

폐유 재정제를 통한 유효이용 방안 연재 I

박상도, 최익수 / 한국동력자원연구소

I. 서 론

일반 연료유와는 달리 소모성 물질이 아닌 윤활유는 사용중에 차차 변질하여 그 성상이 저하하게 되는데 이와같은 윤활유의 열화현상은 윤활유 자신이 일으키는 내부변화, 즉 화학변화와 외부적 요인에 의하여 생기는 윤활유의 오염 등에 기인하는 것으로 알려져 있으며 열화현상이 발생되면 윤활유는 주기적으로 교체하여야 한다. 자동차의 경우 폐윤활유의 발생률은 엔진 내에서의 자체 손실, 수거를 등을 고려할 때 약 50~60%의 폐윤활유가 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 폐윤활유의 재정제 기술은 2차대전시 연구노력의 결과로 대단한 발전을 가져와 재정제유의 시장 점유율이 한때 상당한 수준에 이른때도 있었으나(1960년대, 미국의 경우 최고 18%), 그 이후 석유값의 하락 및 고체 폐기물의 공해문제, 저품질에 기인된 시장확보 문제, 폐윤활유 수집문제 등으로 상당히 위축되었었다.

그 이후 선진외국에서는 환경보존 및 자원절약의 측면에서 보다 경제성이 좋고 공해문제가 발생되지 않는 새로운 폐윤활유 처리기술을 개발하고자 APR

(Association of Petroleum Re-refiners) 와 같은 협회를 조직하여 환경보존, 수집방법, 처리기술등을 유기적으로 연구하여 왔다. 이와같은 일년의 꾸준한 연구노력의 결과로 새로운 공정들이 연구개발 및 상업화되고 있으며 특히 이중 KTI에서 개발한 공정은 년산 20,000t의 규모로 공정이 그리이스에 조업되고 있는 실정이다.

한편 국내에서도 1960년대에 폐윤활유의 재정제에 관심을 가져 KIST와 민간업체에서 한때 연구된 바 있으나 재래식 방법인 산/백토 처리에 용제추출이 첨가된 것으로써 실용화된 예는 아직 없었다. 현재 국내에서는 회수 가능한 약 150만 드럼의 폐윤활유 중 일부만이 재래식 공정인 산/백토 공정을 통하여 재정제 이용되고 있고 대부분은 B, C유 대응 및 B, C유와 혼합하여 연료유로 이용되고 있어 재정제시 부산되는 공해물질 발생과 연소시 폐윤활유중에 포함된 금속 마모분, 유허분, 첨가제 등이 수질 및 대기오염을 야기시키는 등 극심한 공해문제가 국가적 자원 낭비현상을 초래하고 있다.

또한, 폐윤활유의 성상을 살펴볼 때 폐윤활유에는 컷재, 원유내의 윤활성분이 10~15%인데 비하여 폐윤활유는 약 85% 이상의 윤활성분이 포함되어 있어 윤활기유의 회수율이 높으며, 둘째, 폐윤활유내의 불순물은 윤활성분과는 물리·화학적성질이 달라 비교적 쉽게 분리될 수 있으며, 셋째, 폐윤활유는 윤활유로서의 부적당한 물질은 이미 열화나 산화에 의해 제거된 상태이므로 재정제가 용이하다는 장점이 있어 여러 방법의 재정제 공정이 응용되어 왔다.

당 연구소에서도 1983년부터 이와같은 제반 문제점을 해결할 수 있는 새로운 공정 연구에 착수하여 5년간 박막증발장치(Thin Film Evaporator)를 근간으로 하는 윤활기유 재정제 공정을 연구개발(KIER Process)하여 실용화 연구에 박차를 가하고 있으며 한편으로는 폐윤활유를 비교적 간단한 공정을 거쳐서 하여 연료유로 정제하는 연구를 수행코자 준비하고 있다. 이와같은 일련의 폐윤활유 처리기술확립은 현재 국내외적으로 볼때 원유값의 하락으로 재정제의 중요성이 크게 부각되지 못하고 있는 실정이나 이는 일시적인 현상일뿐 원유값의 상승은 예견되고 있다. 더우기 폐윤활유의 공해문제에 대한 국민의식이 향상되고 있을 뿐 아니라 석유자원이 전혀 없는 국내설정을 감안할 때 환경보존, 자원절약 측면에서 폐윤활유 처리기술 확립은 반드시 이루어져야 할 부문이라 하겠다.

II. 폐윤활유 성상

1. 폐윤활유내의 오염물질

폐윤활유에 함유되어 있는 오염물질들의 종류는 매우 다양한 것으로서 윤활유를 구성하고 있는 윤활기유 성분, 첨가제에 포함된 성분, 사용과정에서 생성된 물질, 또는 폐윤활유를 수집하고 저장하는 과정중에 이 물질들의 혼합에 의해 일어나는 화학적 반응생성물들로서 구성되어 있다. 예로 미국의 EPA에 의해 연구된 경우를 보면 PCB(Polychlorinated Biphenyls)와 같은 성분은 폐윤활유의 24가지 표본중 4가지에서 미량으로 검출되었지만 폐윤활유 수집과정에서 이들 표본들이 혼합되므로 일반적으로 폐윤활유 중에는 PCB가 존재한다고 알려져 있다. 최근에 미국의 EPA(Environmental Protection Agency)는 폐윤활유중에 함유된

오염물질들을 PNA(Polynuclear Aromatics), Nitrosoamine, Chlorinated Hydrocarbons,

Various Trace Metals, Chlorine 등으로 분류하고 있는데 이들 오염물질들은 대부분 오일구성물질 사이에서 화학적 작용(산화할로겐화)에 의해 생긴것과 첨가제의 분리에 의한 것이다.

또한 엔진오일에 함유되어 있을 것으로 추정되는 구체적인 오염물질에 대한 오염원과 농도범위는 <표1>과 같다.

2. 폐윤활유에 있는 오염물질의 생성과정

폐윤활유에 존재하는 유기화합물로 구성된 오염물질들의 대부분은 윤활기유 성분에서 기인되고 사용도중에 반응에 의해 생성되기도 한다. 크랭크실 오일이 오염되는 원인중 물리적인 것으로는 Engine Blow By로부터 매연이나 납이 유입되고 먼지나 대기중의 오염물질의 유입, 엔진이 마모된 금속입자들, 녹, 불완전 연소에 의한 연료, 엔진의 불완전 밀폐로 인한 냉매 또는 Blow By Vapor에 의한 물의 유입 등이 있다. Al, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, Si, S등이 있는데 <표 1>에서 종합한 바와같이 납의 함량이 두드러진다. 이러한 납은 가솔린에 들어간 것이 유입된 것인데, 현재 가솔린의 납함량은 규제를 하고 있을뿐 아니라 무연휘발유로 대체되고 있으므로 <표 1>에 나타나 있는 값보다는 가까운 장래에 더욱 낮아질 것으로 예상된다. 한편 공업용 폐윤활유는 그 사용 용도에 따라서 매우 다양한 물질을 가지고 있기 때문에 구체적으로 일반화할 수 있는 자료가 부족하여 대개 크랭크실 폐윤활유에 준하여 해석되고 있는 실정이다. 그러므로 본 고에서는 특히 EPA에서 인체에 유해한 것으로 규정한 물질에 대해 그들의 개별적인 특성과 현상을 분석함으로써 오염물질의 성질을 이해하고자 한다.

가. PAH(Polynuclear Aromatic Hydrocarbons)
PAH는 윤활기유에 존재하며 오일을 사용하는 동안 새롭게 생성되기도 하는 것으로서 EPA에 보고된 NBS 분석에 따르면 폐윤활유에서의 Benzo(a) Pyrene 함량이 신윤활기유에서 발견된 것의 약 900배에 달한다고 하고 있으나 절대량으로는 12ppm으로서 실제 연료유와 비슷한 수준이다.

〈표 1〉

폐윤활유중에 함유된 오염물질

성분	농도(PPM)		오염원천
	범위	평균치	
Metals :			
Barium	10~1,630	820	A.P.*
Aluminum	4~41	23	E.W./S.D.*
Bromine	9~430	220	
Calcium	969~3,986	2,478	A.P.
Cadmium	1	1	
Chromium	8~65	37	E.W./S.D.
Copper	0~430	215	
Iron	10~750	380	
Lead	1~13,885	6,943	E.W./S.D./L.G.* /C.P*
Magnesium	3~999	501	A.P.
Manganese	1~420	211	E.W./S.D.
Nickel	0~5	3	
Phosphorus	15~1,500	758	A.P.
Sulfur	1,300~12,000	6,650	A.P.
Vanadium	0~13	7	
Zinc	20~2,500	1,260	A.P.
Chlorine	300~3,000	1,650	
Nitrogen	300~6,000	3,150	A.P.
Semivolatiles Organics :			
Phenol	<10~25		P.B.* /O.U.
Pyrene	30~45		P.B.
Benzo(a) Anthracene	18~20		P.B.
Benzo(a) Pyrene	<5~<10		P.B.
PCB	<2~8		O.S.
Nitrosoamines	No Data		O.U.
Chrysene			P.B.
Benzo(C) Phenanthrene			P.B.

* A.P. : Additive Package

E.W. : Engine Wear

O.S. : Contamination of Oil from Outside Source

P.B. : Present in Petroleum Base Stock

O.U. : Formed during Oil Use

S.D. : Contamination by Soot Dust

L.G. : Contamination from Leaded Gasoline/Lead-Containing Additives

나. Chlorinated Hydrocarbons)

염화탄화수소는 자동차 윤활기유에 존재하는 탄화수소화합물들이 자동차 사용중에 유입된 할로젠 물질과 접촉시 할로젠화 탄화수소가 형성되는 것으로서 실제로 염화탄화수소는 폐윤활유 순환과정의 부산물로서 탐지되었던 점을 볼 때 이들 물질중 몇가지는 오일 사용중에 생성된 것이 아니라 오일교환시 혹은 원료저장 탱크에 오염물질로서 유입된 것으로도 추정된다.

다. PCB (Polychlorinated Biphenyls)

전술한 바와 같이 근래의 크랭크실 폐윤활유에는 PCB가 함유되어 있지 않은 것으로 보고되고 있지만 폐윤활유의 수집과 저장 과정에서 다른 폐윤활유, 특히 변압기 오일 등과 혼합될 때 일반적으로 PCB가 들어 있는 것으로 나타난다. PCB는 건강과 환경에 미치는 영향이 큰 유독성 발암물질이기 때문에 폐윤활유에는 PCB가 함유되어 있는 것으로 생각하는 것이 바람직하다.

라. Nitrosoamine

Secondary Amines이 NO_2 , NO_3 , NO_x 와 화학적으로 반응시 형성되는 것으로서 질소화합물과 아민은 폐윤활유에 존재하므로 Nitrosoamines의 형성은 가능하다.

마. 금 속

전술한 바와같이 크랭크실 오일의 금속성분들은 첨가제의 일부이거나 내외적 원인 결과로 생긴 오염물질들이다.

Ⅲ. 외국의 폐윤활유 수집제도 분석

1. 개 요

외국의 폐윤활유 수집제도에 대한 문헌을 이용한 조사에서 살펴볼 때, 일부 국가들은 폐윤활유의 수거와 재정제 공업에 대해 세금의 일부나 전부를 면제해 주기도 하고 재정적인 지원을 통해 활성화 시키기도 하나 대부분의 국가들이 폐윤활유 수거에 대한 국가적인 계획이 확립되어 있지 않고 지역적으로 개인업체나 공공단체들에 의해 일부 시행되고 있는 실정으로 상당한 폐윤활유들이 버려지고 있거나 태워지고 있음이 보고

되고 있다. 특히 공업에 사용된 폐윤활유 수거는 별로 어려움이 없지만 자동차 폐윤활유들의 수거에는 상당한 어려운 점이 있는 것으로 알려지고 있는데 이는 선진국의 경우 운전자들이 스스로 자동차 폐윤활유를 교체하고 있기 때문인 것으로 풀이된다. 이렇게 발생하는 자동차 폐윤활유는 대부분 버려지고 있는 실정으로 이것에 대해 국가적, 지역적인 단체들은 시민들의 교육과 여러 대비책을 계획하고 있고 한편으로는 진행되고 있음이 조사되었다. 한편 문헌으로 조사해 본 결과, 특색 있는 4개국(미국, 서독, 프랑스, 중국)에서의 폐윤활유 수집 방법에 대해 간단히 고찰해 보고자 하였다.

2. 미 국

미국은 1970년대 후반까지도 폐윤활유 수거와 재처리 그리고 안전한 폐기에 대한 국가적인 정책이 없었고 재정제 산업에 대해서도 환경오염 규제와 소비자 보호규제, 세금의 부과 등으로 규제가 심해 재정제 산업마저 정착하지 못하였었다. 그후 폐윤활유의 폐기에 따른 환경오염 문제가 대두되어 1980년에 “폐윤활유 재처리법(The Used Oil Recycling Acts of 1980)”이 제정되었으며 환경보호청(EPA) 주관하에 폐윤활유 재처리에 관련된 기록, 수거, 운반, 저장 등에 대해 모든 System이 운용되어 오고 있다.

3. 서 독

서독의 폐윤활유 수거는 1968년에 제정된 “폐윤활유 공해대책법”을 근거로 시행되고 있는데, 그 내용은 윤활유를 생산, 수입, 재정제하는 업체는 생산물의 양에 비례하여 폐유세를 지방자치단체에 납입하여야 하며 납입된 폐유세는 폐윤활유 수집 및 재처리업체에 지원 하는 등 정부에서는 정책적인 차원에서 폐윤활유 처리 문제에 지대한 관심을 갖고 있다. 또한 폐윤활유를 수집하여 재처리하는 인가된 업자는 다음사항을 의무적으로 실행하여야 한다고 규정하고 있다.

가) 할당된 지역에서 200ℓ 이상의 모든 폐윤활유를 수거하여야 한다.

나) 이물질이 10% 이하인 폐윤활유는 무상으로 수거한다.

다) 생성된 폐윤활유를 모아두는 업체들에게 적은 양도 모을 수 있도록 편리한 폐윤활유 저장용기를 제공

하여야 한다.

라) 유럽경제공동체(European Economic Community)에 속해 있는 다른 국가에게 재정제된 윤활유를 팔았을 때에는 지급된 재정지원비를 환불하여야 한다.

마) 10% 이상 이물질이 함유된 폐윤활유를 수거했을 때는 영수증을 교부해 주어야 한다.

위의 의무가 부과된 폐윤활유 수집업자에 의해 많은 량의 폐윤활유가 수거되고 있음이 보고되고 있으며 윤활유의 순환경로를 추적하기 위하여 이물질이 10% 이상 함유된 폐윤활유 500ℓ 이상을 발생시킨 업자는 그 폐윤활유를 어떻게 처분했는지 기록해야 하고 수거자도 유사한 기록을 해야 한다고 한다.

그러나 현재 폐윤활유 수거에 있어서 많은 사람들이 스스로 윤활유를 교체하고 그것에 의해 발생하는 소량의 폐윤활유를 버리는 것에 대한 문제가 야기되고 있어 여러 방지대책이 강구되어 실행되고 있다.

4. 프랑스

프랑스에서는 재정제가 가능한 폐윤활유를 작은 난방로나 보일러에 태우는 것을 규제하는 법이 재정되어 있고 폐윤활유 재정제공업에는 세금이 면제되고 있는데, 이것은 한번 세금이 부과된 생신품에 대해서는 다시 세금을 부과하지 않는 프랑스 세금법에 기인된 것으로, 이와같은 제도는 폐윤활유로 부터 재정제된 윤활유가 원유에 의해 만들어진 윤활유보다 낮은 가격에 파는 것은 가능하게 했지만 폐윤활유의 폐기를 줄이는 데는 큰 도움이 되지 않고 있음이 보고되고 있다.

또한 정부에서는 폐윤활유의 원활한 수거를 위해 지역을 여러군데로 나누어 놓고 자격을 갖춘 폐윤활유 수거자들이 신청을 해오면 자격을 심사해서 그 지역에서 3년간의 독점권을 주어 폐윤활유를 수집하여 재정제업체에 가져다 주도록 규정하고 있는데, 이와같은 시스템의 도입으로 매년 약 40만톤의 폐윤활유가 수거되고 있는 것으로 알려져 있다. 한편 폐윤활유 가격은 행정부에 의해 결정되고 있다.

5. 중공

중공에서의 폐윤활유 수거는 영토가 넓기 때문에 지방에서 수거된 폐윤활유를 멀리 옮기는 것은 운반비가 많이 드는 등 폐윤활유의 수거에 어려운 점이 많이 있

으므로, 각 지방에 적당한 크기의 폐윤활유 재정제 공장들이 약 4개 정도 설치되어 있는 실정이다. 이들 폐윤활유 재정제 공장들 중에 상하이 석유 재정제공장은 규모가 큰 것으로 1978~1982년 동안 약 52,323톤의 폐윤활유를 수거하여 36,786톤의 재정제유류제품을 생산했음이 조사되었다. 최근에는 많은 폐윤활유 재정제공장들이 폐윤활유를 쉽게 수거할 수 있는 도시에 설치되고 있음이 보고되고 있다.

또한 폐윤활유 수거를 증가시키기 위하여 대중전달 매체를 통한 일련의 선전활동을 하고 있고 에너지 보존과 폐윤활유 재수거의 중요성을 인식 시키기 위해 홍보활동을 계속하고 있다. 그리고 폐윤활유 수거조직을 확립하기 위해, ①윤활유를 파는 것과 폐윤활유를 수거하는 것의 동시 수행, ②폐윤활유 수거를 원활하게 하기 위한 조직의 확립, ③폐윤활유가 발생하는 공장에 수거에 관련된 사람의 파견, ④폐윤활유 판매를 장려하기 위한 보너스제도 도입과 같은 것을 시행하고자 하는 것이 조사되었다. (다음호에 계속)

(이 자료는 한국자원재생공사가 주최한 제3회 폐기물재활용 세미나 자료에 수록했던 것을 발췌·게재한 것입니다.)