

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(公表用)

2022 年 3 月

一般社団法人 潤 滑 油 協 会

目 次

第1部 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. 事業の体制	1
2. 潤滑油品質委員会	2
3. 事業の実施期間	3
第3節 事業の内容	4
1. 基油再生に関する動向調査・分析	4
2. 再生基油を用いた潤滑油の試作および品質評価	6
3. 使用済み潤滑油の基油再生に関する社会システムの検討	8
第2部 事業の結果	13
第1章 基油再生に関する動向調査・分析	13
第1節 はじめに	13
第2節 国内事業者に対する最新の取組状況等調査・分析	13
1. 調査の方法	13
2. 調査の結果および分析	13
第3節 国内事業者に対する基油再生に関する取組状況等調査・分析	22
1. 調査の方法	22
2. 調査の結果および分析	22
第4節 欧州等事業者に対する調査・分析	33
1. 調査の方法	33
2. 調査の結果および分析	34
第5節 まとめ	65
1. 国内事業者に対する最新の取組状況等調査・分析	65
2. 国内事業者に対する基油再生に関する取組状況等調査・分析	66
3. 欧州等事業者に対する調査・分析	66
文 献	67

第2章 再生基油を用いた潤滑油の試作および品質評価	70
第1節 はじめに	70
第2節 基油の入手と性状分析	70
1. 基油の入手	70
2. 基油の性状	72
第3節 再生基油を用いた加工油の試作と評価	80
1. 再生基油を用いた加工油の試作	80
2. 試作加工油の性状	80
3. 切削性	86
4. プレス加工性	91
第4節 再生基油を用いた機械油の試作と評価	95
1. 再生基油を用いた機械油の試作	95
2. 試作機械油の性状	95
3. 酸化安定性	100
第5節 まとめ	103
1. 再生基油入手と性状分析	103
2. 再生基油を用いた加工油の試作と評価	104
3. 再生基油を用いた機械油の試作と評価	105
文 献	105
第3章 使用済み潤滑油の基油再生に関する社会システムの検討	107
第1節 はじめに	107
第2節 潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント	108
1. ERM による潤滑油のリサイクルに関する LCA	108
2. IFEU による潤滑油のリサイクルに関する LCA	114
第3節 我が国における基油再生の可能性	121
1. 我が国、米国および EU の潤滑油リサイクルの比較	121
2. 北米における基油再生	124
3. 欧州における基油再生	125
4. 我が国における潤滑油への再生基油の適用の可能性	125
第4節 今後の我が国の潤滑油を取り巻く状況	126
1. 今後の潤滑油の需要想定	126
2. 今後の基油の想定	128

第5節 基油再生に取り組む上で実現すべき社会システム	131
1. 使用済み潤滑油の分別	131
2. 使用済み潤滑油の回収	133
3. 基油再生事業	135
4. 潤滑油製造業	136
5. 潤滑油需要家	137
6. 我が国における潤滑油リサイクルの推進	138
第6節 まとめ	140
1. 潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント	140
2. 我が国における基油再生の可能性	140
3. 今後の我が国の潤滑油を取り巻く状況の想定	141
4. 基油再生に取り組む上で実現すべき社会システム	141
文 献	143

第 1 部 事 業 の 概 要

第1節 事業の目的

潤滑油は、自動車や工作機械など、さまざまな機械分野で使用されており、我が国の産業基盤を支える上で不可欠な存在である。この潤滑油の製造に使われる基油は主に原油から製造されるものであるが、近年我が国の原油輸入量の約 9 割を占める中東の情勢が緊迫化していることや、新型コロナウイルス感染症の世界的流行などを踏まえ、今後も安定的に潤滑油の供給を行うためには、基油原料の多様化を図る必要がある。

基油原料の多様化を図る 1 つの手段として期待されるのが、使用済み潤滑油をリサイクルして基油を生産する「基油再生」である。現在、北米や欧州では CO₂ の削減に向けて使用済み潤滑油のリサイクルを推進し、環境負荷の少ない基油への再生などに取り組んでいる。一方で、我が国において使用済み潤滑油の基油再生はほとんど行われておらず、2019 年において年間に発生する使用済み潤滑油 73 万 kL のうち、約 60 万 kL が燃料として利用され、年間約 162 万トンの CO₂ が発生している。したがって、我が国において、使用済み潤滑油からの基油再生に取り組むことは、基油原料の多様化を図れるだけでなく、CO₂ の削減にも寄与するものである。

本事業では、基油原料の多様化および CO₂ の削減を図ることを目的として、基油再生に関する国内外の動向を調査・分析するとともに、再生基油を用いて潤滑油を試作および品質評価を実施し、我が国において使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムについて、2050 年カーボンニュートラルも見据えた検討を行うことを目的とした。

第2節 事業の方法

1. 事業の体制

本事業は一般社団法人潤滑油協会が国から受託し、実施した。実施体制は、図 1 に示すとおりである。一部の特殊な試験等については、外部専門機関に外注して実施した。

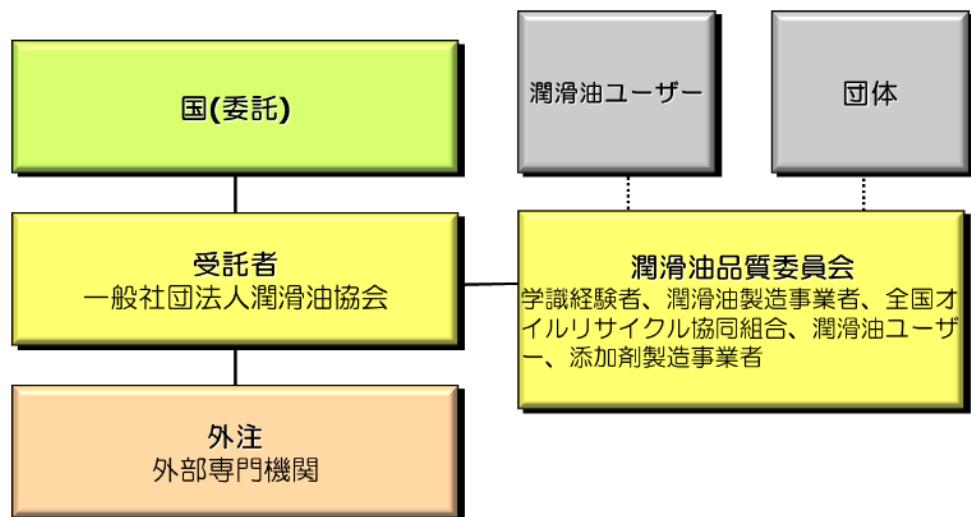


図 1. 事業の実施体制

2. 潤滑油品質委員会

潤滑油協会では、本事業を円滑に実施するため、協会内に学識経験者、潤滑油業界関係者および自動車業界関係者等の外部有識者等から構成する「潤滑油品質委員会」を設置し、事業を実施した。潤滑油品質委員会の構成を次に示す。

2021 年度 潤滑油品質委員会
(委嘱期間: 2021 年 5 月～2022 年 3 月)

区 分	氏 名	所 属 および 役 職 名
委員長 (学識経験者)	益子 正文	東京工業大学 名誉教授
副委員長 (学識経験者)	三原 雄司	東京都市大学 工学部機械工学科 教授
幹事 (学識経験者)	内藤 康司	日本トライボロジー学会 添加剤技術研究会 幹事
委員 (学識経験者)	中村 健太	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター
委員	佐川 琢円	日産自動車株式会社 (一般社団法人自動車工業会 環境技術・政策委員会 燃料・潤滑油部会 オイル分科会 分科会長)
委員	杉井 秀夫	出光興産株式会社
委員	田川 一生	ENEOS 株式会社
委員	和川 紀之	三和化成工業株式会社
委員	竹内 佳尚	シェブロンジャパン株式会社
委員	岡本 康男	全国オイルリサイクル協同組合
委員	松枝 宏尚	DIC 株式会社
委員	岩田 重広	ユシロ化学工業株式会社

(敬称略)

3. 事業の実施期間

事業の実施期間は、次のとおりである。

2021 年 5 月 27 日～2022 年 3 月 31 日

潤滑油品質委員会の開催は、次のとおりである。

第 1 回 2021 年 6 月 8 日(Web 開催)

第 2 回 2022 年 1 月 28 日(Web 開催)

第 3 回 2022 年 3 月 17 日(Web 開催)

委員会については、当初対面での開催を計画していたが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響を踏まえ、Web での開催とした。

第3節 事業の内容

1. 基油再生に関する動向調査・分析

1.1 国内事業者に対する最新の取組状況等調査・分析

国内の潤滑油製造事業者に対してアンケート調査等を実施し、2050年カーボンニュートラルを踏まえ、基油再生をはじめとする最新の取組状況等について取りまとめた。主な成果は次のとおり。

- 回答事業所における 2050 年カーボンニュートラルへの関心の高さや電気自動車(EV: Electric Vehicle)等の動きへの関心の高さがうかがえる。また 2050 年カーボンニュートラルへ向けた再生基油に対する意識の変化については、「関心が高くなった」と回答したのは、回答事業所のうち 11 事業所(約 41%)であり、「特に変化はない」と回答したのは 14 事業所(約 52%)である。この 14 事業所の中には、2015 年の国連サミット以降、持続可能な開発目標(SDGs : Sustainable Development Goals)の一環として、循環型社会の重要性を認識している事業者も見受けられる。
- 「基油再生」に関する具体的な取組については、具体的な取組は未実施の事業者がいる一方、カーボンフットプリントの観点でどのくらい優位性があるか等について、情報収集を開始している事業者もいる。
- 基油の多様化を図る 1 つの手段として期待されるのが、使用済み潤滑油をリサイクルして基油を生産する「基油再生」であるが、アンケート調査の結果、品質に問題がなく経済的であれば使用してもよいという意見が多く得られた。
- 再生基油が入手可能である場合でも使用しないと回答した事業所については、再生基油の品質・供給の安定性が確保できていないと回答した回答事業所が最も多く、次いで、需要家・市場での受け入れ体制が確立できていないことや、微量の混入物質による使用時での性能劣化等の悪影響への懸念を挙げており、再生基油の普及に関しては、これらの解決が必要となることがわかる。
- 今後、潤滑油の原料として、再生基油が広く流通するために必要な項目に対しては、コスト低下、流通量増大および規格制定等が重要な項目と考えられている。また、回答事業者 27 社中 17 社が具体的な考えを回答しており、各社の意識の高さがうかがえる。具体的には、国の支援や業界全体としての取り組みが重要であるとの意見が寄せられている。

1.2 国内事業者に対する基油再生に関する取組状況等調査・分析

国内の潤滑油製造事業者や潤滑油リサイクル事業者等に対し、2050年カーボンニュートラルを踏まえ、基油再生に関する取組状況等について、アンケート調査で得られた内容等を踏まえて、ヒアリングを行った。主な成果は次のとおり。

- 使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルには解決すべき課題は多く、誰が主導してこのテーマを進めて行くのかが決まらなないと動かない、とする意見がある一方、今般の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)によるパンデミックや、2050年カーボンニュートラル実現および今後のEV化による製油所低稼働で原油からのバージン基油の供給リスクが懸念されるため、事業継続計画(BCP: Business Continuity Planning)対策としても再生基油は有効であり、今後法制化が予定されている経済安全保障の観点でも、日本国内での使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルは重要となる、との意見もあった。
- 再生基油の製造プラントを、もし新たに建設する場合は、使用済みエンジン油を多く回収可能な、京浜地区や関西地区の遊休地を利用するのがよい、とする意見や 2050年カーボンニュートラル実現に向け、国内での基油再生システムが必要なら、前倒しが不可欠となり、直近の10年で回収システムの確立や再生基油製造プラントの建設等を行わないと間に合わないのではないか、とする意見もあった。

1.3 欧州等事業者に対する調査・分析

欧州等の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対して、①基油原料の多様化に向けた取組状況、②基油再生の現状、③最新の基油再生技術および④法規制の動向等について、ヒアリングおよび電子メール等の手段により情報を収集し、我が国と欧州等における基油原料の多様化および再生基油に関する取組状況を比較した。主な成果は次のとおり。

- 欧州では170万kLの使用済み潤滑油が回収され、105万kLが再生基油になっている。回収された使用済み潤滑油の62%が再生基油になっており、北米を大幅に上回っている。
- 欧州では、回収した使用済み潤滑油は再生基油の原料として使用されるか加工燃料になるが、再生基油製造量が加工燃料をかなり上回り、加工燃料はCO₂排出量削減のために使用削減するよう指導されている。

- 欧州の再生基油製造は 24 企業で、28 工場ある。工場は、操業 30 年以上のものから最新の工場までであるが、古い工場でも改修や設備増強を繰り返し、現在各社で生産されている基油の品質は、原油由来の基油と遜色ないレベルに達している。
- 再精製された基油は、特定の潤滑油に利用されているわけではなく、すべての潤滑油の基油として生産され、基油の種類も Group I から Group III まで多岐にわたっている。
- 使用済み潤滑油の再精製技術は、ドイツ AVISTA が最も古くから技術を保有しており、イタリアの ITELYUM が買収した VISCOLUBE が世界に普及させ、ドイツ PURAGLOBE が、最新鋭の製造技術を開発するなど、長年の間に欧州発祥の技術が広まりつつある。
- 従来は、圧倒的に Group I 基油への再精製が多かったが、Group I、II 基油の価格は低く、使用済み潤滑油から Group III 基油への再精製比率が高くなりつつある。これには再生基油の原料となる市場に流通している潤滑油製品の高品質化も影響している。
- AVISTA、PURAGLOBE は北米で Group III 基油製造も始めており、カーボンフットプリント削減のために、欧米の自動車産業を中心にこの Group III 基油を採用し始めている。
- 欧州の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対するヒアリング調査では、政策的にサーキュラーエコノミー(循環経済 : circular economy)を推進することが必要となった今は、政府が主導して、関係する業界団体が政府とともにイタリアのようなコンソーシアムを設立することが重要であり、日本のように再精製設備の新設が必要であれば、政府がイニシアチブをとって設備を導入していかなければ、早期に日本の潤滑油業界におけるサーキュラーエコノミーは実現しないのではないかと意見があった。

2. 再生基油を用いた潤滑油の試作および品質評価

2.1 再生基油入手と性状分析

国外で製造している再生基油 13 油種およびその比較としてバージン(原油から製造されたもの)基油 2 油種を入手して、それぞれの動粘度、粘度指数、組成および硫黄分(以下 S 分)等の性状を分析した。主な成果は次のとおり。

- 入手した 13 油種の再生基油は、Group I が 11 油種、Group II が 2 油種である。入手した 13 油種、すべての再生基油の粘度指数が 115 を超えており、これは再生基油の原料となる市場に流通している潤滑油製品の高品質化に伴う粘度指数の向上を反映している。
- 水素化精製した再生基油の S 分は 0.01% 以下であるが、溶剤精製で再精製した再生基油の S 分は 0.02% 以上であり、水素化精製と溶剤精製による残留 S 分量の差が認められる。
- 一定量の酸化防止剤が添加された場合、水素化精製で再精製された再生基油は、いずれも試験時間 450h においてもほとんど酸素吸収が認められない。一方、溶剤精製した再生基油では試験開始直後から酸化が始まる。
- 再生基油はバージン基油より分別蒸留範囲が広く、蒸発しやすいのではないかと懸念されたが、蒸留だけで再精製した基油以外の再生基油はバージン基油と同程度の蒸発性である。

2.2 再生基油を用いた加工油の試作と評価

入手した再生基油の加工油基油への適合性を評価するために、加工油として不水溶性切削油および不水溶性プレス油兼用の加工油を試作した。試作加工油は、同一処方とし、同一の硫黄系添加剤および油脂をそれぞれの再生基油に同一量添加した。入手した再生基油 13 油種およびその比較として入手したバージン基油 1 油種を用いて 14 種類の加工油を試作し、それぞれの性状を分析した。主な成果は次のとおり。

- 試作加工油の銅板腐食の結果は、いずれもバージン基油を用いた試作加工油と同じ 4b であり、再生基油に添加した活性タイプの硫黄系添加剤の効果を妨げる成分は存在しない。
- 再生基油を用いた試作加工油の耐荷重能は、蒸留だけで再精製した基油を用いた加工油以外はいずれもバージン基油を用いた試作加工油と同等である。
- さらに、再生基油 1 油種およびバージン基油 1 油種を用いて試作した 2 種類の加工油については、切削性および加工性を評価した。その結果、本調査の範囲では、再生基油を用いた加工油の切削性および加工性はバージン基油を用いた加工油と同程度である。

したがって、本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した加工油と同等の性能を有する加工油を製造できる見込みが立った。ただし、今後は異なる粘度グレードの加工油を製造するための種々の粘度グレードの再生基油、その原料となる使用済み潤滑油をどのように入手していくのか検討が必要である。

2.3 再生基油を用いた機械油の試作と評価

入手した再生基油の機械油基油への適合性を評価するために、機械油として油圧作動油を選定した。同一の添加剤をそれぞれの再生基油に同一量添加し、非 **Zn** 系の油圧作動油を試作した。入手した再生基油 13 油種およびその比較として入手したバージン基油 1 油種を用いて 14 種類の油圧作動油を試作し、それぞれの性状を分析した。主な成果は次のとおり。

- 試作機械油の銅板腐食の結果は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同じ 1b であり、すべての試作機械油は油圧システムの銅部品を腐食しない。
- 蒸留だけで再精製した基油を用いた機械油以外の試作機械油の耐荷重能は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等である。
- 蒸留だけで再精製した基油を用いた機械油以外の試作機械油の耐摩耗性は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等で、(一社)日本建設機械施工協会規格、JCMAS P041 の要求値を満たしている。
- 蒸留だけで再精製した基油を用いた機械油以外の試作機械油の回転圧力容器式酸化安定度は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等である。
- さらに、粘度と再生方法から選んだ再生基油 3 油種およびバージン基油 1 油種を用いて試作した 2 種類の油圧作動機械油については、JCMAS P045 ポンプ試験により酸化安定性を評価した。その結果、試作機械油の酸化安定性は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等で、JCMAS P041 の要求値を満たしている。

したがって、本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した機械油と同等の性能を有する機械油(油圧作動油)を製造できる見込みが立った。

3. 使用済み潤滑油の基油再生に関する社会システムの検討

上記の成果から、国内において、「使用済み潤滑油の回収→基油への再生→再生基油を用いた潤滑油の製造」というサイクルを社会システム化するための課題およびその対策を整理し、国内で使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムについて、2050 年カーボンニュートラルも見据えた検討を行った。主な成果は次のとおり。

1.1 潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント

米国石油協会(API : American Petroleum Institute)の委託を受け Environmental Resources Management(ERM)が実施した LCA および Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération(GEIR)の委託を受け Institute for Energy and Environmental Research(IFEU)が実施した LCA では、設定した LCA のシステム境界の相違などにより、異なる結論が導き出されている。今後のカーボンニュートラルの進捗に伴い、基油再生に必要なエネルギー源もカーボンニュートラル化されたり、比較対象となるバージン基油の製造もカーボンニュートラル化されるなど、LCA を評価するためのさまざまな要因が変化し、LCA の結果が変わる可能性がある。

1.2 我が国における基油再生の可能性

- 入手した再生基油により、API SL クラスのガソリンエンジン油および日本自動車規格(JASO: Japanese Automobile Standards Organization) JASO DH-2 クラスのディーゼルエンジン油の規定に合格できるエンジン油を作成できる見込みが立った。しかしながら、カーボンニュートラルの実現に向けて、市場にあるガソリンエンジン車の燃費維持は重要であり、JASO GLV-1、あるいは ILSAC(International Lubricant Specification Advisory Committee、国際潤滑油規格諮問委員会) GF-6 といった現在の最新のエンジン油規格に再生基油を適用させるには、PURAGLOBE 社が採用している 2 段水素化処理などによる Group III 基油の製造が必要となる。
- 本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した加工油および機械油と同等の性能を有する加工油および機械油(油圧作動油)を製造できる見込みが立った。しかしながら、今後は加工油のための種々の粘度グレードの再生基油、その原料となる使用済み潤滑油をどのように入手していくのか検討が必要である。

1.3 今後の我が国の潤滑油を取り巻く状況の想定

- 現在我が国では、ガソリンエンジン油、ディーゼルエンジン油など車両用潤滑油が潤滑油製品全体の 4 割を占めている。今後、e-fuel 等のカーボンニュートラルな燃料の導入が遅れれば、ハイブリッド自動車(HEV : Hybrid Electric Vehicle)など内燃機関(ICE : Internal Combustion Engine)を搭載する車両の数は徐々に減少し、ガソリンエンジン油の需要は減少傾向となることが想定される。

- 一方、ディーゼルエンジン油の需要減少はガソリンエンジン油より遅いが、徐々に減少傾向となることが想定される。
- 工業用潤滑油およびその他の潤滑油については、摩擦低減による省エネルギーを促進し、カーボンニュートラルに寄与するためにその安定供給を確保しなければならない
- 今後は化石燃料である原油から製造されるバージンの鉱油系基油の供給は減少するものの、これに代わるカーボンニュートラルな基油の供給が考えられる。
- 地球温暖化の観点からは、我が国の状況に合わせた LCA を実施し、その結果から基油再生あるいは燃料利用のどちらに進めるか、あるいはその最適なバランスを目指して基油再生を進めていくことが望ましい。
- 基油原料の多様化の観点からは、異常気象や新型コロナウイルス感染症による基油の輸入の停止、災害時などに国内の物流を確保するために必要なディーゼルエンジン油 15 万 kL を製造するために必要な基油を、20 万 kL の使用済み潤滑油を再精製した再生基油 14 万 kL で賄うことを想定した。

1.4 基油再生に取り組む上で実現すべき社会システム

1) 使用済み潤滑油の分別

比較的異物の混入が少ない使用済み潤滑油はリユース、比較的異物混入の多い使用済み潤滑油は燃料利用、使用済みエンジン油は基油再生が適している。したがって、潤滑油需要家における使用済み潤滑油の分別が重要である。

2) 使用済み潤滑油の回収

- 基油に再生する場合であっても、基油再生を環境にやさしく、かつ経済的に実施するにはできるだけ異物の混入の少ない使用済み潤滑油を原料にする必要がある。
- 使用済み潤滑油を分別回収する際に、現場でその回収油の品質を簡単に判断できる方法と基準が必要である。
- 使用済み潤滑油を効率的に回収するネットワークが必要である。
- 使用済み潤滑油は地域ごとに使用済み潤滑油を国内で分散して処理するシステムが必要である。
- 使用済み潤滑油の分別排出・回収を徹底するには、使用済み潤滑油の回収事業者や排出者に対する何らかのインセンティブが必要である。

3) 基油再生事業

(1) 我が国に適した再生基油製造工程

今後我が国で必要かつ実現可能な再生工程についてさらに検討し、基油再生プラントの新規建設、あるいは既存石油精製設備の利用による再生基油の生産を検討するのが望ましい。

(2) 再生基油製造事業所の規模と場所

基油再生にあたっては、使用済み潤滑油の回収コストの低減を考えれば、地域ごとの基油再生プラントが望ましい。

4) 潤滑油製造業

- 必要な量と品質の再生基油を継続的に入手できる再生基油の回収、再精製体制を確保する必要がある。
- 再生基油を用いて製造した潤滑油を受け入れる市場を確保するために再生基油を用いた再生潤滑油の官民需要家での利用を促進することが望ましい。

5) 潤滑油需要家

我が国では現在再生基油を用いた再生潤滑油は、ほとんど流通していない。需要家における再生潤滑油の利用を促進するために、今後検討が必要な点は次のとおり。

- 基油再生サイクル全体をうまく回していくには「製品含有化学物質情報」をいかに伝達していくかが今後の検討課題である。
- 再生基油を用いた潤滑油を適用する機械装置の製造事業者(OEM)による再生潤滑油使用の承認と保証が必要である。それらを実現するためには、我が国独自の再生基油の品質規定が必要と考えられる。この規定や運用方法を、例えば、JASO エンジン油普及促進協議会「自動車ディーゼル機関用潤滑油規格の運用マニュアル」に盛り込むなどの方策が考えられる。
- 再生基油を用いた潤滑油の需要の確保が必要である。例えば官公庁で再生基油を用いた潤滑油を率先して使用することが望ましい。
- 再生基油を用いた潤滑油の価格やグリーン調達など、需要家の再生潤滑油によるメリットを普及することが望ましい。

6) 我が国における潤滑油リサイクルの推進

今後は、我が国に適した潤滑油のリサイクルを明確にするため、潤滑油のリサイクルフローおよび LCA 調査が必要である。また、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、わが国における基油再生と燃料利用の最適なバランスを考慮しつつ、

国内で早急に基油再生を進めていく必要があるとなった場合には、民間だけでは基油再生を経済的に維持するのは難しいことから、諸外国の例も参考にしながら基油再生を進めていくことが望ましい。再生基油を用いて製造した潤滑油が上市された場合には、官公庁での再生基油の利用を促進するグリーン調達制度なども必要と考えられる。

第2部 事業の結果

第1章 基油再生に関する動向調査・分析

第1節 はじめに

内外の基油再生に関する動向等について調査、分析したので報告する。

第2節 国内事業者に対する最新の取組状況等調査・分析

国内の潤滑油製造事業者に対し、2050年カーボンニュートラルを踏まえ、基油再生をはじめとする最新の取組状況等について取りまとめたので報告する。

1. 調査の方法

国内の潤滑油製造事業者 28 社に対し、電子メールによるアンケート調査により実施した。

2. 調査の結果および分析

アンケート調査の回答数および回収率は、配付数 28 件に対し回答数 27 件(回収率: 96%)である。国内の潤滑油製造事業者における基油の調達状況に等に関し、次の調査結果を得た。

2.1 回答事業所における潤滑油製造製品

回答事業所で製造している潤滑油製品を図 1-1 に示す。

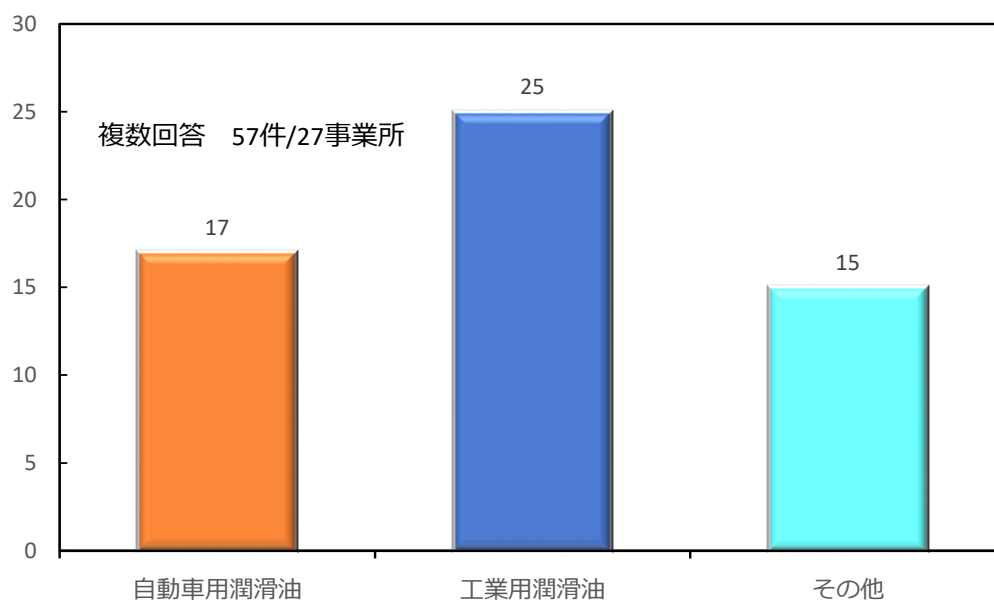


図 1-1. 回答事業所で製造している潤滑油製品

図 1-1 から、回答事業所で製造している潤滑油製品は、工業用潤滑油が 25 事業所と最も多く、次いで自動車用エンジン油の 17 事業所となっている。また、その他と回答した事業所の中には、グリースと回答した事業所がある。

2.2 2050 年カーボンニュートラルへの関心・情報収集状況

回答事業所における 2050 年カーボンニュートラルへの関心・情報収集状況を、図 1-2 に示す。

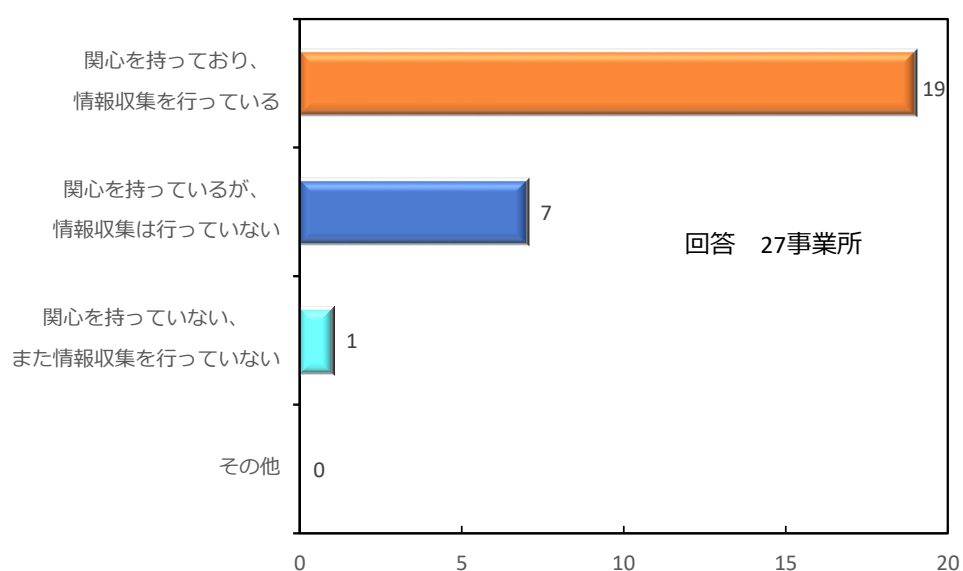


図 1-2. 回答事業所における 2050 年カーボンニュートラルへの関心・情報収集状況

図 1-2 から、回答事業所における 2050 年カーボンニュートラルへの関心・情報収集状況は、「関心を持っており、情報収集を行っている」と回答したのは、回答事業所のうち 19 事業所(約 70%)であり、「関心を持っているが、情報収集は行っていない」と回答したのは 7 事業所(約 26%)である。「関心を持っていない、また情報収集を行っていない」と回答したのは 1 社のみであり、回答事業所における 2050 年カーボンニュートラルへの関心の高さがうかがえる。

2.3 グリーン成長戦略における EV 等の動きへの関心・情報収集状況

回答事業所のグリーン成長戦略における EV 等の動きへの関心・情報収集状況を、図 1-3 に示す。

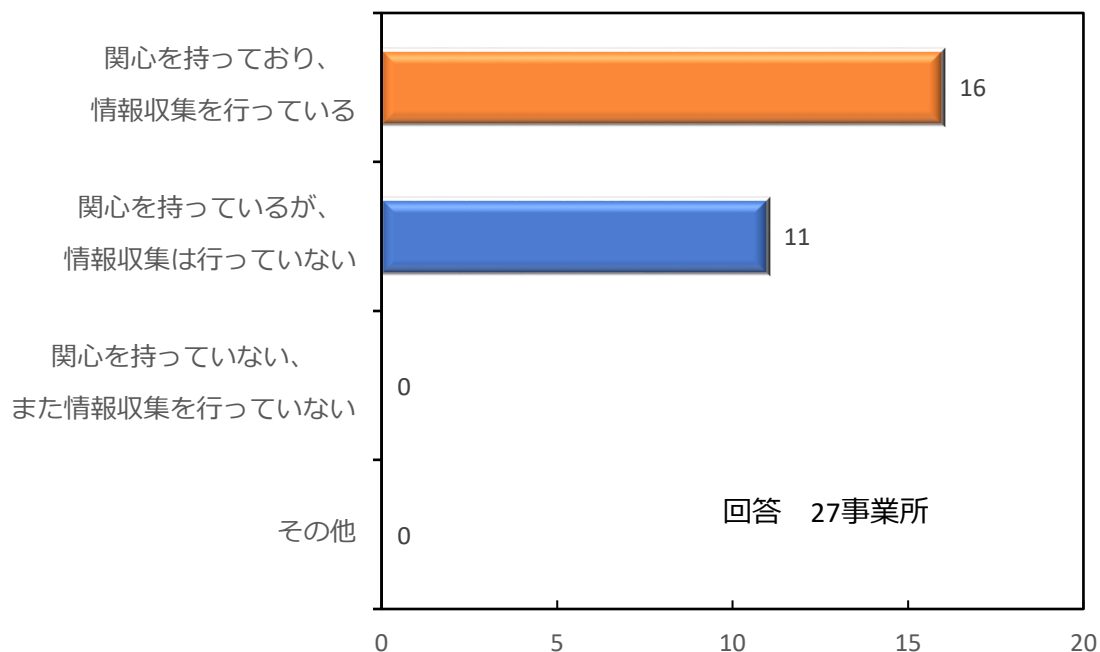


図 1-3. グリーン成長戦略における EV 等の動きへの関心・情報収集状況

図 1-3 から、回答事業所のグリーン成長戦略における EV 等の動きへの関心・情報収集状況は、「関心を持っており、情報収集を行っている」と回答したのは、回答事業所のうち 16 事業所(約 59%)であり、「関心を持っているが、情報収集は行っていない」と回答したのは 11 事業所(約 41%)である。「関心を持っていない、また情報収集を行っていない」と回答はなく、回答事業所における EV 等の動きへの関心の高さがうかがえる。

2.4 2050 年カーボンニュートラルへ向けた再生基油に対する意識の変化

回答事業所の 2050 年カーボンニュートラルへ向けた再生基油に対する意識の変化を、図 1-4 に示す。

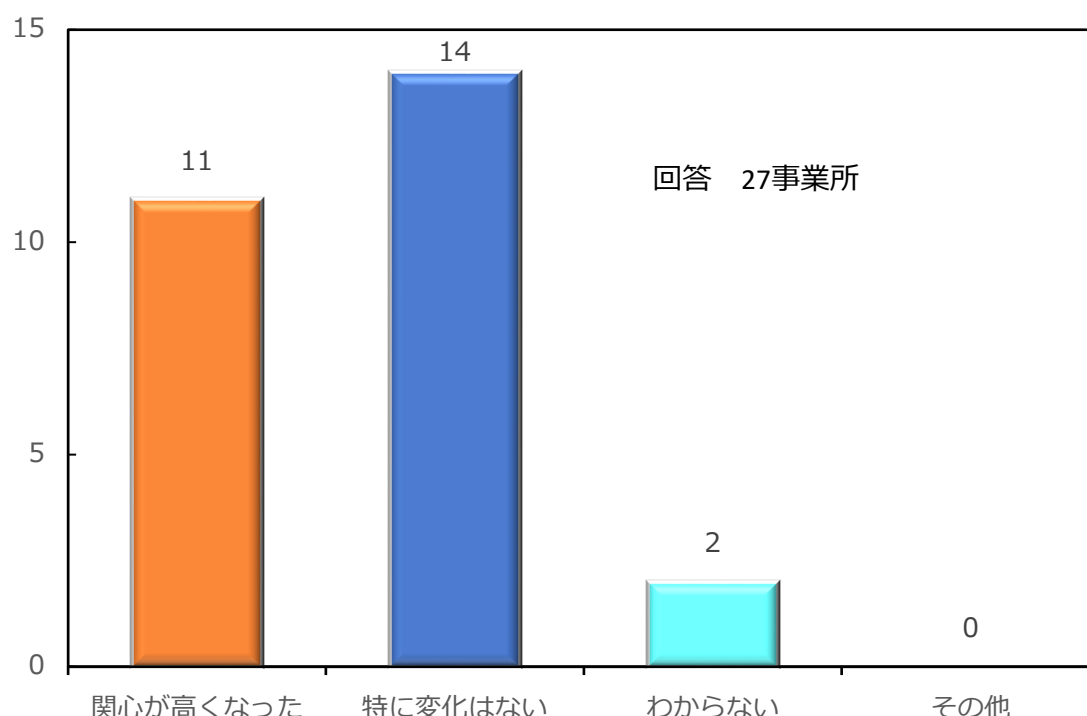


図 1-4. 2050 年カーボンニュートラルへ向けた再生基油に対する意識の変化

図 1-4 から、2050 年カーボンニュートラルへ向けた再生基油に対する意識の変化については、「関心が高くなった」と回答したのは、回答事業所のうち 11 事業所(約 41%)であり、「特に変化はない」と回答したのは 14 事業所(約 52%)である。また、「特に変化はない」と回答した事業者からは、次の意見があった。

- いまさらカーボンニュートラルではなく、SDGs の一環として循環型社会の重要性はすでに浸透しており、2015 年に国連サミットでも採択されている。

したがって、この「特に変化はない」と回答した 14 事業者の中には、2015 年の国連サミット以降、SDGs の一環として、循環型社会の重要性を認識している事業者も見受けられる。

2.5 「基油再生」に関する具体的な取組

「基油再生」に関する具体的な取組について回答した事業所の回答を表 1-1 に示す。

表 1-1. 「基油再生」に関する具体的な取組

回答理由
現時点では具体的取組の実践には至っていない。
自社での調査を開始した。
従来の原油由来の基油と比較して、再生基油がカーボンフットプリントの観点でどのくらい 優位性があるかについて、定量的な情報を収集している。また、上記の優位性があるならば、その利点を活かした潤滑油製品について、需要調査・製品設計等に関する検討を行う予定である。
基油再生に必要な設備投資や需要家への理解、仕組みづくりなど検討したいと思っている（具体的なアクションは未実施）
従来より、機械油について潤滑油の再生事業を展開しているが、基油について、関心は高いものの、品質の担保やコスト面から実際には事業化できていない。
弊社では直接製造をしていないため具体的な取り組みは行っていないが、今後の基油需給には不安を感じており再生基油には関心を持っている。
回収した使用済み製品から原料を再生

表 1-1 から、再生基油に関して具体的な取組は未実施の事業者がいる一方、カーボンフットプリントの観点でどのくらい優位性があるか等について、情報収集を開始している事業者もいることがわかる。

2.6 再生基油が入手可能である場合の回答事業所における意識

再生基油が入手可能である場合の回答事業所における意識を図 1-5 に示す。

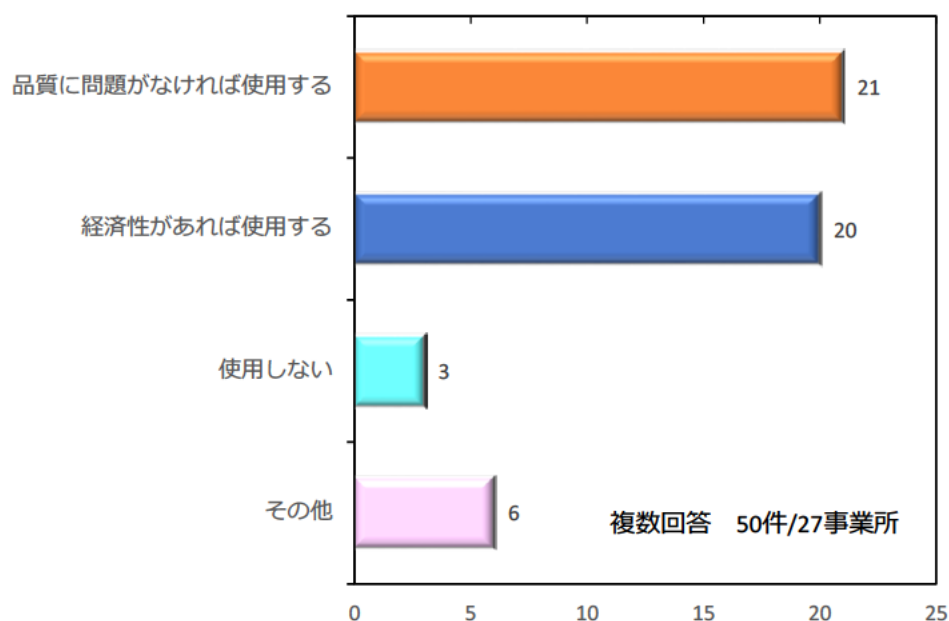


図 1-5. 再生基油が入手可能である場合の回答事業所における意識

図 1-5 から、回答事業所のうち 21 事業所は、再生基油の品質に問題がなければ使用すると回答しており、また、20 事業所は、経済性があれば使用する、と回答している。

また、その他として「品質に問題がない再生基油であっても、需要家への成分情報等の通知が必要になると思われ、需要家の理解があれば使用可能だが、現状は理解があるとは言い難いため、一部の製品分野に限られる可能性がある」との意見があった。

2.7 再生基油が入手可能である場合でも使用しない、と回答した事業所における回答理由

「再生基油が入手可能である場合でも使用しない」と回答した事業所の回答理由を図 1-6 に示す。

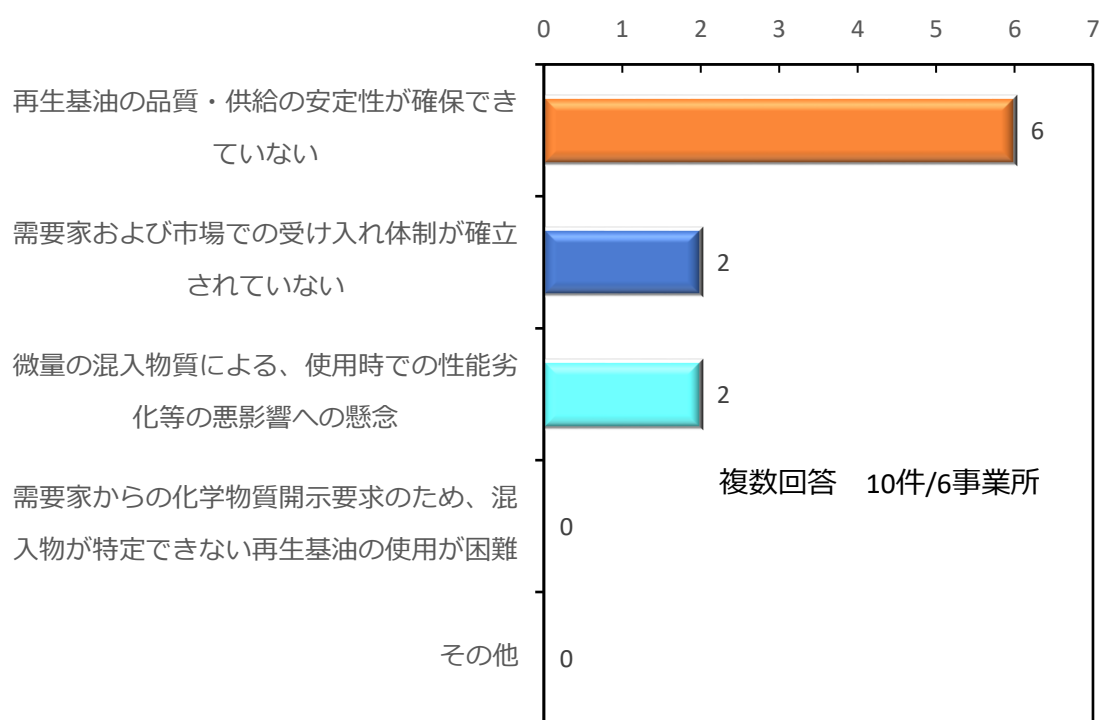


図 1-6. 再生基油が入手可能である場合でも使用しないと回答した事業所の回答理由

図 1-6 から、再生基油の品質・供給の安定性が確保できていないと回答した回答事業所が最も多く、次いで、需要家・市場での受け入れ体制が確立できていないことや、微量の混入物質による使用時での性能劣化等の悪影響への懸念を挙げており、再生基油の普及に関しては、これらの解決が必要となることがわかる。

2.8 今後、潤滑油の原料として、再生基油が広く流通するために必要な項目に対する回答事業所の考え方について

回答事業所の回答を図 1-7 に示す。

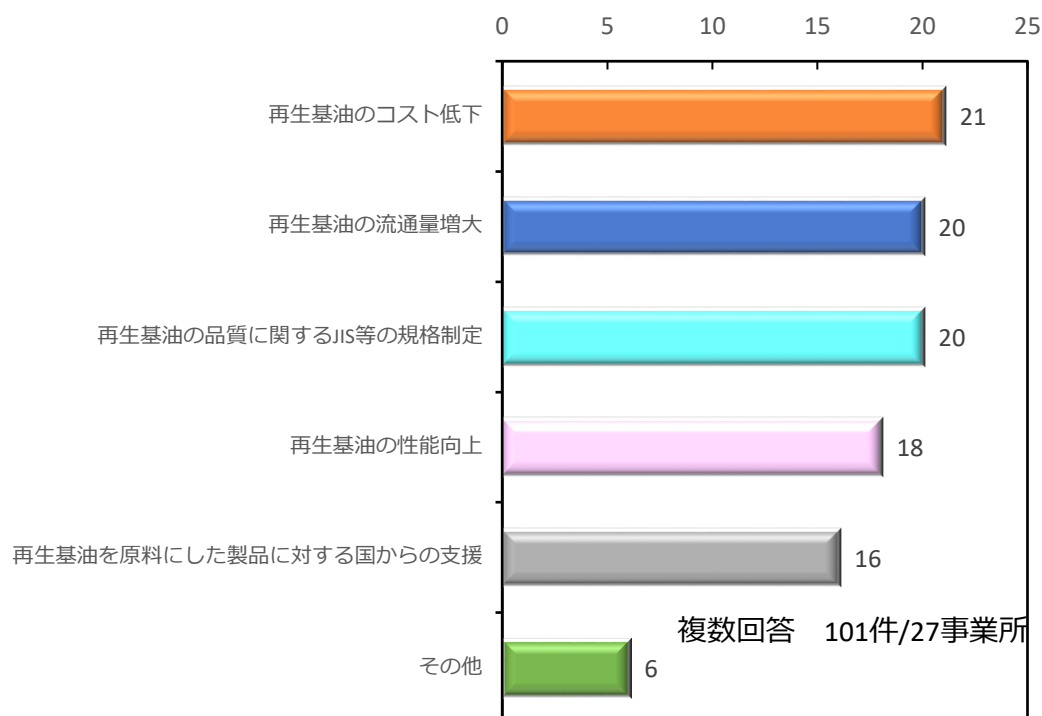


図 1-7. 今後、潤滑油の原料として、再生基油が広く流通するために必要な項目に対する回答事業所の考え方

図 1-7 から、再生基油のコスト低下を挙げた企業が 21 社、再生基油の流通量増大と品質に関する JIS 等の規格制定を挙げた企業が同数の 20 社となっており、再生基油の性能向上を挙げた 18 社がこれに続く。今後、再生基油が広く流通するためには、コスト低下、流通量増大および規格制定等が重要な項目と考えられている。

また、その他として次のような意見があった。

- 再生基油の品質の安定性
- カーボンニュートラル寄与の実証
- 使用済み潤滑油回収システムの構築
- 再生基油の品質、コストおよび製品含有化学物質調査等に対する需要家の理解

2.9 2050 年カーボンニュートラルを踏まえた再生基油に対する意見・要望

回答事業所からの回答を表 1-2 に示す。

表 1-2. 2050 年カーボンニュートラルを踏まえた再生基油に対する意見・要望-1

A 社	需要家、ユーザーの理解が必要。
B 社	国策として CO₂削減を進める中、原油精製は国としてどのような方向性を考えているのかご教示いただきたい。(原油精製油には、ガソリンの他に灯油や潤滑油留分があり、潤滑油留分は弊社にも影響があるため。) 再生基油が、法整備や助成金制度等も含めて、主流の潤滑油基油となってくるのは、何年位と想定すればよろしいでしょうか。 再生基油の価格は、バージン基油と同等レベルにして頂きたい。
C 社	特になが今後、再生基油で製造した製品がバージン基油で製造した製品より、高品質で低価格になるとは考えづらいので、ユーザー側が敢えて、それを使ってくれるかがポイントになると思います(使えば補助が出る等)。
D 社	カーボンニュートラルだけでなく他の環境面の考慮も重要と考えます。例えば現在でもエンジン油は燃費向上効果、排ガス対策対応などで寄与しています。日本では海外に比較し環境への放出(汚染)は少ない仕組みだと思います。 今後、現行基油と同等以上の品質確保はもとよりカーボンニュートラルの面でも元々の基油の成り立ち、使用済み潤滑油回収方法、再生の方法などライフサイクルで寄与するシステムの開発、実装の全体像がわかれば教えて頂きたい。
E 社	カーボンニュートラル品(再生基油)の使用を促す公的な縛りが普及においては必要と考えます。
F 社	基油再生に関係する国および潤滑油業界の現状、取り組み、成果発表の講演会があれば聴講したい。 e-fuel の技術開発、EV の技術開発による燃料および基油需要予測、内燃機関の需要予測とそれに替わる代替品への切り替え技術、現状の講演があれば聞きたい。
G 社	カーボンニュートラル、カーボンオフセットについて業界としての取り組みを期待したい。 特に CN 認証における CO₂ 算定対象範囲 (Scope1～3)のどこを対象にしていくのか、各 Scope における CO₂ 算出方法の基準について業界としての基準作りも必要である。 また、再生基油のカーボンフットプリントについて、公的な評価方法が明確に示されることを望む。具体的には、①原材料調達、②生産、③流通、④使用・維持管理、⑤廃棄・再利用と一般に区分される製品のライフサイクルにおいて、②・③・④は条件(再生基油精製プロセス、輸送方法、使用用途等)により数値が異なる余地があるにしても、①・⑤はどのように CO₂ をカウントするのか、国内外で通用する考え方の統一が必要であると考えます。
H 社	昨今、基油や添加剤の供給難が多数発生しており、日々目先の原料調達に注力を注ぐ日々が続いております。その中で感じたことは、潤滑油を安定的に供給することで、産業経済を回していくことであると感じました。 再生基油が経済的、品質的にも豊かな原料であると立証された暁には、当業界においても大きな一歩であるのではないかと存じております。
I 社	現状においては、使用油を蒸留して再生基油とするイメージであれば、コスト的にも運用面においても課題が多くて時間が掛かり、困難になると予想されます。 再生事業という面では、まずは潤滑油のリユース事業を推奨します。ここで言うリユース事業とは、現在ご使用されている潤滑油を脱水、夾雑物除去を行い、浄油する。その浄油は、必要があれば添加剤にて調整を行って、新油並みの性能に回復させる潤滑油のメンテナンスです。メンテナンスされた潤滑油はユーザーに戻り、元の機械で使用されます。これは循環型ビジネスの取り組みであります

表 1-2. 2050 年カーボンニュートラルを踏まえた再生基油に対する意見・要望-2

J 社	(1)国の支援(補助金制度、一定量使用の義務付け：特に元売系統への)が第 1 優先。 (2)再生基油製造装置の新設は専門メーカーには困難で、元売りの積極的な取り組みが必要：既存の基油製造装置の活用(水素化製造設備等)も含めて。 (3)使用済み潤滑油回収システムの構築がマスト。 (4)再生基油使用の義務付け ①国策として・・・年までに・・・%使用：特に元売へ。 ②SDGs の浸透等もありコストも反映した価格帯での販売：補助金による一部コスト補助 ③バージン基油と同様な品質基準の設定。 (5)総括：すべて国の政策、補助が必要 ①潤滑油需要家の意識向上・啓蒙：分別回収等が向上し、使用済み潤滑油品質管理が容易に。 ②使用済み潤滑油回収システム構築 ③製造装置：元売現行製造装置の活用 ④潤滑油の関係する各協会・学会・会社 再生基油品質規格制定、再石油含有潤滑油規格制定、流通網整備等。 ⑤元売主体の再生基油専門組織(会社)設立も必要ではないか。
K 社	弊社販売油の内、金属加工油については過去から取り組みを行っておりますが、加工油中のコンタミを除去が難しく、高コスト、品質の安定が課題となっています。 また潤滑油回収処理業者から、不定期ながら再生(使用済み)タービンなどが紹介されますが、品質は安定しません。
L 社	基油再生を一つの事業として成立させるには、使用済み基油の収集スキーム、政府の普及に向けた金銭的な支援、コストダウン(設備油の再生よりも安価での販売になるため)、品質規格の策定など市場が受け入れる基盤作りが重要かと考えます。
M 社	化石燃料の採掘を減らし、同時に消費するエネルギーも低減する意味では、再生基油の使用に関して推奨、率先して使用するべきではあると考えますが、品質、特に再生前の成分含有による思わぬ不具合の発生が最大の懸念事項。 しかしながら、品質を一定化した上での 使用可能分野は少なからずあるものと思われます。
N 社	弊社では今のところ再生基油の使用は検討しておりません。 将来的には品質、コスト、流通等の条件がそろい弊社製造製品への影響がない事が確認出来れば検討する可能性はあります。
O 社	燃料需要が今後減少していく中で連産品である基油の需給バランスがどう変化してくのか、その際に再生基油やその他の基材で供給が賄えるのか、といった見通しなどのテーマについて研修会などで取り上げて頂けると参考になります。
P 社	使用済み潤滑油のリサイクルと化学合成による基油の製造の両方を今後検討していかなければならないと感じています。
Q 社	環境省の「脱炭素ポータル」カーボンニュートラルとは・脱炭素ポータル 環境省 (env.go.jp)によると、2025 年までに「少なくとも 100 か所の脱炭素先行地域」にて各種取組内容を実施するようです。 さらに、「脱炭素の基盤」となる「8 つの重点対策」が挙げられています。 この中で、「潤滑油協会に何ができるか」、今一度、討議する場があった方がいいと思います。とても 1 企業だけでできる話ではないと思います。ただ、企業によって利害が相反することがあり、かつ、他社に先駆けて取り組むことで 1 企業で利益を独占する動きもあるでしょう。そんな状況だからこそ、いち早く潤滑油協会から「旗」を上げることで方向性を示す必要があると思います。その中で、潤滑油業界全体で取り組む課題や、他の業界と協力することがあるか探索しながら、この業界のリーダーシップをとることで、潤滑油協会の存在意義を世間に PR することも必要ではないか。

第3節 国内事業者に対する基油再生に関する取組状況等調査・分析

国内の潤滑油製造事業者や潤滑油リサイクル事業者等に対し、基油再生に関する取組状況等について、情報を収集したので報告する。

1. 調査の方法

国内の潤滑油製造事業者や潤滑油リサイクル事業者等 5 法人に対し、Web 会議等によるヒアリング調査により実施した。

2. 調査の結果および分析

国内の潤滑油製造事業者や潤滑油リサイクル事業者等における基油再生に関する取組状況等に関し、次の調査結果を得た。

2.1 全国オイルリサイクル協同組合

全国オイルリサイクル協同組合は、1986 年に設立された全国再生鉱油連合会と 1995 年に設立された関東再生油業協同組合を統合する形で、2001 年に設立された。現在、同組合では、再生重油の共同受注、相互融通および適正な回収と処理能力の向上等を通じて、組合員のリサイクルビジネスを支援する共同事業を行っており、主に、使用済み潤滑油から日本産業規格(JIS: Japanese Industrial Standards)に適合した再生重油を製造し、使用済み潤滑油を燃料にリサイクルしている。本調査では、使用済み潤滑油再生事業者組合として、国内の使用済み潤滑油回収・処理の現状や再生基油普及に向けた国へのサポートの要望や期待される効果について、ヒアリング調査を行った。調査の結果は次のとおり。

1) 2050 年カーボンニュートラル実現に向け、再生基油への使用済み潤滑油再生事業者組合としての考えや、今後の方向性等について

「地球温暖化対策の推進に関する法律(温対法)」の算定・報告・公表制度では原油換算で年間 1,500kL 以上のエネルギーを使用する企業は温室効果ガス(主に CO₂)の排出量を報告する義務があるが、再生重油については廃棄物の有効利用の観点から調整後排出量報告で算定対象外にできる優遇措置がある。また、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律(省エネ法)」では報告対象外のエネルギーとなっている。

全国オイルリサイクル協同組合では、使用済み潤滑油を回収し再生重油を製造している業界として、これまではサーマルリサイクルによる廃棄物の有効利用としての貢献をしてきた。現状、再生重油を使用している業種は、石灰焼成、アルミ溶融、製紙などの直火焚き工業炉が中心であり、カーボンニュートラルの実現に向けてすぐに燃料転換を図ることが難しい環境にある。これらの業種はカーボンニュートラルの実現に向けてすぐに再生可能エネルギーやCO₂排出量の少ない燃料に転換することが難しい。再生重油の供給が減少すると、C 重油や石炭など再生重油より CO₂ 排出量の多い化石燃料の使用量を増やさざるを得ない環境にあるので、基油再生はカーボンニュートラルの実現に向けての燃料転換や二酸化炭素回収・貯留技術(CCS : Carbon dioxide Capture and Storage)や二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS : Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)の導入速度に合わせて取り組んで行く必要がある。しかしながら、昨今の脱炭素、カーボンニュートラル政策の中で環境省からは、EV 化の動きもありエンジン油は将来的に減少してくることが予想される中、いつまでもサーマルリサイクルではなくマテリアルリサイクルを考えるべきではないかとの要請があった。この度関連団体において、使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを進める方向についての検討を開始した、とのことであった。

2) 基油再生普及に向けた国へのサポートの要望や期待される効果について、最近の動向をふまえ、特に重要と考えるポイント等について

全国オイルリサイクル協同組合では、国内で使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを進めるためには、今後下記の課題を解決する必要があるとしている。

<排出側>

- ・基油再生に適した使用済み潤滑油の油種別分別保管
 - 油種別に専用の使用済み潤滑油タンクの準備が必要(現在はカーディーラー整備工場でも一基の地下タンクしか持っていない、ドラム缶での分別保管になる)。
 - クーラントなどのコンタミ防止のための管理。
 - カーディーラー整備工場、カーショップでは可能かと思うが SS や民間整備工場でも管理が必要。

<回収側>

- ・基油再生に適した使用済み潤滑油の油種別分別回収
 - 油種別に専用の回収ローリーの用意(コンタミを避ける必要がある)。

- 油種別に専用の原料タンクでの保管管理(通常使用済み潤滑油とは別途保管のためのタンクの増設必要)。
- 専用タンクの設置場所の確保。

<基油再生設備>

誰が設備を保有し基油再生を行うのか。

(相当大型な設備の設置と稼働が要求される。)

- 現在の使用済み潤滑油再生リサイクル事業者(共同事業化)。
- 潤滑油製造事業者と使用済み潤滑油再生事業者(共同事業化)。
- 精製元売会社の関与。
- 新規の参入者。

<基油再生技術>

- 再生重油としての使用済み潤滑油の再生方法は浄化程度で、欧米のように、高度なりサイクル技術は確立されていない。
- 現状は工業用潤滑油のうち比較的扱いやすい作動油などの洗浄・浄化でのリユースの仕組みがかなり定着している。一部に離型剤としてのリサイクルあり。
- 現在、回収され再生燃料化されている使用済み潤滑油は大半が使用済みの自動車用エンジン油で、添加剤が大量に含まれており、リサイクルには高度な設備が必要。
- 海外では使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルが行われているので、海外の再精製技術を導入するのも一手段。

<製造コスト採算性>

- 事業化した場合、各段階で採算性の確保。
- バージンの基油の流通相場に見合った価格での取引。
- 回収から製造・流通に至るコストの算定が必要である。

<事業化に向けたインセンティブ>

- 国の財政的な支援策(設備投資やリサイクル潤滑油普及のための継続的支援措置)。
- 潤滑油使用者の負担(財源確保のための賦課金)。
- 再生潤滑油の使用の義務づけ(新車張り込みエンジン油他)。
- 廃潤滑油排出者、回収事業者、製造事業者、再生基油利用者(潤滑油製造事業者、自動車メーカーなど)の意識改革、協力体制。

使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルには解決すべき課題は多く、誰が主導してこのテーマを進めて行くのか決める必要がある。潤滑油協会の委託事業において、海外の基油再生事情を調査中と聞いているので、それらも踏まえ、監督官庁の意向に沿って、提示した課題をそれぞれの立場から調査、情報入手することを継続しつつ、今後も使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルについて、関連団体で継続協議していきたいと考えているとのことであった。

2.2 株式会社太陽油化

株式会社太陽油化は、全国オイルリサイクル協同組合のメンバーであり、産業廃棄物等の収集運搬・処分および石油製品販売等を行っている。使用済み潤滑油再生事業者として、2050年カーボンニュートラル実現に向け、国内で使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを進めるための課題や、今後の方向性等について、ヒアリング調査を行った。調査の結果は次のとおり。

1) 使用済み潤滑油の収集および再生方法等について

株式会社太陽油化では、使用済み潤滑油の収集運搬、再生および再生重油の販売を行っている。使用済み潤滑油の再生工程については、使用済み潤滑油をスラッジ分離した後、加熱、遠心分離を行い、回転ストレーナーでのろ過を経て、再生重油として出荷を行っている。

2) 2050年カーボンニュートラル実現に向け、再生基油への使用済み潤滑油再生事業者としての考えや、今後の方向性等について

株式会社太陽油化は、社会的な立場では、使用済み潤滑油を再生基油へ戻すサイクルを実現していくのは、SDGsの観点で必要と考えている。ただし、ビジネスおよび環境負荷の観点において、再生重油を作っている立場からすると、再生重油は世の中で最も環境負荷を軽減できる燃料油として考えている。もし燃料として、再生重油に対し国が規制をかけるようになった際は、まず原油から生産した燃料を規制し、極限まで原油由来の燃料を減らした後に、再生重油の使用量を削減していく、という順序が正しいと思っており、環境負荷低減のために、再生重油をもっと有効活用してもらいたいというのが我々の希望でもある、とのことであった。

同社では、同社において基油再生プラントを設置することができれば話は別だが、再生基油の製造は潤滑油製造会社等が行うようになると、同社が行える事業としては、収集運搬のみとなってしまうと考えており、例えば潤滑油業界と一緒に、一つのビジネスとして使用済み潤滑油の再生基油を行う、という形であれば一定の

ビジョンが描けるとは思うが、ただ単に収集運搬だけだと、事業としてはかなり難しいと感じている。

同社では、「経済的な側面を考えなければ、使用済み潤滑油の基油再生に向け、一番実現可能性の高い業界は我々の業界であり、既にタンク、設備、回収のノウハウおよび顧客を有しており、基油再生の装置があれば、ある程度のところまで基油再生を進めることができる」と考えている。課題となるのは、排出事業者側の分別指導をどうやって行っていくのかという点で、「使用済み潤滑油には種々のものが混じっているが、我々としては、それを強制的に分別する技術がないため、排出事業者に対し、どのように分別指導をしていけるのかが重要であり、今後の課題だと思う。」とのことであった。同社では、「もう一つ、基油再生に関して懸念されるのは、今後予想される、脱炭素社会による EV 化の進展だと思う。現在、車の使用済みエンジンオイルが我々の回収量における約 7 割を占めており、例えば車が 50% EV 化されると、回収量全体で 1/3 あるいは半減してしまう可能性もある。将来 EV 化が進むと、減少した回収量で見合うビジネスモデルがつかれるのかという点も検討の必要がある。」と考えている。また、「現在、欧州での EV 化が急速に進んでいるようだが、海外やインドネシア等の状況をみると、そう簡単に内燃機関がなくなるようには思えない。もし日本において、先に内燃機関がなくなった場合、海外から使用済み潤滑油を輸入して、日本国内で再生基油を作るといったことも考えられないだろうか。」とのことであった。

3) 基油再生普及に向けた国へのサポートの要望や期待される効果について、最近の動向をふまえ、特に重要と考えるポイント等について

株式会社太陽油化では、日本国内で使用済み潤滑油の基油再生を進めるには、国の支援やいろいろな業界とのコンソーシアムの設立が必要で、一社とか一業界団体でできることではないと考えており、同社の将来的な考えとしては、ぜひ潤滑油業界とともに、コンソーシアムを立ち上げ、基油再生という事業についても、一つの選択肢として取り組んでいきたいと考え、今後ぜひ協力したいと考えている。また同社では、使用済み潤滑油からの基油再生プラントについては、最初は、小規模で行うのがよいと考えており、「日本国内に 1 基設置するのが妥当かもしれない。関東は使用済み潤滑油の回収量が多いので、コンソーシアムを立ち上げ、国がバックアップを行い、関東に基油再生プラントを作れば、実現性の高い実証実験ができると思う。」とのことであった。また、再生基油の販売に関しては、例えば食品等において無添加をうたってブランド化し、価格を高く設定した商品同様、再生基油についても、必要なコストを価格に上乗せして販売しても、環境意識の高い人は買う

ようなマーケットが今後出現するかもしれないと考えている。日本国内で使用済み潤滑油の基油再生を進めるためには、国の規制や法改正等をすべて織り込みつつ、小規模なものについて、早急に取り組みを開始すべきと思うとのことで、開始が遅れると、そこからマーケットを作っていくのは難しいのではないかと考えている。

4) その他関連する内容について

株式会社太陽油化では、現在は、環境負荷低減およびコストメリットという観点から、燃料油において再生重油に注目が集まっているが、将来的には、再生重油も規制の対象となるのではないかと考えている。このような状況において、使用済み潤滑油を取り扱う事業者として事業を継続していくためには、2050年が近づくにつれ、昨今提唱されている「道徳的な資本主義」といった方向に進んでいく中で、再生基油への取り組みは必須の事業になっていくのではないかと考えており、その上で、問題点として大きく5つのポイントを挙げている。

- 顧客の分別の問題：

排出事業者側の分別指導をどうやって行っていくのか。

- 収集と品質：

今は収集と精製が一体となっているので、ある程度クリアできているが、それが別々になってしまうと、問題が発生する可能性がある。

- プラントの問題：

北米では、プラントの建設に40から60億円、また維持コストが年間15億円という情報もあり、今後コストが大きな課題となる。

- 国全体としての法規制：

基油再生を進める上で、どのような法規制が必要になるかの検討。

- 経済的な支援：

国からの助成金や再生基油への賦課金等。

これらの点をクリアにしながら取り組みを進めていかないと、日本国内における使用済み潤滑油からの基油再生を実現するのは難しいのではないかと考えている。

2.3 阪和興業株式会社

阪和興業株式会社では、鉄鋼、非鉄・金属材料、食品、石油・化成品、機械、木材などの幅広い商材について輸出入を行っている。再生基油輸入商社として、再生基油製造・販売事業者等に関する欧米での最近の動きやアジアにおける動向等および、2050年カーボンニュートラル実現に向け、国内で使用済み潤滑油のマテリアルリサイクル

を進めるための課題や、今後の方向性等について、ヒアリング調査を行った。調査の結果は次のとおり。

1) 再生基油製造・販売事業者等に関する欧米での最近の動きやアジアにおける動向等について

阪和興業株式会社では、欧米の情報については、2020年度から更新できていない、とのことであった。アジアについては、オーストラリアからアジアへの再生基油輸出について、自国優先の政策により、東南アジア向けに十分な輸入量を確保できない状況となっている。アジア地域において、トランス油等の使用済み潤滑油を輸入したいとする要望が度々あるが、これは潤滑油の基油としてではなく、燃料に使用する目的での需要であり、局地的な使用済み潤滑油の需給バランスの変化に過ぎないと理解している、とのことである。

2) 2050年カーボンニュートラル実現に向け、再生基油への商社としての考えや、今後の方向性等について

阪和興業株式会社では、2050年カーボンニュートラルの動きを受け、再生基油等に関し、顧客からの問合せが増えており、現在、企業単位での動きとなっている。2050年カーボンニュートラルの実現に向け、現在、下記原料の探索等を行っている。

①バイオマス由来の潤滑油基油

②使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルによる潤滑油基油

日本国内でのCO₂低排出認証制度としてはバイオマスやリサイクル原材料の持続可能性認証プログラムである「ISCC PLUS 認証」や、生物由来の資源(バイオマス)を活用し、品質および安全性が関連する法規、基準、規格等に適合している環境商品に付与される「バイオマスマーク」等があるが、同社では、現在これらについて検討中である。同社は潤滑油基油を輸入しているが、原料活用の観点から、CO₂低排出認証制度への取り組みは、日本でも今後必要と考えている。また同社では、バイオマス由来あるいはマテリアルリサイクルによる潤滑油基油は、サプライチェーン排出量におけるスコープ3(SCOPE3)の下記カテゴリーに寄与すると思う、としている。

カテゴリー1：購入した製品・サービス

カテゴリー4：輸送、配送(上流)

カテゴリー12：販売した製品の廃棄

バイオマス由来の基油は欧米で商業化されているが、原油由来の基油と比べると、価格が数倍となるため、現時点では、経済的には成り立たっていないため、今後の

普及に向けては、法規制等が必要になると考えている、とのことであった。一方、使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルによる基油については、原油由来の基油と比べても価格ベースで遜色ないものと考えている。BCPの観点では、原油供給に対するセキュリティの面やコロナウイルス感染拡大等もあり、使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルは有効と考えており、また今後法制化が予定されている、経済安全保障の観点でも、日本国内での使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルは重要となる、とのことであった。これまで潤滑油基油は原油から燃料を製造する過程における副生成物として生産されてきたが、今後は、EV化等により世界的に原油処理量が減少するのは確実であり、従来通り需要に見合うだけの鉱油系基油が確保できるとは限らない。また鉱油系基油が化学的に目的生産されるようになれば、PAOやエステル等と同等の価格水準となる事も想定される。使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルによって、再生品を作れるということになれば、使用済み潤滑油が、一種の都市鉱山のような側面を持つようになるかもしれない、と同社では考えている。潤滑油基油供給不足の状況をみると、2020年6月以降、基油の国際指標であるICIS価格は、10か月でGroup Iで約3倍、Group IIIで約1.6倍となった。要因のひとつとして、世界的なコロナウイルス感染拡大状況を受けた航空需要の落ち込みにより、航空ジェット燃料の生産量が減少したことで潤滑油基油の需給バランスが崩れたこと等が挙げられる。同社では、国内大手元売り会社の製油所閉鎖も、潤滑油基油の供給に対して今後影響があるものと考えている。潤滑油基油の生産に関し、今後は、製油所以外の生産ソースも一定量必要だと思う、とのことである。

3) 基油再生普及に向けた国へのサポートの要望や期待される効果について、最近の動向をふまえ、特に重要と考えるポイント等について

阪和興業株式会社では、今後の基油再生普及については、前報²⁾にもあるように、使用済み潤滑油からの再生基油に関するJASO規格化等が重要と考えている。再生基油について興味を持っている顧客も多く存在しているため、同社では、今後は、どのような技術を用いて日本における使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを進めていくかということも重要ではないか、と考えている。

国内での使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルに関しては、国内大手元売り会社以外では、1社で進めていくことは難しいと思う、とのことであった。また再生基油の普及については、国からの補助金や購入者に対する賦課金の制度を設けることも検討する必要があることから、同社では、リサイクル品に対する国からの助成金なども効果的かもしれない、と考えている。

2.4 三共油化工業株式会社

三共油化工業株式会社では、連続常減圧原油蒸留装置と高圧・高温水素化精製装置を用いて、ナフテン系基油の製造を行う事業とともに、外部よりパラフィン系基油を購入し自動車用および工業用潤滑油等の高級潤滑油製造の事業を行っている。精製装置を有する潤滑油製造事業者として、2050年カーボンニュートラル実現に向け、国内で使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを進めるための課題や、今後の方向性等について、ヒアリング調査を行った。調査の結果は次のとおり。

1) 2050年カーボンニュートラル実現に向け、再生基油への潤滑油製造事業者としての考えや、今後の方向性等について

三共油化工業株式会社では、ナフテン系基油の精製プラントを有しているが、国内向けでは、金属加工油、プロセス油、印刷インキ油、グリース、アスファルト、タイヤ用ゴムプロセス油等の用途向けとなっており素材として使用されているため、一般的なパラフィン系基油の再生対象ではない。絶縁油原料としても出荷しているがほとんどが輸出であり国内での再生の議論対象外と考える。外部よりパラフィン系基油を購入し製造する高級潤滑油(自動車用、工業用潤滑油など)は受託製造がほとんどで、自社ブランド製品はわずかである。本年度のアンケート調査についてはナフテン系基油製造事業者の立場ではなく、高級潤滑油ブレンド製造事業者として回答している、とのことであった。

北米では、使用済み潤滑油の基油再生が経済的にも成り立っているようだが、基油再生がCO₂削減につながるか、という点については、同社では、使用済み潤滑油の回収に、回収車の運行が必要となることや、基油再生のための特別なプラントを稼働させる必要があること等より、懐疑的に考えている。今後、製油所の稼働が低下し、潤滑油の原料である減圧軽油(VGO: Vacuum Gas Oil)の生産量低下に伴い、潤滑油基油を節約する必要性から、使用済み潤滑油の基油再生を進める必要がある、という事態になったとしても、潤滑油の基油としては、合成油やGTLなど別の選択肢もあるため、同社では、国内における使用済み潤滑油の基油再生については、日本国内におけるLCAによるCO₂削減効果もしっかり検討する必要があると考えている。

2) 基油再生普及に向けた国へのサポートの要望や期待される効果について、最近の動向をふまえ、特に重要と考えるポイント等について

三共油化工業株式会社では、既存潤滑油基油生産設備を使用済み潤滑油の基油再生へ転用することについては、新たに再生基油の生産設備を新設するよりも、コストを下げるメリットはあると思う、としている。

同社では、同社の連続常減圧原油蒸留装置と高圧・高温水素化精製装置は装置構成の観点からは潤滑油基油再生に向いているかもしれないと考えている。さらに、現在行っている事業をやめ、既存設備を使用済み潤滑油からの再生基油生産のみに特化すれば、再生基油を製造すること自体は可能であると考えている。ただし、同社はインフラに関わる商品を生産しているので、現状では事業転換を行うことはできない。現在の新型コロナウイルス感染拡大状況下においても、操業を止めないよう努力を続けている。2011年の東日本大震災の際には、「新聞の印刷ができなくなるため、印刷インキ油の生産を止めないでほしい、との要望も受けた。」としている。また同社は、触媒の問題、貯蔵タンクなどオフサイトの問題、もあり現行の事業稼働中に、例えばブロック運転での潤滑油基油再生実証実験は不可能としており、将来的に、同社設備を使用して、実証実験、事業転換を行うとしても、同社の水添装置は、設置から一定の年数を経ているため、改修等が必要となるとしている。もし、再生基油製造プラントを一から立ち上げるとすれば、それなりの補助金や施策が必要となるのではないかとのことであった。

3) その他関連する内容について

三共油化工業株式会社では「添加剤については、2021年初めの北米寒波による影響で需給がひっ迫している。また Group III 基油についても、需給がひっ迫している状況なので、BCP という観点では、再生基油への取り組みも今後必要となるかもしれない。再生基油の製造プラントを、もし新たに建設する場合は、使用済みエンジン油を多く回収可能な、京浜地区や関西地区の遊休地を利用するのがよいと思う。2050年カーボンニュートラル実現に向けたEVの普及等により、今後、特に欧州、中国およびインドなどでは、内燃機関用エンジン油の需要が減少するものと予想している。国内における潤滑油の需要状況についても、引き続き注視する必要がある。」と考えている。

2.5 谷口石油精製株式会社

谷口石油精製株式会社では、国内で唯一となる、ナフテン系原油の蒸留精製による高圧絶縁油の製造および溶剤抽出精製された基油を脱酸蒸留で精製した潤滑油等の製造を行っている。精製装置を有する潤滑油製造事業者として、2050年カーボンニュートラル実現に向け、国内で使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを進めるための課題や、今後の方向性等について、ヒアリング調査を行った。調査の結果は次のとおり。

1) 2050年カーボンニュートラル実現に向け、再生基油への潤滑油製造事業者としての考えや、今後の方向性等について

谷口石油精製株式会社では、潤滑油製造事業者の立場としては、使用済み潤滑油からの基油再生において、基油の性能として、Group I、II、IIIのどこまでを目指すのか、が重要になると考えている。要求されるグレードによって、使用済み潤滑油からの再生基油製造に必要な装置も変わってくる。欧州で生産されている再生基油について、水素化精製装置や特殊な装置が必要なのか、等についても興味があるとのことであった。

同社は、水素化精製装置を所有していないため、使用済み潤滑油からの基油再生において、Group IIやIII基油の製造は現状では実施不可能である。ただし、今後の状況次第では、国からの補助金等により、水素化精製装置等を導入し、Group IIやIIIの基油を作っていくか等について検討を行いたいと思う。前向きに捉えていきたいと考えている。また、使用済み潤滑油からの基油再生では、混入している金属や水分等を「回収段階で取り除けるか」や「前処理の手間が省けるか」等がコスト面から重要と考えている。なお、再生基油の工業用潤滑油への適用、特に作動油への適用については、関心を持っている、とのことである。

2) 基油再生普及に向けた国へのサポートの要望や期待される効果について、最近の動向をふまえ、特に重要と考えるポイント等について

谷口石油精製株式会社では、「自動車メーカーからの要望等により、国内で工場充填する潤滑油の基油が再生基油になったら、再生基油による潤滑油製造を行わざるを得なくなる。今後、検討を行ってほしい。再生基油による潤滑油製造については、コストの問題が存在すると思う。製造過程での補助金や助成金、あるいは最終製品への補助金の有無は、再生基油の普及に対し大きな効果がある。再生基油の普及に向けては、再生基油の品質の安定が重要である。また、自動車・機器メーカーによる再生基油使用の許容等、再生基油の使用に関する雰囲気の醸成も重要である

と思う。」と考えている。また、SDS の表記をどうするか等についても、検討が必要と考えている。

3) その他関連する内容について

2050 年カーボンニュートラル実現に向けた EV の普及等により、ガソリン等の燃料の生産が減少すると予想されている。

谷口石油精製株式会社では、「長期的には、内燃機関用エンジン油の生産量も減少するものと考えているが、潤滑油基油の原料として原油を使わないとすると、何を潤滑油基油の原料として用いるかが重要となる。カーボンニュートラルな基油としては、再生基油の他、e-fuel やカーボンニュートラル GTL も選択肢のひとつとして考えられる。製品の価格面を考慮すると、燃料より潤滑油基油への適用の方が将来的に有望かもしれない。なお、EV にも、モーター冷却やギヤボックスに潤滑油が使われているので、潤滑油も必要となる。」と考えている。

また、「2050 年カーボンニュートラル実現に向け、国内での基油再生システムが必要なら、前倒しが不可欠となる。2050 年まで、あと 30 年として、直近の 10 年で回収システムの確立や再生基油製造プラントの建設等を行わないと間に合わないのではないかと。なお、個人的には、EV が増えてもよいと考えているが、今後注視すべきは、中国の動向ではないかと思う。10 年ほど前に中国へ転勤していた頃、田舎でもタクシーが EV 化されていた。中国では、エンジン技術において日・欧に勝てないため、国策として EV 化を進めているものと認識している。最近、カーボンニュートラルで活発化している、引き続き動向を注視している。」とのことであった。

第4節 欧州等事業者に対する調査・分析

欧州等の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対して、①基油原料の多様化に向けた取組状況、②基油再生の現状、③最新の基油再生技術および④法規制の動向等について、情報を収集し、我が国と欧州等における基油原料の多様化および再生基油に関する取組状況を比較した。

1. 調査の方法

欧州等の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対して、①基油の多様化に向けた取組状況、②基油再生の現状、③最新の基油再生技術および④法規制の動向等について、ヒアリング、電子メールおよび Web 会議等の手段により情報収集を行

った。なお、使用済み潤滑油に対する欧州各国の法規制およびプログラムの動向等については、2020年3月に発行されたEUの調査レポート“Study to support the Commission in gathering structured information and defining of reporting obligations on waste oils and other hazardous waste”²⁾も参考にした。

2. 調査の結果および分析

欧州を調査対象とし、次の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対して、Web 会議による面談を実施した。

- Independent Union of the European Lubricants industry (UEIL)
欧州潤滑油産業連合。
- Groupement Européen de l’Industrie de la Régénération (GEIR)
欧州潤滑油産業連合の再精製産業部門。
- Avista OIL AG(ドイツ)
米国と欧州に再生工場を有する基油再生事業者の欧州部門。
- Puraglobe
ドイツの基油再生・潤滑油販売事業者。
- Itelyum Regeneration Srl
イタリアの基油再生・潤滑油販売事業者。

また、次の事業者に対しては、Web 会議での面談による情報入手ができなかったため、Web による情報収集を行った。

- LPC S.A.
ギリシャの基油再生・潤滑油販売事業者。

2.1 Web 会議による面談でのヒアリング結果および Web での調査結果

1) Independent Union of the European Lubricants industry (UEIL)

UEIL(欧州潤滑油産業連合)は、欧州の潤滑油産業を代表しており、特に自動車および産業部門に不可欠な潤滑油および金属加工油を製造する中小企業および独立企業も加入している。35 のメンバーを通じて、製造、流通からリサイクルまで、潤滑油のバリューチェーン全体をカバーし、450 社を超える企業と 100,000 人の従業員を代表している。1963 年に創設され、1973 年から現在の組織になっている。フランスパリに 40 年以上拠点を置き、2005 年にブリュッセルに移転した。

UEIL の基本的役割は、業界に影響を与える問題について EU 立法機関に対する業界代表で、さまざまな深刻な問題について問題解決にあたってきた。GEIR は UEIL の組織の一部であり、GEIR のトップも UEIL 役員を務めている。UEIL の組織では特に、2020 年 6 月に発足したサステナビリティ委員会が重要な役割を果たしている。目的は、欧州の潤滑油業界における持続可能性を定義、開発、測定するためのガイダンスを提供し、潤滑油業界の持続可能性に関する誤解に対処し、EU および国際レベルでの持続可能性に関する継続的な議論に参加することとされている。2 つの環境ワーキンググループ(カーボンフットプリントとエネルギー効率)、社会と経済のワーキンググループ(製品のリサイクルの可能性を含む)および持続可能性コミュニケーションワーキンググループの 4 組織からなり、活動を行っている。

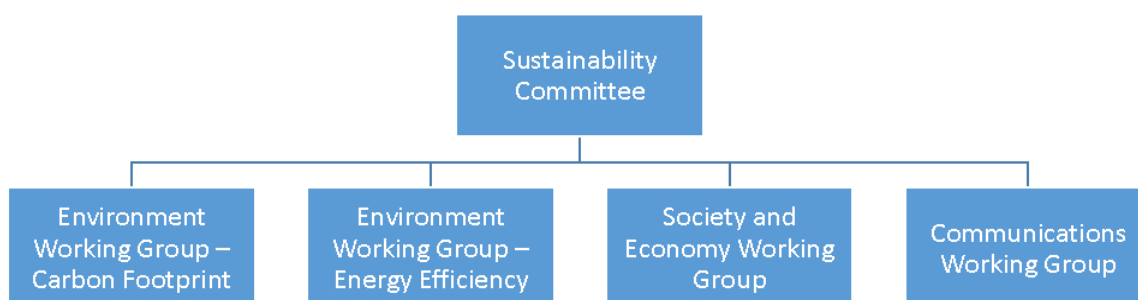


図 1-8. UEIL サステナビリティ委員会(出典 文献 3)

サステナビリティ委員会の活動において、UEIL は、特にサーキュラーエコノミーとプロダクトライフサイクルへの取組みを重視している。サーキュラーエコノミーは、廃棄物や汚染を段階的に削減し、製品や材料をできるだけ長く使用し、自然のシステムを再生するという原則に基づいている。



図 1-9. サーキュラーエコノミーの概念図(文献 3 の一部に和訳を追加)

プロダクトライフサイクルには次の 3 つのスコープが考えられるとしている。

- ゆりかごからゲートまで：資源採取から工場出荷までのプロダクトライフサイクルの部分的な評価
- ゆりかごから墓場まで：資源採取から使用済み製品の廃棄までの直線的なプロダクトライフサイクルの完全な評価
- ゆりかごからゆりかごまで：耐用年数を終えた製品が元の原材料や製品に再生されたり、再利用されたりする循環型のプロダクトライフサイクルを完全に評価すること

また、UEIL から当協会へ、次のような意見および提案があった。

- サーキュラーエコノミーについて、UEIL の歴史は古く、欧州で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し始めたのは、およそ半世紀前に遡る。使用済み潤滑油の再精製は、温室効果ガス(特に CO₂)の削減に寄与するので、日本の潤滑油業界も潤滑油から潤滑油への SDGs を掲げ、サーキュラーエコノミーを実施してはどうか。
- 欧州全体で、使用する基油の 13%はすでに再生基油を使用しており、イタリアなどでは 30%に達している。回収した使用済み潤滑油の半分以上は、再生基油として欧州域内では流通している。油種によっては、例えば絶縁油は、再精製が最も容易で、すでに欧州全体で 30～40%が再精製絶縁油として使われ、品質も原油由来の絶縁油と同等と IEC は認めている。欧州と同じく、資源を輸入している日本は、すぐにでも検討する課題だと思う。UEIL としても潤滑油協会に対する協力は惜しまない。

- まず、イタリアの使用済み潤滑油の回収システムを調査してはどうか。また、再精製技術については、AVISTA、PURAGLOBE および ITELYUM が代表的な再精製プロセスを持っているので、その中から学べば良いと思う。潤滑油業界全体で再生基油を使用した潤滑油を使用者側に PR し販売する努力も大切である。政策的にサーキュラーエコノミーを推進することが必要となった今は、政府が主導して、関係する業界団体を政府と共にイタリアのようにコンソーシアムを設立することが重要である。

なお、UEIL から紹介のあった再精製プロセスの専門家に本調査への協力を要請した。

2) Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération(GEIR)

GEIR は、欧州廃油再精製産業協会で、欧州の潤滑油業界団体である UEIL の傘下にある最大組織である。GEIR メンバー企業は、欧州全土で使用済み潤滑油の回収をサポートし、使用済み潤滑油を原料として再精製することに積極的に取り組んでいる。GEIR で扱う使用済み潤滑油は、欧州全体の 80%を占める。本部はブリュッセルにあり、欧州の公式機関(委員会、評議会、議会)と連絡を取り、都度業界を代表して情報交換を行なっている。

使用済み潤滑油の収集とその再精製は、再精製によって使用済み潤滑油が未使用の油に戻るため、再精製された基油が潤滑油の配合に再び使用されることで、サーキュラーエコノミーとして機能する。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。GEIR は、このサーキュラーエコノミーを日常業務として遂行・推進する団体であり、使用済み潤滑油を再精製し、今日では、原油由来のバージン基油と遜色ない品質の基油を製造するまでに至った。価格レベルも API の同一グレードの基油とほぼ同じ価格で販売するまでになった。GEIR メンバー企業を表 1-3 に示す。

表 1-3. GEIR メンバー企業 18 社(文献 4 および各社 HP をもとに作成)

Country	Company	Website	トピックス
Bulgaria	LUBRICA	http://lubrica.com/bg/	1996 年設立、EU の融資を受け、使用済み潤滑油再生設備増強(2015-2017, 融資額: 全体の 85%; 6,500 万円)
Denmark	AVISTA Green	http://avistagreen.dk/	2018 年 10 万トン/年の使用済み潤滑油再精製工場稼働
Finland	STR TECOIL	https://www.tecoil.fi/	使用済み潤滑油→GII+基油, ビチューメン, 軽油(廃棄物なし).製造工程だけの比較で L/O 1ton 当り -350ton カーボンフットプリント
France	Osilub	https://www.osilub.fr/	2013 年 VE と TOTAL による使用済み潤滑油再生工場(70 億円)稼働、処理能力 12 万トン/年、基油へのリサイクル率 75%
Germany	PURAGLOBE	https://puraglobe.com/	2.1 Web 会議による面談でのヒアリング結果および Web での調査結果参照
	AVISTA OIL	https://www.avista-oil.de/	2.1 Web 会議による面談でのヒアリング結果および Web での調査結果参照
Italy	ITELYUM	https://www.itylumregeneration.com/it/	2.1 Web 会議による面談でのヒアリング結果および Web での調査結果参照
	RAMOIL	http://www.ramoil.it/en/	1963 年使用済み潤滑油再生工場建設、現在使用済み潤滑油を 3.5 万トン処理(Group I 基油)
Portugal	ENVIROIL	https://www.enviroil.pt/	再生基油(SN80, SN100, SN150, SN350)を生産
	EGEO	https://www.egeo.pt/	1 万トンの使用済み潤滑油を再生し、燃焼や汚染を防いでいる(溶剤抽出法で再生している)
Belarus	MDD	http://mdd-bel.com/en/	BM Holding の傘下企業
Romania	GOAL	https://bees-group.eu/	2017 年 7.3 万トン/年の製造設備建設を発表 総工費 64 億円(欧州復興開発銀行等が資金援助)
Spain	SERTEGO	https://www.sertego.com/	2017 年 使用済み潤滑油の再生処理により、20,959 トンの CO ₂ 排出削減を実施
	Cator	http://cator-sa.com/	2010 年使用済再生基油の環境品質保証バッジ取得 4.2 万トン/年の再生基油製造設備(真空蒸留と溶媒抽出の組合せ(Vaxon プロセス))
Turkey	TAYRAS	http://www.tayras.com/	2011 年設立、2021 年 4 月再生工場建設(Sequoia Energy の技術、処理:6 万トン ; Group II 基油 4.5 万トン生産)
England	EOS	https://www.electricaloilservices.com	60 年以上廃絶縁油を再生している廃絶縁油のリサイクルに特化した会社
	Whelan	http://www.whelanrefining.co.uk/	2007 年から使用済み潤滑油再生開始、今まで 50 万トン以上の再生を実施、イギリスの年間 20 万トン排出される使用済み潤滑油の再精製に向けた活動を展開中

GEIR の活動による環境・資源問題へのインパクトは次の通り。

- 欧州は、環境問題に関心が高く、原油資源の輸入国である。
- 従来は、使用済み潤滑油から加工燃料をセメント工場などへ販売し、多くの CO₂ を排出するケースが多かった。
- 現在は、加工燃料を再生基油へ置き換えることで、この CO₂ 排出を抑制している。

- 従来の原油由来のバージン基油と使用済み潤滑油の再生基油を比較したところ、製造過程で排出される CO₂ 量は 50% 以上削減されることが、いくつかの LCA で確認されている。
- 原油由来のバージン基油 1L を製造するのに、原油は約 100L 必要で、使用済み潤滑油のほとんどが再生基油になることから、原油輸入量の削減にも貢献する（70 百万～150 百万ユーロ/年）。
- 再精製工場を稼働することによる Green Job も創出することができた。

報告書「廃油から基油への再生のための LCA(2018)」が IFEU により 2018 年に発行された⁵⁾。本報告書は、GEIR が IFEU に委託したもので、2014 年の欧州の再生能力の 3 分の 2 を占める、4 つの企業の再生技術に焦点が当てられている。本 LCA のテーマは下記のとおり。

- 欧州における廃油管理分野の現状と、過去 10 年間の主な進展
- 4 つの先進的な再生技術について、環境への影響や一次製品の代替によるメリットを考慮したモデル化
- 検討された 4 つの先進的な再生技術の平均的な結果を、欧州で最も重要な廃棄油の代替処理である参照ケースと比較
- 最も重要なパラメータを透明性のある方法で開示
- 以下の代表的な 4 社の再生基油製造技術を紹介
AVISTA(グループで処理量 17.5 万トン)
LPC SA(基油生産量 3.8 万トン)
PURAGLOBE(廃油処理量 16 万トン)
VISCOLUBE(現在は ITELYUM)
廃油処理量 12 万トン、基油製造量 8 万トン)
- バージン基油と再生基油の環境への影響を比較
- 再生基油と加工燃料の比較

本報告書の LCA に関する内容については、第 3 章で報告する。

GEIR は EU の廃油枠組み指令 2008/98/EC に基づき、より多くの使用済み潤滑油を収集し、毎年高い目標を設定し、回収率向上にも努めている。2025 年までに、各加盟国で生産され収集可能な使用済み潤滑油を 100% 収集することや、すべての加盟国で生産され収集可能な使用済み潤滑油を 85% 再精製することを目標として掲げている。

欧州委員会が 2023 年後半に廃棄物枠組み指令を見直す提案を採択することが期待されており、GEIR では、廃棄物枠組み指令改正に関し、廃油の EU 再生目標を策定することを積極的に提唱している。なお日本の現状に対し、GEIR 関係者から次のような意見があった。

- 使用済み潤滑油の再利用について、日本は回収率が欧米に比べ低い、数量がまとまっている。
- EU 潤滑油業界では 20 年以上前からサーキュラーエコノミーについて活発に議論してきた。GEIR ではまさにその活動を行い、実践し、実績を上げてきたものと自負している。
- GEIR は、長年関係各国と話し合い、使用済み潤滑油を適正な回収およびチェック方法を確立した上で、再精製できる原料を再精製工場で基油にし、マテリアルリサイクルを実践することこそ、サーキュラーエコノミーを実現しているものと自負している。
- 各国の法制度についても踏み込んで話し合いを行っており、共通した意見として、近い将来、加工燃料に対する締め付けはますます厳しくなり、回収率の向上と再精製技術をさらに進化させ、バージン基油の比率を下げ、再生基油を増産することが、資源問題と環境問題を考える上でますます重要となってくると考えている。
- 今後は、イタリアモデルのように関係省庁が深く関わりを持ち、関係する業界とともにコンソーシアムを作り、潤滑油の製造・販売でコンソーシアムの運営資金と一連のサーキュラーエコノミーを回し続ける仕組みを作ることが重要であると思う。
- 日本のように再精製設備の新設が必要であれば、政府がイニシアチブをとって設備を導入していかなければ、早期に日本の潤滑油業界におけるサーキュラーエコノミーは実現しないのではないかと。

3) AVISTA OIL AG

AVISTA OIL は 1951 年に設立された歴史のある使用済み潤滑油再精製会社で、常に欧州の再生基油業界をリードしている。欧州最大の再精製業者であり、使用済み潤滑油の総投入量は 25 万トン/年。ドイツとデンマークに再精製工場があり、米国でも再精製工場を運営している(投入能力 16 万トン/年)。米国では、Group II+/III 基油を製造し、欧州では Group I+の再生基油を製造している。

使用済み潤滑油中の合成基油も年々増加しており、AVISTA OIL の再生基油は品質も向上している。欧州の AVISTA OIL は水素化処理のような高エネルギー消費技

術を使用せず、同種の他の技術と比較して CAPEX(設備投資)と OPEX(ランニングコスト)、および CO₂排出量の削減においてもかなりの利点があるとしている。

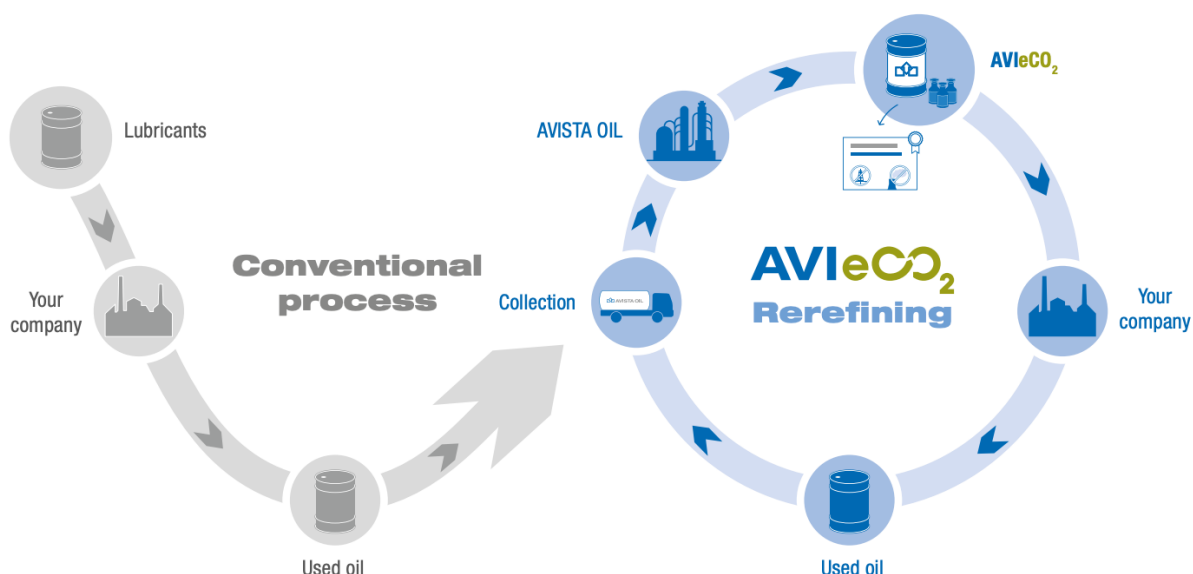


図 1-10. AVISTA OIL のサーキュラーエコノミー概念図(出典 文献 6)

AVISTA OIL の再精製工場設備投資金額は不明であるが、同社では、水素化処理を行う再精製工場と比較して設備投資額はかなり低く、投資しやすいというメリットがあり、従来のバージン基油精製工程と比較して CO₂ を 30%削減し、かつ、Group I から Group III(米国工場)まで市場のニーズに応じた再生基油の供給を可能にする優れた技術であることを強調している。再精製に使用する溶剤も再精製して繰り返し使え、廃棄物を一切出さない工場として操業を続けている。なお、同社の技術については「2.3 最新の基油再生技術」で報告する。

4) PURAGLOBE Inc.

PURAGLOBE の SYNTAINICS 基油は世界初の Group III 再生基油として 2017 年ドイツで、2020 年米国で製造を開始した。この 2 工場は、製造工程も同一で各工場 10 万トン/年 Group III 基油を製造する。(2017 年ドイツ工場は当時の金額で 1500 万ユーロを投資して Group II 基油製造から Group III 基油製造へ切替えを行っている)。同社の Group III 基油は、日本の代表的な自動車メーカーのエンジン油の基油としても採用されたとのことである。同社は 2000 年代初頭に、Honeywell UOP HyLube™および HyLubeSAT™テクノロジーを使用して、使用済みオイルを高度な新しいオイル(Group II 基油)に変換する独自の製法を開発した。同社はそれ以来、独自技術を開発し、使用済み潤滑油を Group III 基油に再設計すると同時に、CO₂

排出量を削減し、ゼロウェイスト精製を実現している。なお、同社の技術については「2.3 最新の基油再生技術」で報告する。

同社は UOP からライセンスを受けているが、このライセンス料は、相当高額ではないかと言われている。しかしながら、PIRAGLOBE は、Group III 基油の価格は安定的に高く、投資金額に十分見合うマージンが取れており、再精製技術の中で、同社技術は、CO₂排出量削減に一番効果を発揮することが、第3機関(IFEU)により証明されていることから、現状、同社技術が世界最先端であると考えられる。

例えば、2019 年度の全国オイルリサイクル協同組合が出した推定値¹⁾によると、日本の回収業者が回収した使用済み潤滑油は 60 万 kL で、この使用済み潤滑油をすべて、PURAGLOBE の工場で処理した場合、バージン基油を製造するケースと比較して、71.4 万トンの CO₂ を削減することができると推計される。(上述 IFEU で実施した LCA から試算)。PURAGLOBE 社長から同社が製造中の Group III 基油の採算性について次のような回答が得られた。

- 使用済み潤滑油から得られる Group III 基油の収率は 70% で、現在 PURAGLOBE が生産する基油は 20 万トンだから、29 万トンの使用済み潤滑油を処理する必要がある。使用済み潤滑油はすべて欧州から調達しており、使用済み潤滑油の価格は原油価格の 50% 程度である(図 1-11. 参照)。
- 現状のブレント原油価格(76.5 ドル/バレル = 570 ドル/トン)から使用済み潤滑油が、285 ドル/トンで取引されているとすると、PURAGLOBE の原料価格は、83 百万ドルで、同社では、1,300 ドル/トン(米国ではさらに高く取引されているとのこと)で Group III 基油を販売していることから、売上は、およそ 260 百万ドルとなる。
- 一方、加工燃料を製造する場合、2021 年 4Q に欧州でおよそ 450 ドル/トンで販売され、収率が 85% とすると、売上は、112 百万ドルとなる。
- この Group III 基油の製造は、まさにサーキュラーエコノミーを創出し、温室効果ガスの大幅な削減に寄与し、かつ副生成物もすべて無駄にすることなくリサイクルし、精製に使用する触媒すらも再精製し繰り返し使用している、いわゆる ZERO WASTE TREATMENT を実践している。(燃料も水素を使用している)
- 工場の投資は 4 年で回収する計画である。なお、PURAGLOBE は、自動車用使用済み潤滑油を主原料としており、使用済み潤滑油の入手ソース(すべて欧州)の確保も十分できている。

- 今後、Group III 以上の基油も精製し、高性能基油のトップランナーを目指す。

なお PURAGLOBE は、近い将来には、使用済み潤滑油の燃焼が禁止される可能性のあることに触れ、日本もその例外ではないと警鐘を鳴らしている。機会があれば、日本へ立ち寄り、日本政府はじめ関係者へ、使用済み潤滑油の再精製含め、今後の動向について説明することにも言及している。

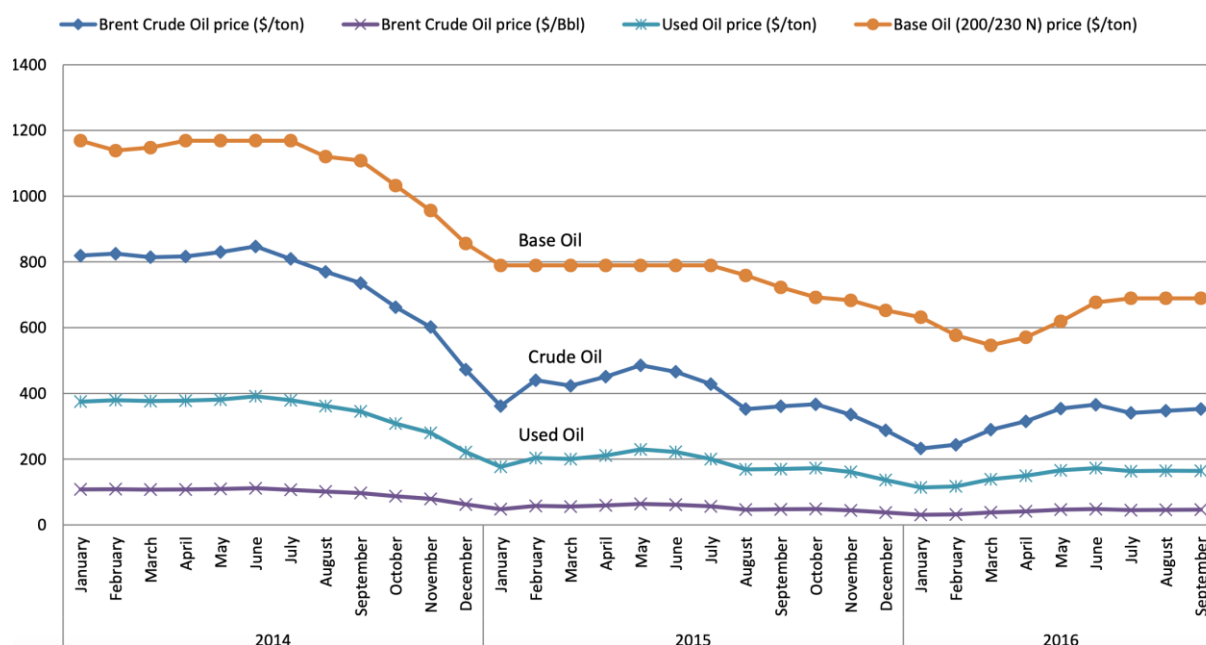


図 1-11. 使用済み潤滑油、原油、基油(Group I)販売価格推移(出典 文献 7)

5) ITELYUM Regeneration S.p.A.

ITELYUM は 2019 年に Viscolube、Bitolea を買収し設立された。Viscolube は再生基油、Bitolea は再精製溶剤を専門に扱う企業であった。Viscolube は 1963 年に設立された歴史ある再精製企業で、イタリアに 2 ヶ所ある再精製工場は 20 万トン/年の使用済み潤滑油処理能力がある。

Viscolube は、独自の技術 Revivoil(特許取得済)を持っており、Group I+、II+基油を製造している。同社の技術については「2.3 最新の基油再生技術」で報告する。なお、使用済み潤滑油の回収システムが世界で最も進んでいる国はイタリアであるとの情報を得たため、イタリアの使用済み潤滑油の回収システムについて詳細に調査を行った。調査内容は「2.4 欧州での使用済み潤滑油に対する環境規制や各国のプログラムの動向等の現状および今後の方向性最新の基油再生技術」で報告する。

6) LPC S.A.

1981年に設立され、1985年にSTPの再精製技術を導入し、使用済み潤滑油の再精製を開始している（薄膜蒸留、水素化精製、当初2.5万トン/年、現在は3.8万トンへ拡張）。使用済み潤滑油の再生率を高めると同時に、環境の保護に特に重点を置くことでその使命を果たし、ギリシャの廃棄物管理(収集リサイクル)に貢献してきた。LPC S.A.は、Eco Management and Audit Scheme(EMAS)に登録されている潤滑油とオイルの加工分野でギリシャ最初の企業として認証されている。同社ホームページには、使用済み潤滑油を原料とした再生基油製造プロセスが掲載されており、GEIRのメンバー企業として、水素化精製を行っている模様。なお、この設備はかなり古く老朽化が進んでいるため、今後さらに改修工事を予定しているとのことである。

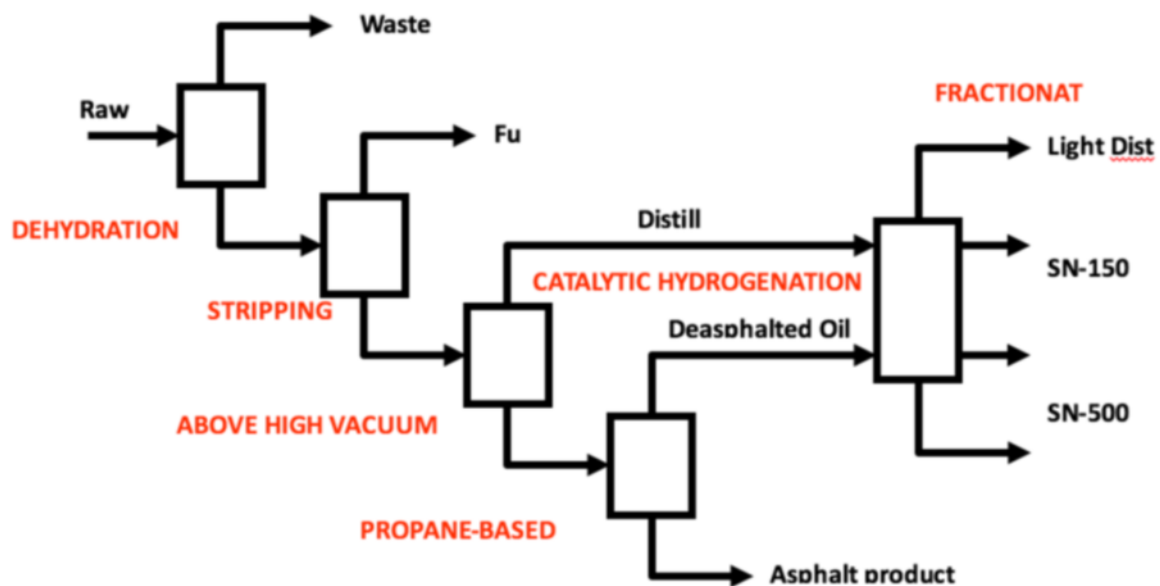


図 1-12. LPC S.A. 再精製プロセス概念図(出典 文献 8)

2.2 基油の多様化に向けた取組状況および基油再生の現状

1) 使用済み潤滑油について

EU では、従来からの統計調査で、年間の潤滑油の販売数量に対する使用済み潤滑油の発生数量は、45%から55%(使用済み潤滑油の理論生産率という)の範囲内に入っており、また、販売数量に対して回収される量はEU平均でおよそ43%と計算されている。回収率は国によってばらつきはあるが、65%～95%となっている。EU

委員会は、2020 年から潤滑油の販売、使用済み潤滑油の理論量、収集量、および処分(燃焼、燃料生産、再精製)の詳細な数値を含む年次報告書を作成することを加盟国に義務付けている。地球環境保護のためにも、使用済み潤滑油の回収率を上げることは重要で、各国 100%を目標に取り組んでいる。回収率の低い国については、財政支援により加速させる努力もしている。再精製業界を支援するために、一部の国(スペイン、イタリア、デンマーク、ポルトガルなど)では、潤滑油販売業者が市場で販売する際に 1L 毎に一定の金額を潤滑油購入者に支払ってもらい、その金額を財源とする財政支援システムを導入している。この財源は、政府メンバー、潤滑油販売業者、関係団体などがコンソーシアムとなり、回収業者や再精製業者に起こりうる損失をサポートする仕組が作られている。また、この組織内で回収された使用済み潤滑油は、再精製業者(再生基油を製造)へ配送することが義務付けられている。なお、他の業者へ使用済み潤滑油を販売することはできない。

GEIR は、ライフサイクルアセスメント(LCA)によって、全体的な環境結果を改善することができない限り、発生した使用済み潤滑油は、回収率を高め、再生基油の製造を最優先するとしている。図 1-13 は、2014 年の欧州における使用済み潤滑油の利用状況で、42%は再生基油を製造していることがわかる。また、13%再精製用に輸出されているので、55%の使用済み潤滑油が再生基油になっていると推定される。また、31%は加工燃料*として使用されている(*加工燃料は再精製していない燃料)。

GEIR では、使用済み潤滑油の回収率を引き上げ、かつ、再生基油比率を年々引き上げる活動をしている。再精製された基油は、バージン基油と同様に、元使用されていたあらゆる油種に戻されて使用されていることもヒアリングで確認した。自動車メーカーの認証を受けているケースもあった。

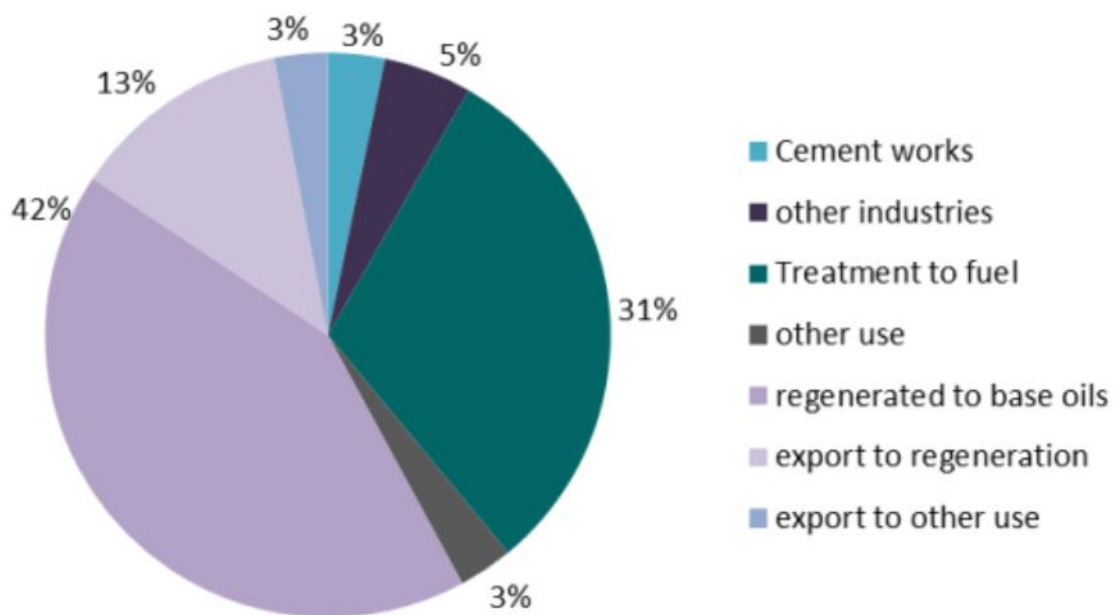
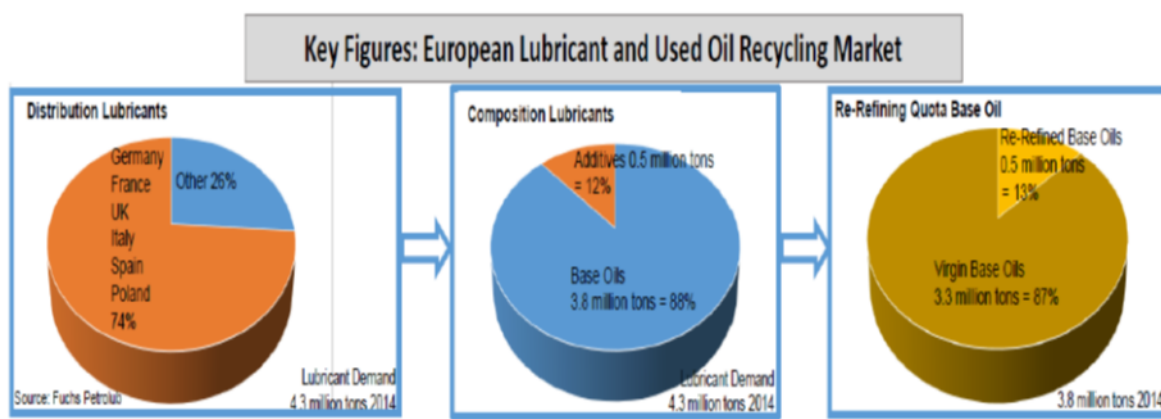


図 1-13. 2014 年の欧州における使用済み潤滑油の利用状況(出典 文献 5)

2) 基油再生の現状

再生基油の製造技術は年々向上し、API 基油分類で、Group I、Group II、Group II+、Group III まで使用済み潤滑油から基油を製造している。再生基油の品質と信頼性は過去 20 年間で大幅に改善され、原油由来のバージン基油と比較して遜色なく、自動車産業をはじめ、多くの産業機械に使用する潤滑油基油として使用されている。再生基油とバージン基油が市場で、使い分けられているわけではなく、対等に市場で使用されていることも判明した。現状、Group I、Group II はバージン基油と比較して若干低い価格であるが、年々価格差は縮まり直近ではほとんど変わらない水準になっている。Group III 基油は、価格差は全くなく、カーボンフットプリントの関係でむしろ好んで使われるケースが増えてきた。今後、GEIR では、潤滑油ブレンダーが、カーボンフットプリントの利点から、バージン基油に比べ、再生基油を割高で購入するケースが増えてくると想定している。

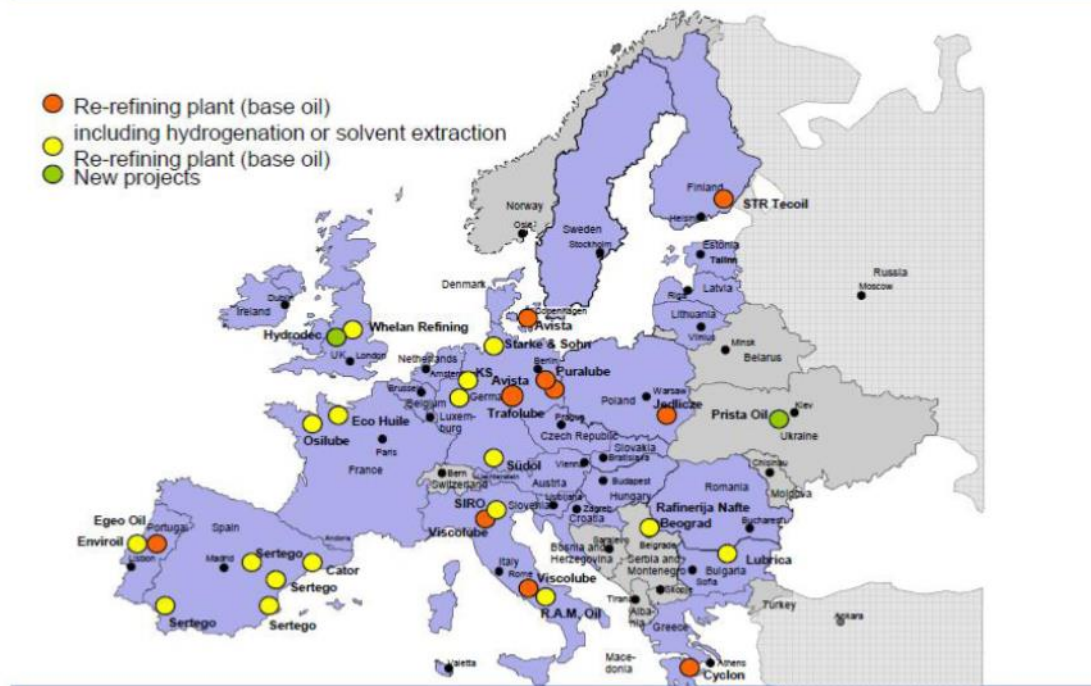


Source: GEIR, Dec. 2015

図 1-14. 欧州における潤滑油および使用済み潤滑油のリサイクル市場規模(出典 文献 9)

図 1-14 は、GEIR が取りまとめたもので、2014 年に販売した潤滑油 430 万トンの中身を分析したものであるが、使用された基油を分類したところ、EU 全体で、バージン基油 87%(330 万トン)に対し、再生基油を 13%(50 万トン)使用している。European Green Deal 政策やグリーン調達などの考え方から、GEIR は、今後、政策的に公共施設や公共交通機関などをはじめ、多くの企業・団体が、優先的に再生基油を使用した潤滑油を使うものと期待している。欧州の再精製工場のマップを図 1-15 に示す。

European Re-refining Landscape



Source: GEIR, Map of re-refineries in Europe, 2016

図 1-15. 欧州における再精製工場マップ(出典 文献 9)

また、表 1-4 に示したように、欧州の再生基油製造は 24 企業で、28 工場となっている。工場は、操業 30 年以上のものから最新の工場までであるが、古い工場でも改修や設備増強を繰り返し、現在各社で生産されている基油の品質は、原油由来の基油と遜色ないレベルに達しているとのことである。欧州における使用済み潤滑油の再精製工場は、圧倒的に Group I 基油を製造していることがわかるが、Group I 基油は、今後ますます使われなくなり、世界の趨勢をみると、新規の再精製工場は、Group II、II+、III 基油の製造へと切り替わっていくものと想定している。表 1-5 に示したように、世界中の Group I 基油製造工場は閉鎖する傾向があり、今後も閉鎖の波は続いていくと考えられる。

表 1-4. 欧州の使用済み潤滑油再精製工場(出典 文献 7)

Country	Company	Location	Technology	Licencer	Group I[kt/y]	Group II[kt/y]
Bulgaria	Lubrica	Rousse	Distillation	-	15	
Denmark	Avista Oil	Kalundborg	Enhanced Selective Refining	Avista	25	
Finland	STR Tecoil	Hamina	Hydroprocessing	CEP		35
France	Eco Hu	Lillebonne	Distillation	Own	35	
	Osilub	Gonfreville/Le Havre	Wiped-film Vacuum Distillation	Own + Probex	30	
Germany	Puraglobe	Elsteraue/OT Alttroeglitz	Catalytic Hydrogenation (HyLube™)	UOP		100
	Avista Oil	Dollbergen	Enhanced Selective Refining	Avista	80	
	KS Recycling	Sonsbeck	Distillation, Thin Film	Schilling	10	
	Stark & Sohn	Niebuell	MSR (Selective Refining)	Own	10	
	Trafolube	Duisburg	Adsorption of Oxidation Products to apt Materials	Own	5	
	Sudol	Eislingen	Vacuum Distillation/Thermocracking	Schon	15	
Greece	Cyclon Hellas	Attika	LPC Catalytic Hydrogenation	KTI	27	
Italy	Viscolube	Ceccano (Rome)	Solvent Extraction + Hydrofinishing	Snamprogetti	40	
	Viscolube	Pieve Fissiraga (Milan)	"Revivoil"- Distillation + Hydrofinishing	Viscolube/Axens	40	40
	R.A.M. Oil	Casalnuovo (Napoli)	Distillation	-	35	
	Siro	Corbetta (Milan)	Distillation + Acid/Clay Treatment	Meinken	9	
Poland	Orlen Oil	Jedlicze	"Revivoil"- Distillation + Hydrofinishing	Viscolube/Axens	25	
Portugal	Egeo	Chamusca	Distillation, Solvent Extraction	University of Porto	10	
	Enviroil	Torres Novas	Evaporation	-	10	
Serbia	Rafinerija Nafta Beograd	Belgrade	Solvent Extraction(Propane) + Treatment with Hydrogen	-	22	
Spain	Cator	Tarragona	Distillation and Physicochemical Treatment	Vaxon	25	
	Sertego	La Rioja	Distillation	Viscolube	20	
	Sertego	Cartagena	Distillation	Viscolube	20	
	Sertego	Madrid	Distillation + solvent extraction	Sener	30	
	Sertego	Huelva	Distillation	Viscolube	20	
UK	Whelan	Stoke on Trent	Distillation	Interline	20	
Project Ukraina	Prista Oil	Borodyanka, Ukraine	Distillation, Hydrotreatment	Sequoia	20	
Project UK	Hydrodec	Stourport/Liverpool	Catalytic Hydrogenation "SUPERFINE™"	CEP		40

表 1-5. Group I 基油工場の閉鎖(出典 文献 7)

	EUROPE			
<i>Refinery</i>	<i>location</i>	<i>Country</i>	<i>Capacity (b/d)</i>	<i>Capacity (ton/y)</i>
Colas	Dunkerque	France	5200	260.000
Total	Gonfreville	France	9600	480.000
Shell	Pernis	Netherland	7100	355.000
Nynas	Hamburg	Germany	3300	165.000
Shell	Stanlow	UK	5060	253.000
Petroplus	Petit-Couronne	France	6300	315.000
			SUB-TOTAL	1.828.000
	AUSTRALIA			
	CANADA			
	ASIA			
	USA			
			30500	1.525.000
			TOTAL	3.353.000

欧州における使用済み潤滑油のマテリアルフローについて、GEIR 等からヒアリング結果をもとに取りまとめた内容を図 1-16 に示す。

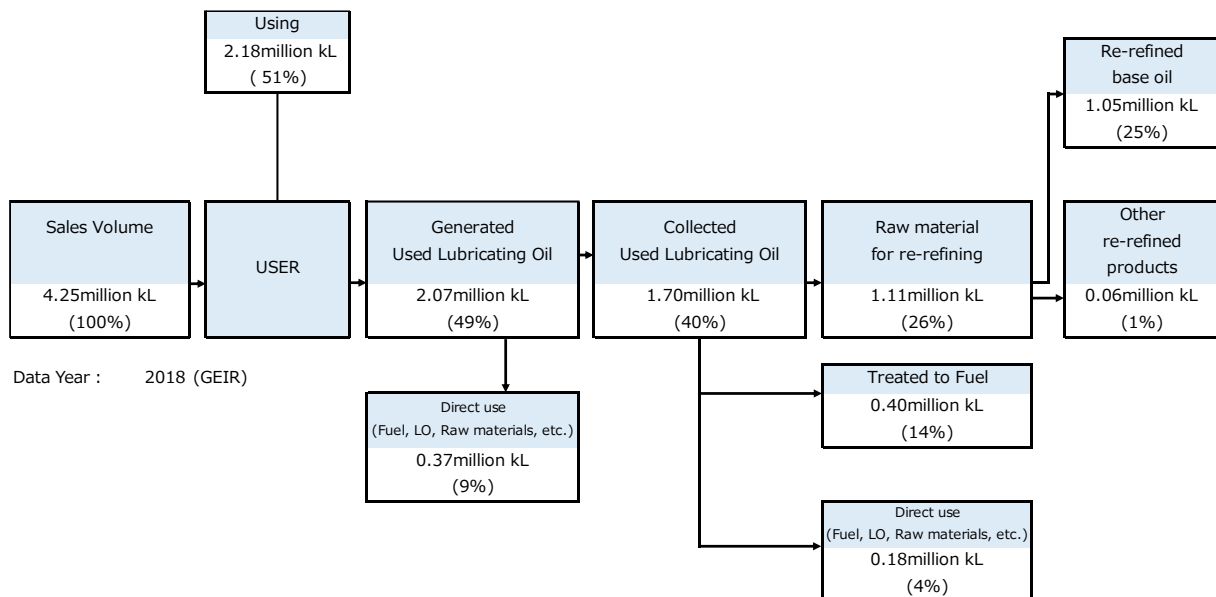


図 1-16. 欧州における使用済み潤滑油マテリアルフロー

図 1-16 から明らかなように、欧州では 170 万 kL の使用済み潤滑油が回収され、105 万 kL が再生基油になっている。回収された使用済み潤滑油の 62% が再生基油になっており、北米を大幅に上回っている

2.3 最新の基油再生技術

欧州における使用済み潤滑油の再精製工場は、Group I 基油を製造する工場が多く、次いで Group II 基油となっている。Group I 基油は、今後ますます使われなくなり、世界の趨勢をみると、新規の再精製工場は、Group II、II+、III 基油の製造へと切り替わっていくものと想定される。なおドイツでは、Group III の基油を生産するプラントも稼働している。ここでは、ドイツの PURAGLOBE、AVISTA OIL およびイタリアの Viscolube の技術を引き継いだ ITELYUM、3 社の技術を紹介する。

1) PURAGLOBE Inc.

PURAGLOBE の Honeywell UOP HyLube™および HyLubeSAT™テクノロジーの概略は次のとおり¹⁾。

最初に、使用済み潤滑油を高温の水素と混合し、50～70%の使用済み潤滑油が気相に移行し、底部に残渣が残る。次に、油の蒸気は、高圧水素化反応器に入る。高圧水素化反応器では、特殊な触媒を用いて、60～80 気圧、300～350℃で直接接触水素化(HyLube プロセス)により、金属化合物や添加物の硫黄、窒素、塩素化合物が除去され、芳香族化合物が飽和される。その後、油成分は反応生成物と循環ガスから分離され、分留塔で粘度の異なる基油と副生成物のガソリンおよび軽油に分離される。残渣は、蒸気を使ったストリッピングカラムにより重油およびその他の油蒸気に分離される。

2017 年に稼働した PURALUBE Raffinerie GmbH の HyLube-SAT プロセスは、Group II 基油から Group III 基油を生産している。基油は 100 気圧まで圧縮され、新開発の白金触媒システムを搭載した 2 基の高圧水素化反応器により高純度水素で処理される。ホットセパレーターとコールドセパレーターにより、生じた硫化物やハロゲン化物を洗浄し、過剰な水素はサイクルの最初に戻される。水素化により飽和炭化水素の収量は増加し、含有している硫黄分は硫化物として減少させることが可能となる。本プロセスに最も近いとされている Honeywell UOP の Direct Contact Hydrogenation プロセスを図 1-17 に示す。

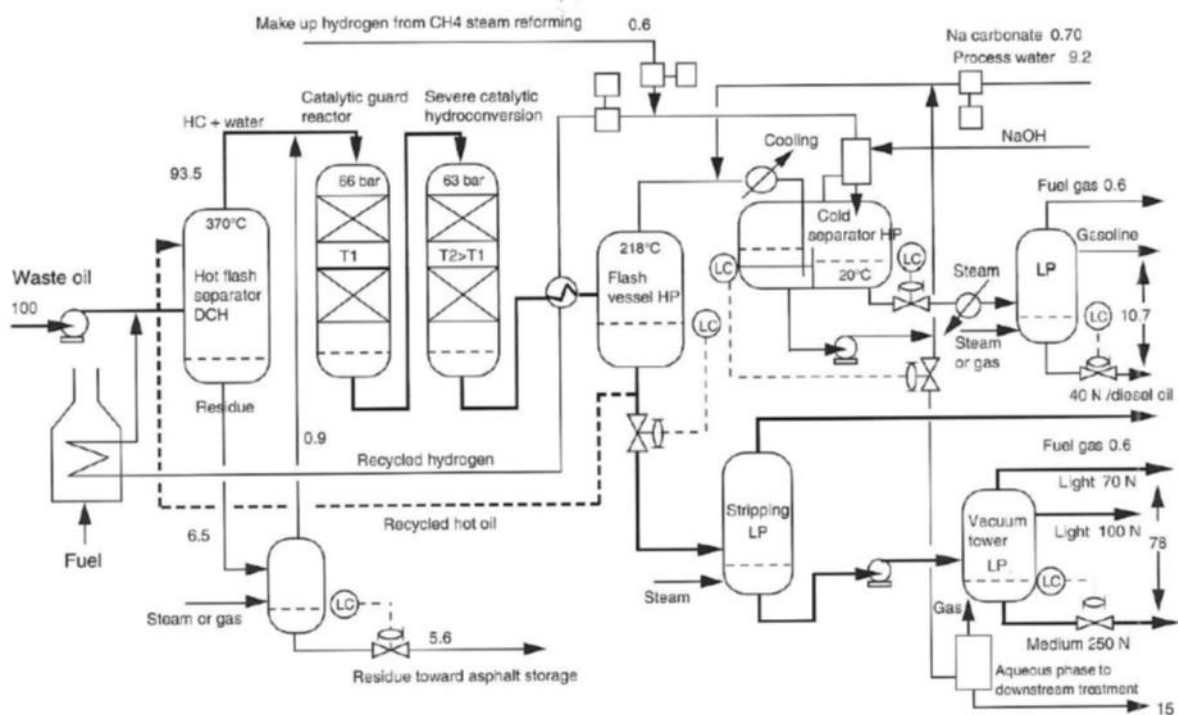


図 1-17. UOP - Direct Contact Hydrogenation, Re-refined Base Oils Premium Quality
Adopting a Low Cost Process (出典 文献 10)

2) AVISTA OIL AG

特許取得済 ESR(Enhanced Selective Refining)技術により、高品質の基油が製造可能である。これは、原油から製造される従来の基油(SN ラフィネート)よりも優れているとされている。具体的には、次のような手法を採用している(簡単な工程図については、図 1-18 および図 1-19 を参照)。

- 常圧蒸留によるライトエンドの脱水と除去
- 軽油留分の減圧蒸留
- 潤滑油留分を得るための高真空薄膜蒸留
- 潤滑油留分のオプションの分別
- 溶媒-溶媒抽出による精製(強力な選択的精製、「ESR」)

化学反応や変換を適用しないが、すべての不要な成分を完全に分離し、生成する基油の品質を向上させている。

AVISTA OIL Re-Refining Technology

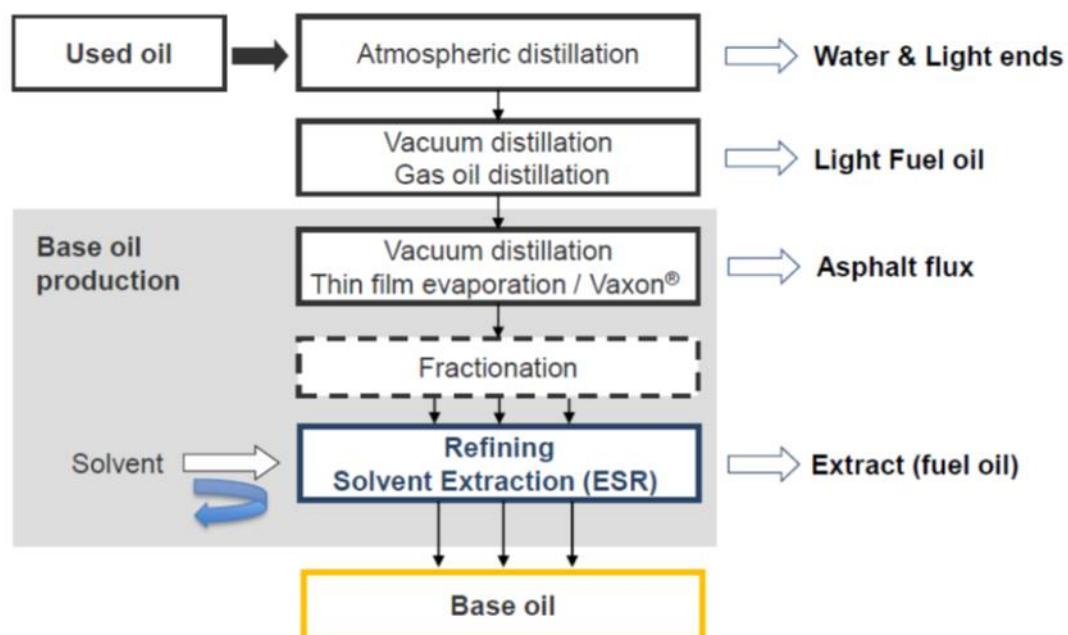


図 1-18. AVISTA OIL 簡易精製プロセス(出典 文献 11)

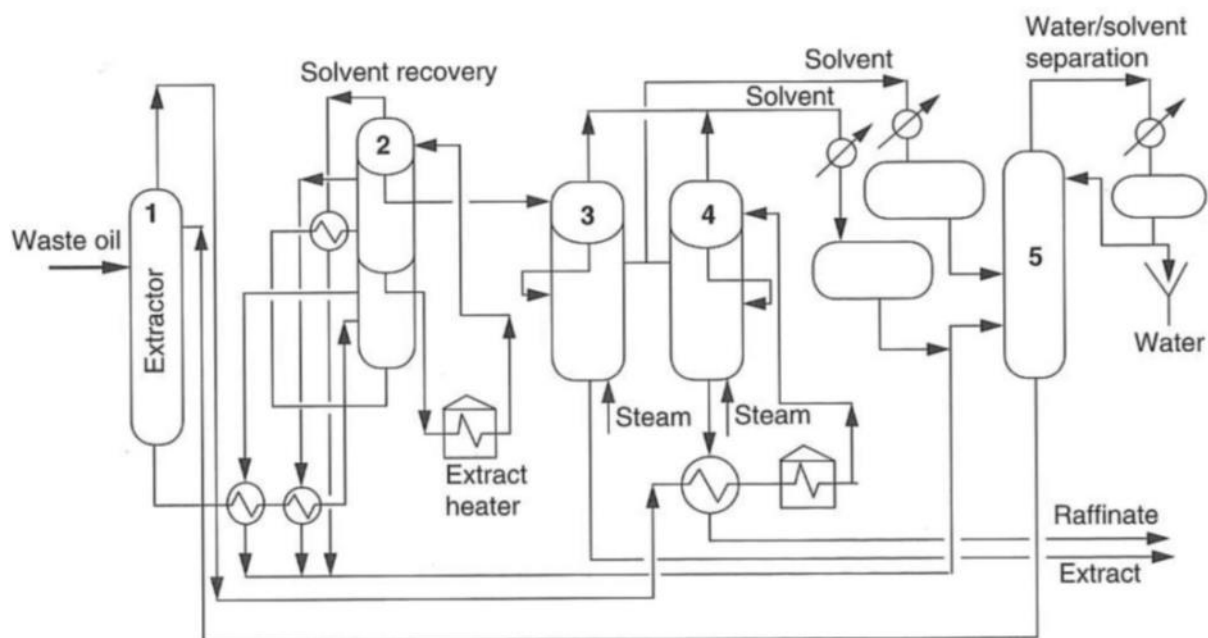
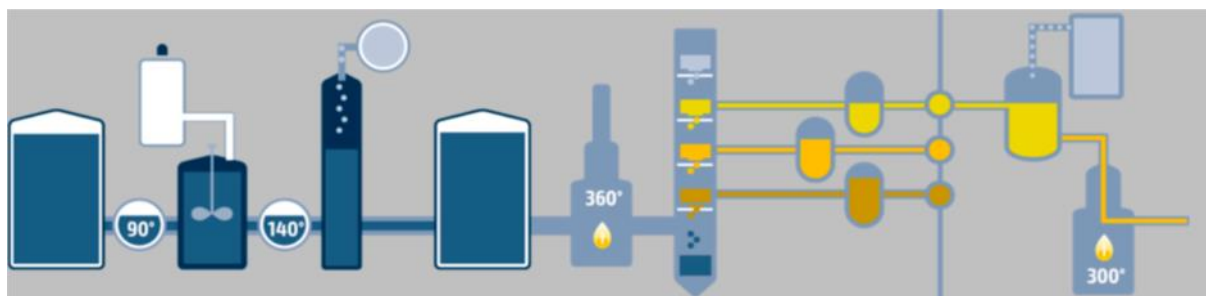


図 1-19. AVISTA OIL Re-Refining Process (出典 文献 10)

3) ITELYUM Regeneration S.p.A.

独自の技術として Viscolube が有していた Revivoil プロセスは、フランスの Axens と共同で開発された。この技術を Itelyum が引き継ぎ今日に至る。この

Revivoil プロセスの応用技術が、世界で最も使われている再精製プロセスとなっており、製造される再生基油は圧倒的に Group I が多く Group I+が 90%以上を占める。



① フラッシュ
使用済み潤滑油は 140℃まで加熱
真空カラムで蒸留
(水と軽質炭化水素が分離)

② 脱アスファルト
カラムに 360℃で蒸留
アスファルトと瀝青は底に
Vis の異なるカットを抽出

③ 水素化脱硫
水素含め 300℃ に加熱
硫黄と多環芳香属が
少ない無色透明な基油に精製

図 1-20. ITELYUM 再精製プロセス概念図(文献 12 の一部に和訳を追加)

Revivoil プロセスにより、100kg の使用済みオイルから平均 65 kg の再生基油、約 22 kg のビチューメンと軽油および 8kg の水が得られる。廃棄物としての排出量は 4%のみとなっている。

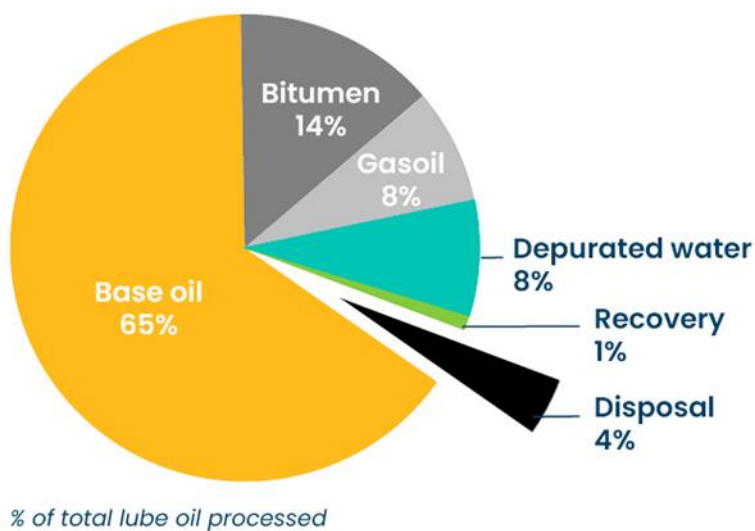


図 1-21. Revivoil プロセスにより得られる生成物(出典 文献 13)

2.4 欧州での使用済み潤滑油に対する環境規制や各国のプログラムの動向等の現状および今後の方向性

1) EUにおける廃棄物政策について¹⁴⁾

EUが一貫した廃棄物政策の策定を始めたのは1970年代に入ってからであり、当初は、EUが枠組みを制定し、廃棄物は地域レベルで対応されるものと広く認識されていた。この傾向は、廃棄物管理および資源利用についての最小限の枠組みを策定した1975年の「廃棄物枠組み指令(WFD : Waste Framework Directive)」の中で強調されている。WFDを背景に、EU加盟諸国は廃棄物および資源循環戦略の重要性を認識し、国内戦略を公表した。

EUでは、WFDを補足するものとして、特定廃棄物(乾電池、容器包装材、PCB等)に係る要求事項を規定する内容の「有害廃棄物指令(HWD : Hazardous Waste Directive)」が1991年に策定された。EU政策は、廃棄物ヒエラルキー(waste hierarchy)の概念に基づいている。これは1975年のWFDにより導入された。欧州における主な廃棄物関連制度の制定・改正時期を次に示す。

- 廃棄物枠組指令制定 : 1975年7月
- 有害廃棄物指令制定 : 1991年12月
- 埋立指令制定 : 1999年4月
- 焼却指令制定 : 2000年12月
- 廃棄物枠組指令改正 : 2008年10月

2) 改正廃棄物枠組指令(2008/98/EC)¹⁵⁾

旧廃棄物枠組指令における廃棄物管理の規制は、主に処理・処分に重点が置かれていたが、資源の持続的利用の観点などから、抜本的改正がなされた。

廃棄物の排出抑制・再生利用に関する戦略と持続可能な天然資源利用に関する戦略に関する策定作業においてなされ、それによってまとめられた「EU第6次環境行動計画案」において、廃棄物の回避および管理、資源の有効利用、持続可能な消費行動の構築が最優先課題とされた。2008年の廃棄物枠組指令の抜本的な改正はこれらの議論を受けてのものであり、重点目標は、資源消費量の削減と廃棄物管理の優先順位の可能な限りの徹底である。このため、廃棄物の発生抑制と利用を促進する観点から、廃棄物処理が目指す廃棄物の資源化について目指すべき材料の品質となる「廃棄物の終わり」の定義に関する規定がなされ、再生資源の確保のため、家庭系廃棄物に関する強制的なリサイクル目標を定めている。

3) 欧州議会および理事会の指令(EU)2018/851¹⁶⁾

87/101/ EEC - 廃油の処分に関する理事会指令は 2010 年に撤回され、廃棄物枠組み指令 2008/98/EC に置き換えられた。使用済み潤滑油については、第 3 条「定義」、第 4 条「廃棄物階層」の一般規定、および第 21 条「廃油」の使用済み潤滑油の特定の規制に記載されている。また、2018 年 5 月 30 日に廃棄物に関する指令 2008/98/EC は修正され、21 条は以下の通りとなった。

- 改正廃棄物枠組み指令 21 条

- 第 18 条および第 19 条に規定されている有害廃棄物の管理に関連する義務を害することなく、加盟国は以下を確実にするために必要な措置を講じなければならない。
 - ✧ 廃油は、グッドプラクティスを考慮して技術的に実行不可能な場合を除き、別々に収集する。
 - ✧ 廃油は、第 4 条および第 13 条に従って、再生を優先するか、あるいは再生と同等またはそれ以上の全体的な環境結果をもたらす他のリサイクル作業を優先して処理する
 - ✧ もし、異なる廃油や他の廃棄物または物質と混合し再生または別のリサイクル操作を妨げることになるなら、そのような混合はしてはいけない。
- 廃油の個別収集とその適切な処理の目的で、加盟国は、国の状況に応じて、技術要件、生産者責任、経済的手段、または自主協定などの追加措置を適用することができる。第 18 条および第 19 条に規定されている有害廃棄物の管理に関連する義務を害することなく、加盟国は以下を確実にするために必要な措置を講じなければならない。
- 国内法によると、廃油が再生の要件の対象となる場合、加盟国は、技術的に実行可能である場合、そのような廃油を再生することを規定することができ、規則(EC)No 1013/2006 の第 11 条または第 12 条が適用される場合、廃油の再生を優先するために、その領域から焼却または共焼却施設への廃油の国境を越えた輸送を制限する。
- 欧州委員会は、2022 年 12 月 31 日までに、廃油の再生と廃油の再生を促進するためのさらなる措置に関する定量的目標を含む廃油の処理の実現可能性を検討する目的で、第 37 条(4)に従って加盟国から提供された廃油に関するデータを検討するものとする。そのために、委員会は、必要に

応じて立法案を添えて、欧州議会および理事会に報告書を提出するものとする。

4) 廃棄物の焼却に関する欧州議会および理事会指令(2000/76/EC)¹⁷⁾

排出物に起因する環境と人間の健康に対する環境への影響を最小限に抑えることを目的として、2000年12月の欧州議会の4評議会より正式に指令された。2014年1月7日から施行された産業排出指令(IED: Industrial Emissions Directive)に統合された。産業排出指令(IED)は、産業排出物に関連する7つの個別の既存の指令を組み合わせており、7つの指令(廃棄物焼却指令を含む)間の相互作用を大幅に改善することを目的としている。

- 二酸化チタン産業からの廃棄物に関する 1978 年 2 月 20 日の指令 78/176/EEC
- 二酸化チタン廃棄物の監視と監視に関する指令 82/883/EEC
- 二酸化チタン産業廃棄物の削減に関する指令 92/112/EEC
- 揮発性有機化合物の排出削減に関する指令 1999/13/EC
- 廃棄物焼却に関する指令 2000/76/EC(廃棄物焼却指令)
- 統合された汚染防止および管理に関する指令 2008/1/EC(IPPC 指令)
- 大型燃焼プラントからの特定の汚染物質の排出制限に関する指令 2001/80/EC(LCP 指令)-(2016 年 1 月 1 日から有効)

5) 廃棄物の埋め立てに関する指令 1999/31/EC¹⁸⁾

廃棄物の埋め立てに関する指令 1999/31/EC は、廃棄物に関する指令 2008/98/EC に準拠した形で 2018 年 5 月 30 日に修正された。主な修正点は次のとおり。

- 第 1 条第 1 段は次のように置き換えられた。

EC のサーキュラーエコノミーへの移行を支援し、欧州議会および理事会の指令 2008/98/EC の要件を満たすことを目的として、第 4 条および第 12 条において、この指令の目的は、廃棄物、特にリサイクルまたはその他の回収に適した廃棄物の埋め立てを段階的に削減することであり、廃棄物と埋め立て地、環境、特に地表水、地下水、土壌、空気の汚染、および温室効果ガスを含む地球環境への悪影響を可能な限り防止または削減するための対策、手順、およびガイダンスを提供する。
- 第 2 条ポイント a)は次のように置き換えられた。

「廃棄物」、「有害廃棄物」、「非有害廃棄物」、「地方自治体の廃棄物」、「廃棄物生産者」、「廃棄物保有者」、「廃棄物管理」、「分別収集」、「回

収」、「準備」の定義指令 2008/98/EC の第 3 条に規定されている「再利用」、「リサイクル」および「廃棄」が適用されるものとする。

6) 使用済み潤滑油に対する欧州各国の法規制およびプログラムの動向等

ヒアリングにおいて、使用済み潤滑油の回収システムに関する調査を提案されたイタリアをはじめとして、欧州において使用済み潤滑油の再精製工場を有する国を中心に、各国の法規制およびプログラムの動向等に関する調査を行った。

(1) イタリア¹⁹⁾

イタリアでは、使用済み潤滑油の回収システムを独自に構築して成果を上げている。CONOU(CONSORZIO NAZIONALE PER LA GESTIONE, RACCOLTA E TRATTAMENTO DEGLI OLI MINERALI USATI)は、使用済み潤滑油の管理、収集、および処理のためのコンソーシアムである。官民連携の欧州で最も優れた使用済み潤滑油の回収システムを持つ団体で、4つの省庁(経済開発省、経済財政省、環境省、保健省)は、コンソーシアムの統治機関(監査役会)に独自の代表者を置いているが、管理責任は私的なものとなっている。コンソーシアムは、主に再生産業向けの使用済み潤滑油をイタリア全土で確実に収集することと共に、使用済み潤滑油の正しい管理に関する情報発信などにも取り組んでいる。

1982 年のイタリア共和国大統領令 691 に基づき、コミュニティ指令 75/439 に準拠して、原油由来のバージン基油を製造、輸入、または販売する企業、再生プロセスを通じて基油を製造する企業、使用済み潤滑油を回収する会社、潤滑油を販売する会社などは、このコンソーシアムに属さなければならない。イタリアにある 63 の企業で構成される回収ネットワークを利用し、使用済み潤滑油の回収を専用車両で行なっている。



図 1-22. CONOU の使用済み潤滑油回収専用車両(出典 文献 20)

全国いたるところにあるワークショップや工場などから使用済み潤滑油を回収し、認可されたデポ(収集拠点)にストックしている。



図 1-23. 使用済み潤滑油回収デポ(出典 文献 21)

回収した使用済み潤滑油は、CONOU により適切に分別され、コンソーシアムの再精製工場に送られる。送られてきた使用済み潤滑油は、最初に CONOU で分析し、合格すれば、基油に再精製され、潤滑油として再利用される。

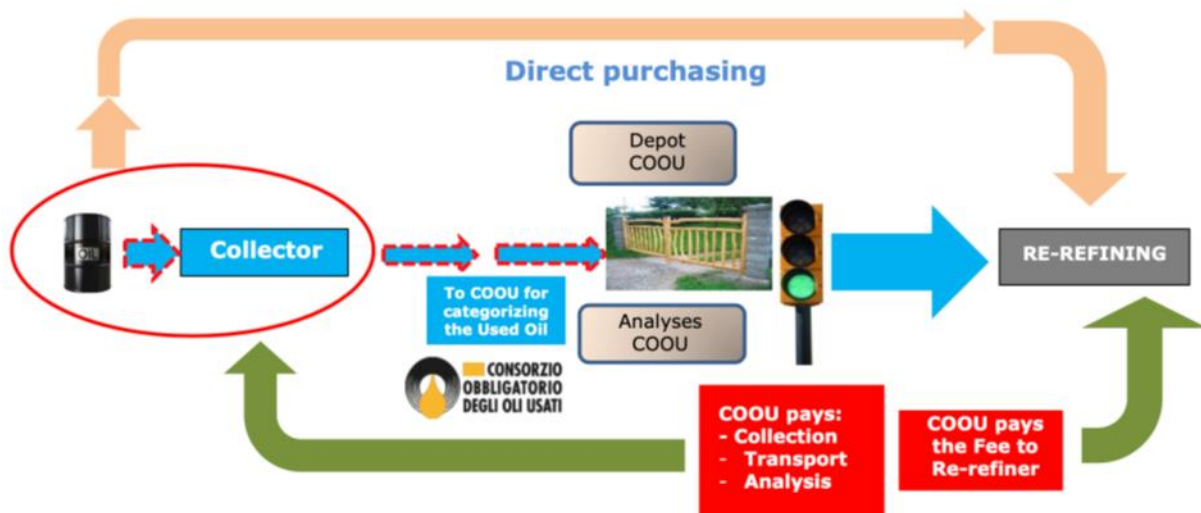


図 1-24. CONOU のフローダイアグラム(出典 文献 6)

コンソーシアムに属する企業は、ISO9001 品質認証と ISO14001 環境認証または EMAS、および「ホワイトリスト」または「合法性評価」に属する倫理認証の両面で、適切な資格を持つ必要がある。再精製工場では、再精製プロセスから基油は高効率で得られ、100kg の使用済み潤滑油からは、約 65kg の再生基油、20-

25kg の軽油およびビチューメンが得られ、イタリアでのエネルギーコストの節減に寄与している。イタリアの潤滑油基油の市場は、再生基油使用比率が 30%と欧州全体(13%)に比べかなり高い。

CONOU は、国土全体に存在する独立した回収業者による回収ネットワークを利用している。これらは民間企業であり、所轄官庁によって所有者(工場、サービスステーション、自動車修理業者など)から使用済み潤滑油を回収し、倉庫に保管することが許可されている。使用済み潤滑油の回収は、回収業者等を介して実行され、デポに保管されると、使用済み潤滑油が分析され品質が確定した段階で、正しい処理方法が決定される。使用済み潤滑油は無料で回収され、回収業者が負担する回収費用は、コンソーシアムが負担する。CONOU はまた、再精製会社に経済的に配慮し(legge 166 del 20/11/2009)、再生基油を市場価格で販売可能としている。また、潤滑油製造会社は、CONOU におよそ 150 ユーロ/トン を 1 キログラム単位で入金することになっており、この収入で回収業者と再製業者に助成金を出している。37 年間の活動を通じ、610 万トンの使用済み潤滑油を回収し、そのうち 550 万トンが 320 万トンの再生基油として生産された。2020 年にコンソーシアムは 17 万 1000 トンの使用済み潤滑油を回収した。10 万 9 千トンの高品質の潤滑油基油と 3 万 3 千トンの軽油およびビチューメンを生産したとのことである。

(2) ドイツ²²⁾

ドイツ廃油政令は、1987 年に制定され、2002 年に改正された。直近では 2020 年に改正が行われている。2002 年の廃油政令の改正により、使用済み潤滑油は主に基油に精製されるべきであるという法的根拠が初めて示された。2020 年の改正では、(EU)2018/851 第 21 条をドイツ国内法に導入し、マテリアルリサイクルを最優先することが主な内容となっている。また、使用済み潤滑油規制を現在の最新技術に適合させるために必要な、該当する DIN 規格の更新や、廃油処理業者、廃油収集場所および消費者のために廃油政令の実際の適用を改善するために必要であることが言及されている。

(3) イギリス²⁾

イギリスでは、環境規制当局、業界団体、専門家、産業界による共同イニシアチブとして、オイルケア キャンペーンが実施されている(www.oilcare.org.uk)。

このキャンペーンは、特に「油の安全な取り扱い、保管、回収について、家庭、商業、工業のユーザーにガイダンスを作成・提供し、保管上の不備による流出が環境に与える影響を軽減すること」を目的としている。また、このキャンペーンでは、廃油の回収に関する情報を提供している。これは別のウェブサイト(www.oilbankline.org.uk)で実施されており、ユーザーは最寄りの廃油処理場に関する情報を得ることができる。さらに、家庭用、工業用、廃油タンク用の「油タンクステッカー」を提供している。このステッカーには、油の保管に関するアドバイスが書かれており、油の保管に適した状態であることを確認するため、年に一度、油の保管タンクを点検することや、油が流出した場合の対処方法などが記載されている。なお、イギリスでは、廃油の再精製を優先する特別な要件や、廃油の燃料としての利用を妨げる特別な制限が存在せず、廃棄物ヒエラルキーに示された再精製の優先順位を支持する方策(財政的インセンティブや法的措置)がないため、基油への再精製より、燃料への処理が多くなっており、廃油の3分の2が燃料として使用され、再精製は3分の1となっている。

(4) スペイン²⁾

スペインでは、廃油の管理に関する拡大生産者責任(EPR: Extended Producer Responsibility)制度が実施されている。潤滑油事業者は、発生した廃油の管理を確実に行うことが義務付けられており、廃油管理の総費用を負担する必要がある。潤滑油を市場に出すすべての企業は、量に応じた手数料を支払う必要があり、これは潤滑油の輸出にも適用され、手数料の支払い義務が生じるが、スペイン国内で処理が行われなかった場合は払い戻される。SIGAUS(Sistema de gestión de aceites industriales usados en España)は、スペインの廃油管理を担当する組織である。約130の公認企業が廃油の収集、輸送、保管、分析、前処理、最終処理に従事している。スペイン全土に6万箇所以上の回収拠点があり、回収量や輸送・管理センターまでの距離に関係なく、廃油の回収を保証している。スペインでは、廃油の管理は再生による処理が優先され、いかなる場合も、再生、他の形態のリサイクル、エネルギー回収のこの順序で実施されなければならないとされている。さらに、スペインの法律では、再生を優先するために、国内領域からの廃油の輸出を焼却施設や共同焼却施設に制限することが認められている。スペインは、廃油管理に関する法的目標を策定しており、その内容は次の通り。

- 廃油の95%以上を回収すること。
- 100%の価値化。

- 廃油全体の 65%以上を再生すること。

再生されなかった廃油は、物理化学的処理を施し、発電所、セメント工場、製紙工場、その他の産業施設で利用できる重油に近い燃料として利用される。スペインでは、2014 年から 2017 年にかけて、回収可能な廃油の 83%(2016 年)~96%(2014 年)が回収された。回収された廃油の 69%から 78%は再生基油を製造するために再生され、21%から 31%はエネルギー回収のために処理された。スペインでは廃油の廃棄は禁止されている。ポリ塩化ビフェニル(PCB: Poly Chlorinated Biphenyl)を含む油については例外が認められ、廃棄が義務付けられている。予防プログラムの一環として、SIGAUS は潤滑油事業者に対して、潤滑油の用途やベストプラクティスに関連した対策を実施するよう促している。その目的は、例えば廃油の発生を減らしたり、ライフサイクルの長さを伸ばしたりすることで、コミュニケーションの一環として、SIGAUS の戦略は関連するステークホルダー(潤滑油生産者、廃油管理会社、廃油生産者、行政)に訴え、彼らの活動や廃油管理の環境面での利点について情報を提供している。さらに、一般市民を対象とした啓発キャンペーンを実施している。

(5) ポーランド²³⁾

ポーランドでは、廃油の収集、保管、適切な回収または処分のための資格認定は、2004 年 8 月 4 日の経済労働大臣規則「廃油の詳細な取り扱い方法」(Journal of Laws No.192, item 1968)に従って行われている。「廃油の適切な回収または処分のための処理方法」、「基油を得るための再生のための適格性基準」および「処分のための廃油の適格性」に関して、上記法律に定められた要件は、2007 年に理事会指令 75/439/EEC の移項と実施に関する報告書の付属文書に規定されている。

(6) ギリシャ²⁾

ギリシャは、廃油管理に関する立法措置を採択している。これらの措置は、基本的に以下の側面から構成されている。

- 拡大生産者責任システムと関連する生産者責任組織スキームの確立
- 廃油の量的目標
- 廃油処理の優先順位リスト
- 廃油の混合禁止

ギリシャは拡大生産者責任制度(政令 82/2004)を導入しており、生産者は廃油の再生を優先して、油の収集、輸送、保管、処理を組織的に行う義務を負っている。潤滑油の輸入業者と生産者は、市場に出す量に比例して一定の負担金を支払うシステムを構築することが義務付けられている。潤滑油など拡大生産者責任の原則が適用される製品については、全国生産者登録(N.P.R.)が設定された。廃油は分別回収の対象となっている。

(7) デンマーク²⁾

デンマークでは、再精製に適した廃油は、2つの組織(潤滑油事業者団体および輸入業者団体)によって無料で回収されている。回収システムの財源は、販売された新しいギヤー油、エンジン油および油圧作動油(切削、掘削、船舶用潤滑油を除く)に対する賦課金である。廃油生産者は回収制度に登録することができ、回収費用を支払う必要はない。徴収した資金は、再利用可能な廃油の無料回収を支援するために使用される環境プール資金に回される。回収業者への財政支援は、最終的に再精製された回収油に応じて支払われる。再生基油と燃料油(固形分と水分を除去して回収された再精製可能な油)の両方の総量に応じて支払われる。再精製の原料として使用されない廃油(金属で汚染された廃油や大量の水を含む廃油)については、代わりに市場価格を支払って処分しなければならない。

(8) ポルトガル²⁾

ポルトガルは2003年に廃油の拡大生産者責任(EPR)を法律で導入した。このため、潤滑油を市場に出荷した生産者は、潤滑油が消費者によって使用された後に発生する廃棄物に対して責任を負う。認定された個別システムがないため、すべての生産者は廃棄物管理の責任を、2005年から認可された集団システムであるSOGILUB(Sociedade de gestão integrada de óleos lubrificantes Usados, Lda)に移行しなければならない。廃油の処理と最終目的地は、廃油生産者の施設において無償で行われる。廃棄物ヒエラルキーの達成を保証するために、回収だけでなく、再生、リサイクル、回収の目標を設定することで、集団システムのライセンスは国の目標を反映している。ポルトガルは、廃油管理について以下の目標を策定している(2003年7月11日の政令法 No153/2003、2011年6月17日の政令法 No73/2011で改正)。

- 年間発生する廃油の85%を回収する。

- 回収した廃油の 75%をリサイクルし、回収した廃油が必要な技術仕様を満たす場合は 50%を再生する。

EU 加盟国調査 2019 のデータに基づき、回収可能な廃油の 79%～92%がポルトガルで回収された(2014 年～2017 年)。回収された廃油のうち再精製された割合は 69%から 81%を占め、残りの 19%から 31%はリサイクルまたは燃料に処理された。また、ポルトガルは環境に優しい潤滑油の使用を促進するため、2018 年に潤滑油製造業者に対する金銭的インセンティブを実施した。

(9) フィンランド^{2),23)}

フィンランドは、性質の異なる廃油の混合を防止するための対策について、優れた実践例を示している。この対策では、適切に分別された廃油のみを無料で回収することを明記している。適切に分別されない場合は料金が発生するという警告が、異なる種類の廃油の混合を避ける強い動機付けとなっている。廃油回収業者による以下の指示は、異なる種類の廃油の分別回収に適用される。

- ブラックオイル(モーターオイルまたはトランスミッションオイル、潤滑油製造業者の基油製造のための再精製工場への投入物)
- PCB を含まないブライトオイル(油圧作動油、ギヤー油、コンプレッサー油、循環潤滑油、タービン油)
- 植物油

フィンランドでは、潤滑油の生産者と輸入者は、潤滑油とグリースにも手数料を支払う必要がある。その結果得られた資金は、廃油の収集、輸送、保管、処理に使用される。さらに、この資金の一部は、油で汚染された土壌や地下水の浄化にも使用される。フィンランドでは、回収やリサイクルの目標を法律で定めていない。しかし、フィンランド環境省と民間の廃棄物管理会社との契約では、年間最低 2 万トンの廃油(水分 10%未満として計算)を回収することが義務づけられている。そのほとんどは、新しい石油製品に再生されなければならない。GEIR 2019 によると、年間約 22,000 トンの廃油が回収されており、これは回収可能な廃油の約 50%に相当する。

(10) ベルギー²⁾

ベルギーでは、廃油管理および潤滑油に関する目標を導入している。

- 回収可能な廃油量の 90%以上を回収すること(使用中のロスを考慮)。

- 回収した廃油を国、連邦、欧州の法律に従って処理し、廃油の 60%以上を再生するか、物質回収(標準燃料の製造など)により処理しなければならない。
- 生分解性潤滑油の使用を促進する(該当する場合、および使用中に潤滑油が失われる場合)。

ベルギーでは、回収可能な廃油の 78%から 99%(データソースと年によって異なる)が回収されている。さらに、市場に出回る潤滑油の約 60%が回収されている(2017 年)。回収された廃油のうち、再精製されたもの(再精製用輸出)の割合は、約 84%~96%である。全体として、ベルギーは回収率が最も高く、再生率が最も高い EU 加盟国の一つである。

第5節 まとめ

1. 国内事業者に対する最新の取組状況等調査・分析

国内の潤滑油製造事業者に対し、2050 年カーボンニュートラルを踏まえ、基油再生をはじめとする最新の取組状況等について、アンケート調査を行った。主な成果は次のとおり。

- 回答事業所における 2050 年カーボンニュートラルへの関心の高さや EV 等の動きへの関心の高さがうかがえる。また 2050 年カーボンニュートラルの実現へ向けた再生基油に対する意識の変化については、「関心が高くなった」と回答したのは、回答事業所のうち 11 事業所(約 59%)であり、「特に変化はない」と回答したのは 14 事業所(約 52%)である。この 14 事業者の中には、2015 年の国連サミット以降、SDGs の一環として、循環型社会の重要性を認識している事業者も見受けられる。
- 「基油再生」に関する具体的な取組については、具体的な取組は未実施の事業者がいる一方、カーボンフットプリントの観点でどのくらい優位性があるか等について、情報収集を開始している事業者もいる。
- 基油の多様化を図る 1 つの手段として期待されるのが、使用済み潤滑油をリサイクルして基油を生産する「基油再生」であるが、アンケート調査の結果、品質に問題がなく経済的であれば使用してもよいという意見が多く得られた。
- 再生基油が入手可能である場合でも使用しないと回答した事業所については、再生基油の品質・供給の安定性が確保できていないと回答した回答事業所が最も多く、次いで、需要家・市場での受け入れ体制が確立できていないことや、微量の混入物質

による使用時での性能劣化等の悪影響への懸念を挙げており、再生基油の普及に関しては、これらの解決が必要となることがわかる。

- 今後、潤滑油の原料として、再生基油が広く流通するために必要な項目に対しては、コスト低下、流通量増大および規格制定等が重要な項目と考えられている。また、回答事業者 27 社中 17 社が具体的な考えを回答しており、各社の意識の高さがうかがえる。具体的には、国の支援や業界全体としての取り組みが重要であるとの意見が寄せられている。

2. 国内事業者に対する基油再生に関する取組状況等調査・分析

国内の潤滑油製造事業者や潤滑油リサイクル事業者等に対し、2050 年カーボンニュートラルを踏まえ、基油再生に関する取組状況等について、アンケート調査で得られた内容等を踏まえて、ヒアリングを行った。主な成果は次のとおり。

- 使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルには解決すべき課題は多く、誰が主導してこのテーマを進めて行くのかが決まらないと動かない、とする意見がある一方、今般の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)によるパンデミックや、2050 年カーボンニュートラル実現および今後の EV 化による製油所低稼働で原油からのバージン基油の供給リスクが懸念されるため、BCP 対策としても、再生基油は有効であり、また、今後法制化が予定されている、経済安全保障の観点でも、日本国内での使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルは重要となる、との意見もあった。
- 再生基油の製造プラントを、もし新たに建設する場合は、使用済みエンジン油を多く回収可能な、京浜地区や関西地区の遊休地を利用するのがよい、とする意見や 2050 年カーボンニュートラル実現に向け、国内での基油再生システムが必要なら、前倒しが不可欠となり、直近の 10 年で回収システムの確立や再生基油製造プラントの建設等を行わないと間に合わないのではないか、とする意見もあった。

3. 欧州等事業者に対する調査・分析

欧州等の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対しても、①基油原料の多様化に向けた取組状況、②基油再生の現状、③最新の基油再生技術および④法規制の動向等について、ヒアリング、電子メールおよび現地調査等の手段により情報を収集し、我が国と欧州等における基油原料の多様化および再生基油に関する取組状況を比較した。主な成果は次のとおり。

- 欧州では 170 万 kL の使用済み潤滑油が回収され、105 万 kL が再生基油になっている。回収された使用済み潤滑油の 62% が再生基油になっており、北米を大幅に上回っている。
- 欧州では、回収した使用済み潤滑油は再生基油の原料として使用されるか加工燃料になるが、再生基油製造量が加工燃料をかなり上回り、加工燃料は CO₂ 排出量削減のために使用削減するよう指導されている。
- 欧州の再生基油製造は 24 企業で、28 工場ある。工場は、操業 30 年以上のものから最新の工場までであるが、古い工場でも改修や設備増強を繰り返し、現在各社で生産されている基油の品質は、原油由来の基油と遜色ないレベルに達している。
- 再精製された基油は、特定の潤滑油に利用されているわけではなく、すべての潤滑油の基油として生産され、基油の種類も Group I から Group III まで多岐にわたっている。
- 使用済み潤滑油の再精製技術は、ドイツ AVISTA が最も古くから技術を保有しており、イタリアの ITELYUM が買収した VISCOLUBE が世界に普及させ、ドイツ PURAGLOBE が、最新鋭の製造技術を開発するなど、長年の間に欧州発祥の技術が広まりつつある。
- 従来は、圧倒的に Group I 基油への再精製が多かったが、Group I、II 基油の価格は低く、使用済み潤滑油から Group III 基油への再精製比率が高くなりつつある。これには再生基油の原料となる市場に流通している潤滑油製品の高品質化も影響している。
- AVISTA、PURAGLOBE は北米で Group III 基油製造も始めており、カーボンフットプリント削減のために、欧米の自動車産業を中心にこの Group III 基油を採用し始めている。
- 欧州の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対するヒアリング調査では、政策的にサーキュラーエコノミーを推進することが必要となった今は、政府が主導して、関係する業界団体が政府と共にイタリアのようなコンソーシアムを設立することが重要であり、日本のように再精製設備の新設が必要であれば、政府がイニシアチブをとって設備を導入していかなければ、早期に日本の潤滑油業界におけるサーキュラーエコノミーは実現しないのではないかと意見があった。

文 献

- 1) (一社)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).
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2020FY/000085.pdf.
- 2) The Publications Office of the European Union: Study to support the Commission in gathering structured information and defining of reporting obligations on waste oils and other hazardous waste,
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/73a728bc-72f5-11ea-a07e-01aa75ed71a1/language-en>.
 - 3) Independent Union of the European Lubricants industry (UEIL): UEIL Sustainability Committee – An Overview,
<https://www.ueil.org/wp-content/uploads/2021/05/UEIL-Sustainability-Briefing-Document-April-2021.pdf>.
 - 4) Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération (GEIR): MEMBERS,
<https://www.geir-rerefining.org/members/>.
 - 5) N. Abdalla and H. Fehrenbach : LCA for regeneration of waste oil to base oil (2018).
<https://www.geir-rerefining.org/lca-for-regeneration-of-waste-oil-to-base-oil/>.
 - 6) AVISTA OIL: Redefining REREFINING,
https://www.avista-oil.de/fileadmin/avista-oil/Dokumente/downloads/Brochueren/AVO_Imagebrochuere_UK_Solo.pdf.
 - 7) Fabio Dalla Giovanna: Long Term Prospects for Re-refining - ICIS 2017 World Base Oil & Lubricants Conference(2017).
 - 8) LPC S.A.: Facilities,
<https://www.lpc.gr/en/company/facilities/>.
 - 9) Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération (GEIR): Waste Framework Directive revision: European waste oil re-refining industry position,
https://www.geir-rerefining.org/wp-content/uploads/GEIRpositionpaperWFD_2016_FINAL.pdf.
 - 10) Fabio Dalla Giovanna: Re-refined Base Oils of Premium Quality Adopting a Low Cost Process(未発表データ).
 - 11) AVISTA OIL: AVISTA OIL Process(未発表データ).
 - 12) ITELYUM: TECHNOLOGICAL PROCESS,
<https://www.itelyum-regeneration.com/en/technological-process/>.
 - 13) ITELYUM: ENVIRONMENTAL PROTECTION,
<https://www.itelyum-regeneration.com/en/environmental-protection/>.

- 14) European Environment Agency (EEA): Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources,
<https://www.eea.europa.eu/policy-documents/thematic-strategy-on-the-sustainable>.
- 15) EUR-Lex-DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>.
- 16) EUR-Lex-DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0851>.
- 17) European Environment Agency (EEA): Waste Incineration Directive (2000/76/EC),
<https://www.eea.europa.eu/themes/waste/links/waste-incineration-directive-2000-76-ec>.
- 18) EUR-Lex-DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A31999L0031>.
- 19) CONOU: CHI SIAMO,
<https://www.conou.it/it/chi-siamo/sistema-consorzio/>.
- 20) CONOU: Aziende concessionarie,
<https://www.conou.it/it/chi-siamo/aziende-concessionarie/>
- 21) CONOU: Centri di raccolta,
<https://www.conou.it/it/centri-di-raccolta/>.
- 22) Bundesministerium der Justiz: Altölverordnung (AltöIV),
https://www.gesetze-im-internet.de/alt_1v/BJNR023350987.html#BJNR023350987BJNG000101320.
- 23) European Commission website-Environment: Final Implementation Report for Directive 2008/98/EC on Waste: 2013 – 2015,
https://ec.europa.eu/environment/archives/waste/reporting/pdf/Final_Implementation_Report_2013_2015_WFD.pdf.

第2章 再生基油を用いた潤滑油の試作および品質評価

第1節 はじめに

海外で製造している再生基油を入手して、その性状を分析するとともに、それらの再生基油を用いて加工油および機械油を試作し、原油から製造したバージン基油を用いた加工油および機械油の性能と比較検証することにより、我が国で必要な再生基油の品質水準を検証したので報告する。

第2節 基油の入手と性状分析

1. 基油の入手

欧州、北米、アジアおよびオセアニアから 13 油種の再生基油を入手した。入手した再生基油を表 2-1 に示す。本報告では再生基油、Re-refined basestock の略号として RRBS を用いる。Re-refined basestock は正確には「再精製基油」と和訳されるべきであるが、本報告では我が国で一般的に使用されている「再生基油」を用いる。さらに、前報¹⁾と同一の製造事業者および仕様の再生基油には、同一の記号を用いることとし、2020 年度に入手した再生基油とのロットの違いを明確にするために、2021 年度に入手した再生基油については、その番号の末尾に B を付記して区別した。本報告で入手した再生基油の再精製方法は、図 2-1 に示すように大きく分けて 3 種類に分類できる。

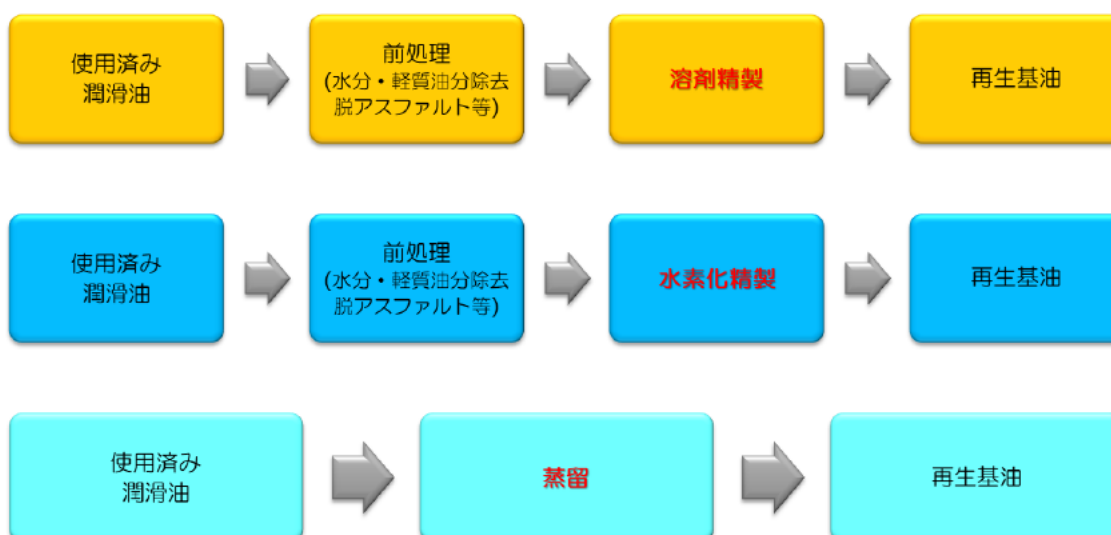


図 2-1. 入手した基油の再精製方法

図 2-1 に示すように、ひとつは、水分や軽質油分除去、脱アスファルトなどの前処理に続き、主に溶剤精製により基油を再精製する方法であり、もうひとつは、前処理工程の後に水素化精製により再精製する方法である。さらに、本年度アジアから初めて入手した RRBS12B は、蒸留だけで再精製している。表 2-1 には入手した再生基油の主な再精製工程を示した。

表 2-1. 入手した再生基油

記号	入手先	使用済み潤滑油回収エリア	主な再精製工程
RRBS01B	A 社	North America	溶剤精製
RRBS02-2B RRBS02-3B	S 社	North America	水素化精製
RRBS03B	V 社	North America	水素化精製
RRBS04-1B RRBS04-2B RRBS04-3B	A 社	Europe	溶剤精製
RRBS07-2B	I 社	Europe	水素化精製
RRBS08-1B RRBS08-2B	S 社	Oceania	溶剤精製
RRBS09-1B RRBS09-2B	N 社	Oceania	溶剤精製
RRBS12B*	V 社	Asia	蒸留のみ

*自社使用のための再生基油であり、市販はされていないが、この再生基油を使って同社ではエンジン油および油圧作動油を製造している。

さらに、再生基油との比較のために、前報¹⁾と同一製造事業者から同一の仕様で供給されている原油から製造したバージン基油のロット違い、VBS01B および VBS02B を入手した。

2. 基油の性状

2.1 基油の炭化水素組成

入手した再生基油およびバージン基油を表 2-2 に示す API 基油分類²⁾に基づいて分類するために、ASTM D2007 Standard Test Method for Characteristic Groups in Rubber Extender and Processing Oils and Other Petroleum-Derived Oils by the Clay-Gel Absorption Chromatographic Method により、その炭化水素組成を分析した。分析に用いた Clay Gel Analysis 装置を図 2-2 に、分析結果を図 2-3 に示す。

表 2-2. API 基油分類²⁾

分類	S 分, %	飽和分, %	粘度指数
Group I	>0.03	and/or <90	80~119
Group II	≤0.03	and ≥90	80~119
(Group II+*)	(≤0.03	and ≥90)	(115~119)
Group III	≤0.03	and ≥90	≥120

*: Group II+は業界内の共通理解であり API 基油分類にはない。

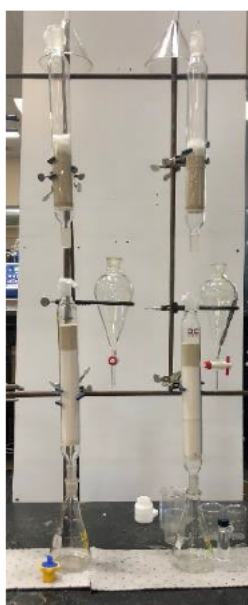


図 2-2. Clay Gel Analysis 装置

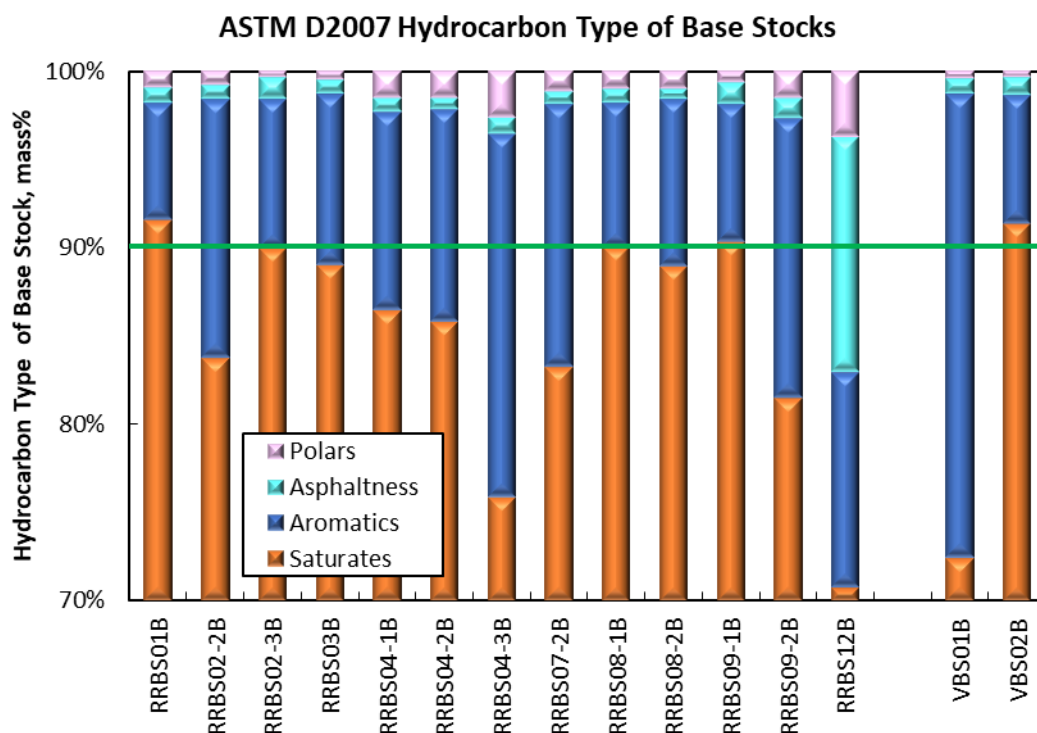


図 2-3. 基油の炭化水素組成

図 2-3 から RRBS01B、RRBS02-3B、RRBS08-1B、RRBS09-1B および VBS02B は、Group II の基準を満たす飽和分 90%以上であるが、その他の基油は Group I の飽和分の範囲である 90%未満である。RRBS12B には 13%のアスファルテンが含まれているが、他の再生基油およびバージン基油には 1%未満しか含まれていない。

2.2 再生基油の性状

入手した再生基油の性状を表 2-3 に示す。表 2-3 から入手した 13 油種の再生基油は、Group I が 11 油種、Group II が 2 油種である。入手した 13 油種、すべての再生基油の粘度指数が 115 を超えている。これは再生基油の原料となる市場に流通している潤滑油製品の高品質化に伴う粘度指数の向上を反映している。

API 1509 Annex E : API Base Oil Interchangeability Guidelines for Passenger Car Engine Oils and Diesel Engine Oils²⁾では “Base stocks shall be substantially free from materials introduced through manufacturing, contamination, or previous use.” とされている。そこで、再生基油に添加剤成分が残存しているか確認するために、入手した再生基油のなかから、0.01%の窒素が検出された RRBS04-3B、RRBS08-1B、RRBS08-2B および RRBS09-2B を選択し、沼田らの報告³⁾を参考に、液体クロマトグラフィー質量分析計(LC-MS : Liquid Chromatograph - Mass Spectrometry)に

より分析した。なお、これらの再生基油はいずれも溶剤精製によって再精製されており、実際にエンジン油の基油として利用されている。

LC-MS 分析の結果、これらの再生基油からは、一般に潤滑油の酸化防止剤として用いられているジノニルジフェニルアミンおよび窒素原子を 2 個含む化合物等の含窒素化合物が検出され、再生基油中の残存添加剤成分と API 1509 の “substantially free from materials introduced through previous use.” の関連については、今後さらに検討が必要である。

表 2-3. 入手した再生基油の性状

項目			RRBS 01B	RRBS 02-2B	RRBS 02-3B	RRBS 03B	RRBS 04-1B	RRBS 04-2B	RRBS 04-3B	RRBS 07-2B	RRBS 08-1B	RRBS 08-2B	RRBS 09-1B	RRBS 09-2B	RRBS 12B	試験方法	
API 基油分類			II+	I	II+	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	API 1509	
色	ASTM	Color	L1.5	L0.5	1.5	L0.5	1	L2.0	2.0	L0.5	L1.5	L2.0	L1.0	L1.5	L3.0	JIS K 2580	
密度	15℃	g/cm ³	0.8441	0.8456	0.8525	0.8438	0.8452	0.8502	0.8561	0.8495	0.8508	0.8578	0.8546	0.8615	0.8537	JIS K 2249-1	
動粘度	40℃	mm ² /s	25.18	25.15	44.19	25.64	24.34	34.05	43.36	30.45	28.61	49.19	29.36	48.92	59.93	JIS K 2283	
	100℃	mm ² /s	4.901	4.851	7.049	4.951	4.822	5.983	7.013	5.531	5.271	7.532	5.308	7.407	13.75		
粘度指数			119	116	118	119	121	121	121	120	117	117	114	113	240		
蒸発性 NOACK	250℃	mass%	12.2	11.3	5.0	11.6	11.2	6.6	6.4	8.9	10.9	4.8	14.8	8.7	-	ASTM D5800	
引火点 COC			℃	224	244	250	230	232	240	246	234	218	246	210	230	110	JIS K 2265-4
元素分析	Ca	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	JPI-5S-38	
	Mg	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	B	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Mo	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Zn	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	P	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01		
	S	mass%	0.02	0.00	0.00	0.00	0.09	0.11	0.22	0.01	0.04	0.06	0.04	0.06	0.05	JIS K 2541-5*	
	N	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	JIS K 2609**	
Cl	mass%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	JPI-5S-64	
炭化水素組成	飽和	mass%	91.5	83.7	89.9	89.0	86.4	85.8	75.9	83.3	90.0	88.9	90.3	81.5	70.8	ASTM D2007	
	芳香族	mass%	6.7	14.6	8.4	9.7	11.2	12.0	20.5	14.8	8.1	9.5	7.8	15.8	12.1		
	アスファルテン	mass%	0.9	0.8	1.3	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.5	1.2	1.1	13.3		
	極性	mass%	1.0	0.9	0.4	0.5	1.6	1.5	2.7	1.2	1.1	1.1	0.7	1.6	3.7		

*JIS K 2541-5 付属書(ICP)

**JIS K 2609(化学発光)

2.3 バージン基油の性状

比較に用いたバージン基油の性状を表 2-4 に示す。本報告では、バージン基油、Virgin basestock の略号として VBS を用いる。

表 2-4. 入手したバージン基油の性状

名称			VBS 01B	VBS 02B	試験方法
API 基油分類			I	II+	API 1509
色	ASTM	Color	L0.5	L0.5	JIS K 2580
密度	15℃	g/cm ³	0.8654	0.8546	JIS K 2249-1
動粘度	40℃	mm ² /s	27.92	30.99	JIS K 2283
	100℃	mm ² /s	5.014	5.501	
粘度指数			105	115	
蒸発性 NOACK	250℃	mass%	15.9	12.4	ASTM D5800
引火点 COC		℃	216	220	JIS K 2265-4
元素分析	Ca	mass%	0.00	0.00	JPI-5S-38
	Mg	mass%	0.00	0.00	
	B	mass%	0.00	0.00	
	Mo	mass%	0.00	0.00	
	Zn	mass%	0.00	0.00	
	P	mass%	0.00	0.00	
	S	mass%	0.11	0.00	JIS K 2541-5*
	N	mass%	0.00	0.00	JIS K 2609**
炭化水素組成	Cl	mass%	0.00	0.00	JPI-5S-64
	飽和	mass%	72.5	91.3	ASTM D2007
	芳香族	mass%	26.1	7.2	
	アスファルテン	mass%	0.9	1.0	
	極性	mass%	0.4	0.4	

*JIS K 2541-5 付属書(ICP)

**JIS K 2609(化学発光)

表 2-4 から、VBS01B は Group I 基油で、VBS02B は Group II+基油である。

2.4 基油の硫黄分

入手した基油の S 分と 40℃の動粘度の関係を図 2-4 に示す。

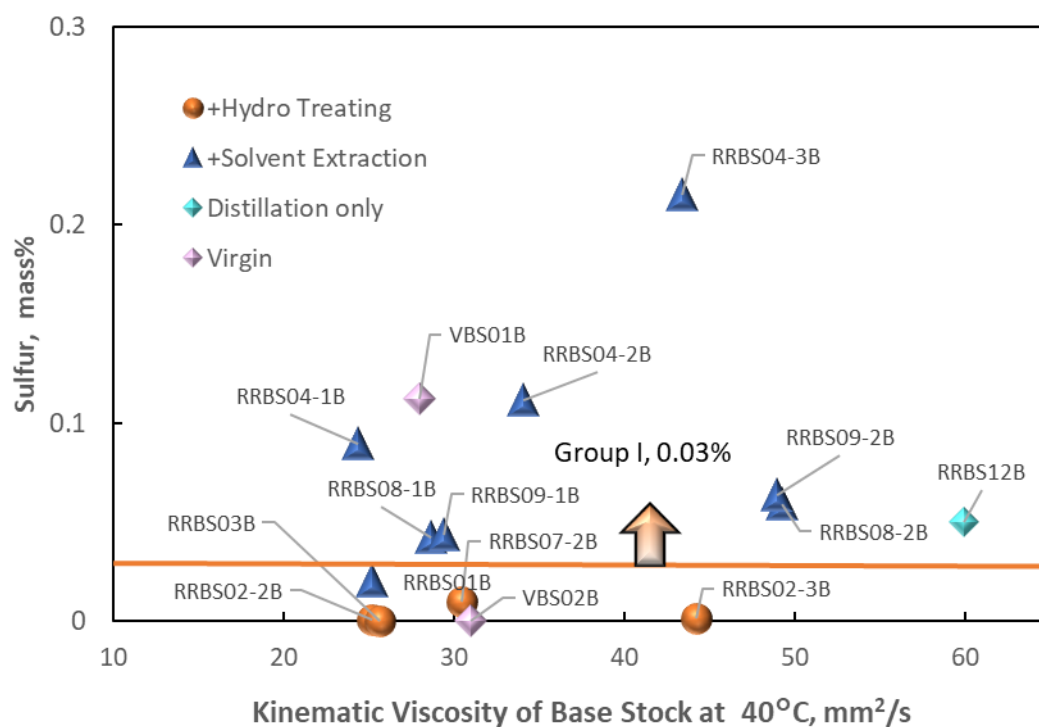


図 2-4. S 分と 40°Cの動粘度

図 2-4 から、水素化精製した再生基油の S 分は 0.01%以下であるが、溶剤精製で再精製した再生基油の S 分は 0.02%以上であり、水素化精製と溶剤精製による残留 S 分量の差が認められる。

2.5 基油の酸化安定性

八木下らの報告⁴⁾を参考に、入手した基油の酸化安定性を ALCOA 酸化試験により評価した。供試油に酸化防止剤を 0.6%添加したのち、試験容器に 13mL 採取し、銅線を加え、酸素を満たして、115°Cで酸素の吸収をマノメータで一定時間毎に測定し、誘導期間を評価した。ALCOA 酸化試験の結果を図 2-5 に示す。

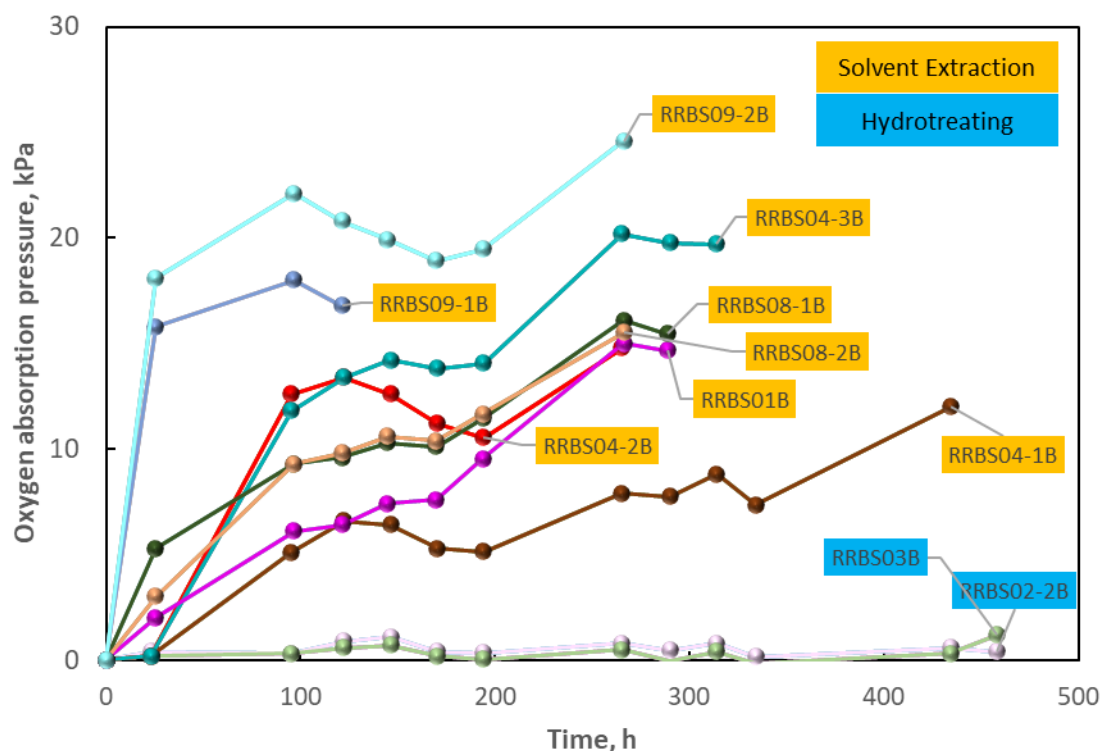


図 2-5. ALCOA 酸化試験の結果

図 2-5 から、一定量の酸化防止剤が添加された場合、水素化精製で再精製された再生基油は、いずれも試験時間 450h においてもほとんど酸素吸収が認められない。一方、溶剤精製した再生基油では試験開始直後から酸化が始まる。同一製造事業者の再生基油は再精製条件が同等と考えられるため、酸化の傾向が酷似している。北米の A 社から入手した RRBS01B およびオセアニアの S 社から入手した RRBS08-1B はほぼ同等の酸化傾向を示す。欧州の A 社から入手した RRBS04-1B、RRBS04-2B および RRBS04-3B は粘度グレードの増大とともに酸化が早まる傾向が認められ、これには炭化水素中の飽和分の減少が影響している。

これらの結果から再生基油自体の酸化安定性は、その精製度に依存している。溶剤精製した再生基油には硫黄分、窒素分が残存するため、飽和分が 90%以上でも水素化精製した再生基油より酸化が早い。

2.6 基油の蒸発性

入手した再生基油の蒸発性(Noack、250℃×1hr)と 100℃の動粘度の関係を図 2-6 に示す。なお、RRBS12B は引火点が 110℃と低いため蒸発性(NOACK)を評価しなかった。

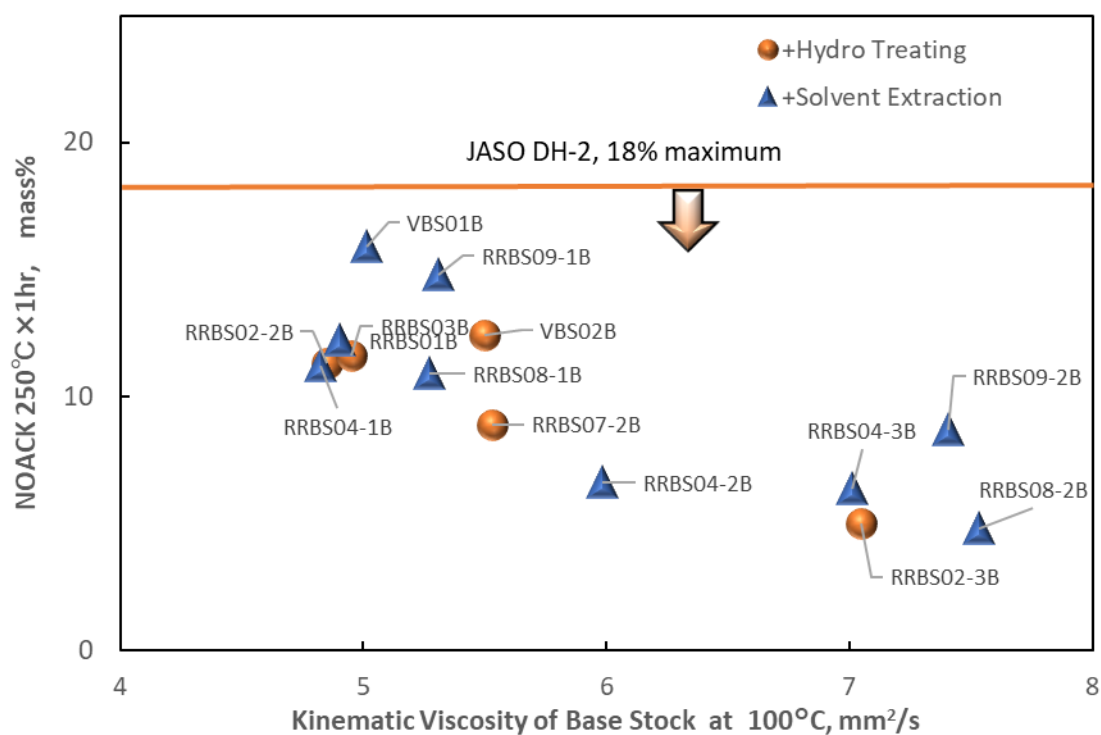


図 2-6. 蒸発性(Noack、250℃×1hr)と 100℃の動粘度

図 2-6 から蒸留だけで再精製した基油以外の再生基油およびバージン基油は、いずれも 100℃の動粘度が小さいほど蒸発しやすく、図 2-5 で認められたような水素化精製と溶剤精製による差は認められない。NOACK(250℃×1hr)の要求性能は、JASO DH-2 のディーゼルエンジン油⁵⁾では、18.0%以下が求められており、蒸留だけで再精製した基油以外の再生基油およびバージン基油は、JASO DH-2 のディーゼルエンジン油の基油として十分な低蒸発性を有している。

第3節 再生基油を用いた加工油の試作と評価

1. 再生基油を用いた加工油の試作

入手した再生基油の加工油基油への適合性を評価するために、JIS K 2241 N4 種 8 号相当の不水溶性切削油および不水溶性プレス油兼用の加工油を試作した。試作加工油は、同一の活性タイプ硫黄系添加剤 10%および油脂 10%をそれぞれの再生基油およびバージン基油 VBS1B に 80%に添加した。

なお、試作加工油は不水溶性切削油およびプレス油の兼用油としたため、プレス油としては市場に流通しているプレス油の中では比較的粘度グレードの低いプレス油に該当する。本報で入手した再生基油は主に使用済みエンジン油を原料としているため、それらから製造される再生基油の粘度グレードも限定される。しかし、市場の加工油には、異なる粘度グレードの商品が流通しており、今後再生基油を加工油の基油として用いていくためには、種々の粘度グレードの再生基油、その原料となる使用済み潤滑油をどのように入手していくのか、さらに検討が必要である。

2. 試作加工油の性状

試作した加工油の性状を表 2-5 に示す。

表 2-5. 試作加工油の性状

項目		記号	MWF 01B	MWF 02-2B	MWF 02-3B	MWF 03B	MWF 04-1B	MWF 04-2B	MWF 04-3B	MWF 07-2B	MWF 08-1B	MWF 08-2B	MWF 09-1B	MWF 09-2B	MWF 12B	MWF V1B	試験方法
基油			RRBS 01B	RRBS 02-2B	RRBS 02-3B	RRBS 03B	RRBS 04-1B	RRBS 04-2B	RRBS 04-3B	RRBS 07-2B	RRBS 08-1B	RRBS 08-2B	RRBS 09-1B	RRBS 09-2B	RRBS 12B	VBS 01B	
密度	15℃	g/cm ³	0.8679	0.8691	0.8751	0.8676	0.8687	0.8731	0.8780	0.8724	0.8734	0.8793	0.8771	0.8824	0.8762	0.8857	JIS K 2249-1
動粘度	40℃	mm ² /s	25.99	25.98	40.99	26.36	25.31	33.29	40.49	30.37	28.88	44.65	29.51	44.45	51.49	28.47	JIS K 2283
	100℃	mm ² /s	5.110	5.069	6.872	5.151	5.048	6.022	6.856	5.646	5.434	7.250	5.471	7.154	11.820	5.238	
粘度指数			128	125	126	128	130	128	127	128	126	124	123	121	234	116	
流動点		℃	-17.5	-20.0	-20.0	-20.0	-37.5	-20.0	-20.0	-17.5	-12.5	-15.0	-10.0	-12.5	-22.5	-15.0	JIS K 2269
引火点 COC		℃	176	176	178	174	180	180	188	190	174	174	174	176	112	182	JIS K 2265-4

2.1 銅板腐食

再生基油を用いた試作加工油 MWF01B から MWF12B、およびバージン基油を用いた MWFV1B を JIS K 2513 石油製品-銅板腐食試験方法により 100℃×1h の条件で評価した。試作加工油の石油製品-銅板腐食試験の結果を図 2-7 に示す。

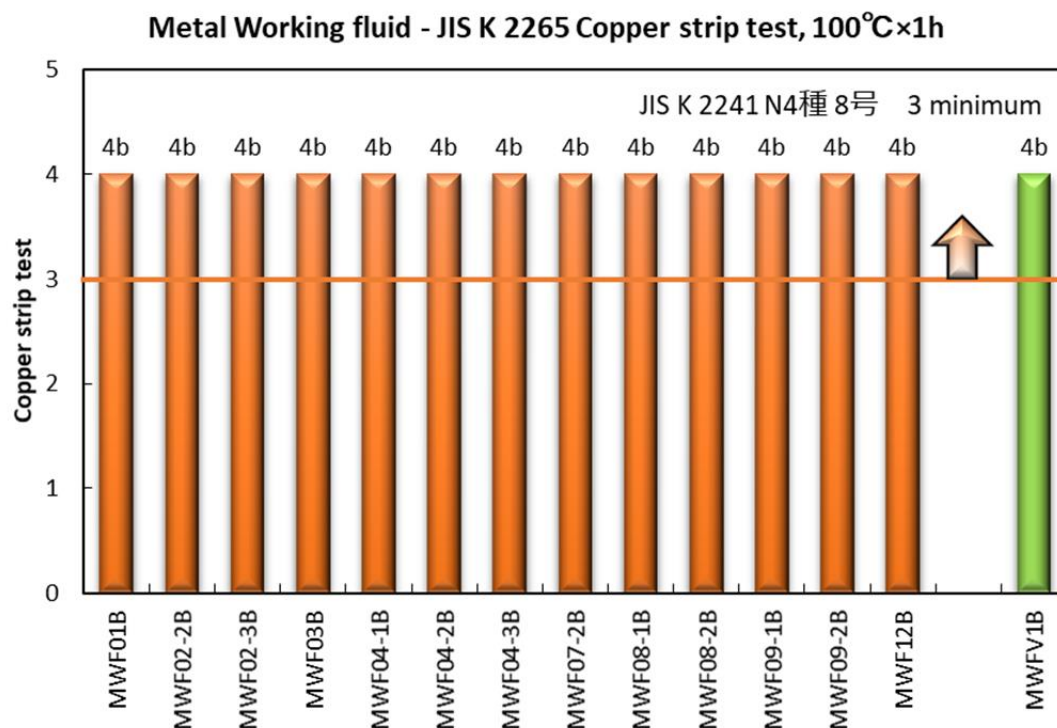


図 2-7. 試作加工油の銅板腐食試験の結果

図 2-7 からの試作加工油の銅板腐食の結果は、いずれもバージン基油を用いた MWFV1B と同じ 4b であり、添加した活性タイプの硫黄系添加剤の効果を妨げる成分は再生基油中には存在しない。

2.2 耐荷重能

再生基油を用いた試作加工油およびバージン基油を用いた MWFV1B の耐荷重能を JIS K 2519 潤滑油-耐荷重能試験方法、曾田式四球法により評価した。

1) 曾田式四球法の方法

(1) 標準型四球摩擦試験機

JIS K 2519 潤滑油－耐荷重能試験方法、曾田式四球法には、神鋼造機製標準型四球摩擦試験機を用いた。試験機の全景および試験部分を図 2-8 に示す。



図 2-8. 標準型四球摩擦試験機全景および試験部分

標準型四球摩擦試験機は従来型の曾田式四球摩擦試験機の自動試験機である。その主な仕様を比較し、表 2-6 に示す。

表 2-6. 従来型曾田式四球摩擦試験機と標準型四球摩擦試験機的主要仕様の比較

形式および名称	従来型曾田式四球摩擦試験機	標準型四球摩擦試験機
試験片	転がり軸受用鋼球 3/4 G40	転がり軸受用鋼球 3/4 G40
回転数, rpm	750, 200	50～3,000
負荷方式	油圧(油圧換算)	油圧(サーボ式、 ロードセル荷重フィードバック)
全荷重, N	10,000	10,000
摩擦測定	ねじれ棒	ロードセル

(2) 標準型四球摩擦試験機の設定

従来型の曾田式四球摩擦試験機の試験条件に合わせるために標準型四球摩擦試験機を次のように設定した

① 試験荷重

従来型の曾田式四球摩擦試験機では、歯車ポンプから吐出した油圧作動油による油圧 p kg/cm² によってピストンを押し上げ、この油圧 p から 3 個の固定球を押し上げる力、全荷重 P を油圧の換算により求めている。すなわち、全荷重 P は、油圧によるピストンを押し上げる力からピストンおよび付属部品重量、8.6kg を差し引いたものであり、(1)式であらわされる。

$$P = \frac{\pi}{4} D^2 p - 8.6 \quad (1)$$

ここで

D : 従来型曾田式四球摩擦試験機のピストン直径 8cm

8.6 : 従来型曾田式四球摩擦試験機のピストンおよび付属部品重量、kg
である。

標準型四球摩擦試験機も同様に油圧により全荷重 P を加えているが、標準型四球摩擦試験機では、この荷重をロードセルにより検出し、荷重指令と比較しながら、サーボ弁を作動させる構造となっている。そこで、従来型の曾田式四球摩擦試験機の試験油圧に対応する標準型四球摩擦試験機の試験荷重を表 2-7 のとおり設定した。

表 2-7. 試験荷重の設定

従来型曾田式四球摩擦試験機 試験油圧 MPa	標準型四球摩擦試験機 試験荷重 N
0.049	162
0.098	409
0.147	655
0.196	902
0.245	1,148
0.294	1,394
0.343	1,641
0.392	1,887
0.441	2,134
0.490	2,380
0.539	2,627
0.588	2,873
0.637	3,120
0.686	3,366
0.735	3,613
0.784	3,859
0.834	4,106
0.882	4,352
0.932	4,599
0.981	4,845

② 焼付きの判定

従来型の曾田式四球摩擦試験機では、ねじれ棒(トーションバー)を用いて各試験油圧に対応するねじり指針の振れ(目盛)が、焼付き判定表に示す焼付きねじり目盛を超えたときを焼付きと判定している。曾田式四球摩擦試験の焼付き判定表から各試験荷重において焼付きの摩擦係数を算出し、標準型四球摩擦試験機では、摩擦係数が 0.250 を 0.5 秒以上超えた場合に焼き付きと判定することにした。

2) 曾田式四球法の結果

標準型四球摩擦試験機を用いて実施した試作加工油の曾田式四球法の結果を図 2-9 に示す。

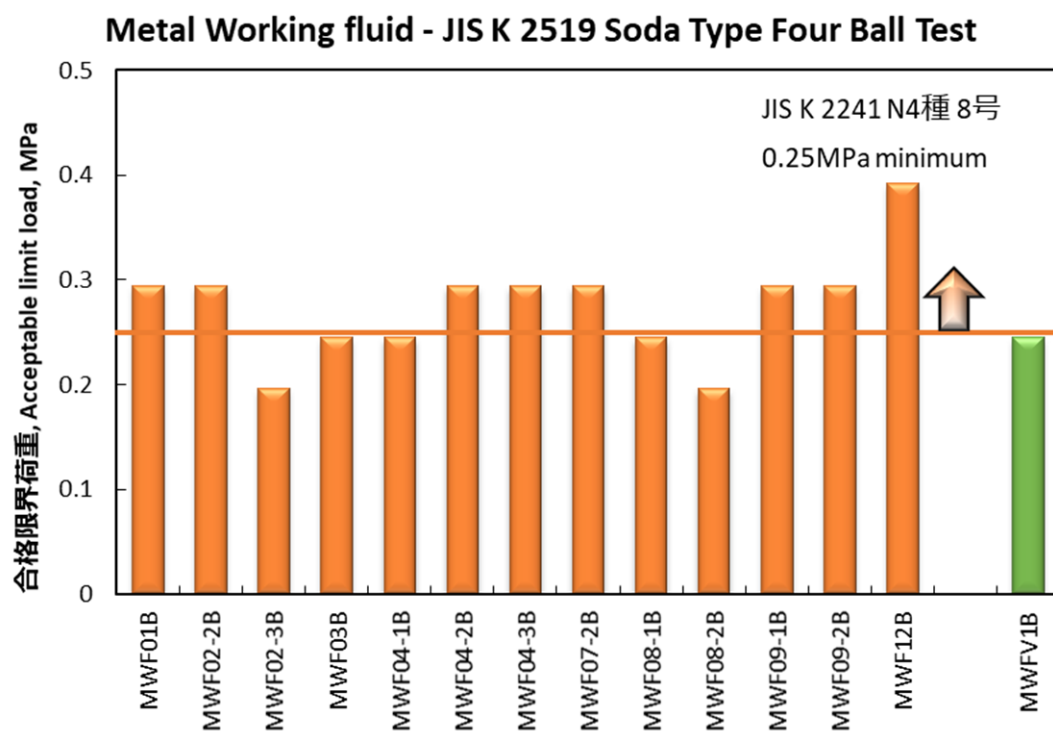


図 2-9. 試作加工油の耐荷重能試験の結果

図 2-9 からの再生基油を用いた試作加工油の耐荷重能は、MWF12B 以外はいずれもバージン基油を用いた MWFV1B と同等である。

3. 切削性

バージン基油と再生基油の違いが加工油の切削性に与える影響をタッピングトルク試験により評価した。

3.1 タッピングトルク試験の方法

タッピングトルク試験に用いた試験機の全景および試験部分を図 2-10 に示す。

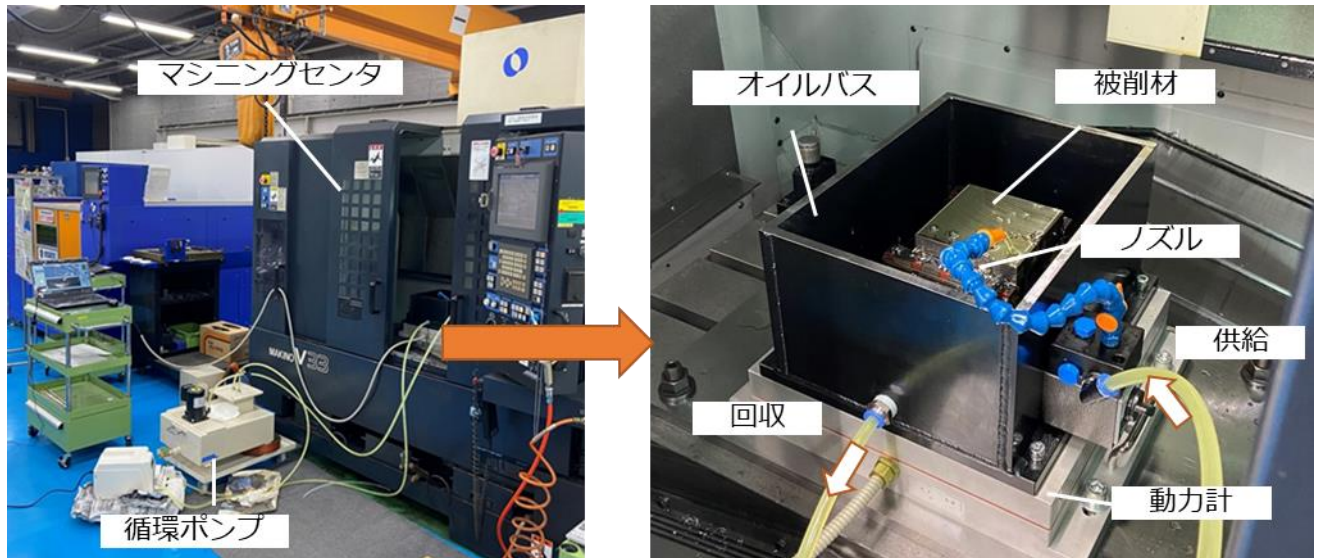


図 2-10. タッピングトルク試験装置の全景および試験部分

試験機はマシニングセンタ(牧野フライス製作所社製 V33)、供試油循環ポンプ、オイルバス、動力計から構成されている。マシニングセンタのベッド部にバイスを設置したオイルバスを載せて、バイスで被削材を固定した状態で、マシニングセンタの外部に設置した循環ポンプにより供試油を供給しながら試験を実施した。試験は、センター出し、下穴加工、タッピングを 1 サイクルとして合計 10 サイクル行い、この間のタッピングトルクをベッド部とオイルバスの間に設けたひずみ式の動力計により測定した。また、加工の可否をネジゲージにより確認した。タッピングトルクの測定例を図 2-11 に示す。往路のタッピングトルクから、タッピングエネルギーを算出した。

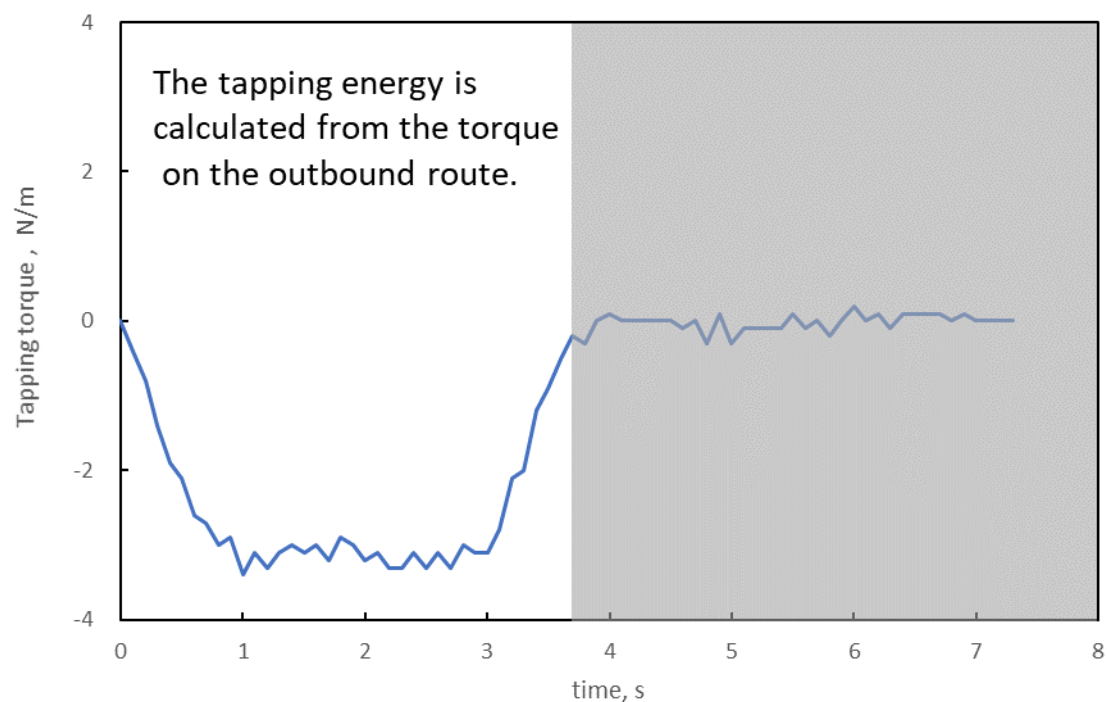


図 2-11. タッピングトルクの測定例

(往路のタッピングトルクからタッピングエネルギーを算出)

下穴用のドリルは OSG 社製の ADO-SUS-5D(サイズ 6.8、ツール No.8682680)、タップは OSG 社製の V-POT(M8×1.25、ツール No.8310107)である。被削材は、一般的な炭素鋼 S45C(JIS G 4051 機械構造用炭素鋼鋼材)およびステンレス鋼 SUS304(JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯)で、奥行き、幅ともに 200mm、厚さ 20mm で、6 面フライス加工して使用した。タッピングトルク試験の条件を表 2-8 に示す。

表 2-8. タッピングトルク試験の条件

タップ	ポイントタイプ
ピッチ	1.25 mm
周速	8.04 m/min (320 min ⁻¹)
送り	400 mm/min

3.2 タッピングトルク試験の結果

タッピングトルク試験の結果および試験後の被加工材の外観を表 2-9 に示す。

表 2-9. タッピングトルク試験の結果および試験後の試験片の外観

被削材	MWF04-1B(再生基油)	MWFFV1B(バージン基油)
S45C	加工可 	加工可 
SUS304	加工可 	加工可 

表 2-9 に示すようにタッピングトルク試験後のすべてのねじ穴に対して、加工の可否をネジゲージで確認した結果、いずれも加工ができており、試作加工油に用いた基油によらず、再生基油を用いた MWF04-1B、バージン基油を用いた MWFFV1B により S45C および SUS304 の切削加工が可能である。これらのタッピングトルク試験における往路のタッピングエネルギーを比較し、図 2-12 に示す。

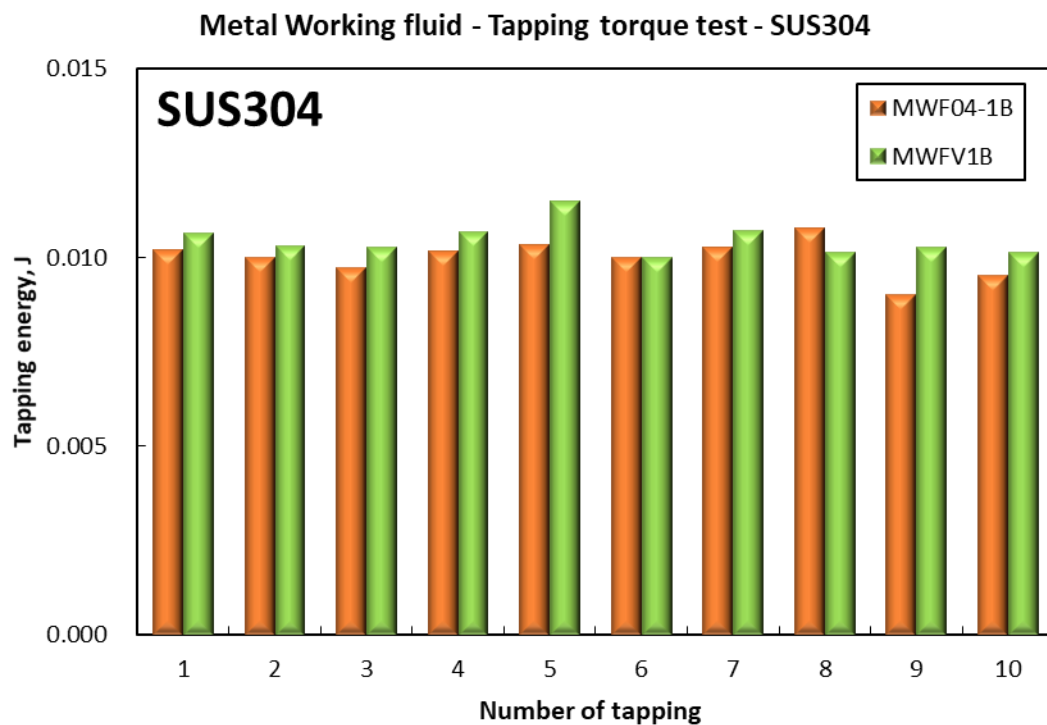
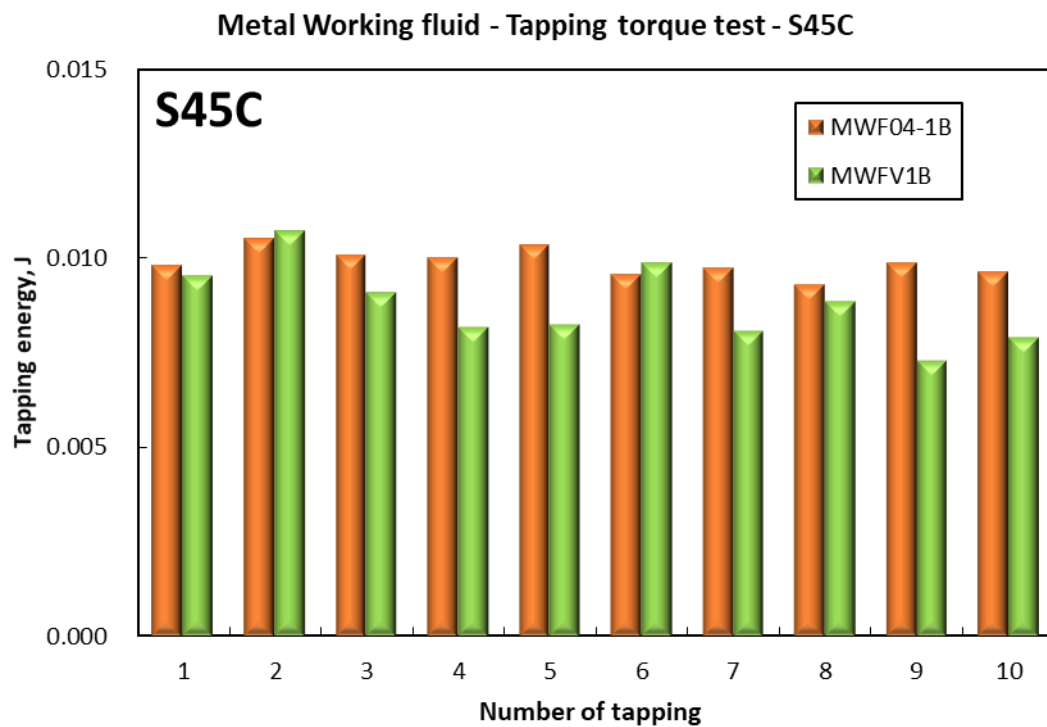


図 2-12. タッピングトルク試験におけるタッピングエネルギーの比較

図 2-12 から、被削材の種類、S45C および SUS304 にかかわらず再生基油を用いた MWF04-1B 使用時の加工に必要なエネルギーはバージン基油を用いた MWFV1B と同程度である。

4. プレス加工性

バージン基油と再生基油の違いが加工油のプレス加工性に与える影響を絞り性試験およびボール通し試験により評価した。

4.1 絞り性試験

1) 絞り性試験の方法

中村らの報告^{6,7)}を参考に、バージン基油と再生基油の違いが加工油の絞り性に与える影響を万能試験機に設置した絞り加工金型を用いて評価した。絞り性試験に用いた装置の外観を図 2-13 に示す。

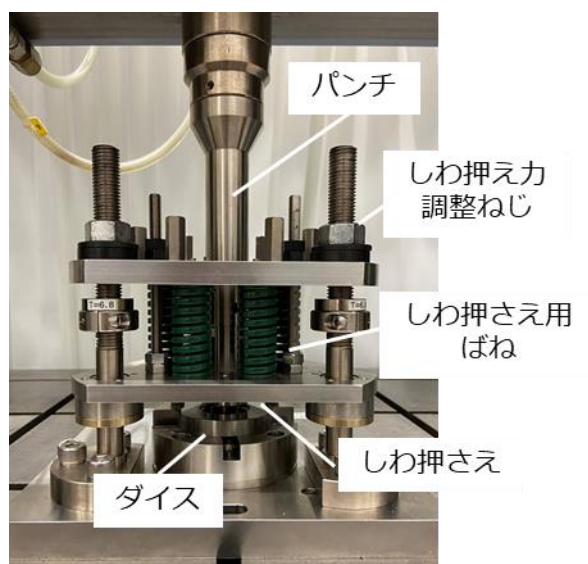


図 2-13. 絞り加工試験機

金型はパンチ、しわ押さえ、ダイスから構成した。絞り加工は、ダイス上に被加工材を置いた後、バネのたわみに基づくしわ押さえ力を作用させ、パンチで被加工材をダイスに押し込むことで行った。被加工材の材質は炭素鋼 SPCC(JIS G 3141 冷間圧延鋼板および鋼帯)およびステンレス鋼 SUS304(JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯)を用い、それぞれワイヤー放電により板材から円板形状に加工した。円板の寸法は、SPCC は厚さ 0.6mm、直径 60mm および 65mm、SUS304 は厚さ 0.3mm、直径 60mm および 62mm である。ダイスはドーナツ形状で、寸法は外径 66mm、内径 30mm、ダイス側 R 部は 3mm の曲率半径となっている。ダイスの内径は被加工材の厚さにより異なり、SPCC の場合は外径 28.8mm、SUS304 の場合は 29.4mm で、パンチ側 R 部は 3mm とした。

加工条件は、パンチの押込み速度 5 mm/s、しわ押え力 5 kN とした。試料油は、ダイスに刷毛で塗ることで供給した。

2) 絞り性試験の結果

(1) 限界絞り比の設定

絞り性試験により試作加工油の SPCC および SUS304 に対する限界絞り比を調べた。結果を表 2-10 および表 2-11 に示す。

表 2-10. 炭素鋼(SPCC)の絞り性試験の結果

ブランク直径(BD), mm	絞り比(DR=BD/ダイス径)	MWF04-1B					MWFV1B				
60	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
65	2.3	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○

表 2-10 から SPCC を用いた場合は、再生基油を用いた MWF04-1B では限界絞り比が 2.0 であり、バージン基油を用いた MWFV1B の場合は 2.3 である。なお、この差はバージン基油を用いた MWFV1B の動粘度(28.5 mm²/s @40℃)より再生基油を用いた MWF04-1B の動粘度(25.3 mm²/s @40℃)が低いことが影響している可能性があるが、詳細については今後さらに検討が必要である。

表 2-11. ステンレス鋼(SUS304)の絞り性試験の結果

ブランク直径(BD), mm	絞り比(DR=BD/ダイス径)	MWF04-1B					MWFV1B				
60	2.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
62	2.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

表 2-11 から SUS304 を用いた場合はいずれの基油を用いた試作油加工油も限界絞り比は 2.0 である。

表 2-10 および表 2-11 の結果から、連続加工性の評価は、再生基油を用いた MWF04-1B およびバージン基油を用いた MWFV1B のいずれの試作加工油に対しても加工が可能な上限の絞り比(DR)、SPCC では DR=2.1、SUS304 では DR=2.0 とした。

(2) 連続加工性

連続 30 回の連続加工試験の結果および試験後の成形品の写真を表 2-12 に示す。

表 2-12. 連続加工試験の結果および試験後の試験片の外観

被削材	MWF04-1B(再生基油)	MWFV1B(バージン基油)
SPCC DR2.1	加工可 	加工可 
SUS304 DR2.0	加工可 	加工可 

表 2-12 から明らかなように、再生基油を用いた MWF04-1B およびバージン基油を用いた MWFV1B のいずれの試作加工油においても SPCC 加工時には、連続加工中に成形品が破断することはなかった。一方、SUS304 加工時には、MWF04-1B および MWFV1B のいずれの試作加工油においても 3 回の破断が認められた。したがって、本調査の範囲では、再生基油を用いた試作加工油、MWF04-1B は、バージン基油を用いた試作加工油、MWFV1B と同等の絞り加工性を有している。

4.2 ボール通し試験

1) ボール通し試験の方法

絞り加工とは異なり、しごき加工のように被加工材の加工面の新生面を露出させながら行う加工において、試作加工油に用いた基油の違いが加工性に与える影響を、図 2-14 に示すボール通し試験機により調べた。ボール通し試験機は、万能試験機に設置することで駆動した。試験は、ボールをパンチにより中空円筒に押し込むことで行った。評価項目はボールの押し込みに要する力で、パンチに設けたロードセルで検出した。なお、ボールの押し込み速度は加工試験中に 1.2 mm/s で一定となるようにした。

試験片の材質は、ボールは SUJ2(JIS G 4805 高炭素クロム軸受鋼鋼材)であり、中空円筒には S45C(JIS G 4051 機械構造用炭素鋼鋼材)および SUS304(JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯)を用いた。ボールの寸法は直径 17.463 mm(11/16 インチ)、中空円筒は外径 35 mm、内径 17.3 mm、長さ 55 mm である。すなわち、ボールは中空円筒の内面を熨すように進む。



図 2-14. ボール通し試験機

2) ボール通し試験の結果

試作加工油のボール通し試験の結果を図 2-15 に示す。

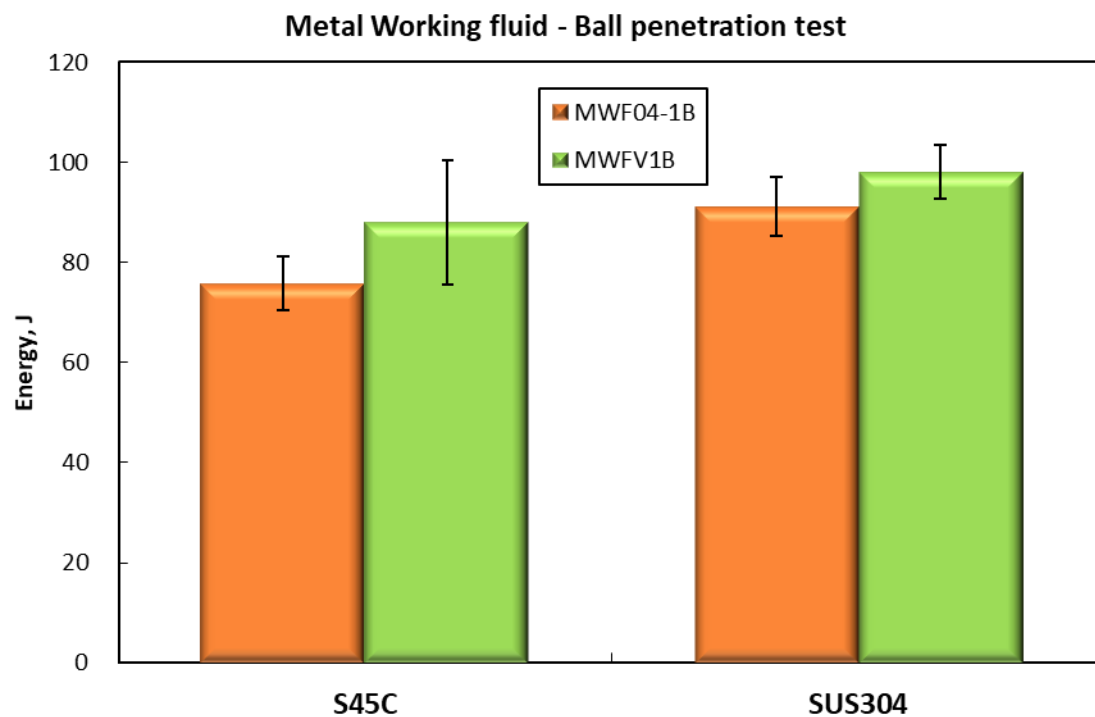


図 2-15. 試作加工油のボール通し試験の結果

図 2-15 から中空円筒の材質によらず試作加工油に用いた基油の違いに基づく加工エネルギーに大きな差は認められない。したがって、再生基油を用いた試作加工

油、MWF04-1B は、バージン基油を用いた試作加工油、MWFV1B と同等のしごき加工性を有している。

第4節 再生基油を用いた機械油の試作と評価

1. 再生基油を用いた機械油の試作

入手した再生基油の機械油基油への適合性を評価するために、機械油として油圧作動油を選定し、同一の添加剤をそれぞれの再生基油およびバージン基油 VBS2B に 4% 添加し、非 Zn 系の油圧作動油を試作した。

2. 試作機械油の性状

試作した機械油の性状を表 2-13 に示す。

表 2-13. 試作機械油の性状

項目		記号	HF 01B	HF 02-2B	HF 02-3B	HF 03B	HF 04-1B	HF 04-2B	HF 04-3B	HF 07-2B	HF 08-1B	HF 08-2B	HF 09-1B	HF 09-2B	HF 12B	HF V2B	試験方法
基油			RRBS 01B	RRBS 02-2B	RRBS 02-3B	RRBS 03B	RRBS 04-1B	RRBS 04-2B	RRBS 04-3B	RRBS 07-2B	RRBS 08-1B	RRBS 08-2B	RRBS 09-1B	RRBS 09-2B	RRBS 12B	VBS 2B	
密度	15℃	g/cm ³	0.8472	0.8487	0.8555	0.8469	0.8483	0.8533	0.8591	0.8525	0.8538	0.8607	0.8576	0.8644	0.8567	0.8575	JIS K 2249-1
動粘度	40℃	mm ² /s	25.14	25.12	43.74	25.58	24.33	33.86	43.00	30.31	28.56	48.70	29.27	48.36	59.37	30.79	JIS K 2283
	100℃	mm ² /s	4.904	4.854	7.014	4.955	4.833	5.970	6.984	5.524	5.272	7.489	5.310	7.362	13.66	5.492	
粘度指数			120	116	119	120	122	122	121	121	118	117	115	114	240	115	
流動点		℃	-45	-47.5	-40	-45	-45	-40	-40	-40	-42.5	-37.5	-42.5	-37.5	-27.5	-42.5	JIS K 2269
引火点	COC	℃	228	236	258	228	232	246	248	232	226	244	216	228	110	228	JIS K 2265-4

2.1 銅板腐食

再生基油を用いた試作機械油 HF01B から HF12B、およびバージン基油を用いた HFV2B を JIS K 2513 石油製品-銅板腐食試験方法、100℃×3h により評価した。結果を図 2-16 に示す。

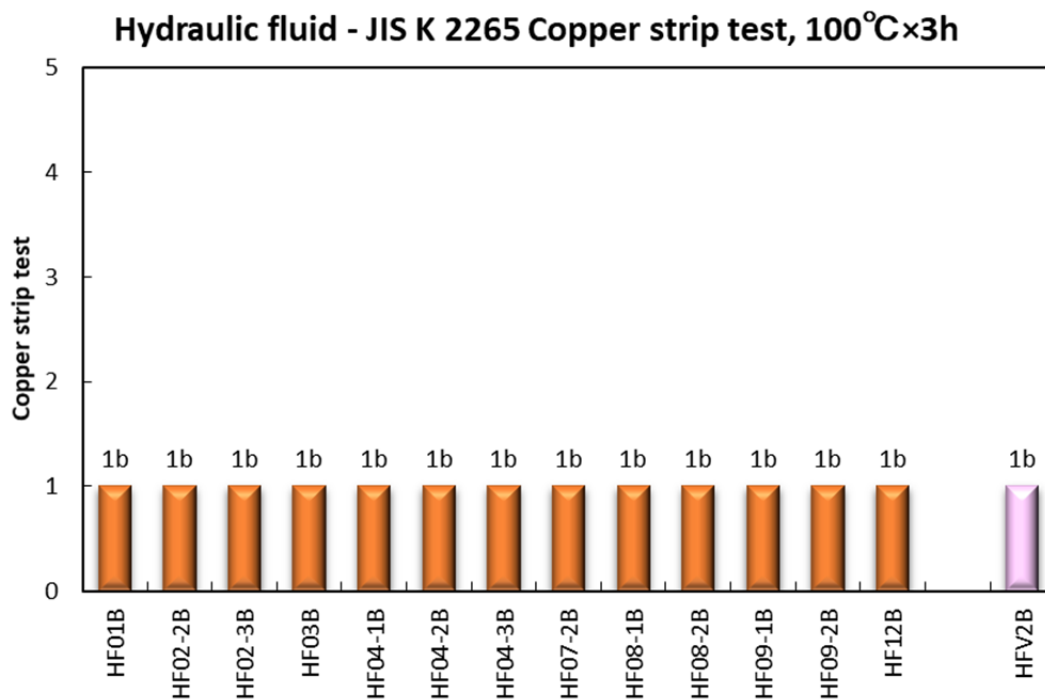


図 2-16. 試作機械油の石油製品-銅板腐食試験の結果

図 2-16 からの試作機械油の銅板腐食の結果いずれもバージン基油を用いた HFV2B と同じ 1b であり、すべての試作機械油は油圧システムに用いられている銅製部品を腐食しない。

2.2 耐荷重能

再生基油を用いた試作機械油およびバージン基油を用いた HFV2B を JIS K 2519 潤滑油-耐荷重能試験方法、曾田式四球法により評価した。試作機械油の曾田式四球法の結果を図 2-17 に示す。

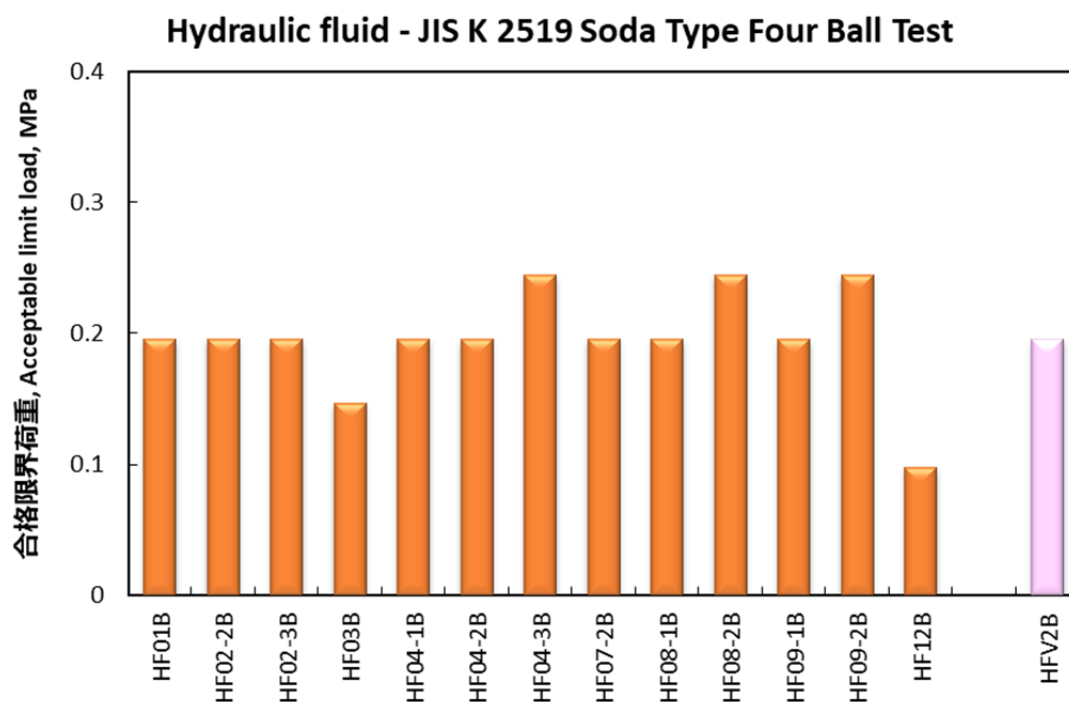


図 2-17. 試作機械油の耐荷重の試験-曾田式四球法の結果

図 2-17 からの蒸留だけで再精製した基油、RRBS12B を用いた機械油、HF12B 以外の再生基油を用いた試作機械油の耐荷重能は、いずれもバージン基油を用いた HFV2B と同等である。

2.3 耐摩耗性

再生基油を用いた試作機械油およびバージン基油を用いた HFV2B を ASTM D4172 Standard Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Fluid (Four-Ball Method)、75℃×1,200rpm×392N より評価した。結果を図 2-18 に示す。

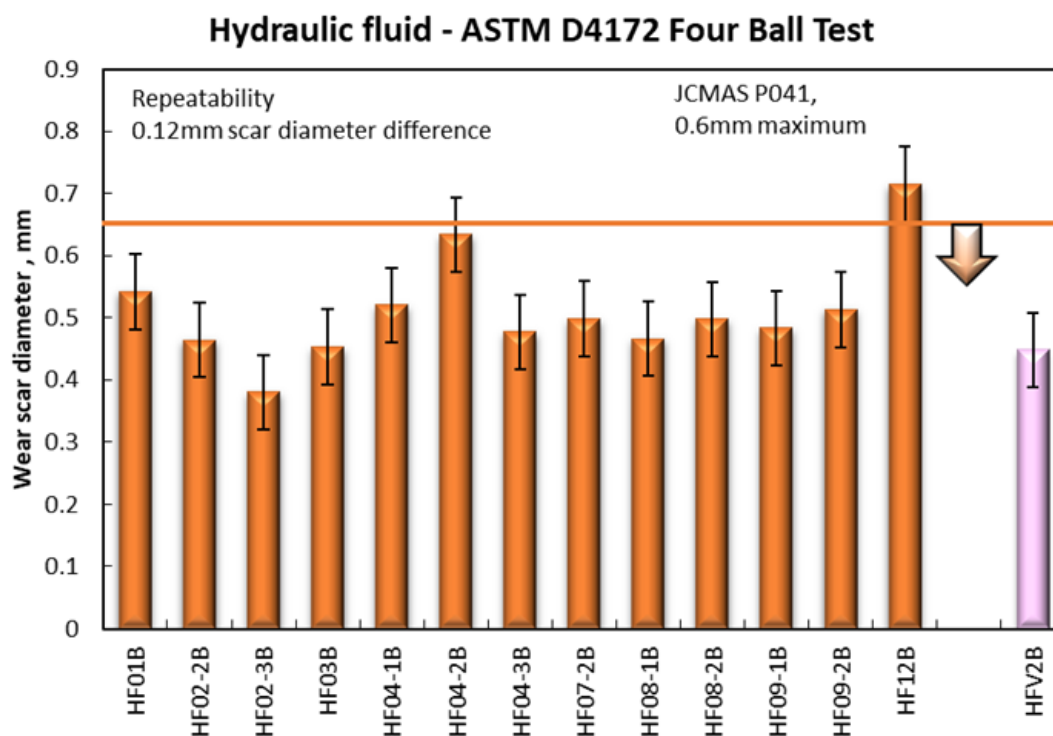


図 2-18. 試作機械油の耐摩耗性試験の結果

図 2-18 からの蒸留だけで再精製した基油、RRBS12B を用いた機械油、HF12B 以外の再生基油を用いた試作機械油の耐摩耗性は、いずれもバージン基油 VBS02B を用いた HFV2B と同等で、(一社)日本建設機械施工協会規格、JCMAS P041 の要求値を満たしている。

2.4 回転圧力容器式酸化安定度

蒸留だけで再精製した基油、RRBS12B を用いた機械油、HF12B 以外の試作機械油 HF01B から HF09-2B、およびバージン基油を用いた HFV2B を JIS K 2514-3 潤滑油—酸化安定度の求め方—第 3 部:回転圧力容器式酸化安定度により評価した。HF12B は引火点が 110℃のため試験を実施していない。回転圧力容器式酸化安定度試験の結果を図 2-19 に示す。

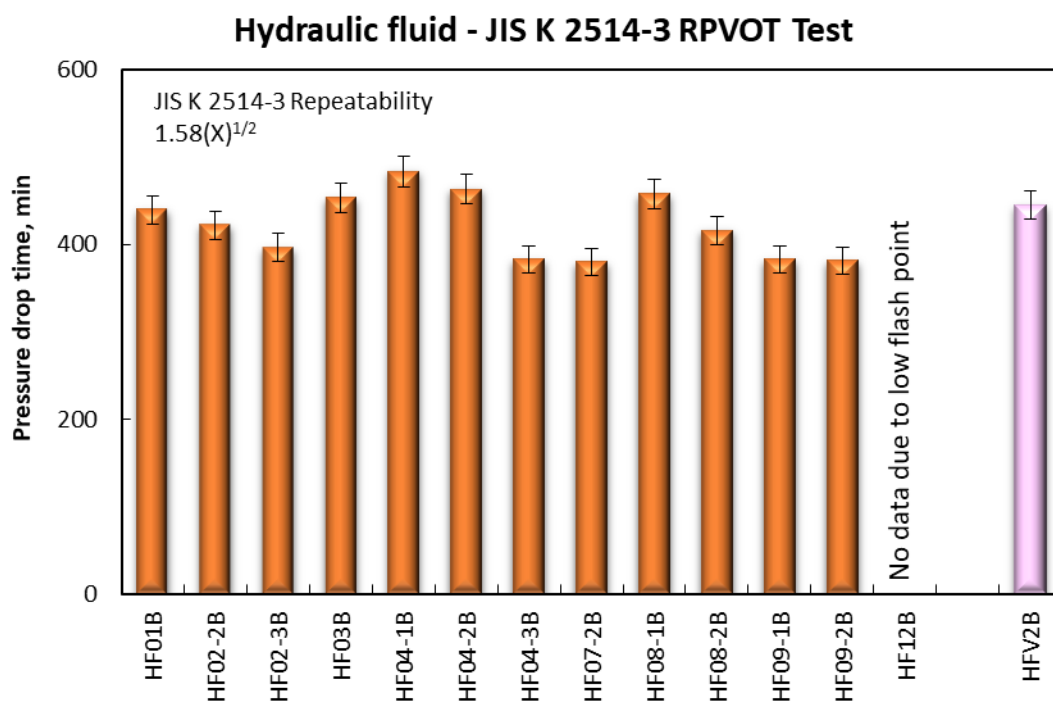


図 2-19. 試作機械油の回転圧力容器式酸化安定度試験の結果

図 2-19 からの、蒸留だけで再精製した基油、RRBS12B を用いた機械油、HF12B 以外の再生基油を用いた試作機械油の酸化安定性は、いずれもバージン基油を用いた HFV2B と同等である。

3. 酸化安定性

試作機械油の酸化安定性を(一社)日本建設機械施工協会規格、JCMAS P 045 建設機械用油圧作動油－高圧ピストンポンプ試験による寿命評価方法により評価した。

3.1 ポンプ試験の方法

JCMAS P 045 試験には、Bosch Rexroth 社製 A2F10 斜軸型ピストンポンプを用いた。35MPa、1,500rpm、オイルタンク油温 80℃で 20℃の空気を 1.0L/h で吹き込みながら 500 時間の運転を行い、1 時間後、100 時間後、200 時間後、300 時間後、400 時間後および 500 時間後に供試油をサンプリングし、性状を分析した。参考として、JCMAS P 041 建設機械用油圧作動油に示されている規定値を表 2-14 に示す。

表 2-14. JCMAS P041 規格値

項目	記号	常温用 VG32	低温用 VG32W
粘度増加率(40℃)	%	+10 以下	+10 以下
酸価増加量	mgKOH/g	2.0 以下	2.0 以下
夾雑物	0.8μm mg/100mL	10 以下	10 以下

ポンプ試験に用いた装置の外観を図 2-20 に示す。

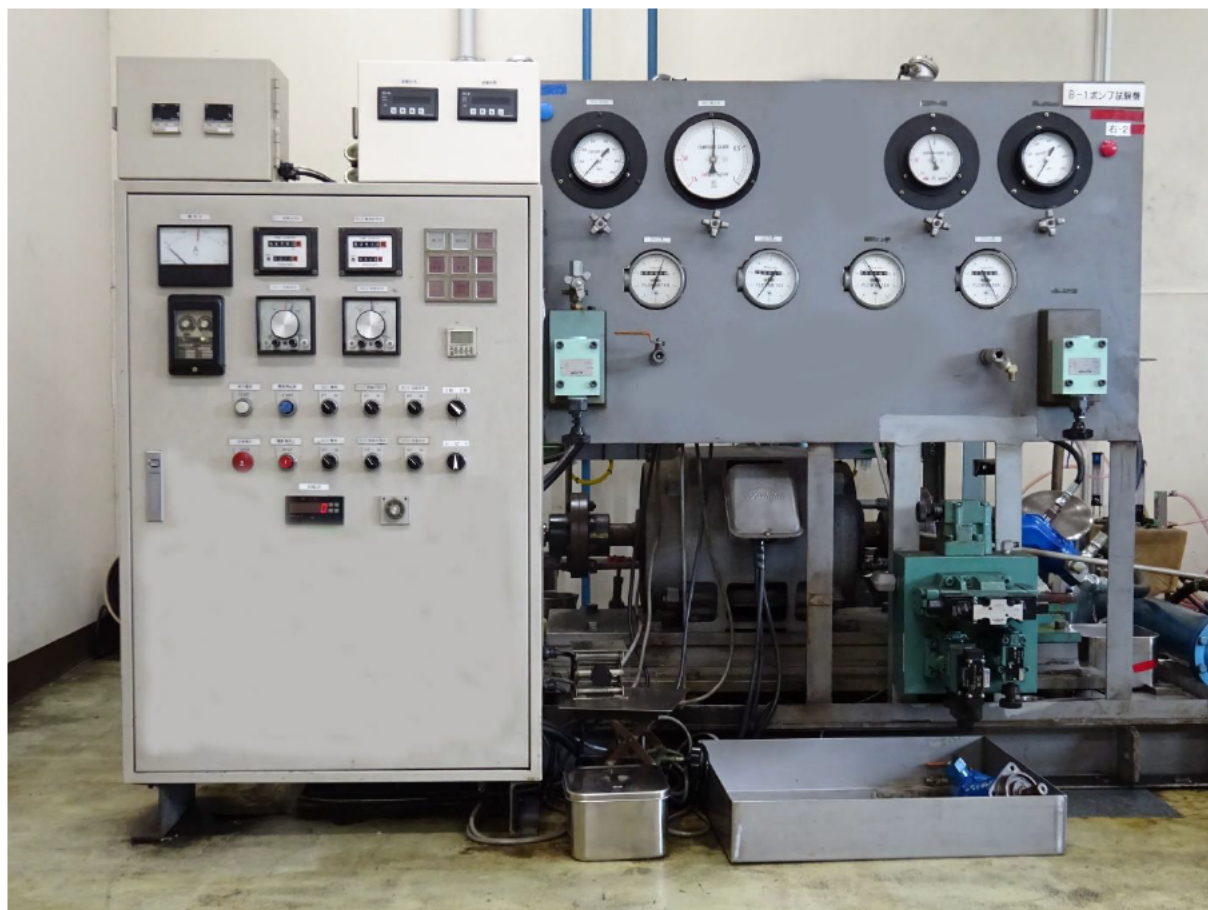


図 2-20. ポンプ試験装置

3.2 ポンプ試験の結果

試作した機械油のポンプ試験の結果を図 2-21、図 2-22 および図 2-23 に示す。

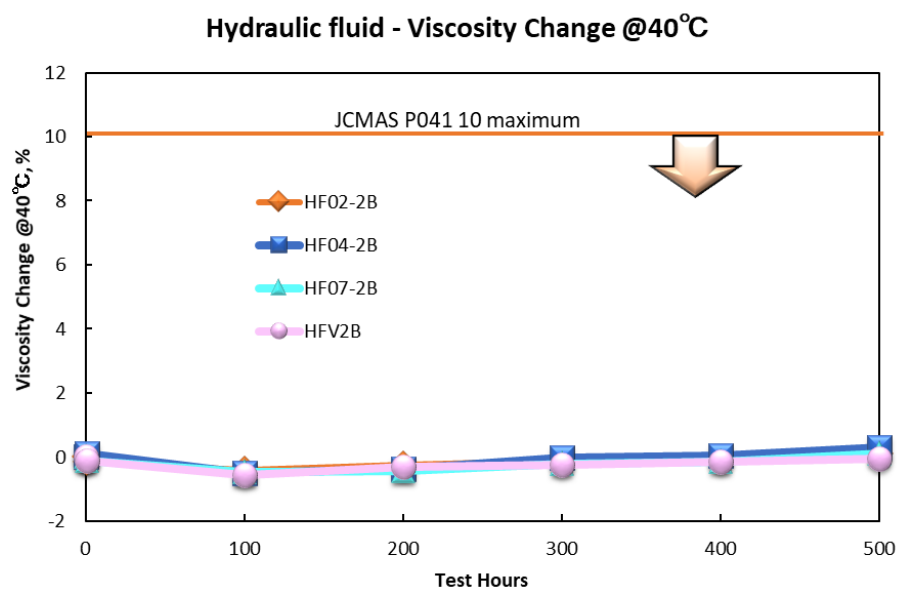


図 2-21. 試作機械油のポンプ試験の結果—粘度変化率

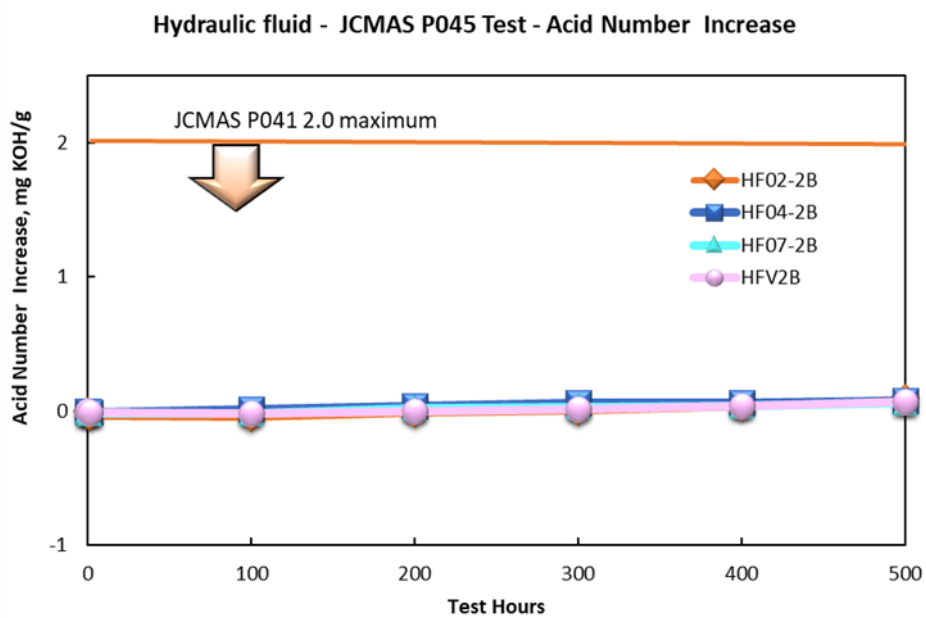


図 2-22. 試作機械油のポンプ試験の結果—酸価増加量

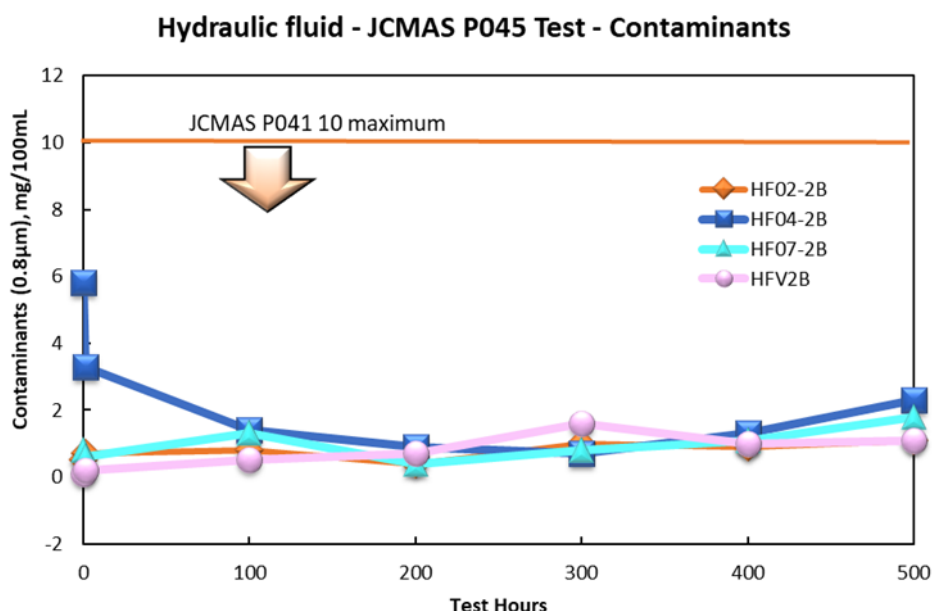


図 2-23. 試作機械油のポンプ試験の結果—夾雑物量

図 2-21、図 2-22 および図 2-23 から、再生基油を用いた試作機械油のポンプ試験の結果は、いずれもバージン基油を用いた HFV2B と同等で、再生基油の水素化精製、溶剤精製の再生工程の影響は認められない。

第5節 まとめ

本章では、海外で製造している再生基油を入手して、それぞれの性状を分析するとともに、これらの再生基油を用いて加工油および機械油を試作し、ベンチ試験により、原油から製造した基油を使用した加工油および機械油の性能と比較検証することにより、我が国で必要な再生基油の品質水準を検証した。主な成果は次のとおり。

1. 再生基油入手と性状分析

欧州、北米、アジアおよびオセアニアから 13 油種の再生基油を入手した。さらに、その比較としてバージン基油(原油から製造されたもの)2 油種を入手して、それぞれの性状を分析した。主な成果は次のとおり。

- 入手した 13 油種の再生基油は、Group I が 11 油種、Group II が 2 油種である。入手した 13 油種、すべての再生基油の粘度指数が 115 を超えており、これは再生基油の原料となる市場に流通している潤滑油製品の高品質化に伴う粘度指数の向上を反映している。

- 水素化精製した再生基油の S 分は 0.01%以下であるが、溶剤精製で再精製した再生基油の S 分は 0.02%以上であり、水素化精製と溶剤精製による残留 S 分量の差が認められる。
- 一定量の酸化防止剤が添加された場合、水素化精製で再精製された再生基油は、いずれも試験時間 450h においてもほとんど酸素吸収が認められない。一方、溶剤精製した再生基油では試験開始直後から酸化が始まる。
- 再生基油はバージン基油より分別蒸留範囲が広く、蒸発しやすいのではないかと懸念されたが、蒸留だけで再精製した基油以外の再生基油はバージン基油と同程度の蒸発性である。

2. 再生基油を用いた加工油の試作と評価

入手した再生基油の加工油基油への適合性を評価するために、加工油として不水溶性切削油および不水溶性プレス油兼用の加工油を試作した。不水溶性切削油および不水溶性プレス油は同一処方とし、同一の硫黄系添加剤および油脂をそれぞれの再生基油に同一量添加し、試作加工油とした。入手した再生基油 13 油種およびその比較として入手したバージン基油 1 油種を用いて 14 種類の加工油を試作し、それぞれの性状を分析した。主な成果は次のとおり。

- 試作加工油の銅板腐食の結果は、いずれもバージン基油を用いた試作加工油と同じ 4b であり、再生基油に添加した活性タイプの硫黄系添加剤の効果を妨げる成分は存在しない。
- 再生基油を用いた試作加工油の耐荷重能は、蒸留だけで再精製した基油を用いた加工油以外はいずれもバージン基油を用いた試作加工油と同等である。
- さらに、再生基油 1 油種およびバージン基油 1 油種を用いて試作した 2 種類の加工油については、切削性および加工性を評価した。その結果、本調査の範囲では、再生基油を用いた加工油の切削性および加工性はバージン基油を用いた加工油と同程度である。

したがって、本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した加工油と同等の性能を有する加工油を製造できる見込みが立った。ただし、今後は異なる粘度グレードの加工油を製造するための種々の粘度グレードの再生基油、その原料となる使用済み潤滑油をどのように入手していくのか検討が必要である。

3. 再生基油を用いた機械油の試作と評価

入手した再生基油の機械油基油への適合性を評価するために、機械油として油圧作動油を選定した。同一の添加剤をそれぞれの再生基油に同一量添加し、非 Zn 系の油圧作動油を試作した。入手した再生基油 13 油種およびその比較として入手したバージン基油 1 油種を用いて 14 種類の油圧作動油を試作し、それぞれの性状を分析した。主な成果は次のとおり。

- 試作機械油の銅板腐食の結果は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同じ 1b であり、すべての試作機械油は油圧システムの銅部品を腐食しない。
- 蒸留だけで再精製した基油を用いた機械油以外の再生基油を用いた試作機械油の耐荷重能は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等である。
- 蒸留だけで再精製した基油を用いた機械油以外の再生基油を用いた試作機械油の耐摩耗性は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等で、(一社)日本建設機械施工協会規格、JCMAS P041 の要求値を満たしている。
- 蒸留だけで再精製した基油を用いた機械油以外の試作機械油の回転圧力容器式酸化安定度は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等である。
- さらに、粘度と再生方法から選んだ再生基油 3 油種およびバージン基油 1 油種を用いて試作した 2 種類の油圧作動機械油については、JCMAS P045 ポンプ試験により酸化安定性を評価した。その結果、試作機械油の酸化安定性は、いずれもバージン基油を用いた試作機械油と同等で、JCMAS P041 の要求値を満たしている。

したがって、本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した機械油と同等の性能を有する機械油(油圧作動油)を製造できる見込みが立った。

文 献

- 1) (一社)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(公表用)(2021).
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2020FY/000085.pdf.
- 2) American Petroleum Institute：API 1509 Annex E, API Base Oil Interchangeability Guidelines for Passenger Car Engine Oils and Diesel Engine Oils, 20th Edition, May 2021)pE-1.
<https://www.api.org/-/media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/API%201509->

20th%20Edition%20Annex%20E.pdf?la=en&hash=A4E926E4FDD89B6AF0E1702717B7936D67E44ED9.

- 3) 沼田俊充, 荒木祥和, 藤井由利子, 中村清隆: LC-MS を用いた NO_x 劣化エンジンオイル中の添加剤分析, トライボロジー会議 2020 秋 別府 予稿集, E10 (2020) 307.
- 4) 八木下和弘, 吉田俊男: 硫化脂肪酸エステル of 酸化防止能, 第 44 回石油・石油化学討論会(旭川大会)予稿集 (2014)p74.
- 5) JASO エンジン油規格普及促進協議会: 自動車用ディーゼル機関潤滑油規格 (JASO M 355:2021)の運用マニュアル(2021).
https://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/DH_J2105.pdf.
- 6) 中村健太, 村木正芳: ステンレス鋼板の絞り・しごき加工における潤滑剤の効果—第 1 報 往復動摩擦試験による凝着のシミュレーション—, トライボロジー会議 2018 秋 伊勢 予稿集, D5 (2018) .
- 7) 中村健太, 水垣裕介: 絞り加工における摩擦力の評価方法, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 第 11 号(2016)p11.

第3章 使用済み潤滑油の基油再生に関する社会システムの検討

第1節 はじめに

2015 年にフランスのパリで開催された第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議 (COP21)において、2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとして、パリ協定が採択された¹⁾。これを踏まえ、2020 年 10 月の国会において当時の菅総理は、「2050 年カーボンニュートラル」を宣言した²⁾。これに対応して、経済産業省が中心となり、関係省庁と連携して「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」³⁾を策定し、CO₂の削減が重要な課題となっている。

さらに、潤滑油の確保は我が国として必須である。基油原料の多様化の観点对応としては、海外からのバージンの鉱油系基油や再生基油の緊急輸入による国内の潤滑油基油の不足への対応も一時的には可能であろう。しかし、異常気象や新型コロナウイルス感染症による基油の輸入の停止、災害発生時の経済的および安全上のリスク、いわゆるルブセキュリティを考えれば、最低限必要な量と性能を有する再生基油を国内において製造することのできる社会システムをあらかじめ準備しておくことが我が国として望ましい。

これらの状況を踏まえ、本章では、第 2 節において、これまでに報告されている基油再生の地球温暖化への影響を検討した潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント(LCA : Life Cycle Assessment)の事例を紹介するとともに、第 3 節では、前報⁴⁾を含む本事業の成果を総括し、我が国における基油再生適用の可能性について検討した。さらに第 4 節では基油原料の多様化および 2050 年カーボンニュートラルも見据えて今後の我が国潤滑油を取り巻く状況について考察し、第 5 節においては、国内において「使用済み潤滑油の回収→基油への再生→再生基油を用いた潤滑油の製造」というサイクルを社会システム化するための課題およびその対策を整理し、国内で使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムについて検討したので報告する。

第2節 潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント

本節では、国内での使用済み潤滑油からの基油再生について検討するにあたり、これまでに報告されている基油再生の地球温暖化への影響を検討した潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント(LCA : Life Cycle Assessment)の事例を紹介する。残念ながら、我が国ではいまだに使用済み潤滑油からの基油再生は行われておらず、我が国における使用済み潤滑油からの基油再生について LCA を評価した報告はない。一方、米国や欧州における基油再生を含む潤滑油のリサイクルに関する LCA の結果がいくつか報告されている⁵⁾。ここでは米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)が現在の米国の技術と工業的有用性を最も反映していると判断した 4 つの LCA の結果のうち、API の委託を受け ERM が実施した LCA⁶⁾の成果、および GEIR の委託を受け IFEU が実施した LCA⁷⁾を紹介する。

なお、これらの ERM および IFEU が実施した LCA では、設定した LCA のシステム境界の相違などにより、異なる結論が導き出されていることは興味深い。さらに、今後のカーボンニュートラルの進捗に伴い、基油再生に必要なエネルギー源もカーボンニュートラル化されたり、比較対象となるバージン基油もカーボンニュートラル化されるなど、LCA を評価するためのさまざまな要因が変化し、LCA の結果が変わる可能性があることに注意したい。

1. ERM による潤滑油のリサイクルに関する LCA

API が ERM に委託し実施した LCA⁶⁾では、図 3-1 に示す 2010 年のカリフォルニア州のエネルギー利用や基油製造の実態をベースとしている。

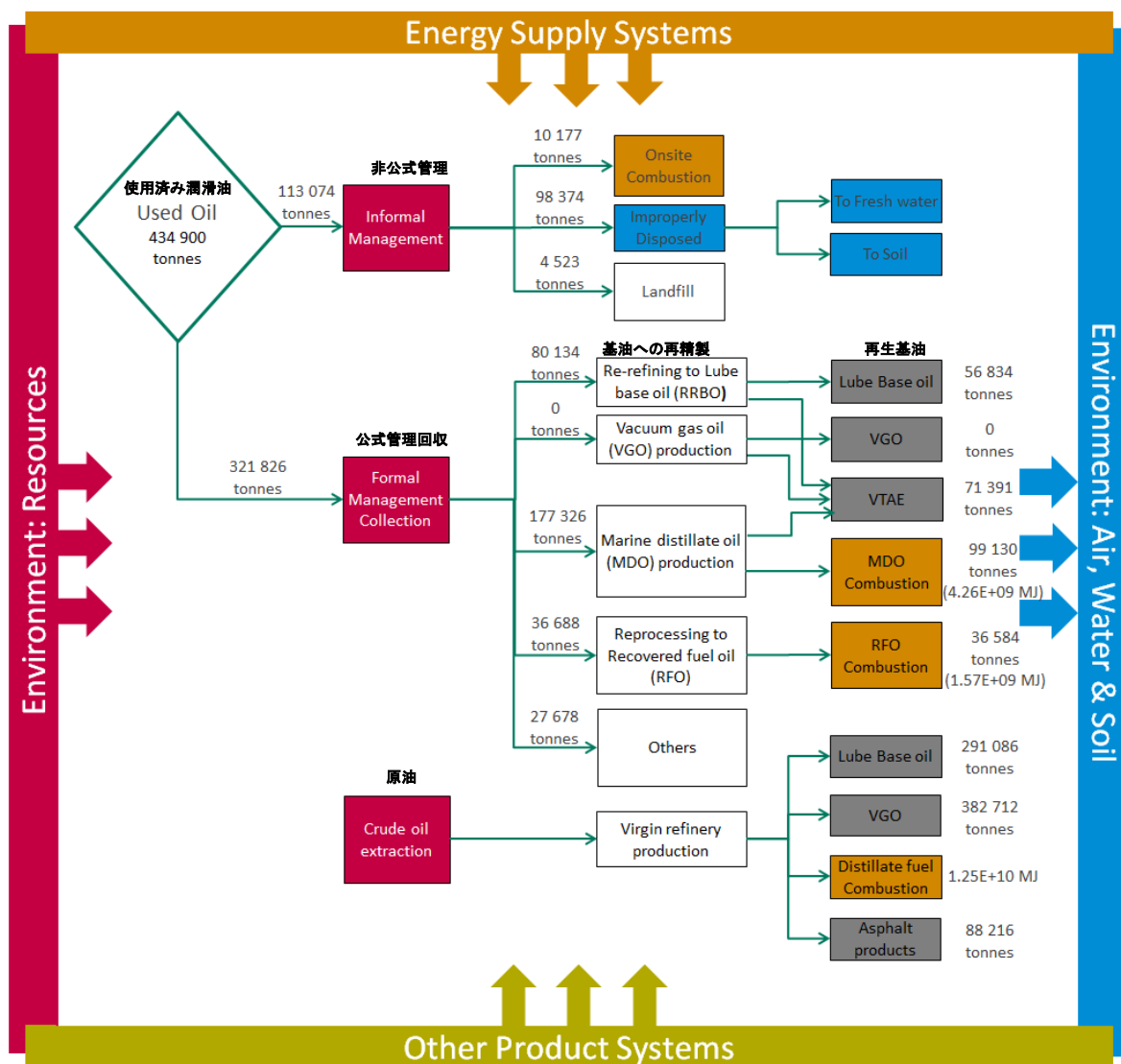


図 3-1. ベースラインシナリオ(2010 年カリフォルニア州)のシステム概要図
(文献 6 の一部に和訳を追加)

図 3-1 に示すように、2010 年のカリフォルニア州では、発生した使用済み潤滑油 434,900 トンのうち 321,826 トンが正規に処理され、113,074 トンが不法に処理された。また、正規に処理され使用済み潤滑油のうち、80,134 トンが再精製され、56,834 トンの再生基油が製造された。正規に回収された使用済み潤滑油からは、燃料などが製造されている。さらに、原油も処理され 291,086 トンのバージン基油や燃料などが製造されていた。

1.1 使用済み潤滑油の回収率の影響

ERM の調査では、図 3-1 のベースラインシナリオで、図 3-2 に示すように 2010 年のカリフォルニア州の実際の使用済み潤滑油の正規の回収率、74%を、0%、85%およ

び 100%と変えて試算した結果、回収率を上げると、酸性化(Acidification)、生態毒性(Ecotoxicity)、富栄養化(Eutrophication)、地球温暖化(Global warming Air)、空気中の粒子状物質(Human health, particulates in air)、ヒト毒性・癌(Human toxicity, cancer)、ヒト毒性・非癌(Human toxicity, non-cancer)、化石燃料資源(Resources, Fossil Fuels)などの環境への影響が減少し、システム全体およびすべての環境影響にメリットがもたらされるとしている⁶⁾。

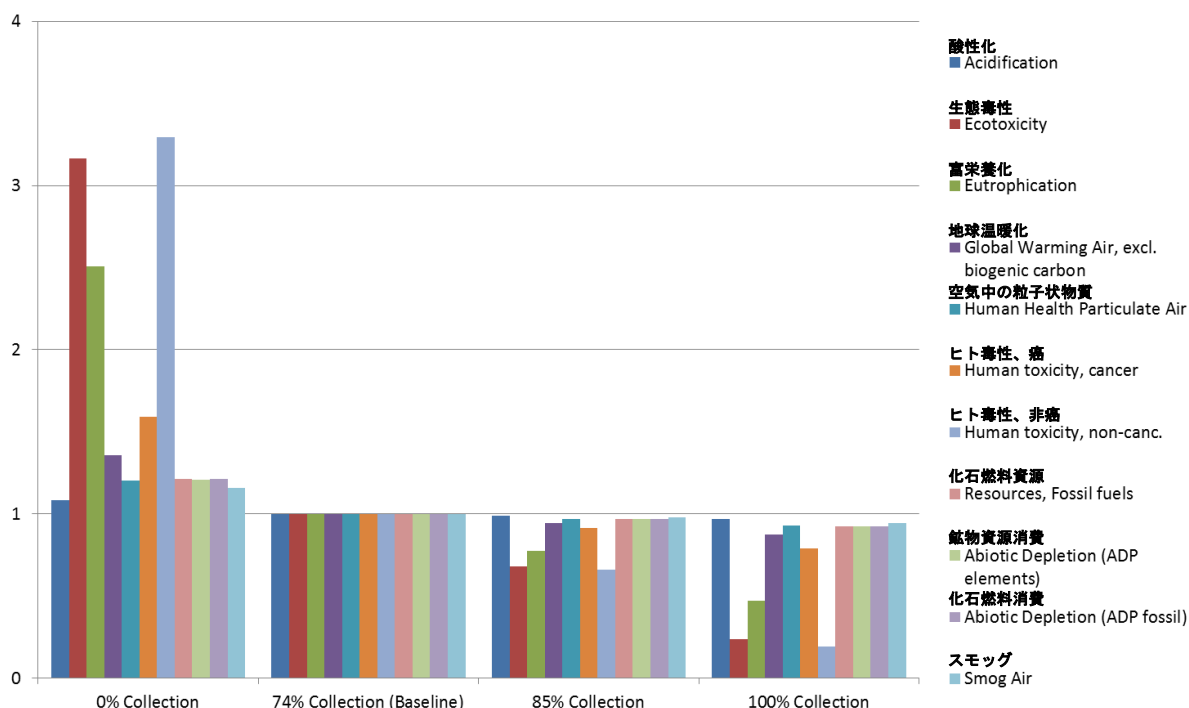


図 3-2. 使用済み潤滑油の回収率の影響(1 = ベースライン回収率 74%)
(文献 6 の一部に和訳を追加)

1.2 使用済み潤滑油をすべて燃料にした場合の汚染防止レベルの影響

ERM の調査では、図 3-3 に示すように、2010 年のカリフォルニア州で発生した使用済み潤滑油、434,900 トンをすべて燃料(RFO : Recovered Fuel Oil)、434,900 トンに利用した場合(Extreme RFO)には、図 3-4 に示すように環境への影響は、使用済み潤滑油の燃料利用時に実施される汚染防止のレベルに大きく依存し、適切に管理された燃焼など高度な汚染管理(HPC : High level of pollution control)により、回収率を 100%にした場合(Extreme 100%Collection)より多くのカテゴリで環境影響が少なくなるとしている⁶⁾。

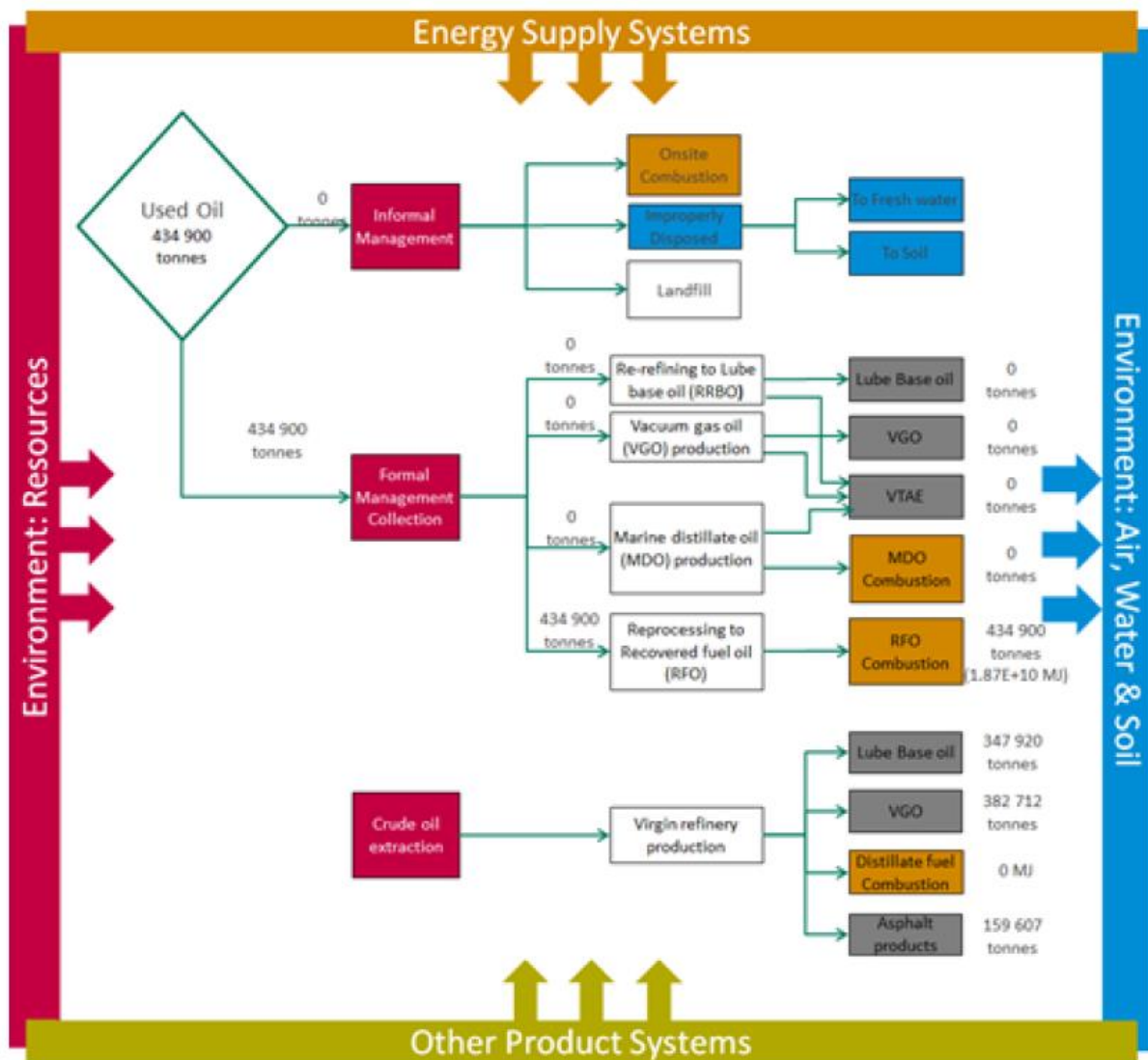
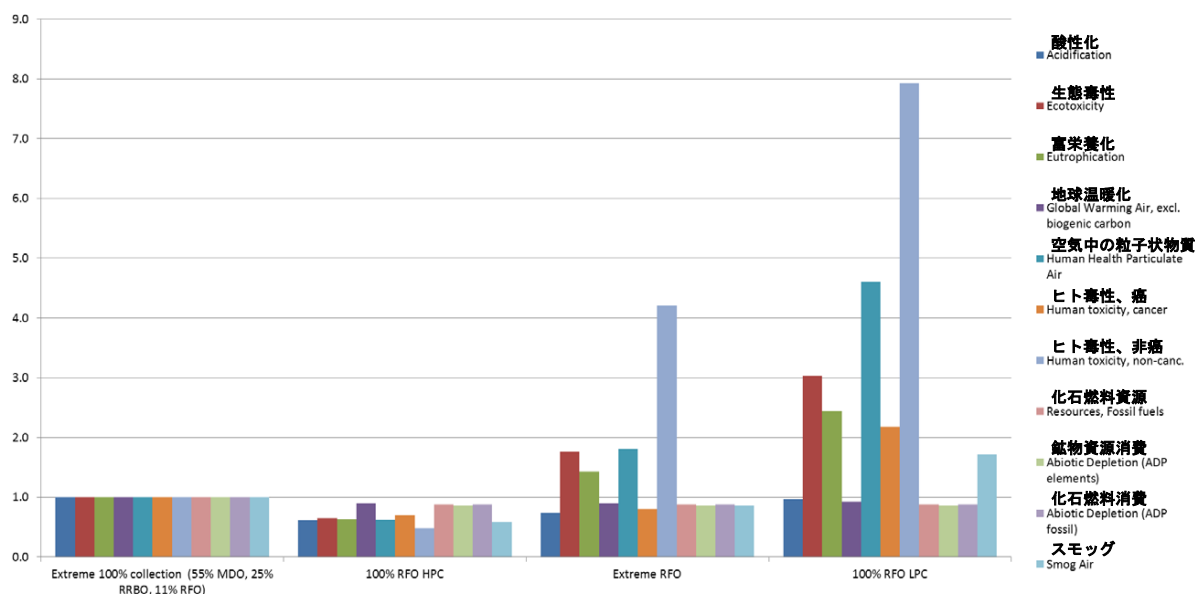


図 3-3. 使用済み潤滑油をすべて燃料(RFO)にした場合(Extreme RFO)のシステム概要図(出典 文献 6)



HPC:High level of pollution control(汚染管理レベル高)、LPC:Low level of pollution control(汚染管理レベル低)

図 3-4. 使用済み潤滑油をすべて燃料(RFO)にした場合(Extreme RFO)の汚染レベルの影響

(1 =ベースライン 100%回収、55%MOD、25%再生基油、11%RFO)

(文献 6 の一部に和訳を追加)

1.3 使用済み潤滑油をすべて再生基油にした場合の代替燃料の影響

ERM の調査では、図 3-5 に示す 2010 年のカリフォルニア州で発生した使用済み潤滑油、434,900 トンをすべて再生基油(RRBO : Re-Refined Base Oil)の原料、434,900 トンにした場合(Extreme RRBO)には、図 3-6 に示すように環境への影響は代替燃料に大きく影響されるとしている。図 3-6 では、エネルギーをすべて石炭によって代替する場合(100%Coal)、酸性化(Acidification)と空気中の粒子状物質(Human health, particulates in air)への影響の増加が見られる⁶⁾。

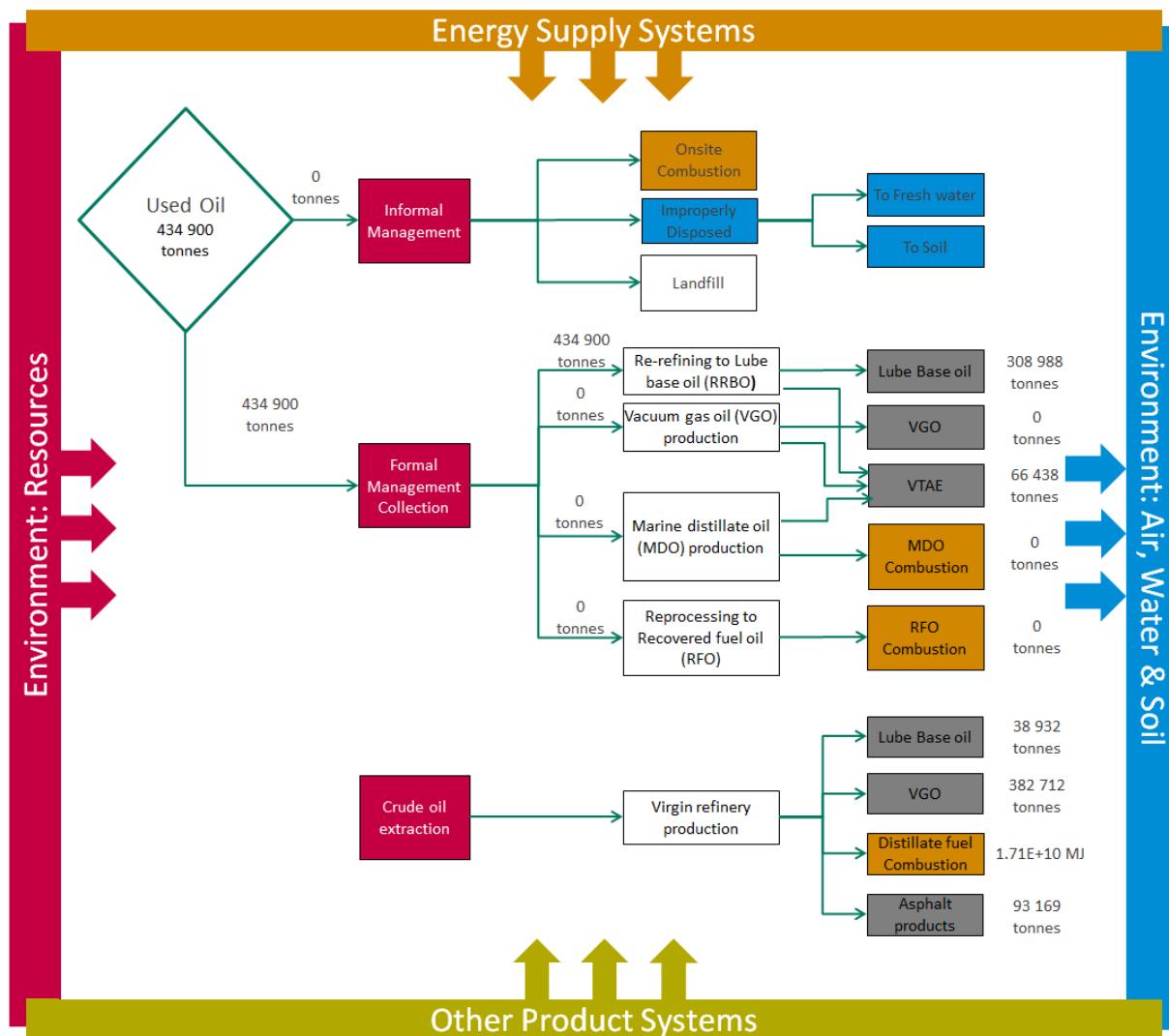


図 3-5. すべて再生基油(RRBO)にした場合(Extreme RRBO)のシステム概要図(出典 文献 6)

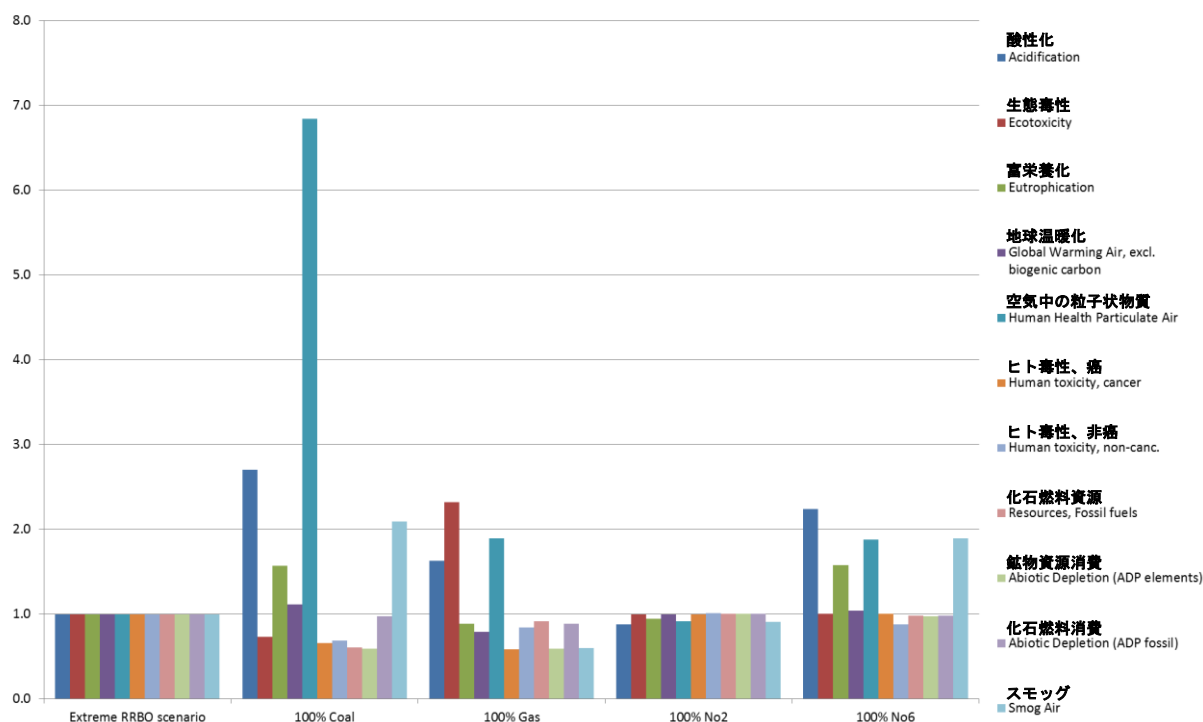


図 3-6. すべて再生基油(RRBO)にした場合(Extreme RRBO)の代替燃料の影響(1=Extreme RRBO)(文献 6 の一部に和訳を追加)

2. IFEU による潤滑油のリサイクルに関する LCA

GEIR の委託を受け IFEU が実施した LCA⁷⁾では、2015 年頃の欧州の基油再生や燃料利用の実態をベースとして評価を行っている。

2.1 使用済み潤滑油からの基油再生と原油からのバージン基油製造

IFEU によって実施された LCA では、「使用済み潤滑油からの基油再生(recovery system)」と「原油からのバージン基油製造(substituted equivalent system)」を図 3-7 に示すシステム境界で比較している⁷⁾。

表 3-1⁷⁾に、Avista、LPC、Hylube process by PURAGLOBE および Viscolube の 4 つの再精製技術を元に算出された「使用済み潤滑油 1million(M) g 当たりの影響係数」と「通常 VI 基油(Group I)および高 VI 基油(Group I と Group IV の混合)製造での影響係数」がカテゴリ別に比較されている。

表 3-1. 4 つの再生技術の環境影響評価の結果(文献 7 の一部に和訳を追加)

		Regeneration Technique			
Reference: 1 Mg waste oil		1	2	3	4
Average					
Resource depletion (GJ)	資源枯渇				
Regeneration		5.36	9.12	2.52	5.56
Substituted processes					
base oil standard (VI $\triangleq$ group I)		47.9	48.1	46.7	47.6
base oil advanced (VI $\triangleq$ group I/IV)		51.7	52.0	50.1	51.8
Global warming (kg CO₂-Eq.)	地球温暖化				
Regeneration		365	577	190	516
Substituted processes					
base oil standard (VI $\triangleq$ group I)		827	838	783	869
base oil advanced (VI $\triangleq$ group I/IV)		1 072	1 094	1 006	1 144
Acidification (kg SO₂-Eq.)	酸性化				
Regeneration		1.02	1.36	0.41	0.75
Substituted processes					
base oil standard (VI $\triangleq$ group I)		4.43	4.49	4.18	4.69
base oil advanced (VI $\triangleq$ group I/IV)		4.52	4.59	4.26	4.79
Eutrophication (kg PO₄³⁻-Eq.)	富栄養化				
Regeneration		0.089	0.138	0.029	0.089
Substituted processes					
base oil standard (VI $\triangleq$ group I)		0.181	0.181	0.174	0.182
base oil advanced (VI $\triangleq$ group I/IV)		0.252	0.256	0.239	0.262
Carcinogenic risk potential (mg As-Eq.)	発癌リスク				
Regeneration		4.1	11	2.5	14
Substituted processes					
base oil standard (VI $\triangleq$ group I)		242	239	233	246
base oil advanced (VI $\triangleq$ group I/IV)		242	239	233	246
Fine particulates (kg PM_{2.5}-Eq.)	微粒子				
Regeneration		0.93	1.33	0.31	0.74
Substituted processes					
base oil standard (VI $\triangleq$ group I)		3.13	3.17	2.97	3.28
base oil advanced (VI $\triangleq$ group I/IV)		3.48	3.53	3.29	3.67

図 3-8 は表 3-1 の平均値について基油再生を 1 としてノーマライズしたものである。その結果、化石燃料(Fossil energy resources)、地球温暖化(Global warming)、酸性化(Acidification)、富栄養化(Eutrophication)、発癌リスク(Carcinogenic risk potential)、微粒子(Fine particulates)などすべての環境影響カテゴリーで「使用済み潤滑油からの基油再生(regeneration)」の影響が、「原油からのバージン基油の製造(substituted processes)」よりも小さく、優れていると IFEU は結論づけている⁷⁾。

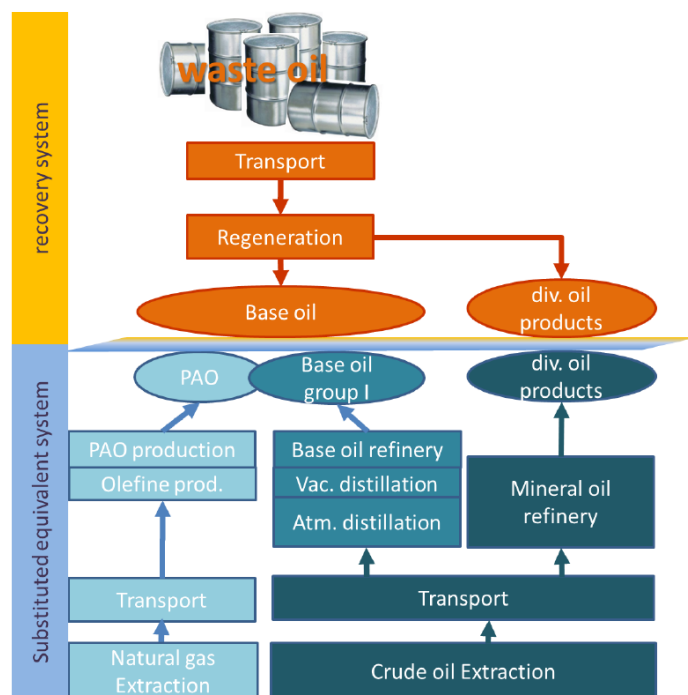


図 3-7. 基油再生とその代替同等システムのシステム境界の簡略化したスキーム
(出典 文献 7)

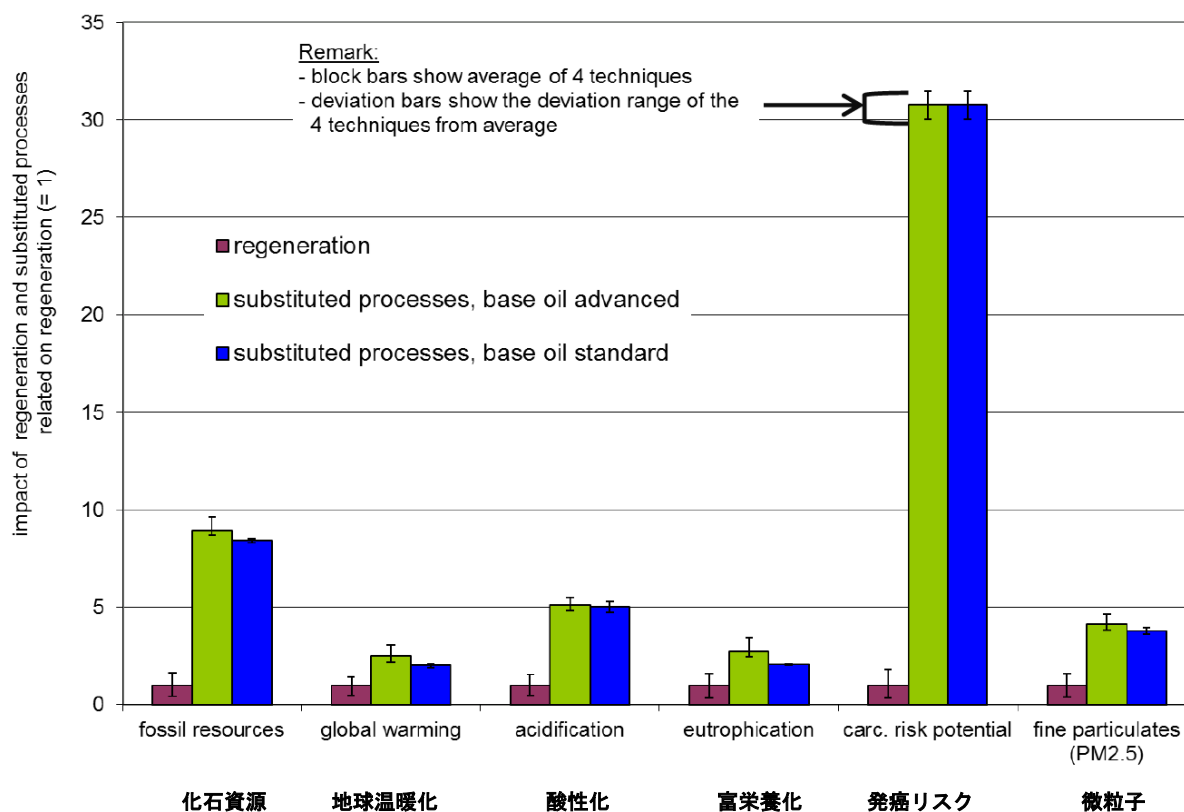


図 3-8. 使用済み潤滑油からの基油再生と原油からのバージン基油製造の比較
(基油再生=1)(文献 7 の一部に和訳を追加)

2.2 使用済み潤滑油からの基油再生と燃料への利用

IFEU の LCA では、「使用済み潤滑油の燃料への利用(recovery system)」と「原油や石炭からの燃料製造(substituted equivalent system)」の環境への影響を図 3-9 に示すシステム境界で比較している。

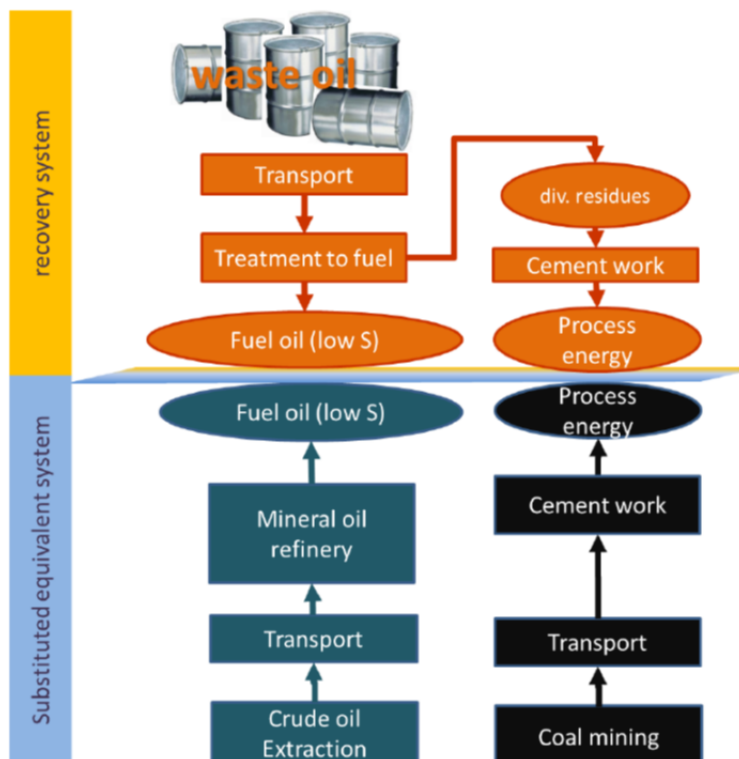


図 3-9. 参照システムとその代替同等システムのシステム境界の簡略化されたスキーム
(出典 文献 7)

表 3-2⁷⁾に、使用済み潤滑油 1M g 当たりの「使用済み潤滑油の燃料利用影響係数」と「原油や石炭から燃料製造影響係数」がカテゴリ別に先に示した表 3-1 の 4 つの再生技術の平均値に加える形で示されている。

表 3-2. 使用済み潤滑油 1Mg あたりの 4 つの再生技術の平均と燃料油処理の影響
(文献 7 の一部に和訳を追加)

	Regeneration		treatment to fuel oil	
Fossil resources (GJ)	burden of ...		burden of ...	
化石燃料資源	...regeneration	5,64	...treatment	0,27
	subst. base oil standard	47,6	...subst. light fuel oil	40,5
	subst. base oil advanced	50,5		
Global warming (kg CO ₂ -Eq.)	burden of ...		burden of ...	
地球温暖化	...regeneration	412	...treatment	234
	subst. base oil standard	830	...subst. light fuel oil	426
	subst. base oil advanced	1079		
Acidification (kg SO ₂ -Eq.)	burden of ...		burden of ...	
酸性化	...regeneration	0,88	...treatment	1,21
	subst. base oil standard	4,45	...subst. light fuel oil	1,89
	subst. base oil advanced	4,52		
Eutrophication (kg PO ₄ ³⁺ -Eq.)	burden of ...		burden of ...	
富栄養化	...regeneration	0,086	...treatment	0,019
	subst. base oil standard	0,18	...subst. light fuel oil	0,084
	subst. base oil advanced	0,236		
Carcinogenic risk poten- tial (g As-Eq.)	burden of ...		burden of ...	
発癌リスク	...regeneration	7,82	...treatment	24
	subst. base oil standard	240	...subst. light fuel oil	129
	subst. base oil advanced	240		
Fine particulates (kg PM ₁₀ -Eq.)	burden of ...		burden of ...	
微粒子	...regeneration	0,83	...treatment	0,66
	subst. base oil standard	3,14	...subst. light fuel oil	1,36
	subst. base oil advanced	3,41		

表 3-2⁷⁾の地球温暖化係数(GWP : Global Warming Potential)に着目すると、図 3-7 の「使用済み潤滑油からの基油再生(recovery system)」で、1Mg(=1 トン)の使用済み潤滑油からの再生基油を製造する場合の GWP100 は表 3-2⁷⁾から 412 kg CO₂-Eq である。一方、図 3-7 の「原油からのバージン基油製造(substituted equivalent system)」で原油から通常 VI 基油(Group I)基油を製造する場合の GWP100 は 830 kg CO₂-Eq である。したがって、1Mg(=1 トン)の使用済み潤滑油あたり基油再生のほうが 412-830 = -418 kg CO₂-Eq の削減となるとしている。

表 3-2 に示す IFEU のデータで試算すると、第 4 節第 2 項で述べる使用済み潤滑油 20 万 kL(≒20 万トン)から再生基油を製造した場合、バージンの原油から通常 VI 基油(Group I)基油を製造する場合と比較し、8 万トンの CO₂ の削減となる。

図 3-10 に、表 3-2 のデータを用いて「使用済み潤滑油からの基油再生」と「使用済み潤滑油の燃料への利用」の地球温暖化係数を計算し比較した例を引用する 7)。

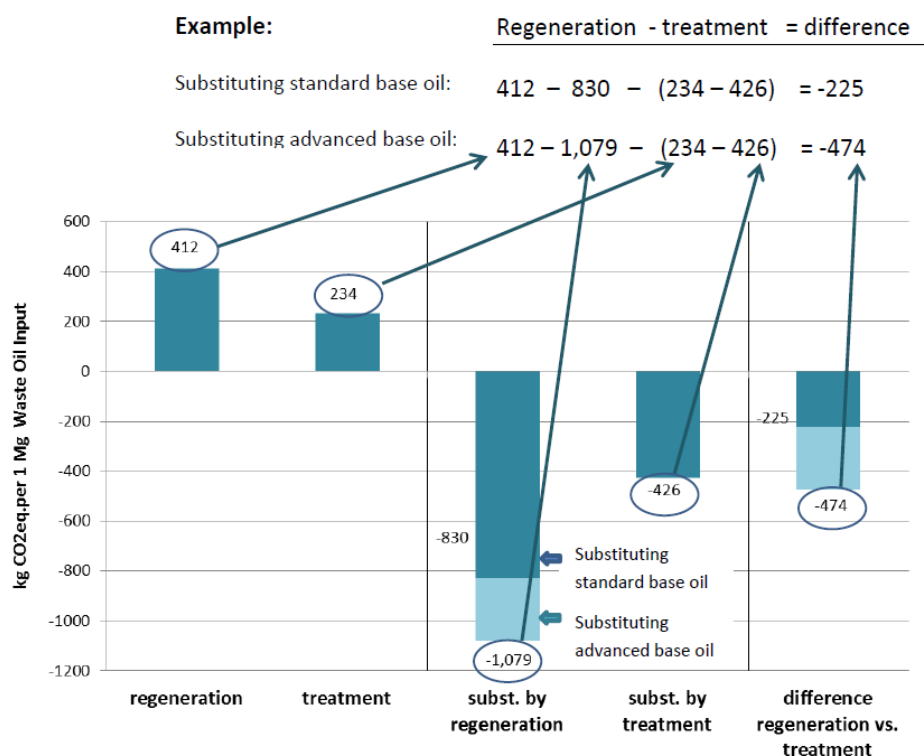


図 3-10. 基油再生と燃料油への処理の違いを分析するための影響評価の例(出典 文献 7)

図 3-7 に示すスキームにおいて：

使用済み潤滑油からの基油再生	=412kg CO ₂ -Eq/Mg
原油からの通常 VI バージン基油(Group I)製造	=830kg CO ₂ -Eq/Mg
差	=- 418 kgCO ₂ -Eq/Mg (1)

図 3-9 に示すスキームにおいて：

使用済み潤滑油の燃料への利用	=234kg CO ₂ -Eq/Mg
原油や石炭からの燃料製造	=426kg CO ₂ -Eq/Mg
差	=- 192 kgCO ₂ -Eq/Mg (2)
(1)-(2)	=- 225 kgCO ₂ -Eq/Mg

表 3-2 に示す IFEU のデータで試算すると、第 4 節第 2 項で述べる使用済み潤滑油 20 万 kL(≒20 万トン)から通常 VI 基油(Group I)基油を製造する場合、使用済み潤滑油を燃料として利用した場合と比較し、4.5 万トンの CO₂ の削減となる。

図 3-11 は各カテゴリでの影響差について「通常 VI 基油での差」を 1 としてノーマライズしたもので、すべての影響カテゴリーで「使用済み潤滑油からの基油再生」が「使用済み潤滑油の燃料への利用」よりも有利であるとしている⁷⁾。

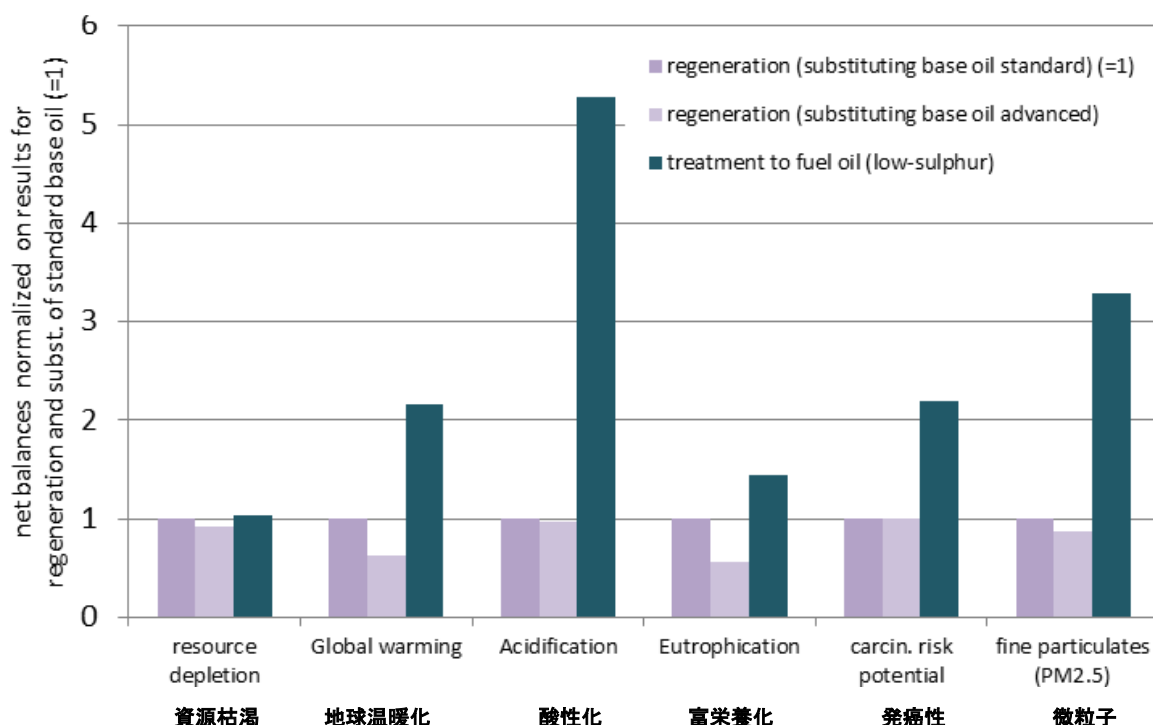


図 3-11. 使用済み潤滑油からの基油再生と燃料への利用の比較
(基油再生=1) (文献 7 の一部に和訳を追加)

第3節 我が国における基油再生の可能性

1. 我が国、米国および EU の潤滑油リサイクルの比較

前報⁴⁾および第 1 章の成果から、我が国と米国および EU の潤滑油リサイクルの概要を比較し表 3-3 に示す。

表 3-3. 我が国、米国および EU の潤滑油リサイクルの比較

項目	我が国	米国	EU
基油再生以前	使用済み潤滑油は適切に処理	使用済み潤滑油が適切に処分されておらず、環境汚染が引き起こされていた。	使用済み潤滑油が適切に処分されておらず、環境汚染が引き起こされていた。
使用済み潤滑油の回収	①2019 年度、使用済み潤滑油排出量 73 万 kL のうち、60 万 kL が回収された。そのうち、使用済み潤滑油再生工場で 56 万 kL が処理され再生重油が 53 万 kL 生産された。 ②回収・製造インフラ(油種別保管、油種別回収、油種別貯蔵、基油製造)が構築されていない。	①使用済み潤滑油の推定発生量のうち、平均して 350 万 kL(67%)がここ 10 年間毎年回収され、再生基油製造などの工程に回される原材料は、回収量の 50%、我が国の再生重油に相当する加工燃料には 40%使用される。10%は加工せずに直接利用(燃料、潤滑油、その他原料)される。 ②使用済み潤滑油の推定発生量の中で、ごく一部は自家燃料等に使用することを許可されているが、それ以外のほとんどは回収業者によって回収される。 ③全米 50 州に、州または地方団体の運営する使用済み潤滑油回収場所があり、ここでは小規模の回収業者が収集作業にあたっている。州によって違うが、州、郡などで助成金制度を設け、消費税を回収の助成金に充てているところもある。 ④米国には 350～400 の使用済み潤滑油回収業者が存在するが、その多くは小規模企業で、企業数字は流動的であり、大手再精製会社数社でほとんどの使用済み潤滑油を効率的に回収している。	①毎年回収される使用済み潤滑油は、170 万 kL で、排出者への教育システムや回収業者・潤滑油製造業者・政府関係者によるコンソーシアムが設立されるなど組織が充実しており、回収率が我が国と同様に 82%と非常に高いレベルで推移し、毎年この比率も上昇傾向にある。 ②EU の使用済み潤滑油回収業者は、ISO9001 品質認証と ISO14001 環境認証または EMAS、および「ホワイトリスト」または「合法性評価」に属する倫理認証の両面で、適切な資格を持つ必要がある。 ③イタリアでは、CONOU という使用済み潤滑油の回収システムを管理するコンソーシアムがあり、回収業者は CONOU の認証を得ないと回収することはできない。また、潤滑油製造会社は、CONOU におよそ 150 ユーロ/kg を入金することになっており、この収入で回収業者と再製業者に助成金を出している。 ④EU 関係幹部は、我が国が早期に再生基油を製造し、潤滑油業界が、サーキュラーエコノミーを回すためには、イタリアの CONOU の仕組みを学び、導入することを強く勧めている。
再生基油の製造	国内での再生基油の製造はない	①2018 年に、回収された 356 万 kL の使用済み潤滑油のうち、109 万 kL(31%)が潤滑油基油として再精製された。 ②米国で現在稼働している使用済み潤滑油再精製企業は 12 ある。 ③米国で基油を生産し稼働中の使用済み潤滑油基油精製工場は 13 か所ある。最も大きいところ 6 か所を合わせると米国全体の再生基油製造の 89%を占める。インディアナ州にある 2 つの巨大な再精製工場だけで、米国の再生基油のおよそ半分を占める。	①2017 年に、回収された 170 万 kL の使用済み潤滑油のうち 111 万 kL(65%)が潤滑油基油を生産するために再精製された。この数字は年々増加傾向にあり、EU のサーキュラーエコノミーのレベルの高さを表している ②EU で現在稼働している使用済み潤滑油再精製企業は 24 社で、工場は 28 ある。 ③EU は、使用済み潤滑油の再精製では最も歴史が古く、精製方法も欧州から伝播して世界に広まった。AVISTA、PURAGLOBE、ITELYUM などの製造技術が最先端にある。

項目	我が国	米国	EU
再生基油を用いた潤滑油の製造・販売	使用済み潤滑油再生工場 56 万 kL の内、離型剤 2 千 kL が生産されている。	①API 基油分類に合致していれば、再生基油も原油由来のバージン基油と同様に取り扱われている。 ②サーキュラーエコノミーを推進するために、22 の州でリサイクル品を優先的に購入するプログラムがある。 ③再生基油の価格は、原油由来のバージン基油と比較して、Group I、II で 95%、Group III ではほとんど変わらない価格で販売されている。近年再精製した Group III 基油が日系を含む多くの自動車用エンジン油に採用されている。 ④連邦政府機関や一部の州では、再生基油が含まれる潤滑油を購入するプログラムもある。	①API 基油分類に合致していれば、原油由来の基油と同様に潤滑油基油として使用でき、あらゆる種類の潤滑油に採用されている。ここ数年は、品質も価格も原油由来のバージン基油と遜色ないと言われ、Group III 基油に至っては、自動車用エンジン油の基材として積極的に採用されるようになった。 ②カーボンフットプリントを減らすことが各企業に今後義務づけられることを考慮して、近年、積極的に再生基油を使用した潤滑油が採用され始めている。 ③EU 全体の潤滑油に使用される基油の 13% は再生基油が使用され、イタリアでは 30% の再生基油が使用されているなど、EU 全体で、温室効果ガスの排出量が少ない再生基油へシフトする傾向が強まってきた。
再生基油に関する法整備	再生基油に関する法整備はない。なお使用済み潤滑油については、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(廃掃法)によって適切に管理されている。	①EPA は 1980 年にリサイクルリング法案を可決後、1992 年に使用済み潤滑油管理基準を制定した。 ②包括的調達ガイドライン(CPG: Comprehensive Procurement Guideline)により米国のさまざまな機関は、再生基油を用いた潤滑油の使用が義務づけられている。 ③資源保護回収法セッション 6002 では、可能な限り廃棄物の再利用(法的購入義務含む)を求められ、大統領令(EO13101 など)により、今後さらに廃棄物の極小化とリサイクル製品の拡大が求められていくことになる。	廃棄物碎組み指令が最も重要な法律で、使用済み潤滑油の取り扱いを明確にしている。欧州は、再生基油を中心としたリサイクル体制整備が最も重要で、加工燃料(我が国の再生重油に相当)の製造は温室効果ガスの排出量が再生基油製造するケースと比較して明らかに大きいので、極力製造しないよう指導されている。 ①使用済み潤滑油は、その用途(再精製、加工燃料、廃棄等)に基づき、別々に収集する。 ②使用済み潤滑油は、再生基油製造を最優先する(あるいは再精製と同等またはそれ以上の全体的な環境結果をもたらす他のリサイクルを優先して処理し、再生基油に不適の場合は加工燃料とする)。 ③使用済み潤滑油に他の廃棄物などと混合したもので、再生基油製造または別のリサイクル操作を妨げることになる場合は、混合はしてはいけない。 欧州の場合、使用済み潤滑油は回収するときから再精製するところまで、細かなルールが規定されており、できるだけ再生基油製造を目指し、加工燃料およびその他製品は製造しないよう努力義務が課されている。

前報⁴⁾の全国オイルリサイクル協同組合に対するヒアリングの結果および資源エネルギー統計⁸⁾から推計した 2019 年度の我が国の潤滑油のリサイクルフロー、米国エネルギー省(DOE)の報告⁵⁾から計算した 2017 年度の米国の潤滑油リサイクルフロー、および

GEIR のヒアリングの結果をもとに計算した 2018 年の EU のリサイクルフローを比較し図 3-12 に示す。

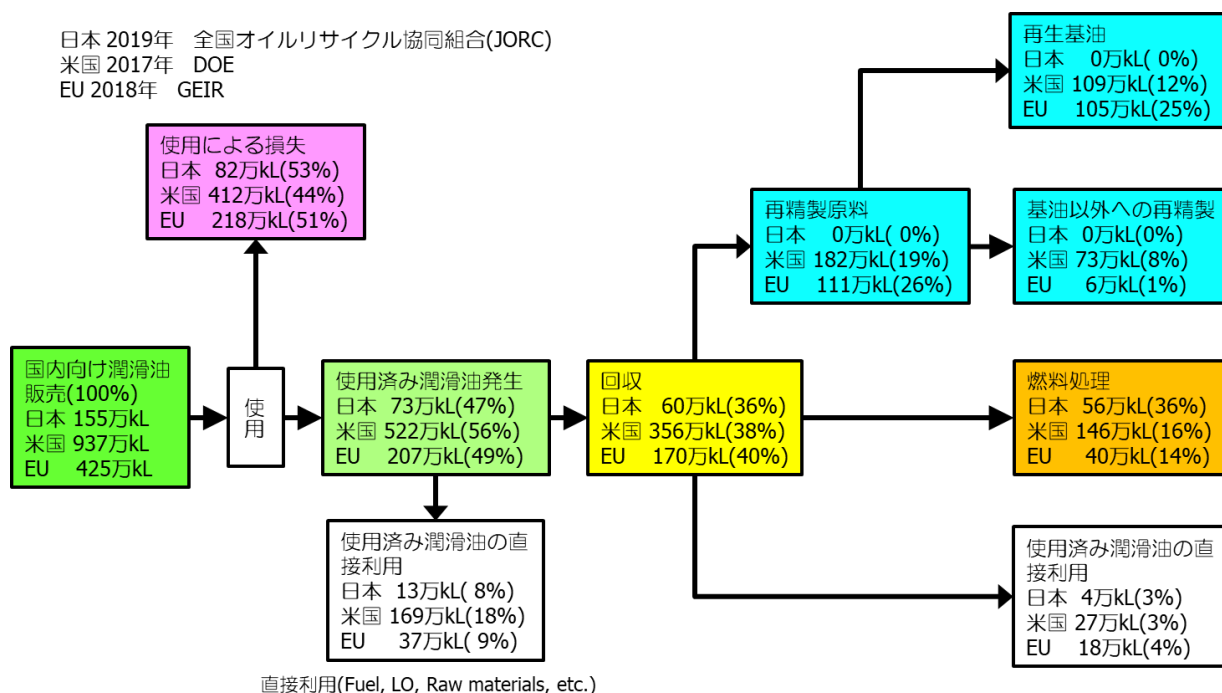


図 3-12. 我が国、米国および EU の潤滑油リサイクルフローの比較(万 kL/year)
 (文献 4、5 および GEIR へのヒアリングを基に作成)

図 3-12 から、我が国では販売された潤滑油、155 万 kL の半分は使用中に消費されたり、燃焼したりして失われるが、残りの半分、73 万 kL は使用済み潤滑油として排出される。そのうちの一部が自家燃料等として使用されが、残りの 60 万 kL が回収され、そのほとんど(56 万 kL)が再生重油製造工場で処理され、53 万 kL が再生重油として燃料に利用されている。直接利用の 4 万 kL は離型剤等に利用されている。一方米国では、潤滑油販売量、937 万 kL の 12%にあたる 109 万 kL の使用済み潤滑油を再精製して再生基油を製造している。この 12%を我が国の潤滑油の年間販売量、155 万 kL に適用すると、使用済み潤滑油、約 20 万 kL を再精製している規模となる。

2. 北米における基油再生

図 3-12 に示すように米国では年間で 356 万 kL の使用済み潤滑油が回収され、回収量の 31%にあたる 109 万 kL が再精製されて再生基油となっている。この再精製は 12 企業の 13 工場で行われている。米国は我が国と同様、2007 年以前は、再生燃料の製造が

メインであったが、2008 年から、原油価格の高騰等により再生基油の比率が上昇し、現在、基油再生は使用済み潤滑油の再生がメインとなっている⁴⁾。

北米の潤滑油製造事業者や使用済み潤滑油リサイクル事業者等に対するヒアリング調査では、政策的にインセンティブを出す方策をとれば、使用済み潤滑油回収業者は積極的に回収作業を行い、回収率が向上し、不法投棄が減少するという意見がある。また、PCB については、PCB の計測器等を安価で誰にでも扱えるようにしないと、潜在的に不安要素が残り、もし使用済み潤滑油に PCB の混入が認められると、その時点で責任問題が生じるため、現場はリスクを恐れ、使用済み潤滑油の回収率低下にもつながることを訴えている⁴⁾。

3. 欧州における基油再生

図 3-12 に示すように EU では 170 万 kL の使用済み潤滑油が回収され、105 万 kL が再生基油になっている。回収された使用済み潤滑油の 62%が再生基油になっており、北米を大幅に上回っている。EU では、回収した使用済み潤滑油は再生基油の原料として使用されるか加工燃料になるが、再生基油製造量が加工燃料をかなり上回り、加工燃料は CO₂ 排出量削減のために使用削減するよう指導されている。EU の再生基油製造は 24 企業で、28 工場ある。工場は、操業 30 年以上のものから最新の工場までであるが、古い工場でも改修や設備増強を繰り返し、現在各社で生産されている基油の品質は、原油由来の基油と遜色ないレベルに達している。再精製された基油は、特定の潤滑油に利用されているわけではなく、すべての潤滑油の基油として生産され、基油の種類も Group I から Group III まで多岐にわたっている。使用済み潤滑油の再精製技術は、ドイツ AVISTA が最も古くから技術を保有しており、イタリアの ITELYUM が買収した VISCOLUBE が世界に普及させ、ドイツ PURAGLOBE が、最新鋭の製造技術を開発するなど、長年の間に欧州発祥の技術が広まりつつある。従来は、圧倒的に Group I 基油への再精製が多かったが、Group I、II 基油の価格は低く、使用済み潤滑油から Group III 基油への再精製比率が高くなりつつある。AVISTA、PURAGLOBE は北米で Group III 基油の製造も始めており、カーボンフットプリント削減のために、欧米の自動車産業を中心にこの Group III 基油を採用し始めている。

4. 我が国における潤滑油への再生基油の適用の可能性

前報⁴⁾および第 2 章の成果から、我が国における潤滑油への再生基油の適用の可能性は次のとおりである。

4.1 再生基油のエンジン油への適用の可能性

前報⁴⁾の結果から、入手した再生基油により、API SL クラスのガソリンエンジン油および日本自動車規格(JASO: Japanese Automobile Standards Organization) JASO DH-2 クラスのディーゼルエンジン油の規定に合格できるエンジン油を作成できる見込みが立った。前報⁴⁾で評価できなかったベンチ試験およびエンジン試験に、既存の添加剤パッケージそのものあるいは若干の改良により合格できれば、本事業で入手した再生基油により API SL クラスのガソリンエンジン油および JASO DH-2 クラスのディーゼルエンジン油の製造が可能であろう。

しかしながら、カーボンニュートラルの実現に向けて、市場にあるガソリンエンジン車の燃費維持は重要であり、JASO GLV-1、あるいは ILSAC GF-6 といった現在の最新のエンジン油規格に再生基油を適用させるには、PURAGLOBE 社が採用している 2 段水素化処理などによる Group III 基油の製造が必要となる。

4.2 再生基油の工業用油への適用の可能性

本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した加工油および機械油と同等の性能を有する加工油および機械油(油圧作動油)を製造できる見込みが立った。しかしながら、加工油のための種々の粘度グレードの再生基油、その原料となる使用済み潤滑油をどのように入手していくのか今後さらに検討が必要である。

第4節 今後の我が国の潤滑油を取り巻く状況

本節では国内で使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムについて検討するにあたり、まず、今後の我が国の潤滑油を取り巻く状況について次のように考察した。

1. 今後の潤滑油の需要想定

1.1 現在の潤滑油製品の構成

新型コロナウイルス感染症流行以前の 2019 年の我が国の潤滑油製品の品種別、販売および在庫量を図 3-13 に示す⁸⁾。

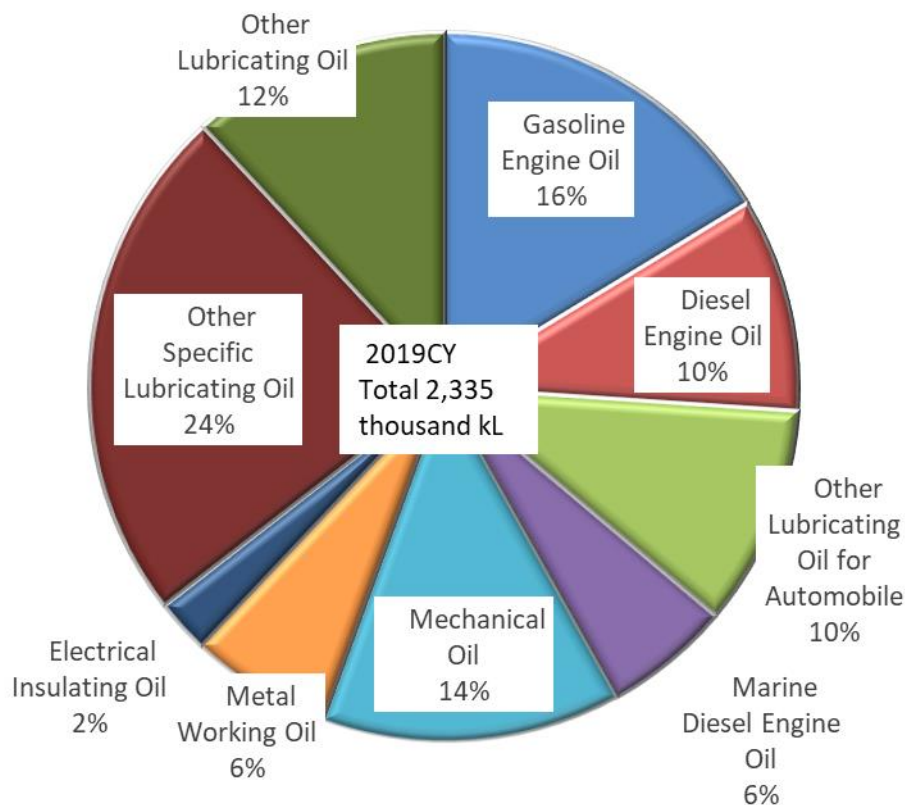


図 3-13. 我が国の潤滑油製品の品種別・販売および在庫(2019 年)
(文献 8 から作成)

図 3-13 から、我が国では、ガソリンエンジン油、ディーゼルエンジン油など車両用潤滑油が潤滑油製品全体の 4 割を占めている。その他は、船用エンジン油、機械油などが 6 割となっている。

1.2 ガソリンエンジン油

「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」³⁾では「2035 年までに、電動車(電気自動車、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車およびハイブリッド自動車)の乗用車新車販売、100%を実現できるよう、包括的な措置を講じる。」としている。国際エネルギー機関(IEA : International Energy Agency)は Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector⁹⁾において、乗用車(Light-duty vehicle)の新車売上げに対する電池電気自動車、プラグインハイブリッド車および燃料電池電気自動車の世界シェアは 2050 年にはほぼ 100%にすべきとしている。しかし、環境に有害なのは ICE ではなく、化石燃料である。e-fuel 等のカーボンニュートラルな燃料を導入すれば、HEV など ICE 搭載車両の活用が今後も可能である。しかし、

カーボンニュートラルな燃料の導入が遅れば、HEV を含む ICE を搭載する車両の数は徐々に減少し、ガソリンエンジン油の需要は減少傾向となることが想定される。

1.3 ディーゼルエンジン油

「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」⁹⁾では商用車について、8 トン以下の小型の車については、2030 年までに新車販売で電動車 20 から 30%、2040 年までに新車販売で電動車と合成燃料等の脱炭素燃料の利用に適した車両で合わせて 100%を目指し、車両の導入やインフラ整備の促進等の包括的な措置を講じる。8 トン超の大型の車については、貨物・旅客事業等の商用用途に適する電動車の開発・利用促進に向けた技術実証を進めつつ、2020 年代に 5,000 台の先行導入を目指す」としている。IEA は大型トラック(Heavy Truck)の電動化は、バッテリーの重量、充電に必要な高エネルギーと電力、および動力伝達範囲の制限により、乗用車よりゆっくりとした移行となるとしている⁹⁾。したがって、ディーゼルエンジン油の需要減少はガソリンエンジン油より遅いが、徐々に減少傾向となることが想定される。

1.4 工業用潤滑油およびその他の潤滑油

工業用潤滑油およびその他の潤滑油については、摩擦低減による省エネルギーを促進し、カーボンニュートラルに寄与するためにその安定供給を確保しなければならない。

2. 今後の基油の想定

2.1 カーボンニュートラルな基油の供給

現在の製油所は、化石燃料である原油を精製し、ガソリンや軽油などの燃料や化学製品の原料といった石油製品を生産している。その石油精製の一部としてバージンの鉱油系基油が生産されている。石油連盟は、図 3-14 に示すように、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、将来の製油所では、既存設備の活用に加えて必要な精製プロセスの改造なども図りながら、CO₂フリー水素、回収 CO₂、バイオマス、廃棄プラスチックなども原料として「カーボンニュートラルな燃料・化学製品」などを製造する拠点に転換していくことを目指すとしている¹⁰⁾。

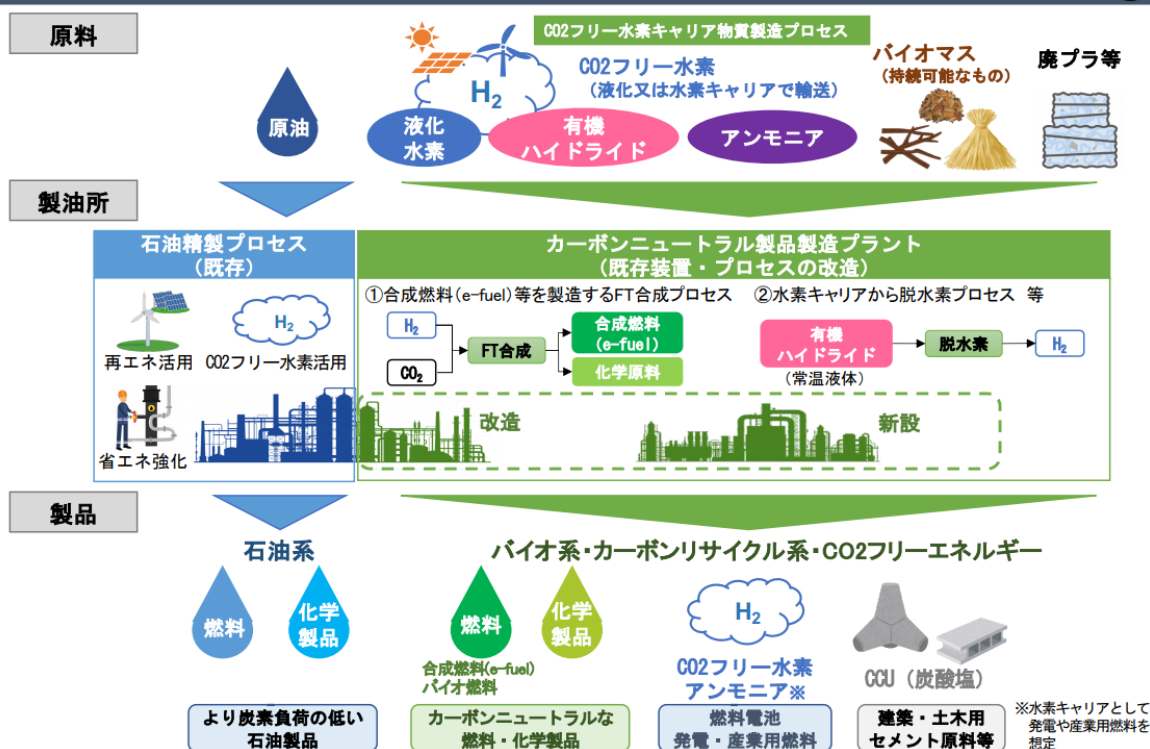


図 3-14. カーボンニュートラル実現する製油所の将来像(出典 文献 10)

そこで、今後も、化石燃料である原油から製造されるバージンの鉱油系基油の供給は減少するものの、これに代わるカーボンニュートラルな基油がひきつづき供給されるものと想定した。

生分解性潤滑油など一部の潤滑油では、すでに植物油などのカーボンニュートラルな基油が導入されているが、すべての潤滑油製品の基油を植物油に置き換えることは、量的にも、おそらく潤滑油製品の性能的にも難しい。

すでに Novvi 社は、植物由来の原料を利用してカーボンニュートラルな Group III 基油、SynNova を製造しており、2021 年 11 月に Chevron Products 社はこれを使用した再生可能フル合成 PCMO を発表している¹¹⁾。また、Neste 社の NEXBASE 4+基油はローカーボンフットプリント(Low Carbon footprint)の Group III+の基油であり、60%以上が再生可能な原料から製造されている¹²⁾。今後はこのようなカーボンニュートラルな基油の一層の普及が待たれる。

2.2 基油再生による基油の供給想定

1) 我が国における使用済み潤滑油からの基油再生

米国や EU では使用済み潤滑油の不適切な処分による深刻な環境汚染をきっかけに使用済み潤滑油からの基油再生が始まった。一方、我が国では使用済み潤滑油は適切に処理されており、環境問題は発生していない。しかし、我が国においても図 3-15 に示すように使用済み潤滑油からの基油再生は、地球温暖化防止の観点および基油原料の多様化の観点から必要と考える。

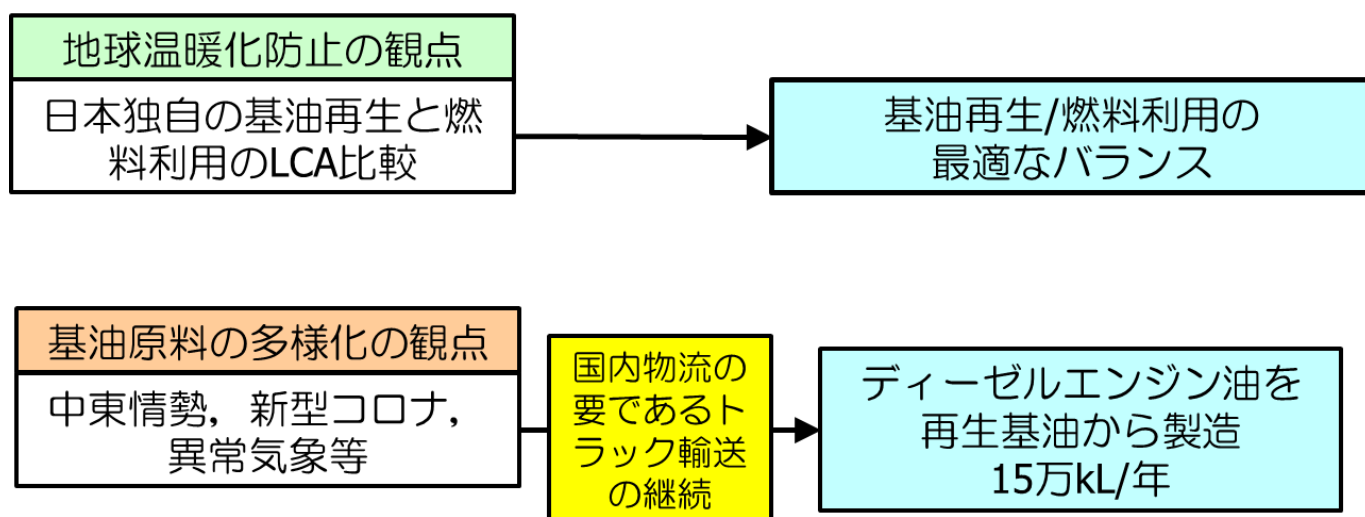


図 3-15. 我が国における使用済み潤滑油からの基油再生

2) 地球温暖化防止の観点

地球温暖化の観点からは、我が国の状況に合わせた LCA を実施し、その結果から基油再生と燃料利用の最適なバランスを目指して基油再生を進めていくことが望ましい。「第 2 節潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント」で述べたように、LCA の結果は種々の要因で変化する。したがって、わが国独自の LCA が必要だろう。

3) 基油原料の多様化の観点

基油原料の多様化の観点からは国内の物流を確保するために必要なディーゼルエンジン油 15 万 kL を製造するために必要な基油を、20 万 kL の使用済み潤滑油を再精製した再生基油 14 万 kL で賄う規模程度と想定する。

なお第 5 節の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムではこの規模を想定することにした。この使用済み潤滑油、20 万 kL は 2019 年の我が国の潤滑油の国内販売量 155 万 kL の 13%に相当し、図 3-12 に示した米国の国内向け潤滑油の

販売量、957 万 kL に対する使用済み潤滑油の基油への再精製の割合 12%とほぼ同等の割合であり、我が国がめざすべき基油再生の割合として妥当な水準と考える。

第5節 基油再生に取り組む上で実現すべき社会システム

本節では国内において「使用済み潤滑油の回収→基油への再生→再生基油を用いた潤滑油の製造」というサイクルを社会システム化するための課題およびその対策を整理し、国内で使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムについて検討したので報告する。

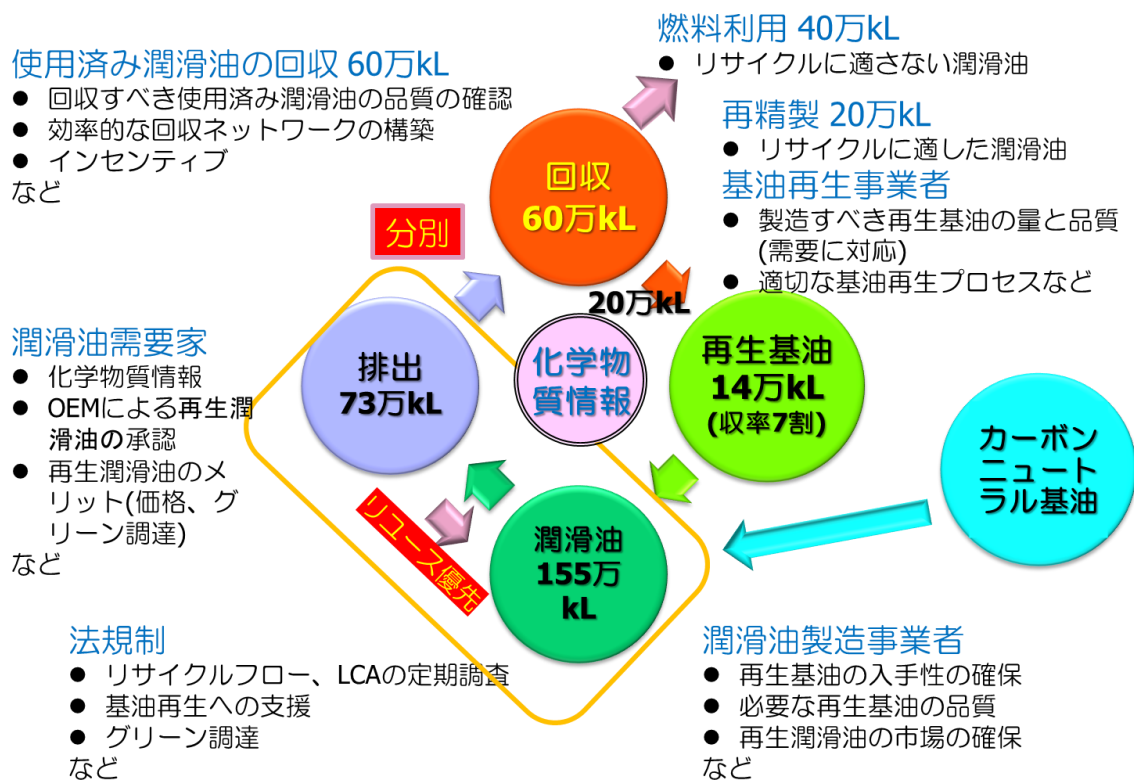


図 3-16. 国内で使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムの概要

1. 使用済み潤滑油の分別

水分、塵埃、摩耗粉、植物油などの異物を大量に含む使用済み潤滑油からの基油再生は、複雑な再生工程が必要となり、環境負荷も大きくなり、経済的にも負担は大きくなるだろう。また、反対に異物の混入が少なければ比較的簡単な再生工程で、使用済み潤滑油を効率よくリユースできる。すなわち、使用済み潤滑油に含まれる異物の量や質に

よって、適するリサイクル方法が異なる。したがって、潤滑油需要家における使用済み潤滑油の分別が重要である。今後需要家における分別の基準や方法について、「使用済み潤滑油の回収→基油への再生→再生基油を用いた潤滑油の製造」というサイクル全体を見渡して適切なシステムを作ることが望ましい。

1.1 比較的異物の混入が少ない使用済み潤滑油はリユース

使用済み油圧作動油は比較的異物混入が少ないため、我が国では使用済み油圧作動油の一部が潤滑油メーカーにより淨油等により再生され、再度同じ工場で使用している。この、不純物除去等により素材として再利用する、クローズドループによる油圧作動油などのリユースは環境負荷も少なく、経済的であり、潤滑油のリサイクルとして今後とも推進すべきだろう。

1.2 比較的異物混入の多い使用済み潤滑油は燃料利用

使用済み加工油などには金属粉が多く混入するため、複雑な再生工程が必要となり、経済的にも環境的にも基油再生には向いていない。したがって、これらの使用済み油は再生重油などの燃料として用いることが適当だろう。

1.3 使用済みエンジン油は基油再生

2013 年度に潤滑油協会が実施した調査では図 3-17 に示すように、我が国では使用済みエンジン油などの車両用潤滑油の 6 割は、ディーラーや整備工場で回収され¹³⁾、主に使用済み潤滑油回収事業者が再生重油に加工し、燃料として利用している。現在、基油再生は行われていないが、今後はこれらの使用済みエンジン油からの基油再生が期待される。

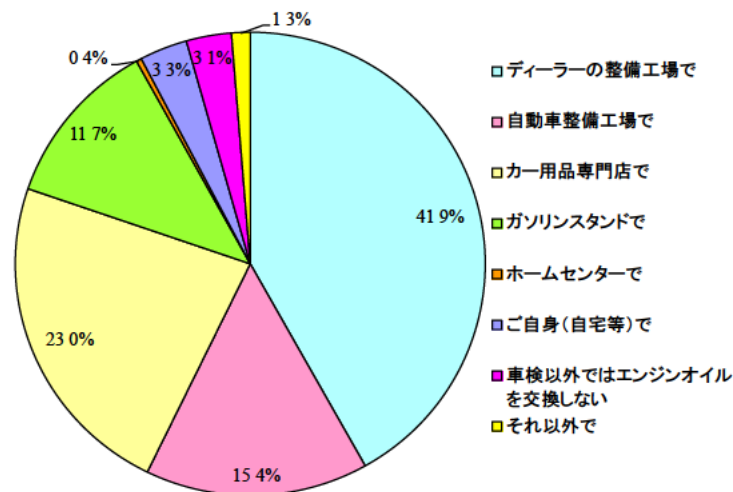


図 3-17. 我が国におけるエンジン油の交換場所(出典 文献 13)

2. 使用済み潤滑油の回収

使用済み潤滑油の回収において、今後次のようなシステムについて検討することが望ましい。

- 基油に再生する場合であっても、基油再生を環境にやさしく、かつ経済的に実施するにはできるだけ異物の混入の少ない使用済み潤滑油を原料にする必要がある。我が国では、過去に塩素分を現場で調べるため、簡易的に識別する方法が開発された。その後、塩素分については、排出者が分別を徹底することでほぼ解消されたが、塩素分以外の異物や性状等については、現在、現場で簡単に判別できる方法はないため、使用済み潤滑油を分別回収する際に、現場でその回収油の品質を簡単に判断できる方法と基準が必要である。
- 日本では PCB は適切に処理されているが、米国では PCB の混入を効率的に防止する手法についても検討しており、今後我が国でも参考になるだろう。
- 現在我が国では、使用済み潤滑油は混合回収して再生重油として利用されているため、各社が個々に回収を行っており、ネットワークは構築されていない。今後、分別回収された使用済み潤滑油について、異なる油種や異物の混入を防止しながら再精製装置まで輸送するとなると、いくつかの回収拠点を経て輸送することになるため、しっかりしたネットワークを構築する必要があると考えられる。欧米の例を参考に、回収率を上げるための収集運搬規則や回収システムを作ることが必要である。

- 使用済み潤滑油の長距離の運送はコスト増につながるため、使用済み潤滑油は地域ごとに、使用済み潤滑油を国内で分散して処理するシステムが必要である。全国を例えば、東日本、中日本、西日本の3地域に分けて地域ごとに使用済みエンジン油を回収してはどうだろうか。既存の、例えば全国オイルリサイクル協同組合などがこれにあたってもよいだろう。
- 分別回収を徹底するには、回収事業者の廃油タンクの増設や、異物混入を避けるため、ローリーを別途手配する必要および回収人員の増加等、回収コストが大幅に上昇することが予想される。また、使用済み潤滑油を再精製装置で処理して再生基油を製造する場合、排出者に依頼して、エンジン油と他のオイルを分別保管する必要がある。また、タンクを別途用意する必要や異物混入の予防措置等、排出者にも負担がかかる。よって、使用済み潤滑油の分別排出・回収を徹底するには、使用済み潤滑油の回収事業者や排出者に対する何らかのインセンティブが必要である。
- 表3-4に、日本と国土面積が比較的近く、欧州随一の再生基油使用比率(30%)を有するイタリアと日本での使用済み潤滑油の回収と再生基油製造に関する比較を示す。イタリアで実施されているコンソーシアムは日本においても参考になると考えられる。国内の事業者からも「国の支援やいろいろな業界とのコンソーシアムの設立が必要で、一社とか一業界団体でできることではないと考えており、将来的には潤滑油業界とともにコンソーシアムを立ち上げ、基油再生という事業についても一つの選択肢として取り組んでいきたい」とのコメントがある。

表 3-4. 使用済み潤滑油のリサイクル 我が国とイタリアの比較

	我が国	イタリア
国土面積	37.8 万平方 km	29.4 万平方 km
再生基油製造能力	なし	3 社、4 工場(Group I:124 千トン/年, Group II:40 千トン/年)
再生基油製造実績	なし	109 千トン[2020 年](収率: 64%) $\approx$ 130 千 kL
使用済み潤滑油の回収実績	600 千 kL[2019 年]	171 千トン[2020 年] $\approx$ 199 千 kL
使用済み潤滑油の回収システム	国内には大小およそ 80 社近くの使用済み潤滑油回収・再生リサイクル事業者が活動しており、 使用済み潤滑油回収のインフラはすでに全国的に網羅されている 。回収先は各種工場、ガソリンスタンド、カーディーラー、自動車整備場、カーショップ、解体工場などである。回収の単位は実に細かく、ペール缶、ドラム缶、使用済み潤滑油専用タンク、使用済み潤滑油専用地下タンク、機械装置の潤滑油タンクなどから回収専用の平ボディトラック、ローリー車、バキューム車(2~4 トン)、ダンパー車などで定期またはスポットで使用済み潤滑油排出者からの要請に対応して回収されている。使用済み潤滑油再生事業者が回収している使用済み潤滑油の油種別割合を調査(49 社の回答)した結果、自動車用潤滑油を中心に回収が行われていることがわかる。工業用潤滑油の回収で注意が必要なのは塩素系の潤滑油である。塩素の含まれている潤滑油は燃焼条件によりダイオキシンが発生する恐れがあることから経済産業省からの指導もあり、潤滑油関連団体として塩素系の添加剤を控えて他のものに代替するように指導を行ってきた。使用済み潤滑油再生業界でも同様に回収時の塩素分のチェックを徹底し、排出者には塩素系の使用済み潤滑油を分別保管するよう指導を行ってきた ¹⁵⁾ 。	CONOU は、使用済み潤滑油の管理、収集、および処理のためのコンソーシアムである。 官民連携の欧州で最も優れた使用済み潤滑油の回収システムを持つ団体 で、4 つの省庁(経済開発省、経済財政省、環境省、保健省)は、コンソーシアムの統治機関(監査役会)に独自の代表者を置いているが、管理責任は私的なものとなっている。コンソーシアムは、主に再生産業向けの使用済み潤滑油をイタリア全土で確実に収集することと共に、使用済み潤滑油の正しい管理に関する情報発信などにも取り組んでいる。CONOU は、国土全体に存在する独立した回収業者による回収ネットワークを利用している。これらは民間企業であり、所轄官庁によって所有者(工場、サービスステーション、自動車修理業者など)から使用済み潤滑油を回収し、倉庫に保管することが許可されている。使用済み潤滑油の回収は、回収業者等を介して実行され、デポに保管されると、使用済み潤滑油が分析され品質が確定した段階で、正しい処理方法が決定される。 使用済み潤滑油は無料で回収され、回収業者が負担する回収費用は、コンソーシアムが負担する。
回収油の内訳	自動車用 62%、工業用 24%、船用 9%、絶縁油 5% ¹⁵⁾ 、2019 年の回収油量 600 千 kL に適用すると、自動車用 372 千 kL、工業用 144 千 kL、船用 54 千 kL、絶縁油 30 千 kL となる。	不明
再生基油製造システム	なし	回収した使用済み潤滑油は、CONOU により適切に分別され、コンソーシアムの再精製工場に送られる。送られてきた使用済み潤滑油は、最初に CONOU で分析し、合格すれば、基油に再精製され、潤滑油として再利用される。CONOU はまた、再精製会社に経済的に配慮し(legge 166 del 20/11/2009)、再生基油を市場価格で販売可能としている。 潤滑油製造会社は、CONOU におよそ 150 ユーロ/トンを 1 キログラム単位で入金することになっており、この収入で回収業者と再製業者に助成金を出している。

3. 基油再生事業

3.1 我が国に適した再生基油製造工程

第 2 章で述べたように、基油の再精製の方法は大きく 2 種類に分類できる。ひとつは、水分や軽質油分除去、脱アスファルトなどの前処理に続き、主に溶剤精製により基油を再精製する方法であり、もうひとつは、前処理工程の後に水素化精製により再精製する方法である。前者は比較的低コストの設備であり API Group I 基油が製造可

能である。一方、後者は水素化精製の設備が必要で高コストとなるが、Group II あるいは Group II に近い Group I 基油が製造できる。前報⁴⁾および第 2 章で報告した試作油の評価結果から、本報告の範囲内では添加剤を配合すれば再生基油に残存する硫黄分は API SL や JASO DH-2 クラスのエンジン油や機械油の性能には影響しない可能性が高い。ただし、最新の ILSAC GF-6 クラスの低粘度エンジン油にはより高圧な水素化处理・改質設備による Group III 基油が必要となる。もし将来的に、国内で基油再生を進めていく必要があるとなった場合には、これらを考慮しながら、使用済み潤滑油の前処理工程を含め、今後我が国で必要かつ実現可能な再生方法についてさらに検討し、基油再生プラントの新規建設、あるいは既存石油精製設備の利用による再生基油の生産を検討するのが望ましい。

3.2 再生基油製造事業所の規模と場所

基油再生にあたっては、使用済み潤滑油の回収コストの低減を考えれば、地域ごとの基油再生プラントが望ましい。先述のように、製造する再生基油を 20 万 kL/年とすると、例えば 3 箇所あたりにプラントを作ると 1 か所あたり 7 万 kL/年となる。そのため、潤滑油精製装置を保有している中規模精製会社が好ましく、再生基油製造に前向きな事業者もある。

米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)⁵⁾によれば再精製プラントに必要な投資は、年間容量 1 ガロンあたり 2~3 ドルのオーダーと推定されている。1 か所当たり 7 万 kL/年とすると再精製プラントに必要な投資は、3,700 万から 5,500 万ドル、1 ドル 110 円換算で、40 から 60 億円程度と想定される。また、基油に再精製する直接製造コストは、1 ガロンあたり 0.75 ドルから 1.00 ドルの範囲と見積もられているので、1 か所当たり 7 万 kL/年とすると直接製造コストは、1,300 万から 2,000 万ドル、1 ドル 110 円換算で、15 から 20 億円程度と想定される。もし今後、わが国独自の LCA を実施し、その結果から基油再生と燃料利用の最適なバランスを目指して、国内で早急に基油再生を進めていく必要があるとなった場合には、個社での取り組みに加え、関連する団体の協力や国などからの支援が必要になるものと考えられる。

4. 潤滑油製造業

我が国では一部の潤滑油製造事業者において工業用潤滑油のリユースを実施しており、これを今後も継続することが望ましい。さらに、今後は再生基油を用いた再生潤滑油の

製造も必要となるだろう。潤滑油製造事業者における再生基油の利用を促進するために、今後必要なシステムは次のとおり。

- 必要な量と品質の再生基油を継続的に入手できる再生基油の回収、再精製体制を確保する必要がある。
- 再生基油を用いて製造した潤滑油を受け入れる市場を確保する。そのために再生基油を用いた再生潤滑油の官民需要家での利用を促進することが望ましい。

5. 潤滑油需要家

我が国では現在再生基油を用いた再生潤滑油は、ほとんど流通していない。需要家における再生潤滑油の利用を促進するために、今後検討が必要な点は次のような点が考えられる。

- 基油再生サイクル全体をうまく回していくには「製品含有化学物質情報^{※1}」をいかに伝達していくかが今後の検討課題である。例えば、自動車を海外に輸出する場合、この自動車に使用しているエンジン油は、「自動車といった製品を構成している化学物質」として、成分調査の対象になる。このエンジン油に「再生基油」を使用している場合、再生基油の不純物等に「製品含有化学物質調査」での調査対象となる化学物質が含まれていないことをどのように証明するかといったことが問題になるだろう。さらに、特定の化学構造を有する数多くの物質の存在を、再生基油を使用した潤滑油中に一定基準以下であることを「保証」しなければ輸出できないなどのケースが想定される^{※2}。この問題は、潤滑油に限らず、ゴム材などのすべての再生原料共通の課題である。また現在、海外からの再生基油輸入はほとんど行われていないが、今後、海外から再生基油を輸入して潤滑油を製造するような場合にも、規制対象物質の非含有を確認することが要求される。よって、工業的・商業的に負担の少ない試験法等が確立されることが重要となる。これらのことから、我が国全体での「再生原料の普及」のため、関連団体が協力して、アーティクルマネジメント推進協議会(JAMP : Joint Article Management Promotion-consortium)や自動車工業会等と協議を行う必要があると考える。

※1：例えば、JAMPによる「Chemsherpa(サプライチェーンにおける製品含有化学物質の情報伝達共通スキーム)」など

※2：自動車部品工業会等が実施している「有機フッ素系化合物調査」など

- 再生基油を用いた潤滑油を適用する機械装置の製造事業者(OEM)による再生潤滑油使用の承認と保証が必要である。それらを実現するためには、我が国独自の再生基油の品質規定が必要と考えられる。この規定や運用方法を、例えば、JASO エンジン油普及促進協議会「自動車ディーゼル機関用潤滑油規格の運用マニュアル」¹⁶⁾に盛り込むなどの方策が考えられる。
- 再生基油を用いた潤滑油の需要の確保が必要である。例えば官公庁で再生基油を用いた潤滑油を率先して使用することが望ましい。
- 再生基油を用いた潤滑油の価格やグリーン調達など、需要家の再生潤滑油によるメリットを普及することが望ましい。

6. 我が国における潤滑油リサイクルの推進

米国や EU では使用済み潤滑油の不適切な処分による深刻な環境汚染をきっかけに使用済み潤滑油からの基油再生が始まった。一方、我が国では使用済み潤滑油は適切に処理されており、環境問題は発生していない。そのため、米国や EU で制定されているような基油の再生を促進するような法規制は我が国には存在せず、今後は潤滑油のリサイクルを推進するために次のようなシステムが必要である。

6.1 潤滑油のリサイクルフローおよび LCA 調査の必要性

我が国に適した潤滑油のリサイクルを明確にするためには、米国エネルギー省(DOE)の報告⁵⁾の中で API が提案しているように、我が国でも潤滑油のリサイクルフローを定期的に調査して、適切な潤滑油のリサイクルを促進することが望ましい。

「第 2 節 1. ERM による潤滑油のリサイクルに関する LCA」で記載されているように、使用済み潤滑油の回収率を 74%以上に上げることにより、LCA のすべての影響項目が改善する。我が国の使用済み潤滑油の回収率は図 3-12 によれば 80%を超えており、リサイクルを推進する上で十分な状態にあると考えられる。また、「2. IFEU による潤滑油のリサイクルに関する LCA」では、使用済み潤滑油からの基油再生の方がバージン基油製造に比較して、環境への影響が軽減されることが示されている(表 3-1 参照)。一方、使用済み潤滑油からの基油再生と燃料利用との比較では、酸性化、発癌性リスクを除いて燃料利用の方が環境への影響は少ない(表 3-2)。現在、我が国において使用済み潤滑油から製造されている JIS 適合再生重油は、石灰焼成、セメント焼成、アルミ溶融、製紙工場など主に直火焚き工業炉の燃料として幅広く使用されている。また、温対法では再生重油について廃棄物の有効利用の観点から調整後排出量報告で

算定対象外にできる優遇措置がある。さらに、省エネ法では報告対象外のエネルギーとなっている。現在、再生重油が温対法や省エネ法で評価を受けている状況からも、今後は、基油再生と燃料利用を組み合わせた使用済み潤滑油のリサイクルに関する我が国独自の LCA が必要と考えられる。API は LCA の結果から、市場が再生基油と燃料の両方の使用済み潤滑油の幅広い処理の組合せを開発および維持できるようにする必要があり、再生基油への利用のみといったような、一つだけの使用済み潤滑油の処理ルートを支持するように市場を歪曲してはならないとアドバイスしている。また、DOE が潤滑油のリサイクルに関連する連邦、州、地方の機関、影響を受ける業界および利害関係者と協議し、データを更新して議会に報告している⁵⁾。もし今後、わが国独自の LCA を実施し、その結果から基油再生を進めていく必要があるとなった場合には、今後我が国に基油再生システムを運用するにあたり、DOE の例なども参考にすることが望ましい。

6.2 基油再生への国の支援

諸外国では基油再生への国の支援が実施されている。例えば、イタリアやスペインでは使用済み潤滑油の回収と精製の両方に助成金を提供している。オーストラリアは、回収ではなく精製のみに助成金を支給している。特定のカナダの州やポルトガルなどで回収のみのインセンティブに焦点を当てている⁵⁾。今後、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、わが国における基油再生と燃料利用の最適なバランスを考慮しつつ、国内で早急に基油再生を進めていく必要があるとなった場合には、民間だけでは基油再生を経済的に維持するのは難しいことから、諸外国の例も参考にしながら基油再生を進めていくことが望ましい。

6.3 再生基油の利用を促進するグリーン調達制度

再生基油を用いて製造した潤滑油が上市された場合には、官公庁での再生基油の利用を促進するグリーン調達制度が望まれる。例えば、米国の大統領令、EO13834 “Efficient Federal Operations”¹⁴⁾では、政府機関は再精製された潤滑油を含むリサイクル材料含有の要件を満たす製品を購入しなくてはならないとしている。また、カリフォルニア州は、リサイクルインセンティブシステム、地方自治体および非営利団体への助成金または貸し付けからなる使用済み潤滑油リサイクルプログラムを確立している。

第6節 まとめ

本章では、国内において、「使用済み潤滑油の回収→基油への再生→再生基油を用いた潤滑油の製造」というサイクルを社会システム化するための課題およびその対策を整理し、国内で使用済み潤滑油の基油再生に取り組む上で実現すべき社会システムについて、2050年カーボンニュートラルも見据えた検討を行った。主な成果は次のとおり。

1. 潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント

これまでに報告されている基油再生の地球温暖化への影響を検討した潤滑油のリサイクルに関するライフサイクルアセスメント(LCA : Life Cycle Assessment)の事例を紹介した。API の委託を受け ERM が実施した LCA、および GEIR の委託を受け IFEU が実施した LCA では、設定した LCA のシステム境界の相違などにより、異なる結論が導き出されている。今後のカーボンニュートラルの進捗に伴い、基油再生に必要なエネルギー源もカーボンニュートラル化されたり、比較対象となるバージン基油の製造もカーボンニュートラル化されるなど、LCA を評価するためのさまざまな要因が変化し、LCA の結果が変わる可能性がある。

2. 我が国における基油再生の可能性

- 入手した再生基油により、API SL クラスのガソリンエンジン油および JASO DH-2 クラスのディーゼルエンジン油の規定に合格できるエンジン油を作成できる見込みが立った。しかしながら、カーボンニュートラルの実現に向けて、市場にあるガソリンエンジン車の燃費維持は重要であり、JASO GLV-1、あるいは ILSAC GF-6 といった現在の最新のエンジン油規格に再生基油を適用させるには、PURAGLOBE 社が採用している 2 段水素化処理などによる Group III 基油の製造が必要となる。
- 本報告で入手した再生基油を用いて、バージン基油を用いて調製した加工油および機械油と同等の性能を有する加工油および機械油(油圧作動油)を製造できる見込みが立った。しかしながら、今後は加工油のための種々の粘度グレードの再生基油、その原料となる使用済み潤滑油をどのように入手していくのか検討が必要である。

3. 今後の我が国の潤滑油を取り巻く状況の想定

3.1 今後の潤滑油の需要想定

- 現在我が国では、ガソリンエンジン油、ディーゼルエンジン油など車両用潤滑油が潤滑油製品全体の 4 割を占めている。今後、e-fuel 等のカーボンニュートラルな燃料の導入が遅れれば、HEV など ICE を搭載する車両の数は徐々に減少し、ガソリンエンジン油の需要は減少傾向となることが想定される。
- 一方、ディーゼルエンジン油の需要減少はガソリンエンジン油より遅いが、徐々に減少傾向となることが想定される。
- 工業用潤滑油およびその他の潤滑油については、摩擦低減による省エネルギーを促進し、カーボンニュートラルに寄与するためにその安定供給を確保しなければならない

3.2 今後の基油の想定

- 今後は化石燃料である原油から製造されるバージンの鉱油系基油の供給は減少するものの、これに代わるカーボンニュートラルな基油の供給が考えられる。
- 地球温暖化の観点からは、我が国の状況に合わせた LCA を実施し、その結果から基油再生あるいは燃料利用のどちらに進めるか、あるいはその最適なバランスを目指して基油再生を進めていくことが望ましい。
- 基油原料の多様化の観点からは、異常気象や新型コロナウイルス感染症による基油の輸入の停止、災害時などに国内の物流を確保するために必要なディーゼルエンジン油 15 万 kL の基油を、20 万 kL の使用済み潤滑油を再精製した再生基油 14 万 kL で賄うことを想定した。

4. 基油再生に取り組む上で実現すべき社会システム

4.1 使用済み潤滑油の分別

比較的異物の混入が少ない使用済み潤滑油はリユース、比較的異物混入の多い使用済み潤滑油は燃料利用、使用済みエンジン油は基油再生が適している。したがって、潤滑油需要家における使用済み潤滑油の分別が重要である。

4.2 使用済み潤滑油の回収

- 基油に再生する場合であっても、基油再生を環境にやさしく、かつ経済的に実施するにはできるだけ異物の混入の少ない使用済み潤滑油を原料にする必要がある。
- 使用済み潤滑油を分別回収する際に、現場でその回収油の品質を簡単に判断できる方法と基準が必要である。
- 使用済み潤滑油を効率的に回収するネットワークが必要である。
- 使用済み潤滑油は地域ごとに使用済み潤滑油を国内で分散して処理するシステムが必要である。
- 使用済み潤滑油の分別排出・回収を徹底するには、使用済み潤滑油の回収事業者や排出者に対する何らかのインセンティブが必要である。

4.3 基油再生事業

1) 我が国に適した再生基油製造工程

今後我が国で必要かつ実現可能な再生工程についてさらに検討し、基油再生プラントの新規建設、あるいは既存石油精製設備の利用による再生基油の生産を検討するのが望ましい。

2) 再生基油製造事業所の規模と場所

基油再生にあたっては、使用済み潤滑油の回収コストの低減を考えれば、地域ごとの基油再生プラントが望ましい。

4.4 潤滑油製造業

- 必要な量と品質の再生基油を継続的に入手できる再生基油の回収、再精製体制を確保する必要がある。
- 再生基油を用いて製造した潤滑油を受け入れる市場を確保するために再生基油を用いた再生潤滑油の官民需要家での利用を促進することが望ましい。

4.5 潤滑油需要家

我が国では現在再生基油を用いた再生潤滑油は、ほとんど流通していない。需要家における再生潤滑油の利用を促進するために、今後検討が必要な点は次のとおり。

- 基油再生サイクル全体をうまく回していくには「製品含有化学物質情報」をいかに伝達していくかが今後の検討課題である。

- 再生基油を用いた潤滑油を適用する機械装置の製造事業者(OEM)による再生潤滑油使用の承認と保証が必要である。それらを実現するためには、我が国独自の再生基油の品質規定が必要と考えられる。この規定や運用方法を、例えば、JASO エンジン油普及促進協議会「自動車ディーゼル機関用潤滑油規格の運用マニュアル」に盛り込むなどの方策が考えられる。
- 再生基油を用いた潤滑油の需要の確保が必要である。例えば官公庁で再生基油を用いた潤滑油を率先して使用することが望ましい。
- 再生基油を用いた潤滑油の価格やグリーン調達など、需要家の再生潤滑油によるメリットを普及することが望ましい。

4.6 我が国における潤滑油リサイクルの推進

今後は、我が国に適した潤滑油のリサイクルを明確にするため、潤滑油のリサイクルフローおよび LCA 調査が必要である。また、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、わが国における基油再生と燃料利用の最適なバランスを考慮しつつ、国内で早急に基油再生を進めていく必要があるとなった場合には、民間だけでは基油再生を経済的に維持するのは難しいことから、諸外国の例も参考にしながら基油再生を進めていくことが望ましい。再生基油を用いて製造した潤滑油が上市された場合には、官公庁での再生基油の利用を促進するグリーン調達制度なども必要と考えられる。

文 献

- 1) 資源エネルギー庁：今さら聞けない「パリ協定」.
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/ondankashoene/pariskyotei.html>
1.
- 2) 経済産業省：2050 年カーボンニュートラルを巡る国内外の動き(2020).
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/chikyu_kankyo/ondanka_wg/pdf/002_03_00.pdf.
- 3) 内閣官房、経済産業省ほか：2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021).
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>
- 4) (一社)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).

- https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2020FY/000085.pdf.
- 5) 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(2020).
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/12/f81/Used%20Oil%20Management%20and%20Beneficial%20Reuse%20Options%20to%20Address%20Section%201.%20E....pdf>
- 6) M. Collins, K. Schiebel, and P. Dyke : Life Cycle Assessment of Used Oil Management (2017).
<https://www.api.org/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/LCA-of-Used-Oil-Mgmt-ERM-10012017.pdf>.
- 7) N. Abdalla and H. Fehrenbach : LCA for regeneration of waste oil to base oil (2018).
<https://www.geir-rerefining.org/lca-for-regeneration-of-waste-oil-to-base-oil/>
- 8) 資源エネルギー庁: 令和 1 年資源・エネルギー統計年報(2019).
<https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekiyuka/xls/h2dhhpe2019k.xlsx>.
- 9) International Energy Agency : Net Zero by 2050 (2021).
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- 10) 石油連盟: 石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン(目指す姿) (2021).
https://www.paj.gr.jp/from_chairman/20210319_02.pdf.
- 11) Novvi Web site: SynNova® Sustainable Synthetic Base Oil (SSBO).
<https://novvi.com/products/synnova/>.
<https://novvi.com/news/>
- 12) NESTE Web site: NEXBASE™ 4+ base oil made with renewable materials
<https://www.neste.com/products/all-products/base-oils/products/nexbase-4plus#699349f6>.
- 13) (一社)潤滑油協会 : 平成 25 年度潤滑油環境対策事業報告書 (2014)p31.
- 14) Executive Order 13834 : Efficient Federal Operations (2018).
<https://www.federalregister.gov/documents/2018/05/22/2018-11101/efficient-federal-operations>.
- 15) 池田寿文: 使用済み潤滑油のリサイクル動向, トライボロジスト, 65(2)(2020) 99.
- 16) JASO エンジン油普及促進協議会: 自動車ディーゼル機関用潤滑油規格の運用マニュアル(2021).
https://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/DH_J2105.pdf.

https://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/DH_E2105.pdf.