

資源エネルギー庁補助事業

潤滑油環境対策補助事業報告書

(概要版)

平成26年度石油環境対策基盤等整備事業
(潤滑油環境対策補助事業)

平成 27 年 3 月

一般社団法人 潤滑油協会
潤滑油環境対策委員会

目 次

事業の概要	1
第1節 事業の目的	1
第2節 事業の方法	1
1. 委員会の設置	1
2. 調査体制	1
第3節 事業の内容	2
1. 省燃費エンジン油の普及促進	2
2. 潤滑油リサイクルに関する調査	5
3. 工業用潤滑油の環境対策	9
4. 環境対策情報の普及	12
第4節 事業の実施期間	12
1. 潤滑油環境対策委員会の開催	12
2. 分科会の開催	12
3. 省燃費エンジン油の普及促進	13
4. 潤滑油リサイクルに関する調査	16
5. 工業用潤滑油の環境対策	20
6. 環境対策情報の普及	23
第5節 事業の実施期間	23
1. 潤滑油環境対策委員会の開催	23
2. 分科会の開催	23

この資料は平成 26 年度経済産業省資源エネルギー庁
補助事業の一環として作成したものである。

事業の概要

第1節 事業の目的

本事業では、潤滑油類及び使用済み潤滑油における環境負荷低減等に関する課題について、実態調査、試験研究等を通じて環境対策の方法を明らかにし、我が国の潤滑油製造事業者及び潤滑油使用者等に潤滑油類等の環境影響への配慮及び再生利用の促進の上で必要とする知識及び技能を普及することにより、石油の生産及び流通の合理化を図ることを目的とした。

第2節 事業の方法

1. 委員会の設置

本事業を円滑に実施するため、一般社団法人潤滑油協会内に学識経験者、潤滑油剤業界関係者等から構成する「潤滑油環境対策委員会」を設置して事業を統括した。さらにその下に専門分科会として、(2)潤滑油リサイクルに関する調査①工業用潤滑油からの基油再生、(3)工業用潤滑油の環境対策及び(4)環境対策情報の普及を担当する「工業用油分科会」、(1)省燃費エンジン油の普及促進を担当する「車両用油分科会」、並びに(2)潤滑油リサイクルに関する調査②潤滑油リサイクル実態の調査を担当する「リサイクル調査分科会」を設置し、事業を実施した。

2. 調査体制

事業全体を統括する潤滑油環境対策委員会及び作業を分担する三つの分科会を組織して実施した。



第3節 事業の内容

1. 省燃費エンジン油の普及促進

平成 25 年度の我が国の CO₂ 排出量は 13 億 1,000 万トンで、そのうち自動車等の運輸部門からの排出量は 2 億 2,200 万トンであり、全排出量の 17% を占めている。本事業では省燃費エンジン油の普及促進により、これら運輸部門から CO₂ 排出量削減を図ることを目的とした。

1.1 ディーゼルエンジン油による省燃費効果の測定方法に関する調査

ディーゼル車は、厳しい排出ガス規制に対応するため粒子状物質や窒素酸化物等の低減が優先され省燃費化への対応が後回しになっていた。近年になってディーゼルエンジンの改良が進み排出ガスもクリーンなものとなってきた。そこで、平成 17 年施行の改正省エネ法によりディーゼル車についても平成 27 年度までに世界で最も厳しい燃費の改善が求められるようになった。ガソリンエンジン油では、既に台上エンジンによる燃費試験が規格化されており新しいガソリンエンジン油の燃費(初期燃費)と長距離走行後の燃費の測定が要求されている。一方、ディーゼル車の燃費試験については、実際のトラックなどの車両をシャーシダイナモとよばれる台上で走行させるシャーシダイナモ試験やエンジンダイナモメータを用いエンジン単体を評価対象とする台上エンジン試験が確立されているが、長距離走行後の燃費や高い精度が要求されるであろうディーゼルエンジン油の燃費試験は存在しない。シャーシダイナモ試験でディ

ーゼルエンジン油の長距離走行後の燃費を確認するためには大規模な試験装置を長時間使用し多大な時間と費用が必要となる。そこで、長距離走行後の燃費を短時間かつ低コストで測定する方法が求められている。台上エンジン試験は、荷物満載のトラックが急な坂道を最高回転数で走行するような条件設定も可能でシャーシダイナモ試験に比べて極めて短時間で長距離走行後の燃費が測定できる。

本年度は、これまでの知見を元に、ディーゼルエンジン油の燃費試験方法を確立するために、新油に対する油種間識別性の検証と燃費試験の精度の確認(ステップ 1)及び台上での耐久エンジン試験によって劣化させた劣化油と実車走行により劣化させた回収油との関連性(ステップ 2)について調査し、次の知見を得た。

1) 新油に対する油種間識別性の検証と燃費試験の精度の確認(ステップ 1)

- 基準油(シングルグレード SAE 30、JASO DH-2 クラス)に対する省燃費油(マルチグレード SAE 5W-30、JASO DH-2)の燃費向上率は、試験結果を棄却検定することにより、ばらつきの大きかった結果が棄却され、棄却後の結果が室間再現性許容差の範囲内となる。
- 燃費向上率のばらつきの要因の一つとして省燃費油の試験前後の基準油のアイドリング燃費の燃料消費量の差が影響している。したがって、燃費向上率のばらつきを少なくするためには、省燃費油の試験前後の基準油の燃費の差を小さくすることが望ましい。
- 本試験方法によって新油の基準油と省燃費油の燃費性能の違いが識別可能であることを確認した。
- 今後は、市場の 5W-30 油について燃費試験を実施し、標準油としての妥当性を確認するとともに、省燃費性の基準値を確立する必要がある。

2) 台上での耐久エンジン試験によって劣化させた劣化油と実車走行により劣化させた回収油との関連性(ステップ 2)

- 耐久試験後の劣化油の劣化程度の違いが燃費向上率に影響する。
- 劣化油の燃費向上率を評価する場合、実車走行による劣化と耐久エンジン試験による劣化をどのように関連付けるかどうかが大きな課題となる。
- 燃費向上率は、動粘度とある程度相関性があり、新油と劣化油でその関係性が異なる可能性がある。
- 残留炭素分増加量と動粘度は非常に高い相関性を持ち、また各供試油でその関係性が異なる。

- 残留炭素分増加量が動粘度に及ぼす影響が大きい供試油ほど、残留炭素分増加量が燃費向上率に及ぼす影響も大きい。

以上の結果から、本燃費試験方法は、ディーゼルエンジン油の油種間識別が可能であり、精度においても妥当な試験方法である。また、ディーゼルエンジン油の劣化の程度と燃費向上率の関連性について、いくらか明らかにすることができた。今後は、実車走行による劣化に対してどのように本燃費試験方法を関連付けるか、劣化程度の異なる劣化油の燃費向上率の補正及び本燃費試験方法に対する添加剤の影響について調査する必要がある。

1.2 省燃費ガソリンエンジン油の調査

エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称、省エネ法)では、平成 27 年度までに平成 16 年度比で、乗用車の燃費を 23.5%改善することが求められている。燃費の向上は車両の構造やエンジンなどのハード面での改良も重要であるが、エンジン油についても交換だけで行える安価な燃費向上対策手段である。

本年度は、省燃費エンジン油の一般消費者への普及促進を図り、もって運輸部門から CO₂排出量削減を図るため、前年度のアンケート調査結果を反映させて自動車製造事業者 3 社、自動車ディーラー 1 社及びカー用品専門店 1 社を対象に省燃費エンジン油に関する聞き取り調査を実施するとともに、省燃費油の動向及び開発課題等についても調査し、次のことを明らかにした。

- 自動車製造事業者及び自動車ディーラーのアンケート調査結果から、定期的なメンテナンス等で行うエンジン油交換の際は、エンジン油の選定はディーラー任せで決定しているとの回答が多く、前年度の一般消費者に対するアンケート調査結果と一致する。
- 販売している低粘度グレードのエンジン油の割合は、自動車製造事業者 A 社では 80%以上、B 社及び C 社では 60%以上、自動車ディーラー D 社では 50%以上、またカー用品専門店では 0W-20 グレードが主流との回答を得ていることから、かなり普及が拡大している。この普及の要因は、省燃費自動車の普及にある。
- 自動車製造事業者、自動車ディーラー及びカー用品専門店からは、エンジン油交換の際、一般消費者から銘柄や粘度グレードを指定されることはほとんどなく、オーナーズマニュアルに記載されている純正油やこれと同等の性能、粘度グレードのエンジン油を推奨し、一般消費者は推奨されたエンジン油を購入しているとの共通の回答を得ている。つまり省燃費エンジン油を推奨している省燃費自動車

を所有する一般消費者は、省燃費エンジン油を使用し続けている割合が、かなり高い。

- エンジン油の品質規格であるドーナツマークやスターバーストマークの認知度やそれらが表す内容(性能)についての知識は、自動車製造事業者 2 社では販売ディーラーに一任しており、自動車ディーラー1 社では教育を実施しているとの回答を得ている。したがって、ほとんどの自動車ディーラーのサービス担当者は、ドーナツマークやスターバーストマークを認知し、それらが表す内容(性能)についてある程度習得している。カー用品専門店に関しては、本年度に聞き取り調査を実施できた対象が 1 社のため情報が少なく、今後引き続き他店への聞き取り調査を試みたい。
- ガソリン自動車用エンジン油の規格の動向では燃費の向上を狙いとした日米の自動車製造事業者で構成されている ILSAC (International Lubricant Specification Advisory Committee)で次期規格である GF-6 の検討が進められており、当初この規格の市場導入は 2015 年の予定であったが GF-6 のための新試験方法の開発の遅れや時期 API ディーゼルエンジン油規格(PC-11、API CK-4)の予定が当初 2016 年に市場導入を目指していたために、ガソリンエンジン油とディーゼルエンジン油の新規格適合油の開発、市場導入が重なる可能性が出てきたため 2017 年に変更が表明された。
- 乗用自動車の燃費向上を図るため 2013 年に SAE 粘度グレードに 16 が追加された。2015 年 1 月には更なる低粘度油として SAE 8 と 12 が追加されたことで今後のガソリンエンジン油の低粘度化が加速されてきている。

2. 潤滑油リサイクルに関する調査

2.1 工業用潤滑油からの基油再生

本年度は使用済み工業用潤滑油から基油を再生するためのベンチプラントを使用し、使用済み工業用油を原料とした基油を再生する条件の検討、及び再生基油の品質の確認など、さまざまな使用済み工業用潤滑油からの基油再生の検討を継続するとともに、使用済み工業用潤滑油の分別についても検討し、次の知見を得た。

1) ベンチプラントによる粘度指数向上剤添加油の溶剤精製による再生基油製造

- 市場から回収した工業用使用済みタービン油、R&O 油、工業用多目的油及び耐摩耗性油圧作動油について、最終仕上げ精製を溶剤精製とする基油再生を

実施した結果、抽出温度 80～90℃、溶剤／油比 3：1 程度の溶剤精製条件で再生基油が得られる。

- 再生した基油は、無色透明で、添加剤及び基油の劣化成分はほとんど含まれない。溶剤精製を最終仕上げとすることで、API グループ I の基油では芳香族成分が抽出精製され、粘度指数が向上する。
- 市場から回収した使用済み工業用潤滑油から再生した基油は十分な熱・酸化安定性能を有する。

2) ベンチプラントによるスラッジ混入使用済み工業用潤滑油の溶剤精製による再生基油製造

- 酸化劣化により生成したスラッジが混入した使用済み工業用潤滑油の溶剤精製過程では、スラッジ成分が溶剤に溶解しないため、基油成分から分離しても、抽出塔から排出されずに溶剤と基油成分の界面に堆積する。したがって、溶剤相で精製した基油が抽出塔内で堆積したスラッジ層を通過するため、基油の精製度が低下する。
- ろ過助剤を用いるろ過法により、スラッジは 80～85%程度分離することができる。
- スラッジ分離の前処理をした使用済み工業用潤滑油の基油再生では、再生した基油の物理的性状に変化はないが、熱・酸化安定性は良くなる傾向がある。

3) 精製溶剤の劣化と精製の検討

(1) 溶剤の硫黄化合物による汚染劣化度の調査

- 蒸留で回収した N-メチルピロリドン(NMP:N-Methylpyrrolidone)溶剤は、潤滑油添加剤として使用されている硫黄化合物により汚染され、硫黄分量は約 1.0mass%と高い。

(2) 硫黄化合物により汚染された溶剤の精製の検討

- 硫黄化合物は鉄粉に吸着させる方法で除去でき、硫黄分の除去率は 60～70%程度である。
- X 型ゼオライトとした吸着除去を試みた結果、0.3mass%程度の硫黄分量を含む溶剤では、硫黄分の除去率は 50～53%程度である。

(3) 溶剤の汚染劣化が再生基油の品質に及ぼす影響の調査

- 硫黄化合物により汚染された劣化溶剤により精製された再生基油は、硫黄化合物量が多くなる傾向にあり、熱安定性能、酸化安定性能にも影響があることが認められ、劣化溶剤は再生基油の品質に影響を及ぼす。

4) 使用済み工業用系潤滑油の分別

これまでに検討した使用済み工業用潤滑油からの基油再生において、基油再生プロセス上で、使用済み工業用潤滑油の回収段階で分別を行わなければ、基油再生に支障が生じる可能性がある油種及び使用済み工業用潤滑油中のスラッジ成分などを明らかにした。

- 粘度指数向上剤を配合した油圧作動油
- 硫黄化合物を極圧添加剤として使用するギヤー油及び耐摩耗添加剤として使用する油圧作動油
- 非留出油であるブライトストック油が配合されているギヤー油などの油種
- スラッジが混入した使用済み工業用潤滑油

これらを回収時に分別するための手段を持つ必要があると考えられる。

2.2 潤滑油リサイクル実態の調査

潤滑油のリサイクル対策を推進するためには、現状のリサイクル実態の把握とともに潤滑油ライフサイクル全体を見渡すことのできる、潤滑油の使用、回収、再資源化等のマテリアルフローの明確化が必要である。前年度は、潤滑油需要家における潤滑油の使用実態等を基に推定しているマテリアルフローについて技術や産業の進歩、並びに廃棄物処理に係る規制動向等により、潤滑油需要家における使用済み潤滑油の処理事情も変化しているため、潤滑油製造・輸入事業者や廃油再生事業者及び公衆浴場等を対象にアンケート調査を実施して潤滑油のリサイクルの最新状況を把握及びマテリアルフローの見直しのための資料とした。主な成果は次のとおり。

本年度は、我が国の潤滑油製造・輸入事業者及び廃油再生事業者を対象にアンケート調査を実施して潤滑油のリサイクルの最新状況及び潤滑油需要家における使用済み潤滑油の分別・排出処理等に関する課題等について把握するとともに、潤滑油需要家での実態を明らかにした。

1) 金属加工油・グリース等の製造量・輸入量

- 平成 25 年度の金属加工油製造量・輸入量は 261,548 kL であり、そのうち塩素系金属加工油は 6,296 kL で総量の 2.4 % を占め、非塩素化率は 97.6 % である。
- グリースの平成 25 年度の製造量・輸入量は 76,002 トン、内訳は非塩素系 75,872 トン、塩素系 130 トンである。
- 金属加工油やグリース等の製造に使用された塩素系添加剤使用量は、平成 25 年度総量 1,627 トンであり、全体の 98.2 % が塩素化パラフィンである。
- 塩素系金属加工油の製品容器への表示ラベル貼付状況は、「貼付を継続している」が 87 %、「貼付をしていない」が 9 % である。

2) 廃油再生事業者等の処理実態

- 我が国の廃油再生事業者及び工業用潤滑油再生事業者が収集した平成 25 年度の使用済み潤滑油量は 509 千 kL であり、生産した再生重油は 483 千 kL、離型剤 2 千 kL である。
- 工業用潤滑油の再生は、作動油、タービン油及びその他の油種等が合計 2.33 千 kL 程度生産されている。
- 代表的な再生重油は、再資源化品生産量の 99 % 以上を占めている。

3) 使用済み塩素系潤滑油の分別・排出等の実態

- 分別回収を行っている収集事業者は、分別している事業者と潤滑油受託再生事業者及び塩素系が排出される金属加工油需要家からの収集がない等分別を必要としない収集事業者を合わせると 97%であり、適切に分別回収されている。
- 収集事業者の回収先である潤滑油需要家の製造事業者での塩素系の分別状況は、70%の事業者が分別している。
- 使用済み潤滑油の塩素系を分別保管していない潤滑油需要家に対し、約 9 割の収集事業者が、適切な指導を行っている。

収集事業者である再生事業者への調査の結果、使用済み潤滑油の収集時に、塩素系使用済み潤滑油を適切に分別収集及び処理しているとともに、潤滑油需要家に対して塩素系の分別、排出処理等について適切に指導している。

3. 工業用潤滑油の環境対策

工業用潤滑油に関する環境対策について検討し、もって我が国の省エネルギーの一層の促進、地球環境への負荷低減を図ることを目的に、以下の事業を実施した。

3.1 省エネルギー型油圧作動油の普及促進

我が国では昭和 54 年の石油危機を契機に「エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称、省エネ法)」が制定された。平成 20 年の省エネ法改正により、その指定基準が、工場・事業場単位から企業単位へと改正され、企業全体としての省エネルギーに対する取り組みが一段と強化されている。その中で、油圧により作動する多様な機械システムの電力消費削減を実現する省エネルギー型油圧作動油の導入は有力な省エネルギー手段として期待されている。本事業では、油圧作動油の客観的な省エネルギー効果評価方法を確立し、需要家が省エネルギー型油圧作動油を選択する際の判断材料を提供することにより、その一層の普及促進を図っている。

これまでの年度の調査では、ベーンポンプ及び配管などから構成される油圧装置を試作し、油圧作動油の省エネルギー効果評価方法について検討してきた。その結果、省エネルギー型と従来型油圧作動油の省エネルギー効果が識別できる評価装置を試作することができた。これによりベーンポンプを用いた潤滑油需要家と潤滑油製造事業者に共通の油圧作動油の省エネルギー効果評価方法が確立し、需要家の省エネ油選択の利便性を向上させ、省エネルギー型油圧作動油の更なる普及を促進することが可能

となった。本年度からは前年度まで検討してきたベーンポンプに代わり、ピストンポンプを用いた油圧装置を試作し、これまで確立した省エネルギー効果評価方法の適用性を検討した。主な成果は次のとおり。

- 従来型と比較し、省エネ型油圧作動油が VG46、37°Cで 7.7%の省エネ効果を有することが評価できる省エネ効果評価方法を、ピストンポンプを用いた油圧装置で確立した。
- ピストンポンプを用い、ポンプ出口圧力 18MPa 一定とリリーフ弁入口圧 7MPa 一定の条件下で省エネ効果の識別性を比較した結果、ポンプ出口圧一定の方がリリーフ弁入口圧一定より省エネ型と従来型の全効率の識別性が大きく、省エネ効果評価の条件として適している。
- ポンプ出口圧 18MPa 一定の場合には、作動油の種類及び温度設定に係わらず軸入力及びポンプでのエネルギー損失は同等である。また、ポンプ入口温度が高いほど配管でのエネルギー損失が小さくなり、有効エネルギーは増大する。同一温度では配管でのエネルギー損失は省エネ型の方が従来型より小さい。
- リリーフ弁入口圧 7MPa 一定の場合には、ポンプ入口温度が高いほど軸入力が増加する。また、ポンプ入口温度が高いほど配管でのエネルギー損失が小さくなり、その結果、ポンプ入口温度に係わらず有効エネルギーはほぼ同等となる。また、同一温度では配管でのエネルギー損失は省エネ型の方が従来型より小さい。
- 本評価方法では有効エネルギーは約 40%程度、さらに、配管でのエネルギー損失がポンプでのエネルギー損失より多く、これまで報告されている実際の油圧システムでの割合に近い。したがって、本評価方法により、実際の油圧システムの効率に近い条件での作動油の省エネルギー効果の評価が可能である。
- 配管でのエネルギー損失が作動油の省エネ効果に影響している。したがって、各配管部品及び継手における試験中の圧力損失を計算で求めることができれば、油圧作動油の省エネルギー効果をある程度予測することが可能となる。そこで、配管部品内の助走距離、温度、圧力を考慮した作動油の動粘度及び密度を、配管 1 本ごと、継手 1 個ごとに計算し、かつ変化した値を、次々と受け渡していく計算方法、逐次計算法を改良し、圧力損失が実測値とほぼ一致する計算方法を開発した。

3.2 加工油の環境対応

省エネルギーを図るために航空機の機体などの構造体が従来の鋼からより軽量な材料に移行しつつある。そこで従来金属が対象であった加工油が繊維強化プラスチック部品、例えば炭素繊維強化プラスチック(CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics)などに適用されはじめているが、加工技術についてはまだ確立されておらず、加工現場での粉じん発生等の問題が中小加工事業者で発生していると言われている。そこで、平成 26 年度はそれらの実態調査を実施し、次のことを明らかにした。

- CFRP の加工における加工油の適用状況等に関する文献調査の結果、現在、航空・宇宙分野のみならず、自動車関連部品に係る CFRP の加工技術及び加工装置の技術開発動向に注目が集まりつつあるものの、CFRP の加工においては、ドライ加工(一部において集塵装置付)、レーザー加工及びウォータージェット加工が中心となっており、CFRP の加工における加工油の使用に関する調査、研究はあまり行われていない。
- CFRP の加工現場における加工油の使用状況等について展示会への出展企業に対する調査を行った結果、加工油を使用している例はほとんど見当たらなかったが、一部には加工油を使用することで、仕上げ面をきれいに加工できるという意見もある。
- CFRP 加工事業者に対して聞き取り調査を実施したところ、ドライ加工時の CFRP 粉じんによる雰囲気汚染に関しては、集塵装置の採用や防塵マスク等により対応しており現状では問題ないものの、粒子径が小さくなる条件では、今後問題となる可能性がある。
- CFRP 加工事業者に対して聞き取り調査を実施したところ、CFRP の切削等、二次加工では、膨潤や剥離等、CFRP の性能低下が懸念されるため、加工油は現在使用していない。もし二次加工において CFRP の性能低下がないことが実証できれば、工具寿命の延長や加工時間の短縮等、作業効率を上げることができると加工油の採用が進むと考えられるが、顧客及び炭素繊維製造事業者の両方の同意が必須となるため、現状では加工油の採用が難しい。

CFRP の加工における加工油の使用については、二次加工において CFRP の性能低下がないことが実証できれば、工具寿命の延長や加工時間の短縮等、作業効率の向上が期待できることや、加工油の洗浄効果によって微細な切りくずの飛散が防止され、作業環境や作業者の安全の面でも効果的であることが指摘されていること等、生産性

向上や安全性の面からも、今後も継続して CFRP の加工における加工油の適用状況等についての調査を行っていく必要がある。

4. 環境対策情報の普及

本事業で得られた環境対策情報等の積極的な普及を図るために、次の事項を実施した。

- 潤滑油に係わる環境関連課題等をテーマとして、学識経験者、潤滑油業界関係者等により、平成 26 年 11 月に 2014 JALOS 環境フォーラムを開催した。138 名が参加し、参加者アンケートの回答者の 88%が本フォーラムを評価している。
- 事業の成果を、日本フルードパワーシステム学会 春季フルードパワーシステム講演会、日本大学生産工学部環境安全工学科 生産工学特別講義、専門誌 油空圧技術及び月刊トライボロジーにて発表し、その成果の普及に努めた。
- 本事業の成果を反映させた環境ホームページに、事業の成果を追加し充実させた。

今後は、事業報告書を学識経験者、潤滑油業界関係者、一般産業界関係者等にできるだけ広く配布を行うとともに、潤滑油に係わる環境対策の普及に努める。

第4節 事業の実施期間

平成 26 年 4 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日

1. 潤滑油環境対策委員会の開催

潤滑油環境対策委員会の開催は、次のとおりである。

第 1 回 平成 26 年 6 月 26 日

第 2 回 平成 27 年 3 月 19 日

2. 分科会の開催

分科会の開催は、次のとおりである。

2.1 工業用油分科会

第 1 回 平成 26 年 7 月 30 日

第 2 回 平成 26 年 9 月 25 日

第3回 平成27年 1月 28日

第4回 平成27年 2月 18日

2.2 車両用油分科会

第1回 平成26年 7月 14日

第2回 平成26年10月 27日

第3回 平成27年 1月 22日

第4回 平成27年 2月 26日

2.3 リサイクル調査分科会

第1回 平成26年 7月 29日

第2回 平成26年10月 7日

第3回 平成27年 2月 17日

3. 省燃費エンジン油の普及促進

平成25年度の我が国のCO₂排出量は13億1,000万トンで、そのうち自動車等の運輸部門からの排出量は2億2,200万トンであり、全排出量の17%を占めている。本事業では省燃費エンジン油の普及促進により、これら運輸部門からCO₂排出量削減を図ることを目的とした。

3.1 ディーゼルエンジン油による省燃費効果の測定方法に関する調査

ディーゼル車は、厳しい排出ガス規制に対応するため粒子状物質や窒素酸化物等の低減が優先され省燃費化への対応が後回しになっていた。近年になってディーゼルエンジンの改良が進み排出ガスもクリーンなものとなってきた。そこで、平成17年施行の改正省エネ法によりディーゼル車についても平成27年度までに世界で最も厳しい燃費の改善が求められるようになった。ガソリンエンジン油では、既に台上エンジンによる燃費試験が規格化されており新しいガソリンエンジン油の燃費(初期燃費)と長距離走行後の燃費の測定が要求されている。一方、ディーゼル車の燃費試験については、実際のトラックなどの車両をシャーシダイナモとよばれる台上で走行させるシャーシダイナモ試験やエンジンダイナモメータを用いエンジン単体を評価対象とする台上エンジン試験が確立されているが、長距離走行後の燃費や高い精度が要求されるであろうディーゼルエンジン油の燃費試験は存在しない。シャーシダイナモ試験でディ

ーゼルエンジン油の長距離走行後の燃費を確認するためには大規模な試験装置を長時間使用し多大な時間と費用が必要となる。そこで、長距離走行後の燃費を短時間かつ低コストで測定する方法が求められている。台上エンジン試験は、荷物満載のトラックが急な坂道を最高回転数で走行するような条件設定も可能でシャーシダイナモ試験に比べて極めて短時間で長距離走行後の燃費が測定できる。

本年度は、これまでの知見を元に、ディーゼルエンジン油の燃費試験方法を確立するために、新油に対する油種間識別性の検証と燃費試験の精度の確認(ステップ 1)及び台上での耐久エンジン試験によって劣化させた劣化油と実車走行により劣化させた回収油との関連性(ステップ 2)について調査し、次の知見を得た。

1) 新油に対する油種間識別性の検証と燃費試験の精度の確認(ステップ 1)

- 基準油(シングルグレード SAE 30、JASO DH-2 クラス)に対する省燃費油(マルチグレード SAE 5W-30、JASO DH-2)の燃費向上率は、試験結果を棄却検定することにより、ばらつきの大きかった結果が棄却され、棄却後の結果が室間再現性許容差の範囲内となる。
- 燃費向上率のばらつきの要因の一つとして省燃費油の試験前後の基準油のアイドリング燃費の燃料消費量の差が影響している。したがって、燃費向上率のばらつきを少なくするためには、省燃費油の試験前後の基準油の燃費の差を小さくすることが望ましい。
- 本試験方法によって新油の基準油と省燃費油の燃費性能の違いが識別可能であることを確認した。
- 今後は、市場の 5W-30 油について燃費試験を実施し、標準油としての妥当性を確認するとともに、省燃費性の基準値を確立する必要がある。

2) 台上での耐久エンジン試験によって劣化させた劣化油と実車走行により劣化させた回収油との関連性(ステップ 2)

- 耐久試験後の劣化油の劣化程度の違いが燃費向上率に影響する。
- 劣化油の燃費向上率を評価する場合、実車走行による劣化と耐久エンジン試験による劣化をどのように関連付けるかどうかが大きな課題となる。
- 燃費向上率は、動粘度とある程度相関性があり、新油と劣化油でその関係性が異なる可能性がある。
- 残留炭素分増加量と動粘度は非常に高い相関性を持ち、また各供試油でその関係性が異なる。

- 残留炭素分増加量が動粘度に及ぼす影響が大きい供試油ほど、残留炭素分増加量が燃費向上率に及ぼす影響も大きい。

以上の結果から、本燃費試験方法は、ディーゼルエンジン油の油種間識別が可能であり、精度においても妥当な試験方法である。また、ディーゼルエンジン油の劣化の程度と燃費向上率の関連性について、いくらか明らかにすることができた。今後は、実車走行による劣化に対してどのように本燃費試験方法を関連付けるか、劣化程度の異なる劣化油の燃費向上率の補正及び本燃費試験方法に対する添加剤の影響について調査する必要がある。

3.2 省燃費ガソリンエンジン油の調査

エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称、省エネ法)では、平成 27 年度までに平成 16 年度比で、乗用車の燃費を 23.5%改善することが求められている。燃費の向上は車両の構造やエンジンなどのハード面での改良も重要であるが、エンジン油についても交換だけで行える安価な燃費向上対策手段である。

本年度は、省燃費エンジン油の一般消費者への普及促進を図り、もって運輸部門から CO₂排出量削減を図るため、前年度のアンケート調査結果を反映させて自動車製造事業者 3 社、自動車ディーラー 1 社及びカー用品専門店 1 社を対象に省燃費エンジン油に関する聞き取り調査を実施するとともに、省燃費油の動向及び開発課題等についても調査し、次のことを明らかにした。

- 自動車製造事業者及び自動車ディーラーのアンケート調査結果から、定期的なメンテナンス等で行うエンジン油交換の際は、エンジン油の選定はディーラー任せで決定しているとの回答が多く、前年度の一般消費者に対するアンケート調査結果と一致する。
- 販売している低粘度グレードのエンジン油の割合は、自動車製造事業者 A 社では 80%以上、B 社及び C 社では 60%以上、自動車ディーラー D 社では 50%以上、またカー用品専門店では 0W-20 グレードが主流との回答を得ていることから、かなり普及が拡大している。この普及の要因は、省燃費自動車の普及にある。
- 自動車製造事業者、自動車ディーラー及びカー用品専門店からは、エンジン油交換の際、一般消費者から銘柄や粘度グレードを指定されることはほとんどなく、オーナーズマニュアルに記載されている純正油やこれと同等の性能、粘度グレードのエンジン油を推奨し、一般消費者は推奨されたエンジン油を購入しているとの共通の回答を得ている。つまり省燃費エンジン油を推奨している省燃費自動車

を所有する一般消費者は、省燃費エンジン油を使用し続けている割合が、かなり高い。

- エンジン油の品質規格であるドーナツマークやスターバーストマークの認知度やそれらが表す内容(性能)についての知識は、自動車製造事業者 2 社では販売ディーラーに一任しており、自動車ディーラー1 社では教育を実施しているとの回答を得ている。したがって、ほとんどの自動車ディーラーのサービス担当者は、ドーナツマークやスターバーストマークを認知し、それらが表す内容(性能)についてある程度習得している。カー用品専門店に関しては、本年度に聞き取り調査を実施できた対象が 1 社のため情報が少なく、今後引き続き他店への聞き取り調査を試みたい。
- ガソリン自動車用エンジン油の規格の動向では燃費の向上を狙いとした日米の自動車製造事業者で構成されている ILSAC (International Lubricant Specification Advisory Committee)で次期規格である GF-6 の検討が進められており、当初この規格の市場導入は 2015 年の予定であったが GF-6 のための新試験方法の開発の遅れや時期 API ディーゼルエンジン油規格(PC-11、API CK-4)の予定が当初 2016 年に市場導入を目指していたために、ガソリンエンジン油とディーゼルエンジン油の新規格適合油の開発、市場導入が重なる可能性が出てきたため 2017 年に変更が表明された。
- 乗用自動車の燃費向上を図るため 2013 年に SAE 粘度グレードに 16 が追加された。2015 年 1 月には更なる低粘度油として SAE 8 と 12 が追加されたことで今後のガソリンエンジン油の低粘度化が加速されてきている。

4. 潤滑油リサイクルに関する調査

4.1 工業用潤滑油からの基油再生

本年度は使用済み工業用潤滑油から基油を再生するためのベンチプラントを使用し、使用済み工業用油を原料とした基油を再生する条件の検討、及び再生基油の品質の確認など、さまざまな使用済み工業用潤滑油からの基油再生の検討を継続するとともに、使用済み工業用潤滑油の分別についても検討し、次の知見を得た。

1) ベンチプラントによる粘度指数向上剤添加油の溶剤精製による再生基油製造

- 市場から回収した工業用使用済みタービン油、R&O 油、工業用多目的油及び耐摩耗性油圧作動油について、最終仕上げ精製を溶剤精製とする基油再生を

実施した結果、抽出温度 80～90℃、溶剤／油比 3：1 程度の溶剤精製条件で再生基油が得られる。

- 再生した基油は、無色透明で、添加剤及び基油の劣化成分はほとんど含まれない。溶剤精製を最終仕上げとすることで、API グループ I の基油では芳香族成分が抽出精製され、粘度指数が向上する。
- 市場から回収した使用済み工業用潤滑油から再生した基油は十分な熱・酸化安定性能を有する。

2) ベンチプラントによるスラッジ混入使用済み工業用潤滑油の溶剤精製による再生基油製造

- 酸化劣化により生成したスラッジが混入した使用済み工業用潤滑油の溶剤精製過程では、スラッジ成分が溶剤に溶解しないため、基油成分から分離しても、抽出塔から排出されずに溶剤と基油成分の界面に堆積する。したがって、溶剤相で精製した基油が抽出塔内で堆積したスラッジ層を通過するため、基油の精製度が低下する。
- ろ過助剤を用いるろ過法により、スラッジは 80～85%程度分離することができる。
- スラッジ分離の前処理をした使用済み工業用潤滑油の基油再生では、再生した基油の物理的性状に変化はないが、熱・酸化安定性は良くなる傾向がある。

3) 精製溶剤の劣化と精製の検討

(1) 溶剤の硫黄化合物による汚染劣化度の調査

- 蒸留で回収した N-メチルピロリドン(NMP:N-Methylpyrrolidone)溶剤は、潤滑油添加剤として使用されている硫黄化合物により汚染され、硫黄分量は約 1.0mass%と高い。

(2) 硫黄化合物により汚染された溶剤の精製の検討

- 硫黄化合物は鉄粉に吸着させる方法で除去でき、硫黄分の除去率は 60～70%程度である。
- X 型ゼオライトとした吸着除去を試みた結果、0.3mass%程度の硫黄分量を含む溶剤では、硫黄分の除去率は 50～53%程度である。

(3) 溶剤の汚染劣化が再生基油の品質に及ぼす影響の調査

- 硫黄化合物により汚染された劣化溶剤により精製された再生基油は、硫黄化合物量が多くなる傾向にあり、熱安定性能、酸化安定性能にも影響があることが認められ、劣化溶剤は再生基油の品質に影響を及ぼす。

4) 使用済み工業用系潤滑油の分別

これまでに検討した使用済み工業用潤滑油からの基油再生において、基油再生プロセス上で、使用済み工業用潤滑油の回収段階で分別を行わなければ、基油再生に支障が生じる可能性がある油種及び使用済み工業用潤滑油中のスラッジ成分などを明らかにした。

- 粘度指数向上剤を配合した油圧作動油
- 硫黄化合物を極圧添加剤として使用するギヤー油及び耐摩耗添加剤として使用する油圧作動油
- 非留出油であるブライトストック油が配合されているギヤー油などの油種
- スラッジが混入した使用済み工業用潤滑油

これらを回収時に分別するための手段を持つ必要があると考えられる。

4.2 潤滑油リサイクル実態の調査

潤滑油のリサイクル対策を推進するためには、現状のリサイクル実態の把握とともに潤滑油ライフサイクル全体を見渡すことのできる、潤滑油の使用、回収、再資源化等のマテリアルフローの明確化が必要である。前年度は、潤滑油需要家における潤滑油の使用実態等を基に推定しているマテリアルフローについて技術や産業の進歩、並びに廃棄物処理に係る規制動向等により、潤滑油需要家における使用済み潤滑油の処理事情も変化しているため、潤滑油製造・輸入事業者や廃油再生事業者及び公衆浴場等を対象にアンケート調査を実施して潤滑油のリサイクルの最新状況を把握及びマテリアルフローの見直しのための資料とした。主な成果は次のとおり。

本年度は、我が国の潤滑油製造・輸入事業者及び廃油再生事業者を対象にアンケート調査を実施して潤滑油のリサイクルの最新状況及び潤滑油需要家における使用済み潤滑油の分別・排出処理等に関する課題等について把握するとともに、潤滑油需要家での実態を明らかにした。

1) 金属加工油・グリース等の製造量・輸入量

- 平成 25 年度の金属加工油製造量・輸入量は 261,548 kL であり、そのうち塩素系金属加工油は 6,296 kL で総量の 2.4 % を占め、非塩素化率は 97.6 % である。
- グリースの平成 25 年度の製造量・輸入量は 76,002 トン、内訳は非塩素系 75,872 トン、塩素系 130 トンである。
- 金属加工油やグリース等の製造に使用された塩素系添加剤使用量は、平成 25 年度総量 1,627 トンであり、全体の 98.2 % が塩素化パラフィンである。
- 塩素系金属加工油の製品容器への表示ラベル貼付状況は、「貼付を継続している」が 87 %、「貼付をしていない」が 9 % である。

2) 廃油再生事業者等の処理実態

- 我が国の廃油再生事業者及び工業用潤滑油再生事業者が収集した平成 25 年度の使用済み潤滑油量は 509 千 kL であり、生産した再生重油は 483 千 kL、離型剤 2 千 kL である。
- 工業用潤滑油の再生は、作動油、タービン油及びその他の油種等が合計 2.33 千 kL 程度生産されている。
- 代表的な再生重油は、再資源化品生産量の 99 % 以上を占めている。

3) 使用済み塩素系潤滑油の分別・排出等の実態

- 分別回収を行っている収集事業者は、分別している事業者と潤滑油受託再生事業者及び塩素系が排出される金属加工油需要家からの収集がない等分別を必要としない収集事業者を合わせると 97%であり、適切に分別回収されている。
- 収集事業者の回収先である潤滑油需要家の製造事業者での塩素系の分別状況は、70%の事業者が分別している。
- 使用済み潤滑油の塩素系を分別保管していない潤滑油需要家に対し、約 9 割の収集事業者が、適切な指導を行っている。

収集事業者である再生事業者への調査の結果、使用済み潤滑油の収集時に、塩素系使用済み潤滑油を適切に分別収集及び処理しているとともに、潤滑油需要家に対して塩素系の分別、排出処理等について適切に指導している。

5. 工業用潤滑油の環境対策

工業用潤滑油に関する環境対策について検討し、もって我が国の省エネルギーの一層の促進、地球環境への負荷低減を図ることを目的に、以下の事業を実施した。

5.1 省エネルギー型油圧作動油の普及促進

我が国では昭和 54 年の石油危機を契機に「エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称、省エネ法)」が制定された。平成 20 年の省エネ法改正により、その指定基準が、工場・事業場単位から企業単位へと改正され、企業全体としての省エネルギーに対する取り組みが一段と強化されている。その中で、油圧により作動する多様な機械システムの電力消費削減を実現する省エネルギー型油圧作動油の導入は有力な省エネルギー手段として期待されている。本事業では、油圧作動油の客観的な省エネルギー効果評価方法を確立し、需要家が省エネルギー型油圧作動油を選択する際の判断材料を提供することにより、その一層の普及促進を図っている。

これまでの年度の調査では、ベーンポンプ及び配管などから構成される油圧装置を試作し、油圧作動油の省エネルギー効果評価方法について検討してきた。その結果、省エネルギー型と従来型油圧作動油の省エネルギー効果が識別できる評価装置を試作することができた。これによりベーンポンプを用いた潤滑油需要家と潤滑油製造事業者に共通の油圧作動油の省エネルギー効果評価方法が確立し、需要家の省エネ油選択の利便性を向上させ、省エネルギー型油圧作動油の更なる普及を促進することが可能

となった。本年度からは前年度まで検討してきたベーンポンプに代わり、ピストンポンプを用いた油圧装置を試作し、これまで確立した省エネルギー効果評価方法の適用性を検討した。主な成果は次のとおり。

- 従来型と比較し、省エネ型油圧作動油が VG46、37°C で 7.7% の省エネ効果を有することが評価できる省エネ効果評価方法を、ピストンポンプを用いた油圧装置で確立した。
- ピストンポンプを用い、ポンプ出口圧力 18MPa 一定とリリーフ弁入口圧 7MPa 一定の条件下で省エネ効果の識別性を比較した結果、ポンプ出口圧一定の方がリリーフ弁入口圧一定より省エネ型と従来型の全効率の識別性が大きく、省エネ効果評価の条件として適している。
- ポンプ出口圧 18MPa 一定の場合には、作動油の種類及び温度設定に係わらず軸入力及びポンプでのエネルギー損失は同等である。また、ポンプ入口温度が高いほど配管でのエネルギー損失が小さくなり、有効エネルギーは増大する。同一温度では配管でのエネルギー損失は省エネ型の方が従来型より小さい。
- リリーフ弁入口圧 7MPa 一定の場合には、ポンプ入口温度が高いほど軸入力が増加する。また、ポンプ入口温度が高いほど配管でのエネルギー損失が小さくなり、その結果、ポンプ入口温度に係わらず有効エネルギーはほぼ同等となる。また、同一温度では配管でのエネルギー損失は省エネ型の方が従来型より小さい。
- 本評価方法では有効エネルギーは約 40% 程度、さらに、配管でのエネルギー損失がポンプでのエネルギー損失より多く、これまで報告されている実際の油圧システムでの割合に近い。したがって、本評価方法により、実際の油圧システムの効率に近い条件での作動油の省エネルギー効果の評価が可能である。
- 配管でのエネルギー損失が作動油の省エネ効果に影響している。したがって、各配管部品及び継手における試験中の圧力損失を計算で求めることができれば、油圧作動油の省エネルギー効果をある程度予測することが可能となる。そこで、配管部品内の助走距離、温度、圧力を考慮した作動油の動粘度及び密度を、配管 1 本ごと、継手 1 個ごとに計算し、かつ変化した値を、次々と受け渡していく計算方法、逐次計算法を改良し、圧力損失が実測値とほぼ一致する計算方法を開発した。

5.2 加工油の環境対応

省エネルギーを図るために航空機の機体などの構造体が従来の鋼からより軽量な材料に移行しつつある。そこで従来金属が対象であった加工油が繊維強化プラスチック部品、例えば炭素繊維強化プラスチック(CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics)などに適用されはじめているが、加工技術についてはまだ確立されておらず、加工現場での粉じん発生等の問題が中小加工事業者で発生していると言われている。そこで、平成 26 年度はそれらの実態調査を実施し、次のことを明らかにした。

- CFRP の加工における加工油の適用状況等に関する文献調査の結果、現在、航空・宇宙分野のみならず、自動車関連部品に係る CFRP の加工技術及び加工装置の技術開発動向に注目が集まりつつあるものの、CFRP の加工においては、ドライ加工(一部において集塵装置付)、レーザー加工及びウォータージェット加工が中心となっており、CFRP の加工における加工油の使用に関する調査、研究はあまり行われていない。
- CFRP の加工現場における加工油の使用状況等について展示会への出展企業に対する調査を行った結果、加工油を使用している例はほとんど見当たらなかったが、一部には加工油を使用することで、仕上げ面をきれいに加工できるという意見もある。
- CFRP 加工事業者に対して聞き取り調査を実施したところ、ドライ加工時の CFRP 粉じんによる雰囲気汚染に関しては、集塵装置の採用や防塵マスク等により対応しており現状では問題ないものの、粒子径が小さくなる条件では、今後問題となる可能性がある。
- CFRP 加工事業者に対して聞き取り調査を実施したところ、CFRP の切削等、二次加工では、膨潤や剥離等、CFRP の性能低下が懸念されるため、加工油は現在使用していない。もし二次加工において CFRP の性能低下がないことが実証できれば、工具寿命の延長や加工時間の短縮等、作業効率を上げることができると加工油の採用が進むと考えられるが、顧客及び炭素繊維製造事業者の両方の同意が必須となるため、現状では加工油の採用が難しい。

CFRP の加工における加工油の使用については、二次加工において CFRP の性能低下がないことが実証できれば、工具寿命の延長や加工時間の短縮等、作業効率の向上が期待できることや、加工油の洗浄効果によって微細な切りくずの飛散が防止され、作業環境や作業者の安全の面でも効果的であることが指摘されていること等、生産性

向上や安全性の面からも、今後も継続して CFRP の加工における加工油の適用状況等についての調査を行っていく必要がある。

6. 環境対策情報の普及

本事業で得られた環境対策情報等の積極的な普及を図るために、次の事項を実施した。

- 潤滑油に係わる環境関連課題等をテーマとして、学識経験者、潤滑油業界関係者等により、平成 26 年 11 月に 2014 JALOS 環境フォーラムを開催した。138 名が参加し、参加者アンケートの回答者の 88%が本フォーラムを評価している。
- 事業の成果を、日本フルードパワーシステム学会 春季フルードパワーシステム講演会、日本大学生産工学部環境安全工学科 生産工学特別講義、専門誌 油空圧技術及び月刊トライボロジーにて発表し、その成果の普及に努めた。
- 本事業の成果を反映させた環境ホームページに、事業の成果を追加し充実させた。

今後は、事業報告書を学識経験者、潤滑油業界関係者、一般産業界関係者等にできるだけ広く配布を行うとともに、潤滑油に係わる環境対策の普及に努める。

第5節 事業の実施期間

平成 26 年 4 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日

1. 潤滑油環境対策委員会の開催

潤滑油環境対策委員会の開催は、次のとおりである。

第 1 回 平成 26 年 6 月 26 日

第 2 回 平成 27 年 3 月 19 日

2. 分科会の開催

分科会の開催は、次のとおりである。

2.1 工業用油分科会

第 1 回 平成 26 年 7 月 30 日

第 2 回 平成 26 年 9 月 25 日

第3回 平成27年 1月 28日

第4回 平成27年 2月 18日

2.2 車両用油分科会

第1回 平成26年 7月 14日

第2回 平成26年10月 27日

第3回 平成27年 1月 22日

第4回 平成27年 2月 26日

2.3 リサイクル調査分科会

第1回 平成26年 7月 29日

第2回 平成26年10月 7日

第3回 平成27年 2月 17日



平成 27 年 3 月

一般社団法人 潤滑油協会
Japan Lubricating oil Society

☎273-0015 千葉県船橋市日の出 2-16-1

TEL 047-433-5181

FAX 047-431-9579

URL <http://www.jalos.or.jp/>

無断複写・転載を禁ずる

この印刷物は再生紙を使用しています