

X-DF: 最新のリファレンスと就航実績 – 将来の展望

WinGD Japan 技術セミナー – 07/11/2019

Adrian Siegfried – Product Manager X62DF/72DF



WINGD

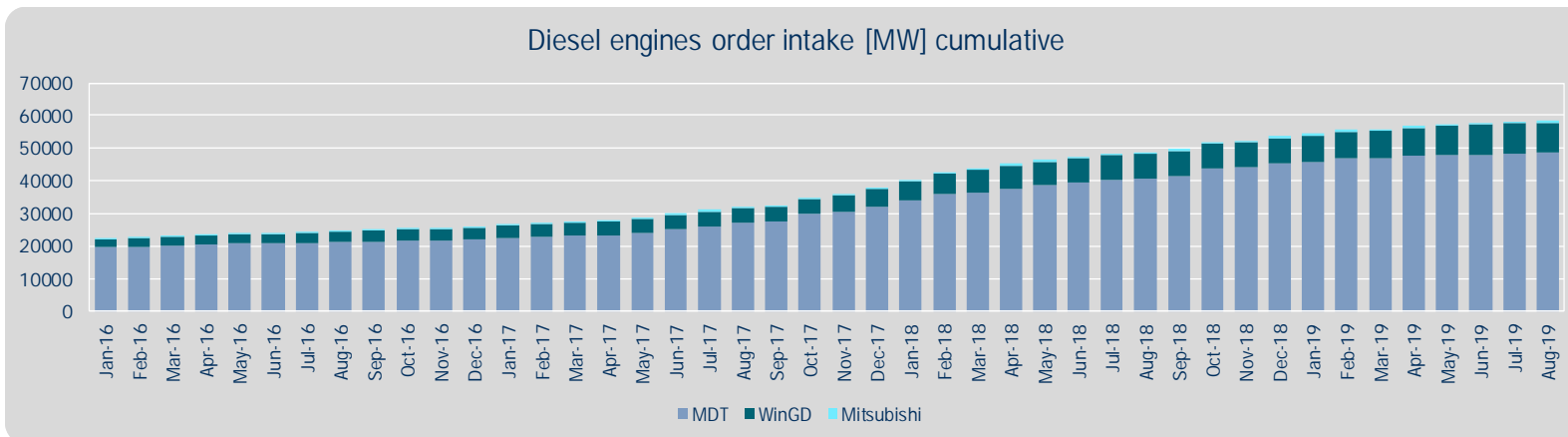
マーケット & リファレンス

WIN GD

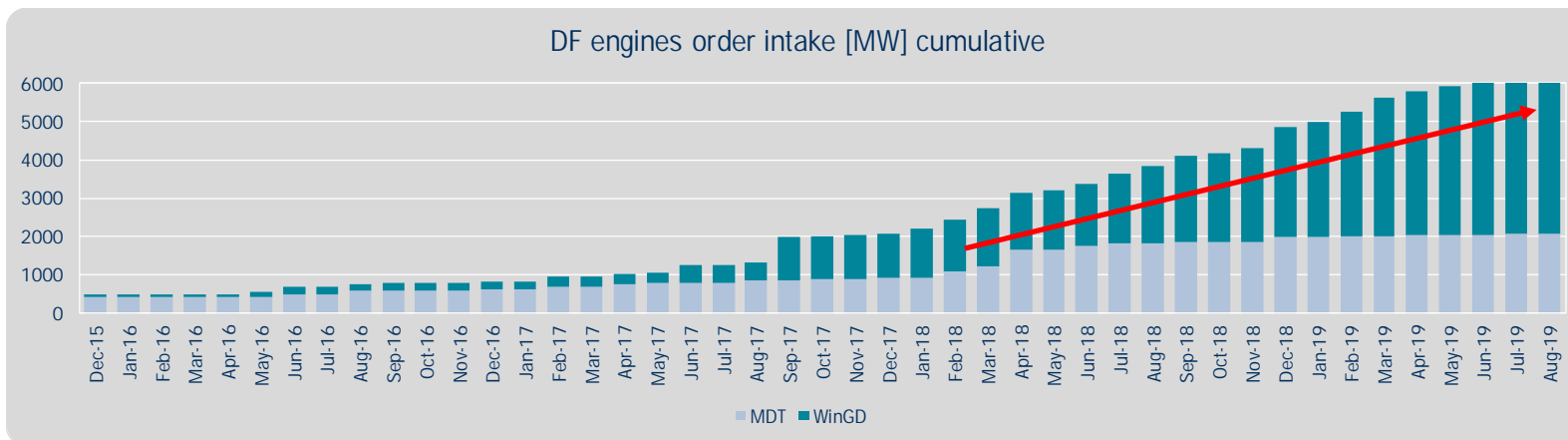
LNGC 推進機関の発展

出典: Clarksons Research Services, WinGD internal data

X-DF は市場をつかんでいる



- LNGは海運の主要燃料のひとつとなっており、市場シェアを得ている
- ディーゼル燃料機関の受注は安定的




X-機関 (ディーゼル) リファレンスリスト

X engine type	Vessel type		Orders
X35 X40	8K Multi-Purpose Vessels 10-44K dwt Bulk Carriers 11-22K dwt Chemical Tankers 23K dwt Shuttle Tankers 1-2K TEU Feeder CVs 2'000 vehicles PCC		83 engines 10 engines
X52	38-70K dwt Bulk Carrier 50K dwt Product Tankers		35 engines
X62	56-108K dwt Bulk Carriers 60K dwt Chemical Tankers 115K dwt Crude/Product Tankers 2-3K TEU Feeder CVs 80K cu.m. LPGC		80 engines
X72	150-210K dwt Bulk Carriers 158K dwt Crude Oil Tankers 3-8K TEU Intermediate CVs		86 engines
X82	250-400K dwt Bulk Carriers 280-310K dwt Crude Oil Tankers 8-12K TEU Neo-Panamax CVs 12-15K TEU Neo-Panamax CVs		103 engines
X92	8-12K TEU Neo-Panamax CVs 12-15K TEU Neo-Panamax CVs 15K+ TEU Post-Panamax CVs		55 engines

総計

452 X engines (ca. 11.0 GW)

X-DF 機関 リファレンスリスト

X-DF engine type	Vessel type		Orders
X40DF	9'500 cu.m. LNGC		1 engine
RT-flex50DF	15K dwt Product Tankers 1-2K TEU Feeder CVs 14-20K cu.m. LNG Carriers 3'600 vehicles PCC 5'800 lane m Ro-Ro	 	33 engines
X52DF	125K dwt Shuttle Tanker 7'000 vehicles PCC	 	6 engines
X62DF	115K dwt Crude Oil Tankers 180K cu.m. LNGC/twin screw 174K cu.m. LNGC/twin screw	 	35 engines
X72DF	174k cu.m. LNGC/twin screw 180K dwt Bulk Carriers	 	186 engines
X92DF	22K TEU Post-Panamax CVs 15K TEU Neo-Panamax CVs	 	14 engines
総計	275 DF engines (ca. 4.8 GW)		

69隻のX-DF搭載LNG燃料船

X40DF (6 cyl)

- 9 kdwt Oil & Gas tanker

RT-flex50DF (5,6,7 cyl)

- 4 x 15 kdwt Chemical Tanker, Sweden
- 6 x 1400 TEU Container Vessel, Finland
- 4 x 15 kdwt Asphalt Carrier, Canada
- 2 x 3600 unit PCTC, Norway
- 4 x 25 kdwt Tanker, US
- 2 x twin-screw RORO, Sweden

X52DF (7,8 cyl)

- 2 x 125 kdwt twin-screw Shuttle Tanker, Singapore / Norway
- 1 x 7000 unit PCTC, Japan

X62DF (6,7 cyl)

- 25 x 114 kdwt Aframax Tanker, Russia/Singapore/Korea

X72DF (6 cyl)

- 4 x 180 kdwt Bulker, Korea

X92DF (10,12 cyl)

- 9 x 22'000 TEU Container Vessels, France
- 5 x 15'000 TEU Container Vessels, France



73 機関受注済み、
20 機関出荷済み、
15 機関就航済み

100隻のX-DF搭載LNG運搬船

- 5RT-flex50DF
1x14k + 2x20k m³ Coastal LNGC
- 5X52DF
1 x 30k m³ LNGC
- 6X62DF
5 x 180k m³ LNGC
- 5X72DF
86 x 174k/180k m³ LNGC
- 6X72DF
6 x 180k m³ LNGC



造船所: SHI, HHI, DSME, Hudong

190 機関LNGC向けに受注済み、
41 機関出荷済み, 21 機関就航済み
総計 275 機関 + オプション (30.9.2019)



マーケットを変える挑戦的な受注案件

9 x 22'000 TEU + 5 x 15'000 TEU LNG燃料コンテナ船



22'000TEU CV

主機関 12X92DF

Power 63 840 kW / 80 rpm

Bore 920 mm

Stroke 3 468 mm

Length 23 000 mm

Weight 2 140 tons

発電機

Wärtsilä 6 x L34DF

燃料ガス供給システム

Wärtsilä

燃料ガスタンク

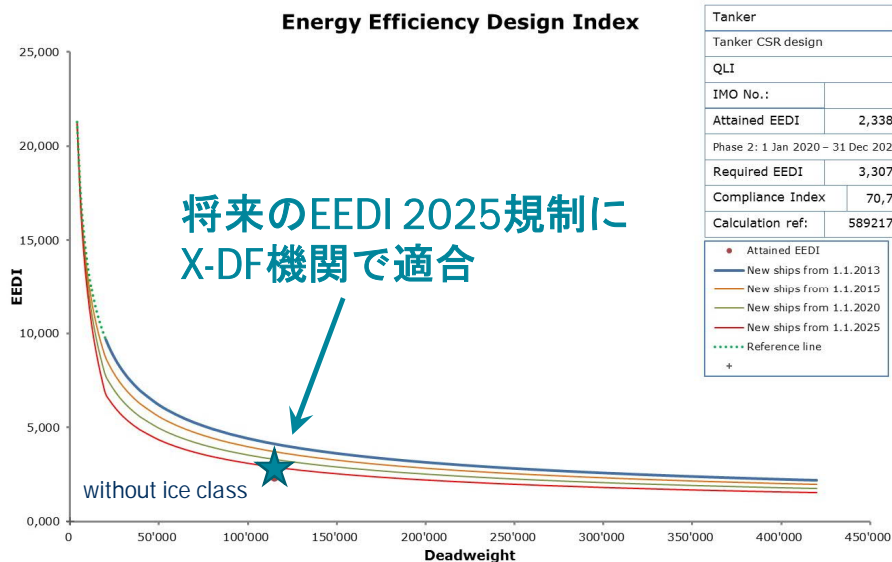
GTT 18 600 m³

Press Release of Nov. 7, 2017

<http://www.cma-cgm.com/news/1811/world-innovation-cma-cgm-is-the-first-shipping-company-to-choose-liquefied-natural-gas-for-its-biggest-ships>

Announced during COP 23 (UN Climate Change Conference) in Bonn, Nov 6 - 17, 2017

LNG燃料Aframax タンカー第1船



- | | | |
|------------|--------------------|--------------------|
| 主機関 | 7X62DF | 6X62DF |
| Power | 13 800 kW / 86 rpm | 11 200 kW / 81 rpm |
| Bore | 620 mm | = |
| Stroke | 2 658 mm | = |
| Length | 9 215 mm | 8 110 mm |
| Weight | 435 tons | 380 tons |

- | | | |
|----------------|--------------------|--|
| 燃料ガスタンク | Type C: 2 x 850 m3 | Type C: 2 x 850 m3
→ approx 6000 nm |
|----------------|--------------------|--|

- | | | |
|-----------|--------|--------------|
| 船舶 | Ice 1A | no ice class |
|-----------|--------|--------------|

- | | | |
|-------------|-----------|----------|
| 海上試験 | July 2018 | Oct 2018 |
|-------------|-----------|----------|



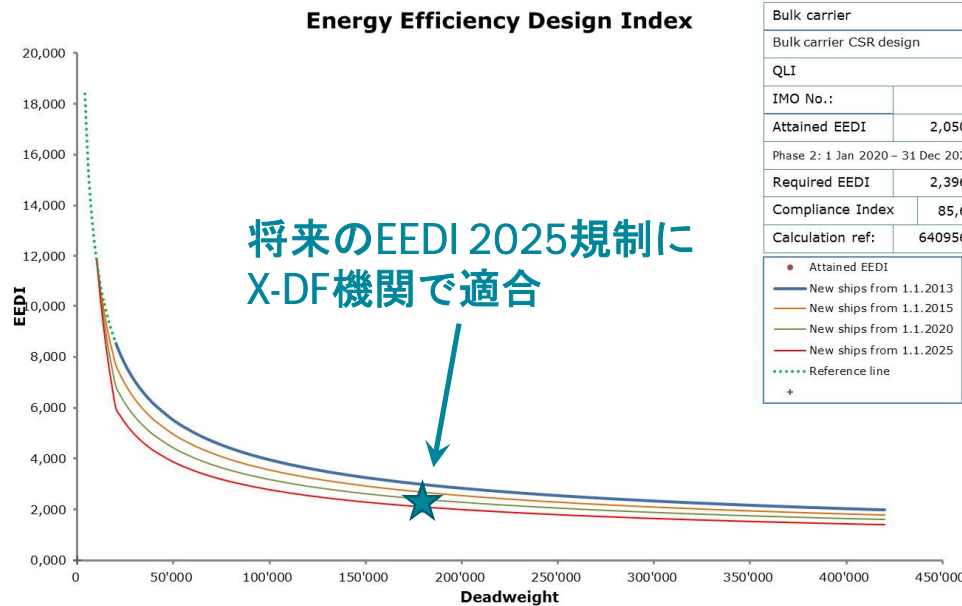
LNG燃料ケーブサイズバルカー第1船



H-Line orders largest LNG-powered bulk carriers
 Mon 15 Oct 2018 by Mike Corkhill LNGWorldShipping

主機関 6X72DF
 Power 16 180 kW / 76.5 rpm
 Bore 720 mm
 Stroke 3 068 mm
 Length 9 400 mm
 Weight 560 tons

燃料ガスタンク
 C-type 2 x 3 000 m3
 → approx 15'000nm



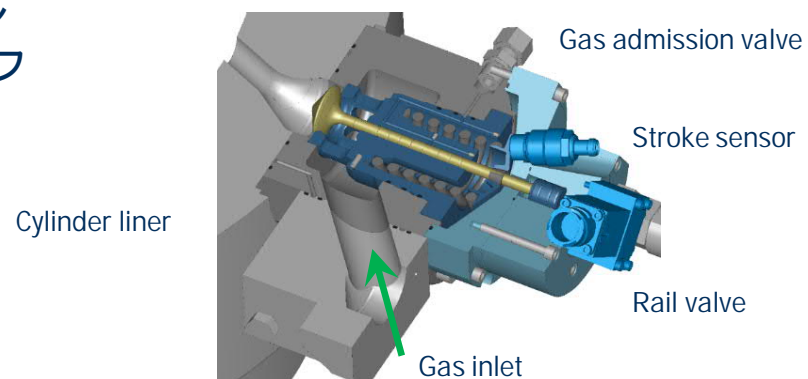
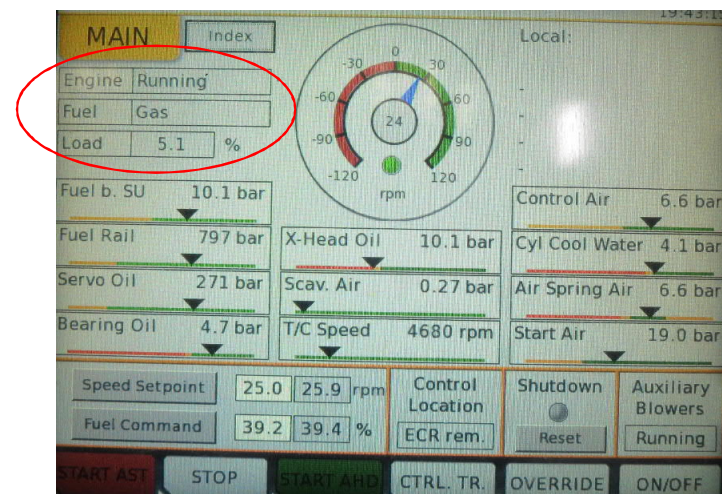
最新の就航実績

WIN GD

低圧ガスコンセプト一般的な知見

就航中のDF機関の経験

- 低圧ガスコンセプトはうまくいっている。
 - 安定した燃焼プロセス
 - 荒海象下での安定した機関負荷
 - 5%にまで至る超低負荷での運転も実証
- すぐれたガス噴霧システム
 - 故障やガス漏れは起きていない
 - ガス噴射弁の固着が1件テストベッドによるコミッショニング中に発生した（不純物のレールバルブへの混入）->セーフティシステムの設計どおりガストリップを行った。
 - 潤滑油フィルター追加の設計変更を実装し、対策された。

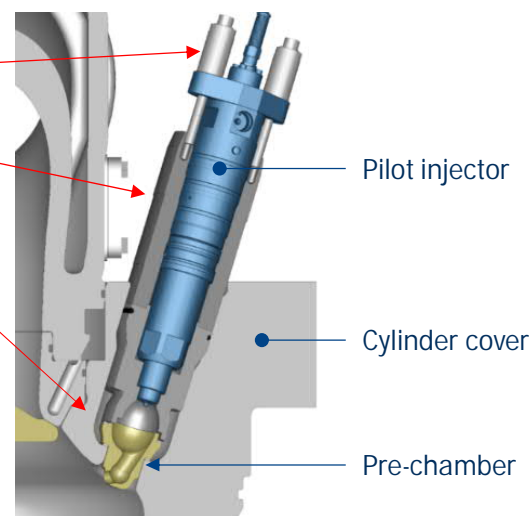


RT-flex50DF パイロット燃料噴射システム

最初の経験、問題と改善

パイロットフェューエル噴射弁:
パイロットフェューエル漏れが
発生した。対策:

- 噴射弁取付ボルトの設計変更
- Relief bore (venting): 実装
- 噴射弁のシールの設計変更



いくつかのDFとは無関係の問題も対策:

- シリンダー潤滑油クイルの故障（品質問題）
-> サプライヤー変更と組立指示の更新
- 潤滑油漏れ
-> パイプの締め付け指示の更新
- 燃料油漏れ
-> パイプの締め付け指示の更新

X62/72DF機関は RT-flex50DFの経験を生かし、初期から適切な設計（指示書を含む）を取り入れている。

X-DF Shop test list (backup page)

94 engines passed FAT and are partly delivered to ship yards

- 13 sets RT-flex50DF (in China & Japan)
- 4 sets X52DF (in Korea)
- 19 sets X62DF (in Korea)
- 58 sets X72DF (in Korea & China)

Engine type	Project	Number engines FAT's
Flex 50DF's	various	13
X62DF	SK2080/81	4
X62DF	MBK2148s	6
X62DF	AET2197s	2
X62DF	SH919s	6
X62DF	ROS131010s	1
		13 + 19

Engine type	Project	Number engines
X72DF	Gaslog2800/01	4
X72DF	GASL2130/31	4
X72DF	MOL DW2462	2
X72DF	GASL2212/13	4
X72DF	SK2937/38	4
X72DF	MOL1810s	4+4
X72DF	GASL2274/62	4
X72DF	Cardiff3020/3037s	7
X72DF	SH8006s	4
X72DF	NYK SH970s	2
X72DF	Cardiff SN2271s	6
X72DF	Frontline SH8010s	4
X72DF	CELS2297s	2
X72DF	Thenamaris 3096s	2
X72DF	GASL2300/2301	1
		58

Engine type	Project	Number engines FAT's
X52DF	SN2236/37	4

X-DF shop trials (工場試験)はルーチンになっている

95機関がFATを終了し、一部は造船所に引き渡されている

多くの機関製造者が、X-DFの製造と試験を通じて、たくさんの経験が蓄積している。:

- 13基 RT-flex50DF (中国 & 日本)
- 4基 X52DF (韓国)
- 19基 X62DF (韓国)
- 59基 X72DF (韓国 & 中国)
- 型式承認 (TAT) 完了 ; RT-flex50DF, X62DF, X72DF および、もうすぐ X52DF (November 2019) and X92DF (Dec 2019)
- 初号機と2号機のX92DF 機関が工場試験を合格し、3号機は中国で最適化調整中



X-DF Seatrial list (backup page)

35 DF powered vessels passed seatrials / 32 delivered

- 12 vessels with RT-flex50DF (China & Turkey)
- 13 vessels with X62DF (Korea)
- 10 vessels with X72DF (Korea / China)

Engine type	Project	Number of del. vessels
Flex 50DF's	Terntank (4)	4
Flex50DF	LNG Coastal carrier	0 (pending gas trial)
Flex 50DF	Transport Desgagnes (4)	4
Flex 50DF	Nordic (4)	4
X62DF	SK2080/81 (2)	2
X62DF	MBK2148s (3)	3
X62DF	AET2197s (2)	2
X62DF	SH919s (6)	6

Engine type	Project	Number of del. vessels
X72DF	Gaslog2800/01	2
X72DF	GASL2130/31	2
X72DF	MOL DW2462	1
X72DF	GASL2212/13	1
X72DF	SK2937/38	2
X72DF	MOL1810s (4)	2

X-DF 海上運転と就航実績

35隻の X-DF を主機関とする船舶が海上運転を成功裏に完了

- 造船所: 中国, トルコ, 韓国
- 船型:
 - 14,000 m³ Coastal LNGC (gas trial pend.)
 - 15,000 dwt Chemical Tanker
 - 14,000 dwt Asphalt Carrier
 - 180,000 m³ LNGC with 2 x 6X62DF
 - 174'000 m³ LNGC with 2 x 5X72DF
 - 115k Ice class (crude) Tankers with 7X62DF
 - 115k Crude oil Tanker with 6X62DF
- 機関型式: RT-flex50DF, X62DF, X72DF
- 33 隻が就航中 (2019年10月)



Picture: 5RT-flex50DF powered chemical tanker



Picture: Twin 5X72DF powered LNGC (source Gaslog LNG)



Picture: 7X62DF powered Aframax (Ice class) tanker

最初の RT-flex50DF 搭載 LNG燃料船

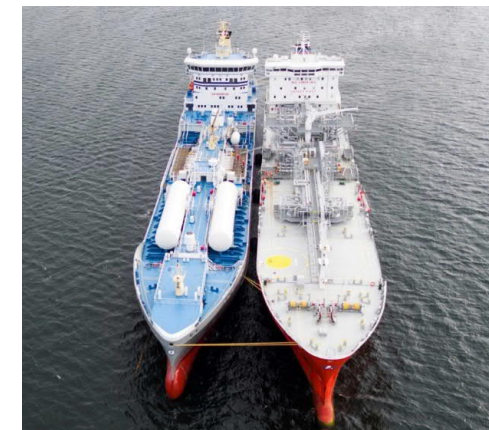
The early movers

就航中の初号機機関:

- “M/T Terntank” シリーズ 2016年8月に就航、常用海域はバルト海/北海
- “M/T Desgagnes” シリーズ 2017年8月からカナダ五大湖で就航
- 最初の機関は18'000時間以上の運転時間、90%以上はガスで運航（港湾運転のみディーゼルモード）
- RT-flex50DF機関の累積運転時間は > 85'000時間
- いくつかの初期の問題が発生したが適時修正された。(e.g. パイロット燃料噴射弁からの水漏れによるピストンランニングイシュー)

コンテナフィーダー船:

- 最初の7RT-flex50DFによる船舶就航は2018年12月
- 2隻の姉妹船が就航、1隻はまもなく



Picture: Port of Gothenburg



Picture: Containerships Nord



Picture: Besiktas Shipyard

X-DF on LNGC: ほぼ100%ガスで運転

機関起動／停止／港湾運転をディーゼルモードで残りはガスモード

- 2機2軸X62DF機関、もしくはX72DFを搭載された14隻のLNGCが就航中。最初の船舶は2017年7月に引き渡された。
- 最初の船舶は累積 > 16'000 時間運転
- 総累積運転時間 ~ 200'000h
- 優れた運航実績をあげ、小さい問題は見られたが、大部分は解決された。
- 極めてよいガスモード運航: 航行時間の97%以上はガス運転
- また、8隻のLNG燃料タンカー（LNGタンクをデッキに積んでいる）が就航中



LNGC & X-DF: 累積運転時間が急増中

船舶リスト – 就航時間がカテゴリーで最長のものをピックアップ



機関／船舶タイプ	船舶引渡し	引渡し後の 運転時間	ガス積み込み 後のガスモー ド運転時間
Product Tanker 5RT-flex50DF	August 2016	18'200	14'100
LNGC Twin 6X62DF	July 2017	16'000	13'800
LNGC Twin 5X72DF	Jan 2018	11'400	9500
Ice class Tanker 7X62DF	July 2018	6300	4000
Aframax Tanker 6X62DF	Nov 2018	3200	1900
Container feeder 7RT-flex50DF	Dec 2018	3700	2200
総累積運転時間 DF fleet		>330'000	-



シリンダ圧力センサー目詰まり

再設計は検証中



SL-0003-1_Cleaning_cyl_press_sensor_DF-eng_July2019.pdf

埋め込み型シリンダ圧力センサーの表面に長期の堆積物が見られ、センサー信号漂動（ドリフト）がいくつか見られた。シリンダ圧力センサーの推奨クリーニング間隔は現在1500-2000時間もしくは3-4ヶ月。

Service letter を2018年8月に発行

- 2018年代替案を新造機関に導入 (X52DF / X92DF)
- ソリューションを最終検証し、その後、ポートフォリオに展開
- 同様の対策をX62DF / X72DF に展開 (2019年6月)
- Service letter を更新 (2019年7月)

メーカーによるセンサー故障の調査:

- 水分と油分の汚染によるセンサー破損 -> シーリングプラグの導入で対策
- シグナルドリフト（ごくまれに長期就航船で見られた）を調査中



Service Letter SL-0003-1	
Issue: 05 July 2019	
Cleaning of cylinder pressure sensors on DF Engines	Implementation: Immediately
All DF engines equipped with cylinder pressure sensor KISTLER KF 92610	Maintenance Information: Procedure for cleaning cylinder pressure sensors KISTLER KF 92610 and repair method of damaged sensor threads.
	Concerns: Information to all Owners and Operators of WinGD Dual Fuel Engines with above (screw in) sensor type.
	Summary: In order to ensure correct cylinder pressure measurement, which affects physical engine balancing, daily check of cylinder pressure is required. On some installations soiled sensor membranes have been detected. In case a drift of parameters is detected, a cleaning procedure is described which should be done at approximately every 1500-2000 hours. Isolated cases of damaged sensor
Dear Sirs This service letter applies to WinGD RT-flex50DF, X62DF and X72DF engines, which have the Kistler KF 92610 cylinder pressure sensor applied. Clogging of the sensor surface may occur in service, which leads to a drifting signal. The sensor thus must be removed periodically from the cylinder cover for surface cleaning. In addition to first service letter SL0003 released in August 2018, in this revised letter now also a repair method for damaged threads (as was seen in isolated cases) is shown.	

ライナ壁面温度上昇 / JCW

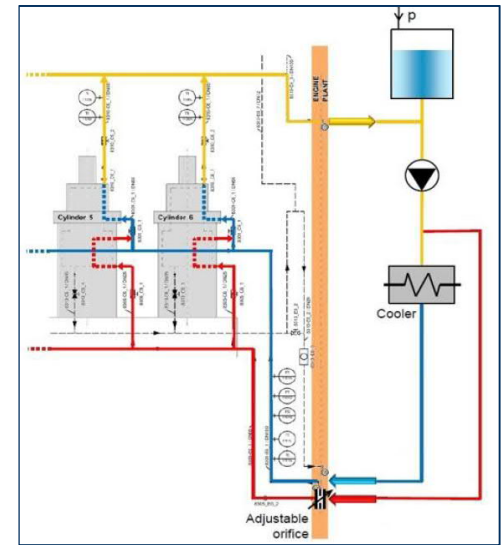
冷却水漏れによるライナ壁面温度上昇

Jacket 冷却水システムの問題

X62/X72 バイパス冷却システム、シリンダーライナーを冷却した後の高温の冷却水を冷却口を経由させて、シリンダーカバーに導入して冷却する（ディーゼル機関とDF機関とも）

下側 water guide jacket (WGJ) はボルトで固定されているが、いくつかの機関で破損した。そのため、ジャケットが下部にずれ、ライナー冷却口の内部バイパスを起こし、結果としてライナー壁面温度上昇を起こした。

- Service letter (エア抜き指示) を2018年9月にリリース、2019年1月に更新。正しいWGJ調整を強調
- エアセパレーター（左図）がX62DF/X72DFに新標準で採用された。新造に関しては、2018年11月から更新されている。->冷却水回路のエア抜き
- water guide jacket の固定方法を改善->新型固定“C-clamp”（右図参照）& 2019年4月就航船の対策のためのService letter発行
- 最新の知見から予燃焼室の固定設計を改善、Service Letter 準備中（2019年10月）
- 新しい恒久対策（ユニフロー冷却システム）が開発中である。X62B, X72Bのようにバイパス冷却システムを廃止).



Service Letter	SL-0004-1
Issue:	22 January 2019
Action:	Immediate attention
Cooling water system venting instruction for engines with by-pass cooling system	
For WinGD X62 / X62DF / X72 / X72DF and X92 engines	
Maintenance Information: Supplementary instruction to Operation manual / troubleshooting guidance.	

Service Letter	SL-0011
Date:	10 April 2019
Implementation:	Immediate attention
Instruction for implementation of water guide jacket "C-clamp"	
For WinGD X62DF/X72 DF engines	
Dear Sirs This service letter applies to WinGD X62DF / X72DF	
Service letter SL-0011 (above), with new WGJ holder "C-clamp" (left)	
New pre-chamber bolts (right)	
Pre-chamber leakages / correct tightening and retrofitting of the holding down bolts	
Service Letter	SL-0015
Issue:	06 October 2019
Implementation:	Immediate attention
Maintenance Information: Supplementary instruction to Operation manual / troubleshooting	

ノズルチップ目詰まり

LNG運搬船で主にガスモード運転する場合の問題

アトマイザー／ノズルチップ目詰まり

ガスモード運転時には主燃料弁は使用されていない。このためノズルチップ孔に長時間堆積物が蓄積され、結果としてアトマイザー先端が目詰まりする。

定期検査で発見されたり、あるユニットの排気温度の低下（排気ガス偏差アラームを誘因）で見つかったりした。噴射機 酸素・カルシウム・炭素・硫黄の堆積が検出された -> シリンダー潤滑油と燃料油の混合物

- Service letter SL-0005 を発行2018年10月。週に一度のクリーニングショットを導入
- その後、問題は起きていないと考えられる。
- 初期の燃料噴射弁は10'000hrs到達 (オーバーホール間隔を超えて)



Service Letter		SL-0005
Issue: 1	24th October 2018	
Action:	Immediate attention	
Operation instruction to avoid clogging of main fuel injectors nozzle tips		
For WinGD Dual Fuel engines (RT-flex50DF / X62DF X72DF)		
Dear Sirs		
This service letter informs all DF engine operators about measures to avoid clogging of the main fuel injectors in gas mode operation and to prolong the maintenance interval.		
Yours faithfully		
Maintenance Information: Supplementary instruction to Operation manual / troubleshooting guidance.		
Concerns: Owners and Operators of WinGD Dual-Fuel Engines		
Summary: Instruction to avoid clogging of fuel injector nozzle tips during prolonged Gas mode operation.		

DF機関のピストン摺動状況

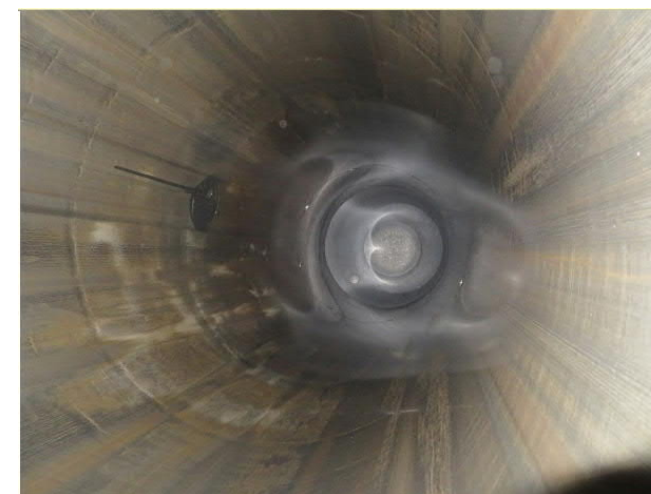
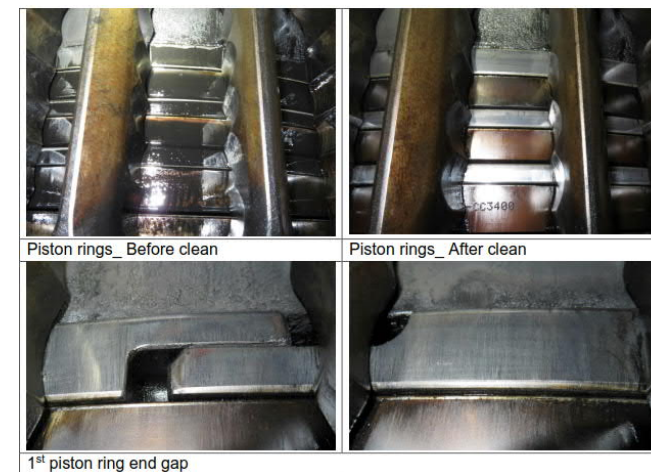
良好な摺動状況

X-DF ピストン摺動一般

- 摺動状況は非常にいい
- シリンダ油は硫黄の中和ではなく『潤滑と清浄』のために利用
- 定期的なピストンアンダーサイドのサンプリングチェックを推奨（含有鉄分とBN）WinGDのインストラクションを参照

就航でのチャレンジングな経験

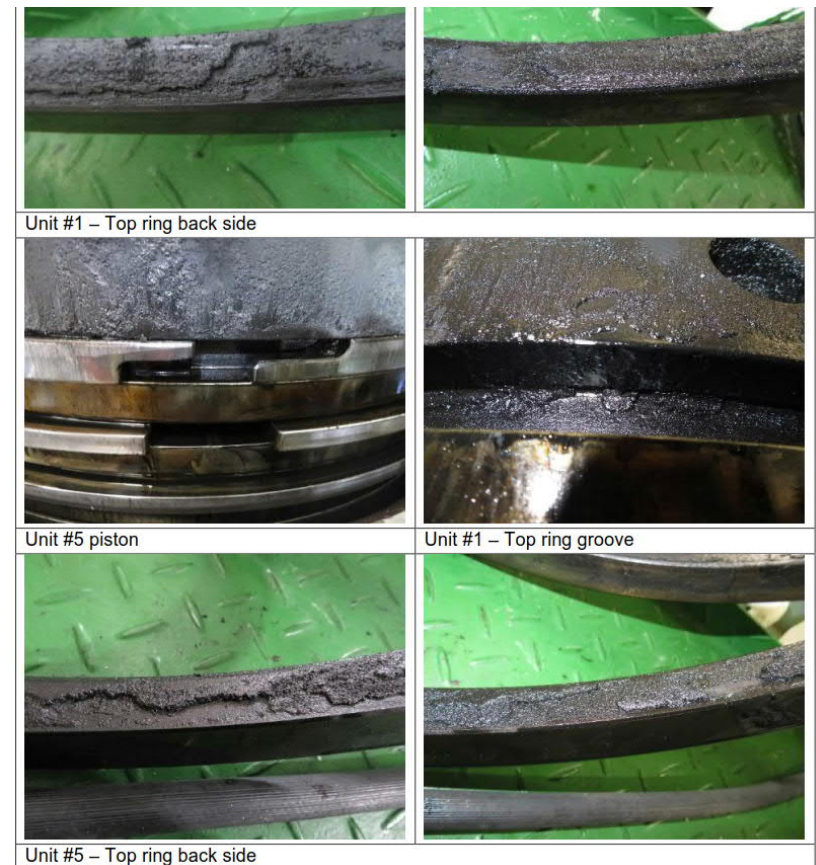
- 一件、2018年にX62DFオーバーホール後にピストン摺動問題が発生
– 交換後には、正常に運航していることを確認
- 一件、X72DFでR&Dテスト中のダメージに関連するシリンダーライナ割れ（2019年6月） 交換済み
- 最近ではいくつかの予燃焼室固定ボルトのプリテンション喪失による問題（水分浸入）



ピストンランニング

リング溝とピストンリング堆積物 – 就航船からのフィードバック

- 大量の堆積物がピストンリング溝とピストンリング裏側に観察された。これらの堆積物は、ピストンリングの自由な動きを妨げる。
- ピストンリングギャップ部で高い接触圧にさらされる -> マイクロクラックが生成され、最終的にクロムセラミックが剥離する。
- 損傷したピストンリングは、またシリンダーライナー破損の原因となる。
- シリンダーオイルフィードレートの調整（過剰な注油は堆積物となる。）
- 低BNで高い清浄能力（リングパックを洗浄）を持つ（ピストンクラウン上の炭化堆積物を最小限に）オイルが求められる。 -> オイル供給者を巻き込んで



ピストンランニング – シリンダー潤滑油

正しいシリンダー潤滑油選択 – BNと清浄性のバランス

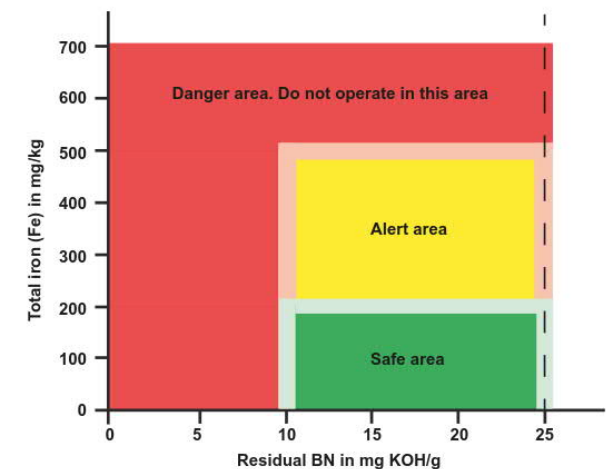
シリンダー潤滑油メーカーも巻き込んで検討すべき – 両方の性能を満たす最適なシリンダー潤滑油を選択するために

- ガスによる運転では低BN (15~25) シリンダー潤滑油が推奨される、HFO運転では、高BN (100)
- オイルメジャーとのさまざまな条件でのフィールドテストが実施されている。
- いくつかの条件では、フィードレート 0.6g/kWhとなる結果も得られている。
- 次期 WinGD Lubricants ガイドランでは最新の知見に基づく情報が反映される。
- 船舶オペレーターには潤滑油サプライヤーとの対話を強くお奨めします。



WinGD-Lubricants-Issue-3-March-2019.pdf

大量の堆積物の例(写真上)
ピストンアンダーサイドオイル分析のガイドライン –
ガスモードでは主に鉄分含有量にフォーカス(右図)



その他の問題

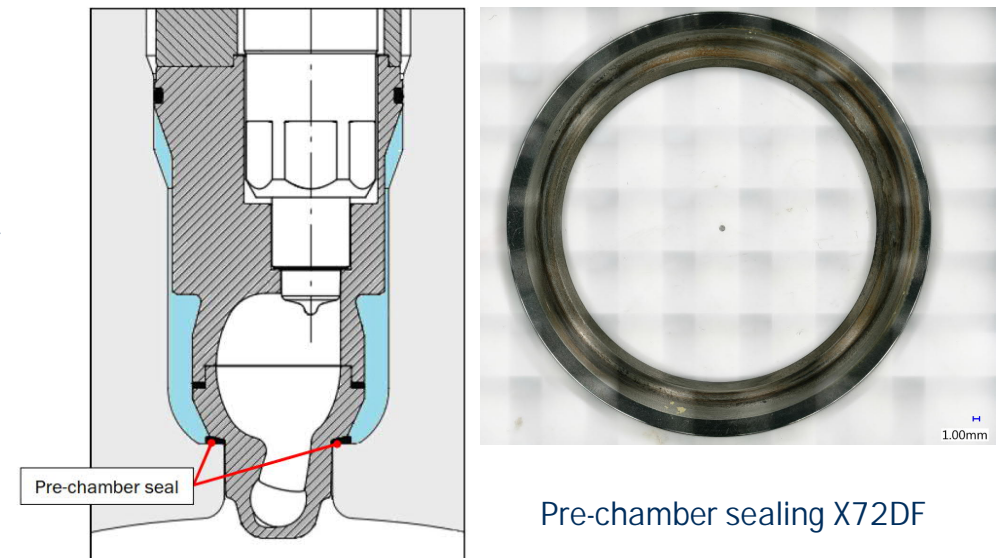
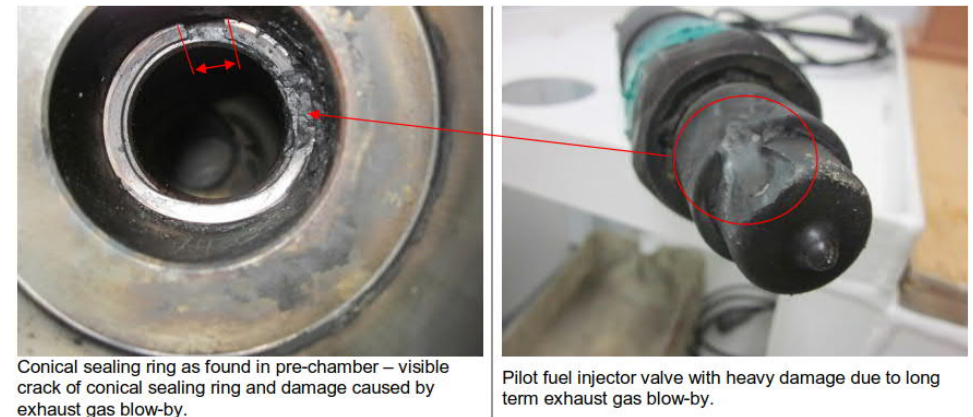
パイロット燃料噴射弁

パイロット噴射弁のガス漏れ

- あるプロジェクトでパイロット噴射弁でのシーリングの破損に伴うガス漏れが発生した。燃焼ガスが予燃焼室から逆流しパイロット噴射弁の下部が焼けた。
- 原因はパイロット噴射弁取り付けボルトの締付不足によるシール圧の低下

予燃焼室の水漏れ

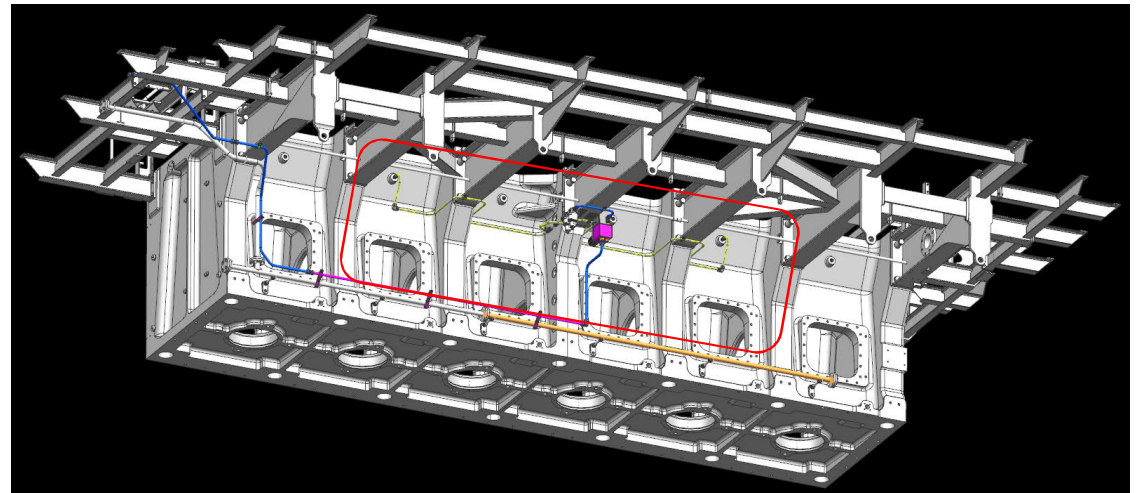
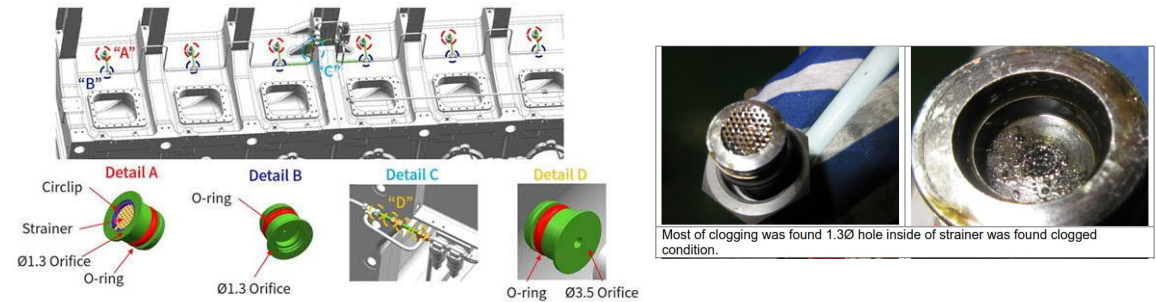
- 予燃焼室のシール破損によりシリンダーライナーへの水漏れが発生した。根本原因は予燃焼室固定ボルトの間違った締付
- 最近でも、X72DFでも報告されている（ライナー内の赤い変色）
- プリテンション固定ボルトの緩みが原因と推定 -> 対策案が策定され、実行が開始された。
- Service letter SL-0015 が発行された (2019年10月)



ピストンアンダーサイドガス検出システムの日詰まり

設計改善実施中

- センサー目詰まりがいくつかの機関で発生した
- 現行設計：ピストンアンダーサイドの1mmオリフィスがオイルミストやすすで詰まりがち
- 新設計：パイプの枝分かれの削減とオリフィス径の拡大、アクセスを容易に(T-unions).
- 2018年Q4フィールドテスト実施。6ヶ月の運転でもガスモードでの点検結果は良好。
- 新対策設計は2019年6月以降対象のDF機関に展開され、実施されている。
- 重要：ガスモード運転での安全性には影響なし。GAVストロークセンサーは、GAVが閉じないと即座に反応し、ガストリップ。

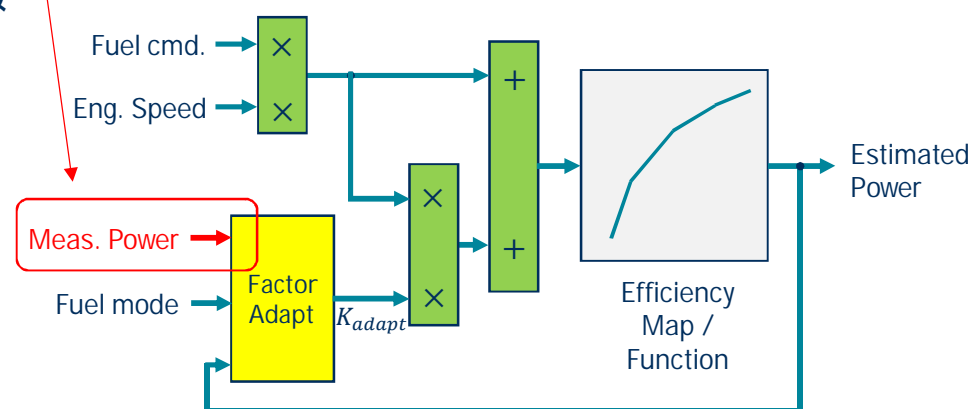
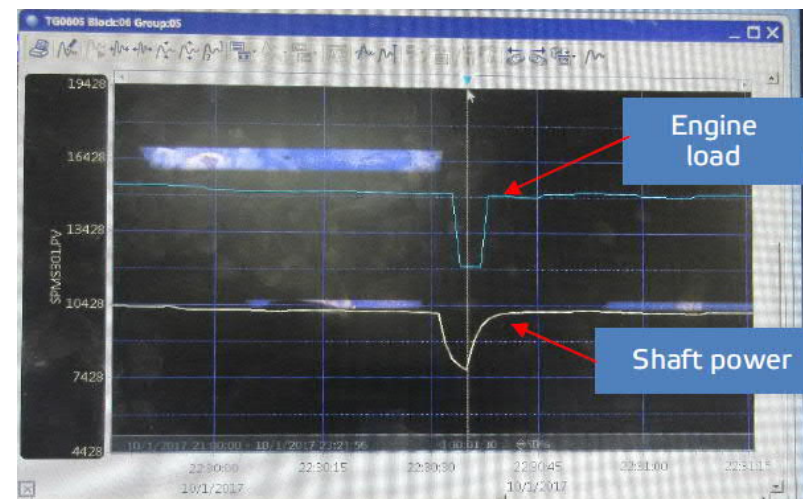


新設計配管 (3 シリンダーあたり一つの枝管) – 赤枠参照

機関出力の決定

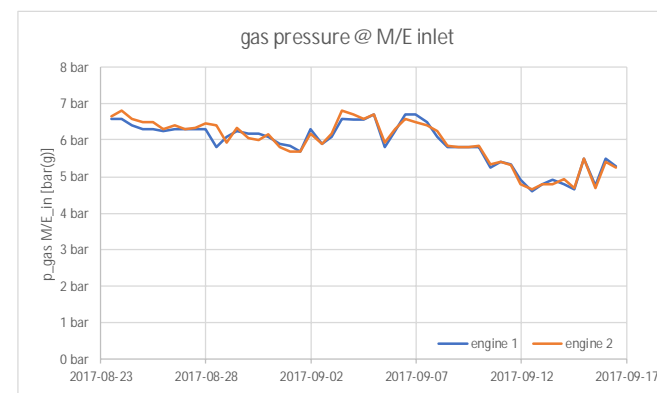
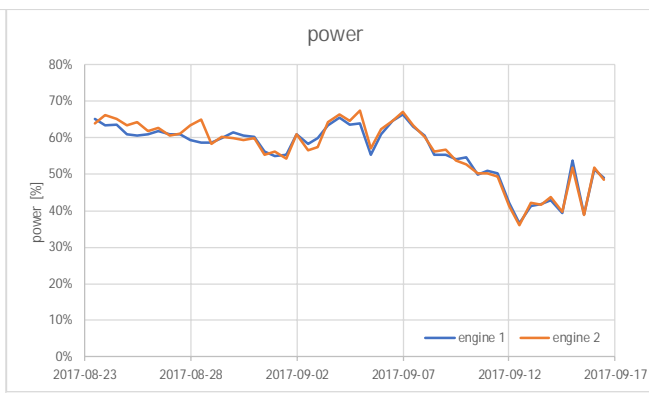
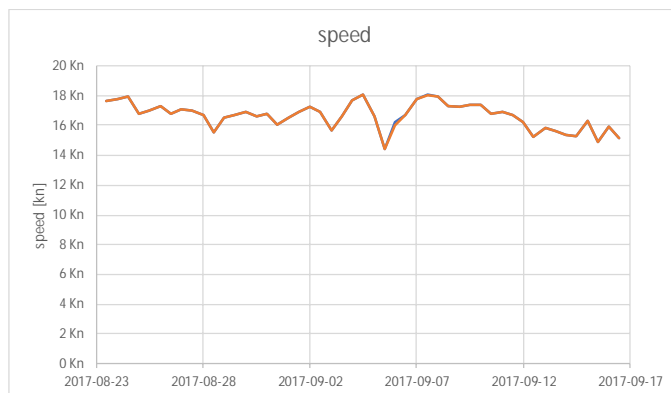
就航上での経験

- 機関制御のため制御システムは真の機関出力を認識する必要がある。例えば、ガス燃料の熱量変動の補正
- 初期には、軸馬力計からの外部出力信号をX-DF機関の直接の入力として用いていた複数の就航結果、この信号の品質上の問題からガストリップを引き起こす経験を得た
- 新機能である内部出力推定を機関制御システムに導入し、外部出力信号は補正のみに使用している
- 通常の製品改善（就航船からのフィードバックや市場要求の変化に基づく）としていくつかのさらなる制御システムの改善が行われている。SW 2.0 へのメジャーアップグレードが準備中である。SW 2.0 の重要な特性:
 - 新型の速度制御と荒天モードのオペレーションの改善
 - 機関出力推定の改善 (GAV の制御の高精度化)
 - 外気温度補正
 - クランク角度検知の改善
 - シリンダー潤滑機能の改善



低圧ガスでも安定的に運転

さらなる低圧化によりCAPEXを低減



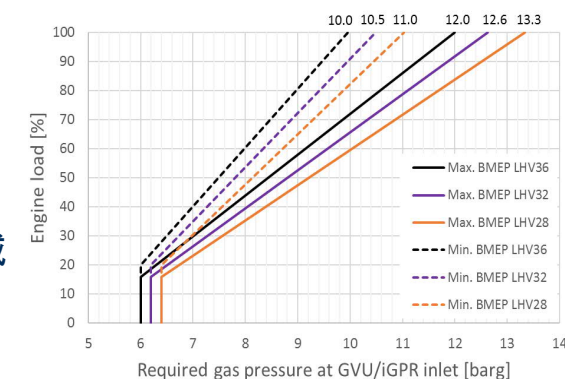
機関出力: ボイルオフガス(NBOG)により70%出力が可能

船速: 16kts - 18kts (常用船速)

ガス圧: 65%出力時には、エンジン入口 (GVU後) で7 bar

GVUへの9bar以下での供給でも常用船速に十分なことが証明された

6ステージターボ圧縮機から4ステージへのダウンサイズも可能 > CAPEX削減
ガス供給圧改訂に関する文書が更新された



まとめ：就航実績

WinGD低圧DF機関の実績は 330'000 運転時間以上に

- X-DF 機関の運転状況は非常によい
- 初期の問題は対応済み、メジャーな問題はなし
- 最初の商業機関RT-flex50DFの運航上の問題は適時に解決された
- 今日まで、機関型式 RT-flex50DF はよい運航状況である
- X62DF と X72DF 機関はRT-flex50DF で収集された知見を得たが、新たな予期せぬチャレンジも提起されている。
- LNGCのBOGによるガスモード運転可能時間は97%以上と際立っている！
- WinGDはこの唯一の推進コンセプトの顧客満足をさらに高めるためDF船舶によりそう

X40DF 機関紹介

WinGD Japan 技術セミナー – 07/11/2019

The Green Small Bore 2-Stroke Engine

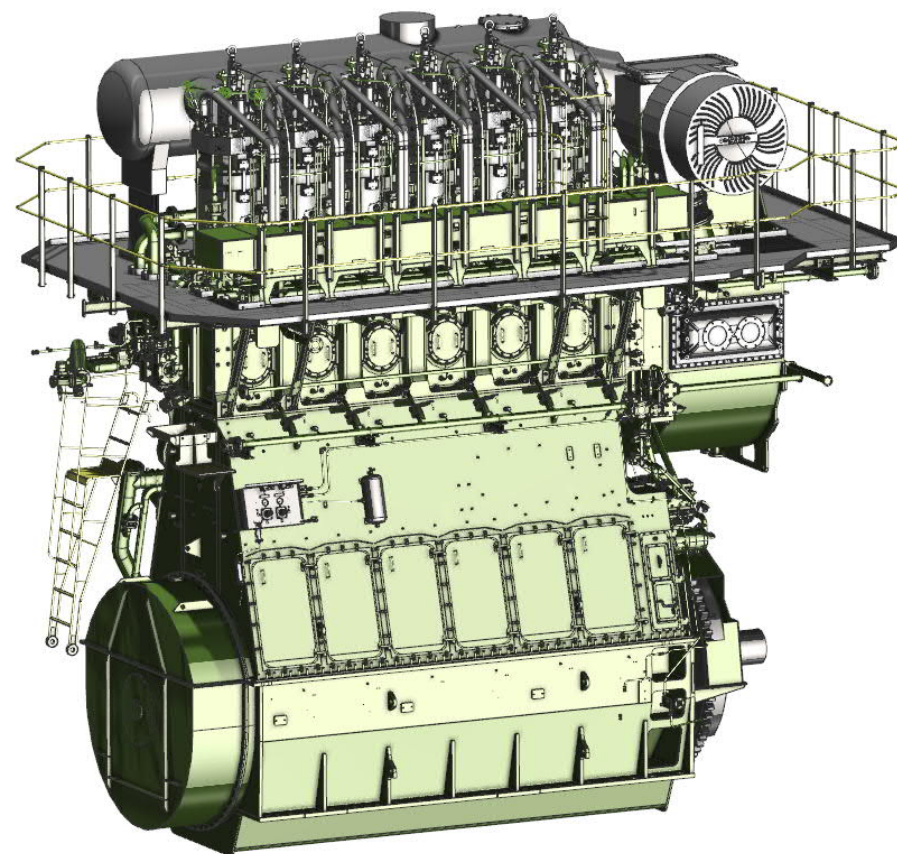


WINGD

X40DF

主機関諸元

	X40DF
ボア直径 [mm]	400
ストローク [mm]	1770
Stroke / bore 比	4.43
シリンダー数	5 - 8
1シリンダー出力 [kW] @ R1	935
速度 [1/min] @ R1	146
速度 [1/min] @ R3	104
BMEP [bar] @ R1	17.3
平均ピストン速度 [m/s] @ R1	8.6
最大筒内圧 [bar]	200
BSFC @ R1 [g/kWh]	189.9
BSGC – BSPC @ R1 [g/kWh]	145.0 - 1.4
BSEC @ R1 [KJ/kWh]	7310
シリンダー間距離 [mm]	700

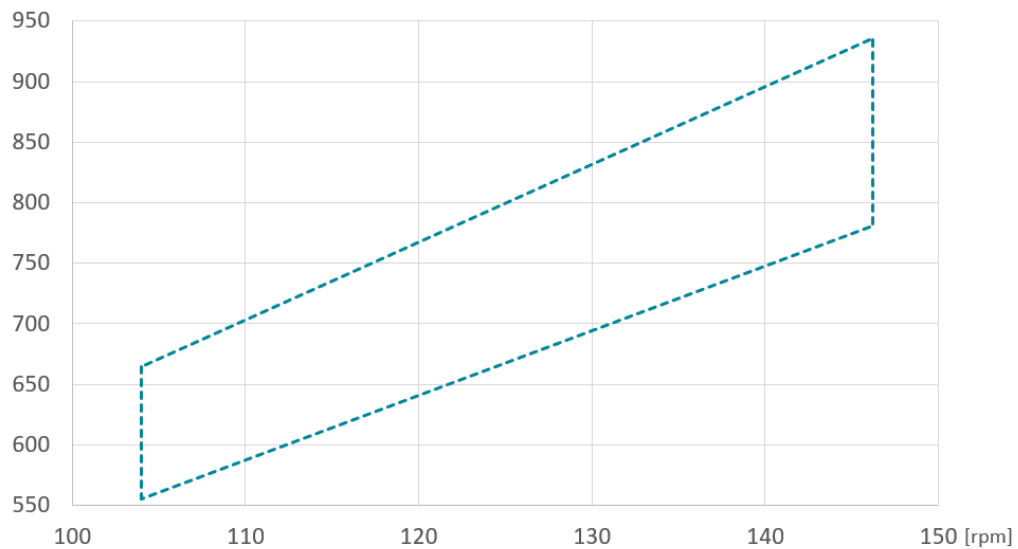


X40DF

レーティングフィールドド

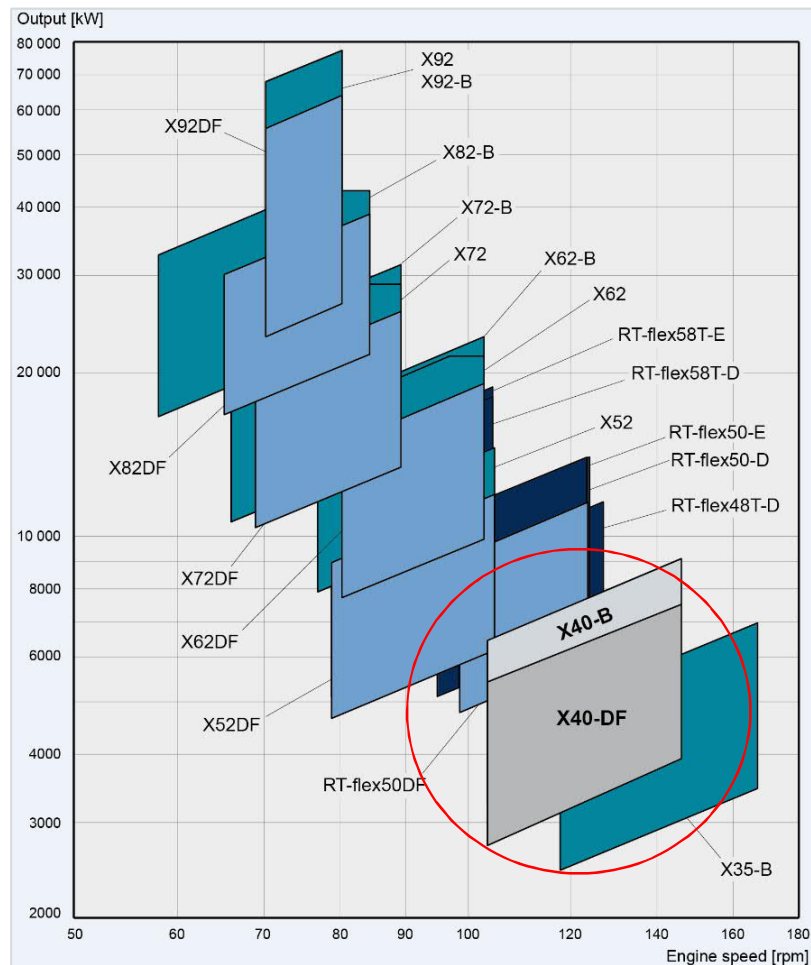
Power

[kW/cyl.]



X40-DF	R1	R2	R3	R4
rpm	146	146	104	104
kW/cyl.	935	780	665	555

Speed

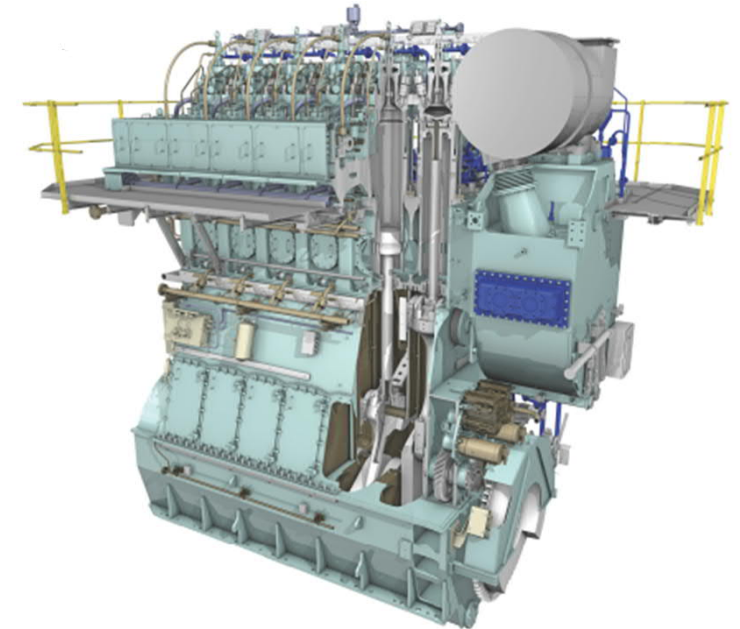


X40DF

機関コンセプト 概説

X40DFはX40-Bのプラットフォームを元に設計される:

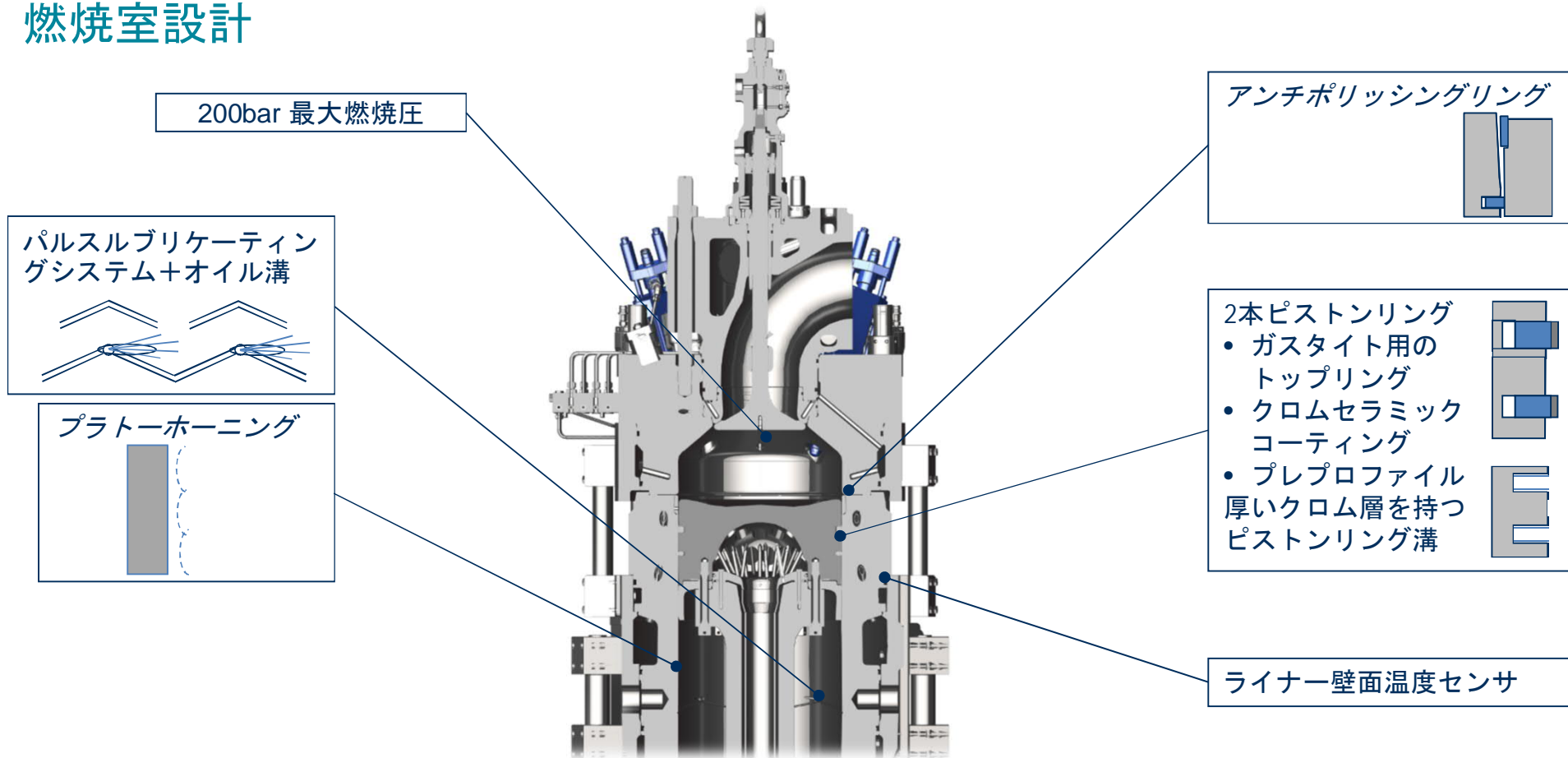
- マーケットリーダーである低圧DF機関のテクノロジーを小径機関に導入
- アイデアとして、標準でMGOを液体主燃料として使用する設計（クリーンな燃料でのTierII運転）オプションで顧客要望によりHFOバージョンも用意（2019年11月から試験用機関で検証）
- WiCE 制御システム: 最新のハードウェア&ソフトウェアアーキテクチャー。分かりやすいコミッショニング・モニタリングツール



WinGD 6X40-B engine

X40-DF

燃焼室設計



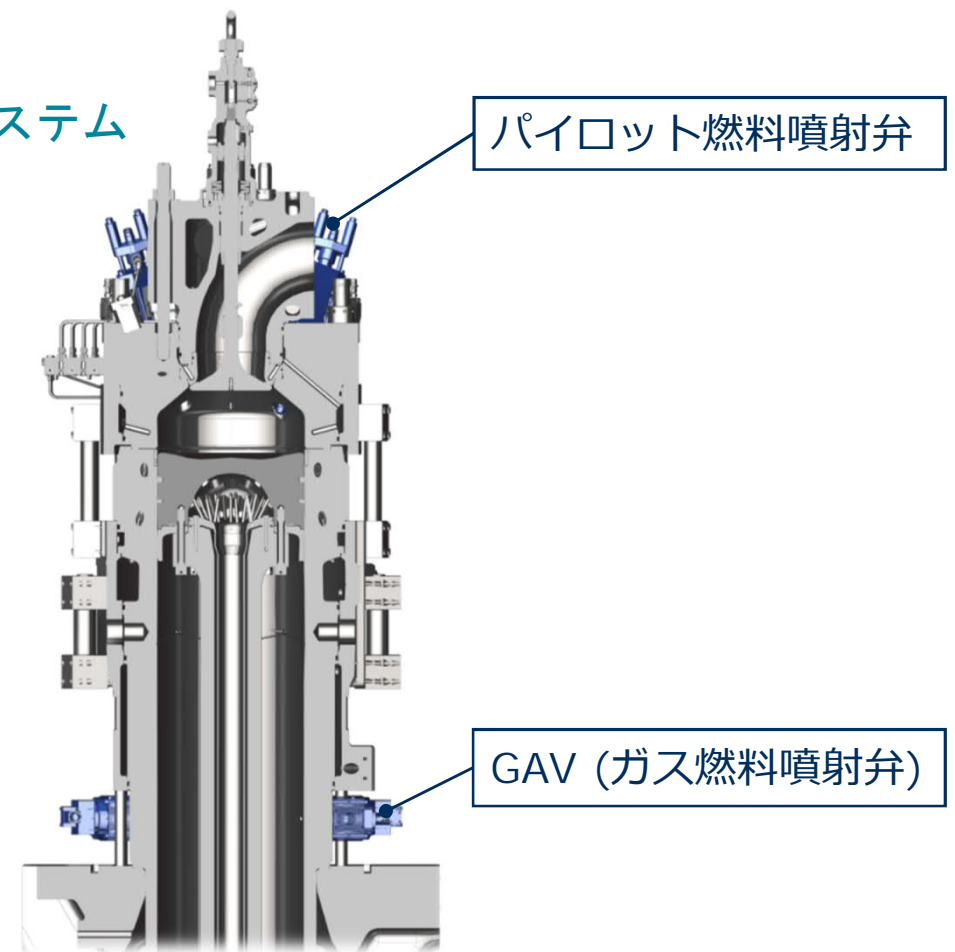
X40DF

シリンダーライナー、カバーとパイロット燃料噴射システム

- X40-Bと比較して、X40DFは圧縮比が小さいのでシリンダーライナー長が179mm伸びる。これに伴いピストン抜き高さは増加する。
- DF特有の部品は右の青の部品（GAVとパイロット燃料噴射弁）

予燃焼テクノロジー

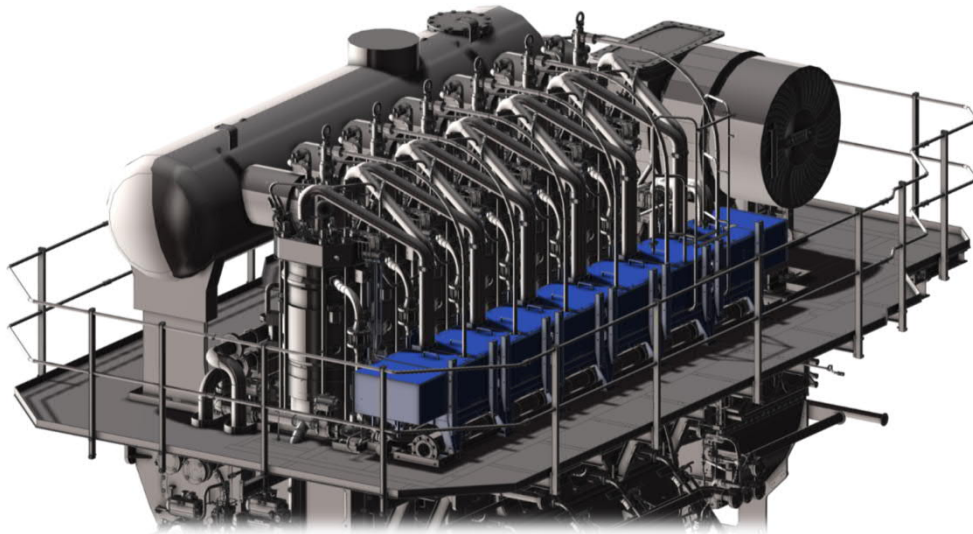
- 基本設計 – 初めてのパイロット燃料ポンプなし設計（検証の結果による）
- 実績ある予燃焼パイロット燃料噴射



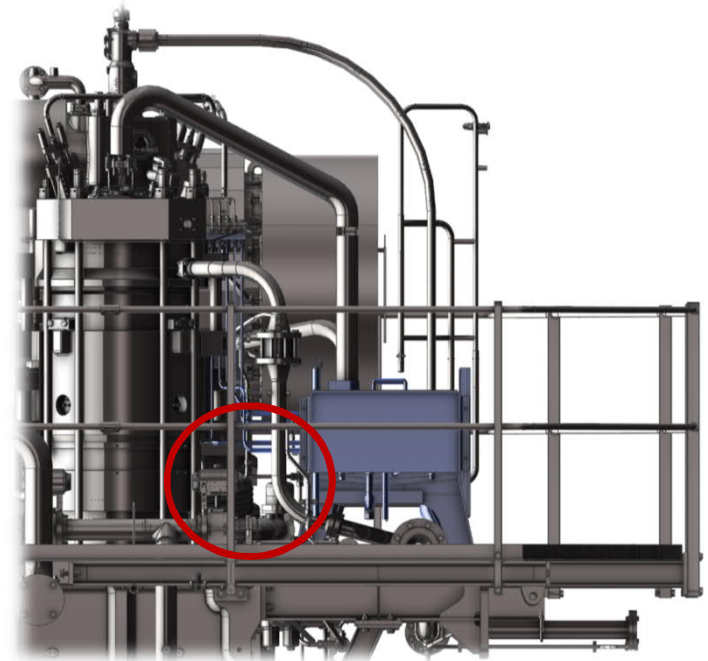
X40DF Combustion Chamber

X40DF

コンパクトレールユニット設計



- X40-BのレールユニットはX40DFを考慮した設計が既にされている。コンパクトなレールユニットにより、容易にGAVやガス配管へのアクセスが可能であり、オペレーションやメンテナンス性が考慮されている。

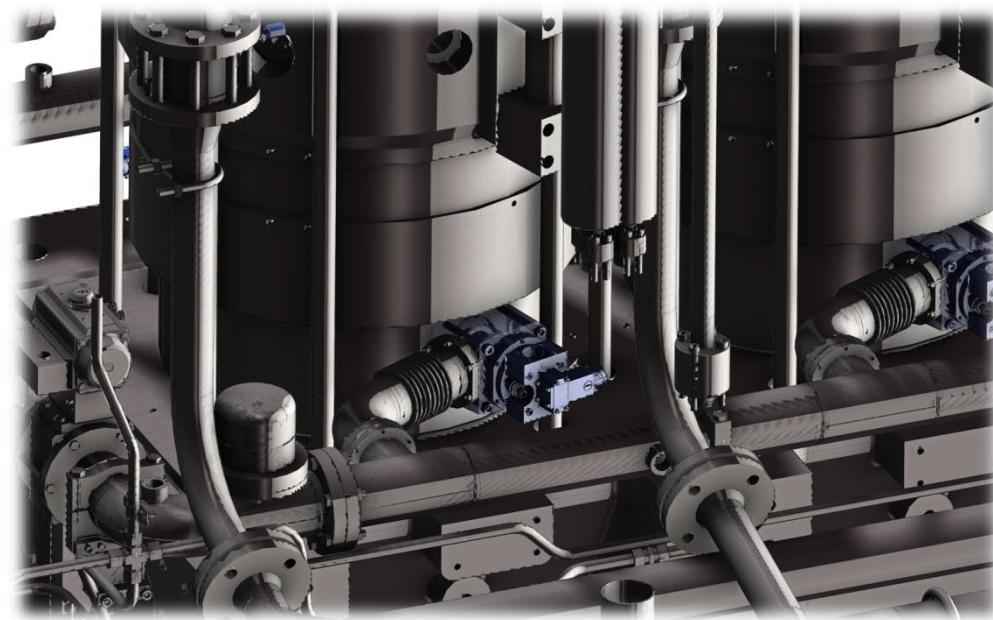
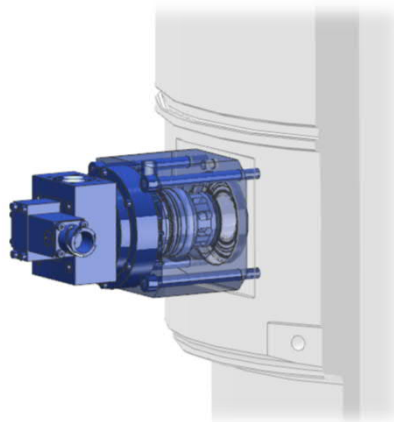


X40DF Rail Unit with improved access

X40DF

DF System – ガス噴射弁（GAV）

- 実績あるガス噴射弁デザイン
- X40DFに合うように最適化

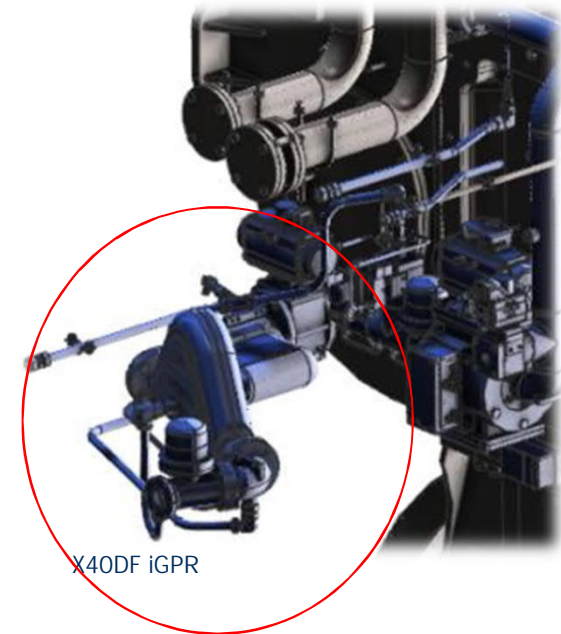


X40DF GAV (Gas Admission Valve)

X40DF

DF System – iGPR (integrated Gas Pressure Regulation)

- 機関へのガス供給制御装置としてシンプルなコンセプト
- 機関設計/制御システムに組込
- 二重管による安全保証
- 機関製造者、造船所、更に乗組員の手間・複雑さから解放



まとめ

X40DFは最新のX-DFファミリーの一員であり、実績ある低圧DFテクノロジーをWinGDのもっとも小さい機関セグメントに導入した。環境性能を追求する船主様へ向けて、当然の選択肢となるべく、マーケットリーダーであるテクノロジーの利点を取り込んで設計されている。

X40DFの標準モデルはもっとも環境性能が高く、利用可能なもっともコストパフォーマンスが高い機関である。標準モデルはMGO(0.1%硫黄分)でTierIIモードで運航し、2020硫黄規制に適応し、TierIII領域ではLNGとMGOで運転する。

モジュール設計思想を取り入れたX40DFは多様な燃料に対応でき、船主様の運航計画に基づき搭載するモデルが選択できる。MDO/HFO/LNGバージョンは独立のパイロット燃料サプライユニットとiCAT (Integrated Cylinder Lubricant Auto Transfer) が追加される。その他、機関室に燃料タンクや燃料前処理設備などが必要である。

LNG運搬船、ハンディサイズタンカー、バルクキャリア、フィーダーコンテナ、小型のタンカーやコンテナ、多目的船、バンカリング船にも適している。

X82DF 機関紹介

WinGD Japan 技術セミナー – 07/11/2019

もっとも環境負荷の少ないVLCC、VLOC、中型コンテナ船向け機関



WINGD

X82DF/X82-D

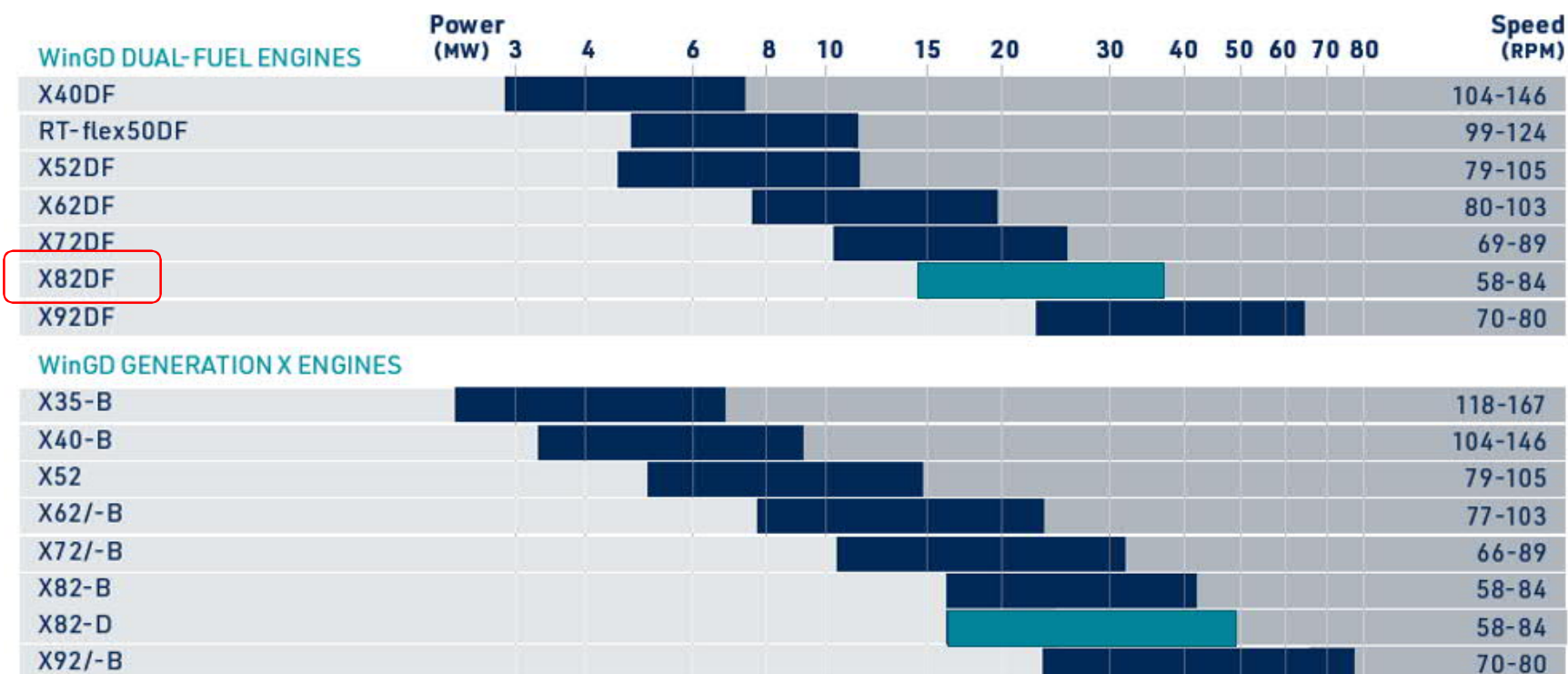
ターゲットとするマーケット



X82DF/-D の設計コンセプトはターゲットとする船舶の改善と新設計と協調している。

X82DF/X82-D – 機関諸元

X-機関 出力範囲

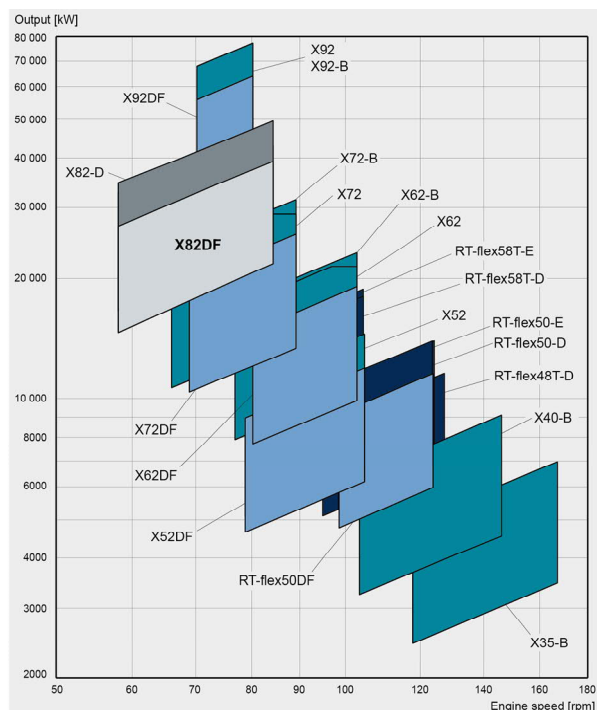


X82DF/X82-D – 機関諸元

ポートフォリオ・レーティング範囲

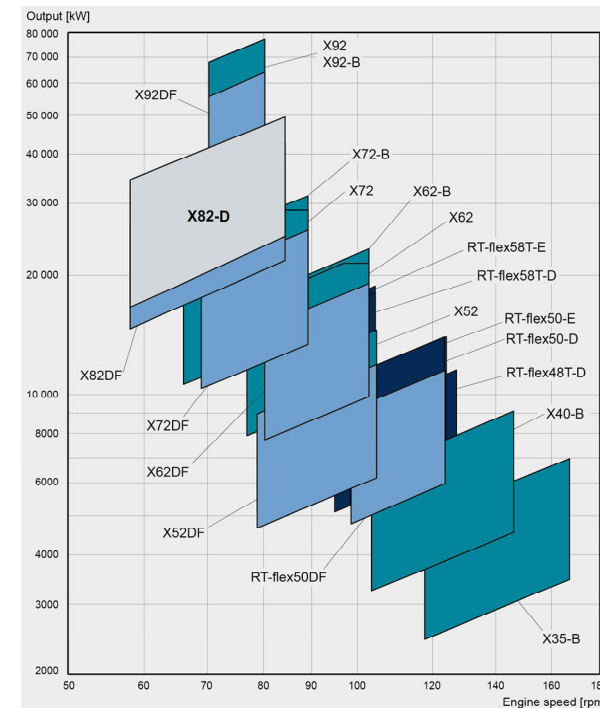
- X-DF 機関

- X40DF
- X52DF
- X62DF
- X72DF
- X82DF
- X92DF



- X-機関

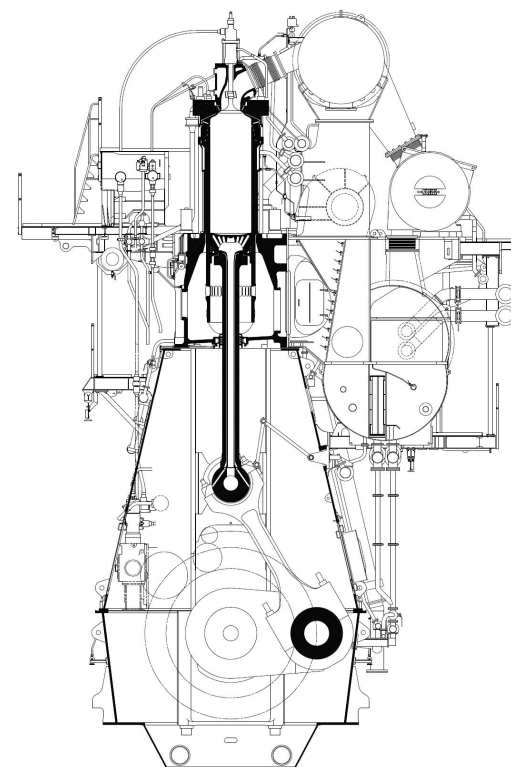
- X35
- X40
- X52
- X62
- X72
- X82
- X92



X82DF/X82-D – 設計コンセプト

主要諸元

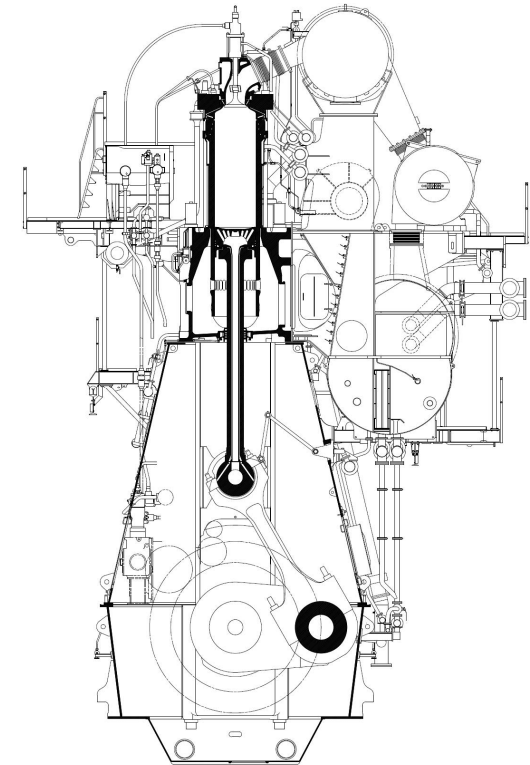
	X82DF	X82-D
ボア直径 [mm]	820	820
ストローク [mm]	3'375	3'375
シリンダー数	6 – 9	6 – 9
1シリンダー出力 [kW] @ R1	4'320	5'500
速度 [1/min] @ R1	84	84
速度 [1/min] @ R3	58	58
BMEP [bar] @ R1	17.3	22.0
平均ピストン速度 [m/s] @ R1	9.5	9.5



X82DF/X82-D – 設計コンセプト

基本設計

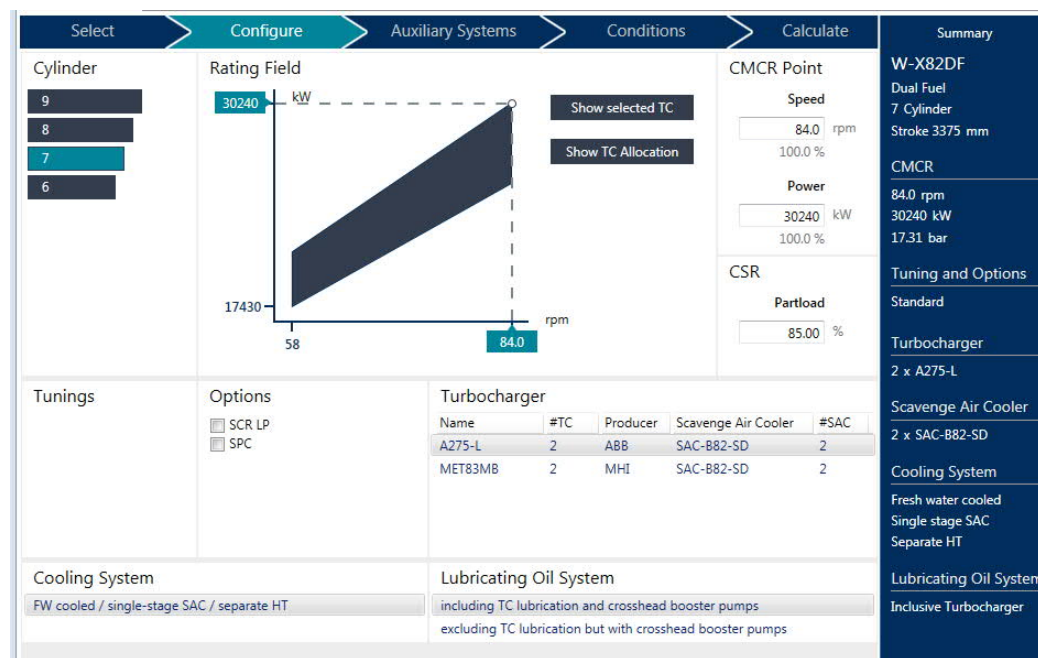
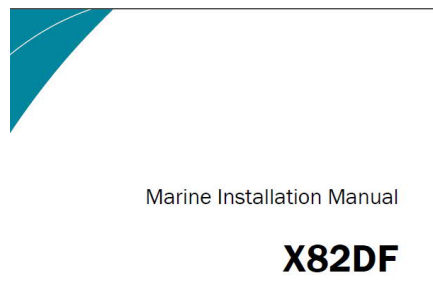
- X92DF がベース機関として参考にされており、X82DF/-D のための調整が適用されている。
 - 新しい柔軟性のある（軽量）主軸受けガードー設計
 - 燃料噴射制御システム：ICUと実績ある噴射弁
 - WiCE 制御システム
- 市場の要求からシリンダー出力や重要な機関要素を定義
 - 機関全長は最新のVLCC船舶設計の要求に合わせて短縮された
- X82-D は WinGD DF-ready 機関コンセプトにしたがい、X82DF と機関設計プラットフォームを可能な限り共通化している



X82DF – すでに利用可能に

WinGD's General Technical Data (GTD) と MIM

- 造船所とライセンサーでのプロジェクト計画と実行のためのプログラム
- アウトプット
 - 機関性能（燃料消費量）
 - 補助機器のレイアウトとキャパシティ
- X82DF は2019年3月から利用可能に
- X82DF Marine Installation Manualも発行済み



X92DF 機関紹介

WinGD Japan 技術セミナー – 07/11/2019

もっとも環境負荷の少ないメガコンテナ船向け機関

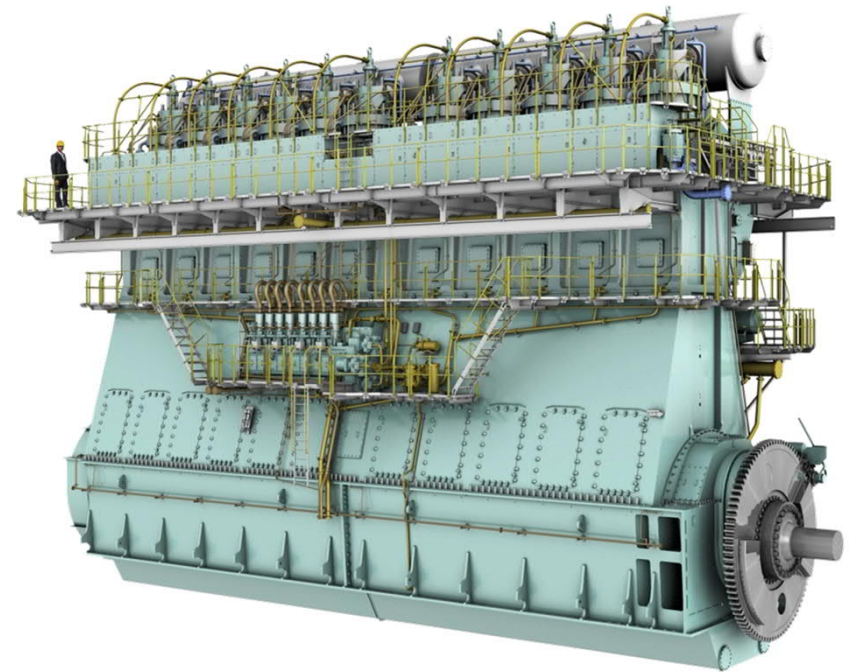


WINGD

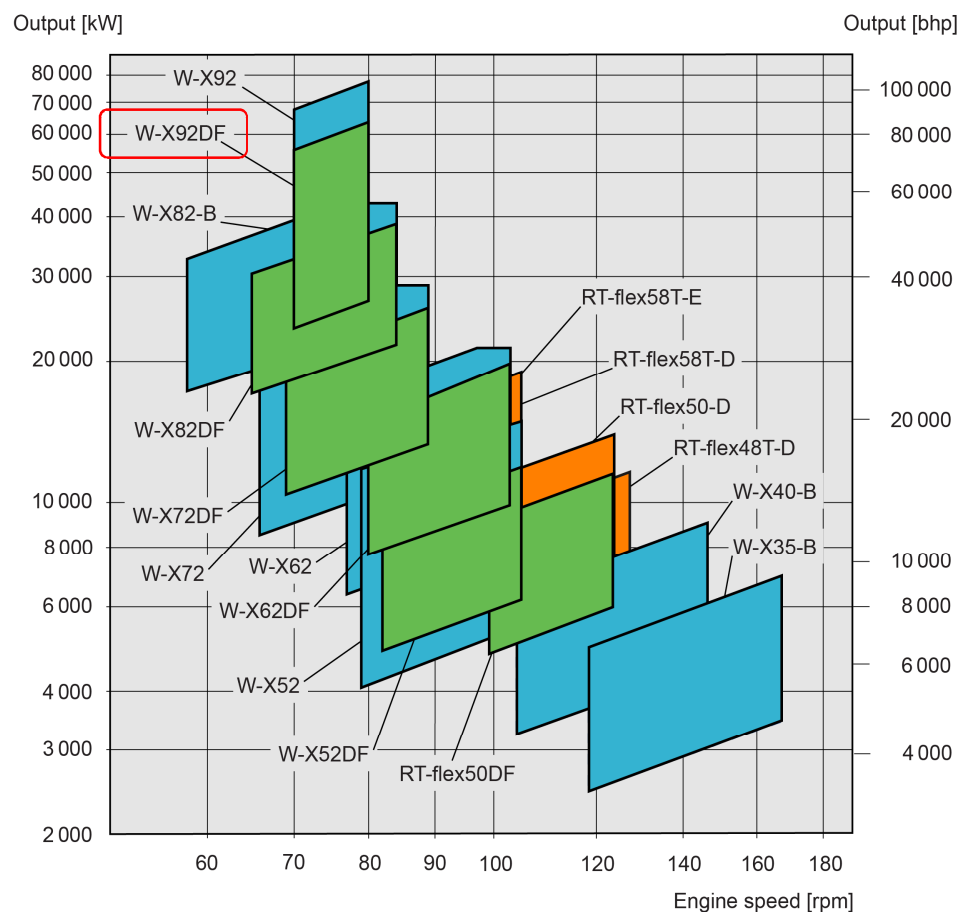
X92DF

Table of Contents

- 1 機関諸元
- 2 設計の特長
- 3 結論



X92DF – 機関諸元



X92DF

IMO Tier III in gas mode

Cylinder bore	920 mm
Piston stroke	3468 mm
Speed	70-80 rpm
Mean effective pressure at R1	17.3 bar
Stroke / bore	3.77

RATED POWER, PRINCIPAL DIMENSIONS AND WEIGHTS

Cyl.	Output in kW at				Length A mm	Weight tonnes
	80 rpm	70 rpm				
	R1	R2	R3	R4		
6	31 920	26 580	27 930	23 250	11 570	1 120
7	37 240	31 010	32 585	27 125	13 160	1 260
8	42 560	35 440	37 240	31 000	14 750	1 380
9	47 880	39 870	41 895	34 875	17 780	1 630
10	53 200	44 300	46 550	38 750	19 370	1 790
11	58 520	48 730	51 205	42 625	21 030	1 960
12	63 840	53 160	55 860	46 500	22 700	2 140

Dimensions (mm)	B	C	D	G
	F1	F2	F3	
	5 550	1 900	13 140	
	15 520	15 530	14 260	2 970

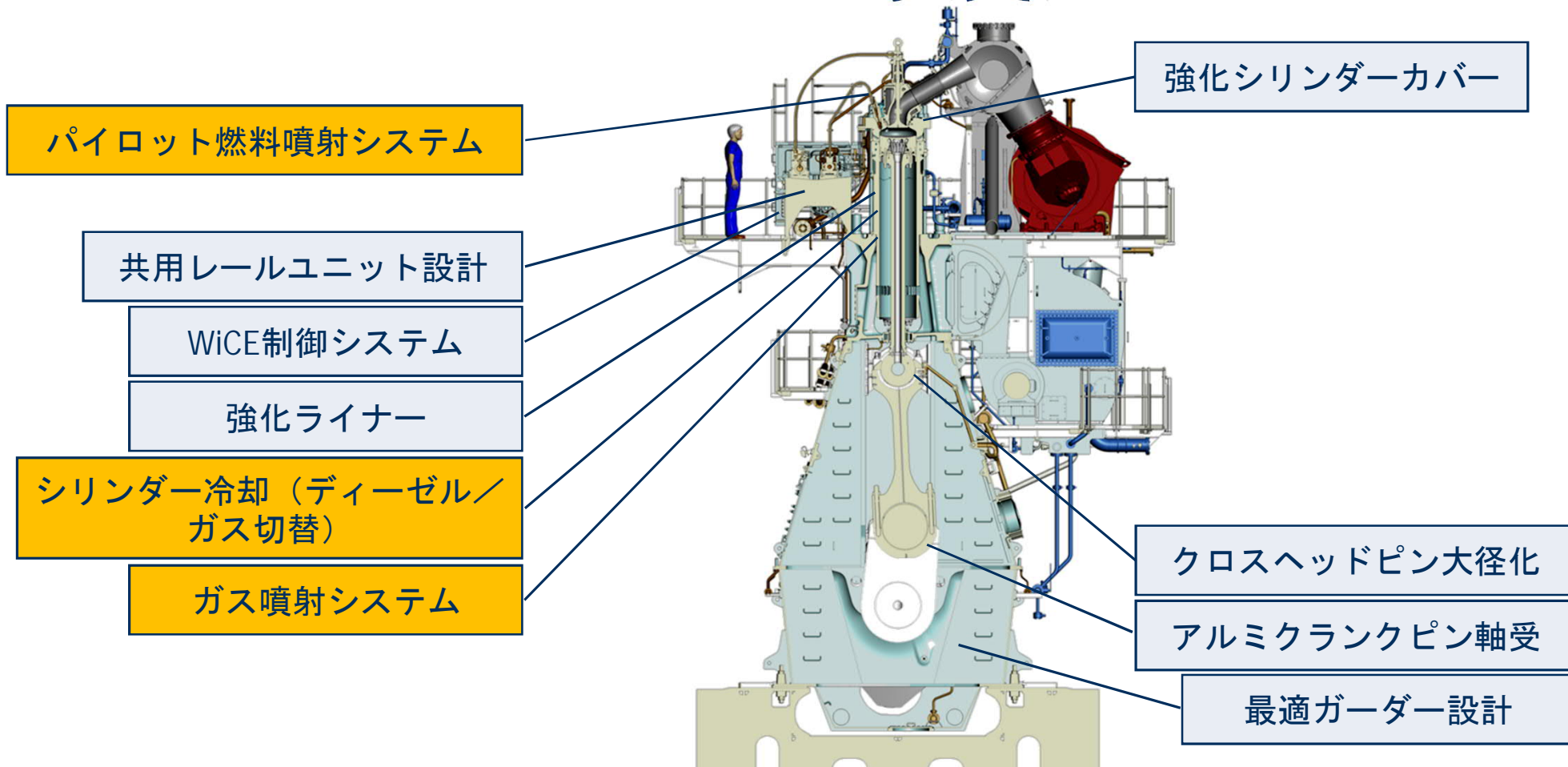
BRAKE SPECIFIC CONSUMPTIONS IN GAS MODE

Rating point		R1	R2	R3	R4
BSEC (energy)	kJ/kWh	7 089	6 846	7 192	6 944
BSGC (gas)	g/kWh	141.2	136.2	143.2	138.2
BSPC (pilot fuel)	g/kWh	0.7	0.8	0.7	0.8

BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION IN DIESEL MODE

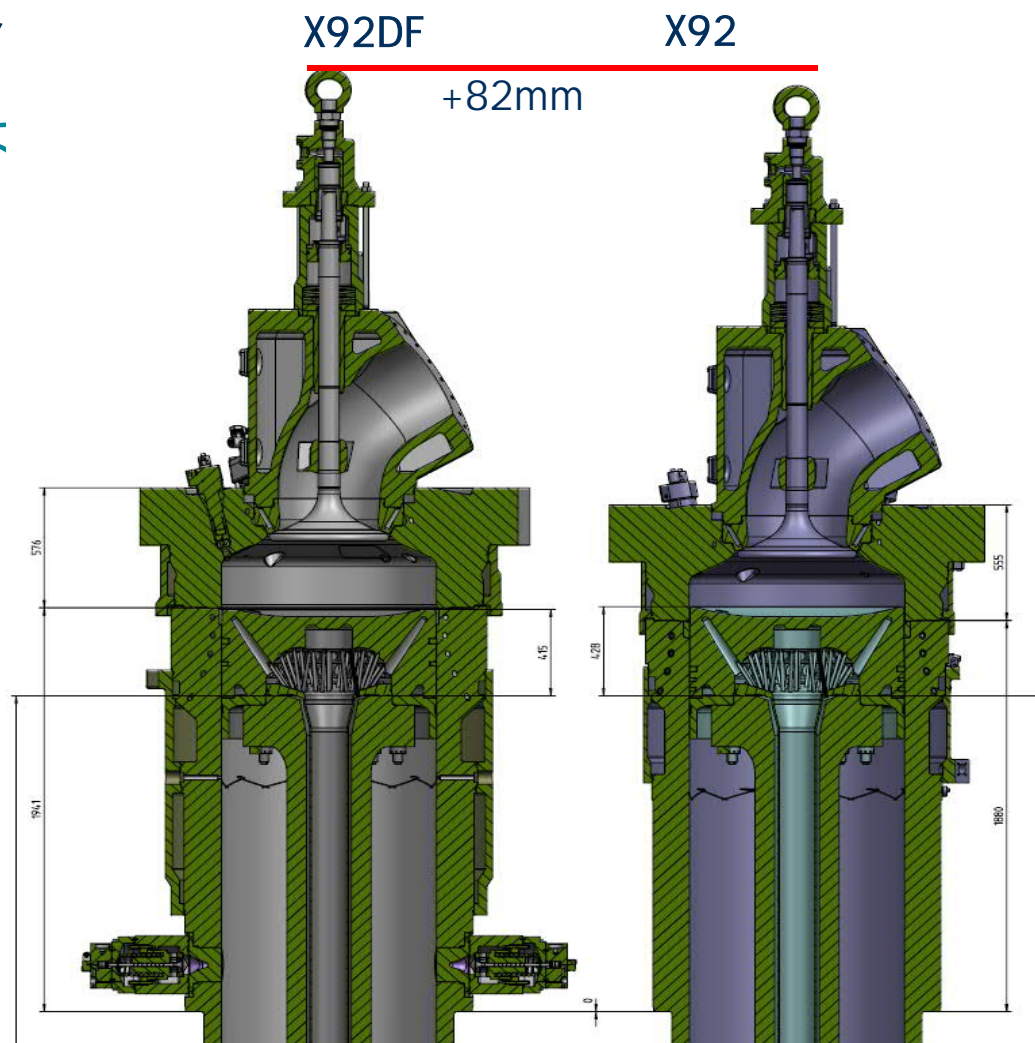
Rating point		R1	R2	R3	R4
BSFC (diesel)	g/kWh	181.1	179.1	181.1	179.1

X92からX92DFへのメジャー変更点



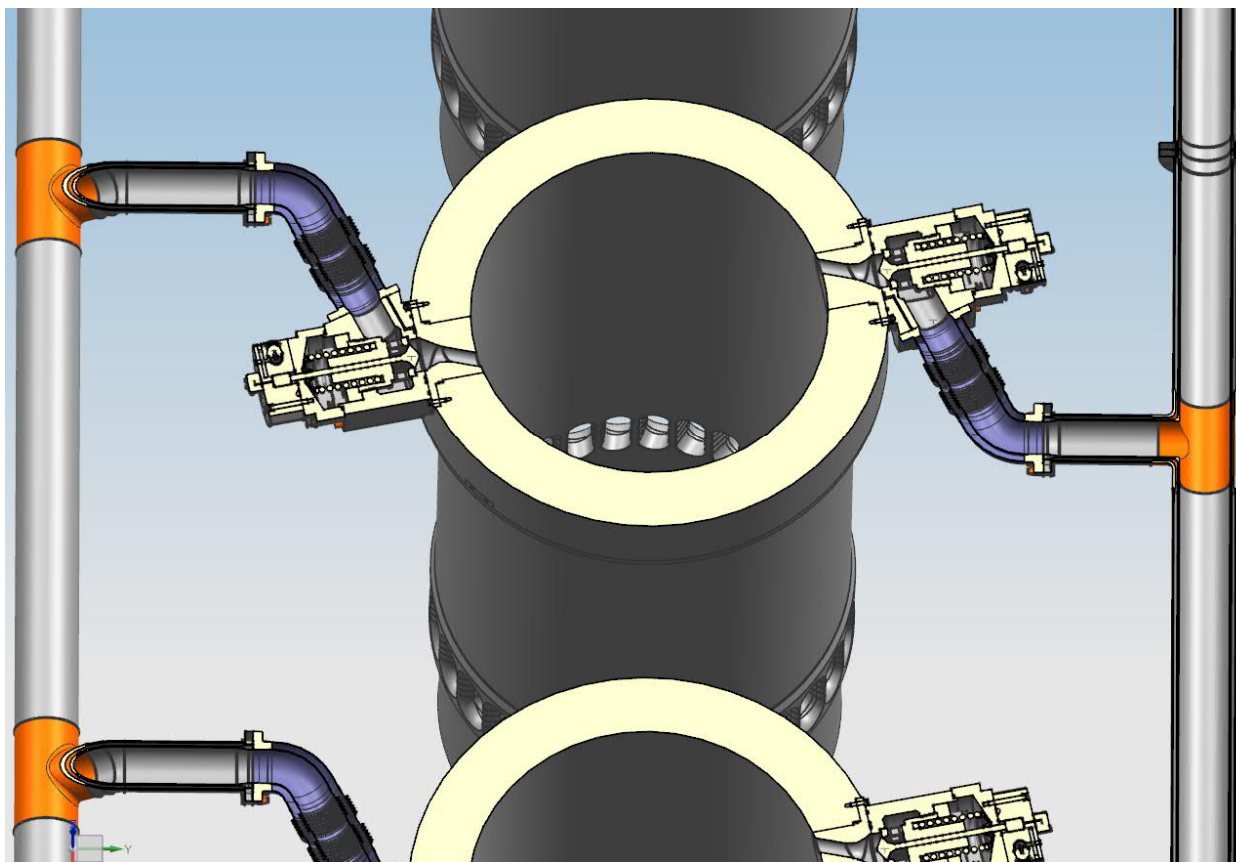
X92DF 設計的特長

シリンダーライナとカバー高さは
DF機関の圧縮比に合わせて上昇



X92DF 設計的特長

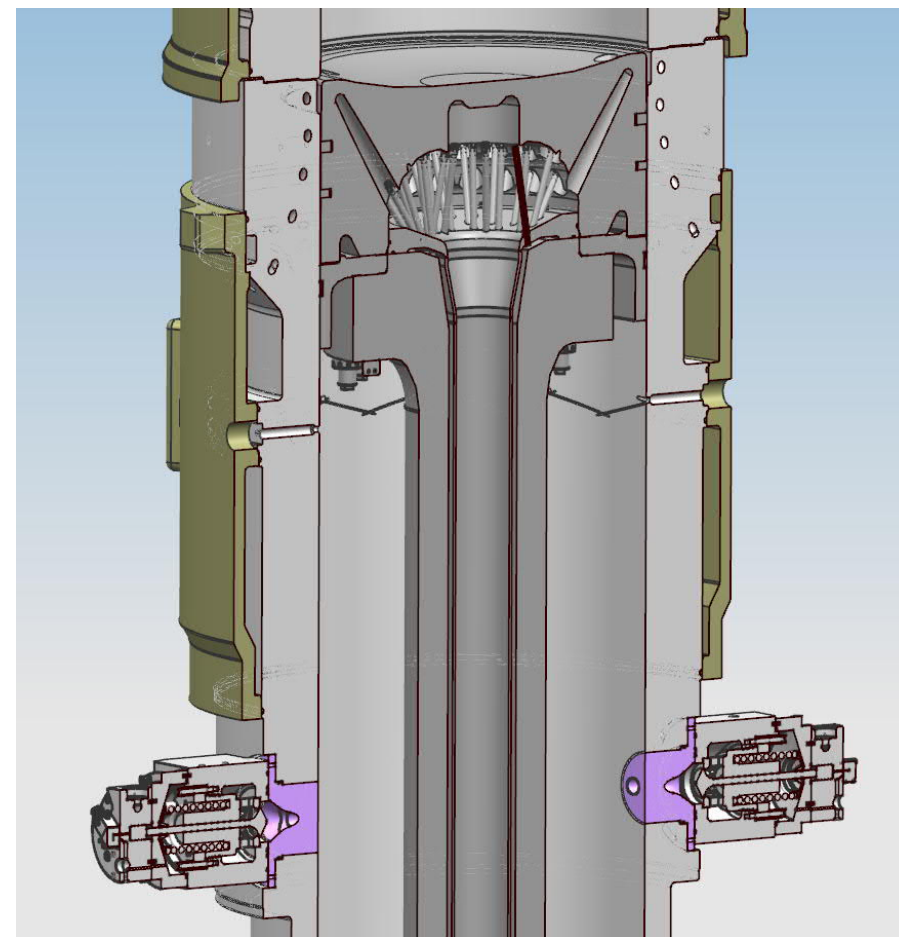
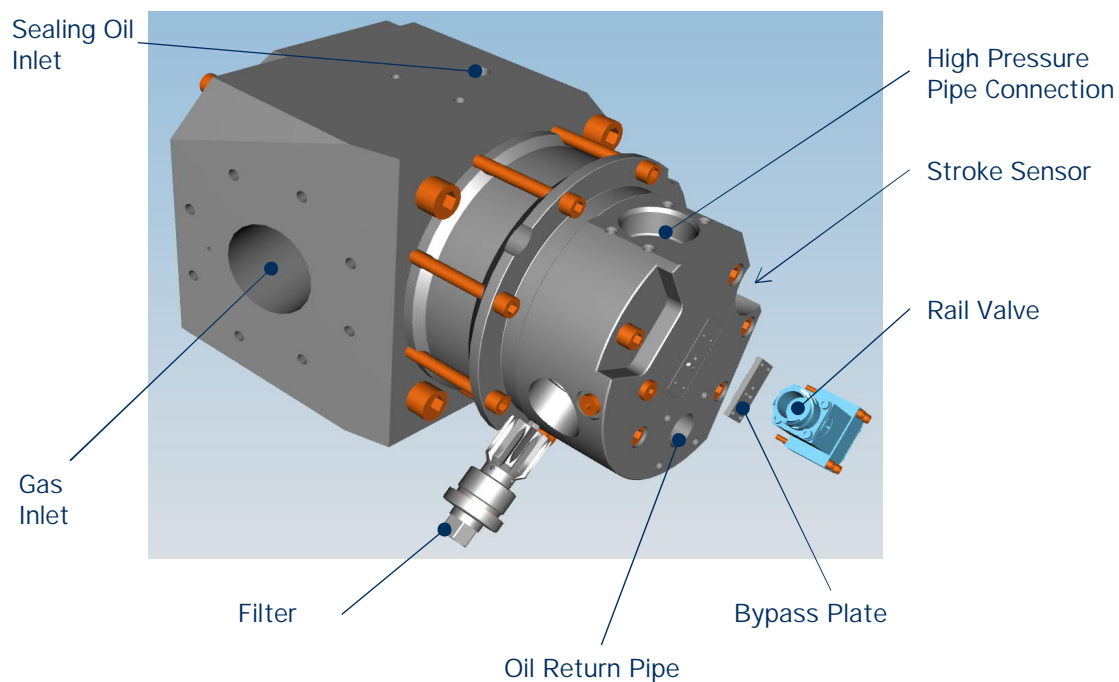
X62DF/X72DFで実績あるガスマニホールド



X92DF 設計的特長

Gas admission valves (GAV)

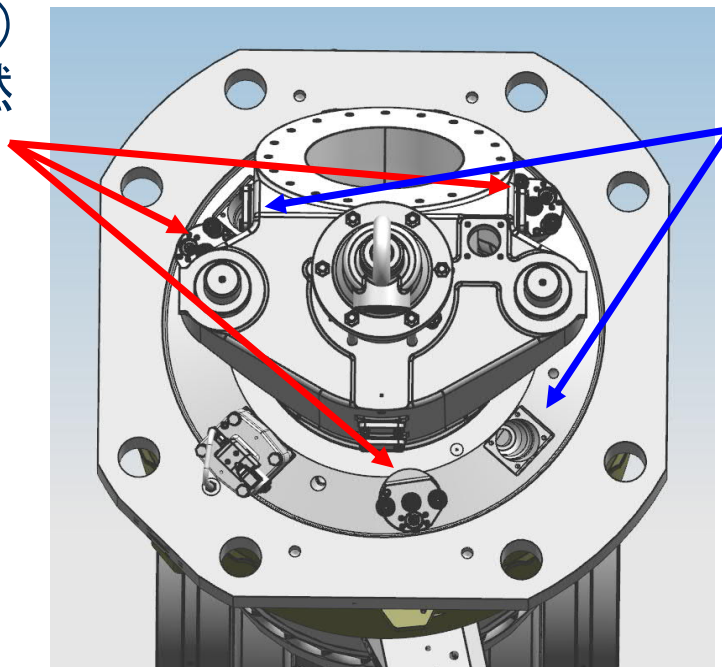
- ストローク中間にガス噴射弁を各シリンダー当り2つ
- ガス圧力は16bar以下



X92DF 設計的特長

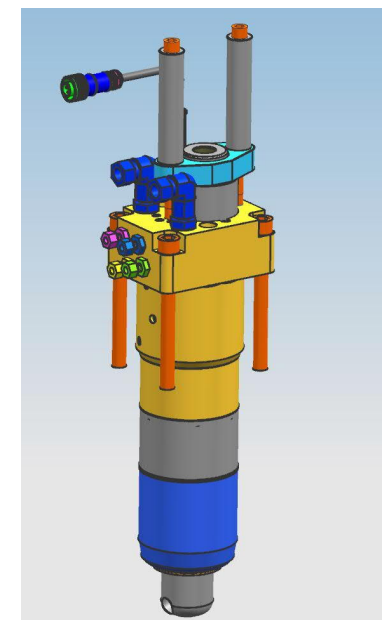
シリンダーカバーと燃料弁

3つの（旧来の）
ディーゼル主燃
料弁



2つの電子制御パ
イロット燃料弁

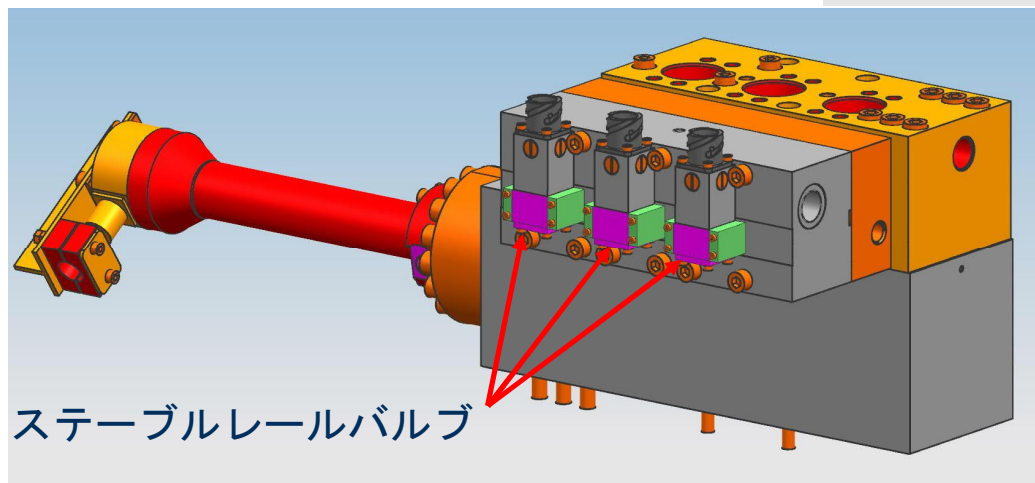
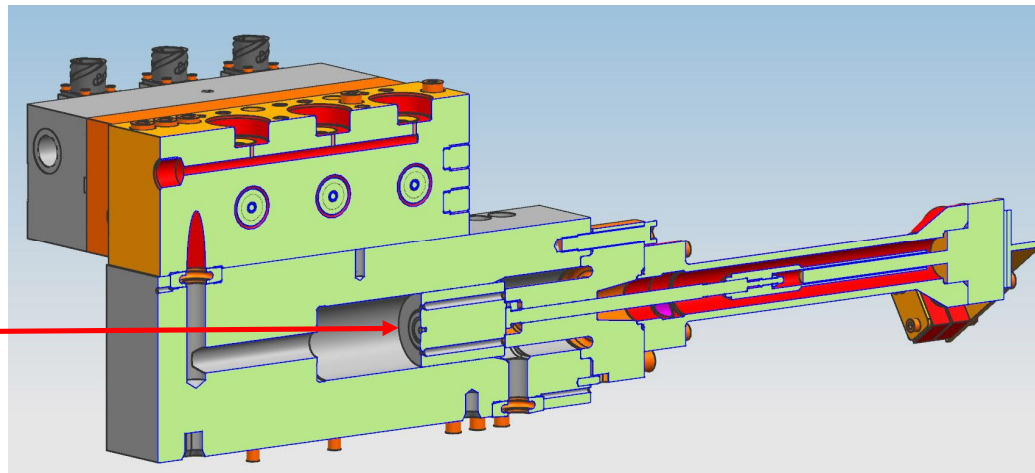
- パイロット燃料の予燃焼室はX62/X72DFより大きくなり、出力比でのパイロット燃料エネルギーをキープ
- 予燃焼室の冷却は、分解時における冷却水の主燃焼室（ライナー内）への漏れを防ぐため一体型に。



X92DF 設計的特長

Injection control unit (ICU)

ピストン寸法を機関
出力に合わせて調整

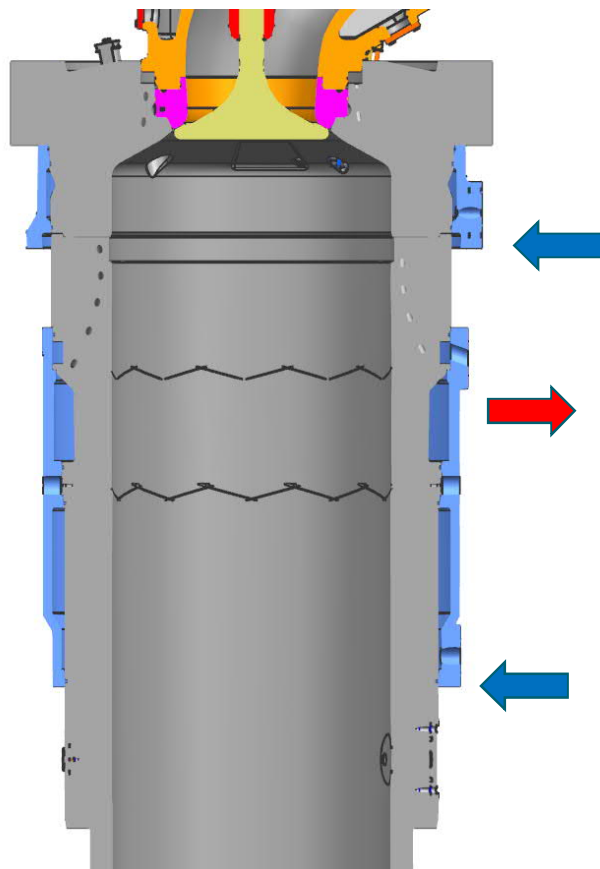


モノステーブルレールバルブ

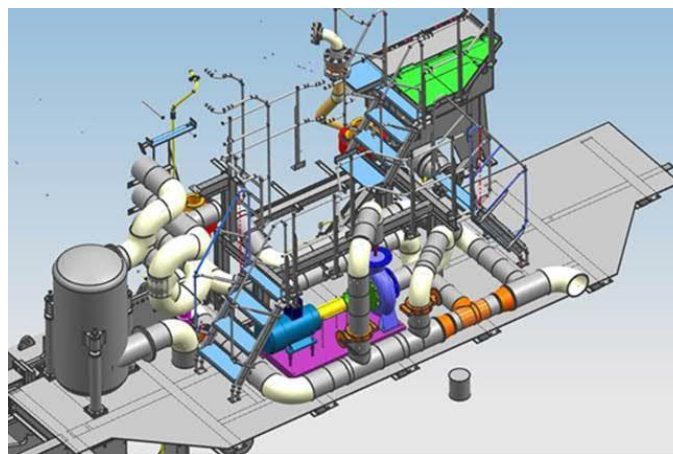
Note: Picture indicative, details might not represent the final design stage

X92DF 設計的特長

シリンダーライナ冷却



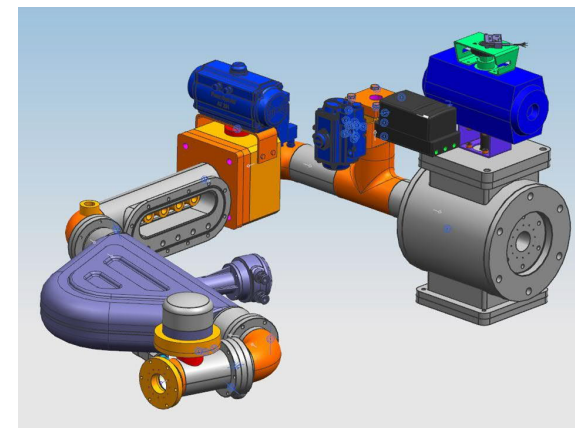
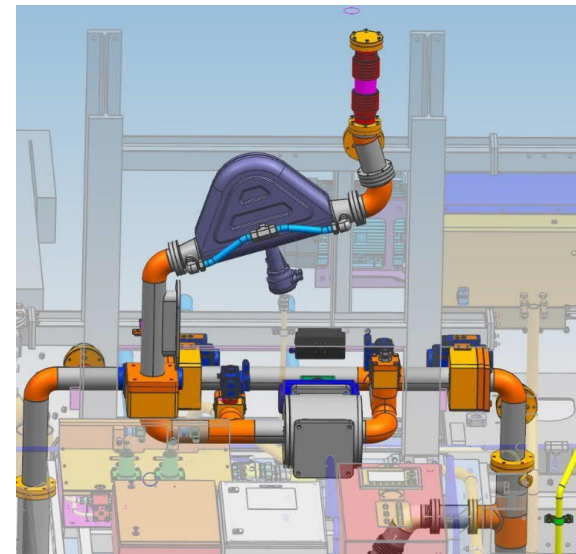
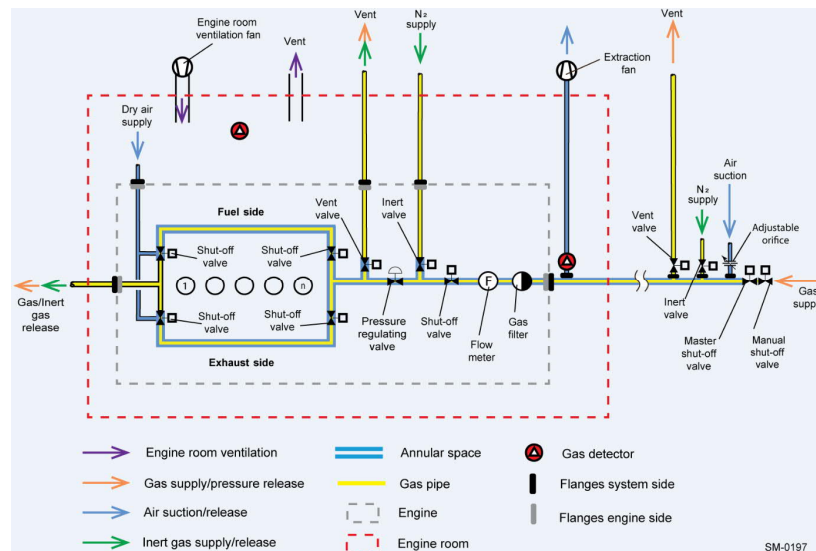
- 電子制御シリンダーライナ冷却システム
- 運転モードによって、コンポーネントにとって最適となるようシリンダー冷却システムを制御
 - ガスモード：安定的なガス燃焼のためにより冷却性能をあげる。
 - ディーゼルモード：低温腐食を防ぐだけの冷却を行う。



X92DF 設計的特長

ガス圧力調整 – with iGPR

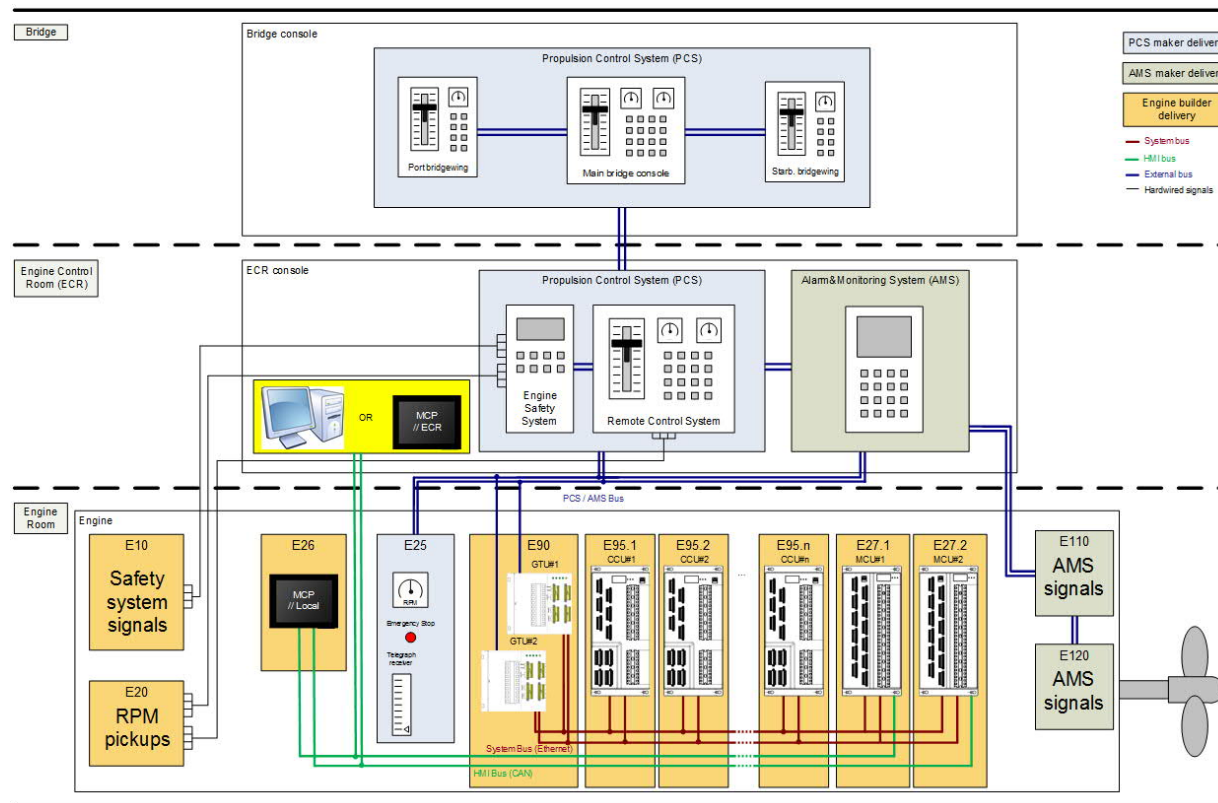
- 機関付けのIntegrated gas pressure regulation
- 新しい X-DF 機関では標準 (X52DF, X92DF)



X92DF 設計的特長

WiCE (WinGD integrated Control Electronics)

- コアの機能はUNICとWeCSで実績あるユニットを移植



X92DF – 結論

実績あるテクノロジーと新開発技術を結合

- 信頼性
 - RT-flex50DF/62DF/72DFで実績ある技術
- コスト最適化
 - 製造を考慮した設計
 - トータルコストを念頭に
- 他のX-DF機関と同じくガスモードでIMO TIER III 規制に適合



The 12X92DF on testbed

X-DF 2.0 – 前へ

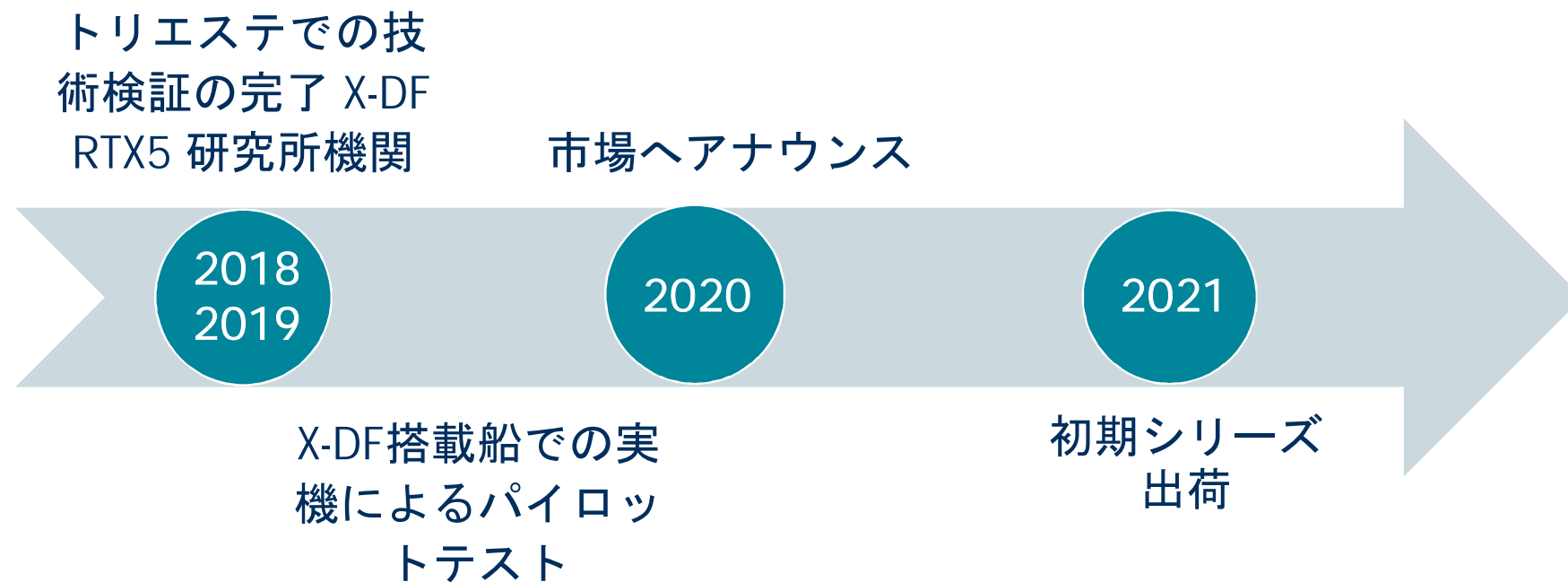
WIN GD

X-DF 2.0 – 機関性能の改善

- ガスモードでのガス消費量削減
- 3 g/kWh (2%に相当)
- ディーゼルモードでの液体燃料消費量削減
- 8 g/kWh (4 - 5%)
- CH₄ 排出 (メタンスリップ)
40-50%削減



X-DF 2.0 – 開発プログラム



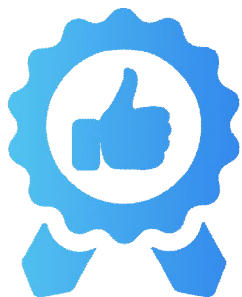
X-DF 2.0 – お客様へのメリット



運転コストの削減



メタンスリップとCO₂排出の削減



信頼と安全性において実績ある低圧デュアルフューエル機関技術



Thank you! Questions?

WINGD