

# テクノスーパーライナー用 船用ガスタービンMFT8の開発

Development of Marine Gas Turbine MFT 8 for Techno Super Liner

高砂製作所 上松一雄\*<sup>1</sup> 赤城弘一\*<sup>2</sup>  
名古屋誘導推進システム製作所 藤本比呂\*<sup>3</sup>  
技術本部 梅村直\*<sup>4</sup> 森昌彦\*<sup>5</sup>

高速物流船時代の到来に向けて、国家プロジェクトとしてテクノスーパーライナー（以下 TSL と略する）の開発が推進されている。この TSL は時速 100 km 近いスピードを達成する目的で、船体抵抗の軽減のほか小型軽量で大きな出力を発生できる原動機も不可欠であった。また、輸送手段として魅力のあるものにするには、燃費改善や騒音低減もキーファクタであった。こうした要求を満たすために開発されたのが船用ガスタービン MFT 8 である。開発では、洗練された信頼性の高いエンジンとするため十分な基本設計を実施した後、要素試験、工場実負荷試験にて徹底した検証を実施した。現在、TSL 実験船に搭載され、順調に海上試験が行われている。

The techno superliner (TSL) has been developed for the era of high-speed ship. The TSL needs high-power, compact and lightweight gas turbines in order to achieve high speed even if it has a low-resistance hull ship design. Also, for the TSL to become a popular transportation method, the improvement of its fuel consumption and a reduction of noise are key factors. With these requirements, the MFT 8 marine gas turbine was developed. During its development, sufficient basic design and complete evaluation were performed through elementary tests and shop full-load tests. At present, the TSL experimental ship having two MFT 8 gas turbines has been performing sea trial successfully.

## 1. ま え が き

テクノスーパーライナー（TSL）は、将来の高速大量輸送手段として国家プロジェクトで開発されている。搭載の原動機に対する要求は、高出力・小型軽量・低燃費・低騒音・高信頼性である。こうした幅広い要求を満たすのは、航空転用形ガスタービンのみである。その中でも、TSL をより魅力あるものとするために、さらに小型軽量・低燃費・低騒音を狙った。

上記の状況の下で開発したのが船用ガスタービン MFT 8 である。このガスタービンは、図 1 に示すように前方を P&W 社が開発したガスジェネレーター GG 8、後方を今回当社が開発したパワータービン（以降 PT と略す）で構成されている。ガスタービンの要目を表 1 に示す。

GG 8 は航空エンジンとして 14 000 台の実績がある JT 8 D から転用したもので、高い信頼性があり、この出力レベルのエンジンの中では低燃費を誇っている。

また、PT についても、当社が誇る多数の産業用・航空用ガスタービン開発実績に基づく技術力をベースに、小型軽量でかつ低燃費を達成した。次にこの詳細を示す。

## 2. 基本設計

設計は '91 年 10 月から始めた。エンジン全体パッケージを小型軽量化するために、ガスタービン本体をいかに小型軽量にするかを検討した。そのため、PT の段数を効率低下しない範囲で減らすこととした。その結果、3 段で成立することが分かった。

ロータ構造は、3 段のオーバハングロータ構造とし、高温側に

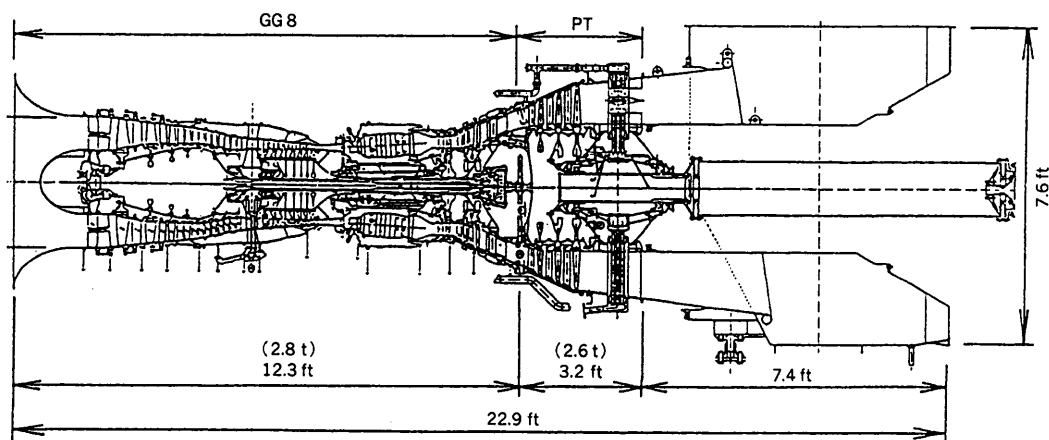


図 1 MFT 8 ガスタービン MFT 8 ガスタービンの全体断面図を示す。  
MFT 8 gas turbine

\*1 タービン技術部ガスタービン設計課主務

\*4 高砂研究所主管

\*2 タービン技術部ガスタービン設計課

\*5 高砂研究所構造研究室長

\*3 エンジン・機器部ガスタービンエンジン設計課

表1 ガスタービン要目表  
Gas turbine main characteristics

主 要 目			
名 称	航空転用型ガスタービン MFT 8		
形 式	オープンサイクル3軸ガスタービン		
ISO ベースロード	26 800 kW		
ISI 熱効率	38.7% (天然ガス LHV 11 472 kcal/kg)		
定格回転数	5 000 rpm		
回転数範囲	1 000~5 000 rpm (過速度 5 500 rpm)		
排ガス温度	467 °C		
使用可能燃料	ガス燃料, 液体燃料		
潤 滑 油	合成油 MI-L-23699 (ASTO 560 又は MOBIL 256 など)		
起 動 方 式	油圧, 空気圧		
構 造	GG 8	圧縮機	低圧 軸流 8 段 高圧 軸流 7 段
		燃焼器	キャニュラ 9 個
	圧縮機タービン	高圧 軸流 1 段 低圧 軸流 2 段	
		パワータービン	軸流 3 段
軸受形式	ローラ又は玉軸受		
パッケージ寸法	タイプA * <sup>1</sup>	L 8.8 × W 2.65 × H 2.6 m	
	タイプB * <sup>2</sup>	L 8.8 × W 3.2 × H 3.5 m	
パッケージ重量	G/T	GGA	2.8 t
		PT	2.7 t
	計	計	5.5 t
		エンクロ・台板ほか	* <sup>1</sup> 10.5 t * <sup>2</sup> 24.5 t
計	* <sup>1</sup> 16 t * <sup>2</sup> 30 t		
回 転 方 向	時計回り (軸端からガスタービンを見て)		

\*<sup>1</sup>船用 \*<sup>2</sup>陸用

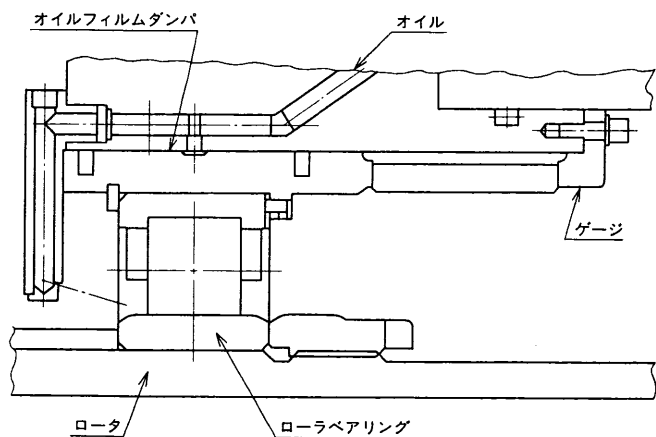


図2 オイルフィルムダンパ (前方円筒ころがり軸受) 円筒ころがり軸受のオイルフィルムダンパを示す。  
Oil film damper (Front roller bearing)

軸受を置かないことによって、軸受冷却系を簡素化するとともに、GG 8 との結合ダクトを省略し、PT の全長を大幅に短縮した。さらに、PT 入口側軸受はロータ荷重を支えるため、円筒ころがり軸受を採用し、PT 出口側軸受はスラスト荷重とラジアル荷重を共用して受ける玉軸受を採用した。

軸の前方側の軸受部が揺れる一次モードは運転範囲内に残るため、図2に示すオイルフィルムダンパを設置して、このモードを完全に制振した。また、二次モードは軸長を短くして運転範囲より高くした。ロータ及びディスクはFEM解析(図3)を駆使して、形状の最適化を行い重量の軽減を図った。また、動翼は可変

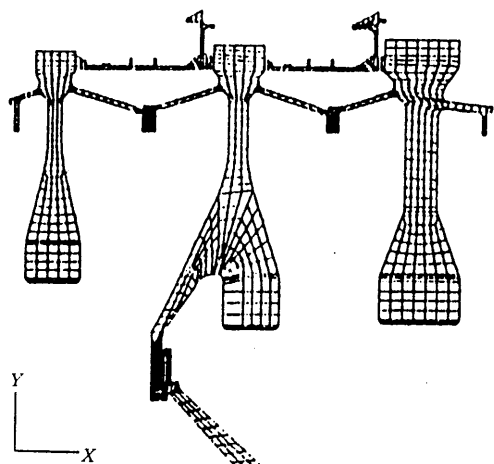


図3 FEM解析分割図 ロータ及びディスクをシミュレートしたFEM分割を示す。  
FEM model

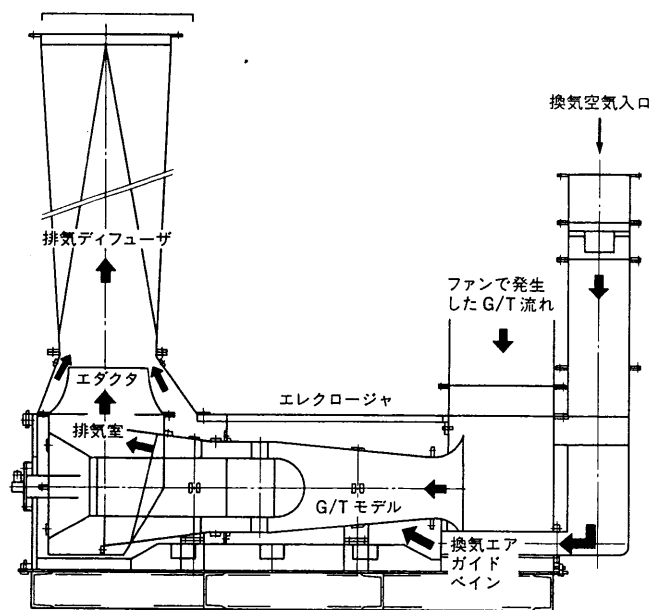


図4 1/4スケール換気モデル試験装置図 1/4スケールのエダクタ・エンクロージャ内の換気モデル試験のための装置断面を示す。  
1/4 scale secondary air system model

速に耐えられるよう制振力の大きなシュラウド翼を採用した。このほか、ガスタービンを取付ける台板は軽量化のためアルミとし、FEM解析を行い十分な剛性を持たせた。また、船体とは防振ゴムにて振動的にアイソレーションした。

### 3. 要素試験

要素試験として、吸気モデル試験、排気室モデル試験、エダクタ・エンクロージャ内換気モデル試験、エンジン搬出・搬入試験、軸受試験、高速回転振動試験、操作盤等電気品環境及びシステム試験などを実施して、事前に各要素を検証した。

例として図4にエダクタ・エンクロージャ内換気モデル試験の装置図を示す。エダクタはガスタービンの排気を利用してエンクロージャ内の換気を吸出すための装置である。エンクロージャ内の換気を均一に流すのはエンジンケーシングの温度分布を均一化するために重要である。試験では換気入口のルーバを見直して均一化を図った。

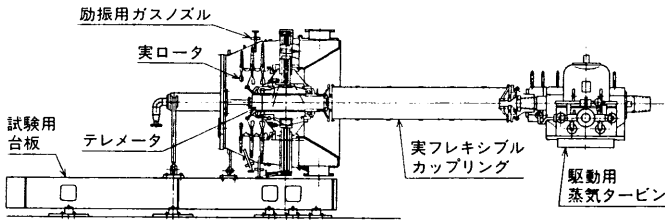


図5 実ロータ高速回転振動試験装置図 実物の回転部分をすべて使った高速回転振動試験の装置断面を示す。  
Configuration of real rotor high speed vibration verification test

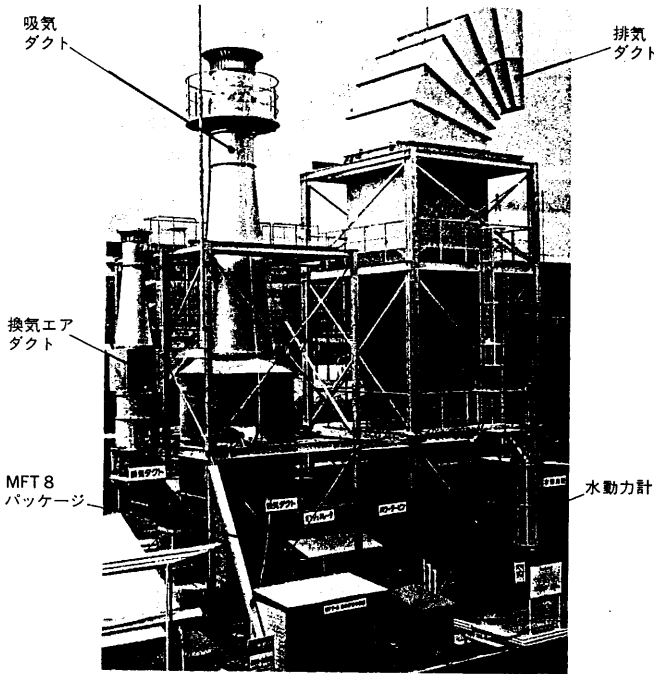


図6 工場実負荷試験装置外観 工場試験の折の外観を示す。  
MFT 8 power test stand

また、図5に高速回転振動試験の装置図を示す。この試験では実物の回転部分をすべて使って、事前に運転範囲内の回転数で想定される励振力に対する振動を計測して設計値を検討した。この結果、制振効果や共振の回避は設計どおりであることを確認した。いずれの要素試験でも、事前に問題点を把握し解決することができ、開発工程の短縮化に役立った。

4. 工場実負荷試験

工場実負荷試験は、'93年7月に始まり、3台のMFT 8に対し'94年1月まで徹底した検証を行った。図6に試験装置外観を示す。試験では、負荷にTSLのウォータージェット（推進機）に近い特性の水動力計を使用した。計測は300点以上のリアルタイムデータを各ステップで取得し、次の結果を得た。

- (1) MFT 8の性能が図7に示す計画性能を3台共上回った。
- (2) 運転範囲内で、軸系・翼は制振され共振はなかった。
- (3) PT 出口側のスラスト軸受へのスラストが計画範囲内にあり軸受寿命や信頼性が設計どおりであることを確認した。

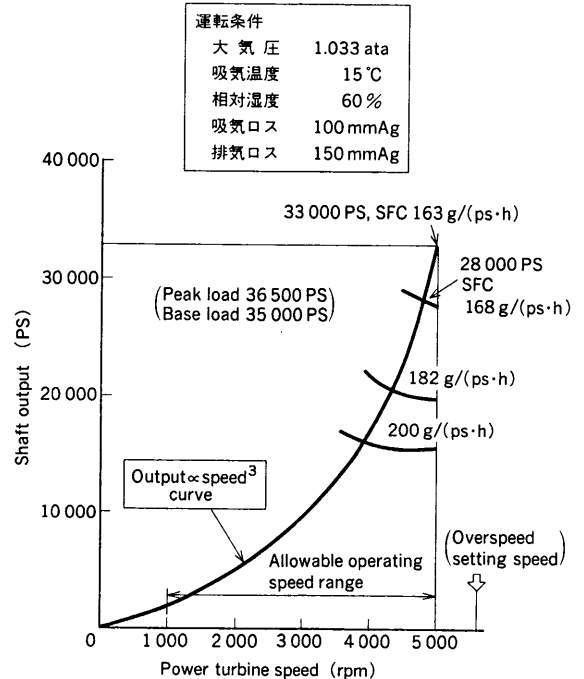


図7 ガスタービン計画燃費 ガスタービンの軸端回転数に対する出力の図上に計画の燃費を示す。  
Gas turbine characteristics for ship

- (4) 設計・製造・工場実負荷試験における運輸省の書類審査・立会検査を受検し船用ガスタービンとして承認された。

5. ま と め

MFT 8はTSLに搭載するための要求をすべて満足することを工場実負荷試験において確認した。

現在、MFT 8は2台がTSLに搭載されている。船上での確認を'94年4月に行い、その後操縦性などの確認を順次実施し、7月から始まったTSL船全体を確認する海上試験においても順調に運転されている。海上試験は12月まで行う予定である。また、'95年度は実運航試験が予定されている。

MFT 8の主要目は表1に示すとおりで、特にベース出力は26 800 kW、熱効率は38.7%と高い、この値は同じ条件でのガスタービンワールド（発電仕様）のデータにあるGE社LM 2500のベース出力22 800 kW、熱効率36.8%より高く、ロールスロイス社RB 211のベース出力27 080 kWとほぼ同じで熱効率35.6%より高い。

今後、発電用・機械駆動用にも適用を図る予定である。

参 考 文 献

- (1) Akagi, K., Uematsu K. et al., The Development and Testing of the MFT 8 Gas turbine, ASME International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition 94-GT-96, Hague Netherland-June 13-16 (1994)
- (2) 菅井, テクノスーパーライナー用ガスタービン, 日本ガスタービン学会誌 第85号 6月号 (1994)