

# 添加剤追添によるCVT油の性能回復技術

杉村 晃\*      加藤 豪\*      前田 誠\*\*

## 抄 録

当社の無段変速機（CVT）用の油は交換不要として設計されているが、使用環境によっては油の添加剤の著しい消耗により、湿式クラッチの締結・解放時にショックが発生する。そこで、添加剤の消耗メカニズム、および油の各性能に及ぼす添加剤の作用を明らかとし、その知見に基づいて追添剤を設計した。

本剤の効果を実車試験により検証したところ、ショックが改善され、効果の持続性は油交換以上であることを確認した。さらに、本剤は追添による副作用も認められず、CVT油の性能回復技術として極めて有効であることを実証した。

## 1. まえがき

近年、地球環境問題への関心が高まる中、低炭素・循環型社会の実現に向けて、製品のライフサイクルおよびサプライチェーンにおけるCO<sub>2</sub>排出削減が重要な課題となっている。

当社が開発・製造する無段変速機（以下、CVT）で使用する潤滑油（以下、CVT油）は、「Fill for life」を前提として設計されており、本来、交換の必要はない。

しかしながら、使用環境や運転条件によっては、CVT油の一部性能が劣化し、新油に交換する場合がある。

この交換に伴い発生する廃油は、一般的に焼却処分されることでCO<sub>2</sub>を排出する。

また、潤滑油の再生技術に関する研究開発も進められているものの<sup>1)</sup>、再生プロセスにおけるエネルギー消費に起因するCO<sub>2</sub>排出という新たな環境負荷が課題として指摘されている。

このような背景から、油を交換せずに劣化した性能を回復させることは、廃油量削減に繋がり、低炭素・循環型社会に貢献すると考え、添加剤の追添による性能回復技術の開発に取り組んだ。

## 2. 本開発の狙いと課題

CVT油は、CVTの前後進切り替えや副変速部の変速の際、湿式クラッチの締結・解放を滑らかに行う機能が必要である。しかし、油が過度に劣化すると、締結・解放時にショックが発生し、運転者が不快に感じることがある。その原因は、主にCVT油の添加剤の消耗であり、最も早く影響を受けるのは湿式クラッチの摩擦性能（以下、湿式クラッチ $\mu$ 性能）である<sup>2)</sup>。

一方、その他の性能（金属部品の摩擦性能、油圧性能、冷却性能など）は十分維持できている。このため、湿式クラッチ $\mu$ 性能のみを回復させるために新油交換を行うことは、約8Lの廃油が発生し、交換費用や作業時間などの点でお客様に大きな負担をかけることになる。

そこで、湿式クラッチ $\mu$ 性能の回復に必要な添加剤を基油で希釈し、CVT内の油に追添することで、廃油量の削減およびお客様負担を軽減しつつ、ショックを改善する追添剤の開発を狙った。

本開発における主な技術課題を以下に設定した。

課題1:湿式クラッチの締結・解放時におけるショックを改善することと、新油交換並みに改善効果が持続(以下、耐久性)すること。

課題2:ベルト、プーリなどの金属部品の摩擦性能(以下、金属間 $\mu$ 性能)が変化しないこと。

課題3:新油や規定以上に添加剤を追添してもCVT油の性能が変化しないこと。

### 3. 解決策の検討

各添加剤の機能を整理し(Table 1)、追添する添加剤の種類と追添量を検討した。

Table 1 Main functions of additives

Additives	Function
Friction modifier	Wet clutch friction adjustment
	Steel-on-steel friction adjustment
Detergent dispersant	Disperses contamination
	Neutralize any acid contents
	Wet clutch friction adjustment
	Steel-on-steel friction adjustment
Extreme-pressure additive	Steel-on-steel friction adjustment
	Prevents wear and seizure
Anti-oxidant	Prevents oxidation
Viscosity index improver	Viscosity index adjustment

#### 課題1に対する解決策

添加剤の消耗メカニズムは、部品のしゅう動発熱により生成する基油の酸化劣化物<sup>3)</sup>が添加剤を捕捉し、消耗することである。具体的には、酸化劣化物の生成と湿式クラッチ $\mu$ 性能を制御する清浄分散剤と摩擦調整剤(以下、FM剤)が消耗する。そのため消耗した分の添加剤を追添する必要がある。

しかし、酸化劣化物は、走行時のユニット部品のしゅう動で生じる金属イオンが触媒となり<sup>4)</sup>、生成が促進される。そのため、新油交換並みの耐久性を確保するためには、この影響を考慮し、清浄分散剤の追添量を決める必要がある。

#### 課題2に対する解決策

金属間 $\mu$ 性能を発現する潤滑環境は、しゅう動面温度が高いため、分子量が低いFM剤はブラウン運動が活発になり、金属表面に吸着しにくくなる。

しかし、FM剤が金属間 $\mu$ 性能を制御する極圧剤に比べ多量に存在すると、金属表面に吸着し、金属間 $\mu$ 性能を低下させる。このため、極圧剤はFM剤との比率を考慮し追添量を決める必要がある。

#### 課題3に対する解決策

新油や規定以上に添加剤を追添すると油中の添加剤量は過剰となる。しかしながら、添加剤が金属表面に吸着する状態は、その存在比率によって決まる。そのため、追添剤に含まれる添加剤の比率を適正化できれば、新油に追添しても耐久性以外の性能は新油並みとなる。

そこで、各添加剤の追添量を以下のように決定した。まず、市場回収油および耐久試験終了油の中から添加剤の消耗量が最も多い油を基準劣化油とし、それらに追添後、性能が回復し、耐久性が新油交換並みになるように設計した。結果的に、FM剤は基準劣化油に必要な量に安全率を考慮した量とした。一方、清浄分散剤は基準劣化油に追添した時に新油と同じ清浄性が得られる量に調整した。次に、それらを新油に追添して、FM剤と清浄分散剤が過剰に存在する油を試作し、予備実験を行って、その油の金属間 $\mu$ 性能が新油並みになるように極圧剤の量を調整した。

### 4. 効果の確認

CVT油(新油)、基準劣化油を用いて、追添前後の清浄性(試験方法:JPI-5S-55-99)、湿式クラッチ $\mu$ 性能(試験方法:JASO M349)、金属間 $\mu$ 性能(試験方法:JASO M358)を確認した。

4.1 課題 1, 2 に対する確認

追添後の基準劣化油の清浄性, 湿式クラッチ  $\mu$  性能は新油並み, 耐久性は新油以上に回復した (Fig. 1,2,3). 一方, 金属間  $\mu$  性能も新油並みであった (Fig. 4).

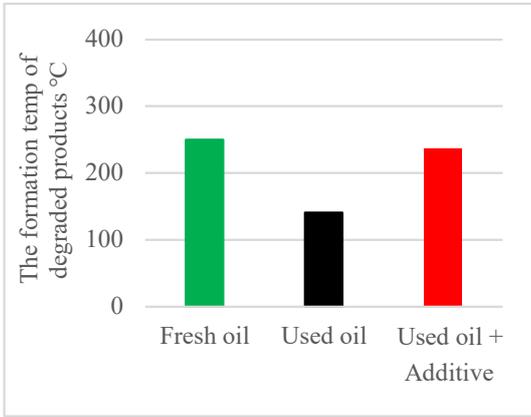


Fig. 1 Detergency test results

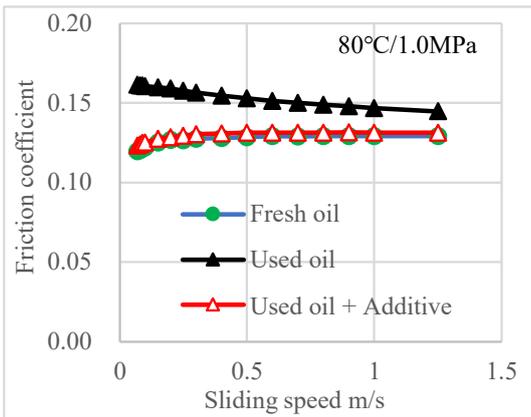


Fig. 2 Wet clutch friction test results

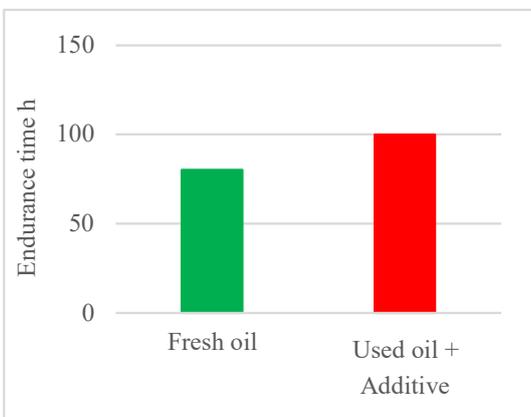


Fig. 3 Wet clutch friction endurance test results

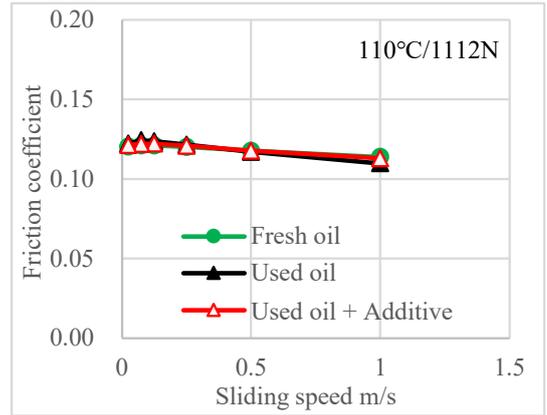


Fig. 4 Steel-on-steel friction test results

4.2 課題 3 に対する確認

新油に追添しても湿式クラッチ  $\mu$  性能, 金属間  $\mu$  性能は新油並みであった (Fig. 5,6). さらに, 他の性能も新油並みであった.

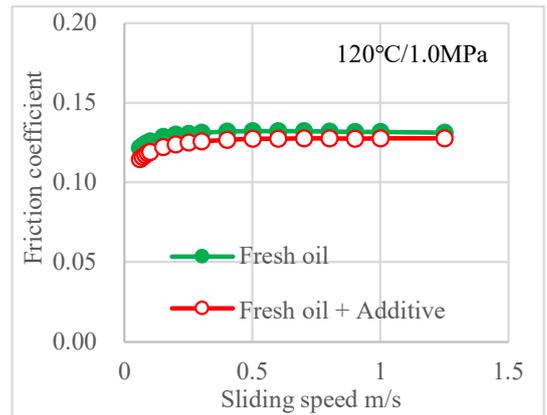


Fig. 5 Wet clutch friction test results

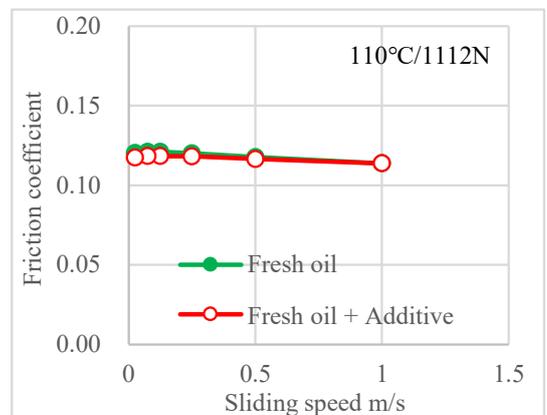


Fig. 6 Steel-on-steel friction test results

## 5. 実車による検証

CVT油の劣化を促進する条件で実車走行を行い、湿式クラッチ締結・解放時のショックを発生させ、本剤を追添したところ、実車走行でショックの改善が確認できた。さらに、実車走行を継続した結果、次にショックが発生するまでの走行距離は新油交換時以上であることが確認できた。

その後、再度追添し、ショックが発生するまで走行したが、その効果と耐久性に再現性があることが確認できた。また本剤を複数回追添しても、CVTのユニット性能（油圧、変速性能）とユニット内の各部品に及ぼす影響（焼き付き、摩耗、破損）がないことを確認した。

## 6. まとめ

本研究では、湿式クラッチの締結・解放時におけるショックを改善し、新油交換時以上の耐久性を実現する追添剤を開発した。

開発した本剤を当社のCVT油に追添することで、CVT油の性能に影響を及ぼすことなく、繰り返し性能を回復できる。さらに、本剤の使用により廃油量を0.5Lまで削減でき、従来の新油交換と比較して環境負荷を大幅に低減することができる。

本研究で確立した添加剤追添による油性能回復技術は、低炭素・循環型社会の実現に向けた有効なアプローチであるとともに、潤滑油の設計技術向上に大きく貢献するものである。

## 7. 参考文献

- 1) 大久保・矢野, 他: 低炭素・循環型社会に貢献する潤滑油の延命/再生技術の開発, 三菱重工技報Vol.61 No.1 (2024)
- 2) 市橋: クラッチに対する摩擦調整剤の作用とその劣化機構, 石油学会, 第41回石油・石油化学討論会, (2011) 2F13.
- 3) 豊口: 潤滑油酸化防止剤について 有機合成化学, 13, 11 (1955) 512-516.
- 4) 望月・加藤・前田: 潤滑油寿命設計手法, トライボロジー会議2024秋 名護 予稿集, 2024, A31

### ■ 著者 ■



杉村 晃



加藤 豪



前田 誠