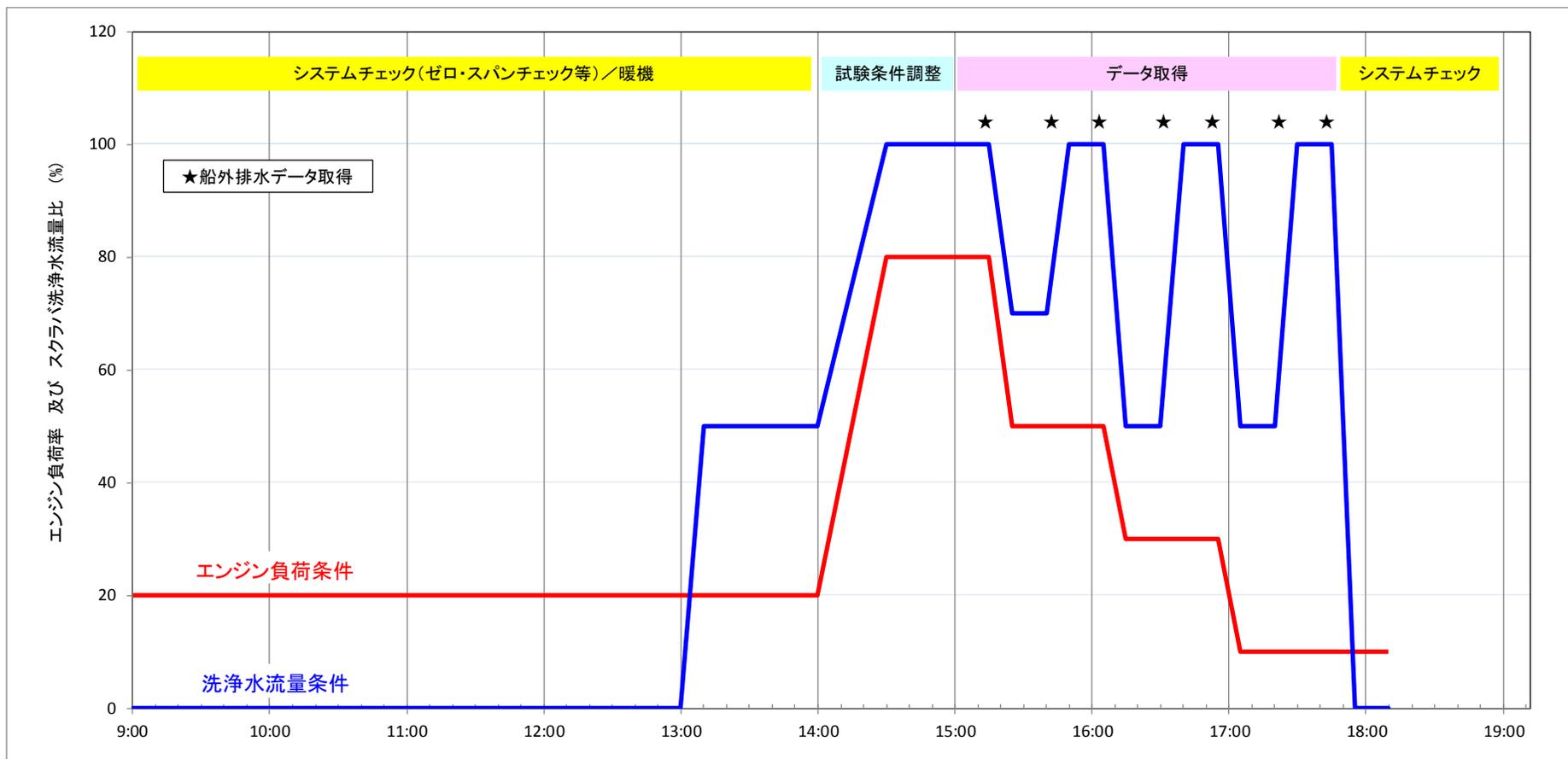


図:係留運転試験スケジュール(2014年3月31日)

試験要領

下図の通り、エンジン負荷を10%~80%の範囲で4点設定する。海水スクラバ洗浄水の流量は、基本的にエンジン負荷連動制御とする。

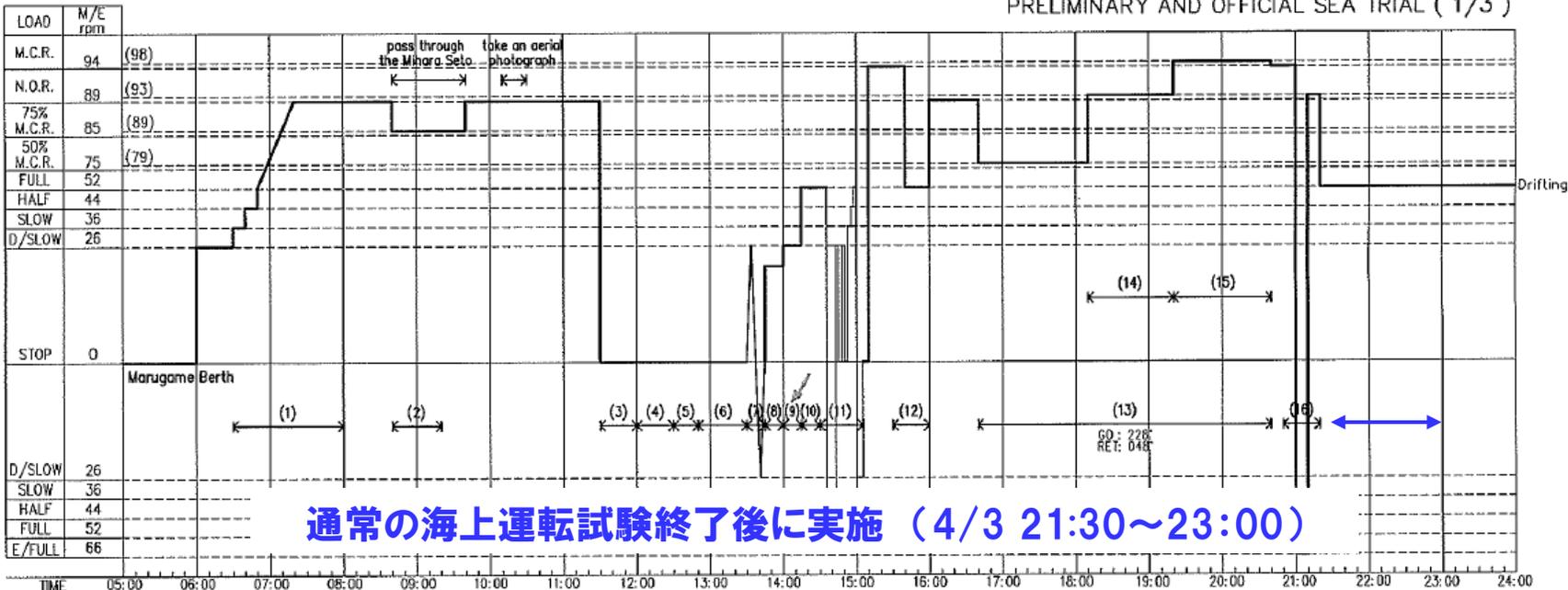
- ・ C重油を使用
- ・ 試験条件を変化させた時は、10分後からデータ取得を行う。測定時間は1条件15分間とし、船外排水 pH測定は次の試験条件に移行する直前に行う。



図：係留運転試験スケジュール (2014年5月14日)

SHIP NO. S-1619 "MORNING CHERRY"

PRELIMINARY AND OFFICIAL SEA TRIAL (1/3)



通常の海上運転試験終了後に実施 (4/3 21:30~23:00)

M/E Control Place	W/H	C/R	W/H
Generator in Use	No.1 & No.2 D/G		
Steering Pump in Use	No.1 & No.2 Pump		
Fuel Oil in Use	"A" Oil	"C" Oil	

Date : April 3,
Place : Marugame
Stand by : 05:30
Departure : 06:00
Sunrise : 05:50
Sunset : 18:32

◆ 試験条件	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Run6
エンジン負荷 (%)	80	80	80	83	51	58
海水流量 (m ³ /h)	177	144	123	93	144	118

設計性能確認

設計限界確認

標準運転確認

試験要領

- ・ エンジン負荷は成行きで行う。(平均30%) 海水流量 : 平均110 m³/h (負荷連動制御)
- ・ C重油を使用。主管庁指導により、ECA外で運用。
- ・ 試験条件は変化させずに、連続運転データを取得する。
- ・ 2016年6月21日 7:04 ~ 11:04 (4hour)



ガス温度・圧力・流量・CO₂、SO₂濃度計測結果

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件					
				Run1		Run2		Run3	
1	T-110	排ガス浄化装置入口 ガス温度	0-500(°C)	234	251	262	266	277	281
3	T-130	排ガス浄化装置出口ガス温度	-40-100(°C)	35.4	25.2	27.5	28.4	21.7	20.1
6	P-110	排ガス浄化装置入口 ガス圧力	0-2 (kPa)						
7	P-120	排ガス浄化装置入口 ガス圧力	0-2 (kPa)	1.06	1.08	0.81	0.81	0.46	0.45
8	P-130	排ガス浄化装置出口 ガス圧力	0-2 (kPa)	0.123	0.13	0.097	0.098	0.034	0.034
11	DP-120	SO _x 浄化装置 圧力損失	0-2 (kPa)	0.937	0.95	0.713	0.712	0.426	0.416
12	F-110	排ガス浄化装置入口 ガス流量	(Nm ³ /h)	7272	7208	7390	7611	6249	4607
14	CO2-110	排ガス浄化装置入口 CO ₂ 濃度	0-10(%)	5.32					
15	CO2-120	排ガス浄化装置出口 CO ₂ 濃度	0-10(%)	5.00	5.05	5.03	5.03	5.04	4.76
16	CO2-120Z	排ガス浄化装置出口 CO ₂ 濃度A	0-10(%)	2.99	3.34	5.81	5.65	5.13	5.15
17	SO2-110	SO _x 浄化装置入口 SO ₂ 濃度	0-1000(ppm)	46.4					
18	SO2-120	排ガス浄化装置出口 SO ₂ 濃度	0-300(ppm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	SO2-120Z	排ガス浄化装置出口 SO ₂ 濃度A	0-300(ppm)	7	5	8	7	4	6
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	80	80	79	79	50	50
		SO ₂ (ppm)/CO ₂ (vol%)		0	0	0	0	0	0

洗浄水温度・圧力・流量・pH・電気伝導度・PAH・濁度

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件					
				Run1		Run2		Run3	
4	T-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水温度	0-50(°C)	12	12	11	11	11	11
5	T-220	排ガス浄化装置出口 洗浄水温度	0-50(°C)	13	14	16	17	16	15
9	P-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水圧力	0-1(MPa)	0.15	0.15	0.6	0.6	0.53	0.48
13	F-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水流量	0-250(m ³ /h)	207	208	98	98	120	137
24	pH-210	排ガス浄化装置入口 pH	0-14.00	7.2					
25	pH-220	排ガス浄化装置出口 pH	0-14.00	6.32	6.31	6.28	6.27	6.35	6.35
26	pH-230	船外弁から4m地点 pH	0-14.00		8.25 /8.31		8.30 /8.34		8.36 /8.34
27	A-240Z	排ガス浄化装置入口 電気伝導度	0-10(S/m)	4.93					
28	A-240	排ガス浄化装置出口 電気伝導度	0-10(S/m)	4.93	4.91	4.86	4.88	4.91	4.9
29	A-250Z	排ガス浄化装置入口 洗浄水PAH濃度	0-5,000 μg/L	19.1					
30	A-250	排ガス浄化装置出口 洗浄水PAH濃度	0-5,000 μg/L	18.8	19.9	19.5	19.8	21.2	21.6
31	A-260Z	排ガス浄化装置入口 洗浄水濁度	0-4,000(NTU)	159					
32	A-260	排ガス浄化装置出口 洗浄水濁度	0-4,000(NTU)	27.1	47.3	23.9	23.5	33.9	30.6
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	80	80	79	79	50	50

洗浄水硝酸塩濃度・洗浄水添加物やその他の物質

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件					
				Run1		Run2		Run3	
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	80	80	79	79	50	50
38		排ガス浄化装置出口 洗浄水硝酸塩濃度	0-100(mg/L)		<30		<30		<30
39		排ガス浄化装置出口 洗浄水添加物やその他の物質(Cd)			<0.01		<0.01		<0.01
40		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(Ni)			<0.01		<0.01		<0.01
41		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(Pb)			<0.01		<0.01		<0.01
42		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(Zn)			0.1		0.1		0.1
43		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(As)			<0.01		<0.01		<0.01
44		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(Cr)			<0.01		<0.01		<0.01
45		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(V)			<0.1		<0.1		<0.1
46		排ガス浄化装置入口 洗浄水添加物やその他の物質(Cu)			<0.1		<0.1		<0.1

ガス温度・圧力・流量・CO₂、SO₂濃度計測結果

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件			
				Run1	Run2/3	Run4/5	Run6/7
1	T-110	排ガス浄化装置入口 ガス温度	0-500(°C)				305
3	T-130	排ガス浄化装置出口 ガス温度	-40-100(°C)				
6	P-110	排ガス浄化装置入口 ガス圧力	0-2 (kPa)				
7	P-120	排ガス浄化装置入口 ガス圧力	0-2 (kPa)				
8	P-130	排ガス浄化装置出口 ガス圧力	0-2 (kPa)				
11	DP-120	SO _x 浄化装置 圧力損失	0-2 (kPa)				
12	F-110	排ガス浄化装置入口 ガス流量	0-200(Pa)				
14	CO2-110	排ガス浄化装置入口 CO ₂ 濃度	0-10(%)	5.2			
15	CO2-120	排ガス浄化装置出口 CO ₂ 濃度	0-10(%)	5.2	5.1/5.1	4.6/4.6	4.1/4.2
16	CO2-120Z	排ガス浄化装置出口 CO ₂ 濃度A	0-10(%)	6.1	5.9/6.1	5.5/5.5	4.8/4.9
17	SO2-110	SO _x 浄化装置入口 SO ₂ 濃度	0-1000(ppm)	582			
18	SO2-120	排ガス浄化装置出口 SO ₂ 濃度	0-300(ppm)	0.0	0.0/5.5	0.0/0.9	0.0/0.0
19	SO2-120Z	排ガス浄化装置出口 SO ₂ 濃度A	0-300(ppm)	15.7	11.5/23.8	8.5/11.0	5.3/5.8
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	70	50	30	20
		SO ₂ (ppm)/CO ₂ (vol%)		0	0/1.08	0/0.20	0/0

洗浄水温度・圧力・流量・pH・電気伝導度・PAH・濁度

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件			
				Run1	Run2/3	Run4/5	Run6/7
4	T-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水温度	0-50(°C)				16
5	T-220	排ガス浄化装置出口 洗浄水温度	0-50(°C)				21
9	P-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水圧力	0-1(MPa)				
13	F-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水流量	0-250(m ³ /h)	175	175/121	175/124	175/117
24	pH-210	排ガス浄化装置入口 pH	0-14.00	9.0	8.9	8.9	8.9
25	pH-220	排ガス浄化装置出口 pH	0-14.00	6.6	6.6/6.5	6.6/6.6	6.7/6.7
26	pH-230	船外弁から4m地点 pH	0-14.00	別紙(35頁)参照			
27	A-240Z	排ガス浄化装置入口 電気伝導度	0-10(S/m)				
28	A-240	排ガス浄化装置出口 電気伝導度	0-10(S/m)				
29	A-250Z	排ガス浄化装置入口 洗浄水PAH濃度	0-100 μg/L	0.45			
30	A-250	排ガス浄化装置出口 洗浄水PAH濃度	0-100 μg/L	0.8	0.9/1.1	1.2/1.4	1.2/1.2
31	A-260Z	排ガス浄化装置入口 洗浄水濁度	0-100(FNU)	16			
32	A-260	排ガス浄化装置出口 洗浄水濁度	0-100(FNU)	19	18/17	18/21	18/18
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	70	50	30	20

ガス温度・圧力・流量・CO₂、SO₂濃度計測結果

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件						
				Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Run6	Run7
1	T-110	排ガス浄化装置入口 ガス温度	0-500(°C)	297	298	297	298	308	305	253
3	T-130	排ガス浄化装置出口 ガス温度	-40-100(°C)	19.1	19.2	18.8	19.5	24.4	19.9	6.7
6	P-110	排ガス浄化装置入口 ガス圧力	0-2 (kPa)							
7	P-120	排ガス浄化装置入口 ガス圧力	0-2 (kPa)	0.86	0.78	0.8	0.8	0.4	0.4	0.13
8	P-130	排ガス浄化装置出口 ガス圧力	0-2 (kPa)							
11	DP-120	SO _x 浄化装置 圧力損失	0-2 (kPa)							
12	F-110	排ガス浄化装置入口 ガス流量	(Nm ³ /h)							
14	CO2-110	排ガス浄化装置入口 CO ₂ 濃度	0-10(%)	5.1						
15	CO2-120	排ガス浄化装置出口 CO ₂ 濃度	0-10(%)	5.2	5.2	5.3	5.3	5.0	5.1	4.8
16	CO2-120Z	排ガス浄化装置出口 CO ₂ 濃度A	0-10(%)							
17	SO2-110	SO _x 浄化装置入口 SO ₂ 濃度	0-1000(ppm)	550						
18	SO2-120	排ガス浄化装置出口 SO ₂ 濃度	0-300(ppm)	1	3	13	51	1	11	11
19	SO2-120Z	排ガス浄化装置出口 SO ₂ 濃度A	0-300(ppm)							
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	80	80	80	83	51	58	35
		SO ₂ (ppm)/CO ₂ (vol%)		0.19	0.58	2.45	9.62	0.20	2.16	2.29

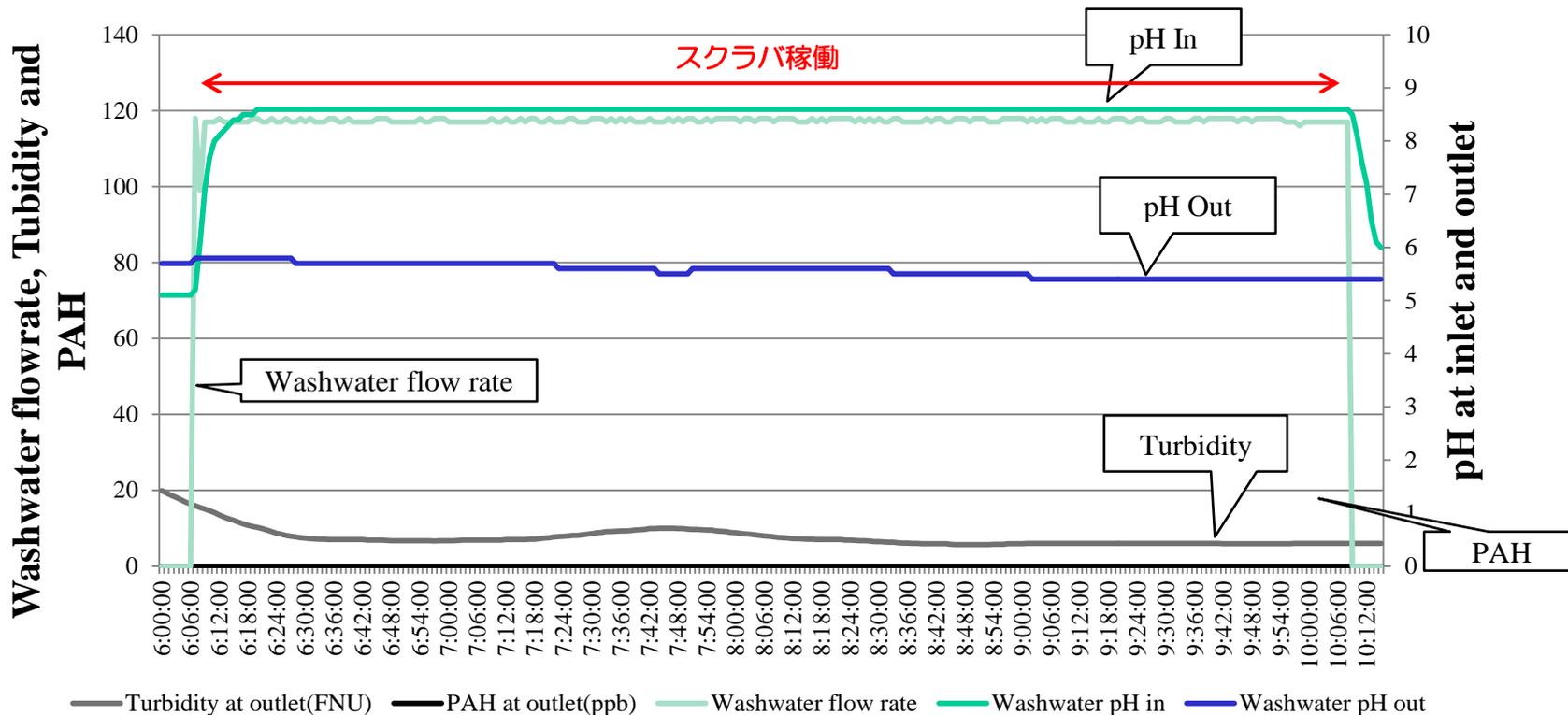
洗浄水温度・圧力・流量・pH・電気伝導度・PAH・濁度

No.	計測 TAG No.	項目	測定範囲	試験条件						
				Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Run6	Run7
4	T-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水温度	0-50(°C)	12	12	12	12	12	12	12
5	T-220	排ガス浄化装置出口 洗浄水温度	0-50(°C)	16	17	18	19	16	17	14
9	P-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水圧力	0-1(MPa)	0.12	0.09	0.07	0.05	0.08	0.07	0.06
13	F-210	排ガス浄化装置入口 洗浄水流量	0-250(m ³ /h)	177	144	123	93	144	118	88
24	pH-210	排ガス浄化装置入口 pH	0-14.00	8.3	8.3	8.1	8.3	8.2	8.2	8.1
25	pH-220	排ガス浄化装置出口 pH	0-14.00	5.9	5.7	5.5	5.4	5.9	5.9	6.2
26	pH-230	船外弁から4m地点 pH	0-14.00							
27	A-240Z	排ガス浄化装置入口 電気伝導度	0-10(S/m)							
28	A-240	排ガス浄化装置出口 電気伝導度	0-10(S/m)							
29	A-250Z	排ガス浄化装置入口 洗浄水PAH濃度	0-5,000 μg/L							
30	A-250	排ガス浄化装置出口 洗浄水PAH濃度	0-5,000 μg/L							
31	A-260Z	排ガス浄化装置入口 洗浄水濁度	0-4,000(NTU)							
32	A-260	排ガス浄化装置出口 洗浄水濁度	0-4,000(NTU)							
35	PW-110	エンジン負荷	0-100(%)	80	80	80	83	51	58	35

➤ 流量・pH・PAH・濁度の計測結果

Engine road : 30%

6/21 EGCS 運転時水質データ(エンジン稼働状態)



Run : 2016/6/21 7:04 ~ 11:04 (4hour)

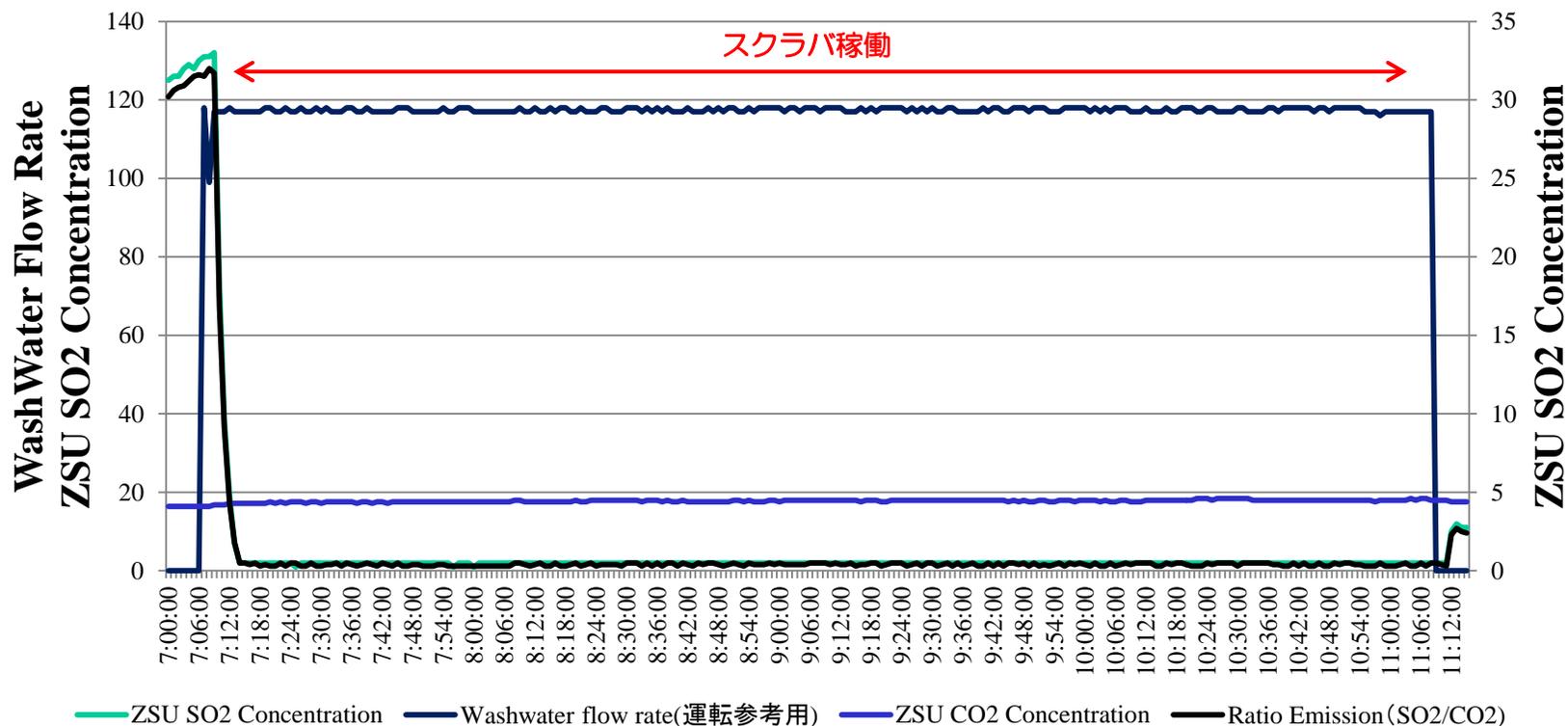
pH in : 6.1 ~ 8.6 pH out: 5.4 ~ 5.6 (< 3.0 :NG)

Turbidity: 6 ~ 15.5 (> 25 :NG) PAH: 0 ~ 1 (> 10 :NG)

➤ 流量、SO₂、CO₂濃度の計測結果

Engine road : 30%

6/21 EGCS運転時排ガスデータ(エンジン稼働状態)



Run : 2016/6/21 7:04 ~ 11:04 (4hour)

Ratio Emission(SO₂/CO₂) : 0.3 ~ 0.5 (>4.3 :NG)

SO₂: 2 ~ 7 CO₂: 0.3 ~ 0.5

- Open Loop EGCSの実船搭載試験を実施
 - (1) SO_xスクラバの設計値範囲内で、EGCSガイドラインに準拠する排ガス浄化性能および排水基準（性能仕様）を達成
 - (2) EGCSガイドライン準拠に要するシステム仕様を明確化
 - (3) 就航後、性能仕様を満足する連続運転データを取得

6. 総括

■ 開発した3つの機器(電気集塵機、SO_xスクラバ、レーザ式SO₂/CO₂計)を用いて、発電機用(4ストローク)EGCSを構成し、陸上試験および船上試験を実施し、以下の成果を得た。

- (1) 電気集塵機によるSO_xスクラバ洗浄水の水質汚濁低減効果を確認
- (2) サイクロン式SO_xスクラバで脱硫率98%以上を確認
- (3) EGCSガイドラインに準拠する性能仕様を達成

(5) 就航後試験 船上保管図書及びび試験許可書

No.KB15MM2266 17 September 2015

Onboard Wastewater Monitoring Manual

EGC Scrubber
Onboard Test Technical Manual

IMO No.	9675585
Ship Name	MORNING CHERRY
Ship Type	VEHICLES CARRIER
Build	2014
Flag	Panama



Fuji Electric Co., Ltd.

ClassNK	Fuji Electric
---------	---------------

DATE	NAME	APPROVED	Fuji Electric Co., Ltd.
DRAWN 2015-08-19	Inui		
CHECKED 2015-08-19	Aoki	Sawada	



DATE	N
DRAWN 2015-08-19	li
CHECKED 2015-08-19	A

(NK) Examined

(NK) Examined for issuance of "Statement of Fact (No: KB15MM2266)"



NIPPON KAIJI KYOKAI

STATEMENT OF FACT

No. KB15MM2266

Ship name: MORNING CHERRY
 Ship type: VEHICLES CARRIER
 IMO number: 9675585
 Flag: Panama
 Ship builder: IMABARI SHIPBUILDING CO., LTD.
 Hull number: 1619

At the request of FUJI ELECTRIC CO., LTD., upon reviewing the following documents relevant to the wastewater of the SOx scrubber system FKTS1-001U-A, serial No. G98887-01, installed on the above vessel:

- EGC Scrubber Onboard Test Technical Manual (DWG.NO. E98887A0-002)
- Onboard Wastewater Monitoring Manual (DWG.NO. E98887A0-003)

It was confirmed:

1. That the above documents contain all the relevant descriptions applicable to the wastewater in accordance with Resolution MEPC.184(59) "2009 Guidelines for exhaust gas cleaning systems", except the items of wastewater nitrates criteria;
2. That the specifications of the data recording and processing device described in the above documents comply with the applicable requirements of the Guidelines; and
3. That, according to the design specifications of the SOx scrubber system described in the above documents, only the wastewater compliant with discharge criteria of the Guidelines is discharged.

Date of Issue: 17 September 2015
 Place of Issue: Tokyo, Japan


 Y. Shibata
 General Manager of Machinery Department
 NIPPON KAIJI KYOKAI

Report is issued subject to the condition that it is understood and agreed that neither the Society nor any of its Committees is under any circumstances whatever to be held responsible for any inaccuracy in any report or certificate issued by this Society or its Surveyors or in any entry in the Record or other publication of the Society or for any error of judgment, default or negligence of its Officers, Surveyors or Agents.



PANAMA MARITIME AUTHORITY

Technical Office – Segumar Tokyo
 No. 38 Kowa Bldg. - Rm 805 4-12-24, Nishi-Azabu,
 Minato-ku, Tokyo, Japan 106-0031

Tel: (81) 3-3499-3661
 Fax: (81) 3-3499-3666
 E-mail: segumar@panaconsul-tokyo.com

TO: NIPPON KAIJI KYOKAI (NKK)
 DATE: OCTOBER 14, 2015
 FROM: GENERAL DIRECTORATE OF MERCHANT MARINE, SEGUMAR-TOKYO
 SUBJECT: M/V: MORNING CHERRY IMO: 9675585 CALL SIGN: 3FODS
 DISCHARGE OF WASTEWATER FROM SOx SCRUBBER SYSTEM
 AUTHORIZATION

OUR REF: SGG 10/15/01

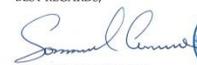
THIS ADMINISTRATION HAS BEEN INFORMED BY MANAGER/OWNER AND CONFIRMED BY NIPPON KAIJI KYOKAI (NKK) THAT SUBJECT VESSEL INSTALL ON BOARD A SOx SCRUBBER SYSTEM (EGCS) COMPLIES WITH THE WASHWATER REQUIREMENTS OF RESOLUTION MEPC.184(59), "2009 GUIDELINES FOR EXHAUST GAS CLEANING SYSTEMS" EXCEPT WITH THE MONITORING OF INLET WATER FOR PAH AND TURBIDITY AND INSTEAD WILL USED THE VALUE OF "0" AS INTEL VALUE.

BASED ON ABOVE MENTIONED FACT WE HAVE NOT OBJECT TO AUTHORIZED THE SUBJECT VESSEL TO DISCHARGE WASHWATER OVER BOARD AFTER VERIFY, THROUGH CONSTANTS MONITORING, THAT DISCHARGING WATER COMPLY WITH THE REQUIREMENT OF RESOLUTION MEPC.184(59).

THE EQUIPMENT WILL BE OPERATE OUTSIDE OF ECA ZONE AND THE FUEL USED ALWAYS WILL COMPLY WITH MARPOL REQUIREMENT.

PLEASE PROCEED ACCORDINGLY AND NOTIFY ALL CONCERNED PARTIES.

BEST REGARDS,


 ENG. SAMUEL GUEVARA
 SENIOR TECHNICAL OFFICER
 PANAMA MARITIME AUTHORITY
 SEGUMAR - TOKYO

本事業の成果を基に、下記の試験を経てEGCSを製品化予定である。

1. 主機関用(2ストローク)EGCSの陸上試験
2. 主機関用EGCSの実船搭載試験

なお、本事業実施中に、EGCSガイドラインの改正について以下の動きがあった。

- ①湿り状態におけるCO₂の計測方法の導入
- ②排ガス洗浄装置からの排水の海水中における酸性度要件適合を検証するための計算方法の導入

※国土交通省PPR2審議結果について

排水要件については、継続して技術的検証が行われており、その結果によっては、今後もガイドラインが見直される可能性がある。ガイドライン改正の動向について注視する必要がある。