概要

１．調査の目的

本調査の目的は、ガソリンを燃料とする筒内直接噴射式エンジンを搭載している車両（ガソリン直噴車）から排出される粒子状物質（PM）および固体粒子数（PN）の排出量に対して燃料性状が与える影響を調査し、PN 規制導入の検討に必要な知見を収集することである。

２．調査内容

PM 及び PN 排出量への燃料影響を調査するため、性状が異なるプレミアムガソリン 3 種とガソリン直噴車 2 台を用いて排出ガスの測定試験を行った。

尚、昨年度にあたる平成 31 年度はレギュラーガソリンの燃料性状が PM 及び PN の排出に与える影響を調査した。このため、車両と燃料については連番にて示している。

３．調査方法

３．１　供試車両

国内で販売されている乗用車からガソリン直噴車 2 台を選定し、レンタカーにより調達した。選定は、適合している規制、車種、エンジン型式、排気量等を参考にし、環境省担当官と協議の上決定した。試験車両の車両諸元を**概要表 1** に示す。

概要表 1 試験車両諸元

			C車	D車
供試車両	車名		C車	D車
	型式		5BA	3BA
	適合規制		H30年規制 50%低減レベル	H30年規制
	規制対応サイクル		WLTC	WLTC
寸法・重量	全長	(mm)	4,440	4,330
	全幅	(mm)	1,800	1,800
	全高	(mm)	1,420	1,460
	乗車定員	(人)	5	5
	車両重量	(kg)	1,400	1,390
	車両総重量	(kg)	1,675	1,665
	試験時車両重量	(kg)	1,580	1,668
	等価慣性重量	(kg)	1,580	1,668
原動機	シリンダー，バルブ		直列4気筒横置，DOHC，ターボチャージャー付	直列3気筒，DOHC，ターボチャージャー付
	圧縮比		10.6	11.0
	総排気量	(cc)	1,331	1,499
	最高出力	(kW /rpm)	100/5,500	103/4,600-6,500
	最大トルク	(N･m /rpm)	200/1,460-4,000	220/1,480-4,200
	燃料供給装置		電子制御，燃料直接噴射式（DI），	電子制御，燃料直接噴射式（DI）
	排出ガス低減装置		三元触媒	三元触媒
	主要燃費向上対策		アイドリングストップ，DI，可変バルブ･タイミング，無段階可変バルブ･リフト，電動パワー･ステアリング	アイドリングストップ，DI，吸排気無段階可変バルブ･タイミング，無段階可変バルブ･リフト，電動パワー･ステアリング，ブレーキ･エネルギー回生システム
その他	既走行距離	(km)	13,555	3,897

３．２　供試燃料の性状および保管

本調査では性状の異なる 3 種類のプレミアムガソリンを供試燃料とした。供試燃料の調達にはガソリン車の PM 及び PN 排出に対して指標となる PM-Index を目安とした。性状分析用の試料を採取する時と試験期間中は蒸発等による燃料性状の変化を避けるために冷蔵保管した。

供試燃料の性状を**概要表 2** に示す。3 種の燃料の内、④ 認証試験用 P は、PM-Index 値が 1.3 の国内認証試験用燃料である。⑤ 認証重質化 P は、④ 認証試験用 P に 1-メチルナフタレン（1-MN）等を添加して重質化し、PM-Index 値が 2.0 程度になるよう調製した燃料である。⑥ 市井相当 P は、PM-Index 値が 1.1 の燃料で、一般の小売店（燃料加工所）で購入した、市井のガソリンスタンドで販売されているものと同等の燃料である。

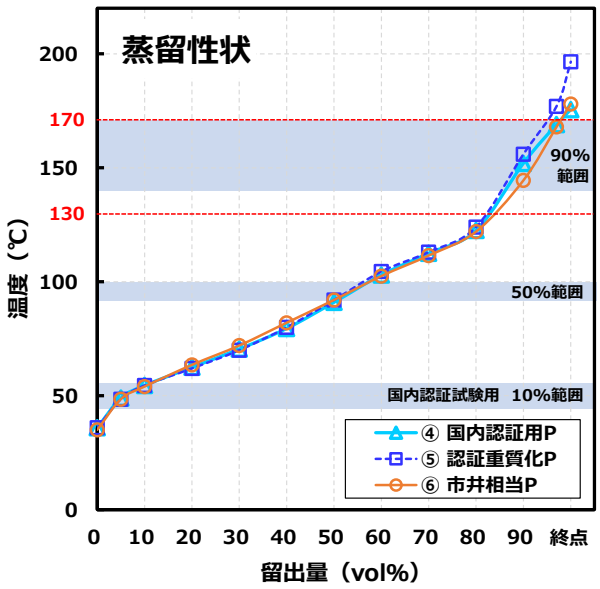
供試燃料の重質さを、3 つの性状項目で確認した。即ち、PM 排出量の指標になるとされている PM-Index、PM-Index に近い値を簡易的に得るために考案された SPMI、PM を生成しやすい炭素数（C：Carbons）10 以上の芳香族分の体積割合である。芳香族分については、本調査の供試燃料には C13 までの芳香族分が含まれていたため、C10 から C13 までの芳香族分の体積割合（C10-13 芳香族分）から重質さを確認した。

供試燃料の PM-Index は、⑤ 認証重質化 P(2.0) ＞ ④ 認証試験用 P(1.3) ＞ ⑥ 市井相当 P(1.1) の順に大きく、⑤ 認証重質化 P は目標通りの値に調製できた。SPMI は、⑤ 認証重質化 P（1.1）＞ ④ 認証試験用 P（0.88）＞ ⑥ 市井相当 P（0.86）の順で、本試験の供試燃料において、PM-Index と SPMI は、重質さの順番は同じであるものの値は同等にならず、④ 認証試験用 P（0.88）と⑥ 市井相当 P（0.86）はほぼ同じ値になった。SPMI の算出には 130℃あるいは 170℃の時に燃料が蒸留された割合（%）を用いる。そこで、**概要図 1** にて蒸留性状を蒸留曲線にして確認すると、130℃付近の留出量 80%までは燃料による差がなく、ほぼ同じ蒸留性状であった。170℃は国内認証試験用燃料の規格において 90%流出量の上限であるが、この付近の留出量でも④ 認証試験用 P と⑥ 市井相当 P はほぼ同程度であった。C10-13 芳香族分は、**概要図 2** に示す通り⑤ 認証重質化 P（3.3）＞ ④ 認証試験用 P（2.5）＞ ⑥ 市井相当 P（1.3）の順に大きく、⑤ 認証重質化 P の C11 である 0.84%の内、0.8%が添加した 1-メチルナフタレンに相当した。

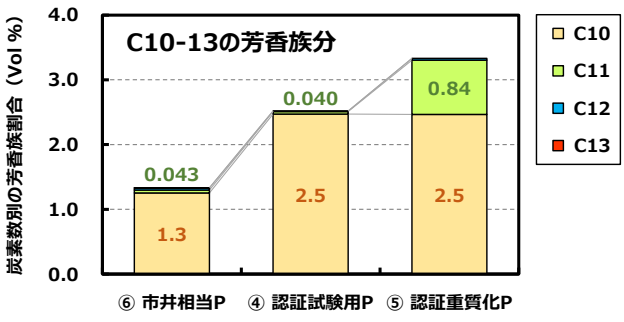
概要表 2 供試燃料性状

燃料性状項目	単位	④ 認証試験用P	⑤ 認証重質化P	⑥ 市井相当P	国内認証試験用 プレミアムガソリン規格	JIS規格 （1号，プレミアム）
PM-Index		1.3	2.0	1.1	N.A.※	N.A.
SPMI		0.88	1.1	0.86	N.A.	N.A.
密度（15℃）	g/cm^3	0.751	0.754	0.751	0.740～0.754	0.783 以下
蒸気圧 37.8℃	kPa	58.3	57.3	62.0	56～60	44～78
蒸留性状						
10%	℃	54.5	54.5	54.0	45～55	70 以下
50%	℃	91.0	92.0	92.0	90～100	75～110
70%	℃	112.5	113.0	111.5	N.A.	N.A.
80%	℃	122.5	124.0	122.0	N.A.	N.A.
90%	℃	152.0	156.0	144.5	140～170	180 以下
終点	℃	175.5	196.5	178.0	215 以下	220 以下
留出量						
70℃	%	29.5	29.5	27.5	N.A.	N.A.
130℃	%	84.5	83.0	85.0	N.A.	N.A.
170℃	%	97.5	95	97.5	N.A.	N.A.
炭化水素組成						
総芳香族	vol%	39.6	40.1	35.7	20～45	N.A.
オレフィン	vol%	15.4	15.3	17.2	15～25	N.A.
パラフィン	vol%	43.1	42.6	36.4	N.A.	N.A.
ナフテン	vol%	2	2	3.60	N.A.	N.A.
酸素量	wt.%	0	0	1.1	検出されない	1.3 以下
ETBE	vol%	<0.1	<0.1	7.1	N.A.	N.A.
炭素数別芳香族類の割合						
C10	vol%	2.5	2.5	1.3	N.A.	N.A.
C11	vol%	0.040	0.84	0.043	N.A.	N.A.
C12	vol%	0.007	0.028	0.034	N.A.	N.A.
C13	vol%	0.000	0.000	0.003	N.A.	N.A.
C10-13 total	vol%	2.5	3.3	1.3	N.A.	N.A.

※ N.A. ： Not Available



概要図 1 供試燃料の蒸留曲線



概要図 2 C10-13 以上の芳香族分の体積割合比較

３．３　調査項目と測定方法

排出量の調査対象は、PM、PN の他、規制物質（CO、NMHC、NOx)、全炭化水素（THC)、二酸化炭素（CO_2)、一酸化窒素（NO)、二酸化窒素（NO_2)、PM 中の炭素成分とした。PN は、希釈トンネルの後部から希釈排出ガスを採取し、Euro 5/6 の要求に適合する粒子個数計測システム（MEXA-2300_SPCS、堀場製作所）で時系列的に測定した。その他の測定は、道路運送車両の保安基準の細目を定める告示の別添 42「軽・中量車排出ガスの測定方法（Ⅱ WLTC モード法)」（別添 42）に従った。ただし、希釈排出ガス中の PM 捕集は WLTC LMH と WLTC ExH とに分けて行った。また、車両の運転状態を確認するため、空気過剰率（λ）も調査対象とした。PN、CO、CO_2、THC、NOx、λについては試験サイクル中の挙動を時系列的に計測した。

３．４　試験サイクルと設備

試験サイクルは、WLTC の 3 phase（Low、Medium、High：WLTC LMH）に続けて Extra High（WLTC ExH）を走行させ、4 Phase とした。供試車両は四輪駆動車試験用のシャシダイナモメータ（C/D）上に設置し、別添 42 に準拠して試験を実施した。希釈トンネルと排気導入管は試験に供する前に内壁を洗浄し、乾燥させてから用いた。

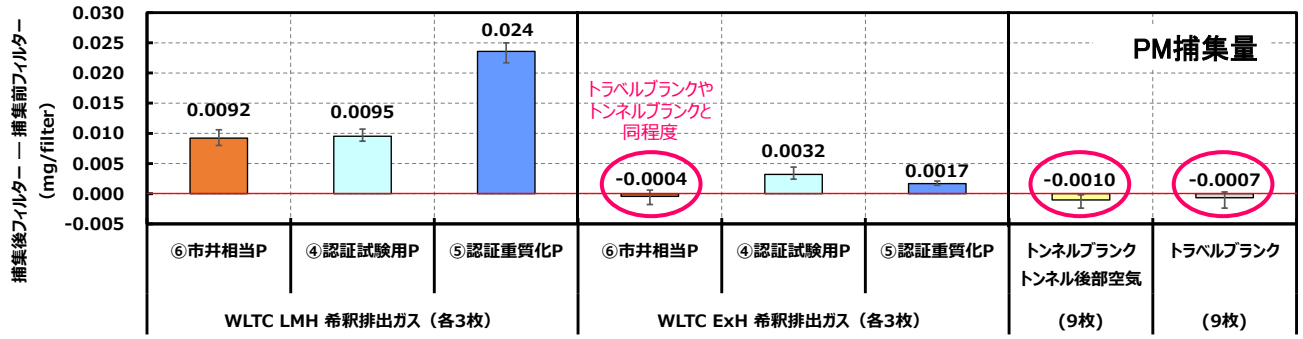
４．調査結果

４．１　PM の排出量

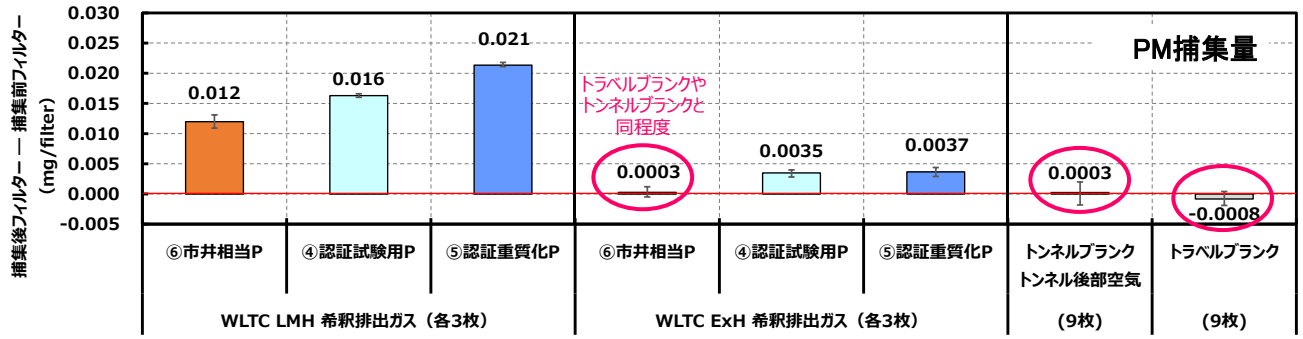
PM 捕集量は、希釈空気あるいは希釈排出ガスを PTFE フィルターに通気し、試験前後の PTFE フィルターを捕集前・後に秤量した値の差から算出している。厳しい排出ガス規制に適合した車両の PM 排出量は低いため、近年は捕集量も低くなっている。そこで、希釈トンネル内に残留する PM の影響や，PTFE フィルターを持って天秤室と C/D の間を移動する際に変化が起きていないかを確認する目的でトンネルブランクやトラベルブランクの値も採取している。**概要図 3** に WLTP LMH と WLTP ExH の PM 捕集量と試験前にトンネル後部の空気を捕集したトンネルブランクおよび試験日に持ち運んだトラベルブランクの値を比較して示す。WLTC ExH において、最も軽質な燃料である⑥ 市井相当 P の捕集量は C 車と D 車のどちらにおいても極微量かマイナス値となり、トンネルブランクやトラベルブランクの値と同程度のため、明らかな PM 排出が確認できなかった。また、他の燃料においても PM 捕集量が低いため、WLTC ExH ブランクや秤量よる誤差の影響が大きいと推測された。

概要図 4 に 3 種の供試燃料を用いて測定した PM 排出量の結果を比較して示す。<u>**得られた排出量は、概ね燃料の重質さの順に高かった**</u>。C 車において、WLTC LMH の排出量は⑤ 認証重質化 P ＞ ④ 認証試験用 P ≒ ⑥ 市井相当 P となり、最も重質な燃料である⑤ 認証重質化 P の排出量の平均値は最も軽質な燃料である⑥ 市井相当 P の平均値の 2.6 倍であった。また、WLTC LMH+ExH の排出量は燃料の重質さと同じ順に⑤ 認証重質化 P ＞ ④ 認証試験用 P ＞ ⑥ 市井相当 P となり、⑤ 認証重質化 P の排出量の平均値は⑥ 市井相当 P の平均値の 2.7 倍であった。D 車においては WLTC LMH と WLTC LMH+ExH のどちらでも排出量は⑤ 認証重質化 P ＞ ④ 認証試験用 P ＞ ⑥ 市井相当 P となり、⑤ 認証重質化 P の排出量の平均値は⑥ 市井相当 P の平均値の 1.8 倍と 2.0 倍になった。

【 C 車 】

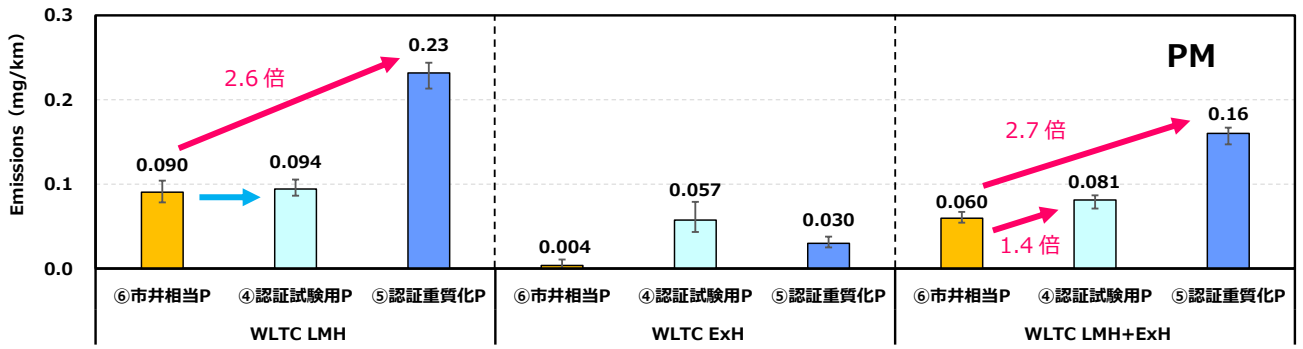


【 D 車 】

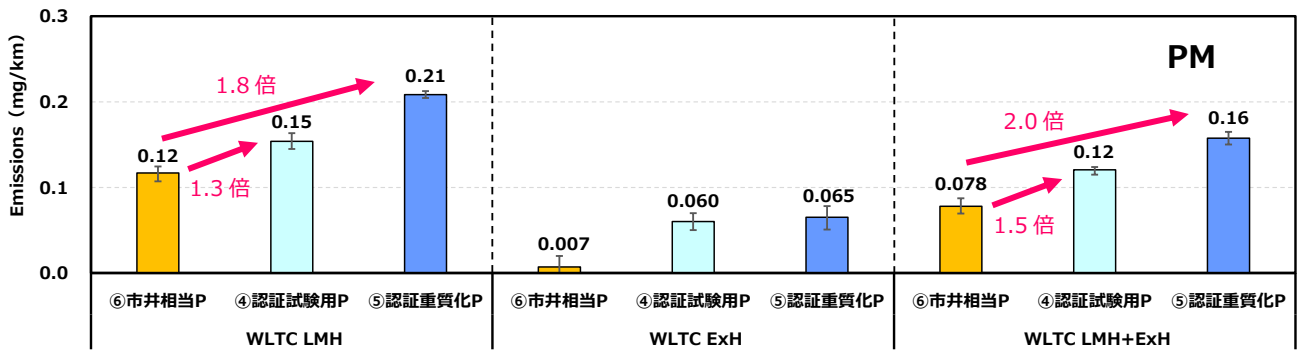


概要図 3 試験前後の秤量差から算出した PM 捕集量とトンネルブランクおよびトラベルブランクの比較

【 C 車 】



【 D 車 】



概要図 4 性状が異なる燃料による PM 排出量の比較 （エラーバーは最大･最小を表す）