

高効率ガスタービン実用化技術開発 (1700℃級ガスタービン)の概要について (H20年度～H23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. 中間評価結果

1. プロジェクトの概要

概 要

電力産業の保守高度化とリプレイ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56%以上、CO2排出量8%削減(現状同容量機比)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。

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を行い、システムの成立性をシミュレーションにより確認する。

実施期間

平成20年度～平成23年度（4年間）

予算総額

22億円（補助率：3分の2）

H20	H21	H22	H22	年度
3.2	5.6	6.2	6.9	億円

実 施 者

三菱重工業株式会社

プロジェクト リーダー

伊藤 栄作 三菱重工業株式会社（主席研究員）

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、リプレイ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。

技術ロードマップ

2. 高効率天然ガス発電

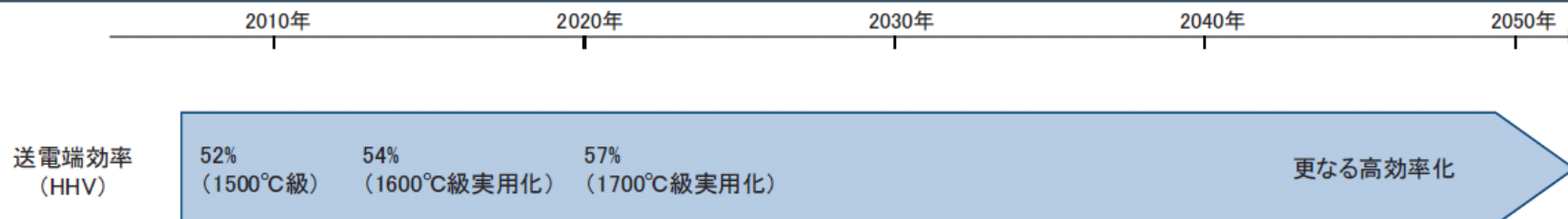
技術の概要

- 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。
- IEA 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。

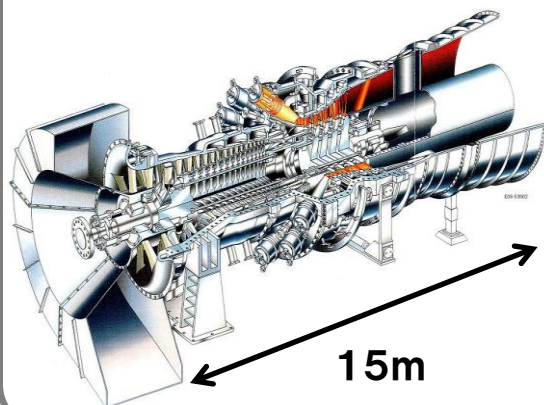
我が国の国際競争力

- 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
1600-1700degC
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、

● 技術の波及効果が大い

- 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。

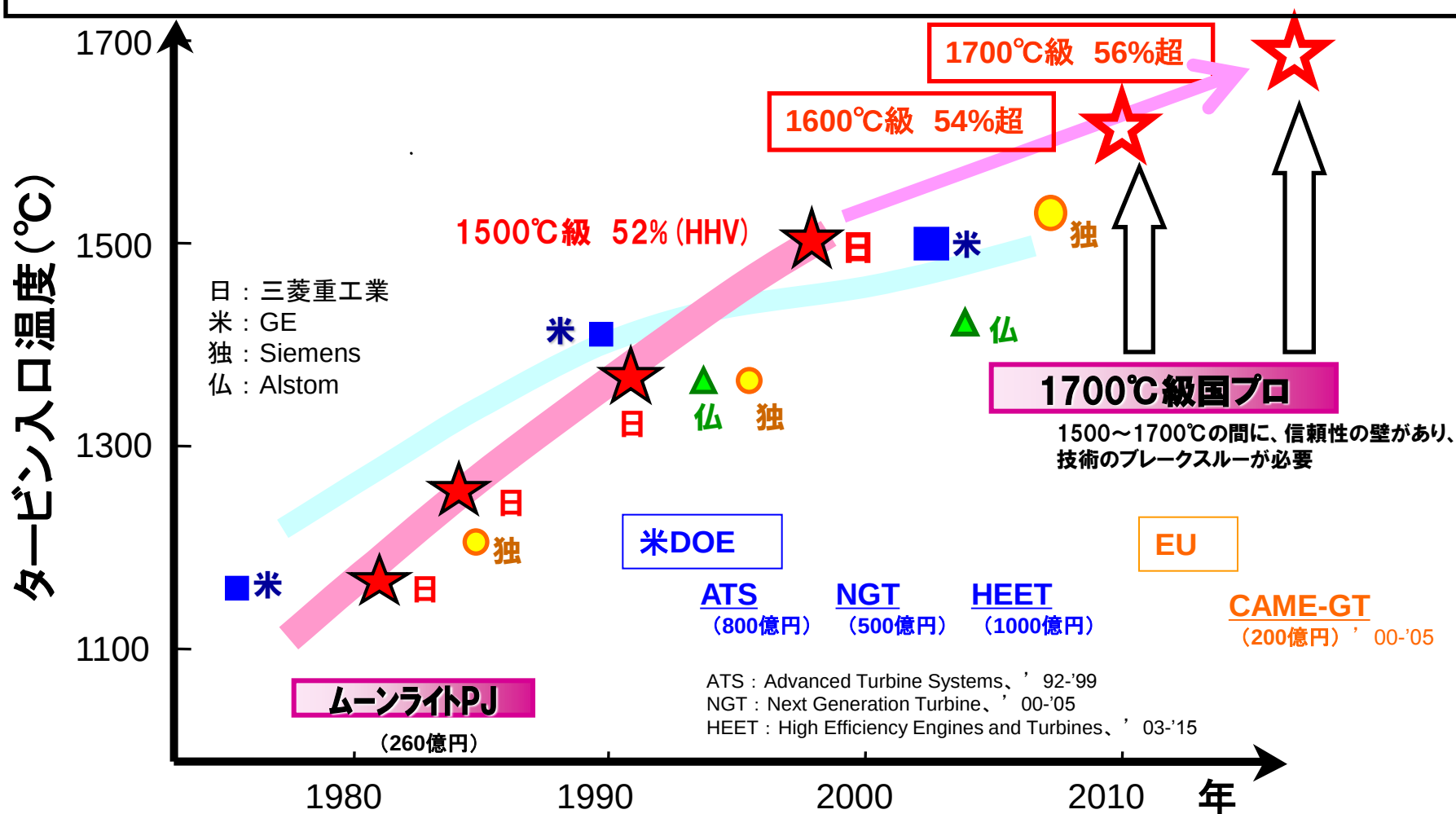
● 過酷な国際競争

- 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

欧米各国との競争

欧米vs日本 ガスタービンの高温化(高性能化)競争で優位性を維持

- わが国は、世界に先駆けて1500℃級を実用化し、本分野をリードしている。
- 欧米は巨額の研究開発費を投じており、日本は手を緩めるとすぐに競争力を失う。
- 優位性を維持するため、1700℃級に必要な革新的技術開発に取り組み、早期に実用化する事が必要である。



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、

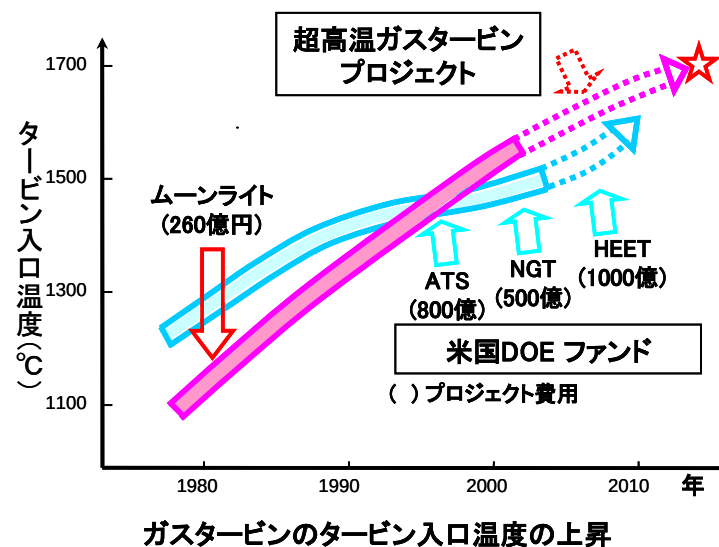
’90 1350℃級 実用化

’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。



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

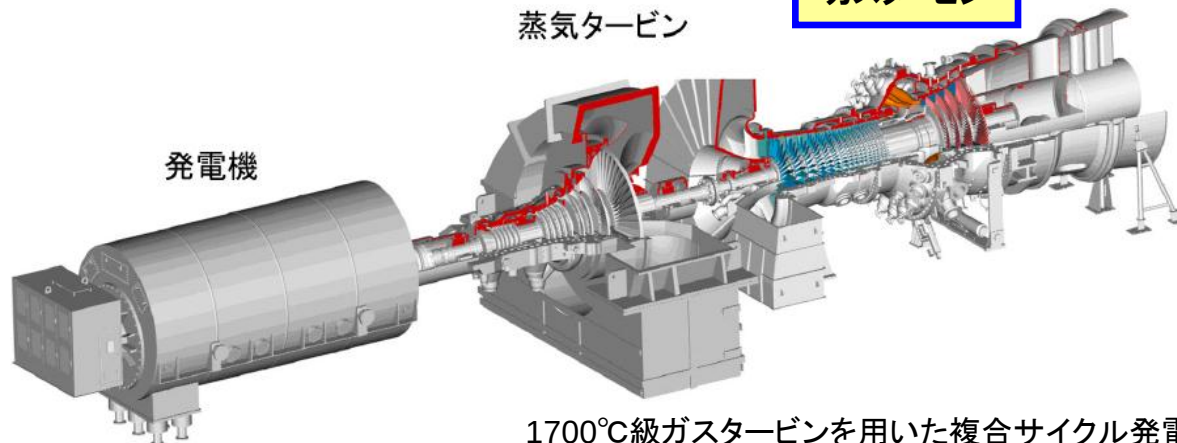
1700℃級
ガスタービンの実現

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

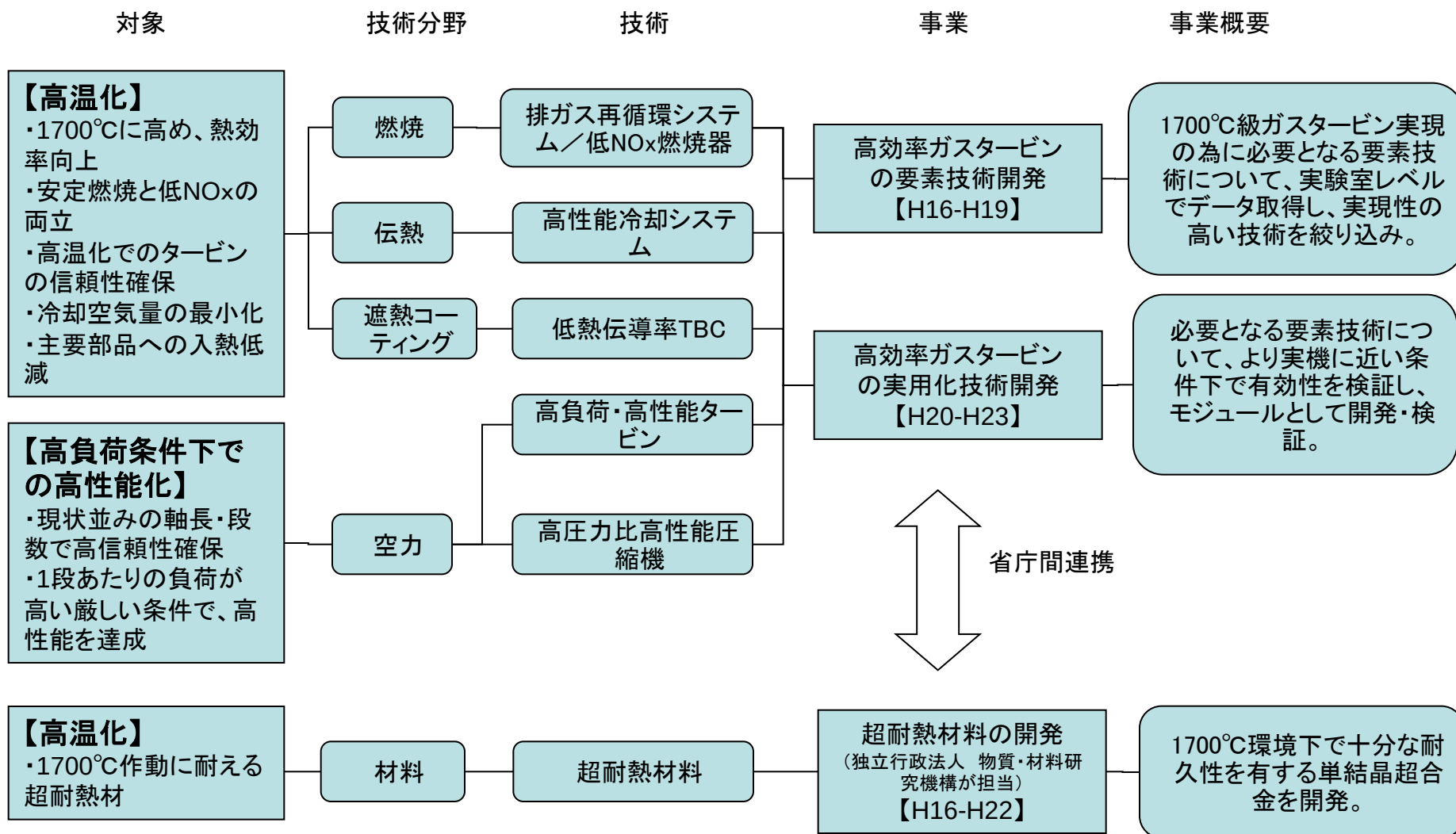
発電機



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

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。



3. 目標

全体目標

コンバインド効率56%以上(送電端、HHV)を達成する。
1700℃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	妥当性・設定理由・根拠等
1. 実機を設計するために必要な要素技術を、より実機に近い条件で評価・検証する。 2. 新開発の要素技術を適用した場合に、送電端効率56%以上(HHV)を達成可能であることの見込を得る。 3. 高圧高温試験用の装置を製作し、実機相当条件でNOx50ppm以下を安定的に実現できることを確認する。	より実機に近い条件で新技術进行评估することにより、技術課題を明確にする。新たに判明した課題に対して、改良案を立案し、速やかに改良効果を確認することにより、実機開発のリスクを低減する。

個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
①排ガス再循環システム／低NO _x 燃焼器の開発	高圧燃焼試験装置を製作し、1700℃実機相当圧でNO _x 排出量50ppm以下の実現可能性を確認する。	従来の脱硝装置を大幅に増強することなく、煙突出口NO _x を従来並みにするNO _x として設定した。 送電端効率56%(HHV)達成のため、各要素効率は、信頼性と性能を両立しつつ、世界最高レベルの目標となるよう、各要素目標値に割り振った。
②高性能冷却システムの開発	冷却要素に対する回転、乱れなどの影響を評価し、冷却空気量30%低減（事業発足時比）の実現可能性を確認する。	
③低熱伝導率遮熱コーティングの開発	遮熱効果を現状材(YSZ)より20%低減可能な候補材を選定し、実翼への最適な成膜条件を求める。 実機相当熱サイクル疲労試験にて耐久性を確認する。	
④高負荷・高性能タービンの開発	モデルタービンを用いて効率を計測し、1500℃級に比べ30%高い負荷条件において、1軸タービン、段数従来並みで、効率91%以上の実現が可能か確認する。 3次元設計について、空力・伝熱への影響を把握する。	
⑤高圧力比高性能圧縮機の開発	モデル圧縮機で効率レベルを計測し、圧力比30以上において、1軸圧縮機、段数従来並みで、効率89%以上の実現が可能か確認する。 起動特性や抽気室の空力特性への影響を評価する。	

4. 成果、目標の達成度

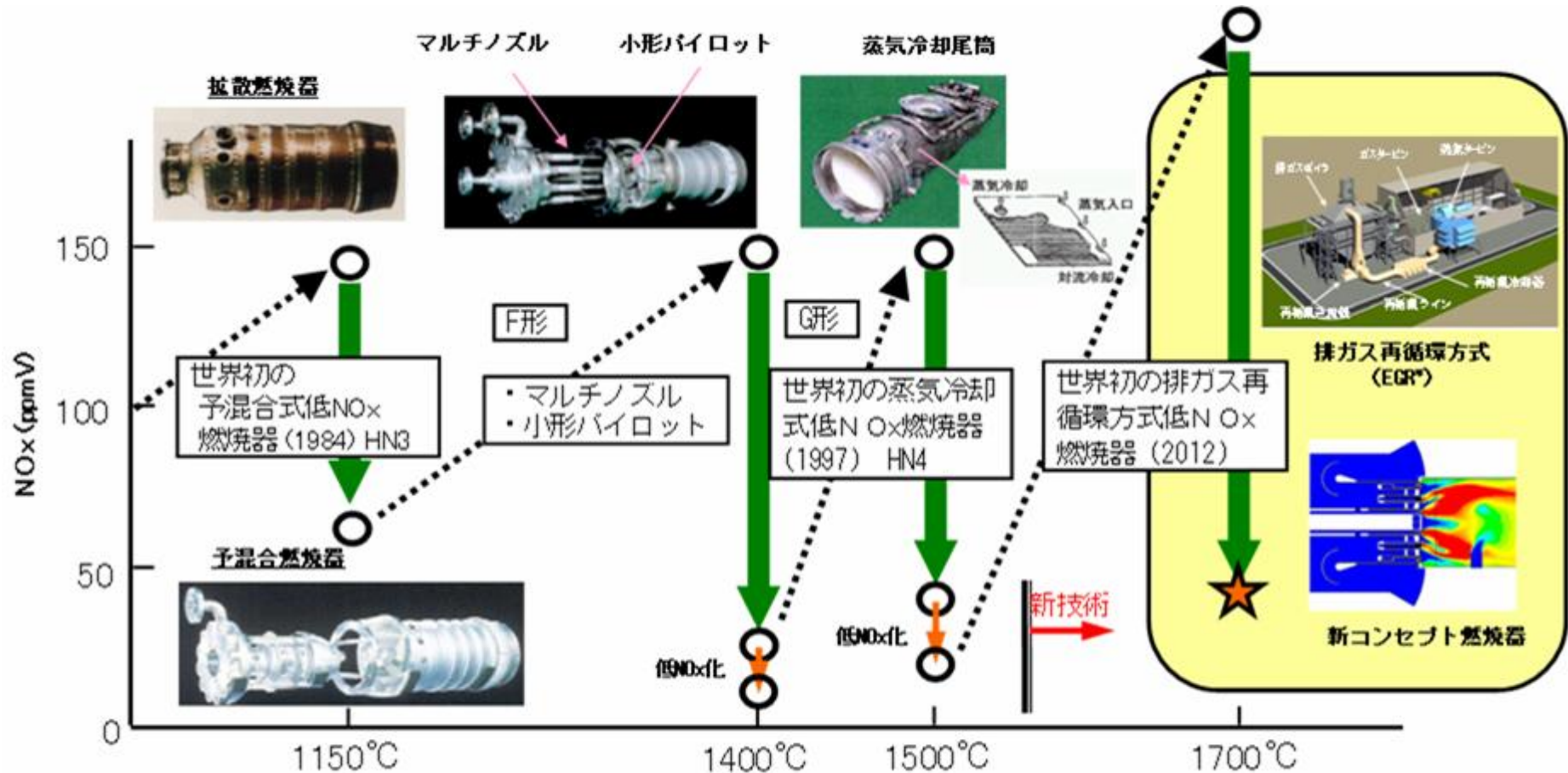
要素技術	目標・指標	成 果	達成度
全体目標	コンバインド 効率56%以上 （送電端、HHV）	最新のデータを反映した予想値は 56%（HHV）を上回る目途 を得た。	達成
① 排ガス再循環システム／低NO _x 燃焼器の開発	NO _x 排出量50ppm以下	実機相当圧力で NO_x排出量16ppmを確認 した。	達成
② 高性能冷却システムの開発	冷却空気量30%低減 （事業発足時比）	冷却空気量30%低減（事業発足時比）の目処 を得た。	達成
③ 低熱伝導率TBCの開発	遮熱効果を現状材（YSZ）より20%向上	遮熱効果を 現状材（YSZ）より20%向上低減 した。	達成
④ 高負荷・高性能タービンの開発	1500℃級ガスタービンに比べ30%高い負荷条件において、1軸タービン、段数従来並みで、 効率91%以上	回転翼列試験により 91.3%の効率達成の目処 が得られた。	達成
⑤ 高圧力比高性能圧縮機の開発	圧力比30以上において、1軸圧縮機、段数従来並みで、 効率89%以上	回転翼列試験により、 89.3%の効率達成の目処 が得られた。	達成

研究開発 実施工程の実績

	H20年	H21年	H22年	H23年
⑤ 高圧力比高性能圧縮機	前方段モデル試験 中間段モデル試験	改良設計	改良モデル圧縮機試験	圧縮機モジュール試験
④ 高負荷高性能タービン	高圧段モジュール試験 高精度流動解析	低圧段モジュール試験	改良モジュール試験	
② 高性能冷却システム	冷却コンセプト検討 実用化モジュール試験装置検討	高圧高温翼列設計	供試翼、試験装置製作 中圧高温翼列試験	高温高圧翼列試験
① 排ガス再循環システム／低NOx燃焼器の開発	燃焼器基本計画 高圧燃焼装置基本計画	実用燃焼器製作 詳細設計	実用化サイクルシステム検討 高圧燃焼装置製作	高圧燃焼試験
③ 低熱伝導率遮熱コーティング	経年変化特性評価 実用化溶射条件 及び 寿命評価技術	材質改良	試験翼への成膜 高品位実用化成膜技術	
予算額(百万円)※	324	559	615	689

①-1 排ガス再循環システム／低NO_x燃焼器

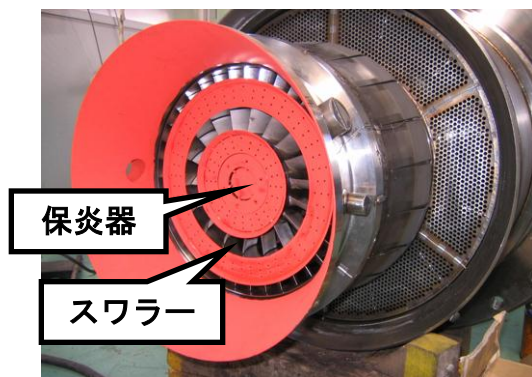
燃焼器出口ガス温度の上昇に対し、NO_xは指数関数的に上昇するが、新技術の適用により低NO_x化を達成してきた。



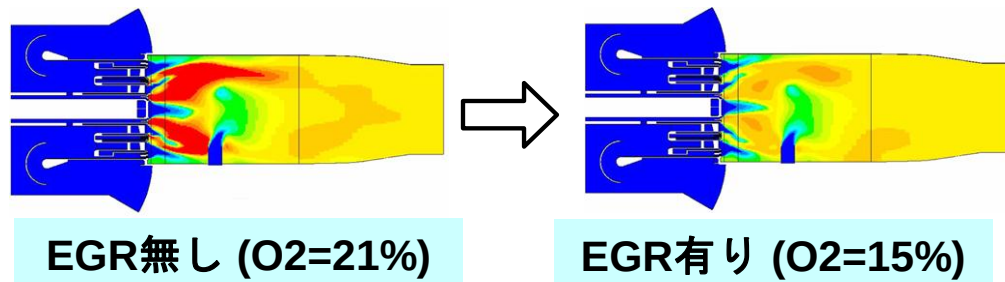
①-2 排ガス再循環システム／低NOx燃焼器

排ガス再循環を模擬できる高圧燃焼試験を製作し燃焼試験を実施。**NOx は実機換算で16ppm @ 15%O₂ (< 目標50ppm)を達成する見込み**を得た。

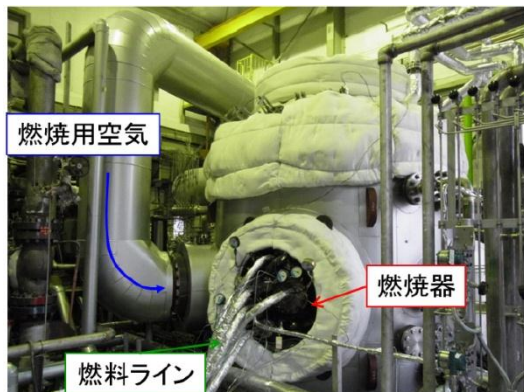
新コンセプト試作燃焼器



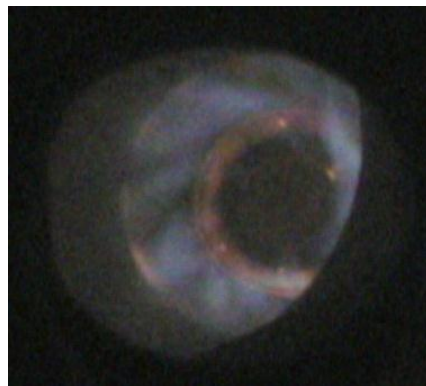
低酸素燃焼による局所の燃焼温度の低減



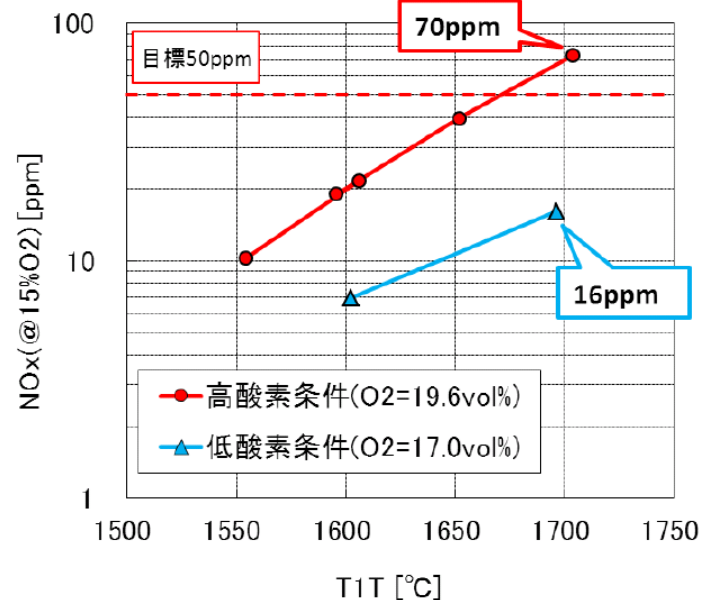
高圧燃焼試験設備



燃焼状況

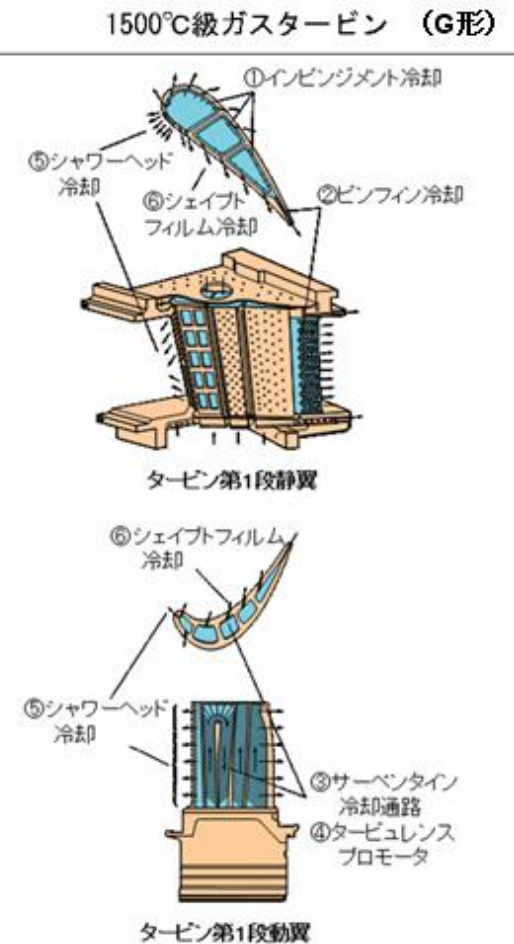
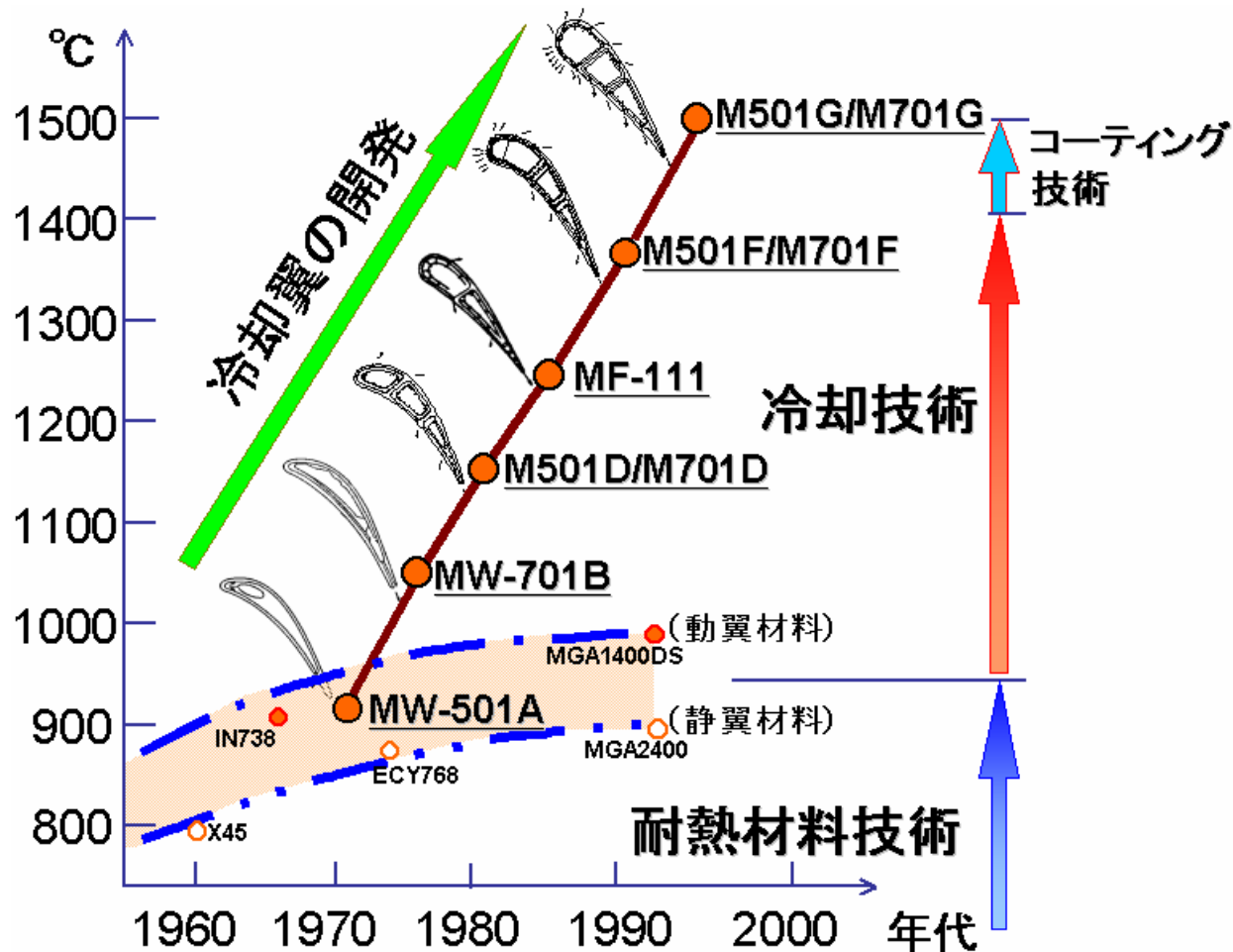


NOxの計測値



②-1 高性能冷却システム

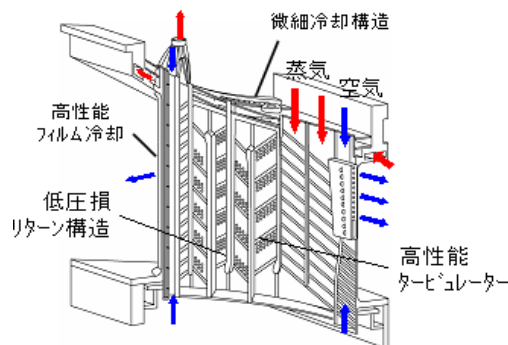
高温化に対する冷却技術の役割



②ー2 高性能冷却システム

先進冷却要素技術を開発し、**実機を模擬した条件において、フィルム冷却効率を把握**した。また、高温高圧燃焼場において冷却性能を実測し、所定のメタル温度以下であることを確認し、**従来機に比べ、冷却空気量30%削減の目処**を得た。

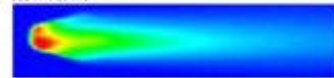
1700℃級冷却コンセプト例



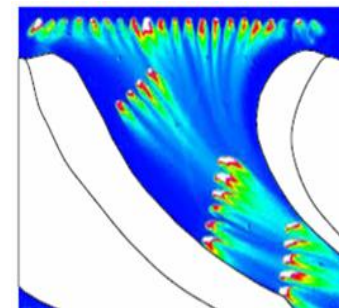
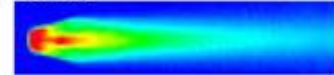
先進冷却要素の開発例



計測結果



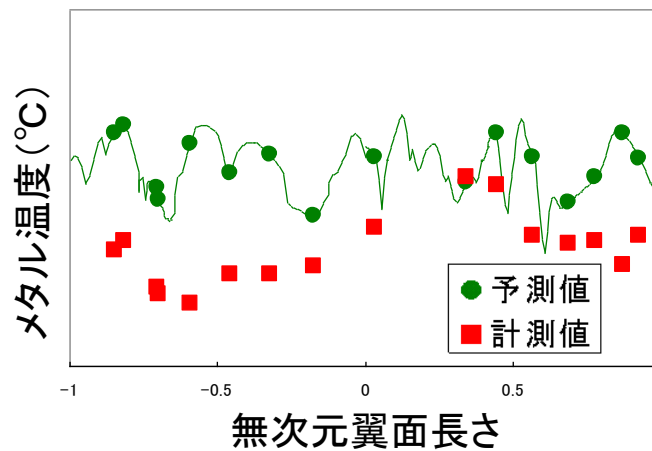
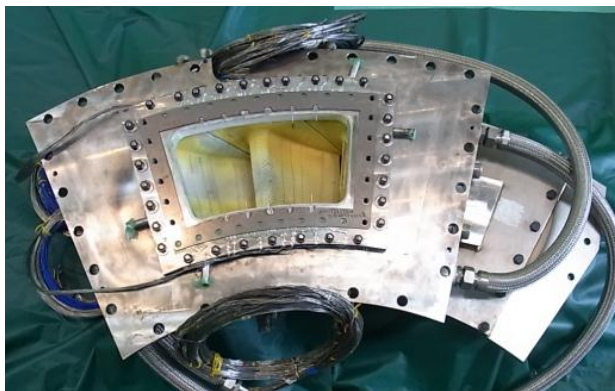
計測結果



赤: 冷却効率
が高い

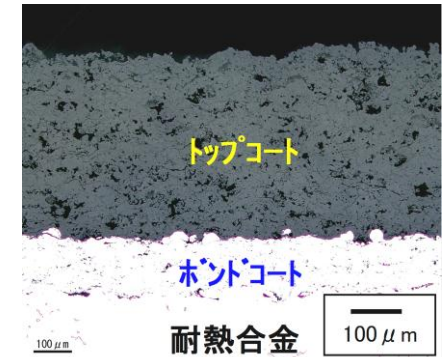
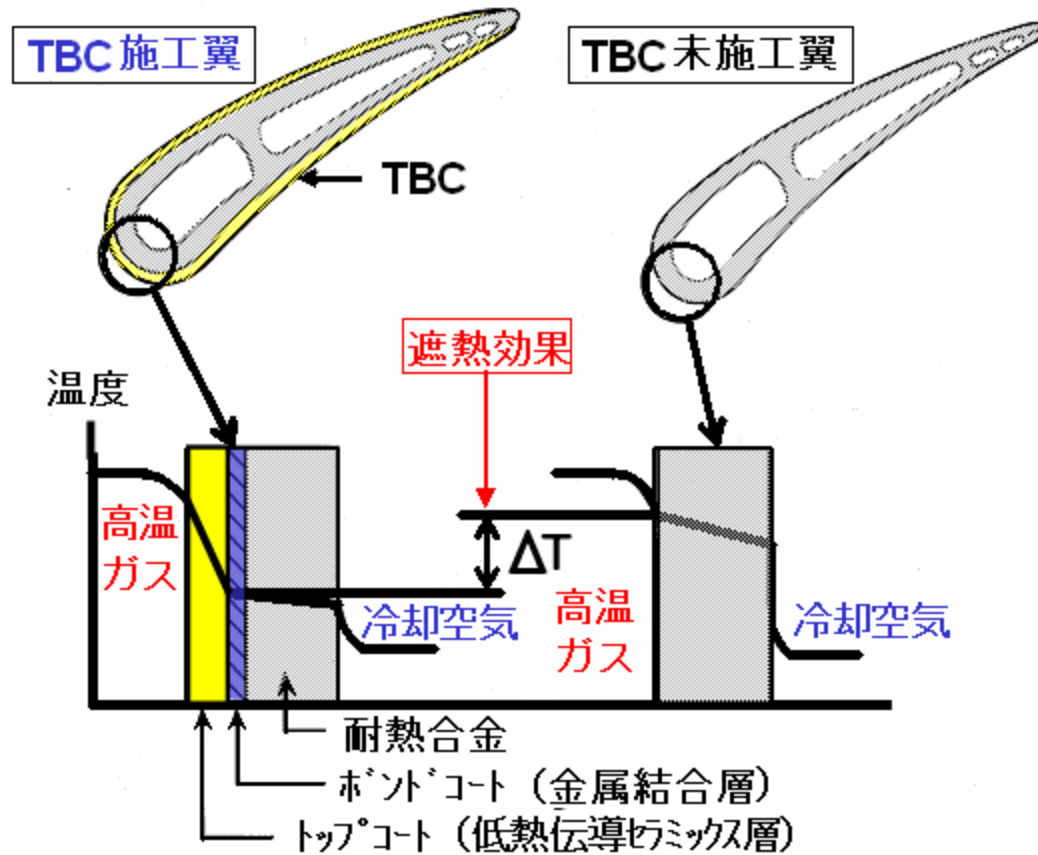
青: 冷却効率
が低い

高温高圧燃焼場での試験結果

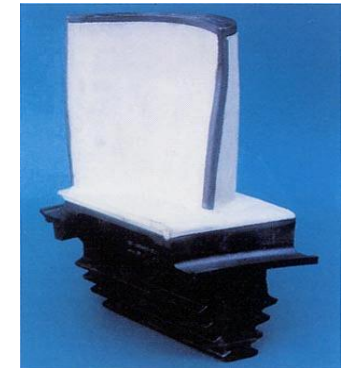


③-1 低熱伝導率遮熱コーティング

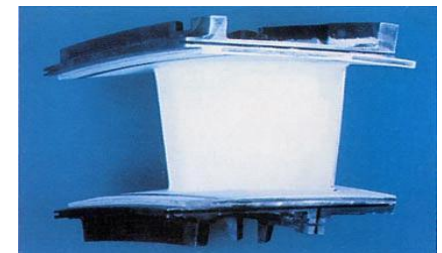
遮熱原理とTBC施工翼の例



TBCのマイクロ組織



動翼

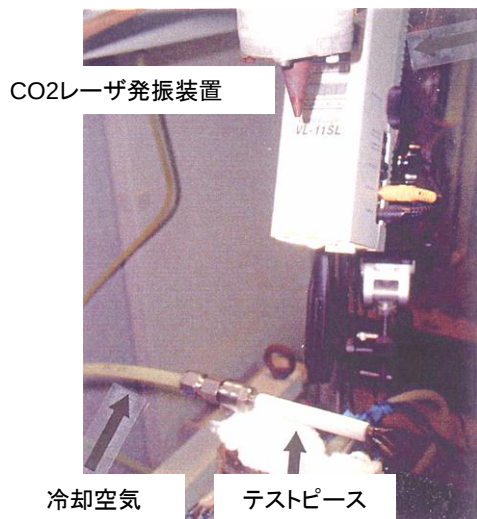


静翼

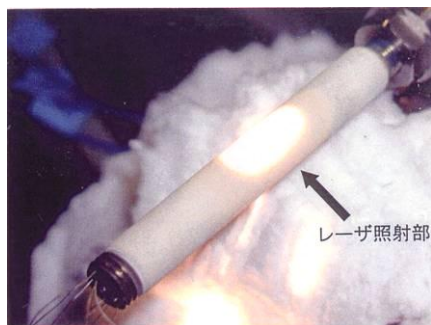
1500°C級TBC施工ガスタービン翼

③ー2 遮熱コーティングの熱サイクル耐久性 (CO₂レーザ熱サイクル試験)

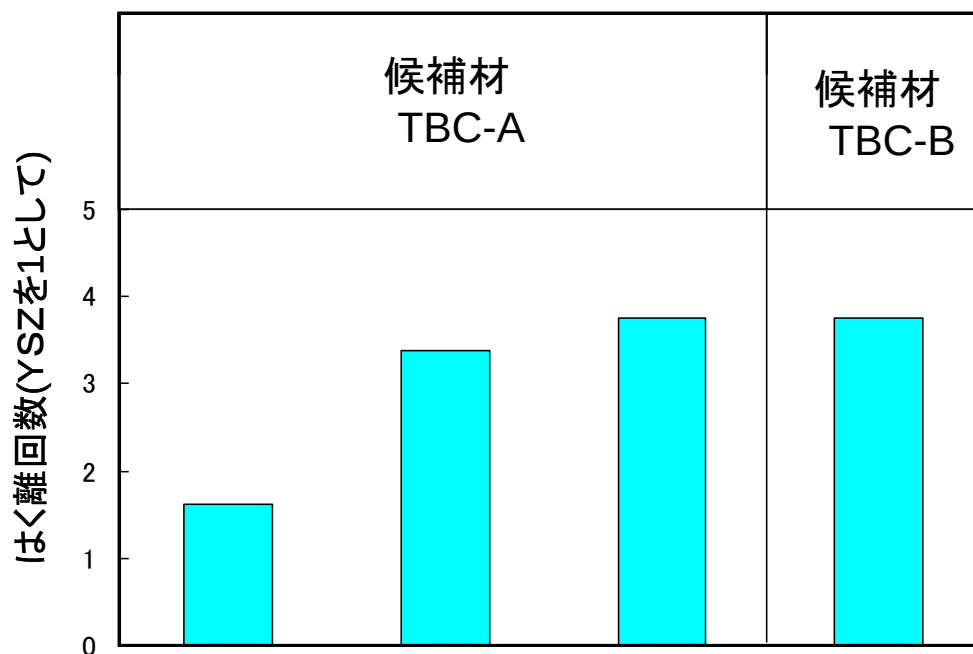
遮熱効果を20%向上したセラミクス材(目標を満足)を開発し、実機ガスタービンと同様に温度勾配を付与するため、CO₂レーザを用いた熱サイクル試験を実施し、先進セラミクスを用いたTBCの耐久性は通常のYSZと同等以上であることを確認しました。



(a) レーザ熱サイクル試験装置



(b) 熱サイクル試験状況



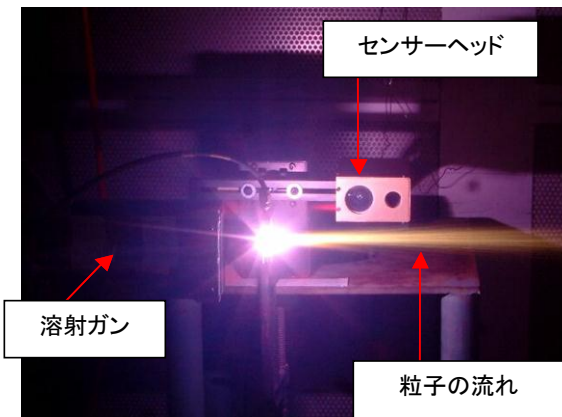
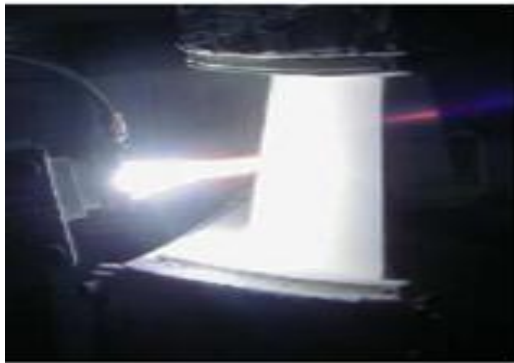
(c) 熱サイクル試験結果 (最高TBC表面温度 : 1400℃
T B C内温度差 : 500℃)

③ー3 遮熱コーティングの施工条件の最適化

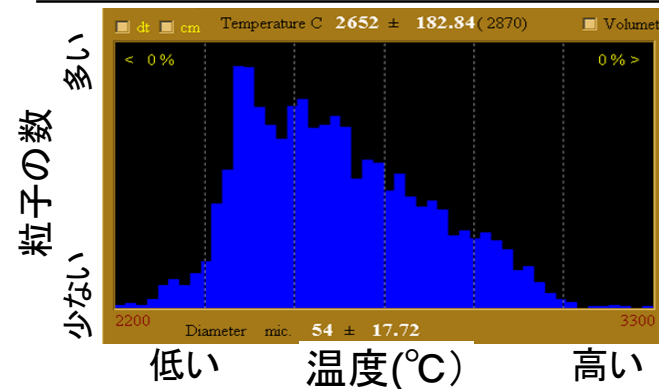
開発したセラミクス材を用いて、**実翼への施工を想定した溶射条件の最適化**を実施しました。

プラズマ溶射施工条件の最適化

実翼へのプラズマ溶射施工状況



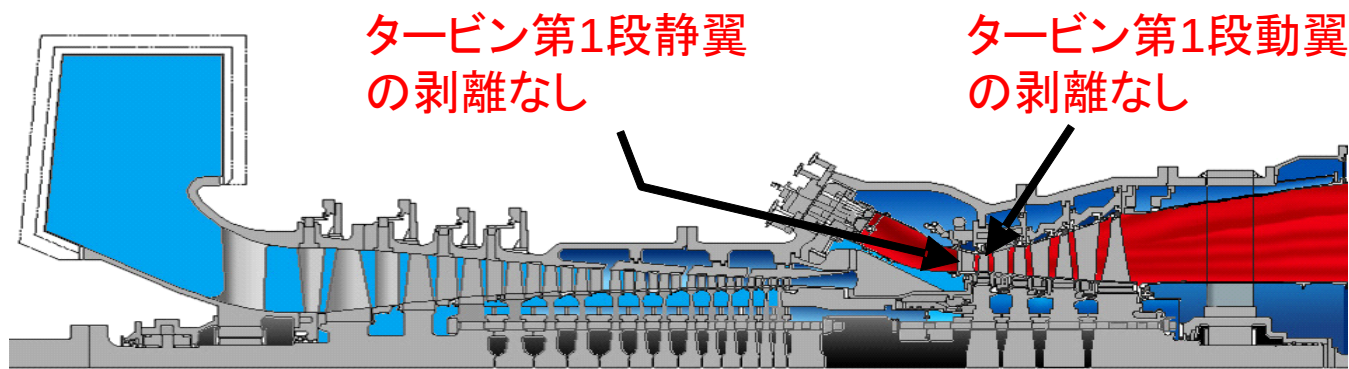
プラズマ中のパウダーの温度分布



③ー4 遮熱コーティングの1600℃級ガスタービン適用

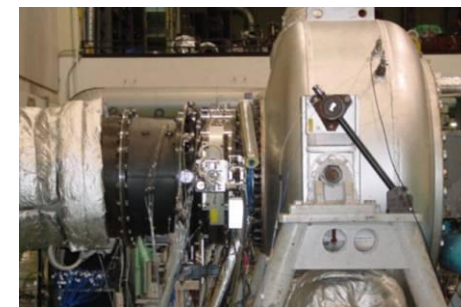
開発したセラミクス材を第1段動・静翼に施工し、1600℃級ガスタービンにおいて長時間の耐久試験を実施しました。その結果、剥離などの問題が発生しないことを確認した。

1600℃級ガスタービンでの第1段動・静翼 遮熱コーティングの 運転後点検結果



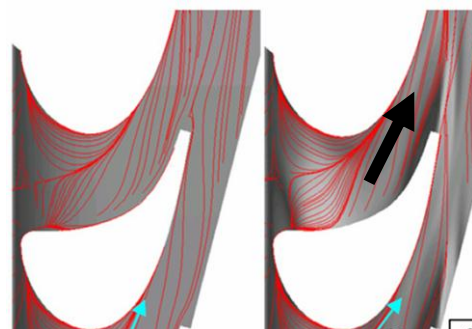
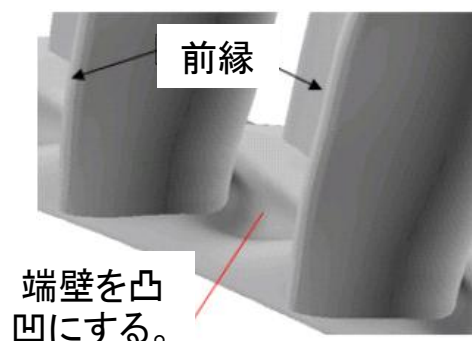
④-1 高負荷・高性能タービン

実機流れを模擬した回転試験に加え、実レイノルズ数での高速翼列試験を実施し、先進3次元設計コンセプトを検証しました。
その結果、**実機相当で効率91.3%(>目標91%)**を達成可能である**目処**を得た。



高速回転翼列試験装置

先進3次元設計コンセプト

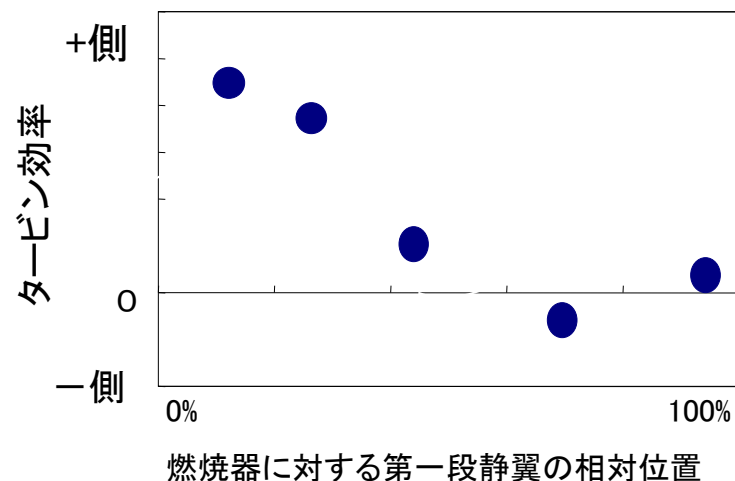
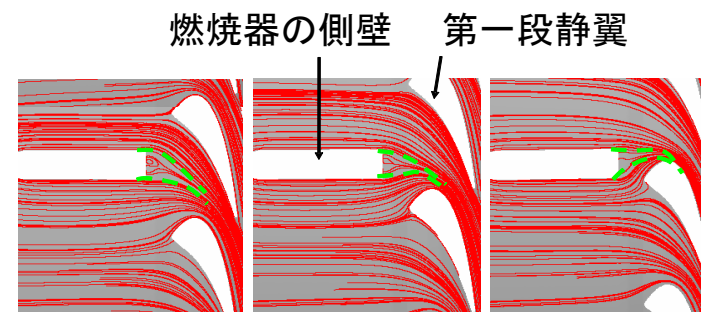


従来形状

非対称端壁
形状

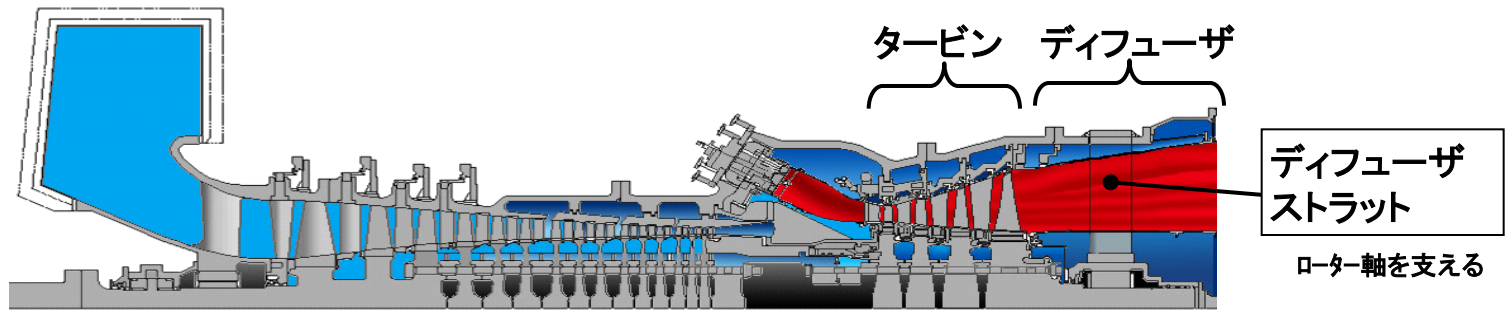
軸方向にスムーズに流れる。

燃焼器とタービンの配置最適化

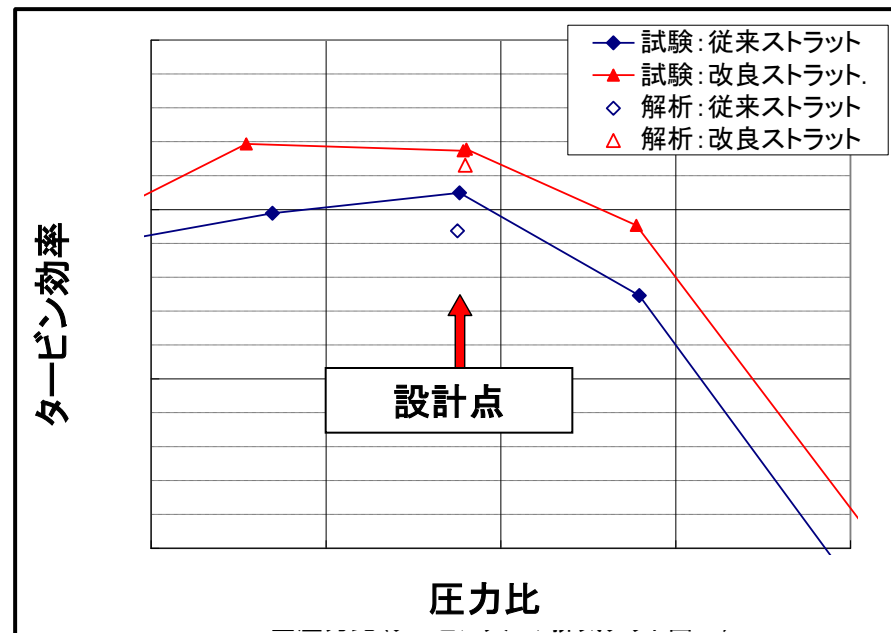


④ー２ ディフューザストラット形状の改良

ディフューザストラットの断面形状を最適化することで、タービン全段効率が向上することを試験にて確認した。



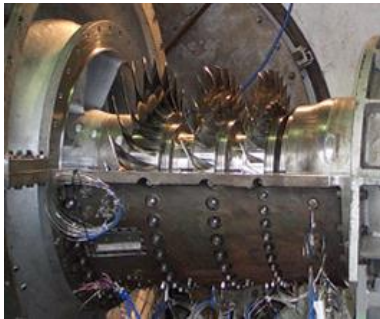
断面形状の最適化によるタービン効率向上



⑤－１ 高圧力比高性能圧縮機

先進3次元空力設計技術により、遷音速段では衝撃波を制御、亜音速段では2次流れを制御することにより、いずれも性能を約1%以上向上しました。高速回転翼列試験により、**実機での効率は89.3%(> 目標89%)**を達成可能である事を確認しました。

さらに、**起動条件も含めた運用性の確認**を行ないました。

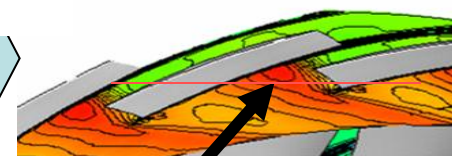
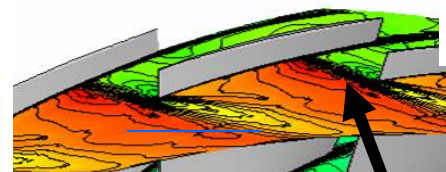
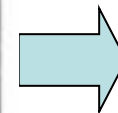


高速回転翼列試験設備

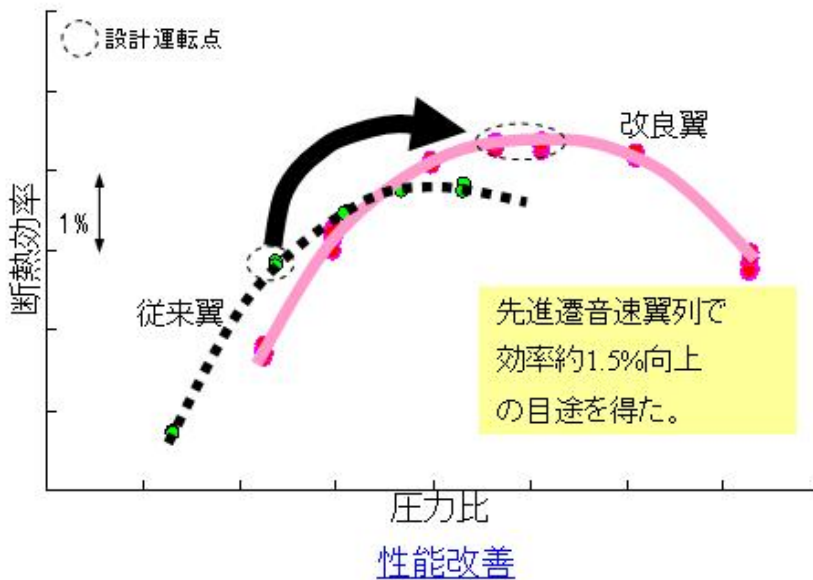
従来翼



先進3次元翼



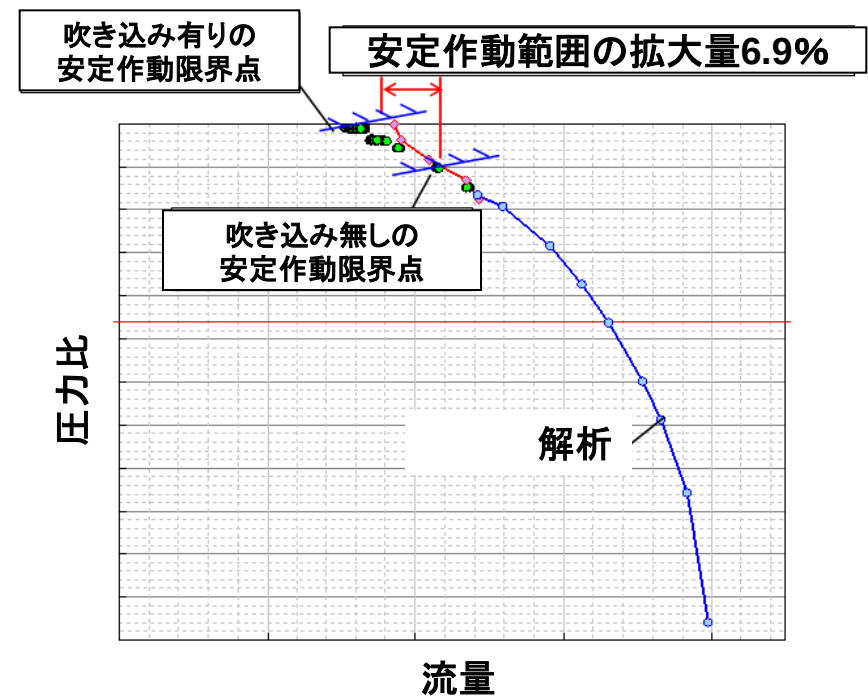
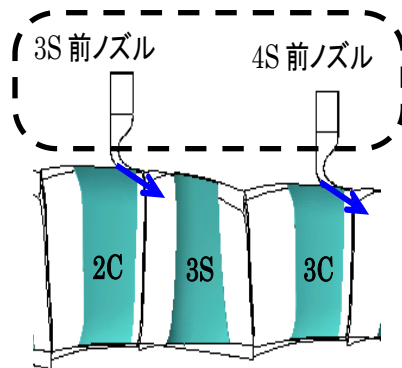
衝撃波を弱めて性能向上



⑤－２ 圧縮機翼先端への空気吹き込みによる 安定作動範囲の拡大

安定作動範囲の拡大を狙い、翼の先端に空気を吹き込む方式を採用し、
安定作動範囲を6.9%拡大できる結果を得た。

翼先端への空気吹き込み

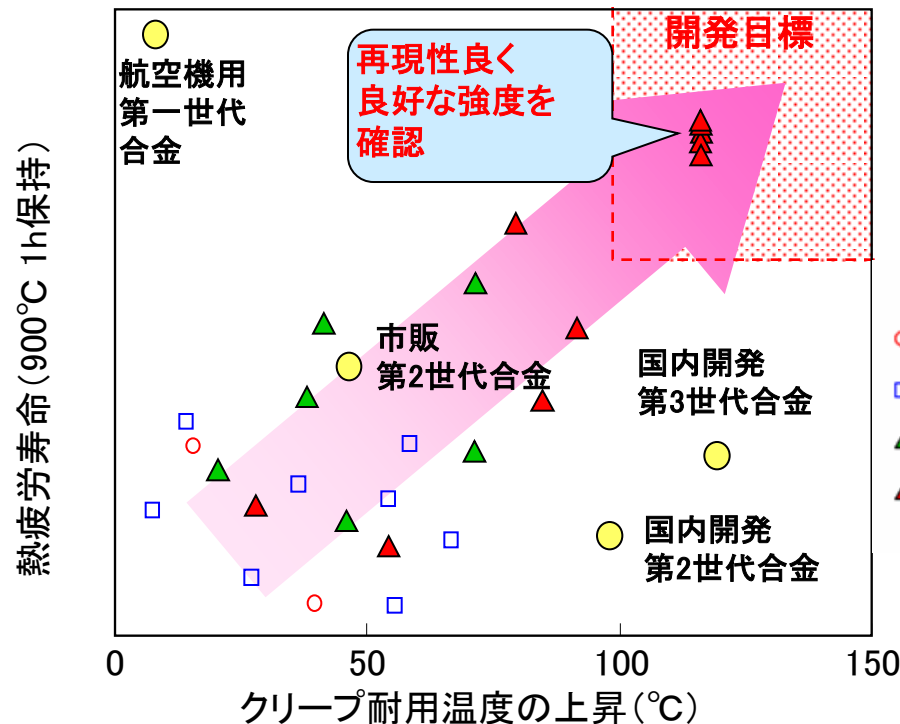


(参考) 超耐熱材料の合金組成

目標を満足する組成を開発しました。(特許取得済み)

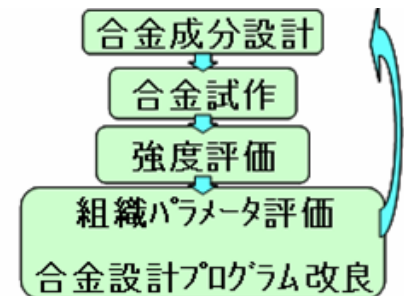
- ・高温特性；クリープ耐用温度100°CUP
- ・鑄造技術；鑄造欠陥の抑制
- ・経済性；レアメタル(Re)添加量を考慮し低コスト化

	Co	Cr	Mo	W	Al	Ti	Ta	Hf	Re
抽出合金	9	6.5	0.6	6	5.5	0	10	0.1	3

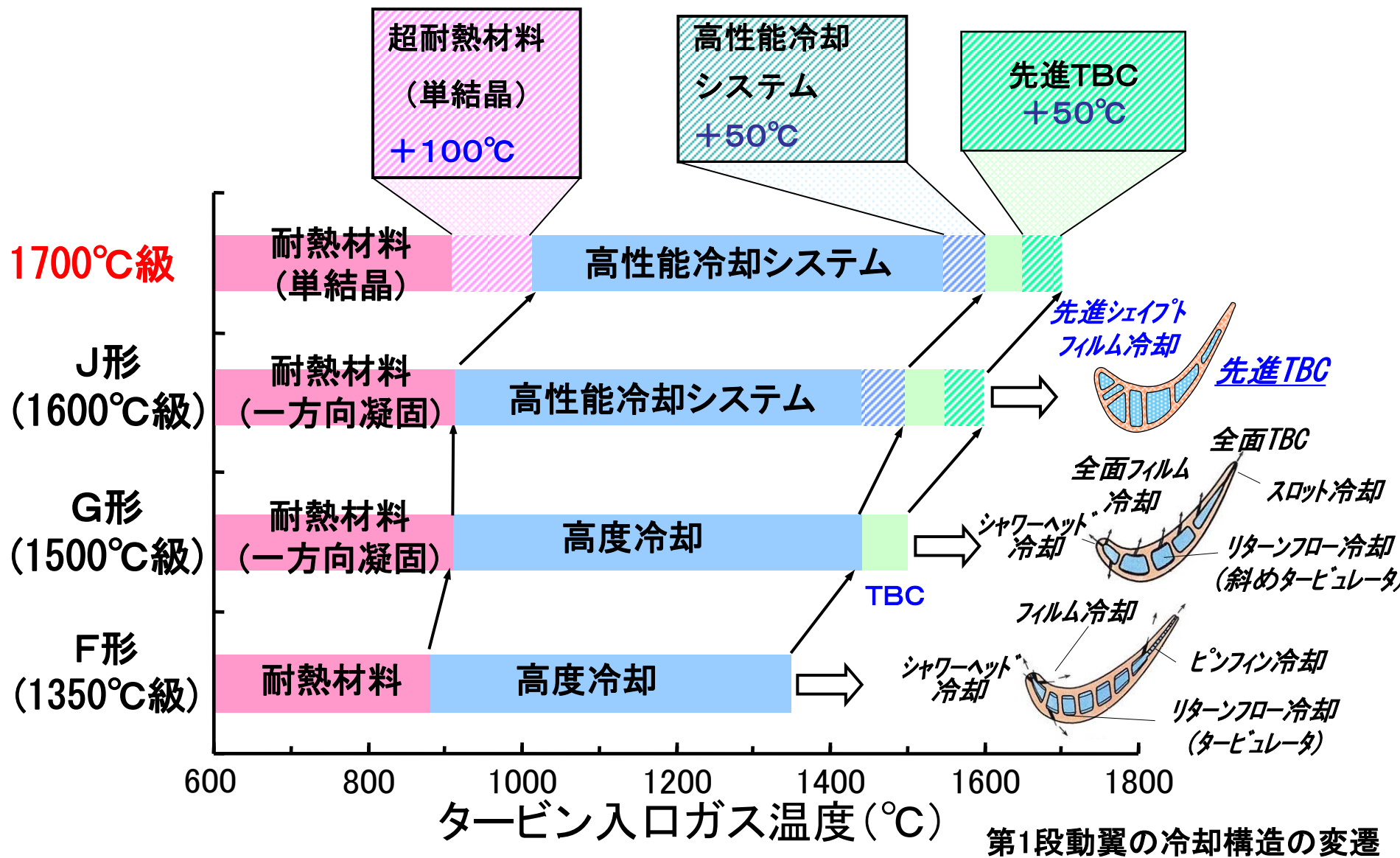


- ・クリープ, 疲労強度を両立し目標満足
- ・第2世代単結晶合金と同等コスト

- 試作合金(1次)
- 試作合金(2次)
- ▲ 試作合金(3次)
- ▲ 試作合金(4次)



参考：1700℃達成のための要素技術の役割



5. 事業化、波及効果

(事業化)

本技術開発により、世界最高効率の1700℃級ガスタービン技術確立の目処を得た。

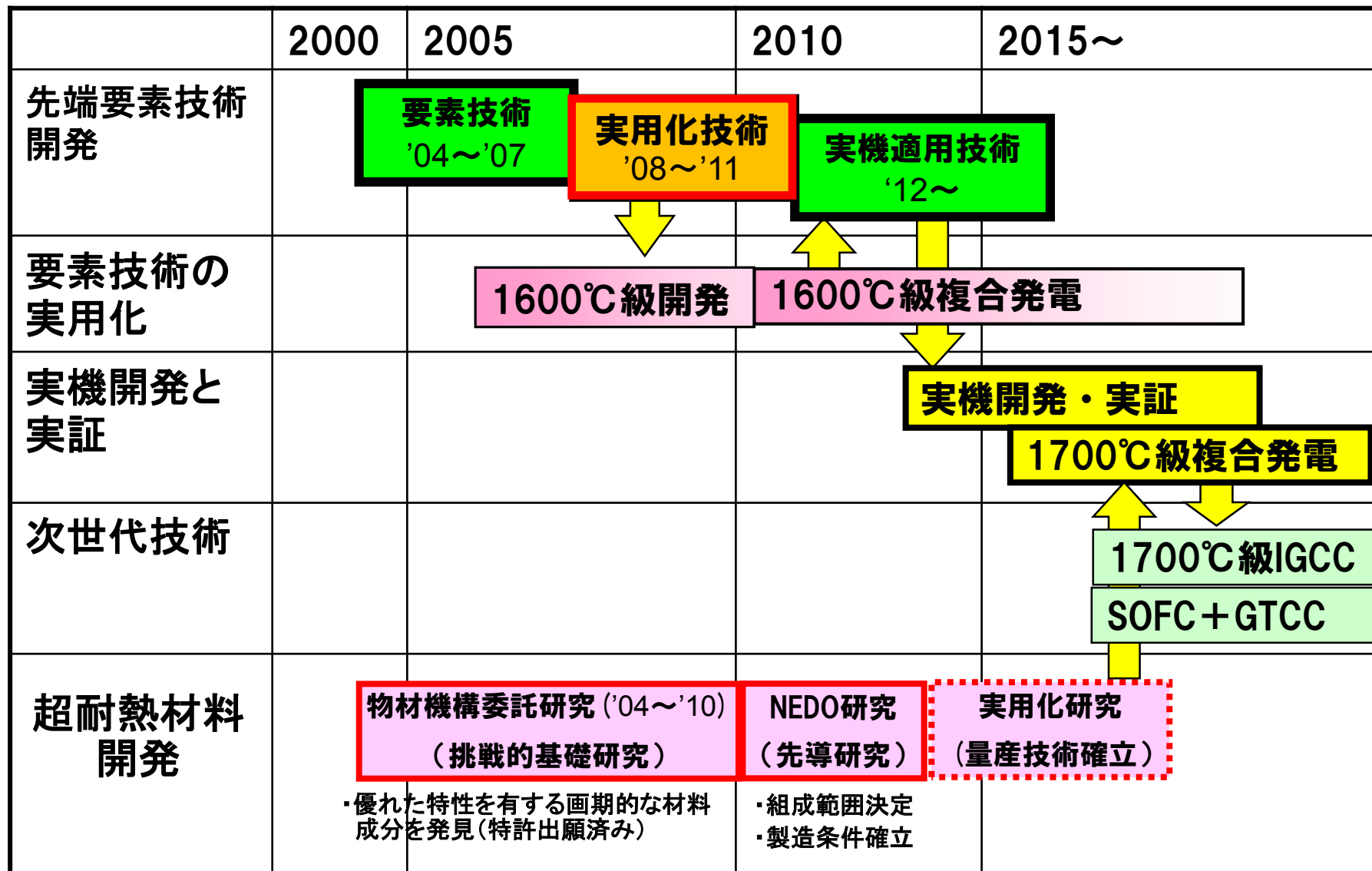
しかし、1500℃級から1700℃級に、一足飛びに200℃高温化することは大きなリスクを伴うことも事実である。そこで、1700℃級ガスタービンの実現の足掛かりとするために、本プロジェクトと並行して、1600℃級ガスタービンの開発を実施した。

これにより、我国のコンバインド発電技術の優位性を保つことが出来る。また、1500℃級をはじめとする既存のガスタービンへの技術的適用も進められており、大型の発電用ガスタービン全体の競争力強化の点で波及効果は大きい。

(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℃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)

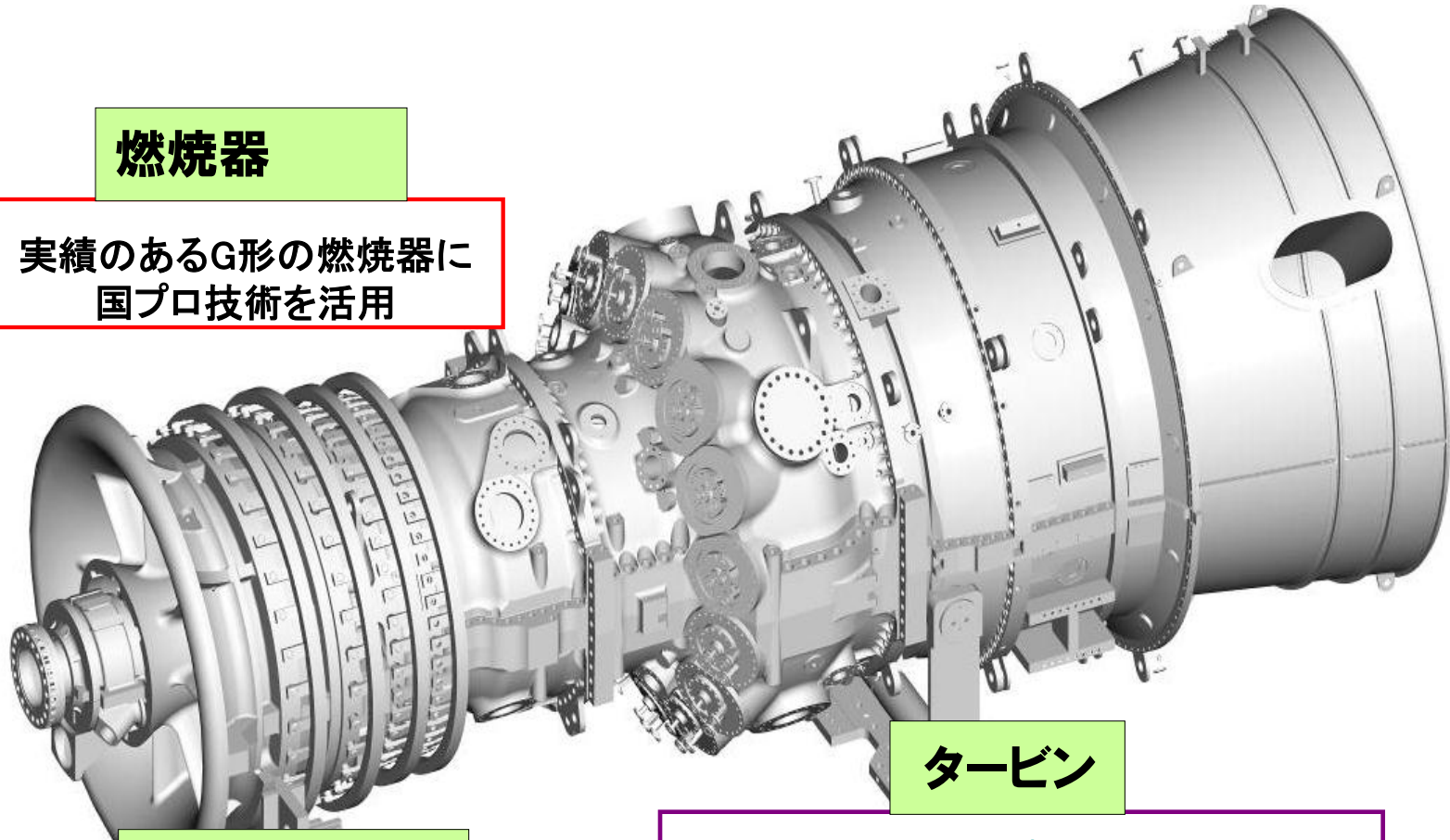


世界初の1600℃級J形ガスタービンの開発

国プロの最新技術により、開発が可能となりました。

燃焼器

実績のあるG形の燃焼器に
国プロ技術を活用



圧縮機

実証済みの圧縮機に
国プロ技術を活用

タービン

1700℃級国プロで開発した
最新技術を適用

国プロ技術の実用化

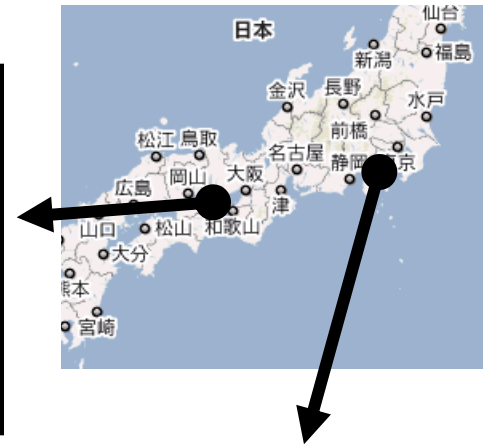
1,600℃級ガスタービンを用いた高効率コンバインドサイクル

1,600℃級ガスタービンを用いた高効率コンバインドサイクル発電設備の
1号機が8月27日に運開しました。

関西電力殿 姫路第二発電所(2013年運用開始、292万KW、M501J×6台)

公開された環境アセス資料より抜粋

- 最新鋭の1,600℃級ガスタービンを採用した世界最高水準の高効率コンバインドサイクル発電方式に設備更新することで、発電端熱効率(低位発熱量基準※)が約42%から約60%に向上します。
- 発電電力量あたりの燃料費とCO2排出量を共に約30%低減することができます。



項目	現状	設備更新後
発電方式	汽力発電方式	コンバインドサイクル発電方式
発電所出力	255.0万kW (25.0万kW×1基、 32.5万kW×2基、 45.0万kW×1基、 60.0万kW×2基)	291.9万kW(大気温度4℃) (48.65万kW×6基)
使用燃料	天然ガス	天然ガス
発電端熱効率 (低位発熱量基準)	約42%	約60%

東京電力殿

川崎発電所

(2016年度、142万KW、2台)

公開された環境アセス資料より抜粋。

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℃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。

(国内リプレイス需要への対応)

先進国では老朽火力のリプレイス需要が急速に高まりつつあり、経済性が重要視されるため、発電効率の高い最新鋭のガスタービンを用いたコンバインド発電が選択される場合が多い。このようなニーズにいち早く応える必要があるが、本事業で開発した革新的な要素技術を活用することにより、世界初の1600℃級J形ガスタービンの開発が可能となった。

(急速な円高の影響と対応)

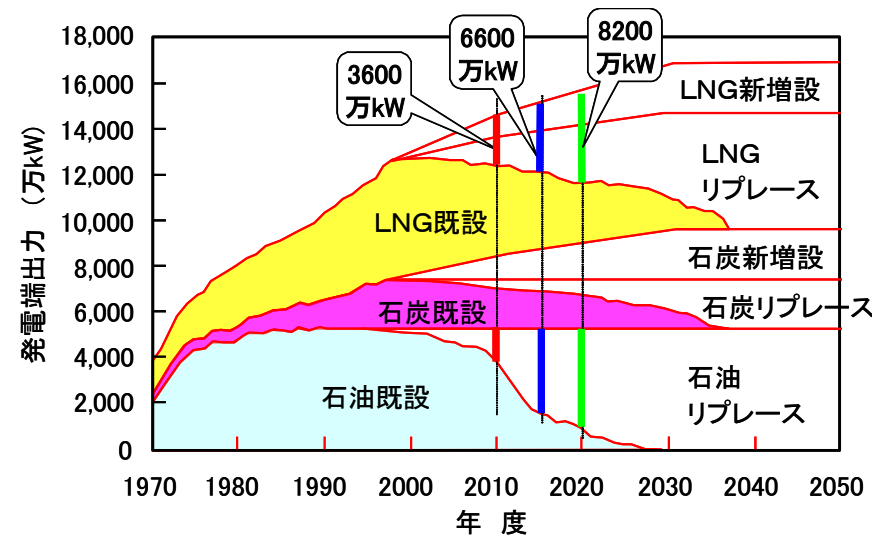
我が国は、徐々に大型ガスタービンのシェアを伸ばしてきたが、2009年以降は、リーマンショックの急速な円高のため世界市場で苦戦を強いられた。しかし、国プロ技術を適用した1600℃級J形ガスタービンの市場投入(国内電力向け)により2010年以降は日本のシェアが躍進した。

国プロにより、革新的な技術を開発・実用化することにより、国内の電力設備市場が活性化され、円高で苦しんでいる国内工場の生産量確保に繋がった。

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

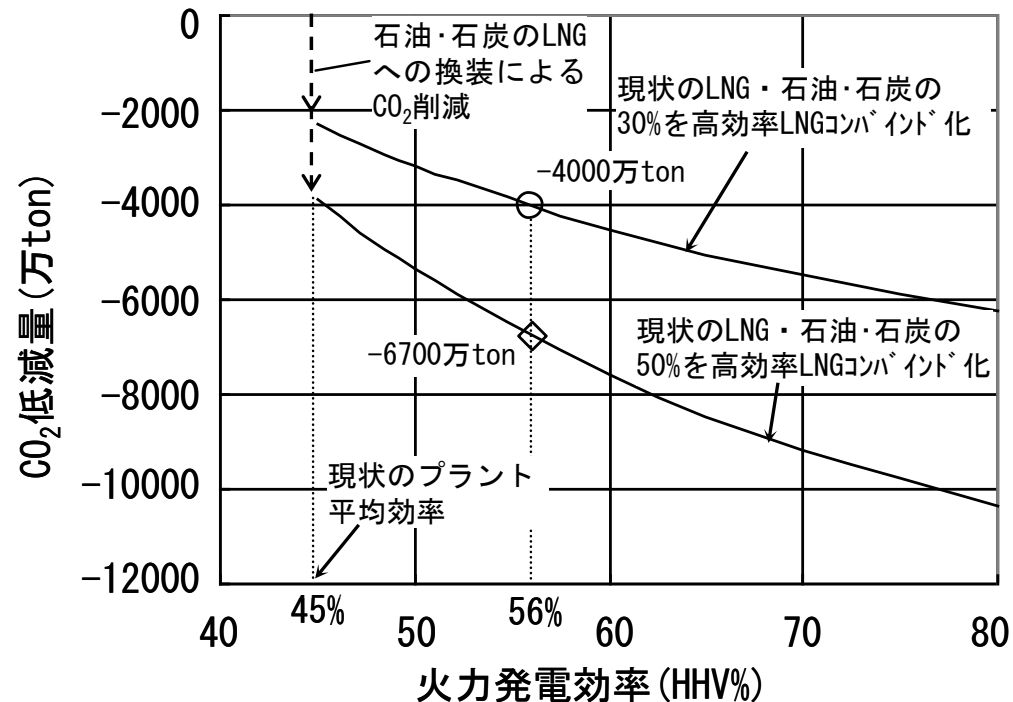
現状のLNG(平均発電効率45%), 石油および石炭火力を置き換えた場合の効果

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℃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℃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

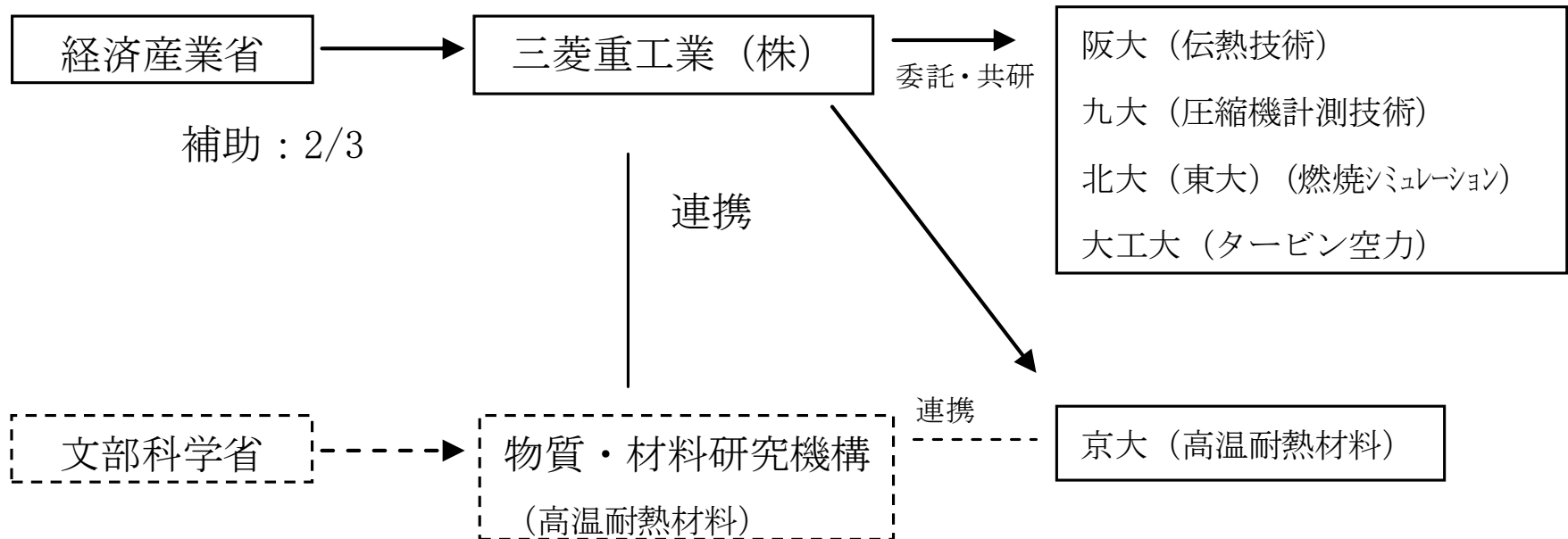
- 水素ガスタービン

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した。

○ プロジェクトリーダー： 三菱重工業（株） 伊藤栄作



7. 中間評価の結果

【各委員の提言】

本プロジェクトは1700℃級ガスタービンの実証機設計のための要素開発であり、今後計画されている圧縮機モジュール試験、高温高圧翼列試験、高圧燃焼試験はできる限り時間をかけて実施し、信頼性を確認していただきたい。

⇒ 圧縮機モジュール試験は、各年度でそれぞれ実施してデータを蓄積し、信頼性を確認してまいりました。

一方、高温高圧翼列試験および高圧燃焼試験においては、高圧燃焼試験装置の製作に期間を要することから、最終年度(H23年度)に実施しましたが、その途中段階での試験と最終年度の高温・高圧試験の両データにより、信頼性の高さを確認してまいりました。

(参考)特許・論文等件数

論文数	投稿	発表	特許等件数 (出願含)	電力会社の 視察回数
5	1 0	4 2	3 7	2 1 0

非常に多くの電力会社様にご視察していただきました。