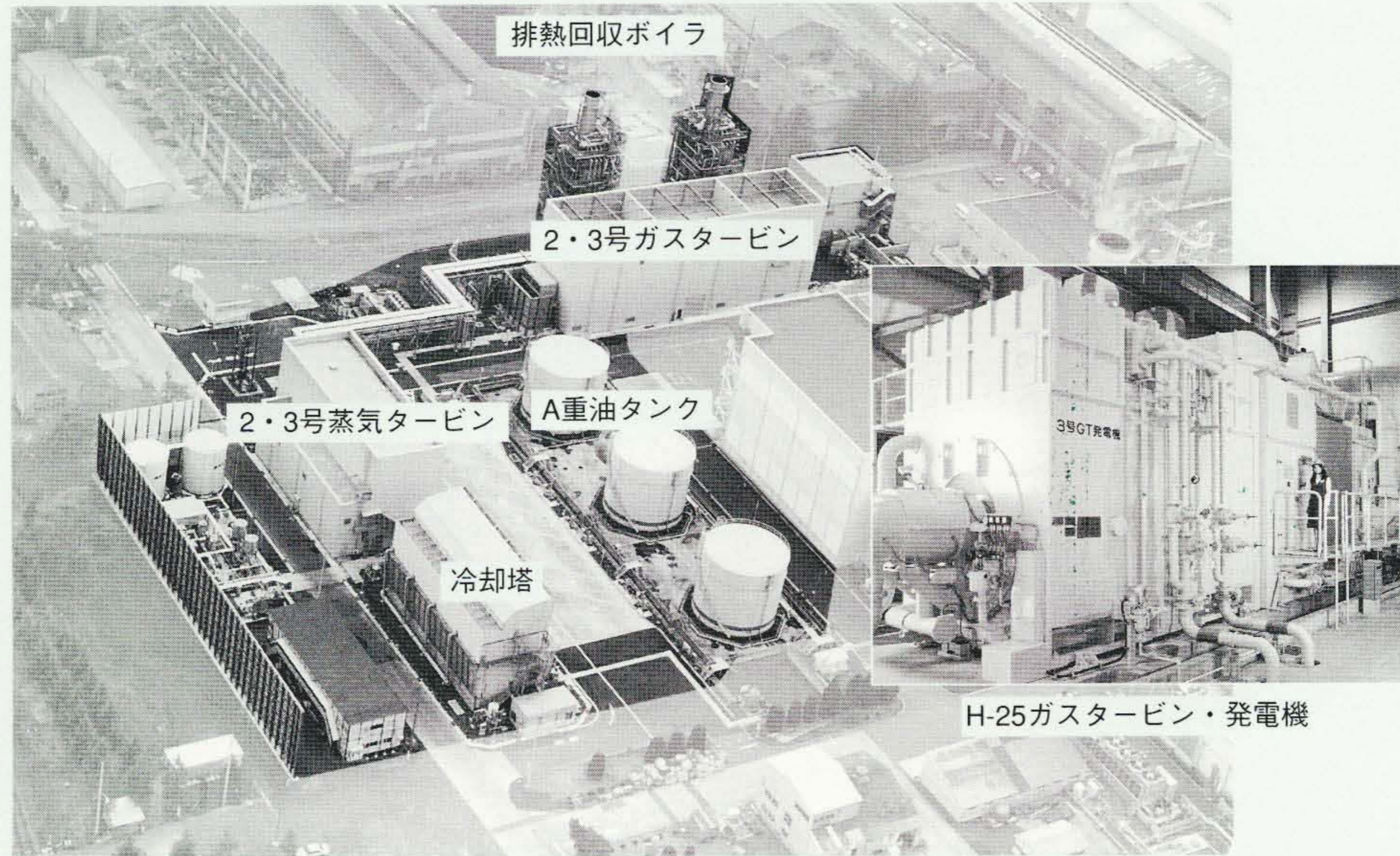


日立H-25高効率ガスタービンの現状と展望

Recent Operating Status and Prospects of High-Efficiency H-25 Gas Turbine

堀井信之 *Nobuyuki Horii*
寺西光夫 *Mitsuo Teranishi*



日立製作所日立工場勝田発電所2・3号機コンバインドサイクル発電設備

この設備は、H-25ガスタービンを使用した、総出力74 MWの最新鋭のコンバインドプラントである。1998年3月の運転開始後、順調に稼働している。

近年の省エネルギー化と地球温暖化ガス(CO₂)の全世界的な削減に対する強い要求により、ガスタービン発電設備にはいっそうの高効率化が求められている。高効率化を達成する方法としては、(1) ガスタービンの排熱を回収し、蒸気タービンとの組合せによるコンバインドサイクル発電プラントと、(2) 熱併給システムと組み合わせたコージェネレーションシステムがあり、これらは、今後とも発電プラントの重要な一角を占めるものと考えられる。

日立製作所は、コージェネレーションシステムに対応するガスタービンとして25 MW級のH-25ガスタービンを自主開発し、これまでに国内で10台の納入実績を持っている。初号機は、コージェネレーション用として出光興産株式会社徳山製油所に納入した。1988年11月の運転開始後10年が経過し、総運転時間は約8万時間に達している。また、コンバインドサイクル用としては、自社の日立工場勝田発電所に2台納入しており、1998年3月の運転開始後、順調に稼働している。

H-25ガスタービンでは、タービン単体の標準性能として天然ガス燃料で出力26.9 MWを、熱効率で33.2%の高効率をそれぞれ達成している。また、天然ガス・灯油の二重燃料をはじめとする多品種燃料に対応していることから、その高い性能と信頼性を提供すると同時に、コージェネレーションやコンバインドサイクルなどの産業用発電分野の幅広いニーズにこたえることができる。

1 はじめに

日立製作所は、それまでの25 MWクラス日立-GE形MS5001ガスタービンの大幅な高効率化を図るため、1985年からH-25ガスタービンの開発を開始した。開発初号機は、種々の要素開発や確認試験を経た後、1988年に工場試験で無負荷および全負荷試験を行い、性能を確認後、現地据付け、試運転を経て、1988年11月に営業運転を開始した。以降、これまでの10年間でH-25ガスタービ

ンを国内に10台、スケールダウン設計したH-15ガスタービンを2台それぞれ納入し、信頼性向上に努め、運転実績を蓄積してきた。

この間にガスタービン発電設備を取り巻く環境では、省資源化に加え、全世界的なCO₂排出削減要求から、いっそうの効率向上が必要とされるようになった。さらに、電気事業法の改正によって卸電気事業の規制緩和が実施され、製油所をはじめとしてガスタービンを用いたコージェネレーションシステムへの需要が高まってきている。

ここでは、H-25ガスタービンの概要と運転実績、および将来の展望について述べる。

2 H-25ガスタービンの特徴

H-25ガスタービンの本体構造を図1に示す。H-25ガスタービンは一軸型であり、減速ギヤを介すことにより、50 Hzと60 Hz発電の双方に使用することができる。

H-25ガスタービンと、そのスケールダウン設計をしたH-15ガスタービンの仕様を表1に示す。H-25では、天然ガス燃料の標準性能で発電端出力26.9 MW、熱効率で33.2%〔LHV(Low Heating Value)〕という高性能をそれぞれ達成している。

2.1 圧縮機の構造

H-25ガスタービンの圧縮機は、高圧力比を得るために、軸流式17段としている。IGV(入口案内翼)は、起動特性の改善とコージェネレーションシステムやコンバインド

表1 H-25とH-15ガスタービンの主な仕様

性能値は大気温度15℃での発電端の数値を表し、吸気圧損88.9 mm H₂O、排気圧損63.5 mm H₂Oを含む。

項目	単位	H-25		H-15	
		天然ガス	軽油	天然ガス	軽油
燃料	—	天然ガス	軽油	天然ガス	軽油
出力	MW	26.9	26.3	13.8	13.5
熱効率(LHV)	%	33.2	32.6	31.0	30.6
定格回転数	r/min	7,280		9,710	
燃焼器出口温度	℃	1,260		1,260	
排気温度	℃	555		555	
入口空気流量	kg/s	88		49.4	
圧力比	—	14.7		14.7	
圧縮機	—	軸流式17段		軸流式17段	
燃焼器	—	多缶式10缶		多缶式6缶	
タービン	—	軸流式3段		軸流式3段	

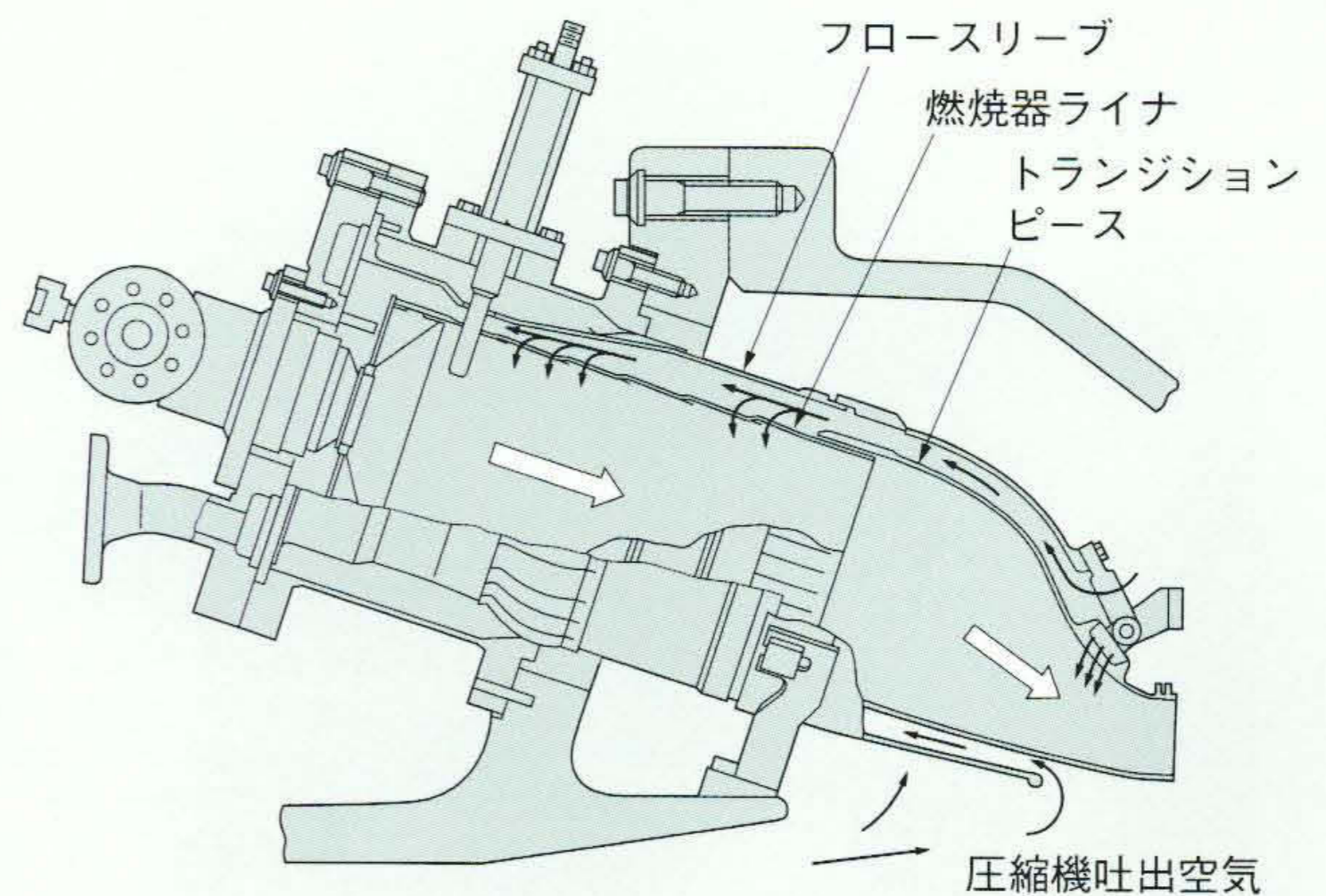


図2 H-25ガスタービン燃焼器の構造

燃料ノズルは、ガス・油の二重燃料に対応しており、エンドカバーからの蒸気噴射、または水噴射が可能である。

サイクル発電での部分負荷性能の改善を図るために、可変翼としている。また、起動時の抽気は6段と11段で行い、起動特性を改善するとともに、タービン部の冷却空気としても使用している。

H-25ガスタービンの圧縮機では、遷音速領域での性能の優れた翼形を採用して衝撃波損失の低減を図り、設計点で高性能を達成している。開発段階では、翼列試験とスケール機によるモデル圧縮機試験を実施して、起動時旋回失速特性や部分負荷から全負荷までの性能と信頼性を確認し、実機設計に反映している。

2.2 燃焼器の構造

燃焼器はH-25形で10缶、H-15形で6缶それぞれ配置し、高温化のために種々の冷却技術を使用している。

燃焼器の構造を図2に示す。

燃焼が実際に行われる燃焼器ライナは、フィルム冷却

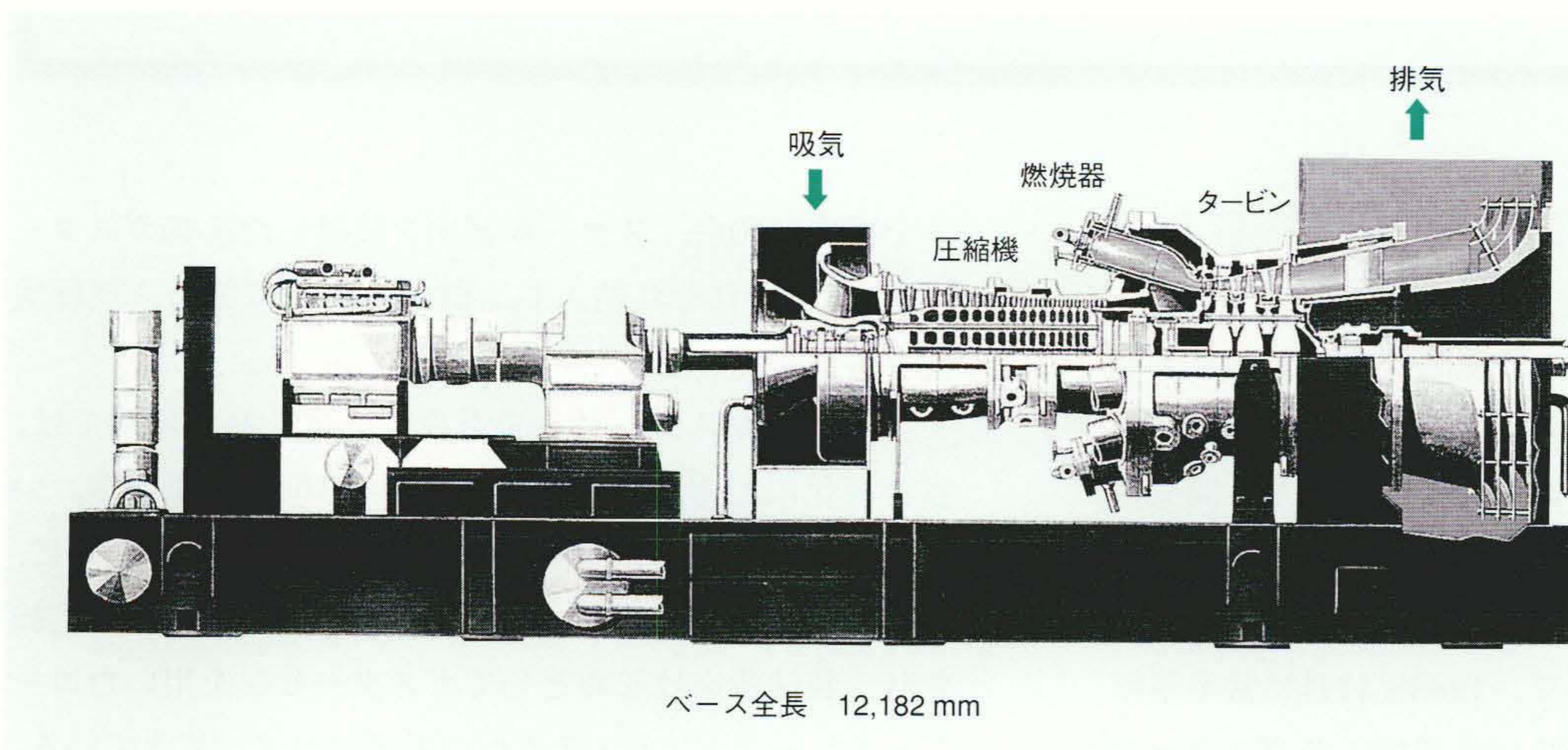


図1 H-25ガスタービン本体の構造

一軸型であり、17段軸流圧縮機、3段軸流タービン、および燃焼器10缶で構成している。

と対流冷却を組み合わせて冷却を強化し、メタル温度を下げている。また、タービン部へ高温ガスを導くトランジションピースにも対流冷却を実施するとともに、熱負荷の高い部位にはフィルム冷却を行っている。内側には、TBC(熱遮へいコーティング)を実施し、メタル温度を低下させている。

燃料ノズルは油燃料、ガス燃料の二重燃料方式に対応しており、NOx低減対策として蒸気噴射または水噴射が可能である。

2.3 タービンの構造

タービンは軸流式3段であり、燃焼器出口温度1,260℃、圧力比14.7という高温・高負荷に対応している。タービン部の冷却では、第1段静翼と第1,2段動翼の冷却空気として圧縮機の吐出空気を使用し、第2段静翼には圧縮機11段抽気、第3段静翼には圧縮機6段抽気からの空気をそれぞれ使用している。

特に厳しい温度条件にさらされる第1段静翼と動翼には、最新の冷却技術を採用している。タービン第1段静翼と第1段動翼の冷却構造を図3に示す。

第1段静翼では、インピンジメント冷却、フィルム冷却および後縁部のピンフィン冷却を組み合わせ、翼のメタル温度を許容値以下に維持している。さらに、材料には、熱疲労特性と補修性に優れたコバルト基合金を使用している。

一方、第1段動翼では、リターンフロー式の冷却流路内に突起状のタービュレンスプロモータを設けて熱伝達率の向上を図り、高い冷却効率を達成している。後縁部には、静翼と同様にピンフィン冷却を採用している。ま

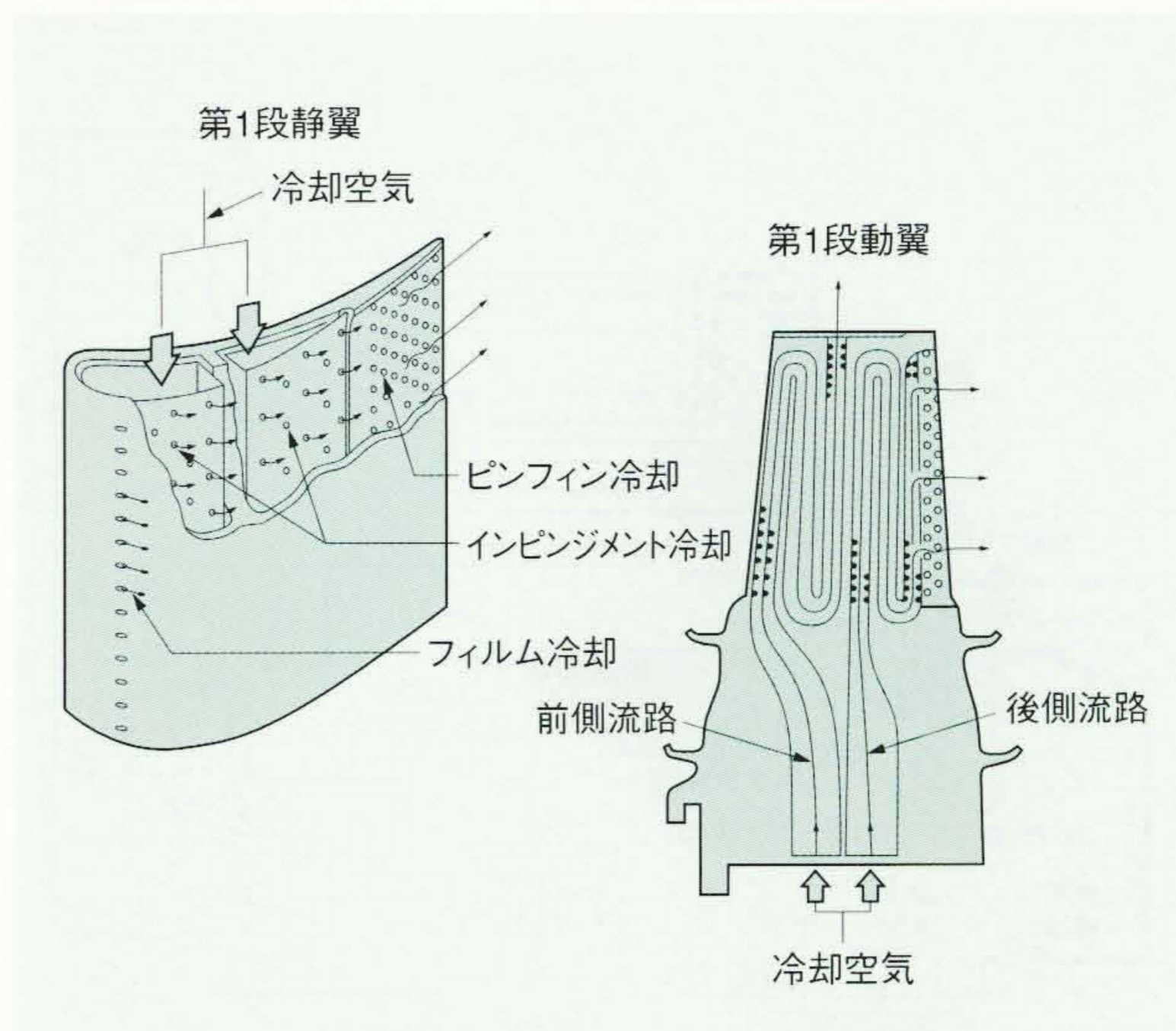


図3 タービン第1段静翼・動翼の冷却構造
冷却空気は圧縮機出口から供給される。各種冷却技術の組合せにより、メタル温度を許容値以下に抑えている。

た、動翼材料として高温強度に優れたNi基合金を採用し、翼部には耐腐食合金コーティングを施している。

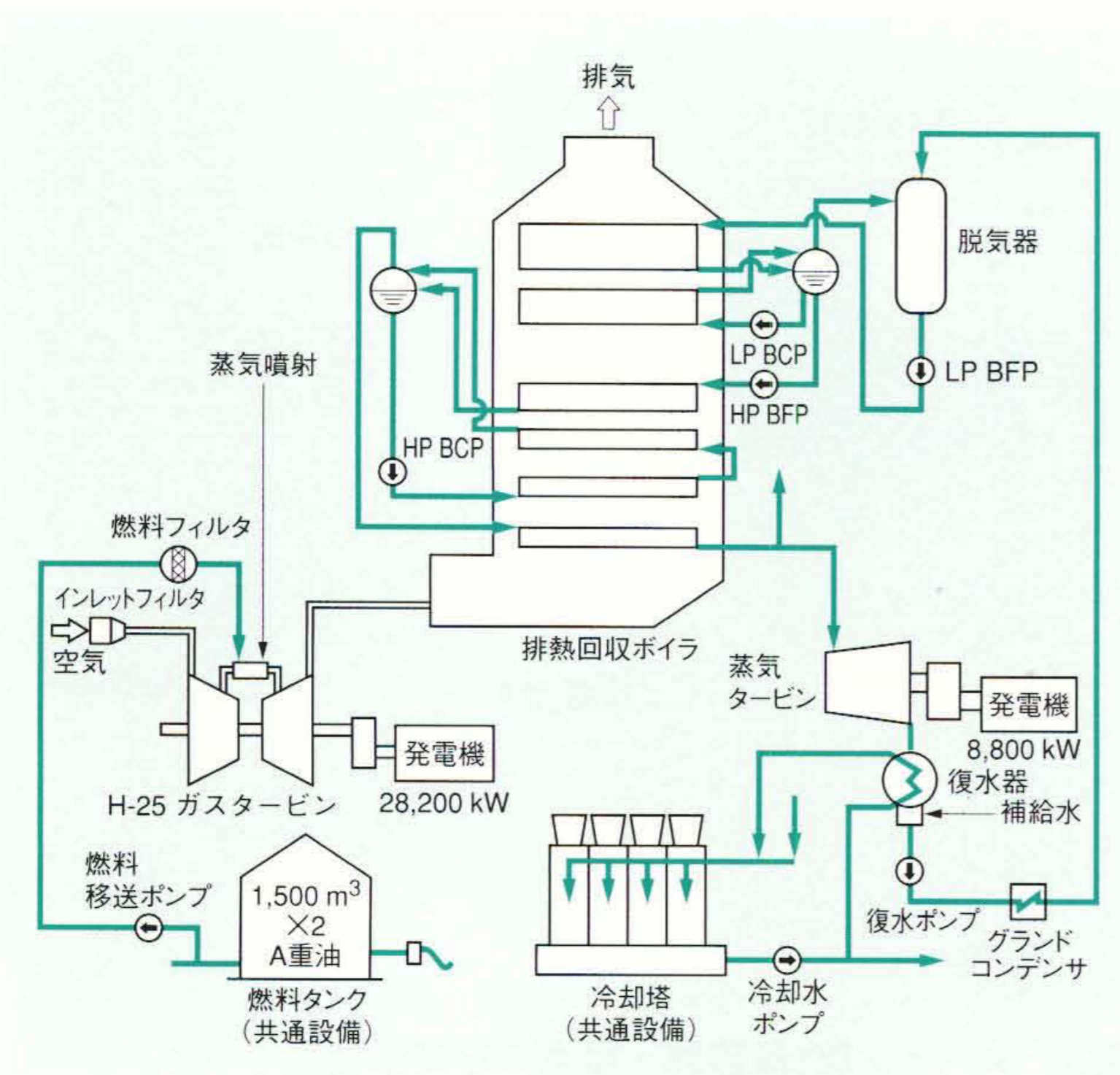
3 H-25ガスタービン運転状況

H-25とH-15ガスタービンの運転実績を表2に示す。
H-25の初号機は出光興産株式会社徳山製油所にコージェネレーションシステム用として納入した。1988年11月の運転開始後10年が経過し、総運転時間約8万時間となった現在も順調に稼動している。開発が終了し、本格的な実機運用開始後の約3年間は若干の初期不具合があったものの、それ以降現在に至るまで7年間の平均信頼度

表2 H-25とH-15ガスタービンの運転実績

天然ガス・灯油の二重燃料をはじめとして、多品種燃料に対応している。また、多様なプラント形式に対応する中で、平均92%以上の稼動率を達成している。

納入先	形式	プラント形式	燃料	運転開始時期	運転時間(h) (時点)
出光興産株式会社徳山製油所	H-25	コージェネレーション	A重油・液化石油ガス	1988年11月	79,492(1998年11月)
ゼネラル石油株式会社堺製油所	H-25	コージェネレーション	オフガス・灯油	1989年8月	68,337(1998年5月)
鶴崎共同動力株式会社鶴崎事業所	H-25	コージェネレーション	オフガス・分解ケロシン・A重油	1990年8月	62,805(1998年8月)
石炭ガス化技術研究組合	H-15	石炭ガス化複合発電設備	石炭ガス	1991年4月	1,643(1996年2月)
日立製作所日立工場	H-25	機械駆動用	軽油	1993年5月	3,417(1997年7月)
昭和四日市石油株式会社四日市製油所	H-25	コージェネレーション	オフガス・BBガス	1996年6月	15,571(1998年7月)
昭和四日市石油株式会社四日市製油所	H-25	コージェネレーション	オフガス・BBガス	1996年8月	16,475(1998年7月)
鶴崎共同動力株式会社鶴崎事業所	H-25	コージェネレーション	オフガス・分解ケロシン・A重油	1997年10月	8,268(1998年8月)
ゼネラル石油株式会社堺製油所	H-25	コージェネレーション	オフガス・灯油	1997年9月	5,726(1998年5月)
日立製作所日立工場勝田発電所	H-25	コンバインドサイクル	A重油	1998年1月	5,110(1998年11月)
日立製作所日立工場勝田発電所	H-25	コンバインドサイクル	A重油	1998年3月	3,888(1998年11月)
トヨタ自動車株式会社下山工場	H-15	コンバインドサイクル	A重油	1998年5月	1,957(1998年10月)



注：略語説明

- LP (Low Pressure)
- HP (High Pressure)
- BCP (Boiler Circulation Pump)
- BFP (Boiler Feed Pump)

図4 日立製作所日立工場勝田発電所2・3号機の系統図

ガスタービンの燃料には、硫黄分を低く抑えたA重油を使用している。

は99%以上、アベイラビリティ(稼働率)は92%以上であり、安定した信頼性を実証している。

H-25ガスタービンを使用した最新のコンバインドサイクル発電設備として、日立製作所の日立工場勝田発電所内2、3号機が1998年3月から運転を開始した。この発電設備は、ガスタービン認可出力28.2 MW(大気温度8℃)、蒸気タービン8.8 MW、2、3号機合計で最大74 MWの容量を持つ多軸型コンバインドプラントである。ガスタービンの燃料には硫黄分を低く抑えたA重油を使用し、NOxを低減するために、燃焼器に蒸気を噴射している。

プラントの系統図を図4に示す。

4 今後の展望

これまでの省資源化への要求に加え、地球温暖化防止会議の開催に見られるように、CO₂の排出削減は全世界的な重要課題となっており、発電設備の高効率化への要求は今後もますます強くなるものと予想する。さらに、電力の自由化による規制緩和も加わって、ガスタービン

を主器に据えたコージェネレーションシステムの市場規模は順調に拡大していくものと考えられる。

また、そのような事業環境の中で、ガスタービンは多様な燃料や運用条件に対しても、これまでの実績以上の信頼性を確保しながら、柔軟に適応することが必要となる。

5 おわりに

ここでは、H-25ガスタービンの概要と、現状の運転実績について述べた。

これまで納入したH-25ガスタービン10台とH-15ガスタービン2台の運転実績から、性能面と信頼性で満足する結果が得られている。今後も、コージェネレーションシステムの需要増加と、顧客の多様化するニーズに対応した発電システムの開発に注力していく考えである。

参考文献

- 1) 瀧花, 外: 最新の高効率ガスタービン, 日立評論, 72, 6, 527~534(平2-6)
- 2) 青木, 外: 高性能ガスタービン コージェネレーションプラント, 日立評論, 72, 6, 535~540(平2-6)
- 3) Kato, et al.: Development of a High-Pressure-Ratio Axial Flow Compressor for a Medium-Size Gas Turbine, ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 108, 233-239(1986-10)
- 4) Urushitani, et al.: Development of a New 25MW High Efficiency Heavy-Duty Gas Turbine H-25, ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 90-GT-72
- 5) Kumada, et al.: Development of High-Efficiency Heavy-Duty 25MW New H-25 Gas Turbine, Hitachi Review, Vol. 38, No.3(1989)

執筆者紹介



堀井信之

1992年日立製作所入社, 日立工場 タービン設計部 所属
現在, ガスタービンを用いた発電設備の計画に従事
日本機械学会会員, 日本ガスタービン学会会員
E-mail: horii@cm.hitachi.hitachi.co.jp



寺西光夫

1979年日立製作所入社, 日立工場 タービン設計部 所属
現在, ガスタービンを用いた発電設備の計画に従事
日本機械学会会員, 日本ガスタービン学会会員
E-mail: m_teranishi@cm.hitachi.hitachi.co.jp