

環境調和型コージェネレーションシステム

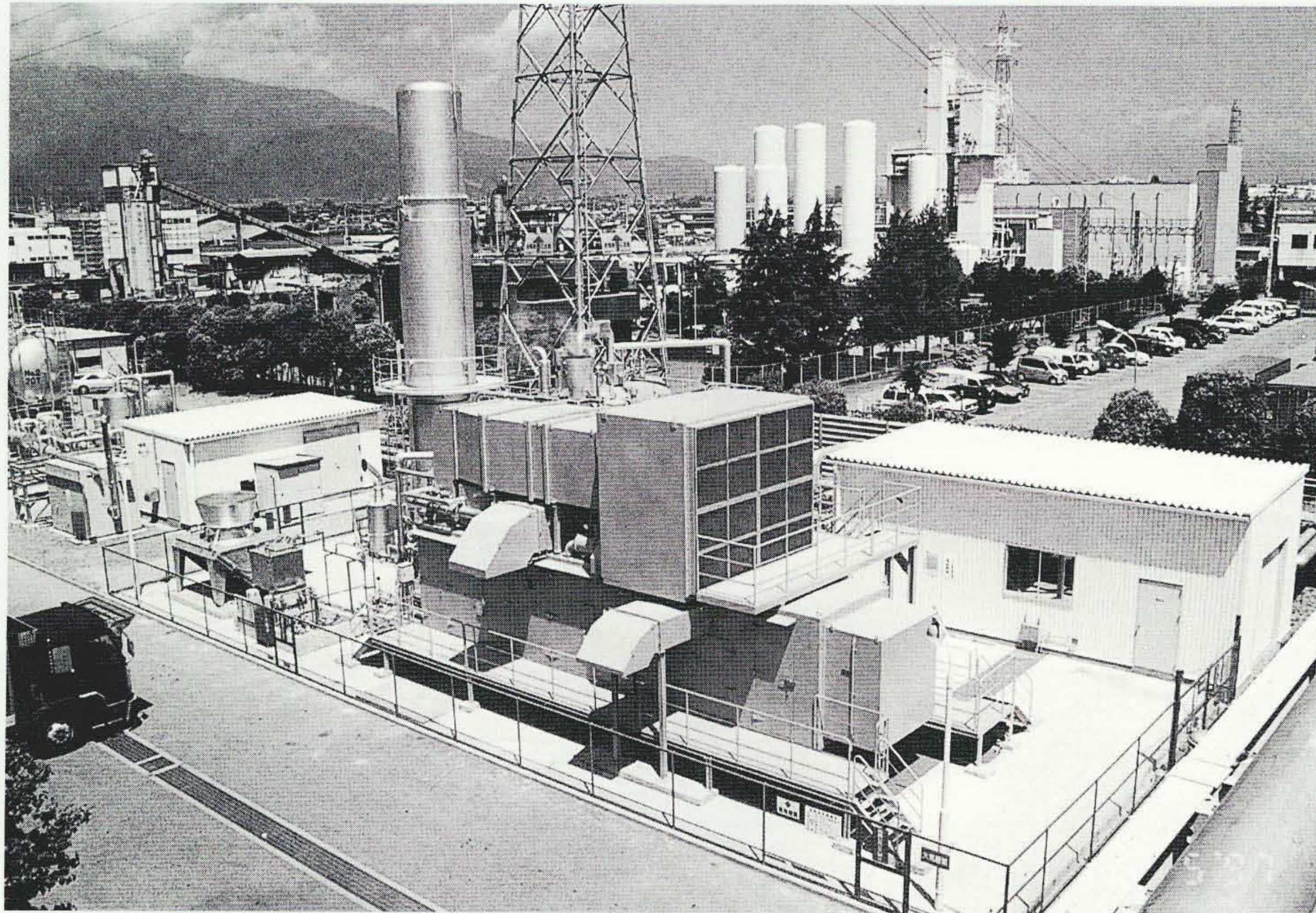
Environmentally-Friendly Co-generation Systems

石垣幸雄 Yukio Ishigaki

梅内 功 Kô Umeuchi

国天道治 Dôji Kokuten

三村英之 Hideyuki Mimura



テルモ株式会社甲府工場
納めLPG(純プロパン)燃焼
7 MW級ガスタービン コー
ジェネレーションシステム
7 MW級ガスタービン+排
熱回収ボイラと、75t LPGタ
ンク2基を納入し、電力と蒸
気を供給している。蒸気二
次噴射方式を採用すること
により、発電出力アップと
NO_xの低減を図っている。

CO₂削減など国家レベルで推進されている地球温暖化防止に代表されるように、環境対策は、今後ますます強化されるものと予想される。

電力については、エネルギー需要の伸びとともに、供給不足が懸念されており、分散電源や昼間のピークカット対策が力説され、負荷平準化の推進が図られている。また、省エネルギー法の改正などでエネルギーの原単位の継続的削減が求められており、この対策の一つとしてコージェネレーションの普及が期待されている。

コージェネレーションは、規制の緩和、システムのコンパクト化、運転やメンテナンスの簡素化、また小型ガスタービンの開発や主要機器の信頼性向上などにより、普及してきた高効率の発電システムである。

日立製作所は、1992年10月、日立事業所内に4 MW級ガスタービンコージェネレーションシステムを完成した。以来、システムや燃料の多様化などで実績をあげ、環境問題にも貢献している。

1 はじめに

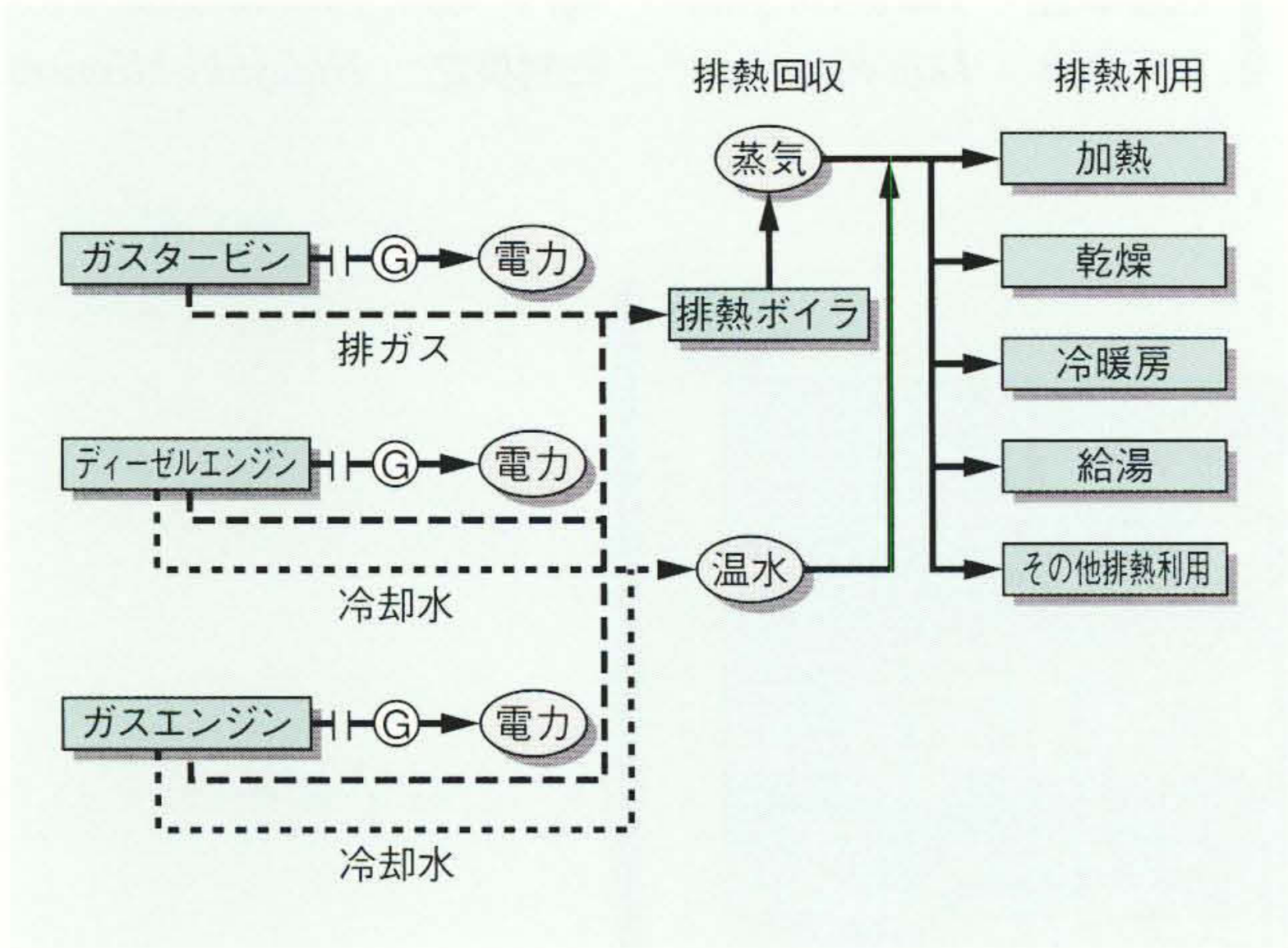
日立製作所は、電力需要の増大や地球環境問題に対応するため、産業用ガスタービンを使用する高効率発電システムの導入検討を行い、1991年にAGT社〔ALSTOM Gas Turbines：旧European Gas Turbines(EGT)〕とパッケージ契約を締結した。以来、5 MW級と7 MW級ガスタービンの拡販を図り、現在に至るまで26台の納入実績がある。また、この実績を積み上げる過程で、各種システム形態への対応や多くの技術的改良、改善を実施

してきた。

ここでは、それらのシステムと、環境負荷低減方法について述べる。

2 コージェネレーションシステムの概要

コージェネレーションシステムとは、発電そのものに加え、排熱を回収してこれを有効利用するシステムである。加熱、乾燥、冷暖房、給湯などの熱負荷のある工場やビルなどに適用することにより、発電・熱の総合効率が約70～80%程度となる効果がある。



注：略語説明 G(発電機)

図1 コージェネレーションシステムの概念
いずれも発電のほかに排ガスと冷却水の排熱回収を利用するシステムである。

コージェネレーションシステムの導入により、(1) 契約電力低減による電力料金の削減、(2) 省エネルギー、(3) 環境負荷低減、(4) 発電設備の分散化などのメリットがある。すなわち、自家発電設備を設置することにより、電力系統の事故停電時などでも、重要負荷電源の安定供給確保が可能となる。非常用電源としてのメリットもあって、広く採用されている。

コージェネレーションを原動機の種別で分類すると、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジンなどがある。

コージェネレーションシステムの概念を図1に示す。

3

日立製作所のガスタービン
コージェネレーション ビジネスの特徴

事業用の発電所に使用されている大型、重構造なガスタービンを「重構造型(Heavy Duty)」と言う。日立製作所は、1966年にガスタービン事業を始めて以来、産業用重構造型のガスタービンを採用している。産業用重構造型は、連続常用仕様が基本であり、寿命、保守性に優れている。

なお、ガスタービンには、重構造型のほかに、航空機用として設計、製造されたものや一部改造して産業用とした「航空機転用型」と、その中間的な「軽構造型」と称するものがある。

日立製作所は、事業用火力発電システムで培ったノウハウに基づいた高信頼性システムを構築し、日立事業所に、システム信頼性の実証を目的とした産業用コージェ

表1 AGT社製ガスタービンの主な仕様
定格出力は、使用燃料および蒸気・水噴射によって変動する。

機 種		5 MW級 (Typhoon*1)	7 MW級 (Tornado*2)
型 式		単純開放一軸	
構 造	圧 縮 機	軸流10段	軸流15段
	タービン	軸流2段	軸流4段
	燃 焼 器	缶型6個	缶型8個
起 動 装 置		油圧モータ起動	
定 格 出 力 (15℃)		4,700～4,900 kW	6,200～6,900 kW
発 生 蒸 気 量 (1 MPa)		約11 t/h	約13 t/h
総 合 効 率 (%)		70～80	65～75
燃 料		都市ガス、LPG(純プロパン)、 特A重油、灯油	

注：*1、*2 “Typhoon”および“Tornado”は、AGT社の商品名称である。

表2 納入実績のあるガスタービン コージェネレーションシステムの仕様

標準仕様としては、都市ガス、排熱回収ボイラ、蒸気噴射による低NOx化、屋外設置である。

項 目	内 容
ガスタービン型式	Typhoon, Tornado
燃 料	都市ガス、LPG(純プロパン)、特A重油、灯油など
ボ イ ラ 型 式	排熱回収ボイラ、追い焚(だ)き式排熱ボイラ、既設ボイラのリパワリング
N O x 低 減 方 式	一次蒸気噴射、水噴射、脱硝装置
電 気 出 力 向 上 策	二次蒸気噴射、吸気冷却システムなど
低 騒 音 設 計	85 dB(A)および75 dB(A)低騒音型エンクロージャ

ネレーション設備の初号機を1992年に導入した。以来、コージェネレーションシステムや、リパワリングシステムなどのガスタービンシステムを提案している。

5 MW級と7 MW級ガスタービンの主な仕様を表1に、納入実績のあるガスタービン コージェネレーション システムの仕様を表2にそれぞれ示す。

3.1 燃料の多様性への対応

これまで使用してきた種々の燃料の特徴について以下に述べる。

(1) ガス(都市ガス13 A)

大都市圏内での使用、特に油燃料と比較して、環境負荷を低減する燃料である。都市ガスは、ガス圧縮機で昇圧してガスタービン燃焼筒内に噴射し、燃焼させる。ガスは、液体燃料に比べてガスタービンの高温部品の損傷が小さく、ガスタービンに適した燃料である。地域によってガスの供給圧が異なり、それにより、ガス圧縮機の

容量が変わる。

(2) LPG(純プロパン)

一般産業用のガスタービンでは、都市部では都市ガスを使用し、地方では液体燃料を使用するのが主であった。しかし最近では、地方でも排ガス規制が厳しくなっており、LPGを望む顧客が増えている。

(3) 特A重油

使用する燃料によって性状が若干変わり、アスファルテンなどの混入割合が異なるが、燃料フィルタを複数挿入し、残さを取り除く方法などが取られている。また、主燃料タンクの清掃や、使用燃料の成分チェックを定期的に行うことを推奨している。液体燃料は、ガスに比べて高温部品の損傷が大きく保守費用に難点¹⁾はあるが、燃料単価が安いという特徴がある。

(4) 灯油

灯油は、A重油と比較すると粘性が低く、燃料ポンプの寿命を著しく短縮する。このため、灯油を熱交換器で水冷却し、粘度を増すことにより、寿命を延ばす方法を採用している。

3.2 NO_x対策

NO_x対策には次の方式が採用されている。各方式の相違点について以下に述べる。

(1) 水噴射方式

水噴射方式とは、燃焼筒に純水を噴射してNO_xを低減する方法である。蒸気噴射方式と比べると、若干ではあるが、水の性状によってはタービンプレードを腐食するので、水の管理が重要となる。

(2) 蒸気一次噴射方式

蒸気一次噴射方式とは、過熱蒸気を燃焼筒内に噴射してNO_xを低減する方法である。ボイラの蒸気圧および温度を必要噴射圧力、温度まで上昇して行う。

(3) 蒸気二次噴射方式

蒸気二次噴射方式とは、過熱蒸気を燃焼器(燃焼筒の外)に吹き込んでNO_xを低減する方法である。蒸気一次噴射方式よりも出力がアップする。ただし、NO_x値は若干高めとなる。蒸気の使用量は約5 t/hで、蒸気一次噴射方式の倍である。運用上、電力負荷が高い場合は二次噴射とし、蒸気負荷が上がる場合には一次噴射に切り替えることも可能である。

(4) 脱硝装置

大都市では環境規制がさらに厳しくなり、ガスタービン本体だけでは対応できない場合がある。そのような場合には、ボイラに脱硝装置を設置してNO_xの低減を図る。

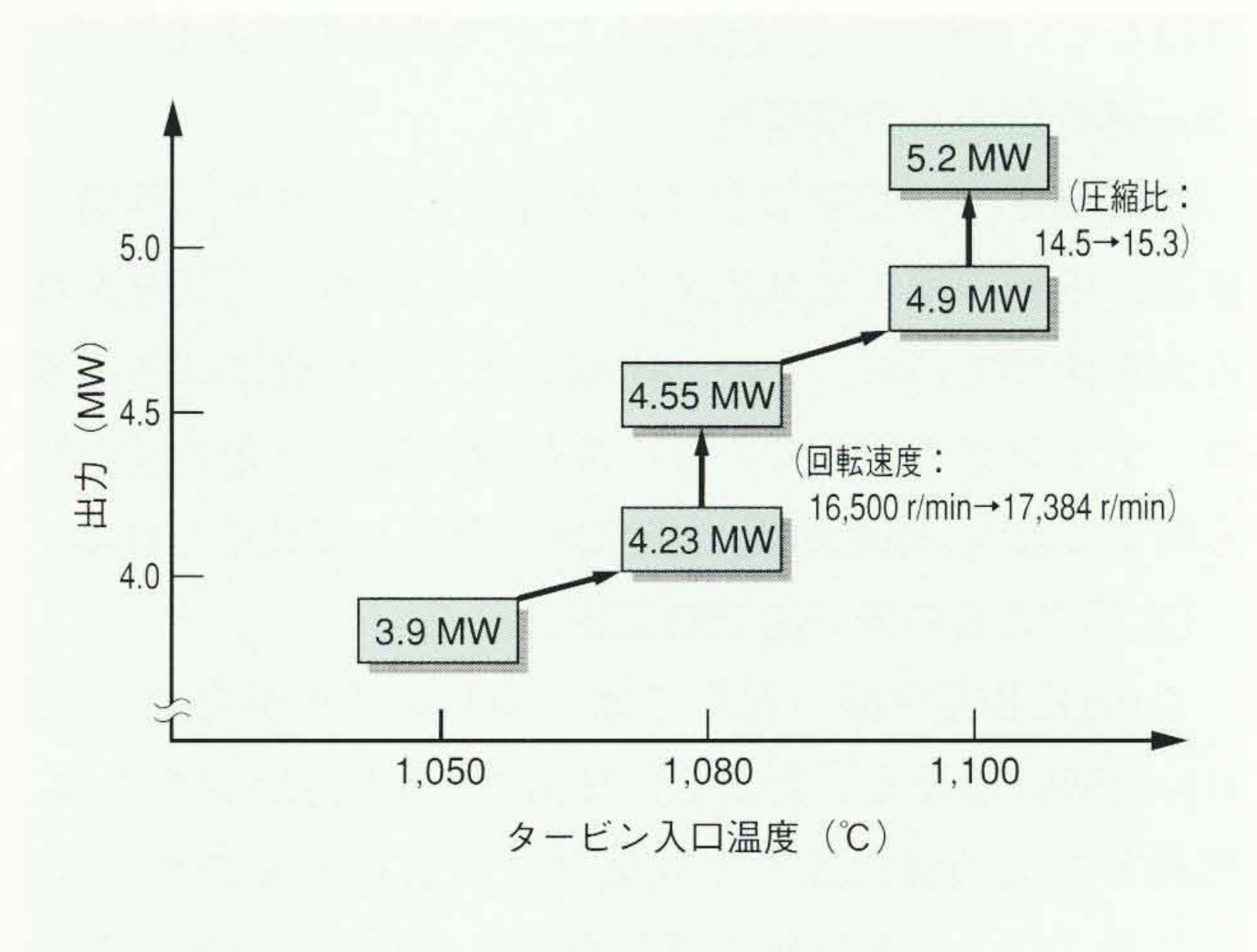


図2 Typhoonの技術開発の流れ

効率の向上を目的として、現在も改良を図っている。

3.3 ガスタービンの発電出力の向上

当初、4 MW弱の発電出力であったガスタービン“Typhoon(タイフーン)”では、その後改良を加え、現在では5 MW程度の出力が可能となった。Typhoonの技術開発の流れを図2に示す。

Typhoonでは、導入当初と比較すると、燃焼温度上昇、回転数の約10%上昇、および圧縮比の増大を図っている。これによって発電出力と効率を向上させているが、結果として高温部品の寿命を短縮させている傾向がある。高温部品の寿命については、実績の蓄積により、材質の変更や構造の改良などによって長寿命化を図っている。

4 環境との調和に向けた技術

4.1 DLE燃焼器

環境との調和を図るために、NO_x低減の方式としては、従来、蒸気噴射方式もしくは水噴射方式がとられていた。新たに開発し、水や蒸気が不要であるDLE(Dry Low Emissions：乾式低NO_x)燃焼器の特徴について以下に述べる。

(1) 燃料・空気を予混合する希薄燃焼方式

予混合された燃料・空気混合ガスは渦巻流を形成し、中央部分で完全に混合され、燃焼する。燃焼空気の約60%が予混合に使用される。

(2) 燃焼器個別の点火装置

Typhoonには6個の燃焼筒がある。従来はクロスファイアチューブにより、1か所の点火で次々と火炎が燃え移り、点火するものであった。DLE方式では、チューブ

ではなく、6個の各燃焼筒ごとに点火装置を備えている。

(3) 燃焼筒の二重壁構造

燃焼筒は、二重壁のシリンダ構造としており、外側の壁は、内側の壁のガス流体を冷却するため、空気を入れる穴を開けている。また、内側の壁の火炎側には熱遮断コーティングを施している。冷却空気は、両方の壁の間を端まで流れ、燃焼用混合空気の一部として使用される。

DLE燃焼器の概略構造を図3に示す。

このDLE燃焼器の実績では、 NO_x レベルが約15 ppm ($\text{O}_2=15\%$)となる。ただし、 NO_x とCOの排出レベルは、燃料と空気の混合比率と吸気温度に依存することから、ガスタービンの部分負荷運転を行うと NO_x が上昇することがあり、 NO_x の低減可能負荷は50%以上としている。現在、燃料はガスだけを使用している。

DLE燃焼器を適用したシステムでは、蒸気または水を使用しないことから、総合効率がこれまでのものよりも高くなる。Typhoonでは、発電効率が約29%、熱効率が約51%となり、従来に比べて総合効率で約7~10%向上している。

5 おわりに

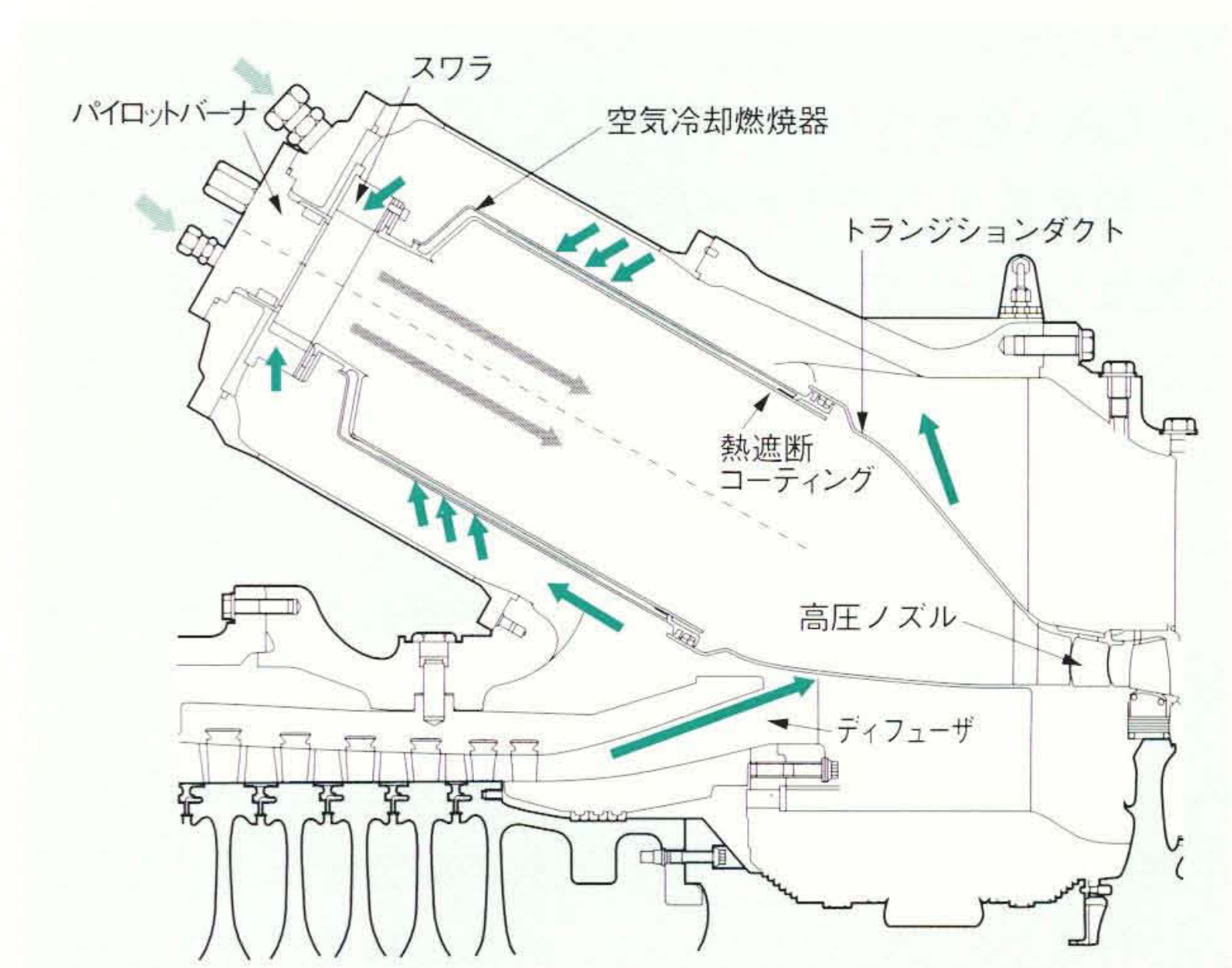
ここでは、日立製作所が取り組んでいる産業用ガスタービンコージェネレーションの概要について述べた。

コージェネレーションシステムは、高効率で環境負荷の少ない分散型発電システムであることから、産業分野のユーザーに広く受け入れられており、さらに普及するものと考ええる。

日立製作所は、これまでの実績を踏まえ、AGT社エンジニアの日立事業所駐在、および日立地区と中部地区への拠点構築を推進し、納入後のメンテナンスについては、交換部品に関するデータ蓄積の充実を図っている。今後、安定した連続運転のできるコージェネレーションシステムの確立と、メンテナンスへの対応の向上に努めていく考えである。

参考文献

- 1) 社団法人火力原子力発電技術協会：火力原子力発電必携，p. 459(平成9年度版)



注： (燃料), (空気), (混合ガス)

図3 DLE燃焼器の概略構造

水や蒸気を不要とする希薄燃焼方式である。

執筆者紹介



石垣幸雄

1975年日立製作所入社，電力・電機グループ 日立電機本部 所属
現在，AGTコージェネレーションビジネスのシステム取りまとめ業務に従事
E-mail：ishigaki @ cm. hitachi. hitachi. co. jp



国天道治

1972年日立製作所入社，電力・電機グループ 日立品質保証部 所属
現在，AGTコージェネレーションビジネスの信頼性向上業務に従事
E-mail：kokuten @ cm. hitachi. hitachi. co. jp



梅内 功

1969年日立製作所入社，電力・電機グループ 産業システム事業部 エネルギーソリューション本部 プロジェクト部 所属
現在，コージェネレーションほか，自家発電設備の取りまとめ業務に従事
E-mail：umeuchi @ cm. head. hitachi. co. jp



三村英之

1990年日立製作所入社，システム事業部 産業・流通システム本部 プラントエネルギーシステム部 所属
現在，コージェネレーションを中心としたエネルギーシステムの拡販業務に従事
E-mail：mimura @ cm. head. hitachi. co. jp