

# 「カーボンリサイクル・次世代火力等技術開発／

## ② 高効率ガスタービン技術実証事業／

### 1) 1700℃級ガスタービン」

(事後評価)

(2019年度～2020年度 2年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

環境部

2021年7月15日



## 移管前事業との関係

本事業は、経済産業省(METI)が直接実施した、「高効率ガスタービン技術実証事業」を継承して開始した事業である。METI事業では、2011年度に事業開始前の事前評価、2013年度に中間評価を行い、また2015年度に総合科学技術会議からの指摘を受け、第2回中間評価を実施済み。

NEDOにて本事業を継承するにあたっては、第2回中間評価の指摘を反映した計画にて事業を継承した。

### <第23回評価WG 総合評価 -第2回中間評価 主要な指摘反映事項->

- (1)1700℃級実証発電設備は、ガスタービン本体含めすべて事業者自前費用で建設し、補助事業に含めないこととする。
- (2)2016年度以降の補助申請対象範囲は、発電に直接寄与しない1700℃の実証に関連する研究開発 および さらに高性能化を目指すための、より難易度とリスクの高い要素技術研究に関連する費用に限定する。

### <NEDOへの事業継承の狙い>

石炭火力、LNG火力は共通する要素技術が多く、火力発電全体の技術開発を加速するために、次世代火力発電技術に係る事業を一元管理し、一体的に進めることで、開発成果を共有しつつ、技術開発に係るリソースを最適化する。これにより、次世代火力発電技術の開発を加速し、早期の技術確立及び実用化を狙う。

## 2019年以降の変更について

2017年度6月に、次世代火力発電の技術開発事業 については、2017年度 経済産業省行政事業レビューにより、外部有識者の評価及び公開プロセスにおける評価を受けた。本評価で受けた指摘他を考慮し、2019年度から以下の変更。

	指摘	反映方針	2019年度以降の方針
1	各研究テーマの開発状況を精査し、国の支援がなければ開発の進捗が著しく遅れるテーマに絞るなど、 <b>更なる重点化を図るべき。</b>	研究テーマの重点化、当該事業の位置付けについては、 <b>省エネ効果の大きいIGFCと1700度級ガスタービンに重点化し</b> 、CO2分離回収技術は縮減する方向で検討する。	<b>1700度級ガスタービンを重点事業として位置付け、研究計画を維持する。</b>
2	実機導入に向け具体的なタイムラインを事業主体からヒアリング、アップデートを行い、 <b>補助率についても適宜見直しを行っていただきたい。</b>  <b>実用化に近い技術開発テーマは、民間企業にもメリットが大きいはずなので、実用化への期間を勘案して適正な補助率に見直すべき。</b>	技術確立・実用化後の事業計画や適正な補助率の見直しについては、NEDOにおいて事業者に対し、導入普及計画を定めた企業化計画書の提出を求めるとともに、国にも報告する方針で検討する。 また、 <b>中間評価のタイミングでその評価結果を踏まえ補助率の引き下げを検討する。</b>	技術開発が実用化に近づくことを考慮し、 <b>2019年度以降の補助率を、2/3から1/2に引き下げる</b> とともに、 <b>商用時に事業実施主体となるMHPS(現在、三菱パワー)を研究体制に組み込む</b> 変更を行う方針。

## I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

## II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

## III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組

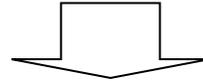
## IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

## ◆事業実施の背景と事業の目的

### 社会的背景

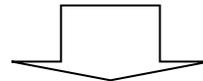
温暖化対策は世界的課題



高効率発電技術開発によるCO2排出量削減の必要性

### 事業の目的

火力発電の熱効率向上によるCO2排出量の抑制



ガスタービン火力発電用途として、発電効率を大きく向上させ得る  
新型ガスタービンの先進技術開発と、その技術の実証事業を行う。

## ◆政策的位置付け

### ○気候変動に関する首脳会議（サミット）（2021年4月 政府発表）

日本は、2030年に向けた温暖化ガスの排出削減目標として、13年度比で46%減らすと表明。

### ○第5次エネルギー基本計画（2018年7月 閣議決定）

「利用可能な最新技術の導入による新陳代謝を促進することに加え、発電効率を大きく向上し、発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術等の開発を更に進める」とともに、「パリ協定を踏まえ、世界の脱炭素化をリードしていくため、相手国のニーズに 応じ、再生可能エネルギーや水素等も含め、CO2 排出削減に資するあらゆる選択肢を相手国に提案し、「低炭素型インフラ輸出」を積極的に推進する」ことが示されている。

### ○エネルギー関係技術開発ロードマップ<sup>o</sup>（2014年12月 経済産業省）

・技術開発プロジェクトの必要性と社会への実装化に向けた課題をあわせて整理し、「10. 高効率天然ガス火力発電」を含む、各技術課題のロードマップを提示。

### ○低炭素社会づくり行動計画（2008年7月 閣議決定）

2050年までに二酸化炭素の排出を現状から60～80%削減するという長期目標が掲げられている。

### ○総合科学技術会議の環境エネルギー技術革新計画(2008年5月 内閣府)

### ○Cool Earth エネルギー革新技术計画（2008年3月 経済産業省）

### ○エネルギー技術戦略（2007年4月 資源エネルギー庁）

高効率天然ガス発電技術のロードマップが示されている。

## ◆ 技術戦略上の位置付け

### 次世代火力発電に係るロードマップ 抜粋

METI 次世代火力発電の早期実現に向けた協議会 2016年6月

#### 5. 2030年度に向けた取組の中心となる石炭、LNG火力に関する方針③

- 石炭、LNG火力のいずれも第1世代、第2世代技術の性能向上を追求しつつ、究極的な発展段階の第3世代技術の早期確立を目指す

火力発電の高効率化に向けた技術開発の進展

	第1世代	第2世代	第3世代
共通要素	シングルサイクル 単一ガスタービン(GT) /単一蒸気タービン(ST)	コンバインドサイクル (複合発電) ガスタービン+蒸気タービン	トリプルコンバインドサイクル (燃料電池複合発電) 燃料電池+ガスタービン+蒸気タービン
LNG火力	GT/ST(1950s~) AHAT(2010s~) ※ AHAT: 高温分空気利用ガスタービン	1100℃級GTCC(1980s~) 1700℃級GTCC(2020s~) 1800℃超級GTCC	GTFC(2020s~)
石炭火力	SUB-C(1950s) SC(1970s) USC(1990s) A-USC(2010s~)	1300℃級IGCC(2010s~) 1800℃級IGCC 革新的IGCC	IGFC(2020s~)

#### 8. 個別技術の開発方針 -2030年度に向けた取組の中心となる技術-

##### ① LNG火力発電技術

- **AHAT** 2017年度技術確立、発電効率51%、従来機並のイニシャルコストを実現  
2017年度に要素実証事業を終了し、技術確立。/将来的にGTFCの成果の活用も検討。
- **超高温GTCC (1700℃級)** 2020年度頃技術確立、発電効率57%、量産後従来機並のイニシャルコストを実現  
2030年度頃に向けて、段階的に高温化を図り、大型GTCCの効率を向上を進める。

# ◆技術戦略上の位置付け

## 次世代火力発電に係るロードマップ 抜粋



## ◆ 国内外の研究開発の動向と比較

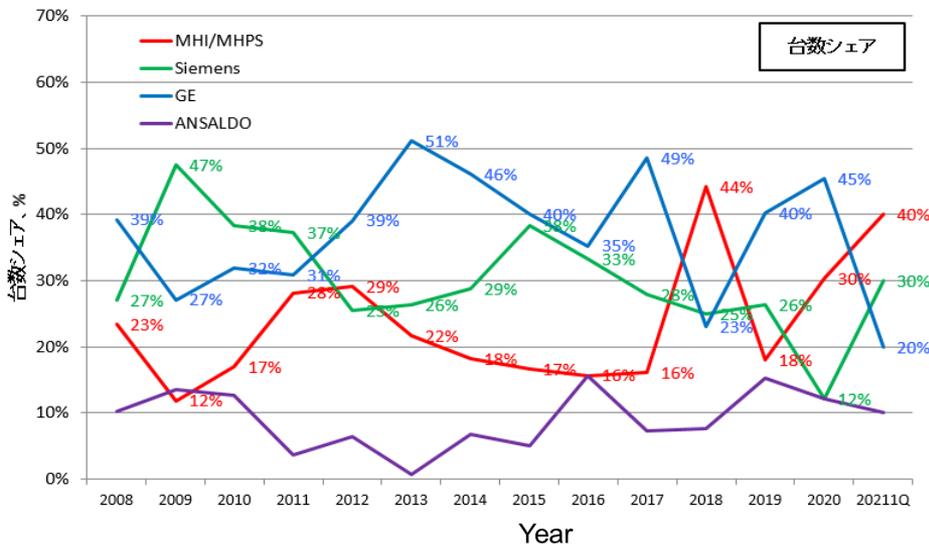
ガスタービン市場は、日米欧で世界シェアの大半を占めている。

他国も政府の支援を受けながら開発を進めており、その競争は激化している。

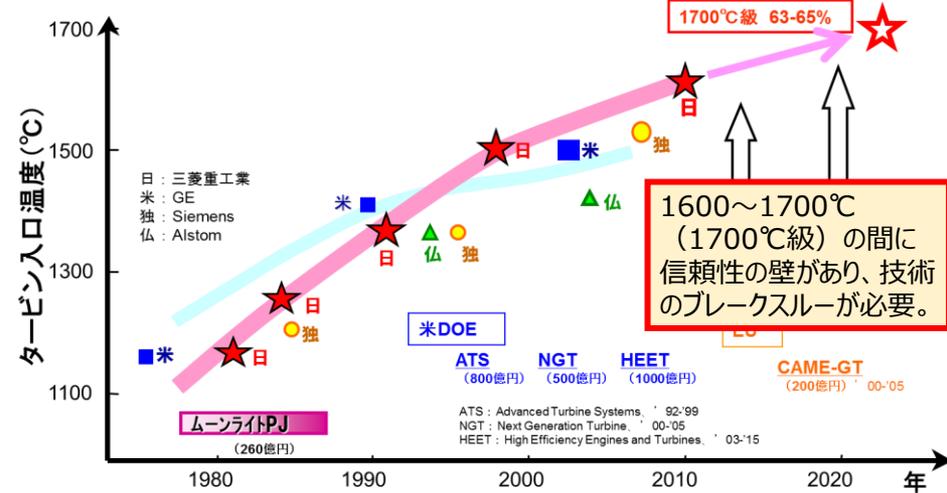
我が国の国際競争力の強化のためには、世界に先んじて次世代の技術を早期に確立・実用化し、いち早く海外市場を獲得することが必要である。

なお、米国ではDOE（米国エネルギー省）からの支援によりGEとシーメンスが高効率のガスタービンを開発中。（※）

大型ガスタービンの世界シェア



世界のガスタービン開発状況



※ (参考) 諸外国政府の支援状況

ガスタービンは、米国では政府がこれまでに総額2300億円を投入し開発を支援している。

出典: H29行政レビュー 公開プロセス 参考資料 (METI 資源エネルギー庁) より抜粋

## ◆ 国内外の研究開発の動向と比較

米国

DOE<sup>\*1</sup>傘下のNETL<sup>\*2</sup>の主導にて各種ガスタービン技術の研究開発中。CC<sup>\*3</sup>効率65%(LHV<sup>\*4</sup>)の実現を目指し、燃焼温度1700℃(3100°F)に向けた先進燃焼技術や材料の開発がターゲット

**GE**

### 【開発項目】

- ① Multi-Tube Mixer : IGCC<sup>\*5</sup>H<sub>2</sub>リッチ燃料向けに開発したものを天然ガスに展開
- ② 高温対応セラミック基複合材料 (CMC<sup>\*6</sup>)
- ③ 高温対応AM<sup>\*7</sup>製造技術
- ④ 高温対応大型・高出力最終段タービン翼
- ⑤ タービン空力伝熱制御技術

### 【プロジェクト】

- ・期間 : 2005～2024
- ・事業総額 : 172億円 (DOE補助107億円) ※\$1=¥105

#### Multi-Tube Mixer

Page 13

in “Advanced Multi-Tube Mixer Combustion for 65% Efficiency, DE-FE0023965”

<https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/2019-11/2019%20UTSR%20Project%20Review%20Mtg/November%205/Track%20A/2019%20UTSR%20Presentation%20-%20GE-%20Multi-Tube%20Mixer%20for%2065pct%20CC%20Efficiency.pdf>

#### CMC

Page 1

in “High Temperature Ceramic Matrix Composite (CMC) Nozzles for 65% Efficiency”

<https://www.netl.doe.gov/node/941>

**Siemens**

### 【開発項目】

- ① 超低NO<sub>x</sub>多段燃焼システム
- ② AM + CMC複合技術
- ③ 軽量チタンアルミナド翼

### 【プロジェクト】

- ・期間 : 2005～2024
- ・事業総額 : 144億円 (DOE補助88億円) ※\$1=¥105

#### 超低NO<sub>x</sub>多段燃焼システム

Page 3

in “Extremely Low NO<sub>x</sub> Axial Stage Combustion System”

<https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/2019-11/2019%20UTSR%20Project%20Review%20Mtg/November%205/Track%20A/North.pdf>

#### Hybrid Oxide CMC … 冷却空気量の低減化

Pages 5～6

in “Ceramic Matrix Composite Advanced Transition for 65% Combined Cycle Efficiency, DE-FE0023955”

<https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/event-proceedings/2017/utsr/track3/Morrison.pdf>

※DOEは、これら以外にも超臨界圧CO<sub>2</sub>サイクル、圧力ゲイン燃焼関連の技術等の研究開発を推進中

\*1 : Department Of Energy、\*2 : National Energy Technology Laboratory、  
 \*3 : Combined Cycle、\*4 : Lower Heating Value、  
 \*5 : Integrated Gasification Combined Cycle、  
 \*6 : Ceramic Matrix Composite、\*7 : Additive Manufacturing

## ◆ 国内外の研究開発の動向と比較

### 欧州

EUプロジェクト「FP7」、「Horizon 2020」にて研究開発を実施（2014～2020年の7年間、エネルギー関係：59.3億€(7,700億円)）。2021年～、新プロジェクト「Horizon Europe」開始（2021～2027年の7年間、エネルギー・気候・モビリティ関係：152億€(2兆円)）。

※€1=¥130

#### ① 先進タービン技術によるフレキシブル火力発電 (略称：FLEXTURBINE)

- 運転出力範囲を拡大するためのサージ予測制御技術
- 劣化/損傷の防止、寿命/効率の向上のシール/ベアリング技術
- 計画外停止の防止、稼働率/柔軟性の向上の主要コンポーネント予測、制御技術

- ・期間：2016/1月～2019/3月
- ・事業総額：10.7M€(14億円) [EU補助6.5M€(8.4億円)]
- ・参画機関：GE、Siemensはじめ、23機関

#### ② 燃焼器の熱音響及び空力音響非線形性の研究 (略称：TANGO)

- 燃焼器の燃焼安定性確保のため、音響/振動/渦の連成現象の解明、燃焼制御手法の開発

- ・期間：2012/11月～2016/10月
- ・事業総額：3.7M€(4.9億円) [EU全額補助]
- ・参画機関：Siemens、Ansaldoはじめ、8機関

Fig. 37

in "Advances by the Marie Curie project TANGO in thermoacoustics" by M. Heckl (International Journal of Spray and Combustion Dynamics, Vol.11, pp.1-53 (2019))

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1756827719830950>

#### ③ 空力-熱、燃焼器-タービン相互干渉の研究 (略称：FACTOR)

- 高性能・低コスト化のため、燃焼器とタービンの干渉の予測制御技術

in "Design, Integration and Operation of a Rotating Combustor-Turbine-Interaction Test Rig within the Scope of EC FP7 Project Factor" Proc. of 13th European Conf. on Turbomachinery Fluid Dynamics & Thermodynamics ETC13, (2019)

<https://www.euroturbo.eu/paper/ETC2019-035.pdf>

- ・期間：2010/12月～2017/8月
- ・事業総額：7.2M€(9.4億円) [EU補助4.9M€(6.4億円)]
- ・参画機関：GE、Siemensはじめ、23機関

#### ④ 発電用高温部品AM向け酸化物分散強化材料 (略称：OXIGEN)

- 酸化物分散強化材料用の粉末、製造技術、モニタリング用の埋込センサーの開発

- ・期間：2013/2月～2017/1月
- ・事業総額：5.6M€(7.3億円) [EU補助4.0M€(5.2億円)]
- ・参画機関：GE、Siemensはじめ、10機関

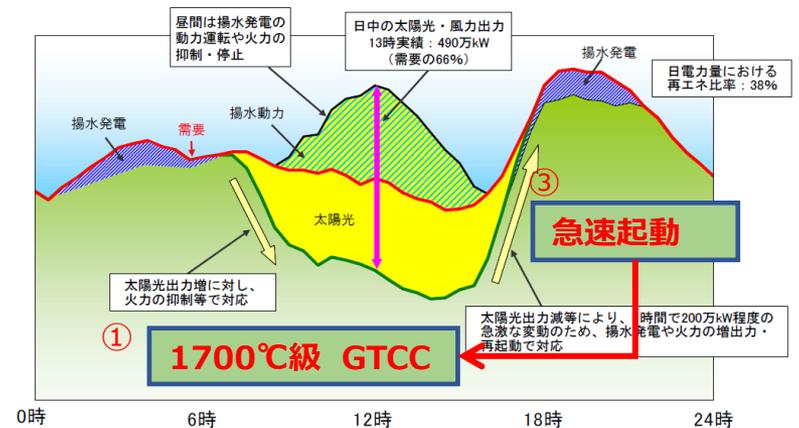
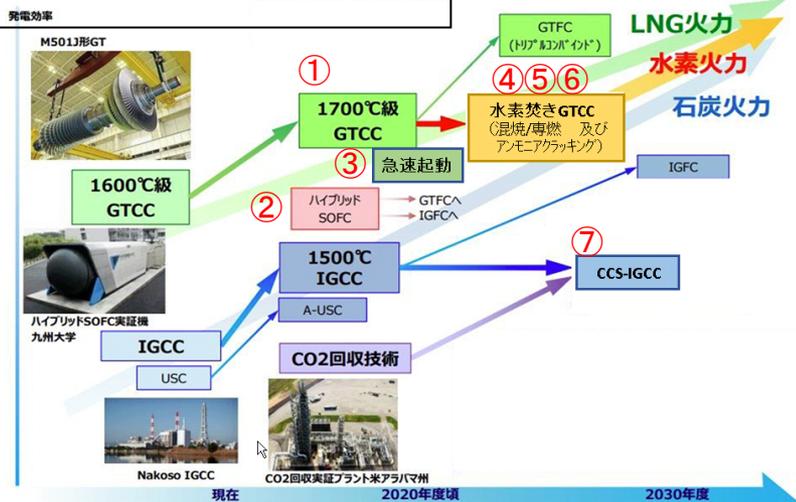
Figure 4.4a

in "Oxide Dispersion Strengthened Materials for the Additive Manufacture of High Temperature Components in Power Generation"

<https://cordis.europa.eu/docs/results/310/310279/final1-oxygen-final-report-final.pdf>

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

## ◆ 他事業との関係



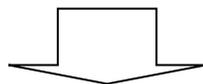
再エネの導入状況と至近の需給状況について 平成28年7月21日 九州電力(株) に1700°C級 急速起動GTの位置づけをNEDOで追記  
<https://www.kyuden.co.jp/var/rev0/0055/4201/2ntja6f6cpd.pdf>

狙い	プロジェクト	開発内容
高効率化によるCO <sub>2</sub> 削減	①  高効率ガスタービン技術実証事業 (1700°C級 ガスタービン) 【本PJ】	効率向上のための高温化技術の開発 NOx低減、TBC等の要素技術、タービン、圧縮機性能向上
	②  ガスタービン燃料電池複合発電技術の開発	
再エネ増加時の電力安定供給	③  機動性に優れる広い負荷帯高効率ガスタービン (急速起動ガスタービン)	運用可能な最低負荷のCO低減、制御システム、急速起動を可能とするクリアランスコントロール
水素利用 (再エネ増加時の余剰電力他)	④  低炭素社会実現に向けた水素・天然ガス混焼ガスタービン発電設備の研究開発	水素混焼燃焼技術 (～30%) (水素インフラ導入期)
	⑤  水素専焼対応 Dry Low NOx高温ガスタービンの研究開発	水素専焼燃焼器の開発 (水素インフラ成熟期)
	⑥    アンモニア利用ガスタービン	アンモニアクラッキングシステムの開発
CCS	⑦  CO2回収型クローズドIGCC技術開発	クローズドIGCCシステム、低カロリーでの燃焼技術の開発

## ◆NEDOが関与する意義

○火力発電技術の高効率化によって環境に対する負荷の低減を指向する**本事業は、社会的・技術的に重要**であり、**広範囲にわたる革新的な技術開発を通じた基礎技術の確立と実証試験を必要とする。**

○**1700℃ガスタービン**においては、**海外との激しい競争下**にあり、**燃焼、材料等を含む幅広い技術分野を横断する革新的な技術開発が必要。** 研究開発の難易度が高く、**多大な研究開発投資を必要とするため、民間企業だけではリスクが高く、官民がその方向性を共有する事が不可欠**である。国家間の開発競争は熾烈を極め、**更なる高温化・高効率化技術の開発が可能な国は、現状、米・日・独・伊の4カ国**である。一方で、**中・韓では国家を上げてガスタービンの国産化を支援しており、今後、競合相手となる可能性が高い。**



**N E D O が も つ こ れ ま で の 知 識 、 実 績 を 活 か し て 推 進 す べ き 事 業**

◆実施の効果 (費用対効果)

プロジェクト費用の総額： 136.7億円

受注予測：

2022年度	500億円/プラント× 5プラント/年 = 2,500億円/年
2023年度	500億円/プラント×10プラント/年 = 5,000億円/年
2024年度	500億円/プラント×15プラント/年 = 7,500億円/年

省エネルギー効果：

	1500℃級	1700℃級
送電端効率	52%HHV	⇒ 58%HHV以上
発電端効率※	53%HHV	⇒ 59%HHV以上
	(59%LHV	⇒ 65%LHV以上)

※所内率2%と仮定

◆実施の効果 (費用対効果)

経済効果 (燃料化価格) :

	1500℃級	1700℃級
	333億円/年	⇒ 302億円/年 (▲31億円)
〔仮定〕	プラント出力	65万 kW
	設備利用率	90% (100%負荷)
	LNG単価 (日本)	10\$/mmbtu
	為替	110円/\$

CO<sub>2</sub>削減効果 :

	1500℃級	1700℃級
	0.35kg-CO <sub>2</sub> /kWh	⇒ 0.31kg-CO <sub>2</sub> /kWh以下

## I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

## II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

## III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組

## IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

## ◆事業の目標

大容量火力発電向けの天然ガス焼きガスタービンに対して、従来目標（METI事業）に対して、発電効率を+1%高めた送電端効率58%HHV※以上を目標とした高効率ガスタービン技術の開発を行う。

これにより、2020年度実証予定の1700℃級ガスタービン実機検証試験の成功確率を高めると共に、実証後における継続的な信頼性向上と発電効率向上の実現につなげる。

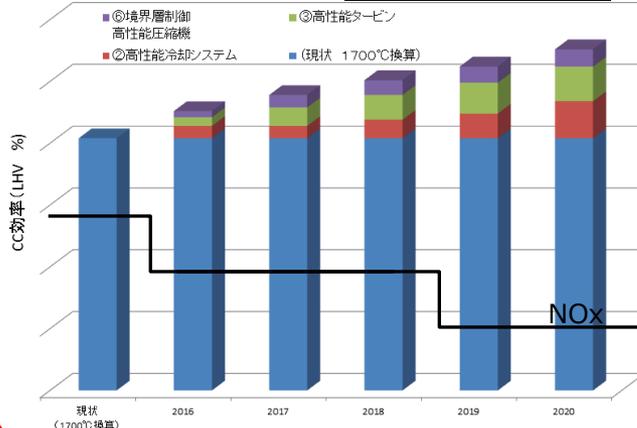
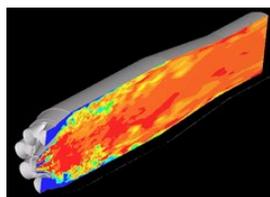
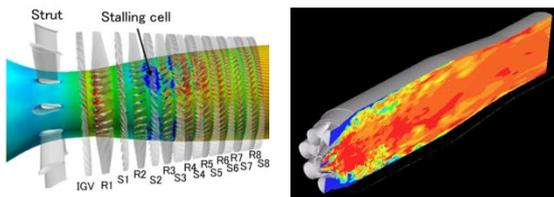
[最終目標（2020年度）]

1700℃級ガスタービンの実証試験データの取得、及び評価を実施し、送電端効率58%HHV達成の見通しを得る。

# ◆研究要素項目

## 性能向上のアイデアと検証

- ② 高性能冷却システム
- ③ 非定常性制御燃焼技術
- ④ 高性能タービン
- ⑥ 境界層制御高性能圧縮機



## 検証・検査技術

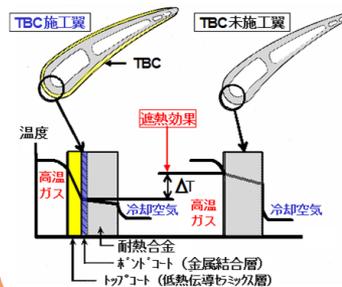
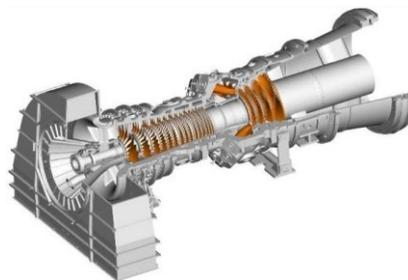
- ⑫ 特殊計測技術
- ⑬ 高精度・高機能検査技術

## 信頼性向上技術

- ① 低熱伝導率遮熱コーティング
- ⑦ 高性能構造技術
- ⑧ 高性能シール・高性能軸受
- ⑪ 超高温強度評価技術

相互に関係

次世代1700°C級  
高効率ガスタービン

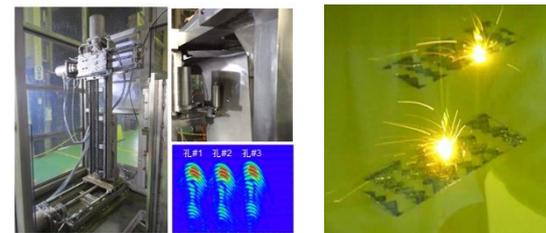


	MGA1400DS	
	粒内	粒界
未熱効材		
950°C × 5000h		
1000°C × 5000h		

相互に関係

## 先進製造技術

- ⑨ 先進製造技術



## 設計の高度化技術

- ⑤ 翼列設計システム
- ⑩ 鋳造プロセス設計システム

相互に関係

相互に関係

## ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<p>① 低熱伝導率遮熱コーティング (信頼性向上)</p> <p>※遮熱コーティング (TBC : Thermal Barrier Coating)</p>	<p>実機検証結果の確認と、多層皮膜の製造プロセス簡易化および安定化を図り、実機適用を開始する。</p>	<p>先進TBC (多層型、超厚膜型) の皮膜特性の確保のためには、製造プロセスの安定化が必要である。また、実機は高温・高応力・高流速であり、先進TBCの信頼性・遮熱性の実証のためには、実機検証が必要である。</p>
<p>② 高性能冷却システム (性能向上のアイデアと検証)</p>	<p>実機相当環境下での総合性能を検証し、高性能冷却システム実用化の目途を得る。</p>	<p>ガスタービンコンバインドサイクルの更なる性能向上には、高温部品の冷却に用いる冷却空気を最小限とするタービン冷却翼を実現する必要があるため。</p>
<p>③ 非定常性制御燃焼技術 (性能向上のアイデアと検証)</p>	<p>燃焼器内部非定常計測技術、多缶燃焼振動抑制技術を活用して、更なる低NOx化が可能な燃焼器を開発する。</p>	<p>実機では燃焼器を複数具備することで燃焼不安定リスクが大幅に高まるため、低NOx化と安定燃焼を両立させる施策を継続して検討・準備しておく必要があるため。</p>
<p>④ 超高性能タービン (性能向上のアイデアと検証)</p>	<p>1700℃級タービンにおいて、タービン効率を高いレベルで実現するための要素技術の更なる高度化と要素試験を実施する。</p>	<p>市場動向から更なる高出力化が望まれており、タービン負荷が高い条件で更なる高効率化が必要であるため。また、運用面から、定格条件のみならず幅広い出力帯での性能・運用性も求められており、タービン開発に要求される技術レベルが非常に高くなっているため。</p>
<p>⑤ 翼列設計システム (設計の高度化技術)</p>	<p>構造強度と振動強度の制約条件を満足させるため翼の外表面形状と内表面形状を最適化する翼列設計システムを構築する。</p>	<p>従来の設計システムでは1700℃級ガスタービンの構造強度と振動強度の制約条件を満足させる翼形状を見出すことが困難であり、開発期間が長期化する恐れがあるため。</p>
<p>⑥ 境界層制御高性能圧縮機 (性能向上のアイデアと検証)</p>	<p>圧縮機前方段、中後方段の内部流動の計測の実施、翼の改良検討を行い、更なる性能向上策の目途を得る。</p>	<p>ガスタービンコンバインドサイクルの更なる性能向上の為に高圧力比化する必要がある。圧縮機中後方段は、チップクリアランス/翼高さの比率が増加する為、チップクリアランス損失による効率低下を抑制する必要がある。また、更なる大出力化の為に、大風量圧縮機用の前方段翼列を開発する必要がある。</p>

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<b>⑦高機能構造技術 (信頼性向上)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素試験等による、疲労寿命向上の検証</li> <li>・GT 前方段動翼の非線形振動応答の予測技術の向上</li> <li>・GT 後方段の空力減衰・構造減衰の予測技術の向上</li> </ul> <p style="text-align: center;">※ガスタービン (GT : Gas Turbine)</p>	<p>1700℃級ガスタービンの性能向上のために高温・高圧化する際、構造信頼性、特に疲労強度に問題が生じる可能性があるため。また、設計段階でタービン前方段、および、後方段動翼の非線形性を含む翼振動応答の高精度な予測技術が必要であるため。</p>
<b>⑧高性能シール・高性能軸受 (信頼性向上)</b>	<p>新型シール、新型軸受の更なる性能・信頼性向上が可能な改良構造案を策定し、実機模擬条件での性能検証を行う。</p>	<p>ガスタービンの高出力化・高効率化のため、シールには高温環境への対応や熱伸び等の変形への追従、軸受については高負荷対応が求められており、そのためには新たな改良構造の設計・製造技術確立が不可欠であるため。</p>
<b>⑨先進製造技術 (先進製造技術)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ casting process, シミュレーションの高度化・改良検討、検証翼試作</li> <li>・造形品単体、接合前後加工も含めた製造 process 高度化。開発補修技術の実部品への適用検討</li> <li>・3D 積層造形のさらなる高精度化、高強度化技術を開発するとともに、実証試験による製品信頼性評価を行う。</li> </ul>	<p>1700℃級タービンの性能向上・信頼性確保のためには、タービン翼をはじめとする高温部品への複雑冷却構造の適用が必要とされるが、これを実現するためには casting、溶接、3次元積層造形技術などに関する先進的な製造技術が不可欠であるため。</p>
<b>⑩ casting process 設計システム (設計の高度化技術)</b>	<p>システムの対象翼種拡大により、大型動翼の解析期間を短期間化する。</p>	<p>空力/冷却効率の要求から形状が複雑化する精密 casting 翼 casting 物を、短期間で開発することが求められるが、そのためには casting process 解析期間を短縮する必要があるため。</p>
<b>⑪超高温強度評価技術 (信頼性向上)</b>	<p>構築した評価手法について既存機種での適用性を確認するとともに、さらなる性能向上のための評価手法の合理化を検討する。</p>	<p>ガスタービンの効率向上を目的としたタービン入口温度の上昇や、冷却空気量の削減、ガスパス構造の変更等に伴い、タービン翼材はこれまでに知見のない超高温域での使用となる。これに対し、熱サイクルによる疲労、クリープ変形等の信頼性に関する問題が生じることが懸念されるが、従来の設計手法では高温域での設計を成立させることが難しいため合理化が必要。</p>

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<p><b>⑫特殊計測技術 (検証・検査)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン後方段での非接触翼振動計測技術を開発する。</li> <li>・総合監視機能を拡張し、実プラント運転にて検証する。</li> <li>・タービンチップクリアランス計測技術を開発する。</li> <li>・高精度流量計測技術を開発する。</li> <li>・熱電対以外の多点温度計測の要素試験及び検証試験を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超高温ガスタービンの性能・信頼性検証のための実機特殊計測には、高精度・高信頼性を有する計測技術の開発が必要であり、特に初号機性能検証、長期運用時の異常診断に適用するため。</li> </ul>
<p><b>⑬高精度・高機能検査技術 (検証・検査)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機部品の検査に適用可能な内部欠陥検査技術を開発する。</li> <li>・ワイヤレスセンシングのための無線給電装置を開発する。</li> </ul>	<p>ガスタービン入口温度の上昇や、冷却空気量の削減、ガスパス構造の変更等に伴い、熱疲労やクリープの要求強度が厳しくなり、タービン翼の初期製造品質並びに運転中の信頼性向上がより要求されるため。</p> <p>データ送信用無線機（テレメータ）、電力受電モジュールの長時間安定した送受電技術が要求されるため。</p>

◆ 研究開発のスケジュール

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	
① 低熱伝導率遮熱コーティング技術	TBC※1の組成制御技術の改良・高度化					
	TBCの耐環境特性評価			(a)TBCの皮膜構造制御技術の更なる高度化		
	耐環境性に優れるTBCの改良・開発			(b)更なるTBCの改良・開発		
	TBCの実用化技術開発				(c)TBCの実用化・施工技術開発	
	TBCの寿命評価技術の開発				(d)経年劣化を考慮したTBCの寿命評価技術の開発	
② 高性能冷却システム	非定常性の評価技術開発					
	基本要素試験	改良要素試験	検証試験			
	高性能冷却システムの開発	シミュレーション技術の高度化				
	基本コンセプト検討 要素解析			(a)高性能冷却システム開発		
	基本要素試験①	装置設計・製作 総合性能検証試験①	装置設計・製作 総合性能検証試験②	基本要素試験②	(c)供試体設計・製作 (d) 総合性能検証試験③	
③ 非定常性制御燃焼技術	燃焼器内部非定常計測技術					
	光学計測法の導入	光学計測法の改良	光学計測法の高度化	(a)光学計測法の改良②	光学計測法の高度化②	
	NOx※2の抑制技術(コンセプト検証)	コンセプト検討	実燃焼器での検証①	実燃焼器での検証②	実燃焼器での検証③	実燃焼器での検証④
	燃焼振動の抑制技術			(c)燃焼振動抑制コンセプト改良①	燃焼振動抑制コンセプト改良②	
	低NOx燃焼器の開発(実機条件検証)	シミュレーション技術の開発				
コンセプト燃焼器 燃焼試験設計・製作	改良燃焼器① 燃焼試験設計・製作	改良燃焼器② 燃焼試験設計・製作	(d)改良燃焼器③	改良燃焼器④		
			燃焼振動評価技術の開発	燃焼振動評価技術の改良		
			(e)燃焼振動評価技術の開発			

※1 遮熱コーティング (TBC : Thermal Barrier Coatings)

※2 窒素酸化物 (NOx : Nitrogen Oxide)

## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
<b>④超高性能タービン</b>	タービン性能向上検討・要素解析 改良検討 要素試験計画	要素解析 要素試験①	改良検討・要素解析 要素試験②	(a)タービン後方改良検討 (b)排気ディフューザ要素検証試験	
<b>⑤翼列設計システム</b>	設計手法の構築 設計手法案検討 設計システムの構築 仕様検討	改良案検討① システム試作	改良案検討② システム改良①	(a)構造最適化手法調査 (b)構造最適化システム計画	(c)構造最適化計算 (d)構造最適化システム構築
<b>⑥境界層制御高性能圧縮機</b>	シミュレーション技術の精度向上 圧縮機性能向上策策定 性能向上策策定	シミュレーション技術の精度向上 試験装置 設計・製作 試験装置 設計/製作 (改造)	性能向上策 検証 試験	(a)シミュレーション技術の精度向上 (b)性能向上策策定 (c)試験装置 設計/製作 (改造)	(d)性能向上策検証試験

## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
⑦ 高機能構造技術	クリアランスコントロール ← 要素試験検証	構造の検討 ← 実機適用計画	← 実機検証準備、検証	← (a)シミュレーション精度向上検討	
	高温・高圧下 応力低減構造検討 ← 応力低減構造計画	← 要素試験検証	← 実機検証	← (b)ロータ信頼性向上検討	
				← (c)大規模解析による評価精度向上検討	
⑧ 高性能シール・高性能軸受	高温対応高性能軸シールの開発 高負荷対応高性能軸受の開発 ← コンセプト検討	← 詳細設計検討		← (a)性能・信頼性向上検討	
	← 適用性評価 (計測・解析)	← 要素解析・特性要素試験①	← 特性試験装置製作 ← 実機模擬特性試験①	← (b)要素解析・特性要素試験②	← (c)特性試験装置製作 ← (d)実機模擬特性試験②
⑨ 先進製造技術 (1/2)	鋳造 【合金】 ← 特性評価	← 改良検討	← 詳細特性確認	← (a)長時間特性確認	
	← 鋳造プロセス	← 量産プロセス確認	← 改良検討・効果確認	← (b)検証翼製造プロセス検討	← (c)検証翼試作・評価
	← 量産技術検討 【シミュレーション】	← 高度化検討	← 改良検討・効果確認	← (b)検証翼製造プロセス検討	← (c)検証翼試作・評価
	← 実プロセス検証				

## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
<b>⑨ 先進製造技術 (2/2)</b>	<b>溶接</b> <b>【溶接接合プロセス】</b> 溶接接合技術検討	溶接部評価とプロセス改良	効果確認	(d)実部品接合プロセス検討	(e)接合プロセス高度化および評価
	<b>【肉盛補修プロセス】</b> 肉盛補修プロセス検討	肉盛補修部評価とプロセス改良	効果確認	(f)実部品補修プロセス検討	(g)補修プロセス高度化および評価
	<b>孔あけ</b> <b>【加工計測制御】</b> 特性把握 量産向けシステム検討	量産向け システム安定性確認	改良検討・効果確認		
	<b>3次元積層</b> <b>【積層造形プロセス】</b> 造形技術検討	製造プロセス検討	改良検討・効果確認	(h)特性要素試験 設計手法へ反映	(i)実機検証
				<b>成膜</b> <b>【成膜】</b>	(j)高性能成膜技術の開発
<b>⑩ 鋳造プロセス設計 システム</b>	従来プロセス設計技術の問題点抽出・設計手法検討 問題点抽出	設計手法検討			
		システム仕様検討・試作・評価 システム仕様検討		(a)改良案検討	
			システム試作・評価		(b)システム改良・評価

## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
⑪ 超高温強度評価技術	実機模擬劣化材料強度評価 劣化模擬材作成 組織・強度評価	組織・強度評価	組織・強度評価 設計手法へ反映		
	実機温度・応力場強度評価手法構築 計画 試験装置製作		試験 設計手法へ反映	(a)構築した設計手法に必要な材料データ取得 (c)設計手法の妥当性検証・改善 (b)新規設計手法での実翼評価	
⑫ 特殊計測技術	翼振動計測技術 (BVM※) 改良・要素試験	改良案検討・要素試験	改良案検討	(a-2)不具合箇所の是正	
	クリアランス計測技術 改良・要素試験	改良案検討・要素試験	改良案検討	(a-1)タービン後方段での要素試験及び検証 (b)実機条件下での耐久確認	更なる高度化に向けての改良検討・検証試験
	タービン変形・クリアランス計測技術 検討	要素試験・実機適用検討	改良案検討		
	大規模特殊計測データ処理・通信技術・センサ計測技術 検討・調査	要素試験・実機適用検討	改良案検討	(c)大規模特殊計測検証試験	バックアップ技術の検討・要素試験
				高精度流量計測技術 (c-1)高精度流量計測検証試験 (c-2)センサの開発検証試験 (c-3)3Dプリンタを用いた手法検討	改良要素試験・検証試験 要素試験

※ 翼振動監視 (BVM : Blade Vibration & Monitoring)

## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

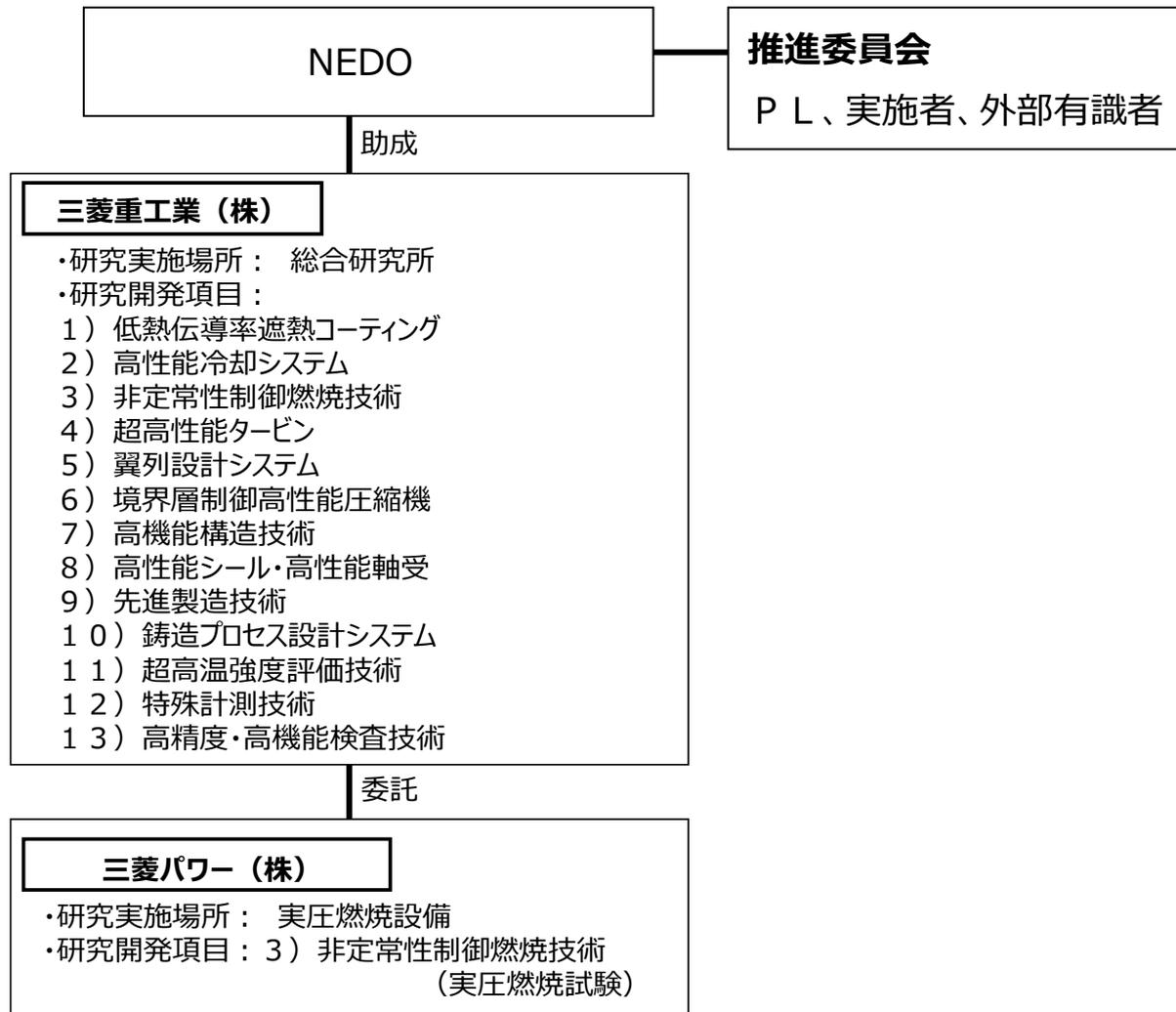
	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
⑬ 高精度・高機能検査技術	<b>(1) 内部欠陥検査技術の開発</b>				
	基本コンセプト 検討 ← 要素試験 → センサ設計 ← 平板試験体製作 → センサ試作	高速化検討 装置部品試作 ← 検証試験 → 信号処理手法検討 実翼形状試験体製作	装置設計 ← 装置製作 → 信号処理手法改良 EDM試験体製作 疲労試験体製作	性能試験 ← (a)母材き裂検査方法の検討 → 母材き裂検査手法検討	要素試験 ← (b)精度向上・検証試験 → 精度向上、高速化 ← 検証試験 →
	<b>(2) ワイヤレスセンシング技術の開発</b>				
	手法検討 要素試作評価試験 システム仕様策定	要素モジュール開発 検証システム試作改良 検証試験	装置設計 ← 装置製作 →	(a)性能評価・改良設計製作 ← (b)性能評価・検証試験 →	
<b>(3) 再結晶検出技術の開発</b>					
	装置コンセプト検討 ユーザーインターフェイス設計 装置仕様確定	検出性能向上アルゴリズム検討 過剰検知低減アルゴリズム検討 検証	装置設計 ← 装置製作 →	(a)柱状結晶検査の撮像機構検証 ← (b)FPT画像記録方法の検証 →	

## ◆プロジェクト費用

(単位：百万円)

研究開発項目	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	合計
①低熱伝導率遮熱コーティング	83	98	99	53	53	386
②高性能冷却システム	41	180	169	100	90	580
③非定常性制御燃焼技術	771	531	487	495	437	2,721
④超高性能タービン	117	140	59	84	112	512
⑤翼列設計システム	18	18	22	15	15	88
⑥境界層制御高性能圧縮機	193	243	311	317	273	1,337
⑦高機能構造技術	16	70	11	29	27	153
⑧高性能シール・高性能軸受	43	42	38	25	27	175
⑨先進製造技術	209	279	454	412	228	1,582
⑩鋳造プロセス設計システム	9	11	12	7	9	48
⑪超高温強度評価技術	33	25	32	30	45	165
⑫特殊計測技術	23	36	52	25	27	163
⑬高精度・高機能検査技術	31	35	29	14	22	131
合計	1,587	1,708	1,775	1,606	1,365	8,041

## ◆ 研究開発の実施体制



## ◆ 研究開発の進捗管理

N E D Oは、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適切に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

### PM、PLによる進捗把握・管理

・ P Mは、P Lや研究開発実施者と密接に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。従事日誌、月間工程表、執行管理表および現地調査並びに適宜ヒアリングにより実施状況をチェックし、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

### 技術分野における動向の把握・分析

・ P Mは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策の分析及び検討を行う。

## ◆ 動向・情勢の把握と対応-1

情勢変化/予測	現状及び対応
<ul style="list-style-type: none"> <li>国際エネルギー機関（IEA）World Energy Outlookによると、天然ガス需要は2040年に向けて世界で+45%と予想</li> <li>大型ガスタービンは、GE, Siemens, 三菱、Ansaldo による上位4社での大容量、高性能機での競争が激化。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型ガスタービン市場規模は現状維持と予測されるが、大容量・高効率機種の需要は高まるため、1700℃級ガスタービン事業の必要性は、より高まる（計画に変更なし）。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>長期エネルギー需給見通しの実現に向けて、電力業界は2030年度の0.37kg-CO<sub>2</sub>/kWhの排出係数目標値を設定。電気事業者等は「電気事業における低炭素社会実行計画」を策定。火力発電所の新設等に当たり、プラント規模に応じて、経済的に利用可能な最良の技術(BAT※)を活用すること等により、2030年度に約1,100万t-CO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>削減を見込む。</li> </ul>	<p>【電力事業者の自主的な火力効率化の枠組と支える仕組み】</p> <p>①電力の自主的な枠組の強化を、②省エネ法と③高度化法による措置で支え、「実効性」と「透明性」を確保。</p> <div style="text-align: center;"> <p>①【電力事業者の自主的な枠組】</p> <p>排出係数0.37kg-CO<sub>2</sub>/kWh(2030年度)というエネルギーミックスと整合的な目標を設定 ※「電気事業低炭素社会協議会」を創設し、PDCAを図る。</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>②【省エネ法】（発電段階）</p> <p>○発電事業者に火力発電の高効率化（USC水準等）を求め。</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>③【高度化法】（小売段階）</p> <p>○小売事業者に高効率な電源の調達（非化石電源4.4%）を求め。</p> </div> </div> <p>実績を踏まえ、経産大臣が、指導・助言、勧告、命令。</p>

※ 利用可能な最良の技術（BAT : Best Available Technology）

## ◆ 動向・情勢の把握と対応-2

情勢変化/予測	現状及び対応
<p>・再生可能エネルギー電源の増加による系統安定化のためのガスタービンニーズ ⇒ 運用性重視普及の拡大が予測される太陽光発電や風力発電の出力は天候に大きく影響を受ける。電力の安定供給を考えた場合、系統安定化が必要不可欠。</p>	<p>・既存ガスタービンと同等の運用性を確保。 ○本事業④超高性能タービン</p> <p>・運用性に重点を置いた以下の事業・技術開発も別途着手。本事業は、新たな研究開発の基盤技術となる。 ○「機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究」 (2018~4年間を計画)</p>

### 1700℃級ガスタービン

既存ガスタービンと同等以上の応答性・運用性の高効率・大容量ガスタービン

機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

→ 高柔軟化に対応した大型高効率GTCC

◆ 動向・情勢の把握と対応-3

情勢変化/予測	現状及び対応
<p>・2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会への機運の高まり</p> <p>IEAのEnergy Technology Perspective 2020やNet Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sectorに描かれている2050年カーボンニュートラル達成への道筋では、天然ガス火力のCCUS設置（効率低下）および電力部門の水素利用が必要。</p>	<p>・水素専焼事業も別途着手。本事業は、新たな研究開発の基盤技術となる。</p> <p>○「低炭素社会実現に向けた水素専焼対応型 Dry Low NOx※高温ガスタービン発電設備の研究開発」</p>

※2 乾式低NOx (DLN : Dry Low NOx)

## ◆ 開発促進財源投入実績

※3,000万円以上の案件

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
複雑形状セラミックス中子開発のため小型セラミックス造形設備の購入	2017年度	70	先進冷却構造を備えたGT動翼に不可欠な複雑形状精鑄用中子の開発のため、小型セラミックスAM装置を用いた造形精度検証/物性評価による精鑄用中子への適用性を検証する。 (AM : Additive Manufacturing)	セラミックスAMの精鑄用中子への適用性を確認でき、先進冷却構造を備えた実機サイズGT動翼向けセラミックス中子開発に繋がった。 (⑨先進製造技術)
ブローダウン1C模擬排ガスサンプリング装置の製作	2017年度、 2018年度	34.4	燃焼器の高圧燃焼試験において、精度の良い排ガスサンプリング計測を可能とする。	従来は下流の排気ダクトで排ガス性状を計測していたが、尾筒出口に設置した1C模擬絞りで排ガス計測が可能となり、NOx、COを精度良く評価することができるようになった。 (③非定常性制御燃焼技術) (CO : Carbon monoxide)
静翼、分割環の造形技術開発のため大型金属造形設備の購入	2018年度	257	冷却空気量削減によるGT母機性能向上を狙い、AMならではの先進冷却構造を備えた静翼、分割環を開発する。	2026年からの実機適用につながる成果を得た。先進冷却構造分割環の実機検証実施中。静翼の高精度造形技術を確立し、要求精度を確保した。 (②高性能冷却システム)

## ◆ 開発促進財源投入実績

※3,000万円以上の案件

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
溶射成膜装置	2018年度	40	遮熱・耐久性に優れるが、ポラス膜のため、耐食、耐エロージョン性に課題のある、現状のAPS溶射TBC膜の性能向上のため、表層部に緻密膜を形成できるAD法による成膜を検討する。 (APS : Atmospheric Plasma Spraying)	APS溶射TBC膜の表層に同成分の10μm程度の緻密薄層を成膜できることを確認した。 分割環を対象として、部品への成膜確認も実施した。 (◎先進製造技術)
AM静翼の接合技術開発のため5軸NC7.5°1ルーラの購入	2018年度	54	冷却空気量削減によるGT母機性能向上を狙い、AMならではの先進冷却構造を備えた静翼を開発する。静翼を分割造形して、後で接合するという工法を開発する。	2026年からの実機適用につながる成果を得た。静翼を3分割し、3次元曲面の開先部をレーザー溶接で高精度接合できる技術を確立した。 (◎先進製造技術)
先進成膜装置 (S-HVOF装置)  (S-HVOF : Suspension High Velocity Oxi-Fuel)	2019年度	30	遮熱・耐久性に優れるが、ポラス膜のため、耐食、耐エロージョン性に課題のある、現状のAPS溶射TBC膜のバックアップとして、緻密厚膜を形成可能なS-HVOFによる成膜を検討する。	APS膜と同成分の緻密厚膜形成を可能とした。緻密ながら厚膜化が可能なため、APS膜並みのマクロな遮熱性が得られた。また、良好な縦割れ構造により、耐久性もAPS膜並みを維持することができた。 (◎先進製造技術)

## ◆ 開発促進財源投入実績

※3,000万円以上の案件

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
精鑄翼中子の造形技術開発のため大型セラミックス造形設備の購入	2019年度	135	冷却空気量削減によるGT母機性能向上を狙い、AMならではの先進冷却構造を備えた動翼を開発するため、大型セラミックスAM装置による実機サイズ精鑄翼中子の製造技術を開発する。	セラミックスAMによる実機サイズ精鑄翼中子の製造技術を確立でき、先進冷却構造を備えた動翼向け精鑄中子への適用の目途を得た。 (◎先進製造技術)
精密鑄造翼の鑄造技術開発のための真空一方向凝固炉の購入	2019年度	190	実翼サイズの鑄造と詳細パラメータ計測が可能な鑄造炉を導入し、鑄造技術の開発・検証、鑄造条件と強度特性の相関データを取得する。	1700℃級GT開発につながる成果として、欠陥発生量を大幅に低減した単結晶翼の鑄造技術を確立し、高い強度特性を実現する鑄造条件を決定した。 (◎先進製造技術)
鑄造設備（真空一方向凝固炉）専用の電源設備の購入	2019年度	37	真空一方向凝固炉の稼働に500kVA以上の大電力が必要のため、電源設備を新設する。	真空一方向凝固炉の成果を参照。 (◎先進製造技術)

◆ 開発促進財源投入実績

※3,000万円以上の案件

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
空力圧縮機性能検証用、試験装置の製作	2019年度	447	圧縮機後方段の空力性能向上を精度よく検証する。	動翼チップクリアランスを変化した試験を分解、組立無しで実施し、組立誤差なく、精度のよい検証試験を実施した。 (◎境界層制御高性能圧縮機)
NEDO1700℃用圧縮機試験用設備	2019年度	42	供試体を熱膨張させ、動翼チップクリアランスを変化させる為に、冷却、及び、加熱した空気温度を制御して供試体に供給する設備。	供試体の分解、組立無しで動翼チップクリアランスを変化し、組立誤差なく、精度のよい検証試験を実施した。 (◎境界層制御高性能圧縮機)
		76		
HSRC10	2019年度	33	従来より密度の軽い、圧縮機動翼材料の信頼性、空力性能を検証する為の、圧縮機試験装置。	振動応力、空力関係の詳細計測データを取得し、軽量材の信頼性、空力性能を同時に検証する事ができた。 (◎境界層制御高性能圧縮機)

## ◆ 開発促進財源投入実績

※3,000万円以上の案件

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
EBC耐久性評価 試験装置	2019年度	50	<p>ガスタービン翼の冷却空気量の低減のためにCMCの冷却翼への適用を検討している。 EBC（耐環境コーティング）は、CMCの水蒸気酸化を防止するコーティングであり、本試験装置を用いて実機相当の高温ガス環境下での耐久性を検証した。</p> <p>(CMC : Ceramic Matrix Composites) (EBC : Environmental Barrier Coatings)</p>	<p>CMCに適用するEBCの高温ガス環境での耐久性、減肉特性を取得し、実機設計に必要な減肉量の評価式を構築して減肉が軽微であることを示した。 (②高性能冷却システム)</p>
内部対流冷却 試験装置	2019年度	49	<p>ガスタービン冷却翼の内部冷却通路では、タービュレータ、インピンジメント、リターン通路などの冷却構造での熱境界条件が必要であり、内部対流冷却試験装置により、冷却熱伝達率の面分布を取得した。</p>	<p>ガスタービン翼の内部冷却通路では、タービュレータ、インピンジメント、リターン通路での熱境界条件を取得し、設計評価式を高精度化した。 また冷却熱伝達の改良案での熱境界条件取得により、ガスタービン冷却翼の冷却空気量を研究開始時より約10%低減できる目途が得られた。 (②高性能冷却システム)</p>

◆ 中間評価結果への対応-1

下記は、主な指摘事項に対する対応。

指摘		対応
研究開発マネジメント	維持管理の費用や回数、期間なども運用上重要な点であるので、維持管理に関する目標も必要である。	1700℃までの高温条件での運用について、従来機同等以上の寿命を確保することを目標として、セラミック系遮熱コーティング（TBC）の寿命ターゲット等を設定し、「維持管理に関する目標」としている。 <b>（①低熱伝導遮熱コーティング）</b> また、外部給電非接触計測等、設備の保守に関連した研究開発も実施しており、本項目は「維持管理を向上させるための開発」と考える。
	実用化・事業化の担い手となるユーザーの関与は要検討である。	実用化・事業化の担い手となる <b>三菱パワー</b> を体制に組み込んでいる。 受注活動を通して、ユーザーの意見を聴取し、製品開発に反映している。 <b>電気事業者向けNEDO火力発電技術開発成果発表会</b> （協力：電気事業連合会）を開催し、電気事業者へ本事業の成果を発信した。
	長期的ビジョンに立った要素技術開発の種を仕込んでおくことも望まれる。材料分野では、欧米にて航空機エンジンで培われた技術の転用が見受けられるため、ガスタービンへのみの動向調査に留まることなく、より広い視点での調査と分析が実施されることが望ましい。	2018年度7月から開始した別プロジェクトの中で、新たな超耐熱材料のガスタービンへの適用調査を実施している。今後も航空機エンジンに関する最新技術の転用も含めた、より広い視点での調査と分析を継続する。
研究開発成果	個々の要素技術開発が統合され、システム化された場合に想定される取り組むべき課題が明確ではない。	本事業の全体管理者と実用化・事業化の担い手である三菱パワーの設計部門において、本事業で開発された要素技術を統合して製品化する際の課題を整理し、製品としての最適適用を検討している。
	論文発表については今後の努力を期待する。	1700℃級ガスタービンについては知財管理を進めながら論文発表を増やすよう取り組む。 <b>（2016～2018年度：1本/年、2019～2020年度：3本/年）</b>

◆ 中間評価結果への対応-2

下記は、主な指摘事項に対する対応。

指摘		対応
成果の 実用化・ 事業化 に向けた 取組及 び見通し	1700℃ガスタービンについては維持管理性の容易さに目を向ける必要がある。	運用中の翼振動計測、クリアランス計測を高精度に行う特殊計測（⑫特殊計測）と、ワイヤレスセンシングや実機部品の検査技術（⑬高機能検査技術）等、「維持管理を容易とする技術」についても取り組んでいる。
	本事業終了後の世界全体を視野に置いた市場展開について、マーケット調査や展開すべきターゲットの明確化をおこなう必要がある。特に、高効率化と再生可能エネルギーの高度普及に伴う負荷変動対応性との役割分担の明確化が重要と考える。	大容量機の高効率化を目指したものと1700℃級ガスタービンの開発を行っている（負荷応答性については、既存ガスタービンと同等）。一方で、再生可能エネルギーの高度普及に伴う負荷変動対応性向上を目指したガスタービンの開発を別プロジェクト（機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究）で行うかたちで役割分担している。
	市場規模の想定や市場ニーズの検討には、その分野の専門家をいれて、更に深い分析をおこなった方が良い。	営業活動を開始しており、その一環として市場規模の想定や市場ニーズに関する市場調査も行っている。

## ◆知的財産権等に関する戦略

### ▶戦略的な特許取得活動

- ① 研究開発のプロセス全体で、他社特許との差異を都度確認し、競合と差別化できる有望技術を抜けなく抽出している。
- ② 関係者・有識者で有効なアイデア出しを実施している。

## ◆知的財産管理

①出願案件のリスト化

②定期的な実機適用、権利維持の確認

③関係者と共有化

(関係者：発明者、発明籍知財部、事業部、事業部知財部)

## I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

## II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

## III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組

※研究開発成果の詳細については、非公開セッションにて報告

## IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

## ◆ 事業概要と目標

### 【概要】

高温ガスタービンを用いたコンバインドサイクル発電では、大容量機の高効率化が求められている。また、CO<sub>2</sub>排出量削減の達成と我が国の国際競争力の維持のために、1700℃級ガスタービンの性能向上、信頼性向上に関する要素技術開発を実施する。

### 【事業目標】

1700℃級ガスタービンの実証試験データの取得、及び評価を実施し、送電端効率58%HHV達成の見通しを得る。

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み（中間） / 一部達成（事後）、× 未達

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針
① 低熱伝導率遮熱コーティング	実機検証結果の確認と、多層皮膜の製造プロセス簡易化および安定化を図り、実機適用を開始する。	候補皮膜の遮熱性・耐久性が目標を満足し、且つ高温環境を模擬した要素試験によって経年劣化特性に問題無い結果が得られた。既に実機検証を開始しており健全な結果が得られている。	○	
② 高性能冷却システム	実機相当環境下での総合性能を検証し、高性能冷却システム実用化の目途を得る。	3Dプリンタ技術や耐熱複合材を適用した高温部品を設計・製作し、その総合性能検証試験を実施することで、冷却性能達成及び構造成立性の目途を得た。	○	
③ 非定常性制御燃焼技術	燃焼器内部非定常計測技術、多缶燃焼振動抑制技術を活用して、更なる低NOx化が可能な燃焼器を開発する。	燃焼器内部計測技術の検証、多缶連成燃焼振動の燃焼振動評価手法の開発。音響ダンパや短縮燃焼器等による燃焼振動/NOx抑制手法を開発した。	○	
④ 超高性能タービン	1700℃級タービンにおいて、タービン効率を高いレベルで実現するための要素技術の更なる高度化と要素試験を実施し、大風量タービンの開発の目途を得る。	排気ディフューザ要素試験を実施し、従来よりも大風量・高マッハ数条件の詳細な空力データを取得し、大風量タービンの性能予測を可能とした。	○	

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針
⑤翼列設計システム	構造強度と振動強度の制約条件を満足させるため翼の外表面形状と内表面形状を最適化する翼列設計システムを構築する。	静応力と振動応力を考慮して翼の外表面形状と内表面形状を最適化する翼列設計システムを構築し、構造強度と振動強度の制約条件を満足する形状を導出できることを確認した。	○	
⑥境界層制御高性能圧縮機	圧縮機前方段、中後方段の内部流動の計測の実施、翼の改良検討を行い、更なる性能向上策の目途を得る。	中後方段用の改良チップクリアランス形状の性能を試験で確認し更なる効率向上の目途を得た。また、大出力用大流量圧縮機の性能と信頼性両立を単段試験装置で確認した。	○	
⑦高機能構造技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素試験等による、疲労寿命向上を検証する。</li> <li>・タービン 前方段動翼の非線形振動応答の予測技術の向上。</li> <li>・タービン 後方段の空力減衰・構造減衰の予測技術の向上。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機ロータひずみ計測により解析の妥当性検証。打ち手の検討・選定完了。</li> <li>・タービン前方段動翼の非線形振動応答の予測技術の向上を達成した。</li> <li>・タービン後方段の空力減衰・構造減衰の予測技術の向上を達成した。</li> </ul>	○	

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
⑧ 高性能シール・高性能軸受	<p>新型シール、新型軸受の更なる性能・信頼性向上が可能な改良構造案を策定し、実機模擬条件での性能検証を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来高性能シールより変形に対するロバスト性を向上させたAM※1 ハニカムシールの実機製作性の検証と強度・摺動性の有効性を確認した。</li> <li>従来軸受より更に高面圧条件での信頼性を向上させた。</li> </ul>	○	
⑨ 先進製造技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鋳造° 0t入、シミュレーションの高度化・改良検討、検証翼試作。</li> <li>・ 造形品単体、接合前後加工も含めた製造° 0t入高度化。開発補修技術の実部品への適用検討。</li> <li>・ 3D 積層造形のさらなる高精度化、高強度化技術を開発するとともに、実証試験による製品信頼性評価を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開発合金の高温強度試験にて目標達成。単結晶翼鋳造検証試験完了した。</li> <li>・ 3D 造形材のレーザー接合技術を確立し、補修技術の実部品への適用評価を行った。</li> <li>・ 3D 積層材の高温強度を改善し複雑冷却構造部品の造形技術を確立した。</li> </ul>	○	
⑩ 鋳造プロセス設計システム	<p>システムの対象翼種拡大により、大型動翼の解析期間を短縮する。</p>	<p>システム改良を完了し、大型動翼（全鋳型方案）の鋳造、脱ろろ解析モデルの作成期間を90%低減可能とした。</p>	○	
⑪ 超高温強度評価技術	<p>構築した評価手法について既存機種での適用性を確認するとともに、さらなる性能向上のための評価手法の合理化を検討する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長時間実機模擬環境で劣化させた材料の強度確認を行い、超高温環境での設計指針を明確にした。</li> <li>・ 長翼化により厳しくなる、タービン後方段動翼翼根のLCF ※2強度を向上できる手法としてショットピーニングを選定し、寿命が2倍以上に向上する施工条件を見出した。</li> </ul>	○	

※1 積層造形（AM：Additive Manufacturing） ※2 低サイクル疲労（LCF：Low Cycle Fatigue）

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針
⑫特殊計測技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン後方段での非接触翼振動計測技術を開発する。</li> <li>・総合監視機能を拡張し、実プラント運転にて検証する。</li> <li>・タービンチップクリアランス計測技術を開発する。</li> <li>・高精度流量計測技術を開発する。</li> <li>・熱電対以外の多点温度計測の要素試験及び検証試験を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機タービン最終段にBVMセンサを装着し、タービン翼振動を精度よく計測できることを確認した。</li> <li>・チップクリアランスセンサを開発し、実機条件での試験で有効性を確認した。</li> <li>・実機の数千点の信号をモニターし、異常検知信号を容易に把握できるシステムを開発した。</li> <li>・光ファイバーによる温度分布および燃焼発熱量の計測システムを開発した。</li> </ul>	○	
⑬高精度・高機能検査技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機部品の検査に適用可能な内部欠陥検査技術を開発する。</li> <li>・ワイヤレスセンシングのための無線給電装置を開発する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面欠陥検査手法として、周密配置ECT※プローブにより0.5mmの微小き裂を検出できる技術を開発した。</li> <li>・受電モジュールの20%小型化を実現し、実回転数3600rpmでの給電試験により100%の通信成功率を実証した。</li> </ul>	○	

※ 渦流探傷試験 (ETC : Eddy Current Testing)

## ◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

### 本事業（要素技術開発）

- 要素技術の13の研究開発目標はすべて達成し、送電端効率58%HHV達成の見通しを得た。
- 今後の大風量化、高効率化、高信頼性化に向けた要素技術開発も進め、シミュレーション技術、実験技術、計測技術の高度化を図ることができた。
- 本PJによる技術検証を確実に実施することにより、1700℃級ガスタービンの信頼性を高めることができ、欧米の競合に対して確実なアドバンテージになっている。

成果を反映

### 事業者自主事業（実証）

- 1700℃級ガスタービンの実証発電設備（CC出力56.6万kW）で、2020年4月までに定格条件まで運転することに成功し、実証運転を開始した。本機種（JAC形※1）は世界最高クラスの発電端効率58%HHV※2（送電端効率57%HHV）に達し、事業目標の効率達成の見通しを得られる成果を示した。なお本実証設備では、2020年7月1日以降の長期実証運転で大きなトラブルを発生させることなく、現在に至るまで安定して運転を継続出来ている。

※1 JAC形：1700℃級ガスタービンの導入機種として、現状1650℃で運転

※2 %HHVと%LHVの換算式は資料未ページに記載

## ◆ 成果の普及

	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
論文	0	1	2	4	2	9
研究発表・講演	9	3	2	11	9	34
受賞実績	0	0	0	0	1	1
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0	1	1
展示会への出展	0	0	0	0	0	0

※2021年5月17日現在

#### プレスリリース

## 高砂工場内に新GTCC実証発電設備（第二T地点）が完成 次世代1,650℃級JAC形ガスタービンの長期実証運転を開始

2020-07-01 発行 第 318号

三菱日立パワーシステムズ(MHPS)は、高砂工場(兵庫県高砂市)構内に新たに建設した実証設備複合サイクル発電所第2号発電設備(通称:第二T地点)において、発電設備としての機能確認を全て完了し、7月1日より長期実証運転を開始しました。

第二T地点は、次世代高効率ガスタービン(JAC形(注1))と、新開発の高効率蒸気タービンを組み合わせた、出力56.6万kWの最新鋭ガスタービン・コンバインドサイクル(GTCC)発電設備です。本年4月2日付の定格運転状態(ガスタービン入口温度1,650℃、コンバインド出力56.6万kW)の到達についての発表(注2)後も、発電プラントとしての運用に必要な試験・調整を続けてきました。JAC形ガスタービンの採用により、**GTCCとしての発電効率は、世界最高クラスの64%に達しますが**、その根幹となる新開発技術の検証のために、試運転中は、通常の計器による計測以外に、数千点にも及ぶ膨大な計測を追加しオンラインで監視・評価を行いました。

このたび、新開発技術の検証と発電プラントとしての機能確認が完了したことから、次のステージとして、地域の電力網に接続された状態で、実際の火力発電所と同じ運用を行いながら、長期的な信頼性検証を行っていきます。今後の運転では、ガスタービンや蒸気タービンなどのハードウェアの検証に加えて、デジタルソリューション「MHPS-TOMONI<sup>®</sup>」に搭載された各種アプリケーションを用いて、発電プラント運用の最適化についての検証も進め、将来的には、自動自立運転の実現を目指していきます。

MHPSは、長期実証運転を開始した第二T地点を活用しながら、次世代技術の開発検証を加速し、高い信頼性で環境にやさしいGTCC発電設備を世界に供給することで、世界の電力安定供給と低・脱炭素化社会の実現へ向けて貢献していきます。

(注1) JAC形:J-series Air-Cooledガスタービン

(注2) 第二T地点での定格出力達成のプレスリリース(2020年4月2日発表)



新たに長期実証運転を開始した第二T地点(写真手前)

## ◆知的財産権の確保に向けた取組

### 戦略に沿った具体的取組

○他社特許や論文等を調査分析。

報告会を定期的に行い、業界動向や他社特許について協議/共有。

○パテントクリアランスチェックを実施し、性能向上/信頼性向上/先進製造/検査について基本特許を出願。

○周辺特許についても、オープン/クローズ戦略を意識して出願可否を判断。

	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
特許出願（うち外国出願）	28(8)	20(15)	12(10)	7(7)	6(0)	73(40)件

※2021年5月7日現在

## I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

## II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

## III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組

## IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

## ◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

実用化は、『当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、』  
さらに、事業化は、『当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。』

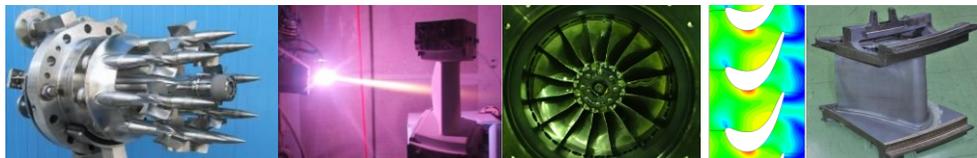
具体的には、当事業で開発・実証した技術が組み込まれた新設ガスタービンや保守交換のための関連製品が上市されることを実用化とし、従来機を超える性能や経済性等、高い競争力により受注を得ることを事業化とする。

## ◆ 実用化・事業化に向けた戦略

### 成果

### 本PJ

- |                |               |
|----------------|---------------|
| ①低熱伝導率遮熱コーティング | ②高性能冷却システム    |
| ③非定常性制御燃焼技術    | ④超高性能タービン     |
| ⑤翼列設計システム      | ⑥境界層制御高性能圧縮機  |
| ⑦高機能構造技術       | ⑧高性能シール・高性能軸受 |
| ⑨先進製造技術        | ⑩鋳造プロセス設計システム |
| ⑪超高温強度評価技術     | ⑫特殊計測技術       |
| ⑬高精度・高機能検査技術   |               |



発電機器事業  
(2020)

発電機器事業  
(2025以降)

1700℃級  
(1650℃) GT

大風量かつ  
1700℃級  
(1650 + α °C) GT

### 将来戦略

・水素混焼／専焼技術

### 1700℃級 (1650℃) GT

実証設備複合サイクル発電所第2号発電設備(第二T地点)の検証試験にて、タービン入口温度1650℃でコンバインド出力56.6万kw、GTCCとしての世界最高クラスの**発電端効率58%HHV※(64%LHV)**(送電端効率57%HHV)の機種開発に成功。2020/7より長期信頼性を検証中。

本事業終了後においても、GE社とほぼ同性能となる見込みである。

・GE 7HA.03 C/C効率 57.4%HHV (63.4%LHV)

・三菱パワー M501JAC C/C効率 57.9%HHV (64.0%LHV)

(いずれも発電端効率)

### 大風量かつ1700℃級 (1650 + α °C) GT

圧縮機、タービンの大風量化要素試験により、実機目標性能達成の目途をおおよそ得ている。燃焼器は単体実機条件試験で燃焼性能は確認済み。耐久性の確認は、実証設備に部分的に技術適用し、成立性を検討する。

### 水素燃焼ガスタービン

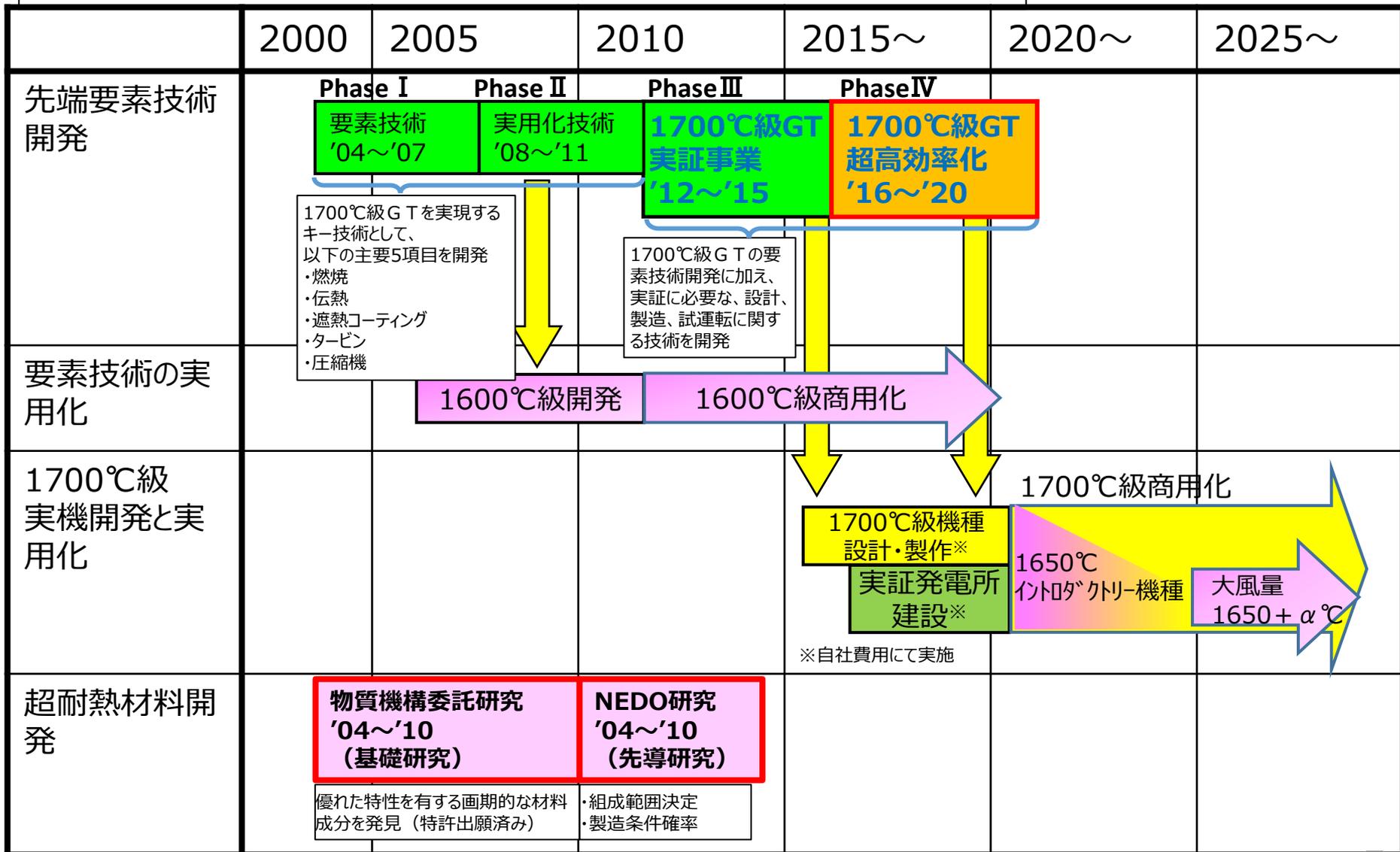
・1700℃級で開発した各要素技術を、水素燃焼ガスタービンに適用可能

○水素混焼…要素①～⑬のすべての成果を活用

○水素専焼…要素①～⑬のすべての成果を活用

ただし要素③燃焼器は、NOx低減技術、燃焼振動対策技術、燃焼計測技術のみ活用

### ◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組



## ◆ 成果の実用化・事業化の見通し

- 第二T地点は1650℃次世代高効率ガスタービンJAC形と新開発の高効率蒸気タービンを組み合わせた出力566MWの最新鋭GTCC設備として、2020年1月から試運転を開始し、2020年4月2日にコンバインド定格出力566MWに到達した。
- その後、発電プラント運用に必要な諸試験・調整を実施し、発電設備としての機能確認を全て完了した後、2020年7月1日より商業運転を開始している。



## ◆ 成果の実用化・事業化の見通し

### プレスリリース

Jパワーの米国現地法人向けに120万kW級GTCC発電設備を受注 天然ガス焼きジャクソン発電所プロジェクトの中核として最新M501JAC形2基が採用

2019-07-08 発行 第 278号

- ◆ 2022年4月に運転開始予定、長期保守契約 (LTSA) も締結
- ◆ MHPs-TOMONI\*により、運転・保守のさらなる最適化を

三菱日立パワーシステムズ (MHPS) は、Jパワー (電源開発) を手掛ける J-POWER USA Development Co., Ltd. (Generation, LLC) 向けに、120万kW級の天然ガス焼きガスタービン (J-series Air-Cooled) 向けに、120万kW級の最新鋭 M501JAC (J-series Air-Cooled) を受注しました。主力最新機種の強制空冷式 M501JAC (J-series Air-Cooled) は2022年4月を予定しています。

ジャクソン発電所は、シカゴから南西約70kmに位置するミシシッピ川の電力自由化市場である PJM (注) に供給される運びで

このGTCC発電設備は、M501JAC形ガスタービン2基のほか補助機器・部品等で構成され、当社は米国法人を通じて供サービスを行うとともに、火力発電設備の運転を最適化するによる支援も実施します。ガスタービンについては高砂工場 (生産拠点であるサバナ工場 (ジョージア州) で組み立てを行い、米国ジョージア州) で製作します。

今回採用されたJAC形ガスタービンは、タービン入口温度1,600°Cを実現したJ形ガスタービンをベースに、世界で初めて強制空冷式燃焼器を導入し、さらなる高効率化と運用改善を達成する。高効率化と運用改善を達成する。高効率化と運用改善を達成する。高効率化と運用改善を達成する。

MHPsは、今回の受注を弾みとして、北米をはじめ世界各地で高いGTCC発電設備の普及に一層力を注ぎ、世界各地の経済発展の低炭素化を促進することで地球環境の保全に貢献していく。

MHPsは、今回の受注を弾みとして、国内外でJAC形を含めた燃焼器の普及に一層力を注ぎ、世界の経済発展に不可欠な電力の安定供給に貢献していく。

### プレスリリース

最新鋭1,650°C級M701JAC形GTCC発電設備3系列を受注 姉崎火力発電所 (千葉県市原市) 新1~3号機の建設工事をフルターンキーで

2020-03-18 発行 第 301号

- ◆ 総出力は約195万kW、2023年に順次運転開始へ
- ◆ 総力を挙げてプロジェクトを推進

三菱日立パワーシステムズ (MHPS) は、株式会社JERAが出資する姉崎火力発電所新1~3号機の建設工事をフルターンキーで高効率化を実現した最新の姉崎火力発電所における天然ガス焼きガスタービンを中核とする65万kW級の天然ガス焼き次世代ガスタービン (M701JAC) に更新することで、高効率化による省エネおよび環境負荷低減を実現する予定です。総出力は約195万kWを達成する予定です。

本プロジェクトは、当社と発電機3基および制御装置の供給EPC (設計・調達・建設) 取りまどめを請け負う方式で実施。 (兵庫県高砂市) 、蒸気タービン3基を日立工場 (茨城県日立市) が製作し、総力を挙げてプロジェクト推進を手掛ける。

今回採用されたJAC形ガスタービン (注) は、強制空冷燃焼器で冷却し、強制冷却空気圧縮機で昇圧した後、燃焼器の構造を最適化。さらに超厚膜化遮熱コーティング等のタービン部材、蒸気冷却方式に比べて起動時間を短縮でき、運用性改善を実現する。

MHPsは、今回の受注を弾みとして、国内外でJAC形を含めた燃焼器の普及に一層力を注ぎ、世界の経済発展に不可欠な電力の安定供給に貢献していく。

### プレスリリース

1700°C級 (1650°C) JAC形ガスタービンを多数受注

米国アラバマ州のバリー火力発電所向け 天然ガス焼きGTCC発電設備を受注 最新機種のM501JAC形ガスタービンを中核とする出力72万kW級設備

2020-12-14 発行 第 337号

- ◆ 三菱パワーとブラック&ヴェーチ社によるターンキーEPCを提供、2023年に運転開始予定

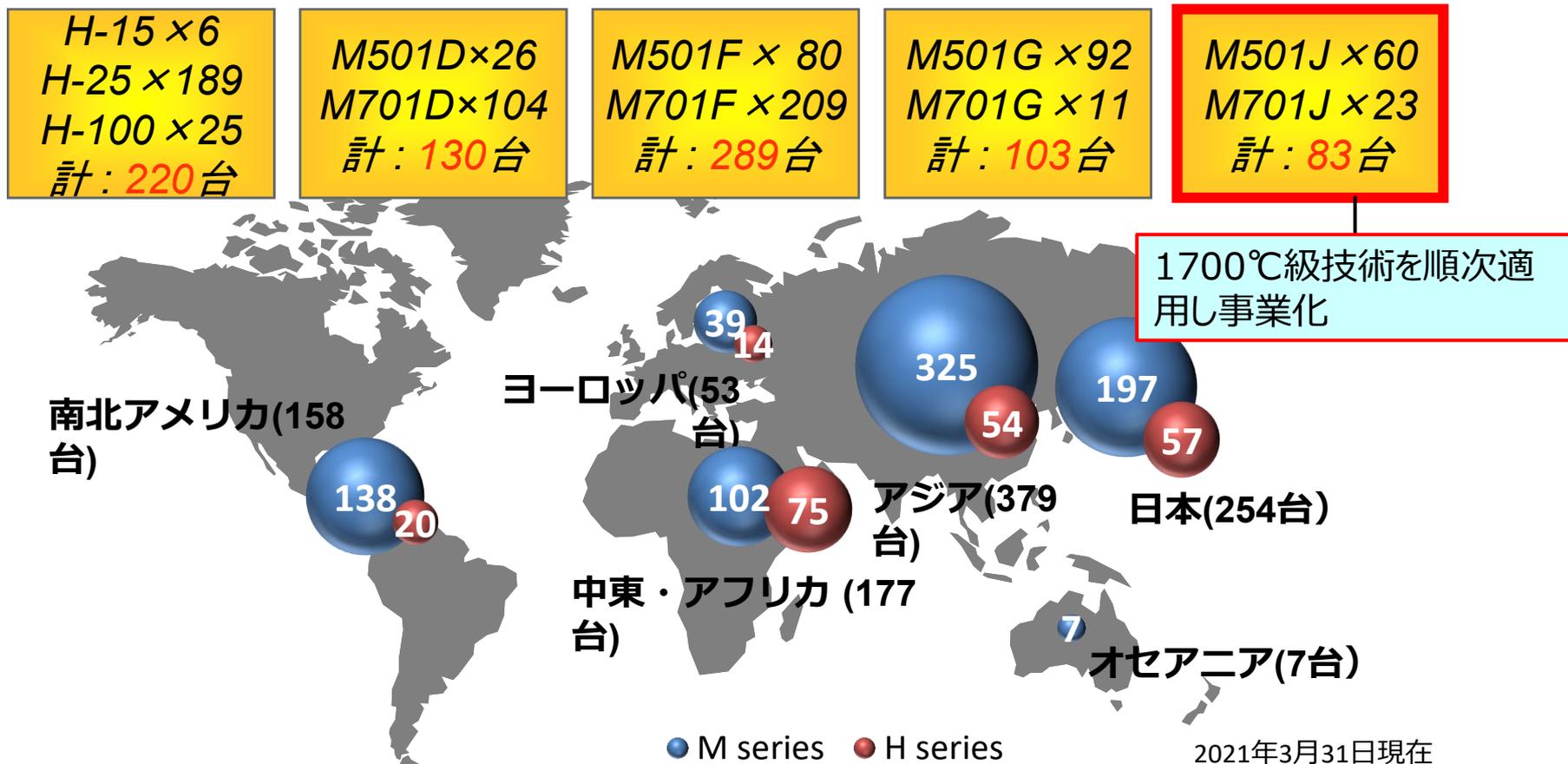
三菱パワーは、米国のアトランタ (ジョージア州) に本拠を構える大手電力・ガス会社のサザンカンパニー (Southern Company) が傘下に置く発電事業会社のアラバマ・パワー社 (Alabama Power) がアラバマ州で運営するバリー火力発電所 (James M. Barry Electric Generating Plant) 向けに、72万kW級の天然ガス焼きガスタービン・コンバインドサイクル (GTCC) 発電設備を受注しました。主力最新機種である空気冷却方式のM501JAC (J-series Air-Cooled) 形ガスタービン1基を中核とするもので、2023年の運転開始を予定しています。

このGTCC発電設備は、M501JAC形ガスタービンのほか、蒸気タービンおよび排熱回収ボイラーを備えており、当社は、カンザス州の大手エンジニアリング会社であるブラック&ヴェーチ社 (Black & Veatch Holding Company) と共同でターンキー方式でのEPC (設計・調達・建設) 取りまどめを手掛けます。今回採用されたJAC形ガスタービンは、タービン入口温度1,600°Cを実現したJ形ガスタービンをベースに、世界で初めて強制空冷式燃焼器を導入し、さらなる高効率化と運用改善を達成する。高効率化と運用改善を達成する。高効率化と運用改善を達成する。

今回の契約に際し、アラバマ・パワー社のシニアバイスプレジデント兼シニアプロダクションオフィサーであるJim Heilbron (ジム・ヒルブロン) 氏はその意義を次のように説明しています。「三菱パワーのJAC形ガスタービンの実績ある性能と費用対効果の高い稼働率は、顧客が必要とするときに、安全・クリーンで信頼性が高く手頃な価格の電力を提供するという当社の使命に合致しています」。一方、ブラック&ヴェーチ社は、1915年の創業でEPC取りまどめ事業を世界規模で展開しています。同社のグローバルバイスプレジデントであるMario Azar (マリオ・アザール) 氏は次のように述べています。「高度なタービン設備を伴う工事を手掛けた当社の豊富な経験と、当社のこれまでの高い信頼性により、高品質で高効率なプロジェクトを実現します」。

## ◆ガスタービン受注実績

・本事業の成果により、三菱パワー(株)は1700℃級の導入機種である1650℃ガスタービンを実用化し、J形ガスタービンは、累計83台（J形1600℃、JAC形1600℃、1650℃を含む）を受注済み。



総計 1,028台

(技術供与先製作分、書面あり内定案件含む)

### プレスリリース

# 2021年第1四半期にガスタービン世界市場でシェア1位を獲得 市場調査レポート（米国マッコイ・パワー・レポート）により明らかに

2021-05-14

- ◆ガスタービンの世界市場で1位となるシェア29.0%を獲得
- ◆大型ガスタービン市場ではシェア40.8%に

三菱パワーは、2021年の第1四半期（1月～3月）におけるガスタービン世界市場（出力ベース）で、トップシェアとなる29.0%を獲得しました。有力市場調査レポート（注1）により明らかとなったもので、当社最新モデルであるJAC（J-Series Air-Cooled）形ガスタービンを含む単機出力10万kW以上のヘビーデューティ型（注2）ガスタービン市場では40.8%のシェアを獲得するに至っています。

当社は、F形、G形、J形などの大型ガスタービンで多くの実績を有しています。G形は稼働時間（actual operating hours：AOH）が560万時間を超え、94台が稼働中です。J形は稼働時間130万時間を超え、46台が稼働中で、その信頼性（注3）は99.6%に達します。三菱パワーの高い市場シェアは、こうした長年にわたる実績と、製品の高い性能や信頼性が評価されたものです。

ガスタービンでの発電に加えてその排熱でも発電するコンバインドサイクルでのガスタービンとして最も普及しているヘビーデューティ型ガスタービン市場において、JAC形は64%以上の発電効率を誇る世界トップクラスのガスタービンで、CO<sub>2</sub>排出量削減に関する厳しい基準を満たしています。また、当社のヘビーデューティ型ガスタービンには脱炭素化を支える水素燃焼技術が備わっている点も、当社のグローバルな地位を高めるのに貢献しています。

当期における三菱パワーの市場シェア拡大には、先日発表されたウズベキスタン共和国のシルダリヤに建設する150万kW級ガスタービン・コンバインドサイクル（GTCC）発電所向けM701JAC形ガスタービンの受注が大きく寄与しています。これは同国初の大規模独立発電事業であり、稼働後は独立国家共同体（Commonwealth of Independent States：CIS）地域で最大かつ最も効率的なガスタービンとなります。

当社の河相 健社長兼CEOは次のように述べています。「三菱パワーは最新鋭のJAC形の強みを活かして世界トップシェアを獲得し、業界・市場のリーダーとしての地位を維持しています。今後も世界中のお客様やパートナーと協力し、カーボンニュートラルな発電システム事業について独自の優位性を追求していきたいと考えています」。

三菱パワーは、高い市場シェアを獲得するに至った顧客からの強い支持を励みに、世界各地で主力であるJ形ガスタービンを中核とする発電設備の普及に一層力を注ぎ、世界各地の経済発展に不可欠な電力の安定供給に寄与するとともに、脱炭素社会の実現に貢献していきます。



新たに長期稼働目標を掲げた第二地点(ウズベキスタン)

## ◆波及効果

### ・人材育成効果

・多数の研究要素を含む高効率ガスタービンの開発では、広範囲の技術・ノウハウの継続的な蓄積・メンテナンスが不可欠であり、最新機種の開発を通して次世代を担う若手技術者の育成し、開発能力を維持することができた。

### ・経済的效果

・高効率機の開発により、我が国の市場シェアを大きく向上させ、これによりサプライヤへの経済波及効果も期待できる。  
 ・既存の火力発電の30～50%を高効率GTCCに置き換えると、原油換算で1300～2200万トン／年の省エネ効果がある。燃料代の節約となるため、電力事業者への経済メリットが大きい。

### ・社会的効果

・既存の火力発電の30～50%を高効率GTCCに置き換えると、発電所から発生するCO<sub>2</sub>発生量の10～17%（※）を削減可能である。

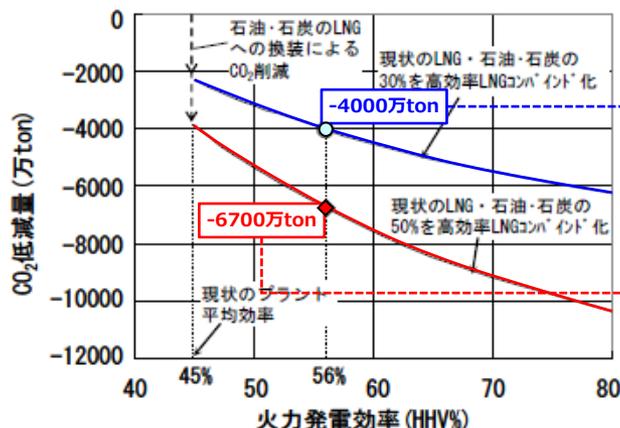


表7-1 既存LNG(平均発電効率45%)火力、石油・石炭火力を1700℃級ガスタービンに置き換えた場合の効果

置きかえる 既存発電所の割合	CO <sub>2</sub> 削減量	全発電所からの排 出量に占める割合	省エネルギー効果 (原油換算)
30%	4000万ton/年	10%	1300万トン
50%	6700万ton/年	17%	2200万トン

図7-1 1700℃級ガスタービンCO<sub>2</sub>低減効果

(\*) 我が国の電気事業全体からのCO<sub>2</sub>排出量約4億トンとの比較。なお、ベースは、(財)電力中央研究所出典の「わが国における電源構成の推移(図7-2)」に基づいている。

燃料ガス組成（第二T地点）

ガス組成	Vol%
CH <sub>4</sub>	89.60
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	5.62
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3.43
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.35
TOTAL	100

発熱量（第二T地点）

組成	kJ/kg
HHV	54,530
LHV	49,340
HHV/LHV	1.105

**HHVとLHVとの換算例**

$$58\%HHV = 58 \times 1.105 = 64.1\%LHV \doteq 64\%LHV$$