



高効率ガスエンジンシステムの開発について

MITSUI-DAIHATSU
MD36G Series

三井造船株式会社
機械工場 技術開発部 ガスエンジンGr
黛 健斗
平成27年10月8日




目次

- 0. 三井造船(株)の紹介

- 1. ガスエンジンについて
 - 1-1. 開発の背景、特長
 - 1-2. 当社のガスエンジン
 - 1-3. 実証機での運転実績
 - 1-4. ラインナップ

- 2. 新規適用技術について
 - 2-1. 背景及び目標
 - 2-2. ガスエンジン本体の改良
 - 2-3. THS
 - 2-4. VPC
 - 2-5. 総合評価試験

An aerial photograph of a coastal industrial area, likely a shipyard, with a harbor and surrounding islands. The scene is captured in a blue-tinted, slightly hazy light, possibly during dawn or dusk. In the foreground, there are green hills and industrial buildings. The middle ground shows a large shipyard with several cranes and a large ship under construction. The background features a wide harbor with several smaller ships and distant islands under a cloudy sky.

0. 三井造船(株)の紹介

三井造船株式会社

- 会社概要

- 創立年月日 : 1917年(大正7年)11月14日
(三井物産造船部)
- 資本金 : 443億8495万円
- 本社 : 東京都中央区築地5-6-4
- 玉野事業所 (敷地面積: 988,000m²)
- 千葉事業所 (敷地面積: 859,000m²)
- 大分事業所 (敷地面積: 1,535,000m²)

国内拠点(本社・事業所)



本社



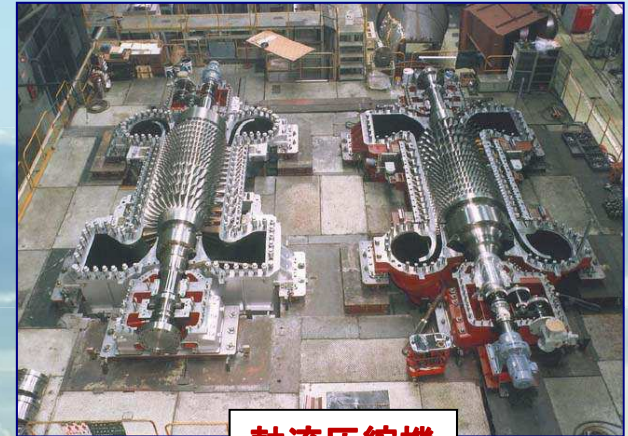
三井造船(株)の主な製品



バルクキャリアー



コンテナクレーン



軸流圧縮機



船用エンジン



石油プラント



陸発用ガスエンジン

1. ガスエンジンについて

1-1. 開発の背景、特長

開発の背景

社会的な要請：地球温暖化防止、地球環境の保護

- 二酸化炭素排出量の削減（省エネルギーの推進）
- 排気ガスの低排出装置の開発（クリーンエネルギーの使用）



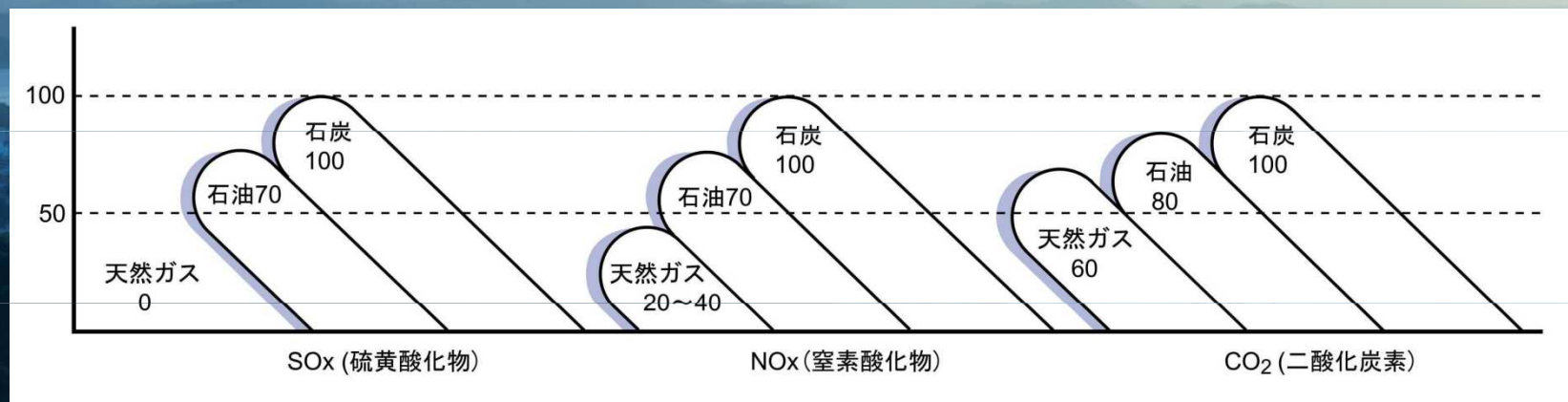
- 高効率エンジンの優位性
- 天然ガスシステム使用の拡大




高効率ガスエンジンの開発

天然ガスのクリーン性

化石燃料の燃焼生成物を比較すると、天然ガスは石炭や石油に比べ、酸性雨や大気汚染の原因となるSOxや煤塵が発生せず、CO₂やNOxの発生量も少ない。

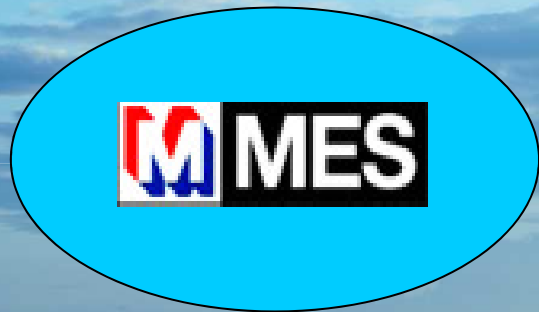




1. ガスエンジンについて

1-2. 当社のガスエンジン

三井造船とダイハツディーゼルの技術協力



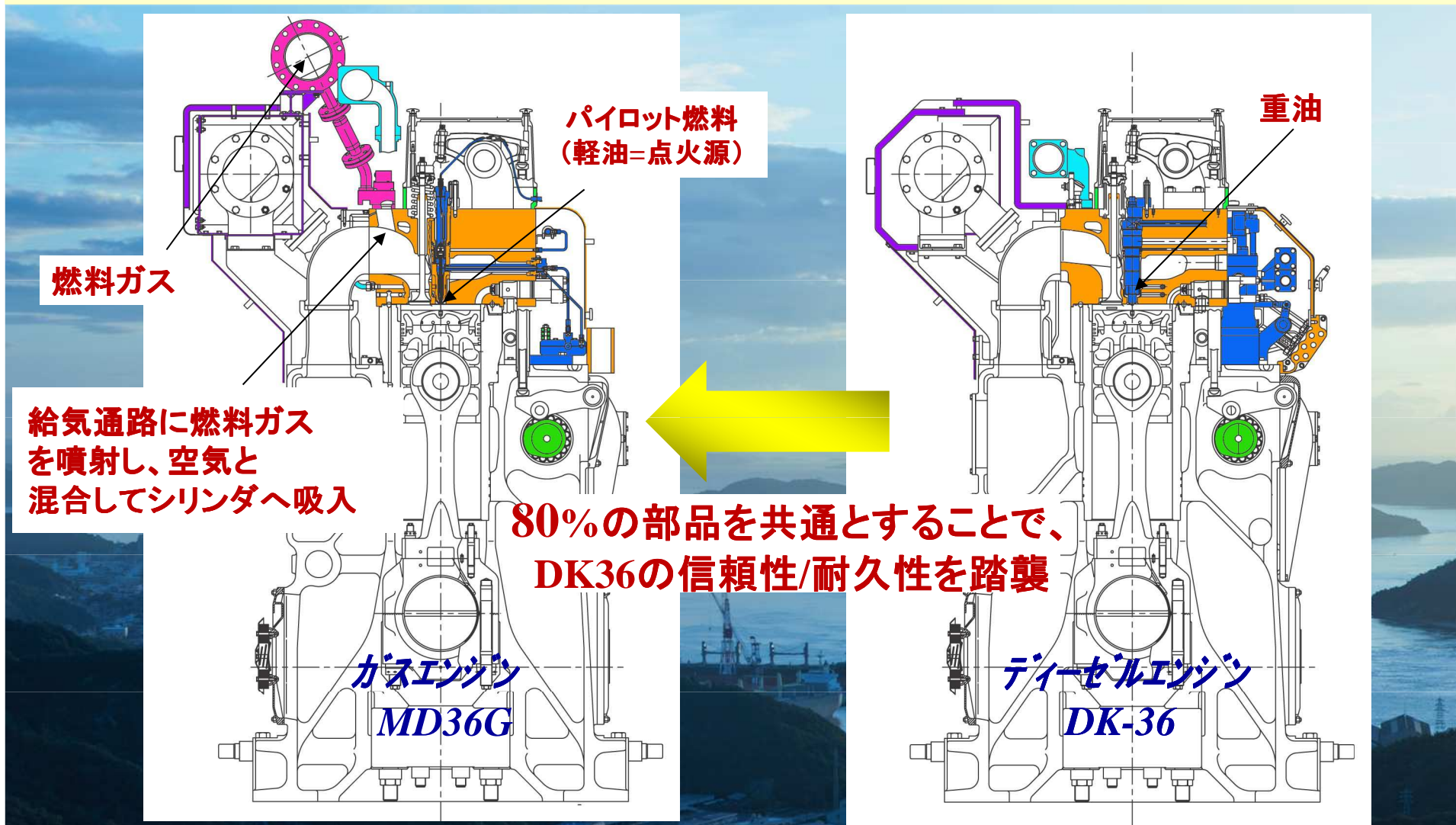
ガスエンジン
MD20G
MD36G

ガス燃焼技術
制御技術

高性能・高信頼度
4サイクル
中速ディーゼルエンジン

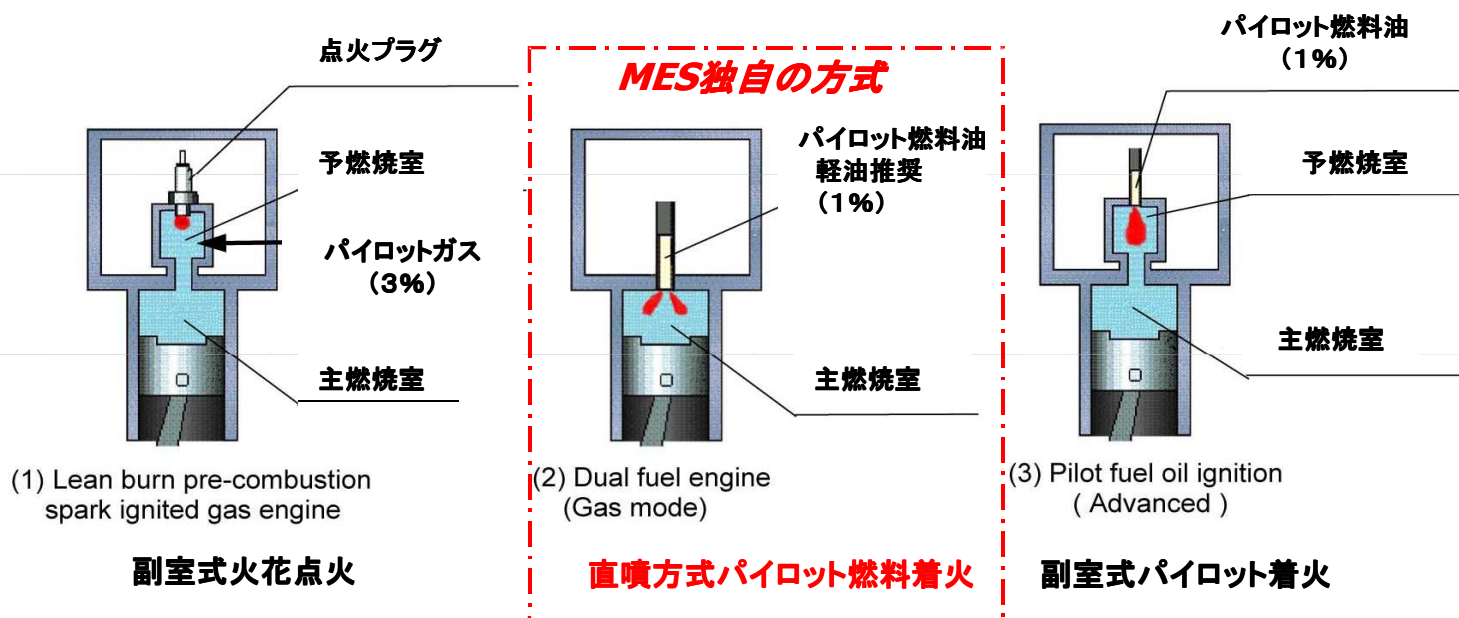


主要構造・部品の高信頼性確保



直噴マイクロパイロット着火

- ・シンプルな構造・確実な起動性(点火プラグ、グロープラグなどの補助不要)
- ・優れた耐久性(燃料弁アトマイザ寿命 > プラグ寿命)



1.2deg A.TDC

2.6deg

9.2deg

14.5deg

23.8deg

直噴マイクロパイロット着火の利点

パイロット燃料(軽油)のみで起動
(点火プラグやグロープラグなどの補助は不要)



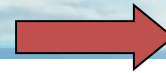
(1)ディーゼルエンジンと同等の確実な起動性

(2)長寿命のパイロット燃料噴射弁

(3)噴射パターンの可変性

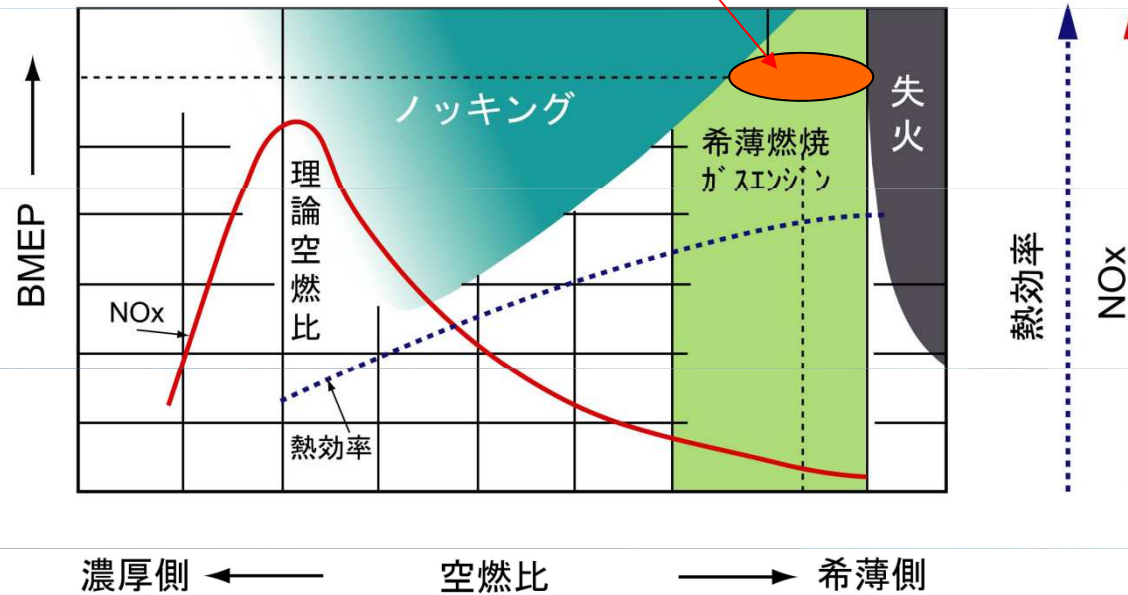
希薄予混合燃焼

シリンダ毎にリアルタイムで空燃比制御、異常燃焼検出、燃焼制御する技術を独自に開発



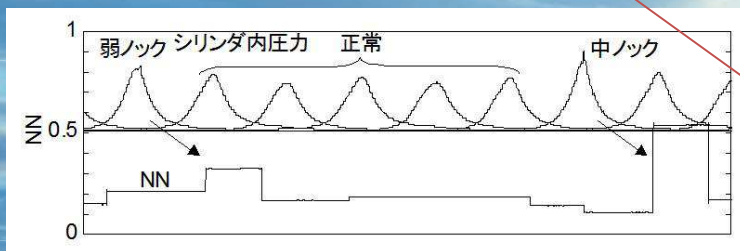
高出力(BMEP=2MPa)、高効率、低NOxでの安定運転が可能

運転可能範囲

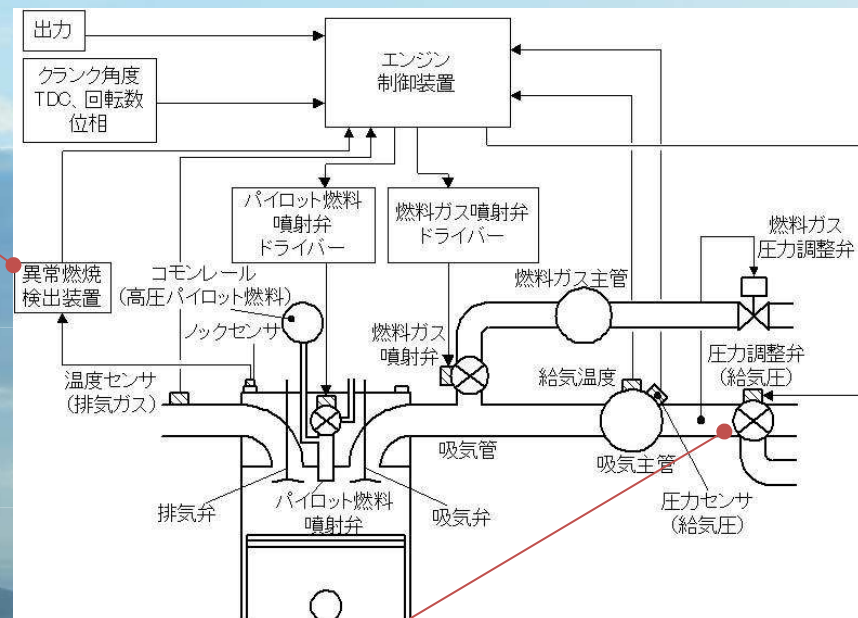


燃焼制御技術

ノッキング強度を判別



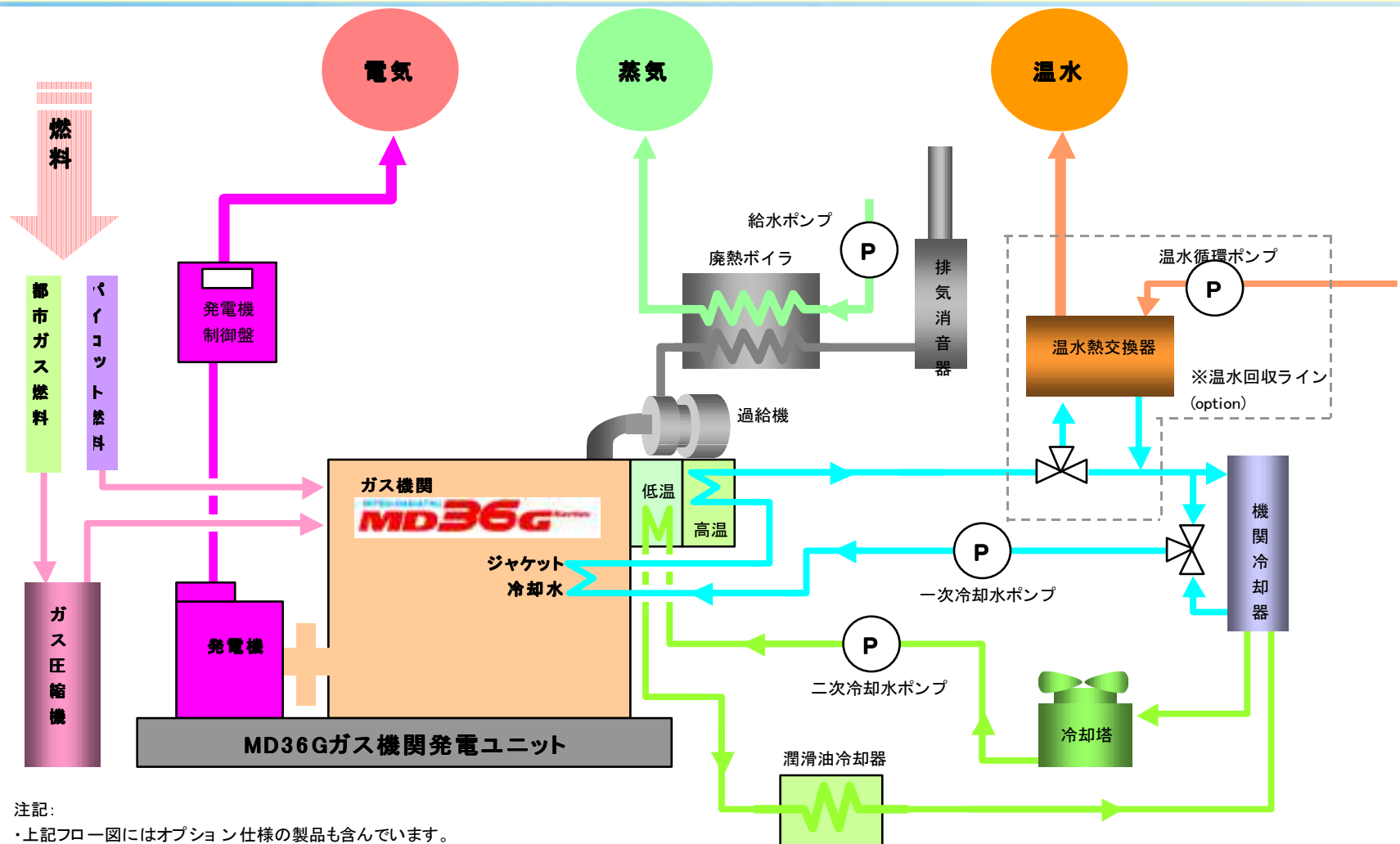
ノッキング強度・頻度に応じて、シリンダ毎・サイクル毎にパイロット燃料噴射時期やガス投入量を調整



給気バイパス弁開度制御

エンジン出力と給気温度からリアルタイムで必要給気圧力(空気量)を計算して制御する。

ガスエンジンコージェネシステム



注記:

- ・上記フロー図にはオプション仕様の製品も含んでいます。
- ・ガス圧縮機は、ガス供給圧が0.45MPa(G)以上の場合不要です。

1. ガスエンジンについて

1-3. 実証機での運転実績



三井造船(株)玉野事業所



発電所及びLNGタンク



LNG 焚き

蒸発器で気化させ、
0.6MPaに調圧し、パイプラインで発電所へ供給。

DSS 運転

所内電力デマンドに応じ、連続運転。



6MD36G (2,782kW / 600rpm)





6MD36G (発電機側より)

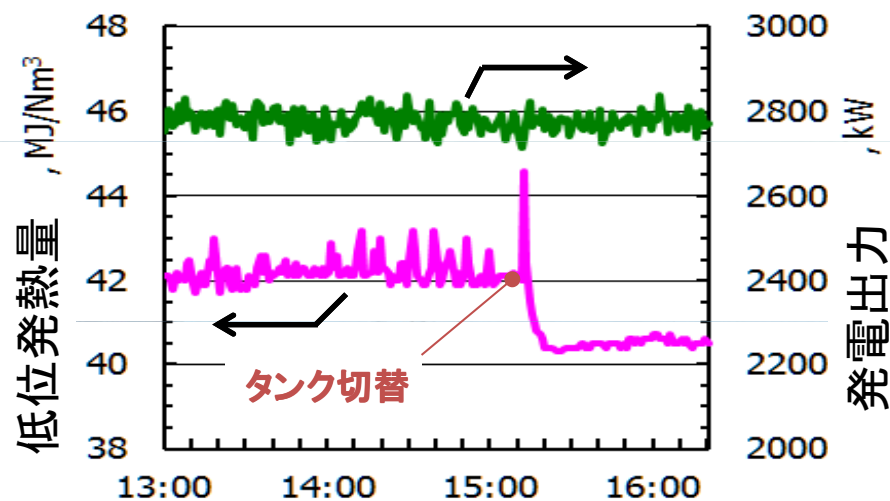
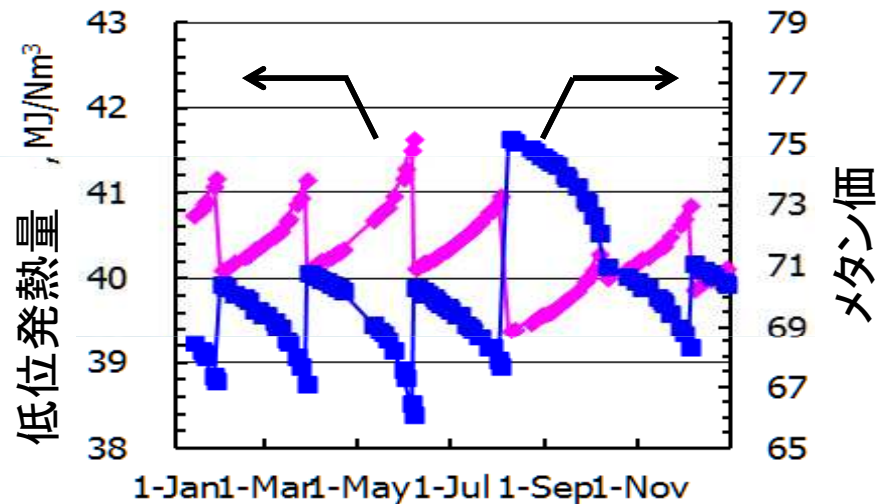




6MD36G (上部)

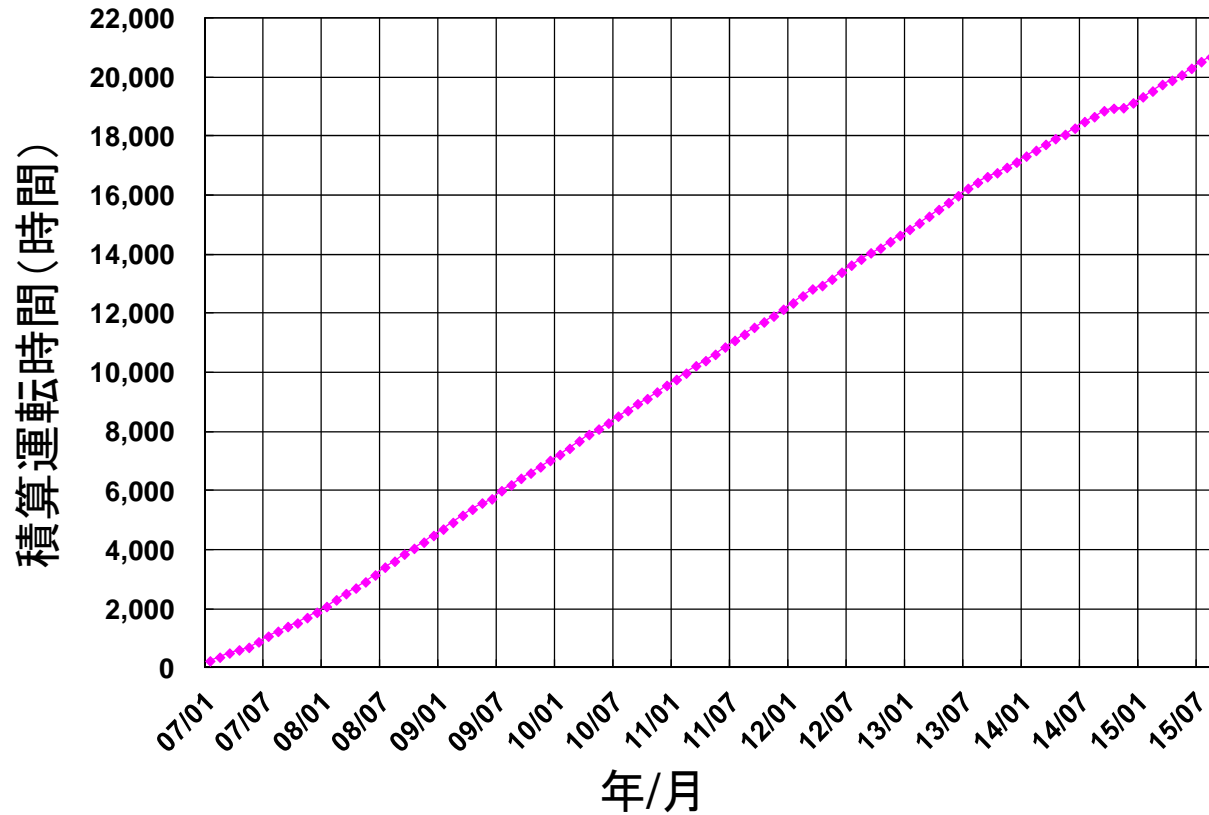


LNG組成変化





稼動実績



【2006年12月稼動開始】
総運転時間(2015.09.30時点) 20,674時間

1. ガスエンジンについて

1-4. ラインナップ



ガスエンジン MD-Gシリーズ

エンジン名称		6MD20G	8MD20G	6MD36G	8MD36G	12MD36G
発電出力*1	kW	815[900]	1085[1200]	2,760	3,680	5,300
平均有効圧力	MPa	2.0		2.0		
回転速度	min ⁻¹	900[1,000]		600		
シリンダ配列		直列		直列		V型
シリンダ数		6	8	6	8	12
シリンダ径xストローク	mmxmm	200x300		360x480		360x460
ベース機関		6DK-20	8DK-20	6DK-36	8DK-36	12DK-36
発電効率(従来)	%	41	41	45	45	46

[]内は50Hz

ダイハツDK型ディーゼル機関をガスエンジン化し、2006年度より商用化



この度、新規適用技術により発電効率が向上

2. 新規適用技術について

2-1. 背景及び目標

NEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム
課題設定型助成事業にて実施

市場ニーズの拡大

ガス燃料

環境負荷が小さいクリーンな燃料
シェールガス登場により将来調達環境好転

高発電効率

省エネルギー（エネルギーの有効利用）

安定電源の確保

震災後、安定した電力供給への期待大

自然エネルギー発電装置出力変動補完

補完用電源の高負荷応答性
出力変動率100%/3min程度
（太陽光発電装置）

投資回収の早い発電システム

安価なイニシャルコスト

既存ガスエンジン
（MD36G）の

・高効率化
・負荷変動応答性向上
を実現する。

新規適用技術開発の目標

出力2,800kWのガスエンジンを対象に、定格負荷での発電端効率が現行の10%アップとなるシステムと、負荷追従性能も現行の2倍を可能とするシステムを開発する。

発電端効率が現行の10%アップとなるシステム

THS (Turbo Hydraulic System)による過給機余剰動力回収

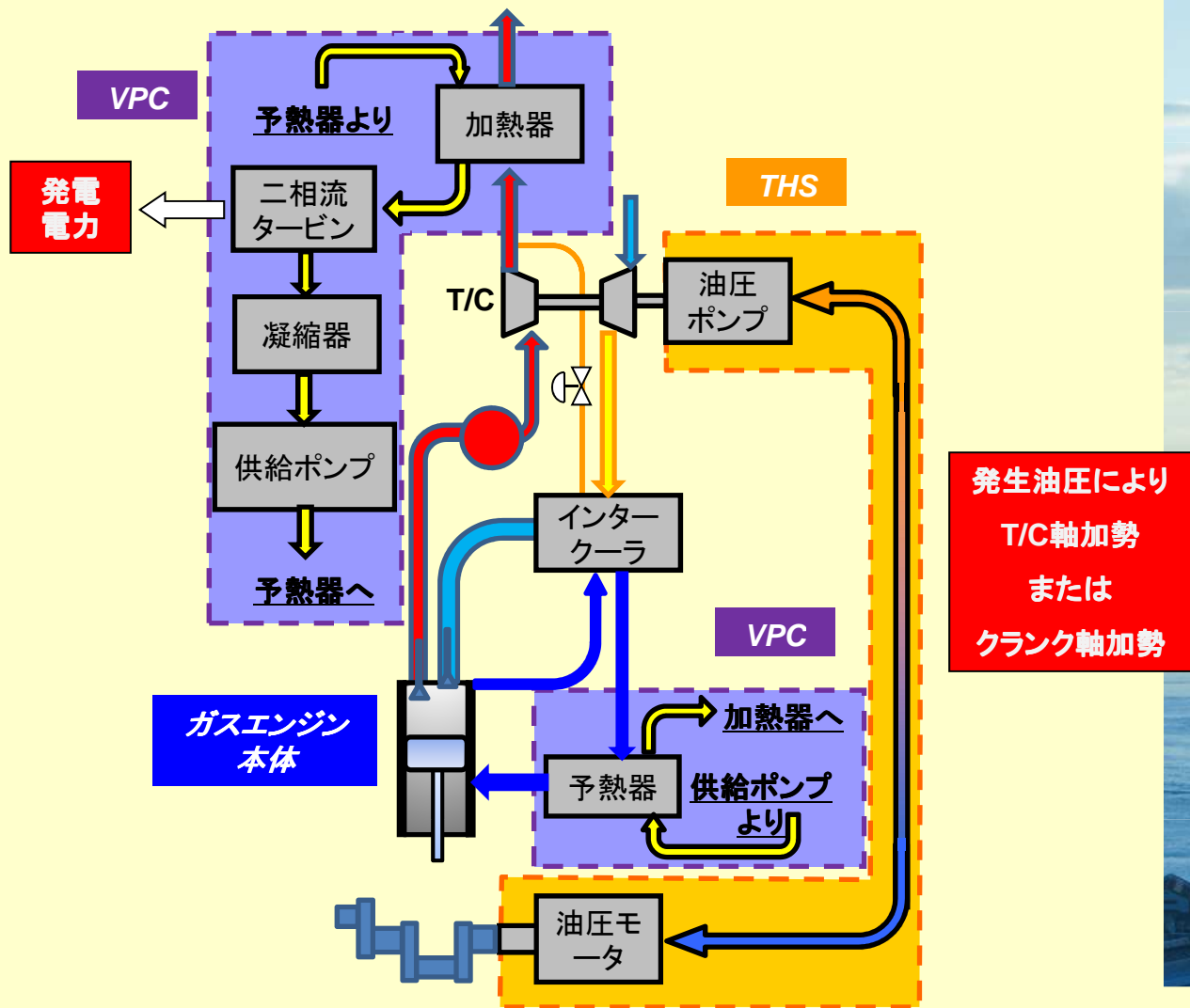
VPC (Variable Phase Cycle)システムによる未使用低温廃熱の利用

ガスエンジン本体の高効率化

負荷追従性能を現行の2倍を可能とするシステム

THS (Turbo Hydraulic System)による過給機回転アシスト

MD36Gシステム概略図



2. 新規適用技術について

2-2. ガスエンジン本体の改良

NEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム
課題設定型助成事業にて実施

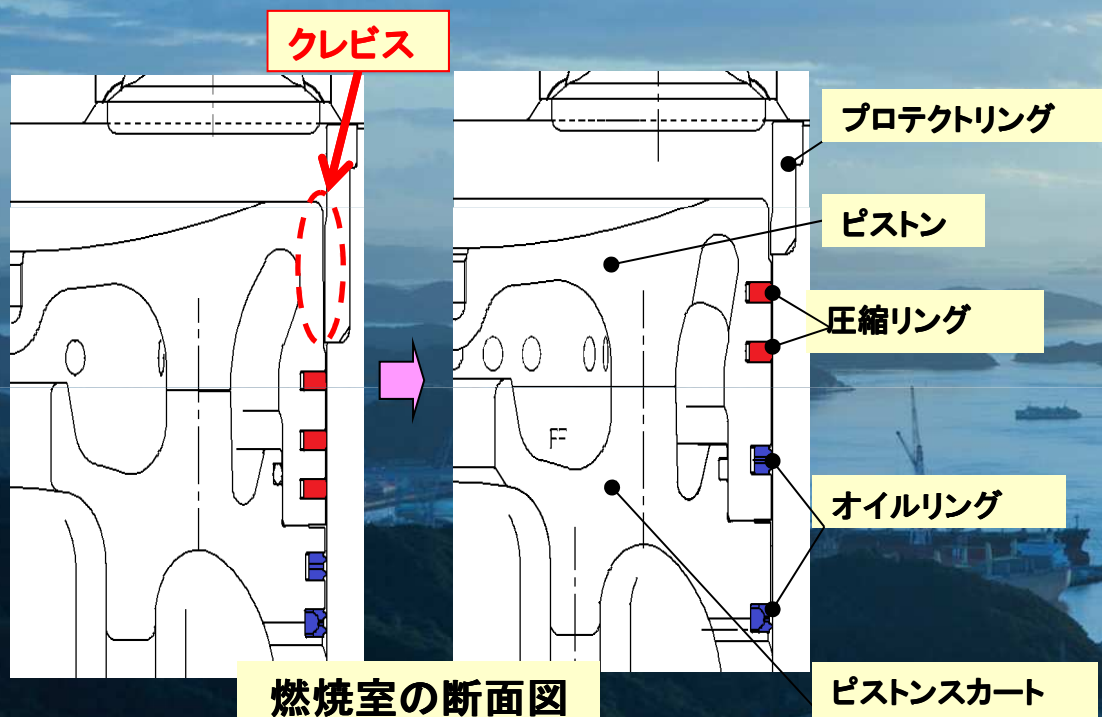
ガスエンジン本体の改良

未燃HC削減(燃焼室のクレビス削減)

ピストン頂部~トップリング距離:
1/2に短縮

メカロス低減(ピストンリング本数変更)

圧縮リング : 3本 → 2本
オイルリング : 2本を維持



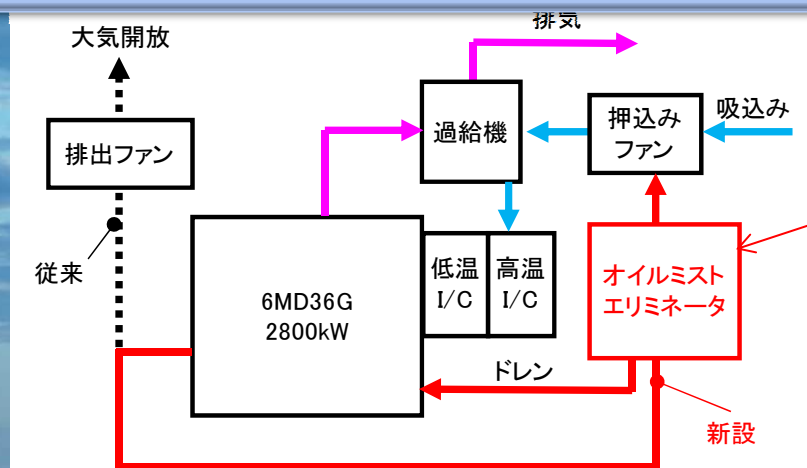
ピストン、シリンダライナ状態良好
適用後、約3,000hrs



発電効率3.2%向上

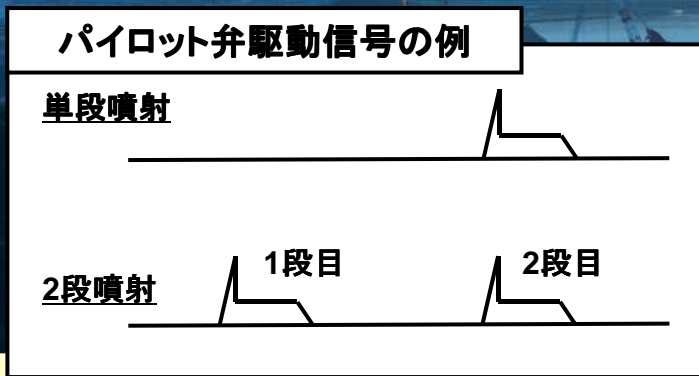
ガスエンジン本体の改良

クランクケース内オイルミストガス再循環



発電効率0.6%向上

パイロット燃料噴射パターン変更 (NEDO助成外)



- ・予混合気の燃焼性を改善
- ・NO_x排出量増加の抑制
- ・燃焼サイクル変動の抑制

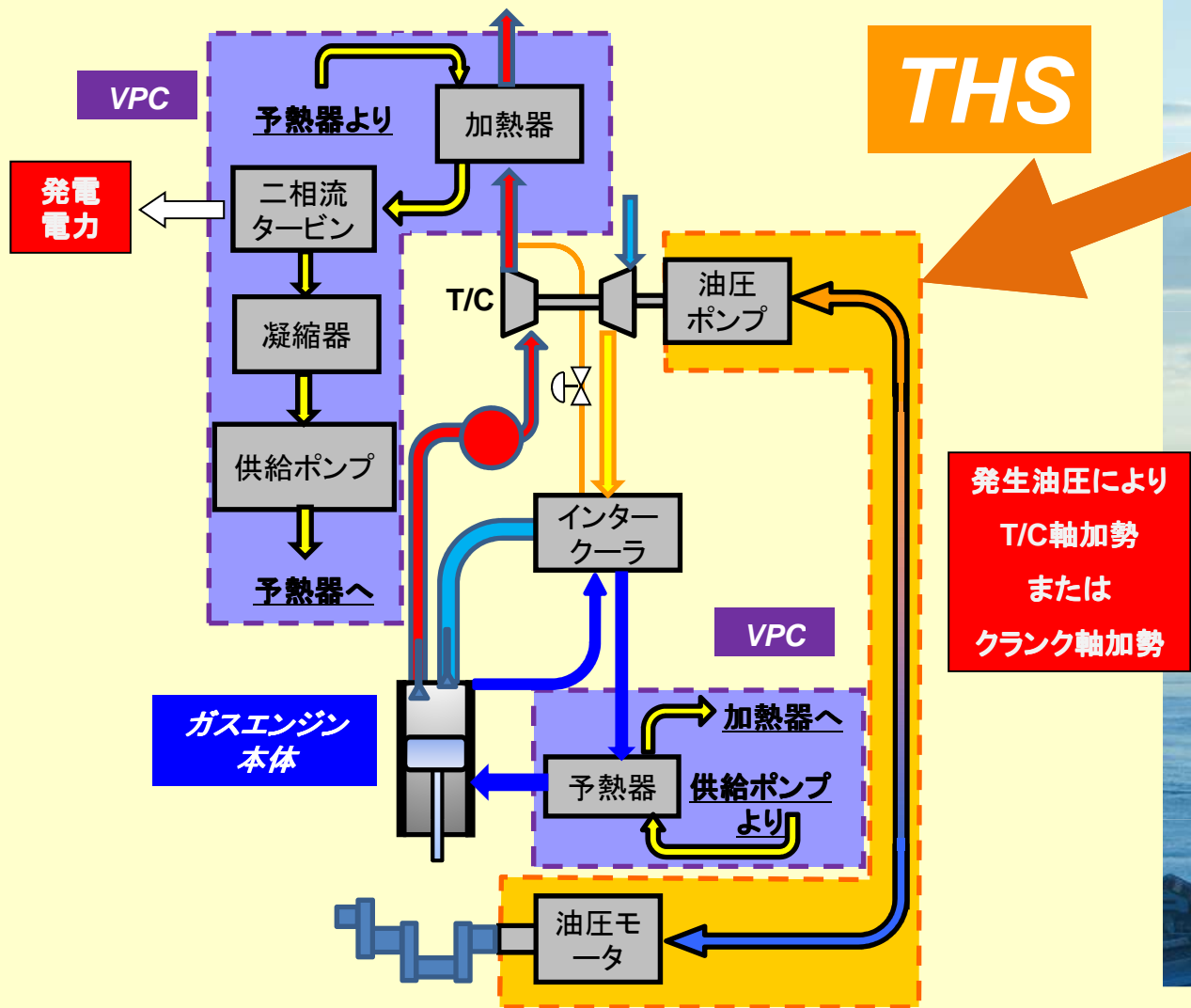
発電効率2.3%向上

2. 新規適用技術について

2-3. THS

NEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム
課題設定型助成事業にて実施

MD36Gシステム概略図 (THS)





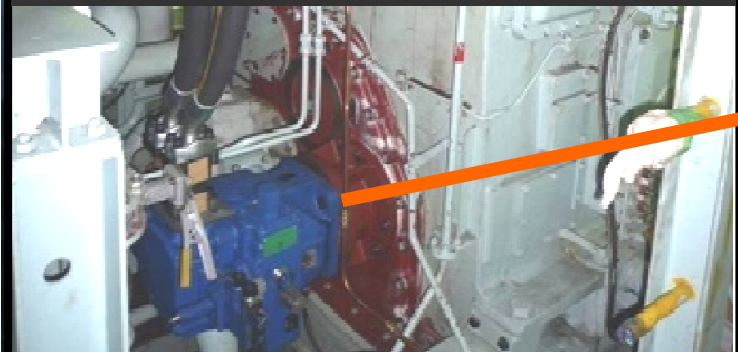
THS (Turbo Hydraulic System)

油圧による廃熱回収システム

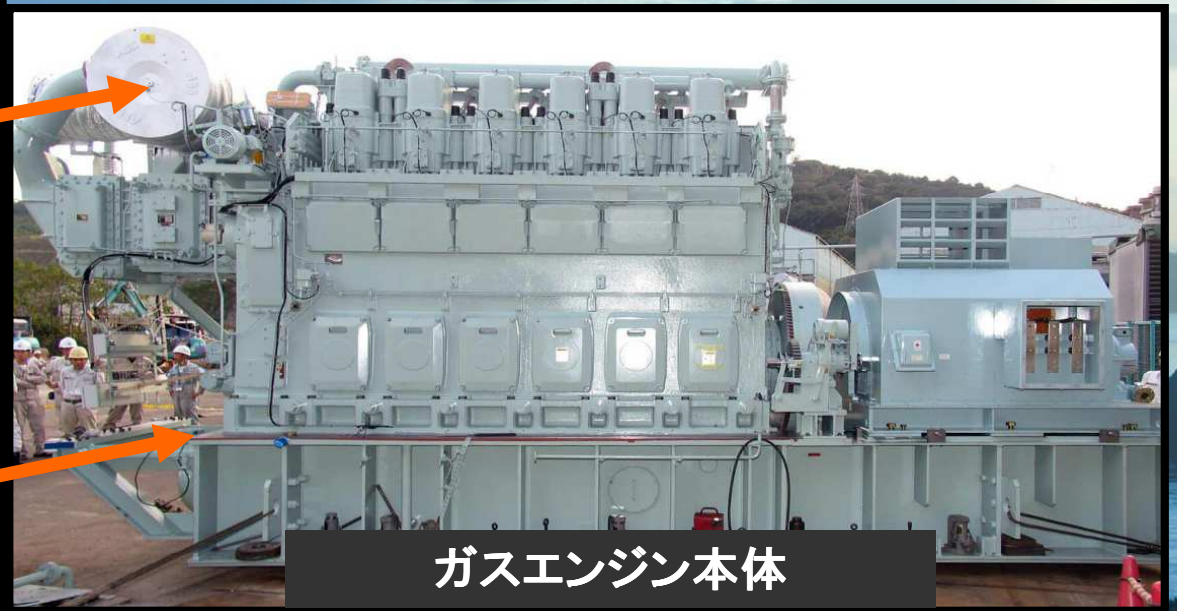
- ① 過給機の余剰エネルギーを**油圧で回収**→油圧動力でエンジンのクランク軸をアシスト
- ②クランク軸の動力を**油圧で回収**→油圧動力で過給機軸をアシスト



過給機側 (減速機+油圧ポンプ)



クランク軸側 (油圧モータ)



ガスエンジン本体



過給機アシスト時の負荷応答性確認

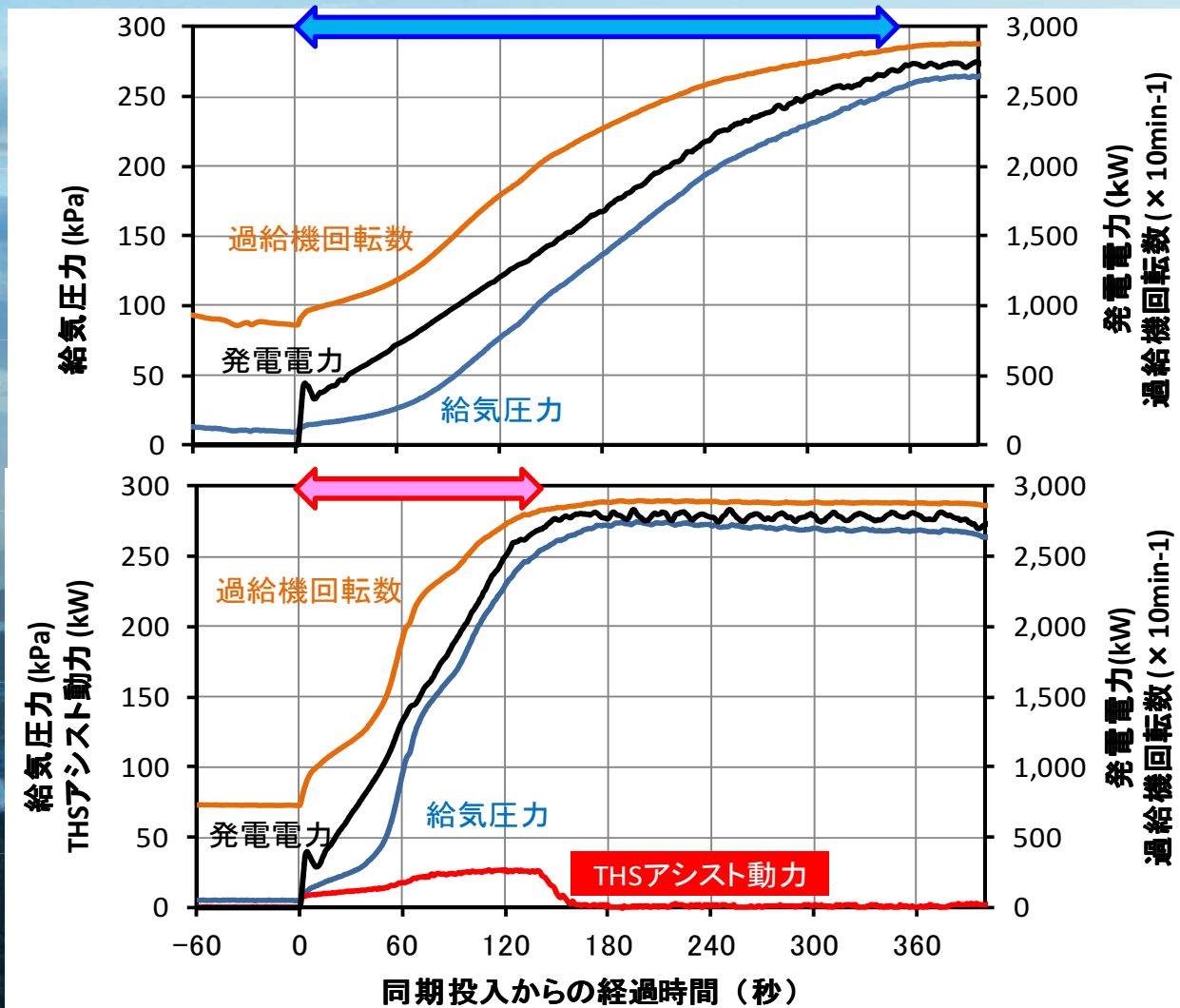
通常 (THSなし)
6分で負荷取り

過給機の応答遅れによる
給気圧力不足
⇒異常燃焼リスク

負荷取り時間を
半分以下に短縮

THSアシスト
2.5分未満で負荷取り

過給機回転数の上昇による
給気圧力確保
⇒異常燃焼リスク低減



クランク軸加勢時の性能確認

エンジン100%LoadにおけるTHSの効果

	単位	THS-OFF	THS-ON	差
発電機出力率	%	100	100	-
発電効率変化	%	-	+3.81	+3.81%
給気圧力設定 (25°C)	MPa-g	0.262	0.243	-0.019MPa
THS回収動力(T/C軸端)	kW	0	150.9	エンジン出力 5.39%相当
THS入力動力(クランク軸端)	kW	0	106.4	エンジン出力 3.8%相当
THS システム効率	%	-	70.5	-



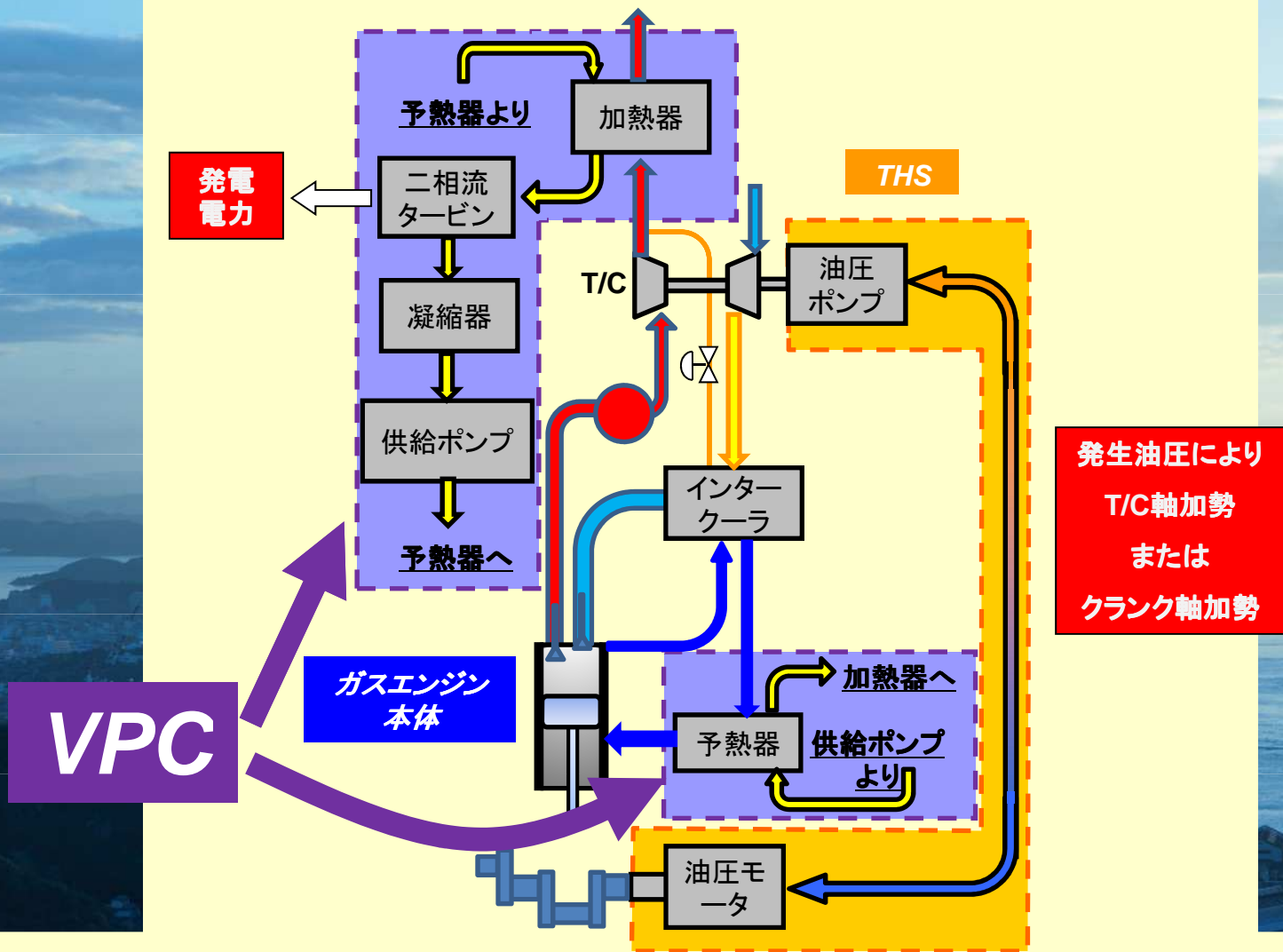
発電効率3.81%向上

2. 新規適用技術について

2-4. VPC

NEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム
課題設定型助成事業にて実施

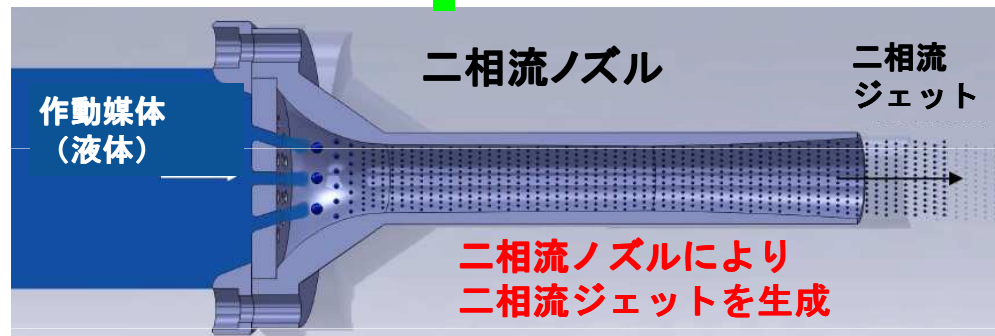
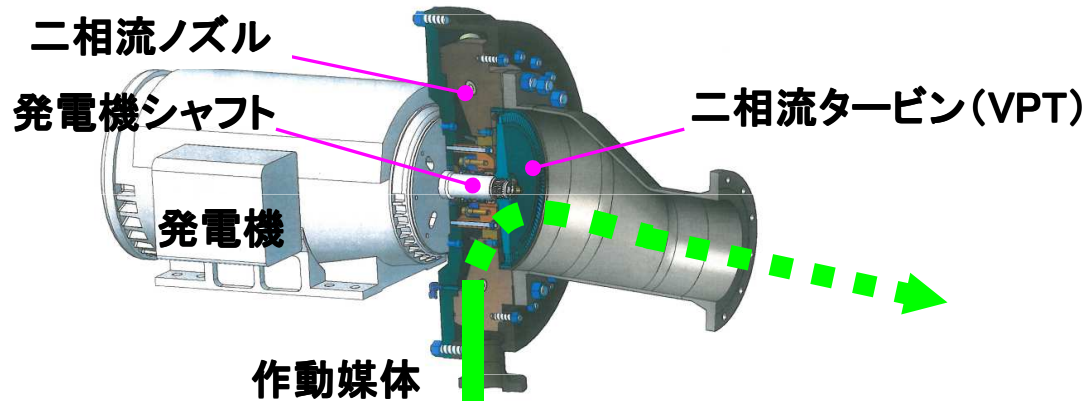
MD36Gシステム概略図 (VPC)



中低温廃熱回収システム

- ・代替フロンを用いた廃熱回収システム
- ・中低温廃熱の有効利用が可能

VPT: Variable Phase Turbine



・二相流ノズル

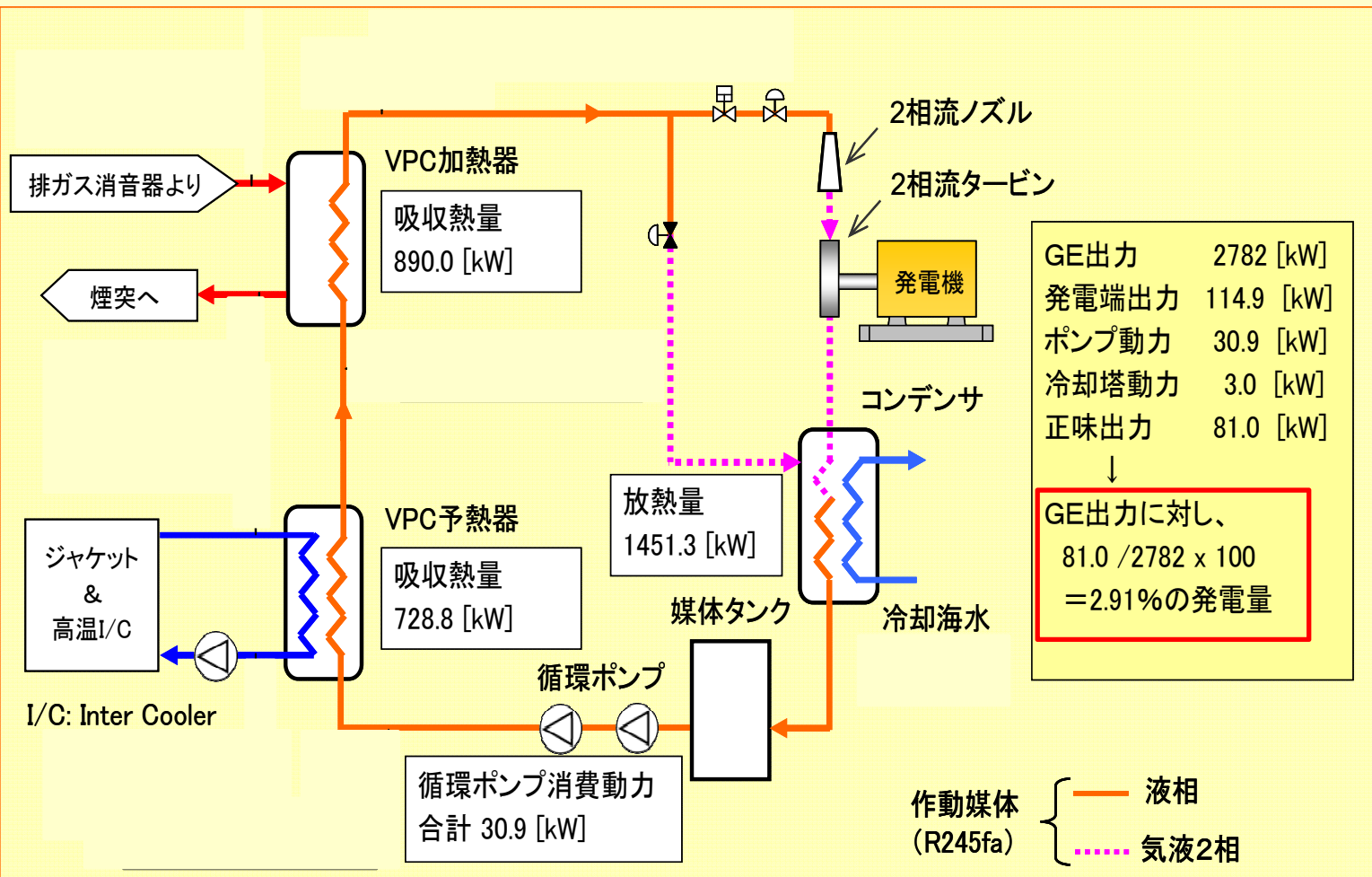
⇒ 作動媒体を液相から
気液二相へ変換する

・二相流タービン

⇒ ノズルで生成した気液
 二相で回転し、発電する。
 回転数 $3,600\text{min}^{-1}$ のため
発電機と直結可能



VPC発電量確認(総合評価試験時)

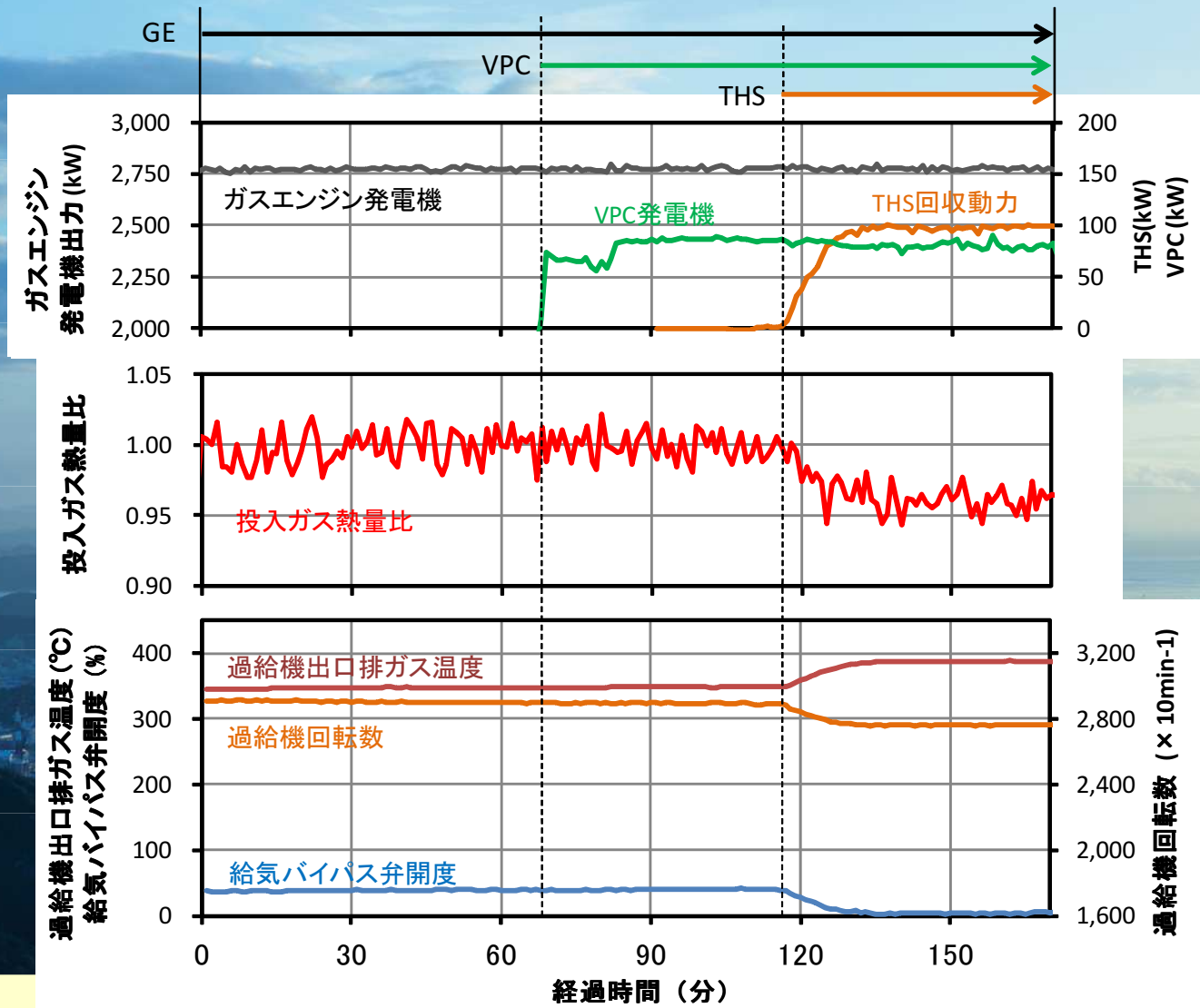


81.0kWの発電出力を回収→発電効率2.91%向上

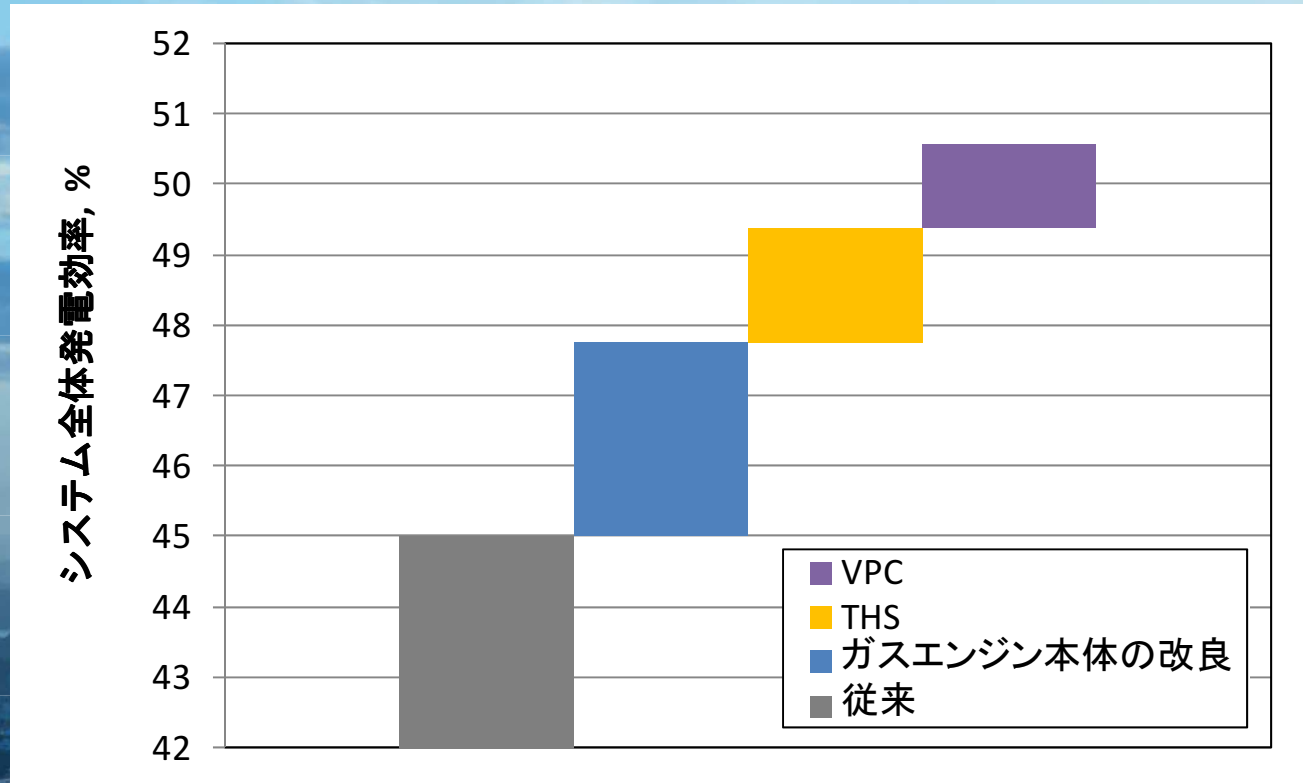
2. 新規適用技術について 2-5. 総合評価試験

NEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム
課題設定型助成事業にて実施

総合評価試験結果



総合評価試験結果



エンジン本体(6気筒)の改良+THS+VPCで
発電効率50.6%を実現



ガスエンジン MD-Gシリーズ

エンジン名称		6MD20G	8MD20G	6MD36G	8MD36G	12MD36G	
発電出力*1	kW	815[900]	1085[1200]	2,760	3,680	5,300	
平均有効圧力	MPa	2.0		2.0			
回転速度	min ⁻¹	900[1,000]		600			
シリンダ配列		直列		直列		V型	
シリンダ数		6	8	6	8	12	
シリンダ径xストローク	mmxmm	200x300		360x480		360x460	
ベース機関		6DK-20	8DK-20	6DK-36	8DK-36	12DK-36	
発電効率	従来	%	41	41	45	45	46
	エンジン本体	%	-	-	47.8	47.8	48.8
	THS + VPC含	%	-	-	50.6	50.6	(51.7)

[]内は50Hz



ご清聴ありがとうございました。