

欧州5次排出ガス規制適合フォークリフト (2.0t～3.5t/3.5t～5.5t)

Forklift Complying with European Stage V Non-Road Emission Standards (EU Stage V)
(2.0t to 3.5t/3.5t to 5.5t)



三菱ロジスネクスト株式会社
技術本部 フォークリフト開発部
エンジン車開発課

三菱ロジスネクスト株式会社(以下、当社)は、各国の環境負荷物質規制に適合したエンジン式フォークリフトを販売し、規制更新に対しても新型車による適合を行っている。

今回ディーゼルエンジン式フォークリフトにおいて世界で最も厳しい環境負荷物質規制(欧州5次排出ガス規制)に適合した、新型 Diesel Particulate Filter(以下、DPF)付ディーゼルエンジンを搭載した 2.0t～3.5t/3.5t～5.5t 級フォークリフトを開発し市場投入したので紹介する。

1. はじめに

欧州市場ではエンジン式フォークリフトに対して 2019 年1月より欧州5次排出ガス規制が適用となったため、今回新排出ガス規制に適合した 2.0t～3.5t/3.5t～5.5t 級フォークリフトを開発した。

同クラスにおける新規制の特徴は、従来の排出ガス規制で規制されてきた炭化水素(Hydrocarbons, 以下、HC)/窒素酸化物(Nitrogen Oxides, 以下、NOx)/粒子状物質(Particulate Matter, 以下、PM)の規制値強化に加え、新たに排出ガス中の固体粒子数(Particulate Number, 以下、PN)規制が加わった点が挙げられる。

PN 規制に対しては、DPF 付エンジンの採用が必要となり、DPF 付エンジンの運用では収集した煤(Soot)を燃焼し、DPF を再生させる機能を追加することとなったが、本開発機では、DPF 再生制御を行いながらも、お客様の車両に対する運転性/作業性が損なわれたり、作業の中断を強いられたりすることなく運用することができる車両を開発した。

2. 欧州5次排出ガス規制について

欧州5次排出ガス規制は、ガソリン・LPG・ディーゼルエンジンを規制対象とし、エンジン出力 P (kW)により規制値が異なる。ここでは、今回開発対象のディーゼルエンジンについて説明する。今回開発対象の 2.0t～3.5t 級フォークリフトは、36.0kW エンジンを搭載するため $19 \leq P < 37$ (kW)クラス、3.5t～5.5t 級フォークリフトは、55.0kW エンジンを搭載するため $37 \leq P < 56$ (kW)クラスの規制対象となる。

表1にエンジン出力に対する規制値の規制前後の値を示す。

新規制は排出ガス中の PN 規制が加わった点が特徴となる。

表1 欧州5次排出ガス規制内容

エンジン出力 (kW)	新規格適用前の 排出ガス規制 レベル	現在の規制値					
		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	HC+NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN (1/kWh)
19 ≤ P < 37	Stage IIIA	5.5	–	–	7.5	0.6	–
37 ≤ P < 56	Stage IIIB	5.0	–	–	4.7	0.025	–
56 ≤ P < 130	Stage IV	5.0	0.19	0.4	–	0.025	–
130 ≤ P < 560	Stage IV	3.5	0.19	0.4	–	0.025	–



エンジン出力 (kW)	Stage V 規制値					
	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	HC+NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN (1/kWh)
19 ≤ P < 37	5.0	–	–	4.7	0.015	1X10 ⁻¹²
37 ≤ P < 56	5.0	–	–	4.7	0.015	1X10 ⁻¹²
56 ≤ P < 130	5.0	0.19	0.4	–	0.015	1X10 ⁻¹²
130 ≤ P ≤ 560	3.5	0.19	0.4	–	0.015	1X10 ⁻¹²

・引用先: REGULATION (EU) 2016/1628 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 September 2016

3. DPF 搭載車両の長所、特徴

通常 DPF 付エンジンでは収集した煤(Soot)の燃焼のためエンジンを一定の高排気温度状態とした DPF 再生モードでのエンジン運転状態が必要となるが、負荷/回転数変動が大きなフォークリフトでは再生を成立させる条件を安定して確保できず、再生モード中は通常作業の中断が必要となる可能性があった。

一方フォークリフトは作業機械であるため稼働率を維持することがお客様のニーズであり DPF 付エンジンの採用に際し、いかに稼働率を落とすことなく DPF 再生を実行するかが課題となった。

今回開発ではお客様の一連の通常作業の中で DPF を自動的に再生させることを目標として三菱重工エンジン&ターボチャージャー(株)(以下、MHIET))でのエンジン開発と当社の車両レイアウト設計を連携して実施した。DPF 再生制御には車両側排気管からの排気温度低下を抑えるレイアウトと排気ガス温度等の DPF 再生条件を作り出すエンジン制御が重要となるが、エンジン開発の段階でエンジン/DPF のデータ取得を目的とした先行試験車両により車載条件でのデータ取得による DPF 制御設計により、様々な実稼働データを基にした広範な運転パターンでの DPF 再生が可能となった。

DPF 制御の視点ではエンジン排気口～DPF までの排気温度低下量を最小に抑えられるよう、エンジン排気口近傍に DPF を配置することを当初目指したがエンジンルームには極めて限定的空間しか持たない小型クラスのフォークリフトではエンジン排気口近傍に DPF を配置することは困難でありレイアウトが成立しない課題を抱えていた。排気温度低下を最小とすることを目的としたエンジン排気口～DPF までの排気管設計(エンジン冷却風の影響を受け難い設計や断熱材の使用といった工夫)と先行試験車両での排気温度低下のデータをエンジン開発に反映することにより図1に示すエンジンから離れたオープンスペースを生かしたレイアウトが可能となりこの課題を解決することができた。

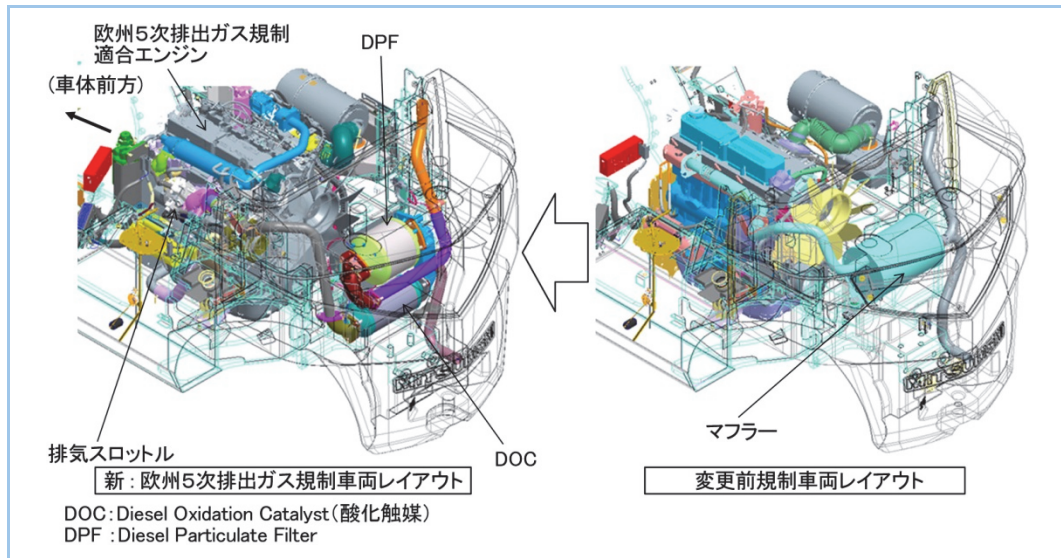


図1 2.0t～3.5t 級フォークリフト DPF レイアウト図

発売前の車両にエンジンデータロガーを搭載し、発売予定の欧州市場にてお客様に実用供試を行い使用状況をリモート確認したところ、エンジン稼働中であれば当初懸念された DPF 再生に厳しい条件となる低エンジン負荷/低回転数といった、フォークリフト特有の使用条件のお客様においても DPF 再生が運用できていることが確認できた。今回 DPF 再生運用を確認した低エンジン負荷、低回転数での使用頻度が高いお客様でのエンジン稼働パターン代表例を図2に示す。

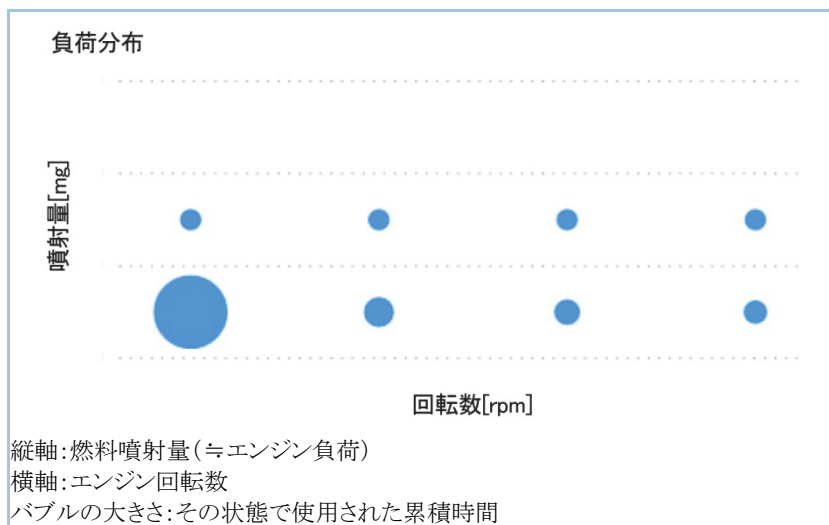


図2 エンジン稼働パターン代表例

4. 主要諸元とブランド展開

本開発車両の主要諸元を表2に示す。

表2 主要諸元

車両型式			FDE20	FDE25	FDE30	FDE35	FDE40	FDE45	FDE50C	FDE50	FDE55		
性能	許容荷重	定格	kg	2000	2500	3000	3500	3500	4000	4500	5000	5500	
	荷重中心		mm	500	500	500	500	600	600	600	600	600	
	走行速度	無負荷	km/h	17.5	17.5	17	18	22.5	22.5	22	22	22	
	牽引力 (負荷時)	最大	N	18600	18600	18200	17100	36700	36000	35700	35800	35900	
		at 1.6km/h	N	16200	16100	15800	14800	26000	25600	25000	24800	24500	
	最大登坂能力 (負荷時)	at 1.6km/h	%	31	27	22	18	29	26	22.9	21	19.3	
	荷役速度	上昇	全負荷	mm/sec	610	610	490	410	620	620	540	530	530
			無負荷	mm/sec	640	640	510	430	670	670	580	570	570
		下降	全負荷	mm/sec	500	500	500	500	500	500	500	500	500
			無負荷	mm/sec	500	500	500	500	500	500	500	500	500
最小旋回半径	最外側	mm	2200	2230	2380	2440	2580	2730	2760	2890	2940		
騒音		dBA	79	79	79	79	78.5	78.5	78.5	78.5	78.5		
諸元	全長	mm	2485	2560	2735	2795	3000	3130	3170	3310	3360		
	全幅	mm	1150	1150	1275	1290	1415	1460	1460	1460	1460		
	全高	ヘッドガード	mm	2145	2145	2165	2175	2296	2296	2296	2296	2296	
		マスト	mm	2150	2150	2170	2300	2320	2320	2400	2400	2400	
	軸距	前輪	mm	960	960	1060	1060	1175	1175	1175	1175	1175	
		後輪	mm	980	980	980	980	1180	1180	1180	1180	1180	
	車両重量	無負荷	kg	3490	3790	4430	4820	5960	6370	6880	7340	7670	
	ホイールベース		mm	1600	1600	1700	1700	1850	2000	2150	2150	2150	
エンジン	エンジンサプライヤ		MHIET				MHIET						
	エンジン型式		D04EG				D04EGT						
	エンジン出力		36kW				54kW						
	エンジン排気量		3331cc				3331cc						
	吸気方式		自然吸気				ターボ式						
	後処理仕様		DOC,DPF				DOC,DPF						
パワートレイン			トルクコンバータ式				トルクコンバータ式						

今回開発により三菱ブランド、CAT ブランド、UNICARRIERS、TCM ブランドの4ブランドを当社統合モデルとして展開した(図3)。



図3 各ブランドのエンジン式フォークリフト

5. 今後の展開

フォークリフトにおける市場の大きな流れは、電動化・バッテリー式フォークリフトへのシフトであるが、電力事情の悪い市場など即座に電動化が進まない地域、エンジン式フォークリフトが好まれる環境を中心に、エンジン式フォークリフトのニーズは残り続ける見通しである。

エンジン式フォークリフトとしては、環境性能の向上、安全装備の充実、荷役作業の効率化といったユーザーニーズの中から、バッテリー式フォークリフトが得意としないニーズを拾い、お客様満足度を高めていく。