

# 「実稼動船への補機関用 SCRシステムの搭載及び 実運用試験」について

2016年11月30日

株式会社 商船三井  
株式会社 名村造船所  
ヤンマー株式会社



# 内容

---

## 1. 事業の目的等

- 1. 1 事業の背景と目的
- 1. 2 事業の目標

## 2. 事業の内容と成果

### 2. 1 陸上評価（配管変更試験）

- 2. 1. 1 試験計画・装置概要
- 2. 1. 2 配管変更
  - (1) CFDによる解析結果
  - (2) 実機試験結果

### 2. 2 実船評価

- 2. 2. 1 試験計画・装置概要
- 2. 2. 2 陸上での事前試験
  - (1) 排気温度チューニング
  - (2) 実機試験結果
- 2. 2. 3 船体への搭載・調整
- 2. 2. 4 実船試験
  - (1) MGO燃料による実運用試験
  - (2) HFO燃料による耐久試験

## 3. まとめ



# 1. 事業の目的等

## 1. 1 事業の背景と目的



IMOのNO<sub>x</sub>3次規制対応の有力な方策として、SCR脱硝装置が挙げられる。日本におけるスーパークリーンマリンディーゼルプロジェクト(SCMD-PJ)\*では、技術開発と実船試験のフェーズに分かれ、そのSCR開発が進められた。実船試験の終了に伴い、2012年6月に成果発表会が開催され、低速、中速、高速の3チームから、SCR搭載による80%NO<sub>x</sub>削減を、陸上だけでなく海上でも確認したことが報告されている。

船用補機関については、高速チーム(ヤンマー株式会社)が担当し、外航船による実船試験を通じてSCR触媒の長時間の耐久性評価を行っているが、SCRの供試台数としては補機関3台の内1台に搭載され、集中運転された。一方、補機関の実稼動状態においては、1台のみではなく2台運転のケースがあり、また、スタンバイ機が自動起動するケース等、SCMD-PJでは確認できていない状況が発生する。3台前提での稼動の場合、尿素水補給タイミングなど、オペレーション上の相違も生じる。さらにNO<sub>x</sub>80%削減は特定海域(ECA)のみであり、一般海域はNO<sub>x</sub>2次規制値が適用されることからバイパス系統の設置が有効的であるが、ECAと一般海域での切換の実運用が必要になる。

そこで本事業では、補機関3台にSCRを搭載し、実船での実稼動試験を行い、オペレーションを含めて実用上の課題を明確にし、対策を検討する。想定したECAにて、燃料中の硫黄分規制からMGO燃料(以下、MGO)を供試してSCRを稼動させ、ECA外ではバイパスラインに切替える。稼動台数は実際の機関運転に合わせて調整する。対象船は、新造船22.5万DWTのVLOCとする。

また、試験ベンチ(1台)での脱硝性能、配管構造の異なる船上(3台)での脱硝性能の確認を行うと共に、試験ベンチにおいては曲がり配管、尿素水噴射前の配管長さの影響などを確認することにより、スキームA認証の為の基礎データを蓄積する。さらにCFDにより、配管内の流れ解析も実施する。

加えて、ECAにおいてもHFO燃料(以下、HFO)を使用する可能性があることから、実船での安定した脱硝性能(脱硝率)の変化を確認することを目的として、1台のSCRにおいて、HFOによる耐久試験を実施する。

\*...国土交通省の環境エンジン開発プロジェクトの一環として公益財団法人日本財団の助成を受け、一般社団法人日本船用工業会による。



## 1.2 事業の目標

- (1) 補機関用SCR3台の搭載と実稼動
- (2) 実船の運転パターンにて、脱硝率 $\geq 80\%$
- (3) スキームA認証の為の基礎データの蓄積
- (4) HFOでの長時間運転による脱硝性能(脱硝率)の変化の調査



## 2. 事業の内容と成果

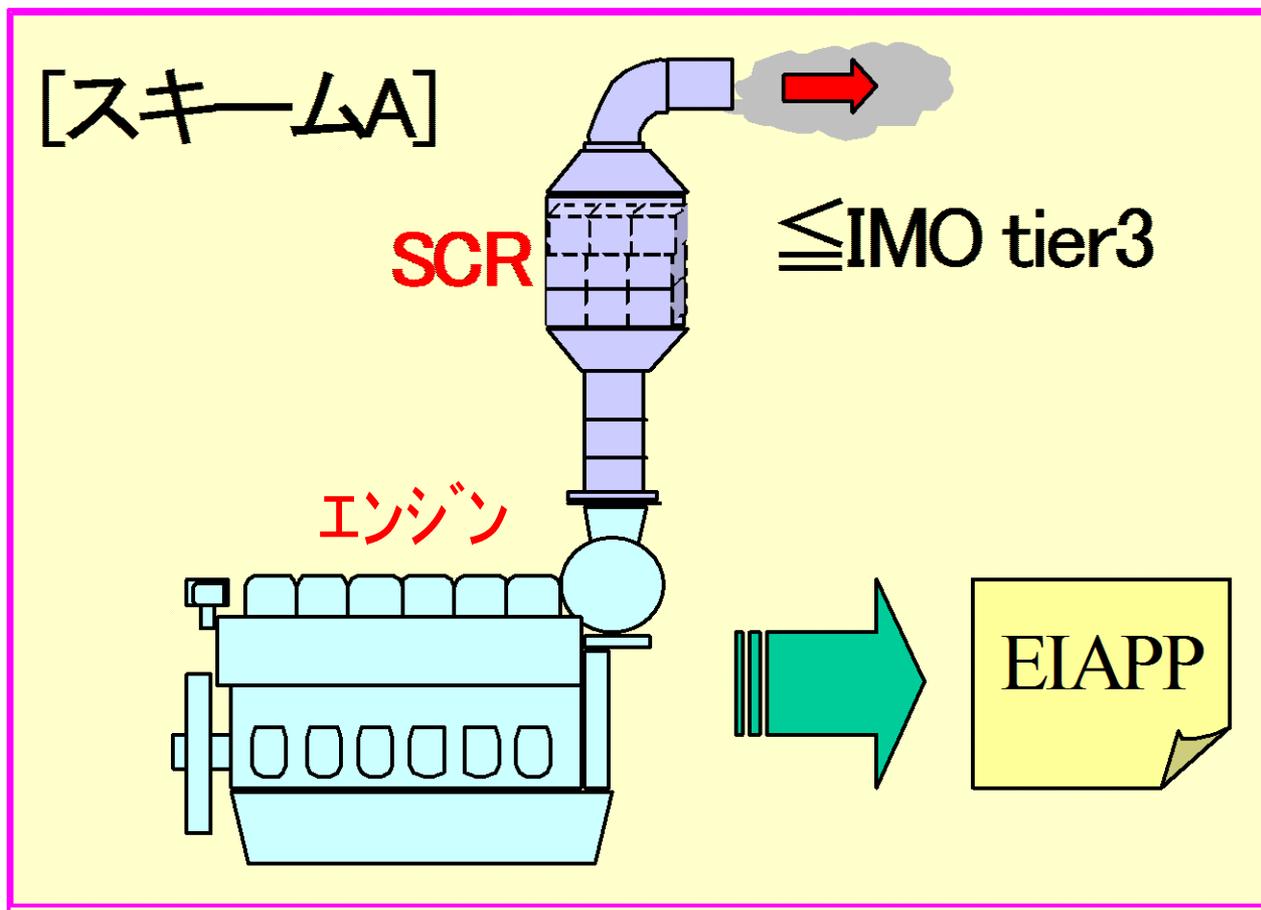
### 2. 1 陸上評価（配管変更試験）

#### 2. 1. 1 試験計画・装置概要



# SCRのNOx認証方法（スキームA）

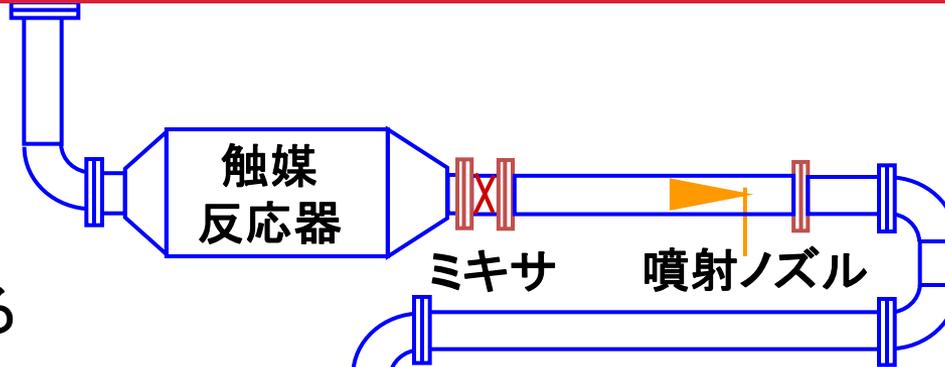
エンジンとSCRを台上で試験し、一体で認証を取得する。



# 尿素水噴射前配管形状の影響調査概要

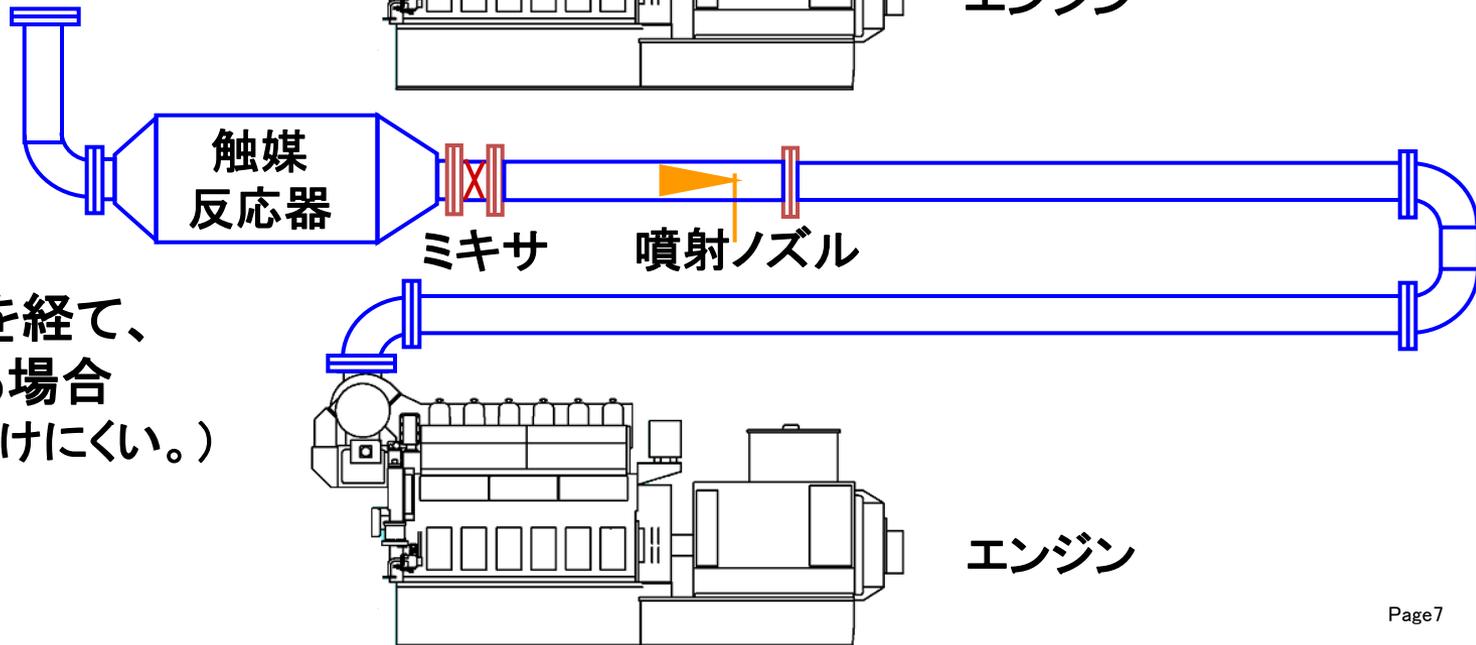
## Short配管

曲り管の直後に  
噴射ノズルがある  
場合



## Long配管

曲り管の後、  
十分に長い直管を経て、  
噴射ノズルに至る場合  
(曲り管の影響を受けにくい。)



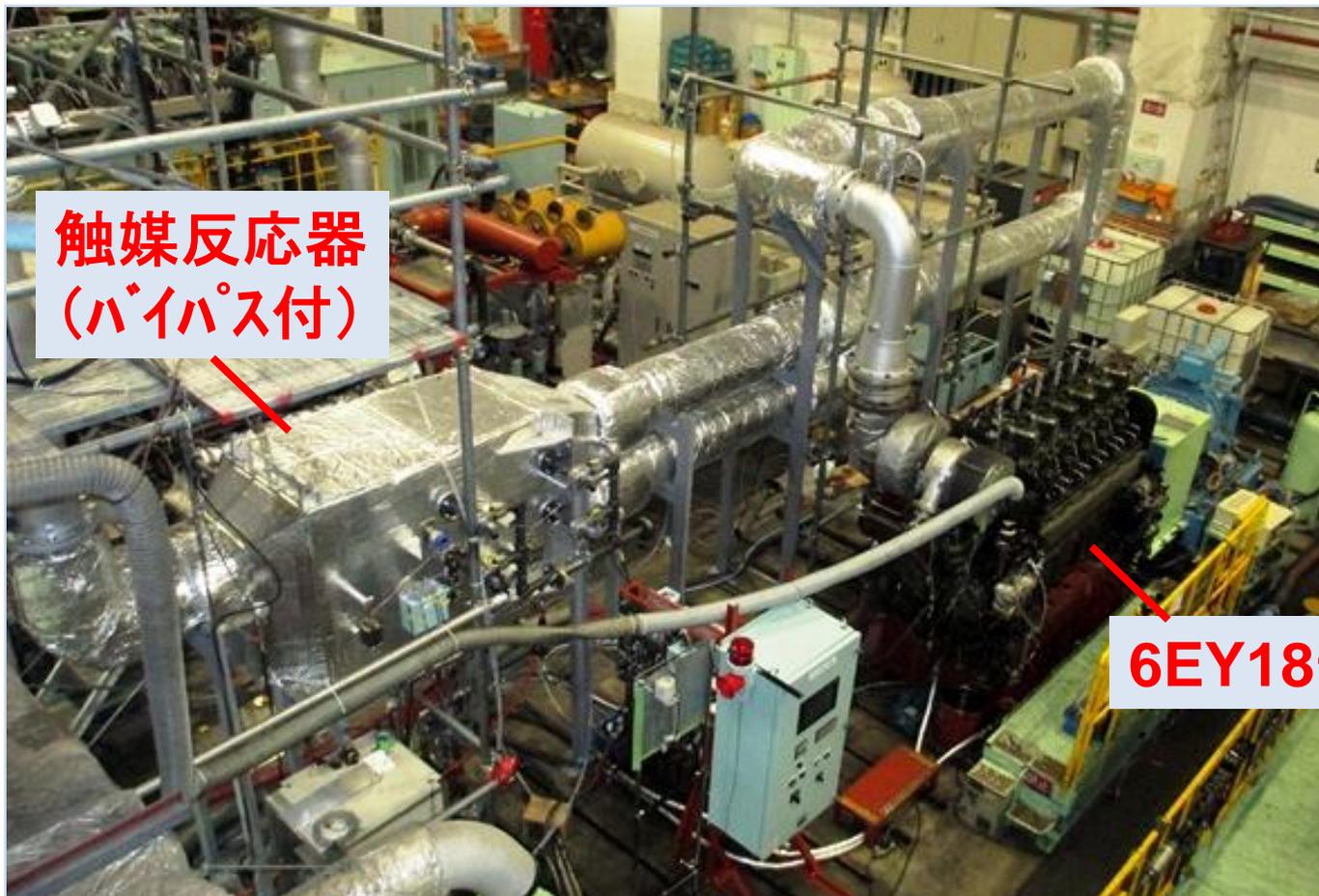
# 評価項目

---

- ・供試機関：6EY18ALW(800kW/900min<sup>-1</sup>)
- ・配管：2種類（前スライドのとおり）  
Long/Short配管
- ・評価方法：CFDによる解析と実機性能評価
- ・CFD評価：配管内の排ガス速度分布
- ・実機評価：D2モード<sup>①</sup>NO<sub>x</sub>

# 試験ベンチでの配管状況

## Long配管

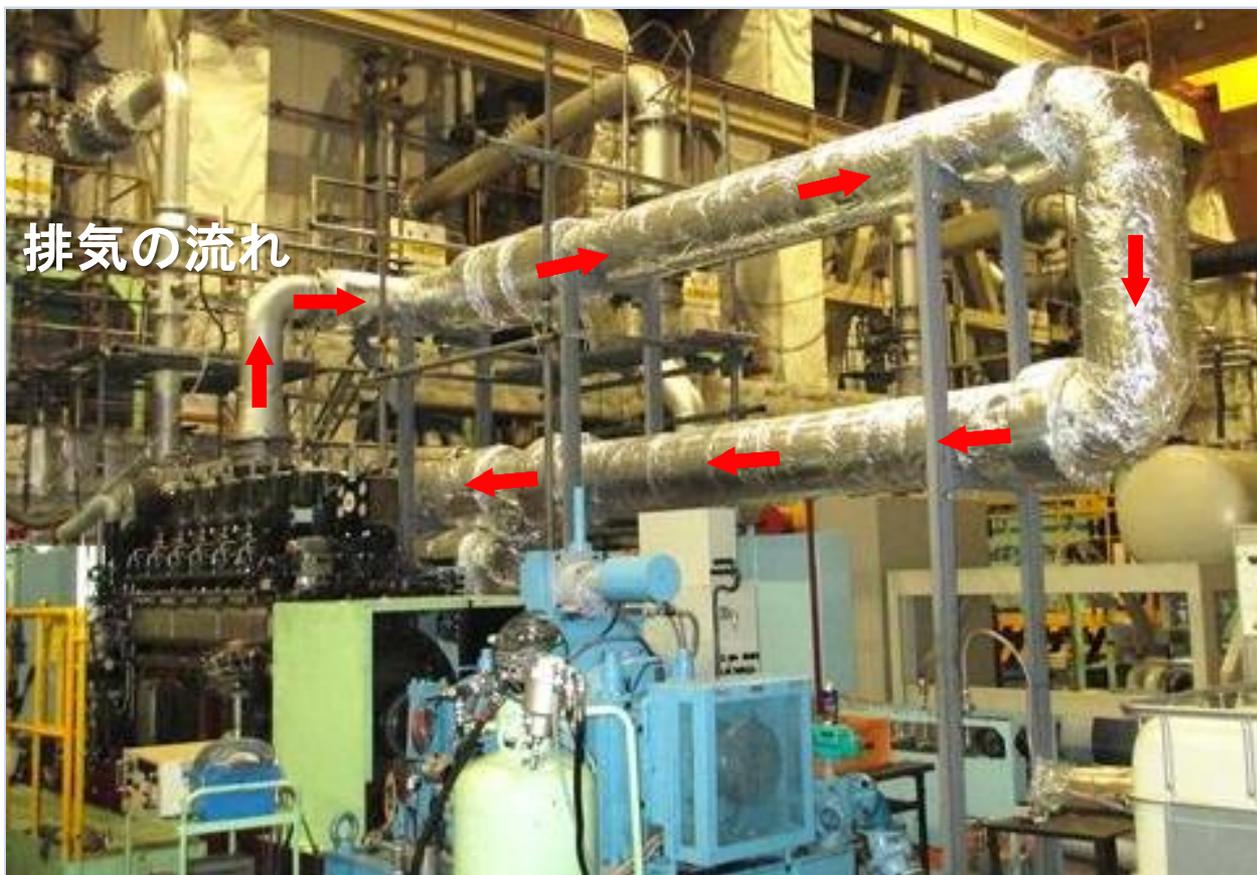


触媒反応器  
(バイパス付)

6EY18形機関

# 試験ベンチでの配管状況

## Long配管



(動力計側から見る。)

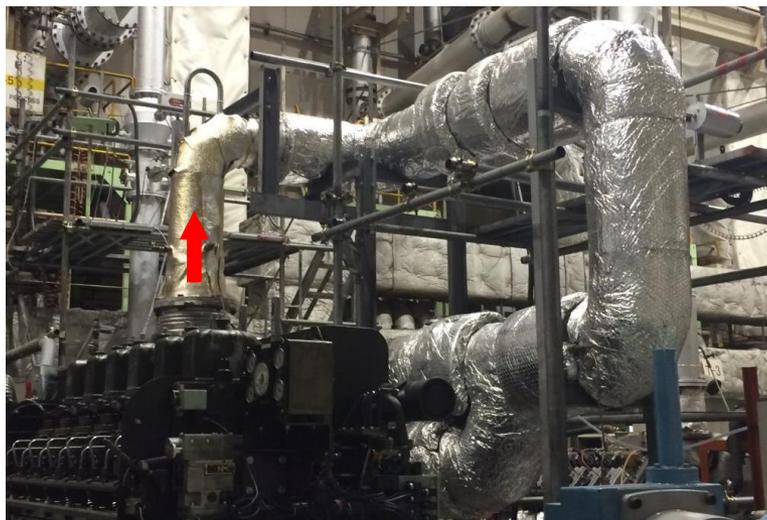


# Long/Short配管の比較

Long配管



Short配管

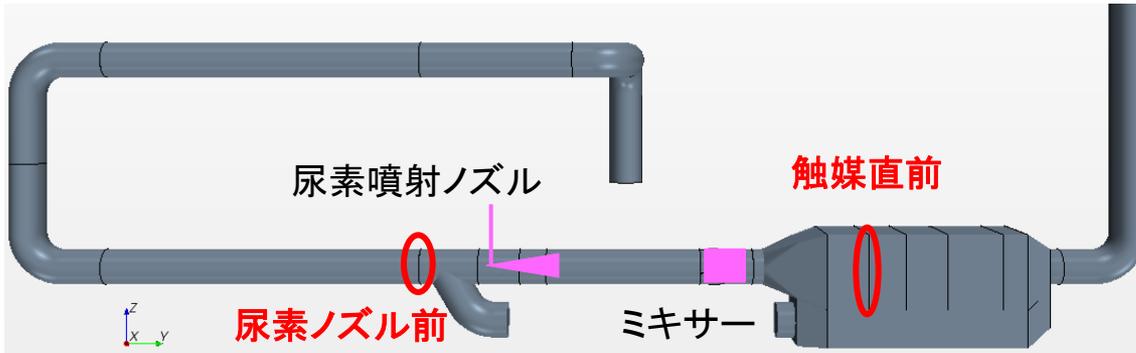


## 2. 1. 2 配管変更 (1) CFDによる解析結果

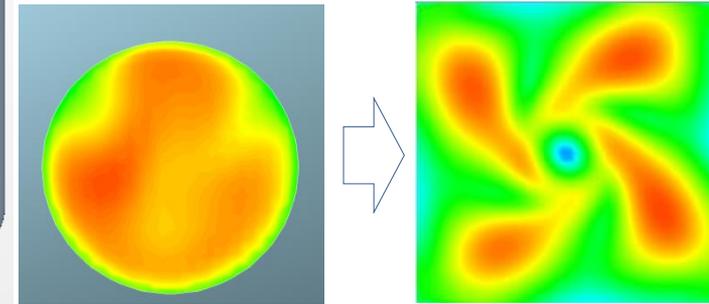


# CFD解析による速度分布

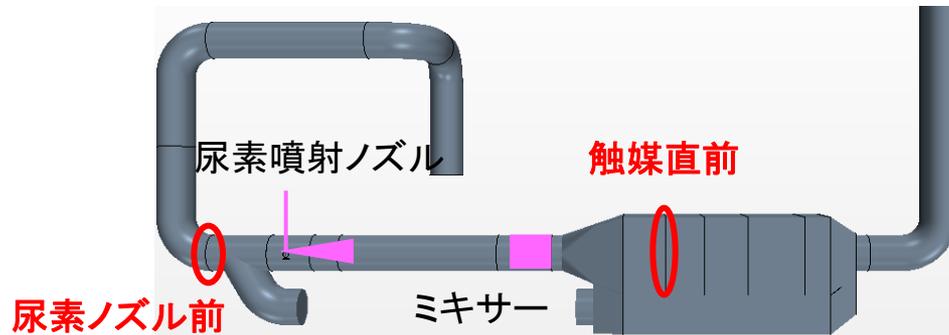
Long配管



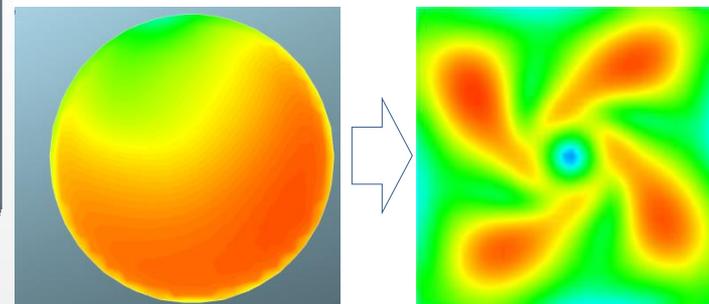
速度分布(100%負荷)  
尿素ノズル前 触媒直前



Short配管



遅い 早い



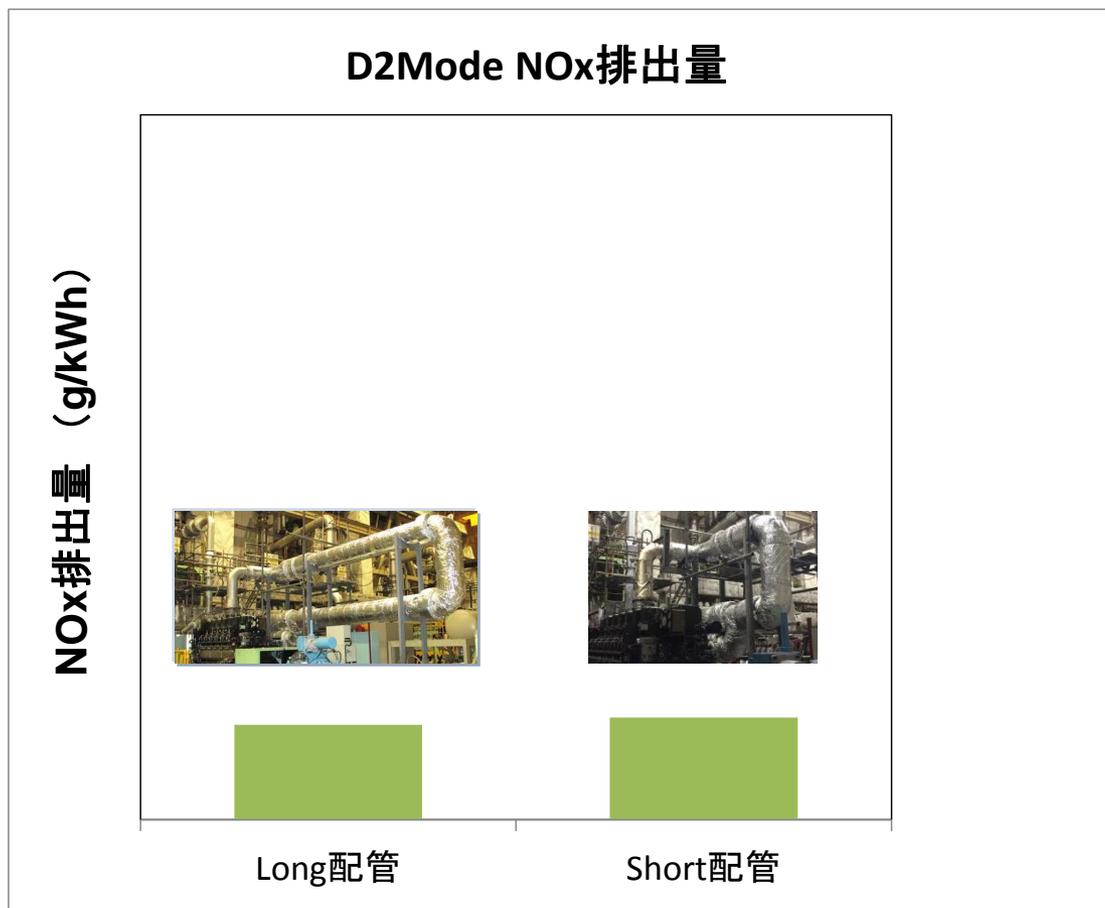
下部に偏りあり

Short配管において尿素噴射ノズルの前は下部に偏りが生じているが、触媒直前になると、Long/Short配管共に速度分布は同じになっている。

## (2) 実機試験結果



# NOx排出量への影響（実機試験結果）



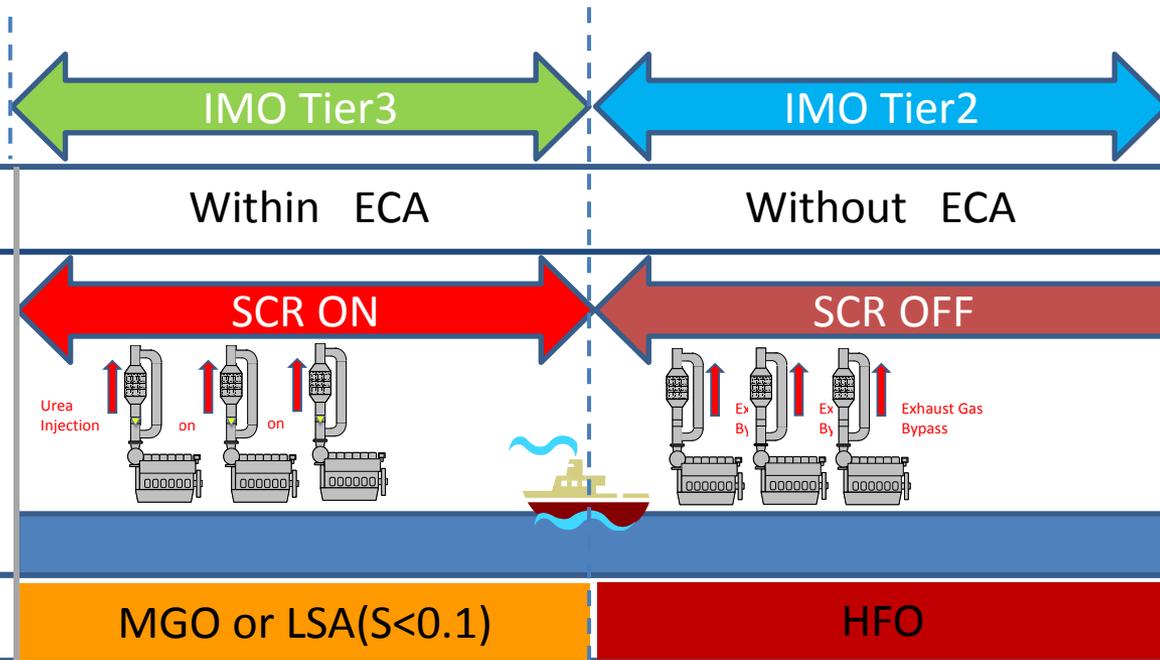
- ・Long/Short配管で、触媒直前の速度分布は同じ結果であった（CFD）。
  - ・NOx排出量（共に3次規制値を満足）にも相違は見られなかった（実機）。
- ⇒尿素水噴射位置前の曲り配管による影響無し。

## 2. 2 実船評価

### 2. 2. 1 試験計画・装置概要



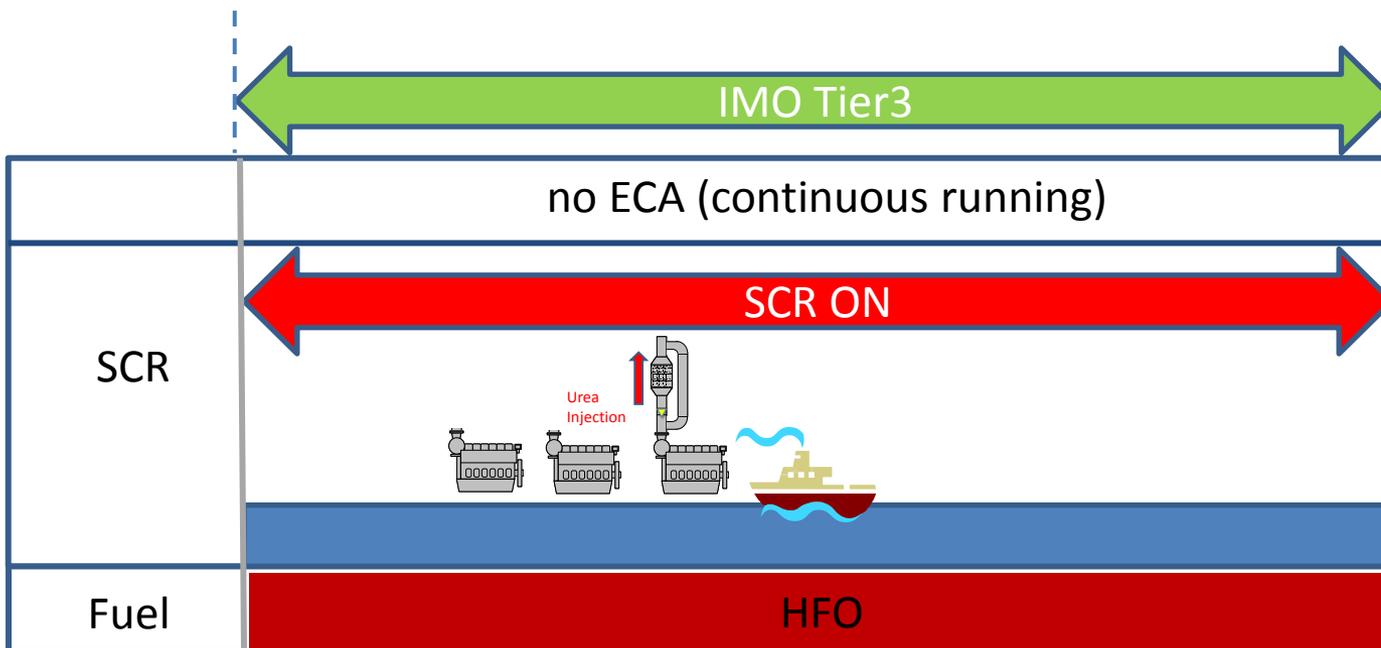
# MGO燃料による実運用試験計画



想定ECA

想定ECAを設定し、ECA内外で切り替え運用（燃料・SCR）

# HFO燃料による耐久試験計画



スクラバー装置使用の想定や、さらに厳しい条件でのSCR評価  
→HFOによる連続耐久運転

# 実船試験用SCR要目表

---

## ● 供試機関

- ・6EY22LW(880kW/720min<sup>-1</sup>)
- ・NO<sub>x</sub>排出：IMO-NO<sub>x</sub>2次規制対応仕様

## ● 触媒反応器

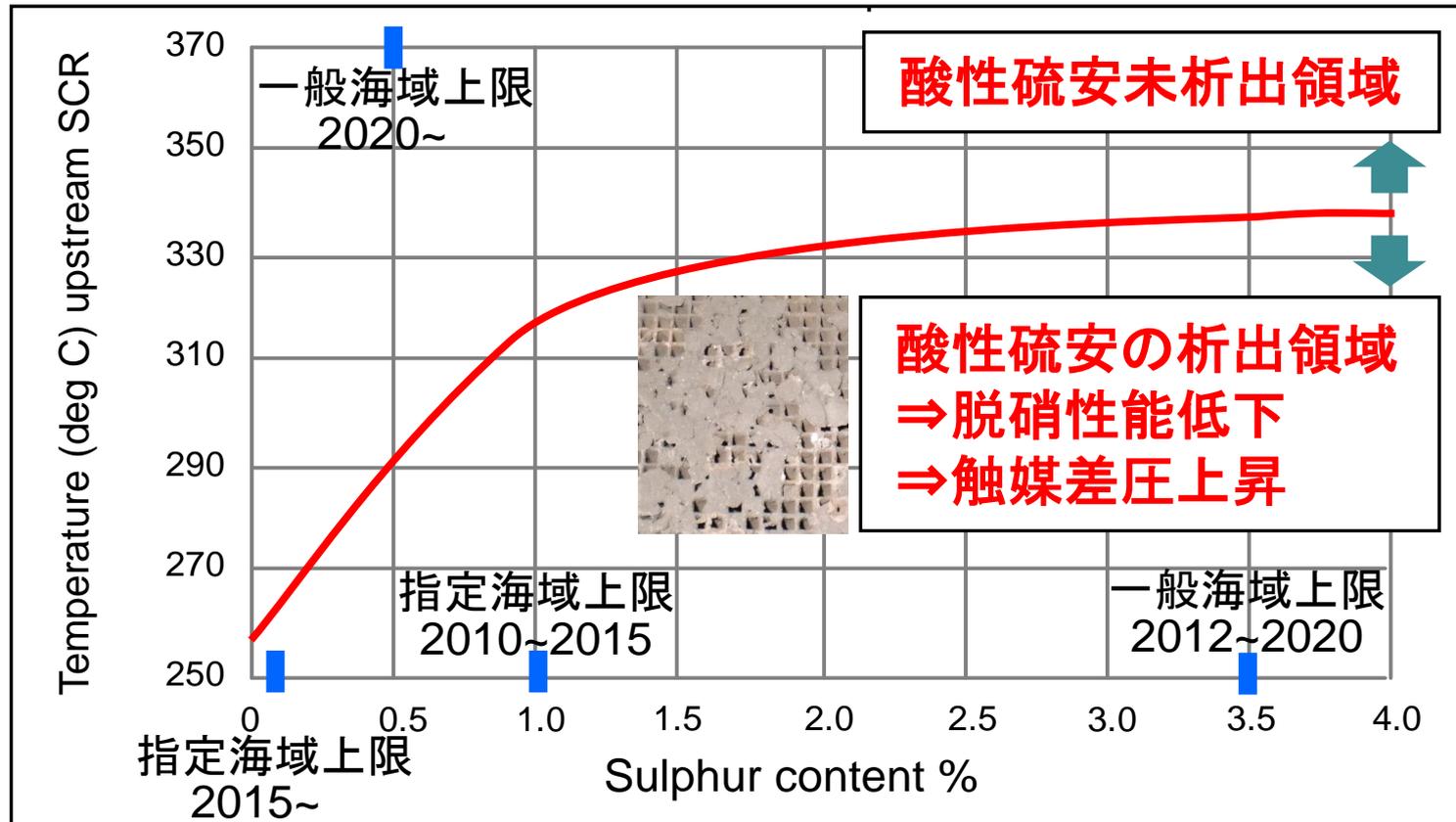
- ・バイパスライン組込タイプ
- ・チタニア-バナジウム系脱硝触媒  
(触媒体積：MGO用<HFO用)
- ・脱硝能力：80%以上 (IMO1次規制対比)
- ・バイパス切替：排気バルブ (エア源喪失で全開)
- ・スートブロー装置装備

## ● 尿素水供給装置

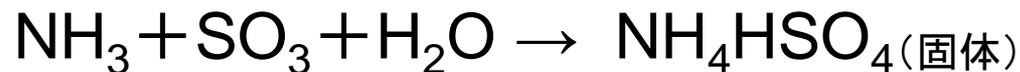
- ・噴射方式：エアアシスト式



# SCRに必要な最低排気温度 (触媒入口)



酸性硫安 (NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>) の生成:



# 実船試験におけるエンジン仕様の変更点

	SCR実船試験		試験終了後 (標準仕様)
	MGO	HFO	
カム軸	TIER3 (SCR対応) 仕様	←	TIER2 仕様
過給機	①-2	②	①-1
対象 台数	3台	1台	3台

**【備考】過給機仕様の相違について**

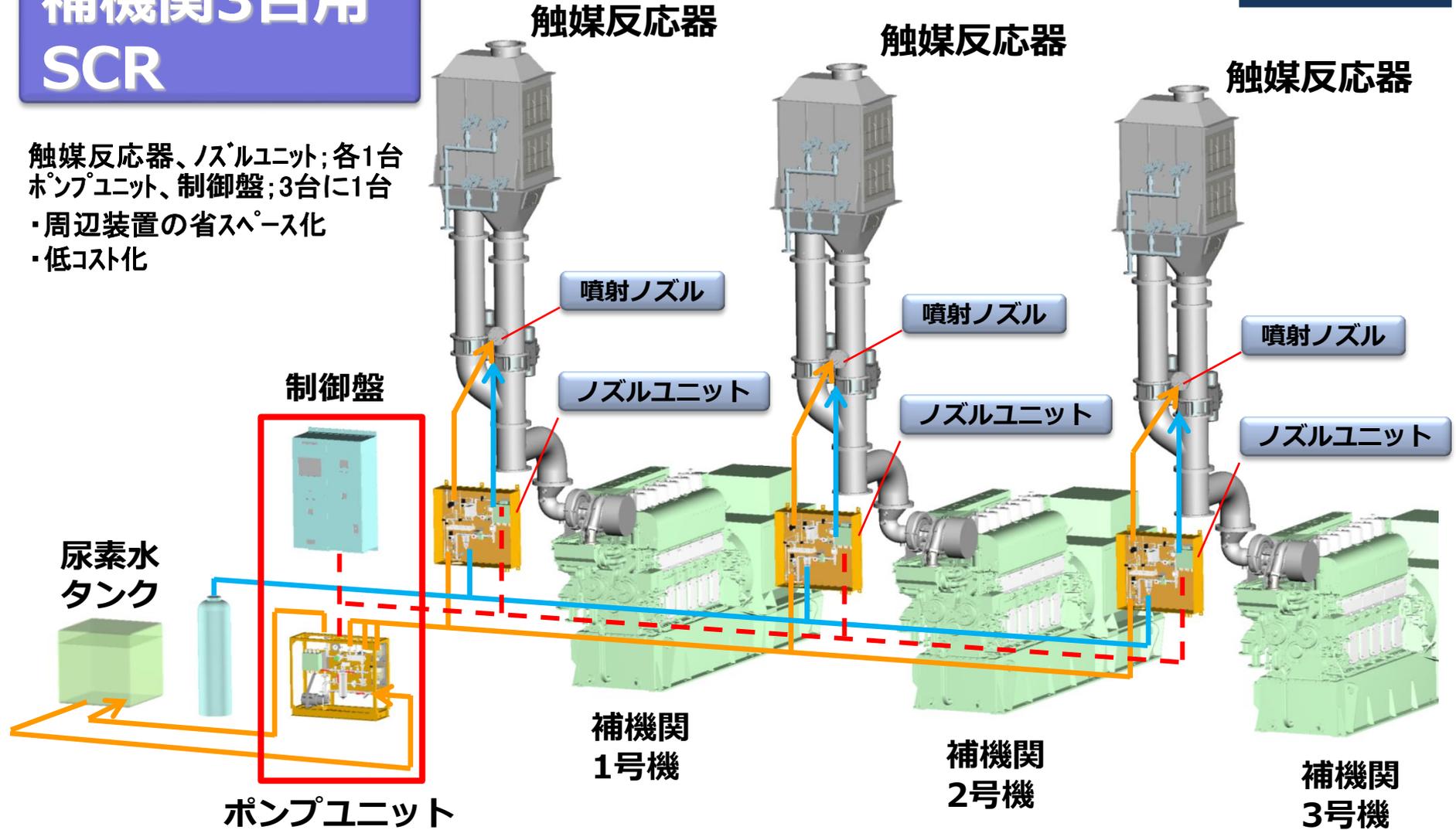
- ・①-1、①-2; 本体は同一。カム軸のスペック(給排気弁タイミング)に応じて、風量をマッチさせるために、コンプレッサディフューザのみが異なる。
- ・②; ①と比較してタービン容量が大きく、高温仕様となっている。

# SCRシステムの概要

## 補機関3台用 SCR

— : 尿素水  
— : エア

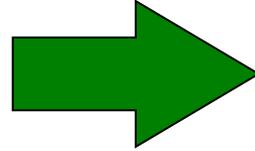
- 触媒反応器、ノズルユニット; 各1台  
ポンプユニット、制御盤; 3台に1台
- ・周辺装置の省スペース化
  - ・低コスト化



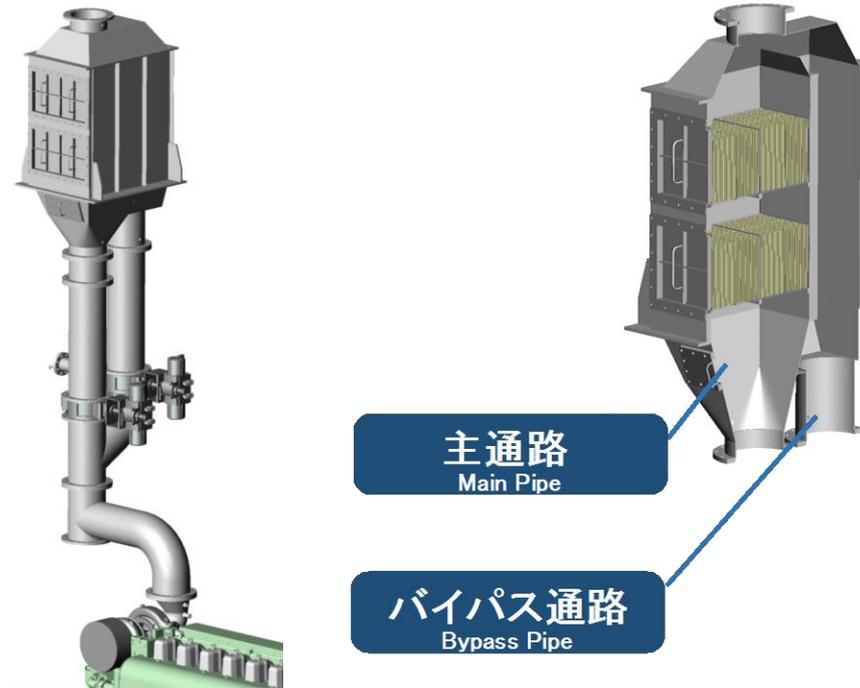
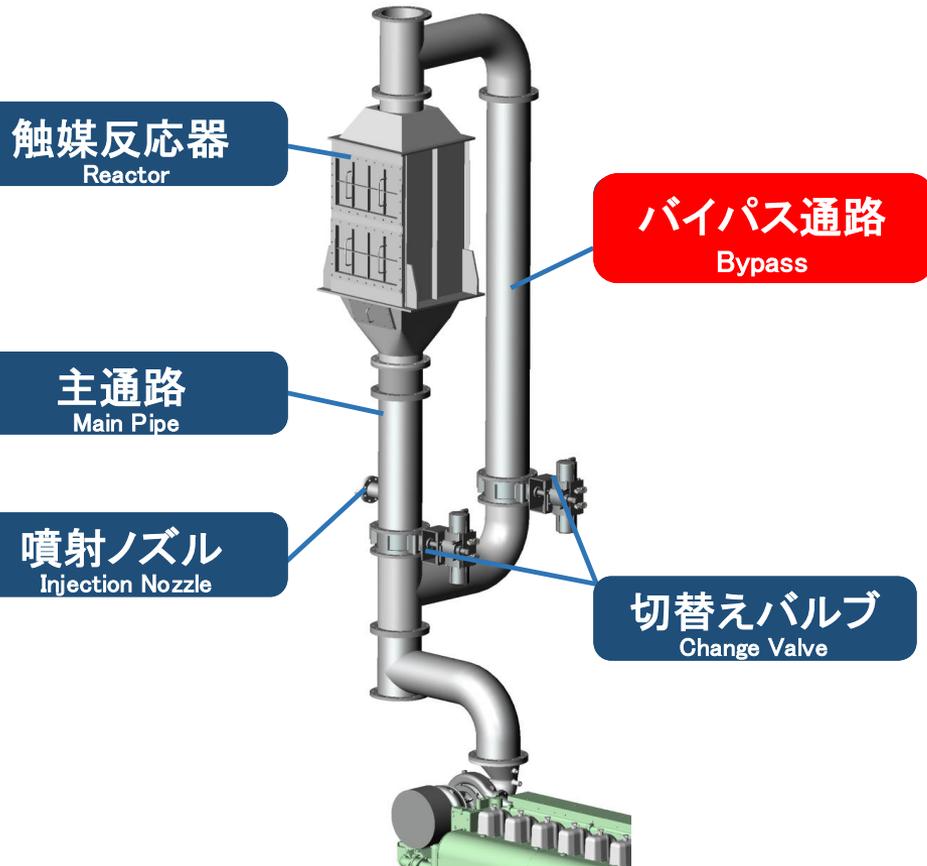
# バイパス一体型触媒反応器のコンセプト

SCR3台搭載のために・・・

バイパス別系統 (SCMD-PJ)



バイパス一体型触媒反応器  
Integrated Bypass Line



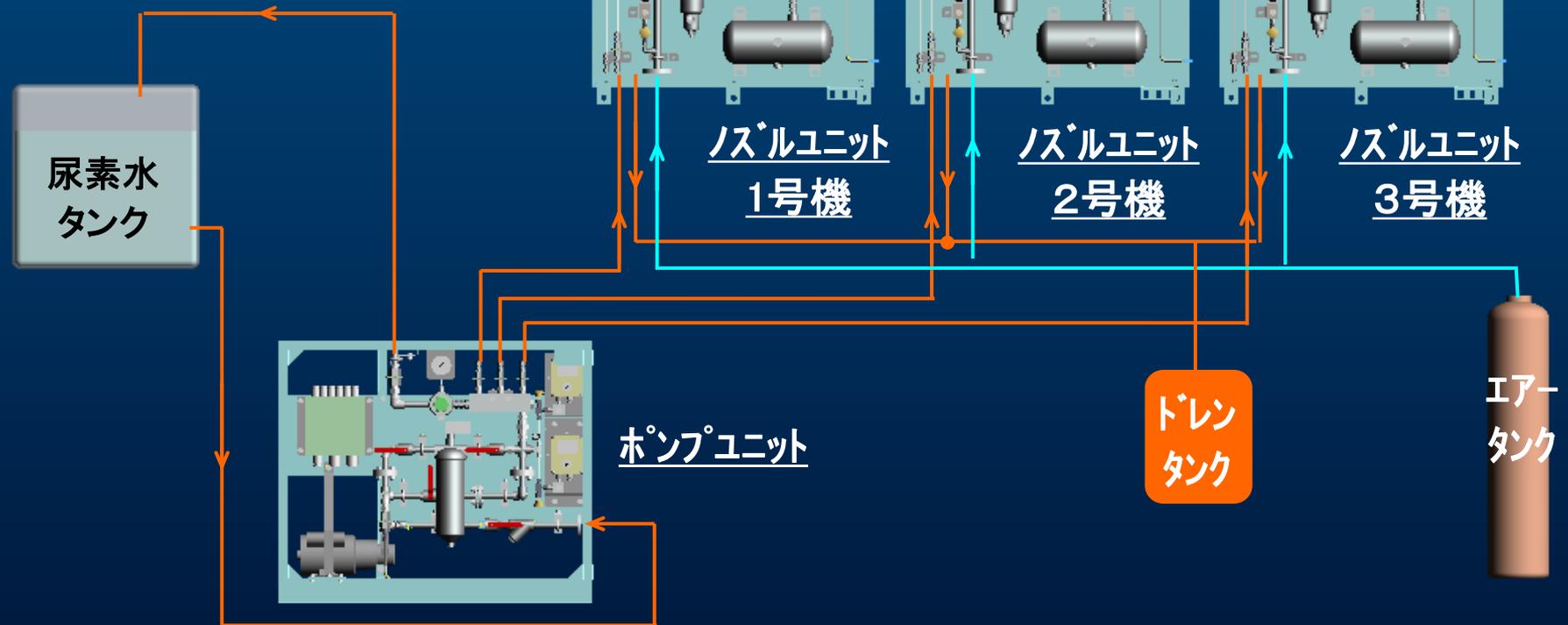
・トータルでのコンパクト化

# 尿素水供給装置の概要 (エアアシスト式)

— : 尿素水  
— : エア

## 機能

- ・ポンプユニット: 尿素水を循環
- ・ノズルユニット: 尿素水噴射量制御、噴射切替  
アシストエアの制御

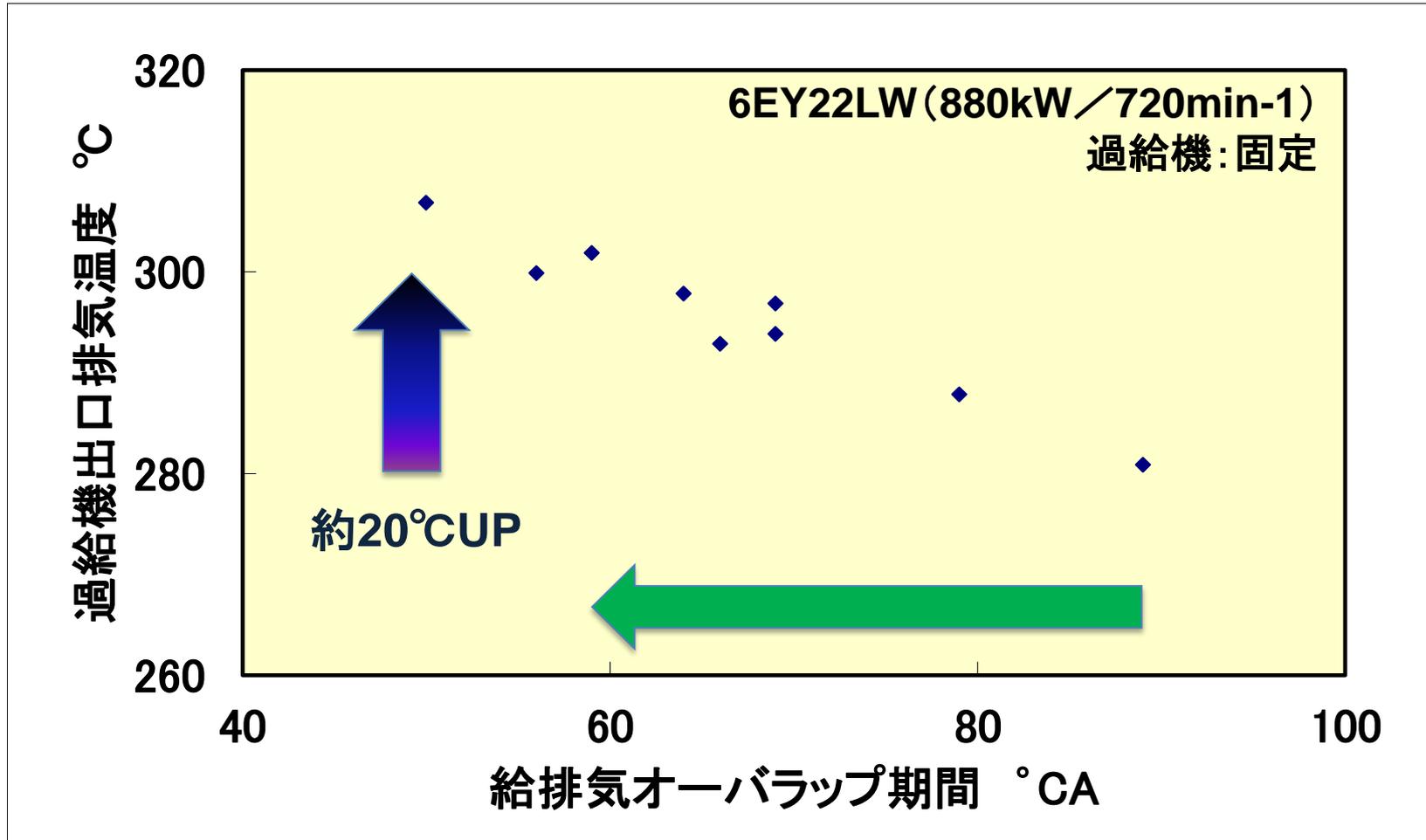


## 2. 2. 2 陸上での事前試験 (1) 排気温度チューニング



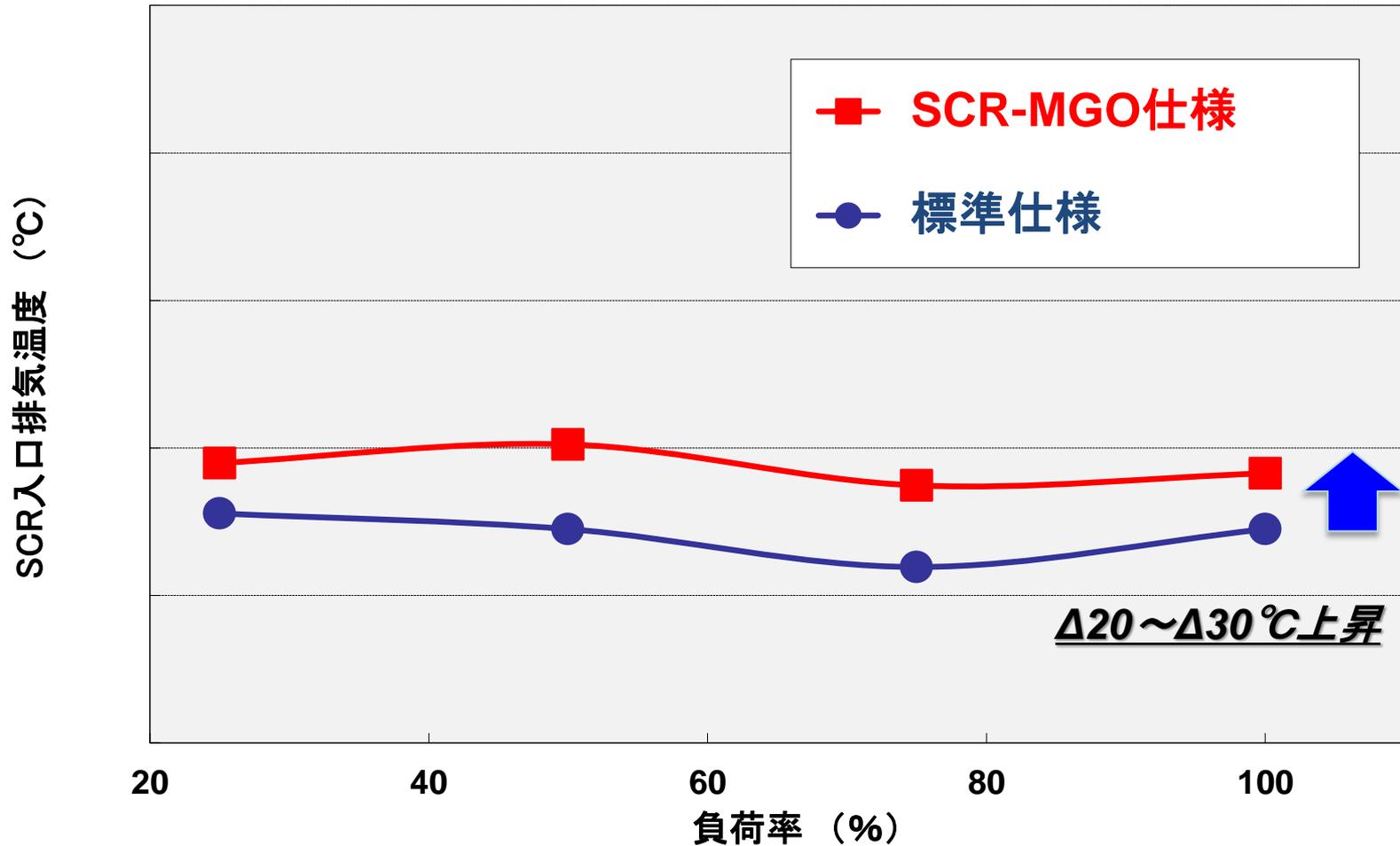
# 性能シミュレーションによる机上検討結果

## オーバーラップ期間と過給機出口排気温度計算結果



+ 過給機スペックの適正化

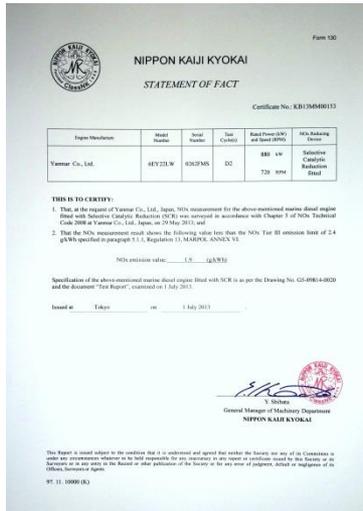
# 実機試験結果 (SCR入口排気温度)



## (2) 実機試験結果

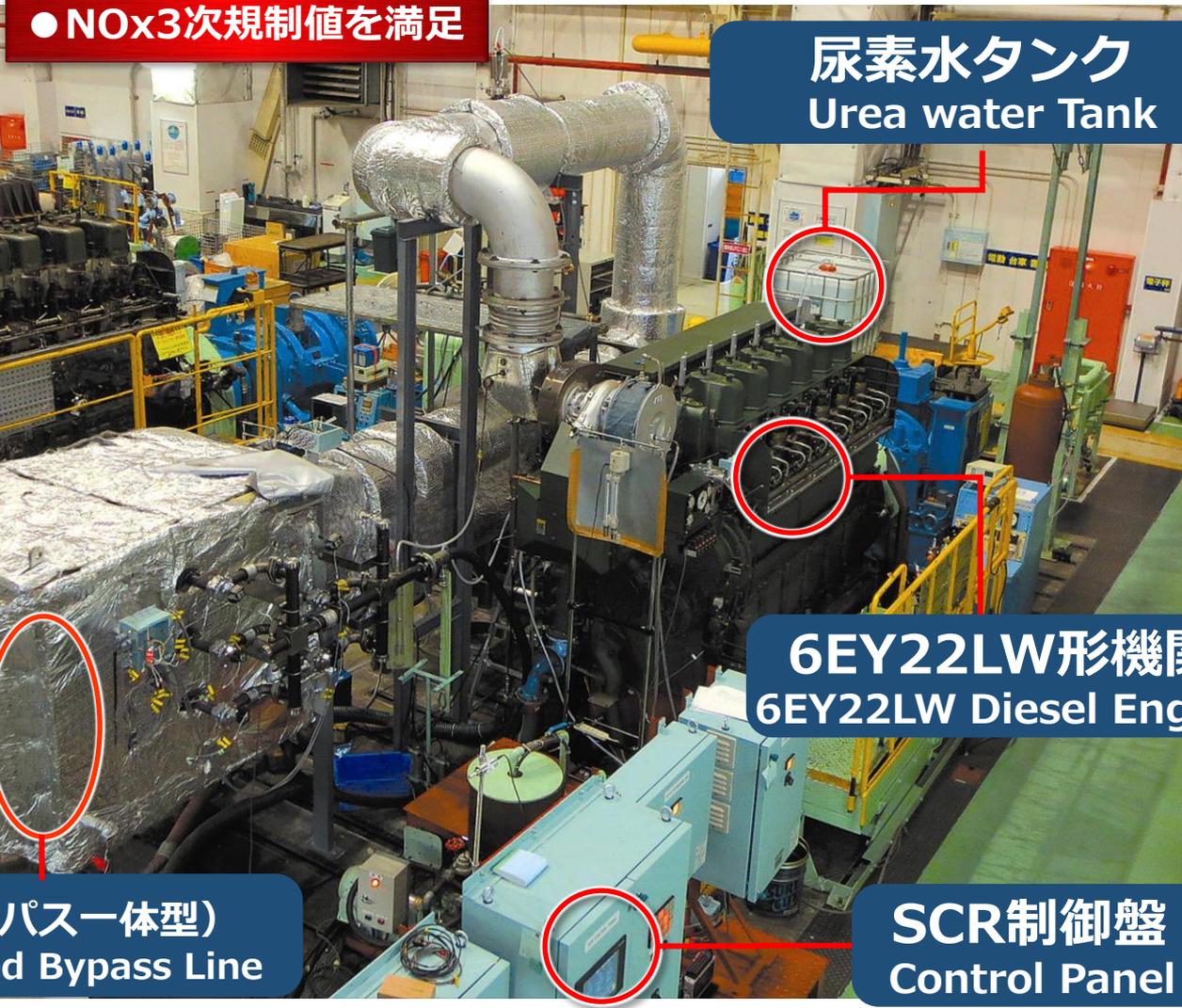


# ベンチ試験（装置外観）⇒ 鑑定書の取得



● NOx3次規制値を満足

尿素水タンク  
Urea water Tank



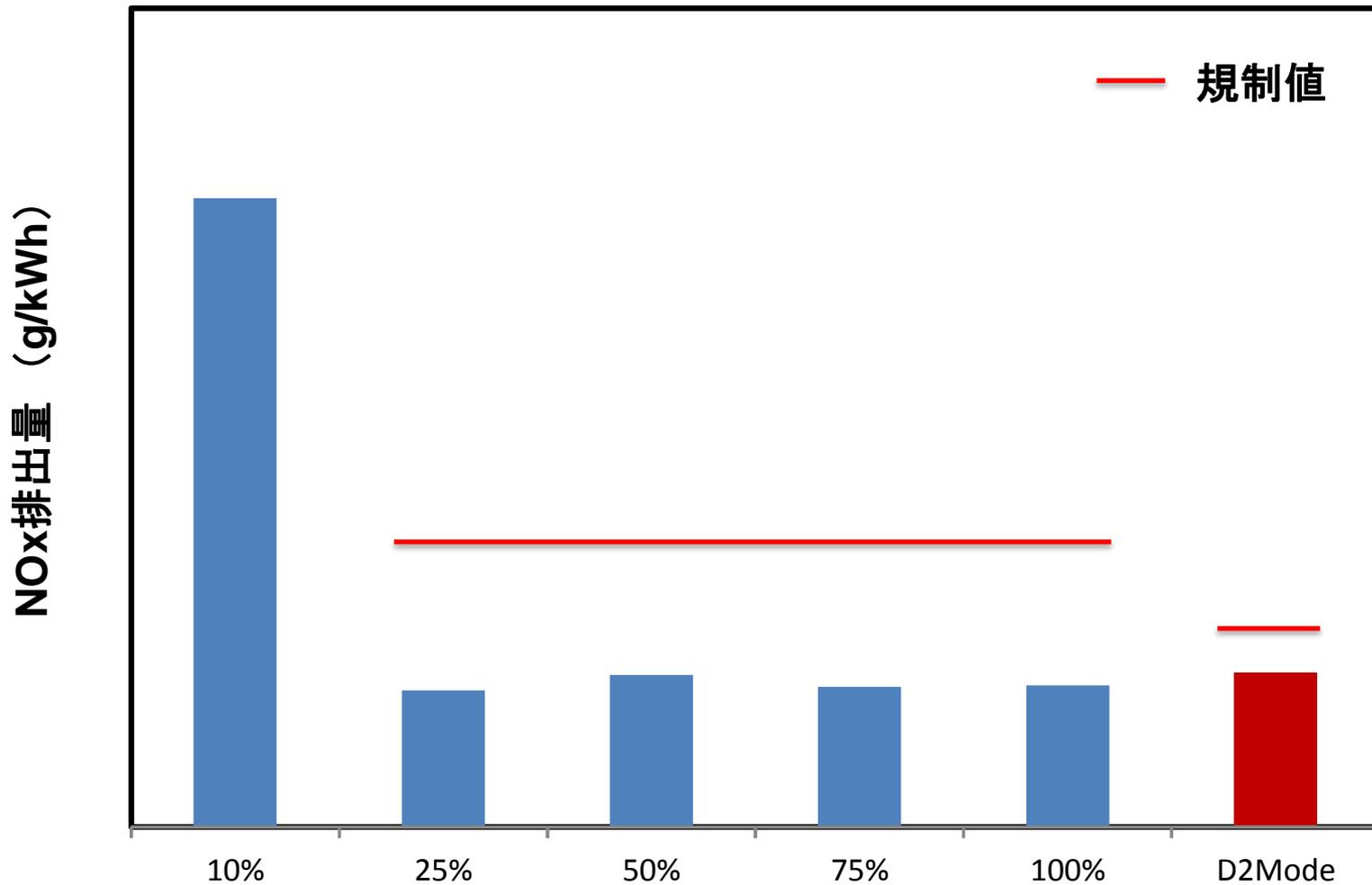
6EY22LW形機関  
6EY22LW Diesel Engine

触媒槽（バイパス一体型）  
Reactor Integrated Bypass Line

SCR制御盤  
Control Panel



# 試験結果詳細 (D2モード"NOx及びエミッションキャップ"評価)



□備考

負荷率10%は、排気温度との関係から、尿素水噴射無し。

負荷率およびD2モード

## 2. 2. 3 船体への搭載・調整



# 船体への搭載状況

既存の設計船であり、機関室の限られた空間にSCR関連機器を配置した。  
尚、主要機器の配置については以下の通りとした。

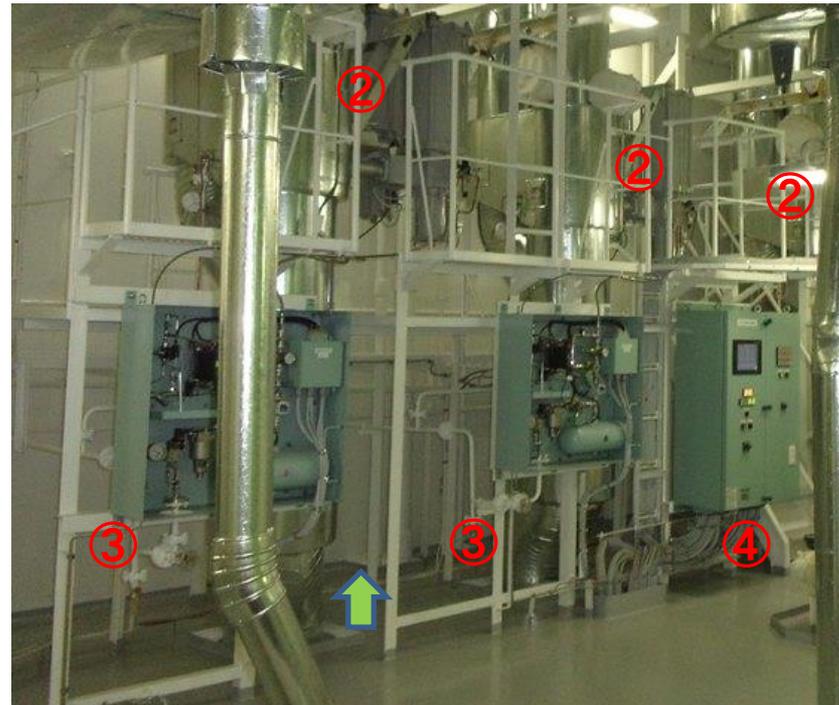
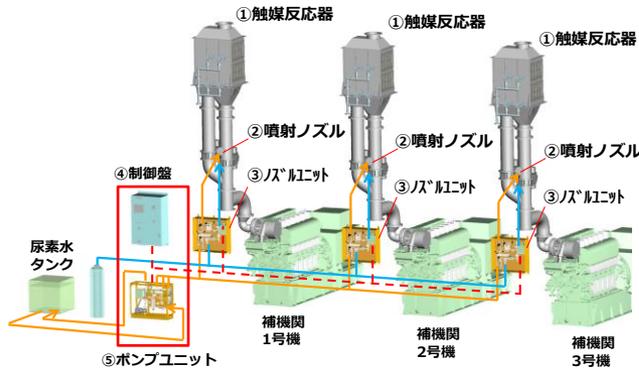
## 本船外観



- ・発電機関 : 機関室 3rd Deck 船尾側
- ・触媒反応器 : 機関室船尾隔壁付近、Upper Deck 下
- ・尿素水タンク : 機関室 2nd Deck (分割して配置)



## 補機関1、2、3号機外観



①触媒反応器  
外観

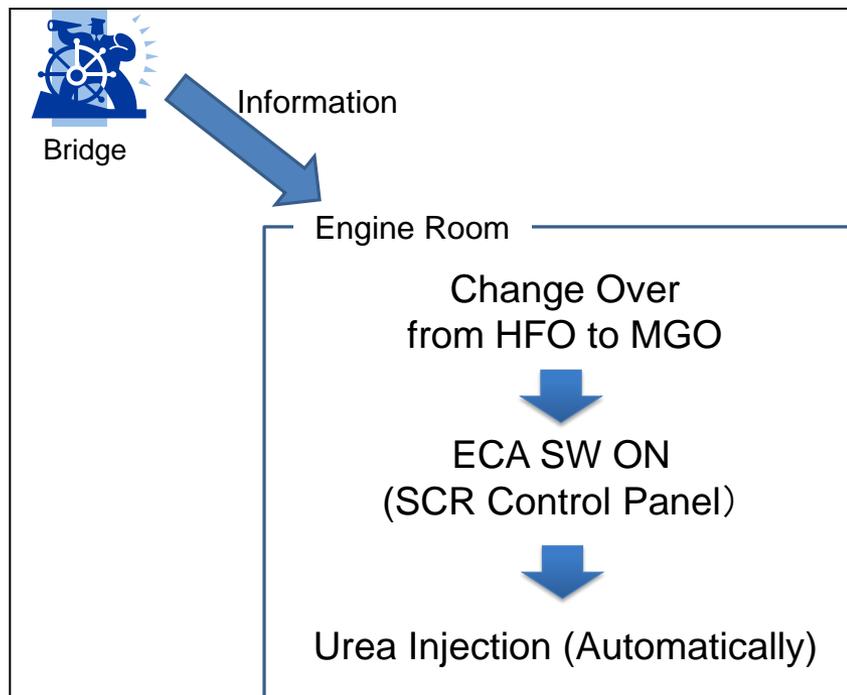
## 2. 2. 4 実船試験

### (1) MGO燃料による実運用試験

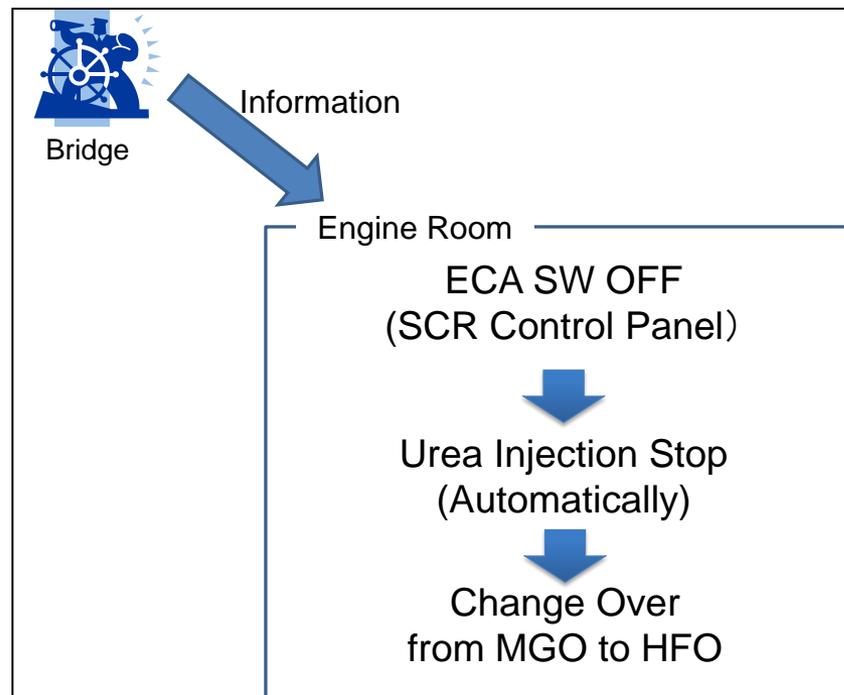


# ECA入出時の切替え運用要領

## 入域時



## 出域時



ブリッジサイド、エンジンサイドの連携に問題なし。

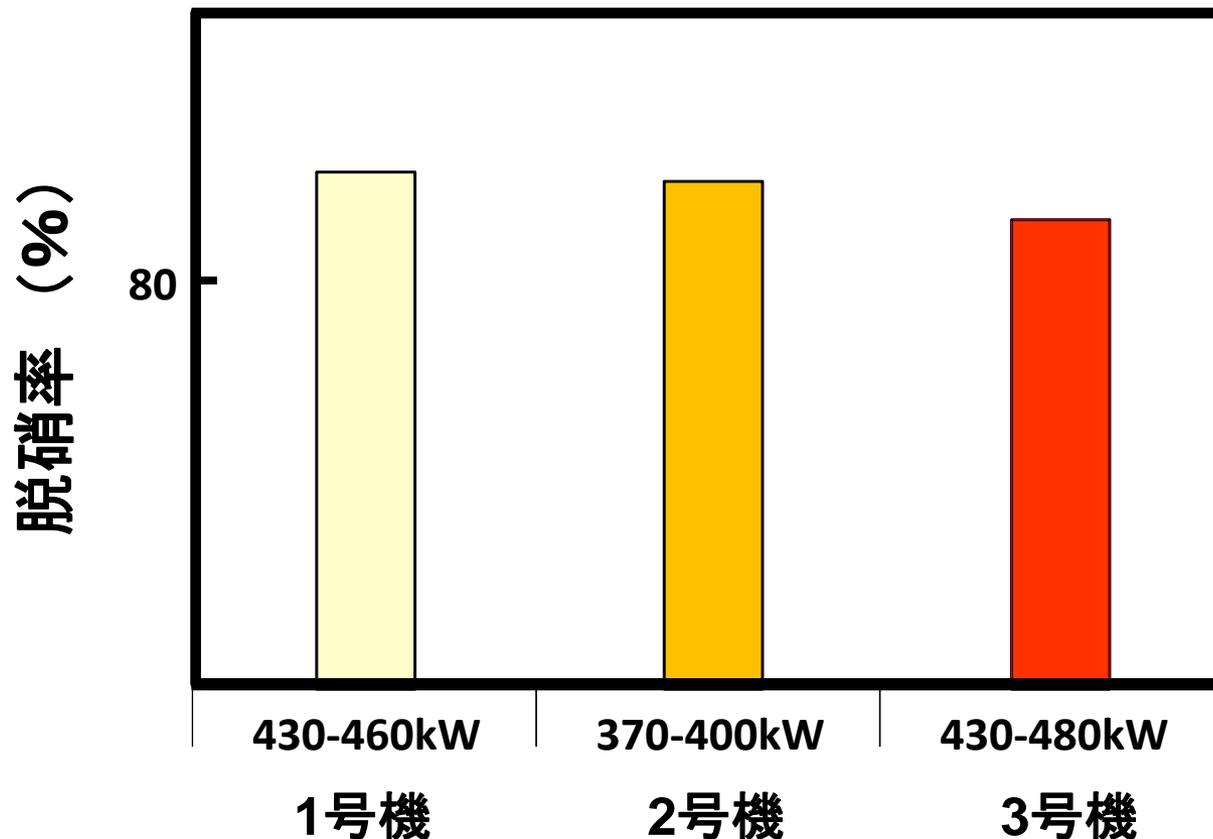
# 尿素水補給作業状況



クルーにより、滞りなく実施

# MGO燃料による脱硝率

- ・MGO試験フェーズ終了時に最終確認（燃料：LSA）  
⇒全号機共、脱硝率 > 80%

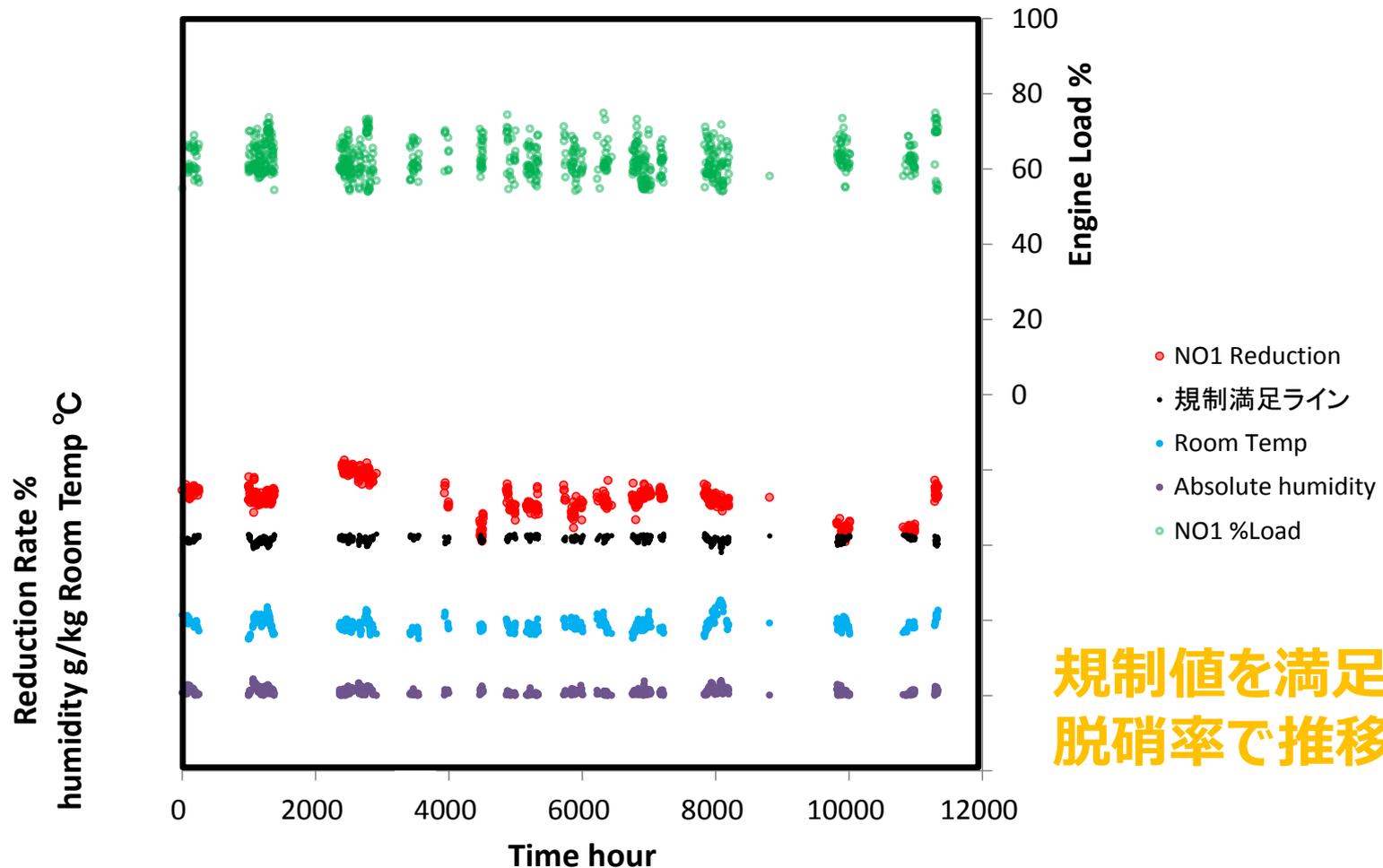


## (2) HFO燃料による耐久試験



# HFO燃料による脱硝率の推移

- ・エンジン出力：440~660kWm
- ・SCR稼働：8,400時間（1号機）



# 3. まとめ



- 1) 補機関 3 台へのSCR搭載と稼働を、以下の通り実現した。
  - ・従来設計となる 22.5 万DWT船機関室へのSCRシステム配置
  - ・乗組み員による(想定)ECAの入出に合せた触媒とバイパス系統の切替、尿素水補給作業の実施等、オペレーション上、問題無いことを確認した。
- 2) 実船の運転パターンとSECA燃料において、脱硝率 $\geq 80\%$ 以上を確保した。
- 3) 尿素水噴射から触媒まで一定の距離を持った配管と、ミキサ設置により、SCRの脱硝性能において、(尿素水噴射位置より前の) 曲り管の影響を受けないことを検証した(実機・CFD)。  
また、陸上の試験ベンチと海上の本船とで、同一の機器を供試し、各々、目標の脱硝率を取得したことから、スキームAのNOx認証のための基礎データ蓄積に貢献することが出来た。
- 4) HFOで8,400時間のSCRの耐久性(脱硝率の維持)を確認した。  
MGOと合わせてエンジン側における排気温度のチューニングは、この一助となっている。

以上

