

## 34. 環境対応・高性能潤滑油脂の開発

コマツ：大川 聡、\*小西 晃子

### 1. はじめに

世界的な自然環境保護の動きに伴って、建機も排気ガス規制を始めあらゆる項目について自然環境保護に対応すべき時代に入っている。一方では、都市型工事の増加により周辺の環境になじむ作業環境への配慮も必要になった。従来の建機用潤滑油脂の品質は機械の耐久性維持だけに的が絞られていたが、これからは自然環境保護や作業環境改善に役立つ品質も必要となっている。

既に欧州では自然環境保護のため、土や水中のバクテリアによって自然に分解して無くなる生分解性作動油の使用が義務付けられている。しかし、元来は水門用などの低圧油圧機器向けに作られたオイルを流用しているため、建機に悪影響を及ぼす油種も少なくない。このため建機の安全性や耐久性を損なわない新しい生分解性作動油を開発する必要があった。また、黒色の固体潤滑剤を含む高荷重グリースが作業環境を汚損するため、これに代わる新しいグリースの開発も望まれていた。本稿では新たに開発した(1)建機用の新しい生分解性作動油と(2)非黒色高荷重グリースについて紹介する。

### 2. 建機用新生分解性作動油の開発

#### 2. 1 日本における生分解性作動油の意味

欧州における生分解性作動油の建機への行政指導は水源周辺の工事から始まった。国内の工事でもホース破損などによる作動油漏洩事故はあり、森林や湖沼内にこぼれたオイルを回収するのは困難である。また、日本に於ける使用済み潤滑油の環境への排出量も欧州と同程度との統計もあり、今後国内でも生分解性作動油が必要になると予想された。

#### 2. 2 欧州の市販生分解性作動油の品質と開発目標

欧州の代表的な市販生分解性作動油の品質性状の調査結果を表 1 に示す。主に菜種油系と合成エステル系の 2 種類があり、粘度特性などはいずれもエンジン油 SAE10W（以下エンジン油）よりも優れている。しかし、①駐車ブレーキの摩擦係数を大きく低下させる、②エンジン油と混合すると沈殿を生じてフィルタ詰まりを起こす、③ゴム膨潤が大きいなど共通の欠点がある。さらに、菜種油系は④消泡性が悪く、⑤酸化安定性が悪く劣化しやすい、⑥一部銘柄は銅合金の腐食を生じるなどの問題がある。合成エステル系では⑦耐摩耗性や⑧鉄の防錆性が低い場合もある。

そこで、安全上問題となる駐車ブレーキの摩擦係数をエンジン油以上とすることを最重点として、エンジン油と同じように使用できる建機用の新生分解性作動油を開発することにした。

表1 市販生分解性作動油と開発油の品質性状

性状	エンジン油	市販菜種油A	市販合成エステルA	建機用新生分解性作動油	エンジン油SAE10W
	基油	菜種油	合成エステル	新開発合成エステル	鉱油
引火点(℃)		270	221	254	220
流動点(℃)		-39	-58	-45	-35
動粘度(mm <sup>2</sup> /s)	40℃	40	46.1	42.5	38
	100℃	8.8	8.4	8.3	6.1
粘度指数		205	191	175	107
消泡性		×	○	○	○
摩擦係数		×(エンジン油の1/2)		○	○
酸化安定性		×	○	○	○
耐摩耗性		○	△	○	○
鋼合金に対する防食性		×	○	○	○
鉄に対する防錆性		○	×	○	○
エンジン油との混合性		×(微細な沈殿)		○	○
ゴム膨潤		△	×	△	○
生分解率(%)		96	95	97	-

### 2. 3 建機用新生分解性作動油の性能

高い摩擦係数を得るためには、分子構造の異なる合成エステルの基油を25種類以上も試作する必要があった。また、試作した添加剤配合も100種類にも達した。開発油の一般性状を表1に示す。

図1のように市販生分解性作動油中(菜種油A、合成エステルA)では駐車ブレーキ用ペーパー材の摩擦係数はエンジン油の1/2しかないが、建機用新生分解性作動油はエンジン油よりの高い摩擦係数を示す。一方、摩擦係数が高くなることで耐摩耗性が低下するおそれもあったので、往復しゅう動摩耗試験により耐摩耗性を評価した。結果は図2のようにエンジン油とほぼ同等の摩耗量であった。

生分解性作動油へのオイル交換後にエンジン油が残って混ざり、フィルタ詰まりが起こる場合がある。建機用新生分解性作動油は添加剤配合を工夫して、エンジン油が混入しても図3のようにフィルタ詰まりを起こさないようにした。なお、エンジン油が混ざった状態でも生分解率は混入割合に比例して低下するが、生分解性が失われることはない。

ゴム膨潤に関しては基油組成の改良により市販

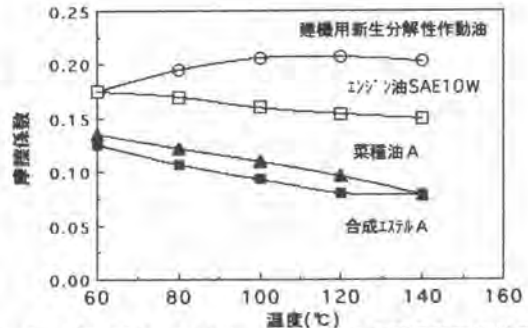


図-1 駐車ブレーキ用ペーパー材による摩擦係数測定結果 (マイクロクラッチ試験機)

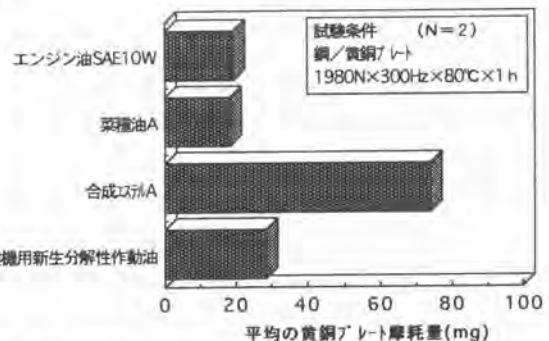


図-2 往復しゅう動試験機による耐摩耗性評価

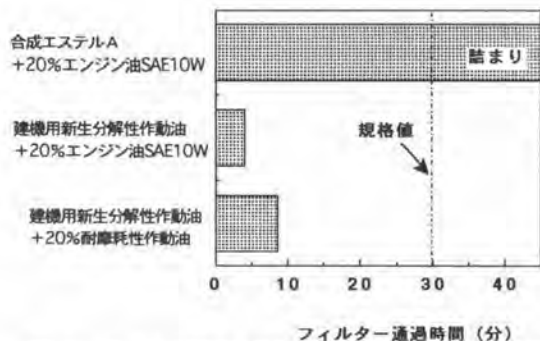


図-3 フィルタ詰まり性試験 (3 $\mu$ mフィルタ水1%添加) 合成エステルAよりも小さくなったが、エンジン油よりは膨潤は大きい(図4)。しかし、実車試験などから建機用新生分解性作動油では実用上ゴム膨潤の問題は起こらないことを確認した。

#### 2. 4 油圧ポンプベンチ試験

公的な規格である低圧ベンポンプ試験を行った結果、図5のように菜種油Aは規格値を大きく越える摩耗量を示したが、建機用新生分解性作動油はエンジン油と同等の耐摩耗性を示した。35MPaの建機用高圧ピストンポンプ試験結果を写真1に示す。菜種油Aでは銅合金の著しい腐食によりシリンダーしゅう動面が黒色化したが、建機用新生分解性作動油はしゅう動面に焼付きや変色は見られず摩耗も少なかった。使用油の粘度変化(図6)も少なかった。

#### 2. 5 実用上の生分解性確認

建機用新生分解性作動油が湖沼にこぼれた場合を想定して生分解性の実験を行った。汲み置きした水道水中に土と水草を入れて、厚さ3mmに供試油を注ぎ状態変化を観察した(写真2)。エンジン油の場合は全く油膜の変化はなかったが、建機用新生分解性作動油は1週間で油膜が分解して水面が現れ、1ヵ月後には油膜がほとんど消失した。また、基油と添加剤には毒性がないので、環境に悪影響を残すおそれはない。

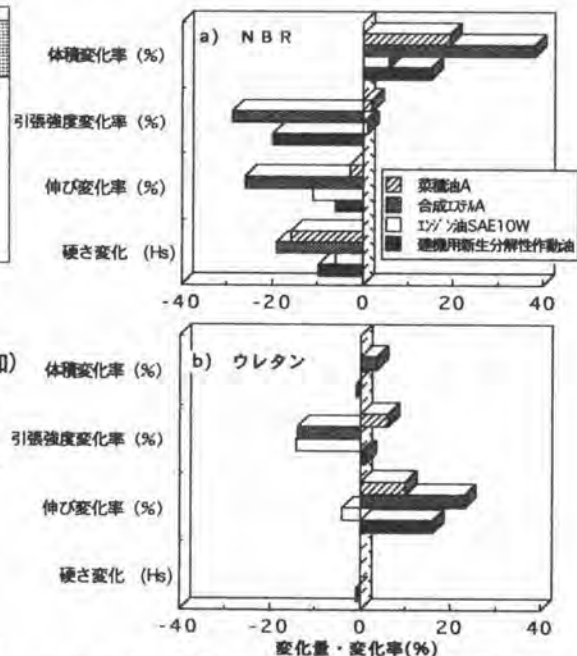


図-4 ゴム膨潤試験結果(120°C×70h)

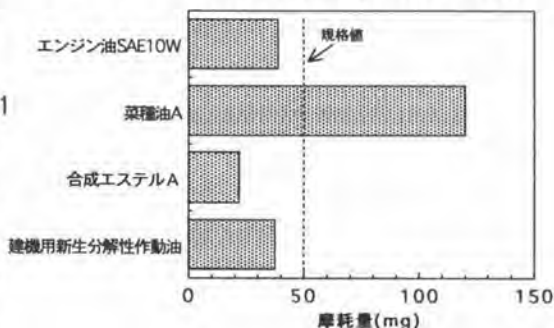


図-5 ASTMベンポンプ試験結果(P=13.7MPa)



写真1 高圧ピストンポンプ試験後のシリンダーの状態

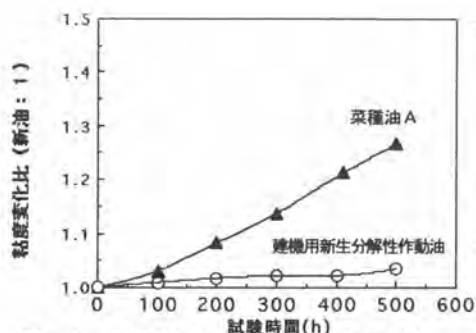


図-6 高圧ピストンポンプ試験におけるオイル粘度変化



写真 2 実的な生分解性の確認試験

### 3. 非黒色高荷重グリースの開発

#### 3.1 高荷重グリースへの要求

建機の高性能化に伴って二硫化モリブデンや黒鉛などの固体潤滑剤を配合した高荷重グリースの採用が増えているため、作業環境の汚損が問題となることがある。さらに、従来の高荷重グリースの耐荷重能が最近の建機に対しては不十分な場合も出てきており、給脂間隔延長の要求もある。そこで、建機用として殆どの箇所に使用できる非黒色の高荷重グリースを目標として、次世代の複合リチウムグリースをベースに世界初の固体潤滑剤「燐酸ガラス」を組合せて開発した。なお、自然環境に対して燐酸ガラスは無毒性であり、亜鉛、鉛や亜硝酸など環境毒性を持つ添加剤も配合していない。但し、基油には一般の鉱油を使用した。

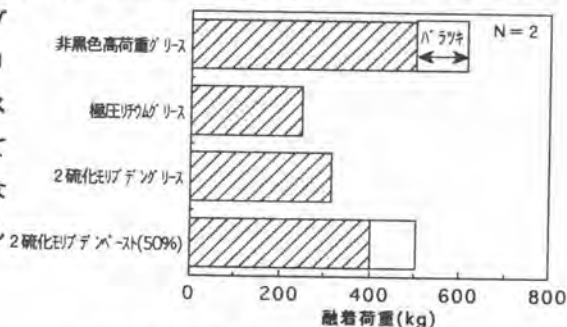


図-7 4球式耐荷重能試験結果

#### 3.2 非黒色高荷重グリースの性能

##### (1) 耐荷重能

高荷重グリースに必要な耐荷重能は図7に示すように一般の極圧(E.P)リチウムグリースの2倍以上あり、二硫化モリブデンペースト以上の耐荷重能があることが分かった。

##### (2) 耐ダスト性能

作業機のピンブッシュなどでは泥水が入り込み早期摩耗を生じることがある。そこで、1%のダスト(関東ローム土)をグリースに添加して摩耗

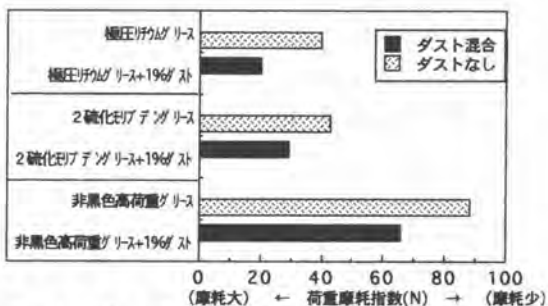


図-8 ダスト入りグリースの4球式耐荷重能試験結果

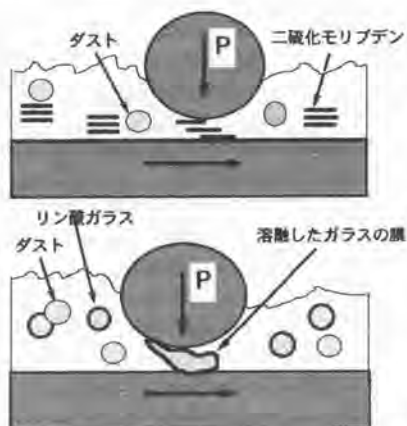


図-9 非黒色高荷重グリースの作用メカニズム

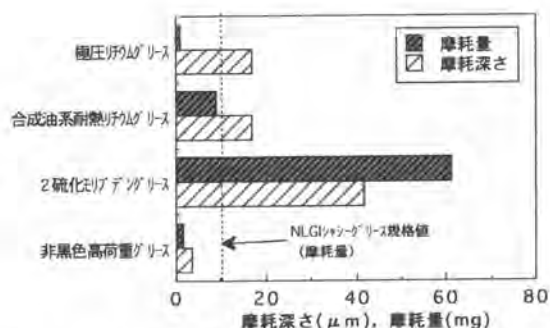


図-10 ASTMベアリング・フルティンク 摩耗試験の結果

量を調べた。非黒色高荷重グリースはダストを混合した状態においても二硫化モリブデングリース新品よりも耐摩耗性は高かった (図 8)。

リン酸ガラスの潤滑作用メカニズムは従来の固体潤滑剤と異なり、摩擦やダストにより摩擦面温度が上がると溶解して厚い潤滑膜を形成して摩耗や焼付きを防ぐと考えられる (図 9)。

### (3) 耐フレッチング性

二硫化モリブデンはフレッチング摩耗に悪影響する場合がある。これに対して非黒色高荷重グリースのリン酸ガラスは図10のように耐フレッチングに悪影響を与えないことも分かった。

### (4) 高温ベアリング性能

非黒色高荷重グリースは複合リチウムグリースを採用しているため高温での耐久性は高い。また、高温・高速ベアリングに対しても優れた潤滑性があり、一般リチウムグリースの3倍の寿命が得られる (表 2)。従って、エンジンやパワーライン回りの高温・高回転のベアリングにも採用可能である。

### (5) ダンプホイールハブ用としての性能

ホイールハブではグリースのせん断安定性が要求され、極圧リチウムグリースでは著しく軟化してグリース漏れが生じる。非黒色高荷重グリースは建機用ホイールハブグリースよりもちょう度変化が少な

表 2 ASTMベアリンググリース潤滑寿命試験 (3,500rpm × 125°C)

供試グリース	ベアリング 寿命 (h)
極圧リチウムグリース	500
耐熱ウレアグリース	1,500
非黒色高荷重グリース	1,500

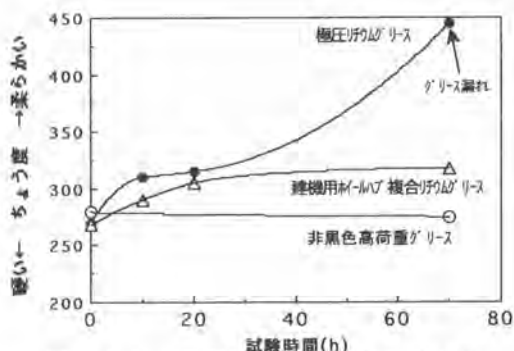


図-11 低速ロール安定度試験結果

く（図11）、ホイールハブ用としても使用できる。

### 3. 3 油圧ショベル実車試験

実用的な性能を確認するため、建機で問題となりやすい作業機ピンブッシュに対する潤滑性を評価した。作業機油圧シリンダのピンブッシュにグリースを充填した後、かじりが生じる迄の作業機の上下動回数を測定した（写真 3）。この結果、非黒色高荷重グリースは図13のように極圧グリースや二硫化モリブデングリースの 2倍以上の回数までかじりを起こさず、給脂間隔延長をできることが確認できた。



写真 3 油圧ショベルによる作業機ピンかじり試験状況

## 4. まとめ

建機用新生分解性作動油について、

- (1) エンジン油 S A E 10Wと同様に使用できる建機用の新生分解性作動油を開発した。
- (2) 本油は、エンジン油と同等の高い摩擦係数を有しているため、駐車ブレーキの安全性を確保できる。また、高い耐摩耗性やエンジン油との混合安定性があり、建機の高圧油圧ポンプに対しても耐久性を保証できる。

- (3) 自然環境下では約一ヵ月で生分解して無くなり、自然環境を復元することができる。

非黒色高荷重万能グリースについて、

- (4) 作業環境改善のため、非黒色の固体潤滑剤入り高荷重グリースを開発した。
- (5) 本グリースは二硫化モリブデンペースト以上の耐荷重能があり、優れた耐ダスト性やフレットィング防止性を有している。また、万能グリースとしてエンジン回りなどの高温用やホイールハブ用などにも使用できる。
- (6) 油圧ショベル実車試験でも本グリースはピンブッシュの給脂間隔を延長できることが実証された。

## 5. あとがき

なお、本油脂開発の経験を生かして、生分解性グリースも同時開発した。今後、これらの油脂が自然環境保護と作業環境改善のために広く利用されることを期待している。

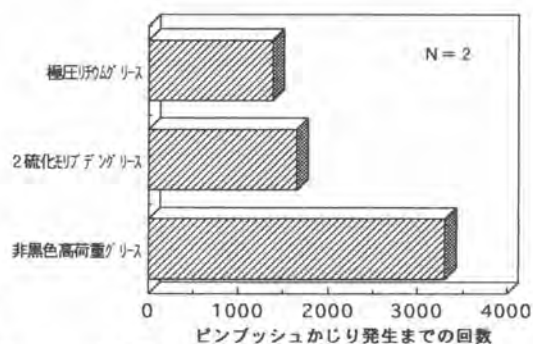


図-12 油圧ショベルによる作業機ピンかじり試験