

## 27. 高性能油圧作動油の開発

日立建機株式会社 佐藤 弥之助

出光興産株式会社 下川 哲司

### 1. まえがき

掘削機は、機械式シヨベル、トラクタシヨベルを経て近年は油圧シヨベルが最も広く用いられている。バケット容量 0.5 m<sup>3</sup> の油圧シヨベルが、市場に出現して 10 年を経過した現在、0.1 m<sup>3</sup> のミニシヨベルから、4.7 m<sup>3</sup> の大型ローダシヨベルまで広範囲に開発されている。

この油圧シヨベルが広く用いられる理由は、イ-ジョベレ-テングである事、メンテナンスの優れている事等ユーザのニーズにマッチした事が第 1 であるが、油圧機器の信頼性向上も不可欠のものである。油圧機器の信頼性は、油圧作動油に影響される事は、今まで数多くの文献で報告されている。

油圧作動油は、一般的に 140 kg/cm<sup>2</sup> を超えるものには、耐摩耗性油圧作動油が用いられ、140 kg/cm<sup>2</sup> 以下には、R & O 形油圧作動油が用いられて来た。

今回耐摩耗性油圧作動油の従来の問題点を解決し、現在市場で問題となつている、ウレタンゴムとの相関性、シリンダ異音対策、更に耐摩耗性を向上した高性能油圧作動油の開発に成功したので以下に報告する。

### 2. 従来の油圧作動油の問題点と対策

現在の油圧作動油は次の点が問題点として挙げられる。

#### 2.1) 作動油の黒化

作動油の黒化は、R & O 形油圧作動油に比較して、Zn DTP を添加剤として使用する耐摩耗性油圧作動油特有の問題で、Zn DTP の分解が主因と考えられて来た。熱分解しにくい Zn DTP と精製度の高い Zn DTP の採用で問題の対策を図つた。

#### 2.2) ウレタンゴムの安定性

最近の高圧化に伴い、強度の高いウレタンゴムが、シリンダパッキンをはじめとして使用されているが、ウレタンゴムは加水分解によりしばしば性能劣化し問題となる。これを防止する安定性の優れた油圧作動油とする事を開発の目的の一つとした。

#### 2.3) シリンダ異音対策

油圧シヨベルのシリンダは、ある条件で異音を発生する場合がある。これらは機械的な対策によりかなり向上してきたが、最終的には油性向上の必要があり、摩擦特性を改善しスティックスリップの防止を図つた。

		従来油	開発油
引火点	℃	216	216
比重	15/4℃	0.8645	0.8660
色相	D-1500	L 0.5	L 0.5
粘度	◎ 37.8℃	3456	3456
	◎ 98.9℃	5646	5652
粘度指数		112	115
流動点	℃	-35	-35
全酸価	mg/kg	1.91	0.94
塩基価	mg/kg	-	0.29
アニリン点	℃	109.8	109.0
銅板腐食 (100℃×3H)		1(1a)	1(1a)

表 1. 油圧作動油一般性状比較

24) コンタミネーション改善による耐摩耗性の向上

ブルド-ザ系の油圧作動油には、エンジンオイル10Wが巾広く使用されている。これはエンジンオイルの主要添加剤である清浄分散剤がコンタミネーションレベルを改善し、これにより耐摩耗性の向上が図られるものと考えられる。しかしエンジンの如く燃焼残渣分の発生が無く、使用温度も低い油圧作動油には、エンジンオイルのレベル程清浄分散剤は不要と考えられ、油圧作動油に適合する清浄分散剤の使用を検討した。

これらの問題点を種々検討し対策を行った油圧作動油（開発油）と、従来使用されて来た油圧作動油（従来油）の一般性状比較を表1に示す。

3 作動油の黒化の改善

評価は熱安定性試験、タービン油酸化安定度試験により実施した。熱安定度試験は、オープンビーカーテストで、油温120℃、触媒は銅片を用いた。酸化安定度試験は、JIS K2515に準拠して実施した。試験結果を表1、表2に示す。

熱安定性試験においては、2400h以上で従来油は色相が急激に変化し、4800hで一部にスラッジが発生する。開発油は、4800hで色相2.5程度で、従来油8に比較して大巾に向上している。

酸化安定度の試験結果は、10000hの時点で色相変化は大巾に改善されており、540μmの透過率も従来油の29.5%から83.5%に向上している。

全酸価は、従来油に比較して開発油は消耗度合が低く、最終的に10000hでは0.56mEq/g程度に両油共になつている。

2 ウレタンゴムの安定性の改善

ウレタンゴムは、他のゴムに比較して酸性物質中で大巾な性能低下が起る。これは加水分解によるものと思われる。油圧作動油の抽水PHテストで酸性の強い作動油程ウレタンゴムの劣化が著しい。

ウレタンゴムの破損は実機では、油圧シリンダのシールに見受けられる。

表4に、ゴム浸漬試験比較テストを示す。

引張り強度、伸び率共に従来油に比較して開発油は改善されている。

4 摩耗特性改善によるシリンダ異音対策

油圧シヨベルのシリンダ異音、トラクタクレーンにおけるブームのハンテング等は、いずれも油圧シ

項目 \ 試験料	時間	0	96	240	480
		色相 (ASTM)	開発油 L 0.5	L 1.5	1.5
	従来油	L 0.5	2.0	8以上	8以上
スラッジ発生の有無	開発油	-	-	-	-
	従来油	-	-	-	XX

表2 熱安定度比較テスト

項目 \ 試験料	時間	0	250	480	720	1000
		色相 (ASTM)	開発油 L 0.5	1.5	1.0	L 1.0
	従来油	L 0.5	3.5	4.0	4.0	4.0
透過率 (%)	開発油	100	69.5	83.5	89.5	83.5
	従来油	100	33.0	33.0	31.0	29.5
全酸価 (mEq/g)	開発油	0.94	0.50	0.43	0.40	0.37
	従来油	1.91	1.15	0.83	0.53	0.36

表3 酸化安定度比較テスト

項目 \ 試験料	時間	引張り強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		伸び率 (%)	
		開発油	従来油	開発油	従来油
	96	495	463	1,380	1,270
	240	530	425	1,400	1,335
	500	365	233	1,550	1,300

表4 ウレタンゴム浸漬試験結果

リンダのステイックスリップに起因するものと考えられる。ステイックスリップは、摩擦係数の局部的変化と考えられ、摺動中のある部分において、油膜構成が出来ず異音発生し、シリンダチューブに共鳴して外部異音になるものと思われる。

油膜構成出来ない場合には、パッキンのリップ先端温度も著しく上昇し、ウレタンゴム劣化を促進するものと思われる。

シリンダのステイックスリップに対しては、機械的には、パッキンの改良、シリンダチューブ内面仕上プロフィールの変更等の対策が以前から検討され、かなりの効果を上げてきたが、全面解決にはなつておらず、夏季の特殊な条件で異音の発生があつた。

このため今回の開発油には、油性向上剤を用いて摩擦特性を改善し、シリンダ異音対策を行う事を考慮した。

摩擦特性の評価は、ウレタンゴムと銅板間の摩擦係数とステイックスリップの発生範囲との関係を摺動摩擦試験機で評価した。図1に温度による摩擦係数を示す。

70℃以上では、従来油の摩擦係数 $\mu$ はスピードの変化に拘らず約0.2を示すが、開発油では、油性向上剤の働きにより、 $\mu$ が0.06~0.1程度に低下する。

図2にステイックスリップの発生状況を示す。

ステイックスリップ発生域は、従来油に比較して開発油は大巾に減少している。また実験結果から、ステイックスリップは高速高荷重時に発生することがわかる。

これらの実験室的効果を実際の油圧シヨベルのシリンダで評価した。

シリンダ外壁温を70℃とし、ポンプの流量変化によりシリンダスピードを変化させ、出口側に背圧を負荷し、騒音レベル及び軸方向の平均加速度で評価した。

従来油は負荷圧力及びピストンスピードの上昇により、騒音レベル及び加速度が高くなる傾向を示すが、開発油は、負荷圧力にわずかに影響されるが、ピストンスピードには影響されない。騒音レベル

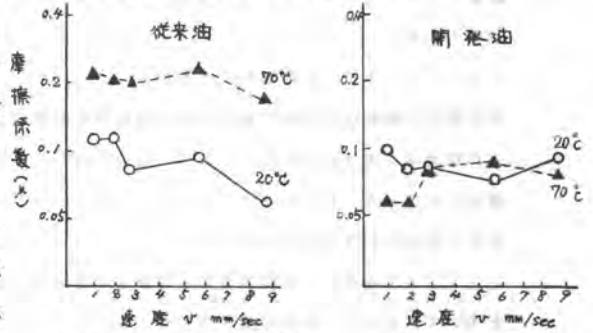


図1. 摩擦係数 (荷重 1 kg)

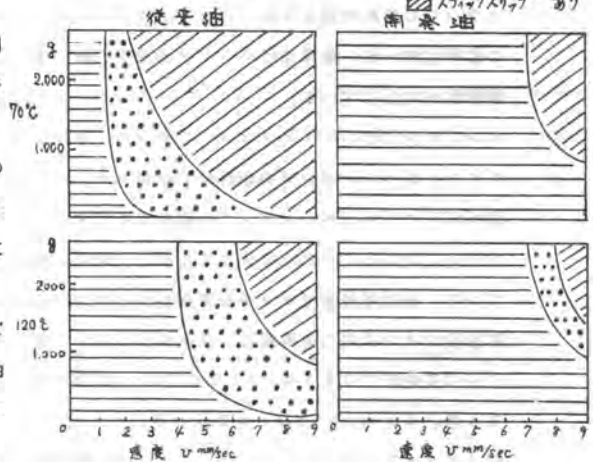


図2. ステイックスリップ発生状況

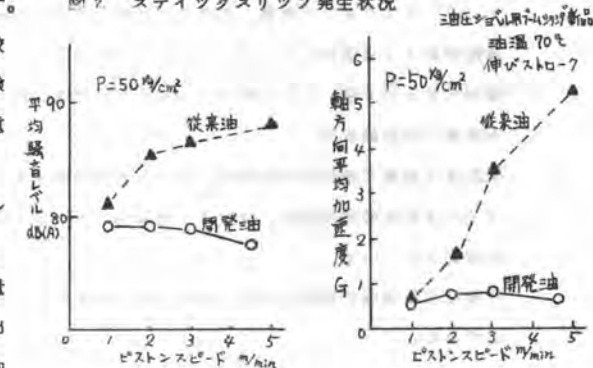


図3. シリンダ騒音及び加速度

と軸方向平均加速度は、相関関係のある事を示している。

騒音レベルで6~10db(A)低減し、シリンダ加速度も2.5~4.5Gの低減がなされ、顕著な効果が得られた。

#### 5. ポンプテストによる耐摩耗性の確認

油圧機器の摩耗は、油圧作動油中の汚染物質に影響される。これはオクラホマ州立大のDr. B.C. Fitch等の文献等に報告されており、最近コンタミネーションコントロールが各所で実施されている所以である。

エンジンオイルには、燃焼残渣物を分散させる清浄分散剤を用いて、ピストン部分の清浄性を向上させてきているが、今回の開発油にも清浄分散剤を用いた。

スラッジの溶解状態を写真1に示す。従来油はスラッジの溶解は無いが、開発油はスラッジが油中分散し著しく清浄性が向上している。

ポンプテストは、V1040ベーンポンプ、25V12Aイントラベーンポンプの摩耗量で比較した。

図4にV1040ベーンポンプの摩耗量を示す。

ベーン、カムリング共に従来油に比較して摩耗が減少しており、合計摩耗量で30%程度摩耗が改善されている。

試験後のタンク内の汚染度は、従来油がNAS7級、 $0.8\mu$ の重量法で $0.19\text{mg}/100\text{ml}$ に対し、開発油はNAS3級、 $0.1\text{mg}/100\text{ml}$ と汚染度が優れている。

図5に25V12Aイントラベーンポンプの摩耗量を示す。V1040ポンプ同様、従来油に比較して開発油は摩耗が約30%低減している。タンク内の汚染度も、開発油でNAS5級、 $0.10\text{mg}/100\text{ml}$ と良好であった。

#### 6. 実車での稼働状況

現在まで実車で稼働中のものは、シリンダ異音発生なくフィルタ交換寿命の延長、コンタミ汚染レベルの低下等が確認されている。

今後は油圧機器の摩耗を主にした耐久性の調査を行う予定である。

#### 7. つまび

以上、建設機械用油圧システムと合致する高性能油圧作動油の開発結果を報告した。別途に行われている汚染管理の向上と併せて油圧機器の信頼性は更に向上するものと考えられる。実際に建設機械を取扱う人々にとって本報告が参考になれば幸いである。



写真1

油圧 : 140  $\text{kg}/\text{cm}^2$   
回転数 : 1500 rpm.  
油温 : 65  $^{\circ}\text{C}$

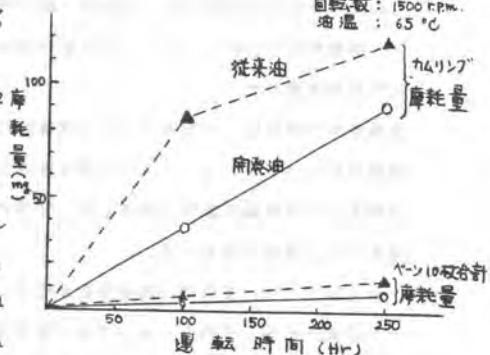


図4. V1040ベーンポンプ摩耗量

油圧 : 210  $\text{kg}/\text{cm}^2$   
回転数 : 2300 rpm.  
油温 : 82  $^{\circ}\text{C}$

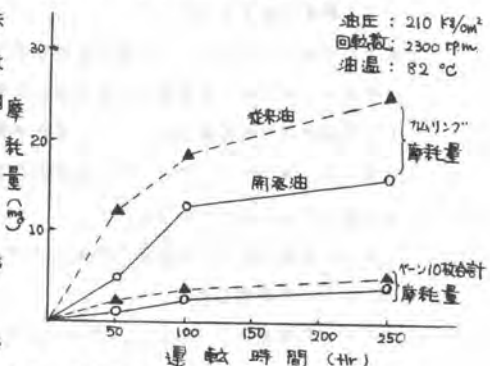


図5. 25V12Aベーンポンプ摩耗量