

硫黄分 0.1%以下の燃料での運転に関するガイドライン

適用機種：全機種

新 MARPOL (海上汚染防止条約) 付属書IVにより、硫黄排出規制海域 (SECA) における使用燃料油の硫黄分の許容最大含有量を 1.0% から 0.1% に大幅に低減した超低硫黄燃料油規制が 2015 年 1 月 1 日より導入されました。この法令を遵守するためには、オペレータは、硫黄分 0.1% 以下の燃料 (例えば留出油) を使用するか、他の硫黄分 0.1% 以下に調整された燃料を使用するか、あるいは SO_x スクラバーを設置しなければならないことを意味します。

SECA 海域は、2015 年 1 月 1 日現在、バルト海、北海、イギリス海峡、加えて米国沿岸、プエルトリコと米国領バージン諸島 (米国カリブ海 ECA)、カナダ沿岸から 200 海里を含む範囲です。更に、一般海域においても、2020 年または 2025 年 (いずれかは 2018 年に決定) 以降、現行最大 3.5% から 0.5% に規制強化が図られる計画です。

このような状況の中、船の運航に携わる関係者は、どのような性状の燃料油がバンカーされたのかを知り、そしてそれに対する具体的な問題点と適切な対応を乗組員に周知することが以前にも増して重要になります。また、シリンダコンディションを注意深く監視し、適切な対応を取らなければなりません。

本サービス情報 (HSD) では、MAN Diesel & Turbo が提唱している“硫黄分 0.1% 以下の燃料での運転に関するガイドライン”に基づき、次の主要項目をポイントに、硫黄分 0.1% 以下の燃料での安全かつ信頼できる運転を確保するための指針と推奨事項を詳述しています。

- 低 BN シリンダ油 — いつ、どのように低 BN 油を適用するか
- ISO 8217 および硫黄分 0.1% 以下の新タイプ燃料油 (ULSFO: Ultra Low Sulphur Fuel Oil)
 - 異なる標準燃料グレードの主要特性
- 粘度および燃料ポンプ圧力 — 燃料の粘度は機関入口で 2cSt 以上を維持しなければならない。かつ、燃料ポンプは適切な状態を維持しなければならない。

MAN B&W 2 ストロークエンジンは、低質重油 (HFO) での運転に最適化されています。しかしながら、次に示すような適切な対策をとれば硫黄分 0.1% 以下の燃料が使用できます。

1. 燃料の粘度は、機関入口で 2cSt 以上を維持
2. 硫黄分 0.1% 以下の燃料で運転する場合 : 直ちに低 BN 油 (15-40BN) に切替え
3. 積み込んだ燃料がどのような性状の燃料かを知り、乗組員に具体的な問題点を周知徹底
4. 常に触媒粒子 (アルミナ・シリカ) (以降 Cat-fines (Al+Si) とする) を除去
5. シリンダコンディションを監視し、それに応じた対応実施

本書の発行により留出油等の低硫黄燃料に対する運転やシリンダ注油に関する取扱いについて述べた HSD B09105 は、本書に置き換えられます。ただし、本書に述べられていない高硫黄燃料に対しては、従来のガイダンスを遵守してください。

備考：初版：2015.10.1

改正1：高硫黄燃料、低硫黄燃料の硫黄分%を追記 (3/17 ページ) 2018.4.9

目 次

1. 低 BN シリンダ油	3
2. 船用燃料油の標準:ISO 8217-2012	6
3. 硫黄分 0.1%以下の新タイプ燃料油	6
4. 粘度	7
5. 燃料ポンプ圧力	10
6. 潤滑性能	11
7. Cat-fines (Al+Si)	11
8. 燃料油温度:流動点	13
9. 燃料油相互の親和性	13
10. 燃料切替え要領	14
11. 低硫黄バイオ燃料	16
補足説明	17

1. 低 BN シリンダ油

現在まで船用低速エンジンおよびそれらの潤滑剤は、高硫黄含有率の低質重油での運転に対して最適化されてきました。燃焼過程で硫黄は、三酸化硫黄(SO₃)に変化します。SO₃は、燃焼および掃気からの水分と結合し、硫酸(H₂SO₄)を形成します。シリンダライナ壁温が硫酸と水の露点温度以下になると、ライナ壁面に腐食性化合物が凝縮されます。高アルカリ潤滑剤(高 BN 油)は、酸を中和し、ピストンリングおよびシリンダライナ壁の腐食を防ぎます。

留出油のような硫黄分 0.1%以下の燃料、硫黄分 0.1%以下に調整された新しいタイプの超低硫黄燃料油(ULSFO)、LNG、メタノール、エタンおよび LPG で運転する場合、燃焼室内に硫酸はほとんど形成されません。そのため、シリンダ油の添加剤は、中和目的に対して消化しきれず、デポジットとして蓄積する傾向があります。これらのデポジットは、油膜の形成を阻害し、ピストンリングの動きを妨げます。このことは、ピストンリングとライナの微細な焼付きにつながりスカフィングのリスクを高めます。デポジットが形成され、腐食が全くない状態は、ライナ表面が鏡面状態になるリスクが増加し、摩耗の増加やスカフィングに繋がります。そのため、シリンダコンディションの点検をこまめに行うことを推奨します。

SECA海域、すなわち、硫黄分 0.1%以下の燃料で長期運転をする機関に対しては、焼付きおよびスカフィングのリスクを低減する方策としてサーメットコーティングを施したピストンリングの適用が有効です。適用にあたっては、当社にご相談ください。

潤滑計画

デポジット形成による弊害は、デポジットを生成する添加剤の量が少なく、かつ(低 BN 油においても)高澄清性のシリンダ油を使用し、推奨する最小注油率で運転することにより回避できます。注油率は、最新サービス情報に指定されている最小注油率に低減すべきです。

一般的な方策は、高硫黄燃料油(硫黄分 1.5%以上)で運転する場合は高 BN シリンダ油(70-100BN)を、低硫黄燃料油(硫黄分 1.5%未満)で運転する場合は低 BN 油(15-40BN)を使用することです。適切なシリンダ油の選定方法の概略を図 1 に示します。

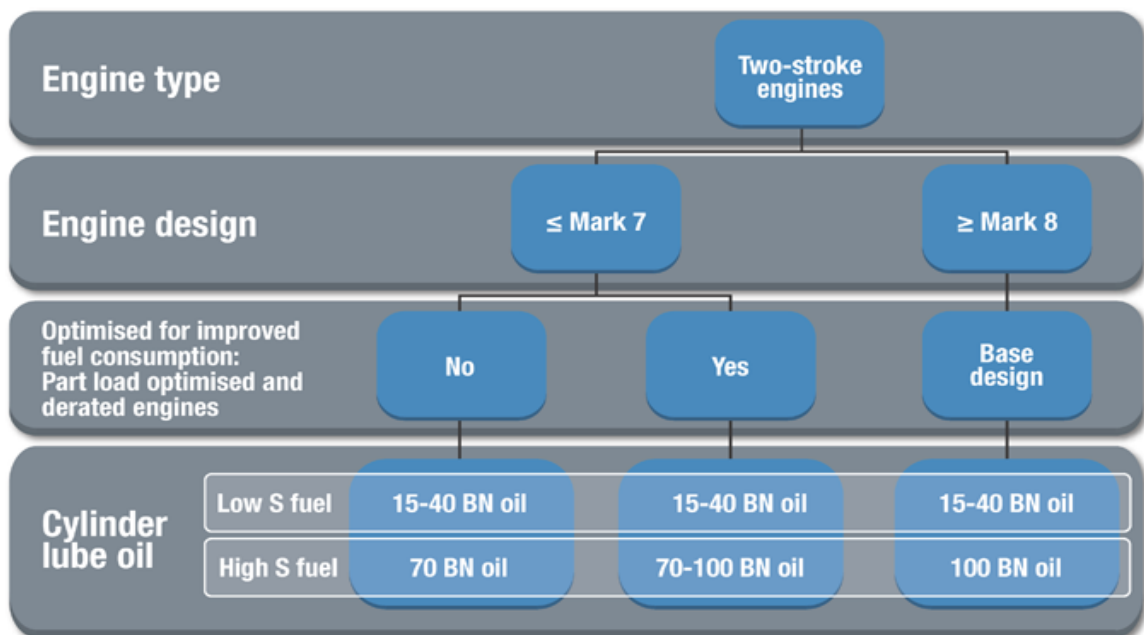


図1 適切なシリンダ油の選定方法の概略

Low S fuel(硫黄分 1.5%未満) = 留出油、ULSFO、LNG、メタノール、エタンおよび LPG を含む低硫黄燃料
 High S fuel(硫黄分 1.5%以上) = 高硫黄燃料

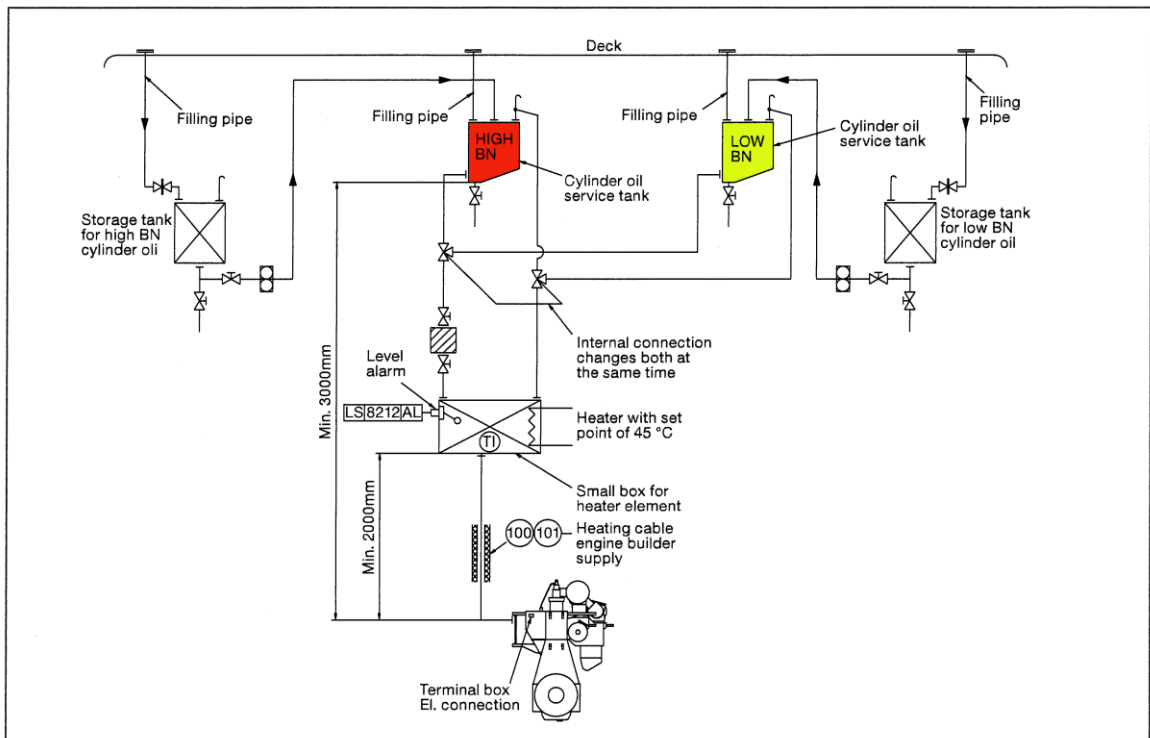


図2 ME 機関の推奨シリンダ注油システム
 同等のシステムがアルファ注油器または機械式注油器を使用した MC 機関に設置されるべきである。

硫黄分 0.1%以下の燃料に切替える場合、燃料切替えと同時にシリンダ油も低 BN 油に切替えることを推奨します。硫黄分 0.1%以下の燃料で運転するときは、高 BN のシリンダ油の使用を推奨しません。この推奨は、全ての機種、Mark ナンバーおよび全てのシリンダ注油器タイプ: 電子式 (ME およびアルファ注油器) および機械式 (例えば山科製や Hans Jensen 製など) に有効です。シリンダ注油に関するサービス情報 HSD-B14101 および HSD-B0602 も参照してください。

そのため、低 BN 用と高 BN 用の 2 つのサービスタンクを設置することを推奨します。(図 2 参照)

現在、市場には異なった 3 種類の BN レベル: 17、25 および 40 の低 BN 油が存在します。しかしながら、開発は継続されており将来的にはさらに他の BN レベルの油が製造され、市場に投入される可能性があります。低 BN 油の良好な清浄性や拡散性、極圧性などの特性が最も重要な要素となります。

シリンダ油の中和能力は、BN によって変わるため、使用できる燃料油も最大硫黄含有率で変わります。燃料の硫黄含有率とそれに適用するシリンダ油 BN の推奨を表 1 に示します。

比較的高硫黄の燃料油に対して低 BN 油を使用する場合 (例えば 0.75%S と 25BN 油)、電子式注油器の通常の ACC または注油率 (Feed Rate Factor :FRF) に従って注油率を増加することを推奨します。

表1 低 BN シリンダ油に対する燃料硫黄分の適用範囲

シリンダ油 BN	最少硫黄含有率 %	最大硫黄含有率 %
15-24	0	0.5
25-34	0	1.0
35-40	0	1.5

硫黄分 0.1%以下の燃料油で運転する場合、運転時間の長さに関わらず最も低い BN 値の油 (17 および 25BN) が最適と考えます。しかしながら 40BN 油は、このような燃料油に対しては短期間運転なら問題なく、連続運転時間として最大 1-2 週間程度を推奨します。(表 2 参照)

掃気室から採取した使用油のサンプル(ドレン油または掻き落とし油と呼ばれる)は、シリンダコンディションの評価に使用することができます。ドレン油を分析することによって、シリンダコンディションが通常の範囲内にあるのか、あるいは処置(例えば注油率の調整または燃料油中の触媒を除去など)すべきなのかが明らかになります。

硫黄分 0.1%以下の燃料での運転ではライナの腐食が少ないため、鉄分(Fe)の通常値は 50-100ppm の範囲で、残存 BN は元の BN より 5-10BN 少ない値と予測しています。警戒すべきレベルの指針を表 3 に示します。

表 4 は、現在国際市場で入手できる低 BN シリンダ油の銘柄例を示します。

要約 1: 低 BN シリンダ油

1. 推奨は、全ての機種および Mark ナンバーに有効
2. 硫黄分 0.1%以下の燃料で運転時、低 BN 油 (15-40BN) を使用
3. 硫黄分 0.1%以下の燃料に切替えと同時に低 BN 油に切替え
4. 硫黄分 0.1%以下の燃料で運転時: 電子式注油器の場合、最小注油率(0.6-0.7 g/kWh) になるように最適化
機械式注油器の場合は、固定注油率を使用
5. 高 BN 油と低 BN 油の 2 つのサービスタンクを準備
6. シリンダコンディションを監視し、その結果に応じて対応

表2 硫黄分 0.1%以下の燃料での推奨運転時間

シリンダ油 BN	硫黄分 0.1%以下の燃料での推奨運転時間
15-30	短期、長期とも制限なし
30-40	1-2 週間以内

表3 硫黄分 0.1%以下の燃料における掃気ドレン油の警戒レベル

シリンダ油 BN	掃気ドレン油 - 指針	
	残存 BN	鉄分 ppm
15-24	>5-10	<100-200 機関型式による
25-34	>5-15	<100-200 機関型式による
35-40	>10-20	<100-200 機関型式による

表4 国際市場での低 BN シリンダ油の銘柄例

Oil company	Name of Oil	BN
Aegean	Alfacylo 525 DF	25
	Alfacylo 540 LS	40
Castrol	Cyltech 40SX	40
Chevron	Taro Special HT LF	25
	Taro Special HT LS	40
ExxonMobil	Mobilgard 525	25
Gulf Oil Marine	GulfSea Cylcare ECA 50	17
	GulfSea Cylcare DCA 5040H	40
Indian Oil Corp.	Servo Marine LB 1750	17
JX Nippon Oil & Energy	JX C255	25
	Marine C405	40
Lukoil	Navigo 40 MCL	40
Shell	Alexia S3	25
Sinopec	Sinopec MCO 5025	25
	Marine Cylinder Oil 5040	40
Total	Talusia LS 25	25
	Talusia LS 40	40

2. 船用燃料油の標準:ISO 8217-2012

現在の ISO 8217-2012 船用燃料油規格は、3つの異なる留出油等級(DM)および数種類の残渣油等級を指定しています。表5は、最大0.1%硫黄制限を満足する燃料の主要性状を示します。

表5 船用燃料の ISO 標準の主要性状 ISO 8217-2012

Key characteristics	Unit	Limit	留出油			残渣油		
			DMA	DMZ	DMB	RMA 10	RMB 30	RMD 80
Density at 15°C	kg/m ³	Max	890	890	900	920	960	975
Viscosity at 40°C	mm ² /s (cSt)	Min.	2.00	3.00	2.00	-	-	-
		Max.	6.0	6.0	11.0	-	-	-
Viscosity at 50°C	mm ² /s (cSt)	Max.	-	-	-	10.0	30.0	80.0
Sulphur	% m/m	Max.	1.50	1.50	2.00	max. 0.1% in SECA		
Flash point	°C	Min.	60	60	60	60	60	60
Pour point (winter)	°C	Max.	-6.0	-6.0	0.0	0	0	30
Acid number	mg KOH/g	Max.	0.5	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5
Al+Si	ppm m/m	Max.	-	-	-	25	40	40
Lubricity	µm	Max.	520	520	520	-	-	-

3. 硫黄分 0.1%以下の新タイプ燃料油

新タイプの硫黄分0.1%燃料油は、SECA海域での0.1%硫黄制限に対応するために市場に投入されたもので、それらは一般に超低硫黄燃料油(Ultra-Low-Sulphur Fuel Oil :ULSFO)と呼ばれます。一般的にこれらは従来の留出油ではなく、ブレンド品または、今まで船用燃料としてあまり利用されなかった精製過程の産物です。これらの新タイプ燃料は、MAN B&Wの2ストローク機関に適していると期待しています。しかし、燃料が安全で効率よく使われることを確実にするため、通常と同じように油メーカーの推奨、取扱説明書およびBEST PRACTISE SHEETを理解し、対処することが重要です。

超低硫黄燃料油:ULSFOの一般的な特徴は、次の通りです。

- ISO 8217の留出油等級より高粘度(4節参照)
- Cat-fines(Al+Si)を含む(7節参照)
- 流動点が高い(8節参照)
- 他燃料油との混合時において親和性に問題あり(9節参照)

硫黄分0.1%の新タイプ燃料油(ULSFO)の主要性状を表6に示します。懸念される部分を黄色で示します。

表6 硫黄分 0.1%以下の新タイプ燃料油 (ULSFO)の主要性状例

Key characteristics	Unit	Limit	Supplier A	Supplier B	Supplier C	Supplier D	Supplier E
Density at 15°C	kg/m ³	Max.	895-915	870-930	928	910	845
Viscosity at 40°C	mm ² /s (=cSt)	Min.	40	-	45	-	-
		Max.	75	-	65	-	-
Viscosity at 50°C	mm ² /s (=cSt)	-	-	8-25	30-40	65	8.8
Sulphur	% m/m	Max.	0.1	0.1	0.1	0.095	0.03
Flash point	°C	Min.	70	60-80	70	60	70
Pour point (winter)	°C	Max.	15-30	18-21	20-25	20	21
Acid number	mg KOH/g	Max.	0.1	0.1-0.2	2.5	2.5	0.04
Al+Si	ppm m/m	Max.	<0.3	12-15	10-20	17	<1
Lubricity	µm	Max.	<320	-	-	520	328

要約 2 および 3:硫黄分 0.1%以下の ISO 8217 および新タイプ燃料油 (ULSFO)

- 異なる燃料等級規格の主要性状について現船用燃料の ISO 8217 規格を調査
- ULSFO の粘度は留出油より高い。
- Cat-fines (Al+Si) は、清浄システムを常時使用して除去
- ULSFO の流動点は留出油より高い、温度を流動点以上に保持
- 親和性に関して異種燃料の混合は不可、専用タンクを使用
- 低 BN シリンダ油に変更
- どのような性状の燃料油を積み込んだかを知り、乗組員に適切な行動を周知徹底

4. 粘度

機関入口における燃料油推奨粘度を表7に示します。粘度の下限値は 2cSt です。図3-5は、低粘度および中粘度の船用燃料油の代表的な粘度と温度の関係を示します。低粘度の燃料の場合、加熱し過ぎて粘度が低下し過ぎないように注意が必要です。

表7 機関入口での推奨燃料油粘度

範囲	機関入口での燃料油粘度
Min.	2 cSt
Normal	10-15 cSt
Max.	20 cSt

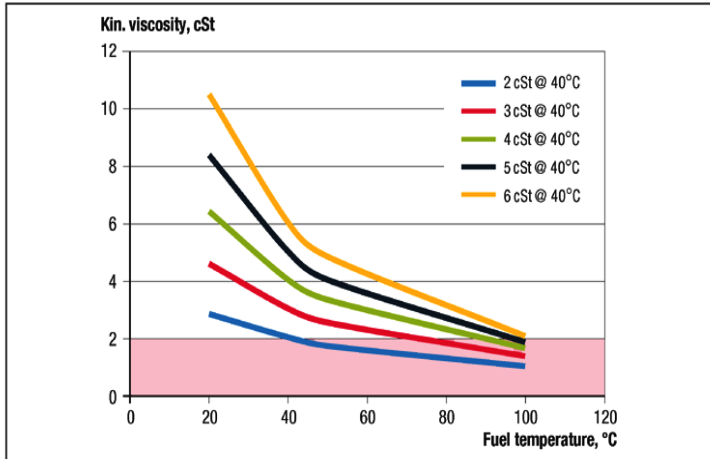


図3 超低粘度燃料の温度－粘度の関係

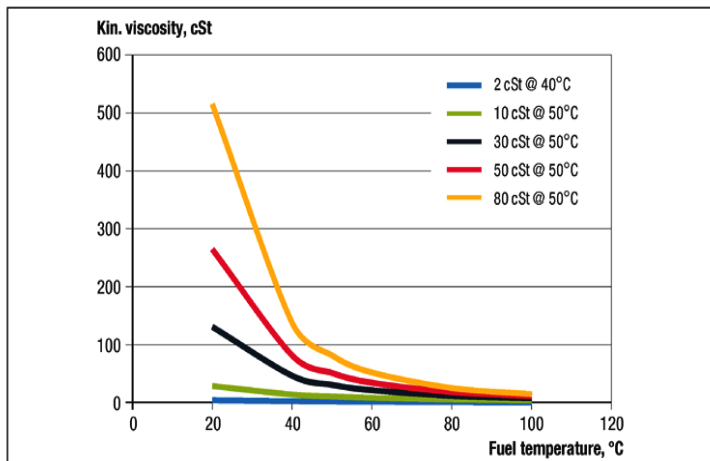


図4 低-中粘度燃料の温度－粘度の関係

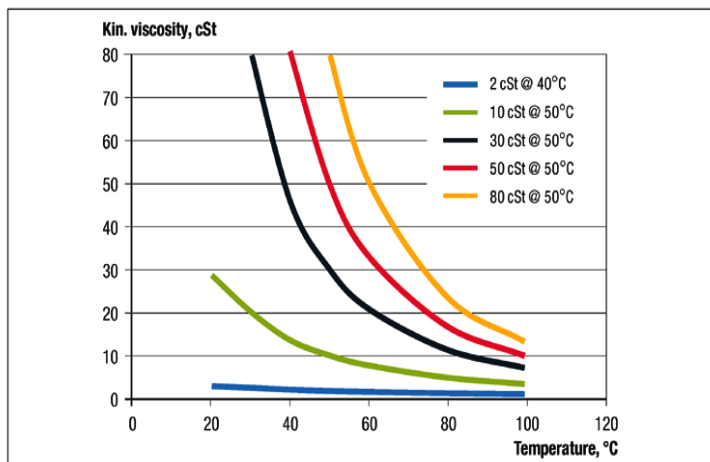


図5 低-中粘度燃料の温度－粘度の関係

機関室内の燃料システム(供給および循環システム)は、燃料の加熱に様々な効果があり、それによって機関入口に到達した燃料油の粘度にも多様な影響があります。現在の機関室内の燃料システムは、ほとんど HFO での運転に最適な設計となっています。これは温度を高く保つことを意味します。低粘度燃料で運転する場合、燃料システムの温度は機関入口での粘度が適切になるようにできるだけ低くなければなりません。

低粘度燃料は燃料ポンプの機能に対し以下の3つの課題があります。

1. 焼付きにつながる流体力学的油膜破壊
2. 起動および低負荷運転困難に繋がる不十分な噴射圧
3. 加速の制限に繋がる燃料インデックスの余裕不足

起動および低負荷運転中の粘度の許容値に影響を与える要因:

- 機関の状態とメンテナンス
- 燃料ポンプの摩耗
- 機関調整“主に起動時の燃料インデックス(起動インデックス)”
- 燃料油系統の実際の燃料温度

これらの要因を同時に最適化することは、かなり困難です。これは粘度範囲下限での燃料運転を複雑にします。より高い安全性と信頼性を確保するため、また機関入口での必要粘度を維持するために、図 6 に示すようなクーラを持った燃料システムが必要となるでしょう。

クーラは、非常に低粘度の留出油に対しては、船上の冷却水では燃料を十分に冷却できない可能性があります。そのような場合、冷凍機を設置します。しかしながら、この方法は、あまり用いられていません。

燃料粘度の影響を受けるのは燃料ポンプだけではありません。機関室内のほとんどのポンプ(供給ポンプ、循環ポンプ、移送ポンプおよび遠心分離機の供給ポンプ)についても正常に機能するためには 2cSt 以上の粘度が必要です。使用しているポンプのメーカーに連絡し、助言を求めることを推奨します。

燃料ポンプ:ドレンオーバーフロータンク

通常の運転中、少量の燃料が燃料ポンプを通して漏れます。これはきれいな燃料で従来から HFO セットリングタンクに戻されます。SECA 海域での新規制では、留出油または ULSFO での運転時間がより増えるためドレンシステムを以下の選択肢または図 6 のうちのいずれかに改造することを推奨します。

1. オーバーフロータンクを 2 つにする。1つは HFO セットリングタンクに接続し、もう1つは留出油または ULSFO のタンクに接続する。
2. オーバーフロータンクから予備ラインを増設する。オーバーフロータンクは、HFO セットリングタンクおよび留出油または ULSFO タンクの両方へ配管する。オーバーフロータンクは、異なる燃料に切替える前に空にしなければならない。

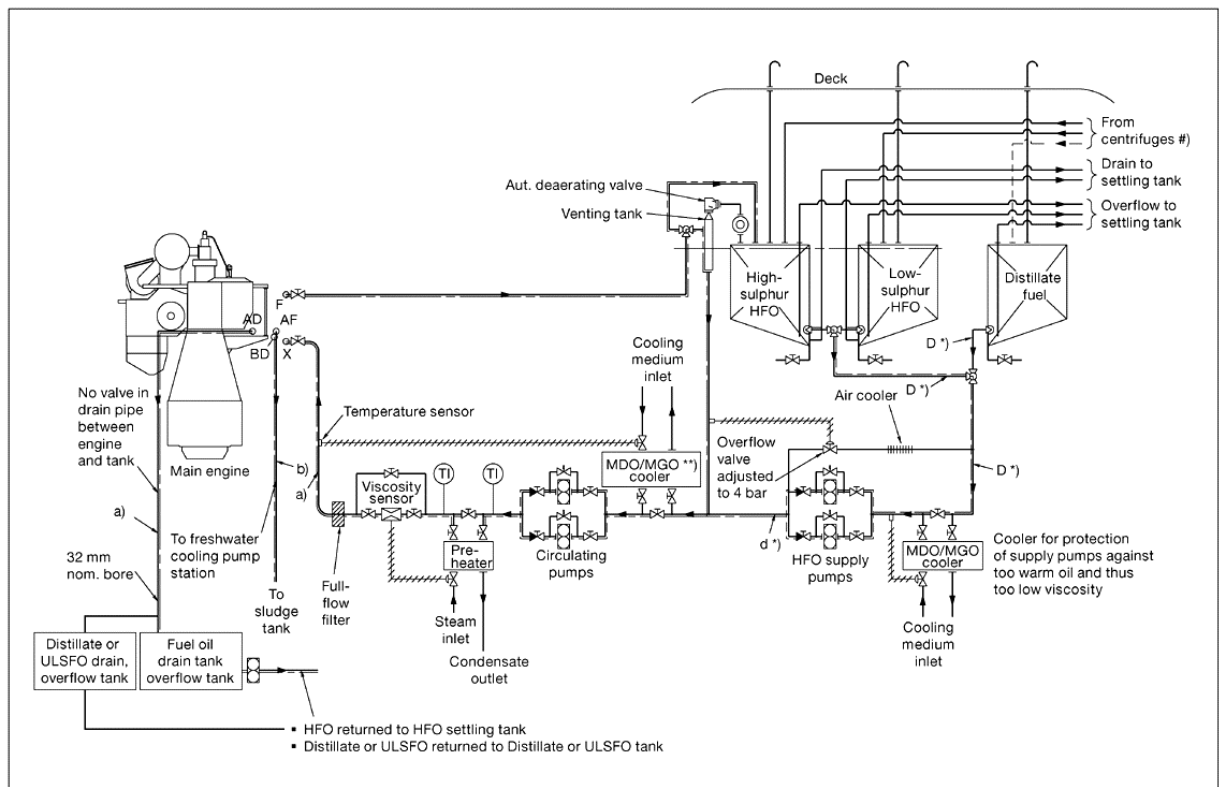


図6 循環系等および供給システムにもクーラを設置した燃料システム
現在の供給システムのポンプは、2cSt 未満の燃料を処理できる

燃料の親和性に問題があるかもしれないため異なる燃料の流れは分けておくことも重要です。燃料ポンプからのドレンは、通常 HFO セットリングタンク内の量に比べて少ないため、燃料ポンプドレンが HFO セットリングタンクに導かれる従来の方法が深刻な問題を引き起こす原因になるとは考えられません。燃料の親和性に関して 9 節も参照してください。

5. 燃料ポンプ圧力

燃料ポンプの圧力は、燃料弁を開け、燃料を噴射し、燃焼させるために十分高くなければなりません。摩耗した燃料ポンプは、噴射に必要な圧力に達しないため起動困難の事態に陥る危険性が増します。

MC 機関では、燃料ポンプ摩耗の兆候は、実際の燃料ポンプマークを確認し、陸上運転記録と比較することでわかります。大まかには、海上運転と同じ条件下で且つ HFO 運転でポンプマークが 5-10% またはそれ以上増加していればポンプは摩耗していると考えられます。そのような燃料ポンプは、良好な機関性能を得るために交換しなければなりません。海上で交換が必要になったときに備えて十分な予備品を船に保管しておくことを推奨します。

従来の燃料ポンプと燃料ブースター

には、図 7-8 に示すようなデザインの相違があるため、燃料ブースターを採用している ME/ME-C/ME-B 機関は、従来デザインの MC/MC-C 機関に比べて低粘度燃料に対して有利です。

定期的に起動チェックを行うことが賢明で、低粘度燃料での運転が予想される危険性の高い領域（例えば、港や他の混雑した海域）に入る前に起動チェックを行うべきです。このようなチェックによって摩耗したポンプをもつ個々の機関の低粘度に対する限界を知ることができます。このチェックを以下の方法で年 2 回行うことを推奨します。

1. 安全な運転区域で留出油に切替える。
2. 異なった運転条件、例えば起動、アイドル、後進および安定した低回転で 3、2.5 および 2cSt の粘度に相当する温度に機関入口燃料油温度を徐々に変化させる。前進／後進の起動試験を制御室から行う。
 - 2a. 必要に応じて特定の粘度で機関を起動できた場合、機関はこの粘度レベルで運転が可能です。
 - 2b. 機関を起動できなかった場合、ガバナの起動時の燃料インデックス(起動インデックス)を調整すべきです。

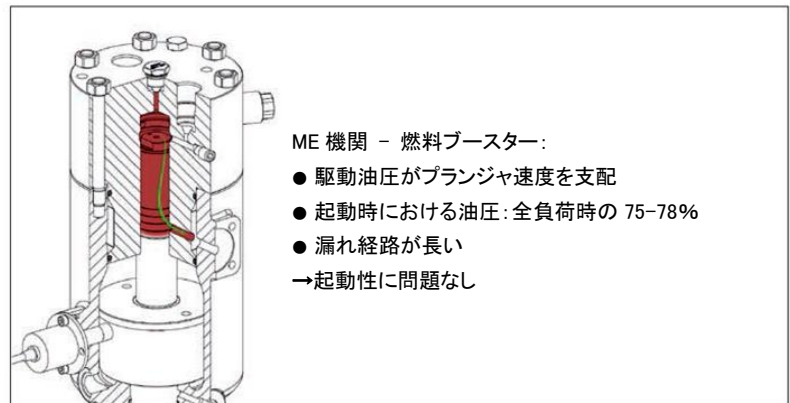


図7 ME 機関の燃料ポンプ: 起動時の特性

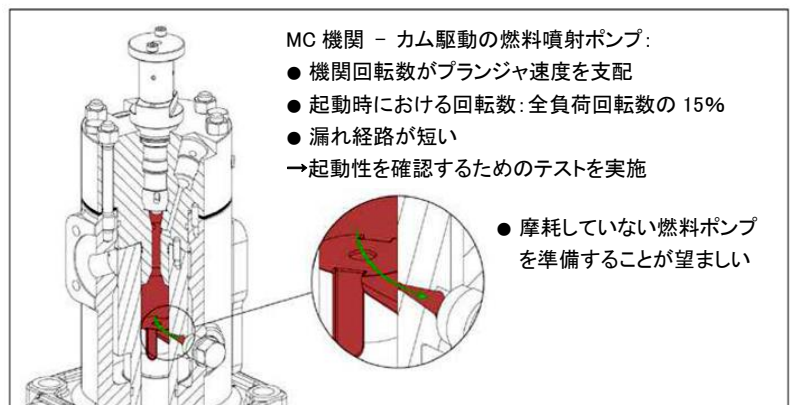


図8 MC 機関の燃料ポンプ: 起動時の特性

起動チェックの結果により、例えば燃料ポンプの摩耗、機関調整および燃料油温度が原因で船のシステムで達成できる粘度より高い粘度が必要となることなどがわかります。さらにテストおよび計算から、摩耗した燃料ポンプをもつ MC 機関では、粘度 2cSt では起動不能になることがわかります。

要約 4 および 5: 粘度および燃料ポンプ圧力

1. どのような性状の燃料が積み込まれたかを知る。
2. 燃料の粘度は、機関入口で 2cSt 以上を保持しなければならない。
3. 燃料ポンプは、適切な状態を維持しなければならない。もしできなければ特に MC 機関において起動の問題が発生する可能性がある。
4. 適切な燃料システム: 必要な冷却装置が機能しているか/設置されているかを確認する。

6. 潤滑性能

油から硫黄を除去する精製過程は、その潤滑性を燃料に付与する成分にも強い影響を与えます。多くの精製業者は、留出油に潤滑性向上剤を添加します。潤滑性が不足しすぎると燃料ポンプの焼付きにつながる場合があります。しかし、MAN Diesel & Turbo では、燃料の潤滑性を大きな問題としてとらえていません。そして、次のように述べています。

これまでに燃料の潤滑性が原因で不具合を起こしたという経験したことも、聞いたこともない。我々の研究結果は、潤滑性の欠如で不具合を引き起こすことがないことを示している。通常、潤滑性向上剤使用の必要性を考えていない。しかしながら、潤滑性に問題が生じた場合には、潤滑性向上剤を試してみる価値があるかも知れない。

MAN Diesel & Turbo では、潤滑性の限界として ISO 8217-2012 : (HFRR <High-Frequency Reciprocating Rig 高周波往復運動リグ>の摩耗痕限度: 520 μ m)を採用しています。硫黄分 0.05%以下の燃料を使用する前に潤滑性を試験することを推奨しています。研究機関は、ISO 12156-1 に従って潤滑性の試験を行うことができます。

7. Cat-fine (Al+Si)

低質重油 (HFO) と同じように硫黄分 0.1% 以下の新タイプ燃料油にも Cat-fines が入っています。(3 節 ULSFO 参照) Cat-fines は、精製過程で生じる微細で非常に硬い粒子です。それらは機関の摩耗を促進するので、燃料を清浄し、Cat-fines を除去するために、適切な洗浄および状態管理システムを使用することを強く推奨します。

船の従来のディーゼルシステムは、かなり低温で低粘度の燃料で運転できるようになっています。HFO 洗浄システムに比較して、分離機および予熱器は小さく、電子機器は安全性を保障していない場合があります。留出油の粘度と硫黄分 0.1% 以下の新タイプ燃料油 (ULSFO) の粘度は、大きく異なっているので、燃料洗浄時における推奨温度が異なることに注意を払うことが重要です。(表 8 参照)

表8 分離機内の洗浄時の推奨燃料油温度

燃料タイプ	分離機内の最低燃料油温度
留出油	40 - 50℃
ULSFO	98℃
HFO	98℃以上

洗浄システムはより高温で、且つより少ない推奨流量での運転に合わせて設計されていなければなりません。洗浄中、温度が低すぎたり分離機を通過する流量が多すぎたりすると、水分、Cat-fines、スラッジおよびその他の汚染物を十分に除去できないことになります。(図 9 参照)

Cat-fines のレベルは機関入口前で可能な限り低く保つべきで、最大レベルは 10ppm です。(図 10 参照)

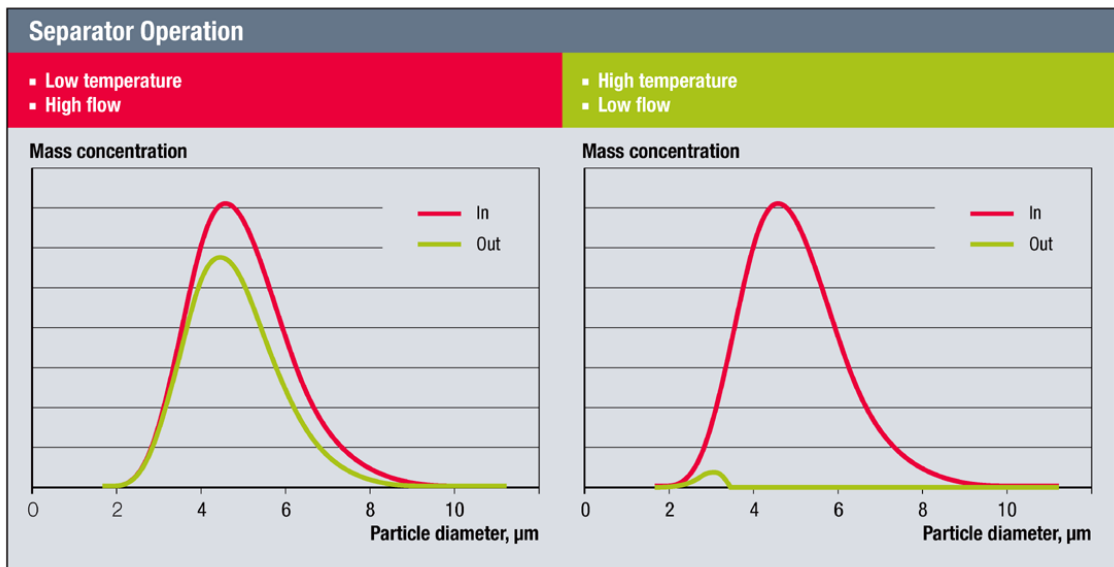


図9 異なるパラメータでの分離機の運転
高温で小流量の方が洗浄効果が高いことに注意。

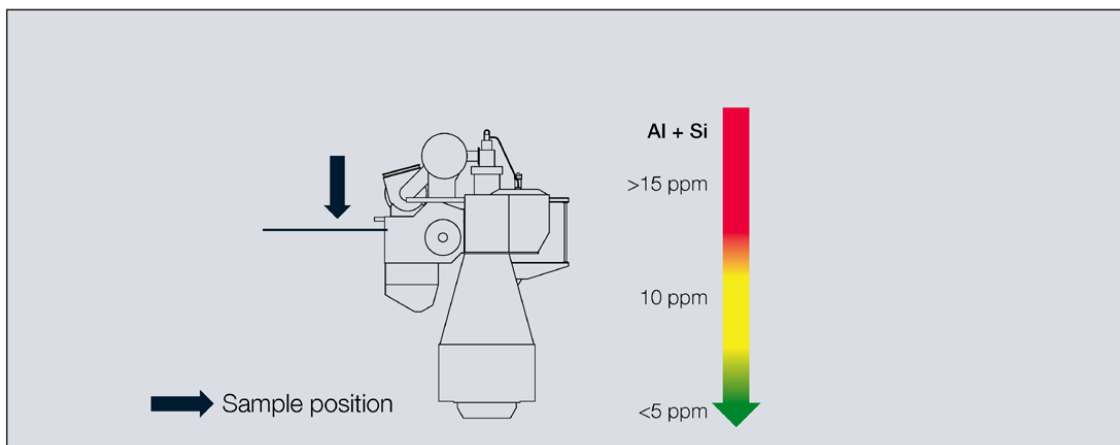


図 10 機関入口での燃料内の cat-fines の推奨最大含有量

8. 燃料油温度：流動点

タンクおよび配管内の温度は、燃料の流動点以上の温度にしてください。温度が曇り点を下回るとワックス状の沈殿物を形成し、フィルタやその他の機器が詰まり、温度が流動点を下回ると燃料が流れなくなります。(図 11 参照)

燃料が曇り点以上に再加熱されれば、ワックス状の沈殿物は再び分解し、燃料が流動点以上に再加熱されれば再び流れるようになります。しかしこれは、タンクおよび系統内の燃料の適切な熱分布と良好な再循環を必要とします。これは燃料がタンク内かまたは外部ヒータを介して再循環することにより加熱されることを意味します。(図 12 参照) ワックス状の沈殿物の深刻なケースを図 13 に示します。

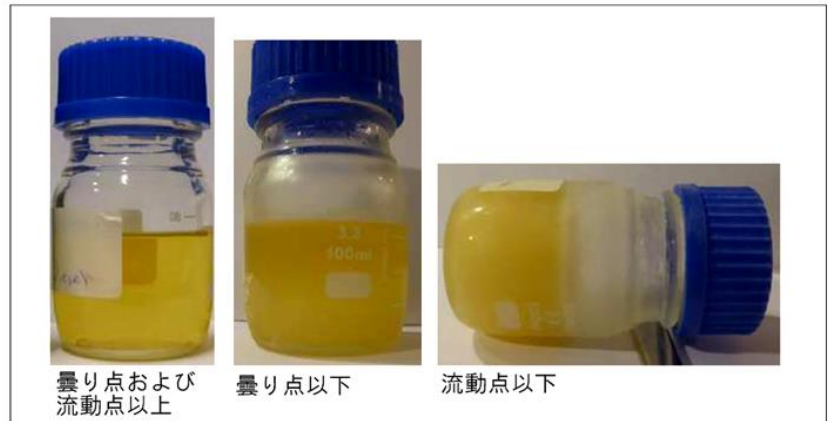


図 11 異なる温度での留出油のサンプル写真

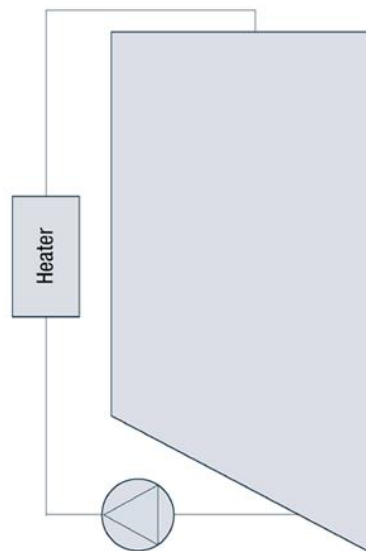


図 12 タンク構成の概略例：
燃料の再循環と外部ヒータによる加熱



図 13 ワックス状沈殿物のサンプル

9. 燃料油相互の親和性

親和性の問題は、燃料中の成分が互いによく混ざり合わない

時、例えば HFO のような芳香族炭化水素(アスファルテン)の含有量が高い燃料と留出油や硫黄分 0.1% 以下の新タイプ燃料油のような脂肪族/パラフィン系の多い燃料を混合した場合に起こります。アスファルテンは、懸濁液から抜け落ちる可能性があり、その結果、タンク、フィルタや分離機に大量のスラッジを生成することになります。

これらの燃料のいくつかは、タンクの洗浄効果をもつものもあります。残渣油からのスラッジは、タンク内に時間をかけて蓄積され、新タイプ燃料油のいくつかは、スラッジを除去し運びます。そしてスラッジは、フィルタで、さらに燃料処理システムで捕捉されます。燃料ポンプからのドレンについて 4 節を参照してください。

非親和性の問題に遭遇するリスクは、燃料を積み込む前に親和性をチェックすることにより減らすことができます。これは、船上でテストキットを用いて行うか(図 14)、研究機関を通して行うことができます。研究機関が結果を報告する前に船は出航しているでしょうか

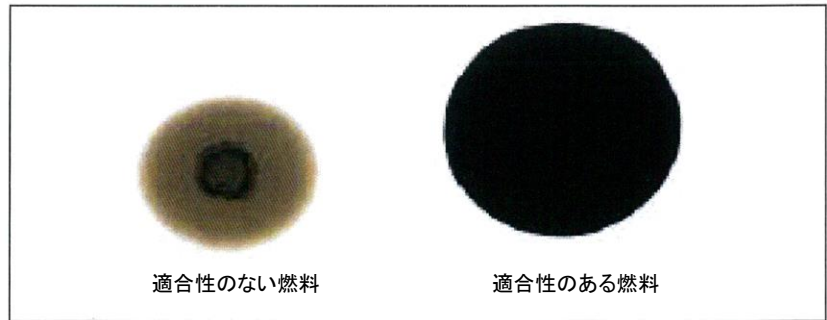


図 14 スポットテスト:濾紙上で2種類の燃料を混合した写真

ら、後者の場合は、しばしば手遅れになります。

そのため、我々は異なる種類の燃料は混合しないこと、そしてそれぞれの専用タンクをもつことを推奨しています。もちろん、燃料を切替えるとき、例えば高硫黄の HFO から硫黄分 0.1%以下の燃料に切替えるときは燃料系統内で異種燃料が混ざり合うことになるため、この操作中は、注意を払わなければなりません。

要約 6、7、8 および 9 潤滑性能、Cat-fines、流動点および親和性

1. どのような性状の燃料が積み込まれたかを知る。
2. 具体的な課題を乗組員に周知する。
3. 潤滑性は主要な問題ではない。
4. 燃料油温度を流動点以上に保持する。必要ならタンクを加熱する。
5. 親和性の問題を避けるため専用の燃料タンクを持つ。親和性をチェックする。
6. 燃料を洗浄し Cat-fines を除去: Cat-fines を最大限除去することを確実にするため遠心分離機を適切な温度で使用する。上限 10ppm

10. 燃料切替え要領

本節では、HFO と留出油または ULSFO の切替えについてのみ記述します。LNG、メタノール、エタンまたは LPG への切替えは、別の燃料システムで行われ、したがって同じ課題には直面しないためです。

高硫黄の HFO は、粘度を機関入口で要求されるレベルまで下げるため高温で使用されます。留出油は、多くの場合、機関入口での粘度を十分高く維持するためかなり低温で使用されます。このような燃料間の切替えは、高温から低温へ、あるいは低温から高温への温度変化を意味します。新 ULSFO は、ほとんど中間の温度で使用されるので大きな温度差の問題は減少します。

噴射機構は、急激な温度変化から保護する必要があります。そうしなければ急激で大幅な温度変化は、燃料弁、燃料ポンププランジャおよび吸入弁の固着あるいはスカフィングの原因になる可能性があるためです。切替えは、低負荷（25-40%MCR）で燃料の温度勾配が 2°C/min.を超えないように制御して行わなければなりません。（図 15、16 参照）

温度の低い低粘度燃料から加熱の必要な高粘度燃料へ切替える場合、特に注意が必要です。暖かい燃料が、冷たい部品に触れるとその部品は暖められ、わずかに膨張します。例えば、燃料ポンププランジャが最初に暖められるが、バーレルは体積が大きく暖められるのに時間がかかります。その結果、隙間が小さくなり焼付きのリスクが増します。逆に高温から低温の場合、まずプランジャが冷やされ、プランジャ径が縮小します。その結果隙間が増えて、焼付きのリスクが減少します。従ってこのケースではそれほど神経質になる必要はありません。

港や混雑した海域などの危険度の高い区域に入る前に、深海域で切替えの訓練を行うことを推奨します。切替え手順は取扱説明書に記載されています。

自動切替え装置を装備していれば自動的に切替えることができます。これは 75%負荷で切替え可能です。自動切替え装置設置の情報については、当社にお問い合わせください。

新 ULSFO は、多くの場合、中間の温度で使用されるため大幅な温度差の問題は少なくなります。しかしながら、これらの燃料へ、またこれらの燃料からの切替え時は、同様の注意が必要で、切替え中の最大温度勾配 2°C/min を維持しなければなりません。

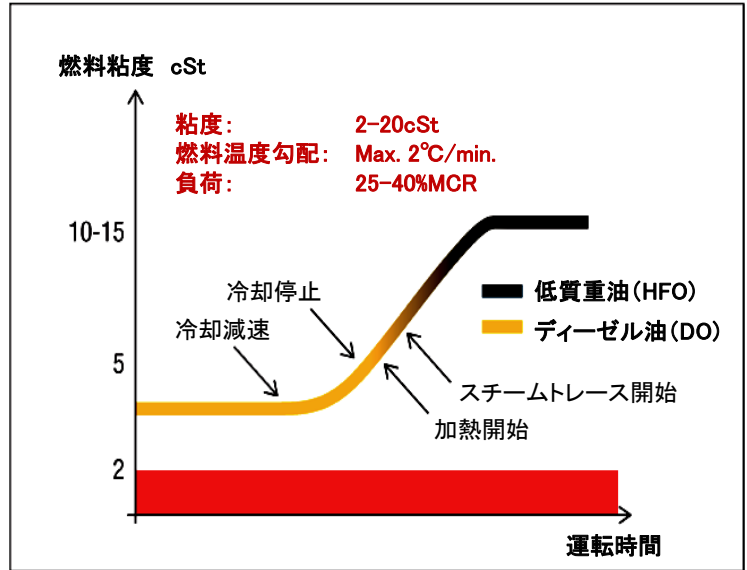


図 15 低温、低粘度燃料(例:ディーゼル油)から高温、高粘度燃料(例:HFO)への切替え手順

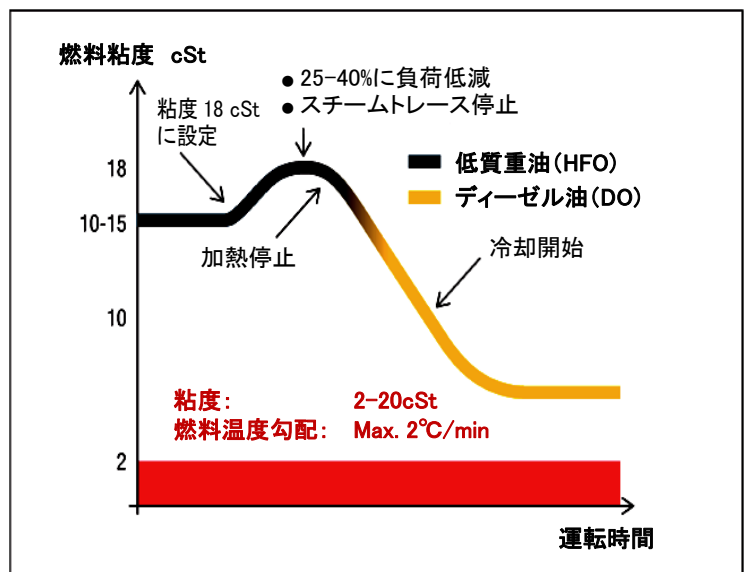


図 16 高温、高粘度燃料(例:HFO)から低温、低粘度燃料(例:ディーゼル油)への切替え手順

要約 10: 燃料の切替え

1. どのような性状の燃料が積み込まれたかを知る。
2. 十分なトレーニングと手順を準備する。
3. 切替え手順について取扱説明書を参照する。
4. 切替えは低負荷(25-40%MCR)で行う。
5. 燃料の温度勾配は 2°C/min を超えてはならない。
6. 燃料切替え時は注意する。すなわち手順に従い、温度と粘度を監視する。

11. 低硫黄バイオ燃料

MAN B&W 2 ストローク機関は、ISO 8217 制限内の燃料で運転することが可能ですが、未精製のバイオ燃料、獣脂、菜種油およびその他のバイオ燃料も使用できます。しかしながら、安全で信頼できる運転を確保するため燃料積み込みおよびバイオ燃料を含む燃料を使用する前に考慮すべき要素があります。使用するシリンダ油は、燃料の硫黄含有量に適合させておくべきです。硫黄分 0.1%以下のバイオ燃料で運転する場合、15-40BN のシリンダ油を使用すべきです。シリンダコンディションは、通常通り注意深く監視しなければなりません。バイオ燃料の使用を計画される場合は、予め当社にご相談ください。

ご質問や本書の推奨事項に関するお問い合わせは、当社船用機器・脱硝ビジネスユニット サービス部までお問い合わせください。

補足説明

様々な油メーカーが、BN レベルの幅広い範囲でシリンダ油を提供しています。MAN B&W 型機関のデザインは、伝統的に使用されてきた 70BN 油に基づいています。しかしながら、新製品が導入されたことで BN レベルを変更しました。

異なった BN レベルに切替えるとき、新旧 BN の比を ACC 係数に乗じることで、新 BN レベルに応じた ACC 係数を得ます。

$$\text{シリンダ注油率} = \text{ACC} \times \%S_{\text{fuel}} = \text{FRF} \times \%S_{\text{fuel}}$$

例 A : シリンダ油 70BN、ACC または注油率係数(Feed Rate Factor:FRF)が $0.34 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S)$ で通常運転されている機関に対し、25BN シリンダ油を硫黄分 0.75% の燃料に使用する場合、

$$\text{ACC}_{70} = \text{FRF}_{70} = 0.34 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S)$$

$$\text{ACC}_{25} = 70/25 \times \text{ACC}_{70} = 70/25 \times 0.34 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S) = 0.95 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S)$$

$$\text{注油率} = \text{ACC} \times \%S = \text{ACC}_{25} \times \%S = 0.95 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S) \times 0.75\%S = 0.71 \text{ g}/\text{kWh}$$

例 B : シリンダ油 70BN、ACC または注油率係数(Feed Rate Factor:FRF)が $0.34 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S)$ で通常運転されている機関に対し、25BN シリンダ油を硫黄分 0.1% の燃料に使用する場合、

$$\text{ACC}_{70} = \text{FRF}_{70} = 0.34 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S)$$

$$\text{ACC}_{25} = 70/25 \times \text{ACC}_{70} = 70/25 \times 0.34 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S) = 0.95 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S)$$

$$\text{注油率} = \text{ACC} \times \%S = \text{ACC}_{25} \times \%S = 0.95 \text{ g}/(\text{kWh} \times \%S) \times 0.1\%S = 0.095 \text{ g}/\text{kWh}$$

求められた新しい注油率 $0.095 \text{ g}/\text{kWh}$ は、基準注油率 (= 最小注油率) $0.6 \text{ g}/\text{kWh}$ より低く、この場合は、基準注油率(最小注油率)を適用しなければなりません。

$$\text{基準注油率} = \text{最小注油率} = 0.6 \text{ g}/\text{kWh}$$

新ブランドまたはタイプのオイルへ変更する場合は、ACC 係数は上限から始め、上記のように再評価する必要があります。その後、実際のコンディションまたはスweepテストの結果を基に徐々に減量することができます。