

令和5年度脱炭素型循環経済システム構築促進事業のうち、  
プラスチック等資源循環システム構築実証事業  
(うち、廃油のリサイクルプロセス構築・省CO<sub>2</sub>化実証事業)  
基油再生のための使用済み潤滑油回収システム開発等事業  
成果報告書

令和6年2月

全国オイルリサイクル協同組合

## 実証事業成果の要旨

令和5年度脱炭素型循環経済システム構築促進事業のうち、  
プラスチック等資源循環システム構築実証事業  
(うち、廃油のリサイクルプロセス構築・省CO<sub>2</sub>化実証事業)  
「基油再生のための使用済み潤滑油回収システム開発等事業」

申請法人 全国オイルリサイクル協同組合

### 1. 事業の概要

我が国は温室効果ガス排出量を2030年46%削減、2050年に全体としてゼロにするという目標(カーボンニュートラル目標)を掲げている。ここでは、廃油のマテリアルリサイクルが新たな対策として位置付けられ、廃油を対象とした対策導入の気運が高まりつつある。

使用済み潤滑油については、2022年度に91万kLが排出され、自家燃料使用等を除く72万kLが回収された後、回収量の75%に相当する54万kLが再生重油(JIS K 2170)として再生され、主に直火焚き工業炉等で使用されている。一方、欧米では、使用済み潤滑油を基油再生に誘導する政策が導入されており、今後は世界的な潮流となると予想される。

今後、カーボンニュートラル化に向けた社会変化の中で、中期的には原油処理が減少し、バージン基油の製造量が減少すると予想され、早急に基油再生に取り組むべきと考えられる一方で、①基油再生のための回収システムが未整備②基油再精製装置が国内には無い③基油再生を推進するための社会システムが無い等の課題がある。

これらの現状・課題を踏まえ、本事業は使用済み潤滑油の基油再生に向けた第一歩となるような成果を挙げることを目指す。

具体的には、

- ・ 基油再生のための新たな使用済み潤滑油回収システムの開発を行う
- ・ 基油再生を推進するための社会システムについて調査を行う
- ・ 欧米の基油再精製装置について調査すると共に最新の水素化分解装置で処理した場合のLCAデータ等を入手する
- ・ このLCAデータを基に再生基油と原油からのバージン基油とのCO<sub>2</sub>排出量比較を行う

### 2. 事業の成果

(1) 基油再生のための新たな使用済み潤滑油回収システムの開発

#### ① 排出事業所の実態調査

回収される使用済み潤滑油の約70%は、自動車用エンジン(ガソリン&ディーゼル)油及び駆動油が占めている。これらの主な排出事業所である、「ディーラー整備工場」「一般整備工場」「カー用品店」「給油所」の合計45か所について、油種別排出量、分別保管の状況等の実態調査を行った。

#### ② 使用済み潤滑油の分別回収・輸送実証試験

小型ローリーによる分別回収、回収タンクへの荷下ろし、大型ローリーによる積込・輸送等の試験を行った。ここでは、「分別回収に伴う回収効率の検証」「効率的な輸送方法の検証（単独輸送と中継輸送の比較）」「分別回収油のコンタミ度（他油種混合率）の検証」「分別回収に必要となる設備と分別回収のためのコストの算出」を行い、それを踏まえて分別回収システムをまとめた。

### ③ 排出事業者へのアンケート調査

「ディーラー整備工場」「一般整備工場」「カー用品店」「給油所」における分別管理の課題と支援対策が明らかとなった。

## （２）再精製装置の調査と実証試験

### ①再精製装置

再精製装置は、溶剤精製から水素化精製、さらに水素化分解へと移り変わっている。再生基油の品質も、今はグループⅡが主流となり、グループⅡ基油精製企業はかなりの数に上るが、グループⅢ基油は現在 PURAGLOBE 1 社で製造されている。バージン・グループⅢ基油は日本も輸入に頼っているのが実態であり、経済安全保障の観点からも同装置による実証試験を実施した。

### ②実証試験

ドイツ PURAGLOBE（以下、P 社とする）へ我が国の廃工業油(UIO)と廃エンジン油(UMO)を送付した。我が国の廃工業油と廃エンジン油を 3：7 で混合したサンプルは、同社が 2022 年に受け入れて処理したドイツの平均サンプルと蒸留曲線がほぼ一致したため、我が国とドイツの標準的使用済み潤滑油は性状が類似しており、同社の装置で問題なく処理可能であると判断された。

## （３）基油再生を推進させる社会システム調査

イタリアでは、1984 年に設立された CONOU によって、潤滑油業界はサーキュラーエコノミー（基油再生）で世界をリードするまでになった。

CONOU は、拡大生産者責任(EPR)の原則のもと活動しており、廃油の管理、収集、および処理のためのコンソーシアムである。これは、1982 年の共和国大統領令 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、または販売する会社、基油を再精製する会社、廃油を回収する会社、潤滑油を販売する会社などで組織されている。

## （４）我が国で基油再生を推進させるための社会システムの提言

理想的にはイタリアの共同事業体（コンソーシアム）的なものを構築することが求められるが、

- ・その第一ステップとして、排出事業者、回収事業者、再生基油の製造計画事業者、潤滑油製造事業者等の基油再生に関係する事業者・団体の検討協議会を設け、ここにおいてプロジェクト推進のための仕組みの構築をはじめ具体的な国に対する支援の要望を取りまとめる。
- ・また、この協議会を動かすための動機付けも非常に重要であり、CO<sub>2</sub>削減の観点からだけでなく

く循環型経済構築の観点から、そして、基油を海外からの輸入に依存していることを踏まえ、経済安全保障の観点からも国として基油再生の国内推進目標を示唆又は法制化することが必要である。

#### (5) 分別回収システム案の提言

本実証試験において、P 社の水素化分解装置で再生基油を製造する場合、原料廃油は必ずしも分別する必要がないことが明らかとなったが、溶剤精製で基油の再精製を行う場合は、分別回収が求められる。

このため、回収システムとしては、「溶剤精製のための分別回収システム」と「水素化分解のための回収システム」のそれぞれのケースについて回収システム案をまとめた。

#### (6) ライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 削減効果

- ・2023 年度現在においては、再生重油が C 重油を代替する CO<sub>2</sub> 排出量削減効果が大きく、基油再生よりも再生重油化の方が GHG 排出量が小さくなる。
- ・2030 年頃の将来の燃料の原単位を想定すると、再生重油が低 GHG 排出燃料を代替するようになり、再生重油による燃料の代替効果が小さくなることから、再生重油化よりも基油再生の方が GHG 排出量が小さくなる。

Among the projects to promote the construction of a decarbonized circular economy system in FY2023,

Demonstration Project for Establishing a Recycling System for Plastics and Other Resources

Development of used lubricant recovery system for regeneration of base oil, etc.

Application Corporation National Oil Recycling Cooperative

## 1. Outline of the Project

Japan has set a goal of reducing greenhouse gas emissions by 46% in 2030 and to zero overall in 2050 (carbon neutral goal). Here, material recycling of waste oil is positioned as a new measure, and momentum is growing for the introduction of measures targeting waste oil.

In FY2022, 910,000 kL of used lubricating oil was discharged, of which 720,000 kL was recovered, excluding the use as in-house fuel, and 540,000 kL, or 75% of the recovered amount, was recycled as recycled heavy oil (JIS K 2170) and used mainly in direct-fired industrial furnaces, etc.

On the other hand, in Europe and the United States, policies have been introduced to induce used lubricants to reclaim base oils, and this is expected to become a global trend in the future.

As society moves toward carbon neutrality, crude oil processing is expected to decrease in the medium term, and the production of virgin base oil is expected to decline. There are several issues:

① recovery system for base oil recycling is not yet in place, ② there are no base oil re-refining units in Japan, and ③ there is no social system to promote base oil recycling.

In light of these current conditions and issues, this project aims to achieve results that will serve as a first step toward the regeneration of used lubricant base oils.

Specifically,

- Development of a new used lubricant recovery system for base oil reclamation.
- Investigate social systems to promote base oil reclamation.
- Investigate base oil re-refining systems in Europe and the U.S., and obtain LCA data for the latest hydrocracking systems.
- Based on this LCA data, compare carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) emissions between recycled base oil and virgin base oil from crude oil.

## 2. Project Results

(1) Development of a new used lubricant recovery system for base oil recycling

① Survey of waste oil emitters

Approximately 70% of the used lubricating oil collected is automotive engine (gasoline and diesel) oil and driving oil. A survey was conducted on the amount of oil discharged by type, status of separate storage, etc. at a total of 45 locations, including "dealer maintenance shops," "general maintenance shops," "car accessory stores," and "service stations," which are the main sources of such used lubricant.

## ② Demonstration test of sorted collection and transportation of used lubricating oil

Tests were conducted on sorted collection by small lorry, unloading into collection tanks, and loading and transportation by large lorry. Here, "verification of collection efficiency associated with sorted collection," "verification of efficient transportation method (comparison of single transportation and relay transportation)," "verification of contamination level (mixing ratio of other oil types) of sorted collected oil," "calculation of facilities required for sorted collection and costs for sorted collection," were conducted, and based on these, a sorted collection system was compiled.

## ③ Questionnaire survey to the discharging businesses

The survey revealed issues and support measures for sorted collection management at "dealer maintenance shops," "general maintenance shops," "car accessory stores," and "service stations. "

## (2) Investigation and demonstration test of re-refining equipment

### ① Re-refining equipment

Refinery equipment is shifting from solvent refining to hydrogenation refining and then to hydrocracking. The quality of regenerated base oil is now mainly Group II, and while there are quite a few Group II base oil refining companies, Group III base oil is currently produced by a single company, PURAGLOBE. Japan, too, relies on imports for virgin Group III base oil, and from the perspective of economic security, a demonstration test was conducted using the same equipment.

### ② Demonstration Test

Japan's used industrial oil (UIO) and used engine oil (UMO) were sent to PURAGLOBE of Germany. The distillation curve of a 3:7 mixture of Japanese UIO and UMO was almost identical to that of a German average sample that PURAGLOBE had received and treated in 2022, and it was concluded that the properties of Japanese and German standard used lubricating oils were similar and could be treated without problems using PURAGLOBE's equipment.

## (3) Social System Study to Promote Base Oil Reclamation

In Italy, the lubricant industry has become a world leader in the circular economy (base oil regeneration) thanks to CONOU, which was founded in 1984. CONOU operates under the principles of Extended Producer Responsibility (EPR) and is a consortium for the management, collection and treatment of waste oil. CONOU is based on Decree 691 of the President of the Republic of 1982 and complies with Community Directive 75/439. It is organized by companies that re-refine base oil, companies that recover waste oil, and companies that sell lubricating oil.

## (4) Recommendations for a social system to promote base oil reclamation in Japan

Ideally, an Italian consortium-like joint venture should be established,

- As a first step, a council of businesses and organizations involved in base oil recycling, such as emitters, collectors, recycled base oil production planners, and lubricant manufacturers, should be established, where specific requests for support from the government, including the establishment

of a mechanism to promote the project, can be compiled.

- It is also very important to motivate the council to work, not only from the perspective of CO2 reduction, but also from the perspective of building a recycling-oriented economy, and from the perspective of economic security, given the country's dependence on imports of base oil from overseas. In addition, from the viewpoint of economic security, it is necessary for the government to suggest or legislate a domestic promotion target for base oil regeneration.

#### (5) Proposal of a sorted collection system

In this demonstration test, it was clarified that the waste feedstock oil does not necessarily need to be separated when producing recycled base oil with PURAGLOBE's hydrocracking unit, but when base oil is re-refined by solvent refining, it is required to be fractionated and recovered.

For this reason, a proposed recovery system was compiled for each case of "sorted collection system for solvent refining" and "recovery system for hydrocracking" :

#### (6) CO2 reduction effect in the life cycle

- As of FY2023, the CO2 emission reduction effect of recycled fuel oil replacing heavy fuel oil is significant, and GHG emissions are smaller for recycled fuel oil conversion than for base oil regeneration.
- Assuming future fuel intensity around 2030, GHG emissions will be smaller for base oil reclamation than for recycled fuel oil conversion because recycled fuel oil will replace lower GHG emitting fuels and the fuel substitution effect of recycled fuel oil will be smaller.

## 目次

1. 事業の概要	1
1. 1 事業の目的	1
1. 2 事業の計画	1
1. 3 本事業の実施体制	2
1. 4 事業の経過	3
2. 我が国の使用済み潤滑油の現状	3
2. 1 我が国の使用済み潤滑油バランス	3
2. 2 油種別回収量と割合	4
2. 3 自動車系潤滑油の排出事業所	4
2. 4 使用済み潤滑油の現在の回収方法	5
3. 基油再生について	6
3. 1 潤滑油の基油とは	6
3. 2 基油再生のための分別排出・分別回収	8
4. 事業の成果	9
4. 1 自動車関連施設の実態調査	9
4. 1. 1 排出事業所の実態調査の結果	9
4. 2 使用済み潤滑油回収実証試験の実施	28
4. 2. 1 実証試験の目的	28
4. 2. 2 本実証試験における検証事項	28
4. 2. 3 分別回収・輸送実証試験結果	32
4.2.3.1 廃工業油の分別回収・輸送実証試験	32
4.2.3.2 廃エンジン油の分別回収・輸送実証試験	38
4.2.3.3 回収作業時の回収距離と回収時間およびコストの算出	48
4.2.3.4 単独輸送と中継輸送の比較	49
4.2.3.5 関東 10 社で 4 万 kL 輸送する場合の走行距離とコスト	51
4.2.3.6 実証試験におけるコンタミ状況調査結果	52
4.2.3.7 分別回収油の均一性の確保に関する検証	59
4. 2. 4 分別回収に必要となる設備と分別回収のためのコストの算出	60
4.2.4.1 前提条件	60
4.2.4.2 分別回収・輸送に必要な設備とコスト	61
4.2.4.3 基油再生のための分別回収によるコストアップ分の算出	63
4.2.4.4 基油再生原料の価格	64
4. 3 分別管理に関する排出事業者へのアンケート調査結果	65
4. 4 基油再生装置の情報整理と実証試験	66
4. 4. 1 欧米において稼働中の再精製装置の能力および主要なプロセス	66
4.4.1.1 はじめに	66

4.4.1.2	使用済み潤滑油	67
4.4.1.3	再精製技術の始まりから現在に至るまで	67
4.4.1.4	欧米で行われている使用済み潤滑油の再精製プロセスと技術	68
4.4.1.5	将来有望なプロセスについて（考察）	83
4. 4. 2	実証試験	87
4.4.2.1	実証試験を行う再精製プロセスの選択	87
4.4.2.2	PURAGLOBE の水素化分解プロセスについて	88
4. 4. 3	水素化分解装置における実証試験	92
4.4.3.1	ドイツへ送付したサンプルの性状	92
4.4.3.2	PURAGLOBE の HyLubeTM & HyLubeSATTM 再精製プロセス	93
4.4.3.3	PURAGLOBE による送付サンプルの性状試験	94
4.4.3.4	一般的な製品性状	95
4.4.3.5	製品性状	96
4. 5	基油再生を推進するための社会システム調査	98
4. 5. 1	潤滑油の循環経済（CE：Circular Economy）推進の動き	98
4. 5. 2	循環経済（CE）の模範となる国の動き	100
4.5.2.1	イタリア	100
4.5.2.2	米国、ドイツ	103
4.5.2.3	我が国における基油再生を推進するための社会システムについて	106
4. 6	LCA による検証・評価	109
4. 6. 1	はじめに	109
4. 6. 2	LCA に関する文献調査結果	112
4.6.2.1	使用済み潤滑油リサイクルの LCA 事例	112
4.6.2.2	先行研究の詳細	114
4. 6. 3	再生重油化の LCA 結果	119
4.6.3.1	再生重油化施設の調査結果	119
4.6.3.2	再生重油化の LCA におけるシステム境界	122
4.6.3.3	再生重油化の LCI 及び LCA	123
4.6.3.4	再生重油化の LCA 結果	125
4. 6. 4	再生基油化の LCA 結果	126
4.6.4.1	基油再生の LCA におけるシステム境界	126
4.6.4.2	基油再生の LCI 及び LCA	126
4.6.4.3	基油再生の LCA 結果	131
4.6.4.4	LCA 結果の既往研究との比較	134
4.6.4.5	感度分析	135
4.6.4.6	LCA 結果のまとめ	142
4. 7	分別回収システム案の提言	142
4. 7. 1	溶剤精製装置への原料供給システム案	143

4. 7. 2 水素化分解装置への原料供給システム案 .....	143
5. まとめ .....	144
6. おわりに .....	147

# 1. 事業の概要

## 1. 1 事業の目的

地球温暖化対策計画に廃油由来のCO<sub>2</sub>削減対策としてマテリアルリサイクルが位置付けられ、廃油を対象とした対策導入気運が高まりつつあるが、2022年度では使用済み潤滑油のうち約75%が再生重油化されたものの、基油再生はほぼゼロである。

今後、カーボンニュートラル化に向けた社会変化の中で、中期的には原油処理が減少し、バージン基油の製造量が減少すると予想され、早急に基油再生に取り組むべきと考えられる一方で、①基油再生のための回収システムが未整備②基油再精製装置が国内には無い③基油再生を推進するための社会システムが無い等の課題がある。

これらの現状・課題を踏まえ、本事業は使用済み潤滑油の基油再生に向けた第一歩となるような成果を挙げることを目指す。

## 1. 2 事業の計画

(1) 基油再生のための新たな使用済み潤滑油回収システムの開発

① 排出事業所における廃油の保管状況に関する実態調査および廃油性状に関する調査

自動車関連施設では、「ディーラー整備工場」「一般整備工場」「カー用品店」「給油所」の合計45か所について、油種別排出量、分別保管の状況等の実態調査を行う。

② 使用済み潤滑油分別回収実証試験の実施

基油再精製原料の確保に向けて、関東地域で年間4万kL(2022年関東地域全回収量108,900kLの約40%※に相当)を想定した分別回収システムを構築することを目的として実証試験を行う。  
※再生重油から他の低CO<sub>2</sub>排出燃料への転換を進めることが困難な業界(石灰焼成、アルミ二次合金の溶融等)を考慮した。

実証試験における回収目標の規模としては、10~20kL(以上)、実証試験の期間は4~5週間とする。分別回収する使用済み潤滑油は、「廃エンジン油(駆動油含む)」と「廃工業油(金属加工油除く)」である。

本実証試験では、

- ・従来の混合回収と比較して分別回収の効率がどの程度異なるかの検証
- ・分別回収油のコンタミ度(他油種混合率)がどうなるかの検証
- ・効率的な輸送方法(単独輸送、中継輸送)の検証
- ・分別回収に必要な設備の検証とコストの算出

を行う。

また、実証試験終了後、排出事業者に対して分別保管に関するアンケート調査を行う。

(2) 基油再生装置の情報整理と実証試験

再精製装置は大きく分けて溶剤精製、水素化精製、そして水素化分解がある。再生基油の品質については、現在はグループⅡが主流となっているが、最近になって水素化分解でグループⅢを製造するP社が注目されている。我が国では、ほとんどのバージンのグループⅢ基油を輸入に頼っており、経済安全保障の観点からも再生グループⅢ基油の製造は極めて重要である。そこで、P社に我が国の廃エンジン油と廃工業油のサンプルを送付し、水素化分解装置で処理した場合のグループⅢ基油の収率、性状、製造に必要なユーティリティ等のデータを手に入る。

### (3) 基油再生を推進するための社会システム調査

基油再生で先行する欧米において、排出事業者、回収事業者、再精製事業者等の連携がどうなっているか、行政がどのように関わっているか、法制度がどうなっているか等の情報整理を行う。

具体的には、基油再生が世界で最も進んでいるイタリアの仕組み（排出事業者、回収事業者、再精製事業者、潤滑油製造者が共同事業体を構築して、行政もそれを支援する仕組み）をはじめ、ドイツ、米国等の事例を調査する。

### (4) LCAによる検証・評価

LCAに関する欧米の文献を調査すると共に、分別回収の実証試験およびP社による水素化分解試験で得られたデータを基に、基油再生に関してライフサイクルでのCO<sub>2</sub>削減効果を算定する。

## 1.3 本事業の実施体制

本事業の実施体制を図1-1に示した。

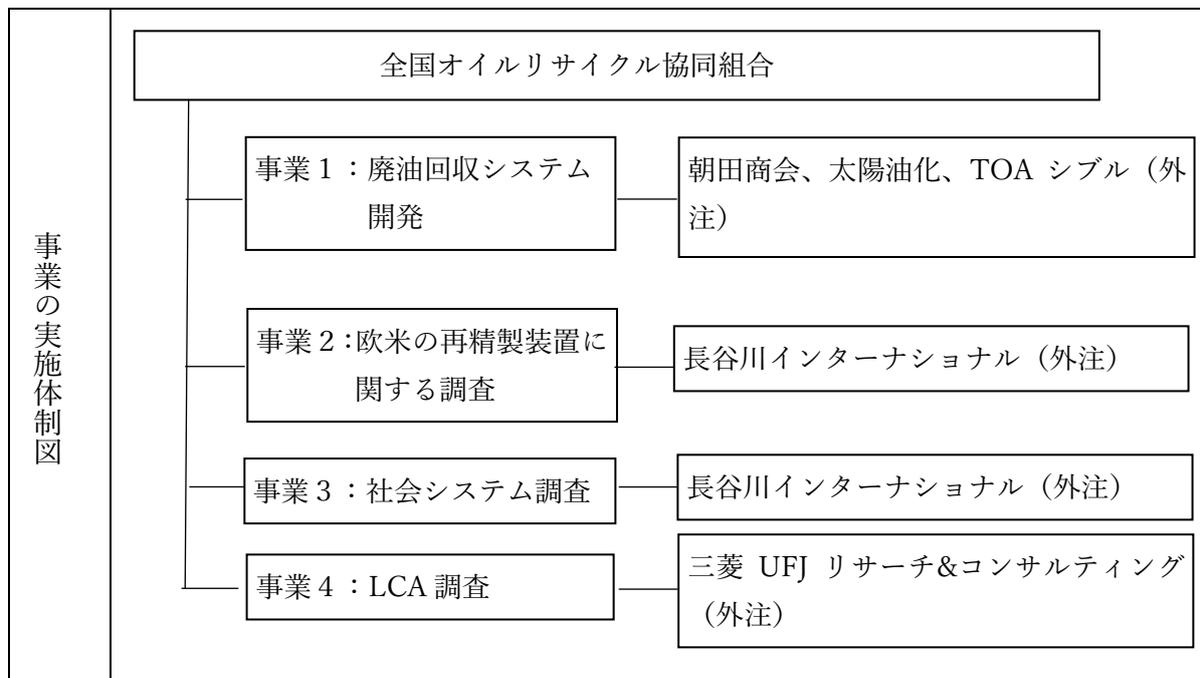


図 1-1 本事業の実施体制

## 1. 4 事業の経過

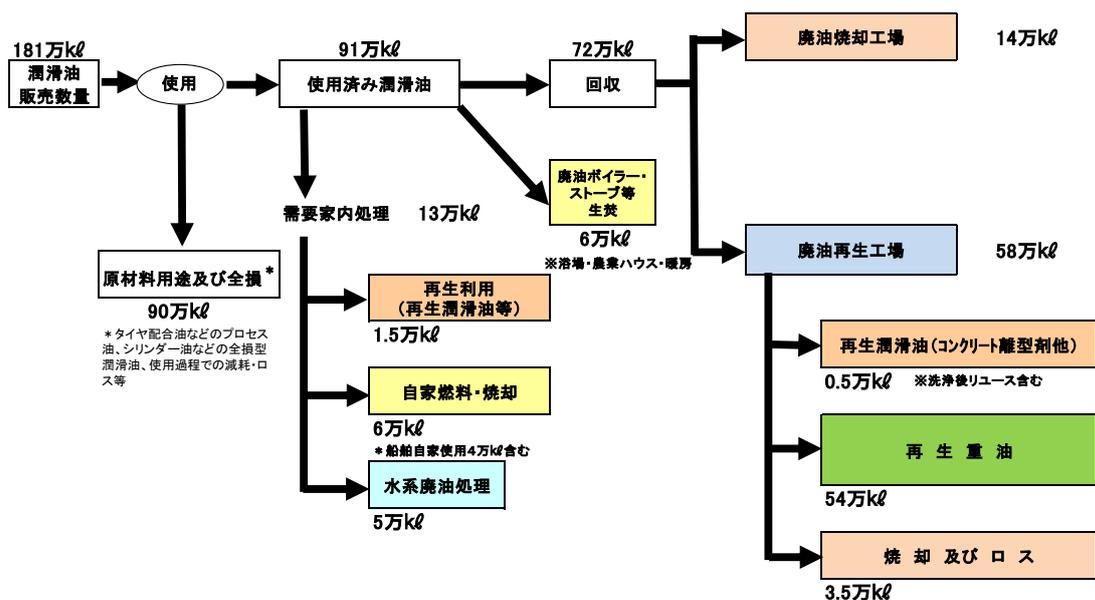
本事業は、環境省の「令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業（廃油のリサイクルプロセス構築・省CO<sub>2</sub>化実証事業）」に採択され、令和4年12月22日から事業を開始した。事業終了予定は、令和6年2月末である。

## 2. 我が国の使用済み潤滑油の現状

### 2. 1 我が国の使用済み潤滑油バランス

2022年度、我が国において使用済み潤滑油は、91万kLが排出され、自家燃料使用等を除く72万kLが回収された後、回収量の75%に相当する54万kLが再生重油（JIS K 2170）として再生され、主に直火焼き工業炉等で使用されている。

使用済み工業潤滑油の一部が洗浄後にリユースされ、またコンクリート離型剤等として再生使用されているが、その量は僅か0.5万kLである。図2-1-1に全国オイルリサイクル協同組合の推定値（2023年8月）を示す。



全国オイルリサイクル協同組合推定 2023年8月

図 2-1-1 我が国の使用済み潤滑油バランス

国内には大小およそ 80 社近くの廃油回収・再生リサイクル事業者が活動しており、廃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、カーディーラー整備工場、給油所、カー用品店、自動車整備工場、製造業の工場等である。回収の単位は実に細かく、ペール缶、ドラム缶、廃油専用容器を平ボディトラックにより、また、廃油専用地下タンクや機械装置の潤滑油タンクなどからローリー車（3～4 トン）、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、廃油排出事業者からの要請に対応して回収されている。

## 2. 2 油種別回収量と割合

全国オイルリサイクル協同組合の会員企業が回収している使用済み潤滑油の油種別回収量と割合を表 2-2-1 に示した。

表 2-2-1 油種別回収量と割合 (2022 年度)

油種	回収量 kL/年	割合 %
1. 自動車系潤滑油	218,576	70.0
2. 工業用潤滑油	79,929	25.6
3. 船用潤滑油	2,669	0.9
4. 絶縁油	3,379	1.1
5. 燃料油	7,659	2.4
合計	312,212	100.0

全国オイルリサイクル協同組合調べ

表 2-2-1 に示したように、自動車系潤滑油の割合が全体の約 70%を占めている。工業用潤滑油の割合は約 26%であるが、回収の際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っては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、潤滑油関連団体からも塩素系の添加剤を控えて他のものに代替するように要請が行われてきた。廃油再生業界においても回収時の塩素分のチェックを徹底すると共に、排出事業者には塩素系の廃油を分別保管するよう要請してきた。

## 2. 3 自動車系潤滑油の排出事業所

我が国で自動車エンジン油の交換が行われている施設の割合を図 2-3-1 に示した。図 2-3-1 から分かるように、ディーラー整備工場が最も多く、カー用品店、自動車整備工場、ガソリンスタンド（給油所）の順になっており、これらで全体の 92%を占めている。従って、自動車系潤滑油の排出事業所としては、ディーラー整備工場、カー用品店、一般整備工場、ガソリンスタンド（給油所）の 4 か所が主な排出事業者であり、実態調査についてもこれらの事業所について行った。

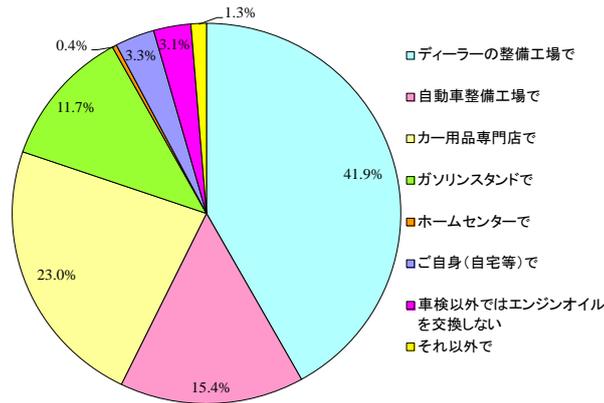


図 2-3-1 我が国におけるエンジンオイルの交換場所<sup>1)</sup>

## 2. 4 使用済み潤滑油の現在の回収方法

現在の使用済み潤滑油の回収は、燃料としての再生重油の製造を前提にしているため、回収の際は発熱量に差がない廃エンジン油と廃工業用油を区別することなく混合回収が行われている。

しかし、使用済み潤滑油を再精製し、再生基油としてマテリアルリサイクルを行う場合は、廃エンジン油と廃工業用油を別々に回収する必要があること(理由は後述する)、そして広範囲にわたる地域から回収した使用済み潤滑油を再精製装置までコンタミ(他油種の混入)を避けながらどのようにして輸送するか、さらに、回収した使用済み潤滑油のコンタミのチェックをどうするか等々、課題が多くある。

現在の混合回収方法と分別回収方法の違いを図 2-4-1 に示した。分別回収の課題は、図 2-4-1 に示したように、排出事業者にとっては使用済み潤滑油の分別管理が必要となり、現在の混合管理と比べると使用済み潤滑油の保管容器の種類が増え、作業が煩雑になることが考えられる。

また、回収事業者にとっての課題は、分別回収された使用済み潤滑油の保管のためのタンクの新設が必要になること、そして分別された使用済み潤滑油の輸送のための大型ローリーを別途用意する必要があることである。

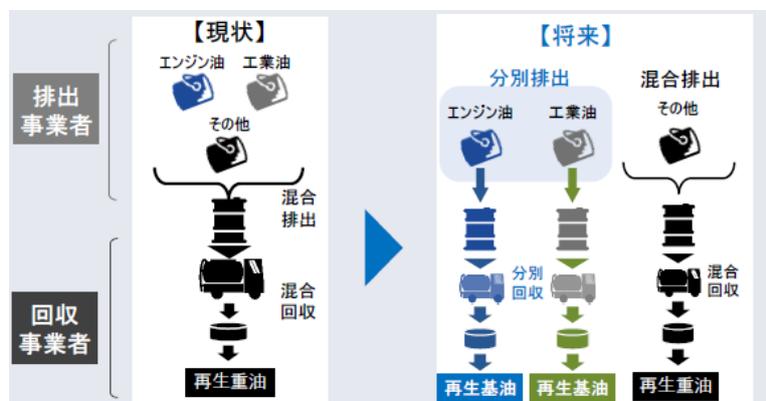


図 2-4-1 使用済み潤滑油の回収方法の違い

これらの課題を解決するため、実際に分別回収を行う実証試験が必要である。

## 引用文献

- 1) 一般社団法人 潤滑油協会：平成 25 年度潤滑油環境対策事業報告書 p31

## 3. 基油再生について

### 3. 1 潤滑油の基油とは

潤滑油は、基油に添加剤を加えて製造されるが、この基油の品質により潤滑油の性能は大きく影響される。我が国の基油のほとんどは原油から製造されているが、その生産量は日本の原油処理量の 1%程度である。<sup>1)</sup>

原油の炭化水素の化学構造は、図 3-1-1 のようにパラフィン系炭化水素、ナフテン系炭化水素および芳香族炭化水素に大別される。潤滑油基油に適した組成は、パラフィン系炭化水素、次にナフテン系炭化水素であり、芳香族炭化水素は、好ましくない。

しかし、芳香族炭化水素は、中東系原油の未精製の潤滑油留分中には 40~50 質量%程度含まれており、そのままでは潤滑油基油として使用できない。

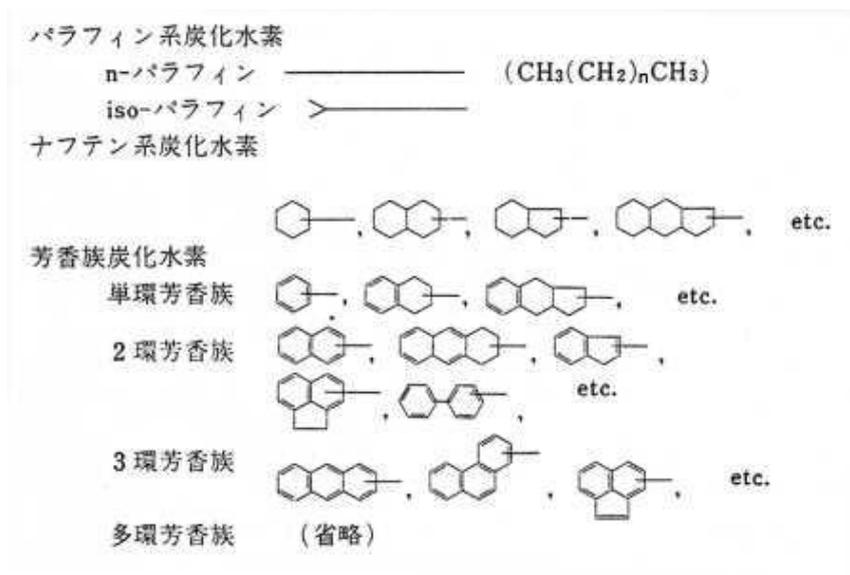


図 3-1-1 原油中炭化水素の組成<sup>2)</sup>

原油に含まれている潤滑油基油にとって不都合な芳香族炭化水素を低減する一般的な溶剤精製による製造工程を図 3-1-2 に示す。

潤滑油基油製造の原料として使用されるのは、原油の減圧蒸留により留出した減圧軽油留分である。この減圧軽油から芳香族の溶解性に優れた溶剤により芳香族を抽出・低減させた後、水素化処理で不純物を除去し、最後にワックス分を除去したのが溶剤精製法による潤滑油基油である。

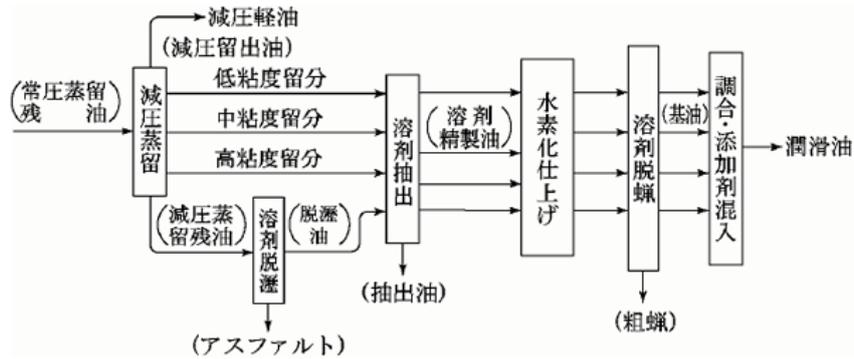


図 3-1-2 一般的な潤滑油製造工程（溶剤精製法）<sup>3)</sup>

この一般的な溶剤精製法で製造された基油の炭化水素組成を図 3-1-3 に示す。芳香族分は溶剤で抽出されたことにより 20 質量%程度まで減少している。

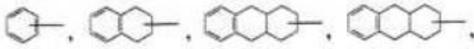
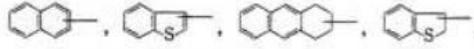
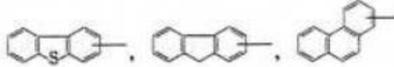
飽和炭化水素（パラフィン，ナフテン）	79.8wt%
芳香族化合物（硫黄化合物含む）	20.2wt%
単環芳香族	13.7wt%
	etc.
2環芳香族	6.1wt%
	etc.
3環芳香族	0.4wt%
	etc.

図 3-1-3 溶剤精製 150 ニュートラル中の芳香族組成<sup>4)</sup>

では、炭化水素組成が潤滑油基油の性能にどのような影響を与えるであろうか。

米国石油協会（API）は、鉱油系基油について、基油中の飽和成分含有量、硫黄含有量、粘度指数により、基油品質をグループ I からグループ III に分類している（表 3-1-1）。

グループ I は溶剤精製法から得られる基油、グループ II は水素化精製法から得られる基油としてグループ III は水素化分解法から得られる基油である。

グループ I から II、III になるに従い、基油の基本性能である酸化安定性や粘度温度特性が向上する。このため、基油としての価値が高くなる。

潤滑油の主要製品であるガソリンエンジン油では、自動車の世界的な傾向として省燃費や長寿命化が一層求められるため、高性能なグループ III が世界的に主流となっている。

一方、工業用潤滑油ではグループ I が使用されている。

分類	硫黄分 %		飽和分 %	粘度指数	一般的な精製方法
グループ I	0.03 以上	and/or	90 未満	80~119	溶剤精製
グループ II	0.03 以下	and	90 以上	80~119	水素化精製
グループ III	0.03 以下	and	90 以上	120 以上	水素化分解
グループIV	PAO (ポリ- $\alpha$ -オレフィン)				
グループV	グループ I ~IVに属さないもの				

このように、エンジン油と工業用油にはグレードの異なった基油が使用されている。このため、再精製装置で使用済み潤滑油を再精製し再生基油を製造する場合は、使用済み潤滑油を回収する際、グレードの異なる基油が使われている油種が混合されないよう分別して排出・回収する必要がある。

### 3. 2 基油再生のための分別排出・分別回収

潤滑油基油リサイクルのフローを図 3-2-1 に示す。

潤滑油は、基油に各種添加剤を添加して製造される。使用済み潤滑油には、酸化劣化物、添加剤由来の各種金属分、多環芳香族、すす、水分等の不純物が含まれているので、元の基油に再生するには再精製装置でこれらを除去し、不純物のない基油に戻す必要がある。

この際、溶剤精製プロセスを再精製装置として使用する場合は、基油のグレードを大幅に向上させることは難しいので、原料である廃油の分別の徹底が求められる。水素化分解プロセスを使用する場合は、原料廃油に含まれる芳香族を核水添することにより基油のグレードを向上させることは可能と思われるが、水素消費量等の増加に伴う運転コストアップや基油収率の低下のため経済性が低下し、やはり分別の徹底が求められることが考えられる。

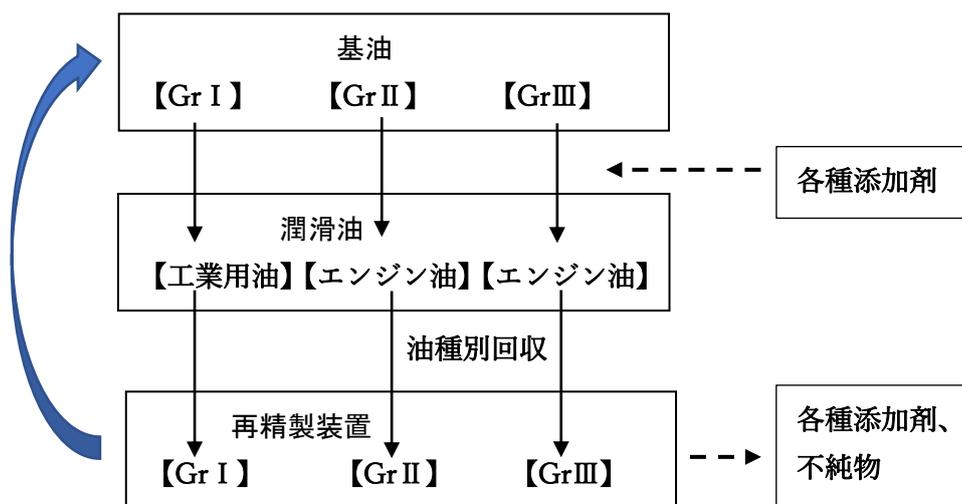


図 3-2-1 潤滑油リサイクルのフロー

そこで、本事業では、廃工業用油（グループⅠ）と廃エンジン油（グループⅡ＆Ⅲ）を水素化分解装置で処理した場合の運転コスト、再生基油の性状、LCA データ等入手し、分別回収の効果を検証・比較することとした。

#### 引用文献

- 1) 渡辺誠一 : PETROTECH 第 27 巻第 10 号 (2004)
- 2) [ベースオイルの成分と特性 | ジュンツウネット 21 \(juntsu.co.jp\)](http://www.juntsu.co.jp)  
<https://www.juntsu.co.jp/qa/qa1603.php>
- 3) 石油便覧 ENEOS <https://www.eneos.co.jp/binran/part01/chapter02/section03.html>
- 4) Matsunaga, A., et al, Anal. Chem. 50 753(1978)
- 5) Base Oil Interchangeability Guidelines : API Publication 1509, API, 13<sup>th</sup> Ed., Washington D.C.(1995)より

## 4. 事業の成果

### 4. 1 自動車関連施設の実態調査

廃エンジン（ガソリン&ディーゼル）油や廃工業油の分別回収実証試験に先立ち、自動車関連施設について使用済み潤滑油の管理状況等について実態調査を行った。

使用済み潤滑油の主な排出元としては、既に述べたように廃エンジン（ガソリン&ディーゼル）油の場合、ディーラー整備工場、自動車整備工場、カー用品店、給油所等があげられる。

これらの排出事業所から廃エンジン油を回収する場合、次の問題がある。それは、これらの自動車関連施設からは、エンジン油のほか駆動油、ブレーキ液、グリース、クーラント等が排出されるので、廃エンジン油のみを回収するには、それぞれの排出元においてエンジン油のみを分別して保管する必要があるということである。

このためには、廃エンジン油専用の保管容器を別途設置する必要があり、設置場所や作業効率等の問題を解決しなければならない。

このため、排出元である自動車関連施設ごとに本事業に対する協力要請と排出現場の実態調査を行った。

一方、工場等で使用する工業用潤滑油の場合、廃機械油（油圧作動油等）は、他の工業用油種と異なり塩素分や金属分等の不純物が少ないので、基油再生原料として最適であると考えられる。

また、工場の場合は、分別用の保管容器の設置場所の問題は少ないと思われるが、塩素含有他油種のコンタミの恐れがあるので、適切な管理に関する協力要請が必要である。

#### 4. 1. 1 排出事業所の実態調査の結果

##### (1) 排出事業所における廃油抜き取り作業内容

自動車関連施設には、「ディーラー整備工場」「一般自動車整備工場」「カー用品店」「給油所」

等があるが、廃エンジン油の抜き取り作業内容はほぼ同じで、概要を次に示した。

図 4-1-1 にオイル交換作業場の外観、図 4-1-2 にピット内インタンク受け口、図 4-1-3 に廃油中継タンク、図 4-1-4 に抜油機（オイルチェンジャー：オイル交換を上抜きで行える）を示した。

ピット内の地下タンクに混合保管している場合は、分別が困難である。



図 4-1-1 オイル交換場の外観



図 4-1-2 ピット内インタンク受け口



図 4-1-3 廃油抜き取り中継タンク



図 4-1-4 抜油機（オイルチェンジャー）

(2) 油種別排出量・廃油の管理状況調査結果

組合企業 6 社（表 4-1-1）は、油種別排出量や廃油の管理状況を調べると共に、分別回収実証試験への協力要請を行った。

① 実態調査を行った組合企業と対象の排出事業所

(株)TOA シブル、(株)太陽油化、(株)和光サービス、(株)パンオイルサービス、成沢製油(株)、日重環境(株)が実態調査を行った。

調査対象となった事業所は、ディーラー整備工場が 20 か所、一般整備工場が 6 か所、カー用品店が 7 か所、給油所が 9 か所、一般の工場が 3 か所で、合計 45 か所である。

また、組合企業各社が分担した各業種の排出事業所の件数は次のとおりである。

表 4-1-1 各社が調査した業種の件数

企業名	ディーラー 整備工場	一般整 備工場	カー用 品店	給油所	一般工場	合計
TOA シブル	4	1	4	4		13
太陽油化	5	2		1	3	11
和光サービス	2	1	1			4
パンオイルサービス	4		2	3		9
成沢製油	2	2		1		5
日重環境	3					3
合計	20	6	7	9	3	45

② 業種ごとの油種別排出量と分別状況

・ ディーラー整備工場の油種別排出量と分別状況

ディーラー整備工場の油種別排出量を表 4-1-2 および図 4-1-5 に示した。表 4-1-2 に示したように、ディーラー整備工場では、1 事業所当たりの月間排出量は、廃エンジン油が 1,464L で最も多く、次に廃ギヤ油等の駆動油が 80L、洗い油（灯油等）が 65L、ブレーキ液が 51L、クーラントが 57L、そして廃灯油などの燃料油が 38L であった。

表 4-1-2 ディーラー整備工場の油種別排出量

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動 油)	合計
排出量 (L/月)	26,350	1,283	458	408	0	400	75	0	28,975
混合	26,350	1,283	458	408	0	0	25	0	28,525
分別	0	0	0	0	0	400	50	0	450
事業所当たり排出	1,464	80	65	51	-	57	38	-	1,610
混合	100%	100%	100%	100%	-	0%	33%	-	98%
分別	0%	0%	0%	0%	-	100%	67%	-	2%
排出量回答無事業	18	16	7	8	0	7	2	0	18

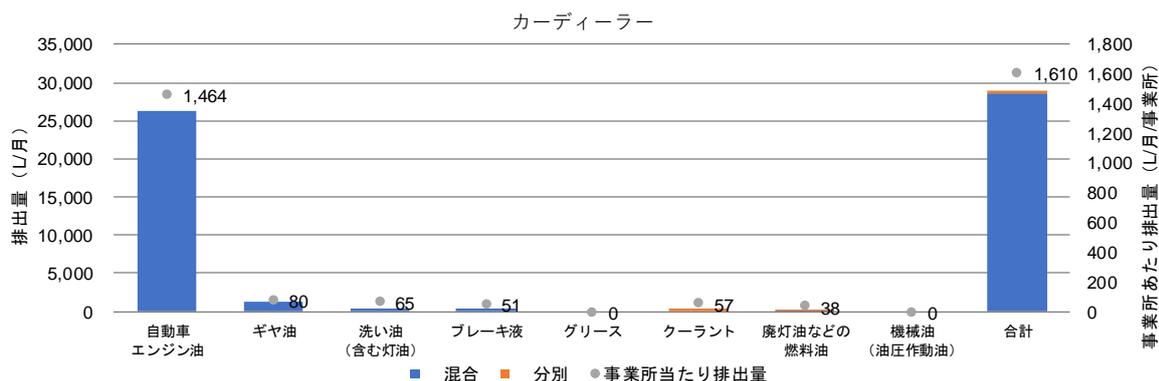


図 4-1-5 ディーラー整備工場の油種別排出量

また、分別状況を表 4-1-3 および図 4-1-6 に示した。廃エンジン油と廃ギヤ油は、ほとんどが混合保管されていたが、洗い油（灯油含む）とブレーキ液は約 50%が混合保管され、クーラントとグリースはほとんどが分別保管されているようであった。ブレーキ液には、一般に潤滑油ではないグリコール系の液体が使われているので、分別保管が望ましい。

また、廃灯油などの燃料油が混合保管されているところが 1 箇所あった。

以上から、ディーラー整備工場の混合油の保管容器には、エンジン油、ギヤ油のほかブレーキ液、灯油が混合保管されていると考えられ、基油再生のためにはブレーキ液や灯油類の分別保管の徹底が必要であることがわかった。

表 4-1-3 ディーラー整備工場の分別状況

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動 油)
混合	20	19	9	8	0	0	1	5
分別	0	0	5	5	5	8	6	0
該当なし	0	1	6	7	15	12	13	15
混合	100%	95%	45%	40%	0%	0%	5%	25%
分別	0%	0%	25%	25%	25%	40%	30%	0%
該当なし	0%	5%	30%	35%	75%	60%	65%	75%
混合	100%	100%	64%	62%	0%	0%	14%	100%
分別	0%	0%	36%	38%	100%	100%	86%	0%

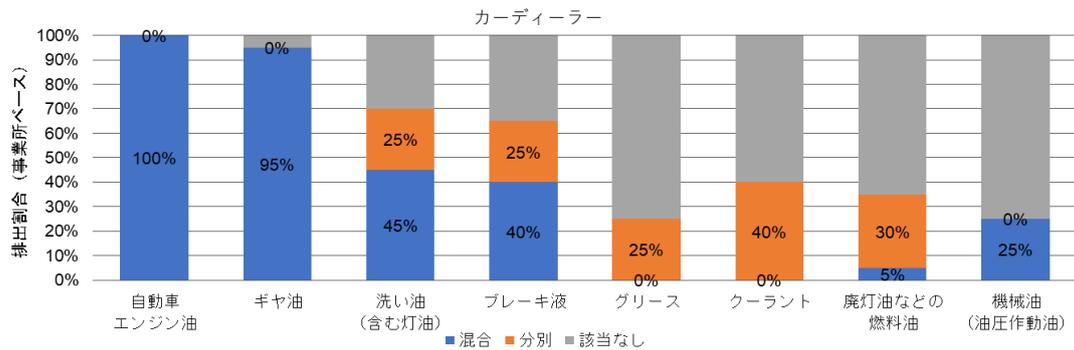


図 4-1-6 ディーラー整備工場の分別状況

・ 一般整備工場の油種別排出量と分別状況

一般整備工場の油種別排出量を表 4-1-4 および図 4-1-7 に示した。表 4-1-4 に示したように、一般整備工場では 1 事業所当たりの月間排出量は、廃エンジン油が 1,437L で最も多く、次に廃ギヤ油等の駆動油が 502L、ブレーキ液が 75L、クーラントが 500L、グリースが 400L、そして機械油 (油圧作動油: クレーン車に搭載されているクレーンの油圧作動油) が 700L であった。

表 4-1-4 一般整備工場の油種別排出量

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動 油)	合計
排出量 (L/月)	8,620	2,510	0	150	400	500	0	700	12,880
混合	8,620	2,510	0	150	0	0	0	700	11,980
分別	0	0	0	0	400	500	0	0	900
事業所当たり排出	1,437	502	-	75	400	500	-	700	2,147
混合	100%	100%	-	100%	0%	0%	-	100%	93%
分別	0%	0%	-	0%	100%	100%	-	0%	7%
排出量回答無事業	6	5	0	2	1	1	0	1	6

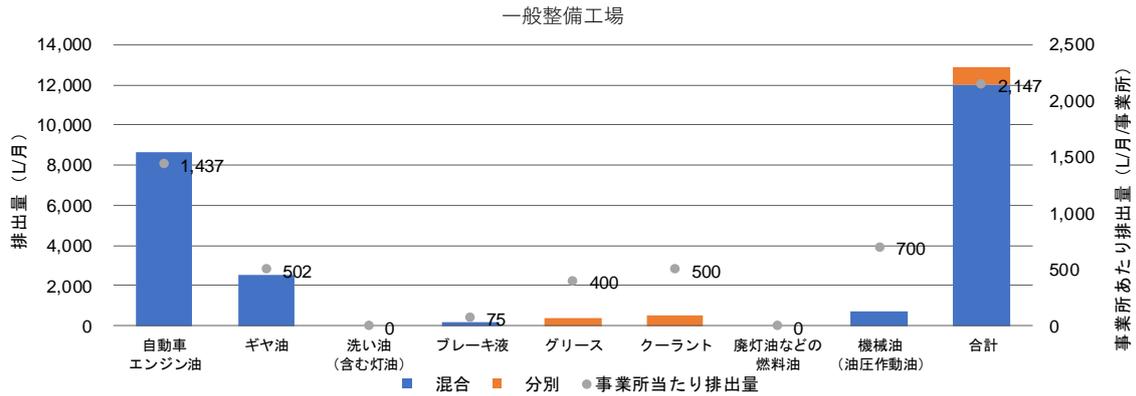


図 4-1-7 一般整備工場の油種別排出量

また、一般整備工場の分別状況を表 4-1-5 および図 4-1-8 に示したが、混合保管されていたのは廃エンジン油のすべてと廃ギヤ油等の駆動油のほとんど、そしてブレーキ液が 40%であった。

クーラント、グリースおよび廃灯油等の燃料油は分別保管されていた。

以上から、一般整備工場ではブレーキ液の分別保管が課題である。

表 4-1-5 一般整備工場の分別状況

	自動車エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの燃料油	機械油 (油圧作動油)
混合	6	5	0	2	0	0	0	3
分別	0	1	3	3	4	4	2	0
該当なし	0	0	3	1	2	2	4	3
混合	100%	83%	0%	33%	0%	0%	0%	50%
分別	0%	17%	50%	50%	67%	67%	33%	0%
該当なし	0%	0%	50%	17%	33%	33%	67%	50%
混合	100%	83%	0%	40%	0%	0%	0%	100%
分別	0%	17%	100%	60%	100%	100%	100%	0%

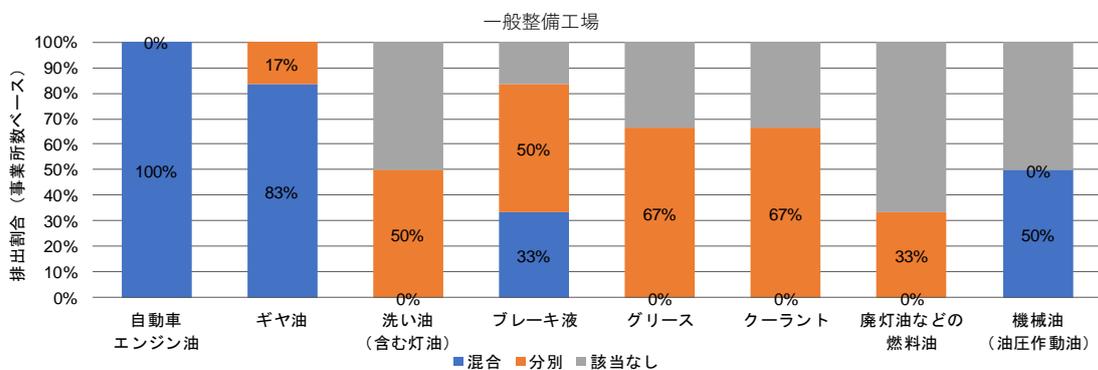


図 4-1-8 一般整備工場の分別状況

・ カー用品店の油種別排出量と分別状況

カー用品店の油種別排出量を表 4-1-6 および図 4-1-9 に示した。カー用品店では、1 事業所当たりの月間排出量は廃エンジン油が 1,933L で最も多く、次に廃ギヤ油等の駆動油が 225L、ブレーキ液が 135L であった。

表 4-1-6 カー用品店の油種別排出量

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動 油)	合計
排出量 (L/月)	11,600	900	0	540	0	0	0	0	13,040
混合	11,600	900	0	540	0	0	0	0	13,040
分別	0	0	0	0	0	0	0	0	0
事業所当たり排出	1,933	225	0	135	0	0	0	0	2,173
混合	100%	100%	-	100%	-	-	-	-	100%
分別	0%	0%	-	0%	-	-	-	-	0%
排出量回答無事業	6	4	0	4	0	0	0	0	6

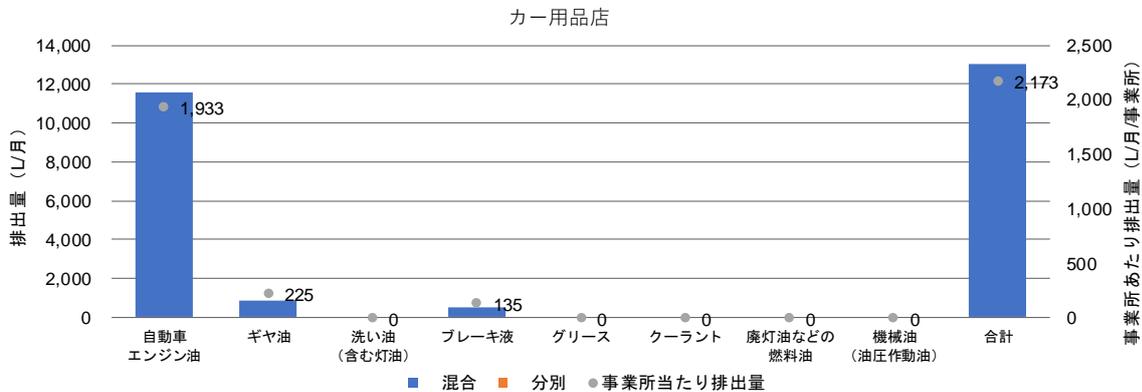


図 4-1-9 カー用品店の油種別排出量

カー用品店の分別状況を表 4-1-7 および図 4-1-10 に示したが、廃エンジン油、廃ギヤ油等の駆動油およびブレーキ液は混合保管されているところが多く、洗い油（含む灯油）についても混合保管されているところがあった。

したがって、カー用品店においては、ブレーキ液と洗い油（灯油等）の分別管理が課題である。

表 4-1-7 カー用品店の分別状況

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動 油)
混合	7	5	3	6	0	0	0	0
分別	0	0	0	0	0	0	0	0
該当なし	0	2	4	1	7	7	7	7
混合	100%	71%	43%	86%	0%	0%	0%	0%
分別	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
該当なし	0%	29%	57%	14%	100%	100%	100%	100%
混合	100%	100%	100%	100%	-	-	-	-
分別	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-

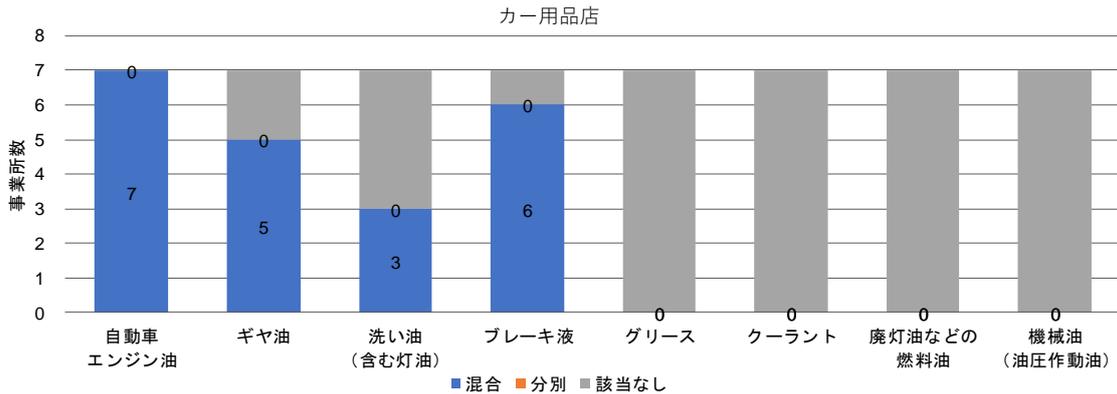


図 4-1-10 カー用品店の分別状況

・ 給油所の油種別排出量と分別状況

給油所の油種別排出量を表 4-1-8、図 4-1-11 に示した。給油所では、1 事業所当たりの月間排出量は廃エンジン油が 647L で最も多く、次に廃ギヤ油等の駆動油が 50L、洗い油（灯油等）が 42L、クーラントが 13L、そして廃灯油等の燃料油が 54L（古い灯油を消費者が持ち込んだ可能性有）、機械油（油圧作動油）が 25L あった。

表 4-1-8 給油所の油種別排出量

	自動車エンジン油	ギヤ油	洗い油(含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの燃料油	機械油(油圧作動油)	合計
排出量 (L/月)	5,825	150	125	0	10	25	325	25	6,485
混合	5,825	150	75	0	0	0	125	25	6,200
分別	0	0	50	0	10	25	200	0	285
事業所当たり排出	647	50	42	0	10	13	54	25	721
混合	100%	100%	60%	-	0%	0%	38%	100%	96%
分別	0%	0%	40%	-	100%	100%	62%	0%	4%
排出量回答無事業	9	3	3	0	1	2	6	1	9

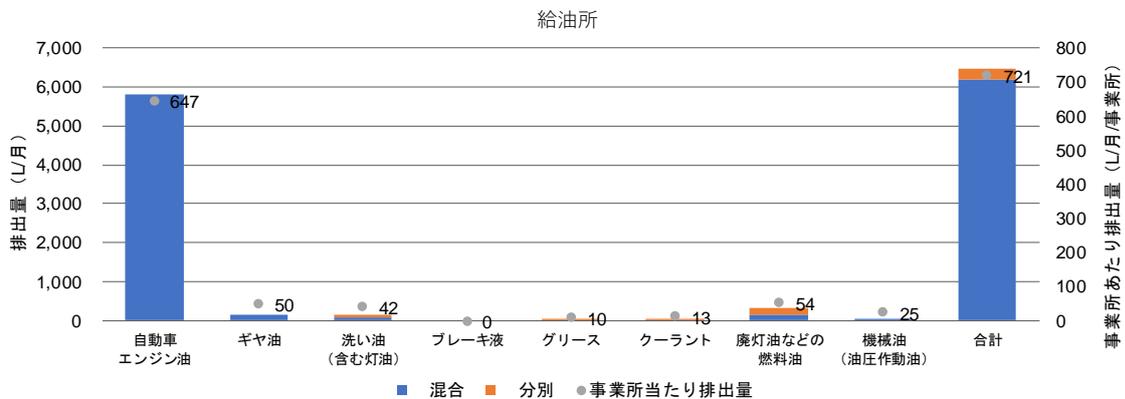


図 4-1-11 給油所の油種別排出量

また、給油所の分別状況を表 4-1-9、図 4-1-12 に示した。廃エンジン油、廃ギヤ油等の駆動

油は混合保管されているが、洗い油（含む灯油）も混合保管されているところがあった。ブレーキ液、グリース、クーラントは分別されていたが、廃灯油などの燃料油が混合保管されているところが多い。この理由は、古くなった灯油等を消費者が処理に困って持ち込むためと思われる。このため、給油所から基油再生用の使用済み潤滑油を回収するには、灯油等の燃料油の分別保管が必要である。

表 4-1-9 給油所の分別状況

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動 油)
混合	9	3	2	0	0	0	3	2
分別	0	0	3	1	2	2	5	0
該当なし	0	6	4	8	7	7	1	7
混合	100%	33%	22%	0%	0%	0%	33%	22%
分別	0%	0%	33%	11%	22%	22%	56%	0%
該当なし	0%	67%	44%	89%	78%	78%	11%	78%
混合	100%	100%	40%	0%	0%	0%	38%	100%
分別	0%	0%	60%	100%	100%	100%	63%	0%

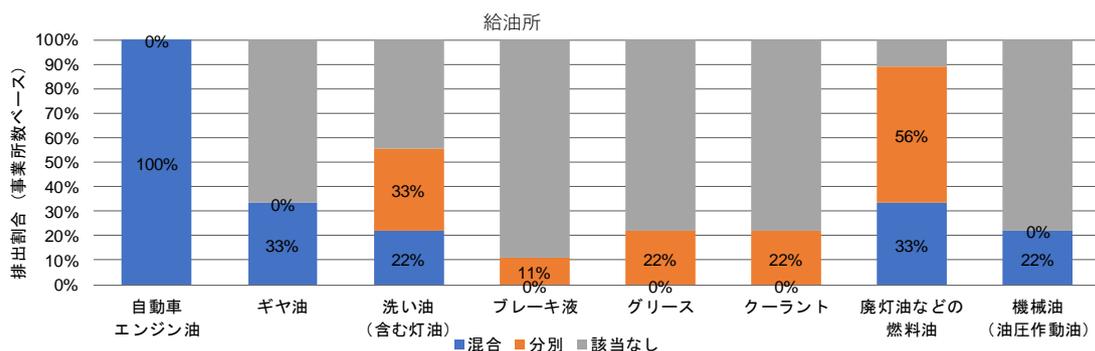


図 4-1-12 給油所の分別状況

・ 全体のまとめ

全体の月間油種別排出量を表 4-1-10 および図 4-1-13 に示した。事業所当たりの排出量で一番多いのは廃エンジン油で、1,332L (全体の約 83%)、次に廃ギヤ油等の駆動油の 173L、クーラントの 163L となっている。グリースは、回答数が 2 件と少ないので評価は難しい。

表 4-1-10 全体の油種別排出量

	自動車 エンジン油	ギヤ油	洗い油 (含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの 燃料油	機械油 (油圧作動油)	合計
排出量 (L/月)	54,595	4,843	583	1,098	410	1,955	400	1,975	65,860
混合	54,595	4,843	533	1,098	0	0	150	1,975	63,195
分別	0	0	50	0	410	1,955	250	0	2,665
事業所当たり排出量	1,332	173	58	78	205	163	50	494	1,606
混合	100%	100%	91%	100%	0%	0%	38%	100%	96%
分別	0%	0%	9%	0%	100%	100%	63%	0%	4%
排出量回答無事業所	41	28	10	14	2	12	8	4	41

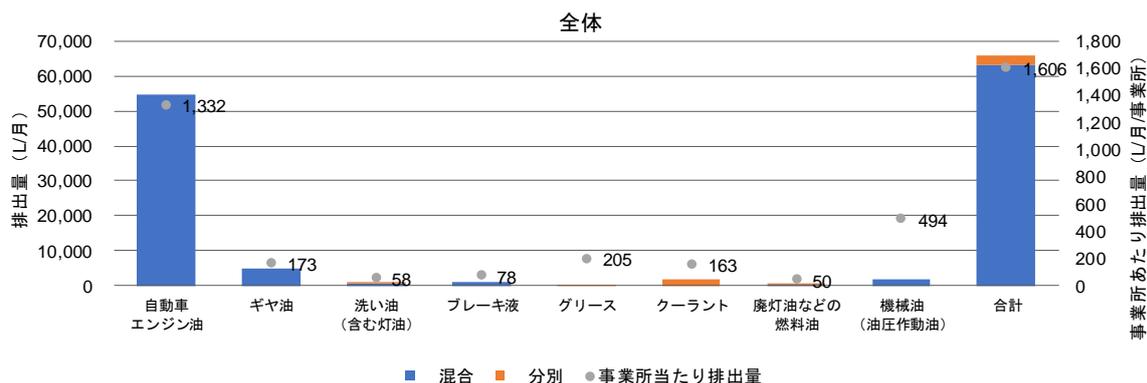


図 4-1-13 全体の油種別排出量

分別状況を表 4-1-11、図 4-1-14 に示した。廃エンジン油、廃ギヤ油等の駆動油は同一容器に混合保管されていたが、潤滑油ではないため本来分別保管されるべき廃ブレーキ液が混合保管されているところが 36%、灯油等の燃料油が混合保管されていたところが約 10%あった。廃クーラントや廃グリースはほぼ分別保管されていた。

分別回収の実証試験に向けて、基油再生の原料油としてふさわしくない廃ブレーキ液や廃灯油等の燃料油の分別管理の徹底が課題として明らかとなった。

表 4-1-11 全体の分別状況

	自動車エンジン油	ギヤ油	洗い油(含む灯油)	ブレーキ液	グリース	クーラント	廃灯油などの燃料油	機械油(油圧作動油)
混合	45	35	14	16	0	0	4	13
分別	0	1	14	12	14	17	16	0
該当なし	0	9	17	17	31	28	25	32
混合	100%	78%	31%	36%	0%	0%	9%	29%
分別	0%	2%	31%	27%	31%	38%	36%	0%
該当なし	0%	20%	38%	38%	69%	62%	56%	71%
混合	100%	97%	50%	57%	0%	0%	20%	100%
分別	0%	3%	50%	43%	100%	100%	80%	0%

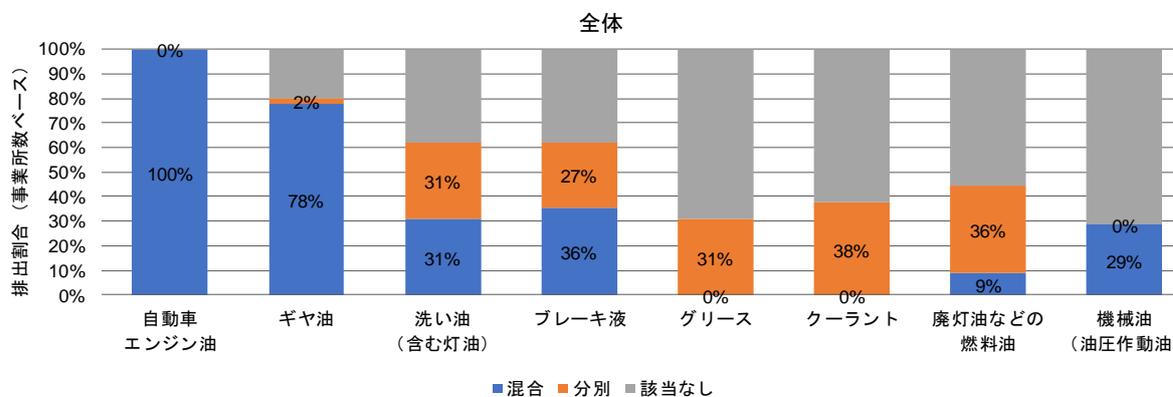


図 4-1-14 全体の分別状況

### ③ 実証試験への協力可否

翌年（令和5年度）に実施予定の分別回収の実証試験への協力打診を行った。その結果を表4-1-12、図4-1-15に示した。実証試験に前向きなのはカーディーラー整備工場、打診を行った事業所の半数で了解が得られた。条件しだいで協力可能とした25%を含めると75%が協力の意向を示した。

一方、協力が得られる可能性が低かったのは一般整備工場、条件付き可能が20%あるものの80%が否定的であった。

カー用品店と給油所については、「条件付きで協力可能」を含めると44~58%あり、今後の対応によっては、協力可能な事業所を増やすことが十分可能と思われるので、今回の実態調査の結果をさらに精査・検討する必要がある。

また、「協力できない」と回答した事業所についても、保管場所の問題や作業性を考慮した提案内容を検討することで賛同を得られる可能性はあると思われる。

工業用油使用工場については、概ね協力が得られる可能性が高いことがわかった。

表 4-1-12 実証試験への協力可否

	全体	一般整備工場	給油所	カーディーラー	カー用品店	工業油使用工場
NO	17	4	5	5	3	0
YES	14	0	0	10	2	2
条件次第でYES	13	1	4	5	2	1
合計	44	5	9	20	7	3
NO	39%	80%	56%	25%	43%	0%
YES	32%	0%	0%	50%	29%	67%
条件次第でYES	30%	20%	44%	25%	29%	33%

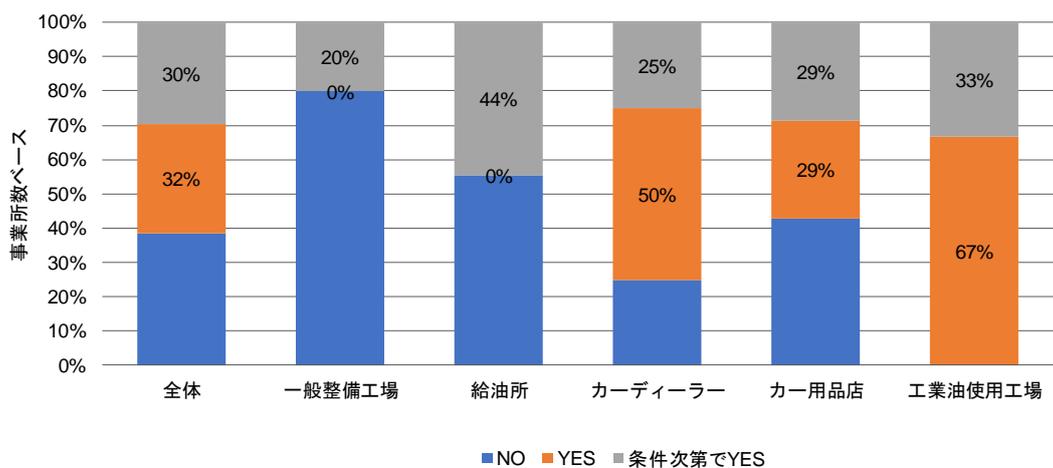


図 4-1-15 実証試験への協力可否

### (3) 排出事業所におけるサンプル採取

① サンプル採取・分析試験の目的

今回のサンプル採取は、廃ガソリンエンジン油、廃ディーゼルエンジン油、貯蔵タンクに保管されている混合廃油及び廃機械油（油圧作動油）の4油種について行ったが、その目的は次の二つである。

・廃油排出事業所の実態調査のための試験

再生基油を製造する際の原料となる廃ガソリンエンジン油、廃ディーゼルエンジン油、廃工業用油（油圧作動油）の性状（API分類等）を、排出事業所ごとに詳しく調べること。

また、排出元に貯蔵されている混合廃油についても性状を調べ、廃ガソリンエンジン油、廃ディーゼルエンジン油、廃工業用油と性状を比較する。

・海外送付サンプルの調製と試験

基油再精製のプロセスには、溶剤精製、水素化精製及び水素化分解プロセスがあるが、その中でも製品である再生基油の付加価値が最も高いグループⅢの得率が高いと考えられるのが水素化分解装置である。本装置で再精製した場合の運転コスト、再生基油の得率、LCAデータ等の各種データを得るためサンプルを送付する。

水素化分解の原料油として、廃エンジン油と廃工業油の比較（製造時のCO<sub>2</sub>排出量、運転データ、経済性等）を行う。

② 採取したサンプルの油種と検体数

組合企業各社がサンプル採取した油種とサンプル数を表4-1-13にまとめた。廃ガソリンエンジン油が30検体、廃ディーゼルエンジン油が13検体、混合廃油が25検体、油圧作動油が8検体、絶縁油が2検体で、表4-1-14に示したように合計78検体である。

表4-1-13 各社がサンプル採取した油種とサンプル数

企業名	ガソリン	ディーゼル	混合廃油	油圧油	絶縁油	合計
TOA シンプル	14	5	13		1	33
太陽油化	7	2	3	5		17
和光サービス	2	1	1			4
パンオイルサービス	3	1	5			9
成沢製油	2	1	3	2		8
日重環境	1	2				3
木幡興業	1	1		1		3
朝田商会					1	1
合計	30	13	25	8	2	78

これを排出事業所の業種別にまとめたものを表4-1-14に示した。

表 4-1-14 業種別・油種別サンプル採取数

業種	ガソリン	ディーゼル	混合廃油	油圧油	絶縁油	合計
カーディーラー	12	6	7		0	23
一般整備工場	7	4	6	2	0	18
カー用品店	5	0	6		0	11
給油所	6	2	6		0	14
工業油使用工場	0	1	0	4	0	5
その他	0	0	0	2	2	4
合計	30	13	25	8	2	78

## (4) サンプル採取した廃油の分析試験

試験は、一般社団法人海事検定協会で行った。

## ① 実態調査のための試験サンプルの調製

廃ガソリンエンジン油と廃ディーゼルエンジン油は、車体から直接サンプル採取を行ったため、他の油種が混ざる心配はないが、サンプル間のバラツキが大きくなることが考えられる。このため、サンプルを個別に試験することはせず、排出業種ごとにまとめて試験した。

## ・自動車関連廃油

ガソリンエンジン廃油、ディーゼルエンジン廃油については、排出元であるカーディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店、給油所の4業種のそれぞれの排出事業所からサンプリングしたものを業種ごとにまとめて試験した。ただし、検体の到着時期の都合でまとめることができず、業種によっては試験サンプルが2検体になった。

また、混合廃油（排出元の廃油貯蔵タンクからサンプル採取）についても、排出業種ごとに一本の検体にまとめて試験したが、到着時期がずれたため2検体になったものもあった。

## ・工業用廃油

油圧作動油について、自動車整備工場及び工場からサンプル採取し、排出業種ごとにまとめて試験した。

## ② 基油再精製用サンプル（ドイツへ送付）の調製

廃エンジン（ガソリン+ディーゼル）油及び廃機械油（油圧作動油）の2種類について、上記サンプルを用いてそれぞれ20L調製し、再精製試験のため送付した。

調製する廃エンジン油のサンプルは、

## ・廃ガソリンエンジン油：

上記実態調査でサンプル採取した検体を均等に混合したもの（A）

## ・廃ディーゼルエンジン油：

上記実態調査でサンプル採取した検体を均等に混合したもの（B）

・調製する廃エンジン油（20L）は、(A)：(B) = 2：1の比率（経済産業省統計値から国内販売量比を算出）で混合して調製した。

・廃機械油のサンプルも上記試験の検体を用いて20L調製した。

(5) 試験結果

① 廃ガソリンエンジン油

廃ガソリンエンジン油について、ディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店および給油所の試験結果を表 4-1-15 に示した。サンプルの到着時期がずれたためそれぞれ 2 検体の試験となった。表 4-1-15 に示したように、ディーラー整備工場から排出された廃ガソリンエンジン油は、粘度指数が高く、組成分析でも飽和分が最も高かった。

廃ガソリンエンジン油は、車体から直接サンプル採取したもので、排出事業所により特徴が現れていると思われる。基油部分の組成分析結果から、ほとんどのサンプルは API グループ III であったが、一般整備工場からのサンプルで API グループ I のものがあった。

また、一般整備工場からの廃ガソリンエンジン油 (GM2) で塩素分濃度が高い検体があったが原因は不明である。

表 4-1-15 廃ガソリンエンジン油性状の排出事業所比較

試験項目	廃ガソリンエンジン油							
	ディーラー		一般整備		カー用品店		給油所	
	GD1 8 検体	GD2 4 検体	GM1 3 検体	GM2 3 検体	GC1 4 検体	GC2 1 検体	GS1 5 検体	GS2 1 検体
1. 密度 @15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8526	0.8559	0.8687	0.8667	0.8567	0.8512	0.8636	0.8629
2. 動粘度 @40°C mm <sup>2</sup> /s @100°C	35.99 7.218	39.26 7.763	47.05 8.368	48.19 8.628	45.96 8.485	29.47 6.700	49.96 8.788	38.92 7.246
3. 粘度指数	170	172	155	158	164	196	156	152
4. 硫黄分 質量%	0.20	0.26	0.31	0.44	0.24	0.24	0.25	0.23
5. 組成分析飽和分 質量%								
サンプル	87.9	83.7	82.9	80.5	87.5	88.3	80.2	81.9
基油 <sup>1)</sup>	96.5	94.2	94.0	89.3	93.7	96.8	91.0	92.9
6. 元素分析 mg/kg								
鉄	6	7	17	6	5	3	10	8
ケイ素	14	49	26	12	10	12	23	15
ホウ素	84	201	67	91	85	148	89	116
リン	648	685	720	774	676	724	670	754
亜鉛	795	802	873	857	816	827	799	828
カルシウム	1460	1450	2230	2480	1480	1540	1550	1530
マグネシウム	329	320	61	122	322	461	304	318
モリブデン	397	434	581	175	123	748	173	514
7. 引火点 °C	111.0	111.5	107.5	104.0	111.0	101.5	115.5	220
8. 塩素分 質量 ppm	<10	11	47	750	13	<10	11	16
9. 水分 質量%	0.094	0.053	0.115	0.069	0.0824	0.0815	0.102	0.519

10.全酸価 <sup>2)</sup>	mgKOH/g	2.09	3.03	3.45	3.37	2.53	2.18	2.63	2.38
11.全塩基価 <sup>3)</sup>	mgKOH/g	6.51	4.98	4.89	8.33	5.49	8.05	5.83	6.71
12.ペンタン不溶分 A 法 <sup>4)</sup>	質量%	0.05	0.02	0.06	0.01	0.05	0.05	0.08	0.05
API の分類	基油部分 (S 分除く)	III	III	III	I	III	III	III	III

1) 水・アスファルテン・オイル不溶固形物及び希釈燃料油を除去し分析を行った。廃油では酸化劣化物や添加剤分の多くがレジジン分に含まれるため、分画した飽和分とアロマ分の合計を基油とした。2) 全酸価：オイルの劣化度合い、3) 全塩基価：オイル中に存在する添加剤の残存量の目安、4) 不溶解分：潤滑油に溶け切らないスラッジ等の異物を測定。これら进行评估することで使用済み潤滑油がどれだけ使われたものかの目安となる。

## ② 廃ディーゼルエンジン油

廃ディーゼルエンジン油について、ディーラー整備工場、一般整備工場および給油所の試験結果を表 4-1-16 に示した。表 4-1-16 に示したように、ディーラー整備工場から排出された廃ディーゼルエンジン油は、粘度指数が高く、組成分析でも飽和分が高かった。しかし、一般整備工場や給油所からサンプリングされたものでは、飽和分が 75~79.7 質量%程度のもがあり、ディーゼルエンジン油には、一部グループ I が使用されていることが示唆された。

廃ディーゼルエンジン油は、車体から直接サンプル採取したもので、排出事業所により特徴が現れると思われる。カー用品店からは、サンプル採取ができなかった。

表 4-1-16 廃ディーゼルエンジン油性状の排出事業所による比較

試験項目	廃ディーゼルエンジン油								
	ディーラー		一般整備		カー用品店		給油所		
	DD1 3 検体	DD2 1 検体	DM1 2 検体	DM2 2 検体	—	—	DS 2 検体	—	
1. 密度	@15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8639	0.8719	0.8677	0.8894			0.8872	
2. 動粘度	@40°C	47.78	76.98	53.18	94.38			60.78	
	mm <sup>2</sup> /s @100°C	9.049	12.00	9.229	12.91			9.351	
3. 粘度指数		174	152	156	134			134	
4. 硫黄分	質量%	0.26	0.34	0.38	0.33			0.35	
5. 組成分析飽和分	質量%								
	サンプル	82.0	85.5	80.2	72.5			68.5	
	基油	91.6	93.4	92.5	79.7			75.0	
6. 元素分析	mg/kg								
	鉄	71	102	23	18			17	
	ケイ素	25	11	7	6			5	
	ホウ素	125	49	81	139			98	
	リン	758	720	731	675			467	

亜鉛	903	847	876	778			567	
カルシウム	1330	932	1110	2860			2840	
マグネシウム	11	3	16	18			14	
モリブデン	301	110	109	54			147	
7. 引火点                    °C	224	230	210	226			220	
8. 塩素分                    質量 ppm	<10	11	15	35			<10	
9. 水分                        質量 ppm	0.051	0.004	0.056	0.043			0.036	
10.全酸価                    mgKOH/g	2.69	2.46	2.53	2.87			2.57	
11.全塩基価                mgKOH/g	4.33	3.41	4.78	7.88			7.88	
12.ペンタン不溶分 A 法   質量%	0.07	0.13	0.13	0.04			0.13	
API の分類   基油部分 (S 分除く)	III	III	III	I			I	

### ③ 混合廃油

混合廃油について、ディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店および給油所の試験結果を表 4-1-17 に示した。

混合廃油は、各排出事業所の保管容器に貯蔵されているもので、普段は廃ガソリンエンジン油、廃ディーゼルエンジン油、廃ギヤ油等の駆動油が分別されることなく保管されている。

粘度指数はすべて 120 以上あったが、組成分析では飽和分が 90 質量%以上のもの（API グループⅢ）とそれ以下のもの（API グループⅠ）があった。

また、今回の実態調査の結果、ブレーキ液が混合貯蔵されている事業所もあったが、廃クーラントや廃グリースは分別保管されていた。

しかし、洗い油（灯油）が混合廃油と共に貯蔵されている排出事業所があったので、引火点のチェックが必要である。

表 4-1-17 に示したように、排出事業所により粘度指数のバラツキが大きく、さらに、引火点が低い検体が多かった。

また、ブレーキ液やクーラントの成分であるグリコール類が、量はわずかであるが予想通り検出された。

従って、分別回収実証試験では、灯油等の燃料油、ブレーキ液やクーラントの分別管理の徹底が課題であることが改めて確認された。

表 4-1-17 混合廃油性状の排出事業所による比較

試験項目	混合廃油							
	ディーラー		一般整備		カー用品店		給油所	
	MD1 5 検体	MD2 2 検体	MM1 3 検体	MM2 3 検体	MC 6 検体	—	MS 6 検体	—
1. 密度 @15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8484	0.8814	0.8759	0.8643	0.8571		0.8634	
2. 動粘度 @40°C mm <sup>2</sup> /s @100°C	25.63 5.829	68.58 9.729	58.47 9.029	43.68 7.867	38.31 7.353		29.91 6.280	
3. 粘度指数	182	123	133	152	161		167	
4. 硫黄分 質量%	0.22	0.25	0.69	0.34	0.22		0.27	
5. 組成分析 質量%								
飽和分 (サンプル)	85.3	78.5	79.5	84.6	87.0		74.2	
飽和分 (基油)	96.7	94.5	85.2	89.2	95.9		85.6	
6. 元素分析 mg/kg								
鉄	22	65	19	26	18		12	
ケイ素	38	11	11	18	14		17	
ホウ素	94	1070	77	102	99		93	
リン	688	727	771	674	601		555	
亜鉛	803	768	634	625	698		665	
カルシウム	1490	1380	1520	1650	1240		1200	
マグネシウム	267	8	23	54	263		209	
モリブデン	685	57	63	84	149		124	
7. 引火点 °C	81.0	127.5	222	129.5	89.0		80.0	
8. 塩素分 質量 ppm	19	18	24	26	15		<10	
9. 水分 質量 ppm	0.338	0.024	2.67	0.028	0.482		0.228	
10.全酸価 mgKOH/g	2.03	4.76	1.59	1.78	2.29		1.82	
11.全塩基価 mgKOH/g	6.56	5.14	4.93	5.00	5.68		5.32	
12.ペンタン不溶分 A 法 質量%	0.33	0.36	1.35	0.01	0.53		0.08	
EG+PG 質量 ppm	210	50	<10	10	<10		<10	
API の分類 基油部分 (S 除く)	III	III	I	I	III		I	

④ 工業用廃油

自動車整備工場 2 箇所とエレベータパーツ工場 4 箇所から採取した廃油圧作動油及び工場取り置き廃油 (表 4-1-18 のその他、油種不明) そして廃絶縁油について試験した。結果を表 4-1-18 に示した。廃エンジン油と比較して、工業用廃油は粘度指数が低く、飽和分も低い。

表 4-1-18 工業用廃油の性状比較

試験項目	工業用廃油			
	自動車整備	工場	その他	絶縁油
1. 密度 @15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8820	0.8768	0.8872	0.8743
2. 動粘度 @40°C mm <sup>2</sup> /s	65.99	46.85	9.604	7.991
	9.327	6.933	2.429	2.174
3. 粘度指数	119	104	58	62
4. 硫黄分 質量%	0.87	0.21	0.14	0.14
5. 組成分析 質量%				
飽和分 (サンプル)	76.6	78.8	70.8	62.6
飽和分 (基油)	80.8	80.6	74.5	69.1
6. 元素分析 質量 ppm				
鉄	15	21	<1	<1
ケイ素	2	2	<1	<1
ホウ素	54	<1	<1	<1
リン	772	165	<1	<1
亜鉛	24	6	<1	<1
カルシウム	2	3	<1	<1
マグネシウム	<1	<1	<1	<1
モリブデン	<1	11	<1	<1
7. 引火点 °C	224	236	168	158
8. 塩素分 質量 ppm	40	14	<10	<10
9. 水分 容量%	0.0089	7.69	0.0041	0.0018
API の分類基油部分 (S 除く)	I	I	—	—

## ⑤ 再精製試験用サンプルの試験結果

基油再精製試験のために使用する廃エンジン油と廃工業油（油圧作動油）の試験結果を表 4-1-19 に示したが、廃エンジン油は粘度指数が 160 と高く、飽和分も 91.0 質量%あり、硫黄分濃度を無視すれば、基油は API グループ III 相当であるのに対して、廃工業油（油圧作動油）は粘度指数が 108、飽和分濃度も 80.6 質量%でグループ I である。

表 4-1-19 基油再精製用サンプルの試験結果

試験項目	廃エンジン油	廃工業油（油圧油）
1. 密度 @15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8646	0.8779
2. 動粘度 @40°C mm <sup>2</sup> /s @100°C	48.12 8.657	39.06 6.273
3. 粘度指数	160	108
4. 硫黄分 質量%	0.27	0.32
5. 組成分析 質量%		
飽和分（サンプル）	83.2	79.0
飽和分（基油）	91.0	80.6
6. 元素分析 mg/kg		
鉄	19	18
ケイ素	19	2
ホウ素	100	24
リン	726	303
亜鉛	849	15
カルシウム	1880	18
マグネシウム	209	1
モリブデン	263	7
7. 引火点 °C	226.0	208.0
8. 塩素分 質量 ppm	66	21
9. 水分 質量%	0.684	2.95
10.全酸価 mgKOH/g	2.49	0.31
11.全塩基価 mgKOH/g	5.11	0.25
12.ペンタン不溶分 A 法 質量%	0.05	0.02
13. PCB mg/kg	<0.15	0.19
API の分類（硫黄分除きで評価）	III	I

⑥ 自動車関連施設における混合廃油について

自動車関連施設の混合廃油の性状を、廃ガソリンエンジン油、廃ディーゼルエンジン油及び再精製用廃エンジン油と比較し、表 4-1-20 に示した。各試験データは、排出事業所ごとの試験結果を加重平均したものである。

混合廃油には、表 4-1-17 に示したように灯油等の燃料油やブレーキ液やクーラントに由来するグリコール類が検出されているが、基油に着目すれば、粘度指数は再精製の廃エンジン油とほとんど変わらない性状を示しており、飽和分もほとんど同レベルである。

したがって、分別回収の実証試験では、現在の廃油混合タンクから基油再精製に相応しくない灯油等の燃料油、ブレーキ液やクーラント等のグリコール類を別途分別管理すればよいと考

えられる。

表 4-1-20 自動車関連施設における混合廃油と廃エンジン油の性状比較

	廃ガソリン エンジン油	廃ディーゼル エンジン油	混合廃油	再精製用 廃エンジン油
粘度指数	165	152	159	160
組成 質量% 飽和分 (基油)	93.7	86.5	91.4	91.0

## 4. 2 使用済み潤滑油回収実証試験の実施

### 4. 2. 1 実証試験の目的

本実証試験の目的は、基油再生原料の確保に向けて、関東地域で年間 4 万 kL を想定した分別回収システムを構築することである。そのため、本実証試験では回収量の規模として 10~20kL (以上)、実証試験の期間は 4~5 週間を予定した。

分別回収する廃油は、「廃エンジン油 (駆動油含む)」と「廃工業油」である。自動車関連施設 (ディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店、給油所) では、廃エンジン油と駆動油、洗剤油 (灯油)、ブレーキ液、油圧作動油等が混合保管されていることが多いことが事前の実態調査で明らかとなった。

このため、廃エンジン油 (駆動油含む) のみを回収しようとする場合、廃エンジン油以外の廃油を別途保管するための容器が必要となること、この容器を別途設置すると消防法上の危険物の保管数量が届出値を超える恐れがあること、分別作業が煩雑になり分別回収の協力が得られない事業所もある (実態調査結果) こと、廃油タンクに貯蔵されている灯油および廃ブレーキ液、油圧作動油の割合は少なく廃エンジン油が主体であること (実態調査結果) から、自動車関連施設の混合タンクに保管されている廃油を「廃エンジン油」として回収することとした。

### 4. 2. 2 本実証試験における検証事項

再生重油の製造を前提とした従来の回収方法は、廃エンジン油と廃工業油を分けることなく、混合して回収してきた (発熱量に差がないため)。このため、定期的に排出される廃エンジン油の回収 (回収油全体の 70%) を軸にして、不定期に排出される廃工業油の回収 (回収油全体の 30%) を、同一ローリーを使用してタイミングよく回収することができた。

しかし、廃エンジン油と廃工業油を分別して回収する場合は、定期的で排出量もほぼ一定している廃エンジン油に対して、不定期で排出量もまちまちな廃工業油の回収を如何に効率よく行うかが重要なポイントになってくる。

また、輸送途中で廃エンジン油と廃工業油のコンタミが発生しないよう分別回収・輸送を徹底することも必要である。

そこで、廃エンジン油と廃工業油を分別して回収する場合の回収効率が、現在の再生重油を前提とした回収と比較してどのようになるのか、また分別した回収油を輸送する場合のコンタミの発生の有無を確認するため、令和5年7月3日（月）から8月4日（月）まで、分別回収・輸送（単独&中継）実証試験を行った。

本実証試験における検証事項は次のとおりである。

- 検証事項1 分別回収に伴う回収効率の検証
- 検証事項2 効率的な輸送方法（単独輸送と中継輸送の比較）の検証
- 検証事項3 分別回収・輸送時のコンタミ度（他油種混合率）の検証
- 検証事項4 分別回収に必要なとなる設備と分別回収のためのコストの算出

#### 検証事項1 分別回収に伴う回収効率の検証

廃エンジン油と廃工業油を分別して回収する場合の回収効率がどのようになるのかを明らかにするため実証試験を行う。

分別回収試験は、当組合会員企業2社により小型（3～4トン）ローリーを使用して行った。

##### （1）分別回収する油種

廃エンジン油（駆動油含む）、廃工業油

##### （2）回収方法

廃エンジン油は、自動車関連施設（ディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店、給油所）の混合タンクから、廃工業油については工場からそれぞれ小型ローリーで回収する。

#### 検証事項2 効率的な輸送方法（単独輸送と中継輸送の比較）の検証

輸送距離が長い場合、目的地までの中間点付近に中継基地を設置することで輸送効率が向上することが考えられるので、実証試験で検証する。

具体的には、目的地まで遠方のA社と中間地点にあるB社がそれぞれ単独に目的地まで輸送する方法（単独輸送）と遠方のA社が中間地点のB社まで輸送し、これをB社がまとめて目的地まで輸送する方法（中継輸送）について検証する。

##### （1）輸送量の前提条件

再精製の原料として、関東地区の10か所の事業所から廃エンジン油と廃工業油合わせて年間4万kLを回収・輸送することを前提とする。

年間4万kL →  $40,000\text{kL} \div 240 \text{日/年(とする)} = 166.7\text{kL/日}$  → 1社・1日当たり16.7kL ≒ 17kL。17kLローリーを使用してハッチを仕切って（70/30）輸送する。

##### （2）輸送方法

A社とB社が、目的地Cへ輸送する場合、

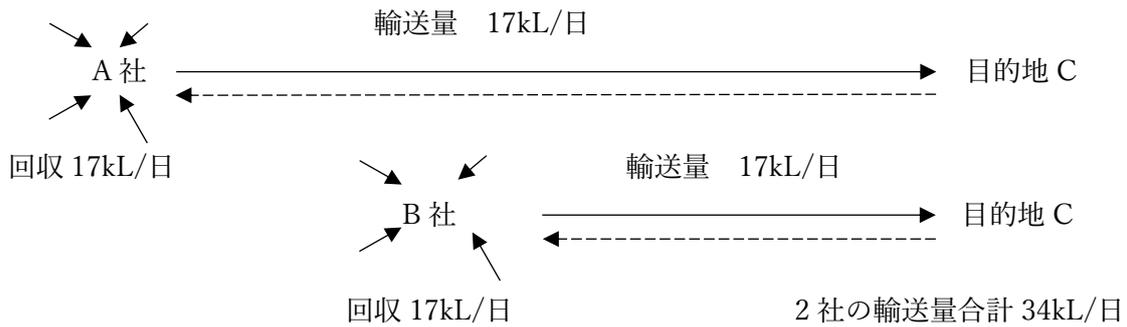
① 単独輸送：A社、B社それぞれ単独に目的地Cに輸送する方法

② 中継輸送：A社が中間付近にあるB社を経て、A社+B社の廃油をB社が目的地Cに輸送する方法

について検証する。

輸送のイメージとしては、

① 単独輸送



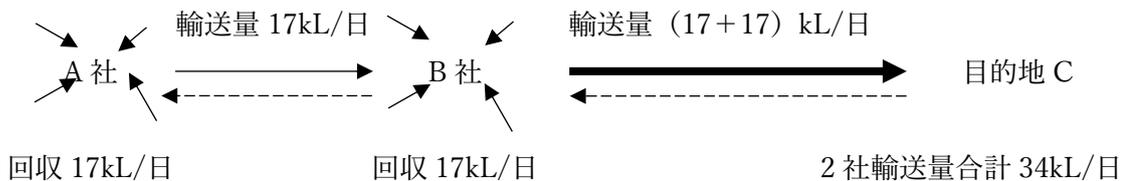
この場合、

A、B 各社の回収量を各々17kL/日、A 社から目的地 C までの距離を往復で 1 日、B 社から目的地 C までの距離を往復 0.5 日とすると、

A 社：目的地まで往復の所要日数が 1 日となるので、ローリーの必要台数は 1 台となる。

B 社：目的地まで往復の所要日数は 0.5 日となるので、ローリー必要台数は 0.5 台である。

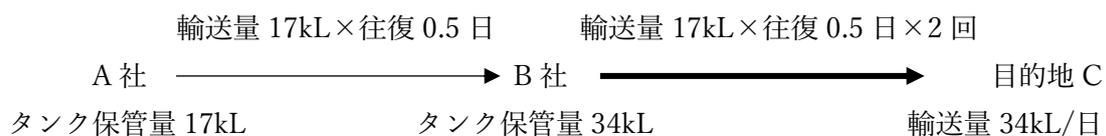
② 中継輸送



この場合、

A、B 各社の回収量を上記同様各々17kL/日とする。

A 社から中間地点 B 社まで 17kL を輸送し、中間地点 B 社から合わせて 34kL を目的地まで輸送する。



上記の通り、両社合計の輸送量は同じであるが、

・単独輸送の場合：

A 社のローリーの必要台数が 1 台、B 社のローリー必要台数が 0.5 台となる。

・中継輸送の場合：

A 社のローリー必要台数が、単独輸送の 1 台から 0.5 台に減少するのに対して、B 社のローリー必要台数が 0.5 台から 1 台に増加することにより、B 社の負担が増加する。

以上を踏まえて、単独輸送と中継輸送の輸送効率(荷下ろしや積み込みに要する時間も含めて)を検証する。

### 検証事項3 分別回収・輸送時のコンタミ度（他油種混合率）の検証

自動車関連施設から回収する「廃エンジン油」および工場から回収する「廃工業油」は、一般に3～4トンクラスの小型ローリーで回収作業が行われている。この回収した廃油の油種チェックを行う必要があるが、それらを回収事業所のタンクに受け入れる直前でローリーからサンプル採取を行い、性状を試験してコンタミ度（他油種混合率）をチェックするシステムについてその有効性を検証する。

また、回収した廃エンジン油と廃工業油がコンタミすることなく目的地まで輸送されたかどうかについても検証する。

コンタミ度を検証するための両油種の試験項目は、

- ・廃エンジン油：ブレーキ液やクーラントのコンタミについては、その成分であるグリコール類の濃度変化、灯油の混入については「引火点」の変化、廃工業油の混入は粘度指数の変化でコンタミ度を検証する。
- ・廃工業油：廃エンジン油のコンタミは、金属分濃度の増加、粘度指数の変化から検証する。

トレーサビリティの確保については、小型ローリーの回収先が通常5～6か所であり、ローリーからのサンプル採取で異常値が見いだされた場合、排出事業所の特定が容易に行えると考えられるので、実証試験で確認する。

単独輸送における回収・輸送方法とサンプル採取方法の概略図を図4-2-1に示す。

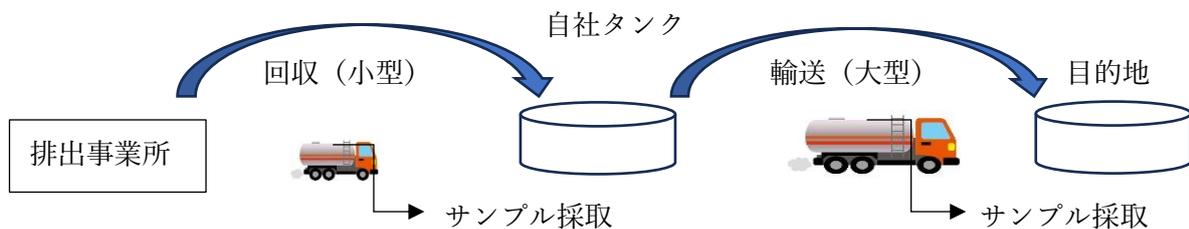


図4-2-1 単独輸送の回収・輸送方法とサンプル採取方法の概略図

次に、中継輸送における回収・輸送方法とサンプル採取方法の概略図を図4-2-2に示す。

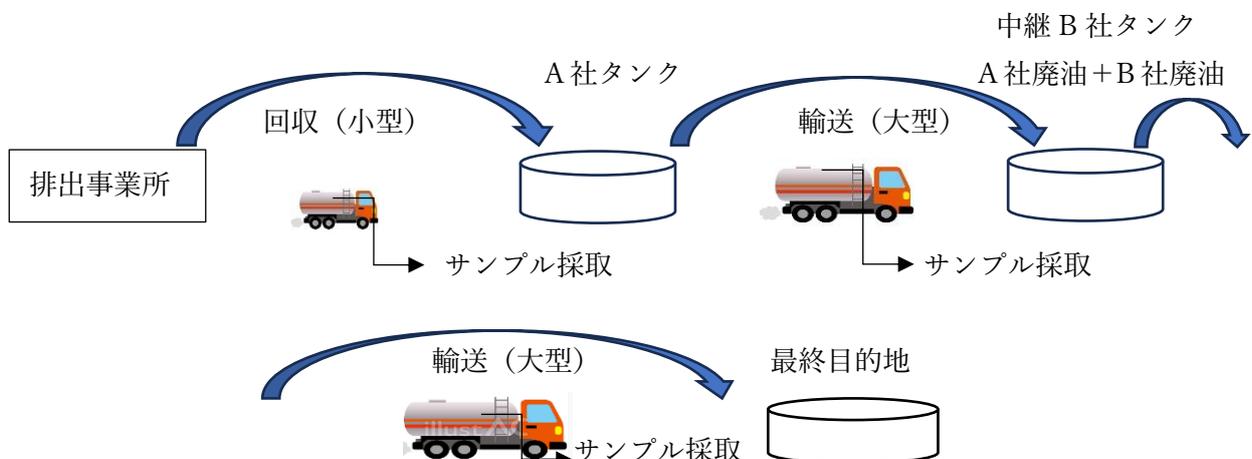


図4-2-2 中継輸送の回収・輸送方法とサンプル採取方法の概略図

#### 検証事項4 分別回収に必要な設備とその費用の検証

分別回収に必要な設備と分別回収&輸送の合計コストを明らかにすることにより、再精製装置で処理する原料の価格（再生重油+ $\alpha$ ）を明確にする。

#### 4. 2. 3 分別回収・輸送実証試験結果

令和5年7月3日（月）から8月4日（月）まで、分別回収・輸送（単独&中継）実証試験を行った。

具体的には、(株)太陽油化および(株)TOA シブルの小型ローリーによる廃油の分別回収試験において、回収に要したローリーの走行距離、回収に要した時間を測定した。次に、両社の大型ローリーによる輸送試験を行った。

また、(株)朝田商会のタンクを借用（自社タンクに余裕がないため）してローリーからの荷下ろし試験および積込み試験を行い、作業内容の確認と作業時間の測定を行った。

輸送試験における単独輸送および中継輸送では、借用したタンク繰りの関係で、

- ・単独輸送試験は、太陽油化の廃工業油 → 廃エンジン油の順で行い、次に TOA シブルの廃工業油 → 廃エンジン油の順で行った。
- ・中継輸送試験は、太陽油化による廃エンジン油の回収についてのみ行った。

#### 4.2.3.1 廃工業油の分別回収・輸送実証試験

##### (1) 廃工業油回収作業（太陽油化、TOA シブル）

廃工業用油の回収作業は、排出事業所からの連絡を受けて、その都度回収作業を行うのが一般的である。回収作業に要した時間とローリーの走行距離の測定は、本実証試験すべてにおいて会社出発から自社タンクを想定した朝田商会のタンクまでとした。

工場に置かれたドラム缶から廃工業油を回収する作業状況を図4-2-3に示した。



図 4-2-3 工場からの廃油回収作業

##### ①太陽油化による回収作業

##### ◆回収作業① 7月3日（月）

- ・使用車：4t ローリー
- ・廃工業油の回収場所、回収量（回収作業時間）：2 か所から回収  
自動車関連施設の一般整備工場から 0.75kL（20 分）、一般工場から 0.8kL（45 分）で合計 1.55kL 回収（合計作業時間 65 分）。
- ・回収に要した時間：（自社タンクに見立てた朝田商会タンク到着まで）  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：225 分（1.55kL 回収） → 145.2 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：（自社タンクに見立てた朝田商会タンク到着まで）  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：61.4km（1.55kL 回収） → 39.6km/kL・回収

◆回収作業② 7月4日（火）回収車 A

- ・使用車：3t バキューム車
- ・廃工業油の回収場所、回収量（回収作業時間）：1 か所から回収  
一般工場 A から 0.55kL（50 分）回収
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：255 分（0.55kL 回収） → 463.6 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：152.3km（0.55kL 回収） → 276.9km/kL・回収

◆回収作業③ 7月4日（火）回収車 B

- ・使用車：3t バキューム車
- ・廃工業油の回収場所、回収量（回収作業時間）：3 か所から回収  
一般工場 A から 2.15kL（50 分）、一般工場 B から 0.25kL（15 分）、一般工場 C（ディーゼル発電機廃油：本来なら廃エンジン油の回収となるはずであるが、一般工場からの廃油の回収作業だったため廃工業油として回収した → 廃工業油と廃エンジン油を分別する場合の注意点）から 0.70kL（65 分）合計 3.10kL 回収（130 分）。
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：315 分（3.10kL 回収） → 101.6 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：38.1km（3.10kL 回収） → 12.3km/kL・回収

◆回収作業④ 7月6日（木）

- ・使用車：4t ローリー車
- ・廃工業油の回収場所、回収量（回収作業時間）：3 か所から回収  
一般工場 A から 0.4kL（10 分）、一般工場 B から 0.4kL（10 分）、一般工場 C から 0.35kL（10 分）合計 1.15kL 回収（30 分）。
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：170 分（1.15kL 回収） → 147.8 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：

会社出発～回収作業～朝田商会到着：98.2km（1.15kL 回収） → 85.4km/kL・回収

## ②TOA シンプルによる回収作業

### ◆回収作業⑤ 7月21日（金）

- ・使用車：12t ローリー車
- ・廃工業油の回収場所、回収量（回収作業時間）： 1 か所から回収  
一般工場 A から 4.0kL（50 分）回収した。
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：260 分（4.0kL 回収） → 65.0 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：58km（4.0kL 回収） → 14.5km/kL・回収

## ③廃工業油の回収状況まとめ

廃工業油の回収は一般に不定期であり、排出事業所から連絡を受けてから回収を行うため、廃工業油のみを分別回収する場合、現在の混合回収に比べて作業効率が悪いと考えられる。

今回回収した工場数は 10 か所、回収量の合計は 10.35kL であった。

回収のための小型ローリーの走行距離と回収時間については、会社を出発してから自社タンクに見立てた朝田商会のタンク到着までとし、その結果を表 4-2-1 に示した。

表 4-2-1 廃工業油回収状況まとめ

月日	回収作業	回収車	回収量 kL	回収時間※ 分/kL	回収距離※ km/kL
7/3	①	4t ローリ	1.55	145.2	39.6
7/4	②	3t バキューム	3.1	463.6	276.9
7/4	③	3t バキューム	0.55	101.6	12.3
7/6	④	4t ローリ	1.15	147.8	85.4
7/21	⑤	12t ローリ	4.0	65.0	14.5
合計			10.35	—	—
平均			2.1	184.6	85.7

※会社出発→朝田商会（T1 タンク）到着まで

表 4-2-1 に示したように、廃工業油の回収は、不定期でさらに排出量もまちまちであることから、自社を出発して回収作業を行い、自社タンク（実際には朝田商会の T1 タンク）に到着するまでの時間は、kL あたり 65.0 分から 463.6 分までばらつきがあった（平均は 184.6 分/kL）。

また、回収に要した距離は、kL あたり 12.3～276.9km と変動幅が大きい（平均は 85.7 km/kL）。

### (2) タンクへの荷下ろし作業に要した時間の測定（小型ローリー → T1 タンク）

工場から回収した廃工業油を、自社のタンクを想定した朝田商会の T1 タンクに輸送した。

その状況を下記に示す。性状を確認するためのサンプル採取を行った場所は、ローリーに設置されているサンプル採取口あるいはローリーのハッチ上部からである。

ローリー側の作業に要した時間、タンク側の作業に要した時間をそれぞれ個別に測定した。

従来は、自社タンクに、混合廃油を荷下ろししていたため、油種確認や荷下ろしするタンクの確認が不要であったが、油種のコンタミを避けるには、ローリー側は荷下ろしするタンクの油種確認作業、タンク側もローリーの積み荷の油種確認作業が必要となるので作業時間がその分増加する。

#### ◆回収作業①

##### ア) ローリー側作業

- ・車種：4t ローリー／油種：工業油／ 積載量：1.55 kL
- ・実作業時間：15分 → 9.7分/kL
- ・作業内容
  - ー荷下ろしタンクの油種確認（朝田商会立会）
  - ー荷下ろしタンク内残量確認（オーバーフロー対策）
  - ーローリータンク内油量確認（検尺）
  - ーサンプル採取（採取口より）→ 試験分析へ
  - ーホース接続
  - ー荷下ろし（ローリーのポンプでタンクへ油を投入）

##### イ) タンク側作業

- ・タンク在槽量確認：0 → 1.55kL（増加分：1.55kL デッドスペースのため不正確）
- ・作業内容
  - ーローリーの油種、積載量の確認
  - ータンクとローリーをホースで接続する
  - ーローリーのポンプでタンクへ油を投入
  - ータンクの在槽量確認

#### ◆回収作業② 作業内容は同上

- ・実作業時間：15分 → 27.3分/kL
- ・タンク在槽量変化確認： 1.55 → 2.10 kL（増加分：0.55kL）

#### ◆回収作業③

- ・実作業時間：15分 → 4.8分/kL
- ・タンク在槽量変化確認：2.1 → 5.2 kL（増加分：3.1kL）

#### ◆回収作業④

- ・実作業時間：15分 → 13.0分/kL
- ・タンク在槽量変化確認： 5.2 → 6.35 kL（増加分：1.15kL）

#### ◆回収作業⑤

- ・実作業時間：25分 → 6.3分/kL
- ・タンク在槽量変化： 0 → 4.0kL（増加分：4.0kL）デッド分があり不正確

以上をまとめると

- ・ローリー側作業内容：  
対象タンクの確認、オーバーフロー対策の実施、ローリータンク内在槽量の確認を実施
- ・タンク側作業内容：  
対象ローリーの確認、オーバーフロー対策の実施、タンクの在槽変化から受け入れ量の確認を実施
- ・問題点：  
ローリー側とタンク側でローリー積載量とタンク在槽で差異が生じたときの対応をどうするか？ → 両方で数量を確認するが、タンクよりもローリーの検尺が正確なので、ローリー側の量を優先する。

廃工業油の回収ローリーから自社タンクに見立てた T1 タンクへの払い出しに要した時間を表 4-2-2 にまとめた。

表 4-2-2 に示したように、回収ローリーから自社タンク T1 への払い出しに要する時間は、量が少なくても基本的な確認作業のために時間を要することもあり、回収量が少ないときは 1kL 当たりの実作業時間が大きくなった。

今回の回収量の平均は 2.1kL で、作業時間の平均は 12.2 分/kL であった。 → これは、分別回収に伴う廃工業油の作業時間の増加分である。

表 4-2-2 自社タンク T1 への払い出し時間（廃工業油）

回収作業	回収量 kL	実作業時間 分	作業時間 分/kL
①	1.55	15	9.7
②	0.55	15	27.3
③	3.1	15	4.8
④	1.15	15	13.0
⑤	4.0	25	6.3
平均	2.1	17	12.2

### (3) 出荷のための積み込み作業に要した時間の測定 (T1 タンク → 大型ローリー)

この作業は、自社のタンク（今回は朝田商会の T1 タンク）の廃油を大型ローリーで目的地へ輸送する場合を想定した実証試験で、T1 タンクから大型ローリーに積み込みに要する時間をローリー側、タンク側それぞれで測定した。

#### 回収作業①②③④廃油の積み込み (T1 タンク→大型ローリー)

##### ア) ローリー側作業

- ・車種：16t ローリー／油種：工業用油／積載量：5.95 kL
- ・実作業時間：20 分 → 3.4 分/kL

・作業内容

- －積み込みタンク確認
- －タンク内残量確認
- －ホース接続
- －吸引（バルブ操作）
- －積み込み後、タンク内残量とローリー在槽量確認

イ) タンク側作業

・タンク在槽量変化：6.35 → 0.4kL（減少分：5.95kL）

・作業内容

- －車種、油種、積載可能量の確認
- －ローリーとタンクをホースで接続
- －ローリーのギアポンプで油を積み込み
- －積み込み後、タンク内残量とローリー在槽量確認

◆回収作業⑤廃工業油の積み込み（T1 タンク→大型ローリー）

- ・車種：12t ローリー／油種：工業用油／積載量：3.5kL
- ・作業時間：20分 → 5.7分/kL

問題点：T1 タンクから出荷する廃油は、客先の再精製装置で処理されるので、品質のチェックが必要であるが、タンクに攪拌装置がない場合はロットがつけられない。攪拌装置付きのタンクが必要である。

出荷のための積み込みに要する時間を表 4-2-3 にまとめたが、作業時間はいずれも 20 分で、1kL 当たりの単位作業時間は、平均 4.55 分であった。

将来、大型の 17kL ローリーに積み込む場合、この単位作業時間を適用すると合計作業時間は 77 分かかると推定される。

表 4-2-3 自社タンクからの積み込みに要する時間

回収油	積込量 kL	作業時間 分	単位作業時間 分/kL
①②③④	5.95	20	3.4
⑤	3.5	20	5.7
平均	4.73	20	4.55
将来想定	17	77	4.55 とする

(4) 目的地タンクへの輸送（大型ローリー → T2 タンク）

大型ローリーによる目的地（T2 タンク）への荷下ろし作業の時間を測定した。

◆回収作業①②③④の輸送

- ・車種：16t ローリー／油種：工業油／積載量：5.95 KL
- ・実作業時間：20分 → 3.4分/kL

◆回収作業⑤の輸送

- ・車種：12t ローリー／油種：工業油／積載量：3.5kL
- ・実作業時間：20分 → 5.7分/kL

以上から、目的地での荷下ろしに要する時間は、表 4-2-4 のようになった。

将来、大型ローリー（17kL）で輸送する場合、荷下ろしに要する作業時間は、77分と想定されるが、大型ローリーで目的地のタンクに荷下ろしする場合、目的地の広さや入構手続き等を考慮すると、追加の時間（作業前 10分、作業後 10分程度：合計 20分）が必要で、荷下ろしに必要な時間は 77分+20分=97分※と考えられる。

表 4-2-4 目的地タンクへの荷下ろしに要する時間

回収作業	荷下ろし量 kL	作業時間 分	単位作業時間 分/kL
①②③④	5.95	20	3.4
⑤	3.5	20	5.7
平均	4.73	20	4.55
将来想定	17	77→97※	4.55 とする

4.2.3.2 廃エンジン油の分別回収・輸送実証試験

廃エンジン油については、自動車関連施設であるディーラー、一般整備工場、カー用品店、給油所および運輸会社その他から小型ローリーで回収した。

(1) 廃エンジン油回収作業

自動車関連施設からの廃エンジン油の回収作業状況を図 4-2-4 に示したが、回収場所は地下タンク、ドラム缶、地上タンク等様々である。



地下タンクから

ドラム缶から

地上タンクから

図 4-2-4 廃エンジン油の回収作業

## ①太陽油化による回収作業

### ◆回収作業⑥

- ・使用車：4t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量（回収作業時間）：6 か所から回収  
給油所 A から 1.3kL (21 分)、ディーラーA から 0.8kL (17 分)、ディーラーB から 0.25kL (10 分)、ディーラーC から 0.3kL (9 分)、一般整備工場 A から 0.25kL (16 分)、一般整備工場 B から 0.25kL (8 分) 合計 3.15kL 回収した（回収作業合計 81 分）。
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：190 分（3.15kL 回収）→ 60.3 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：56km（3.15kL 回収）→ 17.8km/kL・回収

### ◆回収作業⑦

- ・使用車種：3t バキューム
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量（回収作業時間）：2 か所から回収  
一般工場から廃エンジン油を 1.4kL (35 分)、一般整備工場から 1.3kL (25 分) 合計 2.7kL (60 分)。
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：150 分（2.70kL 回収）→ 55.6 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：41.9km（2.70kL 回収）→ 15.5km/kL・回収

### ◆回収作業⑧

- ・使用車種：4t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量（回収作業時間）：5 か所から回収  
一般整備工場 A から 0.25kL (13 分)、一般整備工場 B から 0.9kL (28 分)、給油所から 0.3kL (16 分)、一般整備工場 C から 0.1kL (8 分)、一般整備工場 D から 0.2kL (15 分) 合計 1.75kL (80 分)。
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：290 分（1.75kL 回収）→ 165.7 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：61km（1.75kL 回収）→ 34.9km/kL・回収

### ◆回収作業⑨

- ・使用車種：4t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量（回収作業時間）：6 か所から回収  
一般整備工場 A から 0.3kL (9 分)、一般整備工場 B から 0.25kL (10 分)、一般整備工場 C から 0.35kL (10 分)、一般整備工場 D から 0.2kL (8 分)、一般整備工場 E から 0.3kL (11 分)、

一般整備工場 F から 0.55kL (12 分) 合計 1.95kL (60 分)。

- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：180 分 (1.95kL 回収) → 92.3 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：88km (1.95kL 回収) → 45.1km/kL・回収

## ②TOA シブルによる回収作業

### ◆回収作業⑩

- ・使用車種：4t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量 (回収作業時間)：9 か所から回収  
給油所 A から 0.60kL (25 分)、一般整備工場 A から 0.30kL (14 分)、ディーラー A から 0.20kL (15 分)、一般整備工場 B から 0.30kL (13 分)、給油所 B から 0.75kL (30 分)、ディーラー B から 0.55kL (21 分)、ディーラー C から 0.40kL (15 分)、一般整備工場 C から 0.25kL (14 分)、ディーラー D から 0.30kL (20 分) 合計 3.65kL (167 分)
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：620 分 (3.65kL 回収) → 169.9 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：184km (3.65kL 回収) → 50.4km/kL・回収

### ◆回収作業⑪

- ・使用車種：6t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量 (回収作業時間)：8 か所から回収  
給油所 A から 0.90kL (37 分)、給油所 B から 1.20kL (30 分)、一般整備工場 A から 0.50kL (14 分)、一般整備工場 B から 1.20kL (15 分)、一般整備工場 C から 0.40kL (8 分)、一般整備工場 D から 0.50kL (19 分)、一般整備工場 E から 0.50kL (17 分)、一般整備工場 F から 0.50kL (20 分) 合計 5.70kL (160 分)
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：745 分 (5.70kL 回収) → 130.7 分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：369km (5.70kL 回収) → 64.7km/kL・回収

## ③太陽油化 (中継輸送) による回収作業

### ◆回収作業⑫

- ・使用車種：3.8t バキューム車
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量 (回収作業時間)：7 か所から回収  
一般整備工場 A から 0.55kL (20 分)、カー用品店から 0.40kL (13 分)、一般整備工場 B から 0.30kL (10 分)、一般整備工場 C から 0.75kL (27 分)、一般整備工場 D から 1.10kL (25 分)、一般整備工場 E から 0.45kL (16 分)、ディーラーから 0.35kL (12 分)、合計 3.90kL (123 分)

- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：470分（3.90kL回収） → 120.5分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：144km（3.90kL回収） → 36.9km/kL・回収

#### ◆回収作業⑬

- ・使用車種：4t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量（回収作業時間）：8か所から回収  
一般整備工場 A から 0.40kL（12分）、一般整備工場 B から 0.30kL（14分）、一般整備工場 C から 0.20kL（17分）、一般整備工場 D から 0.20kL（12分）、一般整備工場 E から 0.70kL（15分）、一般整備工場 F から 0.30kL（7分）、給油所から 1.85kL（33分）、一般整備工場 G から 0.10kL（13分）、合計 4.0kL（123分）
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：450分（4.05kL回収） → 111.1分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：156km（4.05kL回収） → 38.5km/kL・回収

#### ◆回収作業⑭

- ・使用車種：4t ローリー
- ・廃エンジン油の回収場所、回収量（回収作業時間）：9か所から回収  
ディーラーA から 0.30kL（28分）、ディーラーB から 0.15kL（19分）、ディーラーC から 0.25kL（17分）、給油所から 0.90kL（19分）、一般整備工場 A から 0.25kL（7分）、一般整備工場 B から 0.35kL（12分）、ディーラーD から 0.25kL（12分）、その他運輸会社から 0.35kL（10分）、一般整備工場 C から 0.40kL（11分）、その他から 0.30kL（9分）、その他運輸会社から 0.20kL（6分）、その他から 0.30kL（10分）、合計 4.0kL（160分）
- ・回収に要した時間：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：525分（4.0kL回収） → 131.3分/kL・回収
- ・回収に要した距離：  
会社出発～回収作業～朝田商会到着：220km（4.0kL回収） → 55.0km/kL・回収

廃エンジン油の回収に要した小型ローリーの走行距離（km/kL）と回収時間（分/kL）を表 4-2-5 にまとめた。

表 4-2-5 廃エンジン油回収状況

月日	回収作業	回収車	回収量 kL	回収時間※ 分/kL	走行距離※ km/kL
7/10	⑥	4t ローリー	3.15	60.3	7.8
7/11	⑦	3t バキューム	2.7	55.6	15.5
7/12	⑧	4t ローリー	1.75	165.7	34.9
7/13	⑨	4t ローリー	1.95	92.3	45.1
8/1	⑫	3.8t バキューム	3.9	120.5	36.9
8/2	⑬	4t ローリー	4.0	111.1	38.5
8/3	⑭	4t ローリー	4.0	131.3	55.0
7/24	⑩	4t ローリー	3.65	169.9	50.4
7/24	⑪	6t ローリー	5.7	130.7	64.7
合計			30.8	—	—
平均			3.4	115.3	38.8

※自社～朝田商会 T1 タンク

表 4-2-5 に示したように、廃エンジン油の回収は、定期回収が行われており、回収ローリー1 台当たりの回収量が多いことにより、回収時間の平均は 115.3 分/kL（工業油は 184.6 分/kL）、回収に要するローリーの走行距離の平均は、38.8 km/kL（工業油は 85.7 km/kL）であった。

(2) タンクへの荷下ろし作業に要した時間の測定（小型回収ローリー → T1 タンク）

回収した廃エンジン油を積載したローリーから自社タンク（T1 タンク）への荷下ろし作業について、ローリー側の作業内容と所要時間及びタンク側の作業内容と所要時間をそれぞれ個別に調べた。

また、排出事業所から回収した廃エンジン油の性状を調べるため、ローリーからサンプル採取を行った。



図 4-2-3 回収ローリーから T1 タンクへ荷下ろし

◆回収作業⑥

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：3.15 kL
- ・作業時間：25分 → 7.9分/kL

◆回収作業⑦

- ・車種：3t バキューム／油種：廃エンジン油／積載量：2.7 kL
- ・作業時間：20分 → 7.4分/kL

◆回収作業⑧

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：1.75 kL
- ・作業時間：20分 → 11.4分/kL

◆回収作業⑨

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：1.95 kL
- ・作業時間：20分 → 10.3分/kL

◆回収作業⑩

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：3.65 kL
- ・作業時間：35分 → 9.6分/kL

◆回収作業⑪

- ・車種：6t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：5.7 kL
- ・作業時間：20分 → 3.5分/kL

◆回収作業⑫（中継輸送）

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量 3.9 kL
- ・作業時間：20分 → 5.1分/kL

◆回収作業⑬（中継輸送）

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：4.05 kL
- ・作業時間：15分 → 3.7分/kL

◆回収作業⑭（中継輸送）

- ・車種：4t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：4.0 kL
- ・作業時間：20分 → 5.0分/kL

廃エンジン油の分別回収後、自社タンクと見立てた朝田商会の T1 タンクへの荷下ろし作業に要した時間を表 4-2-6 にまとめた。

表 4-2-6 自社タンク T1 への荷下ろし時間 (廃エンジン油)

回収作業	回収量 kL	実作業時間 分	単位作業時間 分/kL
⑥	3.15	25	7.9
⑦	2.7	20	7.4
⑧	1.75	20	11.4
⑨	1.95	20	10.3
⑩	3.65	35	9.6
⑪	5.7	20	3.5
⑫	3.9	20	5.1
⑬	4.05	15	3.7
⑭	4.0	20	5.0
平均	3.43	21.7	7.1

表 4-2-6 に示したように、廃エンジン油の平均回収量は 3.43kL、荷下ろしの実作業時間の平均は 21.7 分、1kL 当たりの単位作業時間の平均は 7.1 分であった。平均回収量が、廃工業油の 2.6kL と比較して多いので、荷下ろし単位作業時間の平均値も廃工業油の 12.2 分/kL と比較して約半分の 7.1 分/kL であった。

(3) 大型ローリーへの積み込み作業 (T1 タンク → 大型ローリー)

出荷のため自社の T1 タンクから大型ローリーに積み込む際の作業内容と時間を調べた。

◆回収作業⑥⑦⑧⑨

- ・車種：16t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：9.3 kL
- ・作業時間：30 分 → 3.2 分/kL

◆回収作業⑩⑪

- ・車種：12 t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：8.90kL
- ・作業時間：30 分 → 3.4 分/kL

◆回収作業⑫⑬⑭ (中継輸送)

- ・車種：16k ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：11.8 kL
- ・作業時間：45 分 → 3.8 分/kL

以上を、表 4-2-7 にまとめた。単位作業時間 3.5 分/kL を用いて、将来 17kL ローリーで輸送すると仮定すると、作業時間は 60 分と推定される。

表 4-2-7 自社タンクからの積込みに要する時間

回収作業	積込量 kL	作業時間 分	単位作業時間 分/kL
⑥⑦⑧⑨	9.3	30	3.2
⑩⑪	8.9	30	3.4
⑫⑬⑭	11.8	45	3.8
平均	10.0	35	3.5
将来想定	17	60	3.5

(4) 目的地タンクでの荷下ろし (大型ローリー → T2 タンク)

大型ローリーで目的地タンクへの荷下ろしに要する時間を測定した。

◆回収作業⑥⑦⑧⑨

- ・車種：16t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：9.3 KL
- ・作業時間：25 分 → 2.7 分/kL

◆回収作業⑩⑪

- ・車種：12t ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：8.90kL
- ・作業時間：35 分 → 3.9 分/kL

結果を表 4-2-8 にまとめた。荷下ろしに要する単位作業時間は 3.3 分/kL で、将来 17kL ローリーで輸送すると仮定すると、作業時間は 56 分となり、入構・出構時に必要な所要時間 20 分を加えると、目的地での荷下ろしに要する時間は 76 分と推定される。

表 4-2-8 目的地タンク T2 への荷下ろしに要する時間

回収油	荷下ろし量 kL	作業時間 分	単位作業時間 分/kL
⑥⑦⑧⑨	9.3	25	2.7
⑩⑪	8.9	35	3.9
平均	9.1	30	3.3
将来想定	17	56→76※	3.3 とする

※入構・出構時に必要な所要時間：10 分+10 分とする

(4) 中継輸送 (大型ローリー → 中継タンク T2)

中継輸送を想定して、大型ローリーからの荷下ろし作業の時間を測定した。

◆回収作業⑫⑬⑭

- ・車種：16k ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：11.8 kL
- ・作業時間：35 分 → 3.0 分/kL
- ・タンク在槽：8.9 → 20.7 kL

中継タンクへの荷下ろし時間は、タンク在槽が 8.9kL あるところに 11.8kL 荷下ろししたが、空タンクの場合 (9.3kL、所要時間 25 分：2.7 分/kL) と比較して所用時間は 35 分 (3.0 分/kL) で、やや増加したが、タンクヘッド圧の影響とまでは判断できなかった。

(5) 中継輸送におけるローリーへの積み込み時間の測定(中継タンク T2 → 大型ローリー 2 台)

中継タンクから大型ローリー 2 台に積み込む際の時間を測定した。

◆回収作業⑩⑪+⑫⑬⑭ 1 台目

- ・車種：大型 (16kL) ローリー／油種：廃エンジン油／積載量 7.3kL
- ・T2 タンク在槽：20.7kL → 13.4kL
- ・作業時間：35 分 → 2.6 分/kL

◆回収作業⑩⑪+⑫⑬⑭ 2 台目

- ・車種：16k ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：13.0 kL
- ・作業時間：45 分 → 3.5 分/kL
- ・T2 タンク在槽：13.4 → 0.4kL

中継タンクから大型ローリーに積み込む際の単位作業時間は、表 4-2-9 に示したように平均 3.1 分/kL であった。この値を用いて 17kL ローリーでの輸送を想定すると、実作業で 53 分と推定される。

表 4-2-9 中継タンクからの大型ローリーに積み込む際の時間

回収作業	積込量 kL	作業時間 分	単位作業時間 分/kL
回収作業⑩⑪+⑫⑬⑭ (1)	7.3	35	2.6
回収作業⑩⑪+⑫⑬⑭ (2)	13.0	45	3.5
平均	10.2	40	3.1
想定	17	53	3.1 とすると

(6) 中継輸送最終目的地 T3 への荷下ろし作業 (大型ローリー → T3 タンク)

大型ローリーから最終目的地タンクへの荷下ろし作業時間を測定した。

◆回収作業⑩⑪⑫⑬⑭ 1 回目作業

- ・車種：16kL ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：7.3kL
- ・T3 タンク在槽：0 → 7.3kL
- ・作業時間：40 分 → 5.5 分/kL

◆回収作業⑩⑪⑫⑬⑭ 2 回目作業

- ・車種：16kL ローリー／油種：廃エンジン油／積載量：13.0kL
- ・T3 タンク在槽：7.3 → 20.3kL
- ・作業時間：35 分 → 2.7 分/kL

大型ローリーから最終目的地タンクへの荷下ろし作業時間を表 4-2-10 にまとめた。

単位作業時間の平均値は 4.1 分/kL で、これを使用して 17kL ローリーでの輸送を想定すると、実作業で 70 分、その前後の時間を 20 分とすると合計 90 分と推定される。

表 4-2-10 大型ローリーから目的地タンクへの払い出しに要する時間

回収油	積載量 kL	作業時間 分	単位作業時間 分/kL
回収油⑩⑪⑫⑬⑭ (1)	7.3	40	5.5
回収油⑩⑪⑫⑬⑭ (2)	13.0	35	2.7
平均	10.2	37.5	4.1
想定	17	70 (※90)	4.1 とすると

※実作業前後の時間 (10 分+10 分) を見込む

#### (7) 廃工業油と廃エンジン油の回収状況まとめ

廃工業油と廃エンジン油の回収状況を表 4-2-11 にまとめた。

- ・1kL 当たりの回収作業時間は、廃工業油が 184.6 分に対して廃エンジン油は 115.3 分で、回収時間は、廃工業用油の 62.4%であった。
- ・1kL 当たりの回収に要する距離も、廃工業油が 85.7km に対して廃エンジン油は 38.8km で、走行距離は廃工業用油の 45.3%であった。
- ・小型ローリーによる自社の T1 タンクへの荷下ろし作業時間は、廃工業用油の 12.2 分/kL に対して廃エンジン油は 7.1 分/kL と 5.1 分/kL 短かったが、この理由は回収量が多かったためと考えられる。
- ・自社 T1 タンクから大型ローリーへの積込み作業時間についても、廃工業用油が 4.6 分/kL に対して廃エンジン油は 3.5 分/kL で、1.1 分/kL 少なかったが、この理由も廃エンジン油の輸送量が多かったためと考えられる。
- ・大型ローリーによる目的地タンクへの荷下ろしに要する時間は、廃工業油が 4.6 分/kL に対して廃エンジン油は 3.3 分/kL で、1.3 分/kL 短かったがこれも輸送量が多かったためと考えられる。

表 4-2-11 廃工業油と廃エンジン油の回収状況まとめ

作業内容	廃工業油			廃エンジン油		
	回収量 kL	分/kL	km/kL	回収量 kL	分/kL	km/kL
分別回収作業	2.1	184.6	85.7	3.4	115.3	38.8
自社 T1 への荷下ろし作業	2.1	12.2	—	3.4	7.1	—
自社 T1 から積込み作業	4.7	4.6	—	10.0	3.5	—
目的地 T2 へ荷下ろし	4.7	4.6	—	9.1	3.3	—
T2 (中継) から積込み	—	—	—	10.2	3.1	—
目的地 T3 へ荷下ろし	—	—	—	10.2	4.1	—

#### 4.2.3.3 回収作業時の回収距離と回収時間およびコストの算出

##### (1) 回収距離に関するコストの算出

上記のように廃工業用油の回収には 85.7km/kL 要するのに対して、廃エンジン油は 38.8km/kL である。

この回収原単位を用いて、廃工業油と廃エンジン油の回収に要する距離を算出した。

・廃工業油（回収油全体の 30%）：

$$4 \text{ 万 kL} \times 0.3 \times 85.7 \text{ km/kL} = 1,028.4 \times 10^3 \text{ km}$$

・廃エンジン油（回収油全体の 70%）：

$$4 \text{ 万 kL} \times 0.7 \times 38.8 \text{ km/kL} = 1,086.4 \times 10^3 \text{ km}$$

・分別回収の合計距離： 2,114.8 × 10<sup>3</sup>km

これに対して、分別回収を行わない従来の再生重油の場合は、回収距離の原単位はほぼ廃エンジン油と同等と考えられるので、

$$\text{再生重油の回収距離： } 4 \text{ 万 kL} \times 38.8 \text{ km/kL} = 1,552.0 \times 10^3 \text{ km}$$

従って、使用済み潤滑油を 4 万 kL 分別回収することによる回収距離の増加分は、従来の再生重油と比較して、

$$\text{分別回収による回収距離増加分： } 2,114.8 \times 10^3 \text{ km} - 1,552.0 \times 10^3 \text{ km} = 562.8 \times 10^3 \text{ km}$$

小型ローリーの燃費を 5.60km/L※とすると、分別回収による燃料費コストアップ分は、

$$562.8 \times 10^3 \text{ km} \div (5.60 \text{ km/L}) \times (156.4 \text{ 円/L}) \text{ ※※} = 15,718 \text{ 千円}$$

※組合企業 T 社：2021 年 4 月～2022 年 3 月における 11 台（平均 3.9 トン）の平均値

※※資源エネルギー庁石油製品調査結果（2023 年 6 月～10 月）による軽油価格

このように、4 万 kL を分別回収することによる回収距離増加分の燃料費は、15,718 千円となる。

##### (2) 回収時間増加によるコストの算出

表 4-2-11 のように廃工業用油の回収には 184.6 分/kL 要するのに対して、廃エンジン油は 115.3 分/kL である。

これを用いて、廃工業油と廃エンジン油の回収に要する時間を算出した。

・廃工業油：

$$4 \text{ 万 kL} \times 0.3 \times 184.6 \text{ 分/kL} = 2,215.2 \times 10^3 \text{ 分} \quad (36.9 \times 10^3 \text{ 時間})$$

・廃エンジン油：

$$4 \text{ 万 kL} \times 0.7 \times 115.3 \text{ 分/kL} = 3,228.4 \times 10^3 \text{ 分} \quad (53.8 \times 10^3 \text{ 時間})$$

・合計： 5,446.6 × 10<sup>3</sup>分 (90.8 × 10<sup>3</sup>時間)

これに対して、分別回収を行わない従来の再生重油の場合は、回収時間の原単位はほぼ廃エンジン油と同等と考えられるので、

$$4 \text{ 万 kL} \times 115.3 \text{ 分/kL} = 4,612.0 \times 10^3 \text{ 分} \quad (76.9 \times 10^3 \text{ 時間})$$

従って、使用済み潤滑油 4 万 kL を分別回収することによる回収時間の増加分は、従来の再生重油と比較して、

$$\text{分別回収による回収時間増加分} : 90.8 \times 10^3 \text{ 時間} - 76.9 \times 10^3 \text{ 時間} = 13.9 \times 10^3 \text{ 時間}$$

回収作業員の人件費を 3,000 円/時（仮定）とすると、

$$\text{分別回収による人件費増加分} = 13.9 \times 10^3 \text{ 時間} \times 3,000 \text{ 円/時} = 41,730 \text{ 千円}$$

### (3) 自社タンクへの荷下ろしに要する時間

分別回収の場合は、荷下ろしするタンクの油種確認作業等が必要となる。荷下ろし時間は、廃工業油が 12.2 分/kL（表 4-2-2）、廃エンジン油が 7.1 分/kL（表 4-2-6）なので、

・廃工業油：

$$4 \text{ 万 kL} \times 0.3 \times 12.2 \text{ 分/kL} = 146.4 \times 10^3 \text{ 分} \quad (2.4 \times 10^3 \text{ 時間})$$

・廃エンジン油：

$$4 \text{ 万 kL} \times 0.7 \times 7.1 \text{ 分/kL} = 198.8 \times 10^3 \text{ 分} \quad (3.3 \times 10^3 \text{ 時間})$$

・合計：  $345.2 \times 10^3 \text{ 分} \quad (5.7 \times 10^3 \text{ 時間})$

回収作業員の人件費を 3,000 円/時（仮定）とすると、

$$\text{分別回収の荷下ろし作業に要する人件費増加分} = 5.7 \times 10^3 \text{ 時間} \times 3,000 \text{ 円/時} = 17,100 \text{ 千円}$$

### (4) 年 4 万 kL を分別回収作業する場合の回収距離と回収時間のコストの算出

排出事業所から回収する場合のコストを再生重油の場合と比較すると、

・回収距離増加に伴う燃料費増： 15,718 千円

・回収時間増加に伴う人件費増： 41,730 千円

・タンク荷下ろし時間増加に伴う人件費増： 17,100 千円

---

合計 74,548 千円

#### 4.2.3.4 単独輸送と中継輸送の比較

##### (1) 荷下ろし・積み込み作業

17kL ローリーを使用して、A 社及び B 社が自社タンクから目的地タンクへ輸送する際、それぞれ単独に輸送する場合と B 社を中継する場合の時間を検討した。

単独輸送の場合は、自社タンク出発後目的地タンクでの荷下ろしまで時間のロスはないが、中継輸送の場合は、中間タンクでの大型ローリーからの荷下ろし及び大型ローリーへの積み込み作業の時間が追加で必要となるので、その時間を実証試験結果から求める。

・17kL 大型ローリーからの荷下ろし作業時間（他社入構＋退構手続きで 20 分考慮）

油種	表番号	実証試験結果	分/kL	17kL ローリー推定	分
廃工業油	表 4-2-4	4.6		97	
廃エンジン油	表 4-2-8	3.3		76	
廃エンジン油	表 4-2-10	4.1		90	
平均		4.0		88	

- ・ 17kL 大型ローリーへの積込み作業（中継自社大型ローリーにつき実作業時間のみ考慮）

油種	表番号	実証試験結果	分/kL	17kL ローリー推定	分
廃工業油	表 4-2-3	4.6		77	
廃エンジン油	表 4-2-7	3.5		60	
廃エンジン油	表 4-2-9	3.1		53	
平均		3.7		63	

17kL の中継輸送の場合、中継タンクへの荷下ろし作業と積込み作業に、毎回これらの合計 151 分かかることになる。

関東の回収事業所 10 社のうち、5 社が遠方で 5 社が中間点と仮定して、10 社全体で余分にかかる時間を計算すると、中継輸送の場合毎日 17kL ローリーの積み替えが必要となるので、

5 社×151 分/回×240 回/年=181,200 分/年 → 3,020 時間/年のロスとなる  
輸送作業員の人件費を 3,000 円/時（仮定）とすると、

$$\begin{aligned} \text{中継輸送による時間ロス} &= 3020 \text{ 時間/年} \times 3000 \text{ 円/時} \times 2 \text{ 名 (ローリー+タンク)} \\ &= 18,120 \text{ 千円/年} \end{aligned}$$

## (2) 輸送距離の比較

A 社の目的地までの距離を 300km、B 社から目的地までの距離を 150km とすると、単独輸送の場合、A 社は 17kL ローリー 1 台で毎日 17kL を輸送（300km）し、B 社は 17kL ローリー 1 台で毎日 17kL を輸送（150km）することになる。

一方、中継輸送の場合は、A 社は 17kL ローリーで毎日 B 社まで輸送（150km）し、B 社は 17kL ローリーで毎日 2 往復して目的地まで輸送（150km）することになる。

17kL ローリーの走行距離は、

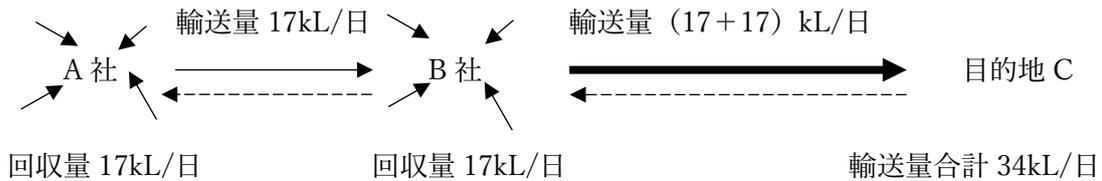
- ・ 単独輸送：

A 社は毎日 300km（満載：行）、300km（空：帰）、B 社は毎日 150km（満載）、帰りは当日 150km（空）輸送する。

17kL ローリーの一日当たりの走行距離は、A 社は 300km（満）+300km（空）で、B 社は 150km（満）+150km（空）である。

- ・ 中継輸送：

A 社は、毎日 150km（満）+150km（空）であるが、B 社は 150km（満）×2 回+150km（空）×2 回である。



A社は、中継輸送により 17kL ローリーの走行距離が毎日 300km (満) + 300km (空) から、毎日 150km (満) + 150km (空) になるが、B社は、逆に 150km (満) + 150km (空) であったのが、2往復に増え走行距離が 150km (満) × 2回 + 150km (空) × 2回になる。

つまり、

単独輸送 (各社毎日 17kL)	中継輸送 (各社毎日 17kL)
A 社 : 300km (満) + 300km (空) →	150km (満) + 150km (空)
B 社 : 150km (満) + 150km (空) →	150km (満) × 2回 + 150km (空) × 2回

従って、A社の 300km (満) + 300km (空) と、B社の 150km (満) × 2回 + 150km (空) × 2回の比較になり、有意差なしと思われる (ローリーの一日の走行距離の限界を 600km とする)。

中継輸送時の積み替え時間のロスを考えると、片道 300km の関東地域で輸送する場合は、単独輸送の方が有利である。

#### 4.2.3.5 関東 10 社で 4 万 kL 輸送する場合の走行距離とコスト

##### (1) 前提条件

- ・再精製装置の設置場所：川崎市
- ・新潟・川崎間の輸送距離がおよそ 300km なので、遠方 (300km) 5 社、中間地点 (150km) 5 社と仮定
- ・現在 (再生重油) の走行距離：100km と仮定 (回収事業者の近隣)
- ・単独輸送とする
- ・各社輸送量：17kL/日

##### (2) 17kL ローリーの走行距離 (毎日) と軽油使用量

- ・遠方 5 社：(300km (満載) + 300km (空)) × 5
- ・中間 5 社：(150km (満載) + 150km (空)) × 5
- ・現在 (再生重油) 10 社：(100km (満載) + 100km (空)) × 10
- ・再生重油との差は、

満載ケース：

$$300\text{km (満載)} \times 5 + 150\text{km (満載)} \times 5 - 100\text{km (満載)} \times 10$$

$$= 1500\text{km} + 750\text{km} - 1000\text{km}$$

$$= 1250\text{km}$$

空ケース：

同様に 1250km

- ・走行距離の増加分（毎日）

満載で 1250km、空で 1250km 増加する。

- ・軽油使用量：燃費は組合企業 T 社の平均実測値

$$1250\text{km} \div (4\text{km/L (満載)}) \times 1250\text{km} \div (5\text{km/L (空)}) = 312.5\text{L} + 250\text{L} = 562.5\text{L}$$

### (3) 軽油使用量（年間）とコストアップ分

$$562.5\text{L/日} \times 240\text{日} \times 156\text{円/L} \times \text{※} = 21,060\text{千円}$$

※経済産業省資源エネルギー庁石油製品調査（2023年6月1日～10月30日の平均値）

#### 4.2.3.6 実証試験におけるコンタミ（他油種混合）状況調査結果

廃工業油及び廃エンジン油がそれぞれ分別・排出されていたかどうかを調べるため、回収した廃油の性状を試験分析し、他油種がどの程度混合しているかを検証した。

また、輸送中の他油種のコンタミ状況についても検証した。

##### (1) 廃工業油回収時のコンタミ状況

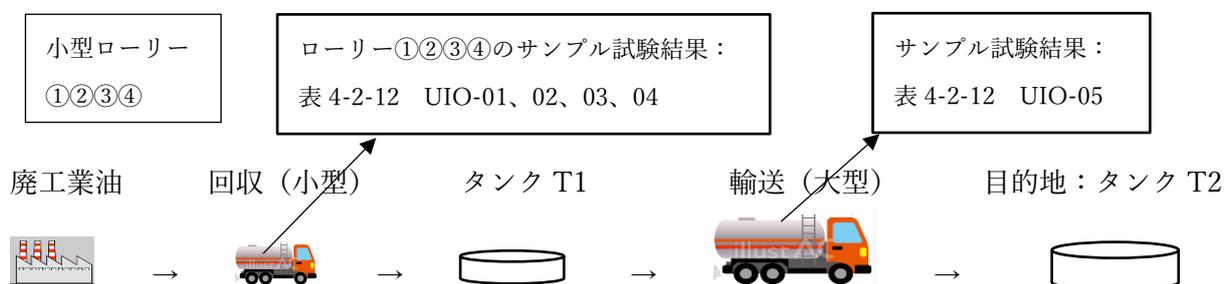
###### ① 実証試験その1

ローリー①～④による廃工業油の回収先と回収量は、「4.2.3.1 廃工業油の分別回収・輸送実証試験」から次の通りである。

- ・ローリー①：自動車関連施設の一般整備工場 0.75kL、一般工場 0.8kL（合計 1.55kL）
- ・ローリー②：一般工場 0.55kL
- ・ローリー③：一般工場 A 2.15kL、一般工場 B 0.25kL、一般工場 C 0.70kL（合計 3.1kL）
- ・ローリー④：一般工場 A 0.4kL、一般工場 B 0.4kL、一般工場 C 0.35kL（合計 1.15kL）

ローリー①～④の回収油のサンプル採取は、各ローリーのサンプル採取口あるいはハッチ上部から行った。その試験結果を表 4-2-12 の UIO-01、02、03、04 に示した。

また、タンク T1 から大型ローリーで目的地へ輸送された廃工業油については、到着時にローリーハッチからサンプル採取し、試験分析を行った。その結果を表 4-2-12 の UIO-05 に示した。



- ・ローリー①: UIO-01 に示したように、粘度指数 113 は典型的な工業油の性状を示している。塩素分は 3 質量 ppm と低く、塩素系の金属加工油の混入は認められない。また、金属分濃度も低く廃エンジン油の混入は見られない。水分がやや多い。

- ・ローリー②: UIO-02 に示したように、粘度指数 116 は典型的な工業油の性状を示しており、塩素分や金属分濃度も低く、廃エンジン油等他油種の混入は見られない。
- ・ローリー③: UIO-03 に示したように、粘度指数については 118 で他の廃工業油よりやや高い。塩素分は 3 質量 ppm と低く、塩素系の金属加工油の混入は認められない。しかし、カルシウム等の金属分が多く、廃エンジン油混入の可能性があったため追跡調査したところ、一般工場 C でディーゼル発電機の廃エンジン油を 0.70kL 回収したことによることが判明した。一般工場から、廃エンジン油が排出されることがあり、今後注意が必要である。
- ・ローリー④: UIO-04 に示したように、粘度指数は典型的な工業油の値を示しており、塩素分や金属分濃度も低く、廃エンジン油等他油種の混入は見られない。
- ・最終目的地到着油：  
このサンプルは、ローリー①②③④の混合物である。表 4-2-12 の UIO-05 に示したように、粘度指数については 116 で、他の廃工業油よりやや高く、また、カルシウム等の金属分もやや多く含まれているが、これはローリー③UIO-3 の影響によるものと思われる。輸送中に他の油種が混入した形跡は認められない。

## ② 実証試験その 2

ローリー⑤による廃工業油の回収先と回収量は次の通りである。

- ・ローリー⑤: 一般工場から 4.0kL



- ・ローリー⑤: 表 4-2-12 の UIO-11 に示したように、粘度指数が 151 と他の工業油と比較して高く、カルシウム等の金属分も高いことから廃エンジン油が混入していることが考えられた。調査の結果、潤滑油製造工場のハナ切り（配管の払い出し）油によるものと判明した。
- ・最終目的地到着油：  
表 4-2-12 の UIO-12 に示したように、粘度指数、塩素分、金属分が UIO-11 とほぼ同等で、輸送中に他油種が混入した形跡は認められない。

表 4-2-12 試験結果（廃工業油）

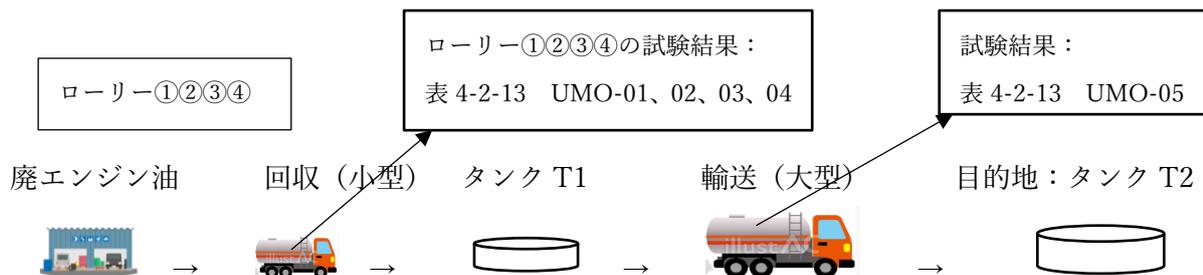
項目	単位	UIO-01	UIO-02	UIO-03	UIO-04	UIO-05	UIO-11	UIO-12	
1.	動粘度@40℃	mm <sup>2</sup> /s	27.59	31.10	50.37	36.34	40.92	29.58	29.74
	動粘度@100℃	mm <sup>2</sup> /s	5.090	5.545	7.691	6.065	6.683	5.943	5.994
2.	粘度指数	—	113	116	118	112	116	151	153
3.	塩素分	mass ppm	3	10	3	8	5	32	32
4.	金属分								
	鉄	mg/kg	18	2	3	2	3	4	3
	鉛	mg/kg	1 未満	4	4	2	1 未満	2	3
	銅	mg/kg	52	1 未満	11	2	7	2	2
	クロム	mg/kg	6	1 未満	1 未満				
	アルミニウム	mg/kg	12	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1	2
	ニッケル	mg/kg	1 未満	1					
	銀	mg/kg	1 未満	2	4	2	1 未満	5	5
	スズ	mg/kg	1 未満	1 未満					
	ケイ素	mg/kg	4	1	17	2	3	23	22
	ホウ素	mg/kg	2	8	82	2	22	89	92
	ナトリウム	mg/kg	3	3	6	2	3	18	17
	リン	mg/kg	134	65	426	230	295	705	712
	亜鉛	mg/kg	343	74	421	117	321	261	263
	カルシウム	mg/kg	33	27	1030	10	510	778	778
	バリウム	mg/kg	1 未満	1 未満	1 未満	4	1 未満	186	186
マグネシウム	mg/kg	3	3	6	1 未満	3	37	38	
モリブデン	mg/kg	1	5	32	1 未満	16	70	72	
5.	水分	mass%	4.77	0.06	0.15	0.63	0.17	1.01	0.27

(2) 廃エンジン油回収時のコンタミ状況

① 実証試験その1

ローリー①～④による廃エンジン油の回収先と回収量は、「4.2.3.2 廃エンジン油の分別回収・輸送実証試験」から次の通りである。

- ・ローリー①：給油所 A から 1.3kL、ディーラー A から 0.8kL、ディーラー B から 0.25kL、ディーラー C から 0.3kL、一般整備工場 A から 0.25kL、一般整備工場 B から 0.25kL (合計 3.15kL)
- ・ローリー②：一般整備工場 A から廃自動車油を 1.4kL、一般整備工場 B から 1.3kL (合計 2.7kL)
- ・ローリー③：一般整備工場 A から 0.25kL、一般整備工場 B から 0.9kL、給油所から 0.3kL、一般整備工場 C から 0.1kL、一般整備工場 D から 0.2kL (合計 1.75kL)
- ・ローリー④：一般整備工場 A から 0.3kL、一般整備工場 B から 0.25kL、一般整備工場 C から 0.35kL、一般整備工場 D から 0.2kL、一般整備工場 E から 0.3kL、一般整備工場 F から 0.55kL (合計 1.95kL)
- ・ローリー①②③④合計：9.55kL

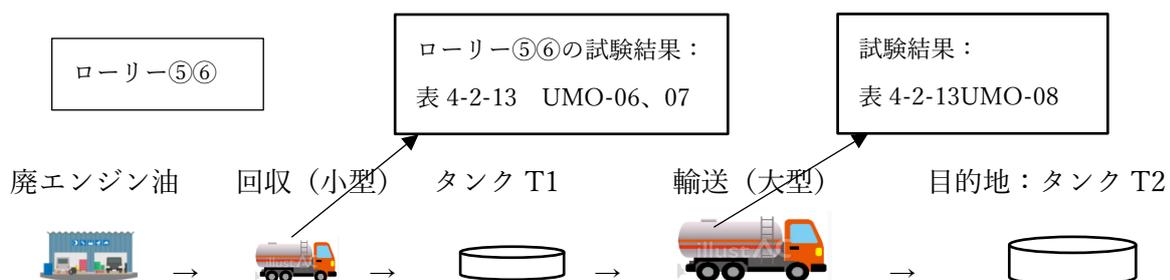


- ・ローリー①：表 4-2-13 の UMO-01 に示したように、粘度指数については 159 と高く、カルシウム等の金属分もエンジン油の性状を示しているが、グリコール類が 1.0 質量%含まれている。引火点は、140°Cで灯油の混入割合は低い。水分は、2.07 質量%とやや高い。
- ・ローリー②：表 4-2-13 の UMO-02 に示したように、グリコール類が 71.2 質量%、水分が 4.19 質量%含まれていた。ブレーキ液に使用されているグリコール類は、水に可溶で密度が 1.06g/cm<sup>3</sup>もあることから、回収時にタンクの底部から混入したと考えられる。回収先は、一般整備工場の 2 か所なので、今後回収時は十分な注意が必要である。 → 今回は短時間に一定量を回収する必要があることからタンク底まで回収してしまったのが原因。通常の回収作業では、混入することはないと考えられる。
- ・ローリー③：表 4-2-13 の UMO-03 に示したように、粘度指数が 154 と高くカルシウム等の金属分もエンジン油特有の性状を示している。また、引火点が 220°Cと高く灯油の混入は認められない。グリコール類が 0.5 質量%含まれている。
- ・ローリー④：表 4-2-13 の UMO-04 に示したように、粘度指数が 144 と高くカルシウム等の金属分もエンジン油の性状を示している。引火点が 210°Cと高く灯油の混入は認められないが、グリコール類が 2.9 質量%含まれている。
- ・最終目的地到着油：  
表 4-2-13 の UMO-05 に示したように、粘度指数、金属分、引火点は UMO-2 以外のサンプルの平均的な値を示しており、グリコール類も 3.3 質量%で UMO-04 の 2.9 質量%と近い値を示している。従って、UMO-2 のグリコール類の異常値は、ローリー②（全体容量の 28%）の代表性状ではなく、ローリー②のサンプル採取時に混入したことによるものと考えられる。ローリー②の代表性状を知るには、サンプル採取方法を検討する必要がある。

## ② 実証試験その 2

ローリー⑤⑥による廃エンジン油の回収先と回収量は次の通りである。

- ・ローリー⑤：給油所 A から 0.60kL、一般整備工場 A から 0.30kL、ディーラー A から 0.20kL、一般整備工場 B から 0.30kL、給油所 B から 0.75kL、ディーラー B から 0.55kL、ディーラー C から 0.40kL、一般整備工場 C から 0.25kL、ディーラー D から 0.30kL 合計 3.65kL
- ・ローリー⑥：給油所 A から 0.90kL、給油所 B から 1.20kL、一般整備工場 A から 0.50kL、一般整備工場 B から 1.20kL、一般整備工場 C から 0.40kL、一般整備工場 D から 0.50kL、一般整備工場 E から 0.50kL、一般整備工場 F から 0.50kL 合計 5.70kL



- ・ローリー⑤：表 4-2-13 の UMO-6 に示したように、粘度指数が 153 と高く、また金属分濃度も高く一般的な廃エンジン油の性状を示している。  
また、引火点が 196℃と高いことから灯油等の混入の割合は低いと思われるが、ブレーキ液に由来するグリコール類が 2.7 質量%含まれている。
- ・ローリー⑥：表 4-2-13 の UMO-7 に示したように、粘度指数が 176 と高く、また金属分濃度も高く一般的な廃自動車油の性状を示している。  
また、引火点が 152℃と高いことから灯油等の混入の割合は低いと思われるが、ブレーキ液に由来するグリコール類が 1.5 質量%含まれている。
- ・最終目的地到着油  
表 4-2-13 の UMO-8 に示したように、粘度指数、塩素分、グリコール類、引火点、金属分、水分が UMO-6、7 の平均的な値を示しており、輸送途中で他油種が混入した形跡は認められない。

表 4-2-13 分析結果（廃エンジン油）

項目	単位	UMO-01	UMO-02	UMO-03	UMO-04	UMO-05	UMO-06	UMO-07	UMO-08	
1. 動粘度@40℃	mm <sup>2</sup> /s	53.10	—	57.83	50.52	47.47	43.57	27.37	38.14	
	動粘度@100℃	mm <sup>2</sup> /s	9.308	—	9.753	8.484	8.476	7.877	6.017	7.467
2. 粘度指数	—	159	—	154	144	157	153	176	167	
3. 塩素分	mass ppm	31	—	14	9	32	12	62	20	
4. グリコール類 (エチレングリコール換算)	mass %	1.0	71.2	0.5	2.9	3.3	2.7	1.5	2.2	
5. 引火点	℃	140	—	220	210	168	196	152	164	
6. 金属分	鉄	mg/kg	36	—	17	15	28	12	15	13
	鉛	mg/kg	7	—	2	3	2	1	1	1
	銅	mg/kg	5	—	2	5	8	3	7	6
	クロム	mg/kg	2	—	1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	アルミニウム	mg/kg	5	—	4	3	4	3	3	3
	ニッケル	mg/kg	1 未満	—	1 未満	1 未満				
	銀	mg/kg	1	—	1 未満	1 未満	1	1 未満	1 未満	1 未満
	スズ	mg/kg	1 未満	—	1 未満	1 未満				
	ケイ素	mg/kg	17	—	12	11	16	15	23	16
	ホウ素	mg/kg	104	—	77	113	93	162	106	114
	ナトリウム	mg/kg	69	—	6	3	6	4	2	1
	リン	mg/kg	580	—	570	530	650	652	637	632
	亜鉛	mg/kg	658	—	668	600	703	735	708	695
	カルシウム	mg/kg	1330	—	1130	1700	1390	1210	1640	1400
	バリウム	mg/kg	1 未満	—	1 未満	1 未満				
	マグネシウム	mg/kg	265	—	277	109	81	323	109	190
モリブデン	mg/kg	144	—	112	144	132	138	515	249	
7. 水分	mass%	2.07	4.19	1.20	0.44	0.89	0.53	0.24	0.40	

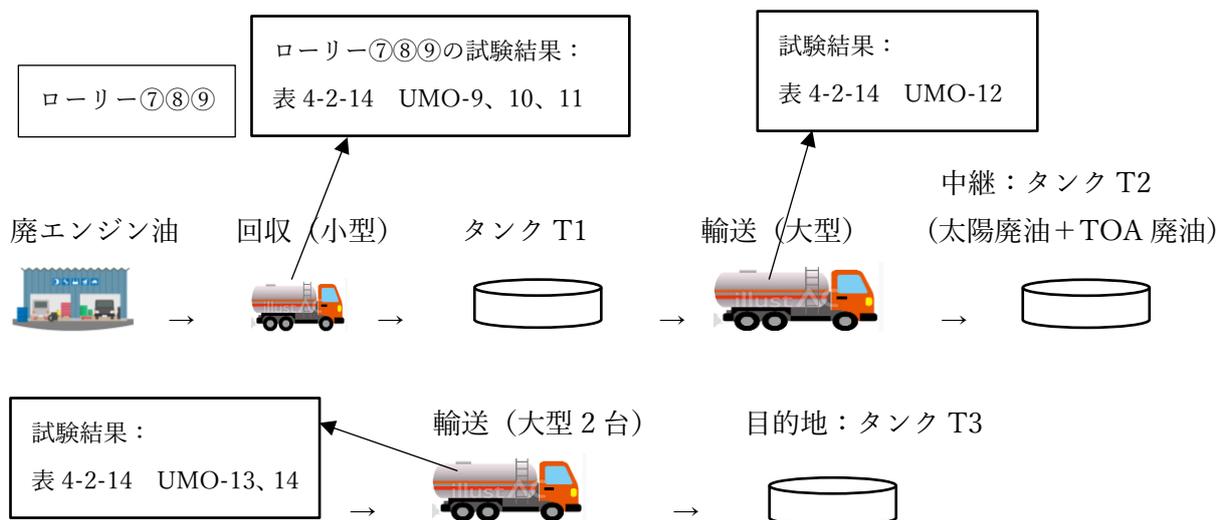
### ③ 実証試験その 3（中継輸送時）

ローリー⑦～⑨による廃エンジン油の回収先と回収量は次の通りである。

- ・ローリー⑦：一般整備工場 A から 0.55kL、カー用品店から 0.40kL、一般整備工場 B から 0.30kL、一般整備工場 C から 0.75kL、一般整備工場 D から 1.1kL、一般整備工場 E から 0.45kL、ディーラーから 0.35kL（合計：3.90kL）
- ・ローリー⑧：一般整備工場 A から 0.40kL、一般整備工場 B から 0.30kL、一般整備工場 C か

ら 0.20kL、一般整備工場 D から 0.20kL、一般整備工場 E から 0.70kL、一般整備工場 F から 0.30kL、給油所から 1.85kL、一般整備工場 G から 0.10kL (合計：4.05kL)

- ・ローリー⑨：ディーラーA から 0.30kL、ディーラーB から 0.15kL、ディーラーC から 0.25kL、給油所から 0.90kL、一般整備工場 A から 0.25kL、一般整備工場 B から 0.35kL、ディーラー D から 0.25kL、運輸関連会社から 0.35kL、一般整備工場 C から 0.40kL、その他から 0.3kL、運輸会社からから 0.20kL、その他から 0.30kL (合計：4.00kL)



- ・ローリー⑦：表 4-2-14 の UMO-9 に示したように、粘度指数は 134 とやや低めで塩素分が 60 質量 ppm と自動車油としてはやや多めである。グリコール類は 2.1 質量%含まれているが、引火点は 190℃と高く、灯油の混入の割合は低いと考えられる。金属分では、カルシウム、リン、亜鉛が多いが、これは自動車油のエンジン油に含まれている清浄分散剤によるものである。
- ・ローリー⑧：表 4-2-14 の UMO-10 に示したように、粘度指数は 164 と高い。グリコール類は 0.2 質量%含まれているが、引火点は 210℃と高く灯油の混入割合は低い。金属分についてはエンジン油特有の分布を示している。
- ・ローリー⑨：表 4-2-14 の UMO-11 に示したように、粘度指数は 157 と高い。グリコール類は 1.2 質量%含まれているが、引火点は 172℃と高く灯油の混入割合は低い。金属分についてはエンジン油特有の分布を示している。
- ・中継タンク到着油：
 

T1 タンクから中継タンクである T2 タンクに到着した大型ローリー (11.8kL) からサンプル採取したものが表 4-2-14 の UMO-12 である。

UMO-12 は、ローリー⑦⑧⑨の混合油であるが、粘度指数、塩素分、グリコール類、引火点共にこれらの平均的な値を示している。金属分についてはエンジン油特有の分布である。
- ・最終目的地到着油 (中継基地経由)：
 

中継タンク T2 には、TOA シンプルが輸送した廃自動車油が 8.9kL (UMO-08) すでに貯蔵されており、そこに太陽油化が輸送した廃自動車油 11.8kL (UMO-12) が混合貯蔵された (中

継タンクの合計貯蔵量：20.7kL)。

これを大型ローリー2台で最終目的地 T3 タンクへ輸送した。

UMO-13 と UMO-14 は、UMO-08 と UMO-12 の混合品であり、中間的な値が期待されたが試験の結果も予測通りの結果であり、特に問題はなくコンタミはなかった。

表 4-2-14 分析結果 (廃エンジン油：中継輸送)

項目	単位	UMO-09	UMO-10	UMO-11	UMO-12	UMO-13	UMO-14	
1.	動粘度@40℃	mm <sup>2</sup> /s	58.66	69.98	44.96	50.15	47.85	44.35
	動粘度@100℃	mm <sup>2</sup> /s	9.101	11.76	8.158	8.669	8.400	8.047
2.	粘度指数	—	134	164	157	151	152	156
3.	塩素分	mass ppm	60	8	20	16	18	18
4.	グリコール類 (エチレングリコール換算)	mass %	2.1	0.2	1.2	1.1	0.9	1.2
5.	引火点	℃	190	210	172	178	218	178
6.	金属分							
	鉄	mg/kg	48	44	22	27	25	21
	鉛	mg/kg	5	8	2	2	2	1
	銅	mg/kg	11	6	4	6	6	6
	クロム	mg/kg	1 未満	1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	アルミニウム	mg/kg	4	7	4	4	4	3
	ニッケル	mg/kg	1 未満	1 未満				
	銀	mg/kg	1 未満	1 未満				
	スズ	mg/kg	1 未満	1 未満				
	ケイ素	mg/kg	19	12	30	21	20	19
	ホウ素	mg/kg	180	83	121	106	102	98
	ナトリウム	mg/kg	15	2	1 未満	6	4	2
	リン	mg/kg	613	416	636	621	629	638
	亜鉛	mg/kg	527	468	683	631	642	661
	カルシウム	mg/kg	1310	2570	1500	1420	1420	1430
バリウム	mg/kg	1	1 未満	2	1 未満	1 未満	1 未満	
マグネシウム	mg/kg	103	33	208	166	170	180	
モリブデン	mg/kg	90	148	159	133	159	197	
7.	水分	mass%	0.65	1.09	0.31	0.68	0.64	0.56

### (3) まとめ

分別回収時に他油種が混入しているかどうかを確認する方法として、本実証試験ではローリーから直接サンプル採取を行う方式を採用した。

実証試験中、廃工業油回収時に廃エンジン油が混入するケースが2回確認されたが、これらは、工場からディーゼル発電機の廃油が混入したこと、潤滑油製造工場のハナ切り油が混入したことによることが確認され、トレーサビリティの確保の点でも問題ないことが確認された。

また、廃エンジン油回収時に多量のブレーキ液が混入していることが確認されたが、これは、廃エンジン油回収時、小型ローリーからのサンプル採取の際混入したものであることが判明し、小型ローリーの回収油の代表性状が分かるサンプル採取の方法について検討する必要がある。

排出事業所からの分別回収時には、このような課題が認められたが、輸送中（中継輸送を含めて）は他油種が混入することなく目的地まで問題なく輸送することができた。

従って、今回の実証試験で採用した方法で、品質の確認をしながら効率よく分別回収・輸送

できることが分かった。

一方、廃エンジン油回収時に潤滑油ではないブレーキ液やクーラントの成分であるグリコール類が数%混入していることが分かったため、基油再生を前提とした回収時にはこれらを分別管理することが求められる。今後、排出事業者との協議が必要である。

#### 4.2.3.7 分別回収油の均一性の確保に関する検証

排出事業所から回収された廃工業油および廃エンジン油が、回収タンクの中でどの程度均一になっているかを調べた。

##### (1) 廃工業油

工場から排出された廃工業油は、ローリー4台①②③④により回収された後回収タンクに貯蔵され、その後大型ローリーで目的地まで輸送された。この際、各ローリーの性状と到着時に大型ローリーでサンプル採取された廃工業油の金属分のうちリン、亜鉛およびカルシウム濃度(表4-2-12)の性状を比較した。

各ローリーからサンプル採取された廃工業油①②③④の金属分濃度は下記のようにバラツキが大きい。タンク内で攪拌が行われ、均一化した場合は、平均的な値になると考えられる。これに対して大型ローリーでサンプル採取された廃工業油の値と比較すると、リンと亜鉛については平均値に近い値となっているがカルシウムについては差が大きい。

ローリーNo.		①	②	③	④	平均値	大型
サンプル番号		UIO-1	-2	-3	-4		-5
リン	mg/kg	134	65	426	230	214	→ 293
亜鉛	mg/kg	343	74	421	117	239	→ 321
カルシウム	mg/kg	33	27	1030	10	273	→ 510

##### (2) 廃エンジン油

自動車関連施設から排出された廃エンジン油は、ローリー4台①②③④により回収された後回収タンクに貯蔵され、その後大型ローリーで目的地まで輸送された。この際、各ローリーの性状と大型ローリーでサンプル採取された廃エンジン油の金属分のうち、リン、亜鉛およびカルシウム濃度(表4-2-13)の性状を比較した。

各ローリーからサンプル採取された廃エンジン油①②③④の金属分濃度は下記のようにバラツキは小さい。タンク内で攪拌が行われ、均一化した場合は、平均的な値になると考えられる。これに対して大型ローリーでサンプル採取された廃工業油の値と比較すると、ほぼこの平均値に近い値となっており、タンク内で均一化されたものと考えられる。

ローリーNo.		①	②	③	④	平均値	大型
サンプル番号		UMO-1	-2	-3	-4		-5
リン	mg/kg	580		570	530	560	→ 650
亜鉛	mg/kg	658		668	600	642	→ 703
カルシウム	mg/kg	1330		1130	1700	1369	→ 1390

### (3) 廃エンジン油（中継輸送）

自動車関連施設から排出された廃エンジン油は、ローリー3台①②③により回収された後回収タンクに貯蔵され、その後大型ローリーで目的地まで輸送された。この際、各ローリーの性状と大型ローリーでサンプル採取された廃エンジン油の金属分のうちリン、亜鉛およびカルシウム濃度（表 4-2-14）の性状を比較した。

各ローリーからサンプル採取された廃エンジン油①②③の金属分濃度は下記のようにリンと亜鉛については、バラツキは小さい。しかし、カルシウムについてはバラツキが大きく、大型ローリーでサンプル採取された検体についても、平均値には遠い値となっている。

ローリーNo.		①	②	③	平均	大型
サンプル番号		UMO-09	-10	-11		-12
リン	mg/kg	613	416	636	555	→ 621
亜鉛	mg/kg	527	468	683	559	→ 631
カルシウム	mg/kg	1310	2570	1500	1793	→ 1420

### (4) まとめ

排出事業所から小型ローリーで回収された廃工業油および廃エンジン油は、ローリーごとの性状のバラツキが大きい場合があるが、回収タンクに貯蔵され、大型ローリーに積み込まれた時点ではほぼ平均化されていることが確認できた。

これは、タンク貯蔵時と大型ローリー積込時の混合によるものと考えられるが、更なる品質の均一化を図るには、タンクにおける攪拌が必要と思われる。

## 4. 2. 4 分別回収に必要となる設備と分別回収のためのコストの算出

自動車関連施設および工場から「廃エンジン油」と「廃工業用油」を分別回収し、目的地まで輸送するために必要な設備および回収コストに関する検討を行った。

### 4.2.4.1 前提条件

基油再生のため、関東地区全体で使用済み潤滑油を年間4万kL回収することを想定する。

年間4万kLは、一日当たり166.7kL（240日/年とする）に相当する。これを10社で回収する場合、一社当たりの平均回収量は16.7kL/日となる。廃エンジン油と廃工業油の比率を70:30とすると、廃エンジン油が11.7kL/日、廃工業油が5.0kL/日となる。

#### 4.2.4.2 分別回収・輸送に必要な設備とコスト

分別回収・輸送を行うには、廃エンジン油と廃工業油を分別保管するためのタンクと廃油の受け入れ・出荷設備が必要である。

##### (1) 屋外タンクと出荷設備の概要

タンク容量については、一日の回収量の約4倍（廃エンジン油）～約6倍（廃工業油：ロットが大きいことを考慮）とした。また、再精製装置向けの安定した品質を確保するため、攪拌装置を設置する。タンクの外観を図4-2-4、出荷設備の外観を図4-2-5に示した。

- ・廃エンジン油用屋外タンク（攪拌機付き、容量：50kL）
- ・廃工業油用屋外タンク（攪拌機付き、容量：30kL）
- ・防油堤、ローリー出荷・受け入れ配管設備、液面計、その他付帯設備一式

##### (2) 屋外タンク仕様

###### ①屋外タンクの仕様

地上50KLタンク1基：内径3400φ×5800h（鋼製SS製）

地上30KLタンク1基：内径2800φ×4942h（鋼製SS製）

各タンクのノズル：

- ・払出口(SGP80A) 5箇所段違い抜取り（任意の高さに設定）
- ・サンプル抜取り口(SGP15A)（上記払出口に取付）
- ・注油口(SGP65A)
- ・通気口(SGP50A)
- ・ドレン口(SGP50A)

###### ②防油堤

防油堤内寸：14080mm×7580mm×H550mm

###### ③付属装備

- ・地上タンク液面計（浮き子式目視型油面計、外部出力なし）
- ・ローリーアース盤（注油口付近にセット）
- ・4連油水分離槽（600mm×600mm×h1200mm）×4槽
- ・浸透槽（油水分離槽の2次側排出先）：1200mm×1200mm×h3500mm

##### (3) 出荷設備

- ・POS管理機（車両別カードリーダー、給油後プリンター出力）
- ・ローブ型流量計
- ・油量表示計（油量表示制御盤）
- ・ローディングアーム
- ・オイルギアポンプ
- ・大型オイルストレーナーφ396mm（潤滑油ゴミの除去）内かご60メッシュ
- ・小型オイルストレーナー（流量計保護の為、流量計入口側にセット）100メッシュ
- ・LED照明（天井に取付）

##### (4) その他

- ・電気設備工事一式
- ・配管工事一式
- ・地上タンク基礎工事一式

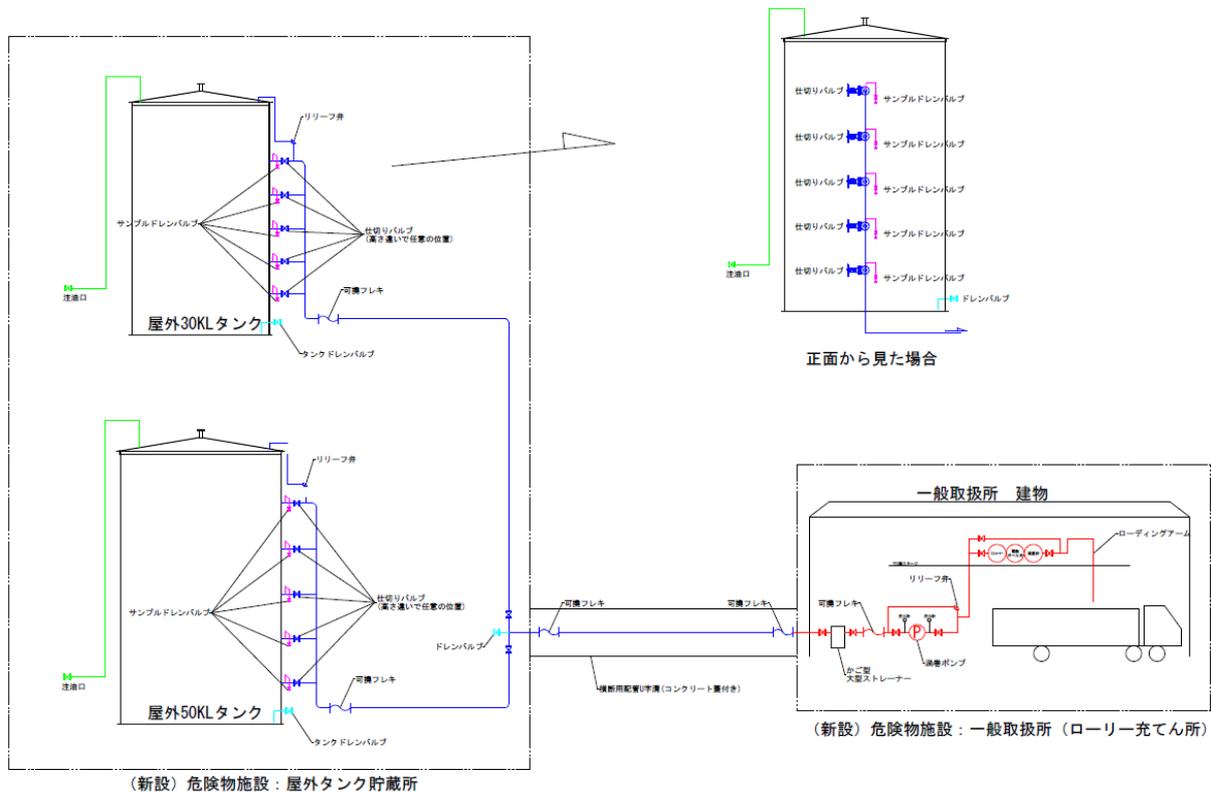


図 4-2-4 地上タンクの外観



図 4-2-5 出荷設備の外観

(5) タンク & 出荷設備の積算金額

一社当たり：85,000 千円（税抜き） → 10 社合計では 850,000 千円（税抜き）

#### 4.2.4.3 基油再生のための分別回収によるコストアップ分の算出

関東地区全体で使用済み潤滑油を年間4万kL分別回収することを想定する。

##### (1) 分別用タンク等の設備と費用（敷地のコストは含めない）

- ・ 廃エンジン油用屋外タンク（攪拌機付き、容量：50kL）
- ・ 廃工業油用屋外タンク（攪拌機付き、容量：30kL）
- ・ 防油堤、ローリー出荷・受け入れ配管設備、液面計、その他付帯設備一式
- ・ 費用：一社当たり：85,000千円（税抜き） → 10社合計では850,000千円（税抜き）

##### (2) 大型ローリーの経費

輸送のために必要となる10社合計の費用：

17kLローリーの購入費：30,000千円/台（新車：ステンレス製）×10台=300,000千円

10年使用すると仮定すると、30,000千円/年（運転員の数については、従来の再生重油の輸送量が減少するので変化しないものとする）となる。

##### (3) 分別回収の作業費アップ（再生重油との比較）

「4.2.3.3 回収作業時の回収距離と回収時間およびコストの算出（4）」より、4万kLを分別回収作業する場合の回収距離と回収時間のコストアップ分

・ 回収距離増加に伴う燃料費増：	15,718千円
・ 回収時間増加に伴う人件費増：	41,730千円
・ タンク荷下ろし時間増加に伴う人件費増：	17,100千円
合計	74,548千円

##### (4) 長距離輸送による輸送費アップ分の算出

再精製装置の場所を京浜工業地帯の中核である川崎付近と仮定して、遠方（300km）の5社と中間距離（150km）の5社から輸送するとした。

再生重油の場合の輸送距離を100km（各社の近隣の事業所）として、基油再生のための輸送コストと比較した。「4.2.3.5 関東10社で4万kL輸送する場合の走行距離とコスト（再生重油との比較）」より、

- ・ 走行距離の増加分は、毎日満載で1250km、空で1250km増加するので
- ・ 軽油使用量の増加分：毎日

$$1250\text{km} \div (4\text{km/L (満載)}) + 1250\text{km} \div (5\text{km/L (空)}) = 312.5\text{L} + 250\text{L} = 562.5\text{L}$$

軽油使用量（年間）とコストアップ分

$$562.5\text{L/日} \times 240\text{日} \times 156\text{円/L} \approx 21,060\text{千円}$$

※経済産業省資源エネルギー庁石油製品調査（2023年6月1日～10月30日の平均値）

##### (5) 年間4万kL回収を前提とした10社合計のコストアップ分

- ・ タンクと出荷設備の新設：850,000千円（税抜き） 10年使用すると 85,000千円/年
- ・ 大型ローリー（17kL）概算：300,000千円（税抜き） 〃 30,000千円/年

・分別回収作業費増加分：	74,548 千円／年
・長距離輸送のコストアップ分：	21,060 千円／年
10 社合計	210,608 千円／年

・1L 当たりのコストアップ分の合計は、 $210,608 \text{ 千円} \div (40,000 \times 10^3 \text{ L}) = 5.3 \text{ 円}$

#### 4.2.4.4 基油再生原料の価格

##### (1) 分別回収を行う場合

上記のように分別回収のコスト合計が 5.3 円/L、再生重油の製造変動費（組合企業の平均的な値）が 2.1 円/L とすると、基油再生原料分だけ再生重油の製造量が減少するので、

・1L 当たりの分別後の基油再生用原料の価格は、  
 $= (\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} - (\text{再生重油製造コスト}) 2.1 \text{ 円/L} + (\text{分別回収}) 5.3 \text{ 円/L}$

##### (2) 混合回収の場合

再生重油がそのまま水素化分解による基油再生原料として使用可能と仮定する。

上記、4.2.4.3 基油再生のための分別回収によるコストアップ分の算出の（5）項のタンクの新設と分別回収作業費が不要となるので、10 社合計のコストアップ分は、

・大型ローリー（17kL）概算：300,000 千円	10 年使用すると	30,000 千円／年
・長距離輸送のコストアップ分：		21,060 千円／年
10 社合計		51,060 千円／年

・1L 当たりのコストアップ分は、 $51,060 \text{ 千円} \div (40,000 \times 10^3 \text{ L}) = 1.28 \text{ 円}$

燃料としての再生重油は、燃料使用ということもあり発熱量に影響する水分の管理に重点が置かれてきたが、水素化分解反応の原料として使用する場合は、廃エンジン油と廃工業油を均一に混合して、性状変化が装置に与える変動を抑える必要がある。

現在の再生重油の出荷タンクには、攪拌設備が設置されていない企業が多いので、出荷前に大型ローリーによる攪拌作業が必要である（本格的な攪拌作業ではないがこれで代替する。

4.2.3.7 分別回収油の均一性の確保に関する検証を参照のこと）。

大型ローリーによる攪拌作業：

出荷前に積込み→荷下ろし→積込みによるタンク循環を行う。この作業による所要時間は、

「4.2.3.4 単独輸送と中継輸送の比較」で示したが、17k ローリーによる作業では、

積込み作業 3.7 分/kL × 17kL = 63 分

荷下ろし作業 4.0 分/kL × 17kL = 68 分

積込み作業 3.7 分/kL × 17kL = 63 分

合計 194 分

10 社合計、1 年間では、

$194 \text{ 分/回} \times 10 \text{ 社} \times 240 \text{ 回/年} = 465,600 \text{ 分} (7,760 \text{ 時間})$

攪拌に要する費用（タンク側・ローリー側合計：2名、3,000円/時とする）：

$$2 \text{ 名} \times 3,000 \text{ 円/時} \times 7,760 \text{ 時間/年} = 46,560 \text{ 千円/年}$$

1L 当たりでは、46,560 千円/年 ÷ 4 万 kL = 1.16 円/L

・1L 当たりの水素化分解装置用原料価格：

$$= (\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} + (\text{輸送コスト}) 1.28 \text{ 円/L} + (\text{攪拌コスト}) 1.16 \text{ 円/L}$$

$$= (\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} + 2.4 \text{ 円/L}$$

#### 4. 3 分別管理に関する排出事業者へのアンケート調査結果

実証試験終了後、自動車関連施設であるディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店、給油所および一般工場についてアンケート調査を行い、32 か所から回答を得た。

(1) 分別保管・排出する上での課題

排出事業者において分別保管・排出する上での課題は、手間・コストの増加、従業員への徹底の困難さ、分別保管に関する情報不足、分別保管スペースの不足、設備等が挙げられる。

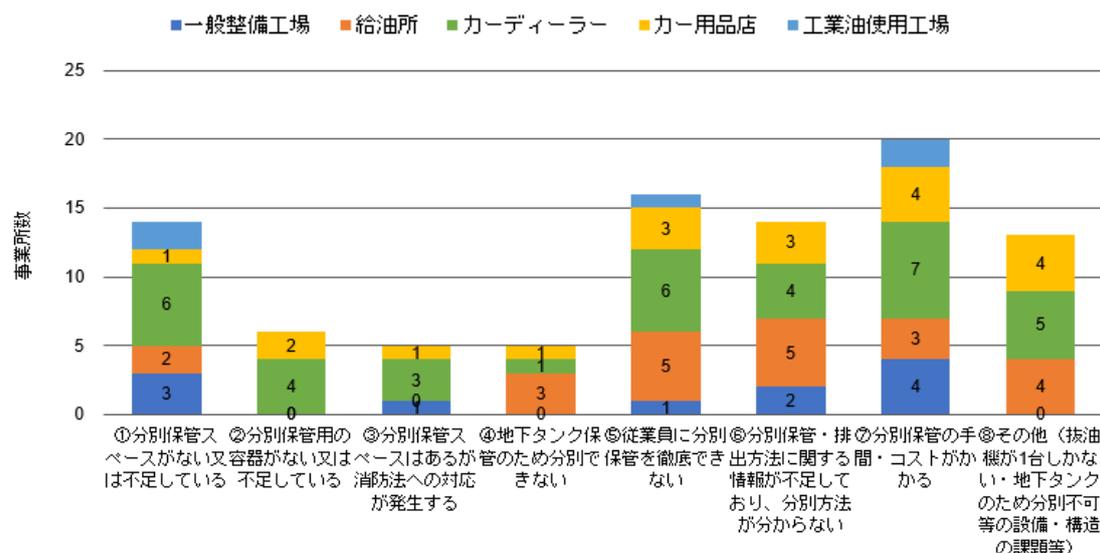


図 4-3-1 分別保管・排出する上での課題

(2) 分別保管・排出を推進する上で必要な施策・支援

排出事業者において分別保管・排出を推進するために、省スペース・既存スペースで分別可能な保管容器の支援、分別保管・排出マニュアルの策定、必要設備の購入支援、分別保管・回収の義務化等の法的規制、等が挙げられる。

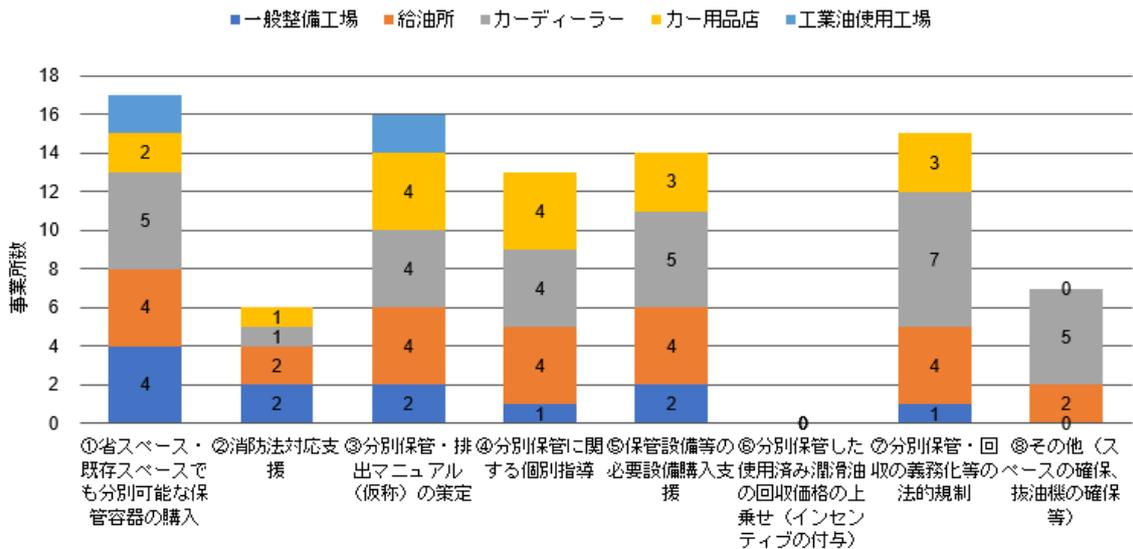


図 4-3-2 分別保管・排出を進める上で必要な施策・支援

### (3) まとめ

上記アンケート調査結果から、自動車関連施設の排出事業所において、分別管理・排出を徹底するためには、場所を取らない分別のための容器の設置に対する支援、分別管理・排出をスムーズに行えるマニュアルの整備や教育が必要であることが分かった。

また、消防法（危険物の保有数量）への対応については、個別に対応する必要があることが分かった。

さらに、実証試験の結果、工場から回収した廃工業油にディーゼル発電機の廃油が混入していることが判明したので、今後分別回収を徹底する場合には、工場ごとに使用済み潤滑油の排出源を調べ、分別管理をお願いすることも検討する必要がある。

## 4. 4 基油再生装置の情報整理と実証試験

### 4. 4. 1 欧米において稼働中の再精製装置の能力および主要なプロセスについて

#### 4.4.1.1 はじめに

世界の潤滑油需要は 2021 年に 3,970.1 万 kL<sup>1)</sup>、日本では 203.6 万 kL<sup>2)</sup> と言われている。その中で、約半数の潤滑油が毎年使用済み潤滑油として排出され、その多くは回収され適切に処理されているが、中には不法投棄による環境汚染を引き起こしているケースも報告されている<sup>3)</sup>。

この使用済み潤滑油の処理の仕方によっては、地球環境に深刻な影響を及ぼすことも十分想定される。

環境問題の重要性の高まりから、世界は二酸化炭素削減、廃棄物のリサイクルを基盤とした環境に影響を与えない技術開発へ向けて進化を続けている。さらに、これらの技術は、持続可能性を追求し、製品のライフサイクルを永遠に伸ばすことにより、経済的価値を提供するだけでなく、廃棄物を限りなく削減し、地球環境の保全に貢献していくものと思われる。

一方、自動車台数の増加に伴い、潤滑油の需要も増加しており、使用済みエンジン油をはじめとするさまざまな使用済み潤滑油の発生量も発展途上国を中心に増加している。使用済み潤滑油の不法投棄など環境汚染を防ぐためには、持続可能な管理が必要であり、欧米では経済的価値の高いリサイクル処理が推奨されている。特に欧州では、廃棄物枠組指令の中でリサイクルを優先し、燃料などのエネルギー利用については、使用済み潤滑油がリサイクルできないケースに限り認められている。

本調査では、使用済み潤滑油のリサイクルのために欧米で効果的に実施されている再精製技術とそれらのプロセスを紹介する。

#### 4.4.1.2 使用済み潤滑油

潤滑油は、産業機械の血液とも言われている。潤滑油は、基油と呼ばれる絶縁物質に極性を帯びた添加剤が溶け込んでいる。潤滑油は、この基油と添加剤の働きにより摩擦・摩耗、熱・動力伝達、部品の保護、部品の洗浄など幅広い用途に使用されており、潤滑油が存在しないとほとんどの機械は作動しないと言っても過言ではない。

これらの潤滑油は、その用途や使用環境に応じ時間と共に汚染・劣化するため、潤滑油はある時点でその機能を果たさなくなり交換しなければならない。この交換後機械から排出された潤滑油を使用済み潤滑油と呼んでいる。これらの使用済み潤滑油は、有害廃棄物として分類されバーゼル条約のサブグループ Y8 と Y9 に分類される<sup>4)</sup>。

使用済み潤滑油には、危険な汚染物質が含まれることがあるため、環境と人間の健康の両方に対する脅威と考えられている。これらのうち最も知られているのは、多環芳香族炭化水素の一部で、燃料の不完全燃焼の結果として生成し、高い発がん性リスクがあると言われている<sup>5)</sup>。そのほかに重金属類（Fe、Cr、Ni、Pb、Cu、Zn 等）などがある。

EU の廃棄物枠組指令には、この使用済み潤滑油が排出された場合は、燃料としてエネルギーに変換するのではなく、使用済み潤滑油を潤滑油へ再生するマテリアルリサイクルを行うように明確なルールがある。潤滑油には基油のほか添加剤が含まれているが、一般に時間の経過とともに添加剤が消費され、摩耗による金属粉や水、煤、燃料、その他ゴミなどの不純物が混入してどんどん汚れてくる。

使用済み潤滑油を元の潤滑油に戻すために、基油成分以外の汚染物質を除去し基油成分だけを残す作業が必要になり、この作業を再精製と呼び、再精製して得られたものを再精製基油という。

今回の調査では、この使用済み潤滑油の再精製について、その再精製装置の概要について説明し、よく利用されている製造プロセスと再精製基油製造会社について説明する。

#### 4.4.1.3 再精製技術の始まりから現在に至るまで

EU 全体で、2014 年に使用された潤滑油基油のうち、使用済み潤滑油を再精製して製造された基油は全体の 13%であると推定されている<sup>6)</sup>。その後使用済み潤滑油の回収率は伸び続け、再精製技術も進化し、再精製基油の品質はもちろん使用率は間違いなく伸びているものと推測される。

使用済み潤滑油を処理する最も古い方法は、1950年代後半から長期に渡り使用されてきた方法で、酸粘土処理と呼ばれる方法<sup>7)</sup>である。このプロセスは、使用済み潤滑油をさまざまな酸（硫酸、酢酸、ギ酸）で処理して汚染物質を除去し、次にベントナイトなどの粘土状物質を使って生成物を中和することに基づいている。しかしながら、このプロセスでは再生処理後に残った酸性汚泥が有害廃棄物となり、これを再生利用することができないため今ではほとんど使われていない方法となった。

その後、減圧蒸留と白土処理（その後、白土処理は水素化精製に置き換わっていく）の組み合わせにより、使用済み潤滑油から不純物を効率的に除去し、基油に変換するプロセスが今でも多く使用されている。

① 最初に常圧蒸留することで、水と軽質留分を分離、② 減圧蒸留（一般に、TDA カラム：Thermal De-Asphalting が使用される）と分留を行い、有機金属化合物とアスファルト留分を分離、③ 残った留分を3種類の基油成分に分留、④ 続いて白土処理（現在では、水素化精製）が行われる。（④の段階で、③で分離された3つの基油成分の品質が著しく改善される）⑤ 最後に加圧ろ過が実施される。

上記方法が基本となり、その後さまざまな方法が開発されていくことになる。

次に、使用済み潤滑油を再精製するために溶剤抽出法が登場する。これは、潤滑油の特性に悪影響を与える芳香族成分を抽出・除去し、飽和炭化水素などの必要な成分は残すというものである<sup>8)</sup>。

世界では、使用済み潤滑油を再精製するための多くの方法と技術が開発され、欧米を中心に各社異なる方法で再精製プロセスが組み立てられている。これらの技術は主に基油の性質（鉱物油または合成油）および汚染物質の性質と量に依存している。

#### 4.4.1.4 欧米で行われている使用済み潤滑油の再精製プロセスと技術

使用済み潤滑油の再精製は、環境にとって有益だけでなく経済的なメリットが大きく、環境汚染を減らす有効な手段でもある。この種の廃棄物のリサイクルプロセスや技術を開発または導入した企業は、経済的な利益はもちろんのこと地球環境問題に積極的に向き合い、解決方法を研究する企業として高く評価されるようになった。

このため、使用済み潤滑油の再精製は欧米から世界中に普及している。次に、このような世界規模で現在適用されている技術について、一般的にほとんどの再精製工場で採用されている汎用の技術の比較と世界でよく使用されている個別のプロセスおよび最高品質を競う技術を紹介する。

##### ① 一般的に使用されている汎用技術

一般的に使用されている汎用技術には、減圧蒸留と溶剤抽出プロセスがある。それぞれの特徴と欠点を表4-4-1に示した。

表 4-4-1 使用済み潤滑油再精製のための様々な汎用技術の比較表

減圧蒸留		管状炉気化装置		溶媒抽出プロセス	
特徴	欠点	特徴	欠点	特徴	欠点
大容量プラントに最適	特殊で高価な熱媒体や加熱装置が必要。熱媒のコストが高く、運用コストが高い。	簡易パイプ炉、排ガスの再循環による低熱流束での対流加熱		プロパンは、アスファルト、添加剤、金属、タールなどを除去するための溶剤として使用される。	常温（27℃）で高圧（10気圧）で動作させる必要があり、高圧シールシステムが必要（システムが高価で複雑になる）
薄膜蒸発器は、高真空での運転が可能で、通常、高価で熱に敏感な製品に使用される。	高い設備投資	プロセス側に可動部がない		溶媒はリサイクルできる	溶媒の損失があり、高度な技術を持った運用・保守要員と体制が必要
汚染しない	経済的に成立させるためには、より大きな容量のプラントが必要	事前にガスオイルを除去する必要はない		汚染しない	大容量プラントの場合のみ経済的
洗練された設備と処理	非常に高度な機器を使用するため、高度な運用保守要員が必要で、燃料費が高い。	簡易計測器		良質な基油を生産	プロパンは非常に危険であり、火災や爆発の危険性がある
良質な基油を生産	加熱と冷却を伴う多段階蒸留				

② Safety Kleen（世界最大の再精製基油製造会社、米国）の技術

Safety-Kleen プロセスは、図 4-4-1 に示すように薄膜蒸留と水素化処理が重要な工程である。常圧脱水後、軽質留分を除去し多環芳香族を減らし高沸点ハロゲンや極性化合物を除去しながら熱安定性、色、臭いを改善する。その後さらに減圧下で蒸留し、基油留分を回収する。

副産物として生成する残渣は、アスファルトエクステンダーなどの工業用途に利用できる。減圧蒸留残渣は、アスファルト増量剤や公害対策が施された高炉の燃料として利用される。水素化処理工程で、硫黄、窒素、塩素、重金属その他の不純物が除去され、使用した触媒はリサイクル利用されている。この工程では、臭気、色や腐食に関する問題も解決される<sup>9)</sup>。

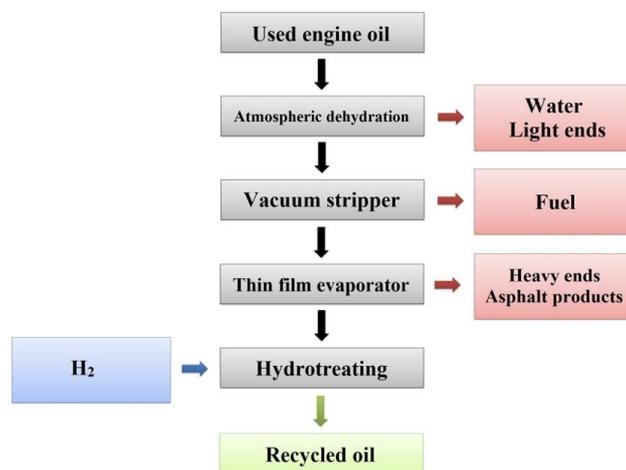


図 4-4-1 Safety-Kleen プロセスのフローチャート<sup>10)</sup>

Safety-Kleen は、世界最大の使用済み潤滑油の再精製会社である。現在北米で 8 か所の再精製工場（図 4-4-2）（内 7 か所で基油製造）を持ち、年間 70 万トンの API グループ II 基油製造能力を持つ。



図 4-4-2 Safety-Kleen 北米工場<sup>10)</sup>

親会社である Clean Harbors とともに使用済み潤滑油の回収・リサイクルサービスを提供しており、その中でも使用済み潤滑油の再精製は同社にとって最も重要な事業である。

Safety-Kleen は、2022 年 7 月に新しい再精製基油「KLEEN+」を発売した。

最近、この業界では再精製基油を使用すると温室効果ガス削減と天然資源保護に貢献できる、として再精製基油の使用を勧める記事<sup>11)</sup> が Safety-Kleen に限らず多くの潤滑油販売会社から出されるようになった。その例を下記に示した。

「KLEEN+は、原油から基油を精製するときに排出する CO<sub>2</sub> の 78% を削減し、かつ、このプロセスは無限に繰り返すことができるため、使用済み潤滑油を燃料として使用して得られる 1 回だけのエネルギーと比較して、温室効果ガス排出量を大幅に削減します。さらに、限られた天然資源を保護し、海外からの石油依存を減らすことに貢献します。」

「あなたが使用する KLEEN+基油 100 万ガロンごとに、温室効果ガス排出量を 10,000 トン削減できます。これは、ガソリン車で 2,500 万マイルを走行することに相当します。わずか 1.4 ガロンの再精製された使用済みエンジン油から、42 ガロンの原油からと同じ量のエンジン油が生成されます。使用済み潤滑油を KLEEN+にリサイクルすることで、環境に放出されたり燃料として燃やされたりする使用済み潤滑油をよりスマートに管理できます。これにより、限られた資源を保護し環境を守ることができます。」

#### ④ Bechtel (米国)

Bechtel の技術は、溶剤（ここでは N-メチル-2-ピロリドン）を用いた溶媒抽出プロセスにより、使用済み潤滑油の最適な処理と基油の回収を行うものである。

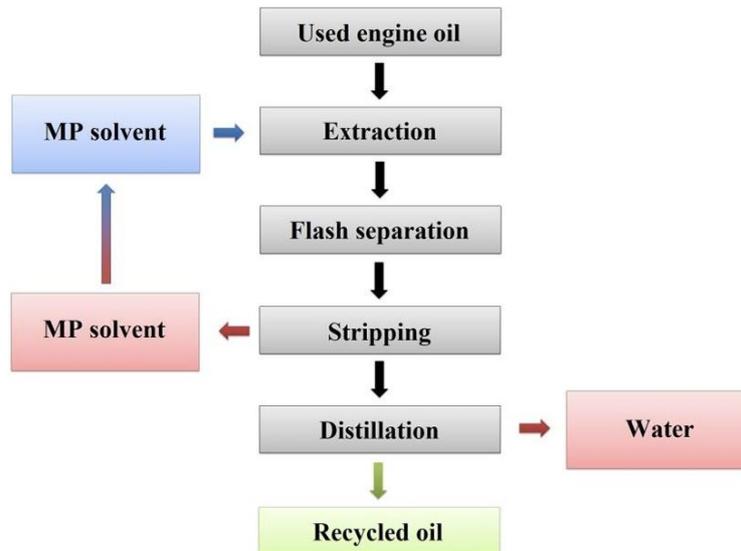


図 4-4-3 Bechtel MP 抽出プロセスのフローチャート <sup>12)</sup>

Bechtel MP 再精製プロセスは、N-メチル-2-ピロリドン (MP) を溶剤として使用する溶剤抽出プロセスであり、蒸留物や残留物に存在する潤滑油にとって好ましくない成分を選択的に除去する。このユニットは、潤滑油基油をさらに加工するのに適したパラフィン系またはナフテン系のラフィネートを生成する。このプロセスは、芳香族化合物およびヘテロ成分（酸素、窒素、硫黄など）を含む化合物を選択的に除去する。

抽出塔では、使用済み潤滑油と溶剤が適切な圧力と温度で接触している。ラフィネートと大部分の溶剤は塔頂部から取り出され、溶剤回収部へ戻される。抽出油は塔底部から取り出され、溶剤回収部へ送られる。その後、MP は、圧力を変えながら蒸留され、フラッシュ分離と真空下でのスチームストリッピングによって、溶剤回収セクションの底部画分（抽出油）から除去される <sup>12)</sup>。

Bechtel の使用済み潤滑油の再精製法は、米国の再精製工場で広く採用されている。このプロセスにより粘度指数 (VI) が向上し、熱安定性、酸化安定性、そして色相が改善される。また、使用した溶剤は再使用されるため、技術的なプロセスに持続可能性が加わる <sup>12)</sup>。

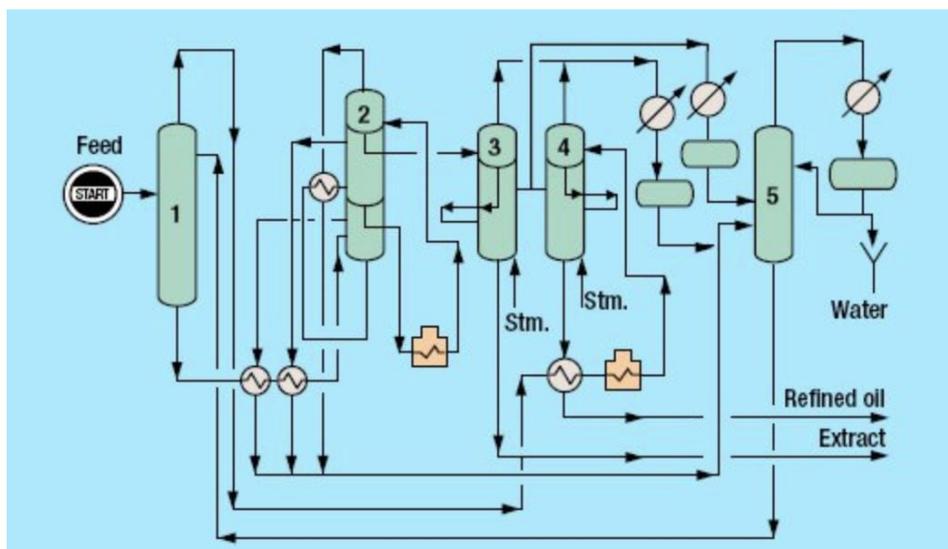


図 4-4-4 Bechtel MP 抽出プロセスのフローシート<sup>13)</sup>

Bechtel MP 抽出プロセスの詳細説明<sup>12)</sup>：

原料油と溶剤は、抽出塔（1）で、最適な液液抽出に必要な温度と流量で接触する。溶剤の大部分を含む抽出留分は、抽出塔の底部から排出される。この留分に含まれる溶剤を除去するために回収セクションに送られる。溶剤は、さまざまな圧力での多段蒸留塔（2）、続いて真空フラッシュおよび真空下でのスチームストリッピング（3）によって抽出油から分離される。

ラフィネートの流れは、抽出塔の塔頂から出て、回収セクションに送られ、真空下でのフラッシュおよびスチームストリッピング（4）によって、この流れに含まれる MP 溶剤が除去される。

スチームストリッパーからの塔頂蒸気は凝縮され、回収セクションからの溶剤凝縮液と混合され、溶剤から水を除去するために低圧で蒸留される（5）。MP はフルフラールのように水と共沸混合物を形成しないため、溶剤は単一の塔で回収される。水は油水下水道に排出される。溶剤は冷却され、抽出セクションに再循環される。

#### ④ Viscolube（現 ITELYUM）（イタリア）

イタリアの再生基油製造業者である Viscolube（現 ITELYUM）では、水素化精製を最終仕上げとした使用済みエンジン油の基油再生を行っている。再生プロセスは、プロパン抽出による脱アスファルト(TDA: Thermal De-Asphalting)に特徴のある技術を使用しており、TDA プロセスで得られる基油収率は 72～79%と高い。水素化精製は仏 AXENS の技術を使用している。ITELYUM の再精製工場はイタリアに 2 か所ある。

なお、再精製設備に投入する使用済み潤滑油を受け入れる際に重要なのは、受入規格に合格することで、合格確認後に初めて廃油タンクへ搬入することができ、装置への導入が許可される。イタリアで規定されている使用済み潤滑油受入規格を表 4-4-2 に示す。

表 4-4-2 イタリアの使用済み潤滑油受入規格<sup>14)</sup>

項目	廃油
密度 15°C(kg/L)	max. 0.92
ASTM D-1298	
水分 wt%	max. 15
ASTM D-95	
中和価 mgKOH/g	max. 3.5
ASTM D0664	
塩素分 ppm	max. 5000
ASTM D-1317	
PCB ppm	max. 25
ASTM D-4059	
硫黄分 wt%	max. 1.5
Pb + Zn ppm	max. 4000
Cd+Cr+Ni+V ppm	max. 50
希釈剤 wt%	max. 5
ASTM D-322	
ケン化価 mgKOH/g	max. 18
ASTM D-94	

さて、再精製装置へ投入後の重要な再生工程は、(1) 中和前処理、(2) 常圧蒸留、(3) プロパン脱アスファルト、(4) 真空蒸留、(5) 水素仕上げおよび(6)減圧蒸留であり、そのプロセスを図 4-4-5 に、代表性状を表 4-4-3 に示す。

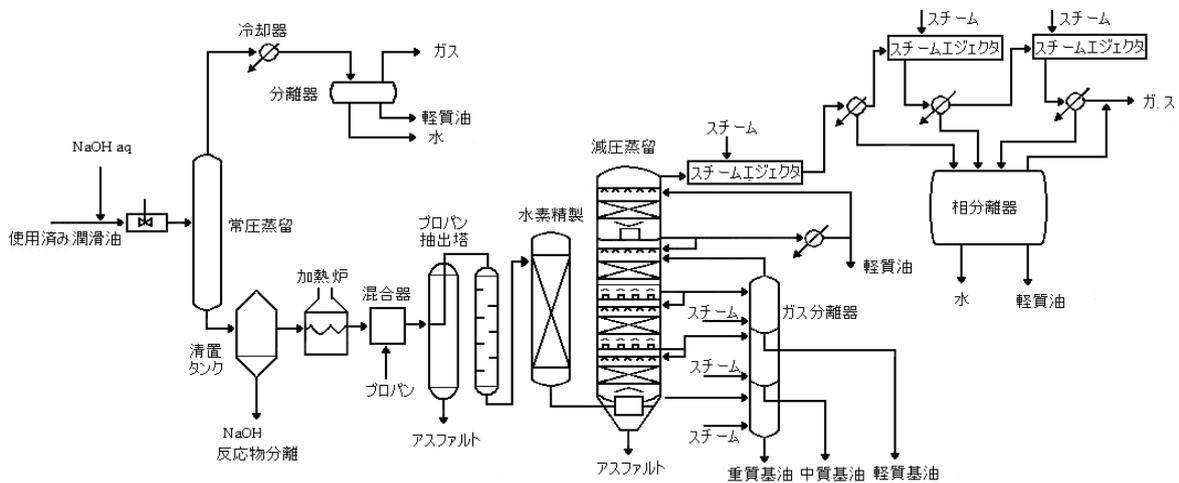


図 4-4-5 Viscolube(Reviol)の再精製基油製造プロセス<sup>15)</sup>

表 4-4-3 ITELYUM 社の再生基油の代表性状 (API グループ II+) 16)

HG-3N				
特性	方法	測定単位	リミット	HG-3N
色	ASTM D1500	-	最大	L0.5
可燃性 COC	ASTM D92	°C	分	170
粘度シン。@40°C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /秒	標準値	15.5
粘度指数	ASTM D2270	-	分	100
流動点	ASTM D97	°C	最大	-6
ポラティリティノ アック	CEC L-40-A-93	% 質量	最大	35
硫黄	ASTM D 5453	% 質量	最大	0.03
飽和 分	ASTM D 2007	% 質量	分	90

ITELYUM で製造している代表的な再生基油は 80N、150N 及び 400N の 3 種類であり、主に API グループ I+とグループ II+を製造している。製造能力は 2 工場合計で年間 20 万 kL である。

なお、ITELYUM は 2019 年に Viscolube と Bitolea を買収し設立した会社で、Viscolube は再精製基油、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基油製造会社で、独自の技術 Revivoil を持っており、世界 60 カ国に技術を輸出してきた実績がある。この技術を ITELYUM が引き継ぎ今日に至る。

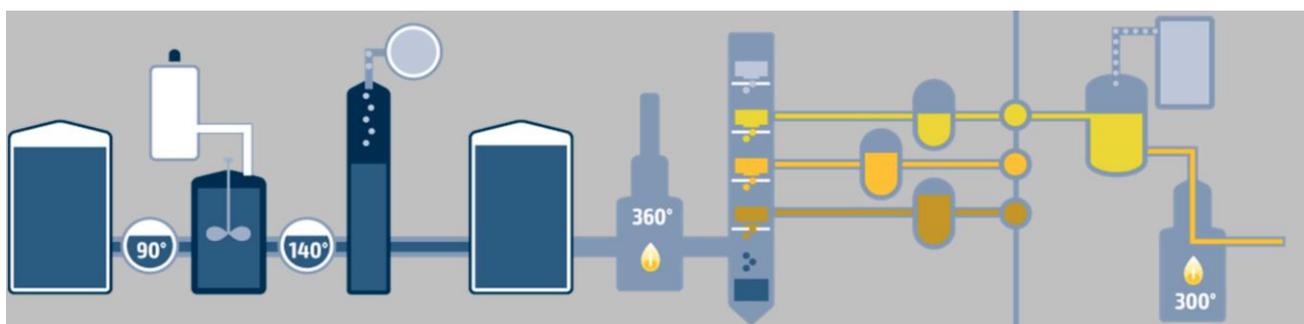


図 4-4-6 簡易精製フロー、ITELYUM ホームページ 17)

- |  |   |   |
|--|---|---|
| (①フラッシュ)                                       | (② 脱アスファルト)                                     | (③ 水素化脱硫)                                   |
| 使用済潤滑油を 140°Cまで加熱<br>真空カラムで蒸留<br>(水と軽質炭化水素を分離) | カラムで 360°Cで蒸留<br>アスファルトと瀝青は底に<br>Vis の異なるカットを抽出 | 水素含め 300°Cに加熱<br>硫黄と多環芳香族が少ない<br>無色透明な基油に精製 |

Viscolube(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である。各国で採用されている本プロセスでは、グループ I 基油の比率が多く、一時期世界中に

普及したが、この時期普及した再精製基油の品質は市場で評判が悪く、かつ追加投資（水素化精製装置）が高額となり、改修工事を進める企業はわずかとなっていた。

なお、Viscolube(Revivoil)プロセスで、100kg の使用済み潤滑油が平均 65 kg の再生基油となり、約 22 kg のピチューメンと軽油および 8kg の水が分離される。（廃棄物は 4 %）

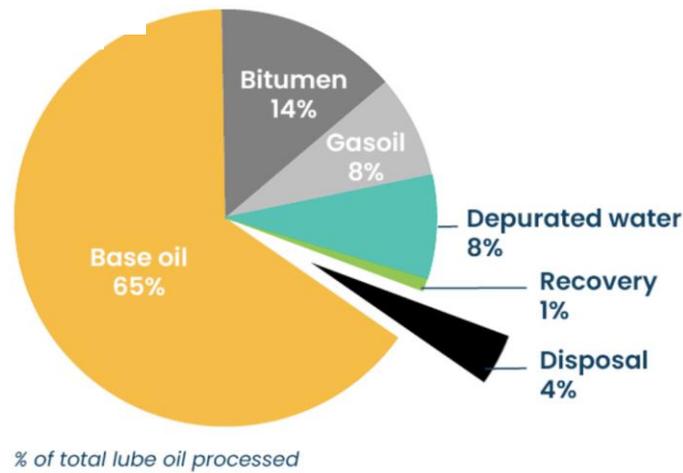


図 4-4-7 Viscolube(Revivoil)プロセスによる生成物収率<sup>18)</sup>

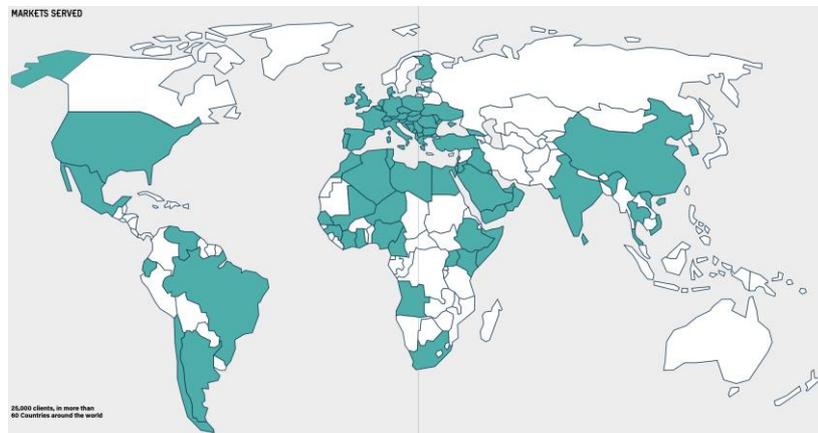


図 4-4-8 Viscolube(Revivoil)プロセス（世界 60 カ国で採用）<sup>19)</sup>

⑤ AVISTA OIL AG（世界初の再精製会社、ヨーロッパ最大の生産能力を持つ、ドイツ）

AVISTA OIL は 1951 年に設立された歴史ある使用済み潤滑油再精製会社で、常にヨーロッパの再精製基油業界をリードしてきた会社である。



図 4-4-9 AVISTA OIL のサーキュラーエコノミー概念図<sup>20)</sup>

AVISTA OIL はヨーロッパ最大の再精製業者であり、使用済み潤滑油の総投入量は 50 万トン/年で、再精製基油の生産で 60 年以上の経験がある世界最古の再精製基油メーカーである。

AVISTA OIL はドイツとデンマークに再精製工場があり、米国でも UES を買収し、再精製工場を運営している（投入能力 16 万トン/年）。米国工場はグループ II +、III 基油の製造工場として稼働している。

同工場は図 4-4-10 に示すように、(1)(2)(3)(4)(5)の工程を持つ。

- (1)常圧蒸留による軽質分の脱水と除去
- (2)軽油留分の減圧蒸留
- (3)潤滑油留分を得るための高真空薄膜蒸留
- (4)アスファルトの分離
- (5)溶剤抽出による精製（強力な選択的精製、「ESR」、ESR については文献なし）

AVISTA の特許取得済 ESR 技術により、高品質の基油が製造できる。これは、原油（SN ラフィネート）から製造される従来の基油よりも優れている。

この技術は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。基油の市場ニーズを理想的に反映させるため、必要とされる再生基油の品質を満足させている。

米国では、API グループ II + / III 基油を製造し、ヨーロッパでは API グループ I +/II + の再精製基油を製造している。使用済み潤滑油中に含まれる合成基油も年々増加しているのと同時に、AVISTA OIL の再精製基油品質も向上している。

ヨーロッパの AVISTA OIL は水素化分解精製装置のような高エネルギー消費技術を使用せず、同種の他の高性能基油製造技術と比較して設備投資とランニングコストが安価である。また、CO<sub>2</sub> 排出量の削減においてもかなりの利点があると言われている。

## AVISTA OIL Re-Refining Technology

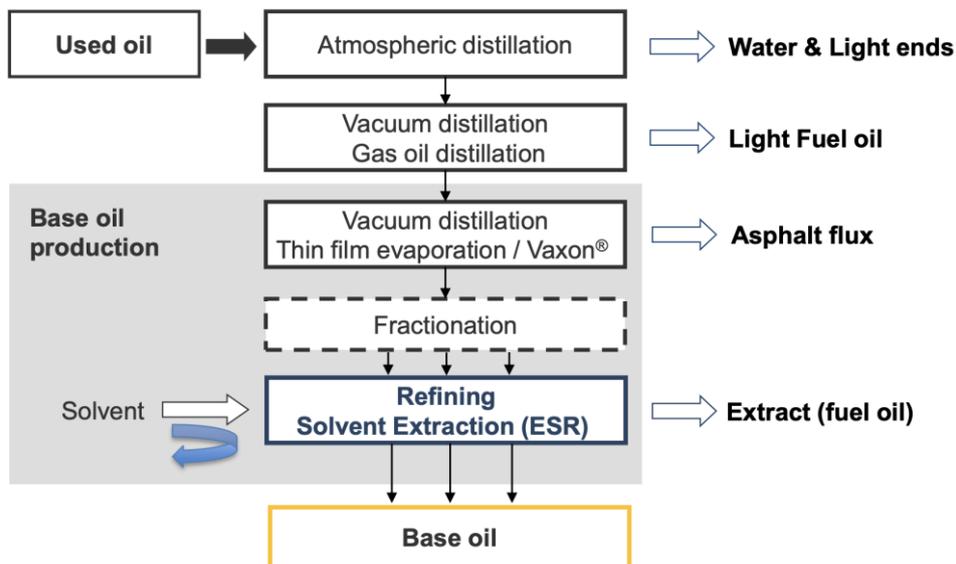


図 4-4-10 AVISTA OIL 簡易精製プロセス <sup>21)</sup>

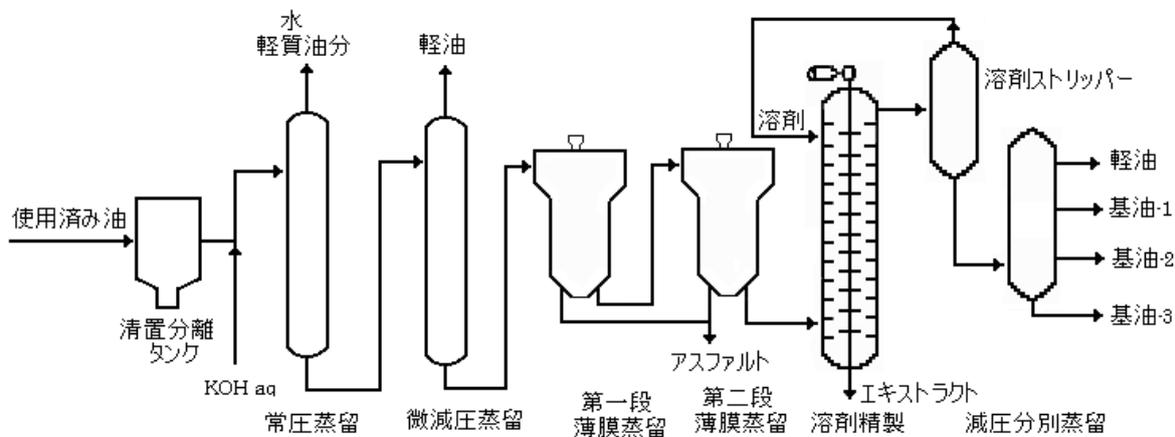


図 4-4-11 Avista Oil AG Dollbergen 工場の再生基油製造プロセス <sup>10)</sup>



図 4-4-12 AVISTA OIL AG ドイツ再精製工場<sup>22)</sup>

AVISTA OIL の再精製工場設備は、従来のバージン基油製造工程と比較して CO<sub>2</sub> を 1,530kg/トン削減<sup>19)</sup> (DEKRA(ドイツ)の LCA による Certificate (図 4-4-13 参照)) し、グループ I からグループ III (米国工場) まで市場のニーズに応じた再精製基油の供給を可能にする優れた技術が特徴である。再精製に使用する同社開発の特殊溶剤もリサイクルして繰り返し使え、廃棄物を一切出さない工場として操業を続けている。



図 4-4-13 DEKRA LCA 報告書<sup>21)</sup>

表 4-4-4 AVISTA（ドイツ）の再精製基油 KS100 性状表<sup>23)</sup>

**TYPICAL CHARACTERISTICAS**

(The given data are typical values.)

Parameter	Test Method	Unit	Results
Colour ASTM	DIN ISO 2049		0,5 – 1,0
Density 15 °C	DIN EN ISO 12185	kg/m <sup>3</sup>	842 - 852
Kin. Viscosity 40 °C	DIN 51 659-3	mm <sup>2</sup> /s	22 - 26
Kin. Viscosity 100 °C	DIN 51 659-3	mm <sup>2</sup> /s	4,4 - 4,9
Viscosity Index	DIN ISO 2909		> 115
Neutralisation Number	DIN 6618	mg KOH/g	≤ 0,03
Flashpoint COC	DIN EN ISO 2592	°C	> 220
Pourpoint	ASTM D 7346	°C	≤ -9
Noack Evaporation Loss	DIN 51 581 - 1	Gew. %	11 - 15
Sulfur	EN ISO 8754	Gew. %	≤ 0,20
Copper Corrosion	DIN EN ISO 2160	3 h / 100°C	1
C <sub>A</sub>	DIN 51 378	%	2
Saving CO <sub>2</sub> -eq	DIN EN ISO 1040/44	kg/t	1,490

表 4-4-5 AVISTA 代表的再生基油性状表<sup>24)</sup>

**PRODUCT DATA SHEET – AVISTA Green Kernsolvat KS 100**

Date: 22-10-2021

Parameter	Unit	Test Method	Typical Values
Colour		ISO 2049	0,5 - 1.0
Density 15°C	kg/m <sup>3</sup>	ISO 12185	840 - 855
Viscosity 40°C	mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104	22,0 – 26,0
Viscosity 100°C	mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104	4,4 – 4,9
Viscosity Index		ISO 2909	>115
Acid Number	mg KOH/g	ASTM D 974	≤ 0.03
Flashpoint COC	°C	ISO 2592	≥ 210
Pour Point	°C	ISO 3016	≤ -9
Noack Evaporation Loss	wt.%	DIN 51 581	<16
Sulfur	wt.%	XRF	≤ 0.2
Copper Corrosion	3h/100°C	EN ISO 2160	1
C <sub>A</sub>	%	DIN 51 378-K	2

## ⑤ PURAGLOBE

PURAGLOBE（以下、P社とする）は、2007年に Puralube Holding GmbH としてドイツ Elsteraue に 75,000 トンの使用済み潤滑油を処理する再精製工場を建設した。この技術は Honeywell UOP 社<sup>25)</sup> HyLube™（高圧水素化プロセス）で、使用済み潤滑油は持続可能な API グループ II/II+基油などの製品に生まれ変わる。基油は 50,000 トン製造され、ドイツ自動車産業はじめ工業用潤滑油基油としても使用されている。

Puralube は、2009 年から同サイズの 2 番目の再精製工場を同じ場所に稼働させて、150,000 トンの使用済み潤滑油から 100,000 トンのグループ II/II+基油を生産・供給した。その間、2018 年 Puralube に米国の資本家が出資し、本社を米国のペンシルベニア州に設置（PURAGLOBE Inc を設立）した。これに伴い 2018 年にドイツの会社名を PURAGLOBE Holding GmbH へ変更した。



図 4-4-14 PURAGLOBE ドイツ Elsteraue 工場<sup>26)</sup>

<https://www.puraglobe.com/about>（ドイツ工場）

P社 は、Honeywell UOP HyLube SAT™ 技術で、グループ III/III+基油製造プロセスを開発し、ドイツ第 2 工場を 2017 年に改修、グループ III/III+基油の製造を開始した。また、2023 年 10 月に第 3 工場（グループ III/III+基油製造）を同じ場所で稼働させる予定で、2022 年 12 月に Shell Lubricants との間でオフテイク契約を締結<sup>27)</sup> するなど、生産予定のグループ III/III+基油は全て販売先が決定している。

P社 は、さらにフロリダ州に PURAGLOBE North America を設立し、2024 年末までにグループ III/III+基油工場と潤滑油ブレンディング工場を稼働させる予定である。P社グループは、これで 240,000 トンの基油製造能力を持つことになった<sup>28)</sup>



図 4-4-15 PURAGLOBE 米国工場全景<sup>29)</sup>

なお、P 社は、Honeywell UOP の HyLube™ および HyLube SAT™ を全世界に独占的にライセンスしている。

類似の製造プロセス（UOP 特許）を紹介する。

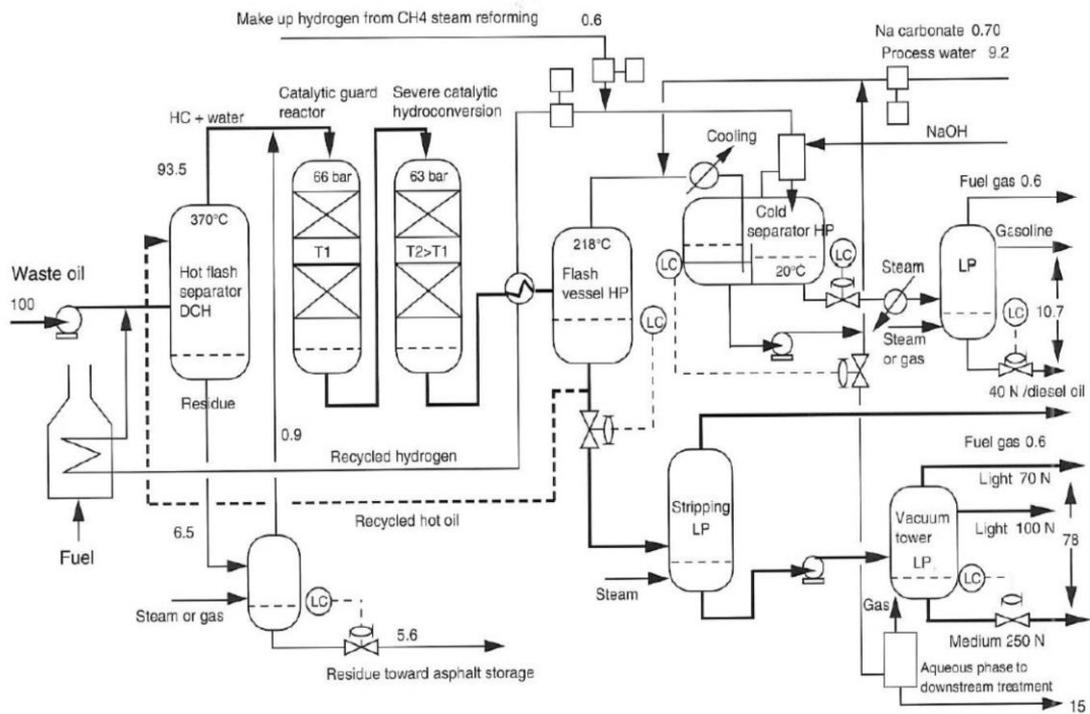


図 4-4-16 UOP - Direct Contact Hydrogenation<sup>30)</sup>

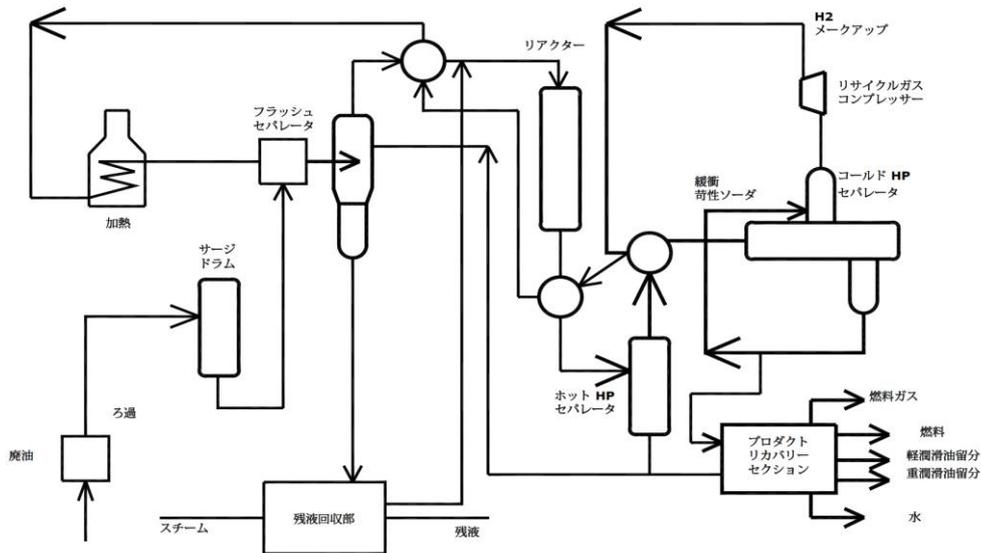


図 4-4-17 HyLube プロセスフロー<sup>10)</sup>

HyLube Process は、UOP 社が開発した、使用済み潤滑油を触媒処理して再精製し、販売可能な潤滑油に再ブレンドするための独自プロセスである。

典型的な HyLube プロセスの原料は、鉄などの粒子状物質と亜鉛、リン、カルシウムなどの使用済み添加剤の汚染物質を含む使用済み潤滑油の混合物から構成されている。

- (1) 供給原料は、まず固形物を除去するためにろ過され、次に特別に設計された加圧混合室で高温の水素と混合される。
- (2) 加熱された混合物はフラッシュセパレーターに送られ、フラッシュセパレーターのボトム液は残留物ストリッパーに送られる。
- (3) フラッシュセパレーター蒸気および残留物ストリッパーのオーバーヘッドを合わせたものは、最初に可溶性金属除去のために触媒ガード反応器を通過し、次に脱硫、脱塩素化、脱酸素、脱窒素、芳香族飽和および軽度の水素化分解反応が行われる水素化分解反応器を通過する。処理された炭化水素は、原料に比べて化学的性質、色、臭気が改善される。圧力、空間速度、および水素循環速度などの処理条件は、原料の品質に応じて装置ごとに多様であり、最高圧力は約 80bar である。
- (4) 処理された原料は、高沸点炭化水素製品に変換され、その後、粘度の異なる製品に分留され、潤滑油のブレンドに使用される。

HyLube プロセスでは、原料中の潤滑油沸点範囲の炭化水素から 85%以上の潤滑油回収率を達成する。表 4-4-6 は、この技術に基づく年産 25,000 トン規模の工場が必要とされるユーティリティと化学物質の詳細である。

表 4-4-6 HyLube プロセスに必要なユーティリティと化学物質の詳細<sup>10)</sup>

25,000 ton/年 生産能力ある工場に必要なユーティリティと化学品		
水素	2.10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /年	99.5% 純度
窒素	1.10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /年	
スチーム	14.10 <sup>3</sup> ton/年	
冷水	16.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /年	
苛性ソーダ	4.10 <sup>3</sup> ton/年	5.0% 溶液
炭酸ナトリウム	13.10 <sup>3</sup> ton/年	2.5% 溶液
アンモニア	60 リットル/年	
フラッシングオイル	650バレル (起動時 およびシャットダウン時)	
二硫化ジメチル	触媒硫化用2000kg	
燃料ガス	3.10 <sup>3</sup> ton/年	

HyLube プロセスは、使用済み潤滑油の非蒸留性部分を除去する独自のフィード処理システムである。残油（通常、元のフィードの 90～95%）は、UOP 社独自の触媒上で直接処理される。

このプロセスの利点は以下の通り。

- ・バージン基油と同等品質
- ・低硫黄燃料 (< 0.03% wt.)
- ・化学的酸素要求量が低く、有機塩素を含まない排水
- ・安定した重質残渣で、アスファルト混合に適している
- ・使用済み潤滑油の再精製に伴う多くの前処理工程が不要で、有害な副生成物も発生しない。

本工程の副生成物には以下のものがある。

- 燃料ガス：原料に溶解している、炭化水素化合物および液体製品に溶解した水素ガス。
- 燃料油：水素化処理されたもの。
- 重油：重質な中性油で、重質燃料に添加することができる。
- 重質残渣：供給物中に存在する、またはプロセスで生成される不揮発性物質で、アスファルトとの混合に許容されるもの。
- 希薄な水性廃液：除去された硫黄、窒素、塩化物を無機塩の形で含み、廃水処理設備で清澄化される。

#### 4.4.1.5 将来有望なプロセスについて（考察）

##### （1）2050 年カーボンニュートラルを見据えた基油の需要について

いま、世界に 12 億台以上の車があると言われている<sup>29)</sup>。今後の世界の潤滑油需要を想定する上で、カーボンニュートラルへ向けた産業界の変化を考慮しなければならない。特に、自動車用の潤滑油は中国、欧米共に電気自動車の生産に乗り出し、ガソリンエンジン車やディーゼルエンジン車の生産は 2030 年以降急速に減少していくことがほぼ確実となった。

英国とフランスはともに、2040 年までにガソリン車とディーゼル車の生産を禁止する計画を発表し、その後、イギリスは 2035 年に前倒しするとも言っている。米国ではバイデン大統領が、2030 年までに電気自動車の販売比率を 50%にするなど、欧米諸国の動きは、一気に電気自動車の

販売へ加速している。

McKinsey & Company によると、2030 年の総潤滑油需要は、アジアでの需要に牽引され、2030 年には年率 1.5%増加して約 1,100 万トンになる余地がまだある。

ただし、彼らは、ヨーロッパと北米で需要が年率約 1% 減少すると予測している。彼らはまた、影響は 2030 年以降により顕著になると予測している。アジアは潜在的に従来の潤滑油の成長を牽引する可能性はあるが、潤滑油メーカーはヨーロッパと北米で市場シェアと収益を維持するために、電気自動車 (EV) 向けの製品に多様化する必要がある。

現在、ボルボなどの自動車メーカー(OEM)向けに大量の潤滑油が生産されており、自動車が電動化される場合、企業はこれに対応する製品を開発する必要がある。重要なことは、多くの企業が EV とハイブリッドの成長を認識し、製品開発のどこに重点を置くべきかを理解する必要があることである。業界の変化と同様に、企業は革新的な新規市場参入者にも注意する必要がある。

潤滑油メーカーが EV をサポートするために革新を受け入れる必要がある時点で、化石燃料の利用可能性は、すべての潤滑油メーカーが最終的にすべての車両向けより持続可能な製品の開発に移行しなければならないことを意味することに注意すべきであろう。今後数年間、持続可能なイノベーションにさらに注力しなければ、これらの企業の全体的な収益は確実に減少するだろう。

さて、潤滑油の世界でのイノベーションの一つに、使用済み潤滑油の再精製による繰り返し使用するリサイクル利用が活発になってきたことが挙げられる。

先に述べたように、世界で走っている車が 12 億台あるとすれば、EV がどんなに頑張っても潤滑油のアフターマーケット市場は減速するものの、急激な減少は今後 10-20 年間では見られない。ただし、メジャー系石油会社はじめ多くの潤滑油製造販売会社は、自動車メーカーの工場充填油の争奪戦で鎬を削ってきたが、このビジネスはこの 10-20 年の間にかなり減少すると見て良い。

従って、使用済み潤滑油の排出量はアフターマーケットの販売数量に依存するため、使用済み潤滑油の回収量は当面横ばいに推移すると推測される。

今後、バージン基油と比較して再精製基油の比率は、増加していくものと見られているが、API グループ I 基油は世界中でバージン基油製造工場が閉鎖になっており、今後も間違いなく減少する。また、今最も需要のあるグループ II 基油は、自動車用潤滑油、特に工場充填油の減少により需要は間もなく頭打ちになることが想定されている。

我が国は、今まで再精製基油を製造してこなかったが、今からグループ I、II 基油を製造するのは機を逃していると考えざるを得ない。残るグレードはグループ III 基油ということになるが、2018 年の ifeu の LCA レポートにも書かれているとおり、バージン基油製造時に排出される CO<sub>2</sub> に比べ再精製基油は明らかに CO<sub>2</sub> を削減し、グレードが高くなればなるほど、その効果は大きい。

次に需要であるが、今後グループ III 基油の需要は確実に伸びることが想定されている。自動車用エンジン油の需要が減るのに疑問に感じられるかもしれないが、EV の冷却機構にグループ III 基油の最も粘度の低い基油が使用されているのである。グループ III 基油はエンジンがなくなって

も生き残ることのできる唯一のグレードになり得るだろう（以上の記事は、CSG Talent 2022 年 10 月 27 日記事<sup>31)</sup>と P 社ホームページ参照）。

## （２） 将来有望なプロセスについて

今後の基油は、環境面においても需要の面においても、グループⅢ基油が優位になることが想定されるが、今の米国のグループⅢ基油の状況を見ると、再精製されたグループⅢ基油の伸びが著しいことがわかった。それは、製造コストの問題であることも今の米国の状況が教えている。

本事業の調査において、P 社がグループⅢの生産量も品質も優れていることが、メジャー系石油会社からの情報で得られている。我が国では、まだ P 社のグループⅢ基油を一度も評価していない。しかしながら、BP-Castrol、Shell Lubricants、ExxonMobil のいずれも P 社のグループⅢ基油の十分な評価を実施済みのようである。

本事業における今回の調査結果から、Honeywell UOP HyLube SAT™のグループⅢ製造技術が、現状では世界で最も品質の良い再生基油が得られる技術であると考えられる。

そのほかに、有望な製造技術は AVISTA が UES を買収し立ち上げたグループⅡ/Ⅲ基油製造プロセスが候補になるが、まだ詳細情報は得られていない。

今後、Safety-Kleen も Heritage Crystal Clean もグループⅢ基油製造に動くとも考えられるが、簡単に製造できるものではない。AVISTA も P 社も、10 年以上前から、ドイツ大手自動車メーカーとの間で、グループⅢ基油を使用した自動車用潤滑油の開発を実施してきたと聞いている。

潤滑油のビジネスは、顧客からの技術承認を得るまでのプロセスが最も重要で、時間がかかる工程であることは公知の事実である。

そのほかに有望な再精製基油メーカーとして、今名乗りを上げているのが、カナダの ReGen III である。彼らは今テキサス州に土地を確保して、再精製グループⅢ基油の製造を計画しており、いつ建設が完了するかもわからない段階で、BP がオフテイク契約をすでに同社と締結している。

この理由として考えられることは、ReGen III はカナダのパイロットプラントの再精製基油をメジャー系石油会社にサンプル出荷して評価してもらっているのではないかと。そして、BP は同社基油の品質を高く評価したのであろう。

ただし、ReGen III にはまだこれから試練が待ち受けている。工場建設から完成まで、EPA や地方自治体などとの交渉が続くからである。P 社はフロリダ州 Tampa に今もなお再精製工場を建設しているが、そこまでの道のりに 10 年以上時間をかけている。

本事業では、P 社へ使用済み潤滑油サンプルを送付して評価を行った。今後も、同社と密に話し合い、彼らの基油の性能と共に建設コストや運転コスト等経済性について、フィージビリティスタディーを行うために必要な詳細情報を入手していきたい。

本年 1 月 4 日の P 社との Zoom によるヒアリング情報：

我が国に水素化分解装置（処理能力 75,000 トン／年）を導入する場合は、原料油や製品の物流に適した（港・鉄道・道路等）土地（面積：6 万 m<sup>2</sup>）、原料タンク（5,000 トン）、製品タンク（300～1,000 トン）×12 基、ユーティリティー（水素、工業用水、電力等）が必要という情報

を得たが、さらに詳細な情報を入手したい。

候補地としては、回収油の確保の観点から、東京湾岸の千葉、川崎・横浜地区が考えらえる。

再精製プロセスについては、国内で開発している時間的な余裕はないので海外のライセンサーから選ぶことになると思われるが、溶剤精製、水素化精製、水素化分解プロセスのうちどのプロセスを選択するかについては、本事業の結果を踏まえて慎重に判断する必要がある。

また、基油再生事業全体を前に進めるためには、再生基油を用いた潤滑油の製造事業者やその再生潤滑油の使用者及び行政の支援が不可欠と思われる。

#### 引用文献：

1. Morder Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/ja/industry-reports/global-lubricants-market-industry>
2. ジュンツウネット：<https://www.juntsu.co.jp/jouhou/toukei/toukei4.php>
3. OCEANA: <https://europe.oceana.org/press-releases/around-3000-cases-illegal-dumping-hydrocarbons-european-seas-are/>
4. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements on Hazardous Wastes and Their Disposal 1995 Technical guidelines on used oil re-refining or other re-uses of previously used oil, Geneva, Switzerland
5. <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/polycyclic-aromatic-hydrocarbons>
6. U.S. Department of Health and Human Services 2014 Case Studies in Environmental Medicine: Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, WB 2460
7. GEIR (Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération) 2016 Waste Framework Directive revision: European waste oil re-refining industry position, Brussels, Belgium
8. Audibert, F. Waste Engine Oils: Re-refining and Energy Recovery; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2011
9. Recycling of used engine oil by different solvent: Osman D I, Attia S I, Taman A. R. 2018 Recycling of used engine oil by different solvent, Egyptian Journal of Petroleum, 27, pp 221-225
10. Compendium of recycling and destruction technologies for waste oils: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8601/IETC\\_Waste\\_Oils\\_Compendium.pdf?sequence=3&isAllowed=1](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8601/IETC_Waste_Oils_Compendium.pdf?sequence=3&isAllowed=1)
11. Safety-Kleen website: <https://www.safety-kleen.com/>
12. Bechtel website: <https://www.bechtel.com/services/chemicals/bhts/oil-processing/>
13. Oil & Gas Process Engineering: <http://www.oilngasprocess.com/refining/lube-extraction-process-by-bechtel.html>
14. Dr. Ing. Fabio Dalla Giovanna (元 GEIR 会長) より入手
15. Fabio Dalla Giovanna (元 Viscolube) Lubricants Recycling – A Case Study: How Italy

Managed to Become an Excellence and an Example for the Other EU's Member States

16. ITELYUM website: <https://www.itelyum-regeneration.com/it/group-2-base-oil/>
17. ITELYUM website: <https://www.itelyum-regeneration.com/it/tecnologia/processo-tecnologico/>
18. ITELYUM website: <https://www.itelyum-regeneration.com/it/sostenibilita/protezione-ambiente/>
19. 2017 ICIS World Lubricants Conference Dr. Ing. Fabio Dalla Giovanna
20. AVISTA website: <https://www.avista-oil.group/en/sustainability/avieco2-concept/>
21. AVISTA Oil AG Dr. Bruhnke CTO より入手
22. AVISTA website: <https://www.avista-oil.group/en/about-avista-oil/>
23. AVISTA website: [https://www.avista-lubes.de/fileadmin/avista/Produkte/KERNSOLVAT/150014-PI\\_KS\\_100\\_EN\\_V9-08.08.2022.pdf](https://www.avista-lubes.de/fileadmin/avista/Produkte/KERNSOLVAT/150014-PI_KS_100_EN_V9-08.08.2022.pdf)
24. AVISTA Lube. website: <https://www.avista-lubes.de/en/products/detail/avista-kernsolvat-ks-100/>
25. Honeywell UOP: <https://uop.honeywell.com/en>
26. <https://www.puraglobe.com/about>
27. argus news: <https://www.argusmedia.com/en/news/2415617-shell-and-puraglobe-to-launch-recycled-lube-production>
28. Lube Report: 2022 年 11 月 10 日記事
29. <https://www.european-business.com/portraits/puraglobe-holding-gmbh/sustainable-base-oil-products>
30. UOP Direct Contact Hydrogenation: <https://www.osti.gov/biblio/5995729>  
Global Talent Expart NEWS: 2022 年 10 月 27 日記事

## 4. 4. 2 実証試験

### 4.4.2.1 実証試験を行う再精製プロセスの選択

既に述べたように使用済み潤滑油の再精製プロセスには、溶剤精製、水素化精製そして水素化分解がある。溶剤精製は、原料である基油のグレード（API グループ I、II、III）に大きく左右されるので、使用済み潤滑油の分別回収（グループ I の工業油とグループ III のエンジン油）が不可欠であるが、水素化分解反応は芳香族→ナフテン→飽和分へと炭化水素の構造を変えることができるので、厳密に分別する必要性は薄いと思われるが、炭化水素の構造を変化させるには多くの水素が必要になるので、運転コストを低く抑えるにはやはり分別の必要性はあると思われる。

実証試験を行うプロセスとしては、グループ III 基油が製造可能であり、最新プロセスである P 社の水素化分解プロセスで行うこととした。

#### 4.4.2.2 PURAGLOBE の水素化分解プロセスについて

P 社の水素化分解プロセスについては、本年 8 月に送られてきた報告書にも詳細についてはほとんど記載されていない（最新のプロセスでもあるのでデータの公開にはかなり慎重である）ので、対面による面談、Web 会議、メール等により情報収集を行った。

##### (1) P 社の概要

- 最高品質のグループⅢ/Ⅲ+再精製基油を生産する世界唯一の会社
- 世界最先端の再精製基油製造工場を運営
  - HyLube™、HyLubeSAT™の水素化分解技術を UOP 社から独占的にライセンス取得
  - 独自の熱分解プロセスである HyRes™技術で重質油をさらに基油、ナフサなどに転換
- 最高の品質基準を達成し、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に貢献する 100%サステナブルなグループⅢ/Ⅲ+ 基油の唯一のグローバルプロバイダー  
精製工程で CO<sub>2</sub> 排出量を 80%削減 → HyLube™1 開始以来 220 万トン以上の CO<sub>2</sub> を削減
- 最新の API SPI-RC および ILSAC GF-6 要件に適合する唯一の持続可能なプレミアム自動車用潤滑油製造会社でもある（米国承認（0W-20、5W-30））
- 32 年の再精製実績と独自の廃油回収ネットワークを持つ

##### (2) P 社の歴史

###### 会社沿革

1995 年：革新的な HyLube™技術を取得（UOP 社- 独占権取得）

2002 年：Baufeld グループ（ドイツ使用済潤滑油回収企業）買収

2004 年：Zeitz（ドイツ）で HyLube™ 1 の運用を開始

→ 製造能力：21.5MM gal (72,000 トン/年) 使用済み潤滑油を処理

2009 年：ドイツで HyLube™2 の試運転を実施

2013-2015: HyLube SAT™テクノロジーを開発

2017 年：ドイツで API グループⅢ基油を製造する HyLube SAT™試運転に成功

2020 年：米国フロリダ州に最新鋭のブレンド施設完成、生産開始

2020 年：HyRes™の初回試運転

2023 年：ドイツで HyLube™3 を全量生産するためのオフテイク契約を Shell と締結

2023 年: HyLube™3 の試運転と HyRes™- Gen II の開発

2023 年：廃エンジン油の回収事業者の買収（米国）

###### 次のステップ

2025 年: 米国における HyLube™4 & HyLube™5 の試運転開始（フロリダ州）

#### 4. 4. 3 水素化分解装置における実証試験

##### 4.4.3.1 ドイツへ送付したサンプルの性状

我が国の自動車関連施設からサンプル採取した廃エンジン（ガソリン：ディーゼル=2：1）油と廃工業（油圧作動）油をドイツの P 社へ送付（各 20L）し、評価を依頼した。

P社へ送付した再精製評価用サンプルの性状を表4-4-7に示した。

廃エンジン油は粘度指数が160と高く、飽和分も91.0質量%あり、硫黄分濃度を無視すれば、基油はAPIグループIII相当であるのに対して、廃工業油（油圧作動油）は粘度指数が108、飽和分濃度も80.6質量%でグループIである。

表4-4-7 P社へ送付した再精製評価用サンプルの性状<sup>1)</sup>

試験項目	廃エンジン油	廃工業油（油圧油）
1. 密度 @15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8646	0.8779
2. 動粘度 @40°C mm <sup>2</sup> /s @100°C	48.12 8.657	39.06 6.273
3. 粘度指数	160	108
4. 硫黄分 質量%	0.27	0.32
5. 組成分析 質量%		
飽和分（サンプル）	83.2	79.0
飽和分（基油）※	91.0	80.6
6. 元素分析 mg/kg		
鉄	19	18
ケイ素	19	2
ホウ素	100	24
リン	726	303
亜鉛	849	15
カルシウム	1880	18
マグネシウム	209	1
モリブデン	263	7
7. 引火点 °C	226.0	208.0
8. 塩素分 質量 ppm	66	21
9. 水分 質量%	0.684	2.95
10.全酸価 mgKOH/g	2.49	0.31
11.全塩基価 mgKOH/g	5.11	0.25
12.ペンタン不溶分 A 法 質量%	0.05	0.02
13. PCB mg/kg	<0.15	0.19
API の分類（硫黄分除きで評価）	III	I

※水・アスファルテン・オイル不溶固形物及び希釈燃料油を除去し分析を行った。廃油では酸化劣化物や添加剤分の多くがレジジン分に含まれるため、分画した飽和分とアロマ分の合計を基油とした。

#### 4.4.3.2 PURAGLOBE の HyLubeTM & HyLubeSATTM 再精製プロセス

P 社は、使用済み潤滑油を唯一の原料として、100%持続可能な API グループⅢ/Ⅲ+基油を再精製する世界唯一の企業である。P 社は、P 社と米国ハネウェル社 (UOP 社) が共同開発した HyLubeTM と HyLubeSATTM の技術をベースに、世界で最も技術的に進んだ再精製工場を所有・運営している。

P 社は、2004 年 HyLubeTM 技術のみを使用したグループⅡ基油の生産からスタートした。UOP 社との相互開発を経て、2017 年に HyLubeSATTM 技術を導入し、使用済み潤滑油からグループⅢ基油を連続生産する世界初で唯一の再精製工場を稼働させた。

HyLubeTM 技術は、使用済み潤滑油からグループⅡ基油を製造し、HyLubeSATTM 技術はグループⅡ基油分子をさらに処理して飽和させ、グループⅢ基油を製造する。両技術のユニークなプロセスにより、P 社は顧客のニーズに応じていつでもグループⅡ基油の生産に移行することもできる。

P 社は、使用済み潤滑油の再精製の限界をさらに押し広げるため、重質油を新たに基油と軽質留分に変換する全く新しい独自技術を開発し、特許を取得した。この最先端技術 (HyRes) は、2020 年から本格的な工業化に成功しており、重質油を残さず使用済み潤滑油を処理することで、P 社全体の基油収率をさらに向上させることに貢献している。

P 社は現在、ドイツのエルステラウエにある主要な再精製工場で、年間 145,000 トンの使用済み潤滑油を 2 つの再精製工場ですべて持続可能な API グループⅢ/Ⅲ+基油に加工している。持続可能なグループⅢ基油の需要増加に対応するため、P 社は現在エルステラウエに 3 つ目の再精製工場を建設中である。2023 年第 4 四半期の完成時には、ドイツ国内で 22 万トンの使用済み潤滑油を処理することになり、欧州で唯一最大の再精製工場となる。

P 社は、HyLubeTM と HyLubeSATTM 技術の運用において、合わせて 32 年以上の経験を積んできた。このノウハウと実証された技術により、現在までに 220 万トン以上の CO<sub>2</sub> の大気中への排出を防止しており、世界で最も技術的に先進的かつ持続可能な使用済み潤滑油の再精製会社となっている。

#### 4.4.3.3 PURAGLOBE による送付サンプルの性状試験

P 社は、我が国から送付した使用済みエンジン油(UMO)と使用済み工業用油(UIO)のサンプル (2023 年 4 月 21 日に到着) について実証試験を行った。

P 社は、UMO70%、UIO30%の割合で混合試料を調製した。混合試料を調製した目的は、その後の分析を UMO と UIO の個別の試料だけでなく、日本の平均的な混合試料でも実施できるようにするためである。

図 4-4-23 は、ドイツのエルステラウエにある P 社の試験室におけるこの 3 つのサンプルの外観である。



図 4-4-23 UIO、混合サンプル、UMO の外観<sup>1)</sup>

我が国の UMO&UIO と P 社において一般的に処理されている欧州の使用済み潤滑油の組成の潜在的な違いを理解するために、日本から送付されたサンプルの物理的および化学的特性の分析と蒸留試験が実施された。その結果を P 社 2022 の平均的な使用済み潤滑油のデータと比較し、違いを理解し、我が国の UMO&UIO の収率を導き出した。

#### (1) 物理的および化学的特性の分析

我が国の UMO と UIO のサンプルは、ドイツのエステラウエにある P 社の研究所で分析された。物性と元素分析の結果を表 4-4-8 にまとめた。

P 社で 2022 年に処理された平均的な原料廃油の性状と比較すると、

- ・密度、動粘度、引火点、硫黄分濃度は同程度である。
- ・水分は、ドイツが 4.84 質量%に対して日本サンプルは 0.12 質量%と 0.37 質量%であった。
- ・PCB 濃度は、ドイツが 10.01 質量 ppm であるのに対して、日本サンプルは 0.17 質量 ppm & 0.43 質量 ppm であった。
- ・金属分濃度は、両国サンプルともほぼ同等程度であった。

表 4-4-8 UMO と UIO および同社の平均サンプルの物理的・化学的特性分析<sup>1)</sup>

ANALYSIS	UNIT	UMO (Japan)	UIO (Japan)	PURAGLOBE ANALYSIS AVERAGE 2022
Kinematic viscosity KV40 (40 °C)	cSt	48.16	38.75	48.43
Density (@ 15 deg C)	kg/m <sup>3</sup>	857	877	882
Flash Point	°C	221	210	184
Sulfur	Ma %	0.242	0.313	0.23
Water	Ma %	0.12 *	0.37 *	4.84
PCB	mg/kg	0.17	0.43	10.01
Acid number	mg KOH/g	5.76	0.31	0.62
Iron (Fe)	mg/kg	14.1	12.4	72.1
Lead (Pb)	mg/kg	<1	<1	7.2
Copper (Cu)	mg/kg	4.24	<1	21.6
Chromium (Cr)	mg/kg	<1	<1	1.4
Aluminium (Al)	mg/kg	13.2	6.04	10.0
Nickel (Ni)	mg/kg	<1	<1	5.3
Silver (Ag)	mg/kg	<1	<1	< 1
Tin (Sn)	mg/kg	<1	<1	1.2
Silicon (Si)	mg/kg	15.2	<1	26.2
Sodium (Na)	mg/kg	1.76	<1	36.6
Phosphorus (P)	mg/kg	573	200	433
Zinc (Zn)	mg/kg	843	6.72	588
Calcium (Ca)	mg/kg	1660	6.87	1001
Barium (Ba)	mg/kg	1.17	<1	50.7
Magnesium (Mg)	mg/kg	207	1.44	46.7
Molybdenum (Mo)	mg/kg	263	6.51	23.7
Total chlorida	mg/kg	0.17	0.43	0.03

\* Note: Separated water phase not captured in test result

P 社によれば、多少性状が異なっても HyLubeTM と HyLubeSATM プロセスには柔軟性があることから、物性の小さな違いは重要ではないということである。

物理的、化学的特性から総合的に判断すると、提供されたサンプルに基づく日本の UMO と UIO は、P 社の技術による再精製に適していると結論付けられた。

## (2) 蒸留曲線分析

日本から送付した UMO および UIO の評価は、一般的な物理的・化学的性質に加え、試料の蒸留分析が実施され、単に再精製適性を評価するだけでなく、P 社が採用する HyLubeTM および HyLubeSATM 技術と、P 社が開発した高度な触媒組成との組み合わせにより、歩留まりを予測することを目的としている。蒸留分析は、原料の特性に基づいて P 社再精製プロセスの収率を予測する標準的な方法である。平均的な原料の沸点と比較することで、平均的な収率から逸脱する可能性を考慮して結論を導き出すことができる。

はじめに、UMO、UIO、および UMO70% & UIO30% の混合サンプルについて蒸留試験が行われた。その結果を図 4-4-24 に示す。

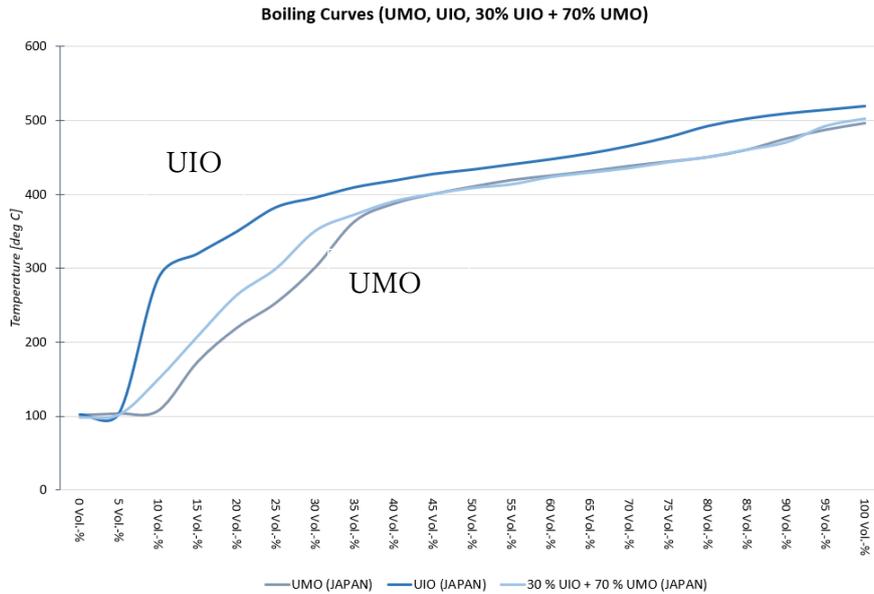


図 4-4-24 UMO、UIO、UMO/UIO 混合サンプルの蒸留曲線<sup>1)</sup>

初期沸点と最終沸点 (IBP/FBP) を含む蒸留データを表 4-4-9 に示す。比較のため、これには参考として P 社 2022 平均データも示している。なお、分析は大気圧下で行われており、分析の FBP 到達時に残渣が生じる。

表 4-4-9 日本の UMO、UIO、70/30 混合物および P 社 2022 の蒸留データ<sup>1)</sup>

VOL%	UMO (JAPAN)	UIO (JAPAN)	30 % UIO + 70 % UMO (JAPAN)	PURAGLOBE ANALYSIS AVERAGE 2022
0 Vol.-%	102 °C	102 °C	98 °C	101 °C
5 Vol.-%	104 °C	104 °C	102 °C	104 °C
10 Vol.-%	108 °C	287 °C	150 °C	194 °C
15 Vol.-%	174 °C	320 °C	208 °C	244 °C
20 Vol.-%	220 °C	350 °C	264 °C	274 °C
25 Vol.-%	254 °C	383 °C	300 °C	300 °C
30 Vol.-%	302 °C	396 °C	351 °C	333 °C
35 Vol.-%	364 °C	410 °C	373 °C	357 °C
40 Vol.-%	388 °C	419 °C	391 °C	374 °C
45 Vol.-%	401 °C	428 °C	401 °C	393 °C
50 Vol.-%	411 °C	434 °C	409 °C	405 °C
55 Vol.-%	420 °C	441 °C	414 °C	417 °C
60 Vol.-%	426 °C	448 °C	424 °C	427 °C
65 Vol.-%	432 °C	456 °C	430 °C	435 °C
70 Vol.-%	439 °C	466 °C	436 °C	442 °C
75 Vol.-%	445 °C	478 °C	444 °C	452 °C
80 Vol.-%	451 °C	493 °C	451 °C	463 °C
85 Vol.-%	461 °C	503 °C	461 °C	478 °C
90 Vol.-%	476 °C	510 °C	471 °C	494 °C
95 Vol.-%	488 °C	515 °C	493 °C	503 °C
100 Vol.-%	497 °C	520 °C	503 °C	511 °C
FBP	497 / 90 %	520 / 82 %	520 / 83%	511 / 92,92 %

我が国の試料と P 社平均原料組成の違いを詳しく説明するために、UMO と UIO の 70/30 混合サンプルと 2022 年に P 社が処理した平均使用済み潤滑油データを 1 つのグラフにまとめ、図 4-4-25 に示した。

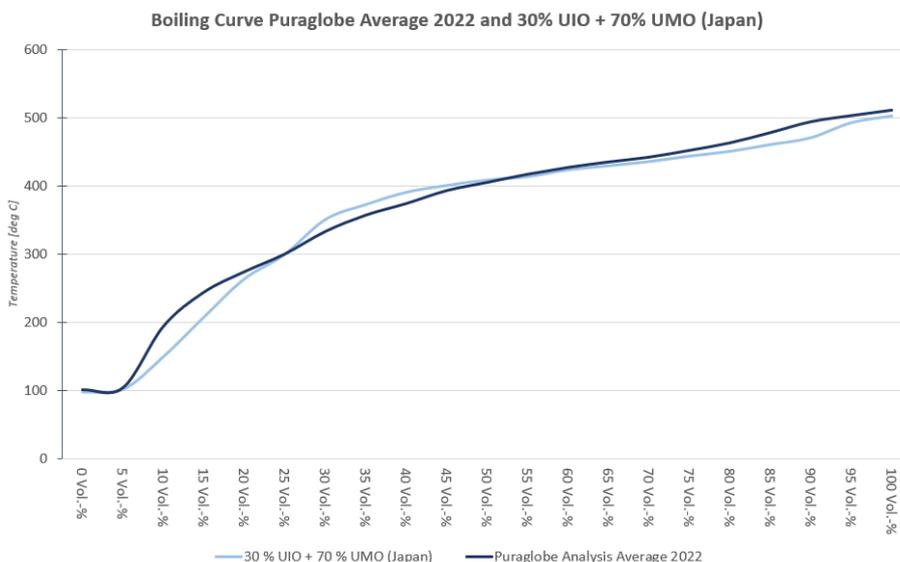


図 4-4-25 P 社の 2022 年平均原料と日本の UMO/UIO 混合サンプルの蒸留曲線

このように、P 社の平均的な原料蒸留曲線と我が国の平均的な原料蒸留曲線を直接比較することで、P 社は次の結論を導き出した。

- 1) 全体的な蒸留曲線は極めて類似しており、2 つの原料の炭化水素構造が類似していることを示している。
- 2) 2 つの原料の初期沸点は、最も短い炭化水素鎖が共通であることを示している。
- 3) 5vol%から 25vol%の間で、日本の試料は P 社 2022 の平均的な原料と比較して、加熱中に体積がより急速に減少する。このことは、沸点が 300°C未満の短鎖分子がドイツの平均よりも多いことを示している。
- 4) 300°C、25vol%以上では、P 社 2022 の平均と比較して、日本の試料は体積の急激な減少が少なく、沸点が 400°Cまでの炭化水素の存在量が少ないことを示している。
- 5) 450°Cまでは、どちらの原料も同じような挙動を示し、この沸点範囲では炭化水素構造が同程度であることを示している。
- 6) 常圧蒸留分析装置の最終沸点まで、P 社 2022 の平均試料は、日本の試料に比べて体積の減少が速く、最終沸点に達した時の残留量が異なる。

この挙動の結論として、両サンプルの蒸留分析から得られた炭化水素組成は非常に類似していると要約している。この観察結果は、我が国で使用されている潤滑油基油の仕様が世界標準に基づいていることから裏付けられる。

全体として、サンプルの類似性は驚くべきことではない。潤滑油の仕様は、両国で基本的に同じである。両国の自動車（およびエンジン）のタイプも非常によく似ている。従って、生産される使用済み潤滑油も非常に類似していると言える。

#### 4.4.3.4 一般的な製品性状

グループIII基油と副生成物について概説する。詳細なスペックは、後述する。

- ・グループIII基油

P社の基油は、APIグループIII分類の品質規格を満たしている。Purebase 3、Purebase 4、Purebase 6の平均飽和度は99.5%以上である。

- ・ナフサ

P社の再精製プロセスで生産されるナフサの品質が優れていることが数多くの化学会社から評価されていることから、P社は大手化学会社とナフサのオフテイク契約を締結している。これは、HyLubeTMおよびHyLubeSATTMプロセスから得られるナフサが、エチレン生産で求められる厳しい仕様に適合していることから大手化学会社の採用に至った。P社のナフサから生産される持続可能なエチレンは、二酸化炭素排出量を削減した持続可能なプラスチック製品の基幹物質となっている。

- ・ディーゼル軽油

特殊な設計により、副生成物として生成されるディーゼル軽油は最高水準の燃料油規格に適合している。他の再精製技術とは対照的に、軽質炭化水素、すなわちディーゼル軽油留分は再精製プロセスの初期段階では分離されない。その代わりに、ディーゼルは触媒処理され、優れた品質と10ppmをはるかに下回る硫黄濃度レベルを実現する。使用済み潤滑油を原料とする再精製製品として、ディーゼル軽油留分は持続可能な超低硫黄ディーゼル軽油として販売することができる。

P社は現在、このユニークな製品を有効活用するため、ドイツのエルステラウエにある生産拠点にディーゼル・ガソリンスタンドを建設中である。その目的は、物流企業やP社の従業員に、自社の再精製プロセスで製造された持続可能なディーゼル軽油をディーゼル車やトラックに給油する機会を提供することである。

- ・グリーン・コークス

HyRes技術から生み出される固体製品としてのグリーン・コークスは、高い発熱量をもつ。P社が製造するグリーン・コークスは、ガス化して合成ガスを製造するのに適した原料であることが示されている。合成ガスは、さまざまな特殊化学ガスの製造に使用できる。

#### 4.4.3.5 製品性状

グループIII基油である PureBase®3 (HC3) の性状を表 4-4-17 に示した。

表 4-4-17 PureBase®3 (HC3) の性状

項目			
外観			無色 & 透明
密度	@15° C	kg/m <sup>3</sup>	834
動粘度	@40°C	cSt	12.94
動粘度	@100°C	cSt	3.19
粘度指数			112
カラー ラブボンド			<0.5
カラー HAZEN			1
カラー SAYBOLT			+22
硫黄 ppm			ND
流動点 °C			-12
飽和分 %			99.8

グループIII基油である PureBase®4 (HC4) の性状を表 4-4-18 に示した。

表 4-4-18 PureBase®4 (HC4) の性状

項目			
外観			無色 & 透明
密度	@15° C	kg/m <sup>3</sup>	833
動粘度	@40°C	cSt	20.53
動粘度	@100°C	cSt	4.295
粘度指数			121
カラー ラブボンド			<0.5
カラー HAZEN			15
コールドクラック CCS-30° C mPas			<1750
硫黄 ppm			ND
流動点 °C			-12
飽和分 %			>99.5

グループIII基油である Purebase®6 (HC6) の性状を表 4-4-19 に示した。

表 4-4-19 Purebase®6 (HC6) の性状

項目		
外観		無色 & 透明
密度 @15° C	kg/m <sup>3</sup>	839
動粘度 @40°C	cSt	32.57
動粘度 @100°C	cSt	5.960
粘度指数		130
カラー ラブボンド		1.0
カラー HAZEN		120
コールドクラック CCS-30 °C	mPas	4200
硫黄	ppm	ND
流動点	°C	-18
飽和分	%	>99.8

軽油の性状を表 4-4-20 に示した。

表 4-4-20 軽油の性状

項目		
外観		無色 & 透明
密度 @15° C	kg/m <sup>3</sup>	815-835
動粘度 @20°C	cSt	2.5-6.0
硫黄	mg/kg	<10
引火点	°C	>75
灰分	質量%	<0.001
水分	mg/kg	<100
酸価	mgKOH/g	<0.20
不純物	mg/kg	<24

引用文献：

- 1) 令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業（廃油のリサイクルプロセス構築・省CO<sub>2</sub>化実証事業）基油再生のための使用済み潤滑油回収システム開発等事業成果報告書

## 4. 5 基油再生を推進するための社会システム調査

### 4. 5. 1 潤滑油の循環経済（CE：Circular Economy）推進の動き

潤滑油は、自動車エンジンの潤滑油に代表されるようにさまざまな機械に使用され、潤滑油がないと世界の機械が動かない、いわゆる「産業の血液」とも呼ばれる重要な液体である。

また、潤滑油は永遠に使い続けることはできず、使用中に消耗して消失していくもの、添加剤の消費や潤滑油基油の劣化など、潤滑油としての機能を果たさなくなるものなどがある。

前者のケースは、消失した分の潤滑油を補充することなどが必要であり、後者のケースは適切なタイミングで新しい潤滑油に交換する必要がある。

潤滑油の適切な管理は重要である。機械の損傷を防ぎ機械の故障を未然に防ぐことで安心・安全な運転を可能にし、機械の長寿命化に貢献する。

潤滑油の性能向上も重要で、例えば摩擦係数を低減する添加剤を使用することにより省エネで機械を回すことができ、二酸化炭素の削減に貢献することができる。

潤滑油としての機能を果たせなくなり、新油と交換・排出された潤滑油は、使用済み潤滑油（ULO：Used Lubricating Oil）と言われ、年間消費する潤滑油のおよそ半分が ULO になる。

廃プラスチックと同様、欧米を中心に近年世界各国で ULO をリサイクルして潤滑油に戻す、いわゆる循環経済（CE）を推進する国が増加している。

EU には廃棄物枠組み指令<sup>1)</sup>、欧州グリーンディール<sup>2)</sup>、米国には資源保全回復法<sup>3)</sup>、連邦規則 40CFRpart279<sup>4)</sup>、国家リサイクル戦略<sup>5)</sup> など、製品をできるだけ長期間使用し、さらには再利用あるいはリサイクルすることによって、資源を経済システムの中でできるだけ長く循環させることが強く求められている。

ULO に関しては、ULO を加工して再生燃料にするのではなく、回収された ULO は、まず再精製して再生基油（RRBO：Re-Refined Base Oil）にすることが明確に記載されている。

我が国をはじめ世界の多くの国々は、化石燃料を海外に依存し長年使用し続けてきた。ここに来て EU が主導する形で、環境と経済の関係性の再構築を行う必要が出てきた。その主要なソリューションとして実現されているのが、化石燃料を極力使わずにエネルギーの供給やモノづくりをする経済モデル「循環経済（CE）」である<sup>6)</sup>。

それではなぜ EU は、長い時間をかけて環境と経済の関係の再構築を目指してきたのだろうか？

これには重要な問題が隠れている。それは、EU の置かれているエネルギー安全保障上のポジションである。循環経済（CE）をルール化することで、再生可能エネルギーを拡大させ、化石燃料の使用を引き下げていくことが、エネルギー安全保障のリスクを低減する最大のソリューションだからである。

我々も、環境と経済の関係の変化が今の地球温暖化の問題を契機に急速に広まっている事実を目の当たりにしているが、EU はエネルギー安全保障の観点から CE を推進し、ルールや金融で環境ブロック経済圏を形成している<sup>6)</sup>。

2022年4月1日に施行された「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」<sup>7)</sup>により、日本も CE を推進するための大きな一歩を踏み出した。

この法律で、廃プラスチックは資源を循環促進させるために、さまざまな方法で具体的に実行

に移されている。例えば、① 製造・販売事業者等による自主回収・再資源化、② 市町村によるプラスチック使用製品廃棄物の分別収集・再商品化、③ 排出事業者による排出量の削減・リサイクル、④ 必要不可欠な使用については再生素材や再生可能資源（紙・バイオマスプラスチック等）へ切替える等である<sup>7)</sup>。

一方、使用済み潤滑油（ULO）は廃プラと同様に主要な有害廃棄物であるが、日本ではこの分野ではいまだに CE を実現していない。

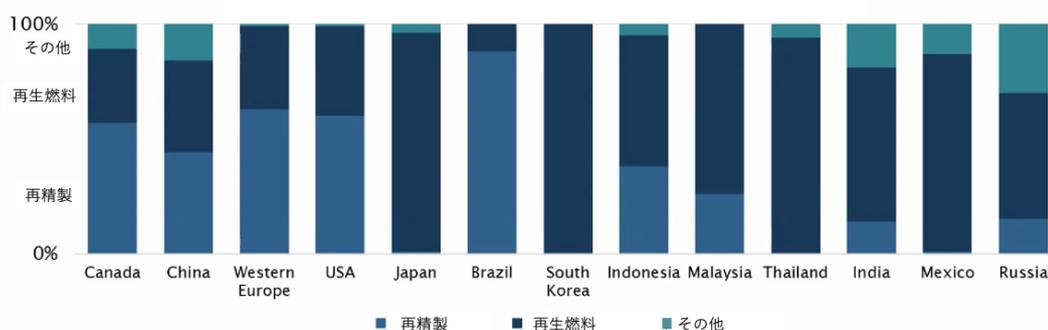


図 4-5-1 主要国における ULO 処理の実態

Kline 2020-2021 Global Used Oil and Re-Refined Lubricants: Market Analysis and Opportunities

図 4-5-1 は、主要 12 カ国および西ヨーロッパにおける ULO 処理の実態を示しているが、このうち 4 カ国（日本、韓国、タイ、メキシコ）は、ULO のほとんどが再生燃料に加工されており、CE は実現できていない。

この 4 カ国中、最近の動きとして注目されるのは韓国とタイである。2022 年には、韓国貿易産業エネルギー省と韓国の石油企業 SK が、RRBO を低炭素製品として販売するための多目的ビジネス協定を締結<sup>8)</sup>したことが注目される。以前韓国 SK は、日本の ULO 回収会社の廃油を日本企業に溶剤精製してもらい、基材として韓国へ輸入し、再精製基油（RRBO）化の実証試験を行ったことがある。韓国では潤滑油の再精製の研究を行っているが、ULO の量が少ないとして、日本から ULO 輸入も視野に入れているようだ。

潤滑油の CE へすでにシフトしている国においても大きな動きが出てきた。インドは RRBO を製造している国であるが、ULO の再精製を加速させる新たな法案<sup>9)</sup>が提出され、2024 年初頭にインド政府が承認すれば法律として成立する。

この法案は、インドの環境・森林・気候変動省（MoEF）によって提案されたもので、ULO に対する拡大生産者責任（EPR）を規定したもので、「全ての潤滑油製品には、2024 年 4 月から少なくとも 5% の RRBO を含めなければならない」と言うものである。この法案が可決すると、今後、日本からインドへ潤滑油を輸出する際にも、RRBO を潤滑油に入れていなければ日本からの輸出ができなくなる可能性がある。

また、この比率は、2029 年までに段階的に引き上げていくことにもなっている。なお、この法案は、公報（Gazette of India）に掲載された草案通知として公表されており、ULO の管理を改善し環境に優しい CE を推進するためのもので、環境に配慮した製品の開発と使用を奨励し、持続可能な未来を実現するためのものである。

もし、これと同様の法律が世界各国で採択されるようになると、日本の潤滑油産業は重大な局

面を迎えるといっても過言ではない。

## 4. 5. 2 循環経済 (CE) の模範となる国の動き

### 4.5.2.1 イタリア

昨年、UEIL (欧州潤滑油産業連盟: the Union of the European Lubricants Industry) の前会長である Dr. Valentina Serra-Holm と web 会議を行い、「基油再生を推進するための社会システム調査」を行いたいが、EU では、どこの国の誰に相談すれば良いか尋ねたところ、開口一番、イタリアの CONOU (ULO の管理、収集、処理のための全国コンソーシアム: Consorzio Nazionale per la Gestione, Raccolta e Trattamento degli Oli Minerali Usati.Via Ostiense) を調査することを勧めてもらい、彼女と共通の友人でもある元 GEIR (EU 再生産業団体: Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération) 会長で、UEIL の会長まで務め引退している Dr. Fabio Dalla Giovanna を紹介され、彼から貴重な以下の情報を入手した。

- 1984 年に設立された CONOU によってイタリアの潤滑油業界は CE で間違いなく世界をリードしている。
- イタリアに追随し、基油再生を推進させる組織が、ポルトガル (SOGILUB)、スペイン (SIGAUS)、フランス (CYCLEVIA) などにもあり、彼らは、イタリアの成功を見本として、各国独自の組織を作り上げている。今後もこういった組織は増え続けていくだろう。
- CONOU は、拡大生産者責任(EPR)の原則のもと活動し、ULO の管理、収集および処理のための全国コンソーシアムである。1982 年の共和国大統領令 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、販売する会社、潤滑油を輸入、販売する会社、潤滑油を製造する会社、ULO を再精製し基油を製造する会社、ULO を回収する会社などで組織されている。
- CONOU は、官民連携のヨーロッパで最も優れた ULO 回収システムを持つ団体で、2つの省庁 (環境省、経済開発省) 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。
- CONOU は、主に基油再生企業向けに国土全体の ULO を確実に収集することに加え、有害廃棄物である ULO の正しい管理に関する世論への理解を得る取り組みも行っている。
- CONOU は、イタリアで潤滑油を製造する会社、潤滑油を販売する会社、バージン基油を輸入する会社、バージン基油を製造する会社、バージン基油を販売する会社からコントリビューションと呼ばれる拠出金を集め CE を確実に回している。
- ULO を回収する会社および ULO を再精製して RRBO を製造する会社が順調に稼働しなければ CE は継続しないので、CONOU は必要に応じこれらの企業に適切な資金を注入している。
- CONOU に所属する ULO 回収会社は 63 社、ULO 再精製会社は Itelyum と Ramoil の 2 社で、回収率を上げるためにどのような僻地へも回収に行かなければならない。当然コストも余計にかかるため、回収会社が優先的に回収困難な場所へ行くようインセンティブをつけている。イタリアでは再精製可能な ULO は無償で引き取られ、回収会社にかかる経費も全て CONOU の資金で賄う。  
(例えば、回収会社が ULO を回収するためのローリー、回収した ULO を一時的に保管するタンクなども CONOU が原則負担するが、初期コストについては国の予算で賄っている。)



図 4-5-2 ULO 回収車（全て同じデザイン CONOU の文字が刻まれている）  
CONOU website ([サプライチェーン | コノウ \(conou.it\)](https://www.conou.it))



図 4-5-3 ULO 回収デポ（全国数千箇所あり、CONOU の文字が刻まれている）  
CONOU website ([サプライチェーン | コノウ \(conou.it\)](https://www.conou.it))

- 再精製会社に対しても、ULO、RRBO などの分析機器、分析経費などの諸費用、RRBO の販売価格の支援もあり RRBO の販売が滞らないようにしている。
- 2022 年のサステナビリティレポート<sup>10)</sup>によると、2022 年の潤滑油販売数量が 38 万トンで拠出金が 70 ユーロ(約 1.1 万円※)/トンから 2,660 万ユーロ(約 41.2 億円※)収入があったことになり、ULO の回収および再精製サイドへ拠出金の一部が支払われている。  
(以前は、この拠出金が、もっと多かったと Dr. Fabio Dalla Giovanna は言及している。例えば、2010 年に拡大生産者責任(EPR)として潤滑油製造・販売者等に課したコントリビューションは 155 ユーロ(約 2.4 万円※)/トンであり、潤滑油販売数量が 2022 年と変わらないと仮定すると、5,890 万ユーロ(約 91.3 億円※)と 2022 年の倍以上あった)。  
※155 円/ユーロ
- 拡大生産者責任 (EPR) の考え方は、潤滑油を世に送り出した潤滑油の製造販売 (バージン基油も含む) 会社は、潤滑油のライフサイクル全体にわたり環境への影響を管理し、特に潤滑油の廃棄段階まで責任を負うことを意味し、EPR は廃棄物の削減、リサイクルの促進、そして CE に貢献することを目的にしている。イタリアでは、潤滑油の輸入、製造、販売会社及びバージン基油の輸入、販売会社にも CONOU の組織に参加してもらい、確実に CE が続くよう責任を持ってもらうことになっている。そのために彼らには拠出金を支払ってもらい、これが CONOU の活動資金となっているのである。

次に、なぜ CE が重要なのかを、以下の CONOU 前会長のインタビューの意味を考えながら

解説したい。

イタリアの CONOU の前会長である Paolo Tomasi 氏は 2020 年の ecoforum<sup>11)</sup> で、「CONOU の CE により作り出された RRBO は、イタリアの年間基油使用量全体の 1/3 に達し、原油輸入量の削減分から、年間 4700 億円（今の日本円換算）以上節約でき、さらに、水の節約で約 26 億 kL、また今までの CONOU の活動で CO<sub>2</sub> 約 150 万トンそれぞれ削減できた。」

と答えている。さらに、「CONOU は、回収した ULO のほぼ 100%を基油再生のための原料に使用し、年間消費する潤滑油総量の 46%をリサイクルに回した。」と付け加えた。

Tomasi 氏は、この 150 万トンの CO<sub>2</sub> の削減について言及したが、よくわからなかったため、Dr. Fabio Dalla Giovanna に解説してもらった。

「2017 年にドイツ ifeu 研究所が出した LCA 報告書<sup>13)</sup> に、原油からバージン基油を製造するケースと比較して、ULO を再精製し RRBO を製造すると、少なくとも ULO 1 トン再精製するごとに 400kg の CO<sub>2</sub> が削減される。イタリアでは 2019 年に 15 万トンの ULO を処理したので、年間 6 万トンの CO<sub>2</sub> 削減ができた。CONOU は同様なオペレーションを 25 年続けているので、150 万トンの CO<sub>2</sub> 削減を実現している。」

- LE エコノミー<sup>14)</sup> (LE : Linear Economy) から CE へ

さて、Tomasi 氏の CO<sub>2</sub> 削減の実績は賞賛に値するが、EU が CE を強力に推進するのには理由がある。それは今まで述べてきたように、原油の輸入数量の削減によるエネルギー安全保障に関わるリスクの低減、原油輸入金額の削減、CO<sub>2</sub> などの温室効果ガスの削減、水資源の確保及び原油輸入によるさまざまな汚染（土壌、水など）防止などである。

原油採掘からの流れで、ULO を加工して再生燃料（日本では再生重油と呼ぶ）を製造することは、LE（直線）型経済システム（=LE）と呼ばれていて、日本の潤滑油産業は、まさに「Take（資源を採掘して）」「Make（作って）」「Waste（捨てる）」という LE に分類されている。（正確には、「Take」→「Make」→「Collect」→「Make Fuel」→「Burn out and Disappear」）

LE、すなわち原油をベースとした直線型経済システムを実施することは、さまざまな要因を省いて考えると原油の輸入削減には直接繋がらない。

一方、ULO を再精製した基油に添加剤を加え、新たに潤滑油を製造すれば、ここから無限ループが形成され CE が始まる。CE により化石燃料の輸入数量は確実に減少する。

我が国は、原油の輸入のほとんどを中東に依存している。中東で原油を採掘し、中東から長距離かけて原油を輸送し、日本の備蓄基地などを経て各製油所まで輸送するだけで、膨大なエネルギーが消費されているのは事実である。特に採掘現場で排出する CO<sub>2</sub> の量はかなり大きい。

我が国が再生重油を作り続けると、直接原油の輸入量の削減にはならないため、中東で採掘して日本へ運ぶまで、繰り返し膨大な CO<sub>2</sub> を永遠に排出し続けるのに対し、ULO の再精製による RRBO を製造開始すれば、そこから CE が始まり RRBO の 100 倍に及ぶ原油の輸入

量を削減することができる。

#### 4.5.2.2 米国、ドイツ

##### (1) 米国

米国は、世界最大の潤滑油消費国であり ULO 排出量、回収量および再精製量も世界最大である。

1976年に公布された資源保全回復法(RCRA)<sup>3)</sup>では、持続可能な ULO とその管理をサポートし、連邦規則 40CFRpart279<sup>4)</sup>では、ULO の管理基準が定められており、ULO による環境への影響を最小化するためにリサイクルを推進することが求められている。

また、国家リサイクル戦略では、リサイクルに向けた支援策の強化と ULO の再精製基油化を強力に進めている。このように、米国も政府主導で CE を推進していることが伺える。

一つの例として、P 社の場合であるが、米国で API Group III RRBO 製造設備に投資する場合、連邦政府および州政府からは低利融資、補助金、設備投資税額控除など手厚い支援を受けており、海外からの工場進出もしやすい環境が整っている<sup>15)</sup>。現在、ドイツ AVISTA OIL と P 社は米国へ工場進出を果たし、さらに拡大を続けている。

カリフォルニア州では、州全体に ULO の再精製を目的にした収集センターが設置されている。この収集センターは、一般の人からの ULO 収集に力点を置き、1 ガロン (3.785 リットル) あたり 40 セント (15.3 円/L : 145 円/\$) を個人収集者に支払う<sup>16)</sup> という魅力的な制度がある。収集センターは個人 1 件あたり、最大 5 ガロン (18.9 リットル) まで受け取ることが出来る。このようなインセンティブ制度は、全米各州いたるところで実施されている。

これは全米共通であるが、個人排出者が ULO を持っていく場合の多くは、Jiffy Lube などのオイル交換所へ持ち込むか、全国に中小含めて 300~400 社あると言われる廃油回収業者に引き取りに来てもらうことができる。なお、基油再生に回る ULO は、その時の原油価格にもよるが有償で引き取ってもらうことが多い。

米国の場合、農業従事者をはじめいまだに不法投棄する人がいるため、回収率の悪い州では定期的に ULO の不法投棄を防ぐ研修会を開催し、ULO の適切な取り扱いについての普及啓蒙活動も行われている。

なお、米国の場合、特殊なケースとして ULO の再精製油の全てが RRBO に使用されるわけではなく、船舶用の燃料用途にも使用されている (図 4-5-4)。

これは、船舶の排出ガスに含まれる硫黄分を減らすために、燃料の硫黄分を制限する法律が施行されているためである。具体的には、以下の法律がある。

MARPOL Annex VI (海洋汚染防止法)<sup>17)</sup> : これは国際条約で、船舶からの大気汚染を防ぐためのもので、窒素酸化物 (NOx) 排出の制限と低硫黄燃料の使用を要求している。

燃料の硫黄分を制限し、船舶からの排出ガス汚染を減らすための重要な法律であり、ULO を再精製して硫黄分を少なくした燃料は、船舶用燃料の規格に合致した有効な手段となっている。

2018 年の DOE のデータによると、米国全体で再精製されたオイル 155 万 kL のうち、81 万 kL が RRBO として使われ、74 万 kL が船舶用燃料として使用されている (図 4-5-4)。

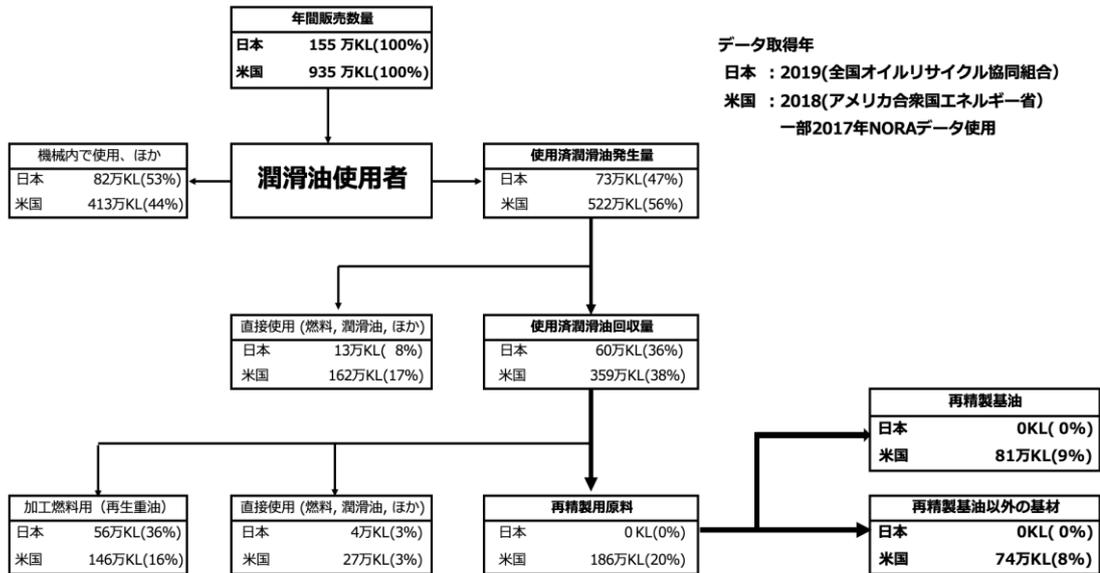


図 4-5-4 潤滑油のマテリアルバランス (日米比較)

令和4年度 基油再生のための使用済み潤滑油回収システム開発等事業成果報告書

● Safety-Kleen の事例

Safety-Kleen (ULO の回収・再精製で世界最大の企業) は、北米に 200 箇所以上のサービス拠点を有し、33 万以上の顧客拠点から ULO を回収している。それぞれのサービス拠点からローリー、鉄道、船で East Chicago (インディアナ州) など複数の工場へ毎年最大 76 万 kL の ULO を輸送し再精製することで 38 万 kL 以上の RRBO のほか、軽油、アスファルトなどを製造し、独自のブレンド工場も保有しており、潤滑油製品も製造している。米軍、州政府、郵便会社などの公共機関はじめとする数多くの顧客を持つ<sup>19)</sup>。

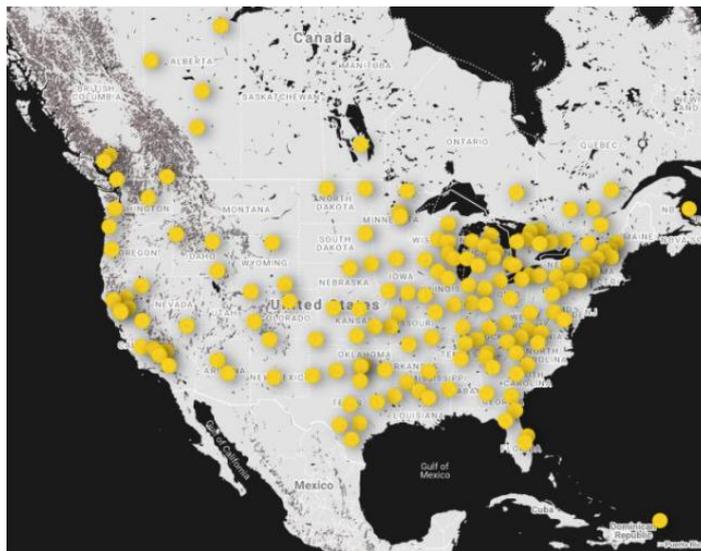


図 4-5-5 Safty-Kleen の北米サービス拠点<sup>18)</sup>

2017-2018年のNORA（液体再精製工業会）のデータ<sup>20)</sup>によると、Safety-Kleenのように独自に回収する大手再精製企業は4社で、全米の35%のULOを回収し、その他の再精製企業を含めると46%のULOを回収し再精製している。残る54%は330社を超える中小ULO回収業者の回収量となる。

米国のULO回収会社及び再精製会社は近年淘汰が激しく、上述の330社の数は減少傾向が続き、再精製会社では海外企業も含む大手再精製会社が中小を買収する傾向にある。特に最近の傾向として、メジャー系石油会社が再精製会社を買収する案件が目立つようになった。これは、中小の再精製会社の経営が不安定になりがちであるということと、再精製会社の中で、再精製技術の優劣がつきはじめているからである。Safety-KleenもClean Harbor（廃棄物処理企業として北米最大手）に2012年12月に買収されている<sup>21)</sup>。

#### ● PURAGLOBE と AVISTA OIL

米国では、Safety-KleenがClean Harborに買収されたニュースをはじめ、ULOリサイクル業界の基盤は必ずしも盤石ではなく、政策が先行している状況である。

また、再精製された基油はAPI Group II基油が多く、バージン基油との激しい販売競争が繰り広げられ、採算に合わず撤退する企業も増えている。

一方で、米国にはAPI Group III基油を製造する会社が少なく、エネルギー安全保障の問題を懸念する米国エネルギー省（DOE）は、P社とAVISTA OILの米国への工場進出を歓迎し、Group III基油の国内生産にさまざまな支援メニューを用意している。

P社は、2工場の着工が今年12月に開始されたばかりで、AVISTA OILは、2011年12月にUES(Universal Environmental Services)を買収し、Group III基油製造にチャレンジしているが、今のところ成功していない。AVISTA OILは特許を取得した溶剤精製がベースとなっており、Group III基油を多く含む自動車用エンジン油を分別して回収する必要がある。米国では分別回収に慣れていないため、既存のサプライチェーンの大幅な変更到手間取っているようだ。

また、P社は、現状ドイツからGroup III基油を輸入し米国で潤滑油を製造しているが、2025年に米国でのGroup III基油製造開始を目指し、現在2工場の建設が着工されたばかりである。P社は、ドイツの3工場、米国のこの2工場に続き、世界で最もULO排出量が多いとされるアジア進出を早期に決定し、今回の実証事業の成果を見て日本へ工場進出することに決めたとみられ、2025年着工、2027年にGroup III基油製造開始を目指し、現在工場進出のためのFSを行っているという情報がある。

#### (2) ドイツ

遡ること半世紀ほど前、ヨーロッパでは1975年に再生燃料より基油の再生を優先する欧州指令<sup>22)</sup>が制定されている。欧州指令は別名廃油令とも言われ、この頃からマテリアルリサイクルを優先させ、ULOから基油を再生するよう指導している。

この指令が発布される以前、ファシズムと戦争の時代には、廃油リサイクルは環境上の理由ではなく、原油の輸入を避けるための自国主義的な理由によるものであった。産油国に依存し

ないために、回収した ULO を軍用車（自動車、戦車など）の潤滑油や軍用車両の燃料として使用することが義務づけられていた。当時の再生工場は小規模なものが多く、再精製技術は、硫酸白土法であった。

2002 年に施行されたドイツ廃油令<sup>23)</sup> および 2008 年 EU で施行された廃棄物枠組指令<sup>24)</sup> により、再精製可能な ULO は基油に再生することが義務付けられている。この法律がベースとなって、ドイツあるいは EU 諸国は、ULO の再精製による基油の製造がさらに盛んに行われ、ULO から再生燃料を製造する業界は衰退していった。

2020 年には、サーキュラーエコノミーアクションプラン<sup>25)</sup> が施行され、潤滑油業界では ULO を再精製して「CE を実現させた」という表現が目立つようになった。CE は、GHG 排出量の削減を含め、人体・環境への影響を最小限に留め、原油資源の節約に貢献している。

原油は、採掘から輸送、石油製品の消費まで、GHG 排出量に直接関係するため、ULO から基油への再精製を積極的に進め、原油の輸入量を削減することによりエネルギー安全保障上のリスク低減にも役立っている。

ドイツ廃油令には、ULO を排出し回収業者に引き取らせる際に、排出者の ULO が RRBO 製造に使用されるかどうかを確認する義務があり、これにより、ULO が他の用途に使用されないよう縛りを設けている。

また、米国と同様、ULO はサステナブルな原料になるという考えから、排出業者も回収業者も ULO を有償で取引する実態がある。

再精製業者は設備投資、研究開発、エネルギーなどの補助金に加え、新設備稼働時には再精製処理量に応じた補助金などが出されている。再精製企業は、P 社と AVISTA の大手 2 社になるが、彼らは自社ローリーを多数保有し、自社でドイツの 30% 近くの ULO を回収すると共に、その他の回収業者とは長期契約を締結して安定した ULO 調達網を築いている。

P 社、AVISTA OIL それぞれのトップに直接話を聞くと、ドイツも長年再生燃料のビジネスは存在していたが、2002 年の廃油令を契機に業界は全て ULO の再精製により基油再生を行い、CE を実施していく方向性が固まり、基油再生が増え続けた。P 社 CEO によると、まもなく再生燃料の使用が禁止される法案が提出される見通しとの情報もある。

ドイツ廃油令が施行された 2002 年以前に、ドイツ政府から ULO の再精製技術の研究開発や設備投資などに多くの支援が行われ、再精製ビジネスが成熟した今では、ドイツの再精製事業の海外移転を推進するための支援策も出されている。

その一環で、ドイツの 2 社は米国進出を果たし、さらに P 社は日本進出を計画している。

#### 4.5.2.3 我が国における基油再生を推進するための社会システムについて

使用済み潤滑油の環境汚染を防止するため、国主導で基油再生が行われてきた欧米と比較して、我が国では全国の廃油回収事業者により、再生重油の製造を目的にきめ細かい回収作業が行われてきたため、廃油の不法投棄等の環境問題は発生して来なかった。

さらに、A 重油等の石油製品と比較して安価な再生重油が、我が国の石灰産業やアルミ産業等の産業を支えてきたことも事実である。

しかし、一方では、世界的な資源循環を基本とする循環経済（CE）の考え方が強く認識されるようになってきたこともあり、基油再生についても前向きに検討すべき時期に来ていることもまた事実である。

そこで、既に述べた基油再生が定着している欧米の仕組みを参考に、我が国で基油再生を行うための社会システムについて下記のように提案したい。

#### 【基油再生を推進する新たな制度の提案】

2022年度に再生重油化された使用済み潤滑油（50万kL/年）の20%程度を基油再生に振り向けると仮定した場合、その量は年間10万kLに相当し、回収事業者個々の企業単位では対応できる範囲を超えている。理想的にはイタリアの共同事業者（コンソーシアム）的なものを構築することが求められるが、

- ・その第一ステップとして、排出事業者、回収事業者、再生基油の製造計画事業者、潤滑油製造事業者等の基油再生に関係する事業者・団体の検討協議会を設け、この検討協議会において、プロジェクト推進のための仕組みの構築をはじめ具体的な国に対する支援の要望を取りまとめるのが得策と考える。
- ・一方、この協議会を動かすための動機付けも非常に重要であり、CO<sub>2</sub>削減の観点からだけでなく循環型経済構築の観点から、そして、基油を海外からの輸入に依存していることを踏まえ、経済安全保障の観点からも国として基油再生の国内推進目標を示唆又は法制化※することが必要と考える。

※基油再生が進んでいる国（米国、イタリア、ドイツ等）の法制化状況をまとめると（「4.5.2 循環経済（CE）の模範となる国の動き」参照）、

- ・米国：1976年に公布された資源保全回復法(RCRA)の制定事項を満たし、持続可能な使用済み潤滑油とその管理をサポートするため、環境保護庁（EPA）は1992年9月10日に「使用済み潤滑油管理基準」（40CFR 279条）を制定し、排出者、輸送者、輸送施設、回収センター、処理者、再精製者、燃焼者に対する規定事項の基準を盛り込んだ。国家リサイクル戦略では、リサイクルに向けた支援策の強化と使用済み潤滑油の再精製基油化を強力に進めている。このように米国も政府主導で、循環経済を推進している。
- ・イタリア：1982年の共和国大統領令 691に基づき、コミュニティ指令 75/439 に準拠して、1984年に設立された CONOU によって、イタリア潤滑油業界はサーキュラーエコノミー（基油再生）で世界をリードしている。CONOU は、拡大生産者責任(EPR)の原則のもと活動しており、廃油の管理、収集および処理のためのコンソーシアムである。原油由来のバージン基油を製造、輸入または販売する会社、基油を再精製する会社、廃油を回収する会社、潤滑油を販売する会社などで組織されている。
- ・ドイツ：2002年に施行されたドイツ廃油令および2008年EUで施行された廃棄物枠組指令により、再精製可能な使用済み潤滑油は基油に再生することが義務付けられている。この法律がベースとなって、ドイツあるいはEU諸国は、使用済み潤滑油の再精製による基油の製造がさらに盛んに行われ、再生燃料を製造する業界は衰退していった。

- ・インド：インドは再生基油を製造している国であるが、使用済み潤滑油の再精製を加速させる新たな法案が提出され、2024年初頭にインド政府が承認すれば法律として成立する。この法案は、インドの環境・森林・気候変動省（MoEF）によって提案されたもので、使用済み潤滑油に対する拡大生産者責任（EPR）を規定したもので、「全ての潤滑油製品には、2024年4月から少なくとも5%の再生基油を含めなければならない」と言うものである。この法案が可決すると、今後日本からインドへ潤滑油を輸出する際にも、RRBOを潤滑油に入れていなければ日本からの輸出ができなくなる可能性がある。

## 引用文献

1. 廃棄物碎組指令：  
[https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo\\_11165023\\_po\\_02770101.pdf?contentNo=1](https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11165023_po_02770101.pdf?contentNo=1)
2. 欧州グリーンディール：<https://earthene.com/media/1291>
3. 資源保全回復法：<https://www.envix.co.jp/region/americas/us/us-rcra/>
4. 連邦規則 40CFRpart279：<http://federal.elaws.us/cfr/40CFRpart279>
5. 国家リサイクル戦略：<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/11/37b211766edb6370.html>
6. KPMG website：2021年7月5日CEの進展の背景と日本企業への影響
7. 環境省ホームページ：プラスチックのリサイクル
8. 韓国貿易産業エネルギー省とSKが、RRBOを低炭素製品として販売するための多目的ビジネス協定締結：<https://www.fuelsandlubes.com/sk-lubricants-creates-circular-economy-by-recycling-used-oil/>
9. インド：<https://indianchemicalregulation.com/ja/india-releases-draft-notification-for-extended-produCEr-responsibility-for-used-oil/?cn-reloaded=1>
10. CONOU 2022年サステナビリティレポート：[rds\\_22 \(conou.it\)](https://www.conou.it)
11. 2020年 ecoforum：[Economia circolare, idee a confronto – EcoForum \(eco-forum.it\)](https://www.ecoforum.it)
12. ChatGPTによる推定
13. 2017年 ifeu LCA 報告書：[oekobilanz\\_ifeu\\_2017.pdf \(bva-altoelrecycling.de\)](https://www.oeko.de/ifeu/2017/)
14. LE：<https://ideasforgood.jp/glossary/linear-economy/>
15. PURAGLOBE CEO からのヒアリング
16. カリフォルニア州個人のULO排出者へインセンティブ：  
<https://calrecycle.ca.gov/UsedOil/CErtCEnters/>
17. マルポール条約：[国総海第 号令和元年 月 日別紙関係団体 へて 国土交通省 総合政策局 海洋政策課長 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する \(jsanet.or.jp\)](https://www.jsanet.or.jp/)
18. Safty-Kleen サービス拠点：<https://www.safety-kleen.com/serviCEs/oil-collection-serviCEs/used-oil-collection>
19. Safety-Kleen website：<https://www.safety-kleen.com>
20. Used Oil Management and Beneficial Reuse Options to Address Section 1: Energy Savings from Lubricating Oil Public Law 115-345：[Used Oil Management and Beneficial Reuse Options to Address Section 1. E....pdf \(energy.gov\)](https://www.energy.gov/)
21. Safety-Kleen が Clean Harbor に買収されたニュース：<https://www.safety-kleen.com/about-us/news/clean-harbors-completes-acquisition-safety-kleen>

22. 欧州指令(別名廃油指令 1975 年公布)：[潤滑油のマテリアルリサイクル《欧州/米国/日本の状況》 | アイアール技術者教育研究所 | 製造業エンジニア・研究開発者のための研修/教育ソリューション \(engineer-education.com\)](#)
23. 2002 年ドイツ廃油令：[Waste Oil Ordinance \(Altölv\) as at 16.02.2002 \(bmuv.de\)](#)
24. 2008 年 EU 廃棄物枠組指令：[Waste Framework Directive \(europa.eu\)](#)
25. 2020 年 CE クションプラン：[Circular economy action plan \(europa.eu\)](#)
26. 令和 4 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業（うち、① 廃棄物等バイオマスを用いた省 CO2 型ジェット燃料又はジェット燃料原料製造・社会実装化実証事業及び②廃油のリサイクルプロセス構築・省 CO2 化実証事業）の公募採択事業について：[https://www.env.go.jp/press/press\\_00341.html](https://www.env.go.jp/press/press_00341.html)
27. 日本経済新聞記事（2022 年 5 月 30 日）：[データセンター オイルや雪で冷却 消費電力 4 割削減 - 日本経済新聞 \(nikkei.com\)](#)

## 4. 6 LCA による検証・評価

### 4. 6. 1 はじめに

本章では、LCA に関する欧米の文献調査の結果（後述）を踏まえて、分別回収の実証試験及び廃エンジン油と廃工業油の精製試験で得られたデータを基に、ライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 削減効果を算定する。LCA の評価・検証については、下表に示す 5 名の外部専門家を含む委員会（基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA 分科会）を開催の上、実施した。

表 4-6-1 LCA 分科会の開催概要

スケジュール	内容
第1回: 2023年10月10日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・我が国の潤滑油の利用・排出・処理実態について</li> <li>・海外の基油再生の動向について</li> <li>・基油再生時の温室効果ガス削減効果に関するLCAの検討方針について</li> </ul>
第2回: 2023年11月14日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基油再生のLCAについて</li> <li>・再生重油化のLCAについて</li> </ul>
第3回: 2023年12月11日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LCAの検討結果まとめ(案)</li> </ul>
委員	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・平尾座長(東京大学先端科学技術研究センターシニアリサーチフェロー)</li> <li>・石崎委員(慶応義塾大学システムデザイン・マネジメント研究所 研究員)</li> <li>・稲垣委員(全国石油工業協同組合 事務局長)</li> <li>・兼松委員(東京大学総括プロジェクト 機構「プラチナ社会」総括寄付講座 特任講師)</li> <li>・長谷川委員(長谷川インターナショナル株式会社代表取締役社長)</li> </ul>	

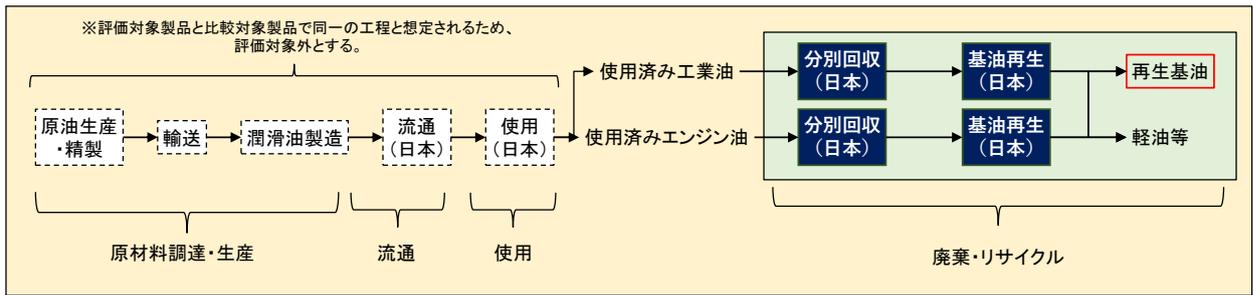
(1) LCA の目的及び調査範囲の設定

本 LCA では、目的及び調査範囲を以下のように設定した。

表 4-6-2 LCA の目的及び調査範囲

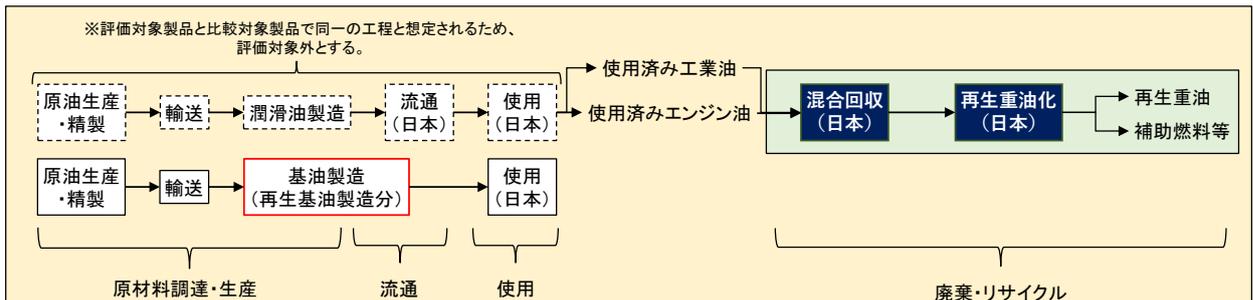
要件		詳細・例
機能単位	機能	関東における使用済み潤滑油の処理
	機能単位	関東における使用済み潤滑油の回収量 4 万 kL/年
選択された影響領域、影響評価の方法論及び解釈の方法		地球温暖化（温室効果ガス排出量、IPCC 2013 100a）
データ		再生重油化・基油再生に関するフォアグラウンドデータ及びデータベース（IDEA v3.3 等）によるバックグラウンドデータ
	再生重油化（ベースライン）	日本の再生重油化事業者よりデータを収集
	基油再生	欧州の基油再生事業者より提供されたシミュレーションデータ
限界		データ収集方法による以下の限界が存在する
	再生重油化（ベースライン）	● 再生重油が代替する燃料の種類により、評価結果が変化する
	基油再生	● 輸送距離により評価結果が変化する ● 欧州の基油再生事業者から提供された基油再生のデータはシミュレーションデータのため、実際とは異なる可能性がある
システム境界		次図参照

<評価対象製品・基油再生>



<再生重油化（ベースライン）>

<凡例>   評価対象範囲   フォアグラウンドデータ   バックグラウンドデータ

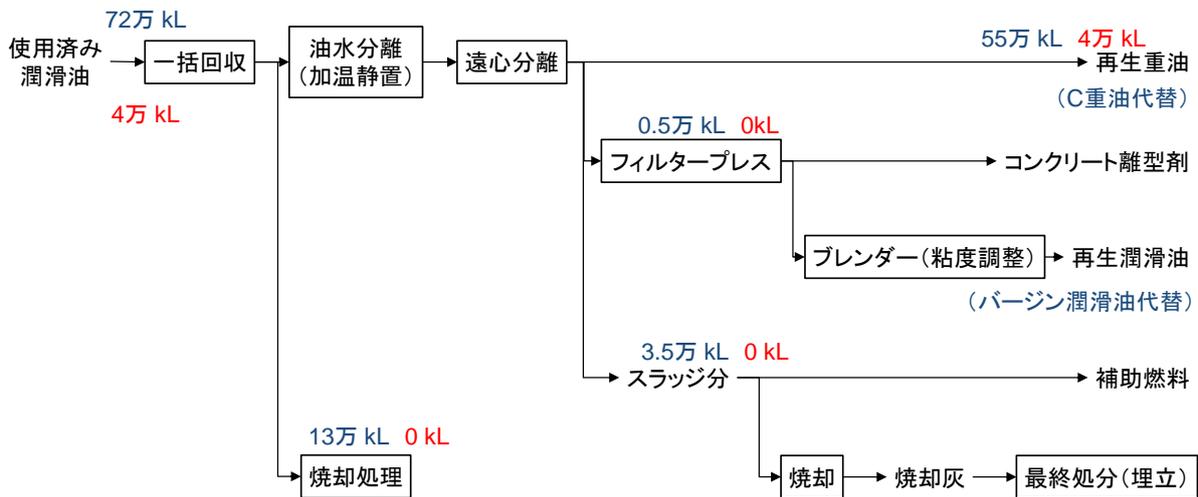


※ 生成物・副産物は負荷回避法により控除する

図 4-6-1 システム境界の概略図

(2) システム境界（再生重油化：ベースライン）詳細

使用済み潤滑油の一括回収及び再生重油化、再生重油の利用による温室効果ガス（GHG）排出量を調査した。



※ 青字は全国の推計、赤字は調査対象である関東の推計

図 4-6-2 システム境界（再生重油化：ベースライン）<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (出典) 全国オイルリサイクル協同組合、「廃油リサイクルの仕組み」

<https://www.oilrecycle.or.jp/work/index/> (数字は全国オイルリサイクル協同組合の推計)

### (3) システム境界（基油再生）詳細

使用済み潤滑油の分別回収及び基油再生による GHG 排出量を調査した。

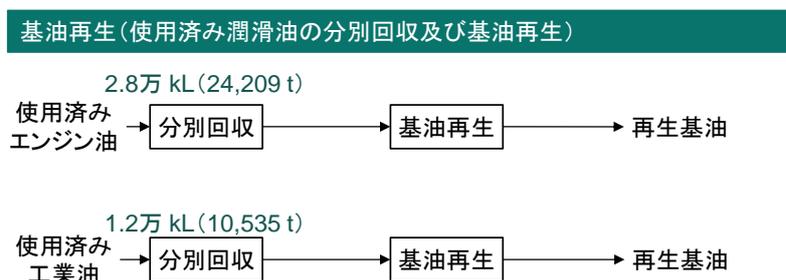


図 4-6-3 システム境界（基油再生）<sup>2</sup>

基油再生プロセスについては、欧州において基油再生を行っている事業者のプロセスを想定し、事業者からシミュレーションデータの提供を受けた（基油再生プロセスのフローは非公開）。

## 4. 6. 2 LCA に関する文献調査結果

### 4.6.2.1 使用済み潤滑油リサイクルの LCA 事例

使用済み潤滑油の再生燃料化よりも、使用済み潤滑油の基油再生の方が GHG 排出量が小さいとするケースが多いものの、条件によっては再生燃料化と基油再生の優劣が異なるとする文献も存在する。

再生燃料化が優位だとする論文では、温室効果ガス排出量が多い石炭燃料の代替を想定しているため、基油再生よりも再生燃料化の方が GHG 排出量が小さくなっていると考えられる。

表 4-6-3 優位な処理法と件数

優位な処理用法	件数
再生燃料化が優位	1 件
基油再生が優位	4 件

<sup>2</sup>（出典） 全国オイルリサイクル協同組合推計（関東における使用済み潤滑油の回収量 4 万 kL/年のうち、自動車系潤滑油：71.8%、工業用潤滑油：26.2%、その他潤滑油：2%）

表 4-6-4 文献調査結果の概要（再生燃料化が優位なケース）<sup>3</sup>

著者	年	対象	結論
Tom N. Kalnes et al.	2006	欧州市場における HyLube™の再精製プロセスと使用済み潤滑油をセメントキルンで燃焼させた場合の影響の比較。石炭、重油（HFO）、天然ガスへの代替を検討。	気候変動に対する効果が最も大きいのは石炭代替として使用済み潤滑油を燃焼させた場合である。次に GHG 排出量が小さいのは基油再生、重油代替、天然ガス代替である。

表 4-6-5 文献調査結果の概要（基油再生が優位なケース）<sup>4</sup>

著者	年	対象	結論
Bob Boughton, Arpad Horvath	2004	再精製、船舶用ディーゼル油（MDO）を製造するための使用済み潤滑油の蒸留、及び汚染制御を行わない未処理の使用済み潤滑油（RFO；再生燃料）の燃焼を比較。	基油再生は、再生燃料化よりも GHG 排出量が小さい。 (GHG 排出量比 基油再生：再生燃料化=0.9：1)
Roland Geyer et al. (CalRecycle)	2013	カリフォルニアの使用済み潤滑油の処理	基油再生は MDO、RFO よりも GHG 排出量が小さくなる。
Eslam M. Hassanain, et al	2017	エジプトにおける使用済み潤滑油 1 トンの処理	使用済み潤滑油の再生燃料化より基油再生の方が GHG 排出量が小さくなる。
GEIR, ifeu	2022	ヨーロッパにおける使用済み潤滑油の基油への再生と使用済み潤滑油の燃料への再生	使用済み潤滑油から基油への基油再生の優位性が示された（0.225～0.540 t-CO <sub>2</sub> eq/t-使用済み潤滑油の削減効果）

<sup>3</sup>（出典）Tom N. Kalnes et al., “LCA of a spent lube oil Re-refining process”, Computer Aided Chemical Engineering, 21, (2006), [https://doi.org/10.1016/S1570-7946\(06\)80129-X](https://doi.org/10.1016/S1570-7946(06)80129-X)

<sup>4</sup>（出典）Bob Boughton and Arpad Horvath, “Environmental Assessment of Used Oil Management Methods”, Environmental Science & Technology, 38(2), (2004), <https://doi.org/10.1021/es034236p>

Roland Geyer, et al., “Life Cycle Assessment of Used Oil Management in California -- Pursuant to Senate Bill 546 (Lowenthal) (DRRR-2013-1465)”, (2013), <https://www2.calrecycle.ca.gov/Publications/Details/1465>

Eslam M. Hassanain, et al., “Life cycle assessment of waste strategies for used lubricating oil”, The International Journal of Life Cycle Assessment, 22, (2017), <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1255-x>

GEIR and ifeu, “Updated LCA for regeneration of waste oil to base oil”, (2022), <https://www.geir-rerefining.org/lca-2022/>

表 4-6-6 文献調査結果の概要（条件により異なるケース）<sup>5</sup>

著者	年	対象	結論	優位な処理法
Pires, A. & Martinho, G.	2013	ポルトガルにおける使用済み潤滑油の 15 の管理代替案の比較。 バージン・ベースオイル、セメントキルンのペットコークス、電力代替が検討された。	基油再生と再生燃料化が検討され、結果は代替品に大きく影響されることが明らかになった。	代替する燃料に依存
API / ERM	2017	2010 年のカリフォルニア州の実績値、RFO（再生燃料）に再生、MDO（船用軽油）に再生、VGO（減圧軽油）に再生、RRBO（再生基油）に再生	RFO（再生燃料）及び RRBO（基油再生）が GHG 排出量を大幅に削減することができる。ただし、想定される製品代替（特に燃料）及び、RFO（再生燃料）の汚染レベルが結果に影響する。	同程度（代替する燃料の汚染に依存）
Vorapot Kanokkantapong, et al.	2022	基油再生（酸性白土、溶媒抽出）及びエネルギー回収（小型ボイラー、蒸発燃焼ボイラー、噴霧燃焼ボイラー、セメントキルン）の比較	酸性白土・溶媒抽出による基油再生はボイラーによるエネルギー回収よりも GHG 排出量が小さいものの、セメントキルンでのエネルギー回収と同程度の GHG 排出量である。ただし、酸性白土による基油再生は酸性化への影響が最も大きい。	エネルギー回収の方法に依存

#### 4.6.2.2 先行研究の詳細

##### （1）米国石油協会の使用済み潤滑油に関する LCA 事例

American Petroleum Institute（アメリカ石油協会）の委託により、使用済み潤滑油に関する LCA が Environmental Resources Management 社によって実施された。本報告書は ISO14040 及び ISO14044 に準拠しており、専門家によるクリティカルレビューを受けている。

<sup>5</sup>（出典）Ana Pires and Graça Martinho, “Life cycle assessment of a waste lubricant oil management system”, The International Journal of Life Cycle Assessment, 18, (2013), <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0455-2>

API / ERM, “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>

Vorapot Kanokkantapong, et al., “Used lubricating oil management options based on life cycle thinking”, Resources, Conservation and Recycling, 53(5), (2009), <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.01.002>

- François Charron Doucet、(Groupe AGÉCO サイエントフィックディレクター(議長))
- Christopher Loreti (The Loreti Group 代表)
- Keith A. Weitz (RTI インターナショナル 環境科学者)
- Richard P. Zink (プロセスエンジニアリングアソシエイツ チーフプロセスエンジニア)

表 4-6-7 米国石油協会 (API) の使用済み潤滑油に関する LCA 事例<sup>6</sup>

地理範囲	カリフォルニア州 (米国)	
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用済み油の回収率が異なる場合、環境にどのような影響を及ぼすか</li> <li>• 異なる回収方法に回される使用済み油の量が変化した場合、環境にどのような影響を及ぼすか</li> </ul>	
副産物の扱い	システム拡張	
評価シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ベースライン：2010 年のカリフォルニア州の実績値</li> <li>• Extreme RFO：使用済み潤滑油をすべて RFO (再生燃料) に再生する</li> <li>• Extreme MDO：使用済み潤滑油をすべて MDO (船用軽油) に再生する</li> <li>• Extreme VGO：使用済み潤滑油をすべて VGO (減圧軽油) に再生する</li> <li>• Extreme RRBO：使用済み潤滑油を全て RRBO (再生基油) に再生する</li> </ul>	
機能単位	1 年の間にカリフォルニアで発生したすべての使用済み油の公式及び非公式な管理 (435,000 トン)	
評価指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 酸性化 (TRACI 2.1)</li> <li>• 生態毒性 (TRACI 2.1)</li> <li>• 富栄養化 (TRACI 2.1)</li> <li>• 地球温暖化 (TRACI 2.1)</li> <li>• 人の健康、大気中の微粒子 (TRACI 2.1)</li> <li>• ヒトへの毒性、癌 (TRACI 2.1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ヒトへの毒性、非がん (TRACI 2.1)</li> <li>• オゾン層破壊 (TRACI 2.1)</li> <li>• スモッグ (TRACI 2.1)</li> <li>• 化石燃料の枯渇 (TRACI 2.1)</li> <li>• 生物資源の枯渇、元素 (CML 2001)</li> <li>• 生物資源の枯渇、化石燃料 (CML2001)</li> </ul>

<sup>6</sup> (出典) API / ERM, “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>

システム境界は以下のとおりである。

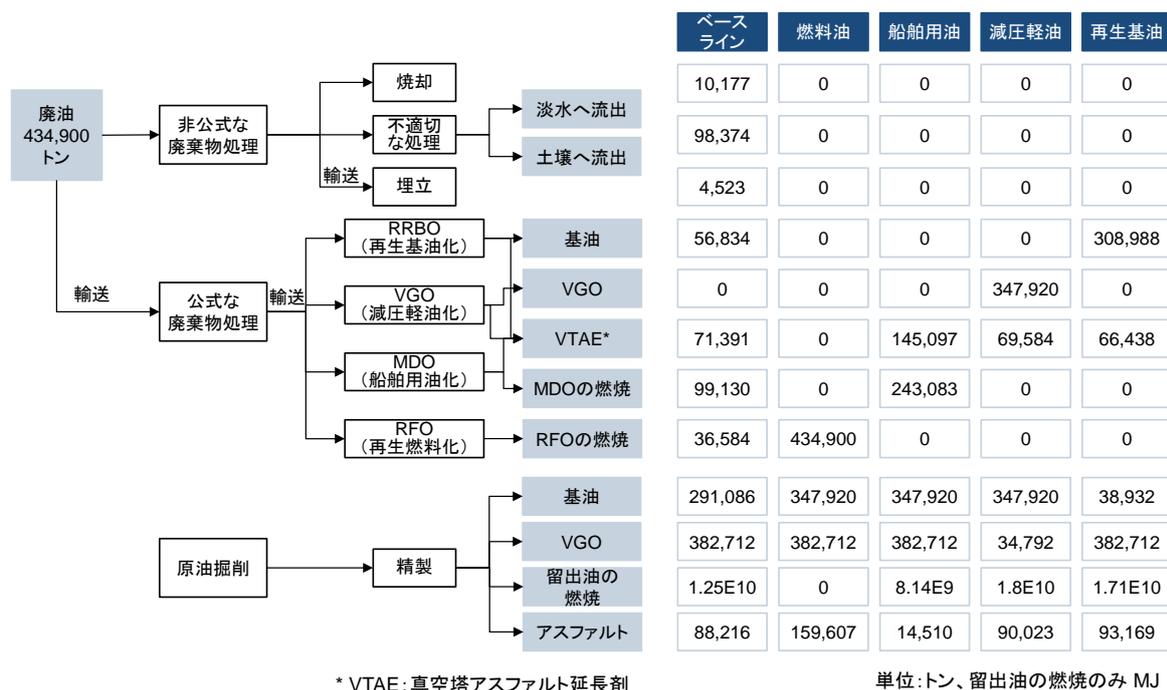


図 4-6-4 システム境界<sup>7</sup>

評価結果は下図の通りであり、主なポイントは以下の通りである。

- Extreme RFO (再生燃料) 及び Extreme RRBO (基油再生) は GHG 排出量を大幅に削減することができる。
- 再生燃料化と基油再生の GHG 排出量削減効果は同程度であり、想定される燃料及び、燃焼による汚染のレベル・抑制技術が結果に影響する。
- この評価結果は、必ずしも基油再生の優位性を示すものではない。

<sup>7</sup> (出典) API / ERM, “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>

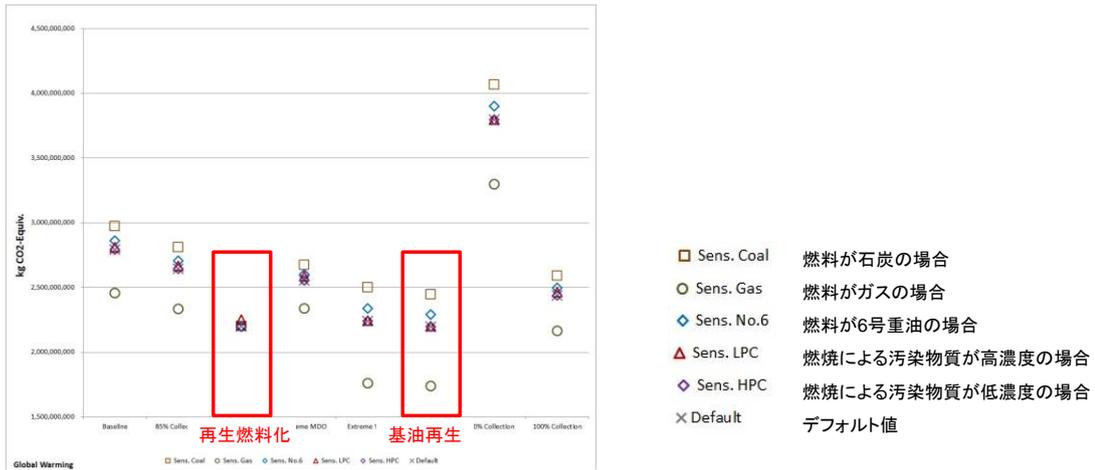


図 4-6-5 評価結果<sup>8</sup>

(2) ヨーロッパ産業グループ (GEIR) による使用済み潤滑油に関する LCA 事例

GEIR (Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération) (欧州) に向けて、使用済み潤滑油に関する LCA を ifeu (Institute for Energy and Environmental Research) (ドイツ) が実施した。本報告書は ISO14040 及び ISO14044 に準拠しており、専門家によるクリティカルレビューを受けている。

- Prof. Dr. Birgit Grahl, INTEGRAHL, Heidekamp, Germany
- Chris Foster, EuGeos Limited, Macclesfield, UK
- Dr. Ivo Mersowsky, Quantis International, Berlin, Germany

Avista 社、LPC 社、欧州の基油再生事業者、Itelyum 社、Tecoil STR 社、Tayraş 社の基油再生技術を評価しており、6 社の単純平均の評価結果が示されている。

表 4-6-8 ヨーロッパ産業グループ (GEIR) による使用済み潤滑油に関する LCA 事例<sup>9</sup>

地理範囲	欧州
目的	・ 使用済み油の再生が環境にどのような影響を及ぼすか
副産物の扱い	負荷回避法
評価シナリオ	・ 使用済み潤滑油の基油への再生 ・ 使用済み潤滑油の燃料への再生

<sup>8</sup> (出典) API / ERM, “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> より一部加筆

<sup>9</sup> 出典) GEIR and ifeu, “Updated LCA for regeneration of waste oil to base oil”, (2022), <https://www.geir-rerefining.org/lca-2022/>

本報告書は、2005 年及び 2018 年に公表された評価結果の更新版であり、評価対象の基油再生事業者を拡大した。

機能単位	使用済み潤滑油 1 トンの処理	
評価指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー消費（累積エネルギー消費及び需要）</li> <li>地球温暖化</li> <li>酸性化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>富栄養化</li> <li>微粒子（PM2.5）</li> </ul>
使用したデータベース	ecoinvent 2020、基油やナフサ等: ifeu refinery model, ESU data (Meili et al. 2021)	

使用済み潤滑油の基油への再生については、API グループ I 基油及び PAO（ポリ- $\alpha$ -オレフィン）の新規基油製造と比較している。使用済み潤滑油の燃料への再生については、低硫黄燃料の新規製造と比較している。

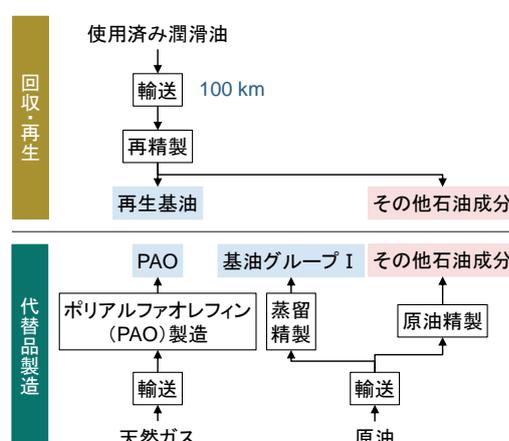


図 4-6-6 使用済み潤滑油の基油への再生（基油再生化）<sup>10</sup>

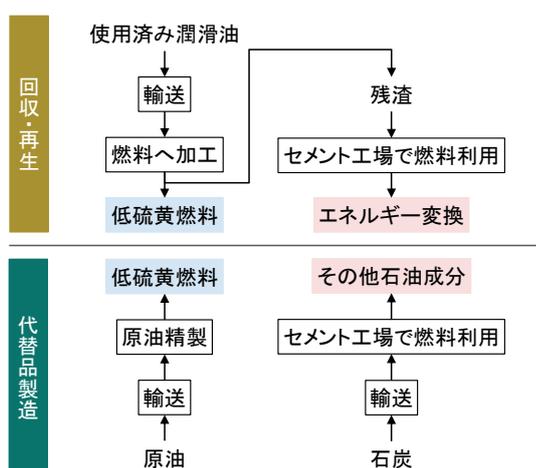


図 4-6-7 使用済み潤滑油の燃料への再生（再生燃料化）<sup>11</sup>

<sup>10</sup> （出典） GEIR and ifeu, “Updated LCA for regeneration of waste oil to base oil”, (2022), <https://www.geir-rerefining.org/lca-2022/> をもとに作成

<sup>11</sup> 同上

評価結果は下図の通りであり、使用済み潤滑油から基油への基油再生の優位性が示された(0.225~0.540 t-CO<sub>2</sub>eq/t-使用済み潤滑油の削減効果)。

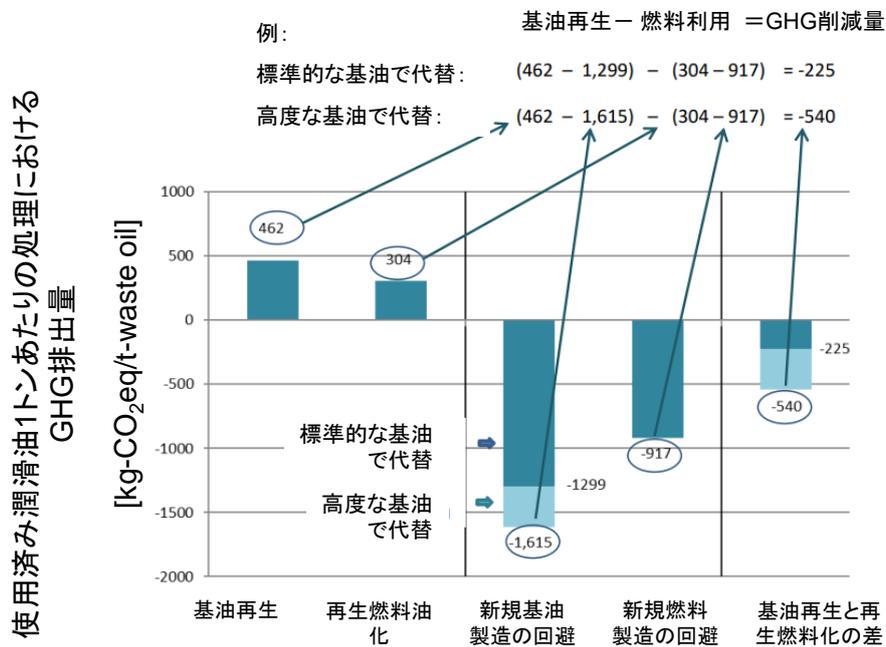


図 4-6-8 評価結果<sup>12</sup>

#### 4. 6. 3 再生重油化の LCA 結果

##### 4.6.3.1 再生重油化施設の調査結果

再生重油化の LCI データを入手するため、全国オイルリサイクル協同組合（以下、JORC）の会員企業 3 社を訪問した。

標準的な再生重油化工程を下図に示す。

<sup>12</sup> (出典) GEIR and ifeu, “Updated LCA for regeneration of waste oil to base oil”, (2022), <https://www.geir-rerefining.org/lca-2022/> をもとに作成

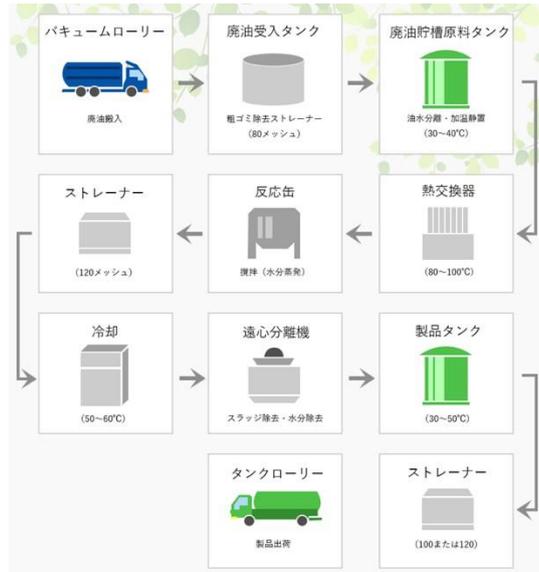


図 4-6-9 標準的な再生重油化工程（出典：全国オイルリサイクル協同組合ウェブサイト）

(1) A 事業者の訪問調査結果

A 事業者の再生重油化工程を下図に示す。主な調査結果は以下の通りである。

- 加温の熱源や遠心分離等の電源として、焼却炉排熱や太陽光発電を利用していることが確認された。
- 再生重油化プロセスにおけるスラッジ発生率は 0.5%未満であることが確認された。
- LCI データを入手した（非公開情報）。

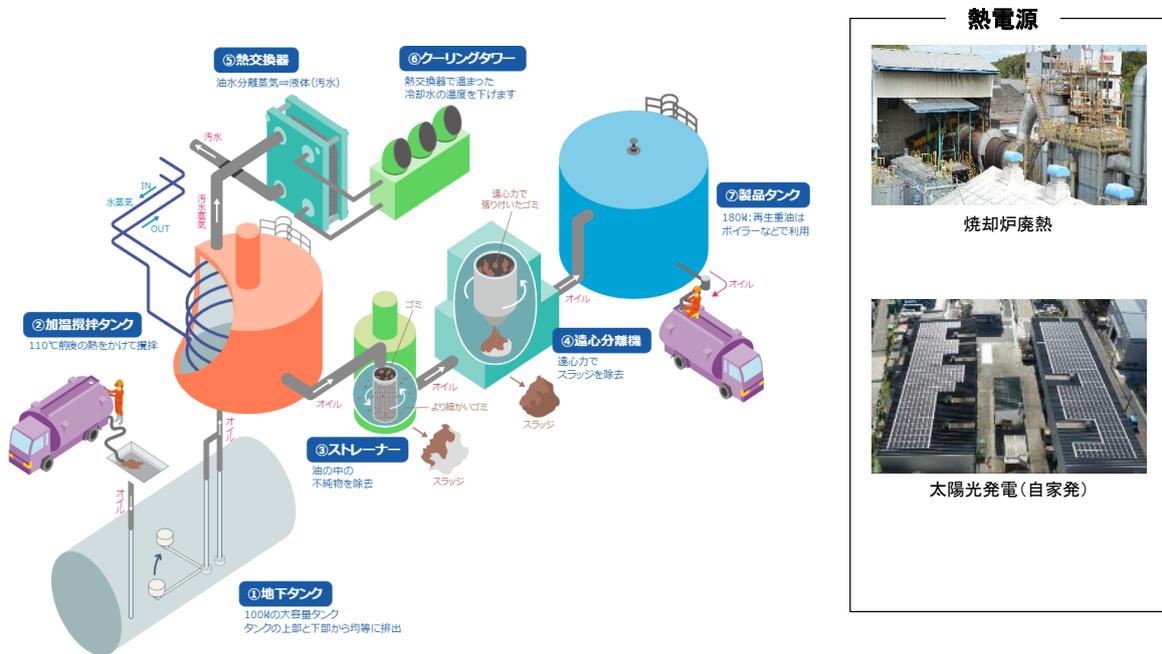


図 4-6-10 A 事業者の再生重油製造工程（出典：事業者ウェブサイト・ヒアリングを基に作成）

## (2) B 事業者の訪問調査結果

B 事業者の再生重油化工程を下図に示す。主な調査結果は以下の通りである。

- 加温の熱源や遠心分離等の電源として、A 重油や太陽光発電を利用していることが確認された。
- 再生重油化プロセスにおけるスラッジ発生率は 0.5% 未満であることが確認された。
- LCI データを入手した（非公開情報）。

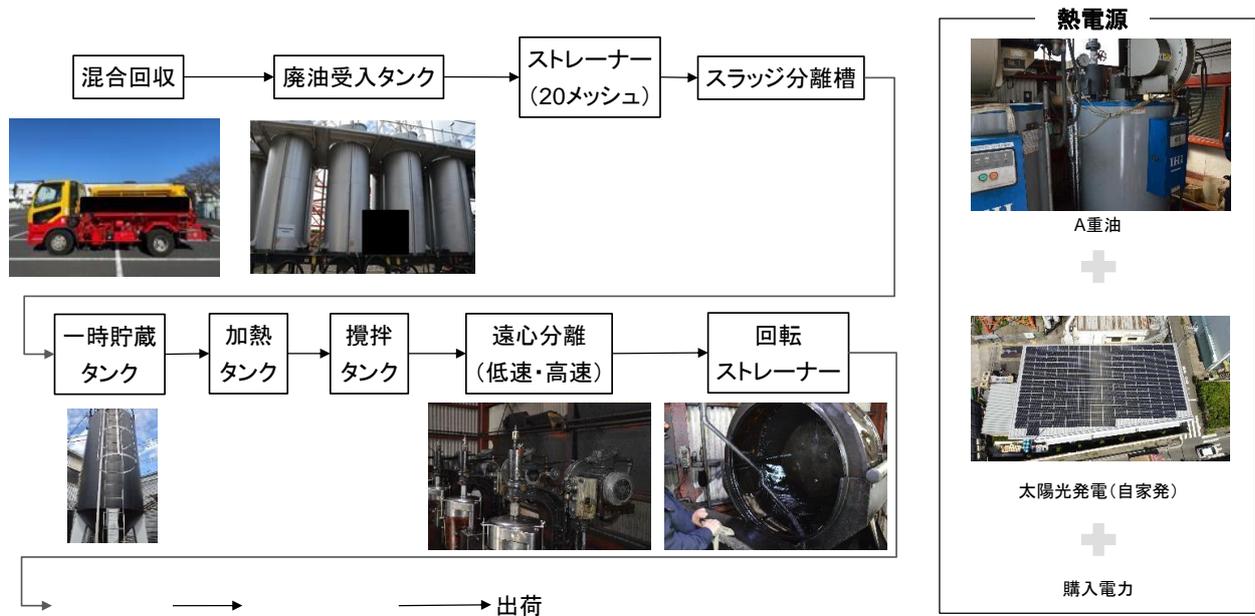


図 4-6-11 B 事業者の再生重油製造工程（出典：事業者ウェブサイト・ヒアリングを基に作成）

## (3) C 事業者の訪問調査結果

C 事業者の再生重油化工程を下図に示す。主な調査結果は以下の通りである。

- 加温の熱源や遠心分離等の電源として、A 重油や使用済み潤滑油を利用していることが確認された。
- 再生重油化プロセスにおける水分及びスラッジによるロスは 5% 程度であることが確認された。
- LCI データを入手した（非公開情報）。

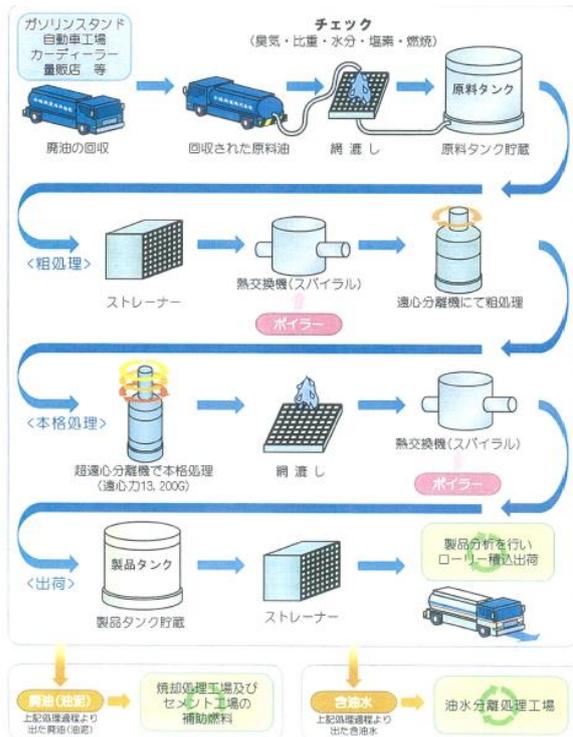


図 4-6-12 C 事業者の再生重油製造工程（出典：事業者ウェブサイト・ヒアリングを基に作成）

#### 4.6.3.2 再生重油化の LCA におけるシステム境界

再生重油化のプロセスは、工場見学の結果を踏まえ、以下の通り想定した。なお、水分及びスラッジ発生率の詳細情報が得られなかった企業については、水分 4.1%、スラッジ 0%とした<sup>※1</sup>。

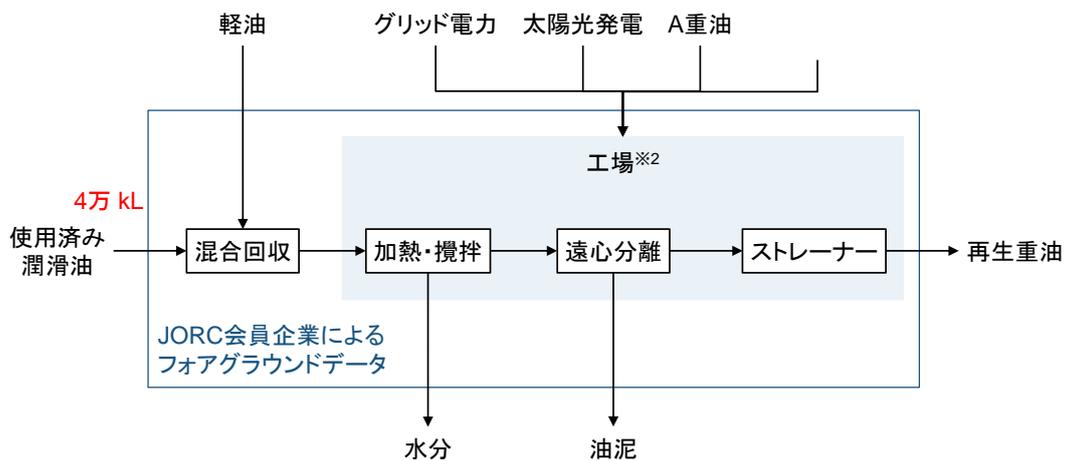


図 4-6-13 再生重油化のプロセス

※1 JORC における昨年度の廃油回収量：316,934 kL/年、昨年度の再生処理実績：303,995 kL/年より、収率 95.9%。企業ヒアリングの結果、スラッジ発生率は 0.5%未満のため、全量を水分と想定した。

※2 遠心分離及びストレーナーの順番は前後する場合がある。

#### 4.6.3.3 再生重油化の LCI 及び LCA

##### (1) 使用済み潤滑油の混合回収における LCI

混合回収については、JORC 会員企業よりフォアグラウンドデータを収集した。

表 4-6-9 使用済み潤滑油の混合回収における LCI

企業	燃料（軽油）使用量 [L/年]	使用済み潤滑油の 回収量 [L/年]	その他回収量 [L/年]	使用済み潤滑油の単位重量当たりの燃料使用量	
				[L-軽油/L-使用済み潤滑油]	[MJ/L-使用済み潤滑油]
A 社					
B 社					
C 社					
平均				0.00785	0.299

原単位には軽油の燃焼エネルギー（IDEA 製品コード：171115801pJPN）を使用した。

##### (2) 再生重油化における LCI

再生重油化については、JORC 会員企業よりフォアグラウンドデータを収集した。

表 4-6-10 使用済み潤滑油の再生重油化における LCI

プロセス	A 社		B 社		C 社	
	フォアグラウンド データ [年]	使用済み潤滑油 1L あたり [年]	フォアグラウンド データ [年]	使用済み潤滑油 1L あたり [年]	フォアグラウンド データ [年]	使用済み潤滑油 1L あたり [年]
使用済み潤滑油	L	1 L	L	1 L	L	1 L
グリッド電力	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
太陽光発電	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
A 重油	L	L	L	L	L	L
廃棄物焼却による廃熱	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ
再生重油	(95.9%)	0.959 L	(95.9%)	0.959 L	(95%)	0.95 L
油泥	(0%)	0 L	(0%)	0 L	(03%)	0.03 L
水分（蒸発）	(4.1%)	0.041 L	(4.1%)	0.041 L	(2%)	0.02 L

##### (3) 再生重油化における LCA

再生重油化の LCA にあたり使用した原単位及び活動量は以下の通り。

表 4-6-11 再生重油化の LCA にあたり使用した原単位及び活動量（A 社）

	入出力	プロセス	① 機能単位 [L/年]	使用済み潤滑油 1tあたりの活動量		IDEA				①×②×③ GHG 排出量 [kg-CO <sub>2</sub> eq/年]
				② [年]	単位	プロセス名	IDE 製品コード	③IPCC 2013 GWP 100a [kg-CO <sub>2</sub> eq]	単位	
A 社	入力	電力	4.0×10 <sup>7</sup>		kWh	電力, 日本平均, 2020年度	331131020pJPN		kWh	
	入力	太陽光発電	4.0×10 <sup>7</sup>		kWh	電力, エネルギー源別, 太陽光, 日本平均, 2020年度	335513020pJPN		kWh	
	入力	A 重油	4.0×10 <sup>7</sup>		MJ	A 重油の燃焼エネルギー	171116801pJPN		MJ	
	入力	廃棄物焼却による廃熱	4.0×10 <sup>7</sup>		MJ	—	—		MJ	
共通	出力	水分 (蒸発)	4.0×0.041×10 <sup>7</sup>	—	—	—	—		t	
	出力	油泥	0	—	—	—	—		t	
	出力	再生重油の燃焼	4.0×0.959×10 <sup>7</sup>	38.65	GJ	廃油 (石油由来) の燃焼エネルギー	882204803pJPN		MJ	
	回避	C 重油	4.0×0.959×10 <sup>7</sup> ×38.65		MJ	C 重油の燃焼エネルギー	171118801pJPN		MJ	

※計算にあたり使用した単位換算は以下の通り

- 再生重油の燃焼エネルギー：38.65 MJ/L 全国オイルリサイクル協同組合、「再生重油の特徴」、<https://www.oilrecycle.or.jp/work/features/>

表 4-6-12 再生重油化の LCA にあたり使用した原単位及び活動量（B 社）

	入出力	プロセス	① 機能単位 [L/年]	使用済み潤滑油 1tあたりの活動量		IDEA				①×②×③ GHG 排出量 [kg-CO <sub>2</sub> eq/年]
				② [年]	単位	プロセス名	IDE 製品コード	③IPCC 2013 GWP 100a [kg-CO <sub>2</sub> eq]	単位	
B 社	入力	電力	4.0×10 <sup>7</sup>		kWh	電力, 日本平均, 2020年度	331131020pJPN		kWh	
	入力	太陽光発電	4.0×10 <sup>7</sup>		kWh	電力, エネルギー源別, 太陽光, 日本平均, 2020年度	335513020pJPN		kWh	
	入力	A 重油	4.0×10 <sup>7</sup>		MJ	A 重油の燃焼エネルギー	171116801pJPN		MJ	
	入力	廃棄物焼却による廃熱	4.0×10 <sup>7</sup>		MJ	—	—		MJ	
共通	出力	水分 (蒸発)	4.0×0.041×10 <sup>7</sup>	—	—	—	—		t	
	出力	油泥	0	—	—	—	—		t	
	出力	再生重油の燃焼	4.0×0.959×10 <sup>7</sup>	38.65	GJ	廃油 (石油由来) の燃焼エネルギー	882204803pJPN		MJ	
	回避	C 重油	4.0×0.959×10 <sup>7</sup> ×38.65		MJ	C 重油の燃焼エネルギー	171118801pJPN		MJ	

※計算にあたり使用した単位換算は以下の通り

- 再生重油の燃焼エネルギー：38.65 MJ/L 全国オイルリサイクル協同組合、「再生重油の特徴」、<https://www.oilrecycle.or.jp/work/features/>

表 4-6-13 再生重油化の LCA にあたり使用した原単位及び活動量 (C 社)

入出力	プロセス	① 機能単位 [L/年]	使用済み潤滑油 1tあたりの 活動量		IDEA				①×②×③ GHG 排出量 [kg-CO <sub>2</sub> eq/年]	
			② [年]	単位	プロセス名	IDE 製品コード	③IPCC 2013 GWP 100a [kg-CO <sub>2</sub> eq]	単位		
C 社	入力	電力	4.0×10 <sup>7</sup>		kWh	電力, 日本平均, 2020年度	331131020pJPN		kWh	
	入力	太陽光発電	4.0×10 <sup>7</sup>		kWh	電力, エネルギー源別, 太陽光, 日本平均, 2020年度	335513020pJPN		kWh	
	入力	A重油	4.0×10 <sup>7</sup>		MJ	A重油の燃焼エネルギー	171116801pJPN		MJ	
	入力	廃棄物焼却による廃熱	4.0×10 <sup>7</sup>		MJ				MJ	
共 通	出力	水分 (蒸発)	4.0×0.02×10 <sup>7</sup>		—				t	
	出力	油泥	4.0×0.03×10 <sup>7</sup>	38.65	—	焼却処理, 産業廃棄物, 石油由来廃油	882204232pJPN		t	
	回避	一般炭の燃焼	4.0×0.03×10 <sup>7</sup> ×38.65		kg	一般炭の燃焼エネルギー	052112801pJPN		kg	
	出力	再生重油の燃焼	4.0×0.95×10 <sup>7</sup>	38.65	GJ	廃油 (石油由来) の燃焼エネルギー	882204803pJPN		MJ	
	回避	C重油	4.0×0.959×10 <sup>7</sup> ×38.65		MJ	C重油の燃焼エネルギー	171118801pJPN		MJ	

※計算にあたり使用した単位換算は以下の通り

- 再生重油の燃焼エネルギー：38.65 MJ/L 全国オイルリサイクル協同組合、「再生重油の特徴」、<https://www.oilrecycle.or.jp/work/features/>

#### 4.6.3.4 再生重油化の LCA 結果

再生重油化の LCA 結果は以下の通りである。

- いずれの企業のケースでも同程度の GHG 排出量となった。
- -26,442～-25,164 t-CO<sub>2</sub>eq/年 (-0.661 ~ -0.629 t-CO<sub>2</sub>eq/kL-使用済み潤滑油) となり、基油再生の -24,687 ~ -11,493 t-CO<sub>2</sub>eq/年 (-0.617 ~ -0.287 t-CO<sub>2</sub>eq/kL-使用済み潤滑油)、後述) と同程度又はやや排出量が小さくなった。

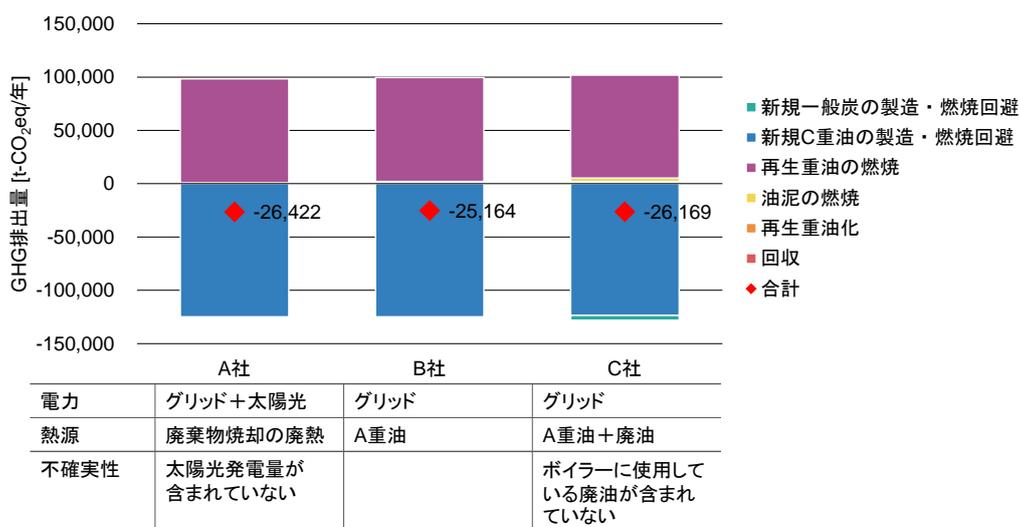


図 4-6-14 再生重油化の LCA 結果

## 4. 6. 4 再生基油化の LCA 結果

### 4.6.4.1 基油再生の LCA におけるシステム境界

#### (1) LCA の目的及び調査範囲の設定

日本は温室効果ガス (GHG) 排出量を 2030 年 46%削減 (2013 年度比)、2050 年に全体としてゼロにする目標を掲げている。喫緊の課題である「2030 年 GHG 排出量 46%削減 (2013 年度比)」について、廃油を対象とした対策が重要である。以上より、本調査にあたっては以下の状況を想定する。

- 時間：2024 年～2030 年頃
- 潤滑油ニーズ：ストックベースでエンジン車・ハイブリッド車が大半を占め、電気自動車の普及が進んでおらず、自動車向け潤滑油のニーズに現在と大きな変化がない。
- 基油の需給：化石資源由来のバージン潤滑油が供給・使用されている。Gas to Liquid (GTL) による基油は評価対象に含まないが、必要に応じて参考情報として検討する。

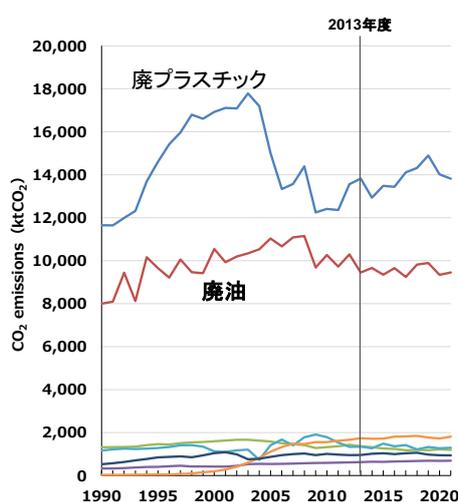


図 4-6-15 CO<sub>2</sub> emissions from waste by type (1990 to 2021)<sup>13</sup>

基油再生プロセスについては、欧州において基油再生を行っている事業者のプロセスを想定し、事業者からシミュレーションデータの提供を受けた(基油再生プロセスのフローは非公開)。

### 4.6.4.2 基油再生の LCI 及び LCA

#### (1) 使用済み潤滑油の分別回収における LCI

実証事業を踏まえた使用済み潤滑油の分別回収における想定は以下の通り。燃費については、回収事業者より実データを収集した。

<sup>13</sup> Source: Greenhouse gas (GHG) Inventory of Japan (2023)

表 4-6-14 実証事業を踏まえた分別回収の将来想定

回収対象	①回収ポテンシャル	回収工程	車種	②平均積載量・率	③燃費 [km/L-軽油]	④輸送距離	⑤輸送回数 (①÷②)	使用済み潤滑油回収に必要な軽油 [L-軽油]
使用済みエンジン油	2.8万 kL	出発～集積タンク	4～6 kL タンクローリー	74.7 %	5.60	38.8 km/kL		194,000 (①×④÷③)
		集積タンク～基油再生工場	17 kL タンクローリー※	行き: 17 kL	4	225 km	1,648	92,700 (④÷③×⑤)
帰り: 0 kL	5			74,169 (④÷③×⑤)				
使用済み工業油	1.2万 kL	出発～集積タンク	4～6 kL タンクローリー	39.1 %	5.60	85.7 km/kL		183,643 (①×④÷③)
		集積タンク～基油再生工場	17 kL タンクローリー※	行き: 17 kL	4	225 km	706	39,713 (④÷③×⑤)
帰り: 0 kL	5			31,770 (④÷③×⑤)				
(参考) 混合回収		出発～再生重油化工場	4～6 kL タンクローリー	平均: 0.00785 L-軽油/L-使用済み潤滑油				314,006
								合計 615,985

(2) 基油再生における LCI

欧州の基油再生事業者より、基油再生のためのインベントリデータの提供を受けた。(非公開情報)。なお、本収率は欧州の基油再生事業者のシミュレーションに基づくものである。

表 4-6-15 基油再生の LCI

Utilities	Specific demand per 1t of UMO		Group III基油	使用済みエンジン油	使用済み工業油
Electricity		kWh	Purebase 3		
Natural Gas※ <sup>1</sup>		Nm <sup>3</sup>	Purebase 4		
			Purebase 6		
Hydrogen		Nm <sup>3</sup>	小計		
Steam		t	副産物	使用済みエンジン油	使用済み工業油
Nitrogen		Nm <sup>3</sup>	Fuel Gas		
			Naphtha		
Wastewater		m <sup>3</sup>	Diesel		
			Green Coke		
Instrument Air		Nm <sup>3</sup>	小計		
Deminerlized Water※ <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>			

(3) 基油再生における LCA

使用済みエンジン油の基油再生 2.8 万 kL (24,209 t) の LCA にあたり使用した原単位及び活動量を設定した (非公開情報)。

表 4-6-16 使用済みエンジン油の基油再生 2.8 万 kL (24,209 t) の LCA にあたり使用した原単位及び活動量

入出力	プロセス	① 機能単位 [t/年]	使用済み潤滑油 1tあたりの活動量		IDEA				①×②×③ GHG排出量 [kg-CO <sub>2</sub> eq/年]
			② [t]	単位	プロセス名	IDE製品コード	③IPCC 2013 GWP 100a [kg-CO <sub>2</sub> eq]	単位	
入力	電力	24,209		kWh	電力, 日本平均, 2020年度	331131020pJPN		kWh	
入力	天然ガス	24,209		Nm <sup>3</sup>	天然ガスの燃焼エネルギー	053112801pJPN		MJ	
入力	水素	24,209		Nm <sup>3</sup>	(後述)				
入力	スチーム	24,209		t	蒸気	351211100pJPN		kg	
入力	窒素	24,209		Nm <sup>3</sup>	窒素	162315000pJPN		m <sup>3</sup>	
入力	計器用空気	24,209		Nm <sup>3</sup>	圧縮空気, 15m <sup>3</sup> per min クラス	162319202pJPN		m <sup>3</sup>	
入力	ソーダ石灰水	24,209		m <sup>3</sup>	工業用水道	362111000pJPN		m <sup>3</sup>	
出力	廃水処理	24,209		m <sup>3</sup>	工業排水処理	882511000pJPN		m <sup>3</sup>	
出力	再生基油	24,209		t	(後述)				
出力	ガス燃料	24,209		t	燃料ガス (高炉ガス、コークス炉ガスを含む)	173112000pJPN		m <sup>3</sup>	
出力	ナフサ	24,209		t	ナフサ	171112000pJPN		L	
出力	軽油	24,209		t	軽油	171115000pJPN		L	
出力	重油	24,209		t	C重油	171118000pJPN		L	

※計算にあたり使用した単位換算は以下の通り

- ・天然ガスの燃焼エネルギー：37.44 MJ/m<sup>3</sup> (10.4 kWh/m<sup>3</sup>) (欧州の基油再生事業者)
- ・燃料ガス (高炉ガス、コークス炉ガスを含む)：1.34 kg/Nm<sup>3</sup> ( JFE スチール株式会社、浅沼稔、野内泰平、藤林晃夫、村尾明紀、「高炉操業方法及びそのための低発熱量ガスの燃焼方法並びに高炉設備」、WO2010126171A1、WIPO (PCT) )
- ・ナフサの密度：0.723 kg/L、軽油の密度：0.833 kg/L、C重油の密度：0.940 kg/L (IDEA 3.3)

使用済み工業油の基油再生 1.2 万 kL (10,535 t) の LCA にあたり使用した原単位及び活動量は以下の通り。

表 4-6-17 使用済み工業油の基油再生 1.2 万 kL (10,535 t) の LCA にあたり使用した原単位及び活動量

入出力	プロセス	① 機能単位 [t/年]	使用済み潤滑油 1tあたりの活動量		IDEA				①×②×③ GHG排出量 [kg-CO <sub>2</sub> eq/年]
			② [t]	単位	プロセス名	IDE製品コード	③IPCC 2013 GWP 100a [kg-CO <sub>2</sub> eq]	単位	
入力	電力	10,535		kWh	電力, 日本平均, 2020年度	331131020pJPN		kWh	
入力	天然ガス	10,535		Nm <sup>3</sup>	天然ガスの燃焼エネルギー	053112801pJPN		MJ	
入力	水素	10,535		Nm <sup>3</sup>	(後述)				
入力	スチーム	10,535		t	蒸気	351211100pJPN		kg	
入力	窒素	10,535		Nm <sup>3</sup>	窒素	162315000pJPN		m <sup>3</sup>	
入力	計器用空気	10,535		Nm <sup>3</sup>	圧縮空気, 15m <sup>3</sup> per min クラス	162319202pJPN		m <sup>3</sup>	
入力	ソーダ石灰水	10,535		m <sup>3</sup>	工業用水道	362111000pJPN		m <sup>3</sup>	
出力	廃水処理	10,535		m <sup>3</sup>	工業排水処理	882511000pJPN		m <sup>3</sup>	
出力	再生基油	10,535		t	(後述)				
出力	ガス燃料	10,535		t	燃料ガス (高炉ガス、コークス炉ガスを含む)	173112000pJPN		m <sup>3</sup>	
出力	ナフサ	10,535		t	ナフサ	171112000pJPN		L	
出力	軽油	10,535		t	軽油	171115000pJPN		L	
出力	重油	10,535		t	C重油	171118000pJPN		L	

※計算にあたり使用した単位換算は以下の通り

- ・天然ガスの燃焼エネルギー：37.44 MJ/m<sup>3</sup> (10.4 kWh/m<sup>3</sup>) (欧州の基油再生事業者)
- ・燃料ガス (高炉ガス、コークス炉ガスを含む)：1.34 kg/Nm<sup>3</sup> ( JFE スチール株式会社、浅沼稔、野内泰平、藤林晃夫、村尾明紀、「高炉操業方法及びそのための低発熱量ガスの燃焼方法並びに高炉設備」、WO2010126171A1、WIPO (PCT) )
- ・ナフサの密度：0.723 kg/L、軽油の密度：0.833 kg/L、C重油の密度：0.940 kg/L (IDEA v3.3)

#### (4) 基油再生における原単位の検討 (水素)

一部の原単位については IDEA において複数の候補があることから、使用する原単位を検討する必要がある。水素ガス及びメタノール分解、都市ガス、天然ガス、電気分解による水素について評価した。

表 4-6-18 水素ガス及びメタノール分解、都市ガス、天然ガス、電気分解による水素について評価<sup>14</sup>

プロセス名	IDE製品コード	IPCC 2013 GWP 100a [kg-CO <sub>2</sub> eq]	単位
水素ガス	162312000mJPN		m <sup>3</sup>
水素リッチガス, ナフサ分解	162312102pJPN		kg
水素, 塩素副生	162312103pJPN		kg
水素, メチルエチルケトン副生	162312105pJPN		kg
水素, メタノール分解	162312106pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 都市ガス	162312200pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 天然ガス	162312201pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 電気分解	162312205pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 水力発電による電気分解	162312211pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 地熱発電による電気分解	162312212pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 太陽光発電による電気分解	162312213pJPN		m <sup>3</sup>
水素, 風力発電による電気分解	162312214pJPN		m <sup>3</sup>
水素, バイオマス発電による電気分解	162312215pJPN		m <sup>3</sup>

#### (5) バージン基油（グループIII）製造原単位の検討

基油製造における Cradle-to-gate の GHG 排出量は以下の通り。既存の LCI データベースには基油製造の GHG 排出量が存在しないため、以下の文献を調査した。GEIR 及び ifeu による LCA では、粘度指数に基づき、グループ II+ の基油は、70% のグループ I 基油と 30% のポリアルファオレフィン（PAO）の混合物と想定していることを踏まえ、LCA にあたっては、以下の表中の値（計 6 個）を使用した。

<sup>14</sup> (出典) LCA 活用推進コンソーシアム、「LCI データベース IDEA version 3.3」

<https://riss.aist.go.jp/lca-consortium/activity/lca-idea/>

表 4-6-19 バージン基油の製造原単位の設定<sup>15</sup>

[kg-CO <sub>2</sub> eq/kg]	Girotti, G., et al. (2011)	ifeuを参考にグループ I : PAO=7:3とした (Girotti, G., et al. (2011)の値を使用)	Raimondi, A., et al. (2012)	【参考】IDEA v3.3 (2023)	
				171119000pJPN 潤滑油(グリースを含む)	172111000pJPN 潤滑油(購入した鉱・動・植物油によるもの)
Group I	(鉱油ベース) 1.02	—	(鉱油ベース) 0.985		
Group II	—	1.29	—		
Group III	—	—	—		
Group IV	—	—	—		
Group V	—	—	—		

#### 4.6.4.3 基油再生の LCA 結果

##### (1) 基油再生の LCA 結果 (分別回収及び基油再生プロセス：水素)

基油再生の分別回収および基油再生プロセスによる GHG 排出量は以下のとおり。水素ガス(水素リッチガス)は水素の純度が電気分解によって製造された水素よりも低いと想定される(65~80%程度)ため、結果の扱いについて注意が必要である。\*なお、欧州において基油再生を行っている事業者によると、天然ガスの改質による水素製造や、再生可能エネルギーを用いた電気分解による水素製造が想定されるとしている。

<sup>15</sup> (出典) Girotti, G., Raimondi, A., Blengini, G. A. & Fino, D. (2011). The Contribution of Lube Additives to the Life Cycle Impacts of Fully Formulated Petroleum-Based Lubricants. American Journal of Applied Sciences, 8(11), 1232-1240.

<https://doi.org/10.3844/ajassp.2011.1232.1240>

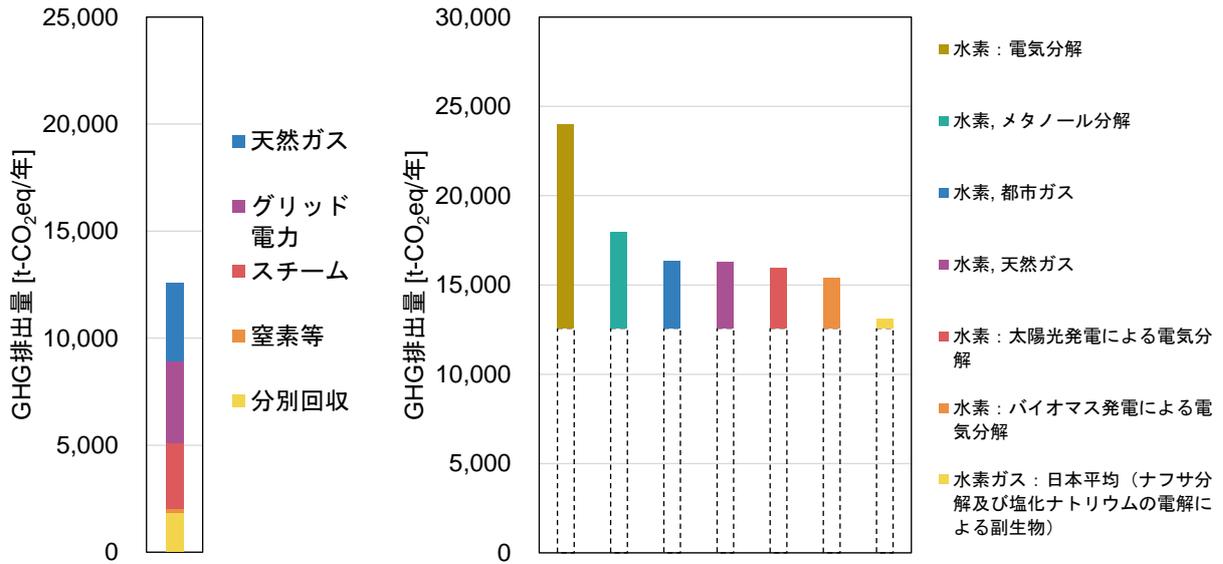
Raimondi, A., Girotti, G., Blengini, G.A. et al. LCA of petroleum-based lubricants: state of art and inclusion of additives. Int J Life Cycle Assess 17, 987– 996 (2012).

<https://doi.org/10.1007/s11367-012-0437-4>

LCA 活用推進コンソーシアム、「LCI データベース IDEA version 3.3」

<https://riss.aist.go.jp/lca-consortium/activity/lca-idea/>

GEIR and ifeu, “Updated LCA for regeneration of waste oil to base oil”, (2022), <https://www.geir-rerefining.org/lca-2022/>



※ 水素（水力発電、地熱発電、風力発電による電気分解）はバイオマス発電と同程度のため省略。

図 4-6-16 基油再生の LCA 結果（分別回収及び基油再生プロセス：水素）

※溝渕学ら、JP2004000949A （2003）

(2) 基油再生の LCA 結果（分別回収及び基油再生プロセス：再生可能エネルギー）

基油再生プロセスにおいて、電力を太陽光発電に、天然ガスによる熱を木材による熱にした場合、GHG 排出量を半減することができる。なお、欧州において基油再生を行っている事業者によると、グリッド電力を用いつつ、工場の一部電力を再生可能エネルギーにすることを検討している。

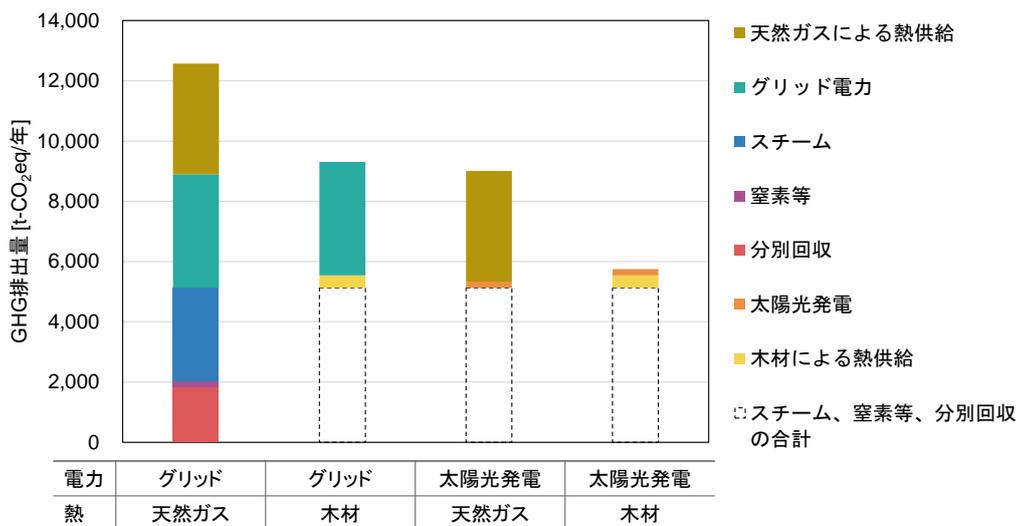


図 4-6-17 基油再生の LCA 結果（分別回収及び基油再生プロセス：再生可能エネルギー）

### (3) 基油再生の LCA 結果 (再生基油及び副産物)

基油再生による再生基油及び副産物によって新規製造が回避されたことによる GHG 排出量の回避量は以下のとおり。新規製造を回避する基油の種類によって、GHG 排出量が大きく異なる。

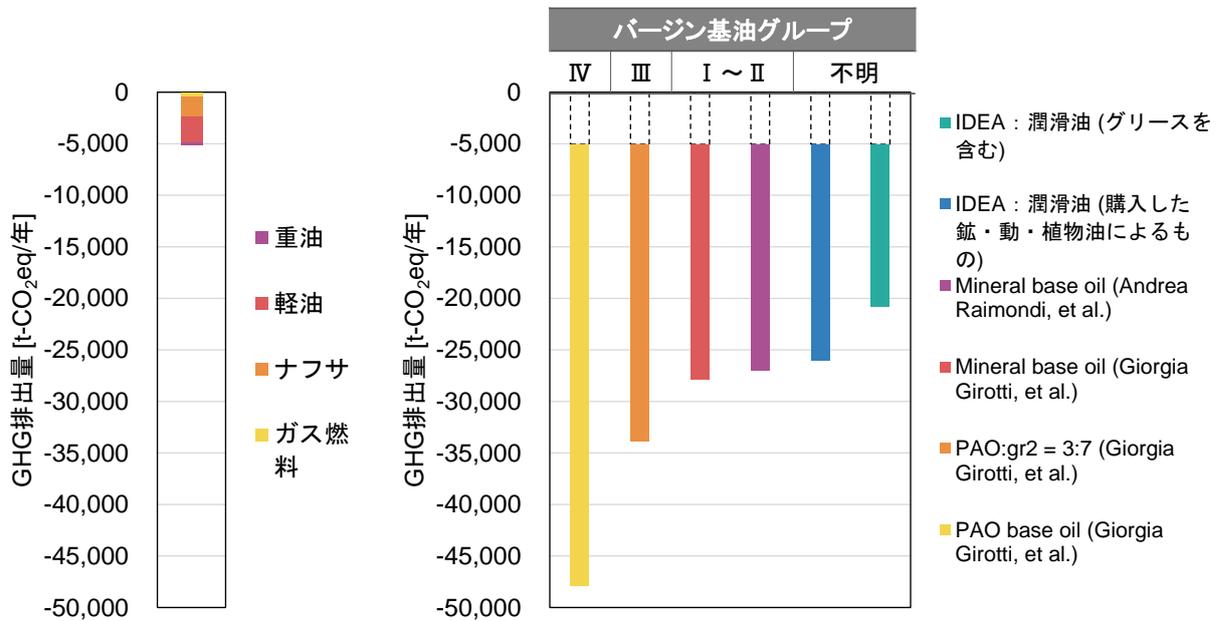


図 4-6-18 基油再生の LCA 結果 (再生基油及び副産物)

欧州の基油再生事業者が日本に建設するプラントとして想定される、「天然ガスによる水素製造」、「太陽光発電を用いた電気分解による水素製造」、及び、「グループ III 相当の再生基油」、「グループ I ~ II 相当の再生基油」に加え、太陽光発電、木材による熱供給についても検討した。-24,687 ~ -11,493 t-CO<sub>2</sub>eq / 年 (-0.617 ~ -0.287 t-CO<sub>2</sub>eq / kL-使用済み潤滑油) となり、再生重油化 -26,442 ~ -25,164 t-CO<sub>2</sub>eq / 年 (-0.661 ~ -0.629 t-CO<sub>2</sub>eq / kL-使用済み潤滑油) よりやや排出量が多くなった。

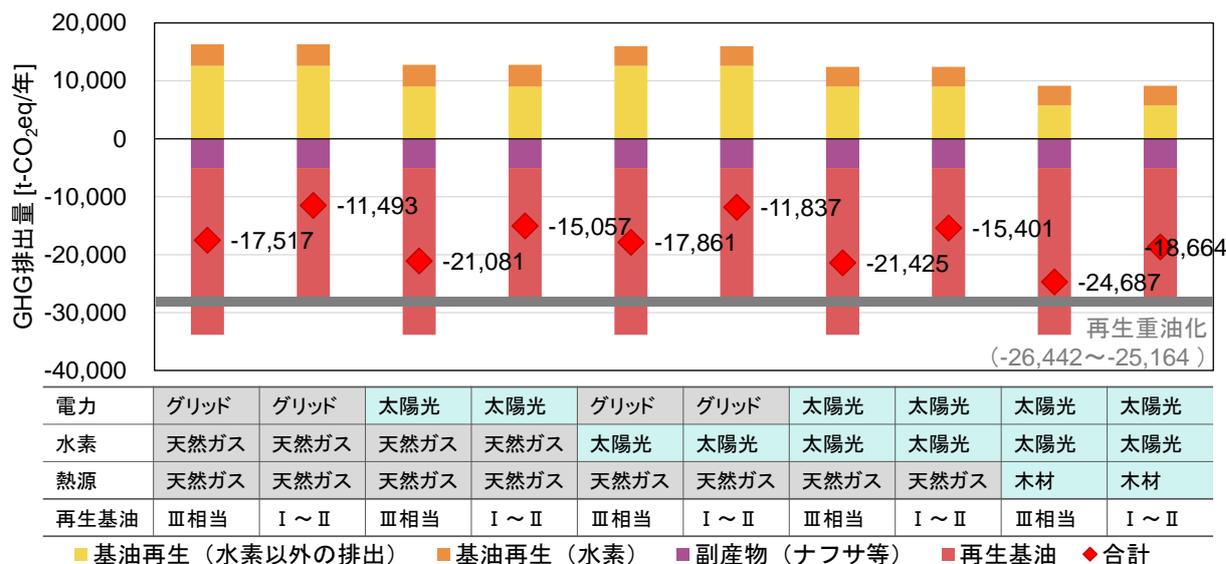


図 4-6-19 基油再生の LCA 結果

#### 4.6.4.4 LCA 結果の既往研究との比較

既往研究では、再生燃料よりも基油再生の方が GHG 排出量が小さいとする研究が多いが、本試算と条件が異なっており、直接比較することはできない。

既往研究との主な相違点は以下が挙げられる。

- 基油再生プロセスの複雑さ（溶剤精製・水素化分解）
- システム境界（再生燃料の燃焼まで含めるか）
- リサイクルの評価手法（新規製造の回避分を計上しているか）
- 使用している原単位（エネルギー及びグループⅢ相当の基油）

そこで、欧州における基油再生の LCA を行ったヨーロッパ産業部ループ（GEIR, ifeu）による使用済み潤滑油に関する LCA 事例と LCA 結果の比較を行った。

GEIR, ifeu による計算結果では、基油再生が再生燃料化よりも GHG 排出量が小さくなっている。本試算との比較（右下表）から考えられる要因は以下の通り。なお、システム境界が異なるため、厳密な比較は難しいことに注意が必要である。

- 本試算における、再生燃料化（再生重油化）の GHG 排出量が小さいが、これは、再生重油化において廃棄物焼却による廃熱や、太陽光発電による電力を使用しているためだと考えられる。
- GEIR, ifeu の計算において新規基油製造回避の GHG 排出量が大きくなっている。本 LCA では、1.02～1.29 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg-base oil の基油製造原単位を使用しており、ifeu が使用している新規基油製造の原単位が大きい可能性がある。下表より、約 2 倍の原単位を使用している可能性がある。

表 4-6-20 ヨーロッパ産業部ループ (GEIR) と本試算の比較<sup>16</sup>

項目ごとのGHG排出量 [kg-CO <sub>2</sub> eq / t-waste oil]	ifeu	Japan
a) 基油再生	462	470
b) 再生重油化	304	50
c) 基油再生による新規基油製造回避	-1,615 to -1,299	-974 to -801
d) 再生重油化による新規重油製造回避	-917	-796

#### 4.6.4.5 感度分析

基油再生の LCA においては、熱や電力による GHG 排出量が多いことが特定された。また、既往研究との比較において、以下の点が LCA 結果に大きな影響を与える可能性が示された。

表 4-6-21 追加の分析の方向性

要素	概要	追加の分析の方向性
基油再生プロセス	対象とする基油再生プロセス (HyLube)	溶剤精製の検討が必要
システム境界	再生重油について、燃焼まで含めるかどうか	再生重油及びバージン重油は熱量が異なるため、燃焼まで含めることが望ましい
リサイクル評価手法	新規製造の回避分を計上しているか	現在の評価手法 (負荷回避法) ではすでに考慮している
使用している原単位	エネルギー・再生燃料の代替品 (バージン重油や石炭等)	エネルギーの原単位について、感度分析を行う
	グループⅢ相当の基油	幅を持った値として感度分析を行う

溶剤精製との比較は次年度以降の課題とし、以下の 2 ステップで感度分析を実施することとした。

- Step1 : 電力及び熱源の感度分析による、主要なエネルギーパラメータの特定
- Step2 : Step1 で特定されたエネルギー及び新規基油製造の原単位の感度分析

再生重油化の GHG 排出量算定に使用した活動量及び原単位は以下の通り。

<sup>16</sup> (出典) GEIR and ifeu, “Updated LCA for regeneration of waste oil to base oil”, (2022), <https://www.geir-rerefining.org/lca-2022/> より一部加筆※ 本試算における機能単位は、廃エンジン油 0.8646 t/kL, 廃工業油 0.8779 t/kL より、34,744 t/年

表 4-6-22 (参考) 使用した活動量及び原単位<sup>17</sup>

評価対象 <i>i</i>	ユーティリティ		活動量 $m_{ij}$ [年]	原単位		コメント		
	日本語名	<i>j</i>		IDEA製品コード	原単位 $E_j$ [kg-CO <sub>2</sub> eq/]			
再生重油化 (en)	輸送	輸送(軽油の燃焼エネルギー)	diesel	MJ	171115801pJPN	MJ		
		再生重油化*	電力	grid	kWh	331131020pJPN	kWh	電力, 日本平均, 2020年度
	再生重油化*	太陽光発電	solar	kWh			kWh	電力, エネルギー源別, 太陽光, 日本平均, 2020年度
		A重油の燃焼エネルギー	A	MJ			MJ	
		出力*	水分(蒸発)	vap		—		—
	出力*	油泥の燃焼エネルギー	sludge	kg	882204232pJPN		kg	焼却処理, 産業廃棄物, 石油由来廃油
		新規 一般炭の燃焼エネルギー 回避 (油泥の焼却による)	coke	MJ	052112801pJPN		MJ	
		再生重油の燃焼エネルギー	oil	MJ	882204803pJPN		MJ	廃油(石油由来)の燃焼エネルギー
		新規 C重油の燃焼エネルギー 回避 (再生重油の燃焼による)	C	MJ	171118801pJPN		MJ	

※ 再生重油化プロセスの入出力については、三社平均を採用した。

基油再生の GHG 排出量算定に使用した活動量及び原単位は以下の通り。なお、水素については天然ガス及び太陽光発電による電気分解を、再生基油についてはグループIII相当品のみを評価対象とする。

表 4-6-23 (参考) 使用した活動量及び原単位<sup>18</sup>

評価対象	ユーティリティ		活動量 $m_{ij}$ [年]	原単位		コメント		
	日本語名	<i>j</i>		IDEA製品コード	原単位 $E_j$ [kg-CO <sub>2</sub> eq/]			
基油再生 (base oil)	輸送	軽油の燃焼(出発～集積タンク)	diesel	MJ	171115801pJPN	MJ		
		輸送(集積タンク～基油再生工場)	trans	MJ	171115801pJPN	MJ		
	基油再生 (PURAGLOBE)	電力	grid	kWh	331131020pJPN	kWh	電力, 日本平均, 2020年度	
		天然ガスの燃焼エネルギー	LNG	MJ	053112801pJPN	MJ		
		水素	天然ガス	H2_gas	m <sup>3</sup>	162312201pJPN	m <sup>3</sup>	
			太陽光発電による電気分解	H2_solar	m <sup>3</sup>	162312213pJPN	m <sup>3</sup>	
		スチーム	steam	kg	351211100pJPN	kg	蒸気	
		窒素	N2	m <sup>3</sup>	162315000pJPN	m <sup>3</sup>		
		計器用空気	air	m <sup>3</sup>	162319202pJPN	m <sup>3</sup>		
		ソーダ石灰水	water	m <sup>3</sup>	362111000pJPN	m <sup>3</sup>	工業用水道	
		廃水処理	wwater	m <sup>3</sup>	882511000pJPN	m <sup>3</sup>		
		出力	再生基油	グループI～II相当	gr1-2	kg	Girotti, G., et al. (2011)	kg
	グループIII相当			gr3	kg	ifeu(2022), Girotti, G., et al. (2011)	kg	ifeuを参考にグループI : PAO = 7:3とした(Girotti, G., et al. (2011)の値を使用)
	新規 ガス燃料 製造回避		gas	Nm <sup>3</sup>	173112000pJPN	m <sup>3</sup>		
	新規 ナフサ 製造回避		naphtha	L	171112000pJPN	L		
	新規 軽油 製造回避		light	L	171115000pJPN	L		
新規 重油 製造回避	heavy		L	171118000pJPN	L	C重油		

<sup>17</sup> (出典) LCA 活用推進コンソーシアム、「LCI データベース IDEA version 3.3」

<https://riss.aist.go.jp/lca-consortium/activity/lca-idea/>

<sup>18</sup> (出典) LCA 活用推進コンソーシアム、「LCI データベース IDEA version 3.3」

<https://riss.aist.go.jp/lca-consortium/activity/lca-idea/>

(1) 感度分析 (Step 1.エネルギー)

評価したシナリオは以下の通りである。

- 水素
  - ◆ 天然ガスによる水素製造
  - ◆ 太陽光発電による電気分解を用いた水素製造
- 社会で使用される熱源
  - ◆ 再生重油化から得られる再生重油及び油泥：感度分析の対象とする（再生重油・油泥が代替する燃料も低 GHG 排出燃料に移行する）
  - ◆ 再生重油化から得られる再生重油及び油泥：感度分析の対象としない（再生重油化・基油再生に使用する熱源は低 GHG 排出燃料を選択するものの、再生重油・油泥が代替する燃料は C 重油・一般炭）

エネルギーの原単位が LCA 結果に大きく影響すると考えられることから、エネルギー（電力及び熱源）について、以下の通り感度分析を実施した。

		再生重油化 (fuel)	基油再生 (base oil)											
第2回 までの 検討		$E_{\text{fuel}} = \sum_j^{\text{all}} m_{\text{fuel},j} E_j$	$E_{\text{base oil}} = \sum_j^{\text{all}} m_{\text{base oil},j} E_j$											
	感度 分析	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">再生重油・油泥</th> <th colspan="2">水素</th> </tr> <tr> <th>感度分析の対象</th> <th>C重油・一般炭を代替</th> <th>天然ガス</th> <th>太陽光発電の電気分解</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <math>E_{\text{fuel}}</math>  <math>= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}</math>  <math>+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}</math>  <math>+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}</math>  <math>+ (m_{\text{fuel}, \text{grid}} + m_{\text{fuel}, \text{solar}}) E_{\text{elec}}</math>  <math>+ (m_{\text{fuel}, \text{A}} - m_{\text{fuel}, \text{coke}} - m_{\text{fuel}, \text{C}}) E_{\text{heat}}</math> </td> <td> <math>E_{\text{fuel}}</math>  <math>= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}</math>  <math>+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}</math>  <math>+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}</math>  <math>- m_{\text{fuel}, \text{coke}} E_{\text{coke}}</math>  <math>- m_{\text{fuel}, \text{C}} E_{\text{C}}</math>  <math>+ (m_{\text{fuel}, \text{grid}} + m_{\text{fuel}, \text{solar}}) E_{\text{elec}}</math>  <math>+ m_{\text{fuel}, \text{A}} E_{\text{heat}}</math> </td> <td> <math>E_{\text{base oil}}</math>  <math>= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_gas}} E_{\text{H2\_gas}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{N2}} E_{\text{N2}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{air}} E_{\text{air}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{water}} E_{\text{water}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}</math> </td> <td> <math>E_{\text{base oil}}</math>  <math>= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_solar}} E_{\text{H2\_solar}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{N2}} E_{\text{N2}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{air}} E_{\text{air}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{water}} E_{\text{water}}</math>  <math>+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}</math>  <math>- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}</math> </td> </tr> </tbody> </table>		再生重油・油泥		水素		感度分析の対象	C重油・一般炭を代替	天然ガス	太陽光発電の電気分解	$E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}$ $+ (m_{\text{fuel}, \text{grid}} + m_{\text{fuel}, \text{solar}}) E_{\text{elec}}$ $+ (m_{\text{fuel}, \text{A}} - m_{\text{fuel}, \text{coke}} - m_{\text{fuel}, \text{C}}) E_{\text{heat}}$	$E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}$ $- m_{\text{fuel}, \text{coke}} E_{\text{coke}}$ $- m_{\text{fuel}, \text{C}} E_{\text{C}}$ $+ (m_{\text{fuel}, \text{grid}} + m_{\text{fuel}, \text{solar}}) E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{A}} E_{\text{heat}}$	$E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_gas}} E_{\text{H2\_gas}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{N2}} E_{\text{N2}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{air}} E_{\text{air}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{water}} E_{\text{water}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}$
再生重油・油泥		水素												
感度分析の対象		C重油・一般炭を代替	天然ガス	太陽光発電の電気分解										
$E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}$ $+ (m_{\text{fuel}, \text{grid}} + m_{\text{fuel}, \text{solar}}) E_{\text{elec}}$ $+ (m_{\text{fuel}, \text{A}} - m_{\text{fuel}, \text{coke}} - m_{\text{fuel}, \text{C}}) E_{\text{heat}}$	$E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}$ $- m_{\text{fuel}, \text{coke}} E_{\text{coke}}$ $- m_{\text{fuel}, \text{C}} E_{\text{C}}$ $+ (m_{\text{fuel}, \text{grid}} + m_{\text{fuel}, \text{solar}}) E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{A}} E_{\text{heat}}$	$E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_gas}} E_{\text{H2\_gas}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{N2}} E_{\text{N2}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{air}} E_{\text{air}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{water}} E_{\text{water}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}$	$E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_solar}} E_{\text{H2\_solar}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{N2}} E_{\text{N2}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{air}} E_{\text{air}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{water}} E_{\text{water}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}$											
$E(\text{elec}, \text{heat}) = E_{\text{fuel}} - E_{\text{base oil}}$														
<p> <math>0 \leq E_{\text{elec}} \leq 0.550</math> 電力 <math>E_{\text{elec}}</math>: 0 ~ 0.550 kg-CO<sub>2</sub>eq/kWh  <math>0 \leq E_{\text{heat}} \leq 0.100</math> 熱源 <math>E_{\text{heat}}</math>: 0 ~ 0.110 kg-CO<sub>2</sub>eq/MJ                 </p>														

図 4-6-20 感度分析の方法 (Step1)

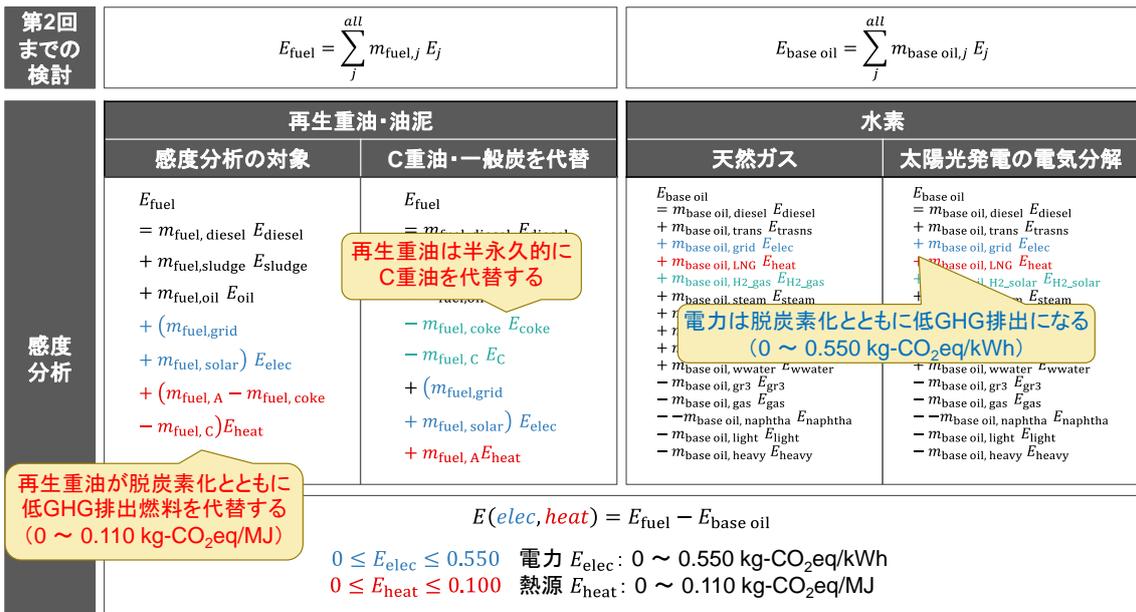


図 4-6-21 感度分析の方法 (Step1) (解説)

感度分析の主な結果は以下の通りである。

- 再生重油・油泥が低 GHG 排出熱源を代替するようになると、再生重油化よりも基油再生の方が GHG 排出量が低くなるのが分かった。
- 熱源の原単位が GHG 排出量に大きく影響し、基油再生の GHG 排出量が再生重油化を下回るためには、0.08 kg-CO<sub>2</sub>eq/MJ をやや下回る水準になることが求められる。(現在は燃料の種類によるものの、0.8~0.9 kg-CO<sub>2</sub>eq/MJ 程度)
- 電力の原単位、水素の製造方法は GHG 排出量にあまり影響しない (※水素について、天然ガスと太陽光発電による電気分解で大きな違いが無いが、これは、IDEA において PRTR 調査及び工業統計調査に基づきフロン類が発生するとされているためである)

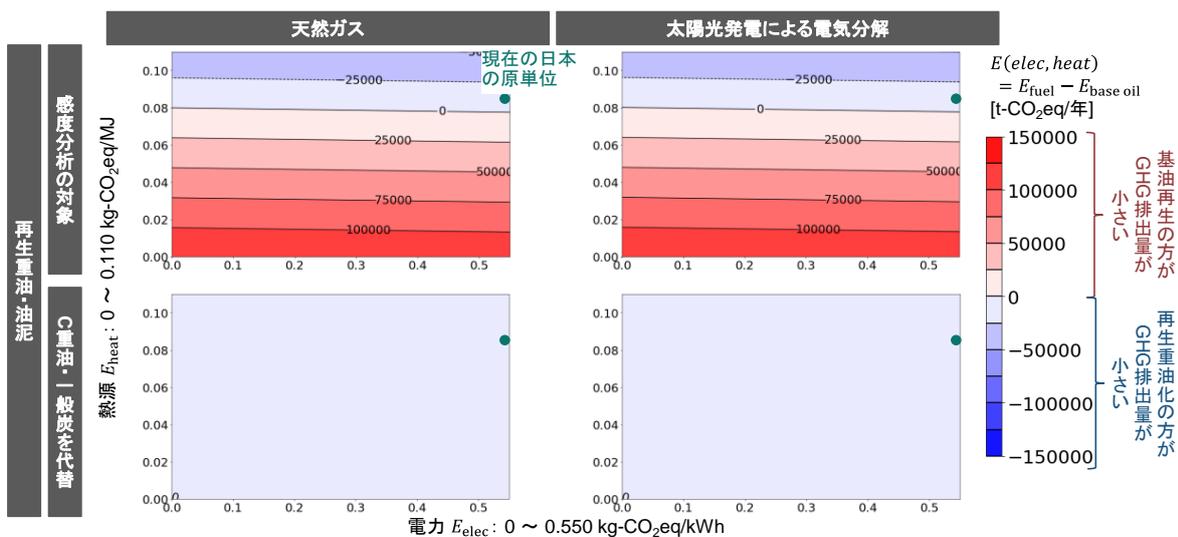


図 4-6-22 感度分析結果 (Step.1 エネルギー)

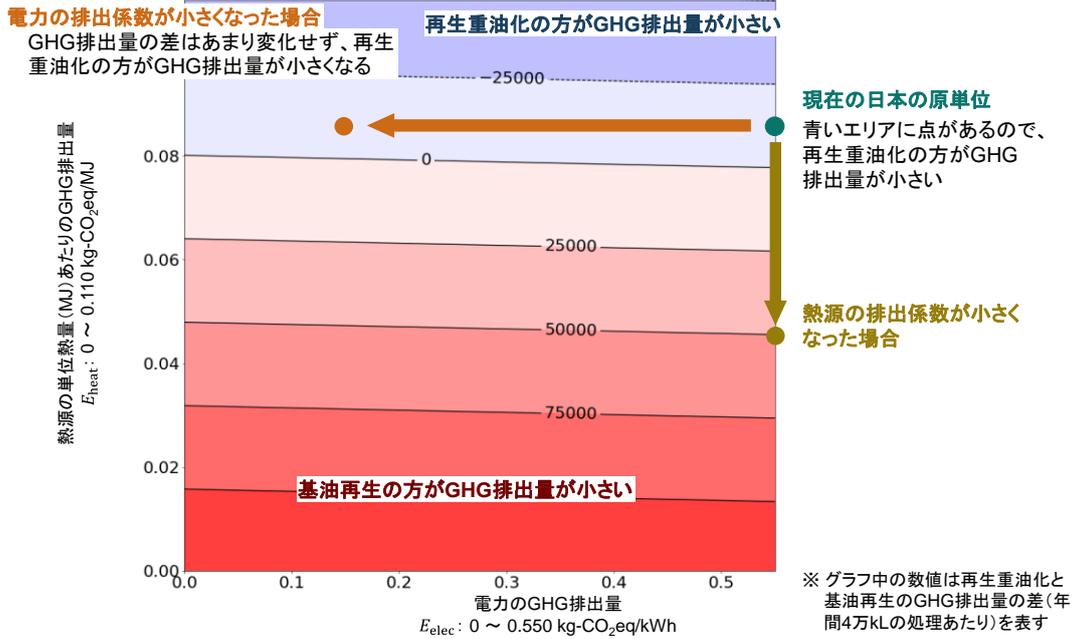


図 4-6-23 (参考) 等高線グラフの見方

(2) 感度分析 (Step 2. 熱源・基油)

Step 1.において、熱源の原単位による影響が大きいことが判明したことから、熱源及び新規基油製造の原単位について感度分析を行うこととした。

熱源・基油の感度分析の方法を次図に示す。

第2回までの検討	$E_{\text{fuel}} = \sum_j m_{\text{fuel},j} E_j$		$E_{\text{base oil}} = \sum_j m_{\text{base oil},j} E_j$	
	<b>再生重油・油泥</b>		<b>水素</b>	
感度分析	感度分析の対象	C重油・一般炭を代替	天然ガス	太陽光発電の電気分解
	$E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel,diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel,sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel,oil}} E_{\text{oil}}$ $+ m_{\text{fuel,grid}} E_{\text{grid}}$ $+ m_{\text{fuel,solar}} E_{\text{solar}}$ $+ (m_{\text{fuel,A}} - m_{\text{fuel,coke}} - m_{\text{fuel,C}}) E_{\text{heat}}$	$E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel,diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel,sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel,oil}} E_{\text{oil}}$ $- m_{\text{fuel,coke}} E_{\text{coke}}$ $- m_{\text{fuel,C}} E_{\text{C}} + m_{\text{fuel,grid}} E_{\text{grid}}$ $+ m_{\text{fuel,solar}} E_{\text{solar}}$ $+ m_{\text{fuel,A}} E_{\text{heat}}$	$E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil,diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil,trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil,grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil,LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil,H2,gas}} E_{\text{H2,gas}}$ $+ m_{\text{base oil,steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil,N2}} E_{\text{N2}}$ $+ m_{\text{base oil,air}} E_{\text{air}}$ $+ m_{\text{base oil,water}} E_{\text{water}}$ $+ m_{\text{base oil,wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil,gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil,gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil,naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil,light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil,heavy}} E_{\text{heavy}}$	$E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil,diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil,trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil,grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil,LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil,H2,solar}} E_{\text{H2,solar}}$ $+ m_{\text{base oil,steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil,N2}} E_{\text{N2}}$ $+ m_{\text{base oil,air}} E_{\text{air}}$ $+ m_{\text{base oil,water}} E_{\text{water}}$ $+ m_{\text{base oil,wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil,gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil,gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil,naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil,light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil,heavy}} E_{\text{heavy}}$
$E(\text{gr3, heat}) = E_{\text{fuel}} - E_{\text{base oil}}$ <p> <math>0 \leq E_{\text{gr3}} \leq 2.20</math> 基油 <math>E_{\text{gr3}}</math>: 0 ~ 2.20 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg  <math>0 \leq E_{\text{heat}} \leq 0.110</math> 熱源 <math>E_{\text{heat}}</math>: 0 ~ 0.110 kg-CO<sub>2</sub>eq/MJ         </p>				

図 4-6-24 感度分析方法 (Step2 熱源・基油)

		再生重油化 (fuel)	基油再生 (base oil)
第2回までの検討		$E_{\text{fuel}} = \sum_j^{\text{all}} m_{\text{fuel},j} E_j$	$E_{\text{base oil}} = \sum_j^{\text{all}} m_{\text{base oil},j} E_j$
感度分析	再生重油・油泥	感度分析の対象 $E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{sludge}} E_{\text{sludge}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{oil}} E_{\text{oil}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{grid}} E_{\text{grid}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{solar}} E_{\text{solar}}$ $+ (m_{\text{fuel}, A} - m_{\text{fuel}, \text{coke}} - m_{\text{fuel}, c}) E_{\text{heat}}$	C重油・一般炭を代替 $E_{\text{fuel}}$ $= m_{\text{fuel}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ <b>再生重油は半永久的にC重油を代替する</b> $- m_{\text{fuel}, \text{coke}} E_{\text{coke}}$ $- m_{\text{fuel}, c} E_c + m_{\text{fuel}, \text{grid}} E_{\text{grid}}$ $+ m_{\text{fuel}, \text{solar}} E_{\text{solar}}$ $+ m_{\text{fuel}, A} E_{\text{heat}}$
	水素	天然ガス $E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_gas}} E_{\text{H2\_gas}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}$	太陽光発電の電気分解 $E_{\text{base oil}}$ $= m_{\text{base oil}, \text{diesel}} E_{\text{diesel}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{trans}} E_{\text{trans}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{grid}} E_{\text{elec}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{LNG}} E_{\text{heat}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{H2\_solar}} E_{\text{H2\_solar}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{steam}} E_{\text{steam}}$ $+ m_{\text{base oil}, \text{wwater}} E_{\text{wwater}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gr3}} E_{\text{gr3}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{gas}} E_{\text{gas}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{naphtha}} E_{\text{naphtha}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{light}} E_{\text{light}}$ $- m_{\text{base oil}, \text{heavy}} E_{\text{heavy}}$
	$E(\text{gr3}, \text{heat}) = E_{\text{fuel}} - E_{\text{base oil}}$ $0 \leq E_{\text{gr3}} \leq 2.20$ 基油 $E_{\text{gr3}}$ : 0 ~ 2.20 kg-CO <sub>2</sub> eq/kg $0 \leq E_{\text{heat}} \leq 0.110$ 熱源 $E_{\text{heat}}$ : 0 ~ 0.110 kg-CO <sub>2</sub> eq/MJ		

再生重油が脱炭素化とともに低GHG排出燃料を代替する (0 ~ 0.110 kg-CO<sub>2</sub>eq/MJ)

基油の原単位を変えて試算 (0 ~ 2.20 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg)

図 4-6-25 感度分析方法 (Step2 熱源・基油) (解説)

感度分析の主な結果は以下の通り。

- 再生重油・油泥がC重油・一般炭を代替し続ける場合、新規グループIII基油製造の原単位が約 1.78 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg 以上であれば、基油再生の方が GHG 排出量が小さくなる。再生重油・油泥が低 GHG 排出熱源を代替するようになる場合、新規グループIII基油製造の原単位が約 1.60 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg 以上であれば、基油再生の方が GHG 排出量が小さくなる。

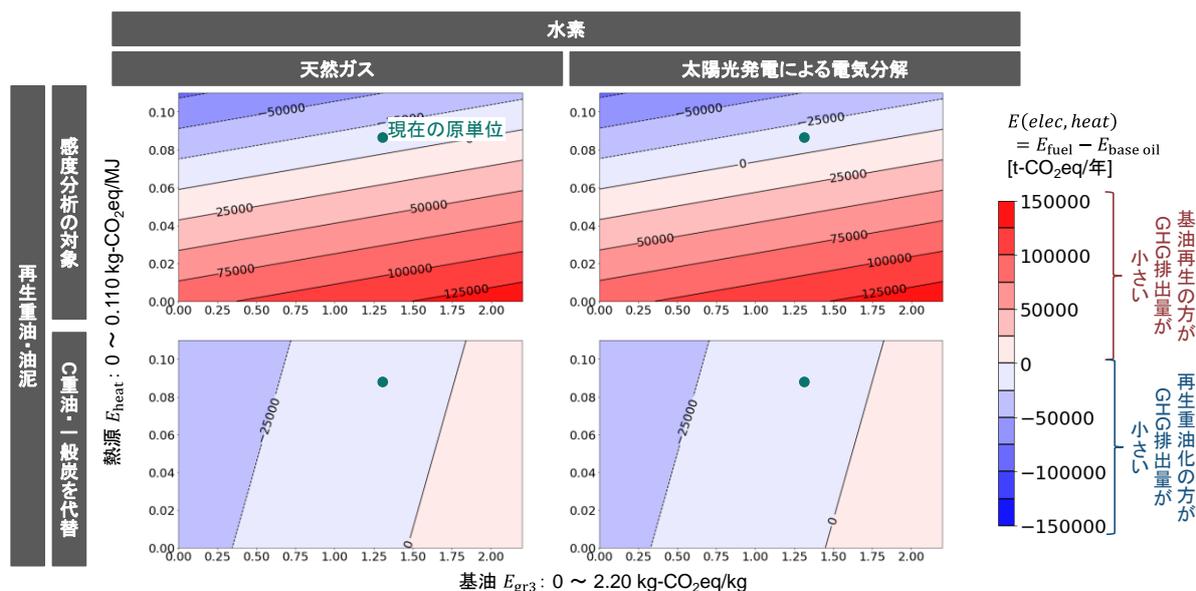


図 4-6-26 感度分析結果 (Step 2.熱源・基油)

### (3) 既往研究との比較

GEIR, ifeu による LCA では、新規基油製造の原単位が約 2 倍の可能性がある。感度分析結果に新規基油製造の原単位が 2 倍となる点をプロットすると、下図のようになり、基油再生の方が再生重油化よりも GHG 排出量が小さくなる。使用する新規基油製造の原単位によって、再生重油化と基油再生の優位性が入れ替わることが明らかになった。

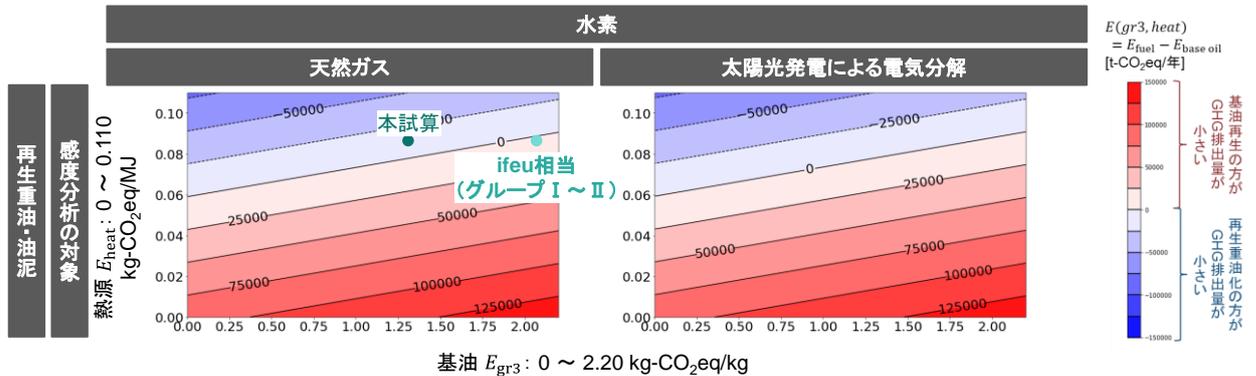


図 4-6-27 ifeu との比較

### (4) その他

将来的に電力の排出係数が 0.0250 kg-CO<sub>2</sub>eq/kWh、熱源の排出係数が 0.0617 kg-CO<sub>2</sub>eq/MJ となった場合、再生重油化よりも基油再生の方が GHG 排出量が小さくなることから、将来、脱炭素が進んだ場合には基油再生が GHG 排出量から優位になる可能性が示された。

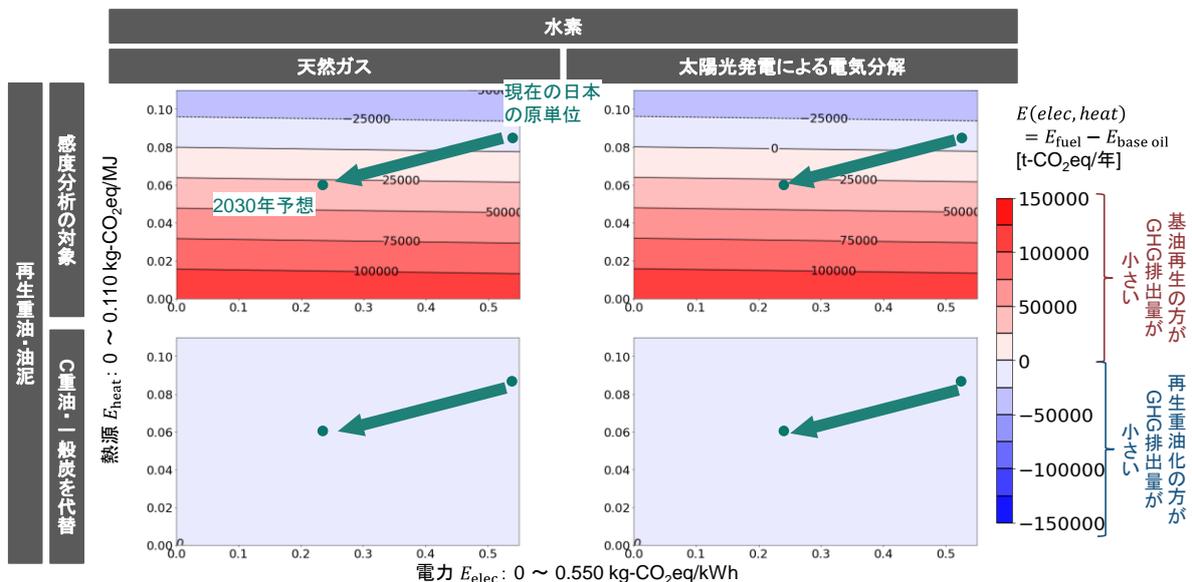


図 4-6-28 (参考) 感度分析結果 (Step 1.エネルギー) <sup>19</sup>

<sup>19</sup> (出典) [1] 首相官邸、「地球温暖化対策計画における対策の削減量の根拠」

#### 4.6.4.6 LCA 結果のまとめ

再生重油化及び基油再生の LCA について、LCA 及び感度分析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ✓ 現在得られた活動量及び利用可能な原単位を用いた場合、基油再生よりも再生重油化の方が GHG 排出量が小さくなる。
- ✓ 新規基油製造の原単位が現在の想定 (1.02 ~ 1.29 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg-base oil) よりも大きくなった場合、再生重油化よりも基油再生の方が GHG 排出量が小さくなる場合がある。
- ✓ 将来のエネルギー (電力・熱源) の原単位を想定した場合、再生重油が C 重油代替から低 GHG 排出燃料の代替に変化することから、基油再生の方が再生重油化よりも GHG 排出量が小さくなる可能性がある。

また、以下の課題が特定された。

- 基油の原単位の不確実性
- 将来のエネルギーの想定
- 溶剤精製の LCA の検討
- 輸送シナリオ及びプラントの最適配置

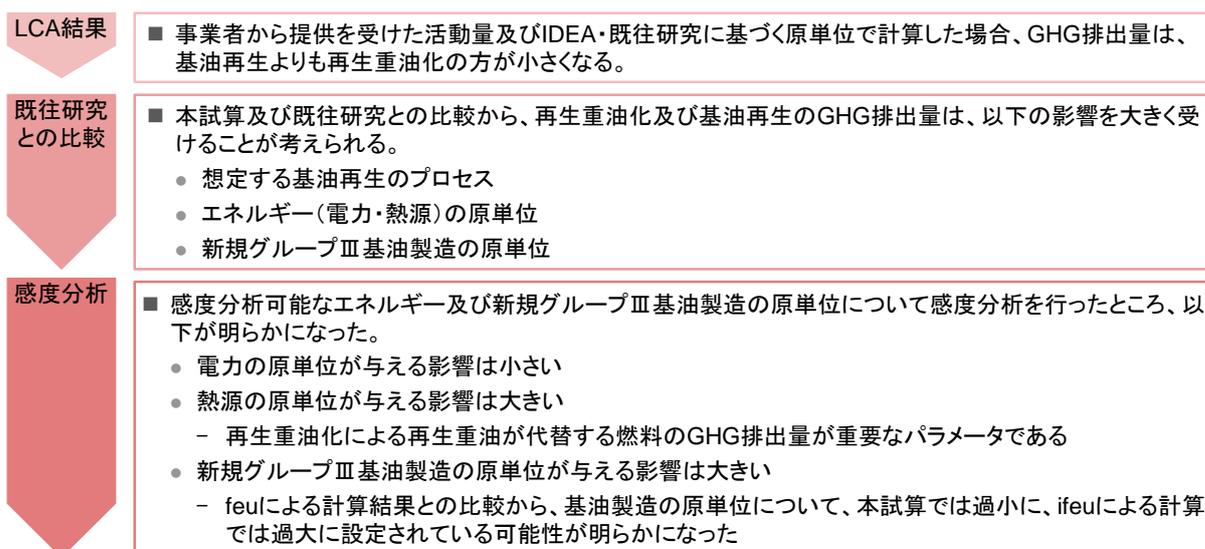


図 4-6-29 LCA 結果のまとめ

#### 4. 7 分別回収システム案の提言

本実証試験において、P 社の水素化分解装置で再生基油を製造する場合、原料廃油は必ずしも分別する必要がないことが明らかとなったが、溶剤精製で基油の再精製を行う場合は、グレードの高い原料廃油が必要であることから、実態調査で明らかとなったディーラーの整備工場等排出

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai47/sankou1.pdf>

事業所を絞ることにより、より高いレベルの原料廃油の回収が可能である。

このため、分別回収システムとしては、「溶剤精製のための分別回収システム」と「水素化分解のための回収システム」のそれぞれのケースについて回収システム案をまとめた。

#### 4. 7. 1 溶剤精製のための分別回収システム案

溶剤精製でグループⅢ再生基油を得るには、原料もグループⅢ基油を使用した廃エンジン油を選択的に処理する必要がある。本事業において、ディーラー整備工場の廃エンジン油のグレードが最も高いことが分かったので、的を絞って回収することも視野に入れて回収作業を行う。

##### (1) 分別回収方法

- ・自動車関連施設から排出される廃エンジン油には、グリコール類であるブレーキ液やクーラントが混合排出される場合があるので、排出事業者に対して分別保管を要請する。
- ・廃工業油を回収する場合、不定期で排出量も直前に依頼される場合がほとんどであるので、分別回収を行う場合は、排出事業者と協議して、予め回収スケジュールが立案できるような体制を構築する。
- ・小型ローリーで分別回収した廃油を、油種ごと（廃エンジン油と廃工業油）に保管できるタンクを設置（攪拌機付き）する。

##### (2) 分別輸送方法

- ・分別した廃油を大型ローリー（17kL：ハッチを廃エンジン油 7：廃工業油 3 で分離）で再精製装置が想定される川崎まで輸送する。

##### (3) 品質確認方法

- ・分別回収時の廃油のサンプル採取と品質の確認は、回収作業の効率を考慮して小型ローリーによる回収作業の終了時点でまとめて行う。この方式でもトレーサビリティの確保は可能である。
- ・再精製装置へ出荷するタンク（攪拌機付き）からサンプル採取を行い、性状を確認する。
- ・輸送中に他油種が混入する場合は想定して、再精製装置に到着時大型ローリーのハッチからサンプル採取を行い、出発時の試験結果と照合する。

#### 4. 7. 2 水素化分解のための回収システム案

現在の再生重油と大差ない回収スキームが考えられるが、P社の受け入れ基準に適合することが必要であり、現在より回収時の品質管理を厳しくすることが求められる。

また、触媒反応を伴う再精製装置は、発熱量重視の燃料油とは異なり、受け入れ基準内でも原料品質のバラツキにより装置の運転条件が変動する恐れがあるので、原料のタンク攪拌等により品質を均一に保持する。

##### (1) 回収方法

自動車関連施設から回収する場合、グリコール類であるブレーキ液やクーラントが混合排出される場合があるので、排出事業者に対して分別保管を要請する。

##### (2) 輸送方法

再精製装置（川崎を想定）までの遠距離輸送には大型ローリー（17kL）を使用する（現在は、

100km 程度の近場の配送がメインである)。

### (3) 品質バラツキ防止方法

現在の再生重油の出荷タンクには、攪拌設備が設置されていない場合がほとんどである。既設のタンクに攪拌設備を設置することは難しいと思われるので、大型ローリーによる出荷時のタンク循環作業を行い品質の均一化を図る。

## 5. まとめ

### (1) 排出事業所の実態

自動車関連施設（ディーラー整備工場、一般整備工場、カー用品店、給油所）の廃油管理：

- ・油種別排出量では、廃エンジン油が全体の約 83% を占めていた。
- ・分別保管状況では、廃エンジン油、廃ギヤ油等の駆動油は同一容器に混合保管されていたが、潤滑油ではないため本来分別保管されるべき廃ブレーキ液が混合保管されているところが 36%、灯油等の燃料油が混合保管されていたところが約 10% あった。

### (2) 分別回収に必要となる設備と分別回収に伴うコストの算出

#### ① 前提条件

関東地区全体で使用済み潤滑油を年間 4 万 kL（関東地区の約 40% に相当）回収することを想定する。年間 4 万 kL は、一日当たり 166.7kL（240 日/年とする）に相当する。これを 10 社で回収する場合、1 社当たりの平均回収量は 16.7kL/日となる。廃エンジン油と廃工業油の比率を 7:3 とすると、廃エンジン油が 11.7kL/日、廃工業油が 5.0kL/日となる。

#### ② 分別回収に必要となる設備と分別回収に伴うコスト

表 5-1 分別回収に必要となる設備と分別回収に伴うコスト

項目		税抜単価 (円/台)	必要数 (台)	設備合計 (千円)	使用年 数(年)	年間費用増加 分(千円/年)
分別用タンク 設備等と費用 (出荷設備 を含むが敷 地のコスト含 めず)	廃エンジン油用タンク(攪拌機付、50kL) 廃工業油用タンク(攪拌機付、30kL)	85,000	10	850,000	10	85,000
	大型ローリーの費用(新車:ステンレス 製)	30,000	10	300,000	10	30,000
小計		115,000		1,150,000		115,000
分別回収に よる年間作 業費増	回収距離増加に伴う燃料費増	—	—	—	—	15,718
	回収時間増加に伴う人件費増	—	—	—	—	41,730
	タンク荷下ろし時間増に伴う人件費増	—	—	—	—	17,100
	小計	—	—	—	—	74,548
長距離輸送(関東全域から川崎市)のコスト		—	—	—	—	21,060
合計		115,000		1,150,000		210,608

③ 1L 当たりの分別回収に伴うコスト増は、 $210,608 \text{ 千円} \div (40,000 \times 10^3 \text{ L}) = 5.3 \text{ 円}$

### (3) 基油再生用原料の価格

#### ① 分別回収を行う場合

上記のように分別回収のコスト合計が 5.3 円/L、そして再生重油の製造変動費（組合企業の平均的な値）が 2.1 円/L とすると、

1L 当たりの分別後の基油再生用原料の価格は、

$$= (\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} - (\text{再生重油製造変動費}) 2.1 \text{ 円/L} + (\text{分別回収}) 5.3 \text{ 円/L}$$

$$= (\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} + 3.2 \text{ 円/L}$$

#### ② 混合回収の場合

再生重油がそのまま水素化分解による基油再生原料として使用可能とする。

分別回収によるタンクの新設と分別回収作業費が不要となるので、10 社合計のコストは、

$$(\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} + (\text{輸送コスト}) 1.28 \text{ 円/L} + (\text{攪拌コスト}) 1.16 \text{ 円/L}$$

$$= (\text{再生重油の価格}) \text{ 円/L} + 2.4 \text{ 円/L}$$

表 5-2 基油再生用原料の価格（混合回収の場合）

項目	単価(千円/台 or 時)	必要数(台/人・時)	合計(千円)	使用年数(年)	増加分(千円/年/4万kL)	増加分(円/年/L)	備考	
輸送コスト	大型ローリーの費用	30,000	10	300,000	10	30,000	0.75	
	長距離輸送のコスト増小計					21,060	0.53	
						51,060	1.28	・タンク新設と分別回収作業費が不要
大型ローリーによる攪拌費用	6	7,760			46,560	1.16	・出荷前に積み込み→荷下ろし→積み込みによるタンク循環を行う。 ・所要時間: 積み込み作業 3.7 分/kL、荷下ろし作業 4.0 分/kL (実証試験で測定) ・10 社合計、194 分/回 × 10 社 × 240 回/年 = 465,600 分 (7,760 時間) ・人件費単価: 2 名 × 3,000 円/時	
追加コスト合計					97,620	2.4		

### (4) 分別管理に関する排出事業者へのアンケート調査

排出事業所において分別管理・排出を徹底するためには、場所を取らない分別のための容器の設置に対する支援、分別管理・排出をスムーズに行えるマニュアルの整備や教育が必要であることが分かった。

また、消防法（危険物の保有数量）への対応については、個別に対応する必要があることが分かった。

### (5) 再精製装置

再精製装置の歴史は古く、欧米を中心に様々な技術革新を経て今日に至る。各社独自の技術・ノウハウを持ち、一朝一夕で再精製技術は得られない。再精製装置は、溶剤精製から水素化精製、さらに水素化分解へと移り変わっている。再生基油の品質も今はグループ II が主流となり、グループ II 基油精製企業はかなりの数に上るが、グループ III 基油は現在 P 社のみで製造している。ほ

とんどのバージン・グループⅢ基油は日本も輸入に頼っており、経済安全保障の観点からも本基油の製造は重要であり、P 社再精製装置が最も優れた装置と認められているため、同装置による実証試験を実施した。

#### (6) 実証試験

ドイツ P 社へ我が国の廃工業油(UIO)と廃エンジン油(UMO)を送付した。我が国の廃工業油と廃エンジン油を 3:7 で混合したサンプルは、同社が 2022 年に受け入れて処理したドイツの平均サンプルと蒸留曲線がほぼ一致したため、我が国とドイツの標準的使用済み潤滑油は性状が類似しており、P 社の水素化分解装置で問題なく処理可能であると判断された。

#### (7) ライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 削減効果

- ・ 2023 年度現在においては、再生重油が C 重油を代替する CO<sub>2</sub> 排出量削減効果が大きく、基油再生よりも再生重油の方が GHG 排出量が小さくなる。
- ・ 2030 年頃の将来の燃料の原単位を想定すると、再生重油が低 GHG 排出燃料を代替するようになり、再生重油による燃料の代替効果が小さくなることから、再生重油化よりも基油再生の方が GHG 排出量が小さくなる。

#### (8) 基油再生を推進させる社会システム調査

イタリアでは、1984 年に設立された CONOU によって、潤滑油業界はサーキュラーエコノミー（基油再生）で世界をリードするまでになった。

CONOU は、拡大生産者責任(EPR)の原則のもと活動しており、廃油の管理、収集および処理のためのコンソーシアムである。1982 年の共和国大統領令 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会社、基油を再精製する会社、廃油を回収する会社、潤滑油を販売する会社などで組織されている。

#### (9) 我が国で基油再生を推進させるための社会システムの提言

理想的にはイタリアの共同事業体（コンソーシアム）的なものを構築することが求められるが、

- ・ その第一ステップとして、排出事業者、回収事業者、再生基油の製造計画事業者、潤滑油製造事業者等の基油再生に関係する事業者・団体の検討協議会を設け、ここにおいてプロジェクト推進のための仕組みの構築をはじめ具体的な国に対する支援の要望を取りまとめる。
- ・ また、この協議会を動かすための動機付けも非常に重要であり、CO<sub>2</sub> 削減の観点からだけでなく循環型経済構築の観点から、そして、基油を海外からの輸入に依存していることを踏まえ、経済安全保障の観点からも国として基油再生の国内推進目標を示唆又は法制化することが必要である。

#### (10) 分別回収システム案の提言

本実証試験において、P 社の水素化分解装置で再生基油を製造する場合、原料廃油は必ずし

も分別する必要がないことが明らかとなったが、溶剤精製で基油の再精製を行う場合は、分別回収により、グレードの高い原料廃油が必要である。

このため、分別回収システムとしては、「溶剤精製のための分別回収システム」と「水素化分解のための回収システム」のそれぞれのケースについて回収システム案をまとめた。

#### 【溶剤精製のための分別回収システム案】

##### ① 分別回収方法

- ・自動車関連施設から排出される廃油には、グリコール類であるブレーキ液やクーラントが混合排出される場合があるので、排出事業者に対してこれらの分別保管を要請する。
- ・廃工業油を回収する場合、不定期で排出量も直前に依頼される場合がほとんどであるので、分別回収を行う場合は、排出事業者と協議して、予め回収スケジュールが立案できるような体制を構築する。
- ・小型ローリーで分別回収した廃工業油と廃エンジン油を、油種ごとに保管できるタンク 2 基を設置（攪拌機付き）する。

##### ② 分別輸送方法

分別した廃油を大型ローリー（17kL：ハッチを廃エンジン油 7：廃工業油 3 で分離）で再精製装置が想定される川崎まで輸送する。

##### ③ 品質確認方法

- ・分別回収時の廃油のサンプル採取と品質チェックは、回収作業の効率低下を避けるため、小型ローリーによる回収作業の終了時点でまとめて行う。この方法でトレーサビリティの確保が可能である。
- ・再精製装置へ出荷するタンク（攪拌機付き）からサンプル採取を行い、分析する。

#### 【水素化分解のための回収システム案】

##### ① 回収方法

自動車関連施設から回収する場合、グリコール類であるブレーキ液やクーラントが混合排出される場合があるので、排出事業者に対して分別保管を要請する。

##### ② 輸送方法

再精製装置（川崎を想定）までの遠距離輸送のための大型ローリー（17kL）で行う。

##### ③ 品質バラツキ防止方法

現在の再生重油の出荷タンクには、攪拌設備が設置されていない場合がほとんどである。既設のタンクに攪拌設備を設置することは難しいと思われるので、大型ローリーによる出荷時のタンク循環作業を行い、品質の均一化を図る。

## 6. おわりに

我が国では、回収された使用済み潤滑油のほとんどは再生重油としてリサイクルされてきた。

基油再生の議論は、我が国においても数十年前から繰り返し行われてきたが、具体的な進展を見ることなく現在に至っている。

この主な理由の一つとして、基油再生の原料の供給を担うことになる回収事業者である再生重油業界が、必ずしも一般には十分に理解されていないことによるものではないかと考えられる。

さらに、使用済み潤滑油の排出事業所についてもその実態が不明で、基油再生の原料確保の観点で基油再精製を目指す事業者の不安材料の一つになっているものと考えられる。

そこで、本事業では、排出事業所の実態を調査すると共に、回収事業者がどのようにして使用済み潤滑油を回収しているかを、分別回収作業を定量化することを通して明らかにすることを心掛けた。今まで当業界とお付き合いがなかった各位の理解が少しでも進めば幸甚である。

基油再生事業が進展するには、原料である使用済み潤滑油の回収事業者、再精製事業者、石油業界、潤滑油製造事業者等が同じ方向を向いて進むことが求められるが、そのためにはまず同じ土俵に乗ったうえで意見交換をする場を設けることから始めてはどうか。

長い歴史のある欧州の例を参考にしながら、我が国独自の基油再生の第一歩を踏み出せるかどうか、国のリーダーシップに期待したい。

以上

リサイクル適性の表示:印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[Aランク]のみを用いて作製しています。