

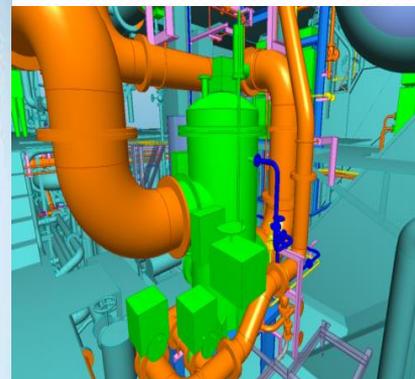
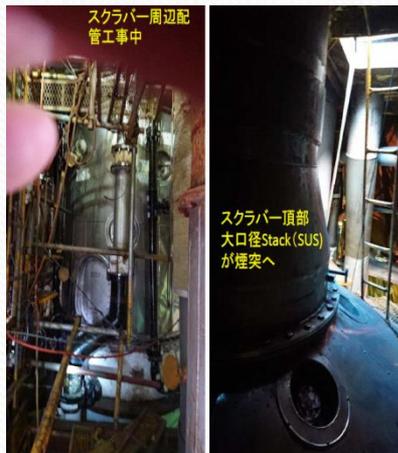
EGCS:SOxスクラバー  
レトロフィット  
3Dエンジニアリング、  
設計から工事終了まで

(株)スマートデザイン

# レトロフィットの初期検討から工事立会いまで

## ① SO x スクラバーレトロフィット設計の実績

- ・2018-2020年取組、12隻。NYKの客船“飛鳥II”をシンガポール造船所で対応



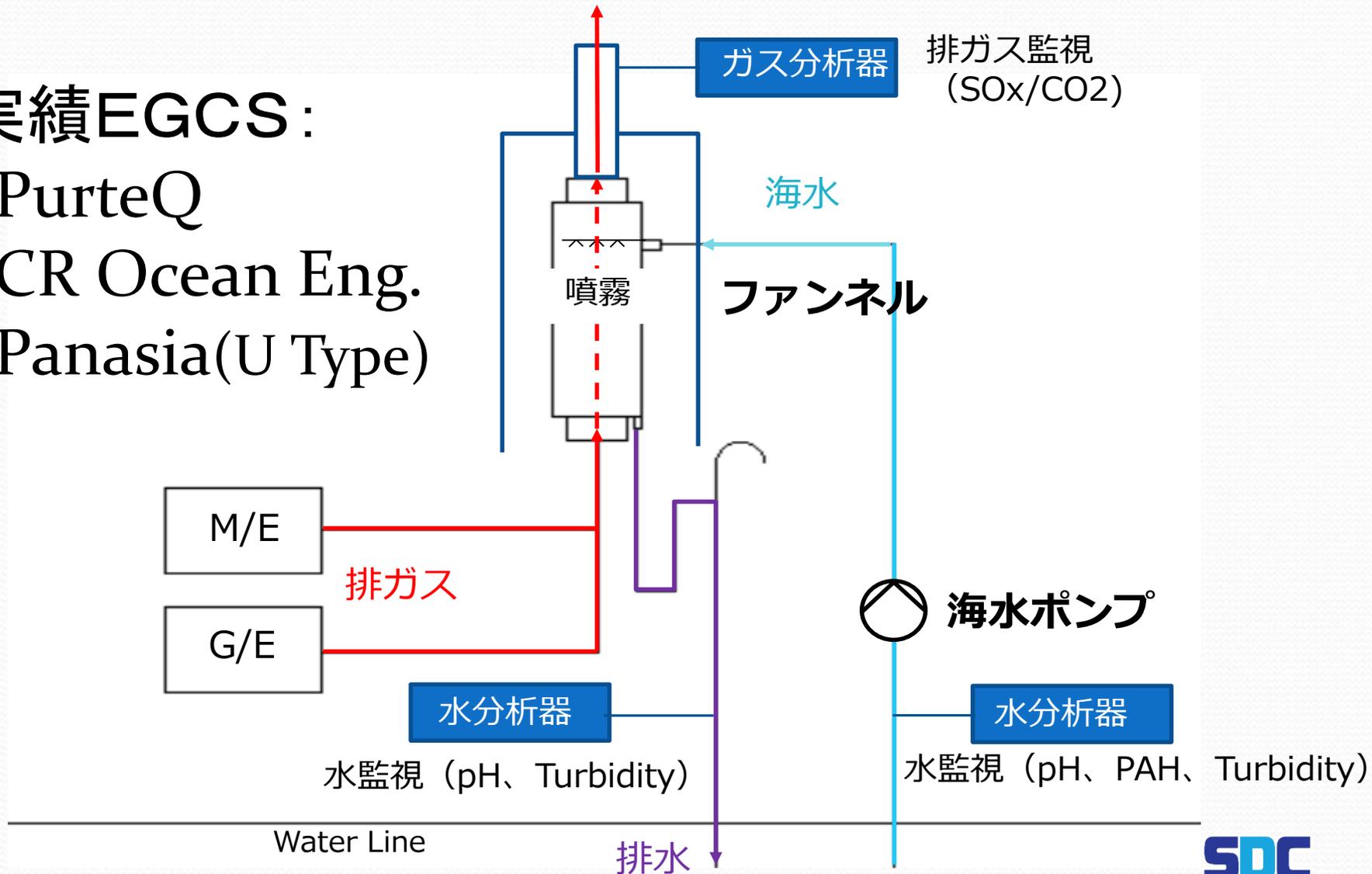
## ② BWM Sレトロフィット設計実績と予定

- ・2015年～2023年取組予定
- ・2020年までは年間25～30隻の取組画
- ・2021年以降は半分程度で推移予定

# オープンループSOxスクラバーのフロー

実績EGCS:

- PurteQ
- CR Ocean Eng.
- Panasia(U Type)



# SOxスクラバー搭載レトロフィット

## 設計手順と手法

# エンジニアリング作業工期

工程	SOxスクラバー	BWMS
初期検討	~2週間	~1週間
訪船3Dスキャニング	~1週間	~1週間
点群編集、CAD化	~2週間	~2週間
配置検討及び船主協議	~2週間	~2週間
詳細設計	3カ月	2カ月
艀装品手配	~5カ月	~3カ月
<b>合計</b>	<b>10カ月以上</b>	<b>7カ月</b>

# スクラバー搭載における多くの関係者

船主  
船舶管理会社  
傭船社

建造造船所  
主機メーカー

修繕造船所

スクラバーメーカー  
GRE管メーカー  
バルブメーカー  
盤メーカー  
商社

船級協会

設計会社

⇒SOxスクラバー搭載では非常に多くの**関係者**との遣り取りが必要

# ①初期検討

- スクラバー計画資料及びメーカー仕様確認
- 機関室配管系統図確認
- 配置図上での配置検討(2D)
- 電力計算 → 荷役中等の高負荷時発電機使用台数確認
- 排ガス管抵抗計算 → 背圧上昇が許容値内か
- 艀装数検討 → ファンネル拡張等により艀装数クラスが変わらない
- 無線設備 → 煙突高さは既存を超えないので変更無し
- 視程 (Visibility) → 改造による視界の変化を確認

所要期間：～2週間

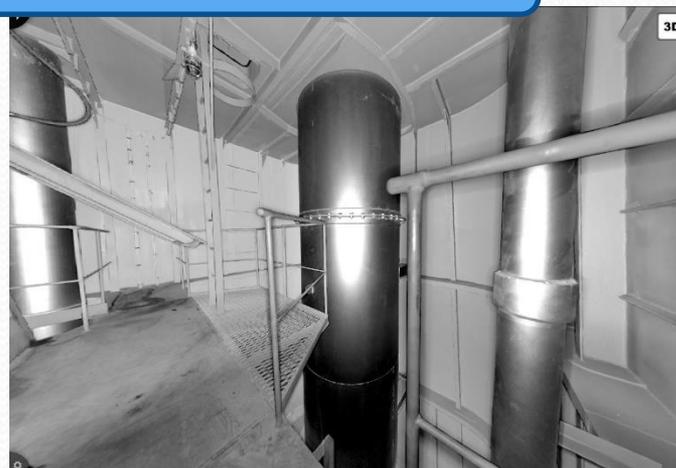
## ②訪船 3Dレーザースキャニング

- 所要期間：～1週間（移動含め）

写真



スキャニングデータ



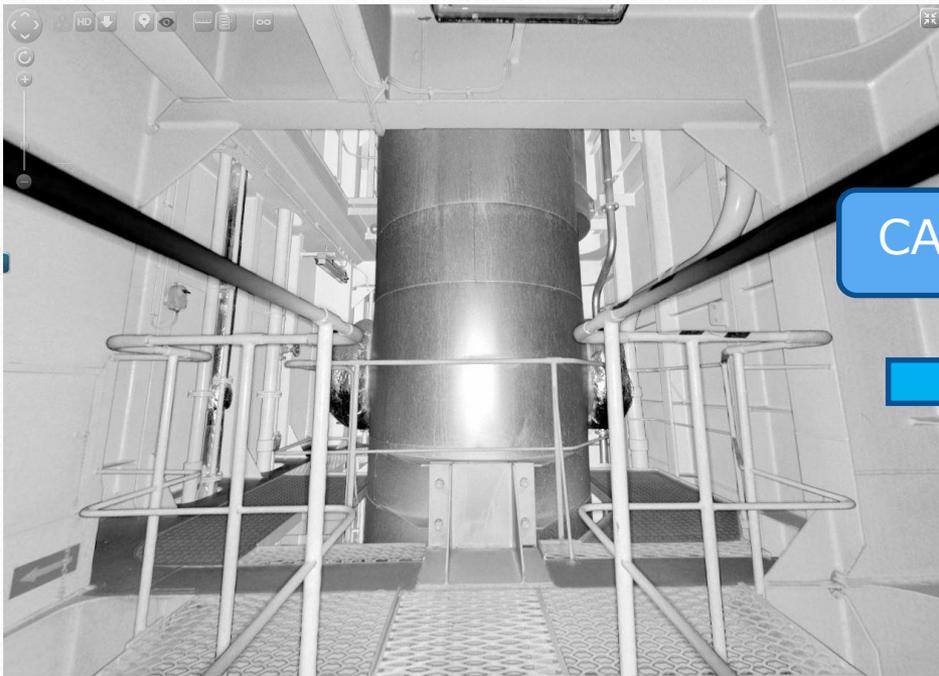
ファンネル内



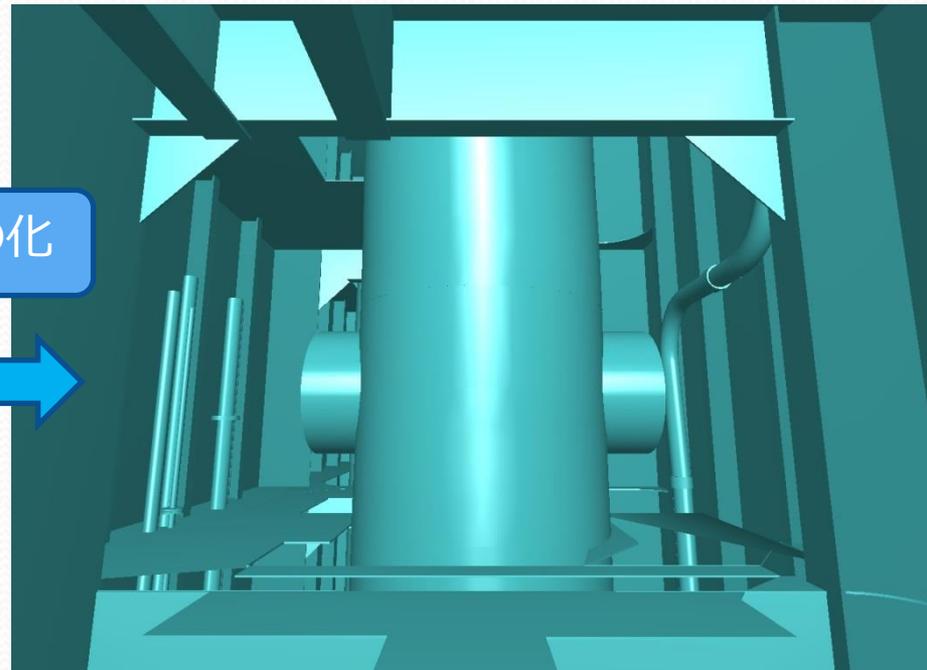
作業時間：8～10時間（スキャナ2台、4名）  
計測範囲：機関室、ケーシング、ファンネル、  
アッパーデッキ

## ③点群編集及びCAD化

- 所要期間：1～2週間

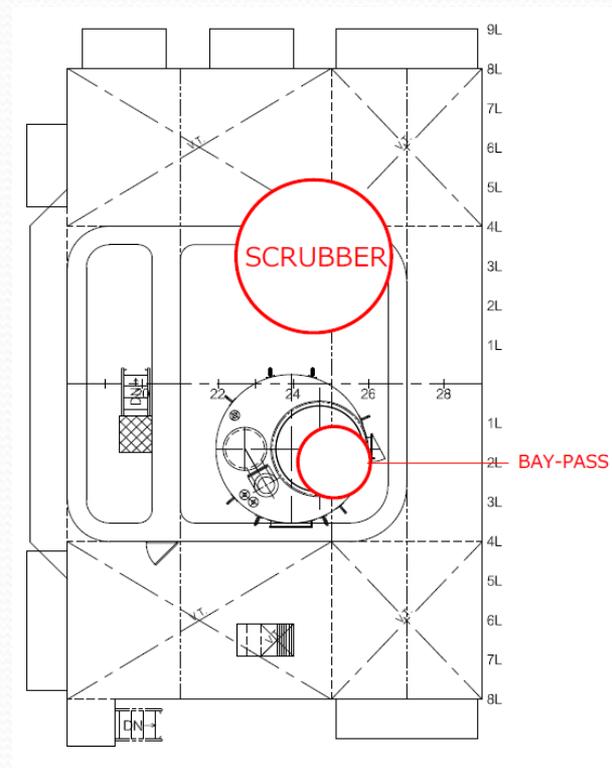
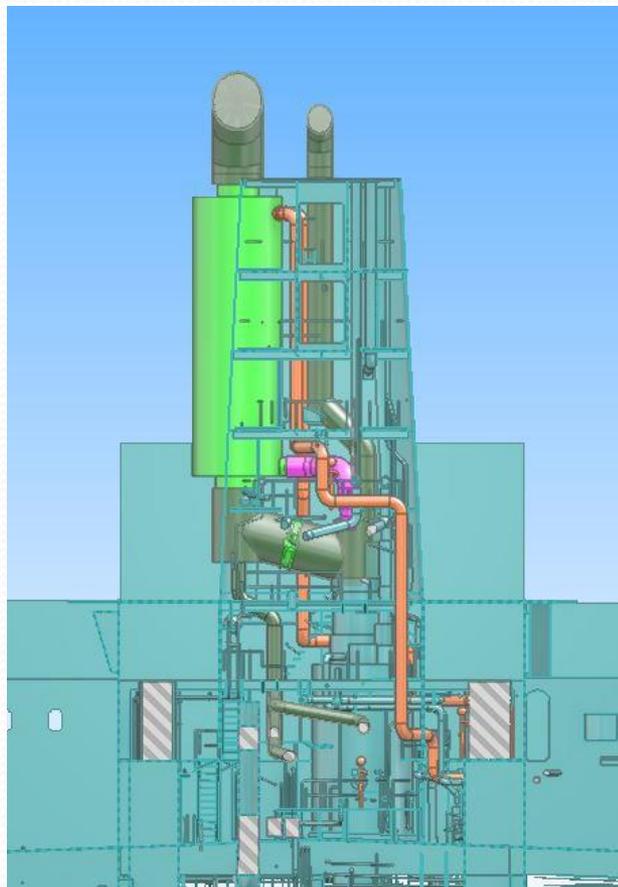
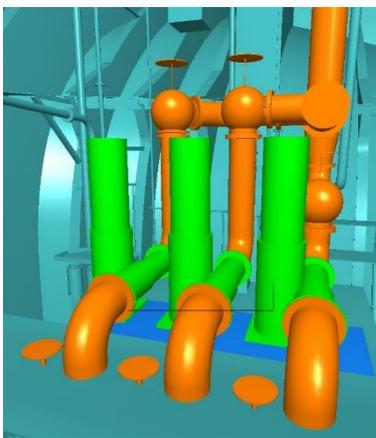
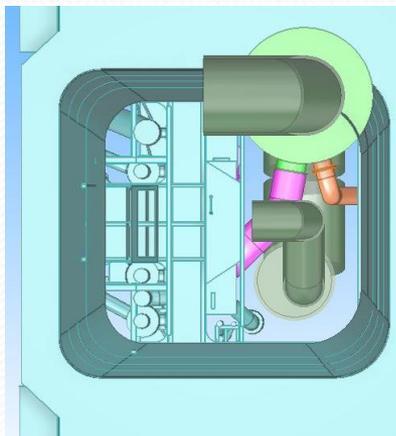


CAD化



## ④配置検討

- 所要期間：3～4週間

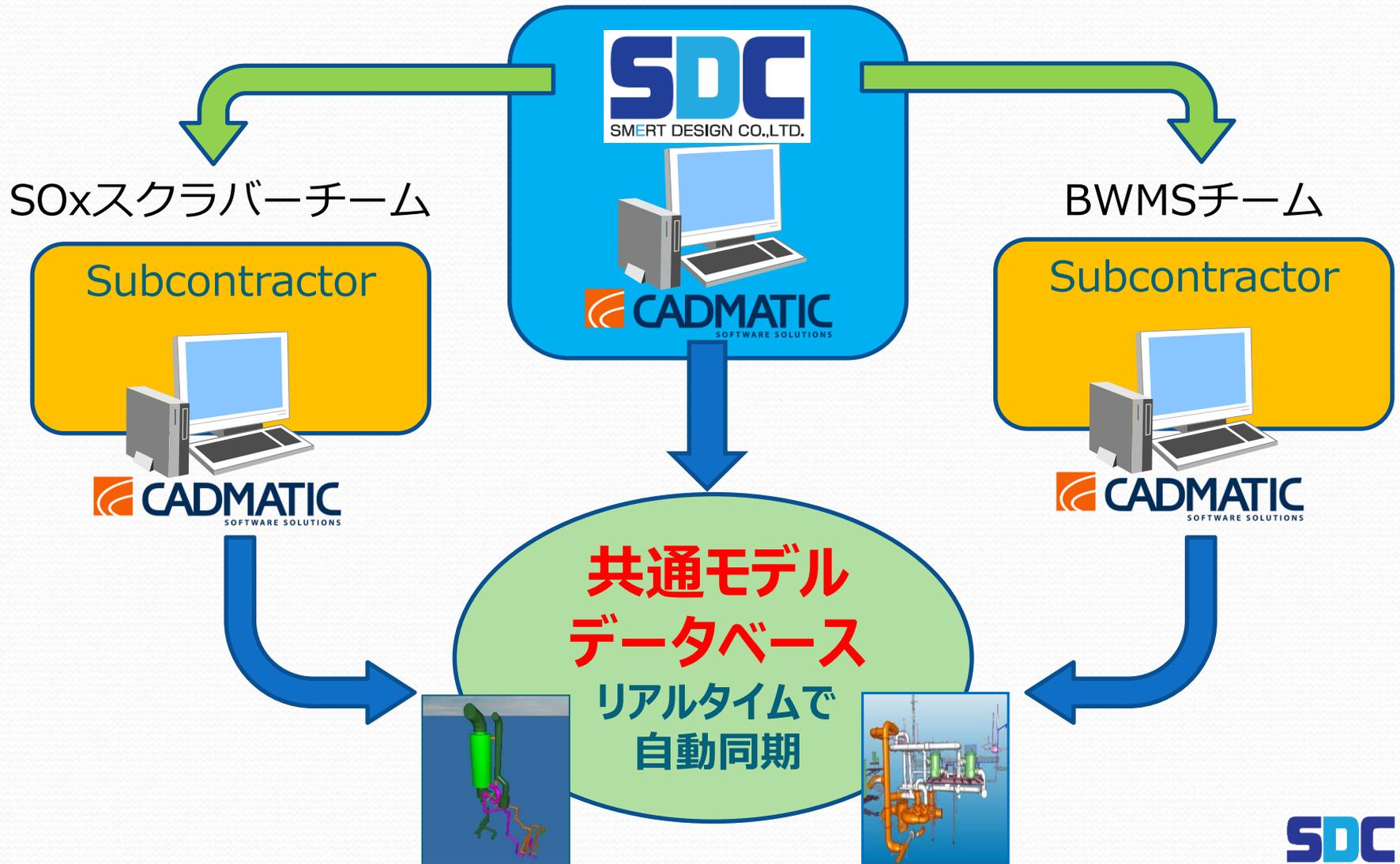


## ⑤ 詳細設計

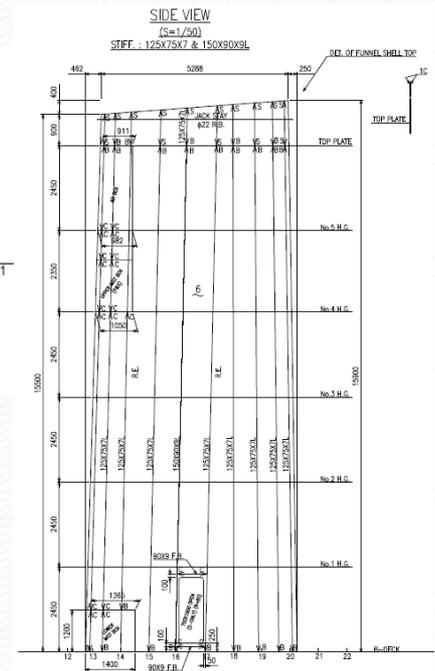
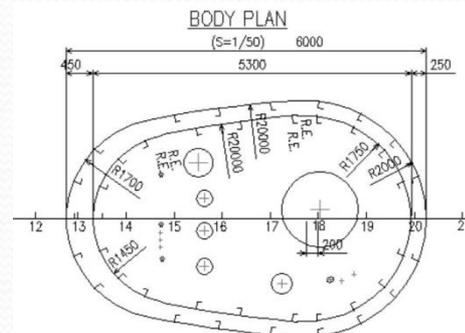
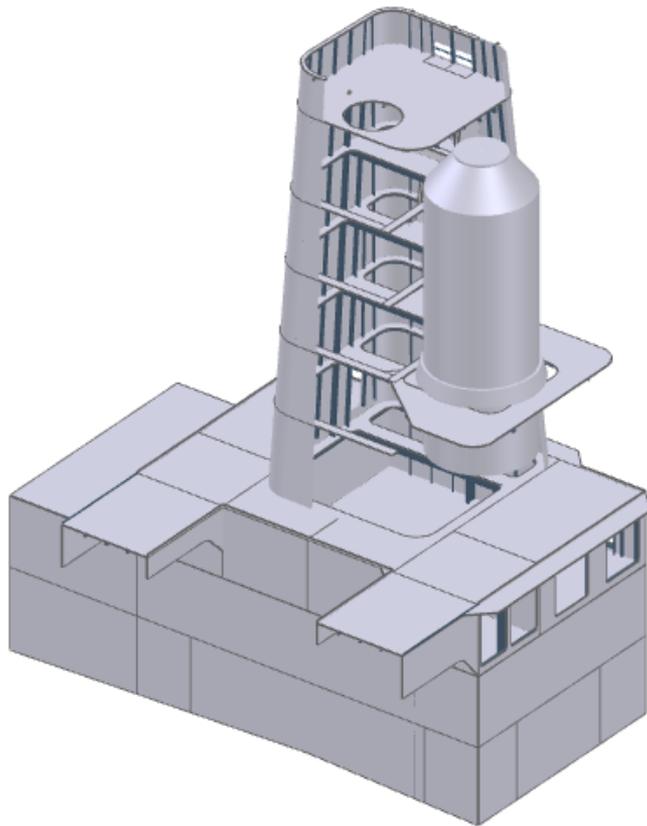
- CADMATICによる3D配管モデリング
- 各種製作図及び注文書作成
- 工事用取付図作成
- 船殻構造図作成（ファンネル・ケーシング改造）
- 電気関係図面一式
- 工事仕様書作成（ヤード見積り用）
- 船級承認図面作成

所要期間：16～20週

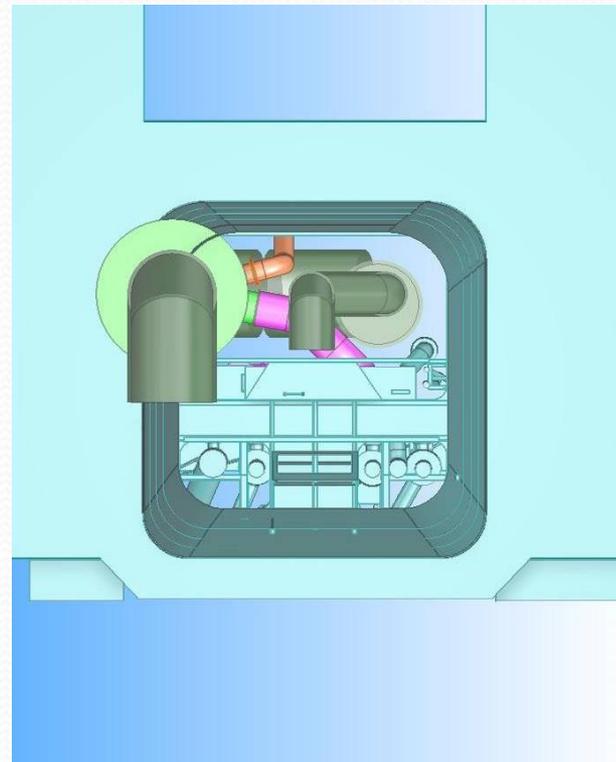
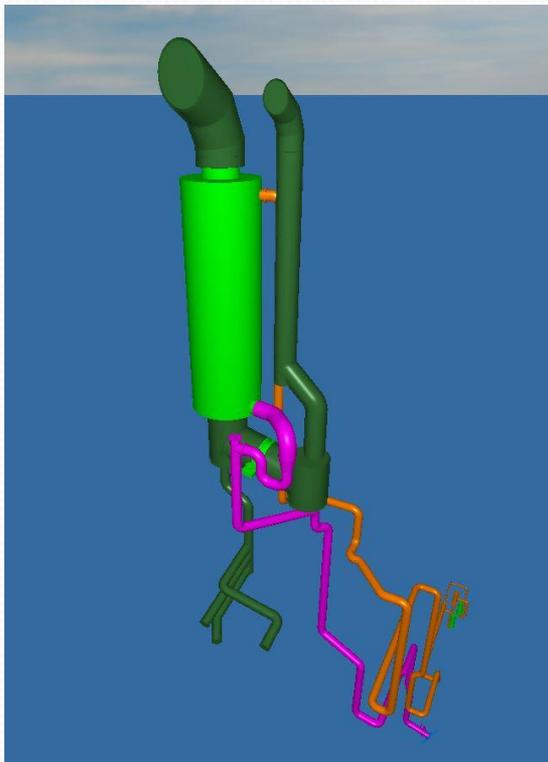
# エンジニアリング実施体制 (SOx+BWMS)



# 3D CADによる船殻構造図作成 (CADMATIC Hull, NAPA Designer等)



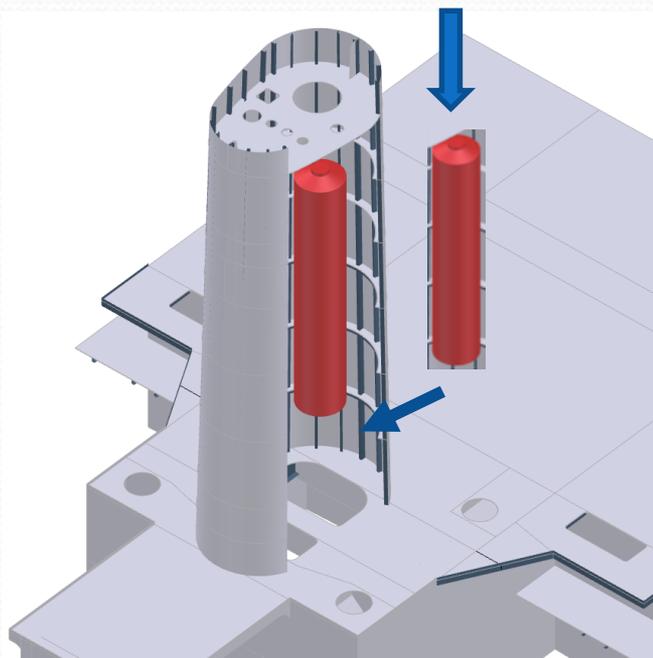
# CADMATIC Outfittingによる 3D配管モデリング



## ⑥各種設計検討

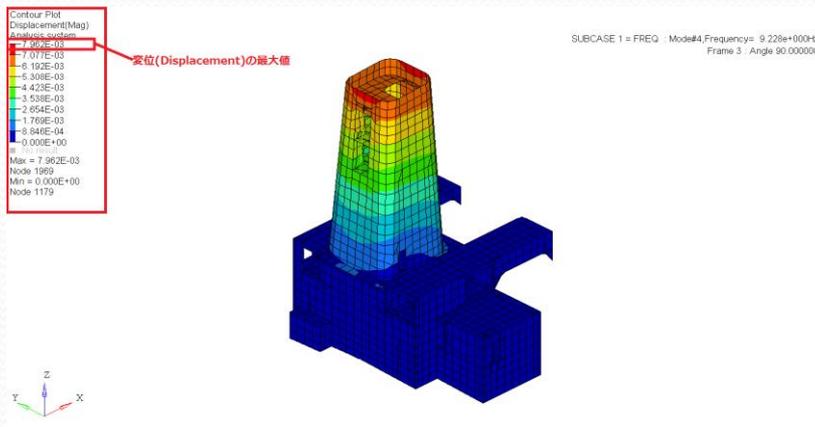
### 1)煙突部の改造要領提案

SOxスクラバー装置のレトロットの場合、煙突部の改造要領が工事の工程・費用に大きく影響する。基本設計が纏まる時点で、煙突構造の改造要領、スクラバタワー、関連機器の取付要領案を提示する。



## 2)SOxスクラバー装置据え付け後の煙突振動検討

- 就航中の船舶にSOxスクラバー装置を煙突部分に装備する事で、搭載前とは異なる顕著な振動の発生の可能性有無を事前に確認し、要すれば事前対策を検討する。
- 改造前後の煙突及び機関ケーシングモデル構造の固有振動数を求める。
- 計測で既知の改造前煙突部固有振動数をベースに計算値修正を行う。
- 改造後モデルの振動数が共振しない範囲に値がある事を確認する。



# 3)GRE管の手配

- ・耐腐食性が必要な排ガスドレン管として採用
- ・剛性が金属管に劣る為、管ライン形状、サポート位置決定に動流体解析を実施 (GREメーカー実施)
- ・GREメーカーと設計会社のやり取り必要

設計会社：管ルートアイソメ図作成



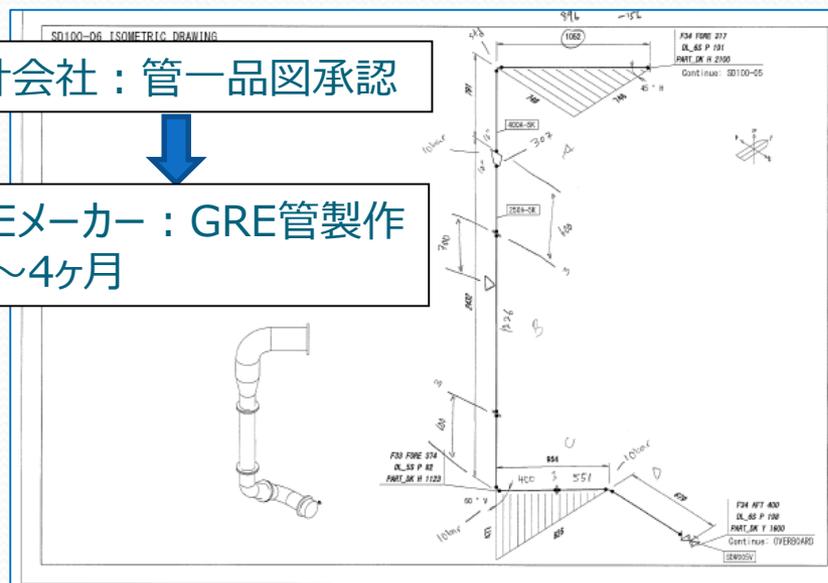
GREメーカー  
管ルートの動流体解析  
→適切管ルート・一品図  
及びサポート位置提案



設計会社：管一品図承認

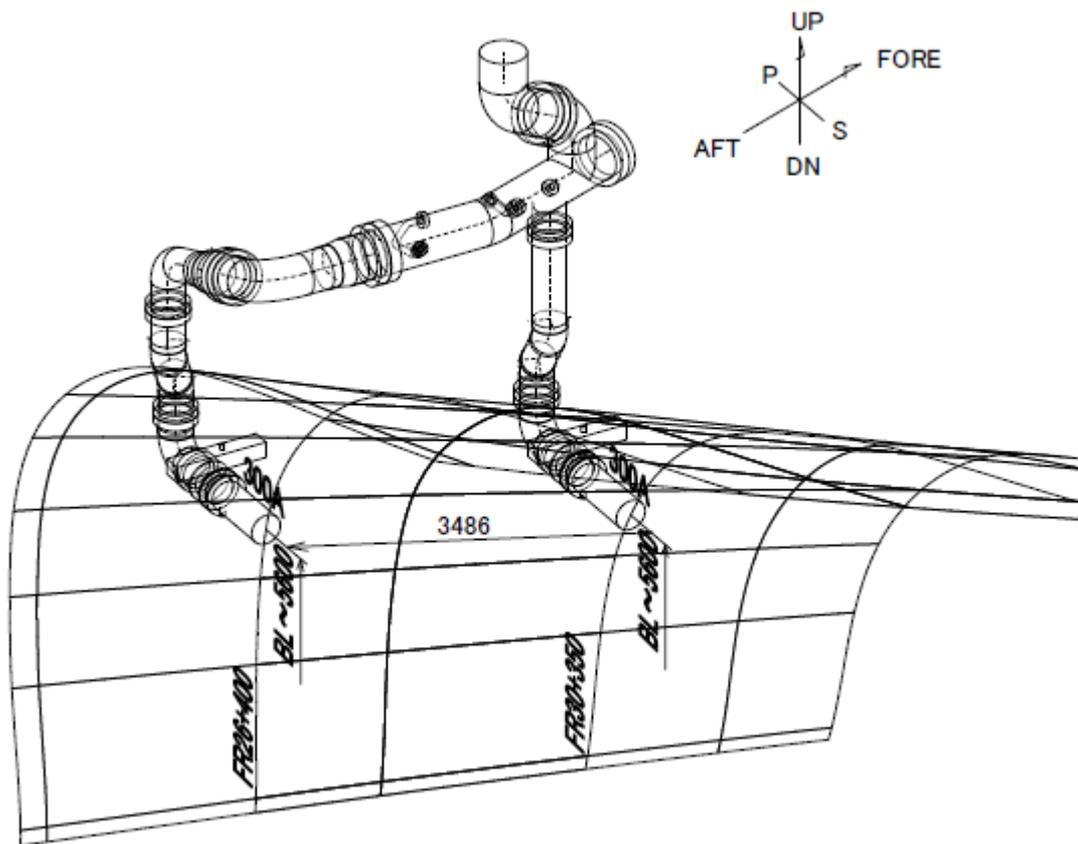


GREメーカー：GRE管製作  
3~4ヶ月



## 4) GRE管、洗浄ドレン排出口の決定

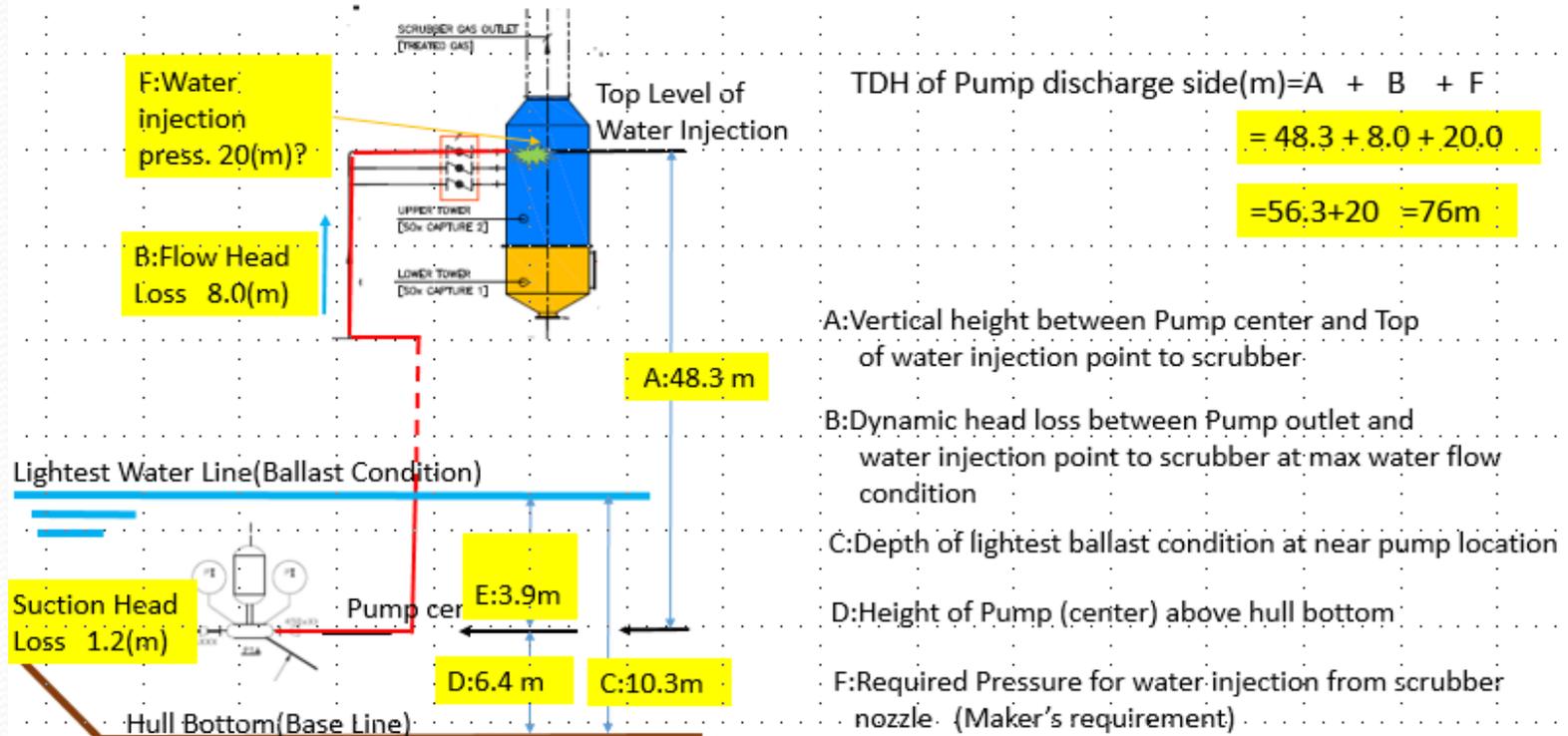
- ・対象船のドレン管排出口周辺（5m径以上）の水線下概略船型とGRE管アイソメ図、排出口位置情報をSOxスクラバーメーカーに提供
- ・SOxスクラバーメーカーはこの情報に基づき、ドレンの海水拡散シミュレーション計算を行う。ドレン希釈状況がIMO規則を満たせば、GRE管形状は決定。



# 5)スクラバ洗浄海水ポンプの必要吐出圧の計算

- 航海中最軽喫水状態、海水ポンプ位置の喫水を求める
- 海水ポンプ設置位置は、軽喫水線以下である事
- 海水管のSuction側、Discharge側の配管抵抗を求める

## Total Heads of Sea Water Pump for SOx Scrubber System



# 6) 航海中スクラバタワーに生じる加速度・傾斜角の計算

スクラバー本体、スクラバー支持部、スクラバー揺れ止め支持部の構造強度検討の為、対象船の航海中に生じる船体加速度を船級協会規則に基づいて計算を行った。

ClassNK「ばら積み貨物船の構造強度に関するガイドライン」中の「直接計算ガイドライン、4章 設計条件、5章 設計荷重」

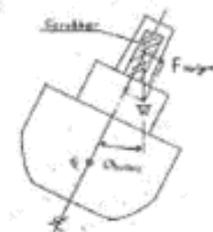
## 1) HORIZONTAL FORCES

$$F_{\text{horizontal}} = F_{\text{static}} + F_{\text{dynamic}} = W \times \sin(\theta_{\text{rolling}}) + W \times a_{\text{rolling}}$$

$$W = \text{Scrubber operating Wt. } 17,000 \text{ Kg}$$

$$\theta_{\text{rolling}} = 23.5 \text{ degree}$$

$$a_{\text{rolling}} = 1.65 \text{ g}$$



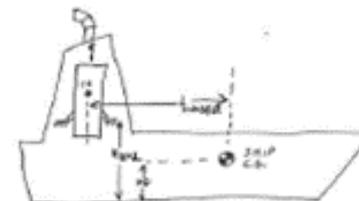
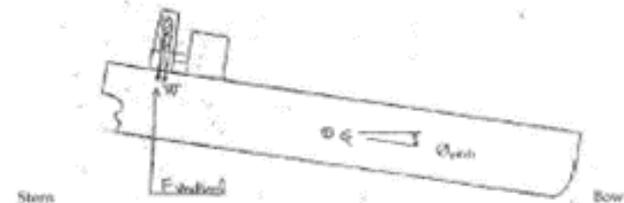
## 1) VERTICAL FORCES

$$F_{\text{vertical}} = F_{\text{static}} + F_{\text{dynamic}} = W \times \cos(\theta_{\text{pitch}}) + (W \times a_{\text{pitching}}) + (W \times a_{\text{heaving}})$$

$$\theta_{\text{pitch}} = 6.1 \text{ degree}$$

$$a_{\text{pitching}} = 1.29 \text{ g}$$

$$a_{\text{heaving}} = 1.03 \text{ g}$$



$$L_{\text{scrubber}} = \text{distance between scrubber and ship CG}$$

$$L_{\text{scrubber}} = 252.0 \text{ m}$$

$$H_{\text{scrubber}} = \text{height of scrubber base above ship bottom}$$

$$H_{\text{scrubber}} = 40.3 \text{ m}$$

$$KG_{\text{full}} = \text{height of ship CG above bottom at Full load}$$

$$KG_{\text{full}} = 23.5 \text{ m}$$

$$KG_{\text{normal}} = \text{height of ship CG above bottom at Normal Ballast}$$

$$KG_{\text{normal}} = 12.9 \text{ m}$$

# 7) 主機排ガス管ラインの背圧計算

スクラバタワー通過時の想定背圧を加えた値が、主機メーカーの許容背圧以下である事の検証が必要。

背圧上昇が大きい場合、主機の熱負荷上昇、燃費の悪化につながる。  
また、主機メーカーの技術情報に従い、過給機の調整やNOxテクニカルファイル改正等が必要となる場合がある。

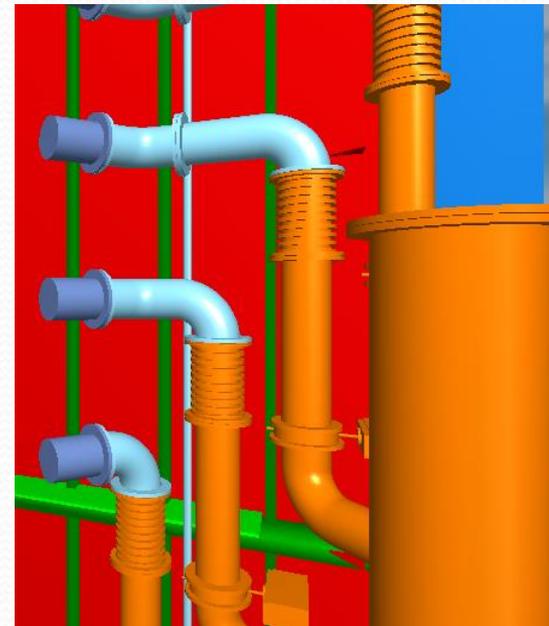
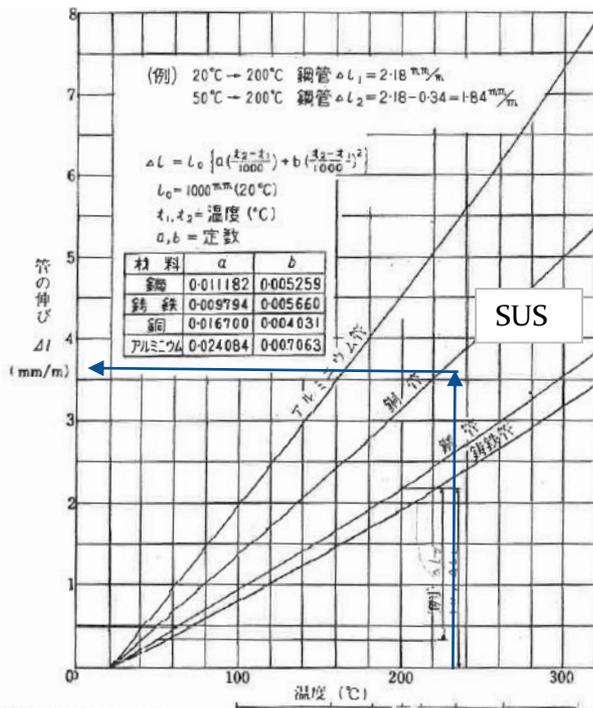
〇〇丸 主機排ガス管抵抗計算			
【入力データ】		作成者:松尾(SDC) 作成日:2018/10/30	
主機出口より排エコ出口迄のデータ		排エコ出口より煙突出口迄のデータ	
排ガス温度1	274 °C	排ガス温度2	230 °C
排ガス量	160,000 kg/h		
直管長さ	10.0 m	直管長さ	25.0 m
主機出口より排エコ出口迄の高さ	18.0 m	排エコ出口より煙突先端の高さ	20.0 m
過給機出口フランジ寸法	長さ 1600 mm 幅 700 mm		
エルボ	Tピース	エルボ	Tピース
90° 1	70° 1	90° 1	100° 1
60°	65° 1	65°	65°
45°	45°	30° 2	45°
30,20°	30°	20°	30°
15°		15°	

【計算結果】		SOxスクラバ設置の場合
過給機出口異径管抵抗	8.5 mmAq	スクラバ本体の抵抗(メーカー設定値)
排ガス管直管部抵抗	7.9 mmAq	150.0 mmAq
エルボによる抵抗	14.6 mmAq	
Tピースによる抵抗	54.0 mmAq	
膨張継手による抵抗	18.4 mmAq	
排ガスエコの抵抗	177.0 mmAq	
サイレンサーの抵抗	0.0 mmAq	
煙突からの噴出抵抗	28.0 mmAq	
煙突による吸引力	-17.2 mmAq	総抵抗 = 総抵抗 + スクラバ本体抵抗
<b>総抵抗</b>	<b>291.2 mmAq</b>	<b>441.2 mmAq</b>
メーカー許容値	xxx mmAq	

# 8) 熱膨張による伸縮継手の計算

- 温度変化の大きいタワー周り、排ガス管周りには、伸縮量を吸収する為の伸縮継手設置が必要。
- 材質ごとの伸縮量から最大伸び量を計算し、十分な吸収量をもつ継手を決定する。

温度変化による伸縮量



ご清聴ありがとうございました

Thank you for your attention