

# ガスリフォーマーを用いた LPG焚きソリユーション

2019年11月7日（木）

ダイハツディーゼル株式会社

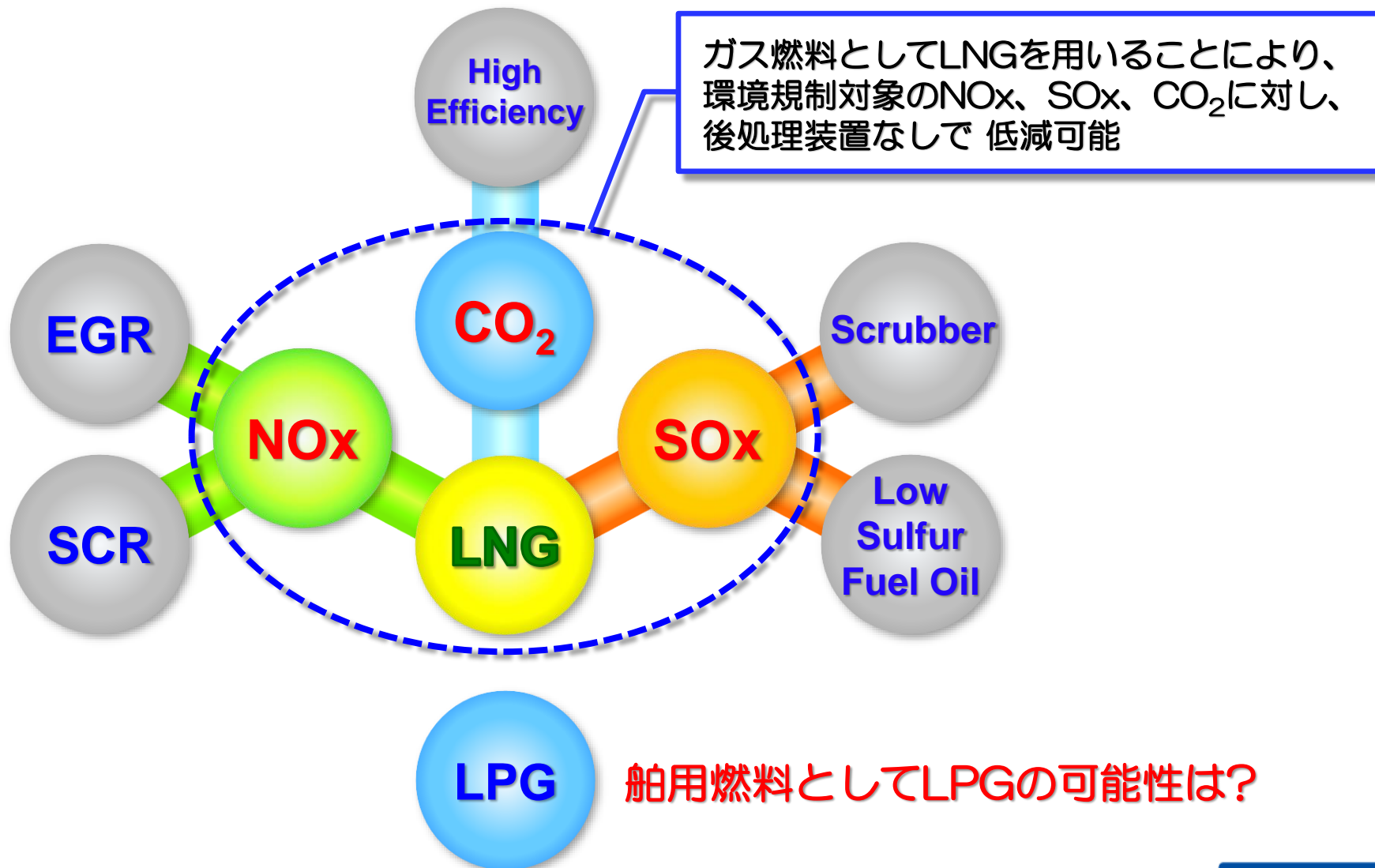
DAIHATSU DIESEL MFG. CO., LTD. **DAIHATSU**

1. 舶用燃料としてのLPGの可能性
2. LPG改質装置
3. LPG改質装置を使用した  
ガス燃料船システム構成例
4. まとめ

1. 船用燃料としてのLPGの可能性
2. LPG改質装置
3. LPG改質装置を使用した  
ガス燃料船システム構成例
4. まとめ

# 1. 船用燃料としてのLPGの可能性

## 船用機関の環境対応技術



# 1. 船用燃料としてのLPGの可能性

## LNG と LPG の特徴

項目		単位	LNG (メタン)	LPG (プロパン)
状態	常温/常圧	—	気体	気体
	常温/高圧 (1.8 MPa)	—	気体	液体
	低温 (約-42 °C) /常圧	—	気体	液体
	極低温 (約-160 °C)	—	液体	液体
低位発熱量	液体	MJ/kg	50.0	46.4
	気体	MJ/m <sup>3</sup> <sub>(N)</sub>	35.9	93.2
密度	液体	kg/m <sup>3</sup>	426 (@沸点)	585 (@沸点)
	気体	kg/m <sup>3</sup> <sub>(N)</sub>	0.72	2.01
気化時の体積		—	約600倍	約300倍
メタン価 (MN)		—	100	35
沸点		°C	-161.5	-42.1

# 1. 船用燃料としてのLPGの可能性

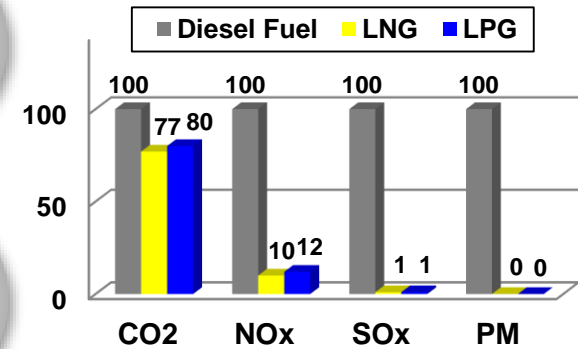
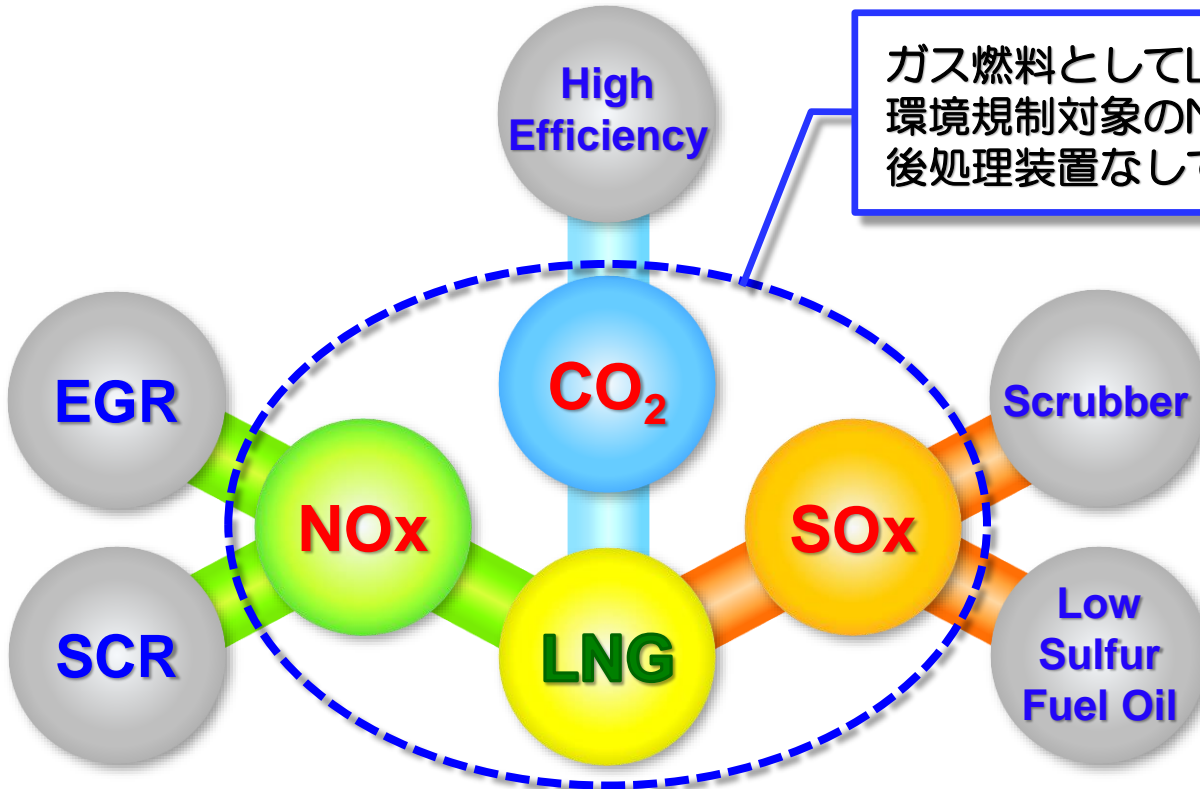
## 船用燃料としてのLNGとLPGの比較

	LNG	LPG
燃料の品質	地域で異なる	世界中で均質
燃料供給拠点	限定的	既存の燃料供給設備が利用可
長期保存	適さない (Boil off Gas の発生・処理)	適している
取り扱い	注意が必要 (極低温)	比較的容易
初期導入コスト	初期導入コスト：大	初期導入コスト：中
密度 (気体)	0.72 (空気より軽い)	2.01 (空気より重い)
メタン価 (MN)	100	35

# 1. 船用燃料としてのLPGの可能性

## 船用機関の環境対応技術

ガス燃料としてLNGを用いることにより、環境規制対象のNOx、SOx、CO<sub>2</sub>に対し、後処理装置なしで低減可能



- 改質装置
- 直焚き

改質装置

LPG

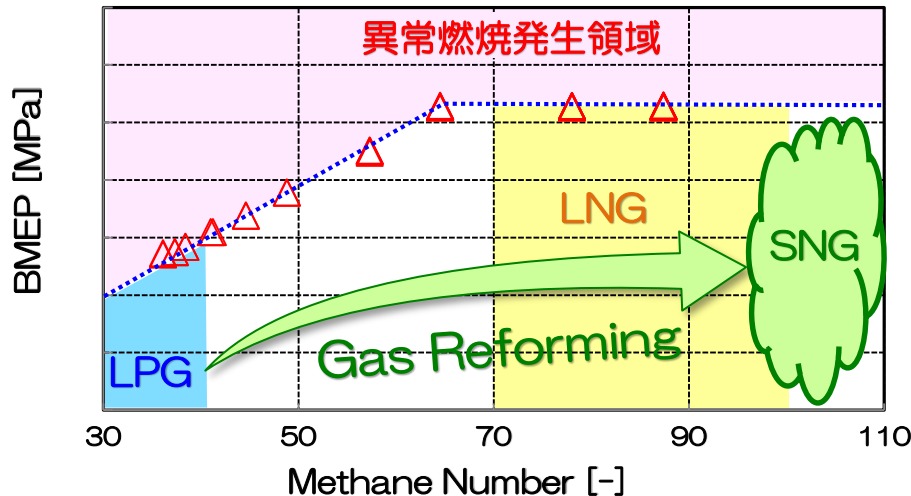
### LPG改質装置とは…

- LPGをLNG相当のガスに改質し、LNGと同等の運転性能を得るための装置
- 改質ガスの環境対応性能はLNGと同等

# 1. 舶用燃料としてのLPGの可能性

## LPG を舶用燃料として使用するための方策

方策	燃焼方式	運転性能・その他
<b>直焚き</b> LPGをそのまま燃料として使用	Gas Injection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機関出力の制限なし</li> <li>• Tier 3対応には後処理などが必要</li> </ul>
	予混合希薄燃焼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機関出力が制限される</li> <li>※ LPGのメタン価がLNGよりも低いため、異常燃焼（ノッキング）が発生しやすい</li> </ul>
<b>改質装置</b> LPGをLNG相当に改質して使用	予混合希薄燃焼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機関出力の制限なし（改質ガスのメタン価は65以上）</li> <li>• LPG改質によりSNGを容易に製造可能</li> </ul>



※ **SNG** : Synthetic Natural Gas (合成天然ガス)

※ メタン価 (MN) は耐ノック性の指標でメタン価が高いほど耐ノック性が高い

※ 国内の Dual Fuel 機関は都市ガス13A (メタン価 : 65) に対応可能



1. 舶用燃料としてのLPGの可能性

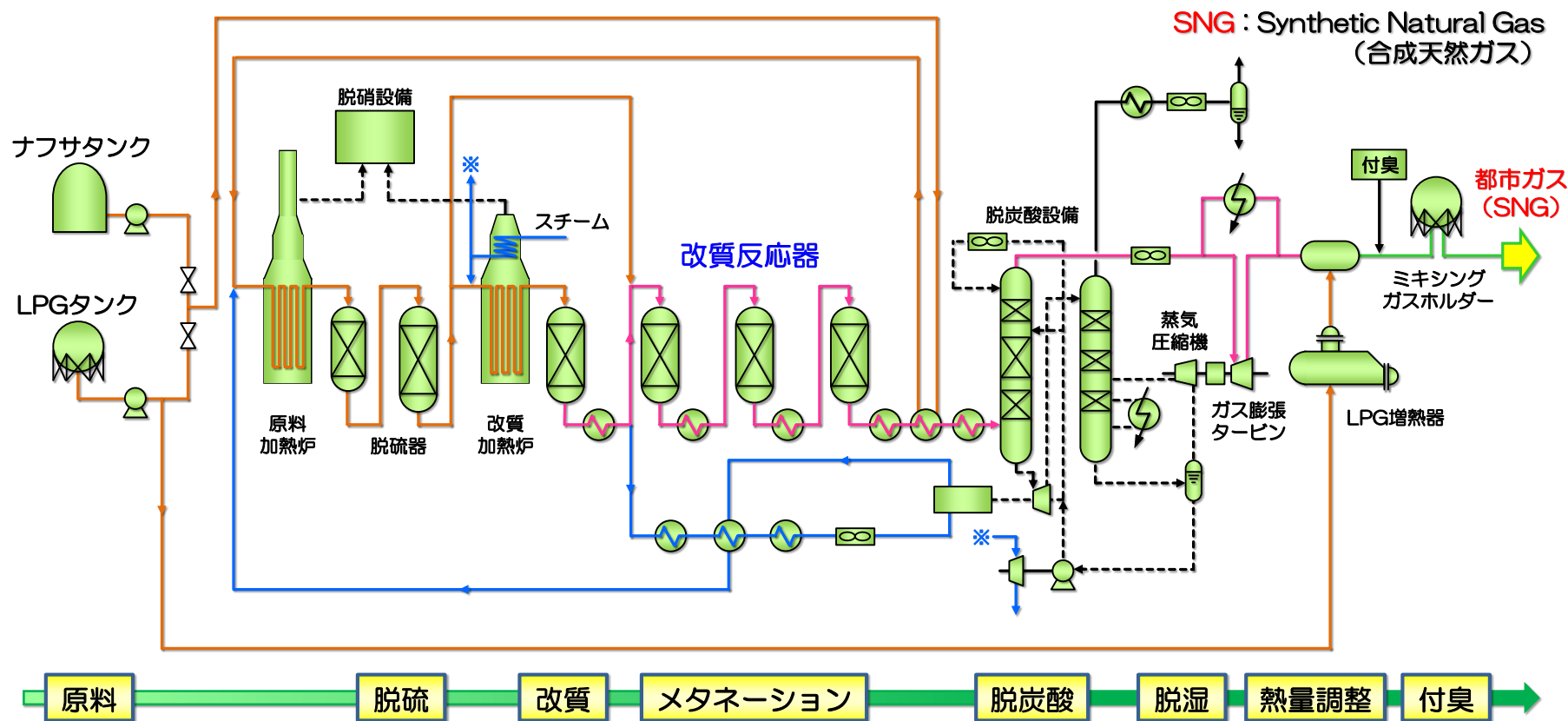
**2. LPG改質装置**

3. LPG改質装置を使用した  
ガス燃料船システム構成例

4. まとめ

## 2. LPG 改質装置

### 一般的な改質装置の機器構成（陸上プラント）



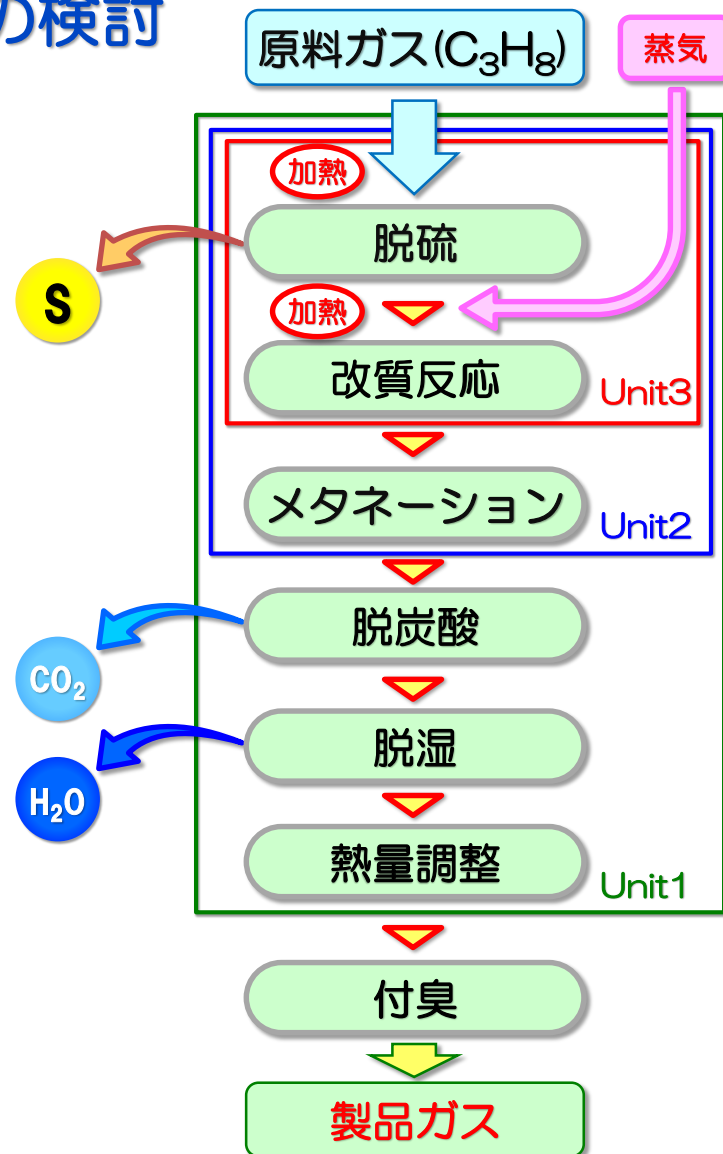
- LPGを高純度のメタンに改質する技術は1970年代には既に確立
- LNG導入初期に供給安定性、LNG設備トラブルリスク対応などを目的に使用
- 船舶搭載にあたっての課題と解決策を検討

## 2. LPG 改質装置

### LPG 改質装置の設計コンセプトの検討

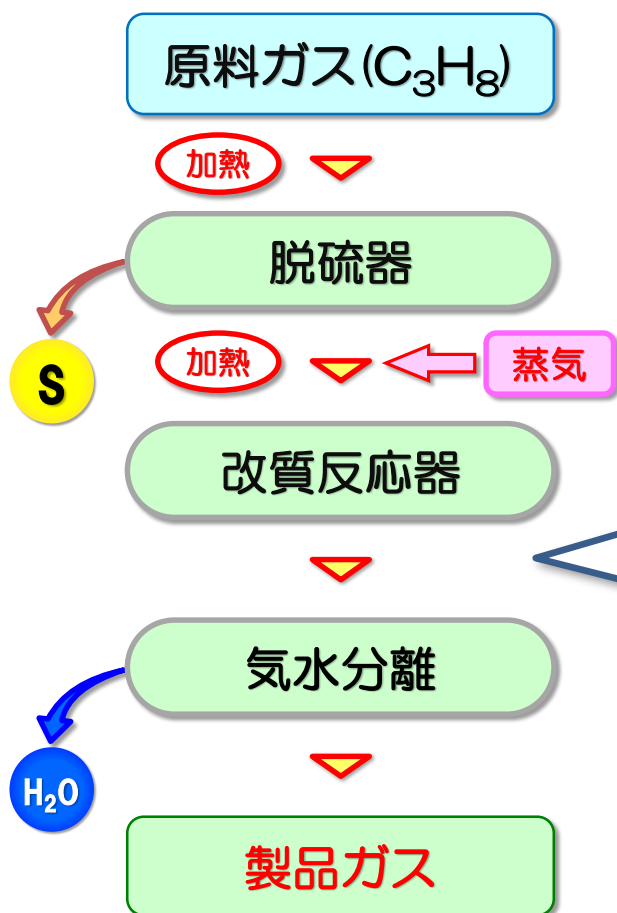
1. 改質装置構成機器の簡素化
2. 改質ガスの発熱量
3. 耐ノック性（メタン価）
4. ガス燃料機関への適合性

機器構成		原料ガス (プロパン)	Unit 1	Unit 2	Unit 3
ガス組成	プロパン (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	100 %	7 %	0 %	0 %
	メタン (CH <sub>4</sub> )	0 %	92 %	77 %	68 %
	二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	0 %	0 %	22 %	20 %
	その他	0 %	1 %	1 %	12 %
メタン価 (MN)		34	75	120	108
低位発熱量 [MJ/m <sup>3</sup> <sub>(N)</sub> ]		93.2	40	28	27



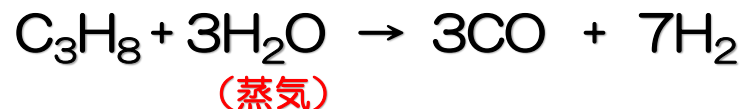
## 2. LPG 改質装置

### LPG 改質装置の原理

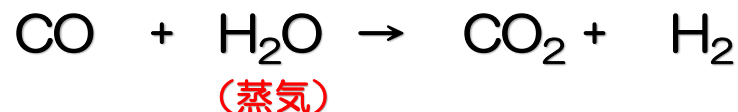


#### 改質反応器での主な反応

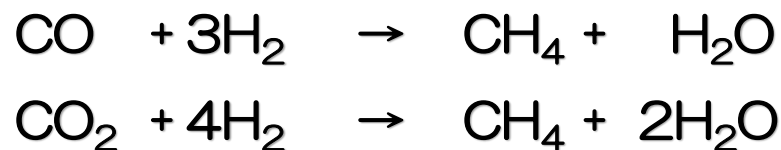
- 水蒸気改質反応



- CO変成反応



- メタン化反応



## 2. LPG 改質装置

### ユーティリティ

改質装置：4,000[kW]

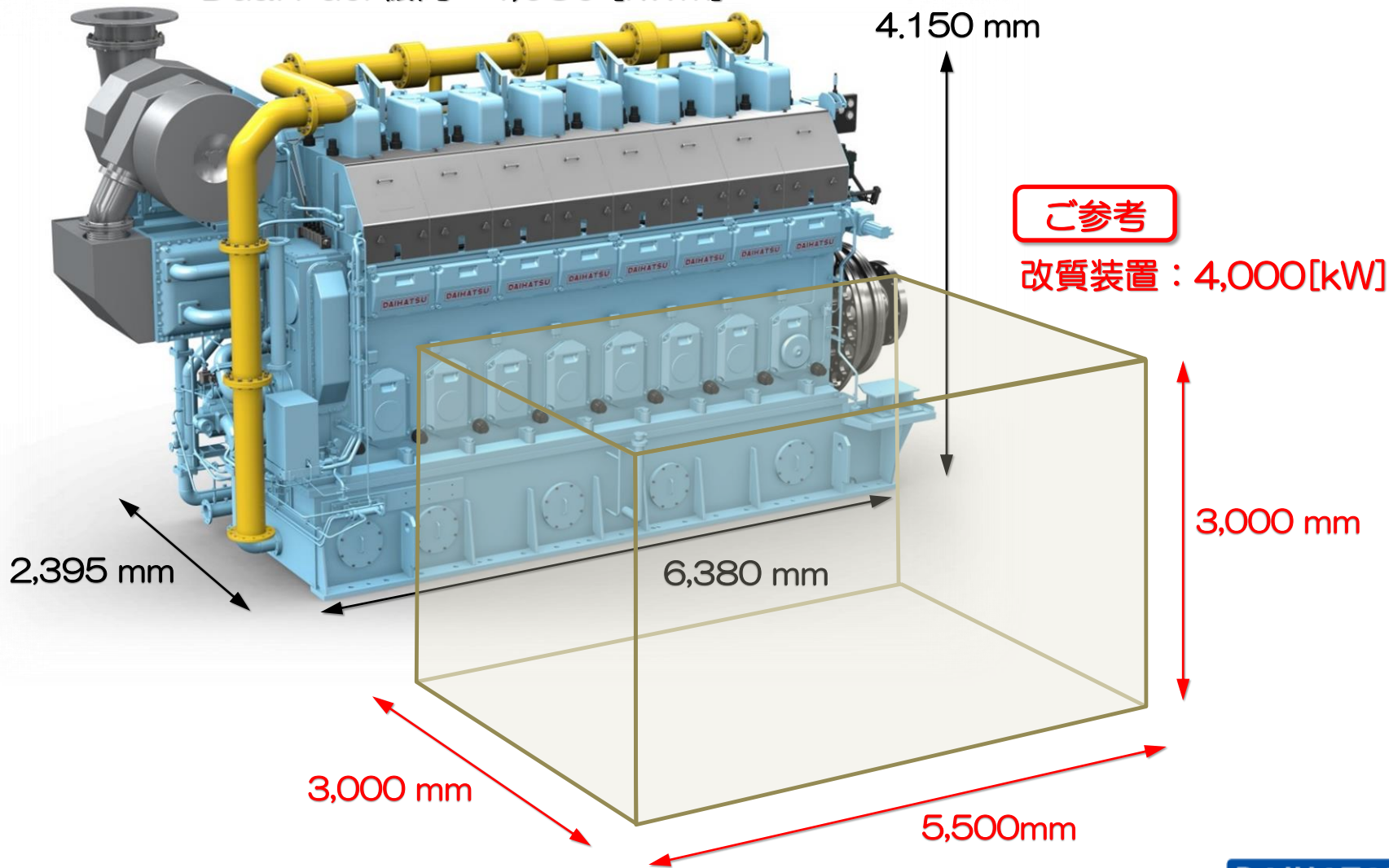
	流量		圧力		温度	その他
			供給圧力	吐出圧力		
原料LPG (プロパン)	425	Nm <sup>3</sup> /h	800 [kPa(G)]	-	60℃	凝縮温度以上
製品ガス	1.440	Nm <sup>3</sup> /h	-	600 [kPa(G)]	45℃	
スチーム	1,017	Nm <sup>3</sup> /h	900 [kPa(G)]	-	-	飽和温度 (脱湿処理のドレン水で 約40%回収可能)
	817	kg/h				

※パーシガス（窒素95%、水素5%の混合ガス、950[kPa(G)]）；1回あたり約48[Nm<sup>3</sup>]使用

## 2. LPG 改質装置

### LPG 改質装置のサイズ

Dual Fuel 機関 : 4,080 [kWm]



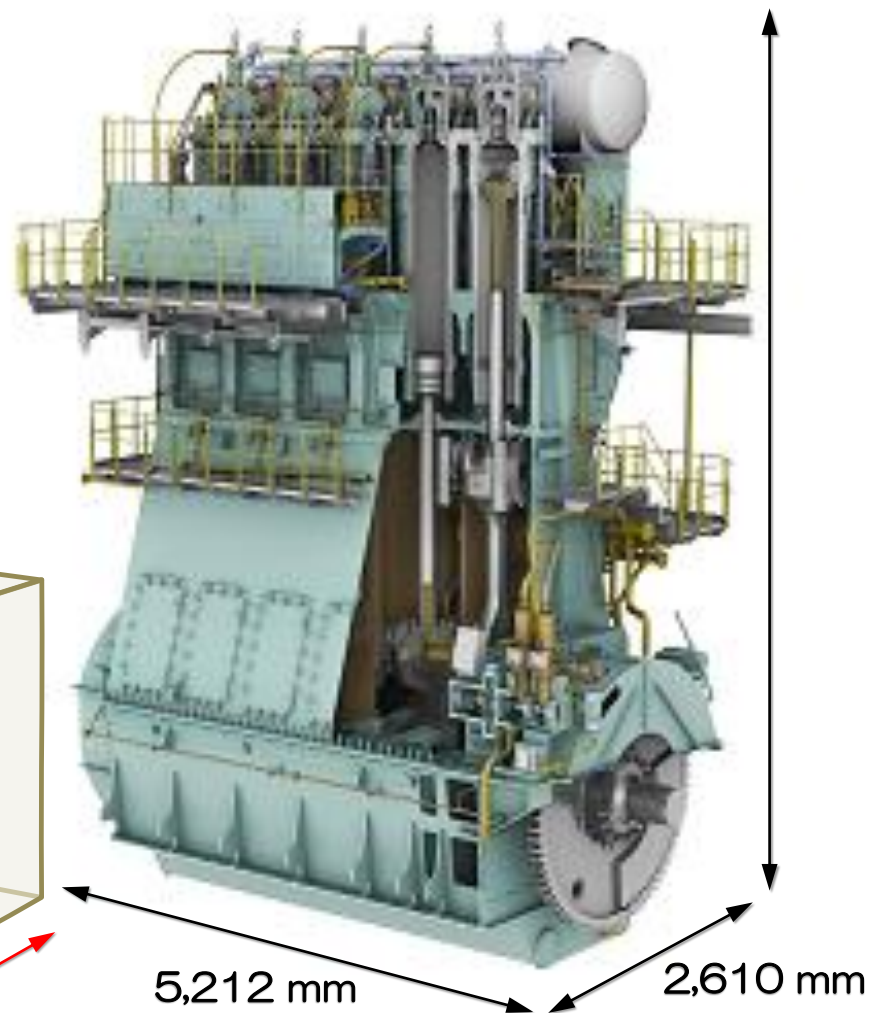
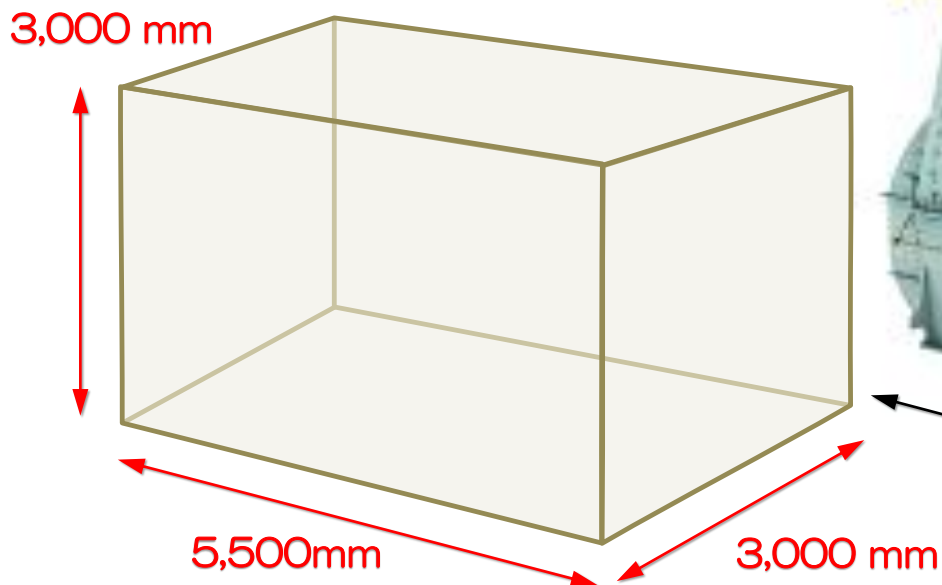
# 2. LPG 改質装置

## LPG 改質装置のサイズ

ご参考

改質装置：4,000[kW]

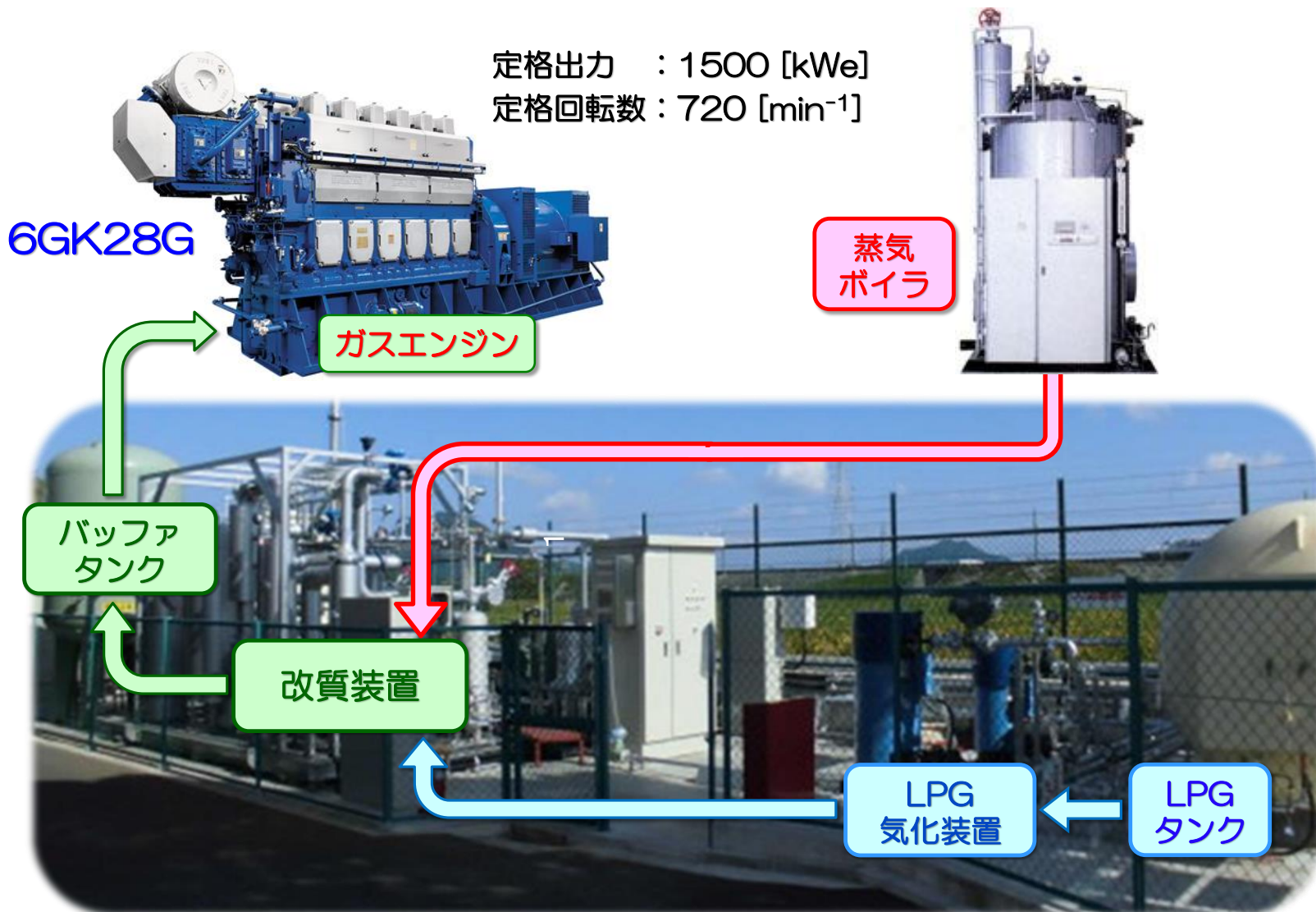
Dual Fuel 機関  
6X40DF 4,000 [kWm] 7,974 mm





## 2. LPG 改質装置

### LPG 改質装置の実証試験装置





## 2. LPG 改質装置

### 設計基本承認 (AiP : Approval in Principle)



2019年9月

改質装置の

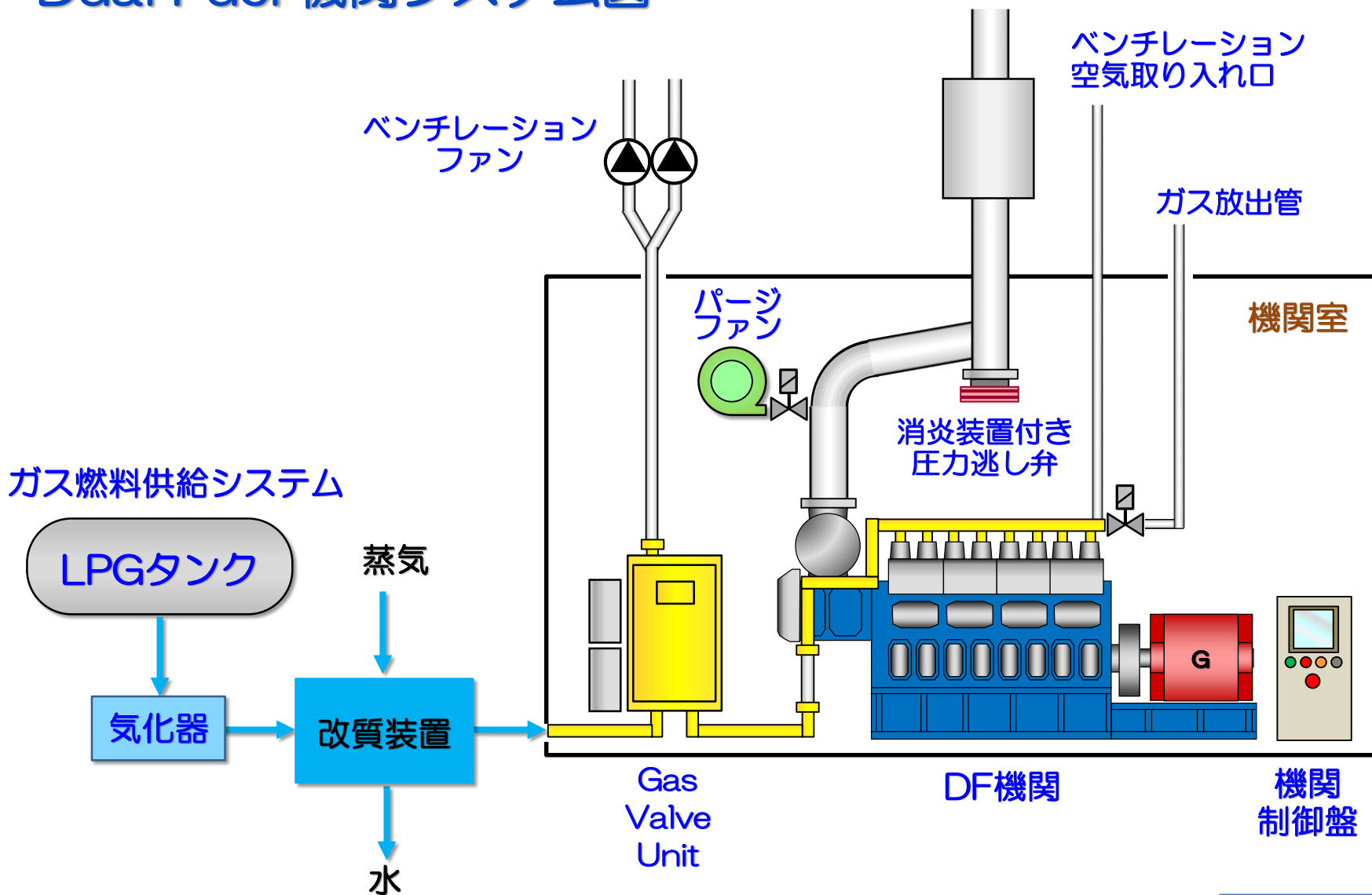
設計基本承認を取得

(日本海事協会殿)

1. 舶用燃料としてのLPGの可能性
2. LPG改質装置
- 3. LPG改質装置を使用した  
ガス燃料船システム構成例**
4. まとめ

# 3. Dual Fuel 機関システム

## Dual Fuel 機関システム図



# 3. Dual Fuel 機関システム

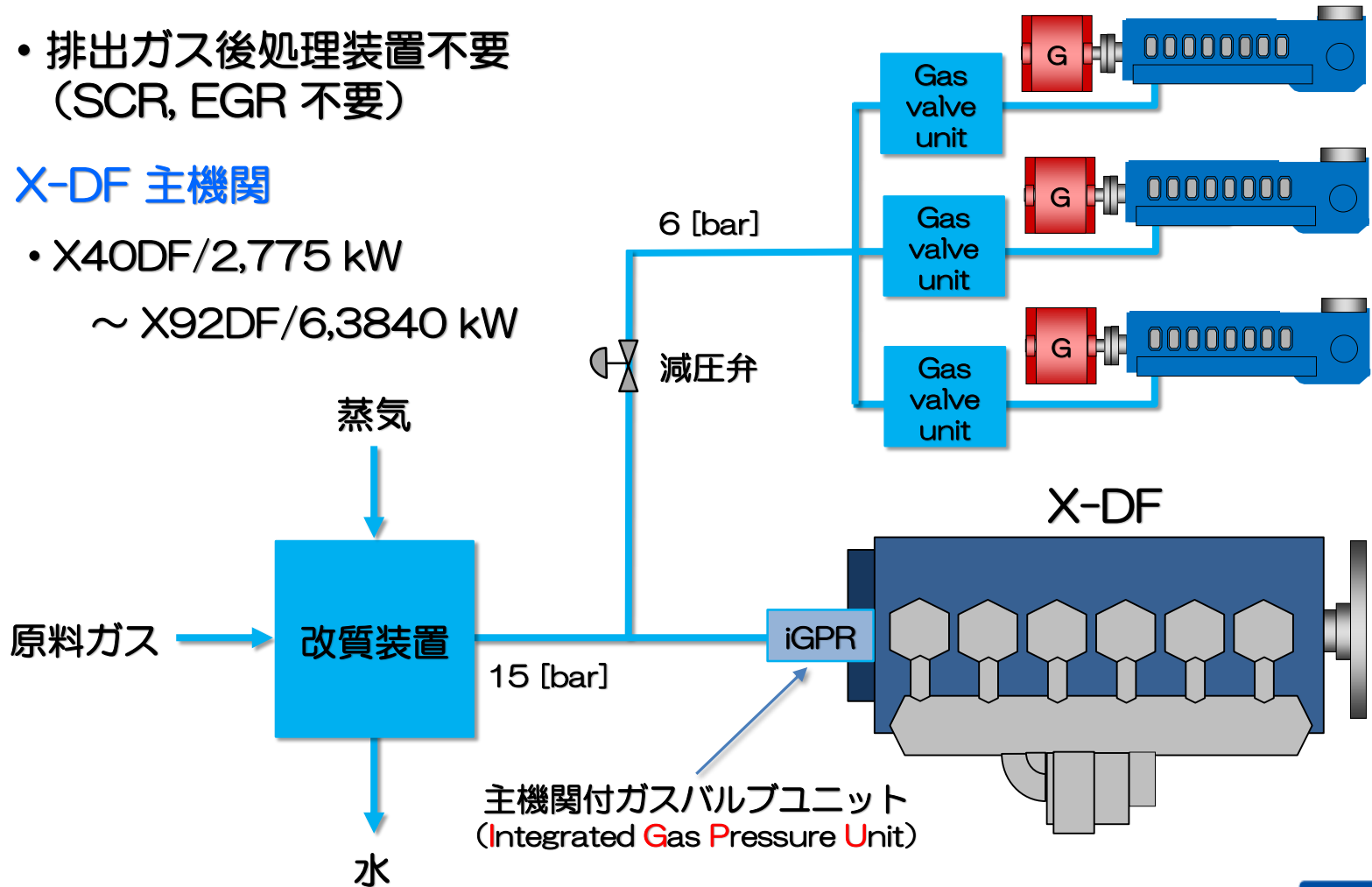
## Dual Fuel 機関システム図 (X-DF + 改質装置)

### シンプルな機関室配置

- 排出ガス後処理装置不要 (SCR, EGR 不要)

### X-DF 主機関

- X40DF/2,775 kW  
~ X92DF/6,3840 kW



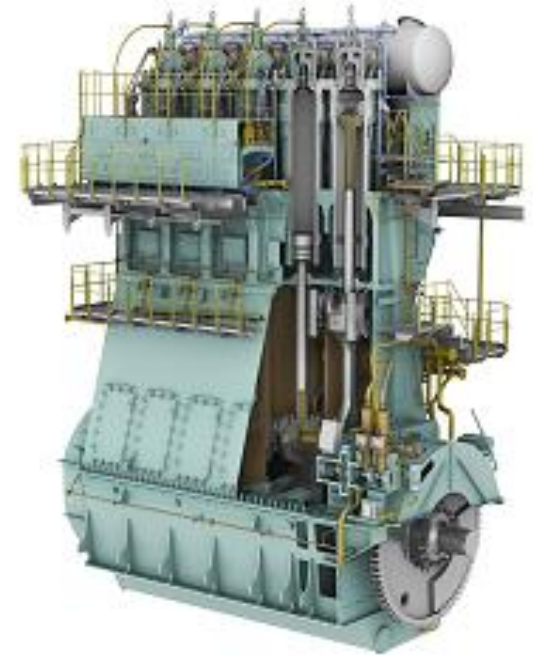
# 3. Dual Fuel 機関システム

## X-DF + 改質装置の優位性

(1) 実績のある信頼性の高いシステム

(2) シンプルなエンジンルーム配置

- 排出ガス後処理装置が不要
  - CAPEXの低減、エンジンルーム・スペースの軽減
- 改質装置の生成ガスを主機関（X-DF）、発電機関（DF発電機）に使用
  - シンプルな配管、環境対策
- パイロット燃料（MGO）消費量が少ない
  - 2元燃料（LPG+MGO）の検討
  - 適合油のヒーター、清浄機等が不要
  - CAPEXの低減、エンジンルーム・スペースの軽減、取り扱いが容易
- BoGを発電機関（DF発電機）の燃料として使用
- 低圧配管（主機関：15 [bar], 発電機関：6 [bar]）
  - 新造及び定期入渠時の工事が容易
- 改質装置の生成ガスは空気より軽い
  - 安全性の向上、追加安全設備不要（CAPEXの低減）



1. 舶用燃料としてのLPGの可能性
2. LPG改質装置
3. LPG改質装置を使用した  
ガス燃料船システム構成例
4. まとめ

## 4. まとめ

- 船舶への搭載を考慮したLPG改質装置の小型化を行い、改質ガスがLNGと同等の機関性能であることを確認しました。
- LPG改質装置を使用することで、ガスモードで排出ガス後処理装置を使用することなくNO<sub>x</sub>のIMO Tier 3を達成することが可能です。
- LPG改質装置を使用することで、主機関、発電機関のシステムをシンプルかつ省スペースで実現可能になります。



私たちは、たくましい創造性と優れた技術を磨き上げ

社会を豊かにする価値を提供し、

人々との共生を願い限りなく前進します。

# POWER!

推進力を、すべての人に。

# FOR ALL

## ご静聴ありがとうございました