

オフロード法適合車の開発

トンネルずり出し用重ダンプトラックの紹介

宮下 哲・前崎 純一・村田 貴大

国土交通省では建設施工において、機械化施工が大気環境に与える負荷の軽減を目的として、排出ガス性能の良い建設機械の普及促進及び排出ガス対策を実施し、排出ガス基準値を満たした建設機械を指定する制度を平成3年度より行っており、国土交通省が発注する工事において指定機械の使用が進められてきた。平成18年度からはオフロード法によって、公道を走行しない建設機械を対象に排出ガス規制が行われている。

排出ガス対策型建設機械指定要領における排ガスの規制基準値は1次基準から4次最終基準へと段階的に環境への負荷軽減措置が取られてきたが、これまで規制基準値に適合した装備機関定格出力130kW以上のトンネル用オフロード重ダンプトラックMDT30シリーズ（以下「本シリーズ」という）を順次開発してきており、2018年度には2014年基準（4次最終規制基準）に適合した山岳トンネル工事ずり出しおよび鉱山鉱石運搬用の本シリーズE4f型（以下「本型式」という）を開発した。

本報文ではその本シリーズの開発の経緯および本型式の特徴について詳述する。

キーワード：NO_x、Tier4エンジン、DPF、尿素SCRシステム、小旋回

1. はじめに

国土交通省が認める、排出ガス対策された定格出力130kW以上の建設機械の排出ガス規制値は第1次、第2次、第3次、第4次暫定、第4次最終規制と段階的に施行されてきており、環境対策として3次規制までは炭化水素、窒素酸化物、一酸化炭素、粒子状物質、黒鉛濃度が、4次規制より炭化水素に代わり非メタン炭化水素が規制されてきた。

また、4次最終規制では黒鉛濃度の測定方法を黒鉛測定器からオパシメータによる黒鉛測定に改訂されている。

その規制値、施行時期、本シリーズの開発時期および本シリーズの対応状況の推移を表—1に示す。

2. 本シリーズ生産の経緯

このシリーズは三井造船アイムコ(株)（株三井E&Sパワーシステムズ）が製造販売していたトンネルずり出し用重ダンプトラックの製造を当社が引き受けるようになったことがきっかけである。

昭和49年（1974年）設立の三井造船アイムコ(株)（株三井E&Sパワーシステムズ）製ダンプトラックME985-T20E（排気ガス規制1次）が、鉱山、トンネル工事で

表—1 定格出力130kW以上の建設機械の排出ガス規制値および本シリーズの対応状況

基準	施行時期	HC・NMHC (g/kW・h)	NO _x (g/kW・h)	CO (g/kW・h)	PM (g/kW・h)	黒鉛 (%)	対応型式	開発時期	導入台数
1次	1996年10月	1.3	9.6	5.0		50	E, E1	1999年8月	40
2次	2003年10月	1.0	6.0	3.5	0.2	40	E2	2005年11月	30
3次	2006年10月	0.4	3.6	3.5	0.17	25			
4次暫定	2011年10月	0.19 ^{*1}	2.0	3.5	0.02	25	E4i	2014年9月	20
4次最終	2014年10月	0.19 ^{*1}	0.4	3.5	0.02	0.5 ^{*2}	E4f	2018年9月	

HC：炭化水素、NMHC：非メタン炭化水素、NO_x：窒素酸化物、CO：一酸化炭素、PM：粒子状物質

※1：非メタン炭化水素（NMHC）規制値

※2：オパシメータによる光吸収係数測定値 単位は m⁻¹

のズリ運搬として国内にて製造・販売された。

その後、T20-ⅢE (D)、T25CE、T25DE、T20-ⅢE (C)、ME985-T15E、とシリーズ化され国内で販売されてきた。

当社が関わったのは、平成2年(1990年)、三井造船アイムコ(株)の設計でT35型、T250型の鉱山仕様、地下発電所工事用の大型ダンプトラック約40台を計画する中でその製作の依頼を受けたのがきっかけである。

平成4年、厳しい坑内環境での使用に耐えられるように品質向上、ズリ運搬量の増加、運搬時間短縮を狙い、T25型をベースにT30E型の開発を当社と共同で進めることになった。設計は三井造船アイムコ(株)、製作は当社が請負い、本格的な共同での開発、生産が始まった。

その後平成10年(1998年)に三井造船アイムコ(株)との協議により、製造権のすべてが当社に委ねられ、当社での設計・製造が開始された。

T30型(1次規制エンジン搭載)は、当社でMDT30E1の新名称で1999年8月に1号機が完成し40台を市場に投入した(写真-1)。



写真-1 シリーズE1型

平成17年(2005年11月)、2次規制エンジン搭載のE2型を開発、平成24年(2012年)、2011年度規制エンジン搭載のE4i型を開発、平成26年(2014年)から販売を開始した(写真-2, 3)。

2018年、4次ファイナル(2014年度規制エンジン搭載)の新型ダンプトラックの開発が終わり、量産機の生産へと移行している。

その後本シリーズの製造販売業務を譲り受け当社のブランドとして開発、販売を行ってきている。

シリーズには表-1に示す通り、1次規制対応のE、E1型、二次規制対応のE2型、4次暫定規制対応のE4i型、そして4次最終規制対応のE4f型と5タイプを開発、製造販売してきた(写真-4)。



写真-2 シリーズE2型



写真-3 シリーズE4i型



写真-4 シリーズE4f型

3. 4次規制適合車の開発

E4i型は4次暫定基準の2011年基準適合車として生産し、市場投入している製品であったが2014年の4次最終基準の規制開始後の継続生産車経過措置期間23か月をもって生産を停止し、併せて4次最終規制適合車の開発を開始した。

排出ガス基準車開発の第1ステップとしては、基準

適合エンジンの選定となる。

エンジンメーカーでは排気ガス規制値強化に順次対応するため、コモンレール式燃料噴射システムでの噴射燃料の高圧細微化によるPM抑制、噴射タイミング適正化によるNox抑制、EGR（排気ガス再循環）によるNox低減、DOC（ディーゼル酸化触媒）による有害物質の分解、DPF（ディーゼル微粒子フィルター）による微粒子の低減等の方式がとられてきた。

2014年基準の規制強化におけるNox値大幅低減へ対応するには、上記方式に加えて尿素SCR（選択触媒還元）システムが必須であった。

DPF+尿素SCRシステムは排気ガス後処理装置として、エンジン制御と統合的に管理され、各種センサーにより高度に監視、運用されるシステムであり、車両への搭載条件は厳密に定められており、搭載評価も確実に行う必要がある。

また、尿素水の凍結温度は-11℃であるため、尿素タンクへのエンジン冷却水循環、熱線ヒーターによる尿素ホースの保温による凍結対策が必要となる。

本シリーズはトンネル工事のずり出しを主目的としていることから、車両は極力コンパクトとすることにより小旋回性を持たせた上で、十分な積載量を運搬できる車体構造が市場から要求されてきた。

排気ガス後処理装置の各機器増加のレイアウトにおいては、メンテナンス性も考慮した上での設計に注意しながら、既存シリーズ車両と同サイズとする事に配慮した（図-1）。

なお、尿素SCRシステム構成品（本体+尿素タンク+供給ポンプ等）の車載装置追加による重量増加要素もあったが、各部材などの設計の見直しにより既存車両と同じ積載重量を確保した。

2018年5月には既存のE4i型機をベースにE4f型試作機を完成させ、当協会の施工技術総合研究所のテストコースおよび外周周回路での試験走行および評価を行った（写真-5, 6, 表-2, 図-2）。

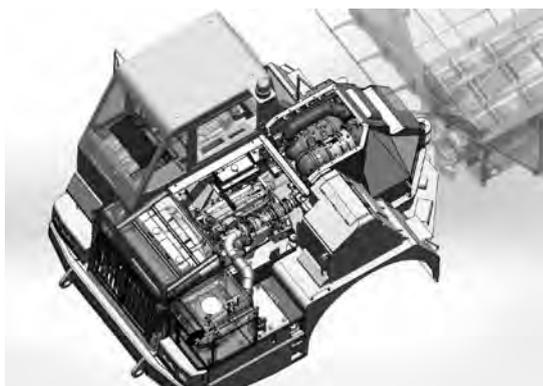


図-1 排ガス対策機器レイアウト



写真-5 テストコース走行テスト状況



写真-6 登坂能力確認

表-2 主要諸元

主要諸元	
車両質量	19,700kg
最大積載量	27,000kg
ベッセル容量	山積:15.0m ³ 平積:12.5m ³
走行速度(積載時)	F1: 5.0 F2: 7.5 F3: 12.0 (km/h) F4: 18.5 F5: 28.5 F6: 43.0 R1: 4.5 R2: 10.5 R3: 23.0
登坂能力	10%
エンジン	DEUTZ TCD6.1 L6F コモンレール式ターボディーゼルエンジン 直列6気筒 定格出力: 180/2,200 (kW/min ⁻¹) 最大トルク: 1,000/1,450 (N·m/min ⁻¹)
排ガス規制(国内)	2014年度オフロード法適合
トルクコンバータ	3要素1段2相式 ロックアップクラッチ付
トランスミッション	前進6段、後進3段、セミオートマチックシステム付
主ブレーキ	全油圧式乾式ディスクブレーキ 2系統6輪制動
駐車ブレーキ	油圧解除式推進軸制動・ディスク式
ステアリング	優先弁式ロードセンシング形 オービットロール アーティキュレートフレーム左右各45°
運転室	エアコンディショナー付密閉鋼製キャブ メカニカルサスペンションシート
ダンプ方式	油圧式リヤダンプ
ダンプ角度	50°
タイヤ	17.5R25☆☆チューブレス
電気装置	DC24V
燃料タンク容量	285リットル
尿素タンク	20リットル

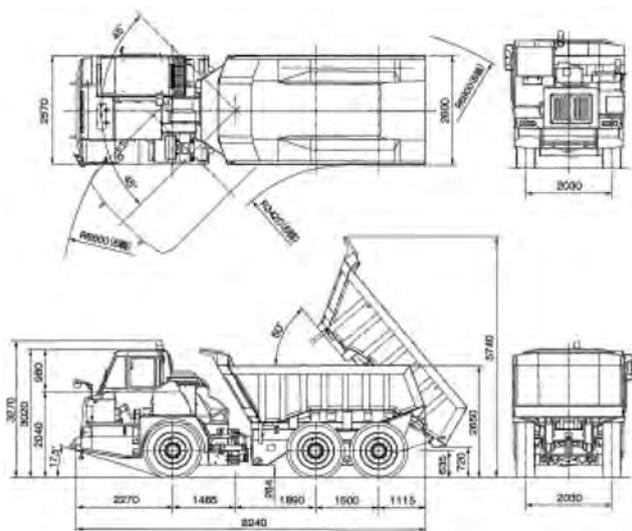


図-2 全体組立図

4. 本シリーズの特徴

同クラス車両に比べ、小回りの優位性があり、狭い坑内でも小旋回半径により運用が容易である。また空車時には後方車輪を持ち上げる事でより小旋回半径を得る事が出来る機構としている（図-3）。

オペレーターの運転時の負担を軽減するため、ロードセンシング油圧機構による軽いハンドリング操作を可能にする事とともに、エンジン ECU と通信する事により、負荷状態をセンシングした、スムーズなシフトチェンジ可能なトランスミッションを搭載した。

また、オペレーターシートはエアサスペンション式からスプリング式に変更する事により不必要な揺れを低減している。

オペレータモニターは、4.3 インチから 7.0 インチへ大型化する事によりモニター上で、車速、エンジン回転数、エンジン負荷が確認出来ると共に、DPF の処理状況を確認する事が出来るシステムとした。



図-3 車輪リフト装置

また、タコグラフの機能も有しており、運転履歴を記録する事が可能で施工管理データの蓄積も可能としている。

走行時の安全を向上させるため、バックモニターは 7.0 インチとし後方視界の確保を良好にしている。

パーキングスイッチはプッシュ方式からロッカースイッチ式（ランプ式）に変更する事により、「走行」「駐車」状態をより分かりやすくした。

高張力鋼製ベッセルを採用する事により、耐久性と運搬性を確保した。

中間 4 次対応エンジンと比較して、DOC（Diesel Oxidation Catalyst）、DPF（Diesel Particulate Filter）に加え SCR（Selective Catalytic Reduction）触媒を設ける事により NOx を規制前の 20% に低減する事を可能とした（80% 低減した）。

また、従来機は DPF 再生車両を停止して行う必要があったが、稼働率の改善のため走行中に再生処理できる形式のものを採用した。

5. おわりに

延長 2,000 m 未満のトンネルでも施工スピードの向上およびトンネル坑内の環境、安全確保のため延伸型のベルトコンベアの採用が増えつつある。

ただし、トンネルずり出し用重ダンプトラックはトンネル掘削の多様な条件への適応性が高く、これからも利用されていくと思われる。

排出ガス 4 次最終規制対応車を完成させたことにより今後のトンネルの施工に貢献できるものと考えている。

JICMA

【筆者紹介】

宮下 哲（みやした さとし）
 株式会社前田製作所
 産業機械本部 技術部
 部長



前崎 純一（まえざき じゅんいち）
 株式会社前田製作所
 産業機械本部 技術部 設計 1 課
 課長



村田 貴大（むらた たかひろ）
 株式会社前田製作所
 産業機械本部 技術部 設計 1 課

