

D. 廃潤滑油の革新的再生技術開発

(日石テクノロジー株式会社)

廃潤滑油の革新的再生技術開発

目次

1. 背景と現状と将来	D-1
(1) 背景	D-1
(2) 現状	D-1
(3) 将来	D-1
2. 技術開発の必要性和意義	D-1
3. 事業目的	D-2
4. 概要	D-2
(1) 試験装置および JIS K2520 抗乳化試験	D-3
(2) 供試油と薬品	D-2
(3) 回収ルートの異なる廃油での再生予備実験	D-4
5. 再生重油への検討	D-6
(1) 品質目標	D-6
(2) 実施例	D-6
6. 潤滑油基油への検討	D-11
(1) 廃潤滑油とカスケード使用先	D-11
(2) 品質目標（規格項目と再生油の目標値）	D-11
(3) 実施例	D-12
7. コストと経済性の検討	D-14
(1) 経済性検討に当たっての前提と仮定	D-14
(2) 廃潤滑油処理費試算	D-14
(3) ペイアウト試算例	D-15
(4) 廃残物はどの位出るのか？その処理方法は？	D-16
8. 他の再生技術との比較	D-16
(1) 石炭を用いた廃潤滑油の精製技術との比較	D-16
(2) 白土処理との比較	D-16
(3) 廃油再生フローシートと各工程説明	D-18
9. まとめ	D-19

調査研究・図・表・写真目次

表-1	供試廃油の一般性状	D-4
表-2	サンプル名と試験条件	D-4
表-3	再生重油サンプルの元素別含有量	D-4
表-4	廃油の元素分析変化	D-6
表-5	CHEM-X 水溶液成分と pH 変化	D-7
表-6	清浄機で回収されたスラッジの元素分析	D-7
表-7	エンジン油廃油の酸処理後の灰分量	D-7
表-8	酸処理後のエンジン油廃油の元素分析値	D-7
表-9	廃油の元素分析結果	D-8
表-10	珪酸ソーダ液の pH 変化	D-8
表-11	自家発電用ディーゼルエンジン油廃油	D-9
表-12	実験結果	D-9
表-13	供試廃油の一般性状	D-10
表-14	珪酸ソーダでの処理前及び繰り返し処理後のサンプル諸言	D-10
表-15	珪酸ソーダの繰り返し使用による再生油の元素別含有量	D-10
表-16	廃潤滑油とカスケード使用先	D-11
表-17	再生油の規格項目と目標値	D-11
表-18	供試廃油の一般性状と珪酸ソーダ、白土処理油	D-12
表-19	油圧作動油廃油の珪酸ソーダ処理と弱酸処理後の元素分析値	D-12
表-20	油圧作動油廃油処理後の灰分量	D-12
表-21	使用タービン油および処理油の性状	D-13
表-22	絶縁油の使用油および処理油の性状	D-14
表-23	各油の組成性状	D-17
表-24	エンジン油廃油の白土処理前後の性状	D-17
写真 1	攪拌装置	D-3
写真 2	遠心分離機	D-3
写真 3	JIS 抗乳化試験 1 時間放置後	D-3
写真 4	JIS 抗乳化試験 遠心分離後	D-3
写真 5	50 倍希釈液による処理後の分離板裏表の汚れ	D-3
写真 6	清浄機で回収されたスラッジ	D-3
図-1	廃油再生フローシート	D-18

1. 背景と現状と将来

(1) 背景

近年、化学物質の安全性や環境問題に対する関心は高まってきており、その生産、流通、使用の過程だけでなく、その後の廃棄過程を含めて総合的に安全管理して行くことが世界的規模で求められている。国内においても資源の有効利用及び環境保全の観点から、廃棄物の適正処理、リサイクルの促進等を社会的緊急課題と受け止め、廃棄物処理法、リサイクル法、省エネ・リサイクル支援法、容器包装リサイクル法等の制定で法制面の体制も着々と整備されつつある。しかしその一方で、潤滑油の廃油に関しては、塩素と灰分が含まれているため使用上多くの問題が残されている。

(2) 現状

我が国の使用済み潤滑油(廃油)は、年間150万KLあり、約70%の100万KLが回収されている。しかし、潤滑油基油として再利用するマテリアルリサイクルは白土処理、硫酸処理、溶剤抽出等の方法はあるが、いずれもコスト高でほとんど行われておらず、半数以上の70万KLが再生重油としてサーマルリサイクルされる一方、約2万KLが、コンクリート離型材などに再精製されており、残りの28万KLは、焼却処分されている。

現在、廃潤滑油中の塩素と灰分の除去方法に関する有効な手段が無いため、使用済み潤滑油は、廃油業者によって回収され、その一部が再生燃料として利用され、ごく一部が再生潤滑油として利用されているのみである。このようにリサイクルが進んでいない理由は、廃潤滑油の性状が一定せず、また混入不純物により通常のボイラー用燃料として使用出来ず、用途がアルミ精錬、汚泥乾燥等に限定されるからである。従って現行の環境規制を受けない小規模設備等で使用されたり単純焼却される廃油も多く、簡易焼却炉での処理のためダイオキシン発生源としての懸念もある。

使用済み潤滑油には、リサイクルが比較的容易に出来るものと難しいものがあり、難しい方の塩素系や水系は基本的にリサイクルが不可能と考えてよい。使用済み潤滑油の中でリサイクルの対象となるのは「非塩素系潤滑油」であり、分別回収が必要条件になる。

実際に市場では給油所から排出される廃エンジン油や一般工業用に使われた各種潤滑油類は、塩素系切削油及び水溶性切削油などとは原則的に分別回収されているが、実状は一般回収油中にも塩素分がコンタミとして200~2000ppm程度混入しており、年々減少傾向にはあるものの、まだ皆無とは云えない。

現在日本では、廃油処理に対する規制や再生重油、再生潤滑油に関する品質規格とか油種分類等が無いため公には認知されておらず、再生業者組合の自主的管理目標に委ねられている状況にある。

(3) 将来

年々厳しくなる環境規制に鑑みると、現状の仮的管理基準値では、近い将来これらの廃油は燃やせなくなる懸念がある。このような背景から、最近、産・官・学の有識者から成る「再生重油の燃料化に関する標準化調査研究委員会」が設置された。再生重油のJIS化検討の動きがあり、99年度から直火使用燃料と高温炉用燃料の規格化作業に入っているが、これに続いてボイラー用燃料と再生潤滑油の規格化にも手を付ける事になっている。直火使用の規格はより低塩素化をはかり、高温炉用燃料は焼却灰・飛灰熔融炉や部分酸化ガス炉に使用出来るよう灰分の削減を進める方向にある。ボイラー用燃料は燃焼面で悪影響を及ぼす灰分と燃焼条件によってはダイオキシン発生の恐れがある塩素分の管理基準がより厳しくなると予想される。

2. 技術開発の必要性と意義

再生重油中の灰分は、ディーゼル機関ではプランジャーポンプ、シリンダー壁等の摩耗原因となり、またバーナーチップの摩耗や、閉塞障害を起こすほか、炉材、ボイラー加熱管、タービン翼等の腐食の一因となる。更に、窯業、ガラス工業等では製品品質に及ぼす影響も大きい。一方、塩素分はダイオキシンの発生要因に成りかねない。

今後再生重油の用途拡大を図るには、より厳しい規制に対応できる精製技術の開発が必要不可欠と考える。さもないと現在機能しているかの様に見える再生重油の循環サイクルバランスが崩れ、その処理に困る事態が発生する。その意味で、本計画では灰分の低減に照準を合わせ、比較的小規模で実現可能なシステムの開発と基礎的なデータ取りをする。

油中に溶けている塩素化パラフィンは220℃で分解を始め、300℃で90%、350℃で97%以上の塩素が離脱するとの知見も公表されているが、灰分除去に関しては今だ経済的で有効な処理技術は開発されていない。

本調査研究は、再生重油のネックとなっている、灰分を珪酸ソーダ処理技術で大幅に削減可能にする革新的な先取り技術である。その上、変性珪酸ソーダによる予備実験においてダイオキシン発生に触媒的に働くと言われている銅、鉄、鉛、亜鉛、ニッケル等の金属分も大幅に低減できたので、灰分除去効果だけでなくダイオキシン発生を抑制する付随的効果も期待できる。

一方、産業構造審議会の第21回廃棄物・リサイクル部会で、新たに潤滑油も対象品目に追加されたことからしても、廃油のリサイクルに関しては石油業界も前向きに取り組まなければならない社会的使命がある。具体的にはJIS化、分別のための手段検討や表示の徹底、或いは再生処理技術の開発などの取り組み姿勢を示すことは、他業界へのPRになると同時に、中小企業の育成支援或いはPL法に絡んだ社会的責任を果たす意味においても大きな意義があると考えられる。

3. 事業目的

廃潤滑油の再生技術調査を幅広く実施し、リサイクルの推進と未利用エネルギーの回収及びバージン品と再生品の製造に投入されるエネルギーの差異による省エネを図り資源を有効活用する。本調査研究では使用済み潤滑油類から製造される再生重油の最大のネックとなっている灰分を大幅に減少させる新技術（特殊薬品による抽出法等）に照準を合わせ、その方法が化学的かつ経済的再生処理方法であるか実態調査をすると共に、実用化の支援と再生重油の販路を拡大する。また一部は再生潤滑油の基油としても復元させ、環境汚染物質の排出量を抑制して再生潤滑油による環境負荷の低減を図る。併せて、循環型経済システム構築に向けた潤滑油産業の基盤整備に寄与することを目的とする。

4. 概要

灰分の少ない再生重油と再生潤滑油を製造可能とする新技術を開発するために簡易設備による予備実験を実施し、基礎的データの収集と経済性を重視したシステムの最適運転条件等を模索検証し実用化の目処を付ける。

(1) 試験装置およびJIS K 2520抗乳化試験

写真1に攪拌装置、写真2に遠心分離機、写真3、写真4にJIS抗乳化試験後を示す。

(2) 供試油と薬品

- 1) 供試油：給油所から回収した廃エンジン油、使用済み油圧作動油、市販再生重油、電力会社使用タービン油、撤去された変圧器から採取した絶縁油
- 2) 珪酸ソーダ：スワン社製CHEM-X、3号珪酸ソーダ、高モル比珪酸ソーダ
- 3) 酸：硫酸、グリコール酸、グリオキザール

攪拌装置：常温ないし 60℃、回転数：200rpm

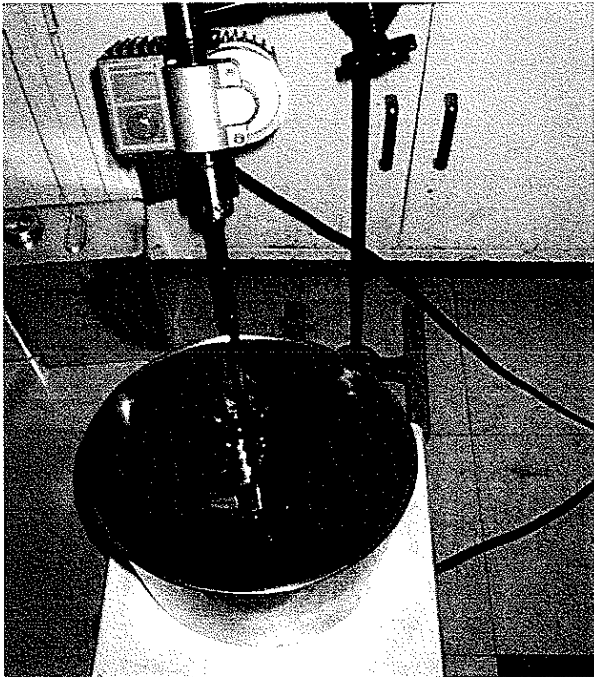


写真1 攪拌装置

遠心分離機：回転数：9000rpm

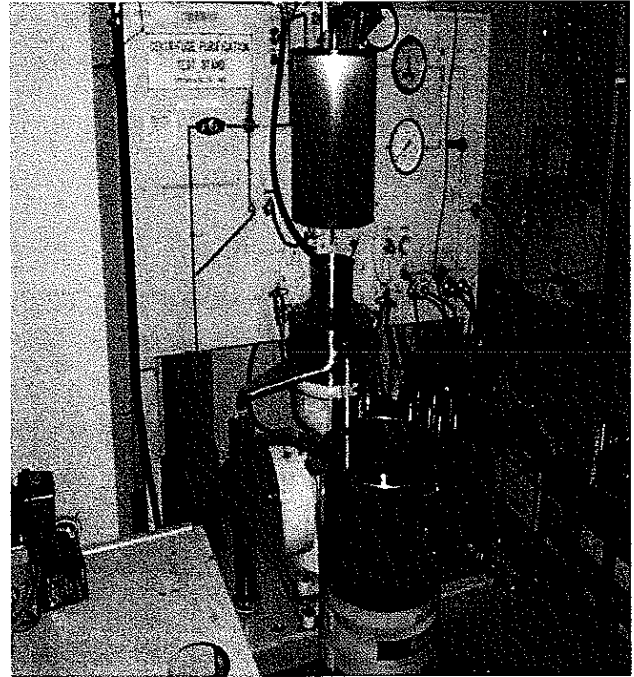


写真2 遠心分離機

J I S-K2520 抗乳化試験 (80℃、1500rpm×10分)

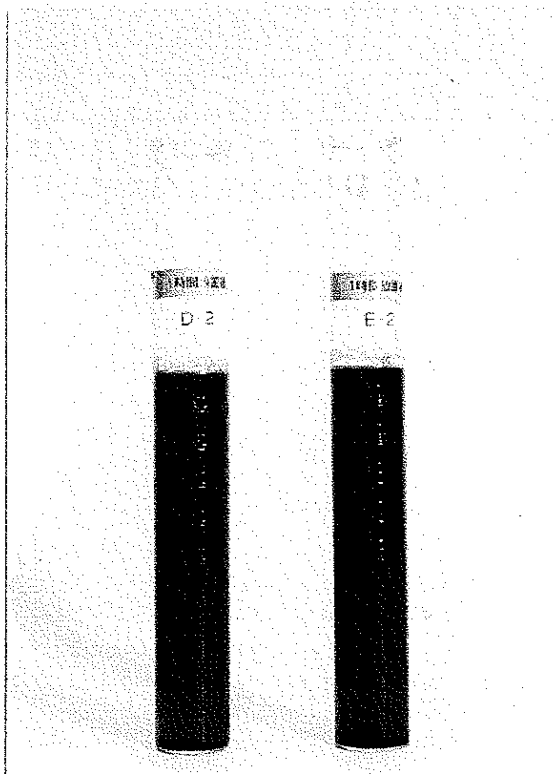


写真3 1時間放置後

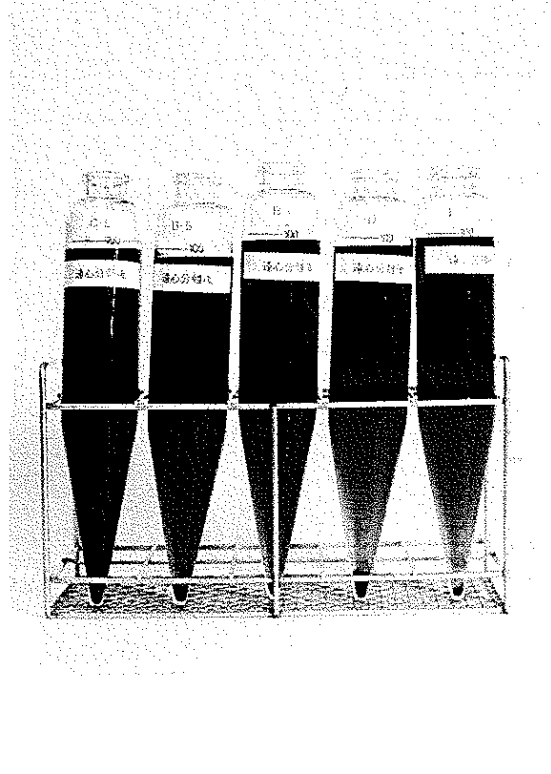


写真4 遠心分離後

(3) 回収ルートの異なる廃油での再生予備実験

珪酸ソーダを用いた廃潤滑油の再生技術開発の予備実験として、JIS K2520抗乳化試験条件で廃油と珪酸ソーダを攪拌反応させ、その後遠心分離機で回収した上澄み油をICPにより元素分析を実施し、試験前後の油中灰分量を比較して実用化の可能性を見極めるための基礎データとする。

1) 異油種での確認

市場から入手出来る廃潤滑油5種類を供し、実際に新技術による再生法で灰分の元になる金属化合物(Ca、Zn、Mg等)の除去効果を確認する。

2) 処理条件の模索

処理条件を5種類以上変えて、各種条件での運転データの集積により経済的かつ効率的な条件を模索する。

各種条件：温度、流速、遠心分離条件(回転数、時間)、水洗い行程の有無、反応促進剤の必要性の有無、再生品が要求性能になるまでの時間等

3) 供試油と評価方法

①供試廃油：(社団法人)潤滑油協会提供の廃潤滑油5種類の性状を表-1に示す。

表-1 供試廃油の一般性状(全国オイルリサイクル協同組合の基準項目)

項目 試料名	密度 g/cm ³	引火点 ℃	50℃ 動粘度 mm ² /s	流動点 ℃	残留 炭素 質量%	水分 容量%	灰分 質量%	硫黄分 質量%	塩素分 質量%
A	0.8893	110	35.63	-27.5	3.19	0.15	1.34	0.49	0.06
B	0.8784	101	26.79	-45.0	1.03	0.36	0.56	0.43	0.14
C	0.8795	89	8.569	-15.0	1.43	0.02	1.51	0.43	0.05
D	0.8821	107	37.74	-45.0	1.15	0.10	0.93	0.42	0.08
E	0.8833	100	35.63	-42.5	1.03	0.11	0.72	0.55	0.02

②予備実験

性状及び元素分析結果が判明している市場から回収した廃潤滑油5種類を供試油とした。

CHEM-Xによる処理を攪拌温度条件と遠心分離時間を変えて実施した。そのサンプル別試験条件を表-2に示す。又、遠心分離後の上澄み油をICPで元素分析し処理前と処理後の灰分に注目する事にした。再生重油サンプルの元素別含有量を表-3に示す。

表-2 サンプル名と試験条件

サンプル名	攪拌温度条件		遠心分離時間	
	80℃	23℃	20分	10分
A-1	○		○	
B-1	○		○	
B-2		○		○
C-1	○		○	
C-2		○		○
D-1	○		○	
D-2		○		○
E-1	○		○	
E-2		○		○

表-3 再生重油サンプルの元素別含有量

単位：ppm

元素 サンプル	Fe	Cu	Ca	P	Zn	V	Ni	Mo
A	122	10以下	2283	533	263	11	10以下	10以下
A-1	91	1	39	230	27	5	4	1

B	44	84	1216	550	580	10 以下	10 以下	10 以下
B-1	4	46	1	310	11	1	2	1
B-2	2	44	1	270	6	1	2	1
C	258	10 以下	612	290	30	10 以下	10 以下	10 以下
C-1	8	1	1	51	1	4	2	1
C-2	9	1	1	50	1	4	2	1
D	41	10 以下	2641	794	913	10 以下	10 以下	10 以下
D-1	13	1	3	80	1	5	1	1
D-2	2	5	1	400	50	1	1	1
E	85	20	1568	757	844	10 以下	10 以下	11
E-1	5	5	7	480	18	1	1	1
E-2	5	8	1	330	23	1	1	1

元素 サンプル	B	Mg	Al	Ba	Pb	Cr	灰分 質量%	塩素分 質量%
A	22	91	15	10	20	10	1.34	0.06
A-1	21	2	13	2	1	1	0.003	-
B	10	21	45	24	37	10 以下	0.56	0.14
B-1	14	1	1	2	11	1	0.003	-
B-2	6	1	1	3	5	1	0.01	0.12
C	10 以下	24	10 以下	10 以下	17	10 以下	1051	0.05
C-1	1	1	1	1	1	1	0.00	-
C-2	1	1	1	1	1	1	0.00	-
D	20	10 以下	10 以下	10 以下	16	10 以下	0.93	0.08
D-1	4	1	1	1	1	1	0.002	-
D-2	1	1	1	1	2	1	0.01	-
E	52	33	10 以下	10 以下	581	10 以下	0.72	0.02
E-1	12	1	7	1	69	1	0.01	-
E-2	1	1	1	1	110	1	0.005	-

注1：網掛けのサンプルA、B、C、D、Eは供試油の処理前分析値

注2：塩素分定量はB以外の元試料は含有量が少ないので、中でも最も多いBに絞りB-2と比較した。

<結果と考察>

- ・各供試油ともCHEM-Xによる攪拌処理後の油中CaとZnは1/50～1/100以下に低減できる事が判明した。
- ・P分は油溶性のためか処理後の油中含量は1/2～1/4程度の低減率であった。
- ・攪拌条件を常温と@80℃で行ったが、むしろ常温の方が見た目ではオイルとCHEM-Xとの境界面がはっきりしていた。温度を上げると乳化層が増す傾向がある。
- ・供試廃油の種類により処理後の外観に著しい差異がみられたが、分析結果では各供試油とも同様の効果が認められた。
- ・廃油の中で灰分が一番多い供試油Cは、他の供試油に比べ顕著に沈殿物が多く認められたが、汚れがひどく色が濃いため、攪拌1時間後、3日間後の状態でも2層分離はしているものの、下層のCHEM-X水溶液の色も灰黒色で不透明に濁っていた。
- ・供試油DとEは抗乳化試験中、ないし1時間放置後4層分離が確認でき、且つCHEM-X水溶液の色も茶色で透明性が有った。写真3は供試油とCHEM-Xで抗乳化試験後1時間放置、写真4は遠心分離後を示す。

- ・沈殿促進剤として添加したオイリーン（ポリアミド）の効果は供試油D及びEには若干認められたが、他の供試油には常温、@ 80℃のいずれにも効果が認められなかった。
- ・今回の予備実験ではCHEM-X水溶液の劣化度合いや沈殿物の定性、定量は行っていない。
- ・今回は試験管規模の実験だったため各層（4層）の試料が少なく、十分な分析が出来なかった。
- ・二段処理も行っていないので、CHEM-X水溶液が何回繰り返し使えるか、一回の処理によるロスがどの位あったかは確認できなかった。
- ・廃潤滑油とCHEM-X水溶液を攪拌、遠心分離処理をするだけで相当量の灰分が取れる事を確認できた。

5. 再生重油への検討

(1) 品質目標：現行重油 J I S 規格一種相当

(2) 実施例

1) S/Sから回収したエンジン油廃油の処理

①廃油1000CCにCHEM-Xの50倍希釈液を4000CC加え常温で2時間攪拌

②攪拌液を3日間静置後、清浄機（ピュリファイヤー仕様）で分離処理した。

上層のオイル層と下層のCHEM-X希釈液をそれぞれサンプリングし分析した。

③分析方法

・試験前後の廃油中の元素分析（灰分）とケイ酸ソーダのpH変化に注目した。

・元素分析：誘導結合プラズマ発光分析（ICP）で測定。

・pH：PICCOLO+pHメーター（ハンナ・インスツルメント株式会社製）を使用。

④繰り返し試験

・2回目は一回処理後の廃油を回収除去し、使用した珪酸ソーダと新たな廃油とを前回と同比率4：1で混合し攪拌処理後清浄機にかけ分離回収した。結果を表-4に示す。

写真5に処理後の分離板表裏の汚れ具合を、写真6に清浄機で回収されたスラッジを示す。



写真5 50倍希釈液による処理後の分離板裏表の汚れ



写真6 清浄機で回収されたスラッジ

表-4 廃油の元素分析変化

単位：ppm

元素 試料	AL	B	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mo	Ni	Na	p	Pb	Si	V	Zn	Cl	硫酸灰分 mass%
元試料	4	69	7	2700	1	24	41	50	33	2	67	980	1	18	1	830	80	1.14
1回目	2	38	1	950	1	15	19	1	16	1	730	500	1	85	1	100	-	(0.60)
2回目	2	30	1	1200	1	16	23	1	17	1	780	590	1	76	1	160	-	(0.71)

表-5にCHEM-Xの成分とpH変化を、表-6にスラッジの元素分析を示す。

表-5 CHEM-X水溶液成分とpH変化 単位:ppm

pHと元素	pH	Ca	K	Na	Si
原液性状	13.2	80	50	86000	93000
50倍希釈液使用前	12.8	2	2	1800	1900
50倍希釈液1回目	11.3	370	11	1800	2600
50倍希釈液2回目	10.7	880	24	1600	3200

表-6 清浄機で回収されたスラッジの元素分析 単位:ppm

元素	AL	B	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	V	Zn
スラッジ	62	10	10	7600	10	10	2500	110	10	12000	10	100	10	25000	10	1500

⑤酸処理

珪酸ソーダ処理だけではCaやZnはかなり低下するものの油中にNaやSiが新たに残るため灰分量は相殺され、結果的に期待したほど低下しなかった。このため、油中のNa, Siを取り除く方法として酸処理と水洗いが必要であることが判った。③処理結果を表-7、表-8に示す。

表-7 エンジン油廃油の酸処理後の灰分量 質量%

酸 廃油	① CHEM-X 50倍希釈(0.55)			② 3号珪酸ソーダ 50倍希釈(0.44)			③ 高モル比珪酸ソーダ 50倍希釈(0.42)		
	A. 0.2N 硫酸	B.	C.	A. 0.2N 硫酸	B.	C.	A. 0.2N 硫酸	B.	C.
エンジン 油廃油 (1.14)	D. 0.1N 硫酸	グリコー ル酸	グリオキ ザール	グリコー ル酸	グリオキ ザール	グリコー ル酸	グリコー ル酸	グリオキ ザール	グリオキ ザール
	水洗い	水洗い	水洗い	水洗い	水洗い	水洗い	水洗い	水洗い	水洗い
	0.04	0.14	0.45	0.10	0.14	0.55	0.19	0.15	0.26
	0.37								

表-8 酸処理後のエンジン油廃油の元素分析値 単位:ppm

元素 サンプル	AL	B	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mo	Ni	Na	p	Pb	Si	V	Zn	Cl	硫酸 灰分 mass%
元試料	4	69	7	2700	1	24	41	50	33	2	67	980	1	18	1	830	80	1.14
①-A	2	1	1	66	1	11	13	1	4	2	20	400	6	21	1	5	60	0.04
①-B	1	12	1	320	1	12	18	1	5	1	46	410	1	11	1	36	65	0.14
①-C	4	17	1	1100	2	20	31	1	16	1	50	650	1	17	1	200	65	0.45
①-D	6	44	1	600	1	17	23	16	13	5	330	580	14	100	1	100	65	0.37
②-A	1	6	1	220	1	15	12	18	1	1	17	570	1	22	1	3	60	0.10
②-B	3	3	1	140	1	5	8	1	5	4	250	240	12	29	1	19	74	0.14
②-C	5	21	1	670	2	21	30	7	19	4	880	690	10	86	1	97	80	0.55
③-A	5	63	1	400	1	15	23	1	15	4	60	470	14	37	1	64	70	0.19
③-B	3	4	1	320	1	7	12	1	6	5	77	270	12	15	1	44	70	0.15
③-C	2	1	1	620	1	14	22	1	10	2	32	420	4	14	1	130	72	0.26

<結果と考察>

- ・50倍希釈の珪酸ソーダ水溶液による混合攪拌と、清浄機による分離処理で廃油中の添加剤廃残物であるCa、Zn等は大幅に除去できることが確認された。
- ・50倍希釈の珪酸ソーダ水溶液の繰り返し使用で、pHはかなり低下したが、その効果は最初と同程度であった。スラッジから超遠心分離機あるいはフィルタープレスなどで廃液を回収し珪酸ソーダ水溶液に戻せば、NaとSi成分の減少防止とpH維持に貢献できると考える。
- ・スラッジは清浄機のピュリファイヤー仕様で予想以上に回収され、2回の繰り返し実験では清浄機

のボウル底部に捕集能力以上に堆積したためスラッジ分がオーバーフローし、処理された廃油中にコンタミとして混入したことが認められた。

- ・酸処理により油中に残存した塩類および未反応で残留したアルカリと反応してNa塩やSiO₂の塩を形成し水分側に容易に移行することが分った。

2) 給油所から回収したエンジン油廃油のピーカーによる繰り返し試験

珪酸ソーダ水溶液の経時変化と繰り返し使用による劣化状態を見るために下層の珪酸ソーダ水溶液を試験毎に回収して、濾過後再使用する事とし、上層は毎回未処理の廃油に取り替えてそれぞれの性状変化を見ることにした。

- ① 1000CCピーカーにCHEM-Xの10倍希釈液を800CC取り200CCの廃油と混合し加温しながら3時間攪拌、一昼夜静置後上層のオイル層と下層の珪酸ソーダ水溶液をサンプリングし元素分析した。以後同様の操作を繰り返した。結果を表-9に、pH変化を表-10に示す。

表-9 廃油の元素分析結果 単位：ppm

	AL	B	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mo	Ni	Na	P	Pb	Si	V	Zn	硫酸灰分 mass%
元試料	4	69	7	2700	1	24	41	50	33	2	67	980	1	18	1	830	1.14
1回目	6	54	2	1300	1	21	33	16	28	5	1600	750	7	140	1	280	(1.04)
2回目	6	42	2	1300	1	21	33	13	28	5	1600	750	7	96	1	260	(1.03)
3回目	6	40	3	1500	1	21	34	15	28	5	1400	780	7	70	1	310	(1.05)
4回目	2	16	1	940	1	21	27	1	6	1	730	690	1	26	1	160	0.59
②	1	1	1	3	1	5	13	1	1	1	130	400	1	20	1	1	0.09

- ② 4回目処理油を弱酸処理後15,000rpm、10分間遠心分離すると油中のCa、Znとも1桁のオーダーまで低下した。表-9中の②に示す。()書きの灰分数値が高いのは油中に残存したNaのためである。

表-10 珪酸ソーダ液のpH変化

珪酸ソーダ液 のpH変化	原液	1回使用后	2回使用后	3回使用后	4回使用后
	13.2	12.4	12.3	12.3	11.9

<結果と考察>

各供試油ともCHEM-Xによる攪拌処理後、静置した上澄み油をサンプリングし元素分析した。

- ・油中のCaとZnは1/2～1/3以下になり、更にこれを弱酸処理と超遠心分離機に掛けると1/100以下に低減することが確認された。
- ・本実施例では10倍水溶液にしたため、実施例1)の珪酸ソーダ50倍水溶液使用時と比べ、繰り返し使用してもpHの低減が著しく少なくなった。
- ・P分は油溶性のためか処理後の油中含量は1/2程度の低減率であった。
- ・攪拌条件を常温で行うと、オイルとCHEM-Xとの境界面がはっきりしていたが、80℃で攪拌すると、エマルション層が認められた。
- ・供試油は攪拌して1時間放置後には4層分離が確認でき、且つ下層のCHEM-Xの色は茶色で透明性があった。今回4回目のデータが良かったのは静置時間が1、2、3回目に比べ長かったため油中の浮遊物がより多く沈降したものと思われる。
- ・廃潤滑油とCHEM-Xを混合攪拌反応及び遠心分離処理するだけではCa、Zn等を半減できるが、逆にNaとSiが増えたため実質的には灰分低減に至らなかった。しかし、酸処理と水洗い工程を加えることで著しく低減できることがわかった。

3) 自家発電用ディーゼルエンジン油廃油の処理

自家発電用ディーゼルエンジンに2,800時間使用した廃油を用い、分離工程における分離機の回転数を20,000rpmに変えたこと以外は、実施例1)と同様にして再生油を得た。更に、上記と同様な方法で元素分析を行い硫酸灰分量を算出した。その結果を表-11に示す。

表-11 自家発電用ディーゼルエンジン油廃油

	処理前	処理後
動粘度 @ 40°C mm ² /S	108.8	-
動粘度 @100°C mm ² /S	12.11	-
粘度指数	101	-
全酸価 mgKOH/g	3.03	-
全塩基価 (塩酸法) mgKOH/g	3.90	-
全塩基価 (過塩素酸法) mgKOH/g	9.89	-
p-不溶分B法 質量%	1.11	-
トルエン不溶分B法 質量%	0.92	-
残留炭素 質量%	2.21	0.53
硫酸灰分 質量%	1.41	0.26
元素分析値 (質量 ppm)		
Al	1 未満	1
Ba	13	2
Ca	3600	20
Fe	17	9
Zn	930	57
K	100 未満	100 未満
Cu	2	1
B	27	5
P	800	590
Mg	11	1

<結果と考察>

- 表に示す結果から、廃油中の硫酸灰分は大幅に低減していることがわかる。特に廃油中のCaは処理後1/180、Znは6/100程度に低減している。
- 第2工程で回収した過剰分の珪酸ナトリウムは、3回まで繰り返し使用した結果では、未使用のものと同程度の作用効率で使用できる事が確認された。また本処理方法の第1工程及び第2工程を行うことで従来の白土処理方法に比べ、遙かに残留炭素分及び灰分低下に効果があることが確認された。

4) 1万Km走行後のガソリンエンジン油廃油の処理

①攪拌反応条件：@常温、200rpm、10分、②珪酸ソーダと廃油との混合比率：5：1

③分離条件：@常温で1昼夜静置、④灰分分析：JIS-K2272、⑤珪酸ソーダ：輸入品の変性珪酸ソーダ26%水溶液 (CHEM-X原液)

実験結果：表-12に示すように廃油中の灰分及び残留炭素分は1/10以下に低減した。

表-12 実験結果

	新油	廃油	再生油
色相 (ASTM)	L4.5	-	L7.0
密度 @ 15°C g/cm ³	0.895	-	0.886
動粘度 @ 40°C mm ² /S	95.05	95.66	79.88
動粘度 @100°C mm ² /S	11.24	11.23	9.868
粘度指数	104	103	103
全酸価 mgKOH/g	1.78	-	0.93
水分 mass%	0.18	1.03	0.13
流動点 °C	-35.0	-17.5	-22.5
引火点 °C	248	226	244
銅板腐食 @100°C×3hr	1a	-	2b

残留炭素	mass%	1.32	1.84	0.18
灰分	mass%	1.28	1.69	0.15

<結果と考察>

- ・熱処理をしなくても水分は新油レベルまで下がった。
- ・残留炭素分が1/10に低下した。これは使用油の添加剤が劣化や消耗により分散性を失ったため煤も取れていることを示唆している。灰分も1/10以下に低減された。
- ・更に酸処理、白土処理を加えれば潤滑油基油としてのマテリアルリサイクルも可能と思われる。
- ・再生油を燃料油に使う場合は流動点が高いので特に寒冷地用に向いている。
- ・粘度は若干低くなっているが粘度指数には変化がない。

5) 珪酸ソーダの繰り返し使用による性能確認

供試廃油：自家発電機に2,800時間使用したディーゼルエンジン油 {実施例3}と同じ

1回目処理：廃油①と珪酸ソーダ原液⑤を各1000gずつ2Lビーカーに取り混合攪拌反応後、遠心分離処理した。2回目処理：廃油と1度使用後の珪酸ソーダ⑥を夫々720gビーカーに取り混合攪拌後、遠心分離処理した。3回目処理：廃油と2度使用した珪酸ソーダ⑦を夫々530gビーカーに取り混合攪拌後、遠心分離処理した。注：表-14中の○番号は表-15中のサンプル番号を示す。

表-13 供試廃油の一般性状

粘度 40°C mm ² /s	粘度 100°C mm ² /s	粘度指数	全酸価 mgKOH/g	全塩基価 HCl法 mgKOH/g	全塩基価 HClO ₄ 法 mgKOH/g
108.8	12.11	101	3.03	3.90	9.89
p-不溶分 B法 mass %	トルエン不溶分 B法 mass %	残留炭素 mass %	硫酸灰分 mass %	硫黄分 mass %	微量窒素 mass %
1.11	0.92	2.21	1.41	0.91	0.05

表-14 珪酸ソーダでの処理前及び繰り返し処理後のサンプル諸言

試料	廃油	珪酸ソーダ	スラッジ	備考
処理前	①	⑤	-	⑤はCHEM-X原液
1回目処理後	②	⑥	⑨	2回目処理は無補給で⑥を再使用
2回目処理後	③	⑦	⑩	3回目処理は無補給で⑦を再々使用
3回目処理後	④	⑧	⑪	⑧は3回処理後回収したもの

表-15 珪酸ソーダの繰り返し使用による再生油の元素別含有量

単位：ppm

サンプル	Al	Ba	Ca	Fe	Zn	K	Cu	Na	P	Mg	Si	pH	灰分 質量%
①	1未	13	3600	17	930	100未	27	5未	800	11	4	6.5	1.41
②	1未	2	20	9	57	100未	1未	1100	590	1未	120	-	0.38
③	1未	1	21	2	51	100未	1未	400	570	1未	120	-	0.17
④	1未	1	23	2	52	100未	1未	120	560	1未	120	-	0.08
⑤	1未	1未	800	1	1未	200	1未	7.6%	10未	1未	14.0%	13.5	-
⑥	1未	8	2700	13	660	100未	2	470	760	6	120	13.3	-
⑦	1未	7	2700	13	650	100未	2	500	760	6	120	13.0	-
⑧	1未	8	2800	13	670	100未	2	480	760	7	120	12.9	-
⑨	10未	10未	1100	72	260	100未	10未	6.9%	100未	10未	7.2%	-	-
⑩	10未	10未	1120	60	240	100未	10未	6.8%	100未	10未	7.0%	-	-
⑪	10未	10未	660	50	220	100未	10未	6.6%	100未	10未	6.9%	-	-

注1：網掛けの①は供試油の初期値、⑤は珪酸ソーダの初期値

<結果と考察>

- ・ 供試油はCHEM-X原液を3回繰り返し使用しても攪拌処理後の油中Caは1/180、Znは5/100まで低減できる事が判明した。
- ・ P分は油溶性のためか処理後の油中低減率は30%程度であった。
- ・ 攪拌温度条件を@60℃で行ったが実用上は常温から80℃までの任意の温度が考えられる。
- ・ CHEM-X原液を繰り返し使用すると、液は真っ黒にはなるが灰分除去機能は残っており、2回目使用、3回目使用にも1回目使用と殆ど変わらない効果を示した。
- ・ 供試油は灰分が多く、攪拌後下層にあるCHEM-X液中に多量の沈殿物が目視でき、その液の遠心分離後はスラッジとして多量に採取された。汚れがひどく真っ黒な供試油だったため、攪拌後1時間静置しても、2層分離を確認できるものの下層も黒色であった。
- ・ 処理後のスラッジ⑨⑩⑪をICPで定量分析した結果、油中に存在していた添加剤成分のCa、Zn、P等がスラッジとして回収されたことが解る。また、珪酸ソーダの主成分であるNaとSiがスラッジ中に多量に含まれていたことは、その分消費していることになる。
- ・ 今回はCHEM-Xを3回目まで繰り返し使用してみたが、実際に何回繰り返し使用が可能か、ロスがどの位あったか定量できなかった。繰り返し使用可能回数は供試廃油の汚れと劣化程度に左右されるため、連続的に効率よく処理するには珪酸ソーダのpH管理が必要と考える。
- ・ 廃潤滑油とCHEM-Xを攪拌、遠心分離処理するだけで相当量の灰分が確実に取れ、実用化するためには析出物を連続的に自動排出できる固-液分離機を使い、更なる基礎データの蓄積が必要である。
- ・ 工業用潤滑油廃油を再生する場合は、この処理と白土処理とを組み合わせることで不純物の極めて少ない色相の良い基油を再生できると思われる。

6. 潤滑油基油への検討

(1) 廃潤滑油とカスケード使用先

単一の油種で他の廃潤滑油と混合されずに、使用過程が明確な廃油については粘度グレードで低粘度、中粘度、高粘度に大別される。

表-16 廃潤滑油とカスケード使用先

	廃潤滑油	カスケード先
低粘度油	事業発電用タービン油	自家発電用タービン油
	高電圧大容量変圧器用絶縁油	低電圧・小型変圧器用絶縁油
中粘度油	高圧油圧装置用作動油	低圧油圧装置用作動油
	エンジン油 (ガソリン、ディーゼル)	エンジンフラッシング油
高粘度油	ガスホルダーシール油	アスファルト再生添加剤
	ペーパーマシン油	

(2) 品質目標 (規格項目と再生油の目標値)

1) 油圧作動油 2) タービン油 3) 電気絶縁油

各油種のJIS規格等を参考にして規格項目と再生油の目標値を設定し、表-17に示す。

表-17 規格項目と再生油の目標値

規格項目と目標値	油圧作動油	タービン油	絶縁油
粘度 @40℃ mm ² /cm	41.1~50.6	28.8~35.2	11.5以下
引火点 ℃	205	190以上	130以上
流動点 ℃	-25以下	-10以下	-27.5以下
安定性 170℃ 12hr	析出物なし	析出物なし	—

銅板腐食	100℃ 3hr	—	1以下	—
さび止め性 人工海水	24hr	さびなし	さびなし	—
酸化安定性 1000hr後の全酸価	mgKOH/g	—	1.0以下	—
抗乳化性	54℃ 40-37-3 経過時間 min	—	30以下	—
全酸価	mgKOH/g	—	—	0.6以下
腐食性硫黄	140℃ 19hr	—	—	1以下
酸化安定性 スラッジ	120℃ 75hr mass%	—	—	0.4以下
絶縁破壊電圧	KV/2.5mm	—	—	30以上
体積抵抗率	80℃ TQcm	—	—	0.1以上

(3) 実施例

1) 工場から回収した工業用潤滑油廃油（油圧作動油）の処理

表-18 供試廃油の一般性状（上段）と珪酸ソーダ、白土処理油（下段）

	引火点	粘度	粘度	粘度指数	全酸価	水分
	℃	40℃ mm ² /s	100℃ mm ² /s			
元試料	208	44.98	6.772	104	0.84	74
処理後	206	44.82	6.731	103	0.13	49
	灰分	残留炭素	硫酸灰分	硫黄分	塩素素	微量窒素分
	mass %	mass %	mass %	mass %	mass %	mass %
元試料	0.09	0.09	0.050	0.20	0.001	0.01 未満
処理後	-	0.07	0.015	-	-	0.01 未満

表-19 油圧作動油廃油の珪酸ソーダ処理と弱酸処理後の元素分析値 単位：ppm

元素 試料	AL	B	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mo	Ni	Na	p	Pb	Si	V	Zn	硫酸灰分 mass%
元試料	1	1	7	1	1	3	3	1	1	2	1	290	1	1	1	220	0.050
①-A	2	12	1	61	1	9	12	1	4	3	32	200	7	20	1	8	0.003
①-D	6	12	1	62	1	17	23	5	18	6	120	220	14	82	1	96	0.023
②-A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	80	210	1	63	1	11	0.017
③-A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	190	1	34	1	7	0.015

表中の①-A等は表-20の①-Aに対応

表-20 油圧作動油廃油処理後の灰分量 単位：質量%

酸 廃油	①CHEM-X 10倍希釈液(0.006)			②3号珪酸ソーダ 10希釈液(0.011)			③高モル比珪酸ソーダ 10希釈液(0.014)		
	A. 0.2N硫酸	B.	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.
油圧作動 油廃油 (0.050)	D. 0.1N硫酸	グリコー ル酸	グリオキ ザール	0.2N硫酸	グリコー ル酸	グリオキ ザール	0.2N硫酸	グリコー ル酸	グリオキ ザール
	水洗い			水洗い			水洗い		
	A:0.003	—	—	0.017	—	—	0.015	—	—
	D:0.023								

注1：カッコ内の数値は元の灰分質量%と酸処理前の数値。

注2：元試料の灰分が少ないのでグリコール酸及びグリオキザールでの実験を省略した。

<結果と考察>

- ・供試廃油の灰分が0.050質量%と低かったが、珪酸ソーダ処理により更に1/3~1/5に低減した。
- ・3種類の珪酸ソーダ10倍水溶液で実験したが、灰分が非常に低いレベルでの比較であり効果に大差はないと思われる。
- ・供試廃油のように灰分が低いサンプルの場合は酸処理の必要性はなく、むしろやらないほうが良い。従って硫酸以外の酸での処理は実施しなかった。
- ・表-22に示すとおり、珪酸ソーダと白土の2段処理をすると、この種の廃油は潤滑油基油として充分マテリアルリサイクルが可能である。

2) 電力会社で使用したタービン油の処理

実験内容：再生処理

①使用タービン油500CCに

イ. 3号珪酸ソーダ2%水溶液(400CCの珪酸ソーダに水を1960CC加える)を2000CC加え、60℃で2時間攪拌反応させる。

ロ. CHEM-X 2%水溶液(400CCの珪酸ソーダに水を1960CC加える)を2000CC加え、60℃で2時間攪拌反応させる。

②その後、それぞれの上澄み油を別々のビーカーに移し70℃に保ち、白土を油500CCに対し15gの割合で混合し約1時間攪拌コンタクトする。

③濾紙にて濾過し再生油を得る。使用タービン油および処理油の性状を表-21に示す。

表-21 使用タービン油および処理油の性状

	FBKタービン 56 新油性状	使用油性状	3号珪酸ソーダ 白土処理処理	CHEM-X 白土処理処理
引火点 ℃	252	274	-	-
粘度 mm ² /s @ 40℃	54.2	53.97	54.03	54.38
@ 100℃	8.08	8.095	8.109	8.114
流動点 ℃	-15		-15	-15
全酸価 mgKOH/g	0.13	0.10	0.01	0.02
水分 mass ppm	-	-	54	52
色 ASTM	L0.5	L0.5	L0.5	L0.5
RBOT 値 min	220	215	-	-
熱安定性 170℃ 12hr	合格	析出物あり	析出物あり	析出物あり
銅版腐食 100℃ 3hr	1 a	-	-	-

<結果と考察>

- ・供試油はそれほど劣化していないようであったがCHEM-Xと攪拌処理中は全体の液色が濃い灰色に変色していた。3号珪酸ソーダとの攪拌中はCHEM-Xの時よりもやや明るい灰色になっていたが、上澄み油には差が見られなかった。
- ・処理後の潤滑油は全酸価値が低く、色相も良好なのでカスケード利用が可能と思われる。
- ・分別回収が徹底されれば、この種の工業用潤滑油廃油はマテリアルリサイクルが十分可能である。

3) 撤去変圧器から回収した絶縁油の処理

実験内容：再生処理

①トランスに使用した絶縁油800CCに3号珪酸ソーダ1%水溶液(1600CCの珪酸ソーダに水を1584CC加える)を1600CC加え、60℃で2時間攪拌反応させる。

②その後、上澄み油を別のビーカーに移し60℃に保ち、白土を油500CCに対し15gの割合で混合し約1時間攪拌コンタクトする。

③ 濾紙にて濾過し再生油を得る。

絶縁油の使用油および処理油の性状を表-22 に示す。

表-22 絶縁油の使用油および処理油の性状

	新油性状	使用油性状	3号珪酸ソーダ 処理後の性状	更に、白土処 理後の性状
引火点 ℃	148	118.0	-	-
粘度 mm ² /s				
@ 40℃	6.05	4.843	4.836	4.826
@ 100℃	1.89	-	1.603	1.598
流動点 ℃	-37.5	-25	-25	-25
全酸価 mgKOH/g	0.00	-	0.01	0.01
腐食性硫黄 140℃ 19hr	1b	-	-	-
水分 ppm	-	-	1170	21
色 ASTM	+25		L1.0	L1.0
酸化安定性 120℃ 75hr スラッジ mass%	0.01	-	-	-
絶縁破壊電圧 KV/2.5mm	70 以上	-	-	-
体積抵抗率 80℃ T Ω cm	5.3×10^{14}	-	-	1.4

<結果と考察>

- ・ 絶縁油と 3 号珪酸ソーダ 1 % 水溶液を混合攪拌時は全体の液が鮮やかな黄色に変色していた。
- ・ 更に白土処理した後のオイルは薄い鶯色がかった透明な色に変色していた。
- ・ 使用油は新油に比べ引火点、粘度が低くなっている。
- ・ 絶縁油はもともと金属系添加剤を含んでいないので珪酸処理をする必要性はないと思われる。
- ・ 白土処理で水分、色相などが良くなりカスケード利用が可能と思われる。

7. コストと経済性の検討

(1) 経済性検討に当たっての前提と仮定

1) 初期投入の薬品が何回の繰り返し使用に耐えられるか?

① エンジン油廃油は 10 倍水溶液濃度の場合で 5 回以上の繰り返し使用が可能である。

② 工業用潤滑油廃油の場合は 10 回以上の繰り返し使用が可能である。

2) 薬品の補給量 (メイキャップ量)

今回の実験レベルではメイキャップの必要性はなかったが、実用上は珪酸ソーダの pH 濃度を 9 以上に維持する必要があると思われ、上記①、②以上の繰り返し使用では毎回 5 % 程度の原液補給が必要と考える。

3) ランニングロス量

実質のランニングロスは Na と Si がスラッジに含まれて持ち出されるので、珪酸溶液を遠心分離機ないしはフィルタープレスで出来るだけ回収し繰り返し使用するのが経済的である。

4) 再生重油として或いは潤滑油基油としての収率

灰分の主成分である金属分をスラッジとして取り除く以外は全て、再生油として回収可能であり、収率は 98~99% である。

(2) 廃潤滑油処理費試算

1) 設備費

年間処理能力 3,000 KL 規模のプラントを想定し、既設タンクを使用し、新たに反応槽と遠心分離機、ポンプ、バルブ等の必要最低限の設備に 8,000 万円 (工事費、間接費、経費は含まれていない) を投資したケースを前提に試算した。

設備費 8,000 万円の内訳 :

- ①混合攪拌機付反応槽 (35 k l) : 1,600 万円、混合攪拌機付中和槽 (12 k l) : 800 万円
- ②遠心分離機 (30 k l / H) × 2 基 : 3,000 万円、③フィルタープレス × 2 基 : 1,000 万円
- ④大小ポンプ × 15 台 : 750 万円 ⑤バルブ、配管、計量機器類 : 850 万円

2) 再生費単価

* 実質廃油に対し産廃は 1% 程度の発生なので 0.5 円/L

再生費としては :

- ①珪酸ソーダ : (30 円/k g)、10 倍希釈水溶液を 5 回使用、廃油 1 に対し珪酸ソーダ水溶液を 4 倍量使用すると仮定して : $30 \text{ 円/k g} \div 10 \div 5 \times 4 = 2.4 \text{ 円/k g}$
- ②硫酸 : (50 円/k g)、0.2N 硫酸を廃油 1 L に対し 2 倍量使用すると仮定し、 $50 \text{ 円/k g} \times 0.00001 \text{ k g} \times 2 = 0.001 \text{ 円}$
- ③スラッジ処理コスト : 50 円/k g
実質廃油 1 L から出るスラッジ量は 1% として、 $50 \text{ 円/k g} \times 1/100 = 0.5 \text{ 円/k g}$
- ④廃油回収運賃 : 3,000 円/K L = 3 円/L
- ⑤処理費計 : ①+②+③+④ = 5.9 円/L 約 6,000 円/K L (運賃込み)

3) 設備および運搬費

- ①設備償却期間 : 10 年、②金利 : 3%、③設備補修費 : 3%、④運転人員 : 2 名、⑤電力費 : 20 円/k WH、⑥水道代 : 200 円/m³、⑦運転時間 : 8 時間/日、⑧運転日数 : 25 日/月、⑨一般管理費 (営業経費、保険、税金) : 設備の維持運転に必要とする経費の 15%

(3) ペイアウト試算例

[ケース 1]

- ・ 月間処理量 : 10 K L / 日 × 25 日 / 月 = 250 K L / 月
- ・ 年間処理量 : 250 K L / 月 × 12 ヶ月 / 年 = 3,000 K L / 年

商品売価 25,000 円/K L の場合

再生重油売価 - 廃油処理費計 = 粗利 : 25,000 円/K L - 16,085 円/K L = 8,915 円/K L

- ・ 粗利年商 : 8,915 円/K L × 3,000 K L = 26,745,000 円

- ①設備償却費 : $80,000,000 \times 1/10 = 8,000,000 \text{ 円/年}$
- ②金利 : $80,000,000 \times 0.03 = 2,400,000 \text{ 円/年}$
- ③設備補修費 : $80,000,000 \times 0.03 = 2,400,000 \text{ 円/年}$
- ④人件費 : $16,000 \text{ 円/日} \times 2 \text{ 人} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} = 9,600,000 \text{ 円/年}$
- ⑤電力代 : $20 \text{ k WH} \times 8 \text{ 時間/日} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 20 \text{ 円/k WH} = 960,000 \text{ 円/年}$
- ⑥水道代 : $10 \text{ m}^3 / \text{日} \times 25 \text{ 日/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 200 \text{ 円/m}^3 = 600,000 \text{ 円/年}$
- ⑦処理費 : $6,000 \text{ 円/k l} \times 3,000 \text{ k l/年} = 18,000,000 \text{ 円/年}$

● 経費小計 : ①+②+③+④+⑤+⑥+⑦ = 41,960,000 円/年

● 一般管理費 : 41,960,000 円/年 × 0.15 = 6,294,000 円/年

● 総経費 : 41,960,000 円/年 + 6,294,000 円/年 = 48,254,000 円/年

● 廃油処理費 (原価ベース)

総経費 / 年間処理量 = 48,254,000 円 / 3,000 k l = 16,085 円 / k l

● ペイアウト年月 : $80,000,000 \text{ 円} \div 26,745,000 \text{ 円/K L} = 2.99 \text{ 年}$

商品売価 28,000 円/K L の場合

・ 粗利 : 28,000 円/K L - 16,085 円/K L = 11,915 円/K L

・ 粗利年商 : 11,915 円/K L × 3,000 K L = 35,745,000 円/K L

・ ペイアウト年月 : $80,000,000 \text{ 円} \div 35,745,000 \text{ 円/K L} = 2.2 \text{ 年}$

*スラッジを固形燃料として利用した場合、採算性は向上し、ペイアウト期間は短縮する。

[ケース2]

上記[ケース1]の②に加え潤滑油基油も製造した場合

- ・再生重油処理量：3,000KL/年
- ・再生重油粗利年商：11,915円/KL×3,000KL=35,745,000円/KL
- ・潤滑油基油再生処理量：10KL/月、年間処理量：120KL/年
- ・潤滑油基油としての商品売価：50,000円/KLと仮定
- ・再生処理費（白土処理費、運賃及び産廃処理費を含む）20,000円/KL
- ・粗利：50,000円/KL-20,000円/KL=30,000円/KL
- ・再生潤滑油基油粗利年商：30,000円/KL×120KL=3,600,000円
- ・Total粗利年商：35,745,000円+3,600,000円=39,345,000円
- ・ペイアウト年月：80,000,000円÷39,345,000円/KL=2.0年

*スラッジを固形燃料として利用した場合、採算性は向上し、ペイアウト期間は短縮する。

(4) 廃残物ほどの位出るのは？その処理方法は？

廃残物のほとんどは用済み添加剤であり、その他は金属摩耗粉や塵埃などで量的には廃油に対し1~2%程度である。その処理方法としては焼却しても有害ガスを出さない例えばオガクズなどと混ぜて固体燃料にする。あるいは産廃として埋め立て処分されるか、熔融炉処理などが考えられる。

8. 他の再精製技術との比較

(1) 石炭を用いた廃潤滑油の精製技術との比較

文献によると(株)神戸製鋼所が開発中の石炭を用いた廃潤滑油のリサイクルプロセスは加熱処理工程、石炭処理工程及び固-液分離工程の3行程から成り立っており、加熱処理工程においては廃潤滑油を300~350℃に加熱する。石炭処理工程では、140℃の加温が必要で、石炭の種類や石炭の含水量などでも運転条件が異なり、また、ディーゼルエンジン油廃油を処理する場合は廃油の5倍量の軽油と混合する前処理が必要である。

同社が試算した50k1/日の処理能力のプラントでは、加熱処理工程と石炭処理工程を併用した場合の建設費は約3億円、処理費用は9,500円/KLと計算され、珪酸ソーダ処理方法の運賃除き3,000円/KLの3倍となる。従って、石炭処理方法は珪酸ソーダを用いた処理方法と比べると高温熱処理工程があり、危険性や経済性で不利である。また、処理工程が複雑で運転コントロールも難しく、大規模な設備投資が必要である。

(2) 白土処理との比較

[比較例1]：ガソリンエンジン油廃油の珪酸ソーダ処理と白土処理の違い

ガソリンエンジン油1万Km走行後の廃油に対して本廃油再生処理剤(CHEM-X)をサンプル量に対して100質量%添加し、混合液を温度20℃、攪拌回転数200rpm、及び反応時間10分の条件で混合(反応)を行った(第1工程)。

なお、廃油とCHEM-X水溶液の混合比(質量)は約1:5である。反応後、混合物を温度20℃で24時間静置し、油分を分離した(第2工程)。得られた再生油をJIS K2272の規格に従って硫酸灰分を測定し、廃油のそれと比較した。

各油の組成性状を表-23に示す。なお、参考のために未使用のエンジン油(新油)についても同様に測定を行った。

表-23 各油の組成性状

	新油	廃油	再生油
色相 (ASTM)	L4.5	—	L7.0
密度 @ 15°C g/cm ³	0.895	—	0.886
動粘度 @ 40°C mm ² /S	95.05	95.66	79.88
動粘度 @ 100°C mm ² /S	11.24	11.23	9.868
粘度指数	104	103	103
水分 質量%	0.18	1.03	0.13
流動点 °C	-35.0	-17.5	-22.5
残留炭素 質量%	1.32	1.84	0.18
灰分 質量%	1.28	1.69	0.15

<結果と考察>

表-23 に示す結果から、白土処理でほとんどとることが出来なかった廃油中の灰分及び残留炭素分を 1 / 10 以下に低減できた。なお、上記分離工程 (第 2 工程) で回収した過剰分の珪酸ナトリウムは、10 回以上の繰り返し使用が可能であることを確認した。更に弱酸と水洗処理を実施すれば灰分を大幅に低くする事が可能である知見を得ている。

[比較例 2] : エンジン油廃油の白土処理

平成 11 年度、廃棄物等用途開発・拡大等のための調査検討委託事業「廃潤滑油のカスケード使用用途開発」におけるエンジン油の白土処理データを表-24 に示す。

再生処理条件: 使用油と白土を 30 kg / 10 kg の割合で投入し、1 時間コンタクト後、濾紙にて濾過した。

表-24 エンジン油の白土処理前後の性状

	ガソリンエンジン油			ディーゼルエンジン油		
	新油	使用油	処理油	新油	使用油	処理油
粘度 mm ² /S						
@ 40 °C	100.30	78.42	80.37	100.10	152.6	146.4
@ 100°C	15.17	12.72	12.95	11.41	16.91	15.95
粘度指数	159	162	162	100	119	119
全酸価 mgKOH/g	2.52	2.95	2.81	3.22	4.68	4.19
全塩基価 mgKOH/g						
塩酸法	8.66	5.71	1.69	9.30	2.99	2.43
過塩素酸法	10.6	12.1	10.8	11.7	10.7	11.2
硫酸灰分 mass%	0.94	-	1.02	1.59	1.71	1.69
ペンタン不溶分 mass%						
A 法	-	0.17	0.02	-	1.83	0.27
B 法	-	0.25	0.03	-	7.24	6.29
元素分析 ppm						
Al	-	10	10 以下	-	10 以下	10 以下
Ca	1300	1100	1100	3800	4000	4000
Cu	-	90	10 以下	-	10 以下	10 以下
Fe	-	140	10 以下	10 以下	370	360
Mg	1000	950	910	100 以下	100 以下	100 以下
P	1100	850	800	1100	1100	1100
Zn	1100	970	810	1400	1400	1300

<結果と考察>

表-24の結果からガソリンエンジン油、ディーゼルエンジン油とも白土への吸着処理および濾紙による濾過では油中に分散したカーボン等を除去出来ず、再生油として期待できる効果が認められなかったと報告されている。従って、今回目標とした廃油（使用済み潤滑油）中の灰分を低減する方法として、白土処理よりも珪酸ソーダ処理の方が遙かにCa, Mg, Zn, P等の金属分を低減する効果が大きい事が判明した。

(3) 廃油再生フローシートと各工程説明

図-1は本廃油再生処理方法の好ましいフローシートを示す。本方法は珪酸ソーダからなる廃油再生処理剤を水溶液として廃油に添加し、混合・攪拌する工程（第1工程）、次いで得られた混合物から油分を分離する工程（第2工程）、分離した油分を酸水溶液又はアルデヒド水溶液を添加して処理する工程（第3工程）、処理後更に水を加えて水洗する工程（第4工程）、そして最後にこれらの混合物から油分を分離する工程（第5工程）とが含まれる。

以上の工程により、廃油から灰分、残留炭素分などの不純物が除去された再生油を得ることができる。特に本再生処理方法を利用することで灰分を大幅に低減することが出来、得られる再生油中の灰分（JIS K 2 2 7 2に従う硫酸灰分）は、好ましくは0.1質量%以下、特に好ましくは0.05質量%以下である。灰分量を0.05質量%以下とすることで重油のJIS規格の1種に適合する再生重油を得ることが出来る。再生油は再生重油として用いられる他、再生潤滑油として用いられる。これら再生油は、必要に応じ燃料添加剤や潤滑油添加剤など公知の添加剤を任意に配合することもできる。本廃油再生処理方法は、灰分や残留炭素分などの不純物を含む廃油に対して有効であり、一般に廃油として取り扱われているものであれば、効果があるが、特に灰分を比較的多く含む使用済みエンジン油、又は使用済み工業用潤滑油（塩素系切削油は含まれない）などの廃油に対して好適である。

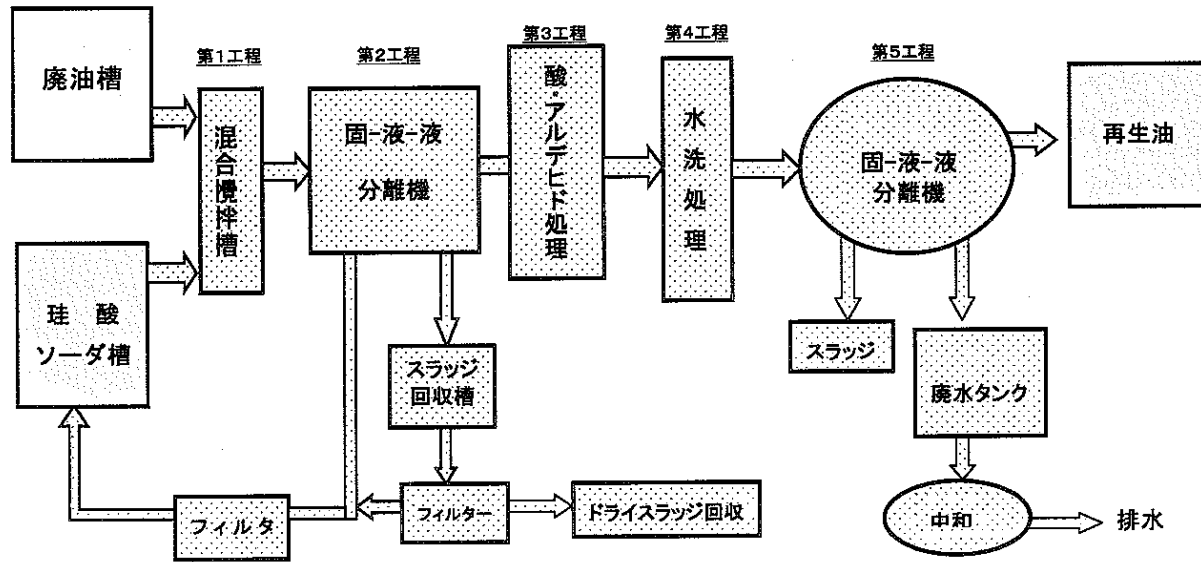


図-1 廃油再生フローシート

9. まとめ

我が国の廃潤滑油発生量は年間150万KLと推定されている。その内約100万KLが回収され、簡単な精製処理後、約70万KLが再生重油として利用されている。現在有効利用されている70万KLについても、将来、環境規制が行われた場合、現在の廃油基準では使用が困難になると予想されるので規格化は環境保全上からも必要である。これらの標準化された基準値に本開発の再生処理技術により合格品の供給が可能になれば、これにより原油換算125万KLの未利用エネルギー回収による省エネが期待できる。

$$50\text{万KL/年(有効利用)} + 70\text{万KL/年(規制対応)} = 120\text{万KL/年(廃潤滑油として)}$$
$$120\text{万KL/年} \times (9,600\text{Kcal/L} \div 9,250\text{Kcal/L}) = 125\text{万KL/年(原油換算)}$$

<参考>

市場性についての試算

(1) 実用化時期：平成15年以降

(2) 予想市場・収益

1) 再生品の年間売上高（市場での取引額）

原料油：使用済み潤滑油（塩素系切削油を含まない）及び規格外れ潤滑油の回収油を前提とする。

再生重油：100万KL×20,000～25,000円/KL=200億円～250億円

再生潤滑油：20万KL×50,000～70,000円/KL=100億円～140億円

2) リサイクル製品の年間製造コスト（回収費と再生処理費）

再生重油：100万KL×5,000円～7,000円/KL=50億円～70億円

再生潤滑油：20万KL×7,000円～16,000円/KL=14億円～32億円

1プラント当たりの設備投資予想額（規模にもよるが）：8,000万円～10,000万円

(3) 予測品質その他

1) 再生重油：現行重油JIS規格一種相当品質

重金属、有害物を含まず、特に灰分が、現行再生重油より著しく少なく流動点も低い。

用途：アルミ精錬用、汚泥乾燥用、セメント焼成用等の直火使用燃料だけでなく、高温炉用燃料、ボイラー用燃料（特に寒冷地用に適する）

2) 再生潤滑油：廃潤滑油の白土処理よりも灰分が著しく少ない特長をもつ。

用途：作動油、マシン油、フラッシング油、コンクリート離型剤、その他潤滑油基油

(4) 市況価格：平成13年5月28日時点の物価版記載ローリー渡し価格

(参考) L. S A重油：31,000円/KL
一般 A重油：30,000円/KL
H. S C重油：24,000円/KL
L. S C重油：27,000円/KL