

高効率ガスタービンH-80の開発

Development of Highly Efficient Gas Turbine H-80

村田 英太郎 齊藤 希

Murata Hidetaro Saito Nozomi

岩本 祐一 佐藤 鑑三

Iwamoto Yuichi Sato Kanzo

近年、地球環境問題がクローズアップされる中、既設コンバインドサイクル発電設備の高効率化による燃料消費量およびCO₂排出量の削減をめざし、リプレース向けガスタービンとして新たに2軸型の高効率ガスタービン「H-80」を開発した。

2009年1月から工場試験を開始し、同年6月までの期間で信頼性検証を実施して、計画設計に問題がないことを確認した。現地試運転では、ガスタービン本体および既設流用機器との組み合わせによる信頼性確認や所要性能の確認を実施し、それぞれの要件を満足することが確認でき、2010年1月8日に営業運転を開始した。

1. はじめに

建設から約20年を経過した1,100℃級ガスタービンを用いたコンバインドプラントは、最新のプラントと比較して効率が低く、稼働率も低下している。世界的なCO₂排出量削減の流れを受け、既存の発電プラントの効率向上およびCO₂削減のニーズがある一方、こうしたニーズに応えるガスタービン機種がなかったことから、日立グループはリプレース向けの機種として80 MW級／2軸型ガスタービン「H-80」を開発した（図1参照）。

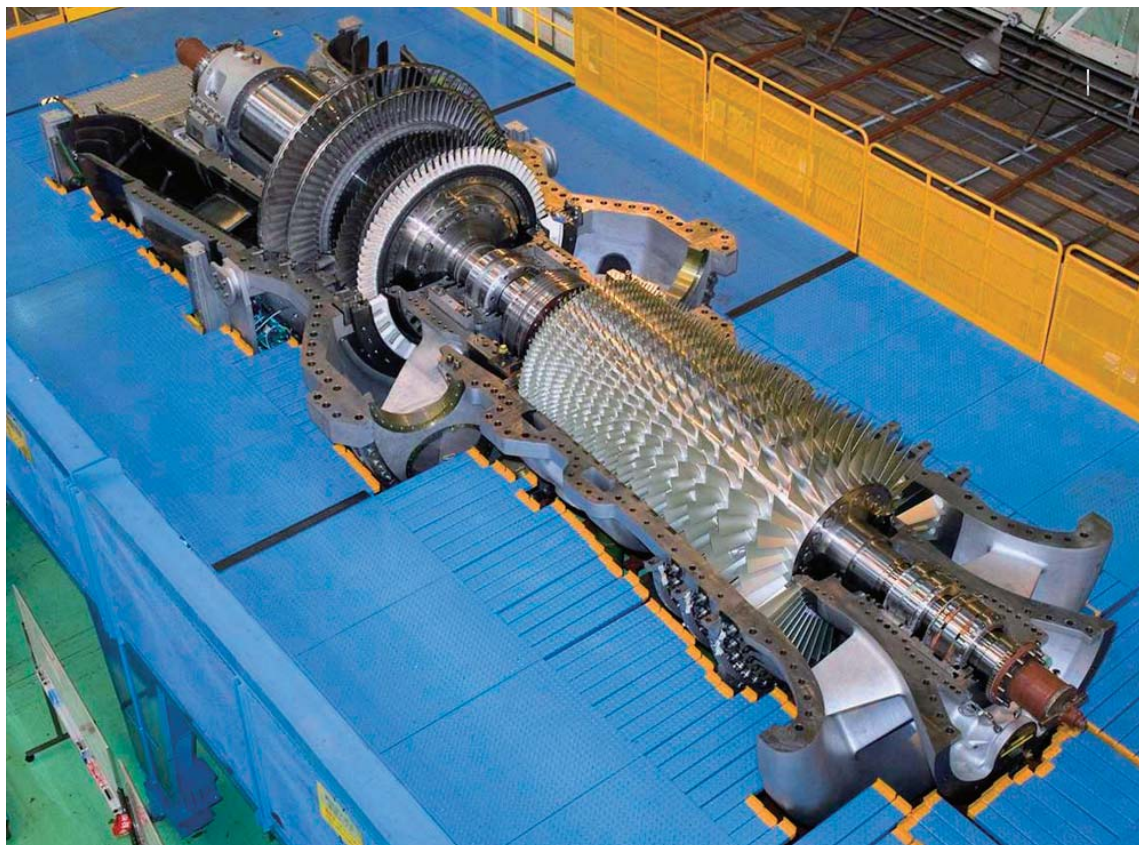


図1 | H-80ガスタービン

リプレース向けH-80ガスタービンの初号機は、九州電力株式会社新大分発電所1号系列第4軸向けに納入され、2010年1月から営業運転を開始した。

初号機は2009年1月から工場試験を開始し、同年6月までの期間で性能・設計検証を実施し、計画設計の妥当性を確認した後、九州電力株式会社新大分発電所1号系列第4軸向けに納入、2010年1月に営業運転を開始した。

ここでは、新たに開発したリプレース向け高効率ガスタービン「H-80」について述べる。

2. リプレースガスタービンの仕様

2.1 設計コンセプト

既設コンバインドプラントの性能向上をガスタービン設備だけで実現するためには、(1) ガスタービン以外の設備〔排熱回収ボイラ (HRSG: Heat Recovery Steam Generator)、蒸気タービン〕を流用するため、取り合いとなる排気温度と排気流量をほぼ同等にする、(2) 現状のスペースに収まるサイズとする、という条件を考慮する必要があった¹⁾。

この二つの条件を満たすガスタービンとして、以下のコンセプトで新たな機種的设计を行った (図2参照)。

(1) 燃焼温度を既設の1,100℃級から1,300℃級に上げる一方、排気温度を既存設備と同等に抑えるため、圧縮機の圧力比を12から17まで高める。

(2) 圧縮機はモデル圧縮機をベースに比例拡大設計することとしたが、排気流量を合わせるため、回転数は風量に適した4,580 rpmとする。

(3) 発電機の系統周波数を60 Hz (3,600 rpm) とする必要があるが、配置上、減速機を用いることができなかったため、タービンを高压と低压に分け、高压側を圧縮機と同じ4,580 rpm、低压側を発電機と同じ3,600 rpmとする2軸構成にする。

2.2 ガスタービンの基本仕様

リプレース機種の基本仕様を表1に示す。全世界に130台以上の納入実績がある30 MW級ガスタービン「H-25」²⁾をベースに、比例拡大設計により開発した世界最大級の容

表1 | H-80ガスタービン仕様

80 MW級ガスタービンとして最高レベルの効率である。

	H-80
ガスタービン型式	開放サイクル2軸式
圧縮機	軸流式17段
燃焼器	多缶式10缶、乾式低NO _x 燃焼器
タービン	軸流式4段 (高压2段+低压2段)
ガスタービン出力	89 MW
ガスタービン効率	38% (LHV)
定格回転数	4,580/3,600 rpm
圧力比	17
燃焼温度	1,300℃級
排気温度	530℃

注：略語説明 LHV (Lower Heating Value: 低位発熱量基準)

量を有するヘビーデューティ型2軸型ガスタービンである (表2、図3参照)。

圧縮機は、圧力比17に対応した17段の軸流圧縮機で、低負荷域での可変速運転に対応している。燃焼器・タービンといった高温部品の設計は、H-25ガスタービンの比例拡大を基本に類似構造を採用して信頼性を確保すると同時に、最新技術の適用によって性能の向上を図った。

また、環境への配慮から、燃焼器にはH-25ガスタービンなどで実績のある乾式低NO_x (窒素酸化物) 燃焼器を採用した。

一方、2軸型ガスタービン特有の課題として、負荷遮断時の低压タービン側の速度上昇が比較的大きくなる点が挙げられる。これは、1軸型では同軸で回転する圧縮機が負荷遮断時にブレーキの役割を果たして速度上昇が抑えられるのに対し、2軸型の低压タービンでは、圧縮機の軸とは切り離されているため、速度上昇しやすい傾向があるからである。そこで今回のガスタービンでは、低压タービンへの流入ガス量を低減するために圧縮機の吐出空気を系外に

表2 | 日立ガスタービンの納入実績

H-25ガスタービンは130台以上の納入実績がある (2010年4月現在)。

型式	出力	台数
H-15	16 MW	5台
H-25	31 MW	135台

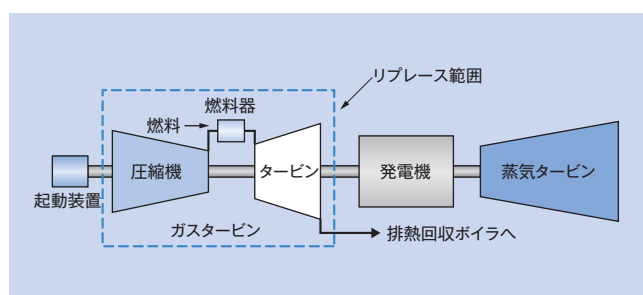


図2 | リプレースの範囲

改造範囲をガスタービン設備だけの最小範囲とし、他の機器は流用しながらコンバインドプラントの効率・性能向上を図っている。

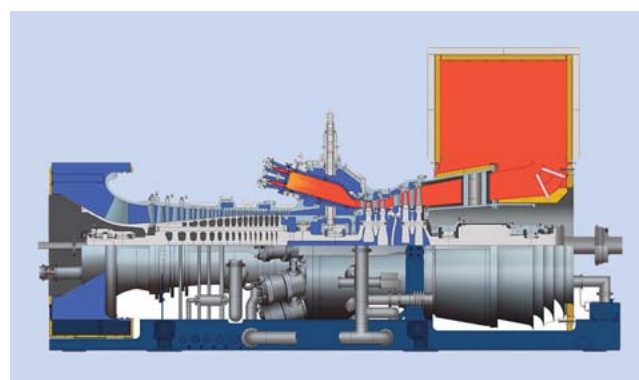


図3 | H-80ガスタービン

ヘビーデューティ型2軸型ガスタービンとしては、世界最大級の容量を有するガスタービンである。

表3 | リブレースによる性能向上例

ガスタービンだけのリブレースで約8%（相対値）の効率向上を実現する。

項目	単位	九州電力新大分発電所1号系列	
		現状	リブレース後
ガスタービン出力	MW	73.04	81.07
ガスタービン効率	% (HHV)	28.2	32.6
	% (LHV)	31.3	36.1
ガスタービン排気温度	℃	533	510
蒸気タービン出力	MW	38.4	33.93
プラント出力	MW	111.44	115.00
プラント効率	% (HHV)	43.0	46.3
	% (LHV)	47.7	51.3

注：略語説明 HHV (Higher Heating Value：高位発熱量基準)

排出するラインを設け、負荷遮断後に急速に抽気を行うと同時に燃料系統も急速に絞り込むといった制御を行い、速度上昇量の抑制を図った。

また、ガスタービンだけのリブレースに対応して、ガスタービンのサイズを既設のものと同等とするほか、補機も流用できるように配慮している。

2.3 ガスタービンリブレース後の性能

今回開発したガスタービンを適用した場合の性能向上例を表3に示す。プラント効率で約8%（相対値）の向上が可能である。

3. 検証試験

3.1 工場試験設備

2009年1月から工場試験を開始し、性能・設計検証を行った。工場試験にあたっては、社内の試験設備を一部改造し、駆動負荷として90 MW級の軸流圧縮機と組み合わせることで全負荷までの試験を可能とした。さらに通常の計器以外に数百点の特殊計測点を設け、運転状態を常時監視した（図4参照）。

表4 | 試験検証項目

工場試験と現地試験にて性能・機械的信頼性・運転・制御機能を確認した。

検証項目		工場試験	現地試運転
性能	●出力	○	○
	●効率	○	○
	●NOx（窒素酸化物）	○	○
	●空気流量	○	○
機械的信頼性	●軸振動	○	○
	●メタル温度	○	○
	●スラスト	○	○
	●燃焼安定性	○	○
運転・制御機能	●2軸制御	○	○
	●起動・停止	○	○
	●過速度試験	○	○
	●負荷遮断	(○)	○

3.2 試験結果

工場試験および現地試運転における試験検証項目を表4に、工場試験の軸構成を図5にそれぞれ示す。

工場試験では負荷圧縮機の動力を測定することによってガスタービンの出力を把握し、性能が満足することを確認した。起動・昇速試験、無負荷試験、負荷試験を通じてガスタービン各部の状態量（温度、圧力、振動など）を測定し、運転状態が計画どおりであることを確認した。

負荷圧縮機と反転ギア間のカップリングをシェアピン付きのカップリングに交換することで負荷遮断の模擬試験を行い、動特性シミュレーションによる予測とよく合うことを確認するとともに、現地条件で負荷遮断時の速度上昇が問題ないレベルである見通しを得た。

3.3 現地試験

現地の試運転は2009年10月から開始され、プラント定格出力115 MWおよび計画性能46.3%以上を確認した。環境性能についても、従来のNOxに対して大幅な低減を実現した。また、既設の流用機器（排熱回収ボイラ、蒸気ター



図4 | 工場試験の外観

社内設備を利用して全負荷試験を実施した。

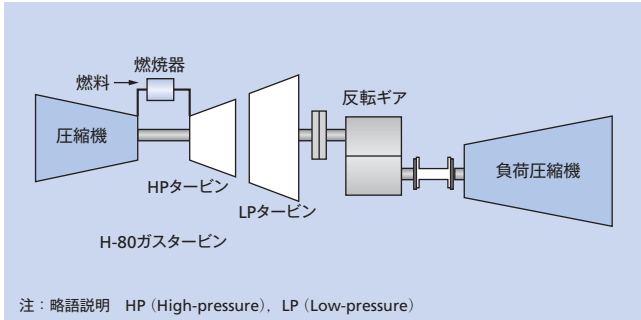


図5 | 工場試験の軸構成
負荷圧縮機によって動力を回収することで全負荷試験を実施した。

表5 | リプレース後の性能
当初の計画以上の性能向上を達成した。

	リプレース前	リプレース後	
	計画値	計画値	実機
プラント出力	115 MW (7℃)	115 MW (28℃)	116.53 MW (28℃)
出力増加量	ベース	+13.5% (相対値)	+15.0% (相対値)
プラント効率	43.0%HHV 47.7%LHV (15℃時)	46.3%HHV 51.3%LHV (15℃ 115 MW時)	46.4%HHV 51.4%LHV (15℃ 115 MW時)
効率向上量	ベース	+7.7% (相対値)	+7.9% (相対値)

ピン)とのマッチングの確認・調整を行い、プラントとしての運用性・信頼性が十分であることを確認した。

3.4 負荷遮断

2軸型ガスタービンの最大のポイントである負荷遮断試験は $\frac{1}{4} \sim \frac{3}{4}$ の各負荷ごとに実施し、速度上昇率が問題のないレベルであること、また動特性シミュレーションによる予測とよく合う結果であることを確認した。また過渡的な状況において、燃焼安定性も含め運転状態に問題がないことも確認された。

上記のような工場試験および現地試運転を通じて、性能・信頼性・機能について確認できたことから、H-80ガスタービン初号機は、九州電力新大分発電所1号系列第4軸にて、2010年1月8日から営業運転に入った。リプレース後の性能を表5に示す。

4. おわりに

ここでは、新たに開発したリプレース向け高効率ガスタービン「H-80」について述べた。

開発着手段階から、初号機納入先である九州電力株式会社の全面的なバックアップにより、工場試験・据付け(リプレース工事)・現地試運転を無事に完了することができた。今後、残りの5軸のリプレースを進めるほか、他サイトの既設コンバインドのリプレース工事も計画されている。このガスタービンのリプレースは、既存の設備を最大限に生かしつつ、燃料消費量・CO₂排出量削減など環境への負荷を低減できるものとして期待されている。

日立グループは、今後もH-80やH-25の性能改善を進め、省エネルギー、CO₂排出量削減に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 高瀬：新大分発電所1号系列における高効率ガスタービンへのリプレース，電気評論，2009年7月号
- 2) 荒井，外：日立H-25ガスタービンの特徴と適用例，日立評論，90，2，174～179 (2008.2)

執筆者紹介



村田 英太郎
1991年日立製作所入社，電力システム社 日立事業所 ガスタービン設計部 所属
現在，ガスタービンの基本計画・開発業務に従事



齊藤 希
1998年日立製作所入社，電力システム社 日立事業所 ガスタービン設計部 所属
現在，ガスタービンの基本計画・制御計画に従事



岩本 祐一
1996年日立製作所入社，電力システム社 火力事業部 火力技術本部 火力システム計画部 所属
現在，火力プラントのシステム計画業務に従事



佐藤 鑑三
1990年日立製作所入社，電力システム社 火力事業部 火力技術本部 火力技術部 所属
現在，国内火力発電設備の受注拡販，プロジェクト取りまとめに従事