

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

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
国土交通省海事局

はじめに

世界的に脱炭素に向けた動きが加速するなか、我が国においても令和2年10月に内閣総理大臣より2050年にカーボンニュートラルを目指すことが表明され、産業・民生を問わず様々な分野で、これまで以上にCO₂排出削減に向けた取組を強化、加速することが求められている。内航海運についても、政府全体及び他業界等の動向や技術開発の進捗等を踏まえ、また、港湾等関係分野との連携を図りながら、CO₂排出削減に向けた取組を戦略的に進めていく必要がある。

こうしたことを背景に、令和3年4月、国土交通省海事局は有識者、業界関係者等からなる「内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会」を設置し、内航海運を取り巻く状況の整理や、内航海運の低・脱炭素化に向けて取り組むべき施策の方向性やロードマップなどについて、検討を行い、令和3年12月にとりまとめを行った。本とりまとめにおいて、既存船における省CO₂対策の一つとして、「バイオ燃料の活用促進」を掲げ、船用エンジンにおける燃焼性、混合安定性、部品腐食などの技術的課題の有無を把握・検討しておくことが重要であり、船舶におけるバイオ燃料の取扱いガイドラインの策定を行っていく旨の方針を示した。

これを踏まえ、関係者が安全かつ円滑に船用バイオ燃料を取扱うことを可能とするためのガイドラインを策定するため、令和4年6月、国土交通省海事局は有識者、業界関係者等からなる「船舶におけるバイオ燃料取扱いガイドライン策定検討会」を設置し、この度、ガイドラインをとりまとめた。

本ガイドラインを策定するにあたって実施した陸上・実船試験は、船用燃料油として利用可能性のある一部のバイオ燃料を使用して行ったものであり、網羅的に全ての燃料で実施したものではない。本ガイドラインの記載は、そのような条件下で行った試験から得られた知見に基づき記載をしているため、その内容は、あらゆるバイオ燃料に必ずしもそのままあてはまるものではない。バイオ燃料の性状は原料、製造工程、混合する燃料油の性状等によって変化するため、バイオ燃料の使用にあたっては、使用するバイオ燃料の特性を把握し、必要に応じて各関連機器メーカーの協力を得て対応することが重要である。

目次

1章 バイオ燃料とは	4
1.1 バイオ燃料の種類	4
1.2 船用利用の可能性があるバイオ燃料の概要	4
2章 バイオ燃料使用にあたって参考となる燃料品質基準・規格	10
2.1 船用燃料油の品質基準・規格	10
2.2 船用バイオ燃料の品質基準・規格	11
3章 船用バイオ燃料使用に向けた準備・対応	14
3.1 機器の腐食・劣化	14
3.2 動粘度・密度	15
3.3 エンジン等における燃焼性・着火性	17
3.4 スラッジの発生	17
3.5 まとめ	18
付録1 陸上・実船試験結果の概要	19
付録1.1 各種試験に用いたバイオ燃料	19
付録1.2 陸上試験結果の概要	19
付録1.3 実船試験結果の概要	22
付録1.4 陸上エンジン試験結果の概要	23
付録1.5 (参考) 実船試験使用燃料の分析結果	24
付録2 ISO 8217 (船用燃料規格) の各項目の説明	25
付録3 その他のバイオ燃料に関する規格	29

1章 バイオ燃料とは

1.1 バイオ燃料の種類

バイオ燃料は運輸部門において広く使用されており、動植物油脂をメチルエステル化（メタノール）反応や水素化処理などして製造し、性状が軽油に類似しているバイオディーゼル燃料と、サトウキビ・麦等の糖質を微生物によって発酵・蒸留して製造し、性状がガソリンに類似しているバイオエタノールがある。これらは燃焼の際にCO₂を排出するものの、原料作物の成長過程においてCO₂を吸収しているため地球温暖化対策計画において排出量の算定に含めなくてよいとされている。一方で、バイオ燃料使用時に排出されるCO₂のみならず、バイオ燃料の原材料の栽培とバイオ燃料の製造・輸送・流通の各過程において排出されるGHG排出量（ライフサイクルGHG排出量）に着目した国内制度（FIT、FIP制度など）もあり、今後の動向を注視する必要がある。

これらのうち、船舶利用が期待されるバイオディーゼル燃料の、我が国における主な原料は廃食用油であり、廃棄物の有効利用となるため上記のような懸念がない。国内における廃食用油発生源を見ると事業系が太宗を占め（全体の8割程度）、残りが家庭系となっている。バイオディーゼル燃料の生産拡大には原料の確保が必要となるが、我が国において廃食用油は燃料原料としての利用のみならず、他産業（飼料、切削油、インク・塗料等）による利用や輸出もされている。現状では国内における廃食用油の全体量のうち、飼料向けが最も多い状況となっていることから、他用途の需要の状況を踏まえつつ、燃料生産用として確保することが必要となる。

1.2 船用利用の可能性があるバイオ燃料の概要

バイオ燃料は、軽油・重油の代替として既存のディーゼルエンジンをそのまま又は小規模な改造を行うことで使用可能（ドロップイン燃料）というメリットがあり、船舶用燃料の代替候補として利用に向けた検討が進んでいる。

ディーゼルエンジンで使用が試みられている主なバイオディーゼル燃料として、国内においては主に廃食用油を原料としてメチルエステル化処理によって製造するFAME（Fatty Acid Methyl Ester：脂肪酸メチルエステル）や、水素化処理を行って製造するHVO（Hydrotreated Vegetable Oil：水素化処理油）がある。また、廃食用油以外にも菜種、パーム、大豆、ジャトロファなどから得られる植物油を原料としたバイオディーゼル燃料も製造されている。

さらには、FAME、HVOのような化学処理をせずSVO（Straight Vegetable Oil：粗植物油）のまま直接利用することも検討されている。

現在、船用燃料油として利用の可能性があるバイオ燃料を図1にまとめた。

ガイドラインを作成するにあたって実施した陸上・実船試験（以下、「本試験」という。概要は付録 1 参照）においては、図中の赤枠で囲まれた非可食原料を用いて製造された青字のバイオ燃料（FAME、HVO、SVO）を使用している。

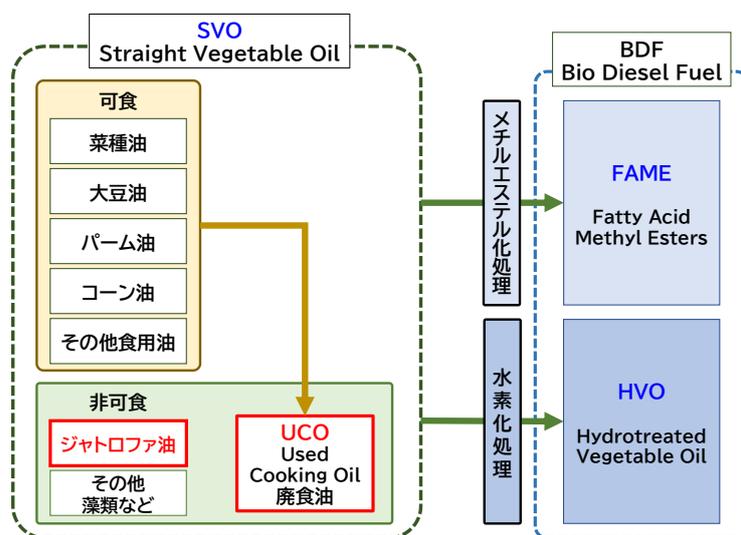


図 1 現在船用燃料油としての利用の可能性があるバイオ燃料油の種類

なお、図 1 に挙げたバイオ燃料は、従来から船用に使用されている軽油や重油（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（ただし、HVO については、現時点で専焼による使用も想定）され、混合比率に応じて「B〇〇」と表記される（例：混合比率が 20% の場合は、「B20」と表記。）。

後述において、それぞれの概要について整理する。

1.2.1 FAME

植物油、廃食油または動物性油脂などの原料にメタノールと触媒を加えてエステル交換処理を行うことで、FAME を製造・精製し、粘度の低いディーゼル燃料として使用できるようにしたものである。

エステル交換処理には複数の方法があるが、最も実績のある方法として、アルカリ触媒法の一般的な製造工程とエステル交換反応を図 2 及び図 3 に示す。

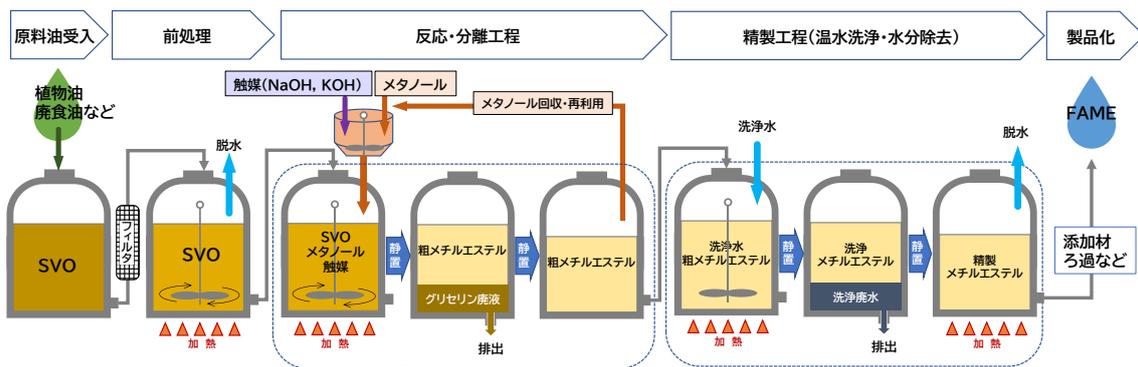


図 2 アルカリ触媒法による FAME 製造工程のフロー図

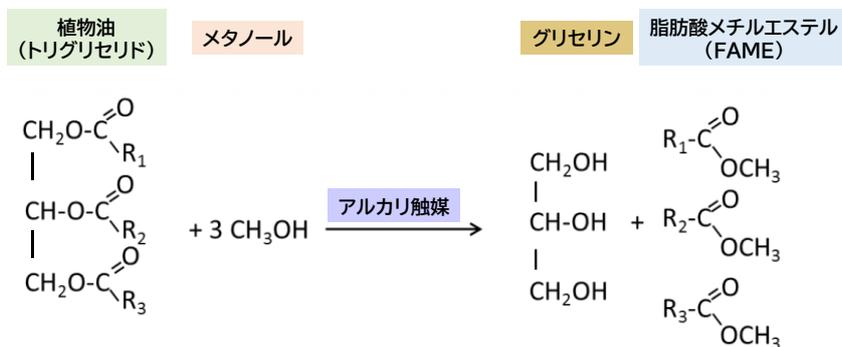


図 3 エステル交換反応

欧米では菜種や大豆などから、東南アジアではパームなどを原料に製造されることが多いが、日本において製造される FAME は廃食油を原料にしたものが多い。ただし、欧州においても近年は、原料全体のうち、廃食油を使用する割合が増加する傾向にある。また、バイオ燃料の一つとして、熱帯や亜熱帯に広く分布しているジャトロファを原料として使用したのも船用燃料油として利用する可能性がある。

廃食油を原料とする場合、図 2 に示すように、廃食油に含まれる大きな不純物等は、エステル交換反応の前にもろ過プロセス等を通じて除去する。さらに前処理として不純物（遊離脂肪酸、油脂酸化物、水分、モノグリセリド、ジグリセリド、炭水化物、タンパク質、塩分等）を除去したうえで、エステル交換反応をさせる。この反応で生じたグリセリンは分離・除去される。大きな不純物やグリセリンを分離した後の粗製 FAME は、蒸留工程によって未反応のメタノールを分離した後、蒸留水を加えて洗浄を行う。FAME と水は混ざりあわないため、FAME 内

の不純物のみが水に溶け出し、FAME からその水を分離するための脱水工程を繰り返すことによって、純粋な FAME が得られる。

FAME はメチルエステル化処理が必要なため、製造段階における CO₂ 低減効果やコストの観点で後述の SV0 には劣るが、HVO との比較においては、製造設備がシンプルであることもあり相対的に安価である。また、酸化安定性、低温流動性の点で、航空機燃料として使用することは難しいことから船用燃料として利用が想定される。

1.2.2 HVO

HVO は、植物油、廃食油または動物性油脂から水素化精製法によって精製したものであり、例えば、石油会社が保有するような水素化処理、水素化分解/異性化装置などを活用して製造される。

HVO の製造方法にもいくつか種類があるが、図 4 に HVO 製造工程の概念図の一例を示す。水素化処理は通常 2 段階のプロセスから構成され、最初の段階では油脂が脱酸素化され、二重結合が飽和して飽和炭化水素（パラフィン）が生成される。この反応ではプロパンも副次的に生成される。さらに低温流動性を改善する目的で、第 2 段階として、飽和炭化水素の水素化分解（クラッキング）と異性化が行われる。図 4 にあるように、最終的に生成される製品は、HVO（ディーゼル留分）以外にもナフサなどの軽質分、ジェット燃料留分も連産される。処理条件を変えれば、各成分の比率を変えることができる。

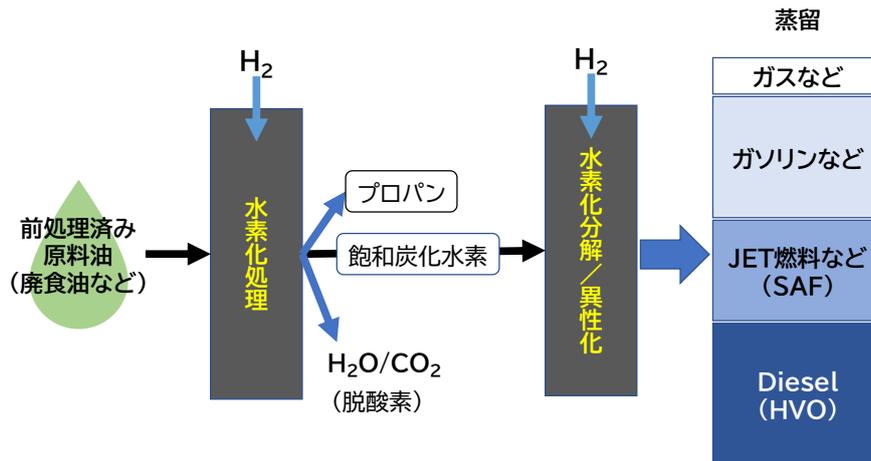


図 4 HVO の製造工程例

ETIP Bioenergy-SABS、Neste 社資料等を参考に作成

HVO や FAME は基本的にアロマを含まない（パラフィン系）燃料であるため、パラフィンの他にアロマやナフテンを含む従来の石油系燃料と比べると、セタン価は高いが、低温流動性が低いという特徴を持つ。しかし、HVO はイソパラフィン（分子鎖が枝分かれしているパラフィン）を主成分とする特徴から FAME よりも低温での性能に優れ、かつ軽油よりもセタン価が 20~30 高い特徴を有する。世界最大の HVO 供給者である Neste 社によれば、同社の HVO の曇り点は -25°C 程度（FAME -5°C ）、セタン価は 75~85（FAME 50 程度）である。

品質面で優れるが、水素化処理が必要であることから FAME に比較すると製造段階における CO_2 排出量がやや大きくなる。また、FAME と同様に生産量は原材料の調達可能性に依存する。

なお、近年、航空機業界においてバイオジェット燃料（SAF）の需要が増加しており、HVO が SAF の連産品であることから、SAF の需要の高まりによって原材料の調達可能性が増えるのであれば、HVO の生産量も増加する可能性があると思定される。

1.2.3 SVO

SVO は、菜種・パーム・大豆・ジャトロファなどから抽出された純植物油や廃食油について、メチルエステル化処理、または水素化処理を行わずに使用するものである。製造段階における CO_2 低減効果やコストの観点で FAME や HVO に比べてメリットを有する。

しかし、SVO の性状は原料の違いによって大きく異なることが知られており、品質にムラが発生しやすい。また、植物の油脂を含むため、そのまま利用すると噴射ポンプや噴射ノズルに析出物が付着する等の不具合が発生する可能性があり、ディーゼル燃料としては使用が難しい。加えて、長期の貯蔵安定性や燃料システムの腐食、水分が適切に処理されない場合には微生物が繁殖しやすいといった課題も存在する。

他方で、現在日本で検討されている SVO の中には、国内で食品の製造・加工・調理に使用された廃食油、また賞味期限切れなどで使用されずに廃棄された植物油をエステル化処理や水素化処理せずに燃料用途向けに品質管理を行ったものがある。

上述の日本で検討されている国内で集めた廃食油を処理して、船舶用燃料用途向けに品質管理を行った SVO の回収~燃料として使用するための処理~出荷のフローは図 5 の通りとなっている。まず排出場所において廃食油を回収し、処理工場へ運搬する。処理工場において廃食油の状況を確認し、必要に応じて商品化に向けた適正処理を行う。具体的にはフィルターによる異物除去、加熱、静置等の処理を行うことで、異物や水分の除去を行う。そして、使用目的に合わせ

た品質となるように調整され、出荷される。

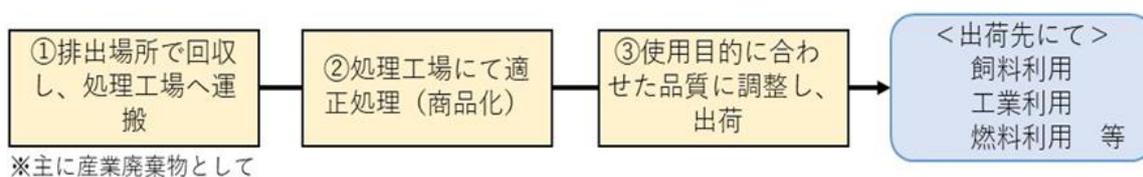


図 5 日本で検討されている国内で収集した廃食油を利用した SV0 の回収～処理～出荷のフロー

当該品質管理を行った SV0 は品質を安定させることができ、今後廃食油の回収・処理の工程や品質について統一規格を整備することになれば、船舶で利用しやすくなる可能性がある。なお、付録 1 にある SV0 の陸上試験で使用した SV0 は当該品質管理を行ったものである。

2章 バイオ燃料使用にあたって参考となる燃料品質基準・規格

バイオ燃料の性状は原料である植物油などの種類、製造工程、また混合燃料の場合は、混合する相手方の燃料油性状によって変化するため、使用に際しては参照可能な品質基準・規格が必要と考えられる。本章では、バイオ燃料を使用するにあたって参考となる品質基準・規格について示す。

2.1 船用燃料油の品質基準・規格

国内には従来の石油燃料においても船用燃料に特化した規格はないが（全漁連の独自規格などのみ）、重油に関する規格として JIS 規格において、JIS2205 規格（表 1 参照）と、揮発油等の品質の確保等に関する法律（品確法）において、強制規格（表 2 参照）がある。国内では JIS 規格及び品確法を適用しつつ、実質的には国際的な船用燃料油の規格である ISO 8217 Petroleum products – Fuels (class F) – Specifications of marine fuels の船用燃料油規格を参照して供給されていることが多いと言われている。

表 1 重油の JIS 規格（JIS K 2205-1991 抜粋）

項目	種類					
	1 種 (A 重油)		2 種 (B 重油)	3 種 (C 重油)		
	1 号	2 号		1 号	2 号	3 号
反応	中性					
引火点 (°C)	60 以上			70 以上		
動粘度 at 50°C (mm ² /s)	20 以下		50 以下	250 以下	400 以下	400 を超え 1000 以下
流動点 (°C)	5 以下*		10 以下*	—	—	—
残留炭素分 (質量%)	4 以下		8 以下	—	—	—
水分 (容量%)	0.3 以下		0.4 以下	0.5 以下	0.6 以下	2.0 以下
灰分 (質量%)	0.05 以下			0.1 以下		
硫黄分 (質量%)	0.5 以下	2.0 以下	3.0 以下	3.5 以下	—	—

※ 1 種及び 2 種の寒候用のものの流動点は 0°C 以下、1 種の暖候用の流動点は 10°C 以下。

表 2 品確法による重油の強制規格¹⁾

項目	満たすべき基準	分類
硫黄分（質量%）	0.5 以下*	環境（大気汚染防止）
無機酸	検出されない	動力トラブル防止

※ 船舶が硫黄酸化物低減装置を設置している場合等は、3.5 質量%以下とする。

一方、国際的な船用燃料油の規格としては、上述のとおり、ISO 8217（表 3 参照）があり、現時点での最新版は 2017 年版であるが、国内では問題となりえないと思われる「硫化水素（HS）」と「Used lubricating oils (ULO)」の項目については表 3 への掲載を省略している。なお、ISO 規格は基本的には任意規格であり、当事者間の合意があれば規格外の項目があっても問題がない。また、一般的には 2005 年版の ISO 8217 のもと契約を結ぶことが多いと言われている。

2.2 船用バイオ燃料の品質基準・規格

FAME 混合船用燃料は ISO 8217 において、留出油グレード（表 3 においては DMA（軽油相当）、DMB（A 重油相当）が該当）のみ FAME B7（FAME 7.0%以下）が規格化（DFA（軽油との混合）、DFB（A 重油との混合））されており、規格値は表 3 の DMA（軽油相当）、DMB（A 重油相当）と同じである。残渣油グレード（表 3 においては RME180 が該当）に関しては FAME を混ぜた場合の規格はない。ISO 8217 では、原料となる FAME（B100）の品質については自動車用規格としてバイオ燃料基材である、EN 14214 または ASTM D6751 の規格（表 4 参照）を要求している。当該規格から ISO 8217 には挙げられていないが、特に注意すべき項目を表 4 に挙げる。

表 3 ISO 8217 (船用燃料規格) で要求されている項目例

	ISO8217	DMA ^{※1} (軽油相当) DFA (軽油と FAME7%以下 混合)	DMB ^{※1} (A重油相 当) DFB (A重油と FAME7%以下 混合)	RME180 ^{※1} (C重油相当)	参照試験法 (JISは同等または対応規格)
1)	動粘度 (mm ² /s) DM at 40°C RM at 50°C	2.000 - 6.000	2.000 - 11.000	180.0 以下	ISO 3104 JIS K2283
2)	密度 at 15°C (kg/m ³)	890.0 以下	900.0 以下	991.0 以下	ISO 3675, ISO 12185, JIS K2249
3)	セタン指数	40 以上	35 以上 ^{※2}	—	ISO 4264
	CCAI	—	—	860 以下	
4)	硫黄分(質量%)	0.50 以下	0.50 以下	0.50 以下	ISO 8754, JIS K 2541
5)	引火点(°C)	60 以上	60 以上	60 以上	ISO 2719, JIS K2265
6)	酸価(mg KOH/g)	0.50 以下	0.50 以下	2.5 以下	ASTM D664 JIS K2501
7)	ドライスラッジ TSE(質量%)	—	0.10 以下	—	ISO 10307-1
	ドライスラッジ TSP(質量%)	—	—	0.10 以下	ISO 10307-2 Procedure A
8)	酸化安定性(g/m ³)	25 以下	25 以下		ISO 12205
9)	残留炭素分(質量%)	—	0.30 以下	15.00 以下	ISO 10370, JIS K2270
	10%残留炭素分	0.30 以下	—	—	
10)	流動点(°C)	冬: -6 以下 夏: 0 以下	冬: 0 以下 夏: 6 以下	30 以下	ISO 3016
11)	灰分(質量%)	0.010 以下	0.010 以下	0.070 以下	ISO 6245
12)	外観	透明	—	—	
13)	水分(vol.%)	—	0.30 以下	0.50 以下	ISO 3733, JIS K 2275
14)	潤滑性(WSD) (μm)	520 以下	520 以下	—	ISO 12156 1
15)	Na (mg/kg)	—	—	50 以下	IP 501
	V (mg/kg)	—	—	150 以下	
16)	Al+Si (mg/kg)	—	—	50 以下	IP 501
17)	発熱量 ^{※3}	報告	報告	報告	ASTM D240

※1 日本国内で流通する船用重油は、ISO8217ではそれぞれ、A重油(1種)=DMBグレード、軽油=DMAグレード、C重油(3種)=RME180グレードに相当する。

※2 国内船用A重油の多くは、セタン指数40以上で提供されている。

※3 ISO 8217では報告項目にもなっていないが、燃料取引上、提供される項目。

注1) 水色で表記されている項目は、JIS K 2205にもある項目。

注2) DMAとDFA、DMBとDFBは規格値は同じ。

注3) 付録2において、1)から17)の項目に関する解説を追記。

表 4 EN 14214 及び ASTM D6751 の FAME (B100) の注意項目
(規格からの抜粋及び追加)

分析項目	概要	想定される影響など
エステル含有量	BDF の主成分脂肪酸メチルエステル	FAME 燃料の純度を示す (なるべく高い値の方が望ましい)
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。10%残留炭素、PM、臭気濃度 (天ぷら臭) 増加など 常温貯蔵安定性が悪化する場合がある。
遊離グリセリン	エステル化の副産物 高沸点、高粘度の親水性物質	燃料フィルタの閉塞 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
ヨウ素価	不飽和二重結合の総数を表す指標	不飽和二重結合は酸化安定性を悪化させるが、低温流動性を改善。原料となる植物油などの種類に依存。
銅板腐食	非鉄金属への腐食性を評価 JIS K 2513 では、試験温度 50 °C±1 °C、試験時間 3 時間	部材の腐食劣化 銅、真鍮、鉛、錫、亜鉛などの金属材料と反応して、燃料と金属部材の双方に劣化が生じ、腐食劣化やデポジットの形成が促進される可能性があると言われている ²⁾ 。このため、長時間の接触は避ける、または燃料配管やガスケットなどの部材の変更が必要。関連機器の腐食性をチェックし、バイオ燃料を使用しても問題ないことを確認する。
C, H, N, O※	含酸素燃料	燃焼温度が上昇し、NOx 増加の可能性

※B100の規格には項目として入っていない評価項目。

3章 船用バイオ燃料使用に向けた準備・対応

本試験においては、船舶燃料油として利用可能性のあるバイオ燃料のうち、廃食油由来のFAME、HVO、SVO及びジェットロファ由来のFAMEの4種類のバイオ燃料を準備し、様々な試験を実施した（付録1参照）。本章では、それらの知見を元に、船用バイオ燃料使用に向けた準備・対応について整理する。

3.1 機器の腐食・劣化

バイオ燃料の使用においては、ゴム材料や金属材料への影響に注意する必要がある。そのため、燃料配管や関連機器内にバイオ燃料が長時間残る場合、通常の燃料に入れ替えておくなどの対応が推奨される。

前章までに述べたとおり、バイオ燃料の種類は多様であり、ゴム材料や金属材料への影響を正確に推定するのは難しい。バイオ燃料導入期の過渡的な時期においては、燃料配管内などにバイオ燃料が長期間残る場合は通常の燃料へ入れ替える対応が望ましい。一方、バイオ燃料を長期に渡って常時使用する場合、燃料配管や関連機器の材質を見直すなどの対応を検討する必要がある。

(1) ゴム材料への影響

本事業で実施したゴム材料の浸漬試験では、使用した4種類のバイオ燃料ともに、中高ニトリル（中高NBR）に対する膨潤性は、LSC重油やA重油と同程度であり、大きな違いは確認されなかった。しかし、バイオ燃料の種類は多様であるため、燃料配管システムや燃料移送ポンプ、燃料清浄機などに使用しているOリングなどのゴム製部品には注意する必要がある。燃料システム部品の交換などを関連機器メーカーに確認し、必要に応じて材質を変更するなどの対応を推奨する。

ゴム材料の膨潤性は燃料油の成分の他、ゴム材料の種類によっても大きく異なる。本試験で実施したゴム材料の浸漬試験では、中高ニトリル（中高NBR）、高ニトリル（高NBR）、フッ素ゴム（FKM）の順番に、膨潤性が小さくなることが確認されている（表5参照）。

表 5 ゴム材料の種類と特徴

種類	中高ニトリルゴム (中高 NBR)	高ニトリルゴム (高 NBR)	フッ素ゴム (FKM)
アクリロニトリル 含有量 (参考)	31~35% ^{※1}	36~42% ^{※1}	---
バイオ燃料に対す る膨潤性 ^{※2}	LSC 重油や A 重油 と同程度	中高 NBR と比べて 低い	浸漬試験による寸 法変化はほとんど 確認できない
備考	一般的なニトリル ゴム	一部の燃料移送ポ ンプに使用されて いる材料	耐熱性、耐油性が 高い材料

※1：資料 (<https://www.packing.co.jp/GOMU/GOMU1/nbr.htm>) の参考値であり、ゴム試験片の計測値ではない。

※2：本試験で実施したゴム材料の浸漬試験の結果であり、すべてのバイオ燃料に対する特徴ではない。

(2) 金属材料への影響

付録 2 の説明項目に記載しているが、バイオ燃料への水の混入は、金属材料の腐食性を高める効果があると言われている。例えば、船付タンク内での長期保管は結露などによって水分の増加を招き、金属性タンクなどの腐食などを誘引する場合があるので、特に高濃度のバイオ燃料を使用する場合は注意が必要である。

3.2 動粘度・密度

燃料清浄機やエンジンの運転のため、バイオ燃料を使用する前に混合油の動粘度や密度を把握しておく必要がある。

本試験で使用した 4 種類のバイオ燃料において、他の燃料油と混合しない状態 (B100) の動粘度 (50°C) は 2.5~30 mm²/s 程度、密度 (15°C) は 0.78~0.93 g/cm³ 程度であり、概ね LSC 重油と A 重油の間であった。

バイオ燃料と重油の混合油の動粘度は、混合する燃料油の間になり、JIS K 2283 の附属書に記載された動粘度—温度チャートにおいて直線で表されることが確認されている (図 6 参照)。一般に船用エンジンは、動粘度が 2~16 mm²/s の範囲の燃料油を使用するため、温度調節が必要になることがある。

通常の従来燃料使用時と異なる運転条件となることがあるため、注意が必要である。例えば、バイオ燃料の混合によって、LSC 重油と比べて動粘度が低くなることもある。粘度調節器（ビスコン）による制御ができなくなるといった状況が生じ得るので注意が必要である。

バイオ燃料と重油の混合油の密度は、温度に対して直線的に変化することを確認した（図 7 参照）。燃料清浄機を使用する場合、使用する燃料油の動粘度や密度によって、燃料清浄機の調整が必要になることがあるので注意が必要である。

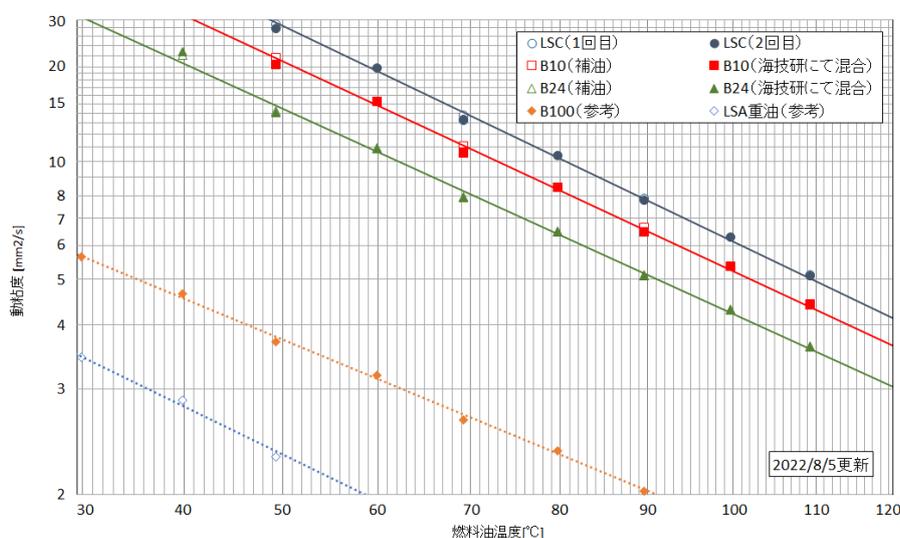


図 6 動粘度—温度チャートの一例

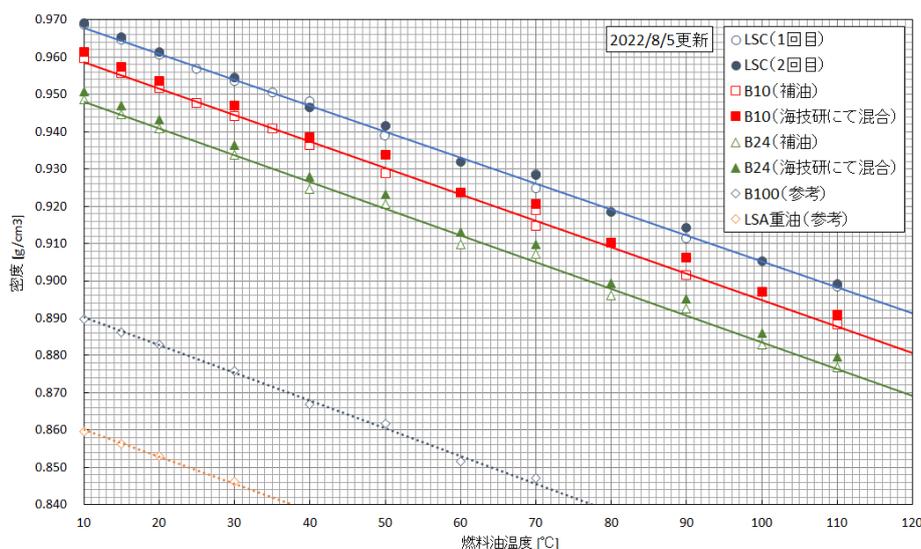


図 7 温度に対する密度の一例

3.3 エンジン等における燃焼性・着火性

バイオ燃料の種類は多様であるため、エンジンの運転制限やボイラへの使用などは、各メーカーに確認し、運転条件などについて協議することを推奨する。

本試験で使用したバイオ燃料の燃焼性が高く、定容燃焼装置（FCA）による試験やエンジン運転において燃焼性の問題は確認されなかった。

以下、エンジン等にバイオ燃料を使用する際の注意点をあげておく。

- A重油とバイオ燃料を混合した場合など、燃焼性が従来のA重油よりも高まる可能性がある。その際、エンジン運転への影響は不明であり、注意が必要である。
- バイオ燃料の性状によっては、エンジン始動時やボイラ点火時の不具合に注意が必要である。
- 発熱量が低いバイオ燃料を使用する場合、エンジンへの燃料流量が制限を受け、最高出力が低下する可能性があるため、注意が必要である。

3.4 スラッジの発生

バイオ燃料と重油を混合した場合や燃料油を長時間貯蔵した場合など、燃料油の安定性が悪化し、スラッジが発生することがあるので、注意が必要である。

本試験で使用した4種類のバイオ燃料を用いた混合安定性試験やエンジン試験において、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（図8）。一方、LSC重油との混合油の混合安定性は、時間経過や保管状態（温度条件）によって悪化することがある（図9）。ただし、LSC重油単体の安定性も悪化するため、バイオ燃料との混合が主原因であるかは判断が難しいのが実情である。

いずれの場合も、長時間貯蔵時や燃料切り替え時にバイオ燃料とLSC重油とが配管内で混合する際など、スラッジが発生する可能性があるため、注意が必要である。

また、バイオ燃料等の軽質燃料は配管の洗浄効果があると言われており、既に配管等に蓄積されていたスラッジが流出する可能性がある。すなわち、運用時にはフィルタの状況等を確認することが重要である。

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。

図 8 A 重油とバイオ燃料の混合安定性試験の一例

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。

図 9 LSC 重油とバイオ燃料の混合安定性試験の一例

3.5 まとめ

バイオ燃料を使用する場合、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などに注意が必要である。燃料油の切り替え時や使用時には、これらの状態を適切に管理することが重要である。

なお、本章の記載は、本試験において実施した 4 種類のバイオ燃料による試験から得られた知見に基づいている。陸上試験・実船試験ともに、大きな問題が生じるような現象は確認されず、バイオ燃料の種類による大きな違いも確認されなかった。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。また、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後、使用することが重要である。

2 章、3 章の検討から、バイオ燃料購入時に燃料性状表が提供された場合、特に注目すべき燃料性状として、以下の分析項目を挙げる。

• 動粘度	• 酸価	• 灰分
• 密度	• 酸化安定性	• 水分
• 硫黄分	• 流動点	• 発熱量

注) 各分析項目の参考となる規格値は表 3 参照、解説は付録 2 参照

付録 1 陸上・実船試験結果の概要

本試験においては、船舶燃料油として利用可能性のある 4 種類のバイオ燃料を準備し、船舶利用時の技術的な観点による検証を目的とした様々な試験を行った。以下、陸上・実船試験結果について概説する。

付録 1. 1 各種試験に用いたバイオ燃料

付表 1 に各種試験に用いたバイオ燃料を示す。それぞれのバイオ燃料は、A 重油、LSC 重油、または軽油と混合し、各種陸上試験や実船試験、陸上エンジン試験等を実施した。

付表 1 各種試験に用いたバイオ燃料

No.	バイオ燃料	原料・製造等	備考
1	廃食油 FAME	廃食油をエステル化処理した燃料	実船試験に使用
2	HVO	廃食油を水素化精製法によって精製した燃料	A 重油と混合して陸上エンジン試験を実施
3	SVO	管理された廃食油	LSC 重油と混合して陸上エンジン試験を実施
4	ジャトロファ FAME	ジャトロファ油をエステル化処理した燃料	軽油と混合して小型発電機による試験を実施

付録 1. 2 陸上試験結果の概要

ディーゼルエンジンによる陸上運転及び実船試験前の陸上試験として、動粘度・密度の計測、定容燃焼装置（FCA）による試験、混合安定性試験及びゴム材料の浸漬試験を実施した。

（1）動粘度・密度の計測

付表 2 に示すとおり、4 種類のバイオ燃料において、他の燃料油と混合しない状態（B100）の動粘度（50℃）は 2.5～30 mm²/s 程度、密度（15℃）は 0.78～0.93 g/cm³ 程度であり、概ね LSC 重油と A 重油の間であった。また、バイオ燃料と重油の混合油の動粘度は、混合する燃料油の間になり、動粘度－温度チャートにおいて直線で表されることを確認した（図 6 参照）。

付表 2 動粘度・密度の計測結果

燃料油	動粘度 (50°C) mm ² /s	密度 (15°C) g/cm ³
廃食油 FAME	3.70	0.8862
HVO	2.53	0.7823
SVO	27.2	0.9253
ジャトロファ FAME	4.23	0.8853
A 重油 (参考)	2.29	0.8562
LSC 重油 (参考)	28.0	0.9656

(2) 定容燃焼装置 (FCA) による試験

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った。FCA は、圧力変化及び圧力変化率の結果から着火遅れ時間や燃焼時間、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試験装置である。

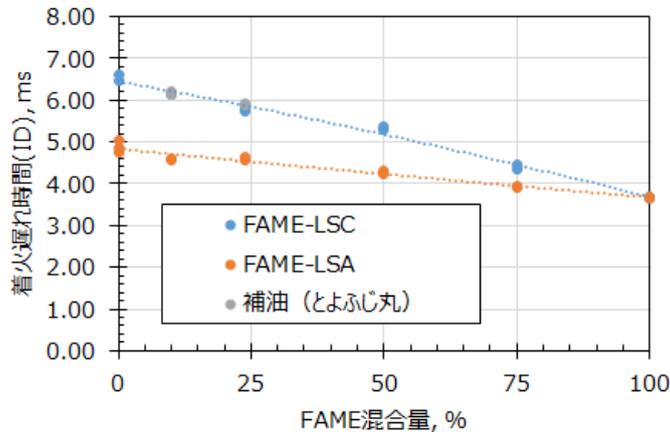
付表 3 は、本試験で実施した定容燃焼装置 (FCA) による試験結果の一部であり、推定セタン価 ECN と呼ばれる燃焼性の指標である。本試験で使用したバイオ燃料は、LSC 重油や A 重油と比べて、ECN の数値が高く、燃焼性が高いことがわかる。

付図 1 は試験結果の一例であり、実船試験に用いた廃食油 FAME の混合率に対する着火遅れ時間の結果である。本試験で使用したいずれのバイオ燃料においても、着火遅れ時間は混合率の増加に従って短くなることを確認しており、燃焼性は問題ないレベルであると推定された。

付表 3 各燃料油の定容燃焼装置 (FCA) による推定セタン価 ECN

燃料油	推定セタン価 ECN
廃食油 FAME	49.5
HVO	62.0
SVO	50.9
ジャトロファ FAME	51.6
A 重油 (参考)	35.8
LSC 重油 (参考)	18.9

※ 規格上、ECN の適用範囲は 40 までのため、40 を超えた ECN 値は参考値である。



付図1 混合率に対する着火遅れ時間の試験結果（廃食油 FAME）

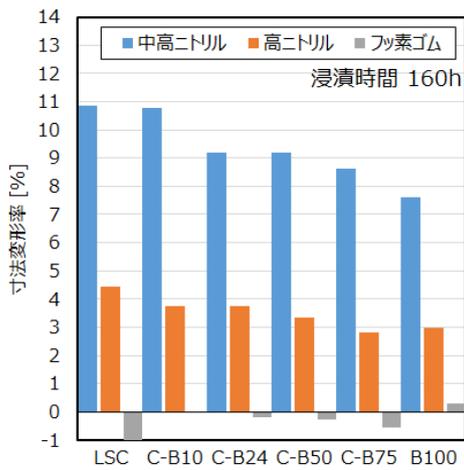
（3）混合安定性試験

3.4 に述べた混合安定性試験により、バイオ燃料と重油（LSC 重油, A 重油）の混合比を変えたときのスラッジの発生状況を確認した。図 8 に示したとおり、本試験で使用した 4 種類のバイオ燃料において、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。

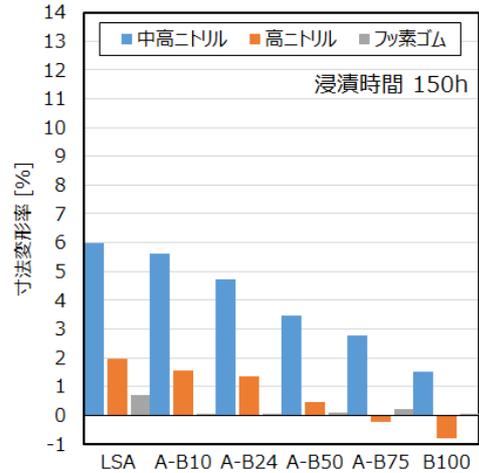
一方、LSC 重油との混合油の混合安定性は、図 9 に示したとおり、時間経過や保管状態（温度条件）によって悪化することがあることを確認した。

（4）ゴム材料の浸漬試験

3 種類のゴム材料を準備し、ゴム材料の浸漬試験を実施した。付図 2 は試験結果の一例であり、廃食油 FAME と LSC 重油、HVO と A 重油の混合油における結果である。本試験で使用したいずれのバイオ燃料においても、浸漬試験における寸法変化率は LSC 重油及び A 重油と同程度であった。また、フッ素ゴム（FKM）において寸法変化はほとんど確認されなかった。



(a) 廃食油 FAME と LSC 重油



(b) HVO と A 重油

付図 2 ゴム材料の浸漬試験結果の一例

付録 1.3 実船試験結果の概要

本試験では、とよふじ丸（トヨフジ海運株式会社）において廃食油 FAME と LSC 重油との混合油（B10 及び B24）による実船試験を実施した（付図 3、付表 4 参照）。実船試験は、令和 4 年 8 月から 9 月にかけて、B10 及び B24 をそれぞれ 240 kL 補油し、合計約 20 日程度の航海を行った。バイオ燃料の使用割合は、主機 86%、主発電機 11%、ボイラ 3%であった。

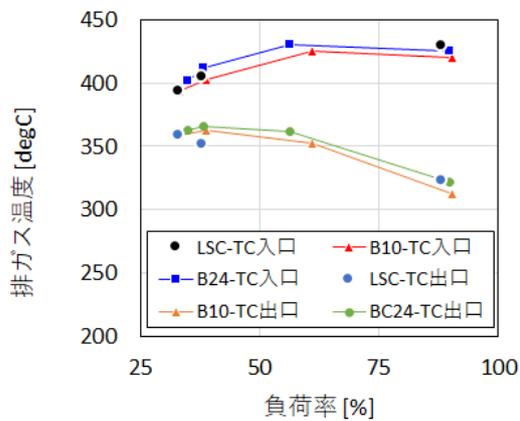
バイオ燃料による運航中、主機の筒内圧力の計測や燃料消費量、排ガス温度、過給機回転数等の監視・計測、排ガス計測を実施した。付図 4 及び付図 5 は計測結果の一例であり、負荷率に対する排ガス温度並びに筒内最高圧力の計測結果である。いずれの計測結果も LSC 重油使用時と同程度であることを確認した。バンカリングを含めた一連の実船試験は、通常の実船試験によって対応でき、特別な不具合が生じることはなかった。



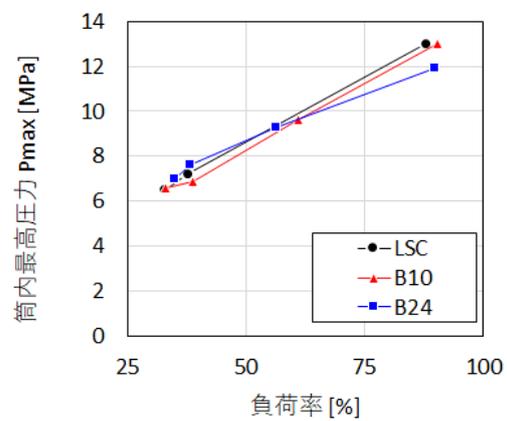
付図 3 とよふじ丸

付表4 とよふじ丸の諸元

船名	とよふじ丸
船種	自動車運搬船
総トン数	12,687 GT
主機	2 ストロークディーゼル機関 (11,935 kW、127 rpm)
主発電機	4 ストロークディーゼル機関、2 基
ボイラ	ボイラ蒸発量 2.53 ton/h
就航年月	2005 年 11 月



付図4 排ガス温度



付図5 筒内最高圧力

付録 1.4 陸上エンジン試験結果の概要

HVO、SVO 及びジャトロファ FAME については、海上技術安全研究所に設置された実験用ディーゼルエンジンによる運転試験を行った。いずれも短時間の運転ではあるが、重大なトラブルは確認されず、従来の重油燃料と同等の運転が可能であった。

付録 1.5 (参考) 実船試験使用燃料の分析結果

	RME180 (C 重油相当)	とよふじ丸 LSC 重油	B10	B24	
動粘度 (mm ² /s) at 50°C	180.0 以下	30.20	21.61	15.00	
密度 (kg/m ³) at 15°C	991.0 以下	964.1	954.0	943.0	
CCAI	860 以下	859.0	—	—	
(ECN) ※	—	(18.9)	(21.2)	(23.7)	
硫黄分 (質量%)	0.50 以下	0.43	0.36	0.31	
引火点 (°C)	60 以上	99.0	101.0	103.0	
酸価 (mg KOH/g)	2.5 以下	0.02	0.04	0.12	
ドライスラッジ TSE (質量%)	—	0.02	<0.01	<0.01	
ドライスラッジ TSP (質量%)	0.10 以下	0.03	0.01	0.01	
残留炭素分 (質量%)	15.00 以下	4.72	3.92	3.50	
流動点 (°C)	30 以下	-21	0	-3	
灰分 (質量%)	0.070 以下	0.003	—	—	
水分 (vol. %)	0.50 以下	0.0	0.0	0.0	
元素 分析	炭素 (質量%)		88.6	87.6	85.9
	水素 (質量%)		10.6	10.8	11.0
	窒素 (質量%)		0.12	0.11	0.096
	酸素 (質量%)		0.2	1.2	2.6
銅板腐食		1a	1a	1a	
発熱量 (J/g)		41,010	40,785	40,250	

※ 着火性指標である CCAI が、バイオ燃料に対して適用できないため、参考として推定セタン価 (ECN) の計測値を記載。ECN は数字が大きくなるほど、着火性が良い。

注) 水色で表記されている項目は、JIS K 2205にある項目。

付録2 ISO 8217（船用燃料規格）の各項目の説明

（1）動粘度

燃焼室内に噴霧された燃料の噴霧特性（燃料の粒径）に関連して燃焼性に影響する。C重油を使用する船用エンジンでは、エンジン手前で加熱による粘度コントロールが行われ、一般的にエンジン噴射時の動粘度が2～16 mm²/sの範囲に設定される。動粘度が過度に低い場合は燃料ポンプの摩耗等につながる可能性がある。また、C重油を使用してきた船舶では燃料油の低粘度化による押し出し圧力低下の問題が懸念されるが、燃料の50℃動粘度が20 mm²/s以上であればほとんど問題がないとされている³⁾。

（2）密度

質量と容量の変換に利用。燃料清浄機の条件設定にも必要。

（3）着火性指標

セタン指数（Cetane Index, CI）、CCAI（Calculated Carbon Aromaticity Index）

セタン指数及びCCAIは、それぞれ留出油と残渣油の着火性指標として使われている。セタン指数は、圧縮比可変の圧縮着火式CFRエンジンを用いて計測するセタン価（ISO 5165, JIS K2280参照）を、蒸留特性を使って簡易に計算する方法である。CCAIも密度と動粘度を用いて簡易的に計算する。いずれも基本的には石油由来の炭化水素をベースとする燃料を対象とし、SVO、FAMEなどの含酸素燃料への適用は検証されていない。2009年のJATOPの報告⁴⁾では、FAME10%以上混合時にはセタン指数とセタン価の乖離が大きくなるため、セタン指数の適用はできないとしている。一般にバイオ燃料の着火性は船用重油に比べて良好であるが、確認をする場合には上記CFRエンジンを用いるセタン価を使うか、英国エネルギー協会の試験規格IP 541に準拠するFCA試験などを利用することができる。

（4）硫黄分

重油中の硫黄分が多いとディーゼル機関のシリンダーライナーやピストンリングの摩耗の原因となる。また排ガス中のSO_xはPMの主成分であり、排ガス温度が下がると結露硫酸となり腐食性を示す。大気汚染防止を目的とした規制への適合が必要である。低硫黄燃料では、潤滑性が低くなることが指摘されているが、これは自動車用軽油（10 ppm以下）のような極低濃度の場合であり、現在の船用燃料油の硫黄分（0.50%以下）では問題とはならない（実際に問題になるとされるのは0.05%（500 ppm）以下といわれている）。FAME、HVO、は硫黄分をほとんど含まないため、混合量が多くなる場合はシリンダー油等の潤滑油の選択など注意が必要である。

(5) 引火点

国際海運においては、SOLAS条約によって船用燃料の引火点は60°C以上とされており、ISO 8217でもDMXグレード以外は60°C以上となっている。一方で、国内では消防法で第3石油類の引火点は70°C以上とされており、第2石油類（21°C以上70°C未満）になると、消防法と関係して陸上の貯蔵要件が変わる。このため、国内では船用重油の引火点は70~150°Cの範囲にある。引火点は物理的な定数ではなく、試験法などによって値が変わる。また、引火点以下で保管されていてもタンクのヘッドスペースが可燃範囲に入ることもある。FAMEは一般的には引火点が高い（JIS K 2390では100°C以上）が、原料によって異なる（例えば、コーン油FAMEで160°C程度、菜種油FAMEで200°C程度）。また、製造工程で使用されたメタノールの除去が不十分な場合、引火点が下がる可能性がある。

(6) 酸価

酸価は油の中の酸性成分（弱酸成分と強酸成分）の全量、すなわちナフテン系、添加剤中の酸性物質、使用中に生成した有機酸などすべてを合せた量を意味し、全酸価（Total acid number, TAN）とも呼ばれる。燃料1gに含まれる酸性物質の量を中和するのに必要な水酸化カリウム（KOH）の量（mg）で評価する。FAME（B100）では主に遊離脂肪酸量を推定するために利用されている。酸価は燃料が酸化劣化すると大きくなるが、船用重油には硫黄分が含まれているため、自動車用燃料に比べ酸価は比較的高い値を示す。FAME、SVOにおいては、デポジット形成や金属の腐食などを引き起こす酸化劣化の指標として利用できることが知られている。

(7) ドライスラッジ²⁾

5-1) TSE : Total Sediment Existent, 実在セジメント

燃料中のスラッジ量を評価することで燃料の安定性を評価する。TSEは、ある瞬間に燃料中に存在するスラッジをろ過し、フィルタ上に回収されたスラッジ量を計量することによって測定する。TSEには有機と無機のスラッジが含まれる

5-2) TSP : Total Sediment Potential, 潜在セジメント

サンプルを所定の条件下で100°C、24時間エージングした後の総スラッジ、すなわち、加熱によって燃料にストレスを与えた後のスラッジ量である。この方法は、熱応力を加えたときに形成される可能性のあるスラッジの最大量を示すと予想される。

(8) 酸化安定性

FAME、SVOは、時間の経過とともに劣化し、ガム状のポリマーや不溶性物質などの不純物を形成し、配管やエンジンにデポジットが形成される可能性が

ある。また、生成される有機酸は金属材料の腐食やゴム・樹脂の劣化の原因となる。したがって、使用前に燃料を長期間保管したりせずに、比較的短期間で使用することが推奨される。酸化防止剤を早い段階で添加することで、劣化を抑え、保管期間を延長できる可能性がある²⁾。

HVOについては、1章でも解説したように、2重結合を含まないため、酸化安定性は良好である。

バイオ燃料の酸化安定性は、JIS K 2390では、EN 14112またはEN 15751に従い、ランシマツ試験機で酸化誘導時間を測定することが要求されている。

(9) 残留炭素分

残留炭素分（以下、残炭分）の試験は重油、原油のほか、軽油やA重油の10%残油などに適用される。残炭分は、ディーゼルエンジンの燃焼室内におけるばいじん発生量に大きな影響を与えるため、燃焼トラブルや大気汚染の観点から重要である。バイオ燃料では残炭分はほぼゼロであるので、基本的には問題はないと考えてよい。ただし、混合相手となる重油基材の安定性によっては混合によりアスファルテンスラッジが生成する場合があるので、船上での混合には注意が必要である。

(10) 流動点

温度が下がると燃料油中に含まれるパラフィン分が析出し、燃料フィルタ閉塞などのトラブルが発生する可能性がある。透明燃料では同様の目的で、曇り点、目詰まり点なども計測されるが、国内ではバイオ燃料がA重油、またはC重油に混ぜられることが多いと考えられるため、流動点のみをピックアップする。一般には冬季などでも（流動点+10°C）程度の温度（透明燃料の曇り点に相当）に燃料油を加熱することで、パラフィン分の結晶化による燃料フィルタの目詰まりを避けることができるとされている。SVOやFAMEでは、原料の種類や製造工程によって流動点が大きく変わる可能性があるため、季節、地域、加熱設備など個船ごとの使用条件も考慮しながら、検討する必要がある。

(11) 灰分

燃料中に含まれる不燃焼性物質の総量。重油中の灰分は、通常0.00~0.03質量%程度で、原油の性状に影響される。灰分が多いと、ボイラーの加熱面への堆積による熱効率の低下や、エンジンのピストンリングなどを摩耗する。特にバナジウムの酸化物による高温腐食はバナジウムアタックと呼ばれる。また、ナトリウムやカリウムのようなアルカリ金属は、硫酸酸化物と結合して硫酸化合物を生成する。硫酸化合物はそれ自体が腐食性を持つだけでなく、バナジウム酸化物と反応して融点を低下させるため腐食を促進する。ボイラーの加熱器、エンジンの排気弁などの高温部に付着して金属腐食の原因とな

る。FAMEでは製造工程において触媒としてアルカリ金属（Na、K）が使用され、これらが残留する精製度の低いFAMEではデポジット生成などの懸念があるが、一般的に流通するFAMEでは問題が生じる可能性は低い。

(12) 外観

クリアな燃料にのみ適用される。酸化劣化により、色が濃くなることがある。

(13) 水分

一般に石油製品は、精製直後には水分は含んでいないが、貯蔵や輸送時に水分が混入することがある。極性の強いアスファルテン及びレジンには乳化性能があり、安定なW/O型エマルジョンを形成するので、重油では水分の許容値が高くなっている。SV0あるいはFAMEでは、製造工程に起因する不純物として混入する可能性がある。過剰な水の混入は、SV0やFAMEの加水分解や腐食性を高め、酸価が高くなる原因となる。船付タンク内での長期保管は結露などによって水分が増加すると、金属性タンクなどの腐食や、バクテリアやカビなどの微生物の繁殖⁵⁾を誘引する場合があるので、特に高濃度のSV0やFAME混合燃料を使用する場合は注意が必要とされている。微生物の増殖は、スラッジの過剰生成、フィルタや配管の目詰まりにつながる可能性もあるので、タンクの排水を頻繁に行い、燃料に殺生物剤を投入することで微生物の増殖の抑制・軽減が可能である。

(14) 潤滑性(WSD)

高周波往復リグ(HFRR)による潤滑性評価法。規定条件のもとで試験鋼球に発生する摩耗痕径を測定する。(4)硫黄分のところでも述べたように、自動車用軽油では低硫黄化によって潤滑性の低下が懸念されたが、船用燃料の硫黄分濃度ではほとんど関係しないと思われる。ISO 8217においてもHFRR試験が要求されるのは硫黄分0.05%以下の場合である。FAMEIに関しては、硫黄分をほとんど含まないが、潤滑性は悪くないと言われている。一方、HVOを高い割合で混合し、自動車用軽油と同等レベルになった場合は注意が必要である。

(15) V, Na

原油由来。高温腐食などの可能性。灰分の項目を参照。

(16) Al+Si

石油精製工程のFCC触媒（アルミナ、シリカ）に由来。エンジン内のシリンダライナのスカuffing・異常摩耗、燃料噴射系の固着・摩耗、ピストンロッドの損傷などに関係する。バイオ燃料には含まれないので、混合量が多くなるとFCC触媒混入によるトラブルの可能性は低くなると考えられる。

(17) 発熱量

バイオ燃料の混入により発熱量が低下する可能性がある。

付録3 その他のバイオ燃料に関する規格

(1) FAME

国内では自動車用として、バイオ燃料基材であるFAMEのB100規格があり、品確法に定める軽油の強制規格を満たしていることを条件に、5% (B5) まで混ぜることができる。B5またはそれ以上の高濃度バイオ混合燃料を既存のディーゼル車に使用する場合については、国土交通省自動車交通局（策定当時の部署名）の発行した「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン」⁶⁾ や、日本建設業連合会の「建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン」⁷⁾ がある。自動車交通局のガイドラインでは、燃料フィルタ、燃料噴射ポンプの目詰まり、ゴム部品の膨潤などの不具合発生の危険性が高まるとして、必要な車両対策や点検が記載されている。これによれば、平成18年度に実施した廃食油由来のバイオディーゼル燃料利用者へのアンケート調査で、127件の回答のうち、不具合有りの回答は57件（45%）で、主に燃料供給系（フィルタ関係、ゴム劣化、噴射ポンプ目詰まりなど）とエンジン本体（始動性低下、回転数不安定化、焼き付きなど）でのトラブルが報告されている。また、同様の調査研究は一般財団法人 石油エネルギー技術センター（JPEC）による2009年度JATOPプロジェクトでも行われているが、問題となった項目としては、常温貯蔵安定性、長期駐車後の始動時不具合、B50以上でゴム部材への影響、NOx増加、後処理装置への影響などが確認されている⁴⁾。船用エンジンでは今まで、C重油などの高硫黄で重質な燃料油を使用してきたので、自動車用の小型高速エンジンと同等のトラブルが発生するとは思われないが、船用での利用でもこれらの項目には注目すべきと考える。

➤ FAME (B100) の規格

- ・ JIS K 2390:2016 「自動車燃料-混合用脂肪酸メチルエステル (FAME)」
- ・ DIN EN 14214 : Liquid petroleum products – Fatty acid methyl esters (FAME) for use in diesel engines and heating applications – Requirements and test methods
- ・ ASTM D6751 : Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels

(2) HVO

水素化処理により完全な炭化水素構造となるため、単体（B100）でも一般的な自動車用ディーゼル燃料の規格を満たすことができる。すなわち、HVO自体は非常に高品質であり、軽油との混合には全く問題がない。ただし、船用としてA重油やC重油など残渣分（アスファルテン）を含む燃料と混合した場合、重油に含まれるアスファルテンがHVOの添加によって不安定化し、スラッジを発生させる可能性がある。このため、重油を使用している船舶において利用を検討する場合には、燃料供給元からの十分な情報収集が必要である。スラッジの発生に対する予防策については、国土交通省の発行する「2020年SOx規制適合船用燃料油使用手引書（第3版）」などを参照されたい。また、自動車用規格としてバイオ燃料基材であるHVOのB100の規格がある。

➤ HVO（B100）の規格

- ・ HVO (hydrotreated vegetable oil) または HDRD (hydrogenation-derived renewable diesel)*
- ・ DIN EN 15940 : Automotive fuels - Paraffinic diesel fuel from synthesis or hydrotreatment - Requirements and test methods
- ・ ASTM D 975 : Standard Specification for Diesel Fuel

*：単にRD（リニューアブルディーゼル）と呼ばれることもある。バイオディーゼル燃料 BDF のカテゴリの中で、FAME との差別化を図るために使われる。

(3) SVO

FAME、HVOの原料としても利用されるが、現状国内では品質規格がない。SVOをそのまま燃料として利用する場合には、清浄工程など品質管理が適切に行われていることを確認したうえで、長期保管を避けて速やかに使い切ることが重要となる。

【参考文献】

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁-石油製品の品質確保について
https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/distribution/hinnkakuhou/
2022/12/13確認
- 2) 2019 CIMAC Guideline - Marine fuel handling in connection to stability and compatibility by CIMAC WG7 Fuels
- 3) 国土交通省海事局海洋・環境政策課「燃料油の動粘度低下による燃料ポンプへの影響調査」
<https://www.mlit.go.jp/common/001284717.pdf>
2022/12/13確認
- 4) 石油エネルギー技術センター JATOP成果発表会（平成22年6月）「ディーゼル車バイオ燃料WG報告」
<https://www.pecj.or.jp/fuel/jatop/jatop-01/>
2022/12/13確認
- 5) DNV GL, TECHNICAL AND REGULATORY NEWS No.21/2020, “Using Biodiesel in Marine Diesel Engines: New Fuels, New Challenges”
- 6) 国土交通省自動車交通局技術安全部環境課「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン」（平成21年2月10日）
https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha10_hh_000025.html
2022/12/13確認
- 7) 日本建設業連合会、出版物No.0213「建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン」（2016年6月）

【参考】

ASTM D130 - Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test

銅ストリップ試験による石油製品からの銅に対する腐食性の標準試験法

試験法の概要：

石油関連製品（ジェット燃料、ガソリン、灯油、軽油、潤滑油など）の銅（銅を含む非鉄製品）に対する腐食性を評価するテスト。24 時間@100°Cで銅板をサンプル油中に浸漬後、結果は標準チャートを使って評価する。



- 1: Slight tarnish（わずかに変色）
- 2: Moderate tarnish（中程度の変色）
- 3: Dark tarnish（著しい変色）
- 4: Corrosion（腐食）

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 委員名簿

氏名	所属・役職
高橋 千織 (座長)	国立研究開発法人 海上技術安全研究所 GHG削減プロジェクト チームプロジェクトリーダー
佐々木 秀次	東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子機械工学科 准教授
平田 宏一	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 特別研究主幹
辻岡 幸司	阪神内燃機工業株式会社 執行役員 技術統括本部 技術部長
花本 健一	ダイハツディーゼル株式会社 技術統括本部 カーボンニュートラル技術部 部長
河上 隆司	大晃機械工業株式会社 船用事業部 船用設計部 部長代理
志方 真帆	伊藤忠エネクス株式会社 産業ビジネス部門 船用製品部 次世代燃料開発課 課長
林 慎也	豊田通商株式会社 カーボンニュートラルフューエル部 サステナブルソリューショングループ 課長補佐
石田 直也	阪和興業株式会社 食品・エネルギー・生活資材 新規事業推進課 課長
高橋 賢次	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 技術企画課長
十倉 拓也	一般財団法人日本海事協会 技術研究所

※所属・役職は 2022 年度当時のもの