

米国 EPA/VGP 発行による 船舶の環境規制と生分解性潤滑油の技術動向

パリン・インターナショナル社(スイス)

米国環境保護庁(EPA)が定める汚濁物質防止削減制度 (NPDES) では、船舶の通常航行におけるオイルに関する偶発的な流出等を規制しています。昨年 12 月に施行された 2013 年 Vessel General Permit (船舶入港規制) (VGP) では、『環境に適合した潤滑油』いわゆる『生分解性オイル』の使用を要求しています。

技術的に実行が不可能な場合を除き、2013 年 VGP 規制では、海水に接する全ての機器に環境に適合した潤滑油を使用することを船主と操船者に要求しています。当規制は、2013 年 12 月 19 日から施行されています。

■背景

US Clean Act(米国水質清浄法)の第 301(a)条では「いかなる汚染物質も流出した場合は違法である」と定めています。米国環境保護庁 (EPA) は、既に全ての船舶に対して 2008 年 VGP で規制を開始しています。2013 年 3 月 28 日に発表された 2013 年 VGP 規制では、全長 79 フィート (24m) を超える船舶の正常な航行における偶発的なオイルの流出を規制することを決定しました。2013 年 VGP 規制は、2018 年 12 月 19 日まで有効と定められ、米国の海洋環境を保護し、環境に及ぼす悪影響を減らすことを目的としています。

当規制で船舶に要求される対象は「海水に触れる機器に使用する全てのオイル」、主に油圧作動油、船舶機器内のオイル、グリスになります (例: コントローラブル・ピッチプロペラ、スタンチューブ、スタビライザー、ラダーベアリング、スラスター、プロパルジョン・ポッド、ワイヤーロープや海水に接し、デッキ部の海水入排出部の機器・設備に使用するオイルとグリス)。

2008 年 VGP では、“環境に望ましい潤滑油を使用するべきである”と明記されていましたが、2013 年 12 月 19 日に施行された 2013 年 VGP 規制では、“技術的に実行が不可能な場合”を除き*、米国に入港する全ての船舶の操船者は海水に接する、オイルを使用する全ての機器に、環境に適合した潤滑油を使用しなければならない”と明記されています。

* “技術的に実行が不可能”とは、以下を意味します：

- 機器・設備の製造元が定める仕様条件が環境に適合した潤滑油でない場合。
- 事前に購入した潤滑製品 (例: ワイヤロープ) が環境に適合した潤滑油に対応できる製品に変更できない場合。
- 船舶が入港する地域内で、製造元の仕様条件を満たしている製品を購入できない場合。

-船舶が次回ドライ・ドックに入るまで、環境に適合した製品への変更と使用を待たなければならない場合。

操船者が搭載機器/設備に環境適合性潤滑油を使用することに関し、“実行が不可能である”と判断した場合、その理由を船舶の記録簿と船舶年次報告書内に非環境配慮型潤滑油の使用に関する理由を明記しなければなりません。

鉱物油をベースとした潤滑油に代わる、環境配慮型潤滑油はすでに数多くあります。従って、多くの既存の船舶は搭載されている既存の機器・設備に適合した環境に配慮した製品を使用することができます。つまり、多くの船舶に環境に配慮した潤滑油を使うことは技術的に可能であると言えるでしょう。

■ 環境配慮型潤滑油(EAL)とは何か？

『環境配慮型潤滑油』(Environmentally Acceptable Lubricants)は、以下の潤滑油を意味します：

- 『生物分解性がある』-一定時間内に有機炭素、二酸化炭素と酸素に分解される。
- 『毒性が極めて少ない』-藻、ミジンコ、魚その他に対する毒性。
- 『バイオ・アキュムレーション性がないこと』-生物中に化学製品の蓄積性がないこと。
- 加えて水面上に『光沢（虹色）』または油膜残留がないこと。

■ 環境配慮型潤滑油(EAL)の意味は？

では、環境に適合した様々な潤滑油は、現在使用されている作動油、オイル、グリスとどのように異なるでしょう？また、その新技術とは？

異なるベースオイルタイプと製品カテゴリー

－現在に至るまで、主に潤滑油の技術的な性能がユーザーには重要でした。

新しい2013年VGP規制では、更に注意すべき事項として、いわゆる『生態毒性』の側面を必要とする潤滑油に対する考えがあります。添加剤を含んだ古来の鉱物油がこれらの必要条件を満たさないことは事実であり、したがって、米国環境保護庁が鉱物油から、環境に配慮した製品に代わる可能性のあるものとして3つの製品グループを分類しました：

- HETG(環境配慮型トリグリセリド油脂成分系作動油)
- HEPG(環境配慮型ポリエチレングリコール系作動油)
- HEES(環境配慮型エステル合成系作動油)

第4のグループとしてHEPR（PAO等化学合成炭化水素系）がありますが、それらは性能が限定されています。

-HETG(環境配慮型トリグリセリド油脂成分系)作動油：

環境に優しい潤滑油用にベースオイルとして植物油を使用することは明白のように思えます。

確かに、非常に幅広い分野の開放式潤滑システムに鉱物油の代わりに植物油を使うことができます。

チェーンソー、成形用加工油などの典型的な例を挙げることができます。

しかしギアボックス、油圧作動機器とエンジンのような密閉式潤滑システムについては、経年劣化や高温による影響を受けやすいため植物油は適していません。

植物油は経年劣化の影響で鉱物油と比較すると頻繁に交換をしければなりません。あまりにも長い期間植物油を使用すると機器の早期破損を引き起こす沈殿物やラッカリングを引き起こします。

また、高温作動の状況下では植物油は粘度分類 ISO VG 32 がチューインガムのような粘着性の塊に変わるほど急速に重合することもあります。



植物油のガミング状態

経年劣化と高温に対する限定的な抵抗性の要因には植物油の化学構造にあります。

植物油は不飽和状態であり、添加剤を配合することにより耐用期間を延ばすことはできますが、鉱物油の耐用期間までは程遠いです。油温が 60°C 未満である密閉式の潤滑システムにおいても、気温がより上昇すると植物油ベースの潤滑油は熱負担の影響を受けラッカリングを引き起こすことがあります。

更に、この現象は定期的なオイル交換と分析で必ずしも見つけられるというわけではありませんが、特に大容量のオイルを搭載したシステムで発生しやすいです。

従って、HETG オイルが密閉式のシステムで使用される場合には、ポンプ、弁ブロックまたはギアボックスを開ける、または内視鏡検査で問題となる成分を定期的にチェックすることが不可欠になります。

植物油ベースの潤滑油は、ドイツの Blue Angel(RAL-UZ 79)または欧州の EUROMARGERITE(環境安全ラベル)のような環境への適合に求められる必要条件(生分解性、水生物・魚・藻に対する低毒性)を満たしており、当然、植物油は再生可能な資源であると定義されます。

万が一自然の水路に漏出した場合でも、植物油ベースの潤滑油は水面に浮きますが、鉱物油のような懸念される虹色油膜を形成することはありません。植物油は水面で急速に分解されます。

-HEPG(環境配慮型ポリエチレングリコール系)作動油：

ポリエチレングリコール(PAG)は、優れた合成潤滑油として例えばウォーム・ドライブ用に数十年間すでに使われております。

水と混合させ、非常に高い粘性を持つポリエチレングリコールは、鉱業あるいは製造業の耐火性 HFC 油圧作動油としても使われています。

生分解性油圧作動油が初めて紹介された際、いくつかの生分解性オイル製品はポリエチレングリコールをベースオイルとしていましたが、良好な減摩特性と流動特性があるにもかかわらず、現在では生分解性オイルとしてはほとんど使われることはありません。これはシール、ホース材質、塗料とワニスとの不適合性あるいは特別な適合性のような一般的な問題がその理由かもしれません。ポリエチレングリコールの水溶特性に関しても注意しなければなりません。

ポリエチレングリコールは分解された凝縮物を蓄積し、蓄積された凝縮物はフィルター詰まり、腐食とポンプへの浸食損傷を引き起こすことがあります。

経験上、ポリエチレングリコールを通常の設備内で管理することはほとんど不可能に近いです。

ポリエチレングリコールが市場から消滅したのは、運用上のリスクによるところが大きく鉱物油から切り替える際もすべてのリスクを考えなければなりません。

コスト削減や危険回避（例：不適切な充填）をするためには、総合的なメンテナンスと潤滑油の概念を統合的に考えなければなりません。

ポリエチレングリコール系油圧作動油は、BLUE ANGEL (RAL-UZ79)、スウェーデン規格 SS 15 54 34 またはヨーロッパの環境安全ラベルの承認を取得することができていません。

PAG は原油から製造されているため、再生可能な資源の必要条件を満たしていないのです。

-HEES(環境配慮型エステル合成系)作動油：

エステル合成（エステルはカルボン酸が基になっています）は、化学的に飽和状態と同様に不飽和状態の両方が存在します。“飽和状態”とはエステルの基になる酸において構造が C(炭素)-C(炭素)に二重結合を持たない事を意味します。

酸の構造が 1 つの C(炭素)-C(炭素)の二重結合を含む場合には、“不飽和状態”と呼びます。

不飽和状態の合成エステルの技術的な性能は、植物油と飽和状態の合成エステルの性能の中間に位置します。

必要条件を満たす為に、植物油ベースの潤滑油の代わりに不飽和状態の合成エステルを使うことができます。

しかし、オイルの交換までの期間と作動時における最大温度を正確に監視する必要があります。

不飽和状態のエステルは、急速な劣化による沈殿物やラッカリング、それに付随してシステム洗浄や機器交換の休業コスト等、HETG 作動油と同様の問題を抱える事となります。



フィルター内の酸化沈殿物

厳選された添加剤を配合させた**飽和合成エステル(SSE)**は、25年以上環境配慮型潤滑油を生産するスイスのメーカーである PANOLIN(パノリン)社から入手することができ、最新の油圧作動機器やギアボックスのような高性能システム用の常用オイルです。

最新の標準的な構成機器と PANOLIN の飽和状態の合成エステルとの適合性は非常に良好です。飽和状態のエステル・ベース高性能潤滑油の劣化安定性と高温耐熱性は、従来の鉱物油や不飽和状態のエステル潤滑油よりはるかに優れています。

飽和状態のエステル潤滑油は耐劣化性に非常に優れており、最高温度でも沈殿物やラッカリングを引き起こすことはありません。そのため、オイルのロングライフを可能にし、また一度の充填で半永久的な使用をも可能にしています。

また、鉱物油とは異なる粘度指数特性を持ち、飽和状態のエステル潤滑油の粘度指数は鉱物油のように温度が上昇しても油膜が薄くなることはありません。入手可能な最高技術である飽和エステル・ベース潤滑油がすでに20年以上にわたり、市場で膨大な試験やデータを蓄積していることは機器の所有者にとって非常に有益です。飽和合成エステルはダムや水門の据置式油圧作動システムに20年以上使用され、もっとも厳しい気象条件下においても1度もオイル交換をすることなく高いパフォーマンスを発揮し続けています。

機器/設備、林業・整地等の建機、浚渫作業設備、港や船舶用の可動式油圧作動設備においても、厳しい環境下で一度もオイル交換をすることなく高温多湿や水辺等で高いパフォーマンスを発揮し続けています。

ベースオイルタイプ	ISO 15380 分類	特長
ポリエチレングリコール系	HEPG	<ul style="list-style-type: none"> ● 高い吸湿性 ● シール、塗料剤との適合性の乏しさ ● 高比重であり沈む
植物油系	HETG	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐酸化性の乏しさ ● ガミングとラッカリングの発生 ● 限定された寿命
化学合成炭化水素系	HEPR	<ul style="list-style-type: none"> ● ベースオイルの低粘度性 ● 粘度向上剤の必要性 ● 限定されたせん断安定性

不飽和合成エステル系	HEES	<ul style="list-style-type: none"> ●酸化安定性の乏しさ ●限定された寿命 ●加水分解性のおおきなリスク
飽和合成エステル系	HEES	<ul style="list-style-type: none"> ●酸化安定性の高さ ●半永久的な使用の可能性 ●ラッカリングの発生なし ●加水分解安定性製剤が配合

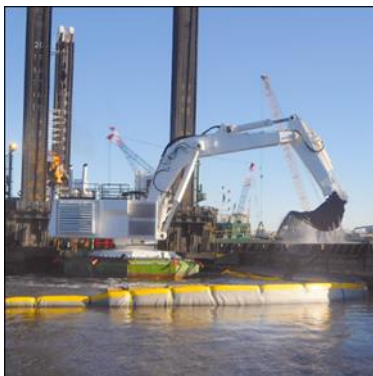
環境に配慮した基準を満たした最高の万能パフォーマンス特性をもつ潤滑油タイプは、飽和合成エステルであり、不飽和タイプの性能をはるかに上回っています。

■CO2(二酸化炭素)排出削減に関して

飽和合成エステル潤滑油を採用することで、オイル交換頻度が極端に減少し、それにより廃油処理によるCO2 排出削減にも大きく貢献しています。



船舶機器



浚渫用油圧作動機器



リグの設置(写真提供 : Gwynt y Môr Offshore Wind Farm Ltd 社)



サブシー機器

■各国の環境規格

パナソニックの合成エステル・ベースの潤滑油は、生物分解性や毒性(水生物、魚と藻)に関する Blue Angel (RAL-UZ 79) や EUROMARGERITE(EU 環境安全ラベル)のような環境規格条件を満たしています。

合成エステル潤滑油は原油と植物から作られるため、再生可能な資源の使用条件を満たしております。

万が一自然の水路に漏出されても、厳選された合成エステル(比重 0.91)は水面に浮きますが、鉱物油とは異なり、懸念される虹色油膜を形成せず水面で急速に分解されます。

また、製剤(添加剤)が配合され、海/川底に沈むことがない為、海底・水底の生態系を覆うことにより窒息させることはありません。



■よくある質問(FAQ)

どのように鉱物油に代わる適切な潤滑油を選べば良いか？

技術的、環境的な見解からいうと、最適な添加剤との組合せを持った“**飽和合成エステル(HEES)**”が、鉱物油に代わる最高の潤滑油といえます。

潤滑油の技術的なパフォーマンスは良く知られていますが、環境毒性は現在の新たな分野であり、生分解性と生態系への毒性軽減については未だ継続している課題です。

EPA(米国環境保護庁)は、その草案でも Blue Angel, EU エコラベルとスウェーデン規格のようなエコラベルについてふれており、エコラベル認証の環境に配慮した潤滑油を選ぶ事が最も簡単な方法であり、また EPA 発行の VGP 規格に準拠していることを証明する最も簡単な方法であると言及しています。環境毒性についての責務はエンドユーザーではなく潤滑油の製造元にあり、操船者、施行者(米国沿岸警備隊)にとって、環境保護への最も簡単な解決方法です。

環境に配慮した潤滑油を使用する際、何に注意すべきか？

環境に配慮した潤滑油(タンクに鉱物油が残っていない場合)のみが、最も有益な環境毒性に対する特性を持っています。従って、現在使用している古い鉱物油をすべて排出させ、環境に適合した潤滑油を充填する前に機器・設備が必要とする量の約 50%量の“生分解性オイル”でシステムのフラッシング(洗浄)することが求められます。

先述のように、合成エステル潤滑油はパルソン社から入手することができ、過去 30 年以上の運用経験でも各種の油圧作動用シール材との適合性が証明されています。

現在、船舶用に採用されているシール材の殆どは、高品質な人工ポリマーからできていますので、適切な添加剤を配合した環境配慮型合成エステルの使用による問題発生は極めて少ないのです。NBR、VITON や他のエラストマー材の互換チャートで適合性を確認することができます。

適切なモニタリングを行うことで、多くの企業はオイルの状態の確認とメンテナンスをしております。

研究所による定期的なチェックにより超過水分あるいは汚物含有を確認することができるため、タイミングの良い対策をとる事ができます。

定期的に船舶をメンテナンスすれば、潤滑油の漏れは通常起こりません。操船者は潤滑油の漏出を防止するために定期点検、メンテナンスや検査のような管理/実行システムを構築する必要があります。

米国環境保護庁 EPA 40 CFR Part110 で定められるように、環境に適合した潤滑油を使用する場合でも、有害にあたる量のオイルの流出は認められておりません。

他に世界のどこの海域が環境規制を受けるか？

Ospar(オスパール条約) (オスロ・パリ条約)、英国 **Cefas** (魚類・環境・水産養殖業の保護を目的とした研究機関)、**ACOPS** (海洋保護諮問委員会)、**MARPOL(マルポール条約)** (船舶の航行や事

故による 海洋汚染を防止することを目的とした条約) が海洋環境を保護する為の重要な役割を担っています。北極圏にある極氷が減少したことにより、日本からロシア上を航行する日本～北アメリカ航路が短くなったことにより、燃料節約による経費節減に貢献する為非常に魅力的な航路として注目されています。

草案形式で一度承認された **The Polar Code(ポーラーコード)**では、北極地域を航行する船舶向けに安全義務と環境基準が導入され、また、オイルやその他汚染物を防止することにより、北極地域の環境保護に対し非常に気を配っています。ブラジルでも厳しい海洋汚染規制が導入されています。EAL(環境適合性潤滑油)はこれらの指針の中で大きな役割を担っています。

Marine Classification Societies(船級協会)は、内水路や海洋を航行する船舶が、環境に与える影響を最小限にする為に、船のデザイン、設備や、操作手順を指示しています。環境適合性潤滑油の使用がその中の一つとして指示されています。

米国水域外で船舶がオイルを漏出した場合どうなるか？

米国海域に入船予定の船舶が米国外で作動油やその他オイル漏れを起こした場合には、報告書を提出する必要があります。これは“Seven Seas”(7 海域)汚染報告書の発行として受理されます。

油圧作動機器の製造元は、環境適合性潤滑油には種々のタイプがあることを理解し、機器に最適な環境適合性潤滑油を選定し顧客に推奨できなければなりません。

「どのくらいのコストになるのか？」

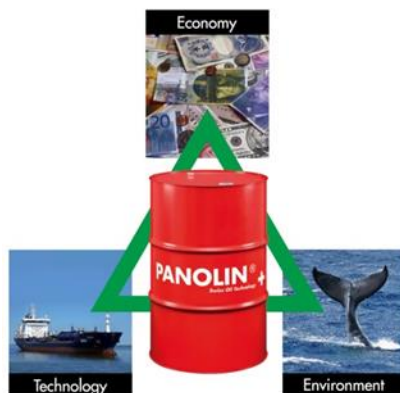
現在のコストより低くなる可能性があります。

- まず、ここでいう“コスト”とは、潤滑油の寿命に対する購入額を意味します。
高性能の環境適合性飽和合成エステルを使用すると、従来の鉱物油よりコストが下がります。
オイル監視システムと連動させることで、酸化安定性に優れた高性能の合成エステルはオイルのロングライフを実現し、または、半永久的に使用できる場合もあります。
- スタンチューブのように比較的重圧のかかる環境においては（高圧油圧作動機器およびギアボックスと比較した場合）、船舶へ1回の充填（時には補充）で済む可能性を考慮すると、飽和エステル合成油を使用することはコスト面で非常に魅力的な選択となります。
- 従来使用しているオイル監視の管理技術と共に、飽和合成エステル(SSE)を使用することにより、船尾軸の検査までの間隔を長くさせることができます。
- SSE 製品はオイル交換の頻度を減少させることにより、二酸化炭素の排出を減らすことができ、オイルの廃棄コストも削減できます。
- 機器の作動効率性が向上し、機器の休止時間を削減することができます。

- 水潤滑式を採用することも選択肢の一つですが、転換の費用は鉱物油から SSE へ交換するよりはるかに高額になります。
- Panolin 社独自のテクノロジーは 100%飽和合成エステルと特殊添加剤を採用し、Blue Angel や EU エコラベル規格を取得し、EPA 発行の VGP 規格に準拠した各種の潤滑油を提案しています。

ユーザーが使用する潤滑油は資産ですから、当然、最適な潤滑油を選ぶべきです。

①最高の環境適合性、②現存する最高の潤滑技術、③メンテナンス費用の削減による生涯コストの削減 - これらの 3 つの主要項目を飽和合成エステルの技術で実現することができます。



パノリン社の潤滑油に関するグリーンマリン*・ポートフォリオは、経済性と環境に配慮した生分解性潤滑油の生産に 30 年間焦点を当てたことから構築されています。スイスで生まれたパノリン社のテクノロジーは 60 年以上の経験と成功を有しており、また Blue Angel 規格を 20 年以上も前より取得しています。

*グリーンマリンはパノリン社が提唱する海洋環境保護のトレードマークです。

パノリン グリーンマリン製品ラインナップ：

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| ● HLP SYNTH(HLP シンセ) | -油圧機器用 |
| ● STELLA MARIS(ステラマリス) | -スタンチューブ用 |
| ● EP GEAR SYNTH(EP ギアシンセ) | -スラスター用 |
| ● BIOTRACK E 700(バイオトラック E700) | -ケーブルロープ/摺動パーツ |
| ● BIOGREASE EP2(バイオグリス EP2) | -汎用潤滑用グリス |

パノリン製の潤滑油は、世界中でお求めいただけます。