

# 船用過給機効率向上仕様

## High Efficiency Model Turbocharger for Marine Use

小 向 智 司 回転機械セクター開発部  
石 綿 孝 臣 回転機械セクター開発部 部長  
中 野 賢 治 回転機械セクター開発部 主査

船用ディーゼル機関の低環境負荷化を実現するためには、過給機の高効率化が必要である。当社では従来仕様のAT14形過給機に対し、価格やサイズは同程度に抑えつつ、既存技術を突き詰めることで高効率化を実現した。効率向上仕様では各空力要素を改良することによって、従来仕様と比較し過給機総合効率が3～4ポイント向上している。さらに、消音器吸込カバーを設けることで、過給機吸込空気温度の低減を図った。これらの改良によって、船用ディーゼル機関の燃費改善に寄与している。

To realize an environment-friendly marine diesel engine, high efficiency turbochargers are necessary. To comply with market needs, IHI has succeeded in creating an AT14 high efficiency model turbocharger for marine use using existing technology whose price and size are comparable with conventional AT14 models. Total turbocharger efficiency is increased by 3-4 percentage points by improving various aerodynamics elements. In addition, the turbocharger compressor inlet temperature is reduced by about 6 degrees by providing a cover for the silencer inlet. These measures contribute to the fuel consumption improvement of the diesel engine. The AT14 high efficiency model turbocharger contributes to fuel saving thanks to these improvements. It has been already adopted by some engine builders and is being operated in the market.

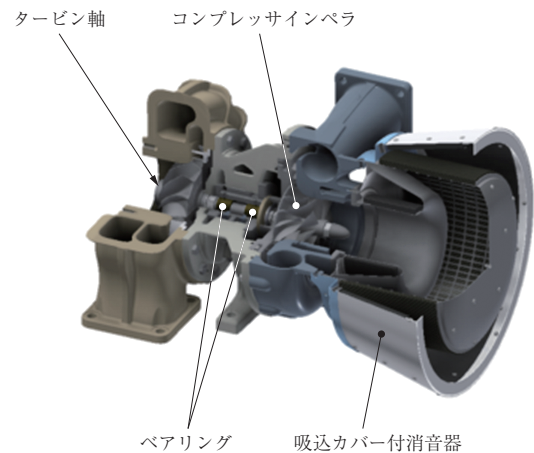
### 1. 緒 言

排気ターボ過給機は内燃機関の排ガスを利用し圧縮空気を供給する機器であり、船用ディーゼル機関の場合、出力と燃費の向上に有効であることから、ほとんどの機関に搭載されている。近年、船用ディーゼル機関に対する排ガス規制や低燃費化への要求<sup>(1)</sup>は厳しさを増しているが、このような要求に対応するためには機関側の改良だけでなく、過給機側の改良も重要である<sup>(2)</sup>。

船用ディーゼル機関の低環境負荷化を実現するため、当社では従来仕様のAT14形過給機<sup>(3)</sup>に対し、価格やサイズは同程度に抑えつつ高効率化を実現した。本稿では、この効率向上仕様の特長について紹介する。

### 2. AT14形過給機効率向上仕様

効率向上仕様は従来仕様をベースとしており、従来仕様と同様、500 kWクラスの機関に搭載可能なC重油対応形の排気ターボ過給機である。効率向上仕様AT14形過給機の外観を第1図に示す。排気ターボ過給機は、①機関からの排気エネルギーを回収するタービン②タービンと同軸上に固定され、回転することによって圧縮空気を生成するコンプレッサ③回転軸を支えるベアリング、から



第1図 効率向上仕様 AT14形過給機  
Fig. 1 High efficiency model AT14 turbocharger

構成される。また、コンプレッサの吸入部には、騒音を低減させるために消音器が設けられており、大気はこの消音器を介してコンプレッサへ流入する。効率向上仕様は、①低価格・小サイズ②大風量・高圧力比③高効率、の実現を目標に改良を実施した。コンプレッサインペラは小径ながらも大風量・高圧力比を実現している。また、価格とサイズは従来仕様と同等に抑えている。効率向上仕様では機関の燃費を改善するため、過給機の各種空力要素に改良を加えることによって過給機の総合効率を向上させた。

さらに、消音器吸込部にカバーを設けることによって過給機吸込温度を低減させ、吸込体積流量を増加させることによって、機関の燃費改善を図った。

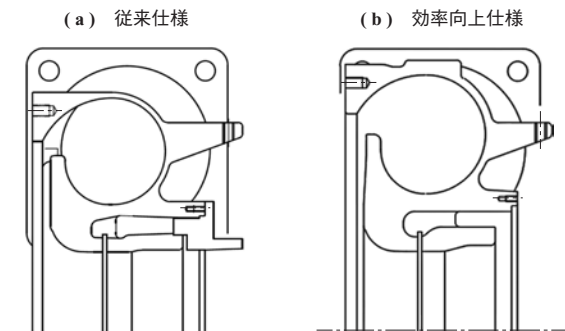
### 3. 改良点詳細

効率向上仕様で実施した各種改良の詳細を、以下に示す。

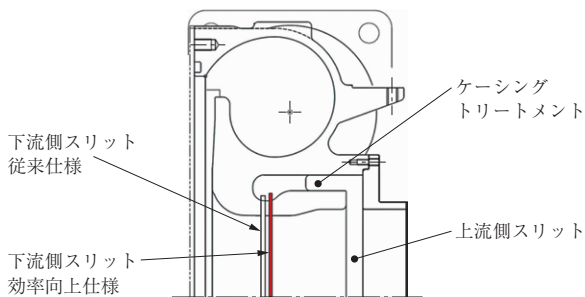
#### 3.1 コンプレッサハウジング

第2図に従来仕様(- (a)) および効率向上仕様(- (b)) のコンプレッサハウジングを示す。効率向上仕様では、取合部の寸法を大きく変えずにボリュートの断面積および径方向位置を大型化し、ハウジング流路内での損失を従来仕様と比較し低減させることによって、コンプレッサ効率の向上を図った。数値解析結果から、コンプレッサ効率向上分は約 0.3 ポイントであることを確認した。

また、効率向上仕様では、従来仕様と同様低風量側の作動領域を確保するため、コンプレッサ入口部にケーシングトリートメント（空気循環路）を採用した。第3図に従来仕様および効率向上仕様のケーシングトリートメントを示す。このケーシングトリートメントによって、低風量側でインペラを通過する流体の一部が下流側スリットから上流側スリットに流れ、インペラへ再流入するという循環流



第2図 コンプレッサハウジング  
Fig. 2 Compressor housing



第3図 ケーシングトリートメント  
Fig. 3 Casing treatment

が形成される。これによってサージング（低風量側で圧力や流量が激しく変動する現象）が抑制され、低風量側の作動領域を確保することができる。

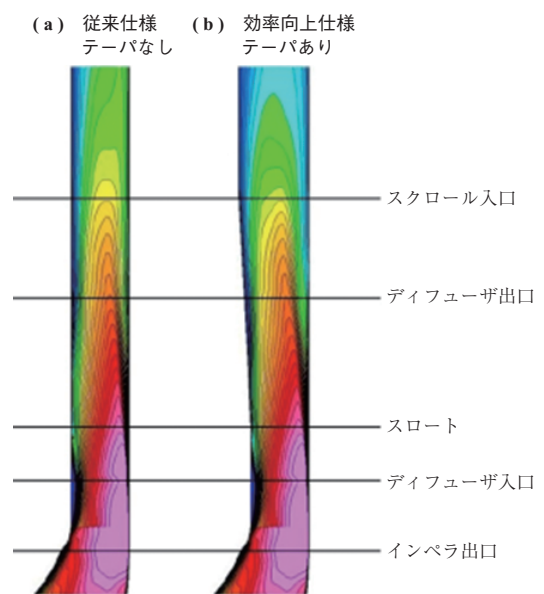
一方、循環流が多い場合、循環流による損失が発生し、コンプレッサ効率が低下するという課題がある。効率向上仕様では、ケーシングトリートメントのスリット位置を最適化することで、低風量域で必要最低限のサージマージンを確保できる循環流量を維持しつつ、定格風量域での循環流量を低減させた。これによって、コンプレッサ効率向上分が 0.7 ポイントであることを数値解析で確認した。

#### 3.2 ディフューザ

効率向上仕様では、ボリュートに流入する際の損失を低減させるため、テーパディフューザを採用することによってスクロール入口における流速を低下させている。第4図に従来仕様で採用しているディフューザ(- (a)) と、効率向上仕様で採用しているテーパディフューザ(- (b)) の絶対マッハ数分布をそれぞれ示す。テーパディフューザ(第4図-(b))ではスロート部からスクロール入口部にかけて拡大するテーパ部が設けられており、この効果によってスクロール位置入口部での流速が低下している。数値解析を用いて、コンプレッサ効率向上分が約 0.5 ポイントであることを確認した。

#### 3.3 チップクリアランス

過給機のような回転機械において、翼先端（回転側）とハウジングシュラウド部（静止側）の間隙であるチップクリアランスの増加によって、効率が低下すること



第4図 ディフューザ絶対マッハ数分布  
Fig. 4 Absolute Mach number distribution of diffuser

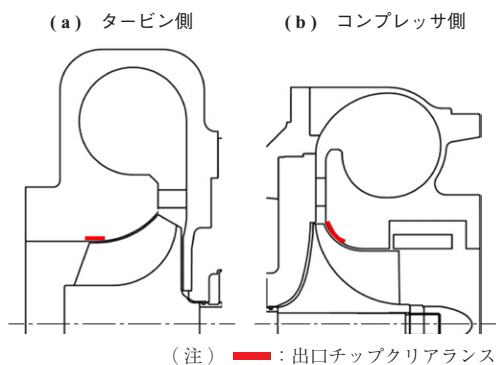
が広く知られている<sup>(4)</sup>。一方、チップクリアランスは、  
 ① 各部品の加工公差 ② 遠心力による翼の変形 ③ 熱によるハウジングシュラウド部の変形 ④ 熱で各部品が変形することによるインペラ位置の変化 ⑤ 軸振動 ⑥ カーボン堆積（タービン側），などによって変化する。安全面を考慮した場合，翼先端とケーシングシュラウド部の接触を避けるため，チップクリアランスを増加させることが望ましい。

第5図に効率向上仕様出口チップクリアランスを示す。図に示すように効率向上の効果が大きい流路出口側のチップクリアランスを従来仕様に対し，タービン側（第5図 - (a)），コンプレッサ側（ - (b)）ともに0.1 mm狭めている。チップクリアランスを狭めた場合の安全面への影響については，実機運転と数値解析を用いて検証を行い，問題がないことを確認した。

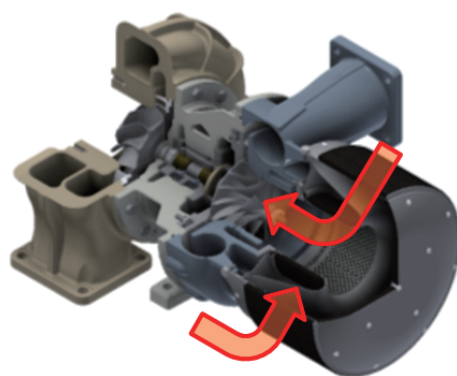
### 3.4 吸込カバー付消音器

過給機総合効率向上以外に機関の燃費を改善する手段として，過給機吸込温度を低下させることによって吸込空気密度を高め，吸込空気体積流量を増やすという方法が有効である。第6図に従来仕様消音器を示す。大気を消音器径方向から取り込んでいたため，過給機タービンや機関によって暖められた空気を吸い込んでおり，これによって質量流量が低下していた。

効率向上仕様吸込カバー付消音器を第7図に示す。消音器吸込部にカバーを設けることで，軸方向から大気を取り込むよう改良した。これによってタービンや機関に暖められていない，比較的低温の空気を取り込むことができる。機関に過給機を搭載した実機試験において，過給機吸込温度が従来の消音器吸込カバーがない仕様と比較し，約6℃低下していることを確認した。

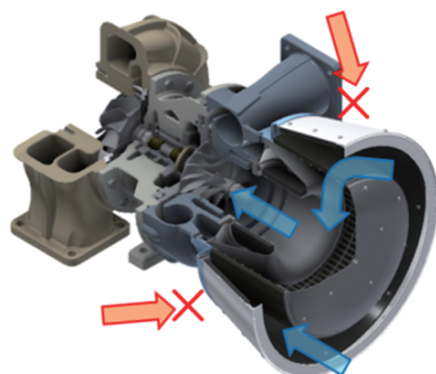


第5図 効率向上仕様出口チップクリアランス  
 Fig. 5 Outlet tip clearance for high efficiency model



(注) →：タービン・機関によって暖められた空気

第6図 従来仕様消音器  
 Fig. 6 Silencer of conventional model



(注) →：タービン・機関によって暖められた空気  
 →：低温空気

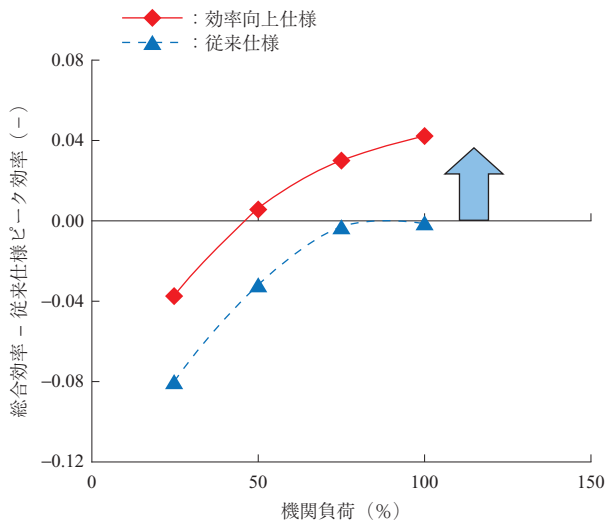
第7図 効率向上仕様吸込カバー付消音器  
 Fig. 7 Silencer with cover of high efficiency model

## 4. 従来仕様と効率向上仕様との性能比較

前項で紹介した各種改良要素を実機に盛り込み，従来仕様との過給機総合効率の比較を実施した。機関搭載時の過給機総合効率の違いを示した実機試験結果を，第8図に示す。横軸には機関の負荷を，縦軸には従来仕様のピーク効率を1とした場合の，効率実測値との差分をそれぞれ示す。従来仕様に対し効率向上仕様は全負荷領域で総合効率が向上しており，その向上分は3～4ポイントであることを確認した。

## 5. 結 言

船用ディーゼル機関の燃費を改善するため，AT14形過給機の高効率化を実現した。効率向上仕様では，空力要素の改良によって従来仕様と比較し過給機総合効率は3～4ポイント向上している。さらに，吸込カバー付消音器を採用したことによって吸込温度を約6℃低下させた。これらの改良によって機関の燃費改善に寄与している。この効率



第 8 図 過給機総合効率  
Fig. 8 Total efficiency of turbocharger

向上仕様は一部のエンジンメーカーですでに標準採用されており、現在稼働中である。今後も市場ニーズや低環境負荷社会に対応するための過給機開発を継続し実施していく所

存である。

### 参考文献

- (1) 畔津昭彦：温室効果ガス規制と対策技術の動向  
日本マリンエンジニアリング学会誌 第 51 巻 第 1 号 2016 年 1 月 pp. 50 - 53
- (2) 高石龍夫：高熱効率機関 - 船用ディーゼル機関の熱効率向上の経緯と今後の可能性  
日本マリンエンジニアリング学会誌 第 50 巻 第 2 号 2015 年 3 月 pp. 75 - 79
- (3) 森 寛之, 平田 豊, 中野 健, 村野隆麻, 岩城史典：高圧力比形 AT14 過給機の開発  
IHI 技報 第 50 巻 第 1 号 2010 年 5 月 pp. 61 - 65
- (4) R. C. Pampreen : Small Turbomachinery Compressor and Fan Aerodynamics  
ASME Journal of Engineering for Power Vol. 95 Issue 3 ( 1973. 1 ) pp. 251 - 256