

本資料の位置付け

- 過去20年以上に渡る調査活動で培われた車両低温運転性の知見をより広く、一般的に発信することを目的として、(公社)石油学会の調査によって、「低温性能確保の推奨技術」を取りまとめた。
- 「低温性能確保の推奨技術」では、ディーゼル車両の燃料供給システムの設計が低温始動性や低温運転性に及ぼす影響を整理した。

「低温性能確保の推奨技術」によって、ディーゼル車両における燃料供給システムの設計等に資することを本資料の位置付けとする。

目次と要約

燃料流量の影響	5
➢ 燃料流量が増加すると、燃料タンク中に析出したワックスの供給量が増加するため、低温走行性に対して厳しくなる	
燃料フィルタ 設置位置の影響	8
➢ トラックの荷台下など、外気に晒された環境に燃料フィルタを設置すると、燃料フィルタが温まりにくく低温走行性が厳しくなる傾向にある	
燃料フィルタ 加熱システムの影響	10
➢ 燃料フィルタへの加熱システム装備により、燃料フィルタへ供給されるワックスの溶解、および燃料フィルタの温度上昇の効果から低温走行性が向上する	
燃料フィルタ エLEMENT形状の影響	13
➢ 燃料フィルタのワックス許容量が小さいと、燃料フィルタが温まる前に閉塞するため、低温走行性に対して厳しくなる	
燃料フィルタ 滞油スペースの影響	15
➢ 滞油スペースの容量が大きいと、始動時に燃料ポンプフィルタへ流れ込むワックスの量が多くなり、低温始動性に対して厳しくなる	
ライン容量の影響	19
➢ ライン容量が大きいと、始動時に燃料ポンプフィルタへ流れ込むワックスの量が多くなり、始動性に対して厳しくなる	
燃料ポンプフィルタ サイズと目開きの影響	22
➢ 燃料ポンプフィルタは表面積が小さいためワックス許容量が非常に少なく、また目開きの大きさはワックス結晶サイズと同等であり、エンジン始動時に流れ込む少量のワックスで閉塞する	
(参考) 低温シャシダイナモによるディーゼル車のフィルタ閉塞性試験	
➢ 「低温シャシによるディーゼル車のフィルタ閉塞性試験マニュアル(平成13年度改定)」に代わる車両・燃料の低温性能評価方法	

ディーゼル車における低温時不具合

低温時の不具合

始動不良

- ・・・エンジン始動時に、燃料ポンプ内部フィルタ
(以降 燃料ポンプフィルタ)が閉塞し、
エンジンストールする現象。

走行不良

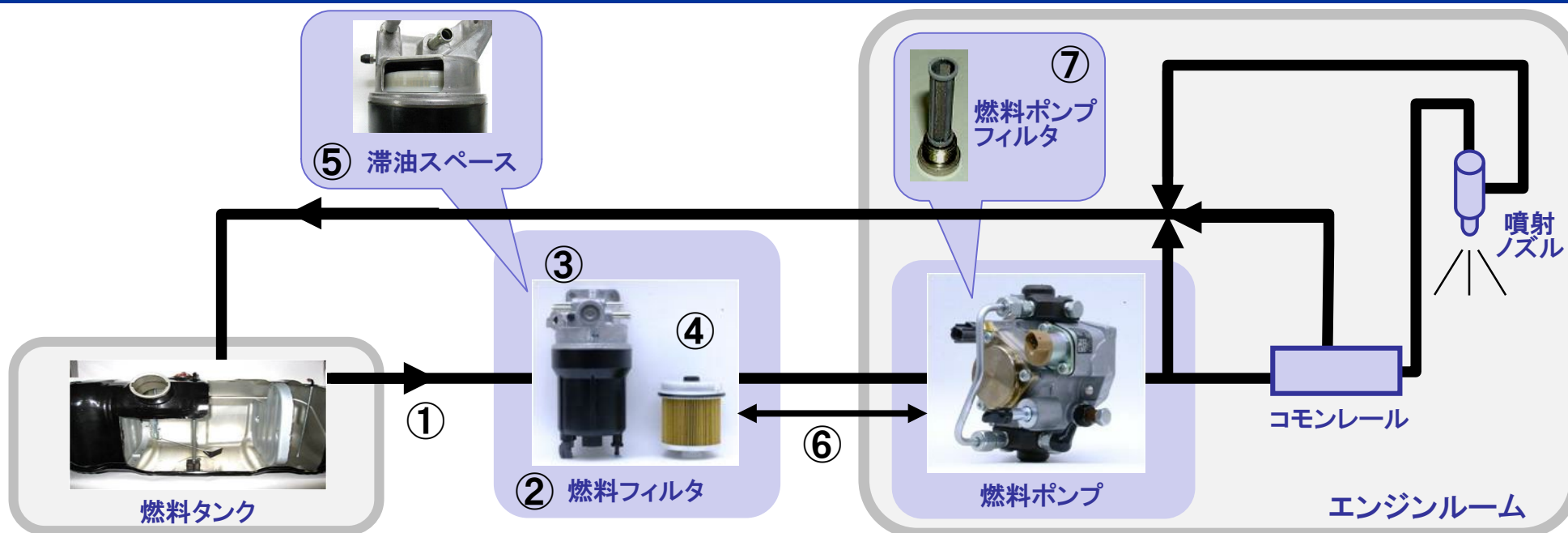
- ・・・車両走行中に燃料フィルタが閉塞し、
車速低下等を引き起こす現象。

始動不良に関わること⇒低温始動性

走行不良に関わること⇒低温走行性

低温運転性

低温運転性から見た設計ポイント



	低温始動性改善		低温走行性改善	
燃料流量	-	-	①	燃料流量の削減
燃料フィルタ	⑤	滞油スペース容量の削減	②	エンジン近傍に設置
			③	加熱システムの標準装備
			④	エレメント形状/表面積の増大
燃料ライン (燃料フィルタ出口～燃料ポンプ入口)	⑥	ライン容量の削減	-	-
燃料ポンプフィルタ	⑦	サイズ(容量)および目開きの増大	-	-

① 燃料流量の影響

低温走行性確保の観点から、燃料流量の少ない設計を推奨する

- 燃料タンク内～燃料フィルタ入口までの燃料中に析出したワックスが燃料フィルタに捕捉され、閉塞する
- 燃料流量が増加すると、燃料タンク中に析出したワックスの供給量が増加するため、低温走行性に対して厳しくなる
- 燃料流量の少ない設計が望ましいが、燃料フィルタ加熱システムの装備、ワックス許容量の大きいフィルタエレメントの採用、燃料フィルタをエンジン近傍に設置する、といった方法も低温走行性確保に有効であり、低温運転性以外の車両設計思想との相性・バランスを踏まえて選択していく必要がある

① 燃料流量の影響／小型トラックの例

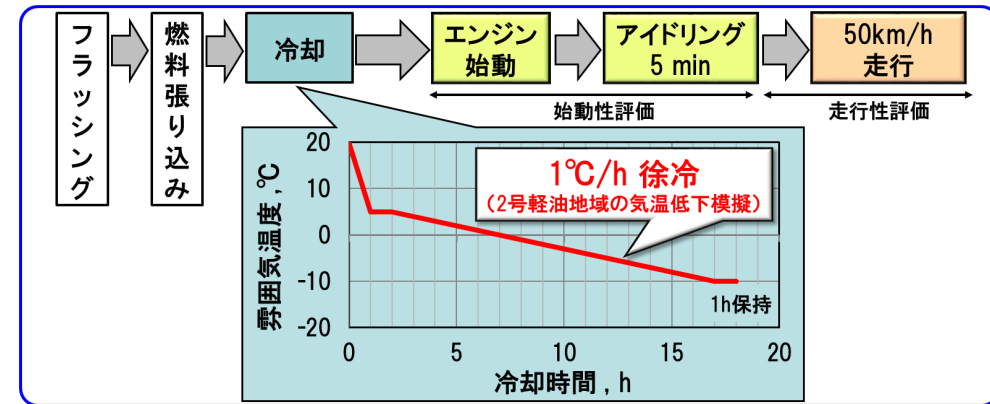
【試験車両諸元】 小型トラックA

- 短期規制、長期規制対応の小型トラック
- 長期規制対応車は高圧化に伴い燃料流量が増加

排ガス規制		短期	長期
燃料噴射システム		分配	高圧分配
燃料流量, L/h		32	110
燃料 フィルタ	設置位置	エンジン近傍	エンジン近傍
	ろ紙形状	スパイラル	スパイラル
ポンプ フィルタ	目開き, μm	150	150
	ライン容量, mL	22	22

【試験モード】

石油学会 低温シャシによるディーゼル車
低温運転性試験マニュアル 準拠



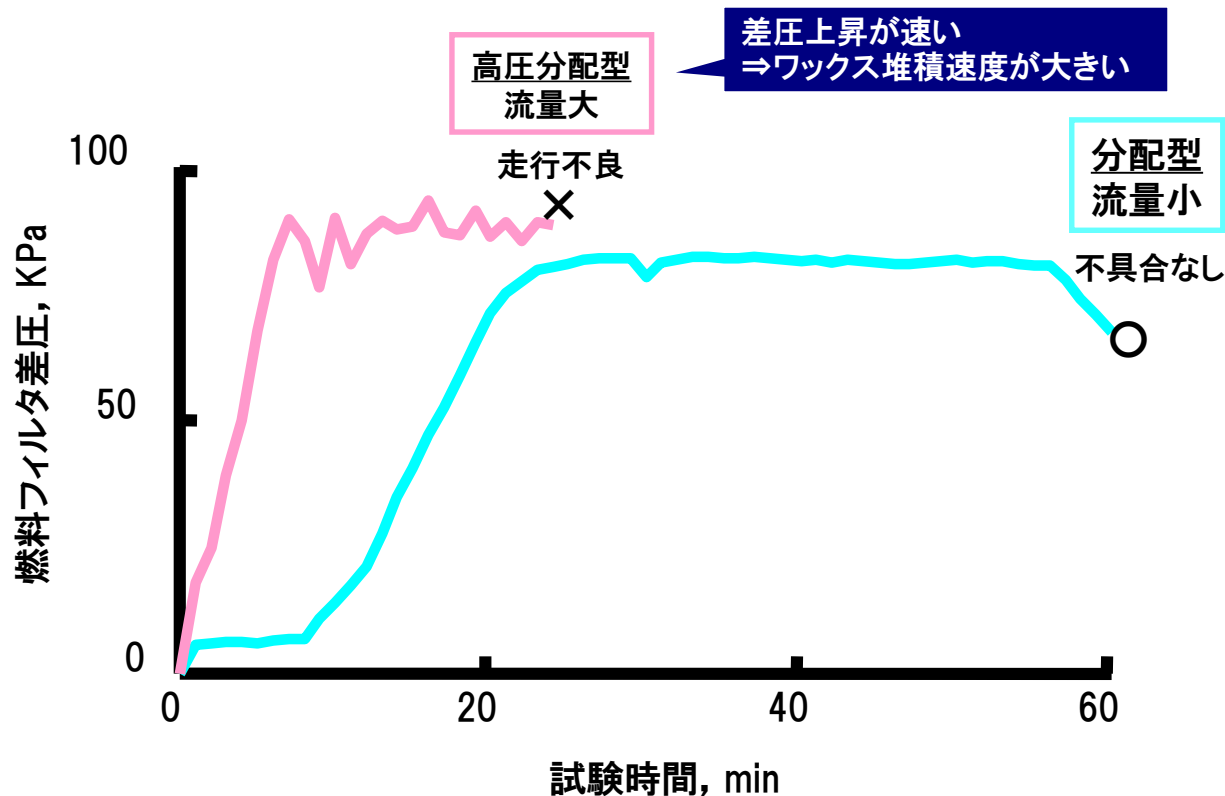
【試験燃料】

市場の代表的な冬期2号軽油を用いて試験

① 燃料流量の影響／小型トラックの例

7

【試験結果】 小型トラックA 燃料フィルタの圧力挙動（試験温度 -9°C ）



走行不良発生時の燃料フィルタにワックスが詰まっている様子

- ・ 燃料流量の多い高圧分配型の方が差圧上昇が速く、走行不良が発生
- ・ 燃料フィルタへのワックス供給が速いため、燃料フィルタが温まる前に閉塞したことが要因

② 燃料フィルタ 設置位置の影響

低温走行性確保の観点から、燃料フィルタのエンジン近傍への設置を推奨する

- 燃料フィルタを輻射熱を受けやすいエンジン近傍に設置することにより、燃料フィルタの温度上昇効果から低温走行性が向上する
- **トラックの荷台下など、外気に晒された環境に燃料フィルタを設置すると、燃料フィルタが温まりにくく低温走行性が厳しくなる傾向にある**
- 一方、燃料流量の削減、燃料フィルタ加熱システムの装備、ワックス許容量の大きいフィルタエレメントの採用といった方法も低温走行性確保に有効であり、低温運転性以外の車両設計思想との相性・バランスを踏まえて選択していく必要がある

② 燃料フィルタ 設置位置の影響

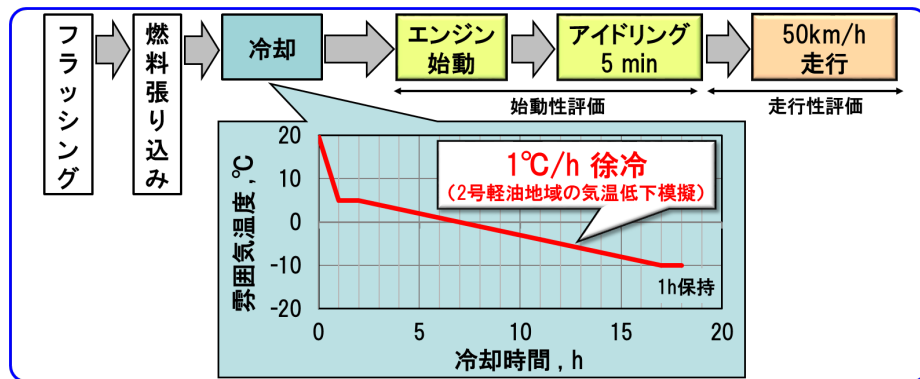
9

【試験車両諸元】

短期規制～ポスト新長期規制対応の国内ディーゼル車 15台

【試験モード】

石油学会 低温シャシによるディーゼル車
低温運転性試験マニュアル 準拠

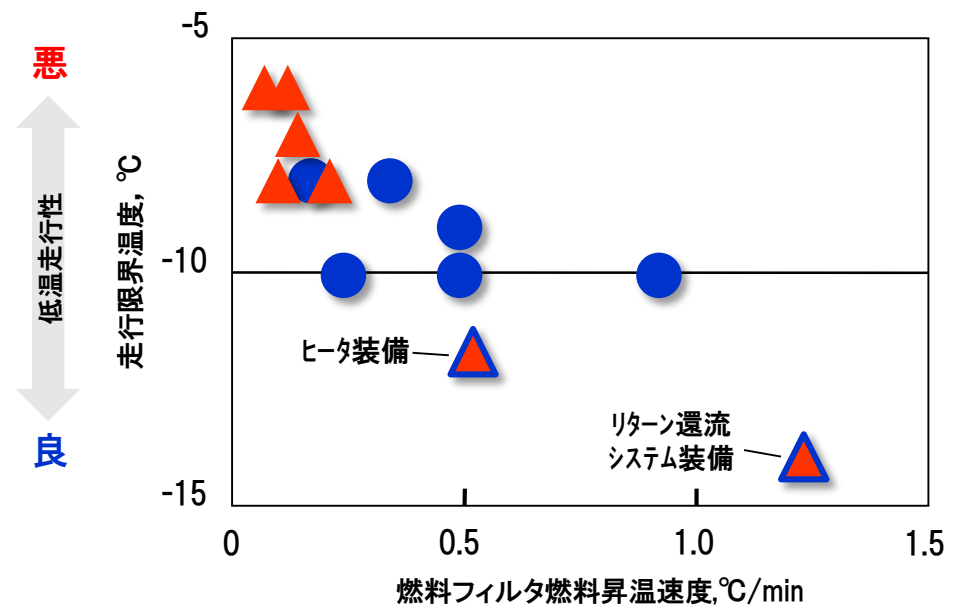


【試験燃料】

市場の代表的な冬期2号軽油を用いて試験

【試験結果】

- 燃料フィルタを荷台下に設置した車両は、エンジン近傍に設置された車両よりもフィルタ昇温速度が小さく走行限界温度も高い傾向あり
- 荷台下に設置した場合でも、加熱システムの併用により良好な低温走行性を確保可能

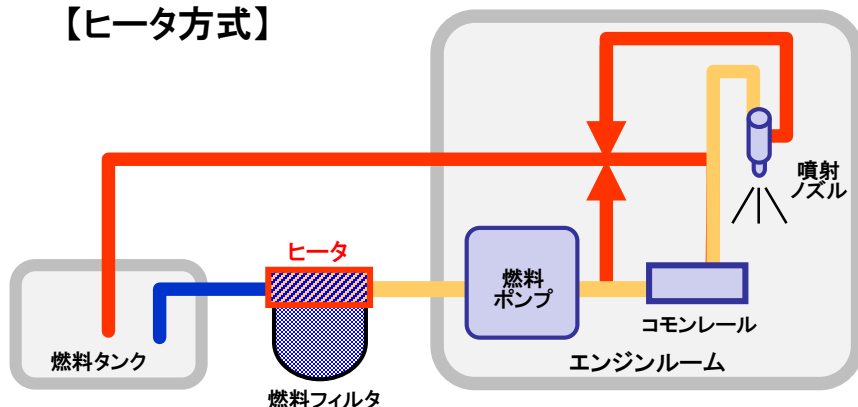


③ 燃料フィルタ 加熱システムの影響

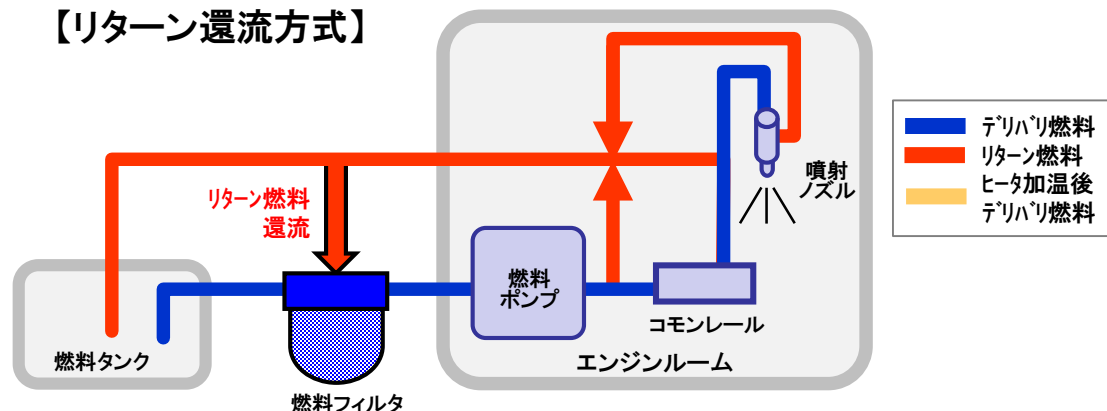
低温走行性確保の観点から、燃料フィルタ加熱システムの標準装備を推奨する

- 燃料フィルタ加熱システムとは
燃料フィルタを温める機構であり、ヒータやリターン燃料還流などの方式がある

【ヒータ方式】



【リターン還流方式】



- 燃料フィルタへの加熱システム装備により、燃料フィルタへ供給されるワックスの溶解、および燃料フィルタの温度上昇の効果から低温走行性が向上する
- 加熱システムはワックス許容量の少ないフィルタエレメントや、温まりにくい場所に燃料フィルタを設置された場合においても、低温走行性を確保できる非常に有効なシステムである

③ 燃料フィルタ 加熱システムの影響

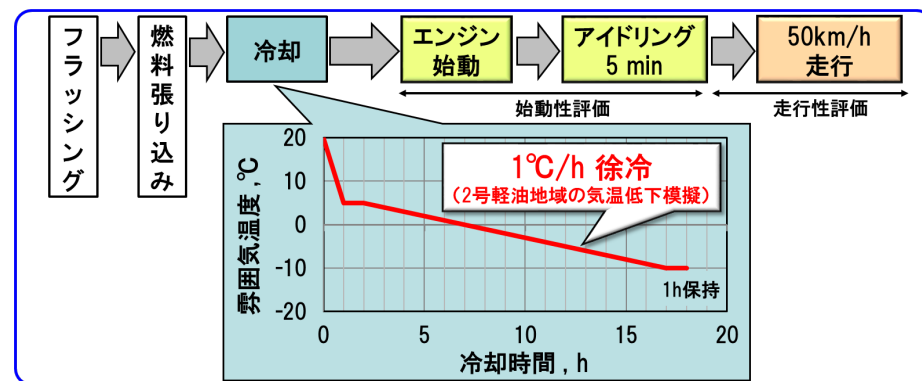
【試験車両諸元】 小型トラックC

- ・ 新短期規制車両にリターン還流システム標準装備
- ・ 燃料フィルタろ過面積は比較的大きいが、設置位置は荷台下

排ガス規制		長期	新短期
燃料噴射システム		高圧分配	コモンレール
燃料流量, L/h		110	35
燃料 フィルタ	設置位置	荷台下	荷台下
	ろ紙形状	スパイラル	プリーツ
	表面積, cm ²	4,770	3,310
	加熱システム	無	リターン還流

【試験モード】

石油学会 低温シャシによるディーゼル車
低温運転性試験マニュアル 準拠



【試験燃料】

市場の代表的な冬期2号軽油を用いて試験

③ 燃料フィルタ 加熱システムの影響

12

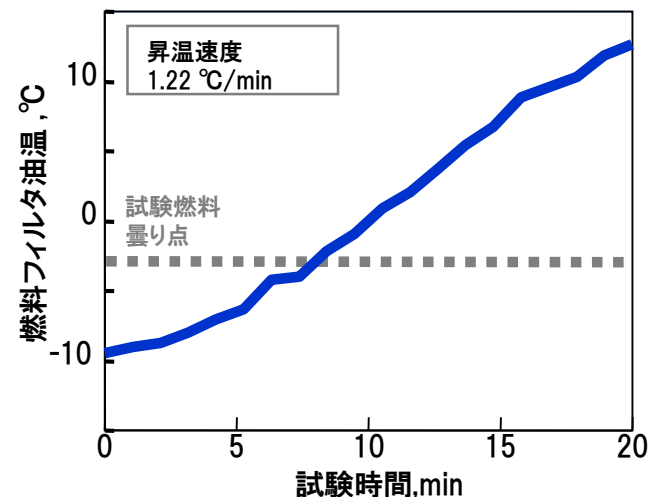
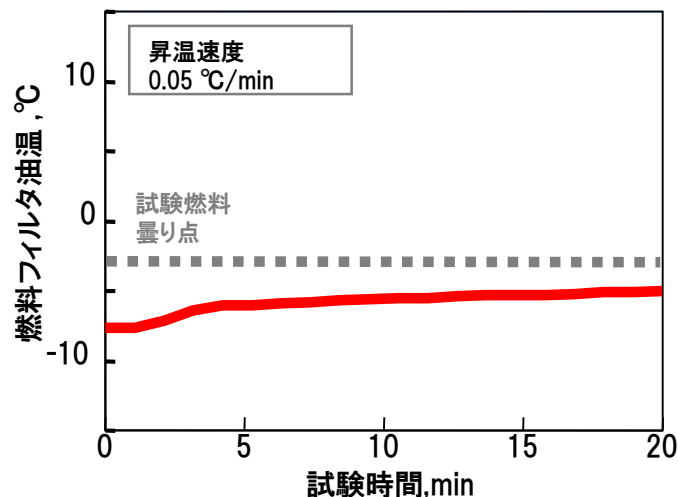


【試験結果】 燃料フィルタ油温の挙動

- 長期規制車両の燃料フィルタは温まりにくい荷台下に設置されており、かつ加熱システム非搭載のため-9℃で走行不可
- 新短期規制車両の燃料フィルタは荷台下に設置されているものの、加熱システムによる油温上昇の効果により良好な低温走行性を有する

排ガス規制	長期／高圧分配	新短期／コモンレール
試験温度, °C	-9	-10
走行性試験結果	×:FAIL	○:PASS
燃料フィルタ位置	荷台下	荷台下
加熱システム有無	無	有(リターン還流)

燃料フィルタ油温



④ 燃料フィルタ エLEMENT形状の影響

低温走行性確保の観点から、ワックス許容量の大きい
フィルタELEMENTの採用を推奨する

- 燃料タンク内～燃料フィルタ入口までの燃料中に析出したワックスが燃料フィルタに捕捉され、閉塞する
- 燃料フィルタELEMENTは、その形状や大きさによりワックスを捕捉できる量(ワックス許容量)が異なる
- ワックス許容量とは
石油学会 低温シャシによるディーゼル車低温運転性試験において、走行性不良が発生した際フィルタに捕捉されたワックスの重量
$$\text{ワックス許容量} = \text{試験後フィルタELEMENT重量} - \text{試験前フィルタELEMENT重量}$$
- 燃料フィルタのワックス許容量が小さいと、燃料フィルタが温まる前に閉塞するため、低温走行性に対して厳しくなる
- ワックス許容量の大きいフィルタELEMENTの採用が望ましいが、燃料流量の減少、燃料フィルタ加熱システムの装備、燃料フィルタをエンジン近傍に設置する、といった方法も低温走行性確保に有効であり、低温運転性以外の車両設計思想との相性・バランスを踏まえて選択していく必要がある

④ 燃料フィルタ エlement形状の影響

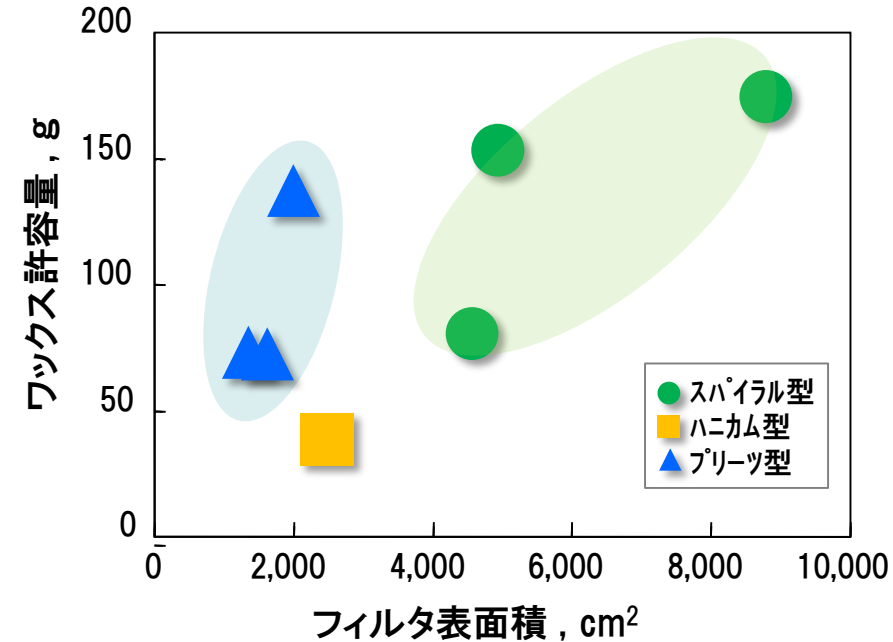
14



【フィルタエレメント形状】 例：小型トラックB

排ガス規制	短期	長期	新短期
燃料噴射システム	分配	高圧分配	コモンレール
形状	スパイラル型	ハニカム型	プリーツ型
外観			
表面積, cm ²	4,500	2,300	1,550
ワックス許容量, g	85	44	75

【ワックス許容量】 例：小型トラック



- ・ スパイラル型は表面積が大きく、ワックス許容量が大きい
- ・ プリーツ型は表面積が小さいものの、ワックス許容量が大きい
- ・ ハニカム型は表面積に対してワックス許容量が小さく、低温走行性に対して厳しい形状
 - 加熱システムとの併用や、温まりやすいエンジン室内に設置するといった対策が望まれる

低温走行性に対して
有効な形状

⑤ 燃料フィルタ 滞油スペースの影響

低温始動性確保の観点から、滞油スペース容量の少ない設計を推奨する

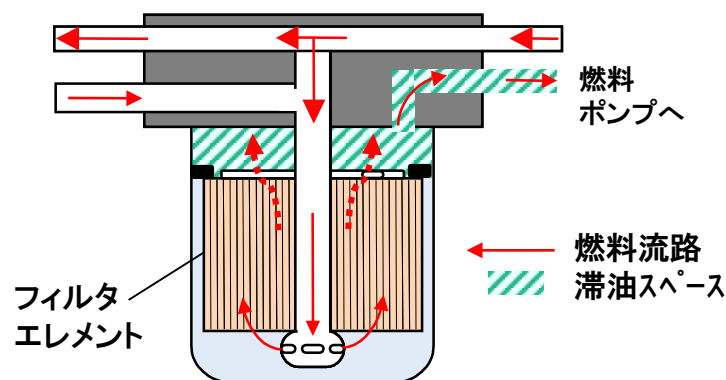
- 滞油スペースとは
燃料フィルタとエレメント装着部の間に燃料が溜まるスペースのこと

【燃料フィルタ 断面概略図】



燃料フィルタ外観 フィルタエレメント外観

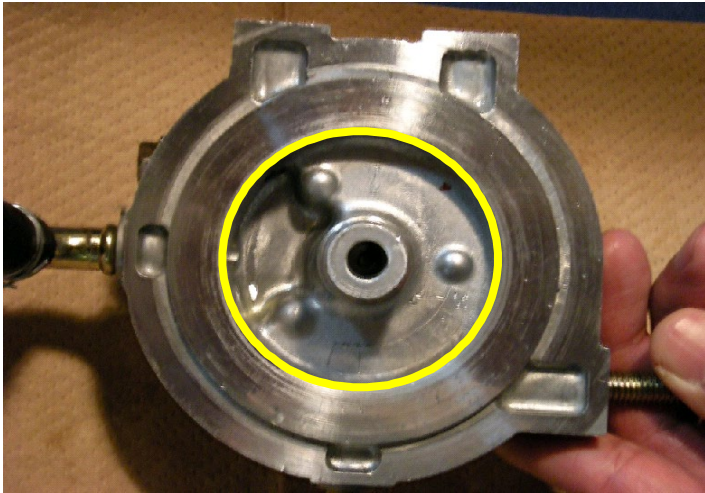
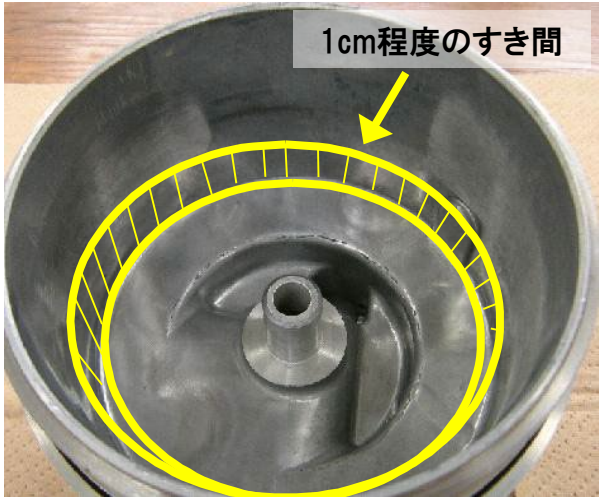
断面概略



- 滞油スペースの容量が大きいと、始動時に燃料ポンプフィルタへ流れ込むワックスの量が多くなり、低温始動性に対して厳しくなる
- 低温始動性確保のため滞油スペース容量に加え、フィルタ出口～ポンプ入口までのライン容量を少なくする設計を推奨する

⑤ 燃料フィルタ 滞油スペースの影響

【小型トラックA 滞油スペースの例】

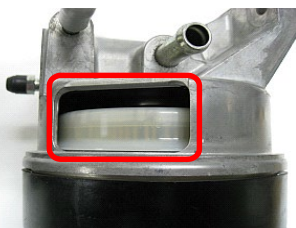
適応排ガス規制	新短期	新長期
燃料フィルタ 上部外観		
滞油スペース容量, mL	28	72
ライン容量, mL	107	16
滞油スペース+ライン容量, mL	135	88

- 新短期の燃料フィルタ上部はほぼ隙間なし
- 新長期の燃料フィルタ上部は1cm程度の隙間があり、滞油スペース容量が大きい

⑤ 燃料フィルタ 滞油スペースの影響

【滞油スペース容量の影響評価】

新長期のフィルタエレメントを加工し、滞油スペース容量を減少

	加工前 新長期	加工後 新長期(改)
フィルタ エレメント		
燃料フィルタ 上部		
滞油スペース 容量, mL	72	35

【試験車諸元】 小型トラックA

対応排ガス規制		新短期	新長期	新長期(改)
燃料 フィルタ	形状	スパイラル	プリーツ	←
	設置位置	荷台下	エンジン近傍	←
	加熱システム	無	リターン還流	←
燃料 ポンプ フィルタ	有無	有	有	←
	目開き, μm	150	150	←
	表面積, cm^2	5.8	5.8	←
ライン容量, mL		107	16	←
滞油スペース容量, mL		28	72	35
ライン+滞油スペース容量, mL		135	88	51

【試験燃料】

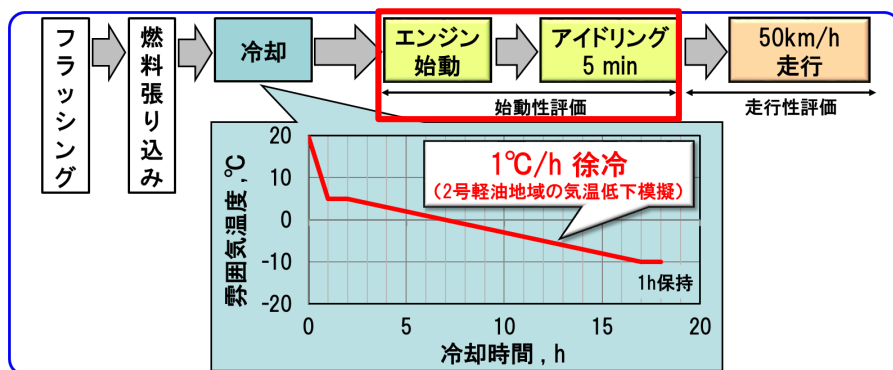
市場の代表的な冬期2号軽油を用いて試験



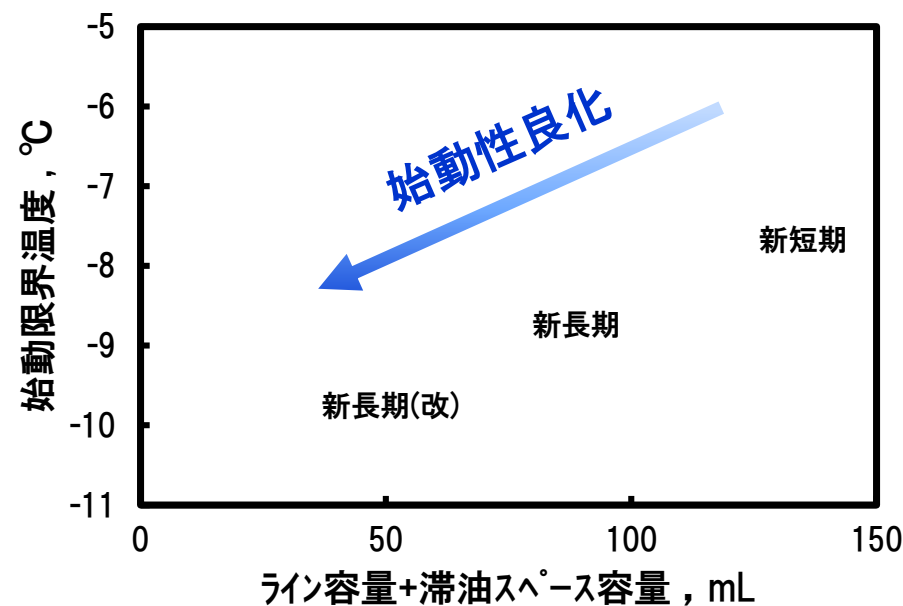
⑤ 燃料フィルタ 滞油スペースの影響

【試験モード】

- 石油学会 低温シャシによるディーゼル車低温運転性試験マニュアル 準拠
- 滞油スペース容量の低温始動性への影響を評価



【試験結果】



- フィルタエレメント加工によりライン容量+滞油スペース容量が削減された新長期(改)の始動限界温度は、加工前の新長期よりも改善
- ライン容量+滞油スペース容量が始動限界温度に影響していることを確認

⑥ ライン容量の影響

低温始動性確保の観点から、ライン容量を少なくする設計を推奨する

- ライン容量とは
燃料フィルタ出口～燃料ポンプ入口までの燃料供給ラインの容量のこと
- ライン容量が大きいと、始動時に燃料ポンプフィルタへ流れ込むワックスの量が多くなり、始動性に対して厳しくなる
- ライン容量が多い設計は、エンジンから離れた位置にフィルタを設置することになるため、低温走行性への影響も懸念される
- 低温始動性確保のためフィルタ出口～ポンプ入口までのライン容量に加え、燃料フィルタの滞油スペース容量を少なくする設計を推奨する

⑥ ライン容量の影響

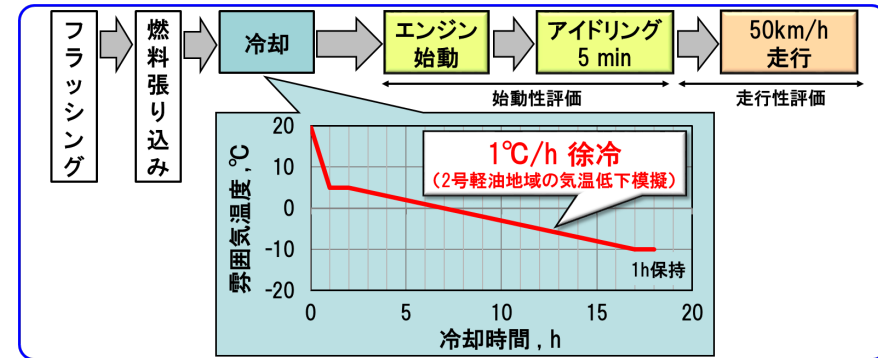
【試験車両諸元】小型トラックB

- 長期規制対応車両以降、燃料フィルタの設置位置が荷台下となったことに伴い、ライン容量が増大

排ガス規制		短期	長期	新短期	ポスト新長期
燃料噴射システム		分配	高圧分配	コモンレール	コモンレール
燃料 フィルタ	設置位置	エンジン近傍	荷台下	荷台下	荷台下
	形状	スパイラル	ハニカム	プリーツ	プリーツ
	加熱システム	無	無	無	無
ライン容量, mL		22	82	100	108
滞油スペース容量, mL		不明	25	57	54
燃料 ポンプ フィルタ	目開き, μm	150	150	150	150
	表面積, cm^2	8	8	5.8	5.8
燃料流量, L/h		37	110	24	50

【試験モード】

石油学会 低温シャシによるディーゼル車低温運転性
試験マニュアル準拠



【試験燃料】

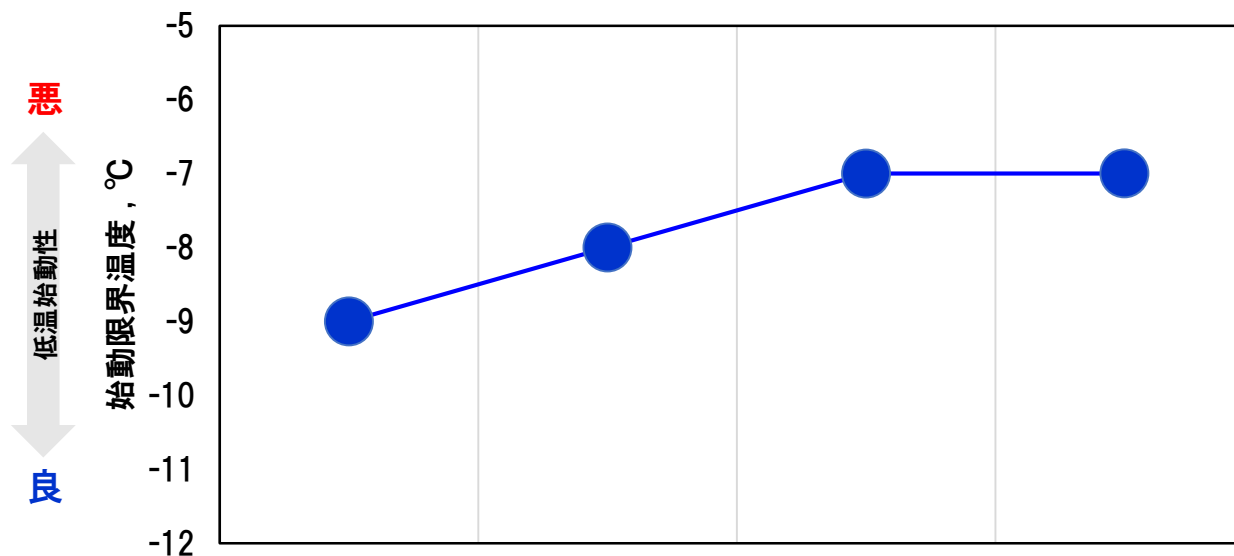
市場の代表的な冬期2号軽油を用いて試験

⑥ ライン容量の影響



【試験車両諸元】小型トラックB 始動性限界温度

- 長期規制対応車両以降、**燃料フィルタ設置位置の荷台下への変更に伴いライン容量が増加し、低温始動性が悪化**
- 新短期規制対応車以降は滞油スペースの増加、燃料ポンプフィルタのろ過面積減少も影響して更に低温始動性が悪化



	短期	長期	新短期	ポスト新長期
燃料フィルタ設置位置	エンジン近傍	荷台下	荷台下	荷台下
ライン容量, mL	22	82	100	108
滞油スペース容量, mL	-	25	57	54
燃料ポンプフィルタろ過面積, cm ²	8	8	5.8	5.8

⑦ 燃料ポンプフィルタ サイズと目開きの影響

低温始動性確保の観点から、燃料ポンプフィルタの表面積および目開きが大きな設計とすることを推奨する

- 燃料ポンプフィルタとは
 - 燃料ポンプ内に設置された表面積が数 cm^2 、目開きは数十～百数十 μm 程度の金属製フィルタ
 - 排ガス規制強化に伴い特に精密化した燃料噴射系（ポンプ、コモンレール、インジェクタ）を、車両製造時に混入する異物などから保護する目的で設置
- 燃料ポンプフィルタは表面積が小さいためワックス許容量が非常に少なく、また目開きの大きさはワックス結晶サイズと同等であり、エンジン始動時に流れ込む少量のワックスで閉塞する
- 燃料ポンプフィルタの表面積、目開きを大きな設計とすることでワックス許容量の増加、および供給されたワックス通過による始動性の向上が見込める

⑦ 燃料ポンプフィルタ サイズと目開きの影響

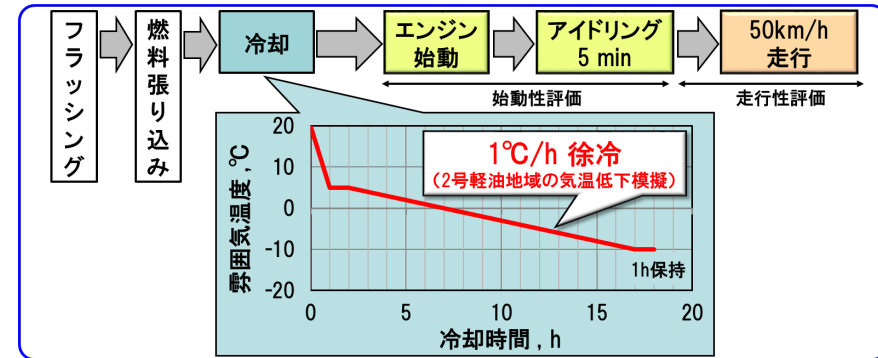
【試験車両諸元】小型トラックC

- 短期規制、新短期規制対応車両は燃料ポンプフィルタなし

排ガス規制		短期	長期	新短期	ポスト新長期
燃料噴射システム		分配	高圧分配	コモンレール	コモンレール
燃料 フィルタ	設置位置	エンジン近傍	荷台下	荷台下	荷台下
	形状	スパイラル	スパイラル	プリーツ	多層式
	加熱システム	無	無	リターン還流	リターン還流
ライン容量, mL		-	290	262	45
滞油スペース容量, mL		-	-	-	510
燃料 ポンプ フィルタ	目開き, μm	無	150	無	120
	表面積, cm^2	無	8	無	2.6
燃料流量, L/h		30	110	35	-

【試験モード】

石油学会 低温シャシによるディーゼル車低温運転性試験マニュアル準拠



【試験燃料】

市場の代表的な冬期2号軽油を用いて試験

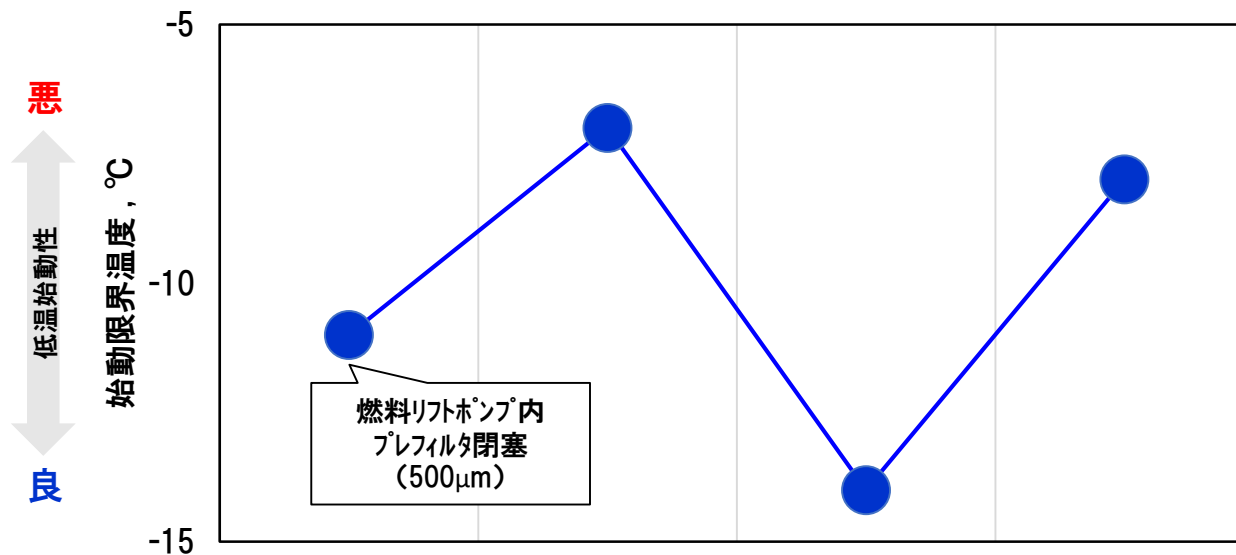
⑦ 燃料ポンプフィルタ サイズと目開きの影響

24



【試験車両諸元】小型トラックC 始動性限界温度

- 燃料ポンプフィルタの設置により、低温始動性が悪化
- 短期規制車両は燃料フィルタの前段に燃料リフトポンプが設置されており、その内部フィルタ(500 μ m)が閉塞したため新短期規制車両よりも始動性が悪い結果となった



	短期	長期	新短期	ポスト 新長期
ライン容量, mL	-	290	262	45
滞油スペース容量, mL	-	-	-	510
燃料ポンプフィルタ目開き, μ m	無	150	無	120
燃料ポンプフィルタろ過面積, cm ²	無	8	無	2.6