

「PCTCに於けるSOx対策用 排ガス全量スクラバーの採算性の検討」

日本郵船株式会社、株式会社MTI、
三菱重工業株式会社、三菱化工機株式会社
Mar. 26, 2012

内容

1. はじめに
2. 脱硫装置種類 調査・比較
3. 基本設計条件
4. 排ガススクラバー本体・後処理装置基本設計
5. 本船配置検討・付帯設備検討
6. 採算検討、総合評価
7. まとめと今後の課題

1. はじめに

1.1) 背景

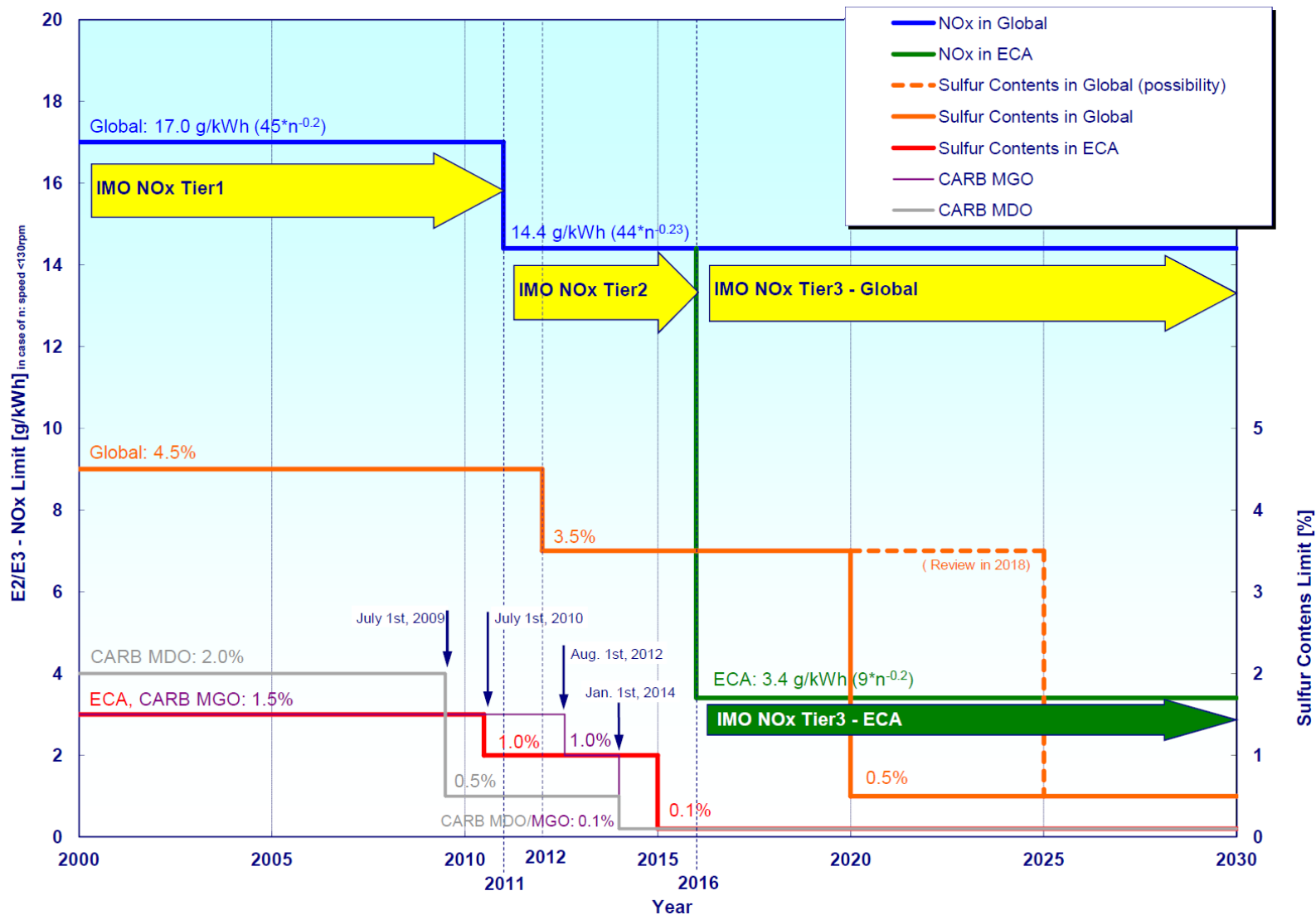
- A) 船舶から排出されるSO_xは、1997年採択され、2005年5月に発効されたMARPOL 73/78 Annex VIのReg.14で規制されている。
- B) 内容は使用する燃料油中の硫黄分を制限している物で、一般海域では4.5%S、特別海域ECA (Emission Control Area)では1.5%Sの燃料油を使用するか、6.0g/kWh 以下にSO_x排出量を削減できる主管庁が承認する排ガス浄化装置の義務化。
- C) さらに、2008年10月のIMO MEPC58において燃料中のS分は、添付に示す通り段階的に低減され、2020年には一般海域で0.5%S、ECAでは0.1%Sの燃料油の使用が義務付けられ、排ガス浄化に関する要件・承認手続きを記載した決議MEPC184(59)が2009年7月に採択された。
- D) 一方、2020年(もしくは2025年)に掛かる低S分の船用燃料油の供給可否が疑問視されており、供給可能としてもそれら燃料油の価格がUnkownであるため、船主に対し膨大な燃料費の増加が強いられることが予測される。また、従来北海・バルト海に限定されていたECA海域も2010年のMEPC(60)で米国・カナダの沿岸200海里も対象となりSO_x排出規制は益々厳しい状況にある。(EU portでは先行して0.1%S燃料油の使用が義務付けられている)
- E) 掛かる状況の中で、燃料油中のS分濃度によらない排ガス浄化装置の開発が急務であり、需要は出てくるものと予測される。

1.2) 目的

- A) 排ガススクラバーの技術は、タンカーの補助ボイラからの排ガスを洗浄しイナートガスを得るIGS装置で確立されているが、装置のコンパクト化、スクラバー洗浄水の中和、油分・固形物の除去技術等を加味し、PCTCへの搭載を前提とした試設計を確立する。
- B) 採算性をより明確に示すために燃料代のメリットだけでなく追設機器による自動車搭載台数の減、重量・重心変化による積付け台数の変化、スクラバー洗浄水の中和費用、補機による電力消費量などを検討の対象とし、新造時と改造時の初期投資費用も検討する。

1. はじめに

1. 3) SO_x、NO_x規制



1. 3) ECA (Emission Control Area) 排出規制海域



USA & Canada coastline
(Designated on 1st Aug. 2011)
&
US Caribbean
(Designated on 1st Jan. 2013)

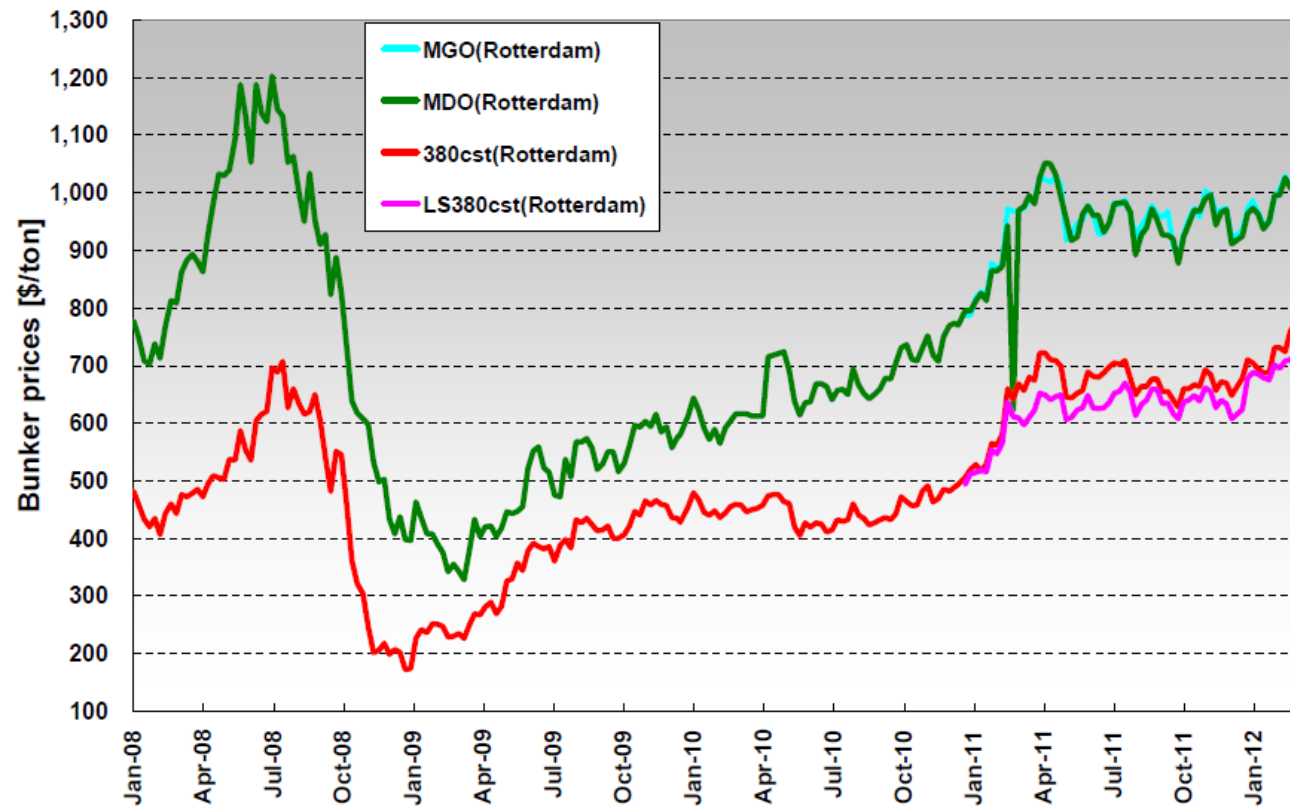


バルト海, 北海



1. はじめに

1. 4) 燃料油価格動向



Source: Clarkson Shipping Intelligence Weekly

2. 脱硫装置種類 調査・比較

2.1) 各種脱硫装置の調査・比較

脱硫プロセス				船用エンジン排ガス処理への適用性	
方式	プロセス	吸収剤	副生物	メリット	デメリット
湿式	石灰スラリー吸収法	石灰石(炭酸カルシウム)、消石灰(水酸化カルシウム)	石膏(硫酸カルシウム) 亜硫酸カルシウム 主体のスラッジ	・石灰石が安価 ・副生物の石膏は回収可能	・付帯設備複雑で、運転管理が難しい ・石膏粉末を回収要
	水酸化マグネシウムスラリー吸収法	水酸化マグネシウム	硫酸マグネシウム	・硫酸マグネシウムは、海域に放流可能(海域規制によっては回収要) ・水酸化マグネシウムは比較的安価 ・弱アルカリで、毒性・腐食性はほとんどないので、取り扱いが容易で、危険性がない。	・水酸化マグネシウムは、粉体で供給し、スラリー状で反応させる必要がある。 ・副生物はCODを増大させるので、空気酸化処理が必要
	アルカリ溶液吸収法	水酸化ナトリウム	硫酸ナトリウム	・プロセスがシンプルでメンテナンスが容易 ・脱硫率がもっとも高い ・硫酸ナトリウムは、海域に放流可能(海域規制によっては回収要) ・清水/海水の切り替えが容易	・副生物はCODを増大させるので、空気酸化処理が必要 ・水酸化ナトリウムは、劇物であり、取り扱いに注意が必要 ・吸収剤NaOHは比較的高価 ・48%NaOH水溶液の氷点は10℃で保管に注意 ・材料のアルカリ腐食の検討が必要
乾式	流動床型	消石灰(水酸化カルシウム) + NaCl	石膏(硫酸カルシウム) 亜硫酸カルシウム	処理温度が高く設定可能(150℃以上、湿式では、処理後の温度は40℃程度)	・下流のSCR、または、バグフィルタやDPF、集塵機による固体粒子の捕集が必要 ・粉体での供給が必要 ・脱硫率を高くするには、粉体供給量が多くなる。
	流動床型	二酸化マンガン、アンモニア併用	硫酸アンモニウム	・処理温度が高く設定可能(150℃以上、湿式では、処理後の温度は40℃程度) ・マンガン鉱石利用により、安価。	同上

アルカリ溶液吸収法(湿式)を採用：

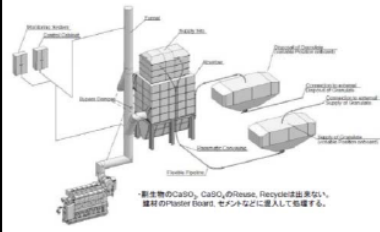
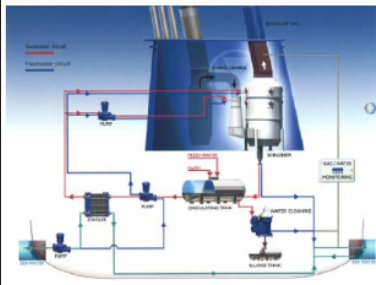
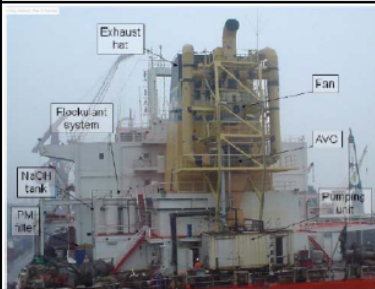
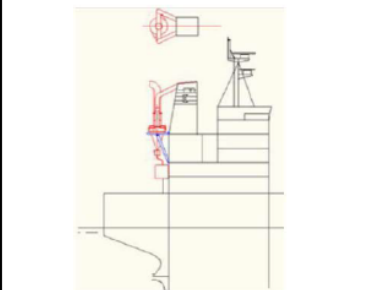
世界でのNaOHの入手性(Mg(OH)₂は、製造場所が限定される)、競合他社が中和剤にNaOHを採用していることから中和剤はNaOHとする。

Dry Scrubber：

Dry Scrubber は240～410℃の反応温度が必要で、低速主機関には向いていない。240℃以下の場合、Granulate (Ca(OH)₂、CaCO₃(固形物質))の消費量が極端に増加するため検討対象より除外する。

2. 脱硫装置種類 調査・比較

2.1) 各社 排ガススクラバーの実績

各社状況	MAN Dry EGCS	Wartsila	Alfa Laval Aalborg	Clean Marine
船名	MV Timbus Cargo Ship	MT Suula Product tanker	DFDS Tor Ficara RoRo	マースク Bulk Carrier
機関	Mak 8M32	Watsila D/G 4L20	MAN 9L60MC-C	—
運転時間	3,840kW x 600rpm	680kW	21,000kW	10MW
改造時期	2009年11月	2009年3月	2010年5月～	
	 Design MS Timbus  ・新造船のCaSO₃、CaSO₄のReuse、Recycle出来ない、 原料のWater Board、セメントなどに混入して処理する。	 湿式スクラバー初契約 トロフィット、2011.12完工	 	 
出典	Sustainable Shipping Conference Annual Conference, Maiami Oct. 21-22, 2010	Public Test Report 20 June, 2010	Catalogue/Presentation	Presentation

2. 脱硫装置種類 調査・比較

① Wartsila 湿式スクラバー初契約の記事 2011.1.19発表

- ・Containerships Ltd Oy 向
- ・M/V “Containership VII” (retrofit)
- ・北海・バルト海を航行するFeeder Container
- ・主機 : 7L64
(カタログ馬力15,050kW)
- ・Fresh water scrubber system
- ・NaOH to neutralized
- ・A small amount of bleed-off, extracted from the scrubbing water
- ・Fulfilling all the quality and monitoring requirements by IMO
- ・Contaminants removed in the bleed-off treatment unit are disposed of at the reception facilities in port
- ・NaOH is stored in the existing HFO Tk with coating and heating facilities (25-35°C)
- ・Scrubbing fresh water is cooled by sea water through heat exchanger
- ・The 40” container, which includes amongst other things the bleed-off treatment units.
- ・Scrubber delivery in August 2011, operation before the end of 2011

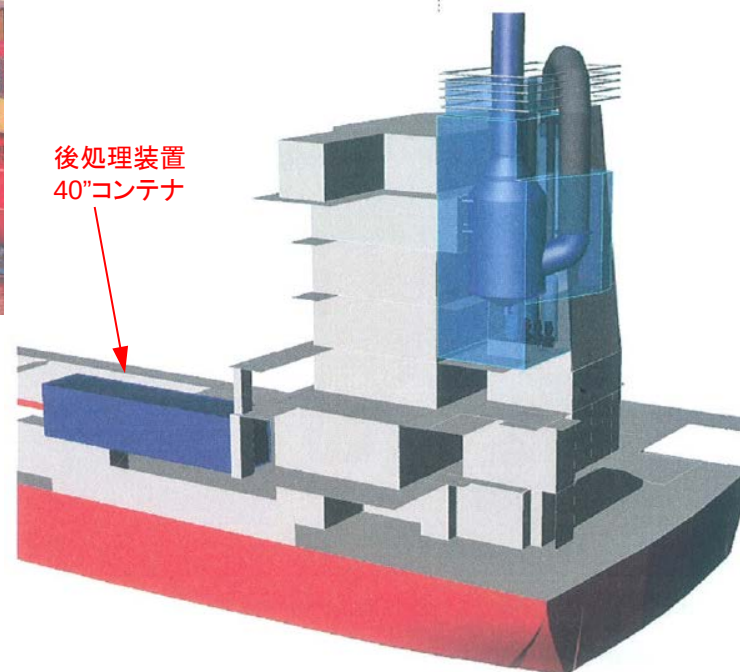


Fig. 2 – The scrubber unit and equipment container onboard Containerships VII.

2. 脱硫装置種類 調査・比較

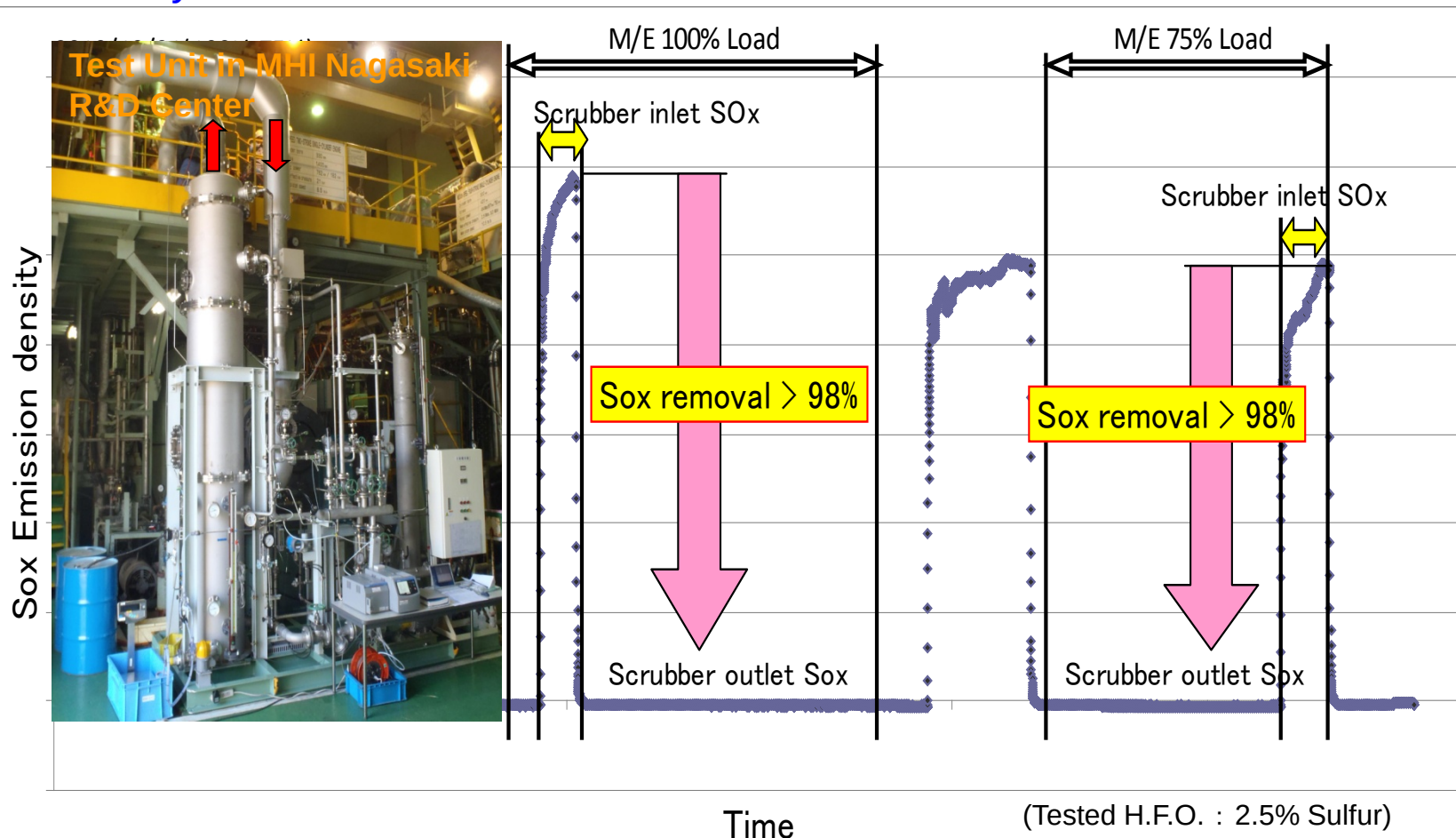
2.2) MHI単筒試験機(2-stroke)での三菱化工機排ガススクラバー試験結果

(MHI単独試験結果 本共同研究とは別の試験結果 単筒試験機 定格出力:500kW)

Exhaust gas cleaning test unit (MKK) by
closed cycle with fresh water

NaOH consumption ;
approx. 30 kg/MWh

Fresh water consumption ;
approx. 300 kg/MWh



3. 基本設計条件

3.1) 一般基本設計条件

1) 一般基本設計条件

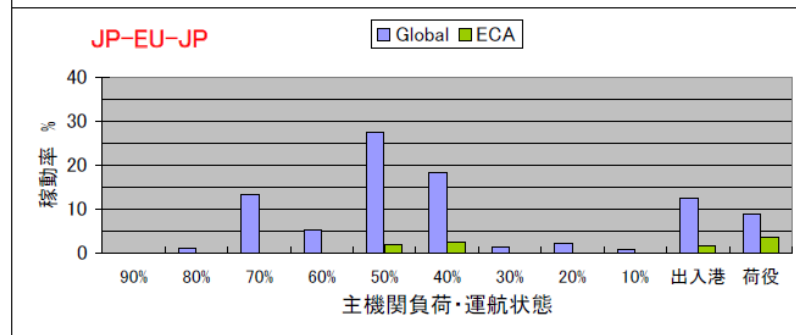
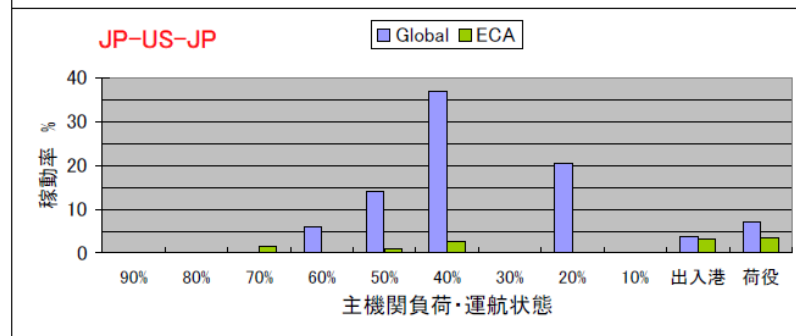
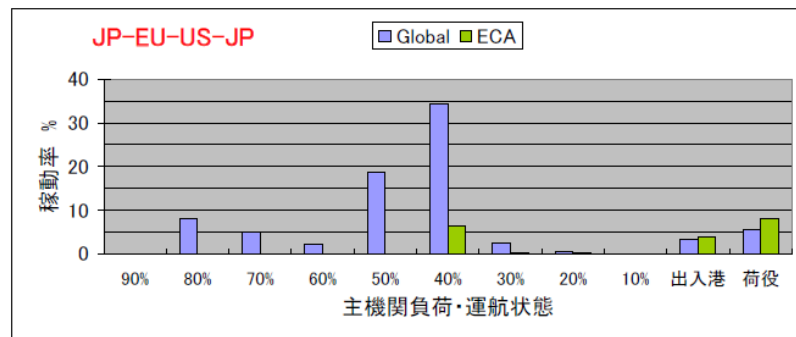
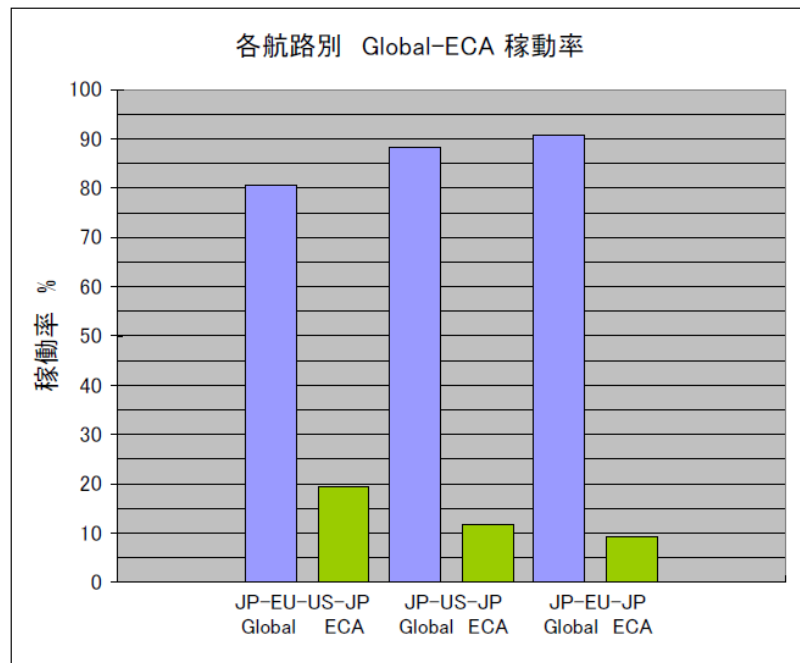
- ・排ガススクラバーの対象は主機関、発電機機関、補助ボイラーの排ガスとする
- ・各排ガスラインにはスクラバー/大気開放の切換ダンパーを装備する。
- ・排ガススクラバーは、実運航での負荷を考慮し、主機負荷85%および発電機2台75%負荷での排ガスを処理する容量とする。
- ・排ガス、排水の排出規定は基本的に、決議MEPC 184(59) “2009 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning System に準拠する
- ・ECA海域での排ガススクラバーは清水循環及びNaOH溶液の中和によるClosed Cycle、Global 海域では海水ワンパス後、船外排出するOpen Cycle とする (Open CycleでもNaOHで中和)
- ・Closed Cycleにおける排出水(Bleed Off)は排水処理した後、ECA海域内ではScrubber FW Hold Tklに貯蔵する^{注1)} (ECA海域外で船外排出)
- ・排ガススクラバー本体は曝露部 最上部に装備し、No.11 DklにScrubber FWの排水処理装置を配置する
- ・PCTCの運航パターンは添付ヒストグラムにより設計する。

注1) : 決議MEPC 184(59)で規定された排出基準値を満足する処理排水がECA海域で排出可能かは未確認。本研究ではECA海域でできた処理排水は船内に一旦貯蔵する事で計画した。

3. 基本設計条件

3.2) PCTC ヒストダイアグラム

本グラフはリーマンショック後、タイ洪水後の運航の一例



3. 基本設計条件

3.3) MEPC 184(59) 排ガススクラバー要件

MEPC 59/24/Add.1

ANNEX 9

RESOLUTION MEPC.184(59)

Adopted on 17 July 2009

2009 GUIDELINES FOR EXHAUST GAS CLEANING SYSTEMS

THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE,

RECALLING Article 38(a) of the Convention on the International Maritime Organization concerning the functions of the Marine Environment Protection Committee conferred upon it by international conventions for the prevention and control of marine pollution,

RECALLING ALSO that MARPOL Annex VI entered into force on 19 May 2005,

RECALLING FURTHER resolution MEPC.170(57) by which the Committee adopted the Guidelines for exhaust gas cleaning system,

NOTING that the revised MARPOL Annex VI was adopted by resolution MEPC.176(58) which is expected to enter into force on 1 July 2010,

NOTING ALSO that regulation 4 of the revised MARPOL Annex VI allows the use of an alternative compliance methods at least as effective in terms of emission reductions as that required by the revised MARPOL Annex VI, including any of the standards set forth in regulation 14, taking into account guidelines developed by the Organization,

3. 基本設計条件

3.3) MEPC 184(59) 排ガススクラバー排水規制値

Resolution MEPC184(59) (2009.7.17)“2009 Guideline for Exhaust Gas Cleaning System”

1) PH >6.5 (Dilution OK)

2) Limit of dissolved oil : PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) < 50 $\mu\text{g/L}$ PAH_{phe}
(phenanthrene equivalence) 循環量45t/MWh時
PAHs < 2250 $\mu\text{g/L}$ PAH_{phe} 循環量 0～1t/MWh時

3) Limit of Turbidity : Turbidity < 25 NTU (Nephelometric Turbidity Units)

4) Nitrates : Nitrate + Nitrite : <60mg/L (循環量45t/MWh時)

3. 基本設計条件

3.3) MEPC 184(59) 排ガススクラバー要件

EGCS 承認のScheme

Document	Scheme A	Scheme B
SECP	X	X
SECC	X	
ETM Scheme A	X	
ETM Scheme B		X
OMM	X	X
EGC Record Book or Electronic Logging System	X	X

ETM-A: EGC System – Technical Manual for Scheme A (装置の型式承認を取る方法、主管庁による承認)

ETM-B: EGC System – Technical Manual for Scheme B (On Boardで都度、承認を取る方法、主管庁による承認)

OMM : Onboard Monitoring Manual

SECP : SOx Emission Compliance Plan

SECC : SOx Emission Compliance Certificate

3. 基本設計条件

3.3) MEPC 184(59) 排ガススクラバー要件

SO_x排出量の規定値

1.3 Compliance should be demonstrated on the basis of the SO₂(ppm)/CO₂(% v/v) ratio values.

Table 1

Fuel oil sulphur limits recorded in regulations 14.1 and 14.4 and corresponding emissions values

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

Note: The use of the Ratio Emissions limits is only applicable when using petroleum based Distillate or Residual Fuel Oils. See Appendix II for application of the ratio method.

3.5%S分の燃料油で0.5%S分(2020年以降のGlobal海域)とするには $21.7/151.7=0.143$ 、**85.7%除去率が必要**

3.5%S分の燃料油で0.1%S分(2015年1月以降のECA海域)とするには $4.3/151.7=0.028$ 、**97.2%除去率が必要**

3. 基本設計条件

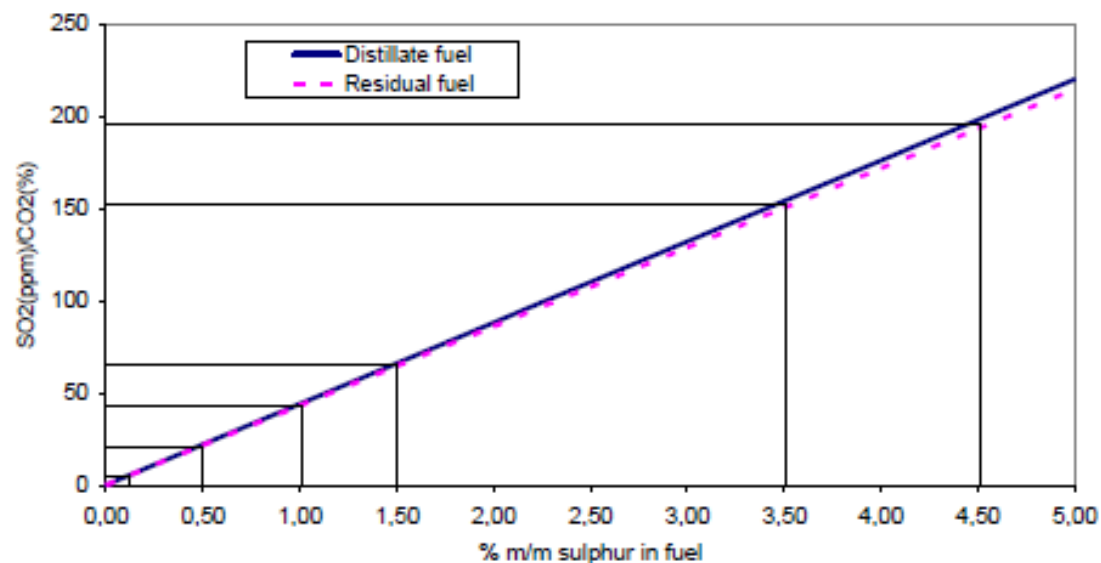
3.3) SO_x排出量の規定値 (IMO MEPC 184(59) Guideline Appendix IIより)

SO_x濃度は機関の空燃比で変化するので、CO₂(%V/V)に対する割合で規定される。

Table 2: Emissions calculations corresponding to 1.5 % fuel sulphur

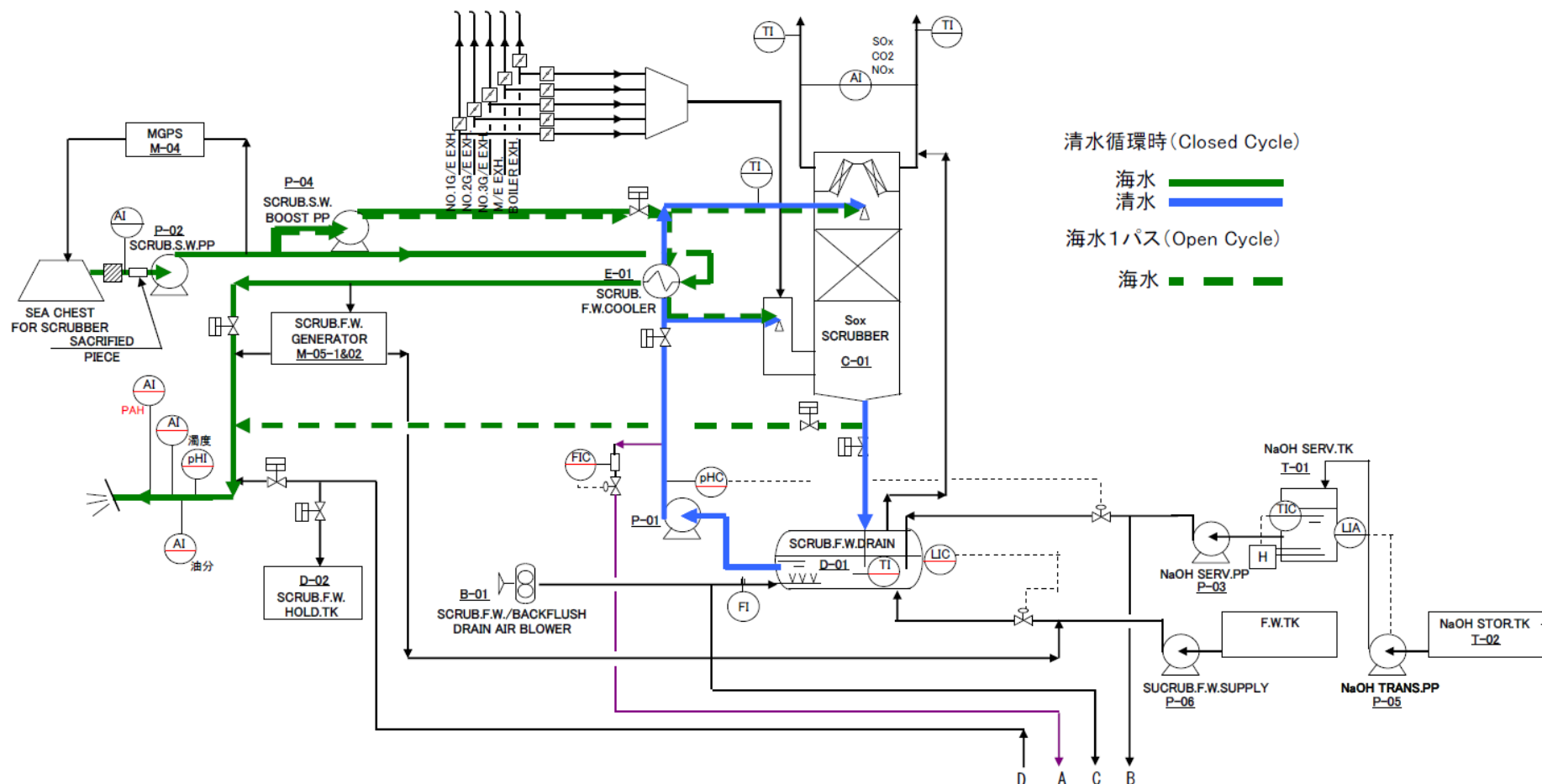
	CO ₂	SO ₂	Exh SO ₂ /CO ₂	Exh S/C
	%	ppm	ppm/%	m/m
Distillate 0.17% S	8	59.1	7.4	0.00197
Residual 2.70% S	8	939.7	117.5	0.03136
Distillate 1.5% S	8	528.5	<u>66.1</u>	<u>0.01764</u>
Residual 1.5% S	8	515.7	<u>64.5</u>	<u>0.01721</u>
Distillate 1.5% S	0.5	33.0	<u>66.1</u>	<u>0.01764</u>
Residual 1.5% S	0.5	32.2	<u>64.5</u>	<u>0.01721</u>

SO₂/CO₂ ratio vs % sulphur in fuel



4. 排ガススクラバー本体・後処理装置基本設計

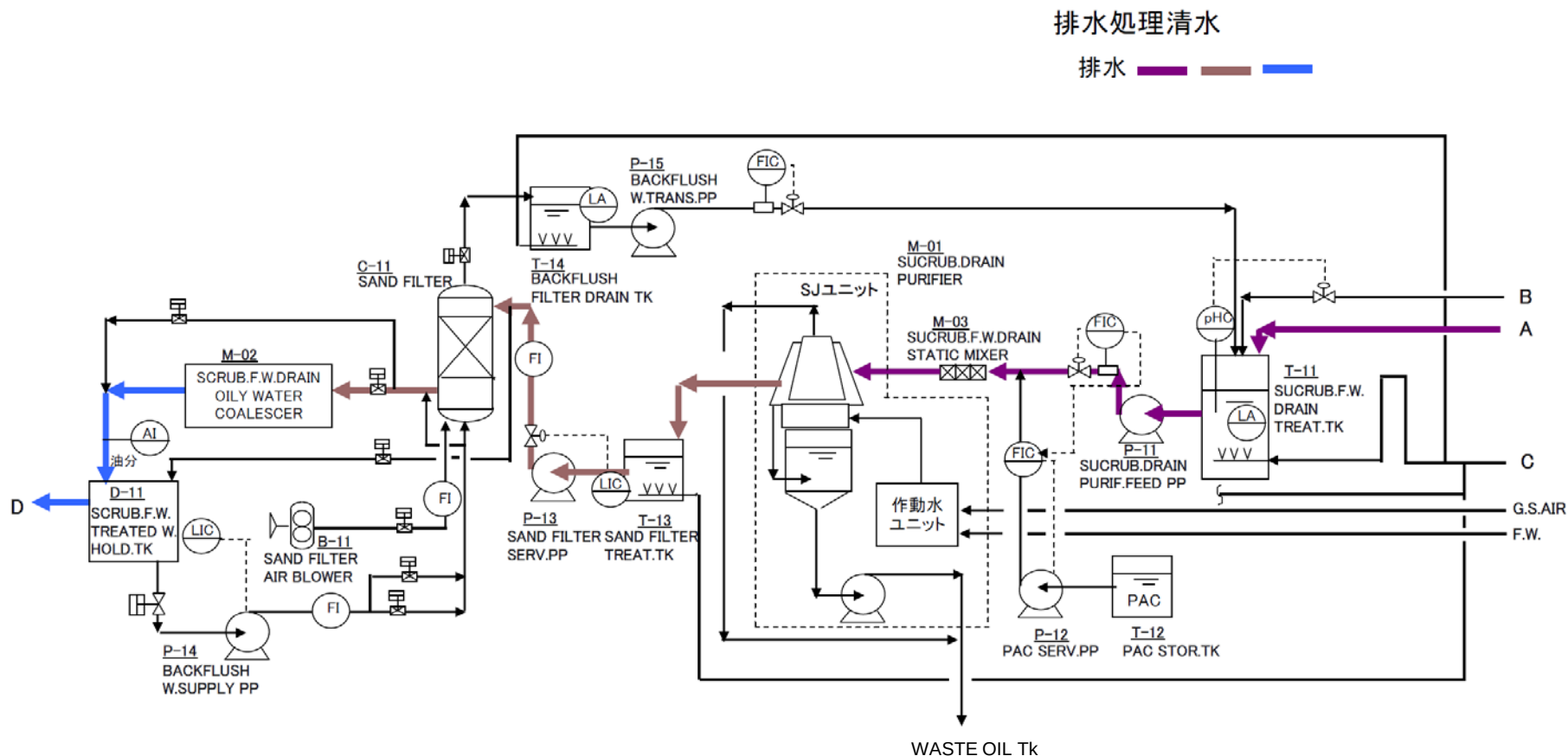
4.1) 三菱化工機 排ガススクラバー本体フローダイヤグラム



IMO要求に準拠した連続監視が可能な排ガス・排水の分析装置の開発と主管庁・船級承認が今後の課題

4. 排ガススクラバー本体・後処理装置基本設計

4.2) 三菱化工機 スクラバー清水後処理フローダイアグラム



MARPOL 73/78 Annex I Reg. 17で規定される油性残留物タンクの容量に上記遠心分離機からの排出量を考慮する必要がある。
現装の油性残留物タンク容量で不足する場合は置タンクの追設が必要。

排水処理装置システムのコンパクト化が今後の課題

4. 排ガススクラバー本体・後処理装置基本設計

4.3) 三菱重工業 長崎研究所 単筒試験機の排水処理試験結果

(MHI単独試験結果 本共同研究とは別の試験結果)

IMO要求値は朱書き部。(PH 6.5 以上のIMO要求値は中和剤で可能)

	単位	長研テスト機での 未処理排水性状 (清水循環時) *6	海水1パス時 (Open Cycle)		清水循環時 (Closed Cycle)	
			IMO Guideline 規制値	船外排出時 排水性状 *7	IMO Guideline 規制値	排水処理装置 処理後排水性状 *4
スクラバー水		清水	—	海水	—	清水
スクラバー洗浄水	m3/h	(0.04)	—	651	—	2.2
循環量	t/MWh	0.026		48.4		0.18
PAHs (多環芳香族 炭化水素)	μ g/L	98.5	25 (下記表 *1)	<10	2250 (下記表 *1)	<10
Turbidity (濁度)	FNU	2,710	25	<10	25	<10
Nitrates (窒素酸化物 NO ₂ + NO ₃)	mg/L	155	30 (下記表 *2)	<10	(2700) (下記表 *2)	<200
油分 *3	mg/L	536	—	15ppm以下	—	15ppm以下

スクラバー水循環量 海水ワンパス : $651\text{m}^3/\text{h} \times 1.025 / (14.315 \times 0.85 + 1.62) \text{ MW} = 48.4 \text{ ton/MWh}$

清水循環 : $2.2\text{m}^3/\text{h} \times 1.15 / (14.315 \times 0.85 + 1.62) \text{ MW} = 0.18 \text{ ton/MWh}$

*3 : IMO Guideline として規制値は無い。一般ビルジ水の規制として15ppmを目標とする。

*4 : 遠心分離 (PAC+凝集剤添加) + 油吸着材

*5 : 米国EPA / Vessel General Permit (VGP) による。IMO Guidelineでは 45 t/MWhで60mg/Lの記述のみ。

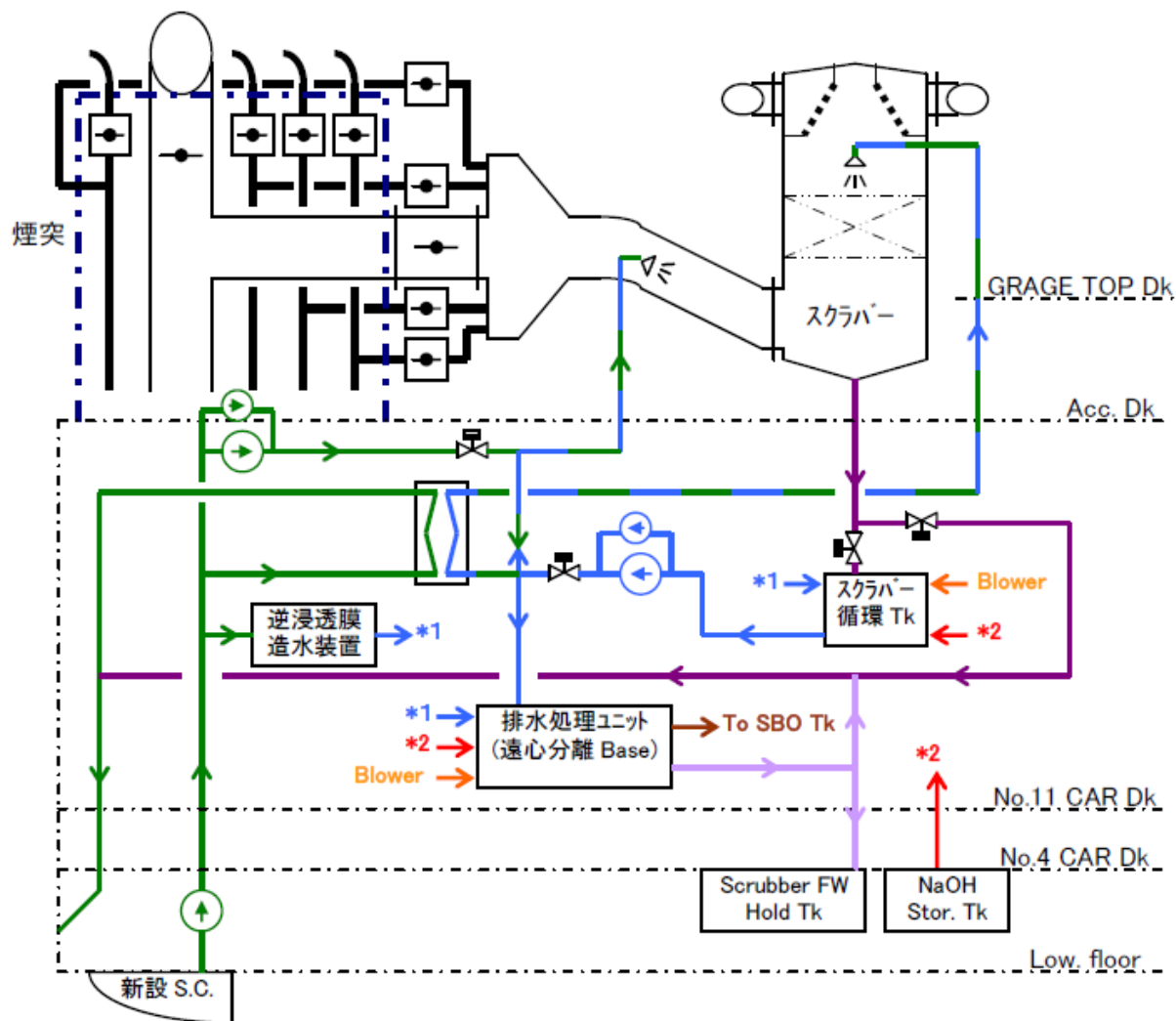
*6 : 機関定格出力 500kW、50%負荷時

*7 : MHI 長崎研究所の2-stroke単筒試験機での清水循環スクラバー排水処理試験結果より、海水1パスの排水処理性状を推定。

スクラバー水循環量	PAHs *1	測定方法	Nitrates *2 *5
	排出濃度基準		排出濃度基準
t/MWh	(μ g/L PAHphe equiv.)	—	(mg/L nitrate+nitrite)
0 ~ 1	2,250	Ultraviolet Light	2,700
2.5	900	Ultraviolet Light	1,080
5	450	Flourescence	640
11.25	200	Flourescence	240
22.5	100	Flourescence	120
45	50	Flourescence	60
90	25	Flourescence	30

4. 排ガススクラバー本体・後処理装置基本設計

4.4) 三菱化工機 排ガススクラバー全体フローダイヤグラム

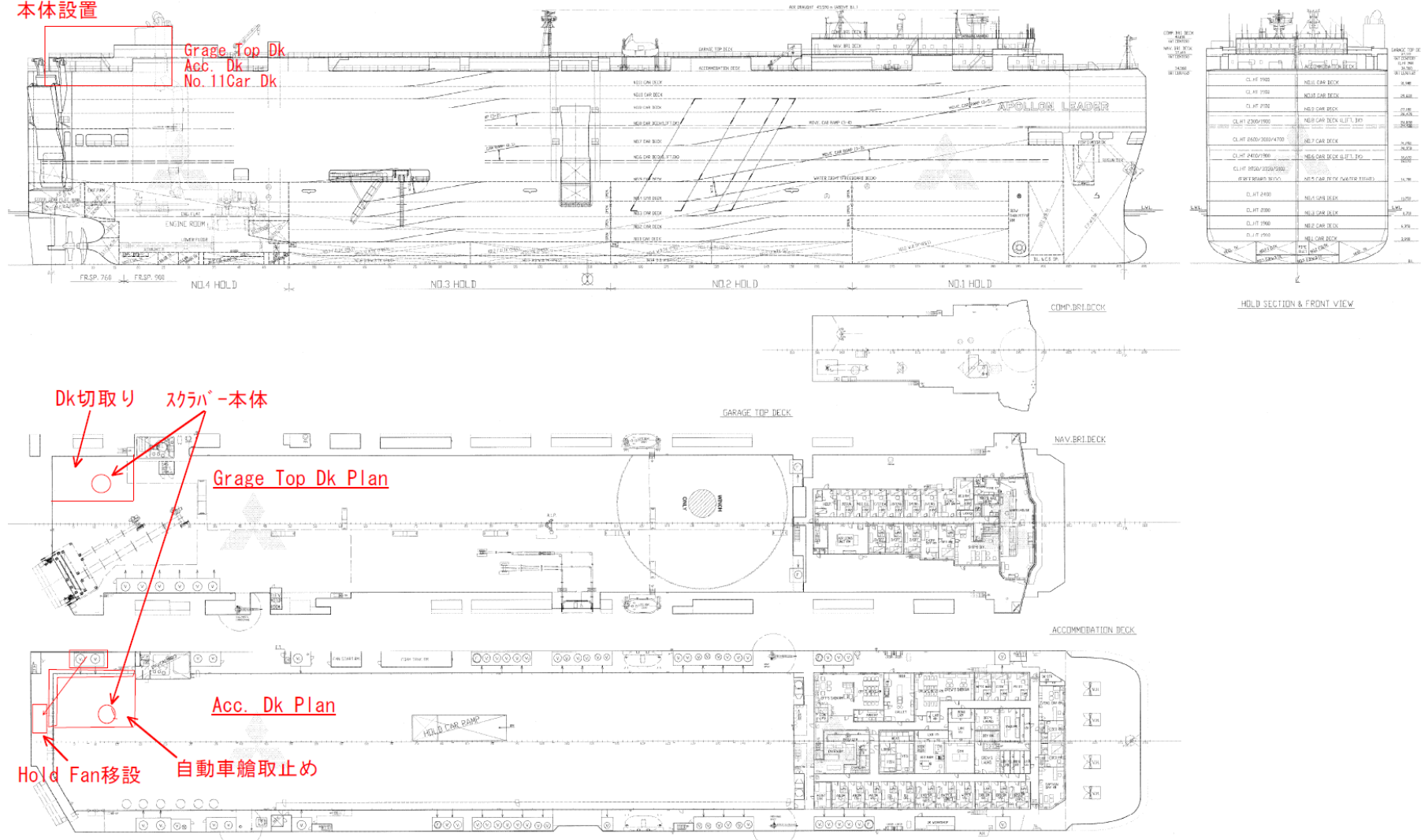


5. 本体配置検討・付帯設備検討

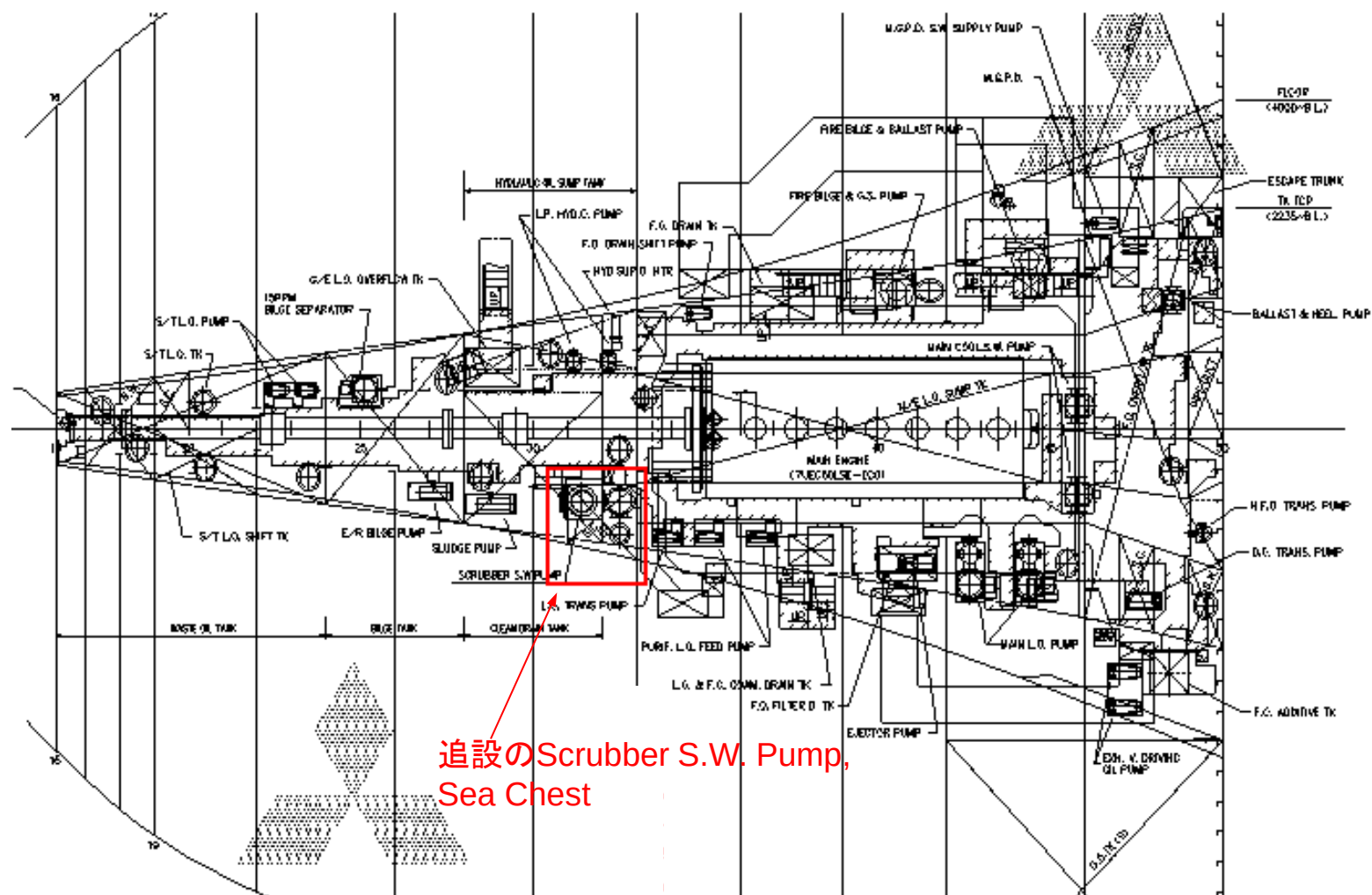
5.1) 対象船への配置検討 6400RT PCTC

(レロワットの場合の検討)

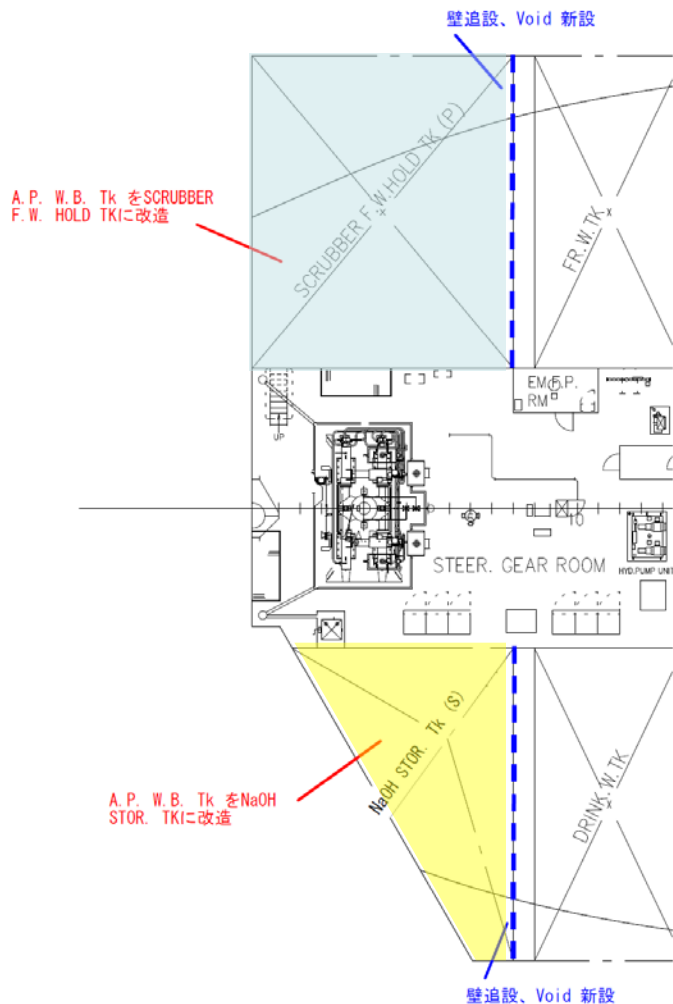
Acc. Dkにスクラパー
本体設置



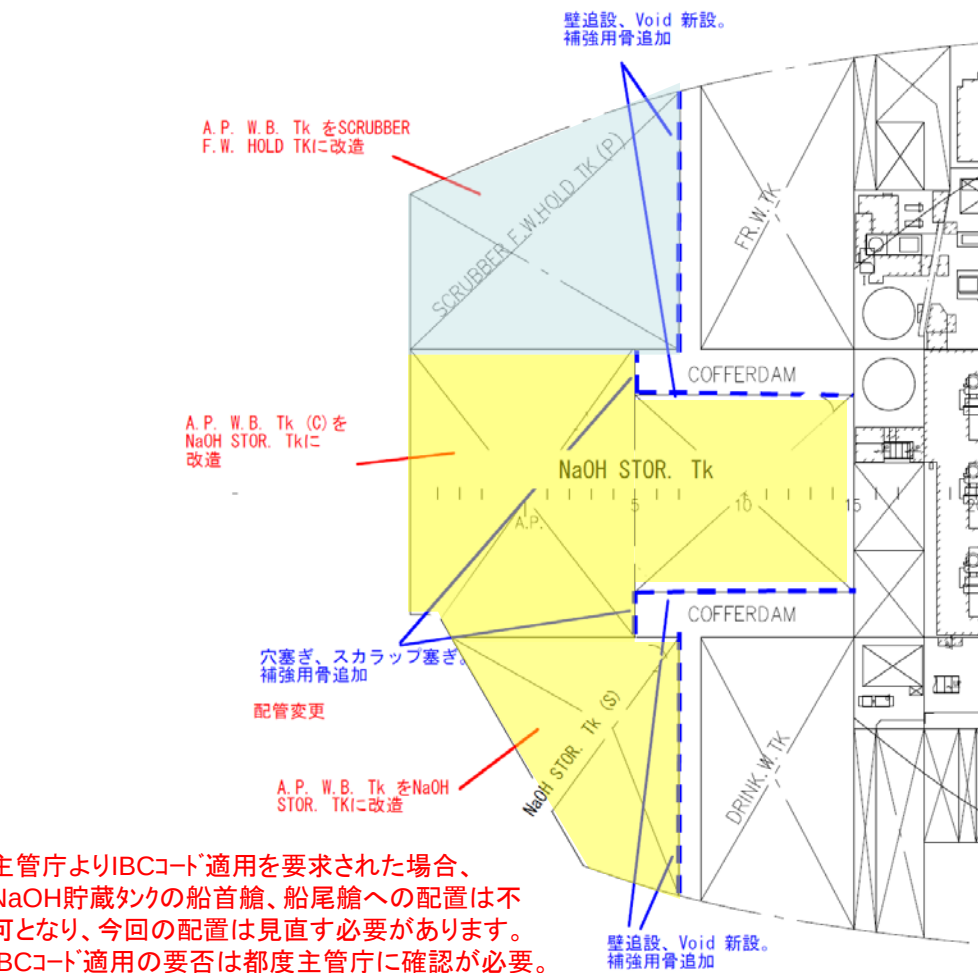
5. 本体配置検討・付帯設備検討



5. 本体配置検討・付帯設備検討



Steering Gear Room Dk
(No.4 CAR Dk)



主管庁よりIBCコード適用を要求された場合、NaOH貯蔵タンの船首艙、船尾艙への配置は不可となり、今回の配置は見直す必要があります。IBCコード適用の可否は都度主管庁に確認が必要。

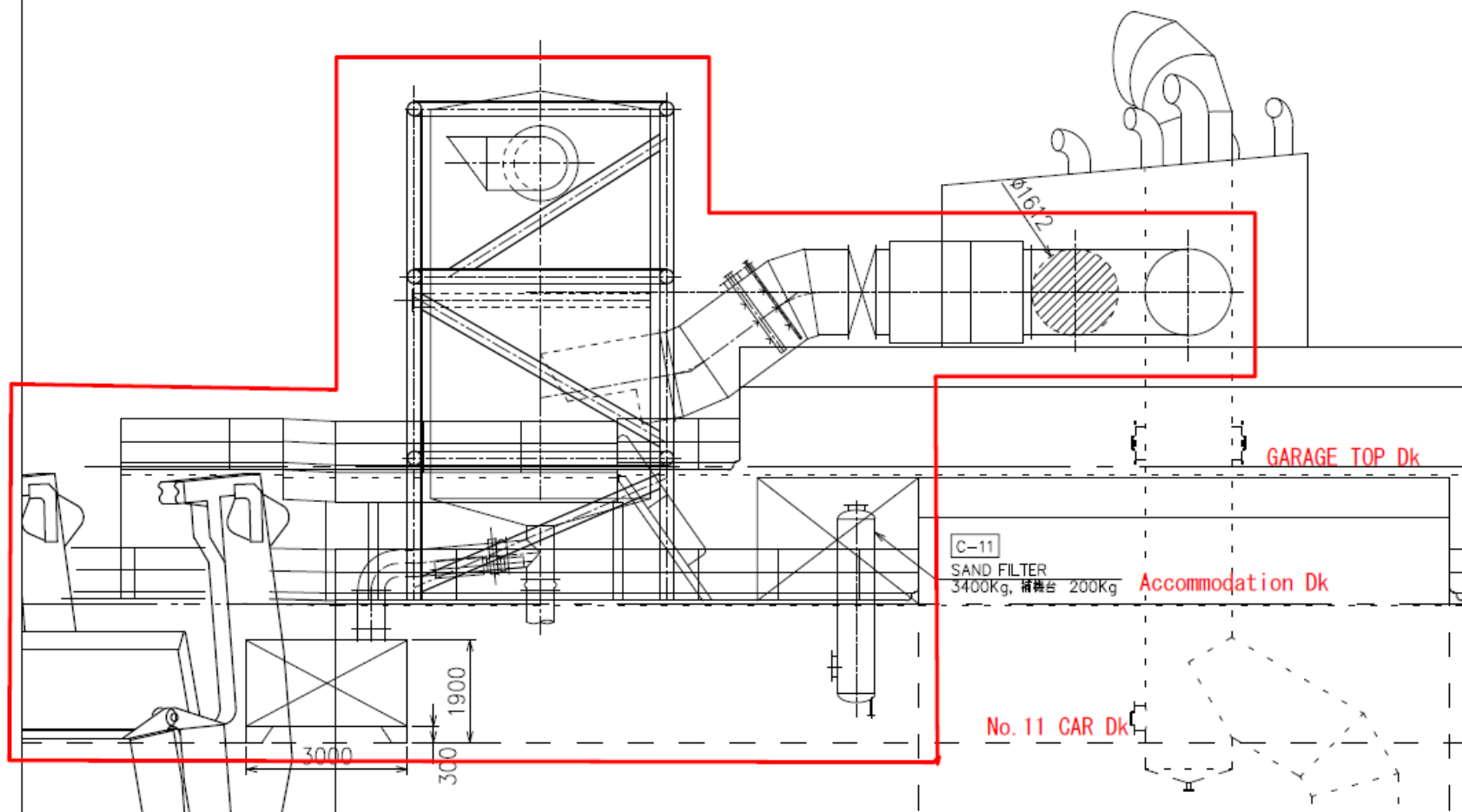
- : Scrubber F.W. Hold Tk
- : NaOH Storage Tk

Under Steering Gear Room
(No.3 CAR Dk)

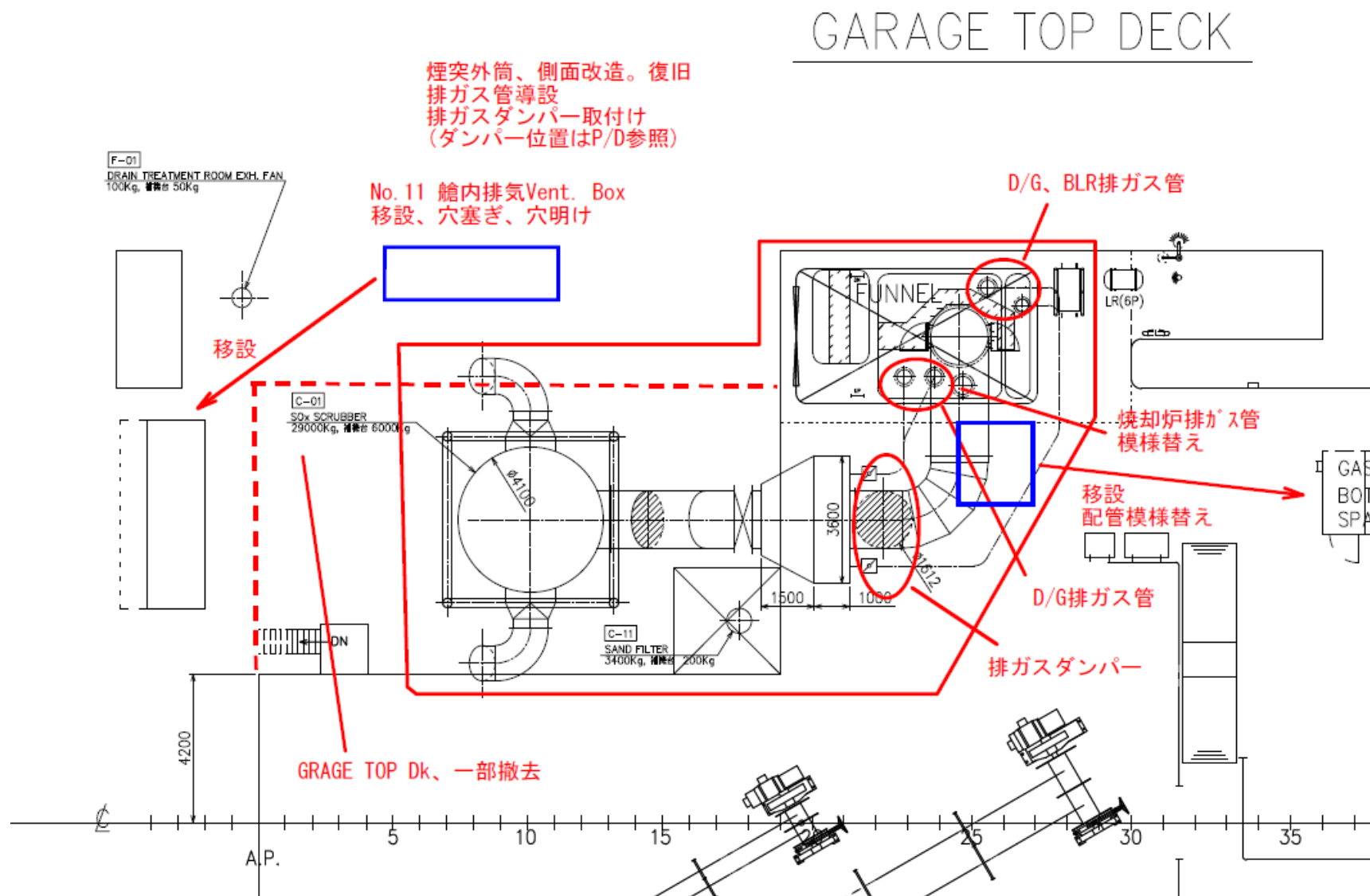
5. 本体配置検討・付帯設備検討

GARAGE TOP DECK

スクラパー本体設置、やぐら取付け、排ガス管
導設 (M/Ex1、D/Gx3、BLRx1) (Insulation 無、Silver
Paint)、排ガスダンパー取付け M/Ex2、D/Gx6、BLRx2、

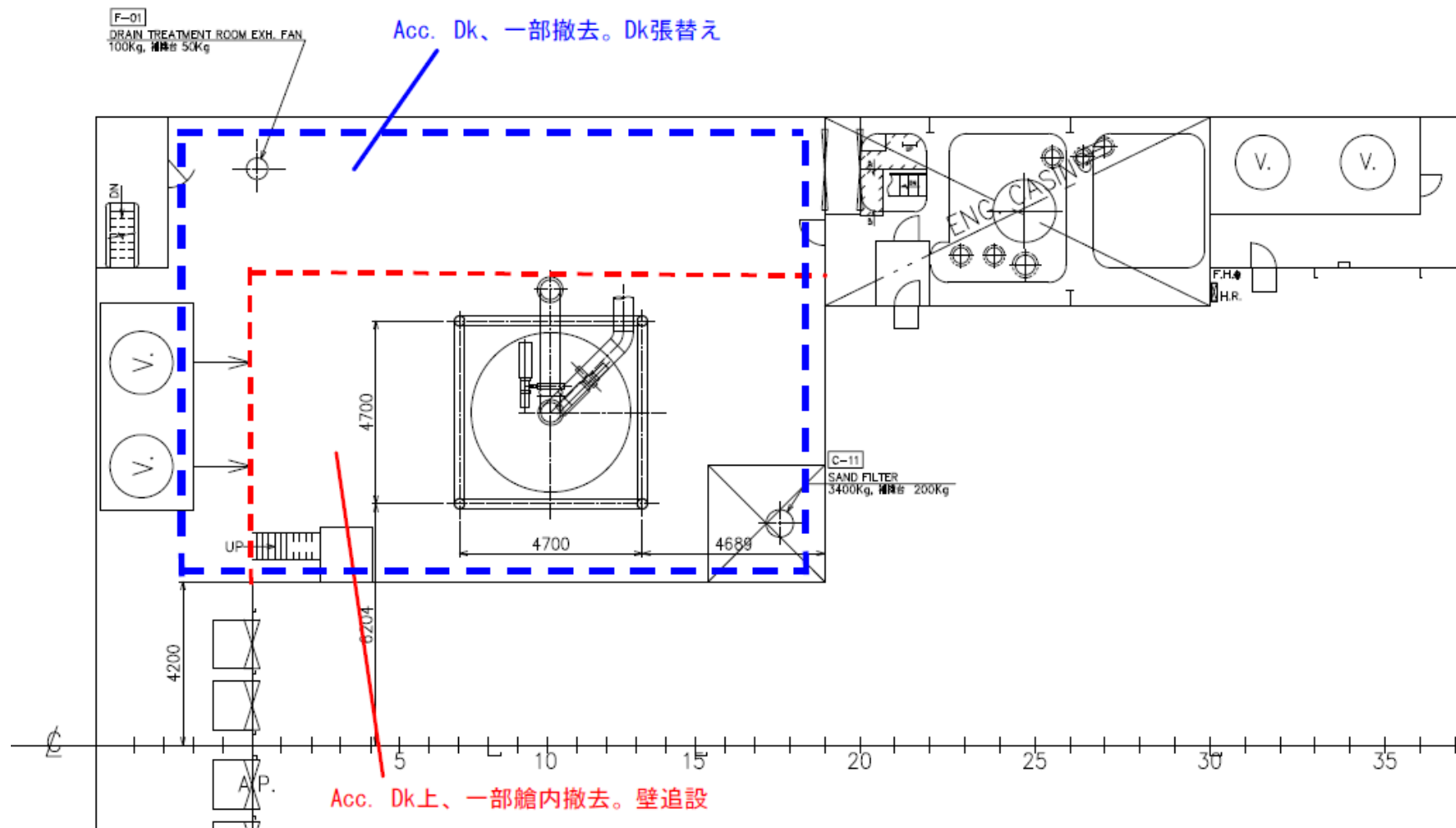


5. 本体配置検討・付帯設備検討

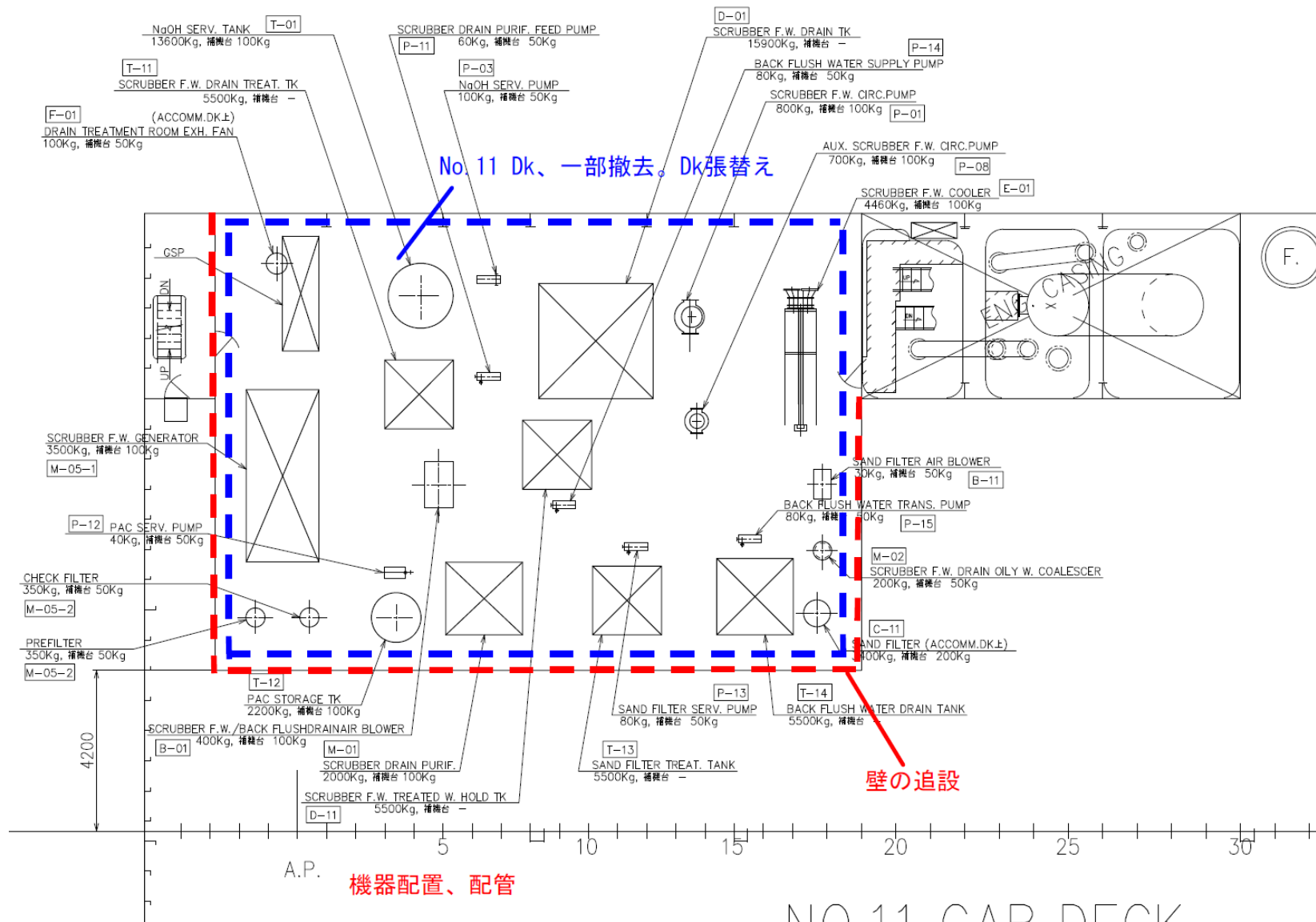


5. 本体配置検討・付帯設備検討

ACCOMMODATION DECK



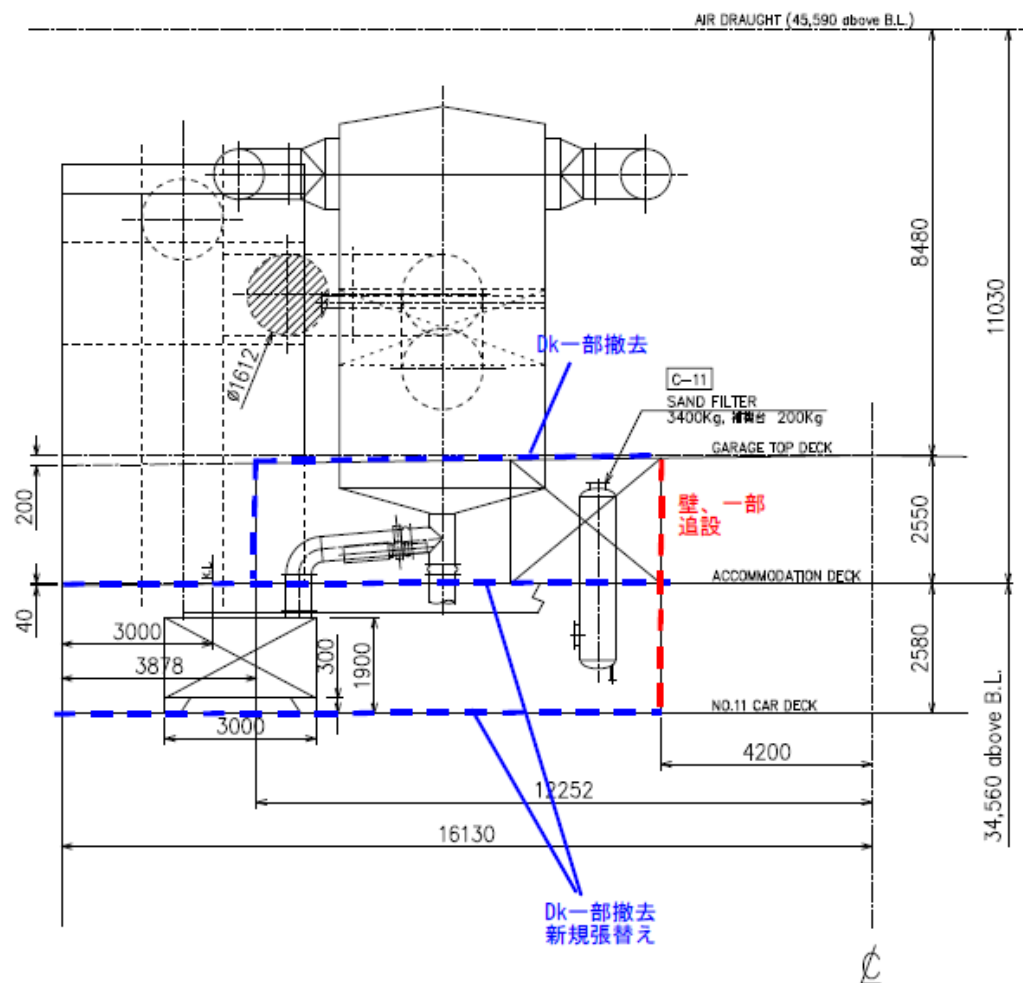
5. 本体配置検討・付帯設備検討



排水処理装置システムのコンパクト化が今後の課題

5. 本体配置検討・付帯設備検討

FR. 5 SECTION



5. 本体配置検討・付帯設備検討

5.2) 排ガススクラバーシステム 主要機器構成

機器番号	名称	台数
P-01	SCRUBBER F.W. CIRC. PUMP	1
P-08	AUX SCRUBBER F.W. CIRC. PUMP	1
P-02	SCRUBBER S.W. PUMP	1
P-04	SCRUBBER S.W. BOOST. PUMP	1
P-04a	AUX SCRUBBER S.W. BOOST. PUMP	1
E-01	SCRUBBER F.W. COOLER	1
D-01	SCRUBBER F.W. DRAIN TANK	1
D-02	SCRUBBER F.W. HOLD TANK	1
T-02	NaOH STORAGE TANK	2
T-12	PAC STORAGE TANK	1
C-01	SO _x SCRUBBER	1
M-01	SCRUBBER DRAIN PURIFIER	1
M-02	SCRUBBER F.W. DRAIN OILY WATER COALESCER	1
M-03	SCRUBBER F.W. DRAIN STATIC MIXER	1
M-05-1	SCRUBBER F.W. GENERATOR	1

5. 本体配置検討・付帯設備検討

5.2) 排ガススクラバー 清水・NaOH消費量、スクラバーFW排水量

主機負荷	夏・冬平均				清水消費量 kg/MWh	NaOH aq 消費量 kg/MWh	FWスクラ バー 排出量 kg/MWh
	清水 消費量 m3/h	NaOH aq 消費量 kg/h	NaOH aq 消費量 lit/h	FWスクラ バー 排出量 m3/h			
85%	4.01	403.5	265	2.08	291	29.3	173
80%	3.71	373.5	245	1.92	284	28.6	169
70%	3.39	341.5	224	1.76	291	29.3	174
60%	2.97	299.0	196	1.54	291	29.3	173
50%	2.57	259.0	170	1.33	293	29.5	174
40%	2.16	217.5	143	1.12	295	29.6	175
30%	1.75	176.0	115	0.90	295	29.8	176
20%	1.33	133.5	88	0.69	296	29.8	176
10%	0.92	92.5	61	0.48	302	30.3	179
Maneu.	0.92	92.5	61	0.48			
In Port	0.51	52.0	34	0.27			

5. 本体配置検討・付帯設備検討

5.3) NaOH 貯蔵TKとScrubber FW Hold TK 容量の検証

(単位 m3)

JP-EU-US-JP 航路			JP-US-JP 航路			JP-EU-JP 航路		
寄港地	NaOH 消費量	Scrubber FW 排水発生量	寄港地	NaOH 消費量	Scrubber FW 排水発生量	寄港地	NaOH 消費量	Scrubber FW 排水発生量
JP	6.8		JP	4.5		JP	9.1	
JP-SIN	29.0		JP-US	29.9		JP-SIN	28.7	
SIN-SUEZ	55.7		US IN ECA	8.2	63.6	SIN-SUEZ	71.3	
SUEZ-EU	30.2		US-US(E)	66.4		SUEZ-EU	33.8	
EU in ECA	20.2	148.9	US IN ECA	11.6	85.1	EU IN ECA	19.4	145.2
EU-US	44.7		US(E)-JP	74.8		EU-SUEZ	30.8	
US in ECA	7.5	53.8				SUEZ-FE(PK)	52.1	
US-US	44.0					FE(PK)-FE(JP)	64.7	
US in ECA	7.0	52.5						
US-JP	55.3							
2020年以前 必要量 *1	34.7			19.8			19.4	
2020年以降 必要量 *2	300.5			195.3			310.0	
Scrub. FW Hold Tk必要量 *3		148.9			85.1			145.2

*1 : ECA 海域NaOH 消費量の合計 *2 : 1航海のNaOH全消費量 *3 : ECA海域での最大排水発生量

緑のセルはECA海域を示す

- 1) 現状 NaOH 貯蔵Tk 容量 : 350 m3
2020年以降は、全海域でNaOH が必要
- 2) 現状 Scrubber FW Hold TK 容量 : 200m3
- 3) A.P. Tk (P) : SCEUBBER F.W. HOLD Tk A.P. Tk (S) とA.P. Tk (C) : NaOH STORAGE Tk

5. 本体配置検討・付帯設備検討

5.4) 船内消費電力予測

レトロフィットとして検討

TOTAL CALCULATION

CLASS: NK

CONDITION	NOR SEA GOING W/O FAN		N.S.G + 1/2 FAN		N.S.G+ALL FAN		MANUV. B/T + 1/3FAN		LOAD/UNLOAD	
	CONTINUOUS	INTERMITT	CONTINUOUS	INTERMITT	CONTINUOUS	INTERMITT	CONTINUOUS	INTERMITT	CONTINUOUS	INTERMITT
ENGINE AUXILIARY	658.7	100.1	656.8	100.1	656.8	100.1	760.1	42.1	449.3	82.4
BOILER AUXILIARY	21.1		21.1		21.1		7.5	12.6	7.5	12.6
SHIP SERVICE	70.4	63.8	70.4	63.8	70.4	63.8	164.5	62.1	164.5	67.8
DECK MACH & B/T	17.7		17.7		17.7		1473.1		1.5	
CARGO EQUIP & REF CONT			545.2		1051.8		420.8		1084.1	
LIGHTING etc	83.8		83.8		83.8		133.8		211.4	
LOAD SUM	851.7	163.9	1395.0	163.9	1901.6	163.9	2959.8	116.9	1918.3	162.8
INT P _m MAX LOAD		5.7		5.7		5.7		1.5		2.2
Pa MAX LOAD		50.2		50.2		50.2		20.0		50.2
P _m SUM LOAD		9.3		9.3		9.3		1.5		3.7
Pa SUM LOAD		154.7		154.7		154.7		115.4		159.1
DIVERSITY FACTOR		3		3		3		3		3
EQUIV. LOAD		34.8		34.8		34.8		31.8		36.3
TOTAL LOAD (AVE)	851.7 kW		1395.0 kW		1901.6 kW		2959.8 kW		1918.3 kW	
TOTAL LOAD (PEAK)	942.4 kW		1485.7 kW		1992.3 kW		3013.1 kW		2007.0 kW	
NUMBER OF RUNNING GENERATOR										
MAIN GENERATOR	1		2		2		3		2	
EMERGENCY GENERATOR										
AVAIL. POWER	1080 kW		2160 kW		2160 kW		3240 kW		2160 kW	
DEMAND FACTOR										
DMF (AVE)	78.9 %		64.6 %		88.0 %		91.4 %		88.8 %	
DMF(PEAK)	87.3 %		68.8 %		92.2 %		93.0 %		92.9 %	

Original 電力表からの変更点

- 1) Main Air Comp. / Maneuvering : 1-Run, 1-Auto ⇒ 1-Run
- 2) E/R Vent. Fan / Manruvering : 4-Run ⇒ 3-Run
- 3) Main Cool. S.W. Pump / Load Unload : High Speed ⇒ Low Speed
- 4) Scrubber 関連補機の運転。(清水によるClosed 循環方式で運転した状態)

Maneuvering/ Load Unload 時専用のScrubber F.W. Circ. Pump / Scrubber S.W. Boost Pump を運転

現状発電設備(D/G 1080kW x 3台)で
Peak 電力93.0%以下

上記電力表はスクラバー補機消費電力を含む。

スクラバー補機関連消費電力 常用航海中 : 約240kW、 出入港・停泊時 : 約150~180kW

5. 本体配置検討・付帯設備検討

5.5) 積載台数の減少

(1) 搭載スペース減による積載台数減

・PASSENGER CAR

(単位:台)

	オリジナル	SOxスクラバー搭載	差
ACC.DK	377	359	Δ 18
No.11 DK	704	676	Δ 28
No.1～10 DK	5,260	5,260	0
合計	6,341	6,295	Δ 46

・STANDARD CAR

(単位:台)

	オリジナル	SOxスクラバー搭載	差
ACC.DK	311	298	Δ 13
No.11 DK	578	555	Δ 23
No.1～10 DK	4,333	4,333	0
合計	5,222	5,186	Δ 36

・RV

(単位:台)

	オリジナル	SOxスクラバー搭載	差
ACC.DK	265	254	Δ 11
No.11 DK	495	472	Δ 23
No.1～10 DK	3,660	3,660	0
合計	4,420	4,386	Δ 34

トリム・スタビリティを考慮した積付け性能検討では、Passenger Car, Standard Carでは上記台数減より減少はないが、RV の場合、上記台数減より更に積載台数が減少する結果となった。

6. 採算検討、総合評価

6.1) NaOH 50%溶液の入手性

為替レート : @80¥/\$、@100¥/€

欧州	価格	東南アジア	価格	北米	価格
Finland	25 k¥/ton	Singapore	54 k¥/ton	Florida	83.7 k¥/ton
Sweden				New York	100.4 k¥/ton
Norway				California	118.8 k¥/ton
Belgium				Houston	155.5 k¥/ton
Germany					
France					
Italy					
Spain					
UK					
Portugal					

6. 採算検討、総合評価

6.1) 燃料油価格、NaOH価格による採算検討結果

1. 検討条件

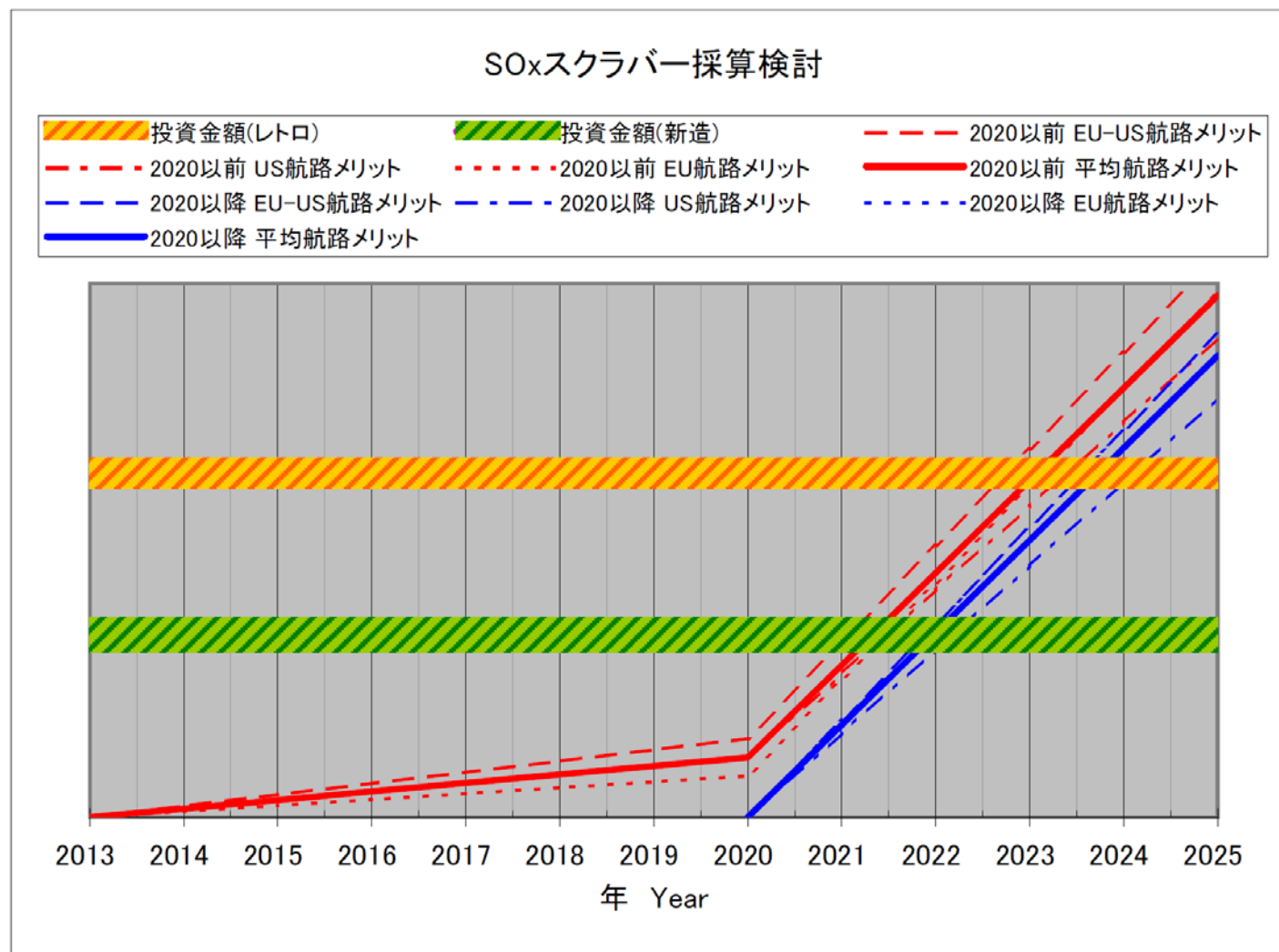
- 1) 燃料代 : HFO(3.5%S分) 670\$/ton、MGO(1.0-0.1S分) 1,000\$/ton、@80¥/\$
- 2) 対象船種M/E出力 : PCTC 14,315kW
- 3) 稼働率 : 別紙ヒストグラムによる。(NYK殿データ)
- 4) 排ガススクラバーは主機、発電機エンジン、補助ボイラーとする。
 発電機エンジンは各航海モードでの電力で検討し、常用航海時は艙内1/2Fan、スクラバー必要電力も考慮。
 発電機エンジン定格出力 : 1150kW (発電機 : 1080kW) x 3台
- 5) シナリオ : 使用燃料油
 (2020年以降は0.5%S分のHFOがないため、排ガススクラバー非搭載船は全海域でMGOを使用)

		2010～2020年		2020年以降	
		主機	D/G	主機	D/G
FO中の S分濃度	Global海域	2010-12年 : max 4.5% 2012-20年 : max 3.5%		2020年以降 : max 0.5%	
	ECA海域	2010-15年 : max 1.0% *1 2015-20年 : max 0.1%		2020年以降 : max 0.1%	
排ガス スクラバー 非搭載船	Global海域	HFO	HFO	MGO	MGO
	ECA海域	MGO	MGO	MGO	MGO
排ガス スクラバー 搭載船	Global海域	HFO	HFO	HFO (海水スクラバー)	HFO (海水スクラバー)
	ECA海域	HFO (清水スクラバー)	HFO (清水スクラバー)	HFO (清水スクラバー)	HFO (清水スクラバー)

注記 *1: EU port では2010年1月より燃料中のS分は0.1%以下

- 6) 排ガススクラバーの処理水 : ECA海域は清水のClosed Cycle、Global 海域は海水のOpen Cycle とする。
- 7) 清水スクラバーの中和剤はNaOHの50%水溶液を使用。Page 30の各負荷での消費量を考慮。(MKK殿データ)
- 8) NaOH費用は75k¥/ton (MTI殿調査結果より)
- 9) 排ガススクラバーのSOx排出率は、S分3.5%濃度のHFOを使用し、0.1%濃度のMGOを使用した排出率相当でNaOHの消費量を考慮。
- 10) 採算検討でのコストには、船級費用その他承認費用等は含まない。
- 11) 補助ボイラの燃料代は無視出来るほど少ないので、採算検討には考慮せず。

6. 採算検討、総合評価



条件 : 1) HFO 670\$/ton、MGO 1,000\$/ton (@80円/\$) 2) NaOH 50%水溶液 75k¥/ton
 3) 運行パターンは別紙 JP-EU-US-JP、JP-US-JP、JP-EU-JPによる
 4) ECA海域は清水のClosed Cycle、Global海域は海水のOpen Cycle

7. まとめと今後の課題

まとめ

- 1) 試験機での実験結果より、NaOHを中和剤とした湿式SO_xスクラバーの脱硫能力はIMO規制値に対応できる事が確認できた。
- 2) 考案した遠心分離機をベースとした清水循環洗浄時の排水処理装置で、IMO要求の排水基準を満足する見通しができたが、よりコンパクトな排水処理装置を検討する。
- 3) 今回の想定したPCTC運航パターン、燃料油・NaOH価格での採算検討結果では、2020年以降の新造船は約2年、レロフィットでは約4年で投資回収可能となった。
(2013年適用の新造船、レロフィットでは各々約8.5年、10年だが、ECA海域の稼働率の高い船舶では更に短くなる)
- 4) NaOHは欧州、シンガポール、日本、北米で入手可能な中和剤である。

今後の課題

- 1) 考案したSO_xスクラバーのメンテナンス費用の検証。
- 2) SO_xスクラバーの承認のスキーム、設備要件、故障時の処置方法、IBCコードの適用可否などに関し、今後主管庁・船級協会とも協議する必要がある。
- 3) 就航船での作動・性能確認と承認スキームの検証。
- 4) 連続監視できる排ガス・排水の分析装置の調査と承認。
- 5) 4-stroke 機関でのスクラバー脱硫性能と海水ワンプスでの排水処理性能の確認。
コンパクトな排水処理装置の開発。

ご静聴ありがとうございました

