

中央環境審議会大気環境部会
自動車排出ガス専門委員会
ヒアリング資料

資料3-2-3

JCAPディーゼル車WG報告

平成13年9月6日

ディーゼル車WG

ステップⅡ 計画概要

- 目的: 将来排出ガス対策技術(後処理・燃焼・制御等の先端技術)を搭載した車両・エンジンと各種燃料の組み合わせを用いて、排出ガスおよび信頼性の評価を実施することにより、自動車技術・燃料技術の将来の方向性を探る。
- マトリックス試験(排出ガス低減技術のポテンシャルおよび燃料影響の把握)
 - 硫黄分・蒸留性状等を変化させた各種軽油を使用し、触媒フレッシュ時の排出ガス性能評価を実施
 - 車両3種/エンジン3種/燃料11種
- 走行試験(長期走行時における硫黄分の影響把握)
 - 硫黄分を変化させた各種軽油を使用し、長期(~30000km)走行時の排出ガス変化等を評価(CR-DPF付き車両・エンジンの場合は排ガス変化のほかにDPF再生性能(背圧変化)も評価)
 - 車両2種/エンジン2種/燃料3種(硫黄分3水準)

ステップⅡ試験用車両/エンジン

分類	記号	排出ガス低減技術	等価慣性質量 kg	用途	エンジン型式	エンジン排気量L	エンジン出力 kw	吸気方式	燃焼方式	噴射方式	EGR
車両	XA	吸蔵型DeNOx触媒-A	1250	乗用	L4	2.0	81	T/C+I/C	DI	コモンレール	有 (クールド)
	XB	連続再生式DPF-B	2000	乗用	L4	2.5	110	T/C+I/C	DI	電子制御分配式	有 (電制EGR)
	XD	吸蔵型DeNOx触媒 +連続再生式DPF	1500	乗用	L4	2.0	—	T/C+I/C	DI	コモンレール	有 (クールド)
エンジン	YB	LPL-EGR +連続再生式DPF-A	—	小型トラック	L4	4.9	132	T/C+I/C	DI	電子制御分配式	有 (クールド) Low Pressure
	YC	連続再生式DPF-A +尿素SCR	—	大型トラック	L6	15.7	272	T/C+I/C	DI	コモンレール	無
	YD	吸蔵型DeNOx触媒-B	—	小型トラック	L4	3.8	—	T/C+I/C	DI	コモンレール	有 (クールド)

いずれも後処理・燃焼・制御技術がシステム化された最先端技術を供試

ステップⅡ 試験用燃料

マトリックス試験用燃料												
試験項目	燃料名	軽500	軽300	軽100	軽50	軽灯50	灯50	灯10	灯10 低セタン	軽50 含酸素	灯10 含酸素	クラス1
	硫黄目標max	S500	S300	S100	S50	S50	S50	S10	S10	軽50+	灯10低 セタン+	スウェー デン
	蒸留目標	軽油	軽油	軽油	軽油	中間	灯油	灯油	灯油/セタン偏向 上剤無添加	DGM10%	灯10低 セタン+	クラス1
密度 (g/cm ³ @15)		0.8320	0.8312	0.8316	0.8312	0.8120	0.7932	0.7932	0.7930	0.8404	0.8068	0.8132
動粘度(mm ² /s @30)		3.926	3.922	4.140	4.104	2.241	1.380	1.407	1.384	3.108	1.270	2.220
蒸留性 状	IBP	172.0	173.0	179.0	179.0	155.0	153.0	152.0	152.0	158.0	148.5	178.5
	10 vol%	221.0	218.0	225.0	221.0	180.0	165.5	166.0	166.0	182.5	160.0	195.0
	50 vol%	286.0	286.0	288.0	287.5	237.5	194.0	194.0	194.0	282.5	187.0	233.0
	90 vol%	324.5	327.0	332.5	334.0	317.0	239.0	239.5	239.5	331.5	238.5	272.0
	95 vol%	334.0	338.0	344.0	346.0	334.0	248.0	250.0	250.0	344.0	249.0	281.0
	EP	344.0	347.5	354.0	355.0	347.5	261.0	261.5	263.0	354.5	262.0	296.0
セタン価		57.2	57.4	58.4	58.8	54.1	54.2	54.2	47.2	61.7	59.7	54.4
セタン指数		58.2	58.4	59.2	58.8	53.2	47.0	47.1	47.2	50.8	-	-
芳香環分布 (vol%)	HPLC 1環	19.4	18.4	16.5	16.0	16.4	16.6	16.7	16.7	15.4	16.4	3.3
	2環	2.0	1.6	1.4	1.4	0.8	0.4	0.4	0.4	1.2	0.3	0.1
	3環*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
元素 分析	硫黄分 (massppm)	443	298	94	46	36	48	7	0	43	0	0
	炭素分 (mass%)	85.7	85.9	85.7	86.1	85.8	85.8	85.8	86.1	81.7	81.1	85.4
	水素分 (mass%)	14.3	14.1	14.3	13.9	14.2	14.2	14.2	13.9	14.5	15.1	14.6
	酸素分 (mass%)									3.8	3.8	
真発熱量 (kJ/kg)		43210	43240	43280	43280	43360	43340	43350	43350	41160	41140	43180
HFRR (μm @60)		363	332	300	306	528	452	452	454	565	664	232

走行試験用燃料		
走行10	走行50	走行100
S10	S50	S100
0.8028	0.8026	0.8025
1.704	1.694	1.695
158.0	158.0	158.0
175.0	175.0	175.0
206.5	206.0	206.0
289.0	288.0	289.0
323.5	324.0	325.0
355.0	354.0	353.5
53.8	54.6	53.4
48.2	48.2	48.2
17.3	17.4	17.4
0.6	0.8	0.7
0.0	0.0	0.0
9	44	95
85.5	85.4	85.4
14.5	14.6	14.6
43340	43340	43340
315	325	330

DGM(含酸素): ジエチレングリコールジメチルエーテル

マトリックス試験用燃料 10種+クラス1軽油 / 走行試験用燃料 3種

ステップⅡ試験進捗状況

名称	マトリックス試験	走行試験
車両XA(吸蔵DeNO _x)	終了	終了(解析中)
車両XB(CR-DPF)	終了	終了(解析中)
車両XD(吸蔵DeNO _x +CR-DPF)	実施開始	
エンジンYB(CR-DPF)	終了	終了(解析中)
エンジンYC(CD-DPF+尿素SCR)	終了	実施中(9月終了予定)
エンジンYD(吸蔵DeNO _x)	調達準備中	

車両XA(吸蔵DeNO_x車)、エンジンYB(CR-DPFエンジン)の結果を中心に報告する

試験スケジュール予定

		名称	排ガス低減技術	実施機関	平成12年度(2000)												平成13年度(2001)											
					4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
車 両	マトリックス試験	車両XA	吸蔵型DeNOx触媒-A	JARI																								
		車両XB	連続再生式DPF-B																									
		車両XD	吸蔵型DeNOx触媒+連続再生式DPF	ATRI																								
	走行試験	車両XA	吸蔵型DeNOx触媒-A	ATRI/石油会社A																								
		車両XB	連続再生式DPF-B	JARI/石油会社B																								
エ ン ジ ン	マトリックス試験	エンジンYB	LPL-EGR+連続再生式DPF-A	JARI																								
		エンジンYC	連続再生式DPF-A+尿素SCR	ATRI																								
		エンジンYD	吸蔵型DeNOx触媒-B																									
	走行試験	エンジンYB	LPL-EGR+連続再生式DPF-A	JARI																								
		エンジンYC	連続再生式DPF-A+尿素SCR	ATRI																								
報告書				<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 60%;"></div> <div style="width: 15%; text-align: center;">▲</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">▲</div> </div> <p style="text-align: center;">研究委員会報告 最終まとめ</p>																								

車両XA: 吸蔵DeNOx車

•車両諸元

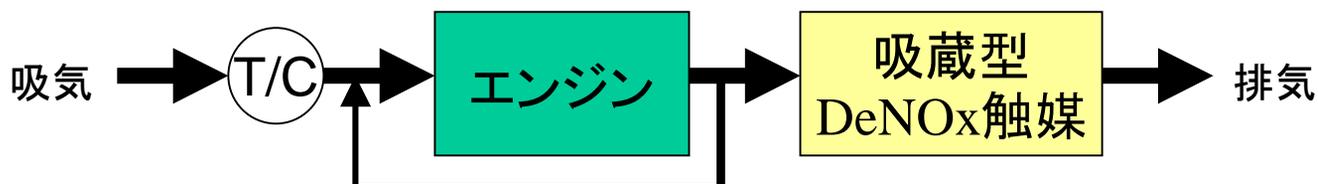
等価慣性質量kg	用途	エンジン型式	エンジン排気量L	エンジン出力kw	吸気方式	燃焼方式	噴射方式	EGR
1250	乗用	L4	2.0	81	T/C+I/C	DI	コモンレール	有 (クールド)

•自動車技術の特徴

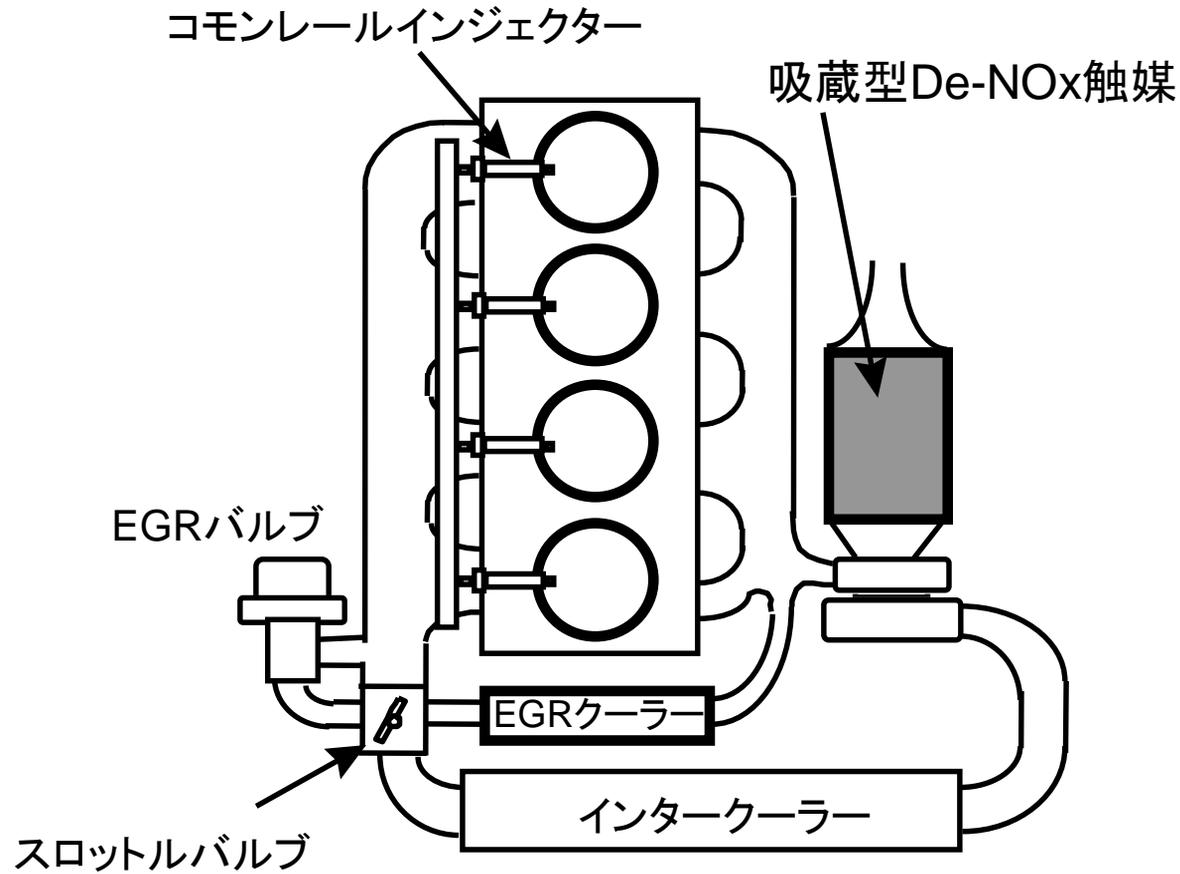
- 吸蔵型DeNOx触媒/スモークレス・リッチ燃焼によるリッチ雰囲気と触媒床温度の昇温の実現によりNOxの還元および硫黄脱離を行う

•評価項目

- マトリックス試験: 燃料9種/10・15モード
- 走行試験: 3万km走行(1.5万km中間)



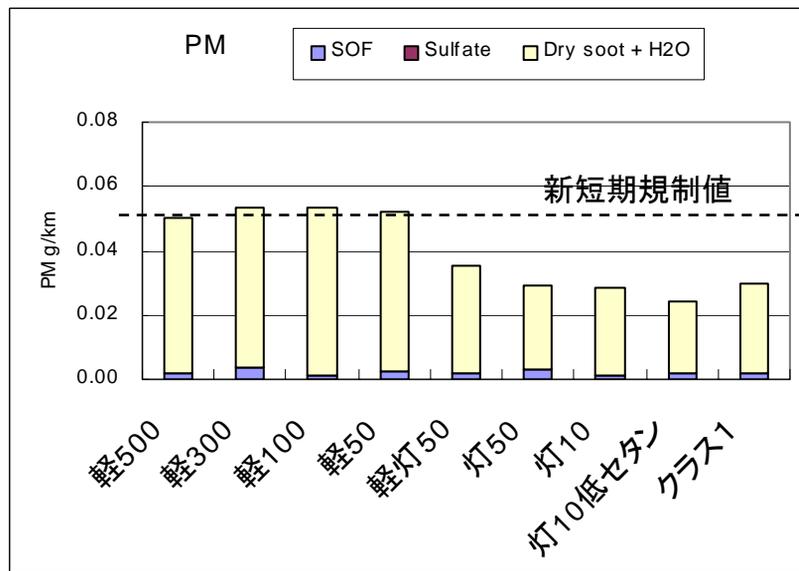
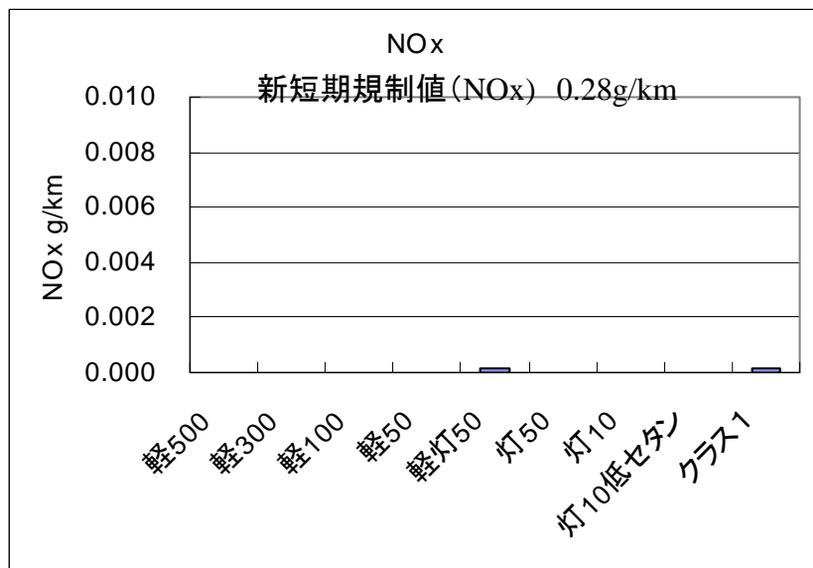
吸蔵DeNO_x車の後処理システム概略図



吸蔵DeNO_x車 触媒フレッシュ時のマトリックス試験結果

10・15モード排出ガス試験

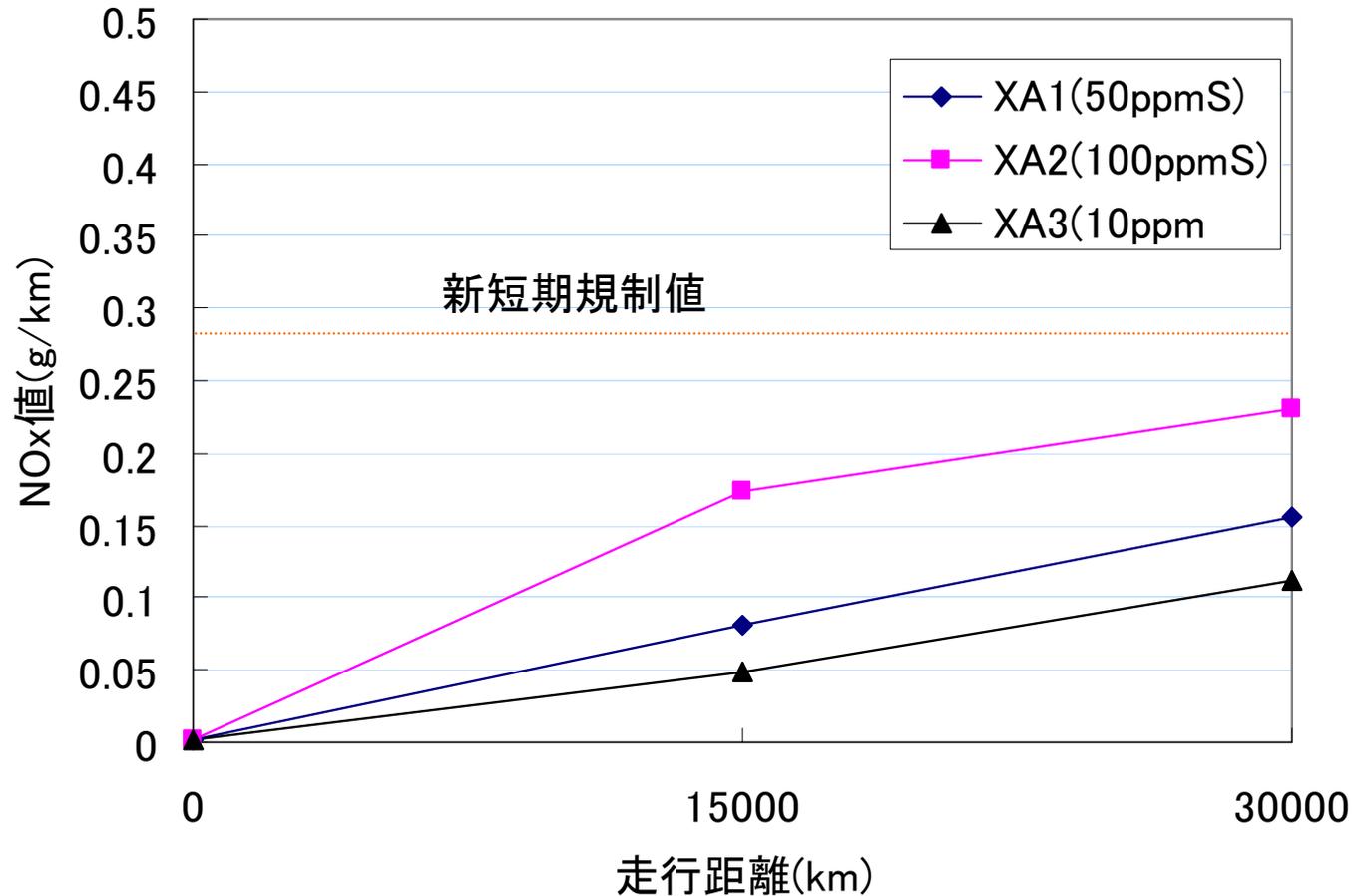
触媒慣らし運転条件：11ラップによる200km相当（燃料2D-07(10ppmS)使用）



- NO_x低減技術として吸蔵型DeNO_x触媒の効果が非常に大きいことが認められ、新長期技術としてのポテンシャルが十分高いことがわかる。
- NO_x排出への燃料の影響が認められなかった。PM組成結果より、サルフェートがほとんど排出されていないことから考察すると、触媒がフレッシュなため、NO_xの吸蔵能力に余力があったと推定された。
- PM排出については、ステップ I 結果と傾向が類似しており、特に蒸留性状の影響が認められた。

吸蔵DeNO_x車 走行試験結果 (30000km走行後のNO_x排出量)

- 硫黄分の増加によりNO_x排出が増加する



エンジンYB:CR-DPFエンジン

•エンジン諸元

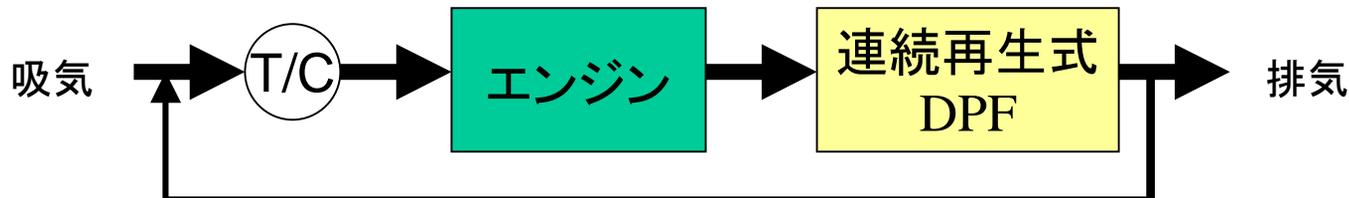
用途	エンジン型式	エンジン排気量L	エンジン出力kw	吸気方式	燃焼方式	噴射方式	EGR
小型トラック	L4	4.9	132	T/C+I/C	DI	電子制御分配式	有(クールド) Low Pressure Loop

•自動車技術の特徴

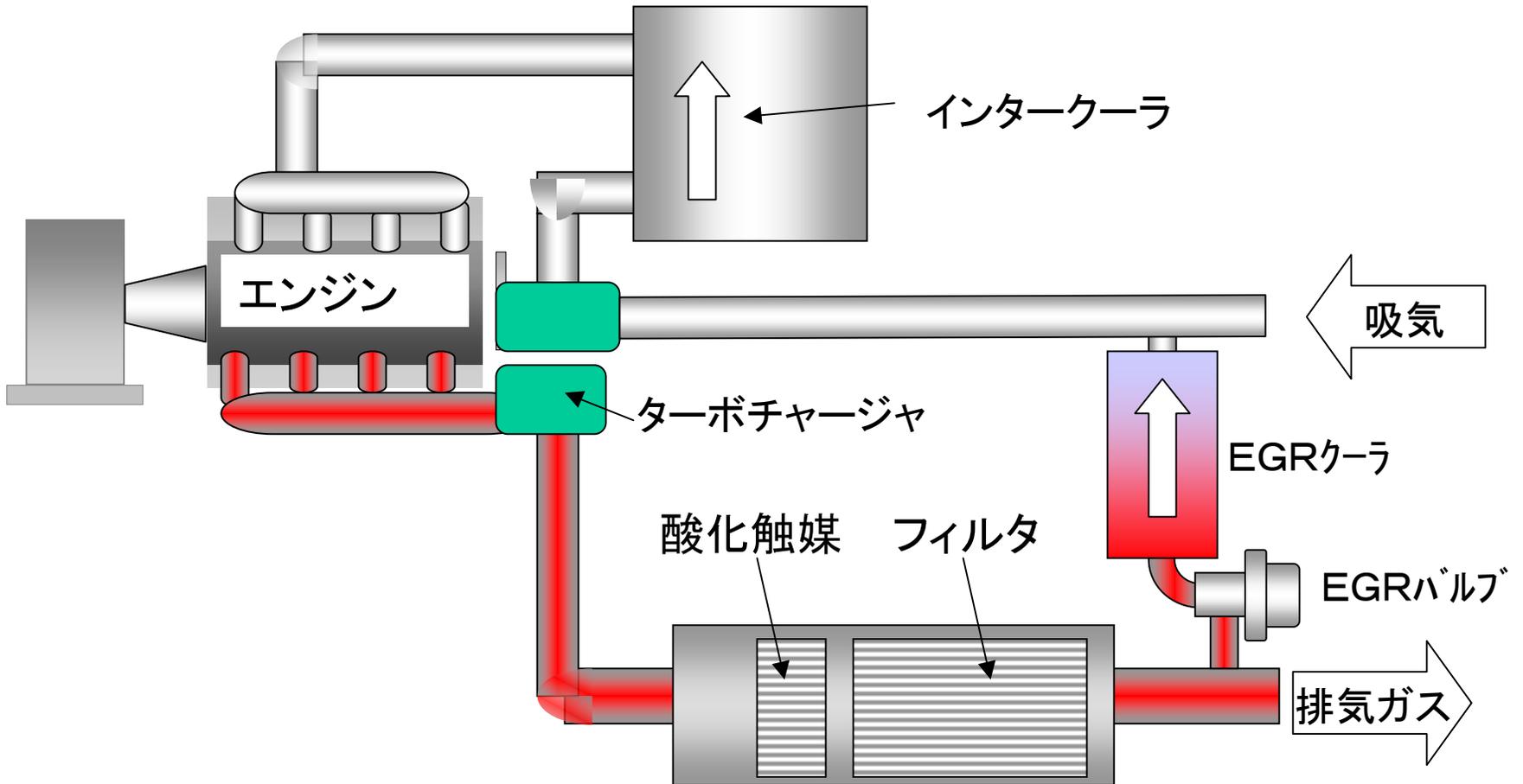
- 連続再生式DPF / LPL-EGRの採用

•評価項目

- マトリックス試験:燃料6種/D13モード、WHDCモード
- 走行試験:3万km走行



CR-DPFエンジンの後処理システム概略図

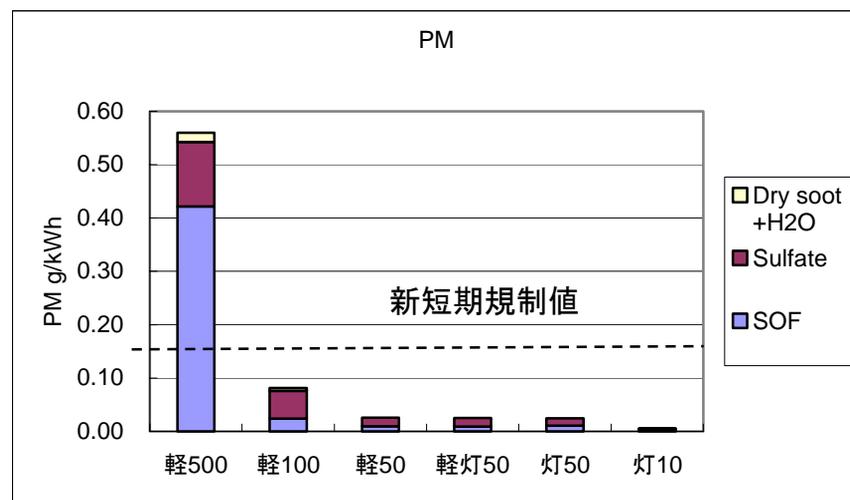
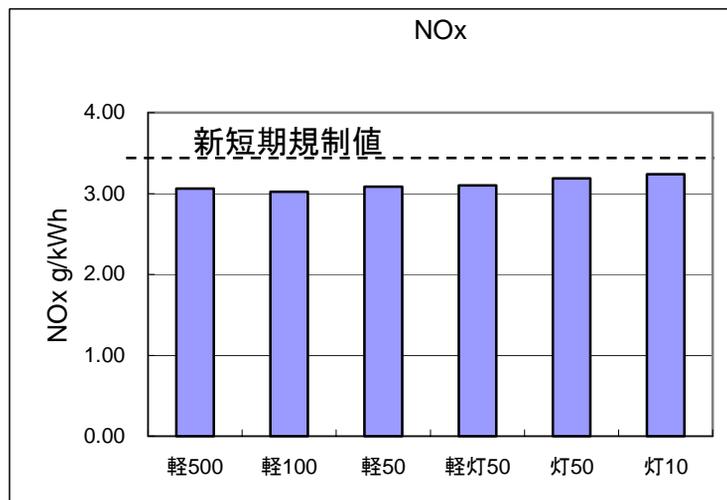


連続再生式DPF-A

連続再生式DPFは前段に白金系触媒、後段にコーゼライトハニカム構造のDPFからなる

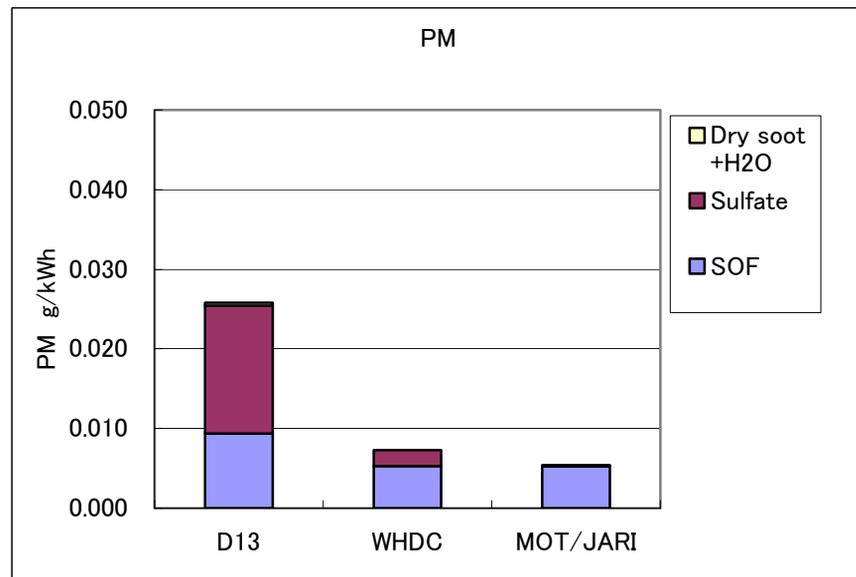
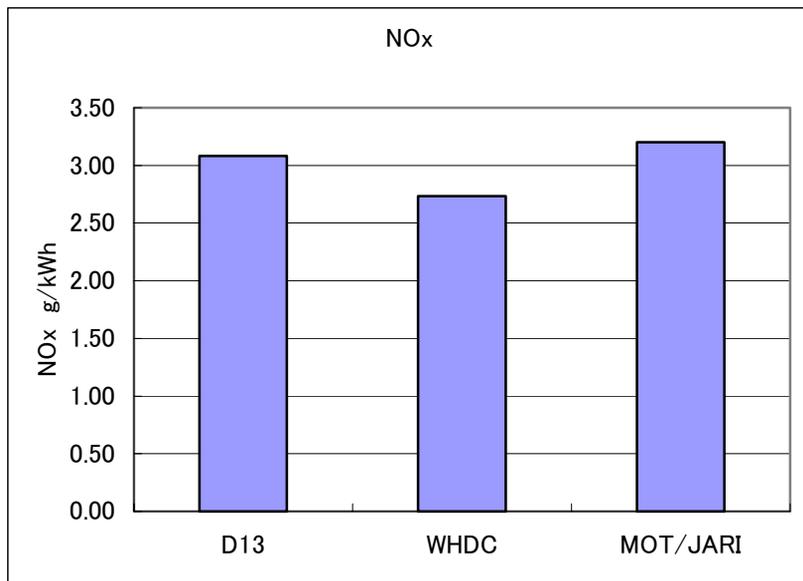
CR-DPFエンジン 触媒フレッシュ時のマトリックス試験

D13モード排出ガス試験



- PM中のSOFとDrySootの大幅低減が可能である。PM低減効果が大きく、新長期技術としてのポテンシャルが十分高い(50ppmS以下レベルの軽油使用時)。
- PM排出については硫黄分の影響が極めて高い。
- NOx排出については燃料の影響が小さい。

ステップⅡ結果 モード排出量比較 (CR-DPFエンジン:50ppmS軽油)



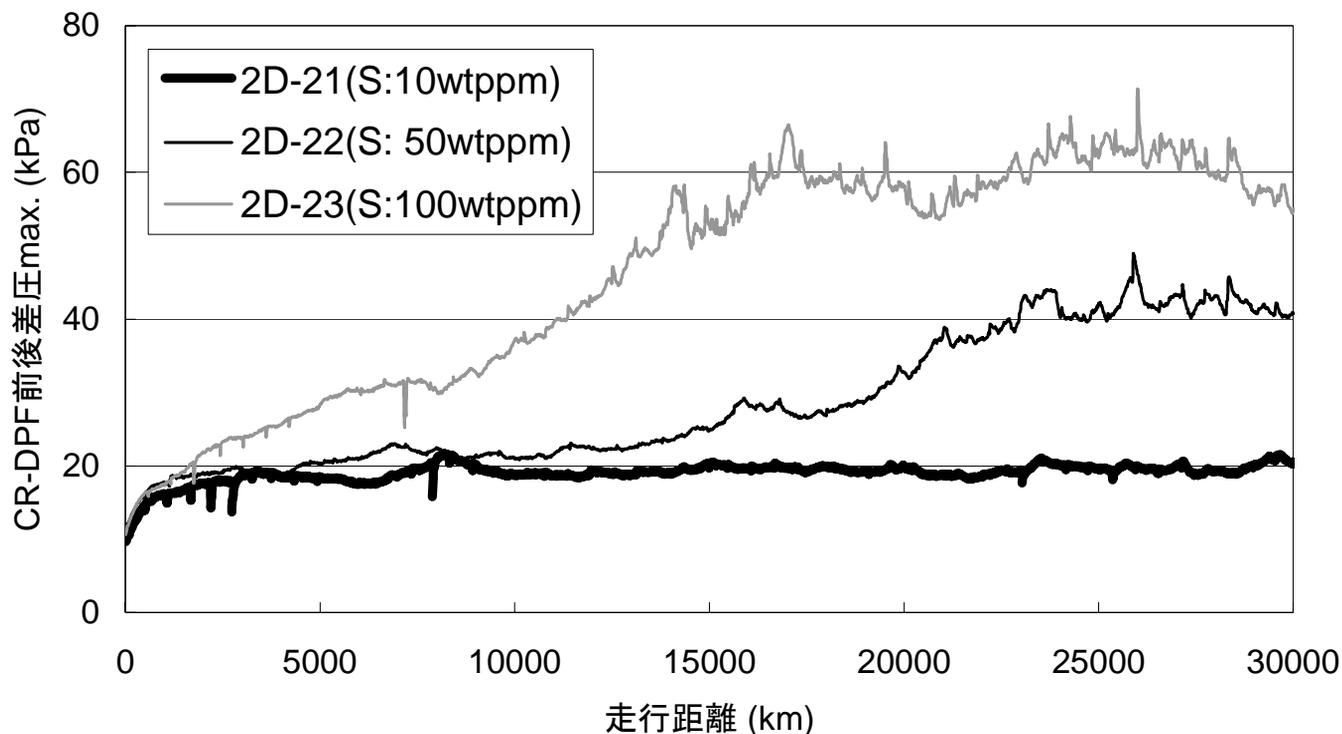
•排ガス測定モードとして、D13モードの他に WHDC Common 及び MOT/JARI エンジン台上モードにつき測定を実施した。その結果、以下の傾向が見られた。

NOx... MOT/JARI > D13 > WHDC

PM ... D13 > WHDC ≒ MOT/JARI)

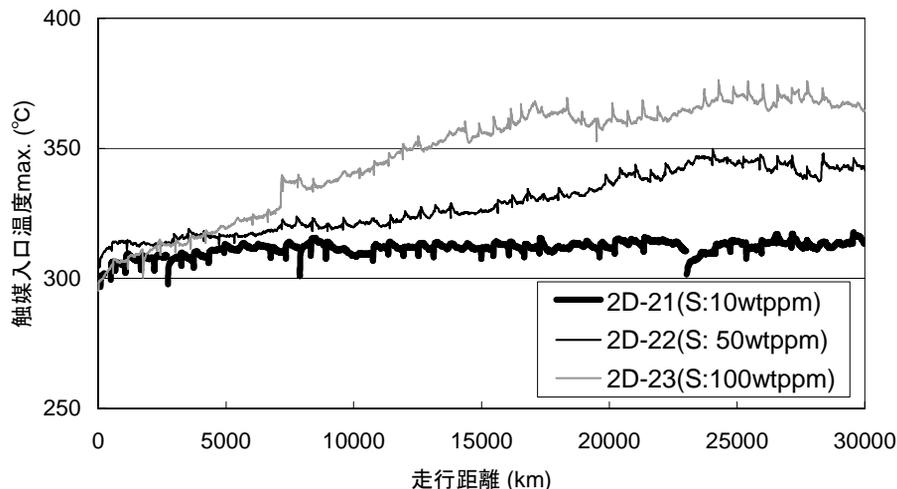
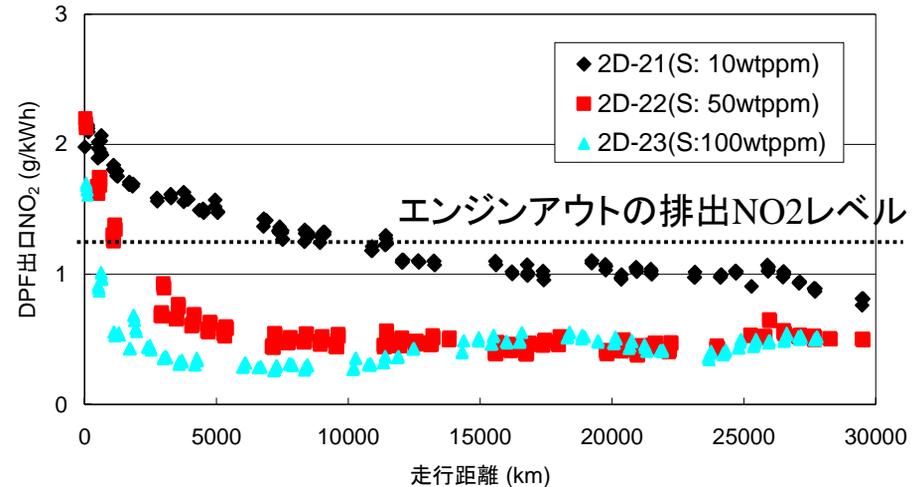
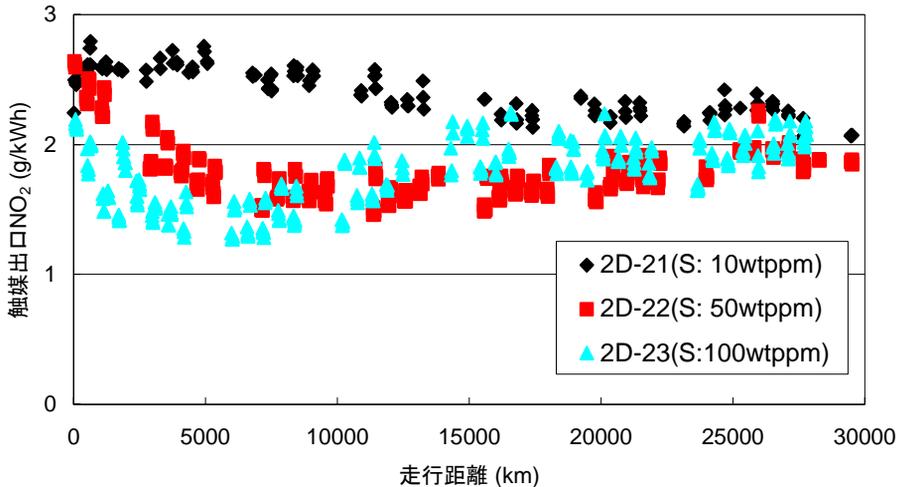
CR-DPFエンジン 走行試験結果

硫黄分の増加によりDPFが目詰まりする→背圧増加→燃費・信頼性悪化



CR-DPFのピーク差圧の経過グラフ

CR-DPFエンジン走行試験中のNO₂生成・消費の変化

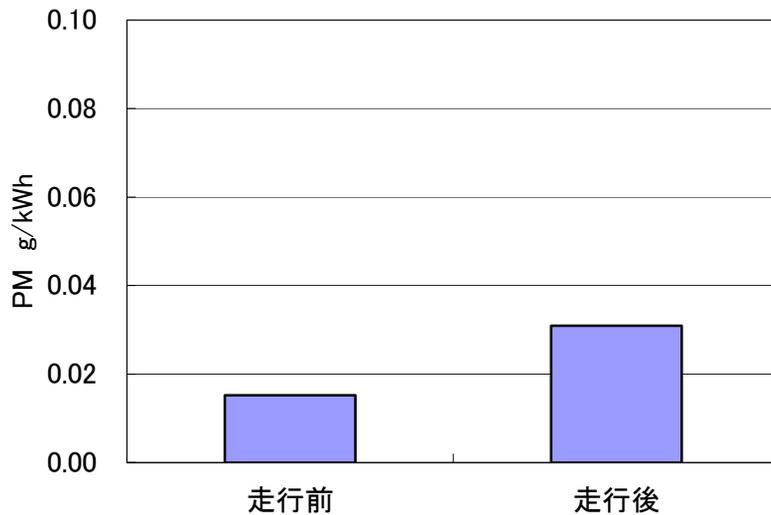


• 走行試験中の触媒出口NO₂は走行距離の増加とともに減少し、またS100ppmではS10ppmに比べ低い。5000km以降漸増する理由は触媒床温が増加したためと考えられる。

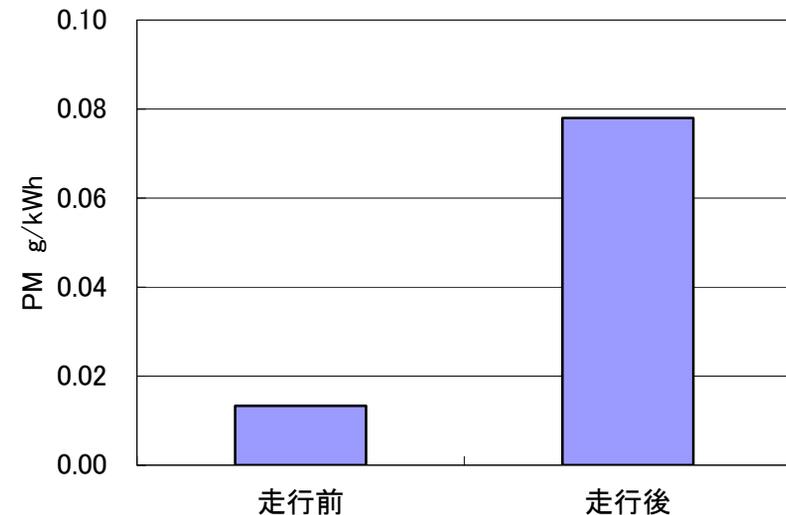
• 生成したNO₂はDPFですすと反応消費されるため、NO₂排出は増加しない。

CR-DPFエンジン走行試験前後のPM排出変化 (2D-22 (S:50ppm))

JARIモード



D13モード



- 走行試験後のPMは特にD13モードで増加したが、これは排気温度の低いJARIサイクル運転で触媒・DPF上に吸着されたサルフェートおよびSOFが排気温度が高いため放出されたためと思われる。現在解析中。

新長期排出ガス対策技術と燃料性状

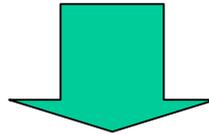
- 吸蔵DeNO_x車(車両XA)

スモークレス・リッチ燃焼方式で触媒床温度を保持しながら吸蔵およびリッチスパイクを行うことにより触媒がフレッシュな状態ではNO_x排出はほぼゼロであった。3万km走行(定期的な硫黄被毒回復制御を実施)では硫黄濃度が高いほどNO_x排出は増加した。

- CR-DPFエンジン(エンジンYB)

硫黄濃度が高いほどPM排出は増加した

3万km走行では硫黄濃度が高いほどDPF背圧が増加する傾向を示した。



軽油硫黄分の50ppmへの低減は新長期を目指す後処理技術にとって機能面から有効であることが認められた。具体的にはサルフェート生成やSOF分増加の抑止効果、並びに長期走行時の後処理システムの機能低下の軽減に有効である。

新長期規制以降の自動車技術と燃料品質

- 後処理技術への燃料品質の影響として硫黄分が最も重要である。長期走行時に課題となる、硫黄被毒による後処理技術の機能低下については燃料側での更なる硫黄分の低減と、自動車側の被毒回復制御の改良が有効であり、両者について技術的観点よりさらに検討することが重要である。
- 例えば吸蔵型DeNOx触媒においては硫黄脱離のために排気温度制御(高排気温度)が行われるが硫黄濃度に応じた回復制御の頻度の違いによるCO₂増加や触媒の耐久性への影響などの関係を調査する必要がある。

ステップⅡで得られたその他の知見

(1) CR-DPF車(ファイバー型DPF:車両XB)

予混合低温燃焼方式によるエンジンアウトのNO_x/PM比アップ、排気温度の昇温、およびHPL(高圧ループ)EGRの排圧補償制御(排圧の変化に応じEGRバルブ開度を変化させEGR率を一定に保つ)等の先端技術を盛り込むことで、50ppmS軽油で11ラップモードでの3万kmの走行試験を無事終了した。

(2) CR-DPF+尿素SCRエンジン(エンジンYC)

- ・マトリックス試験結果より、燃費悪化が少なく、PM・NO_xともに高い低減効果が得られ有望であることが判明した。
- ・今回供試した尿素噴射システムの作動が不安定であり、また走行モードによるNO_x排出変化が大きい。今後改良が必要。