

船用燃料油の着火・燃焼性に 及ぼす組成の影響

2015年3月6日

(独)海上技術安全研究所 環境・動力系

高橋 千織

本日の講演

1. 研究の背景
2. 船用燃料の製造工程
3. 燃料の調合基材
4. 燃料組成と着火性の関係
以前行った実験の紹介
5. ECA規制対応燃料
6. まとめ

研究の背景(1)

- ◎1990年代後半～ 燃料の組成の変化
 - 燃料の着火性に起因するトラブル多発
- ◎ここ数年は、機関トラブルの報告 減少
 - 燃料対策, 経済運航
- ✓ 燃料の燃焼性を簡易な方法で予測したいというニーズは依然として高い

燃料の着火性評価:

CCAI (Calculated Carbon Aromaticity Index)

FCA/FIA (Fuel Combustion/Ignition Analyzer): ECN

OCA (Optical Combustion Analyzer)

研究の背景(2)

◎燃料の組成と燃焼性の関係を理解する

→ 既存の着火性指標の意味

燃焼性評価指標

→ 難燃性調合基材(LCO,CLO)の利用

◎新たな段階:

燃料の硫黄分規制

✓ 2015年1月1日 ECA内 1.0%→0.1%

新たなカテゴリーの燃料

→ 低硫黄の残渣油?

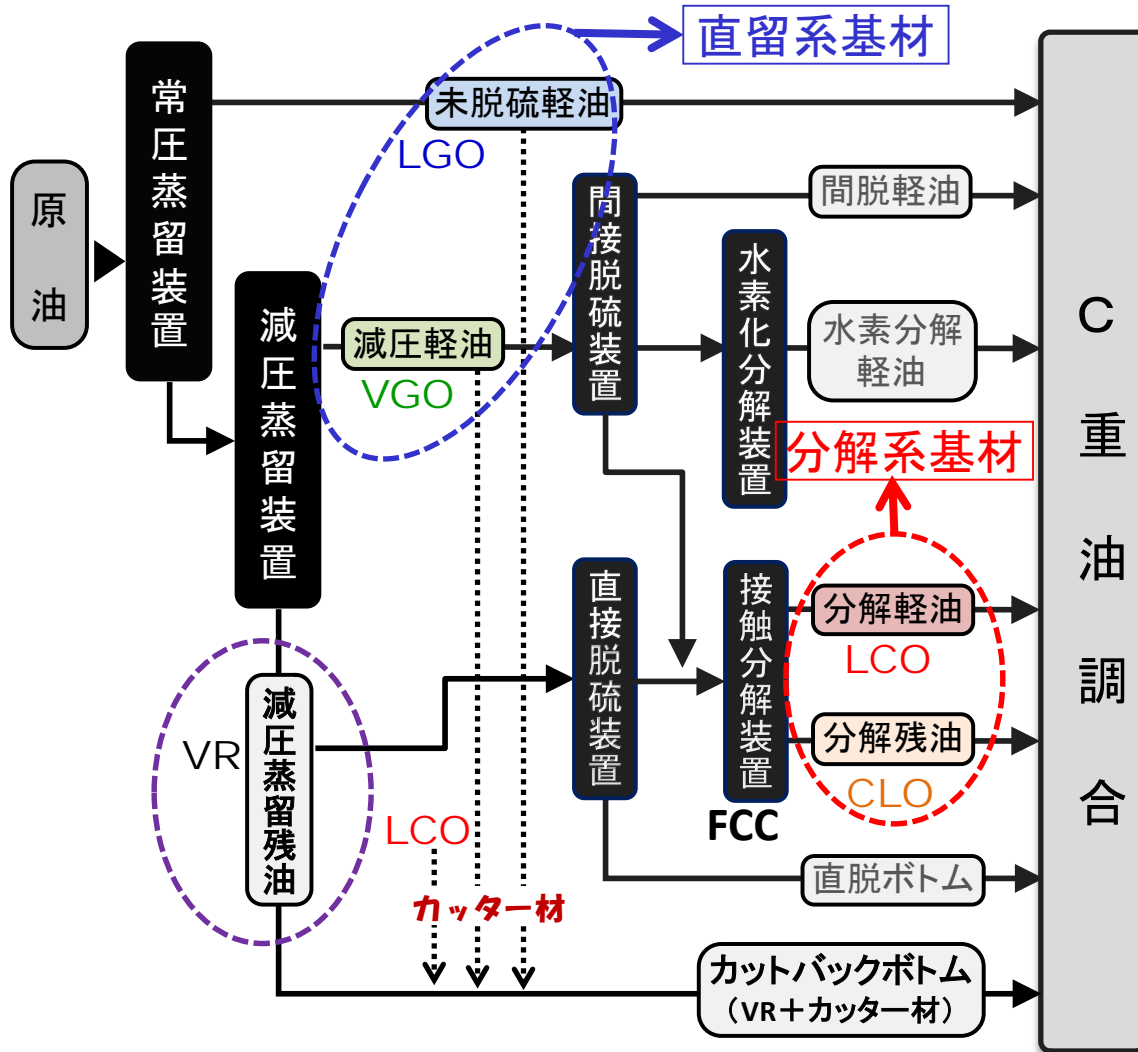
✓ 2020年からのグローバル規制

燃料の性状, 着火性はどうなるのか。

船用燃料の製造工程(1)

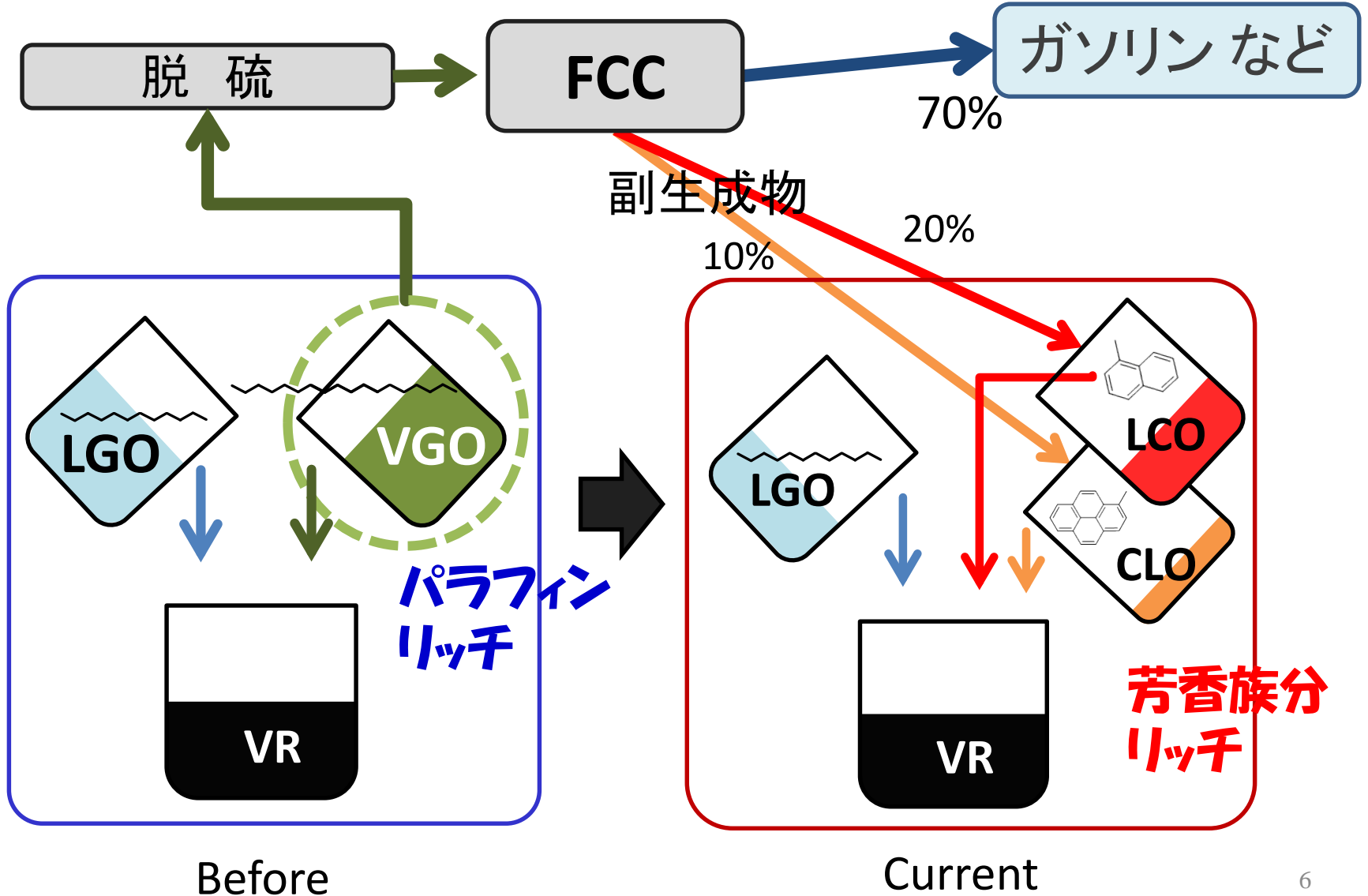
◎船用燃料の製造工程の変化

→ 分解系基材(高芳香属性=難着火性)の配合増加



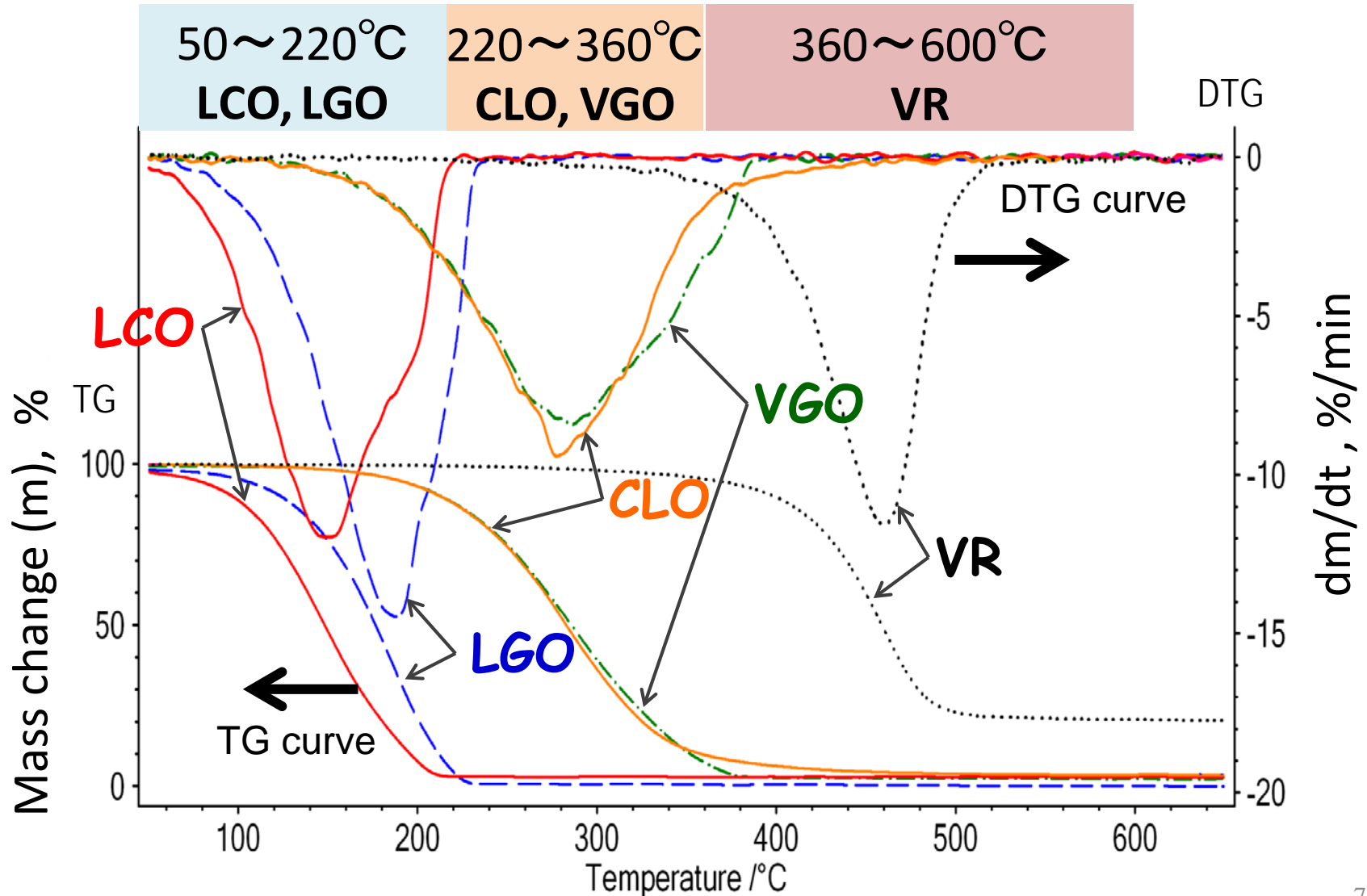
船用燃料の製造工程(2)

船用燃料の調合の変化



燃料の調合基材 (1)

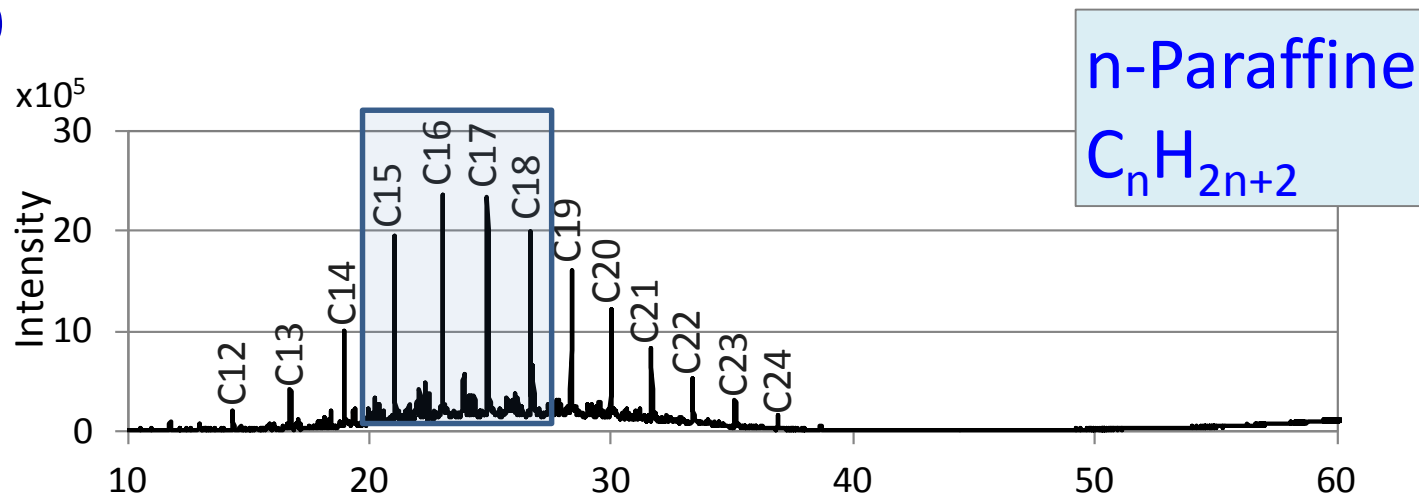
熱分析結果 (TG/DTG曲線) N_2 ガス雰囲気, $10^\circ C/min$



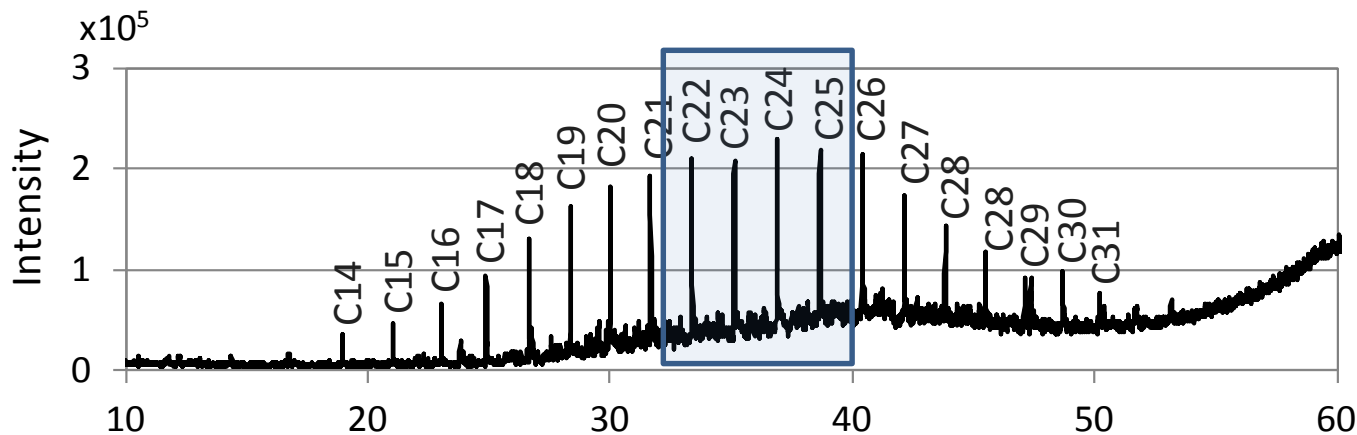
燃料の調合基材 (2): GC/MS 分析

➤ 直留系基材のトータルイオンクロマト(TIC)

LGO



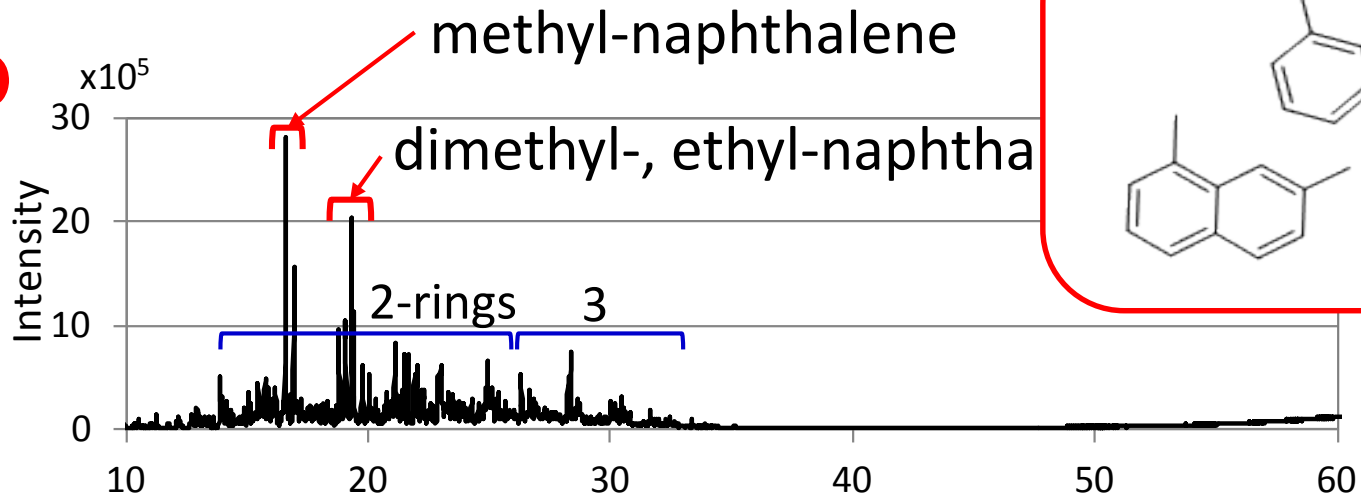
VGO



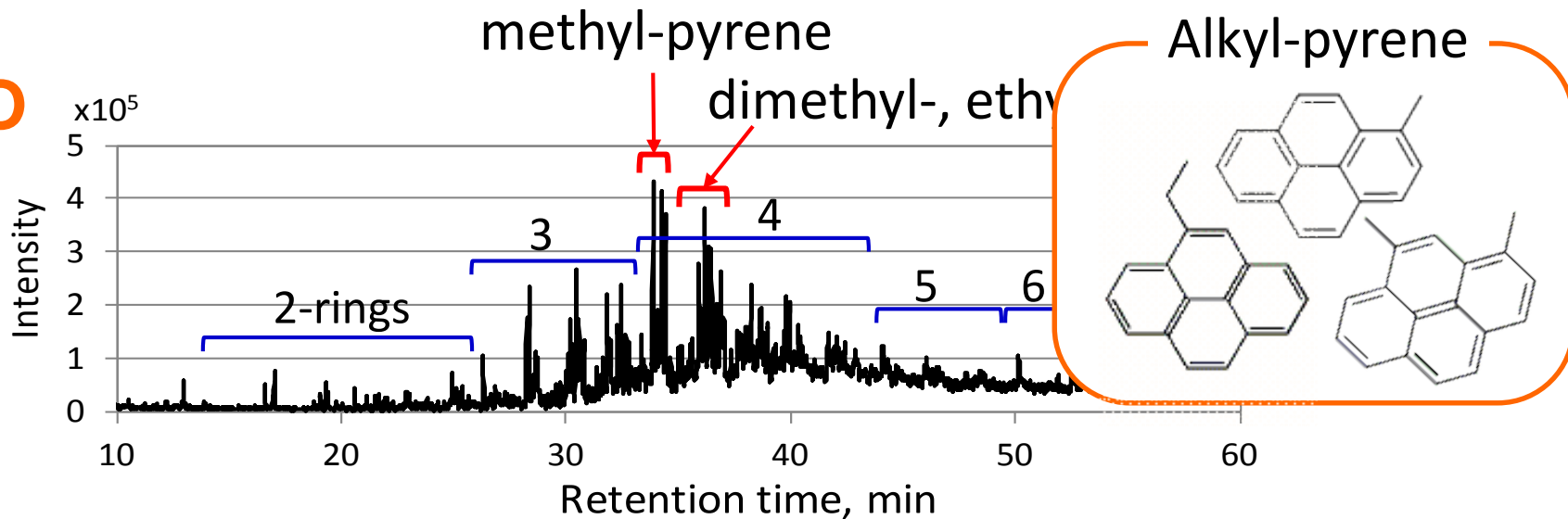
燃料の調合基材 (3): GC/MS 分析

➤ 分解系基材のTIC

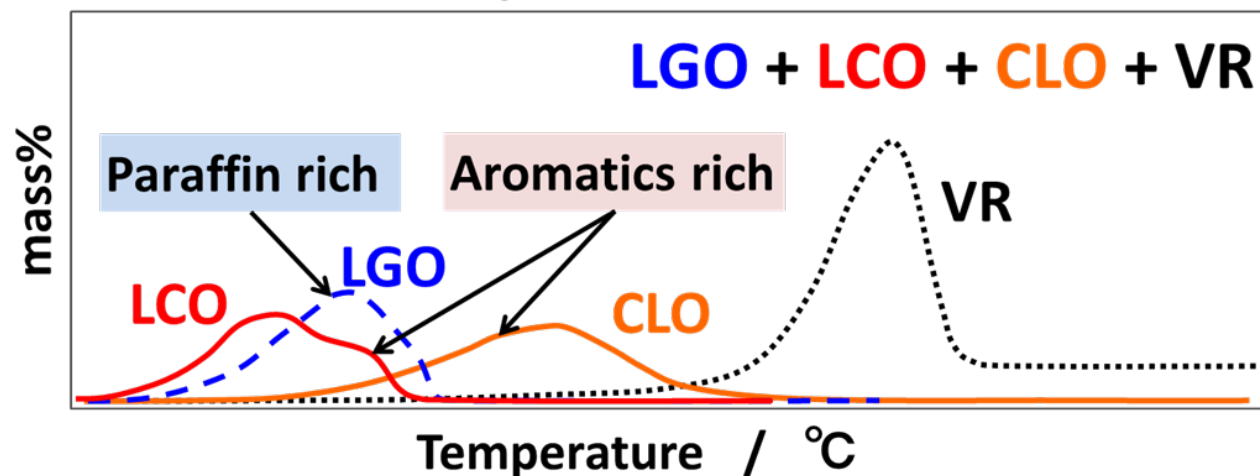
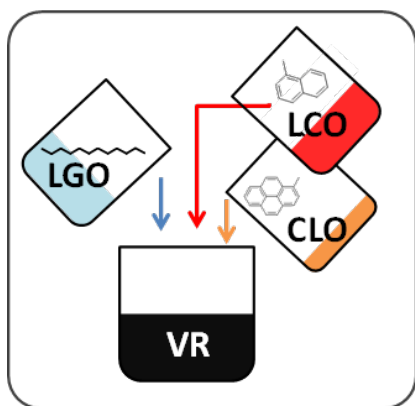
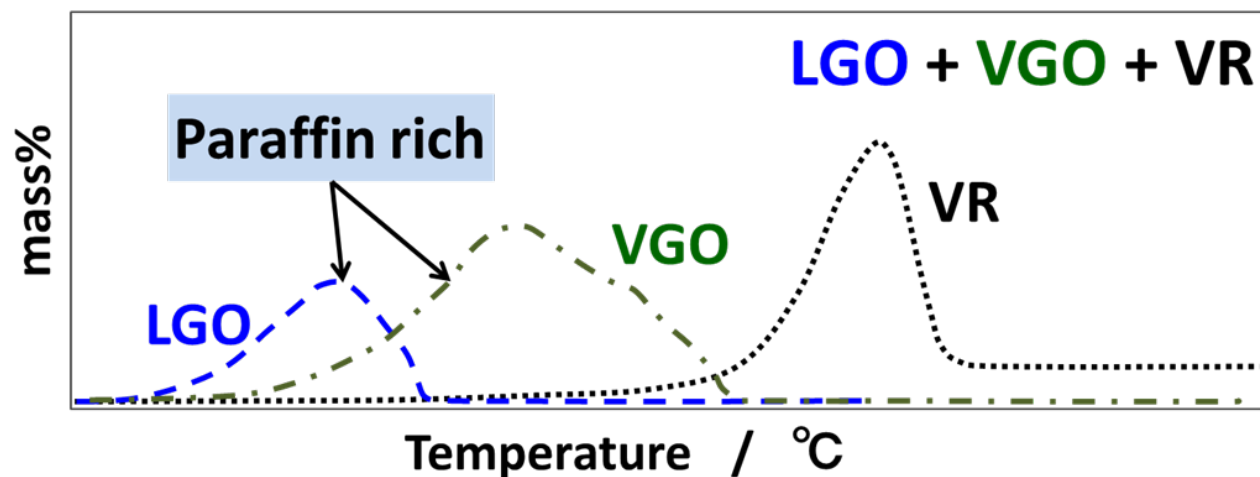
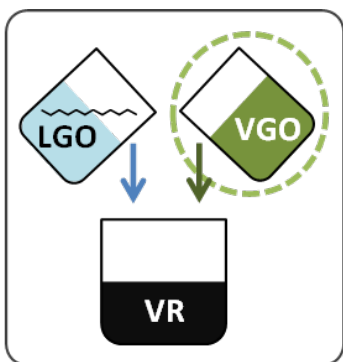
LCO



CLO

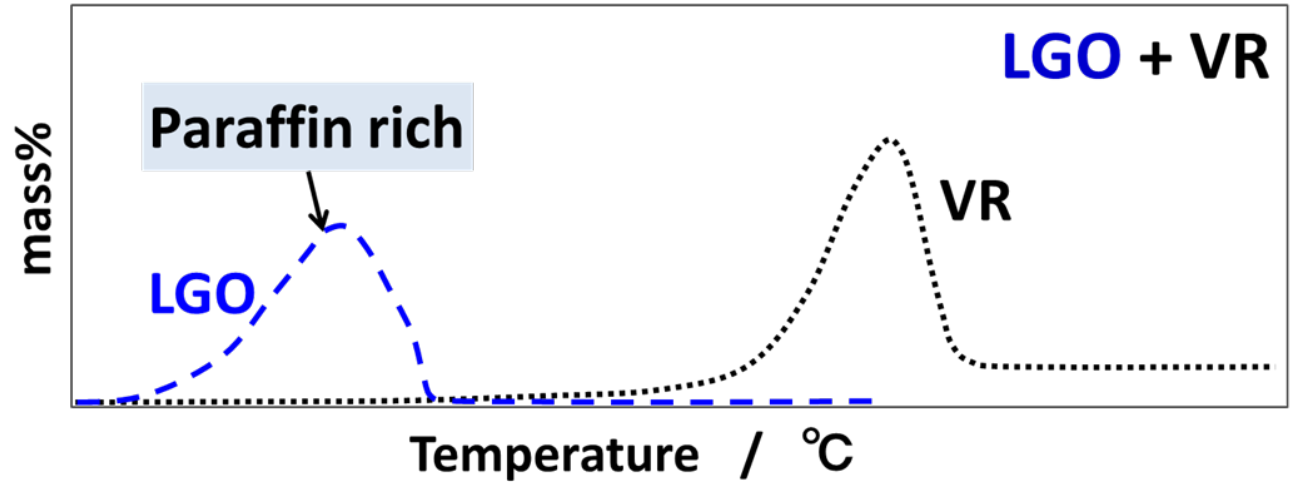
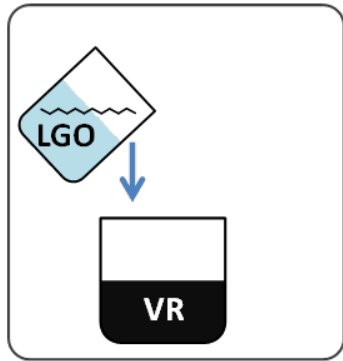


燃料の調合基材(4): 調合レシピ

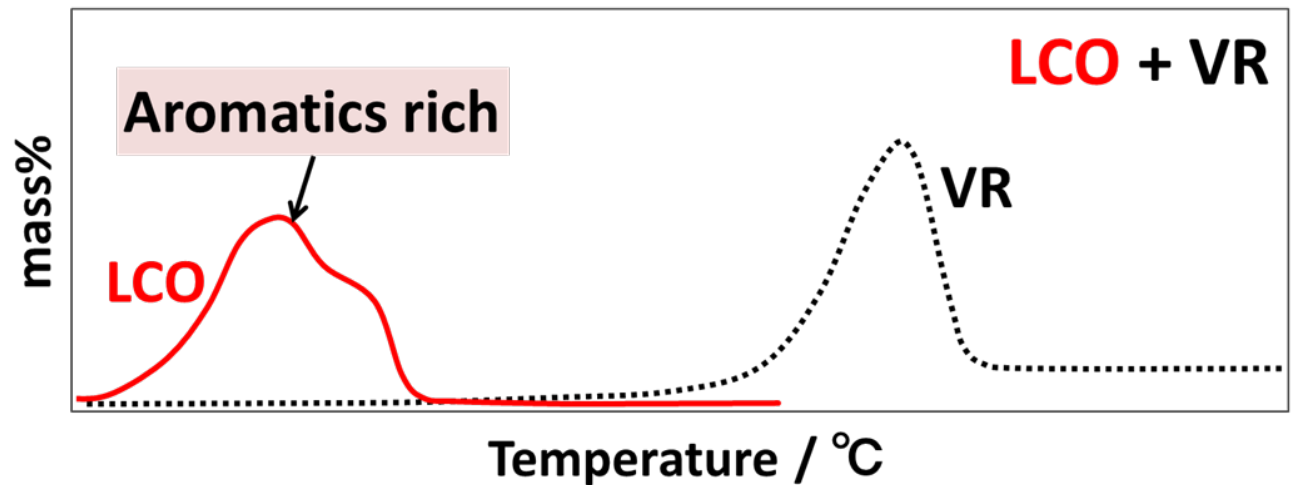
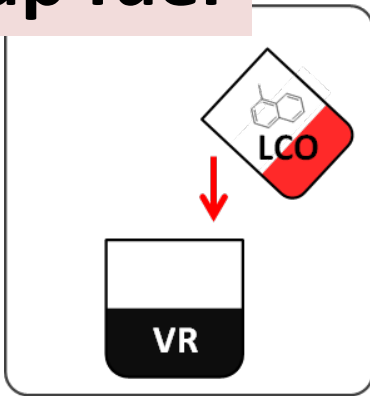


パラフィン： 燃焼性良好
芳香族分： 燃焼性悪い

燃料の調合基材(5): 調合レシピ



Gap fuel



> 蒸留特性を用いた燃烧性指標では, それのみで着火性を評価することは難しい (粘度, 密度など)

試作サンプルを用いた燃料の組成と燃焼性の検討

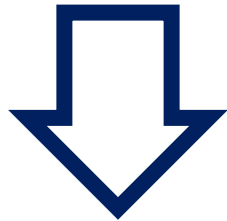
JX日鉱日石エネルギー(株)

三ツ井 裕太氏, 林 利昭氏との共同研究

実験の紹介

本研究の目的

- ◆ 燃料の調合基材の混合割合，すなわち製造工程が燃焼性に及ぼす影響を検討
- ◆ 以前行った市場サンプルにおける燃料組成と燃焼性に関する検討結果について再検証



- 調合基材の混合割合を系統的に変えて燃料を試作
- 定容燃焼試験装置を用いた燃焼性評価と化学分析

実験方法 1 : 燃料の調合

➤ 調合基材:

	直留系基材			分解系基材	
	減圧蒸留残渣 VR	未脱硫軽油 LGO	減圧軽油 VGO	分解軽油 LCO	FCC残渣油 CLO
密度(15°C) g/cm ³	1.04	0.85	0.93	0.93	1.07
動粘度(50°C) mm ² /s	680000	3.7	38	2.1	166
残留炭素分 mass %	24.6	0.0	1.0	0.1	6.2
硫黄分 mass%	4.8	1.0	2.6	0.2	0.7
芳香族分 mass%	51	26	50	75	68
CCAI	847	804	817	910	941

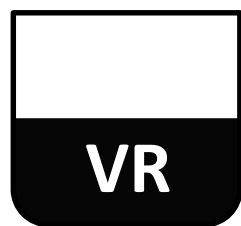
➤ 調合: 実際の船用燃料製造工程に従って調合

カッター材 (流動性, 保存性)

A:LCO 22%/B:LGO 25%/C:VGO 40%

製品調合 (性状調整)

LGO, LCO, CLO



680000mm²/s



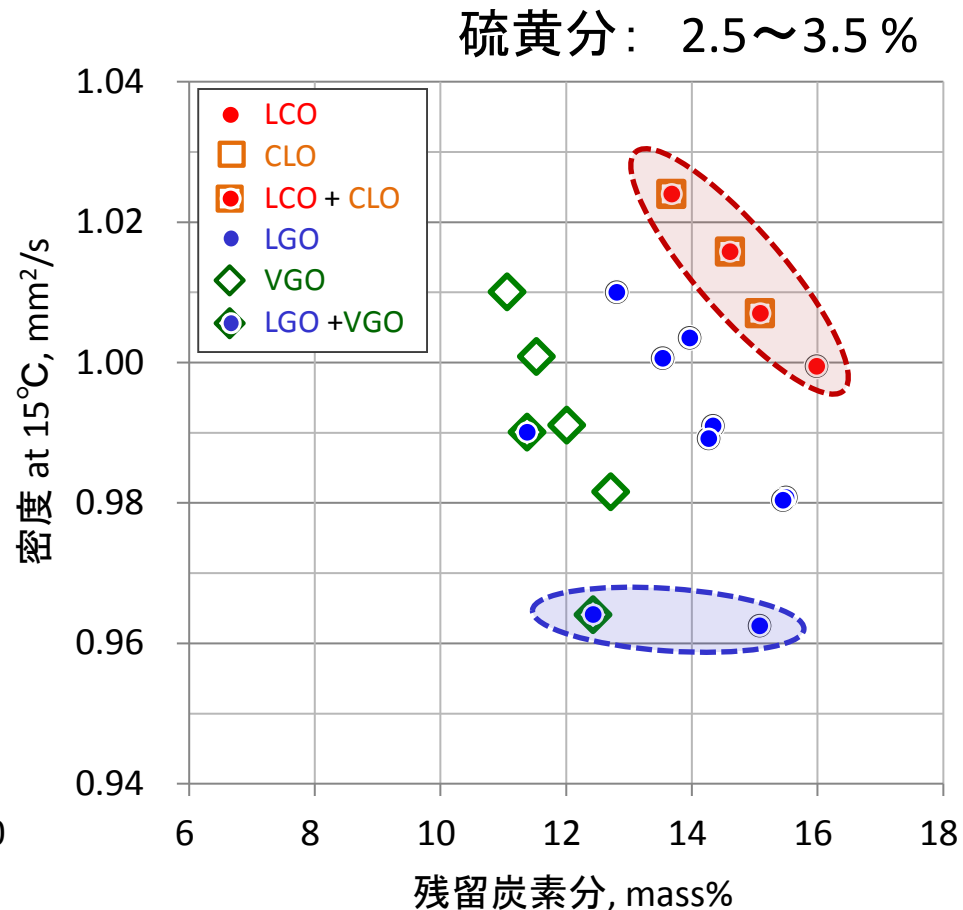
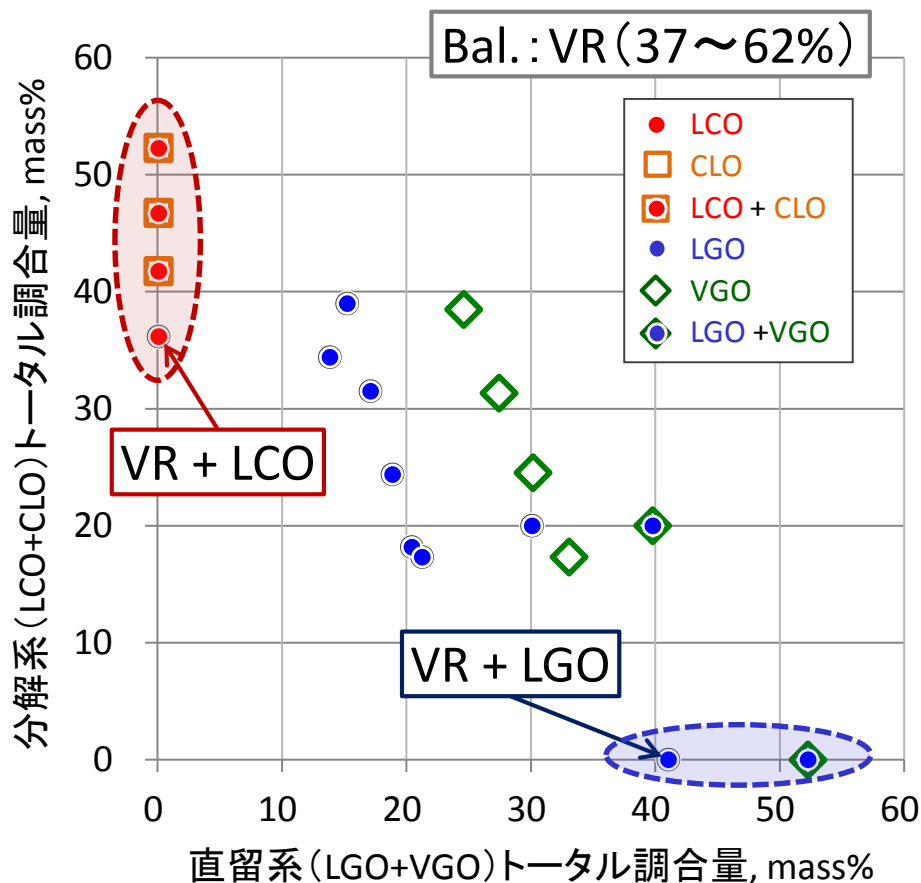
3000mm²/s程度



380mm²/sグレード

実験方法 2 : 供試燃料

調合燃料: 18サンプル



各燃料サンプルの分解系基材と直留系基材の最終混合割合

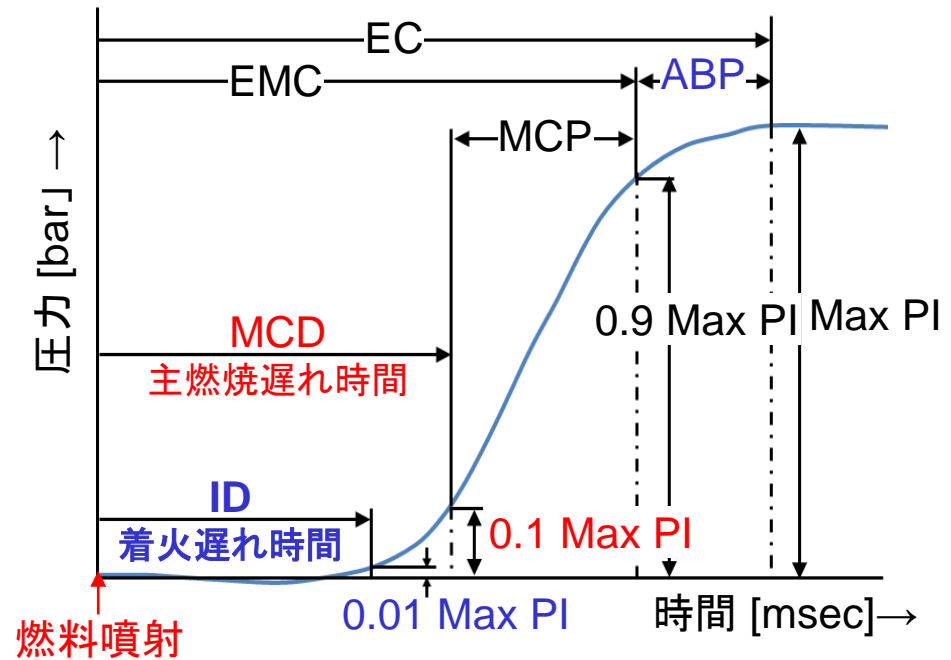
動粘度のみをコントロール
(他の性状については成り行き)

実験方法 3 : 燃料の評価

- 着火性評価 : 定容燃焼試験法 IP541 FCAデータ
(初期圧力4.5MPa, 初期温度450°C)

着火遅れ時間 : Ignition Delay (ID)

$$ECN = 153.15 e^{-0.2961 \text{ MCD}}$$



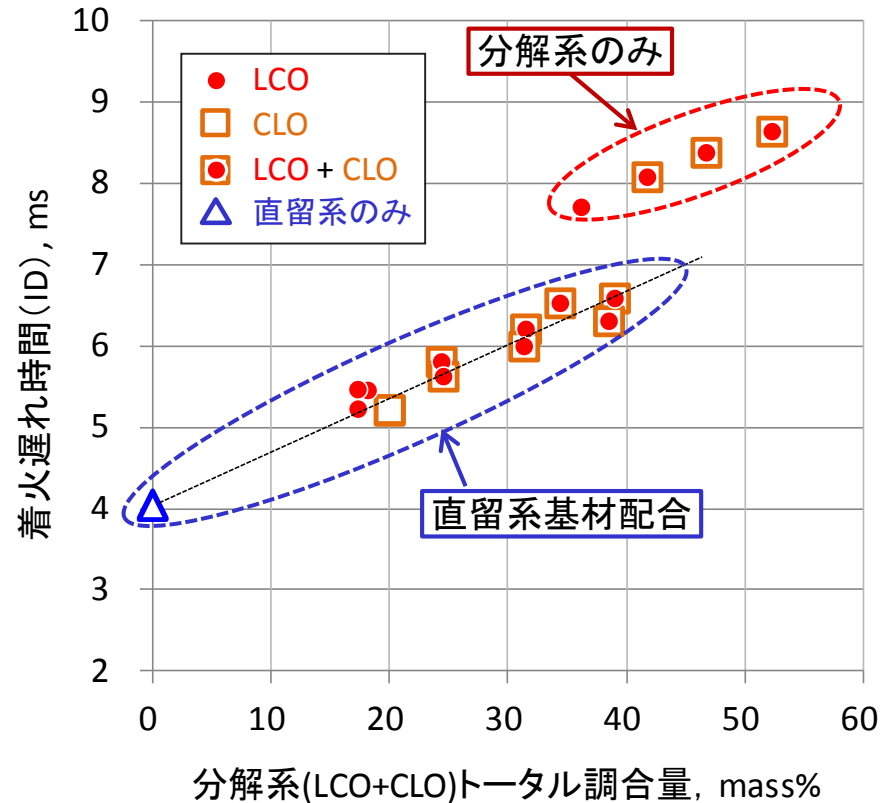
- 燃料の化学分析 : GC/MS
ガスクロマトグラム分析計 :
HP-6980A (Agilent Technology)
質量分析計 :
JMS-GCmatell (日本電子)

各燃料基材が着火性に及ぼす影響

実験結果(1)

分解系基材の調合量と着火性の関係

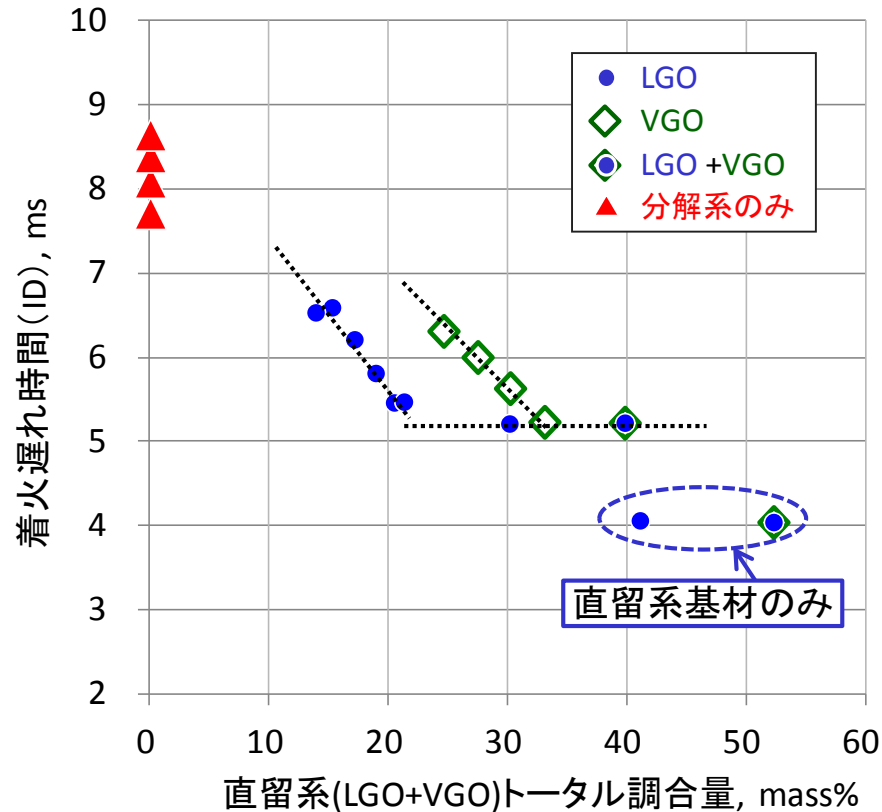
LCO+CLO配合量 vs FCA ID



- ✓ IDは、LCO量だけでなく、LCO+CLOのトータル配合量に依存
- ✓ 直留系基材の入っていない燃料のIDがシフトする
→ 着火の律速過程が異なるため

直留系基材の調合量と着火性の関係

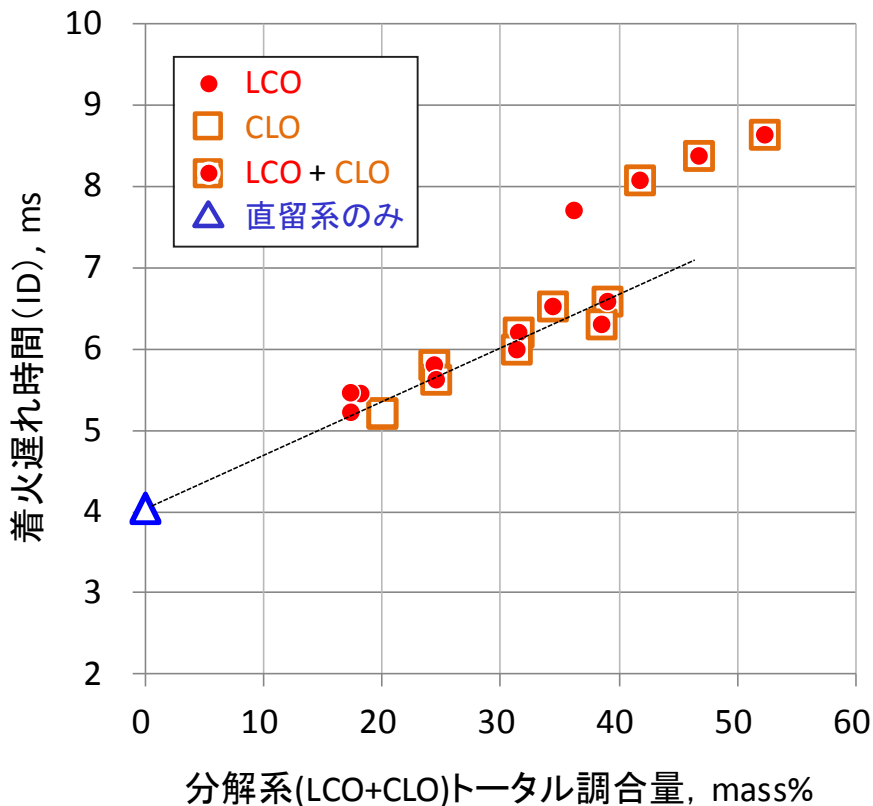
LGO+VGO配合量 vs FCA ID



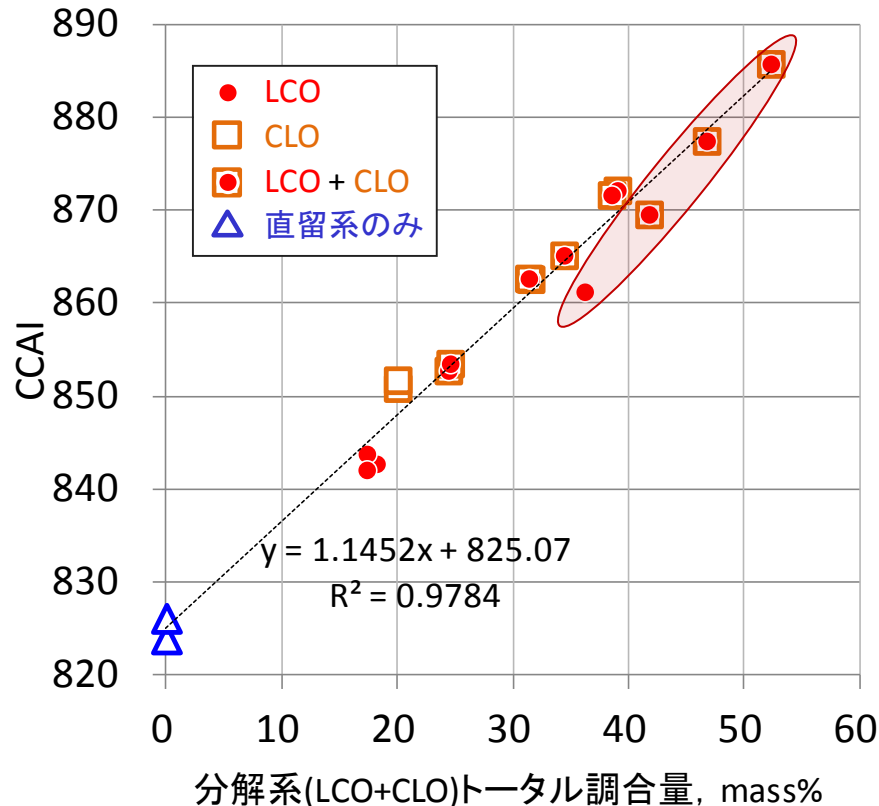
- ✓ 直留系基材の配合は着火遅れ時間の改善に有効。
特にLGOは少量で効果がある(20%以上では変わらない)

分解系基材と着火性指標の関係

分解系基材配合量 vs FCA ID



分解系基材配合量 vs CCAI



- ✓ CCAI値は非常に良く燃料中の芳香属成分量を表している
- ✓ 直留系を添加していない場合は、CCAI値では判断できない

市場サンプル解析への適用

実験結果(2)

GC/MS 分析:分解系基材の指標物質

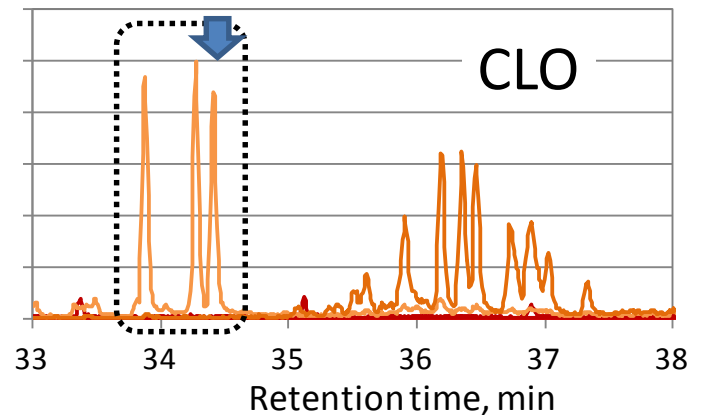
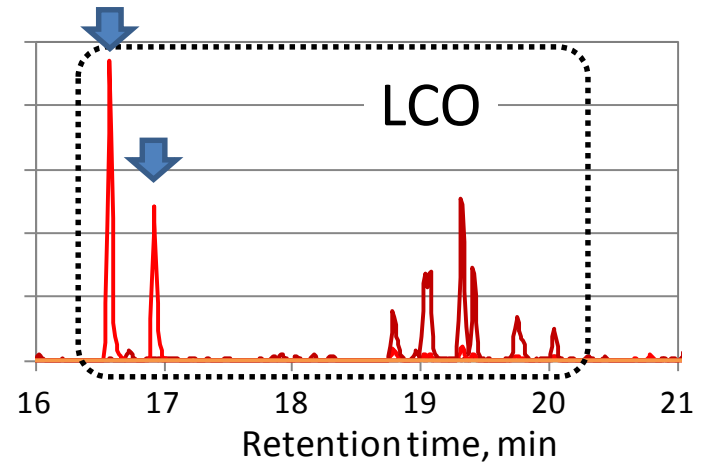
➤ LCO, CLOの指標となる物質

標準を用いて定量

標準試薬の入手しやすさなどから

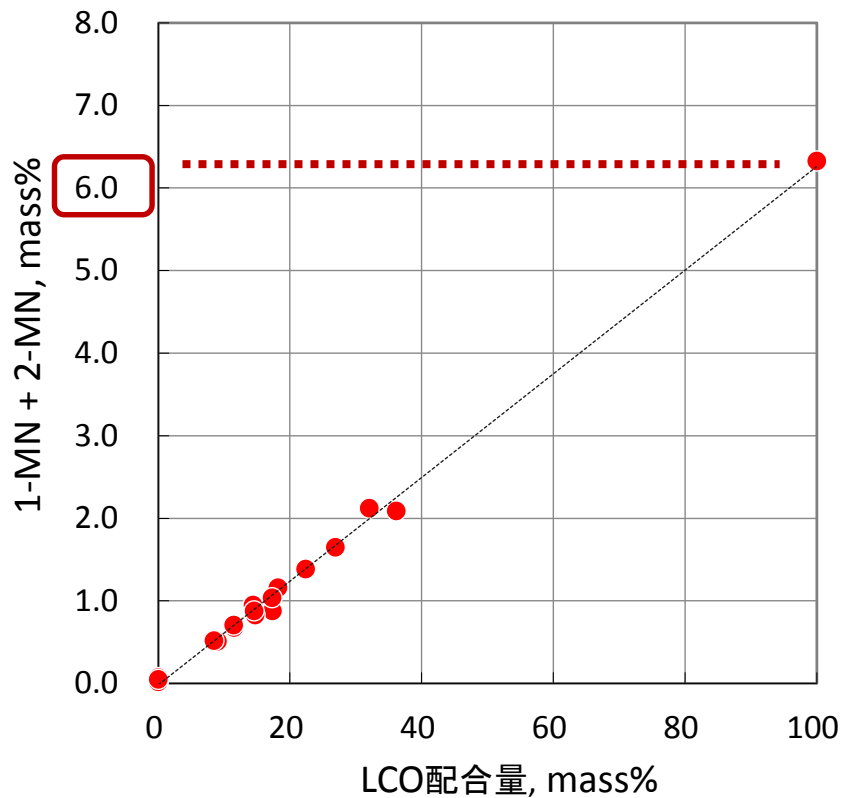
LCO : 1-メチルナフタレン
2-メチルナフタレン

CLO : 1-メチルピレン

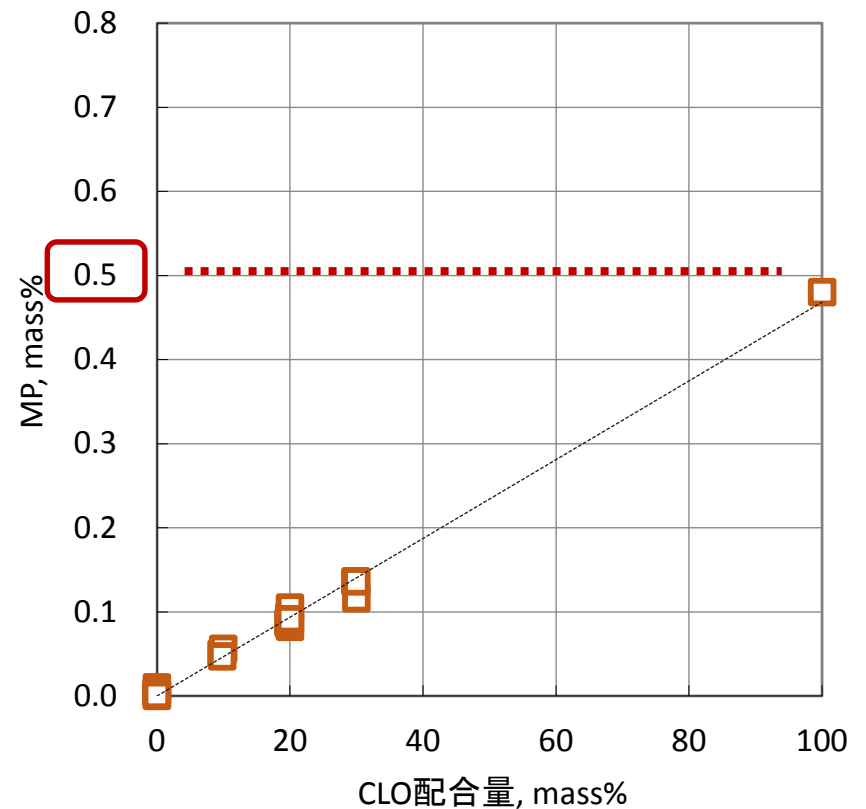


分解系基材の調合量の推定

LCO配合量とメチルナフタレン濃度
(1-MN + 2-MN)

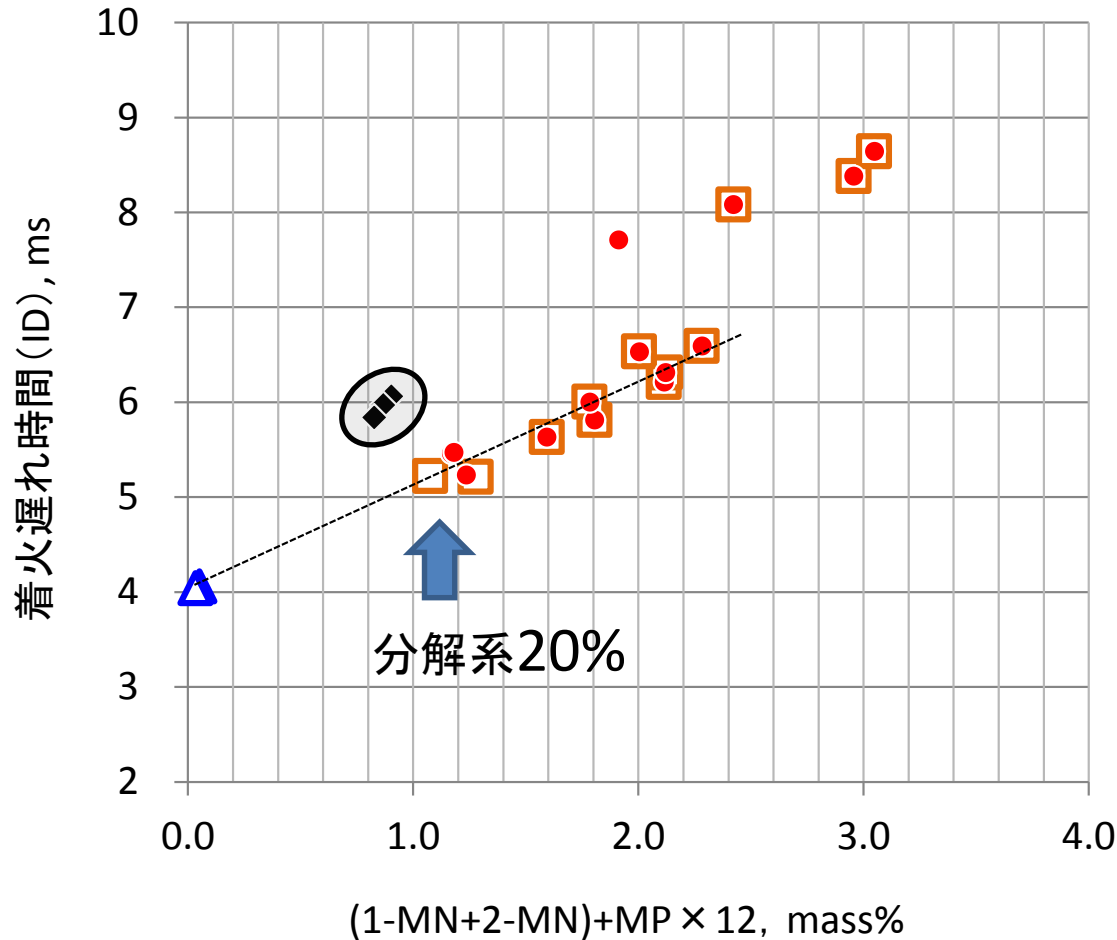


CLO配合量 vs メチルピレン濃度
(1-MP)



- ✓ 先の結果より、着火性に及ぼす影響は、LCOとCLOで同等と考えると、1-MP濃度を約12倍換算して評価すれば、燃焼性との関係、LCO, CLOの配合を推定できる可能性。

市場サンプルとの比較



- ✓ 調合燃料と市場サンプルを、1-MP濃度を約12倍換算して評価
市場サンプルは分解系基材を20%前後調合している可能性
着火遅れ時間が大きいのは、軽油成分が極端に少ないため

◆燃料の調合基材の混合割合が燃焼性に及ぼす影響

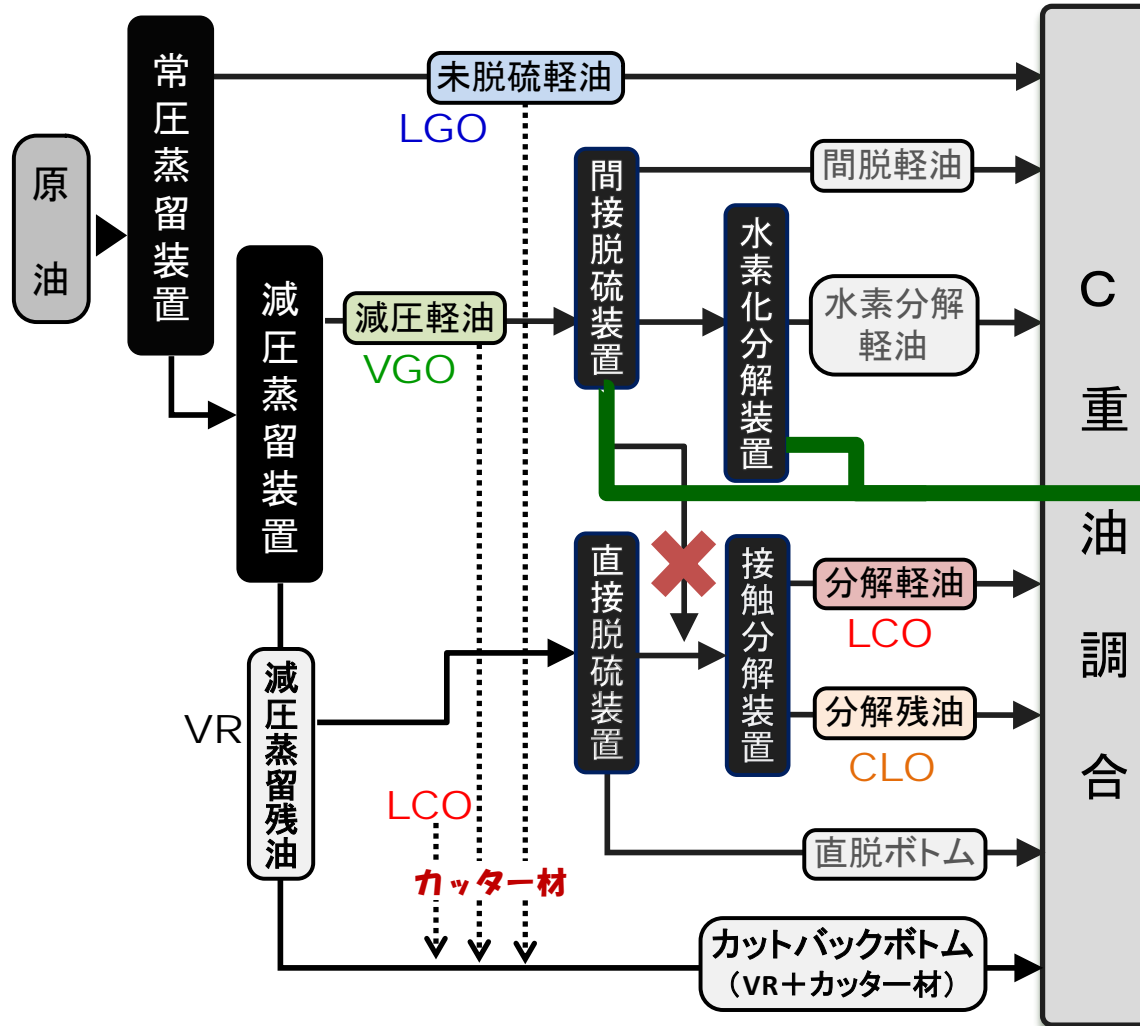
- 燃料の着火性(FCA-ID)は、分解系基材(LCO、CLO)のトータルの配合量と非常に高い相関関係がある
- 分解系基材を含む燃料への着火性改善には、特にLGOの添加が効果的であった
- CCAI値は、燃料中の分解系基材(芳香族分)の配合量と良く一致しており、多くの場合、着火性予測に利用可能。ただし、直留系基材の全く入っていない場合には要注意

◆市場サンプルの解析手法の検討

- 標準試薬が入手しやすい1-メチルナフタレン、2-メチルナフタレン、1-メチルピレンを用いて、燃料の調合と着火性の評価ができる可能性を示した

ECA対応燃料

◎EU ECA内で提供されている低硫黄重油とは？



ECA重油

- ・直留系のため、
燃焼性は良好

ガソリン車の少ない
EUだから供給が成り
立っているのでは？

まとめ

- ◆既存燃料の組成と着火性，着火性指標との関係を明らかにし，市場サンプルの調合推定法を提案した．可燃性をどう評価するかについては，今後の課題として残っている．
- ◆燃料の硫黄分規制に合わせて，既存の燃料とは異なる組成の燃料が市場に出てきていることから，今後も継続的な品質動向のチェックが必要と考えている．

ご静聴ありがとうございました．