

件名	2020 年 SOx 規制対応適合油に関する注意点	種別	UEC ディーゼル機関
		型式	UEC 全機種
		資料番号	USI-10020 改 3
		必要に応じて対応	

船舶からの排気ガス中の硫黄酸化物(SOx)や粒子状物質(PM)を低減するため、MARPOL 73/78 条約(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships: 海洋汚染防止条約)附属書VI 第 14.1.3 規則により、燃料油中の硫黄分濃度が規制されています。2015 年 1 月より規制海域(ECA: Emission Control Areas)で使用する燃料中の硫黄分が 0.1%以下に規制されており、2020 年 1 月からは規制海域以外の全海域で硫黄分が従来の 3.5%以下から 0.5%以下に規制されました。

この規制は、NOx 規制とは異なり就航済の船舶にも適用される規制であり、

- ・ 現在でも流通している硫黄分が低い留出油(硫黄分が 0.5%以下の MGO 或いは MDO)
- ・ 本規制に対応するために開発された硫黄分 0.5%以下の適合油(VLSFO: Very Low Sulphur Fuel Oil)
- ・ 排ガス中の硫黄酸化物を規制値以下に低減できる装置(EGCS: Exhaust Gas Cleaning System)などを使用しての規制適合対応を全船舶に対して実施することが必要となります。

本サービスインフォメーションは、硫黄分 0.5%以下の適合油(VLSFO: Very Low Sulphur Fuel Oil)について、使用に際して注意すべきポイント等を纏めたものです。

なお、下記のガイドラインや、その他に各船級や関係団体・関係機関から発行されている関連するガイドラインも併せてご参照ください。

- ・ CIMAC ガイドライン: 「Marine fuel handling in connection to stability and compatibility」
- ・ 日本海事協会: 「2020 年からの SOx 排出規制適合燃料油の使用に関するガイドライン」
- ・ Lloyd's Register: 「Guidance for shipowners and operators on MARPOL Annex VI Sulphur Regulation.」

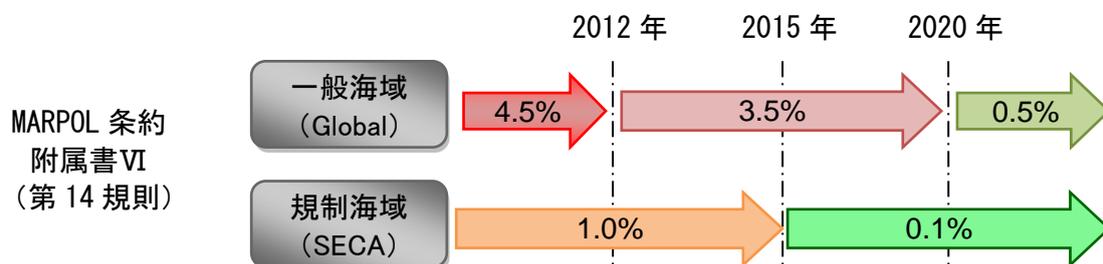


図 1 MARPOL 条約による硫黄分濃度の規制

### 【参考】

船用燃料規格は、ISO8217 にて留出油(DM)、残渣油(RM)の各々が制定されています。SOx 規制に伴う燃料中の硫黄分規制に伴い、ISO は ISO8217 を見直した改訂版を準備中ですが、改訂版の発行までは公開仕様書(Publicly Available Specification) ISO PAS 23263(2019 年 9 月発行)が使用されます。この公開仕様書の使用期限は 3 年間と規定されており、2022 年までには ISO8217 の改訂版が発行される見込みです。

右上に記載の対応レベルは、弊社が独自に設定したものであり、ユーザの皆様のご対応を決定するものではありません。  
また、この「サービスインフォメーション」に沿ったご対応の一切を保証するものではありません。  
弊社が発信する「サービスインフォメーション」について、著作権に限らず全ての権利は株式会社ジャパンエンジンコーポレーションに帰属します。

来歴	新規発行 2019 年 3 月 29 日(山本、那須、今中)	承認	点検	作成	サービス部
	改 1 誤記修正(英文版のみ) 2019 年 4 月 4 日(山本、今中)	吉田	平林	今中	開発部
	改 2 最新情報に改訂 2020 年 1 月 24 日(山本、黒田、今中)				2020 年 7 月 7 日改訂
	改 3 P4 改訂 2020 年 7 月 7 日				

### (1) 適合油を使用する場合の注意点について

硫黄分 0.5%以下の適合油 (VLSFO: Very Low Sulphur Fuel Oil、以下適合油) は、石油精製過程の様々な低硫黄基材をブレンドして製造されると予想されており、その性質は地域、製造油社、石油精製プラント、極端な場合にはバンカー毎に異なってくる可能性があります。そのため、従来の残渣油 (C 重油) と比較すると、適合油は性状のばらつきが大きくなると予想されており、特に動粘度、FCC 粒子の含有 (Al+Si)、着火性・燃焼性、低温流動性、比重のばらつき幅が大きくなる事に対しての注意が必要です。

#### 1) 硫黄分

燃料中に含まれる硫黄分は燃焼時に硫酸化物 (SO<sub>x</sub>) となり、空気中の水分と混合することで硫酸となって燃焼室構成部材を腐食させることが知られています。この硫酸による腐食 (低温腐食) を防ぐために、シリンダ油は硫酸を中和させるアルカリ価を持つものが使用されており、これまでは BN100 などのシリンダ油が使用されてきました。SO<sub>x</sub> 規制によって燃料中の硫黄濃度が 3.5%以下から 0.5%以下に制限されることで生成される硫酸は減少傾向となり、硫酸腐食リスクは減少方向となります。一方、シリンダ油の BN 値は燃料中の硫黄分に相応したものとする必要があります、過大な BN 値のシリンダ油を使用した場合 (長期運転時) には硬質スラッジ発生過多により悪影響を及ぼす場合があります。よって、適正な BN 値と十分な清浄分散性を有するシリンダ油を使用する必要があります。 (USI-10004「UEC 機関潤滑油リストについて」ご参照)

#### 2) 動粘度

動粘度が高すぎる場合、燃料噴射ポンプ内の圧力が過大となることによる燃料噴射系の損傷や、燃料噴射において適正な噴霧が形成されないことによる燃焼不良が発生することがあります。一方、動粘度が低すぎる場合には、燃料噴射ポンプのプランジャ・バレル間や、燃料噴射弁の針弁摺動部隙間の油膜形成に影響を与えることで摺動部の摩耗が増加し、最悪の場合にはスティックが発生することがあります。また動粘度が低い場合には燃料噴射ポンプや燃料噴射弁でのリーク量が増加する事から、特にプランジャ・バレルの隙間が摩耗により拡大している場合には機関の起動が出来なくなることもあります。

適合油では、バンカー毎に粘度が大きく変化する可能性があり、バンカー毎に燃料油の動粘度が適正に調整 (推奨値: 18mm<sup>2</sup>/sec 以下、3mm<sup>2</sup>/sec 以上、許容値: 18mm<sup>2</sup>/sec 以下、2mm<sup>2</sup>/sec 以上) されていることを確認する必要があります。なお、UE 機関では燃料油の加熱温度の上限値は 150°C、下限値はありません。 (ただし、後述の流動性は確保できる温度としてください。)

従い、下記の点に注意してください。

- ・ 自動的に温度を調整し動粘度調整をおこなう装置 (自動動粘度調整装置: ビスコン) が装備された船舶では、自動動粘度調整装置が正常に機能し、適正な動粘度にコントロールがされている事を確認する事が重要となります。バンカー油が変わった場合には、自動動粘度調整装置が正常に機能していること、温度コントロールによって適正な動粘度となっていることを確認してください。

- ・ 温度設定機能のみを有する(自動動粘度調整機能を持たない)装置を装備した船舶では、取扱説明書の動粘度-温度線図を元にバンカー毎に加熱温度設定を手動で変更し、温度設定後に粘度計で適正な動粘度となっていることを確認してください。  
粘度計が装備されていない場合には、粘度計を装備することを推奨します。
- ・ 動粘度が  $2\text{mm}^2/\text{s}$  を下回る可能性がある場合は、クーラ(又はチラー)により適正な動粘度が確保できるようにしてください。このとき、燃料油のワックス化が起きない様、流動点より高い温度(目安としては流動点+ $10^{\circ}\text{C}$ )とできるように、調達時に燃料を選定ください。  
(USI-10003「低硫黄・低粘度燃料使用時の注意事項について」ご参照)
- ・ 動粘度が低い適合油を使用する場合には、船体付の燃料供給ポンプ等の系統の内部リークによって燃料供給圧が低下することがあり、そのレベルは装備されている燃料供給ポンプの仕様により異なってきます。燃料を切り換える時、以前より動粘度の低い燃料油を使用する場合には、エンジン入口燃料圧力が使用範囲内にあることを確認ください。
- ・ 燃料切替えを行う場合は、急激に温度を変化させると燃料噴射ポンプのプランジャ・バレルがスティックする場合があります。これは、留出油と残渣油との切り替時だけでなく、異なる動粘度の適合油を切替える場合にも注意する必要があるため、切替え時の昇温/降温速度は  $1\sim 2^{\circ}\text{C}/\text{min}$  を推奨します。

### 3) FCC 粒子 (Cat fine)

適合油に混合される低硫黄基材の候補に、流動接触分解 (FCC) 装置からの CLO (Clarified Oil) があります。CLO は、FCC スラリー油から FCC 粒子 (Cat fine) を除去したものです。十分に FCC 粒子が除去されていない CLO が使用された場合は、適合油には多数の FCC 粒子が混入する事となります。FCC 粒子は、直径は  $5\sim 25\ \mu\text{m}$  位、主成分はアルミニウムとシリコンの酸化化合物で、その硬度は研磨剤に近く、鉄鋼に比較しても非常に硬いのが一般的です。FCC 粒子がリングライナの摺動部に侵入すると、摺動面に引っ掻き傷を創成して正常な油膜形成を妨げ、スカuffing や 燃焼ガスのブローバイを導き、過大摩耗を誘発することがあります。燃料噴射ポンプのプランジャ・バレルや燃料噴射弁の摺動面や弁シート部において研磨に近い効果があり、摩耗を促進して部品寿命に影響を与えることがあります。また、ピストン棒グランドパッキン部に侵入すると摺動面を傷つけ、摩耗を促進すると共に、グランドパッキンからの漏油が増加することがあります。

ピストンアンダーサイドドレン分析を実施することで、シリンダライナ、ピストンリングの状態をある程度推定することが可能です。一般的にドレン中に含まれる鉄分濃度が  $50\text{ppm}$  以下の場合には良好と判断されますが、 $100\text{ppm}$  を越えた場合にはアブレシブ摩耗が発生している可能性が考えられるので、燃料供給系統と、ピストンリング、シリンダライナの摺動状況を可能な限り早いタイミングで確認ください。

(ピストンアンダーサイドにドレンサンプリング管が無い機関で、ドレンの採取を検討される場合は、弊社までお問合せ下さい。)

ISO8217ではAl+Siの上限値を規定しており、2017年版では60ppm以下で規定されていますが、UE機関としてはバンカー油でAl+Si<30ppm、機関入口でAl+Si<7ppmを推奨しており、Al+Siの高い燃料を使用する必要がある場合には

- ・ セットリングタンク、サービスタンクのドレン切りの実施(1日数回)
- ・ 遠心清浄機を全数並列運転とし、1台当りの通油量をその定格容量に対し最小量に抑え、使用する燃料油の動粘度に応じて適正に加熱することで除去効率を上げて運転を実施するとともに、燃料油の比重に応じた比重板に変更する等により適正な設定にて運転を実施(詳細は清浄機メーカーにご確認ください)
- ・ ファインフィルタが装備されている機関は、燃料油供給時にそのファインフィルタを適切に使用し(含む適切なフィルタメンテナンス)、バイパスしない
- ・ フィルタの逆洗油は、主機燃料として再利用しない

等により、十分な前処理を実施することでFCC粒子が適正に取り除かれた燃料油を使用下さい。(USI-10013「FCC燃料油使用による不適合防止について」ご参照)

また、ストレージタンクの切り替えを行った直後は、タンク内のボトム付近に沈降した比較的濃度の高いFCC粒子が移送ポンプにより吸い上げられる可能性があり、また荒天時にはタンク内に沈降したFCC粒子が揺動によって舞上がる可能性があります。このような場合には、自動逆洗ファインフィルタの逆洗インターバルが短くなることが知られており、これによって検知が可能であり、上述の十分な前処理を実施することでFCC粒子が適正に取り除かれた燃料を使用下さい。

#### 4) 着火性・燃焼性

適合油に混合される低硫黄基材の候補には、LCO(Light Cycle Oil)や前述のCLOがあります。LCOやCLOは芳香族成分(アロマ分)を多く含むため、適合油は着火性、燃焼性に劣る可能性があります。

UE機関は、低速機関であることで燃焼期間が相対的に長いいため着火性の影響は小さくなりますが、例えば高速/中速機関のように比較的着火性の影響を受けやすい機関では、最悪の場合はディーゼルノックなどの燃焼不良(特に低負荷運転時)が起きることがあるので注意が必要です。

なお、ISO8217では着火性の指針としてCCAI(残渣油の場合)を規定しており、UE機関ではCCAI<850を推奨しております。また、FCA(FIA-100)による燃焼試験結果をもとにセタン価を算出した推定セタン価(ECN: Estimated Cetane Number)は、留出油及び残渣油の着火性を判断する有効な手段の一つであり、適合油の着火性・燃焼性評価の参考となります。

(CIMAC「Fuel Quality Guide - Ignition and Combustion」ご参照)

#### 5) 低温流動性

低温流動性に劣る適合油では、ワックス成分によるフィルタ閉塞や、燃料油の固形化によりタンクからの移送が困難となることがあり、主機への正常な燃料供給が阻害されることで機関の出力低下や最悪の場合は機関停止となる場合があります。また、一度ワックス化してしまった燃料油は、加熱して溶かして液体に戻すか、人手で除去することが必要となり、大きな労力が必要となるので注意が必要です。

低温流動性は主として流動点(PP: Pour Point)で定義され、流動点+10℃以上の温度に加熱して使用することが一般的に推奨されます。その他にも実際にフィルタ閉塞を起こす指標となる目詰まり点(CFPP: Cold Filter Plugging Point)以上になるように加熱温度は決定される必要があります。加熱の必要がない適合油を使用する場合には、流動点の使用温度(気温や海水温度を考慮した機関室温度やストレージタンクの下限温度)より低くなる様に、使用環境に応じた適正な燃料油を選定して調達することが重要となります。

#### 6) 比重

上述のとおり適合油には FCC 粒子を多く含む可能性があり、遠心清浄機による燃料油の前処理を高効率で実施することで FCC 粒子を適正に取り除くことが必要となります。遠心清浄機を効率的に使用するためには使用する油に対して適切な比重板(又は調節板)を使用することが重要であり、適切な比重板が取り付けられていない場合には十分な清浄が実施されないことを理解し、比重板の選定には十分な注意を払う必要があります。

#### 7) 安定性

安定性には、単体安定性(Stability)と混合安定性(Compatibility)があり、単体安定性とは加熱や長期保管によってスラッジが生成され難い安定性を、混合安定性とは二つの異なる油を混ぜた場合にスラッジが生成され難い安定性を示します。

単体安定性は燃料油の供給者側で考慮される項目で、ISO8217 の今後の改訂(2022 年を目途)にも盛り込まれる方向で協議が進んでいます。一方、混合安定性に関しては、適合油は地域、製造油社、石油精製プラント、極端な場合にはバンカー毎に組成が異なる可能性があり、これらの様々な適合油の全てに対しての混合安定性を確保することは現実的には困難であることから、基本的には「異なった油は混ぜない」ことが燃料油供給者から推奨されています。一般的には、芳香族成分(アロマ分)を主体とする燃料油と、鎖式飽和炭化水素成分(パラフィン分)を主体とする燃料油を混合した場合に、アスファルテンが析出しスラッジとなって沈降するケースがあると言われています。予防策としてスラッジ分散剤が用いられることがあり、使用する油の成分も踏まえて添加剤メーカーとよく協議して決定する必要があります。析出したスラッジによって、ストレナーの閉塞や、タンクからの移送が困難になること、燃料噴射ポンプや燃料噴射弁のスティックが発生することがあるため、可能な限り異なる二種類の油を混合させることは避ける必要がありますが、どうしても混合を避ける事ができない場合には、なるべく比重や流動点の近い油を選び、実際に混合する前に予めスポットテスト(ASTM D4740)等により混合安定性に問題が無いかを確認した上で、細心の注意をはらって実施する必要があります。

なお、従来の高硫黄残渣油(C 重油)から、適合油に切替える際には、事前にタンクや燃料供給系統の配管・装置の堆積物を清掃しておく必要があります。堆積物にはスラッジや FCC 粒子等が含まれる場合もありますので、フラッシングに使用した油を主機に使用する場合には十分な前処理を実施しておく必要があります。

## (2) 適合油使用時の部品変更について

適合油を使用する際に注意を要する点は上記(1)でご説明してきた通りですが、適合油を使用する際にエンジンとして変更が必須となる部品はありません。

然しながら、燃料噴射系の部品(特に燃料ポンプのプランジャ・バレル、燃料弁のノズルなど)については不測の事態にも対応が可能な適切な量のストックを本船上で保有されるように追加購入されることをご推奨致します。

また、適用油の燃料性状は明確に定まっておらず、性状の幅も広いため、今後、エンジンとしてピストンリングや燃料噴射系部品等で更なる耐性アップが望ましい状況となる可能性も考えられます。これらの耐性アップが可能な部品は、用意ができ次第、適宜ご紹介、ご提案させて頂くことに致します。