

最新ディーゼル車の燃料供給システムが低温運転性に及ぼす影響

燃料油分科会 ディーゼル車の燃料供給システム調査専門委員会
コスモ石油株式会社 大塚 武

1. はじめに

ディーゼル車は排出ガス低減等のため、燃料の高圧噴射化が進み、より精密な噴射制御が導入されており、併せて燃料供給システムの異物除去を目的としたフィルタの仕様変更なども行われている。ディーゼル車は低温時にエンジンの始動不良や走行不良など運転性の不具合が発生する場合があります、これらはフィルタの仕様等によって大きく影響される。

これらの状況を鑑み、公益社団法人 石油学会は 1998 年より(株)石油産業技術研究所の委託を受けて、燃料供給システムの諸元調査および必要に応じて実車試験調査を実施し、低温運転性が悪化した場合の要因と対策を明らかにするとともに、得られた技術情報を広く発信している。

本稿では、調査の一環として、最新の排出ガス規制適合のディーゼル車両を対象として 2018/2019 年度に行った、諸元調査 10 車種、燃料流量の調査 1 車種、及びディーゼル車における海外メーカ車両の国内市場占有率の調査結果について述べる。

1.1 低温時不具合とその支配要因

これまでの調査^{1)~5)}において、低温時の始動不良及び走行不良に関する検討結果が報告されている。以下に、近年の一般的なコモンレール式車両における低温時の不具合とその支配要因について述べる。

1.1.1 始動不良

始動不良とは、エンジン始動後に、燃料フィルタからサプライポンプ入口までの系内の滞油分（軽油 数十～数百 mL）から析出した少量のワックス分により、アイドル中の短時間でポンプフィルタ（P/F）が閉塞し、エンジンストールする現象（低温始動性の不具合）である。尚、各燃料フィルタと比較すると P/F の表面積は極めて小さい。

P/F は滞油スペース容量（燃料フィルタ容器内濾紙の下流側容積）、ライン容量（燃料フィルタ出口からサプライポンプ入口の配管容積）の合計量が多いと、閉塞し易い。

1.1.2 走行不良

走行不良とは、走行中、燃料フィルタにワックス分が徐々に堆積し、燃料フィルタを閉塞することにより、車速低下等の不具合が生じる現象（低温走行性の不具合）である。

通常であれば、走行中に燃料油温が上昇し、燃料フィルタに堆積したワックス分は溶解する。しかし、燃料フィルタが荷台下などのエンジンルームから遠い位置に設置され、エンジンからの輻射熱が得られない場合や、燃料フィルタに加熱システムが装備されていない場合は、フィルタ内の燃料油温の上昇が遅くなる。

その結果、フィルタの許容限界までワックス分が堆積した場合、エンジンへの燃料供給量が減少し、車速低下等の走行不良が起こり易い。また、単位時間当たりの燃料流量が多いことや、フィルタの

表面積が小さいことも走行不良が起きる要因となる。

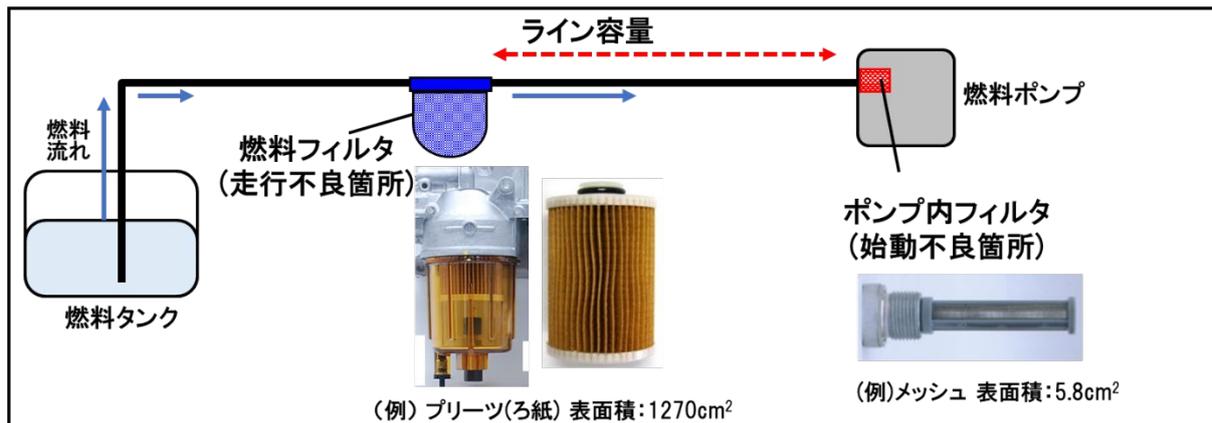


図 1 低温時不具合とその支配要因(閉塞箇所)

1.2 近年の燃料供給システムの構造

近年の車両に採用されている燃料供給システムを図 2 に示す。

従来、サプライポンプの前段にメインフィルタ(以下 M/F)が設置された、負圧濾過方式(M/F 負圧環境)の燃料系統が多かったが、ポスト新長期適合以降の車両には、M/F をサプライポンプ後段に設置した加圧濾過方式(M/F 正圧環境)に仕様変更されている車両もある。このような車両では、サプライポンプ前段にポンプの保護、水分除去を目的としたプライマリフィルタ(以下 Pr/F)が新設されている。またサプライポンプ内にはフィードポンプフィルタ(以下 FP/F)の他に、プランジャーポンプフィルタ(以下 PP/F)が新設されている。一方、サプライポンプ前段に M/F が設置された車両でも、インタンクポンプがある場合は M/F の圧力環境は正圧である。

いずれの圧力環境においても、始動不良はポンプフィルタ入口、走行不良は燃料タンク直後にある燃料フィルタが閉塞することによって不具合が発生する。

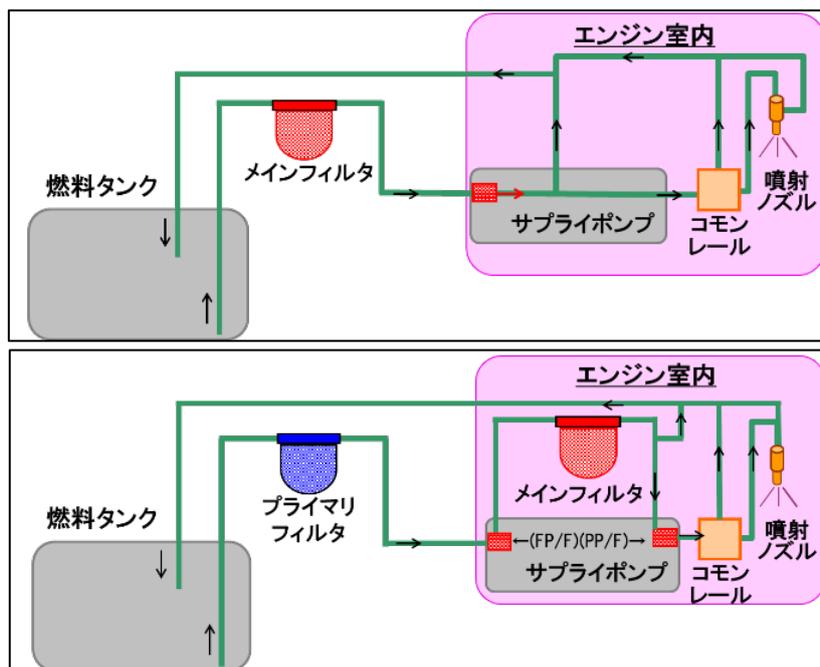


図 2 近年の燃料供給システム(上：M/F 負圧環境、下：M/F 正圧環境)

2. 国内最新車両の諸元調査

2017年～2019年に発売された最新の車両を選定し、新型解説書、エンジン修理書、カタログ等情報誌、実部品により実態を調査した。諸元調査結果を表1及び表2に示す。小型トラックについては、懸念のある項目について、また、乗用車・商用車については、近年の全体的な傾向について特記する。

【小型トラック】

・トラックA

Pr/Fのヒータが標準装備であったが、最新モデルでは装備自体が確認できなかった。そのため、低温走行性が懸念される。

・トラックB

Pr/Fの形状がM型プリーツからハニカム型に変更された。ハニカム型は表面積が大きいものの、濾過に有効な表面積がプリーツ型よりも小さいため、ワックス許容量は少ない傾向にあることが過去調査からも確認されている。また、ヒータが標準装備でないため、低温走行性が懸念される。

・トラックC

前モデルと同仕様であり、低温運転性も同等と推定される。ライン容量及び滞油スペース容量が大きいことにより、低温始動性が懸念される。また、ヒータは標準装備ではないため、低温走行性が懸念される。

・トラックD

トラックBのOEM車両であり、仕様も同一である。トラックBと同様に、低温走行性が懸念される。

表1 車両諸元調査結果(小型トラック)

		トラックA		トラックB			トラックC		トラックD
最大積載量		2t	2t	2t	2t	2t	2t	2t	2t
発売年		2014	2019	2016	2018	2019	2016	2019	2018
適合排出ガス規制		H22年 (P新長期)	H28年	H22年 (P新長期)	H28年	H28年	H22年 (P新長期)	H28年	H28年
インタンクポンプ	目開き, μm	無	無	無	無	無	1000	1000	無
プライマリ フィルタ (Pr/F)	設置位置	エンジン 近傍	エンジン 近傍	荷台下	荷台下	荷台下	無	無	荷台下
	形状	プリーツ	プリーツ	Mプリーツ	Mプリーツ	ハニカム			ハニカム
	表面積, cm ²	1270	1225	2330	2330	3626			3626
	加熱システム	ヒータ	無	ヒータ (ワ°ション)	ヒータ (ワ°ション)	ヒータ (ワ°ション)			ヒータ (ワ°ション)
メイン フィルタ (M/F)	設置位置	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	荷台下	荷台下	エンジン 近傍
	圧力環境	正圧	正圧	正圧	正圧	正圧	正圧	正圧	正圧
	形状	プリーツ	プリーツ	プリーツ	プリーツ	プリーツ	多層型	多層型	プリーツ
	表面積, cm ²	2700	2432	2040	2040	1505	153※	153※	1505
	加熱システム	無	無	無	無	無	ヒータ (ワ°ション)	ヒータ (ワ°ション)	無
ライン容量, mL		14	19	108	108	126	90	90	126
滞油スペース容量, mL		55	55	54	54	30	510	510	30
ポンプフィルタ (P/F)	目開き, μm	150	150	160	160	160	120	120	160
	/表面積, cm ²	/5.8	/5.3	/5.8	/5.8	/5.8	/2.3	/2.3	/5.8

■ 2018/2019 調査車両

※フィルタ内側表面積

【乗用車・商用車】

近年の車両でライン容量・滞油スペースに、大きな変化はなく、他車と同程度か、前モデルと同様の仕様であり、低温始動性への影響に大きな変化はないと推察される。

また、多くの車両で燃料フィルタの加熱システムが、標準装備となっており、低温運転性に配慮された車両が主流となっている。

表 2 車両諸元調査結果(乗用車・商用車)

		乗用車A		乗用車B		乗用車C		乗用車D		商用車A		商用車B
発売年		2017	2015	2018	2015	2019	2017	2015	2017	2018	2019	
適合排出ガス規制		H30年	H22年 (P新長期)	H30年	H21年 (P新長期)	H30年	H21年 (P新長期)	H21年 (P新長期)	H21年 (P新長期)	H21年 (P新長期)	H21年 (P新長期)	
インタンクポンプ	目開き, μm	無	無	無	200 ~300	200 ~300	無	無	無	無	無	
プライマリ フィルタ (Pr/F)	設置位置	無	無	無	無	無	エンジン 近傍	無	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	
	形状						ハニカム		ハニカム	ハニカム		
	表面積, cm ²						5620		2300	2300	2300	
	加熱システム						リターン 還流		リターン 還流 (オプショナル)	リターン 還流		
メイン フィルタ (M/F)	設置位置	エンジン 近傍	後部 座席下	後部 座席下	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	エンジン 近傍	
	圧力環境	負圧	負圧	負圧	正圧	正圧	正圧	負圧	正圧	正圧	正圧	
	形状	ハニカム	プリーツ	プリーツ	ハニカム	ハニカム	ハニカム	ハニカム	ハニカム	ハニカム	ハニカム	
	表面積, cm ²	2300	648	970	2300	2300	2527	2330	2527	2527	2527	
	加熱システム	ヒータ	ヒータ	ヒータ	ヒータ	ヒータ	無	リターン 還流 (オプショナル)	無	無	無	
ライン容量, mL		30	117	108	20	20	40	26	38	38	38	
滞油スペース容量, mL		4	33	33	7	7	10	61	61	61	61	
ポンプフィルタ (P/F)	目開き, μm	170	150	172	160	160	160	160	160	150	160	
	/表面積, cm ²	/5.4	/5.8	/5.4	/5.8	/5.8	/5.8	/5.8	/5.8	/5.8	/5.8	

2018/2019 調査車両

3. 燃料流量調査

表 3 に示すのは、今回諸元調査を実施した際に、サプライポンプの変更やコモンレール最大圧力の増加が確認された車両である。噴射系の仕様変更により、燃料流量などに変化があると、フィルタへのワックス供給量や、リターン流量変化に伴うタンク油温の変化などが想定される。よって、低温運転性へも影響があると考えられるため実車を用いて燃料流量調査を行った。

表 3 高圧化が確認された車両と最大圧力

		商用車A		トラックC (2t)	
発売年		2015	2017	2016	2019
エンジン	排気量(CC)	2982	2754	2998	2998
燃料 噴射系	形式	コモンレール	コモンレール	コモンレール	コモンレール
	最大圧(MPa)	200	220	180	200

2018/2019 調査車両

3. 1 試験条件

3. 1. 1 供試車両・供試燃料

供試車両は、表 3 中の商用車 A を用いた。2015 年に調査したモデルを旧型、2018 年に調査したモデルを新型として、それぞれの比較を行った。供試燃料は市販の JIS 2 号軽油を用いて試験を行った。

3. 2 試験方法

本試験では、シャシ設備を用い、温度 25℃、湿度 50% の条件において図 3 に示す手順で試験を行った。流量計の設置箇所は図 4 に示す通りであるが、旧型車両では部材の関係上、インジェクタのリターン部への流量計設置ができなかった。

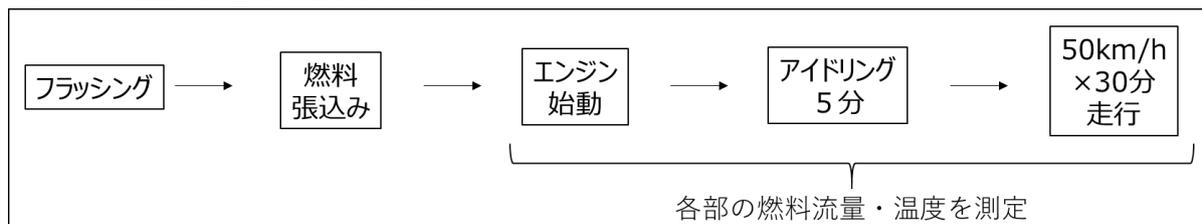


図 3 試験手順

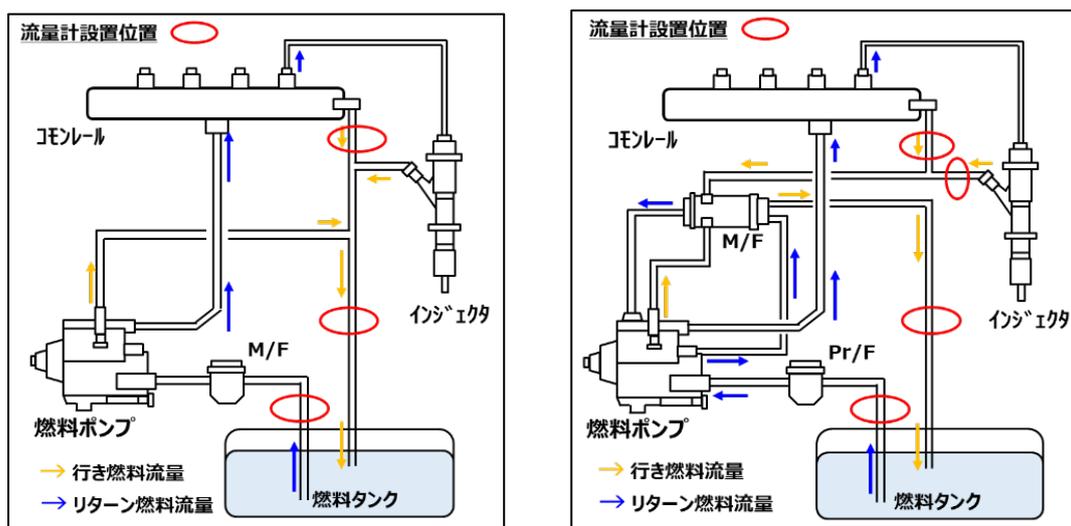


図 4 燃料流量計の設置位置 (左：旧型車両、右：新型車両)

3. 3 流量調査結果と考察

図5、6に示す試験結果について、以下に詳細を述べる。

- ・新旧ともに、燃料タンクへの総リターン流量(タンクリターン流量)と比較して、コモンレールからのリターン流量はわずかである。リターン燃料のほとんどはポンプからのリターンであることがわかった。
- ・旧型車両では、タンクからの行き(サクション)流量(タンク行き流量)および、タンクリターン流量は安定した数値で推移していたが、新型車両では、アイドリングから試験開始後 20 分までは少ない流量で推移し、試験開始後 20 分付近からタンク行き流量が急上昇した。これはポンプの保護制御などが要因であると考えられる。
- ・コモンレールリターンを比較すると、新モデルは旧モデルよりも少ない傾向を示した。
- ・燃料流量の増加につれて、燃料タンク油温は上昇していた。試験終了時のタンク油温は同等であった。

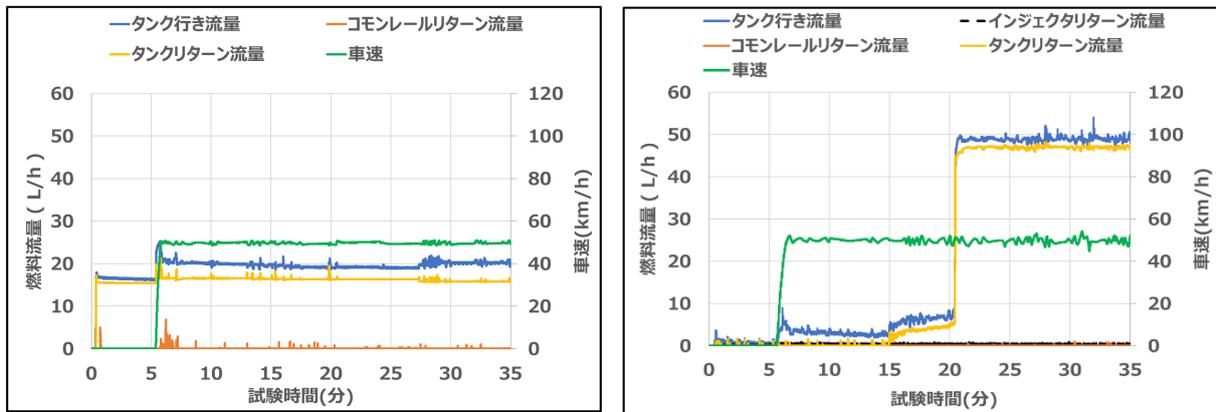


図5 各部位の燃料流量 (左：旧型、右：新型)

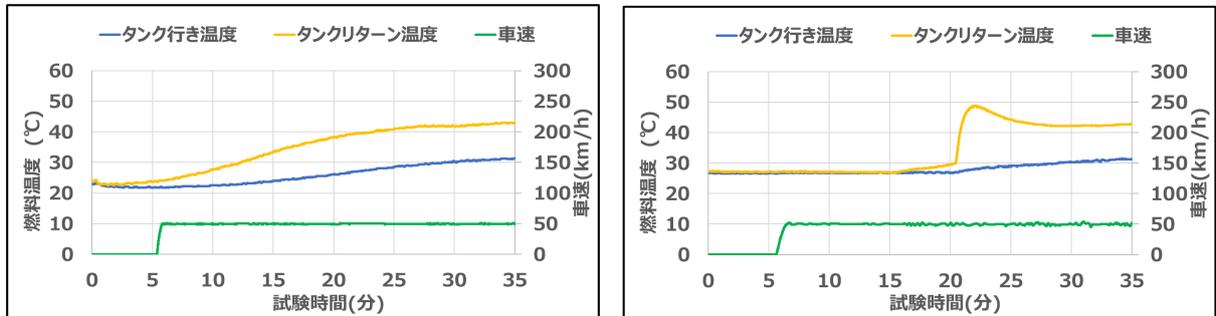


図6 各部位の燃料温度 (左：旧型、右：新型)

以上の結果から、噴射系の高圧化に伴い、コモンレールからのリターン流量の減少が認められた。しかし、タンクへのリターン流量の大部分は、ポンプからのリターン流量であり、ポンプからのリターン燃料から得られる熱がタンク中のワックスへの溶解に対して最も支配的であると考えられる。よって、高圧化に伴い、インジェクタやコモンレールからのリターン燃料が減少した場合の、タンク油温に与える影響は軽微であると考えられる。

また、タンク行き流量が低く抑えられていると、燃料フィルタへのワックス供給量は少なくなるものの、タンクへリターンする温かい燃料の流量も減少する。燃料流量制御が低温運転性にどの程度の影響力があるかは今回の試験で評価できなかった。燃料流量の変化が低温運転性に与える影響については、低温条件での試験による確認が必要である。

4. 海外メーカー車の市場占有率調査

近年、国内でもディーゼル車販売台数が増加傾向であり、海外メーカーの車両を目にする事も多くなった。そこで、ディーゼル車を目的別に種類分けして、その登録台数を国内メーカー、海外メーカーに分けてまとめ、国内ディーゼル車における海外メーカー車両の市場占有率(2018年3月時点)を調査した。

図7に示すのは、車両を種類ごとに分けて集計した登録車両台数である。貨物(トラックなど)・乗合(バスなど)では、99%以上が国内メーカーの車両であることがわかった。一方で、乗用車においては、20%程度が海外メーカーの車両であった。

また、図8として、2000年以降に初度登録され、保有されているディーゼル乗用車の台数を年ごとに示す。

海外メーカーの車両は毎年一定程度の登録があったが、2012年以降全体数増加に伴い、その割合は増加傾向にあることがわかった。

よって、今後は海外メーカーの車両動向についても低温運転性を含めて注視するべきであると考えられる。

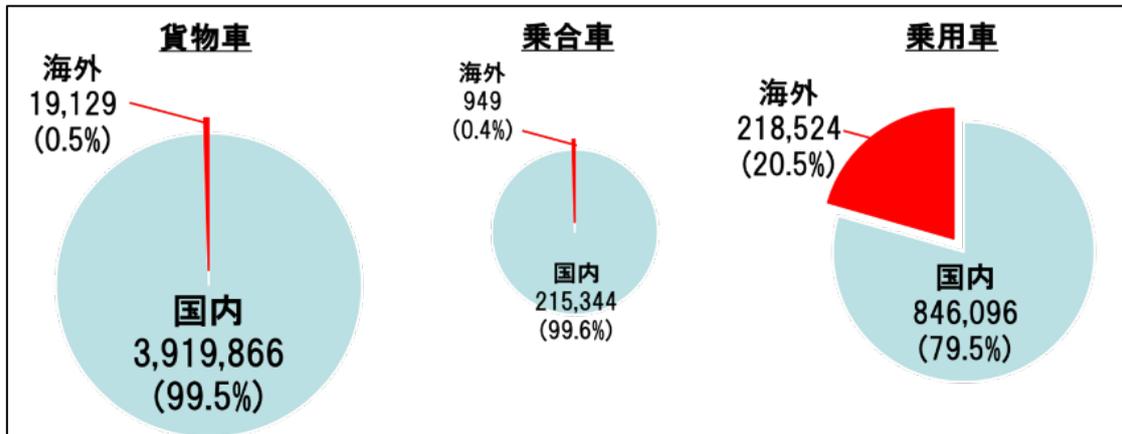


図7 国内ディーゼル車の海外メーカー車両占有率

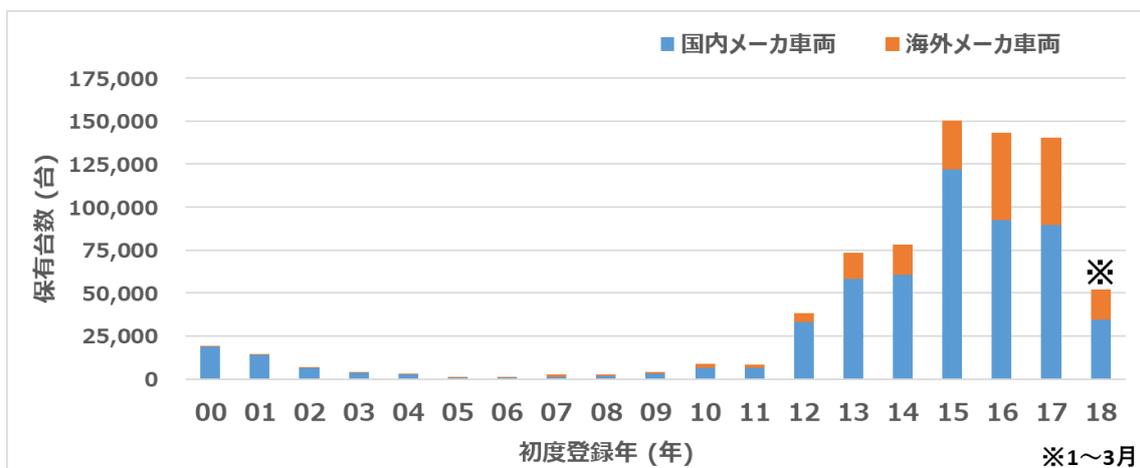


図8 初度登録年ごとの乗用車保有台数

5. まとめ

<諸元調査>

小型トラックでは、一部車両において、加熱システム装備なしへの変更、フィルタ形状の変更などがあり、低温運転性に懸念があると思われる車両を把握した。

乗用車・商用車では、標準でフィルタ加熱装備を有する車両の普及が進んでおり、低温走行性への懸念は少ないと考えられる。

<燃料流量調査>

商用車 A において、タンクへのリターン流量の大部分は、ポンプからのリターンである。ポンプ以外のインジェクタやコモンレールからのリターン燃料流量の減少が低温運転性に与える影響は軽微であると考えられる。今後は、フィルタやライン容量だけでなく、ポンプなどの噴射系の変化などにも注視すべきである。

<海外メーカー車の市場占有率調査>

乗用車において、海外メーカーの車両占有率は 2 割程度であり、2012 年以降増加傾向であるため、今後は動向を注視していくべきと考えられる。

6. おわりに

ディーゼル車は、今後も排出ガス低減等の新技術の導入に伴い、燃料供給システムの変化が予想される。このため、ディーゼル車の燃料供給システムを継続的に調査し、得られた技術情報を広く発信していくことで、低温運転性に十分配慮したディーゼル車の導入・拡大に寄与したいと考えている。

参考文献

- 1) 笹子千穂“最新ディーゼル車の燃料供給システムが低温運転性に及ぼす影響”,
2018 年度石油製品討論会予稿集
- 2) 大森敬朗“最新ディーゼル車の燃料供給システムが低温運転性に及ぼす影響”,
2016 年度石油製品討論会予稿集
- 3) 高坂司“最新小型ディーゼル車の燃料供給システムが低温運転性に及ぼす影響”,
2014 年度石油製品討論会予稿集
- 4) 小林秀一“最新ディーゼル車の燃料供給システムが低温運転性に及ぼす影響”,
2012 年度石油製品討論会予稿集
- 5) 公益社団法人 石油学会,製品部会 燃料油分科会 ディーゼル車の燃料供給システム調査専門委員会,“ディーゼル車の燃料供給システム調査報告書-2011~2019 年度”