

高効率ガスタービン実証事業(1700°C級 ガスタービン)の概要について (H24年度～H32年度事業)

平成25年11月13日

資源エネルギー庁電力基盤整備課

三菱重工業株式会社

目次

1. プロジェクトの概要
2. 目的・政策的位置付け
3. 目標
4. 成果、目標の達成度
5. 事業化、波及効果
6. 研究開発マネジメント体制
7. 事前評価の結果

1. プロジェクトの概要

概要	<p>電力産業の保守高度化とリプレース需要にあった大容量機の高効率化を目指し、目標コンバインド効率57%以上を達成するために必要な、1700℃級ガスタービンの実用化を図る。</p> <p>そのため、1700℃級ガスタービンの実用化に必要な要素技術開発と実証機の開発・製作・実証運転を行う。</p>
実施期間	<p>平成24年度～平成32年度（9年間）</p> <p>4年間：要素技術開発（事前技術検証）</p> <p>5年間：実証機の開発・製作・実証運転</p> <p>（4年間終了後、事業の見直しを行うことになっている。）</p>
予算総額	<p>140.5億円（補助率3分の2）</p>
実施者	<p>三菱重工業株式会社</p>
プロジェクトリーダー	<p>伊藤 栄作 三菱重工業株式会社（主席研究員）</p>

2. 目的・政策的位置付け

- 世界の温室効果ガスの排出を2050年までに半減するという長期目標を達成するため、革新的な技術開発の重要性が掲げられており、その中で、天然ガス利用の高度化として高温ガスタービンを用いた高効率火力発電技術の実用化を目指す事が定められている。
- 経済産業省は、「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」を設定（平成20年3月5日）し、その中で「高効率天然ガス火力発電」が含まれており、着実な技術開発が必要である。
- エネルギー基本計画(平成22年6月18日閣議決定)において、「その他の火力発電については、新增設・更新の際には、原則としてその時点における最先端の効率を有する設備の導入を目指す。」と謳われており、1700℃級ガスタービンに代表される超高温高効率ガスタービンは、現状最も高効率の火力発電技術として、リプレースにおける大容量機のエネルギー効率向上に寄与できる技術である。
- 「日本再興戦略 -JAPAN is BACK-」(平成25年6月14日閣議決定)において、LNG火力について、2020年頃までに1700度級ガスタービンの実用化を目指す(発電効率:現状52%程度→改善後57%程度)と明記されている。
- 総合科学技術会議の環境エネルギー技術革新計画(平成25年9月13日閣議決定)において、高効率天然ガス発電技術のロードマップが示されており、この中でも2020年をターゲットに、57%の発電効率を目指すことが記載されている。

「環境エネルギー技術革新計画」(平成25年9月13日)

技術ロードマップ

2. 高効率天然ガス発電

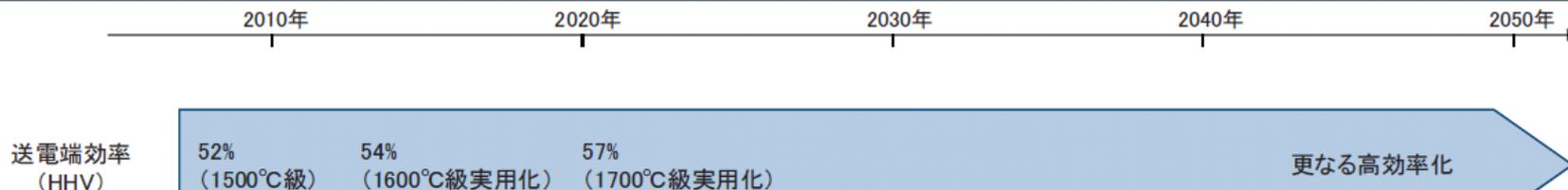
技術の概要

- 高効率天然ガス発電技術としては、ガスタービン及び蒸気タービン複合発電技術や、開発中の高温分空気利用ガスタービン技術(AHAT)がある。
- 我が国では1600℃級のガスタービンの開発が完了し、2013年10月より関西電力の姫路第二発電所にて営業運転を開始予定(発電効率54%、送電端・HHV)。
- 将来CCSが商用化し、導入されれば、二酸化炭素排出をほぼゼロにすることが可能。
- OIEA はEnergy Technology Perspectives2010の(世界のエネルギー起源CO₂の排出量を2050年に2005年比で半減させる)ブルーシナリオにおいて、天然ガス火力発電で2.8億トン程度のポテンシャルがあると試算。

我が国の技術開発の動向・課題

- 我が国は、コンバインドサイクル発電に関して、2013年頃に1600℃級で54%、2020年頃には1700℃級で57%の発電効率(送電端・HHV)を達成することを目指している。また、トリプルコンバインドサイクル発電システムについて、要素技術開発を実施している。
- AHATについては、2020年頃までに10万kW級で51%(送電端・HHV)の発電効率を実現することを目指している。
- 1700℃級ガスタービンの開発では、超高耐熱合金をはじめとする高温耐熱性タービンの開発等が主要な課題となっている。この課題を解決し、現状最大52%の発電効率(送電端・HHV)を57%(2020年頃)まで上げることが目標。
- AHATについては、高効率圧縮機設計技術やタービン翼冷却技術の開発が必要である。

技術ロードマップ



- ガスタービン技術は、空力、熱力、燃焼、材料等の広範囲で高度な設計技術・製造技術を有することから、産学官の連携の下、技術開発を進めることが重要(大学等における材料や触媒技術等の基礎研究と、民間主体のプラントをシステムとして実証する大型プロジェクトの連携を強化)
- 幅広い人材の育成による技術開発の推進

国際動向

普及の現状

- 米国では、2013年にフロリダ州において、発電効率(送電端・HHV)が約54%となる高効率ガスタービンの営業運転が開始される予定。

技術開発の動向

- 米国エネルギー省(DOE)の国家プロジェクトでは、ガスタービンメーカーや大学に2003年から2015年にかけて約1,000億円を投資して、高効率化を目指している。
- 欧州では、CAME-GTと呼ばれるイニシアチブの中で高効率ガスタービンの開発が推進され、現在は第7次研究枠組計画(FP7)の中で個別の技術要素の改良に向けた研究開発が実施されている。

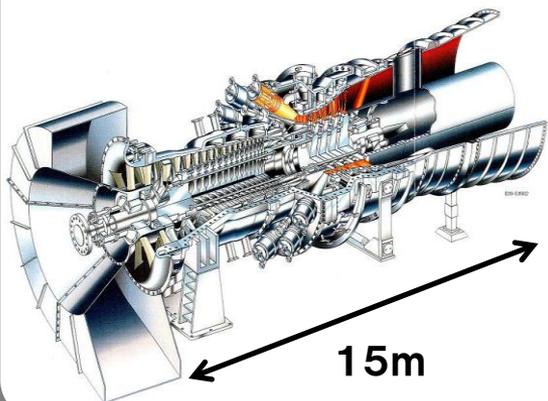
我が国の国際競争力

- 我が国では、入口ガス温度を1600℃まで高め世界最高水準の発電効率(送電端・HHV)54%を実現した「1600℃級複合発電」が2013年10月頃に営業運転が開始される予定であり、我が国の技術開発レベルは世界最高水準にある。
- ガスタービンの高温化はスピードが非常に速く、1980年代初頭の複合発電システムの導入以降、年間約20℃という早いペースで燃焼温度の高温化が進み、熱効率が改善してきた。熾烈な開発競争の中、高温化に対して技術的に開発が可能な国は、米・独・日の3カ国に絞られつつある。

ガスタービンの特徴

高度な技術が必要で、国際競争が激化

● 作動原理と特徴 コンパクト&大出力



- 圧縮機
空気を吸い込み、圧縮
- 燃焼器
超高温・高エネルギーの燃焼ガスを作る
- タービン
回転エネルギーに変換

● 高度な技術が必要

- 超高温
1600-1700°C
超合金の融点 約1350°C
- 超高速
500m/s以上の回転速度
⇒10,000Gを超える遠心力
- 長時間運用
1年以上の連続運用も可能

● 超高効率ガスタービンの特長

- 火力発電の中で最も高効率
熱効率 >60% Cf 石炭火力 約 45%
- 低エミッション
CO₂< 0.31kg/kwWh Cf 石炭火力の1/2.5
- フレキシブルな運用が可能
自然エネルギーの発電量の変動を補完
- 多様な燃料を使用可能
- 技術展開のバリエーションが豊富
IGCCなど、

● 技術の波及効果大きい

- 市場規模が大きい 2-3兆円
- 産業の裾野が広く、雇用に貢献
- 技術開発が、市場シェアに直結する。

● 過酷な国際競争

- 各国のフラッグシップ技術
科学技術分野で、航空宇宙技術と並ぶ重要技術
- 各国の経済/エネルギー政策の重要技術

国の関与の必要性

火力発電の高効率化のためには、革新的な技術開発が必要だが、

- 研究開発成果の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**である。
- **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事が不可欠**である。

●大型ガスタービンの高温化は、
日本が世界をリードしてきた。

●海外にも先例が無い。

ムーンライト

'78~'87 260億の予算で実施。

●高温化技術の遅れを挽回した。

●開発技術を活用して、

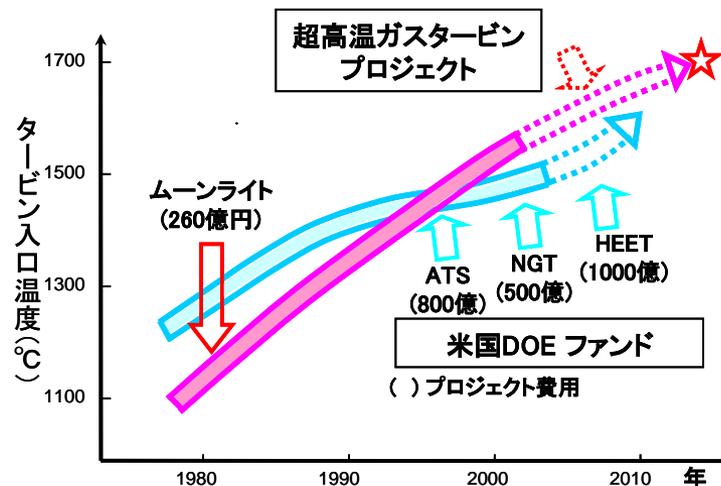
'90 1350℃級 実用化

'97 1500℃級 実用化

以降高温化で世界をリード

したがって、未知の事象が想定され開発リスクが高い。

産学共同で、最新の基礎技術を投入しつつ進める為に、是非とも国の関与と支援が必要である。



ガスタービンのタービン入口温度の上昇

施策の目的実現の見通し

高効率ガスタービンの実用化
技術開発
(1700℃級ガスタービン)

プロジェクトの
アウトプット

カスタマー

直接アウトカム

中長期のアウトカム

プロジェクトの概要
1700℃級ガスタービン
実現の為に必要となる
実用化技術の開発。

より実機に近い
条件下での
各技術の実現
性の評価

民間企業
(電力会社及び
重工メーカー)

燃焼器、タービン、
圧縮機をモジュールレベル
で検証

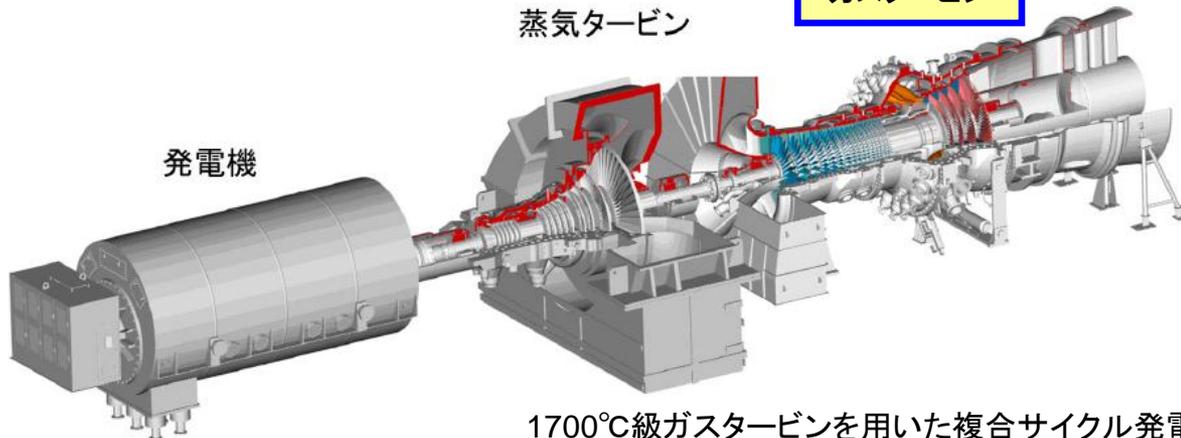
1700℃級
ガスタービンの
実現

効果が確認された要素技術を活用して、
1600℃級ガスタービンを開発

1700℃級
ガスタービン

蒸気タービン

発電機

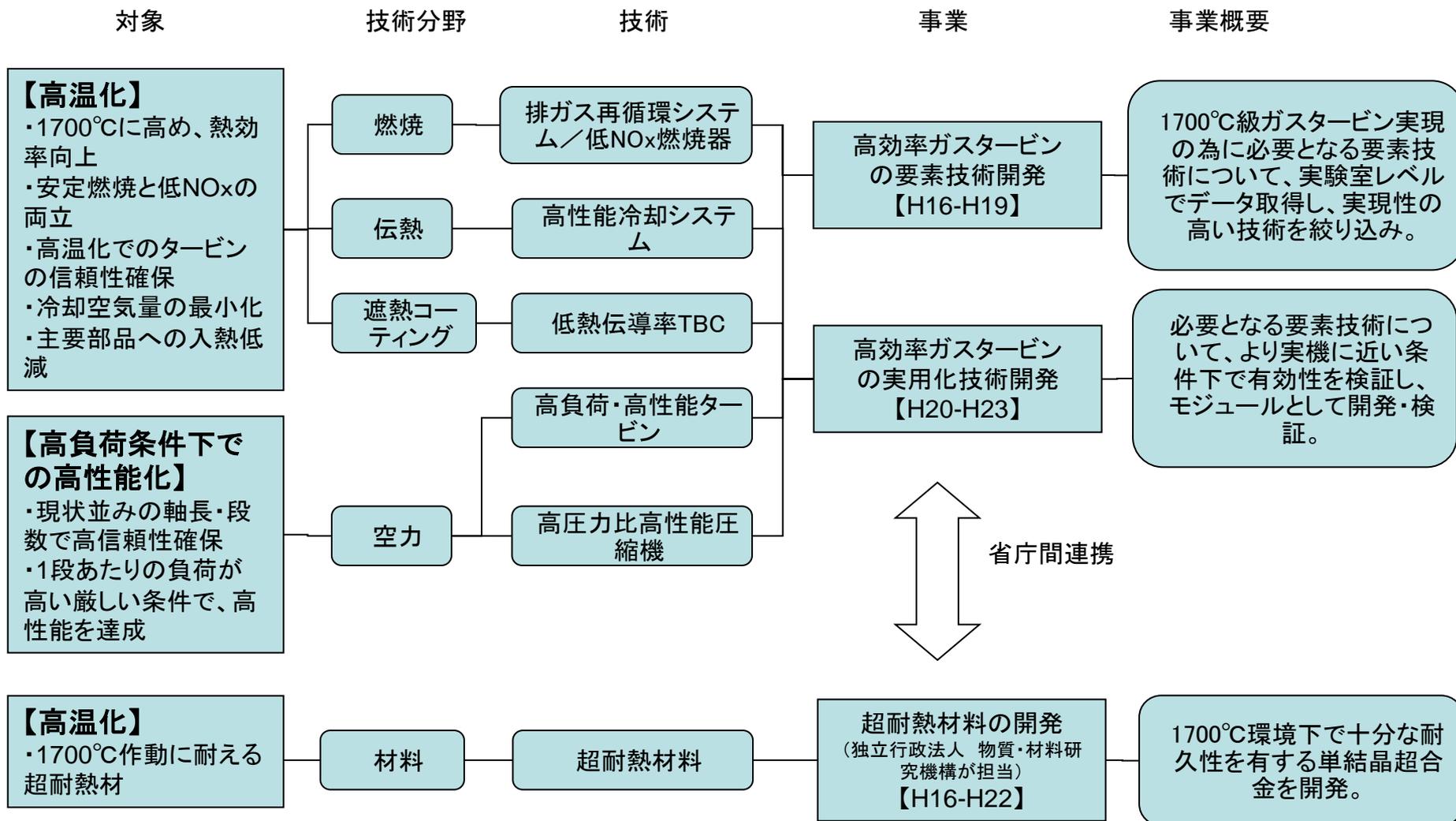


1700℃級ガスタービンを用いた複合サイクル発電設備のイメージ

施策の構造

要素技術開発・実用化技術開発（H16~H23年度）

送電端効率56%HHVを達成を目指し、燃焼温度を高めた1700℃級ガスタービンを実現するキー技術を開発する。

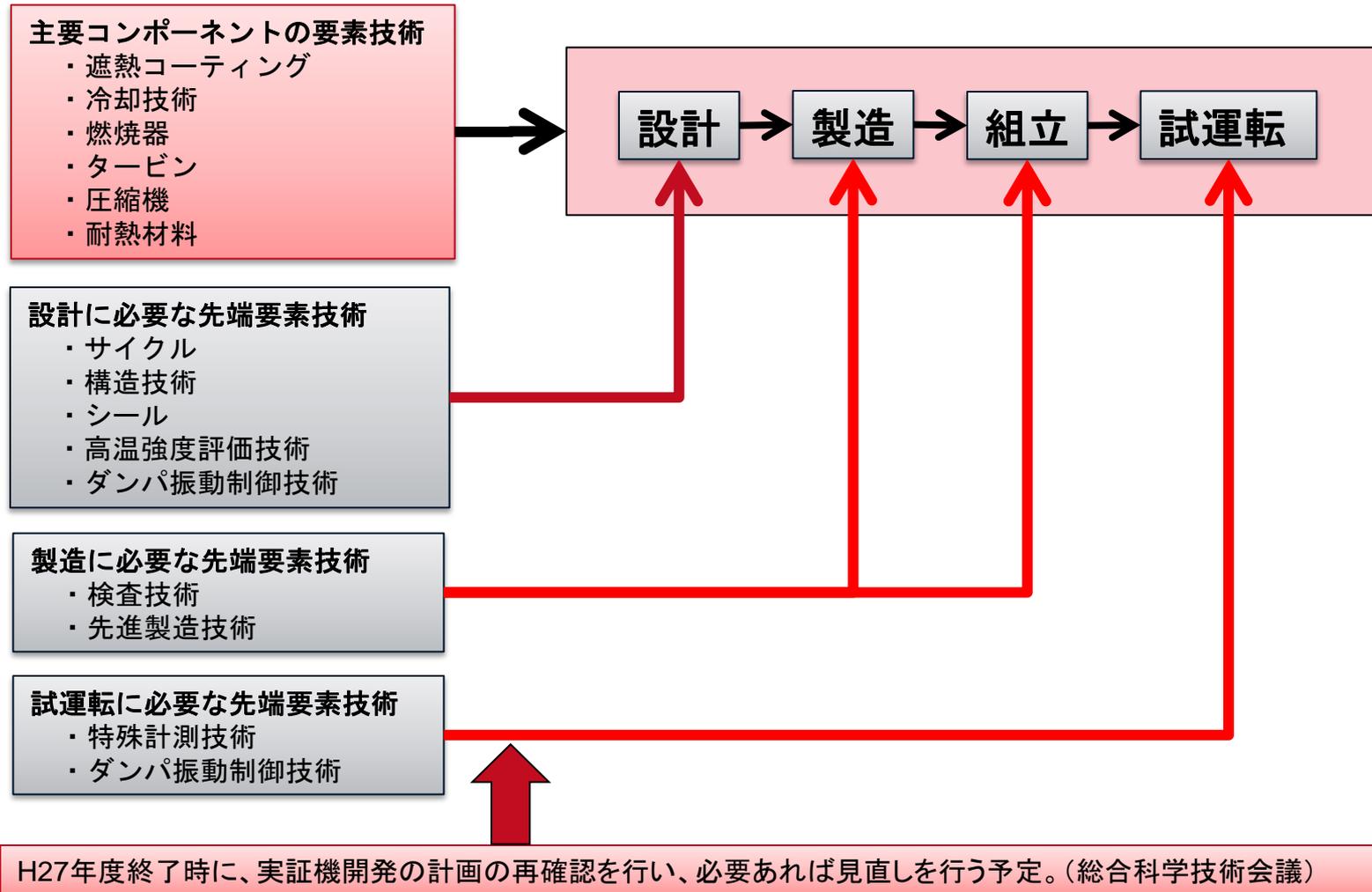


施策の構造

実証事業 (H24~H32年度)

H24-H27 : 要素技術開発

H28-H32 : 実証機開発・実証試験



3. 目標

全体目標

コンバインド効率57%以上(送電端、HHV)を達成する。
1700°C級ガスタービンに適用可能な実用化技術を開発する。

目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
<p>発電効率57% (高位発熱量基準、送電端)</p>	<p>発電効率57% (高位発熱量基準、送電端) を達成するために必要な、要素技術の開発目標に向けて、解析や要素試験により、各項目の達成目途を得る。 また、要素試験の実施仕様を明確にして、準備を進める。</p>	<p>2020年市場導入時に世界最高効率で、海外メーカーに確実に先行できる発電効率を目標とした。</p>

個別要素技術の目標(1/3)

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
①低熱伝導率遮熱コーティング	遮熱性を+30%向上 (従来1600℃級)	<ul style="list-style-type: none"> ・厚さ0.5mm以上 ・熱疲労寿命従来並 ・エロージョン試験着手 	<ul style="list-style-type: none"> ・超高温での遮熱性の大幅向上と、耐久性の両立。 膜厚 従来0.3mm→0.5mm以上 ・エロージョン/コロージョンの発生防止 従来比減耗量Δ50% ・大型3次元翼の高品質確保 ・航空用GTの3倍の大型
②高性能冷却システム	冷却空気量Δ10% (従来1600℃級)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼器+タービンの気流・伝熱試験 ・端壁面詳細データ 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却空気流量の大幅削減Δ10% ・ガス温度を約100℃ ・燃焼器下流の強い乱れ、表面近傍の高温ガス流れ 局所流速精度 ±10%以内 熱伝達率精度 ±30%以内 ・内部冷却流と、外部ガス流の連成効果 圧力予測精度 ±10%以内
③非定常性制御燃焼技術	NOx 40ppm 排ガス再循環有り (従前目標50ppm) NOx 50ppm 排ガス再循環無し	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス再循環有 NOx40ppm以下 ・内部データ把握 ・実機燃焼器形態の火炎形状の把握。 ・不安定領域を特定 	<ul style="list-style-type: none"> ・再循環を最小限(30%⇒0%)で、NOx 50ppm ・燃焼用空気温度従来450℃⇒500℃程度で燃料の自己着火や逆火などの発生防止。 ・燃焼振動の発生メカニズムの理解と発生防止 ・燃料多様化技術：燃料ノズルを開発する。
④超高性能タービン	一軸タービンで、 効率92%以上 (従前目標91%)	<ul style="list-style-type: none"> ・効率向上コンセプト ・排気損失Δ50%低減 ・励振力メカニズム解明 	<ul style="list-style-type: none"> ・超高温・高負荷条件での高効率の実現 ・排気損失低減：従来比Δ50% ・高温ガスの混入防止：シール空気 従来比Δ10% ・超高負荷での励振力低減：従来比Δ10%

個別要素技術の目標(2/3)

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
⑤境界層制御高性能圧縮機	一軸圧縮機 圧力比約30 効率90%以上 (従前目標89%)	<ul style="list-style-type: none"> 前方段の負荷+10% 段効率+1% 中後方段クリアランスデータ取得 多段モデル圧縮機試験装置計画 	<ul style="list-style-type: none"> 発電用一軸15段程度で、圧力比約30を実現 境界層コントロール 3次元翼形状を開発 効率 90%以上 一軸・高圧力比圧縮機の安定な起動特性の確保
⑥超高性能サイクル	発電効率57%HHV,送電端)を達成可能なシステム構成 (従前目標56%)	<ul style="list-style-type: none"> 発電効率57%を実現するための、エクセルギ分析・評価 	<ul style="list-style-type: none"> エクセルギ分析による効率最大化 高性能サイクル最適化 現状世界最高の1600℃級のデータを活用
⑦高機能構造技術	クリアランス周方向偏差1.0mm以下	<ul style="list-style-type: none"> 構造コンセプト 1600℃級でのクリアランスデータ取得準備 	<ul style="list-style-type: none"> 直径4m以上の半割れ構造車室 周方向隙間偏差1.0mm以下
⑧高性能シール	<ul style="list-style-type: none"> 従来もれ量1/3 シール空気量10%低減 	リーフシール基礎データ取得	<ul style="list-style-type: none"> 大変形追従型高性能シールの開発
⑨先進製造技術	<ul style="list-style-type: none"> 長穴加工L/D>250 (従前L/D>200) 孔位置誤差1.0mm 溶接変形 Δ50% 鋳造歩留り>90% 	<ul style="list-style-type: none"> 長穴加工L/D>250 溶接変形の20%以上低減 高強度の中子・鋳型の候補材抽出 	<ul style="list-style-type: none"> タービン長翼の細部を冷却する長穴加工技術 溶接時の変形低減 Δ50% 精密鋳造技術の品質確保 大型精密鋳造翼の形状精度確保、鋳型強度向上

個別要素技術の目標(3/3)

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
⑩超高温強度評価技術	方向凝固翼の強度評価手法の構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温域設計材料データ ・ 超高温域長時間使用後の材料データ取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 方向凝固翼の強度評価技術確立 ・ クリティカル部位の高温強度評価技術
⑪特殊計測技術	高温部計測センサーの耐用時間100hr以上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温での動翼振動計測の開発と実機計測 ・ 高温での動翼チップクリアランス計測準備 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特殊計測用センサーの開発 ・ 燃焼ガス温度計測 ・ タービン表面メタル温度計測 ・ クリアランス計測 ・ 動翼振動計測
⑫高精度・高機能検査技術	翼内面の複雑形状部の欠陥検知0.5mm以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ センサ試作 ・ 0.5mmのき裂検知 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 翼内面の欠陥検知技術 従来1.0mm→0.5mm
⑬高性能ダンパ振動制御技術	翼振動数のバラツキ50%低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ ダンパの基礎データを取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・ バラツキの小さいダンパ技術 ・ 確実な共振回避とダンピング確保

4. 成果、目標の達成度(1/2)

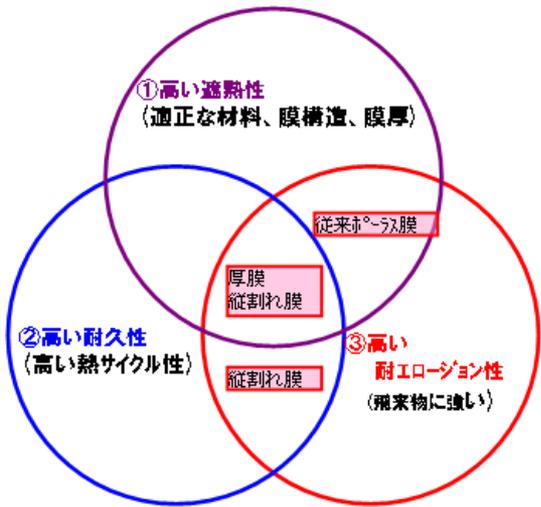
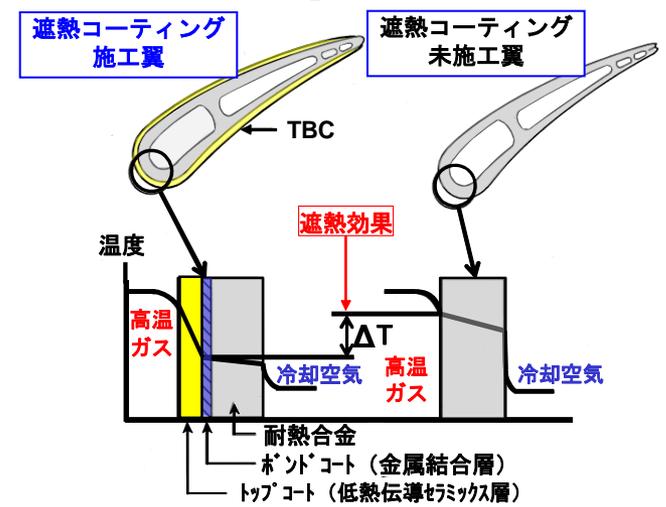
要素技術	目標・指標 (中間評価時点)	成果 (中間評価時点)	達成度
①低熱伝導率遮熱コーティング	<ul style="list-style-type: none"> ・厚さ0.5mm以上 ・熱疲労寿命が従来並み ・エロージョン試験装置製作および試験着手。 	<ul style="list-style-type: none"> ・厚さ0.5mm以上の成膜条件で、熱疲労寿命が従来並みであることを確認した。 ・エロージョン試験装置を製作し、試験に着手した。 	達成
②高性能冷却システム	<ul style="list-style-type: none"> ・実機燃焼器＋タービン翼列の気流・伝熱試験による端壁面での詳細データ取得。 	<ul style="list-style-type: none"> ・タービン翼列の気流試験・伝熱試験による端壁面での詳細データを取得した。 	達成
③非定常性制御燃焼技術	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス再循環有、NOx 40ppm以下を確認する。 ・燃焼器内気流データの取得。 ・実機燃焼器形態での火炎形状の把握。 ・燃焼を不安定にする領域を特定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス再循環有、NOx 16ppmを確認した。 ・燃焼器内気流データを取得した。 ・実機燃焼器形態での火炎形状を計測した。 ・燃焼を不安定にする領域を特定した。 	達成
④超高性能タービン	<ul style="list-style-type: none"> ・タービン効率向上コンセプトの抽出 ・排気ディフューザの改良を行い、圧力損失50%低減 ・励振力発生メカニズムの考察・解明 	<ul style="list-style-type: none"> ・タービン効率向上コンセプトを抽出し、試設計とシミュレーションで妥当性を確認した ・排気50%圧力損失低減を確認した。 ・励振力データを取得し現象のメカニズムを考察・解明した。 	達成
⑤境界層制御高性能圧縮機	<ul style="list-style-type: none"> ・前方段の負荷を+10%高めた条件で、段効率+1%向上 ・中後方段に対し、多段条件での動翼チップクリアランス流れデータを取得。 ・多段モデル圧縮機試験装置の計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・前方段の負荷を約10%高め、段効率+1%向上を確認した。 ・多段条件での動翼チップクリアランス流れデータを取得。 ・多段モデル圧縮機試験装置の計画、一部製造に着手した。 	達成

4. 成果、目標の達成度(2/2)

要素技術	目標・指標 (中間評価時点)	成果 (中間評価時点)	達成度
⑥超高性能サイクル	・ エクセルギ分析・評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電効率57%以上の達成目途。 ・ エクセルギ損失の発生部位を定量評価した。 	達成
⑦高機能構造技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各種構造コンセプトの比較検討 ・ 1600℃級でクリアランスデータの取得準備 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造コンセプトを考案し、比較検討を実施。 ・ データ取得準備完了。11月に計測予定。 	達成
⑧高性能シール	・ リーフシール基礎試験装置の製作とデータ取得	・ リーフシールの 基礎データ を取得した。	達成
⑨先進製造技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長穴加工L/D>250 ・ 溶接変形の20%以上低減 ・ 高強度の中子・鋳型の候補材抽出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長穴加工を実施し、L/D>250を達成した。 ・ レーザ溶接工法最適化で、変形を20%低減目途を得た。 ・ 鋳型原料・スラリー条件を決定し、候補材を抽出した。 	達成
⑩超高温強度評価技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温域での設計に向けた材料データ取得 ・ 超高温域長時間使用後データ取得に着手 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温域での材料データを取得した。 ・ 試験に着手。5000hr後のデータはH25年度末に完了予定。 	達成
⑪特殊計測技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温での動翼振動計測技術（非接触）の開発と計測実施 ・ 高温での動翼チップクリアランス計測準備 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実機ガスタービンで、翼振動データを取得した。 ・ チップクリアランスセンサーを開発、11月に計測予定 	達成
⑫検査技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直径φ0.7mmのき裂検知極小センサの試作 ・ 試計測の実施により、検知精度0.5mm 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直径φ0.7mmの極小ファーマースコープセンサーを試作。 ・ 0.5mmのき裂検知の目途を得た。 	達成
⑬ダンパ振動制御技術	・ 振動数やダンピングの基礎データ取得	・ 基礎データ を取得し改良ダンパの検討に着手した。	達成

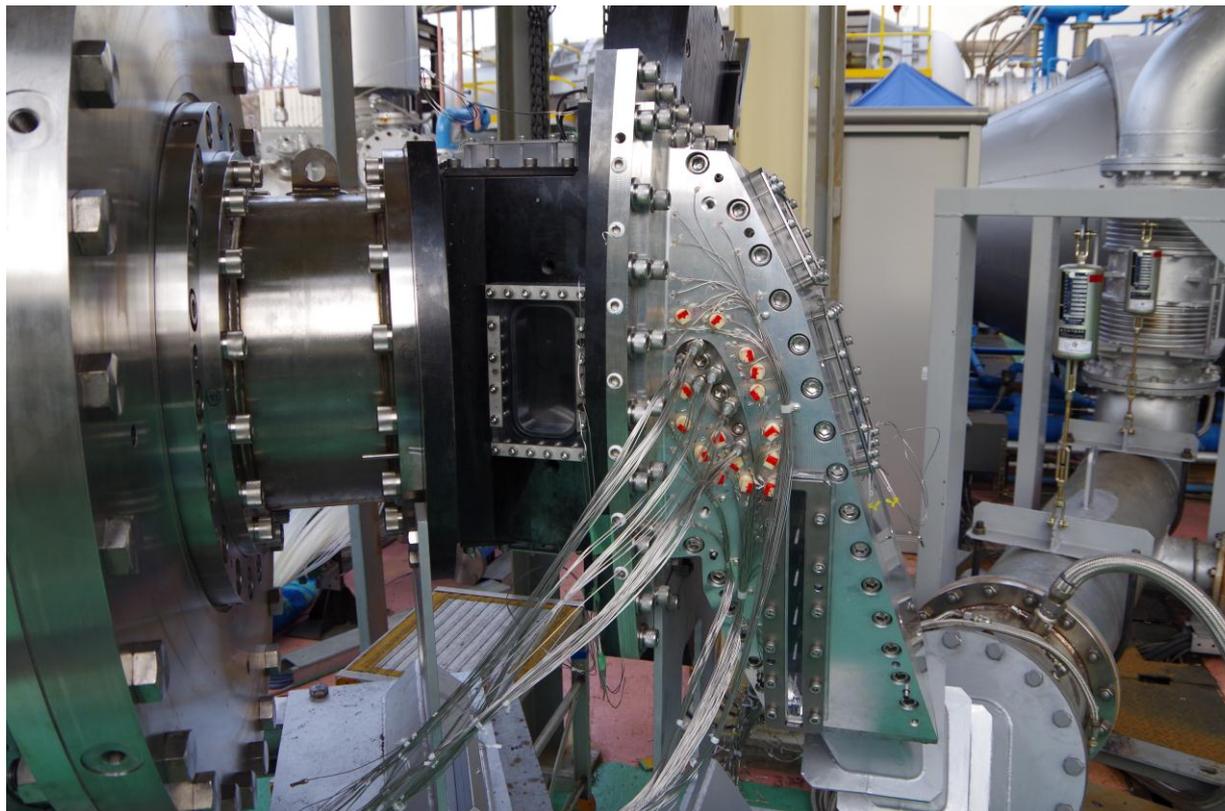
① 熱伝導率遮熱コーティング

- ・ 遮熱コーティング厚0.3mm（従来）⇒0.5mm以上と厚膜としつつ、熱疲労寿命は従来並みを狙う。
- ・ 発電用ガスタービン特有のエロージョン/コロージョンに対し、耐久性向上（従来比減耗量Δ50%）を実現するために、より緻密な組織を実現するための溶射条件を検討中である。
- ・ シミュレーションが難しい技術分野であり、基礎データ取得のため、高温高速エロージョン試験装置を新たに開発・製作した。



② 高性能冷却システム

- ・ 実機燃焼器を上流に設置した状態でのタービン翼列の気流・伝熱試験を実施し、シュラウド面（端壁面）での詳細データを取得した。
- ・ 特に壁近傍で渦や乱れの強い領域での境界層（壁面からの距離が2-3mm以内の領域の流れ）を詳細計測し、捩れ境界層が熱伝達率に与える影響を、微視的に調査検討した。

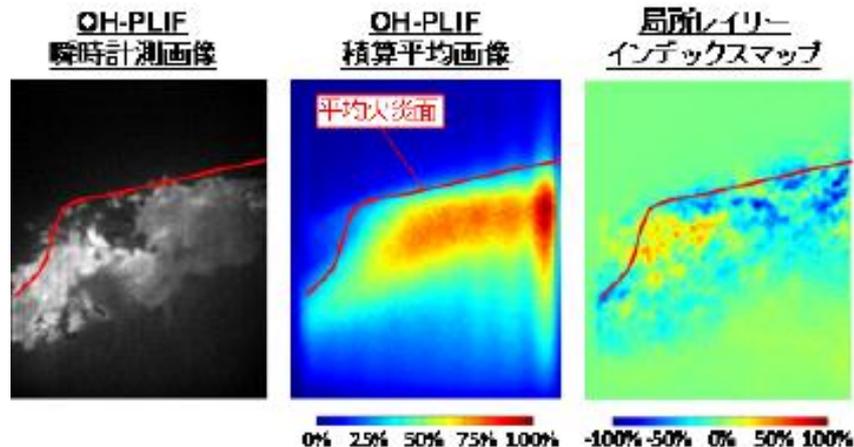


③ 非定常性制御燃焼技術

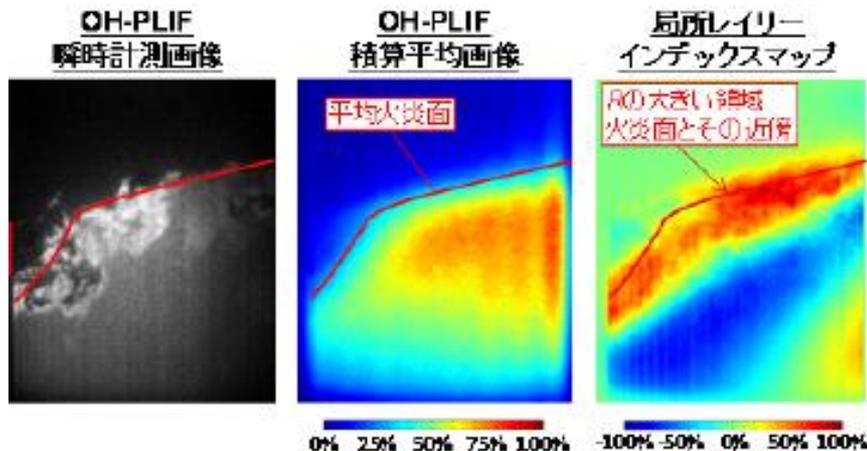
- ・燃料が燃焼反応する際に生じるOHラジカルをレーザーを用いて計測した。これを計測することにより、燃焼領域を特定することができる。この手法を用いて、実機燃焼器形態での火炎形状（時々刻々変化している火炎形状の瞬時の形状）を計測・把握した。
- ・火炎形状と圧力変動を同時計測し、両者の変動の位相関係を分析することにより、燃焼を不安定にする領域を特定した。

実燃焼器でのレーザーによる火炎計測

上：安定燃焼時

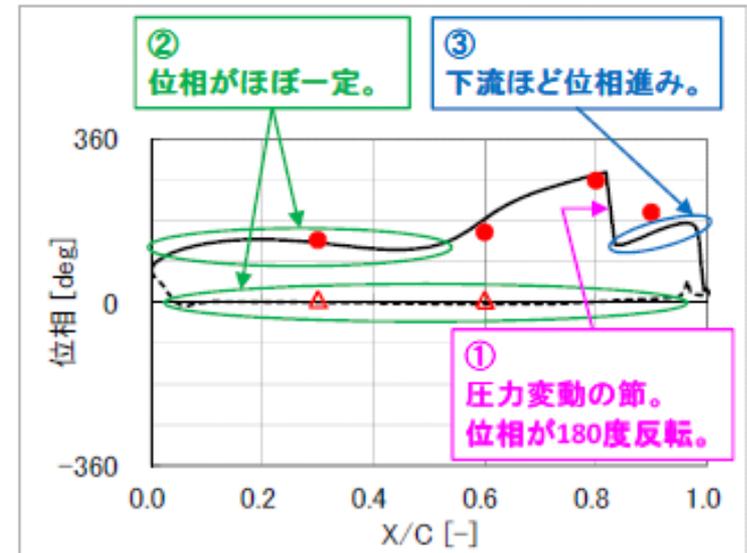
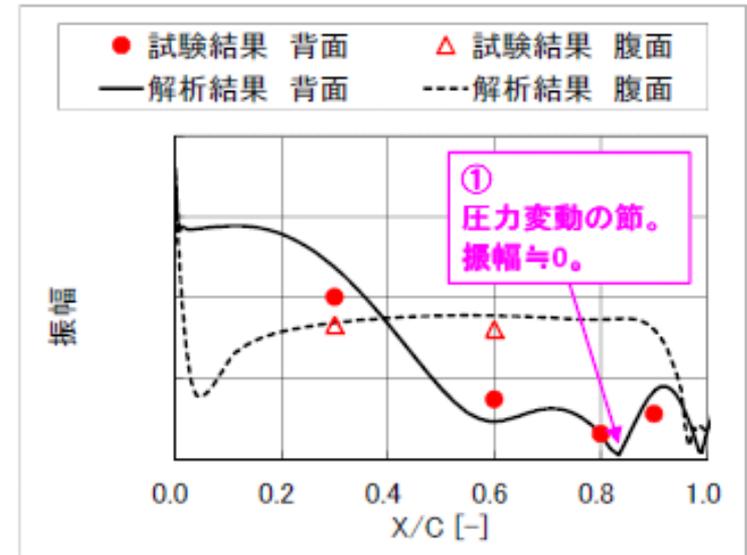
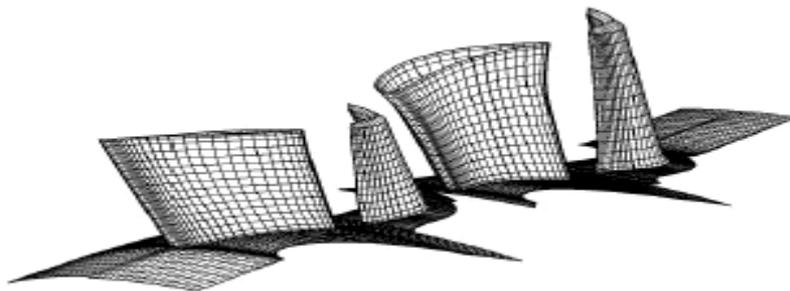
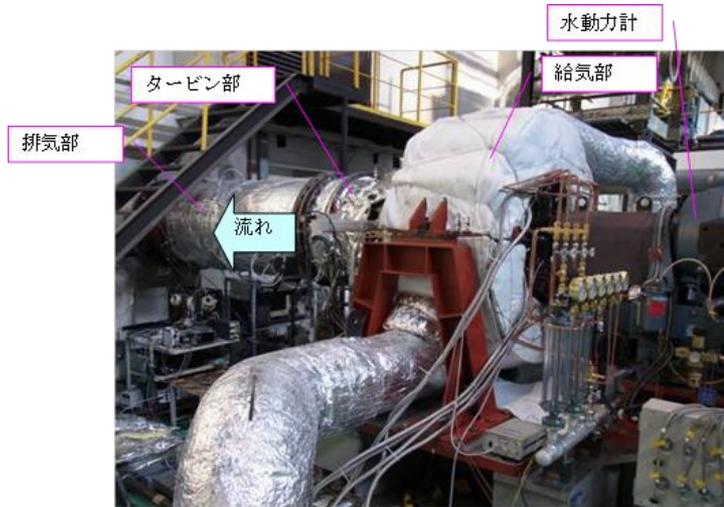


下：燃焼振動発生時
(不安定燃焼時)
右の赤い部分が不安定燃焼領域



④ 超高性能タービン

・ 回転している動翼の翼面上の圧力変動を詳細計測し、動翼-静翼間の翼列干渉効果により生じる動翼の励振力（動翼に加わる加振力）の発生メカニズムを考察・評価した。



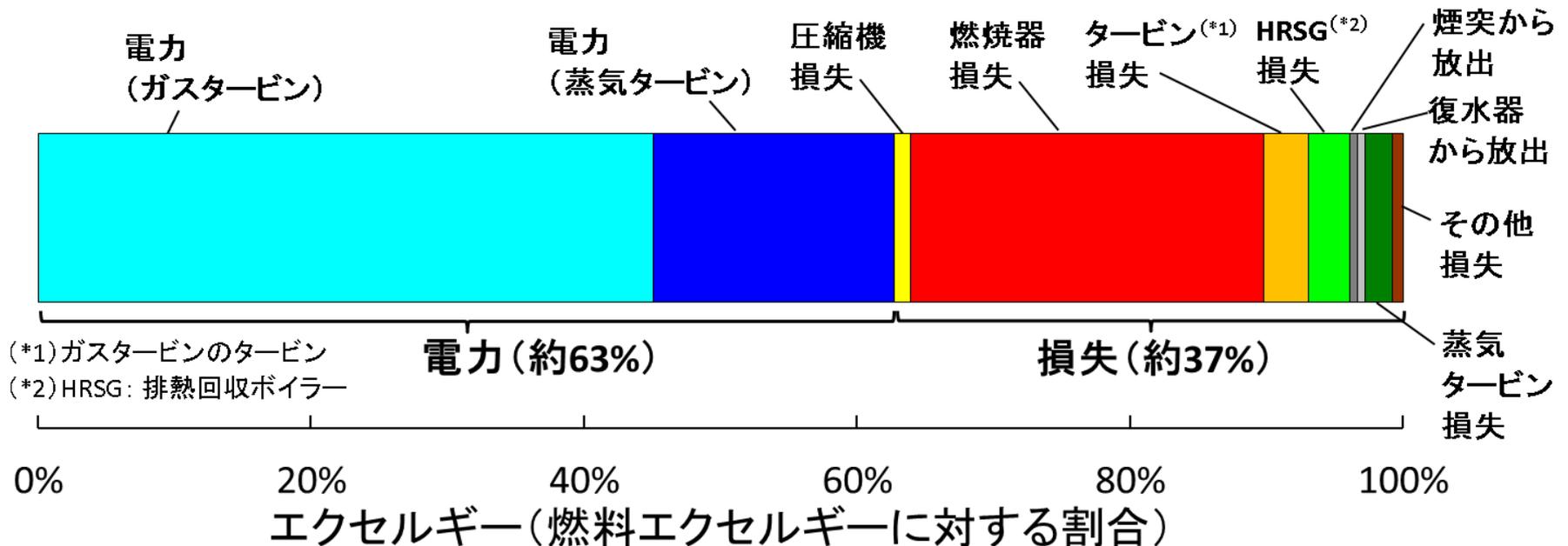
⑤ 境界層制御高性能圧縮機

・高速回転試験装置を用いた前方段モデル圧縮機試験により、設計点での段圧力比を約10%高くし、スパン方向の圧力比の分布をよりフラットにすることにより、1%以上の段効率向上の目途を得た。



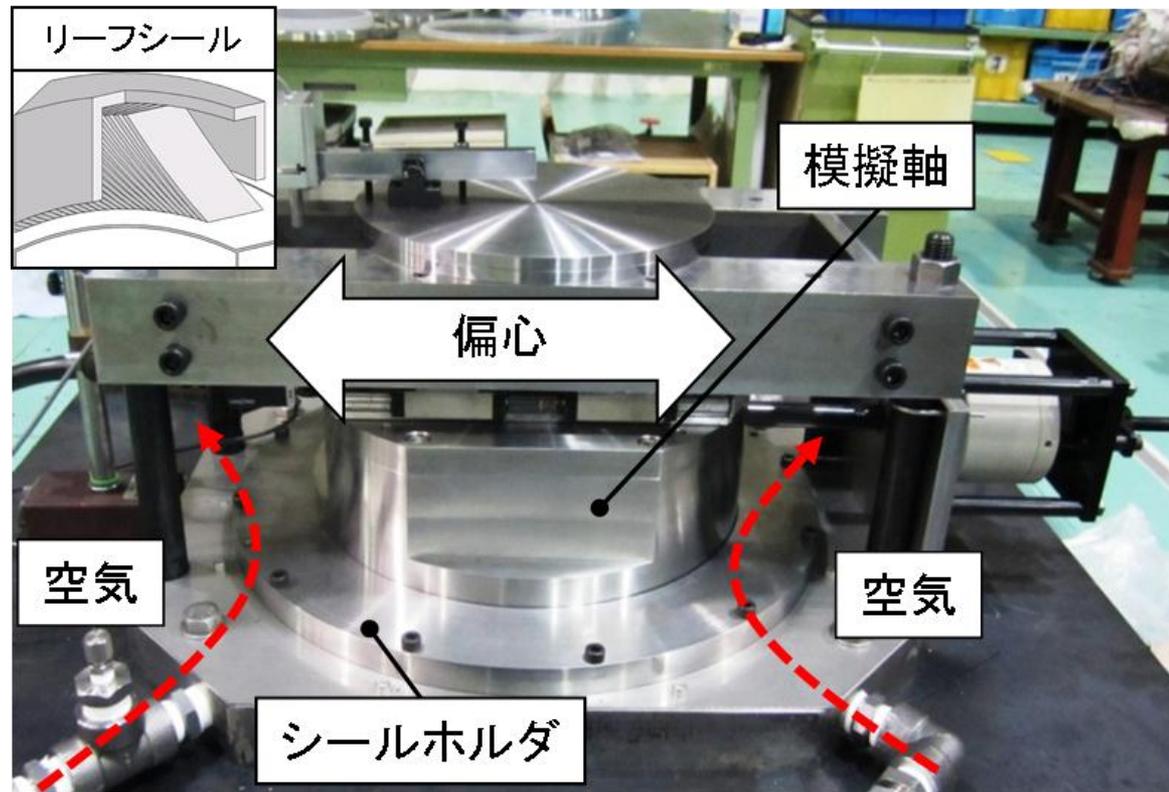
⑥ 超高性能サイクル

エクセルギ理論を活用し、プラントの各コンポーネントにおけるエクセルギー損失を定量評価した。損失低減策を検討し、プラント構成や圧力・温度などの条件を最適化することにより、効率の最大化を図る。



⑧ 高性能シール

- ・回転系部品（ロータなど）と静止系部品（翼環やケーシングなど）との隙間（クリアランス）は、高温作動時に熱変形などにより数mm～10mm以上も変形し、漏れ空気が大きくなってしまう。
- ・このため、両者の大変形に追従する高性能シールとして、リーフシール（金属の薄板を多層に重ねた高性能シール）の開発のために、以下の試験装置を製作し、試験実施中である。

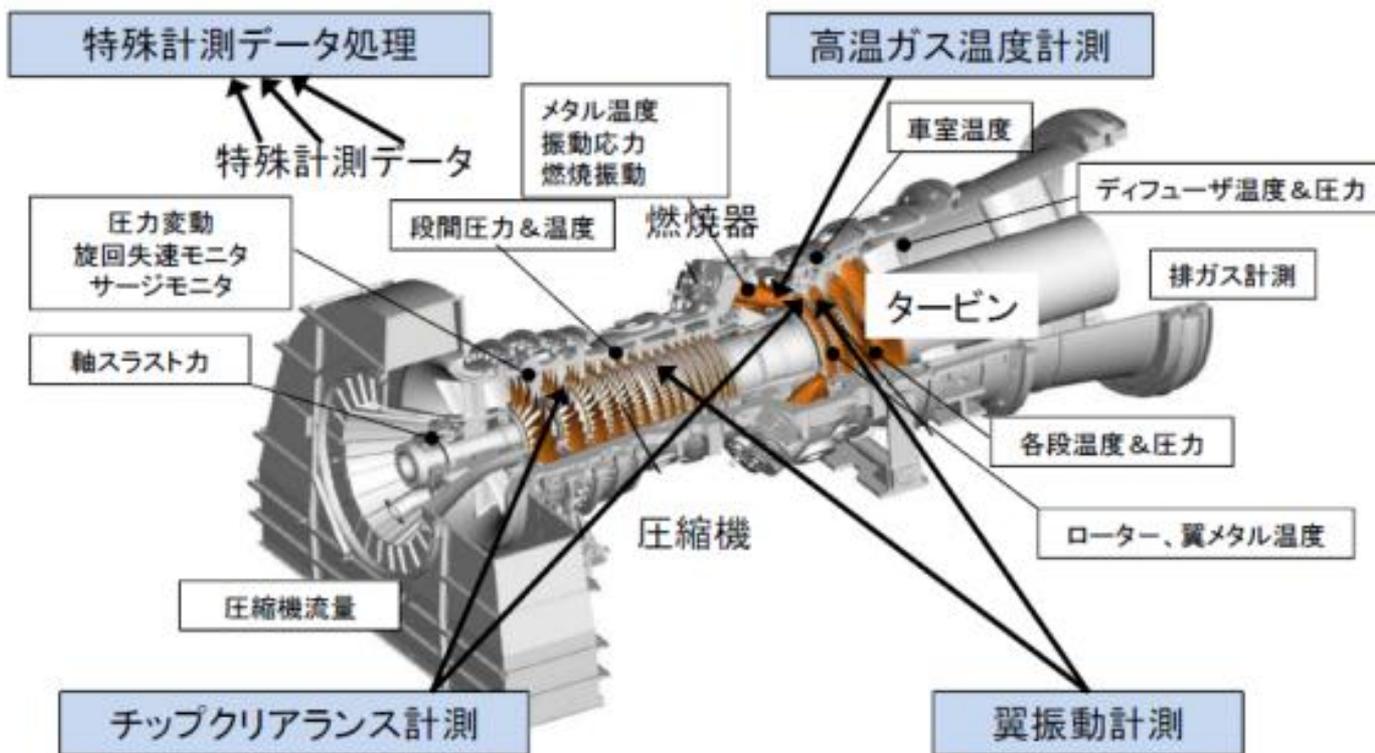


⑪ 特殊計測技術

- ・ 1700℃級の超高温条件では、試運転時に必要不可欠な計測項目
 - ・ 燃焼ガス温度
 - ・ タービン翼の表面メタル温度
 - ・ 回転動翼と静止しているケーシングとの隙間（チップクリアランス）
 - ・ 回転動翼の振動

に対して、従来の計測技術やセンサーでは、耐久性などが問題となり正確なデータを計測することが困難となる。

・ これらに対し、実機で使用可能とするための技術開発として、センサの開発や計測技術の改良などを行う。



5. 事業化、波及効果

(市場規模)

- ・ 日本、米国、アジアを中心に、1500°C級→1600°C級へ主力機が移行。
- ・ 引き続き、超高性能機へ市場が移行していくことは確実。
- ・ 先進国および途上国のいずれも、電力需要が伸びており、引き続き、ガスタービンの市場規模は40GWレベルで拡大傾向である。

(経済性)

- ・ ガス価格が高い場合は、500MWの発電設備を年間8000hr運用すると、発電効率を52%→57%に高めることにより、年間39億円程度の燃料代の節約。

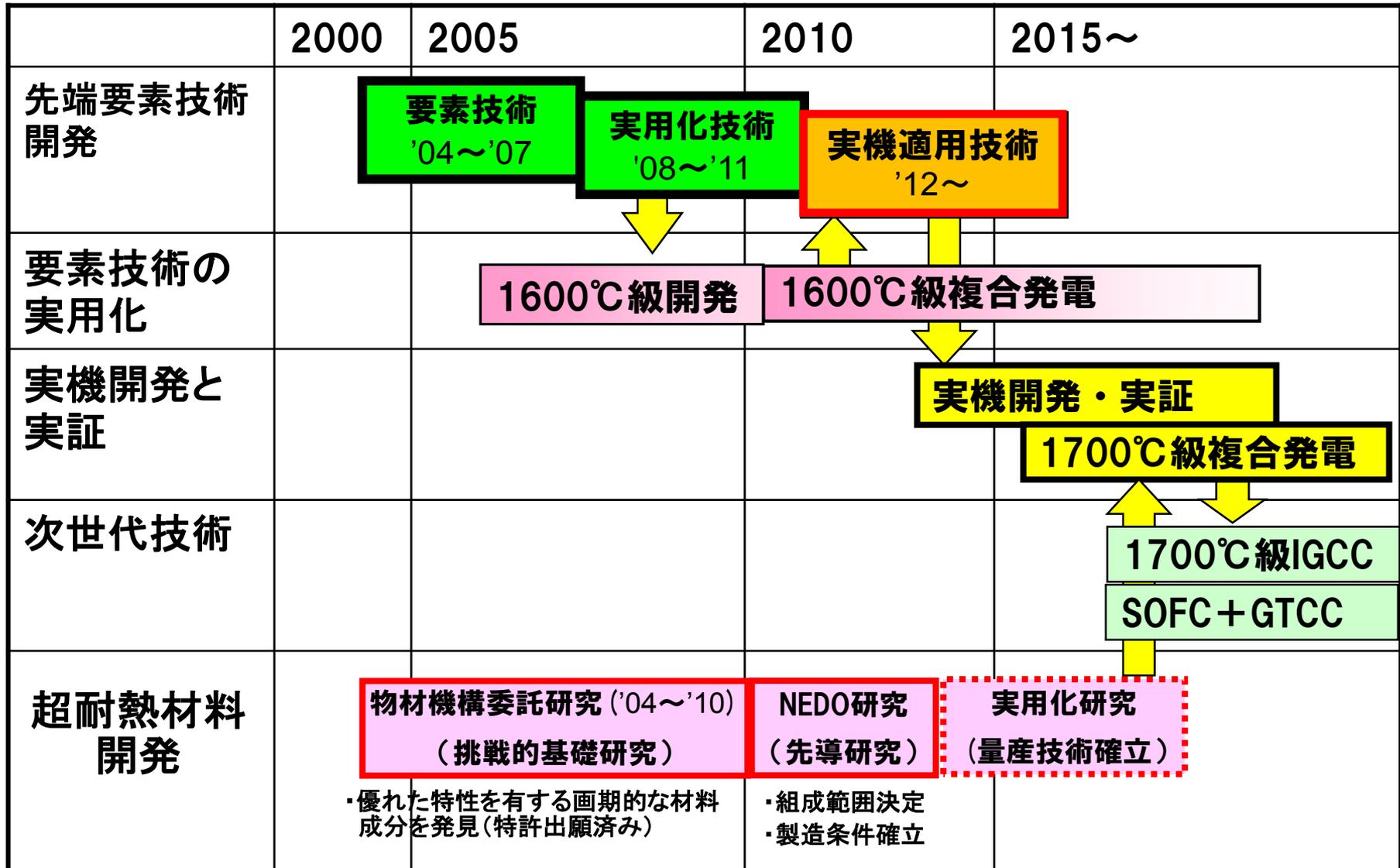
表：発電効率を52%⇒57%とした場合の年間の燃料代の差

燃料価格	発電効率 52%	発電効率 57%	燃料代の差
17 \$/MMBtu	447億円	408億円	△39億円
10 \$/MMBtu	263億円	240億円	△23億円

(波及効果)

高効率高温ガスタービンは、石炭ガス化発電IGCCの主機の一つとして、適用可能である。1700°C級のIGCCが実現すれば、燃料の多様化によるエネルギーセキュリティ上のメリットに加え、発生CO₂量の大幅な削減が期待できる。

実用化までの技術開発ロードマップ (1,700℃級ガスタービン)



費用対効果・変化への対応等

(CO2削減効果と省エネ効果)

既存の老朽火力発電所の約50%を1700°C級ガスタービンコンバインドサイクルに置き換えた場合のCO2低減効果は6700万ton/年（日本全体のCO2排出量の約5%に相当）、省エネ効果は原油換算で2200万トンと莫大な量と成る。

(LNG輸入額増大への対応)

ガス価格が高い場合（17\$/MMBtu程度）は、500MWの発電設備を年間8000hr運用する場合を想定すると、発電効率を52%→57%に高めることにより、年間39億円程度の燃料代の節約となる。

(震災への対応)

大型ガスタービンでも全長は約15m程度であり、工場で組立てた後、輸送し現地に設置することができる。従って、工期がわずか数か月で発電を始めることも可能となる。蒸気が要らない「空冷燃焼器」も視野に入れた開発を行うこととした。

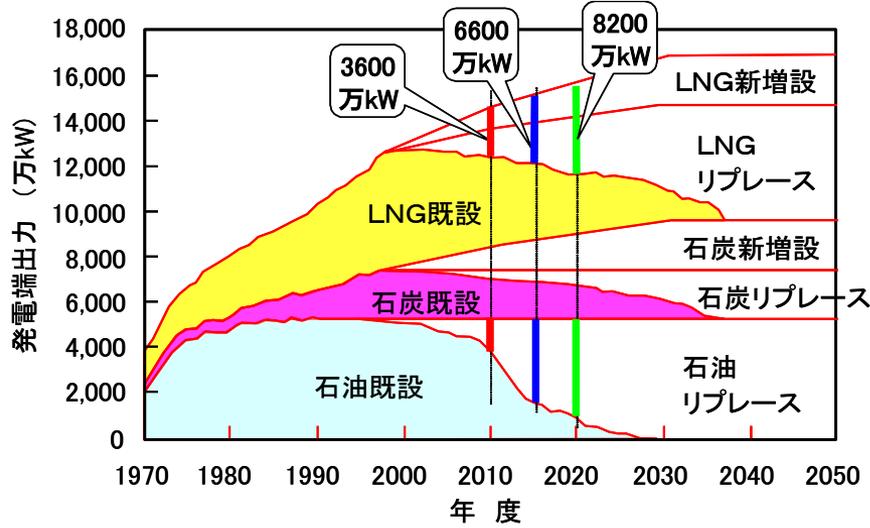
(自然エネルギー—普及に伴う負荷変動への対応)

1分間で発電量を約50MW増減させることができる。この「高い負荷変動吸収能力」により、発電量の変動を広域でカバーし、再生可能エネルギーの普及を促進する。このように運用性として、急速起動や負荷変化能力も考慮して構造検討を実施する。

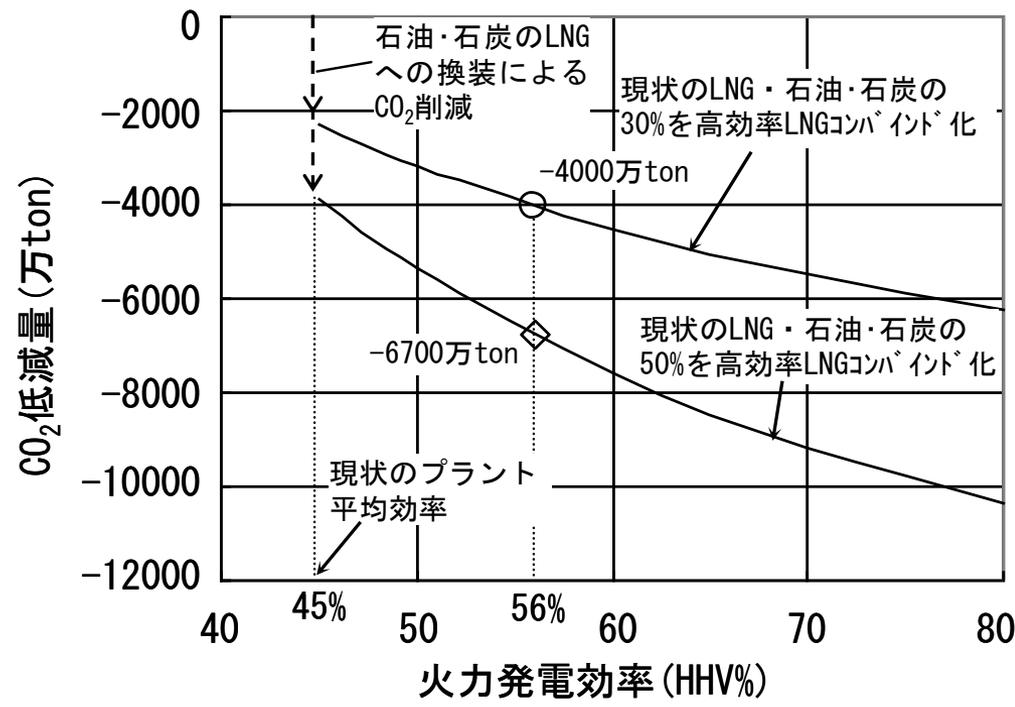
既存の火力発電所を1700℃級ガスタービンコンバインドサイクルに置き換えた場合のCO₂低減および省エネ効果

現状のLNG(平均発電効率45%), 石油および石炭火力を置き換えた場合の効果

置きかえる 既存発電所の割合	CO ₂ 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



わが国における電源構成の推移(プラント寿命40年)
出典: 電力中央研究所



1700℃級ガスタービンCO₂低減効果

将来の展開

次世代発電技術の基盤を担う共通技術

1700°C級ガスタービンは、次世代発電の基盤を担う共通キー技術。

- エネルギーの安定供給

燃料多様化---LNG、石炭IGCC、水素（原子力夜間電力で製造）
のいずれにも適用可能

- 環境にやさしい

火力発電システムの中で最も安価にCO2回収が可能

- 卓越した経済性

- 負荷調整能力

1700°C級ガスタービン

- LNG

超高効率57%複合発電

排ガス再循CO2回収システム

- 石炭

次世代高効率IGCC

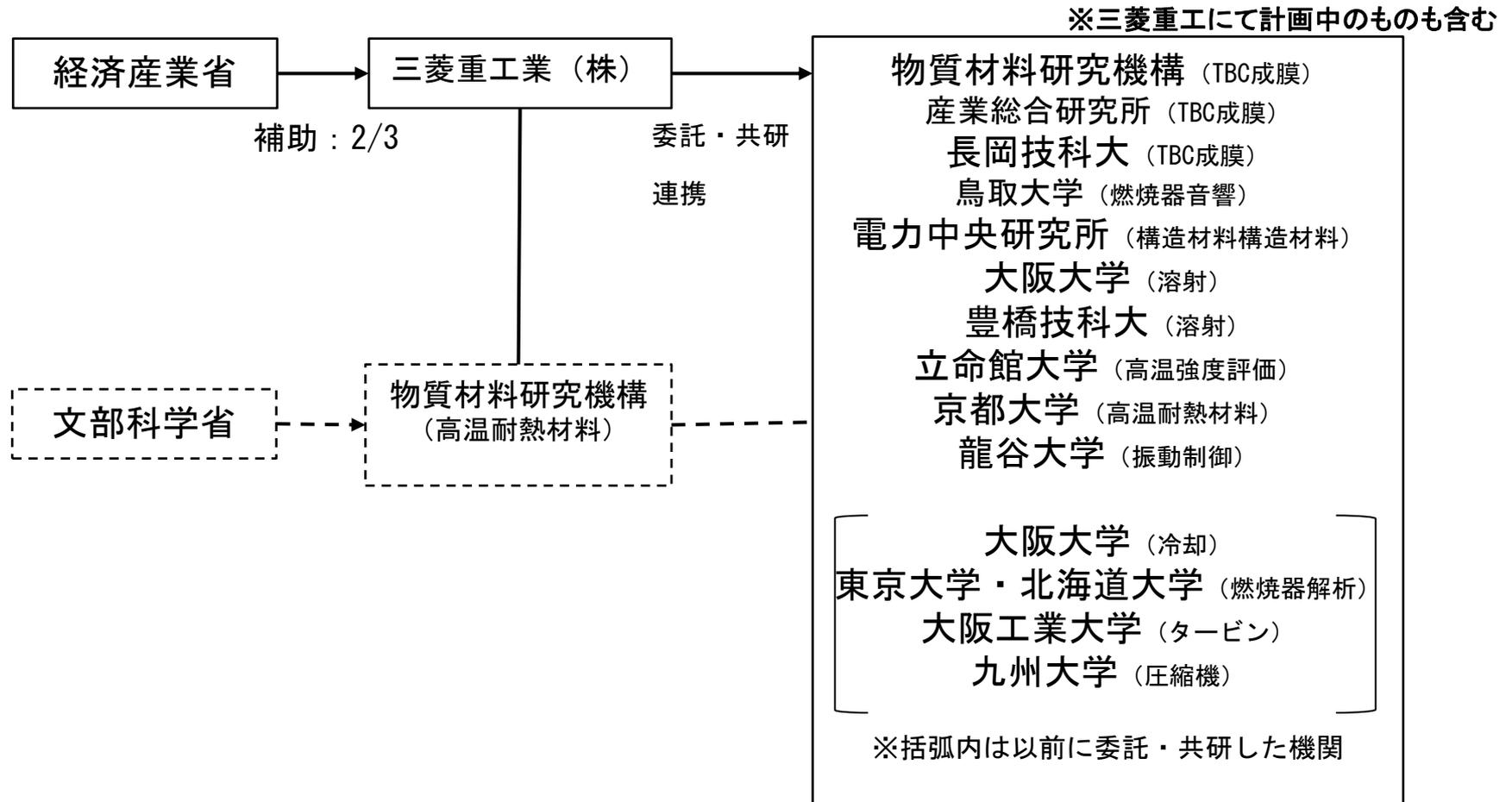
- 水素ガスタービン

原子力夜間電力による水素製造

6. 研究開発マネジメント体制

産官学連携・省庁間連携の体制を組んで推進中です。

○ プロジェクトリーダー：三菱重工業（株） 伊藤栄作



7. 事前評価の結果(1/3)

《問題点・改善すべき点》

商用化には、目標の発電効率達成のための技術確立だけでなく、長期信頼性、経済性、メンテナンス性等も大きな要素となる。これらについても、数値目標を明確にして技術開発を進めることが望ましい。また、長期信頼性を検証するために、実証試験の運転時間は十分に取る計画にすることを提案する。

⇒ 長期信頼性の確保については、1600℃級ガスタービンの運用実績を評価し、事業の研究内容に反映しています。具体的には、遮熱コーティングや冷却、燃焼安定性などです。

また、実証試験の運転時間を十分にとることについては、現状の予定では最終年度である平成32年の後半での試験となることから、事業期間や費用も含め、4年目終了時の計画見直し時に反映することと致します。

7. 事前評価の結果(2/3)

《問題点・改善すべき点》

1700°Cガスタービン技術の目標とする送電端効率57%HHVは極めて高い目標であるが、排出NO_x目標値(NO_x<50ppm)は東京都、横浜市など地方自治体の独自規制値や協定に合致しない。東日本大震災の影響で東京都の規制は緩和されることになったが、長期的に見れば、本目標値では都市部での大容量機の設置には脱硝装置が必要あり、脱硝装置を含めた場合には、高い送電端効率と経済性を維持できるかどうかは疑問が残る。NO_x<10ppmで運用する手法についても検討しておく必要がある。

⇒ 通常、国内の複合発電設備では、脱硝装置が設置されています。従いまして、本事業の高い送電端効率は、脱硝装置の設置を前提とした目標となっています。NO_x<10ppmのような厳しい排出規制が課せられる発電所では、脱硝装置の設置を前提とおります。

脱硝装置がつけられない場合は、若干燃焼温度を下げての運用となる可能性もありますが、各コンポーネント効率は世界最高レベルの目標を設定しており、その場合でも世界最高レベルの発電効率を確保できると考えています。

7. 事前評価の結果(3/3)

《問題点・改善すべき点》

・特に大きな問題点が見受けられないが、送電端効率57%HHVという挑戦的な目標の達成には、各要素技術の改良・新規開発に加えて、製造、運転、検査、計測などあらゆる技術の包括的な改革が必要とされる。このため、長期にわたる開発・実証試験期間が不可欠であり、対象期間内での実現可能性を心配している。

⇒ ご指摘の通り、挑戦的な発電効率目標を達成するために、製造、安定運転のための燃焼・圧縮機技術、検査、計測など、あらゆる技術を包括した実施内容としています。

また、開発に遅れが出ないよう、1600°C級ガスタービンの運用実績データを活用しながら、研究を進めていきます。

開発・実証試験期間につきましては、現状対象期間内での技術開発に向けて順調に研究を進めております。

しかしながら、挑戦的な目標のために、今後未知の課題が発生する可能性も否定できませんので、4年目終了時の計画見直し時に、反映したいと考えます。

(参考)特許・論文等件数

	表彰	論文	投稿	発表	特許	電力会社 ご視察
件数	1件	6件	7件	15件	22件	70回

非常に多くの電力会社様にご視察していただきました。