

JCAPガソリン車WG報告

平成13年9月6日

ガソリン車WG

STEP II（四輪車走行試験）計画概要

1. 目的：将来排出ガス対策技術を搭載した車両と各種燃料の組み合わせで試験を行ない、自動車技術・燃料技術の将来の方向性を探る。

2. 試験内容

①供試車両と試験燃料

- ・将来のCO₂排出量低減を考慮し、直噴エンジンを検討の中心に位置づける。
- ・直噴の低排出ガス化のためには、NO_x低減触媒が必要でありガソリン中の硫黄分の影響が懸念されるため硫黄分について試験を行なう。

②走行試験（長期走行時の硫黄分の影響把握）

- ・車両4種（MPI1台、直噴3台）
- ・燃料 硫黄分3水準
- ・走行距離 3万km
- ・排出ガス目標は昭和53年規制値比1/6（平成12年規制値比1/2）

供試燃料

Properties			Test Method	Fuel Code		
				2G-01	2G-02	2G-03
Sulfur	mass ppm	(Target)	JIS K 2241	2 (10)	22 (30)	86 (80)
Density	g/cm3		JIS K 2249	0.7493	0.7496	0.7498
RVP	kPa		JIS K 2258	77.0	77.0	76.0
Benzene	vol.%		JIS K 2536	0.6	0.6	0.6
Distillation						
	IBP	°C	JIS K 2254	30.5	32.5	28.5
	10%	°C	"	44.5	45.0	45.0
	50%	°C	"	95.5	95.0	96.5
	90%	°C	"	151.0	148.5	152.5
	EP	°C	"	188.0	187.5	188.5
Research Octane Number			JIS K 2280	100.2	100.2	100.3
Motor Octane Number			"	88.4	88.5	88.4
Aromatics	vol.%		JIS K 2536	39.6	39.6	39.6
Saturates	vol.%		"	42.6	42.6	42.6
Olefins	vol.%		"	16.3	16.3	16.3
MTBE	vol.%		JIS K 2260	1.5	1.5	1.5

供試車両

Vehicle		GVA	GVB	GVC	GVD
Emission target		1/6 level of 1978 regulation Prototype			
Engine system		Stoichio MPI	Lean Burn SIDI	Lean Burn SIDI	Lean Burn SIDI
Catalyst 1	Location	UB	CC	CC	CC×2
	Type	TWC	TWC	TWC	N.D.
Catalyst 2	Location	N.A	UB	UB	UB
	Type		TWC+ NOx Storage Reduction	NOx Storage Reduction type TWC	N.D.

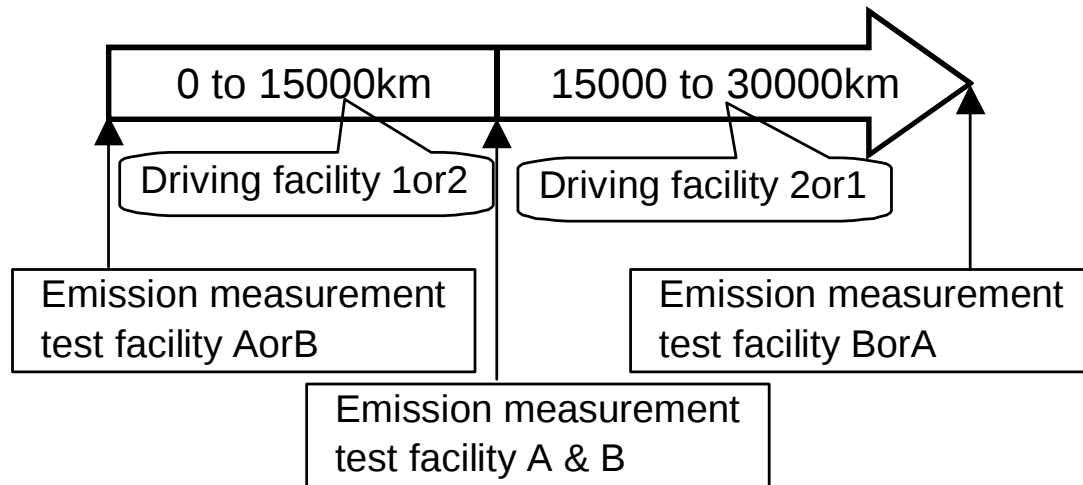
供試車両諸元－1

Vehicle		GVA	GVB	GVC	GVD
Engine system (Stoichio/Lean Burn, SIDI/MPI)		Stoichio MPI	Lean Burn SIDI	Lean Burn SIDI	Lean Burn SIDI
Catalyst 1	Location (CC/UB/CC+UB)	UB	CC	CC	CC×2
	Type (TWC/NOx Selective Reduction/NOx Storage Reduction/HC Trap)	TWC	TWC	TWC	N.D.
	Material (Pt/Pd/Rh/Ir/Ba/Zeolite/others)	Pd/Rh	Pd/Rh	Pd/Rh	Pd/Rh
	Volume(L)	1.4	0.7	0.7+0.7	0.5×2
	Electric Heating	N.A	N.A	N.A	N.A
	Substrate, Improvement	N.A	N.A	Thinner Wall	Metal Carrier
	NOx Storage-Desorption, Improvement	N.A	N.A	N.A	N.D.
	Sulfur Desorption	N.A	N.A	N.A	N.D.
Catalyst 2	Location(CC/UB/CC+UB)	N.A	UB	UB	UB
	Type (TWC/NOx Selective Reduction/NOx Storage Reduction/HC Trap)	N.A	TWC+NOx Storage Reduction	NOx Storage Reduction type TWC	N.D.
	Material (Pt/Pd/Rh/Ir/Ba/Zeolite/others)	N.A	Pt/Rh	Pt/Rh+NOx Adsorber	Pt/Pd/Rh
	Volume(L)	N.A	1+1.3	1.3+1.3	1.7
	Electric Heating	N.A	N.A	N.A	N.A
	Substrate, Improvement				
	NOx Storage-Desorption, Improvement	N.A	Improvement	Improvement Precise Control	N.D.
	Washcoat, Cell shape	N.A	N.A	Cell:Hexagonal Cell With other improvements	N.A
	Material improvement (H2 producing, Anti-sulfur, Desorption enhancement)	N.A	N.D.		N.D.
	Sulfur Desorption Desorption by A/F, exhaust gas control	N.A	N.D.	Precise control of A/F and exhaust temperature at all speed/torque, etc	
Fuel Injector, Atomization/Air Assist		N.A	N.A	Atomization, Improvement of nozzle/spray shape, Concept change	With, High Pressure Injection

供試車両諸元－2

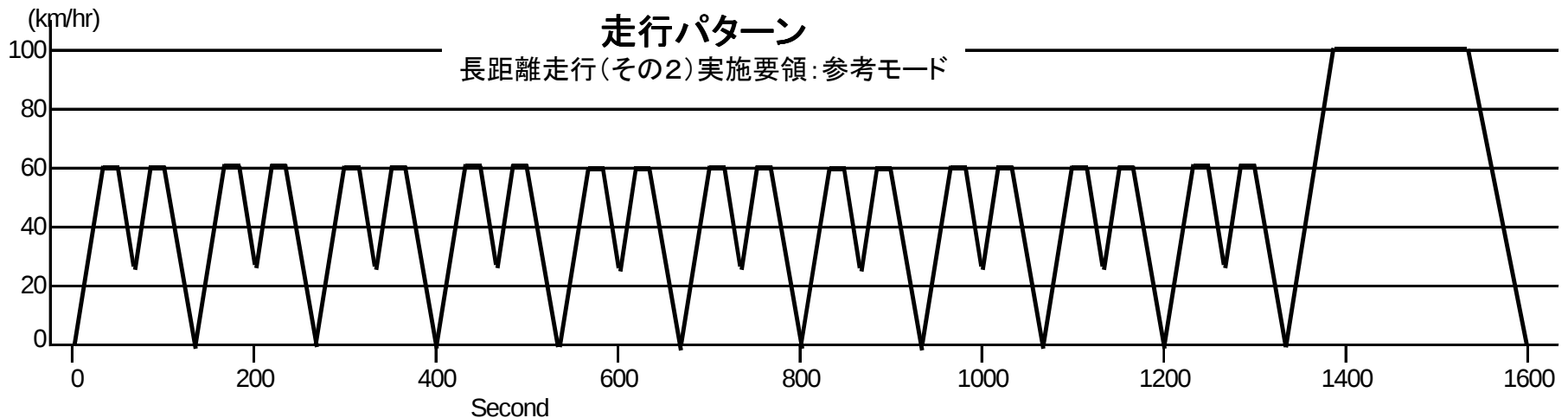
Vehicle		GVA	GVB	GVC	GVD
Engine system (Stoichio/Learn Burn, SIDI/MPI)		Stoichio MPI	Lean Burn SIDI	Lean Burn SIDI	Lean Burn SIDI
Catalyst 1	Location	UB	CC	CC	CC×2
	Type	TWC	TWC	TWC	N.D.
	Material	Pd/Rh	Pd/Rh	Pd/Rh	Pd/Rh
	Volume(L)	1.4	0.7	0.7+0.7	0.5×2
Catalyst 2	Location	N.A	UB	UB	UB
	Type	N.A	TWC+ NOx Storage Reduction	NOx Storage Reduction type TWC	N.D.
	Material	N.A	Pt/Rh	Pt/Rh+NOx Adsorber	Pt/Pd/Rh
	Volume(L)	N.A	1+1.3	1.3+1.3	1.7
Low Heatmass Manifold		Improvement	Improvement	Improvement	N.A
A/F Control	O2 Sensor Location, Number	Ex Manifold, 1	With, 1	With, 2	Ex Manifold, 2 (Both side)
	A/F Sensor Location, Number	N.A	N.A	N.A	N.A
	Fuel Wallpet Control	With	N.A	N.A	With
	ECU,	Improvement	N.A	Improvement	Improvement
	Lean control after cold start, Improvement	N.A	N.A	N.A	N.A
Piston / Cylinder Head, Improvement		N.A	N.A	Concept change of A/F mixture formation and combustion control	Improvement
Variable Valve Timing		With (1 intake valve dis-activation at low revolution)	N.A	With	With
Swirl/Tumble Control		With, Swirl	N.A	Swirl	Swirl (Electrical)
EGR		With, Electric	With, Electric	With, Electric, Precise control, Enrichment	With, Electric
Ignition timing retard at cold start		N.A	N.A	N.A	With
Fuel Injector, Atomization/Air Assist		N.A	N.A	Atomization, Improvement of nozzle/spray shape, Concept change	With, High Pressure Injection

試験手順



排出ガス測定:

- ・11／10・15モード
- ・CO/THC/NO_x/未規制物質



試験マトリックス一覧

Vehicle				Fuel		Emission Measurement		Note
Emission Target	Engine	Catalyst	ID No.	Sulfur	ID No.	Material	Mileage	
1/6 of 1978Regulation Prototype	MPI Stoichio	TWC	GVA1	2ppm	2G-01	Regulated & Unregulated	0,15000,30000km	
			GVA2	22ppm	2G-02		"	
			GVA3	86ppm	2G-03		"	
	SIDI Lean	①TWC ②TWC+ NOx strage reduction	GVB1	2ppm	2G-01	Regulated & Unregulated	"	Unusual Data
			GVB2	22ppm	2G-02		"	
			GVB3	86ppm	2G-03		"	Unusual Data
			GVB4	2ppm	2G-01		0,15000,27000km	Re-test
			GVB5	86ppm	2G-03		0,15000,30000km	Re-test
	SIDI Lean	①TWC ②NOx strage reduction type TWC	GVC1	2ppm	2G-01	Regulated & Unregulated	"	
			GVC2	22ppm	2G-02		"	
			GVC3	86ppm	2G-03		"	
	SIDI Lean	①N.D ②N.D (NOx reduction catalyst)	GVD1	2ppm	2G-01	Regulated & Unregulated	"	
			GVD2	22ppm	2G-02		"	
			GVD3	86ppm	2G-03		"	

四輪車走行試験 (硫黄影響)

結果と考察

硫黄の影響(30000km走行後)

Mode		10・15			11		
Sulfur change, ppm		86→22	86→2	22→2	86→22	86→2	22→2
CO	GVA(MPI)	→	→	→	→	→	→
	GVB(SIDI)	→	→	→	→	↓	→
	GVC(SIDI)	→	→	→	↓	↓	→
	GVD(SIDI)	↓	↓	↓	↓	↓	↓
THC	GVA(MPI)	↓	↓	→	→	→	→
	GVB(SIDI)	↓	↓	→	→	↓	↓
	GVC(SIDI)	↓	→	→	↓	↓	→
	GVD(SIDI)	↓	↓	→	→	→	→
NOx	GVA(MPI)	→	→	→	↓	↓	→
	GVB(SIDI)	→	↓	↓	→	↓	↓
	GVC(SIDI)	↓	↓	→	↓	↓	→
	GVD(SIDI)	→	↓	↓	↓	↓	↓

→:有意差無し ↓:減少

- ・硫黄低減により排出ガスは改善の方向。
- ・直噴車はMPI車より硫黄の影響が出やすい。

排出ガスレベル(30000km走行後、対目標値)

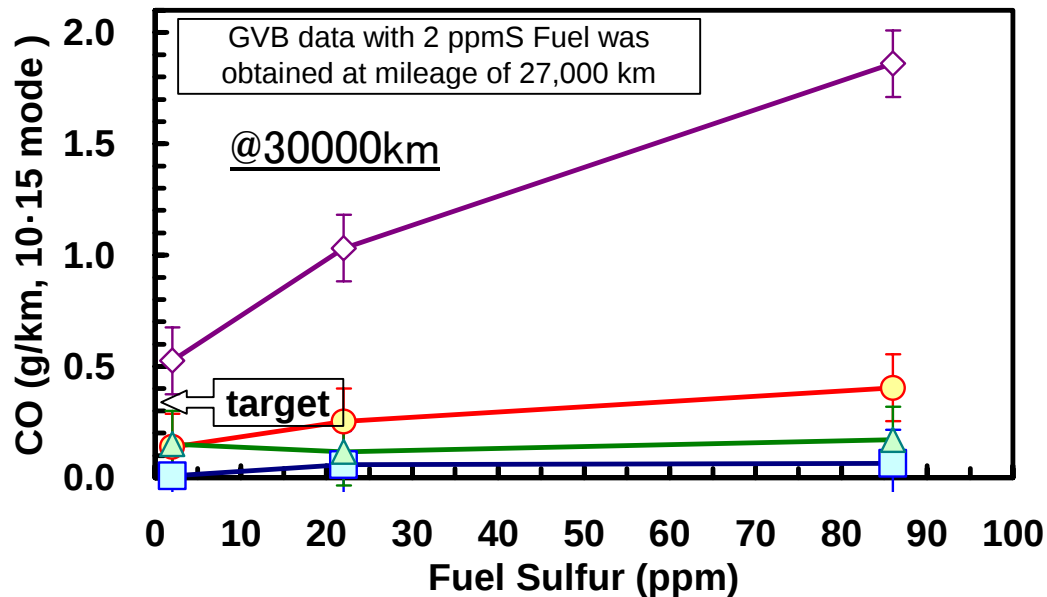
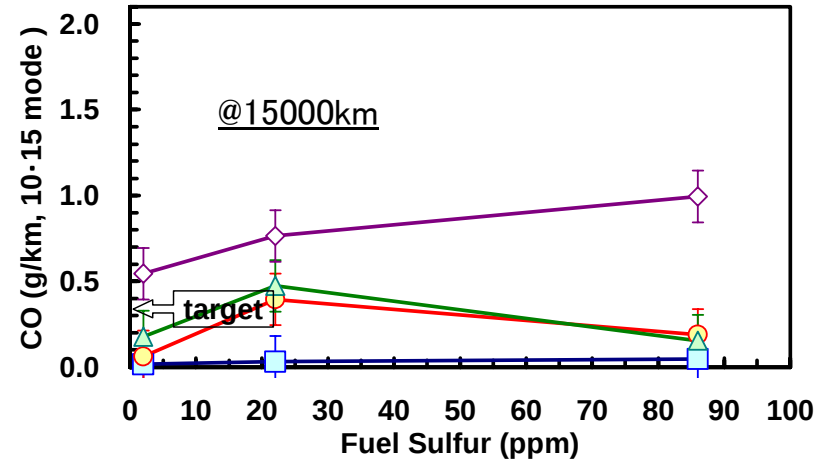
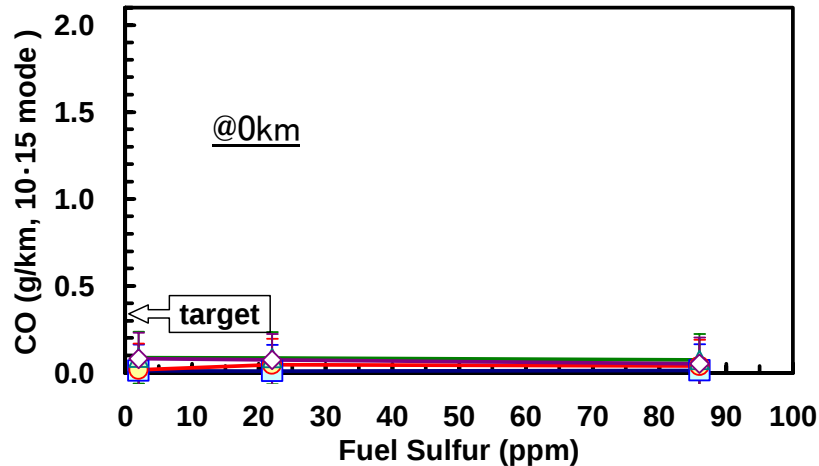
	10・15 MODE								
	CO			THC			NOX		
Sulfur	2ppm	22ppm	86ppm	2ppm	22ppm	86ppm	2ppm	22ppm	86ppm
GVA	○	○	○	○	○	○	○	○	○
GVB	○	○	×	○	○	○	×	×	×
GVC	○	○	○	○	○	○	○	○	×
GVD	×	×	×	○	○	○	×	×	×
	11 MODE								
	CO			THC			NOX		
Sulfur	2ppm	22ppm	86ppm	2ppm	22ppm	86ppm	2ppm	22ppm	86ppm
GVA	○	○	○	○	○	○	○	○	○
GVB	○	○	○	○	×	×	○	○	○
GVC	○	○	○	○	○	×	○	○	○
GVD	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Notes ○: ≤ Target

×: > Target

- ・MPI車(GVA)は全ての硫黄レベルで目標値以内。
- ・直噴車は、86ppmでは全車が目標値を超えたが、2ppmと22ppmではGVC車が目標値以内。

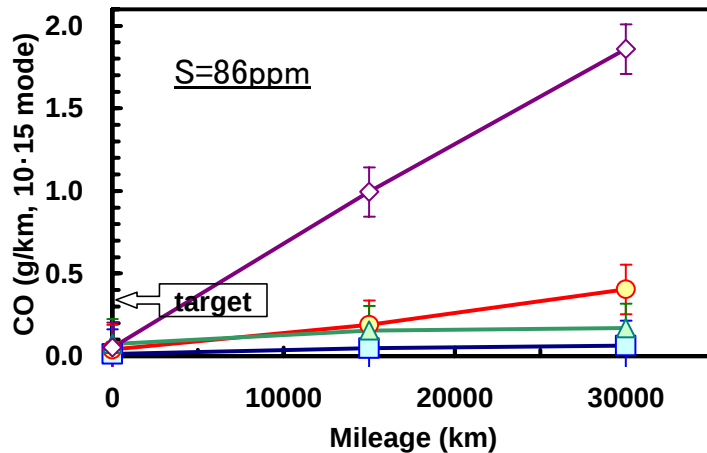
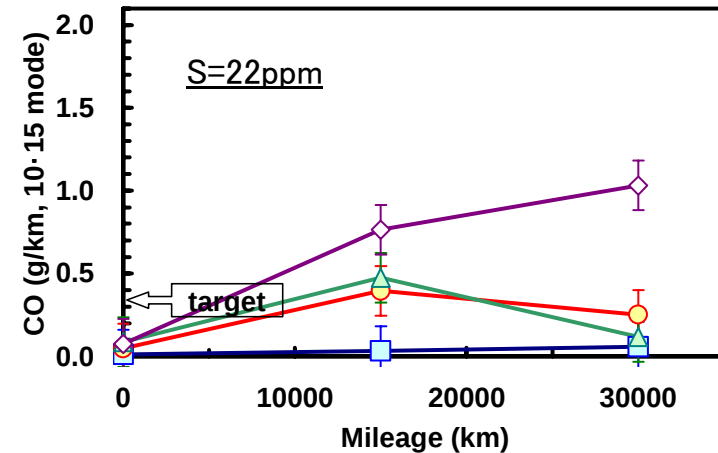
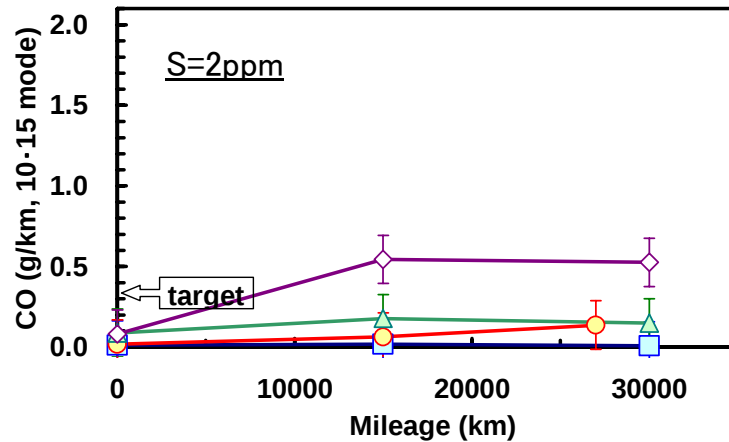
試験結果＜10・15モード・CO vs. 硫黄濃度＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・GVA (MPI車) と GVC (直噴車) は全硫黄レベルで目標値以内。
- ・GVA は 0～30000km で硫黄影響無し。
- ・0km では全車硫黄影響無し。
- ・30000km で GVD は硫黄濃度によって差が見られる。
- ・GVB、GVC は 15000km において 22→2ppm では減少傾向、86→22ppm では増加傾向。

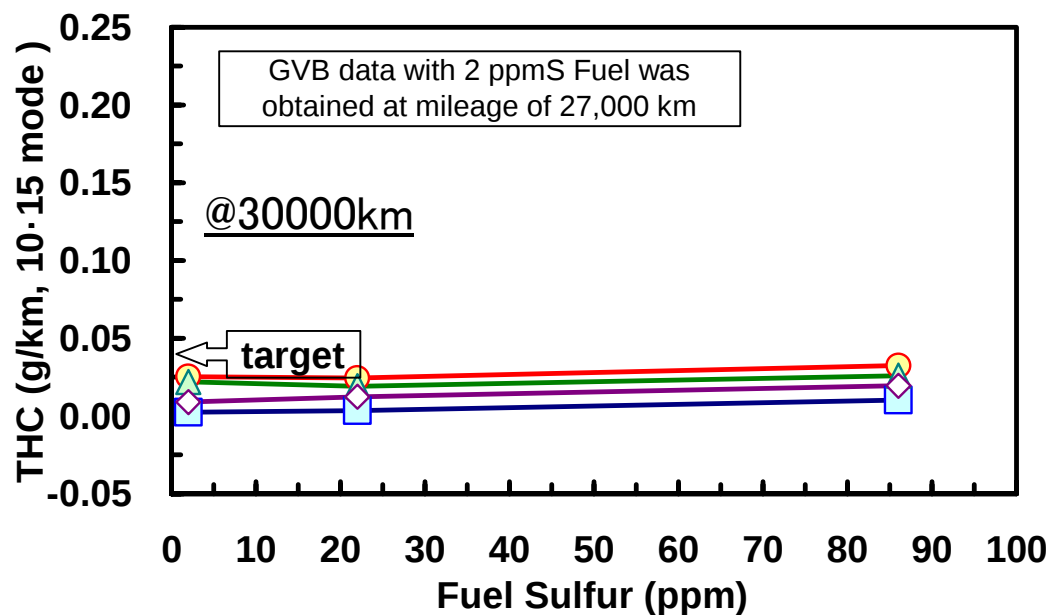
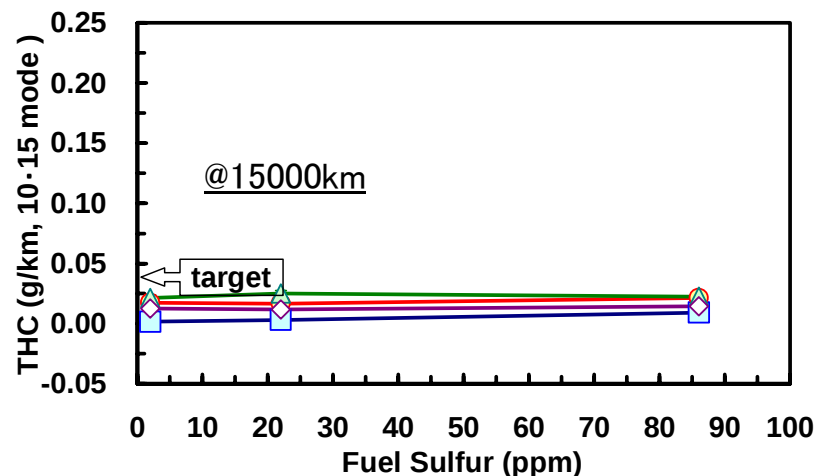
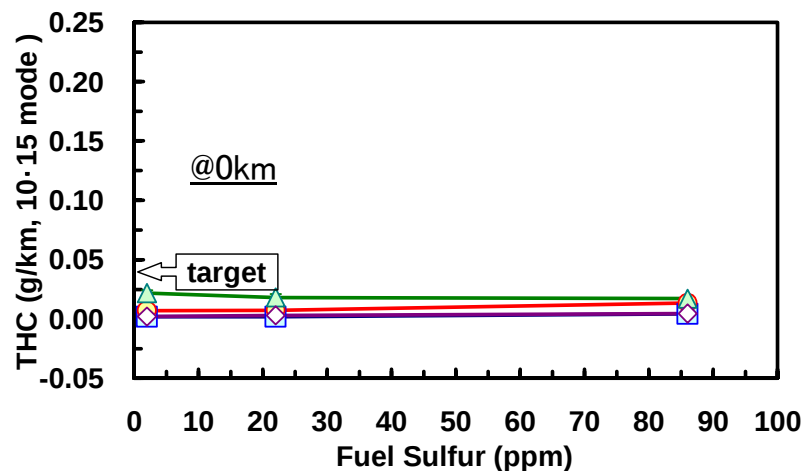
試験結果＜10・15モード・CO vs.走行距離＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・GVA (MPI車)は全走行距離で目標値以内。
- ・GVA (MPI車)は全硫黄レベルで走行による増加無し。
- ・全硫黄レベルで直噴車は走行によって排出量増加傾向。
- ・GVDの増加量が多い。
- ・GVB、GVCは22ppmの15000→30000kmで減少傾向。

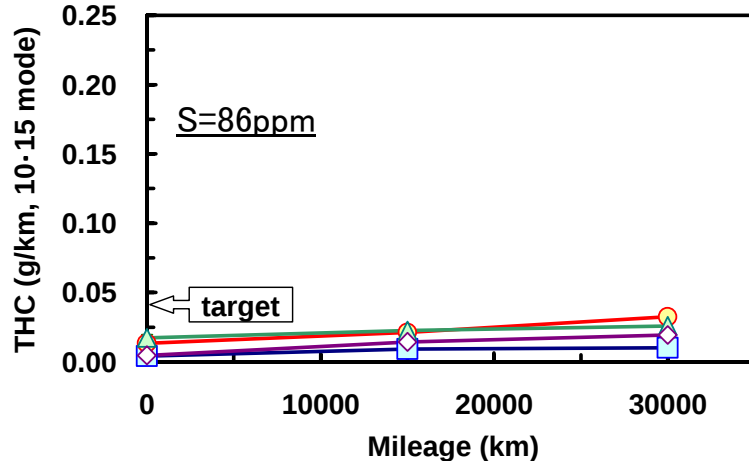
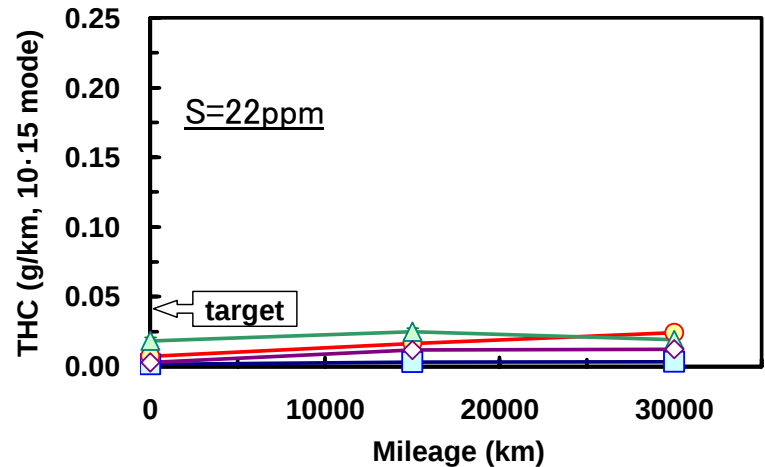
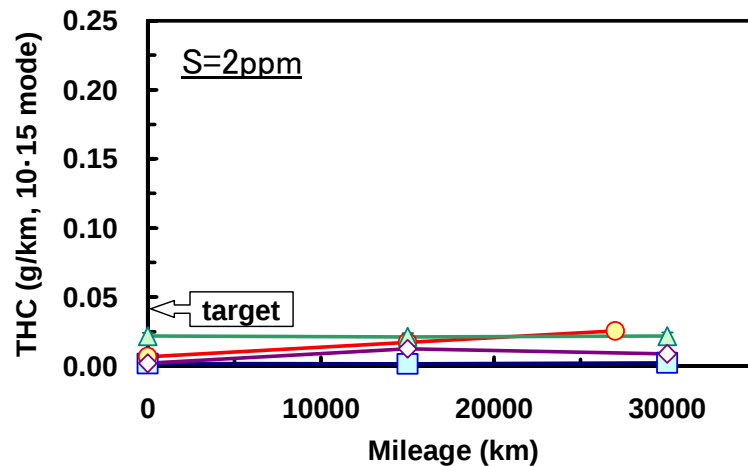
試験結果＜10・15モード・THC vs.硫黄濃度＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- △— GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◇— GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・全車が全硫黄レベルで目標値以内。
- ・30000kmでは86→22ppmで僅かに減少、22→2ppmは変化無し

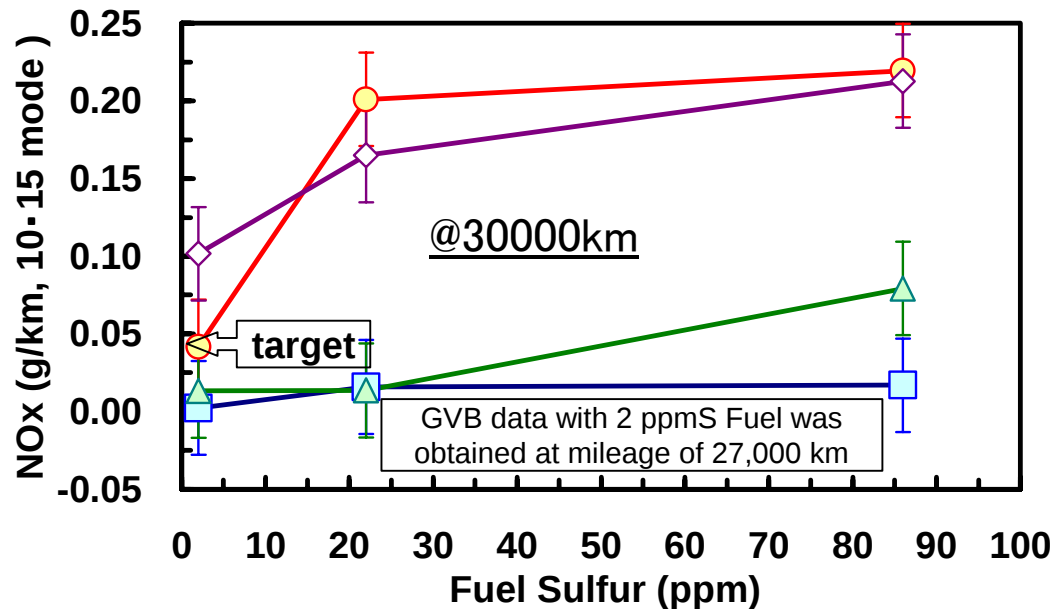
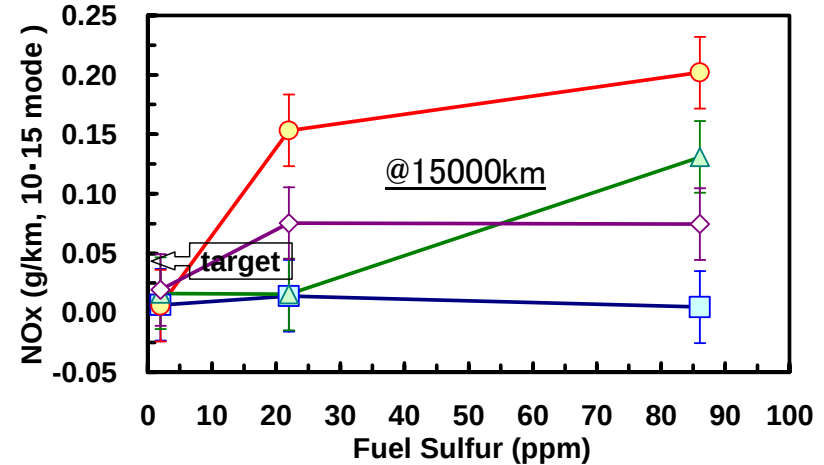
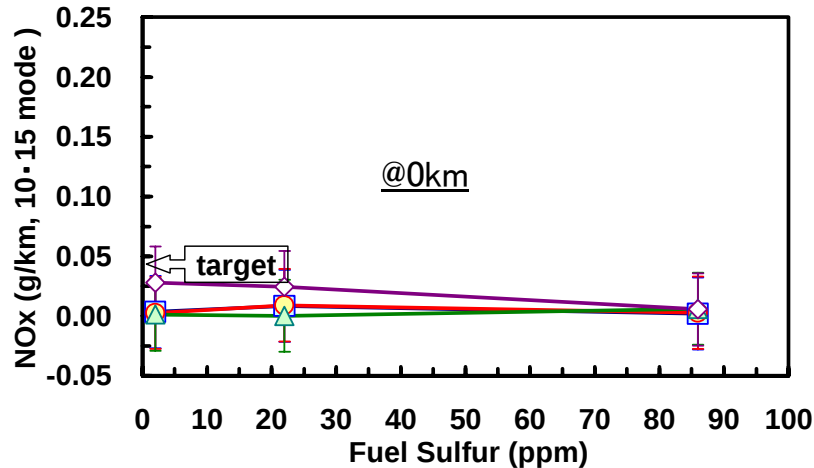
試験結果＜10・15モード・THC vs.走行距離＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・全車が全走行距離で目標値以内
- ・全車、全硫黄レベルともに走行による増加は僅か。

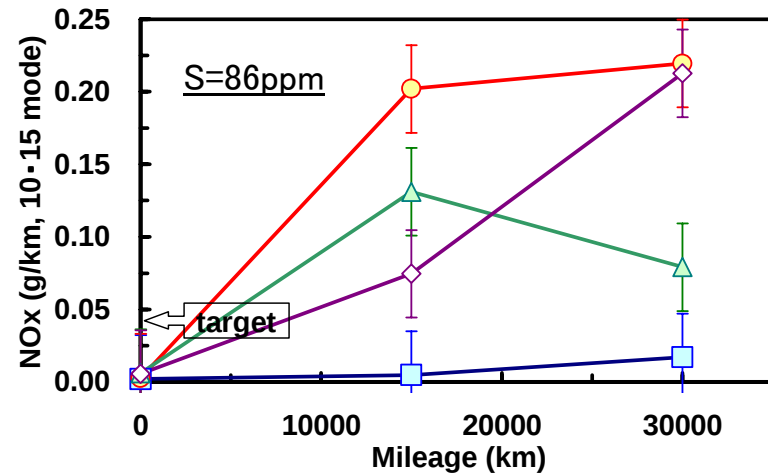
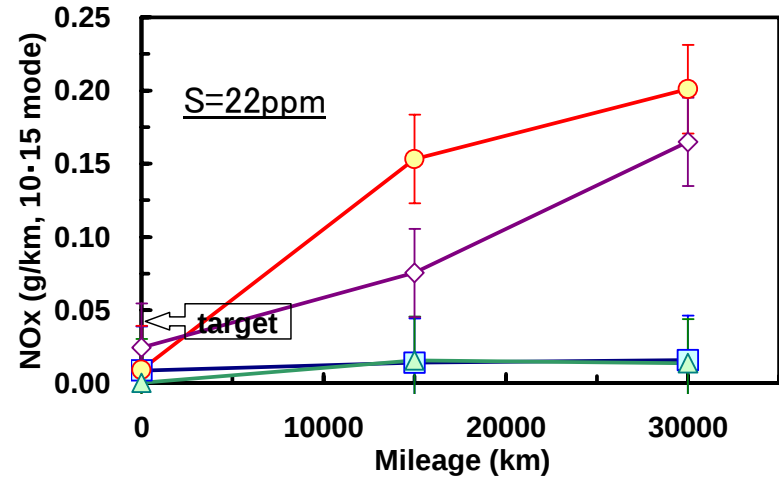
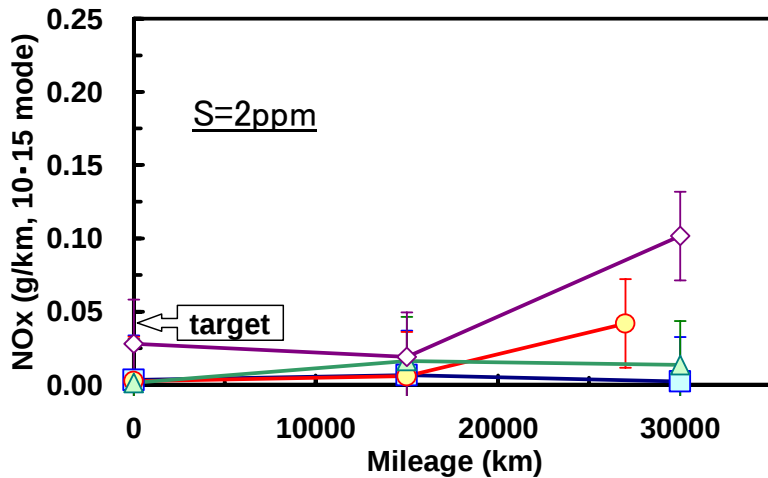
試験結果＜10・15モード・NO_x vs.硫黄濃度＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- △ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◇ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・0kmは全車で硫黄影響無し
- ・15000、30000kmでは直噴車で硫黄影響有り。GVBとGVDで影響大。GVCは86ppm→22ppmで影響有り、22→2ppmでは影響無し
- ・GVA (MPI車)は硫黄影響無し。

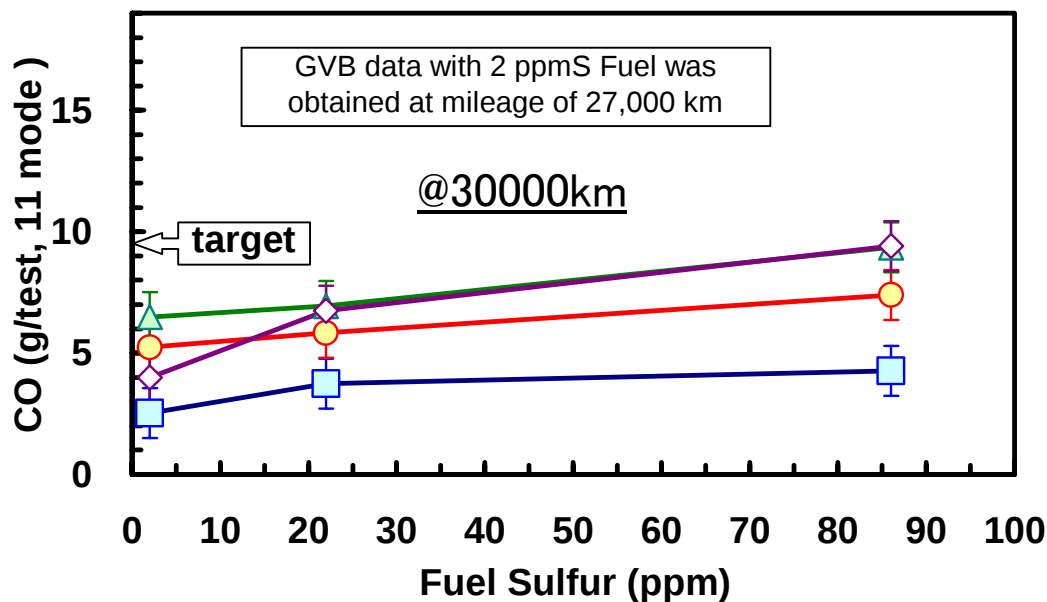
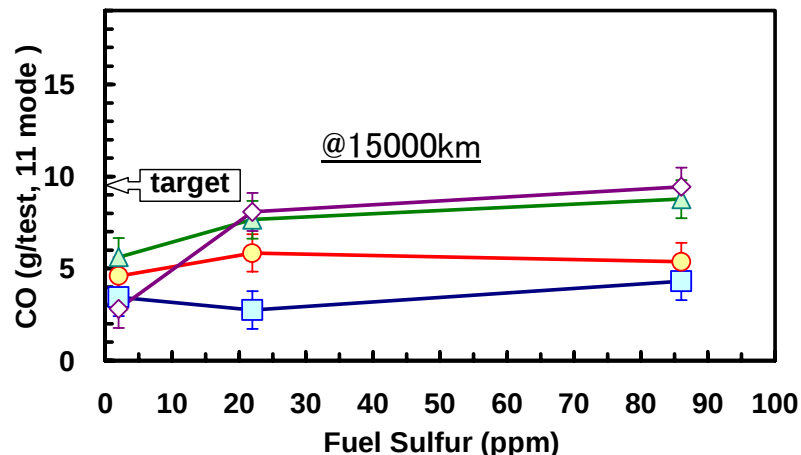
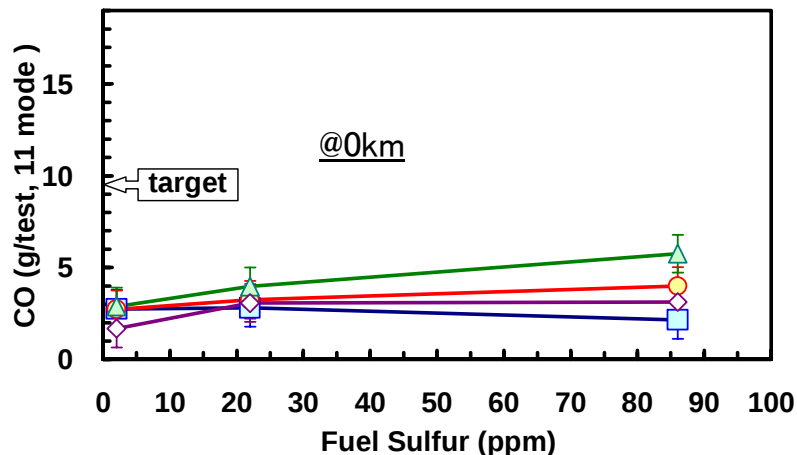
試験結果＜10・15モード・NO_x vs.走行距離＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- △ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◇ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・GVA (MPI車) は全走行距離で目標値以内。
- ・GVAは86ppmのみ、僅かに0→30000km走行で増加。
- ・86ppmでは直噴車が走行により増加。GVCは比較的増加が小さく、15000→30000kmでは変化無しまたは減少。
- ・22ppmでは、GVB、GVDが走行により大きく増加。

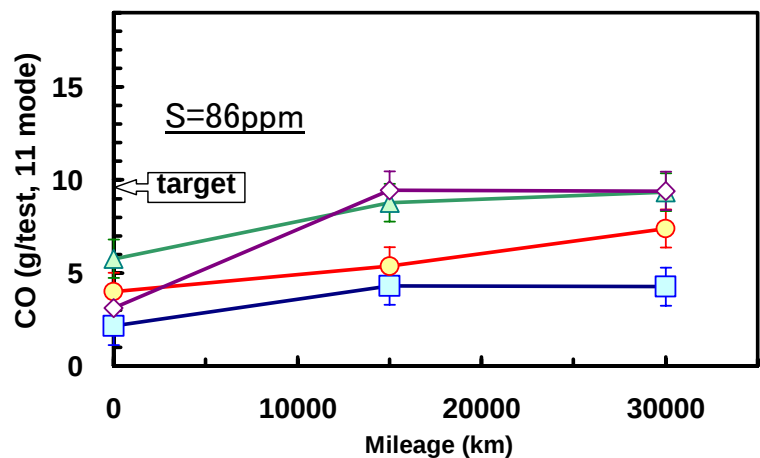
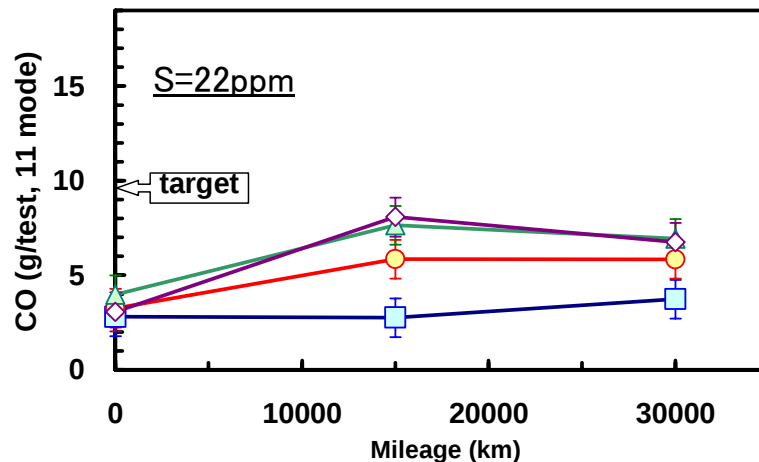
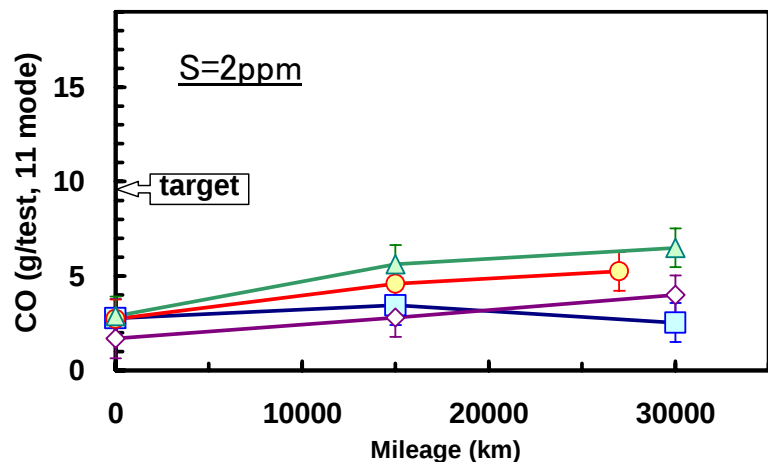
試験結果<11モード・CO vs.硫黄濃度>



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

・全車が全硫黄レベルで目標値以内であるが、GVCとGVDは目標値に対して余裕がない。

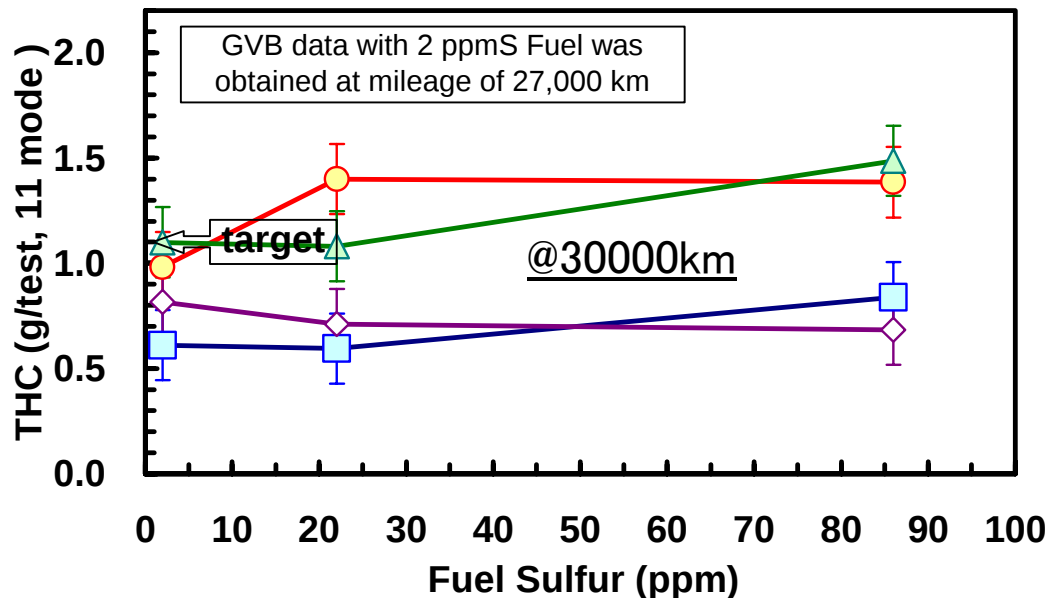
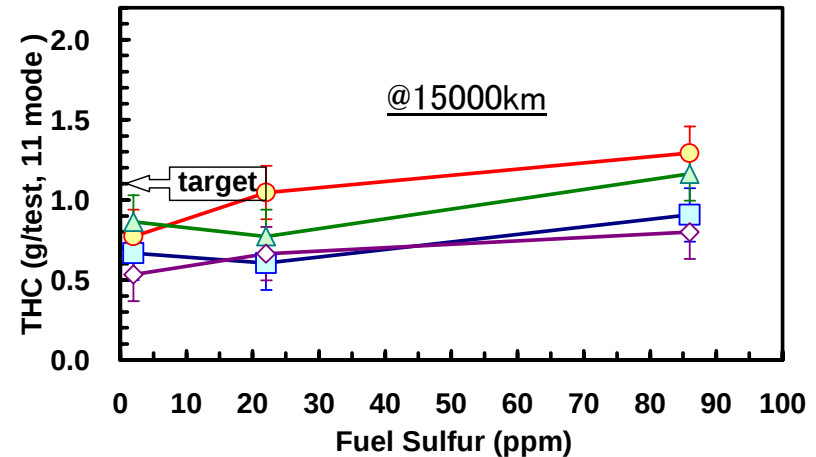
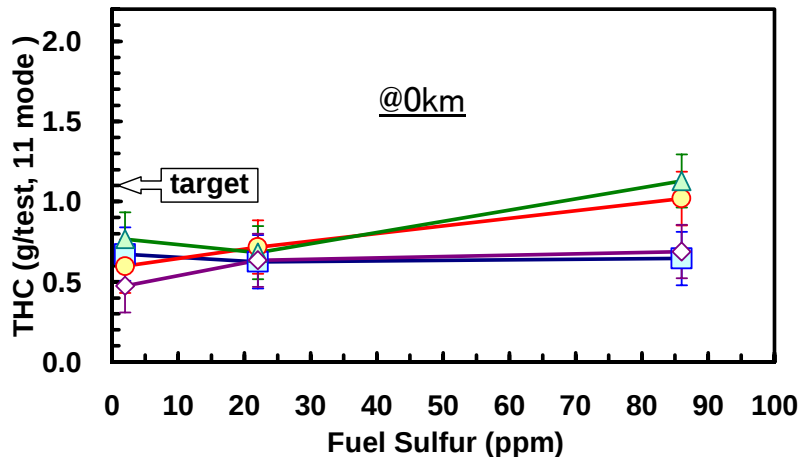
試験結果＜11モード・CO vs. 走行距離＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

・全車が全硫黄レベルで目標値以内であるが、GVCとGVDは目標値に対して余裕がない。

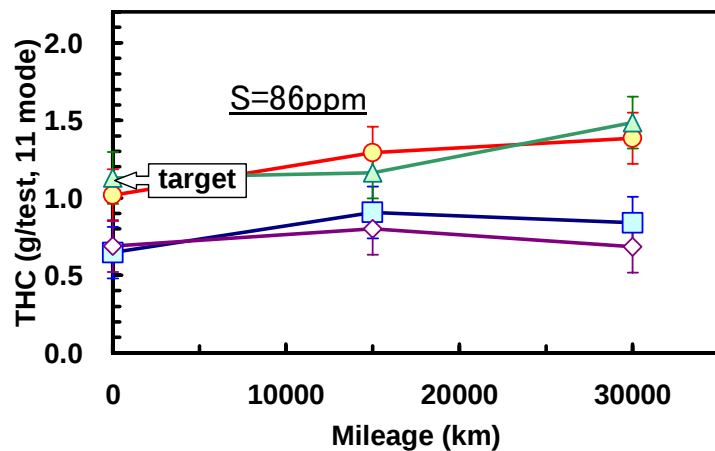
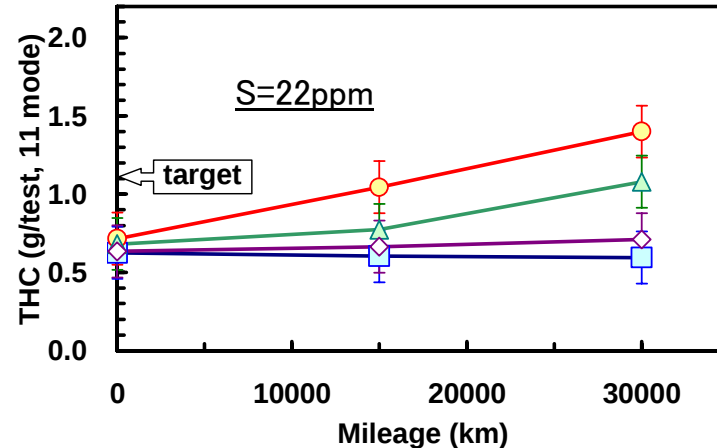
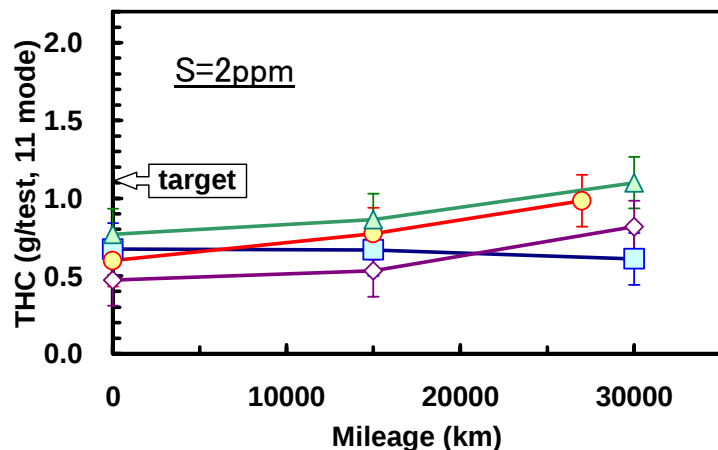
試験結果＜11モード・THC vs.硫黄濃度＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・GVA (MPI車)とGVD (直噴車)は全硫黄レベルで目標値以内。
- ・30000kmでGVA、GVB、GVCは86→2ppmで減少、GVDは変化無しまたは増加

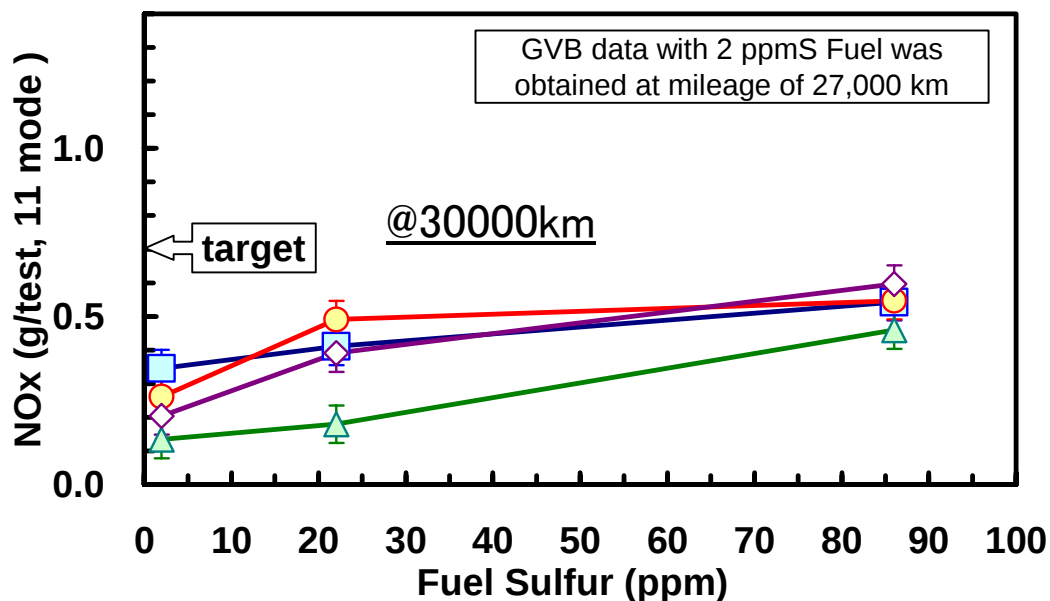
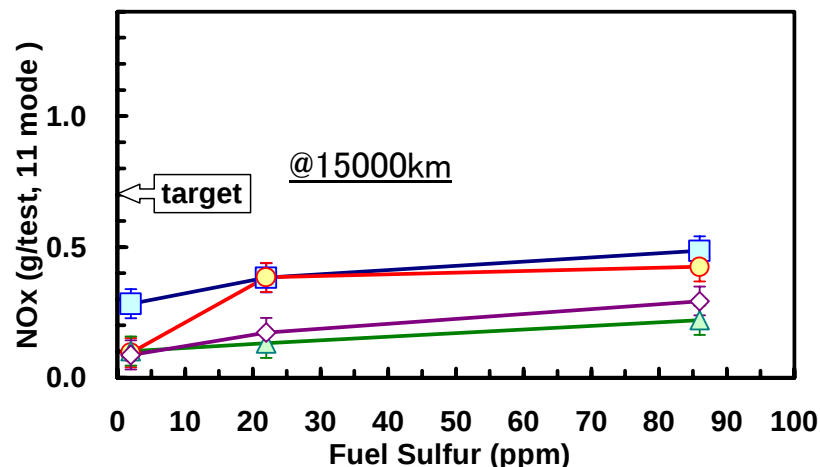
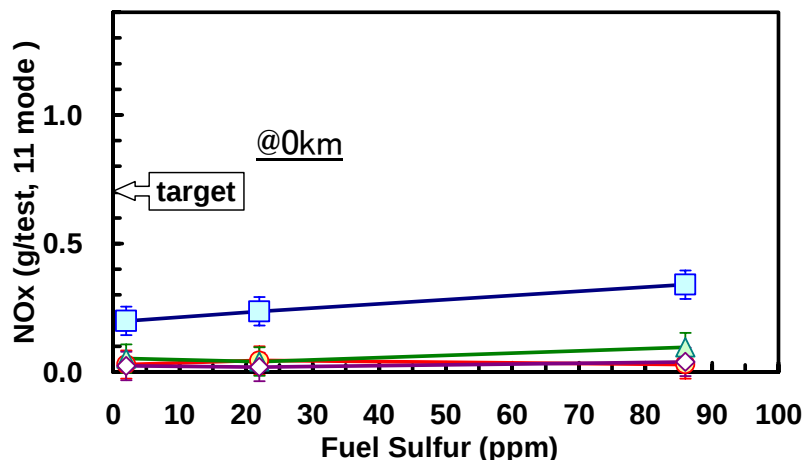
試験結果＜11モード・THC vs.走行距離＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- △ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◇ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・GVA (MPI車)とGVD (直噴車)は全走行距離で目標値以内。
- ・GVA、GVDは走行による変化が少ない。

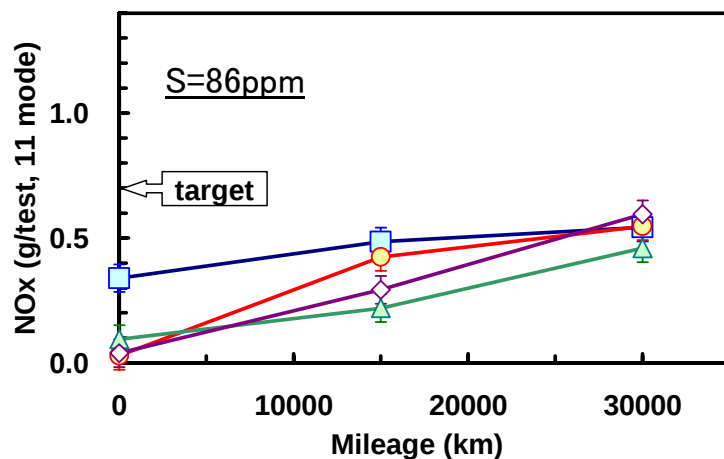
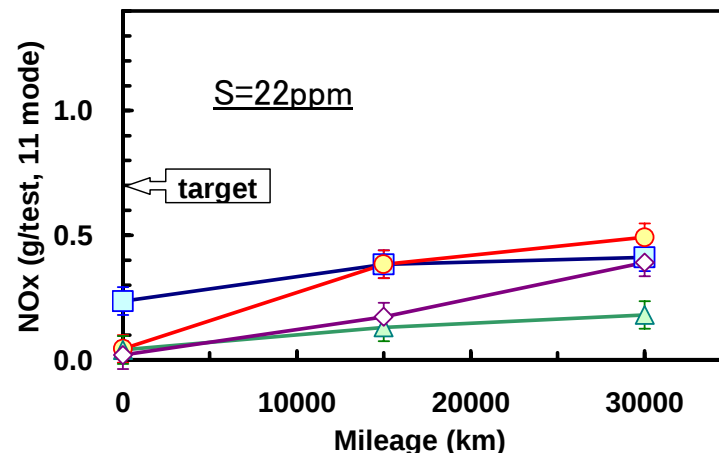
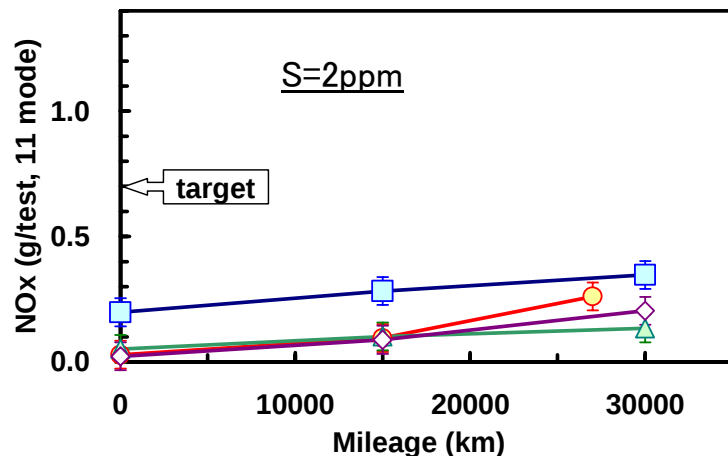
試験結果＜11モード・NO_x vs.硫黄濃度＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲ GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆ GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・全車が全硫黄レベルで目標値以内。
- ・15000kmと30000kmで全車ともに硫黄の影響が見られる。

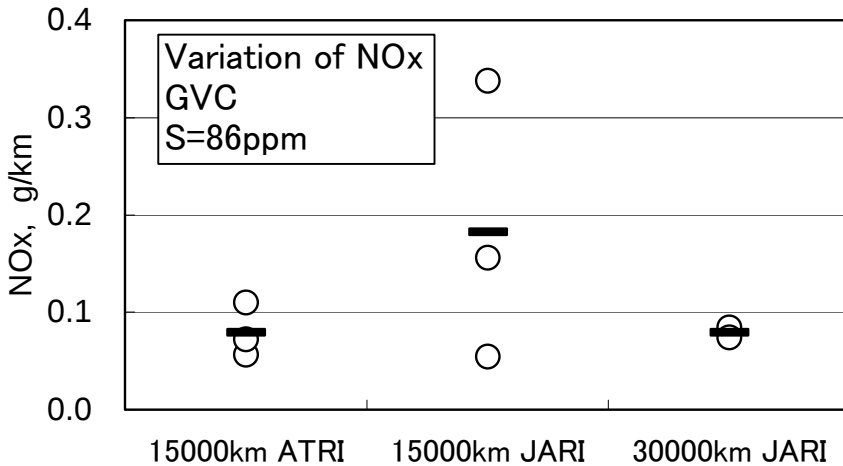
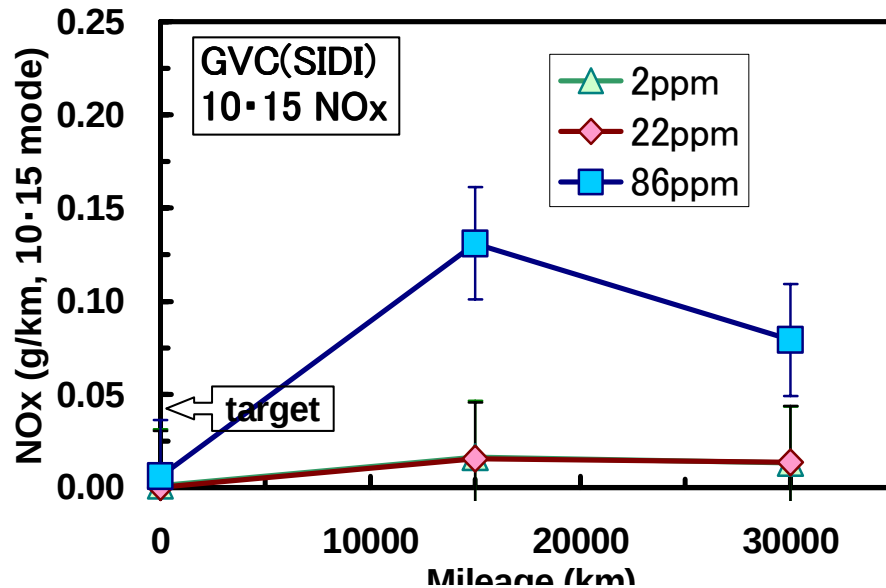
試験結果＜11モード・NO_x vs. 走行距離＞



- GVA (MPI-三元触媒)
- GVB (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ▲— GVC (直噴-NO_x吸蔵還元触媒)
- ◆— GVD (直噴-NO_x低減触媒)

- ・全車が全走行距離で目標値以内
- ・全車が走行によって排出量増加。

挙動の解析／考察－1



GVC(直噴－NOx吸蔵還元触媒)
86ppmでは15000→30000kmで排出量減少傾向

触媒セル形状最適化、
空燃比/排気温度制御による
硫黄被毒回復技術を採用

硫黄被毒回復制御が
15000→30000kmで
入った。

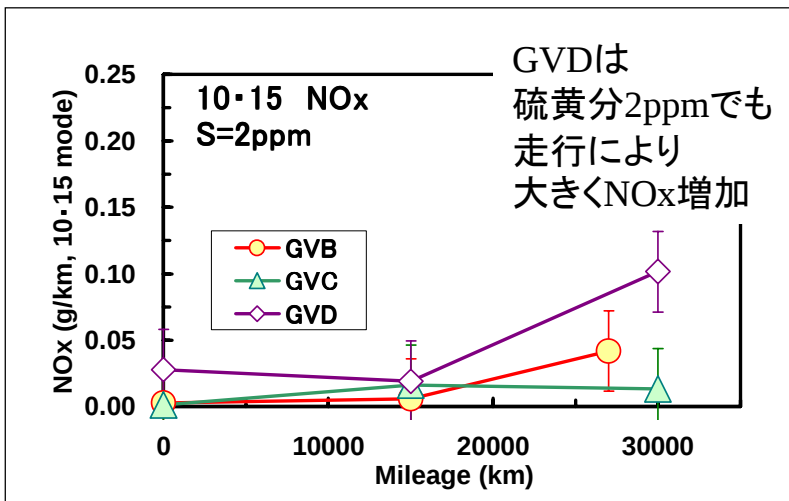
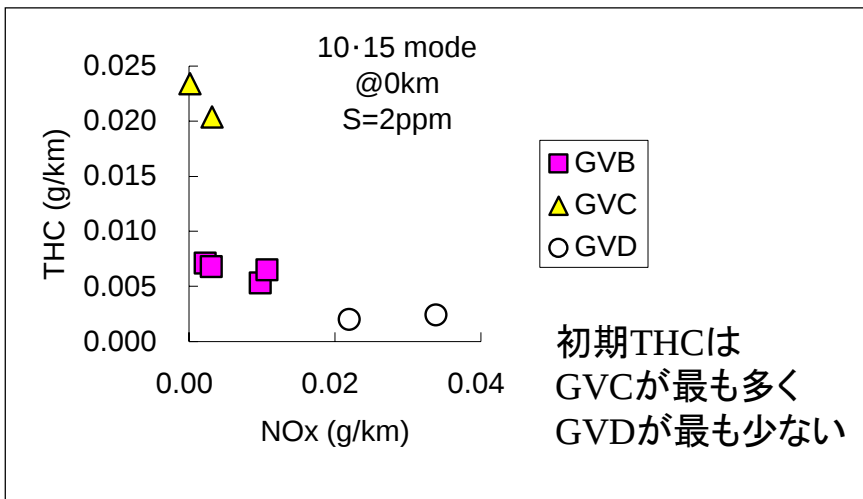
2ppmと22ppmでは
同様の傾向が
見られない

触媒にたまったSoxにより
NOx吸蔵能力が低下。
↓
Noxが破過しやすくなった。
↓
運転条件等の変動により
Noxオーバーフロー量が
大きく異なった

両方の可能性

データがばらついた

挙動の解析／考察-2



推定

GVC:

過濃空燃比の制御領域の頻度を高くして、NO_x低減、硫黄脱離を図ったためにTHCがやや高め

GVD:

THC低減のため保温強化、高排気温を狙ったため、熱劣化が予想以上に進行

①直噴車

更なる排出ガス低減のためには、耐熱性と耐硫黄被毒性を向上した触媒やNO_x・硫黄脱離のための空燃比制御時におけるTHC低減技術、CO₂排出量にも視点をおいた高精度な空燃比及び排気温度制御の開発が必要である。

②MPI車

CO₂低減を目的としてリーン化が進んだ場合には、同様の課題が想定される。

四輪車走行試験(硫黄影響)結果まとめー1

1. 走行開始前の排出ガス

- ・10・15モード、11モード共に全ての供試車両、全ての硫黄レベルで目標値以内であった。
- ・硫黄レベルの影響は殆ど見られなかった。

2. 30000km走行後の排出ガス

(1) 10・15モード

①MPI車

- ・走行による劣化及び硫黄分の影響が小さく、硫黄分86ppmにおいても目標値以内であった。

②直噴車

- ・MPI車より硫黄分の影響が大きいが、その程度は車両によって異なった。
- ・硫黄分86ppmでは、全車が目標値を超えたが、2ppmと22ppmではGVC1台が目標値以内であった。

四輪車走行試験(硫黄影響)結果まとめー2

2. 30000km走行後の排出ガス ~ 続き

(2) 11モード

① MPI車

- ・走行による劣化及び硫黄分の影響が小さく、硫黄分86ppmにおいても目標値以内であった。

② 直噴車

- ・MPI車より硫黄分の影響が大きく見られたが、その影響度は10・15モードよりは小さく、車両によって異なった。
- ・THCはGVBの硫黄分22ppmと86ppm、GVCの86ppmで目標値を超えたが、COとNO_xは全車が目標値以内であった。

四輪車走行試験(硫黄影響)考察まとめー1

1. 自動車技術

- ①リーンNO_x触媒の耐硫黄性向上のためには空燃比及び温度制御による硫黄脱離促進も重要技術の一つと考えられる。
- ②この技術は逆にTHC排出量、触媒の熱劣化といった面で不利であると共に、CO₂排出量の点でも直噴車のメリットを減ずることとなる。
- ③更なる直噴車(MPIリーンバーンを含む)の排出ガス低減のためには、
 - (ア) 耐熱性と耐硫黄被毒性を向上した触媒
 - (イ) NO_x・硫黄脱離のための空燃比制御時におけるTHC低減技術
 - (ウ) 高精度な空燃比及び排気温度制御技術の開発が必要である。

四輪車走行試験(硫黄影響)考察まとめー2

2. 燃料技術

- ①ガソリン中の硫黄分低減により、排出ガスは低減の方向である。
- ②硫黄分低減は燃料製造過程でのエネルギー消費即ちCO₂排出量増大というデメリットを生ずる。
- ③排出ガス低減システムの耐久性向上を目的とした硫黄分低減には、燃料製造過程を含む車両ライフサイクルでのCO₂排出量に視点をおいた検討も必要である。