



建設機械における 生分解性作動油の動向

磯部 貞佑

近年環境リスク低減の世界的な要求が高まっていく中で、生分解性作動油の今後の展望を紹介する。次に世界の環境ラベル制定の背景から、生分解性作動油の適用規格まで段階的に説明する。また生分解性作動油の性能について、鉱物油と比較したラボ評価結果に加えて、実機での適用事例も示しながら、十分な実用性能を有していることを解説する。更に生分解性作動油の普及に資する行政の取組について紹介し建設現場における適用拡大の可能性について考察する。

キーワード：生分解性、ESG、エコマーク、ISO、JCMAS、NETIS、グリーン購入法

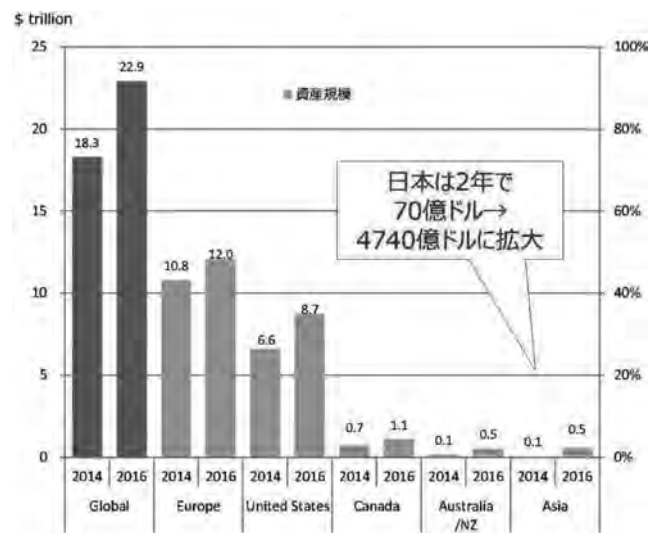
1. はじめに

生分解性作動油は、漏洩等によって河川や土壤に流出した場合、自然界に生息する細菌によって炭酸ガスと水に分解され、生態系への影響や環境汚染を低減することができる。一方で汎用的な鉱物油系作動油と比較しコストが高くなることから、国内では河川、港湾、水門といった範囲に限定的に適用されているのが現状である。また使用される設備については、杭打機、浚渫船、地盤改良機、クレーン等がメインである^{1), 2)}。

一方で、近年世界で環境対応の重要性が高まっている。例えば2006年に国連が機関投資家に対し、投資にESGの視点を組み入れる事を提唱して以降、世界的にESG市場の規模が拡大している(図-1)³⁾。また日本のゼネコンや建設機械メーカーにおいても、よりESG経営に力を入れるようになっており、環境対応油である生分解性作動油の今後の展開が期待される。

2. 生分解性作動油の認定基準

生分解作動油として認定されるには認定基準を満たす必要があり、その規程は各国それぞれ異なっている。日本では、財団法人日本環境協会が制定している環境ラベルの一つであるエコマークにおいて「生分解性潤滑油のエコマーク認定基準」があり表-1⁴⁾に示す。欧州等の認定基準は日本よりも厳しい内容となっており、潤滑油に使用している添加剤を含めた各成分



(出所) GSIA(Global Sustainable Investment Association) 「2016 Global Sustainable Investment Review」
(注) GSIAレポートにおいては、「ポートフォリオ選択・運用においてESG要素を考慮する投資(SRI)市場」のデータとして記載している。

図-1 ESG市場の拡大(2014~2016年) 経済産業省HPより

の配合量の規定等もある。

ここで、環境ラベルの今後の動向について触れた。世界初の環境ラベルであるドイツのブルーエンジェルは1978年に導入されたが、この時代は企業の生産活動による環境汚染管理から、より持続可能な社会のために消費者自身が環境に配慮した消費活動を行うように変化した時期である。その後ブルーエンジェルをモデルとして、世界各国で環境ラベルが制定される。このように時代の要求の変化によって環境ラベルが誕生している。現在は更に環境への意識が世界

表一 1 エコマーク認定基準概要 (生分解性潤滑油 Version2.6)

生分解性	生分解度が 28 日以内で 60%以上 (OECD 301B, 301C, 301F, ASTM D5864, D6731)
生態影響	魚類による急性毒性試験 (OECD 203 or JIS K0102, K0420-71 シリーズ) 96 時間 LC50 値が 100 mg/L 以上
ラベル表示	環境中への排出や漏洩はできるだけ少なくなるよう注意。 適正な廃棄処理が必要。
容器・包装用プラスチック材料	ハロゲン系元素で構成される樹脂, および有機ハロゲン系添加剤を配合していない
化学物質の適正管理	1. 関連法規の遵守 2. EDTA 及び, C5-C9 のアルキルフェノールエトキシレートの不使用 3. 塩素系添加剤の不使用 4. 化管法第一種指定化学物質の報告 5. 鉱油中の多環芳香族 3%未満 6. 基油に鉱油を使用している場合は発ガン性と分類されないこと。

的に高まっていることから、各国で別々に規定している環境ラベルの標準化や統一化といった動きが出てきている。また従来は法的拘束力を持っていない環境ラベルであるが、法律の文中に引用されることで、法的拘束力を持つような事例が世界で見られるようになってきた。これらの動向は今後も継続することが考えられるため、環境ラベルの動向を常に把握しておくことが重要であると考えられる。

3. 生分解性作動油の品質規格

ISO では油圧作動油の機能別の製品分類が 1982 年に ISO6743 として制定された。その後 2003 年に ISO15380 として生分解性作動油の品質規格が初めて制定された。その翌年 2004 年には ISO15380 を基本として、一般社団法人日本建設機械施工協会にて建設機械用の生分解性作動油の品質規格として JCMAS P042 HKB が制定され、現在これら 2 つが生分解性作動油の主な品質規格となっている^{5), 6)}。制定の背景として、環境保全意識の高まりにより、自然界への油圧作動油漏洩に対して、影響の少ない生分解性作動油の要望が高まったことがあげられる。

この JCMAS 規格の特徴は、建設機械用として必要とされる性状、酸化安定性、シール適合性に加えて、高圧ピストンポンプ試験やブレーキ特性を評価する摩擦特性試験等が規定されている。

4. 生分解性作動油の性能

生分解性作動油の基油は、植物油系と合成脂肪酸エステル系に大別される。これらの基油の特徴は、鉱物油と比較して高粘度指数、高引火点である一方で、酸化安定性や消泡性に劣り、シール材に使用されるゴム

への攻撃性が高く、水混入時の安定性が悪い等のデメリットがあった。しかし、最近の生分解性作動油は鉱物油と同等以上の性能を有している製品が市販されている。弊社で実施した鉱物油及び脂肪酸エステル系を基油に用いた生分解性作動油の比較評価結果を表一 2 に示す。デメリットである消泡性については、鉱物油と同等の性能を示している。建設機械用として重要な耐荷重性、ブレーキ摩擦性能についても鉱物油と遜色ない性能となっている。

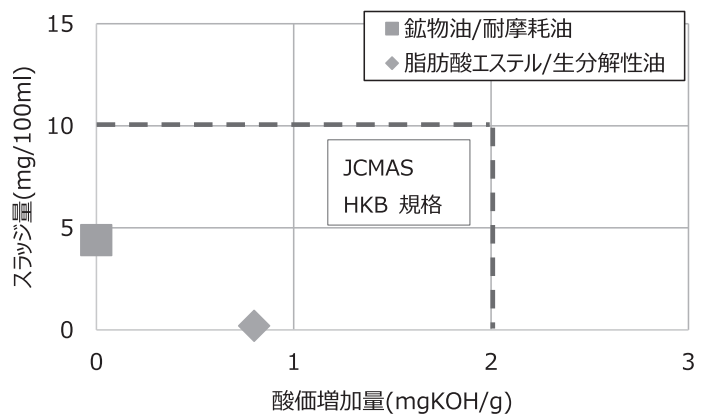
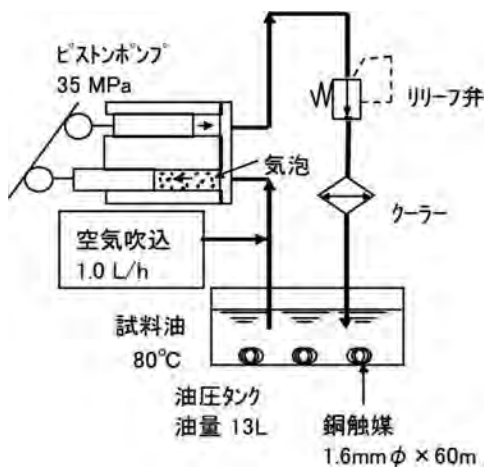
JCMAS にも規定されている高圧ポンプを用いた循環劣化試験によるスラッジ発生量と酸価増加量の比較を図一 2 に示す。この試験は高温、高せん断を受ける非常に過酷な試験であるが、図一 2 に示している通り、油圧作動油として最も広く使用されている鉱物油系耐摩耗性作動油と同等の性能及び酸化安定性を有しているといえる。

次に、10 t 未満の建設機械で実機使用した生分解性作動油の、動粘度 (@40℃) 及び酸価の 500 時間までの推移を図一 3 に示す。鉱物油の場合は 2,000 時間以上で実機確認をする場合が多い一方、生分解性作動油の場合は試験時間が短く設定されている場合が多い。500 時間後の粘度変化率は 3% 未満となっている。酸価については、通常酸化劣化に伴い時間経過と共に値が上昇する挙動を示すが上昇がみられない。

弊社における生分解性作動油の交換基準は、粘度においては新油 ±10% であり、酸価については 2.0 mg KOH/g となっている。これらから 500 時間後でも明確な劣化傾向がみられないため、継続使用が期待できる。尚、建機メーカーは各社のノウハウに基づき、個別の性状ではなく機体の稼働時間或いは作動油充填後の期間によって交換時期を定めている。

表一 2 市販分解性作動油の性能

分類		耐摩耗性油	生分解性油	JCMAS HKB 規格値 (常温)
使用基油		鉱物油	脂肪酸エステル	規格値 (常温)
粘度区分		ISO VG46	ISO VG46	ISO VG46
動粘度 (40℃)	(mm ² /s)	44.83	45.69	41.4 以上 50.6 以下
動粘度 (100℃)	(mm ² /s)	6.853	8.767	6.8 以上
密度 (15℃)	(kg/m ³)	0.8667	0.932	報告
色相 ASTM		L0.5	L1.0	報告
引火点	(℃)	232	312	報告
流動点	(℃)	-42.5	-50.0>	-17.5 以下
銅板腐食	(100℃, 3 h)	1 (1b)	1 (1B)	1 以下
錆止め性能	(蒸留水, 24 h)	錆なし	錆なし	錆なし
泡立ち	(ml) (24℃)	0-0	0-0	50 以下 / 0 以下
	(ml) (93.5℃)	0-0	0-0	50 以下 / 0 以下
	(ml) (93.5℃後の 24℃)	0-0	0-0	50 以下 / 0 以下
シール材浸漬試験 NBR 試験条件: 100℃, 240 h	硬さ変化	-12	-29	-40 ~ +10
	体積変化率 (%)	12	44	-5 ~ +70
	伸び変化率 (%)	-20	-33	-60 ~ +20
	引張強さ変化率 (%)	-4	-50	-65 ~ +20
FZG 歯車試験 不合格ステージ		12	8	8 以上
加水分解安定性	銅の質量変化 (mg/cm ²)	-	0	報告
	銅変色	-	1 (1B)	報告
	油層酸価値増加量 (mgKOH/g)	-	0.55	報告
耐荷重試験 (シェル 4 球式)	融着荷重 (N)	1,236	1,569	1,235 以上
摩擦特性試験	SAE No.2 試験 (1,000 サイクル) (μs)	0.115	0.084	0.07 以上
環境に対する基準	生分解度 (28 日)	-	合格	エコマーク商品類型 NO.110 「生分解性潤滑油 Version 2.4」
	急性毒性 (96h LC50 値)	-	合格	4-1 の規定を満たす



JCMAS による高圧循環劣化試験, 油温 80℃, 吐出圧 35 MPa, 500 時間

酸価増加量及びスラッジ量結果

図一 2 高圧循環劣化試験による鉱物油作動油と生分解性作動油の比較

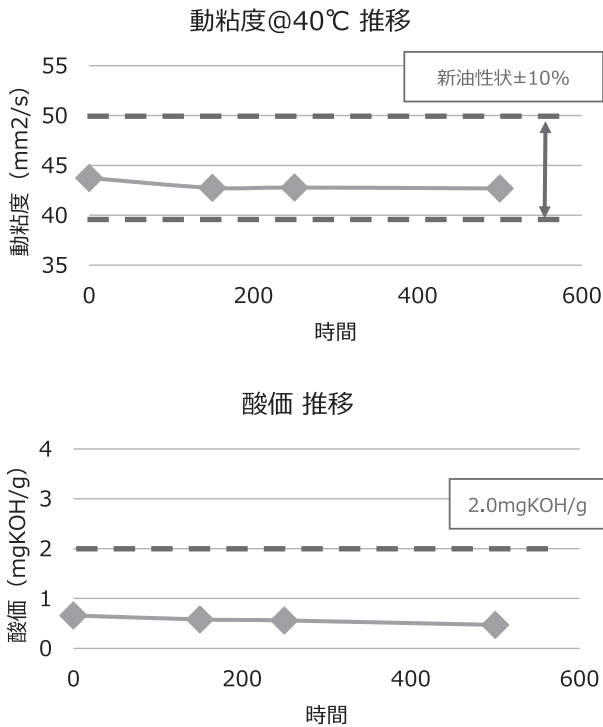


図-3 実機における生分解性作動油の経時変化

5. 生分解性作動油の普及について

これまで示した通り、最近の生分解性作動油は鉱物油と同等以上の性能を有する製品が市販されており、実使用上問題は少ないと考える。一方、生分解性作動油の普及を促進するには利用者への環境リスク低減効果の提唱だけでなく、行政における指導や仕組みが効果的であると考えます。特徴的な例を次に示す。

(1) NETIS

国土交通省にて運営されているNETIS (New Technology Information System) は、民間企業により開発された新技術に関わる情報を、共有及び提供するためのシステムである。登録されている技術を公共工事に使用することによって、総合評価方式の入札の際加点される仕組みとなっている。メリットのイメージを図-4⁷⁾に示す。従来と違い入札価格で差があっても落札が可能になることから、非常に有効な制度であると考えます。

NETISに登録されている新技術は、建設機械、周辺設備又は施工方法がメインである。2015年に生分解性グリース、2020年には生分解性作動油が新たに登録されており、今後生分解性作動油の適用範囲が拡大していくことが予想される。

施工者 Q1 新技術を活用すると良いことがあるの？

- ・ 試行申請型（請負契約締結後提案の場合）及び施工者希望型により施工者が新技術の活用を提案し、実際に工事で活用された場合は、活用の効果に応じて工事成績評定での加点の対象となります。

工事成績評定への加点 ※平成25年4月現在
主任技術評価官で最大3点の加算
よって、**実加点は 3×40%=最大1.2点** となります。

視点①	視点②	配点
事後評価未実施と実施済で評価を分ける。	活用したことによる効果を評価する。	
事後評価未実施技術の活用	活用の効果が相当程度 ^{※2} ?	3
	活用の効果が一定程度 ^{※3} ?	2
	活用の効果が従来技術と同程度	1
事後評価実施技術の活用	活用の効果が相当程度 ^{※2} ?	2+1 ^{※1}
	活用の効果が一定程度 ^{※3} ?	1+1 ^{※1}
	活用の効果が従来技術と同程度	0+1 ^{※1}

※1「有用とされる技術^{※2}」を併用した場合は+1点
 ※2「有用とされる技術」とは、「公共工事における新技術活用システム」実施要領で定める「推奨技術、準推奨技術、設計比較対象技術、活用促進技術、少実績優良技術」をいう。
 ※3「相当程度」とは、大幅な工期短縮や飛躍的な施工の効率化が図られた技術など、工事推進に對して大きな効果をもたらしたものとす。
 「一定程度」とは、従来技術と比較して効果が認められる技術であっても、活用した工事全社としては影響が小さいもの、例えば使用する材料のみの技術等は一定程度とする。
 補足 ①複数の技術の評価にあたっては、活用した技術数に応じ複数の評価項目を選択することが可能（ただし最大加点数は3点）
 ②複数の技術が同一の評価項目に該当した場合、該当技術数に対し各項目の加点点数を掛け合わせたものを評価の点数とする（ただし最大加点数は3点）

総合評価方式での加点
配点は、提案を行った地方整備局等によって異なりますので、詳細については地方整備局等の申請・相談窓口（P15）までお問い合わせください。

図-4 NETIS 活用のメリット 国土交通省「公共工事における新技術活用システム」より抜粋

(2) グリーン購入法

生分解性作動油の認定にエコマークがある事は既に述べた。エコマーク認定された製品のほとんどはグリーン購入法の適合商品となっている。グリーン購入法は、環境省が定めた環境負荷の少ない持続可能な社会の構築を目指した購入の基本方針であり、環境物品等（環境負荷の低減に役立つ物品等）を規定し、一般事業者は出来得る限り、環境物品等を選択するように求めている⁸⁾。

6. おわりに

近年の生分解性作動油は、鉱物油と同等以上の性能を有する商品が市販されてきている。JCMASにも生分解性作動油規格ができたことにより、建設機械への適用も増えるべきであると考えます。にもかかわらずこれまで国内では適用範囲が河川、港湾等限定的であったことは、鉱物油との基材の違いによるコスト差及び行政における仕組みを上手く活用できていなかったことが一因と考える。生分解作動油がNETISへ新たに登録されたことから、今後はより生分解性作動油の適用範囲が拡大していくことを期待する。

《参考文献》

- 1) 松山雄一, 油圧作動油の展望, 出光トライボレビュー, 第24号, 2001年
- 2) 篠田実男, 生分解性作動油の動向, 日本フルードパワーシステム, 第42巻, 第3号, 2011年5月
- 3) 経済産業省 ホームページ, ESG投資
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/esg_investment.html
- 4) 財団法人日本環境協会 エコマーク事務局 エコマーク商品類型 No.110「生分解性潤滑油 Version 2.6」認定基準書(2012年)
- 5) 中村祐美子, ISOに対する各国油圧作動油の規格動向について, 日本フルードパワーシステム, 2011年11月
- 6) 社団法人日本建設機械施工協会 JCMAS P042(2004) HKB
- 7) 国土交通省 NETISパンフレット「公共事業等における新技術活用システム」, 2014年7月版
- 8) 環境省 ホームページ, グリーン購入法
<https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/>



[筆者紹介]

磯部 貞佑 (いそべ ていすけ)
出光興産(株)
潤滑油二部 潤滑技術二課

