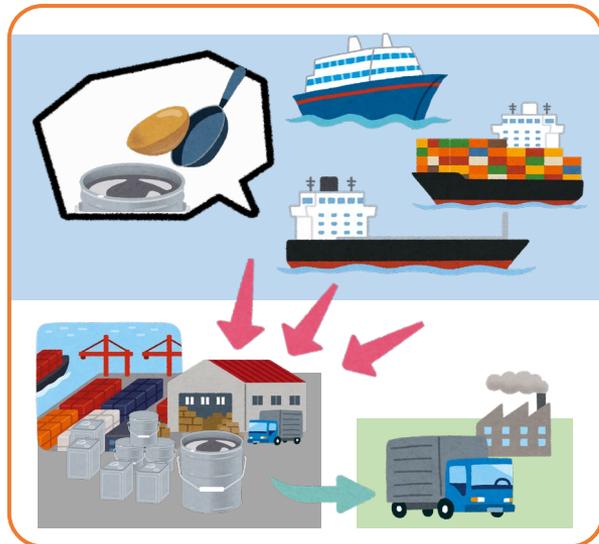


3. 廃食油回収・バイオ燃料活用の 地産地消トライアル実証調査

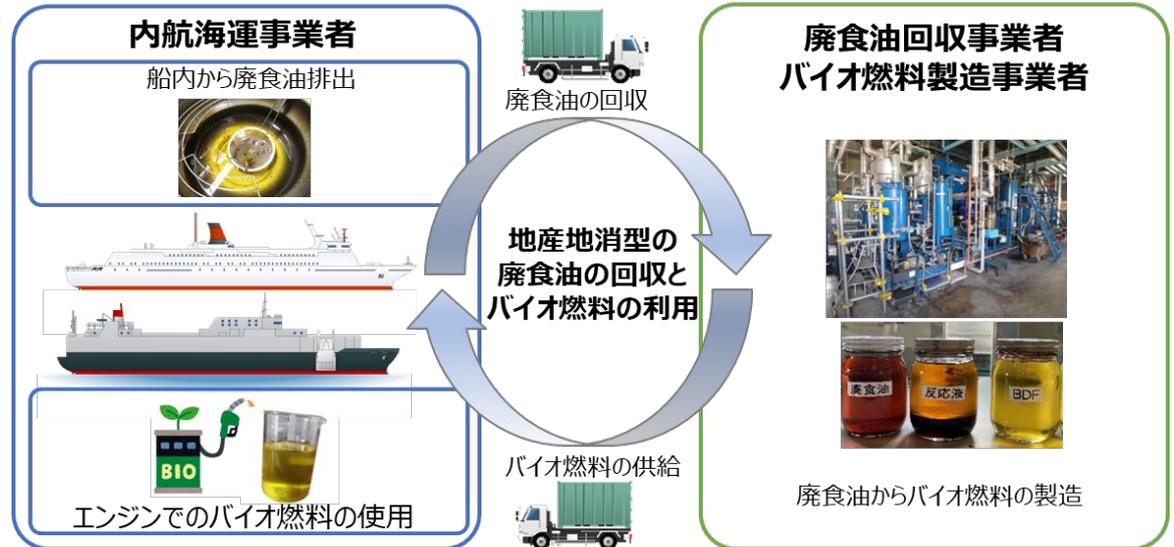
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
共有船舶建造支援部 技術企画課



- 2021年の地球温暖化対策計画の改定を受け様々なカーボンニュートラルの施策が進展する中、内航海運において、既存船でエンジンや燃料インフラの大規模改修なしにドロッパイン燃料として使用可能なバイオディーゼル燃料(バイオ燃料)の活用可能性が注目。
- 他方、地球温暖化対策・SDGsの社会的な認識の高まりを受け、家庭やレストラン、食堂から回収された使用済みてんぷら油などの廃食油を原料としたバイオ燃料を製造する取り組みが自動車業界、航空業界などを中心に注目。
- 内航船からの廃食油については現状、その多くが再利用されず廃棄されている状況。
- これらをふまえ、内航海運分野における廃食油回収の促進とこれを原料としたバイオ燃料活用の拡大による地産地消型リサイクルシステムの構築やカーボンニュートラル推進について、その実現可能性の検証や技術的課題点の抽出整理を目的とし、各種実態調査や実証試験を実施。



船舶からの廃食油回収のイメージ



船舶由来廃食油のリサイクルシステムのイメージ

□ 調査概要

➤ 以下の4件の調査・試験を実施

- (1) 港湾における廃食油回収の実態・課題調査
- (2) 船舶用バイオ燃料への活用の調査
- (3) 陸上試験設備でのバイオ燃料と従来燃料の混合燃料を用いた試験
- (4) 内航船舶での廃食油回収とバイオ燃料燃焼の実証試験

□ 各調査・試験の概要

(1) 港湾における廃食油回収の実態・課題調査

港湾の管理者や関係者へのヒアリング等により、以下の調査検討を実施

- ① 船舶から排出される廃食油、その他廃棄物の現状の取扱い状況を整理
- ② 船舶から排出される廃食油の港湾内での一時保管(集積場の設置)、廃食油回収業者による回収作業の実施について、手法の検討、実現可能性、現時点での課題点を整理

(2) 船舶用バイオ燃料への活用の調査

廃食油回収業者、バイオ燃料精製業者、バンカリング業者へのヒアリング等により、以下を対象とした調査検討を実施し、手法の検討、実現可能性、現時点での課題点を整理

- ① 船舶から回収された廃食油からのバイオ燃料への精製
- ② バイオ燃料の船舶へのバンカリング

(3) 陸上試験設備でのバイオ燃料と従来燃料の混合燃料を用いた試験

以下の条件で、陸上エンジンにおけるバイオ燃料の燃焼確認と燃焼性状確認を実施。

① 使用燃料

廃食油から精製されたバイオ燃料と従来燃料(A重油およびC重油)の混合燃料

混合率は、体積比10:90(B10)および24:76(B24)

② 試験内容

混合燃料の性状分析(動粘度・密度計測、定容燃焼試験)

エンジンでの陸上運転試験(運転負荷:0~100%)



陸上エンジン試験

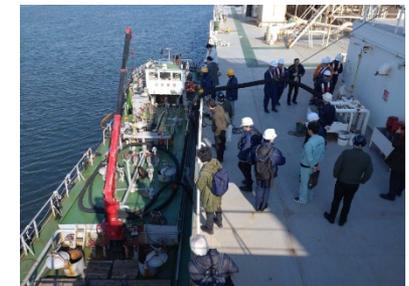


廃食油の回収作業イメージ

(4) 内航船舶での廃食油回収とバイオ燃料燃焼の実証試験

内航船を対象に、(1)~(3)をふまえて以下の実証試験を実施し、船舶から回収した廃食油をバイオ燃料に精製し、船舶へバンカリングして使用する一連の流れの検証と、課題点の抽出整理を実施。

- ① (1)で検討した手法をふまえ、船舶からの廃食油の回収の試行
- ② (2)で検討した手法をふまえ、廃食油から精製されたバイオ燃料の船舶へのバンカリングの試行
- ③ バンカリングされたバイオ燃料を船舶の航海中に実際に燃焼させ、使用にあたっての問題点、機関システムへの影響や居住環境への影響等について調査



バイオ燃料バンカリングのイメージ

① 港湾管理者へのヒアリング

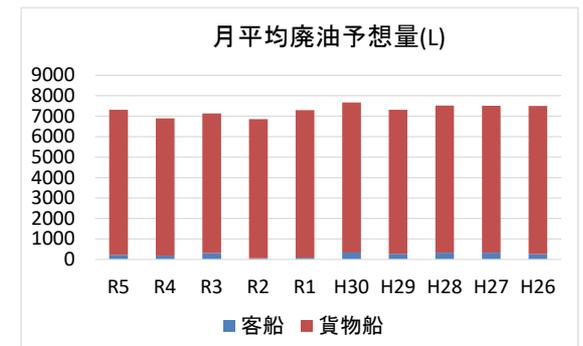
名古屋港にて、名古屋港管理組合にヒアリングを行い、船舶からの廃食油等の取扱いの現況を調査。

- 現状は取扱量が少ないため、**港内での廃食油の回収は未実施**。
- 港湾内での廃食油の一時保管(集積場の設置)は前例がないが、貯油施設か倉庫とみなされ、条例により規制される**分区用途に合致した分区で設置可能**と考えられる。ただし、港湾内は私有地が多く、管理組合の管轄地は遊休地がほとんどない。
- 船舶に加え、周辺施設の廃油を回収・集積することに問題はない。ただし、**港湾に係るスキーム**(回収後精製したバイオ燃料を名古屋港の船に補油する等)が必要。
- 荷役のみの寄港船からも食料・水等の補給時間内に廃食油回収は可能と思われるが、入港する船舶すべてから回収・集積する手法は想像がつかない。
- 実現可能性への課題は、**事業を進めながら検討および経済合理性を探っていく**ことが望ましい。

② 廃食油回収のための定量的検討

名古屋港の統計データより、内航船の寄港隻数、船舶規模から廃油の予想量を推定。

- 廃油排出量は、5000トン以上の客船で100L/月、貨物船で10L/月を基準とし、乗組員数と排出量が比例すると仮定。
- 寄港船全体での廃食油の最大排出量は**6000~7000L/月**。(重複寄港を考慮しない場合)
- 集積所は、月1回の回収で9m×9m程度のスペースが必要。(ペール2段積み保管にて試算)
- 経済合理性のある回収の実現には、全体の大半を占める**貨物船からの少量多数の回収を効率よく行う仕組みの検討**が必要。



調査結果 (1) 港湾における廃食油回収の実態・課題調査

③ 実現可能性および課題点の整理

船舶からの廃食油等の取扱い現況を整理し、廃食油の港湾内での一時保管(集積場の設置)や廃食油回収の実施について、手法の検討やその実現可能性、現時点での課題点を整理。

- 名古屋港であっても、現状では取扱い量が少ないために廃食油の回収は行われておらず、廃食油を回収するためには、**調査事業等を進めながら経済合理性を探っていく**必要がある。
- 過去の調査や実績により、大型フェリー等の廃食油量が多い船においては廃食油回収業者による回収作業の実施は可能と考えられる。ただし、回収業者が船内に立ち入っての廃食油回収を希望する船が多く、短時間寄港の船舶も含め、**指定容器の回収・交換をスムーズに行う手法**の検討が必要。
- 貨物船は1隻あたりの廃食油量が少ないが、隻数が多いために想定廃油量は客船全体より遙かに多く、これらの少量多数の廃油を経済合理性を踏まえて効率よく回収する仕組みが必要。不定期航路の貨物船では、港側に準備した専用の廃食油集積場に一時保管し、業者が定期的に回収するなど、**個船回収が想定される客船とは別の手法**も検討が必要。
- 廃食油の**港湾内での一時保管(集積場の設置)**については**都市計画法等の制限に留意**が必要。少なくとも名古屋港では前例がなく、実現にはより詳細な検討と関係者への丁寧な事前説明が必要。
- 船舶だけからの廃食油の回収量は必ずしも十分ではなく、地産地消モデルを実現するためには、港湾周辺の飲食施設や荷主工場などの**陸上における廃食油回収との連携スキーム**が必要。
- 一時保管中の廃食油が気象影響等により海上流出した際や、廃食油を回収する際に海上流出した際の取扱いについては現状では不明。いずれの場合であっても、**海上流出を防ぐ対策**が必要。
- なお、他の港との比較検討は難しいが、名古屋港特有の課題は確認されない。

調査結果 (2) 船舶用バイオ燃料への活用の調査

① 廃食油回収・バイオ燃料精製・バンカリング各業者へのヒアリング

名古屋港地区で事業を行う各業者にヒアリングを行い、それぞれの取扱いの現況を調査。

- 回収する廃食油は、PETボトルやペール缶等の回収容器に入れられた状態で引き渡される。
- 廃食油からバイオ燃料(FAME)への製造は、船舶、陸上からの回収にかかわらず同じ手順、同じ陸上設備で行われる。
- バイオ燃料の船舶への補油は、Ship to Shipの場合、バンカー船内で重油と混合するなどの事前準備ののち、通常为重油と同様の作業手順で行われる。



廃食油回収容器の例



バイオ燃料のバンカー船

② 船用バイオ燃料活用における課題点の整理

船用バイオ燃料の活用にあたり、品質基準、品質管理体制、トレーサビリティ、技術面や法制面などの現状を調査し、バイオ燃料の普及に向けた課題点を抽出整理。

- 技術面での大きな課題点は確認されない一方、**品質基準や法制面での整備が遅れて**おり、足枷となっている。
- 現状では**バイオ燃料の供給インフラが整っていない**ため、重油と比べて給油に手間とコストがかかる。バイオ燃料の普及にあたっては、供給インフラシステムの整備やその構築支援が必要。

(詳細は次頁の表を参照)



燃料供給管の本船への接続

調査結果 (2) 船舶用バイオ燃料への活用の調査

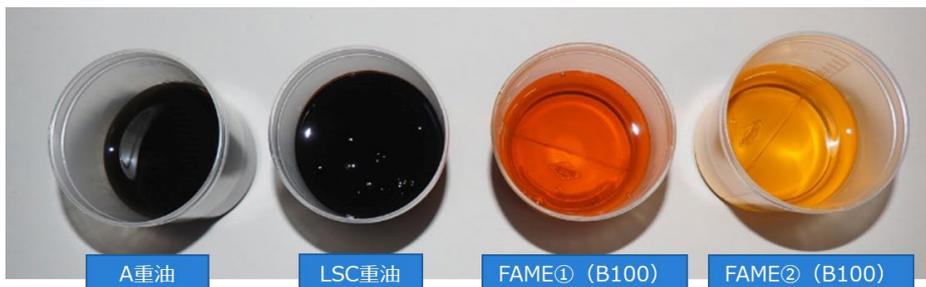
項目	現状と課題
品質基準	自動車燃料規格JIS K 2390に相当する船用に特化したバイオ燃料の品質基準はない。
品質管理体制	廃食油の品質管理、トレーサビリティ体制が整備されつつある。 (例:JAS0028…保管用容器、管理方法、トレーサビリティの必要性などを規定)
既存規格との比較	船用燃料規格ISO 8217:2017におけるFAMEの最大含有量は7.0vol%。 上記要件を除き、バイオ燃料B10～B24はISO 8217の要件を概ね満足する。
エンジン潤滑油との親和性	本調査で使用したバイオ燃料は、陸上、船上試験とも短時間の運転であり、従来燃料との性状の違いによる潤滑油等との親和性への影響は確認されなかった。 より高濃度や異なる性質のバイオ燃料の長時間使用には、詳細な解析と評価が必要。
バンカリングの技術面の課題	バイオ燃料と既存燃料との混合では、本調査では課題は確認されなかったものの、より高濃度や異なる原材料・製造方法によるバイオ燃料では技術課題が生じる可能性がある。 混合油の陸上保管、バンカー船による輸送、対象船への供給での課題は確認されない。
バンカリングの法制面の課題	陸上でバイオ燃料と既存燃料とを混合する場合、燃料製造となり、消防法などの危険物に関連する規制に準拠する必要がある。資格や設備の制限により、小規模な業者などでは新規参入が難しい。 バンカー船による輸送は、IBCコードおよびそれに準拠した国内運用により、通常の油送船では体積濃度25%を超えるバイオ混合油を輸送できない。 その他法制面も、バイオ燃料の普及の観点から十分に整備されているとは言い難い。
バイオ燃料の普及に関する課題	バンカリング方法には、バンカー船による方法、タンクローリによる方法、陸上基地などから直接給油する方法などがある。 いずれの場合も、普及のためにはインフラ設備を十分に整備する必要があり、設備が不十分な現状では通常の重油補油と比べて手間とコストを要する。 バイオ燃料の通常使用には、供給インフラの整備や補助制度が必要となり得る。

廃食油から精製された2種類のバイオ燃料(FAME)について、

$$\left[\frac{\text{FAME燃料①}}{\text{FAME燃料②}} \right] \times \left[\frac{\text{A重油}}{\text{LSC重油}} \right] \times \left[\frac{\text{混合比B10}}{\text{混合比B24}} \right]$$

の計8種類の組合せで、燃焼確認と燃料性状確認を実施した。

- ① 陸上エンジン試験にて不具合は確認されなかった。
(25/50/75/100%負荷試験、計10時間程度の運転)
- ② 燃焼圧力波形や各部温度などの燃焼状況、排ガスはそれぞれの重油運転時とほぼ同等で、大きい相違は確認されなかった。
- ③ 定容燃焼装置(FCA)試験にて、着火性(推定セタン価ECN)は各重油よりも高く、着火遅れの増加などの燃焼悪化は確認されなかった。
- ④ FCA試験にて、バイオ燃料(B100)の発熱量が各重油と比べ8~10%程度低いことが確認された。**B10・B24の混合比では各重油と比べ2~4%程度低いと推測される。**
- ⑤ 混合安定性試験、酸化安定性試験、低温状態の目視にて問題は確認されなかった。

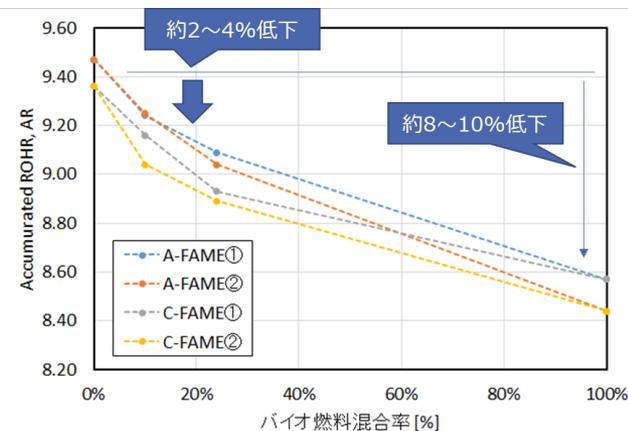


使用した燃料油の外観



松井鉄工所 MU323DSC(3気筒)
4サイクル中速257kW×420min⁻¹
燃料流量:約65L/h(100%負荷時)

陸上試験機の外観と仕様



バイオ燃料混合率と発熱量の関係

調査結果 (4) 内航船舶での廃食油回収とバイオ燃料燃焼の実証試験

名古屋港にて、内航セメント船「貴興丸」からの廃食油回収とバイオ燃料(B10)の給油、バイオ燃料(B10)によるのべ24時間の運航を実施。

- ① 名古屋港着岸中、本船で回収した廃食油を、廃食油回収業者に引き渡した。
- ② バイオ燃料の給油は、事前にバンカー船内でバイオ燃料(B100)とLSC重油が混合され、バイオ燃料(B10)の状態にてバンカー船からのShip to Ship形式にて実施された。
- ③ 廃食油の回収やバイオ燃料での給油、運航において、不具合や重油使用時との大きな相違点は確認されず、廃食油回収～バイオ燃料利用の一連のサイクルが内航船舶で実施可能なことを確認した。
- ④ 現況ではバイオ燃料はコスト面に加え、IBCコード規制に準拠した内航船舶への制限適用により、B24が使用上限とされている。より高い効果のあるカーボンニュートラル推進のためには、混合率の引き上げ(例:B40、B100等)にむけた環境構築や支援が必要。



「貴興丸」と廃食油回収の様子



バイオ燃料の供給の様子

対象船「貴興丸」仕様

LBD	149.90m×24.20m×12.00m
総トン数	12,379 GT
積トン数	16,704 t(セメント載貨重量)
航海速力	13.0 kt
主機	MAN-B&W 6S42MC7
主機出力	5,370 kW×127 min ⁻¹ (100%) 4,565 kW×120 min ⁻¹ (常用)
使用燃料	LSC重油
燃料消費量	20.14 t/日(常用出力)

□ 今年度調査のまとめ

※各調査結果の詳細は、[機構HP](#)より調査報告書本紙にてご確認ください。(全73頁)

(1) 港湾における廃食油回収の実態・課題調査

- 港湾における廃食油回収、一時集積場の設置における課題点を確認。
- 定量的検討により寄港内航船からの廃食油の想定排出量を確認。

(2) 船舶用バイオ燃料への活用の調査

- バイオ燃料の供給にあたり、技術面での大きな課題点は確認されない。
- 品質基準や法制面での整備、バイオ燃料の供給インフラ整備が遅れている。

(3) 陸上試験設備でのバイオ燃料と従来燃料の混合燃料を用いた試験

- 混合燃料の陸上エンジン試験、性状分析等で、問題点は確認されない。
- バイオ燃料の発熱量がA/C重油と比べ8～10%程度低く、混合燃料では混合率に応じて低下する。

(4) 内航船舶での廃食油回収とバイオ燃料燃焼の実証試験

- 貨物船からの廃食油回収、バイオ燃料での給油、運航を実施し、大きな問題は確認されない。
- 全体として、廃食油回収・バイオ燃料活用の循環サイクルが内航船舶で実現可能と確認。

□ 今後の課題点、要検討事項

- 少量多数の貨物船からの回収を含めた、経済合理性のある回収手法の検討
- 廃食油量の確保に向け、港湾設備や陸上施設等とも連携した廃食油回収・再活用のスキーム構築
- 混合燃料の混合率引き上げ使用にむけた、主に法制・基準面、設備面の整備

□ 連絡協議会について

- 「廃食油回収の促進とバイオ燃料活用の拡大による内航分野におけるカーボンニュートラルの推進」を目的に、2023年8月に発足。
- 上記目的達成のため、必要な関連情報の収集と交換、調査の企画立案への協力、参加団体の所属会員企業への周知などを実施。
- 連絡協議会の設置は、原則3年。(参加者の同意により延長)

□ 参加構成

- メンバー : 日本内航海運組合総連合会、一般社団法人日本旅客船協会、全国油脂事業協同組合連合会、一般社団法人日本船用工業会
- オブザーバー : 国土交通省海事局
- 協力者 : 豊田通商株式会社、株式会社ダイセキ環境ソリューション、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)
- 事務局 : 鉄道・運輸機構 共有船舶建造支援部 技術企画課

□ セミナーについて

- 連絡協議会の設置限年を迎えるにあたり、連絡協議会メンバーが実施・協力した調査、収集した関連情報等の発信として、年度内にセミナーを開催予定。
- 開催時期、内容等の詳細は、決定後にご案内します。