

超微細孔式によるナノバブルを含むエンジン油がピストン系摩擦損失低減に与える効果
Effect of Engine Oil Containing Nanobubbles by Ultrafine Pore Method
on Reduction of Friction Loss in Piston System

都市大（学）*堀場 海 都市大（正）三原 雄司 都市大（学）岩田 拓実
都市大（非）石橋 優汰 都市大（学）福田 将也 都市大（正）及川 昌訓

Kai Horiba*, Yuji Mihara**, Takumi Iwata*, Yuta Ishibashi*, Masaya Fukuda*, Oikawa Masakuni**
*Tokyo City University, **Tokyo City University Advanced Research Laboratories (HEET)

1. 緒言

民生・産業・運輸・発電等においてカーボンニュートラルの達成が急務となり、様々な産業・運輸分野で活躍してきた内燃機関に対し熱効率の向上が強く求められている。実現のためには摩擦損失の低減も重視され、ピストン・シリンダ間の摩擦力の更なる摩擦損失低減も重要であり、流体・混合・境界での潤滑状態の向上が必要となる。近年、水にナノバブルを含ませた場合に摩擦調整剤として働くことが報告されたが^[2]、内燃機関の潤滑油に粒径 1 μm を下回るとされるナノバブルを混入させた場合の摩擦低減効果の検証はない。本研究ではエンジン油へ超微細孔式法により生成したナノバブルがピストン摩擦仕事に及ぼす影響を浮動ライナーエンジンで検証したので報告する。

2. 実験方法

2.1 ナノバブル発生装置

ナノバブルの発生に用いた超微細孔式のナノバブル発生装置の概要を Fig. 1 に示す。ナノバブル発生部には多孔質カーボンセラミックスを使用し、装置内部へ送った圧縮空気が多孔質の界面から液体内に送り出され、液体の流れる力によりバブルが大きくなる前にせん断はく離によって数十 μm 以下のバブルを発生させる。そのバブルが自らの表面張力作用により自己収縮することで、ナノスケールのバブルとなる機構である。なお、本研究では、0.5 MPa の空気圧とした。

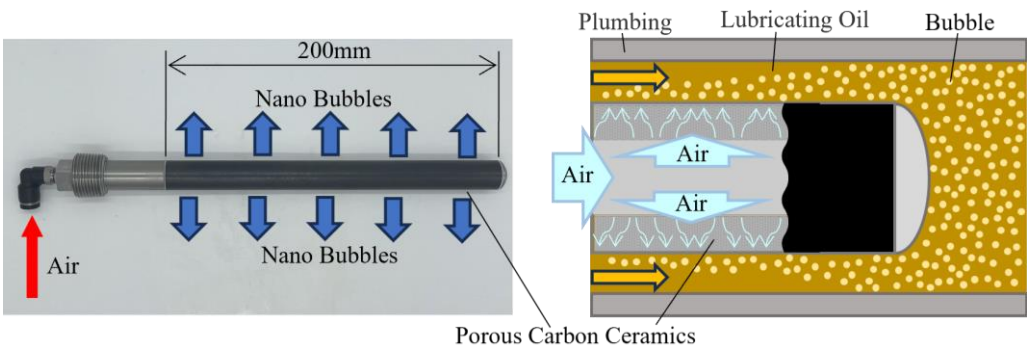


Fig. 1 Overview of ultrafine pore nanobubble device

2.2 供試エンジン

本試験で摩擦力計測に用いた浮動ライナーエンジンの諸元を Table 1 に、構造図を Fig. 2 に示す。本エンジンのシリンダライナーは、(1)インナーライナーと(2)アウターライナーの二重構造を有しており、このライナーとエンジンブロック間にスラスト・反スラスト側の上中下前後各 6 か所、計 12 か所に 3 分力センサを取り付けている。インナーライナーの摺動面で発生した摩擦力は、この 3 分力センサによってクランク角度毎に計測し、合力として求めた。

Table. 1 Specification of floating liner engine

Type of Engine	4 Stroke Gasoline Engine
Cylinder Number	1
Displacement [L]	0.450
Bore \times Stroke [mm]	80.5 \times 88.3
Friction Measurement Sensor	Triaxial Force Sensor \times 12

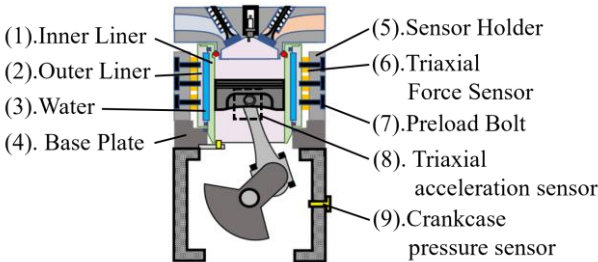


Fig. 2 Floating liner engine structure

2.3 試験水準

試験条件を Table 2 に示す。油温は $80 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、水温はライナーのうち、行程中央部を基準に $80 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に調整し、ファイヤリング試験時の燃焼条件は空燃比 14.5 で一定に調整した。エンジン油は SAE 粘度グレード 0W-20 の汎用ガソリンエンジン油を使用した。

Table 2 Test operation condition

Engine Speed [rpm]	1000/1500/2000
IMEP [kPa]	MOT/270/510/800
Lubricant	w/ or w/o Nano bubble

*MOT: Motoring

3. ナノバブルの効果検証

1500 rpm, IMEP 800 kPa におけるナノバブル有無の摩擦波形を Fig. 3 に示す。破線で囲まれた部分においてナノバブルを含まないエンジン油(図中 STD)に比べて、ナノバブルを含んだエンジン油(図中 NB)での摩擦低減効果が確認された。また、効果がある領域は吸気行程と膨張行程の前半部分、圧縮行程と排気行程の後半部分であり、どの行程でもライナーの上部で作用したことが確認された。同運転条件での各行程における FMEP 及びナノバブルによる FMEP 低減率を Fig. 4 に、1500 rpm, IMEP 違いにおける FMEP の合計値及びナノバブルによる FMEP 低減率を Fig. 5 に示す。Fig. 4 より、膨張行程の FMEP が他の行程に比べて大きく低減しており、Fig. 5 の IMEP 違いにおいても負荷の大きい高 IMEP 側で大きな効果が得られたことから、本運転条件の中ではナノバブルは負荷が大きいほど作用しやすいと考えられる。

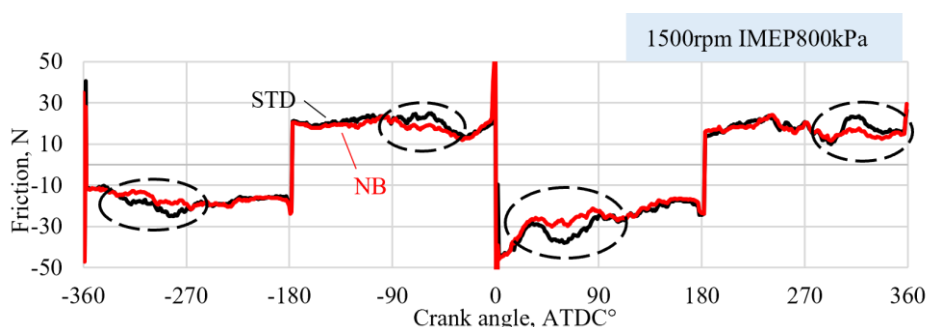


Fig. 3 Friction waveform at 1500 rpm IMEP 800 kPa

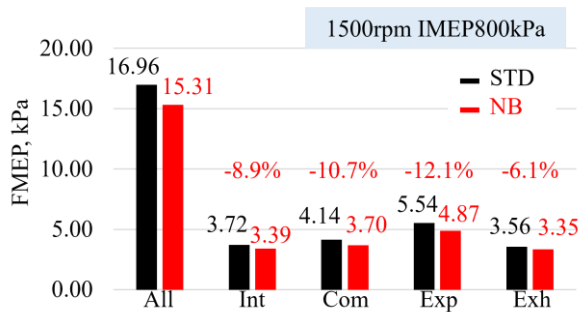


Fig. 4 FMEP in each stroke at 1500 rpm IMEP 800 kPa

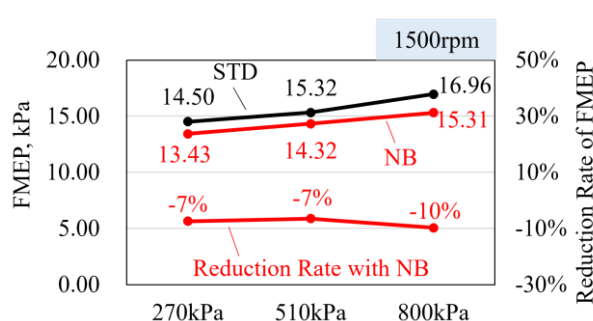


Fig. 5 FMEP comparison in each IMEP at 1500 rpm

4. 結言

超微細孔式法により生成したナノバブルを含むエンジン油を用いて浮動ライナーで得られた摩擦波形及び FMEP の比較を行った。その結果以下のことが確認された。

- 1) ナノバブルを含むエンジン油では、ライナー上部で摩擦低減効果が確認された。
- 2) 本運転条件の中では、ナノバブルは負荷が大きいほど摩擦低減に作用する傾向が確認された。

謝辞

この成果は、自動車用内燃機関技術研究組合(AICE)が国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成を受けて実施した助成事業(JPNP21014)の結果得られたものです。また、このカーボンセラミックスによるナノバブル発生方法は安斎聡氏の特許技術です。実験遂行のため多大なるご援助をいただきました(株)安齊管鉄・安斎氏、(有)フィンテック東京・南部氏に対し厚くお礼申し上げます。

文献

- 1) 内貫ほか：ハイブリッド自動車用 1.8L ガソリンエンジンの開発，自動車技術会 学術講演会前刷集 No.79-09 (2013)
- 2) Masami Nakagawa et al.: Nanobubbles as friction modifier, Tribology International 165 (2022) 107333