

C. 使用済み潤滑油と廃食料油による良質燃料油の製造に関する
調査・研究

(株式会社新日石総研)

目 次

1. はじめに	C-1
2. 目的	C-1
3. 廃油の発生状況とリサイクルの現状	C-1
3.1 廃潤滑油	C-1
3.2 廃食用油	C-2
4. 実験内容及び結果	C-2
4.1 原料油及び混合油の性状	C-4
4.2 混合油の貯蔵安定性	C-5
4.3 混合油の燃焼性能	C-9
4.4 燃焼排ガスの臭気	C-17
5. 製造方法及び製造コスト	C-18
5.1 製造方法	C-18
5.2 製造コスト	C-18
6. 市場性の検討	C-18
6.1 廃食用油の市場状況	C-19
6.2 廃潤滑油と廃食用油の混合油の市場性	C-19
7. まとめ	C-20

1. はじめに

廃潤滑油は、主として再生重油としてリサイクルされているが、品質面から焼却処分されているものが年間約 23 万 KL¹⁾ もあり、品質向上のための方法、例えば混合材料の選択・添加などが必要である。

一方、廃食用油は、食品製造業や外食産業等業務用のものは産業廃棄物として排出され、産業廃棄物処理業者が回収し、主に飼料用等にリサイクルされている。しかし、飼料化利用では高度な品質管理が必要なことと、輸入飼料とのコスト競走の面もあり新たなリサイクル方法が求められている。また、家庭から排出される廃食用油については、排出される量が少量であり、また、回収場所も分散しているため回収コストがかさむ等の理由からほとんどリサイクルが進んでいない。

廃潤滑油は、流動点が低く低温でも流動性が保持されるが、塩素分等の不純物が含まれている。一方、廃食用油は、酸化劣化して流動性が低下するが、不純物を含まないという特徴がある。

そこで、異業種から排出されるこれらの廃棄物を組み合わせることにより、それぞれの特徴を生かして、安価で良質な燃料を製造する方法を検討した。

2. 目的

廃潤滑油は、一般に再生重油としてリサイクルされているが、廃潤滑油中には塩素分や金属系添加物に由来する灰分等の不純物が含まれているため、一定の品質から外れたものは焼却処分されている。

一方、業務用の廃食用油は、そのほとんどは家畜の飼料の添加油脂や石鹼、塗料の原料等としてリサイクルされてきた。しかし、これらが安価な輸入原料に押され、回収された廃食用油のだぶつきが大きな問題となっており、廃食用油の新しいリサイクル方法として燃料化が期待されている。また、家庭用廃食用油は回収コスト等の問題からリサイクルが進んでいない。

そこで、廃潤滑油と廃食用油という異業種から排出される廃油を混合し、安価に良質燃料を製造する方法について検討した。この混合油が、良質燃料として一般に使用されるためには、貯蔵時にスラッジ等が生成しないことや、燃焼性が優れていることが必要である。

一般に、異種の燃料油を混合した場合、スラッジが生成したり、貯蔵安定性が低下することが考えられる。廃食用油は酸化劣化して性状が大きく変化する恐れがあるので、両油種を混合させた場合の性状の確認が必須である。また、混合比率と燃焼性能の関係についても、検討が必要である。

3. 廃油の発生状況とリサイクルの現状

3. 1 廃潤滑油

平成 13 年度に（社）潤滑油協会が行った調査結果¹⁾によると、我が国の潤滑油年間

国内需要は、約 210 万 k1 となっており、廃潤滑油発生量は、約 120 万 k1 と推定されている。

そのうち約 88 万 k1/年が回収され、簡単な精製処理(ごみ・水分の除去、引火点調整程度)後、約 54 万 k1 が再生重油として主に工業用用途に再利用されている。

潤滑油として再生されているものは一部の工業用潤滑油と絶縁油のみで量的にもごく僅かである。また、燃料として一定の基準に達しないものは焼却処分されており、その量は約 23 万 k1 である。図 1 にフローを示した。

3. 2 廃食用油

産業廃棄物の廃食用油を取り扱っている全国油脂事業協同組合連合会の調査結果(平成 15 年度)によると、全国の新油の年間需要は 250 万トンで、そのうち食品・外食産業が 210 万トン、家庭用が 40 万トンとなっている。また、廃食用油の発生量は全国で 35 ～45 万トンで、それぞれの内訳は次のようになっている。

新油合計	250 万トン/年	→	廃油	35～45 万トン/年
(内訳) 家庭用	40 万トン/年	→	廃油	10～20 万トン/年
食品・外食産業	210 万トン/年	→	廃油	25 万トン/年

家庭用の廃食用油は、年間 10～20 万トン発生しているが、リサイクルされているのは 1 万トン程度で、ほとんどは一般廃棄物として焼却処分(新聞紙に吸わせたり等)されている。これに対し、産業用の廃油は、年間 25 万トン発生しているが、ほとんどリサイクルされている。内訳は以下のとおりである。

飼料用(ニワトリの配合飼料に添加)	19 万トン
工業用(石けん、塗料、印刷用インク等)	4 万トン
燃料用(ボイラ、BDF)、輸出(台湾)	2 万トン
合計	25 万トン

しかし、わが国で平成 13 年に牛海綿状脳症(BSE)が発生して以来、食の安全確保のため家畜の飼料原料において厳格な品質管理が求められるようになり、リサイクルする場合のコストアップ要因となっている。この点からも、安価なリサイクルの手段としての燃料化が期待される。

4. 実験内容及び結果

廃潤滑油と廃食用油という異業種から排出される廃油を混合し、良質燃料を製造するには、混合油が、貯蔵時にスラッジ等が生成しないことや、燃焼性に問題がないことが必要である。

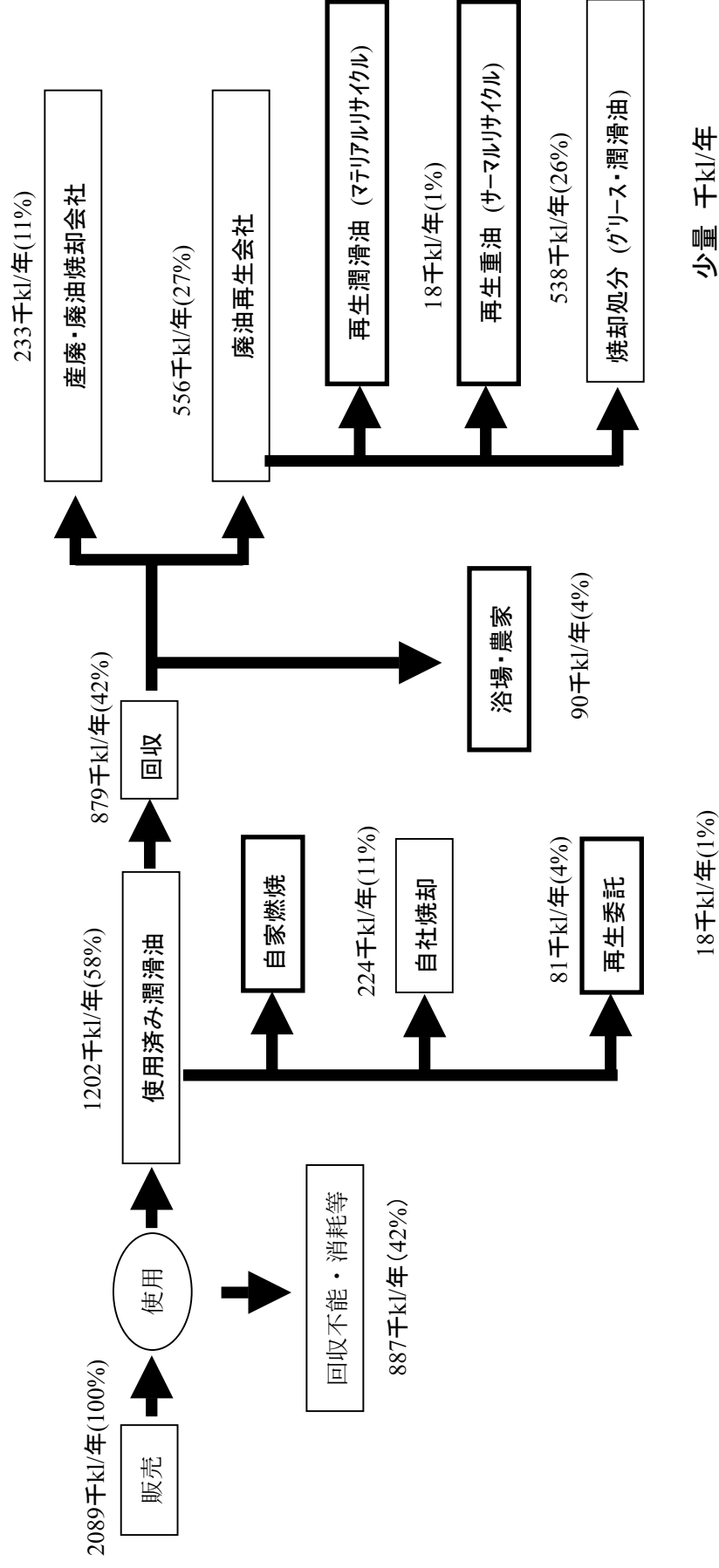


図1 わが国の使用済み潤滑油のバランス¹⁾

一般に、異種の燃料油（同じ石油系であっても）を混合した場合、スラッジが生成したり、貯蔵安定性が低下することが考えられるが、廃食用油は酸化劣化して性状が大きく変化する恐れがあるので、性状の確認が必要である。また、混合比率と燃焼性能の関係についても検討が必要である。

そこで、混合油の貯蔵安定性試験及び燃焼性試験を実施し、燃料化の可能性を検討した。

4. 1 原料油及び混合油の性状

原料として使用した廃潤滑油及び廃食用油の性状を表1に示す。

代表的な廃潤滑油として、廃エンジン油及び廃工業用潤滑油(廃油圧作動油)を用いた。

一方廃食用油は、大豆系廃食用油及びサラダ油系廃食用油をそれぞれ用いた。

それぞれの原料油の特徴としては、

- ・廃エンジン油は、流動点が低く硫黄分や窒素分及び残炭や灰分が多い
- ・廃工業用潤滑油（廃油圧作動油）は、流動点が低く硫黄分がやや高い
- ・大豆系廃食用油は引火点が高く灰分等の不純物は少ないが酸価がやや高い
- ・サラダ油系廃食用油は引火点及び流動点が高く、また、酸価も高い

表1 原料廃油の性状

試料区分	単位	石油系潤滑油廃油		食用(植物油)系廃油	
油種		エンジン油	工業用	大豆系油	サラダ油
試料番号		A	B	C	D
動粘度 40℃	mm ² /s	53.17	47.35	35.53	53.39
50℃	mm ² /s	34.99	30.76	25.70	37.21
100℃	mm ² /s	8.957	7.082	8.288	10.44
粘度指数		149	107	221	189
密度 15℃	g/cm ³	0.879	0.877	0.925	0.929
反応		中性	中性	中性	中性
引火点	℃	230	204	260以上	260以上
流動点	℃	-30	-20	-7.5	12.5
残留炭素分	mass%	1.78	0.06	0.48	0.53
灰分	mass%	0.81	0.03	0.04	0.02
酸価	mgKOH/g	1.89	0.18	2.16	9.71
ペンタン不溶分	mass%	0.32	0.08	0.09	0.24
水分	Vol%	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満
総発熱量	J/g	45,000	45,100	44,400	44,300
元素含有量	mass%				
S		0.47	0.38	0.01未満	0.01未満
N		0.12	0.01未満	0.01未満	0.01未満
Ca		0.32	0.01未満	0.01未満	0.01未満
Zn		0.01	0.06	0.01未満	0.01未満
P		0.09	0.05	0.01未満	0.01未満
Fe		0.002	0.01未満	0.01未満	0.01未満

それぞれの出所は次のとおりである。

- A ; 廃エンジン油：ガソリンスタンド（愛知県豊橋市）の回収油
- B ; 工業用潤滑油廃油（主たる廃油成分：スーパーマルパス（新日石品））愛知県
- C ; 廃食用油（主たる廃油成分：大豆油）：レストラン（愛知県豊橋市）
- D ; 廃食用油（主たる廃油成分：サラダ油）：食品加工工場（静岡県湖西市）

また、廃エンジン油と廃サラダ油及び混合油（50／50）の性状を表2に示した。

表2から、廃潤滑油と廃食用油を混合することにより、それぞれの特徴を活かし、廃油単独よりバランスのとれた性状を有する燃料になることがわかる。

廃油の混合による性状の良化は動粘度、酸価、流動点及びペンタン不溶分において効果が認められる。

表2 廃エンジン油と廃サラダ油及び混合油（50／50）の性状

性状	単位	廃エンジン油	廃サラダ油	混合油 (50／50)
動粘度 50℃	mm ² /s	34.99	37.21	35.33
密度 15℃	g/cm ³	0.879	0.929	0.901
引火点	℃	230	260 以上	240
流動点	℃	-30	12.5	-15
残留炭素分	mass%	1.78	0.53	1.03
灰分	mass%	0.81	0.02	0.43
酸価	mgKOH/g	1.89	9.71	5.96
ペンタン不溶分	mass%	0.32	0.24	0.29
水分	vol%	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満

4. 2 混合油の貯蔵安定性

(1) 実験方法

表1の原料油種（A～D）を用いて、表3に示すように混合比率が75%、50%及び25%になるようにサンプルを調整し、貯蔵安定性試験を行った。

表3に示す各サンプルをビーカー（350ml）に250ml採取し、室温と50℃で60日間静置して、所定時間後（20日、40日および60日後）に性状を測定した。

表 3 貯蔵安定性試験用サンプルの混合比率

試料	混合率 vol%	廃エンジン油 A	廃工業用 潤滑油 B	廃大豆油 C	廃サラダ油 D
廃エンジン油 A	100	A100			
	75			AC75	AD75
	50		AB50	AC50	AD50
	25			AC25	AD25
廃工業用潤滑油 B	100		B100		
	75			BC75	BD75
	50			BC50	BD50
	25			BC25	BD25
廃大豆油 C	100			C100	
	75				
	50				
	25				
廃サラダ油 D	100				D100
	75				
	50			CD50	
	25				

(2) 測定項目

時間経過が劣化に及ぼす影響を調べるため、各抜き取り油について主要な性状である動粘度（50℃、75℃）、酸価、ペンタン不溶分、及び分散性（混合安定性*）を測定した。

*混合安定度試験（新日石法に準拠）：相溶性（均一性）を調べるための試験法で、試料油をろ紙に滴下し、油の拡がり具合から6段階で評価するもの。

(3) 貯蔵安定性試験結果

貯蔵安定性を室温と 50℃で 60 日間調べたが、廃エンジン油を含むサンプルの分散性が 40 日間で 1 ポイント悪化する以外、動粘度、流動点、酸価、不溶分等の性状に著しい低下は認められなかった。

①サンプル油の外観変化

廃エンジン油を含有する総ての試験油は黒色で、他の試験油は淡黄色～褐色透明である。試験期間中、黒色油の外観は変化しないが、廃食用油を含んだ試験油は室温、50℃とも 40 日間で色相がやや濃くなり、スカム状の不溶分を生成する。この不溶分は後述するように燃料としては量的には問題ないが、油中に浮遊し試験油の外観を損なうことが分かった。

②動粘度の変化

室温の場合、動粘度の増加は60日間でも大きな変化は見られなかったが、50℃では図2に示したように、廃食用油を含むサンプルは時間と共に動粘度が高くなる傾向を示した。また、その割合は、廃食用油の割合が高いほど大きいことがわかった。

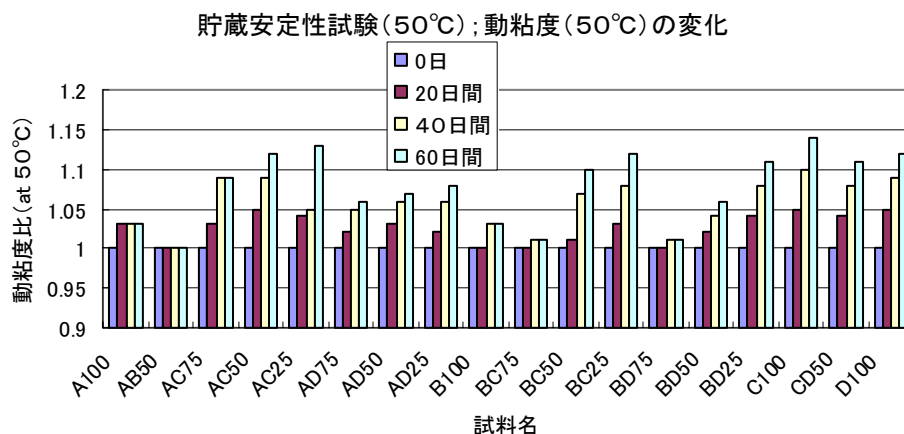


図2 貯蔵安定性試験(50℃) 動粘度比の経時変化
(貯蔵0日を基準とした比率で示した。試料名は、表3参照)

③流動点

廃食用油を含むいずれのサンプルも、貯蔵安定性試験前後で流動点の変化は見られなかった。

④ペンタン不溶分

貯蔵安定性試験後のペンタン不溶分は、いずれのサンプルも実験前より少なくなった。これは試験中に不溶成分が試験容器(ビーカー)底部に沈積したためであると考えられる。また、貯蔵時にペンタン不溶分が増加することはないと考えられる。

これらの不溶分は何れも少量であり、遠心分離操作で十分除去できることから、実製造に際して特に問題になるものではないと思われる。

⑤酸価

貯蔵中に酸価が増加するかどうかを検討した。原料の酸価は、表1に示したように廃食用油が大きく、また、貯蔵中の増加割合についても廃潤滑油より廃食用油の方が大きい(図3)。これは廃食用油の酸化安定性が廃潤滑油より劣るためと考えられる。

図3に示したように、50℃の場合、廃サラダ油単体の酸価の増加が最も大きくなったが、廃潤滑油と混合したサンプルについては、酸価の変化はほとんど見られなかった。従って、廃食用油は、廃潤滑油と混合することにより、酸化安定性が向上することがわかった。

貯蔵安定性試験(50℃) ; 酸価の変化

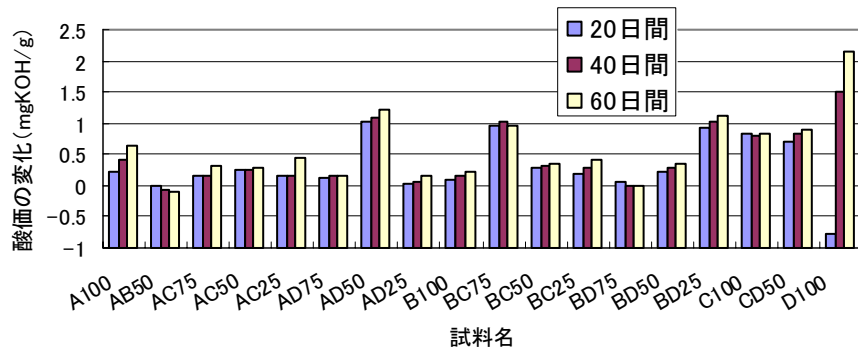


図 3 貯蔵安定性試験 (50℃) 酸価の変化の経時変化

⑥分散性

分散性は新日石法（混合安定性試験；前記(2)参照）で評価した。評点が大きくなるほど重油中のスラッジの量が増加し、安定な状態から外れる。評点1は重油中に浮遊するスラッジがなく、安定であることを示す。評点3以上の重油を使用した場合、遠心分離機に過度の負担がかかる、ストレーナーが閉塞する、タンクに沈殿が溜まるなどの問題を生じる恐れがある。

サンプル油の分散性は、図4に示したように、廃エンジン油を含むものの分散性が悪くなっており、廃食用油と混合した場合、60日後の分散性がやや悪くなる傾向が見られた。廃エンジン油混合系で悪くなっている理由は、廃エンジン油に含まれている燃焼カーボンや金属系清浄剤に起因した金属硫酸塩を主体とした不溶分のためと考えられる。

貯蔵安定性試験(50℃) ; 分散性の評価

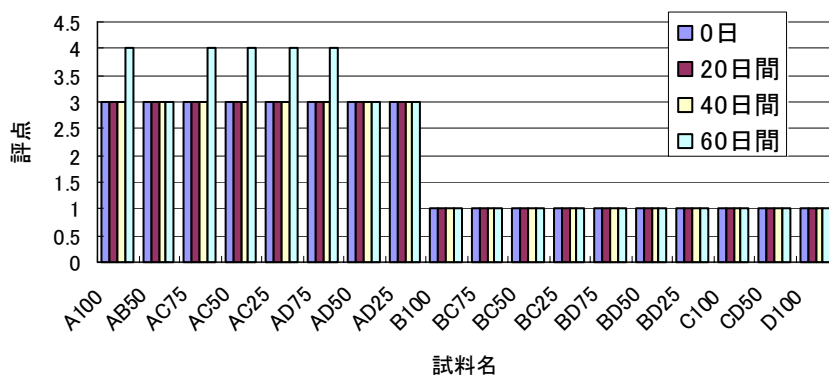


図 4 貯蔵安定性試験 (50℃) 分散性の経時変化

4. 3 混合油の燃焼性能

(1) 実験設備

混合比率の異なる3種類の混合油を調合し、小型貫流ボイラで燃焼実験を行った。

実験を行ったボイラの仕様を表4、外観を写真1に、フローを図5に示した。また、実験に使用したバーナを写真2に示した。

表4 実験を行ったボイラの仕様

項目	仕様
ボイラ種類	小型貫流ボイラ
最高使用圧力	0.98MPa (10kg/cm ²)
相当蒸発量	500kg/h
伝熱面積	7.66m ²
燃料消費量	34.5L/h (A 重油)
外形寸法 (mm)	1065 幅×1586 奥行×2200 高さ

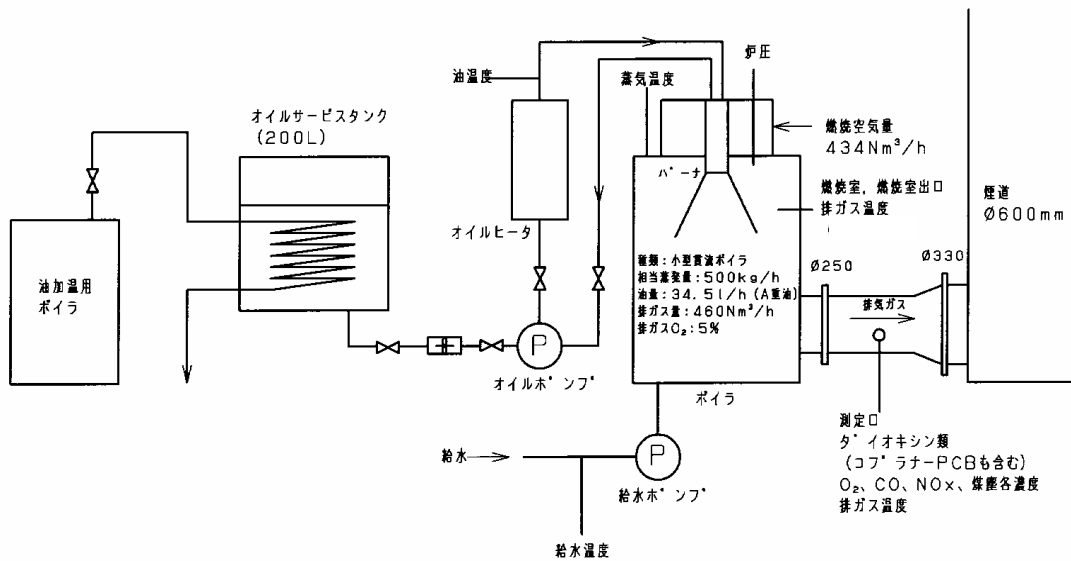


図5 燃焼実験設備フロー

このボイラには、圧力噴霧バーナが設置されており、粘度の高い燃料を使用する場合は、噴霧粒径を細かくして燃焼性を確保するため油温を上げる操作がとられる。



写真 1 ボイラ外観



写真 2 バーナ

(2) 燃焼性能試験方法

空気比を変化させ、排ガス中の O_2 、 NO_x 、 CO の各濃度及びスモーク度の測定を行い、A 重油の燃焼性能と比較した。空気比はダンパ開度を調整することにより変化させた。なお、ボイラの運転圧力は $0.49MPa$ ($5kg/cm^2$) とした。

ベースデータとして A 重油の燃焼試験を行った後、廃食用油の割合が高いサンプルから順に試験を実施した。

(3) 実験結果

1) 実験スケジュール

平成 16 年 11 月 24 日：A 重油の燃焼性試験

11 月 25 日：表 5 サンプル No.3 及び No.2 の燃焼性試験

11 月 26 日：表 5 サンプル No.1 の燃焼性試験

2) 実験に使用した燃料の混合方法及び分析結果

攪拌機付きの 200L 容器に廃エンジン油（ガソリンスタンドより入手）と廃食料油（豊橋駅ビル飲食街共同廃油回収槽、主にサラダ油タンク）を所定比率になるよう混合し、 $75\sim 80^\circ C$ で 5 時間攪拌した後、フィルタ（網目サイズ：20 メッシュ）でろ過し燃焼性能試験燃料とした。

各試験燃料の成分分析結果を表 5 に示す。

動粘度は、廃エンジン油比率が高いほど高く、バーナの噴霧性能が悪くなって、安定燃焼が得られなくなる恐れがあるため、すべての燃焼実験において、オイルヒータ出口で $100^\circ C$ まで加熱した。

これは、引火点は、いずれも $240^\circ C$ 以上で、着火しにくいため炉内温度が低い燃焼

初期では、振動を起こす心配があったためである。

表 5 試験燃料の成分分析結果

サンプル No.		No. 1	No. 2	No. 3	A 重油	
廃エンジン油／廃食用油（容量比）		75／25	50／50	25／75		
項目	単位					
密度	15℃g/cm ³	0.906	0.913	0.921	0.870	
動粘度	50℃ mm ² /s	40.49	34.20	29.33	2.654	
	75℃ mm ² /s	17.72	15.71	14.56	—	
引火点	℃	240 以上	240 以上	240 以上	77.0	
流動点	℃	-15.0	-12.5	-12.5	-12.5	
残留炭素分	mass %	1.28	1.13	0.74	0.54	
灰分	mass %	0.67	0.45	0.14	—	
水分	vol%	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.01	
反応		中性	中性	中性	中性	
総蒸発量	J/g	44600	44500	44400	44950	
元素分析	S	mass %	0.41	0.25	0.15	0.83
	N	mass %	0.05	0.03	0.02	0.02
	Cl	mass %	0.003	0.002	0.001	—
	Ca	mass %	0.13	0.09	0.04	—
	Zn	mass ppm	525	350	165	—
	P	mass ppm	550	360	190	—
	B	mass ppm	410	290	150	—
	Fe	mass ppm	22	17	10 未満	—
	Mg	mass ppm	20	12	10 未満	—
	V, Sn, Si, Pb, Ni, Mo Mn, Cu, Cr, Al	mass ppm	総て 10 未満			—

3) 燃焼性能

①燃焼試験概要

A 重油の燃焼試験を行った後、廃食用油の割合が高いサンプル No. 3 から No. 2、No. 1 の順に試験を実施した。

A 重油は加温せずに燃焼試験を実施し、廃油サンプル No. 1～3 は動粘度が高いため、オイルタンク内で 40～60℃程度に 1 次加温した後、オイルヒータで 100℃程度まで加温させた。サンプル No. 3 の燃焼性試験の途中、油量が安定しなくなり、燃焼

性が悪化したため燃焼試験を中断し、バーナを観察したところ、ノズルチップフィルタに黒い付着物が認められた。サンプルNo. 2及びNo. 1の燃焼試験後においても、バーナノズルチップフィルターに黒い付着物が認められた。また、いずれのサンプルにおいても、スタート時の炉温度が低い段階で、炉が振動する傾向があった。20分経過後は振動は収まった。燃焼試験後、缶体を 100℃まで冷却し、稼動させたところ再び炉の振動が発生したことから、炉内温度が低い場合は振動が発生する傾向があることがわかった。この現象は、今回と同じボイラで過去に行った再生重油の燃焼実験でも発生している。引火点の高い燃料を燃焼させる場合は、A重油でスタートし、炉内温度が高くなってから燃料を切り替える措置をとることが考えられる。バーナを詰まらせた物質の分析と生成原因及び対策については後に述べる。

②燃焼性能比較試験

- ・スモーク度（ばいじん濃度）（図 6）

低 O_2 領域での燃焼性は、いずれのサンプルも排ガス中 2%程度の低 O_2 濃度領域付近でスモーク度が極端に高くなる傾向があるが、A重油と比較してもほぼ同じ性能を有している。また、いずれのサンプルも O_2 5%付近で最適燃焼が得られる傾向があり、この領域におけるスモーク度はA重油とほぼ同等と考えられる。高 O_2 領域においても、A重油と同等以上の燃焼性能を示した。サンプル No. 3 の丸印をした測定値は振動が発生した時のデータである。

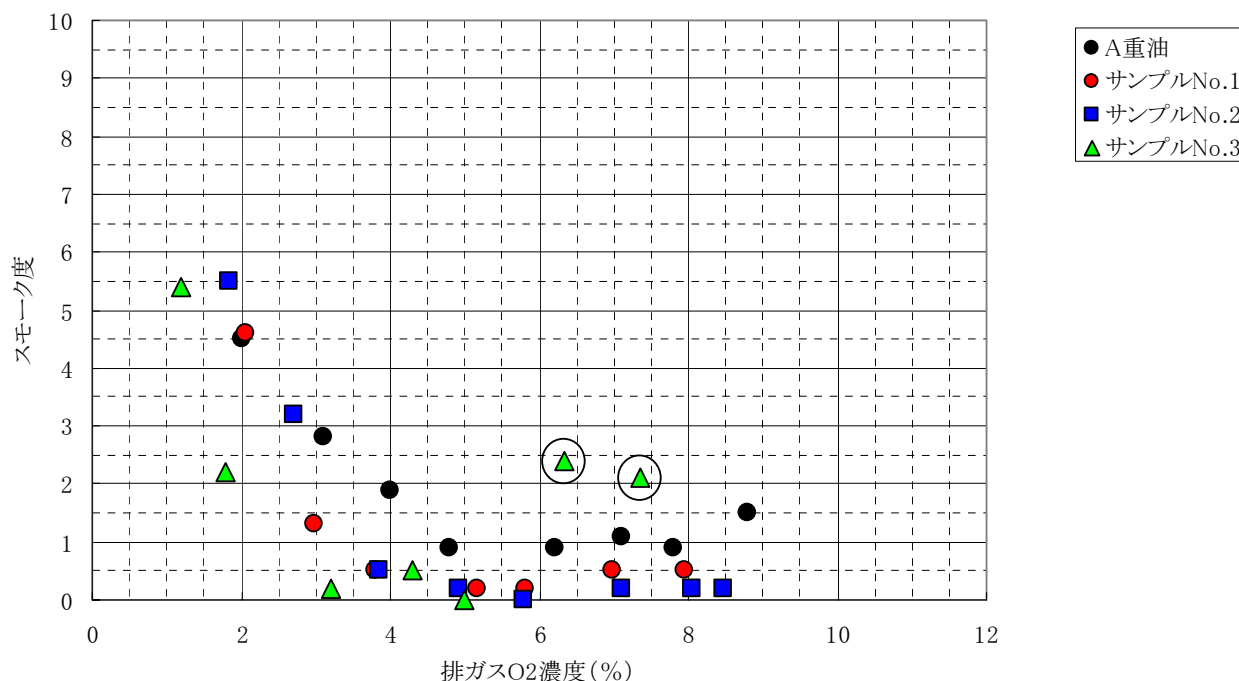


図 6 燃焼性能比較（スモーク度）

・CO濃度（図7）

排ガス O_2 濃度を変化させた場合のCO濃度は、スモーク度と同様の傾向を示し、 O_2 4～6%で最適燃焼が得られ、混合廃油 3 サンプル共、A重油とほぼ同じ燃焼性能を示した。

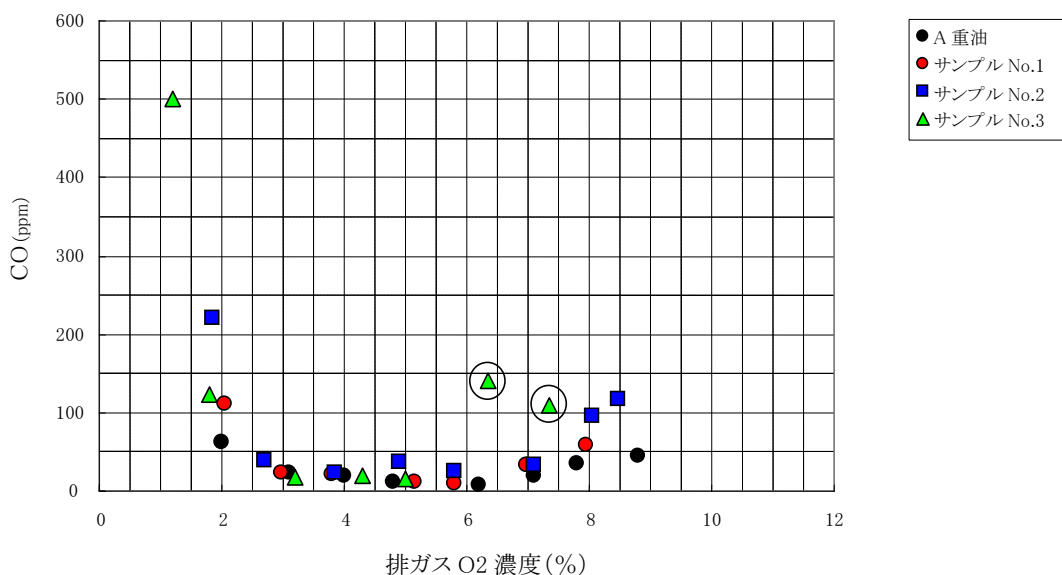


図7 燃焼性比較（CO濃度）

・NO_x濃度（図8）

一般に燃焼性が高いほど、また、燃料中のN分が高いほどNO_x濃度が高くなる。

今回の実験結果でも、すべてのサンプルで O_2 5%付近でNO_xが最大になる傾向を示した。また、NO_x濃度は、燃料のN分と良い相関を示し、N分が一番多いサンプル No. 1 が一番高い値を示した。

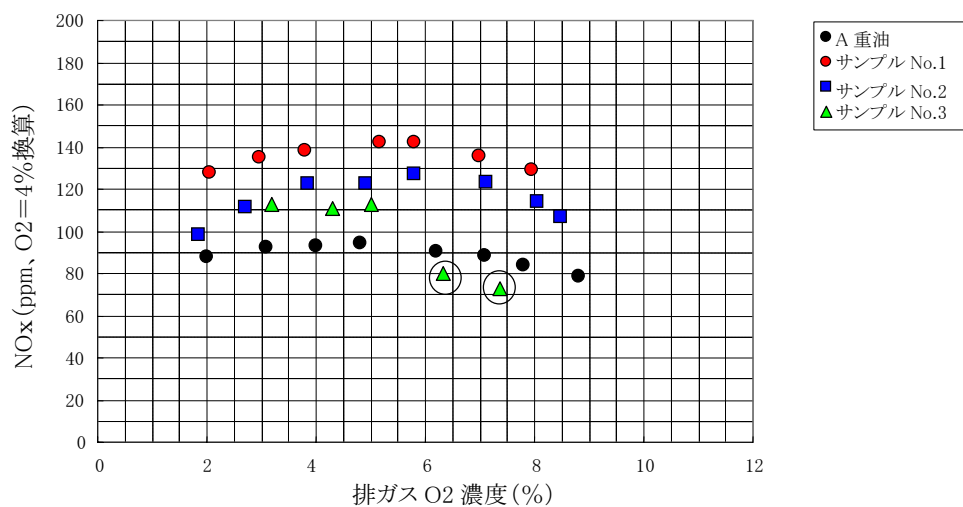


図8 燃焼性比較（NO_x）

③排ガス分析結果

排ガス中の O_2 、 CO 、煤塵、 NO_x 濃度の測定結果を表6に示す。また、大気汚染防止法のボイラおよび廃棄物焼却炉に関する排出基準値を表7に示す。

煤塵濃度は、廃エンジン油比率が高いほど高濃度になったが、大気汚染防止法における重油専焼及びガス液体混焼ボイラで、規模が排ガス量20万 m^3N/h 未満の一般基準（0.15 g/m^3N 以下：排ガス $O_2=4\%$ ）を満足するものであった。また、 NO_x 濃度も排出基準（150volppm以下：排ガス $O_2=4\%$ ）を満足するものであった（表7）。また廃油の NO_x 濃度はサンプル中のN分に依存する結果となった（図9）。

表6 排ガス成分の分析結果

		A 重油	サンプル No.		
			No. 1	No. 2	No. 3
廃エンジン油／廃食料油（容量比）		—	75／25	50／50	25／75
O_2 濃度（vol%）		5.0	5.2	5.5	5.0
CO 濃度（volppm）	実測値	11	18	36	16
	$O_2:4\%$ 換算値	12	19	39	17
煤塵濃度（ g/m^3N ）	実測値	0.005 未満	0.10	0.076	0.046
	$O_2:4\%$ 換算値	—	0.11	0.083	0.049
	$O_2:12\%$ 換算値	—	0.057	0.044	0.026
NO_x 濃度（volppm）	実測値	89	130	120	100
	$O_2:0\%$ 換算値	120	170	160	130
	$O_2:4\%$ 換算値	94	140	130	110
	$O_2:12\%$ 換算値	50	72	70	56

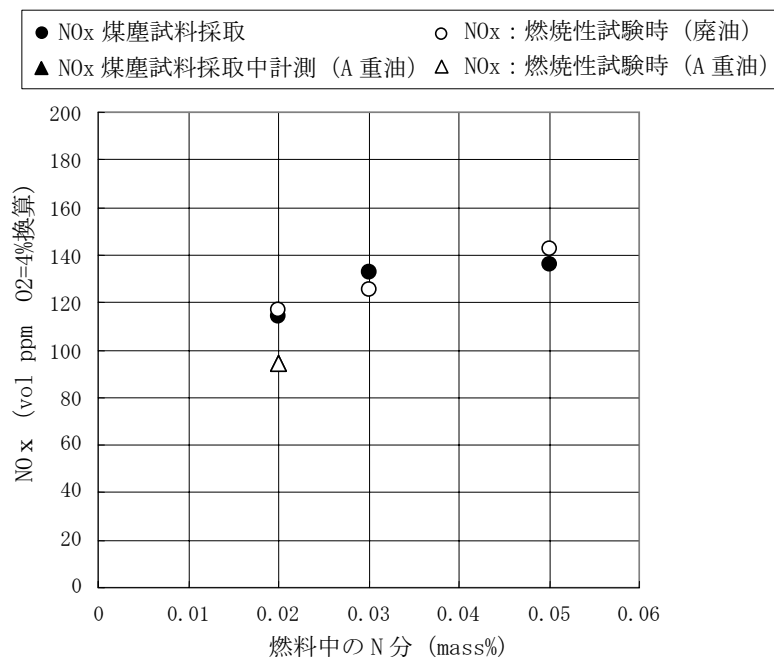


図9 燃料中のN分と NO_x 排出濃度

表 7 排出基準（大気汚染防止法）

施設種類	規模	基準値			
		O _n	煤塵(g/m ³ N)		NO _x (volppm)
			一般	特別	
重油専焼及びガス液体混焼ボイラー	20 万 m ³ N/h以上	4	0.05	0.04	130～150
	4～20 万 m ³ N /h	4	0.15	0.05	150
	1～4万 m ³ N /h	4	0.25	0.15	150
	1万 m ³ N/h未満	4	0.30	0.15	180

4) バーナ詰まり物質の発生原因と対策

①バーナ詰まり物質の外観

3 サンプル共にバーナ元で詰まりが発生したが、外観では付着物の量は廃食用油が多いほど多量に付着していた（写真 3～5）。

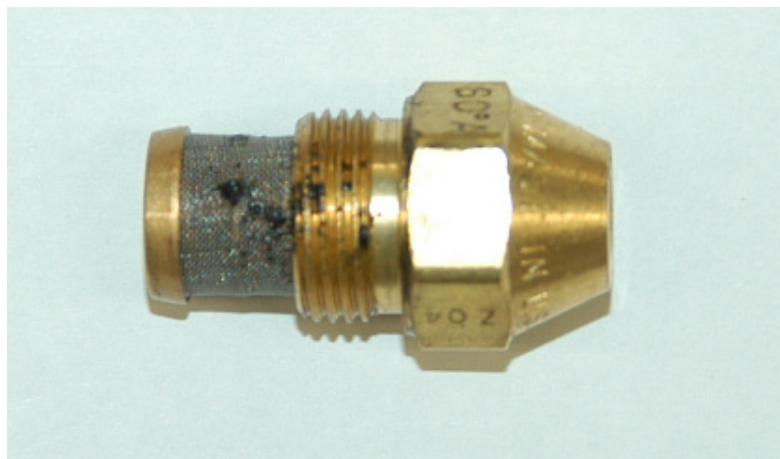


写真 3 サンプル No. 1 試験終了後



写真 4 サンプル No. 2 試験終了後



写真 5 サンプル No. 3 試験終了後

②付着物の分析結果

サンプル No. 2 及び No. 3 のバーナ元付着物をスパチュラで削り落とし、No. 2 については直接、No. 3 についてはペンタンで分別し、分別物を赤外吸収スペクトルで分析した。いずれの付着物も黒色で粘着性があった。

分析の結果、

- ・サンプル No. 2 の付着物

未燃焼の油脂（廃食用油）を主体としたもの

- ・サンプル No. 3 の付着物

ペンタン可溶分：未燃焼の油脂（廃食用油）を主体としたもの

ペンタン不溶分：金属硫酸塩（ CaSO_4 等廃エンジン油の不溶分）を主体としたもの）

以上、バーナ元付着物は廃エンジン油の灰分が、粘着性がありやや燃焼性に劣る油脂に付着して発生したもので、赤外吸収スペクトルから判断すると、何れも元々サンプルに含まれていた成分であり、バーナ元で急激に加熱されたために生じた物質ではないと推察される。

従って、この付着物を減らすには、廃エンジン油の灰分を減らすことと廃食用油の比率を下げる必要があると思われる。

③付着物の減少対策

イ 実験方法

燃焼実験に使用したサンプル（表 5）は、廃エンジン油（ガソリンスタンドより入手）と廃食用油（豊橋駅ビル飲食街共同廃油回収槽）を攪拌機付きの 200L 容器内で所定比率になるよう混合し、75～80℃で 5 時間攪拌した後、フィルタ（網目サイズ：20 メッシュ）でろ過して製造したものである。

このようにして製造したサンプル No. 2（廃エンジン油／廃食用油＝50／50）を用

いて、不溶分を減少させるため、金網（60 メッシュ）ろ過及び遠心分離について検討した。

ロ 実験結果

金網（60 メッシュ）によるろ過及び遠心分離による不溶分低減効果を比較して表 8 に示した。

表 8 不溶分低減効果の比較（サンプル No. 2 に対して）

処理法	ペンタ不溶分	残留炭素分	分散性	備考
	mass%		評点※	
なし	2.40	1.13	3	
遠心分離	1.70	1.05	2	1800rpm×20min（900G）
ろ過	2.30	1.07	3	目開き 60 メッシュ

※ 混合安定性試験結果

不溶分低減効果は遠心分離処理で顕著であるが、ろ過では極僅かである。また、遠心分離処理で残留炭素分は 0.08mass% 程度減少し、分散性も 1 ポイント向上する。今回の燃焼実験で使用したサンプルは、遠心分離機処理をしていなかったもので、詰まり傾向が顕著に表れたものと考えられる。

ハ 詰まり対策

実験で確認されたように、廃潤滑油を遠心分離することにより詰まり物質の核となる物質を減少させることができる。また、廃食用油の混合比率を 25%（サンプル No. 1 の混合比）程度に抑えることも詰まり対策として有効である。

4. 4 燃焼排ガスの臭気

廃エンジン油と廃食用油の混合油の燃焼臭気を調べた。

（1）試験方法

磁性坩堝に試料油 50 g を採取し、ガスバーナーで加熱、燃焼させ、火炎近傍の臭気テストを行った（テスト実施者：3 名）。

（2）実験結果

その結果を、表 9 に示したが、廃食用油の比率が 50% を超えると特有の臭気を感じられる。

表 9 混合油の燃焼臭気

廃油 容量%	エンジン油	100	75	50	25	0
	食用油	0	25	50	75	100
臭気		鉱油系臭気（気にならない）			てんぷら臭（嫌な臭い）	

5. 製造方法及び製造コスト

5. 1 製造方法

廃エンジン油中の灰分を減少させるため遠心分離機が必要である。一般的な再生重油の製造工場（図 10）では既に設置されている場合が多いが、未設置の場合は新設する。

廃食用油との混合燃料油を製造するために新たに必要となる設備は、通常図 10 に「新規」で示した機器（コントロールバルブ及びミキサー）程度である。

フローとしては、まず、廃潤滑油と廃食用油をそれぞれ別のタンクに受け入れ、一定の比率になるように流量コントロールを行ってミキサーで混合し、加熱タンクで水分の除去を行った後、遠心分離機で夾雑物を除去し、製品タンクに貯蔵する。

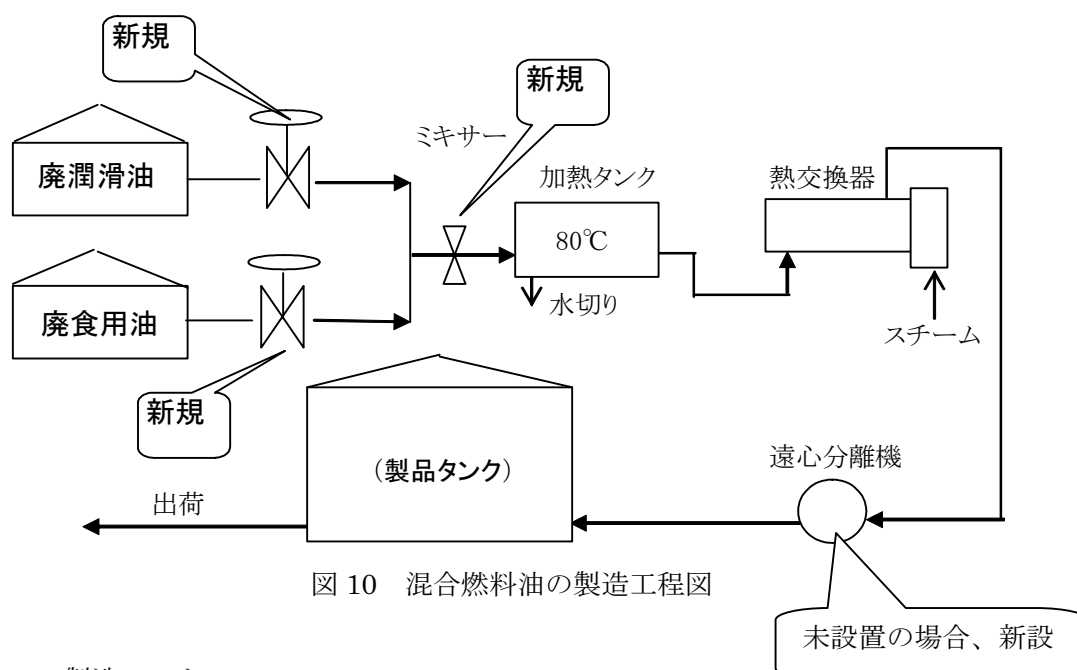


図 10 混合燃料油の製造工程図

5. 2 製造コスト

図 10 の製造プロセスで、混合燃料を製造する場合のコストを算出する。

加熱用のスチーム代、ポンプ、遠心分離機及び加熱炉の電気代、水道代等を合計すると、リットル当たりの変動費は、約 1 円程度である（平均的な、再生重油の製造工場の例）。また、既に述べたように、設備費もほとんどかからないので、混合油の製造コストは、ほとんど現状と同じと考えられる。

コストに大きく影響するのは、製造時の変動費よりも原料廃油の回収コストと考えられる。現在の廃潤滑油の回収はすべてローリー（回収経費 10 円/L）であるが、廃食用油の回収は一般に 20 リットル缶（回収経費 15～20 円/L 程度）と考えられ、再生重油の製造者が廃食用油を原料として使用する場合は、多少の回収経費の増加を考慮する必要がある。なお、現状の再生重油の場合の最終的な販売価格は、20～24 円/L である。

6. 市場性の検討

6. 1 廃食用油回収の市場状況

全国バランスの項で述べたように、現在は、食品産業から排出される産業廃棄物はほとんどが飼料等にリサイクルされていると言われているが、品質管理にコストがかかることや輸入品とのコスト競走にさらされており、新たなリサイクル手段を確保しておくことは必要である。

現在の価格体系は、全国油脂事業協同組合連合会（聞き取り調査）によると次のようになっている。

排出者が、回収業者に 13～15 円/kg 支払って依頼し、回収業者は、再生業者に 15～20 円/kg で販売（有価）する。そして、再生業者は、飼料メーカーに、30～40 円/kg で販売するといった価格体系が成り立っている。

家庭などでよく使われている油脂は、サラダ油、ラード（豚脂）、牛脂等であり、これら油脂は、主に調理油として使用され、使用後は厨房排水とともに排出されることが多い。家庭などから出される排水に含まれるもののうち油脂は、非常に水質汚染の度合いが大きい物質である。このため、全国の自治体では回収のための取り組みが市民の協力を得ながら、徐々に行われているが、各家庭から排出される量が少量のため、回収コストがネックとなって、全国規模ではリサイクルが進んでいない。

（財）食品産業センターの調査結果²⁾によると、全国の自治体における集積場一箇所当たりの回収量平均値は、46.7kg であり、回収コストの平均値は 7,028 円（150 円/kg）である。採算に見合う回収量は、この平均値の 10 倍程度と見られており、各家庭からの廃食用油を商業的にリサイクルするには、更なる検討が必要である。

6. 2 廃潤滑油と廃食用油の混合油の市場性

廃食用油の取り扱い業界が、廃潤滑油との混合燃料油を製造する場合は、新たに設備を新設する必要がある、経済的に採算性が良くない。

一方、再生重油の製造業者が混合油を製造する場合は、上記のように既設の製造設備がほとんどそのまま使用できるので設備に要するコストはごく僅かである。

再生重油は工業用燃料としての規格（標準仕様書（T S）原案が既に作成され、日本工業標準調査会で審議中。現在は業界基準により製造されている）があり、規格外の場合は、焼却処分されている。特に、塩素分は、ダイオキシン類発生の恐れがあり、塩素分濃度が 2,000ppm（業界基準）を越える廃潤滑油は焼却処分されている。

従って、塩素分がネックで焼却処分されている廃潤滑油が、廃食用油を混合（25% が限度）することによって再生重油として使用可能となれば、その分の資源量が燃料として再生できる。

廃潤滑油に廃食用油を 25% 混合して、塩素分濃度が 2000ppm 以下に収まる廃潤滑油の塩素分濃度は、約 2600ppm である。

7. まとめ

- 1) 廃食用油は酸化安定性に劣るが、廃潤滑油と混合することにより改善され、燃料として貯蔵中に問題を生じることはない。しかし、混合燃料の燃焼実験の結果、廃食用油に含まれている粘着性の油脂分と廃エンジン油に含まれている灰分が原因で、バーナ元に詰まりを生じさせる恐れがあることがわかったため、混合油の廃食用油の比率を25%以下に抑えることが望ましい。
- 2) 廃食用油には塩素等の不純物が含まれていないので、これを25%混合することにより現在の廃潤滑油の燃料としての引き取り業界基準を2,000ppmから2600ppmまで上げることが可能になり、焼却処分されている廃潤滑油が減少し、燃料として有効利用される量が増加する。
- 3) 廃食用油に含まれている粘着性の油脂分対策については、今後の検討課題である。廃潤滑油と廃食用油の混合燃料油の製造には、遠心分離機が必要である。廃食用油を燃焼させると特有の臭気が発生するので、これを避けるには混合比率を50%以下に抑えることが必要である。
- 4) 廃潤滑油と廃食用油の混合燃料は、異業種間リサイクルに道を開くものであり、今後、新たなルートが構築されることを期待したい。

引用文献

- 1) 平成14年度経済産業省委託「再生重油の燃料化に関する標準化調査研究成果報告書」新日石テクノロジー（株）
- 2) 平成15年度農林水産省補助事業「家庭用廃食用油効率的リサイクルシステム等構築事業報告書」平成16年3月（財）食品産業センター