新製品紹介

25型フォワードの4HK1エンジン開発について

4HK1 Engine Development for 2025 Model FORWARD

鱒渕　俊児*　Shunji Masubuchi
澤内　友太*　Yuuta Sawauchi
阿南　良太*　Ryouta Anami
正田　敦志**　Atsushi Shouda
西村　裕大***　Yasuhiro Nishimura
船津　友規***　Tomonori Funatsu
木下　大輔***　Daisuke Kinoshita
鈴木　啓一****　Hirokazu Suzuki
葛西　歩****　Ayumi Kasai

要　旨

25型フォワードに搭載する4HK1エンジンは、従前エンジンの信頼性を継承しつつ、法規への適合並びに動力性能、燃費性能、排出ガス性能、騒音性能及び整備性の向上を目的として開発した。本開発では、過給仕様、燃焼仕様、排出ガス後処理システム及び制御仕様を最適化し、実用域でのトルク向上と最高出力発生回転速度の低速化を実現した。更に、部品構成の合理化及びレイアウト改良により、軽量化と整備性向上を図った。本稿では、その開発概要及び採用技術について紹介する。

Abstract

The 4HK1 engine installed in 2025 Model FORWARD was developed to ensure regulatory compliance and improve driving performance, fuel economy, emissions performance, noise performance, and serviceability while maintaining the reliability of the previous engine. In this development, the turbocharging system, combustion system, exhaust aftertreatment system, and control strategies were optimized. As a result, torque in the frequently used operating range was increased, and the engine speed at maximum power was reduced. In addition, weight reduction and improved serviceability were achieved by rationalizing the component configuration and optimizing the layout. This article presents an overview of the development and the key technologies applied.

1　はじめに

近年、商用車を取り巻く環境は大きく変化している。排出ガス、燃費、騒音に関する法規制の強化に加え、サイバーセキュリティ、ソフトウェアアップデート及び燃料消費量モニタリングなど、パワートレインに対する要求は年々高度化している。また、中型トラックでは、信頼性、耐久性及び経済性に加え、実用域で扱いやすい動力性能と整備性向上も重要な商品要件となっている。

25型フォワードに搭載する4HK1エンジンは、市場で高い評価を得てきた従前エンジンをベースに、これらの要求に対応するため、エンジン本体、過給システム、排出ガス後処理システム及び制御システムを最適化した。特に、低速域からのトルク向上、最高出力発生回転速度の低速化、燃費性能の向上、排出ガス性能の安定化及び騒音性能の向上を重点項目として開発を進めた。

本稿では、25型フォワード用4HK1エンジンの開発の狙い、エンジン概要及び主要技術について紹介する。

2　エンジン概要

25型フォワード用4HK1エンジンは、177kW仕様及び154kW仕様を設定した。基本骨格は従前エンジンを踏襲しつつ、燃焼仕様、過給仕様、排出ガス後処理システム及び制御仕様を最適化し、法規対応と商品性向上を図った。主要諸元を**表1**に示す。

*PT商品企画・設計第三部　**エンジン装置設計部　***PT実験第一部　****PT実験第二部

Copyright© 2026 ISUZU MOTORS LIMITED.
All Rights Reserved. 無断転載・複製・配布禁止

表1　主要諸元

	4HK1-TCH	4HK1-TCS
総排気量 (L)	5.193	
内径×行程 (mm)	115 x 125	
圧縮比	17.3	
最高出力 (kW/rpm)	177 / 2,150	154 / 2,000
最大トルク (Nm/rpm)	785 / 1,600	737 / 1,300
燃料噴射システム	コモンレール式	
過給システム	電子制御式無段 可変容量型ターボ	
後処理システム	DPD*1 + 尿素SCR*2	

*1 DPD : Diesel Particulate Defuser
*2 選択的触媒還元 : Selective Catalytic Reduction

177kW仕様では最高出力を177kW/2,150rpm、最大トルクを785Nm/1,600rpmとし、154kW仕様では最高出力を154kW/2,000rpm、最大トルクを737Nm/1,300rpmとした。いずれの仕様においても、実用域で高いトルクを発生させることで、中型トラックとして扱いやすい動力特性を実現した。

本開発では、出力仕様によらず過給システムを単段ターボチャージャ構成とすることで、部品構成の合理化及び開発効率の向上を図った。

3　技術概要

3.1 動力性能

動力性能では、市場で使用頻度の高い低・中速域での扱いやすさ向上を目的として、トルク特性を最適化した。従前仕様では十分な動力性能を有していたものの、市街地走行、登坂路走行及び積載時の発進加速において、更なる性能向上が求められていた。

そこで本開発では、ターボチャージャ仕様、カムプロフィール及び燃料噴射制御を最適化し、低速域から高いトルクを発生する特性とした。これにより、最大トルクは177kW仕様で785Nm、154kW仕様で737Nmを達成した。また、最高出力発生回転速度を低速化することで、実用走行時のエンジン回転速度を抑制し、燃費性能及び騒音性能の向上にも寄与した。出力・トルク特性を**図1**に示す。

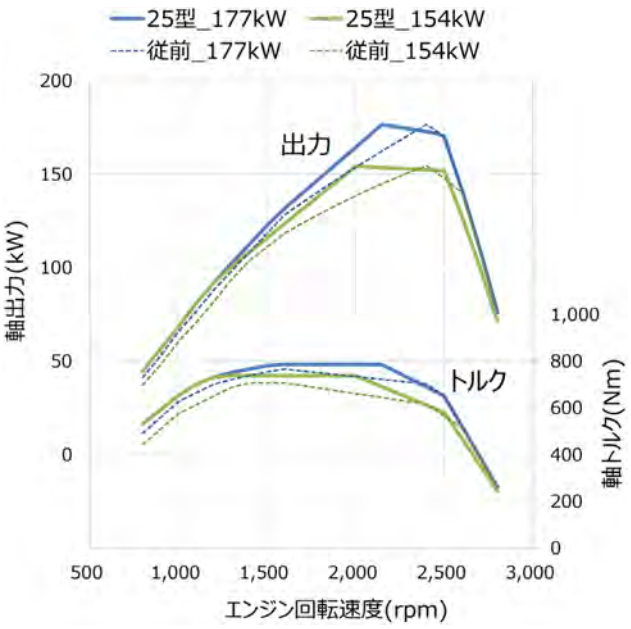
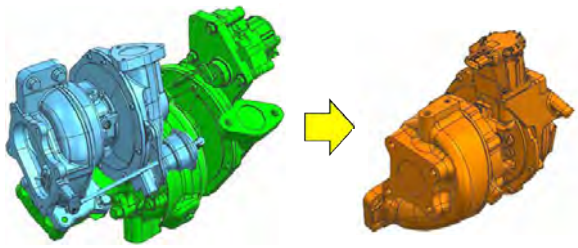


図1　出力・トルク特性

3.2 過給システム

低速トルクと燃費性能の向上を両立するため、過給システムには電子制御式無段可変容量型ターボチャージャを採用した。従前の高出力仕様では2段過給システムを採用していたが、本開発では必要な過給特性を単段ターボチャージャで確保した。これにより、出力仕様によらず過給システムを単段構成へ統一した。ターボ本体の構造変更も併せて高出力仕様では45%の軽量化を達成した。ターボチャージャの比較を**図2**に示す。



従前　2段過給ターボチャージャ　　25型　単段過給ターボチャージャ

図2　従前仕様と25型の過給システム構成比較
(高出力仕様)

従前仕様に対し、コンプレッサのトリム比及び翼車形状を最適化し、低空気流量・高圧力比領域の特性と高効率化を両立した。一方、形状最適化に伴う翼車強度の低下が懸念されたため、従前の鋳造製法に代えて、多軸加工機による削り出し加工を採用した。これにより、複雑な翼形状を実現し、性能と強度を両立した。

従前のVG(可変容量型：Variable Geometry)ノズ

ルは翼弦が直線基調の形状であったが、本開発品ではキャンバ形状を採用した。これにより、実用回転域の効率を高め、トルク及び燃費性能の向上に寄与した。コンプレッサ翼車及びVGノズルの形状を**図3**に示す。

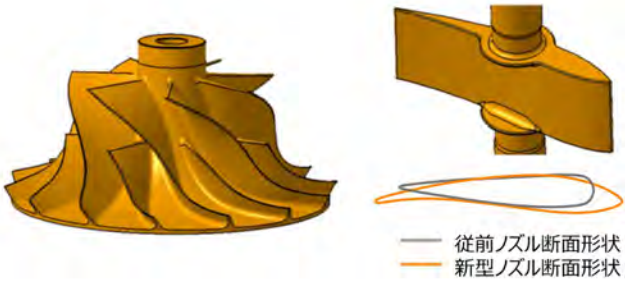


図3　25型のコンプレッサ翼車とVGノズル

3.3 燃費性能

燃費性能については、燃料費低減によるユーザの経済性向上、CO_2排出量低減による環境負荷低減及び2025年度重量車燃費基準(JH25試験法)への対応の観点から、重要な開発課題である。4HK1エンジン搭載全車型で2025年度重量車燃費基準を達成し、主要車型では、燃費基準達成率105%以上を実現した。本開発では、圧縮比及びカムプロフィールの最適化並びにターボチャージャの高効率化を行うとともに、エンジン制御と後処理制御を協調して最適化した。これにより、排出ガス性能を確保しつつ、広い運転領域で燃料消費率を低減した(**図4**)。また、低速域から高いトルクを発生させることで、実用走行時に高いギヤ段を選択しやすい特性とした。これにより、エンジン回転速度を抑制し、実用燃費の向上に寄与した。

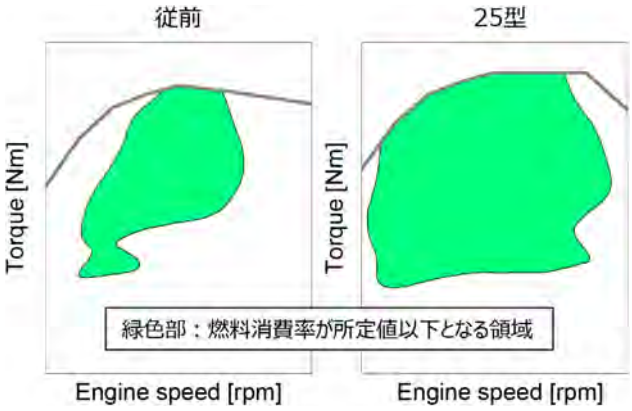


図4　従前との燃料消費率マップにおける低燃費領域の比較

3.4 排出ガス性能

排出ガス性能では、法規適合に加え、市場使用環境に対するロバスト性確保を目的として、燃焼制御、EGR(排出ガス再循環：Exhaust Gas Recirculation)制御及び後処理制御を最適化した。中型トラックは、積載量、外気温、走行環境及び運行パターンが多岐にわたるため、幅広い使用条件において排出ガス性能を安定させることが重要である。

本開発では、低温域におけるNOx浄化性能に優れる尿素SCR触媒を採用するとともに、尿素噴射制御を最適化した。また、触媒性能の向上に合わせて触媒容量を最適化し、後処理システムの軽量化を図った。これにより、排出ガス性能の確保と重量低減を両立した。

更に、EGR制御及びDPD再生制御にモデルベース制御を適用し、運転条件の変化や部品ばらつきに対する制御ロバスト性の向上を図った。詳細を次節に示す。

3.5 EGR及びDPD再生制御の最適化

排出ガス性能の安定化、DPD再生制御の最適化及び制御適合の効率化を目的として、EGR制御及びDPD再生制御にモデルベース制御を採用した。

EGR制御では、吸排気系の状態量をモデル化し、目標EGR量に対する制御精度及び応答性を向上させた。また、運転条件の変化や部品ばらつきによるEGR量の変動を抑制することで、過渡運転時を含む排出ガス性能の安定化を図った。

DPD再生制御では、DPD内のすす(Soot)堆積及び燃焼挙動をモデル化した。Sootモデルにより、DPDへのSoot堆積量及び再生中の燃焼量を推定し、再生インターバル及び再生時間を最適化した。これにより、Soot堆積量に応じた再生制御が可能となり、再生性能を維持しながら再生時間を適正化することで、再生に伴う燃費影響の抑制に寄与した。

また、DPD再生時の温度制御には、DOC(ディーゼル酸化触媒：Diesel Oxidation Catalyst)下流温度応答をモデル化したDOC簡易モデルを活用した。DOC簡易モデルでは、DOC入口温度と目標温度から再生に必要な熱量を算出し、燃料噴射量を最適化する。温度や排気流量などの物理量に基づいて制御するため、運転条件や環境条件の変化に対しても高いロバスト性を有する。これにより、従来制御と同等の再生性能を維持しながら、再生温度制御の適合工数を約30%短縮した。

3.6 騒音性能

騒音性能では、車外騒音規制R51-03 Phase3への対応に加え、市街地走行時の騒音環境改善及び長時間運転時のドライバーの負担軽減を目的として、走行時のエンジン回転速度低減と燃焼騒音の抑制を図った。中型トラックは、幹線道路、市街地及び住宅地周辺など幅広い環境で使用されるため、法規適合だけでなく、実使用時の騒音低減も重要な市場要求である。

本開発では、最高出力発生回転速度を低速化することにより、走行時のエンジン回転速度を低減した。また、燃料噴射制御を最適化し、燃焼圧力変化に起因する燃焼騒音の抑制を図った。これにより、加速走行時の車外騒音低減に加え、実用走行域での騒音性能改善に寄与した。

一方で、PCV(クランクケース強制換気：Positive Crankcase Ventilation)システムのレイアウト変更に伴い、エンジン上部の騒音カバーを廃止したため、遮音機能低下による騒音性能への影響が想定された。これに対し、ヘッドカバーのリブ形状を最適化して剛性を高めることで、振動に起因する騒音の発生を抑制した。これにより、必要な騒音性能を確保し、車外騒音規制R51-03 Phase3への対応に必要なエンジン単体騒音レベルを実現した。ヘッドカバー形状比較を**図5**に示す。

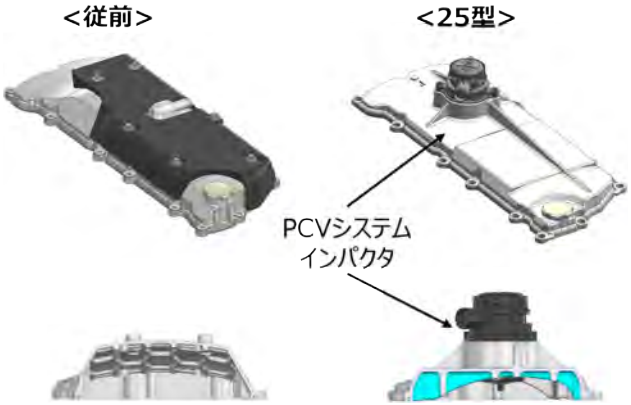


図5　従前とのヘッドカバー形状の比較

3.7 モデルベース開発を活用した仕様選定

本開発では、性能要求の高度化と開発期間短縮を両立するため、ピストン仕様及びターボチャージャ仕様の選定にモデルベース開発を活用した。

従来の実機評価を中心とした仕様選定では、要求性能の高度化に伴い、評価対象となる仕様候補及び評価工数が増加する傾向にあった。そこで、燃焼、過給、排出ガス、燃費及び動力性能を机上で予測し、実機評価に先立ち候補仕様を絞り込んだ。

ピストン仕様については、熱効率、排出ガス及び騒音性能への影響を考慮し、複数仕様を比較した。また、ターボチャージャ仕様については、低速トルク、過給応答、燃費及び排出ガス性能のバランスを考慮して選定した。

これにより、試作回数及び評価工数を抑制しながら、目標性能を満足する仕様を効率的に選定した。

3.8 軽量化

商用車用エンジンでは、燃費性能及び積載性の向上、車両搭載性の確保の観点から軽量化が重要である。特に中型トラックでは、法規対応や排出ガス性能向上に伴いシステム構成が複雑化する一方で、車両重量の増加を抑制することが求められる。

本開発では、エンジン本体、過給システム及び後処理システムを対象に、部品構成の合理化、材料変更及び形状最適化を実施した。エキゾーストマニフォールドでは、耐熱性に優れる新規材料を採用し、CAE解析により応力集中部位を抽出したうえで形状を最適化した。これにより、必要な耐久性を維持しながら2.5kgの軽量化を達成した。

更に、各部品の機能及び信頼性を確保しつつ、軽量化項目を積み上げることで、154kW仕様ではエンジン及び後処理システム全体で従前比約28kgの軽量化を実現した。これにより、燃費性能及び積載性の向上に寄与した。

3.9 市場整備性の改善

市場整備性については、開発初期段階から販売会社サービス部門と連携し、従前エンジンに対する改善要望を抽出した。その結果を踏まえ、整備頻度が高く、作業工数への影響が大きいヘッドカバー、フューエルフィルタ及びPCVシステムを対象に、レイアウトの改良及び部品構成の合理化を実施した。

ヘッドカバー脱着性については、上方に配置されたEGRクーラにより工具作業スペースが限られ、脱着時に同部品の取り外しが必要であった。本開発では、EGRクーラの冷却性能を維持しつつ2段構成から1段構成へ変更し、ヘッドカバー周辺の作業スペースを確保した。これにより、EGRクーラの取り外しを不要とし、作業工数の低減に寄与した。ヘッドカバー周辺レイアウトの比較を**図6**に示す。

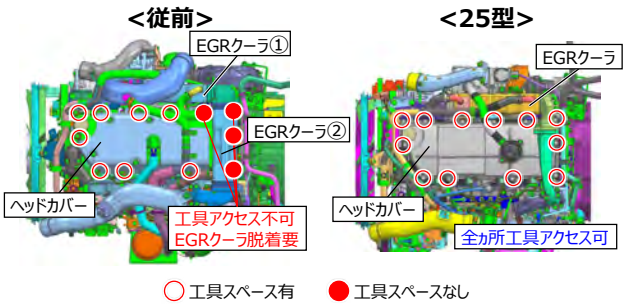


図6　従前とのヘッドカバー周辺レイアウトの比較

フューエルフィルタについては、下部の作業スペースが限られ、脱着作業に時間を要していた。本開発では、脱着方向及び周辺部品の配置を最適化し、必要な作業スペースを確保した。定期整備時の作業性を改善し、市場での整備負担低減に寄与した。フューエルフィルタ周辺レイアウトの比較を**図7**に示す。

図7　従前とのフューエルフィルタ周辺レイアウトの比較

PCVシステムについては、従前の外置きフィルタ方式から、ヘッドカバー搭載インパクタ方式へ変更した。PCV機能をヘッドカバーに集約することで、外置きフィルタ及び接続ホース類を不要とし、構成部品を22点削減した。また、インパクタ方式の採用によりフィルタ交換を不要とし、PCVシステムのメンテナンスフリー化を実現した。これにより、ユーザのメンテナンス負担の大幅な低減に寄与した。PCVシステム構成の比較を**図8**に示す。

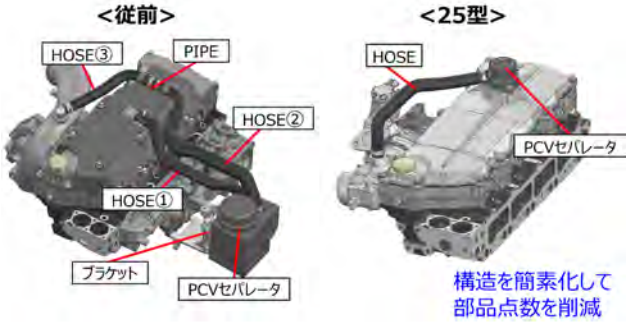


図8　従前とのPCVシステム構成の比較

4　おわりに

本稿では、25型フォワード用4HK1エンジンの開発概要について紹介した。

25型フォワード用4HK1エンジンでは、2010年以来15年ぶりとなるエンジンハードウェア及び制御システムの大幅な刷新を実施した。本開発では、従前エンジンで培った信頼性を継承しながら、法規対応に加え、動力性能、燃費性能、排出ガス性能、及び騒音性能の向上を図るとともに、軽量化及び市場整備性の改善を実施した。

本エンジンでは、環境性能、走行性能及び使いやすさを総合的に高め、商用車に求められる実用性能と商品力の向上を図った。本開発の成果が、これまで以上にお客様の「運ぶ」に貢献することを期待する。

排出ガス性能及び燃費性能に対する要求は、今後も一層高まることが予想される。これらの要求に応えるため、市場から得られる情報を製品開発へ反映し、次世代エンジンの更なる商品力向上に向けた技術開発を継続していく。

最後に、本開発の推進に当たり、多大なるご支援、ご協力を賜った社内外の関係者各位に深く感謝の意を表する。