

1631 ピストンポンプを用いた生分解性作動油の評価

Evaluation of Biodegradable Hydraulic Oils Using Piston Pumps

○正 風間俊治 (室工大) 正 藤原 満 (室工大)
野澤 亮 (室工大院) 三本信一 (新日石)

Toshiharu KAZAMA, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido
Mitsuru FUJIWARA, Muroran Institute of Technology
Ryo NOZAWA, Graduate, Muroran Institute of Technology
Shin'ichi MITSUMOTO, Nippon Oil Corporation

Biodegradable and mineral oils were assessed experimentally using a swash plate type axial piston pump. Six kinds of synthetic ester type biodegradable oils, three types of biodegradable vegetable oils and the mineral oil with the viscosity grade of 46 were prepared. The discharge pressure was set at 20 MPa and the oil temperature was kept at 80 °C. The pressure, temperature, flow rates and the torque were monitored during the continuous operation up to 300 hours. The performance of the pump was evaluated at every 100 hour and the physical and chemical properties of the oils were analyzed. In conclusion, i) The changes in viscosity of the vegetable oils were largest; followed by the synthetic biodegradable oils and the mineral oil, and ii) The increases in the viscosity, total acid number and the color were marked while the changes in the pump performance were less shown.

Keywords : Biodegradable hydraulic oils, Piston pump test, Evaluation, Fluid power systems

1. はじめに

近年, 世界規模で環境保護への関心が高まっている. 流体の圧力エネルギーを利用したフルードパワー (油圧) システムにおいても, そのエネルギー伝達媒体である作動油に対する環境負荷の低減が強く求められている. すでに欧州を中心に, 建設土木機械用の油圧システムには, 土壌や湖水が汚染されることを回避するため, 生分解性を有する作動油の使用が一部で義務づけられている. ところが, こうした生分解性作動油を直接, 従来の鉱物油仕様の油圧システムに用いると, その性状の差異により, 性能や寿命に重大な問題を生じさせる場合がある.

本研究では, 9 種類の生分解性作動油と 1 種類の鉱物油系作動油を用いて, 最長 300 時間にわたるピストンポンプの連続運転試験を実施し, ポンプ性能, ポンプ内部しゅう動面および作動油性状の変化を調べた.

2. 実験装置ならびに方法

実験装置全体の油圧回路図を図 1 に示す. 本装置は, 供試ポンプとその駆動装置, 油圧補機 (バルブ, フィルタ, クーラ, タンク) ならびに計測機器 (トルク計, 流量計, 圧力計, 温度計) で構成された. これらを油圧スタンドとしてコンパクトに組み立てた. 供試ポンプには, 市販の斜板式アキシャルピストンポンプ (最高使用圧力 21 MPa, 理論押し退け容積 10 ml/rev) を用いた. ポンプは, 入力軸トルク T を計測するためのひずみゲージ式トルク変換器 (定格 20 N.m) を介して, 3 相電動機 (7.5 kW) により一定回転速度 N (24 s^{-1}) で駆動された. ポンプ吐出し管路およびドレン管路にオーバル流量計 (各最大流量は 4000, 2000 l/h) を設置し, 吐出し流量 Q_d および漏れ流量 Q_l を

測定した.

本実験に用いた供試油は, 6 種の合成脂肪酸エステル系生分解性作動油, 3 種の植物油系生分解性作動油ならびに鉱物油系一般油圧作動油であった (便宜上, それぞれ, BO(S)1~6, BO(V)1~3, MO と記す. なお, BO(S)1 の生分解率は OECD301C で 87 %). 供試油を入れ替える際には, ポンプ (同一仕様) を同時に交換し, 十分な時間をかけてフラッシングを 2 回行うことで, 装置内に残留する供試油の混合を極力避けた.

各供試油に対して, 累積時間 $t_{\max}=300 \text{ h}$ のポンプ連続運転試験を実施した. 斜板傾角最大近傍, 吐出し圧力 $p_d=20 \text{ MPa}$, ポンプ入口部における油温 $T=80\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ に設定した. 連続運転中は, 圧力, トルク, 流量, 油温, 冷却水流量・温度などをモニターした. $t=100 \text{ h}$ 毎に運転を停止させて, ポンプの性能試験および供試油のサンプリングを行った.

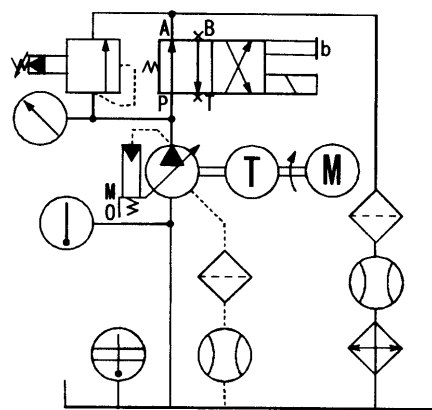


Fig.1 Hydraulic circuit of test bench

3. 実験結果ならびに考察

結果を要約する。BO(S)1~5, BO(V)2, MO では $t_{max}=300$ h を達成した。一方, BO(V)1, BO(V)3, BO(S)6 では異音が生じたため, それぞれ, $t_{max}=246$ h, 132 h, 94 h にて運転を中断した。 $t_{max}<300$ h のポンプを分解したところ, 内部に摩耗粉の残留あるいは弁板や駆動軸部に摩耗痕が観察された。

BO(V)3 のポンプ性能曲線を図2に示す。また, BO(S)1, BO(V)1, MO の軸入力 $L_t (=2\pi NT)$ と Q_d の変化を $t=0$ h で正規化して図3に示す。異常が生じた図2の $t=100 \rightarrow 132$ h および図3の BO(V)1 においても, 性能曲線や各特性に, その兆候は見られなかった。なお, 全効率 $\eta (=p_d Q_d / L_t)$ が増加した主な原因は, L_t の低下や容積効率 $\eta_v' (=Q_d / Q_{th})$ の上昇によるものであり, Q_d が減少したことからも, 供試ポンプのしゅう動面になじみ効果が現れたためと判断できる。

図4は, 連続試験前後における動粘度 $\nu(40^\circ\text{C})$ の変化率 (単位時間当たり) の増減を, $t=0$ h での値との比で, 図5, 6は, 全酸価 TAN および色相の変化率を, $t=0$ h での値との差で示す。いずれの性状も, MO に比して BO の変化が大きかったことが分かる (MO の TAN の変化は, 測定限界未満)。特に, BO(V)の色相の変化が顕著であった。

図7は, BO(V)1 を用いた試験前後 ($t=0$ h/248 h) におけるポンプ各しゅう動部の表面粗さの変化を示す。本試験の場合, 弁板部(VP)の粗さの増加がきわめて大きかった。

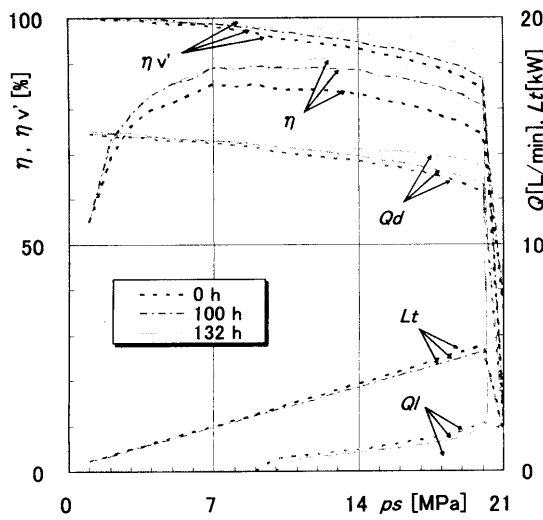


Fig.2 Pump performance curves (BO(V)3, $t_{max}=132$ h)

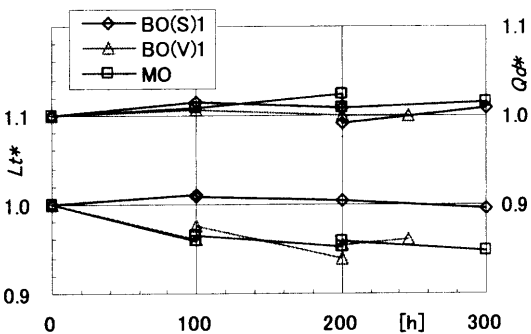


Fig.3 Changes in normalized input power and flow rate

4. むすび

小型ピストンポンプを用いて, 計 10 種類の供試油の評価試験を行った。主な結論として, i)粘度変化は, 植物油系生分解性作動油が最も大きく, 続いて合成系生分解性作動油, 鉱物油の順となった。ii)鉱物油に比して, 生分解性作動油の全酸価および植物油系生分解性作動油の色相の変化が顕著であった。なお, 試験途中でポンプに異常が生じた場合でも, ポンプ性能に兆候や変化は認められなかった。

本試験装置の製作には, 油研工業株式会社 関係各位のご尽力を賜った。本実験には, 当時の本学卒研究生 安達令奈さん, 幸谷孝君, 安田敬弘君の助力を得た。記して謝意を表す。

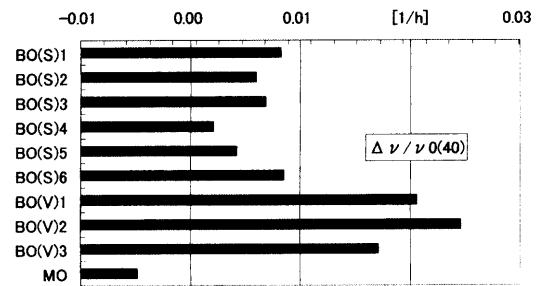


Fig.4 Rate of changes in kinematic viscosity ν at 40°C

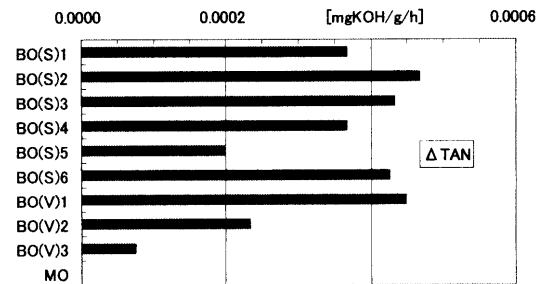


Fig.5 Rate of changes in total acid number

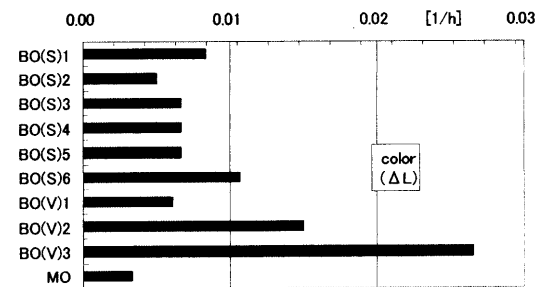


Fig.6 Rate of changes in oil color

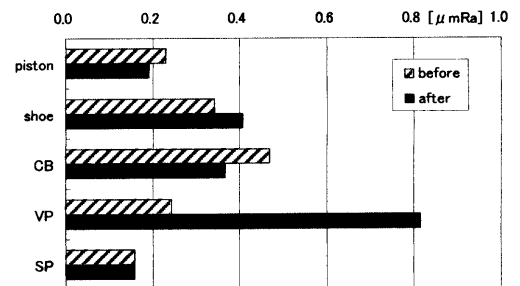


Fig. 7 Surface roughness of pistons, shoes, cylinder blocks (CB), valve plates (VP) and swash plates (SP) for BO(V)1