



LNG燃料2ストロークガスエンジン ME-GIの紹介

三井造船株式会社
ディーゼル設計部

内 容

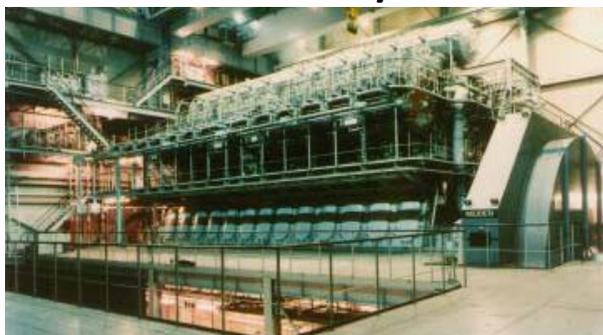
1. 開発の歴史
2. ME-GIの概要
3. 安全装置
4. 燃料ガス供給装置
5. 受注実績
6. 今後の展望

1. 開発の歴史



ガスインジェクション(GI)機関運転実績

1994 12K80MC-GI-S / MES



低速2st-GI機関初号機として、20,000 hrsにおよぶ実証試験運転を実施

2012 8S70ME-C8.2-GI / HHI



船級協会型式承認試験(Type Approval Test)を実施

2011 4T50ME-GI-X / MDT



電子制御機関(ME)とGI機関を統合したME-GIプロトタイプ

2013 6S70ME-C8.2-GI / MES



商用機版ME-GIにおいて、商品としての完成度向上

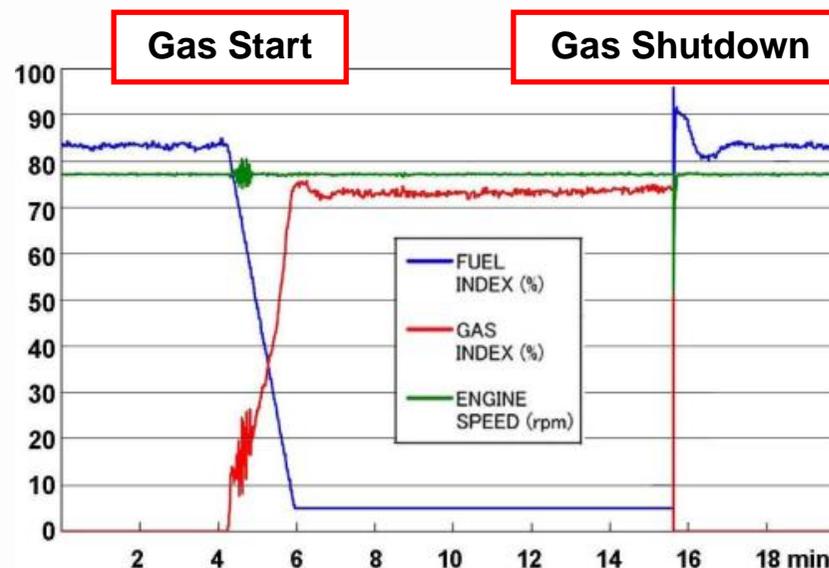
ガス関連部品の中で機械部品は既に十分な運転実績を有する！

1. 開発の歴史



三井にてデモンストレーション運転実施

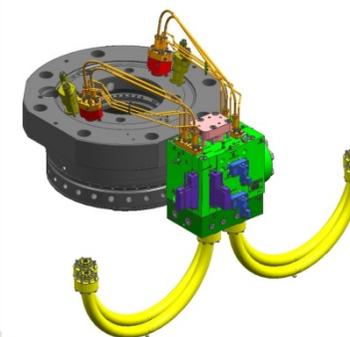
ME-GIが実用レベルである事を示すためのデモ運転を2013年4月17日に玉野にて行った。



ガス部品の健全性確認

運転期間を通じて全ガス部品の健全な作動及び取扱の容易さを確認した。
特に注目した以下の項目も問題ないことを確認した。

- ・チェーンパイプ
- ・ウィンドウ弁
- ・30MPaに対する安全性
- ・シリンダカバー解放の作業性



1. 開発の歴史



ME-GIガス運転用シリンダ油テスト

運転時間 395hrs (内Gas 運転 230hrs)。
3種類のシリンダ油をテストし、何れも合格と判定。

TBN40もしくは20の油を採用。



Oil A



Oil B



Oil C

2. ME-GIの概要

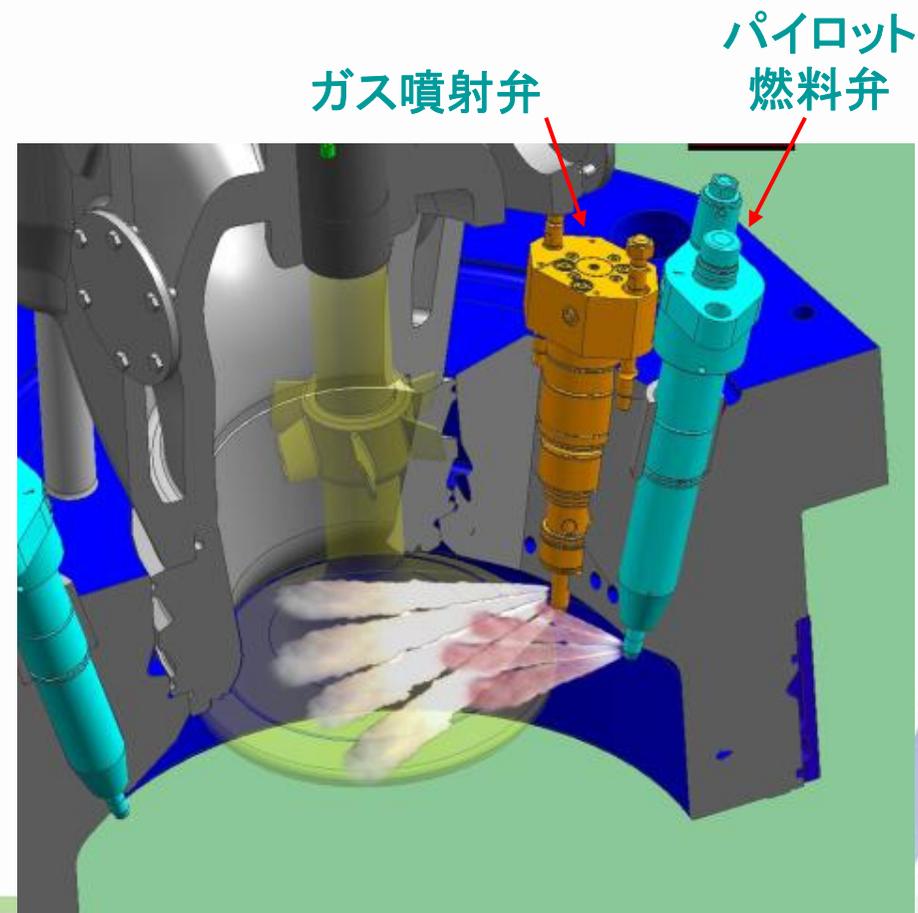
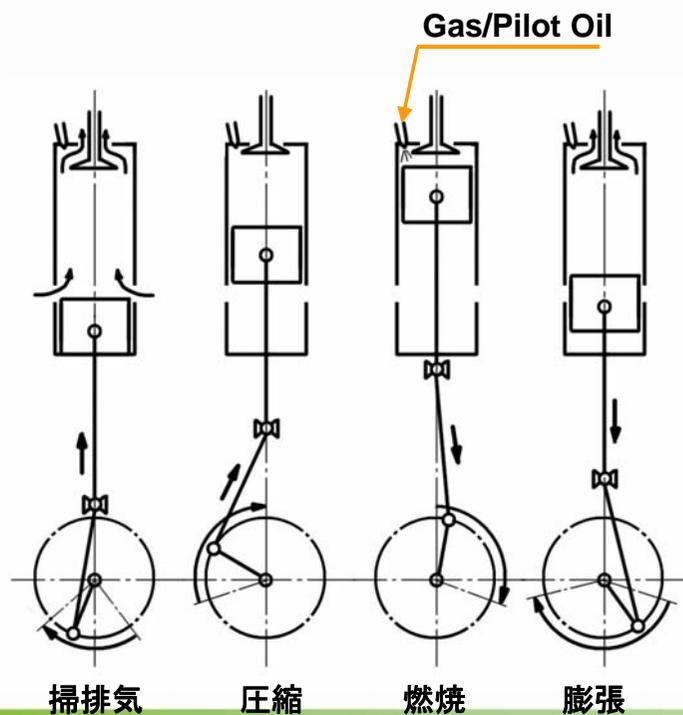


ガスインジェクション エンジン(ME-GI)

Diesel cycle

利点：ノッキング無、メタンスリップ極少、ガス性状に影響されない

欠点：NOx多、高圧ガス要

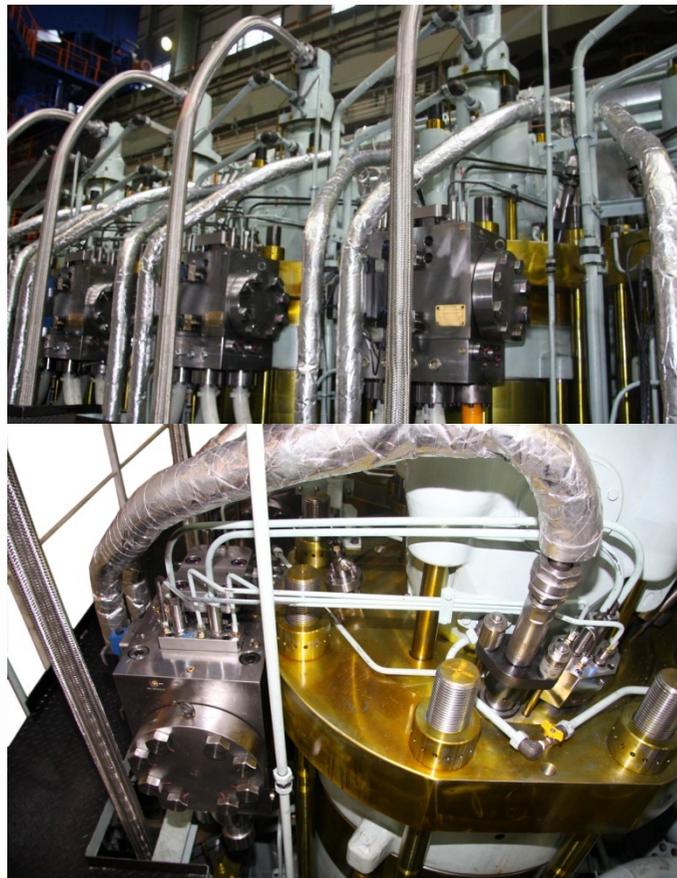


2. ME-GIの概要



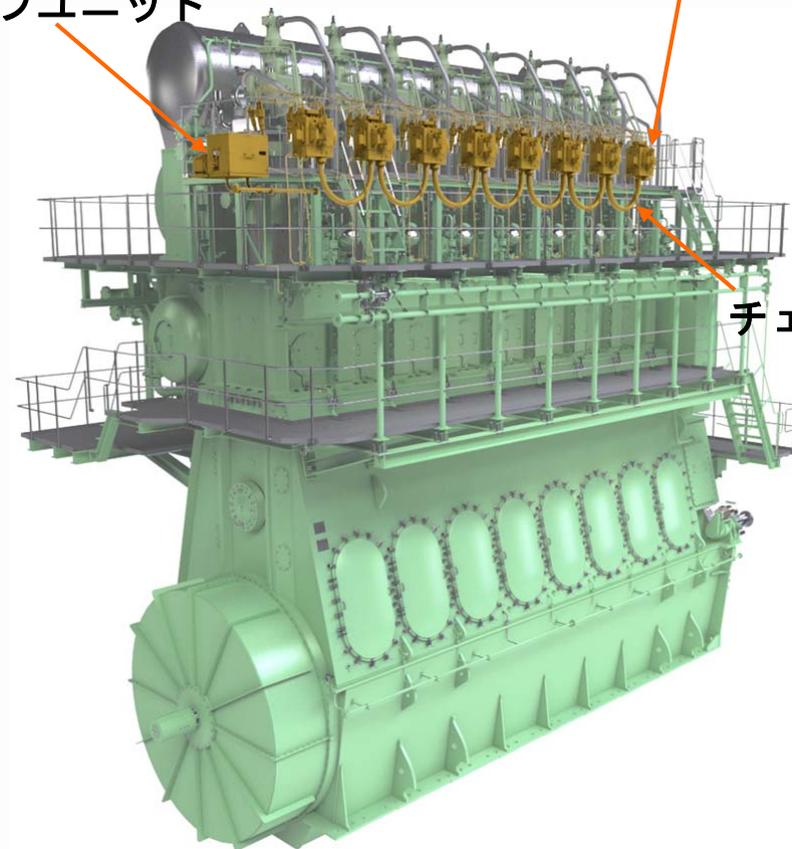
MEエンジンにアドオン

- ・高い信頼性と実績を持つMEエンジンにGI部品を追加
- ・主要部品はエンジン上段(シリンダカバー周り)に設置
- ・レトロフィットも容易



シールオイル
ポンプユニット

ガスコントロール
ブロック



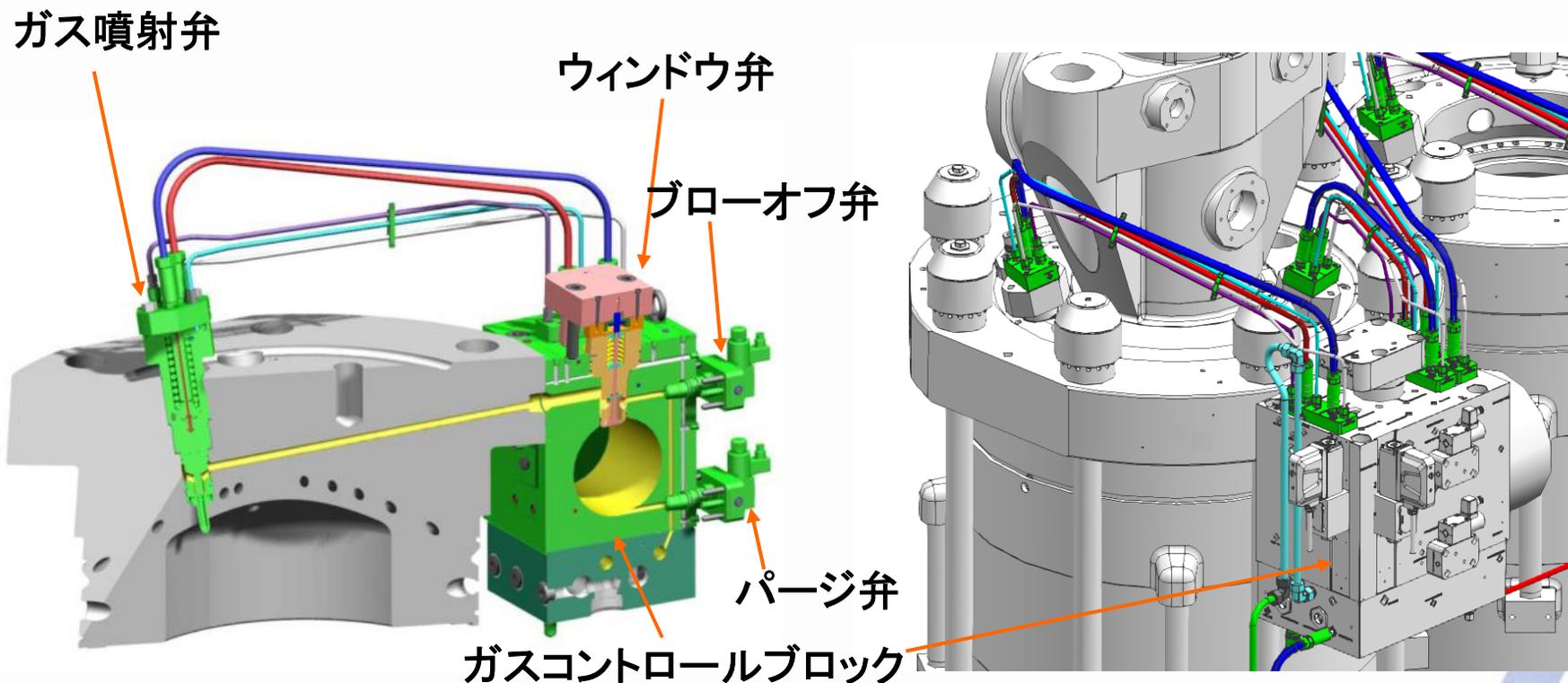
チェンパイプ

2. ME-GIの概要



シリンダカバー

ガス噴射弁およびガスコントロールブロックが装備され、チェンパイプからガスコントロールブロックに供給された高圧ガスは、ウインドウ弁を経由し、シリンダカバー内を通過してガス噴射弁に導かれる。



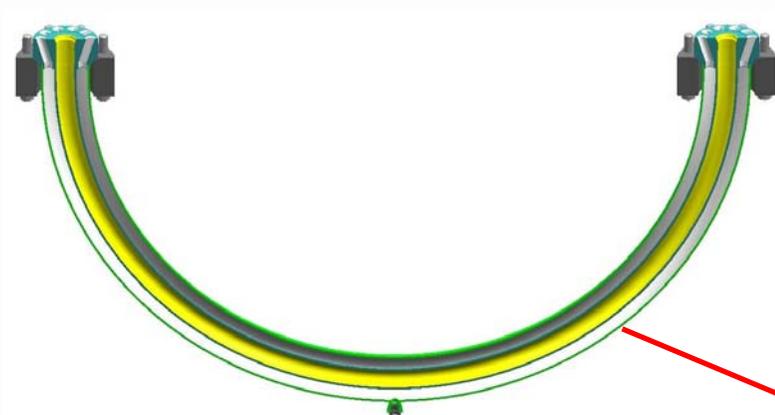
2. ME-GIの概要



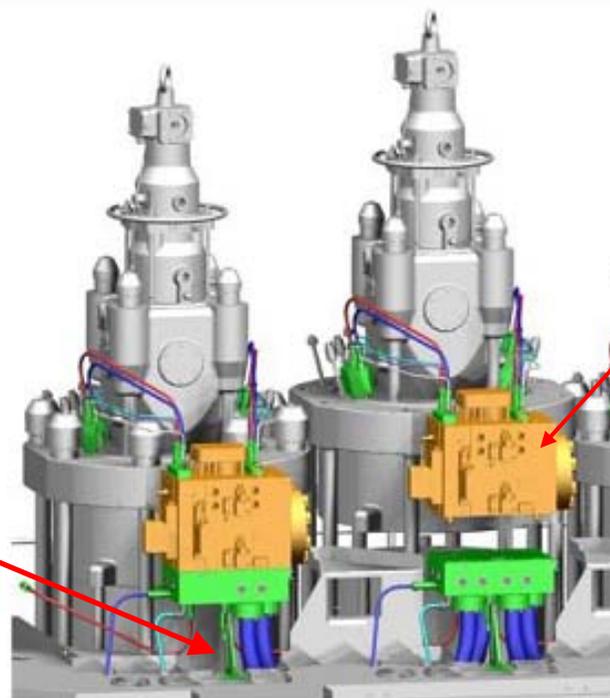
各シリンダへのガス供給

各シリンダのガスブロックには、半円弧状のチェンパイプでガス供給。
二重管構造であり、外管と内管の間は換気空気通路。

シリンダカバー開放時はガスコントロールブロック下部がチェンパイプと
共に残り、上部はシリンダカバーと共にリフトされる。



チェンパイプ(2重管構造)



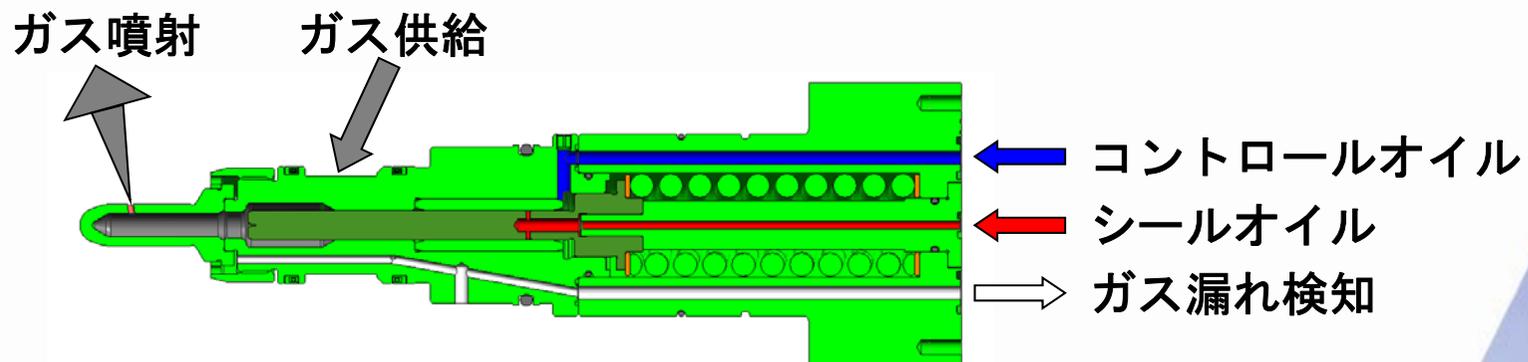
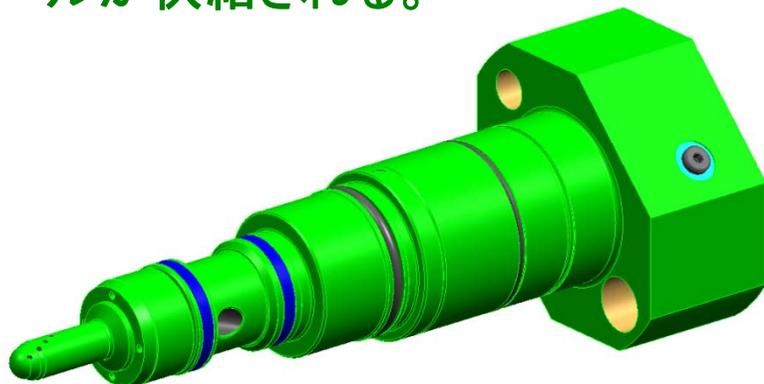
ガスコントロール
ブロック

2. ME-GIの概要



ガス噴射弁

油圧で制御され、燃料ガスがコントロール油に混入しないようシールオイルが供給される。

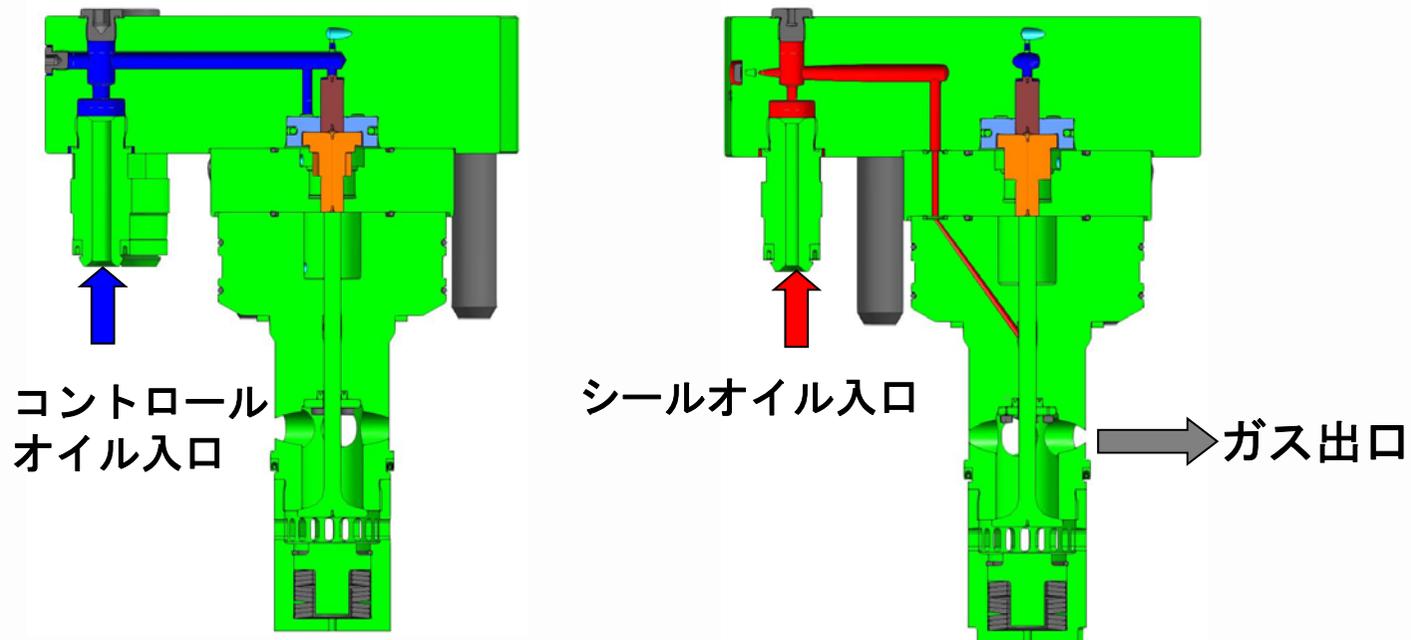


2. ME-GIの概要



ウィンドウ弁

油圧で制御され、燃料ガスがコントロール油に混入しないようシールオイルが供給される。



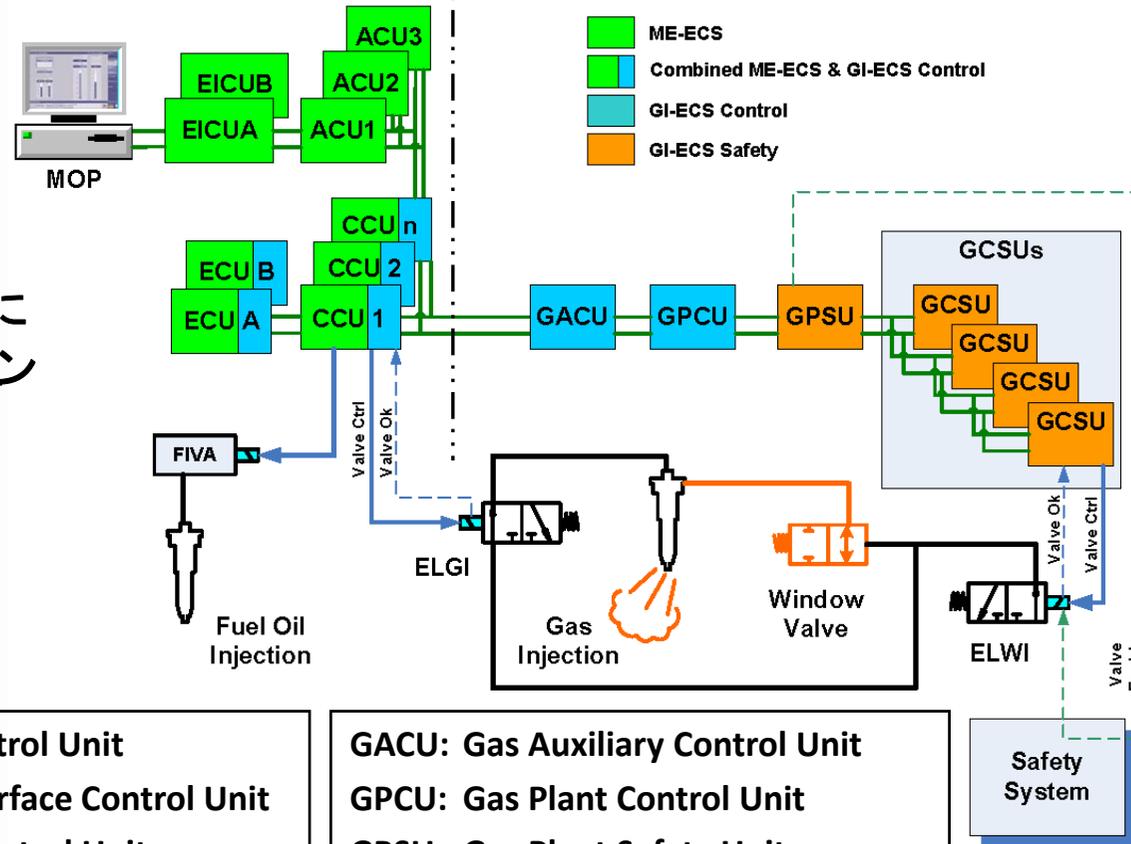
2. ME-GIの概要



GI-ECS (ME-GI制御システム)

左側は通常ME機関用、
右側の部分をGI用に追加

ME制御システムに
GI制御部をアドオン

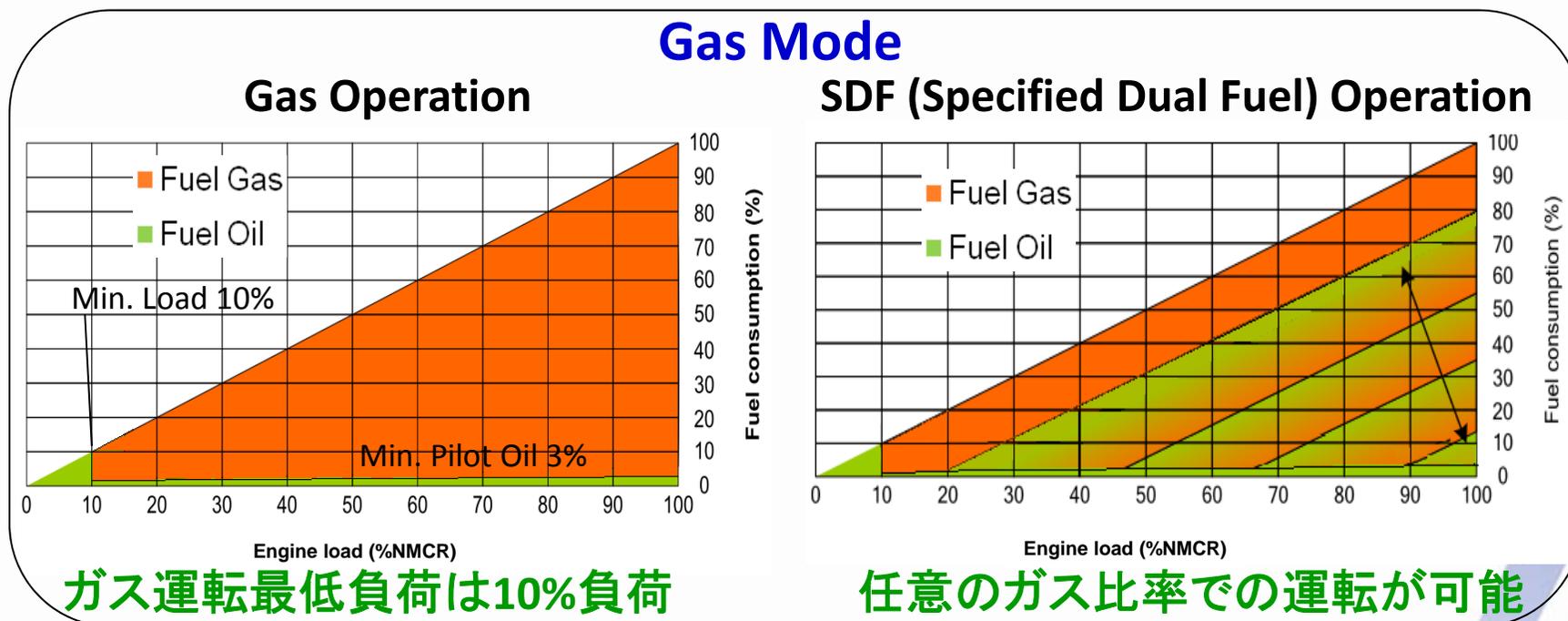
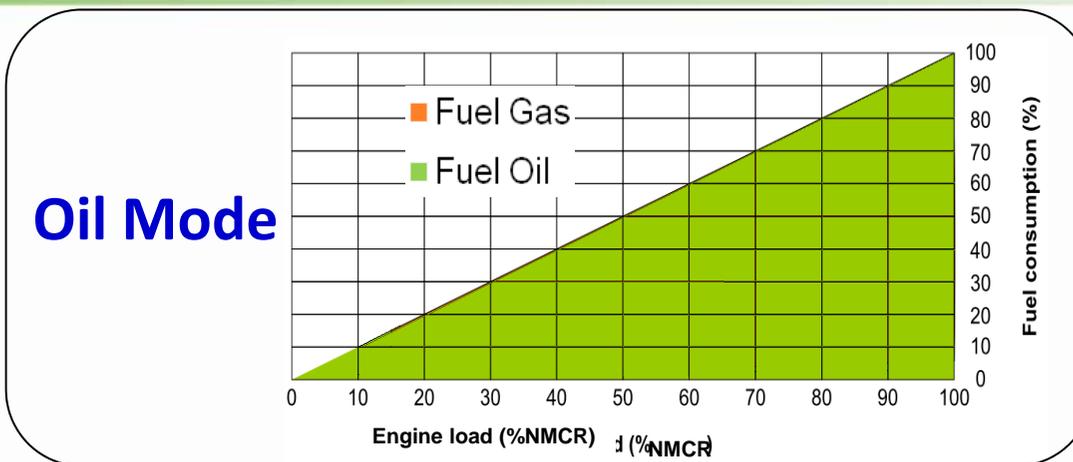


ECU: Engine Control Unit
 EICU: Engine Interface Control Unit
 CCU: Cylinder Control Unit
 ACU: Auxiliary Control Unit

GACU: Gas Auxiliary Control Unit
 GPCU: Gas Plant Control Unit
 GPSU: Gas Plant Safety Unit
 GCSU: Gas Cylinder Safety Unit

Safety System

2. ME-GIの概要



ガス運転最低負荷は10%負荷

任意のガス比率での運転が可能

2. ME-GIの概要

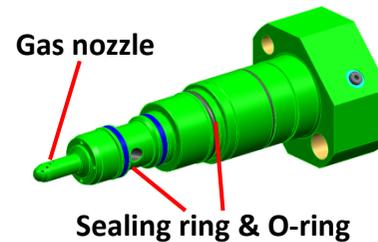


ガス部品のメンテナンス

コストインパクトは小さい！！

ガス噴射弁

- Check & overhaul every 8000hrs
(Sealing ring & O-ring to be replaced)
- Gas nozzle to be replaced every 16000hrs



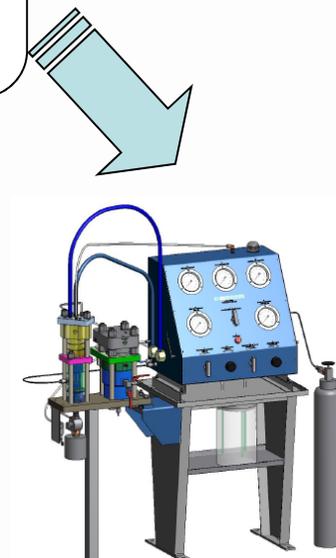
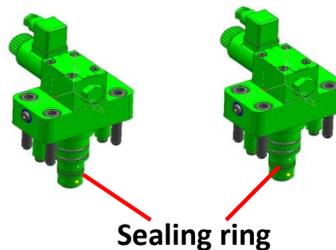
ウィンドウ弁

- Check every 8000hrs
(Sealing ring & O-ring to be replaced)
- Overhaul is based on observations



パージ & ブローオフ弁

- Check every 8000hrs
(Sealing ring to be replaced)
- Overhaul is based on observations

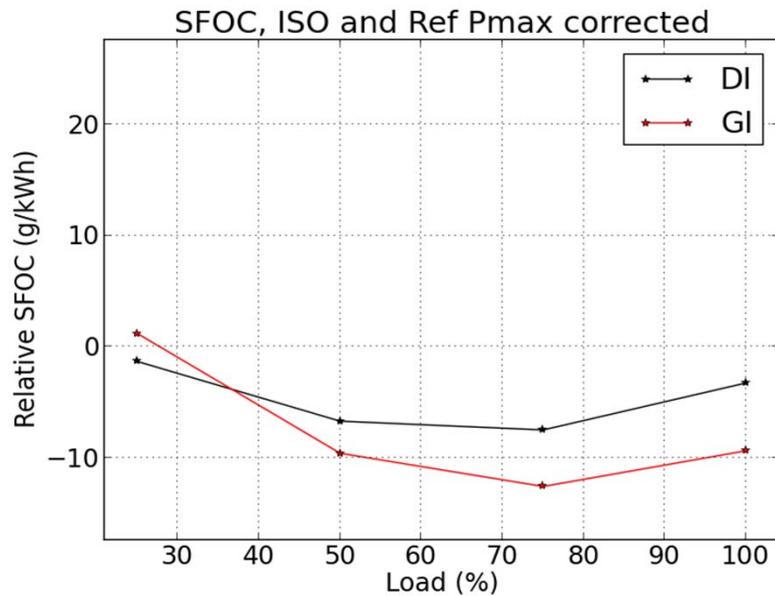


テストユニット

2. ME-GIの概要

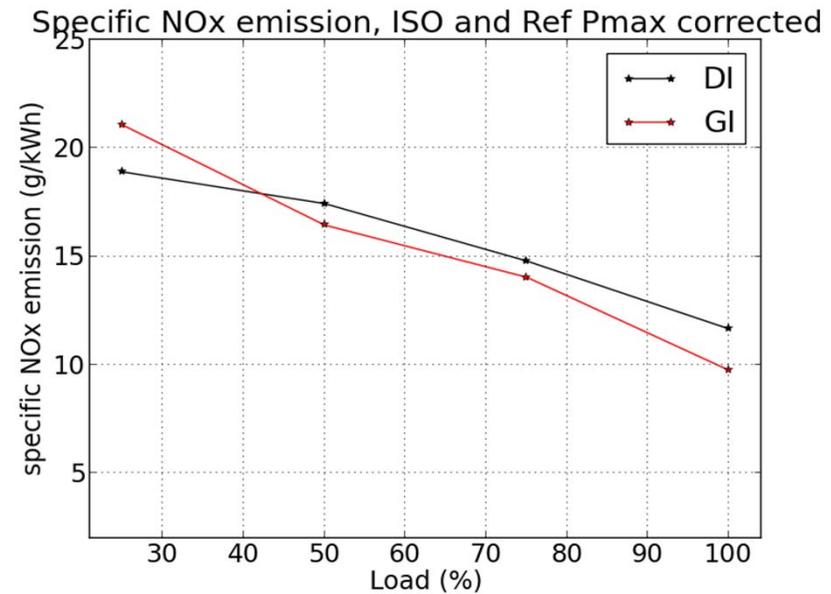


SFOC



※High Load チューニング

NOx

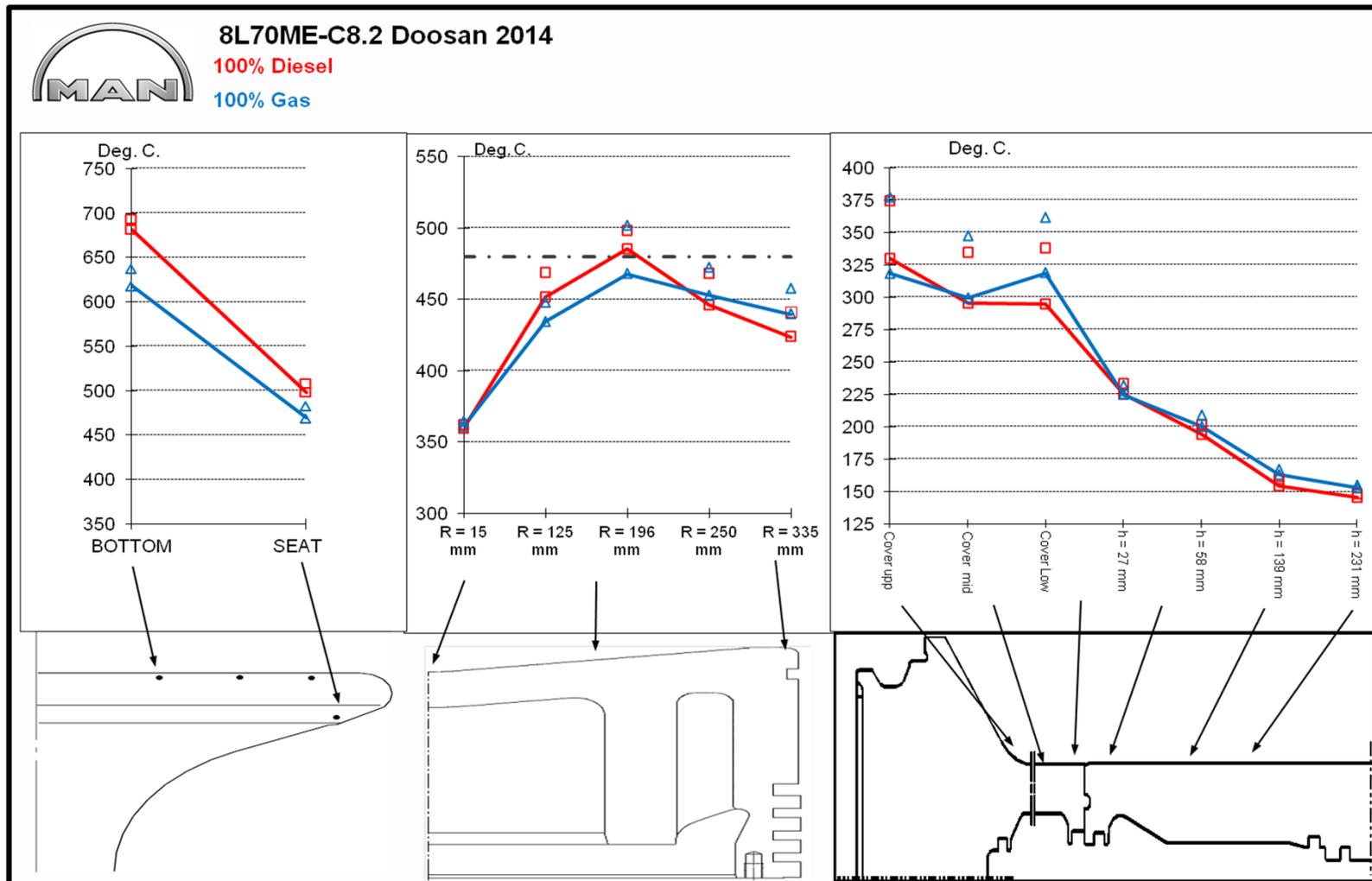


Test	Δ SFOC [g/kWh]	Δ NOx [g/kWh]
DI	0	0
GI	-4.8	-1.0

2. ME-GIの概要



燃焼室部品温度

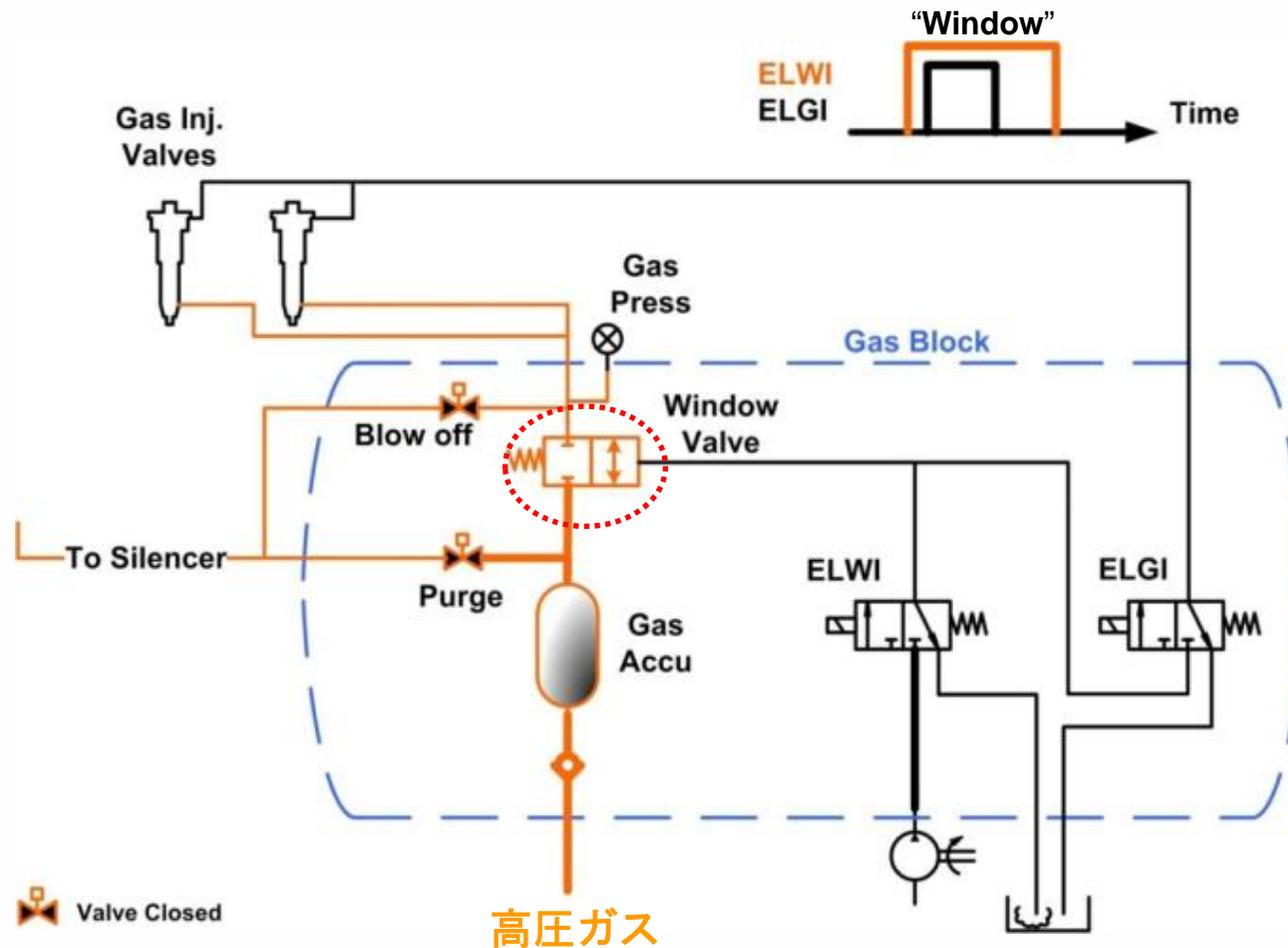


3. 安全装置



ガス噴射ミス防止システム（ウィンドウ機能）

限られたクランクアングルのみでガス噴射が起きる事を保証する。

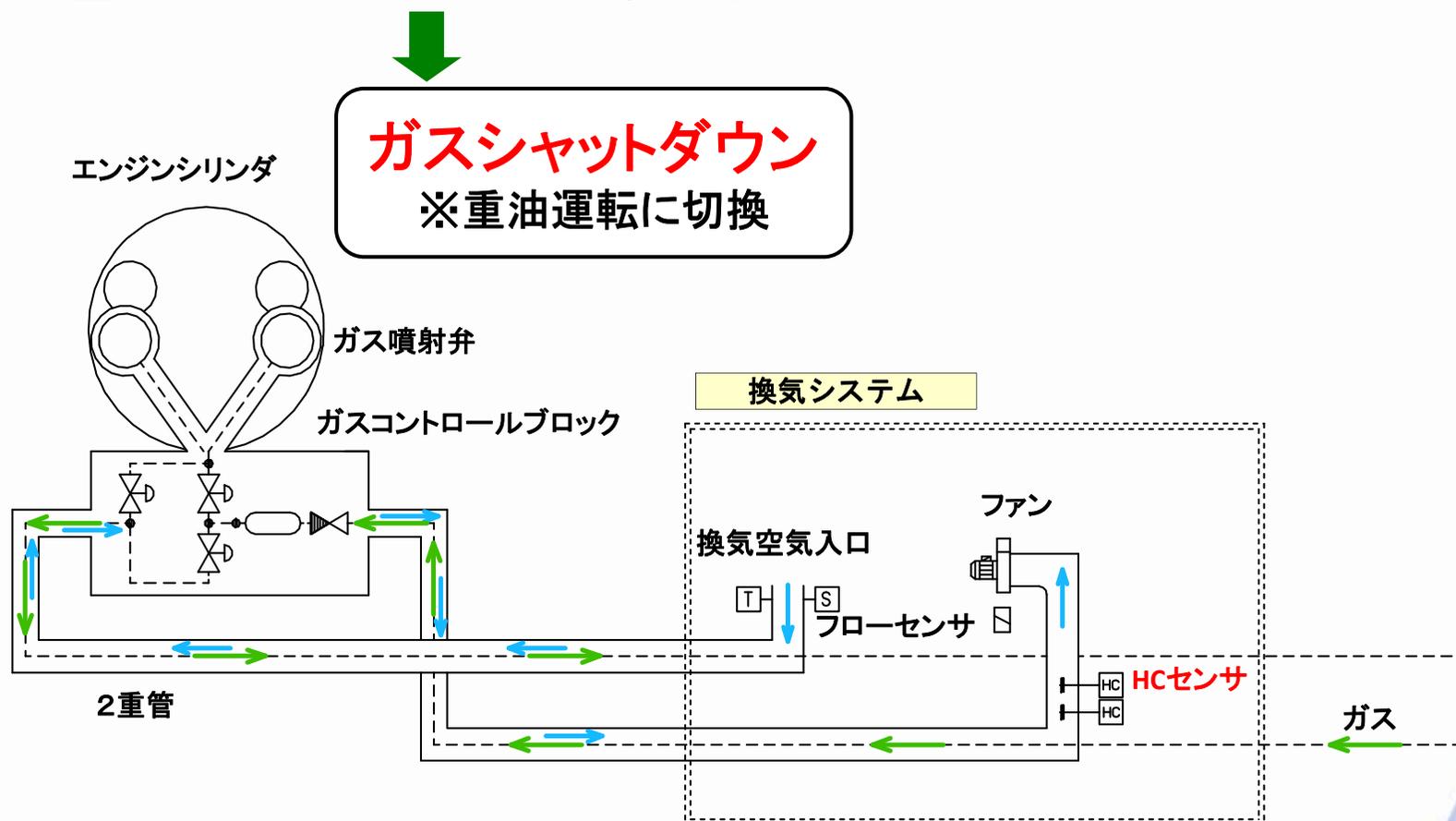


3. 安全装置



2重管構造と換気システム

換気スペースにガス系の全ての漏れが集まる。万が一漏れが有れば換気空気系出口のHCセンサで検知される。



3. 安全装置



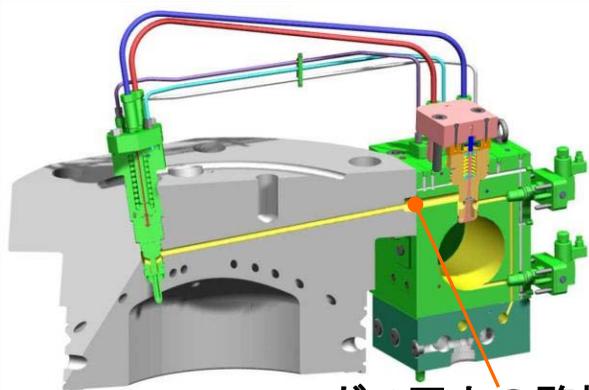
ガス圧力の監視

ガス噴射弁とウィンドウ弁間のガス圧をモニタリングすることにより、ガス噴射弁とウィンドウ弁の機能を常時監視する。

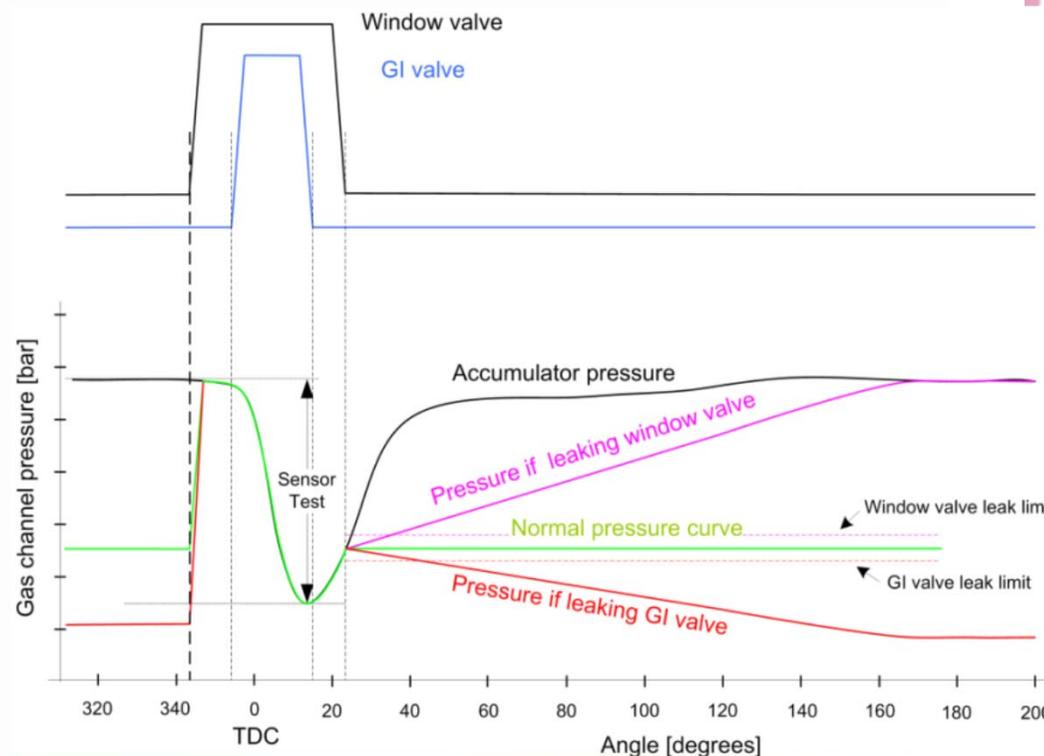
- ✓ ガス噴射弁またはブローオフ弁のガス漏れ（圧力低下）
- ✓ ウィンドウ弁のガス漏れ（圧力上昇）
- ✓ 圧力センサの異常



ガスシャットダウン
※重油運転に切換



ガス圧力の監視



3. 安全装置



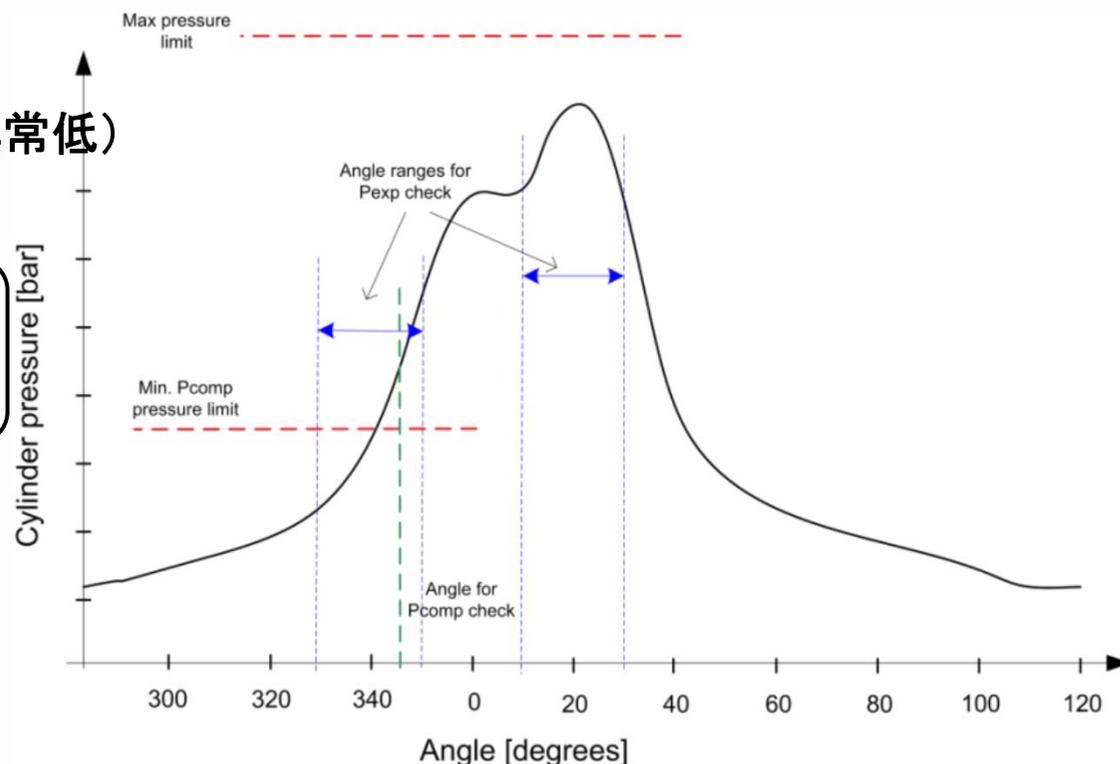
筒内圧力の監視

常時、筒内圧を監視することによって着火ミスや異常を検知する。

- ✓ 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)



ガスシャットダウン
※重油運転に切換



4. 燃料ガス供給装置

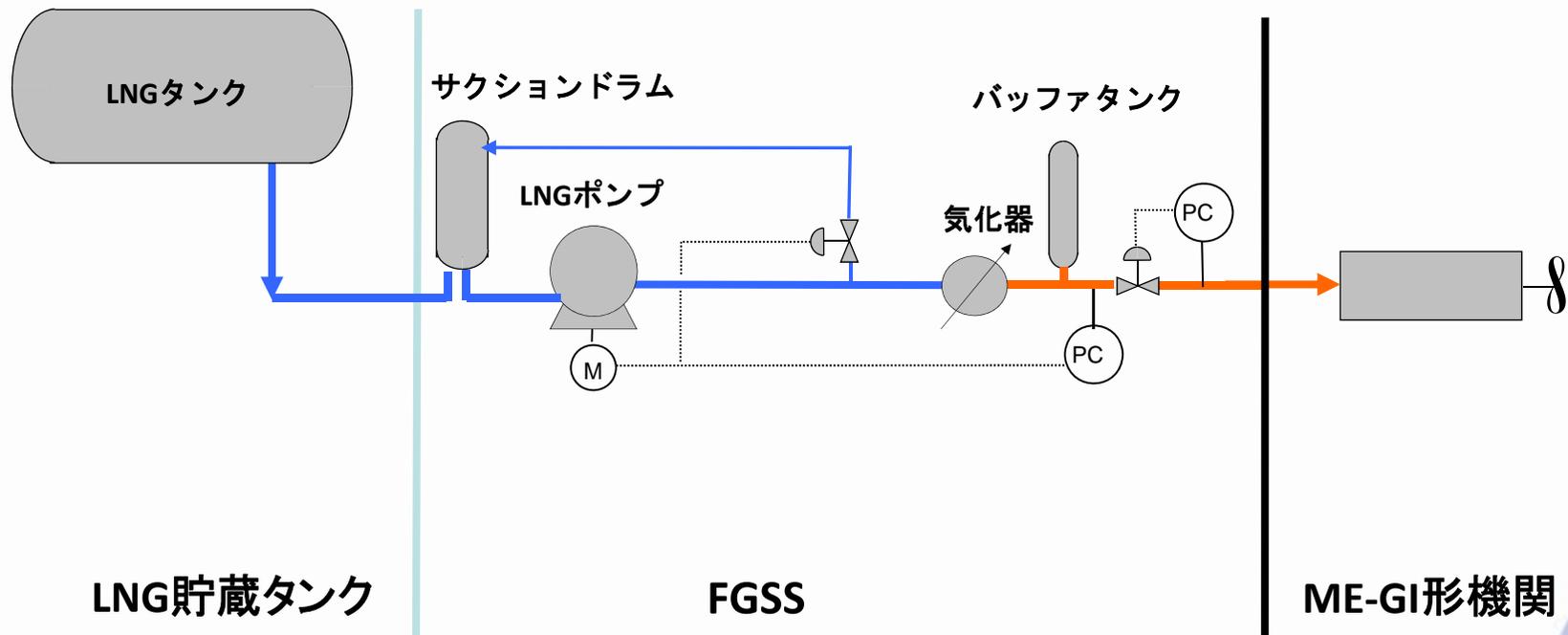


LNGポンプ方式 (FGSS)

ガスコンプレッサ方式と比較して

- ・ 所要動力が小さい
- ・ コンパクト

概念図

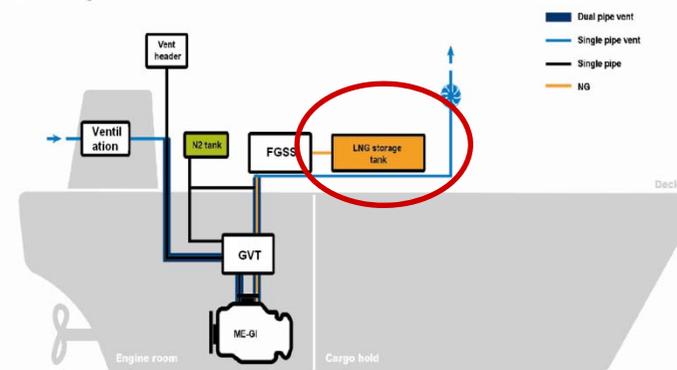


4. 燃料ガス供給装置



LNGタンク

- ・重油の2倍の容積が必要(ガス運転メイン)
- ・ボイルオフガスを溜めておけるType C
- ・大気圧タンクType Bではボイルオフガスの処理が必要



Type C LNGタンク

4. 燃料ガス供給装置

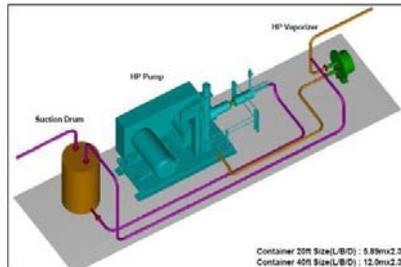


燃料ガス供給装置 (FGSS) メーカー

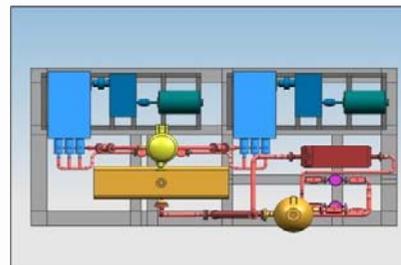
Cryostar
(Cryostar製ポンプ)
LNG Pump System



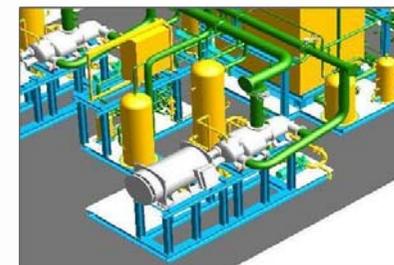
DSME
(ACD製ポンプ)
LNG Tank & Pump System



Hamworthy
LNG Tank & Pump System



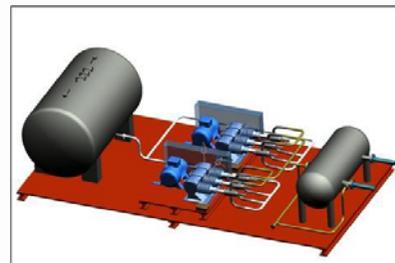
TGE
LNG Tank & Pump System



三菱重工業
(三菱製ポンプ)
LNG Tank & Pump System



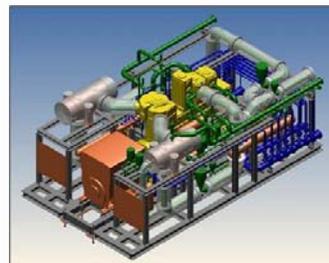
HHI
(Cryostar製ポンプ)
LNG Tank & Pump System



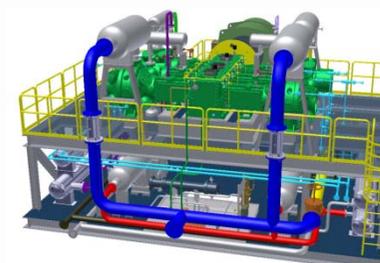
(液ポンプ方式)

(コンプレッサ方式)

**Burckhardt
Compression**



三井造船



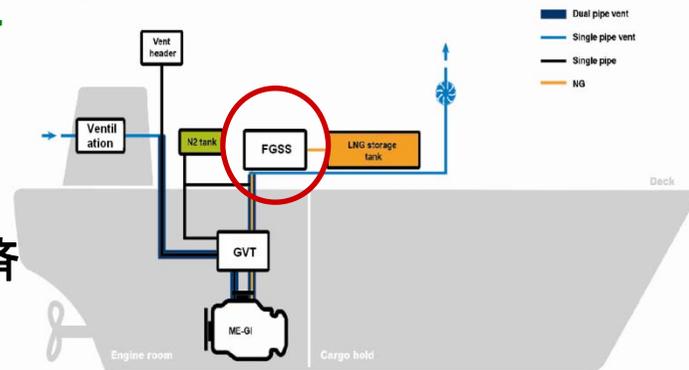
4. 燃料ガス供給装置



燃料ガス供給装置 (FGSS)

LNG燃料船には液のまま昇圧(30MPa)した後にガス化(45°C±10°C)させ供給するLNGポンプ方式を推奨

※LNG運搬船はボイルオフが発生するためLNGポンプ方式やガスコンプレッサ方式との組み合わせを経済試算して決定



三井設備FGSS



LNGポンプ



気化器

気化器ユニット

4. 燃料ガス供給装置



高圧LNG ポンプ

高圧LNG ポンプを、約 250 時間の運転後に解放点検した。特に問題は認められなかった。



4. 燃料ガス供給装置

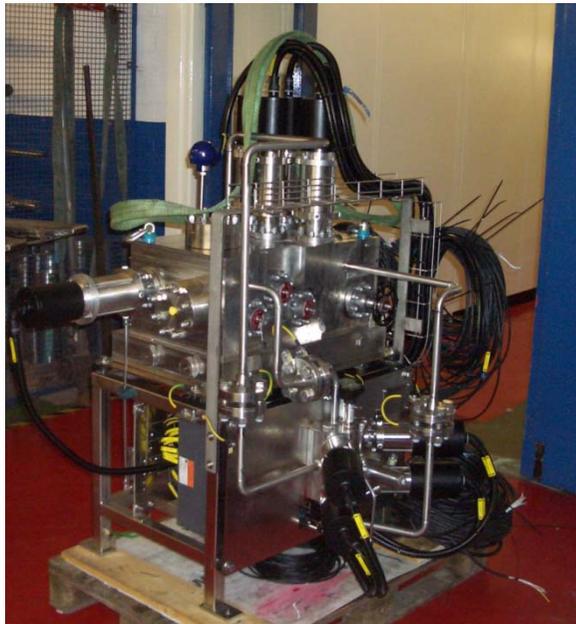


GVT (Gas Valve Train)

ガス用に2個の遮断弁と1個の放気弁

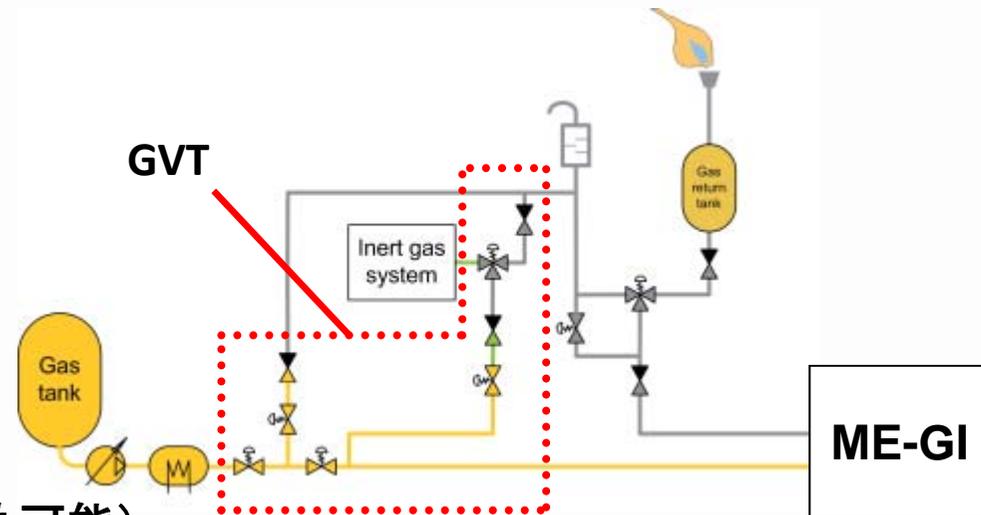
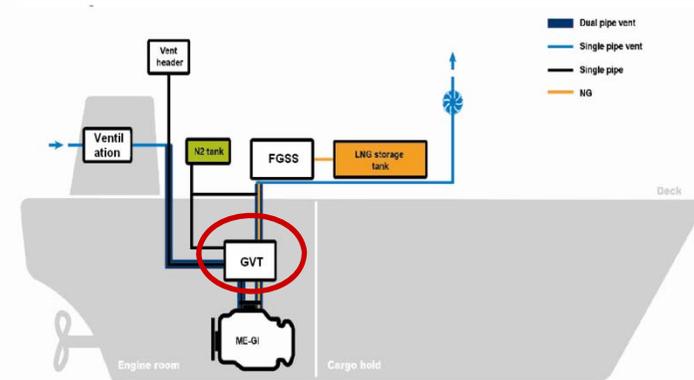
+

パージングのための不活性ガス用弁



コンパクトGVT

(ブロック内に換気ラインを含むことも可能)

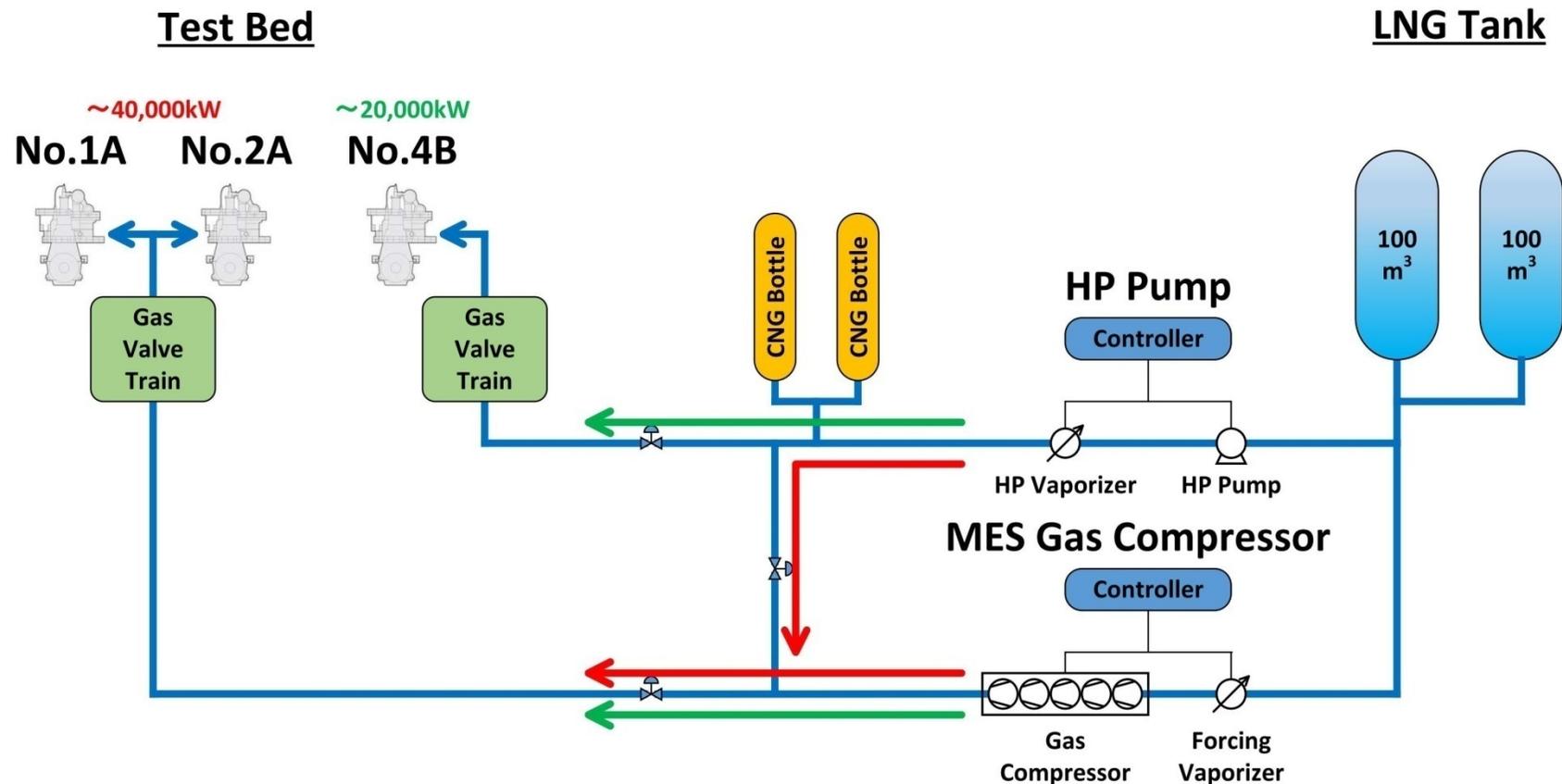


4. 燃料ガス供給装置



三井玉野の工場設備としてのFGSS

2015年にかけて、既存の高圧LNGポンプだけではなく、自社製ガス圧縮機も装備して、ME-GIの運転に備える。



5. 受注実績



ME-GI機関受注実績

1st order



8L70ME-C8.2-GI for 3,100TEU Container Vessel
1番船引渡し: 2015年Q4 (2+3 options)

2nd order



2 x 5G70ME-C9.2-GI for 173,400m³ LNG Carrier
1番船引渡し: 2016年前半 (4+5 options)

3rd order



7S90ME-C10.2-GI for 3,600TEU Container Vessel
1番船引渡し: 2018年 Q3 (2+3 options)

4th order



8S50ME-B9.3-GI for 1,431TEU Container Vessel
1番船引渡し: 2015年後半? (2+2 options)

5. 受注実績



ME-GI機関受注実績

5th order **MESにて主機製造!**



8S70ME-C8.2-GI for 2,400TEU + 400 Vehicle
ConRO Vessel
1番船引渡し: 2017年Q2 (2)

6th order



8S50ME-C8.2-GI for 3,800 Pure Car Carrier
1番船引渡し: 2015年 Q4 (2+2 options)

ME-GI Conversion



2 x 7S70ME-C-GI for 260,000m³ LNG Carrier
2015年4月着工 ⇒ 2015年6月完工

7th order



7G70ME-C9.2-GI for 175,000m³ LNG Carrier
1番船引渡し: 2017年 (2)

Etc..

ME-GI受注合計52台。2016年頃には就航実績がでる!

5. 受注実績



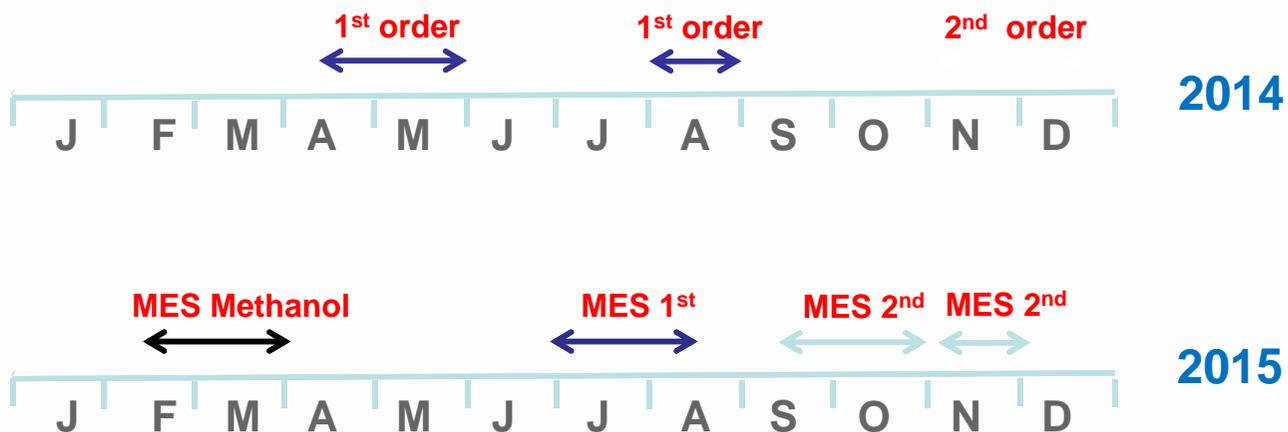
工事進捗状況

1st order : 一番船はエンジンテスト良好に完了

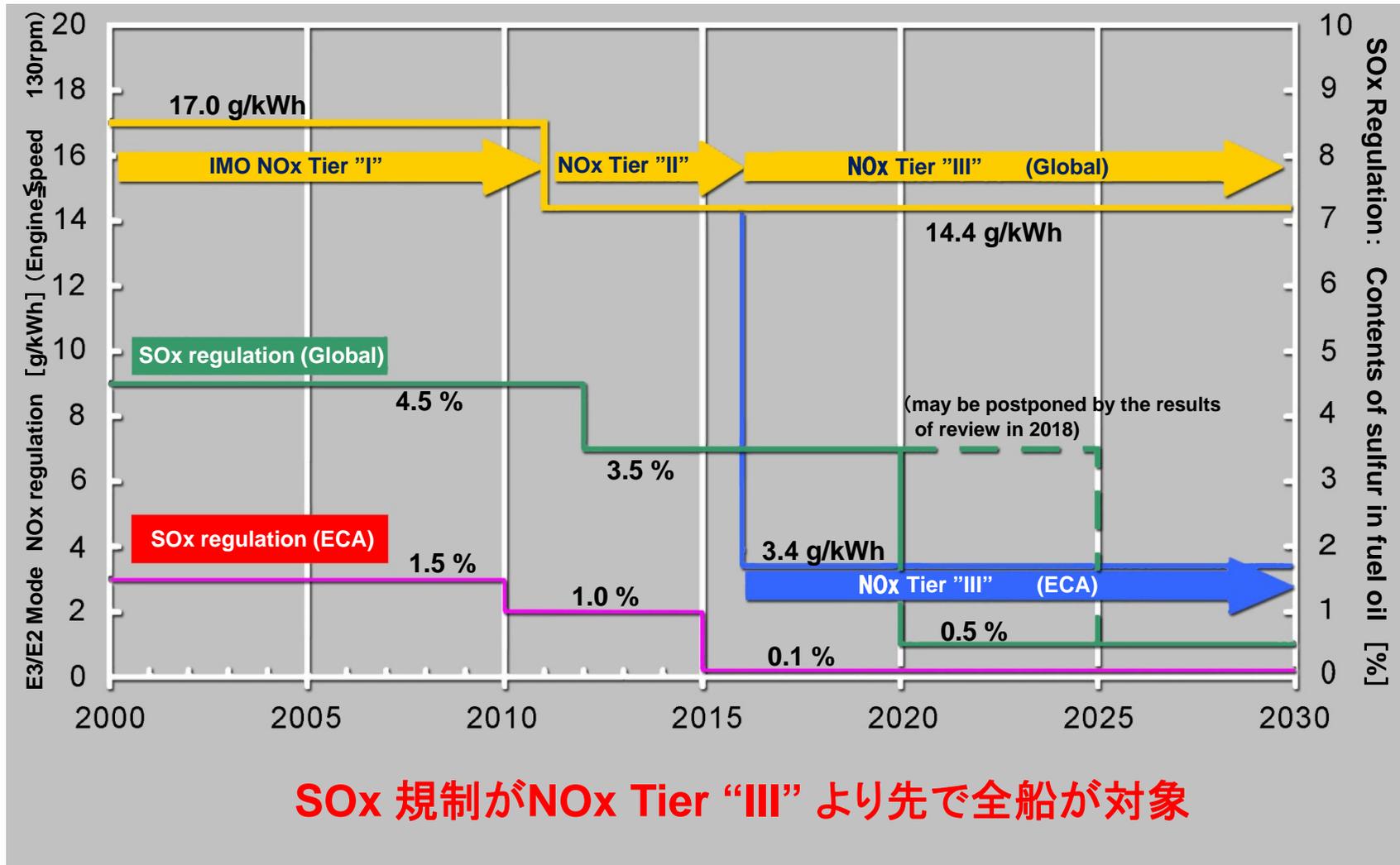
2nd order : 一番船のエンジンテストが2014年末

三井の1st engine : 一番船のエンジン、2015年7月起動

三井のMethanol ME-LGI : 2015年2月起動



6. 今後の展望



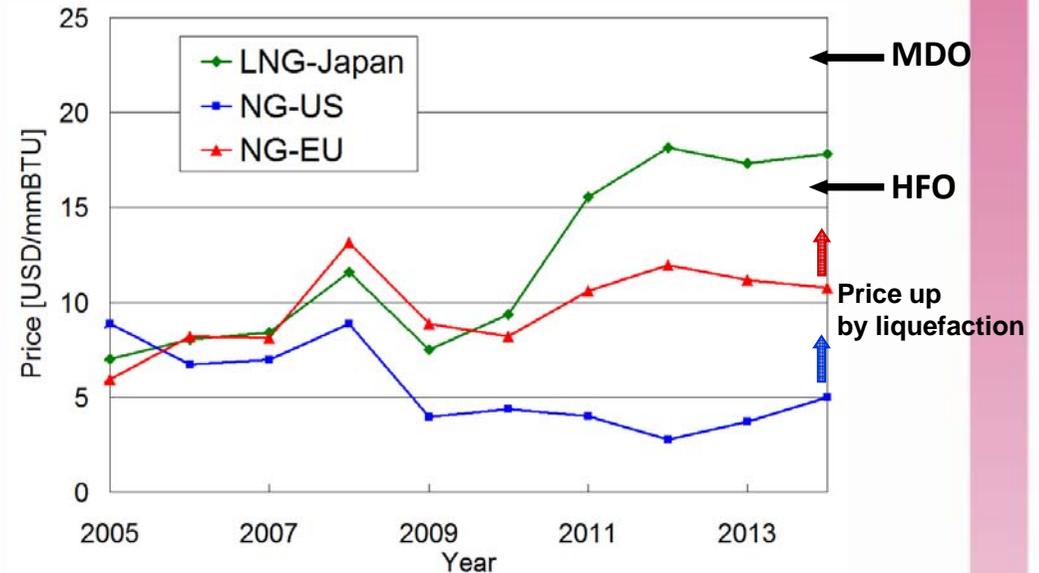
6. 今後の展望



ガス焚エンジンの可能性

・天然ガス需要増加

シェールガス革命
安価な調達機運の高まり



・船用分野での環境規制強化 (NOx・SOx・CO2排出規制)

天然ガス: 環境に優しい燃料
(S分フリー、CO2排出量: 重油に比べ20%以上の低減)
⇔ 低硫黄燃料価格高の可能性

船用ディーゼル機関の燃料として天然ガスを採用することで、経済性と地球環境への配慮を両立

6. 今後の展望



経済性の試算

7S70ME-C-GI を使うケースを想定

燃費率はガスも重油も同じとする	= 160 g/kWh
年間稼働時間	= 7,000 hrs
平均負荷として、L1ポイント出力の半分とする	= 11,445 kW
5年間のトータル燃料発熱量	= 2,33 mil. 百万BTU (B)

初期投資

Total = 760 百万円 (A)	}	エンジンの差額	= 110 百万円
		タンクのコスト	= 450 百万円
		FGSSコスト	= 200 百万円

$$(A)/(B) = 326 \text{ ¥/百万 BTU}$$

燃料コスト差額が3.3 US\$/百万BTU以上であれば、ガスが有利。

6. 今後の展望



ME-LGI : Methanol や LPG 等

Methanol や LPG は常温で多少の圧力の中で液体として扱えるので、液のまま噴射するME-LGI 技術を開発中。

これらを燃料とした場合、燃料タンクコストはLNGと比較して安価になり、初期投資の面では有利。



Methanol や LPG の将来の価格は不明だが、検討の価値はある。

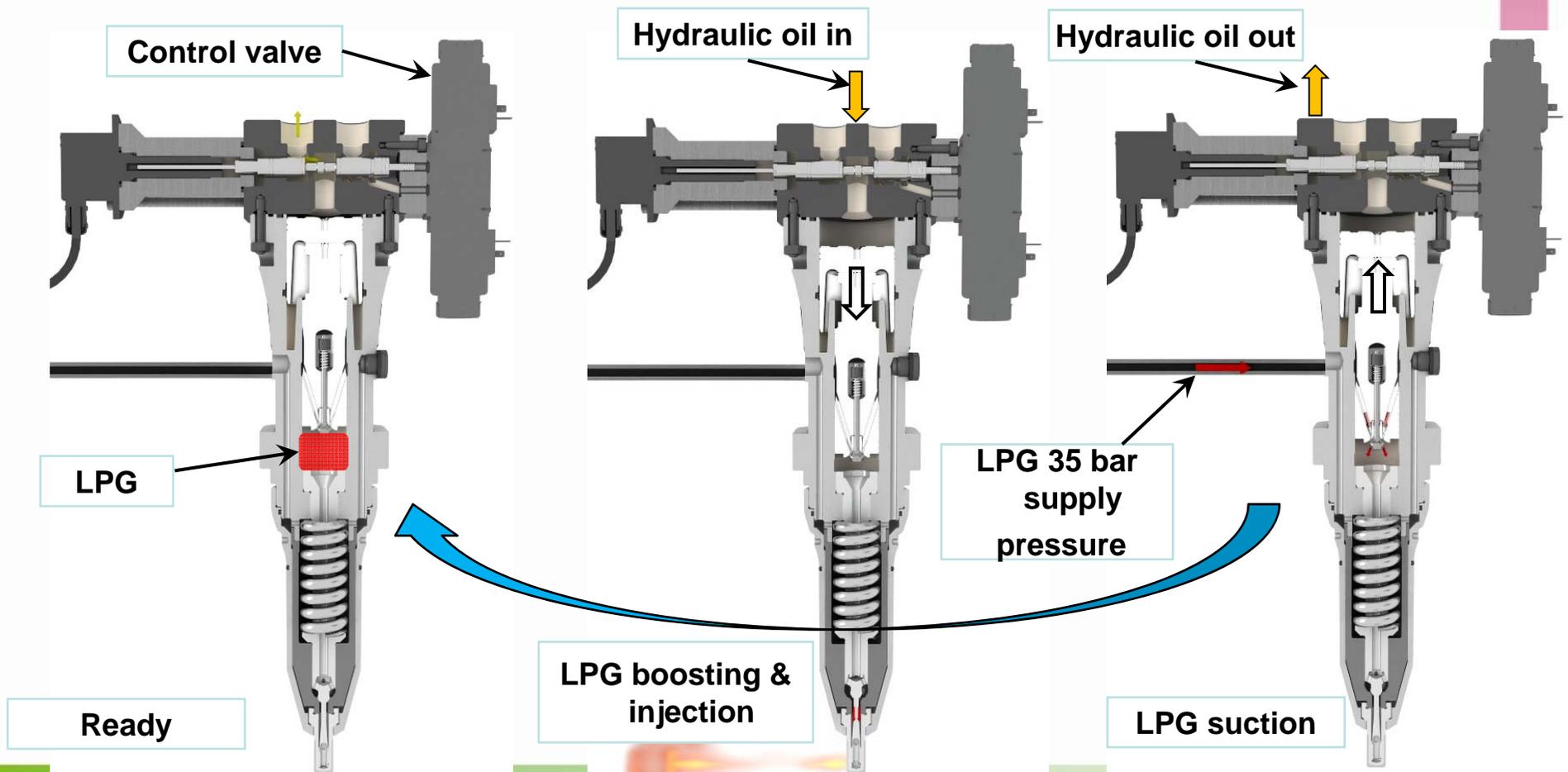
取り敢えずは、Methanol や LPG を運搬する船には適用可能。

6. 今後の展望



ME-LGI 噴射弁

燃料圧力を燃料弁に於いてブーストし、噴射する。





ご清聴有難う御座いました

ClassNK
R&D PROJECT

ME-GI及びME-LGIの開発に際しては、国土交通省殿及び一般財団法人日本海事協会殿のご支援を戴いております。