

よりよい大気をめざして
自動車と燃料のさらなる挑戦

JCAP II
JAPAN CLEAN AIR PROGRAM

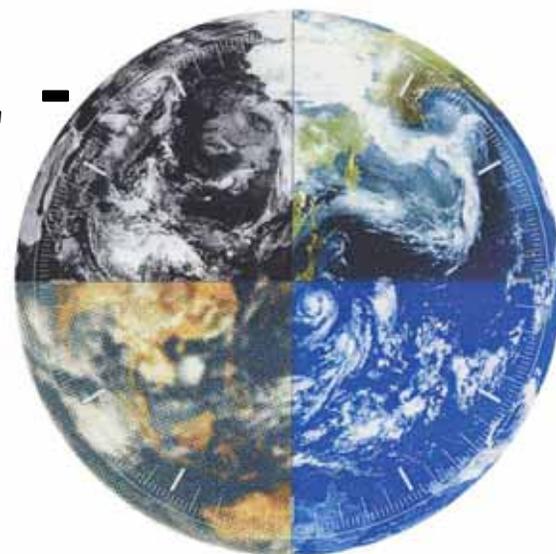
JCAP第4回成果発表会

ディーゼル車WG報告

- 最新後処理装置への

硫黄分影響を中心に -

2005年6月1日



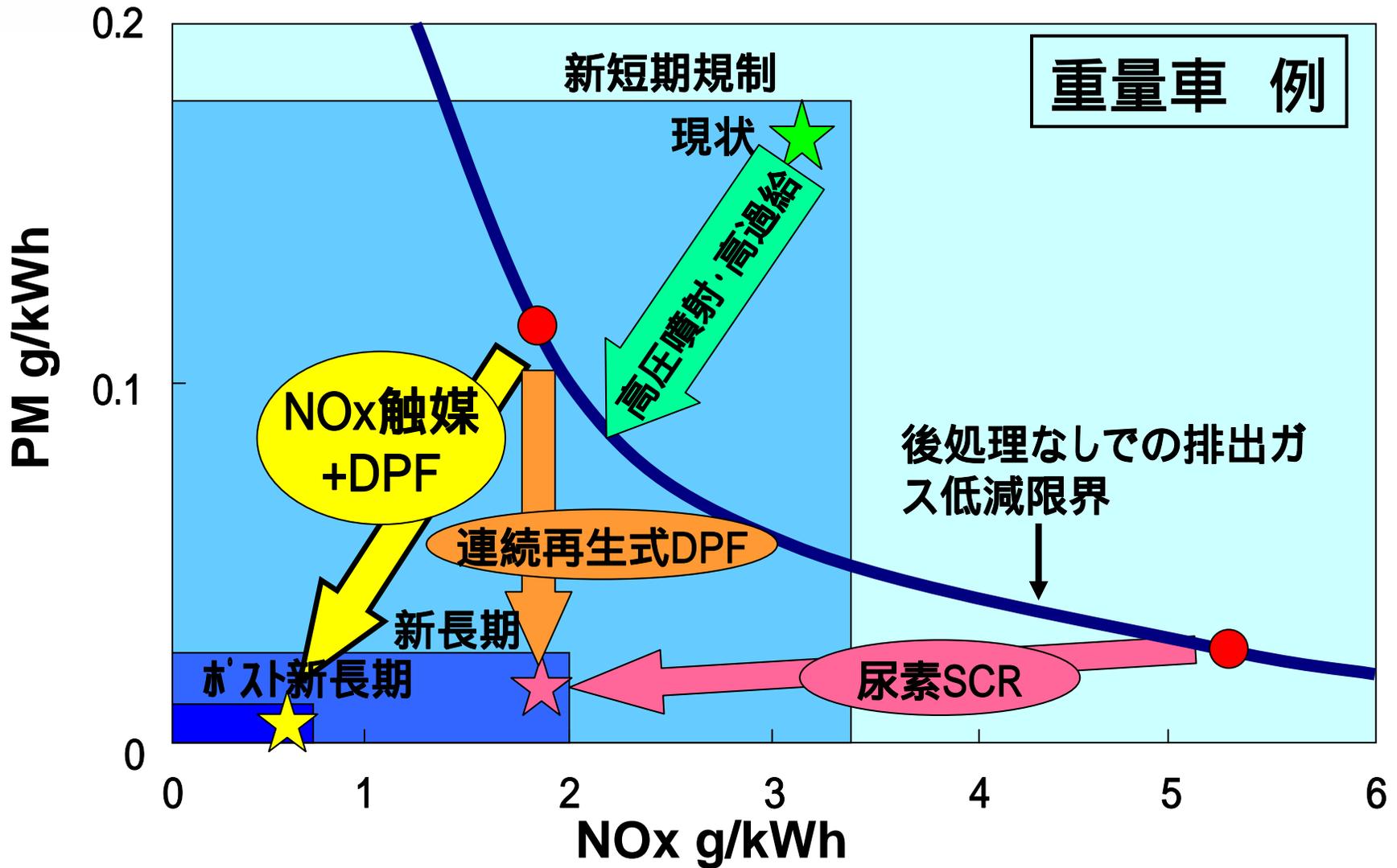
◆ 目的

NO_x触媒の排出ガス浄化性能及びCO₂排出に及ぼす燃料品質(硫黄分等)の影響を調査研究し、将来に向けたディーゼル車と燃料の技術的な方向性を判断するためのデータを提供する

◆ 評価する技術内容

- NO_x触媒技術(DPF装着含む)
 - 尿素SCR
 - NO_x吸蔵還元触媒(NSR:NO_x storage reduction)
- 燃料品質
 - 硫黄分:0 - 50ppm
 - 硫黄分以外の性状影響:芳香族、T90

ディーゼル排出ガス低減対策の技術シナリオ例



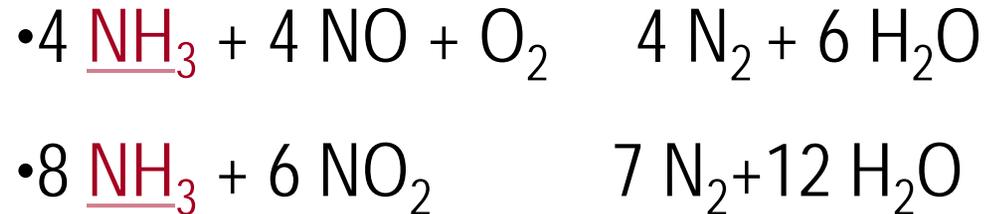
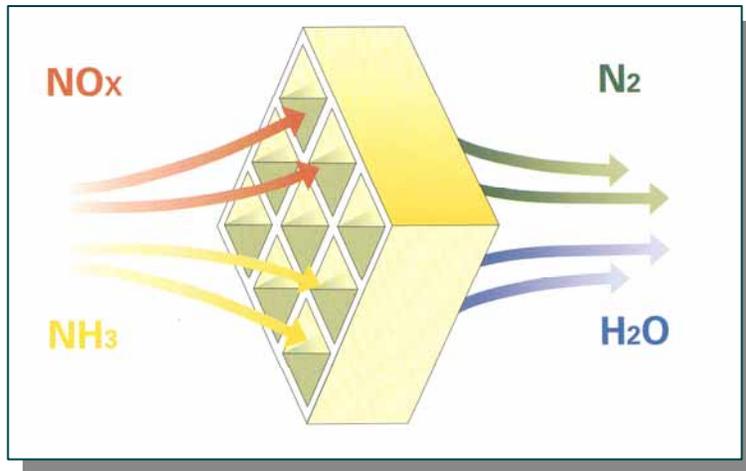
- NOx触媒技術が将来技術として重要

SCR : Selective catalytic reduction

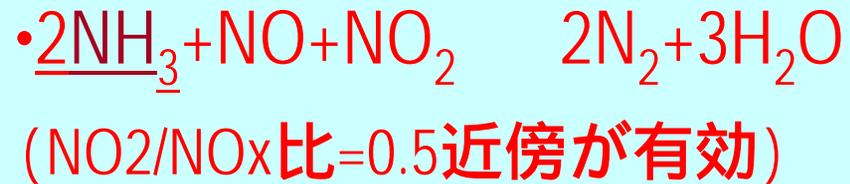
◆尿素の加水分解



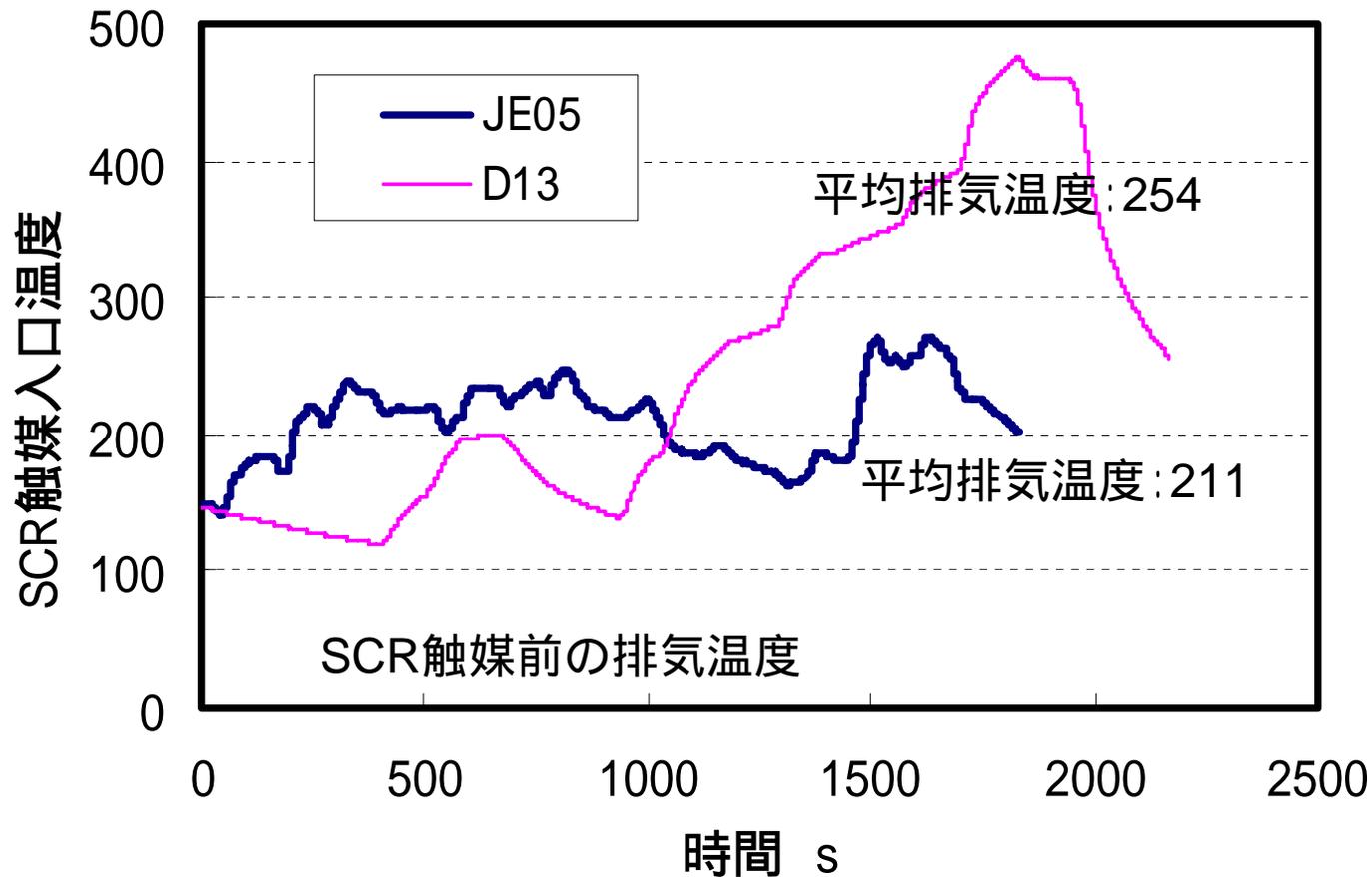
◆還元反応(NH₃によるNO_x分解反応)



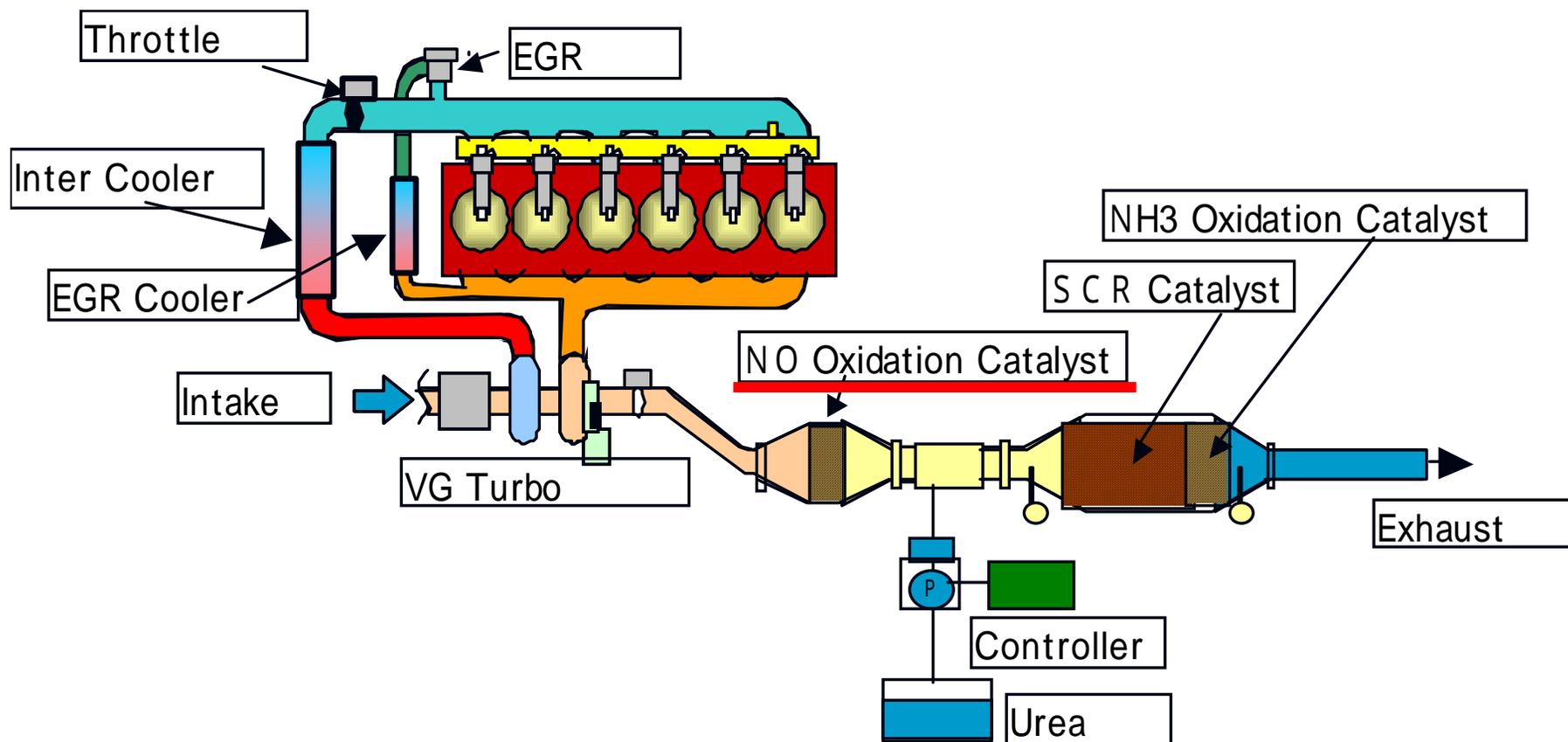
低温領域では下記の反応活性が高い



大型エンジンの排気温度

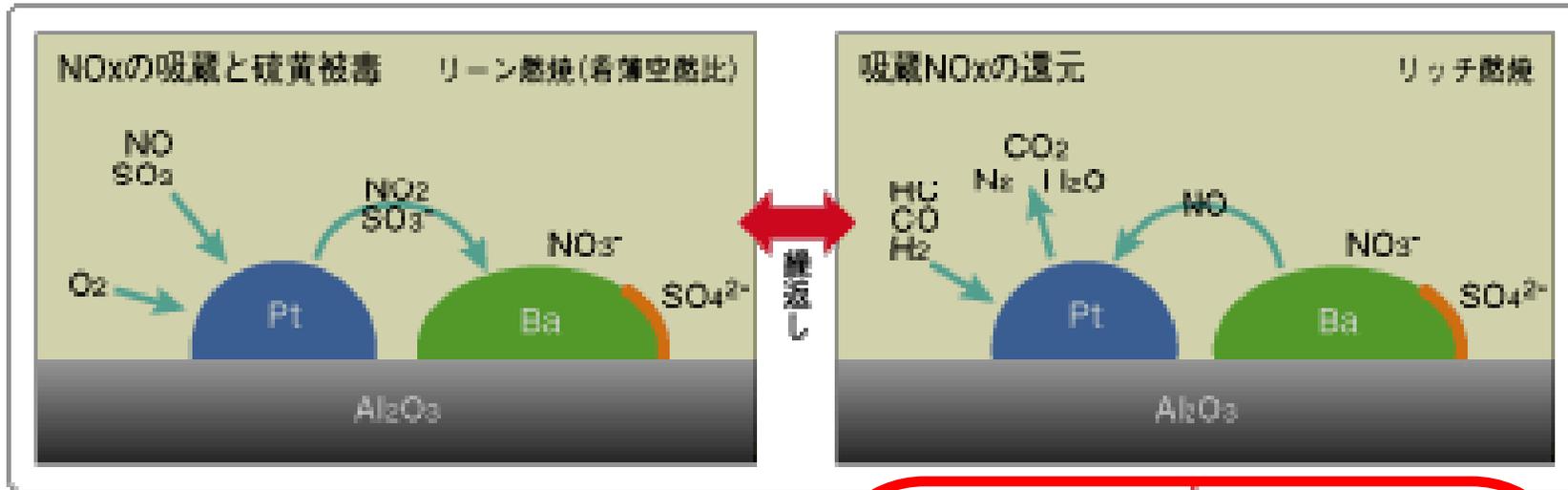


- 都市走行を模擬したJE05モードでは排気温度が低い
NO_x触媒の低温活性向上技術が重要



- SCR触媒の前段に酸化触媒を装着 低排気温時に NO_2/NO_x 比=50%近傍に制御することで低温活性を向上

NSR:NO_x storage reduction

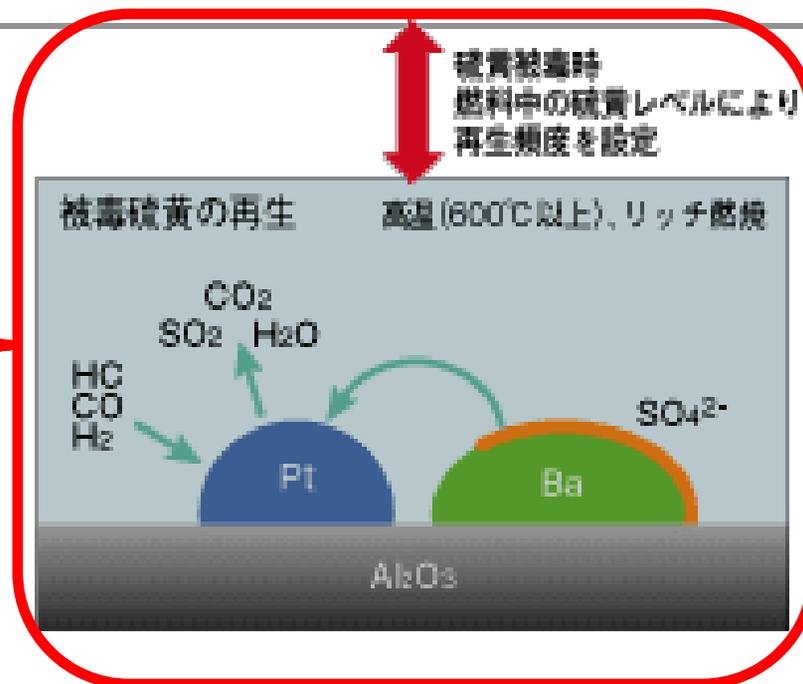


●硫黄被毒回復のための周期的な
 制御運転(排気温上昇)が必要

燃費悪化や触媒劣化へつながる

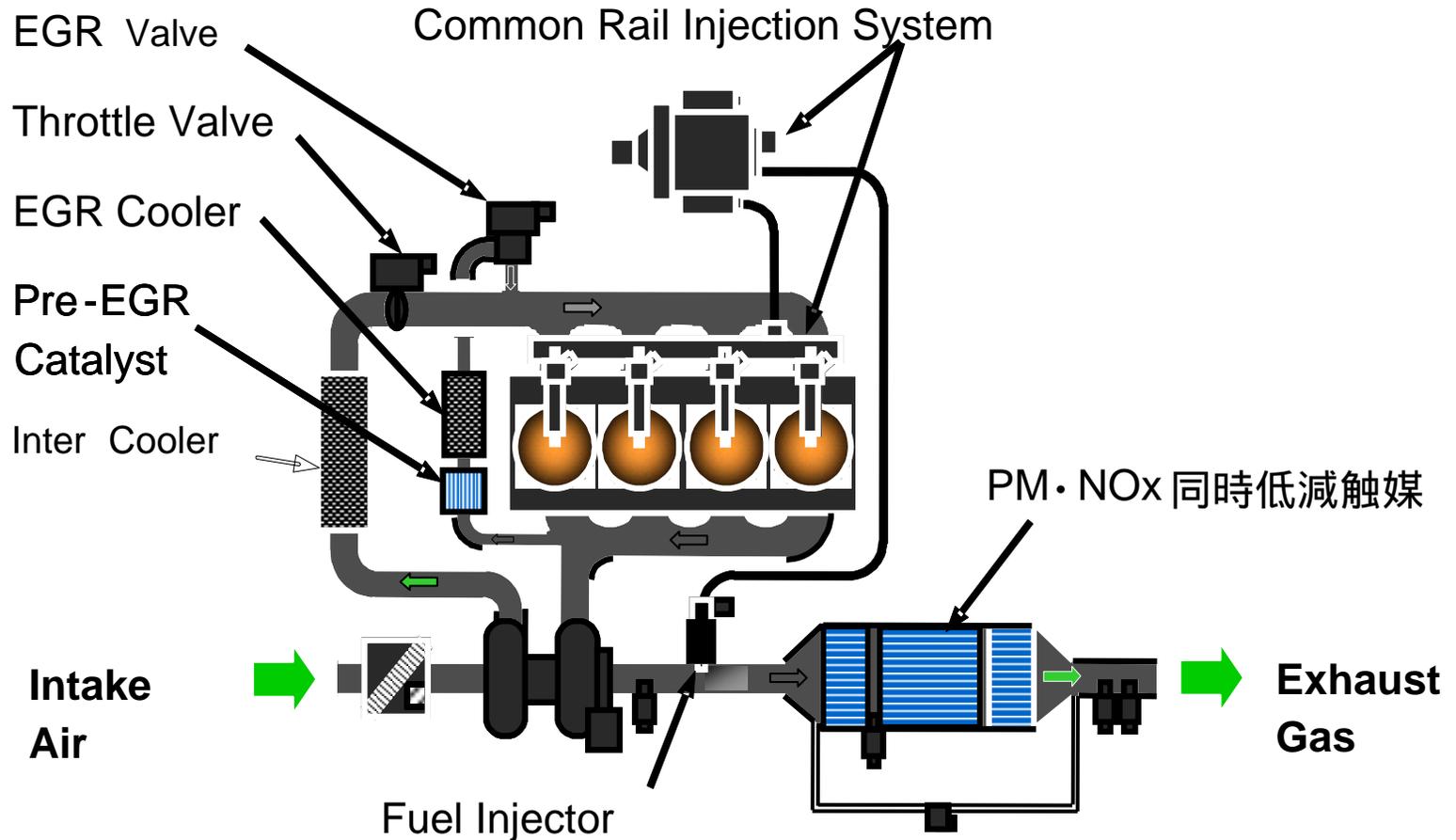
軽油硫黄分低減により被毒回復
 の運転頻度を減少できる

燃費や排出ガスの改善へ



NSR搭載エンジン例 (DPF+NSR)

PM・NOx同時低減型触媒装着システム



◆硫黄分影響検討

➤ 尿素SCR

- 低温浄化性能への影響

➤ NO_x吸蔵還元触媒 (NSR)

- 走行試験による硫黄分影響：硫黄分濃度に応じた頻度で被毒回復制御を実施し
燃費への影響 (CO₂排出への影響)
排出ガスおよびNO_x浄化率への影響

◆硫黄分以外の燃料性状影響検討

➤ マトリクス試験：芳香族量、T90の影響

全体スケジュール計画

技術評価の対象		年度	2002	2003	2004	2005	2006
NOx 触媒	尿素 SCR	低温浄化性能					
		燃料性状影響					
	NSR	硫黄分影響 ・燃費影響					
		・排気変化(NOx)					
		燃料性状影響 ・芳香族/T90					
		・バイオ (FAME)					
追加	予混合低温燃焼 単気筒試験(外注)						

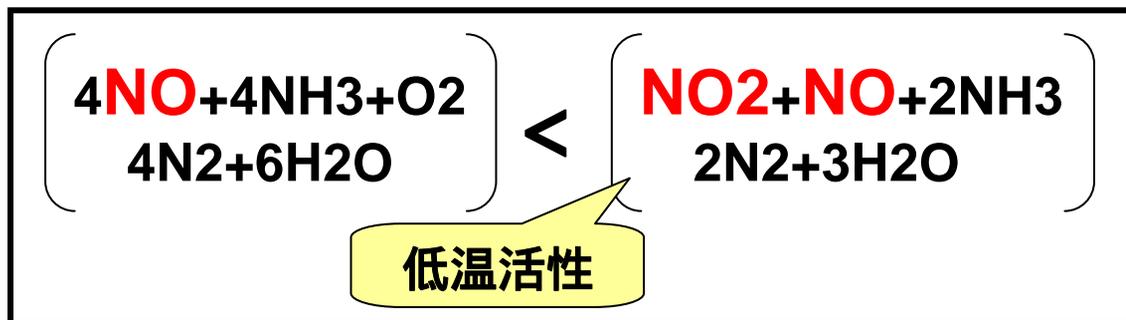
尿素SCR 低温浄化性能評価

尿素SCR:低温浄化性能評価

【試験概要】

前段の酸化触媒有無でのNO₂/NO_x比、
低排気温でのNO_x浄化能を評価

酸化触媒の硫黄分等
による劣化の影響把
握を想定



【供試エンジン】

エンジンB
大型トラック用エンジン
(長期規制適合)

+

尿素SCR

エンジンB諸元

Emi s s i o n C o n t r o l	O x i . C a t . U r e a S C R
T y p e	L a r g e T r u c k
E n g i n e T y p e	I n - l i n e 6 (T C I)
D i s p l a c e m e n t	1 3 . 1 L
P o w e r	2 8 3 k W / 1 8 0 0 r p m
F . I . E .	U n i t I n j e c t e r
E G R	N o n e

【供試燃料】

S10ppm軽油 (J2D01)

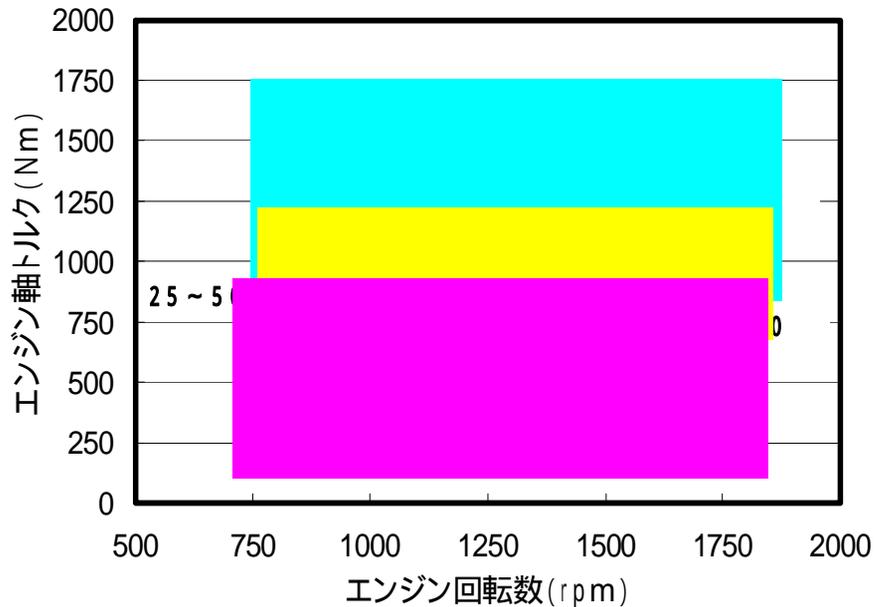
【実施内容】

- 酸化触媒有り・無しによるNO₂/NO_x比の変化比較
- 酸化触媒のNO_x浄化率への影響

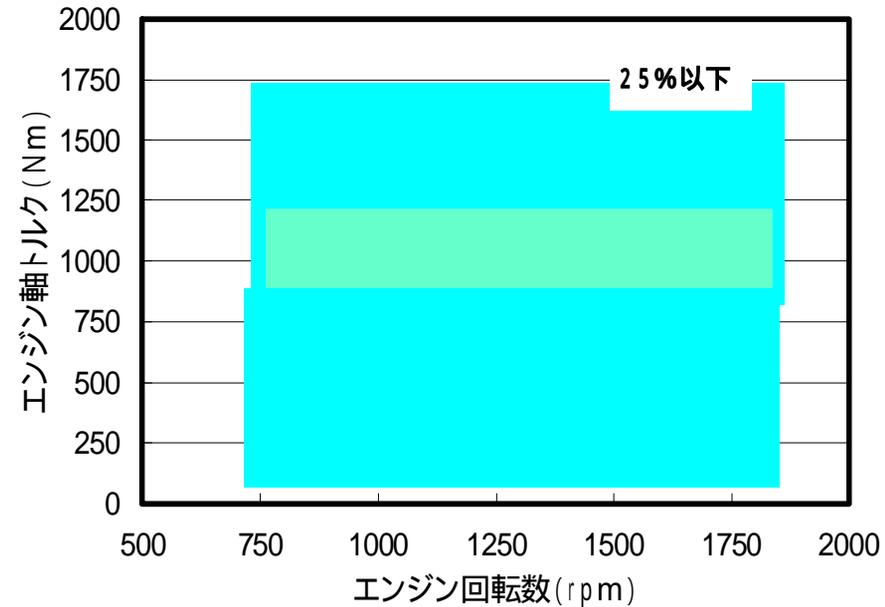
尿素SCR:低温浄化性能評価 [結果その1]

NO₂/NO_x比の比較

酸化触媒付き

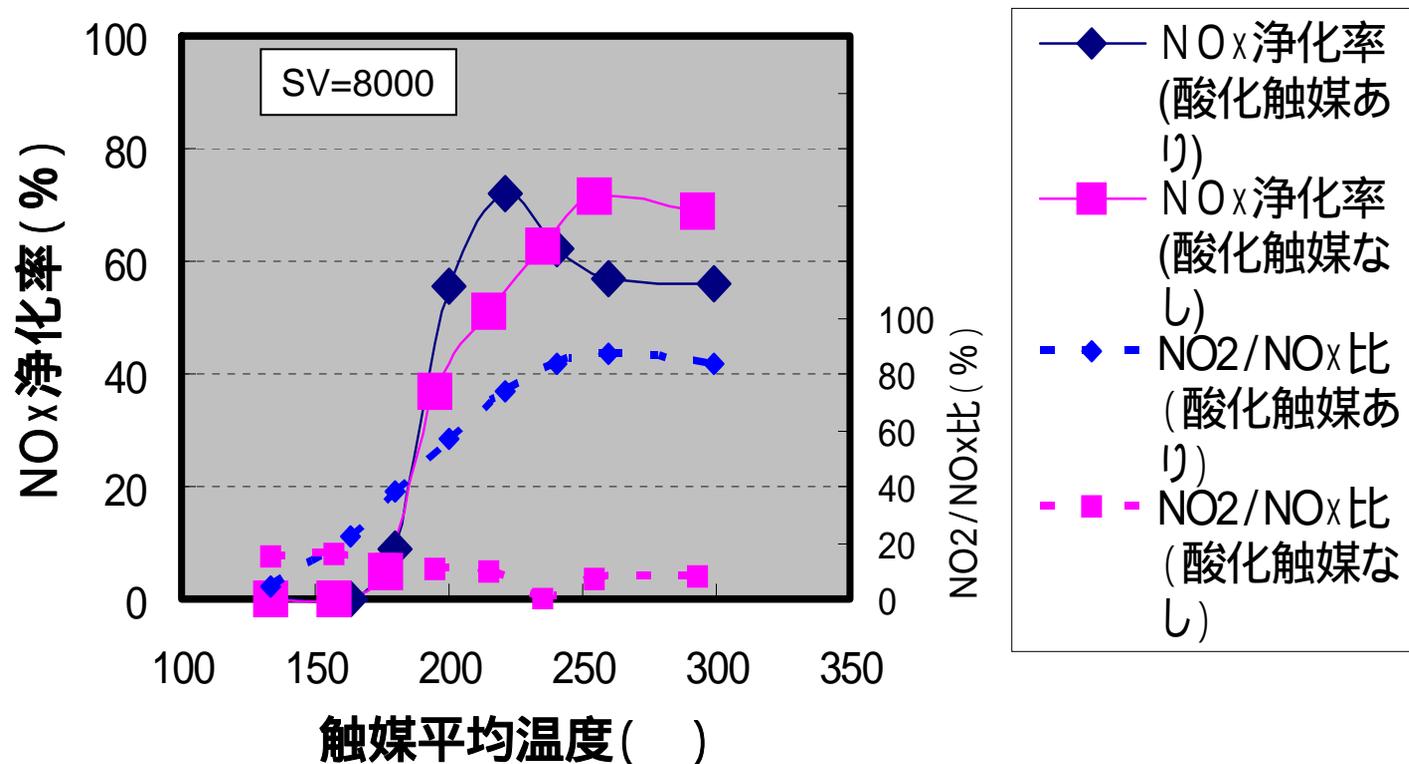


酸化触媒無し



- 酸化触媒により低温領域でNO₂/NO_x比が増大

酸化触媒有無の違いによるNO_x浄化率比較



- 酸化触媒の装着により低温領域(200 近傍)でのNO_x浄化率向上の傾向が認められた。

NSR

走行試験による硫黄分影響

【試験概要】

- NSR (DPF+NSRシステム含む)を搭載した車両・エンジンをを用いた一定走行モードによる長期走行試験
- 使用軽油は硫黄分の異なる3種類(0,10,50ppm)
- 走行中は軽油の硫黄分濃度に応じた被毒回復制御を実施(硫黄分低減に応じて頻度も低下)
- 測定項目
 - 長期走行時の平均燃費
 - 排出ガス(NO_x 浄化率含む)の経時影響

【供試車両・エンジンおよび試験条件】

エンジン2種類 車両:2種類

NO	車両・エンジン名	排気量 L	後処理 システム	走行距離 km	走行 モード	排気計測 モード
1	エンジンA	3.8	NSR	10,000	修正11ラップ	D13/ED12
2	エンジンD	4.0	DPF+NSR	50,000	修正11ラップ	D13/JE05
3	車両B	2.0	DPF+NSR	30,000	11ラップ	10 15 CD34(hot&cold)
4	先端車両(外注)	3.0	DPF+NSR	80,000	11ラップ	10 15, 11 CD34(hot&cold)

【供試燃料】

硫黄分3水準: 0, 10, 50ppm

NSR: 走行試験による硫黄分影響 [燃費結果]

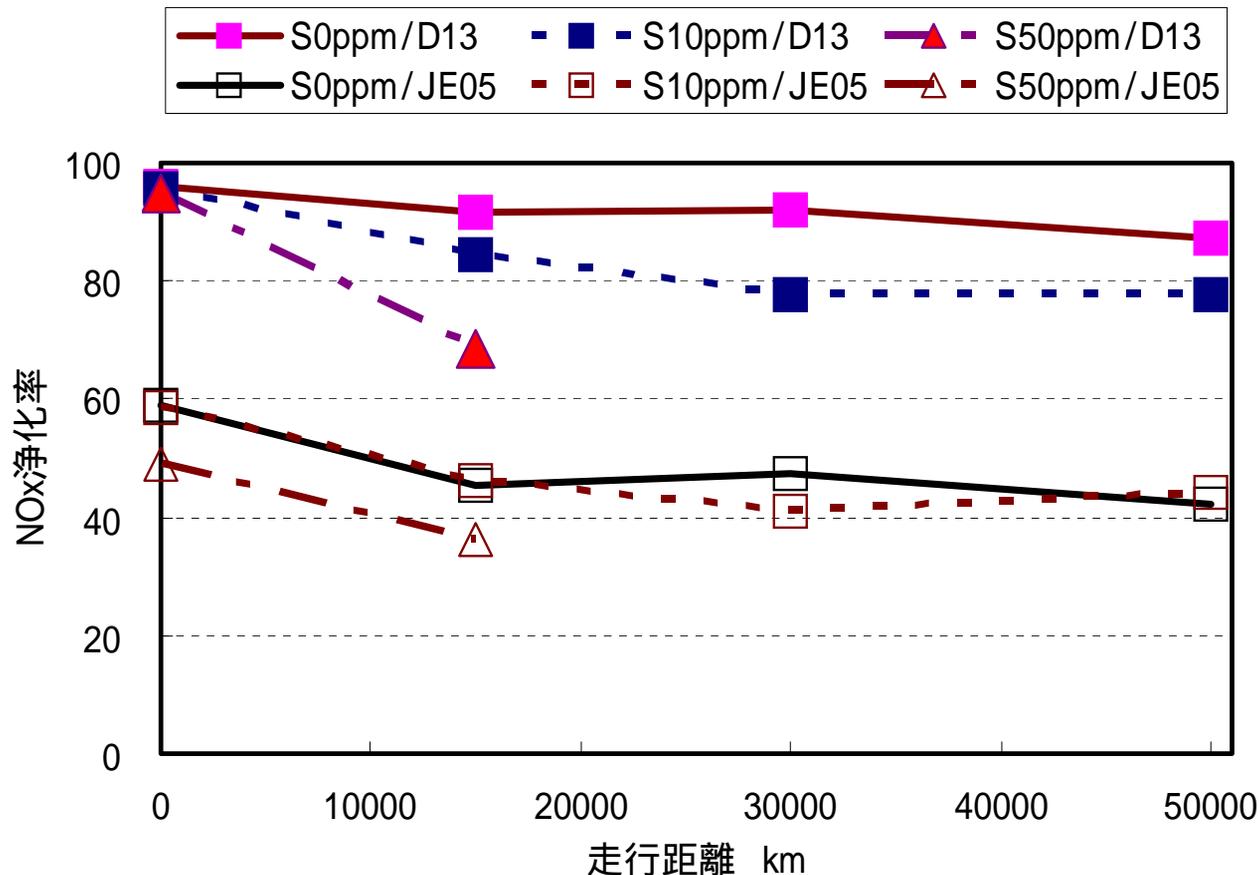
• 走行中の平均燃費の結果

NO	車両・エンジン名	走行モード	走行距離 km	S0使用時 平均燃費 km/L	S10使用時 平均燃費 km/L	S50使用時 平均燃費 km/L
1	エンジンA	修正11ラップ	10,000	6.97	6.89	6.62
2	エンジンD	修正11ラップ	50,000	6.33	6.26	5.98(暫定) (1.5万km中間値)
3	車両B	11ラップ	30,000	2005年度 実施予定	19.64	18.68
4	先端車両(外注)	11ラップ	80,000	8.86	9.19	2005年度 実施予定

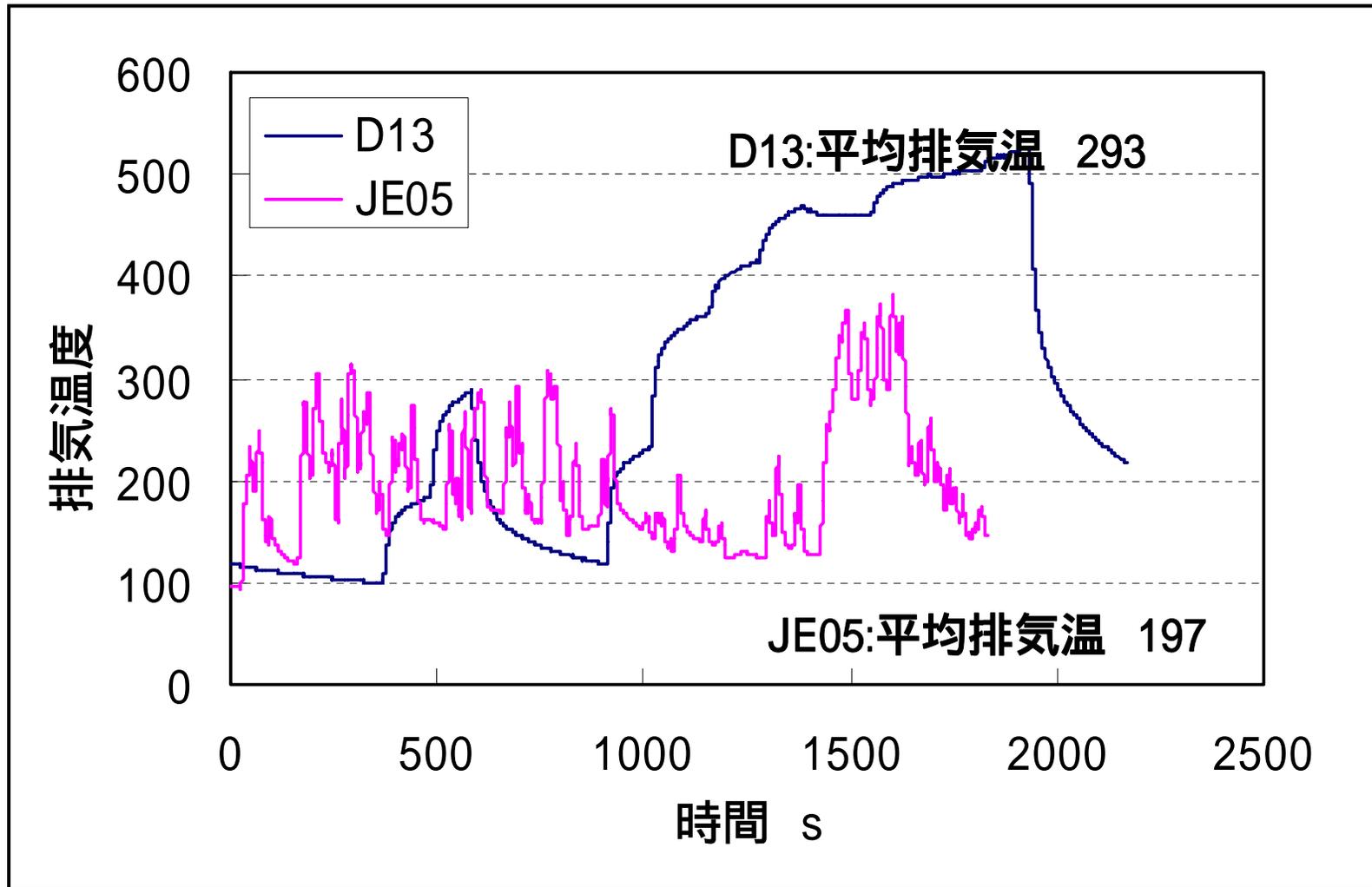
• S50ppm S10ppmによる燃費向上効果の結果

NO	車両・エンジン名	走行モード	走行距離 km	S50 S10の 燃費向上効果 %
1	エンジンA	修正11ラップ	10,000	4.1
2	エンジンD	修正11ラップ	50,000	4.7(暫定値)
3	車両B	11ラップ	30,000	5.2

エンジンD(DPF+NSR)におけるNO_x浄化率の変化



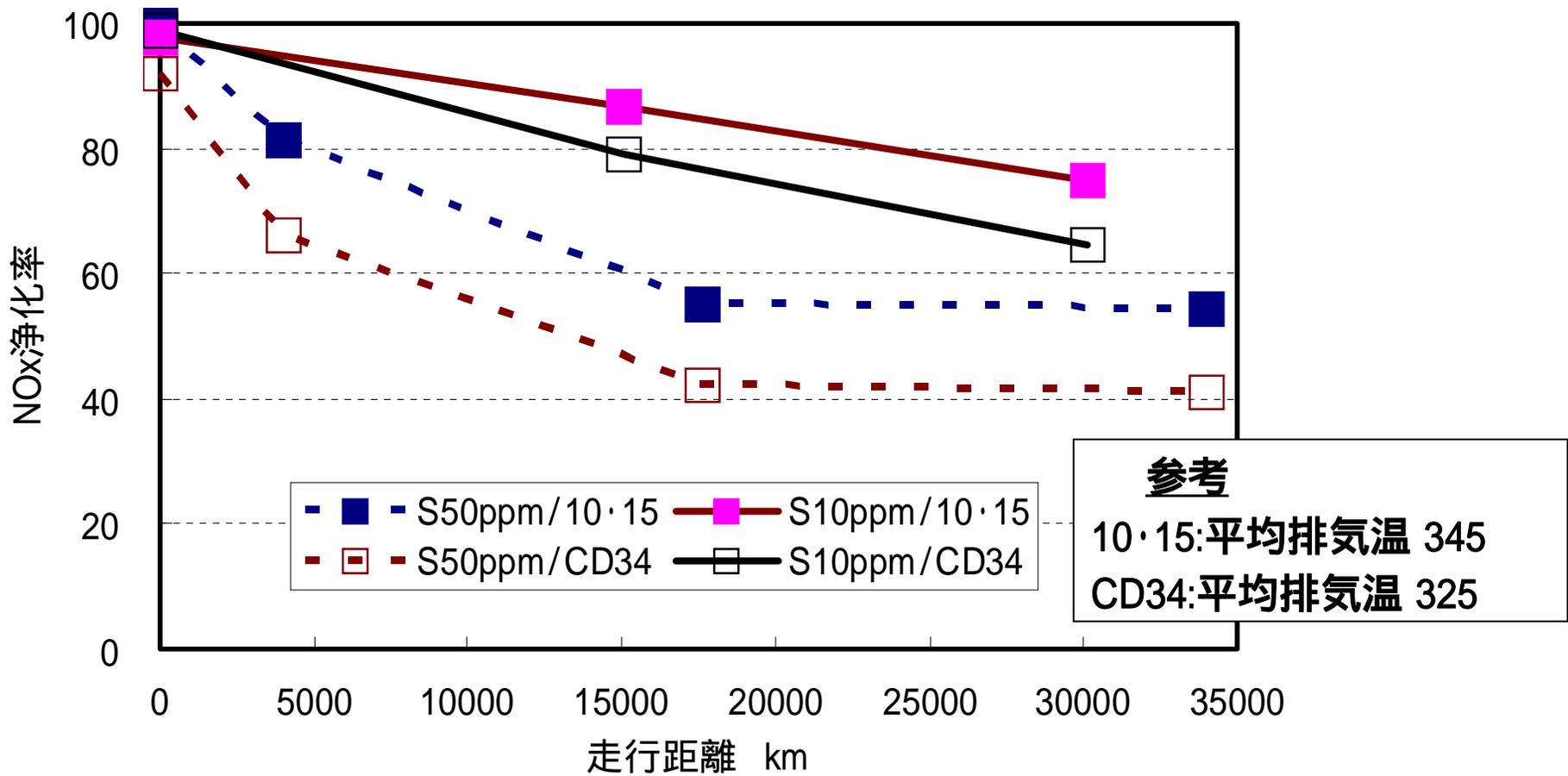
- 硫黄分の低減により走行に応じたNO_x排出悪化傾向を抑止
- D13とJE05とのNO_x浄化率の違いは排気温度の違いと推察



- JE05モードの平均排気温はD13よりも100 程度低い



車両B(DPF+NSR)におけるNO_x浄化率の変化



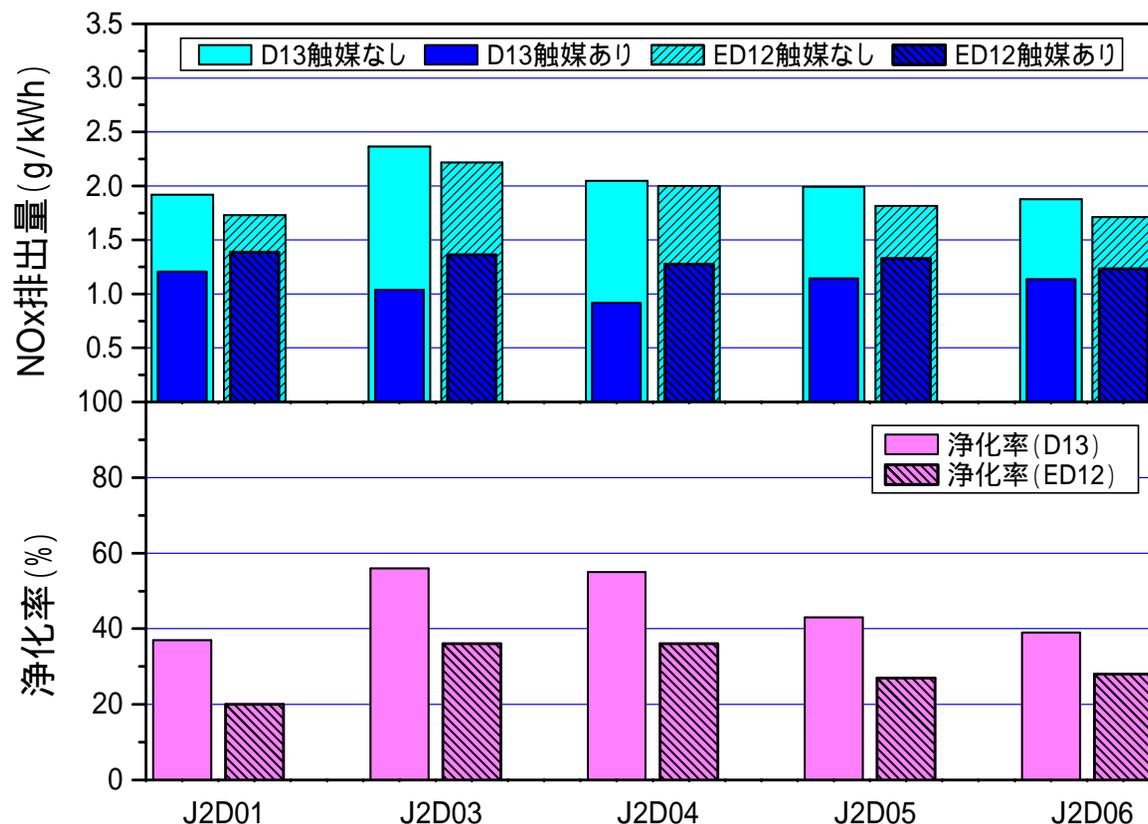
●硫黄分の低減により走行に応じたNO_x排出悪化傾向を抑止

硫黄分以外の燃料性状影響 マトリクス試験

硫黄分以外の燃料性状影響：マトリクス試験

エンジンA(NSR)

触媒前後のNO_x排出量とNO_x浄化率



T 90	337	301	283	335	334
Aroma %	16.5	17.5	17.8	9.5	5.5

- エンジンアウトのNO_x排出は軽質化で増加傾向があるが、後処理におけるNO_x浄化率が向上するので、結果として軽質燃料の方が排出量は若干低い

これまでの主なまとめ

◆ NSRにおける硫黄分影響(継続中)

- 燃費への影響を調査し、低硫黄化による燃費向上効果を定量化した
- 排出ガスへの影響を調査し、低硫黄化に応じてNO_x浄化率への劣化抑止の効果が認められた

◆ 尿素SCR評価(継続中)

- NO_x低温浄化能の向上のために前段酸化触媒が有効であり、その性能維持として低硫黄化が効果をもたらす可能性が示唆された

今後の計画

予混合低温燃焼に関する燃料品質影響検討

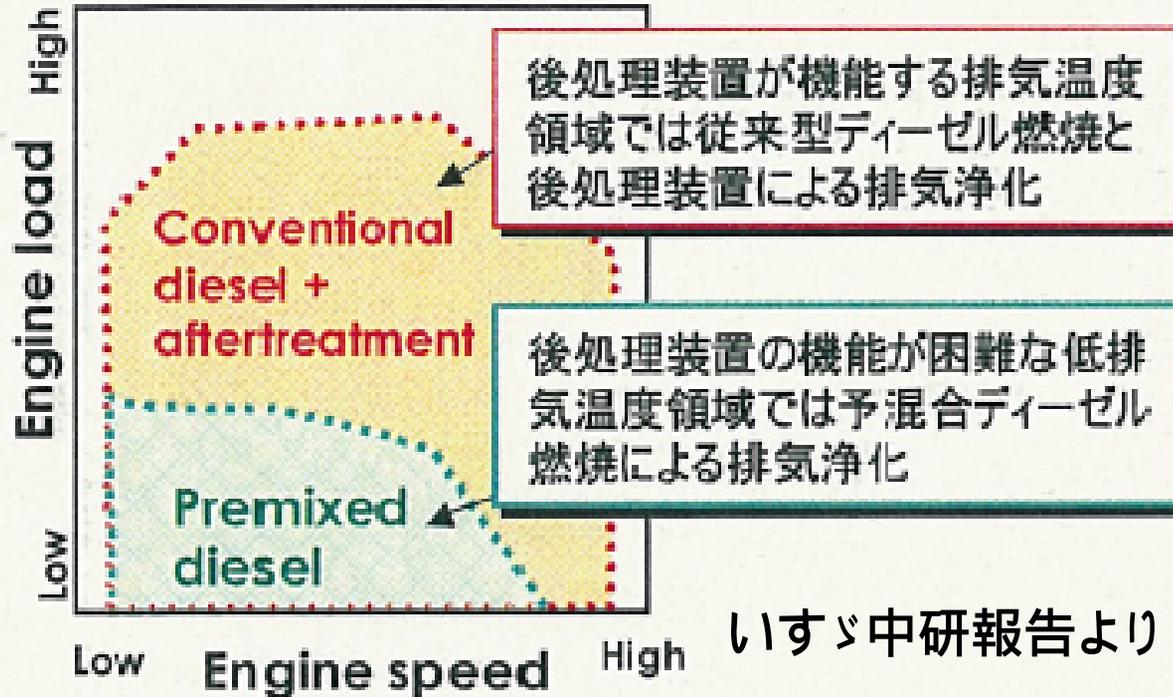


Fig.15 Dual mode diesel combustion concept

- 予混合低温燃焼条件下での燃料品質(T90、芳香族量、セタン価など)の影響を単気筒エンジンを用いた検討を2005年度の計画に追加



以下詳細データ

エンジン・車両諸元

エンジンA

Emission Control	NSR Cat. Oxi. Cat.
Type	Small Truck
Engine Type	In-line 4
Displacement	3.8L
F.I.E.	Common-Rail
EGR	Cooled EGR

エンジンB

Emission Control	Oxi. Cat. Urea SCR
Type	Large Truck
Engine Type	In-line 6 (TCI)
Displacement	13.1L
Power	283kW /1800rpm
F.I.E.	Unit Injector
EGR	None

エンジンD

Emission Control	NSR Cat.+DPF
Type	Small Truck
Engine Type	In-line 4
F.I.E.	Common-Rail
EGR	Cooled EGR

車両B

Emission Control	NSR Cat. + CRDPF
Type	Passenger
Engine Type	In-line 4 (TCI)
Displacement	2.0L
F.I.E.	Common-Rail
EGR	Cooled EGR

先端車両(外注)

Emission Control	Oxi. Cat.+DPF de-NOx Cat.
Type	Passenger
Engine Type	In-line 4(TCI)
Displacement	3L
F.I.E.	Common-Rail
EGR	Cooled EGR

走行試験用燃料

硫黄分3水準 (0、10、50ppm)

		J2D25	J2D01	J2D02	J2D11	S0
		S0	S10	S50	S0	
密度	(g/cm ³ @15)	0.8221	0.8275	0.8271	0.8265	0.782
蒸留性 状 ()	IBP	196.5	176.0	171.0	235.0	
	10 vol%	216.0	219.5	218.5	271.0	205
	50 vol%	261.5	287.5	287.5	288.0	248
	90 vol%	301.0	337.0	337.0	306.5	317
	EP	313.5	361.0	362.0	317.5	
動粘度	(mm ² /s @30)	3.129	3.977	3.949	4.613	3.7
セタン価		52.2	59.0	58.9	63.6	55
セタン指数		57.1	60.5	60.6	67.2	
芳香族分	(vol%)	12.7	15.6	15.9	11.8	0
HPLC 芳香環分布 (vol%)	1環	10.5	14.7	15.1	10.7	
	2環	1.4	0.9	0.8	1.1	
	3環 ⁺	0.8	0.0	0.0	0.0	
元素 分析	硫黄分 (mass ppm)	<1	7	46	<1	<1
	炭素分 (mass%)	86.0	85.0	85.0	85.1	
	水素分 (mass%)	14.0	15.0	15.0	14.9	
真発熱量	(J/g)	43090	43350	43350	43420	43980
HFRR	(μm @60)	417	381	377	387	
備考		エンジンD 車両BでS0 として使用	S10	S50	エンジンA 試験でS0と して使用	先端車両試 験でS0とし て使用

注)いずれのS0燃料も通常の軽油と異なる基材を用いているため性状がS10、S50燃料と異なる

マトリクス試験用燃料

		J2D01	J2D03	J2D04	J2D05	J2D06
密度 (g/cm ³ @15)		0.8275	0.8039	0.8013	0.8159	0.8074
蒸留性 状 ()	IBP	176.0	170.0	169.0	185.0	194.0
	10 vol%	219.5	181.0	179.0	223.0	224.0
	50 vol%	287.5	208.0	203.0	281.0	277.0
	90 vol%	337.0	301.0	283.0	335.0	334.0
	EP	361.0	344.0	338.0	361.5	367.0
動粘度 (mm ² /s @30)		3.977	1.812	1.679	3.904	3.880
セタン価		59.0	55.6	56.1	63.0	61.7
セタン指数		60.5	48.4	47.8	65.4	68.8
芳香族分 (vol%)		15.6	17.2	17.6	9.3	5.4
芳香環分布 (vol%)	1環	14.7	16.9	17.4	9.1	5.3
	2環	0.9	0.3	0.2	0.2	0.1
	3環 ⁺	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
元素 分析	硫黄分 (mass ppm)	7	6	6	4	9
	炭素分 (mass%)	85.0	85.0	84.9	84.6	84.3
	水素分 (mass%)	15.0	15.0	15.1	15.4	15.7
真発熱量 (J/g)		43350	43380	43360	43540	43670
HFRR (μm @60)		381	344	274	388	328
備考		ベース	T90:300	T90:280	Arom:10%	Arom:5%

エンジンD(DPF+NSR) 結果

●排出ガス結果

走行距離 km	モード	項目	S10ppm燃料				S0ppm燃料				S50/S50制御			
			NOx	PM	HC	CO	NOx	PM	HC	CO	NOx	PM	HC	CO
0	JE05	排出量(g/kWh)	0.943	0.020	0.115	0.040	1.026	0.017	0.270	0.030	1.279	0.020	0.173	0.024
		触媒浄化率(%)	58.5	88.7	76.1	98.5	58.9	88.5	44.8	98.9	49.2	89.0	65.3	99.2
	D13	排出量(g/kWh)	0.092	0.009	0.047	0.002	0.090	0.009	0.047	0.001	0.128	0.007	0.034	0.011
		触媒浄化率(%)	95.6	90.7	82.3	99.8	96.2	89.5	83.5	100.0	94.9	94.8	87.3	99.1
15000	JE05	排出量(g/kWh)	1.218	0.014	0.068	0.087	1.362	0.016	0.243	0.022	1.607	0.016	0.147	0.091
		触媒浄化率(%)	46.3	92.1	85.9	96.7	45.4	88.8	50.4	99.2	36.2	91.2	70.5	96.8
	D13	排出量(g/kWh)	0.326	0.004	0.024	0.002	0.202	0.012	0.053	0.001	0.782	0.004	0.108	0.110
		触媒浄化率(%)	84.3	95.9	90.9	99.8	91.6	86.5	81.4	99.9	68.7	97.0	59.7	91.3
30000	JE05	排出量(g/kWh)	1.339	0.017	0.105	0.067	1.307	0.006	0.173	0.066				
		触媒浄化率(%)	41.0	90.4	78.2	97.4	47.6	95.8	64.7	97.7				
	D13	排出量(g/kWh)	0.465	0.007	0.037	0.024	0.191	0.004	0.051	0.014				
		触媒浄化率(%)	77.6	92.8	86.0	97.9	92.0	95.3	81.9	98.8				
50000	JE05	排出量(g/kWh)	1.268	0.009	0.075	0.026	1.442	0.017	0.200	0.028				
		触媒浄化率(%)	44.1	94.9	84.4	99.0	42.2	88.5	59.1	99.0				
	D13	排出量(g/kWh)	0.464	0.009	0.070	0.123	0.305	0.006	0.054	0.019				
		触媒浄化率(%)	77.7	90.7	73.6	89.4	87.2	95.8	80.9	98.4				
		2005規制値 (g / kWh) 3.5t < GVW	2.0	0.027	NMHC 0.17	2.22	2.0	0.027	NMHC 0.17	2.22	2.0	0.027	NMHC 0.17	2.22

●走行試験燃費結果

	S10ppm	S0ppm	S50ppm
修正11ラップ燃費 km/L (全走行平均値)	6.26	6.33	5.98(暫定) 1.5万km中間報告値

S10 S0による燃費向上効果:1.1% (真発熱量ベースで2.4%)

S50 S10による燃費向上効果:4.7%(暫定)

車両B(DPF+NSR)結果

●排出ガス結果

走行距離 km	モード	項目	S10ppm燃料			
			NOx	PM	HC	CO
0	10・15	排出量(g/km)	0.005	0.0024	0.014	0.013
		触媒浄化率(%)	97.6	88.3	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.002	0.0022	0.006	0.008
		触媒浄化率(%)	99.0	89.7	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.020	0.0042	0.021	0.009
		触媒浄化率(%)	92.5	87.6	-	-
15000	10・15	排出量(g/km)	0.028	0.0025	0.011	0.016
		触媒浄化率(%)	86.7	87.9	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.044	0.0022	0.007	0.010
		触媒浄化率(%)	78.9	89.7	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.070	0.0022	0.022	0.032
		触媒浄化率(%)	73.7	93.5	-	-
30000	10・15	排出量(g/km)	0.053	0.0025	0.013	0.012
		触媒浄化率(%)	74.9	87.9	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.074	0.0029	0.017	0.018
		触媒浄化率(%)	64.6	86.4	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.079	0.0029	0.030	0.034
		触媒浄化率(%)	70.3	91.4	-	-
2005規制値 (g/km)			0.14	0.013	NMHC 0.17	0.63

走行距離 km	モード	項目	S50ppm燃料			
			NOx	PM	HC	CO
0	10・15	排出量(g/km)	0.001	0.0038	0.009	0.023
		触媒浄化率(%)	99.5	81.6	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.017	0.0034	0.019	0.024
		触媒浄化率(%)	91.9	84.0	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.001	0.0044	0.009	0.024
		触媒浄化率(%)	99.6	87.0	-	-
4000	10・15	排出量(g/km)	0.039	0.0026	0.012	0.024
		触媒浄化率(%)	81.5	87.4	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.071	0.0024	0.010	0.025
		触媒浄化率(%)	66.0	88.7	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.077	0.0019	0.023	0.037
		触媒浄化率(%)	71.1	94.4	-	-
17500	10・15	排出量(g/km)	0.095	0.0017	0.013	0.008
		触媒浄化率(%)	55.0	91.7	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.121	0.0026	0.011	0.008
		触媒浄化率(%)	42.1	87.8	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.115	0.0040	0.029	0.013
		触媒浄化率(%)	56.8	88.2	-	-
34000	10・15	排出量(g/km)	0.096	0.0041	0.017	0.016
		触媒浄化率(%)	54.5	80.1	-	-
	CD34 Hot	排出量(g/km)	0.123	0.0019	0.012	0.018
		触媒浄化率(%)	41.1	91.1	-	-
	CD34 Cold	排出量(g/km)	0.135	0.0026	0.038	0.031
		触媒浄化率(%)	49.2	92.3	-	-
2005規制値(小型) (g/km)			0.14	0.013	NMHC 0.17	0.63

●走行試験燃費結果

	S10/S10制御	S50/S50制御
11ラップ燃費 km/L (全走行平均値)	19.64	18.68

S50 S10による燃費向上効果:5.2%