



2 ストロークエンジンオイルの ベアリング潤滑性についての研究

Study on Bearing Lubricity with 2-stroke Engine Oil

河部 秀明 Hideaki Kawabe 石丸 光明 Mitsuaki Ishimaru
● PM 統括部技術開発室 / 新日本石油㈱

Abstract

Polybutene is generally formulated into 2-stroke engine oil in order to prevent smoke and carbon accumulation in the exhaust systems of motorcycles. The higher content of polybutene in the oil is said to be essential to maintain the initial performance of 2-stroke engines. However, it is not so well known that this polybutene deteriorates the lubricity of engine bearings. Therefore, we developed a method for evaluating the lubricity of the bearings to verify the influence of 2-stroke engine oils. Tests were conducted to measure the temperature of the big end of the connecting rod directly while running the engine. The bearing lubricity was evaluated by comparing the temperature of the big end of the connecting rod with the different candidate oils compared to a standard oil. A better 2-stroke engine oil formulation can be found by adding this bearing lubricity test to the JASO (or ISO) standard tests.

要旨

一般的に 2 ストロークエンジンオイルにはモーターサイクルの排気煙や排気系へのカーボンの堆積を防止するためにポリブテンが使われる。2 ストロークエンジンの初期性能を維持するためには、オイル中のポリブテンの含有量を増やす必要がある。我々はポリブテンの含有量を増やしたオイルのエンジンへの影響を把握するためベアリングの潤滑性評価方法を開発した。試験方法はエンジン運転中にコンロッド大端部の温度を直接測定するものである。各種オイルの試験後、ベアリング潤滑性が JASO 結果より予測できることが判明した。今後も、環境保護に対応した 2 ストロークエンジンオイルの開発が必要である。その際、バランスの良いオイル開発のために JASO あるいは ISO 標準試験にベアリング潤滑性試験を加えることを望む。

1 はじめに

2 ストロークエンジンも環境保護の対応のため、初期性能を長く維持することが重要視されてきている。それをサポートするオイルの性能評価には JASO の標準試験が使われるのが一般的である。JASO 試験は一定以下の性能のオイルを市場より削減するというその役目を十分果たしてきた¹⁾。著者らもその試験法を用い各種のオイルの開発を実施してきた。しかし、最近市場にこの初期性能を維持する性能を極端に高めたオイルが販売され始めている。それらのオイルを調査している段階で、新たにオイル性能として評価が必要な項目を発見した。本報告ではまず、その初期性能を維持するオイルの特徴を述べる。次にそれらのオイルに必要な評価とその試験方法を示す。そして、最後にその試験方法を使って行った各種のオイルの評価結果を述べる。それにより、今後の 2 ストロークエンジンオイルの設計に必要なとなる指針を示す。

2 初期性能を維持するオイルの特徴

排気系へのデポジットの堆積により、エンジンの初期性能は徐々に下がる場合がある²⁾。初期性能を維持する性能を評価するのは JASO の排気系閉塞試験 (JASO M343-92) である³⁾。この試験法を使い、市場にある代表的な組成の 5 つのオイルを評価すると図 1 のようになる。

図 1 の縦軸は排気閉塞性指数をとっている。図 1 は指数が大きいほど排気系のカーボンによる閉塞が少ないことを意味している。尚、今後オイルの各性能はすべて指数で表し、JASO 評価同様 JATRE-1 を標準油とし、常に数字が大きいほど性能が良いとする。図 1 より、現状使われる基油材料の中でポリブテン (PB) が最も排気閉塞性能が優れている。また、鉱油等他の材料との混合ではその性能が大幅に低下している。現在の低排気煙タイプのオイルの基油は鉱油分とポリブテン分との混合が一般的である。両者の割合による排気閉塞性への影響を見たのが、図 2 である。基油中のポリブテン含有量を増加させれば排気閉塞性指数が向上している。このようにポリブテンは 2 ストロークエンジンの初期性能を維持する上で欠かせないものである。

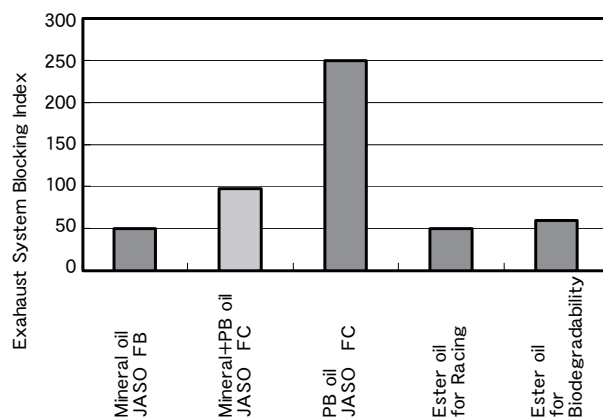


図 1 Influence of Oil Composition on Performance in Exhaust System Blocking (PB means Polybutene)

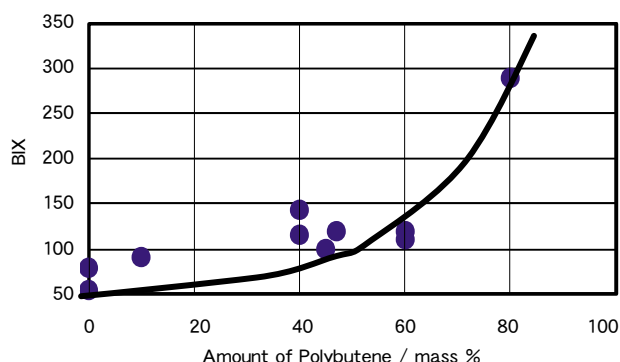


図 2 Influence of Polybutene Component on Exhaust System Blocking Index (BIX)

3 ポリブテンの短所

ポリブテンは同分子量の鉱油より粘度が高いことから、ロストルク増加の原因になることは過去、報告されている⁴⁾。このことは同時に一度付着したオイルが次に進入してくる新しいオイルと入れ替わりにくいことを示している。この特徴は、基油にポリブテンを使うとコンロッドの小端部や大端部が熱により青く変色することから見て取ることが出来る。そこで、基油が鉱油のみのものとポリブテンのみのオイルを使い、エンジン運転中のコンロッド大端部にあるクランクピン表面温度の違いを測定してみた。使ったエンジンは排気量 125cm³ の水冷エンジンで分離給油システムを装備している。使用したエンジンの諸元を表 1 に示す。

表 1 Specification of The Test Engine

Cooling Method	Water cooling
Bore × Stroke	56.4mm × 50mm
Displacement	125cm ³
Cylinder Material	FC sleeve
Power Output	25kW/9,000rpm
Lubrication system	Separate oiling system

また、運転条件は全負荷にて実施した。結果は図3のようになり明らかに全回転域でポリブテンのほうが温度が高い。

また、エンジン回転数が高くなるほど両者の差は開いた。更に、9,000rpmでポリブテン単独のものを運転し続けたところ、急激に温度が上昇した。そのため、エンジン運転を中止し、分解点検を実施した。すると、大端部が真青に変色していた。大端部への影響に関し、ポリブテンの使用に注意が必要である。さらに調査を進める前にこのコンロッド大端部におけるオイルによる温度の違いをベアリング潤滑性と呼ぶことにし、次のように規定した。

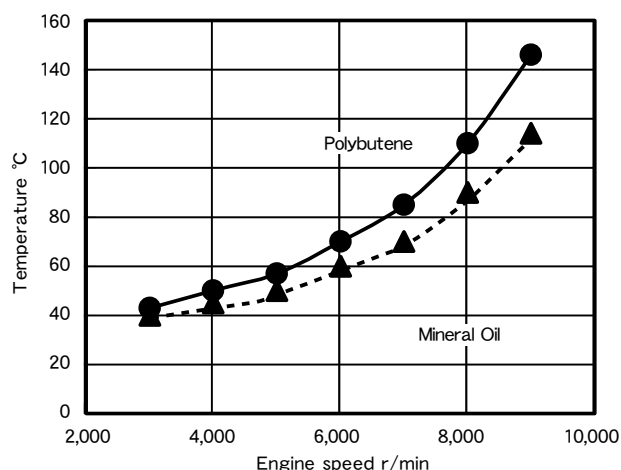


図3 Influence of Oil Composition on Crank Pin Temperature

4 ベアリング潤滑性評価方法

リング部におけるオイルの潤滑性を評価するために図4に示す大端軸受け部クランクピン慣性力側の外周面中央部に熱電対を埋め込み、出力はスリップリングにてエンジン外に出した。

JASO 規格と同様 JATRE-1 を標準油とし、JATRE-1 の測定温度を指数 100 とした。そして、次の計算式でサンプル油の指数を求めた。

$$BLIX = TJ1 / TS \times 100$$

BLIX ; ベアリング潤滑性指数

TJ1 ; JATRE-1 使用時のクランクピン温度

TS ; サンプル油使用時のクランクピン温度

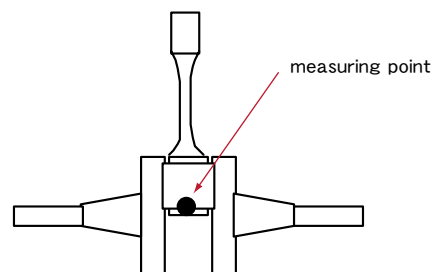


図4 Installation of temperature sensor

5 ベアリング潤滑性へのポリブテンの影響

上記に示したベアリング潤滑性評価方法を用いてポリブテンの影響を調査した。

(1) ポリブテン含有量の影響

図5に示すようにポリブテンの含有量が増加するほどベアリング潤滑性は悪化する。ただし、含有量が同じでもベアリング潤滑性指数に10もの違いがある場合があった。先に示したロストルクとの関係が同じだとすれば、ポリブテンの分子量の違いが影響しているものと予想した。

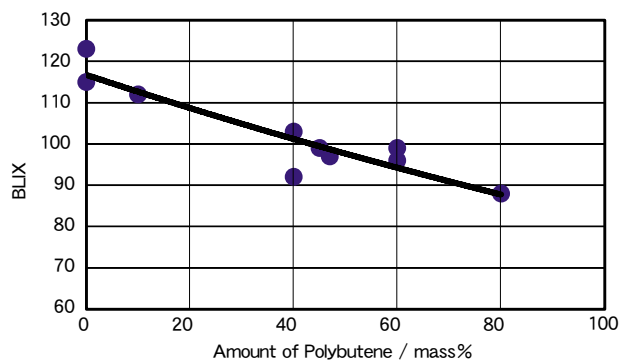


図5 Influence of Polybutene Component on Bearing Lubricity Index (BLIX)

(2) ポリブテン分子量の影響

図 6 に示すとおり、明らかにポリブテンの平均分子量が大きいとベアリング潤滑性が低下している。特に分子量が 1,000 以上のものが少量であっても含有される場合は運転中にベアリング部に残るポリブテンの粘度が非常に高い。そのためベアリング潤滑性が悪化する。したがって、その使用は避けるべきである。

(3) 市販油への影響

先に示した一般的に市販されているオイルにてベアリング潤滑性との関係を調査した結果が図 7 である。ポリブテン系が鉱油系・エステル系に比べてベアリング潤滑性が劣っている。現状では、ポリブテンは排気閉塞性を犠牲にしても鉱油と混合して使わざるを得ない。

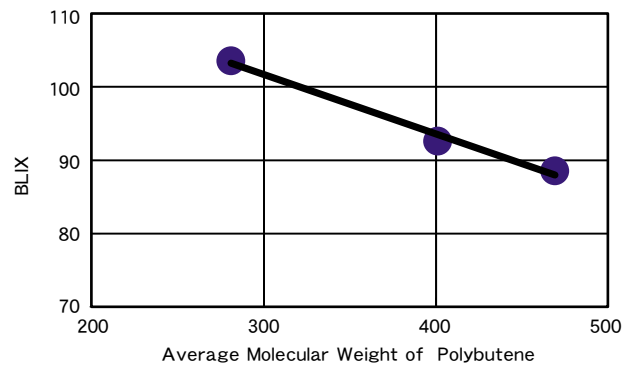


図 6 Influence of Polybutene Molecular Weight for Bearing Lubricity Index

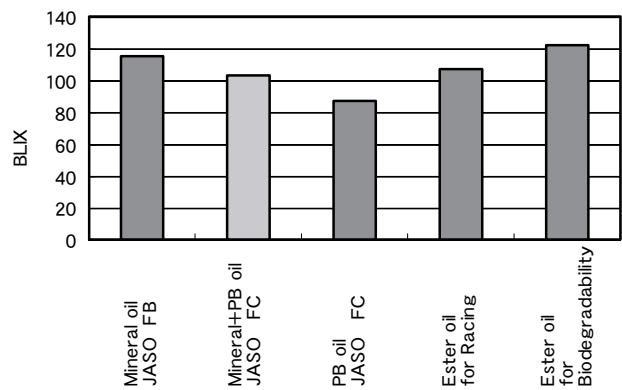


図 7 Influence of Oil Composition for Bearing Lubricity

6 ベアリング潤滑性と JASO 評価

ここまでの結果をみるとベアリング潤滑性は JASO のロストルク試験 (JASO M340-92) や排気閉塞性試験 (JASO M343-92) 結果と相関性が高いようである⁵⁾。今回紹介したベアリング潤滑性試験は再現性が高い試験である。しかし、この試験はコンロッドの大端部の温度を測定することから、エンジン改造に手間がかかり、かつ、測定部の耐久性にやや不安がある。そこで、JASO 試験より、ある程度のベアリング潤滑性が予測できないかとそれぞれの関係を調査した^{3,5,6)}。

今回は、特に関係が認められそうな排気閉塞性試験との関係を図 8 に、ロストルク試験との関係を図 9 に、排気煙試験 (JASO M342-92) との関係を図 10 に示した。

- ・ベアリング潤滑性は JASO の排気煙試験およびロストルク試験と非常に相関性が高い。
- ・ベアリング潤滑性指数を 100 以上にしたい場合、3 つの指数が以下の条件を満たす必要があることがわかった。

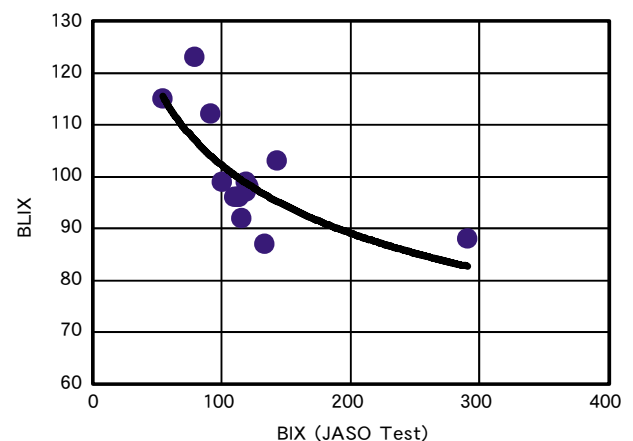


図 8 Relationship between Bearing Lubricity Index and Exhaust Carbon Blocking Index (BIX)

- (1) 排気閉塞性指数は 120 以下
- (2) 排気煙指数は 100 以下
- (3) ロストルク指数は 100 以上

上記 3 つの性能が保持されていないオイルはベアリング潤滑性能が標準油以下のオイルであるといえる。反対にこれら 3 つの条件を満足するオイルは標準油以上のベアリング潤滑性をもつオイルといえる。つまり、JASO 評価指数の値より、ベアリング潤滑性が予測可能である。ベアリング潤滑性を考慮し、3 つの指数を決定することは、もちろん、他の性能も含め、バランスのとれたオイルを開発することが今後最も重要であると考ええる。

7 おわりに

以上、大端部のベアリング潤滑性試験の評価方法を開発してきた。そして、ポリブテン、鉱油、エステルを用いた各種オイルの試験により、以下のことが判った。

- (1) エンジンの初期性能を維持するためには基油へのポリブテンの含有は不可欠である。
- (2) 鉱油およびエステルはベアリング潤滑性の改善に効果がある。また、ポリブテンの含有量を排気閉塞性や排気煙性能が許す限り少なくすれば、ベアリング潤滑性を改善できる。
- (3) ポリブテンの高分子量分はできるだけ使用しない、特に 1,000 以上のものは使用を避ける。
- (4) ベアリング潤滑性は初期トルク、排気閉塞性および排気煙の 3 つの指数より予測することが可能である。

本論文作成にあたり、御援助頂いた新日本石油株式会社の方々に厚くお礼申し上げます。

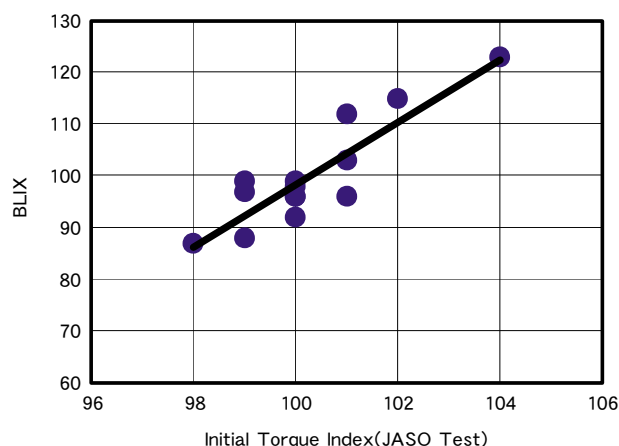


図 9 Relationship between Bearing Lubricity Index and Initial Torque Index

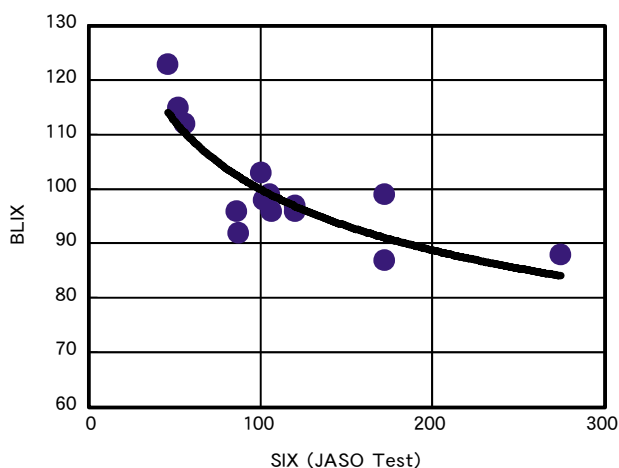


図 10 Relationship between Bearing Lubricity Index and Exhaust Smoke Index (SIX)

■参考文献

- 1) JSAE, "JASO M345-93 Two-stroke gasoline engine oils,"1993.
- 2) H. Kawabe and Y. Konishi, "Effect of polybutene on prevention of clogging in the exhaust system of two-stroke engines" SETC Paper 931507,1993.
- 3) JSAE, "JASO M343-92 Exhaust system blocking test procedure for evaluating two-stroke gasoline engine oils,"1992.
- 4) M.Kagaya and M.Ishimaru,"A New Challenge for High Performance Two-Cycle Engine Oils",SAE Paper 881619.
- 5) JSAE, "JASO M340-92 Lubricity test procedure for evaluating two-stroke gasoline engine oils,"1992.
- 6) JSAE, "JASO M342-92 Smoke test procedure for evaluating two-stroke gasoline engine oils,"1992.

■著者



河部 秀明



石丸 光明