



第23回 海上技術安全研究所講演会



# GHG削減対策としてのバイオ燃料の活用

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

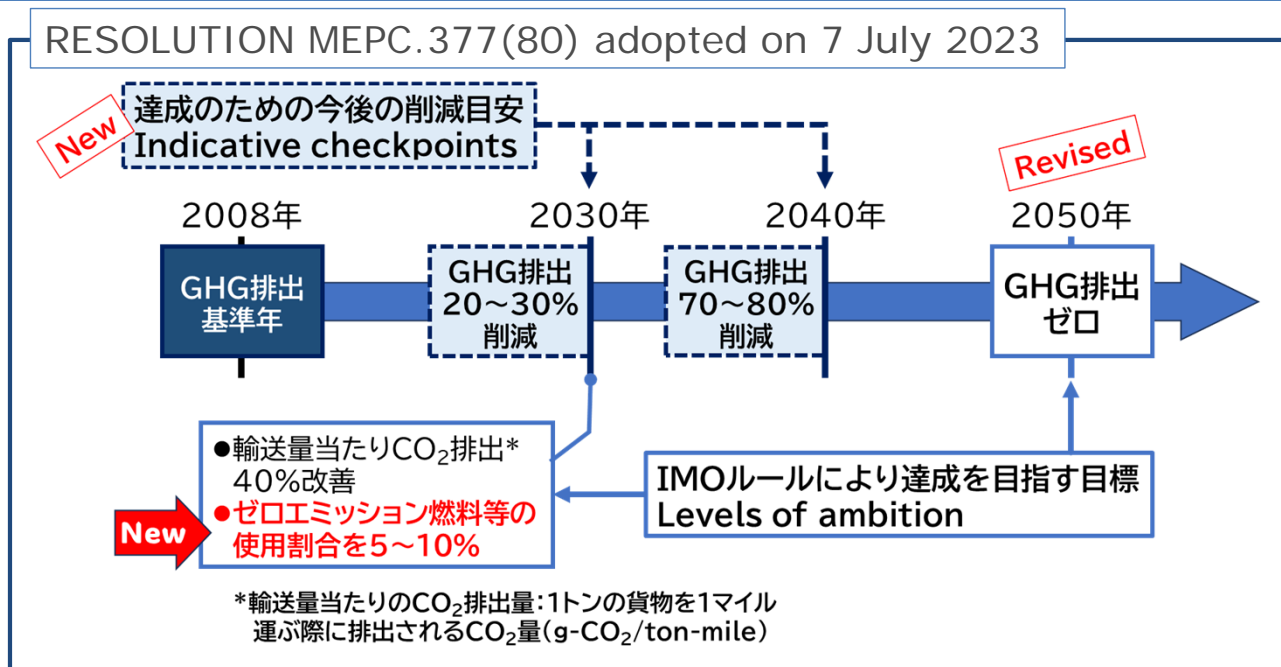
GHG削減プロジェクトチーム

高橋 千織 平田 宏一

1. 背景
2. バイオ燃料の基本情報まとめ
3. 「船舶におけるバイオ燃料取り扱いガイドライン」の概要
4. まとめ

# GHG削減対策としてのバイオ燃料の活用

## 1. 背景



(参考) MEPC 80/17/Add.1 Annex 15 3.3.3

uptake of **zero or near-zero GHG emission technologies, fuels** and/or **energy sources** to represent **at least 5%, striving for 10%**, of the energy used by international shipping by 2030

## 内航海運分野の地球温暖化対策の取組

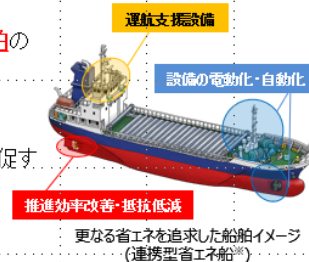
- 地球温暖化対策計画に掲げられた**2030年度のCO<sub>2</sub>排出削減目標の達成**（更なる省エネの追求）と我が国の**2050年カーボンニュートラルへの貢献**（先進的な取り組みの支援）に向けた取組

### 内航海運のCO<sub>2</sub>排出削減目標 ※地球温暖化対策計画における目標

- ✓ 令和3年10月に改訂された地球温暖化対策計画における内航海運の**2030年度のCO<sub>2</sub>排出削減目標**：**181万トン**（2013年度比で**約17%削減**、排出量1083万トン→902万トン）

### 2030年度目標達成のための更なる省エネの取組

- ✓ **更なる省エネを追求した船舶の開発・普及**
- ✓ **バイオ燃料の活用**等の省エネ・省CO<sub>2</sub>の取組
- ✓ 荷主等に省エネ船の選択を促す**燃費性能の見える化**の更なる活用を促進

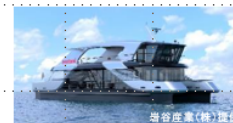


※荷主・オペレーター等と連携し、省エネ設備や運航支援技術等を活用して、当該船舶の使用や運航形態に応じて効率的な運航・省エネを追求する船舶

### 2050年に向けた先進的な取組

- ✓ **LNG燃料船、水素FC\*船、バッテリー船等の実証・導入**
- ✓ **水素燃料船**：アンモニア燃料船の開発・実証

※ Fuel Cell (燃料電池)



水素FC船の開発・実証事業イメージ

## ポイント

- 内航海運の2030年度CO<sub>2</sub>排出削減目標 **181万トン**（2013年度比**17%削減**）

⇒既存船対策が重要

- 内航海運においても、特に短期目標達成のための手段として、**バイオ燃料の活用**が重要と考えられている。

## メリット

- ◆ 既存船にほとんど改造を加えず、そのまま利用することができ、既存の船用燃料に混ぜて利用することも可能  
(ドロップイン燃料)
- ◆ 陸上も含めたインフラも現状のものが利用可能
- ◆ 新たな船員教育などが必要ない
- ◆ 他のカーボンフリー燃料等と比べ、比較的安価になることが予測される

## 課題

- ◆ 将来的な供給量が不透明
- ◆ 船用バイオ燃料規格が現時点でない
  - ✓ 高混合率の場合や、船用燃料への混合については、入手可能なデータが少ない
  - ✓ 一般には、低温流動性、酸化安定性、腐食性、微生物の増殖などに注意が必要とされている。(原料、製造プロセスによって異なる)
- ◆ 原料生産、製造工程による燃料のLCA評価を把握する必要がある

# GHG削減対策としてのバイオ燃料の活用

## 2. バイオ燃料の基本情報まとめ

# バイオ燃料の種類 注1)



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 ジャトロファなど 廃食油(UCO)	メチルエステル化 水素化処理	バイオディーゼル FAME HVO (RD) SAF
	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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>
第三世代 (食料生産と競合 しない)	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）については省略している。

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。



# バイオ燃料の製造工程

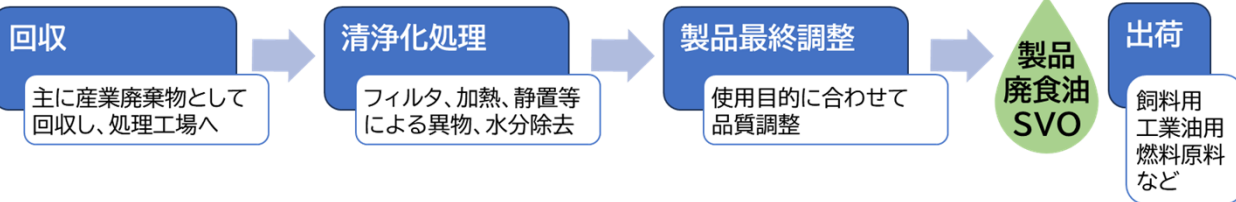


## 種類

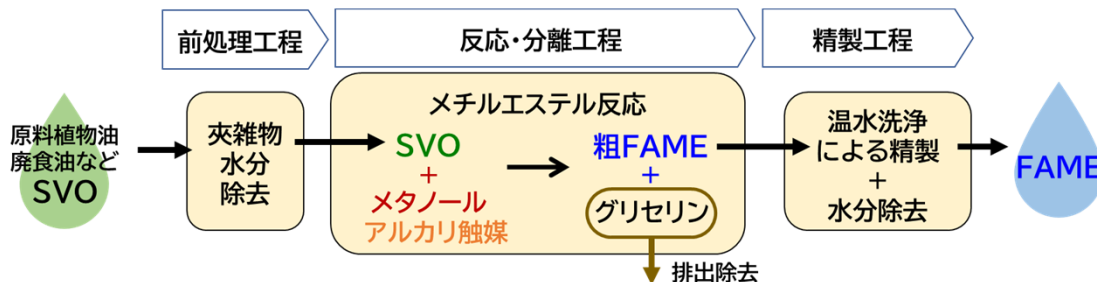
## プロセス (代表例)

## 外観例

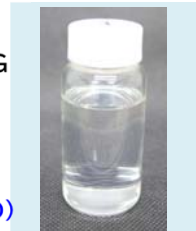
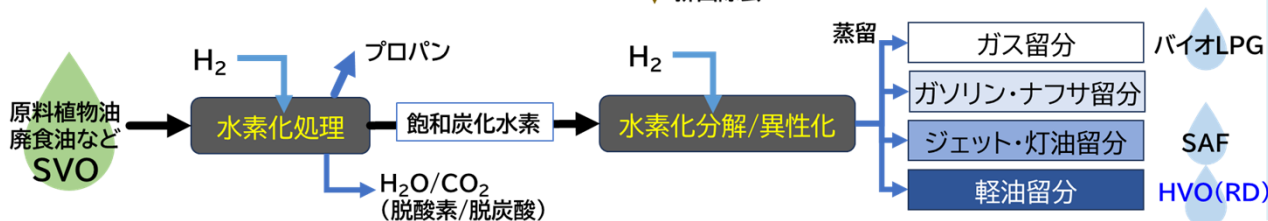
廃食油 (SVO)



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 <sup>3</sup>	964	846	780	865	924
動粘度		mm <sup>2</sup> /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 <sup>1)</sup>	海技研使用燃料	文献 <sup>2)</sup>		文献 <sup>3)</sup>

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

# GHG削減対策としてのバイオ燃料の活用

## 3. 船舶におけるバイオ燃料取り扱いガイドライン」の概要

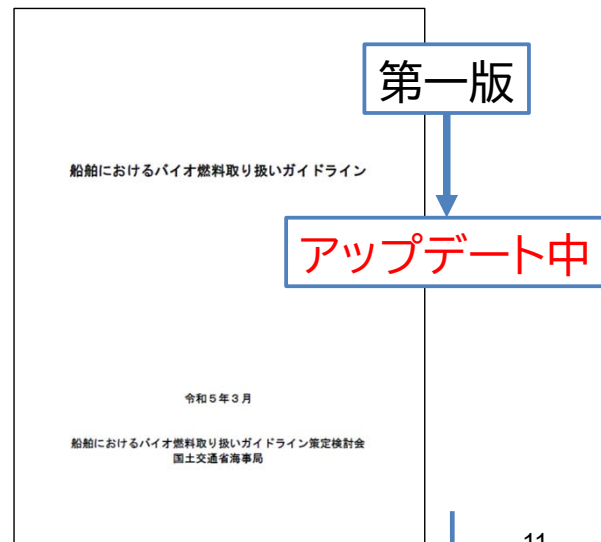
現在、様々なバイオ燃料の実証実験が国内外で行われている。国内では、国土交通省、JRTT、複数の海運会社などが実船・陸上試験を実施中。

## ● 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」

国土交通省が、**内航船舶の、特に既存船におけるバイオ燃料の活用を推進**するため、2022年度に「船舶におけるバイオ燃料取り扱いガイドライン策定検討会」を立ち上げた。

船用バイオ燃料の活用に向けて必要な技術的課題を把握・検討し、関係事業者が安全かつ円滑に船用バイオ燃料を取り扱うことを可能とするためのガイドラインを策定している。

廃食油FAMEおよび廃食油SVOでの実船検証試験  
陸上基礎試験（2022）、酸化劣化試験（2023～）



- 2022年度には、とよふじ丸（トヨフジ海運株式会社）においてFAME-LSC重油混合（B10およびB24\*）による実船試験を実施。

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 出力 / 回転数	2ストロークディーゼル機関 11,935 kW / 127 rpm



実船試験中、および試験終了後のエンジン開放点検などからも大きなトラブルは認められなかった。

- 2023年度は、3隻の内航貨物船（499～749GT）において、廃食油SVO-LSA重油混合、廃食油SVO-LSC重油混合による実船試験を実施中。







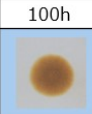
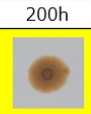
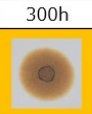
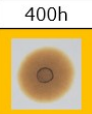

現時点で、実船試験中および試験終了後のエンジン開放点検などでトラブルは認められていない。

\*B10, B24は、それぞれバイオ燃料10%と24%を含むバイオ混合燃料

- 2022年度には、バイオ燃料を船上で安全に使えるように、陸上基礎試験を実施した。

## 混合安定性試験

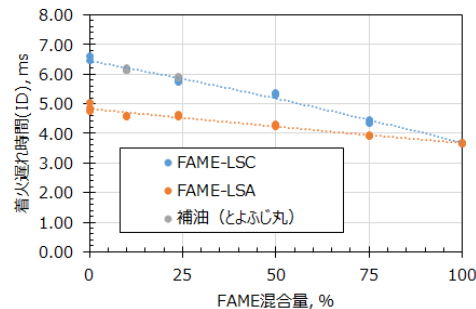
- A重油との混合油にスラッジ発生の問題は確認されなかった。
- LSC重油との混合油の混合安定性は、時間経過や温度条件によって悪化することがある。

混合率	LSA	B10	B24	B50	B75	B100	
A重油 常温・500h							長期に保管した場合であっても、安定性に問題ないと判断される。
時間	100h	200h	300h	400h	500h		
B50 80℃						時間経過とともに、安定性が悪化している。悪化の進行は周囲状況によって異なると考えられる。	

混合安定性試験の結果

## 燃焼試験

- 2022年度に使用したいずれのバイオ燃料において、着火遅れ時間は混合率の増加に従って短くなる。
- 燃焼性は問題ないレベルであると推定された。

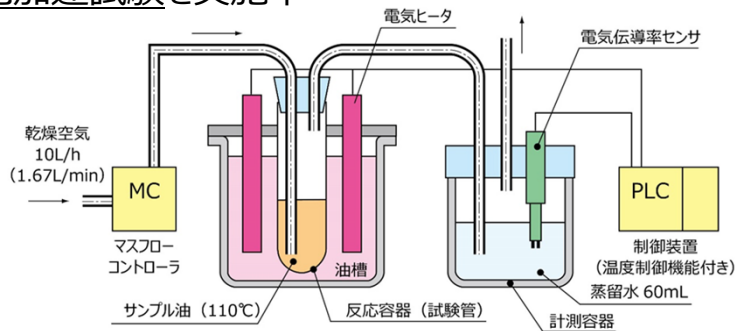


定容燃焼装置（FCA）による試験結果例

- 2023年度には、バイオ燃料の酸化劣化、長期保存に着目し、**酸価計測、酸化安定性試験、金属材料の腐食試験**を実施中。

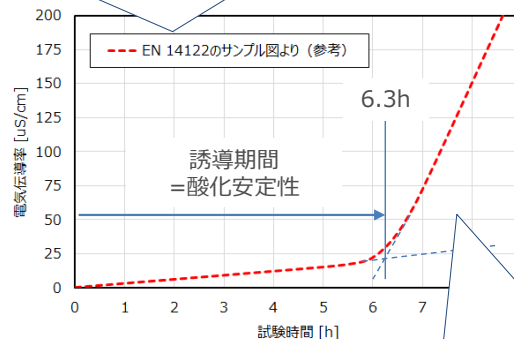
## 酸化安定性試験

- ランシマット法（EN 14122）を参照して、燃料油の酸化加速試験を実施中



\* 試料を反応容器で既定の温度に加熱しながら、空気を送り込み、試料の酸化により生成した揮発性分解物（ギ酸や酢酸など有機酸が主成分）を水中で捕集する。捕集水の導電率が急激に変化する折曲点までの時間を測定する試験法

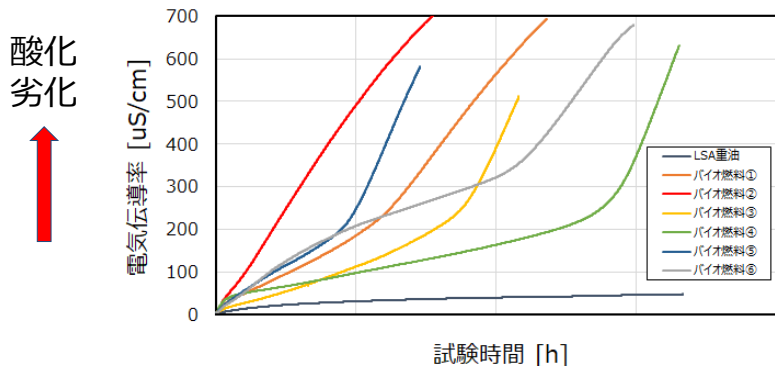
第1段階（誘導期間）は、酸素によって過酸化物が生成されるゆっくりとした反応を特徴とする。



第2段階は、過酸化物が生成されるだけでなく、高温条件下において過酸化物が解離する急速な反応を特徴とする。

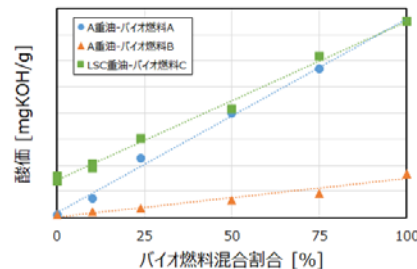
## 酸化安定性試験

- 酸化劣化の特性は各バイオ燃料サンプルによって大きく異なった。この差はバイオ燃料の製造工程の差だけでなく、原料の性状、品質、酸化防止剤の特性に大きく左右されることが示唆されている。



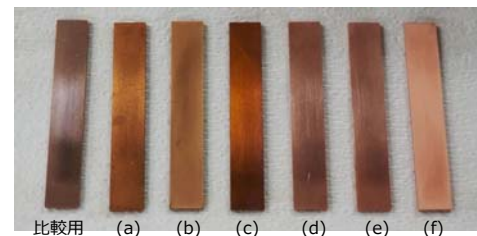
## 酸価計測

- 酸価は、バイオ燃料の混合割合が増加するに従って、ほぼ直線的に上昇する。



## 金属腐食試験

- 銅板腐食試験より、表面の変色や腐食の状況を確認している。





# 「船舶におけるバイオ燃料取り扱いガイドライン」 (第1版) の概要



- バイオ燃料を使用時に、注意、適切な管理が必要な項目
  - ・ 動粘度の違いによるエンジン運転条件の変化
  - ・ バイオ燃料の洗浄効果によってスラッジが流出する可能性
  - ・ 長期船内貯蔵による安定性の悪化や劣化
  - ・ 発熱量の違いによるエンジン出力特性の変化
- 実施した条件の範囲では、陸上試験・実船試験ともに、大きな問題は確認されなかった。ただし、すべてのバイオ燃料に対して長期の試験を行っているのではない。バイオ燃料には様々な種類があること認識し、使用する燃料油の特性を把握したうえで使用することが重要。
- バイオ燃料購入時に燃料性状表が提供された場合、チェックすべき燃料性状

関連項目	燃料温度管理	エンジン運転条件	燃料の劣化、腐食	規制、腐食など
燃料性状	動粘度 密度 流動点	発熱量	酸価 酸化安定性 水分	硫黄分 灰分

# GHG削減対策としてのバイオ燃料の活用

## 4. まとめ

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、使用する燃料油の特性を把握して使用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。ユーザーが知るべき情報が得られるよう、ガイドラインなどをより充実させるため、今後とも貢献していきたい。
- 2022、23年度に国内で行われた実船試験は、長い場合でも約1か月程度であり、実施した条件の範囲では、大きな問題は起こらなかった。今後、船用バイオ燃料について、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。

ご清聴ありがとうございました

