

令和6年度環境省委託事業

令和6年度脱炭素型循環経済システム構築促進事業

(うち、プラスチック等資源循環システム構築実証事業)

使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを実現するための

再生基油製造プロセスの構築及びその検証事業

成果報告書

令和 7年 3月

出光興産株式会社

目次

1. サマリー.....	5
2. 事業の概要.....	12
2.1 事業の目的.....	12
2.2 事業の計画.....	17
2.3 事業の体制.....	19
2.4 事業の期間.....	19
3. 基油再生プロセスの検討.....	20
3.1 既存プロセス活用スキーム.....	20
3.1.1 原料の性状.....	23
3.1.2 プロセス検討.....	26
3.1.3 モデルケースの設計.....	38
3.1.4 コスト試算.....	40
3.1.5 ユーティリティ投入量・エネルギー使用量等の整理.....	45
3.1.6 ヒアリングの実施.....	47
3.2 海外プロセス導入スキーム.....	48
3.2.1 最も技術的に優れた欧州企業の精製プロセスの概要.....	49
3.2.2 投入可能な原料.....	51
3.2.3 コスト試算.....	55
3.2.4 ユーティリティ投入量・エネルギー使用量等の整理.....	56
3.2.5 ヒアリングの実施.....	57
4. LCA の検証・評価.....	58
4.1 はじめに.....	58
4.2 LCA の目的及び調査範囲の設定.....	62
4.3 使用済み潤滑油のリサイクルの LCA に関する文献調査.....	65
4.3.1 使用済み潤滑油の基油再生と再生燃料化の比較.....	65
4.3.2 使用済み潤滑油の基油再生により製造した基油とバージン基油製造の比較.....	67
4.4 再生重油化の LCA.....	68
4.5 基油再生の LCA.....	70

4.5.1	既存プロセス活用スキーム.....	70
4.5.2	海外プロセス活用スキーム.....	71
4.6	まとめと今後の課題.....	72
5.	環境影響低減効果の評価（統合的評価）.....	74
5.1	実施概要.....	74
5.2	シナリオの検討・作成.....	74
5.3	環境影響低減効果に関する文献調査.....	78
5.4	環境影響低減効果の定性的整理・評価.....	80
5.5	環境影響低減効果に関する定量的評価.....	84
5.6	ヒアリングの実施.....	87
5.7	まとめと今後の課題.....	87
6.	国内外の政策動向調査.....	88
6.1	調査概要.....	88
6.2	各国政策動向.....	89
6.2.1	欧州.....	89
6.2.2	ブラジル.....	95
6.2.3	中国.....	98
6.2.4	オーストラリア.....	103
6.2.5	インド.....	107
6.2.6	インドネシア.....	110
6.3	まとめと今後の課題.....	112
7.	結論.....	115
8.	今後.....	118
9.	現地視察会の開催.....	119
10.	共同実施者との打ち合わせの開催.....	119

1. サマリー

使用済み潤滑油の処理を適正化することで、気候変動等の環境問題の解決に貢献しつつ、我が国の潤滑油の供給安定性を向上させることを目的として、使用済み潤滑油をマテリアルリサイクルし再生基油を製造する技術を我が国に社会実装した場合の品質・経済性・環境影響等を調査した。実装する技術は、我が国に既存の石油精製設備を活用するスキーム（既存プロセス活用スキーム）と、海外で稼働している再生基油製造設備を導入するスキーム（海外プロセス導入スキーム）の2種類について検討した。製造する再生基油の品質は、省燃費エンジンオイル等の高性能潤滑油等に多く使用されているAPI分類グループⅢ相当とした。また、我が国において、使用済み潤滑油の回収システムは成熟しており、回収された使用済み潤滑油は燃料用途の再生重油に転換され流通していることから、再生重油を調達して再生基油を製造することを前提とした。

既存プロセス活用スキームについては、出光興産千葉事業所の基油精製工程において、再生重油由来の原料を原油由来の原料に混合投入することとし、必要となる前処理工程を検討した。前処理工程として減圧蒸留及びフルフラール抽出の適用可能性について検討し、いずれも再生重油に含まれている不純物の除去に有効であることがわかった。この結果を基に、再生重油由来原料と原料由来原料の混合比率を含む、再生重油の調達からグループⅢ基油への最終精製までのフローを設計した。また、海外プロセス導入スキームについては、海外の再生基油製造事業者の設備を検討した。既存プロセス活用スキームで用いた再生重油を原料とした場合に当該設備で製造される再生基油の品質を推定したところ、実用可能な品質のグループⅢ基油製造が可能との結論に至った。そして、これらのスキームについて、それぞれ経済性や環境負荷項目の分析を行った。特に経済性については、再生基油が原油由来の基油よりも高コストになる可能性があり、

副生成物の有価利用など、更なる検討が必要であることがわかった。

次に、これらのスキームの環境影響に関して、GHG 排出量に着目したライフサイクルアセスメント (LCA) を実施した。使用済み潤滑油の処理に関する LCA 文献の調査を行い、それらの結果等も踏まえつつ、上記既存プロセス活用スキーム及び海外プロセス導入スキームの調査で得られた環境負荷項目の分析データを基に、それぞれ各スキームのライフサイクルでの GHG 排出量を試算した。更に、いずれのスキームでも用いられる水素の排出原単位等の感度分析を通じて、基油再生による GHG 排出量が再生重油化よりも小さくなる条件を特定し、その GHG 削減量を試算した。また、本結果 LCA の実施にあたっては、外部専門家を含む分科会によって、その妥当性が評価・検証される助言を受けた。更に、GHG による気候変動以外の環境影響についても検討を行った。まず、各スキームの社会実装によって生じると考えられる環境影響等について、定性的な影響の可能性を中心に検討を実施した。検討の結果、再生基油の製造は、再生重油を燃料として利用するよりも、枯渇性資源の削減による資源保全、資源セキュリティの観点での効果が大きいと考えられた。また、外航船輸送の低減に伴うバラスト水削減による生物多様性影響の低減、大気汚染削減効果などもあると考えられた。

海外では再生基油製造を推進する法制度等が存在しており、これは、再生基油製造の環境影響上の利点が重視されつつも経済合理性に頼った推進に限界があるためと考えられる。再生基油製造の社会実装に向けて、我が国においても同様の事象が発生し得ることから、その解決策を講じるための参考として、海外の再生基油製造に関する政策動向を調査した。5 か国 1 地域 (欧州、ブラジル、中国、オーストラリア、インド、インドネシア) を対象として、デスクトップ調査による政策の整理を行い、一部地域については再生事業者へのヒアリングも実施す

ることで、各種政策の有効性を確認した。その結果、拡大生産者責任（EPR）規制や、当該規制の履行状況の管理手法、再生事業者へのインセンティブ付与の方法については、我が国においても有効である可能性があると考えられた。今後、有効と思われる手法の更なる抽出や、それらの有効性の精査を行うとともに、我が国の状況も踏まえた政策の具体化が必要である。

Summary

With the aim of improving the stability of lubricant supply in Japan while contributing to solutions to climate change and other environmental problems through the optimization of used lubricant treatment, we investigated the potential quality, economic viability, and environmental impact of a technology to manufacture re-refined base oil from used lubricant were it to be used in society in Japan. We examined two potential schemes for the implementation of this technology: one that made use of existing oil refining facilities in Japan (existing process utilization scheme), and one that introduced re-refined base oil manufacturing facilities that were already operational overseas (overseas process introduction scheme). In terms of the quality of the re-refined base oil to be manufactured, we aimed for a level equivalent to API Group III, commonly used in high-performance lubricants such as fuel-efficient engine oils. Moreover, the domestic system for collecting used lubricant is well-established, where they are converted into recycled heavy fuel oil and distributed in the market. Therefore, the idea for the manufacture of re-refined base oil was based on the procurement of recycled heavy fuel oil.

In the existing process utilization scheme, we decided to mix recycled heavy fuel oil-derived material with crude oil-derived material in the base oil refining process at the Idemitsu Kosan Chiba Complex and examined the necessary pre-treatment processes. For the pre-treatment processes, we examined the potential application of vacuum distillation and furfural extraction, and discovered that both were effective in removing impurities

from recycled heavy fuel oil. Based on these results, we designed an operational flow from the procurement of recycled heavy fuel oil to the final refinement into Group III base oil, including the mixing ratio for heavy fuel oil-derived material and crude oil-derived material. In the overseas process introduction scheme, we examined the facilities of re-refined base oil manufacturers overseas. We estimated the quality of re-refined base oil manufactured at these facilities using the recycled heavy fuel oil used in the existing process utilization scheme as the material, and concluded that these facilities were capable of manufacturing Group III base oil with a level of quality appropriate for practical use. We also conducted analyses of the economic viability and environmental impact categories of each scheme. In terms of economic viability, it was found that the cost of re-refined based oil may exceed the cost of crude oil-derived base oil, pointing to the need for further investigations into matters such as the profitable utilization of byproducts.

Next, to gauge the environmental impact of these schemes, we conducted a life cycle assessment (LCA) with a focus on GHG emissions. While taking into account our findings from LCA documents related to the treatment of used lubricant, we calculated GHG emissions across the lifecycles of each scheme based on the analytical data of environmental impact categories that we obtained from our investigations of each scheme. Further, through sensitivity analyses of the emissions intensity of hydrogen, which is used in both schemes, we identified the conditions under which GHG emissions from base oil re-refining are lower than from the creation of

recycled heavy fuel oil, and calculated the GHG reduction amount. In conducting this LCA, a subcommittee that included external experts provided advice to ensure that the validity of assessment results was evaluated and verified. We also examined environmental impact other than those related to GHG-induced climate change, starting from the environmental impact of each scheme were they to be introduced in society, with a focus on the potential qualitative impact. The results suggested that the manufacture of re-refined base oil was likely to be significantly effective in terms of resource protection and security as it reduced the use of exhaustible resources, compared to the use of recycled heavy fuel oil as fuel. Other potential impact included the reduction of any negative impact on biodiversity in line with the decrease in ballast water and reduced air pollution, due to the reduction in ocean shipping.

Overseas, there are legal systems in place to promote the manufacture of re-refined base oil. This is likely because, while the environmental benefits of manufacturing re-refined base oil are considered to be of importance, there are limitations to promotion based solely on economic rationality. As we anticipate that similar issues would occur in the event that the manufacture of re-refined base oil was introduced in society in Japan, we investigated overseas trends in policies related to the manufacture of re-refined base oil to serve us as a reference on how to address those potential issues. A desktop survey of policies was conducted for five countries and one region (Europe, Brazil, China, Australia, India, and Indonesia), and in some regions, interviews with recycling business operators were carried out to verify the efficacy of these policies. As a result, we found that extended producer

responsibility (EPR) regulations, methods to manage implementation of these regulations, and methods to incentivize recycling business operators would also likely be effective in Japan. Moving forward, it will be important to further identify methods that could be effective, closely examine their potential efficacy, and bring shape to policies suited to circumstances in Japan.

2. 事業の概要

2.1 事業の目的

(1) 背景

2020年10月26日、菅義偉内閣総理大臣（当時）は、臨時国会の所信表明演説において、我が国は2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。そして、温暖化対策をコストや制約と位置付ける時代から、経済と環境の好循環を生み出すことによって、機会創出と位置付ける時代へ転換させること、すなわち“グリーン成長戦略”が示された。さらに、日本政府は、2021年4月に、2050年カーボンニュートラルと整合的で野心的な目標として、2030年までに温室効果ガス（以下、GHG）を2013年度比46%削減することを目指すことを表明した。これを踏まえ、様々な産業において、GHG排出量削減目標が設定され、脱炭素化に向けた具体策が講じられている。例えば、化石資源である原油の利用を減らし、再生可能エネルギーへ転換すること等が推進されている。潤滑油産業においても、他の産業と同様に、社会全体の脱炭素化への貢献が求められる。

潤滑油は「産業の血液」と呼ばれ、様々な産業において機械を動かすために必要であり、焼き付きや摩耗を防止し機械寿命を延長させるだけでなく、摩擦の低減による省エネルギー化や、油圧装置における圧力の伝達のほか、冷却、洗浄、防錆・防食、密封など多様な目的で使用されている。1966年、Peter Jostは、英国の潤滑不適正による経済損失を約5.15億ポンド、当時の英国のGDPの約1%に相当すると報告した。また、1994年、一般社団法人潤滑油協会も同様の試算を行い、日本においては約13.5兆円、当時の日本のGDPの3~4%に相当すると報告した。この内訳は、部品・設備の寿命や、摩擦によるエネルギー損失等が挙げられた。これらは、カーボンニュートラルに向けた課題と符合するものであり、社会全体の脱炭素化を進めるうえで、潤滑油による機械寿命延長や省エネ

ルギー化は必要不可欠な存在であると言える。従って、潤滑油産業においては、安定供給によって他産業の脱炭素化を基盤的に支えながら、自産業におけるGHG排出量の削減を進めることが必要である。

潤滑油の組成は基油と添加剤からなり、基油が8～9割程度を占める。一般的な潤滑油基油は、石油精製によって原油から燃料やナフサとともに連産品として製造されており、その製造数量は燃料の1/10～1/100程度である。我が国では、脱炭素化・電動化により燃料需要の減退が進んでおり、当社が策定した事業環境シナリオ“碧天+（プラス）”では、パリ協定で設定された“1.5℃目標”の実現に向けて各国政府が急ピッチで対策を進め、非常に早いペースで種々の脱炭素技術が社会実装されることで、2050年にカーボンニュートラルが達成された場合、2050年までに原油処理量が最大で8割減少する可能性があると思込まれた。このことは、2050年カーボンニュートラルに向けて順調に脱炭素化が進む場合、潤滑油基油の供給量が大幅に減少していくことを示している。一方で、潤滑油は、脱炭素化が進んだとしても、依然として様々な産業で機械を動かすために必要であり、その需要は堅調に推移すると推定される。従って、脱炭素化の推進によって、潤滑油基油の供給安定性は低下し、輸入依存度が上昇していくと予想される。つまり、潤滑油産業は、脱炭素化と並行して、基油の供給安定性の改善を図っていかなければならない。

脱炭素化を推進しながら供給安定性を確保する手段としてマテリアルリサイクルがある。使用済み潤滑油は、再生して基油へマテリアルリサイクルすること（基油再生）が技術的に可能であり、そのようにして製造された基油は、再生基油（RRBO; Re-Refined Base Oil）と呼ばれる。再生基油は海外では既に実用化されており、欧米では、潤滑油の販売量に対して、使用済み潤滑油（廃潤滑油）をマテリアルリサイクルして製造される再生基油の製造量が1～3割程度ある。

一方、我が国において再生基油は製造されていない。廃潤滑油の回収率は欧米並みの4割程度であるものの、そのほとんど全てが燃料（再生重油）として消費されている。我が国の廃棄物の焼却による全てのGHG排出の中で、廃潤滑油を含む廃油の燃焼によるものは3割を占めており、有意に貢献している。従って、脱炭素化と供給安定性を両立する上でも、基油再生の実現は有効であると考えられる。

令和2～3年度に、経済産業省資源エネルギー庁は、燃料安定供給対策に関する調査等事業（潤滑油の安定供給に向けた原料確保の多様化に関する調査・分析事業）を潤滑油協会に委託し、基油再生に関する調査・分析を実施した。その結果、海外で製造されている再生基油の品質は多岐にわたっていること、経済性を成立させるために補助金が充当されている場合があること、また、環境影響に関しては、我が国特有の事情を考慮したライフサイクルアセスメント（以下、LCA）が必要であることが指摘された。これらは、基油再生のプロセスによって結果が大きく異なる可能性があると考えられるため、我が国に実装する場合を想定したプロセスの設計が重要である。さらに、当該事業では、我が国に基油再生を実装するには、法制度を含めた社会システムの整備が必要であることも示唆された。そのためには、現行の法制度を踏まえ、どのような変更を加えるべきかを精査する必要がある。

基油再生に使われるプロセスは、主に減圧蒸留と水素化反応または溶剤抽出がある。これらのプロセスの詳細や組み合わせ方は事業者によって違いがあり、製造されている再生基油の品質は様々である。まず、潤滑油は基油に添加剤を配合して製造されるため、再生基油を製造するには添加剤由来の成分を除去しなければならない。これらの成分は、原油には基本的に含まれていない。このため、プロセスに投入するエネルギー等が、原油精製によるバージン基油製造よりも

多く必要となる可能性がある。また、我が国の市場で広く受け入れられるには米国石油協会（API）による分類でグループⅢまたはグループⅡに相当する品質が望ましく、特に潤滑油市場で高いシェアを占める乗用車用ガソリンエンジン油に適用するには、より精製度の高いグループⅢの品質が求められる。一般的に、グループⅢの製造には水素化が必要であるため、エネルギーのみならず、水素等のユーティリティも多く使用する可能性がある。これらのことは、製造コストやGHG排出量に影響を与えると考える。従って、基油再生の社会実装にあたっては、品質、経済性、環境影響を精査し、適切なプロセスを設計しなければならない。

また、我が国の現在の法制度は、廃潤滑油の燃料処理を後押しする形になっているため、我が国で基油再生の導入を実現するためには、体系的な見直しが必要となる。再生重油を含む廃潤滑油由来燃料は省エネ法において非化石エネルギーとして位置付けられ、また、それによるGHG排出量は地球温暖化対策推進法（温対法）に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度（SHK制度）において調整後排出量算定時の控除対象とされている。これらの制度が廃潤滑油由来燃料の需要を支えており、基油再生の実装と競合している。当然、これらは制度上の位置付けでしかなく、実際には、廃潤滑油の燃料利用は化石由来GHGの排出に他ならない。本来、マテリアルリサイクルが困難な廃棄物を燃料利用することは重要であるが、そうでない廃棄物はマテリアルリサイクルを促すような仕組みが必要である。しかし、我が国には、燃料処理よりも基油再生を優先するような規制やインセンティブ制度は存在していない。燃料処理に対して基油再生の優位性が認められた場合には、基油再生を後押しするための法的制度体系が整備されなければならない。

令和4～5年度に、環境省はENEOSと全国オイルリサイクル協同組合（JORC）

に委託し、基油再生に関する環境影響の調査を行ったが、それぞれが異なる結論を導いていた。前者は基油再生の導入により GHG 排出量を削減できるとしているものの、後者は基油再生の導入によりバージン燃料の利用が増えてしまうために GHG 排出量が増大する可能性があるとして指摘した。これらの調査では、GHG 排出量算出の前提となるデータ（バージン基油の製造原単位）として異なる文献値が使われており、このことが結論の相違の一因となっている。また、基油再生の導入によりバージン燃料の利用が増えるというシナリオは、廃潤滑油由来燃料を利用する産業が脱炭素化を進めず引き続き GHG を排出し続けるという想定に基づいている。加えて、いずれも GHG 排出に焦点が当てられており、その他の環境影響についてはあまり考慮されていない。これらの課題に関して、より現実的なデータやシナリオを設定し、統合的な環境影響調査を実施する必要がある。

(2) 目的

これらの課題を解決するために、本事業では、API 分類でグループⅢまたはグループⅡに相当する潤滑油基油と同等の性状を実現しつつ、バージン基油利用時よりも環境負荷（特に GHG 排出量）を低減できる基油再生プロセスを検討し、その経済合理性を検証することとした。また、海外の事例を参考に、我が国において基油再生を推進するために有効な法的制度を検討することとした。

2.2 事業の計画

(1) 基油再生プロセスの検討

基油再生を日本に実装するためのスキームとして、①既に国内に実在する石油精製のプロセスを活用する場合（以下、既存プロセス活用スキーム）と、②海外で実装されている基油再生に特化したプロセスを新たに導入し活用する場合（以下、海外プロセス導入スキーム）を検討対象とし、製造される再生基油の品質、製造するために必要となるエネルギーや資材の量及び製造に伴い排出される GHG や廃棄物等の量をシミュレートすることとした。

既存プロセス活用スキーム（以下、ケース A）では、国内で調達した廃潤滑油に対して減圧蒸留や溶剤抽出により潤滑油基油製造に不要な画分を取り除いた上で水素化精製を実施することを想定した予測を行うこととした。

海外プロセス導入スキーム（以下、ケース B）では、海外で実装されている基油再生に特化したプロセスを新たに導入して基油再生を行うため、国内で調達した廃潤滑油を海外企業に提供し、当該企業のプロセスによって精製することを想定した予測を行うこととした。

(2) LCA の検証・評価

ケース A 及び B の 2 つのシナリオにおいて、(1)において取得されるデータや石油精製事業者及び海外の基油再生事業者から実測やヒアリング等により取得するデータを用い、日本国内における基油再生のライフサイクルでの CO₂ 排出量を算定することとした。

(3) 環境影響低減効果の評価(統合的評価)

ケース A 及び B の 2 つのシナリオにおいて、(1)の検討内容を踏まえつつ、ベースラインシナリオと比較した場合の潤滑油基油再生に関する環境影響低減効果を定性的に整理するとともに、その一部は実証事業におけるプロセス情報を踏まえつつ定量的に整理することとした。

(4) 国内外の政策動向調査

基油再生が進んでいる国・地域を複数選定の上、各国規制・インセンティブプラン等の施策調査をデスクトップならびに業界関係者へのヒアリングを通じて実施し、政策による基油再生の経済性向上やマテリアルリサイクル促進効果を整理することとした。

2.3 事業の体制

本事業の実施体制を図 2-1 に示す。

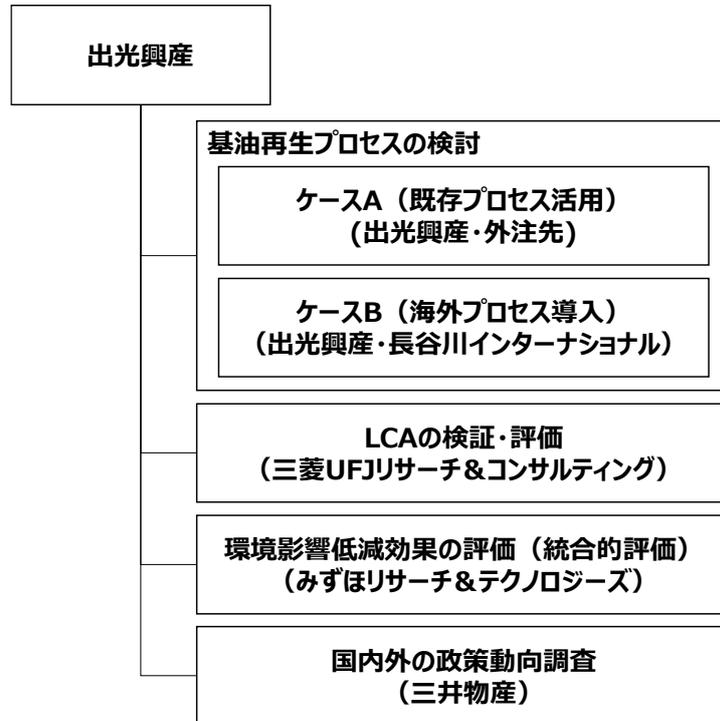


図 2-1 本事業の実施体制

2.4 事業の期間

本事業は、2025年1月15日から2025年3月31日までの期間に実施された。

3. 基油再生プロセスの検討

3.1 既存プロセス活用スキーム

原油由来の一般的な基油は、燃料等の連産品として製造される。出光興産では、千葉事業所において基油を製造している。当該事業所では、基油に必要な粘度留分を取り出す蒸留に加え、水素化脱蠟及び水素化精製等の工程を経て基油を製造している。これらの精製工程は原油由来の成分を前提に構築されている。本項では、当該事業所の上記精製工程に、使用済み潤滑油（廃潤滑油）由来の原材料を投入して再生基油を製造することを想定し、検討を行った。また、当該事業所ではリサイクル材（廃潤滑油由来の基油原料）とバージン材（原油由来の基油原料）を切り替えて製造を行うことが極めて困難であるため、バージン材にリサイクル材を混合することで、部分リサイクル製品として再生基油を製造することとした。

廃潤滑油を原料とする場合、当該精製工程で想定されている成分の前提が大きく異なる。まず、廃潤滑油の排出時には、使用時に混入した水分や摩耗粉、潤滑油が劣化・変成して生じた固形物（スラッジ）等が含まれている。これらの物質については、廃潤滑油から再生重油を製造する際に、既存の再生重油製造事業者が遠心分離や加熱処理によって大部分を除去できている。しかし、潤滑油中に安定して溶存或いは分散している添加剤由来の物質は、これらの方法ではほとんど除去できない。添加剤には多様な種類があり、それらの中には、原油にはほとんど含まれない金属元素を有しているものも多い。従って、当該精製工程の前段階にて、適切な前処理を施し、これらの不純物を取り除くことが重要となる。

図 3-1 に既存プロセスを活用した再生基油の製造スキームの例を示した。今回、技術的課題の大きな添加剤由来物質の除去を対象とすべく、再生重油を原料として検討を行った。不純物除去のための前処理として減圧蒸留及びフルフラ

ール抽出を想定し、出光興産千葉事業所外で実施することとした。当該事業所にも減圧蒸留設備があるが、設備構成上、基油の製造に特化しているわけではないため、大部分が基油以外（燃料等）に転換されてしまう可能性が高い。そこで、基油の製造に特化した精製を実施できる外注先を起用することとした。以降、出光興産千葉事業所ならびに当該事業所の精製工程をそれぞれ最終精製工場ならびに最終精製工程、外注先ならびに外注先が担当する工程をそれぞれ前処理工場ならびに前処理工程と記載する。

本節における検討のフォーカスは、以下の通りである。

- ▶ 前処理工程として位置付けた減圧蒸留及びフルフラール抽出での不純物低減効果を明らかにし、リサイクル材とバージン材の実現可能な混合比率を特定すること。
- ▶ 前記混合比率に影響を与える廃潤滑油の品質を特定し、収集すべき廃潤滑油の品質を明らかにすること。
- ▶ 本プロセスにおける基油再生の経済性確保の観点から、製造コストを明らかにすること。
- ▶ 本プロセスの環境影響評価の観点から、LCA 及び統合的評価に必要なデータ（燃料・電力・水・薬品等の使用量等）を収集すること。

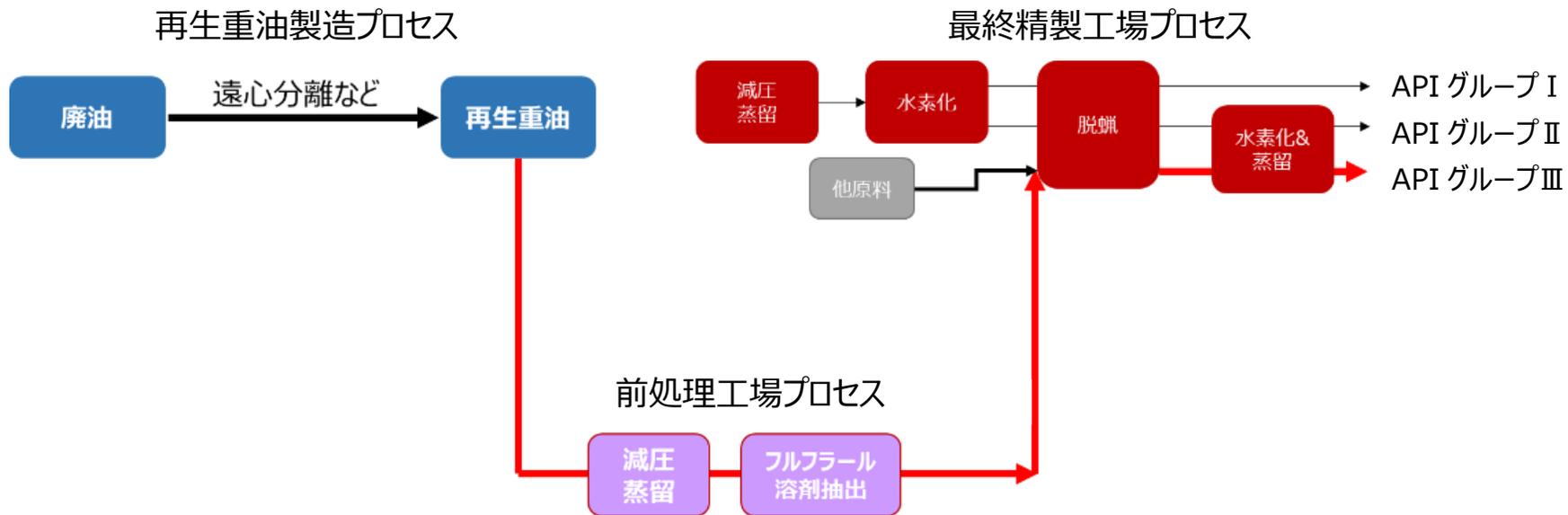


図 3-1 既存プロセス活用スキーム

3.1.1 原料の性状

再生重油には、潤滑油基油に成り得る炭化水素（パラフィン、ナフテン、アロマ）成分以外に、様々な不純物が含まれる。不純物は最終精製工程において装置腐食や触媒被毒の原因となる可能性が高い。そこで、本検討の原料として用いる再生重油の性状及び組成評価を実施した。なお、塩素（Cl）分については特に低減が必要であることから、塩素分の異なる複数のロットを用いた。結果は表 3-1、表 3-2、表 3-3 に記載した。

表 3-1 原料一般性状

項目	単位	評価法	原料①	原料②	原料③
備考	—	—	標準品	高塩素品	低塩素品
密度	g/cm ³	JISK2249	0.8629	0.8674	0.8669
40℃動粘度	mm ² /s	JISK2283	29.34	—	32.2
引火点(COC)	℃	JISK2265	144.0	—	144.0
流動点	℃	JISK2269	-43	—	-37.5
水分	wt%	JISK2275	0.89	—	—
残留炭素	質量%	JISK2270	0.99	—	—

表 3-2 原料蒸留性状

項目	単位	評価法	原料①	原料②	原料③
IBP	°C	JISK2254	162.5	168.0	168.0
5%	°C	同上	224.5	220.5	251.0
10%	°C	同上	300.5	266.5	345.0
20%	°C	同上	377.0	347.0	390.0
30%	°C	同上	402.0	388.0	406.0
40%	°C	同上	416.5	411.0	418.0
50%	°C	同上	429.0	428.5	429.0
60%	°C	同上	443.0	448.0	441.0
70%	°C	同上	459.5	472.0	456.0
80%	°C	同上	483.5	504.0	476.0
90%	°C	同上	532.0	561.0	517.0
95%	°C	同上	587.5	602.5	554.0
97%	°C	同上	604.5	614.5	578.0
EP	°C	同上	679.0	686.5	639.0

表 3-3 原料中の各元素含有量

項目	単位	評価法	原料①	原料②	原料③
Al	質量 ppm	JISK0116	27	38	5 未満
Ca	質量 ppm	同上	760	770	800
Cl	質量 ppm	—	280	470	240
Cu	質量 ppm	JISK0116	22	29	7
Fe	質量 ppm	同上	200	260	32
K	質量 ppm	同上	19	11	14
Mg	質量 ppm	同上	140	74	130
Mn	質量 ppm	同上	8	8	5 未満
Mo	質量 ppm	同上	240	97	200
N	質量 ppm	JISK2609	770	540	640
Na	質量 ppm	JISK0116	20	27	12
P	質量 ppm	JISK0116	620	720	48
Pb	質量 ppm	同上	2.7	5	5 未満
S	質量 ppm	JISK2541	4,600	6,200	3,200
Si	質量 ppm	JISK0116	110	260	15
Zn	質量 ppm	同上	640	670	430

評価結果のうち、着目すべきは水分と各元素含有量である。特に水分や塩素分は最終精製工程における装置腐食の原因となりうる。また、各種の金属分は後段の水素化プロセスにおいて触媒被毒となりうる。このため、前処理工程を実施することで、これらの原料中の不純物濃度の低減が可能か検討した。

3.1.2 プロセス検討

廃潤滑油から潤滑油基油を製造するまでの工程の全体像は先に示した通りである。まず、前処理工程として、潤滑油基油に適した蒸留性状の留分（基油留分）を得つつ、沸点の違いを利用して不純物を除去することを目的として、減圧蒸留を行うことを検討した。続いて、もう一つの前処理工程として、溶剤への溶解性の違いを利用して不純物を除去することを目的として、フルフラール抽出を行うことを検討した。そして、その生成物が最終精製工程である水素化脱蠟・水素化精製に与える影響の評価を行った。

(1) 減圧蒸留

減圧蒸留による不純物除去の可能性を検討するため、実験室レベルでの実験（ラボ実験）を行った。実験のスキームを図 3-2 に示す。

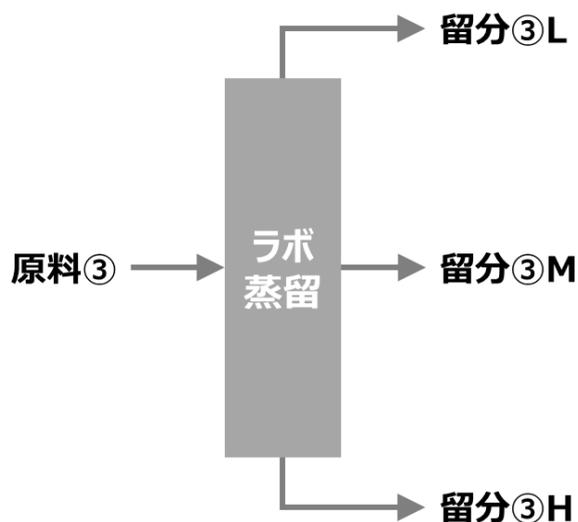


図 3-2 減圧蒸留のラボ実験スキーム

実験条件は以下の設定とした。

表 3-4 減圧蒸留のラボ実験条件

項目	内容
装置名	減圧式単蒸留装置
減圧度	10kPa 未満
最高温度	400°C未満
カット条件（収率）	留分③L（軽質分） : 18vol% 留分③M（メイン分） : 51vol% 留分③H（重質分） : 31vol%
原料油	原料③

本実験により得られた留分をそれぞれ留分③L（軽質分）、留分③M（メイン分）、留分 H（重質分）と呼称する。

① 減圧蒸留による物性及び組成の変化

原料③及び蒸留で得られた留分③L, M, H の一般性状、蒸留性状、各元素含有率を比較したものを以下に示す。

表 3-5 減圧蒸留後の一般性状

項目	単位	評価法	原料③	留分③L (軽質分)	留分③M (メイン 分)	留分③H (重質分)
密度	g/cm ³	JISK2249	0.8669	0.8345	0.8485	0.9096
40°C動粘度	mm ² /s	JISK2283	32.2	3.943	23.10	222.90
流動点	°C	JISK2269	-37.5	—	-22.5	—

表 3-6 減圧蒸留後の蒸留性状

項目	単位	評価法	原料③	留分③L (軽質分)	留分③M (メイン 分)	留分③H (重質分)
IBP	°C	JISK2254	168.0	140.0	340.0	372.0
5%	°C		251.0	188.0	376.0	452.0
10%	°C		345.0	197.0	388.0	463.0
20%	°C		390.0	222.0	288.0	477.0
30%	°C		406.0	244.0	411.0	490.0
40%	°C		418.0	267.0	418.0	503.0
50%	°C		429.0	303.0	426.0	516.0
60%	°C		441.0	333.0	434.0	529.0
70%	°C		456.0	362.0	442.0	543.0
80%	°C		476.0	386.0	453.0	560.0
90%	°C		517.0	409.0	468.0	590.0
95%	°C		554.0	425.0	482.0	616.0
97%	°C		578.0	436.0	493.0	635.0
EP	°C		639.0	484.0	528.0	647.0

表 3-7 減圧蒸留後の各元素含有量

項目	単位	評価法	原料③	留分③L (軽質分)	留分③M (メイン分)	留分③H (重質分)
Al	質量 ppm	JISK0116	5 未満	5 未満	5 未満	10
Ca	質量 ppm	同上	800	5 未満	5 未満	2,700
Cl	質量 ppm	—	240	130	220	110
Cu	質量 ppm	JISK0116	7	5 未満	5 未満	22
Fe	質量 ppm	同上	32	5 未満	5 未満	110
K	質量 ppm	同上	14	5 未満	5 未満	53
Mg	質量 ppm	同上	130	5 未満	5 未満	440
Mn	質量 ppm	同上	5 未満	5 未満	5 未満	5 未満
Mo	質量 ppm	同上	200	5 未満	5 未満	660
N	質量 ppm	JISK2609	640	260	260	1,300
Na	質量 ppm	JISK0116	12	5 未満	5 未満	45
P	質量 ppm	JISK0116	48	19	5 未満	130
Pb	質量 ppm	同上	5 未満	5 未満	5 未満	5 未満
S	質量 ppm	JISK2541	3,200	4,000	1,200	4,800
Si	質量 ppm	JISK0116	15	150	5 未満	40
Zn	質量 ppm	同上	430	5 未満	5 未満	1,500

② 減圧蒸留による不純物除去効果

原料③に含まれていた元素のうち、一部を除いてほとんどは重質分へ濃縮され、目的留分である留分③M においては検出限界未満となるまで除去することができた。従って、減圧蒸留は大部分の不純物を除去できる極めて有効な手段であることがわかった。しかし、塩素 (Cl)、窒素 (N)、硫黄 (S) 等は留分③M に残留した。

金属成分が錯体あるいは塩の状態で存在している場合、その沸点は一般的に非常に高い。このため、金属成分のほとんどが重質留分中に存在したものと思われる。一方、残留した元素に関しては、炭化水素と結合した有機化合物として存在しており、同じく炭化水素からなる基油成分と類似した沸点を有していたことから、沸点の違いを利用した除去はできなかつた可能性が高い。

(2) フルフラール抽出

次に、減圧蒸留で除去しきれなかった不純物の濃度を、フルフラール抽出装置によって更なる低減が図れるかを検証した。本来、フルフラール抽出装置は基油中の芳香族濃度を低減させることが主たる目的の装置である。これは、基油と芳香族のフルフラールに対する溶解性の違いを利用したものである。今回は、この原理を廃潤滑油中の基油成分とそれ以外の不純物の溶解性の違いに適用できる可能性があると考え、ラボ実験による検証を実施した。

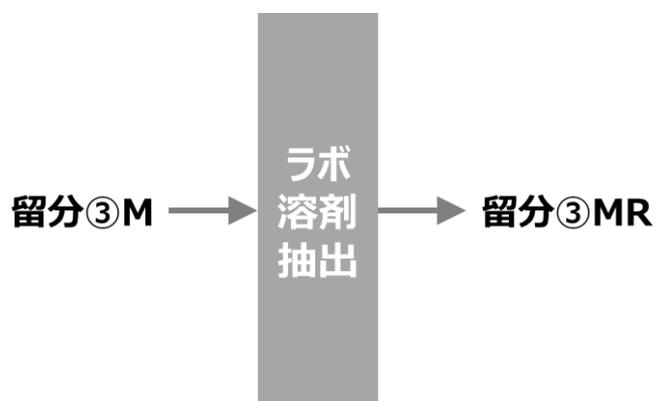


図 3-3 フルフラール抽出のラボ実験スキーム

フルフラール抽出のラボ実験条件は以下の設定とした。

表 3-8 フルフラール抽出ラボ実験条件

項目	内容
装置名	フルフラール抽出実験装置
原料油	留分③M
フルフラール/原料比率	1.0
温度	70℃
攪拌時間	30分

フルフラール抽出により得られた留分を留分③MR と呼称する。

① フルフラール抽出による組成の変化

原料③と留分③M、留分③MR の性状等を比較したものを以下に示す。

表 3-9 減圧蒸留後、フルフラール抽出後の一般性状

項目	単位	評価法	原料③	留分③M	留分③MR
密度	g/cm ³	JISK2249	0.8669	0.8485	0.8507
40℃動粘度	mm ² /s	JISK2283	32.2	23.10	20.30
屈折率@20℃	—	JISK0062	1.4707	—	1.4673

表 3-10 減圧蒸留後、フルフラール抽出後の蒸留性状

項目	単位	評価法	原料③	留分③M	留分③MR
IBP	°C	JISK2254	168.0	340.0	344.0
5%	°C	同上	251.0	376.0	378.5
10%	°C	同上	345.0	388.0	391.0
20%	°C	同上	390.0	288.0	404.5
30%	°C	同上	406.0	411.0	414.0
40%	°C	同上	418.0	418.0	422.0
50%	°C	同上	429.0	426.0	429.5
60%	°C	同上	441.0	434.0	437.5
70%	°C	同上	456.0	442.0	446.0
80%	°C	同上	476.0	453.0	457.0
90%	°C	同上	517.0	468.0	471.5
95%	°C	同上	554.0	482.0	485.0
97%	°C	同上	578.0	493.0	494.5
EP	°C	同上	639.0	528.0	524.0

表 3-11 減圧蒸留後、フルフラール抽出後の各元素含有量

項目	単位	JIS 表記	原料③	留分③M	留分③MR
Al	質量 ppm	JISK0116	5 未満	5 未満	—
Ca	質量 ppm	同上	800	5 未満	—
Cl	質量 ppm	—	240	220	53
Cu	質量 ppm	JISK0116	7	5 未満	—
Fe	質量 ppm	同上	32	5 未満	—
K	質量 ppm	同上	14	5 未満	—
Mg	質量 ppm	同上	130	5 未満	—
Mn	質量 ppm	同上	5 未満	5 未満	—
Mo	質量 ppm	同上	200	5 未満	—
N	質量 ppm	JISK2609	640	260	110
Na	質量 ppm	JISK0116	12	5 未満	—
P	質量 ppm	JISK0116	48	5 未満	14
Pb	質量 ppm	同上	5 未満	5 未満	—
S	質量 ppm	JISK2541	3,200	1,200	900
Si	質量 ppm	JISK0116	15	5 未満	—
Zn	質量 ppm	同上	430	5 未満	—

② フルフラール抽出による不純物除去効果

蒸留だけでは除去できなかった塩素 (Cl)、窒素 (N)、硫黄 (S) 分について、フルフラール抽出により一定程度の濃度減少を確認できた。従って、溶解性の違いを利用した除去は有効であると考えられる。しかしながら、これらの元素を検出限界未満となるまで除去することはできなかったことから、減圧蒸留と比較すると採用の優先度は低いと考える。

更に、これらの元素は、わずかな含有量であっても、後段の最終精製工程において大きな障害となる。従って、本事業で検討したプロセスの範囲においては、最終精製工程に影響を与えないよう、バージン材でこれらの成分を十分に希釈しなければならないことがわかった。将来的に、バージン材による希釈を排するためには、これらの元素の少ない廃潤滑油を原料として用いるか、これらの元素の除去に有効な溶剤抽出や化学反応の方法を見出して導入する必要がある。

(3) 最終精製工程への影響評価

下表に、最終精製工程（水素化脱蠟・水素化精製）に影響を与える主な元素を記載した。

表 3-12 各元素が最終精製工程に与える影響

元素	主な影響
塩素 (Cl)	触媒被毒、装置腐食
窒素 (N)	触媒被毒
硫黄 (S)	触媒被毒

最終精製工程に用いる各種装置や触媒の仕様（営業秘密のため非開示）を網羅的に参照して比較したところ、このうち、もっとも厳しい制約となるのは塩素であることがわかった。前項に示した塩素濃度を基準に、リサイクル材とバージン材の許容可能な混合比率を算出したところ、そのリサイクル材の比率は0.1～1.0 vol%となった。

混合比率を増加させるためには、塩素の除去に特化した工程を導入する、再生重油の塩素濃度を予め分析し低塩素の再生重油を選定して調達する、低塩素な特定の種類の廃潤滑油を回収し再生重油化する仕組みを構築する、などの方策がある。これらを実現できれば、許容可能な混合比率を更に上昇できる可能性があり、引き続き検討が必要である。

(4) 装置腐食への対策

前処理工程の有効性についてはラボ実験で確認できたが、実際の装置に対して再生重油を投入するには、それらの装置に対する腐食の影響を考慮する必要がある。特に、減圧蒸留装置は不純物が最も多い状態で通油されるため、腐食影響が最も大きいと考えられる。一般的に、石油精製装置の主な腐食要因は、塩酸腐食及びナフテン酸腐食である。

これまで述べてきた通り、原料となる廃潤滑油または再生重油中には、多量の塩素が含まれている。塩素はその状態から有機塩素と無機塩素に大別される。有機塩素とは主にクロロパラフィンやクロロエステルと呼ばれる化合物であり、潤滑油添加剤の一部に使用されている。無機塩素とは塩素原子が炭素原子以外の元素と結合しているものを指し、塩化水素や塩化ナトリウムなどが代表的な化合物である。中でも塩化水素は、水と同時に存在する場合に塩酸となり、強力な腐食要因である。有機塩素は直ちに問題にはならないが、これらが高温で分解された場合、塩化水素へと変化し腐食要因となりうる。また、ナフテン酸腐食は、原料（通常の石油精製の場合は原油）中に含まれるナフテン酸が腐食を発生させるものである。

こうした酸による腐食対策として、強アルカリである苛性ソーダ（NaOH）の添加が行われることがある。本検討においても、腐食要因となる物質を苛性ソーダによって中和または除去できる可能性があり、その有用性を検証する必要がある。

3.1.3 モデルケースの設計

以上の検討状況を踏まえ、社会実装を目指す基油再生のモデルケースを設計した。その結果を図 3-4 に示す。前処理工程において、金属成分を大幅に低減できる減圧蒸留を採用するものの、フルフルール溶剤抽出についてはその他の制限元素（塩素・窒素・硫黄）の低減効果が限定的であったことから、これを排し、バージン材との希釈率を高めることで対処することとした。

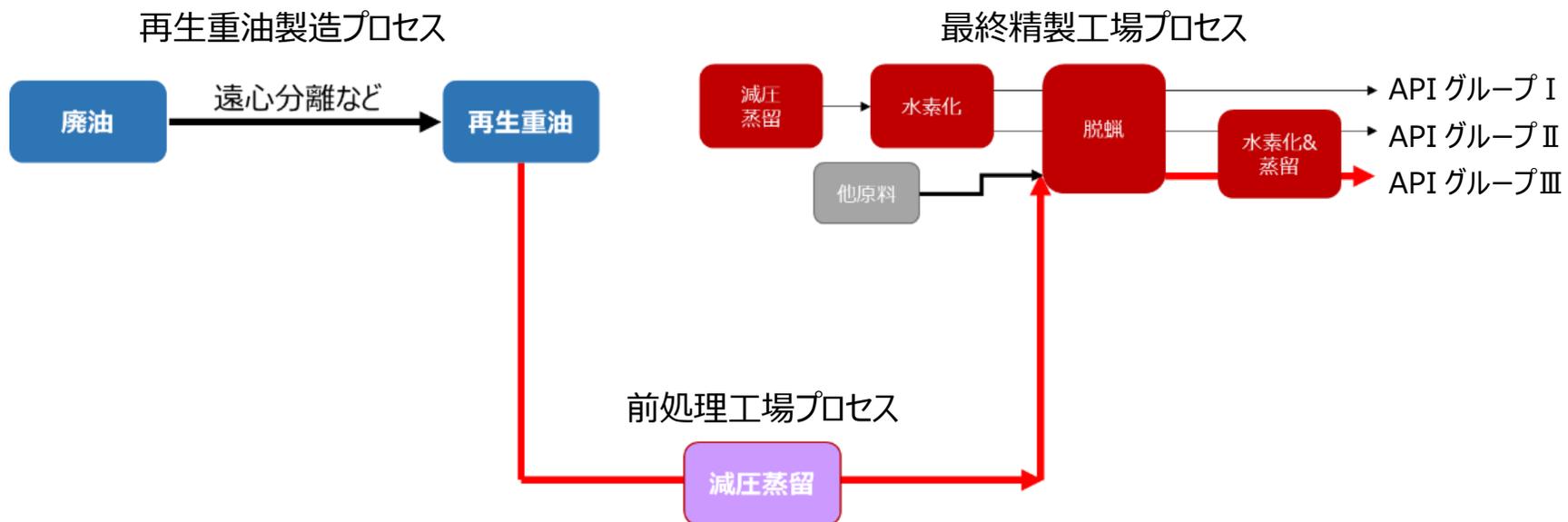


図 3-4 既存プロセス活用による基油再生モデルケース

3.1.4 コスト試算

上述のプロセスにおける基油再生の経済性を明らかにするため、コストを試算した。コストの内訳は、再生重油の調達コスト、再生重油の前処理工場への輸送コスト、前処理工場での精製コスト、前処理工場から最終精製工場への輸送コスト、最終精製工場での精製コストに区別して整理することができる。各コストについて、単位原材料数量あたりの推定値を以下に記載する。

- 再生重油の調達コスト：70 円/L

資源エネルギー庁の石油製品価格調査によれば 2024 年度の A 重油の価格は約 100 円/L で安定しており、また、再生重油は A 重油の 7 割程度で取引されていると報告されていることを考慮して設定した。

- 再生重油の前処理工場への輸送コスト：10～15 円/L

石油製品用タンクローリーでの輸送を想定し、国土交通省による令和 6 年 3 月告示のトラック運送業における標準的な運賃表を参考に、想定される輸送距離及び輸送数量を考慮して設定した。

- 前処理工場での委託精製コスト：15～30 円/L

営業秘密のため根拠は非開示とする。

- 前処理工場から最終精製工場への輸送コスト：3～5 円/L

内航油送船により約 1,000 km 輸送することを想定し、日本内航海運組合総連合会が令和 6 年 3 月に報告した「データで読み解く内航海運」における内航元請運賃表を参考に、想定される輸送距離及び輸送数量を考慮して設定した。

- 最終精製工場での精製コスト：30～45 円/L

営業秘密のため根拠は非開示とする。

上記のコスト等を単純に加算すると 128～165 円/L となるが、再生重油から再生基油を製造するまでの一連の工程において、その経済性を正しく評価する為には、各工程における歩留まり（収率）を考慮する必要がある。前処理工場及び最終精製工場における収率はそれぞれ 70%程度を見込んでいる。

表 3-13 一連の工程におけるコストと歩留まり

記号	項目	コスト	収率
①	再生重油の調達コスト	70 円/L	
②	再生重油の前処理工場への輸送コスト	10～15 円/L	
③	前処理工場での委託精製コスト(原料 1 L あたり)	15～30 円/L	
④	前処理工場での歩留まり		70%
⑤	前処理工場から最終精製工場への転送コスト	3～5 円/L	
⑥	最終精製工場での歩留まり		70%
⑦	最終精製工場での精製コスト（製品 1 L あたり）	30～45 円/L	

上記を考慮すると、再生基油 1 L あたりの合計コストは以下の数式で算出できる。

$$\{(\text{①}+\text{②}+\text{③})\div\text{④}+\text{⑤}\}\div\text{⑥}+\text{⑦}$$

以上より、再生基油 1 L あたりの合計コストは 228～287 円/L となった。

上記価格を原油由来の基油の市況価格と比較すると、API 分類でグループ I 及びグループ II よりも大幅に高価であり、グループ III の価格をも超えてしまう可能性が高い。そこで、経済性の改善可能性を検討するため、各工程が最終製品 1 L あたりのコストに与える影響を分析した。各工程のコストがゼロになるか、収率が 100% になった場合に、どの程度合計コストを低減できるかを計算した。結果的に、計算式は下記の通りとなった。

- 再生重油の調達コストの影響： $\text{①}\div\text{④}\div\text{⑥}$
- 再生重油の前処理工場への輸送コストの影響： $\text{②}\div\text{④}\div\text{⑥}$
- 前処理工場での精製コストの影響： $\text{③}\div\text{④}\div\text{⑥}$
- 前処理工場での歩留まりの影響： $(\text{①}+\text{②}+\text{③})\div\text{④}\div\text{⑥}-(\text{①}+\text{②}+\text{③})\div\text{⑥}$
- 前処理工場から最終精製工場への輸送コストの影響： $\text{⑤}\div\text{⑥}$
- 最終精製工場での歩留まりの影響：
$$\{(\text{①}+\text{②}+\text{③})\div\text{④}+\text{⑤}\}\div\text{⑥}-\{(\text{①}+\text{②}+\text{③})\div\text{④}+\text{⑤}\}$$
- 最終精製工場での精製コストの影響： ⑦

表 3-14 コスト分析結果

影響項目	コストへの影響度
再生重油の調達コスト	143 円/L
再生重油の前処理工場への輸送コスト	20～31 円/L
前処理工場での精製コスト	31～61 円/L
前処理工場での歩留まり	58～70 円/L
前処理工場から最終精製工場への輸送コスト	4～7 円/L
最終精製工場での歩留まり	59～73 円/L
最終精製工場での精製コスト	30～45 円/L

まず、最も影響が大きいのが再生重油の調達コスト 143 円/L であり、合計コストの半分以上を占めていることがわかった。この時点で既にグループ I 及びグループ II よりも高価であり、これらの品質の基油への再生はそもそも経済合理性が成立しないと考えられる。そして、この調達コストを合計コスト 228～287 円/L から除いて得られる 85～144 円/L が製造コストとなる。この中で影響が大きいのが、前処理工場及び最終精製工場での歩留まりであった。今回設計したモデルケースでは、最終的に再生基油にならない副生成物として軽油や重油留分が回収可能であることから、これらの有価利用を含めた経済性の検討が今後必要である。なお、この歩留まりの影響度は、原料すなわち再生重油の調達コストにも影響を受けており、このコストを低減できれば歩留まりの影響度も小さくなる。

次に、上記の合計コストがグループ III の市況価格を下回ることができる条件

を検討した。2025年3月現在のグループⅢ基油の価格は150円/L程度であるため、合計コストの下限値が150円/Lになるような再生重油の調達コストと歩留まりを調査した。まず、再生重油の調達コストを70円/Lから32円/Lに変更した場合、合計コストは150～210円/Lとなった。また、歩留まりを前処理工場及び最終精製工場ともに70%（すなわち合計49%）から90%（すなわち合計81%）に変更した場合、合計コストは150～193円/Lとなった。従って、経済性を成立させるための課題として、再生重油の調達コストの低減については38円/L程度が、歩留まりの改善については32%程度が目標設定の目安となると考える。

3.1.5 ユーティリティ投入量・エネルギー使用量等の整理

LCA の検証・評価及び環境影響低減効果の評価（統合的評価）を実施するため、各工程におけるユーティリティ（燃料・電力など）投入量及びエネルギー使用量を算出する必要がある。ここでは、上記のモデルケースにおける、前処理工程、前処理工場から最終精製工場への輸送及び最終精製工程について、ユーティリティ投入量・エネルギー使用量を調査した。

- 前処理工程（減圧蒸留）

モデルケースの前処理工程で使用を想定した装置について、再生重油の性状とラボ実験の結果に基づき、留出入量、ユーティリティ投入量・エネルギー使用量を推定した。本工程の製品は最終精製工程の原料となる留分であり、その収率は前述の通り 70%とした。なお、残り 30%の副生成物は C 重油に相当する燃料として回収することができる。また、酸価等の低減を目的として苛性ソーダを注入することを想定し、副資材として苛性ソーダを使用することとした。再生重油を処理する場合の苛性ソーダ注入量は現在検討中であるため、今回は、当該装置で原油由来の基油を製造する場合に使用する苛性ソーダ注入量を用いた。なお、苛性ソーダは水溶液の形態で注入され、水分のほとんどは水蒸気として大気放出される。

表 3-15 前処理工場におけるユーティリティ投入量・エネルギー使用量

処理原料	留出入			ユーティリティ投入・エネルギー使用					副資材
	原料	製品	C 重油	燃料(C 重油)	蒸気	電気	工業用水	窒素	苛性ソーダ
	(kL)	(kL)	(kL)	(L)	(t)	(kWh)	(m ³)	(m ³)	
再生重油	1	0.70	0.30	39.0	0.04	24.1	0.13	2.1	0.78

- 前処理工場から最終精製工場への輸送

前処理工場から最終精製工場への輸送手段は、内航油送船とし、その輸送距離は 1,000 km とした。内航輸送船によるユーティリティ投入量・エネルギー使用量に関しては、産業技術総合研究所が開発した LCI データベースである AIST-IDEA に収載されているため、これを用いることとした。

- 最終精製工程

最終精製工程に投入するリサイクル材の量はバージン材に対してわずかであるため、ユーティリティ投入量・エネルギー使用量等はバージン材を原料とした時とほとんど同じである。本工程では、燃料ガス、蒸気、電気、水素及びアンモニアを使用するが、その数量の詳細は営業秘密のため非開示とする。なお、副生成物は軽油の原料となる。

3.1.6 ヒアリングの実施

上述の検討を行うにあたり、国内企業（外注先）へのヒアリングを下記の通り行った。

表 3-16 ヒアリング実施概要

実施日	概要
2025年2月21日(金)	<ul style="list-style-type: none">● 処理油の分析結果について● 装置腐食の対策について● モデルケースの設計について● ユーティリティ投入量・エネルギー使用量等について

3.2 海外プロセス導入スキーム

日本市場での生産量が少なく、また自動車用エンジン油にも利用され、今後、再生基油を使用する自動車メーカーの増加が見込まれることから、廃油を再精製した API グループⅢ基油の需要は増加すると見込まれる。欧州では特殊な水素化精製プロセスを持つ企業が API グループⅢ基油を商業生産しているため、同様の基油再生プロセスの導入が日本においても最適であると考えられる。ただし、欧米はじめ廃油から再生基油を製造している国では、廃油処理専門企業で廃油を再生しているため、日本でも、新たに同様の処理施設を導入する必要がある。

以上を踏まえ、海外で使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルの実績があり、技術的に優れた欧州企業と同様の技術・工場を日本に導入したケースを想定した精製シミュレーションを実施することで当該プロセスの導入可能性を検討することとした。

本節における検討のフォーカスは以下の通りである。

- 最も技術的に優れた欧州企業の製造プロセスに影響を与える廃油品質を特定し、収集すべき廃油の品質を明らかにすること。
- 本プロセスにおける基油再生の経済性確保の観点から、製造コストを明らかにすること。
- 本プロセスの環境影響評価の観点から、LCA 統合的評価に必要なデータ（燃料・電力・水・薬品等の使用量等）を収集すること。

3.2.1 最も技術的に優れた欧州企業の精製プロセスの概要

欧州の優れた精製プロセスを総合的に判断し、最も合理的と考えられるプロセスを図 3-5 に示す。特殊な水素化精製技術により API グループⅢまでの高品質基油製造が可能で、特殊な熱分解装置を使用することで再生基油の収率向上に寄与する廃棄物をほとんど排出しないプロセスとなっている。

必要とするユーティリティとエネルギーは、天然ガス、電気、スチーム、アンモニア、水素等である。なお、将来、天然ガスと電気を再生可能エネルギーに、水素をグリーン水素へ変換することも工場設備の修繕により可能であることもヒアリングすることができた。

最も技術的に優れた欧州企業の精製プロセスの概要を下記に示す。(ヒアリング結果から類推し図を作成)

- ▶ 原料は高温条件下で水素と混合しながら投入され、重質留分、ガス留分（燃料ガス）を分留し、そのほかの留分は水素化精製装置へ移送され、熱分解ガスは天然ガスの代替燃料として再利用される。なお、最初に原料を投入した際に発生する燃料ガスも天然ガスの代替として再利用される。
- ▶ 水素化精製装置では、潤滑油留分が API グループⅡ+～Ⅲの高度精製基油へ精製されるとともにナフサ、軽油が副産される。その際、原料に含まれる不純物は除去され廃水処理されるため、不純物を含まない基油だけが製造される。なお、軽質の潤滑油留分は現状グループⅡ+の性状であるが、欧米ではグループⅢ基油同等品として扱われている。なお、熱分解装置からコークスが副産され、その用途研究も現在実施されているところである。

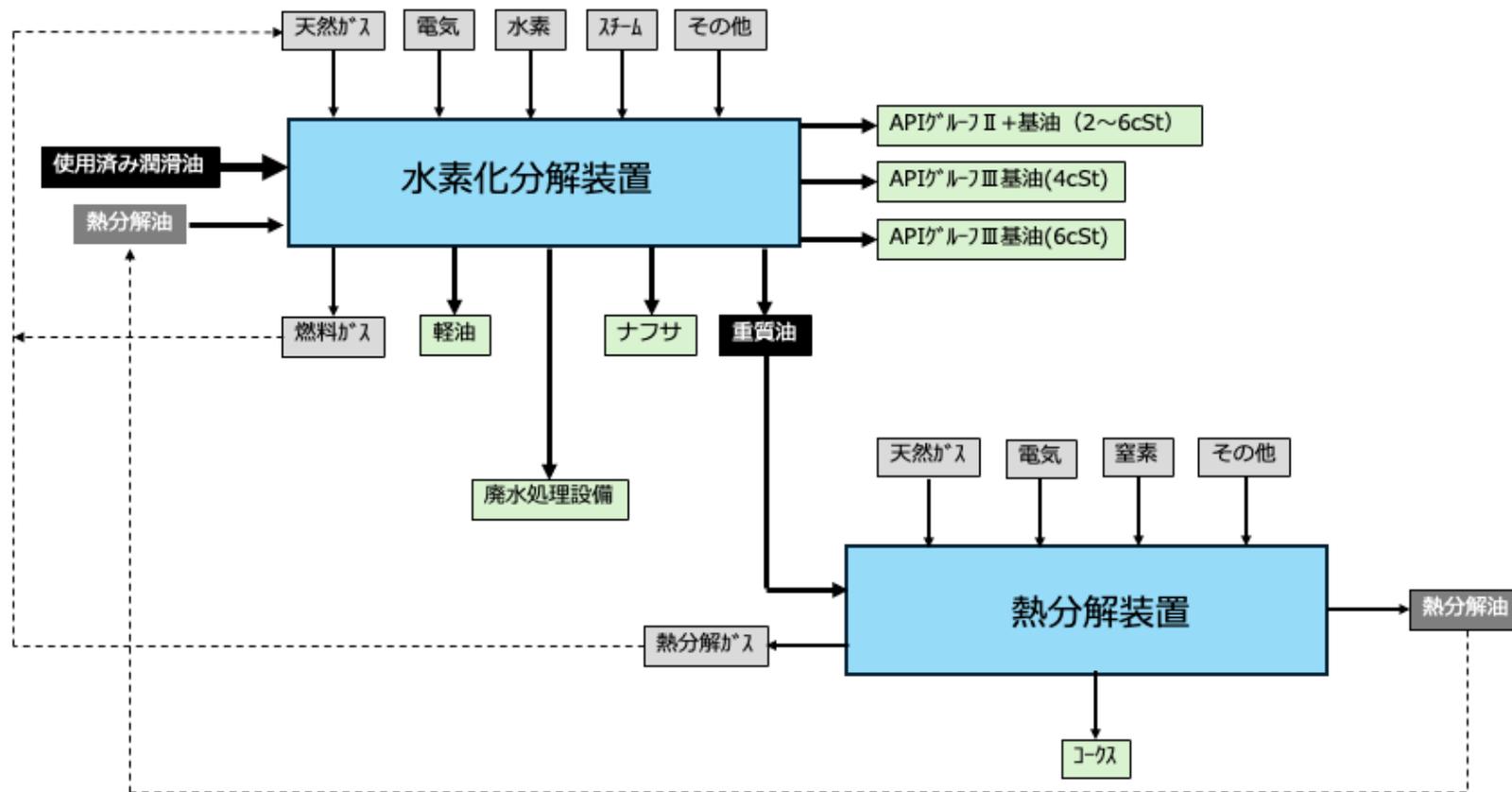


図 3-5 欧州で優れた高品質な再生基油製造のプロセス図

3.2.2 投入可能な原料

欧州で優れた精製プロセスに投入可能な原料について把握するため、日本の使用済み潤滑油、再生重油サンプルを送付し、性状を把握するとともに、出光興産で入手した再生重油の性状も併せて分析し、日本で同様の精製プロセスで再生基油を製造した場合に推定される製品構成とそれぞれの製品の収率を推定した。欧州 3 社平均の使用済み潤滑油と出光興産から提供されたサンプルを除く日本の再生重油、使用済み潤滑油の蒸留曲線が欧州 3 社平均とほぼ一致し、他の分析結果と併せシミュレーションした結果、同じ収率で再生基油が得られるものと推定された。

表 3-17 欧州の使用済み潤滑油を原料とした場合の基油の収率（推定）

APIグループⅢ基油収率

APIグループⅢ相当再生基油	59-71%
----------------	--------

副産物収率

燃料ガス(天然ガスに再利用)	7-10%
ナフサ(石油化学原料に再利用)	9-13%
軽油(将来的には溶剤にして再利用)	12-14%
コークス	1-3%
合計	29-41%

今回のヒアリングの結果から日本から送付した出光興産提供のサンプルを除き上表内に収率は収まると推定される。

なお、出光興産から入手した再生重油の蒸留曲線では重質分が多く含まれるため、収率は変わる可能性があり、欧州の当該企業において精査中である。

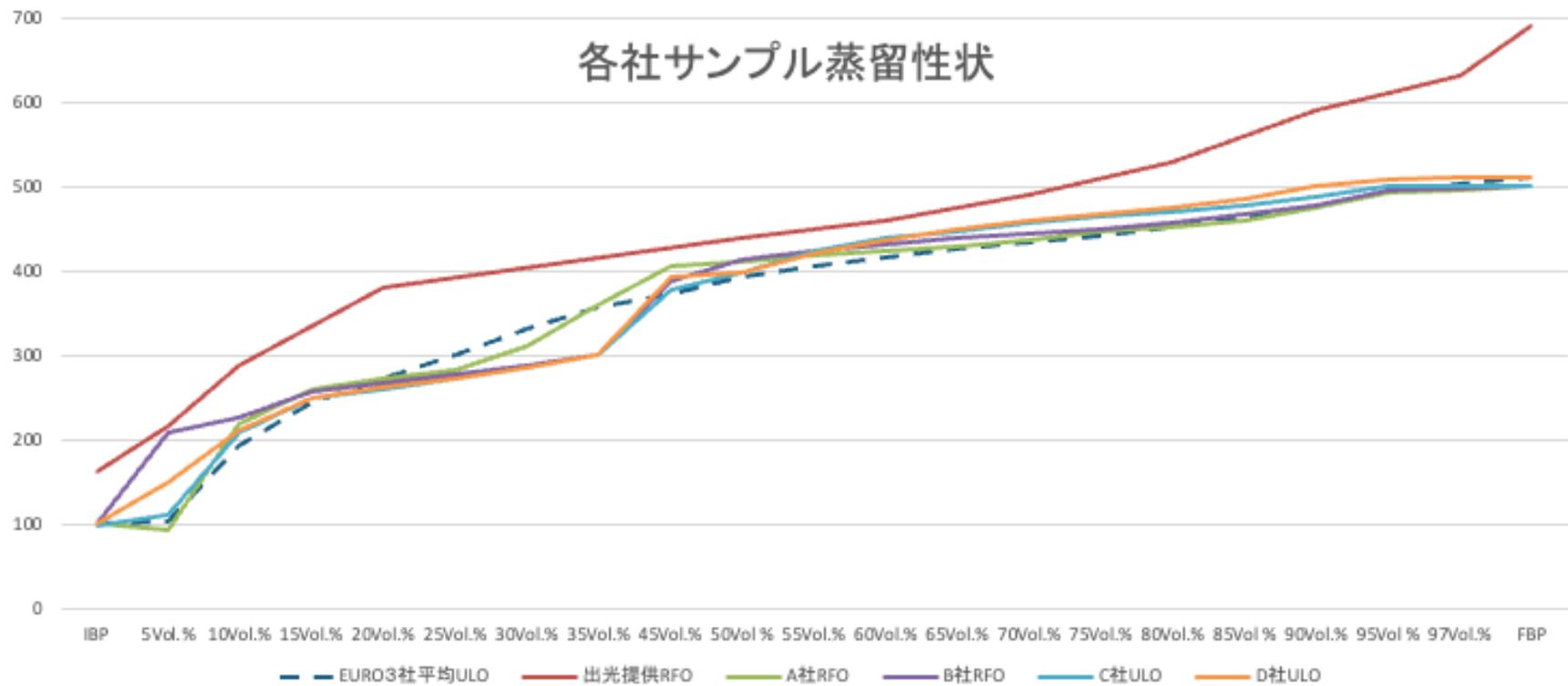


図 3-6 日本から送付したサンプルと欧州 3 社平均の使用済み潤滑油の蒸留曲線

(グラフ中出光興産以外のサンプルは独自に入手し事前に欧州へ送付したもの、

RFO は再生重油、ULO は使用済み潤滑油の略称である)

その結果、日本で調達可能な使用済み潤滑油を一定の品質条件（世界各国で異なるが、一般的にハロゲン 5,000ppm 以下、水分 5wt%以下等）を満たせば、前処理なく 100%使用できる強みがあることが確認された（もちろん使用済み潤滑油を再生した再生重油は問題なく使用できる）。特に、一般的に再生重油製造に向かない添加剤が多く含まれるガソリンエンジン油の廃油を原料にすれば効率よく再精製することができる。

表 3-18 日本から送付した ULO、RFO、出光興産から入手した RFO の性状比較

サンプル	出光興産 RFO	単位	EUROULO	A社RFO	B社RFO	C社RFO	D社RFO	単位	
密度 (20°C)	0.8672	kg/m ³	882	854	865	868	931	kg/m ³	
動粘度	40° C	29.3	48.4	31.1	40.1	41.2	78.6	cSt	
	50° C	20.41		21.9	27.4	28.5	56	cSt	
	100° C	5.668		5	5.9	5.6	14.8	cSt	
粘度指数	137								
引火点	PM-A	98.5	184	100.5	173.5	110.5	n. d.	°C	
	COC	-		194	208	190	<100	°C	
流動点	°C	-40		-25	-26	-25	-28	°C	
全酸価	mg/g	1.67	0.62	2.01	1.61	1.71	3.68	mgKOH/g	
水分		0.35	4.84					wt%	
残炭	Ma%	0.83		0.83	0.93	0.95	0.93	wt%	
元素分析	Al	<5	wtppm	10.0	11.9	9.26	8.76	104	wt%
	As	<5	wtppm		<1	n/a	<1	<1	wt%
	B	25	wtppm						
	Ba	<5	wtppm	50.7					wt%
	Ca	73	wtppm	1001	843	1140	1150	2930	wt%
	Cl	670 (All)	wtppm	0.17					wt%
		8 (Inorganic)	wtppm						
		662	wtppm						
	Co	<5	wtppm						
	Cr	<5	wtppm	1.4	<1	n/a	<1	9.2	wt%
	Cu	<5	wtppm	21.6	5.87	43.4	31.4	19.9	wt%
	Fe	<5	wtppm	72.1	17.4	31.6	32.1	275	wt%
	Hg	<5	wtppm						
	I	<2	wtppm						
	K	9	wtppm		75.3	48	37.6	196	wt%
	Mg	56	wtppm	46.7	99.7	122	95	456	wt%
	Mn	<5	wtppm		<1	1.31	1.06	6.26	wt%
	Mo	<5	wtppm	23.7	261	125	107	247	wt%
	N	480	wtppm		1080	1110	1100	1650	wt%
	Na	12	wtppm	36.6	28.3	22.4	21.2	140	wt%
	Ni	<5	wtppm	5.3	<1	2.31	<1	3.49	wt%
	O	23000	wtppm						
	P	76	wtppm	233	477	529	543	827	wt%
	Pb	<5	wtppm	7.2	<1	2.92	4.33	3.17	wt%
	S	5200	wtppm	0.23	0.204	0.285	0.309	0.244	wt%
	Sb	<5	wtppm			n/a			wt%
	Si	<5	wtppm	26.2					wt%
	Sn	<5	wtppm	1.2	<1		<1	1.73	wt%
	Ti	<5	wtppm						
	V	<5	wtppm		<1	n/a	<1	<1	wt%
W	<5	wtppm							
Zn	<5	wtppm	588	605	536	615	948	wt%	

※出光興産は JIS 法に準拠、欧州企業では ASTM 法に準拠、また、A,B,C,D 社
 サンプルは 数量が少なくデータのない箇所がある。なお、RFO は再生重油、
 ULO は使用済み潤滑油の略称である)

3.2.3 コスト試算

上述のプロセスにおける基油再生の経済性を明らかにするため、製造コストを試算することを試みたが、守秘義務があること、ドイツの価格情報は必ずしも日本のユーティリティやエネルギー価格とは異なることを踏まえ、日本における製造コストの試算は別途試みることとする。

今回のヒアリングで得た情報では、欧州において、各国の補助金や税制優遇、さらには、再生基油はグループⅢであることと、CO₂ 初め数多くの環境に与えるインパクトがバージン基油と比較して低いことが多くの文献で確認されている。また、グループⅢ基油の販売は堅調に推移しており、上述のとおりさまざまな要因が重なっているため、ビジネスとして十分成り立っているものと推定される。なお、世界各国で再生基油の需要は明らかに伸びており、原料は安価な使用済み潤滑油が使用されていることも大きな要因であると考えられる。

3.2.4 ユーティリティ投入量・エネルギー使用量等の整理

LCA の検証・評価の為には、各プロセスにおけるユーティリティ（電力・水素など）及びエネルギー使用量を算出する必要がある。

ここでは、単位原材料投入量あたりのユーティリティ及びエネルギー使用量を以下にまとめる。

表 3-19 海外プロセス導入時に想定されるユーティリティ及びエネルギー使用量（推定）

Input				Output	
再生重油（使用済み潤滑油）	1,000		kg	製品	
ユーティリティ	最小	最大	単位	APIグループⅡ+、APIグループⅢ	
水素	70	120	Nm ³	ナフサ	
窒素	10	20	Nm ³	軽油	
NaOH	7	15	kg	コークス	
脱イオン水	500	600	Litter	日本の使用済み潤滑油、再生重油は共に各収率は 欧州3社使用済み潤滑油の平均とほぼ同じ	
エネルギー				その他	
電気	160	210	KWh	廃水	500~700Litter
天然ガス	600	800	kWh	冷水	Input数量とほぼ同じ
冷水	40	60	Nm ³	廃水に不純物等の残渣が水中に含まれているが 数量は限定的と考えられる	
スチーム	250	500	kg		

※上記表は、ヒアリングによる推定値であり、欧州企業から直接入手したものでない。

3.2.5 ヒアリングの実施

上述の検討を行うにあたり、海外企業へのヒアリングを下記の通り行った。

表 3-17 ヒアリング実施概要

実施日時	概要
2025年2月26日（水） ～2025年2月27日（木）	● シミュレーション結果等について

4. LCA の検証・評価

4.1 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、3.で得られたデータを基に、ライフサイクルでの CO₂削減効果を算定することとした。LCA の評価・検証については、次頁以降に示す 6 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。

基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA 分科会(第1回)
議事次第

<日時> 令和7年3月26日(水) 13:00~15:00

<場所> (対面)TKP ガーデンシティ PREMIUM 東京駅丸の内中央ミーティングルーム 12E
(オンライン)ZOOM 会議室(ミーティング ID: 995 6333 6905、パスコード: 402660)
<https://murc-jp.zoom.us/j/99563336905?pwd=ABvsTKSHQAibIi6bWaeYnJEMA2jN>
[W4.1](#)

<議題>

- (1) 環境省委託事業の概要について
- (2) 海外の基油再生の動向について
- (3) 基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA の検討について
- (4) その他

-
- 資料1-1 : 基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA 分科会 開催概要
資料1-2 : 基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA 分科会 委員名簿
資料2 : 令和6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(使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを実現するための再生基油製造プロセスの構築及びその検証事業)の概要
資料3 : 海外の基油再生の動向
資料4 : 基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA の検討(案)
資料5 : 今後のスケジュール(案)

図 4-1 第1回 LCA 分科会の議事概要

基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA 分科会 開催要領

1、背景

- 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目標を掲げている。この中で、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。
- また、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取組が加速する中、中期的には原油精製規模の縮小とともにバージン基油製造量も減少すると予想されるが、出光興産株式会社によると、潤滑油の需要は堅調に推移すると推定されている。脱炭素化の観点に加え、資源循環かつ経済安保の観点からも、再生基油製造に向けた取組の推進が求められている。
- しかしながら、欧米では、潤滑油の販売量に対して、使用済み潤滑油（廃油）をマテリアルリサイクルして製造される再生基油の製造量が 1～3 割程度あるが、我が国において再生基油は全く製造されていない。
- 出光興産株式会社では、使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルの実現に向け、令和 5 年度～令和 6 年度にかけて「令和 6 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（使用済み潤滑油のマテリアルリサイクルを実現するための再生基油製造プロセスの構築及びその検証事業）」の下、①国内の既存プロセスを活用するスキーム、②海外技術を導入するスキーム、の 2 つのスキームに関して、技術検討・環境影響評価を行う予定である。その際、学術的な指導等を頂くことを目的に、「基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA 分科会」を設置する。

2、検討事項

- (1) 基油再生時の温室効果ガス削減効果に関する LCA
- (2) その他

3、議論の進め方

- 本分科会は非公開で行うこととし、令和 6 年度内に 1 回開催する。

4、構成等

- (1) 本分科会の委員は、環境省環境再生・資源循環局廃棄物規制課の同意を得て、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社が委嘱する。
- (2) 本研究会の運営に関する事務は、出光興産株式会社、長谷川インターナショナル株式会社及び三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社が行う。

図 4-2 LCA 分科会の開催概要

基油再生時の温室効果ガス削減効果に関するLCA分科会
委員名簿

<委員>

氏名 (敬称略)	現職名
池田 寿文	全国オイルリサイクル協同組合 専務理事
石崎 啓太	慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究所 研究員
稲垣 博久	全国石油工業協同組合 事務局長
兼松 祐一郎 (座長)	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
長谷川 正明	長谷川インターナショナル株式会社 代表取締役社長
八木原 昂輝	東北大学大学院環境科学研究科先端環境創成学専攻 助教

<事務局>

- ・出光興産株式会社
- ・長谷川インターナショナル株式会社(委員兼務)
- ・三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社

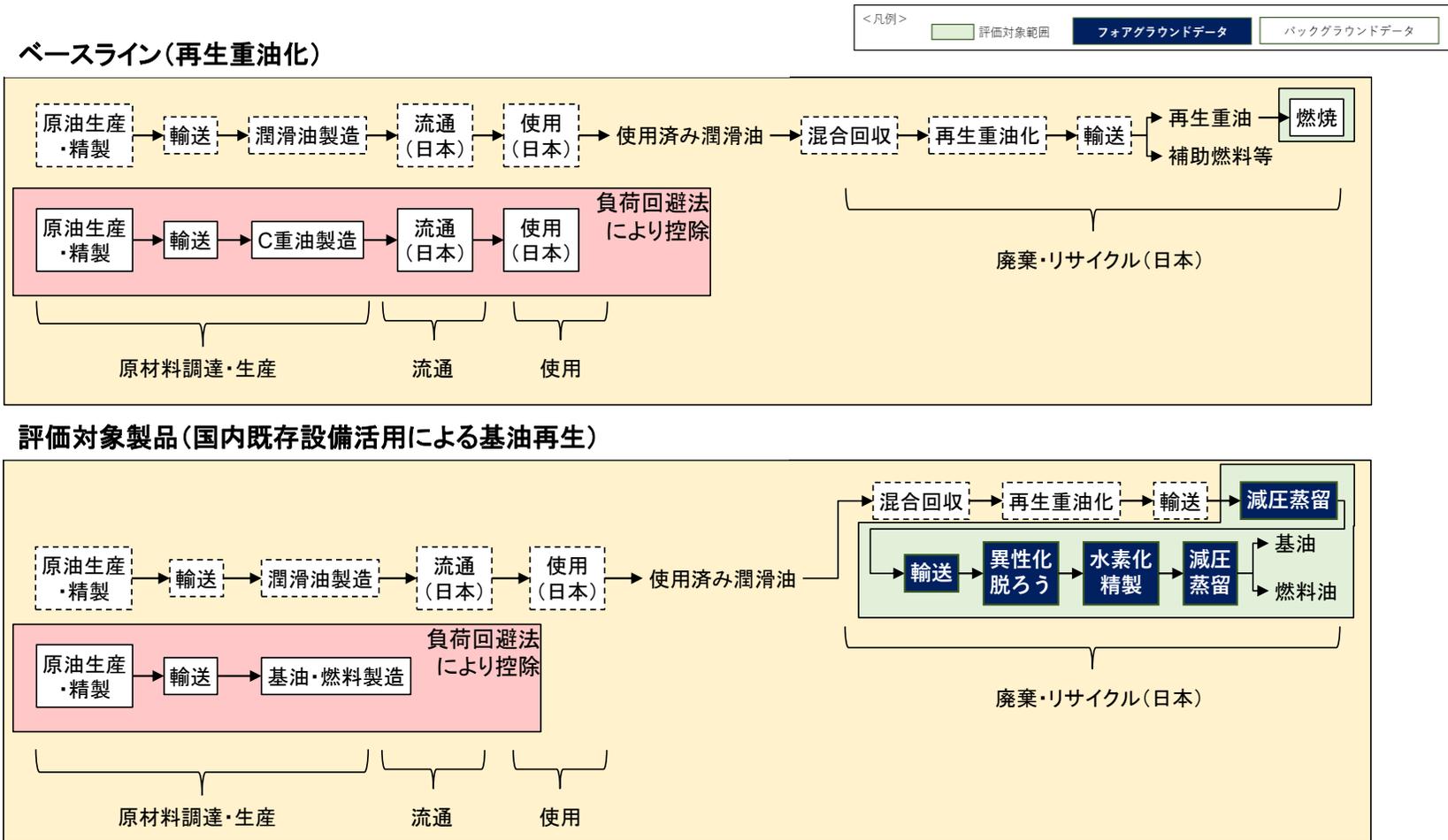
図 4-3 LCA 分科会の委員名簿

4.2 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表 4-1 のように設定した。

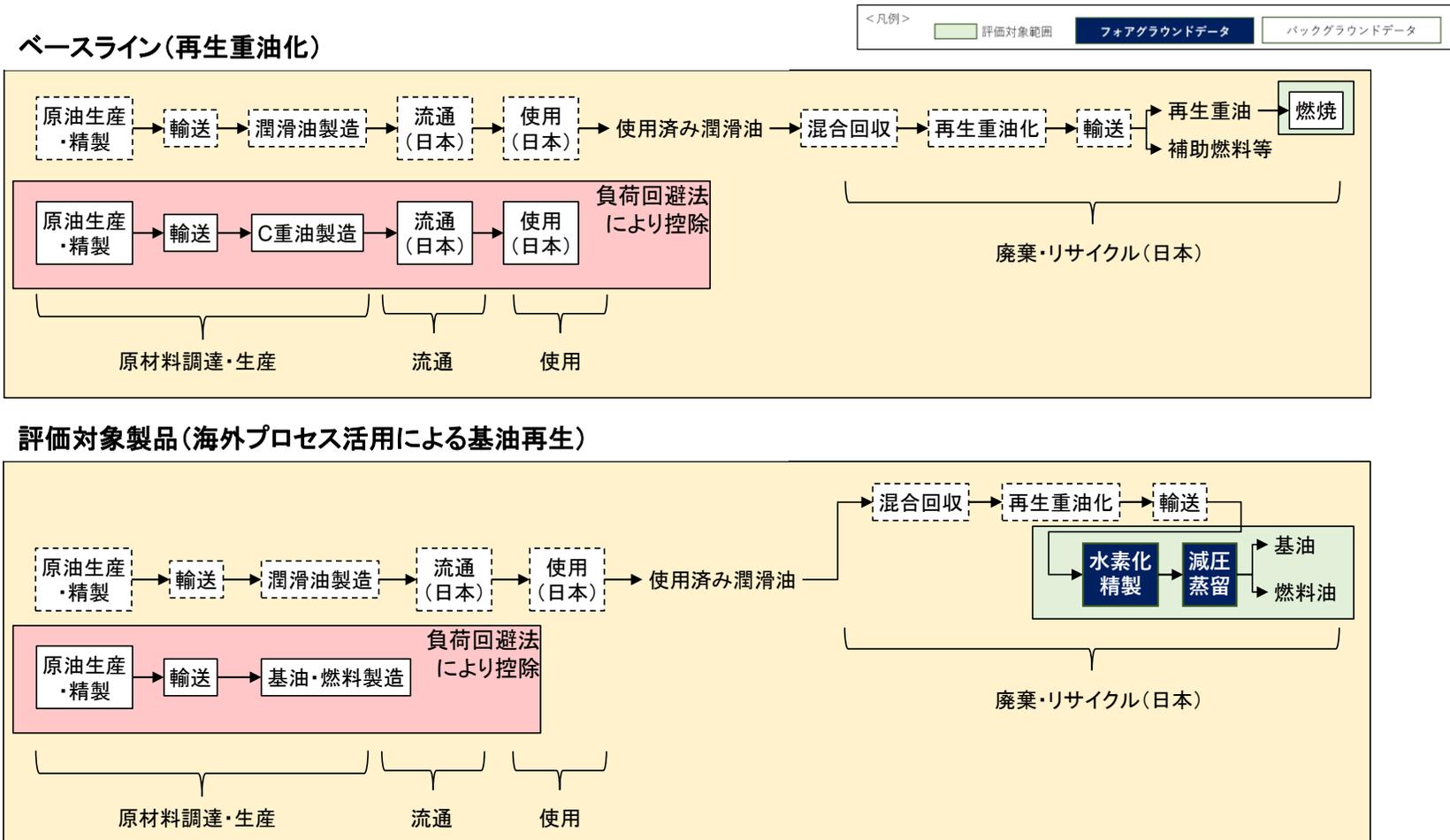
表 4-1 LCA の目的及び調査範囲

要件		詳細・例
機能単位	機能	使用済み潤滑油の処理
	機能単位	使用済み潤滑油 1 L の処理
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 2021 100a)	
データ	フォアグラウンドデータ：基油再生試験や文献等より収集 バックグラウンドデータ：LCA データベース（IDEA v3.3、ecoinvent v3.11、cm.chemicals 等）	
	ベースライン	使用済み潤滑油の再生重油化
	既存プロセス活用スキーム	国内既存設備活用による基油再生 (3.1.5 参照)
	海外プロセス活用スキーム	海外プロセス活用による基油再生 (3.2.4 参照)
	その他	バージン基油製造の原単位については、データベースや文献から情報収集を行った
システム境界		図 4-4、図 4-5 参照



※1 点線枠囲みは評価対象製品と比較対象製品で同一の工程と想定されるため、評価対象外とする。
 ※2 生成物・副産物は負荷回避法により控除する。

図 4-4 システム境界の概略図(既存プロセス活用スキーム)



※1 点線枠囲みは評価対象製品と比較対象製品で同一の工程と想定されるため、評価対象外とする。
 ※2 生成物・副産物は負荷回避法により控除する。

図 4-5 システム境界の概略図 (海外プロセス活用スキーム)

4.3 使用済み潤滑油のリサイクルの LCA に関する文献調査

これまで、使用済み潤滑油のリサイクルに関する LCA が複数報告されている。使用済み潤滑油の基油再生と再生燃料化を比較した事例と、使用済み潤滑油の基油再生により製造した基油とバージン基油製造を比較した事例に大別される。

4.3.1 使用済み潤滑油の基油再生と再生燃料化の比較

これまでに報告されている基油再生と再生燃料化の比較を行った LCA 文献の一部を表 4-2 に示す。基油再生の方が再生燃料化よりも温室効果ガス（GHG）排出量が小さくなるとする文献が多いものの、①基油再生プロセスが簡易なもの（再精製）か複雑なもの（水素化分解）か、②再生燃料化において代替する燃料は原単位が大きいもの（石炭や C 重油等）か、小さいもの（天然ガス等）か、がポイントになると考えられる。

表 4-2 基油再生と再生燃料化の比較を行った LCA 文献の例

著者	GHG 排出量が小さい方法	概要
Tom N. Kalnes et al., (2006)	再生燃料化	最も GHG 排出量が小さいのは再生燃料化（石炭代替）。次いで、基油再生、再生燃料化（重油代替）、再生燃料化（天然ガス代替）。
全国オイルリサイクル協同組合, (2024)	再生燃料化	日本における分析。基油再生（水素化分解）よりも再生燃料化（C 重油代替）の方が、GHG 排出量が小さくなる。
Bob Boughton, Arpad Horvath, (2004)	基油再生	基油再生（再精製）は、再生燃料化（船舶用ディーゼル油、残渣燃料油）よりも GHG 排出量が小さくなる。
Roland Geyer et al., (2013)	基油再生	米国カリフォルニアにおける分析。基油再生は、再生燃料化（船舶用ディーゼル油、残渣燃料油）よりも GHG 排出量が小さくなる。
Eslam M. Hassanain, et al., (2017)	基油再生	エジプトにおける分析。基油再生（再精製）は、再生燃料化よりも GHG 排出量が小さくなる。
GEIR, ifeu, (2022)	基油再生	ヨーロッパにおける分析。基油再生（複数社のプロセスの平均）は、再生燃料化よりも GHG 排出量が小さくなる。

4.3.2 使用済み潤滑油の基油再生により製造した基油とバージン基油製造の比較

これまでに報告されている使用済み潤滑油の基油再生により製造した基油とバージン基油製造の比較を行った LCA 文献の一部を表 4-3 に示す。いずれも、使用済み潤滑油の基油再生により製造した基油の方が、バージン基油よりも GHG 排出量が小さくなることが報告されている。

表 4-3 使用済み潤滑油の基油再生により製造した基油と
バージン基油製造の比較を行った LCA 文献の例

著者	比較の条件等	結果の概要
Lisa N. Grice et al., (2014)	米国における使用済み潤滑油 1 ガ ロンの再精製	原油からバージン基油を製造するより も、基油再生を行った方が、GHG 排出 量が小さい。
Juan A. Botas, et al., (2017)	使用済み潤滑油の減圧蒸留による 基油への再生とバージン潤滑油製 造の比較	使用済み潤滑油の減圧蒸留による基油 への再生は、バージン潤滑油製造と比 較して 90%程度の環境負荷を削減でき る。
Boo Yu, et al., (2023)	使用済み潤滑油の再精製	バージン品製造と比較して、使用済み 潤滑油の再精製は経済的・環境的に優 位である。

4.4 再生重油化の LCA

日本国内において回収された使用済み潤滑油はほぼ再生重油化されている(図 4-6)。よって、ベースラインを「使用済み潤滑油の再生重油化」と設定した。使用済み潤滑油については、回収・再生重油化され、水分や夾雑物の除去により、95%が再生重油になると想定した(Roland Geyer, et al., “Life Cycle Assessment of Used Oil Management in California Pursuant to Senate Bill 546 (Lowenthal)”, (2013))。

なお、再生重油の燃焼については、LCA データベース IDEA v3.3 の「882204803pJPN 廃油(石油由来)の燃焼エネルギー」を、新規 C 重油代替(控除)については「171118801pJPN C 重油の燃焼エネルギー」を使用した。

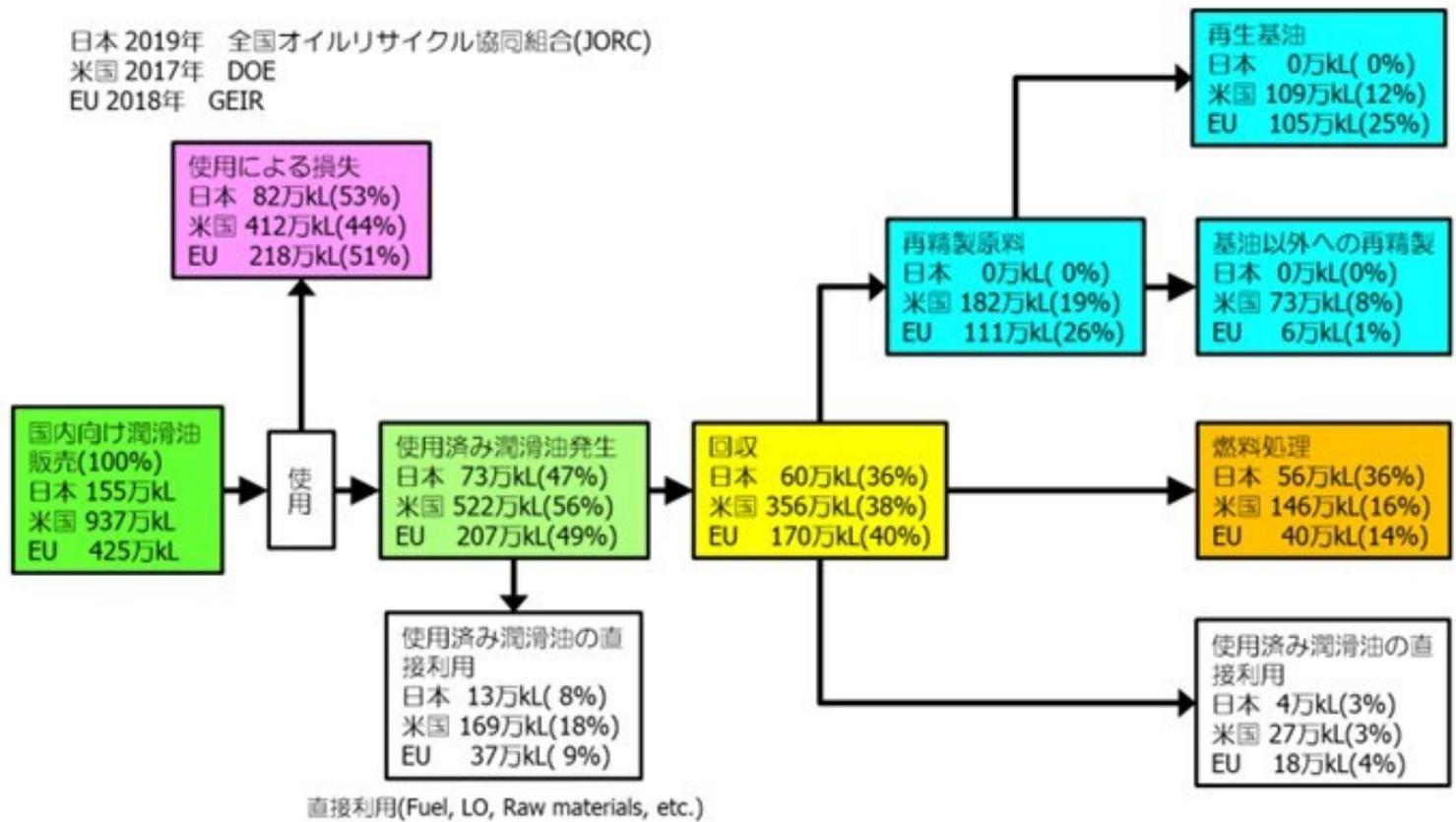


図 4-6 使用済み潤滑油の処理フロー

出所：令和 3 年度燃料安定供給対策に関する調査等事業（潤滑油の安定供給に向けた原料確保の多様化に関する調査・分析事業）調査報告書（一般社団法人潤滑油協会）

4.5 基油再生の LCA

評価対象として、国内の既存設備・プロセスを活用する場合と、海外プロセスを活用する場合を検討した。

4.5.1 既存プロセス活用スキーム

4.5.1.1 システム境界

既存プロセス活用スキームのシステム境界として、以下を設定した（図 4-7）。再生重油の工場への輸送については、再生重油化における再生重油の燃焼利用先への輸送と同等と仮定し、システム境界外とした。

- ・ 基油再生工場①における減圧蒸留
- ・ 基油再生工場①から基油再生工場②への船舶輸送
- ・ 基油再生工場②における脱蠟・水素化精製

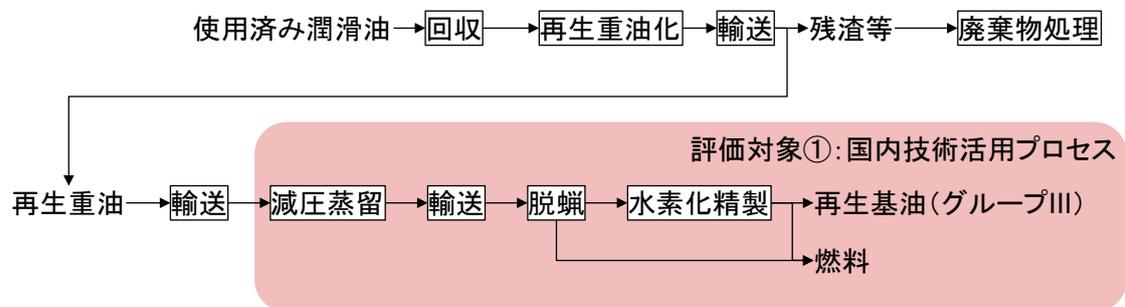


図 4-7 既存プロセス活用スキームのシステム境界

4.5.1.2 フォアグラウンドデータ

基油再生工場①及び②より、部分的にフォアグラウンドデータを収集した（フォアグラウンドデータは非公開）。

4.5.2 海外プロセス活用スキーム

4.5.2.1 システム境界

3.2 を踏まえ、海外プロセス活用スキームのシステム境界として、以下を設定した（図 4-8）（基油再生プロセスのフローは非公開）。

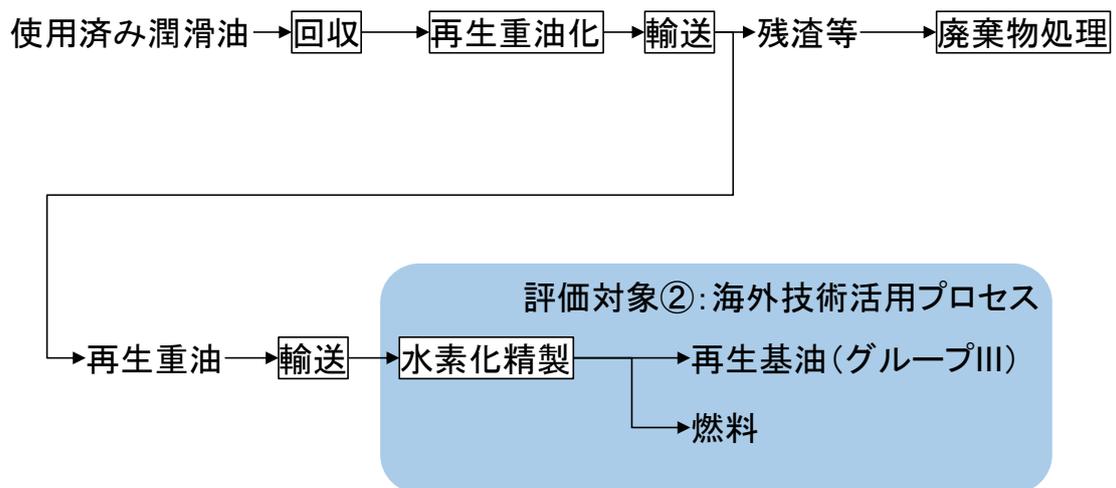


図 4-8 海外プロセス活用スキームのシステム境界

4.5.2.2 フォアグラウンドデータ

3.2 を踏まえ、部分的にフォアグラウンドデータを設定した（フォアグラウンドデータは非公開）。

4.6 まとめと今後の課題

LCA の試算結果は以下の通り (図 4-9)。バージン基油原単位の設定によるが、以下が示唆された。

- 海外プロセス活用スキームの CO₂ 排出量は-0.77~-0.45 kg-CO₂ eq /L-使用済み潤滑油、CO₂ 削減量は最大で 0.14 kg-CO₂ eq / L-使用済み潤滑油 (いずれもエネルギー起源 CO₂) と試算された。
- 既存プロセス活用スキームの CO₂ 排出量は-0.74~-0.50 kg-CO₂ eq / L-使用済み潤滑油、CO₂ 削減量は最大で 0.11 kg-CO₂ eq / L-使用済み潤滑油 (いずれもエネルギー起源 CO₂) と試算された。
- バージン基油の製造原単位によって CO₂ 削減効果が異なることが示唆された。

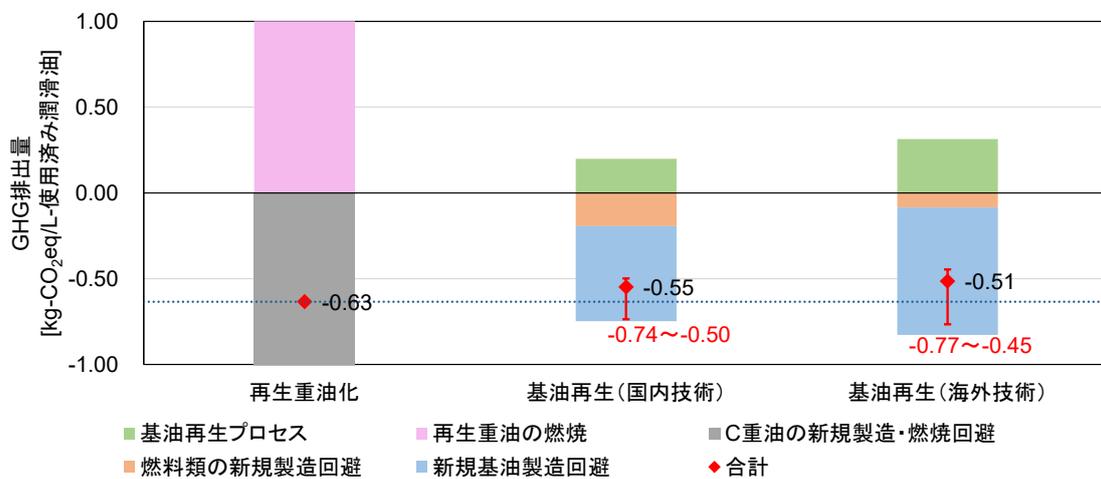


図 4-9 LCA の試算結果

これまでの日本における LCA 分析では、条件によって LCA 結果が異なることが報告されている（全国オイルリサイクル協同組合、2024）。海外プロセスを想定した場合に最も GHG 排出量が削減できるケースの GHG 排出量は以下の通り報告されている（表 4-4）。年間 4 万 kL の使用済み潤滑油の処理について、基油再生による GHG 排出量は-50,992t-CO₂ eq / 年、再生重油化による GHG 排出量は-32,398 t-CO₂ eq / 年と報告されている。全国オイルリサイクル協同組合による報告書（2024）では、ベースラインの設定及びバージン基油の原単位が大きな影響を及ぼすパラメータであると指摘されている。

表 4-4 海外プロセス活用による GHG 削減量の事例
 （機能単位：使用済み潤滑油 4 万 kL/年の処理）

（単位 t-CO ₂ /年）	①評価対象製品			②ベースライン			③削減量（②-①）		
	原材料調達・ 生産・使用	廃棄・ リサイクル	合計	原材料調達・ 生産・使用	廃棄・ リサイクル	合計	原材料調達・ 生産・使用	廃棄・ リサイクル	合計
エネルギー起源	-71,392	20,399	-50,992	-35,903	3,505	-32,398	35,488	-16,894	18,594
非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-71,392	20,399	-50,992	-35,903	3,505	-32,398	35,488	-16,894	18,594

以上を踏まえ、バージン基油の原単位及び熱源の原単位に関する感度分析を行った（感度分析結果については非公開）。

バージン基油の原単位の感度分析結果により、基油再生による GHG 排出量が再生重油化よりも小さくなる条件を試行的に検討した。令和 7 年度は感度分析結果等を精査の上、基油再生による GHG 排出量が再生重油化よりも小さくなる条件を特定し、GHG 削減量を明らかにする予定である。

5. 環境影響低減効果の評価(統合的評価)

5.1 実施概要

本章では、3.1 及び 3.2 で生じると考えられる環境影響等について定性的に整理・評価するとともに、一部については定量的な評価を実施した。なお、CO₂削減効果の観点も前述 3. の LCA で評価するため、前述 3. の LCA に含まれない範囲に関する定性的な影響の可能性を中心に検討を実施した。

具体的には、後述の通り、基油再生に関する環境影響に関して欧米の文献調査を実施し、その結果(後述)を踏まえて、3.の検討で得られたデータ等及び 3. LCA の検証・評価で得られた結果を基に、脱炭素の観点、資源循環の観点、自然共生の観点、安全安心の観点で定性的に効果の有無の整理を行った。また、そのうち、特に重要となりかつデータ制約がある上でも算出可能な枯渇性資源消費削減・資源代替効果について、資源循環の観点及び安全安心(資源セキュリティ)の観点から定量化を行った。更に、環境影響低減効果の評価については、有識者 2 名にヒアリングを実施し、その妥当性を確認した。

5.2 シナリオの検討・作成

環境影響低減効果の評価を行うため、比較対象として何をみるのか、どのような影響を想定して検討・調査・評価を行うのか、対象範囲を決めるためのシナリオを検討・作成した。

検討・作成したシナリオは以下の通り。

(凡例) + : シナジー、- : トレードオフ ※ ベースラインと比較した際の各分野への影響

● : 脱炭素への影響 ● : 資源循環への影響 ● : 自然資本・生物多様性への影響 ● : 安全・安心への影響

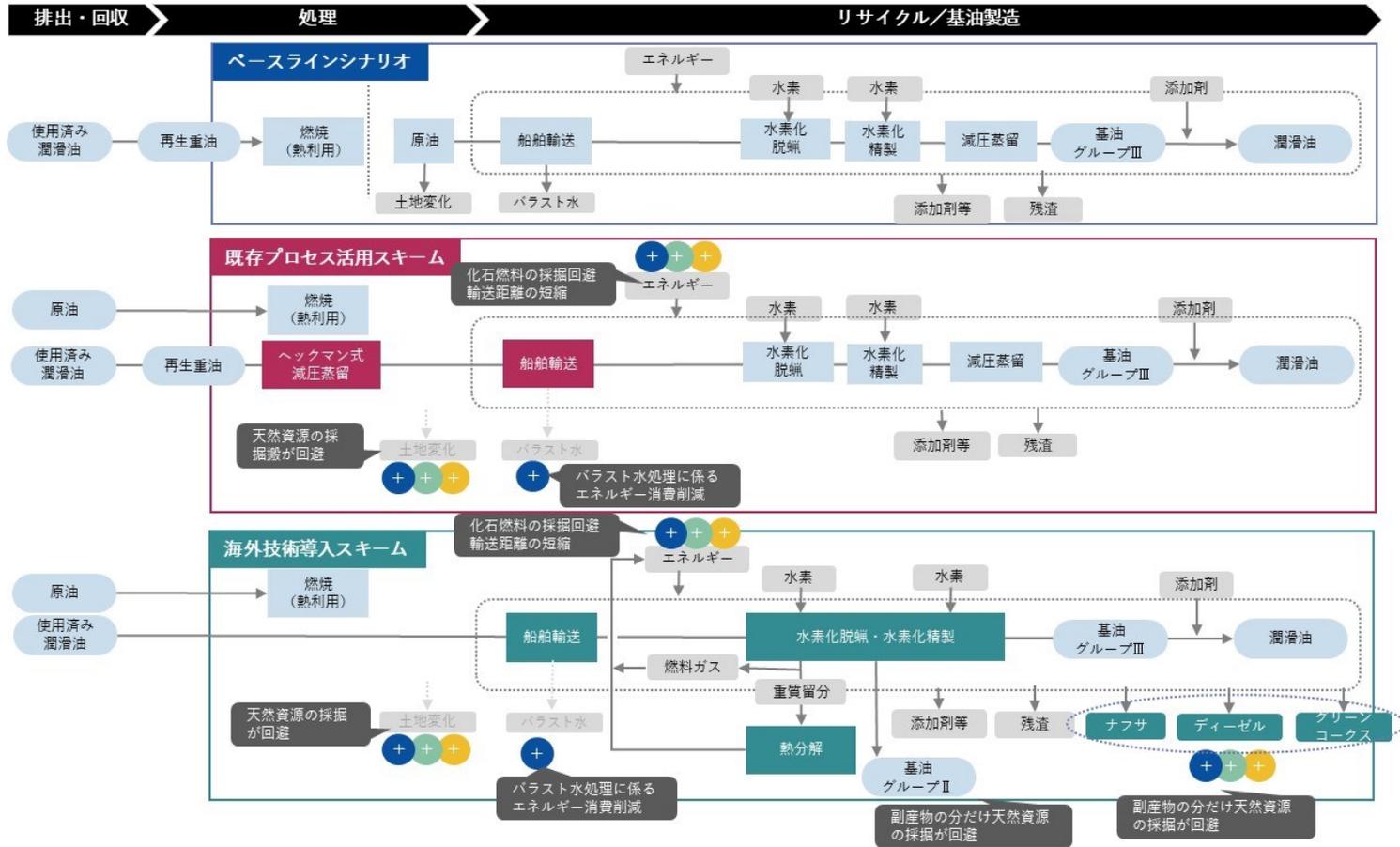


図 5-1 再生基油導入に関する各シナリオのフロー図

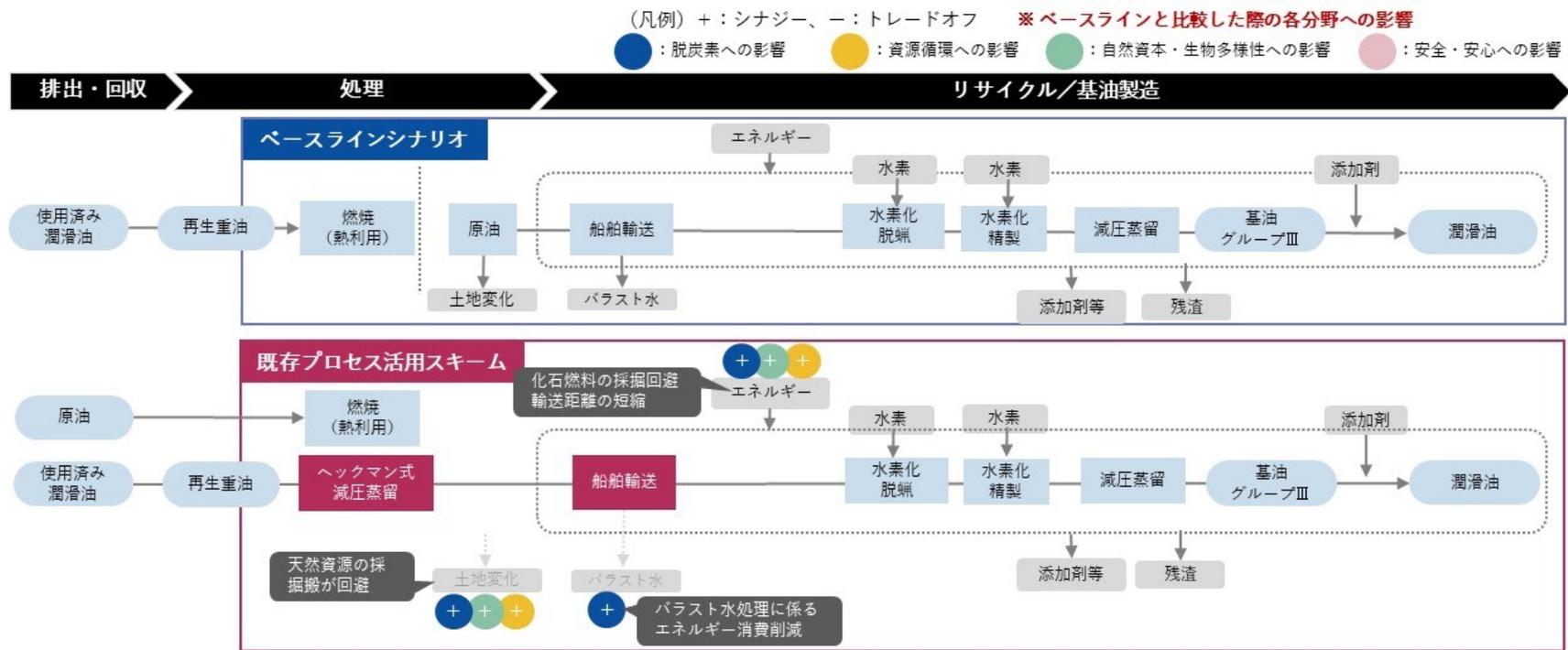


図 5-2 既存プロセス活用スキームに関するシナリオ

5.3 環境影響低減効果に関する文献調査

環境影響低減効果に関する文献調査は、2つの観点から調査を行った。1点目は、基油再生に関するCO₂以外の環境影響の観点であり、検討すべき環境影響の抽出に用いるために調査を行った。2点目は、評価対象項目としてシナリオ設定している、既存プロセス活用スキーム及び海外技術導入スキームのそれぞれについて、ベースラインシナリオと大きく異なるプロセスに関して想定される評価対象項目に関する環境影響の観点である。これらは、評価対象項目についてどのような環境影響があるのか、その程度、関係性を確認するために調査を行った。調査文献の一部を下表に示す。調査文献からは環境影響の観点では再生利用は効果があり、特に枯渇性資源の利用削減による資源保全の観点及び排出される微粒子による汚染削減に効果があると考えられる。

表 5-1 環境影響低減効果に関する文献の例

観点	著者	タイトル	環境影響に関する言及
基油再生に関する環境影響	Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération (2018)	Ecological and energetic assessment of re-refining waste oils to base oils Substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds	再生は資源保全とその他環境負荷の軽減の点で有利と言える。
	Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération (2007)	“Clean, Clever and Competitive” Why the Recycling of Waste Oils Must Remain an EU Policy Priority	資源セキュリティの観点からも、環境に対する貢献の観点からも再生利用がよい。 将来的に再生利用の環境的利点は更に高まる。
	GEIR commissioned the Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) (2005)	Ecological and energetic assessment of re-refining used oils to base oils: Substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds	資源枯渇性、富栄養化、酸性化、毒性の観点について評価を実施した結果、再生利用は環境的利点につながるといえる。
	Layman's Report (2005)	Innovative Collection System & Life Cycle Assessment for Waste Lube Oils	枯渇性資源の削減に貢献する。総合的汚染防止に関する観点でも再生利用は環境によいといえる。
評価対象項目に関する環境影響	BfR Wissenschaft Edited by Barbara Werschkun, Thomas Höfer und Matthias Greiner (2012)	Emerging Risks from Ballast Water Treatment	処理されたバラスト水も未処理のバラスト水も、ヒトの健康に対する潜在的な有害性と関連している可能性がある。また、生物学的安全性と食物連鎖における安全性に直接的な脅威をもたらす可能性もある。更に殺生物処理の対策は、化学物質の安全性に関する新たなリスクをもたらす可能性がある。

5.4 環境影響低減効果の定性的整理・評価

既存プロセス活用スキーム及び海外技術導入スキームのそれぞれについて、ベースラインシナリオと大きく異なるプロセスを抽出し、文献調査結果も踏まえて定性的に整理・評価を実施した。また、環境・経済・社会面でのシナジー・トレードオフ関係の構造化を実施し、脱炭素の観点に加えて、資源循環及び資源セキュリティ等の観点での影響について整理を実施した。

(凡例) + : シナジー、- : トレードオフ、0 : 影響なしまたは小さい
 ※ ベースラインと比較した際の各分野への影響

プロセス		ベースラインシナリオと比較した環境影響 (仮説)						
		脱炭素分野		循環分野		自然資本分野		その他
		投入	投入	循環	廃棄	土地利用	攪乱	
基油の原料調達 パージン材の調達から使用済み潤滑油の調達に置き換わると想定	原油採掘	+ エネルギー消費減少	+ 天然資源投入量の減少	0	0	+ 土地利用変化の縮小	+ 土地利用変化の縮小	+ 原油漏出のリスク低下
	船舶輸送	+ 輸送距離の短縮に伴うエネルギー消費量減少	+ 天然資源の投入量の減少	0	0	+ 天然資源の採掘減少	+ 攪乱のリスク低下	+ 原油や化学物質漏洩リスク低下
	船舶のバラスト水処理	+ バラスト水処理に係るエネルギー消費量減少	+ 天然資源の採掘減少	0	0	0	+ バラスト水による生態系の攪乱リスクの低下	+ 経済安全保障上のリスク低下
減圧蒸留 ヘックマン式の減圧蒸留プロセスが追加されると想定	設備稼働	- エネルギー使用量増加	- 天然資源投入量の増加	0	0		0	
	水使用	- 水使用に伴うCO2排出量の増加	- 水使用量の増加	0	0		0	いずれのケースも適正化されていると想定されるため差は無し
	残渣処理	- 残渣処理に伴う新たなCO2排出	0	0	- 残渣としての廃棄物量の増加		0	いずれのケースも適正化されていると想定されるため差は無し
水素化脱蠟 + 水素化精製	添加剤等の除去	? フィルター・触媒等の交換頻度増加に伴う資源消費に起因して影響が生じる可能性があるため、追加的な検討が必要						
	水素調達・利用	0 使用する水素の種類・量、残渣の種類・量、投入する添加剤の種類・量については、ベースラインシナリオと共通と考えられることから検討対象外と想定。						
	残渣処理	0 使用する水素の種類・量、残渣の種類・量、投入する添加剤の種類・量については、ベースラインシナリオと共通と考えられることから検討対象外と想定。						
添加剤の投入	添加剤投入	0 使用する水素の種類・量、残渣の種類・量、投入する添加剤の種類・量については、ベースラインシナリオと共通と考えられることから検討対象外と想定。						
熱供給	焼却	- 原油調達・焼却によるCO2排出	- 天然資源投入量の増加	+ 潤滑油としての循環利用の増加	0	- 土地利用変化の拡大	- 土地利用変化の拡大	- 原油漏出のリスク低下
		熱利用されていた分は原油で代替されると想定						

図 5-4 既存プロセス活用スキームによる環境影響の定性的整理・評価

プロセス		ベースラインシナリオと比較した環境影響（仮説）						
		脱炭素		循環	廃棄	自然資本	その他	
		投入	投入	循環	廃棄	土地利用	攪乱	
基油の原料調達 パージン材の調達から使用済み潤滑油の調達に置き換わると想定	原油採掘	+ エネルギー消費減少	+ 天然資源投入量の減少	0	0	+ 土地利用変化の縮小	+ 土地利用変化の縮小	+ 原油漏出のリスク低下
	船舶輸送	+ 輸送距離の短縮に伴うエネルギー消費量減少	+ 天然資源の投入量の減少	0	0	+ 天然資源の採掘減少	+ 攪乱のリスク低下	+ 原油や化学物質漏洩リスク低下
	船舶のバラスト水処理	+ バラスト水処理に係るエネルギー消費量減少	+ 天然資源の採掘減少	0	0	0	+ バラスト水による生態系の攪乱リスクの低下	+ 経済安全保障上のリスク低下
海外技術による基油再生	設備稼働	? 使用量によって変動するため、追加的な検討が必要		0	0	0		
	水使用	?		0	0	0		いずれのケースも適正化されていると想定されるため差は無し
	残渣処理	+ 副産物生産のため正味のCO2排出量減少	+ 副産物生産による天然資源代替	+ 副産物生産による循環利用量増加	+ 副産物生産による残渣減少	0		
水素化脱蠟 + 水素化精製	排出される添加剤等の除去	? 使用量によって変動するため追加的な検討が必要						
	水素調達・利用	0 使用する水素の種類・量、残渣の種類・量、投入する添加剤の種類・量については、ベースラインシナリオと共通と考えられることから検討対象外と想定。						
	残渣処理	+ 副産物生産のため正味のCO2排出量減少	+ 副産物生産による天然資源代替	+ 副産物生産による循環利用量増加	+ 副産物生産による残渣減少	0		
残渣の多くは副産物として利用可能なものとなる想定		? 使用量によって変動するため追加的な検討が必要						
熱供給	焼却	- 原油調達・焼却によるCO2排出	- 天然資源投入量の増加	+ 潤滑油としての循環利用の増加	0	- 土地利用変化の拡大	- 土地利用変化の拡大	- 原油漏出のリスク低下
熱利用されていた分は原油で代替されると想定								

図 5-5 海外技術導入スキームによる環境影響の定性的整理・評価

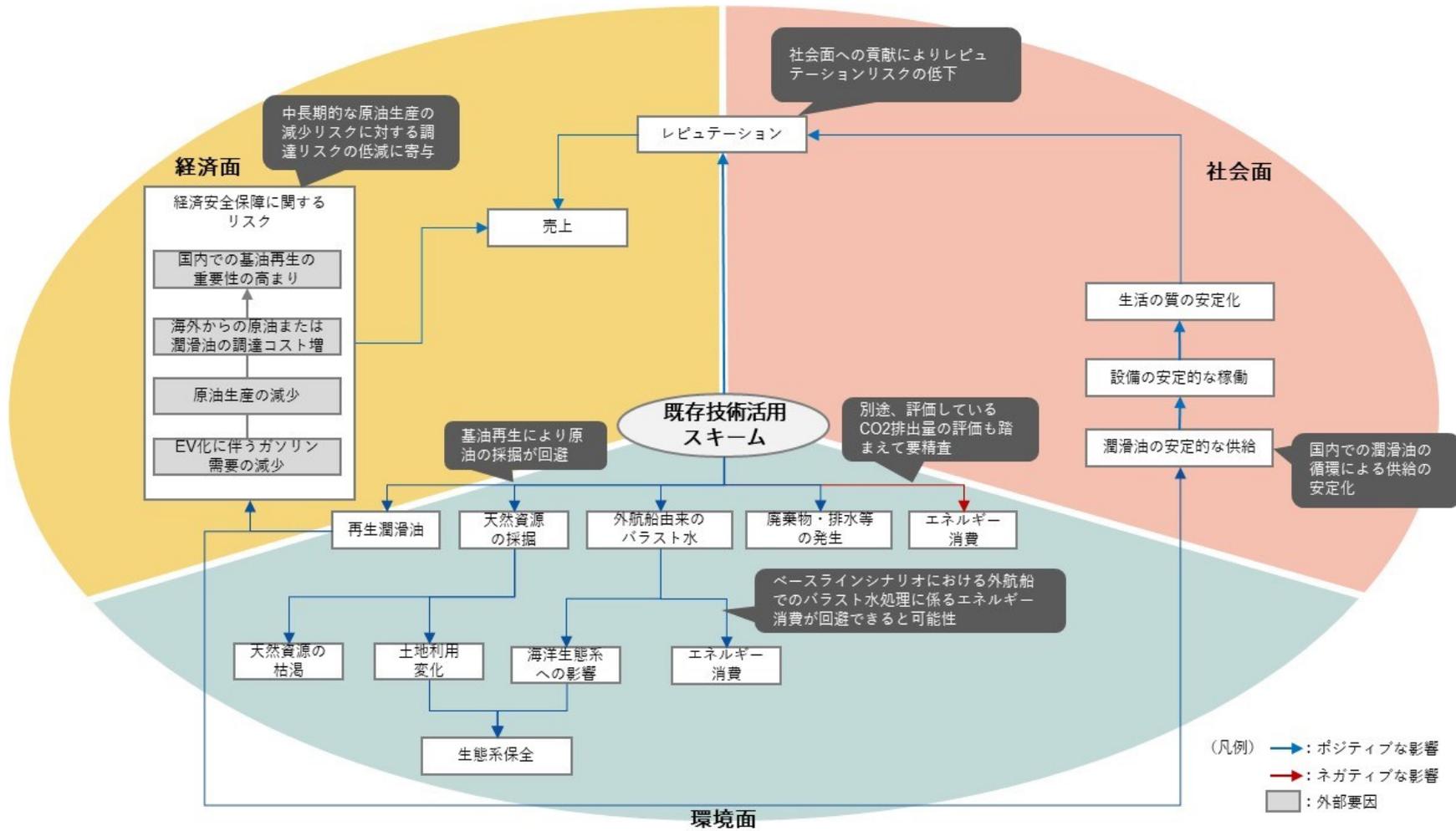


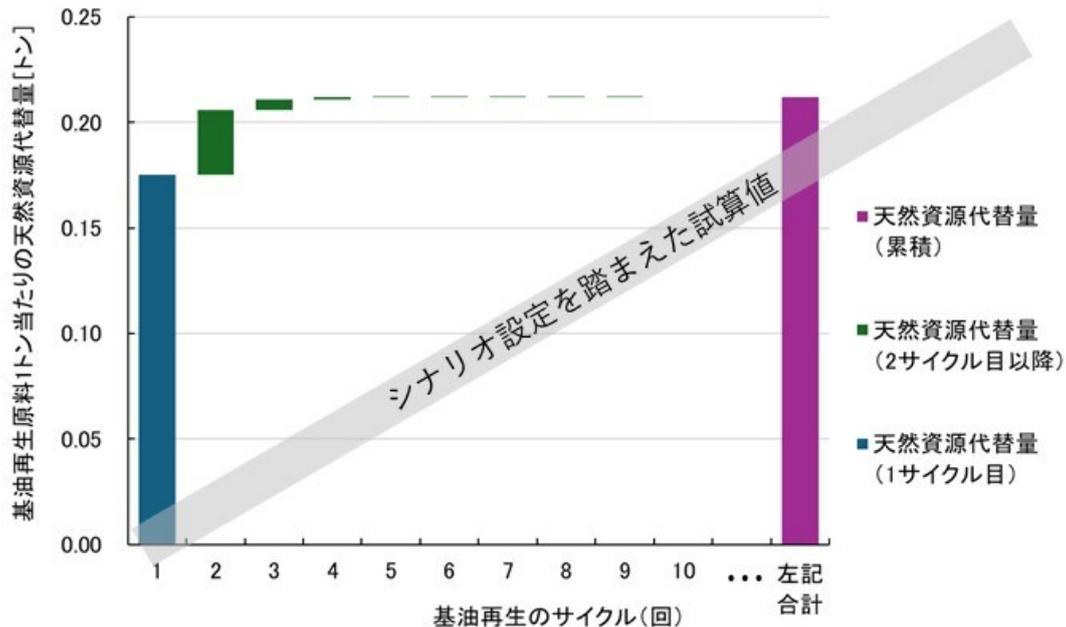
図 5-6 環境・経済・社会面でのシナジー・トレードオフ関係の構造化

5.5 環境影響低減効果に関する定量的評価

前述の定性的整理・評価を踏まえ、特に重要となりかつデータ制約がある上でも算出可能と考えられた天然資源代替効果について、2.で得られたデータ等及び3.で得られた結果、既往文献を参考に想定した仮定値を基に、資源循環の観点及び安全安心（資源セキュリティ）の観点から定量化を行った。

(1) 既存プロセス活用スキーム

既存プロセス活用スキームでは、再生基油を天然資源由来基油で3回目程度までは一定の天然資源代替量が見込まれると考えられる。ただし、再生基油を天然資源由来基油で1%程度に希釈して利用することが想定されていることを踏まえると、再生基油は天然資源由来の基油の需要総量の1/100しか再生基油を利用することができない（シナリオによっては基油サイクルの回数に上限があること）に留意されたい。なお、シナリオは仮定を含むため、次年度の文献調査及びヒアリング調査において精査が必要である。



<シナリオ設定>

- 基油再生原料：1tと仮定（基油再生に仕向けられる廃油の量）
- 使用段階のロス：50%と仮定
- 市場からの回収率：50%と仮定
- 基油再生時プロセスにおける収率：70%（事業者ヒアリングをもとに仮定）
- 希釈率：100倍（1%に希釈）と仮定。再生基油は天然資源由来の基油で100倍に希釈して利用する必要があることから、需要総量の1/100しか再生基油を利用することができないこと（シナリオによっては基油サイクルの回数に上限があること）に留意されたい。

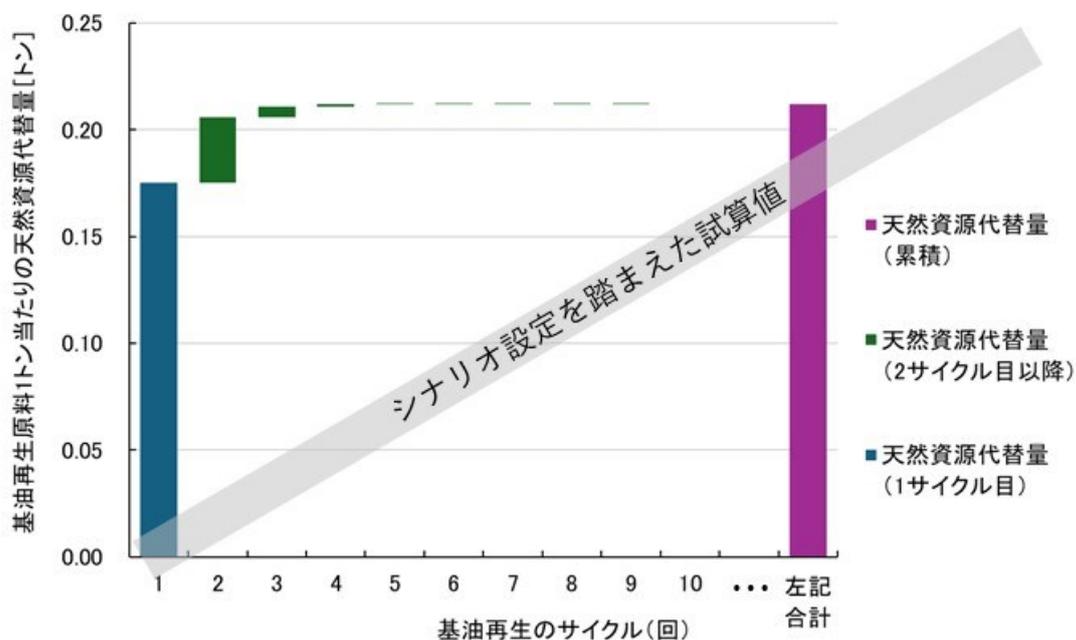
<シナリオ設定における課題・留意点>

- 本シナリオでは、複数回にわたって繰り返し再生することを想定するが、確立した評価方法は存在しないため、評価方法の妥当性については来年度以降の有識者へのヒアリングにおいて検討を行う。
- シナリオは仮定を含むため、今後の文献調査及びヒアリング調査の結果次第では変動の可能性があることに留意されたい。

図 5-7 天然資源代替効果（既存プロセス活用スキーム）

(2) 海外技術導入スキーム

海外技術導入スキームでは、再生基油を天然資源由来基油で 3 回目程度までは一定の天然資源代替量が見込まれると考えられる。ただし、シナリオは仮定を含むため、次年度の文献調査及びヒアリング調査において精査が必要であると考えられる。



<シナリオ設定>

- 基油再生原料：1tと仮定（基油再生に仕向けられる廃油の量）
- 使用段階のロス：50%と仮定
- 市場からの回収率：50%と仮定
- 基油再生時プロセスにおける収率：70%（事業者ヒアリングをもとに仮定）

<シナリオ設定における課題・留意点>

- 本シナリオでは、複数回にわたって繰り返し再生することを想定するが、確立した評価方法は存在しないため、評価方法の妥当性については来年度以降の有識者へのヒアリングにおいて検討を行う。
- シナリオは仮定を含むため、今後の文献調査及びヒアリング調査の結果次第では変動の可能性があることに留意されたい。

図 5-8 天然資源代替効果（海外技術導入スキーム）

5.6 ヒアリングの実施

上述の検討を行うにあたり、有識者へのヒアリングを下記の通り行った。

表 5-2 ヒアリング実施概要

実施日時	概要
2025年3月25日（火）	● 基油再生における統合的評価の結果について

5.7 まとめと今後の課題

今年度事業において、各スキームの社会実装によって生じると考えられる環境影響等について、定性的な影響の可能性を中心に検討を実施した。検討の結果、再生基油の製造は、再生重油を燃料として利用するよりも、枯渇性資源の削減による資源保全、資源セキュリティの観点での効果が大きいと考えられた。また、バラスト水削減による生物多様性影響の低減、大気汚染削減効果などもあると考えられた。

一方で、環境影響等の評価については、文献調査の結果は、基油再生に関する影響について潤滑油が廃棄される想定等、今回利用したいスキームへ適応可能な情報が乏しいことや、比較可能な定量情報が得られにくい状況であることが課題となる。今後、一般的な環境影響文献なども含めた文献調査を用いるなど工夫の上で整理を実施する。

6. 国内外の政策動向調査

6.1 調査概要

潤滑油のリサイクルには、品質面（技術面）のみならず、回収面・販売面での課題が存在し、そのような課題を解決する為に、諸外国では各種政策の導入が進んでいる。現在日本においては再生基油製造を促進する規制やインセンティブは導入されていない状況だが、今後の制度設計に向けた提言を行うべく、本年度の事業において潤滑油リサイクルを巡る各国政策の実態調査（主にデスクトップ、一部事業者へのヒアリング含む）を実施し、日本での適用検討に値すると考えられる政策を抽出することとした。

今般の調査にあたり、潤滑油リサイクルが進んでいる国（地域）、ならびに昨今規制やインセンティブの導入を積極的に進めている国（地域）として、欧州、ブラジル、中国、オーストラリア、インド、インドネシアを対象として選定し、個別に文献調査ならびに一部国（地域）では業界プレイヤーへのヒアリング調査を実施した。

6.2 各国政策動向

6.2.1 欧州

(1) フランス

① 潤滑油リサイクル概況

フランスでは、2022年に22社の企業によりCYCLEVIAという潤滑油のPRO (Producers Responsibility Organization) が組織されており、フランス政府より6年間の認可を受け、国内の潤滑油リサイクル高度化に向けた活動を進めている。2023年時点で413千トンの生産量がCYCLEVIAに登録されており、同国生産量(500千トン)の80%を占める。CYCLEVIAでは240千トンの廃油が回収され、再生基油(回収量の81%(約200千トン))や再生燃料(回収量の19%)に精製されている。

CYCLEVIAの発足以降、フランスでは、Total LubricantsとVeoliaグループの合弁によるOsilub(製造能力120千トン)とECO HUILE(製造能力125千トン)が基油製造事業者として存在しており、それぞれ回収も手掛けている。フランスには51の回収事業者が存在するが、ECO HUILEやVeoliaを含む大手3社の寡占となっており、概ね90%が回収されている。現在、CYCLEVIAは再生基油の高品質化を掲げており、APIグループⅡ/APIグループⅢ基油製造を促進しようとしている。

② 廃油処理に関する規制

CYCLEVIA 導入前は、地方政府によって認可を受けた回収事業者が、貯蔵施設を有する地域の廃油回収義務を負っていたが、CYCLEVIA 導入以降、入札方式で選別され契約を行った回収事業者によって回収が行われている。指定回収事業者により回収された廃油は海外 8 拠点を含む 118 の貯蔵拠点に貯蔵され、沈殿物除去等の簡易的な処理を経て水分が除去されている。

CYCLEVIA は 販売する製品潤滑油の数量 1ton あたり€89（約 14 円/kg：為替想定 160 円/€、以下同）を徴収（2022 年現在）し、輸送コストや違法に廃棄された廃油の処理費用等として回収業者に支払っている。回収事業者は廃油保有者から廃油を無償（有償での購入は認められていない）で回収し、CYCLEVIA の指示に基づき、廃油の品質管理や分別回収の義務を負う。回収費用、品質基準、分別管理等については、CYCLEVIA と回収業者との契約で個別に決められている。回収業者の回収エリアは廃油保有者との近接性を考慮し決められており、所定のエリア外からの回収に対して回収費用は支払われない。トレーサビリティの確保が前提となるが、政府許可を得た数量について輸出入を行うことは可能。販売者が支払う€89（約 14 円/kg）の徴収金は毎年見直しが入る一方で、各販売者の 1) 再生基油の使用状況、2) 製品の毒性、3) EU エコラベルの取得有無、によっても調整されている。CYCLEVIA が徴収する費用は主に回収コストに使われているが、再生基油製造者や廃棄物処理施設の運営者にも一部が割り当てられている。

(2) ベルギー

① 潤滑油リサイクル概況

同国では 2002 年～2004 年の間に VALORLUB という PRO が設立され、地域毎に異なる目標を掲げ、順次拡大してきた。現在 200 社近くの潤滑油生産者が VALORLUB に参加している。

ベルギーでは再生基油工場が存在しない為、再生基油原料として輸出されるか、国内外で燃料として利用されている。燃料利用は、禁止、もしくはやむを得ない（再生基油施設へのアクセスが不可等）場合のみ認められることとなっており、回収された廃油の 90%近くが再生基油原料としてフランス、ドイツ、フィンランドに輸出されている。2022 年現在、同国の潤滑油消費量 103 千トン、廃油量 64 千トンに対し 42 千トンが回収され、その 90%程度が再生基油原料として輸出されている。

② 廃油処理に関する規制

VALORLUB への参加者は国内販売量（輸出量は生産量から控除される）に応じた徴収金を支払う必要があり、その徴収金で VALORLUB は運営されている。

年間 10 千リットル以下の廃油保有者は、認定回収事業者（VALORLUB と契約を交わした回収事業者）に回収費用を支払い、無償で廃油を引き渡すことになっているが、支払う回収費用について、VALORLUB から金銭的支援を受けることができる（回収量に応じ、年間€100～€200（16 千円～32 千円程度）程度）。一方で、年間 10 千リットル以上の廃油保有者は、VALORLUB から金銭的支援を得ることなく、市場で需給バランスに応じた価格で廃油を回収事業者に販売している。欧州では再生基油精製が広く行われており、再生基油原料としての廃油は再生基油事業者による需要が根強くあることから、一定量を超えて回収可

能な廃油は有価で取引される為、PROからの金銭的支援が無くとも回収事業が成立する背景があるものと推察される。ドイツで再生基油プラントを有するAVISTA OILは同国で回収事業も手がけており、廃油の品質レベルに応じた回収条件を廃油保有者に提示することで、自社で原料として活用する廃油品質レベルをコントロールしている。

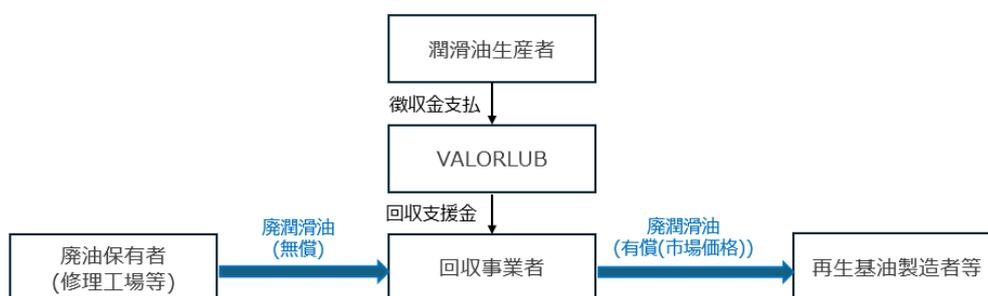


図 5-1 ベルギーの EPR システムの概要 (小規模廃油回収の場合)

(3) フィンランド

同国の潤滑油需要量 130 千トン程度に対し、33 千トンが回収されている。廃油の回収は環境省により管轄されており、環境省によって選定される回収事業者によって行われている。過去より、回収事業者の回収コストが廃油回収、販売に伴う収益を上回る場合には環境省から補助金が支払われていたが、現在は殆ど支払いが発生していない模様。同国では廃潤滑油の燃料使用が禁止されている。TecOil 社は、2014 年に米国 Chemical Engineering Partners (CEP) 社の水添技術を活用し、50 千トンの再生基油製造開始。同国では、乗用車、商用車向けエンジンオイル基油の多くに API グループ II/グループ III が使用されており、エンジンオイル由来の廃潤滑油を選択的に回収することで、API グループ II + (グループ II より高品質な基油) を製造することが可能。TecOil は国内のエンジンオイル由来廃潤滑油の 90% (約 20 千トン) を回収し、再生基油製造に使用している。尚、同社は回収事業者経由欧州域内で廃油を調達しているが、調達価格は€200-500/トン (≒32~75 円/kg) 程度とのこと。同社は 2024 年 7 月に TotalEnergies に買収された。

(4)ドイツ

同国では 750 千トンの潤滑油が消費され、450 千トンの廃油が発生、そのうち 380 千トン (83%) が回収されており、EU 諸国最大の潤滑油消費国、廃油生成国である。更に 210 千トン程度の廃油が輸入されている。排出事業者からの廃油引き取り価格は数量規模により幅があるが、中央値としては€250/トン (≒ 40 円/kg) 程度で、再生事業者が支払うコストとしては、これに物流コスト及び第三者からの購入の場合は回収業者の販売マージンが追加でかかる形となる。

ドイツの再生基油製造事業者は Puraglobe 社と AVISTA 社の 2 社があり、それぞれ 200 千トン、120 千トンの廃油を再生基油に精製している。上述の通り、ドイツでは再生基油精製が事業として根付いているが、潤滑油の EPR 制度は存在せず、政府による再生基油製造へのインセンティブシステムも無い。ドイツでは石炭が豊富に取れることや、ロシアからの安価な天然ガスの調達が可能であったことから、重油を燃料として使用する文化が無いことに加え、廃潤滑油を燃料使用することへの抵抗感が根付いていることあり、結果として再生基油精製が進んでいる状況である。

6.2.2 ブラジル

① 潤滑油リサイクル概況

ブラジルの潤滑油市場は約 1,200 千トンで、年間約 660 千トン程度の廃潤滑油が発生しており、うち 7 割程度にあたる約 450 千トンが回収され、約 400 千トンが基油（API グループ I / API グループ II ベースオイル）に再生されると推測される（2020 年時点）。

再生事業者はラテンアメリカで唯一高品質な API グループ II ベースオイルを製造できる Lwart 社（210 千トン程度の廃油処理能力を保有し、150 千トン程度の再生基油を製造。現在工場拡張中で 2026 年以降 200 千トン以上の再生基油の製造が可能となる見通し）が圧倒的なシェアを誇るが、その他 Proluminas, Petrolub, Lubrasil といった API グループ I ベースオイル製造事業者（廃油処理能力各 40～60 千トン程度）も含めて 10 社超が存在している。

② 廃油処理に関する規制

ブラジルでは廃油の土壌、水域、または下水システムへの廃棄が禁止されているほか、燃料としての使用はリサイクルとして認められておらず、完成潤滑油生産者ならびに輸入者が廃油の回収と最終処分（再精製）に責任を持つことが明確に定められている（2005 年の CONAMA 決議 第 362 号 他）。

完成潤滑油生産者ならびに輸入者には、各々の販売量に比例した廃油回収義務が課せられており（地域ごとに販売量に対する最低回収比率を政府が決定しており、2020 年は全国平均 42%⇒2021 年 44%⇒2025 年は 49%と年々上昇中）、当該回収数量義務を履行するため、生産者ならびに輸入者は直接廃油の回収を行うか、廃油回収業者（その多くが再生事業者を兼ねる）に当該回収義務を代行させている（実際はほとんどが後者となっている）。具体的には、完成潤滑油生

産者ならびに輸入者は、当該代行契約を締結した回収業者経由、再生事業者が発行する廃油の受領証明書（Certificate of Receipt of Oil used & contaminated：通称 CRO、再生事業者に受け渡された廃潤滑油の量、受け渡し日、再生事業者名、回収業者の情報が記載）を購入し、四半期ごとに規定のフォーマットで製品販売量/廃油回収量（再精製量）を当局に報告、監査等のタイミングで報告数量の裏付けとなる受領証明書を当局に提示するという形が取られている。また、廃油排出事業者や回収業者、再生事業者も同様に回収量や再精製量を当局に報告することが義務付けられ、報告数量の裏付けとなる証明書（上述受領証明書以外に、回収業者が廃油排出事業者からの廃油回収時に発行する回収証明書である Certificate of Collection of Oil used & contaminated：通称 CCO や、排出事業者に渡される最終処分証明書である Certificate of Final Destination:通称 CDF が含まれる）の保管と求めに応じた当局への提示が求められる。

上記廃油のサプライチェーンに関わる全ての事業者は規制当局（National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels/ANP）への登録が必須となっており、各種証明書を証憑とした数量管理により廃油が適切に回収・処理（再精製）されることを担保していることが同国 EPR 制度の最大の特徴となっている。各事業者が ANP への登録や証明書の発行・保管義務を怠った場合には多額の罰金（500～2,500 万円）が課せられることが法律で定められており、強制力のあつた仕組みとなっていること（かつ廃油の燃料利用が禁止されていること）が同国で再生基油製造が進んでいる最大の理由と考えられるが、同国には完成潤滑油生産者や輸入者への再生基油の購入（混合）義務や目標比率は現時点では存在していない。それにも関わらず多くの完成潤滑油生産者は再生基油を購入しているようであり、この背景は今後精査が必要である。回収業者が再生業者を兼ねる場合（多くの場合）については、証明書購入にあたり再生基油購入が必須となる

可能性等が想定されるが、同国最大の再生事業者である Lwart 社へのヒアリングによれば、証明書の売買と再生基油の売買は独立しており、直接の関係はないとのことである。マーケットで再生基油が売れないと、回収義務数量見合いの受領証明書を（数量的に、或いは費用的に）安定的に確保できなくなると推測され、完成潤滑油生産者は再生基油を買わざるを得ない状況に置かれているとも考えられるが、完成潤滑油の生産者（ならびに輸入者）は受領証明書を取得する際に 0.35～0.45 ブラジルリアル/L \div 80～100USD/トン（12～25 円/kg：為替想定 150 円/USD、以下同）の費用を支払っているとされる。この費用は回収事業者の廃油回収物流費用に充当され、同国内での安価な廃油調達を可能とし、ひいては再生基油製造の経済性向上に寄与していると考えられ、結果的にバージン品対比価格競争力ある形での再生基油販売を可能とし、完成潤滑油生産者は証明書取得義務とは無関係に（価格メリットの観点で）購入していることも考えられる。同国内回収事業者の多くが再生事業者であることも、廃油調達価格の押し下げ＝再生事業の経済性向上に寄与していると思われるほか、国産バージン品ベースオイルだけでは同国内需要が賄えないこと（例えばバージン API グループ II ベースオイルメーカーは同国に存在せず輸入品のみマーケットとなっており、国際市況より高く取引されている可能性がある）も再生基油が一定のシェアを獲得するのに貢献（かつ高値で取引されることを支持）していると思われるが、輸入ベースオイルにかかる関税は同国内では 0%であるため、実際の取引価格については確認が必要である。

6.2.3 中国

① 潤滑油リサイクル概況

中国の潤滑油市場は約 7,000 千トンで、年間約 3,600 千トン程度の廃潤滑油が発生しており、うち 8 割強にあたる約 3,000 千トンが回収され、約 1,400 千トンが基油（主に API グループ I ベースオイル）へと再生されていると推測される（2020 年時点）。

再生事業者は API グループ I ベースオイルメーカーを中心に、40～50 社超が存在していると見られるが、50 万トンの廃油処理能力を保有する業界最大手の河北金谷再生資源開発有限公司（Hebei Jingu Recycling Resources Development）を筆頭に、20 万トン超の廃油処理能力を保有する大手事業者は 2 社、5～10 万トン規模の中規模事業者が 10 社程度となっている。再生基油製造方法としては、蒸留後の溶剤抽出が主流だが、蒸留方法は各社ごとに異なり、中規模～大手事業者については真空蒸留を採用していることが多い。

② 廃油処理に関する規制

中国では廃潤滑油は「国家危険廃物名録」に記載され、回収、運送、貯蔵、処理などをする会社は、環境汚染を防止すべく適切な管理を行うことが義務づけられ、「危険廃棄物経営許可証」の保有が必須となる。2015 年に中国工業・情報化部（MIIT）より公布された「廃鉱物油総合利用業界規範条件（2015 年第 79 号）」において、廃鉱物油の総合（包括的）利用は「様々な分離工程を経て、工業用油と同等またはそれに近い品質の潤滑油基油、ディーゼル燃料、その他工業油を得ること」と定義され、回収・運送・処理・再生に関する一連の規則が定められた（廃油回収方法、事業規模や立地、品質規格やエネルギー消費量上限などが規定）。

2017年には廃鉱物油は「戦略性新興産業重点産品とサービス指導目録」に入れられ、消費税、所得税などにおける優遇（インセンティブ）を提供することが提示され、2021年発行の「資源の総合的利用に向けた付加価値税（増値税/VAT）政策の改善に関する財政部・国家税務総局の公告」によれば、再生基油製品販売業者は50%VAT還付対象（優遇なし税率13%→6.5%でカウント）、2023年発行の「廃鉱物油再生油製品の消費税免税措置継続の公告」によれば、廃鉱物油で再生した潤滑油基油、ガソリン、軽油、その他の工業用油に対する消費税が免除される（優遇なし税額：1.52元/L≒\$260~270/トン≒40円/kg）ことになっている。

2023年には「石油精製産業のグリーン、革新的、高品質発展の促進に関する指導的意見」において廃潤滑油などの廃有機物と原油とのカップリングが奨励されること等も明記された。

以下表 6-1 にて、デスクトップ調査で確認できた税制優遇の詳細をまとめた。

表 6-1 中国における税制優遇の例

分類	政策	実行時間	優遇対象	優遇内容
VAT 簡易計算 ポリシー	<ul style="list-style-type: none"> 「資源の総合的利用に向けた付加価値税政策の改善に関する財政部・国家税務総局の公告」(2021年財政部・国家税務総局公告第40号) 	2022年 3月1日 から開始	再生可能資源(危険廃棄物、廃棄自動車、その他再生可能資源)回収に従事する増値税一般納税者	回収した再生資源の販売に対して、VAT3%にて計算
VAT 還付ポ リシー			自社生産の資源総合利用製品の販売及び資源総合利用サービスの提供	VAT 還付 (廃鉱油：50%)
消費税の優 遇措置	<ul style="list-style-type: none"> 「廃鉱物油再生油製品の消費税免税措置継続の公告」(2023年財政部・国家税務総局公告第69号) 	2027年 12月31日 まで有効	廃鉱物油で再生した潤滑油基油、ガソリン、軽油、その他の工業用油	消費税の免除
法人税の優 遇政策	<ul style="list-style-type: none"> 中華人民共和国企業所得税法第33条 中華人民共和国企業所得税法施行規則第99条 「資源の総合的利用のための企業所得税優遇目録の実施に関する問題に関する財政部と国家税務総局の通知」(財税[2008]第47号) 「国家税務総局の法人所得税優遇政策事項の取扱いに関する改正措置の公告」(2018年国家税務総局公告第23号) 	2008年 1月1日 以降も継続	「資源総合利用企業の所得税優遇目録」に掲載されている資源を主原料として使用し、「資源総合利用企業所得税優遇目録」に掲載された製品を生産する企業	関連製品からの総収入は、90%で計上
環境保護税制 の優遇政策	<ul style="list-style-type: none"> 「中華人民共和国環境保護税法」第12条第4項 財政部生態環境部、環境保護税に関する問題に関する国家税務総局通知(財税[2018]第23号)第3条 「中華人民共和国工業情報化部公告2018年第26条」 		国及び地方の環境保護基準を遵守し、課税固形廃棄物を包括的に利用する環境保護納税者。	環境保護税を一時的に免除 ※1.2-3.9元/汚染当量 北京、天津、上海、河北、江蘇、河南では、4.8-14元/汚染当量。

業界最大手の河北金谷再生資源開発有限公司によれば、前述の各種税制優遇は事業の経済性を担保する上で必須となっている。同社の場合、廃油は自社の回収網ならびに協力会社から調達しているが、価格は原油価格を参考に決められ、足元調達価格は約 5,000～5,200 元（約\$700～730）/トン \div 105～110 円/kg（優遇 VAT 3%と消費税 1.52 元/L \div 40 円/kg を含む）、これに対し目的生産物であるグループ I の再生基油の販売価格は約 7,500 元（約\$1050）/トン \div 158 円/kg（優遇 VAT 6.5%を含む、消費税免除）となっており、他副産物（船舶用重油、アスファルト向け重油等）の販売価格が約 2,000～5,000 元/トン \div 42～105 円/kg（グループ I の再生基油と同様の税優遇対象）程度、目的生産物の収率（約 6 割）と製造コストを加味すると、何とか採算が取れるレベルであることを確認した（販売価格加重平均： $7500 \text{ 元/MT} \times 0.6 + 2,000 \sim 5,000 \text{ 元/MT} \times 0.4 = 5,300 \sim 6,500 \text{ 元/トン程度} \div 111 \sim 137 \text{ 円/kg}$ ）。逆に各種税優遇がないと仮定した場合、原料廃油調達価格が VAT 分更に高くなるほか、API グループ I ベースオイルの販売価格は VAT+6.5%に消費税 1.52 元/L \div 40 円/kg が加わり、 $9,400 \text{ 元} + \alpha / \text{トン} \div 197 \text{ 円超/kg}$ の仕上がり¹となり、API グループ I ベースオイルの国内市況@ 8,300 元（約\$1,160U）/トン² \div 174 円/kg を大きく上回る事となる。現在中国

¹ VAT 計算を原料廃油価格と販売価格の差から行った場合。実態は、廃油排出事業者＝廃油販売者から購入価格の証憑となるインボイスを入手できず、再生基油や副産物の販売価格に対して VAT が計算されているケースが多く、再生事業者の経済性悪化の一因となっている。

² 同国ではバージン基油の国内生産が限定的で輸入依存となっており、輸入品には関税に加えて VAT、消費税もかかるため国内販売価格が国際市況対比高くなっているが、廃油販売にも VAT、消費税がかかるため廃油の調達価格が非常に高いことも特徴である。

市場では、再生基油が品質／低炭素等の観点でプレミアムをつけて買われることはまずなく、価格メリットを訴求することによるバージン基油からの置き換えが基本であることから、税制優遇政策によりバージン基油価格よりも安く販売できる立付けにあることが同国内で再生事業が成立している主因であるといえる。

また、同社は高技術企業（ハイテク企業）の省認定を受けており、法人税が25%→15%に減税されており、一定の経済性確保に寄与している。それでも尚、稼働率の低さ（30～50%）もあり、業界最大手といえども事業採算は決して良いとはいえない状況であった。同国内で基油再生を更に進めるには、潤滑油事業者への再生基油購入義務（販売増／稼働率向上）や再生事業者への補助金等、更なるインセンティブの付与（販売価格引き下げ／バージン品の置き換え促進）が必要と見られる。

なお、廃鉱物油の回収利用に関しては、2011年に定められた「廃鉱物油回収利用汚染防御技術規範」等にて燃料用途の記載もあり、同国にて燃料再生自体は認められている。一方、前述の廃鉱物油の総合（包括的）利用はあくまで基油再生のことを指し、燃料再生は各種税制優遇の対象外と考えられるが、現時点での調査では確認できていない（例えば VAT 還付対象の製品には「廃潤滑油を原料とした工業用油」との記載あり、再生重油が含まれる可能性）。燃料再生も優遇対象となっているとすれば、対象外とすることで基油再生が促進されるものと考えられる。

6.2.4 オーストラリア

① 潤滑油リサイクル概況

同国潤滑油市場規模は 500 千トン程度と推測され、300 千トン程度の廃油が発生し、9 割程度にあたる 280 千トン程度が回収され、うち 200 千トン強が基油再生に回されていると見られる（2023～24 年度時点：管理当局最新統計によれば 640 千 KL の国内製造／輸入基油に対し、170 千 KL 程度の再生基油が製造されている）。同国は広大な国土面積を誇る一方で人口の 8 割超が岸部（特に南東部）に集中しており回収は効率的に行われている。

同国には年間 120 千トン以上の廃油処理能力を保有する最大手 Cleanaway 社（オーストラリア南東部に 2 か所再生工場を保有）、続く Southern Oil 社（同 110 千トン程度、東部に 2 か所再生工場を保有）、Wren Oil 社（処理能力不明、西部に再生工場を保有）の 3 社の再生事業者が存在している。

② 廃油処理に関する規制

同国では 2000 年に PSO Scheme（Product Stewardship for Oil Scheme；石油製品管理に関するスキーム）が制定され、以降、(1)完成潤滑油生産者ならびに完成潤滑油輸入者からの賦課金徴収、及び、(2)廃油再生事業者への補助金（給付金）給付、により廃油の回収再生がうながされてきた。(1)と(2)はリンクしており、(1)を原資に(2)が給付される仕組みとなっている。当該スキームの管理監督は Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water/DCCEEW（旧 Department of Agriculture Water and Environment/DAWE）が行うが、運営主体（実行組織）は税務局（The Australian Tax Office /ATO：国内潤滑油生産者からの賦課金徴収と再生事業者への補助金給付を行う）ならびに 内務省税関部（The Customs Area of the Department of

Home Affairs : 潤滑油輸入者からの賦課金徴収を行う) となっている。

(1)の設定額は表 6-2 の通りで、14.2cent/L \approx 14 円/L (為替想定:100 円/豪\$、以下同。潤滑油の場合) or KG (グリースの場合) となっており、2023 年にそれまでの 8.5cent/L \approx 9 円/L から引き上げられたばかりである。また、リサイクル潤滑油またはグリースも販売時には再び賦課金の対象となる。輸入品にも同様の賦課金が課せられる。

表 6-2 PSO スキームにおける賦課金の徴収額

15.1	Either: (a) petroleum-based oils that are lubricant/fluid/oil products; or (b) the synthetic equivalents of such oils; but not greases	\$0.142 per litre
15.2	Either: (a) petroleum-based oils that are lubricant/fluid/oil products or greases; or (b) synthetic equivalents of such oils; recycled for use as oils that are lubricant/fluid/oil products but not recycled for use as greases	\$0.142 per litre
15.3	Petroleum-based greases and their synthetic equivalents	\$0.142 per kilogram
15.4	Either: (a) petroleum-based oils that are lubricant/fluid/oil products or greases; or (b) synthetic equivalents of such oils; recycled for use as greases	\$0.142 per kilogram

出所：豪州政府「Excise Tariff Amendment (Product Stewardship for Oil) Act 2023」³

³ <https://www.legislation.gov.au/C2023A00037/latest/text>

(2)の設定額は表 6-3 の通り。リサイクルのプロセス／最終製品の 카테고리ごとに金額に差をつけることで、より高度なリサイクル：カテゴリ5～6（燃料リサイクル）→カテゴリ1（マテリアルリサイクル）へのシフトを推奨する仕組みとなっている。具体的には、再生基油製造に対しては 50cent/L≒50 円/L の補助金が出るのに対し、再生燃料に対しては 3-5cent/L≒3-5 円/L 程度の補助金しか出ない形となっている。

表 6-3 廃油再生事業者への補助金の支払額

カテゴリー	金額 (Cent/L)
1. 特定の基準を満たす再生基油（潤滑油または油圧作動油または変圧器油として使用されるもの）	50
2. その他の再生基油（チェンバー油等、製品に組み込まれたもの）	15
3. 「自動車用ディーゼル燃料基準 2001」に準ずるディーゼル燃料	7
4a. ディーゼル関連製品：ろ過、脱水、脱鉛物化されたもの；及びディーゼル燃料と組み合わせて使用される場合、3 の燃料基準に従う混合燃料	5
5. 高級工業用燃料油（ろ過、脱水、脱鉛物化されたもの）	5
6. 低級工業用燃料油（ろ過及び脱水されたもの）	3
7. 工業用プロセス油及び潤滑油（油圧作動油及び絶縁油を含む）；再処理或いはろ過はされているが再精製されていないもの	0
8. 官報で告示された用途で国内で消費される特定の油	14.2

出所：豪州気候変動・エネルギー・環境・水資源省ホームページ「Product Stewardship for Oil (PSO) Scheme」⁴

⁴ <https://www.dcceew.gov.au/environment/protection/used-oil-recycling/product-stewardship-oil-program>

同国で潤滑油リサイクルが進展しているのは基本的にはこの PSO Scheme の政策効果とみられるが、当該スキームとは別に再生基油事業者に対する CAPEX 補助金もあり、2000 年以降、カテゴリ 1 への投資が促進された。カテゴリ 1 事業者が増えたことで PSO Scheme 自体は長らく赤字（賦課金総額 < 補助金総額）が続いていたが、2023 年に前述の通り賦課金が引き上げられたことで直近の実績はほぼバランスしている（2022/23 年度実績：賦課金\$47,120,216 ≒ 47 億円 vs 給付金\$89,009,63 ≒ 89 億円 → 2023/24 年度実績：賦課金\$89,803,46 ≒ 90 億円 vs 給付金\$91,204,684 ≒ 91 億円）。

一方で PSO Scheme の補助金額については Scheme 制定当時、各カテゴリの採算と環境負荷を考慮して額が制定されたものがそのまま使われており、同国インフレ率を考慮すると実質 50% 程度に目減りしていると見られ、再生事業者の経済性を担保するのに不十分である可能性があり、事業者の経済性実態に関しては追加の調査が必要である。

なお、回収に関する規制は国全体では存在せず、州ごとに敷かれており、詳細については追加調査が必要である。

6.2.5 インド

① 潤滑油リサイクル概況

2023年の同国潤滑油市場規模は2,900千トンであり、2,000千トン程度の廃油が発生し、7割程度にあたる1,400千トンが回収され、うちわずか70千トン強が基油再生に回されている。インドの潤滑油需要は年率3%の伸長が見込まれており、2034年に潤滑油需要は4,000千トンまで増加する見通し。インド政府は後述するEPRシステムの導入により、2034年の再生基油製造量を全体需要の50%（再生基油製造量2,000千トン）に引き上げることを目指している。

② 廃油処理に関する規制

同国では2024年4月より施行された「有害及びその他の廃棄物（管理及び越境移動）規則」（the Hazardous and Other Wastes（Management and Transboundary Movement）Second Amendment Rules, 2023）に基づき、環境省が監督する中央汚染管理委員会（Central Pollution Control Board, CPCB）が、潤滑油に関するEPRシステムを運用、管理している。本システムの管理対象は、潤滑油生産者、潤滑油販売者、回収事業者、再精製事業者及び廃油輸入者であり、国内で事業を行うすべての事業者はCPCBが管理するEPR Portalに登録を行うことが義務付けられている。同国では、EPRを負うのは潤滑油を販売する事業者及び廃油の輸入者であり、自社が過年度に国内で販売した潤滑油又は輸入を行った廃油数量の一定割合に見合う数量の、EPR証明書（登録済の再生事業者によって発行される再精製された数量を証明するDocument）の購入が義務付けられている。更に、証明書の購入数量については、各年度に目標数値が定められており、2024～25年の5%から始まり、2029～30年に50%まで増やすことが求められている。EPR証明書は再生基油製造のみならず再生燃料

製造によっても発行されるが、以下の数式に基づき、EPR 証明書の数量が調整される仕組みとなっている。

$$Q_{ERP} = Q_P \times C_F \times W_P$$

Q_{ERP} EPR 証明書の数量

Q_P 再生された製品の数量

C_F 製品 1 単位の製造に使用される廃油の数量

W_P 製品の特性に応じて設定される掛目

再生基油や再生潤滑油の場合は、 W_P は 1 となるが、再生燃料（又は廃油を一部使用した基油等）の場合は 0.25 が使用されることとなっており、マテリアルリサイクルの方がより大きな数量の EPR 証明書を発行できる仕組みとなっている。尚、 C_F や W_P の数値は、再生基油の品質にも依存し、CPCB によって定められるものとされている。EPR 事業者によって購入される EPR 証明書が数当該年度の義務数量に未達の場合、当該事業者は ton あたり単価で決定される環境補償金（Environmental Compensation（EC））を支払わなければならない。但し、EC を支払った年度から 3 年以内に当該年度の義務数量を後追いで達成した場合には、支払った EC の一部が返還される仕組みとなっている。尚、EPR 証明書は EPR Portal 上で入札方式によって取引されるが、CPCB はその下限/上限価格を EC の 30%/100% と定めており、入札はこのレンジ内において行われることとなっている。

③ 2025 年現在の EPR システム稼働状況

ERP Portal⁵にて、生産者、再精製事業者、回収事業者の EPR システムへの登録情報が確認できる。2025 年 3 月現在、潤滑油生産者のシステム登録者は 90 社あるが、うち認証済は 21 社、再生基油事業者に就いては、76 社の登録に対し、5 社のみが認証済、という状況。回収事業者に就いては、登録も認証もゼロという状況。ポータル内で売買される EPR 証明書の価格レンジを決める環境補償金は未だ決まっていないとのことであり、関係者間での想定価格に乖離がある (1cent/L~\$1/L) ことから、本システムが実態として稼働するには時間を要するものと思われる。また、同国内の再生基油事業者の多くは稼働しておらず、製造できる再生基油の品質も国際水準対比低いことから、政府の掲げる EPR 証明書の目標数量 (2030 年迄に完成潤滑油販売量の 50%) の達成は非現実と考えられている (現実的な目標数量として 10%程度との声もある)。以前より、廃油回収は認定事業者のみが行うこととされ、CPBC への報告義務も課されていたが、多くの廃油が非認定事業者により取り扱いされている、新油に廃油を混ぜた偽造品が存在する等、ブラックマーケットの存在が同国における再生基油市場の発展を阻害してきたと言われており、EPR システムの施行による再生基油市場の影響は今後注目される。

⁵ <https://eprusedoil.cpcb.gov.in/login>

6.2.6 インドネシア

① 潤滑油リサイクル概況

インドネシアの潤滑油製品市場は約 1,000 千トン弱であり、350 千トンの廃潤滑油が回収、使用されている。同国では、地場の潤滑油メーカーによる廃潤滑油再精製事業が進展しており、凡そ 130 千トンの廃潤滑油を処理し、80 千トンの再生基油（API グループ I）が製造されている。

再生基油事業者は 3 社存在し、それぞれ自社で回収も行っている。3 社は共に新油由来のベースオイルを原料とした潤滑油製造・販売事業者であるが、自社製品の原料として再生基油も使用している。PT Wiraswasta Gemilang (WGI) は Evalube という自社ブランドで二輪向けエンジンオイルを中心に製造、販売を行っており、自社製品の原料として再生基油を使用している。PT ALP Petro Industry (ALP) は、イタリアの石油会社である Eni が AGIP ブランドで展開する潤滑油の委託製造を請け負っており、その原料として再生基油も使用されている。

② 廃油処理に関する規制

同国では、再生基油製造設備に対する補助金制度や、廃潤滑油の回収、貯蔵、再精製への補助金や財政支援、及び廃潤滑油の使用に対する規制は存在しない。一方、2021 年に廃潤滑油を回収し認定事業者に引き渡すことを義務化する規制が発効したことにより、廃油回収量は伸長している。廃油生成事業者又は回収事業者は 90 日以内に、認定事業者に廃油を引き渡す必要があるが、適切な廃油処理施設を有していることがライセンスを受けるための条件となっており、ライセンス取得の難易度は高い。個人事業者を含む多くの回収事業者が廃油の回収を担い、燃料使用、再精製目的で廃油処理を行う認定事業者に販売されており、

マテリアル・サーマルリサイクルを行う認定事業者に廃油が集まる仕組みが構築されており、廃油回収／活用システムは高度に構築されていると言える。

一方で、再精製潤滑油は新油由来潤滑油に対して品質が劣ると認識されており、市場全体における再生基油由来潤滑油のシェアは未だ大きくはない。このことから、WGI や ALP は自社で製造する潤滑油製品に再生基油が使用されていることを明示していない。しかしながら、両社が製造する再生基油は、自社潤滑油製品の原料として使用される他、輸出を含む外部への販売も行われており、品質面では新油由来基油に遜色は無いと評価されている。同国では、未精製の廃潤滑油を新油由来の潤滑油に混入し模造品を販売する商習慣が根強く残っており、再生潤滑油への不人気は解消しない要因となっていると考えられる。このような状況から、同国の潤滑油市場で大きなシェアを有するペトロナスやシェル等の潤滑油メジャーが再生基油を積極的に使用する状況にはなっていないが、同国潤滑油の継続的需要伸長や高品質基油への需要の高まりを踏まえ、再生基油事業者は設備の改修による API グループ II 製造も企図しており、再生基油の品質向上に伴い、再生潤滑油サプライチェーンが高度化することが期待される。

特段の促進政策が存在しないインドネシア市場で再生基油製造が比較的進んでいる背景（特にサーマルリサイクルとの競争や収益性）やインドネシアで潤滑油マテリアルリサイクルを更に促進するための規制導入の可能性については、今後事業者インタビュー等により追加調査が必要であると考えられる。

6.3 まとめと今後の課題

今年度の事業において、調査対象とした 5 か国 1 地域（欧州、ブラジル、中国、オーストラリア、インド、インドネシア）の政策文献調査は概ね完了、一部地域では再生事業者へのヒアリングも実施し、政策が再生事業の採算改善や潤滑油生産者による再生基油の購入促進に寄与していることを確認した。欧州やブラジル、オーストラリアで採用されている拡大生産者責任（EPR）規制、ならびに当該規制の履行状況の管理手法や再生事業者へのインセンティブ付与方法は国内でも適用できる可能性がある。

フランスやブラジルでは、完成潤滑油生産者や輸入者が 15 円/kg 程度の廃油回収費用を負担する形で回収事業者へのインセンティブを提供しており、廃油回収を促進、ひいては廃油調達コストを抑えることで再生事業者の経済性向上に寄与していると考えられる。特にブラジルでは、廃油の燃料利用禁止の原則のもと、再生事業者（再生基油生産者）が発行する廃油受領証明書に基づく厳格な数量管理を実施しており、最終処分まで完成潤滑油生産者や輸入者の責任としている点がユニークである。オーストラリアでは完成潤滑油生産者や輸入者の費用負担により再生基油事業者に 50 円/L 程度の補助金を出し、燃料再生事業者への補助金額と大きく差をつけることで、マテリアルリサイクルを促進している。インドはブラジルやオーストラリアの政策を参考に、再生基油事業者へのインセンティブ付与を主眼とした EPR 規制を敷こうとしているが、再生基油製造能力等に課題あり、実現には時間がかかると見られる。中国では EPR 規制は採用されていないが、廃油調達価格が他国対比非常に高く、大規模な税制優遇（40 円/kg 以上の減税）にて再生事業者の経済性を担保している状況であった。表 6-3 に概要をまとめた。

表 6-3 調査サマリー

調査対象国	拡大生産者責任 (EPR)	回収事業者へのインセンティブ	再生事業者へのインセンティブ	燃料への利用禁止
フランス	○	○	—	△
ベルギー	△	△	—	△
フィンランド	—	△	—	△
ドイツ	—	—	—	△
ブラジル	○	○	—	○
中国	—	△	○	—
オーストラリア	○	—	○	—
インド	○	—	○	—
インドネシア	—	—	—	—

【凡例】 ○…有、△…一部（あるいは少額）有

上述の通り、各国各様の規制及びインセンティブシステムが導入されているが、導入当時の各国政府の政策目標により、規制・インセンティブシステムが異なっている点が興味深い。例えば 2000 年初頭から規制が強化された欧州やブラジルでは、廃棄物を適切に回収処理する点に重きが置かれた結果、回収コストの負担を PRO に担わせる仕組みとなっている。一方で再生基油製造の推進に重きが置かれた結果、豪州や中国、インドでは再生基油事業者への便益がより大きいシステム設計となっている。

日本においては、廃油回収システムが高度に確立しているものの、再生燃料としての使用に限られている点に鑑み、上述した各国政策の詳細及び有効性を追加調査していく中で、再生燃料から再生基油製造へ構造転換を促す日本固有の制度設計を今後検討していく必要がある。

7. 結論

本事業では、社会全体の脱炭素化のため、潤滑油の供給安定性を高めつつ、その製品ライフサイクルにおける環境負荷を低減することを狙いとして、潤滑油のマテリアルリサイクルの方法である基油再生の有効性を検証した。特に、国内に既存の石油精製設備を用いる場合と、海外の基油再生に特化した設備を新たに国内に導入して用いる場合について、品質・経済性・環境影響の観点に着目して検討した。なお、原料調達には既存の廃潤滑油処理フローを活用し、再生重油を原料にすることを前提とした。また、我が国への基油再生の実装にあたっては、上記の観点のいずれかにおいてメリットとデメリットの双方が認められる可能性があることを鑑み、海外において基油再生の推進のために実施されている政策を調査した。得られた結論を以下に記す。

(1) 品質

品質に関しては、我が国の潤滑油市場で求められる API グループⅢに分類される再生基油を製造することを前提とし、プロセスの検討を行った。まず、国内に既存の設備を活用した場合として、前処理した再生重油を、出光興産千葉事業所のバージン基油製造工程である水素化脱蠟および水素化精製に対して、バージン材と混合投入することにより部分再生基油を製造するスキームを設計した。検討の結果、下記の結論を得た。

- 前処理工程として、減圧蒸留は、大部分の金属元素を除去することができ極めて有効であるが、塩素・硫黄・窒素の除去は困難である。
- 前処理工程として、フルフラール抽出は、塩素・硫黄・窒素の除去に効果があるものの、後続の最終精製工程である水素化脱蠟・水素化精製の制約に対して十分ではない。

- 実装初期段階においては、前処理工程には減圧蒸留のみを採用し、バージン材による希釈率を高めることで塩素・硫黄・窒素の濃度を低減して最終精製工程への投入を可能とすることが望ましい。

また、海外で稼働している再生基油製造設備については、グループⅢ基油を製造できるものを選定し、当該設備で再生重油から再生基油を製造するスキームを設計し、下記の結論を得た。

- 本事業で用いた再生重油を原料とした場合においてもグループⅢ基油が製造可能な再生基油製造設備が実存する。

(2) 経済性

上記のうち、既存プロセス活用スキームの経済性について検討した結果、下記の結論を得た。

- 現在の再生重油の市況価格に基づくと、製造される再生基油のコストは、バージン基油に対して大幅に高くなる。
- コストへの影響が最も大きいのは、再生重油の調達価格である。
- 次に影響が大きいのは、前処理工程および最終精製工程における歩留まりである。
- これらを解決する方策として、再生重油の調達価格の低減および歩留まりの改善のほか、副生成物である軽油ならびに重油の有価利用が挙げられる。

(3) 環境影響

上記スキームの GHG に関する LCA を実施した。基油再生については新規のバージン基油製造の回避することによる GHG 排出削減量を、再生重油の燃料利用については新規の C 重油製造および燃焼を回避することによる GHG 排出

削減量を評価した。その結果、下記の結論を得た。

- 基油再生に関して、既存プロセス活用スキームと海外プロセス導入スキームを比較した場合、それらの GHG 排出削減量は同程度である。
- 再生重油を原料とした基油再生と再生重油の燃料利用を比較した場合、それらの GHG 排出削減量は同程度である。
- バージン基油の排出原単位と、熱源の排出原単位によっては、基油再生の方が有利になり得る。

また、GHG 以外の環境影響について定性的な評価を行った。その結果、基油再生には、再生重油の燃料利用と比較して下記の優位性がある可能性を見出した。

- 枯渇性資源の保全
- 我が国にとっての資源セキュリティ向上
- バラスト水削減による生物多様性影響の低減
- 大気汚染の削減

(4) 政策

海外において基油再生の推進のために実施されている規制やインセンティブ制度などを調査した結果、下記の結論を得た。

- 廃潤滑油の燃料利用を、原則として禁止する規制がある。
- 基油再生に関わる廃潤滑油回収事業者や再生基油製造事業者に対して、インセンティブを付与する制度がある。
- インセンティブ制度は、賦課金の徴収、基油再生に対する補助金、税制優遇、証書の購入の義務付け等があり、多様である。

8. 今後

上記の結論を踏まえ、今後の課題を以下に記す。

- ① 既存プロセス活用スキームにおいて、リサイクル材の混合比率を高めるための、塩素分を低減する手法の検討
- ② 既存プロセス活用スキームにおいて、副生成物を有価利用した場合の経済性改善効果の検討
- ③ 海外プロセス導入スキームにおける経済性の検討
- ④ GHG 削減効果に関して、基油再生が再生重油の燃料に対して有利になるような条件（特にバージン基油製造および熱源の排出原単位）の検討
- ⑤ GHG 削減効果以外の環境影響評価について、シナリオの更なる精緻化と、より定量的な検討
- ⑥ 海外政策の更なる調査
- ⑦ ①～⑤を踏まえた、我が国に基油再生を実装した場合のベネフィット・コスト・課題・リスクの包括的な分析
- ⑧ ⑥および⑦を踏まえた、我が国において基油再生を推進するために有効な制度の設計と提案

9. 現地視察会の開催

環境省担当官、評価審査委員 1 名、本業務受託者による現地視察会を 2025 年 2 月 5 日に開催し、本業務の進捗報告を行った。

10. 共同実施者との打ち合わせの開催

共同実施者である長谷川インターナショナル(株)、三井物産(株)、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)及びみずほリサーチ&テクノロジーズ(株)との打ち合わせを計 12 回開催した。

表 10-3 共同実施者との打ち合わせの開催概要

No.	実施日時	形態	概要	参加者
1	2025年1月17日	合同会合	今年度事業の実施方針について	①～⑤
2	2025年1月21日	個別会合	統合的評価の実施方針について	①・③
3	2025年1月22日	個別会合	LCAの実施方針について	①・⑤
4	2025年1月22日	個別会合	海外プロセス導入スキームの検討方針について	①・②
5	2025年1月22日	個別会合	海外政策調査の実施方針について	①・④
6	2025年2月6日	個別会合	LCAの実施方針について	①・②・③・⑤
7	2025年2月13日	個別会合	統合的評価の実施方針について	①・②・③
8	2025年2月17日	合同会合	進捗共有	①～⑤
9	2025年2月28日	個別会合	海外政策調査の進捗共有	①・④
10	2025年3月13日	個別会合	統合的評価の進捗共有	①・③
11	2025年3月17日	合同会合	進捗共有	①～⑤
12	2025年3月19日	個別会合	LCAの進捗共有	①・⑤

※参加者は下記の通り

- ①：出光興産株式会社
- ②：長谷川インターナショナル株式会社
- ③：みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社
- ④：三井物産株式会社
- ⑤：三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可

本冊子は、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。