

서 론

- 윤활유는 고도로 정제 처리된 석유제품으로 여타 석유제품이 연료로서 소비되는 것과는 달리 재처리/사용이 가능한 제품이다. 반면, 윤활유에는 여러 종류의 원소를 함유하는 첨가제가 배합되어 있고, 사용중 여러가지의 이물질에 의하여 오염되며, 그 자체도 열화되기 때문에 재사용에 곤란한 정도 있다.
- 윤활유는 국제적인 분류에서 한정적인 의미로 '유해한' 물질로 분류되며, 자연계에서 분해되기 어렵고 액체이기 때문에 회수가 곤란하여 환경오염의 염려가 있다. 윤활유의 제조량은 원유의 1~2%로 연료유와 비교하면 매우 소량이나 재처리/사용이 가능하고 환경오염의 염려가 있기 때문에 폐윤활유의 처리와 재자원화에 대한 관심이 증대되고 있다.
- 본고에서는 윤활유 폐유와 관련하여 국내외에 있어서의 발생량, 처리 현황 및 대응 기술 등에 대하여 보고한다.

폐유처리를 위한 각국의 지원방안 (Automotive Lubricants Reference Book)

지원/규제	적용처
- 수거자가 구매	- 일부 개발도상국
- 국가기관에서 재생유의 할당량을 의무적으로 사용함	- 미국
- 판매/제조자가 처리비용 부담	- 한국, 캘리포니아
- 세금, 보조/장려금	- 프랑스, 이태리, 스페인, 독일
- 수송 프랜차이즈	- 프랑스
- 구매자의 의무	- 오스트리아, 독일, 미국
- DIY 판매 규정	- 오스트리아 (폐기탱크 보유)
- 공공처리(구매)	- 뉴질랜드
- 폐기처 지정 및 수거	- 세계각국
- 처리연료유 가격 보조	- 이태리
- 공공교육	- 세계각국

폐윤활유의 재이용 상황 (1990, 일본에너지종합연구소)

- 폐윤활유: 1270 ML (윤활유수요 2470 ML의 51.4 %)
- 산업폐기물처리: 330 ML (26%)
- 재이용: 940 ML (74 %)
 - 연료용 830 (65 %)
 - 자가연료 200
 - 목욕탕,농가 100
 - 재생연료용 530
 - 윤활유용 110 (9 %)
 - 위탁재생(공업용) 90
 - 이형제 등 20

각국의 폐윤활유 처리 상황 (1993, Tribologist, 38권 5호)

처리방법	일본	미국	캐나다	EC 전체
연료화	806 ML 61%	3070 ML 58 %	76 ML 18 %	906 ML 37 %
재정제	100 ML 8 %	113 ML 2 %	98 ML 23 %	845 ML 34 %
재이용	-	420 ML 8 %	-	
기타	399 ML 31 %	1700 ML 32 %	250 ML 59 %	725 ML 29 %
계	1305 ML 100 %	5303 ML 100 %	424 ML 100 %	2476 ML 100 %

윤활유 유종별 판매실적('97)

유종	판매량,ML	점유율, %
자동차용	343	36
선박용	116	12
공업용	209	22
금속가공유	88	9
절연유	34	4
그리이스	26	3
기타	140	15
합계	957	100

공업용윤활유의 처리 상황 (1995 일본 윤활유협회)

• 공업용윤활유 일본수요	1405 ML (100 %)
• 충전유,자가처분,소모 등	789 ML (56 %)
• 폐윤활유	616 ML (44 %)
○ 위탁재생	20 ML (1.4 %)
○ 자가연료,자가소각 등	251ML (17 %)
○ 수집처리	345 ML (25 %)
- 소각처리 등	약100 ML (7.1 %)
- 재생중유,보조연료	240 ML (17.1 %)
- 이형제	3.1 ML (0.2 %)
- 여타 재생윤활유	1.4 ML (0.1 %)

자동차용유탄유 의 처리 상황
(1995 일본 유탄유 협회)

- 자동차용유탄유 일본 수요 763 ML (100 %)
- 신차 충전유 138 ML (18.1 %)
- 기존차 교환 및 보충유 625 ML
 - 소모, 손실 등 133 ML (17.4 %)
 - 수집 처리 492 ML (64.5 %)

폐유탄유 의 처리/소모 상황
(엔진유, 1990 OECD 유럽)

- 연소/배기 배출 25 %
 - 수집 처리 40.5 %
 - 소각 처리 (4 %)
 - 연료유 재생 (17 %)
 - 재정제/재생유 (19.5 %)
 - 사용중 누설 0.5 %
 - 미파악 34 %
- (총 판매량: 2600 kilotonnes)

선박용유탈유의 처리 상황 (1992 일본 유탈유협회)

- 선박용유탈유 일본수요 188 ML (100 %)
- 신조선 충전유 26.5 ML (14.1 %)
- 운항용 교환 및 보충유 161.5 ML
 - 소모,손실 등 80.7 ML (42.9 %)
 - 연료화 80.8 ML (43.0 %)

폐유탈유의 재생을 위한 유종분류 (재생기술 및 비용측면 고려)

구 분	제품유종
재생에 적합한 유종	고급유탈유: 엔진유,기어유,유압작동유,터어빈유,압축기유,열매체유,프라싱유,냉동기유,탄화수소계합성유, 비지방산형 연삭유/머신유/열처리유
재생에 부적합한 유종	염소계/수계/난연성/지방산형인 것. PCB/PNA 를 함유한 것. 금속가공유(절삭유,프레스유,열처리유),부동액,냉각액,브레이크액,그리스,난연성작동유(수/글리콜,인산에스테르),용제(신나,석화제품),알코올,실리콘계
오염의 정도	수분,슬러지,먼지가 많이 함유된 것은 모두 재생 불가함.

* 합성유 및 생분해성유는 제조업자 및 배출자와 협의가 필요함.

엔진 폐유의 주요구성성분

Composition	Percent
- Light ends (< 180°C b.p.)	1 ~ 6
- Heavy ends (180 ~ 340 °C b.p.)	10 ~ 15
- Lube stock (340 ~ 430 °C b.p.)	60 ~ 70
- Bright stock (430 ~ 780 °C b.p.)	0 ~ 10
- Water	0 ~ 10
- Additives	7 ~ 15
- Oil oxidation products	5 ~ 8
- Particulates	1 ~ 3

폐윤활유내의 첨가제 특성변화

첨가제	변화율*	변화상태
청정제	46 %	분산되어있는 미립자에 흡착막 형성. Ca/Mg carbonate, Ca/Mg sulphate / 산중화생성물 (수분)
무회분산제	16 %	분산되어있는 미립자에 흡착막 형성. 슬릿지 전구체의 가용화/산중화반응 생성물
ZnDDP	45 %	Phosphate, thiophosphate, metal sulfides, mercaptan metal salts, zinc pyrophosphate, zinc sulfide, zinc oxide ZDDP 의 분해물이 엔진 금속표면에 흡착
산화방지제	45 %	산화물질의 형성, 열분해
점도지수 향상제	9 %	열분해물, 폴리머의 기계적 전단

* 오일에 함유된 첨가제의 물리화학적 활성도 변화율임.

폐유의 윤활기유 재정제 프로세스

프로세스	전처리	본처리	후처리	비고
황산백토	정지,탈수	황산처리	백토	광범위하게 적용됨
IFP	탈수	프로판추출,황산처리	백토,증류	Viscolube 사,이태리
Snamprogetti	탈수탈경질유분	제 1 프로판추출,진공증류,제 2 프로판추출	수소화정제	Clipper oil 사,이태리
박막증류	정지,탈수	박막식저감압증류,박막식고감압증류	백토,수소처리	Safety-Kleen 사,미국
PROP	없음	인산제이암모늄첨가	백토,수소처리	Mohawk oil 사,캐나다
Evergreen	화학처리	박막식감압증류	수소화정제	Evergreen 사,미국
이와타니	탈수	화염방전	백토,감압증류,탈기,탈취	이와타니화학,일본

폐유의 연료유 재정제 프로세스

프로세스	전처리	본처리	후처리	제품명	비고
이온정제	응집제, 반응	Decanter	원심분리, 슬러지제거	중유 대체유	한국
M-003	탈수	1,2 열분해	회분(Grain), Toxic gas 제거	Gasoline ~ Heavy oil	Quantum Energie,독
SX-400	탈수	1 열분해 원심분리	Ash cake, toxic gas 제거	Heavy oil	Utopia fabricating, 캐나다
SX-300	-	2 열분해 원심분리	Toxic gas wprj	Gasoline Gas oil	캐나다
Enviro Economic TM system	탈수	열분해 증류	무공해슬러지 Toxic gas 제거	Gasoline Diesel Heavy oil	Green oasis environmen tal,미국
WOR-K&K	탈수	열분해,탈취,분별증류	Ash cake, toxic gas 제거	Gas oil Burner oil Heavy oil	MJ engineering ,한국

정제연료유 품질기준 변경상황

항목	환경처	환경처	폐기물	폐기물관리		현행,97.7.19	
	고시 90.6.19	고시 91.5.27	관리법 93.9.9	기타 법,96.1.19	고온열 분해법	기타 방법	고온열 분해법
잔류탄소분,%	< 8	< 8	< 8	< 2	<0.03	< 2	<0.03
수분 및 침전물,%	< 1	< 1	< 1	< 0.5	<0.02	< 0.5	<0.02
회분,%	< 0.2	< 1.5	< 1.5	< 0.5	<0.05	< 0.5	<0.05
황분,%	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0.3	<0.65	< 0.2
카드뮴,ppm	< 2	< 2	< 2	< 1	불검출	< 1	< 1
납,ppm	< 100	< 100	< 100	< 30	불검출	< 30	< 1
크롬,ppm	< 10	< 10	< 10	< 5	불검출	< 5	< 1
비소,ppm	< 5	< 5	< 5	< 2	불검출	< 2	< 1

이온정제법의 문제점

- 처리방법
 - 고분자응집제,수산 또는 인산염 2~5 % 첨가
 - 고온(80°C) 가열 및 교반 후 유지(40~60분)
 - 반응생성물 중 금속염 고형물질을 슬러지로 분리 처리: Decanter로 Centrifuge
- 문제점
 - 제2차 중금속 Sludge 소각 처리비용 과다
 - 보일러/가열로 연소시 Dust 다량배출
 - 버너 노즐 막힘 등 문제 발생
 - 첨가제 반응물질 제거 미흡

재생연료유의 대표성상

시험항목	이온정제법	고온열분해법
비중(15/4°C)	0.8746	0.7490
인화점(COC),°C	160	60
유동점,°C	-20	-20
점도(40°C),cSt	27.3	6.5
발열량,Cal/g	10,837	10,870
회분,wt%	0.85	0.01
유황분,wt%	0.61	0.28
잔류탄소,wt%	1.41	0.01
Cd,ppm	0.28	미검출
Pb	30.83	미검출
Cr	0.1	미검출
As	미검출	미검출

정제연료유 사용시설규정

다음의 환경부 고시에 의하여 사용시설과 지역을 정하고 있음.

- 고시 제 90-12 호 (1990.6.19)
- 고시 제 91-34 호 (1991.5.27)
- 고시 제 91-99 호 (1991.12.31)
- 고시 제 94-44 호 (1994.7.4)
- 고시 제 96-63 호 (1996.4.27)
- 고시 제 96-139 호 (1996.11.13)
- 고시 제 97-72 호 (1997.8.9)
- 고시 제 97-77 호 (1997.8.25)

환경부고시 제97-77호(1997.8.25)

사용시설

1. 화력발전시설 및 소각시설(단, 소각시설은 대기환경보전법 제 10 조의 규정 시설에 한하며 고온열분해방법 및 감압증류방법에 의한 연료유에 한함.)
2. 목욕탕보일러(단, 고온열분해방법 또는 감압증류방법에 한함.)
3. 대기환경보전법 제 10 조의 규정에 의하여 배출시설 설치허가 및 신고를 득한 시설로서 산업용으로 열을 공급 또는 사용하는 시설(단, 고온열분해방법은 확장적용)

사용지역

1. 고온열분해방법 및 감압증류방법에 의한 연료유는 전지역에서 사용 가능함.
2. 이온정제에 의한 연료유는 서울시를 제외한 지역에서 사용가능.

폐윤활유 회수/처리업체 현황
(1999.10.현재)

- 삼성정유 등 28개 업체
(6개 업체는 '99년도 실적 없음)
- 처리방법: 이온처리방법 14개
이온/고온처리방법 4개
감압처리방법 8개
고온처리방법 2개
- 허가증상 최대 처리량: 3,049,931 드럼/년
- '99.1~8월: 생산량 514,390 드럼
판매액 16,987,520,162원
평균판매가 35,662 원/드럼

폐기물 재생처리업의 기준
(폐기물관리법 제44조, '96.2.5환경부령 제18호)

- 자본금 및 재산평가액
 - 법인: 자본금 2억원 이상
 - 개인: 재산평가액 4억원 이상
- 장비
 - 운반차량 2대 이상 (적재능력 합계 2톤 이상)
- 시설 (폐유를 정제 연료유로 재생처리하는 경우)
 - 폐유보관시설: 1일 처리능력의 30일분 이상
 - 정제시설: 1일 20 kl (100드럼)이상 처리
(고온열분해 24시간, 기타 8시간 기준)
 - 기술능력: 폐기물처리기사 2급 또는 수질환경기사 2급 1인
토목기사 2급 1인

년도별 연료유 가격동향 (부가세별도, 원/드럼)

구분	등유,A	정제유,B 고온감압	B/A,%	B-C 유,C	정제유,D 이온	D/C,%
90.12	35,800			17,000		
91.12	35,800			16,000	12,000	75
92.12	42,000			17,400	14,000	80
93.12	15,000			19,400	15,000	77
94.12	47,400	26,000	55	24,200	16,000	66
95.12	47,400	26,000	55	23,600	18,000	76
96.12	60,800	32,000	53	29,400	22,000	75
97.12	106,280	50,000	47	72,153	32,000	44
98.12	81,831	49,835	61	47,415	35,530	75
99.8	69,722	47,262	68	42,127	31,841	76

폐윤활유 회수 및 정제현황 (단위,드럼)

년도	윤활유 판매량	폐유 발생량	폐유 회수량	회수 율,%	폐유 처리량	정제유 생산량
91	1,144,016	743,610	177,551	23.9	85,143	74,448
92	1,410,305	916,698	311,398	34.0	282,486	248,576
93	1,414,927	919,703	458,802	50.0	510,489	469,483
94	1,514,065	984,142	602,079	61.2	636,233	594,702
95	1,586,729	1,031,374	738,677	71.6	790,564	733,504
96	1,635,090	1,062,809	874,511	82.3	866,681	789,244
97	1,696,457	1,187,520	1,131,530	95.3	1,121,422	995,436
98	1,193,655	835,559	951,135*	113.8	977,113*	866,828
99.1 ~8	915,144	640,601	606,342	94.7	590,919	526,290

폐유(수분포함)발생량: 판매량 대비 '91~'96 (65%), '97~현재 (70%)

'99 년은 추정치

*선박연료 폐유 문제

폐윤활유 회수처리비 협황 (단위,백만원)

구분	폐윤활유회수 처리비	업체부담금	미반환예치금 국고기금화
90	137	137	-
91	965	965	-
92	2,117	4,098	1,981
93	3,182	5,009	1,826
94	4,145	5,401	1,256
95	4,807	5,739	932
96	4,893	5,744	851
97	5,592	6,172	780
98	4,533	5,628	1,095
99,1~8	2,184	2,184	-
계	32,356	41,079	8,723

향후의 과제

- 폐윤활유의 연료유 정제기술은 이미 확보되어 국내에 광범위하게 적용되고 있으나 경제성이 열악하고 설비가 과잉인 실정임.
- 폐윤활유의 윤활기유 재정제는 이미 선진 외국에서 가동되고 있으나 경제성에 어려움이 많음.
- 폐유의 회수와 재정제에 드는 비용때문에 재생유는 원유로부터 생산되는 Virgin Oil에 비하여 경쟁력이 없으므로, 신유의 가격에 처리비용을 포함시키는 법규제를 강제적으로 시행하고 있음.
- 회수되지않는 폐유는 토양,수질,대기 오염의 원인이 되므로 환경 보호의 측면뿐만 아니라 자원의 고도 이용 측면에서도 회수율을 지속적으로 높여 경제성이 되는 한 고부가화해야 하겠다.