



船用デュアル燃料機関の開発 (NK 共同研究プロジェクト)

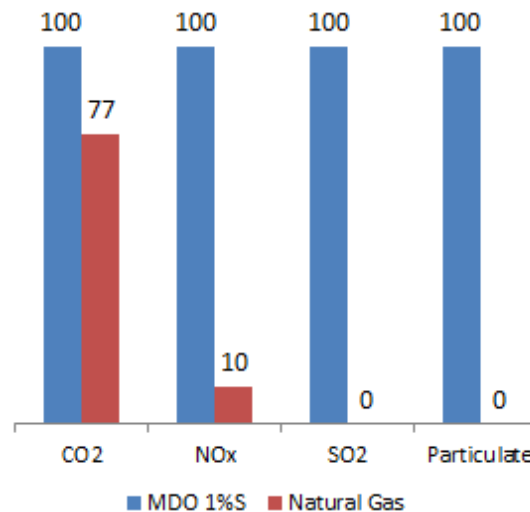
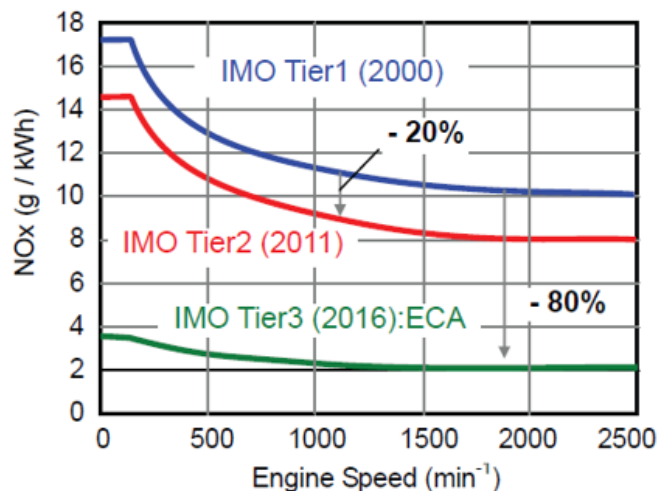
ダイハツディーゼル株式会社
技術第一部 山田 哲嗣

2014年9月
NK 環境セミナー

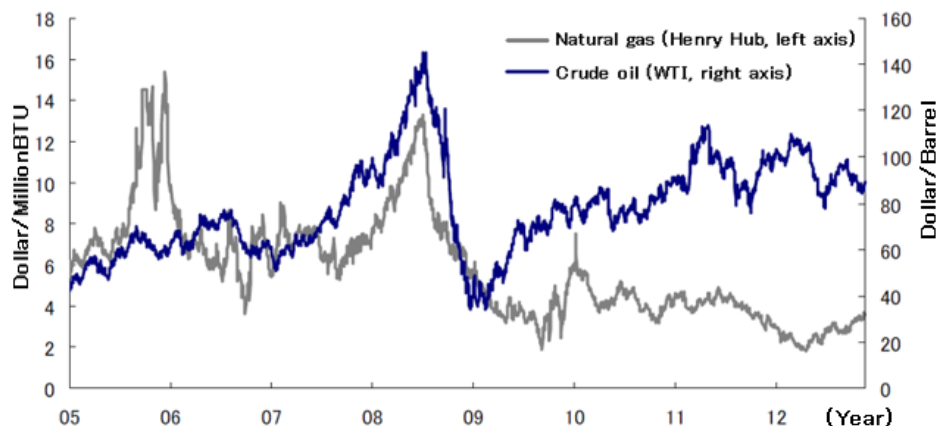
DAIHATSU

1. 船用DF機関開発の必要性

➤ **IMO NOx TierⅢへの適合**



➤ **燃料選択の冗長性**



**ディーゼル機関から
DF機関へのシフトが増加!**

2.1 研究計画 (研究目標)

- ガスモードにおいて、IMO NOx Tier IIIを満足すること。但しディーゼルモードでは、IMO NOx Tier IIでの対応とする。
- 運転中にディーゼルモード⇔ガスモードの任意切り替えを可能とすること。
- 両モードにおいて、船用で想定される負荷変動に対応する。
- 船用エンジンとして求められる信頼性を確保する。

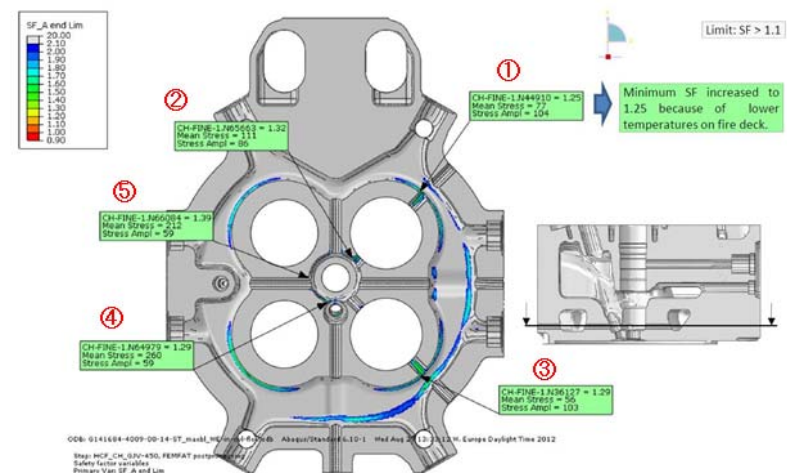
3.1 研究内容（機関主要目）

| | | |
|-----------------|----------------------|--|
| ボア × ストローク | [mm] | Φ 280 × 390 |
| シリンダ数 | [-] | 6 |
| 着火順序 | [-] | 1-2-4-6-5-3 |
| 回転数 | [min ⁻¹] | 720 / 750 |
| 定格出力 | [kWm] | 1,730 |
| 正味平均有効圧力 | [MPa] | 2.0 |
| 最高燃焼圧力 | [MPa] | 17.7 |
| NOx排出率 | [-] | ≦ Tier III (ガスマード) ≦ Tier II (ディーゼルモード) |
| 燃料 | [-] | 天然ガス (ガスマード) MDO, MGO, HFO (ディーゼルモード) |
| パイロット燃料 (ガスマード) | [-] | MDO or MGO (全発熱量比 約1%) |

500台以上の市場実績を有するDK-28型ディーゼル機関からの改造により
高い信頼性・耐久性を確保

3.2 研究内容 (機関構造)

シリンダヘッド構造の検討

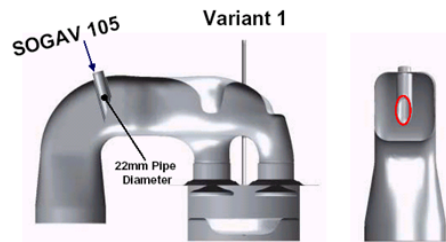


FEMシミュレーションの実施

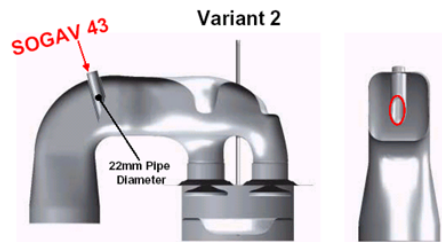
実証試験により、材料強度に対して
十分な安全率を確保していることを確認

3.2 研究内容 (機関構造)

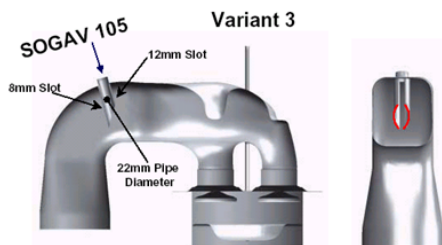
混合気形成の最適化



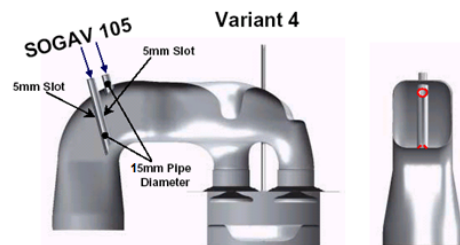
1 Central Pipe, without Slots, SOGAV 105



1 Central Pipe, without Slots, SOGAV 43



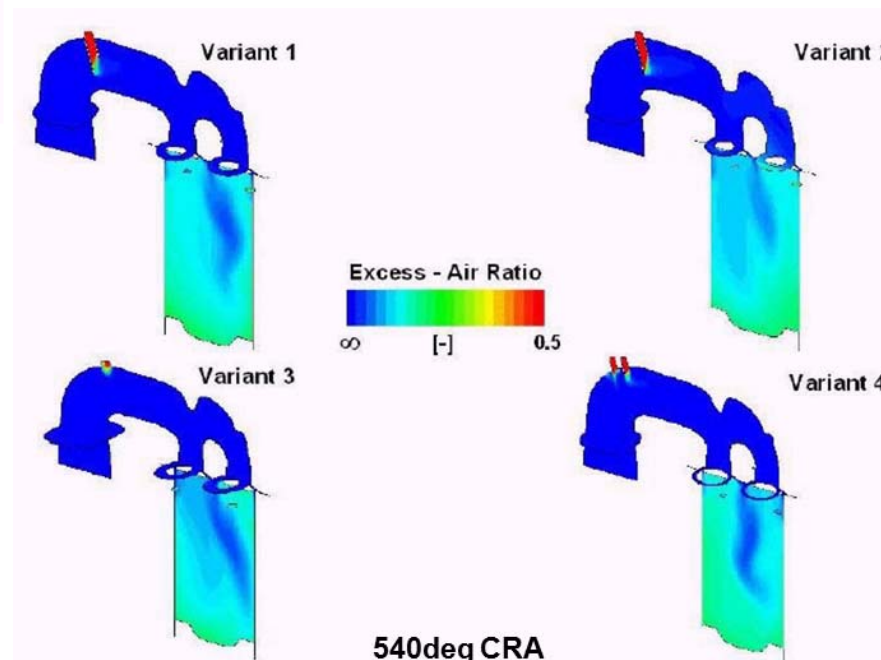
1 Central Pipe, with Slots, SOGAV 105



2 Pipes, 1 Pipe with Slots, SOGAV 105

ガス導入形態の検討

CFDシミュレーションの実施

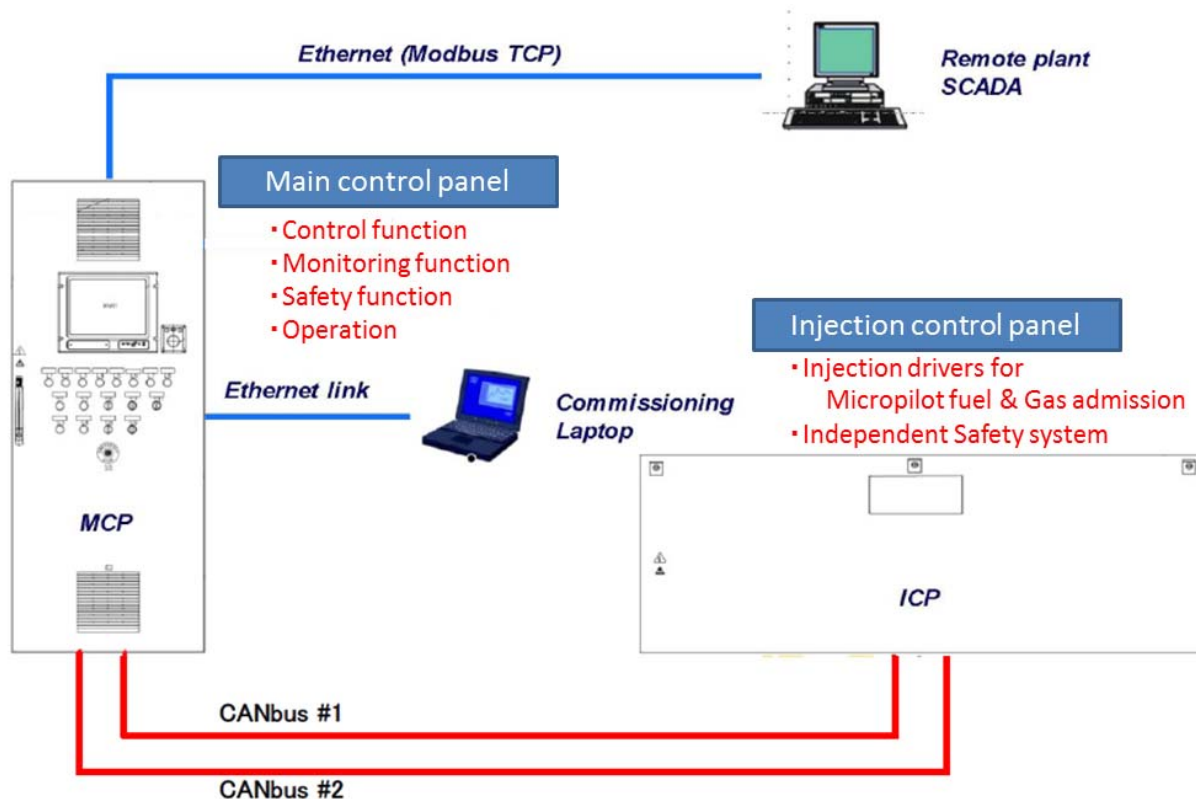


評価ポイント

- ガス噴射弁容量
- 残留ガス量(吸気弁閉後の吸気ポート内)
- ガスと空気の混合均一性

3.3 研究内容 (エンジン制御システム)

制御概要及び機能



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

- ・運転モード切替制御

- ・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:

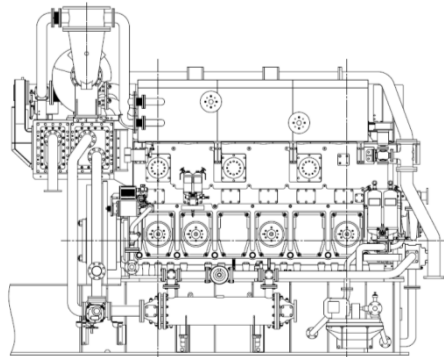
- ▶ガス供給圧力制御
- ▶遮断弁・リリーフ弁の作動シーケンス

- ・安全 & 状態監視:

- ▶筒内圧力モニタリング
- ▶ロック検出・制御

3.3 研究内容 (エンジン制御システム)

ガスモード

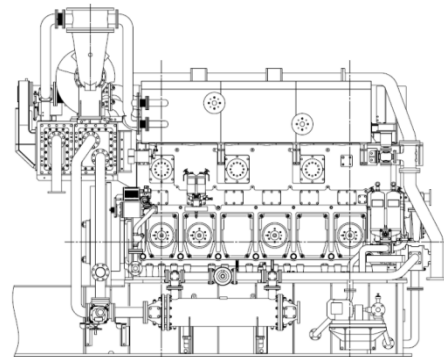


← 99%

天然ガス

← 1% MDO or MGO (パイロット燃料)

ディーゼルモード

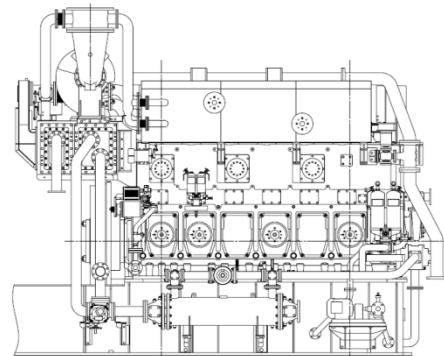


← 99%

MDO or MGO or HFO

← 1% MDO or MGO

バックアップモード

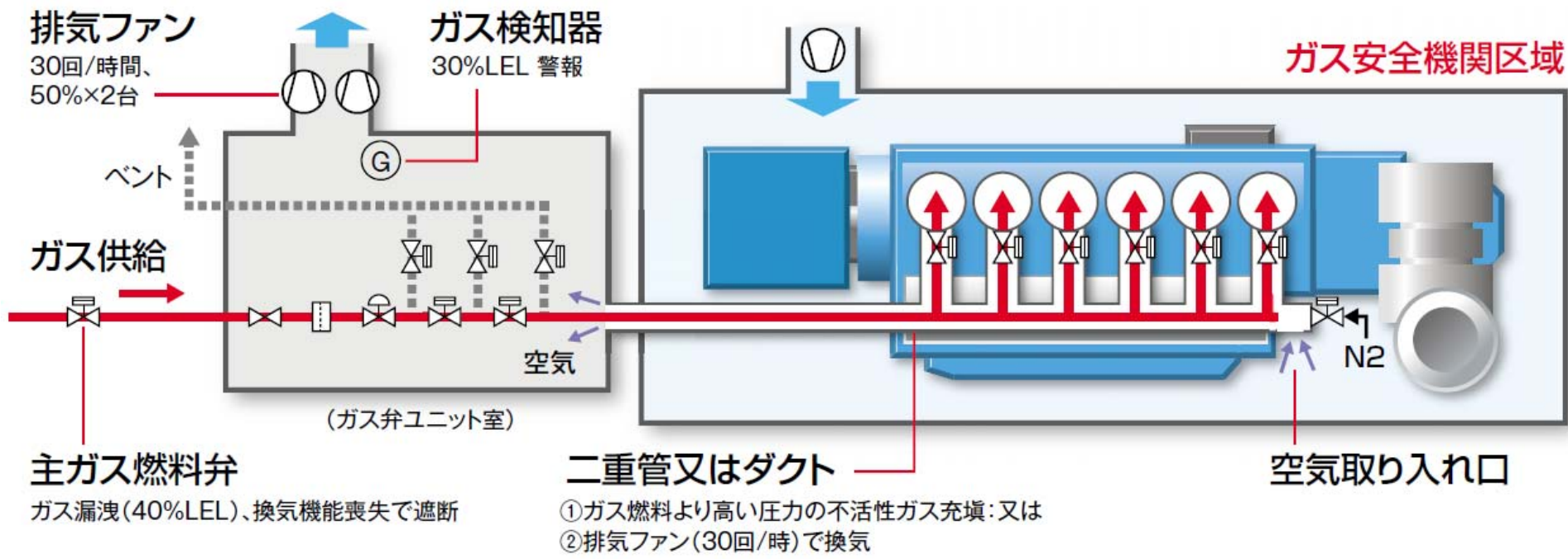


← 100% MDO or MGO or HFO

(マイクロパイロットシステムのトリップ時)

3.4 研究内容 (安全措置)

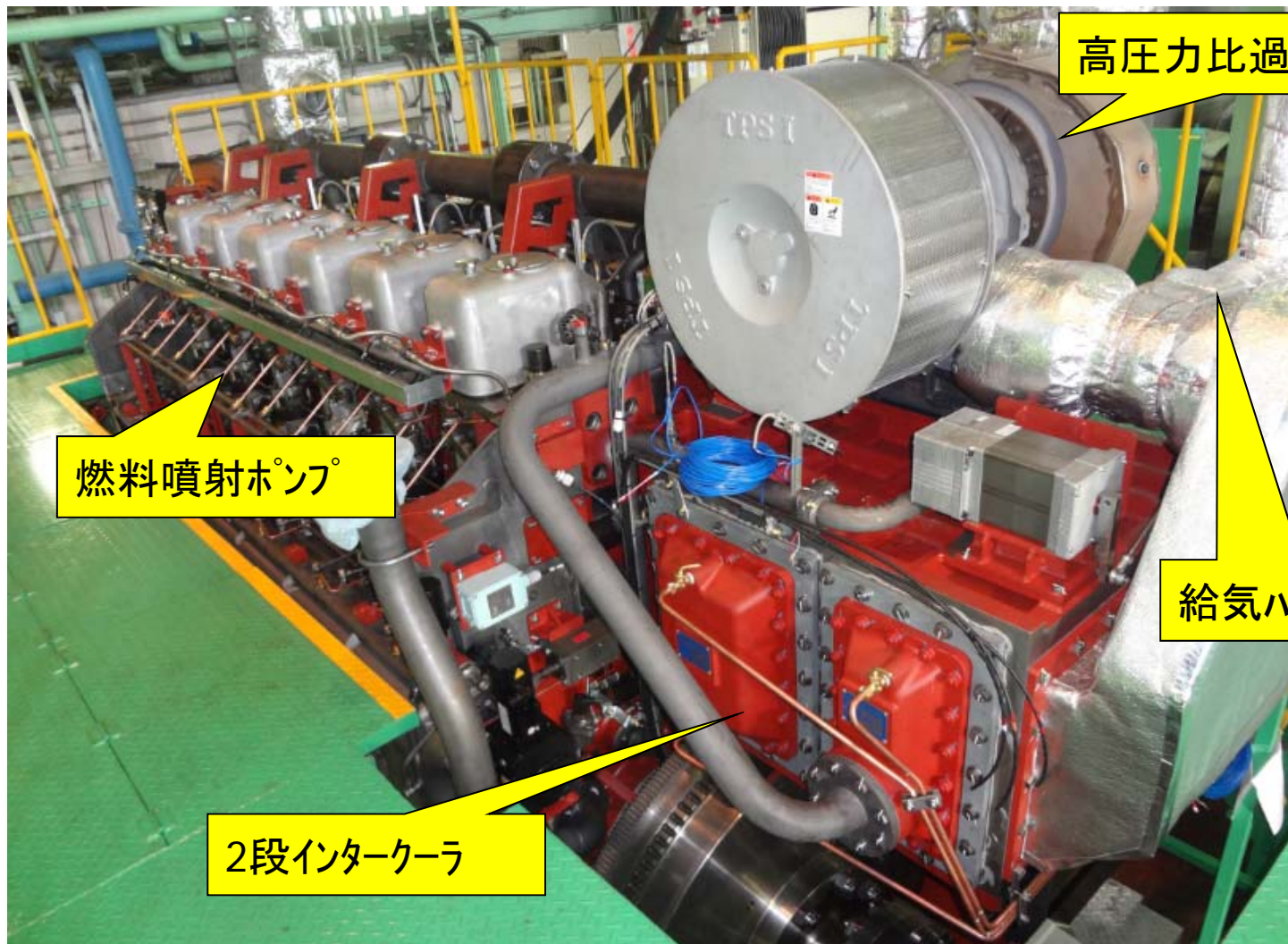
ガス安全機関区域



3.4 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

3.5 研究内容 (試作機関製造)



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

4.1 試験結果 (機関性能)

機関性能のための最適化パラメータ

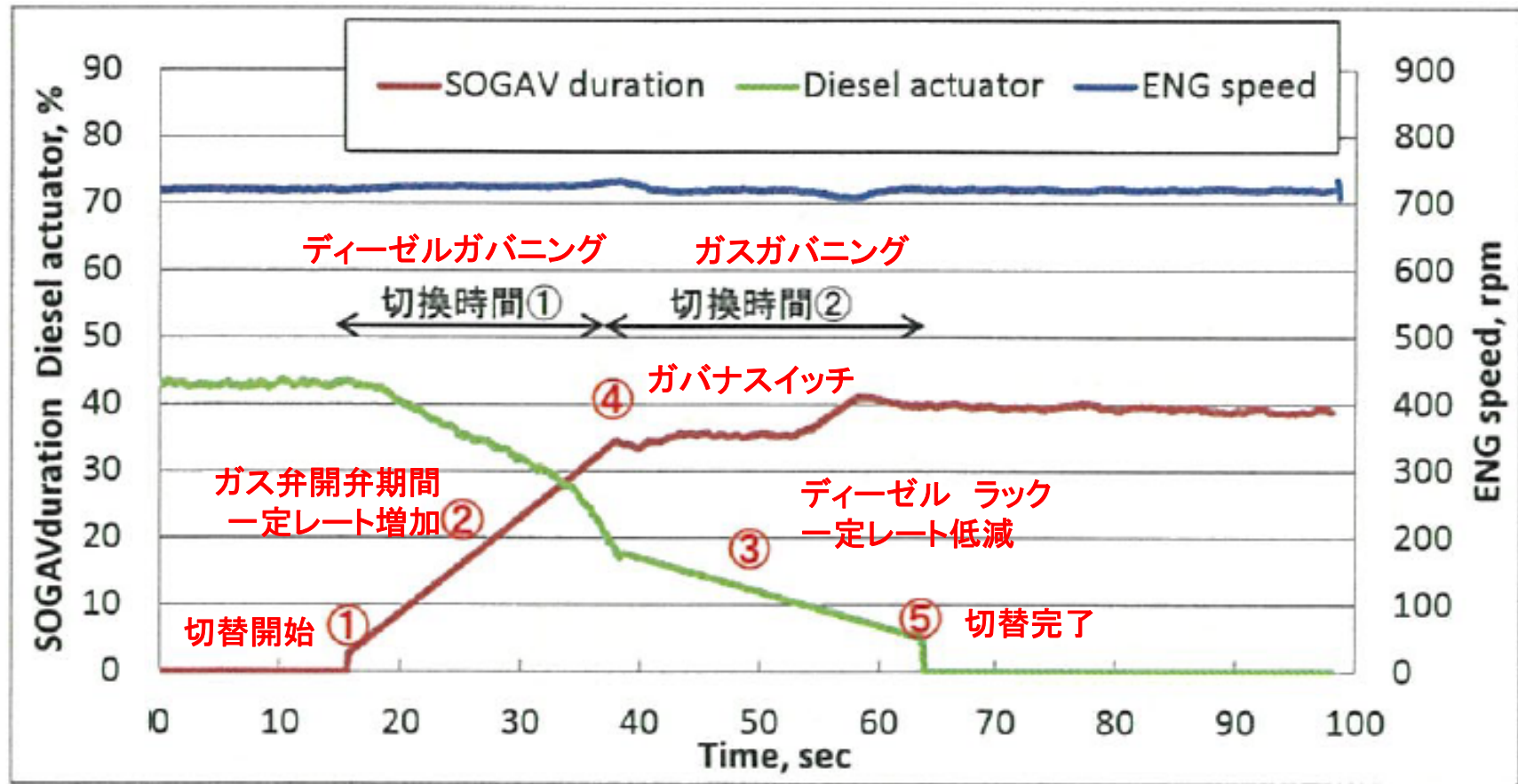
- ディーゼルモード
 - ・吸排気バルブタイミング
 - ・燃料噴射タイミング

- ガスモード
 - ・吸排気バルブタイミング
 - ・空燃比
 - ・パイロット燃料噴射タイミング & 噴射量
 - ・差圧(ガス圧力-給気圧力)

4.2 試験結果 (運転モード切替)

モード切替え試験結果
(ディーゼル→ガスモード)

※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。

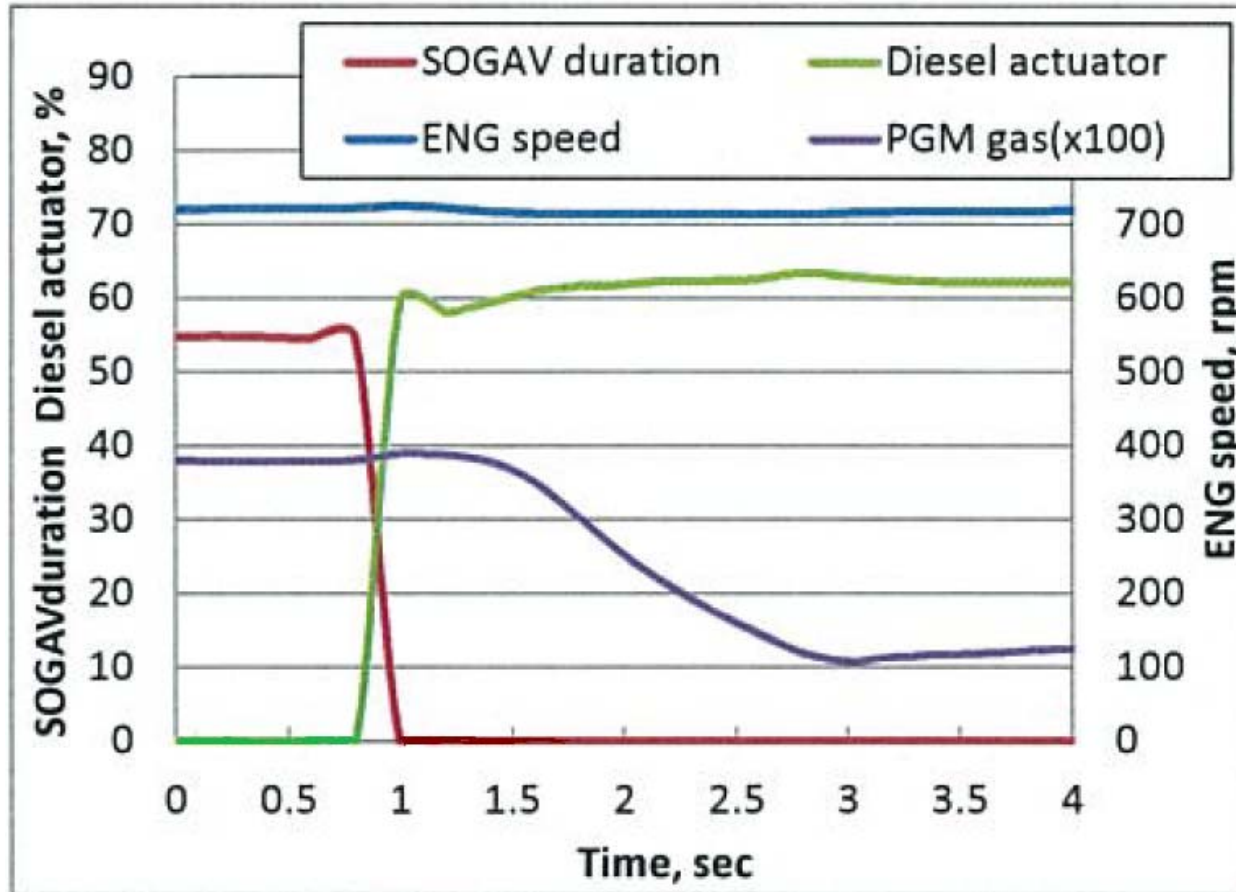


切替時間: 負荷25%:約10s、負荷50%:約20s、負荷75%:約30s

4.2 試験結果 (運転モード切替)

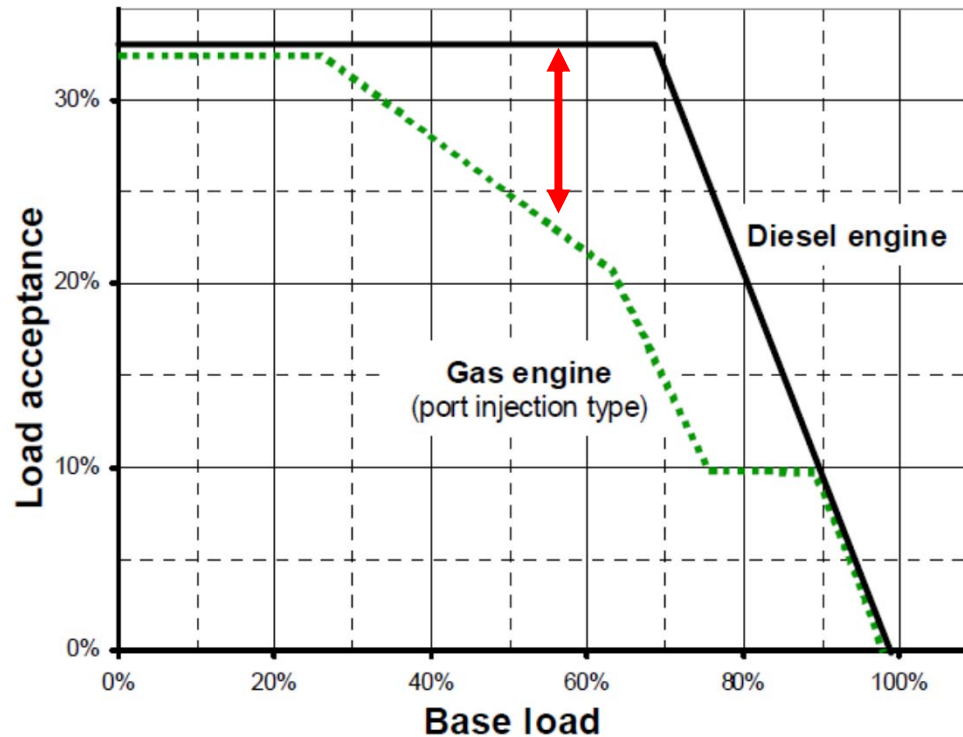
モード切替え試験結果
(ガス→ディーゼルモード; 瞬時)

※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

4.3 試験結果 (過渡応答特性)



上図出典: CIMAC Gas engine working group position paper
「Transient response behaviour for Gas engine」(2011/4)

ガスモードの場合、特に中～高負荷運転時からの
負荷投入はノッキングに制限を受けるため不利となる

本研究開発は、日本海事協会様の
「業界要望による共同研究スキーム」
による支援を受けて実施しました。

The logo for ClassNK R&D PROJECT. It features the word "ClassNK" in a large, bold, blue sans-serif font. Below it, a thin blue horizontal line separates the text from "R & D PROJECT", which is written in a smaller, blue, spaced-out sans-serif font.

ClassNK
R & D PROJECT