

A large black LNG carrier ship with white spherical tanks is sailing on a blue ocean under a clear sky. The ship has 'LNG' written on its side.

技術は地球を守るために。  
DAIHATSU DIESEL

DAIHATSU DAIHATSU DIESEL

# 船用デュアル燃料エンジンの開発 (共同研究事業)

2014年3月

ダイハツディーゼル(株)



# 研究計画







## 1. 研究目標

- NOx: Tier IIIクリア(ディーゼルモードではTier II)
- ディーゼルモード⇔ガスマードの任意切替え
- 過渡応答性対応
- 信頼性確保

# 研究計画

## 研究計画及び実績について

 : 計画  
 : 実績

実施項目	2012年(暦年)			2013年(暦年)				2014
	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4
基本コンセプトの検討								
レイアウト設計								
詳細設計								
部品調達、エンジン組立								
調整・性能試験								
評価								

# 研究内容

## 主要目表(ガスマード)

多数の出荷実績を誇る  
DK-28型機関からの改造  
(信頼性、耐久性保持)

ボアxストローク	[mm]	φ 280 x 390
シリンダ数	[-]	6
着火順序	[-]	1-2-4-6-5-3
回転数	[min <sup>-1</sup> ]	720/750
定格出力	[kW]	1,730
正味平均有効圧力	[MPa]	2.0 at 720min <sup>-1</sup>
最高爆発圧力	[MPa]	17.7
NO <sub>x</sub> 排出率	[-]	≤ Tier III
主燃料(試験時)	[-]	都市ガス13A
着火燃料	[-]	MDO(全発熱量の1~2%)

# 研究内容

## 主要目表(ディーゼルモード)

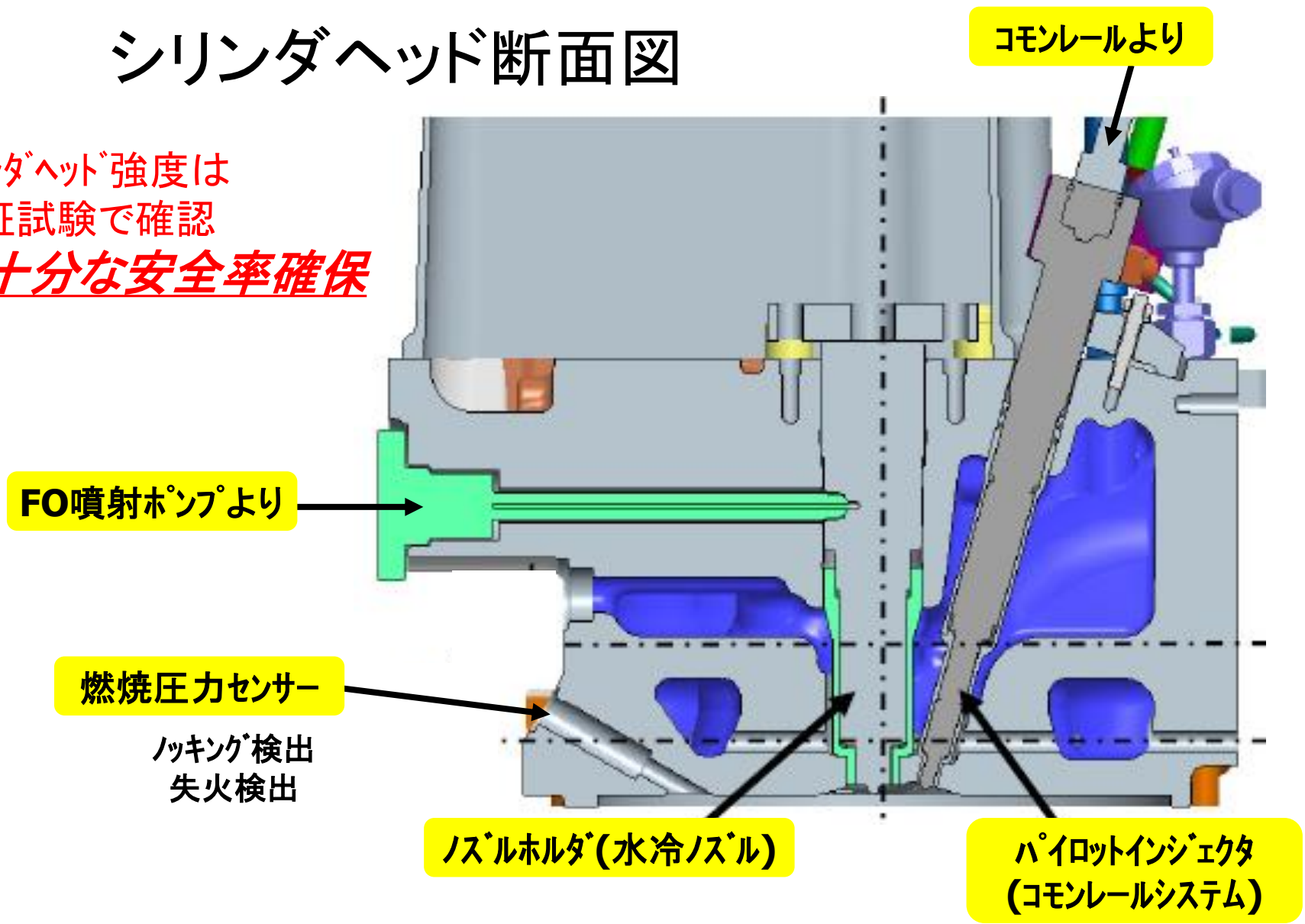
多数の出荷実績を誇る  
DK-28型機関からの改造  
(信頼性、耐久性保持)

ボア×ストローク	[mm]	φ 280 x 390
シリンダ数	[-]	6
着火順序	[-]	1-2-4-6-5-3
回転数	[min <sup>-1</sup> ]	720/750
定格出力	[kW]	1,730
正味平均有効圧力	[MPa]	2.0 at 720min <sup>-1</sup>
最高爆発圧力	[MPa]	17.7
NO <sub>x</sub>	[-]	≤ Tier II
燃料	[-]	MDO、HFO

# 研究内容

## シリンダヘッド断面図

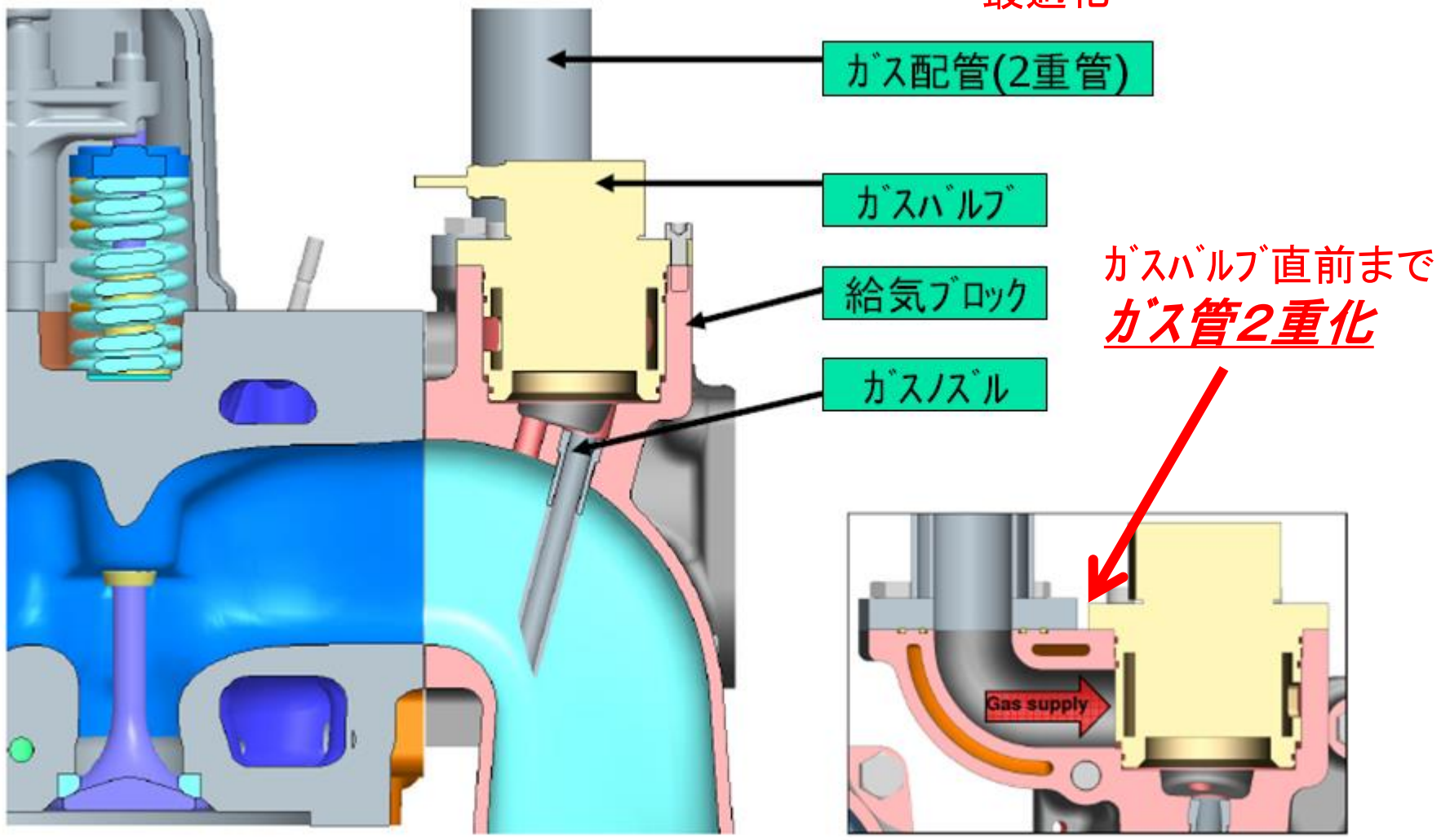
シリンダヘッド強度は  
実証試験で確認  
→ 十分な安全率確保



# 研究内容

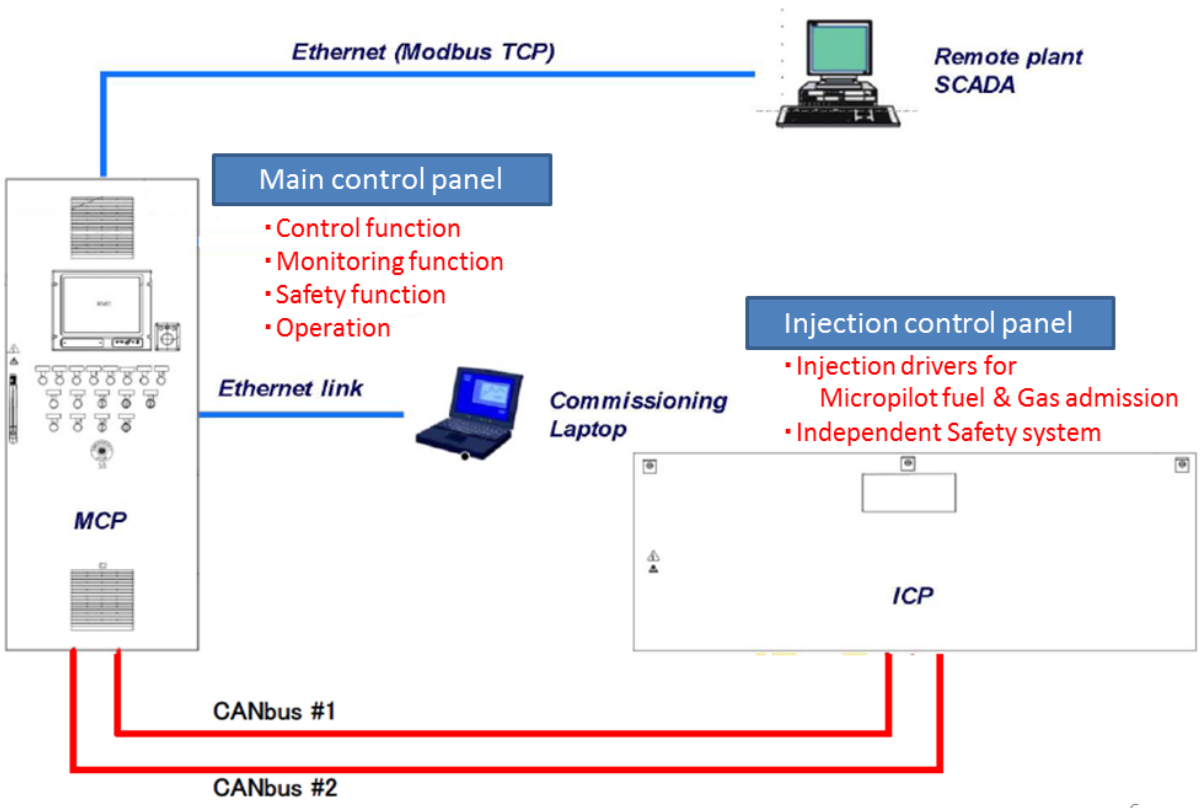
## ガス系統

ガスバルブ取付形状は  
CFDシミュレーションで  
最適化



# 研究内容

## エンジン制御



### 主要な機能

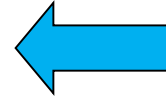
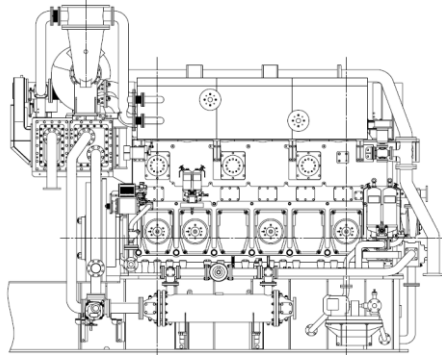
- 始動・停止
- 下記による速度 / 負荷制御:
  - ▶ ディーゼル燃料噴射ポンプラック
  - ▶ ガス噴射弁(SOGAV)開弁期間
- 下記による空燃比制御:
  - ▶ 排気ウエストゲート
  - ▶ 給気バイパス弁
- マイクロパイロット燃料噴射制御
- ガス供給マネージメント:
  - ▶ ガス供給圧力制御
  - ▶ 遮断弁・リリーフ弁の作動シーケンス
- 安全 & 状態監視:
  - ▶ 筒内圧力モニタリング



# 研究内容

## 運転モード

ガスモード



99%

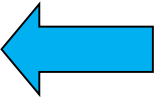
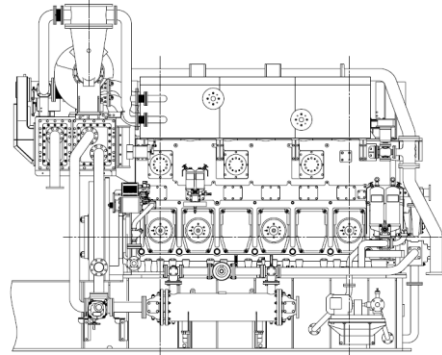
天然ガス  
(試験時は都市ガス13A)



1%

MDO;着火燃料

ディーゼルモード



99%

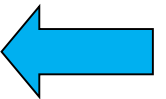
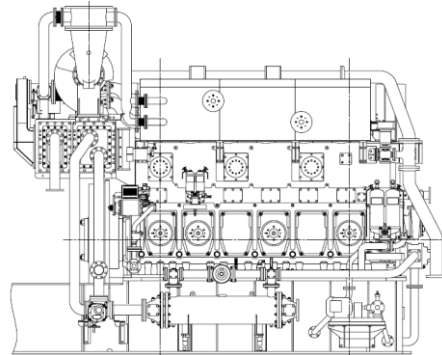
MDO or HFO



1%

MDO;ノズル冷却

バックアップモード



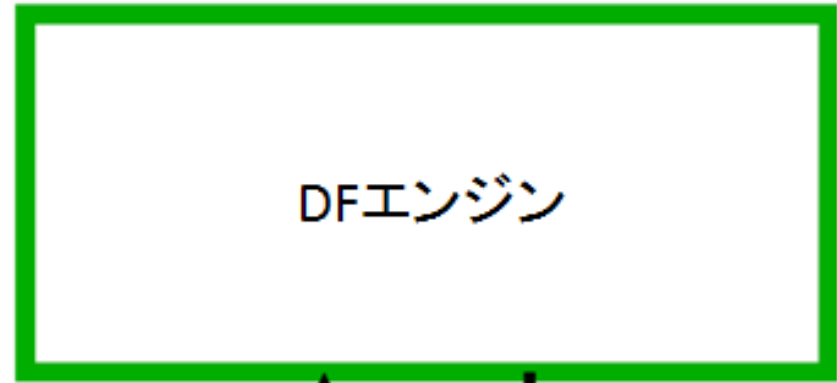
100%

MDO or HFO

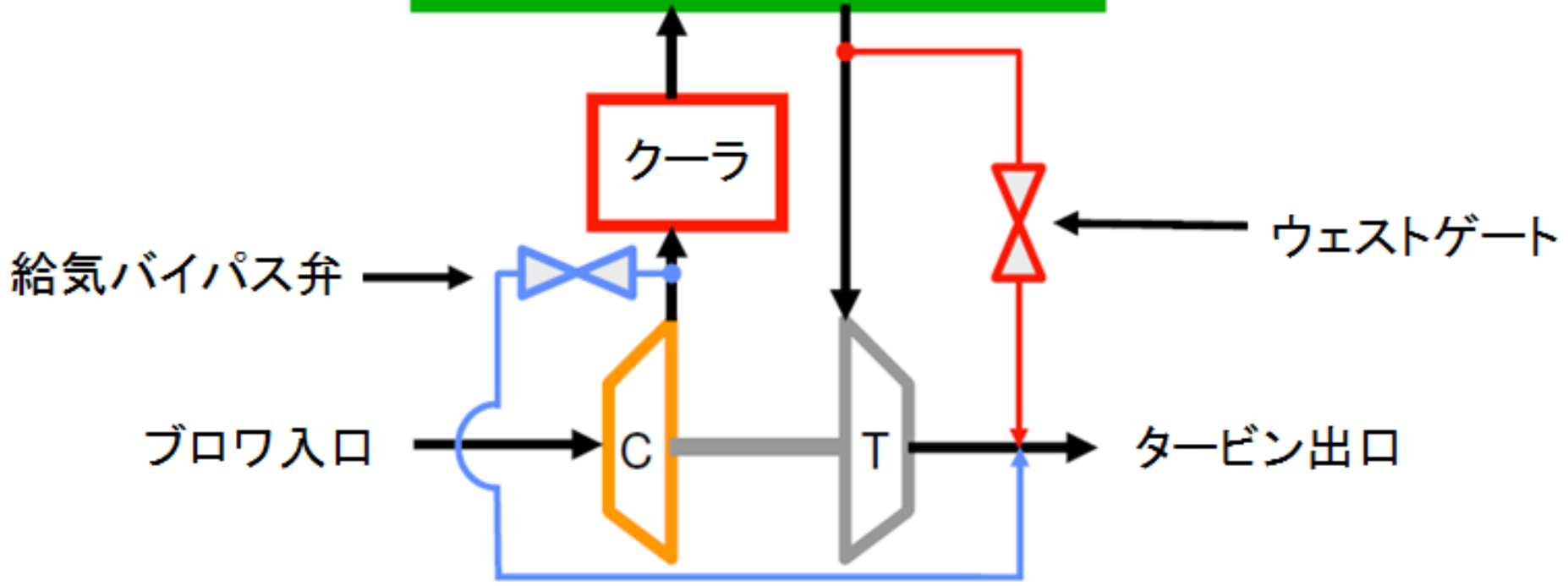
(マイクロパイロットシステムのトリップ時、等)

# 研究内容

## 給排気システム (空燃比制御)

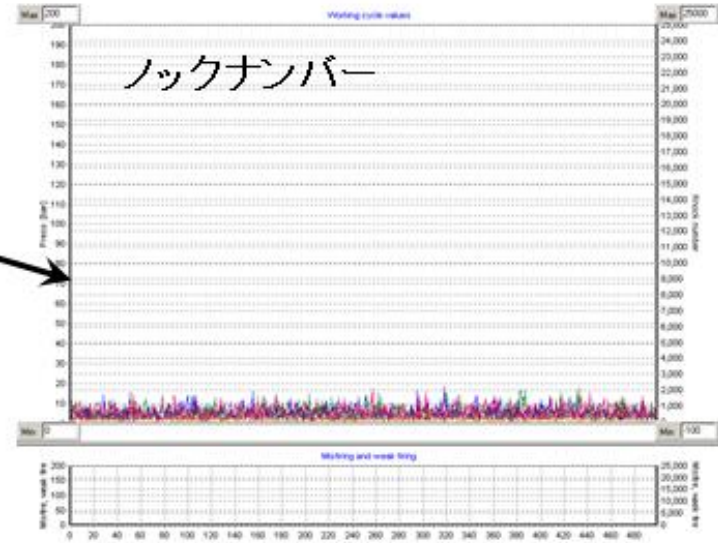
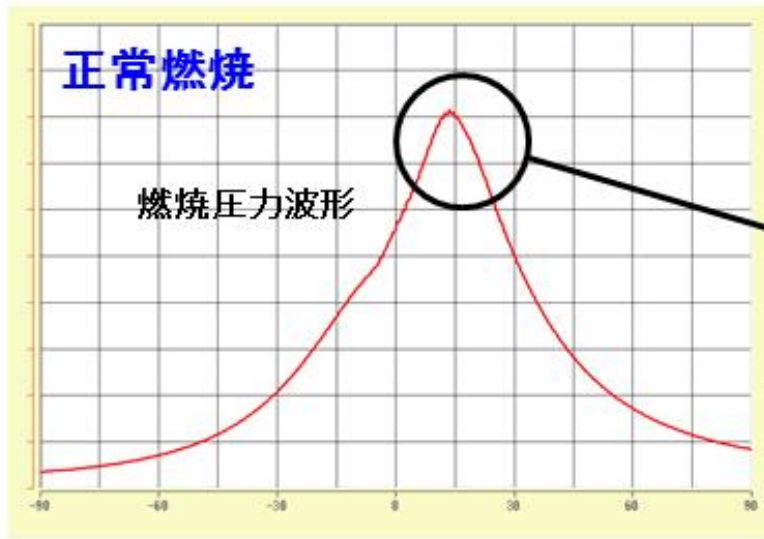


給気バイパス弁と  
排気ウェストゲート  
の両方で試験実施

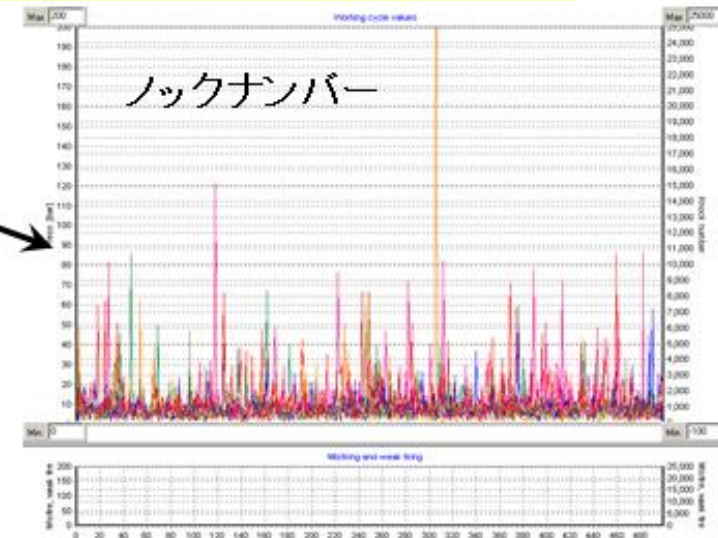


# 研究内容

## ノッキング



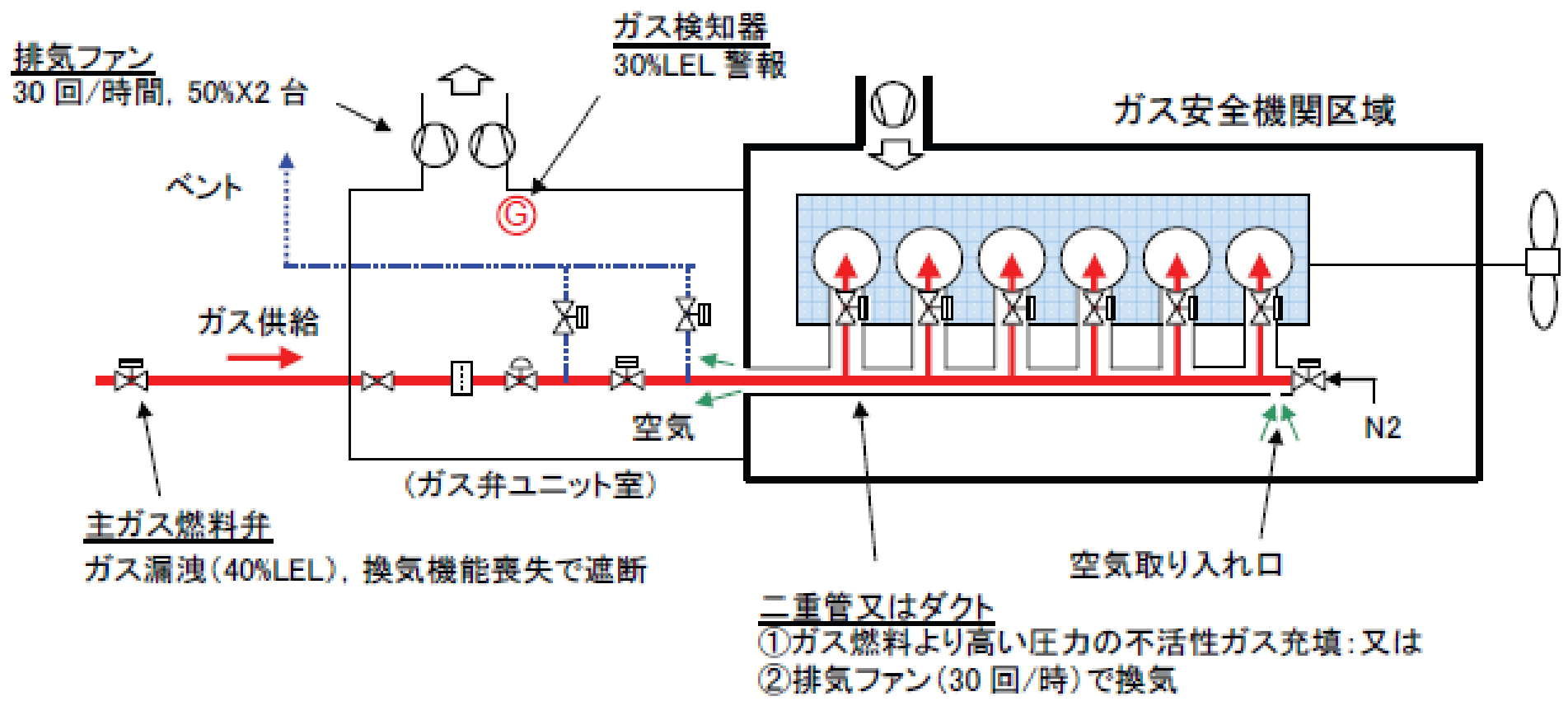
燃焼圧力波形を周波数分析し指標化(ノックナンバー)→判定



# 研究内容

## 安全措置

**「ガス安全機関区域」**  
に基づき開発



# 研究内容

## 安全措置

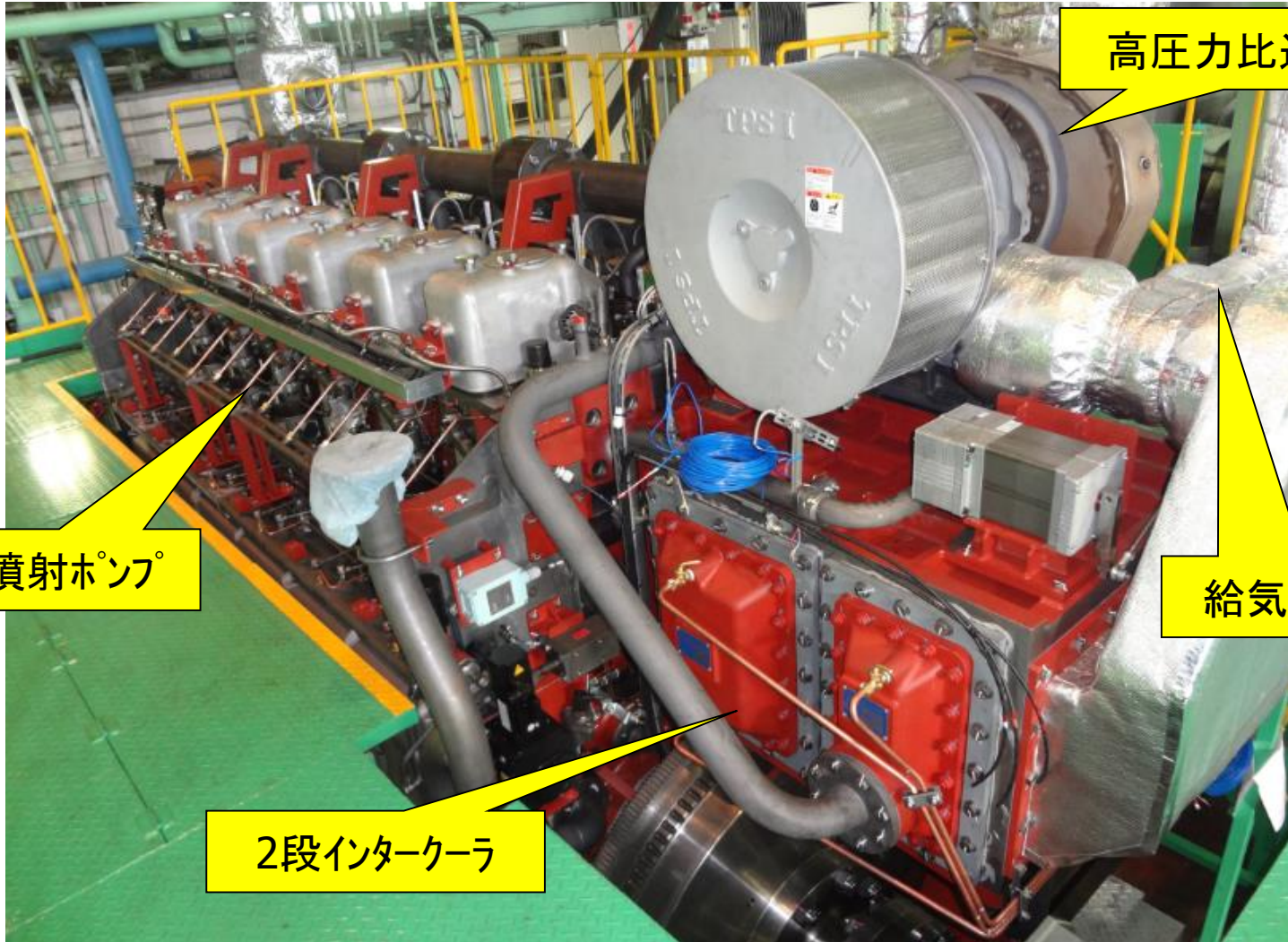
- 燃焼状態等のモニタリング
- ガス管2重化、及び必要時にイナートガスの注入
- 2重管内の掃気、及びガス漏れ検知
- 必要時、ディーゼルモードへの瞬時切り替え
- 爆発被害防止

(各部にフレームアラスタ付逃がし弁等の設置)

- オイルミステクタの設置
- 過給機後に煙道パージファン設置

# 研究内容

## エンジン組立



高圧力比過給機

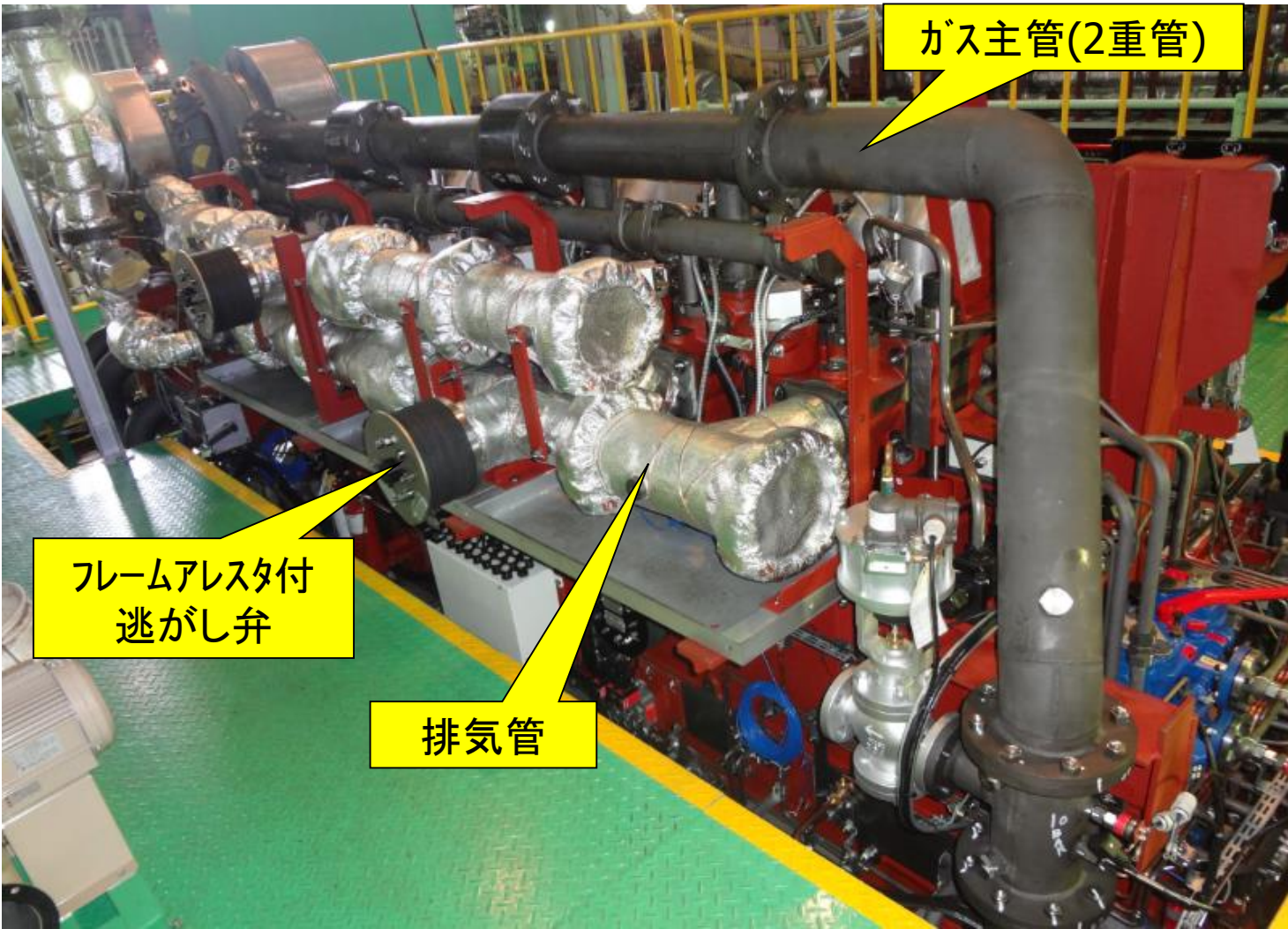
燃料噴射ポンプ

給気バイパス弁

2段インタークーラ

# 研究内容

## エンジン組立



ガス主管(2重管)

フレームアスタ付  
逃がし弁

排気管

# 試験結果

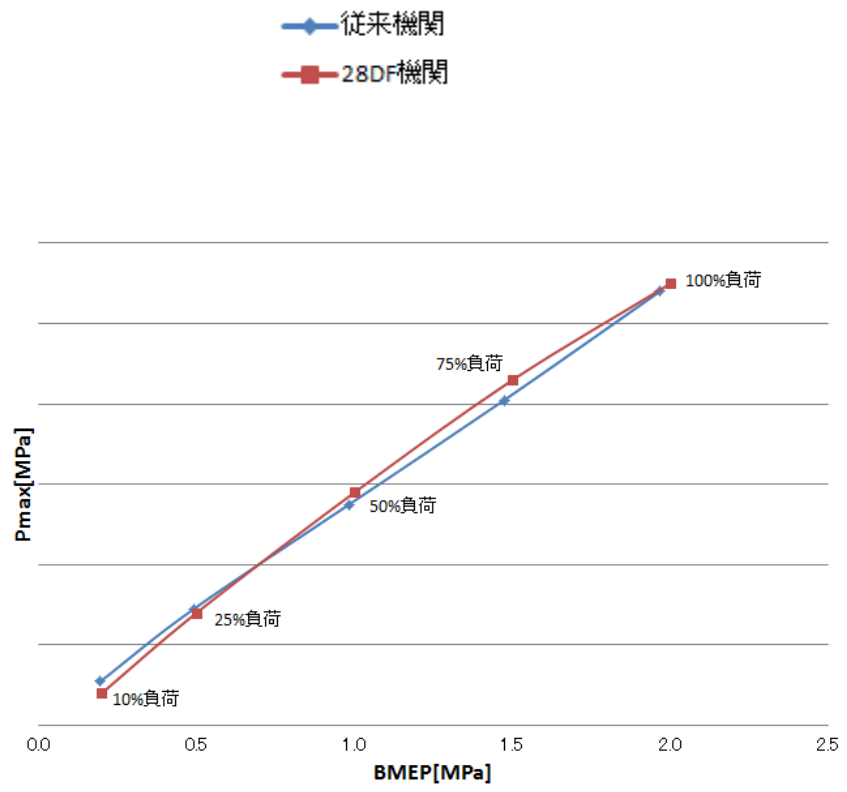
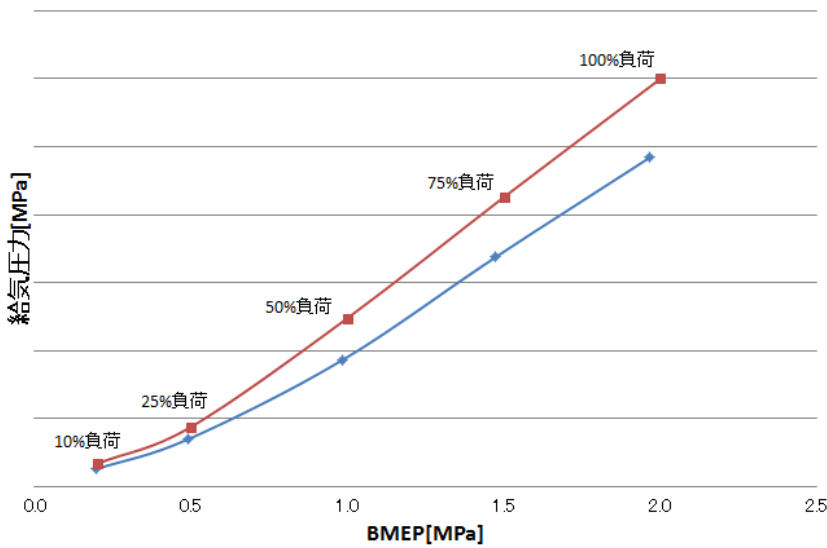
## 性能確認のための最適化因子

- ディーゼルモード
  - ・吸排気バルブタイミング
  - ・燃料噴射タイミング
  
- ガスモード
  - ・吸排気バルブタイミング
  - ・空燃比
  - ・パイロット噴射タイミング及び噴射量
  - ・差圧(ガス圧力－給気圧力)



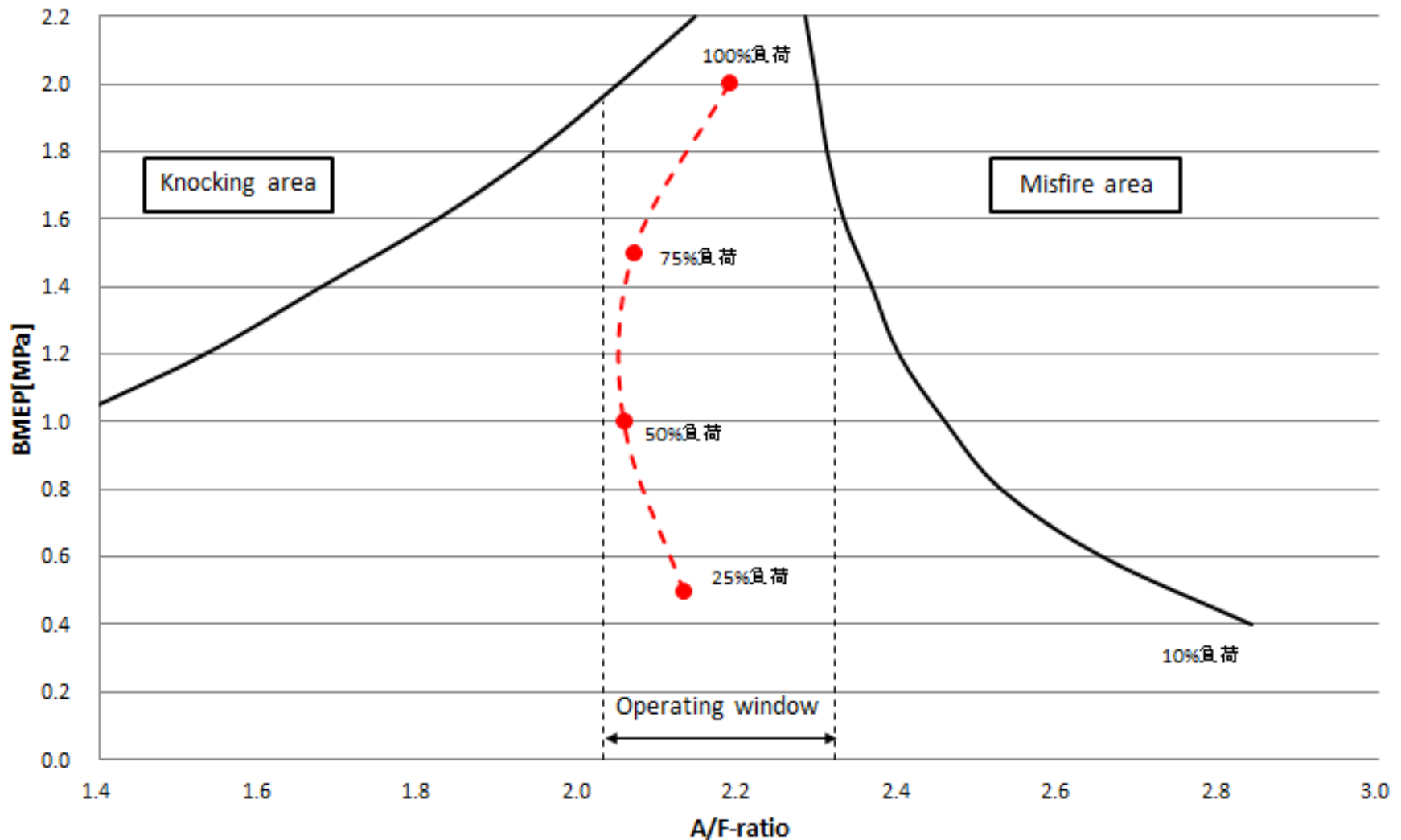
# 試験結果

## ディーゼルモード試験結果



# 試験結果

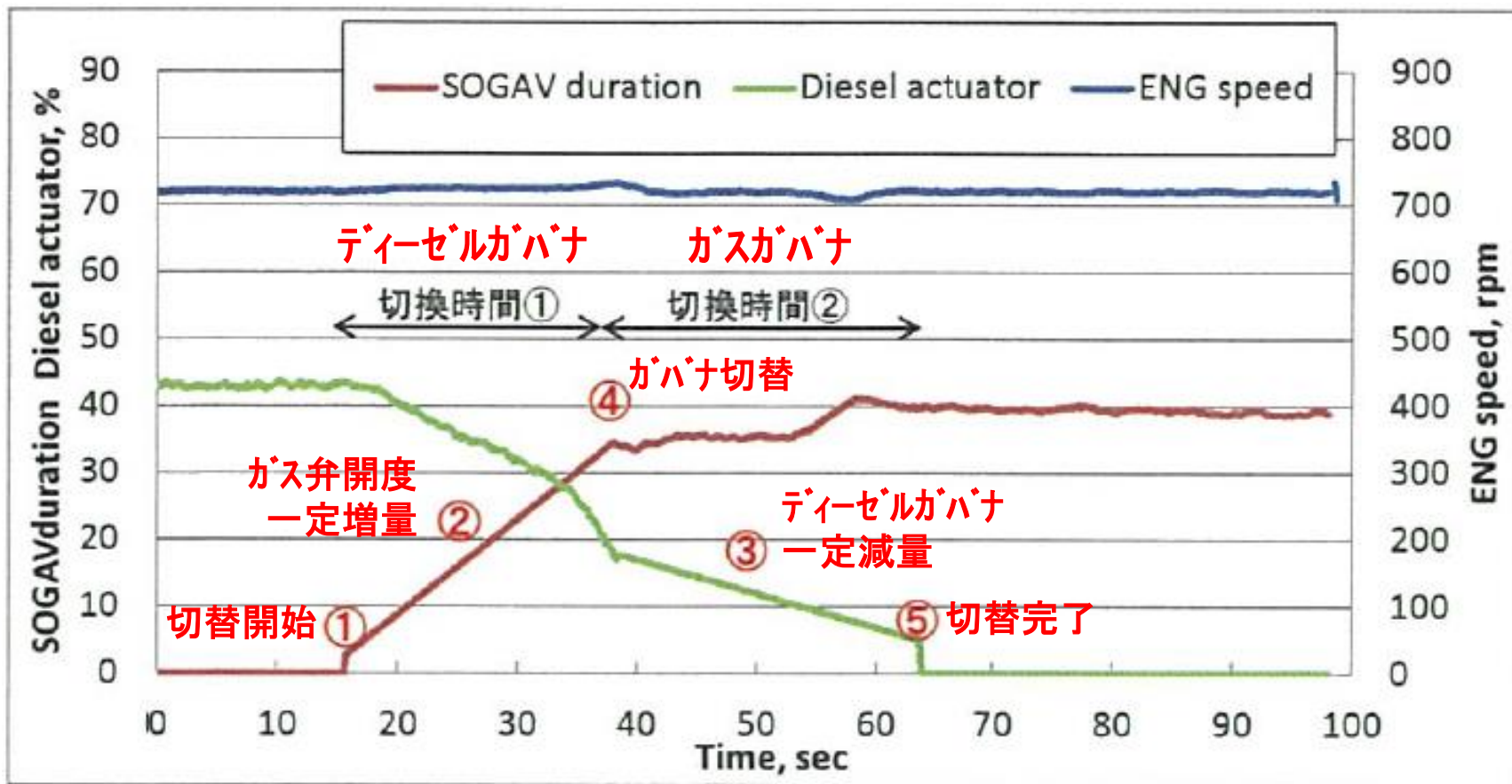
## ガスモード試験結果



# 試験結果

## モード切り替え試験結果 (ディーゼル→ガス)

※当データは負荷50%にて、ゆっくり時間を掛けて実施した際のデータである。

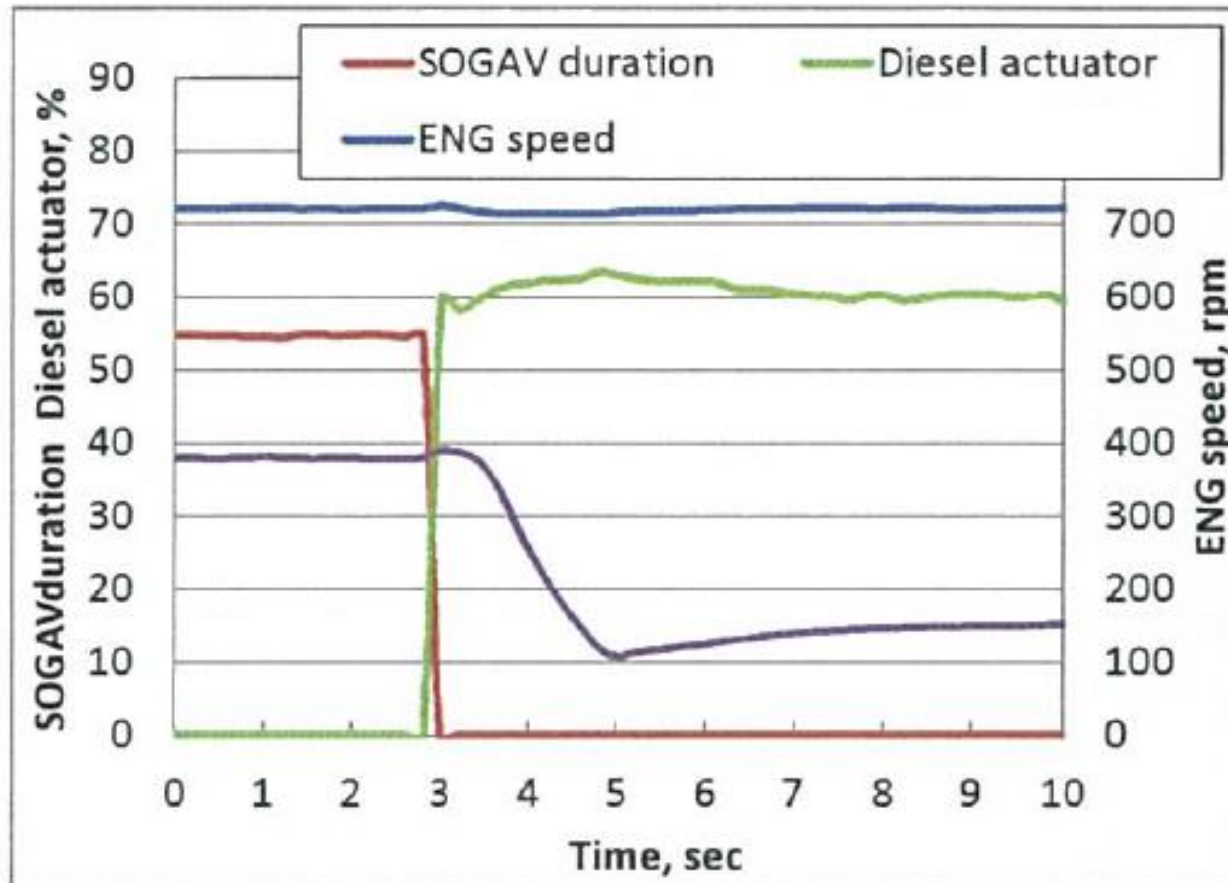


切替時間: 負荷25%:約10s、負荷50%:約20s、負荷75%:約30s

# 試験結果

モード切り替え試験結果  
(ガス→ディーゼル; 瞬時)

※当データは負荷100%での結果である。



回転変動なく、0.2~0.3秒で切り替え可能

# まとめ

- ①ディーゼルモードでは、バルブタイミングや燃料噴射タイミング等を最適化することでNOx Tier2レベルを満足、またガスモード運転では、空燃比、パイロット噴射タイミング及び噴射量、差圧を最適化することによりNOx Tier3レベルを満足できた。
- ②ディーゼル⇔ガスのモード切替えは、任意の負荷にて可能。ガストリップ時のディーゼルへの瞬時切り替えも、負荷・回転数を変動させることなく可能であることを確認。
- ③エンジンの信頼性に関して、主要部品はDK-28機関と共通。シリンダヘッドについてはFEM解析及び現物実証試験により十分な安全率を確保していることを確認。