

総合科学技術会議評価専門調査会  
「高効率ガスタービン技術実証事業費補助金」  
評価検討会（第 2 回）資料

平成 23 年 11 月 11 日  
経済産業省  
資源エネルギー庁電力・ガス事業部  
電力基盤整備課

1. 大容量機（1700℃級）、中小容量機（AHAT）における先端技術のブレークスルーポイントについて説明していただきたい。特にコンバインドサイクルの効率を56%から57%に1ポイント向上させるために、どのような本質的な研究開発が必要であるのかを示すことが重要と考える。そこで、例えば圧縮機の機構、タービンブレードの冷却メカニズムなど技術的な視点に立ち、具体的な説明をしていただきたい。

（回答）

＜1700℃級ガスタービン技術実証事業＞

これまで目標としていた56%の熱効率は、現時点では世界最高であるが、これまでの要素技術開発を踏まえ、民間事業者による達成が見込まれている。これをさらに高めるためには、タービン、圧縮機、燃焼器等に係る技術のブレークスルーが必要となる。具体的には、従前の達成目標をさらに高め、それらを組合せた結果、到達できる効率レベルである。

これらの詳細については、以下の表1に示す。

表1. 1700℃級ガスタービン技術の必要性とこれまでの目標の比較  
(出典) 三菱重工業提供資料

開発箇所	技術の必要性と狙い	必要な要素技術項目	従前の目標	実証段階の目標
タービン部分	1700℃の温度レベルはタービン翼の超合金の融点を遙かに上回る過酷な条件に耐えるため、タービン翼の遮熱及び高効率な冷却システムが必要であり、遮熱コーティングを厚くしても耐久性があるコーティング技術の開発やより少ない冷却空気でも効率よく冷却する技術の開発が必要である。また、タービン内の流体損失の低減やシール空気の流量削減等を行い、性能向上と負荷応答性を高める技術を開発する。	低熱伝導率コーティングの高耐久の厚膜技術 局所相配置フィルム冷却技術 高性能冷却コンセプト 翼内部への入熱を低減する設計コンセプトの構築 高機能クリアランスコントロール技術 先進三次元設計 等	遮熱コーティング厚 >0.3mm 遮熱効果 ベース 冷却流量 ベース タービン効率 >91% クリアランス(周方向)>1.5mm 等	遮熱コーティング厚 >0.5mm 遮熱効果 +30% 冷却流量 -10% タービン効率 >92% クリアランス(周方向) <0.5mm 等
圧縮機部分	先進的な数値シミュレーション技術を駆使して、流れの剥離や作動条件を制限する失速に繋がる「境界層」の挙動を制御するため、端壁からの高圧空気のインジェクションや、大型ガスタービンのみで可能となる壁面や翼面からの抽気技術などを用いた先進三次元設計技術を開発し、設計制限の緩和や表面摩擦による損失を低減する設計が可能となる。	先進三次元設計 シール空気の影響を考慮した多段一軸圧縮機 境界層制御翼技術 等	圧縮機効率 >89%	圧縮機効率 >90%
燃焼器部分	排気ガス再循環を用いた低酸素濃度燃焼により、1700℃の超高温でもNOxの生成を大幅に低減する技術を開発してきたが、さらに、従来の空間的な燃料濃度の均一化に加え、時間的な燃料濃度の均一化を行うことにより、瞬時毎の高NOxの生成を抑制する燃焼ガスの制御技術を開発する。	燃焼乱れを制御する混合燃焼技術 高精度燃焼シミュレーション・可視化・評価技術 等	1700℃燃焼時NOx<50ppm	1700℃燃焼時NOx<40ppm
その他	上述の先進技術を適用する際に、現実的には製造技術が制限される事が多く、各部の温度や圧力などのわずかな予測誤差で致命的な部品の損傷につながる。よって、先進冷却技術を実機適用可能とするための製造技術やより精密な計測技術を開発する。	自由曲線長穴加工技術 微細冷却構造の製造技術 非接触計測手法 高精度センサの開発	長穴加工 L/D>200 センサの耐用時間 10時間 最小欠陥検知能力 >1.0mm 等	長穴加工 L/D>250 センサの耐用時間 500時間 最小欠陥検知能力 >0.5mm 等

＜高湿分空気利用ガスタービン技術実証事業＞

AHAT を実現するためには、他に類を見ない新しいサイクルであることから、高湿分圧縮機、高湿分燃焼器等に係る技術のブレークスルーが必要であると同時に各要素の段階的な検証が必要である。検証には、出力を3MW級（1/30スケール）、40MW級（1/3スケール）、100MW級（実証機）とスケールアップしていくことでAHATの開発リスクを低減している。

第1フェーズでは、小スケールの3MW検証試験を用いたAHATのシステム原理の検証や高速起動特性の検証したことにより、AHATシステムの成立を確認した。

第2フェーズでは、燃焼器やタービン翼等の動作特性を検証するために試験装置を製作する必要があるが、発電規模に伴って圧縮機全体の形状や燃焼器、再生熱交換器の構造変更を行う必要がある。そのため、構造変更によって生じる必要な要素技術を開発し、40MW級総合試験装置で動作特性を検証する。

第3フェーズでは、各機器の長期信頼性の検証のため、引き続き40MW級試験装置を継続して運転を行うとともに信頼性確保のための圧縮機翼やタービン翼の改良、再生熱交換器の単体コア大型化、燃料多様化に対応した燃焼器を開発する。また、システム全体の長期信頼性をプラント実証となる100MW級実証機試験で確認する。

機器の信頼性確保の貯めに必要な技術のブレークスルーポイントについて次の通り説明する。

## 1) 高湿分圧縮機

AHAT システムでは、タービン流量の増加を防ぐため、圧縮機の翼のケーシング側をカット (Tip カット、図 1) することで、圧縮機流量を削減する事としている。しかし、Tip カットによりサージング (圧縮機全体の自励振動現象) が起こる可能性があることから、翼の三次元的な改良及び翼振動に対する評価手法の開発を進める。

第 2 フェーズでは、開発された評価手法により圧縮機翼長の短縮に関する概念設計を行った。

これを踏まえ、第 3 フェーズでは、AHAT システムの性能評価を行うとともに、高負荷翼の損失低減を図り、性能と信頼性を向上した圧縮機を実証する。

また、噴霧液滴の微粒化については、これまで液滴径の約 30% 低減 ( $21\mu\text{m}\Rightarrow 15\mu\text{m}$ ) という成果を得ているが、液滴径の減少は翼に対するエロージョン等の信頼性向上にも寄与するとともに、吸気噴霧冷却時の蒸発性能の向上に寄与する。よって、さらなる長期信頼性と吸気噴霧冷却性能の向上を図るため、液滴径  $10\mu\text{m}$  を目指した液滴微粒化手法の開発を行う。

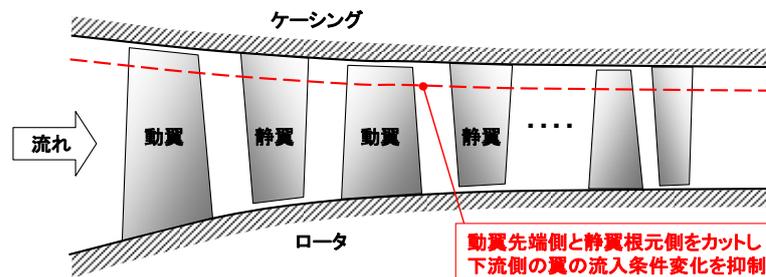


図 1 圧縮機 Tip カット模式図

(出典) 日立製作所提供資料

## 2) 高湿分タービン

これまで、高湿分冷却翼の開発を行ってきたが、AHAT システムを長期運用するにあたり高信頼性を確保するためには、大気温度が低い日等、吸気噴霧冷却を行わずにシステムを運用する可能性も考慮する必要がある。吸気噴霧冷却を実施しない場合は実施時に比べて圧力比が減少し、タービン翼の冷却空気供給量が減少する傾向になるため、翼のメタル温度が増加して信頼性が低下する恐れがある。

タービン流路内の流れの模式図を図 2 に示す。タービン流路内部ではフィルム冷却空気、シールリーク空気と主流ガスが混合し、タービン翼表面の熱流速の分布は複雑になることから、第 3 フェーズでは、これらの冷却空気の流動現象の評価手法を構築し、吸気噴霧冷却を行わない場合でも同等以上のタービン翼の信頼性を確保することができる熱負荷低減技術を開発する。

## 3) 高湿分燃焼器

ガス燃料の燃料多様化としては、ボイルオフガス、コークス炉ガス、高炉ガス等の未利用燃料や、将来的には発酵ガス、消化ガス、バイオマスガス化ガスの利用が考えられるが、当面は天然ガス等の既存燃料との混焼が主と考えられる。

よって、要素技術開発として、多様な燃料について混合率を変えた際の燃料と高湿分空気の混合均一性、燃焼特性について検証する。

## 4) 高湿分再生熱交換器

表 3 に示すように、40MW 級総合試験装置では再生熱交換器単体コア容積を 3MW システム検証機に比べて 1.7 倍にサイズアップし、更に大きな出力となる実証機に対応するために、3MW システム検証機から 3 倍のサイズアップを図る必要がある。

再生熱交換器本体容積を大きくすることにより再生熱交換器の単体コア数増加の抑制とアセンブリのコンパクト化を達成するため、再生熱交換器単体コアの大型化を行うとともに、それに伴う熱

応力を低減するための技術開発を行う。

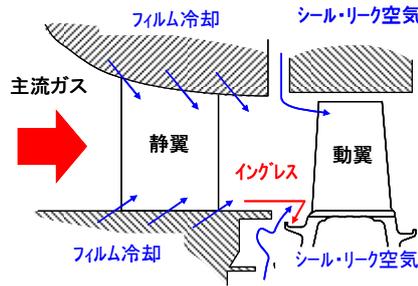


図 2 タービン流路内の流れの模式図  
(出典) 日立製作所提供資料

表 3. 各段階における再生熱交換器コアの比較  
(出典) 日立製作所提供資料

	3MW 級 システム検証機 (Phase1)	40MW 級 総合試験装置 (Phase2)	実証機 (Phase3)
再生熱交換器単体コア容積 (m3) ( )内の値は 3MW 用を 1 とした場合の容積比率	0.6 (1)	1.0 (1.7)	1.8 (3.0)
再生熱交換器単体コア必要数 ( )内の値は 3MW 容積で 換算した場合の本体必要数	4 (4)	10 (16.8)	32 (98)

2. 実施内容に AHAT のスケールアップ技術が含まれているが、そもそも中小容量機をターゲットとしているのにスケールアップを考える理由を説明していただきたい。

(回答)

AHATがターゲットにしている中小容量機とは100~200MW (100MW級) 程度の出力帯であり、実証機は150MWを計画している。

これまで水回収装置については3MW検証機で検証を完了し、また、タービンや燃焼器等については40MWの総合試験装置で検証を行う予定だが、これらを単純に大きくしただけでは、流体の分布が明らかでないため、個々の性能が発揮できない可能性がある。

したがって、AHATシステムの長期信頼性を確認することを目的とした実証試験では、3MW級または40MW級から100MW級へのスケールアップが必要になる。

3. 資料5-1 のp.16 の本事業の実施・推進体制に関し、事業の推進(進行管理、評価、計画の見直し等)について、経済産業省と実施事業者の責任・役割の分担と実施事業者における体制を明確にするとともに、経済産業省の責任者及び権限について説明していただきたい。

(回答)

図3に本事業の実施体制を示す。経済産業省では、事業実施課の課長(電力基盤整備課長)が責任者であり、事業を行う際、事業の公募や採択、事業監督、事業評価(中間評価及び事業終了時の事後評価)実施に関する権限を有する。また、事業評価については、産構審評価小委員会に提出することで事業実施課の事業評価及び施策が適切か判断している。なお、本事業では、産構審評価小委

員会において、基本的に3年毎の中間評価と事業終了時の事後評価を行うが、事業開始4年目の実証機建設前にこれまでの成果を踏まえた中間評価を行い、補助率を含めた事業の見直しを行うこととする。

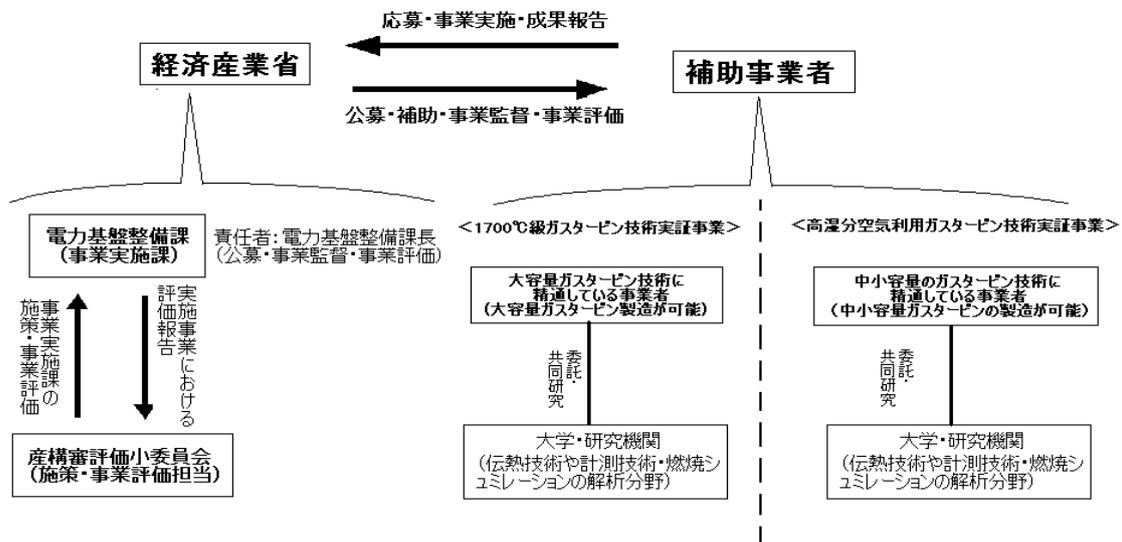


図3. 事業推進体制と各代表の役割  
(出典) 電力基盤整備課にて作成

個別事業における実施体制については以下の通りである。

<1700℃級ガスタービン技術実証事業>

本事業では、これまでの技術開発実施の観点より、大容量ガスタービン技術に精通している事業者を想定しており、特に大容量ガスタービンの製造が可能である事業者がプロジェクトリーダーになると考えられる。プロジェクトリーダーは国との窓口であると同時に事業の主体者であり、事業の成果報告を義務づけている。また、産学官の推進にはプロジェクトリーダーが主体となって技術開発に取り組む。なお、大学・研究機関は伝熱技術や計測技術、シミュレーション解析技術の分野において秀でているものの参加を想定している。

<高湿分空気利用ガスタービン技術実証事業>

本事業では、これまでの技術開発実施の観点より、中容量または小容量のガスタービン技術に精通している事業者を想定しており、特に中容量または小容量ガスタービンの製造が可能である事業者がプロジェクトリーダーになると考えられる。プロジェクトリーダーは国との窓口であると同時に事業の主体者であり、事業の成果報告を義務づけている。また、産学官の推進にはプロジェクトリーダーが主体となって技術開発に取り組む。なお、大学・研究機関は伝熱技術や材料技術、非定常状態における流体シミュレーション解析技術の分野において秀でているものの参加を想定している。

4. 既に第一フェーズ、第二フェーズで8年を費やし、設計の基礎データは蓄積しているので、今後9年の実証期間は長過ぎると考えられるが、その妥当性について説明していただきたい。

(回答)

本事業は、燃焼ガスの高温化やこれまでにない発電システムの提案を行っており、この達成の為には、従来にない要素技術の研究開発や長期信頼性の確認が必要不可欠である。

1700℃級ガスタービン技術は熱効率 57%の未知の領域への挑戦であり、実証試験前に問 1 に記載した技術のブレークスルーが必要である。これら技術を確立するためには、これまでの研究の実績から、設計、製造、検証のステップを踏む必要があり、4 年間の要素技術開発が必要と判断した。

高温分空気利用ガスタービン技術は、発電サイクルに係る各技術の長期信頼性を確認する必要があることを産構審評価小委員会で指摘を受けており、評価手法等の信頼性確保のための技術開発や AHAT 状態の機器の性能確認を行う。機器の性能確認は相当時間を要することから、設計、製造、検証のステップが必要であるため 4 年間の要素技術開発が必要と判断した。

一方、各技術ともシステム全体の環境性や経済性、長期信頼性は各技術開発の成果だけでは判断することが困難なため、実証機による検証が必要であり、実証機に係る設計、建設、試験・検証のステップを踏む必要があることから、5 年間の実証試験が必要と判断した。

---

5. 資料5-1 の p. 12 に示されている2012～2015 年の4 年間の技術開発事前技術検証を経て実証機設計を行う計画と、p. 16 に示されている3 年ごとに中間評価を行うことの整合性を整理していただきたい。

(回答)

中間評価の実施については、問3で説明する。

---

6. 大容量機（1700℃級）と中小容量機（AHAT）の両者の開発を一緒に進めることによって相乗効果があるものなのか、全く別物の研究なのか。相乗効果があるとすれば、開発手順の工夫等によって、もう少し短期化できないのか説明していただきたい。

(回答)

大容量機の技術開発は燃焼温度の高温化に伴う技術開発であり、中小容量機の技術開発はこれまでとは違う新たな発電サイクルの提案に係る技術開発であるため、両者の研究内容に関連性はない。

---

7. 燃料費削減によって、発電コストを抑えられることになったとしても、高価な設備を導入することによって固定費用がかかり、経済性が悪化することにならないのか説明していただきたい。

(回答)

<1700℃級ガスタービン技術実証事業>

発電設備の出力当たりのコンバインドサイクルの機器価格を図 4 に示す。1700℃級ガスタービンでは、単位出力当たりの価格を、従来と同程度とする事を目指している。図 5 に示すとおり、発電量あたりの固定費用は、そのスケールメリットから、大型の発電設備のほうが安くなる傾向がある。超高温ガスタービンを用いたコンバインドサイクルでは、燃焼温度を高めるほど、出力を大きく出来るメリットがあり、1500℃級⇒1600℃級では、約 400MW⇒約 460MW（60Hz 機の場合、同じメーカー同士で比較）であり、相対的に固定費を下げる事が可能である。

なお、大型の発電所では、単機あたりの出力を大きく出来ることにより、台数を少なく出来るメリットがある。

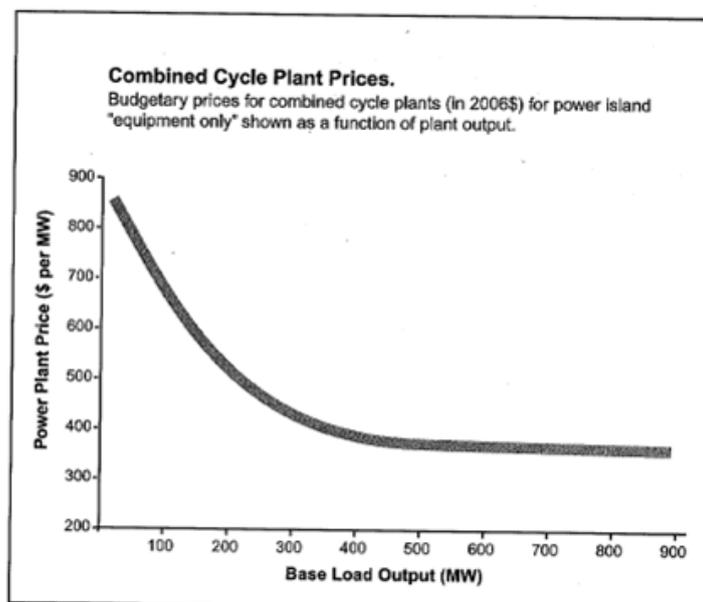


図4. 発電コストの比較(コンバインドサイクル)  
(出典) Gas turbine World 2008より

<高湿分空気利用ガスタービン技術実証事業>

AHATは同規模のコンバインドサイクルと比較して同程度以下の固定費になるように目指している。特に、AHATは蒸気タービンがない等、システム構成がシンプルであるため、工期を短くすることができ、相対的に初期投資を抑えることが可能である。また、構成機器が少ないため、コンバインドサイクルと比較して、修繕費等のランニングコストも抑制できる可能性がある。

8. 技術開発事前技術検証が終わった段階で、国の補助が必要かどうか再検討する仕組みになっているのか説明していただきたい。

たとえば、最初の4年間の費用のいくらかは国が補助し、残りの期間も継続して補助するかどうか(または補助額を増やすか減らすか)は、4年が終わった時点の成果をみて再検討する、といった対応が必要ではないのか。(長期にわたるプロジェクトであるので、打ち切り、見直しなどの可能性があることも明記しておくべきではないか。)

(回答)

事業の見直しについては問3で説明する。

9. 1%の効率向上のために、国が3分の2を負担することが妥当であるかどうかを説明していただきたい。

(回答)

56%の熱効率は、これまでの開発水準から達成可能と見込まれるが、57%の熱効率は現時点では世界最高の目標であると同時に未知の領域であり、問1に示した要素技術のブレークスルーが必要となる。これは民間事業者のみでは達成が非常に困難であり、産学官連携で取り組む必要がある。

さらに、火力発電の高効率化に係る技術開発は、我が国のエネルギー政策に係る重要施策であるため、これらを考慮して補助率を3分の2とする。

10. AHAT について、コンバインドと比較して、どのくらい負荷追従性に優れているのかを、その裏付けとなるデータの提示を含めて説明していただきたい。

(回答)

図 5 に、3MW 級検証機のコールド状態からの起動データを示す。ガスタービンの起動指令後、約 40 分でガスタービン排ガス温度は定格温度に達し、増湿塔への加湿水の切替も完了する。その後、再生熱交換器とエコマイザが順次暖機され加湿水温が上昇すると、増湿塔での加湿量が増加し、起動指令後約 60 分(点火後約 50 分)で発電出力が最大に達する。3MW 級検証機では、試験機であることから負荷上昇を手動にしたため、負荷上昇カーブが蛇行している。したがって、点火、定格回転数到達までの時間短縮、負荷上昇を自動化することで自動時間を 60 分よりも短縮できるものと考えられる。

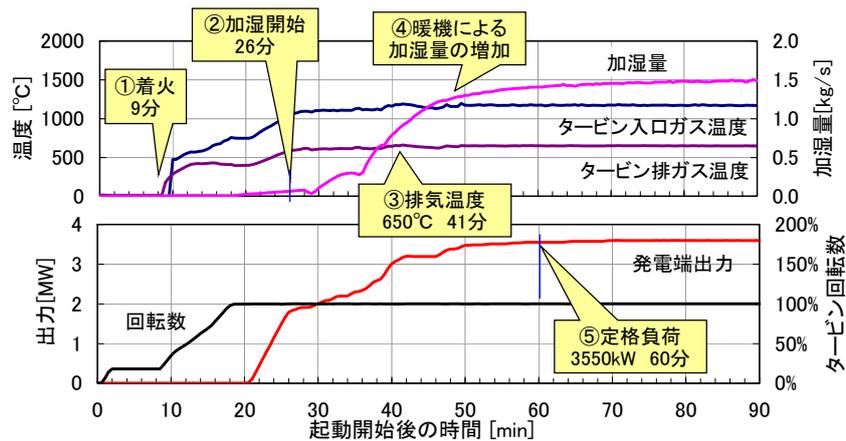


図5 3MW級検証機のコールド状態からの起動データ  
(出典) 第38回日本ガスタービン学会定期講演会論文集 C4. (2010)

一方、表5に、AHATの運用性能の目標値とそれぞれのサイクルにおける運用性の比較を示す。コンバインドサイクルは、ガスタービンの起動と、ガスタービン排ガスにより排熱回収ボイラを暖機しその後、排熱回収ボイラで発生した水蒸気を一定時間、蒸気タービンに通気して、蒸気タービンの主要構造部を暖機するプロセスが必要となる。主要構造部の暖機が完了してから蒸気タービンの昇速、負荷上昇を開始するため、コンバインドサイクルは、定格出力に達するまで、起動指令後3時間(コールドスタート時)程度を要する。また、負荷変化率について、コンバインドサイクルと比較して大きいことから、負荷追従性が高いと言える。さらに、最低運用負荷については、コンバインドサイクルと比較して小さいことから、需給に合わせた幅広い出力調整が可能であると言える。

表5 AHATの運用性 (10万kW級ガス焼き発電の比較)

○: ベース、◎: 優、△: 劣

項目	AHAT(目標値)	GT-SC	GT-CC	従来汽力
		◎	◎	○
起動時間(分)	ホット	10~20	60	180以上
	コールド	10~20	180	180以上
負荷変化率(%/分)	◎ 8.3~10	◎ 8.3~10	○ 5	△
最低運用負荷(%)	◎ 25	○ 20~50	△ 50	◎ 20
系統連携対応	○ LFC	○ LFC	○ LFC	◎ GF&LFC
部分負荷効率(HHV%)	◎ 43~51	△ 28~40	○ 40~50	△ 38~40

11. 大容量ガスタービン及びAHAT 各々について、実用化された際に、国内及び海外において、どれだけの市場規模が見込まれるのか示していただきたい。

(回答)

日本国内の電源構成推移の想定を図6に示す。電力需要の増加に伴うLNG及び石炭火力の新設、増設に加え、ボイラ焚き火力のリプレースを考えた場合、リプレース市場が活発化すると考えられる。

また、図7に示す世界のエネルギー需要予測の中で、ガスはシェールガスなどの非在来型ガスの掘削技術が開発されたため、天然ガスの増産により今後も需要拡大が見込まれる。

一方、ガスタービンの世界総生産額の予測を図8に示す。180MW以上の大容量機や50-180MWの中小容量機の生産額は今後も安定することが予想され、2019年において、大容量機では年間約5000億円、中小容量機では、年間約4000億円の市場が見込まれる。

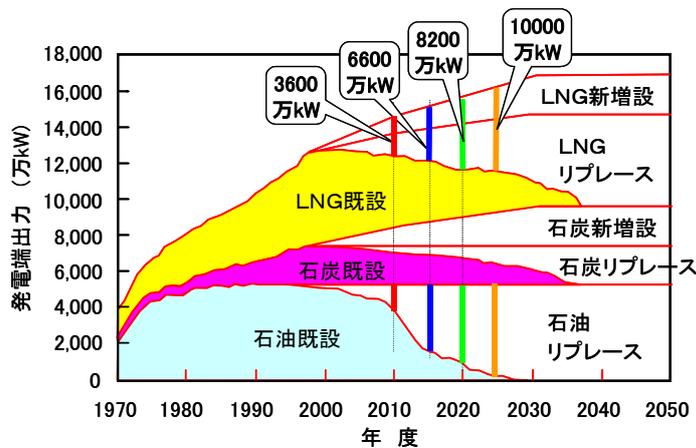


図6 わが国における電源構成の推移

(出典) 電力中央研究所「第18回エネルギー未来技術フォーラム」(1999. 11. 2)

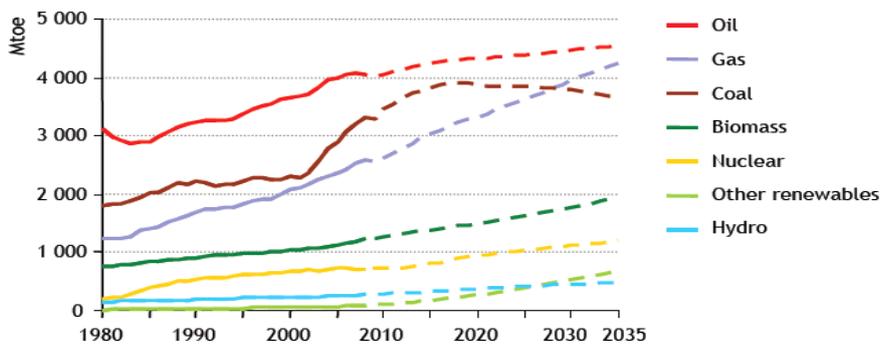


図7 世界エネルギー需要予測

(出典) IEA World Energy Outlook 2011

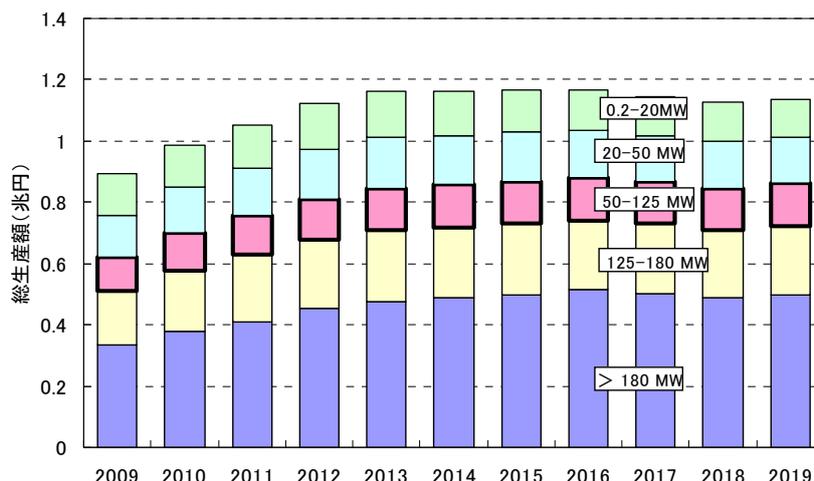


図8 ガスタービンの世界生産額予測  
(出典) Turbomachinery Intl. 2009/10 Vol. 50 No. 6

12. これまでの大容量ガスタービンの開発成果は、どれほどの経済的効果をもたらしたと評価されているのか。これまでのプロジェクトでの経験が生かされたプロジェクト計画になっているのか。国内のリプレース需要だけを考えるとよいのか説明していただきたい。また、今後、老朽化した火力発電設備がすべて新しい火力発電設備にリプレースされるとは考えにくく、自然エネルギーなどへの転換も進むとすれば、将来、高効率ガスタービンに対する需要がどれほど見込まれるのか。よりチャレンジングな技術になるほど、成功確率も下がり、研究開発の収益性も下がるのではないか。当該実証事業による成果は、他産業の技術力向上にどのように活かされると期待されるのか説明していただきたい。

(回答)

過去の国家プロジェクトにより開発された、現在主流の1500℃級ガスタービンについては、これまでに国内では、約70台が導入されるとともに欧米等の海外へも約250台が展開・普及している。また、1500度級ガスタービン技術は、現在の1700℃級ガスタービン開発の基礎となっている。

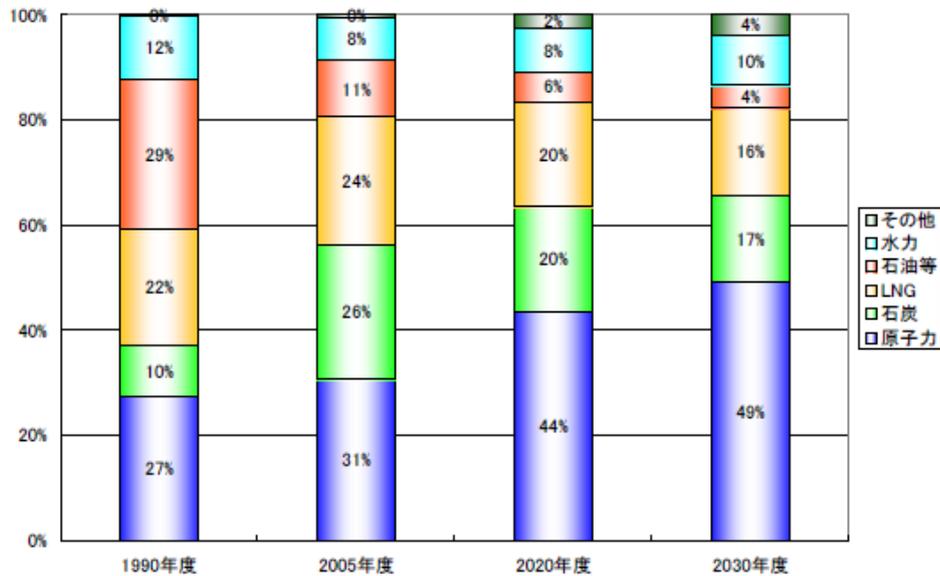
今後は、国内のリプレース需要もさることながら、海外の新增設・リプレース需要も含め、シェアを獲得し、国益につなげる必要があると考える。

一方、図9に示すように、2007年に経済産業省で策定した長期エネルギー需要見通しでは、2030年に向けて環境負荷低減のため原子力及び再生可能エネルギーを中心としたエネルギー構造を想定していた。しかし、東日本大震災の影響により、原子力発電への依存度を見直す中で再生可能エネルギーはもちろんのこと、CO2排出量の低減に配慮した高効率の大規模な火力発電導入促進への期待が高まっている。また、太陽光や風力など天候に左右される再生可能エネルギーの導入促進には、系統安定化のための負荷追従性に優れた電源が必要であり、この観点からも高効率火力発電の役割は重要になると考える。

この技術は、世界でも例がない挑戦的な技術開発であり、それに伴う開発リスクは高い。しかし、当該補助金を通じて開発リスクを低減するとともに、産学官連携によるオールジャパンで取り組む体制にすることで本技術を確立してまいりたい。この技術が確立されれば、問11に述べたような市場が見込まれるので収益性はあると考える。

さらに、本事業の成果は、既存のコンバインドサイクルの効率向上だけではなく、次世代火力発電技術であるIGCCやIGFCの効率向上につながると同時に、耐熱材料の開発やエンジン等への波及効果も期待できると考える。

### 【最大導入ケースの発電電力量の構成】



※最大努力ケース：技術的ポテンシャルを最大限見込んだ省エネ効果を見込んだ場合

図9 発電電力量の長期需要見通し  
(出典) 経済産業省「長期エネルギー需給見通し」(2007)

13. 欧米も技術開発に国を挙げて取り組んでいるとのことだが、日本の技術が将来的に、世界各国に売れるものになるのか、これまでの開発成果が世界での販売にどれほど結びついているのかという点について示していただきたい。また、開発段階から、外国企業も参加させたり、海外研究機関も含めた産官学連携の必要性はないのか説明していただきたい。

(回答)

過去に1500℃級ガスタービンの開発を行い、製品化したが、これまでに国内では、約70台が導入されるとともに欧米等の海外へも約250台が展開・普及している。

したがって、技術が開発されれば、リプレース需要も含め、国内外への波及効果は大きいと考えられる。

一方、海外研究機関の本事業への参加は、我が国が海外と技術開発競争をしている事を考慮すると、我が国独自の技術が流出した場合、海外との技術競争に対する優位性がなくなる可能性が高い。そのため、事業実施はオールジャパンとして開発する必要がある。

14. 大容量機(1700℃級)と中小容量機(AHAT)の開発とを合わせた事業費が算出されているが、具体的な費用構成(大容量、中小容量の別、実証試験の段階別におけるプラント等の建設費、機器整備費、研究開発費、人件費等の費用区分)がわかる資料を提出していただきたい。

(回答)

<1700℃級ガスタービン技術実証事業>

各技術開発に必要な金額(国費)の年次展開を図10に示す。

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	各技術に要する金額 (百万円)
項目										
<b>先端要素技術</b>										
高性能冷却システム	180	150	150	200						680
高遮熱超厚膜遮熱コーティング	180	150	150	200						680
超高性能サイクル	20	20	20	50						110
超高性能タービン	180	150	150	200						680
高機能構造技術	60	50	50	200						360
高性能シール・高性能軸受	90	80	80	200						450
境界層制御高性能圧縮機	180	150	150	200						680
非定常制御燃焼技術	180	150	150	200						680
<b>革新基礎技術</b>										
先進製造技術	170	150	150	150						620
超高温強度評価技術	60	50	50	50						210
特殊計測技術	120	100	100	200						520
高精度・高機能検査技術	60	50	50	50						210
高性能ダンパ・振動制御技術	60	50	50	100						260
<b>実証試験</b>										
設計					750	250	250	250	250	1750
製造						2000	2000	1000	100	5100
工事								1000	150	1150
運転試験									1000	1000
合計(百万円)	1540	1300	1300	2000	750	2250	2250	2250	1500	15140

図10. 1700℃級ガスタービン技術実証事業に係る費用の年次展開

<高湿分空気利用ガスタービン技術実証事業>

各技術開発に必要な金額（国費）の年次展開を図11に示す。

項目	2012年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
高信頼性化要素技術	①高湿分圧縮機	・高負荷対応二次元翼 ・吸気噴霧液滴の蒸発促進技術							
	②高湿分タービン	・主流ガス熱負荷低減技術							
	③高湿分燃焼器	・燃料多様化、カーボンニュートラル技術							
	④高湿分再生熱交換器	・大型化、熱効率低減技術							
試験	⑤1/3スケール総合試験装置	・運転特性評価 ・装置改造、高信頼性要素技術の検証							
	⑥実証機設計	・スケールアップ技術開発							
実証機	⑦実証機				設計	製作	試験・検証		
	機械装置費	470	639	307	105	3,087	7,875	2,211	333
労務費	119	100	100	87	404	189	205	0	0
外注費	69	100	100	100	80	140	145	0	0
諸経費	312	260	260	260	69	8	291	9,837	9,837
予算(百万円)	970	1,099	767	552	3,640	8,212	2,852	10,170	10,170

図 11. 高湿分空気利用ガスタービン技術実証事業に係る費用の年次展開

15. 実施体制の詳細（どのような事業者、研究機関が参加すると想定されるのか）についての資料を提出していただきたい。

（回答）

実施体制の詳細については、問3で説明する。

16. 海外の動向についての詳細（資料によれば、EU は2005 年までCAME-GT があったが、その後どうなっているのか。米国のHEETは期間も長く費用も大きい、EU のCAME-GT は期間も6 年と今回の高効率ガスタービン技術実証事業よりも短期間で、事業費用も小さい。こういったところに差があるのか。）についての資料を提出していただきたい。

（回答）

米国のHEETプロジェクトや欧州のCAME-GTのプロジェクトで得られた成果を実用化した例については、現時点では公開された情報はない。

また、現時点で、関係事業者が公開している情報を元に聴取を行ったところ以下の見解を得た。

- ・ 欧米メーカーが2011年に発表した最新機種の効率レベルは、55%であること。
- ・ 過去の実績では、欧米メーカーは発表時点が、開発開始時期に近い事が多く、発表後実機での達成には最低でも数年を必要としたこと