

使用済み潤滑油からの基油再生の動向（第一報） - 使用済み潤滑油リサイクルの世界動向と LCA -

Trends in Re-refining Base Oils from Used Lubricating Oils (First Report)
- Global Trends in Used Lubricating Oil Recycling and LCA -

(一社)日本トライボロジー学会 添加剤技術研究会 (正) *内藤 康司

Yasushi Naitoh*

*JAST Technical Committee on Additive Technology for Lubricants

1. はじめに

循環型経済への取組、シェールガス革命によるガス燃料の価格低下などを理由に、欧米では使用済み潤滑油からの基油再生が進展している。潤滑油製品は一般に、基油に添加剤を適切に配合して製造されているが、その基油の9割以上は原油を精製して得られる鉱油系基油が占めている。これらの鉱油系基油はガソリン、軽油などの燃料やナフサといった石化原料との連産品である。今後、世界でカーボンニュートラル対応として各種燃料や石化製品の脱炭素化および電気自動車の普及が進むと原油由来の燃料・石化原料生産が縮小し、鉱油系基油の生産にも影響を与える可能性がある。このような状況のもと、カーボンニュートラルに寄与するあるいは自国で調達が可能で事業継続計画に資する基油として、使用済み潤滑油から製造される再生基油が注目されている。本報告では、既報文献にもとづき、使用済み潤滑油からの基油再生の動向について述べる。第一報では、日米欧の使用済み潤滑油のリサイクルの動向ならびに使用済み潤滑油からの基油再生と原油から精製した基油および使用済み潤滑油を燃料利用した場合とのライフサイクルアセスメント（以下、LCA）によるCO₂排出比較について紹介する。なお、著者は文献1,2の事業のために潤滑油協会内に設立された「潤滑油品質委員会」の幹事を務めた。

2. 使用済み潤滑油のリサイクルの日米欧比較

図1²⁾に、直近の日米欧の使用済み潤滑油のリサイクル状況を示す。各国の国内向け潤滑油販売量は、日本：155万kL/年、米国：937万kL/年、欧州：425万kL/年で、回収された使用済み潤滑油量は、日本：60万kL/年、米国：356万kL/年、欧州：170万kL/年となり、国内向け販売量に対する比率はそれぞれ39%、38%、40%で同程度となっている。一方、使用済み潤滑油からの再生基油製造は、米国：109万kL/年、欧州：105万kLで、国内向け販売量に対する比率がそれぞれ12%、25%となっているのに対し、日本においては現時点で本格的な再生基油製造は行われていない。

3. 欧米および日本における使用済み潤滑油のリサイクルの経緯

欧州では元々循環型経済システムの意識が高く、使用済み潤滑油を再精製して基油を製造し潤滑油として再利用始めたのはおよそ半世紀前に遡り、2014年には欧州全体で使用する基油の13%が再生基油となっている。使用済み潤滑油の回収と再精製は、再精製によって使用済み潤滑油が再生基油に戻り、それらの基油が潤滑油の配合に再び使用されることで、循環型経済システムとして機能する。これにより、化石燃料の消費量削減とCO₂排出量削減に大いに貢献している²⁾。

米国では1960年代から1970年代にかけて使用済み潤滑油は適切に処分されておらず、深刻な環境汚染が引き起こされていた。1992年に使用済み潤滑油管理基準が制定され、2006年頃までは使用済み潤滑油の燃料利用が80%程度であった。その後、天然ガス価格の急落により使用済み潤滑油は、産業用途としての燃料利用から基油再生への利用に切替った。再生基油製造事業者が設備拡張へ動き、再生基油のマージン拡大で本格的に再生基油製造へとシフトしている¹⁾。

日本では1990年代初頭以前では使用済み潤滑油は自己完結的に処理されており、石油精製工場にて原油に混入して再精製する、ガソリンスタンドや整備工場で自己処分または収集業者、処分業者、共同処理に委託されていた。1986年に設立された「全国再生石油連合会（後に全国オイルリサイクル協同組合に改組）」加盟会社が中心となり、再生重油の製造が使用済み潤滑油のリサイクルの主たる事業（サーマルリサイクル）として進展した。1999年12月に、潤滑油が品目別廃棄物処理・リサイクルガイドラ

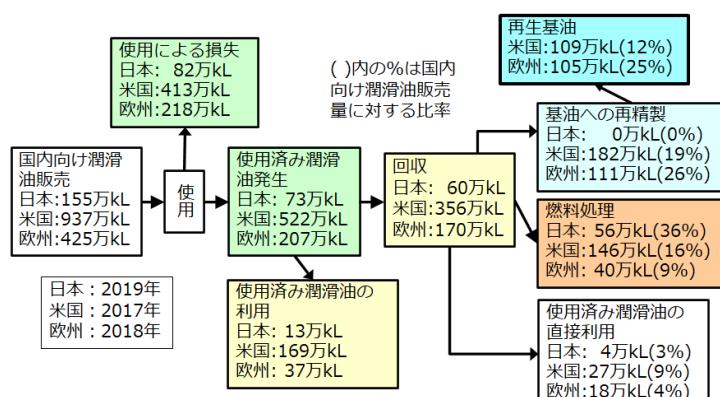


Fig. 1 使用済み潤滑油のリサイクルの日米欧比較²⁾

インに追加指定され、循環型経済システムの構築に向けて自主的な取組が求められた。1999年7月に潤滑油協会内に設立された「潤滑油リサイクル対策委員会」が、今後の潤滑油のリサイクルのあり方について検討を実施したが、サーキュラリサイクルを考慮した塩素系潤滑油の取扱に関する事項が中心となっていた。その後、潤滑油協会で使用済み潤滑油に関する調査が、使用済み潤滑油の基油再生と燃料油としての利用に係わる環境への影響を比較する目的で数年にわたって実施されたが、国内において再生基油製造が事業化されることはなかった³⁾。

4. 再生基油精製プロセスと LCA

使用済み潤滑油の再精製のためには、原油から精製される基油（以下、バージン基油）の製造に使用される常圧蒸留、減圧蒸留、水素化処理、溶剤抽出などに加えて、表1⁴⁾に示すような固形物を除去する遠心分離や濾過、重質物から軽質の潤滑油成分を分離する薄膜蒸留のプロセスが必要になる⁴⁾。

再生基油がカーボンニュートラルに貢献するかどうかは再生基油精製がバージン基油精製や燃料利用に対し、低CO₂排出である確認が必要となる。PDコンサルティングは、米国エネルギー省の報告書⁵⁾に記載されている、使用済み潤滑油の燃料利用や基油再生に関する8件のLCA調査報告の中のCollinsら、Geyerら、およびAbdalla and Fehrenbachの3件の報告にあるデータを用いて、使用済み潤滑油の再精製による基油製造とバージン基油精製とのエネルギーバランスを比較した。表2⁴⁾に示すように、両者の必要エネルギー差は再生基油精製のプロセスにより変わることを報告している。一方、Griceらの報告では、使用済み潤滑油の再精製とバージン基油精製の地球温暖化係数（以下、GWP）を比較し、前者のGWPは2.5kg CO₂-eq/ガロン基油で、後者の13.3kg CO₂-eq/ガロン基油に対し、81%少なくなっている。次に、Abdalla and FehrenbachおよびGeyerらによる使用済み潤滑油の再精製と燃料利用に関するLCAでのCO₂排出比較を図2、3に示す。いずれの検討においても、使用済み潤滑油の再精製の方が燃料利用よりも低いCO₂排出になることが報告されている⁴⁾。

以上、複数のLCA報告により使用済み潤滑油からの基油再生は、再精製方法にもよるが、バージン基油精製や燃料利用に比較して低CO₂排出であることが示されている。表3⁶⁾に、各種基油のCarbon Footprint(CFP)の一例を示す。他の基油に比較して再生基油が低CFPであることが報告されている⁶⁾。

文献

- 潤滑油協会：令和2年度燃料安定供給対策に関する調査等事業（潤滑油の安定供給に向けた原料確保の多様化に関する調査・分析事業）調査報告書、2021年3月
- 潤滑油協会：令和3年度燃料安定供給対策に関する調査等事業（潤滑油の安定供給に向けた原料確保の多様化に関する調査・分析事業）調査報告書、2022年3月
- 内藤：使用済み潤滑油からの基油再生の世界動向と日本の現状、潤滑経済、No.692(2022)2。
- 内藤：再生潤滑油基油を利用した重量車ディーゼルエンジン油によるカーボンニュートラルへの貢献、トライボロジー研究会 第32回講演会[前刷](2022)52。
- United States Department of Energy: Used Oil Management and Beneficial Reuse Options to Address Section 1: Energy Savings from Lubricating Oil Public Law 115-345, Report to Congress December 2020
- Canter: Sustainable synthetic lubricant base stocks: Significant influence in the move to sustainability, TRIBOLOGY & LUBRICATION TECHNOLOGY, DECEMBER 2022, Page 38

Table 1 使用済み潤滑油の再精製プロセスの例[文献4)]

プロセス	インプット	技術	アウトプット
固体物除去	使用済潤滑油(不凍液、溶剤等異物を含んでいる)	遠心分離、濾過、硫黄、灰分除去のための化学沈殿剤	次の処理への原料またはプラントへの燃料油として市場に使用できる固形物を含まない使用済み潤滑油
減圧薄膜蒸留	減圧軽油	軽質の使用済潤滑油成分を重質物から分離するための熱交換プロセス	複数のグレードの潤滑油基油、アスファルトエクスター、原油精製原料

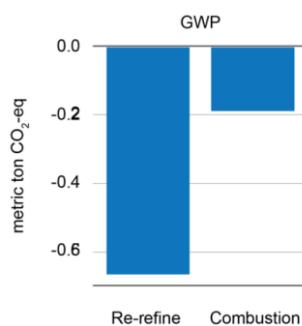


Fig. 2 Abdalla & Fehrenbachによる LCA検討結果[出典:文献5)]

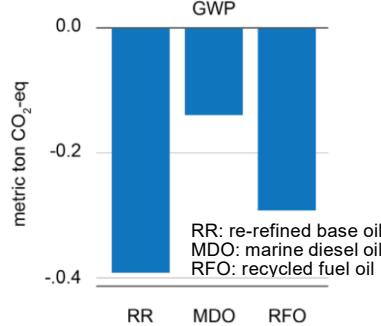


Fig. 3 Geyerらによる LCA検討結果 [出典:文献5)]

Table 2 使用済み潤滑油の再精製とバージン基油精製のエネルギー比較[文献4)]

技術/プロセス	バージン基油精製からのエネルギー削減 電力, MJ/kg	熱, MJ/kg	電力+熱, MJ/kg
再精製プロセス1	-0.43	1.42	0.99
再精製プロセス2	0.22	-1.78	-1.56
再精製プロセス3	0.27	0.26	0.53
再精製プロセス4	0.18	0.13	0.31
再精製プロセス5	0.24	-0.55	-0.31

Table 3 Estimated Cradle to Gate Emissions of Selected Base Oils by Type⁶⁾

Base Stock	Carbon Footprint
PAO	1.92
Gas to Liquid (GTL)	1.35
Group III/III+	1.02
Rererefined Base Oil	0.75

A positive value is an indication that the base stock produces more carbon dioxide than it removes during raw material sourcing, transportation, manufacturing and packaging.