

第3章 次世代燃料による排出ガス試験

3.1 調査の目的

本調査の目的は次世代燃料が自動車の排出ガスに及ぼす影響について知見を得る事である。

3.2 調査内容

供試車両の排出ガスについて規制物質等の排出量を測定した。また、供試燃料については性状分析を行った。

3.2.1 供試車両

国内で販売されているディーゼル貨物車から車両総重量3.5トンを超える車両1台を選定し、レンタカーにより調達した。選定は、乗用車に比べ電動化に課題のあるとされる商用車から、適合している規制や排気量、販売台数等を踏まえ決定した。供試車両の車両諸元を表3.2-1に、供試車両の概観写真を図3.2-1に示す。供試車両にはアイドリングストップ機能が付与されている。しかし、本調査では燃料影響を調査するため、アイドリングストップ機能は使用せず、試験条件が一定になるように配慮した。

表 3.2-1 供試車両の諸元

供試車両	種別	ディーゼル貨物車（中量車）
	型式	2PG
	適合規制	H27年燃費基準5%低減レベル
	規制対応サイクル	WHSC, WHTC
寸法・重量	全長 (mm)	8,630
	全幅 (mm)	2,310
	全高 (mm)	3,520
	乗車定員 (人)	2
	最大積載量 (kg)	2,300
	車両重量 (kg)	5,580
	車両総重量 (kg)	7,990
	試験時車両重量 (kg)	7,935
	等価慣性重量 (kg)	7,935
原動機	シリンダー, バルブ	直列4気筒, SOHC, 単段過給ターボ
	圧縮比	17.5
	総排気量 (cc)	5,123
	最高出力 (kW/PS /rpm)	177/240/2,300
	最大トルク (N・m /rpm)	794/1,400
	燃料供給装置	電子制御式
	排出ガス低減装置	DPF, 尿素SCR
	主要燃費向上対策	アイドリングストップ
その他	既走行距離 (km)	11,381



図 3.2-1 供試車両の概観

3.2.2 供試燃料の性状

供試燃料には廃食油を水素化分解して作成された Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) を用いた。本調査で用いた HVO はユーグレナ社が海外プラントで製造した燃料で、JIS 2 号軽油 (JIS 2 号) の規格を満足している。国内の実証プラントで製造した同等品は都内のガソリンスタンドで試験的に販売され、一般の車両に給油・消費された実績がある¹。供試 HVO の製造に関する投入エネルギー量をユーグレナ社に問い合わせたが、算出はしていないとの回答であった。

表 3.2-2 に HVO の燃料性状値と、参考として他の調査業務²で供試燃料となった JIS 2 号及び国内認証試験用軽油 (認証軽油) の規格と燃料性状値を併せて示す。本調査に用いた HVO の性状は JIS 2 号の規格を満足していた。一般に、HVO の特徴は、従来の軽油と比較してセタン指数が高く、密度 (15℃) が低い事が挙げられる。供試 HVO のセタン指数は 94.9、密度 (15℃) は 0.7793 g/cm³ で、JIS 2 号や認証軽油のセタン指数が 59.5 と 55.3、密度 (15℃) が 0.8252 g/cm³ と 0.8278 g/cm³ であるのと比較してセタン指数は高く、密度は低いため、一

¹ <https://www.euglena.jp/news/20210409/> (2022.02.24 閲覧)

² 令和 3 年度燃料性状が自動車排出ガスに及ぼす影響調査委託業務，環境省

般的な特徴と一致した値となっていた。蒸留性状は留出温度の範囲が狭くて終点の温度が低く、JIS 2 号や認証軽油とは異なる蒸留曲線を描いている（図 3.2-2）。水素炎イオン化型検出器付きガスクロマトグラフ（GC-FID）で測定した HVO の分析クロマトグラムを JIS 2 号と比較すると（図 3.2-3）、JIS 2 号の炭化水素成分がカーボン数（C）25 程度まで含まれているのに対し、HVO は C18 程度までとなっている。従って、JIS 2 号等と比較して留出温度の範囲が狭くて終点が低いという HVO の特徴は、炭化水素成分が C18 程度までで、JIS 2 号の様に C 数が大きく沸点の高い成分が含まれていないためであることが分かる。また、C 数が C18 程度までであるのは図 2.3-7 に示されている通り原材料が脂肪酸トリグリセリドであるためと推測される。HVO の特徴としては、芳香族炭化水素（芳香族）が含まれないことも挙げられる。表 3.2-2 には総芳香族が 0.6vol%、多環芳香族が 0.1 vol%と記載してあるが、このレベルの値は分析法に則って自動的に算出された値であって、実際はほぼゼロであると推測される。二次元ガスクロマトグラフ（GC×GC）を用いて炭化水素組成を分析すると、JIS 2 号が芳香族や飽和・不飽和炭化水素等を含む複雑な組成を持っている（図 3.2-4）のに対し、HVO は芳香族が検出されず、C18 以下の直鎖の飽和炭化水素（アルカン）が 18mass%、C20 以下の分岐アルカンが 81 mass%となっており（図 3.2-5）、供試 HVO は直鎖アルカンよりも分岐アルカンの方が多組成になっていることが明らかになった。分岐アルカンは HVO の製造過程で流動点を下げる目的で行われたワックスの異性化によって生成されたと推測される。

HVO の特徴ではないが、燃料の噴霧に関係するため燃焼状態に影響する性状として潤滑性や動粘度が挙げられる。HVO の潤滑性が 226 μm であるのに対し、JIS 2 号は 237 μm で認証軽油は 288 μm であった。また、HVO の動粘度が 3.618 mm^2/s であるのに対し、JIS 2 号は 3.654 mm^2/s で認証軽油は 3.219 mm^2/s であった。従って、HVO の潤滑性と動粘度は認証軽油よりも JIS 2 号に近い値であると言える。

表 3.2-2 供試燃料の性状

試験項目		HVO	JIS 2号		認証試験用		試験法
		性状値	規格	性状値	規格	性状値	
セタン指数		94.9	45 以上	59.5	53~60	55.3	JIS K 2280-5
密度 (15℃)	g/cm ³	0.7793	0.86 以下	0.8252	0.815~0.840	0.8278	JIS K 2249-1
真発熱量	kJ/cm ³	43,950	-	43,180	-	42,950	JIS K2279
蒸留性状	初留点 ℃	177.5	-	177.0	-	183.0	JIS K 2254
	5% ℃	252.5	-	199.5	-	204.5	
	10% ℃	265.5	-	212.0	-	215.0	
	20% ℃	274.0	-	232.5	-	232.5	
	30% ℃	278.0	-	253.5	-	247.5	
	40% ℃	280.0	-	268.5	-	257.0	
	50% ℃	281.5	-	280.5	255~295	264.5	
	60% ℃	284.0	-	292.5	-	272.0	
	70% ℃	286.5	-	304.0	-	282.0	
	80% ℃	289.5	-	317.5	-	297.0	
	90% ℃	293.5	350 以下	336.0	300~345	319.5	
	97% ℃	300.0	-	351.0	-	347.0	
	終点 ℃	305.5	-	351.0	370 以下	347.5	
全留出量	%	98.5	-	98.0	-	98.5	
残油量	%	1.5	-	2.0	-	1.5	
減失量	%	0.0	-	0.0	-	0.0	
総芳香族	vol%	0.6	-	18.7	25 以下	17.7	JPI-5S-49
多環芳香族	vol%	0.1	-	1.9	5.0 以下	1.7	JPI-5S-49
窒素分	mass ppm	<1	-	1	-	<1	JIS K 2609
炭素分	mass%	84.9	-	86	-	86	JPI-5S-65-11
水素分	mass%	15.2	-	13.9	-	13.9	
酸素分	mass%	< 0.1	-	< 0.1	-	< 0.1	JIS K 2541-6
硫黄分	mass ppm	<1	10 以下	6	10 以下	5	
潤滑性 (HFRR摩耗痕径)	μm	226	-	237	-	288	JPI-5S-50-98
動粘度 @30℃	mm ² /s	3.618	2.5 以上	3.654	3.0~4.5	3.219	JIS K 2283
引火点	℃	81.5	50 以上	69.5	58 以上	72.5	JIS K 2265-3
曇り点	℃	-18	-	-4	-	-10	JIS K 2269
流動点	℃	-25	-7.5 以下	-22.5	-	-25	JIS K 2269
目詰まり点	℃	-19	-5 以下	-8	-	-19	JIS K 2288
酸化安定性(ランシット)	h	52.6	-	19.3	-	20.8	EN15751
PetroOXY	min	87	-	115	-	98	経済産業省 告示第72号
水分	ppm	30	-	32	-	35	JIS K 2275-3
酸価	mg KOH/g	<0.01	-	0.01	-	<0.01	JIS K 2501

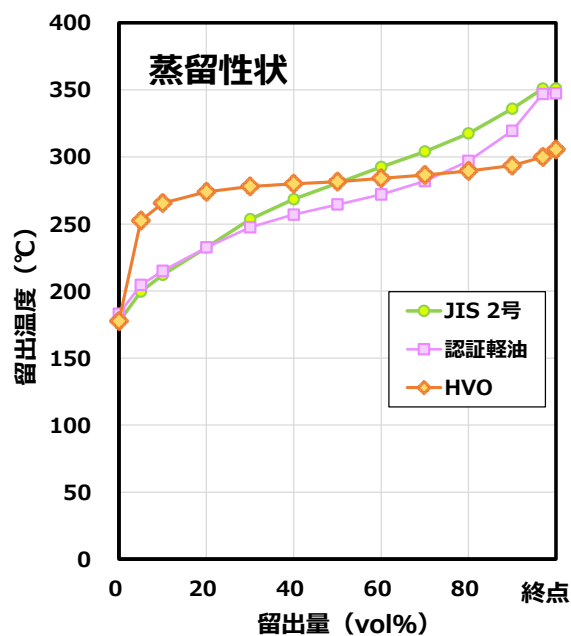


図 3.2-2 供試燃料の蒸留曲線

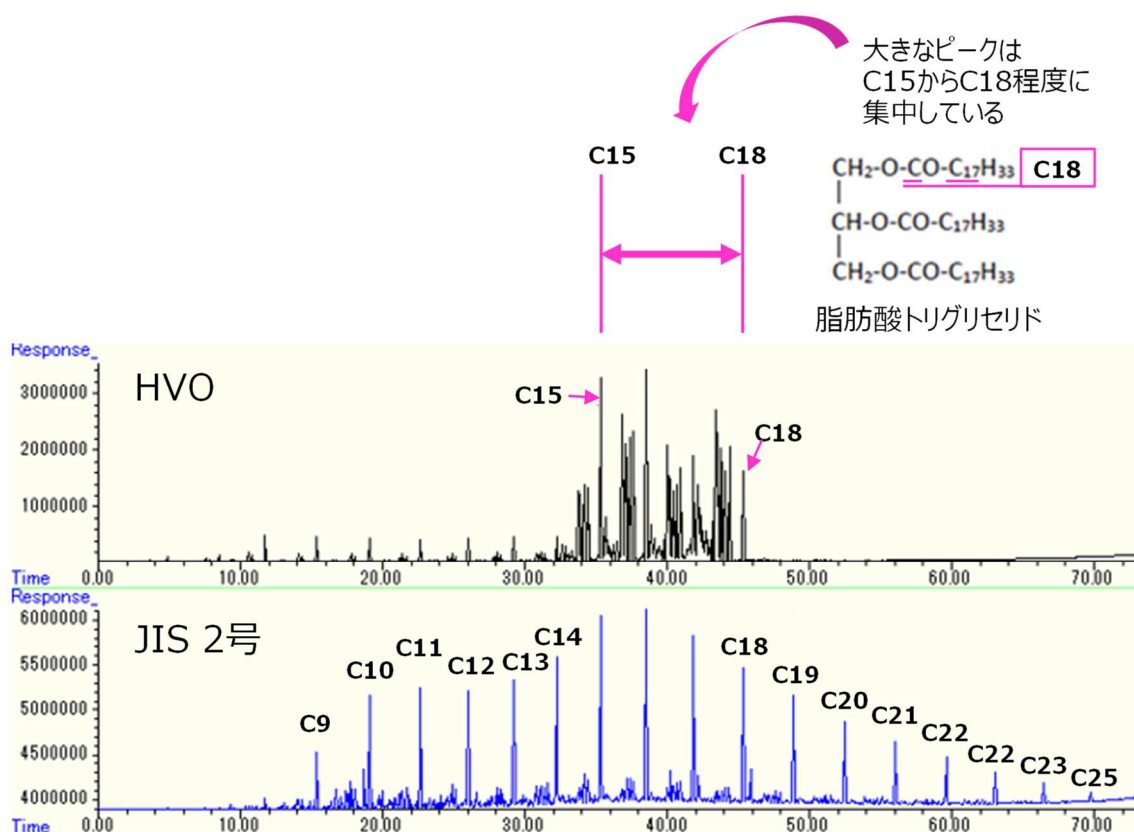
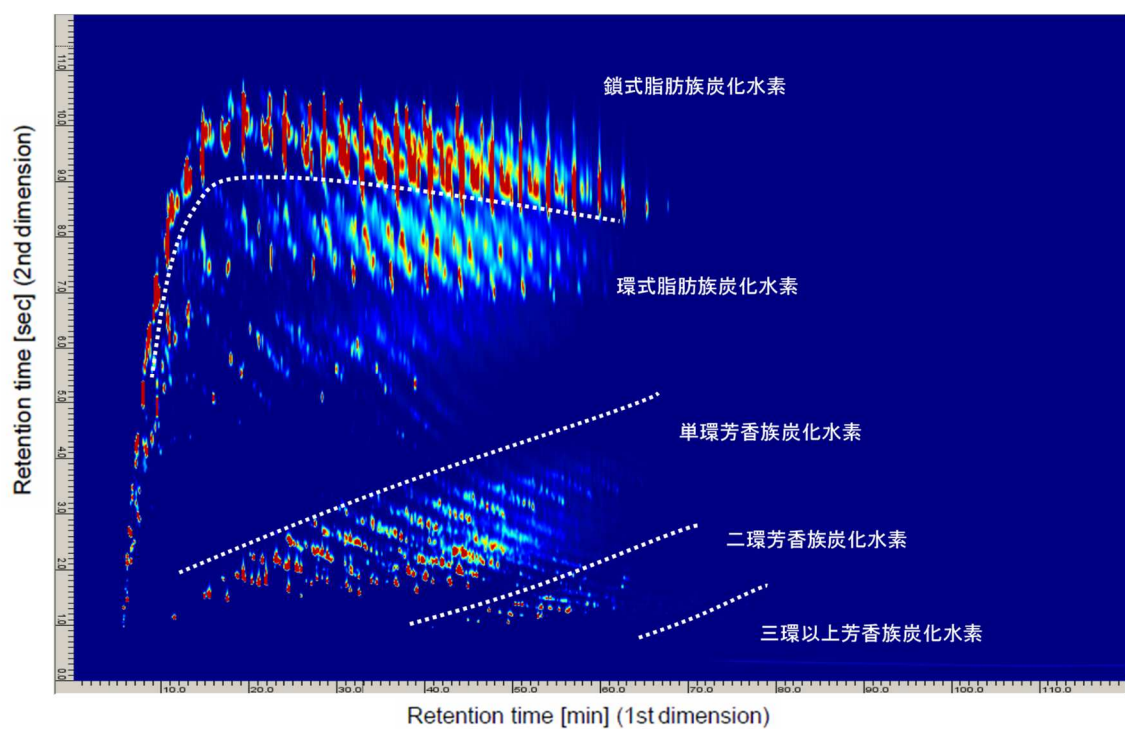


図 3.2-3 HVO 燃料と JIS 2 号軽油の GC-FID 分析クロマトグラム



wt%																														
区分		不飽和数	炭素数																											
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	計			
鎖式脂肪族炭化水素	直鎖アルカン	0	0.0	0.1	0.6	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.8	3.1	3.1	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28		
	分岐アルカン	0	0.0	0.2	0.4	1.5	1.3	1.3	1.3	1.5	2.1	2.5	2.6	2.5	2.3	2.1	1.4	1.1	1.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26		
環式脂肪族炭化水素	1	0.0	0.2	0.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.5	1.9	2.0	2.1	1.7	1.6	1.2	0.8	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19		
	2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	1.2	1.1	1.3	1.0	0.9	0.5	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3		
	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3		
	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		
一環芳香族炭化水素	4	0.1	0.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8		
	5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.8	1.1	1.1	0.8	0.6	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7		
	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2		
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
二環芳香族炭化水素	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7			
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5			
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1			
	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
三環芳香族炭化水素	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
計			0.1	0.8	2.7	5.3	5.6	6.2	7.5	8.9	10	11	10	8.5	7.3	5.8	4.0	2.8	1.9	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100			

図 3.2-4 JIS 2 号の GC×GC 分析クロマトグラムと分析結果

表 3.2-3 シヤシ・ダイナモメータ等の試験設備諸元

装置	仕様
実験室	室内空調 25℃±5℃
シヤシ・ダイナモメータ (C/D)	製造元 明電舎
	エンジン吸入空気温度, 湿度 25℃±5℃, 55±5 RH
	型式 FCDY
	最大吸収(駆動)容量 370kW (駆動300 kW)
	制御方式 ALR、ASR (減速時慣性軽減機能付)
	ロー2軸制御 等速制御 (フリ-制御、追従制御)
	2軸間距離 1,200~1,500mm (300mm)
	ロー口径 1,061mm (平滑)
	電機慣性重量 1軸: 1,500~30,000 kg 2軸: 3,000~30,000 kg
	最高速度 150 km/h
	車両冷却フロー 90 km/h (車速比例/手同制御)
	タイヤ冷却フロー 100 km/h (可変) (Max: 125 m³/min)
	デフ冷却フロー 41 km/h (一定) (Max: 55 m³/min)
定流量捕集装置 (CVS)	製造元 堀場製作所
	型式 CVS 9400T
	希釈方式 CFV方式
	ベンチュリーサイズ 30~90 m³/min
	希釈空気温度, 湿度 温度: 25℃±5℃, 湿度: 50%RH (±8%RH以内)
	希釈空気精製装置 触媒加熱式 (最大100 m³/min) フィルタ除塵式 (ヘパフィルタ+活性炭)
希釈トンネル	口径 18 inch
排出ガス分析計	希釈分析計 MEXA7200 D
	製造元 堀場製作所
	NOx 化学発光分析計
	CO, CO ₂ 非分散形赤外線分析計
	THC 加熱型水素炎イオン化形分析計
	CH ₄ 選択燃焼式メタン分析計
	直接分析計 MEXA7100DEGR
	製造元 堀場製作所
	NOx 化学発光分析計
	CO, CO ₂ 非分散形赤外線分析計
	THC 加熱型水素炎イオン化形分析計
	CH ₄ 選択燃焼式メタン分析計

3.2.4 試験サイクル

排出ガス測定は WHVC モードに準拠し、冷機始動条件(冷機始動)あるいは暖機始動条件(暖機始動)でそれぞれ3回ずつ試験を実施した。試験サイクルの車速パターンは図 3.2-6 に示す通りである。排出量は各始動条件ごとに算出した。ただし、NOx 排出量については、トルクコンバータを有する自動変速機または変速段を有しない自動変速機を備えていなくても 0.5 を乗じる補正は行わなかった。また、参考として WHTC と同様に冷機始動と暖機始動での試験の重みづけをした値 (combine) も算出した。combine の算出方法を以下の式に示す。尚、排出量を走行距離当たりで算出する際は式中の実際のサイクル仕事量を実走行距離に読み替えた。

$$\text{combine 排出量} = \frac{(0.14 \times \text{冷機始動試験の試験当たり排出量}) + (0.86 \times \text{暖機始動試験の試験当たり排出量})}{(0.14 \times \text{冷機始動試験の実際のサイクル仕事量}) + (0.86 \times \text{暖機始動試験の実際のサイクル仕事量})}$$

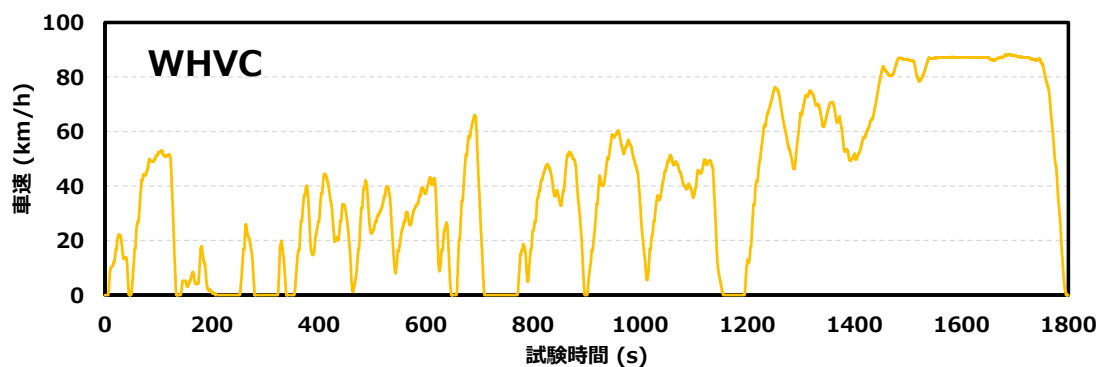


図 3.2-6 WHVC の車速パターン

3.2.5 調査項目

本試験の調査対象物質と調査項目を表 3.2-4 に纏めて示す。調査対象物質は、規制物質である一酸化炭素 (CO)、非メタン炭化水素 (NMHC)、窒素酸化物 (NO_x)、粒子状物質 (PM) の他、全炭化水素 (THC)、二酸化炭素 (CO₂)、下限粒径が 23 nm の固体粒子数 (PN)、一酸化二窒素 (N₂O)、アンモニア (NH₃)、ホルムアルデヒド (HCHO) 及び PM 中の炭素成分とした。また、PN、CO、CO₂、THC、NO_x 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。

希釈トンネルは各車両の試験前に洗浄してから設置し、燃料性状以外の要素が調査項目の測定結果に影響を及ぼさないようにした。更に、希釈トンネルが清浄であることを確認するため、希釈トンネル内に残留し易いと予想される PM についてトンネルブランクの測定を行った。トンネルブランクの測定方法については次項で詳細を述べる。

表 3.2-4 調査項目の一覧

調査対象		調査項目		備考
		排出量	時系列挙動	
粒子状物質	PM	○		規制物質
	PN	○	○	
	炭素成分	○		有機炭素 (OC)、元素炭素 (EC) 全炭素 (TC=OC+EC)
ガス状物質	一酸化炭素 (CO)	○	○	規制物質
	二酸化炭素 (CO ₂)	○	○	温室効果ガス
	全炭化水素 (THC)	○	○	
	非メタン炭化水素 (NMHC)	○		規制物質
	窒素酸化物 (NO _x)	○	○	規制物質
	一酸化窒素 (NO)	○		
	二酸化窒素 (NO ₂)	○		
	一酸化二窒素 (N ₂ O)	○		Euro 7 規制候補物質, 温室効果ガス
	アンモニア (NH ₃)	○		Euro 7 規制候補物質
	ホルムアルデヒド (HCHO)	○		Euro 7 規制候補物質

3.2.6 試験方法

(1) 希釈トンネルの準備とトンネルブランク

希釈トンネルが清浄であることを確認するため、試験を実施する前にトンネル内に希釈空気のみを導入し、希釈トンネルの上流からは希釈空気を、希釈トンネルの下流からはトンネル後部空気を同時に採取し、WHVC と同じ時間（1800 秒）PM を捕集して秤量するトンネルブランク試験を行い、設備の清浄性を示す根拠とした。詳細は付録 3 に記載した。

(2) 試験実施前の調整運転

試験前の車両の調整として、排出ガス試験の前日に DPF の強制再生を行った。強制再生が終了した後は WHVC を連続して 2 回走行させた。走行後、80 km/h で 20 分間の定常運転を行い、10 分停止後に WHVC を 1 回走行させて 6 時間以上ソークした。

(3) 調査対象物質の捕集及び測定方法

供試車両の排出ガスは全量を希釈トンネルに導入し、CVS を用いて希釈空気希釈した。排出ガスの希釈には触媒、中性能フィルター、活性炭フィルター、高性能フィルターを備えた希釈空気精製装置（DAR：Dilution Air Refinement system）でろ過し、温度 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ に調整した空気を用いた。

PN は、希釈トンネルの後部から希釈排出ガスを採取し、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。PN 以外の物質は希釈空気と希釈排出ガスを同時に捕集して測定した。測定に用いた捕集材や測定装置などの概要を表 3.2-5 に示す

表 3.2-5 調査項目と測定方法の概要

調査対象		捕集材，導入配管など	測定装置
粒子状物質	PM	フィルター (ポリテトラフルオロエチレン， $\phi 47\text{ mm}$)	電子天秤
	PN	加熱導入管	固体粒子数計測装置
	炭素成分	フィルター（石英， $\phi 47\text{ mm}$ ）	熱光学式炭素分析計 (IMPROVE方式)
ガス状物質	一酸化炭素 (CO)	バッグ (テドラー)	非分散形赤外線分析計
	二酸化炭素 (CO ₂)	バッグ (テドラー)	非分散形赤外線分析計
	全炭化水素 (THC)	加熱導入管	加熱型水素炎イオン化形分析計
	非メタン炭化水素 (NMHC)	(THCとCH ₄ より算出)	
	窒素酸化物 (NO _x)	加熱導入管	化学発光分析計
	一酸化窒素 (NO)	バッグ (テドラー)	化学発光分析計
	二酸化窒素 (NO ₂)	(NO _x からNOを差し引いて算出)	
	一酸化二窒素 (N ₂ O)	バッグ (ビニルアルコール系ポリマー)	ガスクロマトグラフ (電子補足検出器)
	アンモニア (NH ₃)	バブラー (0.5%ホウ酸水溶液)	イオンクロマトグラフ (電気伝導検出器)
	ホルムアルデヒド (HCHO)	バブラー (2,4-DNPHアセトニトリル溶液)	液体クロマトグラフ (フォトダイオードアレイ検出器)

3.3 調査結果

調査によって得られた排出量について考察する。ただし、HVO の排出量のみでは考察が難しいため、同じ供試車両を用いた他の調査業務¹から JIS 2 号及び認証軽油を用いた WHVC の排出量を引用して比較する。また、HVO が一般の自動車で利用されることを想定し、HVO と JIS 2 号の結果を中心に考察する。考察にあたっては、ディーゼル重量車の排出ガス規制に用いられる試験サイクル（WHSC 及び WHTC）がエンジンベースの試験であることを考慮し、サイクル仕事量あたりで述べる。ただし、本調査の試験サイクルである WHVC は車両ベースの試験サイクルであるため、走行距離あたりの排出量も算出して図表に示す。排出量の算出基となった希釈空気及び希釈排出ガス中の濃度と排出量の値はすべての調査対象項目について付録 2 にまとめて記載した。

3.3.1 CO の排出量と排出挙動

CO について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-1 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-2 にそれぞれ比較して示す。冷機始動において、HVO の CO 排出量は市井で一般に使用されている JIS 2 号の排出量に対して 0.74 倍となったが、最大値から最小値の範囲を表す JIS 2 号のエラーバーの範囲は HVO と概ね重なっているため、ほぼ同程度の排出量であると考えられた。暖機始動においては JIS 2 号が 0.019 g/kWh、HVO が 0.022 g/kWh となり 1.2 倍の増加であるが値としては大きく変わらない排出量であったため、combine ではどちらも 0.023 g/kWh となり、エラーバーの範囲も大きく重なってほぼ同じであった。

CO の排出挙動として、希釈排出ガス中の濃度を冷機始動については図 3.3-3 に、暖機始動については図 3.3-4 にそれぞれ示す。冷機始動では始動後 70 秒付近で加速した際に高いピークの排出が観察され、以後は加速時でも高車速時でも大きな変化はなかった。暖機始動では始動後でも排出ピークは無く、試験サイクル中に排出ピークは現れなかった。また、冷機始動で観察されたピークが暖機始動では見られなかったことから、冷機始動の排出ピークは触媒が活性温度に達していないことが原因であると推測された。

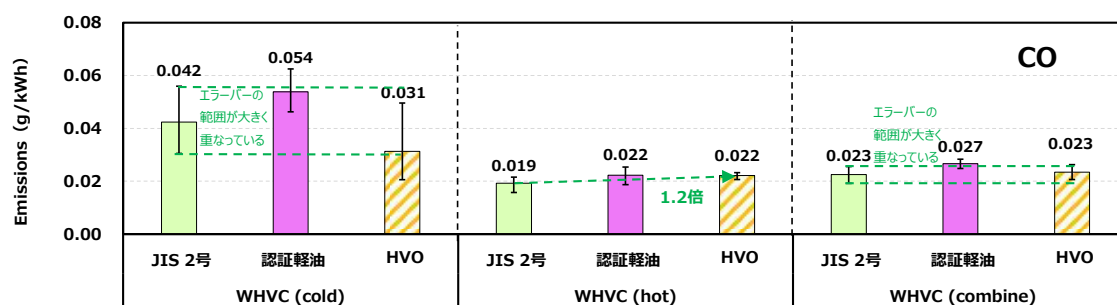


図 3.3-1 CO 排出量 (g/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を表す)

¹ 令和 3 年度燃料性状が自動車排出ガスに及ぼす影響調査委託業務

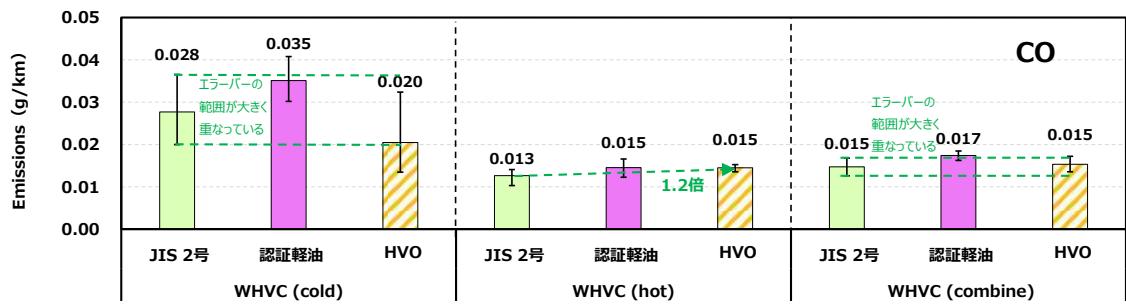


図 3.3-2 CO 排出量 (g/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を表す)

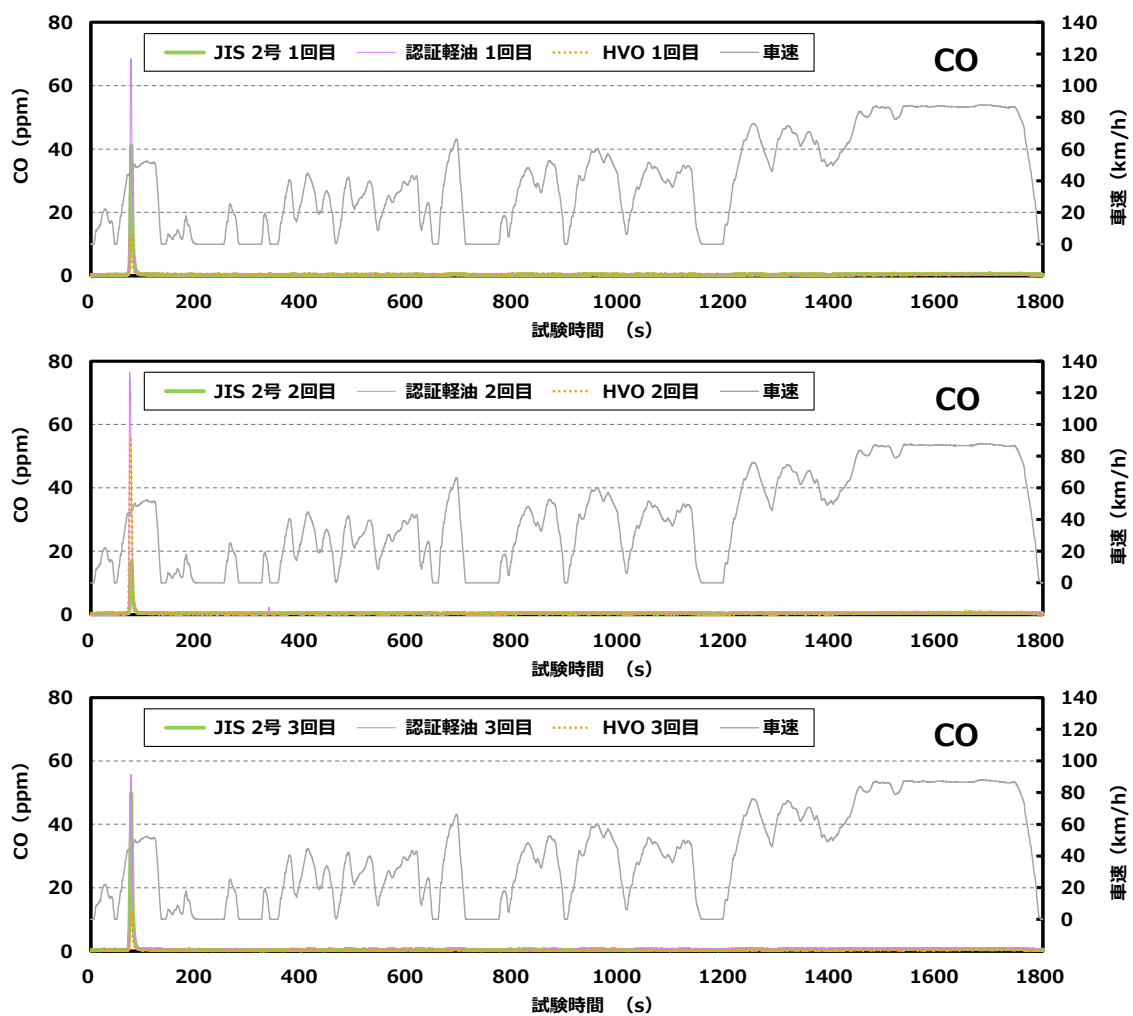


図 3.3-3 CO の排出挙動 (冷機始動)

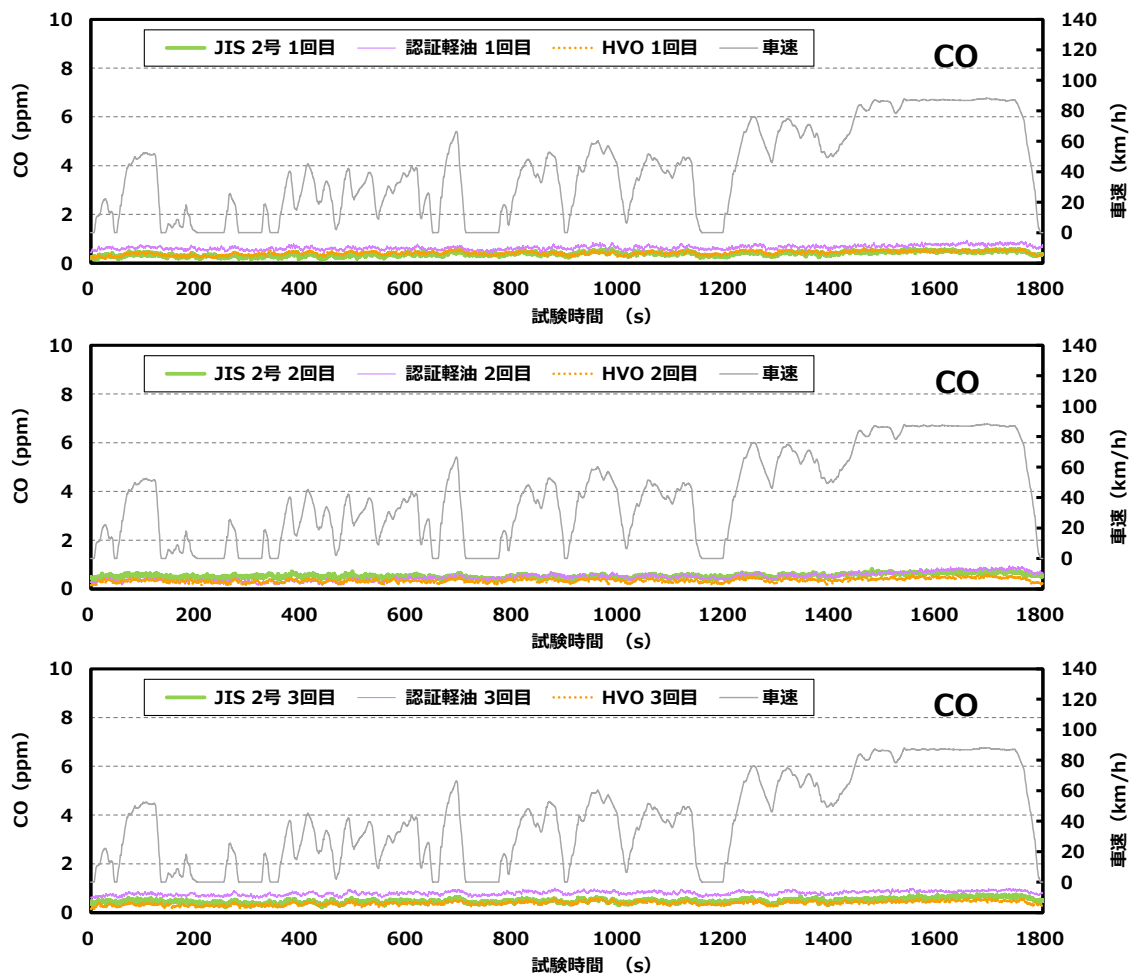


図 3.3-4 CO の排出挙動 (暖機始動)

3.3.2 THC 及び NMHC の排出量と THC の排出挙動

THC 及び NMHC について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-5 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-6 にそれぞれ比較して示す。冷機始動の THC 排出量について、HVO は市井で使用されている JIS 2 号に対して 0.54 倍となり、減少した。暖機始動において、HVO の THC 排出量は 0.00005 g/kWh と極微量で、JIS 2 号や認証軽油と比較しても低い結果であった。combine では、HVO の THC 排出量は JIS 2 号の 0.29 倍となり、減少した。

NMHC 排出量は JIS 2 号の冷機始動において排出量が 0.0009 g/kWh、暖機始動はゼロであり、HVO と認証軽油はどちらの始動条件でも全てゼロであった。

THC の排出挙動として、冷機始動については図 3.3-7 に、暖機始動については図 3.3-8 にそれぞれ希釈排出ガス中の濃度で示す。冷機始動では、CO の冷機始動と同様に始動後 70 秒付近の加速時に最も大きなピークがあり、700 秒付近までは排出ピークが見られた。また、これらのピークは概ね HVO が他の燃料よりも低い傾向があった。700 秒以後は小さなピークはあるものの、いずれの燃料も極低濃度で大きな変動はなかった。暖機始動では大きな排出ピークは見られず、燃料の違いによる明らかな排出の違いや特徴も見られなかった。

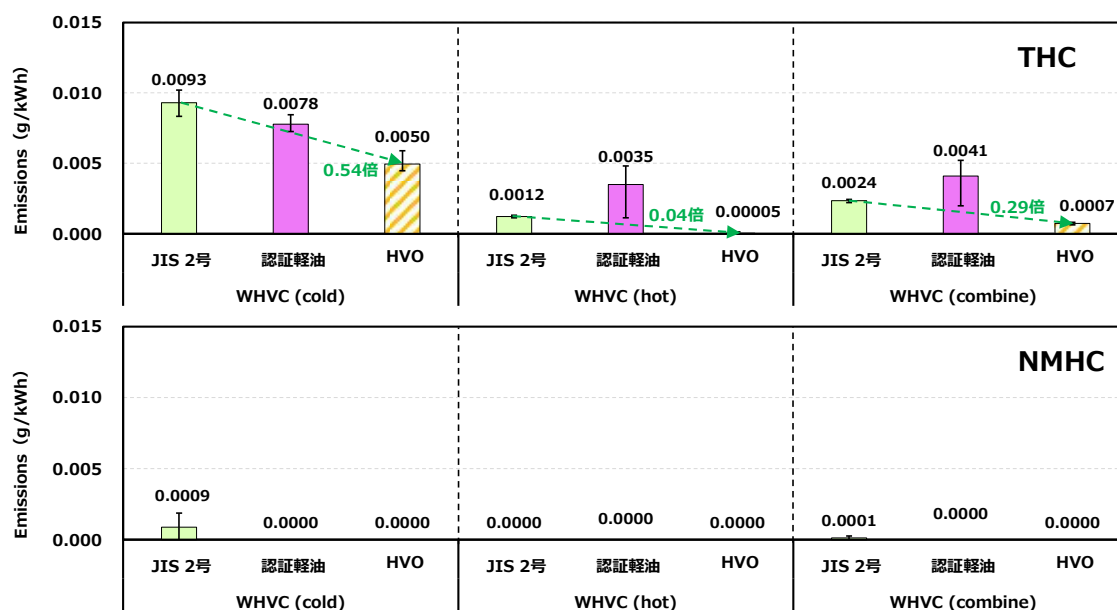


図 3.3-5 THC 及び NMHC 排出量 (g/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

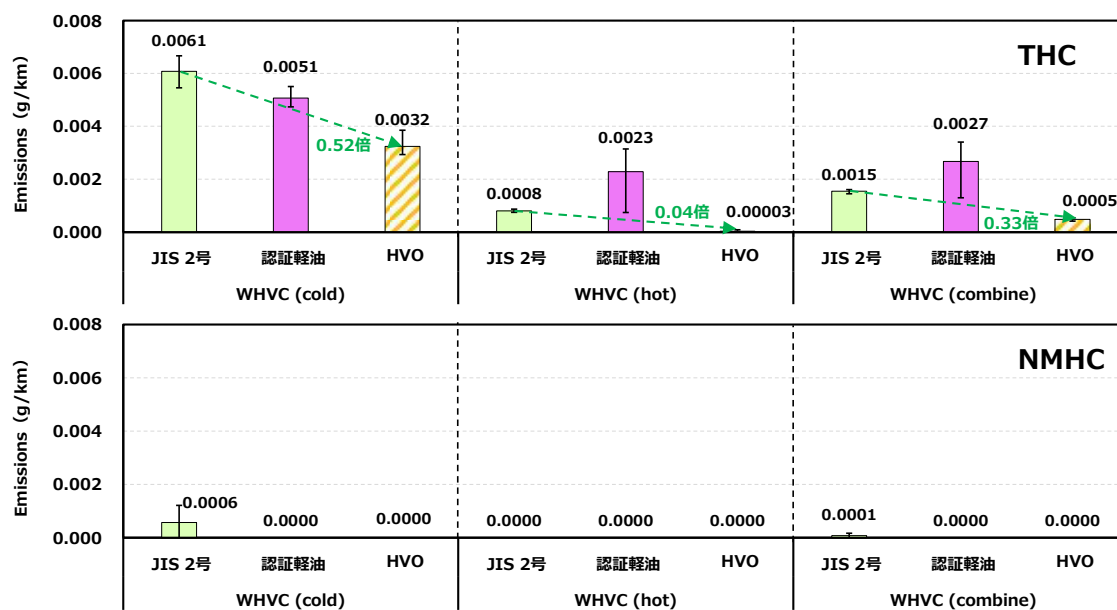


図 3.3-6 THC 及び NMHC 排出量 (g/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

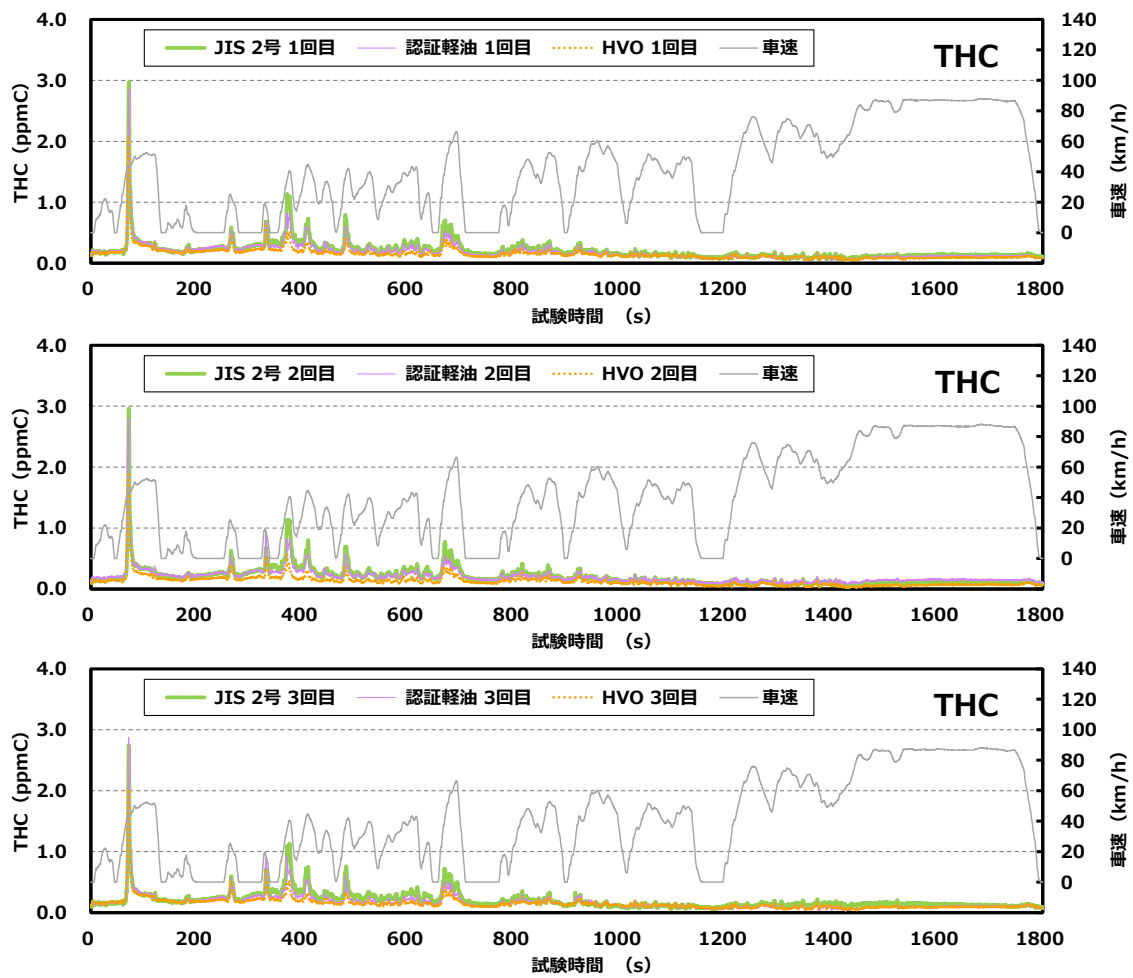


図 3.3-7 THC の排出挙動 (冷機始動)

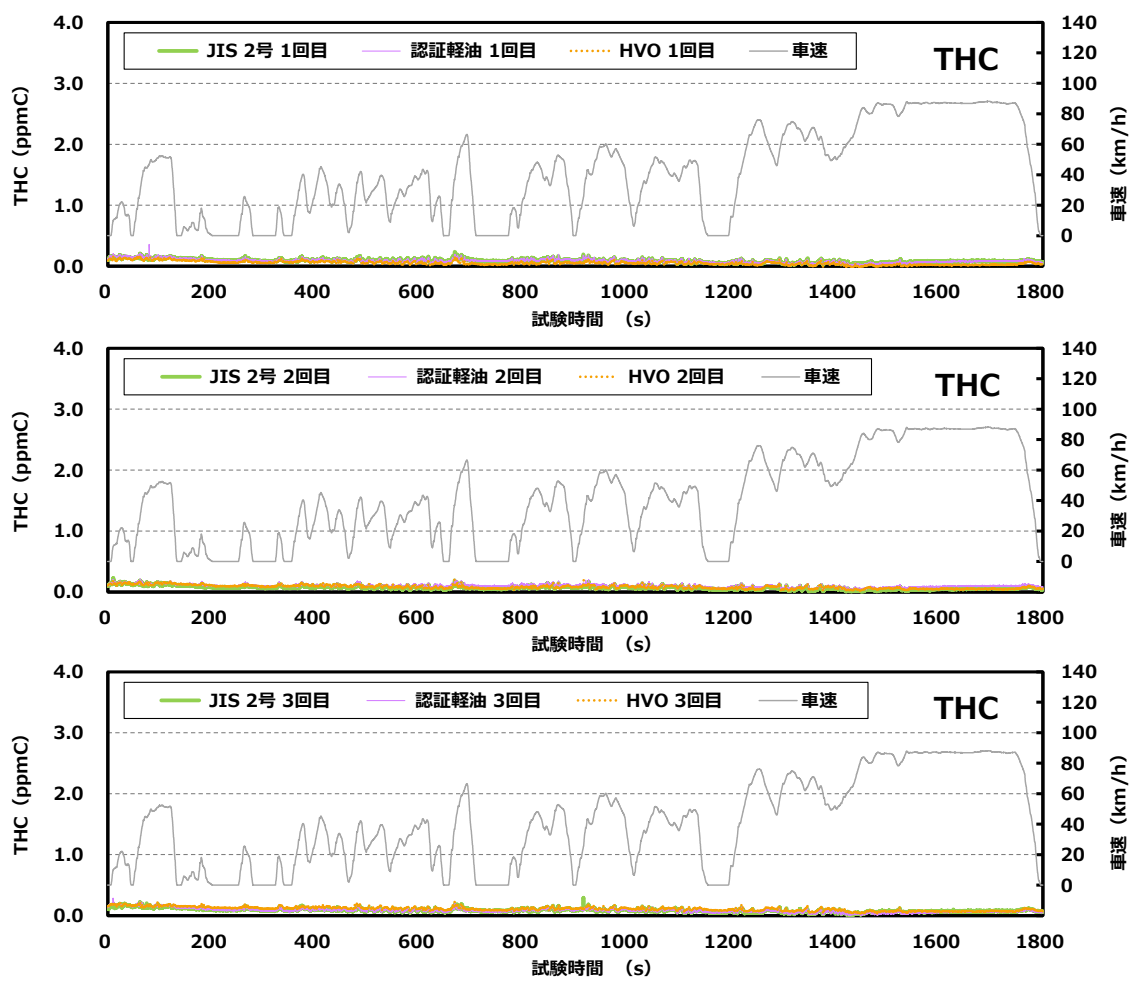


図 3.3-8 THC の排出挙動 (暖機始動)

3.3.3 NO_x、NO、NO₂の排出量とNO_xの排出挙動

NO_x 及び NO、NO₂ について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-9 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-10 に比較して示す。ただし、NO_x 排出量が連続分析計による積算値を基に算出されているのに対し、NO がテドラーバッグに捕集した試料を試験後に分析していることや、NO₂ 排出量が NO_x 濃度と NO 濃度の差し引きから算出されていることから NO 及び NO₂ の結果は参考値の扱いとする。HVO における NO_x 排出量は JIS 2 号の排出量に対して僅かに高いものの冷機始動と暖機始動のどちらでもほぼ同程度で大きな差はなく、combine でも同程度の結果になった。

NO_x の排出挙動として、冷機始動については図 3.3-11 に、暖機始動については図 3.3-12 に希釈排出ガスの濃度でそれぞれ示す。どちらの始動条件でも燃料の違いによる明らかな排出傾向や変化は見られなかった。

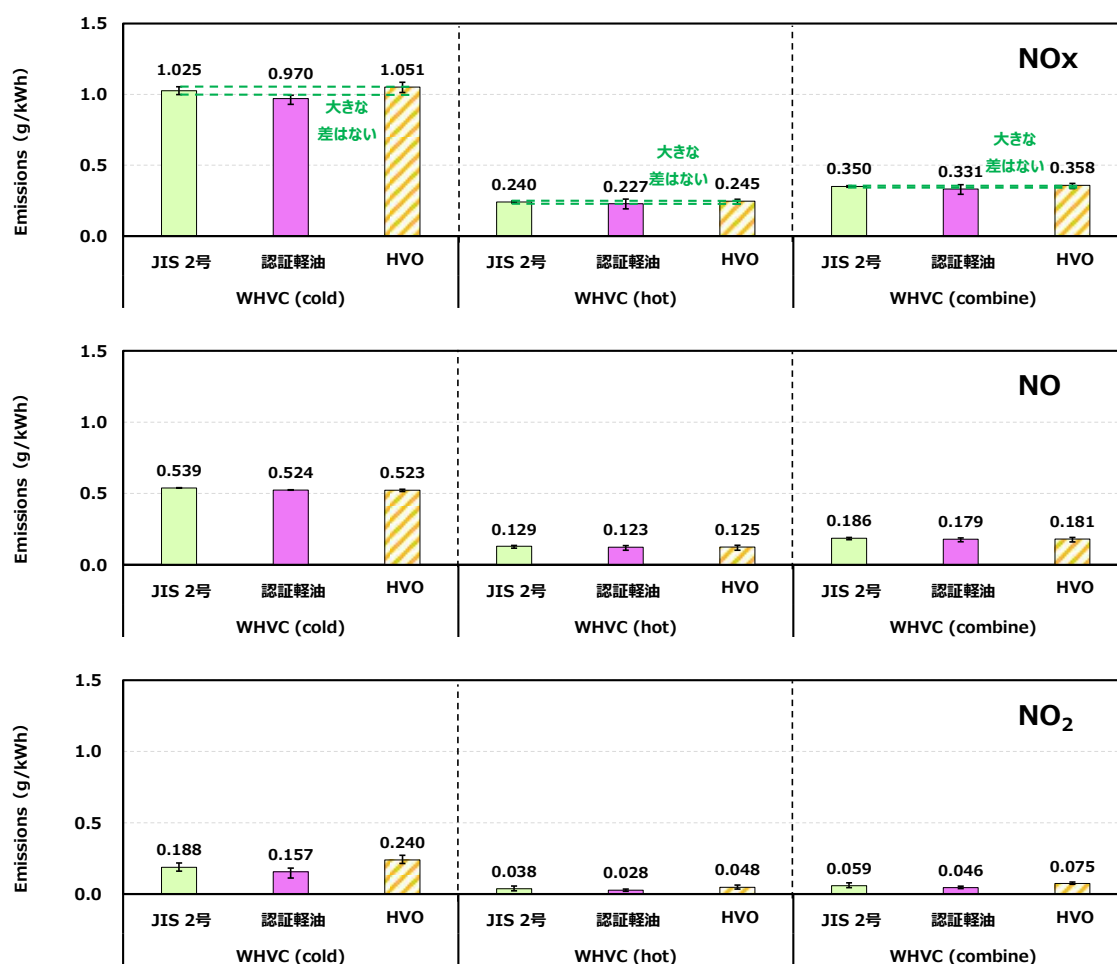


図 3.3-9 NO_x、NO、NO₂ 排出量 (g/kWh) の比較

(エラーバーは最大・最小を示す)

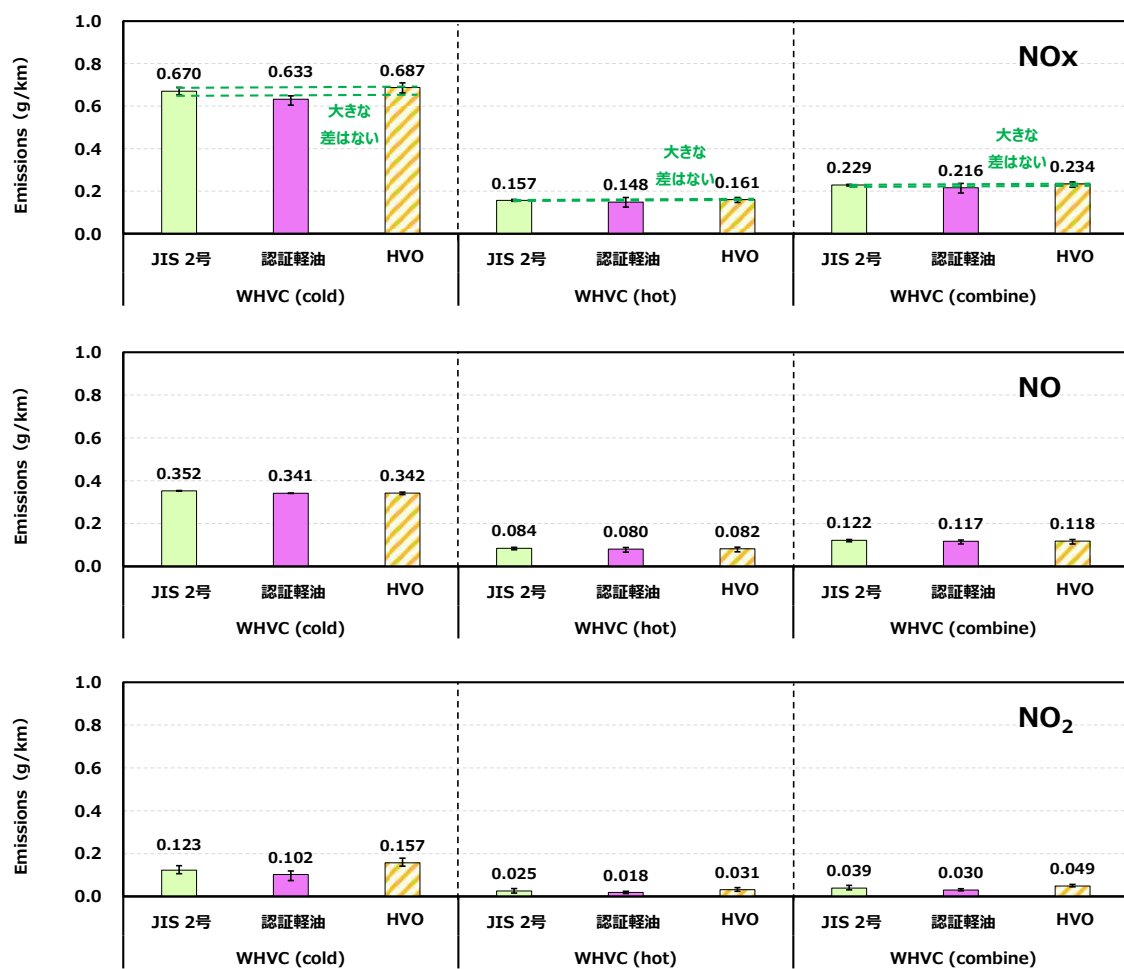


図 3.3-10 NO_x、NO、NO₂ 排出量 (g/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

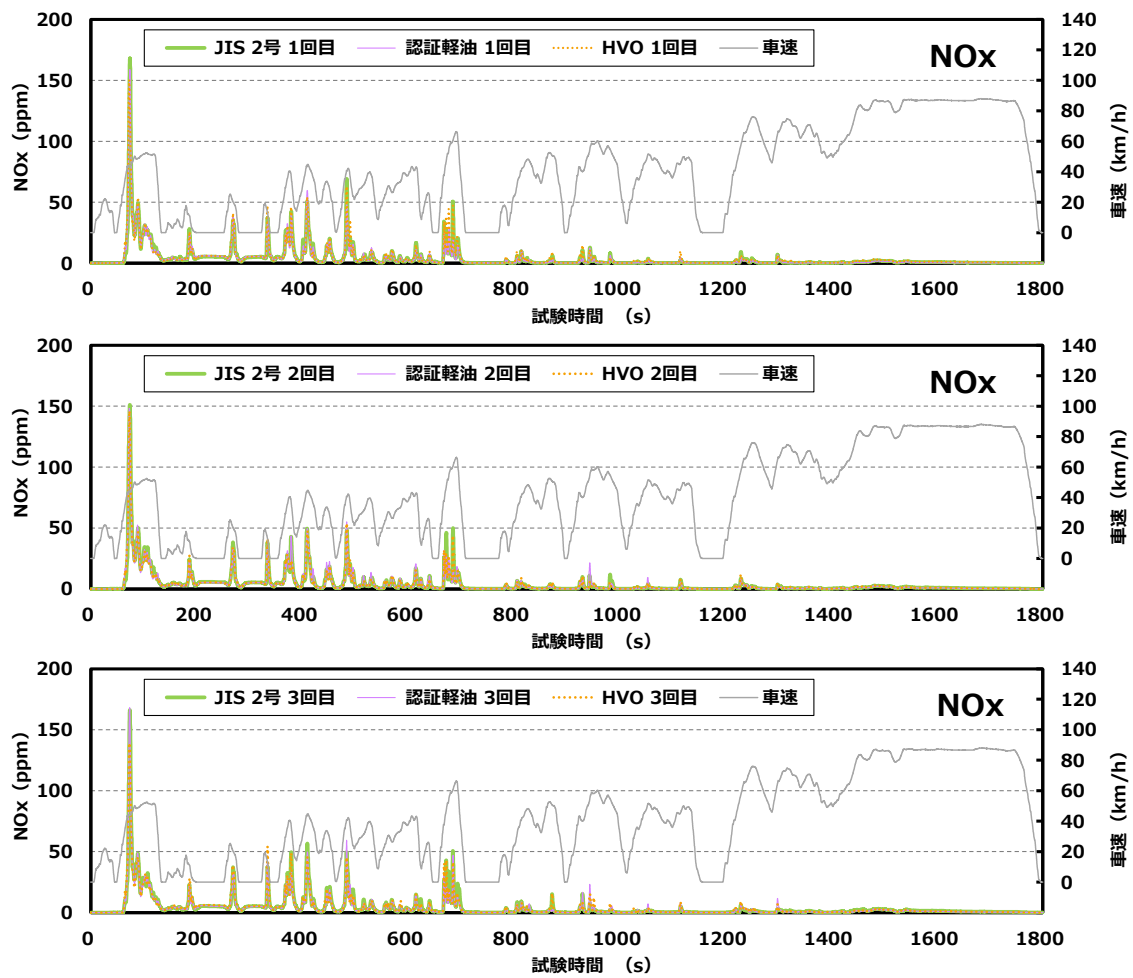


図 3.3-11 NOx の排出挙動 (冷機始動)

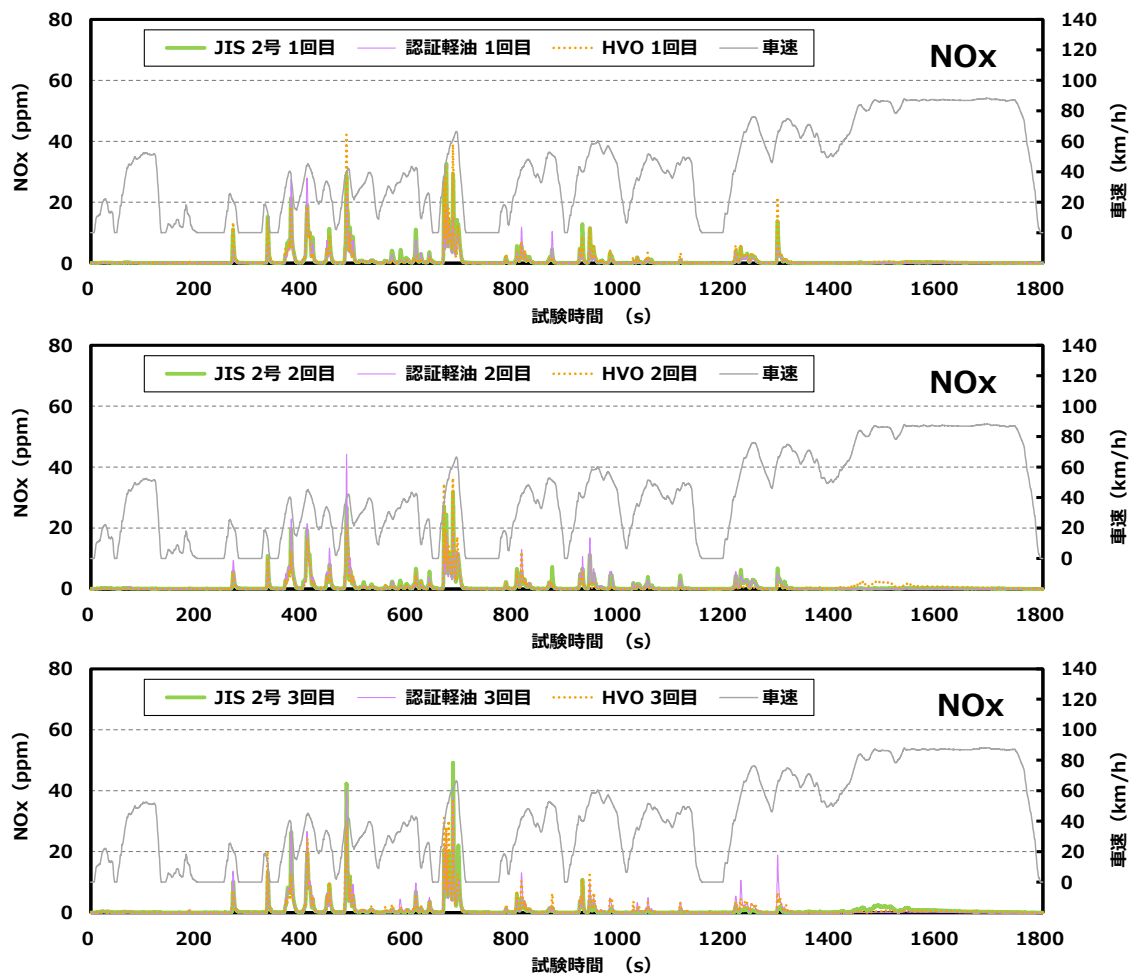


図 3.3-12 NOx の排出挙動 (暖機始動)

3.3.4 PM の排出量

PM について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-13 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-14 に比較して示す。HVO の排出量は JIS 2 号に対して冷機始動で 7.4 倍、暖気始動で 2.5 倍となり、combine では 2.8 倍となって増加し、認証軽油の PM 排出量と比較しても高い値になっている。HVO は化石由来の軽油よりもセタン指数が高いため、高負荷でエンジンを運転すると着火遅れ時間が短くなって予混合燃焼が少なく、拡散型燃焼が大幅に多くなる結果、PM や PN が多く生成されるとの報告がある¹。ただし、生成されても後処理装置によって低減されること、本調査では HVO のエラーバーの範囲が他の燃料のエラーバーと重なっていること、付録 3 に記載した通りフィルターへの捕集量が極微量でトンネルブランクの影響が大きいこと、希釈空気と希釈排出ガスを捕集したフィルターの概観がどちらを捕集したものか判別できないレベル（図 3.3-15）であることなどを考慮すると、倍率が高く増加はしていても排出量としては極微量であると判断できる。

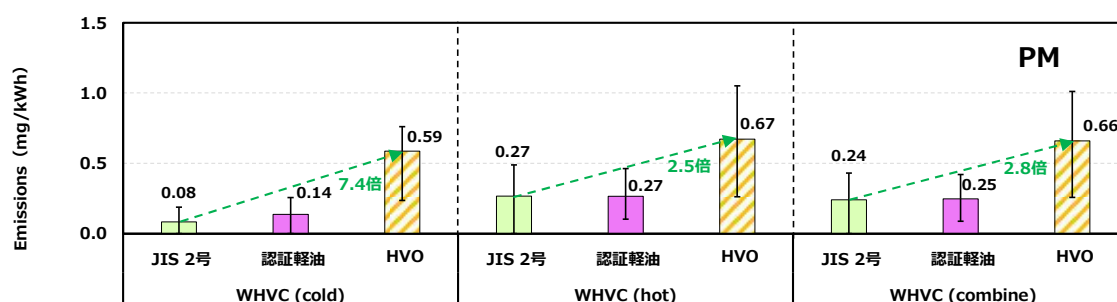


図 3.3-13 PM 排出量 (mg/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

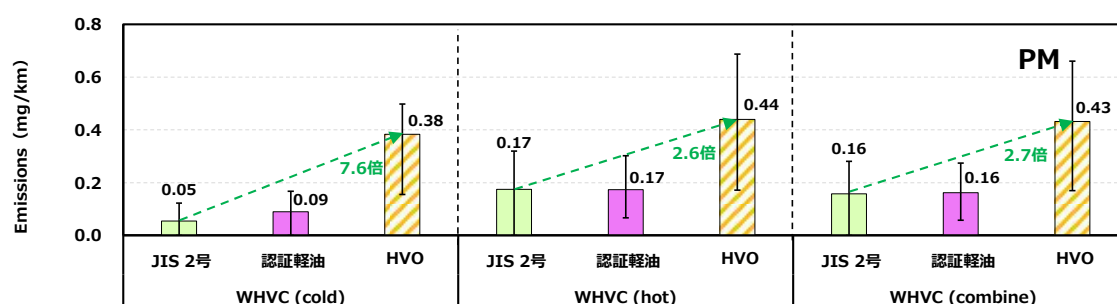


図 3.3-14 PM 排出量 (mg/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

¹ Shukla, P., Shamun, S., Gren, L., Malmberg, V. et al., "Investigation of Particle Number Emission Characteristics in a Heavy-Duty Compression Ignition Engine Fueled with Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)," SAE Int. J. Fuels Lubr. 11(4):495-505, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0909>. (2022.3.11 閲覧)

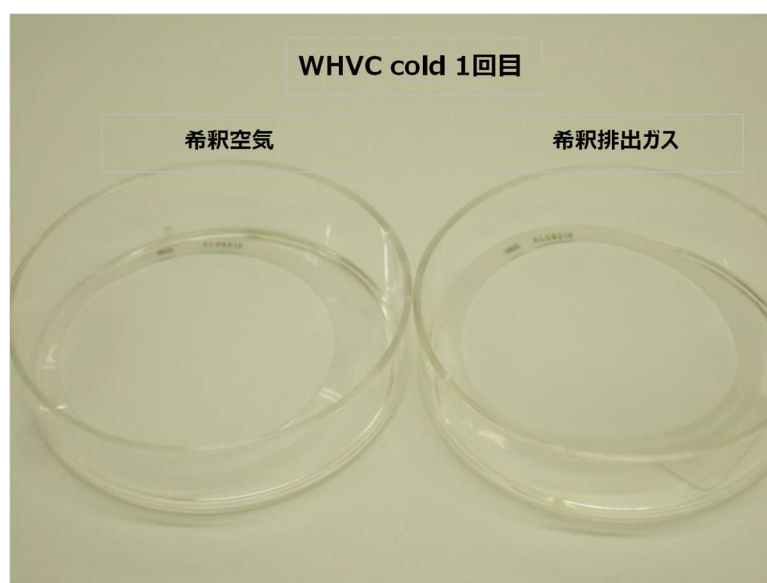


図 3.3-15 HVO 燃料を用いた WHVC 冷機始動の PM 捕集フィルター

3.3.5 PNの排出量と排出挙動

PNについて、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-16 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-17 に比較して示す。HVO の排出量は JIS 2 号や認証軽油よりも高く、PM 排出量と同様に増加する傾向が見られた。JIS 2 号に対して冷機始動では 1.6 倍、暖機始動では 1.4 倍、combine では 1.5 倍になった。ただし、3.3.4 項で述べた通り、増加の原因は軽油よりもセタン価が高くて着火遅れを起こしているためと推測されることから、高セタン価の燃料に適した燃焼制御を行えば排出量の増加を解決できると考えられる。

PN の排出挙動として、冷機始動については図 3.3-18 に、暖機始動については図 3.3-19 にそれぞれ希釈排出ガスの濃度で示す。どちらの始動条件においても PN の排出ピークは主に加速時に出現し、概ね他の燃料よりも高いピークが見られた。また、冷機始動では試験サイクル中に特異的に高い排出ピークも見られた。

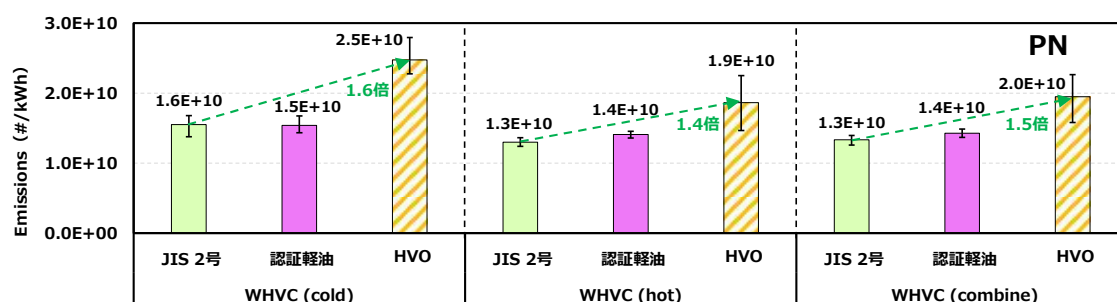


図 3.3-16 PN 排出量 (#/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

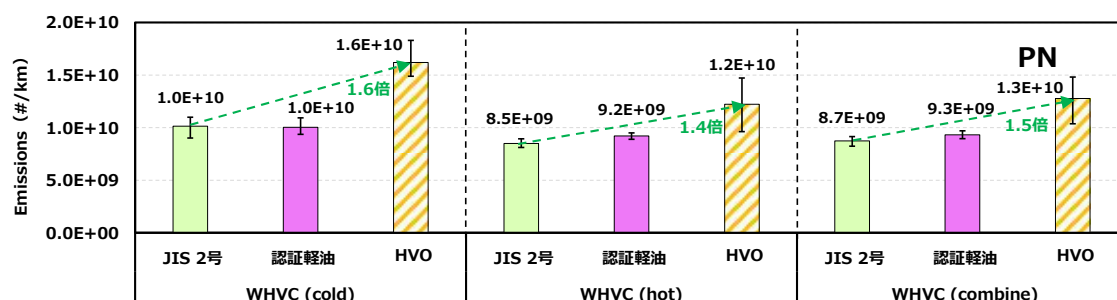


図 3.3-17 PN 排出量 (#/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

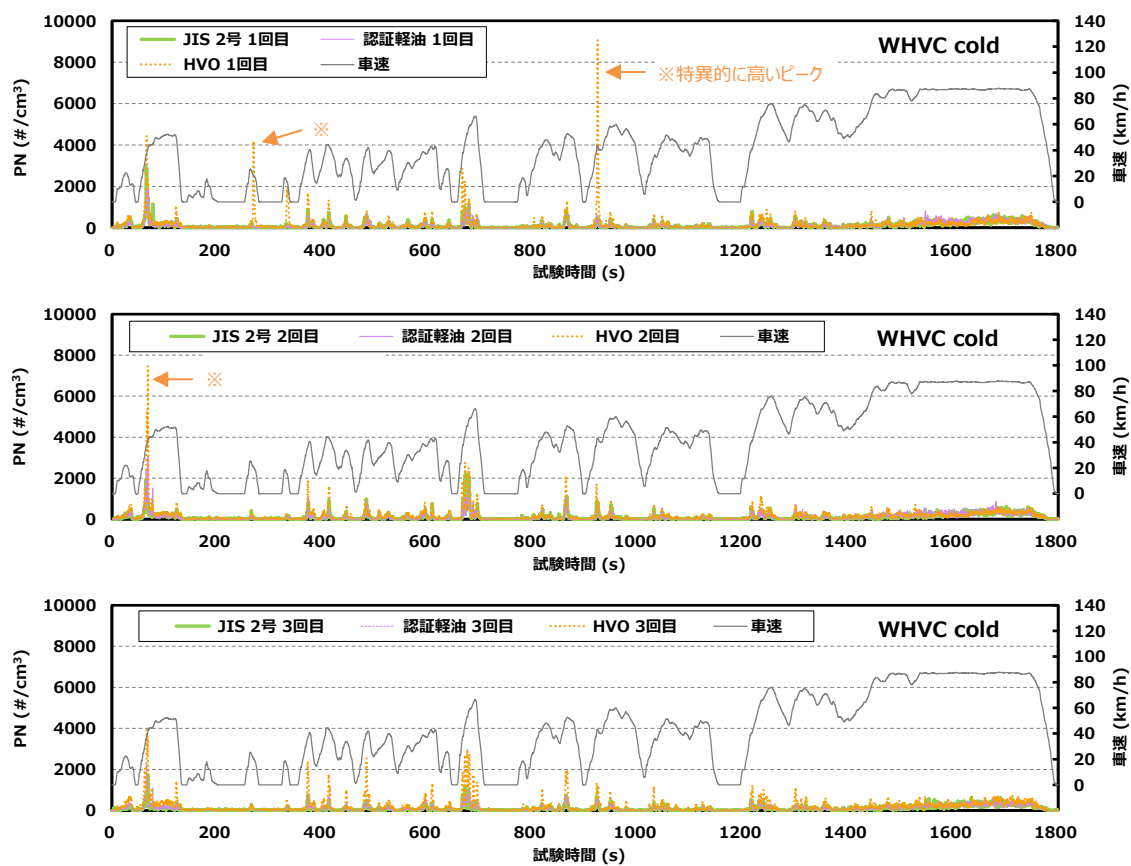


図 3.3-18 PN の排出挙動（冷機始動）

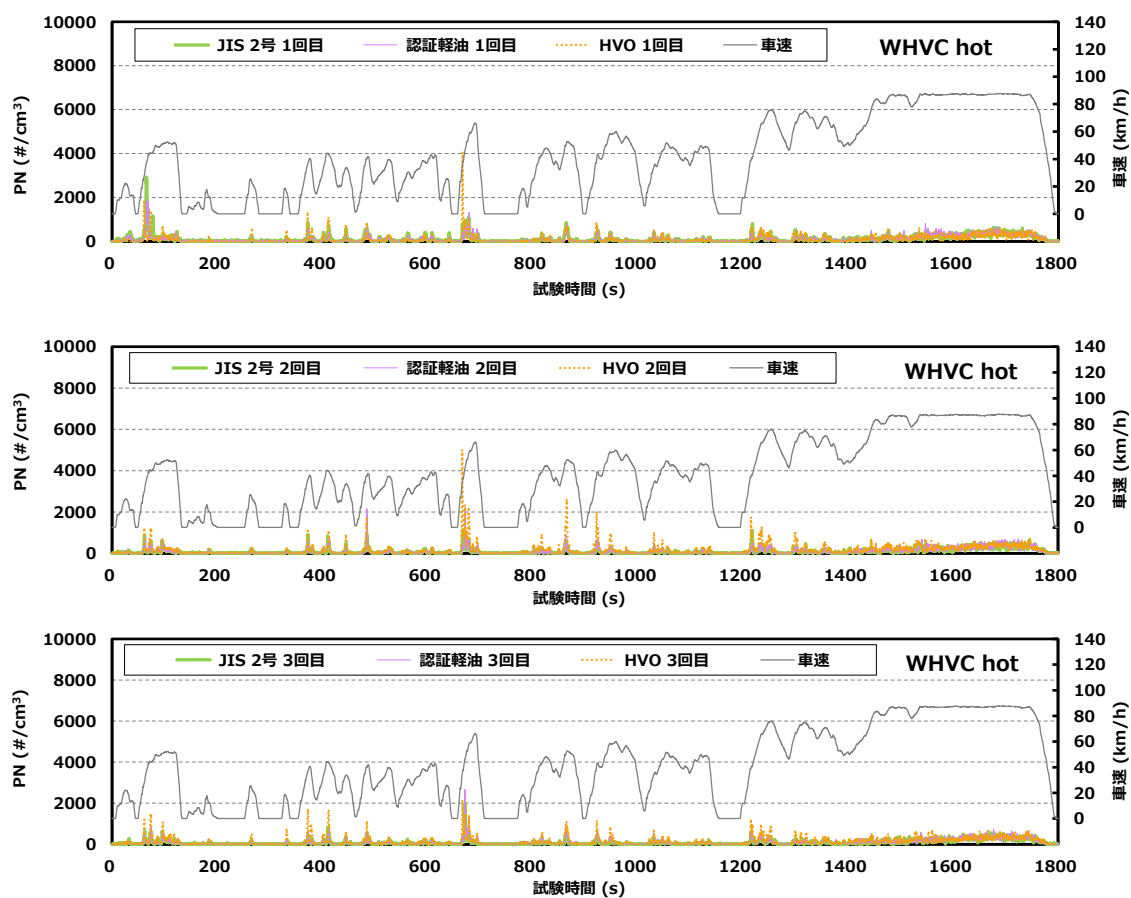


図 3.3-19 PN の排出挙動 (暖機始動)

(4) PM 排出量と PN 排出量の関係

WHVC の冷機始動及び暖機始動、combine における PM 排出量と PN 排出量の関係を図 3.3-20 に示す。冷機始動において、HVO の PN 排出量が他の燃料よりも高いものの、PM 排出量と PN 排出量に特徴的な関係はなかった。暖機始動においては、燃料の種類に関わらず、PM 排出量が増加しても PN 排出量に大きな変化はなかった。一般に、PM 排出量と PN 排出量には直線的な相関があるが、本調査の様に DPF によって PM が大きく除去されて排出量が低くなると、捕集するフィルターの秤量誤差や粒径及び成分の変化等によって PM (質量) と PN (個数) の関係が精度よく把握できなくなっていると考えられた。

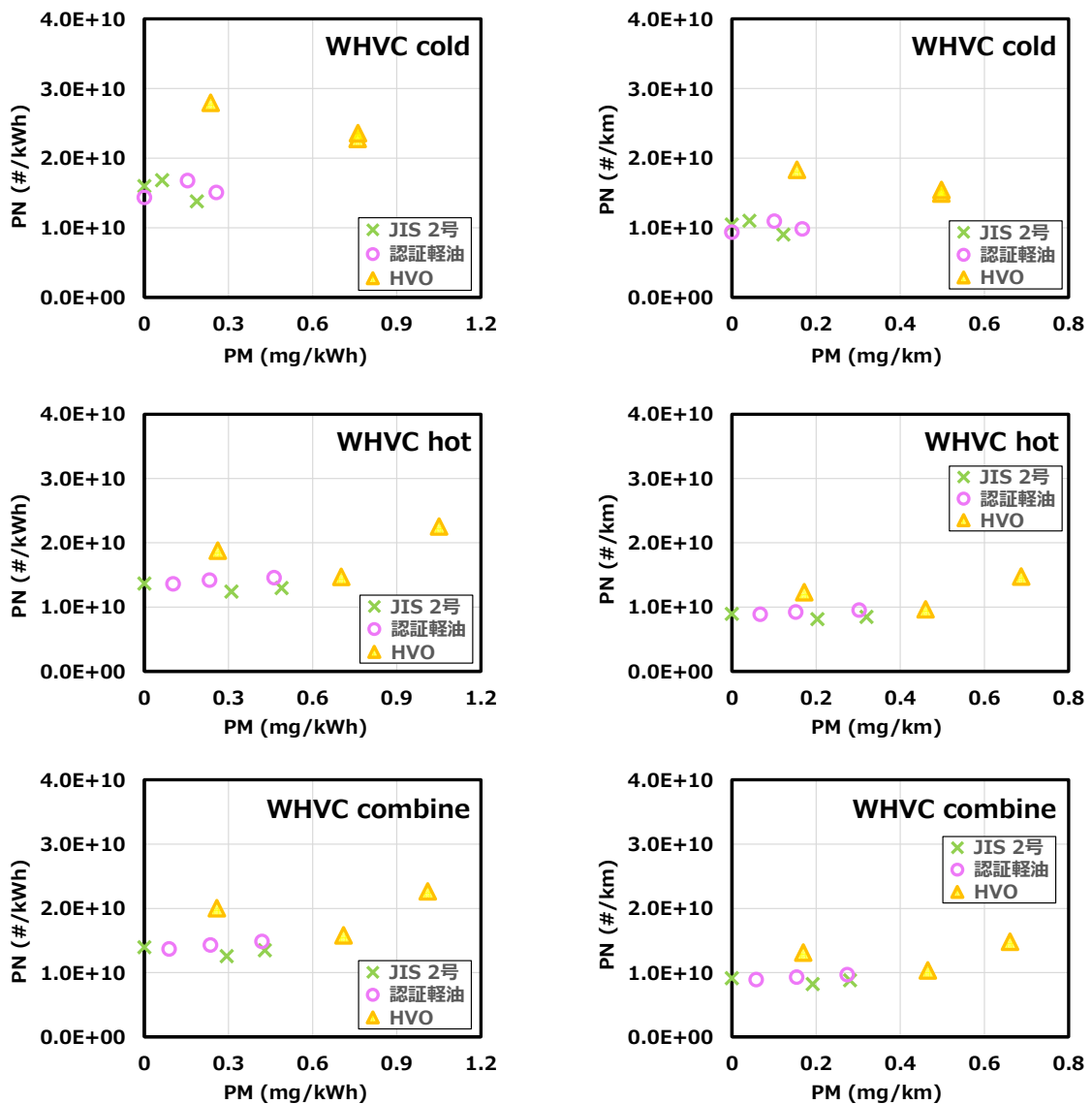


図 3.3-20 PM 排出量に対する PN 排出量の関係
(左：サイクル仕事量あたり、右：走行距離あたり)

3.3.6 PM 中の炭素成分の排出量

自動車から排出される PM に含まれる炭素成分は、主に有機炭素（OC）と、元素状炭素（EC）に分けられる。また、EC は比較的低い燃焼温度で生成する Char-EC と高い燃焼温度で生成する Soot-EC に分けられる。このため、炭素成分は大気中の微小粒子状物質についても測定され、組成率等から発生源を推定するための情報として用いられている。本調査では、PM 中の炭素成分を測定し、OC、EC、Char-EC、Soot-EC と、OC と EC を合算した全炭素（TC）について排出量を算出した。炭素成分の詳細な説明や測定方法と排出量の算出方法については付録 4 に記した。

PM 中の炭素成分について、サイクル仕事量当たりの排出量を図 3.3-21 に、走行距離当たりの排出量を図 3.3-22 に比較して示す。いずれの試験条件においても EC は検出されず、PM 中の炭素成分は OC であり、OC 排出量と TC 排出量は同じとなった。HVO における OC 排出量は冷機始動では JIS 2 号の 2.5 倍となったが、JIS 2 号の排出量が HVO のエラーバーの範囲にあることや、HVO のエラーバーが JIS 2 号や認証軽油より大きいことを考慮すると明らかな増加とは判断できなかった。暖機始動においては JIS 2 号の 0.89 倍となったが、combine では JIS 2 号が 0.38 mgC/kWh であるのに対し、0.37 mgC/kWh となり、概ね同じ排出量となった。

尚、参考として TC のグラフ上に PM の平均排出量を記してある。JIS 2 号と認証軽油において PM 成分である OC の排出量が PM 排出量を超えている場合があるが、これは種類が異なる 2 つの捕集フィルターに同時に捕集した PM について、片方を PM 排出量（mg/kWh、mg/km）の解析に、もう片方を炭素成分排出量（mgC/kWh、mgC/km）の解析に用いているため厳密には双方の質量は一致しないことに加え、フィルターの材質、捕集時の流量、PM の排出量及び捕集量が微量であるために誤差の影響が大きい、等が原因として挙げられる。

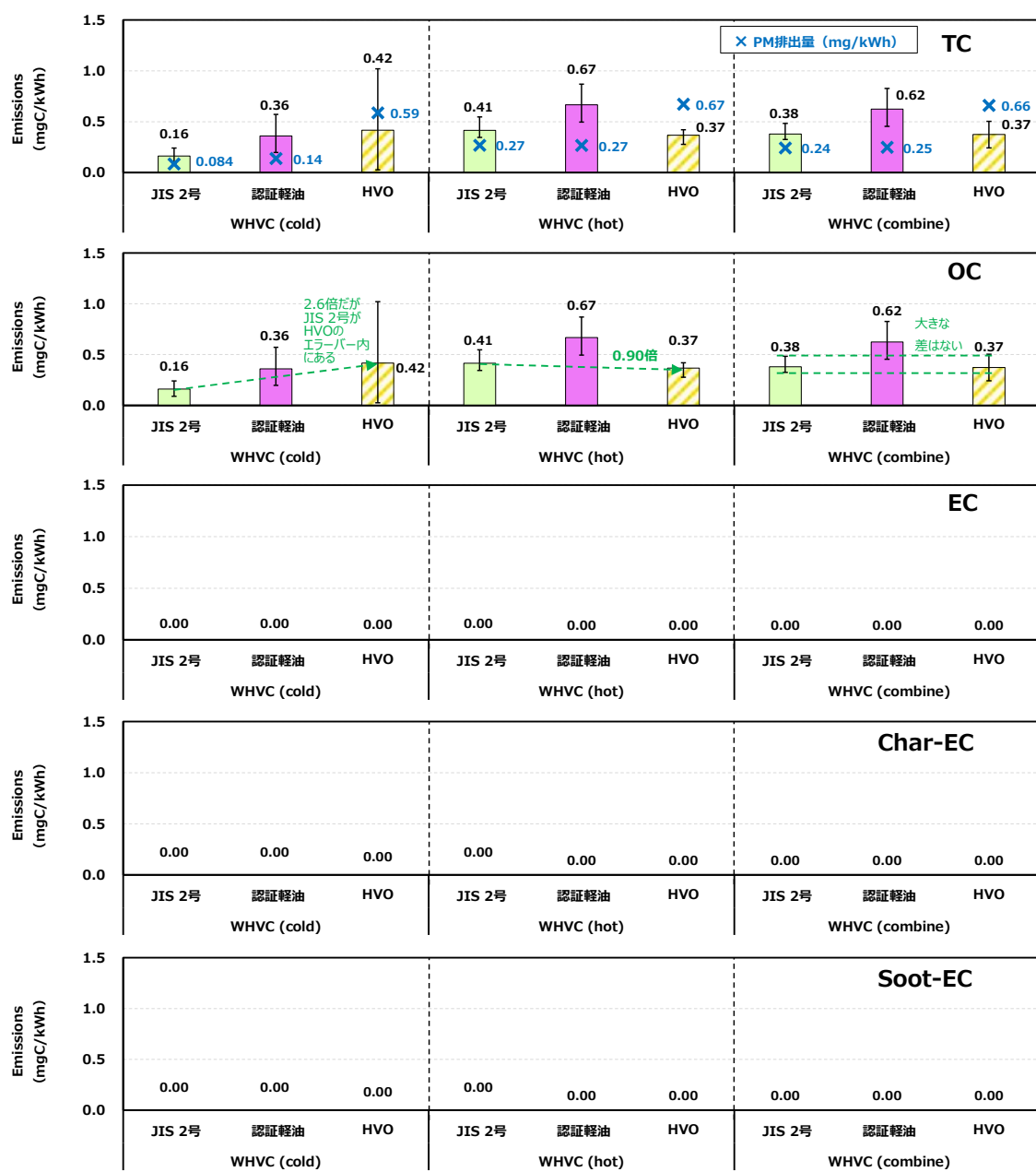


図 3.3-21 PM 中炭素成分排出量 (mgC/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

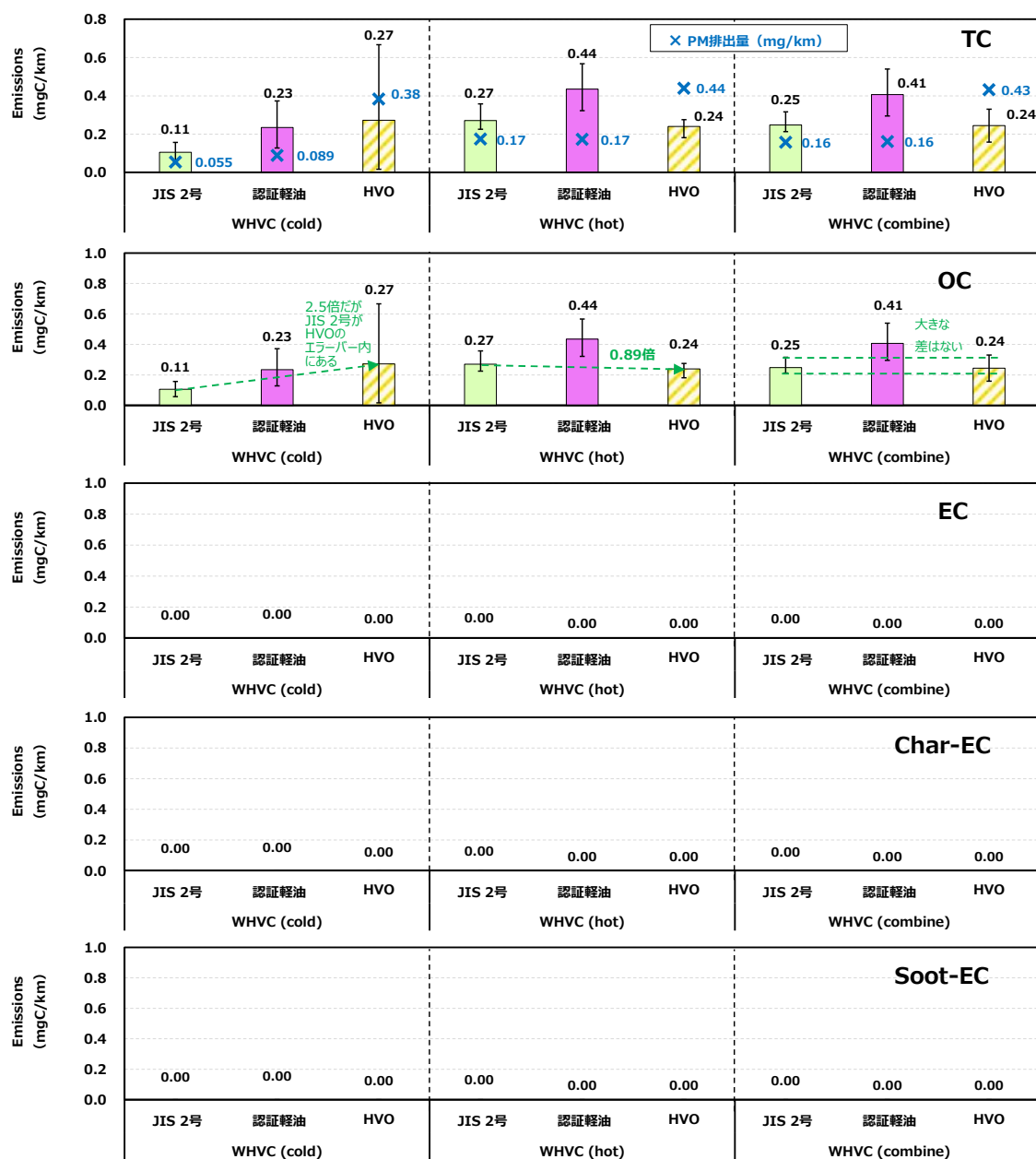


図 3.3-22 PM 中炭素成分排出量 (mgC/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

3.3.7 CO₂の排出量と排出挙動

CO₂について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-23 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-24 に比較してそれぞれ示す。HVO の CO₂ 排出量は市井で使用されている JIS 2 号の排出量に対して冷機始動で 0.97 倍、暖機始動と combine で 0.96 倍となり、どちらの条件でも僅かに減少した。主な原因は JIS 2 号より HVO の方が密度が低いためであると推測される。

CO₂の排出挙動として、冷機始動条件については図 3.3-25 に、暖機始動条件については図 3.3-26 にそれぞれ希釈排出ガスの濃度で示す。

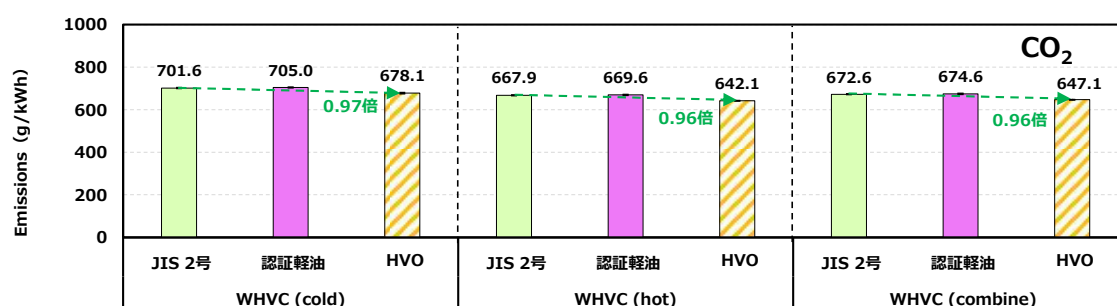


図 3.3-23 CO₂ 排出量 (g/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を表す)

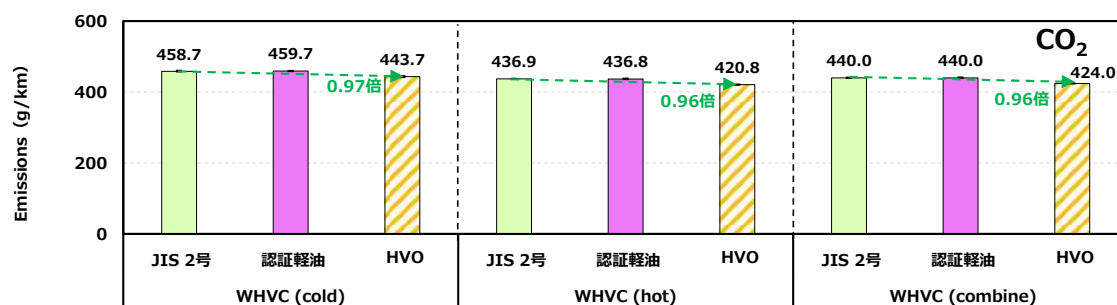


図 3.3-24 CO₂ 排出量 (g/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を表す)

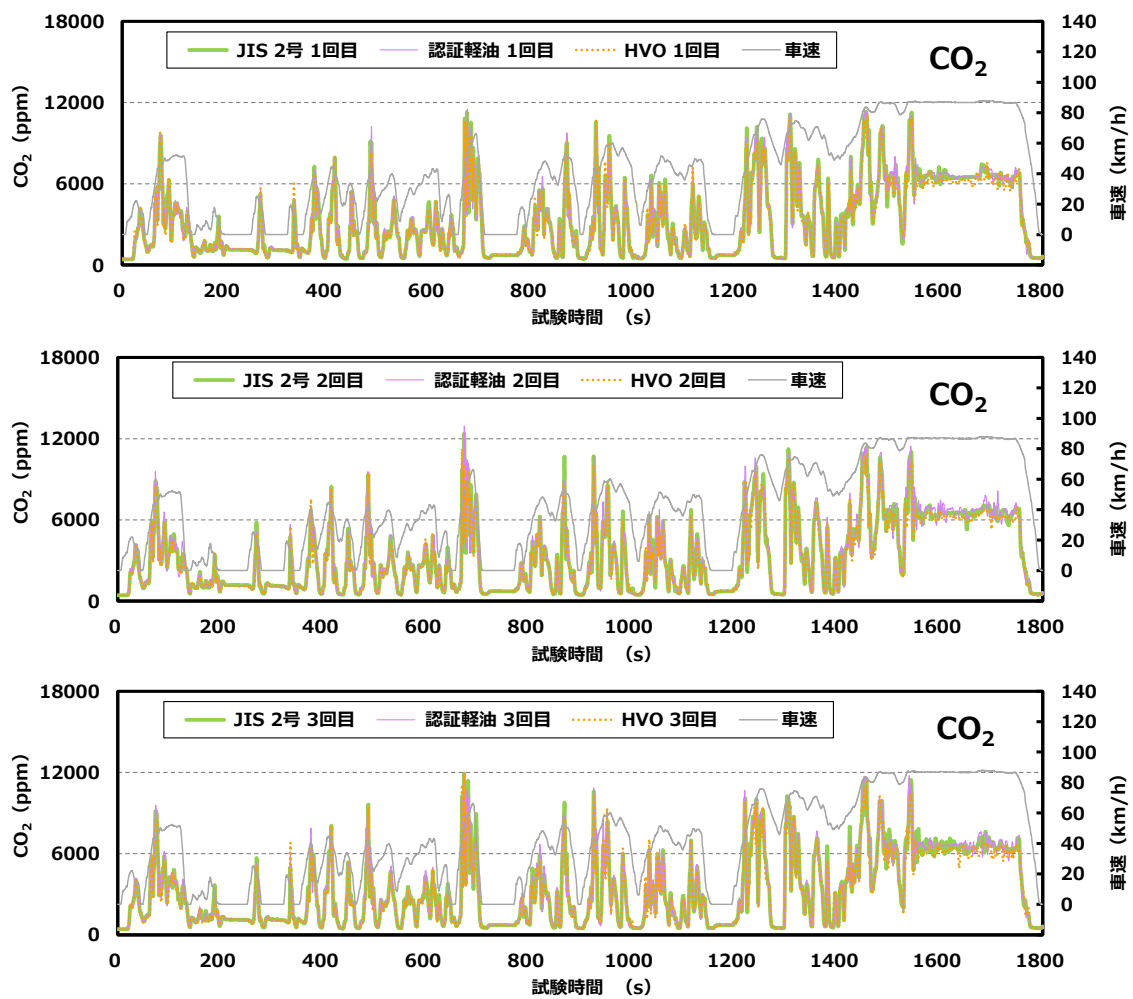


図 3.3-25 CO₂ の排出挙動 (冷機始動)

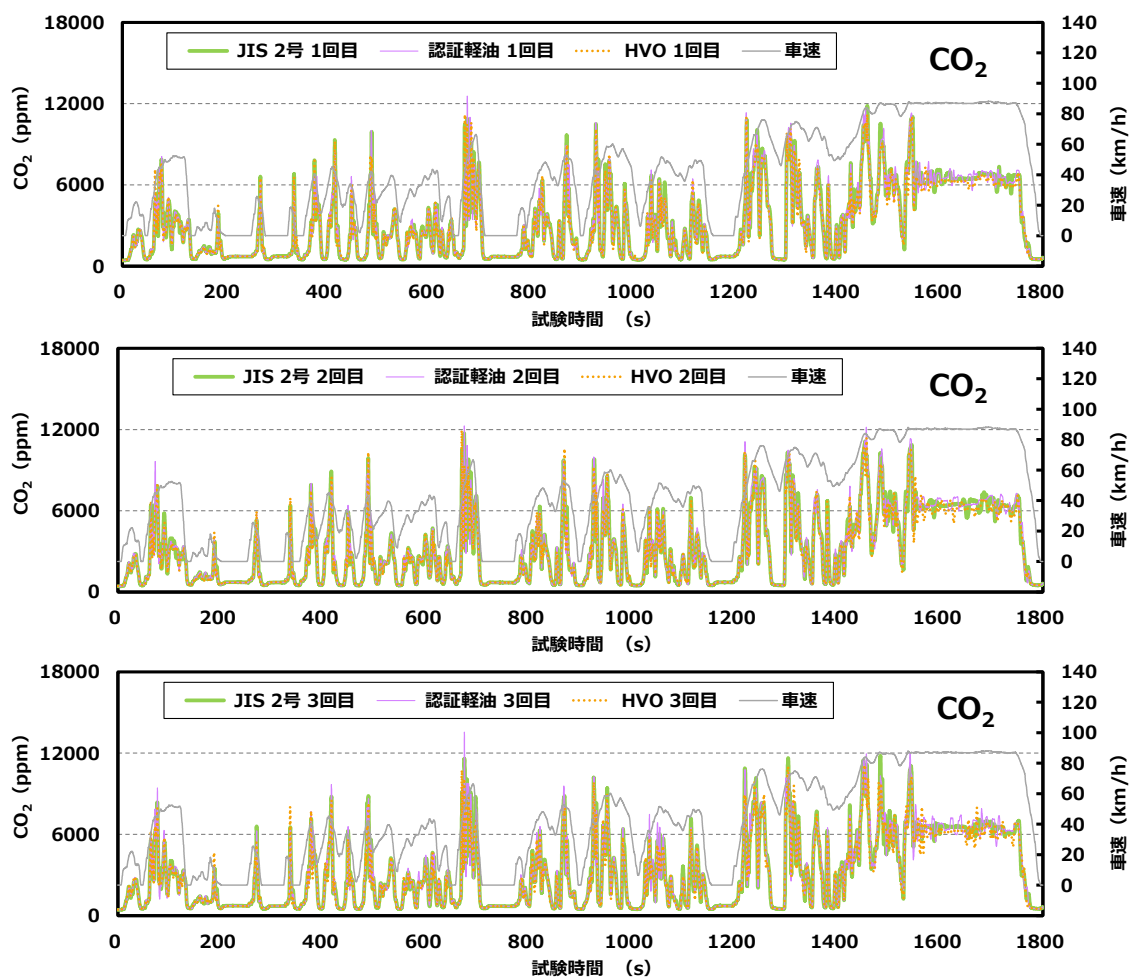


図 3.3-26 CO₂ の排出挙動 (暖機始動)

3.3.8 N₂O の排出量

N₂O について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-27 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-28 に比較して示す。冷機始動条件において、HVO の N₂O 排出量は JIS 2 号の排出量に対して 0.93 倍となり、やや減少した。ただし、付録表 2-10 に示す通り、排出量の差は希釈空気中の僅かな変動が主な原因であるため、実際の排出量は同程度であると判断できた。暖機始動条件においては、HVO は JIS 2 号の最大値と最小値の範囲を示すエラーバーに重なるため大きな差は無く、同程度の排出量であると考えられた。

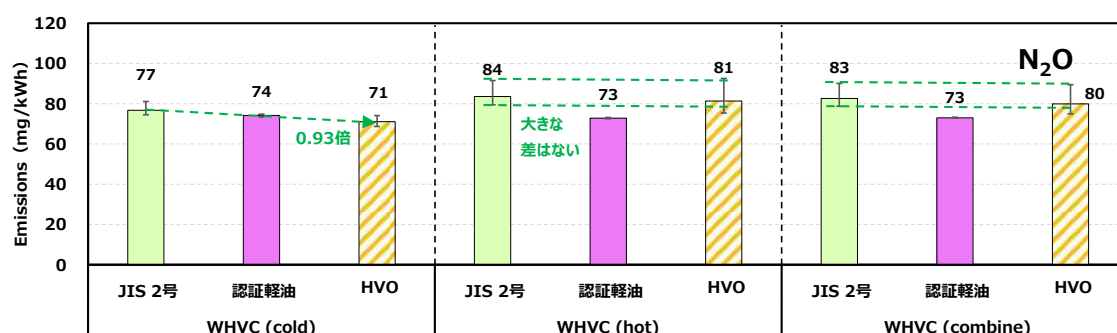


図 3.3-27 N₂O 排出量 (mg/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

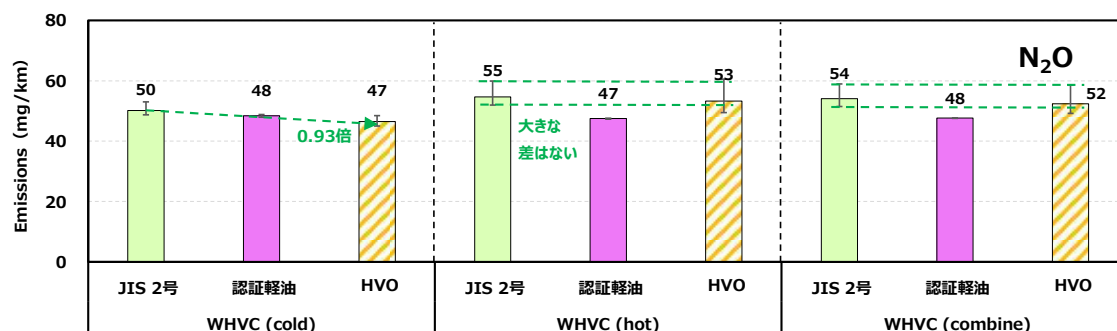


図 3.3-28 N₂O 排出量 (mg/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

3.3.9 NH₃の排出量

NH₃について、サイクル仕事量当たりの排出量を図 3.3-29 に、走行距離当たりの排出量を図 3.3-30 に比較して示す。HVO の排出量は始動条件に依らず大きく減少し、JIS 2 号に対し、冷機始動で 0.22 倍、暖機始動で 0.11 倍、combine で 0.13 倍となった。また、認証軽油の排出量と比較しても減少していた。

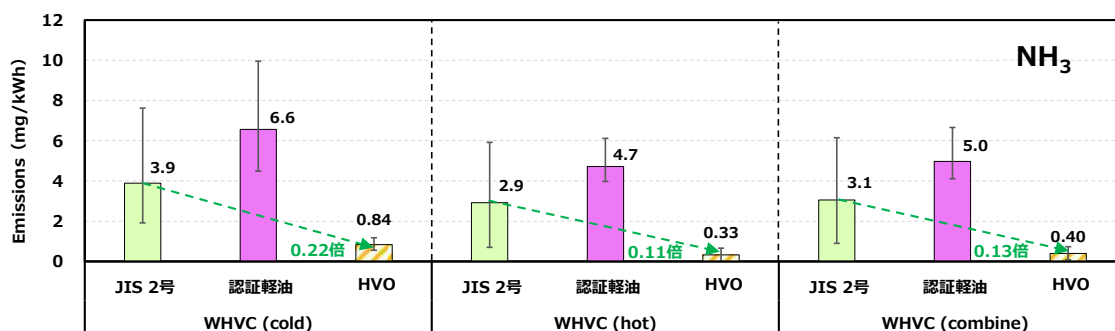


図 3.3-29 NH₃ 排出量 (mg/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

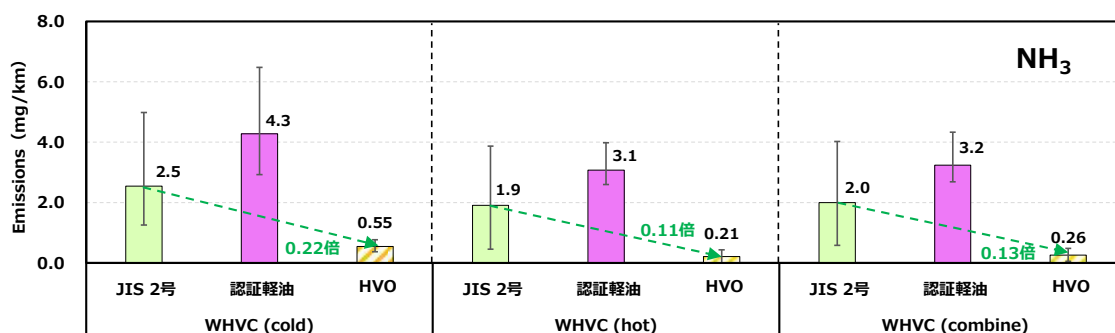


図 3.3-30 NH₃ 排出量 (mg/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

3.3.10 HCHO の排出量

HCHO について、サイクル仕事量あたりの排出量を図 3.3-31 に、走行距離あたりの排出量を図 3.3-32 に比較して示す。HVO の排出量は JIS 2 号に対して冷気始動ではの 0.58 倍、暖機始動では 0.36 倍、combine では 0.47 倍となり減少した。

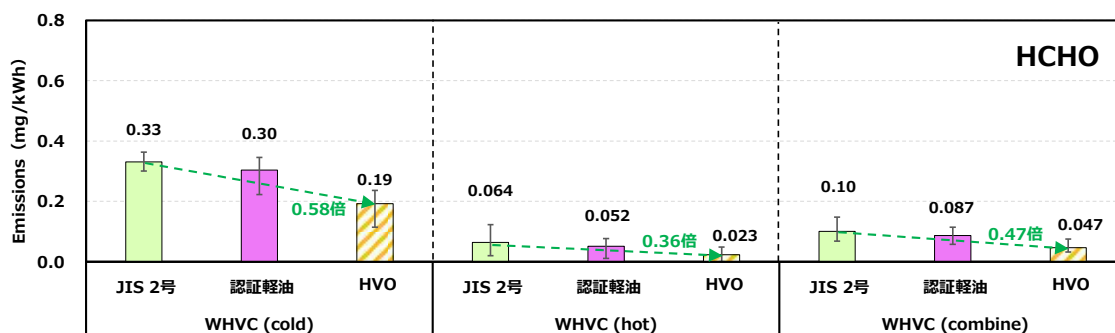


図 3.3-31 HCHO 排出量 (mg/kWh) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

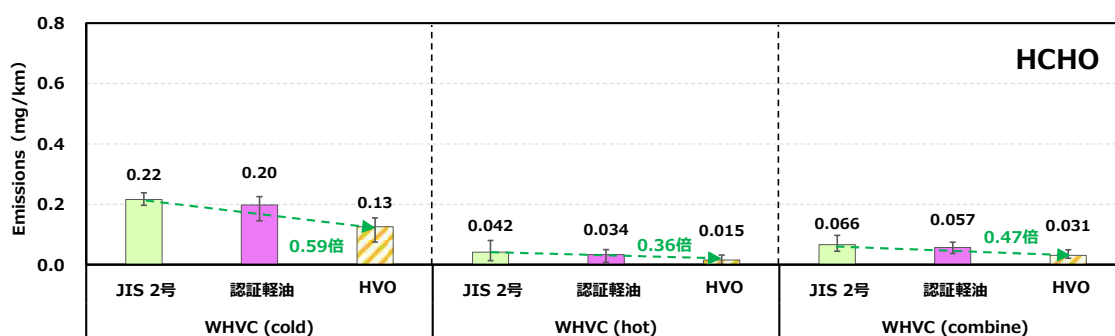


図 3.3-32 HCHO 排出量 (mg/km) の比較
(エラーバーは最大・最小を示す)

第4章 まとめ

本調査業務では、我が国や諸外国における次世代燃料の動向について基礎的な調査すると共に、次世代燃料が自動車の排出ガスに及ぼす影響を調査した。

4.1 次世代燃料の国際動向等調査

日本及び諸外国における次世代燃料及び次世代燃料対応車について、市場、政策、技術等の観点で、IEA（国際エネルギー機関）や IRENA（国際再生可能エネルギー機関）等の国際機関、各国政府、業界団体、調査会社等の報告書や論文、統計等から動向等を調査した。

次世代燃料の調査に関して、比較のために一部の項目について既存燃料も対象とした。ここで、既存燃料はガソリン、軽油、CNG、LPG を対象とし、次世代燃料はバイオエタノール、バイオディーゼル、バイオメタン、e-fuel、水素、アンモニアを対象とした。調査項目は、既存燃料及び次世代燃料に関する需給（生産、消費、輸入、輸出、コスト等）動向及び品質確保に係る動向、次世代燃料に関する政府や自治体の方針や法令等に関する規制動向、次世代燃料に関する研究・技術開発動向である。研究・技術開発動向については、燃料のカーボンニュートラル動向を概観するため、CO₂回収の動向も含めた。

次世代燃料対応車の調査に関して、調査項目は普及動向、政府や自治体の方針や法令等に関する規制動向、研究・技術開発動向、次世代燃料が自動車の排出ガスに及ぼす影響である。普及動向については、自動車のカーボンニュートラル動向を概観するため、電源構成や電動車の動向も含めた。

調査対象地域は、日本及び諸外国である。諸外国は、米国、欧州、中国を基本とし、必要に応じて他の国も対象とする方針とした。ただし、燃料種によっては、需給動向や情報量等の理由でこの限りではなく、調査の趣旨を鑑みて適切に対象国を選定した。

本調査から、次世代燃料及び次世代燃料対応車の普及や規制等の動向は、国・地域によって様々であることが明らかとなった。また、次世代燃料や次世代燃料対応車の研究・技術開発動向が、将来の見通しも含めて整理された。カーボンニュートラル達成に向け、国・地域の実情に応じた次世代燃料及び次世代燃料対応車の導入推進が求められる。

4.2 次世代燃料による排出ガス試験

本試験の目的は次世代燃料が自動車の排出ガスに及ぼす影響について知見を得る事である。供試燃料には廃食油を水素化分解して作成された Hydrotreated Vegetable Oil（HVO）を用いた。本調査で用いた HVO は JIS 2 号軽油（JIS 2 号）の規格を満足しており、市井のガソリンスタンドで一般に向けて試験販売された実績がある。主な特徴としては、セタン価が高い、密度が低い、芳香族分がほぼ含まれない、分岐アルカンが多い、などが挙げられる。供試車両は国内で販売されているディーゼル貨物車（車両総重量 8.0 t、総排気量 5.1 L、DPF および尿素 SCR システム搭載）を選定し、レンタカーで調達した。試験サイ

クルはWHVCモードで、冷機始動あるいは暖機始動でそれぞれ3回ずつ試験を実施した。排出量の算出は冷機始動と暖機始動の他、それぞれに重みづけをした値（combine）も算出した。

HVO による排出量を評価するため、同じ車両を用いた他の調査業務から JIS 2 号軽油（JIS 2 号）と国内認証試験用軽油（認証軽油）を用いた際の排出量と比較し、HVO が一般の自動車で利用されることを想定して HVO と JIS 2 号の結果を中心に考察した。JIS 2 号を用いた排出量を基準とし、HVO を用いた排出量の変化を表 4.2-1 に纏めて示す。冷機始動及び暖機始動、combine において HVO の排出量が高くなった測定項目は、PM 及び PN であった。ただし、PM 排出量は JIS 2 号と比較して高くなっていても排出量は極低濃度であった。PN は冷機始動において試験サイクル中に特異的に高い排出ピークが見られた。また、PM 中の炭素成分は暖機始動で高くなった。反対に、冷機始動及び暖機始動、combine において HVO の排出量が低くなった測定項目は、CO₂、THC、NH₃、HCHO であった。

表 4.2-1 JIS 2 号に対する供試 HVO を用いた排出量の変化

調査対象		供試HVOによる排出傾向（対 JIS 2号）		
		冷機始動	暖機始動	combine
粒子状物質	PM	↑ ※	↑ ※	↑ ※
	PN	↑	↑	↑
	炭素成分	→	→	→
ガス状物質	一酸化炭素（CO）	→	→	→
	二酸化炭素（CO ₂ ）	↓	↓	↓
	全炭化水素（THC）	↓	↓	↓
	非メタン炭化水素（NMHC）	→	→	→
	窒素酸化物（NO _x ）	→	→	→
	一酸化二窒素（N ₂ O）	→	→	→
	アンモニア（NH ₃ ）	↓	↓	↓
	ホルムアルデヒド（HCHO）	↓	↓	↓

↑ : 増加 → : 変化無し ↓ : 減少

※ 各燃料の排出量を比較したグラフにおいて最大・最小値を示すエラーバーの範囲が他の燃料のエラーバーと重なっていることや、フィルターへの捕集量が極微量でトンネルブランクの影響が大きいことから、増加はしても排出量レベルは極微量と判断される。

付録1 燃料品質規格の国別一覧

付録表 1-1 ガソリン

項目/国	日本	アメリカ				EU		中国		インド		ブラジル			
		平均値ベース		ガロンベース								TypeA		TypeC	
最大値/最小値	最大値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
鉛	0 g/L			0%		0.05 g/L				0.05 g/L		0.05 g/L			
硫黄分	0.001wt%	10 ppm (平均値)	80 ppm	10 ppm (平均値)	80 ppm	10 mg/kg		10 ppm		10 ppm				50 mg/kg	
MTBE	7vol%														
酸素分	1.3wt%*					3.7wt%				2.7wt%					
ベンゼン	1vol%	0.95%		1%		1vol%(150℃)		1vol%		1vol%				1vol%	
灯油	4vol%														
メタノール	検出されない					3vol%									
エタノール	3vol%*					10vol%						1vol%		法令値	
実在ガム	5 mg/100 ml											5 mg/100 ml			
色	オレンジ色														
VOC			削減率29% (VOC管理地域)		削減率27.5% (VOC管理地域)										
			削減率25.4% (VOC管理地域外, エタノール含む)		削減率23.9% (VOC管理地域外, エタノール含む)										
			削減率37.4% (VOC管理地域外, エタノール含まない)		削減率25.9% (VOC管理地域外, エタノール含まない)										
トキシック			削減率21.5%		削減率20%										
リサーチオクタン価							95RON	102RON	98RON	95RON	91RON				87RON
モータオクタン価							85MON			85MON	81MON				82MON
リード蒸気圧						60 kPa		60 kPa	45 kPa	60 kPa		62 kPa	45 kPa	69 kPa	
蒸留							46vol% (100℃)								
							75vol% (150℃)								
オレフィン						18vol% (100℃)				21vol%	18vol%			25vol%	
芳香族						35vol% (150℃)				35vol%				35vol%	
イソプロピルアルコール						12vol%									
第3ブチルアルコール						15vol%									
イソブチルアルコール						15vol%									
エーテル						22vol%									
その他の酸素化合物						15vol%									
金属分								0%							
リン												0.02 mg/L			
50%留出温度								100℃	77℃						
最大蒸発温度 (10%)												65℃			
最大蒸発温度 (50%)												120℃		80℃	
最大蒸発温度 (90%)												190℃			
密度										775 kg/m ³	720 kg/m ³				
PEF												215			
残渣												2vol%			
誘導時間 (100℃)															480 分
最大銅腐食性 (50℃, 3 h)												1			

* E10対応ガソリン車の燃料として用いるガソリンを販売又は消費しようとする場合における規格値は、それぞれ以下のとおりとする。酸素分：3.7質量%以下、エタノール：10体積%以下。

付録表 1-2 軽油

項目/国	日本		米国		EU		中国		インド		ブラジル	
	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
硫黄分	0.001wt%		15 ppm		10 mg/kg		10 mg/kg		10 mg/kg		50 mg/kg	
セタン指数		45		40		51		47		51		42
蒸留性状 (90%留出温度)	360°C											
トリグリセリド	0.01wt%											
脂肪酸メチルエステル	0.1wt%				7vol%							
	5wt% (*)											
メタノール	0.01wt%											
酸価	0.13 mg KOH/g											
ギ酸、酢酸及びプロピオン酸の合計	0.003wt%以下											
酸化安定度		65分							25 g/mg ³			
芳香族			35vol%				7wt%		11wt%			
密度					845 kg/m ³				860 kg/m ³	820 kg/m ³	880 kg/m ³	820 kg/m ³
95%蒸留点					360°C					370°C		
多環芳香族					8wt%							
潤滑性								460 µm(60°C)		460 µm(60°C)		
引火点								45°C		35°C		38°C
添加剤									0.01wt%		0.01wt%	
カーボン残量									0.3wt%			
粘性									4.5 cst	2 cst	5 mm ² /s	2 mm ² /s
水含有量									200 mg/kg		0.05vol%	
低温流動温度									18°C(夏季)		-10°C	
									6°C(冬季)			
コンタミ量									24 mg/kg			
銅腐食性											1(3時間, 50°C)	

* 脂肪酸メチルエステルが0.1質量%を超え、5質量%以下の場合、「メタノール」、「酸化」、「ギ酸」、「酢酸及びプロピオン酸の合計」の項目も満たす必要がある。

付録2 次世代燃料による排出ガス試験の排出量及び測定値

本調査で得られた規制物質及び規制関連物質のサイクル仕事量あたりの排出量と走行距離当たりの排出量、排出量算出の基となった希釈空気濃度、希釈排出ガスの濃度について、規制及び規制関連物質は(1)の付録表 2-1 から付録表 2-4 に、PM 中の炭素成分は(2)の付録表 2-5 から付録表 2-8 に、 N_2O 、 NH_3 、 HCHO は(3)の付録表 2-9 と付録表 2-10 にそれぞれ示す。

(1) 規制及び規制関連物質の排出量と測定値

付録表 2-1 サイクル仕事量当たりの規制及び規制関連物質排出量

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量									仕事量 [kWh]
			CO [g/kWh]	CO ₂ [g/kWh]	THC [g/kWh]	NMHC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	NO [g/kWh]	NO ₂ [g/kWh]	PN [#/kWh]	PM [mg/kWh]	
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.041	704.3	0.0083	0.0000	0.998	0.537	0.162	1.60E+10	0.00	13.12
		2	0.031	700.3	0.0102	0.0008	1.023	0.541	0.182	1.68E+10	0.06	13.12
		3	0.056	700.1	0.0094	0.0019	1.054	0.538	0.218	1.38E+10	0.19	13.11
		平均	0.042	701.6	0.0093	0.0009	1.025	0.539	0.188	1.55E+10	0.08	13.11
		標準偏差	0.013	2.4	0.0009	0.0009	0.028	0.002	0.029	1.6E+09	0.10	0.004
		変動係数 (%)	30	0.34	10	107	2.7	0.40	15	10	114	0.03
	WHVC (hot)	1	0.016	669.3	0.0012	0.0000	0.247	0.134	0.035	1.36E+10	0.00	13.14
		2	0.022	667.8	0.0011	0.0000	0.233	0.135	0.024	1.30E+10	0.49	13.11
		3	0.021	666.5	0.0013	0.0000	0.241	0.117	0.056	1.24E+10	0.31	13.13
		平均	0.019	667.9	0.0012	0.0000	0.240	0.129	0.038	1.30E+10	0.27	13.13
		標準偏差	0.003	1.4	0.0001	n/a	0.007	0.010	0.016	6.3E+08	0.25	0.016
		変動係数 (%)	16	0.21	7.6	n/a	2.9	7.8	43	4.8	93	0.12
	WHVC (combine)	1	0.019	674.2	0.0022	0.0000	0.352	0.190	0.052	1.40E+10	0.00	
		2	0.023	672.4	0.0024	0.0001	0.343	0.192	0.046	1.35E+10	0.43	
		3	0.026	671.2	0.0024	0.0003	0.354	0.176	0.079	1.26E+10	0.29	
		平均	0.023	672.6	0.0024	0.0001	0.350	0.186	0.059	1.33E+10	0.24	
		標準偏差	0.003	1.5	0.0001	0.0001	0.0058	0.0088	0.017	7.0E+08	0.220	
		変動係数 (%)	14	0.22	5.4	107	1.7	4.7	29	5.3	91	

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量									仕事量 [kWh]
			CO [g/kWh]	CO ₂ [g/kWh]	THC [g/kWh]	NMHC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	NO [g/kWh]	NO ₂ [g/kWh]	PN [#/kWh]	PM [mg/kWh]	
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.053	706.2	0.0085	0.0000	0.929	0.526	0.113	1.51E+10	0.26	13.06
		2	0.062	705.6	0.0073	0.0000	0.993	0.523	0.182	1.68E+10	0.15	13.09
		3	0.046	703.1	0.0076	0.0000	0.988	0.523	0.176	1.43E+10	0.00	13.08
		平均	0.054	705.0	0.0078	0.0000	0.970	0.524	0.157	1.54E+10	0.14	13.08
		標準偏差	0.008	1.6	0.0006	n/a	0.036	0.002	0.039	1.24E+09	0.13	0.017
		変動係数 (%)	15	0.23	7.9	n/a	3.7	0.30	24.5	8.0	94	0.13
	WHVC (hot)	1	0.023	669.5	0.0046	0.0000	0.192	0.102	0.027	1.42E+10	0.23	13.06
		2	0.019	671.8	0.0011	0.0000	0.229	0.134	0.020	1.46E+10	0.46	13.10
		3	0.025	667.5	0.0048	0.0000	0.261	0.134	0.036	1.36E+10	0.10	13.11
		平均	0.022	669.6	0.0035	0.0000	0.227	0.123	0.028	1.41E+10	0.27	13.09
		標準偏差	0.003	2.1	0.0021	n/a	0.035	0.019	0.008	4.84E+08	0.18	0.025
		変動係数 (%)	15	0.32	59	n/a	15	15	27	3.4	69	0.19
	WHVC (combine)	1	0.027	674.7	0.0051	0.0000	0.295	0.161	0.039	1.43E+10	0.24	
		2	0.025	676.5	0.0020	0.0000	0.336	0.189	0.043	1.49E+10	0.42	
		3	0.028	672.5	0.0052	0.0000	0.362	0.188	0.055	1.37E+10	0.09	
		平均	0.027	674.6	0.0041	0.0000	0.331	0.179	0.046	1.43E+10	0.25	
		標準偏差	0.002	2.0	0.0018	n/a	0.0340	0.0158	0.008	5.82E+08	0.17	
		変動係数 (%)	6.5	0.30	45	n/a	10	8.8	18	4.1	67	

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量									仕事量 [kWh]
			CO [g/kWh]	CO ₂ [g/kWh]	THC [g/kWh]	NMHC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	NO [g/kWh]	NO ₂ [g/kWh]	PN [#/kWh]	PM [mg/kWh]	
HVO	WHVC (cold)	1	0.024	680.6	0.0059	0.0000	1.085	0.525	0.273	2.28E+10	0.76	13.10
		2	0.050	675.4	0.0045	0.0000	1.013	0.513	0.215	2.36E+10	0.76	13.11
		3	0.021	678.2	0.0045	0.0000	1.054	0.530	0.232	2.79E+10	0.24	13.13
		平均	0.031	678.1	0.0050	0.0000	1.051	0.523	0.240	2.48E+10	0.59	13.11
		標準偏差	0.016	2.60	0.0008	n/a	0.036	0.009	0.030	2.8E+09	0.30	0.016
		変動係数 (%)	51	0.38	16	n/a	3.5	1.6	12	11	52	0.12
	WHVC (hot)	1	0.023	641.3	0.0000	0.0000	0.252	0.136	0.036	1.47E+10	0.70	13.14
		2	0.023	642.6	0.0000	0.0000	0.224	0.103	0.063	2.25E+10	1.1	13.11
		3	0.021	642.5	0.0001	0.0000	0.260	0.136	0.045	1.88E+10	0.26	13.15
		平均	0.022	642.1	0.00005	0.0000	0.245	0.125	0.048	1.86E+10	0.67	13.13
		標準偏差	0.0014	0.74	0.0001	n/a	0.019	0.019	0.014	3.9E+09	0.40	0.021
		変動係数 (%)	6.1	0.12	173	n/a	8	15	29	21	59	0.16
	WHVC (combine)	1	0.023	646.8	0.0008	0.0000	0.369	0.190	0.069	1.58E+10	0.71	
		2	0.026	647.2	0.0006	0.0000	0.334	0.160	0.084	2.27E+10	1.0	
		3	0.021	647.5	0.0007	0.0000	0.371	0.191	0.071	2.00E+10	0.26	
		平均	0.023	647.1	0.0007	0.0000	0.358	0.181	0.075	1.95E+10	0.66	
		標準偏差	0.0029	0.37	0.0001	n/a	0.020	0.018	0.008	3.5E+09	0.38	
		変動係数 (%)	12	0.057	13	n/a	5.7	9.8	11	18	57	

付録表 2-2 走行距離当たりの規制及び規制関連物質排出量

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量									実走行 距離 [km]
			CO [g/km]	CO ₂ [g/km]	THC [g/km]	NMHC [g/km]	NOx [g/km]	NO [g/km]	NO ₂ [g/km]	PN [#/km]	PM [mg/km]	
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.027	460.7	0.0055	0.0000	0.653	0.352	0.106	1.04E+10	0.00	20.05
		2	0.020	457.9	0.0067	0.0005	0.669	0.354	0.119	1.10E+10	0.04	20.06
		3	0.037	457.5	0.0061	0.0012	0.689	0.351	0.143	9.01E+09	0.12	20.06
		平均	0.028	458.7	0.0061	0.0006	0.670	0.352	0.123	1.01E+10	0.05	20.06
		標準偏差	0.0083	1.8	0.0006	0.0006	0.018	0.001	0.019	1.0E+09	0.06	0.006
		変動係数 (%)	30	0.38	9.9	107	2.7	0.41	15	10	114	0.029
	WHVC (hot)	1	0.010	438.0	0.0008	0.0000	0.161	0.088	0.023	8.93E+09	0.00	20.08
		2	0.014	436.5	0.0007	0.0000	0.152	0.089	0.016	8.47E+09	0.32	20.06
		3	0.014	436.3	0.0009	0.0000	0.158	0.077	0.037	8.11E+09	0.20	20.07
		平均	0.013	436.9	0.0008	0.0000	0.157	0.084	0.025	8.50E+09	0.17	20.07
		標準偏差	0.0020	0.93	0.0001	n/a	0.005	0.007	0.011	4.1E+08	0.16	0.013
		変動係数 (%)	16	0.21	7.6	n/a	3.0	7.7	43	4.8	93	0.064
	WHVC (combine)	1	0.013	441.2	0.0014	0.0000	0.230	0.125	0.034	9.14E+09	0.00	
		2	0.015	439.5	0.0016	0.0001	0.224	0.126	0.030	8.82E+09	0.28	
		3	0.017	439.3	0.0016	0.0002	0.232	0.115	0.051	8.24E+09	0.19	
		平均	0.015	440.0	0.0015	0.0001	0.229	0.122	0.039	8.73E+09	0.16	
		標準偏差	0.0021	1.0	0.0001	0.0001	0.004	0.006	0.011	4.6E+08	0.14	
		変動係数 (%)	14	0.24	5.3	107	1.7	4.7	29	5.3	91	

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量									実走行 距離 [km]
			CO [g/km]	CO ₂ [g/km]	THC [g/km]	NMHC [g/km]	NOx [g/km]	NO [g/km]	NO ₂ [g/km]	PN [#/km]	PM [mg/km]	
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.034	460.0	0.0055	0.0000	0.605	0.342	0.073	9.81E+09	0.17	20.05
		2	0.041	460.3	0.0047	0.0000	0.648	0.341	0.119	1.09E+10	0.10	20.06
		3	0.030	458.6	0.0050	0.0000	0.645	0.341	0.115	9.36E+09	0.00	20.06
		平均	0.035	459.7	0.0051	0.0000	0.633	0.341	0.102	1.00E+10	0.09	20.05
		標準偏差	0.0053	0.90	0.0004	n/a	0.024	0.001	0.025	8.1E+08	0.08	0.008
		変動係数 (%)	15	0.19	7.8	n/a	3.8	0.21	25	8.1	94	0.039
	WHVC (hot)	1	0.015	435.8	0.0030	0.0000	0.125	0.066	0.018	9.23E+09	0.15	20.07
		2	0.012	438.6	0.0007	0.0000	0.149	0.088	0.013	9.50E+09	0.30	20.07
		3	0.017	436.0	0.0031	0.0000	0.170	0.087	0.023	8.88E+09	0.07	20.07
		平均	0.015	436.8	0.0023	0.0000	0.148	0.080	0.018	9.20E+09	0.17	20.07
		標準偏差	0.0022	1.6	0.0013	n/a	0.023	0.012	0.005	3.1E+08	0.12	0.001
		変動係数 (%)	15	0.37	59	n/a	15	15	27	3.4	69	0.005
	WHVC (combine)	1	0.018	439.1	0.0033	0.0000	0.192	0.105	0.026	9.31E+09	0.15	
		2	0.016	441.7	0.0013	0.0000	0.219	0.123	0.028	9.70E+09	0.27	
		3	0.018	439.2	0.0034	0.0000	0.237	0.123	0.036	8.94E+09	0.06	
		平均	0.017	440.0	0.0027	0.0000	0.216	0.117	0.030	9.32E+09	0.16	
		標準偏差	0.0011	1.5	0.0012	n/a	0.023	0.011	0.005	3.8E+08	0.11	
		変動係数 (%)	6.5	0.33	45	n/a	10	9.0	18	4.1	67	

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量									実走行 距離 [km]
			CO [g/km]	CO ₂ [g/km]	THC [g/km]	NMHC [g/km]	NOx [g/km]	NO [g/km]	NO ₂ [g/km]	PN [#/km]	PM [mg/km]	
HVO	WHVC (cold)	1	0.016	445.2	0.0039	0.0000	0.710	0.344	0.178	1.49E+10	0.50	20.03
		2	0.032	441.5	0.0029	0.0000	0.662	0.335	0.140	1.54E+10	0.50	20.05
		3	0.013	444.3	0.0029	0.0000	0.690	0.347	0.152	1.83E+10	0.15	20.04
		平均	0.020	443.7	0.0032	0.0000	0.687	0.342	0.157	1.62E+10	0.38	20.04
		標準偏差	0.010	1.9	0.0005	n/a	0.024	0.006	0.019	1.8E+09	0.20	0.009
		変動係数 (%)	51	0.43	16	n/a	3.5	1.7	12	11	52	0.043
	WHVC (hot)	1	0.015	420.5	0.0000	0.0000	0.165	0.089	0.023	9.62E+09	0.46	20.04
		2	0.015	420.4	0.0000	0.0000	0.146	0.067	0.041	1.47E+10	0.69	20.04
		3	0.014	421.5	0.0001	0.0000	0.170	0.089	0.030	1.23E+10	0.17	20.05
		平均	0.015	420.8	0.0000	0.0000	0.161	0.082	0.031	1.22E+10	0.44	20.04
		標準偏差	0.0009	0.59	0.0001	n/a	0.013	0.013	0.009	2.6E+09	0.26	0.003
		変動係数 (%)	6.1	0.14	173	n/a	7.9	16	29	21	59	0.016
	WHVC (combine)	1	0.015	424.0	0.0005	0.0000	0.242	0.125	0.045	1.04E+10	0.47	
		2	0.017	423.3	0.0004	0.0000	0.219	0.105	0.055	1.48E+10	0.66	
		3	0.014	424.7	0.0005	0.0000	0.243	0.126	0.047	1.31E+10	0.17	
		平均	0.015	424.0	0.0005	0.0000	0.234	0.118	0.049	1.28E+10	0.43	
		標準偏差	0.0018	0.66	0.0001	n/a	0.014	0.012	0.005	2.3E+09	0.25	
		変動係数 (%)	12	0.16	13	n/a	5.9	10	11	18	57	

付録表 2-3 希釈空気中の規制及び規制関連物質の測定濃度

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度						
			CO [ppm]	CO ₂ [%]	THC [ppmC]	NOx [ppm]	NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	PM [mg/filter]
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.255	429.2	0.1025	0.000	0.000	0.0000	-0.0003
		2	0.261	424.1	0.0755	0.000	0.000	0.0000	0.0010
		3	0.192	426.6	0.0839	0.000	0.000	0.0000	0.0003
		平均	0.236	426.6	0.0873	0.000	0.000	0.0000	0.0003
		標準偏差	0.038	2.56	0.014	n/a	n/a	n/a	0.0007
		変動係数 (%)	16	0.60	16	n/a	n/a	n/a	195
	WHVC (hot)	1	0.262	424.0	0.0757	0.000	0.000	0.0000	-0.0044
		2	0.423	427.5	0.0605	0.000	0.000	0.0000	0.0001
		3	0.432	431.7	0.0733	0.000	0.000	0.0000	-0.0003
		平均	0.372	427.7	0.0698	0.000	0.000	0.0000	-0.0015
		標準偏差	0.096	3.89	0.0081	n/a	n/a	n/a	0.0025
		変動係数 (%)	26	0.91	12	n/a	n/a	n/a	-162

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度						
			CO [ppm]	CO ₂ [%]	THC [ppmC]	NOx [ppm]	NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	PM [mg/filter]
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.348	427.8	0.0795	0.000	0.000	0.0000	0.0000
		2	0.353	417.5	0.1127	0.000	0.000	0.0000	-0.0012
		3	0.558	423.2	0.0694	0.000	0.000	0.0000	0.0004
		平均	0.420	422.8	0.0872	0.000	0.000	0.0000	-0.0003
		標準偏差	0.120	5.15	0.0226	n/a	n/a	n/a	0.0008
		変動係数 (%)	29	1.2	26	n/a	n/a	n/a	-312
	WHVC (hot)	1	0.574	426.1	0.0324	0.000	0.000	0.0000	-0.0076
		2	0.552	416.8	0.0907	0.000	0.000	0.0000	-0.0011
		3	0.700	420.0	0.0227	0.000	0.000	0.0000	0.0000
		平均	0.609	421.0	0.0486	0.000	0.000	0.0000	-0.0029
		標準偏差	0.080	4.70	0.0368	n/a	n/a	n/a	n/a
		変動係数 (%)	13	1.1	76	n/a	n/a	n/a	n/a

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度						
			CO [ppm]	CO ₂ [%]	THC [ppmC]	NOx [ppm]	NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	PM [mg/filter]
HVO	WHVC (cold)	1	0.170	452.6	0.0820	0.000	0.000	0.0000	0.0015
		2	0.146	444.6	0.0723	0.000	0.000	0.0000	-0.0008
		3	0.163	430.4	0.0937	0.000	0.000	0.0000	-0.0024
		平均	0.159	442.6	0.0827	0.000	0.000	0.0000	-0.0006
		標準偏差	0.013	11.25	0.011	n/a	n/a	n/a	0.0020
		変動係数 (%)	7.9	2.5	13	n/a	n/a	n/a	-346
	WHVC (hot)	1	0.271	443.8	0.0561	0.000	0.000	0.0000	-0.0005
		2	0.185	443.6	0.0853	0.000	0.000	0.0000	-0.0001
		3	0.166	436.4	0.1101	0.000	0.000	0.0000	-0.0001
		平均	0.207	441.3	0.0838	0.000	0.000	0.0000	-0.0002
		標準偏差	0.056	4.23	0.027	n/a	n/a	n/a	n/a
		変動係数 (%)	27	0.96	32	n/a	n/a	n/a	n/a

※ PM のフィルター秤量値がマイナスの場合はゼロとして扱い、排出量を算出した。

付録表 2-4 希釈排出ガス中の規制及び規制関連物質の測定濃度

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈排出ガス							
			CO [ppm]	CO ₂ [%]	THC [ppmC]	NO _x [ppm]	NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	PN [#/cm ³]	PM [mg/filter]
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.500	3197.6	0.2042	3.828	3.200	0.6282	115	-0.0018
		2	0.443	3159.1	0.2002	3.904	3.200	0.7035	121	0.0005
		3	0.534	3179.1	0.1989	4.048	3.200	0.8484	99.6	0.0008
		平均	0.492	3178.6	0.2011	3.927	3.200	0.7267	112	-0.0002
		標準偏差	0.046	19	0.0028	0.11	0.0	0.1119	11	0.0014
		変動係数 (%)	9.4	0.61	1.4	2.9	0.0	15	9.8	-853
	WHVC (hot)	1	0.353	3061.5	0.0892	0.934	0.800	0.1344	98.7	-0.0008
		2	0.546	3035.9	0.0733	0.892	0.800	0.0915	92.9	0.0019
		3	0.550	3058.3	0.0882	0.917	0.700	0.2174	89.7	0.0012
		平均	0.483	3051.9	0.0836	0.914	0.767	0.1478	93.8	0.0008
		標準偏差	0.112	14	0.0089	0.022	0.058	0.0640	4.6	0.0014
		変動係数 (%)	23	0.46	11	2.4	7.5	43	4.9	183

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈排出ガス							
			CO [ppm]	CO ₂ [%]	THC [ppmC]	NO _x [ppm]	NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	PN [#/cm ³]	PM [mg/filter]
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.668	3210.4	0.1835	3.533	3.100	0.4334	109	0.0013
		2	0.735	3214.1	0.2013	3.805	3.100	0.7048	122	0.0006
		3	0.834	3209.9	0.1636	3.781	3.100	0.6807	104	0.0000
		平均	0.746	3211.4	0.1828	3.706	3.100	0.6063	112	0.0006
		標準偏差	0.084	2.3	0.019	0.15	0.0	0.15	9.1	0.0007
		変動係数 (%)	11	0.071	10	4.1	0.0	25	8.1	103
	WHVC (hot)	1	0.702	3068.0	0.0888	0.706	0.600	0.1056	103	0.0009
		2	0.656	3082.4	0.1029	0.879	0.800	0.0792	106	0.0018
		3	0.843	3072.3	0.0830	0.939	0.800	0.1390	99.2	0.0004
		平均	0.734	3074.2	0.0916	0.841	0.733	0.1079	103	0.0010
		標準偏差	0.097	7.4	0.010	0.12	0.12	0.030	3.4	0.0007
		変動係数 (%)	13	0.24	11	14	16	28	3.3	69

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈排出ガス							
			CO [ppm]	CO ₂ [%]	THC [ppmC]	NO _x [ppm]	NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	PN [#/cm ³]	PM [mg/filter]
HVO	WHVC (cold)	1	0.313	3113.0	0.1518	4.149	3.100	1.0488	164	0.0033
		2	0.446	3066.5	0.1252	3.820	3.000	0.8196	168	0.0029
		3	0.285	3064.2	0.1456	3.985	3.100	0.8847	199	0.0009
		平均	0.348	3081.2	0.1409	3.984	3.067	0.9177	177	0.0024
		標準偏差	0.086	28	0.014	0.16	0.058	0.12	20	0.0013
		変動係数 (%)	25	0.89	9.9	4.1	1.9	13	11	54
	WHVC (hot)	1	0.409	2959.8	0.0527	0.937	0.800	0.1370	106	0.0027
		2	0.319	2938.4	0.0827	0.840	0.600	0.2400	161	0.0040
		3	0.288	2935.9	0.1093	0.972	0.800	0.1723	134	0.0010
		平均	0.339	2944.7	0.0815	0.92	0.73	0.18	133	0.0026
		標準偏差	0.063	13	0.028	0.068	0.12	0.0524	27	0.0015
		変動係数 (%)	19	0.45	35	7.5	16	29	21	59

※ PM のフィルター秤量値がマイナスの場合はゼロとして扱い、排出量を算出した。

(2) PM 中の炭素成分排出量と測定濃度

付録表 2-5 サイクル仕事量当たりの PM 中炭素成分排出量

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量				
			OC [mgC/kWh]	EC [mgC/kWh]	Char-EC [mgC/kWh]	Soot-EC [mgC/kWh]	TC [mgC/kWh]
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09
		2	0.24	0.00	0.00	0.00	0.24
		3	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15
		平均	0.16	0.00	0.00	0.00	0.16
		標準偏差	0.076	n/a	n/a	n/a	0.076
		変動係数 (%)	47	n/a	n/a	n/a	47
	WHVC (hot)	1	0.55	0.00	0.00	0.00	0.55
		2	0.34	0.00	0.00	0.00	0.34
		3	0.35	0.00	0.00	0.00	0.35
		平均	0.41	0.00	0.00	0.00	0.41
		標準偏差	0.11	n/a	n/a	n/a	0.11
		変動係数 (%)	28	n/a	n/a	n/a	28
	WHVC (combine)	1	0.48	0.00	0.00	0.00	0.48
		2	0.33	0.00	0.00	0.00	0.33
		3	0.32	0.00	0.00	0.00	0.32
		平均	0.38	0.00	0.00	0.00	0.38
		標準偏差	0.090	n/a	n/a	n/a	0.090
		変動係数 (%)	24	n/a	n/a	n/a	24
試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量				
			OC [mgC/kWh]	EC [mgC/kWh]	Char-EC [mgC/kWh]	Soot-EC [mgC/kWh]	TC [mgC/kWh]
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20
		2	0.57	0.00	0.00	0.00	0.57
		3	0.31	0.00	0.00	0.00	0.31
		平均	0.36	0.00	0.00	0.00	0.36
		標準偏差	0.19	n/a	n/a	n/a	0.19
		変動係数 (%)	53	n/a	n/a	n/a	53
	WHVC (hot)	1	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50
		2	0.87	0.00	0.00	0.00	0.87
		3	0.64	0.00	0.00	0.00	0.64
		平均	0.67	0.00	0.00	0.00	0.67
		標準偏差	0.19	n/a	n/a	n/a	0.19
		変動係数 (%)	28	n/a	n/a	n/a	28
	WHVC (combine)	1	0.45	0.00	0.00	0.00	0.45
		2	0.83	0.00	0.00	0.00	0.83
		3	0.59	0.00	0.00	0.00	0.59
		平均	0.62	0.00	0.00	0.00	0.62
		標準偏差	0.19	n/a	n/a	n/a	0.19
		変動係数 (%)	30	n/a	n/a	n/a	30
試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量				
			OC [mgC/kWh]	EC [mgC/kWh]	Char-EC [mgC/kWh]	Soot-EC [mgC/kWh]	TC [mgC/kWh]
HVO	WHVC (cold)	1	1.0	0.00	0.00	0.00	1.0
		2	0.21	0.00	0.00	0.00	0.21
		3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
		平均	0.42	0.00	0.00	0.00	0.42
		標準偏差	0.53	n/a	n/a	n/a	0.53
		変動係数 (%)	127	n/a	n/a	n/a	127
	WHVC (hot)	1	0.42	0.00	0.00	0.00	0.42
		2	0.40	0.00	0.00	0.00	0.40
		3	0.28	0.00	0.00	0.00	0.28
		平均	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
		標準偏差	0.078	n/a	n/a	n/a	0.078
		変動係数 (%)	21	n/a	n/a	n/a	21
	WHVC (combine)	1	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50
		2	0.38	0.00	0.00	0.00	0.38
		3	0.24	0.00	0.00	0.00	0.24
		平均	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
		標準偏差	0.13	n/a	n/a	n/a	0.13
		変動係数 (%)	35	n/a	n/a	n/a	35

付録表 2-6 走行距離当たりの PM 中炭素成分排出量

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量				
			OC [mgC/km]	EC [mgC/km]	Char-EC [mgC/km]	Soot-EC [mgC/km]	TC [mgC/km]
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.06	0.00	0.00	0.00	0.06
		2	0.16	0.00	0.00	0.00	0.16
		3	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10
		平均	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11
		標準偏差	0.050	n/a	n/a	n/a	0.050
		変動係数 (%)	47	n/a	n/a	n/a	47
	WHVC (hot)	1	0.36	0.00	0.00	0.00	0.36
		2	0.23	0.00	0.00	0.00	0.23
		3	0.23	0.00	0.00	0.00	0.23
		平均	0.27	0.00	0.00	0.00	0.27
		標準偏差	0.075	n/a	n/a	n/a	0.075
		変動係数 (%)	28	n/a	n/a	n/a	28
	WHVC (combine)	1	0.32	0.00	0.00	0.00	0.32
		2	0.22	0.00	0.00	0.00	0.22
		3	0.21	0.00	0.00	0.00	0.21
		平均	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25
		標準偏差	0.059	n/a	n/a	n/a	0.059
		変動係数 (%)	24	n/a	n/a	n/a	24

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量				
			OC [mgC/km]	EC [mgC/km]	Char-EC [mgC/km]	Soot-EC [mgC/km]	TC [mgC/km]
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13
		2	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
		3	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20
		平均	0.23	0.00	0.00	0.00	0.23
		標準偏差	0.13	n/a	n/a	n/a	0.13
		変動係数 (%)	54	n/a	n/a	n/a	54
	WHVC (hot)	1	0.32	0.00	0.00	0.00	0.32
		2	0.57	0.00	0.00	0.00	0.57
		3	0.42	0.00	0.00	0.00	0.42
		平均	0.44	0.00	0.00	0.00	0.44
		標準偏差	0.12	n/a	n/a	n/a	0.12
		変動係数 (%)	28	n/a	n/a	n/a	28
	WHVC (combine)	1	0.30	0.00	0.00	0.00	0.30
		2	0.54	0.00	0.00	0.00	0.54
		3	0.39	0.00	0.00	0.00	0.39
		平均	0.41	0.00	0.00	0.00	0.41
		標準偏差	0.12	n/a	n/a	n/a	0.12
		変動係数 (%)	30	n/a	n/a	n/a	30

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量				
			OC [mgC/km]	EC [mgC/km]	Char-EC [mgC/km]	Soot-EC [mgC/km]	TC [mgC/km]
HVO	WHVC (cold)	1	0.67	0.00	0.00	0.00	0.67
		2	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13
		3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
		平均	0.27	0.00	0.00	0.00	0.27
		標準偏差	0.35	n/a	n/a	n/a	0.35
		変動係数 (%)	127	n/a	n/a	n/a	127
	WHVC (hot)	1	0.28	0.00	0.00	0.00	0.28
		2	0.26	0.00	0.00	0.00	0.26
		3	0.18	0.00	0.00	0.00	0.18
		平均	0.24	0.00	0.00	0.00	0.24
		標準偏差	0.05	n/a	n/a	n/a	0.05
		変動係数 (%)	21	n/a	n/a	n/a	21
	WHVC (combine)	1	0.33	0.00	0.00	0.00	0.33
		2	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25
		3	0.16	0.00	0.00	0.00	0.16
		平均	0.24	0.00	0.00	0.00	0.24
		標準偏差	0.09	n/a	n/a	n/a	0.09
		変動係数 (%)	35	n/a	n/a	n/a	35

付録表 2-7 PM 中炭素成分の希釈空気測定濃度

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度				
			OC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Char-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Soot-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.71	0.00	0.00	0.00	0.71
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		平均	0.24	0.00	0.00	0.00	0.24
		標準偏差	0.41	n/a	n/a	n/a	0.41
		変動係数 (%)	173	n/a	n/a	n/a	173
	WHVC (hot)	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	0.46	0.00	0.00	0.00	0.46
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		平均	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15
		標準偏差	0.26	n/a	n/a	n/a	0.26
		変動係数 (%)	173	n/a	n/a	n/a	173
試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度				
			OC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Char-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Soot-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]
認証軽油	WHVC (cold)	1	1.1	0.00	0.00	0.00	1.1
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.35	0.00	0.00	0.00	0.35
		平均	0.49	0.00	0.00	0.00	0.49
		標準偏差	0.58	0.00	0.00	0.00	0.58
		変動係数 (%)	117	n/a	n/a	n/a	117
	WHVC (hot)	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.3	0.00	0.00	0.00	0.31
		平均	0.1	0.00	0.00	0.00	0.10
		標準偏差	0.18	0.00	0.00	0.00	0.18
		変動係数 (%)	173	n/a	n/a	n/a	173
試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度				
			OC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Char-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Soot-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]
HVO	WHVC (cold)	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.66	0.00	0.00	0.00	0.66
		平均	0.22	0.00	0.00	0.00	0.22
		標準偏差	0.38	n/a	n/a	n/a	0.38
		変動係数 (%)	173	n/a	n/a	n/a	173
	WHVC (hot)	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		平均	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		標準偏差	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
		変動係数 (%)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

付録表 2-8 PM 中炭素成分の希釈排出ガス測定濃度

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈排出ガス				
			OC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Char-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Soot-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]
JIS 2号	WHVC (cold)	1	1.3	0.00	0.00	0.00	1.3
		2	1.7	0.00	0.00	0.00	1.7
		3	1.1	0.00	0.00	0.00	1.1
		平均	1.4	0.00	0.00	0.00	1.4
		標準偏差	0.31	n/a	n/a	n/a	0.31
		変動係数 (%)	22	n/a	n/a	n/a	22
	WHVC (hot)	1	4.0	0.00	0.00	0.00	4.0
		2	2.9	0.00	0.00	0.00	2.9
		3	2.6	0.00	0.00	0.00	2.6
		平均	3.1	0.00	0.00	0.00	3.1
		標準偏差	0.73	n/a	n/a	n/a	0.73
		変動係数 (%)	23	n/a	n/a	n/a	23
試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈排出ガス				
			OC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Char-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Soot-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]
認証軽油	WHVC (cold)	1	2.5	0.00	0.00	0.00	2.5
		2	4.2	0.00	0.00	0.00	4.2
		3	2.6	0.00	0.00	0.00	2.6
		平均	3.1	0.00	0.00	0.00	3.1
		標準偏差	0.92	n/a	n/a	n/a	0.92
		変動係数 (%)	30	n/a	n/a	n/a	30
	WHVC (hot)	1	3.6	0.00	0.00	0.00	3.6
		2	6.3	0.00	0.00	0.00	6.3
		3	5.0	0.00	0.00	0.00	5.0
		平均	5.0	0.00	0.00	0.00	5.0
		標準偏差	1.4	n/a	n/a	n/a	1.4
		変動係数 (%)	28	n/a	n/a	n/a	28
試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈排出ガス				
			OC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Char-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	Soot-EC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{gC}/\text{m}^3$]
HVO	WHVC (cold)	1	7.3	0.00	0.00	0.00	7.3
		2	1.5	0.00	0.00	0.00	1.5
		3	0.82	0.00	0.00	0.00	0.82
		平均	3.2	0.00	0.00	0.00	3.2
		標準偏差	3.6	n/a	n/a	n/a	3.6
		変動係数 (%)	112	n/a	n/a	n/a	112
	WHVC (hot)	1	3.0	0.00	0.00	0.00	3.0
		2	2.9	0.00	0.00	0.00	2.9
		3	2.0	0.00	0.00	0.00	2.0
		平均	2.6	0.00	0.00	0.00	2.6
		標準偏差	0.57	n/a	n/a	n/a	0.57
		変動係数 (%)	22	n/a	n/a	n/a	22

(3) N₂O、NH₃、HCHO の排出量と測定濃度

付録表 2-9 N₂O、NH₃、HCHO の排出量

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量 [mg/kWh]			排出量 [mg/km]		
			N ₂ O	NH ₃	HCHO	N ₂ O	NH ₃	HCHO
JIS 2号	WHVC (cold)	1	74	7.6	0.36	49	5.0	0.24
		2	75	1.9	0.30	49	1.3	0.20
		3	81	2.1	0.33	53	1.4	0.21
		平均	77	3.9	0.33	50	2.5	0.22
		標準偏差	3.8	3.2	0.03	2.4	2.1	0.021
		変動係数 (%)	4.9	83	9.5	4.9	83	9.6
	WHVC (hot)	1	79	5.9	0.020	52	3.9	0.013
		2	80	2.1	0.12	52	1.4	0.080
		3	92	0.69	0.048	60	0.45	0.032
		平均	84	2.9	0.064	55	1.9	0.042
		標準偏差	6.9	2.7	0.053	4.6	1.8	0.035
		変動係数 (%)	8.3	92	83	8.3	92	83
	WHVC (combine)	1	79	6.2	0.068	52	4.0	0.045
		2	79	2.1	0.15	52	1.4	0.097
		3	90	0.89	0.087	59	0.59	0.057
		平均	83	3.1	0.10	54	2.0	0.066
		標準偏差	6.5	2.8	0.042	4.3	1.8	0.027
		変動係数 (%)	7.8	90	41	7.9	90	41

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量 [mg/kWh]			排出量 [mg/km]		
			N ₂ O	NH ₃	HCHO	N ₂ O	NH ₃	HCHO
認証軽油	WHVC (cold)	1	74	10	0.35	48	6.5	0.23
		2	75	4.5	0.22	49	2.9	0.15
		3	73	5.2	0.34	48	3.4	0.22
		平均	74	6.6	0.30	48	4.3	0.20
		標準偏差	0.74	3.0	0.070	0.48	1.9	0.046
		変動係数 (%)	0.99	45	23	0.98	45	23
	WHVC (hot)	1	73	6.1	0.077	48	4.0	0.050
		2	73	4.1	0.067	47	2.6	0.044
		3	73	4.0	0.011	48	2.6	0.007
		平均	73	4.7	0.052	47	3.1	0.034
		標準偏差	0.31	1.2	0.035	0.13	0.79	0.023
		変動係数 (%)	0.43	26	68	0.28	26	68
	WHVC (combine)	1	73	6.7	0.11	48	4.3	0.074
		2	73	4.1	0.089	48	2.7	0.058
		3	73	4.2	0.057	48	2.7	0.038
		平均	73	5.0	0.087	48	3.2	0.057
		標準偏差	0.26	1.5	0.028	0.086	0.94	0.018
		変動係数 (%)	0.36	29	33	0.18	29	33

試験 燃料	試験 サイクル	項目	排出量 [mg/kWh]			排出量 [mg/km]		
			N ₂ O	NH ₃	HCHO	N ₂ O	NH ₃	HCHO
HVO	WHVC (cold)	1	74	1.2	0.23	48	0.77	0.15
		2	70	0.77	0.24	46	0.50	0.15
		3	69	0.56	0.11	45	0.37	0.075
		平均	71	0.84	0.19	47	0.55	0.13
		標準偏差	2.7	0.31	0.068	1.8	0.21	0.044
		変動係数 (%)	3.9	38	35	3.8	37	35
	WHVC (hot)	1	75	0.66	0.001	49	0.43	0.000
		2	93	0.31	0.049	61	0.21	0.032
		3	76	0.00	0.021	50	0.00	0.014
		平均	81	0.33	0.023	53	0.21	0.015
		標準偏差	9.7	0.33	0.024	6.3	0.22	0.016
		変動係数 (%)	12	102	103	12	102	103
	WHVC (combine)	1	75	0.73	0.032	49	0.48	0.021
		2	89	0.38	0.075	59	0.25	0.049
		3	75	0.079	0.034	49	0.052	0.022
		平均	80	0.40	0.047	52	0.26	0.031
		標準偏差	8.3	0.33	0.024	5.4	0.21	0.016
		変動係数 (%)	10	83	52	10	83	51

付録表 2-10 N₂O、NH₃、HCHO の希釈空気及び希釈排出ガス測定濃度

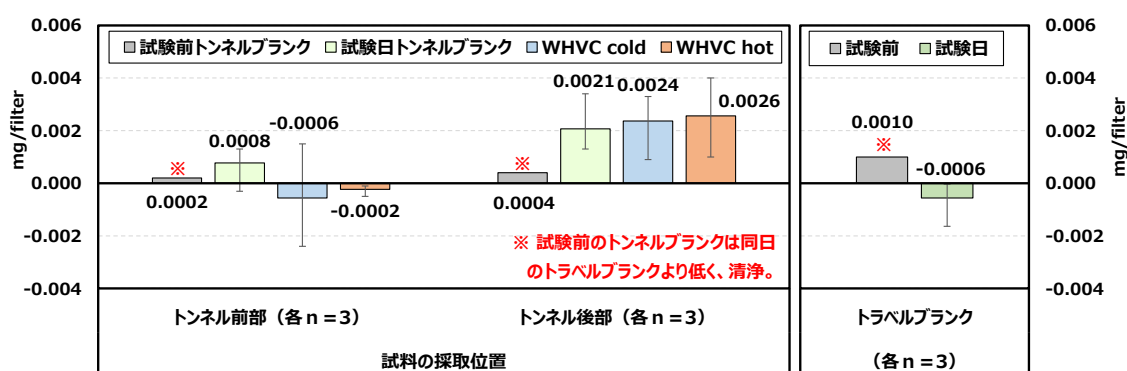
試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度 [ppm]			希釈排出ガス濃度 [ppm]		
			N ₂ O	NH ₃	HCHO	N ₂ O	NH ₃	HCHO
JIS 2号	WHVC (cold)	1	0.26	0.020	0.0007	0.55	0.097	0.0028
		2	0.26	0.013	0.0008	0.55	0.032	0.0025
		3	0.26	0.008	0.0009	0.57	0.030	0.0027
		平均	0.26	0.014	0.0008	0.56	0.053	0.0027
		標準偏差	0.0026	0.0059	0.0001	0.013	0.038	0.0001
		変動係数 (%)	1.0	43	10	2.3	72	5.3
	WHVC (hot)	1	0.26	0.013	0.0006	0.57	0.073	0.0007
		2	0.26	0.016	0.0006	0.56	0.038	0.0013
		3	0.26	0.012	0.0008	0.62	0.019	0.0011
		平均	0.26	0.014	0.0007	0.59	0.043	0.0010
		標準偏差	0.0039	0.0025	0.0001	0.030	0.028	0.0003
		変動係数 (%)	1.5	18	19	5.1	64	29

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度 [ppm]			希釈排出ガス濃度 [ppm]		
			N ₂ O	NH ₃	HCHO	N ₂ O	NH ₃	HCHO
認証軽油	WHVC (cold)	1	0.25	0.026	0.0010	0.54	0.13	0.0029
		2	0.25	0.029	0.0006	0.55	0.074	0.0019
		3	0.26	0.019	0.0008	0.55	0.073	0.0027
		平均	0.25	0.025	0.0008	0.54	0.091	0.0025
		標準偏差	0.005	0.0050	0.0002	0.004	0.031	0.0005
		変動係数 (%)	2.0	20	21	0.74	34	21
	WHVC (hot)	1	0.26	0.026	0.0008	0.55	0.088	0.0012
		2	0.26	0.031	0.0007	0.54	0.072	0.0011
		3	0.26	0.025	0.0008	0.54	0.065	0.0009
		平均	0.26	0.027	0.0008	0.54	0.075	0.0010
		標準偏差	0.004	0.0036	0.0001	0.004	0.011	0.0002
		変動係数 (%)	1.3	13	7.6	0.72	15	16

試験 燃料	試験 サイクル	項目	希釈空気濃度 [ppm]			希釈排出ガス濃度 [ppm]		
			N ₂ O	NH ₃	HCHO	N ₂ O	NH ₃	HCHO
HVO	WHVC (cold)	1	0.26	0.019	0.0007	0.55	0.031	0.0020
		2	0.27	0.018	0.0005	0.54	0.025	0.0019
		3	0.27	0.025	0.0005	0.53	0.030	0.0011
		平均	0.27	0.021	0.0006	0.54	0.029	0.0017
		標準偏差	0.0032	0.0039	0.0001	0.0086	0.0032	0.0005
		変動係数 (%)	1.2	19	20	1.6	11	28
	WHVC (hot)	1	0.26	0.020	0.0007	0.55	0.026	0.0007
		2	0.26	0.017	0.0005	0.62	0.020	0.0008
		3	0.27	0.022	0.0005	0.56	0.020	0.0006
		平均	0.26	0.020	0.0006	0.58	0.022	0.0007
		標準偏差	0.0042	0.0027	0.0001	0.035	0.0038	0.0001
		変動係数 (%)	1.6	14	20	6.1	17	7.7

付録3 トンネルブランク

試験開始前の希釈トンネル（トンネル）が清浄であることを示すため、試験サイクルを実施する前にトンネルに希釈空気のみを導入し、トンネル前部の希釈空気とトンネル後部の空気を同時にフィルターに捕集するトンネルブランクを実施した。試験前のトンネルブランクについて、各試験日の試験開始前に実施したトンネルブランクと、HVOを燃料に用いた WHVC cold 及び WHVC hot の捕集フィルター、捕集はせずに秤量室と C/D 試験室を試料捕集前・後のフィルターと共に持ち運んだ各試験日のトラベルブランクを比較して付録図 2-1 に示す。比較している値は使用後の秤量値から使用前の秤量値を差し引いた値である。試験前トンネルブランクは同日に天秤室と実験室の間を持ち運んだだけのトラベルブランクよりも低い値となり、試験実施前の希釈トンネルが清浄であることが確認できた。確認後、希釈トンネル内に排出ガスを導入して試験準備を行い、各試験日のトンネルブランクと WHVC の冷機始動及び暖機始動試験を行った。各試験日のトンネルブランクで捕集したトンネル後部の結果は試験開始前よりも高くなっていた。更に、試験日トンネルブランクの希釈空気あるいは冷機始動及び暖機始動の希釈排出ガスをトンネル後部で捕集した結果、大きく変わらない結果になった。従って、試験実施前のトンネル設備は清浄であるが、トンネルに排出ガスを導入した後はトンネルブランクの影響が大きくなっていることが示唆された。PM 排出量の測定方法としては WHVC に準拠しているが、PM を捕集するフィルター1 枚の重量は 150～200 mg 程度であるため、捕集前後の秤量差で 0.010 mg に満たない PM を測定し、後処理装置によって低減された低濃度の排出量を算出することは限界に近いと考えられる。



付録図 2-1 試験前トンネルブランクに対する各試験日のトンネルブランク及び試験サイクル試料（燃料は HVO）、トラベルブランクの比較

付録4 PM 中炭素成分の測定方法

環境省は、大気中 PM_{2.5} の原因物質の排出状況を把握したり、大気中の挙動等に関する科学的知見を集積するため、PM_{2.5} の成分分析を行っている。炭素成分である有機炭素(OC)と元素状炭素(EC)は PM_{2.5} の成分分析の対象とされており、大気中の PM_{2.5} の発生源や発生源の寄与率などを解析する際に有用な情報となっている。自動車から排出される PM や PM 中の炭素成分も大気中の PM_{2.5} に寄与しているため、これらの排出量や PM 中の炭素成分割合などを把握することは重要である。

粒子中炭素成分の測定法は幾つかあるが、本調査では環境省が 2007 年にまとめた「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定暫定マニュアル」を参考とし、熱分離熱分解補正法による OC 及び EC を測定した。測定時の燃焼温度や雰囲気ガスにより、OC は OC1 から OC4 までの 4 つのフラクションに、EC は EC1 から EC3 までの 3 つのフラクションにそれぞれ分けられる。また、低い燃焼温度での不完全燃焼生成物に由来すると言われてい Char-EC (EC1-OCpyro) 及び高い燃焼温度での不完全燃焼生成物に由来すると言われている Soot-EC (EC2+EC3) についても算出を行った。更に、Soot-EC 中の EC2 及び EC3 も算出し、試験サイクルによる排出傾向を探った。

炭素成分の測定に供する PM は定流量で石英フィルターに捕集した。炭素成分の分析には、測定装置は熱光学式炭素分析計 (DRI Model 2001 OC/EC Carbon Analyzer) を使用した。石英フィルターの捕集面を丸くくり貫き、不活性ガス雰囲気下の電気炉内で加熱し、揮発した有機成分が触媒上でメタン化されたものを FID で検出した。電気炉内での加熱温度は段階的に昇温され、550℃で 2%の酸素を含む酸化雰囲気となり、炭素が酸化され、さらにメタン化され同様に FID で検出された。昇温中に OC の炭化が起こるため、IMPROVE 方式では、フィルター表面に照射したレーザーの反射光の変化で炭化分が補正される。(炭化が起こり始めると、レーザー光の反射率が一旦低下し、炭素が酸化されるにつれ、再び元の反射率に戻るまでを炭化分として OC として補正する)。一回の計測毎にメタン標準ガスによるキャリブレーションを行った。有機炭素及び元素状炭素の測定条件は付録表 4-1 の通りである。

付録表 4-1 炭素成分測定装置の分析条件

Equipment	DRI Model 2001 OC/EC Carbon analyzer	
Sample Furnace	OC	EC
	Temperature	120,250,450,550℃ 550,700,800℃
	(IMPROVE)	
Flow rate	Atmosphere	He He (98%), O ₂ (2%)
	He-1:40 mL/min, He-2:10 mL/min	
	He-3:50 mL/min, 10% O ₂ /He:10 mL/min	
Catalysis	Air:350 mL/min, H ₂ :35 mL/min	
	5% CH ₄ /He:3-5 mL/min	
	Oxidation (900℃) :MnO ₂	
Detector	Methanator (420℃) :Ni (NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	
	Flame ionization detector (125℃)	

分析によって得られた測定値から排出量を算出する手順は次の通りに行なった。

- ① 各フラクション毎の値 ($\mu\text{g C}/\text{cm}^2$) を定量する。
 - ② 操作ブランクの測定値 (本試験では 5 枚のフィルターを測定) から検出限界値 (LDLs = 3s) 及び定量限界値 (LQLs = 10 s) を算出する。
 - ③ LQLs と各フラクションの定量値をそれぞれ比較し、LQLs 以上の値を検出、LQLs 未満の値をゼロとする。
 - ④ OC、EC、Char-EC、Soot-EC、TC を以下の式で算出する。
 - ・ $\text{OC} = \text{OC1} + \text{OC2} + \text{OC3} + \text{OC4} + \text{OCpyro}^{\ast}$
 - ・ $\text{EC} = \text{EC1} + \text{EC2} + \text{EC3} - \text{OCpyro}$
 - ・ $\text{Char-EC} = \text{EC1} - \text{OCpyro}$
 - ・ $\text{Soot-EC} = \text{EC2} + \text{EC3}$
 - ・ $\text{TC} = \text{OC} + \text{EC}$
- ※ OCpyro : 熱分解炭素 (Pyrolyzed carbon)。分析温度 550℃で、分析雰囲気 He から $\text{He} + \text{O}_2$ に変えた時間から、レーザー信号強度が初期値になる時間までに発生する炭素。OC の炭化補正量。
- ⑤ 各フラクションの値からトラベルブランク (LQLs と比較して検出となった値) の平均値を差し引き、希釈空気あるいは希釈排出ガス中の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) に換算し、排出量を算出する。

大気観測の場合、 $\mu\text{g C}/\text{m}^3$ に換算してから LQLs の判定とトラベルブランクの差し引きを行なう手順が一般的である。しかし、①自動車排出ガスの捕集は試験サイクルによって積算捕集流量が異なる、②大気よりも捕集時間が短い、③PM 捕集量が微量でフィルターブランクの影響が大きい、という理由から、本試験では各フラクションの $\mu\text{g C}/\text{cm}^2$ の段階で検出の判定とトラベルブランクの差し引きを行なった。また、測定値からトラベルブランクを差し引いてマイナスになった場合は不検出とした。

環境省委託

令和3年度次世代燃料における基礎的調査業務
報告書

2022年3月

発 行 一般財団法人日本自動車研究所
事務所 〒105-0012 東京都港区芝大門一丁目1番30号
電話 03-5733-7921
研究所 〒305-0822 茨城県つくば市荻間2530
電話 029-856-1120