

JRTT 内航船の廃食油回収・バイオ燃料活用に関する協議会
活動報告セミナー
2026年3月17日（火）

バイオ燃料の船用適合性に関する 研究の概要と課題

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
研究特命主管
(環境・動力系、GHG削減PT 上席研究員)
高橋 千織

■ 国際海運 2023 IMO GHG削減戦略

RESOLUTION MEPC.377(80) adopted on 7 July 2023

➤2030年目標：**ゼロエミッション燃料等**の使用割合を**5~10%**とする

PPR 13 ではバイオ燃料に関する技術セミナー開催

<https://www.imo.org/en/about/events/pages/technical-seminar-on-marine-biofuels.aspx>

- 5000トン以上の船舶のデータによると、**2024年のバイオ燃料使用量は120万トンを超え**、2023年の40万トン未満から急増。**(消費された総燃料2億2千万トンのごく一部(1%未満)に過ぎない。)**
- IEAの予測では、海事分野では、IMOのネットゼロ枠組みが導入されればバイオ燃料の使用量が10倍に増え、2050年までに燃料需要の約5%に達する可能性。

■ 内航海運における温室効果ガス削減目標

➤2030年度目標：▲約17% (▲181万トン)

連携型省エネ船+バイオ燃料

➤2040年度目標：▲約39% (▲425万トン) モーダルシフトを考慮しない場合

省エネ船・運航改善+**バイオ燃料利用10%相当 (B10)** +代替燃料船

バイオ燃料の種類

カテゴリー	原料	製造プロセス例	燃料種類(中間製品含む)
第一世代 可食 (食料生産と競合)	穀物類 トウモロコシ, さとうきびなど	糖化発酵	バイオエタノール
第二世代 非可食 廃棄物など (食料生産と競合 しない。廃棄物以 外は土地利用変化 などの持続可能性 に要注意)	油脂類 SVO 大豆油 菜種油 パーム油など	メチルエステル化	バイオディーゼル FAME
	ジャトロファなど	水素化処理	HVO (RD)
	廃食油(UCO)		SAF
第三世代 (食料生産と競合 しない)	セルロース 非可食バイオマス (バガスなど)	糖化発酵 ガス化→発酵/FT合成 急速熱分解	バイオエタノール/BTL バイオメタン/バイオH ₂ 熱分解油(バイオ原油)
	廃棄物 都市ごみ・廃ガスなど	ガス化→発酵/FT合成 ガス化→発酵/ATJ ガス化→発酵/水素化	BTL バイオメタン/バイオH ₂
	微細藻類 ミドリムシなど	油脂抽出→メチルエステル化 →水素化 粗油抽出→改質 水熱液化(HTL)→バイオ原油 →改質	SAF, HVOなど

船用バイオ燃料 キーワード

- SVO** : 植物油
Straight Vegetable Oil
- UCO** : 廃食油 注2)
Used Cooking Oil
- BDF** : バイオディーゼル油
Biodiesel Fuel
- FAME** : 脂肪酸メチルエステル
Fatty Acid Methyl Ester
- HVO** : 水素化処理植物油
Hydrotreated Vegetable Oil
- RD** : Renewable Diesel

注1 : バイオ燃料の分類には様々な考え方があり、この表はその一例。また、表の簡略化のため、一部（動物性油脂類の例など）については省略。

注2 : 廃食油（UCO）は、FAME化処理や水素化処理されていない原料植物油SVOの一種。これ以降、廃食油SVOと表記。

非可食バイオ原料の例（参考）

原料種	生産地（国内取り扱い商社、研究機関など）例	主な国内用途
廃食油	菜種/大豆/パーム/米/コーン他（期限切れ廃棄油も含む）	FAME、HVO、SAF、飼料
ジャトロファ	東南アジア（南国殖産）、フィリピン（豊田通商） モザンビーク（日本植物燃料株式会社）、タンザニア（JJ社） ベトナム	FAME、HVO、SAF
ポンガミア	沖縄（J-オイルミルズ【NEDO】） インド・インドネシア（三菱商事・Terviva社）（P2X社・東京農工大【NEDO?】） 豪州クイーンズランド（出光・Terviva社）、	主にSAF
テリハボク	東南アジア、沖縄（J-オイルミルズ【NEDO】）	主にSAF
カメリナ	中国、米国	
トールロジン	スウェーデン（ハリマ化成・三菱商事出資）	FAME
藻類	ユーグレナ（ユーグレナ社） ポトリオコッカス（筑波大学） ソリス株（東京農工大）（J-POWER）、ルナリス株（J-POWER）【NEDO】 シュードコリスステイス（デンソー/中央大学）、（慶応大学/デンソー）	HVO、SAF
カシューナッツ殻	カシューナッツ殻油 Cashew Nuts Shell Liquid, CNSL 船舶でトラブル発生事例あり* カルダノール（フェノール化合物）を主成分	

* <https://gard.no/insights/cashew-nut-shell-liquid-blends-a-marker-for-a-problematic-fuel/>

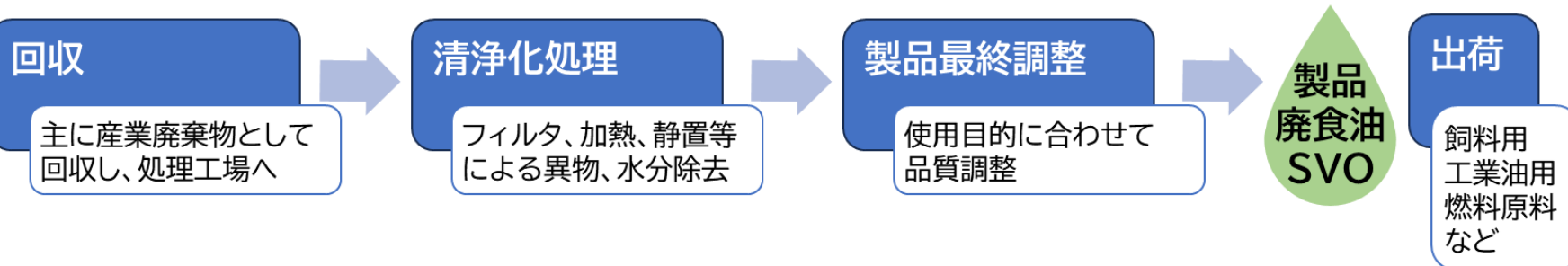
バイオ燃料の製造工程

種類

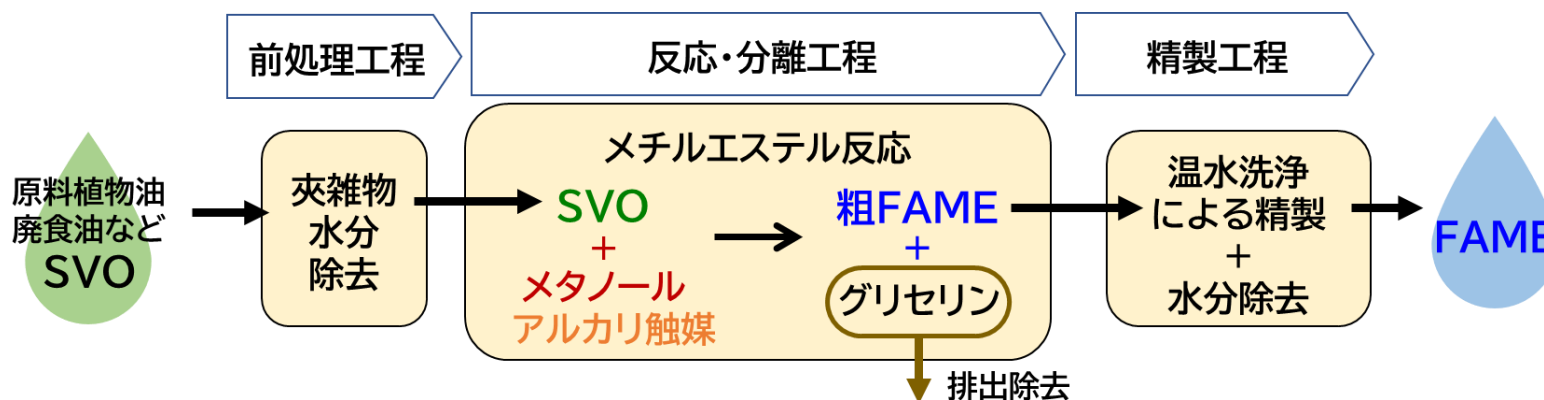
プロセス (代表例)

外観例

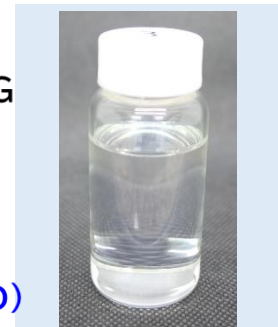
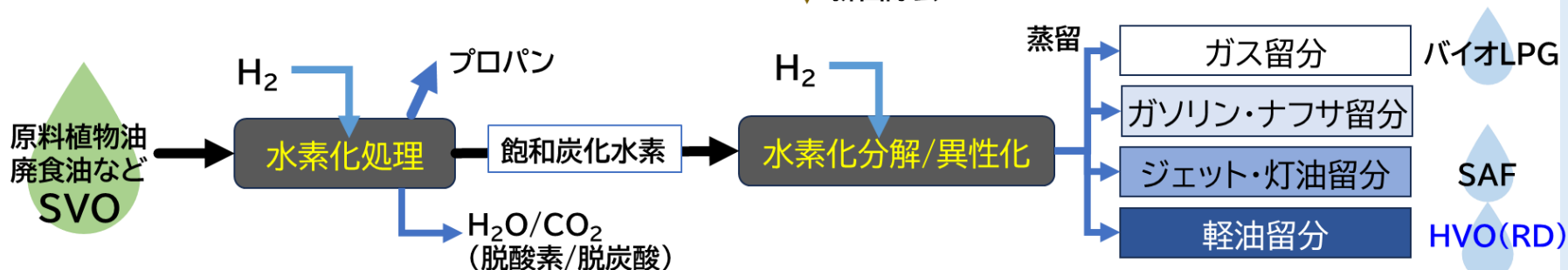
廃食油 (SVO)



FAME



HVO (RD)



バイオ燃料の性状（実燃料の分析例）



物性値		単位	低硫黄C重油 (LSC)	低硫黄A重油 (LSA)	HVO	廃食油ベース FAME	廃食油 (SVO)
密度 @15°C		kg/m ³	964	846	780	865	924
動粘度		mm ² /s	30.2(50°C)	2.25(50°C)	3.71 (30°C)	4.61 (40°C)	51.0 (30°C)
セタン価			-	(40-45)	85.8	55.3	-
低位発熱量		MJ/kg	41.0	45.5	44.1	37.3	36.8
元素分析	炭素	wt%	88.6	86.2	84.8	77.1	77.8
	水素	wt%	10.6	13.0	15.1	12.1	11.5
	酸素	wt%	0.12	<0.1	<0.1	10.8	10.7
硫黄分		mass%	0.43	0.04	<0.0001	0.0002	0.0003
引火点		°C	99.0	79.0	91.0	176.0	>300
流動点		°C	-21	-24	-15.0	-2.5	-7.5
			文献 ¹⁾	海技研使用燃料	文献 ²⁾		文献 ³⁾

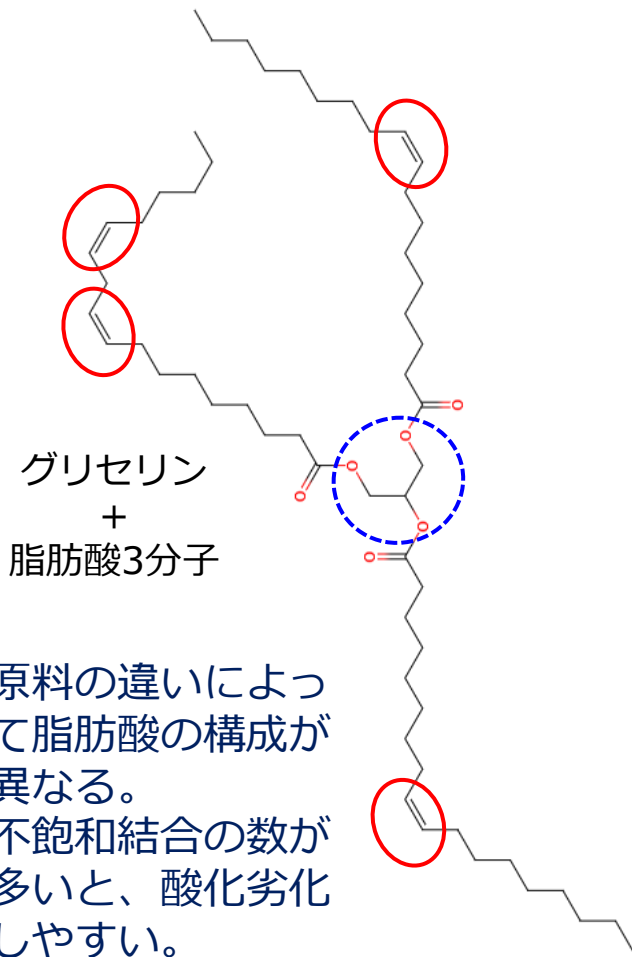
文献 1) 国土交通省，船舶におけるバイオ燃料取り扱いガイドライン，令和5年3月

2) 交通研フォーラム2013，ポスターNo.17

3) 日本財団，平成13年度廃食油用セラミックエンジンの研究開発報告書

バイオ燃料の製造工程による構造変化

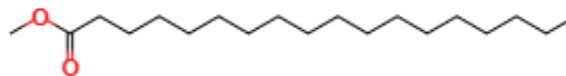
植物油 SVO 主成分 トリグリセリド



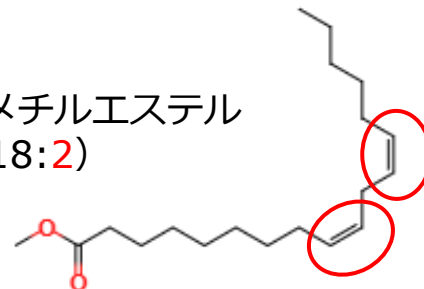
FAME 脂肪酸メチルエステル

原料油の違いによって精製後の脂肪酸組成が大きく異なる。

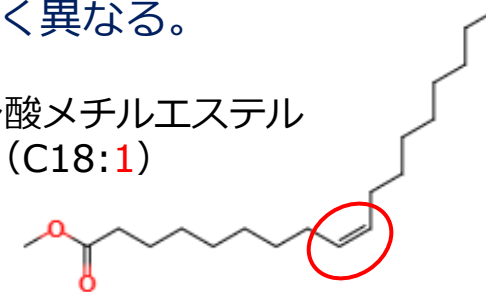
ステアリン酸メチルエステル (C18:0)



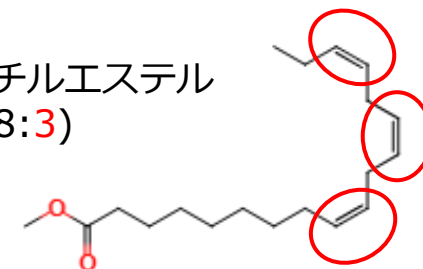
リノール酸メチルエステル (C18:2)



オレイン酸メチルエステル (C18:1)



リノレン酸メチルエステル (C18:3)



HVO (RD) 飽和炭化水素

水素添加によって、不飽和結合がなくなり、酸素も除去される。精製後の組成は飽和炭化水素となり、原料組成の影響がない。

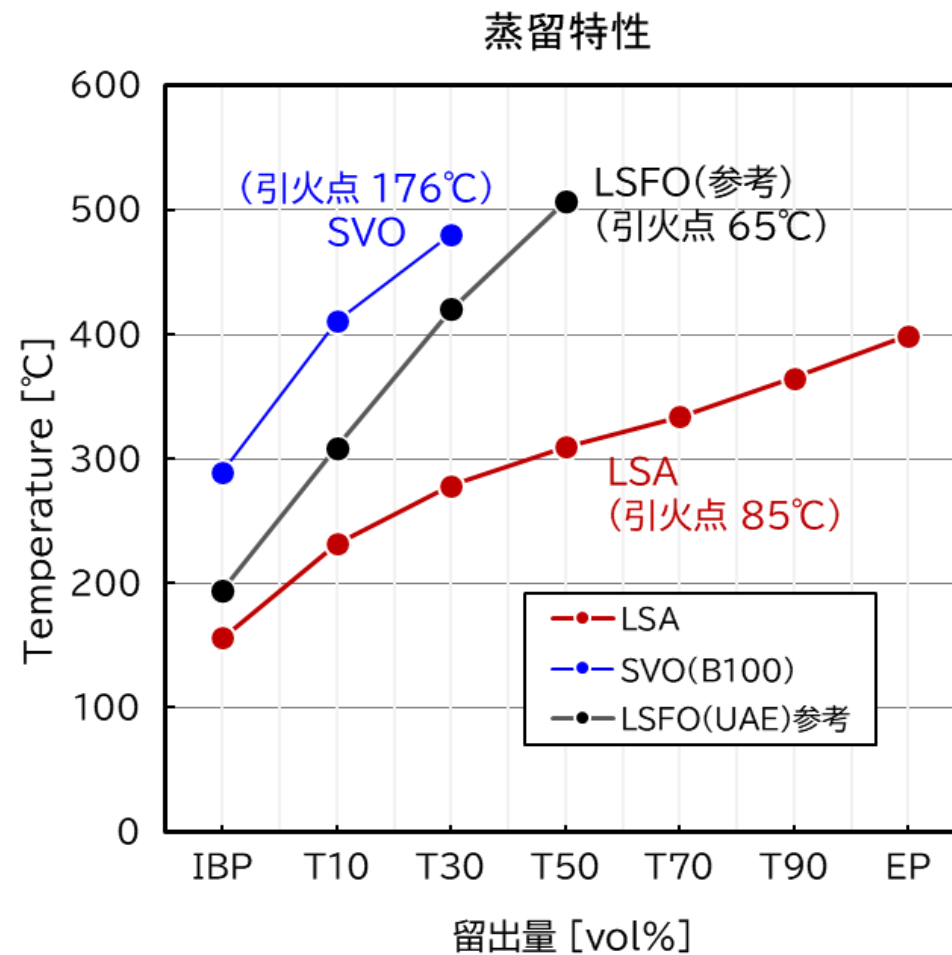
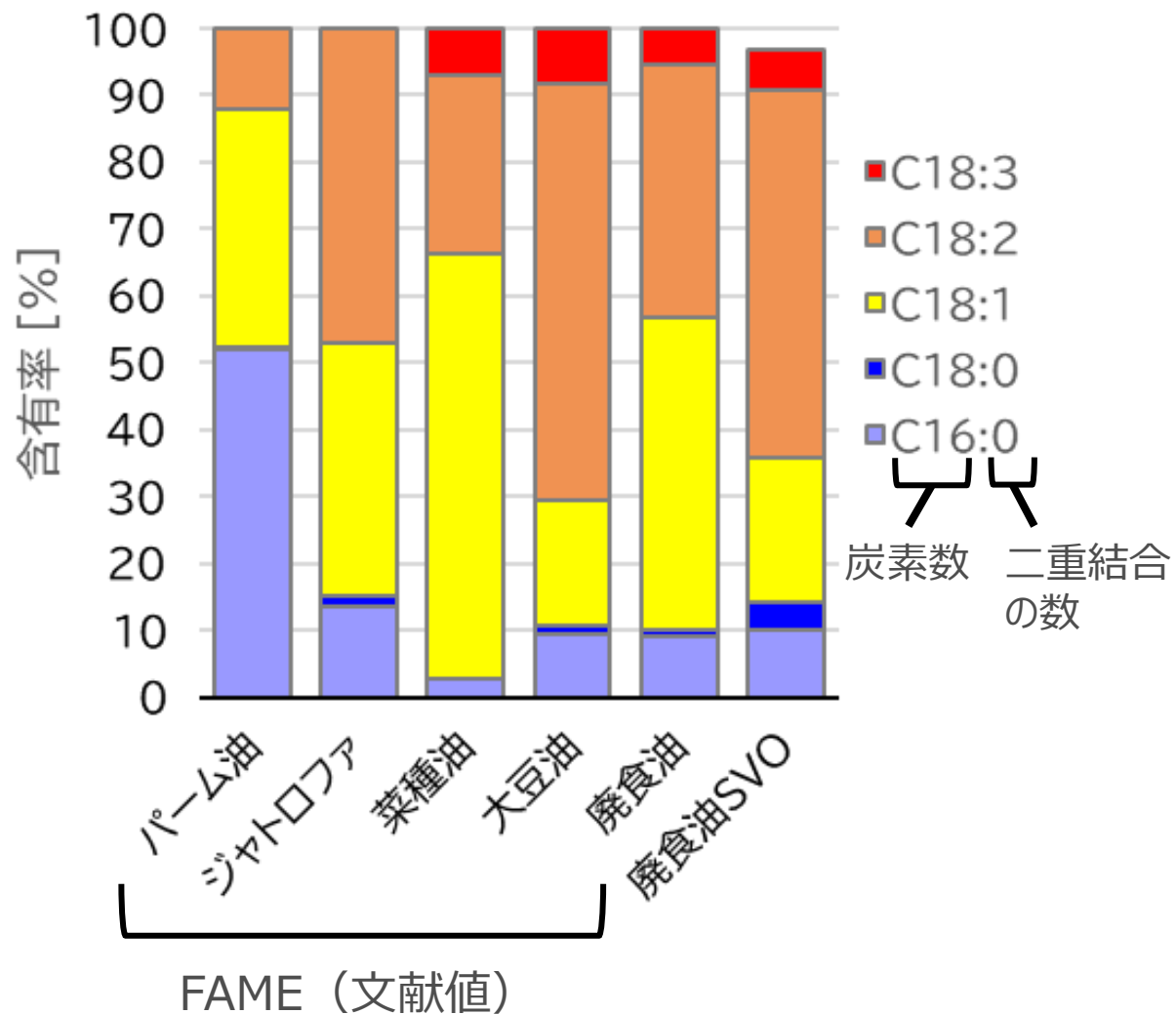
オクタデカン C18H38



ヘプタデカン C17H36

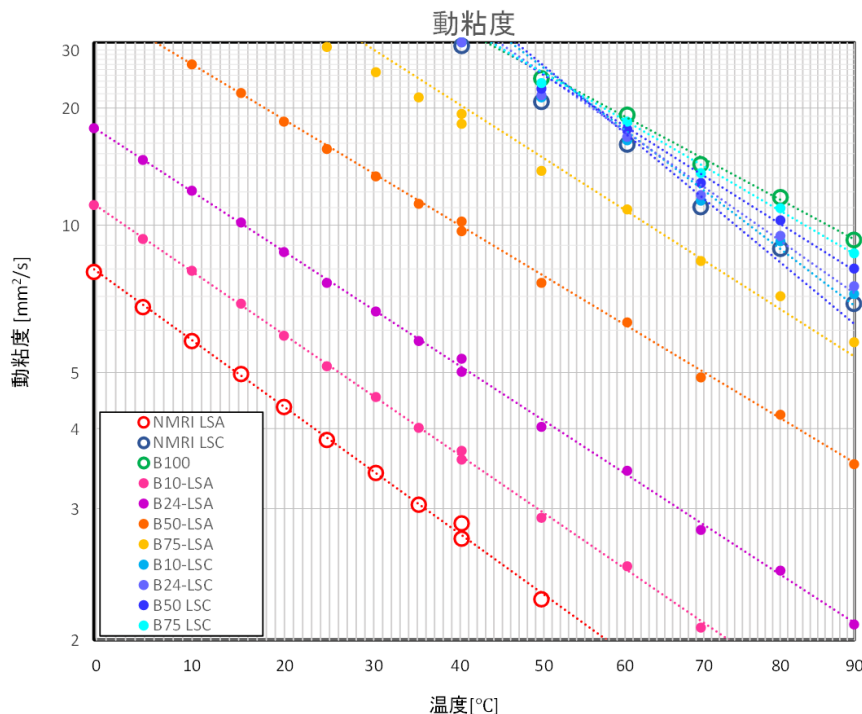


バイオ燃料の詳細分析例 (参考)



実施年	調査概要	供試バイオ燃料	備考
2021年度 JR TT	A重油を使用するDEにおけるA重油との混焼試験	ユーグレナ社のバイオディーゼル（B20）をA重油と混合	エンジン試験は阪神内燃機（4ストにおいて実施。海技研は混合安定性、ゴム浸漬試験などを担当。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 使用開始時の軽油の清浄作用によるスラッジ発生に注意 ➤ 動粘度低下による燃料温度管理（C重油からバイオA重油への切替え時など）
2022年度 国土交通省	バイオ燃料取り扱いガイドライン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 実船：廃食油FAME（B10,B24） ➤ 陸上：廃食油FAME, ジャトロファFAME, HVO, SVO 	海技研は、実船トライアル（とよふじ丸）の立ち合い、陸上試験を担当。陸上試験は混合安定性、ゴム浸漬試験、着火性試験等に加え、一部エンジン試験（SVO/LSC混合）も実施。
2023年度 国土交通省	バイオ燃料取り扱いガイドライン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 実船：SVO ➤ 陸上：SVO, 廃食油FAME3種, ジャトロファFAME 	実船トライアル（第一鐵運丸、祥暉丸、海青丸）に立ち合い。陸上試験を担当。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ SVO・LSA混合油は、SVOの割合が高くなると動粘度が高くなるため、加熱が必要になる場合がある。また、低温では分離するケースも見られた。
その他	2010年頃～ パーム油（インドネシアとの共同研究など）HVO, 種類の異なる廃食油FAME, SVOなどの試験を実施。		

◆密度・動粘度の温度依存性計測



LSC重油との混合の例

- バイオ燃料の種類、混合ベース重油種、混合率によって、密度・動粘度の温度依存性が変わる場合がある。
- 適切な清浄機の運転条件や、エンジンへの燃料供給条件（一般的に2～16 mm²/s）を満たす温度範囲を調査。

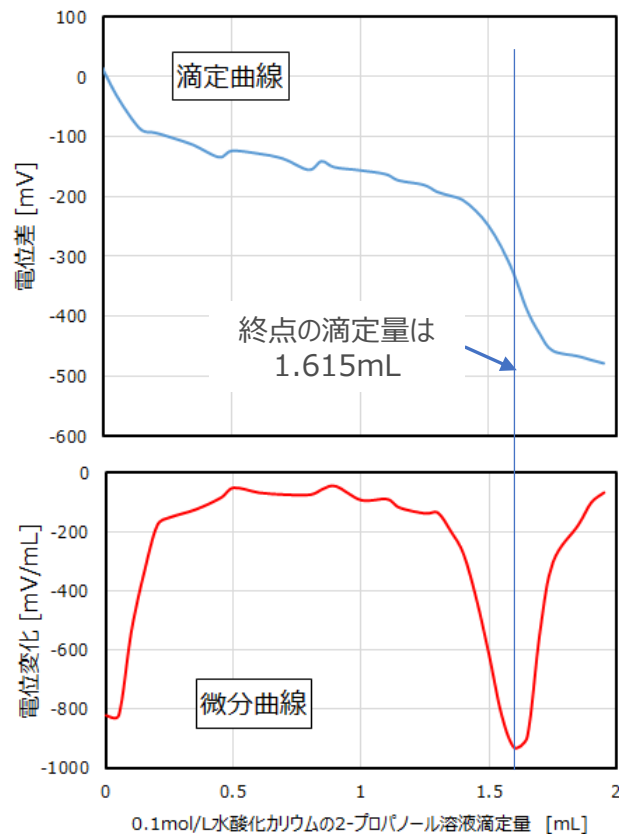
◆混合安定性試験（スポットテスト）

時間	LSC (B0)	C-B10	C-B24	備考
0h				試料油を滴下したところに不完全なリングが認められるが、安定性に問題ない（評価No.2）。
80℃ 96h				混合油については、不完全なリングが認められるが、安定性に問題ない（評価No.2）。
80℃ 192h				LSCおよびB10は、周囲に完全な線状の内円が認められる。（B10は評価No.3）

LSC重油との混合の例

- 供給された燃料基材を幅広い混合率で確認。
- 各燃料サンプルを劣化させてからも安定性の確認。

◆酸化安定性（酸価計測）



ASTM D664準拠

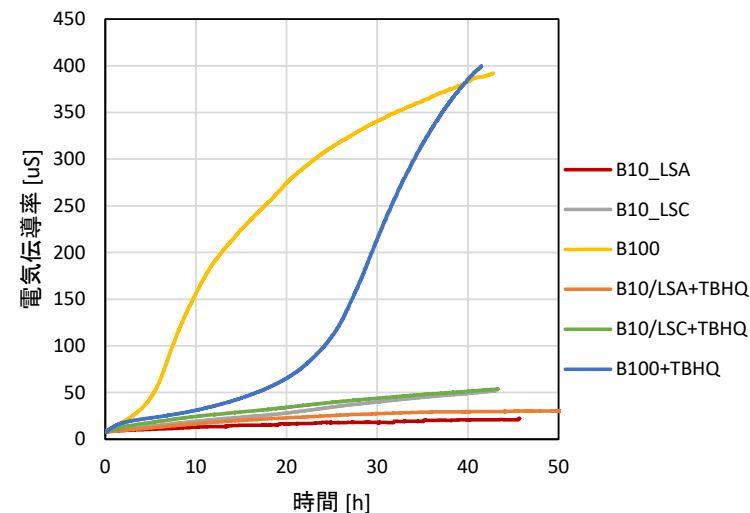
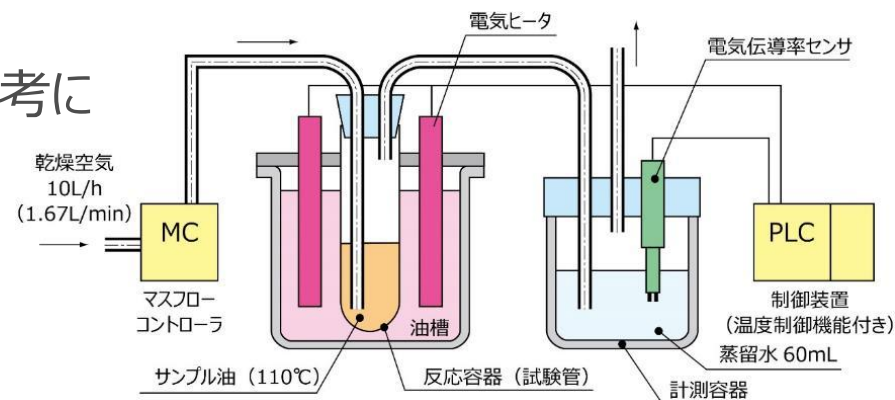
$$\text{酸価 [mgKOH/g]} = \frac{56.1 \times 0.1 \times \text{滴定量 [mL]}}{\text{サンプル油量 [g]}}$$

滴定溶液のモル濃度が0.1mol/Lの場合、中和点までの滴定量がわかれば、上式により酸価を算出できる。

- バイオ燃料と重油の混合条件による酸価計測。
- 保管温度を変えたサンプルの保持時間に対する酸価変化

◆酸化安定性（ランシマット法）

EN 14122を参考に装置を構成



- 酸化安定性の確認
- 酸化防止剤の効果確認

◆銅板腐食試験

条件	外観	
試験温度 80℃		
試験時間 200h		

- JIS K 2513を参考に評価

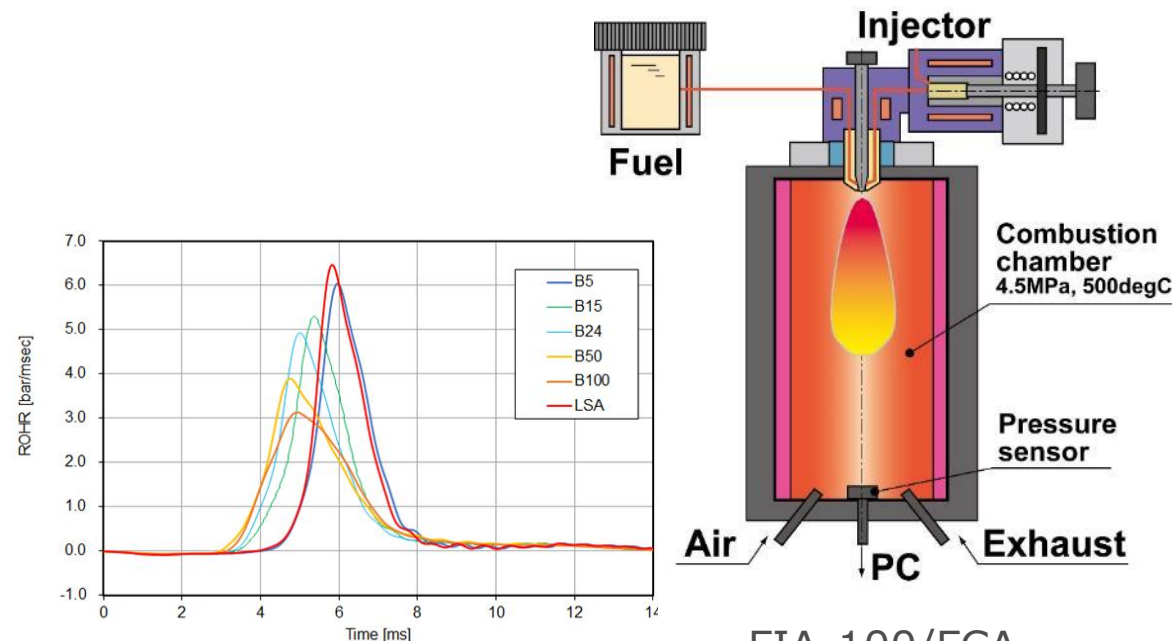
◆ゴム材料の浸漬試験



浸漬試験

- JIS K 6258を参考に、温度55℃に保持した時の経過時間に対するリングの寸法変化を計測
- ゴム材料の膨潤を評価

◆定容燃焼装置による着火・燃焼性評価



FIA-100/FCA
Fuel Combustion Analyzer

- IP 541 に準拠した装置
- 軽油から残渣油まで評価可能。推定セタン価 (ECN) を用いて着火性を評価
- 最新版ISO 8217では、バイオ燃料を含んだ燃料のセタン指数CIの有効性を保証していない。

海技研での実験では、バイオ燃料（FAME、HVO、SVO）は、着火性や燃焼性が従来燃料より良好で、燃焼性が直接的なトラブルの原因となる例はなかった。起こる可能性のある注意すべき点としては、以下が挙げられた。

①酸化安定性（FAME、SVO）

特に二重結合を多く含む燃料は酸化安定性が悪い。酸化劣化した燃料はスラッジや有機酸の発生により、燃料系統の目詰まり・金属腐食を引き起こす可能性がある。海技研でおこなった実験では、**酸化防止剤の適切な使用が効果的**であることが確認されている。ただし、環境影響が大きいので、酸化安定性試験の結果などを参考に長期保存には配慮が必要。

②ゴム部品の膨潤、金属部品の腐食（FAME、SVO）

ゴムの膨潤による燃料漏れや金属部材の腐食のリスクがあり、燃料系部品の材質を確認する。

③低温流動性（FAME、SVO）

流動点が高くなるため（特にパーム油など）、**流動点 + 10℃**以上に燃料温度を保つことが推奨される。寒冷地での使用には特に注意が必要。

④ C重油混合時の低動粘度化

C重油混合バイオ燃料では、混合により元のC重油の動粘度等に大きな変化が生じるため、粘度調節器や燃料清浄機による適切な設定を推奨

⑤ 機関出力特性の変化

バイオ燃料の種類・混合割合によって発熱量の違いが出るので、着火時期や最高出力の変化について機器メーカーに事前確認など注意が必要

⑥ HVO混合重油

HVOについては、アロマ分を全く含まないパラフィン燃料であり、単体では酸化安定性などに懸念はない。A重油専焼船での使用は問題はないと考えられる。

パラフィン系のHVOを、VLSFOやHSFOに混合すると、アスファルテンの溶解性が低下し、スラッジ形成やフィルター閉塞のリスクが生じるので、スポットテストやTSPなどを参考にする。

補油や燃料の切り替え時など、他の残渣油と混合しないように注意が必要。

実用フェーズでの経験蓄積の必要性

実環境下での燃料品質評価

- ◆ 酸化安定性、混合安定性、貯蔵安定性など
サプライチェーンの中でのバイオ燃料の劣化リスクの把握、複数回のバンキングによる燃料品質の確認

長期のエンジン試験

- ◆ 潤滑油の希釈（FAME、SVO）
FAME、SVOは沸点が高いため、未燃燃料が排出されやすい。この未燃分が、シリンダライナに付着し、ピストンリングによってオイルパンに落ちていく。潤滑油中に燃料が混入すると、潤滑性能が損なわれることが知られている。
- ◆ 燃料噴射弁へのカーボンデポジット付着（特にSVO）
燃料噴射弁にデポジットが付着しやすいため、メンテナンスの頻度を増やすことが推奨される。

バイオ燃料はGHG削減のための短期的目標を達成するための既存船対策としては非常に重要である。今後、供給体制が確立され、LCA評価も考慮した適切なバイオ燃料が、船舶に提供されることが期待される。

- バイオ燃料には様々な種類（原料、製造方法）があり、使用者側が使用する燃料油の特性を把握することが重要であり、燃料供給側も十分な情報提供が必要である。使用者が知るべき情報が得られるよう供給側の協力が必要。B100の性状を入手する必要もあるかもしれない。
- 国土交通省等で実施された複数の実船実証試験や、各船社のトライアルの報告では大きなトラブルは報告されていない。今後、船用バイオ燃料については、長期的な知見を増やすとともに、燃料の劣化特性なども、業界全体で情報を共有していく必要がある。
(実証フェーズから実用フェーズへ)

ご清聴ありがとうございました



国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
National Maritime Research Institute

