

JATOP第2回成果発表会

ディーゼル車バイオ燃料WG報告

2012年3月9日

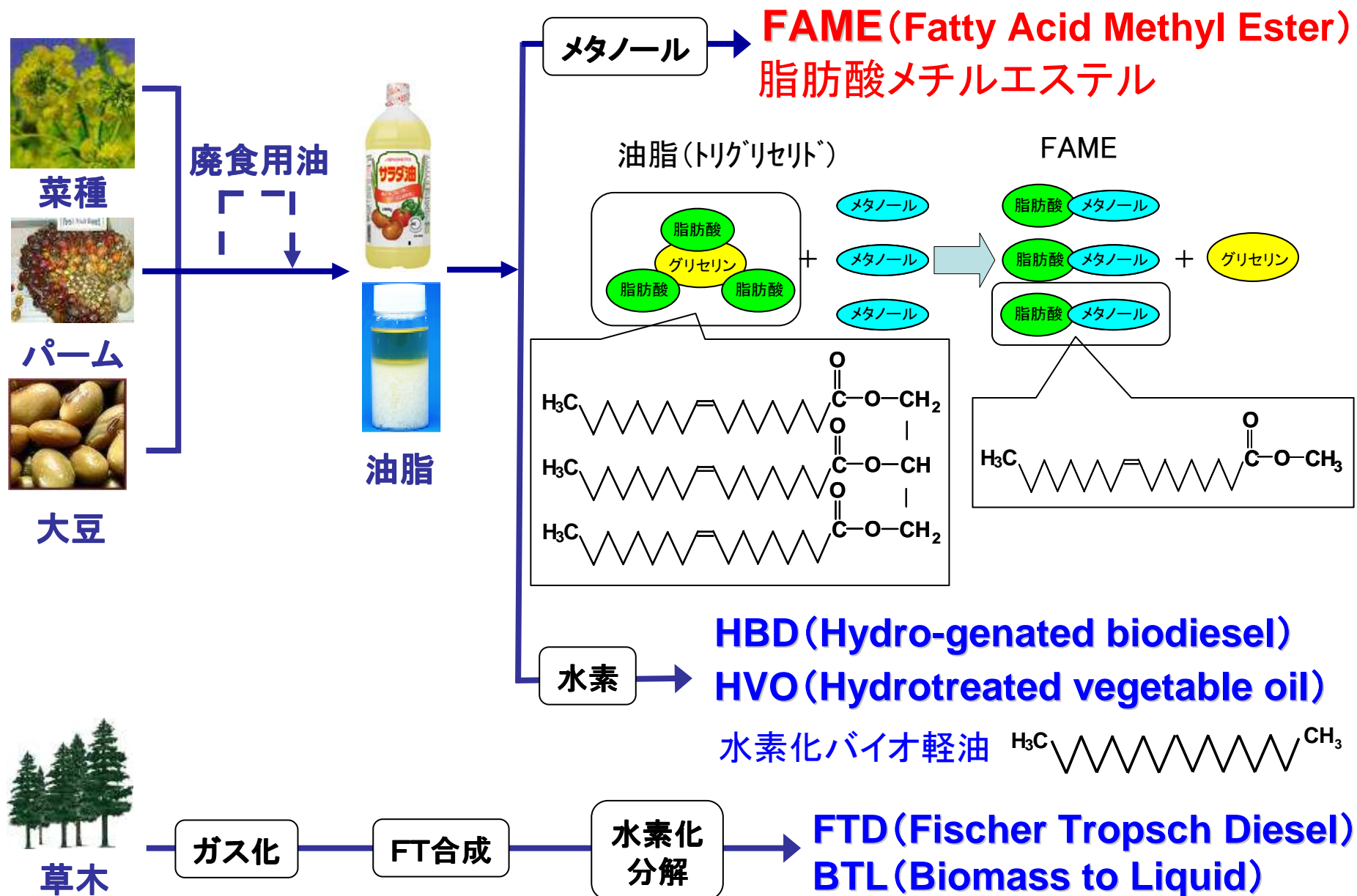
ディーゼル車バイオ燃料WG
金子 タカシ

JATOP

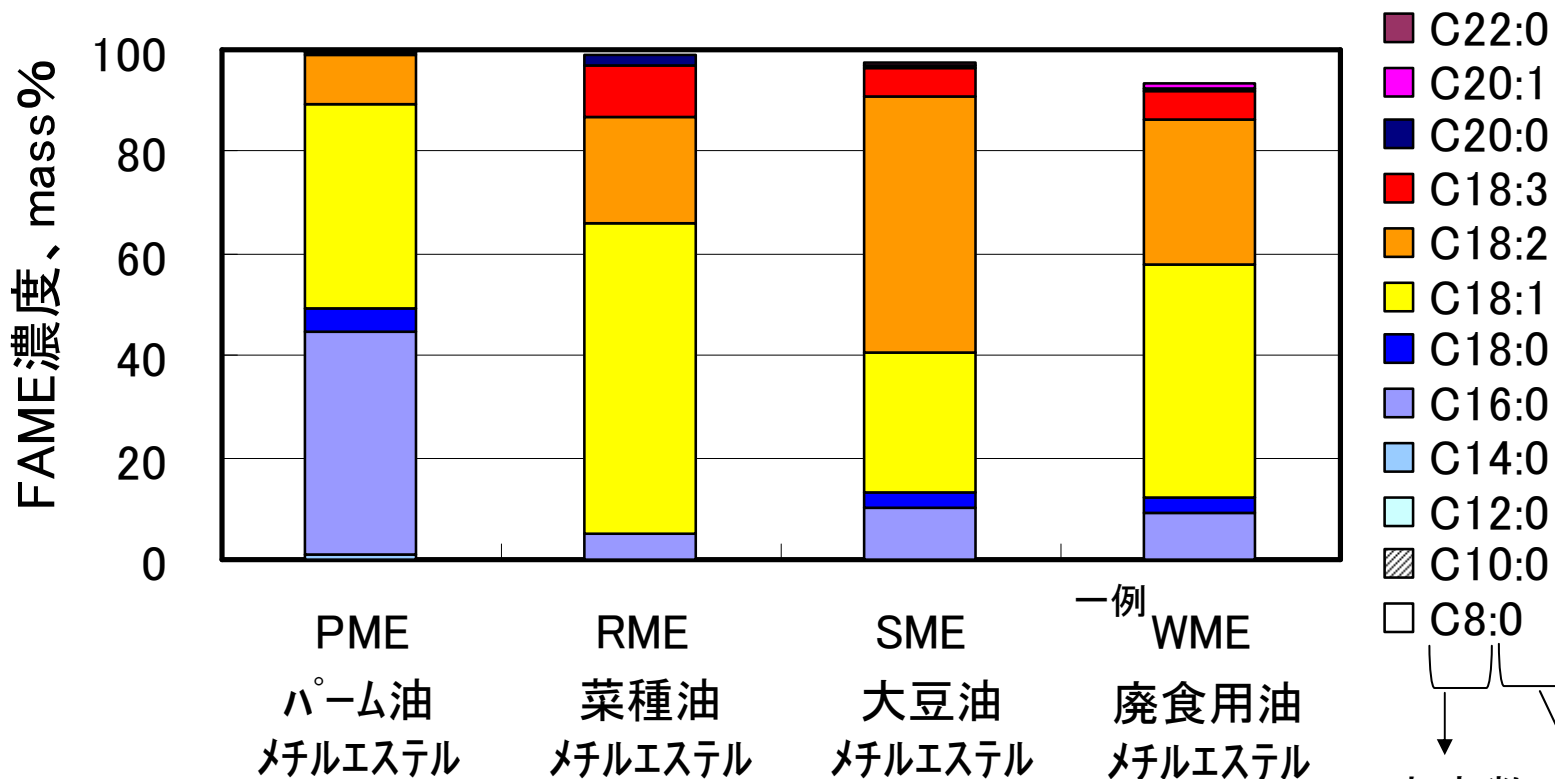
JAPAN AUTO-OIL PROGRAM



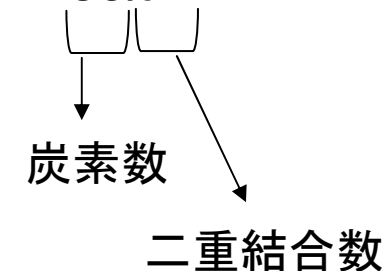
バイオディーゼル燃料とは？



FAME組成の例



C18:2 + C18:3	10	31	56	34
C18:1	40	61	27	46
C16:0 + C18:0	48	5	13	12



SME : 2重結合を複数含むC18:2、C18:3を多く含む

PME : 飽和脂肪酸メチルエステル(C16:0、C18:0)を多く含む

バイオディーゼル燃料の品質

	<FAME>	<軽油>	<HBD,FTD>
二重結合	<p style="text-align: center;">あり</p> <p>SME RME PME</p> <p style="text-align: center;">多 中間 少</p> <p style="text-align: center;">悪 ← 酸化安定性</p> <p style="text-align: center;">低温で固まりやすい →</p> <p>(原料油の組成により異なる)</p>	<p style="text-align: center;">なし</p>	<p style="text-align: center;">なし</p>
蒸留性状	330°C ~ 350°C	200°C ~ 350°C	260°C ~ 310°C
酸素分	<p style="text-align: center;">あり</p> <p style="text-align: center;">含酸素化合物</p>	<p style="text-align: center;">なし</p> <p style="text-align: center;">炭化水素</p>	<p style="text-align: center;">なし</p> <p style="text-align: center;">炭化水素</p>

○ FAMEは二重結合を持つこと、蒸留性状が重質であることや含酸素化合物であることから、品質面で軽油と異なる。

品質確保法に規定する軽油の強制規格

規制項目	軽油規格値	
	FAMEを混合しない軽油	FAME混合軽油
硫黄分	0.001質量%以下	←
セタン指数	45以上	←
蒸留性状(90%留出温度)	360℃以下	←
脂肪酸メチルエステル	0.1質量%以下	5.0質量%以下
トリグリセリド	0.01質量%以下	←
酸価の増加	—	0.12mgKOH/g以下
酸価	—	0.13mgKOH/g以下
ギ酸、酢酸及びプロピオン酸の合計	—	0.003質量%以下
メタノール	—	0.01質量%以下

2007年1月15日公布、同年3月31日施行

- 品確法強制規格ではFAME混合上限が5%
(FAME混合軽油には酸価、酸価の増加、ギ酸、酢酸及びプロピオン酸の合計及びメタノールの上限規格あり)
- 高濃度混合の場合には、車両使用時の品質面で懸念あり

目的

ディーゼル車用燃料への高濃度(5%超)バイオマス燃料混合利用における車両使用時の技術的課題を明らかにするとともに、車両側、燃料側での対応策を含めた解析的検討を行い、規格化を含む市場導入検討に資する技術的知見を得る。

報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

着火性 ー着火性指標と測定装置ー

(1) 着火性指標

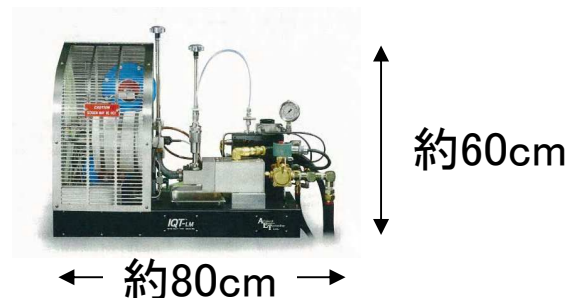
セタン価 (CN : Cetane Number)	CFRエンジンにより測定
セタン指数 (CI : Cetane Index)	密度と蒸留性状(T10,50,90)からの計算 着火性の指標として軽油JIS規格に採用
IQTセタン価 (DCN : Derived Cetane Number)	IQT装置(定容燃焼容器)により測定 ASTM D6890

(2) 測定装置

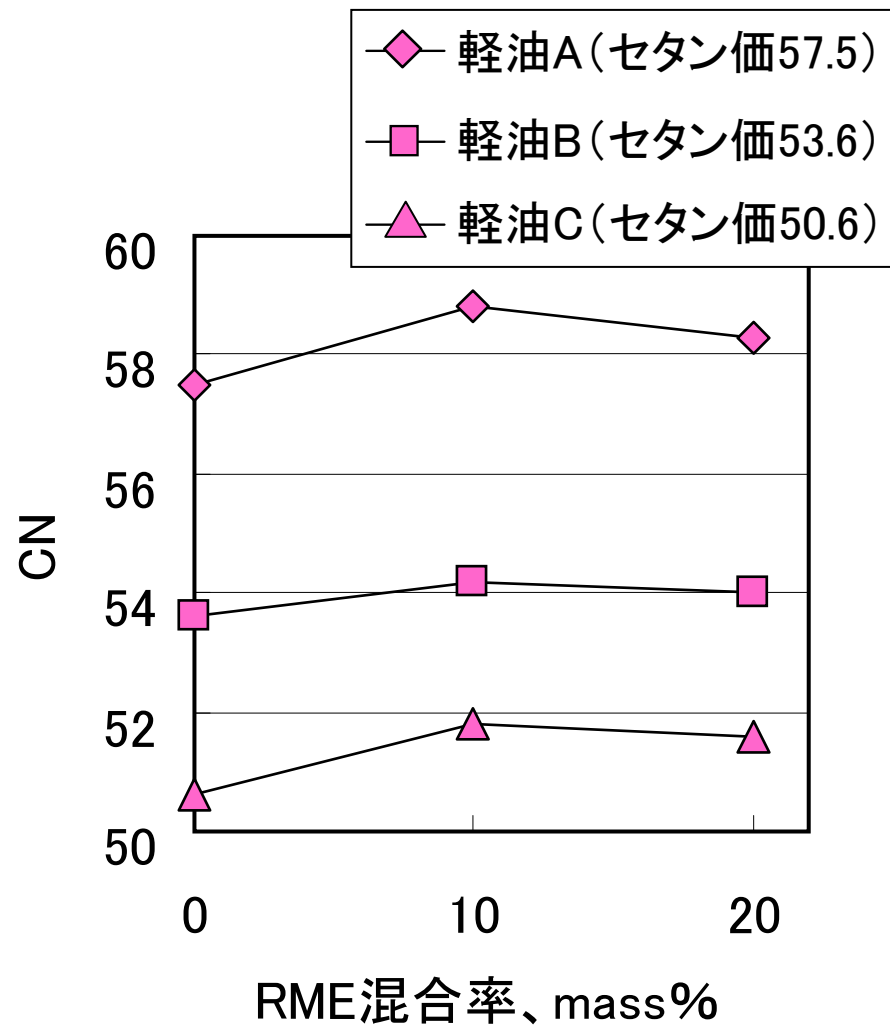
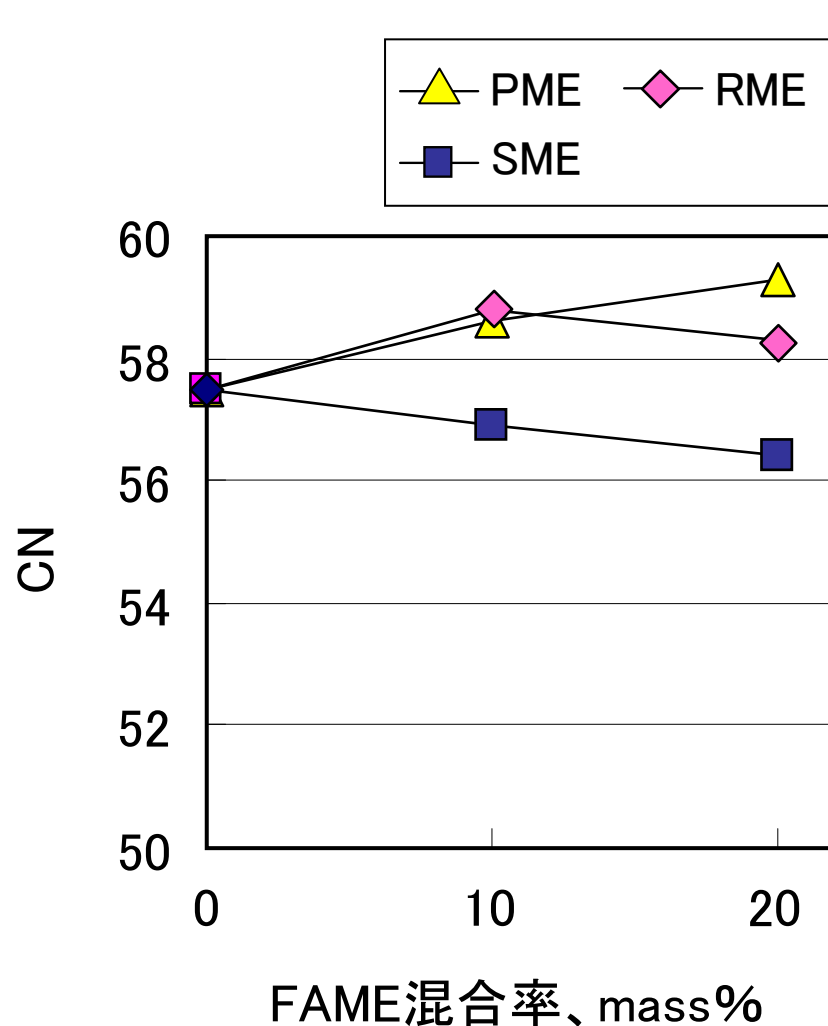
セタン価(CFRエンジン)
必要試料量は約4L
測定時間は
約1時間



IQTセタン価(IQT装置)
必要試料量は約20mL、測定時間は約20分
少量、短時間での測定が可能



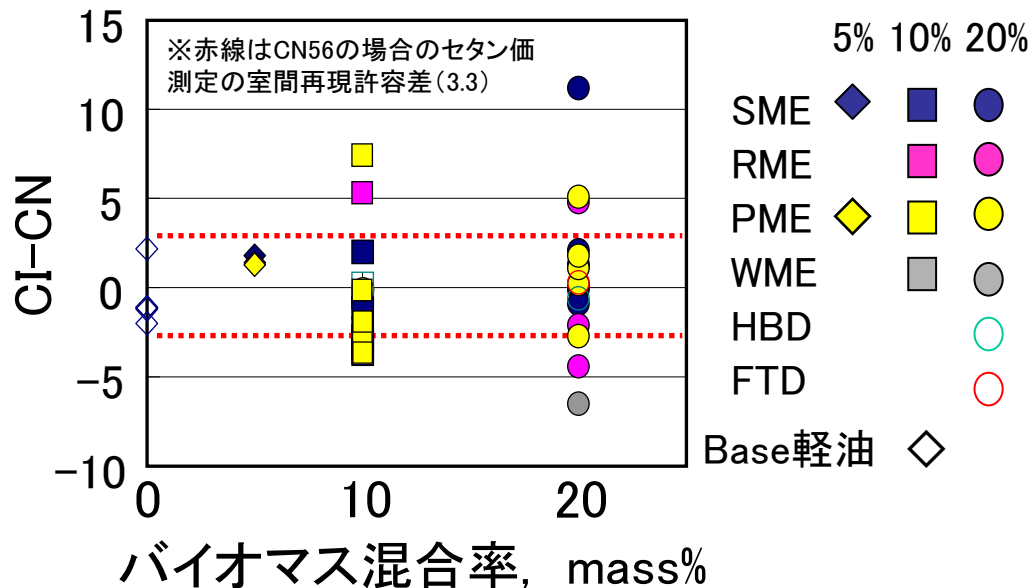
着火性 —FAME混合時のセタン価—



○ FAME10、20%混合により大きく着火性が悪化(セタン価が低下)することはなかった。

着火性 —着火性指標の関係—

(1)セタン価(CN) vs セタン指数(CI)



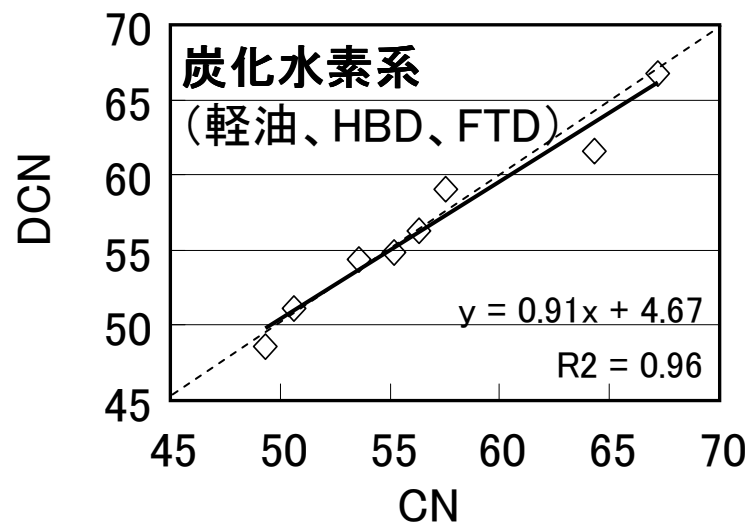
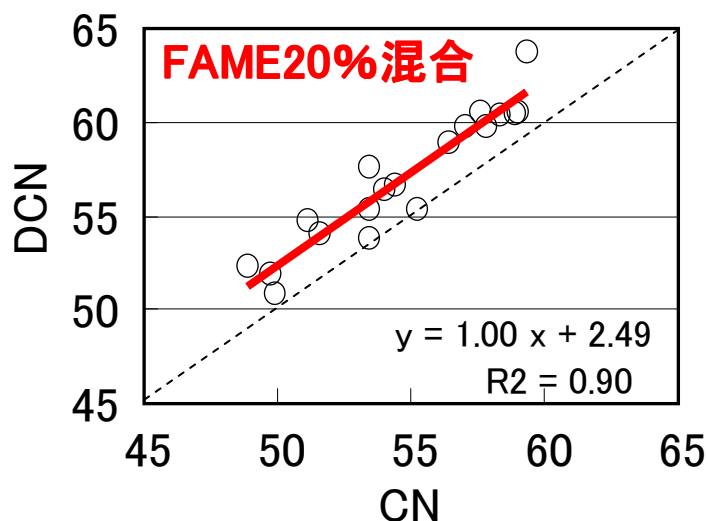
①セタン価 vs セタン指数

—FAME10%以上混合時にはセタン指数とセタン価の乖離が大きく、セタン指数の適用不可

②セタン価 vs IQTセタン価

—炭化水素系燃料はCNとDCNがほぼ同等の値となるが、FAME20%混合軽油ではDCNの方が高い値となる傾向を示した。

(2)セタン価(CN) vs IQTセタン価(DCN)



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

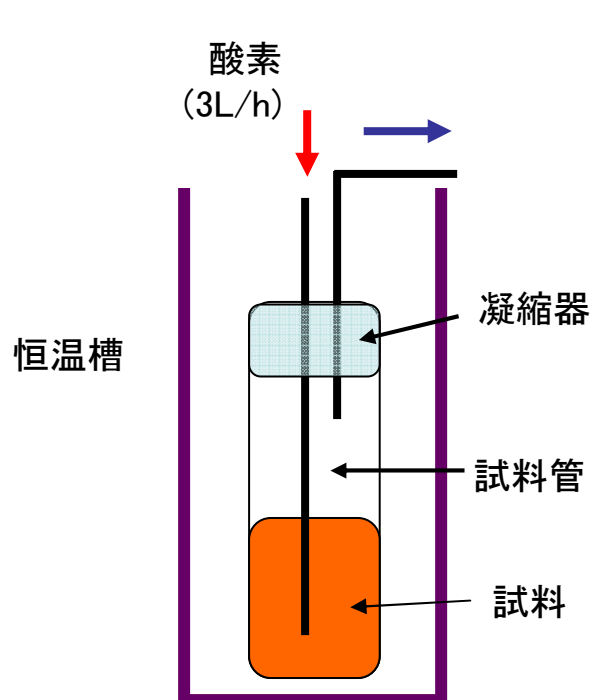
酸化安定性 —各種酸化安定性試験方法—

酸価増加試験

試験条件 試料350mLを酸素吹き込み下で115°C、16hr保持

評価指標 酸化前後の酸価の差 (△酸価)

品確法に採用

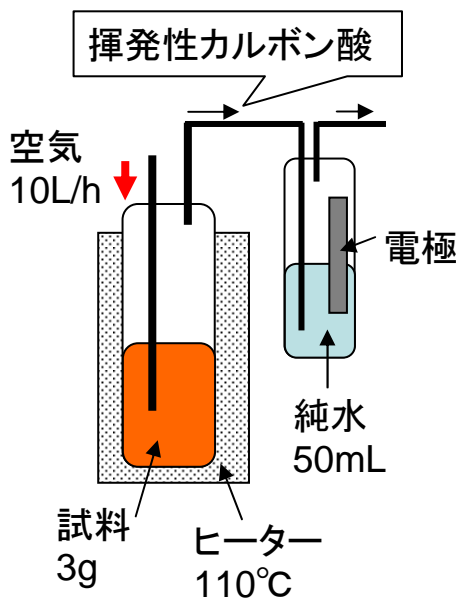


Rancimat試験

試料3gを空気吹き込み下で110°C保持

誘導期間 (純水の導電率が急激に増加し始めるまでの時間)

欧州のFAME規格に採用



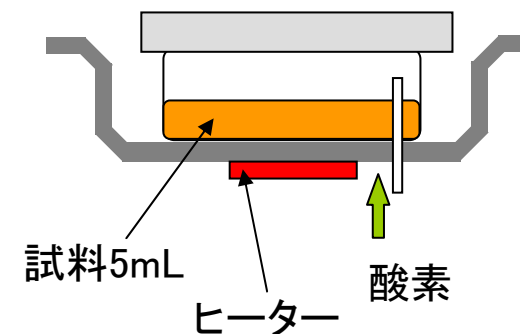
改良法は試料容器、試料量、純水量を変更して、FAME混合軽油で測定可能とした

PetroOXY試験

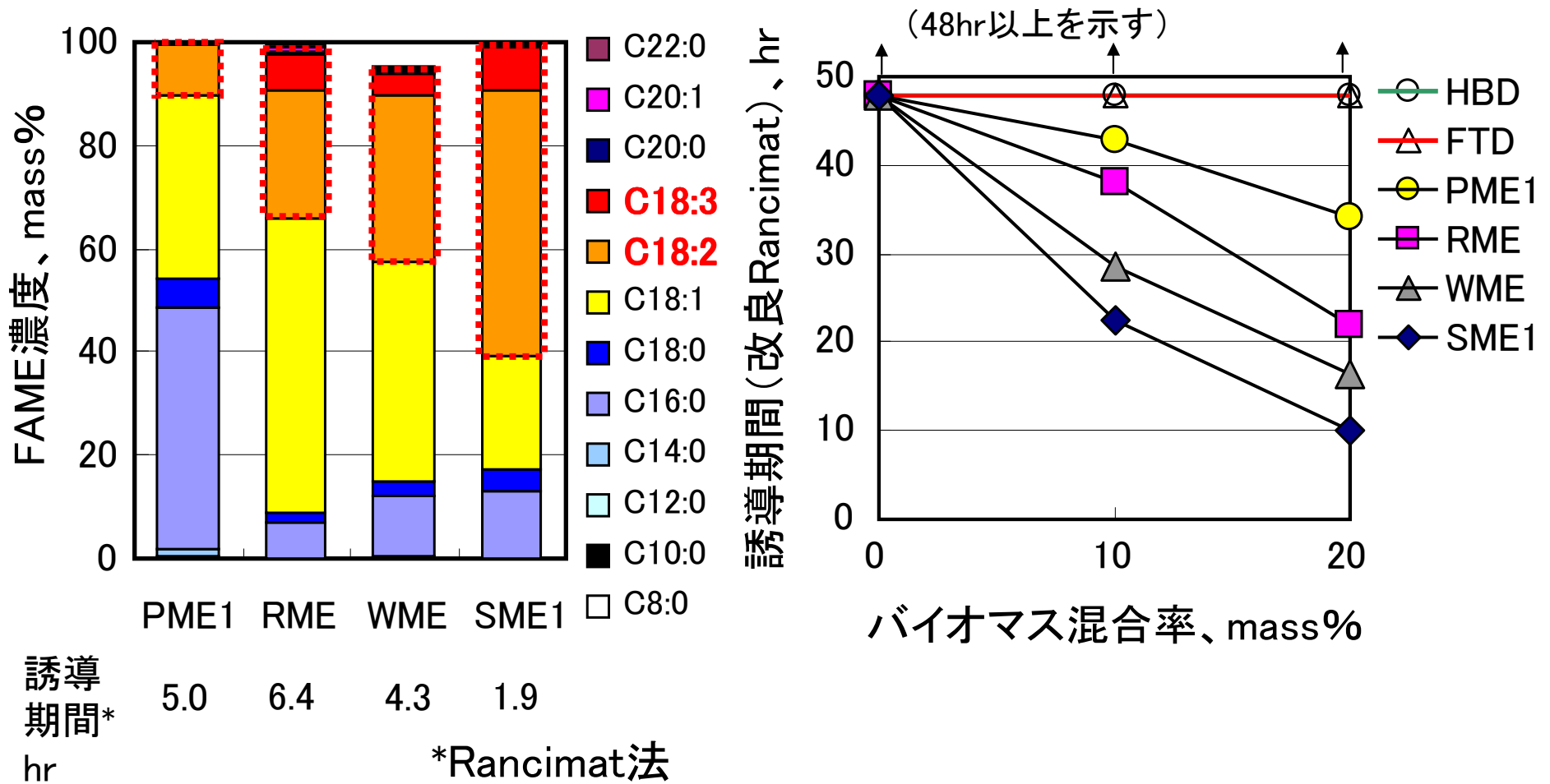
試料5mLに所定の酸素を封入し、140°Cに上昇

誘導期間 (初期圧力が10%低下するまでの時間)

品確法に採用予定



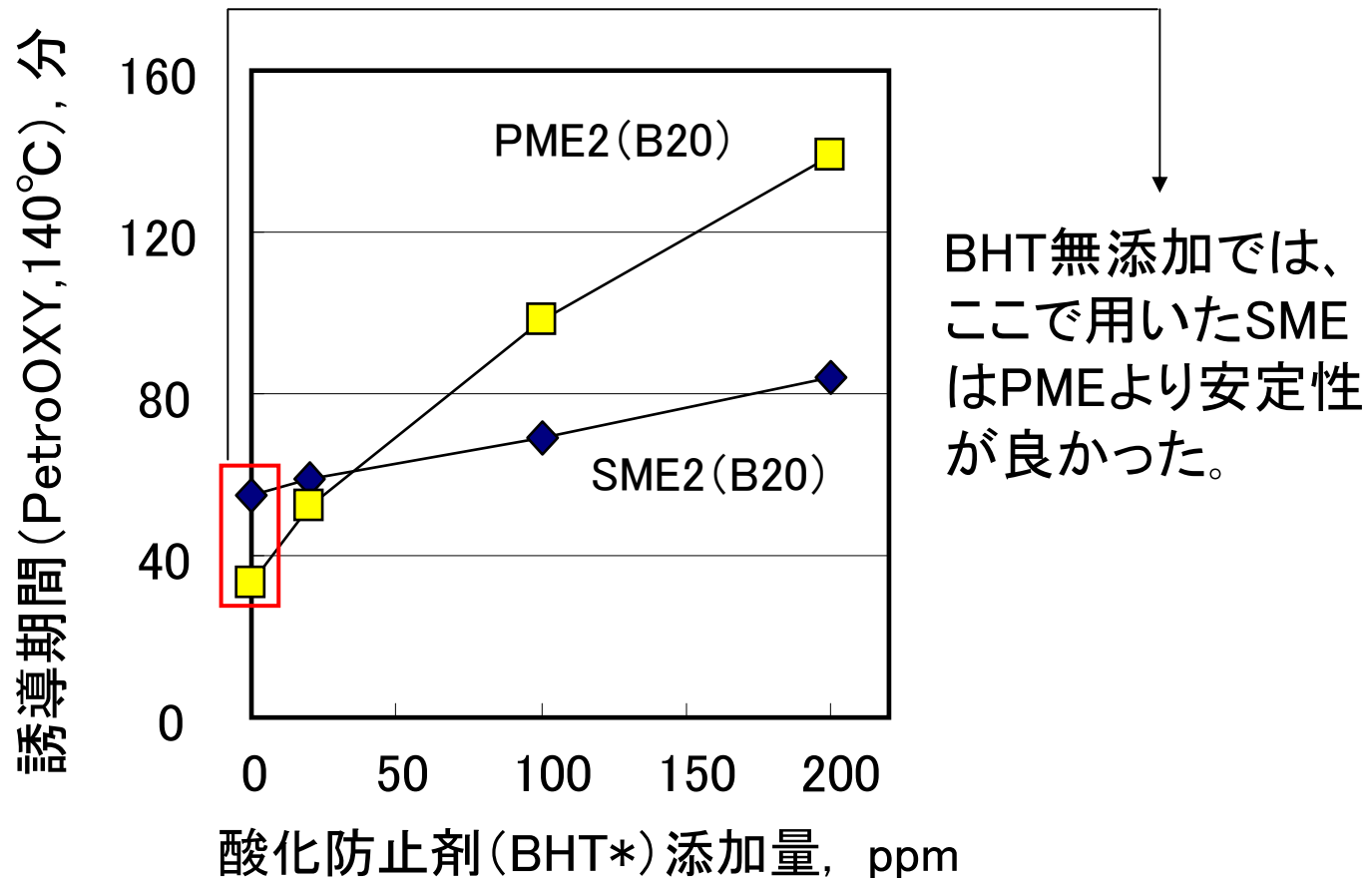
酸化安定性 —バイオマス混合軽油の酸化安定性—



○ FAMEを混合した場合、酸化安定性が悪化した。特に、二重結合を複数持つC18:2やC18:3を多く含むSMEを混合した場合、悪化が大きい。一方、HBD、FTDを混合した場合、安定性は悪化しなかった。

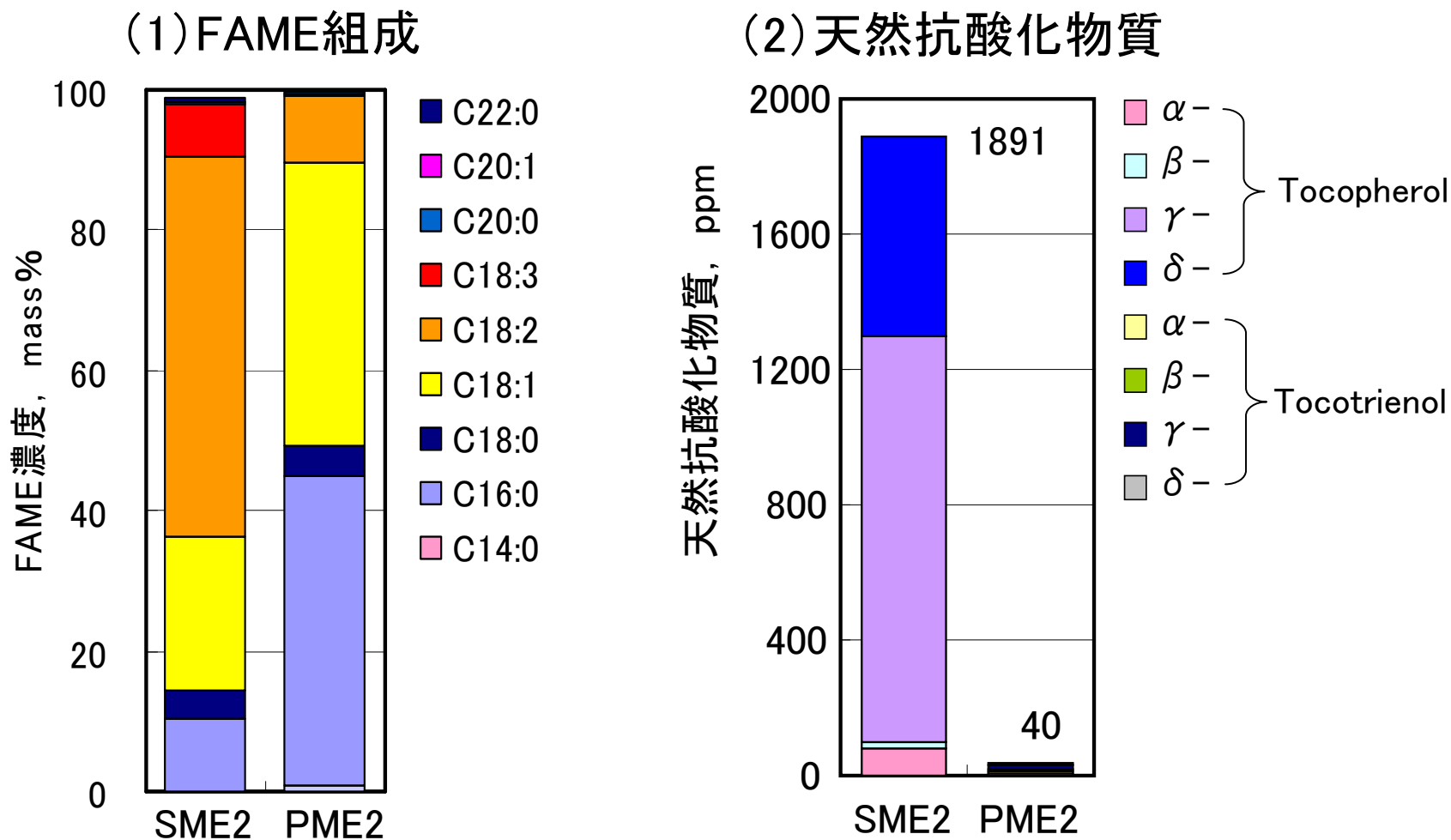
酸化安定性 —FAME混合軽油への酸化防止剤添加効果— **JATOP**

➤ FAME20%混合軽油(B20)へのBHTの添加効果



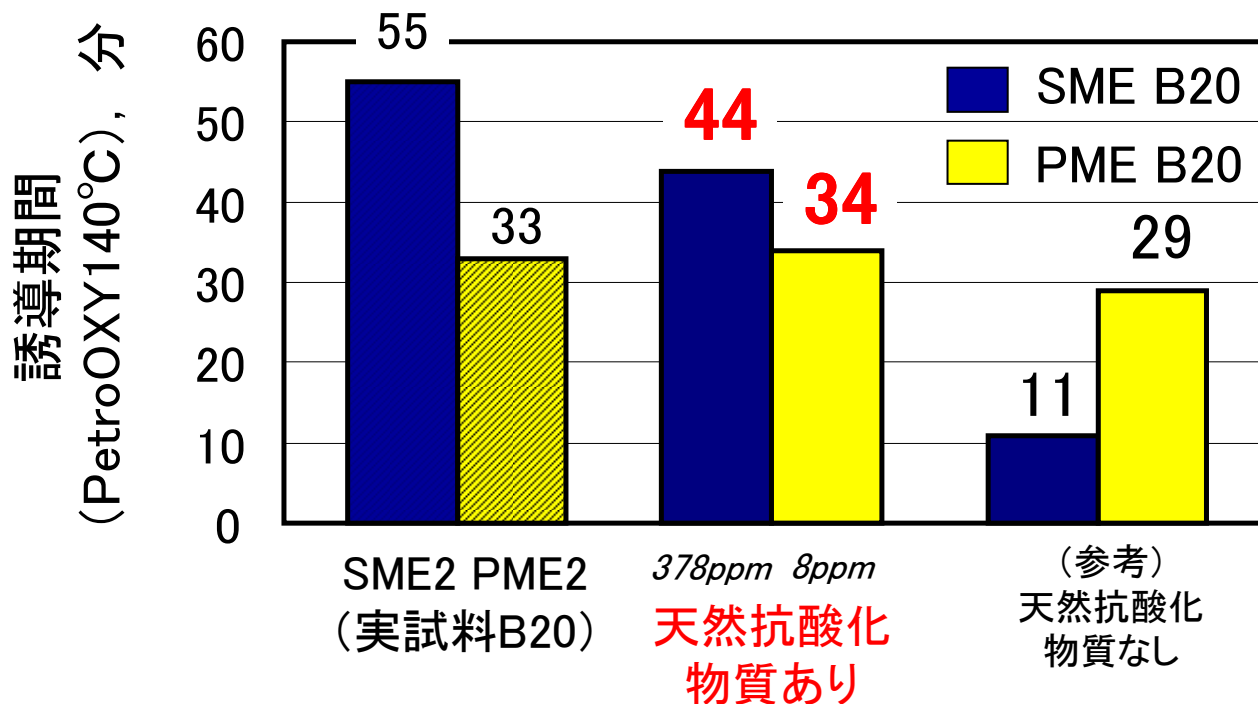
○ 酸化防止剤による酸化安定性の改善がみられた。ただし、C18:2、C18:3の多いSMEの方が添加レスポンスが小さかった。

酸化安定性 —SME2、PME2のFAME組成及び天然抗酸化物質—



FAME組成 : 二重結合を複数持つC18:2、C18:3の含有量はSME2の方が多かった。
天然抗酸化物質 : SME2の方がPME2より著しく多かった。
 →PME2よりもSME2の方が安定性が良かったのは天然抗酸化物質が多いためと推定される。

➤ 天然抗酸化物質の酸化安定性への効果を調査



・天然抗酸化物質あり
→実試料と同様、SMEの方が安定性が良かった。

・天然抗酸化物質なし
→PMEの方が安定性が良かった。

斜字は添加した天然抗酸化物質質量

SME2、PME2のFAME組成と天然抗酸化物質を試薬で模擬

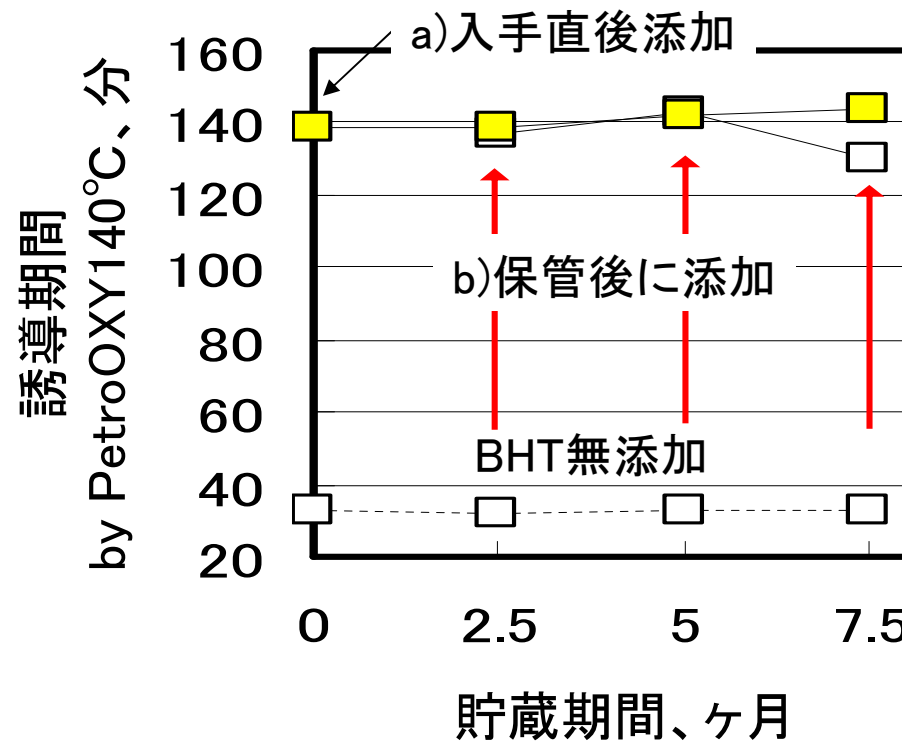
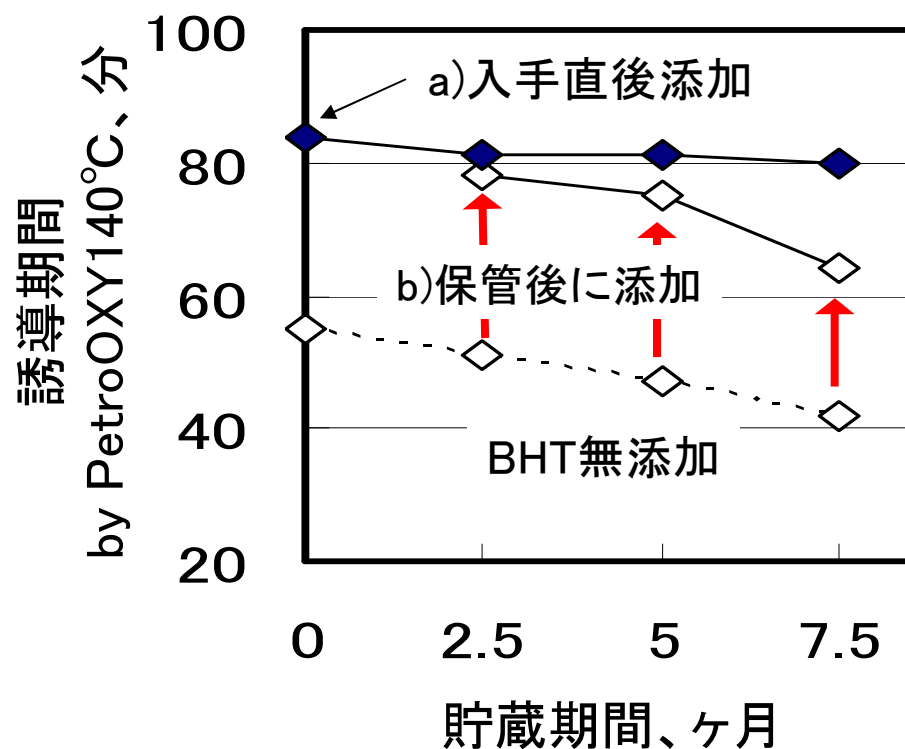
○ 天然の抗酸化物質により酸化安定性が向上した。
→SME2がPME2よりも安定性が良かったのは、天然の抗酸化物質が多いためであることを確認した。

酸化安定性 —BHT添加時期が安定性に及ぼす影響—

BHT添加量
200ppm

SME2 B20

PME2 B20



○ SMEはBHT無添加で保管した場合、酸化安定性が悪化した。また、長期保管後にBHTを添加しても、入手直後に添加した場合ほどは改善しなかった。

酸化安定性 —各因子の酸化安定性に及ぼす影響の把握—

- 4つの因子の酸化安定性に及ぼす影響の定量的な把握のために試薬を用いた試料の安定性試験を実施

(1) Base軽油 (安定性)

誘導期間*IP=75分を中心に
他に50~120分の合計13種

(2) FAME組成

C16:0	} 5%
C18:0	
C18:1	} 10%
C18:2	
C18:3	} 混合

(3) 天然抗酸化物質

α	} -Tocopherol	} 100ppm 200ppm 添加
β		
γ		
δ		
γ	-Tocotrienol	

(4) 酸化防止剤

BHT 100、200ppm添加

誘導期間*を
測定(271点)し、
各因子の影響を
解析

酸化安定性 一誘導期間推定モデル

➤ FAME混合軽油の誘導期間*IP推定モデル①+②(分)を導いた。

①BASE軽油、FAME組成で決定する誘導期間IP(分)

$$= \frac{1}{\left[\frac{1}{\text{BASE軽油の安定性}^*(\text{分})} + \text{FAME組成による酸素消費速度増加分}(\text{分}^{-1}) \right]}$$

$$\begin{aligned} \text{FAME組成による酸素消費速度の増加分}(\text{min.}^{-1}) &= + 0.000088 \times [\text{C16:0,mass\%}] - 0.000111 \times [\text{C18:0,mass\%}] \\ &+ 0.000615 \times [\text{C18:1,mass\%}] + 0.006141 \times [\text{C18:2,mass\%}] \\ &+ 0.012021 \times [\text{C18:3,mass\%}] \end{aligned}$$

②天然抗酸化物質、酸化防止剤(BHT)によるIP向上分(分)

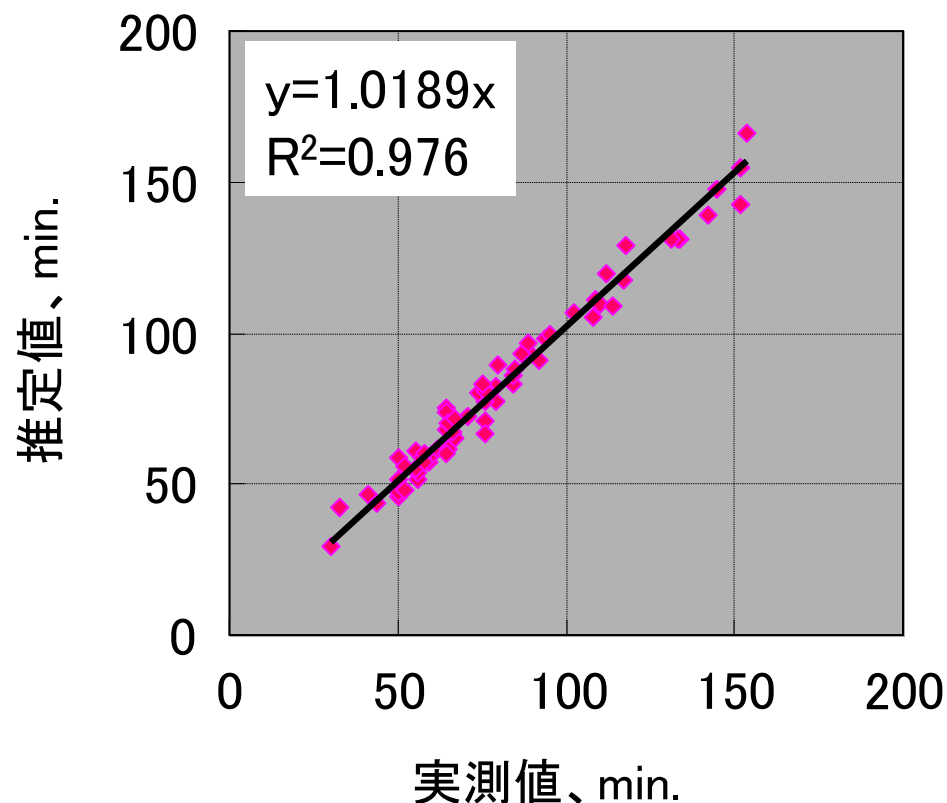
$$\begin{aligned} &= \text{①BASE軽油、FAME組成から決まる誘導期間} \\ &\times \{ 4.609 \times (1 - \exp(-0.0062 \times [\text{BHT,massppm}])) \\ &\quad + 4.609 \times (1 - \exp(+\ln(1 - 1.152/4.609 \times (1 - \exp(-0.0193 \times [\alpha\text{-Tocopherol, massppm}])))) \\ &\quad + \ln(1 - 3.032/4.609 \times (1 - \exp(-0.0149 \times [\beta\text{-Tocopherol, massppm}])))) \\ &\quad + \ln(1 - 4.526/4.609 \times (1 - \exp(-0.0103 \times [\gamma\text{-Tocopherol, massppm}])))) \\ &\quad + \ln(1 - 5.365/4.609 \times (1 - \exp(-0.0096 \times [\delta\text{-Tocopherol, massppm}])))) \\ &\quad + \ln(1 - 3.439/4.609 \times (1 - \exp(-0.0137 \times [\gamma\text{-Tocotrienol, massppm}])))) \} \end{aligned}$$

酸化安定性 —誘導期間推定モデルの検証—

- 誘導期間推定モデルをバイオFAME(多成分系)試料70点を用いて検証した結果、精度良いモデルであることを確認した。

＜適用範囲＞

誘導期間 150分以下、FAME混合量 20%以下、
酸化防止剤(BHT)量 200ppm以下

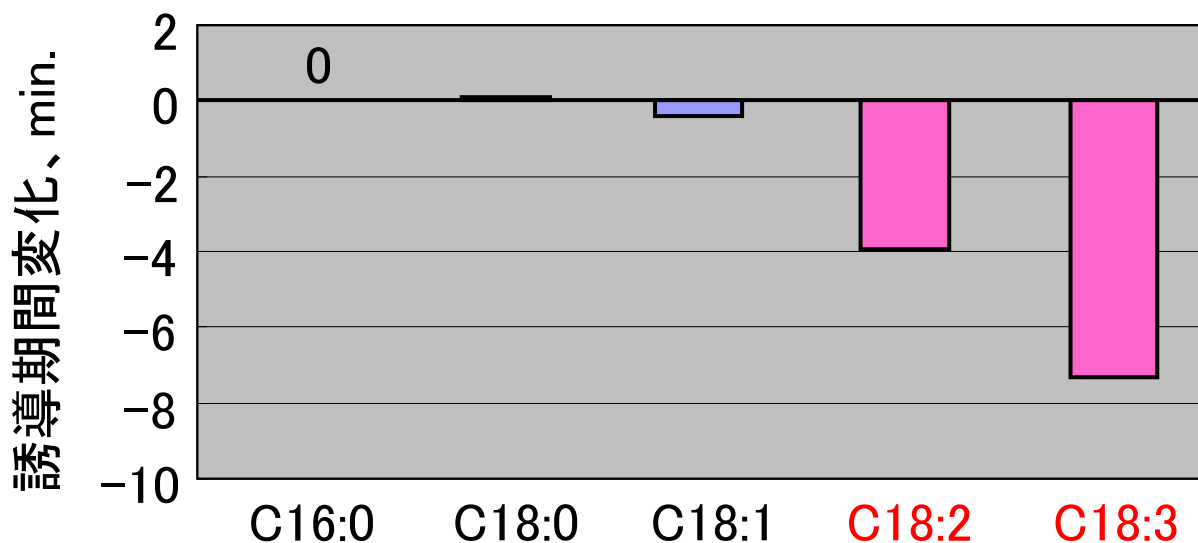


酸化安定性 —FAMEの影響の考察—

- 誘導期間推定モデルを用いてFAME成分の安定性への影響を考察

各FAME成分1%の安定性への影響

(SME20%*混合軽油からFAMEが1%変化した場合の変化)



<前提条件>

SME20%混合軽油

FAME組成

C16:0 2.2%

C18:0 0.8%

C18:1 4.5%

C18:2 10.9%

C18:3 4.6%

BASE軽油IP=90分

BHT100ppm添加

○ 不飽和結合を複数有するC18:2、C18:3 FAMEの酸化安定性への影響が大きい(これらが多いほど安定性は悪化する)



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ **部材影響**
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

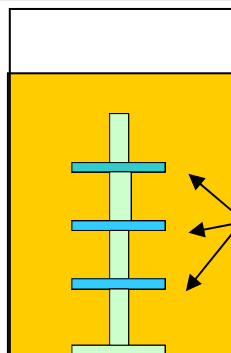
(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

部材影響 一部材浸漬試験概要

試験部材	浸漬条件*	評価項目	試験燃料
ゴム (4種) ①NBR(ニトリルゴム)、②H-NBR(水素添加ニトリルゴム) ③FKM(フッ素ゴム)、④NBR・PVC(ニトリルゴム+ポリ塩化ビニル)	80℃ 120℃	引張 強さ等	FAME (IP6,9,12hr**) × 10%、20% 50%、100% 混合
樹脂 (6種) ①PA(ポリアミド)、②PBT(ポリブチレンテレフタレート) ③PPS(ポリフェニレンサルファイド)、④POM(ポリアセタール) ⑤エポキシ樹脂、⑥フェノール樹脂	80℃	引張 強さ等	
金属 (8種) 単体試験、異種金属接触試験 ①SPCC(冷間圧延鋼板)、②AC2A(アルミ鋳物) ③C1100P(タフピッチ銅)、④C2600P(黄銅) ----- カップ試験 ⑤ターンシート(錫-鉛メッキ鋼板)、⑥ボンデ鋼板 (電気亜鉛メッキ鋼板)、⑦錫-亜鉛メッキ鋼板 (SnZn30/30)、⑧溶融アルミメッキ鋼板(AISI30/30)	120℃ 80℃	試験片 重量変化 溶出 金属分等	

単体試験
異種金属
接触試験



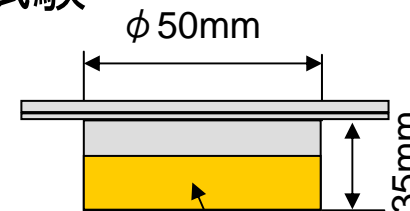
試験燃料

1L

試験片

(異種金属接触の場合は
異なる金属片2枚を固定)

カップ試験



試験燃料40mL

*1000時間

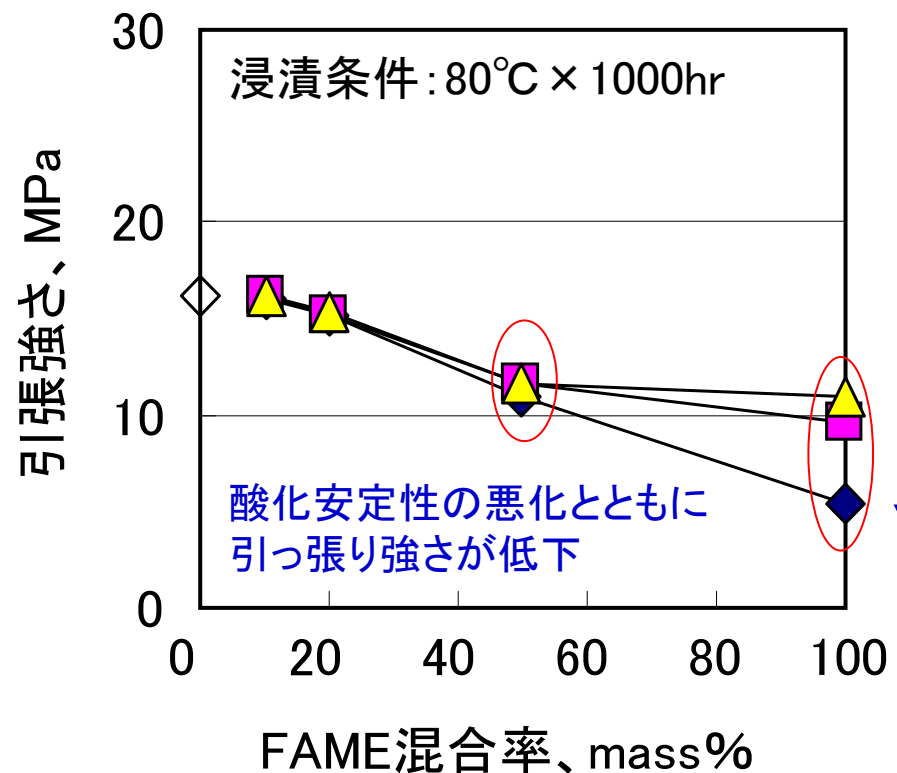
**Rancimat法

部材影響 — 浸漬試験のまとめ —

試験部材		B10、B20	B50、B100
ゴム (4種)	①NBR、②H-NBR ③FKM、④NBR・PVC	変化は 小さい	・変化が大きい部材が認められた ・酸化安定性の悪いFAMEの方が 影響が大きい傾向が認められた
樹脂 (6種)	①PA、②PBT、③PPS ④POM、⑤エポキシ樹脂 ⑥フェノール樹脂	変化は 小さい	変化は小さい
金属 (8種)	単体試験 ①SPCC(冷間圧延鋼板) ②AC2A(アルミ鋳物) ③C1100P(タフピッチ銅) ④C2600P(黄銅)	変化は 小さい	C1100Pは注意が必要
	異種金属接触試験 AC2A/Zn、SPCC/C1100P C1100P/Zn	変化は 小さい	SPCC/C1100Pは 注意が必要
	カップ試験 ⑤ターンシート(錫-鉛メッキ鋼板) ⑥ボンデ鋼板(電気亜鉛メッキ鋼板) ⑦錫-亜鉛メッキ鋼板(SnZn30/30) ⑧溶融アルミメッキ鋼板(AISi30/30)	ターンシートは 注意が必要	ターンシート ボンデ鋼板 錫-亜鉛メッキ鋼板 は注意が必要

部材影響 —FAME混合時のゴム材への影響—

NBRの引張強さ変化



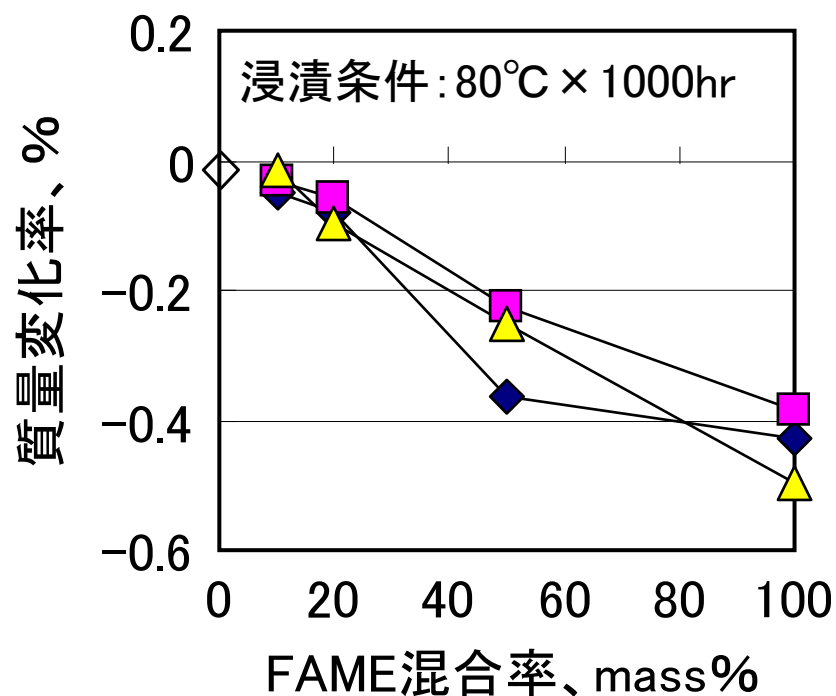
*Rancimat法

供試FAMEの酸化安定性* —◆— IP6hr —■— IP9hr —▲— IP12hr

- NBRではB50、B100で引っ張り強さが低下した。
また、酸化安定性の悪いFAMEの方が影響が大きい傾向が認められた。

部材影響 — 金属(ターンシート)への影響 —

<質量変化率>



供試FAMEの酸化安定性*

◆ IP6hr ■ IP9hr ▲ IP12hr

*Rancimat法

<メッキ状態と溶出金属>

	メッキ状態	溶出金属
BASE 軽油		Pb < 5ppm Sn < 5ppm
FAME 100% (IP12hr)		Pb 255ppm Sn 22ppm

○ ターンシートの質量減少が認められた。また、BASE軽油にはみられないメッキ溶出による鋼板露出や金属溶出がみられた。



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

常温貯蔵安定性 —曇り点より高い温度での析出物生成—

曇り点より高い温度
 →軽油では析出物は生成しない
 →FAME混合軽油では析出物が生成する場合あり(常温析出物)



CP:曇り点
 (WAXが析出する温度)



CFPP:目詰まり点
 (析出したWAXでフィルタが目詰まりする温度)

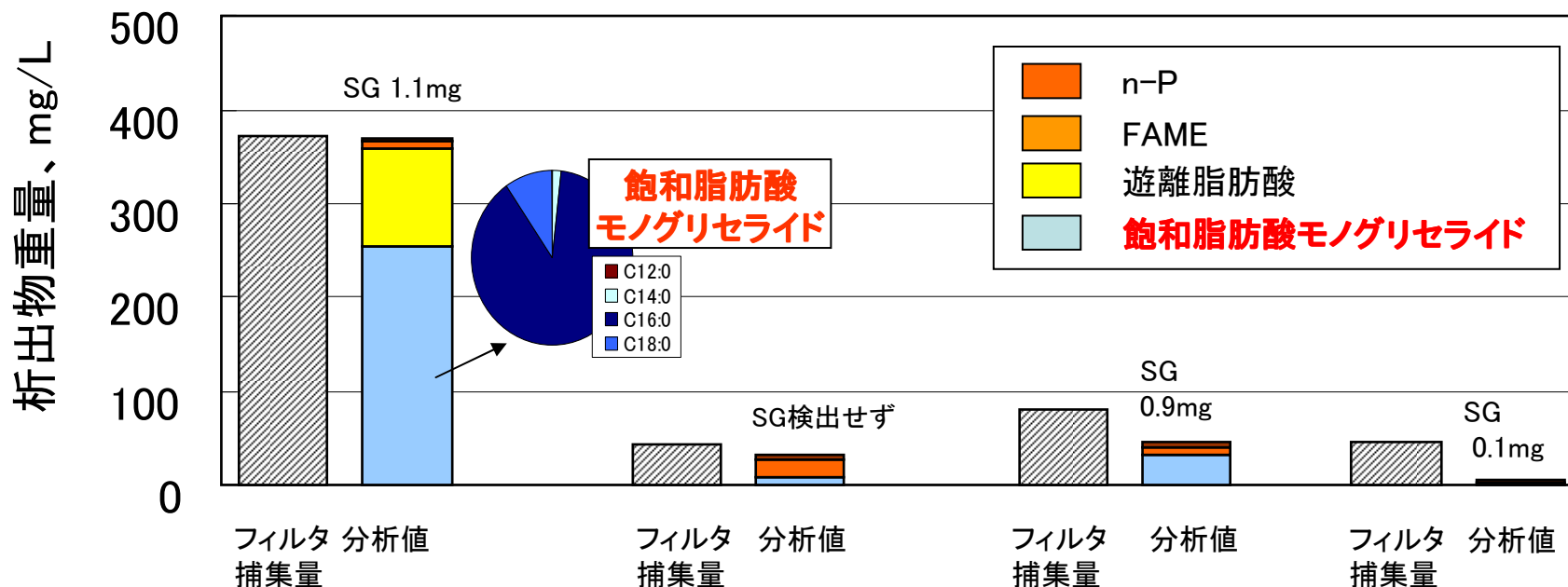


PP:流動点
 (流動性がなくなる温度)

↓
 低温

常温貯蔵安定性 ー常温析出物分析結果ー

貯蔵温度 5°C × 16hr、ろ過フィルタ目開き0.8 μm



FAME中の
飽和脂肪酸
モノグリセライド*
mass%

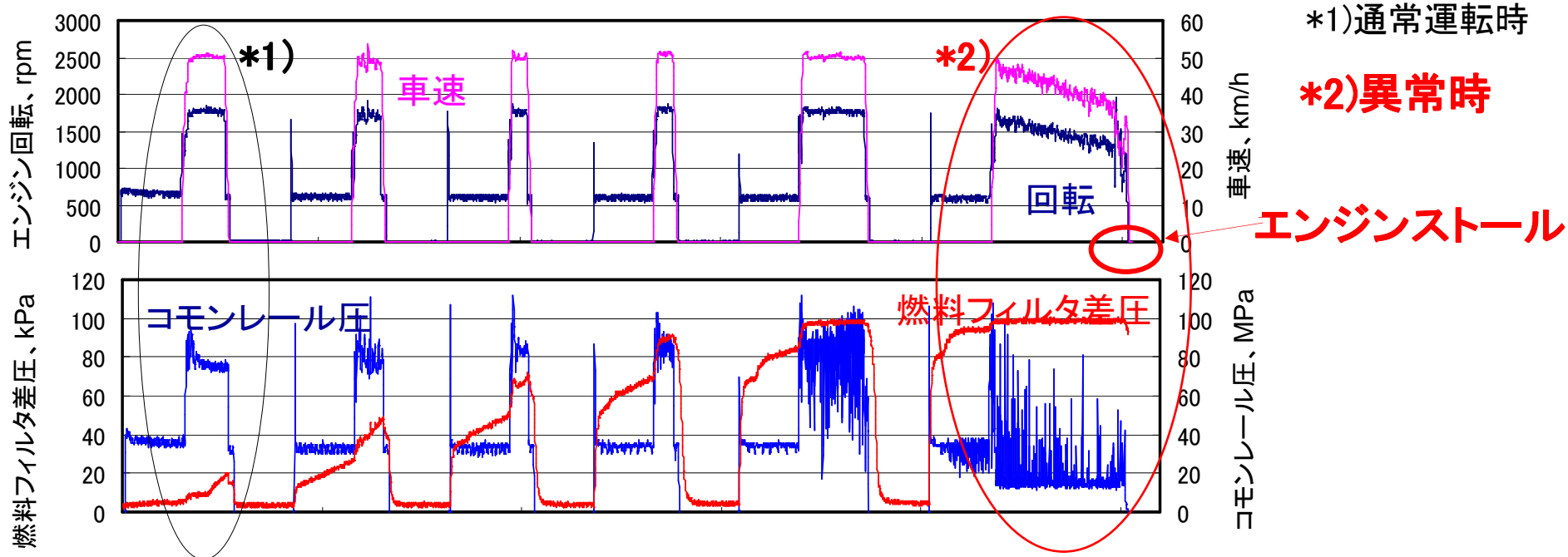
PME (typeA) 20% **0.29** PME (typeB) 20% 0.07 SME 20% 0.15 RME 20% 0.05

*C16:0
+C18:0

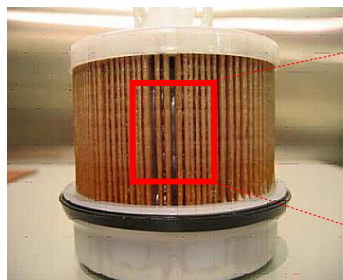
○ PME、SME、RME混合軽油では曇り点より高い温度で析出物がみられた。PME (typeA) から多くの析出物が生成し、その主成分は飽和脂肪酸モノグリセライドであった。また、PME (typeA) にも多くの飽和脂肪酸モノグリセライドが含まれていた。一方、飽和脂肪酸モノグリセライドが少ない PME (typeB) からの析出物は比較的少量であった。

常温貯蔵安定性 一車両試験結果一

- 析出物量の多かったPME (typeA) 20%混合燃料(下層)を用いた5°Cでの走行試験を実施



試験後の燃料
フィルタ外観



約130L分の燃料の
常温析出物で燃料
フィルタが目詰まり

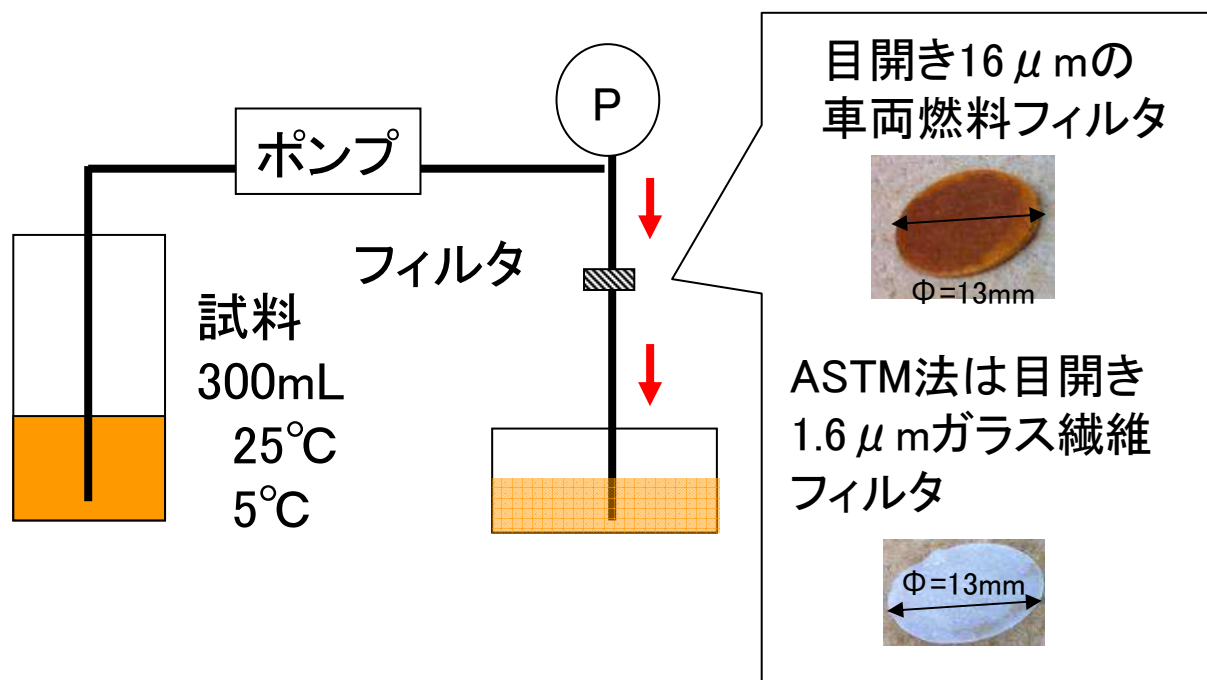
○ 燃料フィルタへの析出物の目詰まりにより車両不具合(エンジンストール)が発生することを確認した。

常温貯蔵安定性 —PME (typeB)、SMEからの常温析出物調査—

- 析出物重量の少なかったPME (typeB)、SME20%の析出物に関して、フィルタ通油性試験と析出物重量の面から調査

<フィルタ通油性試験 (ASTM D2068) >

- ・試料通油時の圧力変化を計測
- ・全量通油前に圧力が上限値105kPaに達した場合、FAILとした。



<通油性試験結果> (5°C、車両燃料フィルタ)

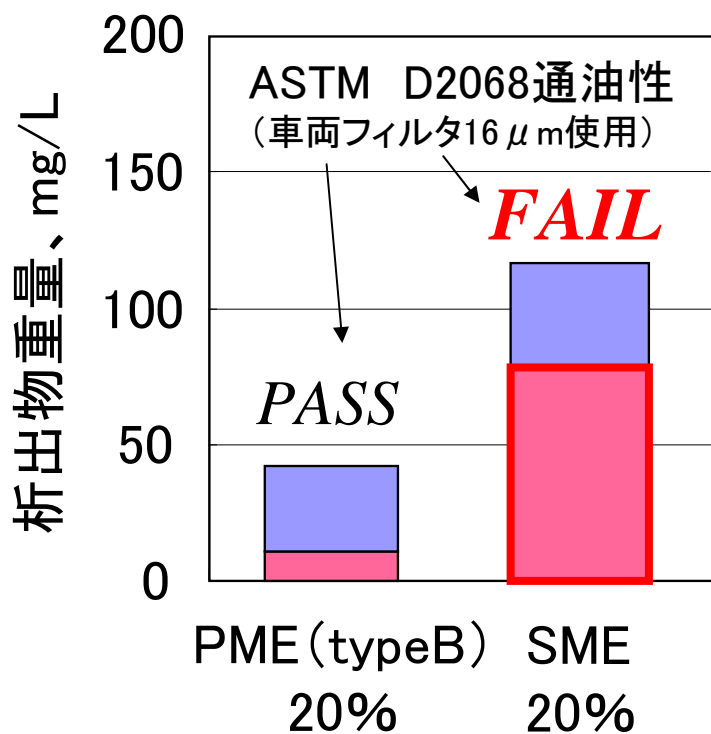
PME (typeA) 20%
→ **FAIL**

PME (typeB) 20%
→ **PASS**

SME20%
→ **FAIL**

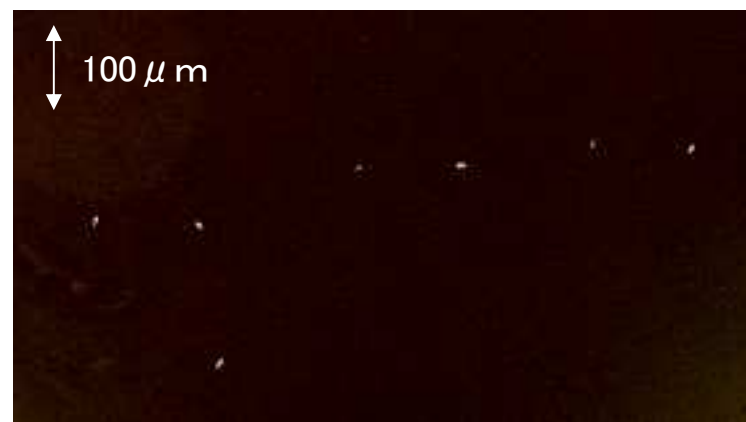
常温貯蔵安定性 —SMEの常温析出物とフィルタ通油性—

- 小さい結晶
(0.8と10 μm フィルタ捕捉物の差)
- 大きい結晶
(10 μm フィルタ捕捉物)



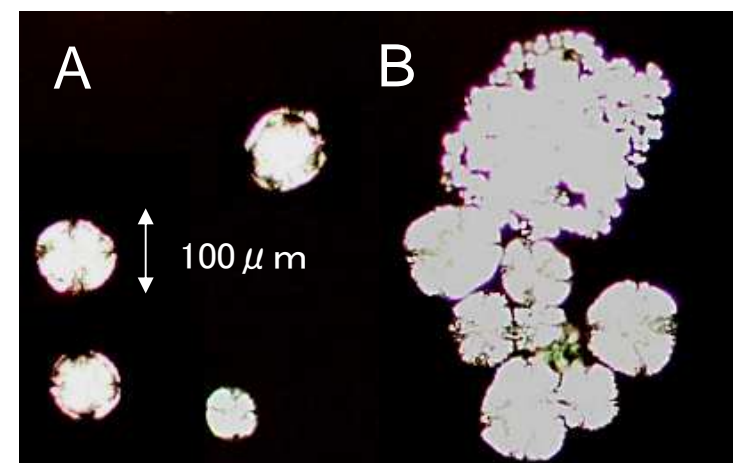
<5°Cでの析出物結晶>

PME (typeB)
20%



SME 20%

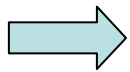
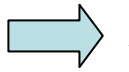

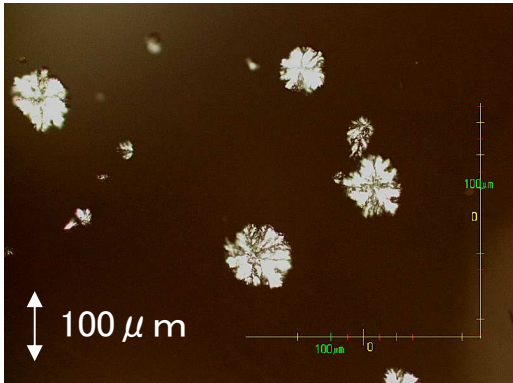
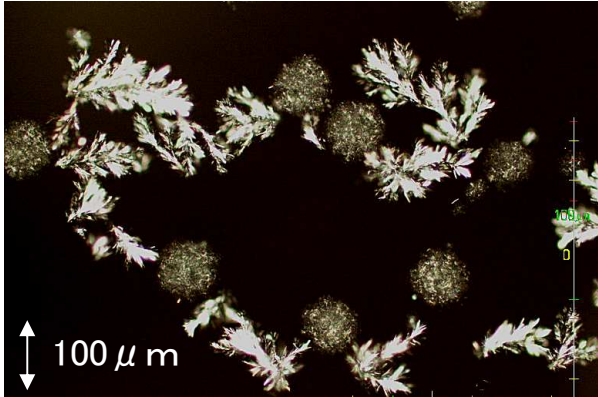
100 μm 程度の
大きい結晶Aと
それらが凝集し
て数百 μm 以上
にまで巨大化し
た結晶Bが観察
された



○ SMEの巨大な結晶がフィルタ通油性を悪化させたと考えられる。

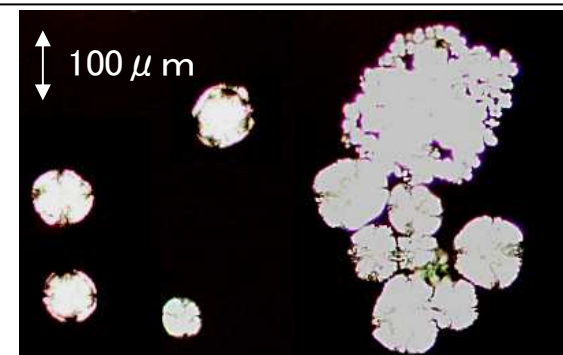
常温貯蔵安定性 –SMEのフィルタ通油性悪化の原因–

➤ 試薬を用いてSMEに含まれる成分の析出物 (@5°C) への影響を調査

<p><u>PME (typeB) 20%</u> ・脂肪酸モノグリセライド 0.02% ・ステロールグルコシド 2ppm</p>		<p>PME (typeB) 20%に 脂肪酸モノグリセライド(0.13%)と 遊離脂肪酸(0.2%)を添加</p>		<p>さらに微量(5ppm)の ステロールグルコシドを添加</p>
	 <p>100 μm程度の大きい結晶</p>	 <p>大きい結晶が凝集して 巨大な結晶に成長</p>		

SME 20%

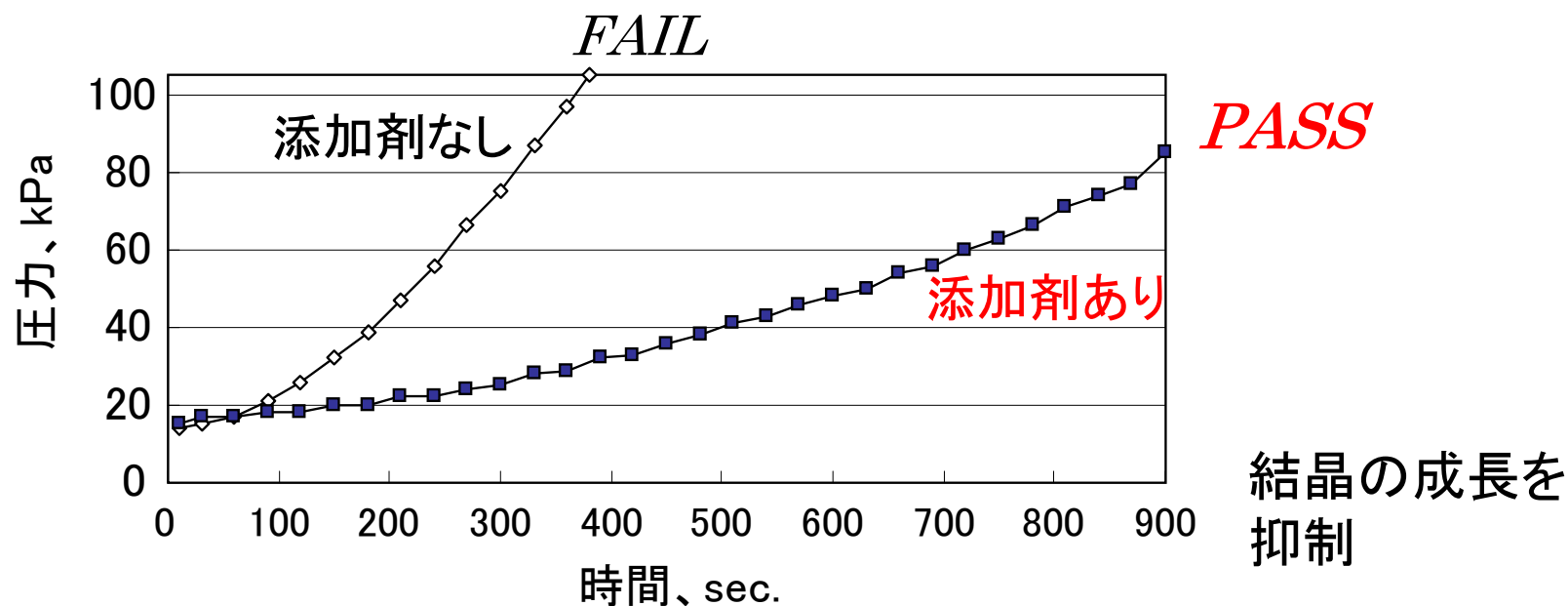
- ・脂肪酸モノグリセライド 0.15%
- ・ステロールグルコシド 18ppm



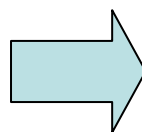
○ 脂肪酸モノグリセライド等と微量のステロールグルコシドの共存時に、SMEの場合と同様に大きな結晶が凝集して巨大化する現象がみられた。

常温貯蔵安定性 — 添加剤による通油性改善の可能性 —

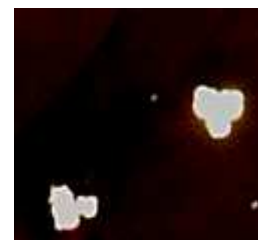
- 添加剤を添加(リコメンド量 0.3mass%)したSME20%混合軽油のフィルタ通油性を評価



添加剤なし



添加剤あり



結晶の成長を抑制

○ SMEへの添加剤の添加により、フィルタ通油性が改善する可能性が示された。



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

排出ガス影響 —エンジン諸元、排出ガス分析項目—

- ▶ ディーゼル車の主要な排出ガス後処理システムであるDPF(ディーゼルパティキュレートフィルタ)、NSR(NO_x吸蔵還元触媒)、尿素SCRシステムを搭載した車両／エンジンで排出ガス試験を実施

(1) 主要諸元

車両、エンジン名称	車両A	エンジンB2	エンジンC
気筒数	直列4気筒	直列4気筒	直列6気筒
総排気量 L	3.0	4.0	9.2
排出ガス規制	新長期規制	新長期規制	新長期規制
排出ガス低減技術	ターボ インタークーラ コモンレール式 燃料噴射システム クールドEGR DOC+DPF	ターボ インタークーラ コモンレール式 燃料噴射システム クールドEGR DOC+DPF+NSR	ターボ インタークーラ コモンレール式 燃料噴射システム クールドEGR DOC+尿素SCR
試験モード	JC08(Cold, Hot)	JE05	JE05, 定常

※ エンジン、後処理システムの制御は現行軽油ベース

(2) 分析項目

CO, HC, NO_x, PM

(3) 試験燃料

バイオ燃料 5種類(SME,RME,PME,HBD,FTD)を軽油に10%, 20%混合

排出ガス影響 — バイオ燃料10%, 20%混合時の影響 —

分析計の定量限界より高い濃度の排出ガスについて、一元配置、5%有意水準で検定実施

(バイオ燃料混合によって、**-**:低減、**+**:増加、**=**:変化なし、*****:定量限界以下につき検定せず)

Emissions	Biomass blend level (mass%)	Vehicle-A		Engine-B2	Engine-C			
		触媒OUT	触媒OUT	触媒OUT	触媒OUT		エンジンOUT	
		JC08C	JC08H	JE05	JE05	定常	JE05	定常
CO	10	=	*	=	*	*	-(SME,RME,PME,FTD)	-(RME,PME)
	20	-(HBD)	*	=	*	*	-(SME,RME,PME,FTD)	-(SME,RME,PME)
HC	10	=	=	=	*	*	-(SME,RME,PME,HBD)	-(RME)
	20	=	=	=	*	*	-(SME,RME,PME,HBD)	-(SME,RME,PME)
NOx	10	=	=	+(SME,RME)	=	=	+(PME)	=
	20	=	=	+(SME,RME,HBD)	+(SME,RME)	=	-(HBD) +(SME,RME,PME)	+(SME)
PM	10	=	=	=	=		=	
	20	=	=	=	-(RME)		=	

全体的傾向

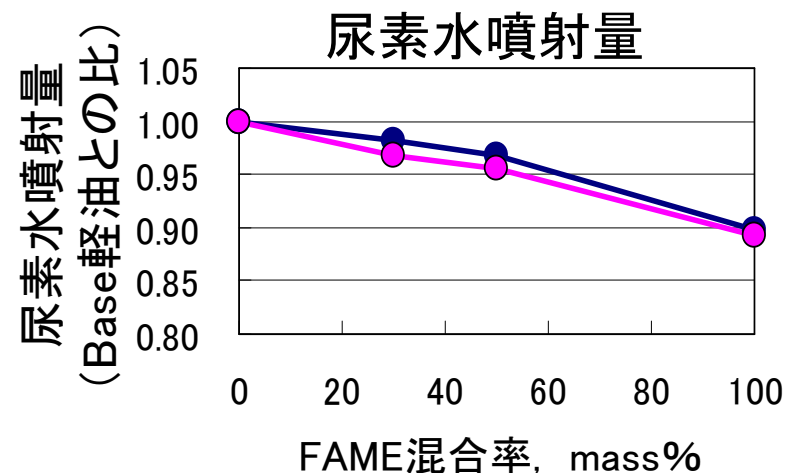
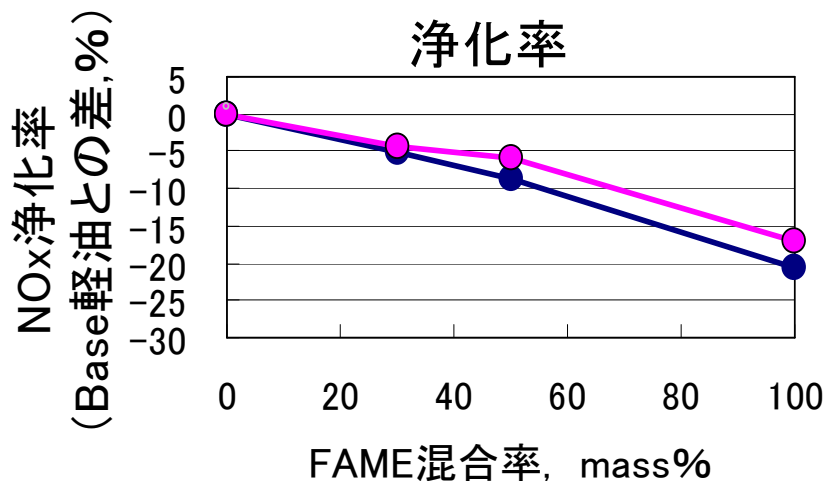
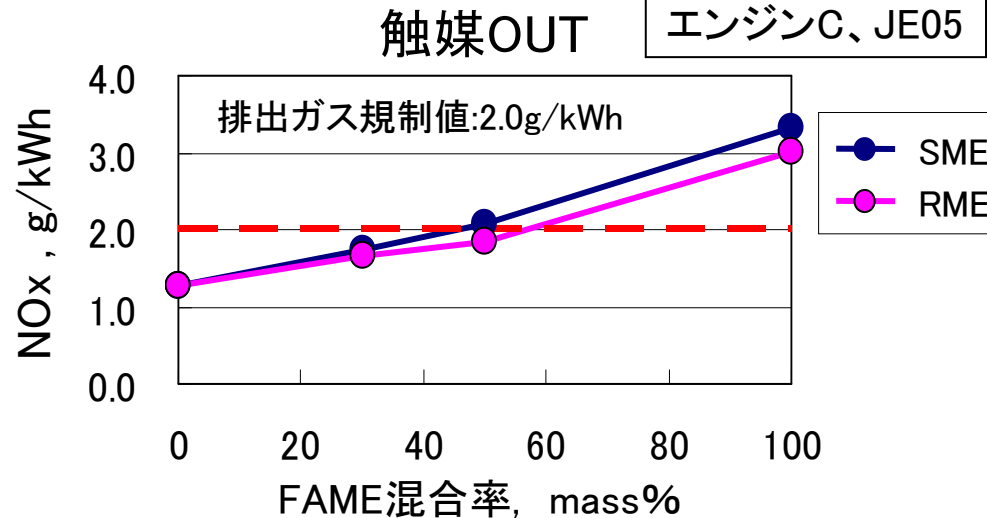
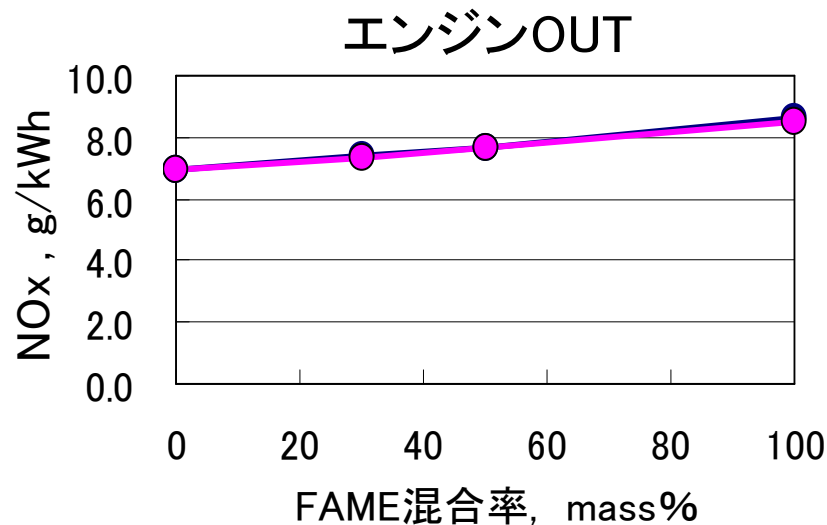
触媒OUT : FAME20%混合でNOx増加、

炭化水素系バイオ燃料は概ね変化なし

エンジンOUT: FAME混合でCO、HC減少、FAME20%混合でNOx増加、

(触媒前) 炭化水素系バイオ燃料は概ね変化なし

排出ガス影響 —高濃度混合時のNO_x影響—



○ FAME高濃度(30,50,100%)混合では、エンジンOUT、触媒OUT共に大幅にNO_xが増加した。



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

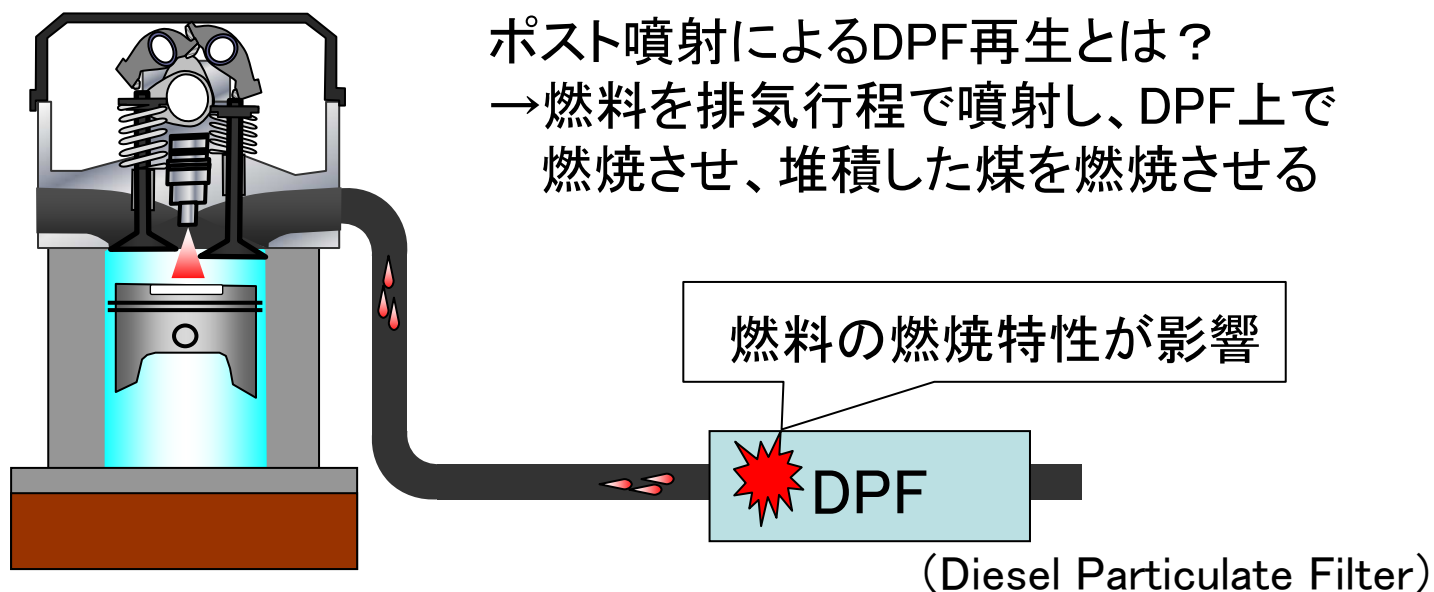
(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

後処理影響 —DPF再生メカニズムと試験方法—

最新車両には排出ガス中のPM低減のためにDPFが広く普及
 →ポスト噴射によるDPF再生制御が組み込まれている



DPF再生制御に対するバイオ燃料混合の影響について調査

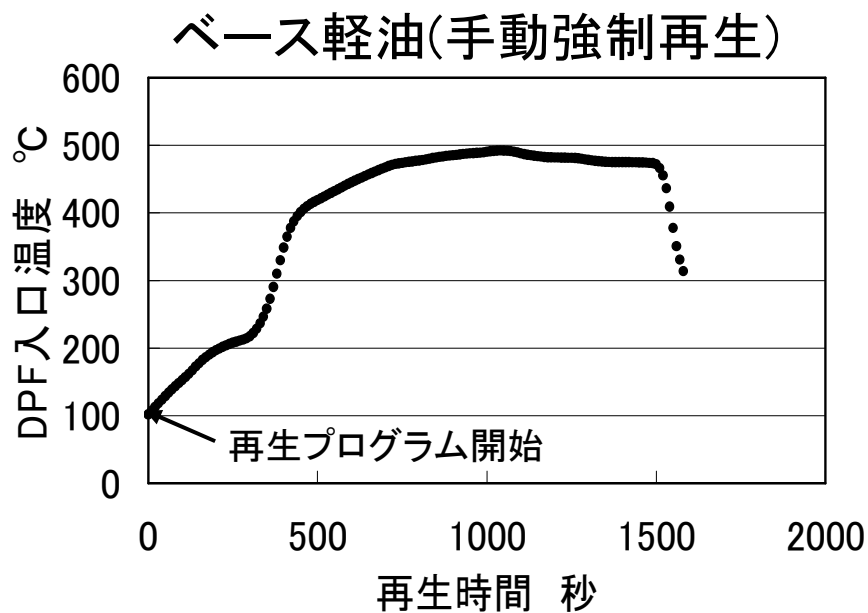
(試験方法)

DPF再生制御プログラムを作動し、DPF強制再生が正常に機能するかを調査

- ・自動強制再生 走行中(エンジン暖機)を想定した条件
- ・手動強制再生 エンジン始動直後(エンジン冷機)を想定した条件

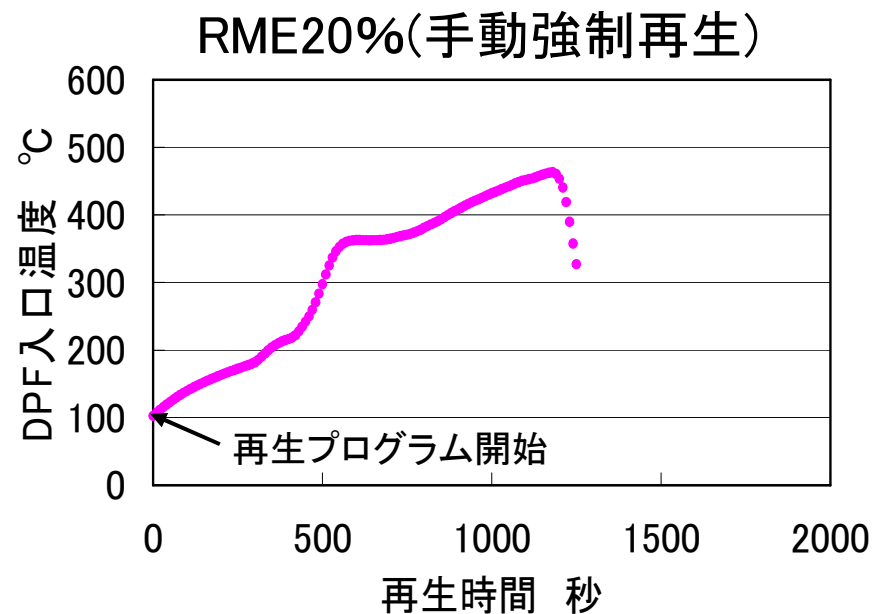
後処理影響 —DPF強制再生結果の一例—

Pass



再生に必要な温度まで
上昇した

Fail



再生に必要な温度まで
上昇しなかった

後処理影響 —DPF強制再生 試験結果—

*1:RME、CME、*2:RME、*3他の混合率の結果から推定

試験項目		バイオ燃料混合率、mass%			
		10	20	50	100
DPF 強制再生	自動	○	○	○ (FAME*2)	× (FAME*2)
	手動	○	○ (HBD) × (FAME*1)	× (FAME*3)	× (FAME*3)

○:Pass、×:Fail

- FAME混合率の増加により、強制再生がFailとなる傾向がみられた。
 - 自動強制再生はFAME100%混合でFail
 - 手動強制再生はFAME20%混合でFail(HBD20%混合はPass)

(FAMEの発熱量や揮発性が軽油と比較して低いことに起因すると推定される)



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

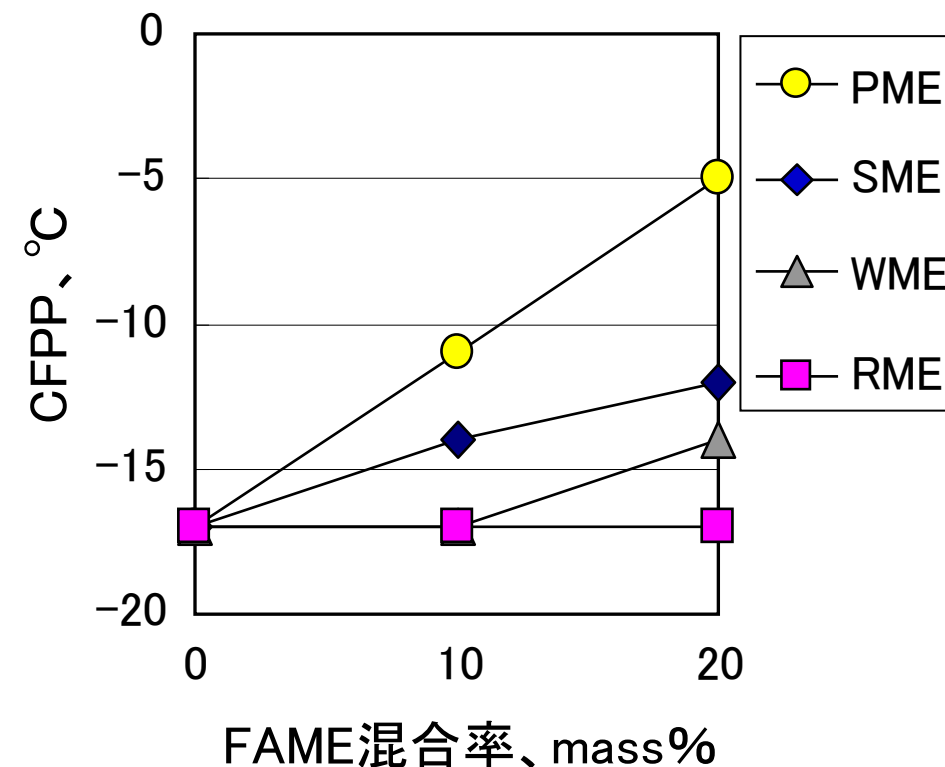
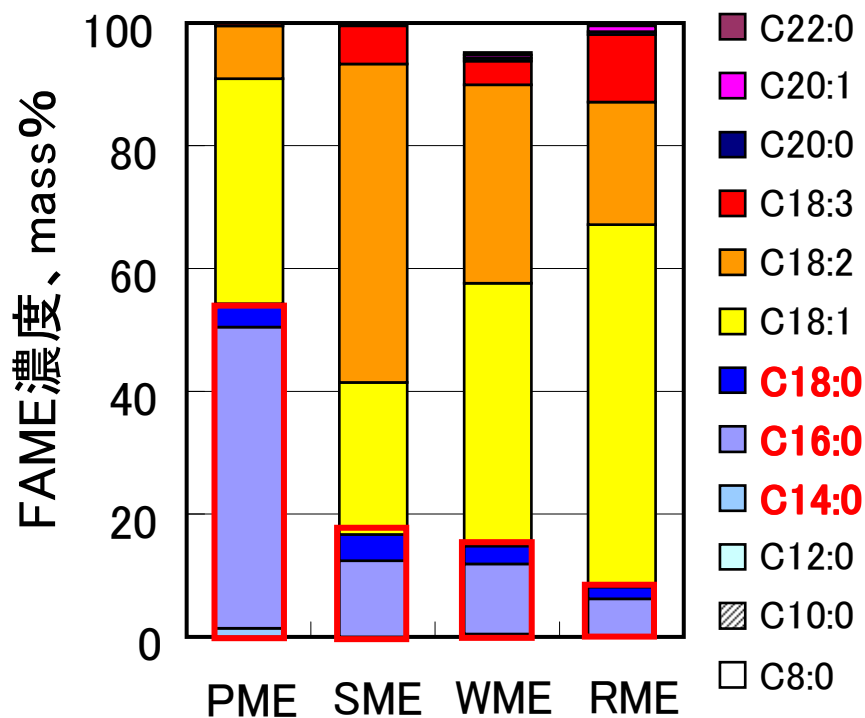
(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

低温運転性影響 —低温性能—



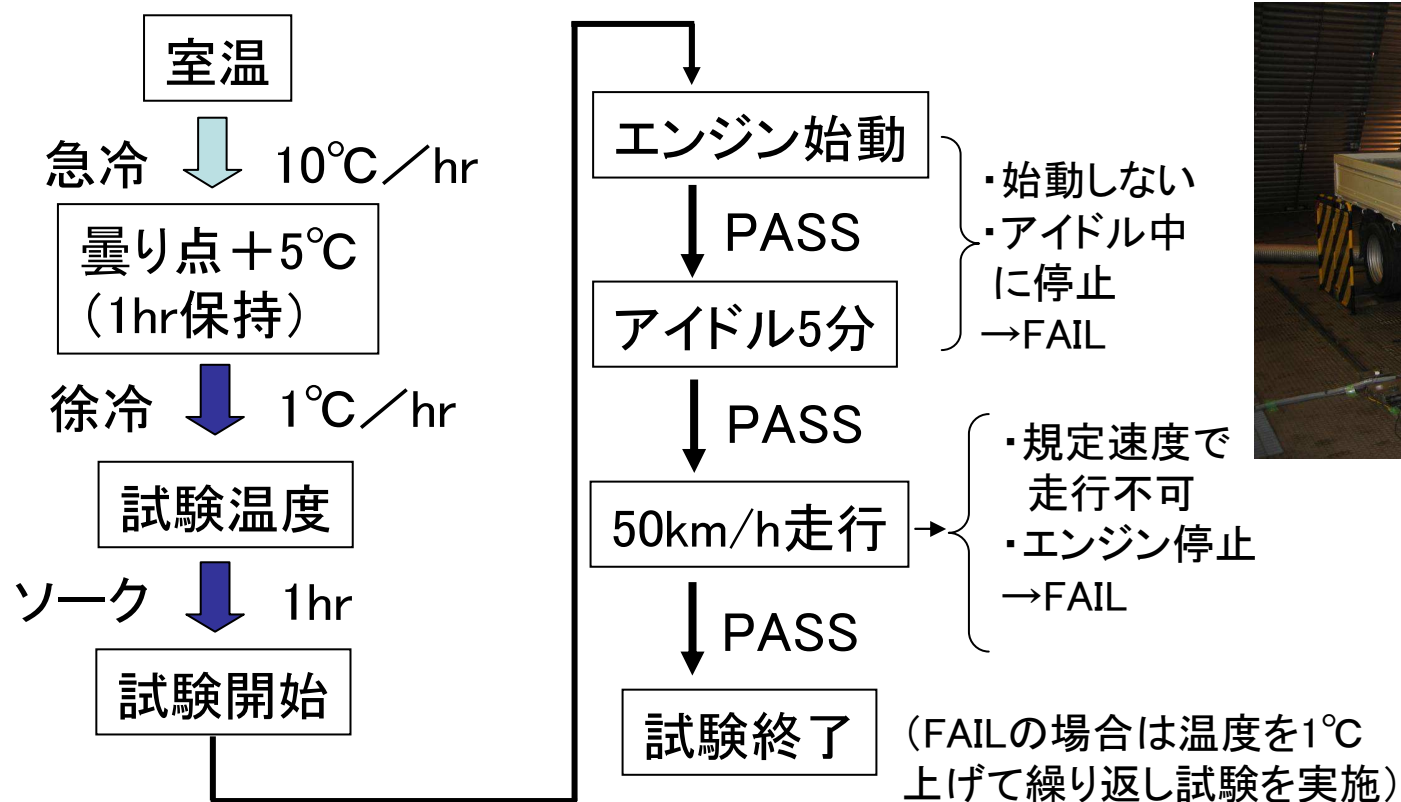
目詰まり点 CFPP、°C +14 -4 -3 -11

○ 飽和脂肪酸メチルエステルを多く含むPMEは低温性能が良くない。そのPMEを軽油に混合すると、混合軽油のCFPPも悪化した。

低温運転性影響 —試験概要—

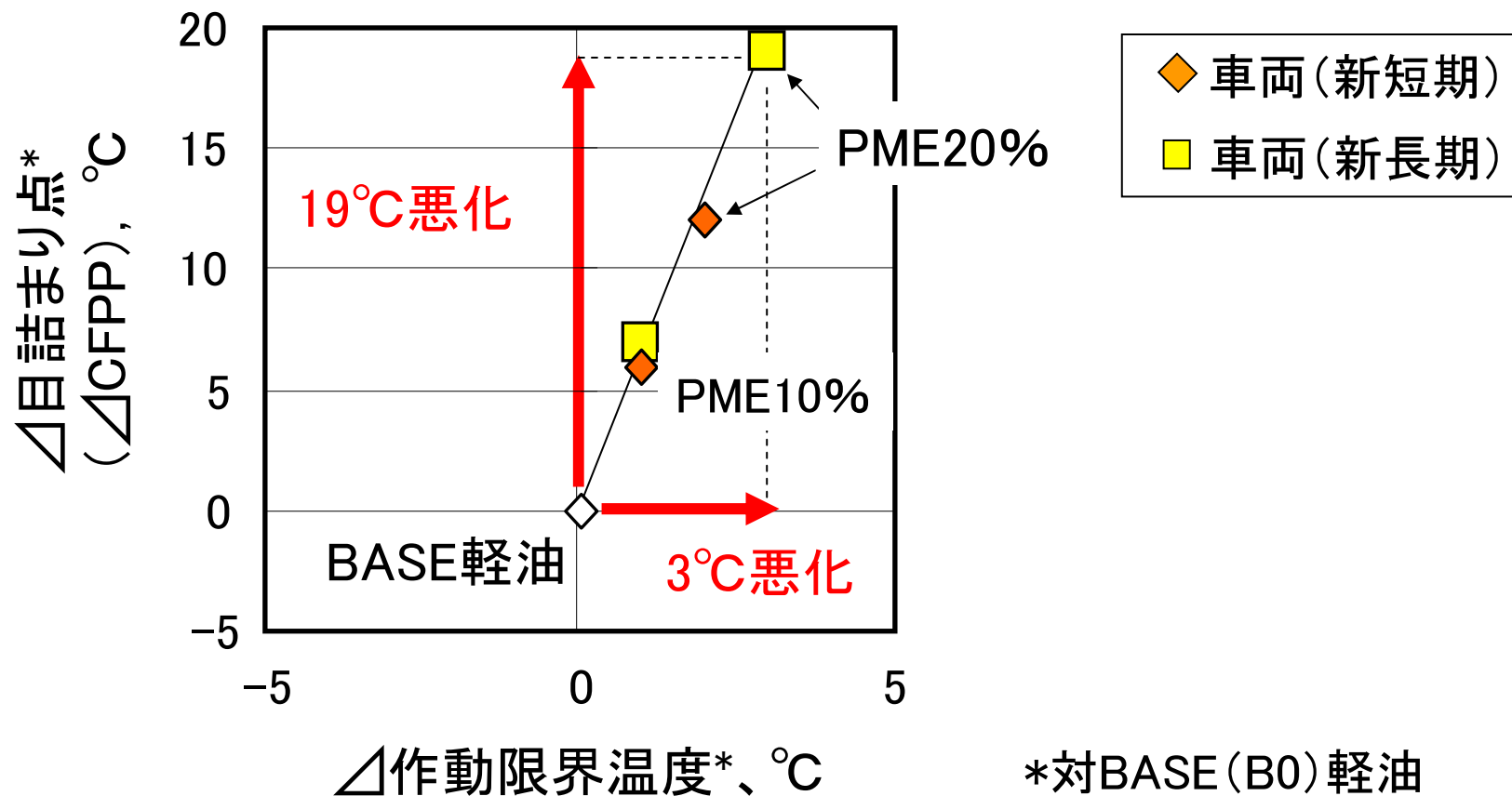
- PME混合により低温性能が悪化するため、2台(新長期、新短期規制)の車両を用いてPME10、20%混合軽油の低温運転性を評価

<評価手順>



PASSとなった最低温度→作動限界温度

低温運転性影響 — 作動限界温度と目詰まり点の関係 —



○ PME混合軽油ではCFPPおよび作動限界温度が悪化した。
 (ただし、CFPPの悪化ほどは作動限界温度は悪化しなかった)



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

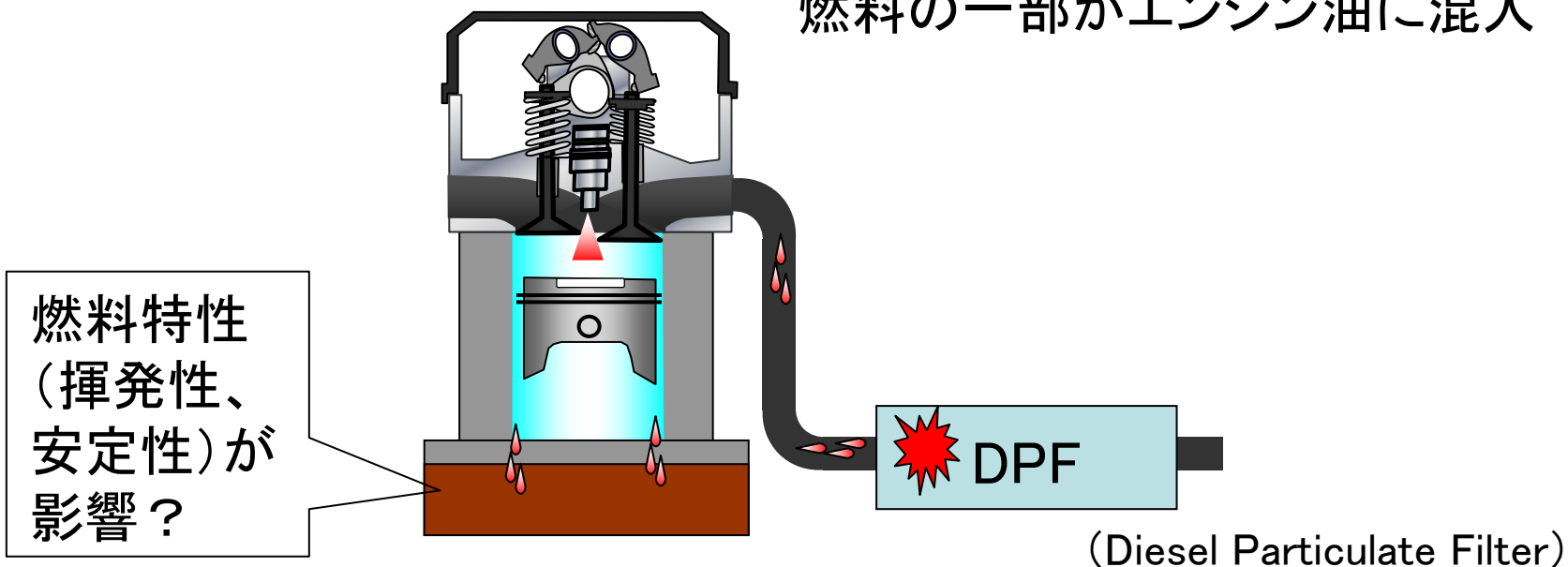
(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

エンジンオイル影響 — DPF再生時のエンジン油の燃料希釈

最新車両には排出ガス中のPM低減のためにDPF搭載車両が広く普及
 →DPF再生制御時のポスト噴射によりエンジン油の燃料希釈が増加傾向

ポスト噴射によるエンジン油の燃料希釈
 →燃料を排気行程で噴射するため、
 燃料の一部がエンジン油に混入

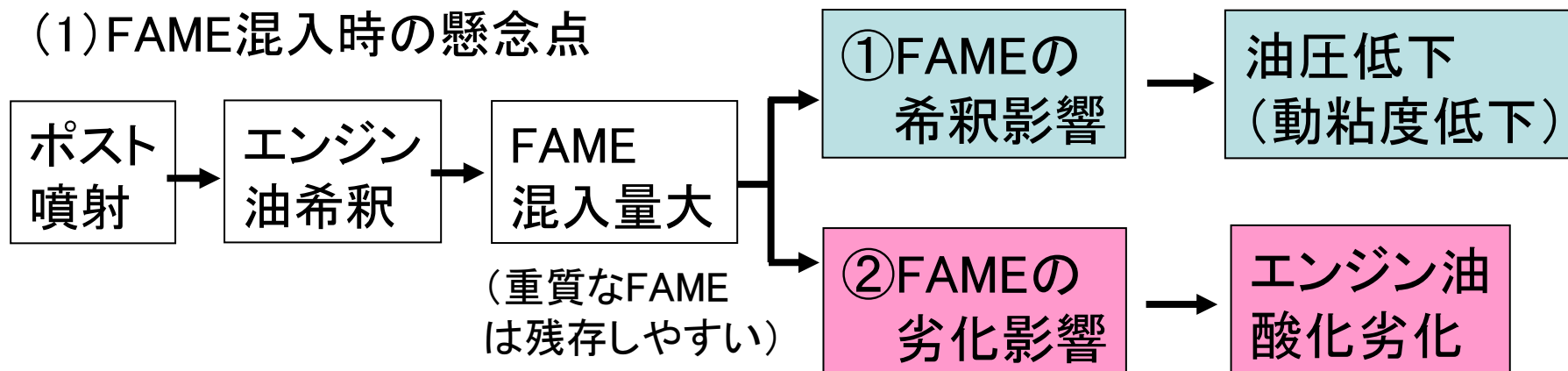


(FAMEは軽油より蒸留性状が重質)

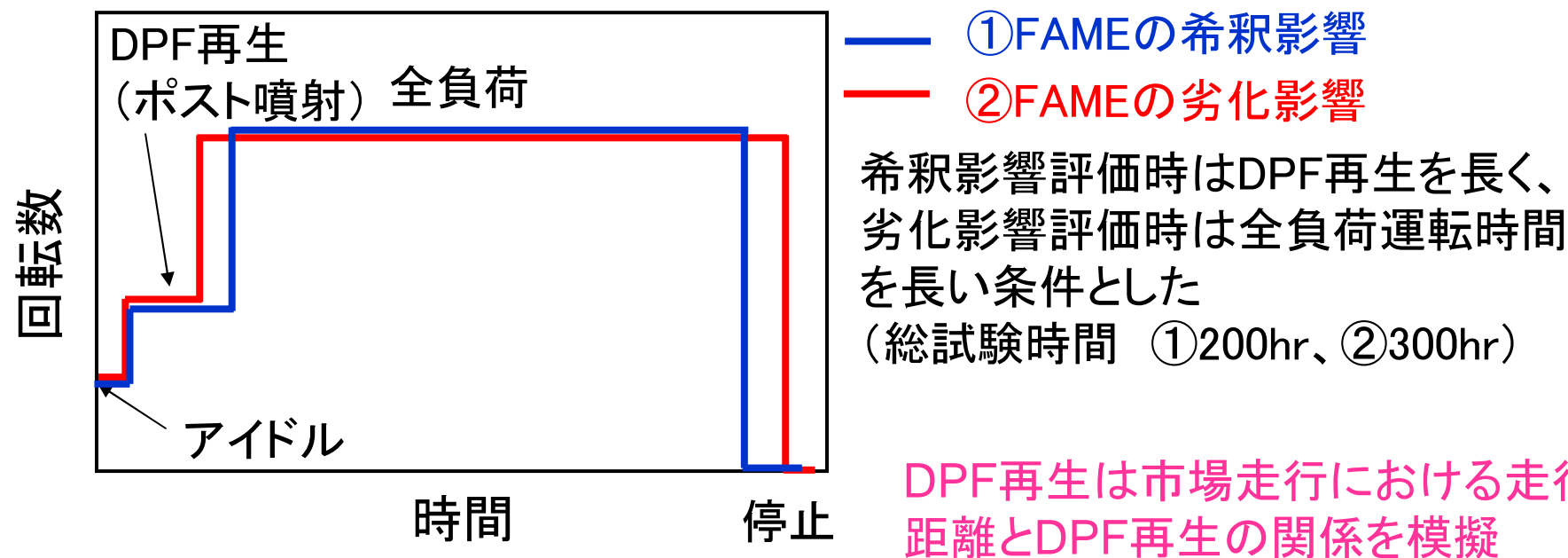
バイオ燃料のエンジン油の燃料希釈影響について調査

エンジンオイル影響 —FAME混入時の懸念点と試験条件—

(1) FAME混入時の懸念点

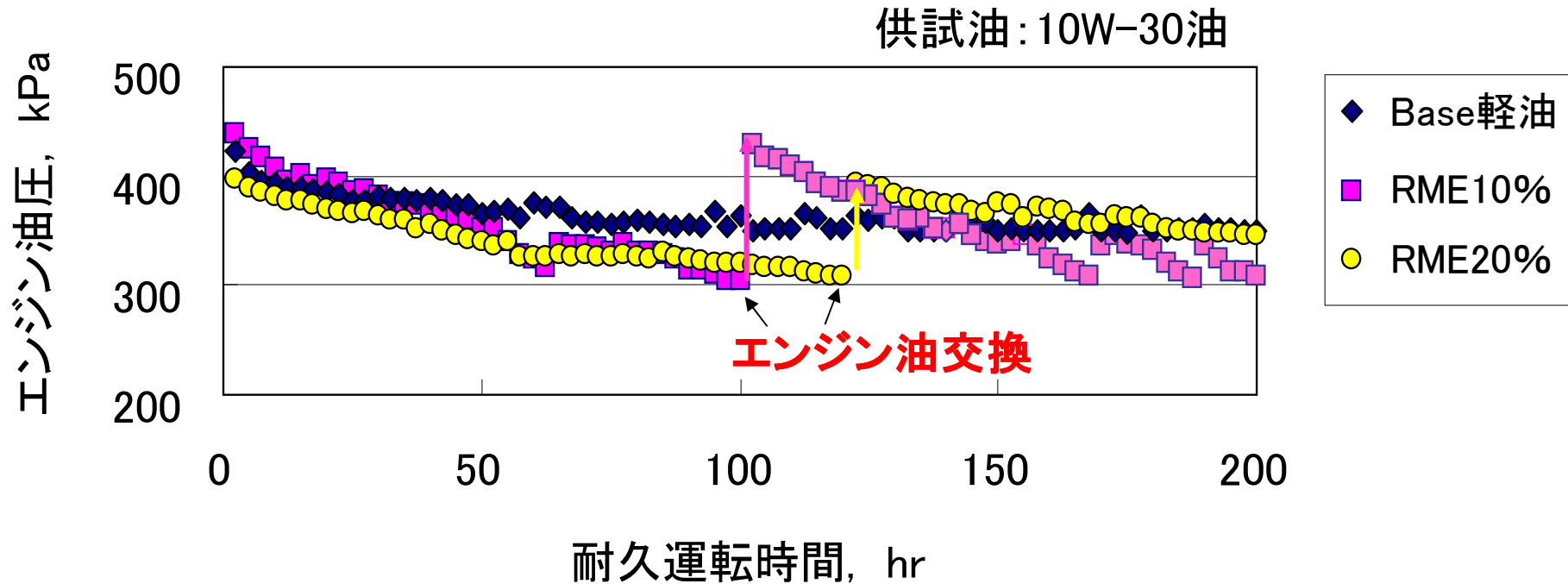


(2) 試験条件(イメージ)



エンジンオイル影響 —RME混合時の油圧低下—

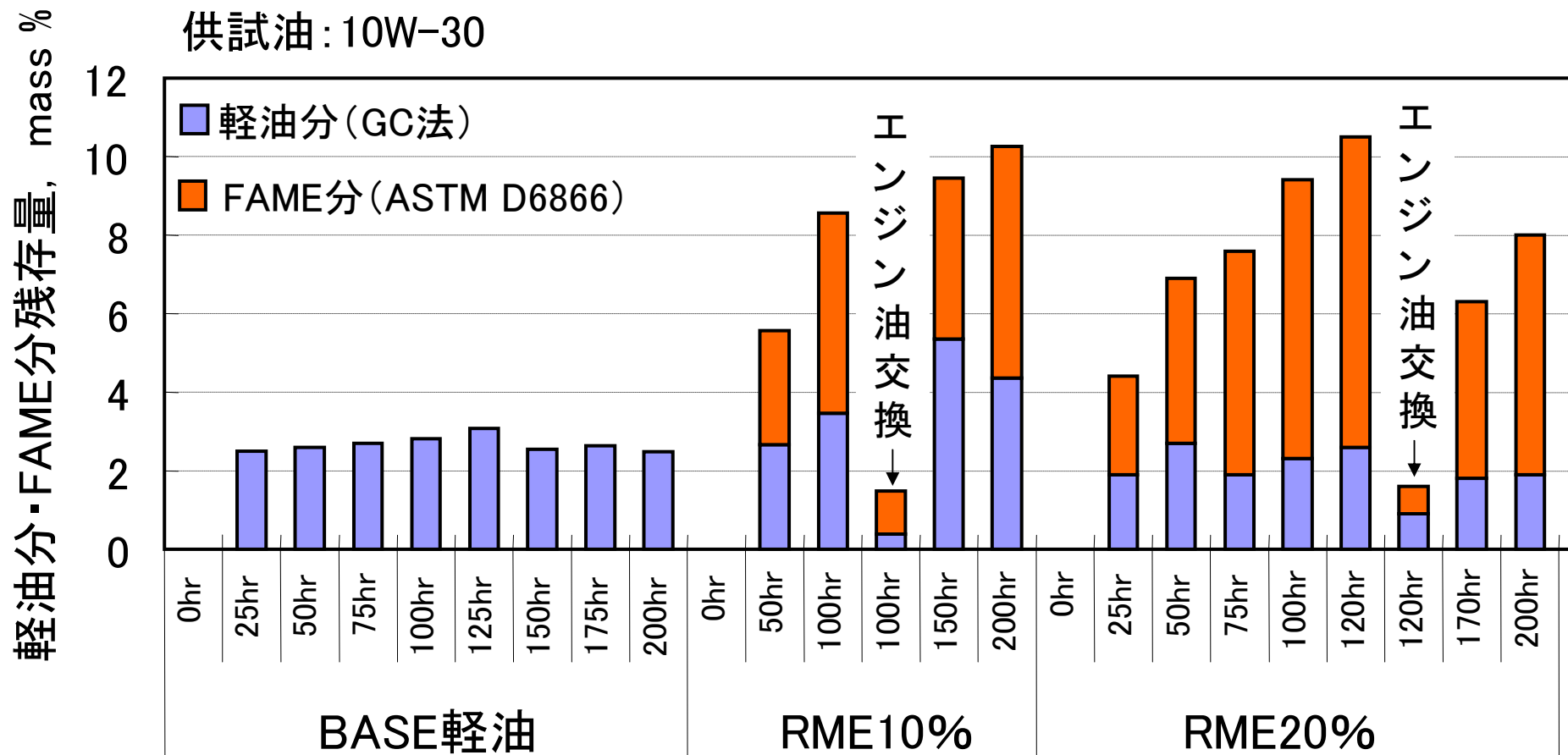
(1) エンジン油希釈影響



○ RME10%、20%混合軽油ではBASE軽油にみられない大きなエンジン油圧の低下が発生し、エンジン油の交換が必要となった。

エンジンオイル影響 —エンジン油中の軽油分、FAME分残存量—

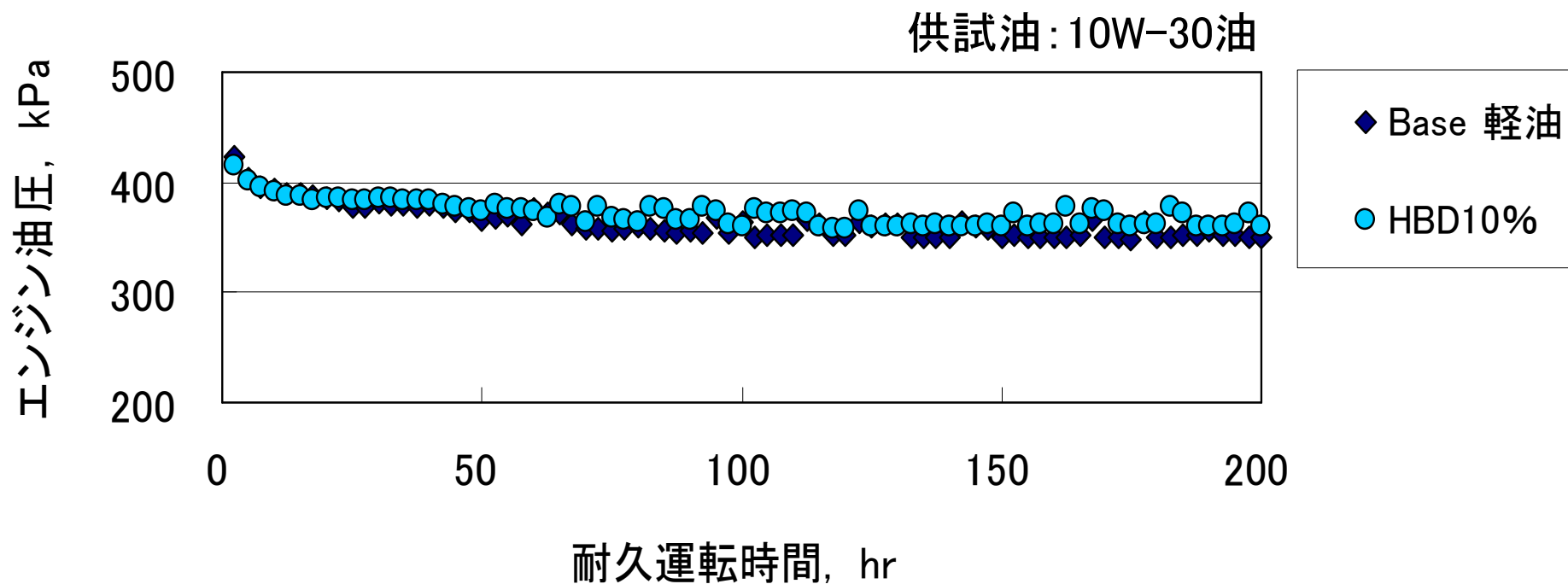
(1)エンジン油希釈影響



○ 軽油より重質なFAMEはエンジン油中に多く残存した。
(FAME分の多量の残存による動粘度低下がエンジン油圧低下の原因)

エンジンオイル影響 —HBD混合時の油圧変化—

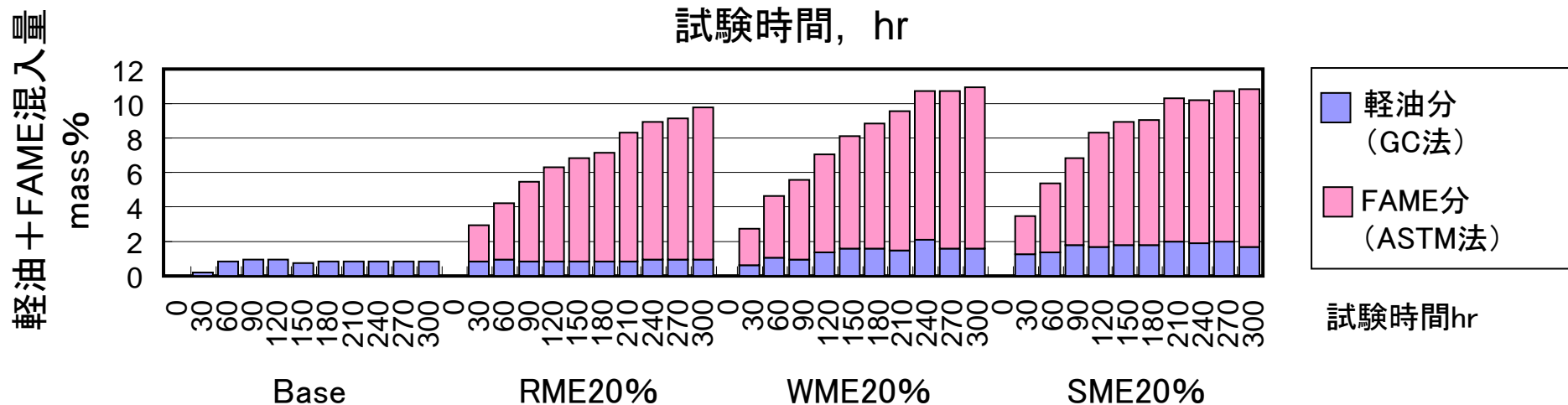
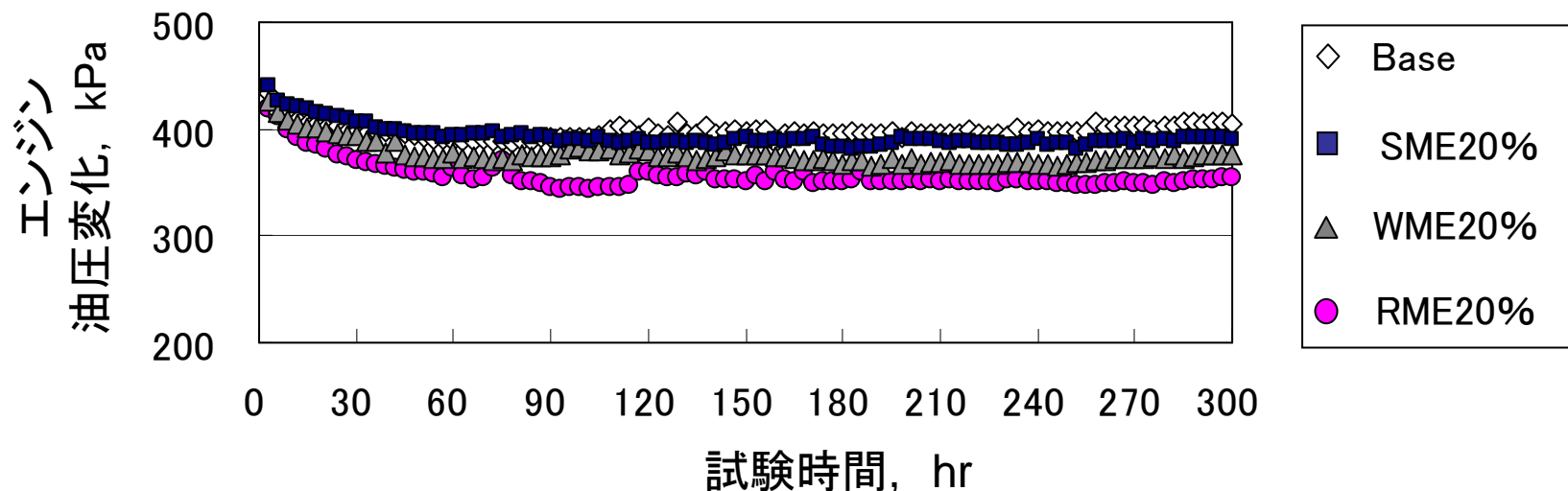
(1)エンジン油希釈影響



○ エンジン油圧低下はBASE軽油と同等であり、エンジン油の交換は不要であった。

エンジンオイル影響 —エンジン油圧変化とFAME混入量—

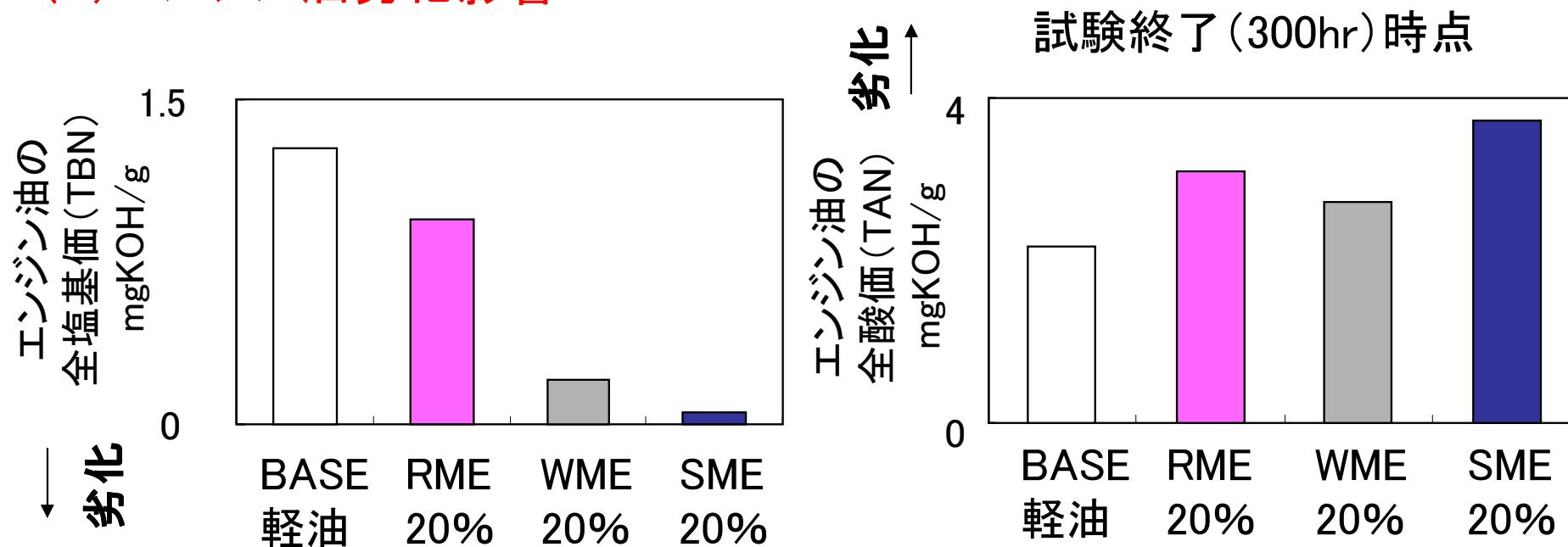
(2) エンジン油劣化影響



○FAME混合時はエンジン油へのFAME混入により油圧が低下したが、300hrの運転は可能であった。混入したFAMEの酸化劣化によるエンジン油性能への影響を調査した。

エンジンオイル影響 —全塩基価、全酸化増加の変化—

(2) エンジン油劣化影響

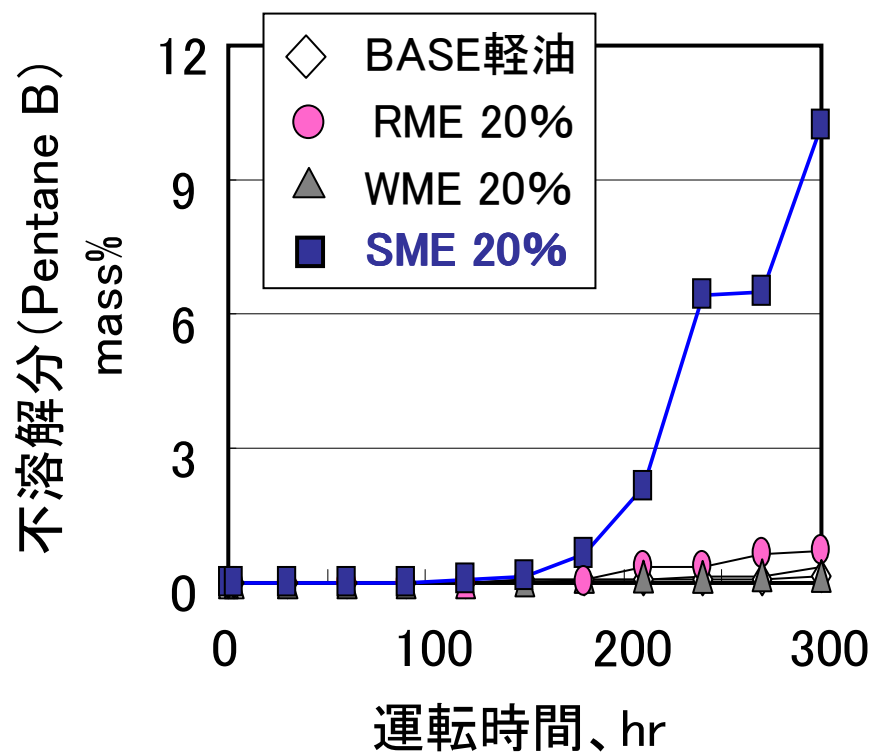


○BASE軽油と比べて、FAME混合時はエンジン油の劣化傾向がみられた。3種類のFAMEの中では、C18:2やC18:3を多く含み、酸化安定性の悪いSMEのエンジン油の酸化劣化が大きかった。

エンジンオイル影響

—エンジン油の不溶解分変化とSME B20試験後の軸受面性状—

(2) エンジン油劣化影響



SME20%試験後の軸受面状態



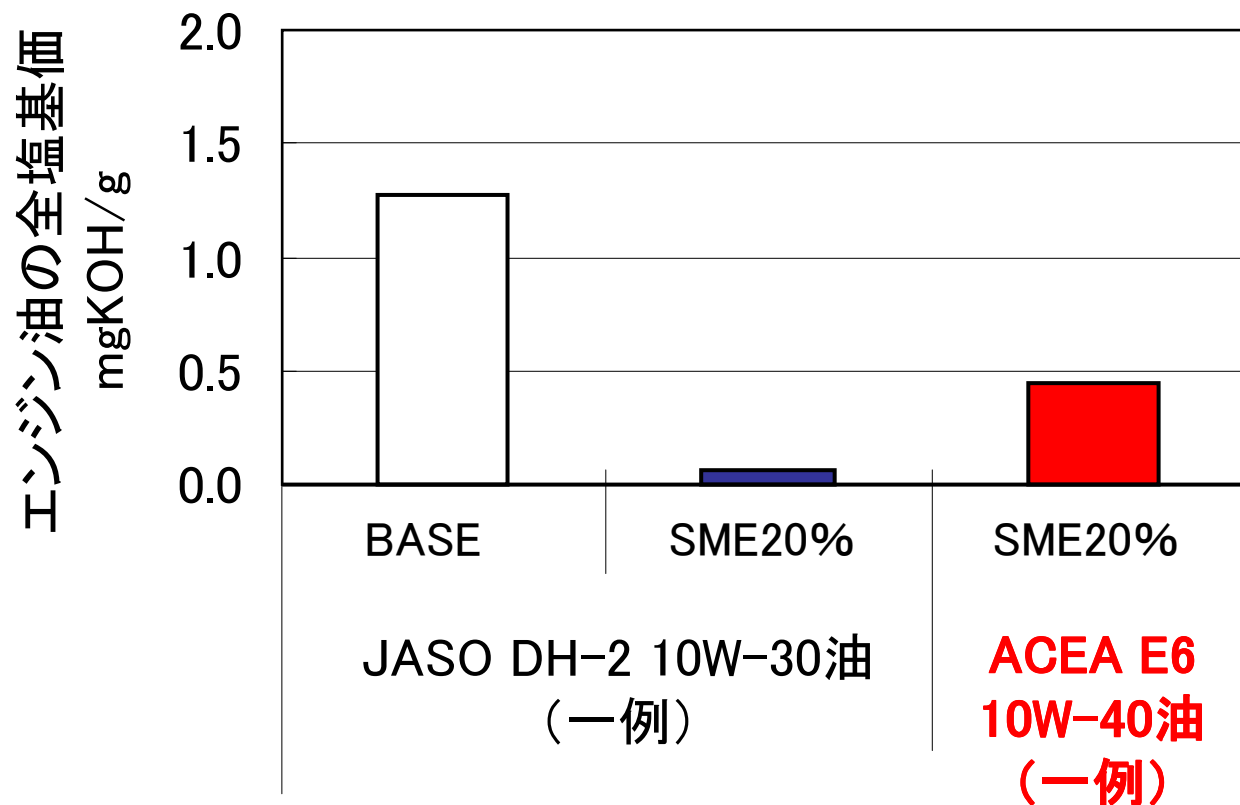
オーバーレイが無くなり
ケルメット層露出、面荒れ

○ SME 20%では180hr以降に不溶解分の大幅な増加がみられ、メタル表面に焼き付き兆候と思われる面荒れが発生した。

エンジンオイル影響 —エンジン油による劣化抑制の可能性—

(2) エンジン油劣化影響

エンジン耐久試験結果



○ 全塩基価保持性能に優れるACEA E6油を使用した場合、エンジン油の全塩基価低下が若干抑制された。



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

インジェクタデポジット ー試験概要ー

(1) 運転条件

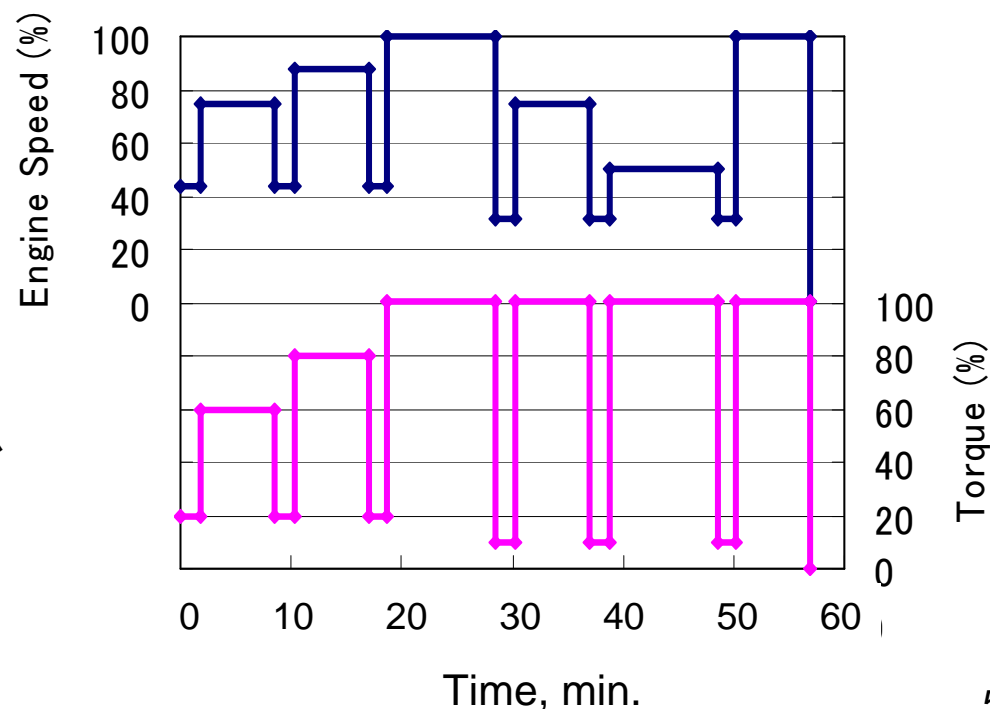
欧州で採用されているインジェクタコーキング試験を基本として日本のエンジンに適用

(2) 試験時間 108時間

(3) 試験エンジンの主要諸元

気筒数	直列6気筒
総排気量 L	7.5
排出ガス規制	新長期規制
排出ガス低減技術	ターボ インタークーラ コモンレール式 燃料噴射システム クールドEGR DOC+DPF

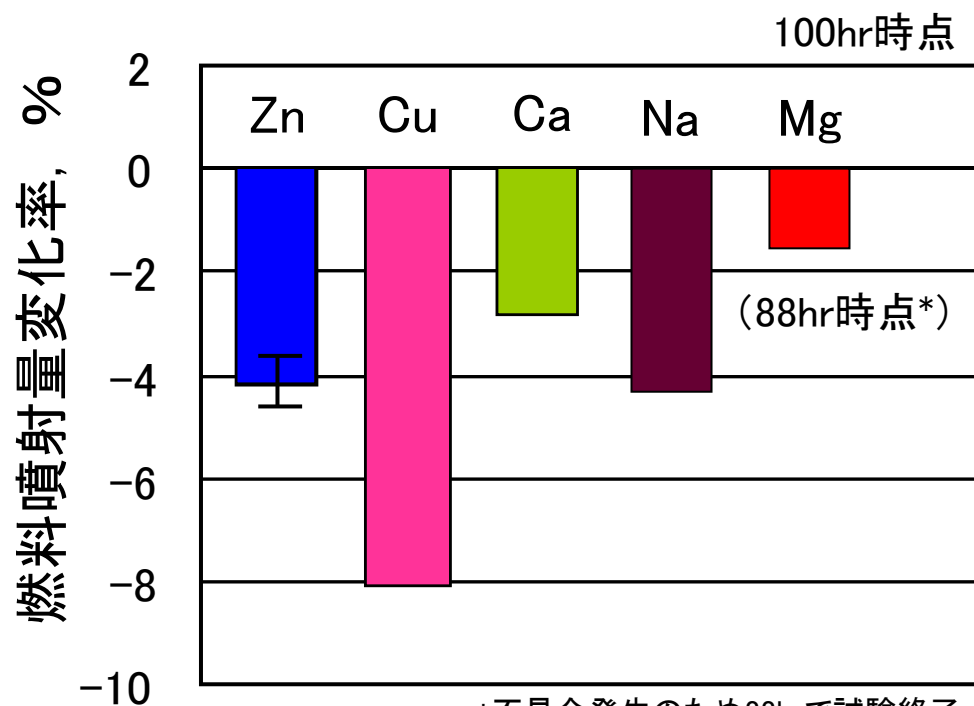
・試験モード



インジェクタデポジット — 金属種、FAME濃度の影響 —

(1) 添加金属種の影響

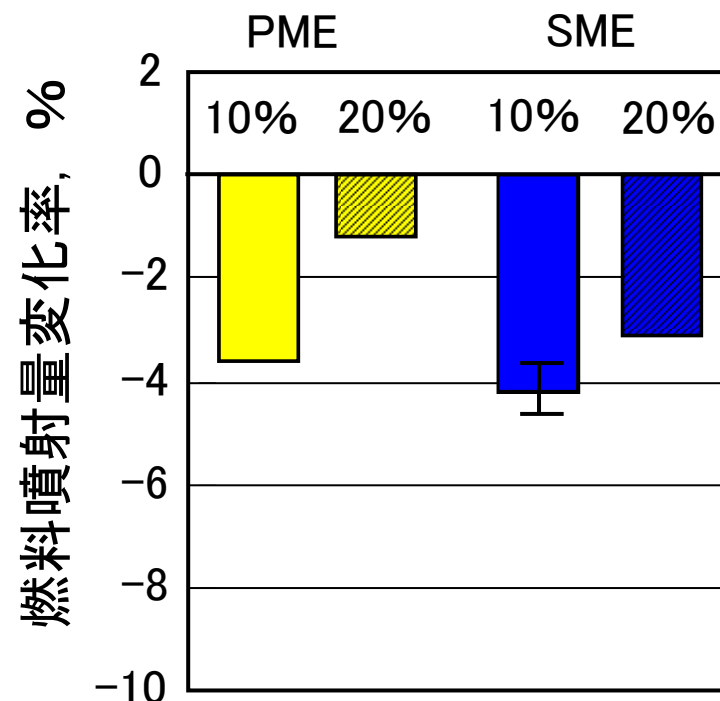
(SME10%混合軽油、金属量は1ppm)



*不具合発生のため88hrで試験終了

(2) FAME濃度の影響

(添加金属はZn1ppm)

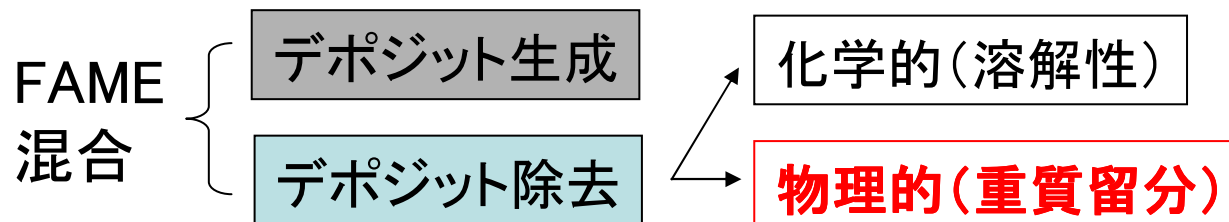


○ FAME混合時に金属を添加した場合、デポジットによる燃料噴射量の低下がみられた。〔噴射量低下(大きい)Cu>Zn≒Na>Ca>(Mg)〕

○ FAME20%では10%よりも燃料噴射量が低下しなかった。

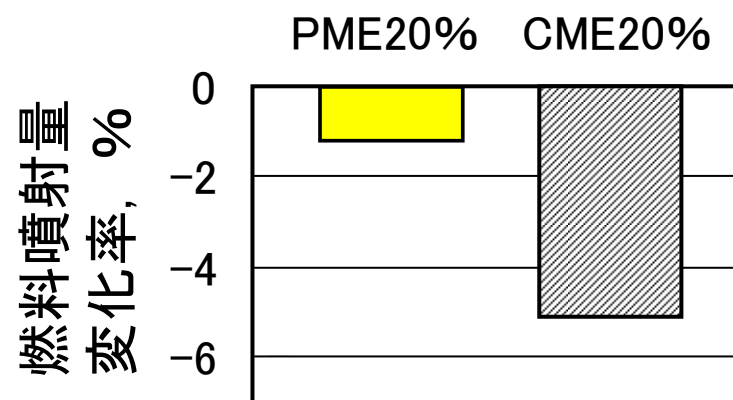
インジェクタデポジット

—FAME混合によるインジェクタデポジットへの影響—



PME(C16:0、C18:0が主成分)より軽質なCME(C12:0、C14:0が主成分のココナツ油メチルエステル)を混合して、物理的除去が減少するかを確認

	PME	CME
化学的除去	同等	←
物理的除去	大	小



○ PMEの方が噴射量低下が小さく、重質分による物理的除去影響が大きく現れたと考えられる。

(FAME10%より20%混合の方が燃料噴射率低下が小さかったのは重質分による物理的除去影響が大きかった可能性がある)



報告内容(研究テーマ)

(1) 性状影響

- ・ 着火性

(2) 安定性影響

- ・ 酸化安定性
- ・ 部材影響
- ・ 常温貯蔵安定性

(3) 排出ガス影響

(4) 後処理影響

(5) 低温運転性影響

(6) エンジンオイル影響

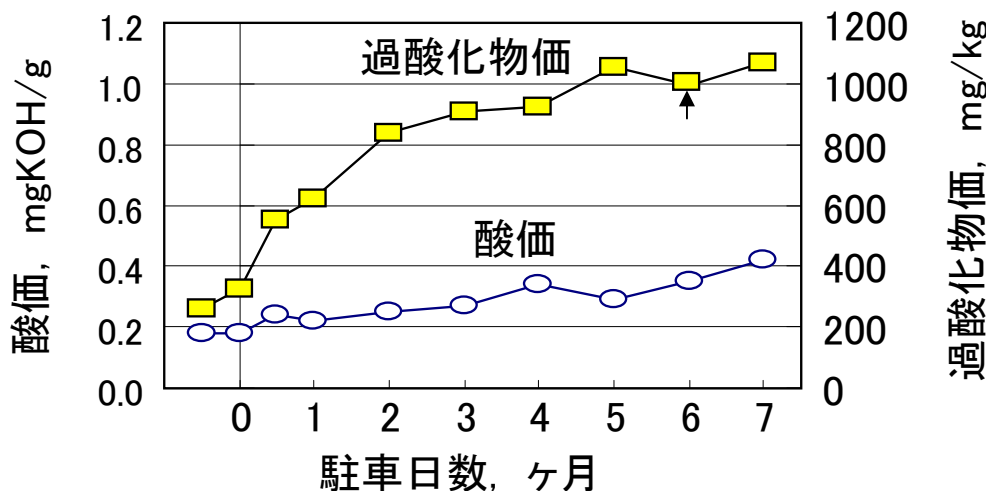
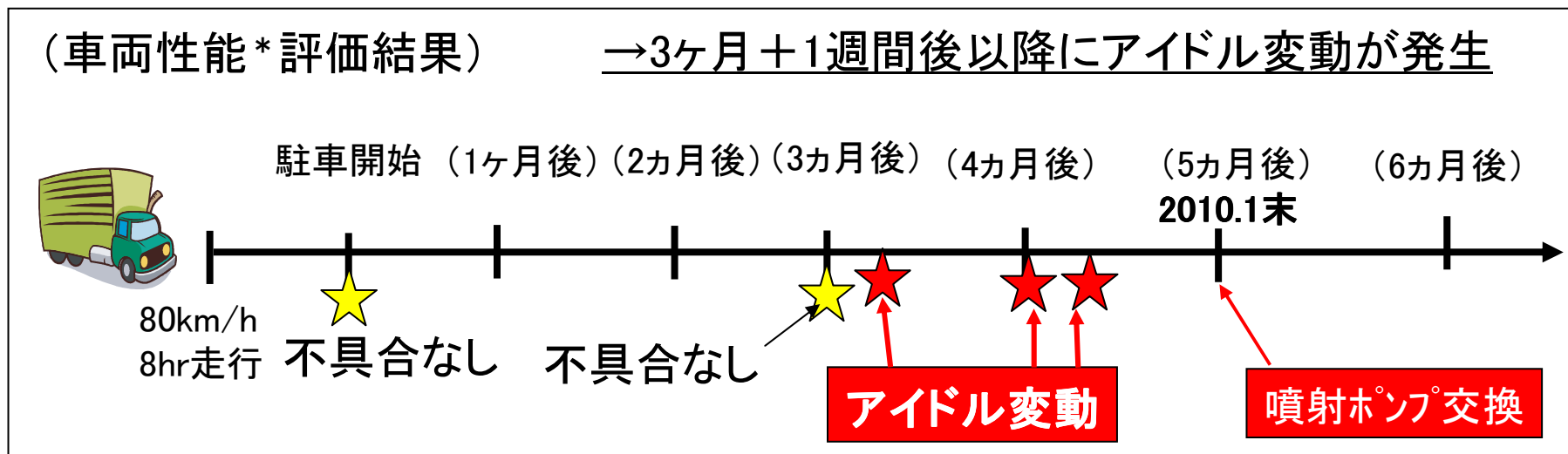
(7) 信頼性影響

- ・ インジェクタデポジット
- ・ 長期駐車時安定性

長期駐車時安定性 一試験概要一

➤ 試験内容

FAME混合軽油(SME10%)が走行による熱履歴を受け、長期駐車された場合の車両性能への影響を確認

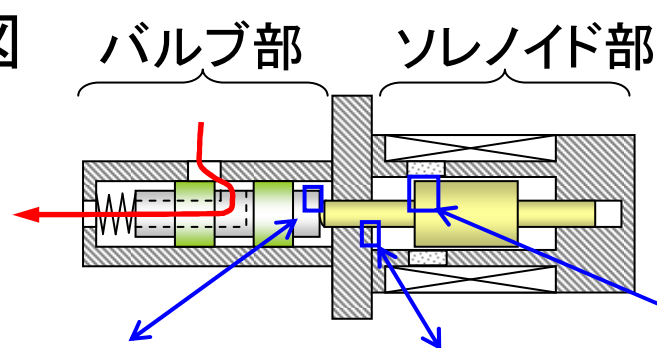


長期駐車中に燃料の酸化安定性が悪化した

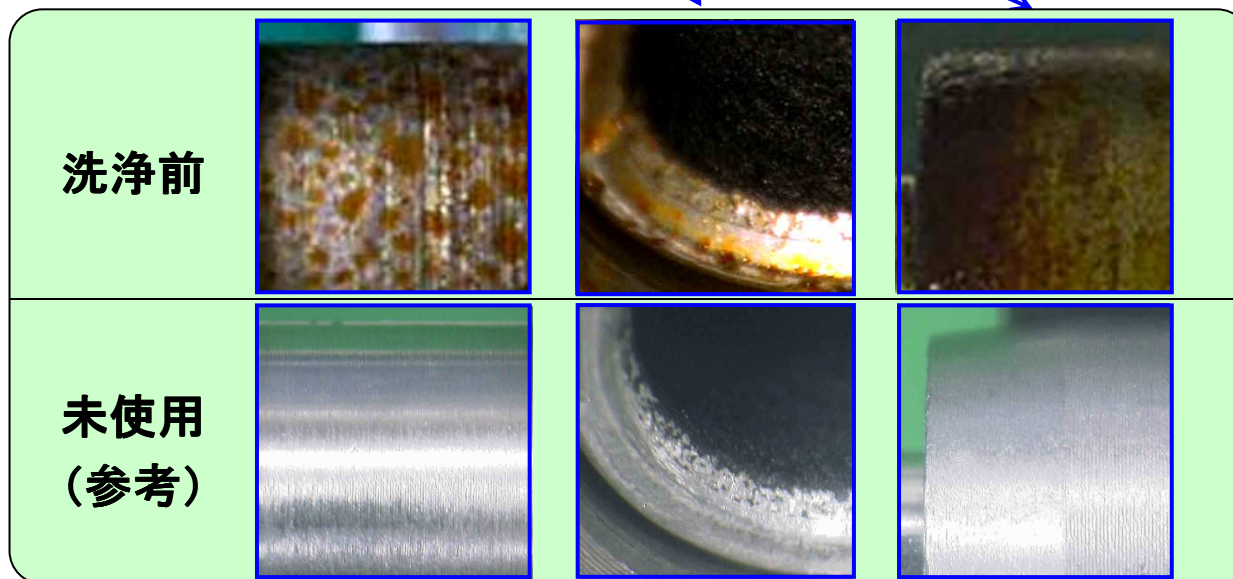
長期駐車時安定性

—アイドル変動発生後の噴射ポンプ分解結果—

調量バルブ模式図





異物付着状況



- 分解後、バルブ部の摺動抵抗が大きく、内部に褐色の異物が付着していた。
(異物の主成分は劣化したFAME由来の重合体とカルボン酸塩と推定)
- 冷始動後のアイドル不具合は、異物付着による調量バルブの作動不良が原因と考えられる。



高濃度FAME混合時の課題と対応策 1

項目			FAME混合	
			10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)
(1)性状 影響 	着火性	課題	<ul style="list-style-type: none"> セタン指数はセタン価との乖離が大きい。 IQTセタン価(DCN)はFAME10%、20%混合軽油ではセタン価よりも2~3高い。 	
		対応策		
(2)安定性 影響 	酸化 安定性	課題	<ul style="list-style-type: none"> FAME混合時には酸化安定性が悪化する。 特に二重結合を複数もつC18:2、C18:3が多いSMEは悪化が大きい。 SMEの場合、酸化防止剤の添加レスポンスが悪い。(多量の酸化防止剤が必要) SMEは長期間保管後に酸化防止剤を添加しても、入手直後に添加したより安定性改善効果が小さい。 	
		対応策		




重大な懸念点、
 懸念点
 燃料指標の見直しが必要

高濃度FAME混合時の課題と対応策 2

項目			FAME混合		
			10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)	
(2) 安定性 影響	部材 影響	ゴム	課題	・浸漬試験の結果ではゴムへの影響は小さい。	・ゴムに影響が発生する場合あり。 (FAMEの安定性の影響もあり)
			対応策	—	・使用する部材に注意が必要
		樹脂	課題	・浸漬試験の結果では樹脂への影響は小さい。	←
			対応策	—	—
		金属	課題	・ターンシートでは注意が必要	・金属に影響が発生する場合あり。 (タフピッチ銅、ボンデ鋼板、ターンシートでは注意が必要)
			対応策	・燃料タンクはターンシートが使用されていないものを使用する。	・使用する部材に注意が必要
	常温貯蔵 安定性	課題	<ul style="list-style-type: none"> ・PME、RME、SMEで曇り点より高い温度で析出物を確認 PME : 飽和脂肪酸モノグリセライドが多いものは析出物重量が多い。 SME、RME : 大きい結晶の生成がみられる。また、その結晶の目詰まりでフィルタ通油性が悪化する。 ・析出物による燃料フィルタ目詰まりによりエンジンストール等の不具合発生 	/	
		対応策	<ul style="list-style-type: none"> ・析出物によるフィルタ通油性悪化の対策が必要 PME : 飽和脂肪酸モノグリセライド量を管理する。 SME、RME : 添加剤による改善の可能性あり。 ・燃料フィルタの交換頻度を上げる。 ・燃料フィルタを大型化する。 ・冬季対策用燃料エレメント(加温タイプ)に交換する。 		

重大な懸念点、
 懸念点
 燃料指標の見直しが必要

高濃度FAME混合時の課題と対応策 3

項目		FAME混合	
		10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)
(3)排出ガス影響 	課題	・排出ガスへの影響は小さい。	・NO _x 増加
	対応策	—	
(4)後処理影響 	課題	・FAME20%混合で手動強制再生がFAIL	・手動強制再生 自動強制再生がFAIL
	対応策	・運転条件に合わせた再生運転の最適化の検討が必要	
(5)低温運転性影響 	課題	・PME、RME、SMEで作動限界温度が上昇し、低温運転性が悪化(特にPMEの影響大)	/
	対応策	<ul style="list-style-type: none"> ・PMEは寒冷地や冬季には使用しない。 ・燃料フィルタの交換頻度を上げる。 ・燃料フィルタを大型化する。 ・冬季対策用燃料エレメント(加温タイプ)に交換する。 	

重大な懸念点、
 懸念点
 燃料指標の見直しが必要

高濃度FAME混合時の課題と対応策 4

項目		FAME混合	
		10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)
(6)エンジンオイル影響	課題	・FAME混入によるエンジン油圧の低下及びエンジン油の酸化劣化	
	対応策	・エンジン油交換頻度を上げる。 ・高性能エンジン油を使用する。	
(7)信頼性影響	インジェクタデポジット	課題	
		対応策	
	長期駐車時安定性	課題	
		対応策	

重大な懸念点、
 懸念点
 燃料指標の見直しが必要

まとめ

- ディーゼル車用燃料への高濃度(5%超)バイオマス燃料混合利用における車両使用時の技術的課題を明らかにした。
- FAME10%、20%混合については部材影響、常温貯蔵安定性、長期駐車時安定性等、多くの懸念点がみられた。
- 供給量の確保を前提に、バイオ燃料をディーゼル車用燃料として“幅広く”利用する場合、FAME高濃度混合は上記の多くの懸念点に留意する必要がある。ただし、FAMEは原料組成等によっても特性が異なり一律の品質管理が難しいこと、また特に既存車においては車両側での対応が困難なこと等も考慮すると、水素化等によって軽油と同等品質の炭化水素系燃料に変換することが品質的には望ましい。
- 地産地消等の“限られた範囲”でFAME高濃度混合燃料を利用する場合、上記の懸念点に留意し、必要な対応策を講じることが望ましい。
- 本研究が、ディーゼル車バイオ燃料利用における安全、安心の確保に貢献することを期待する。