

ME-LGIA（アンモニア焚き）機関について

日本マリンエンジニアリング学会 第69回特別基金講演会資料

2025年2月

株式会社三井E&S

船用推進システム事業部

エンジン設計部



01

船用燃料としてのアンモニア

03

アンモニア燃料供給装置 開発進捗状況

02

ME-LGIA機関 開発進捗状況

04

ME-LGIA機関 レトロフィット
*当社想定

01

船用燃料としてのアンモニア

03

アンモニア燃料供給装置 開発進捗状況

02

ME-LGIA機関 開発進捗状況

04

ME-LGIA機関 レトロフィット
*当社想定

船用燃料としてのアンモニアの特徴

	燃料油	メタン	メタノール	アンモニア
機関形式	ME-C	ME-GI	ME-LGIM	ME-LGIA
LCV [kJ/kg]	42,700	50,000	19,900	18,600
エネルギー密度 [MJ/L]	35.7	21.2	14.9	10.6
燃料タンクサイズ比	1.0	1.7	2.4	3.4
MAN-ES 実績	✓	✓	✓	開発中
CO ₂ 削減率 (TtW)	Ref.	24%	5%	95%
燃焼サイクル	ディーゼルサイクル			
供給圧力[MPa]	-	Max. 30.0	1.3	8.3
沸点[°C] @大気圧	-	-162	65	-33

a) 難燃性燃料

- ・可燃空燃比率：16%-25%と狭い
- ・層流燃焼速度：メタンの20%程度と遅い
- ・着火温度：650°Cと高い

b) 貯蔵性

- ・低発熱量：18,600 [kJ/kg]と低い
- ・タンク容量：メタンの約2倍

c) 毒性

- ・粘膜に対する刺激性が高い
- ・短時間で気道や肺に重大な損傷
- ・時間加重平均暴露限界：25ppm程度

d) 腐食性

- ・銅、銅合金、ニッケル濃度が6%を超える合金およびプラスチックに対して腐食性有
- ・シールリング材質：テフロン材を推奨

難燃性燃料



排ガスを再循環させ燃焼ピーク温度を下げることでサーマルNO_xを低減させるEGRとは相性が悪い

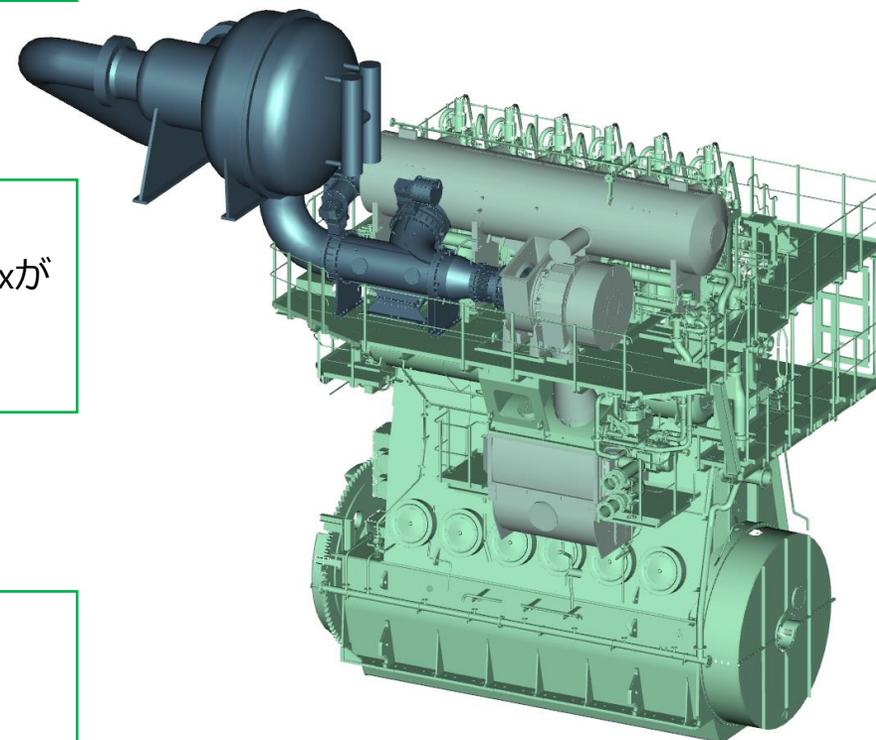


NO_x低減技術はSCRに限定
Tier II海域でもSCRを稼働させておかなければならない可能性有り

アンモニア自体に窒素分子Nが含まれる



重油と比較し、燃焼によるフューエルNO_xが多く発生する可能性が有り



01

船用燃料としてのアンモニア

03

アンモニア燃料供給装置 開発進捗状況

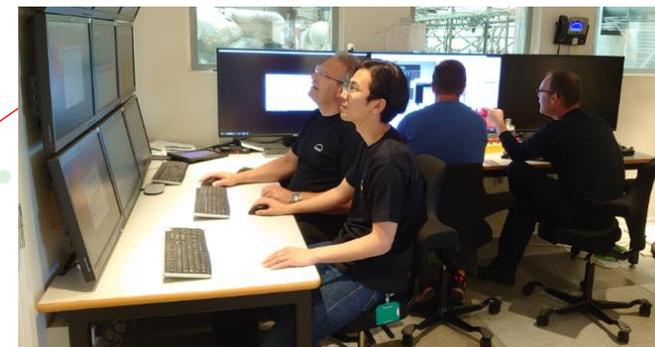
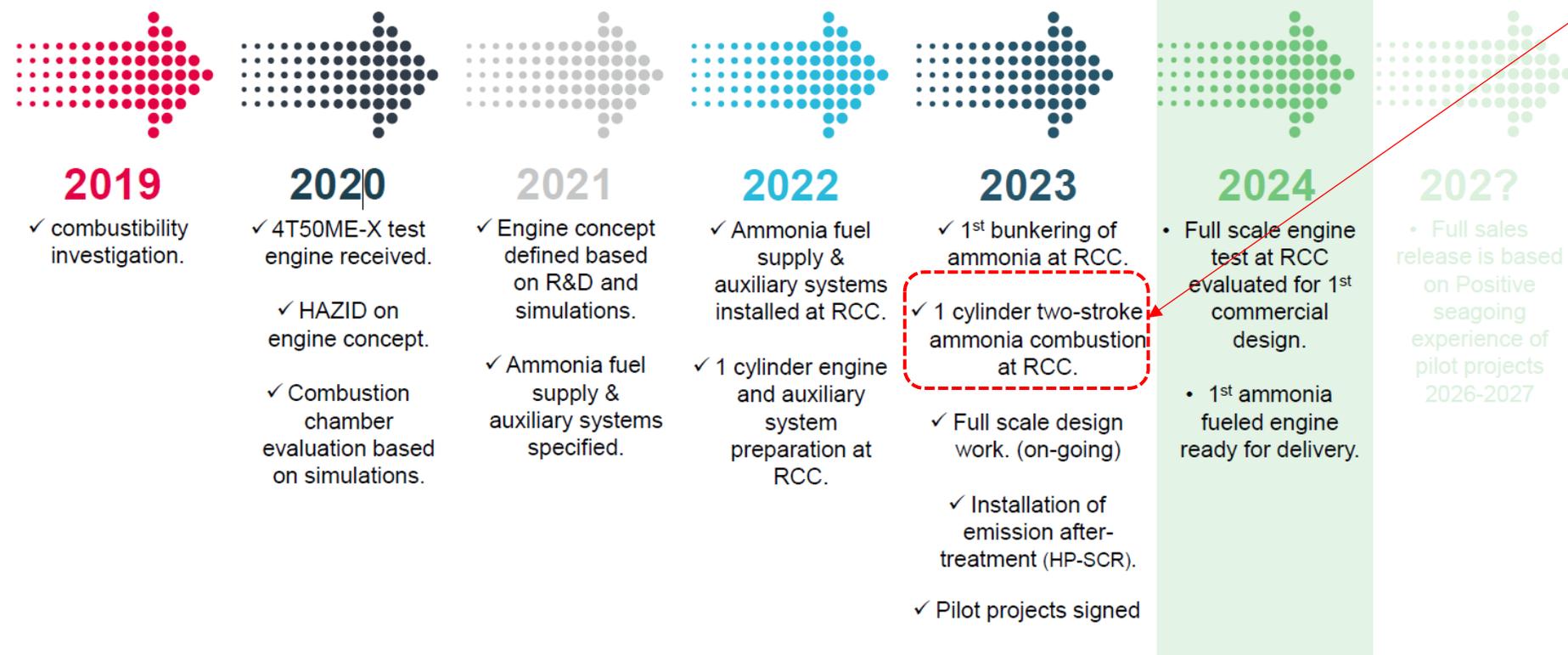
02

ME-LGIA機関 開発進捗状況

04

ME-LGIA機関 レトロフィット
*当社想定

MAN Energy Solutions (MAN-ES) ME-LGIA機関開発スケジュール



* MAN単気筒試験：23年7月開始

三井E&Sの製造スケジュール



◆ プロトタイプ 7S60ME-C10.5-LGIA-HPSCR機関

◆ アンモニア焚き機関の概要

- **二元燃料機関**

アンモニア運転モードと重油運転モードがあり、切り替えることが可能。

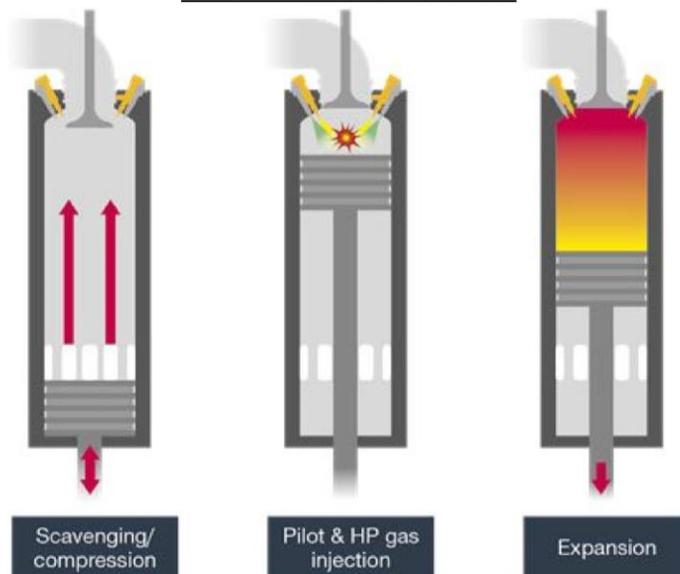
- **ディーゼルサイクル（拡散燃焼方式）**

重油焚き機関と同じタイミング（上死点）で燃料を噴射。

- **パイロット燃焼方式**

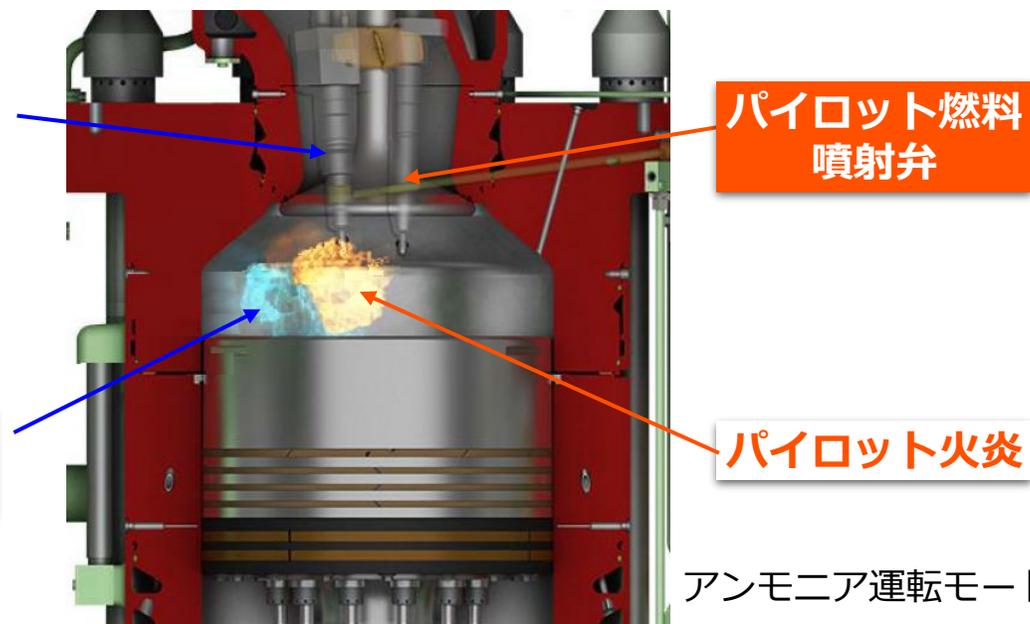
アンモニア運転モードの場合、着火源である少量の**パイロット油（重油燃料弁）**の後に**アンモニア燃料**を噴射。

ディーゼルサイクル



アンモニア
燃料噴射弁

アンモニア
燃料火炎



アンモニア運転モードの場合

単気筒試験

“Ammonia mode”:

パイロット油消費量：他のLGI機関と同等

⇒ターゲットであるパイロット油消費率5%を達成

⇒10 - 100%Loadで運転可能なことを確認

⇒ピストンリングとシリンダライナのコンディション良好

排ガスエミッション

N₂O : 非常に低い

NO_x/NH₃ : NO_x排出量とバランスさせ、SCR技術によって
両方を除去する予定

重油と同等のheat rate(kJ/kWh)を目指す

“Fuel oil mode”:

従来の燃料を使用する機関と同等の性能を目指す

フルスケール試験

100%負荷運転を達成（25年1月プレスリリース）

- ・排ガスエミッションの最適化
- ・アンモニアスリップの低減
- ・掃気管等へのアンモニア混入の有無確認
- ・アンモニア特有の材質/構造変更の必要性を確認

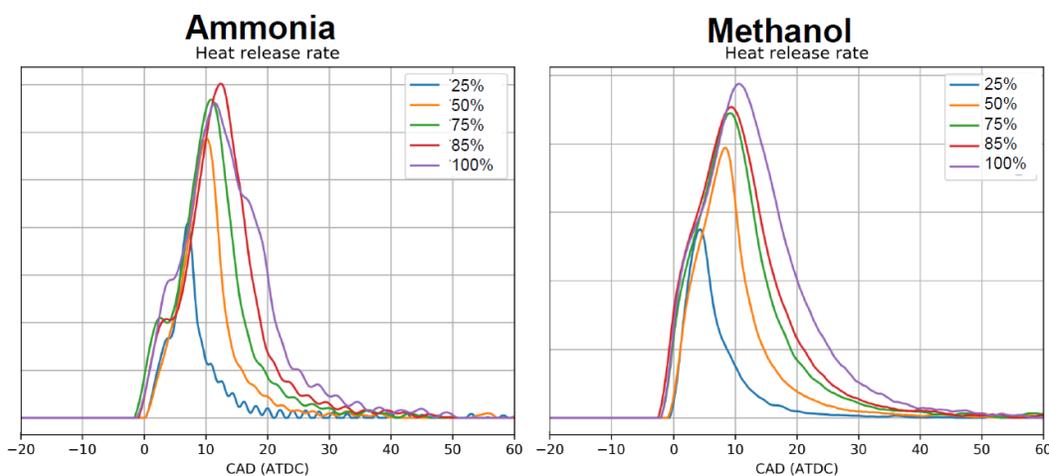


引用 * MAN ES Facebook
23年7月単気筒試験開始



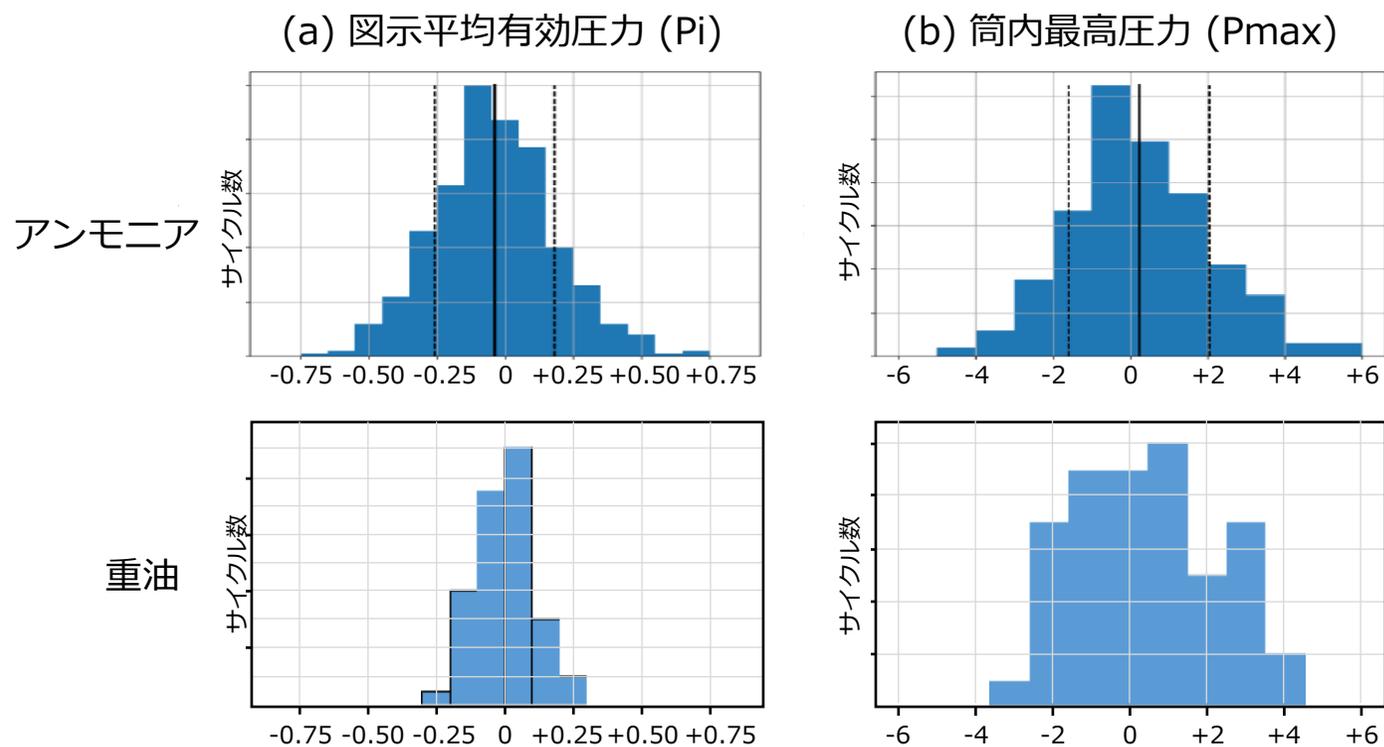
引用 * MAN ES プレスリリース
24年11月フルスケール試験開始

健全なディーゼルサイクルを確認



熱発生比較

安定・再現性のあるアンモニア燃焼を確認



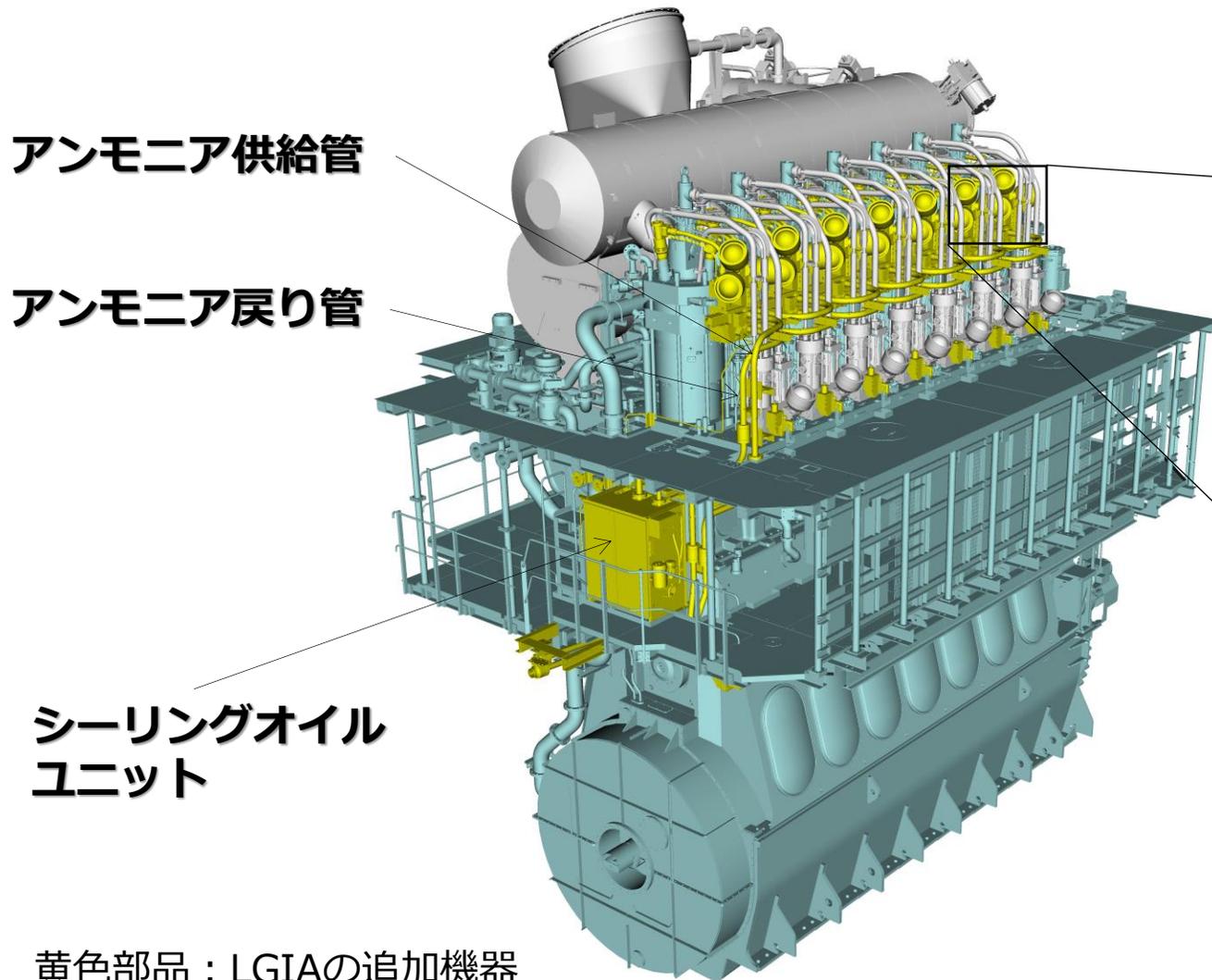
アンモニア

重油

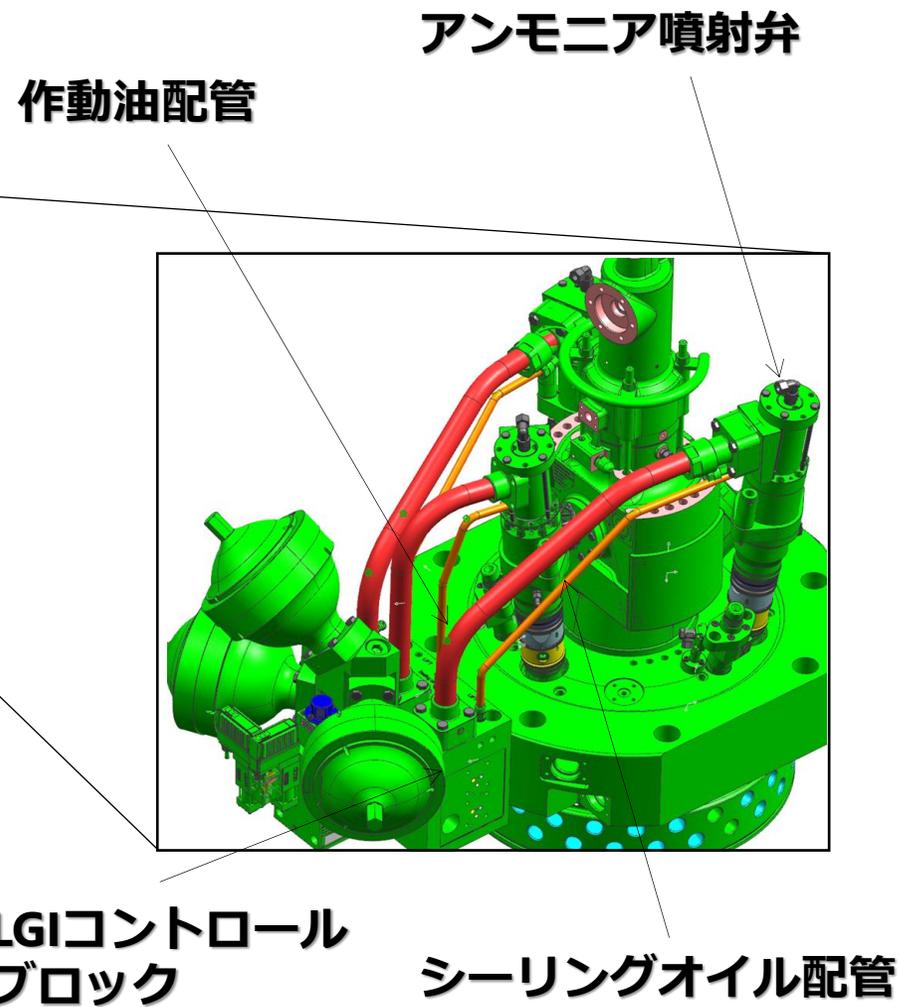
複数サイクルの筒内圧力分布

アンモニア焼き機関

◆7S60ME-C10.5-LGIA機関



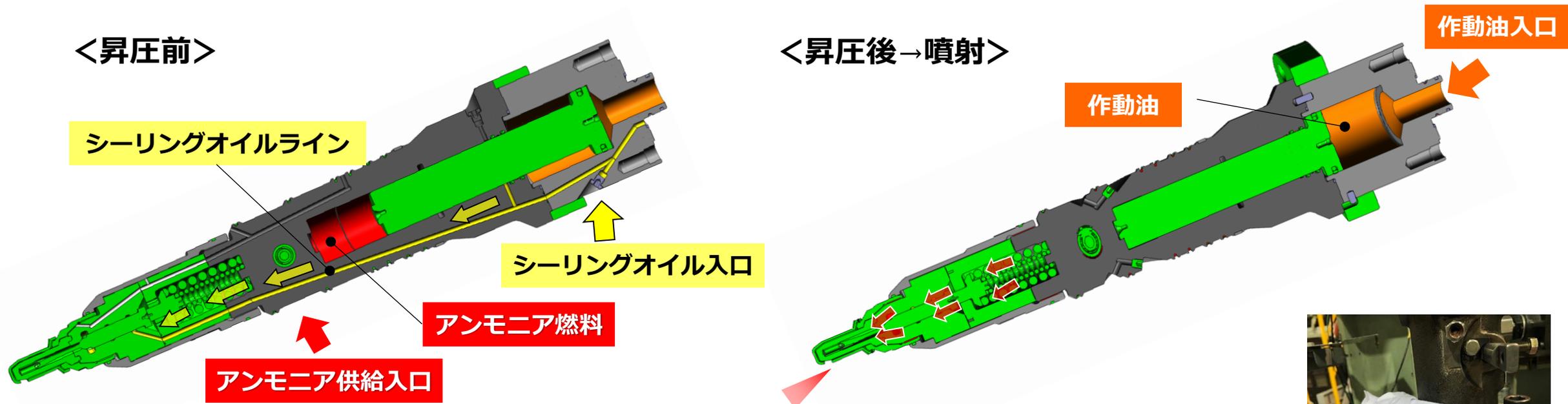
黄色部品 : LGIAの追加機器



アンモニア噴射弁 (Fuel Booster Injection Valve)

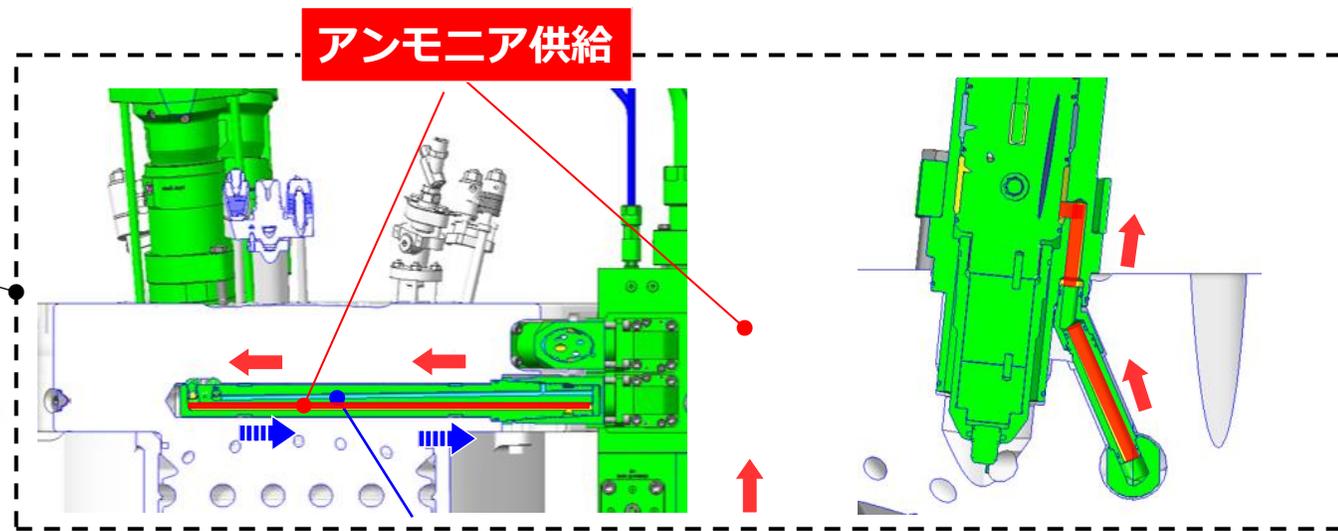
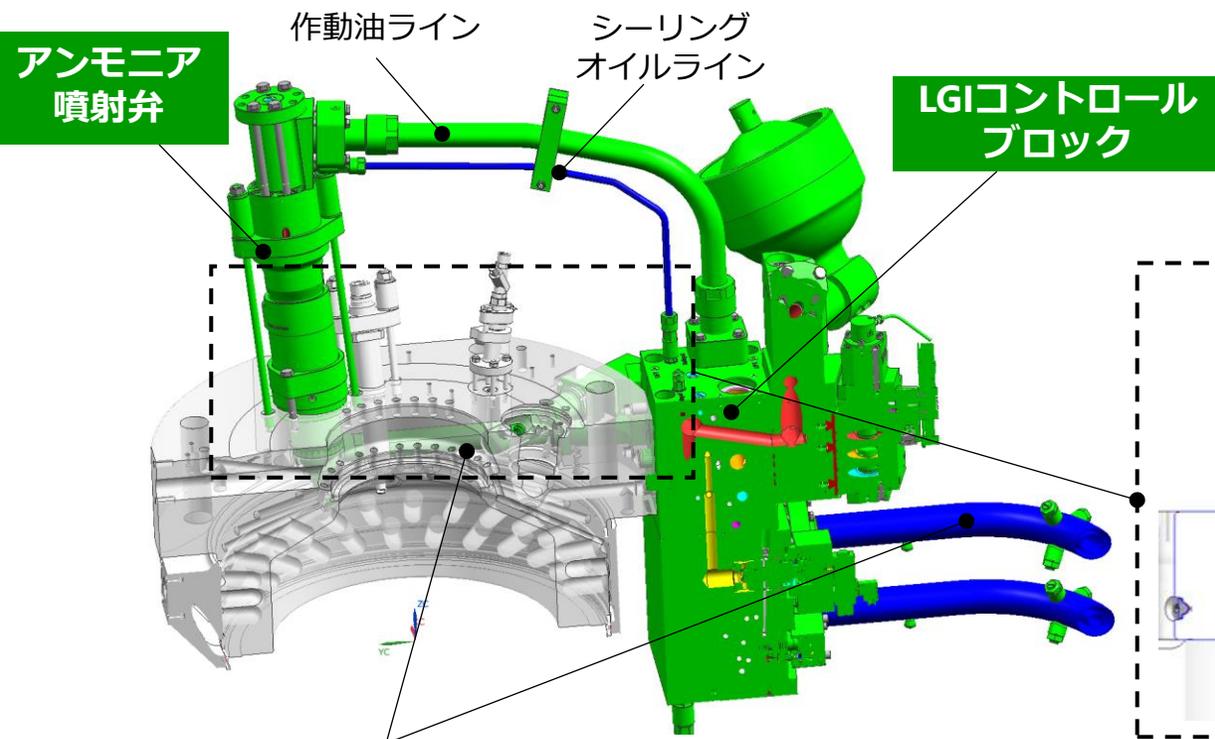
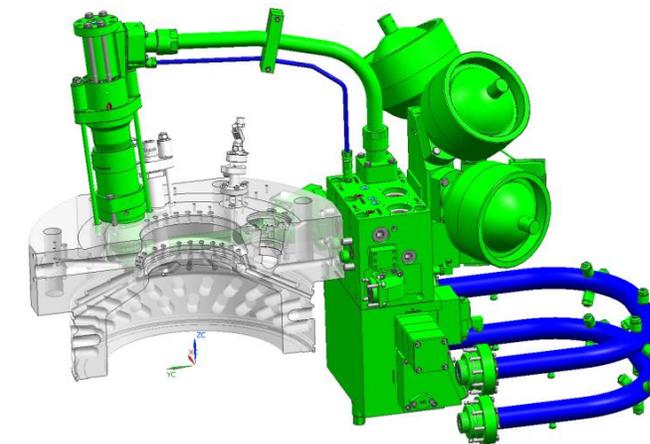
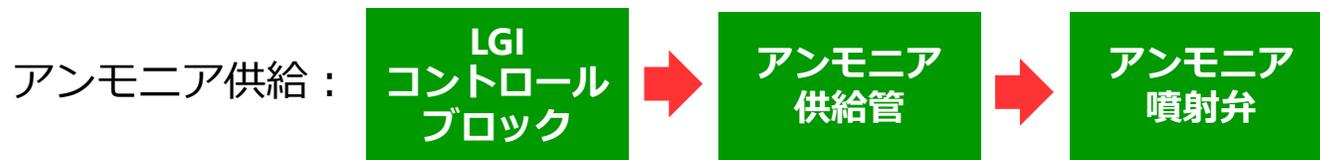
- 燃料昇圧機構を燃料噴射弁に組み合わせたもの。
供給されたアンモニア燃料をアンモニア噴射弁で昇圧し筒内に噴射
- 作動油にアンモニア燃料が混入しないようシーリングオイル※が供給される。
- アンモニア噴射弁は当社内製品

※主機中段に装備されるシーリングオイルユニットから供給
換気ライン+ガス検知器装備。



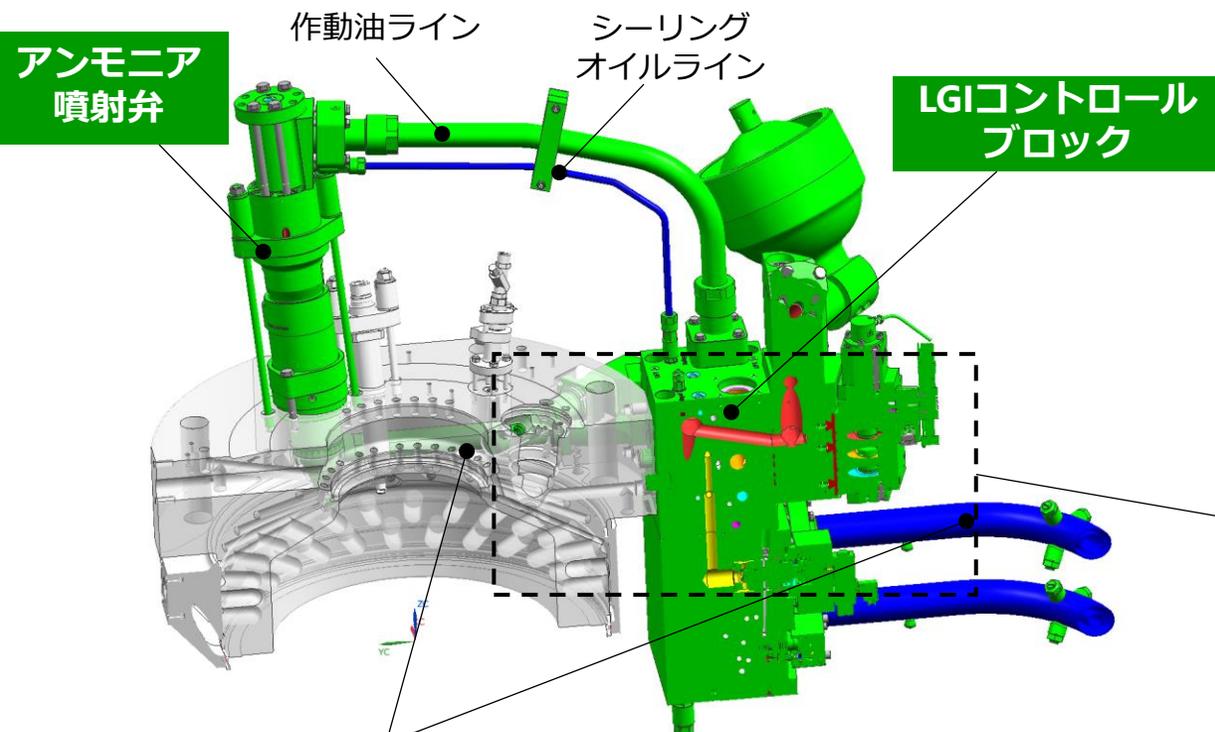
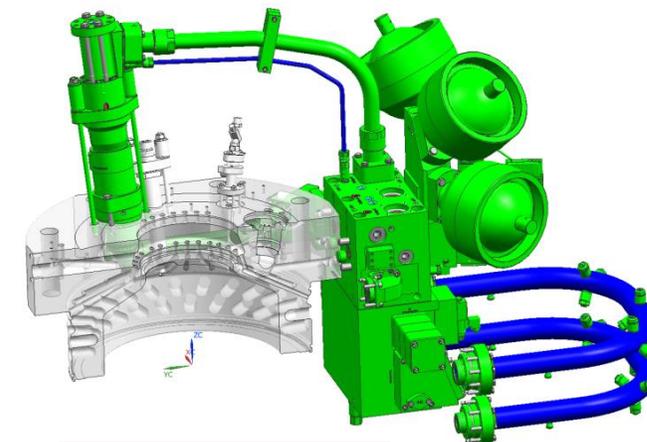
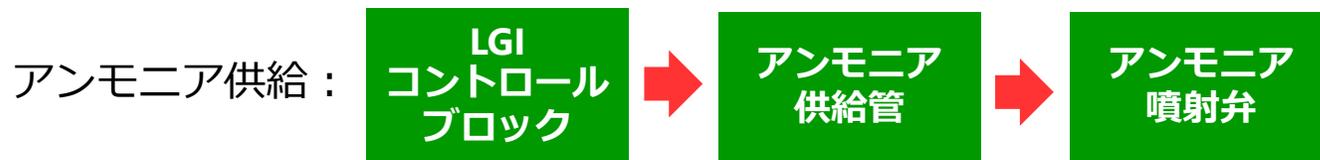
※シーリングオイルはアンモニアと相性の良い油種を選定
システム油とアンモニアは相性が悪くスライム状の粘稠物が析出



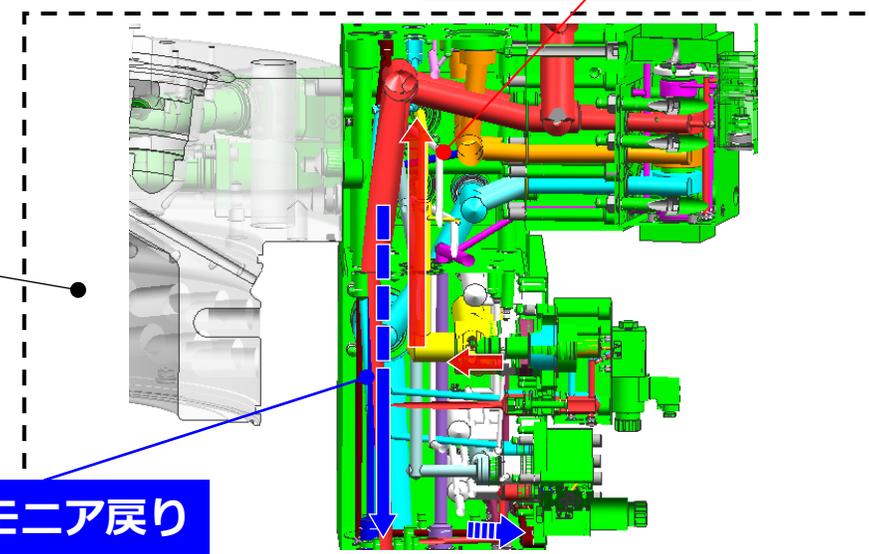


アンモニア供給・戻りライン

アンモニア戻り



アンモニア供給



アンモニア供給・戻りライン

アンモニア戻り

アンモニア供給システム

- SUS 316L
- 裏ガス/酸洗いによる溶接

アンモニア燃料噴射機構

- LGI機関と同じ設計コンセプト

Elastomers (ゴム状弾性素材)

- Oリングとアキュムレータ用のアンモニア対応素材

応力腐食割れ

- MAN ESがアンモニア燃料への少量水分の含有を規定
- 引張残留応力を回避する溶接手順の規定



➤ **筒内圧力の監視**

- 圧縮圧力 異常低
- 最高爆発圧力 異常高
- 着火ミス（膨張圧力異常低）
- dp/dθ 異常高（圧力上昇率異常高）

➤ **Second Fuel (SF) 漏れ監視**

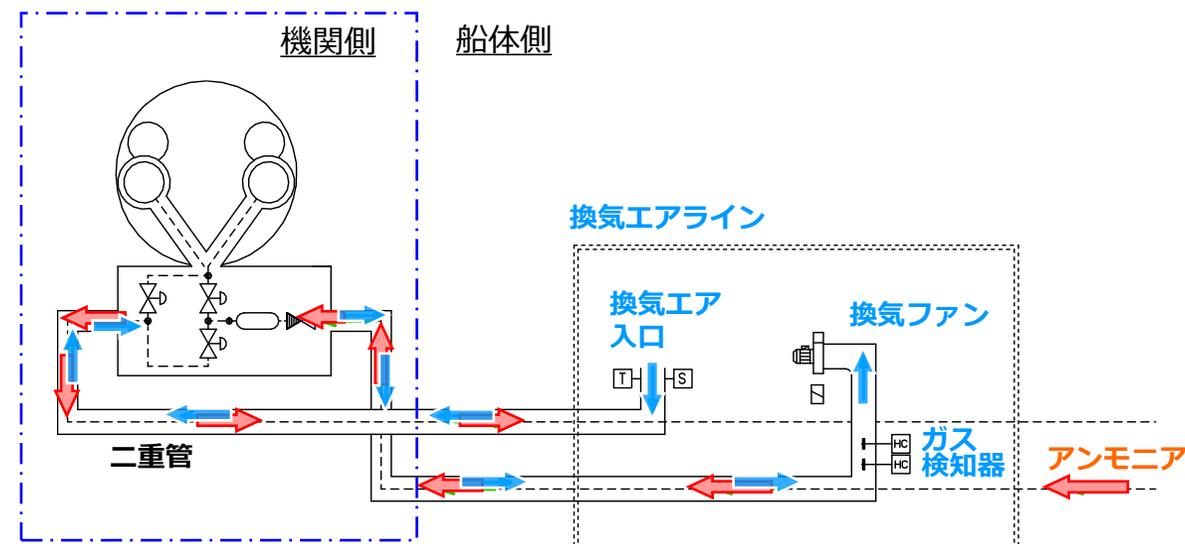
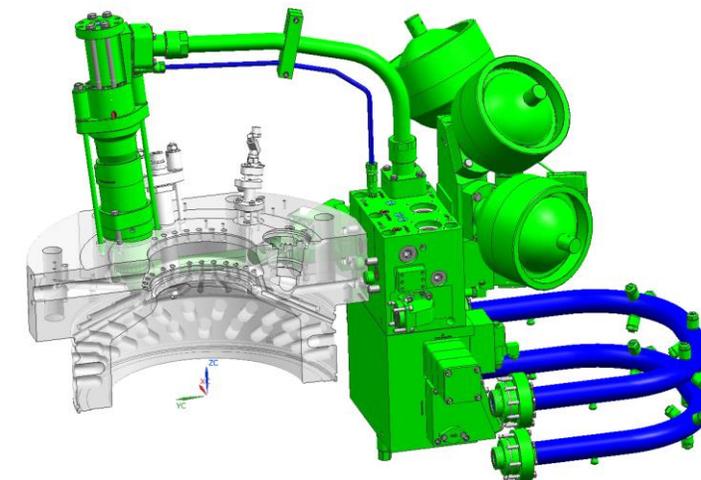
- ガス検知器 SF漏れ検知

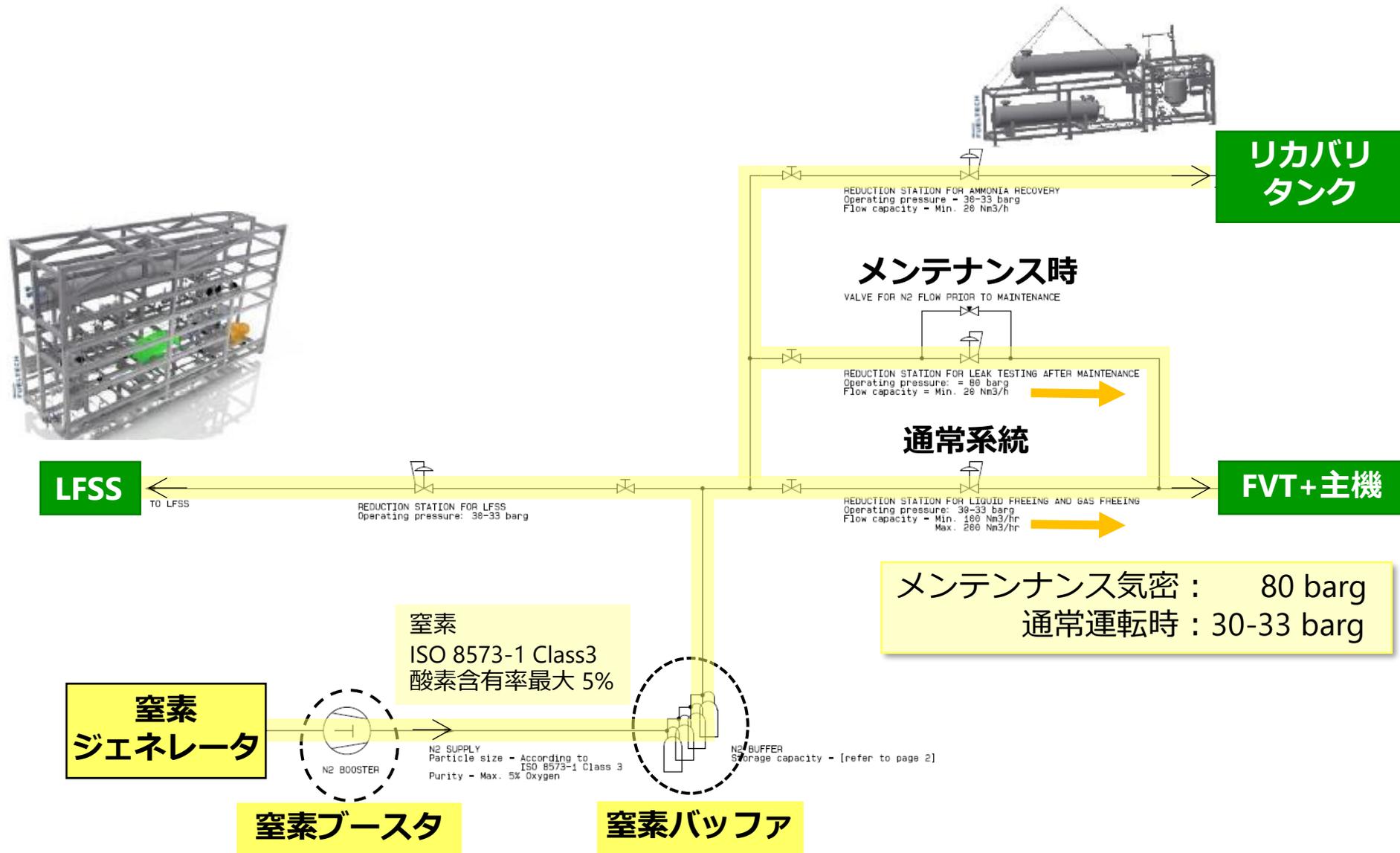


SFシャットダウン（二元燃料運転停止）

※重油運転に切換

➤ **運転後のパーシージェンシスの実行**





下記作業完了。

25年2月10日にアンモニア燃料
試験運転開始

- ・ 重油運転のコミッショニング
- ・ 運転設備へのHAZOP実施
- ・ LGIA用ソフトウェアの作動確認
- ・ 水噴射試験
- ・ 補機のコミッショニング
- ・ アンモニア除害装置テスト
- ・ アンモニアバンカリング

7S60ME-C10.5-LGIA-HPSCR 工場運転



2025年2月12日：プレスリリース

01

船用燃料としてのアンモニア

03

アンモニア燃料供給装置 開発進捗状況

02

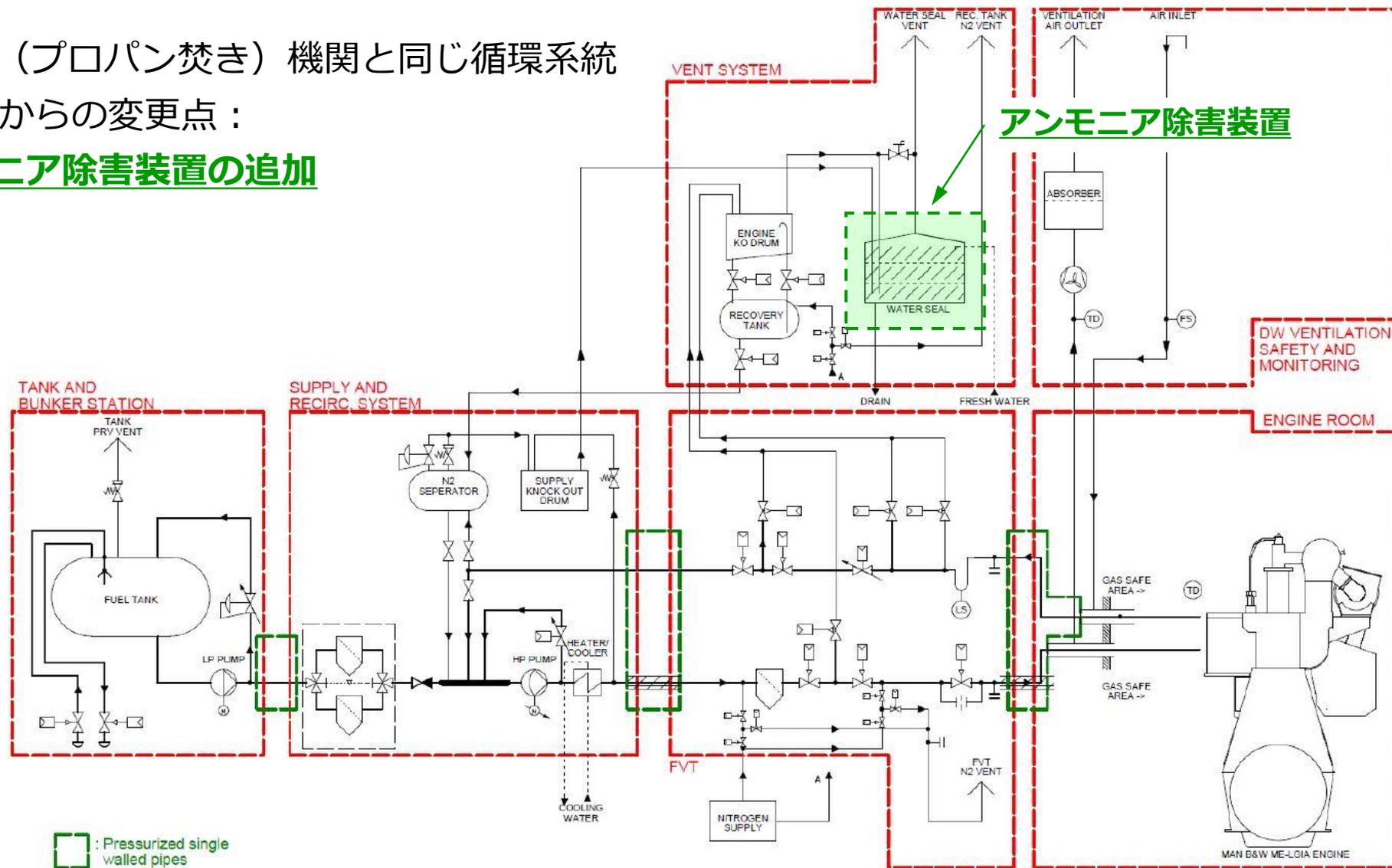
ME-LGIA機関 開発進捗状況

04

ME-LGIA機関 レトロフィット
*当社想定

アンモニア供給システム系統

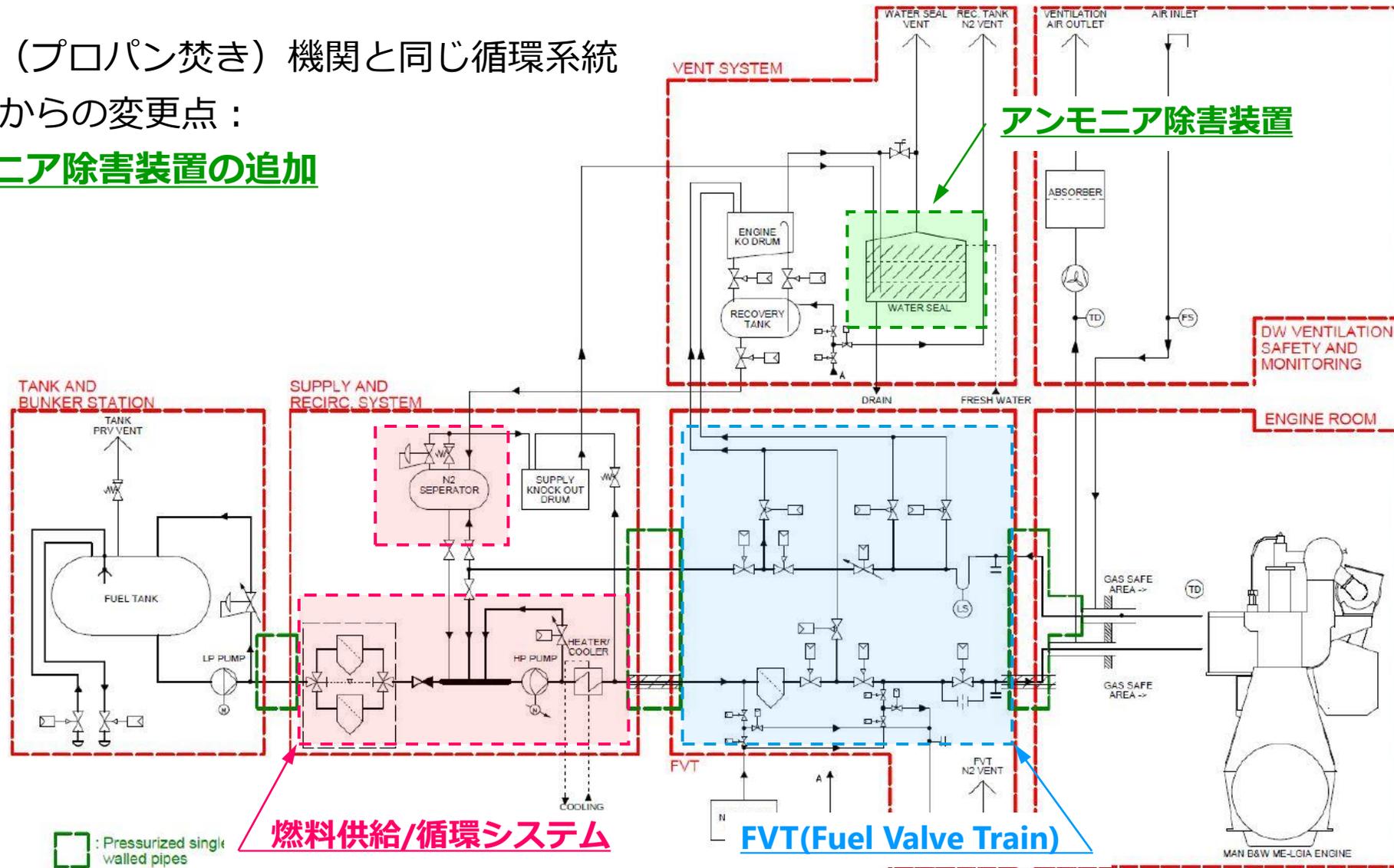
- ME-LGIP（プロパン焼き）機関と同じ循環系統
- LGIP系統からの変更点：
アンモニア除害装置の追加



MAN Energy Solutions(2023/4) 「Ammonia engine - auxiliaries」

アンモニア供給システム系統

- ME-LGIP（プロパン焼き）機関と同じ循環系統
- LGIP系統からの変更点：
アンモニア除害装置の追加

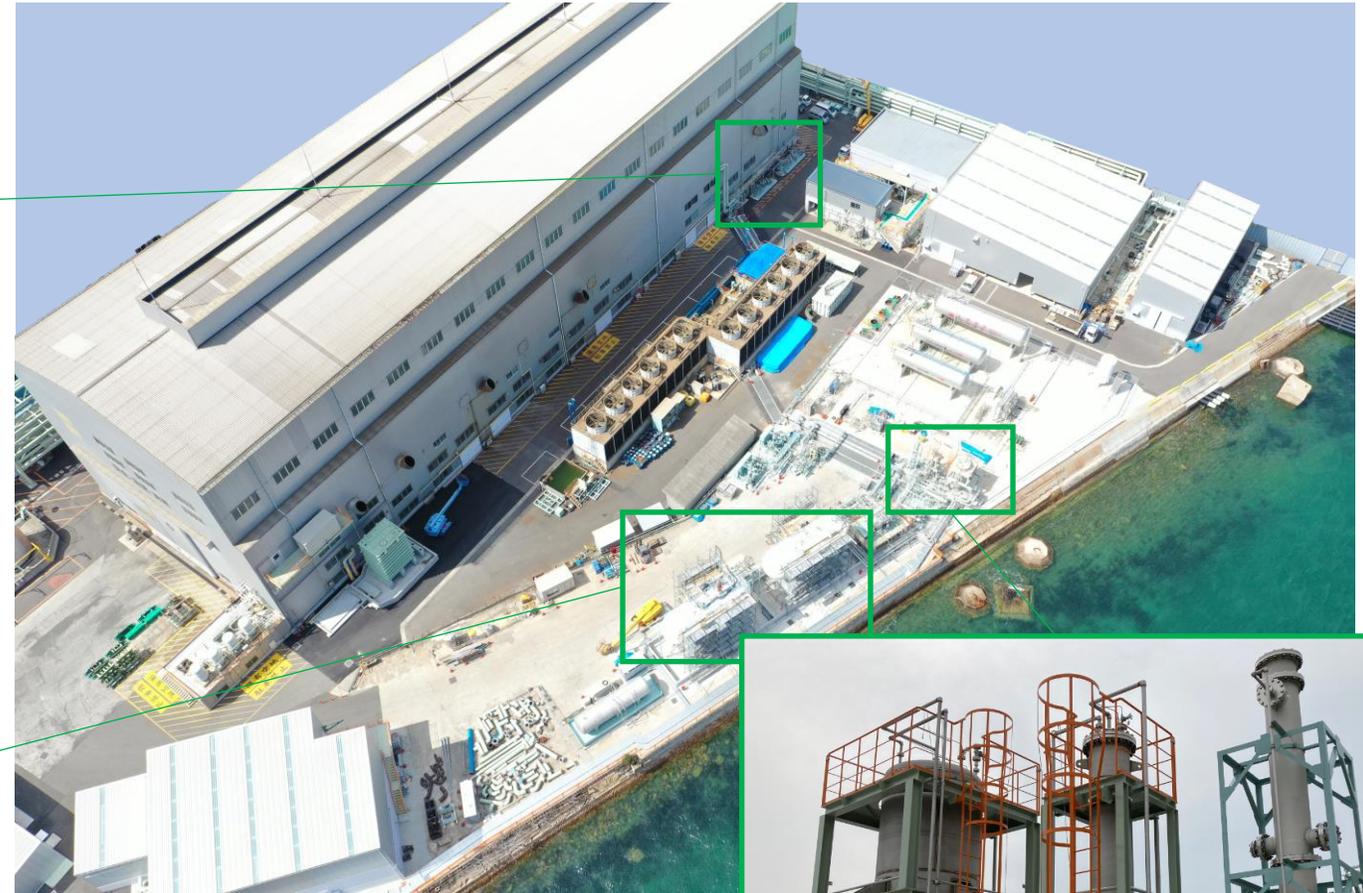


MAN Energy Solutions(2023/4) 「Ammonia engine - auxiliaries」

ME-LGIA用アンモニア燃料運転設備



Fuel Valve Train
(Supply Valve train + Return Valve Train)



アンモニア
除害装置



アンモニア貯蔵タンク



01

船用燃料としてのアンモニア

03

アンモニア燃料供給装置 開発進捗状況

02

ME-LGIA機関 開発進捗状況

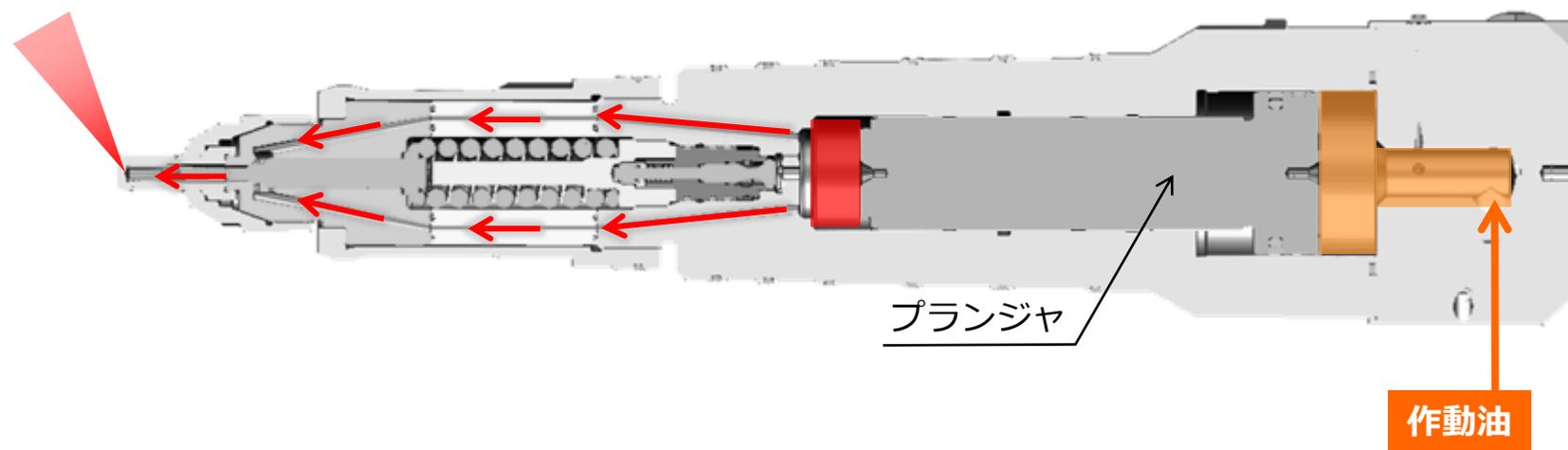
04

ME-LGIA機関レトロフィット
*当社想定、主機関のみ

単位時間当たりの燃料投入量増加に伴う、作動油使用量の増加

アンモニアの燃料体積あたりの発熱量およびエネルギー密度が低い

1サイクルごとのアンモニア噴射量が3.4倍程度となり、作動油使用量が増加



レトロフィット時の留意事項（従来機関からの大きな変更点）

以下はレトロフィットでの換装は難しいため、将来的にアンモニア焚き機関にレトロフィットする前提の場合は、新造時での適用を推奨。

1. Triton（最新の主機制御基板）採用（電源装置含む）
2. エアクーラ冷却水セントラル方式
3. 作動油用機関駆動ポンプ/フィルタの容量アップ
4. HP-SCRの大型化

但し3.及び4.につきましてはアンモニアmodeでの負荷に制限を設けることで、従来通りの仕様で対応できる可能性有り



MITSUMI E&S

Engineering & Services for Evolution & Sustainability