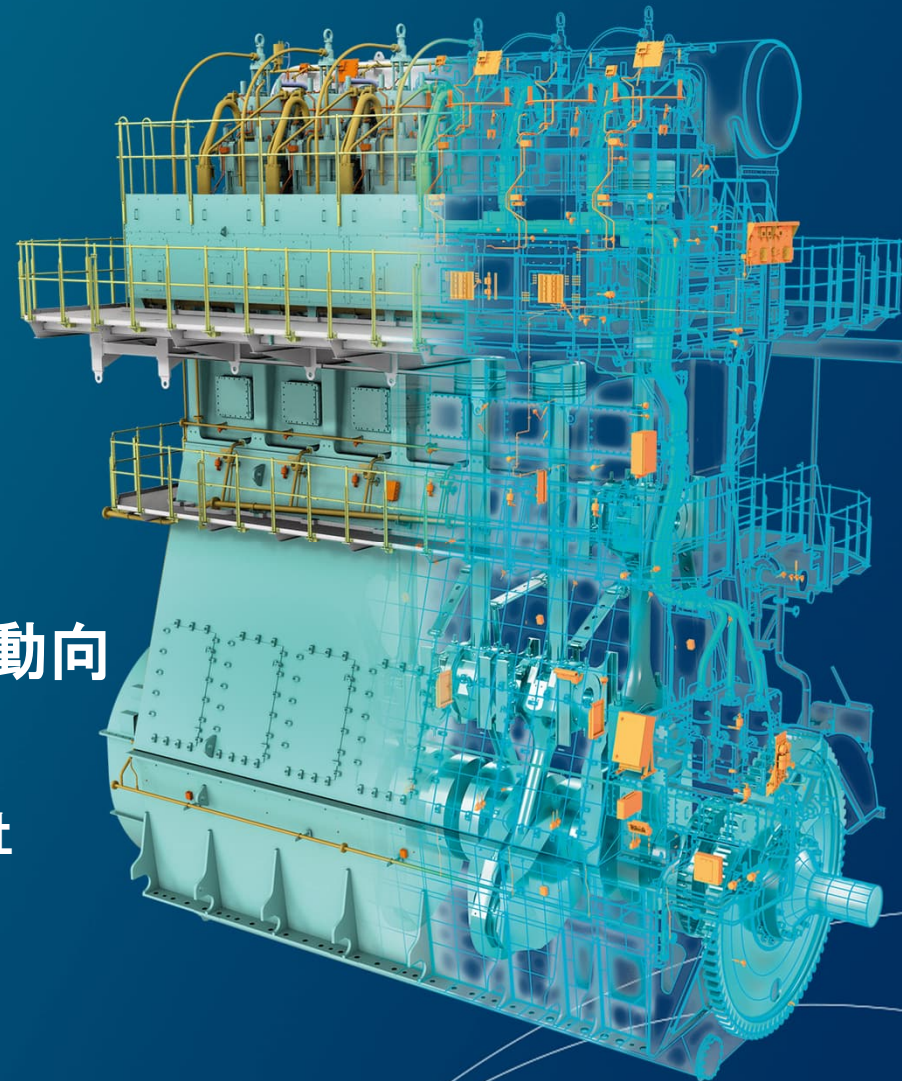


日本船舶機関士協会殿 令和5年度第2回技術講演会

WinGD X-DF 2サイクル機関の紹介及び開発動向

ウインターツールガスアンドディーゼルジャパン株式会社
オペレーションズ 青波 徹



WINGD

目次

1 会社紹介

2 X-DF機関（LNG燃料）

2-1 基本技術

2-2 燃焼比較とX-DF（LNG）コンセプト

2-3 主要部品

2-4 ガス供給システム

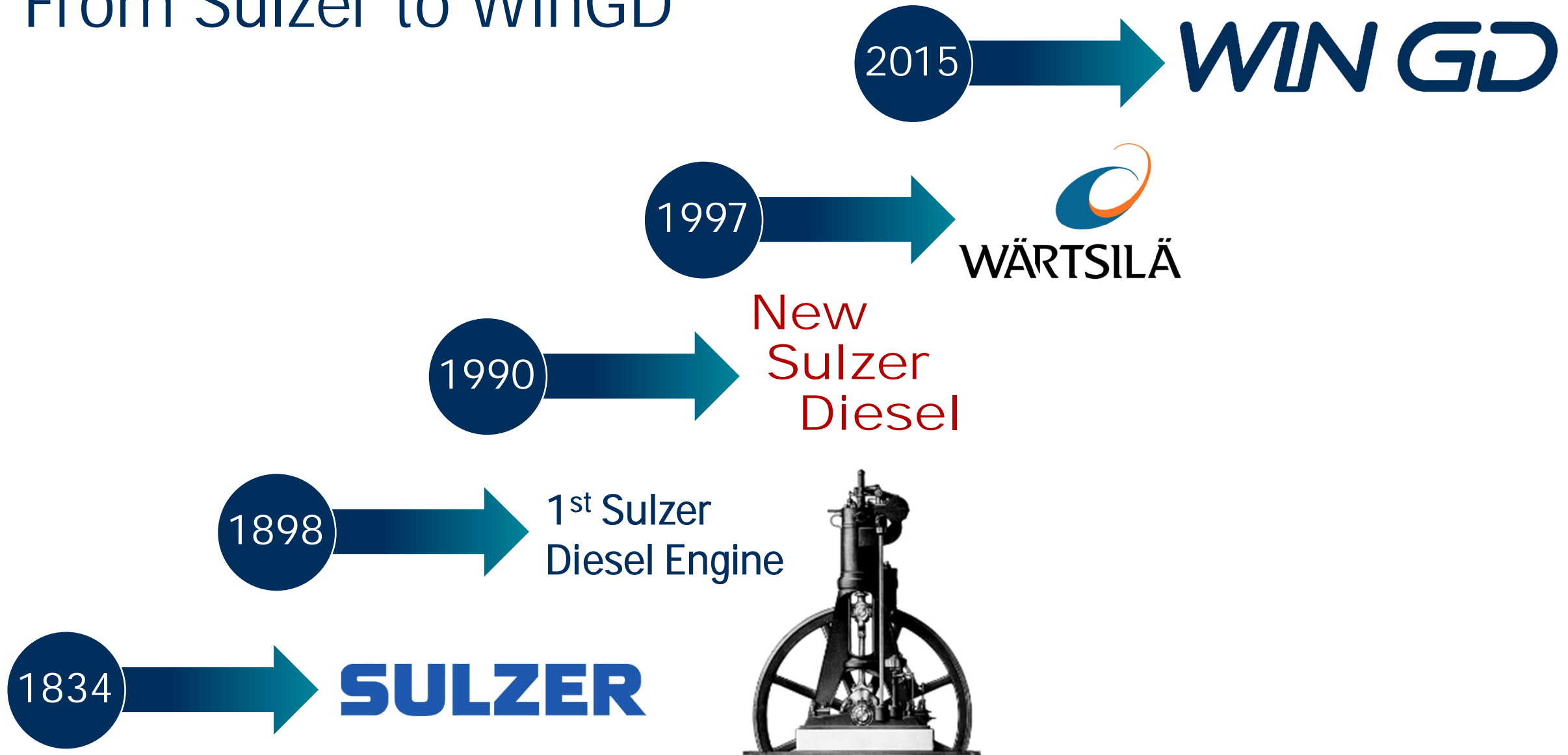
2-5 就航実績

3 X-DF機関（メタノール、アンモニア）

3-1 メタノール機関

3-2 アンモニア機関

From Sulzer to WinGD



WinGD グローバルネットワーク

本社:

Winterthur, Switzerland

ネットワーク:

China, Korea, Japan,
Singapore

試験機:

Switzerland, China, Japan

トレーニングセンター:

Switzerland, Greece, China, Korea,
Philippines, India, Poland, Singapore

ライセンスー:

China, Korea, Japan



WinGD ライセンサー（新造）

China:  沪东重机有限公司
HUDONG HEAVY MACHINERY CO.,LTD.

 上海中船三井造船柴油机有限公司
CSSC-MES Diesel Co., Ltd.

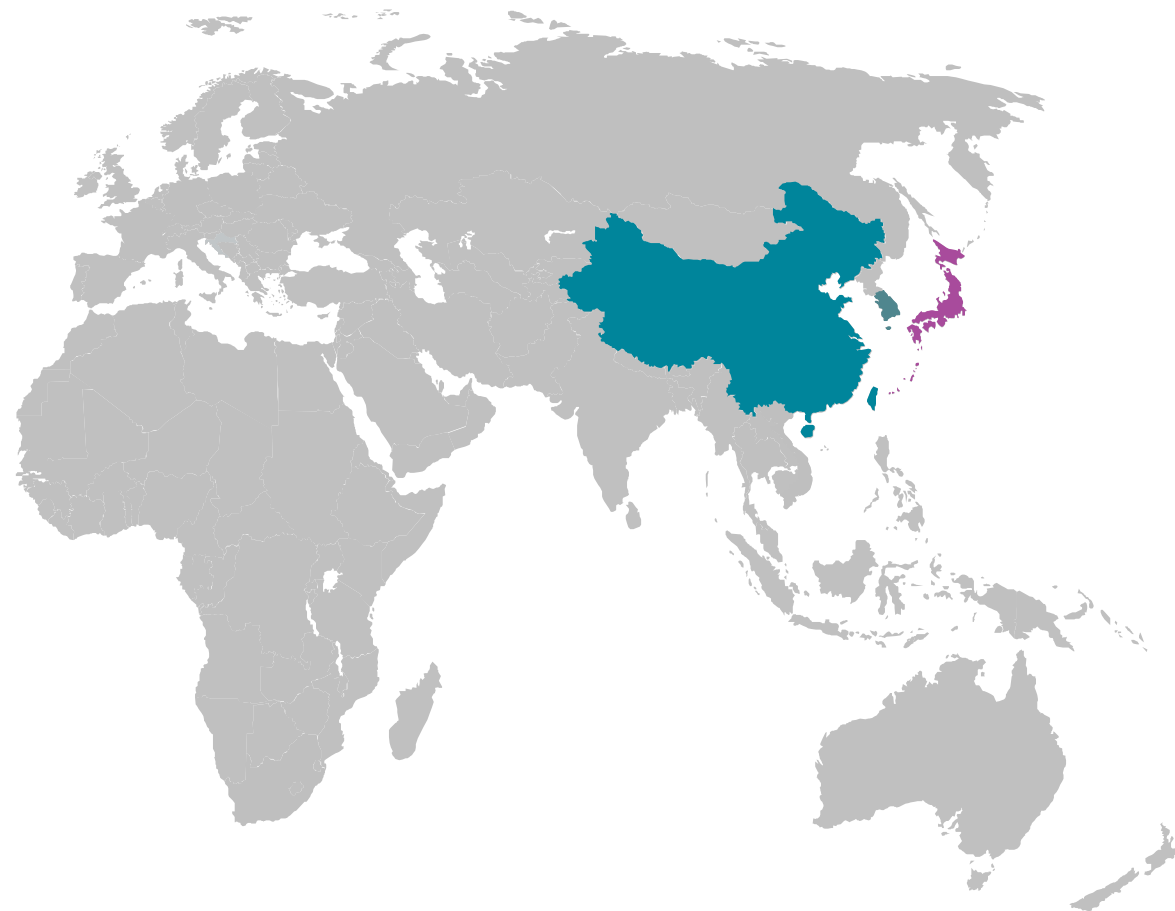
 中船动力有限公司
CSSC Marine Power Co.,Ltd.

 中国船舶重工集团柴油机有限公司
CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORPORATION DIESEL ENGINE CO.,LTD.

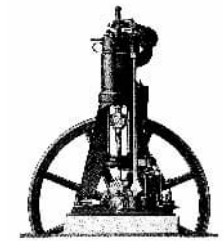
 玉柴船舶动力股份有限公司
YUCHAI MARINE POWER CO. , LTD.

Korea:  

Japan:  Mitsui E&S DU Co., Ltd.  Hitachi Zosen



主な開発変遷



1st Sulzer diesel engine on testbed

1898

1st reversing two-stroke diesel engine

1915

1st prototype of a turbocharged diesel engine



1st 14 cylinder RT-flex96C engine – largest diesel cycle engine ever built

2005

1972

1st mechanically controlled low pressure dual-fuel two-stroke engine

1982

Super-long-stroke concept with Sulzer RTA engine series



1st two-stroke low-pressure dual-fuel engine

2013



12X92DF: the largest Otto-cycle engine ever built.

2019

CSSC Global Test Centre 2-Stroke Engines Established

2020

X-DF2.0 with iCER technology



2022

X-DF^A
by WinGD
X-DF^M
by WinGD
Methanol and ammonia fuel engine development

1890

1905

1910

1940

1970

1980

2001

2005

2011

2013

2018

2019

2020

2021

2022

1st two-stroke diesel engine in an ocean going ship



1912

1946

1st turbocharged two-stroke engine

1st high-pressure dual-fuel engine

1986

2001

1st electronically controlled two-stroke common-rail engine

2011

X-Engine series with lower fuel consumption and higher power



2018

WiDE – WinGD Integrated Digital Expert

100th X-DF engine ordered

2021

WinGD X-EL Energy Management

Engineered to

X-EL
by WinGD

Our Products

X-DF 機関 (Dual-fuel)

- 低炭素 環境対応
- LNG, メタノール、アンモニア

X 機関 (Diesel/HFO)

- 船舶推進装置として低燃費実現
- CAPEX OPEX最適化

X35 -
X40



Small/Handysize
Bulker



Small Product
Tanker



General Cargo
Carrier

X52/RT-
flex50



Handymax
Bulker/Tanker



MR Tanker



Small Container

X62/RT-
flex58T



Panamax
Bulker/Tanker



LR/Aframax
Tanker



Feed Container

X72



Cape Bulker



Suezmax Tanker



Feed Container



LNG Carrier

X82



VLOC



VLCC



Mid & Large
Container

X92



Ultra Large Container



WinGD X-DF (LNG fuel)

WINGD

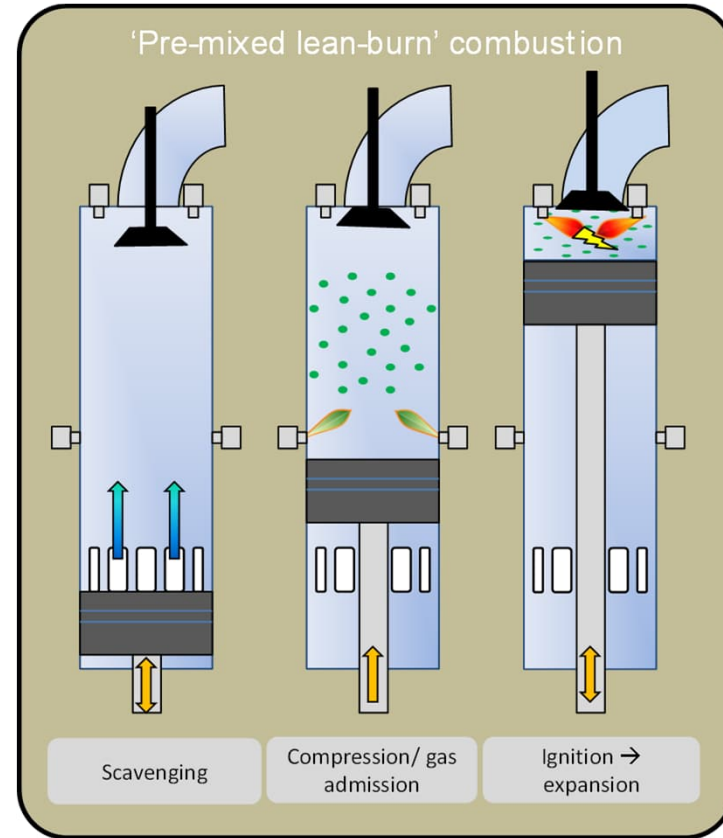
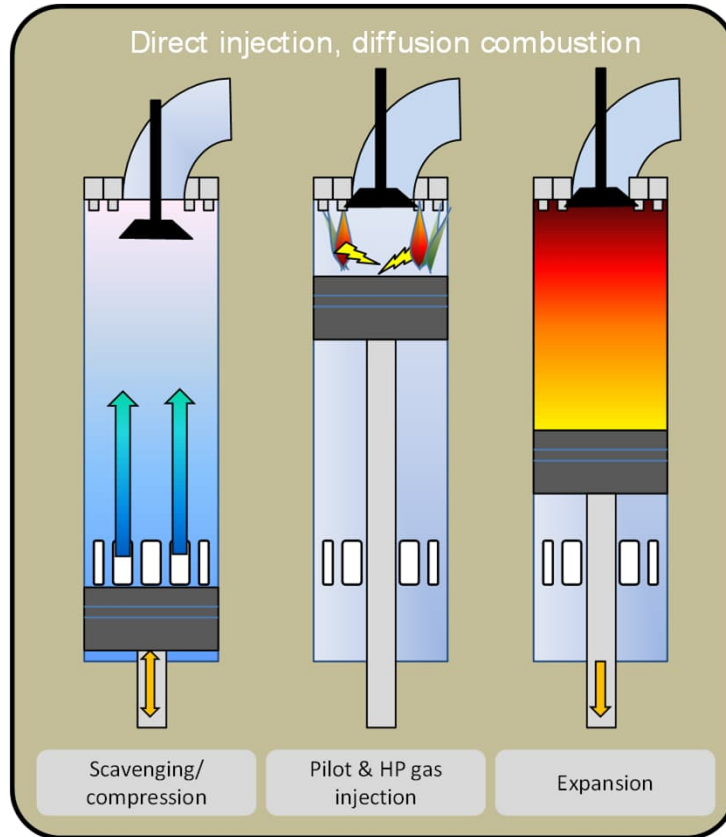
デュアルフューエル(DF) - LNG焚き基本技術

高圧DF

低圧DF



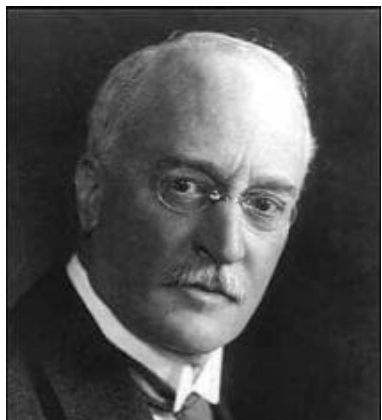
ディーゼルサイクル



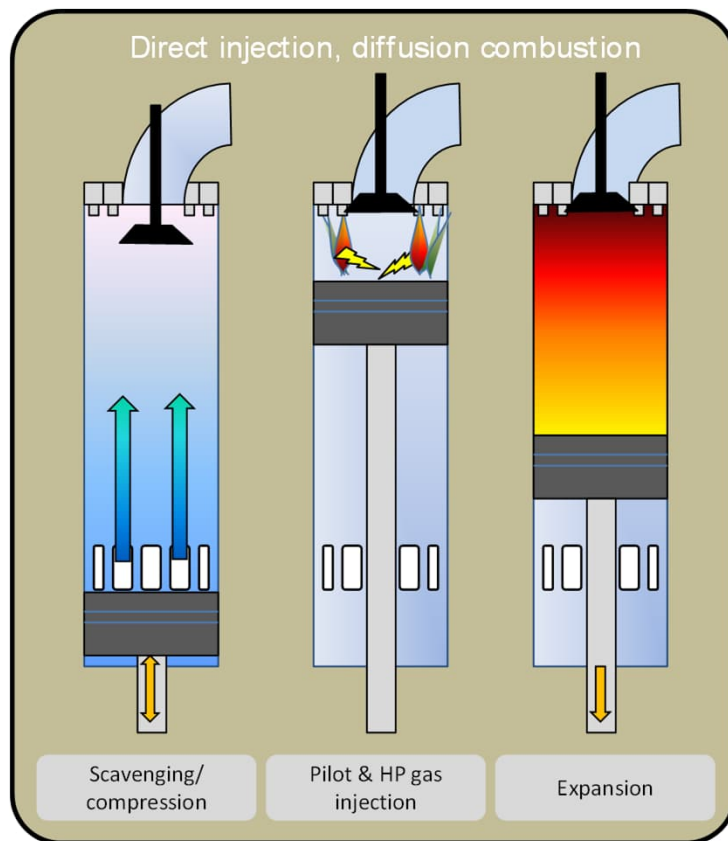
オットーサイクル

高圧ガス機関の基本技術

高圧DF



ディーゼルサイクル



高圧DFはディーゼルサイクルの燃焼をさせる。

ピストンによる吸入空気の圧縮工程の終盤で燃料ガスを噴射する。

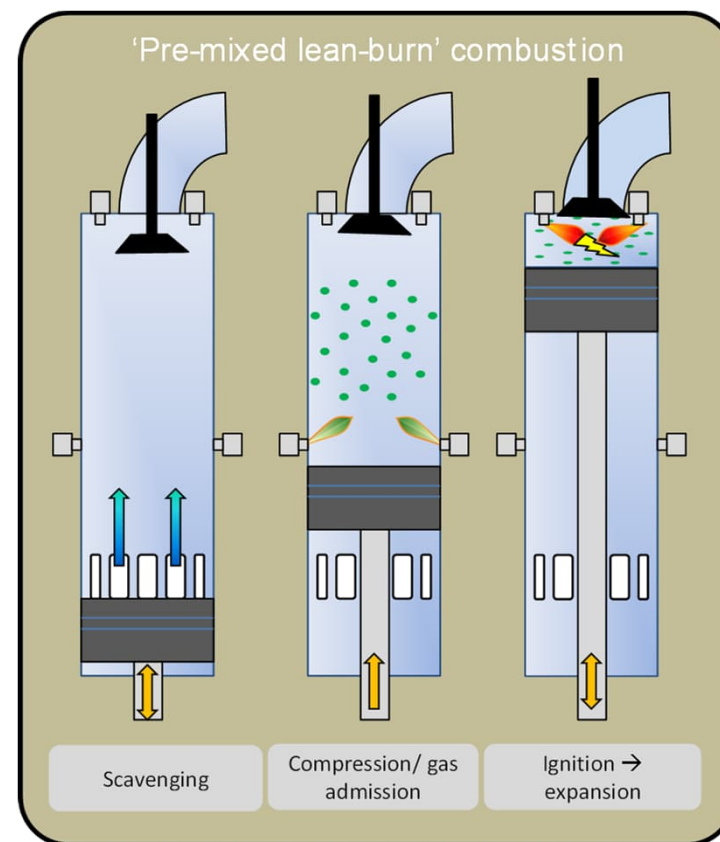
そのため高圧の噴射が必要（300bar以上）

液体のパイロット燃料にて着火する。

WinGDのX-DF 低圧ガス機関の基本技術

低圧DF

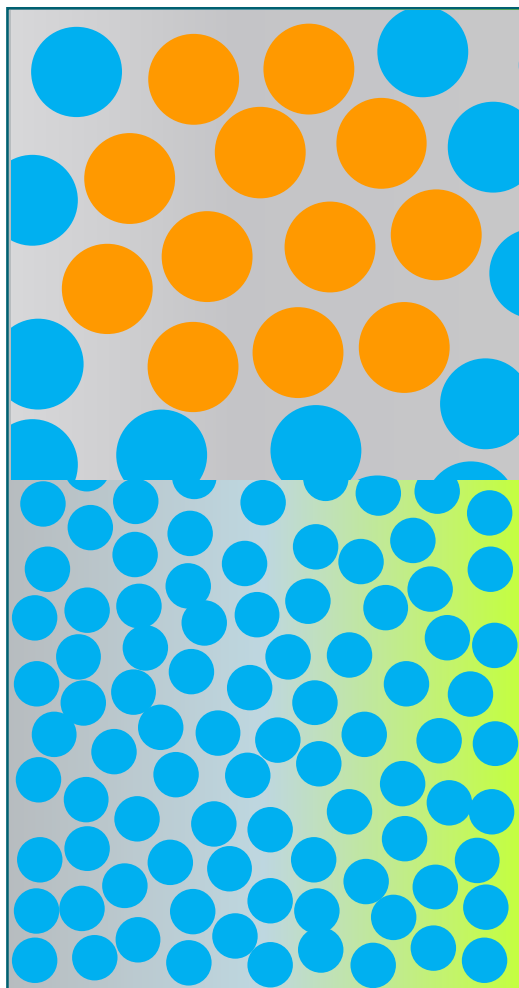
- 低圧X-DF はオットーサイクルを採用。
- ピストンによる吸入空気の圧縮工程の序盤で燃料ガスを噴射する。
低圧の噴射が可能（13bar以下でOK）
- 圧縮中に、空気と燃料ガスが混合される。
（予混合）
- 液体のパイロット燃料にて着火する。



オットーサイクル

燃焼: ディーゼル（高圧DF）とオットーサイクル（低圧X-DF）

ディーゼルサイクル
リッチ燃焼

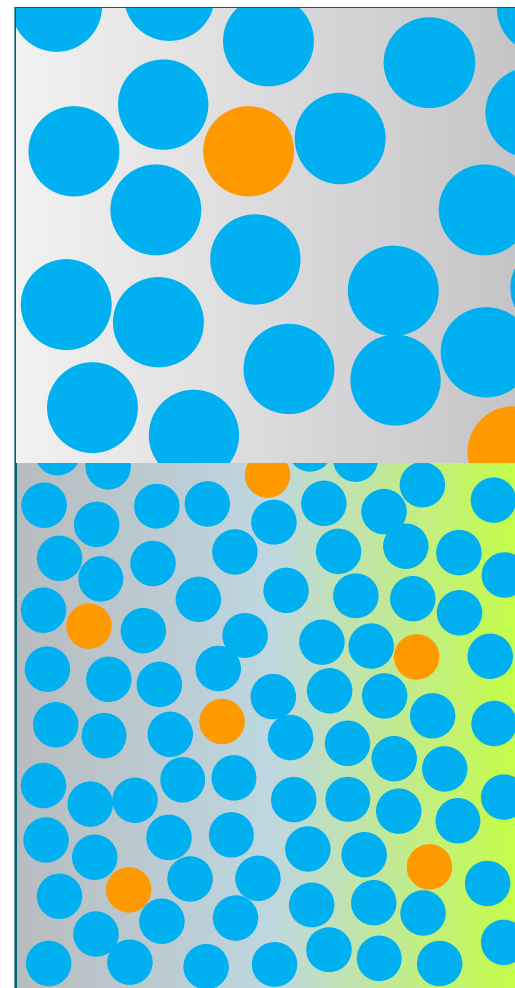


局所的ホット
スポット発生



高い NO_x 生成
HFOディーゼル
機関と同じ

オットーサイクル
希薄燃焼



温度分布が均一
局所的高温部がない

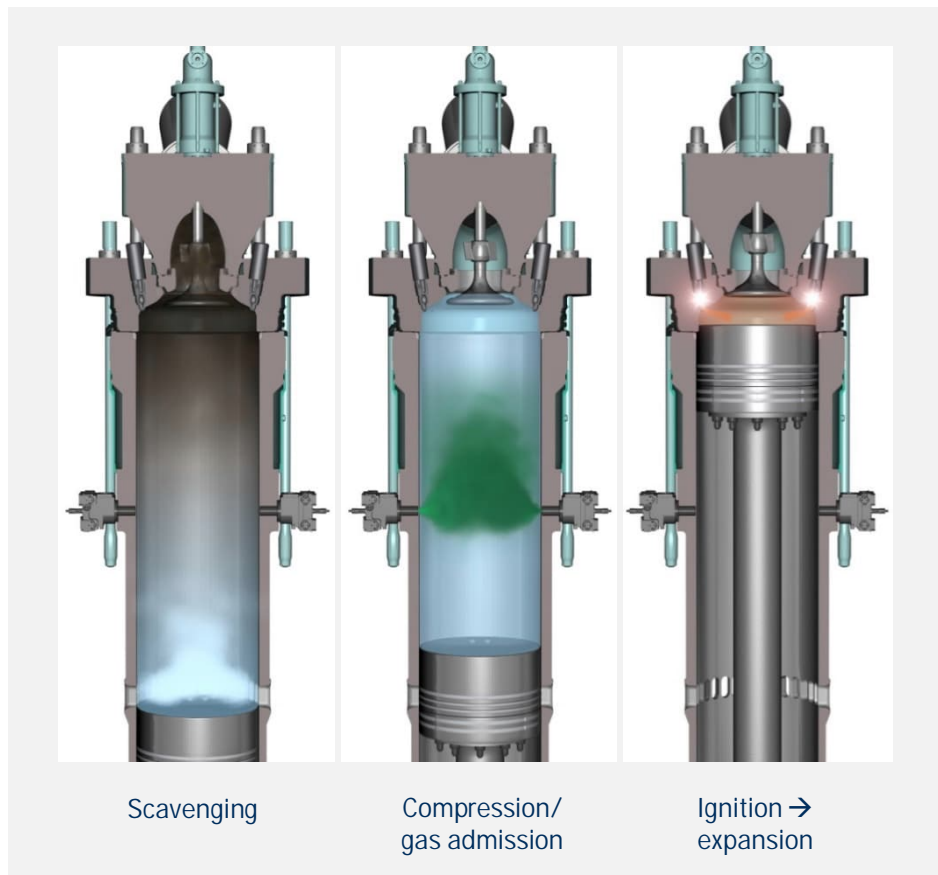


低い NO_x 生成
HFO比 85%減

● Fuel

● Air

低圧 X-DF 機関の燃焼コンセプト



低圧ガス圧力 < 13bar

- シンプルで信頼性の高いガス供給システム
- コンプレッサー/ポンプの幅広い選択

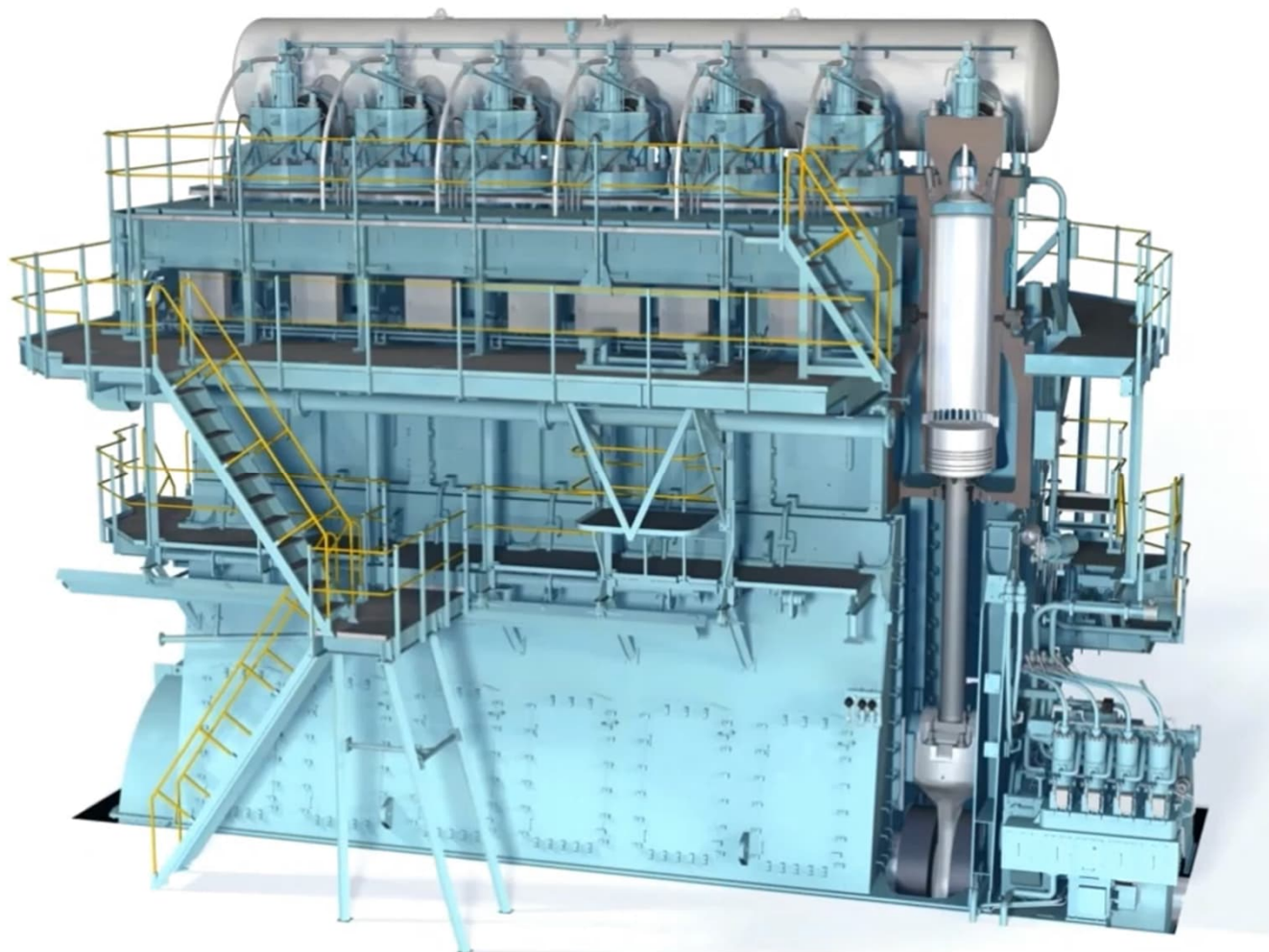
予混合希薄燃焼 オットーサイクルにより
IMO NOx**規制Tier III**に**機関単体で適合**

- 排気ガス後処理装置が不要 (EGR/SCR)
- それらの装置の初期投資とランニングコストが不要
- 結果として部品の信頼性低下が引き起こされない

ガスモード: 予混合希薄燃焼 オットーサイクル

ディーゼルモード: ディーゼルサイクル

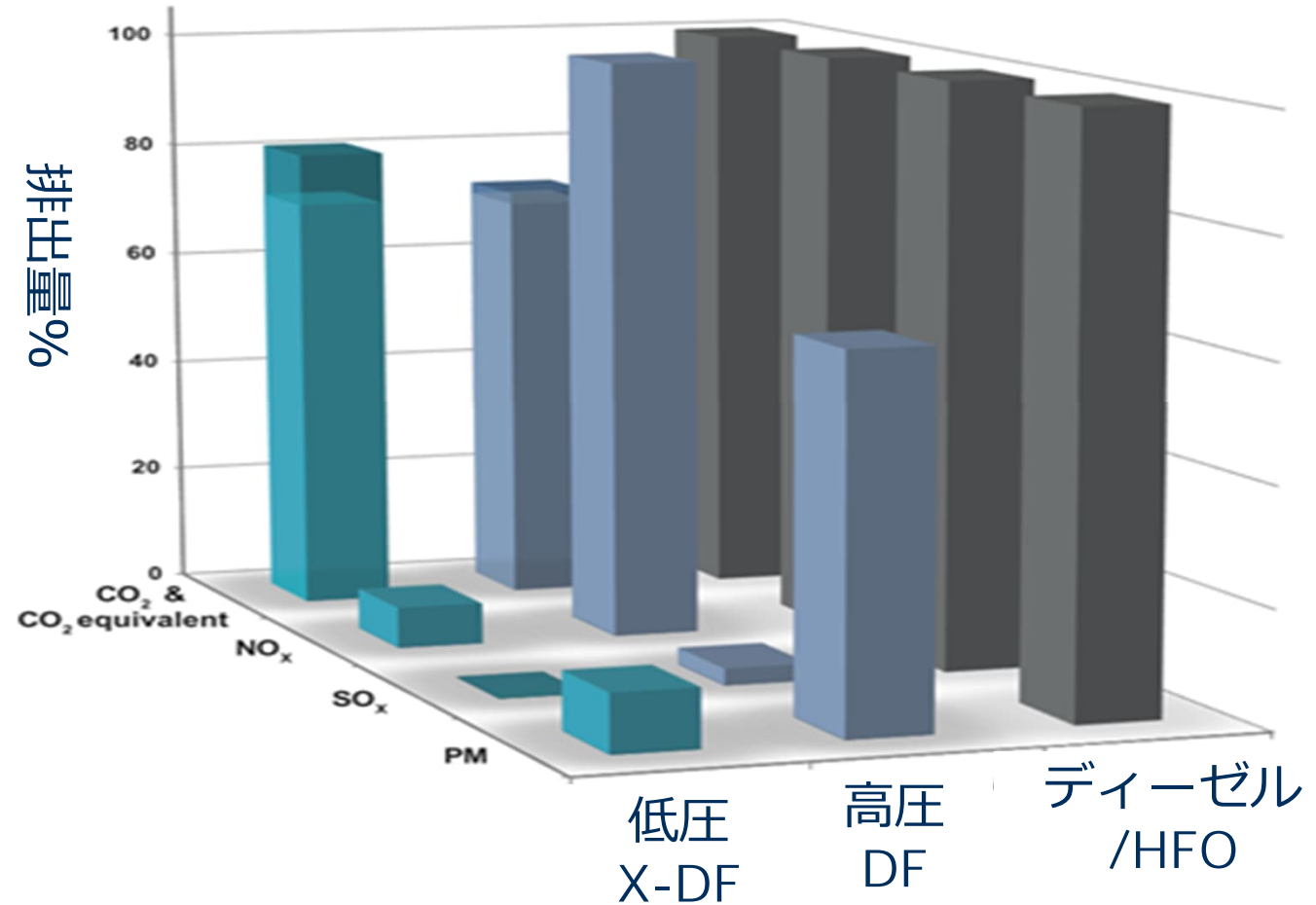
X-DF 機関の燃焼イメージ



排気、ガス噴射、予混合、着火のタイミング、量、速度を適切に制御することによって、低圧ガス焚きを実現している。

WinGD はなぜ低圧を採用？

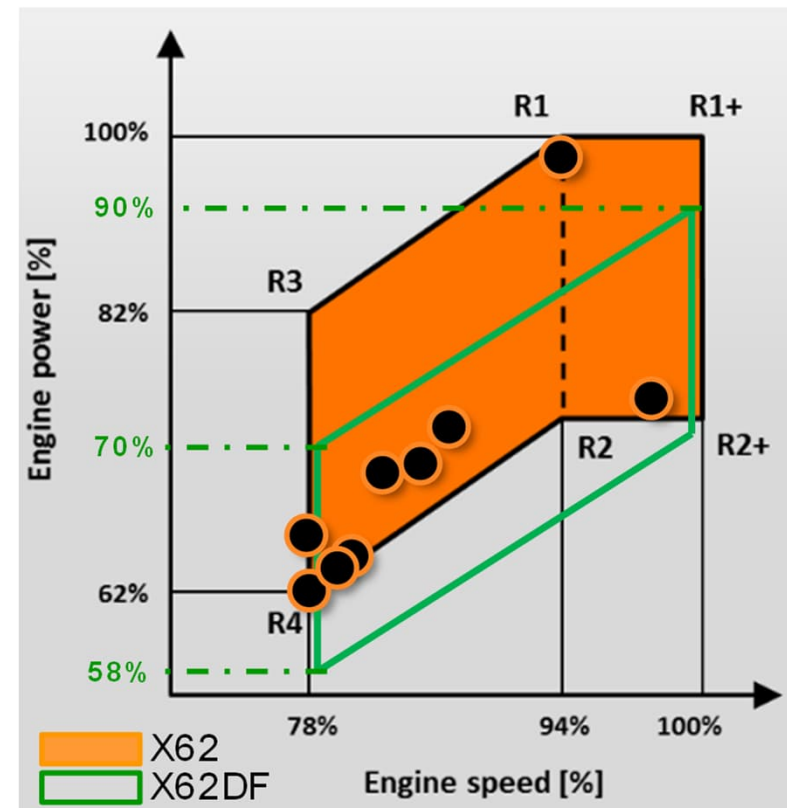
- 1) IMO TIER IIIに適合
 - 排気ガス後処理装置が不要
- 2) 低いCAPEX
 - シンプルな低圧ガス圧縮・供給装置
 - 排気ガス後処理装置が不要
- 3) 低い OPEX – 高い総合効率
 - 電力消費が少ない
 - 低いメンテナンスコスト
- 4) 低圧 – 業界の標準
 - 高い安全性
 - 中速機関で広く採用されている技術



ディーゼルより若干出力が低い出力レーティング

ー 通常のディーゼル機関に比し、機関出力は低く設定

→ 通常のディーゼル機関では、燃料費削減の観点からディレーティングが多く採用されているために、実際のケースでは、機関出力が低いことが障害となることは少ない。
一方で低圧X-DF機関はそのレーティングフィールド内では、ほぼ同じ性能を示す。特に出力の高い領域ではわずかながら性能が良い。



安全に対する基本方針 1

ゴール:

すべての運転条件下でガス燃料を安全に取り扱いできるようにすることで、船舶自体、船乗組員並びに環境へのリスクを最小限に抑える

運転上のリスク


- ガスに対して安全な機関室:
→ 単純な故障ではガスが機関室内に漏れ出ない
- 着火しやすいガスを希釈することで、ガス濃度を爆発下限界 (LEL) 以下に抑える
- 爆発が発生したとしても、それによる損傷程度を最小限に抑える (最悪の場合)

安全に対する基本方針 2

主システムが異常状態を検知する:

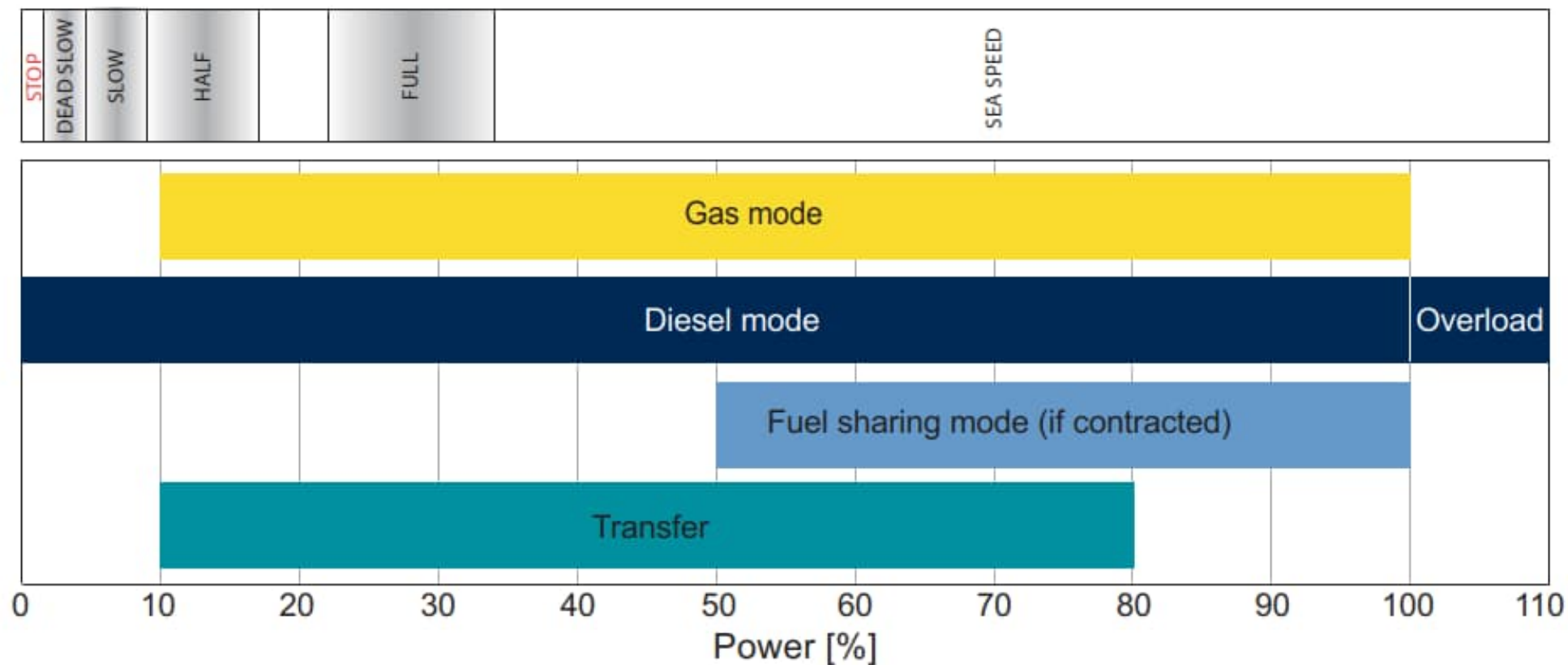
- ガス検知器 (2重管内、機関室、機関上)
- ノッキングセンサー
- シリンダ圧力モニタリング

異常状態を検知した場合、それに迅速に対応するシステム:

- 
- ディーゼル液体燃料 (バックアップモード) への切替、機関上には加圧ガスを残さない為に全ガスの放出
 - 機関スローダウン
 - 機関シャットダウン (バックアップモードで機関運転ができない場合のみ)

ディーゼルモードによる
バックアップモードとシ
ステム冗長性は
常に作動

X-DF オペレーションレンジ



SM-0304

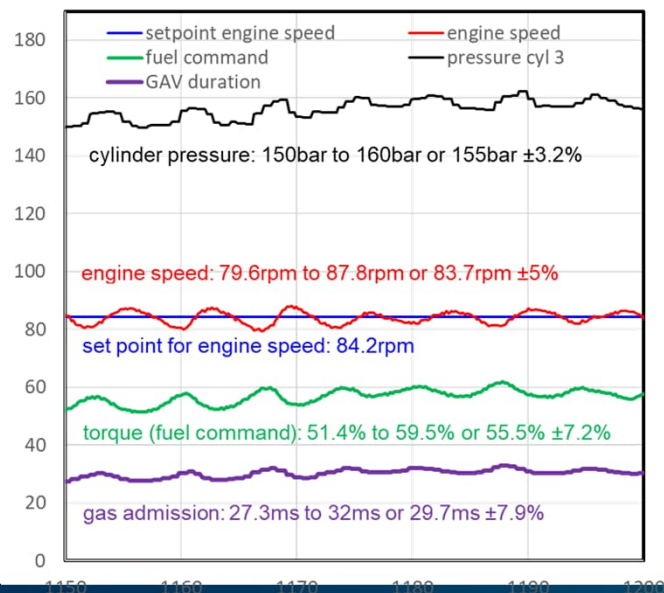
負荷追従性

“M/T Ternsund” 5RT-flex50DF 船上試験

波の周期：7秒間隔

負荷変動（トルク）：±7%

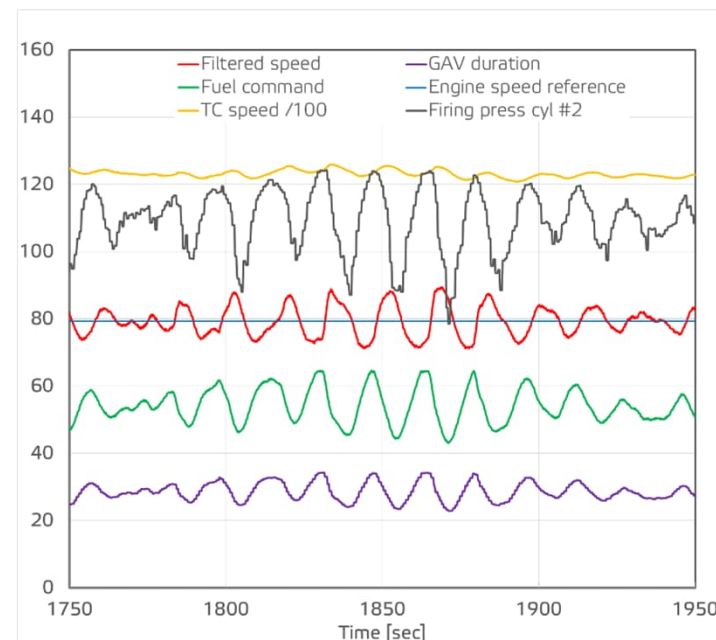
主機関が上記負荷変動条件下にてガストリップなく、ガスモードでの継続運転を確認



波の周期：16秒間隔

負荷変動（トルク）：±19.7%

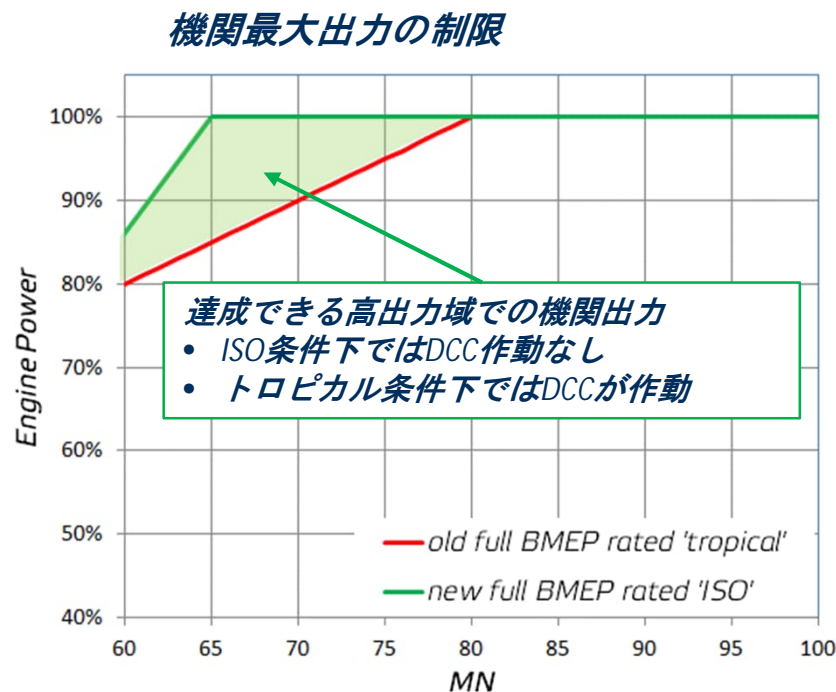
主機関が上記負荷変動条件下にてガストリップなく、ガスモードでの継続運転を確認



メタンナンバー依存性の解消

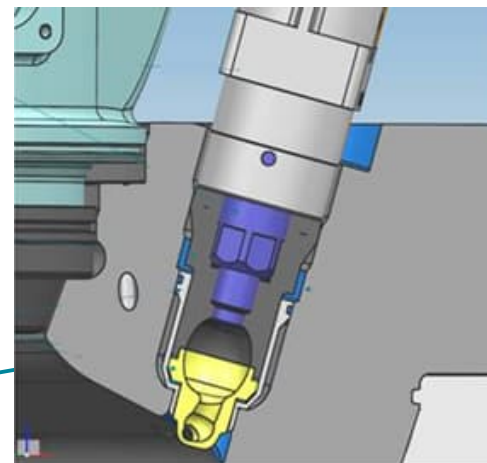
Dynamic Combustion Control DCC

- Dynamic Combustion Control (DCC) により、メタンナンバー（MN）が65以上であれば、環境条件や機関レーティングに拘らず、100%までの機関負荷を出力可能
- 一般的なLNG燃料のほとんどはMN65以上をカバーできる

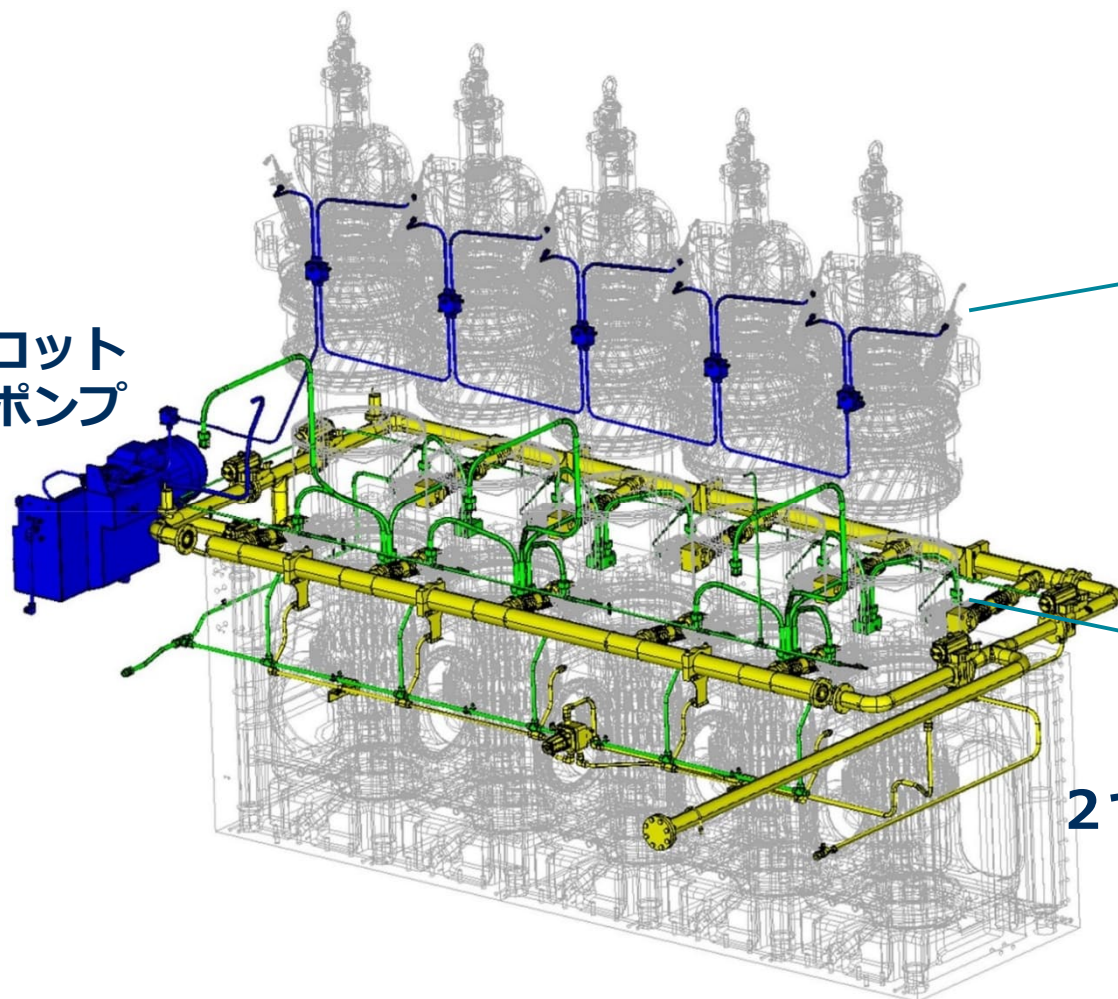


ガス噴射弁（GAV）とパイロット弁

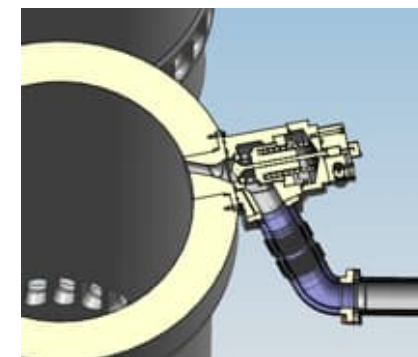
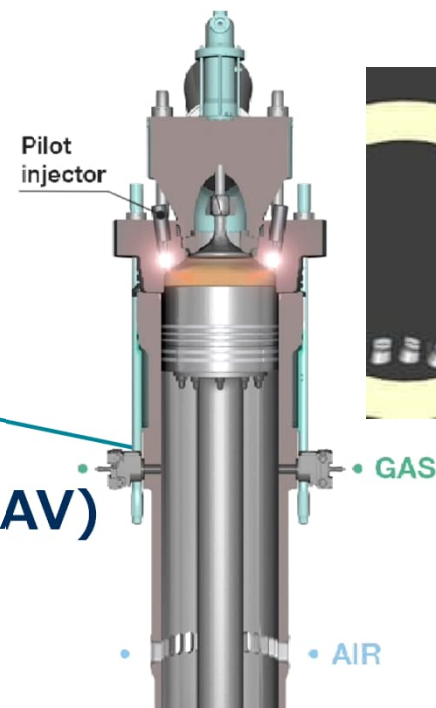
2本のパイロット弁/cyl
予燃焼室付でパイロット
燃料消費量は1%程度



パイロット
燃料ポンプ

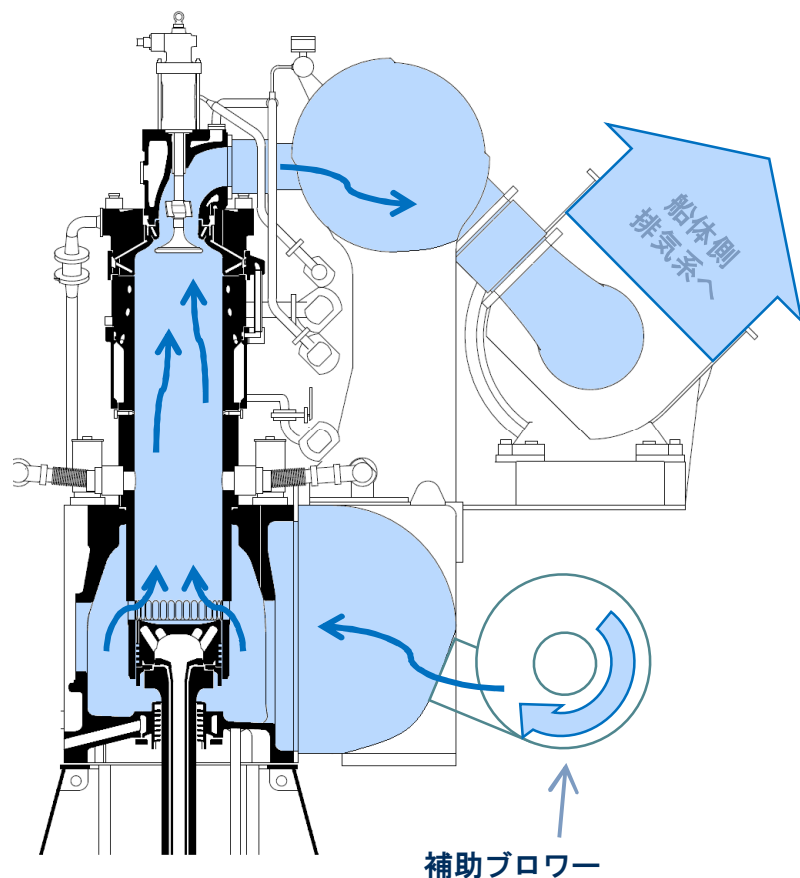


2つのガス噴射弁(GAV)



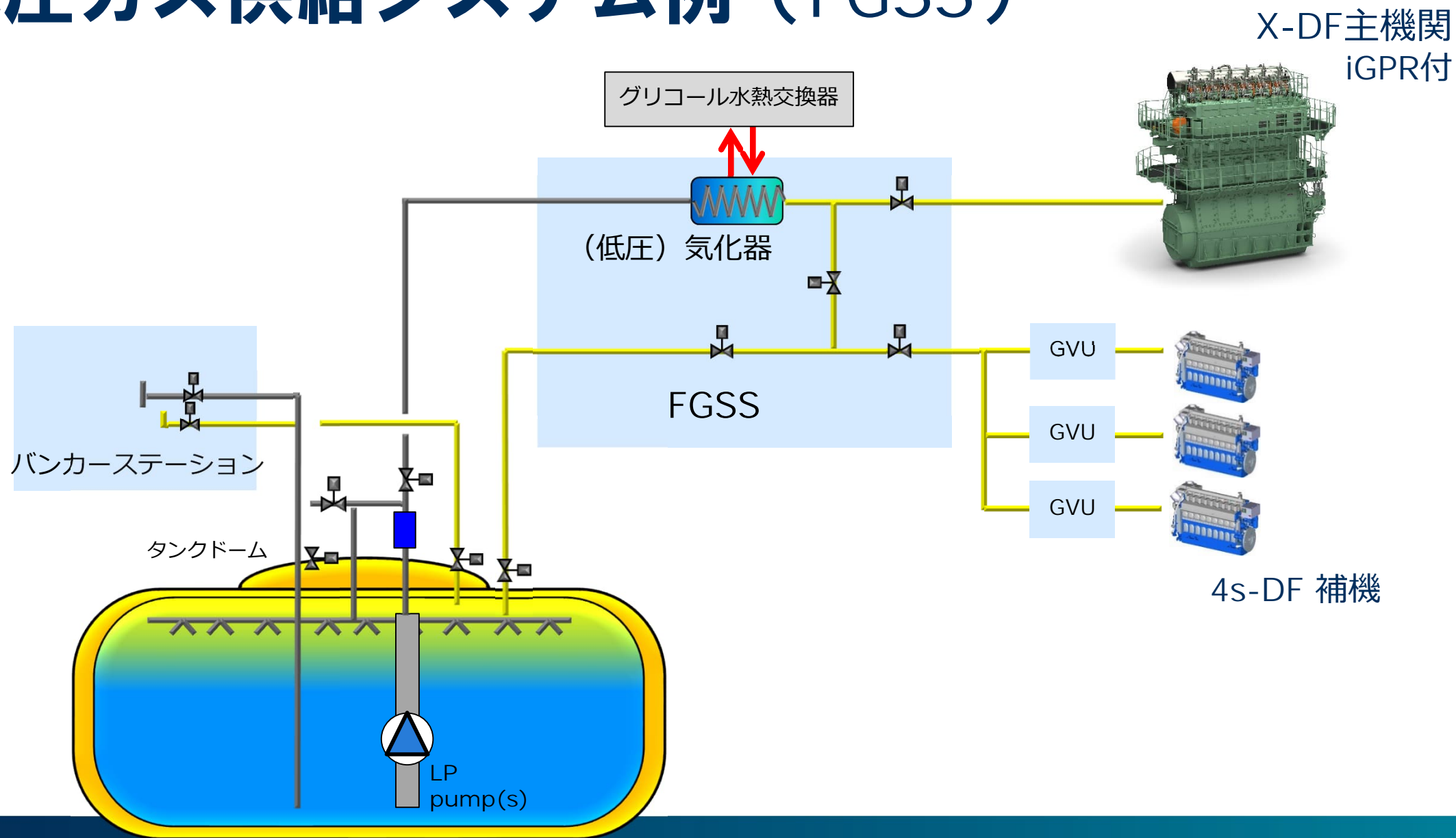
機関 / 排気系のベンチレーション

機関および排気系にガスが蓄積・滞留することの防止策:

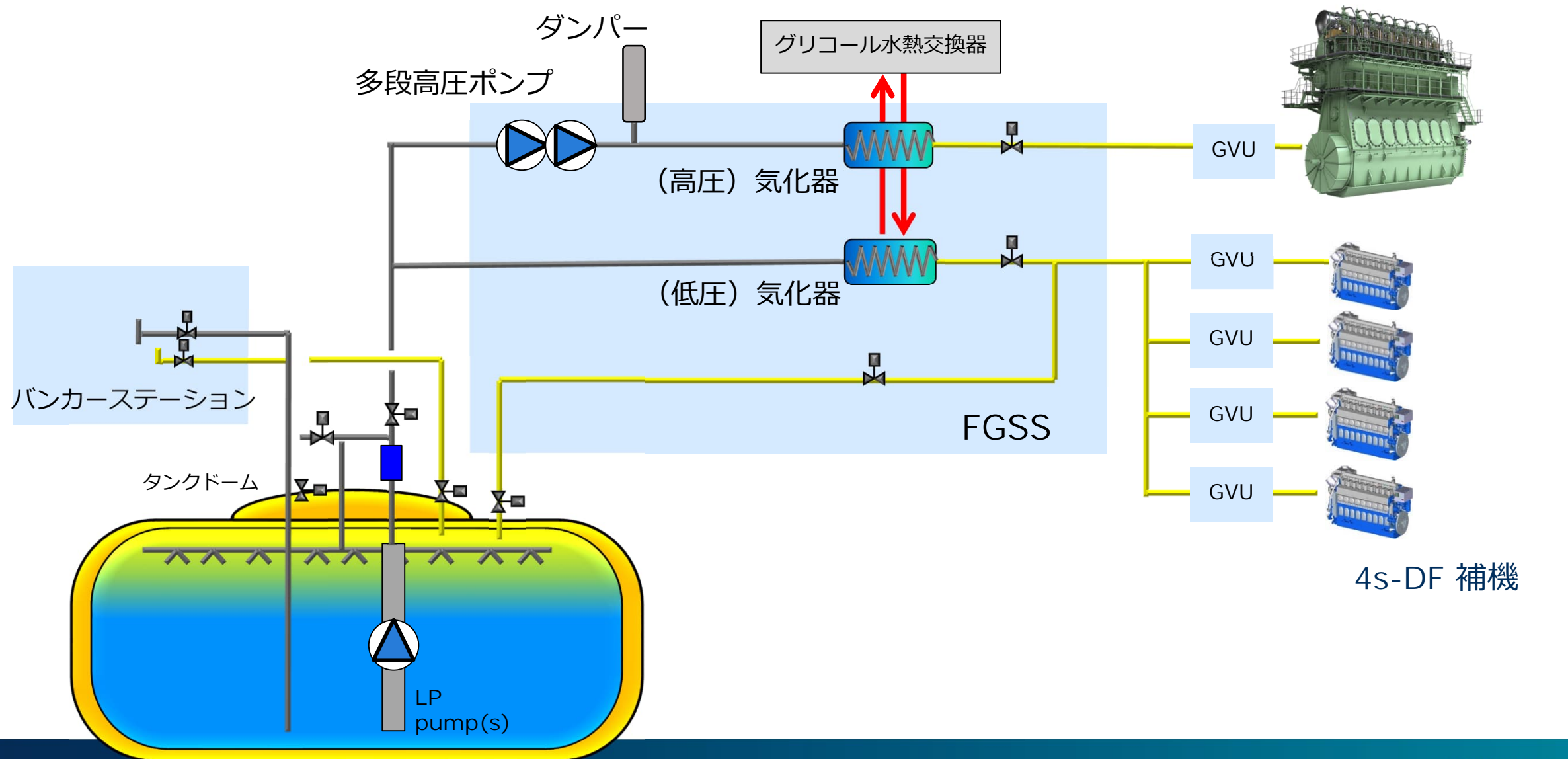


- ガスモードで危急停止/シャットダウン後
- 補助ブロワーでガスの追い出し
- 排気弁は自動的にオープンする
- 全シリンダからのガス追い出しの為にスローターニング/エアーラン

低圧ガス供給システム例（FGSS）



高压ガス供給システム例（FGSS）



VCR の紹介

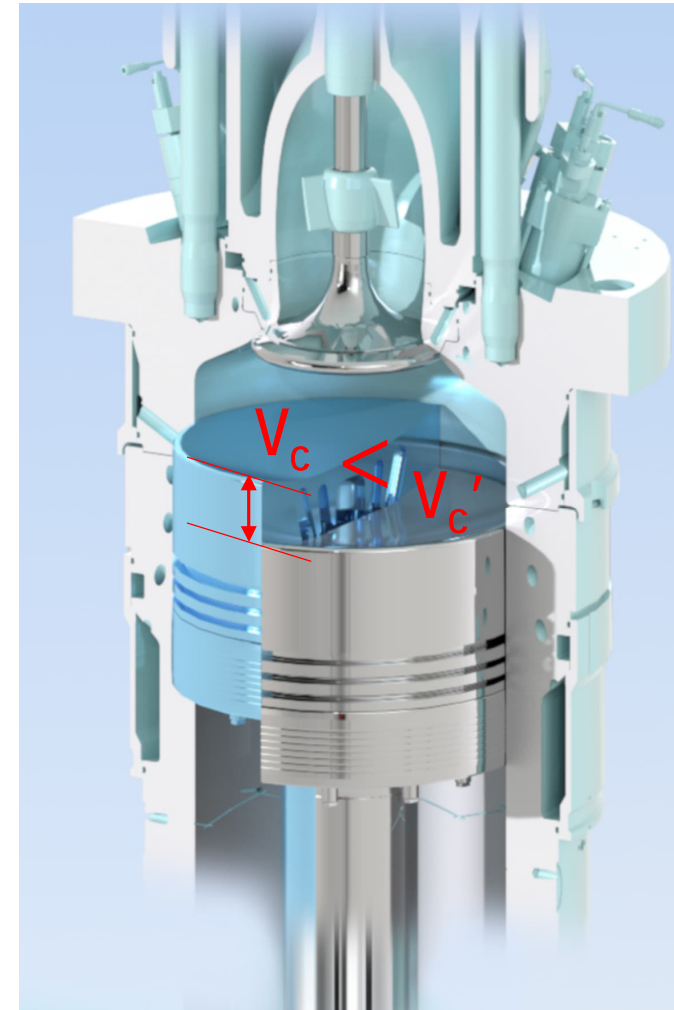
導入の背景

VCR (Variable Compression Ratio: 可変圧縮比) システムはピストン高さを変える機構で、結果として圧縮比を変更可能 (V_c)

この機構を用いて、以下の場合に圧縮比を最適に選択可能となる
ガス／ディーゼルモード毎の圧縮比
機関負荷毎
大気条件毎
など


一般的な圧縮比の違い

| | ディーゼル機関 | X-DF 機関 | X-DF 機関 VCR |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| ディーゼルモード | ~ 20...25 固定 (圧縮シム使用) | ~ 12...16 固定 (圧縮シム使用) | ~ 20...25 可変 |
| ガスモード | N/A | | ~ 14...25 可変 |



X-DF リファレンス

31st Dec. 2023

| X-DF engine type | Vessel type | | Total | On Order | After ST | Total Estimated RH |
|------------------|---|--|-------|------------|------------|--------------------|
| X40DF | 9'500 cu.m. LNGC |  | 2 | | 2 | 11K |
| RT-flex50DF | 15-33K dwt Prod/Chem Tankers 1-2K TEU Feeder CVs 14-20K cu.m. LNG Carriers 80K cu.m. LNGC/twin screw 3'600 vehicles PCC 5'800 lane m Ro-Ro |   | 48 | 1 | 47 | 683K |
| X52DF | 125K dwt Shuttle Tanker 50K dwt Chemical Tanker 30K cu.m. LNG Carrier Deck Cargo Carrier 7'000 vehicles PCC |   | 23 | 2 | 19 | 179K |
| X62DF | 115K dwt Crude Oil Tankers 95K+ dwt Bulk Carriers 180K cu.m. LNGC/twin screw 174K cu.m. LNGC/twin screw 7'000 vehicles PCC |   | 75 | 17 | 58 | 950K |
| X72DF | 174k cu.m. LNGC/twin screw 180K dwt Bulk Carriers 114K dwt Product Carriers |   | 520 | 208 | 268 | 4'329K |
| X82DF | 300K dwt Crude Oil Tanker 8K TEU Intermediate CVs |   | 7 | 4 | 3 | 33K |
| X92DF | 22K TEU Post-Panamax CVs 15-16K TEU Neo-Panamax CVs |   | 44 | 22 | 22 | 237K |
| TOTAL | 717 (ca. 12.7 GW) | | | 254 | 419 | 6'422K |

DF 機関 就航実績からのフィードバック

X-DF機関の総運転時間は500万時間を超える

- X-DF 機関の運転状況は良好 340台以上の機関が運航し、最長の機関では40000時間以上
- 初期の不具合は対策され、その後のX-DF機関にフィードバックされている
- WinGD は、就航実績をもとにメンテナンス間隔を延ばすなどOPEXの最適化を進める




Maintenance intervals and component life expectancies

RT-flex50-D, RT-flex58T-E, RT-flex50DF
X35/X40, X35-B, X40-B, X52, X62/X72, X62-B,
X72-B, X82/X82-B, X92, X92-B,
X52DF, X62DF/X72DF, X82DF-1.0, X92DF

| | | |
|--|----------------------|-----------|
| Service Letter | | SL-0026-1 |
| Date: | 2022-09-23 | |
| Implementation: | For information only | |
| Maintenance Information: | | |
| Updated maintenance intervals and life expectancies for engine components, superseding all previously stated values. | | |
| Information for: | | |
| Owners and operators of WinGD two-stroke, low-speed engines. | | |

| Component X62DF/X72DF | Work to be carried out | Intervals & Lifetime [operating hours] |
|---------------------------------------|--|--|
| Gas admission valve (GAV, group 21xx) | Perform pressure check of gas manifolds for each engine side individually. Tightness of the GAVs, the vent valve and the shut-off valve can be confirmed by this check | 12'000 |
| | Overhaul/replace compression spring | 30'000-40'000 (or 5 years) |
| | Visual check of compensator gas inlet pipe | 6000 |
| | Estimated lifetime: Rail valve | 60'000 |
| | Estimated lifetime: Housing and servo drive | engine lifetime |

メタノール/アンモニア機関



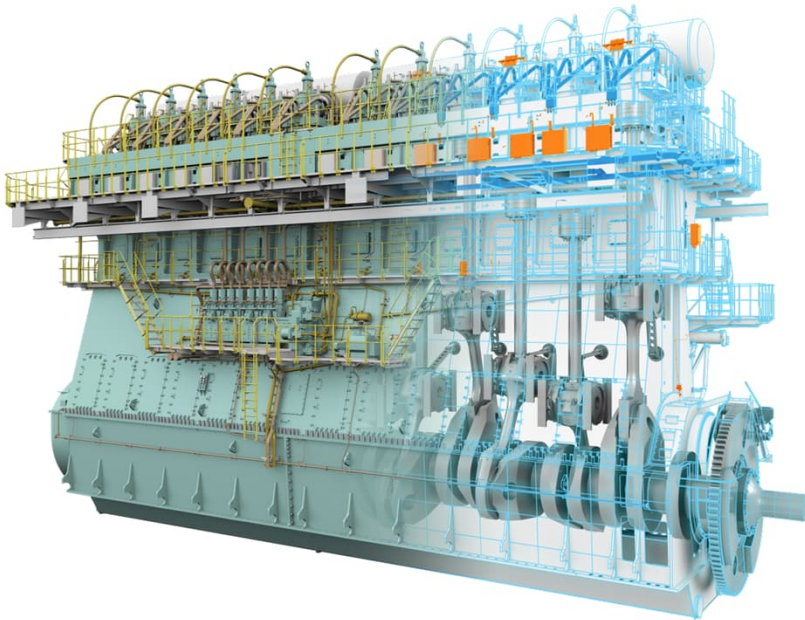
**FUEL
FLEXIBLE
ENGINES**

WINGD

X-DF-M (メタノール)/A (アンモニア) コンセプト

実績のあるディーゼル機関をベースに開発

X-DF-M/A = ディーゼル機関 + メタノール/アンモニア燃料噴射システム



- ディーゼル機関と同じ構成部品にメタノール、アンモニア燃料噴射システムを追加
- ディーゼルサイクルによりディーゼル機関と同じ熱効率
- 既存ディーゼル機関と同じ燃料を使用可能
- ディーゼル燃料焚きをバックアップとして利用可能
- メタノール、アンモニア燃料ともに、ディーゼル燃料焚きと同じ出力、性能を達成する
- ディーゼル焚き機関同様、SCR排気ガス低減装置(SCR)の利用

X-DF-M / X-DF-A ディーゼル機関との差異

コンセプト: 既存のディーゼル機関をベースにメタノール、アンモニア燃料噴射システムを追加

シリンダカバー改良

メタノール、アンモニア燃料
噴射システム

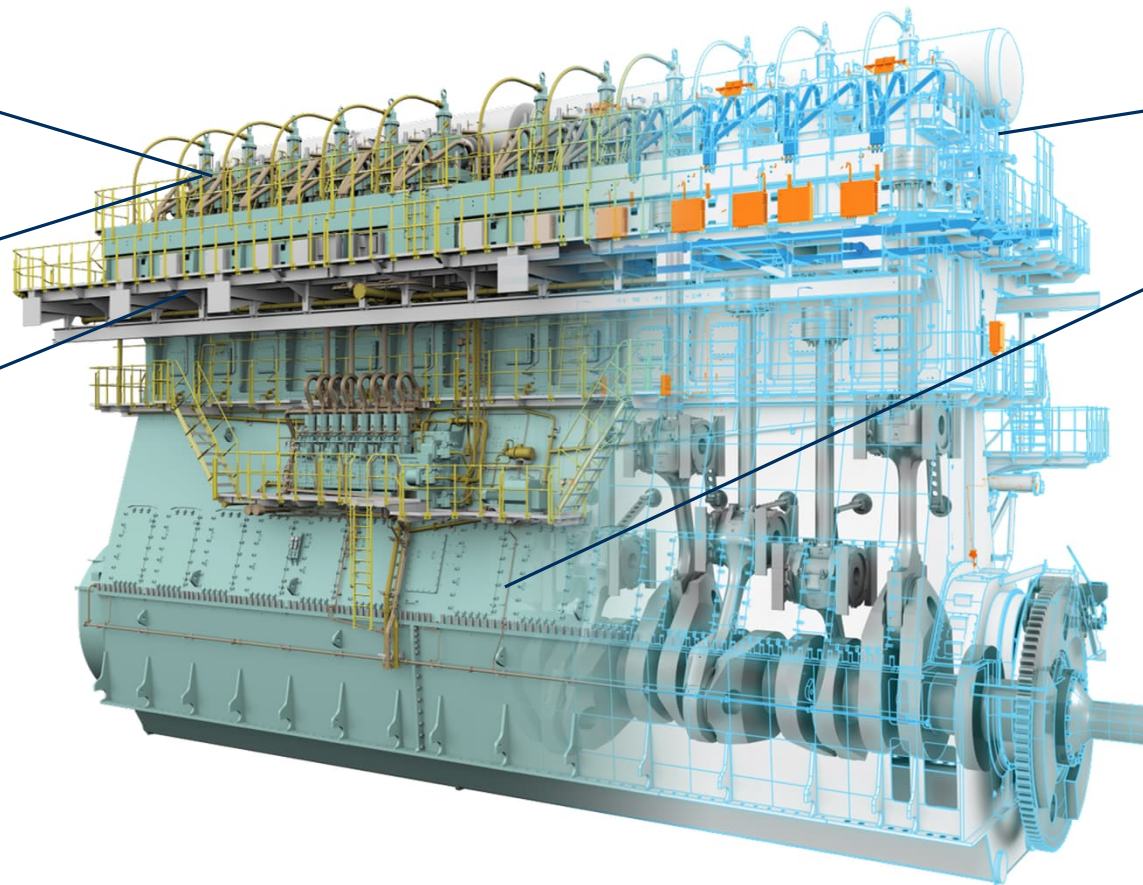
サーボオイルレール追設

メタノール、アンモニア燃料
供給システム

フューエルバルブユニット
(Fuel Valve Unit)

プラットフォーム、配管変更

追加のサーボオイルサプライ
ユニット



大気汚染排出ガス削減

すでに確立したコンセプトを適用

NO_x 規制: SCR にて IMO Tier III 対応

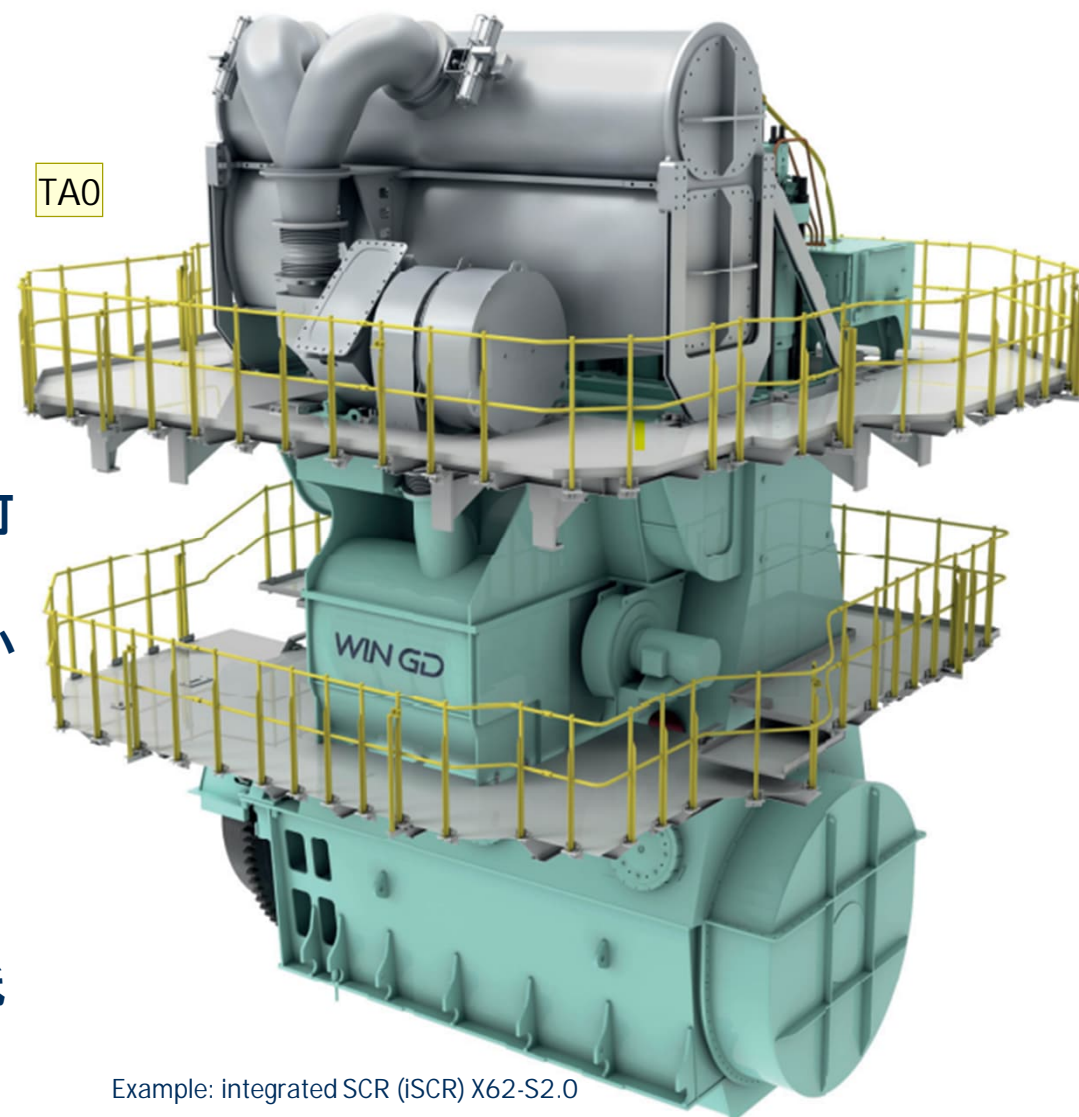
メタノール (LP- or HP-SCR):

- 燃焼を最適化し、ホルムアルデヒド排出を抑制

アンモニア (HP-SCR only):

- これまでの試験結果からはN₂O 排出は燃焼対策にて抑制可能と考える。N₂O のための後処理装置は不要
- 燃焼室まわりの設計によりNH₃ アンモニアスリップを最小化
- 未燃NH₃ をSCRに利用→ Urea (尿素) 消費量の低減

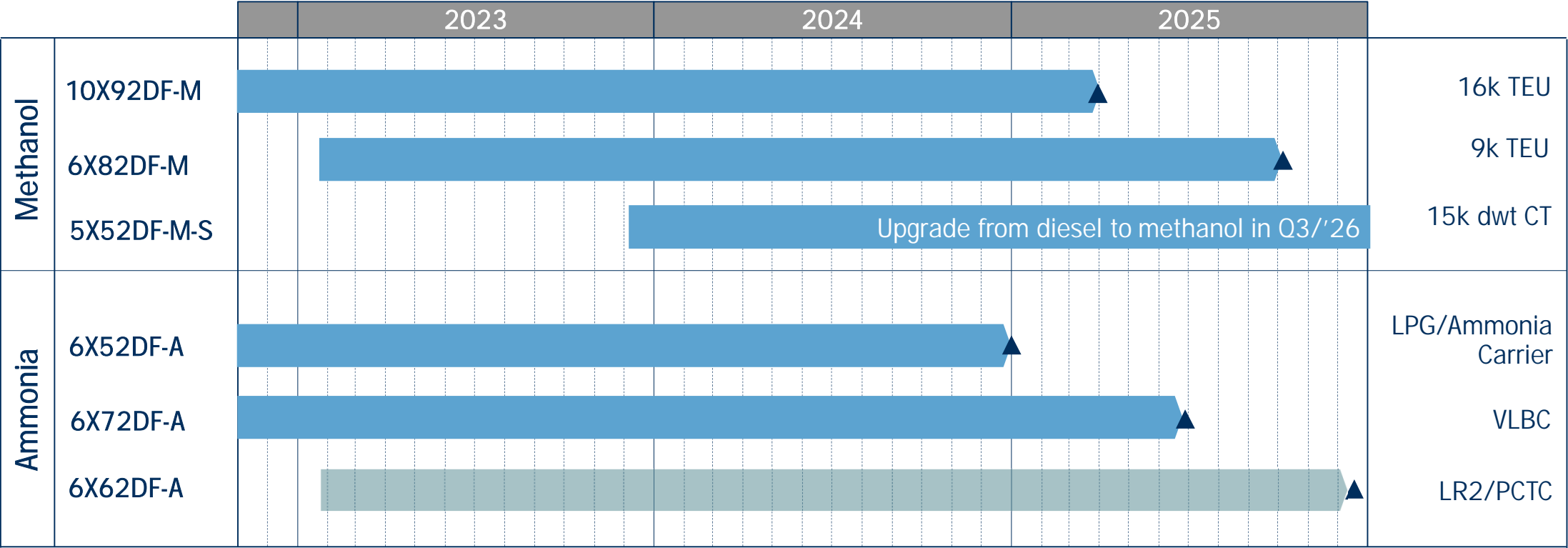
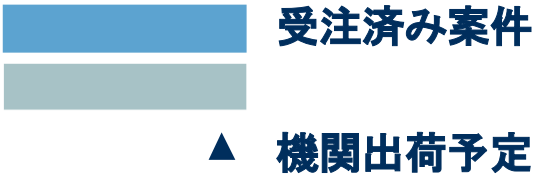
NEW: 機関付き 一体型SCR (iSCR) が 52/62口径機関にオプションであり。さらに最適化の余地と造船所殿の艤装工数低減に寄与



Example: integrated SCR (iSCR) X62-S2.0


市場投入計画

実プロジェクト



各燃料対応機関の開発は実際のマーケット要求に応じて優先順位を決定

メタノール機関



**FUEL
FLEXIBLE
ENGINES**

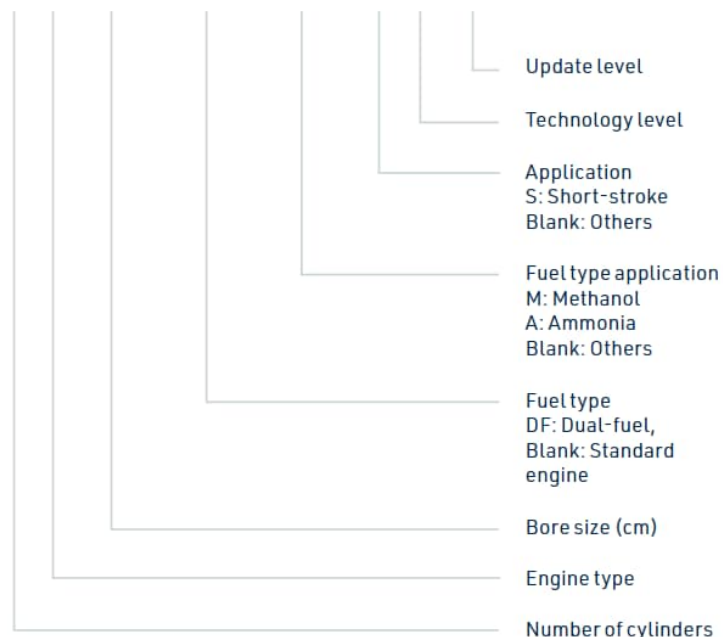
WINGD

メタノール Dual-fuel 機関

Engine Portfolio

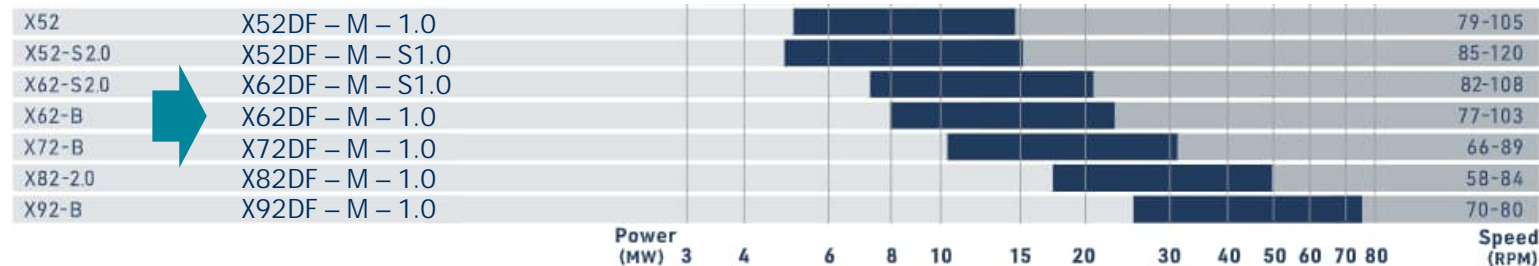
New Engine Designation (from October 2022)

6X52DF-A-S1.0



Example engine designation 6X52DF-A-S1.0 representing a WinGD 6 cylinder, short-stroke engine for dual-fuel operation with ammonia and diesel.

Future methanol engine portfolio



X-DFM
by WinGD

2024 カタログに掲載予定

レファレンス

マイルストーン

COSCO Methanol-Powered 16k TEU
Built at COSCO Heavy Industries

PRESS RELEASE

WINGD

24 MARCH 2023

WinGD to deliver methanol engines for COSCO SHIPPING Lines container vessels

WinGD will supply 10X92DF-M methanol-fuelled engines to four 16,000 TEU container vessels to be built for COSCO SHIPPING Lines at COSCO Shipping Heavy Industry (Yangzhou) Co. Ltd. These vessels will be delivered from 2025 and will feature WinGD's first X92DF-M engines in China. This ground-breaking order was celebrated at a signing ceremony attended by the collaboration partners from COSCO and CSSC onsite at CMD on 23 March.

The methanol engines will be delivered from engine builder CSSC CMD in Shanghai, which is jointly developing the engines with WinGD. The fourth vessel in the series will be the first to have methanol engines installed from the beginning. The earlier vessels will initially have methanol-ready X92-B engines installed and will be converted for methanol before entering service.

These vessels will be among the first methanol-fuelled container vessels to be built in China and represent a significant investment in China's green transformation strategy.

The X92DF-M engines will be based on the widely used X92-B engine, which has long been deployed by leading containership owners including COSCO SHIPPING Lines, MSC and CMA CGM. The reliability and efficiency of the X92-B will translate directly to the X92DF-M, which will utilize the same high-pressure Diesel combustion cycle.

The order enables WinGD to advance its timeline for developing conversion packages for methanol-fuelled engines. WinGD will introduce a methanol package for the X92-B engine as soon as the fourth vessel in the series is delivered – opening the market for existing vessels with X92-B engines to be converted to use the carbon-neutral fuel.



Methanol-Powered 9k TEU
Built at Yangzijiang Shipbuilding

PRESS RELEASE

WINGD

20 November 2023

WinGD to supply methanol-fuelled engines for six green container vessels

Swiss marine power company WinGD will supply X-DF-M methanol-fuelled engines for a series of six container vessels to be built at Yangzijiang Shipbuilding in China. The 9,000 TEU vessels will each be powered by an X82DF-M engine built by HD Hyundai Heavy Industries' Engine & Machinery Division (HHI-EMD), to be delivered in August 2025.

The new order, which includes options for further engines, expands WinGD's methanol engine orders into the 82-bore size. As announced previously, early interest in the X92DF-M resulted in an order for four engines to power ultra-large container vessels being built for COSCO SHIPPING LINE.

Volkmar Galke, Director Sales, WinGD, said: "This order confirms that our X-DF-M engines will be in service long before green methanol is widely available and before regulatory requirements come into force, giving operators time to build experience with the new fuel and engines. We are delighted that one of the biggest and most influential container lines has also invested in our X-DF-M technology, sending a strong signal to all operators currently making their own alternative fuel decisions."

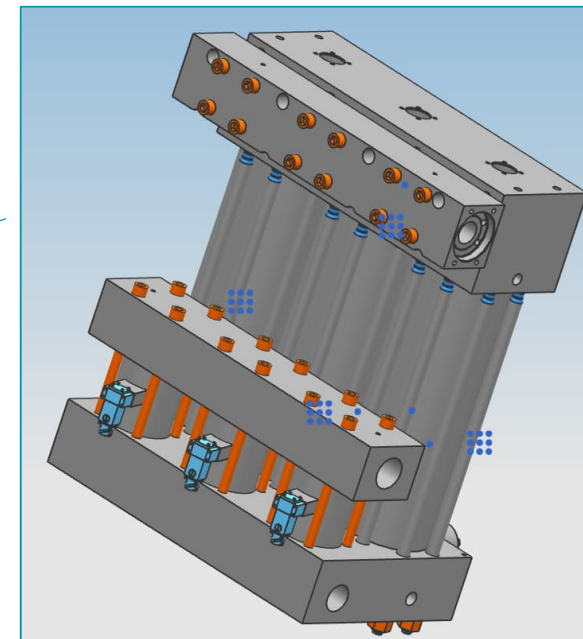
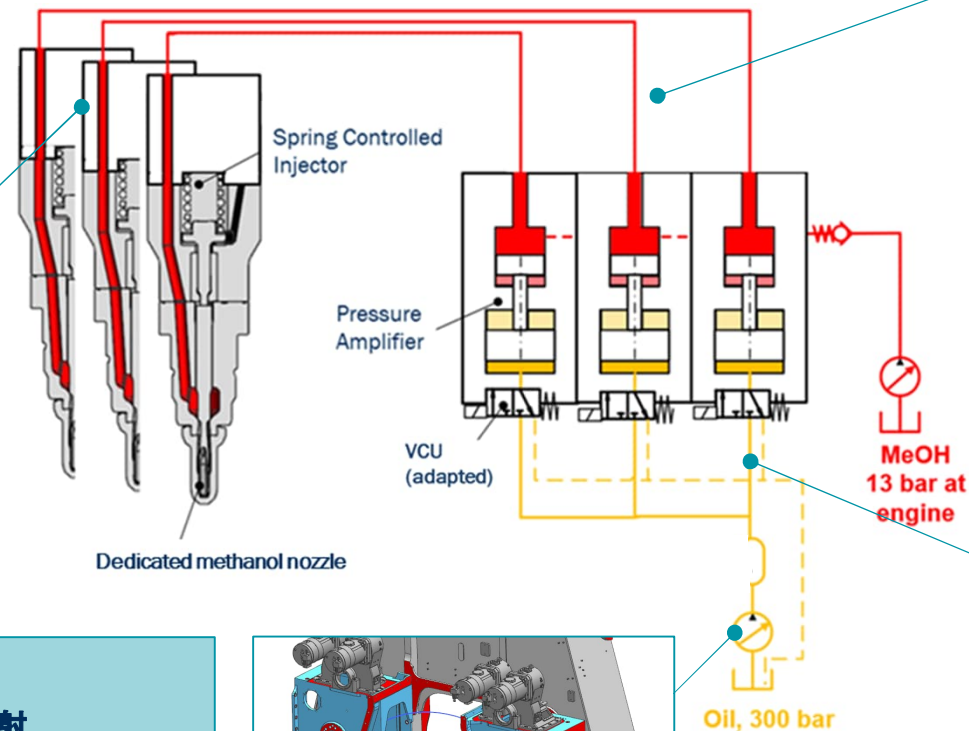
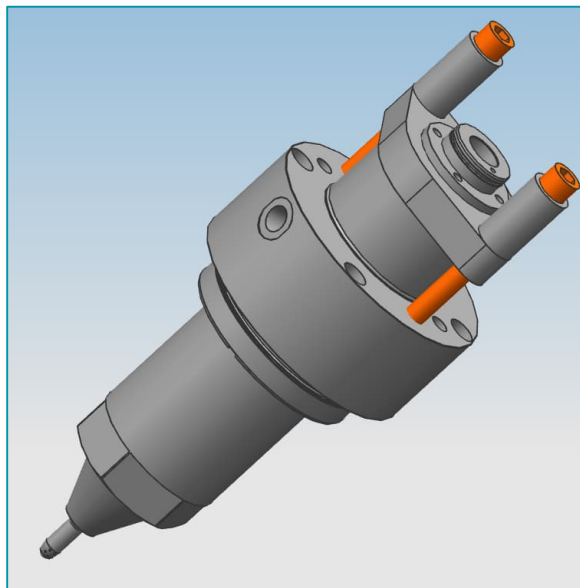
As previously stated, both X-DF-M and ammonia-fuelled X-DF-A engines will be available for delivery from Q1 2025. The combustion principle and engine platform deployed for X-DF-M engines is based on the latest X-Engines from WinGD, supplemented by high-pressure methanol injection. X-Engines, including the highly efficient X92-B and X82-2.0 engine, already power many of the world's biggest container ships.

Notable features of X-DF-M engines include comparable performance with X-Engines in both methanol and diesel modes, low pilot fuel requirements achieved through precisely controlled common rail injection, and NOx Tier III compliance in both modes with selective catalytic reduction. The new engine concept will be retrofittable to the X-Engine series as soon as X-DF-M engines are available in the relevant bore sizes.

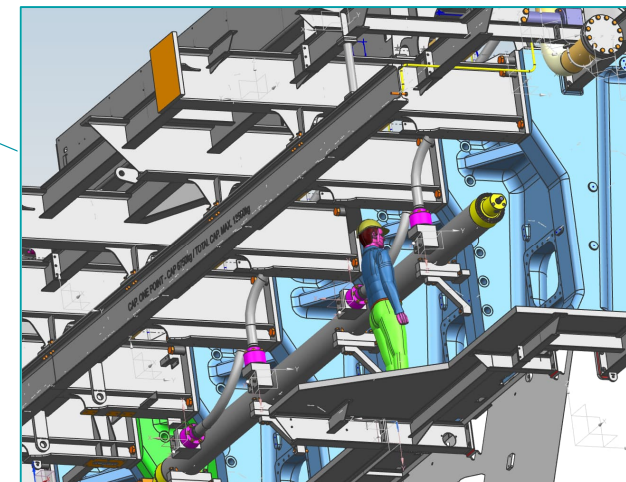
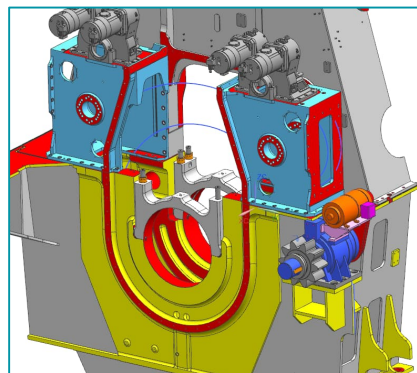
The new vessel series will enter service in 2026 and 2027.

メタノール噴射系 コンセプト

コンセプト

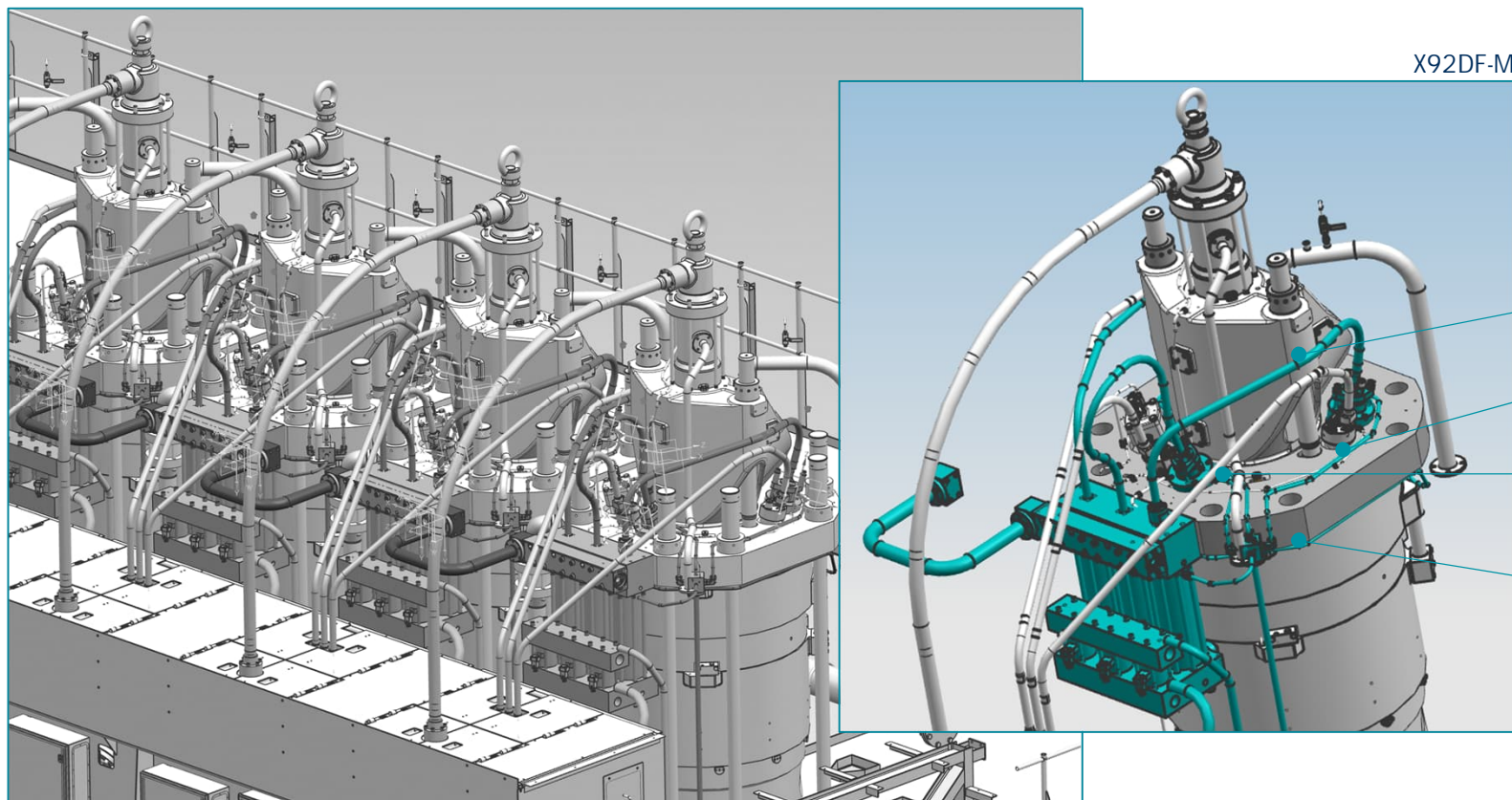


- メタノール燃料噴射弁を3本/cyl. 追加
- パイロット燃料は、ディーゼル燃料弁より噴射
- 噴射制御は、VCU : Valve Control Unitにて行う
- それには300-bar のサーボ油を使用
- 燃料噴射圧 (600 bar) は、pressure amplifier にて行う



メタノール噴射系 コンセプト

機器の配置



メタノール噴射弁は合計4本のパイプで接続される:

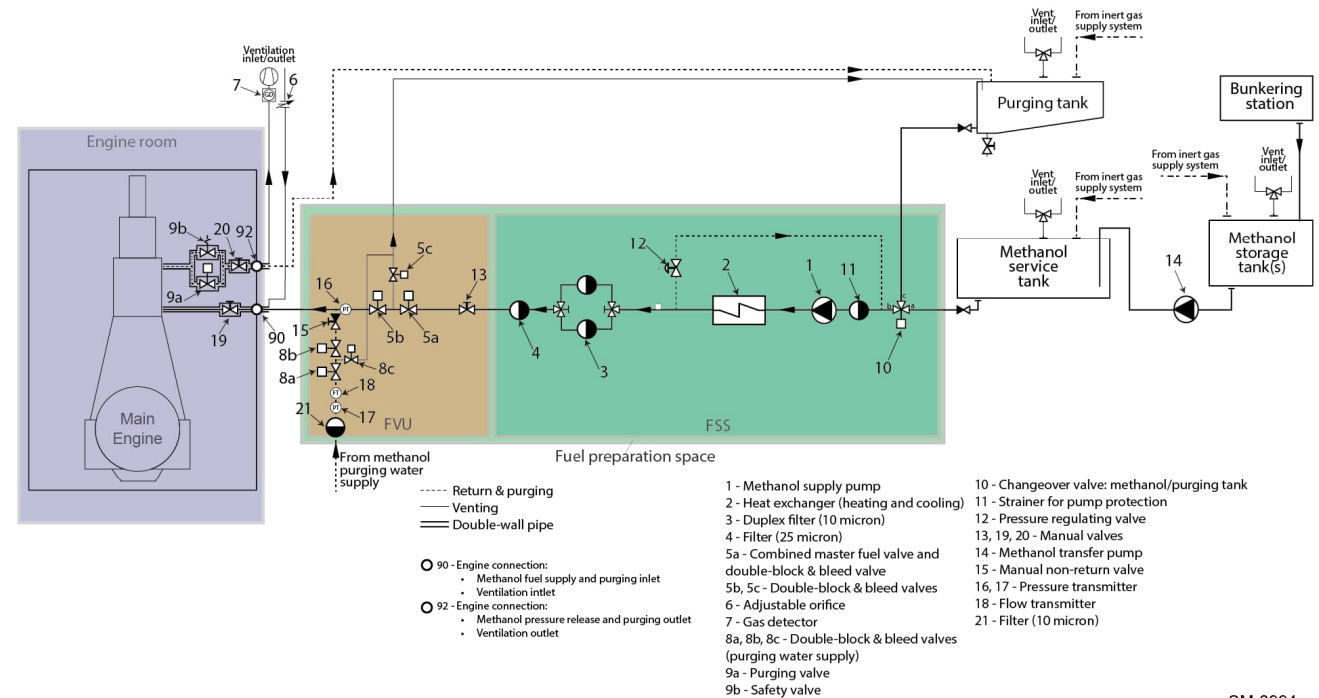
- 2重管構造の燃料噴射管
- 潤滑油管(低圧)
- パージアクティベーションの作動油管 (低圧)
- 2重管構造の戻り、パージ管

X-DF-M 船内設備

Fuel Supply System (FSS)

- シンプルな燃料供給システム (例えばLNGと比較して)
- システム要件ガイダンス有
- 造船所/船主殿がFSSサプライヤーを選択
- 詳細設計は FSS サプライヤーによる

| Parameter | Value |
|-------------------|-------------------------|
| Supply pressure | 13 bar(g) |
| Methanol state | liquid |
| Temperature range | 25...50 degC |
| Methanol flow | Acc. Engine type/rating |

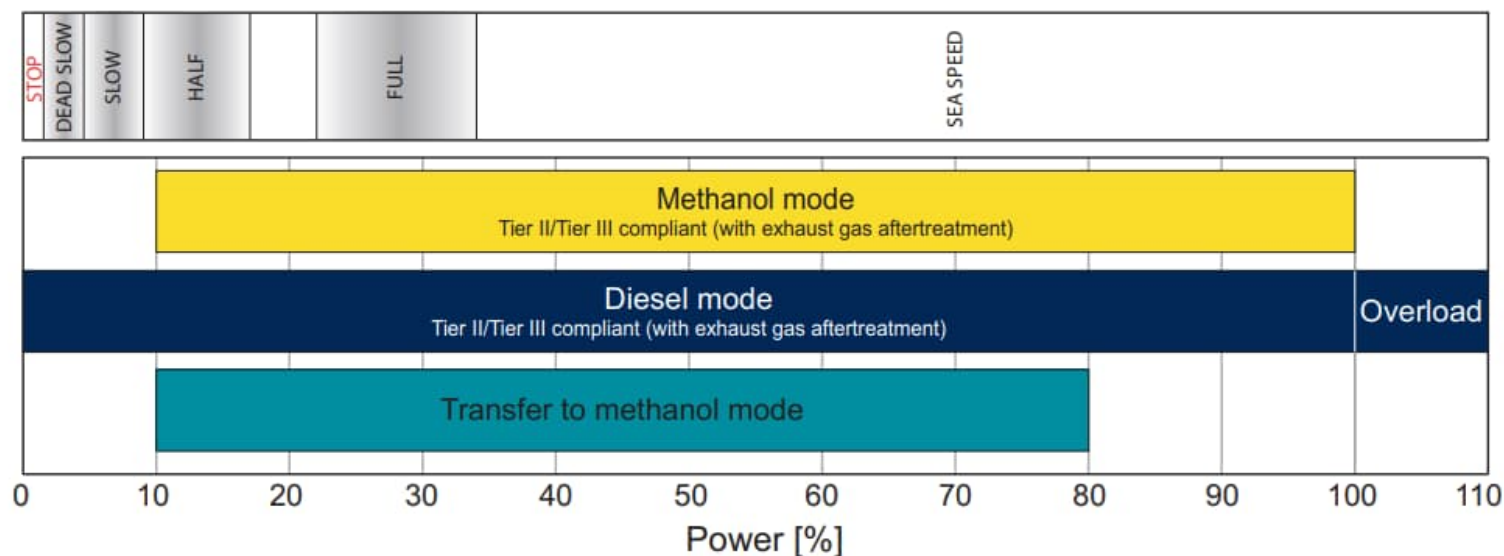


SM-0994


X-DF-M オペレーションレンジ

フレキシブルな運用可能

- シームレスな燃料切替え
- ディーゼルへのトリップはいつでも瞬時で可能
- 発停と100%L以上の運転はディーゼルモードにて
- すべての制御は、WinGDのWiCE（機関制御システム）にて行う。



アンモニア機関



**FUEL
FLEXIBLE
ENGINES**

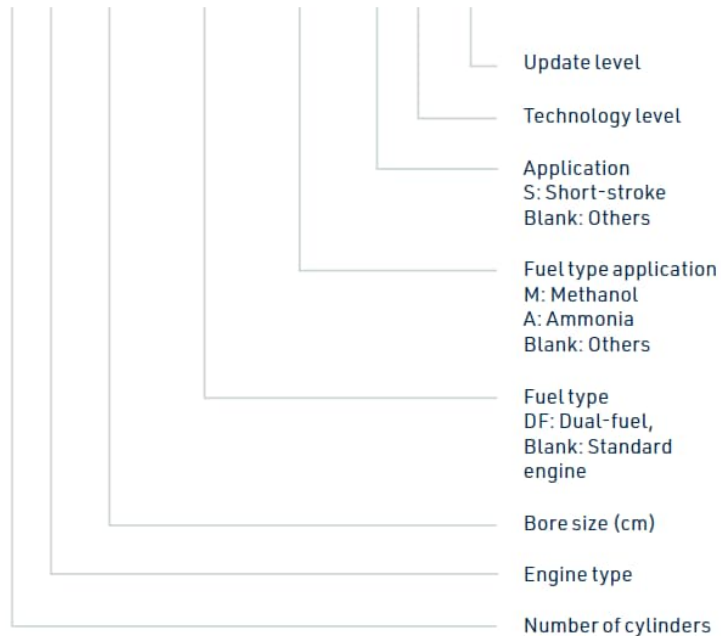
WINGD

アンモニア Dual-fuel 機関

Engine Portfolio

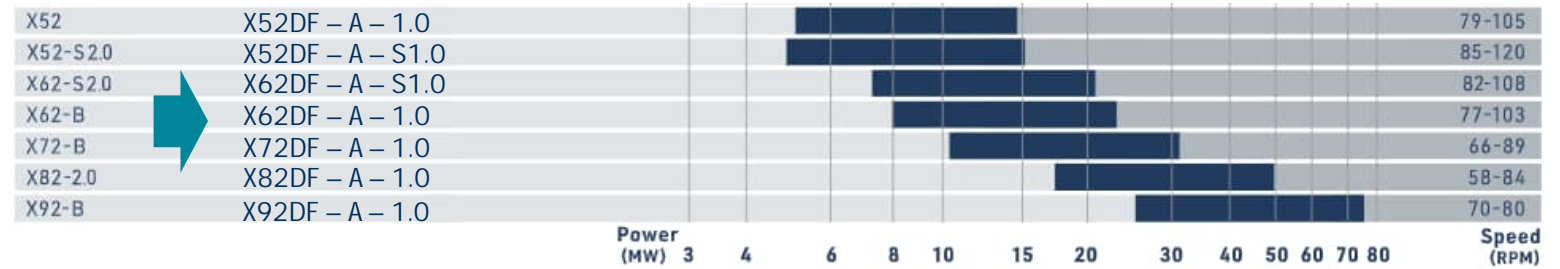
New Engine Designation (from October 2022)

6X52DF-A-S1.0



Example engine designation 6X52DF-A-S1.0 representing a WinGD 6 cylinder, short-stroke engine for dual-fuel operation with ammonia and diesel.

Future ammonia engine portfolio



X-DF A
by WinGD

2024 カタログに掲載予定

リファレンス

マイルストーン

Bocimar Ammonia-Powered 210k dwt BC
Built at Qingdao Beihai Ship Yard

PRESS RELEASE

WINGD

CMB
TECH

31 January 2023

WinGD and CMB.TECH co-develop large ammonia-fuelled engines

WinGD and CMB.TECH bring combined expertise to zero-carbon fuel technology in groundbreaking collaboration for fleet of ammonia fuelled bulk carriers.

Swiss marine power company WinGD and Belgian shipping and cleantech group CMB.TECH have signed an agreement on the development of ammonia-fuelled two-stroke engines. The companies aim to install the ammonia dual-fuel X72DF engine on a series of ten x 210,000 DWT bulk carriers to be built at a Chinese shipyard in 2025 and 2026.

Under this joint development project, CMB.TECH will support WinGD in establishing its ammonia-fuelled engine concept for a large bore engine. CMB.TECH has significant insight into alternative fuels and builds, designs, owns and operates large marine and industrial applications that run on hydrogen and ammonia.

Both WinGD and CMB.TECH believe that ammonia will play a significant role in the decarbonisation of the maritime industry. The series of large bulk carriers powered by WinGD's ammonia engines will be the first of its kind and proof that large sea-going vessels can be powered by zero-carbon fuels.

CMB CEO Alexander Saverys said: "We believe that ammonia is the most promising zero-carbon fuel for deep sea vessels. Our intention is to have dual-fuel ammonia-diesel engines on our dry bulk vessels, container vessels and chemical tankers. Collaborating with WinGD on the development of the first ammonia-fuelled two-stroke engines for our fleet is a pioneering partnership on the road to zero emissions in shipping."



Exmar Ammonia-Powered 46,000m³ LPG/Ammonia carrier
Built at Hyundai Mipo DockYard

WinGD to power EXMAR LPG's first ammonia-fuelled vessels

16 October 2023

Swiss marine power company WinGD will deliver ammonia-fuelled X-DF-A engines for a series of two 46,000m³ LPG/ammonia carriers to be built for EXMAR LPG BV, a joint venture of EXMAR and Seapeak, at Hyundai Mipo Dockyard. The two 52-bore X52DF-A engines will be delivered in Q2 2025 and will be among the first of WinGD's ammonia-fuelled engines to enter service.

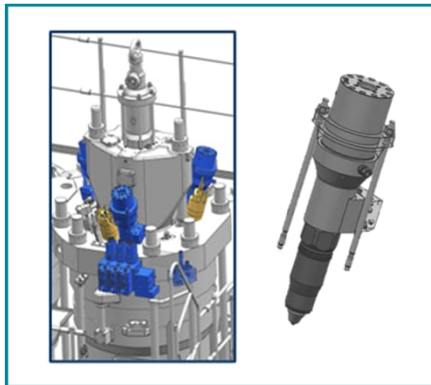
The order represents WinGD's entry into an emerging market for ammonia-fuelled gas carriers. Such vessels have traditionally been early adopters of new power technology using their cargoes as fuel, and the ammonia transport market is projected to surge over the next few years as global demand for the carbon-free fuel and hydrogen carrier accelerates.



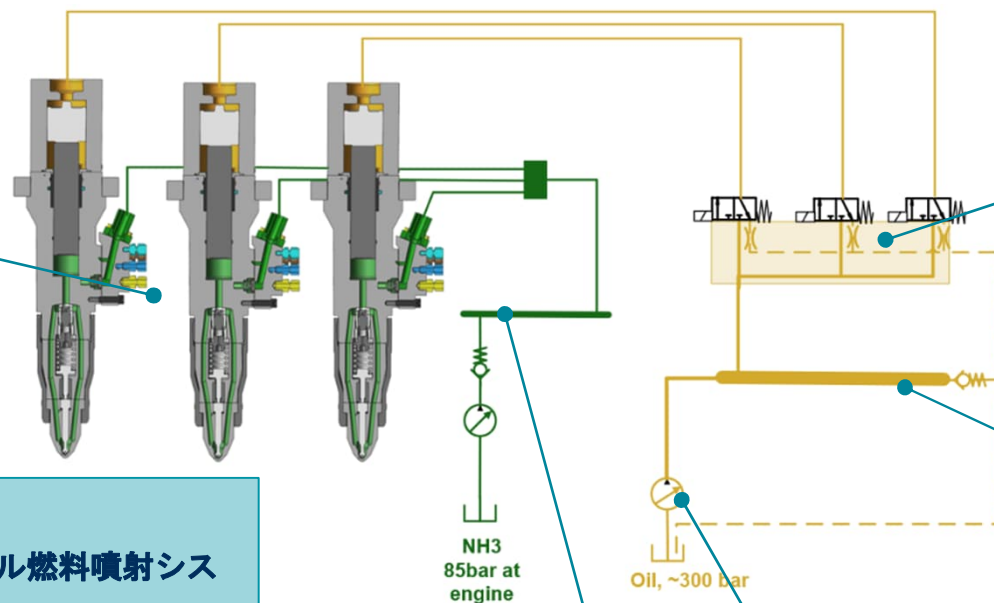
アンモニア噴射系コンセプト

コンセプト

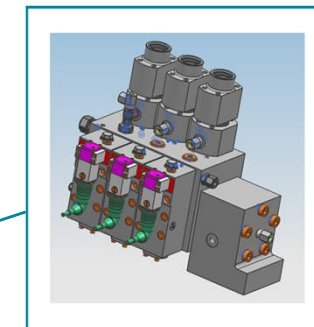
Cyl. layout & injector



- 3 アンモニア噴射弁を3本追加
- パイロット燃料は、既存のディーゼル燃料噴射システムより供給
- 噴射制御は“Control valve unit”にて行う
- Control valve unit は、試験を準備中
- 噴射弁の部品発注済み
- Servo oil unit 図面は作成済
- アンモニア燃料分配器の詳細設計中



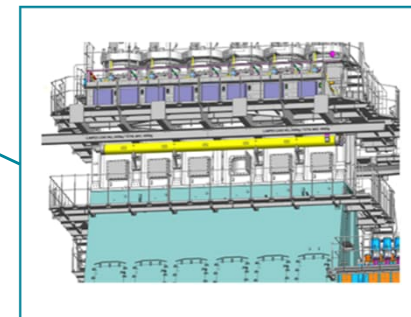
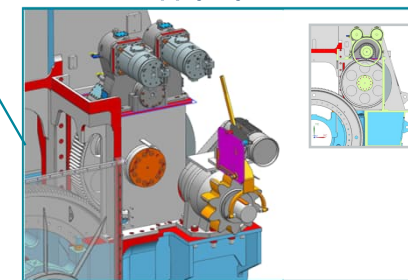
Control Valve Unit



Fuel distributor



Servo oil supply layout



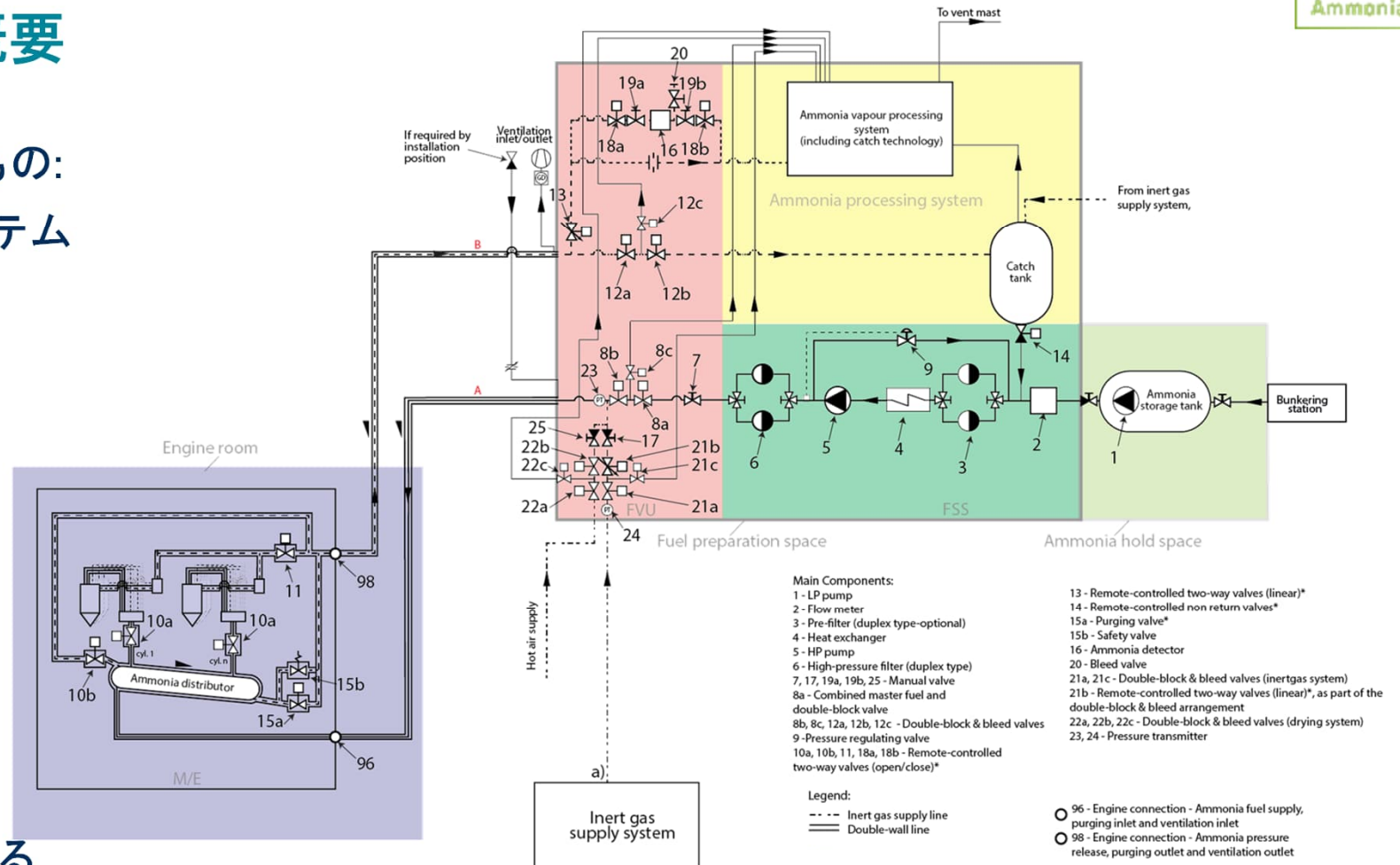
アンモニア噴射システム

コンセプトガイドンス 概要

コンセプトガイドンスに含まれるもの:

- バンカリング、ストレージシステム
- Fuel Supply system (FSS)
- Fuel Valve Unit (FVU)
- アンモニア配管
- アンモニア気化プロセス
- 窒素供給システム
- 排気システム
- ベンチレーションシステム

詳細な設計はFSSサプライヤーによる

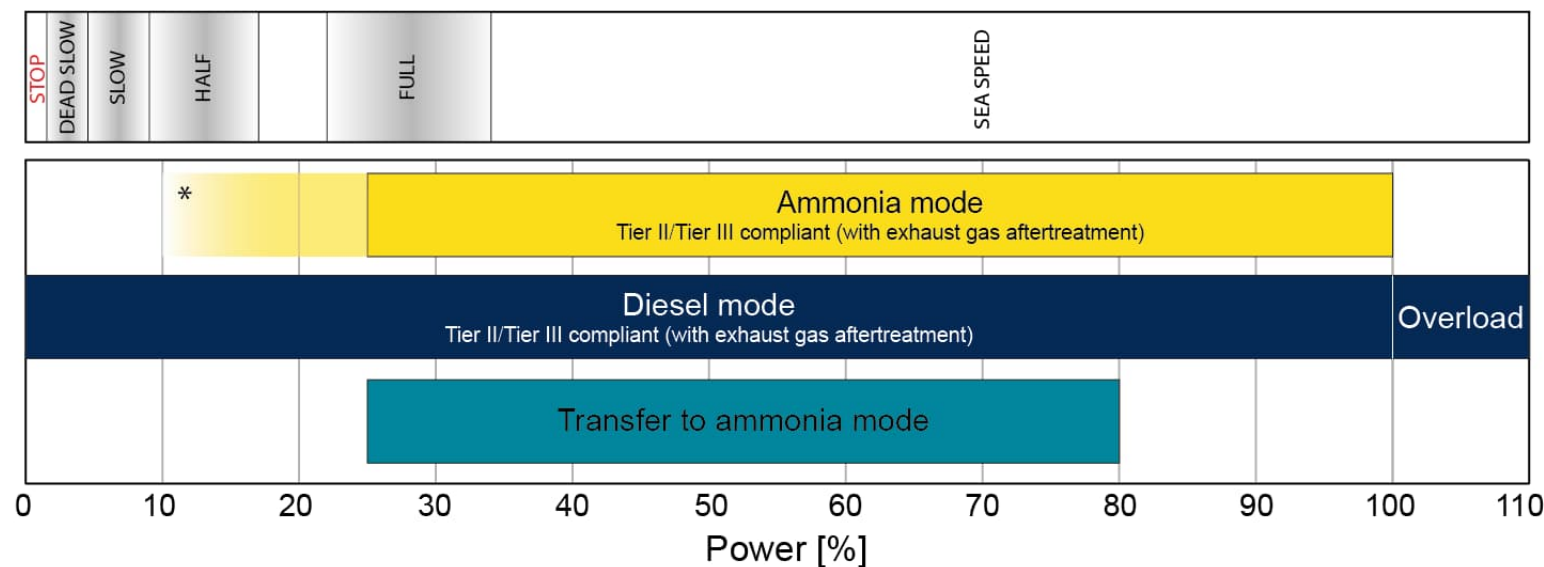


SM-0837

X-DF-A オペレーションレンジ



- シームレスな燃料切替え
- ディーゼルへのトリップはいつでも瞬時で可能
- 発停と100%L以上の運転はディーゼルモードにて
- 25%負荷以下での運転についても検討中



* Ammonia mode is currently available from 25% to 100% CMCR power.
An extension of the operating range to a lower CMCR power is under development.

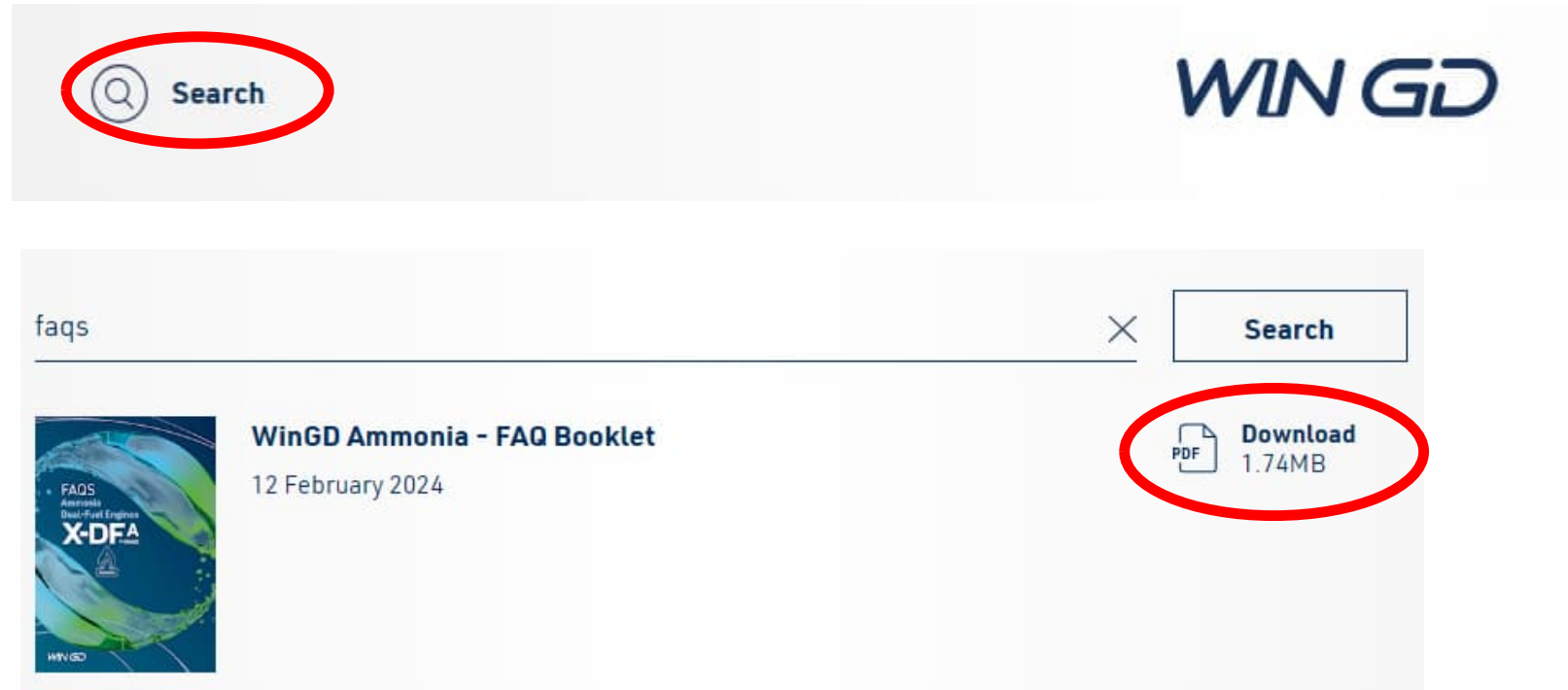
SM-0927

アンモニア機関 FAQ



<https://www.wingd.com/en/>

WinGDホームページのSearchで'FAQS'を検索



Thank you

Winterthur Gas & Diesel Ltd.
Schützenstrasse 3,
8400 Winterthur, Switzerland
www.wingd.com

WIN GD