

信頼性評価チーム報告

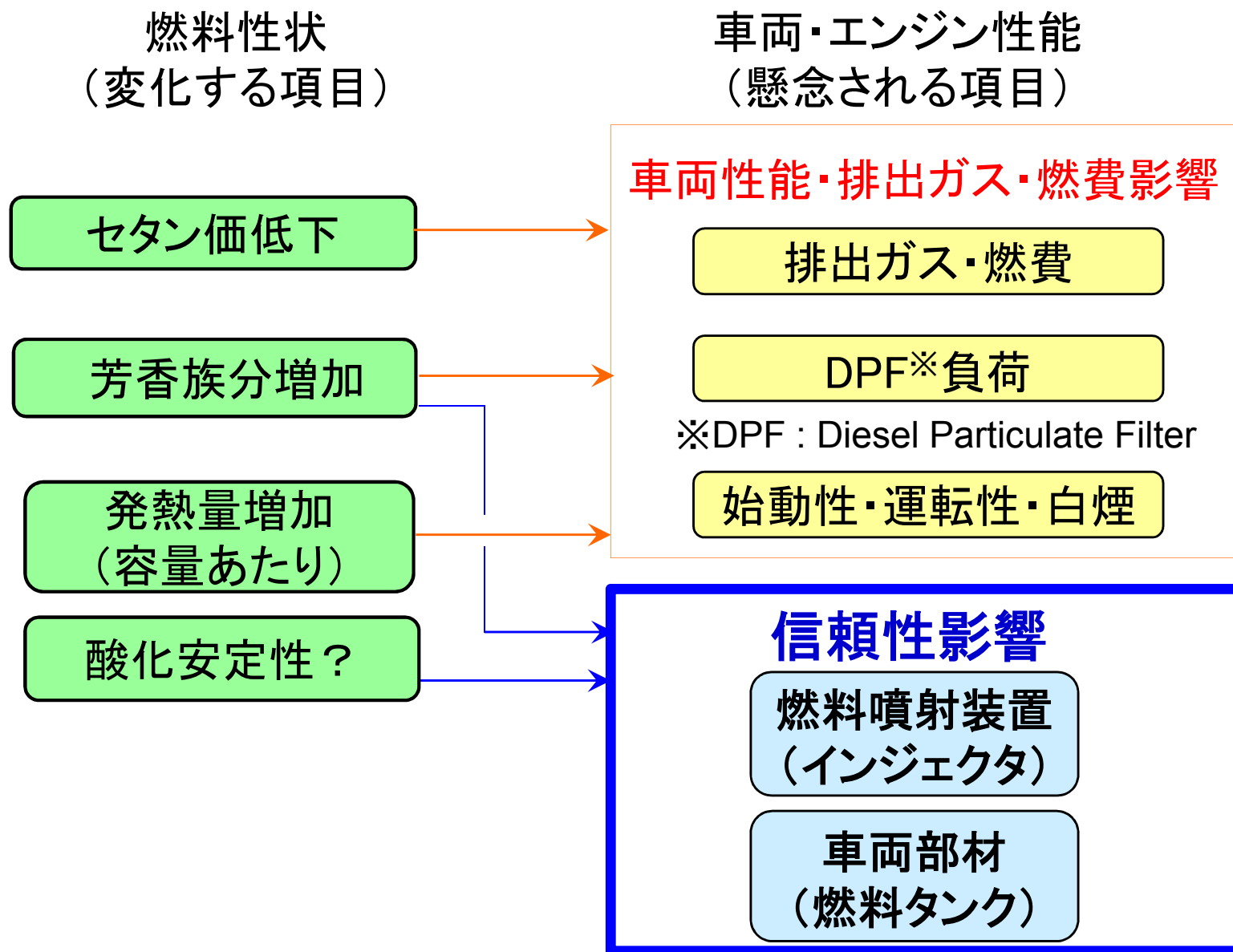
2015年3月9日

ディーゼル車将来燃料WG
金子 タカシ



LCOが車両に及ぼす影響評価

LCO混合による燃料性状の変化が、車両・エンジン性能に及ぼす影響を明らかにする



LCOが車両に及ぼす影響評価

LCO混合による燃料性状の変化が、車両・エンジン性能に及ぼす影響を明らかにする

燃料性状
(変化する項目)

車両・エンジン性能
(懸念される項目)

セタン価低下

車両性能・排出ガス・燃費影響

排出ガス・燃費

芳香族分増加

DPF※負荷

※DPF : Diesel Particulate Filter

発熱量増加
(容量あたり)

始動性・運転性・白煙

酸化安定性？

信頼性影響

燃料噴射装置
(インジェクタ)

車両部材
(燃料タンク)

安定性の把握

試験燃料選定

安定性影響



報告内容

【信頼性評価】

(1)安定性影響

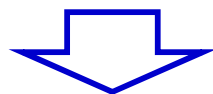
(2)部材影響

(3)インジェクタデポジット影響

- ・内部デポジット
- ・噴孔デポジット

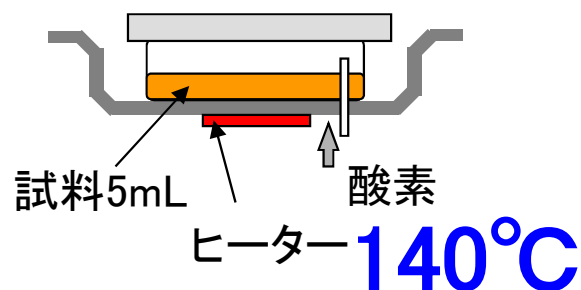
脱硫LCO (DLCO) の酸化安定性

DLCOの酸化安定性は？



バイオ燃料適用のPetroOXY法、改良ランシマツ法により評価

【PetroOXY試験】

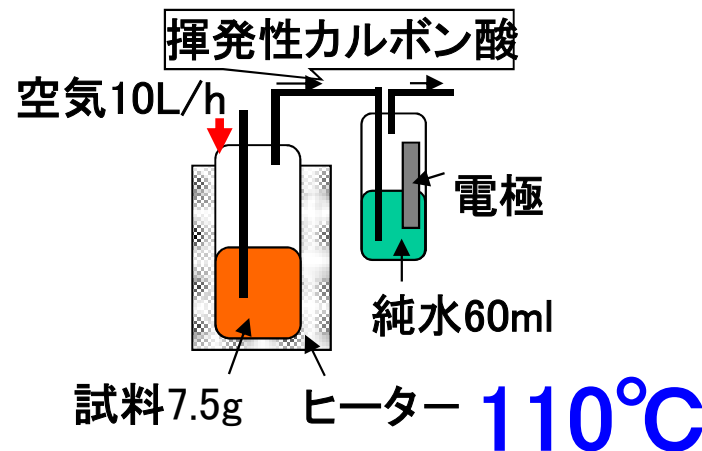


※告示法

酸化の判定：
酸化初期の酸素の吸収

酸化の開始段階

【改良ランシマツ試験】



※EN15751

酸化の判定：
酸化劣化物の酸の生成

酸化の最終段階

DLCOと軽油の酸化安定性比較

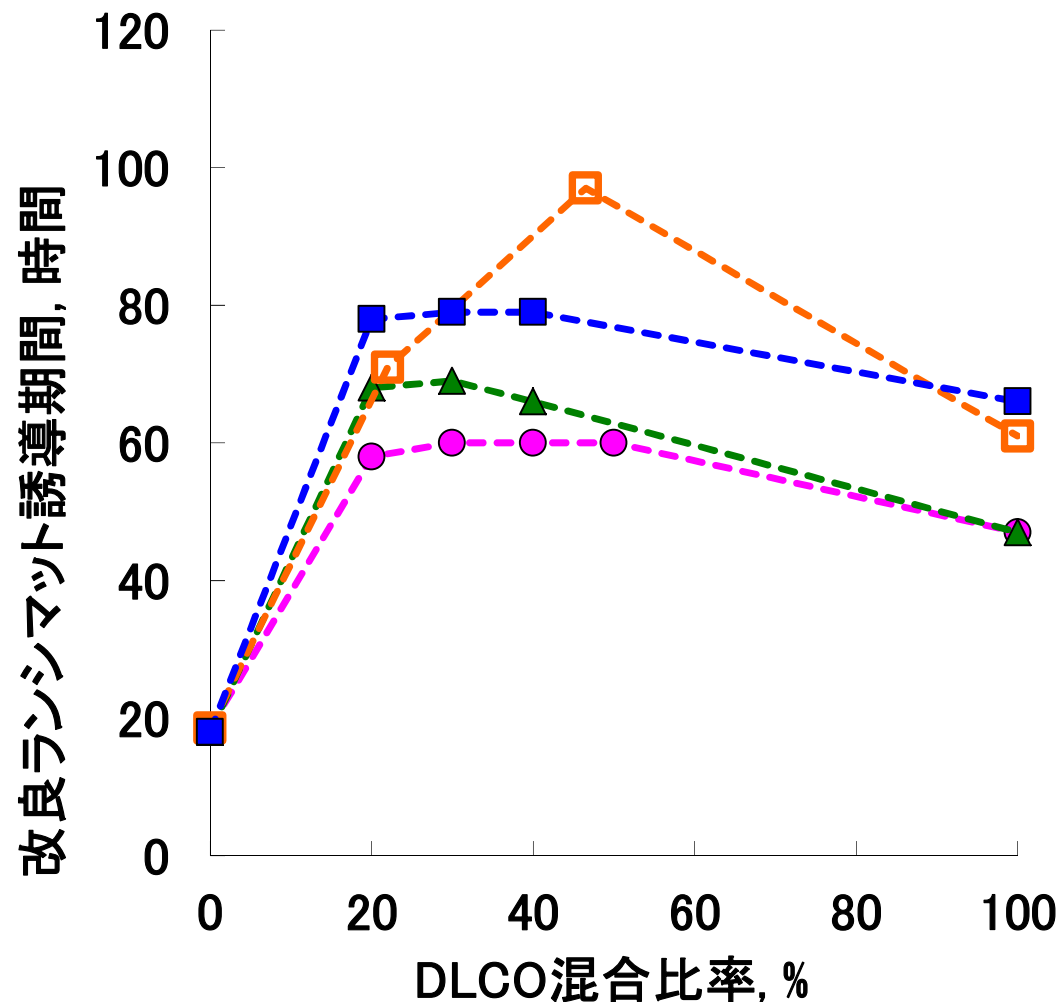
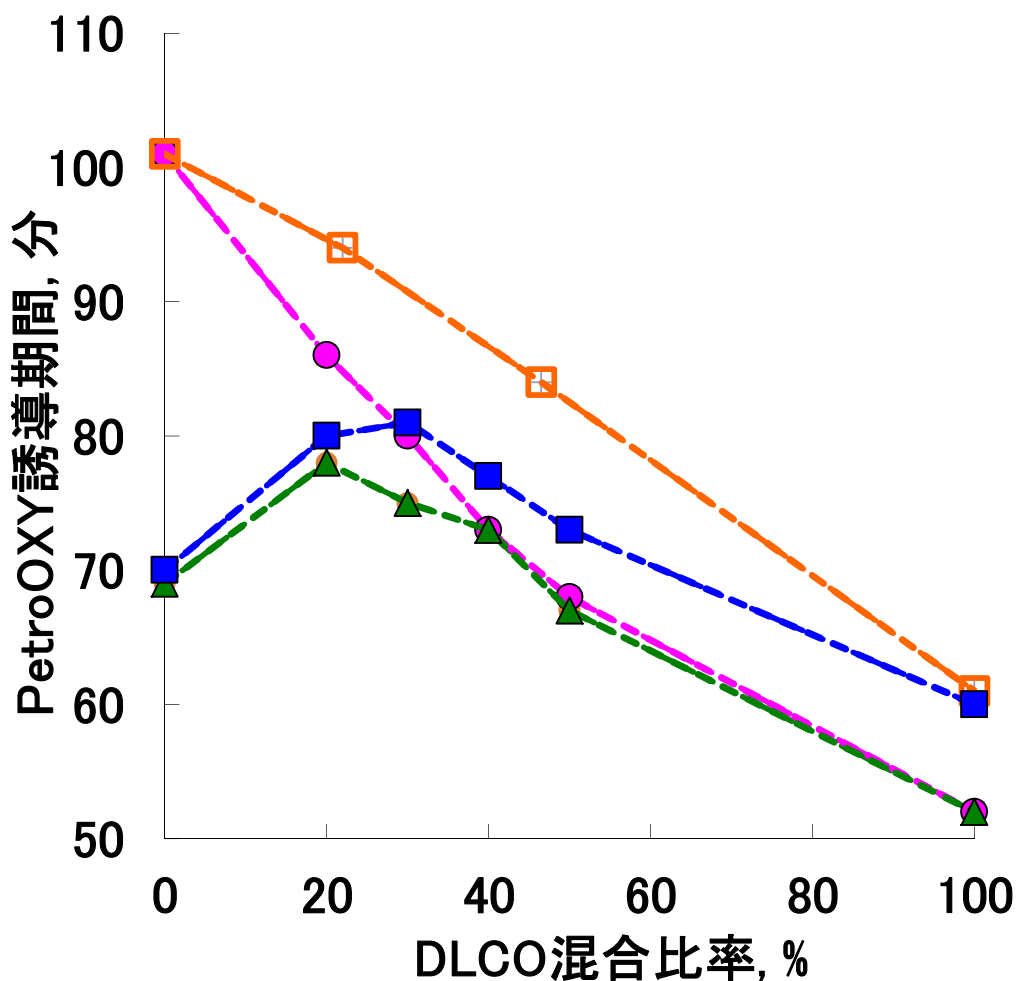
試験項目	DLCO ①	DLCO ②	DLCO ③	2号軽油 ①	2号軽油 ②
PetroOXY (140°C), 分	57	61	60	101	70
改良ランシマット (110°C), 時間	61	78	66	19	18

酸化されるまでの時間(誘導期間); 時間が長い方が安定性が高い

DLCOと2号軽油とでは測定法により酸化安定性の傾向が異なる

DLCO混合軽油の酸化安定性

- 2号軽油①/DLCO① ▲ 2号軽油②/DLCO①
- 2号軽油①/DLCO② ■ 2号軽油②/DLCO③



DLCOと2号軽油の混合では酸化安定性が極大点をもつ

DLCOの酸化機構の解明

以下の事象を説明できるDLCOの酸化機構を解明する

事象1

DLCOと2号軽油とでは測定法により酸化安定性の傾向が異なる

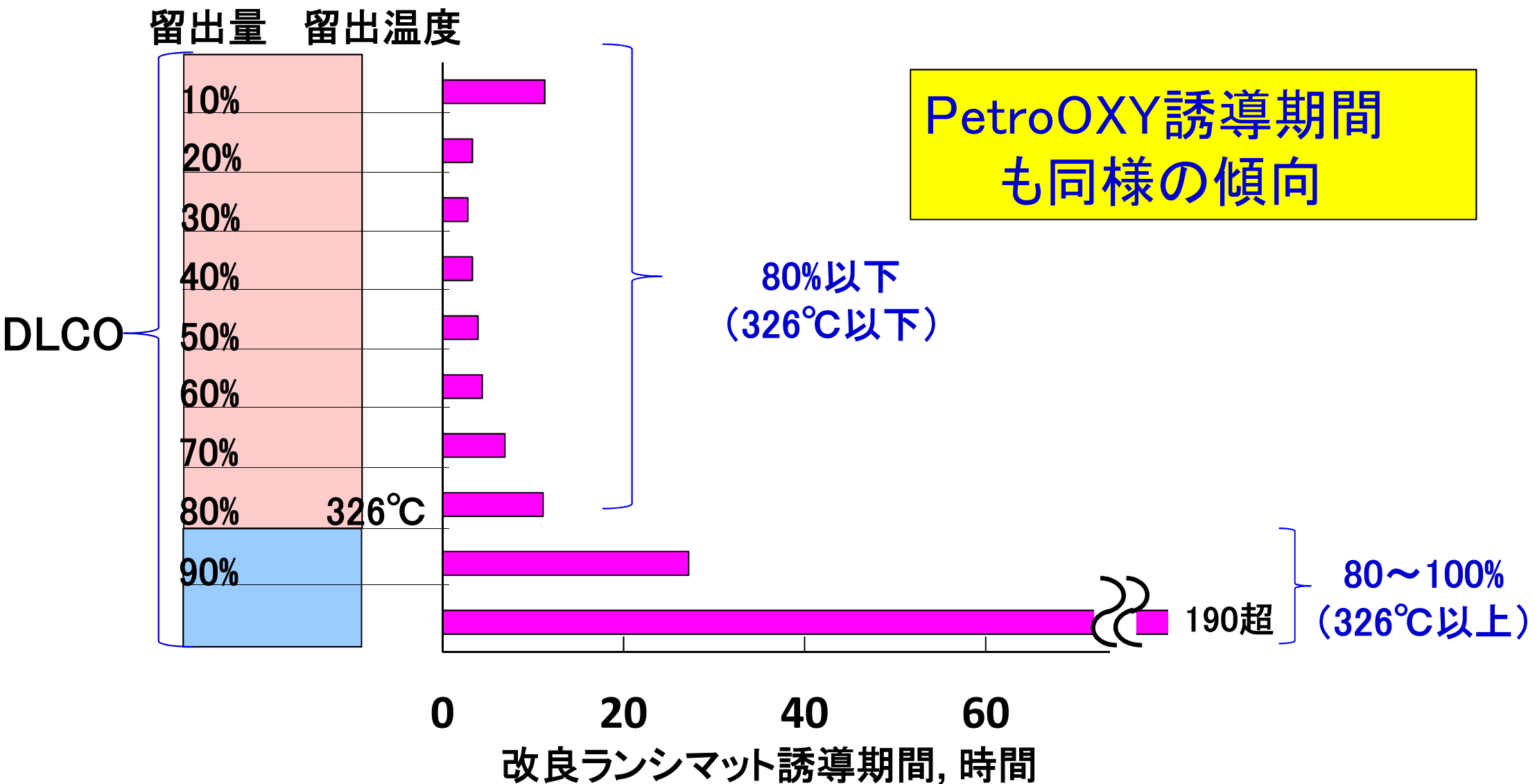
事象2

DLCOと2号軽油の混合では酸化安定性が極大点をもつ



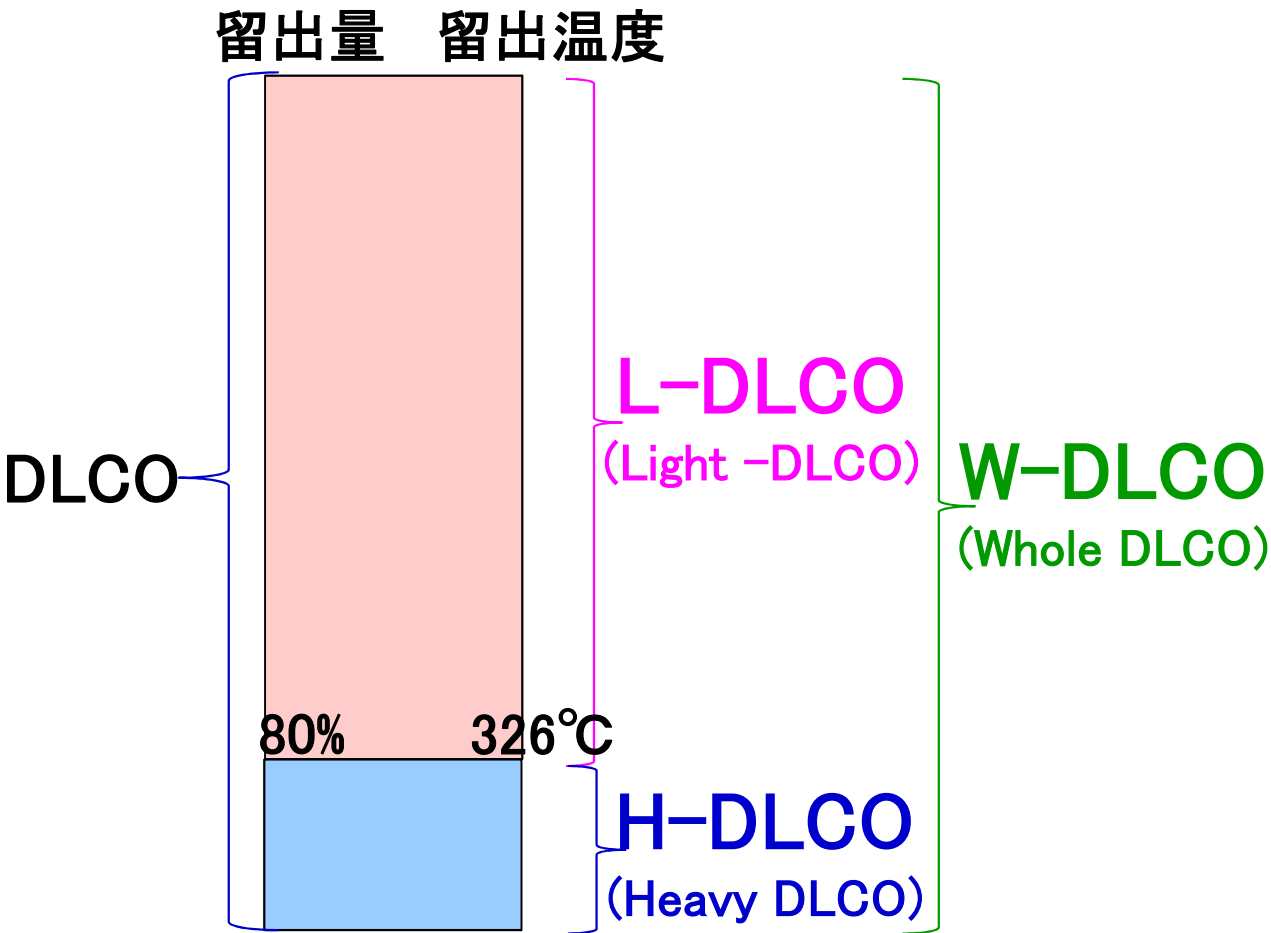
DLCOを蒸留分画し、酸化安定性の分布と成分を調査

DLCO各留分の酸化安定性



- DLCOの80%以下(326°C以下)の安定性が低く、80~100%(326°C以上)の安定性が高い

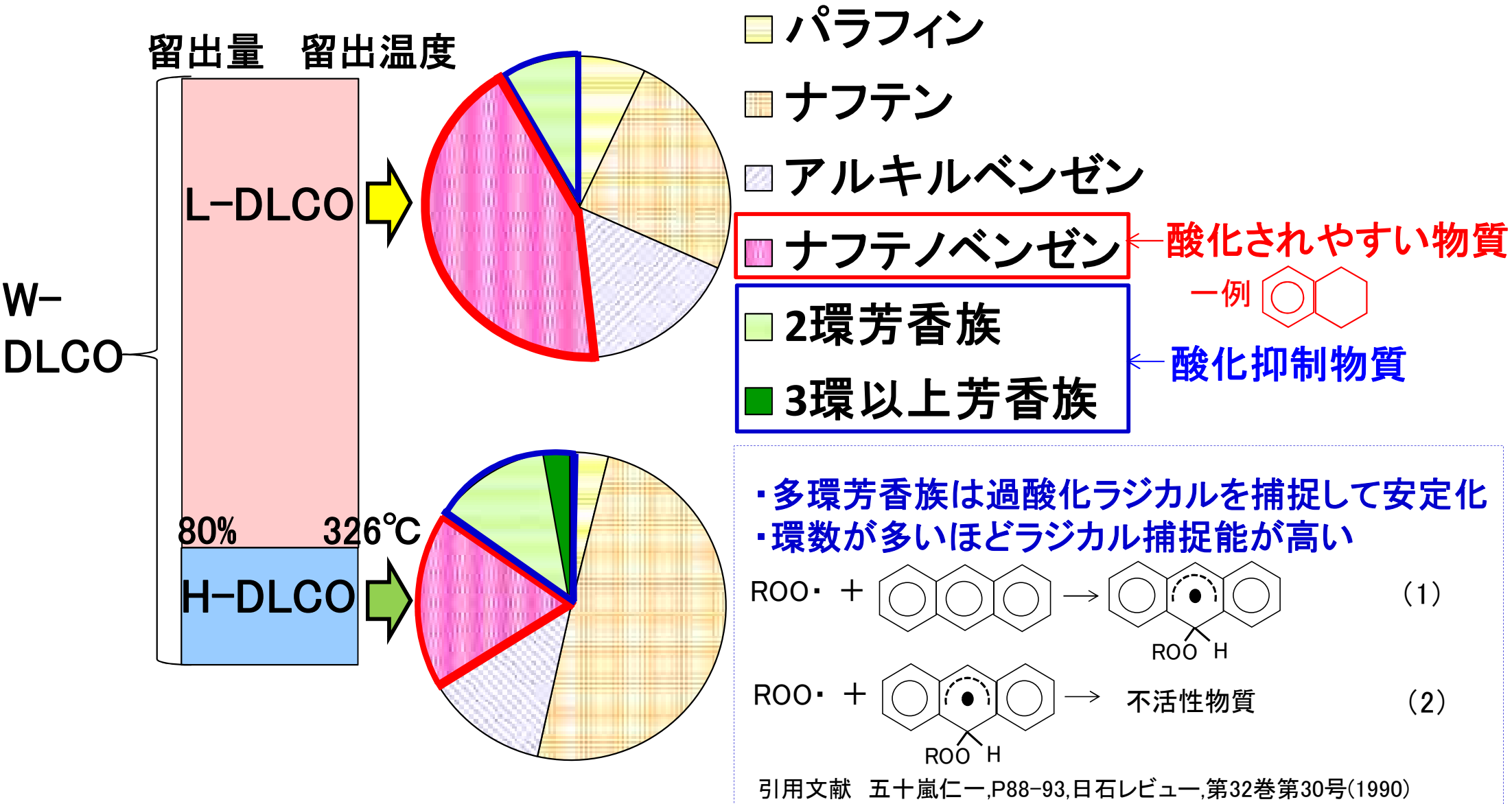
DLCOの蒸留分画品の名称



	W-DLCO	JIS規格 2号軽油
90%留出 温度, °C	348	350以下

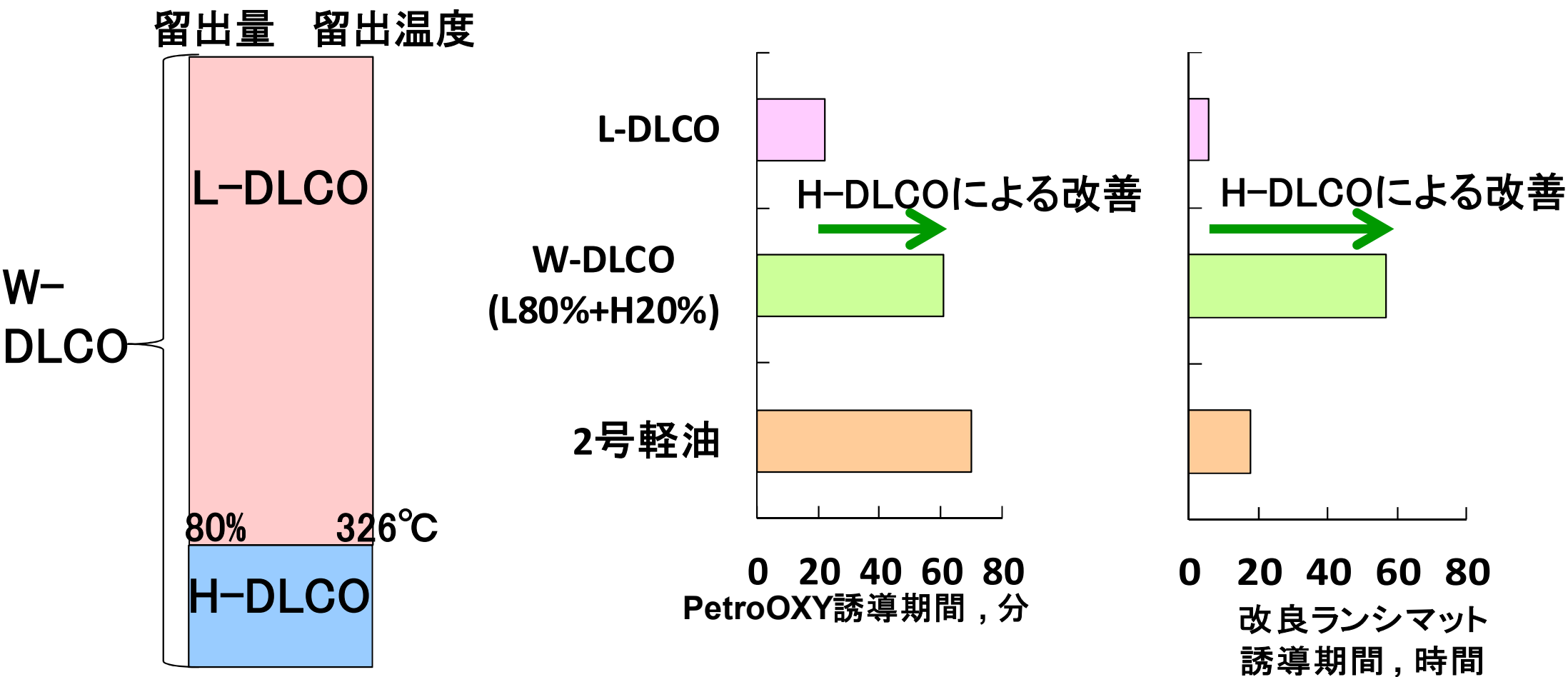
本研究に用いているW-DLCO
の蒸留性状(90%留出温度)は、
2号軽油のJIS規格上限に近く、
軽油基材としてワイドである

L-DLCOおよびH-DLCO成分分析結果



■ L-DLCOには酸化されやすい物質のナフテノベンゼン類が多く含まれ、
H-DLCOには酸化抑制物質の多環芳香族が多く含まれていた

W-DLCOの酸化安定性の構成



- W-DLCOの酸化安定性は、酸化安定性の低いL-DLCOを、H-DLCOが改善することで構成されている

以下の事象を説明できるDLCOの酸化機構を解明する

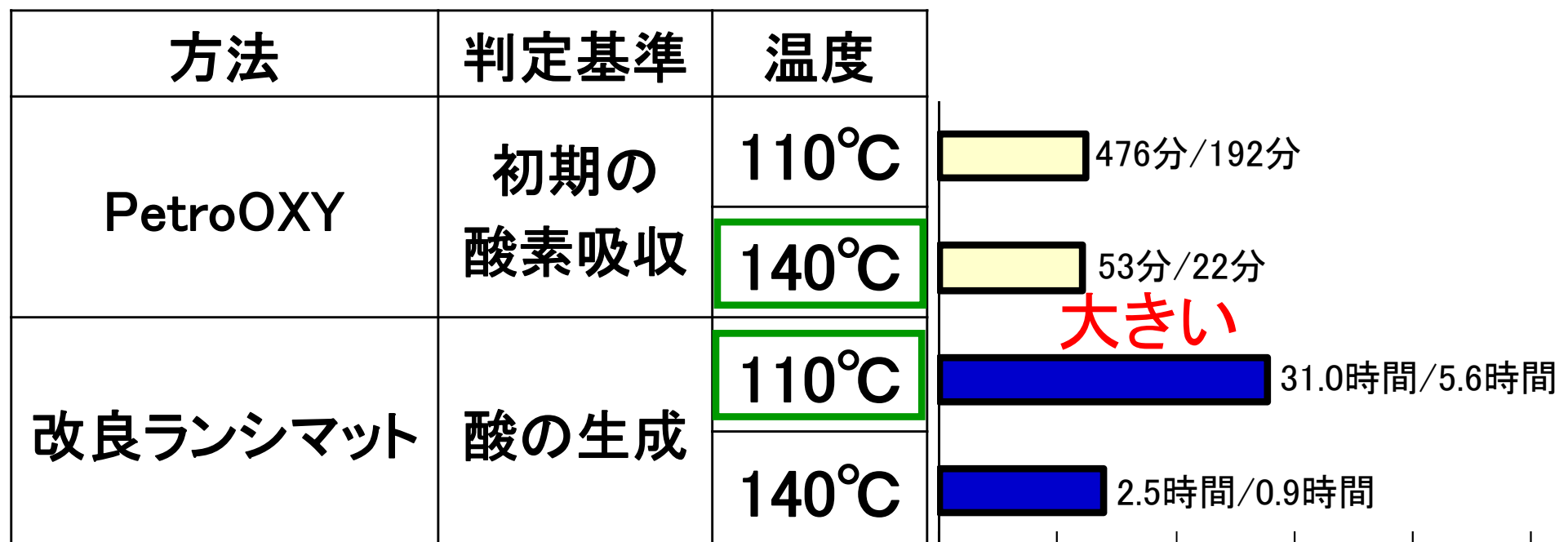
事象1

DLCOと2号軽油とでは測定法により酸化安定性の傾向が異なる

事象2

DLCOと2号軽油の混合では酸化安定性が極大点をもつ

酸化安定性試験条件とH-DLCOの酸化抑制効果



□ : 規定温度

L-DLCOの改善倍率

$(L80\% + H20\%) / L$

■DLCOと2号軽油とで測定法により酸化安定性の傾向が異なるのは、DLCO中の酸化抑制物質の効果が、110°Cの改良ランシマツ条件において(比較的溫度が低く、初期の酸素吸収よりは最終の酸生成に至る過程で)、特に大きいと、考えられる

DLCOの酸化機構の解明

以下の事象を説明できるDLCOの酸化機構を解明する

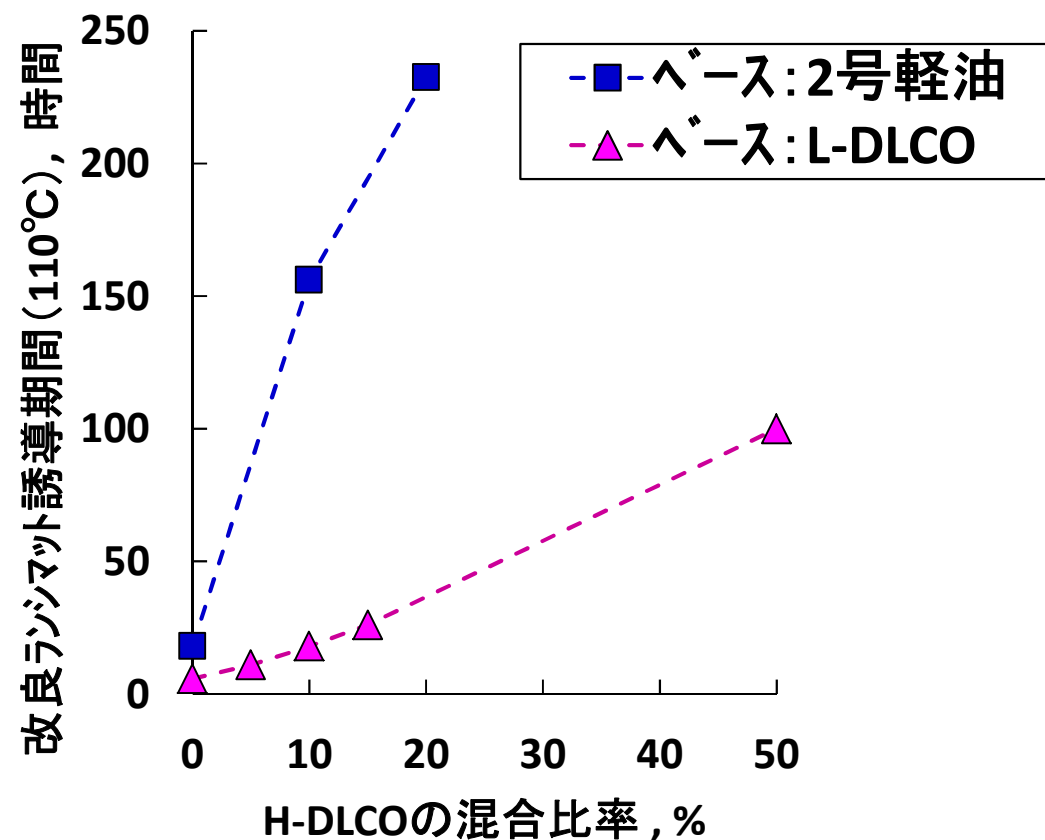
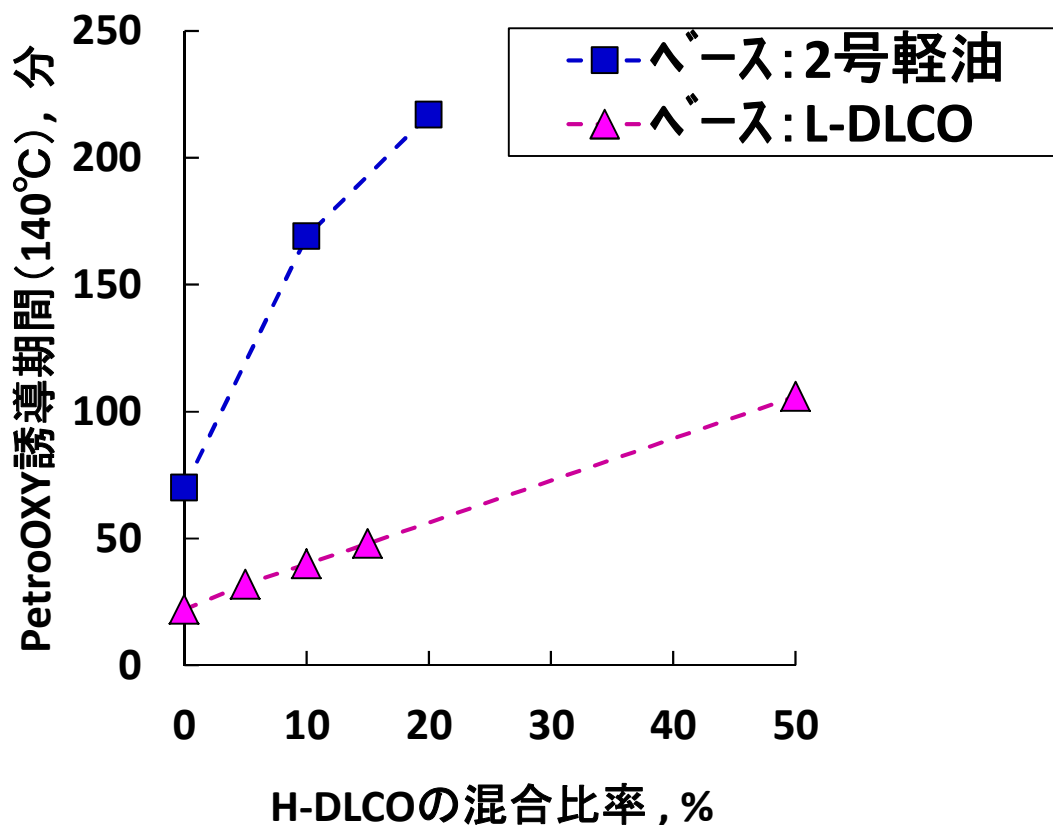
事象1

DLCOと2号軽油とでは測定法により酸化安定性の傾向が異なる

事象2

DLCOと2号軽油の混合では酸化安定性が極大点をもつ

H-DLCOによる酸化抑制効果



- H-DLCOの混合比率が高くなると、酸化抑制効果が大きくなる
- H-DLCOによる酸化抑制効果は、L-DLCOに対するより、2号軽油に対する方が大きい

H-DLCOによる酸化抑制効果

酸化抑制される側

酸化抑制する側

抑制効果

L-DLCO

H-DLCO

↑ 小

(W-DLCO)

L-DLCO

H-DLCO

↑ 基準

2号軽油

H-DLCO

↑ 大

(W-DLCO+2号軽油)

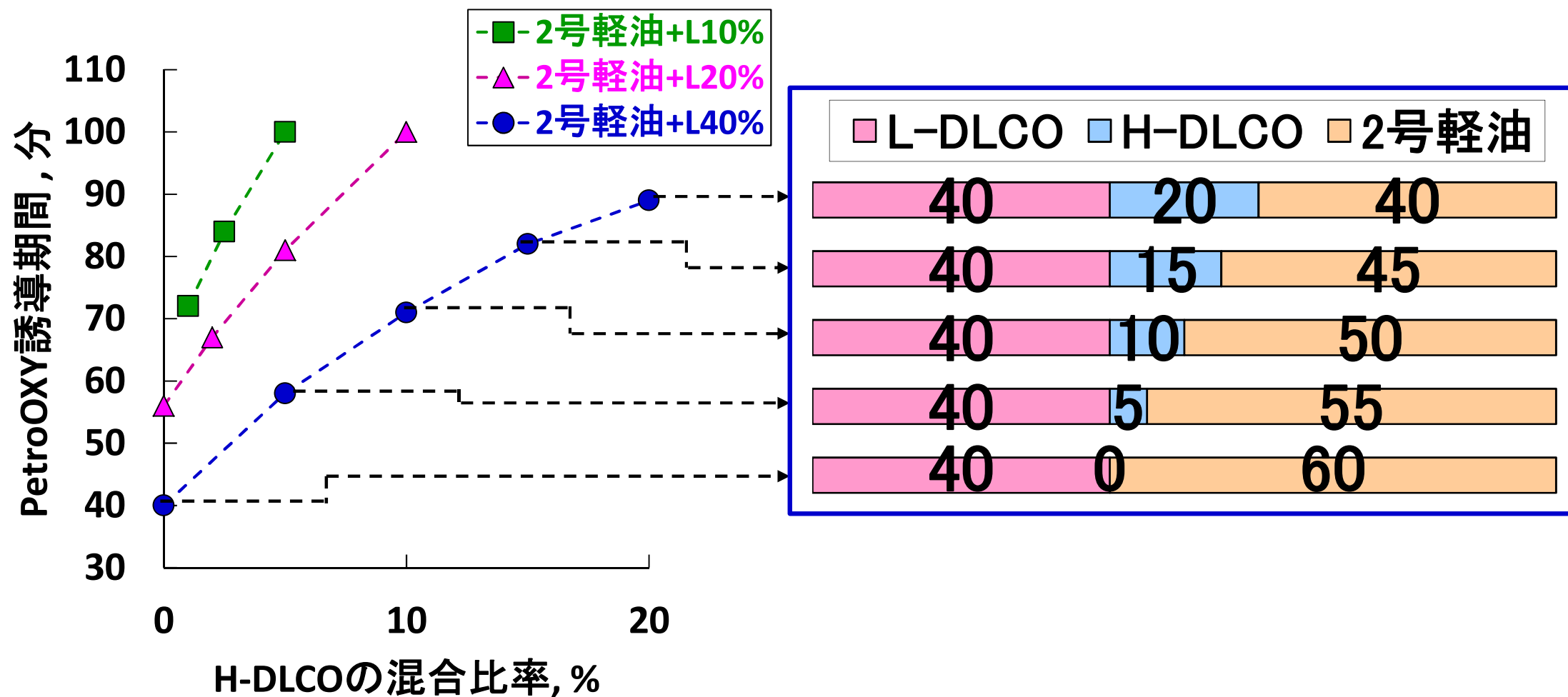
2号軽油 L-DLCO

H-DLCO

?

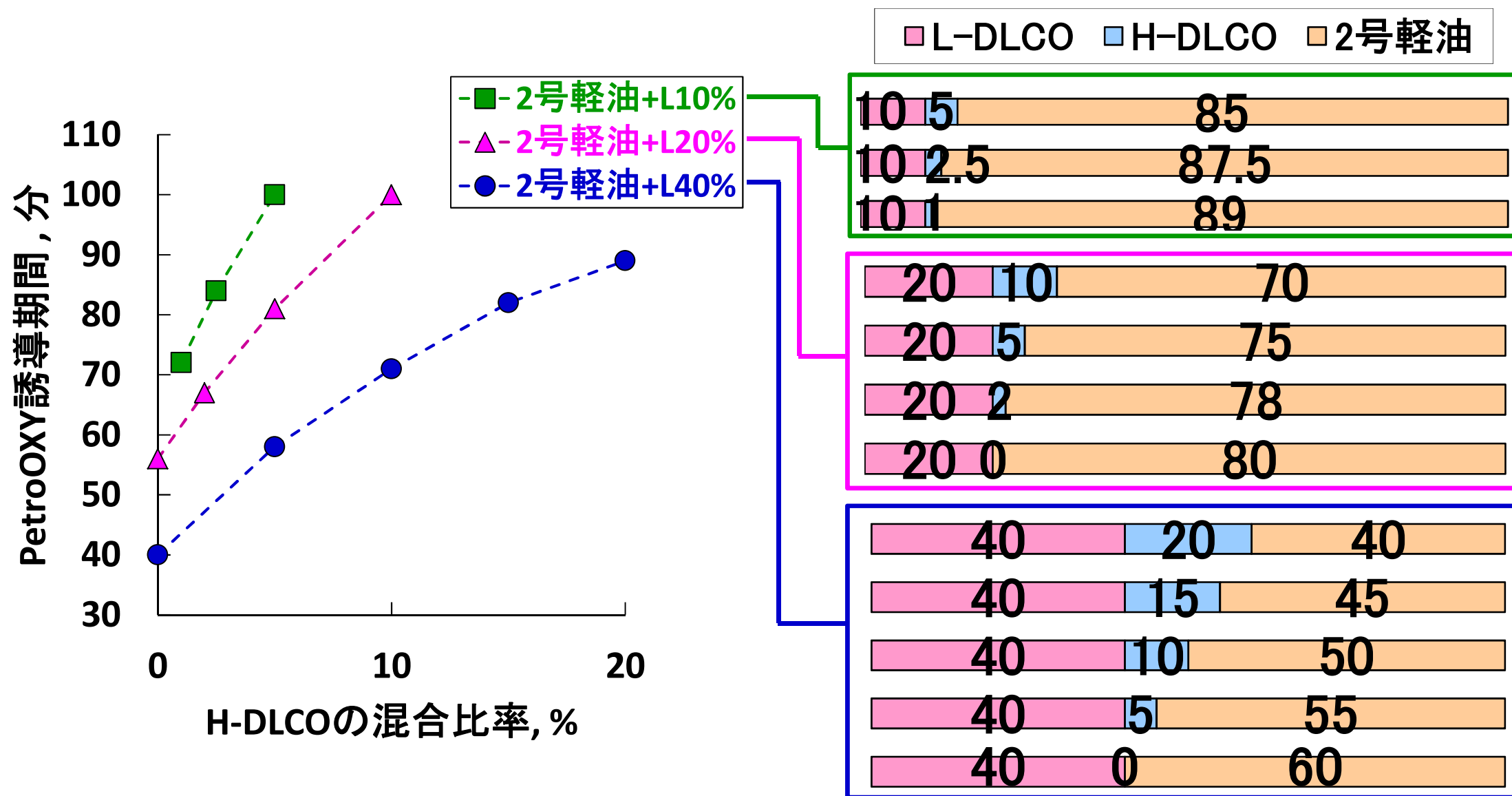
- W-DLCOと2号軽油の混合では、抑制する側の量の影響（H-DLCO濃度減により酸化抑制効果が小さくなる）と、抑制される側の質の影響（L-DLCOから2号軽油に変わることによって酸化抑制効果が大きくなる）とが、競合する

3成分系(H-DLCO,L-DLCO,2号軽油)の酸化安定性



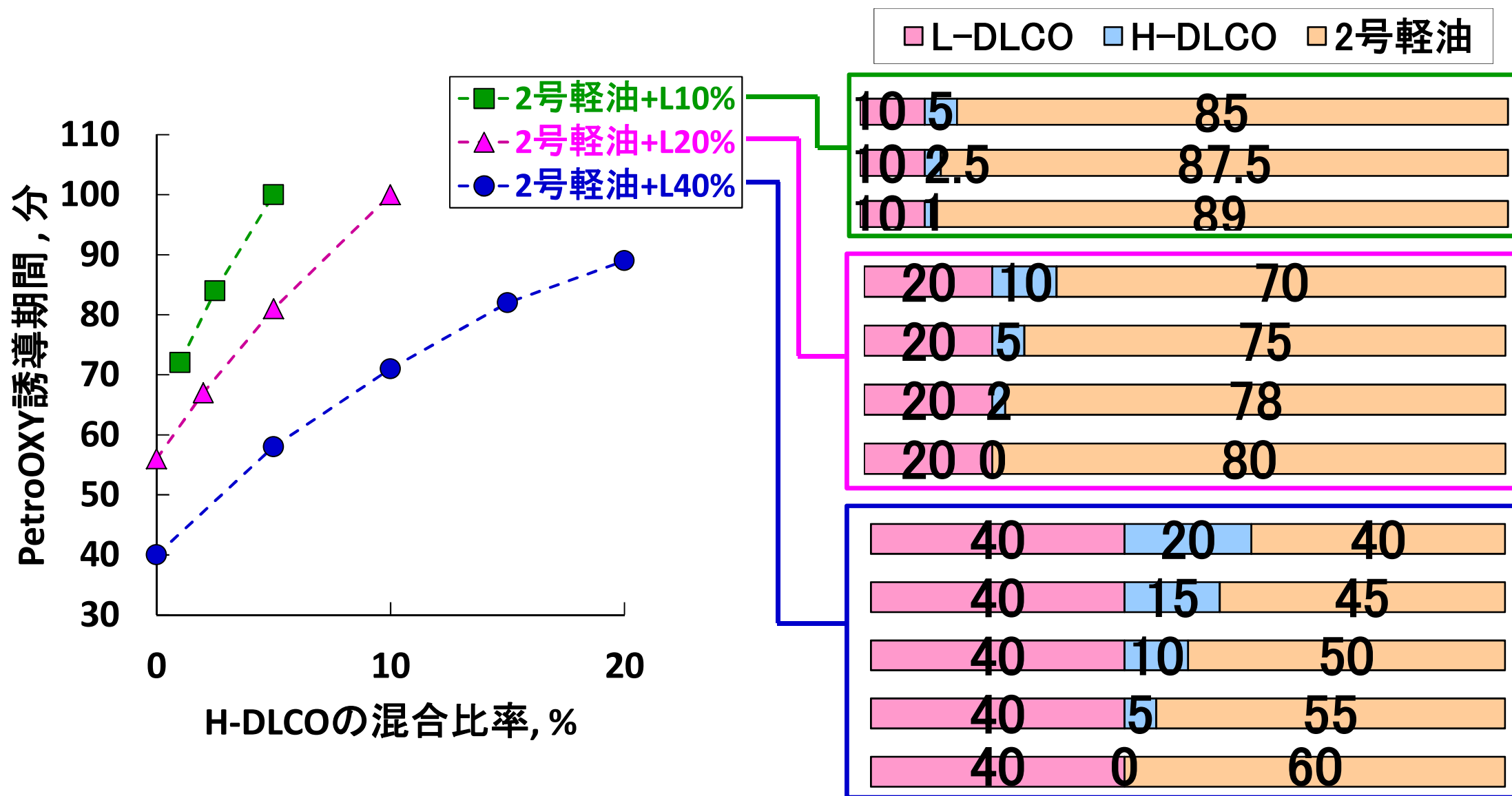
■ H-DLCO、L-DLCO、2号軽油の3成分の濃度を変えて
酸化安定性を測定した

3成分系(H-DLCO,L-DLCO,2号軽油)の酸化安定性



■ L-DLCO 10%、20%、40%混合系で、H-DLCOの濃度を変化させて酸化安定性を測定した

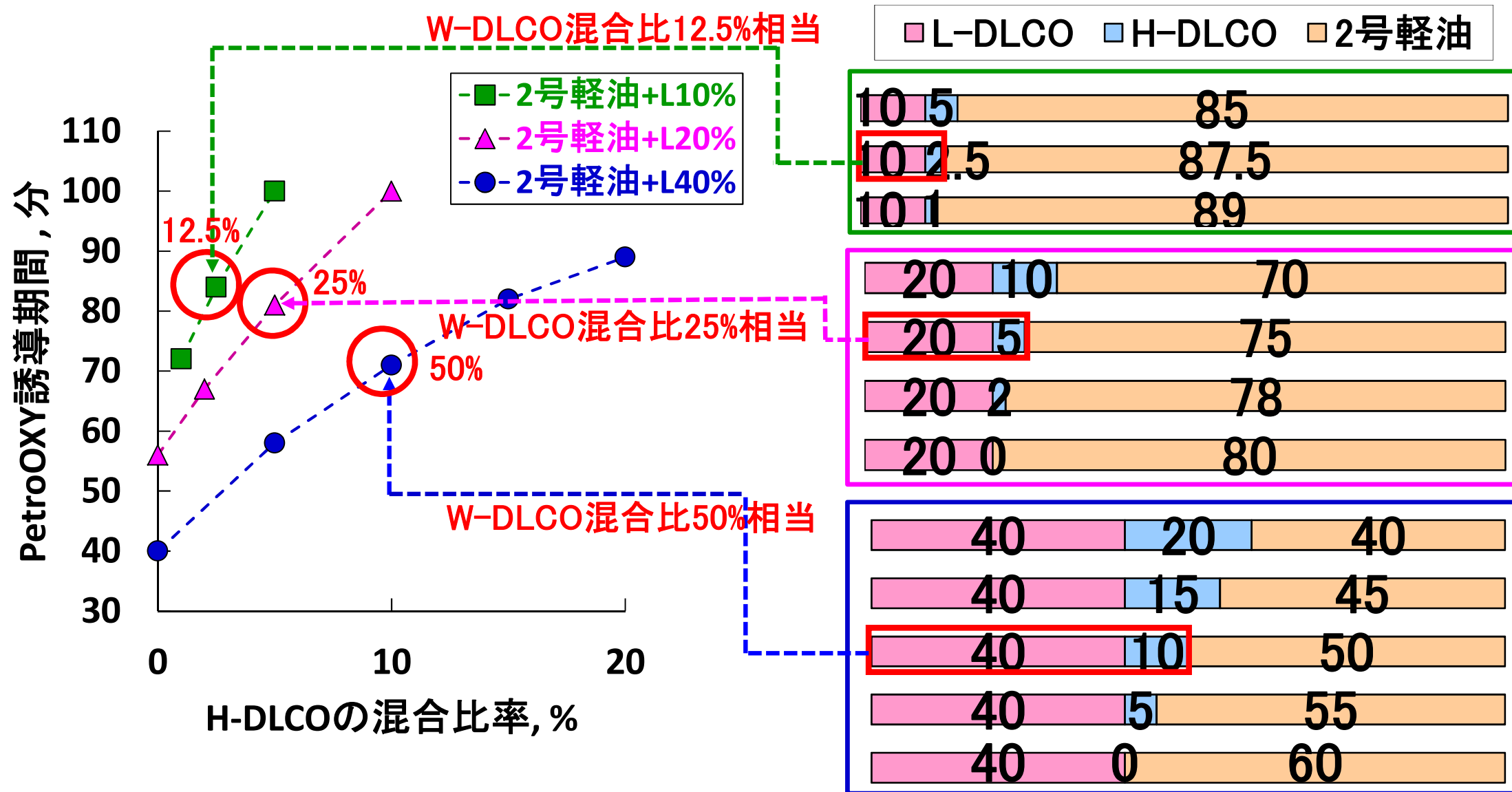
3成分系(H-DLCO,L-DLCO,2号軽油)の酸化安定性



■ H-DLCOの混合比率が高くなると、酸化抑制効果が大きくなる

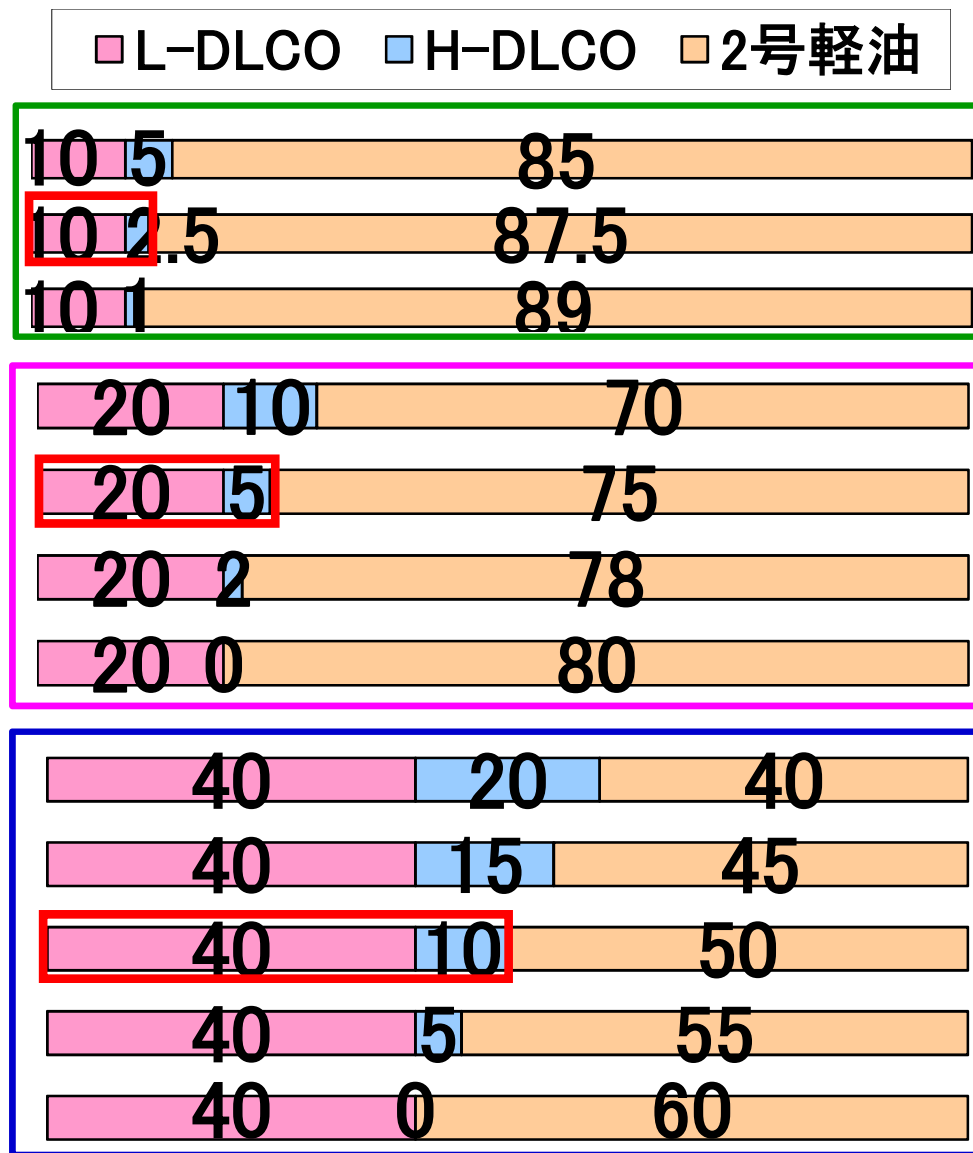
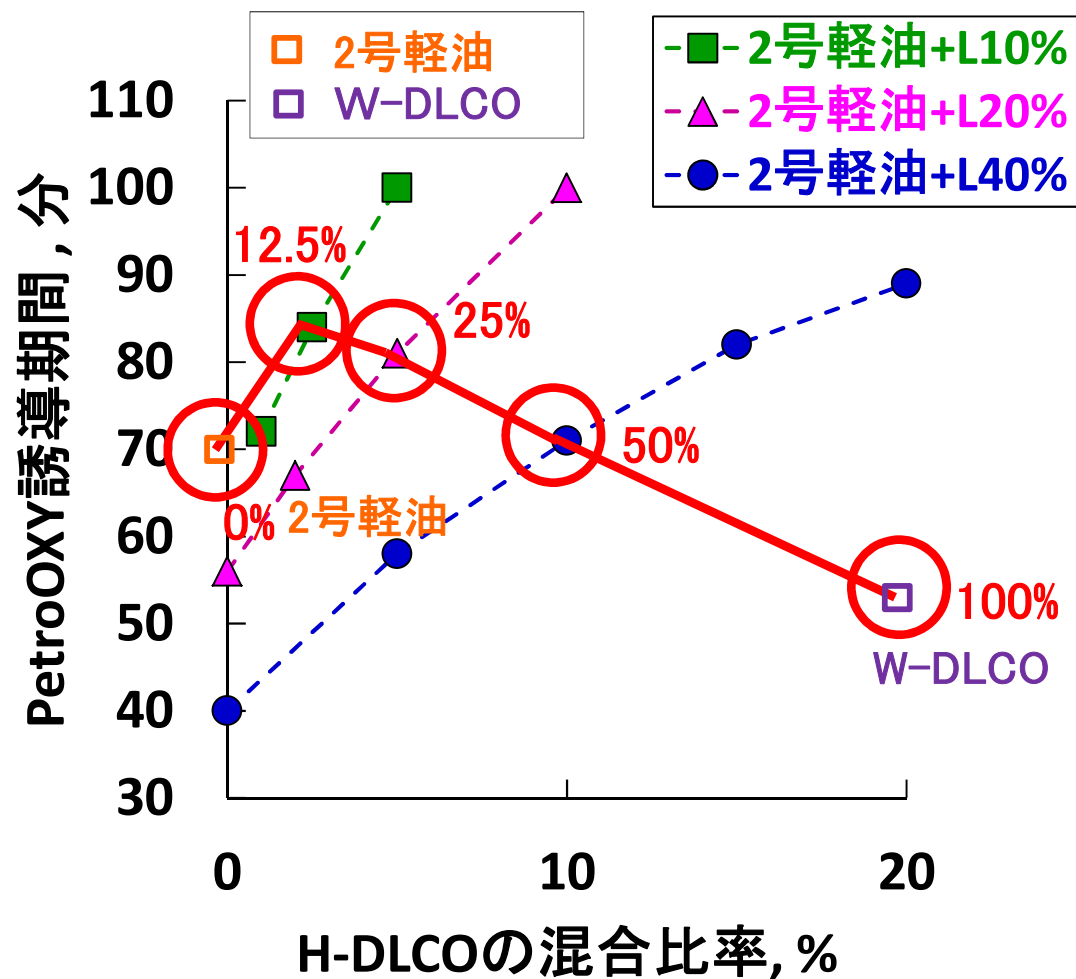
■ L-DLCOの混合比率が大きい方が、H-DLCOによる改善効果(H-DLCOの濃度に対する誘導期間改善幅)が小さい

3成分系(H-DLCO,L-DLCO,2号軽油)の酸化安定性



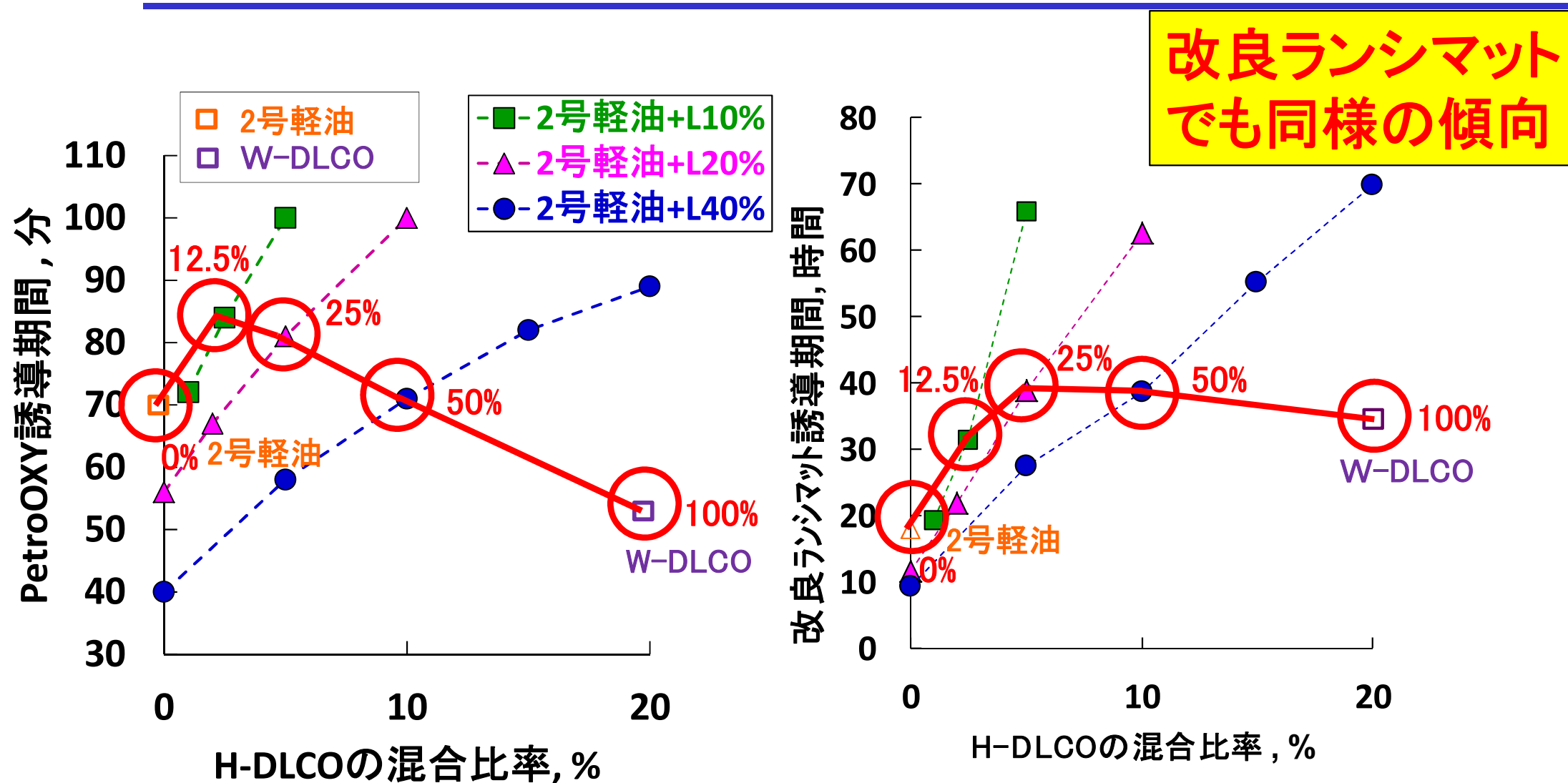
- L:Hが80:20になる点が、W-DLCOと同比率に相当する
- したがって、L40%+H10%の点は軽油へのW-DLCOの混合比率で50%に相当し、同様にL20%+H5%の点はW-DLCO25%、L10%+H2.5%の点はW-DLCO12.5%に相当する

3成分系(H-DLCO,L-DLCO,2号軽油)の酸化安定性



■各成分の割合が、軽油とW-DLCOの混合に相当する条件において、酸化安定性が極大点をもつ傾向が再現できた

3成分系(H-DLCO,L-DLCO,2号軽油)の酸化安定性



■W-DLCOと2号軽油の混合で酸化安定性が極大点をもつのは、W-DLCO比率が高くなると、酸化抑制物質の濃度は高まるが、一方で酸化されやすい物質の濃度が高くなることにより酸化抑制物質の改善効果(濃度－改善幅)は小さくなり、両者が競合するため、と考えられる

DLCOの酸化安定性(まとめ)

- W-DLCOの酸化安定性は、酸化されやすいナフテノベンゼン類を多く含むL-DLCOの安定性を、酸化抑制物質の多環芳香族を多く含むH-DLCOが改善することで構成されている
- このDLCOの酸化機構により、「DLCOと2号軽油とでは測定法により酸化安定性の傾向が異なる」事象や「DLCOと2号軽油の混合では酸化安定性が極大点をもつ」事象を説明できた

報告内容

【信頼性評価】

(1)安定性影響

(2)部材影響

(3)インジェクタデポジット影響

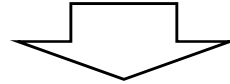
- ・内部デポジット
- ・噴孔デポジット

信頼性影響評価の試験燃料の選定(1)

【安定性影響】

- DLCOの酸化安定性は、酸化されやすい物質(ナフテノベンゼン類)と酸化抑制物質(多環芳香族類)のバランスで決まる

重質留分に少量存在する酸化抑制物質は、DLCOにより、その含有量に幅がある



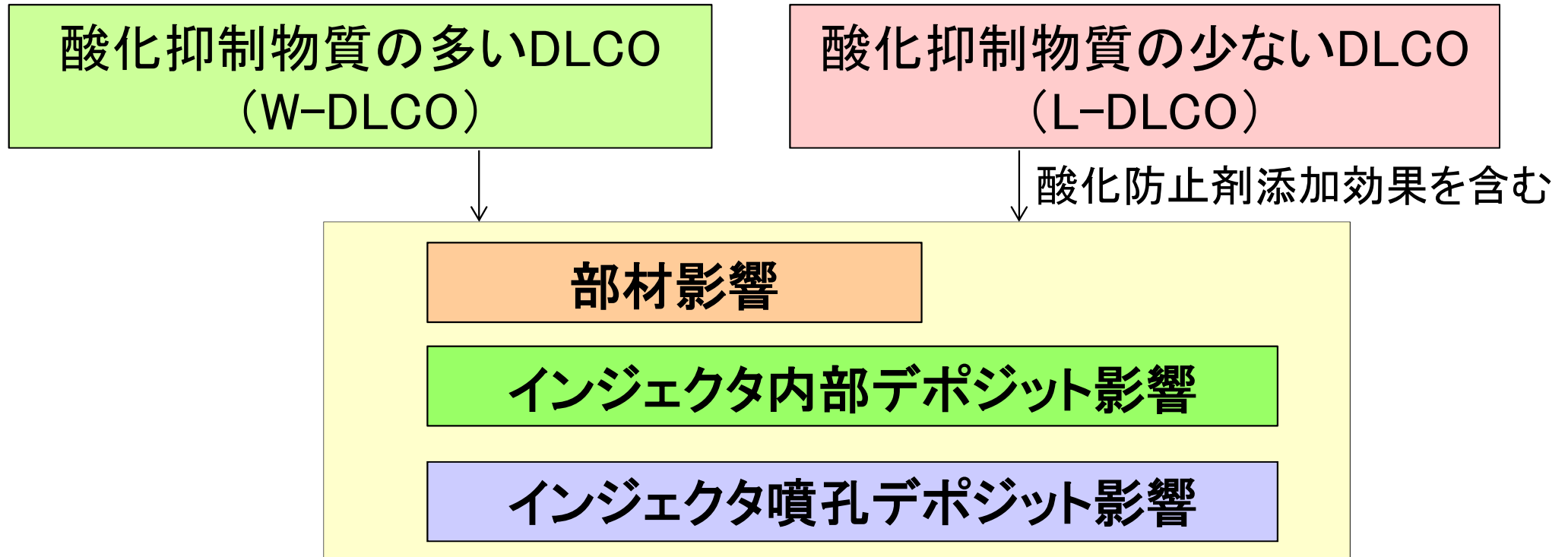
信頼性評価には、酸化抑制物質の多いDLCOと少ないDLCOを用いる

- ・酸化抑制物質の多いDLCO ⇒ W-DLCO
- ・酸化抑制物質の少ないDLCO ⇒ L-DLCO

本研究に用いているW-DLCOは、軽油基材として蒸留性状がワイドであり、酸化抑制物質が最も多く含まれていると考えられる

信頼性影響評価の試験燃料の選定(2)

【信頼性影響】



■ W-DLCO、L-DLCOを用いて信頼性影響を評価する

【信頼性評価】

(1)安定性影響

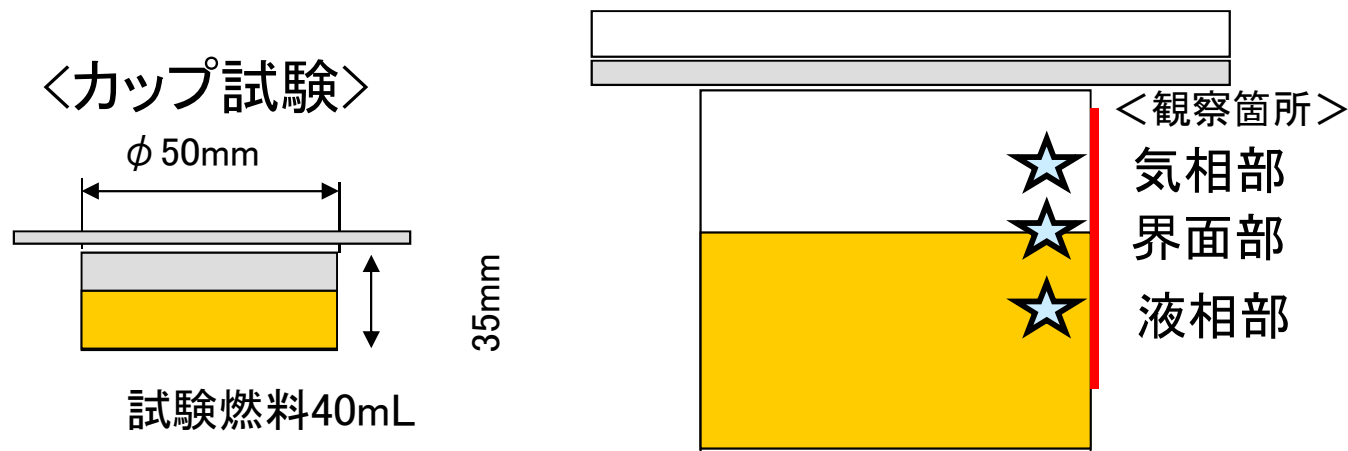
(2)部材影響

(3)インジェクタデポジット影響

- ・内部デポジット
- ・噴孔デポジット

部材影響試験方法

- 試験方法： 部材浸漬試験（カップ試験）
- 供試部材： 燃料タンク用ターンシート（錫-鉛めっき鋼板）^{*1}
- 供試燃料： W-DLCO混合軽油およびL-DLCO混合軽油
- 浸漬条件： 80℃ × 1000hr
- 評価項目： 質量変化
（分析方法等） めっき状態（鋼板露出、表面形態変化を顕微鏡で観察）
浸漬油のめっき溶出（浸漬油中のめっき金属分析）



^{*1} JATOP I ディーゼル車バイオ燃料WGの検討において、燃料性状影響がみられた部材

部材影響試験燃料

		W-DLCO 混合軽油		L-DLCO 混合軽油				
燃 料	DLCO, vol%	38	50	19	19	44	44	44
	2号軽油, vol%	62	50	81	81	56	56	56
	セタン価向上剤 ,ppm	1000	—	—	—	—	—	—
	酸化防止剤, ppm	0	0	20	50	0	50	300

ベース:L-DLCO19vol%混合

酸化防止剤, ppm	0	20	
PetroOXY 誘導期間, 分	48 ×	79 ○	65以上
改良ランシマツ 誘導期間, 時間	11.9 ×	28.9 ○	20以上

バイオディーゼル(B5)
品質確保法

バイオディーゼル(B7)
欧州規格

部材影響試験結果

		W-DLCO 混合軽油		L-DLCO 混合軽油				
燃 料	DLCO, vol%	38	50	19	19	44	44	44
	2号軽油, vol%	62	50	81	81	56	56	56
	セタン価向上剤, ppm	1000	—	—	—	—	—	—
	酸化防止剤, ppm	0	0	20	50	0	50	300
試 験 結 果	質量変化	○	○	○	○	○	○	○
	めっき状態 (鋼板露出、表面形態変化)	○	○	○	○	○	○	○
	浸漬油のめっき溶出	○	○	○	○	○	○	○
	総合評価	○	○	○	○	○	○	○

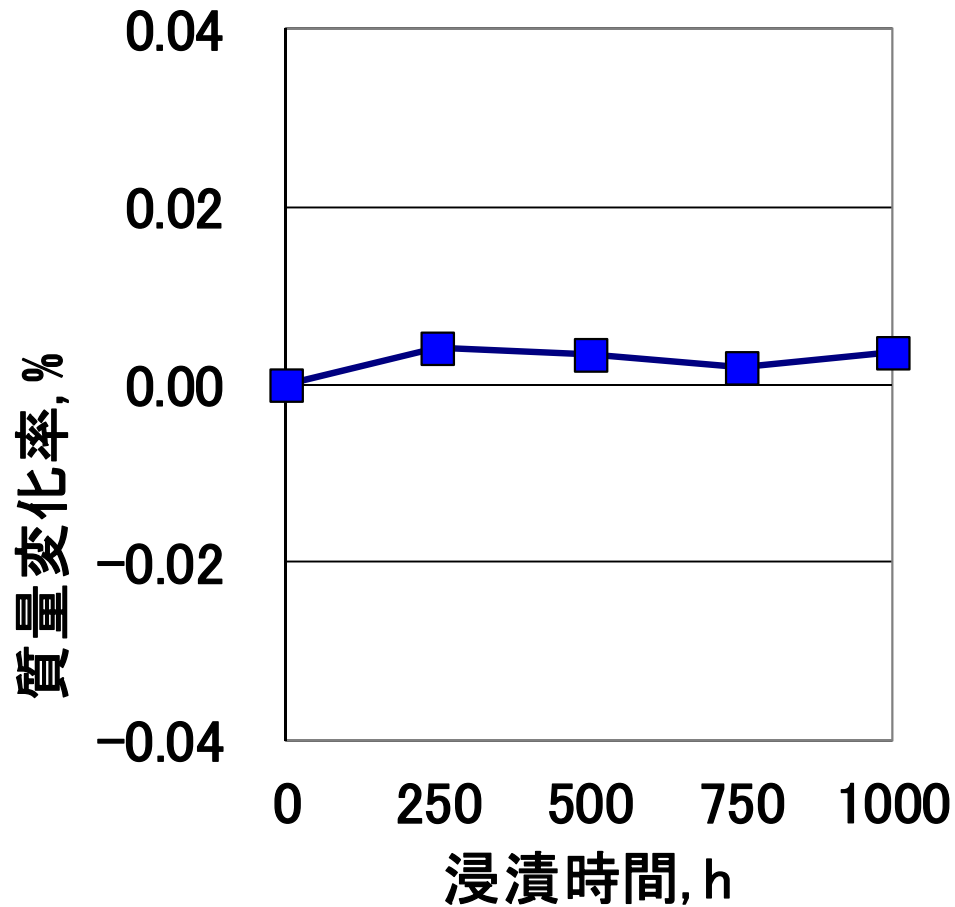
○:問題ない、△:やや懸念あり、×:問題あり

- W-DLCO混合軽油およびL-DLCO混合軽油は、いずれも質量変化、めっき状態、めっき溶出等の異常はみられなかった

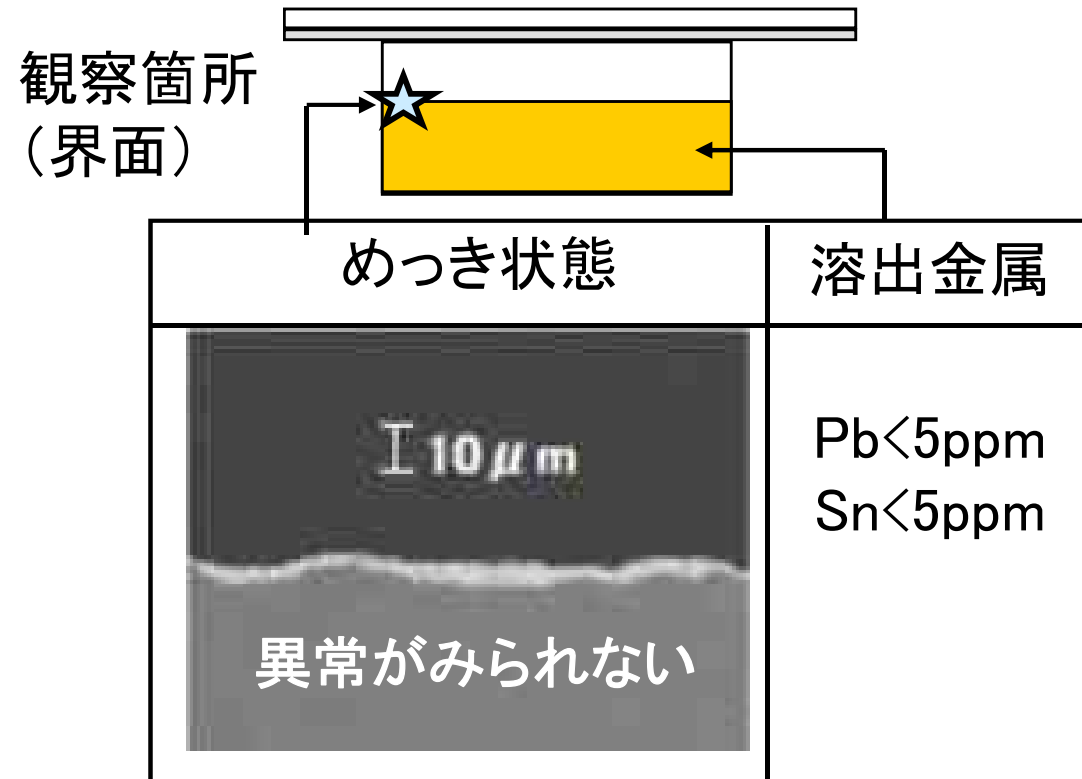
部材影響試験結果(一例)

L-DLCO44%混合、酸化防止剤添加なし

<質量変化率>



<浸漬後 めっき状態と溶出金属>



部材影響評価のまとめ

		W-DLCO						L-DLCO		
燃料	DLCO, vol%	17	38	40	43	44	50	19	44	
	酸化防止剤添加	無						有	無	有
評価	部材影響	OK	OK				OK	OK	OK	OK
	内部デポジット									
	噴孔デポジット									

■ 酸化抑制物質の多いDLCO (W-DLCO) および酸化抑制物質の少ないDLCO (L-DLCO) は、いずれも部材影響はみられない

【信頼性評価】

(1)安定性影響

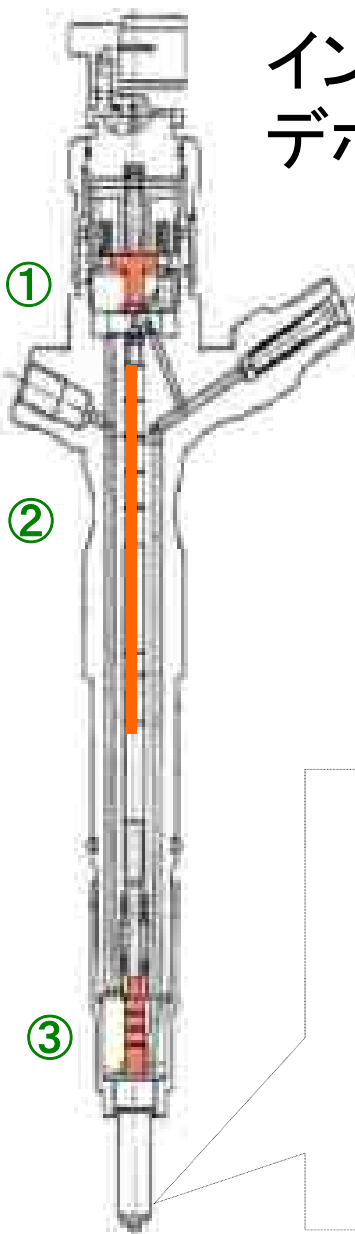
(2)部材影響

(3)インジェクタデポジット影響

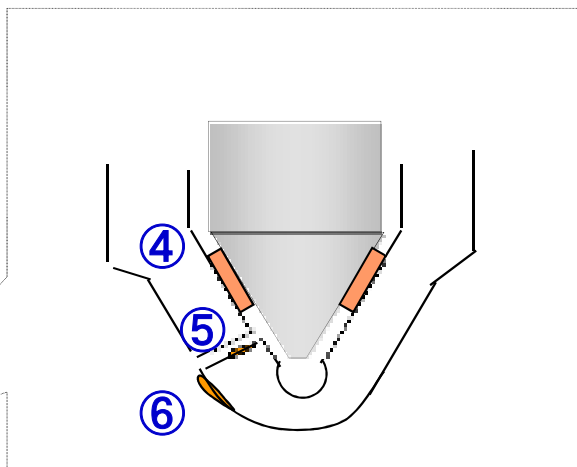
- ・内部デポジット
- ・噴孔デポジット

インジェクタデポジットとは

インジェクタデポジットの発生部位は6箇所
デポジット付着が噴射性能に及ぼす影響大

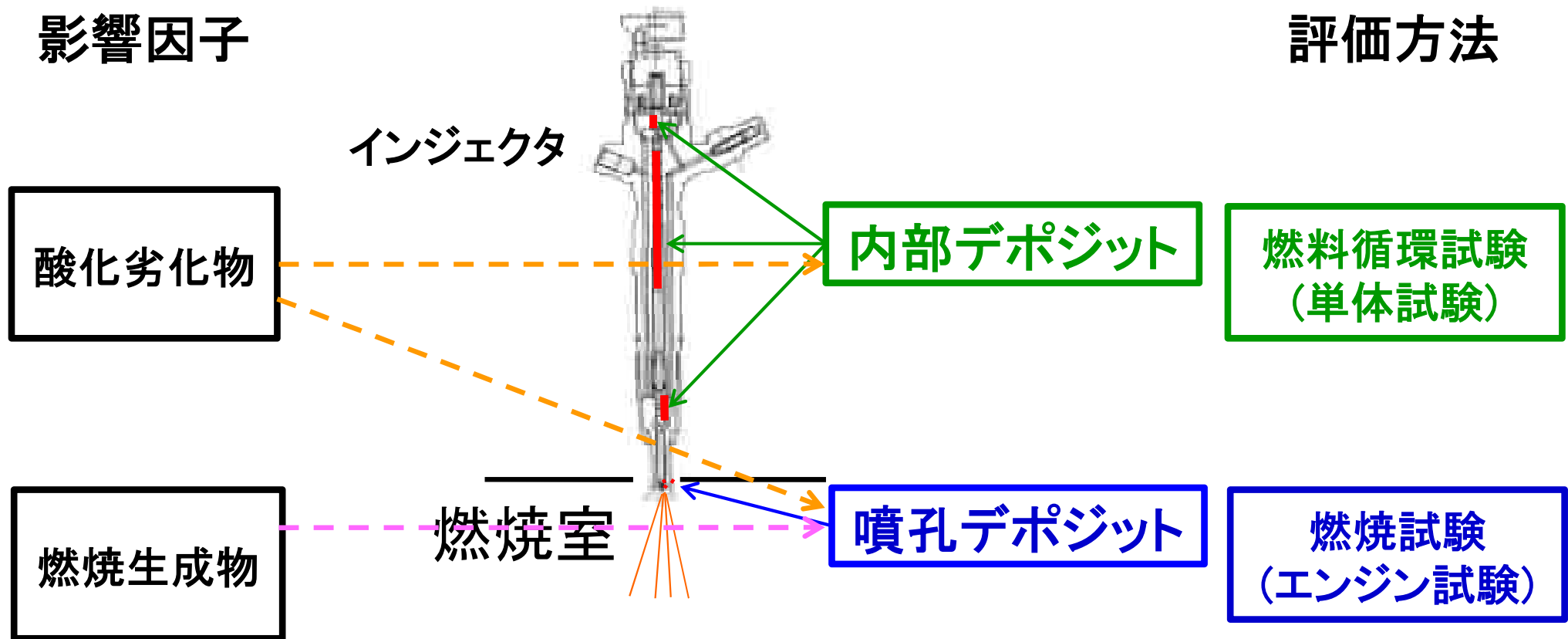


- ①インジェクタ内バルブ摺動部
 - ②インジェクタ内ピストン摺動部
 - ③インジェクタ内ノズル摺動部
- 内部デポジット
-
- ④ニードルシート上流部
 - ⑤噴孔内
 - ⑥噴孔外
- 噴孔デポジット



影響因子

評価方法



インジェクタ

酸化劣化物

内部デポジット

燃料循環試験
(単体試験)

燃焼生成物

燃焼室

噴孔デポジット

燃焼試験
(エンジン試験)

- インジェクタデポジットは酸化劣化物と燃焼生成物の影響が考えられる
- 内部デポジットは、燃焼生成物は影響しないため、燃料循環試験(単体試験)で評価する
- 噴孔デポジットは、燃焼生成物の影響も考えられるため、燃焼試験(エンジン試験)で評価する

報告内容

【信頼性評価】

(1)安定性影響

(2)部材影響

(3)インジェクタデポジット影響

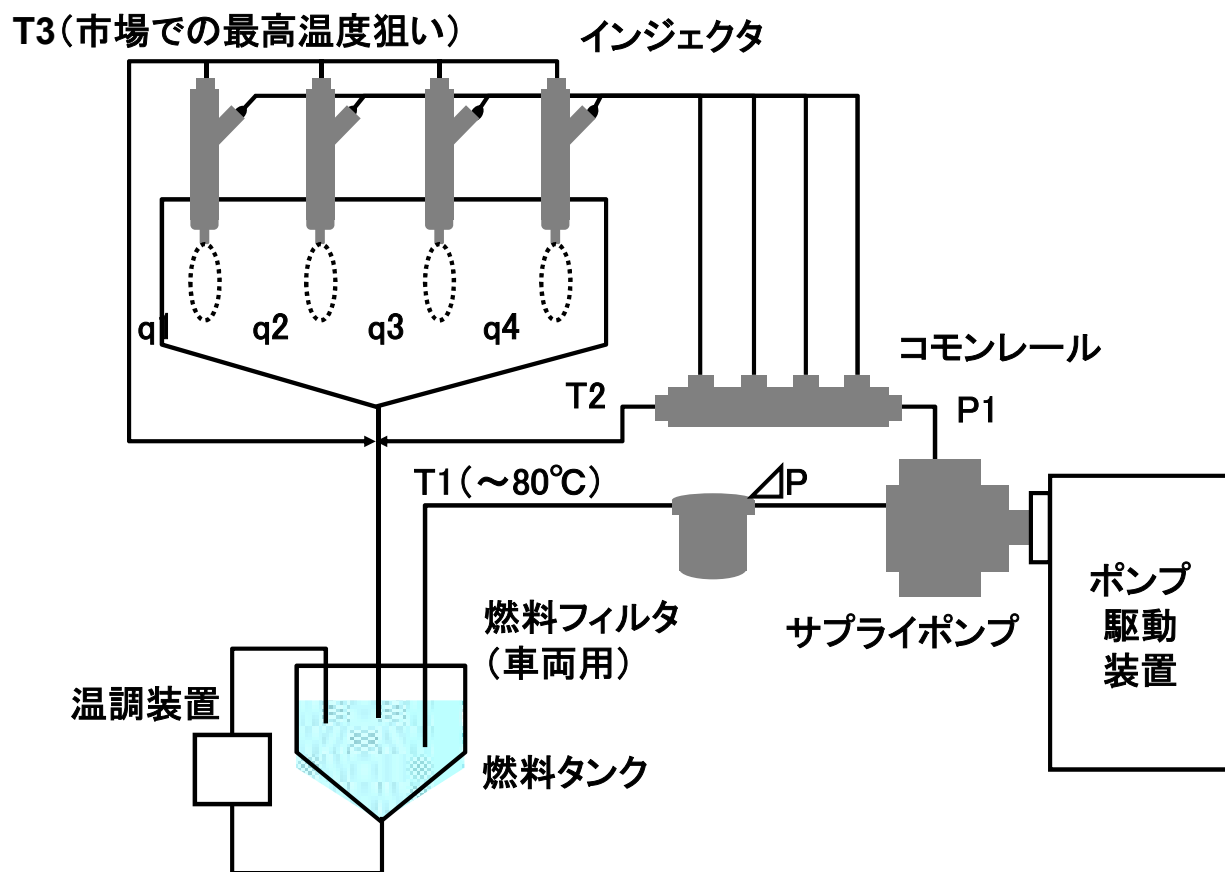
- ・内部デポジット

- ・噴孔デポジット

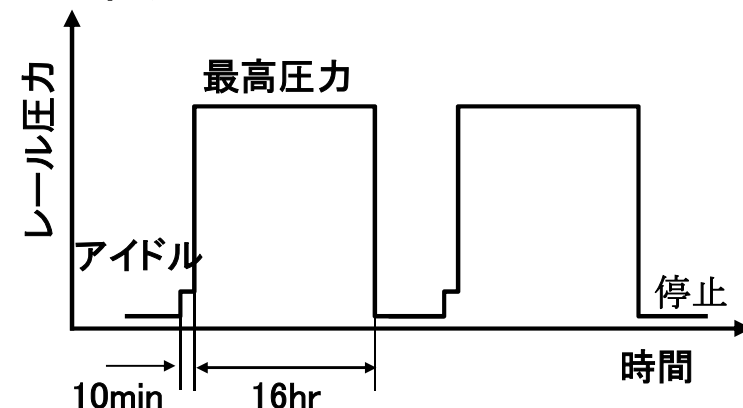
インジェクタ内部デポジット影響試験方法

- 試験方法： 燃料循環試験（単体試験）
- 供試燃料： W-DLCO混合軽油、L-DLCO混合軽油、FAME混合軽油、2号軽油

■ 試験装置（イメージ図）



■ 運転モード



運転パターン

- 評価項目： アイドルおよび最高圧力での噴射量変化
インジェクタへのデポジット付着

インジェクタ内部デポジット影響試験燃料

		W-DLCO 混合軽油		FAME 混合軽油		L-DLCO 混合軽油		2号 軽油
燃 料	DLCO, vol%	17	43	40	—	19	44	—
	2号軽油, vol%	83	57	40	80	81	56	100
	RME, vol%	—	—	20	20	—	—	—
	酸化防止剤, ppm	0	0	0	—	20	0	—

インジェクタ内部デポジット影響試験結果

		W-DLCO 混合軽油		FAME 混合軽油		L-DLCO 混合軽油		2号 軽油
燃 料	DLCO, vol%	17	43	40	—	19	44	—
	2号軽油, vol%	83	57	40	80	81	56	100
	RME, vol%	—	—	20	20	—	—	—
	酸化防止剤, ppm	0	0	0	—	20	0	—
試 験 結 果	燃料噴射量変化	○	○	○	×	○	○	○
	内部デポジット付着	○	○	○	×	○	○	○
	総合評価	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK

○:問題ない、△:やや懸念あり、×:問題あり

■ W-DLCO混合軽油およびL-DLCO混合軽油は、燃料噴射量変化やインジェクタへの内部デポジット付着はみられなかった

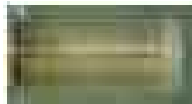
インジェクタ内部デポジット影響試験結果（一例）

L-DLCO44%混合軽油、酸化防止剤なし

噴射量変化



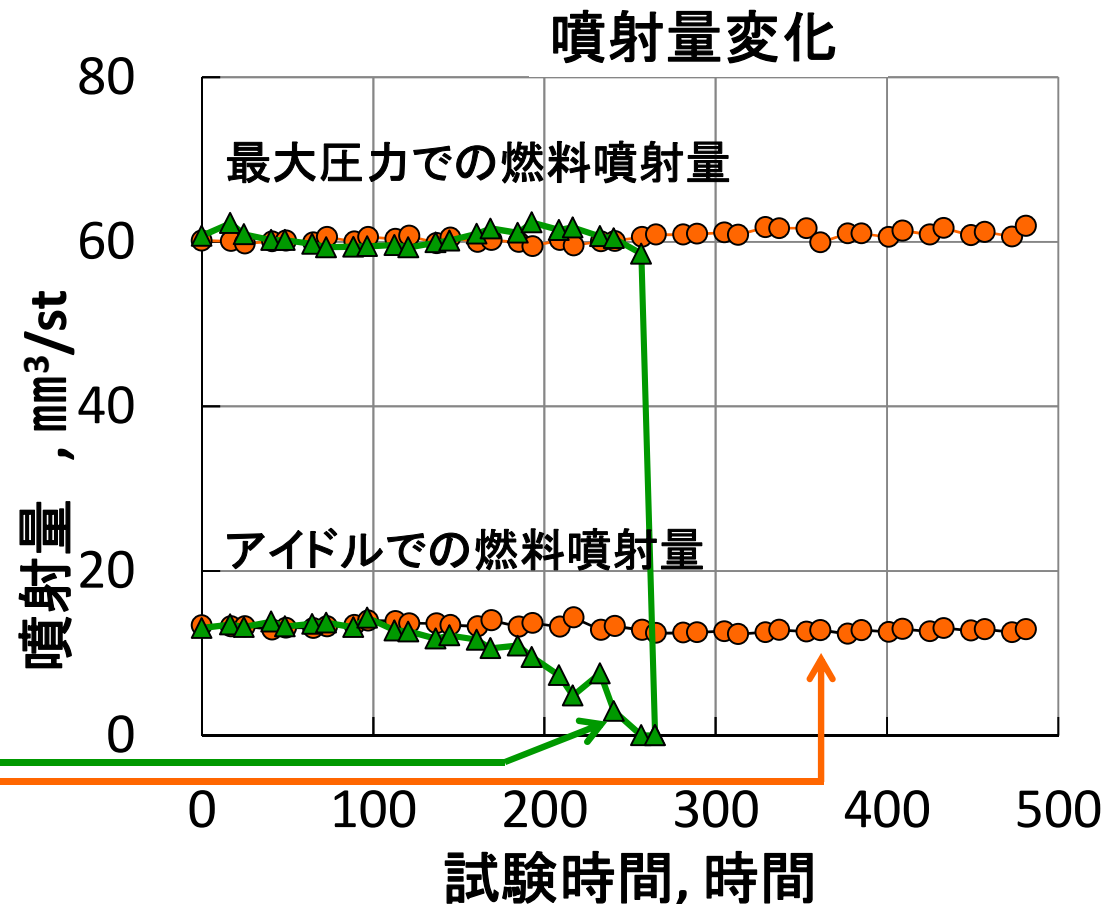
試験後内部確認

観察部位	
バルブ 摺動部	 デポ付着なし
コマンドピストン 摺動部	 デポ付着なし
ノズルニードル 摺動部	 デポ付着なし

インジェクタ内部デポジットのDLCO混合影響

FAME混合軽油、W-DLCO + FAME混合軽油

	W-DLCO +FAME 混合軽油	FAME 混合軽油
DLCO, vol%	40	—
2号軽油, vol%	40	80
RME, vol%	20	20
芳香族分, vol%	31.9	16.9
評価結果	OK	NG



- FAMEのみ混合軽油の評価は、NGであった
一方、この軽油にW-DLCOを混合した軽油は、評価結果OKであった
- これは、W-DLCOの芳香族分が多いことから、内部デポジット成分の燃料溶解性が高いためと推定される

内部デポジットとセジメント析出量の相関

		W-DLCO 混合軽油		FAME 混合軽油		L-DLCO 混合軽油		2号 軽油
燃 料	DLCO, vol%	17	43	40	—	19	44	—
	2号軽油, vol%	83	57	40	80	81	56	100
	RME, vol%	—	—	20	20	—	—	—
	酸化防止剤, ppm	0	0	0	—	20	0	—
単体試験結果 (総合評価)		OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK
セジメント析出量, ml		0.1	0.1	0.3	0.9	0.3	0.6	0.1

セジメント試験方法 : 130℃、20時間酸化後の析出物量を測定

- 単体試験結果は、セジメント析出量と相関があった
- セジメント析出量は内部デポジットの一つの指標になりうると考えられる

インジェクタ内部デポジット影響評価のまとめ

		W-DLCO						L-DLCO		
燃料	DLCO, vol%	17	38	40	43	44	50	19	44	
	酸化防止剤添加	無						有	無	有
評価	部材影響	OK	OK				OK	OK	OK	OK
	内部デポジット	OK		OK	OK			OK	OK	
	噴孔デポジット									

■ 酸化抑制物質の多いDLCO(W-DLCO)および酸化抑制物質の少ないDLCO(L-DLCO)は、いずれも内部デポジット影響はみられない

【信頼性評価】

(1)安定性影響

(2)部材影響

(3)インジェクタデポジット影響

- ・インジェクタ内部デポジット
- ・インジェクタ噴孔デポジット

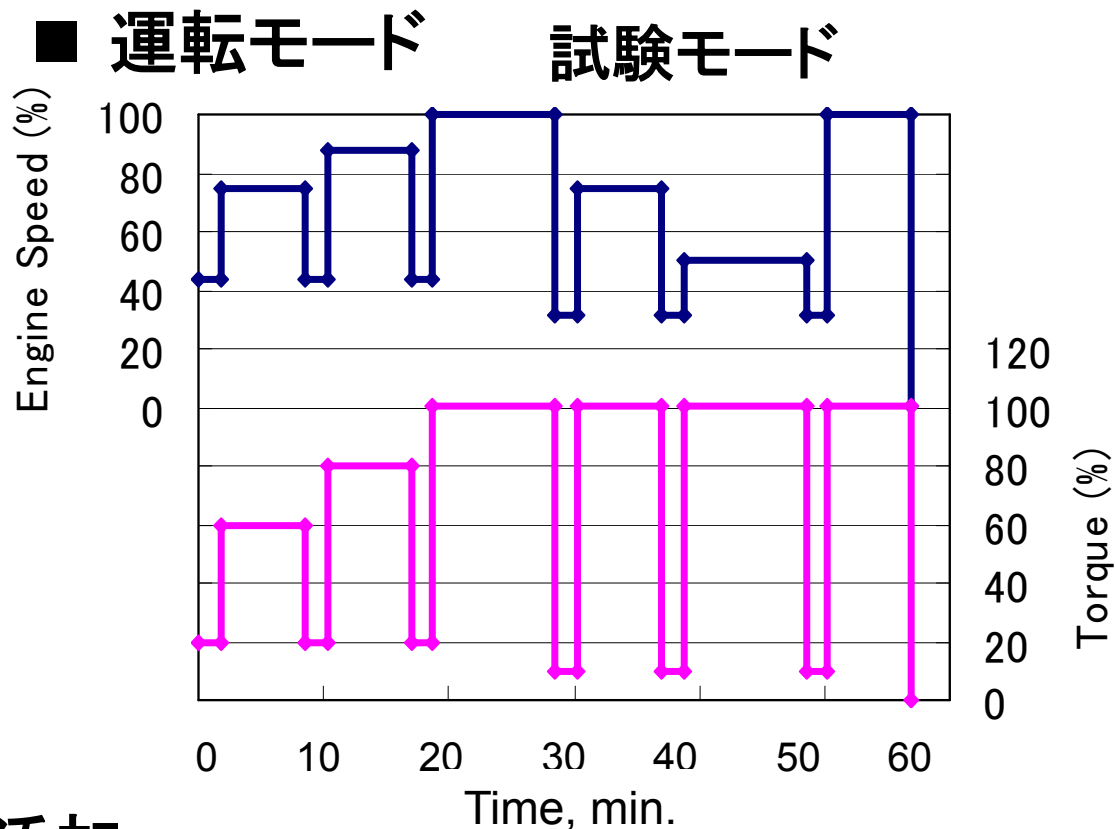
インジェクタ噴孔デポジット影響試験方法

- 試験方法: 燃焼試験(エンジン試験)
- 供試燃料: W-DLCO混合軽油、FAME混合軽油

■ 供試エンジン

気筒数	直列6気筒
総排気量 L	7.5
排出ガス規制	P新長期規制
燃料噴射システム	コモンレール式 燃料噴射システム (最大200MPa前後)

- 試験時間: 108時間
- 試験条件: 燃料にZnを1ppm添加
- 評価項目: エンジントルク変化率、燃料噴射量変化率



インジェクタ噴孔デポジット影響試験燃料

		W-DLCO 混合軽油	FAME 混合軽油	
燃 料	DLCO, vol%	44	—	
	2号軽油, vol%	56	95	
	RME, vol%	—	5	
性 状	PetroOXY 誘導期間, 分	80	72	B5品確法 (65以上)
	改良ランシマツ 誘導期間, 時間	76.3	29.7	

■ W-DLCO混合軽油と、比較用として品質確保法(強制規格)に適合したFAME混合軽油(B5)を用いた

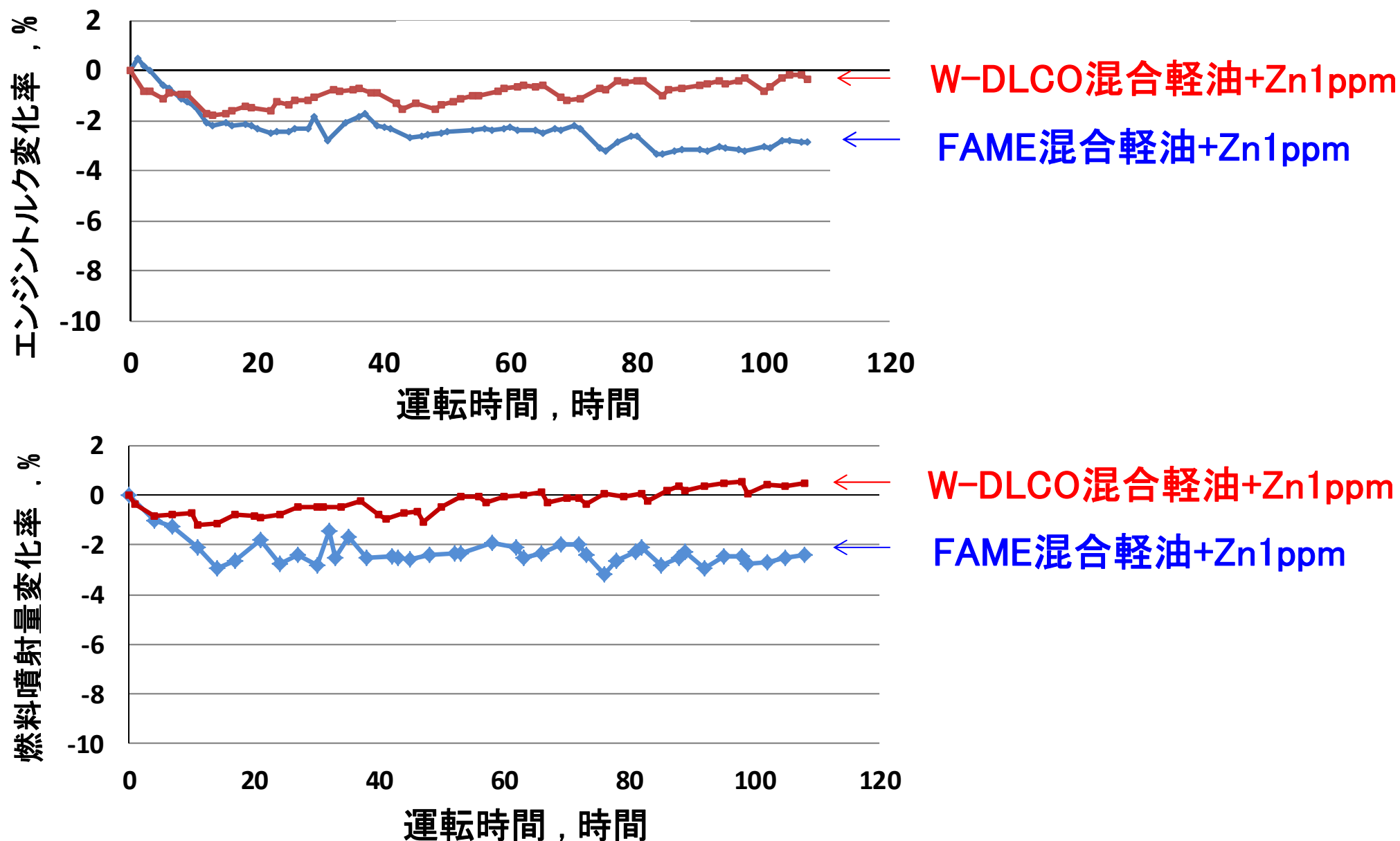
インジェクタ噴孔デポジット影響試験結果

		W-DLCO 混合軽油	FAME 混合軽油
燃 料	DLCO, vol%	44	—
	2号軽油, vol%	56	95
	RME, vol%	—	5
試 験 結 果	エンジントルク変化率	○	基準
	燃料噴射量変化率	○	基準
	総合評価	○	基準

- W-DLCO混合軽油は、エンジントルク変化率や燃料噴射量変化率が小さかった
- L-DLCO混合軽油については、本試験結果と他の試験結果からOKと推定

インジェクタ噴孔デポジット影響試験結果(一例)_{VG-49}

JATOP



■ W-DLCO混合軽油は、基準となるFAME混合軽油よりエンジントルク変化率、燃料噴射量変化率が小さかった

インジェクタ噴孔デポジット影響評価のまとめ

		W-DLCO						L-DLCO		
燃料	DLCO, vol%	17	38	40	43	44	50	19	44	
	酸化防止剤添加	無						有	無	有
評価	部材影響	OK	OK				OK	OK	OK	OK
	内部デポジット	OK		OK	OK			OK	OK	
	噴孔デポジット	(OK)※				OK		(OK)※		

※推定

- 酸化抑制物質の多いDLCO (W-DLCO) は噴孔デポジット影響はみられない
- 酸化抑制物質の少ないDLCO (L-DLCO) は、必要に応じて酸化防止剤を添加すれば、噴孔デポジット影響はみられないと推定

信頼性評価のまとめ

【安定性影響】

■ W-DLCOの酸化安定性は、酸化されやすいナフテノベンゼン類を多く含む L-DLCOの安定性を、酸化抑制物質の多環芳香族を多く含むH-DLCO が改善することで構成されている

【信頼性影響】

■ 酸化抑制物質が多いDLCO (W-DLCO)と、酸化抑制物質が少ない DLCO(L-DLCO)は、いずれも部材影響、インジェクタ内部デポジット影響、インジェクタ噴孔デポジット影響はみられない

		W-DLCO						L-DLCO		
燃料	DLCO, vol%	17	38	40	43	44	50	19	44	
	酸化防止剤添加	無						有	無	有
評価	部材影響	OK	OK				OK	OK	OK	OK
	内部デポジット	OK		OK	OK			OK	OK	
	噴孔デポジット	(OK)※				OK		(OK)※		

※推定

ご清聴ありがとうございました