

バイオ燃料の船舶利用時の 技術的な観点による評価の検証 検証試験案

1. はじめに

船舶燃料油として利用可能性のあるバイオ燃料について、「船舶利用時の技術的な観点による評価」の検証を行う。

- バイオ燃料は従来から使用されている船用重油(A重油、高硫黄C重油HSC、低硫黄C重油LSC)と混合して使用されることが想定される。
- 実船試験ではバイオ燃料とLSC重油を混合した場合について検証を行う。
- 陸上試験では、実船では実施しない幅広い条件も含めて燃料を混合し、基本的な燃料特性の計測・評価を行う。

試験燃料の混合組合せ (wt%)

実船試験

B100	LSC重油	B100	LSA重油
0	100	0	100
10	90	10	90
24	76	24	76
50	50	50	50
75	25	75	25
100	0	/	

2. 実船試験に用いる船舶および機関の主要目

2022年8月より、とよふじ丸(トヨフジ海運株式会社)において実船試験を実施する計画である。

船名	とよふじ丸
船種	自動車運搬船
総トン数	12,687 GT
全長 / 幅	165 m / 27.6 m
主機 シリンダ数 ボア径 x ストローク 出力 回転数	2ストロークディーゼル機関、1基 7 520 mm x 2,000 mm 11,935 kW 127 rpm
主発電機	4ストロークディーゼル機関、3基
ボイラ ボイラ蒸発量	2.53 ton/h
就航年月	2005年11月



とよふじ丸

<https://www.toyofuji.co.jp/services/fleet.html>

3. 試験項目および試験方案

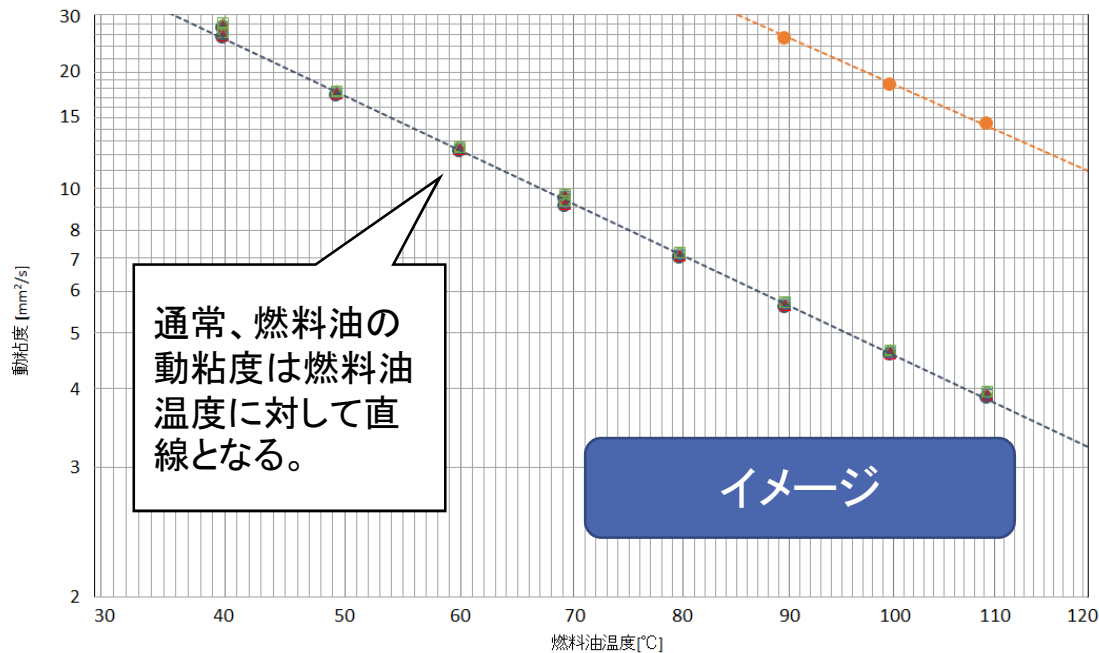
検証にあたっては以下の項目を含めて、各種試験を行う。

No.	試験・評価項目	陸上試験	実船試験
①	性状(動粘度、密度、流動点等)	○	
②	燃焼性の特性	○	○
③	バイオ燃料と重油の混合安定性、スラッジの発生状況	○	○
④	エンジン等のエンジンルーム内の機器の腐食、劣化に及ぼす影響	○	○
⑤	燃費		○
⑥	排出ガスの成分	(○)	○
⑦	燃料油の切替え及びバンカリング時における影響		○

①性状(動粘度、密度、流動点等)

陸上試験

- 海技研において、動粘度、密度、流動点、硫黄分等の計測を行う。
- 燃料清浄機の使用やエンジン入口の燃料油温度管理など、使用時の注意点の有無を確認する。
- その他の分析項目については、関係者で協議の上、決定する。



精密動粘度・密度計測器
SVM 3001 (Anton Paar社)

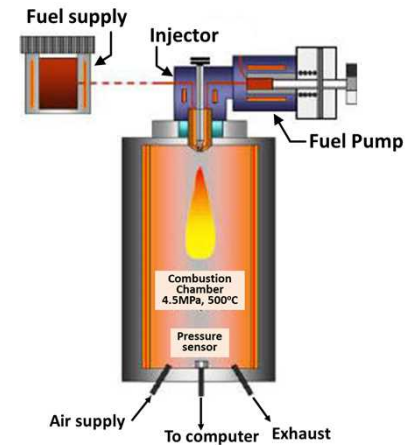
② 燃焼性の特性

陸上試験

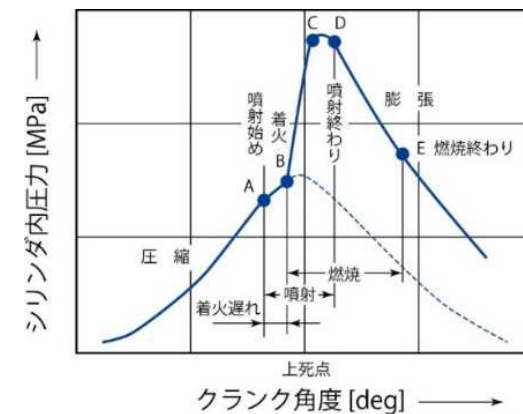
- バイオ燃料、LSC重油、A重油の燃焼性の相違を調べるため、定容燃焼装置(FCA)を用いた燃焼試験を行う。
- FCAでは、圧力変化および圧力変化率の結果から着火遅れや燃焼時間、着火性評価指標である推定セタン価ECNなどを求めることができる。

実船試験

- 実運航中、それぞれの燃料において、排ガス温度や排ガス性状などを計測し、LSC重油およびバイオ燃料(B10、B24)の燃焼状態の変化を調べる。
- その他、運転時の排ガスの色の違いなどを確認する。



FIA-100 Fuel Combustion Analyzer (FCA)

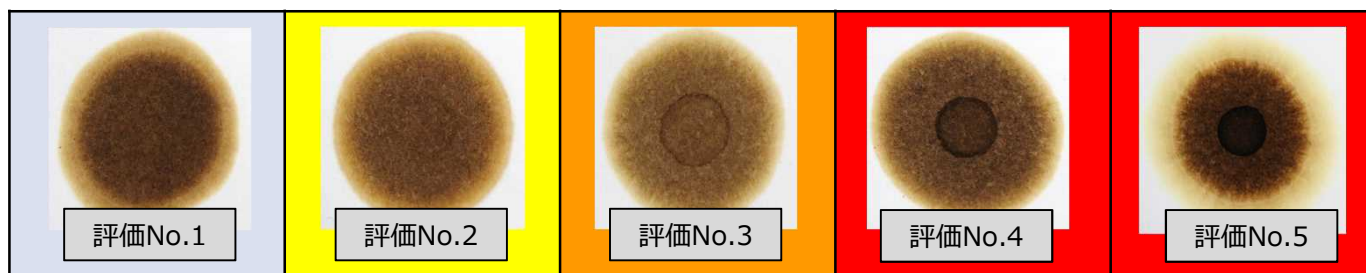


ディーゼルエンジンの燃焼性

③混合安定性、スラッジの発生状況

陸上試験

- スポットテストにより、バイオ燃料と重油の混合比を変えたときの混合安定性を確認する。
- 船内での長時間の貯蔵を想定して、異なる温度条件において、混合後の長期変化を調べる(30日程度を想定)。



燃料油のスポットテスト評価 ASTM D4740

実船試験

- 燃料の切り替え時および切り替え後、燃料システムのフィルタにスラッジの堆積や目詰まり等の有無を確認する。
- 試験終了後のドックにおいて、主機内の汚れ状態等を確認する。



イメージ

④機器の腐食、劣化に及ぼす影響

陸上試験

- 一部のバイオ燃料は、ゴム材料を膨潤させる性質があることが知られている。
- 簡易的なゴム材料の浸漬試験を行い、燃料油の種類やバイオ燃料の混合割合、ゴム材料の違いによる寸法変化率を調べる。



ゴム材料の浸漬試験

実船試験

- 試験前後において、各部の状態の違いを確認する。
- エンジンメーカーや関連機器メーカー等の協力を得て、燃料系統などへの影響を調べる。

一部材影響ー ゴム、樹脂浸漬試験結果

JATOP

		B10、B20	B50、B100
ゴム (4種類)	NBR(ニトリルゴム)	変化は小さい	・B50、B100では変化が大きい部材・項目が認められた。 ・また、酸化安定性の悪いFAMEの方が影響が大きい傾向もみられた
	H-NBR (水素添加ニトリルゴム)		
	FKM(フッ素ゴム)		
	NBR・PVC (ニトリル・ポリ塩化ビニル)		
樹脂 (6種類)	PA(ポリアミド)	変化は小さい	変化は小さい
	PBT (ポリブチレンテレフタレート)		
	PPS (ポリフェニレンサルファイド)		
	POM(ポリアセタール)		
	エポキシ樹脂		
	フェノール樹脂		

浸漬条件 【ゴム】 NBR、NBR・PVC: 80°C × 1000hr H-NBR、FKM: 120°C × 1000hr
 【樹脂】 全部材: 120°C × 1000hr

16

各種部材への影響

<https://www.pecj.or.jp/japanese/jcap/jatop/pdf/006.pdf>

⑤燃費、⑥排出ガスの成分、⑦バンカリング時の影響

実船試験

- それぞれの燃料油において、実運航時の燃費(燃料消費量)を計測する。
- 排ガスエコマイザの排ガス流路に排ガス計測器を接続し、運航時の排ガス成分を調べる。排ガス成分としては、NO_x、CO、CO₂、O₂、HCおよびスモーク(FSN)を計測する。
- 一連の実船試験を通じて、バンカリング時や燃料油の船内切り替え時の注意事項を確認する。



バイオ燃料による配管洗浄効果のイメージ

<https://www.pref.nagasaki.jp/shared/uploads/2013/03/1363586851.pdf>

FSN フィルタスモークメータ



【参考】船用燃料油の性状

- 下表は、ISO規格の中から特に重要視されるA重油とLSC重油の性状である。代表性状表などにも記載される項目をリストアップした。
- 例えば、着火性などは、A重油(留出油)とC重油(残渣油)で評価項目が異なる。

分析項目	要求項目、想定される原因等	予測されるトラブルなど	
動粘度	エンジン手前で、2～15cStの範囲になるよう温度調整	噴霧特性に関連し、燃焼性や低すぎると燃料ポンプ等に影響	
密度	清浄機の条件設定に必要		
引火点	燃料規格(区分)への適合確認		
硫黄分		大気汚染(規制への適合)	
流動点	低温流動性	冬季の燃料フィルター閉塞など	
発熱量	燃料消費率への影響		
残留炭素分		燃焼トラブル、大気汚染	
反応		腐食など	
着火性		燃焼トラブル	
安定性(TSP)	アスファルテンの析出	フィルターの閉塞など	

【参考】BDFの燃料性状項目

BDF規格に挙げられている性状のうち、特にトラブルに直結すると考えられる項目

分析項目	想定される原因など	予測される影響など	分析
エステル含有量	BDFの主成分脂肪酸メチルエステル		
残留グリセライド類	エステル化の中間生成物	噴射ノズルのスティック、デポジットの生成 PM増加	
遊離グリセリン	エステル化の副産物	燃料フィルターの閉塞 噴射ポンプの作動不良	
メタノール含有量	分離・精製工程の不良	引火点低下、燃料タンクの腐食 排気ガス中のアルデヒド類増加	
アルカリ金属 (Na、K)	製造工程の触媒起因	灰分の生成、堆積 →シリンダーやピストンの磨耗	
酸価	遊離脂肪酸量の目安	燃料系統の材質を腐食	
ヨウ素価	不飽和二重結合の総数を表す指標	酸化安定性の悪化	
水分	水の混入は腐食性や加水分解を高める、	酸価が高くなり、金属腐食	
C,H,N,O	含酸素燃料	燃焼温度が上昇し、NOx増加の可能性	

【参考】検査機関に依頼する燃料分析評価項目の選択

Property	Units		Limit		Test methods
Flash point			min		ISO 2719
Water			max		ISO 3733
Distillation temperature (% vol recovered)					
Kinematic viscosity	mm ² /s				ISO 3104
Density	kg/m ³				ISO 3675 or ISO 12185
Ester content	mass%		max		ASTM D7963 or IP 579
Ash	mass%		max		ISO 6245
Sulfur	mass%		max		
Copper strip corrosion	No.		max		
Pour point	°C				ISO 3016
Carbon residue	mass%		max		
Acid number	mg KOH/g		max		ASTM D664
Oxidation stability	hrs		min		EN 14112
	g/m ³		max		ISO 12205
Free glycerin	mass%		max		
Total glycerin	mass%		max		
Phosphorous	mass%		max		
Lubricity	μm		max		
Total sediment aged thermal ageing (TSP)	mass%		max		ISO 10307-2 Procedure A
Energy Content	MJ/kg				ASTM D240