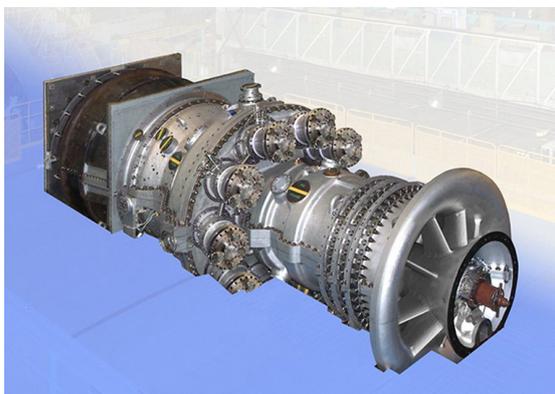


# 世界最大級高効率2軸型ガスタービン(H-100)

## World's Largest Class High-Efficiency Dual-Shaft H-100 Gas Turbine



三菱日立パワーシステムズ(株)  
エンジニアリング本部 電力計画部  
ガスタービン技術本部  
日立ガスタービン技術部

H-100 ガスタービンは、その高効率が認知され、既設旧型ガスタービンのリプレース用として、既存の発電プラントの効率向上を目的とするお客様に採用されてきた。また、2軸機の特徴を生かし、発電用以外にも機械駆動用のドライバーとしての用途にも適することから大型 LNG プラントへの適用について検討を行っている。また更なる高効率化の実現により、最近では新設発電用、既設リプレース用、機械駆動用として広くユーザの期待に応えられる製品となってきた。なお、H-100 ガスタービンは、既設プラントのリプレースプロジェクトにおいて、その認可出力から約 80MW での運用となったため、H-80 の名称を用いてきたが、ガスタービン定格出力 100MW クラスに合わせ、名称を H-100 に変更した。

### 1. はじめに

H-100 ガスタービンは、建設から約 20 年を経過した 1100℃級ガスタービンをリプレースし、既存の発電プラントの効率向上及び CO<sub>2</sub> 排出削減のために開発され、2010 年に初号機が営業運転を開始した。2015 年3月までに10台が営業運転を開始し、累積運転時間は 207000 時間に到達した。一方、更なる高効率化、高出力化及び燃料多様化のニーズにも応えるべく、開発を進めている。更に高圧ローターと低圧ローターが分離している2軸機の特徴から、機械駆動用のドライバーにも適しており、大型 LNG プラントへの適用について検討を進めている。

### 2. H-100 ガスタービンの開発

H-100 ガスタービンの開発に当たっては、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のみで実現するという事で以下の条件を考慮する必要があった。

- (1) 排熱回収ボイラ(HRSG)、蒸気タービンを流用するため、排気温度と排気流量を既設と同等とする。
- (2) リプレース工事を必要最小限とするため、既設のガスタービンの設置スペースに収まるサイズであること。

上記の条件を満たすガスタービンとして、以下のコンセプトにて新たなガスタービンの設計を行った。

- (1) 性能向上のため、燃焼温度を既設のガスタービンの 1100℃級から 1300℃級に上げると同時に、排気温度を既設と同等とするため、空気圧縮機の圧力比を 12 から 17 に高めた。
- (2) 空気圧縮機は既存の空気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必要があり、風量がマッチする回転数 4580rpm を採用した。

(3) 発電機は系統周波数 60Hz(3600rpm)とする必要があるが、減速機を用いる方法では配置上成立しないため、タービンを高圧と低圧に分け、高圧側を空気圧縮機と同じ 4580rpm、低圧側を発電機と同じ 3600rpm とする2軸構成を採用した。

図1に今回リプレースを行った範囲を示す。

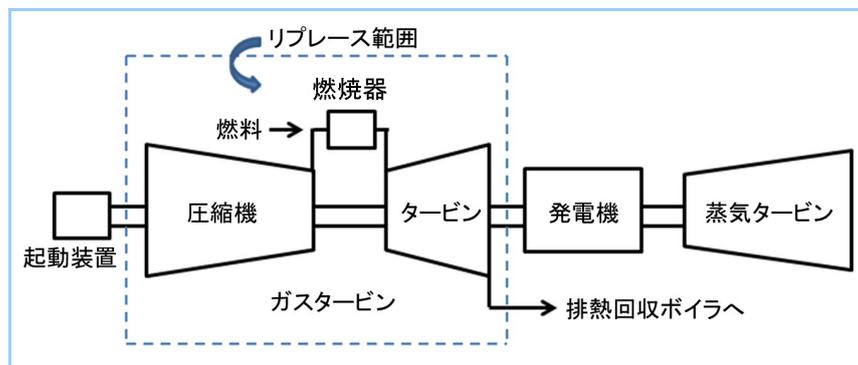


図1 リプレースの範囲

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。

H-100 ガスタービンは、全世界に 150 台以上の出荷実績のある 30MW 級 H-25 ガスタービンをベースに比例拡大にて設計されたヘビーデューティ形としては世界最大容量の2軸型ガスタービンである。

空気圧縮機は圧力比 17 に対応した 17 段の軸流空気圧縮機で、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的设计は H-25 ガスタービンの比例拡大を基本に類似構造を採用することで信頼性を確保している。また同時に最新の技術を適用することにより、性能の向上を図っている。

燃焼器は多缶式 10 缶で、H-25 ガスタービン等で実績のある乾式低 NOx 燃焼器を採用し環境に配慮している。燃焼温度は 1300℃級である。

タービンは軸流式で2軸型4段(高圧側2段、低圧側2段)の構成としている。

出力は 101.1MW、ガスタービンの単体効率は 37.7% (LHV: Lower Heating Value) であり、ヘビーデューティ型のガスタービンとしては、同クラスでトップクラスの効率となっている。図2に H-100 ガスタービンの断面図と上半ケーシングを開放した写真を示す。

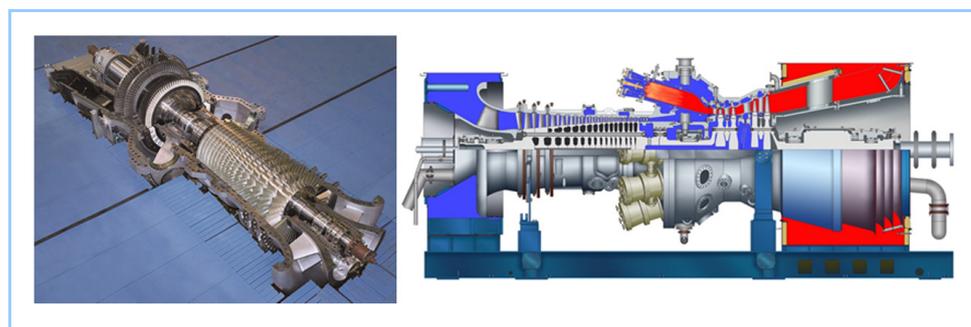


図2 H-100 ガスタービン

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。

2009 年1月より工場試験を開始し、性能・設計検証を行った。現地の試運転は 2009 年 10 月より開始され、既設に比べ相対値でプラント効率約 8% の向上を確認した。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(蒸気タービン、排熱回収ボイラ)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や信頼性に問題が無いことを確認した。表1にガスタービンリプレース後の性能を示すが、当初計画以上の性能向上を達成している。

表1 リプレース後のプラント性能

	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	115MW (7℃)	115MW (28℃)	116.53MW (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	46.3%HHV	46.4%HHV
	47.7%LHV (15℃値)	51.3%LHV (15℃値 115MW 時)	51.4%LHV (15℃値 115MW 時)
効率向上量	ベース	+7.7%(相対値)	+7.9%(相対値)

HHV: Higher Heating Value, LHV: Lower Heating Value

### 3. 高出力化, 高効率化, 燃料多様化

H-100 シリーズには、H-100(100)と H-100(110)の2タイプがあり、その基本仕様を表2に示す。

第2項で説明した H-100(100)については、60Hz 地域でのガスタービンをリプレースすることを主目的に開発を行い運転実績を積み重ねてきたが、50Hz 地域での 1100℃級ガスタービンのリプレースニーズ及び 150-300MWGTCC クラスでの更なる高出力、高効率化を目指し、H-100(110)の開発を進めている。

H-100(110)は、H-100(100)に比べ、空気圧縮機風量及び燃焼温度の増加、また低圧タービン翼を最適化させること等により、60Hz 機の場合、定格出力で約+15%向上の 116.2MW、シンプルサイクル効率で相対値約3%向上の 38.8% (LHV)となる。コンバインドサイクルでは、150-300MW クラスにおいてトップレベルの効率となる。

H-100(110)の性能・信頼性検証については、2015 年末より工場試験を実施する計画である。H-100(110)により 50Hz の同容量クラスの 1100℃級ガスタービンのリプレースを行った場合、試算結果としてプラント効率が約 10%向上する。

また、大崎クールジェンプロジェクト向けにH-100(100)を2014年に出荷済みであり、2016年より現地試運転を開始する予定である。本プロジェクトは酸素吹き IGCC プロジェクトであり、高水素濃度の石炭ガスをガスタービンで燃焼させる。従来の技術では拡散燃焼器に窒素、水又は蒸気等の希釈剤を用いて低 NO<sub>x</sub> 化を図るものであったが、本プロジェクト向けには希釈剤を用いず、低 NO<sub>x</sub> 化を図ることができるマルチクラスタ燃焼器を採用した。

表2 H-100 シリーズガスタービン基本仕様

項目	H-100(100)		H-100(110)		
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
形式	ヘビーデューティ形2軸式				
圧縮機	軸流式 17 段				
燃焼器	多缶式 10 缶				
タービン	軸流式4段(高圧2段+低圧2段)				
出力	99.1MW	101.1MW	112.4 MW	116.2MW	
効率	36.7% (LHV)	37.7% (LHV)	38.2% (LHV)	38.8% (LHV)	
定格回転数	4580/3000rpm	4580/3600rpm	4580/3000rpm	4580/3600rpm	
1 on 1 コンバインド サイクル性能	出力	143.2MW	143.5MW	157.0MW	163.7MW
	効率	53.5% (LHV)	53.9% (LHV)	54.4% (LHV)	55.1% (LHV)
2 on 1 コンバインド サイクル性能	出力	288.1MW	288.7MW	317.3MW/322.8MW※	330.4MW/337.0MW※
	効率	53.8% (LHV)	54.2% (LHV)	55.0% (LHV)/55.9% (LHV)※	55.6% (LHV)/56.7% (LHV)※

※再熱三重圧仕様

## 4. 機械駆動用への適用

H-100 は2軸のガスタービンであり、発電用のみならず機械駆動用のドライバーとしての適用が可能である。特に駆動軸である低压タービンは70～105%速度にて可変であり、現在はLNGプラントにおける主冷却系の圧縮機駆動用ドライバーへの適用について検討を行っている。

現在適用を検討している年産5百万トンクラスの大型 LNG プラントでは、発電向けに供給されている80MWクラスの1軸のガスタービンが主冷却系圧縮機駆動用ドライバーとして採用されており、出力が不足する分を8-20MW程度のヘルパーモーターで補助する構成が主流である。この構成にH-100を適用した場合、H-100は100MWクラスの出力特性のため、ヘルパーモーターとその関連電気設備(スイッチギア、インバーター、トランスフォーマー等)を省略し、ヘルパーモーターへの電力供給用ガスタービン発電設備の容量を減少でき、構成の簡易化、省スペース、据付け及び運転コストの低減が期待できる。図3に主冷却系圧縮機システム構成を示す。

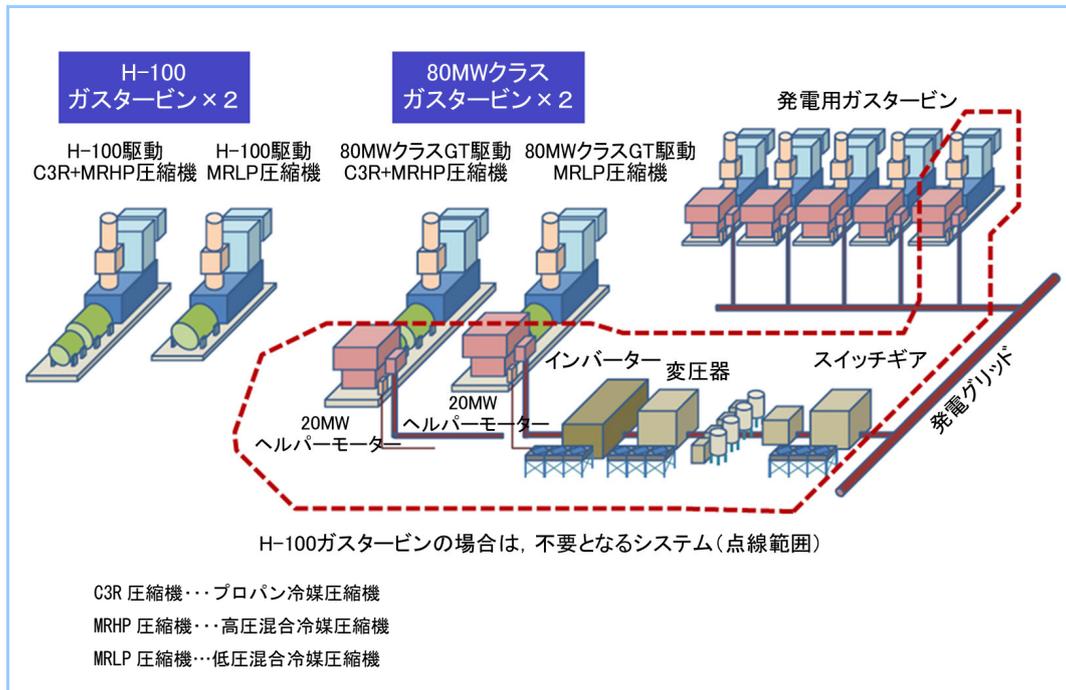


図3 年産5百万トンクラス LNG プラント 主冷却系圧縮機システム構成

また、2軸機を主冷却系圧縮機駆動用に採用するメリットとしては、1軸機と比較し広い回転数の範囲で運転が可能であり(70～105%速度)、回転数低下によるプラント緊急停止のリスクを低減することができ、緊急停止後の再起動の際も主冷却系内の冷媒圧力を減圧せずに再起動できるため、起動時間を短縮できるメリットもある。起動トルク特性に関しては、社内試験設備にてロックロータ試験を実施し確認済みである。

LNG プラントでは、発電所以上に高いアベイラビリティが要求されるため、メンテナンス時の停止期間を少しでも縮めるため、航空転用型ガスタービンで採用されているガスタービン本体を一式交換する方式等、いろいろなオプションについても、提供していく予定である。図4にタービンモジュール交換のコンセプト図を示す。

LNG プラント向けでは、主冷却系圧縮機を三菱重工コンプレッサ(株)より供給する場合、ガスタービン、圧縮機ユニット、補機、制御装置及び取り合い調整を含め三菱重工グループ内で一括取りまとめが可能であり、お客様に対しても1つの窓口、責任元にて対応可能となる。

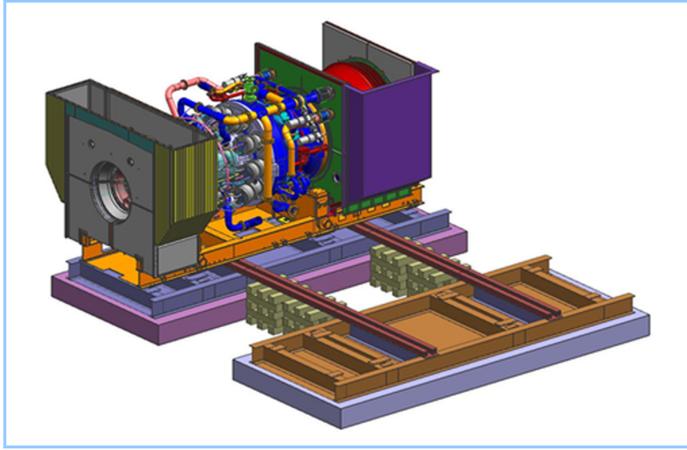


図4 H-100 タービンモジュール交換コンセプト

## 5. 今後の展望

高効率, 高信頼性, 燃料多様化に応えるべく開発された H-100 ガスタービンシリーズは開発目論見通りの性能を実現し, 新設発電用, 既設リプレース用, 機械駆動用として幅広い用途でお客様の満足を得られることを確信している。