

(案)

総合科学技術・イノベーション会議が実施する  
国家的に重要な研究開発の評価

「高効率ガスタービン技術実証事業」  
の事後評価(説明資料)

令和5年1月27日

大規模研究開発評価 WG

## 目次

1. 案件概要 .....	3
2. 評価の実施方法 .....	3
3. 評価対象案件の実施府省等における事後評価結果 .....	5
3. 1. 実施府省等における評価の状況 .....	5
3. 2. 実施府省等の行っている評価方法 .....	5
3. 3. 評価項目の設定方法及びその設定根拠 .....	10
3. 4. 評価項目を踏まえた評価の実施状況 .....	12
3. 5. 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価、中間評価時の指摘事項への 対応状況や情勢変化への対応状況 .....	13
3. 6. 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用 .....	16

## 1. 案件概要

○名称:「高効率ガスタービン技術実証事業」

○実施府省:経済産業省

○実施期間:平成24年度～令和2年度

1)1700℃級ガスタービン:平成24年度～令和2年度(うち平成24年度～平成27年度は経済産業省にておいて実施)

2)高湿分空気利用ガスタービン(AHAT):平成24年度～平成29年度(うち平成24年度～平成27年度は経済産業省において実施)

○予算額:

	1)+2)の予算額	うち1)予算額	うち2)予算額
平成24年度	16.9億円	10.1億円	6.8億円
平成25年度	19.4億円	8.7億円	10.7億円
平成26年度	29.3億円	17.8億円	11.5億円
平成27年度	28.8億円	22.6億円	6.2億円
平成28年度	25.5億円	15.9億円	9.6億円
平成29年度	20.5億円	17.1億円	3.4億円
平成30年度	17.8億円	17.8億円	-
令和1年度	16.1億円	16.1億円	-
令和2年度	13.7億円	13.7億円	-
平成24～令和2年度 予算総額	188.0億円	139.8億円	48.2億円

○事業概要等

本事業は、我が国の電源構成の約7割を占める火力発電の高効率化を図り、エネルギーセキュリティの確保及び地球環境問題双方に対応すべく、世界をリードする高効率ガスタービンの実用化に向けた技術開発を実施するものである。

1)1700℃級ガスタービン

2)高湿分空気利用ガスタービン(AHAT)

## 2. 評価の実施方法(この大規模研究開発評価WGと今後の評価プロセスを想定して事務局作成)

「総合科学技術・イノベーション会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価について」(総合科学・イノベーション会議決定(H29.7.26 一部改正)に基づき、評価専門調査会及び大規模研究開発評価ワーキンググループにおいて、経済産業省及び国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、「NEDO」という。)における事後評価結果等を踏まえて調査検討を行い、その結果を受けて総合科学技術・イノベーション

会議が評価を行った。

調査検討にあたっては、経済産業省及び NEDO から以下の観点でヒアリングを行った。

- (1) 実施府省等における評価の状況
- (2) 実施府省等が行っている評価方法
- (3) 評価項目の設定方法及びその設定根拠
- (4) 評価項目を踏まえた評価の実施状況
- (5) 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価時の指摘事項への対応状況  
や情勢変化への対応状況
- (6) 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用

### 3. 評価対象案件の実施府省等における事後評価結果

#### 3. 1. 実施府省等における評価の状況

事後評価として、2021年7月15日に分科会、2022年1月26日に研究評価委員会を実施。中間評価として、2018年9月10日に分科会、2018年12月10日に研究評価委員会を実施。（評価スケジュールは参考1）

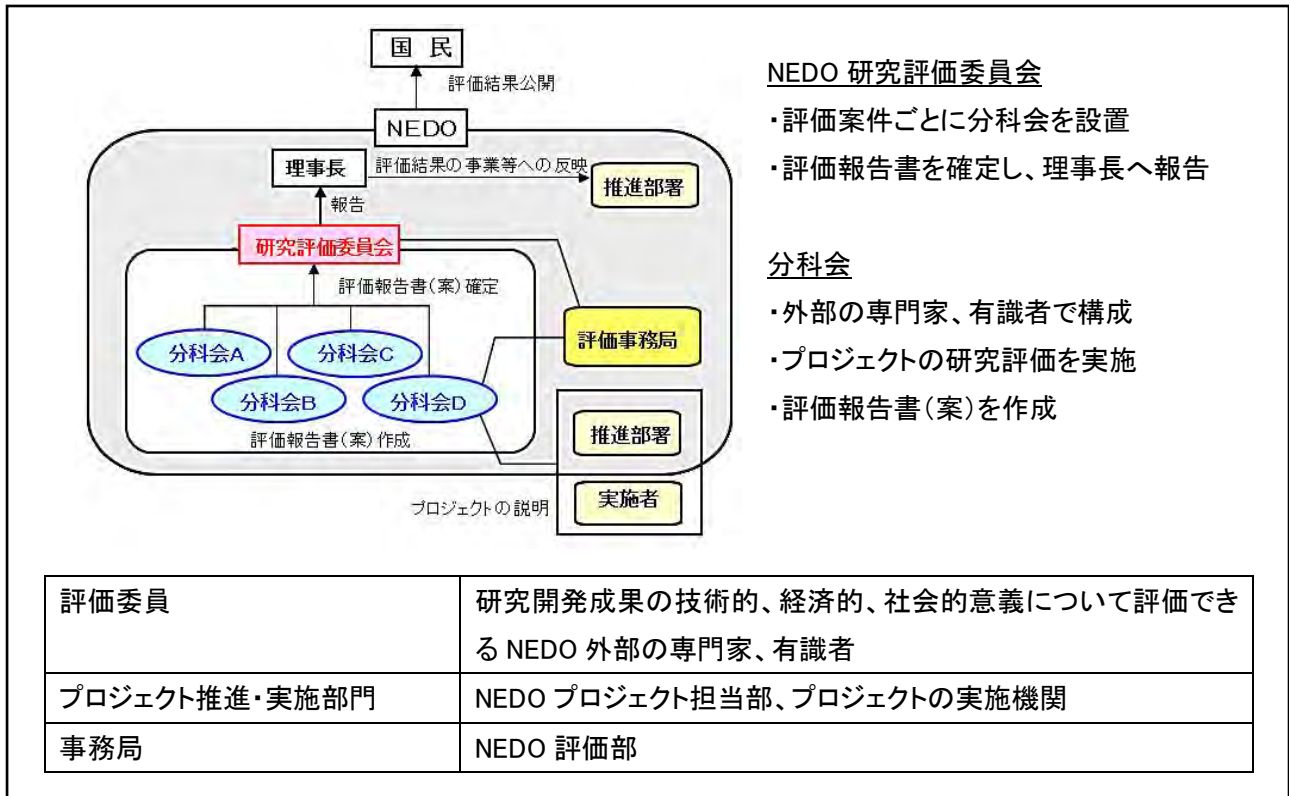
（参考1）評価スケジュール

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1) 1700℃級 ガスタービン		経産省執行				NEDO執行					
2) 高温分空気利用 ガスタービン (AHAT)		経産省執行				NEDO執行					
評価時期	事前評価 経産省				中間評価 経産省			中間評価 NEDO			事後評価 NEDO

#### 3. 2. 実施府省等の行っている評価方法

NEDOにおいては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会※によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会(2018年12月10日第57回研究評価委員会及び2022年1月26日第67回研究評価委員会)において確定している。（評価の実施体制は参考2）

(参考2) 評価の実施体制



※評価部が事務局となる評価並びに機構の評価のあり方、評価方法の改善及び被評価事業の今後の運営についての助言を行う(NEDO 技術委員・技術委員会等規程より)  
 (参考) 審議結果 …参考3-1(中間評価報告書概要)参照  
 参考3-2(事後評価報告書概要)参照

参考3-1(中間評価報告書概要)

1. 総合評価

高効率ガスタービンとして、機能、市場ニーズの両面で、非常に対照的な特徴を有する2つの技術実証事業を行っており、ともに昨今の国際的な政策動向、市場の情勢に合致している。また、信頼性が確保された技術の開発手法が取られており、大変合理的な実証事業であると評価できる。海外メーカーとの技術力競争が激化する中、国内メーカーがこれらと並ぶ技術力を保持できているのは、自身の努力に加え NEDO 事業を通じた後押しの効果も大きい。

本事業では適切なスケジュールが組まれており、目標達成に必要な多くの要素技術も網羅されている。研究開発目標の達成度は非常に高く、研究成果の知財化の状況も良好である。

今後は、最終評価に向けて、商用化を前提とした周到な準備が必要になろう。タービン単品での性能向上のみならず、周辺機器も含めたシステムとしての性能向上、さらには、維

持管理を含めた総合的な視点での性能向上も重要な開発目標になる。また、1700℃級ガスタービン超高温技術の結集であり、本事業は我が国における超高温技術開発の牽引者という側面を有することから、周辺の基礎科学の発展にも貢献していただきたい。

## 2. 各論

### 2.1 事業の位置付け・必要性について

高効率のガスタービン技術開発は、国際競争力の観点からも非常に重要であり、現在、米国や独国と並び、最先端技術を有しているのは実施者の努力と NEDO 事業による後押しによるものである。世界のさらなる人口増加の中で、二酸化炭素排出量の抑制と来るべき化石燃料の枯渇に対する技術開発は公共性も高く、NEDO の事業として望ましい課題である。

本事業が成功すれば、高い費用対効果が得られるはずである。大型の 1700℃ガスタービンについては、より排出原単位の低い電源開発を、また小型の高湿分空気利用ガスタービン(AHAT)については、再生可能エネルギーの増加に対応した、負荷変動抑制を目指すものであり、本事業のそれぞれのテーマの目的は、パリ協定締結後の低炭素化の流れに合致しており、非常に適切と考えられる。

### 2.2 研究開発マネジメントについて

国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、熱効率の最大化ならびに再生可能エネルギー大量導入による負荷変動にも対応できる技術開発を行っており、高く評価できる。また、適切なスケジュールが組まれており、目標達成に必要な多くの要素技術も網羅されている。

一方、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。また、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。

今後は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。

### 2.3 研究開発成果について

研究開発目標の達成度は非常に高く、また、ベースロード電源としての非常に高い熱効率を有する 1700℃級ガスタービン、ならびに、再生可能エネルギー大量導入に対応するための負荷変動機能を有する AHAT の両者について研究開発が行われており、研究成果は非常に良好である。研究成果の知財化の状況も良好である。1700℃級ガスタービン開発技術の一部を適用した 1650℃級ガスタービンを既に採用し運用予定の電力会社もあり、最終目標を達成できる見通しはある。

一方、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。また、論文発表については今後の努力を期待する。

#### 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

1700℃級ガスタービンについては、従来品の延長上にある高性能品として事業化の障害は小さいものと考えられ、ユーザーに受け入れやすい。AHATについては、新商品であるが、現在の再生可能エネルギー比率の増大に対応する分散型電源に近い性質を有し、市場ニーズに見合ったものと考えられる。

一方、1700℃級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。AHATについては国外のマーケットの視点がやや欠けている感がある。国外に目を向けると燃料種の多様性等も考慮する必要があるであろう。加えて、商用化の道筋を明確化する必要がある。

今後、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。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。

#### 研究評価委員会コメント

第57回研究評価委員会(2018年12月10日開催)に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- メンテナンスを含むトータルコストの視点からの市場性の評価が必要である。今後は1700℃級に関してはユーザーの開拓を視野に入れた開発、AHATについては事業化のフォローアップにそれぞれ注力していただきたい。

#### 参考3-2(事後評価報告書概要)

##### 1. 総合評価

CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けて非常に重要な開発に挑戦し、多くの技術課題の解決が図られ、当初の計画以上の成果が得られたプロジェクトであると評価できる。各成果についても、国外の競合相手の技術開発動向と比較しても見劣りしない優れたものであり、特に、世界最高効率のガス火力技術の開発を計画的かつ適時のタイミングで行った意義は極めて高いと言える。

また、ガスタービンシステムは重要な輸出産業の一つでもあり、関連する部品数も多く、産業としての裾野も広いことから、技術面のみならず産業振興の観点からも意義深い事業と評価できる。

さらに、今後のカーボンニュートラル技術に向けて有益な成果が多く得られ、水素ガスタービン等の類似プロジェクトへも十分に波及しうることから、更なる野心的な研究開発事業を展開していくことを期待したい。

一方で、近年の政策変化及び市場動向の不確実性は高いことから、今後の事業者によ



る確実な社会実装に向けて、政策当事者である監督官庁との一層緊密な連携や開発期間の短期化、さらに他の研究開発への反映など一層の柔軟な推進を望みたい。

また、本事業の成果は学術的にも産業技術的にも多くの知を後世に残すこととなったことから、今後は、本事業の成果を内外に広くアピールして頂くとともに、更なる、技術革新に向けて、産学連携等も念頭に次の時代を担う若手研究者・技術者の育成にも、是非、力を入れて頂くことを期待したい。

## 2. 各論

### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

地球温暖化による気候変動問題が世界的に顕在化し、温室効果ガス排出量削減、特に、二酸化酸素排出規制の動きが加速している中、本事業の目的である高効率タービン開発の必要性・緊急性は極めて高いものと言える。

また 1700℃級ガスタービン実現には流体、伝熱、材料、製造、制御などの機械工学のみならず最新の計測、情報処理技術など工学の粋を集めた総合的技術開発が不可欠であり、先端的な研究開発費も膨大なものとなることから、企業のみでリスクをとるのは難しく、NEDO の関与は妥当であったと考える。

一方で、2030年、2050年に向けた急速な社会情勢の変化が加速する中、当該事業の内容(研究開発項目)が柔軟に対応していければ、さらに有効なプロジェクトになったものと考えられる。今後は、本プロジェクトが、将来に向けてどのように貢献できるかを可能な限り定量的に評価して頂くことを期待したい。

### 2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発の目標、計画、実施体制、進捗管理、および知的財産に関する戦略において適切に設定、管理が行われており、事業者側のこれまでの経験や実績が十分に活かされ、着実な成果を上げている。特に、研究計画では、多岐にわたる研究項目について綿密かつ明確なスケジューリングが図られており、高く評価できる。

また、社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等も把握されており、さらに、脱炭素の方向性に対しても、燃料の多様化に十分対応した燃焼技術の開発を行うなど、社会情勢の変化にも対応していると言える。

一方で、国際的な環境政策変更は急激であり、開発スピードの早期化による確実な市場確保のために世情の変化を予測・察知しつつ、研究開発目標を臨機応変に変更する仕組みがあってもよいと考える。

また、実施体制については、産学連携の観点から、大学研究者との連携があれば、より良かったと思われる。

### 2. 3 研究開発成果について

総合的に世界最高水準の技術を実現するものであり、全ての項目において目標「達成」が図られ、欧米他社に対して確実なアドバンテージを得た点、とりわけ、低熱伝導率遮熱コ

ーティング技術は、海外の競合メーカーとも十二分に渡り合えるものであり、本研究開発は高く評価できる。

また、昨今の脱炭素技術についても検討がなされており、得られた成果は、将来に向けた水素ガスタービン開発やガスタービンの負荷変動技術等へも波及するものと考えられ、期待できる。

一方で、本事業は脱炭素の流れの中で国民、特に若い世代にも関心も高い取り組みであると思われるが、広く国民に周知、アピールできているとは言い難いことから、今後に向けて、事業終了後も関連学協会とも連携した広報活動など本事業の意義と成果を効果的にアピールする方策を是非検討頂ければと思う。

#### 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

本事業による省エネルギー効果、経済効果、CO<sub>2</sub>削減効果は非常に評価できる重要な成果であり、開発した技術は、世界市場でシェアの確保も含め、安定的な事業化が期待できる。

一方で、燃料の多様化の可能性、昨今の脱炭素技術への移行に対して、高い波及効果が期待できるものの、定量感をもった事業化計画や温室効果ガス削減に対する貢献度が見えにくい。当該技術は実用化ではなく事業化が待ったなしの技術であり、2050年温室効果ガス排出実質ゼロを考えた場合の天然ガスを燃料としたガスタービンの位置づけ等を含めた十分な検討を図っておく必要がある。

また、ファイナンスの面で火力発電プラントへのネガティブな印象を払拭する努力が求められている昨今において、未来のガスタービン発電に向けて、新設計の工夫や基礎研究という観点で新材料適用によるゲームチェンジングな取り組みにもチャレンジし、海外勢を凌駕するような競争力を培って頂くことを期待したい。

#### 研究評価委員会コメント

第 67 回研究評価委員会(2022 年 1 月 26 日開催)に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 2050 年カーボンニュートラル達成に向けて、火力発電由来の CO<sub>2</sub> 排出量削減などの動きが加速している中、本事業の目的である高効率タービン開発の必要性・緊急性は極めて高い。今後、本事業の成果が、アンモニア利用ガスタービン、水素ガスタービンなどのゼロエミッション火力発電実現へ継承されていくことを、さらに国内外へアピールいただきたい。また、本成果が、NEDO の他のプロジェクトとの連携を見すえながら、確実に社会実装され、我が国の経済の発展に寄与することを期待したい。

### 3. 3. 評価項目の設定方法及びその設定根拠

#### ① 設定方法

②の設定根拠に基づき、以下の評価項目・評価基準を設定した。

●「高効率ガスタービン技術実証事業(中間評価)」に係る評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について
  - (1) 事業の目的の妥当性
  - (2) NEDO の事業としての妥当性
2. 研究開発マネジメントについて
  - (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
3. 研究開発成果について
  - (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) 知的財産等の確保に向けた取組
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて
  - (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

●「高効率ガスタービン技術実証事業(事後評価)」に係る評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について
  - (1) 事業の目的の妥当性
  - (2) NEDO の事業としての妥当性
2. 研究開発マネジメントについて
  - (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
3. 研究開発成果について
  - (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) 知的財産等の確保に向けた取組
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて
  - (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

※中間評価と事後評価で評価項目・評価基準が異なる。

## ② 設定根拠

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」における「評価の観点(必要性・有効性・効率性)」や、経済産業省の「経済産業省技術評価指針」における「標準的評価項目・評価基準」を参考に、4つの軸で設定した。

## 3. 4. 評価項目を踏まえた評価の実施状況

### ①科学技術・イノベーション基本計画及び統合イノベーション戦略との関係

本事業実施中に作成された第5期科学技術基本計画(平成28年1月22日閣議決定)において、以下のとおり、位置づけられている。

第5期科学技術基本計画(平成28年1月22日閣議決定)

第3章 経済・社会的課題への対応

(1) 持続的な成長と地域社会の自律的な発展

① エネルギー、資源、食料の安定的な確保

i) エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化我が国のエネルギー源は化石燃料が中心であり、その大半を輸入に頼っている。中でも、電力供給は化石燃料、原子力、水力等により賄われてきたが、東日本大震災以降の原子力発電所の停止に伴う電力供給の減少を、主に火力発電の焼き増しで補っている状況である。近年の政策により再生可能エネルギーの導入は進んでいるものの、国際的に見て非常に脆弱なエネルギー供給構造になっている。このため、将来のエネルギー需給構造を見据えた最適なエネルギーミックスに向け、エネルギーの安定的な確保と効率的な利用を図る必要がある、現行技術の高度化と先進技術の導入の推進を図りつつ、革新的技術の創出にも取り組む。具体的には、産業、民生(家庭、業務)及び運輸(車両、船舶、航空機)の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発及び普及を図る。また、再生可能エネルギーの効率化・低コスト化技術や導入拡大に資する系統運用技術の高度化、水素や蓄エネルギー等によるエネルギー利用の安定化技術などの研究開発及び普及を推進する。加えて、化石燃料の高效率利用、安全性・核セキュリティ・廃炉技術の高度化等の原子力の利用に資する研究開発を推進する。さらに、将来に向けた重要な技術である核融合等の革新的技術、核燃料サイクル技術の確立に向けた研究開発にも取り組む。

また、事業終了後に策定された第6期科学技術・イノベーション基本計画(令和3年3月26日閣議決定)では、「地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進」において、気候変動問題への対応が国家としての最重要課題の一つ

として位置づけ、省エネルギーの徹底、電化の促進と電力の脱炭素化を進めることとしている。

## ②国の研究開発評価に関する大綱的指針のとの関係

NEDO では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」に基づき、NEDO 業務方法書第 39 条及び第 4 期中長期計画を受けて、技術評価実施規程及び事業評価実施規程を定めている。また、経済産業省の「経済産業省技術評価指針」も参考にしている。

また当該プロジェクトの特性を踏まえ、実用化・事業化の考え方等を補足し、評価委員へ評価項目・評価基準を提示した。

## 3. 5. 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価、中間評価時の指摘事項への対応状況や情勢変化への対応状況

2015 年 12 月 23 日に総合科学技術会議で決定した「高効率ガスタービン技術実証事業費補助金」における事前評価結果のうち、3. 評価結果の指摘事項にまとめられた内容について、情勢変化も踏まえ、参考4の通り対応状況について記載する。

### (参考4)事前評価時点の指摘事項に対する対応状況や情勢変化への対応状況

2015 年 12 月 23 日に総合科学技術会議で決定した「高効率ガスタービン技術実証事業費補助金」における事前評価結果のうち、3. 評価結果の指摘事項にまとめられた内容について、情勢変化も踏まえ、以下の通り対応状況を記載する。

#### ①事業の開発フェーズに応じた的確な計画の見直しについて (指摘事項)

経済産業省においては、産業構造審議会評価小委員会で、3 年ごとの中間評価と事業終了時の事後評価を実施し、また、これとは別に、事業原課が主体となって事業評価検討会を設置して事業開始 4 年目の実証機建設前に中間評価を行い、補助率も含め事業の見直しを行うとしている。

その場合の評価について、どのような体制で行うのかということを含め、産業構造審議会評価小委員会が実施する評価との役割分担が必ずしも明確になっていない。

このため、予め、これらの点を明確にし、4 年目に行う中間評価の具体的な評価項目、実施時期、実施方法、評価結果の事業見直しへの反映手順等について、全体の事業計画の中で明確に位置付ける必要がある、と指摘された。

(対応状況)

本件については、事業開始 4 年目である平成 27 年度において、次年度からの実証機設計・製造への移行に先立ち、産業構造審議会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループにおいて中間評価を行い、補助対象も含めた事業の見直しを行った。

事業原課が設置する評価検討会においては、当該分野に関する科学技術的な深い知見や見識のある外部専門家による、科学技術的な観点からの実施内容の評価・助言を行った。

他方、研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループにおいては、政策的、経済・社会的、国際的観点も踏まえつつ、中間評価を行った。

なお、NEDO に事業を継承したあとも、これまでの経済産業省における評価結果も踏まえ、平成 28 年度に外部専門家による技術的な観点から実施内容の助言を行う技術検討委員会、平成 30 年度に外部専門家による技術・社会実装的な観点からの実施内容の評価・助言を行う中間評価を行った。

(指摘事項)

中間評価に基づく事業の見直しの一環として、補助率の見直しを行うに当たっては、その段階では既に要素技術の開発は基本的に終了していることや、実証機については実証試験終了後には商用機として活用できること等を考慮して、適切な補助率を設定する必要がある、と指摘された。

(対応状況)

本件については、本事業が実証段階に入る平成 28 年度予算要求において、中間評価の結果を踏まえ、また、将来の事業の進め方を考慮し、本事業に対する適切な補助内容を検討した。

さらに、平成 29 年 6 月に実施した経済産業省 行政事業レビューにおいても、実用化に近く、民間企業にもメリットがあることから補助率の見直しを求められており、1700℃級ガスタービン技術は、令和元年度から補助率を 2/3 から 1/2 に引き下げた。

(指摘事項)

8 年目～9 年目の実証試験検証段階においては、実証機による連続運転が行われ、商用機と同様に売電による収入が得られることも想定されることから、これを考慮して段階的に補助率を引き下げていくなどの対応を検討するとともに、事業開始までに売電による収入の見込みを反映する形で国の予算計画の見直しが必要である、と指摘された。

(対応状況)

本件については、令和 1 年度及び令和 2 年度の予算要求において、売電収入が発生する場合の補助率のあり方も含め、実証試験の実施スキームについて検討を行った。

実証試験にあたっては、事業者が自費で自社の発電設備を建設することによって、研究開発費を技術開発要素に集中投資し、事業の合理化を図った。

## ②将来の市場獲得に向けた戦略的な取組みについて

### (指摘事項)

ガスタービンの世界総生産額の予測に基づけば、2019年において、大容量機で年間約5,000億円、中小容量機では、年間約4,000億円の市場が見込まれるとしているが、本事業の実施を通じて、この市場をどの程度獲得していくかといった目標やその達成に向けた道筋は明確にされていない。

このため、市場調査や海外の技術開発動向の把握を行いつつ、ターゲットとなる市場、競争相手、機器又は技術のセールスポイント、タイムスケジュール等を踏まえた戦略について、検討し示していく必要がある。特に中小容量機(AHAT)に関しては、実用化による新たな市場への投入を行うものであり、現状より大きなシェアを目指すものであることから、早期の市場投入等、海外の競合技術に対する競争力強化の方策を含め、より具体的な市場獲得戦略の検討を行う必要がある。と指摘された。

### (対応状況)

本件については、市場や海外での開発動向を踏まえ、本事業におけるコストの試算や、競合他社との競争力の比較分析、これらを踏まえた市場獲得戦略について、検討を行いつつ、研究開発を進めてきた。

#### (1)大容量機

大容量機の世界市場獲得の目標値として30%(2020年代)を設定し、設備コストを従来のもので同等程度に抑えつつ、高効率化による燃料費の低減と大型化により競争力の向上に努めた。短期的には、既設の1500℃、1600℃級ガスタービンに、1700℃級ガスタービンのために開発した要素技術を適用し、高効率化を図った。また、早期導入を図るため、1700℃級ガスタービンの導入機種である1650℃ガスタービン(JAC形)を実用化し、全世界で累計46台(2022年11月時点)の受注実績につながっている。

このように、他国と比べて早期実用化できたことで、200MW以上の大容量機における国際シェア46%(2022年1月～9月時点の容量ベース。ライセンス含む)を達成でき、国際競争力を高めることに成功した。

#### (2)中小容量機

我が国の中小容量機の世界市場獲得の目標値として20%(2020年代)を設定した。

これは、2006-2010年の中小容量機の世界シェアにおいて、大手2社が全体の約80%のシェアを占め、該当出力帯での標準機種として国内外から位置づけられるには、少なくとも20%程度のシェアを獲得する必要があるとの考えに基づく。早期の市場投入に向け、実証内容を見直して事業期間を前倒しすることで、実用化の加速を目指したものの、現在は、取り巻くエネルギー環境やユーザーニーズの変化等により、シェア獲得は厳しい状況。ユーザーのニーズを聞き取りながら、販路拡大を目指していく。

(指摘事項)

本事業の成果をガス火力発電の効率向上だけでなく、次世代の石炭火力発電技術であるIGCC等の効率向上につなげることや、耐熱材料やエンジン等の関連する産業へ展開することで、本事業の成果を最大化することにも留意しつつ、開発・実証を進める必要がある、と指摘された。

(対応状況)

本事業で開発した要素技術の多くは、NEDO事業で開発中(一部開発済)のカーボンフリー燃料(水素・アンモニア)対応ガスタービンや、再エネ調整電力対応の高機動性ガスタービンにも適用可能であるため、それらのガスタービンが事業化される際に活用されるものである。

航空エンジンなどの製品への波及は、製品の形態が異なるものの、流体・伝熱・燃焼などのシミュレーション技術や、過酷な環境下での計測技術などについては、応用可能なものもあると考えられる。また、燃焼器、再生熱交換器等の設計技術は、高効率な燃料電池システムにも適用可能と考えている。

### 3. 6. 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用

1700℃級ガスタービンの開発で培った高温化要素技術により、タービン入口温度の上昇によるサイクル効率向上が図られ、ガスタービン発電の更なる高性能化を実現した。この技術を適用したガスタービンは、まず事業者が保有する発電設備に導入され、商用運転を通して技術や製品として実証された。その実績に基づいて、事業者は、開発された技術を適用したガスタービンを商用化した。ガスタービンコンバインドサイクルとして65万kWを超える大型ガスタービン(JAC形)の2022年11月時点の受注台数は、国内8台、海外38台となっており、更なる社会実装が精力的に進められている。

高湿分空気利用ガスタービン(AHAT)は、負荷変化率や最低負荷の運用性に優れたシステムとして、実証機段階で技術的に確立されている。従来のガスタービン(ガスタービンコンバインドサイクル)とシステム構成が異なるなかで、実績のあるシステムがユーザーから求められる状況にあるため、AHAT実機の社会実装には至っていないが、この開発を通して得られた負荷変化率等の技術成果や知見は、現在の商用ガスタービンの機能向上・改良に活用された。

## 4. 評価結果

(評価後に記載)



# 総合科学技術・イノベーション会議が 実施する国家的に重要な研究開発の評価

「高効率ガスタービン技術実証事業」

事後評価

経済産業省

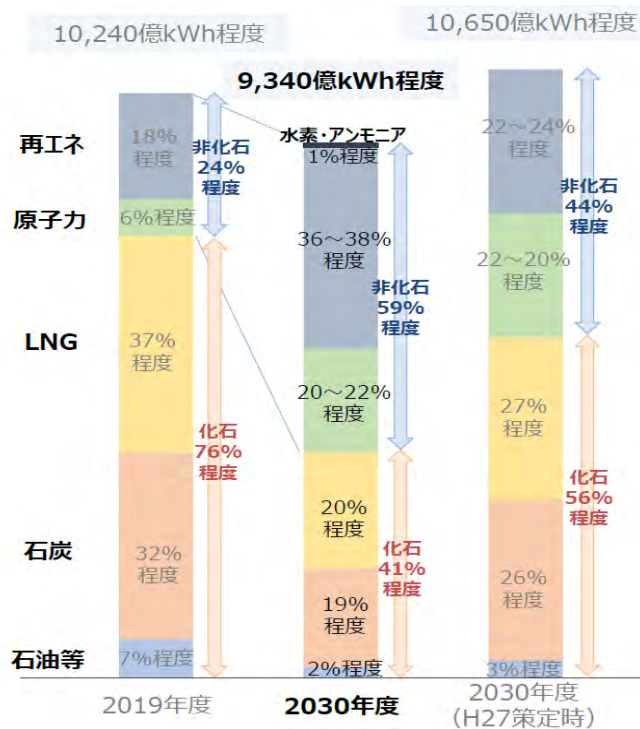
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

# 1. 火力発電の位置づけ

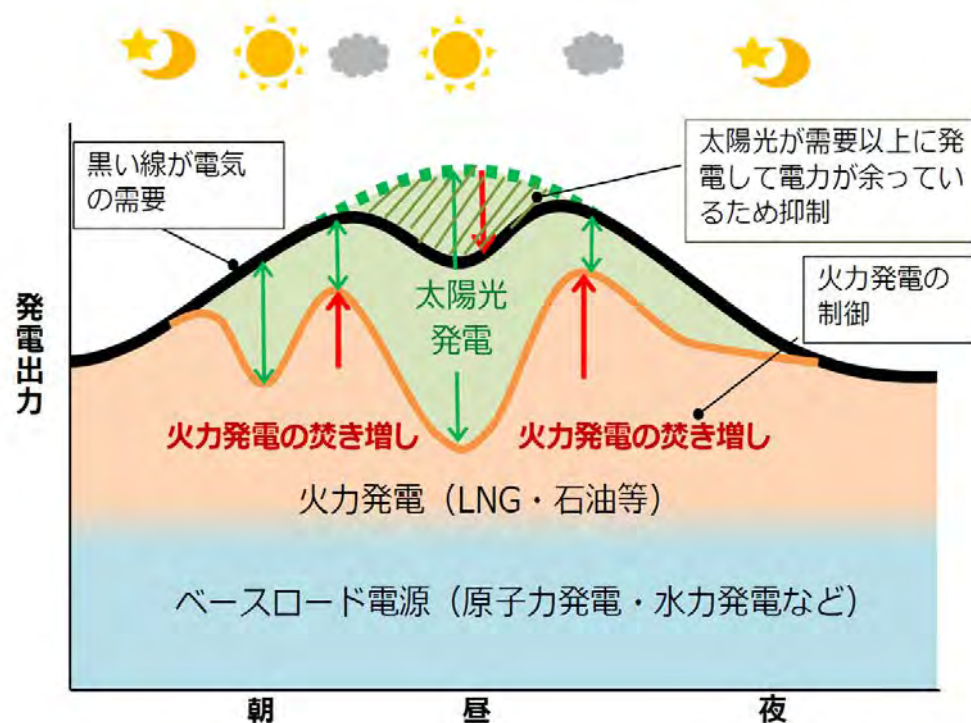
# 2030年度の電源構成(エネルギーミックス)

- 化石エネルギーは、現時点でエネルギー供給の大宗を担っており、今後も重要なエネルギー源。
- 再生可能エネルギーの更なる導入拡大が進む中で、当面は再生可能エネルギーの変動性を補う調整力・供給力としても必要。
- 安定供給を大前提に、できる限り電源構成に占める火力発電比率を引き下げつつ、火力発電の脱炭素化に向けた環境対応に取り組み、環境対応下での競争力の強化・経済効率性の向上といった課題に取り組んでいく必要がある。

## 我が国の電源構成



## 電力需給のイメージ



## 1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

### (2)地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進

#### (a)現状認識

我が国でも、(中略)**気候変動問題への対応が国家としての最重要課題の一つ**として位置付けられ、2050年までにカーボンニュートラルの実現を目指すこととしている。

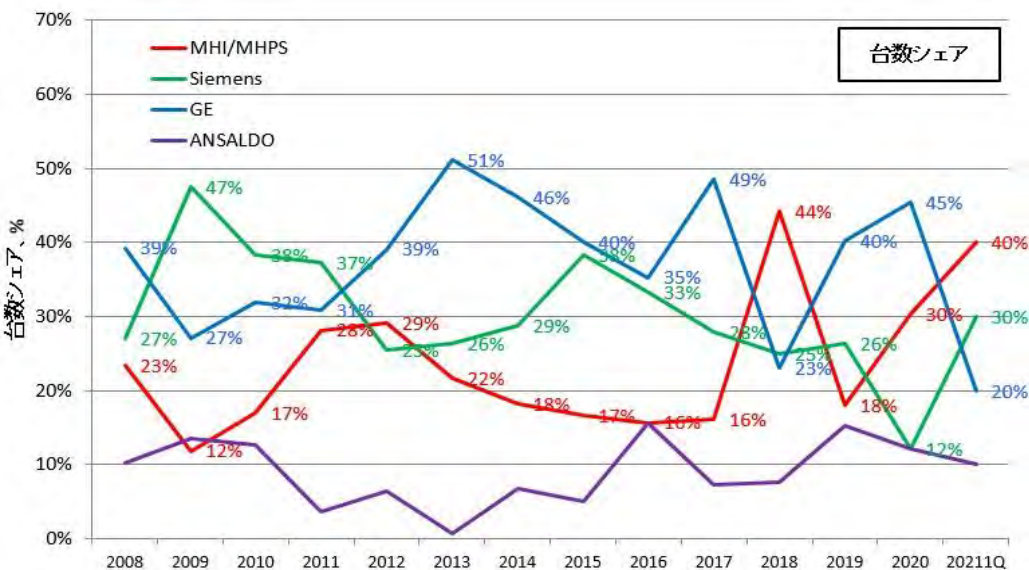
#### (b)あるべき姿とその実現に向けた方向性

2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、2050年カーボンニュートラルを実現する。(中略)こうした観点から、カーボンニュートラルの実現に向けては、グリーンイノベーション戦略推進会議などの議論をもとに、省エネルギーの徹底、電化の促進と電力の脱炭素化(**再生可能エネルギーの最大限の導入に向けた技術の加速度的普及**、安全最優先での原子力利用)を進めるとともに、次世代型太陽電池、CCUS/カーボンリサイクル、水素等の革新的イノベーションを強力に推進する。

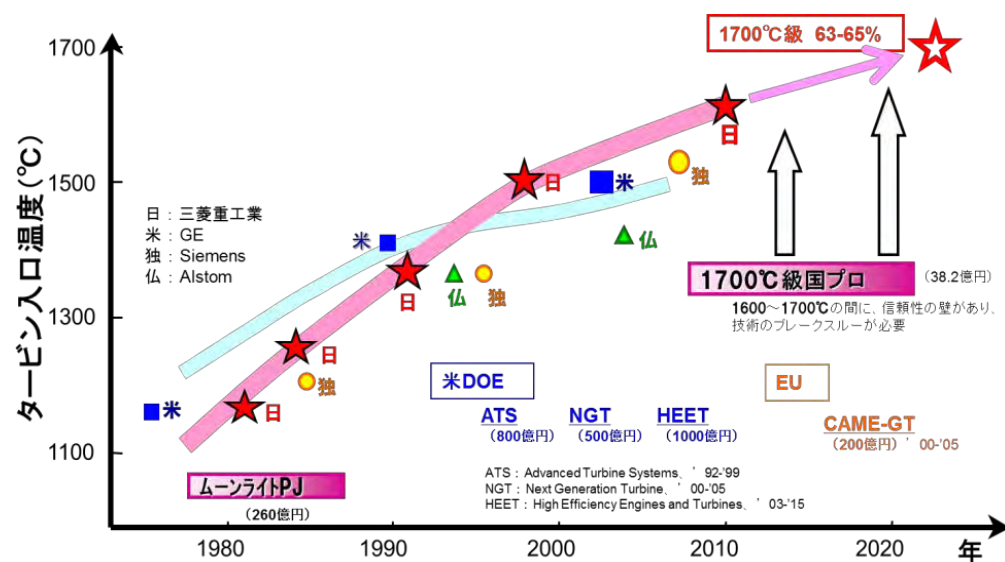
# ガスタービン市場の概況

- ガスタービン市場は、**日米欧で世界シェアの大半**を占める。
- **米欧も政府支援を受けながら開発**を進めており、**競争は激化**。次世代の技術を早期に確立・商用化させ、いち早く海外市場を獲得することが重要。大型ガスタービン市場において、**本邦企業は着実にシェアを確保**しており、**本事業成果も貢献**している。

## 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 より抜粋

# 技術開発の必要性(高効率化に向けた開発方針の策定)

- 経済産業省では産学官の有識者からなる協議会を設置し、次世代火力発電技術を早期に技術確立・実用化するための方策を議論し、平成28年6月に「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」を取りまとめ、次世代火力発電技術の開発目標・方向性等の道筋を明らかにした。



※ 図中の発電効率、排出原単位の見通しは、現時点で様々な仮定に基づき試算したものである。

写真：三菱重工業(株)、常磐共同火力(株)、三菱日立パワーシステムズ(株)、大崎クールジェン(株)

## 2. 事業概要

# プロジェクト概要

## 概要

我が国の電源構成の約7割を占める**火力発電の高効率化**を図り、エネルギーセキュリティの確保及び地球環境問題双方に対応すべく、世界をリードする**高効率ガスタービンの実用化に向けた技術開発**を実施するもの。

(1)1700℃級ガスタービン

(2)高温分空気利用ガスタービン(AHAT : Advanced Humid Air Turbine)

## 予算総額

(単位：億円)	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	合計
(1)1700℃級ガスタービン	10.1	8.7	17.8	22.6	15.9	17.1	17.8	16.1	13.7	139.8
(2)AHAT	6.8	10.7	11.5	6.2	9.6	3.4	-	-	-	48.2
総額	16.9	19.4	29.3	28.8	25.5	20.5	17.8	16.1	13.7	188.0

※平成27年度の産業構造審議会研究開発・評価小委員会評価WGにおいて、AHAT事業は実証期間の前倒し（令和2年度→平成29年度）と実証規模の縮小が承認されたことで、予算額が大幅減。

(1)1700℃級ガスタービン

(2)AHAT

## 実施期間

平成24～令和2年度

平成24～29年度

※平成24～27年度は経済産業省事業、平成28年度以降はNEDO事業として実施

## 補助率

(平成24～30年度)補助率2/3  
(令和1～2年度)補助率1/2

(平成24～29年度)補助率2/3

## 事業実施者

三菱重工業(株)

三菱日立パワーシステムズ(株)  
(一財)電力中央研究所  
住友精密工業(株)



- 世界的な温室効果ガス削減に向けては、革新的な技術開発が重要であり、**超高温ガスタービン技術は、最も高効率な火力発電技術の1つ**として期待されていた。
- 1700℃級ガスタービンは、**世界的にも前例がなく**、商業性や投資回収可能性に係るリスクが大きく、**民間企業だけでは対応できない研究開発分野**。また、AHATは、**中小容量のタービンにおいて経済性や運用性などの利点**がある一方、**世界初となる新型ガスタービン発電システム**であり、**難易度が高く、商用化までのリードタイムが長い**ことから**リスクが高い**事業。
- 日、米、独、伊の各国において、更なる高温化・高効率化技術の**開発競争が熾烈化**する中、**メーカー各社は政府からの支援**なども受け、技術開発を実施してきた。
- このため、**実用化まで長期のリードタイムと多大な研究開発投資を必要**とする技術開発を推進するには、**官民がその方向性を共有することが必要不可欠**であり、また、**NEDOの知見、実績を活かして推進すべき事業**であった。

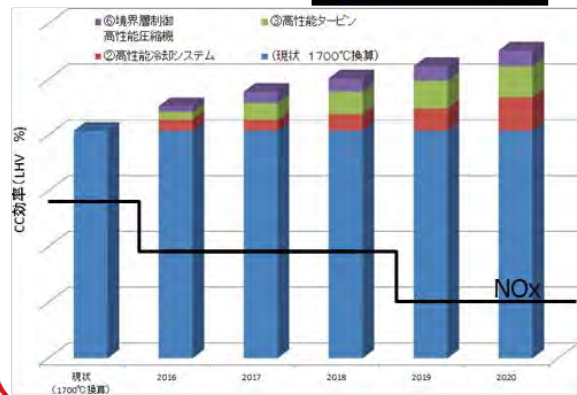
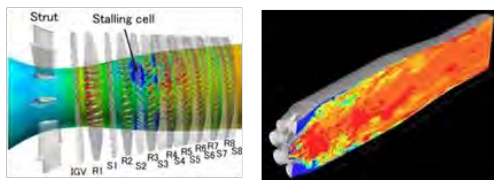
# プロジェクト概要 (1700°C級ガスタービン)

従来のガスタービンコンバインドサイクル発電※ (発電効率57%) 以上の発電効率を目指し、1700°C級ガスタービンの実用化を図るために必要な**要素技術や信頼性向上技術の開発**を行うとともに、**実証機の開発・実証運転試験**を行う。

※ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式

## 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



相互に関係

## 設計の高度化技術

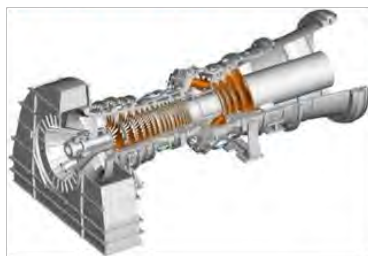
- ⑤翼列設計システム
- ⑩鋳造プロセス設計システム

## 検証・検査技術

- ⑫特殊計測技術
- ⑬高精度・高機能検査技術

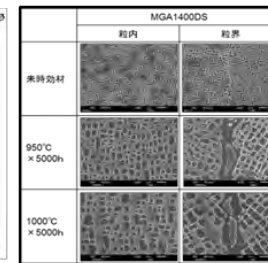
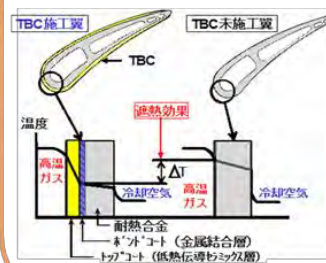
相互に関係

次世代1700°C級高効率ガスタービン



## 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

## 先進製造技術

- ⑨先進製造技術

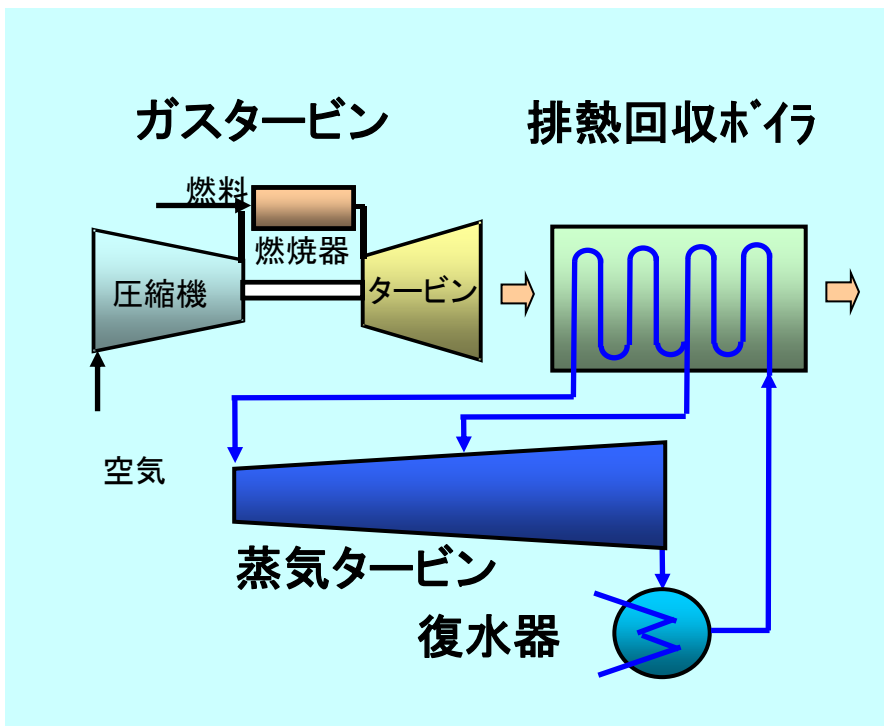


相互に関係

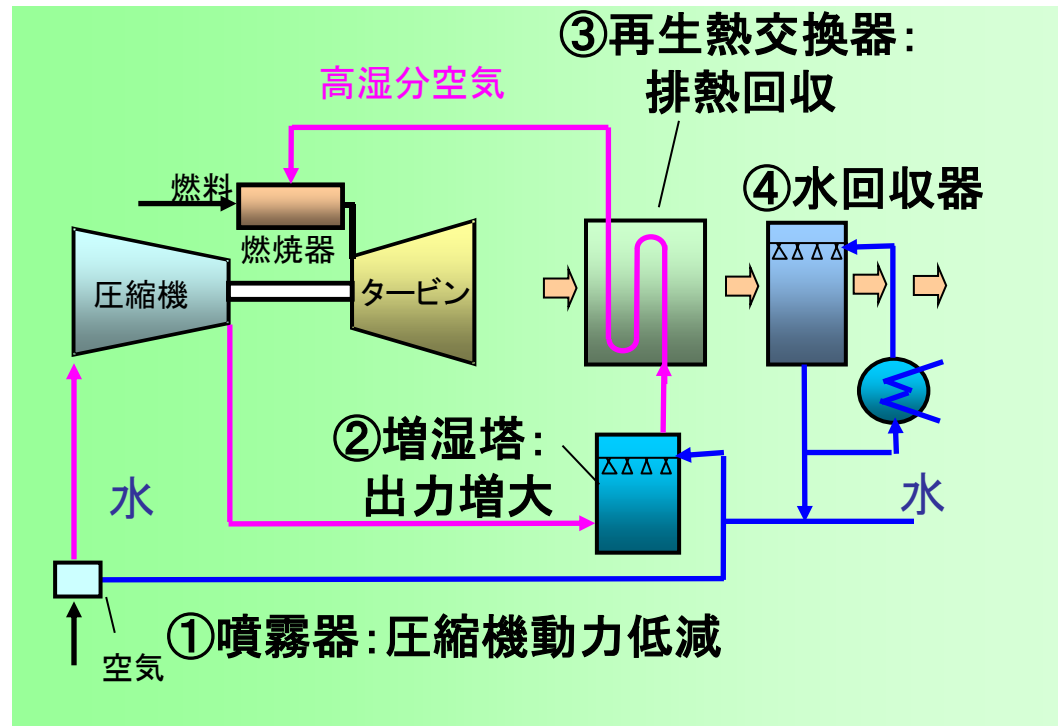
相互に関係

# プロジェクト概要（高湿分空気利用ガスタービン（AHAT））

- コンバインドサイクルにおける蒸気タービンの役割を高湿分空気を利用したガスタービンによって発電することで、コンバインドサイクルに匹敵する発電効率を得る**日本独自の発電技術**。2004年度から基礎研究を開始し、試験規模を拡大してきた。
- **中小容量の発電設備では経済性の観点からコンバインドサイクルやタービンの高性能化は困難**。本技術は蒸気タービンや高性能ガスタービンが不要であるため、**経済性や負荷変化等の運用性が高い**。



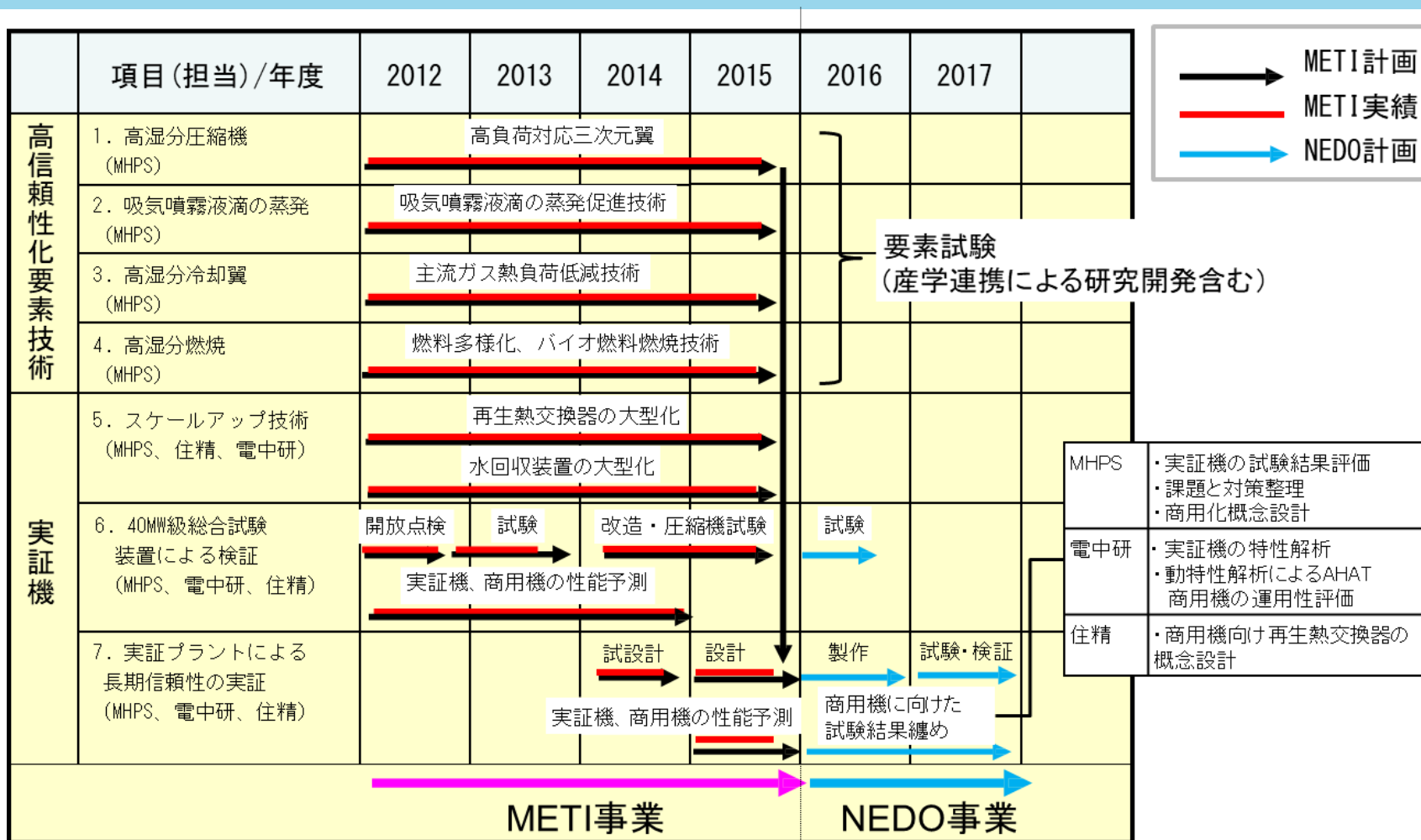
(a) GTCC(ガスタービンコンバインドサイクル)



(b) AHAT(高湿分空気利用ガスタービン)

# プロジェクト概要（高湿分空気利用ガスタービン（AHAT））

- 電力産業の短中期的ニーズに対応する中小容量機の高効率化のため、AHATガスタービンの実用化に必要な**要素研究**と**実証機による長期信頼性試験等**を行う。
- **既存装置の活用**や**出力規模、運転期間の見直し**等により、**実証完了期間を大幅に短縮**するとともに、**予算総額も大幅減**とした（383億円→58.4億円）。



## **3. 事業成果について**

- 1700℃級ガスタービンについては全ての研究開発項目において目標を達成し、技術的確立を得た。その後、実証発電設備(56.6万kW)において、2020年4月までに定格条件で運転することに成功。世界最高クラスの発電端効58%HHV(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た。なお、2020年7月1日以降、商用運転を開始。大きなトラブルを発生させることなく、安定運転を継続中。
- 本事業の成果により、三菱パワー(株)は1700℃級ガスタービンの導入機種である1650℃ガスタービン(JAC形)を商用化し、全世界で累計46台を受注済み。
- 1700℃級ガスタービンで開発した各要素技術を水素混焼・専焼ガスタービン、高機動性ガスタービンに適用可能であり、カーボンニュートラル実現に向けても貢献できる技術。
- AHATは負荷変化率や最低負荷の運用性に優れたシステムとして、中小容量向け実証機で技術的に確立済み。商用機の導入に至っていないが、本事業で開発されたタービン翼の冷却技術等の要素技術は、商用ガスタービンの機能向上・改良に活用されている。

## プレスリリース

インテリジェントソリューションTOMONI™をJAC形採用GTCC発電設備に導入  
東北電力と上越火力発電所(新潟県)1号機を対象に契約締結

2021-09-30

## プレスリリース

ウズベキスタンの150万kW級GTCC発電所向けガスタービン2基を受注

最新鋭のM701JAC形ガスタービンによる発電の高出力率化でCO<sub>2</sub>削減に貢献

◆最新鋭のデータ分析アプリを活用

◆O&Mの高度化・効率化などを通じて

三菱パワーは、東北電力株式会社が

に、当社のインテリジェントソリュー

に、当社のインテリジェントソリュー

TOMONIの導入により、当社が納入

する57万2,000kW級の天然ガス燃焼ガ

分析アプリケーションソフトウェア

(O&M)の高度化・効率化、性能の

◆ガスタービンの供給に併せて技術員を派遣し、据え付けおよび試運転をサポート

◆25年間の長期保守契約(LTSA)も締結

三菱パワーは、ウズベキスタン共和国のシルダリヤに建設する150万kW級の天然ガス燃焼ガスタービン・コンバインドリ

イタル(GTCC)発電所向けに、主力最新鋭機種のM701JAC(L-series Air-Cooled)型ガスタービン2基を受注しました。

ACWA Power社と本プロジェクトのEPC(設計・調達・建設)契約者である中国国投清洁能源集团有限公司(CGGC:China

Gothouba Group Co.,Ltd)との間で機密供給契約を交わしたものです。



新たに長期実証運転を開始した第二地点(写真手前)

# 知的財産権の確保と成果の普及（1700℃級ガスタービン）

## 1. 特許出願件数

	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度
特許出願 (うち外国出願)	28 (8)	20 (15)	12 (10)	7 (7)	6 (0)	0 (0)

## 2. 成果の普及

	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度
論文	0	1	2	4	2	2
研究発表・講演	9	3	2	11	9	7
受賞実績	0	0	0	0	1	1
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0	1	0

# 知的財産権の確保と成果の普及（AHAT：高温分空気利用ガスタービン）

## 1. 特許出願件数

	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
特許出願 (うち外国出願)	6 (3)	3 (0)	2 (1)	6 (3)	0 (0)	1 (0)

※平成23年度までに累計51件の特許申請(内14件が外国出願)実績あり

## 2. 成果の普及

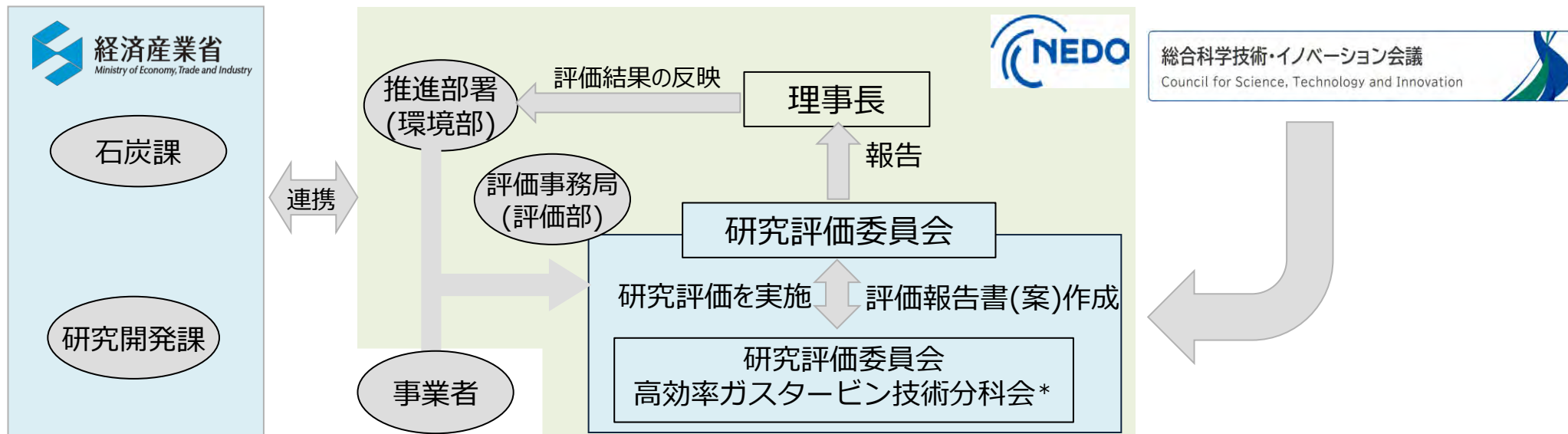
	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
論文	3	1	3	0	0	0
研究発表・講演	6	17	10	1	1	2
受賞実績	0	0	1	0	0	0
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0	0	0



## 4. 評価の実施状況

# プロジェクト評価の体制・実施状況

## (1) プロジェクトの評価体制



\* 研究評価委員会  
「カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発／〔2〕高効率ガスタービン技術実証事業」(事後評価)分科会

## (2) 評価実施状況

	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/ R1	R2	R3	
1)1700°C級ガスタービン	★ 事前評価 <経産省>	経産省執行事業				★ 中間評価 <経産省>	NEDO執行事業				★ 事後評価 <NEDO>	
2)高温分空利用ガスタービン	★ 事前評価 <経産省>	経産省執行事業				★ 中間評価 <経産省>	NEDO		★ 終了評価 <NEDO>			
総合科学技術会議による評価	★ <H23.12>		★ フォローアップ									