

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／

④次世代火力発電基盤技術開発／

9)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」

(事後評価)

(2018年度～2021年度 4年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO
環境部

2021年10月22日

発表内容

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)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

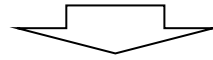
IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

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

◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景

温暖化対策とエネルギー需要の確保は世界的課題



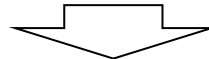
省エネ、再エネの導入促進

系統電源の安定性維持

事業の目的

再エネ電源の導入促進による
CO₂排出量削減

エネルギーミックスによる
需要電力を支える安定供給



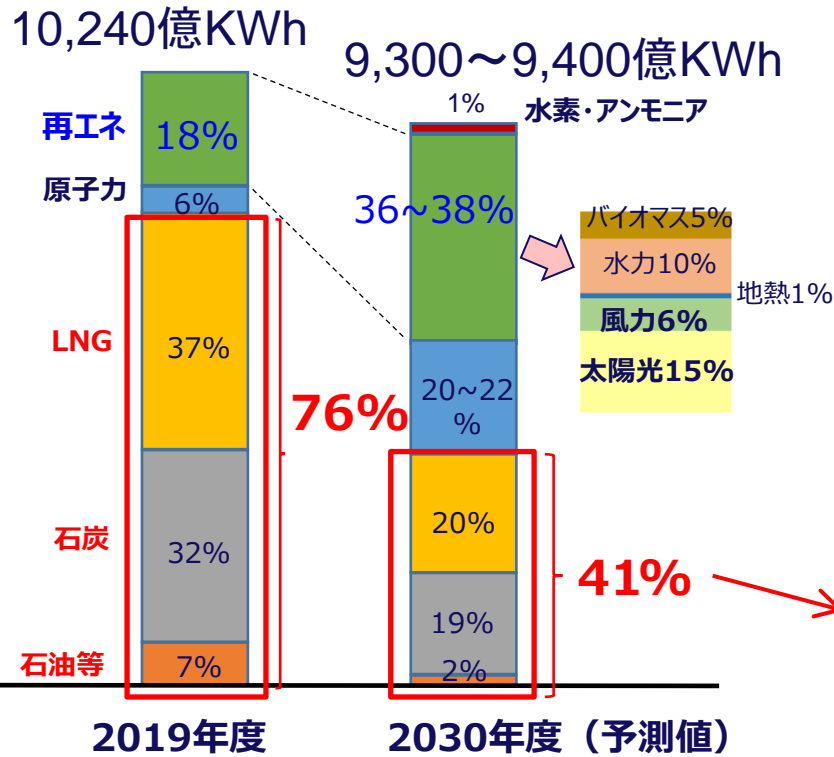
機動性に優れ、かつ部分負荷帯も含めて高効率なGTCC技術を実現する要素技術開発が必要

◆政策的背景

- **2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（2020年12月経済産業省）**
 - ・再生可能エネルギー等導入拡大に伴う調整力不足も懸念されるため、需給調整市場創設等を通じた調整力コストの低減や活用するリソースの拡大に向けた取組を進める。
- **パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）**
 - ・火力発電については、再生可能エネルギーに対応するための調整力としての役割が増してきている。このため、新設及び既設火力発電所の運用改善・改修を通じて、より短時間での出力調整や部分負荷運転時の効率向上を図っていくことが重要である。
- **第5次エネルギー基本計画（2018年7月閣議決定）**
 - ・コンバインドサイクル火力発電など天然ガスの高度利用を進めるとともに、緊急時における強靱性の向上などの体制整備を進める必要がある。
 - ・再生可能エネルギーについては、引き続き積極的に推進していく。そのため、系統強化、規制の合理化、低コスト化等の研究開発などを着実に進める。
- **次世代火力発電に係る技術ロードマップ[○]（2016年6月経済産業省）**
 - ・火力発電の高効率化の技術開発は、経済性、信頼性、運用性を確保しつつ進めることが重要。信頼性、経済性の課題解決を図りつつ、負荷追従性の向上など、再生可能エネルギーの拡大に対応する観点からの運用性の向上をあわせて追求する。

◆技術戦略上の位置付け

経済産業省では、エネルギー政策の道筋として、新たなエネルギー基本計画（素案）を提示
 2050年カーボンニュートラルを目指し、温室効果ガス排出を2030年に46%削減、更には
 50%削減の高みを目指す削減目標の実現には、**高い調整力を持つGTCCの役割は重要**



変動の大きい再エネ電源の導入拡大

18%→36~38%

(うち、太陽光、風力は21%)



調整力電源による安定性維持

- LNG火力のGTCCは、
- ・調整力・慣性確保に順応性が高い
 - ・災害への対応能力大
 - ・他燃料（水素、アンモニア）への適用展開可

2030年度における電源構成予測

出典：資源エネルギー庁／エネルギー基本計画（素案）
 の概要(2021年7月)を元にNEDO作成

◆ 本事業の狙い

VREの電力供給の大規模な変動に対応するには、**ガスタービン複合発電(GTCC)システムが有望である**

※VRE : Variable Renewable Energy
→変動性再生可能エネルギー (太陽光、風力など)

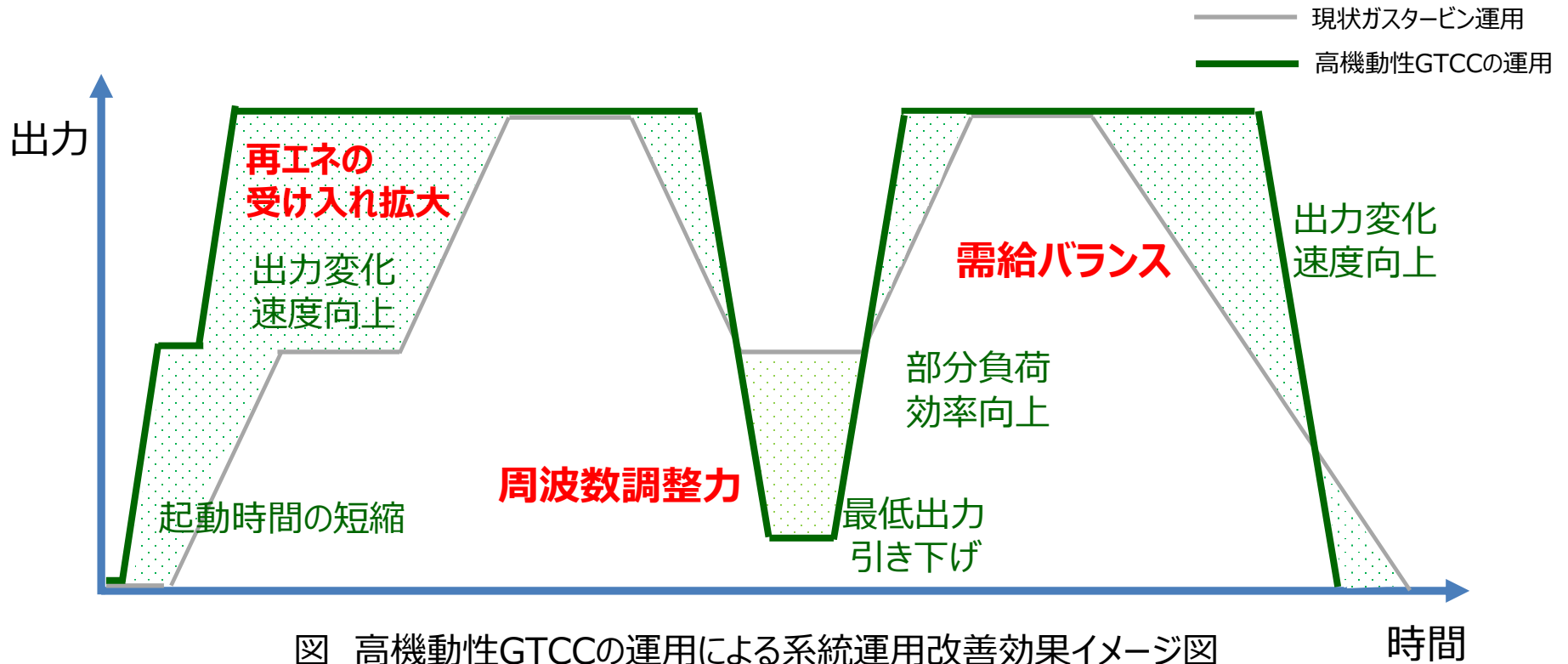
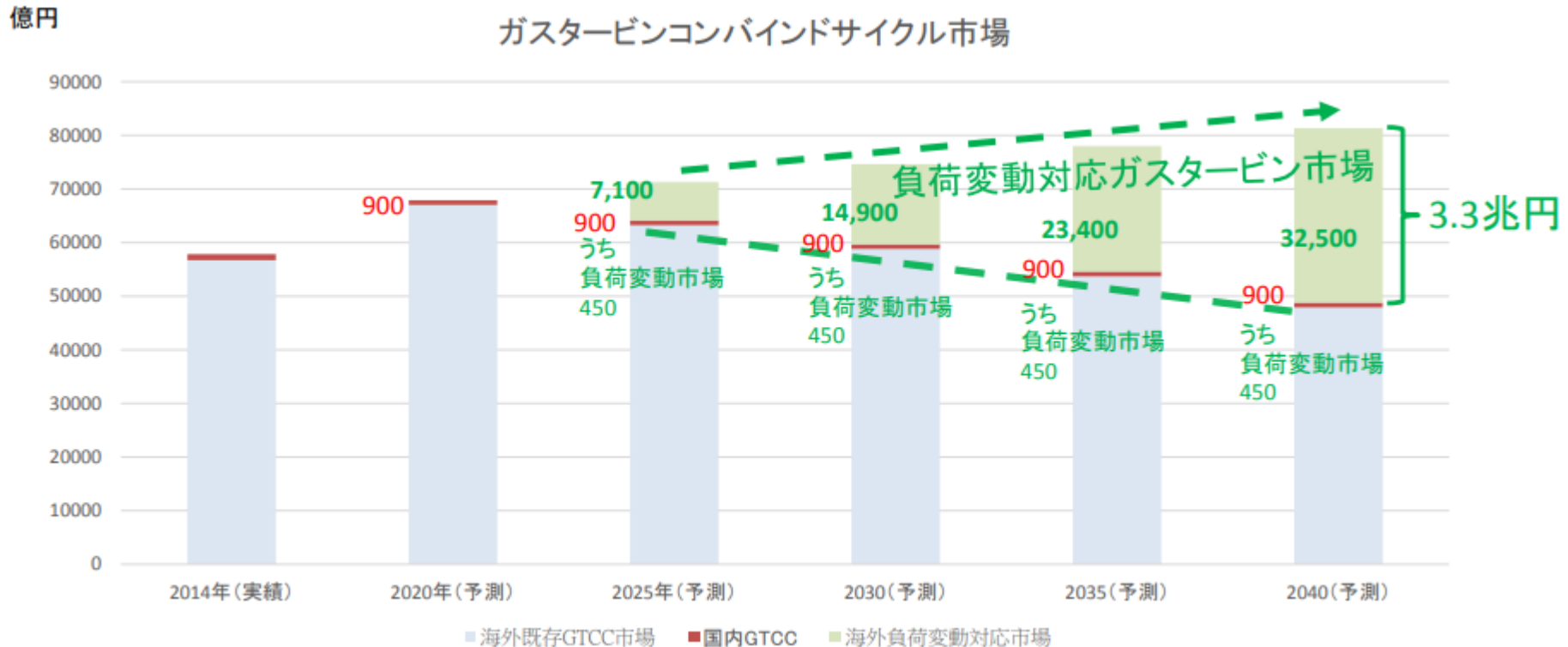


図 高機動性GTCCの運用による系統運用改善効果イメージ図

出典：2016年度NEDO委託調査研究の成果を元にNEDO技術戦略研究センターにて作成

◆市場動向予測

- **GTCCの市場規模は継続的に漸増**すると予想される。特に、欧米等の先進国を中心に再エネの大量導入することに伴い、**負荷変動対応応用の市場が進展**が期待できる。
- 2025年以降、海外市場の内、負荷変動対応市場の割合が5年毎に10%ずつ増加した場合、2040年の市場規模は、3.2兆円。さらに国内GTCC市場の約半分が、負荷変動対応になる場合、世界全体で合計3.3兆円の市場規模の拡大が期待できる。



◆ 国内外の研究開発の動向と比較

米国

DOE*1傘下のNETL*2の主導にて各種ガスタービン技術の研究開発中。CC*3効率65%(LHV*4)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*5H2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*6)
- ③ 高温対応AM*7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NOx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NOx多段燃焼システム

Page 3

in "Extremely Low NOx 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CO₂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

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

Fig. 1
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

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

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>

- ・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

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

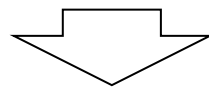
Figure 4.4a
in "Oxide Dispersion Strengthened Materials for the Additive Manufacture of High Temperature Components in Power Generation"
<https://cordis.europa.eu/docs/results/310/310279/final1-oxigen-final-report-final.pdf>

- ・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

◆NEDOが関与する意義

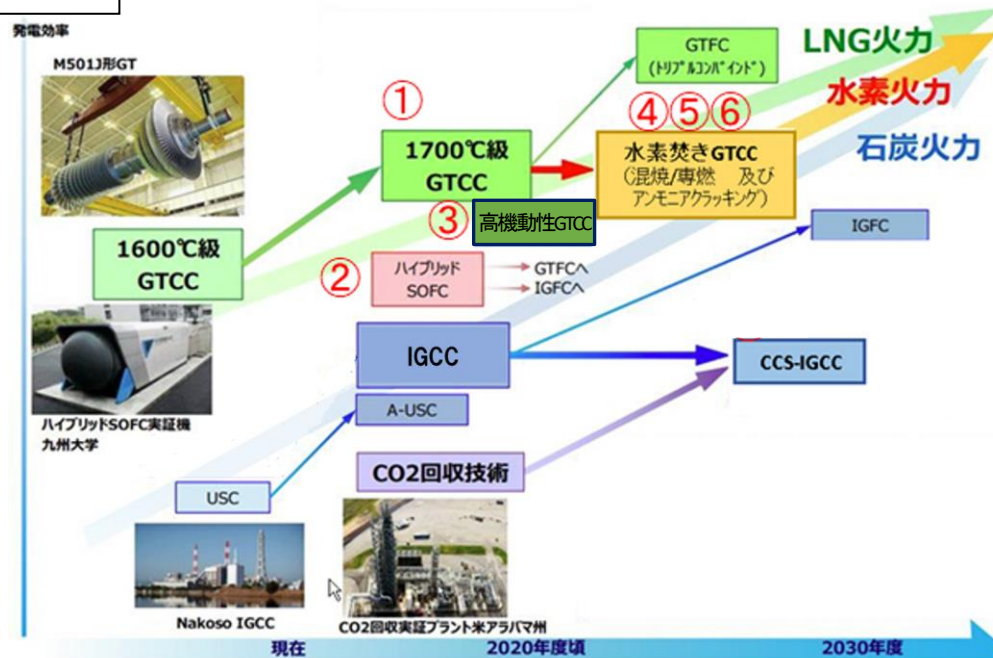
機動性に優れるガスタービン複合発電についての要素技術の開発は、

- **社会的必要性：大、国家的課題**
- **火力発電事業の競争力強化に貢献**
- **水素用ガスタービンなどへも展開可能**
- **研究開発の難易度：高**
- **投資規模：大＝開発リスク：大**



NEDOが持つ知識、実績を活かして推進すべき事業

◆ 他事業との関係



狙い	プロジェクト
高効率化によるCO ₂ 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）（NEDO） ②ガスタービン燃料電池複合発電技術の開発（NEDO）
電力安定供給	③エネルギー・環境新技術先導プログラム/機動性に優れる広負荷帯高効率GTの開発(2017) 機動性に優れる広い負荷帯高効率GTCC（高機動性GTCC）（2018-2021）【本PJ】
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 ⑤水素専焼対応 Dry Low NOx高温ガスタービンの研究開発（NEDO） ⑥アンモニア利用ガスタービン（JST、SIP、NEDO）

◆実施の効果（費用対効果）

【投資コスト】

本事業実施の費用対効果より、事業の妥当性を確認

プロジェクト費用の総額
15.3億円（2018-2021年度） < 累計売上予測（3年間）
750億円

[算出根拠] **ガスタービン市場全体のプラント受注予測（～2024年）**：
年間受注額500億円/プラント×5プラント/年 = **2,500億円/年**
アフターサービス比率は、約50%（新規受注分とほぼ金額同等レベル）
このうち、**高機動性ガスタービンに関する売上予測**を、10%程度と仮定

【効果】

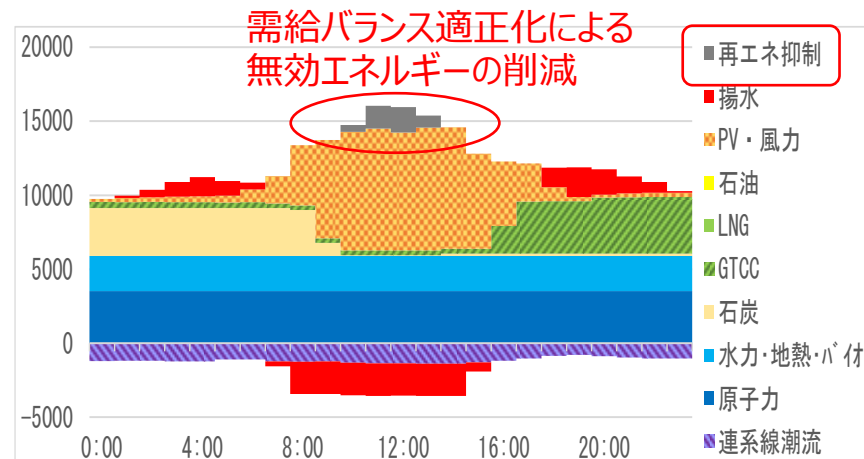
前身のNEDO調査委託研究において、高機動性GTCC導入シミュレーションを実施

CO₂削減効果

CO₂排出量：35%削減

省エネルギー効果

再エネ出力抑制率：16%減少



発表内容

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

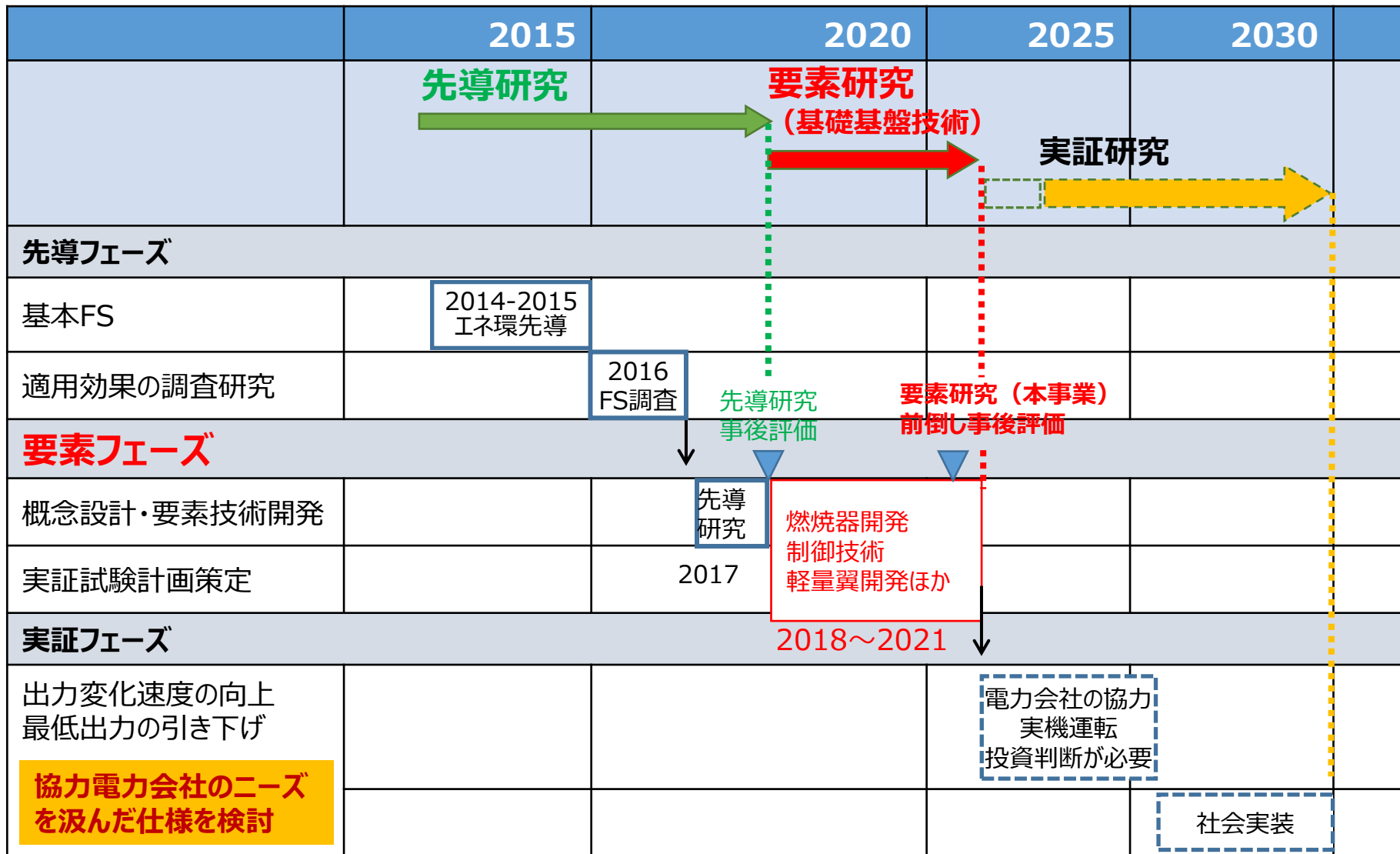
- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

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

◆ 研究開発の位置付け

※) 実用化：技術の採用
事業化：発電に着手



◆事前評価の対応

本事業に着手する際、2017年度に先導研究に着手し、その事後評価結果を本事業の研究項目に反映

研究テーマ	『エネルギー・環境新技術先導プログラム/機動性に優れた広負荷帯高効率GTの開発』
委託先	一般財団法人電力中央研究所、三菱重工業株式会社
総合評価	極めて優れている
コメント	再エネ普及率向上と一体化した内容となっており、再エネ主電源化時の系統安定のためには、必須の事業であり、評価できる。先導プログラムの成果は有益かつ新規性があり、国プロとしての今後に期待できる。

NEDOホームページ<http://www.nedo.go.jp/content/100882776.pdf>

事後評価での評価委員からの指摘、提案事項とその対応

指摘		対応（要素研究着手の際に考慮した点）
1	系統安定性の貢献には期待できるが、コスト面や市場導入へのインセンティブなど制度面の課題がある。	GTCCの高性能、高効率化に必要となる要素技術の開発を進めるとともに、対象GTCCと他調整力電源（揚水発電、蓄電池など）の 経済性を比較し、事業性についてまとめる 。
2	研究対象となる要素が絞り込まれているが、細分化、集中化されているので、常時俯瞰的にチェックすることが必要である。	実施計画において、毎年、研究開発推進委員会を開催し、 外部有識者、研究実施担当者が委員となり、各研究の進捗状況のすり合わせ や実証研究の立上げに向けた検討、開発した技術の普及に向けた制度設計に関する議論を実施
3	有効な成果とするには、実プラントでの検証が重要となる	実証研究フェーズにおけるレトロフィットのサイト選定に向けて、 電力会社への説明と意見交換、協力の要請等を行う とともに、実証試験の仕様を検討し、研究計画を立案する。

◆ 事業の目標

機動性に優れた (最低出力の引き下げ、出力変化速度向上、起動時間短縮など)
GTCC技術の実現に必要な要素技術を開発

○ 燃焼器開発

- 最低出力を実現する高環境型燃焼器 (CO排出抑制)

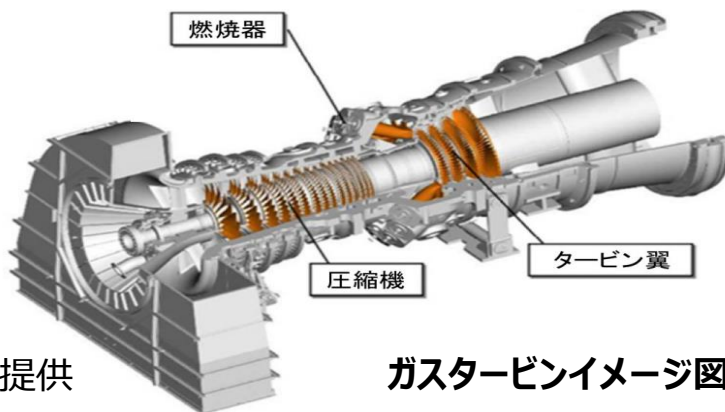
○ 制御技術開発

- 高負荷変動時の制御技術開発

- 高レスポンス化/長寿命化技術開発
 - ・ローター軽量化/長寿命化技術
 - ・動翼軽量化技術
 - ・クリアランスコントロール技術

- GTCCシステム評価
 - ・GTCC成立性評価
 - ・劣化、保守管理技術調査

- 実用化への取り組み
 - ・経済性評価
 - ・実証劣化、保守管理技術調査



ガスタービンイメージ図

出典：事業者提供

	起動時間 (ホットスタート)	出力変化速度 (ランプレート)	1/2負荷における 効率低下 (相対値)	最低出力
開発目標	10分	20 %/分	-10 %	10 % (一軸式)
現状性能 (2015年以前)	60分	5 %/分	-15 %	45% 程度

出典：三菱重工技報 Vol.52 No.2(2015) を元にMHIで一部修正作成

*) 表中の定量値の出典：再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発(2016)で取り纏めた2030年における目標値

◆研究開発目標と根拠 (1/2)

研究開発項目	研究開発目標	根拠 (達成指標)
①低負荷運用時の 高性能保持 燃焼器の開発	<ul style="list-style-type: none"> 未燃分の燃料ガスの発生抑制および安定な火炎を実現する燃焼器仕様の選定 上記燃焼器による実圧燃焼試験による燃焼特性の検証 実燃焼器を対象とした数値シミュレーションによる一酸化炭素 (CO) 発生メカニズムの評価 基礎試験によるCO濃度計測手法の確立 	低負荷での燃焼安定性確保やCO、NO _x 発生抑制の規制値をクリアできる燃焼器を開発
②ガスタービン全体 制御技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 負荷変化幅拡大、かつ高ランプレート※1で運転可能なガスタービン制御手法の立案 低負荷運転可能なGTCCシステムのコンセプト構築 	起動時間短縮 出力変化速度向上の際の 運転安定性確保
③軽量動翼の開発	<ul style="list-style-type: none"> 変形抑制、鋳造欠陥抑制対策の確立と、薄肉化を可能とする裕度低減技術の要素開発 鋳型・中子の材質、製造プロセスの改良などによる変形を抑制する要素技術開発 軽量・高強度な新酸化物系CMC※2と新TiAl基合金に対する各種機械的特性、製造性、ならびに耐環境安定性等の評価 	起動時間短縮、出力変化 速度向上のための動翼軽 量化技術の確立
④軽量/長寿命ロータ の開発	<ul style="list-style-type: none"> 軽量/長寿命ロータの概念設計によるディスク冷却構造を考慮した構造成立性の確認と検証試験 	起動時間短縮、出力変化 速度向上のためのロータの 軽量化、耐久性向上技術 の確立

※1 ランプレート：出力応答の変化速度

※2 CMC：Ceramic Matrix Composites (セラミック基複合材料)

◆研究開発目標と根拠 (2/2)

研究開発項目	研究開発目標	根拠 (達成指標)
⑤クリアランスコントロール技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ケーシング周方向変形を抑制可能な対策構造に対するモデル試験による検討と概念設計 高精度なクリアランス計測手法の検討によるクリアランス制御構造の概念設計 流体－構造連成解析に熱解析を組み合わせた連成解析手法の構築 	起動時間短縮出力変化速度向上時の信頼性確保
⑥GTCCシステムの成立性・性能評価	<ul style="list-style-type: none"> 高温化排気系構造の成立性確認と低コスト化構造の概念設計 システム全体の熱効率/各種運用性の目標性能を達成するための条件や方策、課題を明確 HRSG^{※3}材料において損傷が懸念される部位や条件、温度管理ポイントの明確化 	発電プラント全体での成立性を評価 周辺機器を含む管理ポイントの指針を確立
⑦熱疲労の機器損傷劣化と保守管理技術の調査	<ul style="list-style-type: none"> 機器の合理的な保守管理の指針策定のための課題や方向性の明確化 海外電力会社の現地調査や関連文献調査 	現場での状況を踏まえ、保守管理の指針を確立
⑧既存技術との経済性比較調査	<ul style="list-style-type: none"> 他の調整力電源（揚水発電、蓄電池など）との経済性比較評価と国内市場での事業成立性を検討 	他技術に比べたGTCCの優位性について評価
⑨実証研究計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験の仕様検討と研究計画を立案 	研究開発推進委員会を年1回以上開催

※3 HRSG : Heat Recovery Steam Generator (排熱回収ボイラ)

◆研究開発のスケジュール (1/3)

研究開発項目	2018	2019	2020	2021
①低負荷運用時の高性能燃焼器の開発	燃焼器の改良設計 (MHI)			供試体選定 ▲
	性能予測技術の開発 (京都大学)		CO低減効果確認	CO低減メカニズム評価 ▲
	排ガス特性予測および検証データ取得 (大阪大学)			非接触計測技術確立 ▲
	実機試験検証 (三菱パワー)		実圧燃焼試験による検証完了 ▲	
②GT全体制御技術の開発	低負荷運転システム設計 (MHI)	コンセプト構築	高負荷変化率、低負荷運転の制御	制御手法確立 ▲
③軽量動翼の開発	鋳物寸法公差低減技術 (MHI)			翼試作 ▲
	鋳型、中子の変形抑制技術確立 (MHI)			
	新材料での小型部材試作と特性評価 (NIMS)			

◆研究開発のスケジュール (2/3)

研究開発項目	2018	2019	2020	2021
④ 軽量/長寿命 ロータの開発	構造コンセプト検討	検証試験準備 (MHI)	実圧燃焼試験での効果検証	→ ▲
		過渡時の変形抑制構造検討 (MHI)		概念設計完了 → ▲
⑤ クリアランスコン トロール技術の開 発		過渡時の変形抑制制御検討 (MHI)	バーチャルセンサー設計完了	→ ▲
		急速起動時の構造変形シミュレーション (東京大学)		解析完了、現象解明 → ▲
⑥ GTCCシステム の成立性・性能 評価		排気系構造物の高温対策 (MHI)		概念設計完了 → ▲
	プラントシステムの性能解析 (電中研)		目標運用性のための条件明確化	→ ▲
	排熱回収ボイラ (HRSG)、熱流体解析、材料試験 (電中研)			評価モデル構築 → ▲

◆研究開発のスケジュール (3/3)

研究開発項目	2018	2019	2020	2021
⑦熱疲労支配下における機器損傷劣化と保守管理技術の調査	負荷変更影響調査 ▲	調整力火力損傷調査 ▲	保全補修技術調査 ▲	新材料評価技術調査 ▲
⑧既存技術との経済性比較調査	既存調整電源経済性調査 ▲	事業成立性検討 ▲	海外市場経済性調査 ▲	事業成立性検討 ▲
⑨実証研究計画策定 (年1回以上、研究推進委員会の開催)	研究開発推進委員会 ▲	研究開発推進委員会 ▲	研究開発推進委員会 ▲	研究開発推進委員会 ▲

◆プロジェクト費用

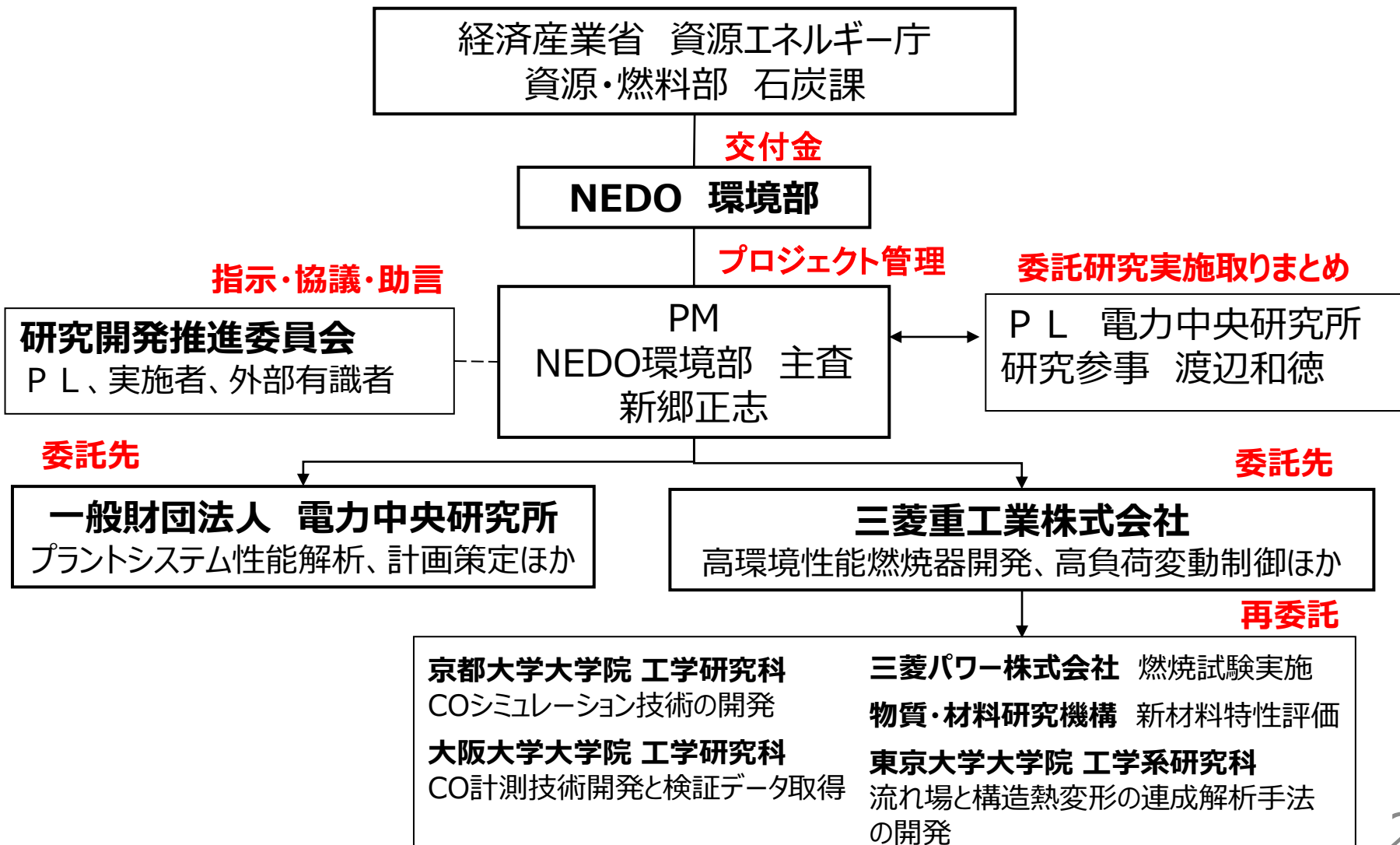
実圧燃焼試験など民間での投資リスクの高い研究項目に優先して費用分配を行い、効果的な研究開発投資を推進

(単位：百万円)

研究開発項目	年度				合計
	2018	2019	2020	2021 (予定)	
① 低負荷運用時の高性能燃焼器の開発	16	281	331	238	866
② ガスタービン全体の制御技術の開発	10	19	20	19	68
③ 軽量動翼の開発	11	39	39	60	149
④ 軽量／長寿命ロータの開発	10	23	31	30	94
⑤ クリアランスコントロール技術の開発	3	42	52	55	152
⑥ GTCCシステムの成立性・性能評価	15	42	51	52	160
⑦ 機器損傷劣化と保守管理技術の調査	3	4	2	3	12
⑧ 既存技術との経済性比較調査	3	3	3	3	12
⑨ 実証研究計画の策定	4	4	3	4	15
合計	75	457	532	464	1,528

◆研究開発の実施体制

研究実施体制は、指揮命令系統を明確にし、NEDOがPMを担当し、委託先の所掌を管理



◆研究開発の進捗管理

研究開発の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗確認のほか、動向・情勢の変化を把握し、適切な措置を検討。具体的には、NEDOが下記事項を実施

NEDOによる進捗把握・管理

NEDOがPMとして、PLおよび研究開発実施者と連携し、ヒアリングにより実施状況を確認することで研究開発の進捗状況を把握

特に、PLの主催する研究開発推進委員会における各研究項目の進捗状況報告を通じ、目標達成の見通しを常に把握

- 【委員会】
- 2019年 3月 8日 第1回委員会 研究開発進捗確認
 - 2019年12月19日 第2回委員会 契約延長内容の確認
 - 2021年 2月26日 第3回委員会 試験実績および成果のアウトプット確認
 - 2021年12月下旬 第4回委員会 開催予定 事業成果まとめ

技術分野における動向の把握・分析

・PL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。

- 【調査実績】
- 2018年度中間年報 既存調整電源の経済性評価
 - 2019年度中間年報 事業成立性検討
海外市場の経済性調査

◆ 動向・情勢の把握と対応

情勢	対応
2021年7月 経済産業省資源エネルギー庁にて、エネルギー基本計画（素案）の概要を策定	再エネ導入により調整力がさらに重要となる。 エネルギー貯蔵・変換技術も重要
2021年4月 電力需給調整市場が開設され、取引が開始	早期社会実装に向け、電力会社のニーズに順次対応するため、ヒアリングをすすめる。
2020年 12月カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略では、2050年度の発電量の50～60%を再エネで担う。水素・アンモニア10%、原子力と火力は30～40%と想定	余剰電力はVRE電力を優先して使い切ることが効率的であり、調整力の重要性が高まる アンモニア、水素の導入についても、高機動性GTCCの技術は、適用展開可能
2020年7月 経済産業大臣による、2030年に向けて非効率石炭のフェードアウトを確かなものにする新たな規制的措置の導入など検討指示	LNG発電におけるGTCCが調整力を担う必要性が増大

◆ 情勢の変化に応じた対応方針

事業を開始した4年前に比べ、主な情勢変化として、2050年カーボンニュートラルを目指して、再エネの導入促進が加速されており、調整電源の比率は減少傾向にあるが、**機動性に優れたGTCCについては、早期社会実装への期待が高まっている中、本事業の重要性は増している。**そのため、対処方針として、引き続き、実用化に向け、要素技術の確立を推進し、部分的な適用を含め、いつでも実用化できる状況を整える。

◆ 知的財産権等に関する戦略

▶ 戦略的な特許取得活動を推進

- 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抽出**
- 他社特許や論文の調査分析を行い、**社内報告会を開催**して、業界動向や他社特許について協議、共有
- 関係者・有識者で有効なアイデア出しを実施
- 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

パテントチェックを実施し、**コア技術となる燃焼性向上については基本特許を出願**
製造技術や計測技術など、ノウハウに係る周辺技術等の独自技術については、秘匿

◆ 知的財産管理

本プロジェクトを円滑に遂行し、その成果を事業活動において効率的に活用することを目的とし、本プロジェクトの実施及びその成果の活用のために必要な知的財産権の取扱いについて知財合意書を定め、また、知財運営委員会を設置して、知財の取扱いについて審議決定を行った。

▶ 知的財産管理指針の策定

- ・本プロジェクトの実施により得られた知的財産権の帰属
- ・本プロジェクトの成果の第三者への開示の事前承認
- ・発明等の成果の届出及び権利化等方針の決定手続
- ・知的財産権の実施許諾

▶ 知財運営委員会の運用

- ・PLを委員長とし、研究開発従事者（再委託先含む）で構成
- ・特許権の帰属、成果の開示について審議・認定（オープン/クローズ）
- ・**P J 期間中、4年間で計20回程度（web、電話開催を含む）開催**

発表内容構成

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. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

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

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

【事業の達成状況】

- 機動性に優れ、かつ部分負荷帯も含めて高効率なGTCCを実現可能な、制御及び燃焼器、軽量動翼・長寿命ロータ、クリアランス制御等の要素技術を開発し、**所期の目標を達成**（一部は進行中であり、今年度中に達成する見込み）

【成果の意義】

- 実機を対象にGTCC技術の導入を検討し、**要素技術を確立技術実証に移行できるレベルに到達**
- 本事業により、再エネ導入拡大における系統安定化と**CO₂排出量削減に貢献する有力な技術の実現**に大きく前進

◆各個別テーマの成果の意義

①低負荷運用時の高性能燃焼器の開発

- ①-1 部分負荷運用範囲の拡大に関する燃焼器改良設計 : MHI
- ①-2 部分負荷運用予測技術の開発 : 京都大学
- ①-3 CO発生予測に関する検証データ取得 : 大阪大学
- ①-4 実機圧力燃焼試験による部分負荷運用性能検証 : 三菱パワー

- ➡ 部分負荷運用範囲拡大燃焼技術
- ➡ CO発生メカニズムの解明

③軽量動翼の開発

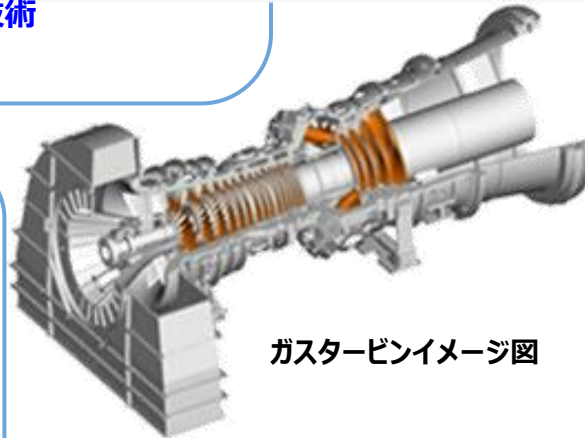
- ③-1 鋳型・中子クリアランス低減技術の開発 : MHI
- ③-2 鋳型・中子変形抑制技術の開発 : MHI
- ③-3 新材料での大型部材作製と特性評価 : NIMS

- ➡ 一体成型技術確立、新材料特性把握

④⑤高レスポンス・高寿命構造の開発

- ④ 軽量・高寿命ロータの開発 : MHI
- ⑤-1,2 クリアランス制御の開発 : MHI
- ⑤-3 急速起動時のターボ機械における流れと構造変形の連成数値解析 : 東京大学

- ➡ 高寿命構造、クリアランス予測精度向上



ガスタービンイメージ図

出典：事業者提供

②GT全体制御技術の開発

- ②-1 高負荷変化に対応したGT/燃焼器制御技術の開発 : MHI
- ②-2 GT単独で低負荷運転可能なシステム構成検討 : MHI (~2019)
- ②-3 GT単独で低負荷運転可能な制御手法検討 : MHI

- ➡ 高負荷変化、低負荷運転可能なシステムとその制御手法の開発

⑥プラント全体成立性評価

- ⑥-1 排気構造部高温化対策 : MHI
- ⑥-2 プラント全体性能解析 : 電中研
- ⑥-3 HRSG構造・熱流体解析 : 電中研

- ➡ 熱応力が高くなるポイントを明確にし、低減策による効果を確認

- ⑦ 熱疲労支配下における機器損傷劣化の調査 : 電中研

- ➡ 保守管理の指針策定のための課題や方向性を明確化




- ⑧ 既存技術との経済性比較調査 : MHI、電中研

- ➡ 調整力価値を定量比較

- ⑨ 実証研究計画の策定 : 電中研

- ➡ ニーズ調査から実証計画を策定

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①低負荷運用時の高性能燃焼器の開発	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼器仕様の選定 燃焼特性の検証 CO発生メカニズムの評価 CO濃度計測手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 低負荷時（GTCC10%負荷）の環境負荷性能を満足する燃焼器の仕様を選定 改良設計した実燃焼器でのCO低減効果を確認 数値解析によりCO発生メカニズムを明確化 非接触のCO濃度計測手法を確立 	 2022年2月 達成予定	高圧リグ試験にて空気バイパス燃焼器の燃焼特性確認
②GT全体制御技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> GT制御手法の立案 低負荷運転可能なコンセプト構築 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料と空気の比を遅れなく制御する手法を立案／開発し、負荷変化幅拡大、かつ高ランプレート(20%/min)で運転制御できる見込みを得た。 低負荷（GTCC10%負荷）かつ低環境負荷で運転可能なシステム構成を立案し、制御手法を確立 	 2022年2月 達成予定	動特性シミュレーションにてロバスト性（様々な実機運転条件）の確認
③軽量動翼の開発	<ul style="list-style-type: none"> 変形抑制、鋳造欠陥抑制対策の確立 鋳型・中子の変形を抑制する要素技術開発 新酸化物系CMCと新TiAl基合金の評価 	<ul style="list-style-type: none"> 中子・鋳型一体成型による、変形抑制、鋳造欠陥抑制対策を確立 中子組成の適正化による鋳型・中子の変形抑制技術を開発 機械特性と製作性を評価 機械特性：引張・クリープの特性劣化無 製作性：実生産設備で製作可能 	 2022年2月 達成予定	実翼形状での鋳造性の確認

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

*) 表中の定量値の出典：再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発(2016)で取り纏めた2030年における目標値





◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針
④軽量/長寿命ロータの開発	<ul style="list-style-type: none"> 軽量/長寿命ロータの概念設計と検証試験 	<ul style="list-style-type: none"> 軽量化では長寿命化の目標寿命達成困難。形状最適化並びに表面処理による延命効果を検証し、急速機動化に必要な目標寿命（朝夕2回起動）達成の目途を得た。 	<p style="text-align: center;">△</p> 2022年2月 達成予定	テストピースによる強度試験を実施し、表面処理による延命効果確認
⑤クリアランスコントロール技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ケーシング変形抑制の検討と概念設計 クリアランス制御構造の概念設計および予測技術の開発 連成解析手法の構築 	<ul style="list-style-type: none"> ケーシング変形抑制対策として、内側ケーシングの剛性向上、低摩擦コーティング施工案を立案し、概念設計を実施し、変形を抑制できる見込みを得た。 メタル温度制御によるクリアランス制御構造の概念設計を実施。AIを駆使したバーチャルセンサによるクリアランス常時（出力変化速度：20%/minを含む）予測技術を開発 熱流体と構造の連成解析手法を構築 	<p style="text-align: center;">△</p> 2022年2月 達成予定	摺動試験にて、低摩擦コーティングのロバスト性（様々な実機想定条件）確認 実測データを反映し、条件変化（メタル温度変化）のリアルタイム予測化による精度向上を確認

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

*) 表中の定量値の出典：再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発(2016)で取り纏めた2030年における目標値

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
⑥GTCCシステムの成立性・性能評価	<ul style="list-style-type: none"> 高温化排気系構造の成立性確認と概念設計 熱効率/各種運用性の検討 HRSG材料における温度管理ポイントの明確 	<ul style="list-style-type: none"> 起動回数増加（朝夕2回起動）でも、剛性確保による応力低減により、構造成立性を確認 GTの高機動化に加え、HRSGへの助燃等により起動時間10分を達成見込み 機動性を向上によりHRSGの主蒸気管寄せ部において最も熱応力が高くなることを特定。寿命にも影響を与えるため、重要な管理ポイントであることを明確にした。 	 2022年2月 達成予定	寿命向上目途付完了 低コスト、メンテナンスを考慮した構造の提案 更なる解析評価による熱応力緩和策の検討
⑦熱疲労支配下における機器損傷劣化と保守管理技術の調査	<ul style="list-style-type: none"> 機器の合理的な保守管理方法の明確化 	<ul style="list-style-type: none"> 起動停止が頻繁となっている海外プラントの現地調査や関連文献の調査から、保守管理の指針策定のための課題や方向性を明確化。 	 2022年2月 達成予定	適用が有望視される新材料技術の調査
⑧既存技術との経済性比較調査	<ul style="list-style-type: none"> 他の調整力電源との経済性比較評価 	<ul style="list-style-type: none"> 国内、海外の電力市場を対象に、火力及び競合技術の調整力価値を定量比較し、経済性（改造の所期設備投資コスト）を評価完了 		
⑨実証研究計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験の仕様の検討と研究計画を立案 	<ul style="list-style-type: none"> 今フェーズでの成果を踏まえ、レトロフィット実証の実施項目を抽出 	 2022年2月 達成予定	第4回推進委員会を開催

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

*) 表中の定量値の出典：再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発(2016)で取り纏めた2030年における目標値

◆成果の普及 (1/5)

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計
論文	1	0	1	2	4
研究発表・講演	2	5	8	5	20
受賞実績	0	0	1	0	1
新聞・雑誌等への掲載	3	1	0	0	4
展示会への出展	0	0	0	0	0

※2021年9月17日現在
(2021年度分は予定も含む)

◆ 成果の普及 (2/5)



: 民間



: 大学



: 国研

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	高橋徹、渡邊泰、 渡辺和徳	電中研	機動性に優れる広負荷帯高効率ガス タービン複合発電システムの検討	火力原子力発電、Vol.70、 No.3	有	2019.3.20
2	Keita Yunoki, Ryoichi Kurose	MHI, 京都大	Numerical Simulation of CO Concentration on Flame Propagation in the Vicinity of the Wall-Validity of Non-Adiabatic FGM Approach	International Journal of Gas Turbine, Propulsion and Power Systems	有	2020.6.11
3	Keita Yunoki, Ryoichi Kurose	MHI, 京都大	Numerical simulation of CO formation and reduction on flame propagation due to heat loss through the cooled wall	Energy	有	2021.7.1
4	Keita Yunoki, Ryoichi Kurose	MHI, 京都大	Prediction of CO emissions in turbulent super lean premixed combustion under pressurized conditions using an LES/non- adiabatic FGM approach	International Journal of Gas Turbine, Propulsion and Power Systems	有	Accept

◆ 成果の普及 (3/5)



: 民間



: 大学



: 国研

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	渡辺和徳	電中研	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開発プロジェクト	第46回日本ガスタービン学会定期講演会	2018/10/11
2	高橋徹	電中研	機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電システムの検討	平成30年度火力原子力発電大会	2018/10/25
3	Keijiro Saitoh	MHI	MHPS Gas Turbine Technologies and Strategies for a Low-Carbon Society with Hydrogen-fired Combustion	KEPCO GT Conference 2019	2019/6/4
4	Toshinori Watanabe	東京大	Flexible Gas Turbines for the Renewable Age	SUPEHR'19	2019/6/4
5	Keita Yunoki	京都大 MHI	Numerical simulation of CO concentration on flame propagation in the vicinity of the wall	IGTC2019	2019/11/17
6	岡崎公宣	大阪大	火炎冷却に伴うCO生成過程の計測	第57回燃焼シンポジウム	2019/11/20
7	岡崎公宣	大阪大	一次元層流火炎の冷却に伴うCO生成過程の計測	日本機械学会 関西支部 第95期定時総会講演会	2020/3/12
8	中村大樹	東京大	流体-熱-構造連成解析による軸流圧縮機動翼の運転時挙動の検討	第48回日本ガスタービン学会定期講演会講演	2020/10/15
9	柚木啓太	MHI, 京都大	LES with non-adiabatic FGM approach for prediction of CO emission in premixed combustion	第48回日本ガスタービン学会定期講演会講演	2020/10/15
10	北野裕太郎	大阪大	昇圧環境下での空気希釈を伴う予混合火炎のCO生成過程の計測	第58回燃焼シンポジウム	2020/12/4
11	北野裕太郎	大阪大	2光子吸収レーザー誘起蛍光法を用いた昇圧環境下で空気希釈を受ける乱流予混合火炎のCO計測	日本機械学会 関西支部 第96期定時総会講演会	2021/3/18
12	Yutaka Watanabe	電中研	Performance Analysis and Dynamic Simulation of Large-Scale Gas Turbine Combined Cycle Power System with Rapid Start-up and Ramp Rate	GPPS Chania20 Technical Conference	2020/9/7

◆ 成果の普及 (3/5)



: 民間



: 大学



: 国研

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
12	Yutaka Watanabe	電中研	Performance Analysis and Dynamic Simulation of Large-Scale Gas Turbine Combined Cycle Power System with Rapid Start-up and Ramp Rate	GPPS Chania20 Technical Conference	2020/9/7
13	渡邊泰	電中研	動特性解析によるガスタービン複合発電システムの急速負荷変化時の運用性評価	日本機械学会年次大会	2020/9/14
14	鉄井利光	NIMS	新TiAl合金での小型鍛造動翼試作と特性評価	第48回日本ガスタービン学会定期講演会講演	2020/10/14
15	吉葉史彦	電中研	部分負荷運用特性を改善したGTCC の電力需給運用に及ぼす効果の検討	第48回日本ガスタービン学会定期講演会講演	2020/10/15
16	Toshinori Watanabe	東京大	Thermo-Fluid-Structure Coupled Simulation of Compressor Blade Shape during Rapid Start-Up	Asian Congress on Gas Turbines 2020 (ACGT2020)	2021/8/19
17	Yutaka Watanabe	電中研	Dynamic simulation of rapid load-change on high flexible gas turbine combined cycle power plants	第15回動力エネルギー国際会議 (ICOPE-2021)	2021/10/17-21
18	Eiji Sakai	電中研	Development of surrogate models for estimating transient temperature of hot gas path part	第15回動力エネルギー国際会議 (ICOPE-2021)	2021/10/17-21
19	石破滉也	大阪大 京都大	2光子吸収レーザ誘起蛍光法を用いた昇圧環境下における空気希釈を伴う予混合火炎のCO生成過程の計測	第59回燃焼シンポジウム	2021/11/22-24
20	小澤裕二	電中研	改良9Cr 鋼の熱疲労寿命に及ぼすCCD 波形と温度範囲の影響	第59回高温強度シンポジウム	2021/11/25-26

◆ 成果の普及 (4/5)



: 民間



: 大学



: 国研

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	渡辺和徳	◇技術トピックス◇「機動性に優れる広負荷帯高効率GTCCの開発状況」	日本機械学会動力エネルギーシステム部門ニューズレター、第58号	2018/5/15
2	渡辺和徳	再生可能エネルギー電源と共存する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提案	エネルギーと動力2018春季号、日本動力協会	2018/5/15
3	渡辺和徳、高橋徹	我が国のエネルギー計画に基づくガスタービン開発と高負荷変動に対応するGTCCの課題	日本ガスタービン学会誌2019年1月号	2019/1/20
4	渡辺和徳	総論：高効率ガスタービン開発の現状と将来	電気評論4月号	2019/4

◆成果の普及 (5/5)

- ◆ 旧一般電気事業者全社ならびに電事連などの電気事業関連機関に対して、本プロジェクトの意義や必要性、研究内容などの説明、ニーズ調査を実施
 - ⇒ 2019年11月19日 電気事業者向けNEDO火力発電技術開発成果発表会
(今年度も開催予定)
- ◆ 電力系統安定の制度設計に関わる有識者に対して、本プロジェクトの意義や必要性、研究内容などを説明し、意見交換を実施
- ◆ 第48回日本ガスタービン学会定期講演会にて、
日本ガスタービン学会学生優秀講演賞を受賞 (再委託：東京大学)

◆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
報告会を定期的に開催（3～5回/年）し、業界動向や他社特許について協議/共有
- パテントチェックを実施し、**コアとなる燃焼性向上について基本特許をPCT出願**
出願番号：PCT/JP2021/013809 『ガスタービンの燃焼器、及び、ガスタービン』
⇒今後も、2021年度、さらに1件の出願し、基本特許の周辺を固める
- 特許は出願する発明を厳選し、既存製品に関する独自技術との親和性が高い技術は、競合との優位性を維持するため、戦略的にノウハウとして秘匿

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計
特許出願（うち外国出願）	0	0	1(1)	1※	2(1)件

※2021年度は予定

発表内容構成

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. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

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

◆本プロジェクトにおける「実用化」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ガスタービンや機能向上のための関連製品が上市されることを実用化とする



適用可能な機能・技術から順次反映させて技術普及を図る



できるところから社会実装を進める

最近の情勢とその影響

- ✓ 2030年に向けて、経済産業大臣による非効率石炭火力発電のフェードアウトを着実に推進するため、新たな規制的措置の導入など検討指示（2020年7月）
- ✓ 2050年カーボンニュートラル（2020年10月）
 - ： 2050年度発電量の約50～60%を再エネ
 - 災害への対応、調整力、慣性確保で火力と原子力は30～40%
 - 水素・アンモニアで10%（今後の技術開発により比率は変化する）



- ✓ 社会的な負担をミニマムでの脱炭素化が求められる。
- ✓ 脱炭素化の推進で、非効率石炭火力発電の廃止進むが、そのスピードは、再エネ増加(量)より早いと想定
(EU、米国では 40～50年経過した石炭火力発電設備が急激に廃止されている)

◆ 実用化に向けた戦略

* 実用化に向けた戦略は、非公開セッションにて詳細報告

下記の点を考慮し、国内外での社会実装を推進

- ✓ 既設GTには、発電事業者の設備投資コストをできるだけ抑えた最低負荷の引き下げやランプレート^(※1)改善などを定検時のサービスメニューとして提案
- ✓ 新設の天然ガス焚きGTの導入が見込まれる発電事業者には、新設GTの機能として、最低負荷引き下げやランプレート改善などを導入提案

※1 ランプレート：出力応答の変化速度

◆ 実用化への取組に向けた方針

発電事業者を中心に、系統および発電設備の運用の現状と課題や本事業に対する意見、実証研究に対する意見などについてヒアリング調査を実施



成果の実用化に向けた戦略方針

- 発電事業者は、調整力向上、本事業への取組について否定的な意見は全くなく、成果の必要性・重要性が理解されている。
- 新技術の開発や導入に対する投資を回収できる見込みが得られないと発電事業者に導入インセンティブが働かないため、本技術を普及させていくには調整市場が成熟するタイミングが重要
- 実機を対象に開発した技術を導入できるレベルに到達しているため、市場ニーズを捉えて順次実機適用を推進

◆ 実用化に向けた具体的取組

- 本事業での研究開発は**順調に要素技術開発を完了**する見込み
- **今後の調整市場の動向によっては、電力会社へのレトロフィット需要に対応**
⇒開発要素技術の実証について、実用化可能な技術より**順次導入**

	2015	2020	2025	2030
先導フェーズ				
基本FS	2014-2015 エネ環先導			
適用効果の調査研究		2016 FS調査		
要素フェーズ				
概念設計・要素技術開発		2017 先導	2018~2021 燃焼器開発 制御技術 軽量翼開発ほか	
実証試験計画策定				
実証フェーズ				
出力変化速度の向上 最低出力の引き下げ			電力会社の協力 実機運転 投資判断が必要	
				社会実装

できるところから
社会実装

◆波及効果

【社会的波及効果】

- CO2排出量削減に向けては世界的にも加速化が進んでおり、主要国が具体的なカーボンニュートラルの数値目標を宣言している。
- 国内においては2030年CO2排出46%削減、および2050年CO2排出実質ゼロ（ビヨンドゼロ）が宣言されている。
- **再エネの導入促進ならびに大量導入時の電力系統安定化**のため、本技術はCO2排出量削減目標達成に向けてトランジションを支える重要な役割を果たす。
- 可能な機能から順次反映させて技術普及を図ることが重要であり、強力な調整力電源を需給調整市場に投入することで、**市場の活性化、電力コスト低減**にもつながる。

【技術的、経済的波及効果】

- 今後25年間におけるガスタービンの世界市場は150兆円規模と想定されている中で、本技術開発により更なる技術力の向上を図ることで、世界レベルを維持し、この**市場優位性を確保し続けることは、国内の産業技術成長戦略として重要**である。
- 本技術は、将来の脱炭素を目指した**水素やアンモニアを燃料とするガスタービンへも適用可能**であり、将来にわたり貢献が可能である。
- 最新鋭GTCCの技術を供与しCO2排出量削減に貢献することは、我が国の高度な技術により国際貢献を果たすとともに、国内生産増加/輸出増/ライセンス収入増加などに貢献が可能。