

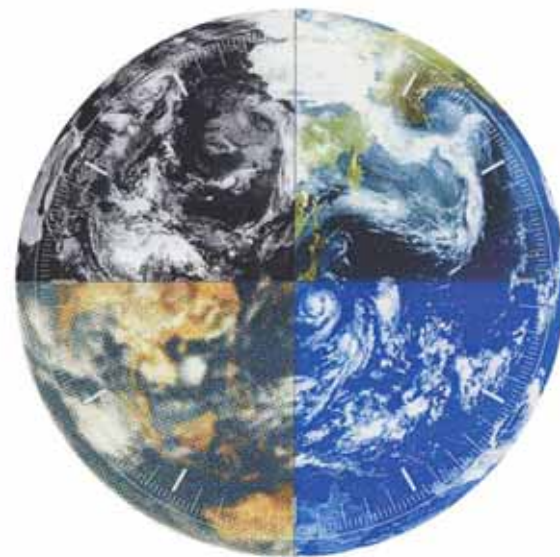


よりよい大気をめざして
自動車と燃料のさらなる挑戦

JCAP第5回成果発表会

ガソリン車WG報告

2007年2月22日



研究を通じて目指す成果

- ガソリン自動車については技術進歩と排出ガス規制強化および燃料性状改善を背景に、排出ガスのレベルが下がってきている
- しかし、さらに低排出ガスと燃費向上(CO₂低減)の両立が要望される中で、真に自動車技術進歩を支える燃料技術の改善とは何かを以下の4点で検討する
 - 走行試験における排出ガス・燃費への硫黄分の影響
燃料マトリックス試験におけるT50、T90、アロマの排出ガスへの影響
エンジン単体試験と実車燃費シミュレーションによるオクタン価(RO_N)のCO₂・燃費へ及ぼす影響
含酸素燃料(主としてETBE)の車両排出ガス・燃費 / CO₂および部材への影響
- 低排出ガス・自動車の燃費向上・総合的なCO₂排出抑制の技術あるいは政策議論に公平な視点で技術データを提供することを目指す

試験研究におけるゼロエミッションの定義

ゼロエミッション及び燃費向上/CO₂低減を目指した自動車技術に必要な燃料技術を明らかにして低公害化のポテンシャルを見極める上で“ガソリン車におけるゼロエミッション”とは何か？

我が国の排出ガス規制動向・JCAP I を始めとする
大気への影響検討の大要を踏まえて、
J-ULEV* 相当の排ガスエミッション
と定義して研究をスタート

(*)Japan Ultra Low Emission Vehicle (超-低排出ガス車) の略
国内ガソリン乗用車平成12年規制値75%低減の排出ガスレベル達成車

5年間の試験研究 計画と実績対比

	2002	2003	2004	2005	2006
硫黄分の影響検討 (走行試験)	直噴ガソリン車2台 硫黄分濃度3水準			報告	
T50,T90,アロマの影響検討 (燃料マトリックス試験)	予備 検討	車両:MPI,SIDI各3種 燃料:各濃度3水準		報告	
オクタン価の影響検討 (エンジン試験、シミュレーション)	既存データまとめ 手法検討	エンジン単体評価および シミュレーション 		報告	
含酸素(ETBE)の影響検討 > 排出ガス、耐久走行、 低温始動性、材料影響	 計画 実績				報告
> 排出ガス詳細検討 燃料マトリックス試験					

ガソリン車WG計画(テーマ No.1)

概要

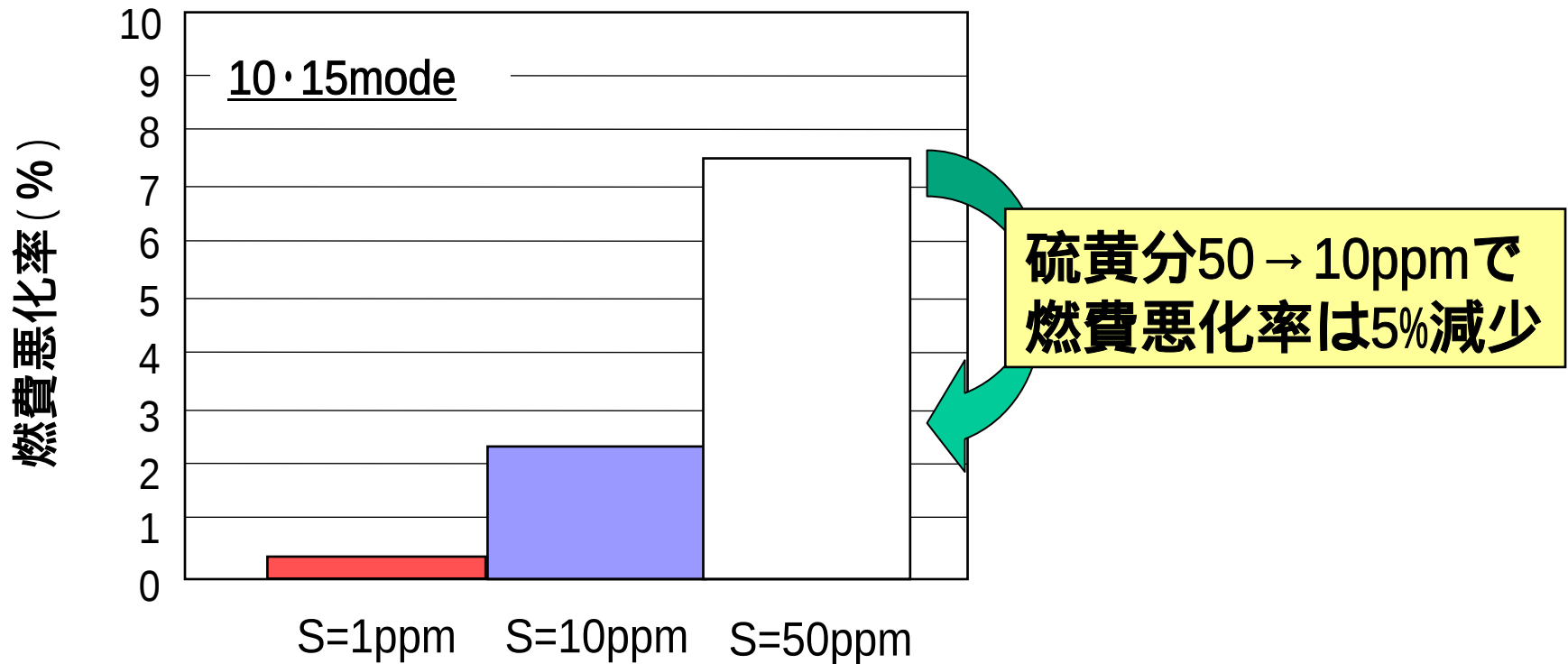
硫黄分影響 - 走行試験

研究テーマ	最先端ガソリン車を用いて硫黄分が燃費・CO2および排出ガスに及ぼす影響の研究	
期待される成果	・燃費、排出ガスに対する硫黄分の影響把握 ・リーンバーン直噴車において、触媒回復制御に伴う燃料消費を低硫黄化にて節約したときのCO2減少と、製油所での硫黄分低減に要するCO2増加をトータルに評価	
内容	試験内容	供試燃料・試験車両
	排出ガス水準の把握	走行試験の中で実施
	走行試験	供試燃料: 硫黄分3水準 試験車両: SIDI(リーンバーン直噴車) 2車種 排出ガスレベル: H12年規制75%低減

Phase 1 (2003年度):リーンバーン直噴ガソリン車 / 車両A

NO_x触媒硫黄被毒回復制御による燃費悪化率

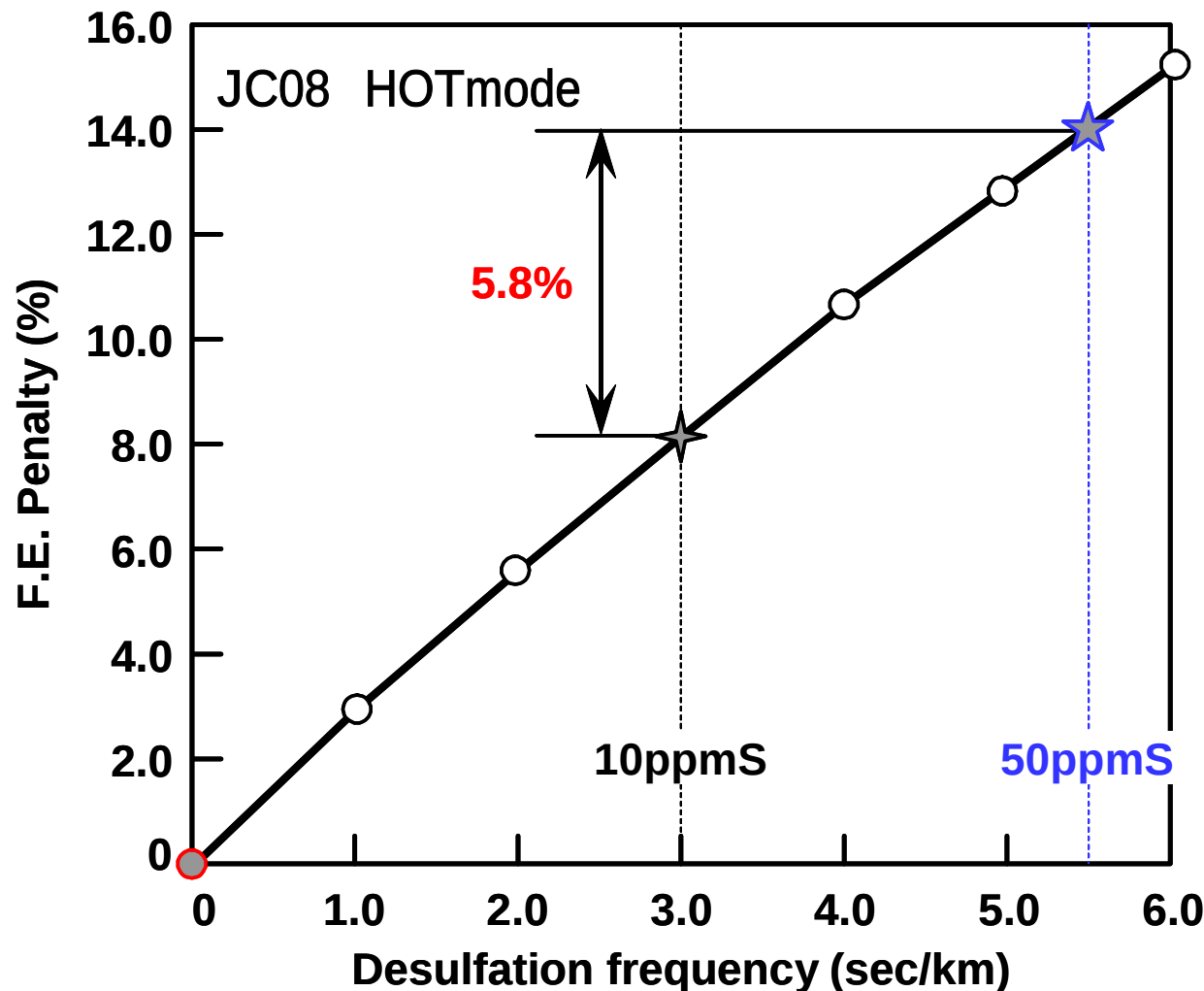
- ・排出ガスレベル: J-ULEV
- ・被毒回復制御頻度: 10・15+11モードコンバインドにてJ-ULEVを満足するように設定



燃費悪化率 = 1 -
$$\frac{\text{モードを連続走行し、硫黄被毒量クライテリアに達した時点で回復制御実行を繰り返した場合の平均燃費}}{\text{回復制御なしの場合の燃費}}$$

Phase2 (2004年度) : リーンバーン直噴ガソリン車 / 車両B

硫黄濃度に応じた回復制御と燃費への影響性

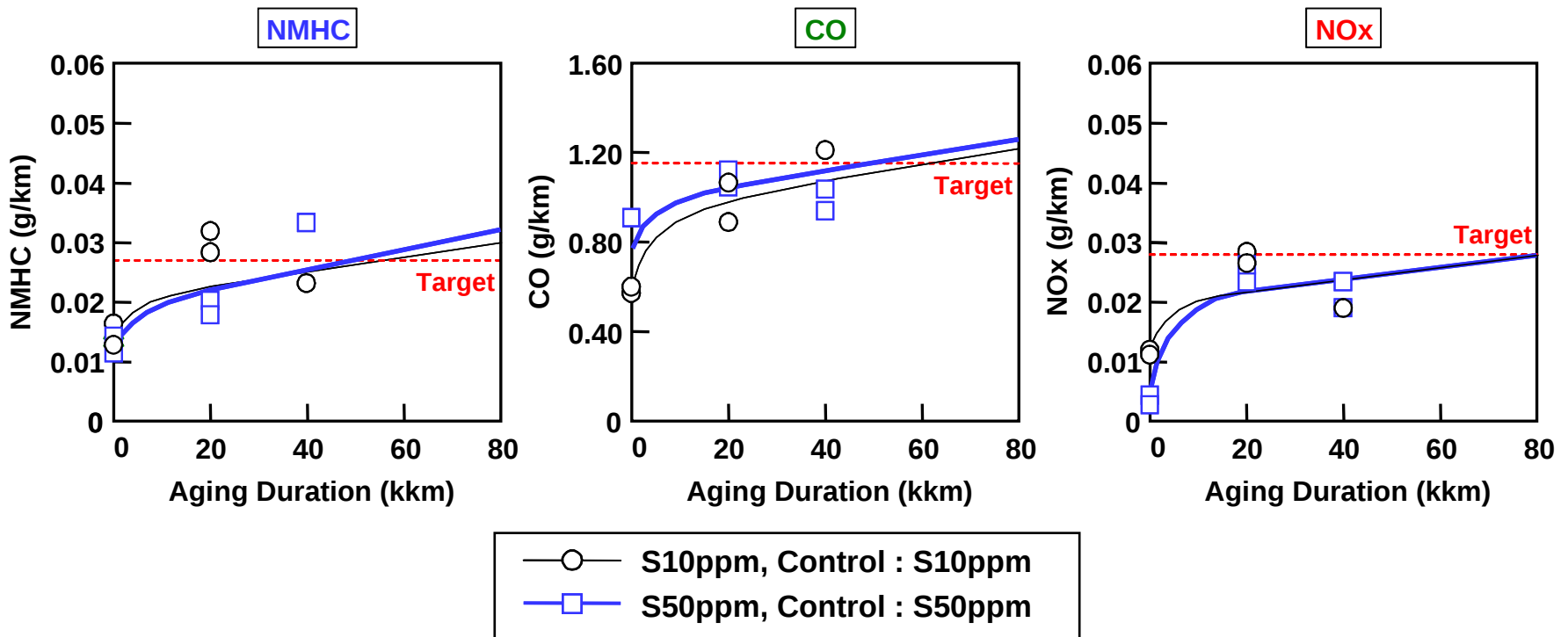


・排出ガスレベル: J-ULEV
 ・被毒回復制御頻度: JC08
 HOT+COLDモードコンバインドにてJ-ULEVを満足するように設定

硫黄分50ppm → 10ppmでJ-ULEV適合させた場合の
 燃費悪化率の差は5.8%

Phase2 (2004年度) : リーンバーン直噴ガソリン車 / 車両B 硫黄濃度と走行試験における排出ガス測定結果

硫黄濃度に応じた回復制御でJ-ULEV相当の規制値内に収まる



- ・ 40,000km走行後の排ガス結果にて評価 (JC08 Cold & Hot Combined)
- ・ 20,000kmデータは参考値

ガソリン車WG計画(テーマ No.1)

まとめ

硫黄分影響 - 走行試験

車両A	Phase 1 (2003年度)
	・硫黄分を50ppmから10ppmに低減した場合の10.15モード燃費差は、5 % (本結果をCO2評価に提供)
車両B	Phase 2 (2004年度)
	・硫黄分を50ppmから10ppmに低減した場合のJC08 Hotモード燃費差は、5 . 8 %

ガソリン車WG計画(テーマ No.2)

T50,T90,アロマー燃料マトリックス試験

概要

研究テーマ	最先端ガソリン車を用いてT50,T90,アロマの各燃料性状が排出ガスに及ぼす影響の研究（燃料マトリックス試験）	
期待される成果	・最先端技術搭載車の排出ガス水準の把握 ・排出ガスに影響する燃料性状とその影響の把握	
内容		
	試験内容	供試燃料・試験車両
	排出ガス水準の把握	燃料マトリックス試験の中で実施
	燃料マトリックス試験	供試燃料： アロマ、T50、T90の3種類、各3水準 および標準燃料 試験車両：MPI 3車種、SIDI (リーンバーン車を含む) 3車種

ガソリン車WG計画(テーマ No.2)

T50,T90,アロマー燃料マトリックス試験

まとめ

成果1	Phase 1 (2002年度)
	・ J-ULEV相当車両と排出ガス評価技術を用いた予備試験を実施して試験方法を確立した
成果2	Phase 2 (2003 - 2005年度)
	・ J-ULEV相当の排出ガスに対しては現行管理幅のT50、T90、アロマーで懸念点はない ・ アロマーとCO₂(燃費)に相関が見られた

ガソリン車WG計画(テーマ No.3)

オクタン価 - エンジン試験、シミュレーション

概要

研究テーマ	CO ₂ の削減を目指した望ましいオクタン価の把握	
期待される成果	製油所からエンジン排出までを含めた総CO ₂ 排出量を判断するため、オクタン価に対する燃費の感度を明らかにする (CO ₂ 評価で判断)	
内容	試験内容	供試燃料・試験エンジン
	既存データ 収集・まとめ・検討	
	単体エンジンでの 燃費特性	供試燃料 ・オクタン価(RON)：90-100 試験エンジン ・既販エンジン単体：MPI 3種類 ・圧縮比：ベース、ベース±1.0 合計3水準
	車両での燃費特性(燃費シミュレーション/MT車)	

エンジン試験と車両燃費シミュレーション

Step 1

・既存エンジンデータとシミュレーションで、研究手法の妥当性を確認

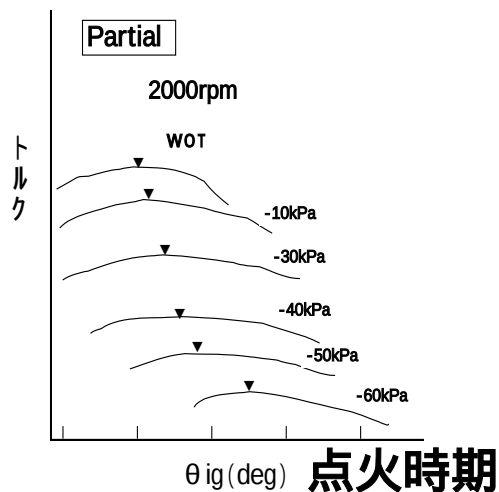
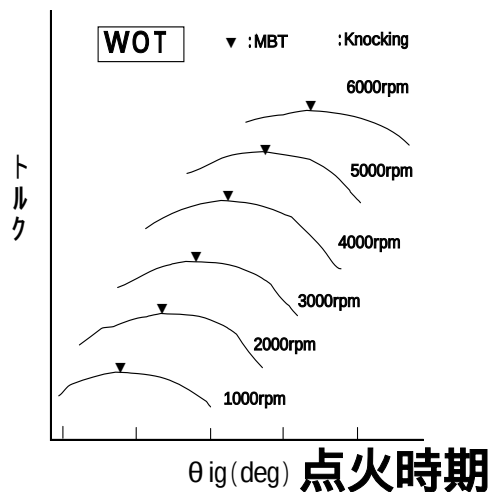
Step 2

・各圧縮比において異なるRONの燃料を使用し、エンジン性能試験を実施
・MBTおよびノッキング特性から最高トルクとなる点火時期を決め、マップデータを作成

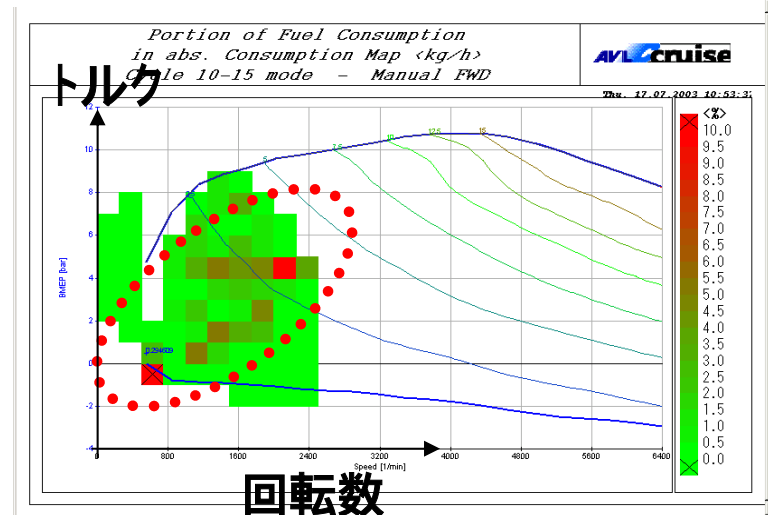
Step 3

・マップデータを用い、車両燃費シミュレーションを実施
前提 MT(マニュアルトランスミッション)車
RON90からRON95に伴う圧縮比の変化は0.35
加速性能向上分は、すべて燃費向上へ振向け

マップデータ (MBT*とノッキング特性)



燃費シミュレーション(イメージ)



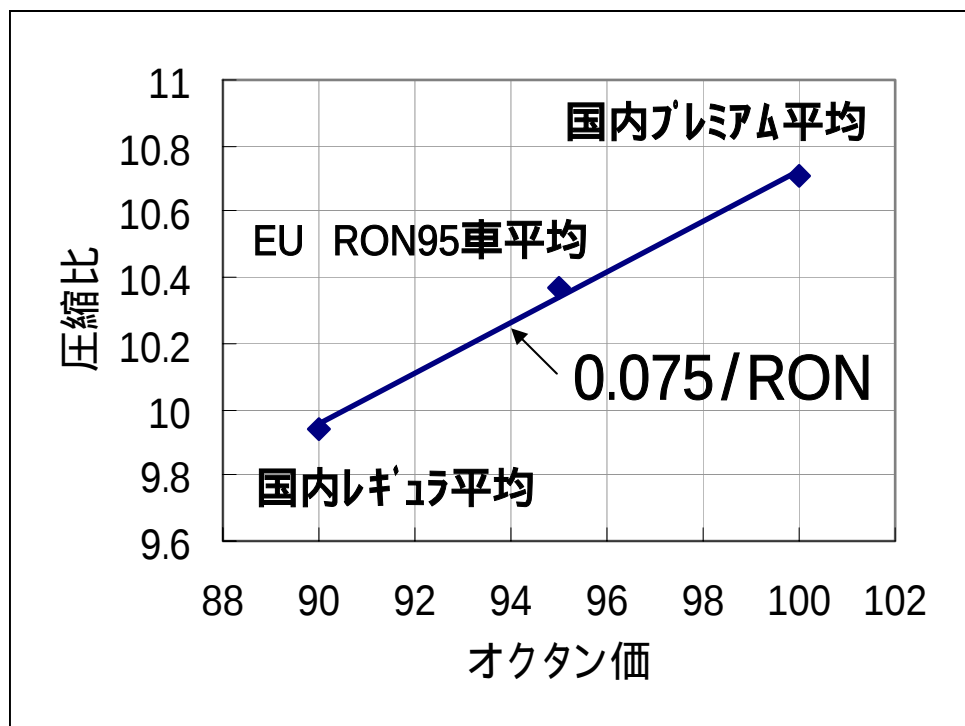
(*) Minimum Advance for Best Torque

車輦燃費シミュレーション時の圧縮比について

1RONに対する圧縮比の向上幅について、自工会各社にて検討した結果をヒアリングしたところ、0.07/RONであった(RON90 - 97の範囲)

既販車のオクタン価と圧縮比の平均値を調査したところ、1RONあたりの圧縮比変化は0.075/RONであり、上記結果とほぼ一致

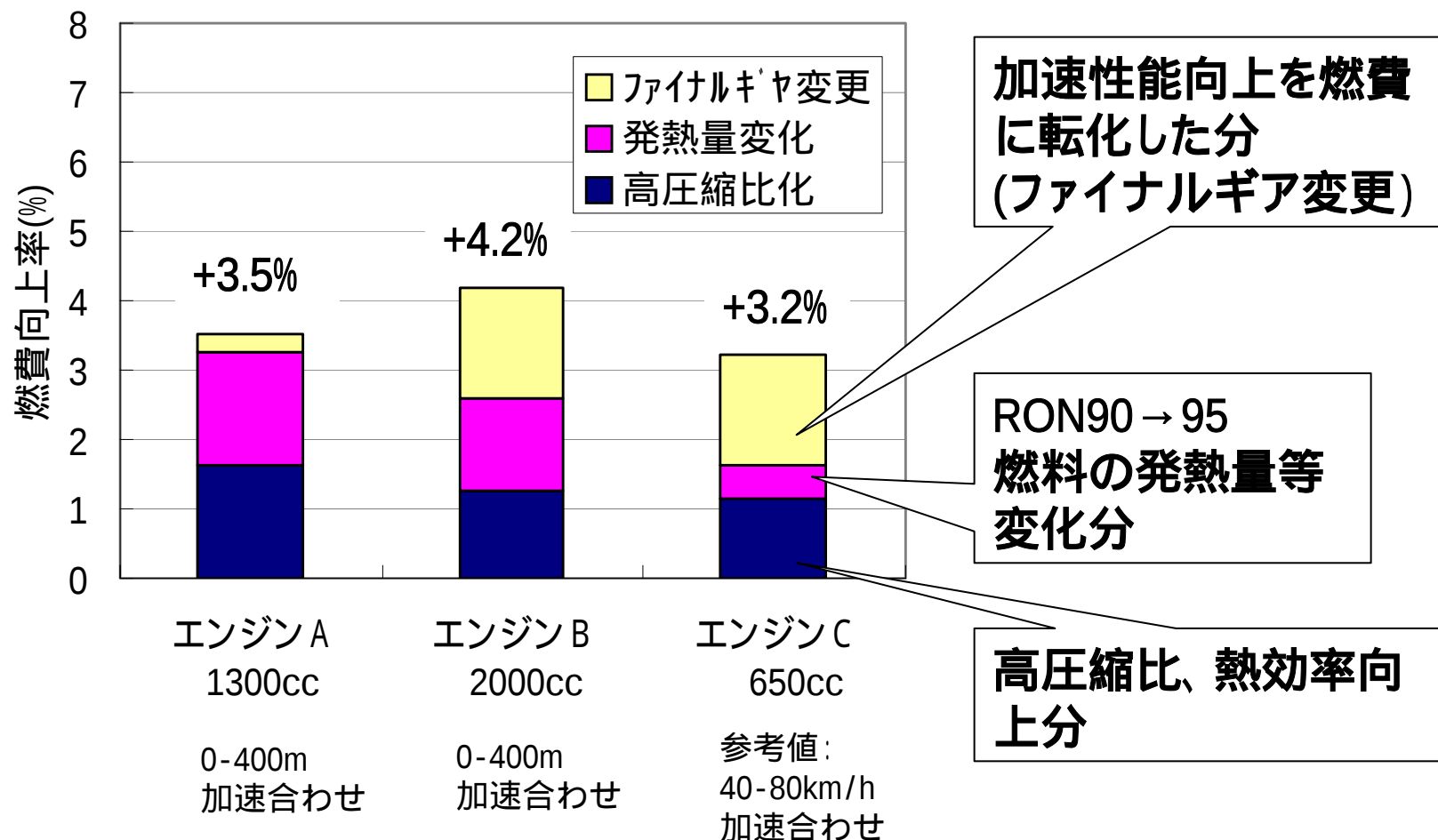
→ RON90からRON95に伴う圧縮比変化を0.35と設定



自動車工業会提供データ
(EU調査は自動車工業会提供の
欧州自動車メーカー20社データ)

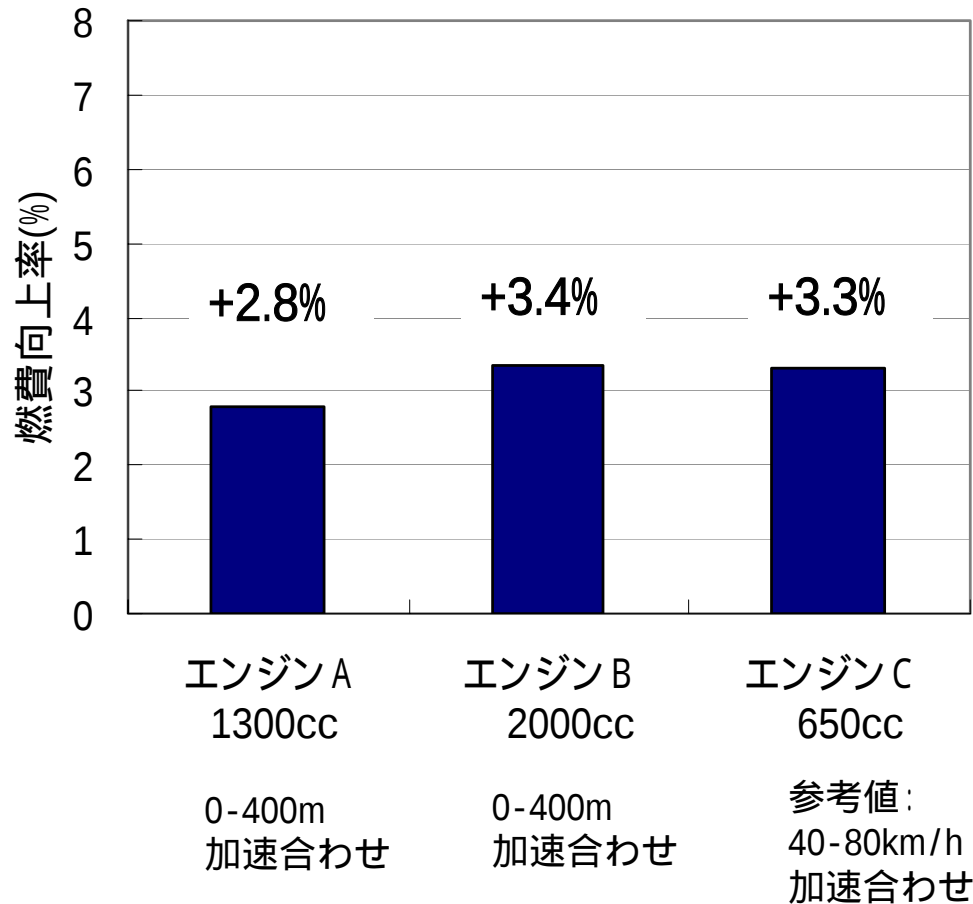
燃費向上率の影響度結果

- ・単位容量あたりの燃費 (km/L) 向上率に対する、各パラメータ (圧縮比・燃料・ファイナルギヤ) の寄与率



燃費向上率の影響度結果

・単位発熱量あたりの燃費(km/MJ)向上率



ガソリン車WG計画(テーマ No.3)

オクタン価 - エンジン試験、シミュレーション

まとめ

成果	オクタン価向上 (RON95) の燃費効果 ・容量ベース (km/L) で、 3.21% - 4.15% ・熱量ベース (km/MJ) で、 2.80% - 3.35% (2004年度の結果としてCO2評価に供した)
	燃費向上の内訳検討結果 a) 圧縮比向上効果: <u>1.15-1.62%</u> → 理論値 (1.1%) とほぼ一致 b) 燃料性状の影響: <u>0.43-1.63%</u> → エネルギー密度と炭素 - 水素比 c) 加速性能を燃費に振向けた効果: <u>0.26-1.61%</u>

ガソリン車WG計画(テーマ No.4-1)

ETBE混合燃料影響評価

概要

研究テーマ	含酸素燃料が部材・排出ガスへ及ぼす影響検討 (ETBE混合ガソリン影響評価)			
期待される成果	ETBE 8 % 混合燃料の市販車両への影響確認			
内容		評価試験内容	試験燃料	試験車両
	1	排出ガス (未規制物質含む)	ETBE 0 % ETBE 8 % ETBE 17 %	4 台 (二輪 6 台)
	2	耐久走行 排出ガス・蒸発ガス		2 台
	3	低温始動性		2 台
	4	材料試験 (金属、樹脂、ゴム)		単体試験

ETBE 8 %: 品確法における含酸素規定 1.3 wt % に対応する混合量の上限に相当
製油所で実際に製造する場合には、管理幅があり 7 % 程度が上限

乗用車・軽自動車 排出ガス・燃費試験結果まとめ

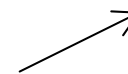
ETBE 0%とETBE 8%の比較

	種類	燃料供給方式	触媒	ノックセンサー / フィードバック	CO	NMHC	NO _x	CO ₂	燃費
J2GVI	乗用車	MPI	三元 触媒	有 / 有				↘	
J2GVJ	軽自動車								↘
J2GVK	乗用車	SIDI						↘	
J2GVL	軽自動車	MPI							↘

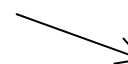
* 記号のない部分は明らかな変化なし

* 矢印は増加または減少について判断

ETBE混合により増加



ETBE混合により減少



乗用車・軽自動車 アルデヒド類分析結果まとめ

ETBE 0%とETBE 8%の比較

定量限界以下

	種類	燃料供給方式	触媒	ノックセンサー / フィードバック	ホルム アルデヒド	アセト アルデヒド	アクロレイン
J2GVI	乗用車	MPI	三元 触媒	有 / 有	↘	↗	
J2GVJ	軽自動車					↗	
J2GVK	乗用車	SIDI					
J2GVL	軽自動車	MPI				↗	

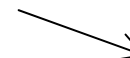
* 記号のない部分は明らかな変化なし

* 矢印は増加または減少について判断

ETBE混合により増加

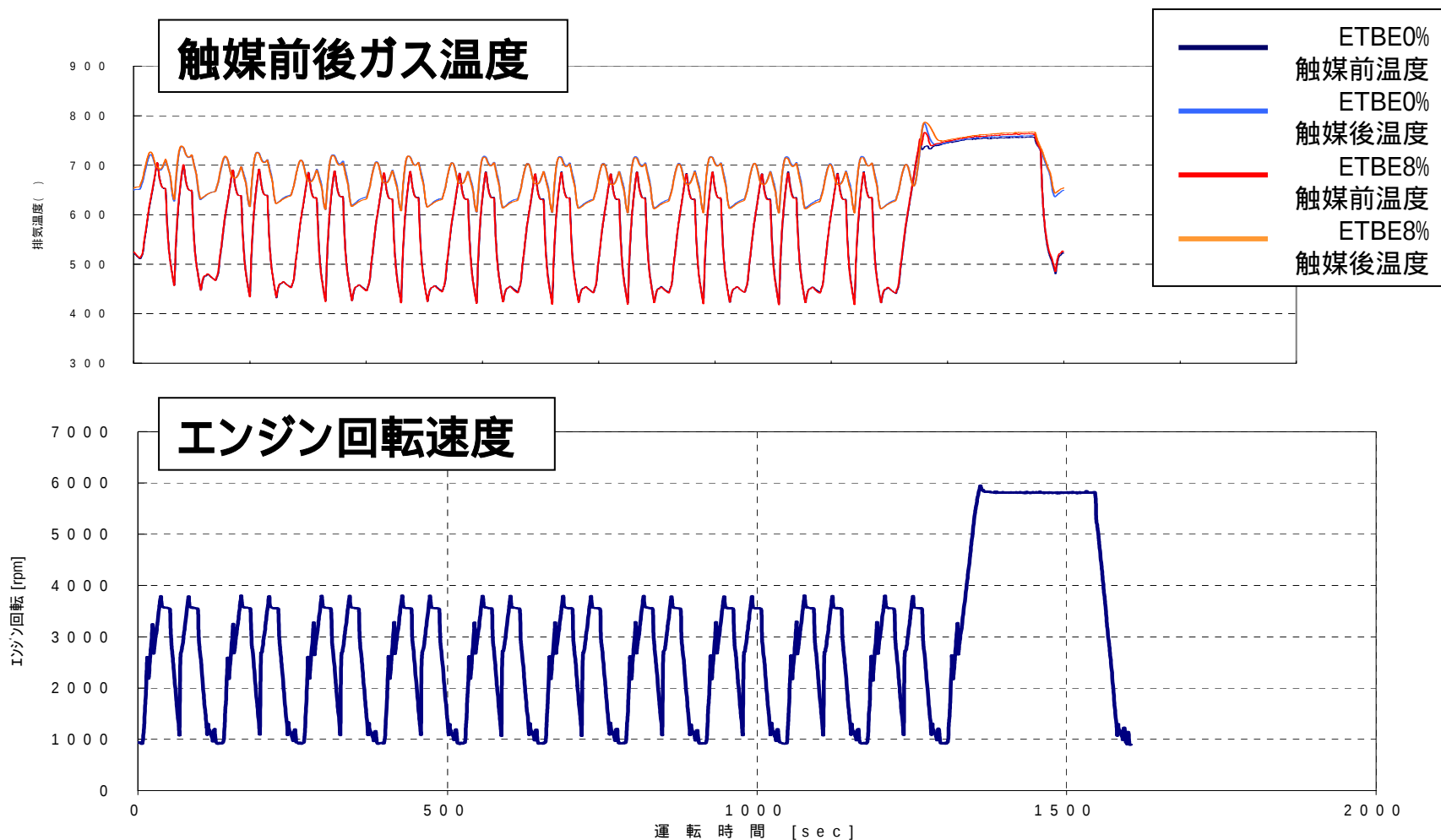


ETBE混合により減少



触媒熱負荷

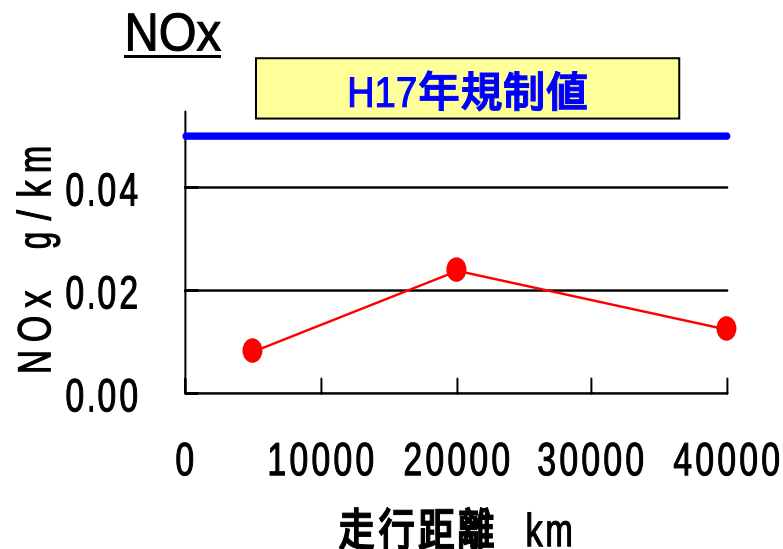
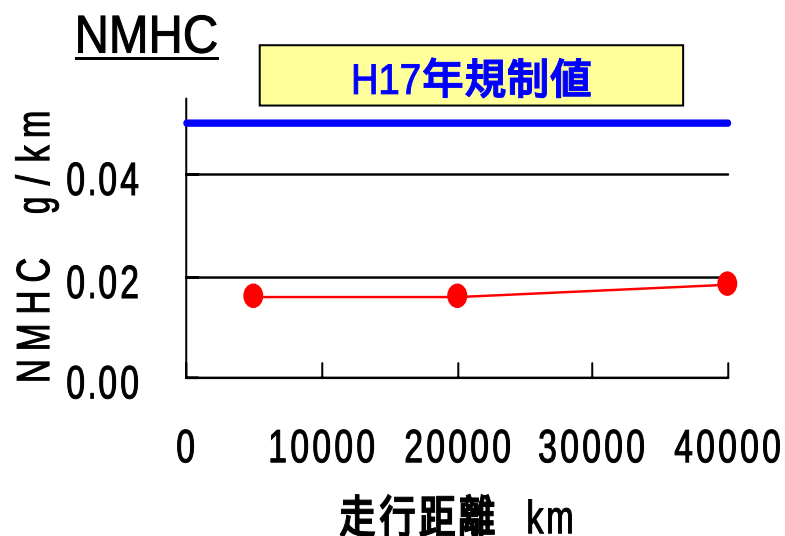
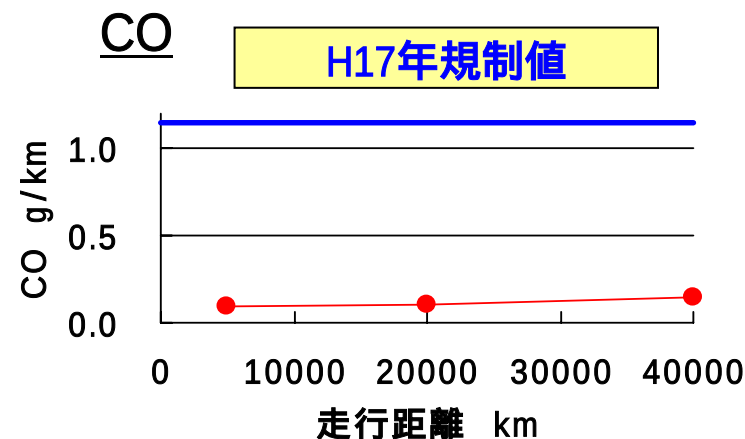
ETBE8%混合による触媒熱負荷の差なし



走行距離と排出ガス値

・ETBE8%混合ガソリンの耐久走行試験において排出ガスの顕著な増加は確認できず

供試車両: MPI軽自動車/J2GVG車
供試燃料: ETBE 8 % ガソリン
 $11\text{mode} \times 0.12 + 10 \cdot 15\text{mode} \times 0.88$
にて評価



ガソリン車WG計画(テーマ No.4-1)

まとめ

ETBE混合燃料影響評価

成果	排出ガス・燃費試験 規制3物質について、ETBE混合量の増加に対し排出ガスの増加は見られなかった ただし、燃費はETBE混合による発熱量低下に伴い悪化が見られた 乗用車・軽自動車について10・15モードでアルデヒド類排出に及ぼすETBEの濃度の影響は小さかった 11モードではアセトアルデヒドにつき増加傾向にあったがホルムアルデヒドとアクロレインで増加傾向はなかった 二輪車についてはアセトアルデヒドは乗用車と同様 ホルムアルデヒドで増加する車両があったが、排出量は少なかった
	耐久試験 ETBE8%において排気温度等触媒熱負荷の指標である温度上昇等はなく、走行試験で排出ガス量に顕著な増加はなかった

ガソリン車WG計画(テーマ No.4-1)

まとめ

ETBE混合燃料影響評価

成果	蒸発ガス試験 HSL [*] ・DBL ^{**} ともにETBE量の増加で排出量の増加はなかった
	低温始動性試験 -10 ~ +10 の範囲で、ETBE0%と8%の始動時間に差はなかった
	材料影響試験 金属材料、ゴム材料、樹脂材料についてETBE混合によって問題となるような物性変化はなかった

* Hot Soak Loss

** Diurnal Breathing Loss

ガソリン車WG計画(テーマ No.4-2)

ETBE8%混合燃料等 - 燃料マトリックス試験

概要

研究テーマ	含酸素燃料*を用いた燃料マトリックス試験による排出ガス影響検討					
期待される成果	ETBE混合燃料の特性を考慮した燃料設計指針の参考とするため* * 市場で供給される燃料のより実際に近いモデル燃料で、排ガス性能を 定量評価し燃料設計の一助とするとともに、今後の燃料性状のあり方 に知見を得る * 含酸素燃料としてETBE8%燃料に注目し、これを軸に評価 ** 燃料設計指針は、製造上技術および排出ガス以外の項目を加味し た総合判断					
内容	<table><tr><th>試験内容</th><th>供試燃料・試験車両</th></tr><tr><td>燃料 マトリックス試験</td><td>燃料： ・市場の平均的ベースおよびT50、T90、アロマに つき市場範囲の最大想定でモデル燃料設計 ・各々につきETBE8%有無で計8燃料 ・参考で、E3およびETBE16%を実施 車両：MPI、ストイキSIDI各1台 (H17年規制50%低減レベル)</td></tr></table>		試験内容	供試燃料・試験車両	燃料 マトリックス試験	燃料： ・市場の平均的ベースおよびT50、T90、アロマに つき市場範囲の最大想定でモデル燃料設計 ・各々につきETBE8%有無で計8燃料 ・参考で、E3およびETBE16%を実施 車両：MPI、ストイキSIDI各1台 (H17年規制50%低減レベル)
試験内容	供試燃料・試験車両					
燃料 マトリックス試験	燃料： ・市場の平均的ベースおよびT50、T90、アロマに つき市場範囲の最大想定でモデル燃料設計 ・各々につきETBE8%有無で計8燃料 ・参考で、E3およびETBE16%を実施 車両：MPI、ストイキSIDI各1台 (H17年規制50%低減レベル)					

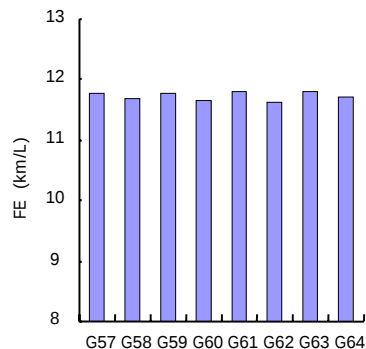
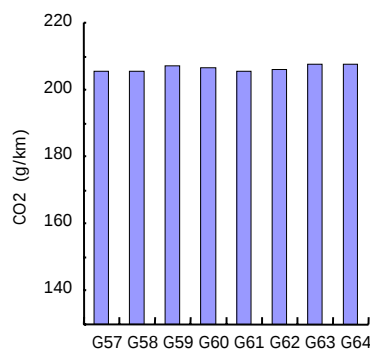
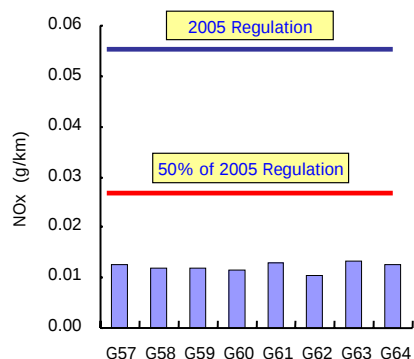
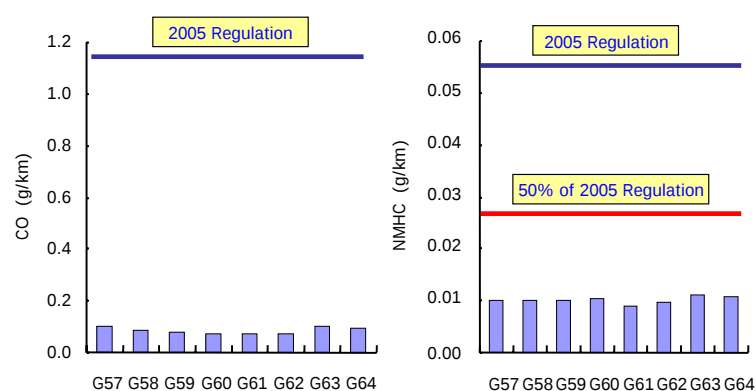
供試燃料性状一覧

燃料	着目性状	T50	T90	芳香族量 vol%	真発熱量 MJ/m3	ETBE量 vol%
G57	Base	95.5	144.0	40.2	32020	0
G58	ETBE8%	92.0	148.5	38.4	31870	8.0
G59	HT50	102.0	149.0	40.6	32170	0
G60	HT50+ ETBE8%	101.0	149.0	40.3	32000	7.9
G61	HT90	93.0	170.0	40.6	32080	0
G62	HT90+ ETBE8%	92.0	166.5	40.3	31900	7.9
G63	HArom	93.0	146.5	46.2	32170	0
G64	HArom+ ETBE8%	96.0	149.0	44.7	32100	7.8

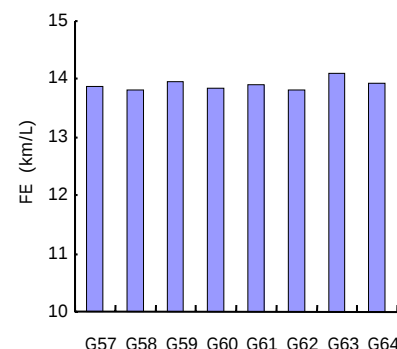
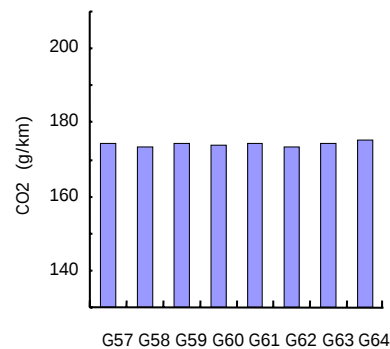
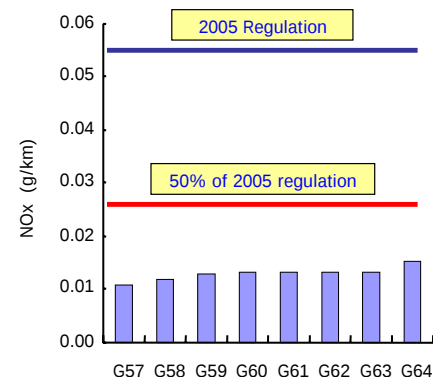
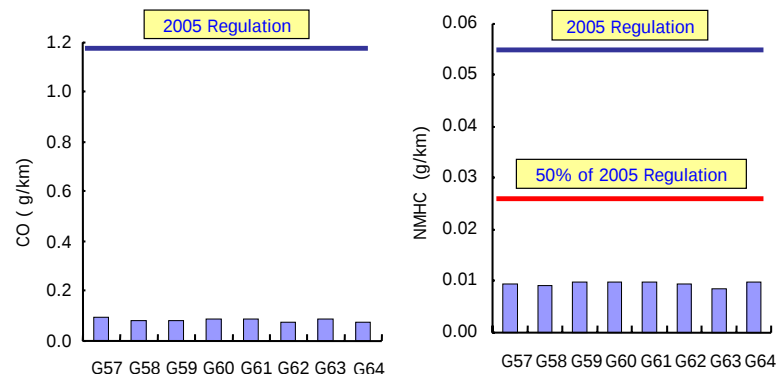
*供試燃料のRONを合わせた

ETBE混合燃料の性状と排出ガス、燃費

MPIガソリン車 / J2GVI車



ストイキ直噴ガソリン車 / J2GVK車



排出ガス、燃費の燃料による影響

・ETBE 8 %混合燃料について、T50、T90、アロマの変化による排出ガス増加は見られず、現行燃料での知見を適用可能

解析結果詳細

ベース燃料(ETBE無)を基準として比較
(危険率5%検定)

Base Fuel: G57		Parameter			
Emission	Vehicle	Base +ETBE 8%	H T50 +ETBE 8%	H T90 +ETBE 8%	H Arom +ETBE 8%
CO	MPi	↓	↓	↓	
	ストイキ直噴				
NMHC	MPi				
	ストイキ直噴				
NOx	MPi			↓	
	ストイキ直噴				
CO2	MPi				
	ストイキ直噴				
FE	MPi				
	ストイキ直噴				

各パラメータETBE無を基準として比較
(危険率5%検定)

Base Fuel:		Parameter			
Emission	Vehicle	Base +ETBE 8%	H T50 +ETBE 8%	H T90 +ETBE 8%	H Arom +ETBE 8%
CO	MPi	↓			
	ストイキ直噴				
NMHC	MPi				
	ストイキ直噴				
NOx	MPi			↓	
	ストイキ直噴				
CO2	MPi				
	ストイキ直噴				
FE	MPi			↓	
	ストイキ直噴				

- ・ETBE混合による燃費低下は有意差なし
 - …供試燃料の発熱量差が比較的小さかったためと考えられる
- ・排出ガスは微減の傾向
 - …車両により特性が異なる点はEPEFE (1996),Concawe研究(2004)と同様

ガソリン車WG計画(テーマ No.4-2)

まとめ

ETBE混合燃料影響評価

排出ガス試験

ETBE混合量の増加に対し規制物質排出ガスの増加はなかった
実際に近い燃料を想定しても、懸念点はない

11モードではアセトアルデヒドにつき増加傾向にあったがホルムアルデヒドとアクロレインで増加傾向はなかった

排出レベルは米国カリフォルニアの規制レベルよりも小さく、特段の懸念はない(規制はホルムアルデヒドのみ)

(参考)燃料調製検討

本研究では、燃料設計に留意した

燃料調製検討の結果、ETBE混合有無で燃料性状のレンジが広くなり、注目性状の中ではT50、RONなどの性状合わせ込みに考慮を要する

成果

研究成果総括

5年間の研究活動で、技術あるいは政策議論に下記データ・知見を提供 / 反映した

走行試験における排出ガス・燃費への硫黄分の影響

- 硫黄分10ppm化によるリーンバーン直噴ガソリン車の燃費向上を定量評価し、5 - 5.8%の効果が示された

燃料マトリックス試験におけるT50、T90、アロマの排ガスへの影響

- T50、T90、アロマは現行の管理幅でJ-ULEV相当のゼロエミッション技術に適合できる

エンジン単体試験と実車燃費シミュレーションによる オクタン価(RON)のCO₂・燃費へ及ぼす影響

- 燃費はRON95で発熱量ベース(km/MJ)2.80 - 3.35%向上

含酸素燃料(ETBE中心)の車両排ガス・燃費 / CO₂および部材影響

- ETBE8%混合ガソリンは市場のガソリン車への適用性問題なし
- 実際に近いモデル燃料における検討で排出ガスの悪化はなかった
- アルデヒド排出量は北米規制水準に対し低く、特に懸案とはならない