

## 혼합폐플라스틱의 열분해를 통한 회수오일의 이용가능성 평가

배재근<sup>†</sup> · 김영신 · 조창호\* · 편의식\*

서울산업대학교 에너지환경공학과, \*환경공학과  
(2005년 4월 8일 접수, 2005년 6월 2일 채택)

## Assessment of Practical Use of Recycling Oil from the Pyrolysis of Mixed Waste Plastics

Chae-Gun Phae<sup>†</sup>, Young-Shin Kim, Chang-Ho Jo\* and Ui-Sik Pyoun\*

*Department of Energy and Environmental Engineering, Seoul National University of Technology*

*\*Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Technology*

(Received 8 April 2005, Accepted 2 June 2005)

### 요 약

국내에서 폐플라스틱 발생량은 증가하고 있지만 이에 대한 처리방법 및 재활용은 부족한 실정이다. 하지만 최근에 플라스틱과 같은 고분자물질의 처리 방법으로 열분해기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 혼합폐플라스틱의 처리 및 생성되는 재생유의 이용가능성을 평가하기위해 폐플라스틱의 각 재질별 TGA와 DCS 분석을 통한 열분해특성 파악과 재생유의 품질검사 및 성분분석을 통한 이용가능성을 평가하였다. 온도변화에 대한 재질별 플라스틱의 열분해는 PP, LDPE, HDPE, PET, PS, 기타 순으로 이루어짐을 확인할 수 있었다. 이러한 각 재질별 플라스틱의 열분해 특성을 기초로 하여 혼합폐플라스틱의 열분해처리 조건을 설정하였고, Batch식 열분해 플랜트를 가동하여 혼합폐플라스틱을 처리하였다. 열분해 처리시 발생하는 가연성가스를 포집, 냉각 및 정제과정을 거쳐 오일을 생산하고, 시중에서 판매되고 있는 연료유와 재생유를 한국산업규격의 석유품질검사법에 준하여 분석하였다. 재생유의 품질은 낮은 인화점을 제외하고는 모두 품질기준에 적합한 것으로 분석되었고, 연료유와의 성상을 비교한 결과 등유와 경유 중간의 성상을 나타내었다. 따라서 혼합폐플라스틱을 열분해 처리해 생성된 오일은 연료유로 이용이 가능하므로 신재생에너지로 활용이 충분할 것으로 확인되었다.

**주요어** : 열분해, 혼합폐플라스틱, 재생유, 열중량분석법, 시차주사열량계법

**Abstract**— In Korea, although the generation of waste plastic has been increasing, the rate of recycling is considerably low and moreover, there is no suitable method for the treatment of waste plastics. However, pyrolysis, which is appropriate for the treatment of highly polymerized compounds, such as plastics, has recently gained much interest. In this study, a property of the products from the pyrolysis of mixed waste plastics, with a possible practical use for the recycling oil produced, were assessed. First of all, in order to investigate the pyrolysis characteristic of waste plastics, TGA (Thermogravimetric analysis) and DCS (Differential Scanning Calorimetry) were performed on a number of different plastics, including PP, LDPE, HDPE, PET and PS, as well as others. According to the result, it appeared that PP was the most efficiently pyrolyzed by changing the temperature, followed by LDPE, HDPE, PET, PS and the other plastics, in that

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
Department of Energy and Environmental Engineering,  
Seoul National University of Technology  
Tel: 02-970-6617  
E-mail: phae@snut.ac.kr

order. From the results, the optimum conditions for pyrolysis were set up, and the different waste plastics pyrolyzed. The recycling oil produced from the flammable gases generated during the pyrolysis was compared with fuel oil by an analysis using the petroleum quality inspection method on KS(Korea industrial Standard). The results of the analysis showed the recycling oil was of a similar standard to fuel oil, with the exception of the ignition point, with a quality somewhere between that of paraffin oil and diesel fuel. With respect to these results, the quality of the recycling oil produced by the pyrolysis of waste plastics was sufficient for use as fuel oil.

**Key words :** Pyrolysis, Mixed waste plastics, Recycling oil, TGA, DCS

## 1. 서 론

산업의 발전과 더불어 기술의 고도화가 이루어지면서 많은 자원과 에너지가 사용되고 있으며, 이로 인해 전 세계적으로 많은 자원의 고갈문제 뿐만 아니라 자원을 이용하는 단계에서 발생하는 각종 2차 오염물질에 의한 지구온난화와 대기오염문제가 갈수록 심각해지고 있다. 특히 우리나라와 같이 자원이 풍부하지 않은 나라에서는 자원과 에너지의 절약이 필수적이며, 대체자원 및 에너지의 개발이 요구되고 있다.

우리나라의 사업장 및 생활계에서 발생하는 폐플라스틱의 양은 계속해서 증가하고 있으며 2003년 국내 폐플라스틱의 발생량은 약 383만톤으로 이중에 생활계에서 발생하는 양이 약 95만톤, 사업장은 약 186만톤, 건설과 재활용이 각각 53만톤, 49만톤이다. 폐플라스틱의 발생량은 계속해서 증가하여 2010년에는 현재 발생량의 약 2배인 800만톤으로 추정하고 있기 때문에 폐플라스틱의 효율적인 처리방안 및 기술과 재활용에 대한 처리방법이 필요한 실정이다. 폐플라스틱의 처리는 소각이 48%, 매립 24%, 재활용 28%로 매립이나 소각처리 기술은 독성을 가진 다이옥신발생 등에 의한 환경오염을 유발하기 때문에 점차 억제되고 있는 실정이다.

현재까지 폐플라스틱의 재활용은 일부만이 물질재활용과 RPF(Refused Plastic Fuel)에 의한 에너지 회수 등으로 이용되고 있으며 이중 물질재활용기술은 가장 용이하고 환경친화적인 기술이라고 볼 수 있지만 재활용 대상 원료의 제한성이 크고, 재활용비용 대비 부가가치가 낮으며, 재활용 제품이 다시 폐기물로 발생된다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 재활용 방법으로 최근에 고부가 가치 생산물을 얻는 폐플라스틱의 유화가 적극적으로 추진되고 있다. 열분해 기술은 모든 열가소성 폐플라스틱을 대상으로 하고 있으며 소각기술과 달리 열분해 과정에서 다이옥신과 같은 유해물질이 발생되지 않기 때문에, 연속 운전이 가능하면서 자동화된 공정인 동시에 2차 환경오염을 최소화할 수 있는 고효율의 첨단 상용 플랜트의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 폐플라스틱의 열분해특성 및 물성변화

를 파악하기 위한 기초 연구로 플라스틱을 재질별로 TGA(Thermogravimetric analysis), DSC(Differential Scanning Calorimetry) 분석을 하여 열분해처리의 기초 자료로 이용하였다. 연구에 이용된 혼합폐플라스틱의 성상은 재활용가능한 재질의 선별 후 배출되는 폐플라스틱으로 각각의 재질이 10%씩 혼합되고, 나머지 50%를 기타 플라스틱으로 구성된 혼합폐플라스틱을 이용하여 열분해를 실시하였다. 또한 Batch식 열분해플랜트를 이용하여 혼합폐플라스틱을 열분해처리 시 생성되는 오일의 성상 및 특성을 분석하여 시중에서 판매되는 연료유와 비교, 검토하였고, 혼합폐플라스틱의 열분해처리를 통해 생성된 재생유의 신재생에너지 이용가능성을 평가하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2-1. 플라스틱 재질별 TGA, DSC 분석방법

본 실험에 사용된 시료는 생활폐기물내의 폐플라스틱을 재질별 LDPE(Low Density Polyethylene), HDPE(High Density Polyethylene), PP(Polypropylene), PS(Polystyrene), PET(Polyethylene terephthalate), Other로 구분하여 TGA, DSC 분석을 실시하였다. TGA, DSC 분석은 Shimadzu TGA-50, DSC-50을 사용하였으며 이때의 분석조건은 Table 1에 나타내었다. 열전대는 dumbbell type(Pt-Pt-10% rhodium)을 사용하였으며 직경 6 mm의 platinum cell에 시료를 넣고 유량 30 ml/min의 질소분위기에서 재질별 폐플라스틱의 열분해 곡선을 얻어 각각의 열분해특성을 검토하였다.

**Table 1. Experimental conditions for TGA and DSC measurement**

Item	Condition
Scan temperature	25~600°C
Heating rate	20°C/min
Purge rate	30 ml/min
Purge gas	N <sub>2</sub>
Sample weight	4~6 mg

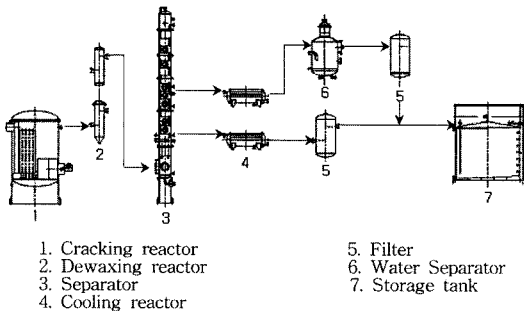


Fig. 1. Schematic diagram of pyrolysis process.

2-2. 실험장치

혼합폐플라스틱의 열분해장치는 처리규모가 6 ton/day 인 Batch식 파일롯 설비를 이용하였으며 장치의 공정도는 Fig. 1에 나타내었다. 열분해 장치의 구성은 크게 열분해로와 발생하는 가연성가스의 회수시설, 생성된 재생유의 불순물제거 및 품질향상을 위한 정제시설로 구성되어 있다.

투입되는 원료는 생활 및 사업장에서 배출되는 혼합폐플라스틱을 이용하였으며 다이옥신의 발생 억제와 장치의 부식예방을 위해 PVC재질의 플라스틱은 선별하여 제거하였다. 혼합폐플라스틱을 열분해로에 투입 후 서서히 승온시키고, 약 400~450°C까지 열분해를 진행하였다. 열분해과정 중 발생하는 가연성가스는 가스회수시설에서 포집하여 오일로 전환시키고, 생성된 오일은 정제과정을 거쳐 최종 재생유를 생산한다.

2-3. 생성오일의 물리·화학적 특성분석

열분해처리 후 생성된 최종생성오일의 물리적성상 및 품질검사는 한국산업규격의 석유품질검사법에 준하여 분석을 실시하였으며, 실험항목은 수분함량(%), 회분(%),

밀도(15°C, kg/m³), 인화점(Tag, °C), 동점도(40°C, cst)를 측정하였고, 석유사업법에 규정된 석유제품의 품질기준과 비교, 분석하였다.

재생유 및 연료유의 TPH(Total Petroleum Hydrocarbon) 및 BTEX(Benzene Toluene Ethylbenzene Xylene)의 측정을 통해 재생유의 화학적 성상을 분석하였다. 총석유계탄화수소 및 BTEX의 분석은 디클로로메탄으로 추출하여 가스크로마토그래프법에 따라 총석유계탄화수소(TPH)와 BTEX를 정량하고 크로마토그램에 나타난 피이크의 패턴에 따라 유류의 성상을 확인하였으며, 휘발유, 경유, 등유의 가스크로마토그래프를 측정하여 재생유와 비교, 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 폐플라스틱의 열분해 특성 분석

Fig. 2는 생활폐기물 내에서 발생하는 폐플라스틱을 PET, HDPE, LDPE, PP, PS, Other로 구분하여 각 재질별 TGA를 분석하여 나타내었다. TGA측정 결과, PP의 분해가 가장 먼저 발생하였으며 이후에 LDPE, HDPE,

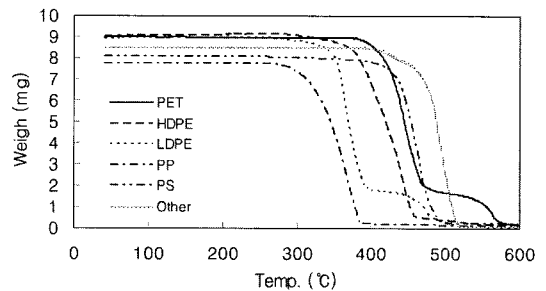


Fig. 2. TGA analysis of thermoplastic feeds.

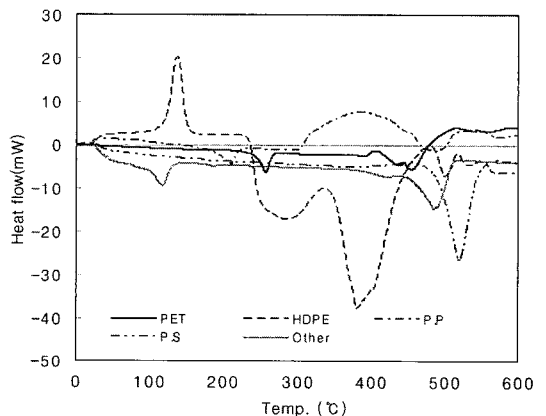


Fig. 3. DSC analysis of thermoplastic feeds.

Table 2. Operation condition of gas chromatography.

Operation condition	TPH	BTEX
GC model	SHIMADZU 17A	SHIMADZU 17A
Oven temp.		
Initial	45°C (2 min)	50°C (3 min)
Slope	10°C/min	10°C/min
Final	310°C (5 min)	200°C (5 min)
Column	HP-5	HP-5
Detector	FID	FID
Injection temp.	280°C	250°C
Detector temp.	300°C	260°C
Injection volume	2 µl	1 µl
Flow rate	1.8 ml/min	1.8 ml/min
Carrier gas	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>

PET, PS, Other 순으로 열분해가 진행되었고, 모든 재질의 폐플라스틱이 98% 이상 분해가 이루어짐을 확인할 수 있다. 폐플라스틱 재질별로 서로 다른 열분해 시간과 온도를 나타내는 원인은 분자구조 차이에 의한 탄소간의 평균 결합에너지 차이 때문인 것으로 판단된다. 혼합폐플라스틱의 열분해시 300°C 이하에서는 거의 열분해가 이루어지지 않으며 약 350°C~450°C 사이에서 가장 활발한 분해가 이루어짐을 확인하였고, TGA 분석결과를 통해 열분해 최적 온도를 알 수 있었다.

Fig. 3은 재질별 폐플라스틱의 DSC 분석 결과를 나타낸 것으로 PET는 용점이 260°C로 높게 측정되었으며 약 468°C에서 분해가 활발하게 진행되었다. HDPE의 결정화온도는 141°C이며 388°C에서 분해가 이루어지고 있었고, PP의 용점은 153°C으로 측정되었으며 분해온도는 약441°C인 것으로 나타났다. PS와 Other 재질의 폐플라스틱 분해온도는 각각 452°C, 485°C로 측정되었으며 Other의 용점은 116°C로 나타났다. 이러한 생활폐기물 내의 플라스틱 재질별 열분해 특성 및 물성의 파악은 열분해시스템의 중요한 인자로 이용될 수 있다.

**3-2. 혼합폐플라스틱의 처리 및 재생유생성**

열분해플랜트는 batch식으로 열분해로의 무게를 측정할 수 있는 저울이 설치되어 있고, 상온에서부터 승온하여 열분해로의 무게변화가 없을 때까지 열분해를 실시하였다. 이러한 열분해로의 무게변화를 통해 혼합폐플라스틱의 열분해처리 공정에서의 물질수지를 Table 3에 나타내었다. 투입된 혼합폐플라스틱의 열분해를 통해 생성된 가연성가스가 95.93%로 혼합폐플라스틱의 대부분이 분해하여 가스로 발생되고 있으며, Char는 4.07% 배출되었다. 가연성가스 중 대기오염방지시설을 통해 처리 후 대기 중으로 배출되는 가스량은 3.05%이고, 유수분리에 의해 3.13%의 수분이 제거되며, 여과공정에서 약 0.78%의 Tar를 제거하고, 생성되는 최종 재생유는 투입 원료의 약 77.23%가 오일로 생성되었다. 반복적인 실험 결과 투입원료 대비 생성되는 오일수율은 약 60~75%로 나타났다.

Fig. 4는 Batch식 열분해장치에 혼합폐플라스틱을 투입 후 온도를 상승시키면서 발생하는 가연성가스의 생성율에 대해 나타내었다. 열분해개시 후 400~450°C까지 승온되는데 약 6시간이 소요되고 있으며, 오일의 회수

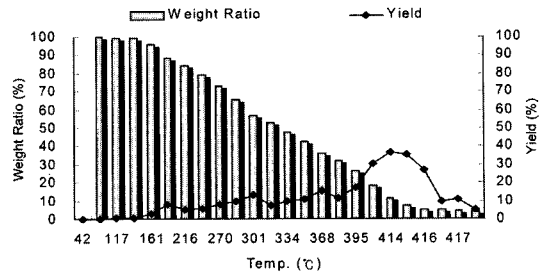


Fig. 4. Oil yield for pyrolysis process.

율은 400~420°C에서 가장 높게 측정되었다. 이러한 이유는 이 온도범위에서 PP를 제외한 모든 플라스틱의 분해가 왕성하게 이루어지기 때문에 가연성가스의 발생량 및 오일회수량이 높은 것으로 나타났다.

**3-3. 재생유의 성상 및 품질분석**

최종 생성된 오일을 연료로 재이용하기 위해서는 기존 연료유와 유사한 발열량을 가져야하며, 품질평가 기준에 적합하여야 한다. Table 4에는 재생유의 원소분석과 발열량을 측정하여 나타내었다. 정제과정까지 완료된 재생유내의 탄소함량은 56.09%로 측정되었고, 일반 연료유의 탄소함량이 80%이상으로 이와 비교하여 상당히 낮은 탄소함량을 나타내었다. 다음으로 산소함량과 수소함량은 각각 32.49%, 9.99%로 측정되었고, 그 외의 염소함량이 0.26%로 측정되었다. 발열량계를 이용하여 재생유의 발열량을 측정한 결과 10,090 kcal/kg으로 측정되었고, 대부분의 연료유 제품의 발열량이 8,000~10,000 kcal/kg인 것을 감안하면 현재 유통되고 있는 연료유 제품과 비교해 발열량 면에서는 차이가 없음을 알 수 있었다.

Table 5는 석유품질검사법에 준하여 품질평가시험을 실시하였고, 최종 생성오일과 시판되고 있는 경유, 등유와 비교해 품질적인 면에서 어떠한 차이가 있는지 검토하였다. 국내에는 열분해를 통해 얻어진 오일에 대한 품질검사 기준이 설정되어있지 않기 때문에 국내 석유사업법내의 부생연료유의 품질검사 기준과 비교하였다. 재생유의 품질검사 결과 수분함량이 0.075%, 황분이 0.108%로 측정되었으며 중금속의 함량은 모두 기준치 이하로 측정되어 연료유로 이용가능성은 충분할 것으로 판단된다. 하지만 인화점의 경우 -1°C로 낮게 측

Table 3. Mass balance of pyrolysis process.

	Mixed plastics	Combustible gas generation	Char	Off gas	Fuel	Water separation	Filtration	Oil
Input (%)	100	95.93	-	-	-	81.14	78.01	-
Output (%)	-	-	4.07	3.05	11.74	3.13	0.78	77.23

**Table 4. Analysis of water concentration, elemental analysis, calorific value for recycling oil by pyrolysis.**

Water concentration (wt%)	Elemental analysis (wt%)						Calorific value (kcal/kg)
	C	H	O	N	S	Cl	
0.075	56.09	9.99	32.49	1.05	0.12	0.26	10,090

**Table 5. Quality assessment of recycling oil.**

Item	Recycling oil	Fuel standard
Water concentration (%)	0.075	below 0.5
Sulfur component (%)	0.108	below 0.2
Density (15°C, kg/m <sup>3</sup> )	732	below 850
Ignition point (Tag, °C)	-1	over 40
Kinematic viscosity (40°C, cst)	1.5	0.9~3.0
Ash (%)	0.03	below 0.2
Cd (mg/l)	0.97	-
Cr (mg/l)	0.88	-
As (mg/l)N.D.	-	-

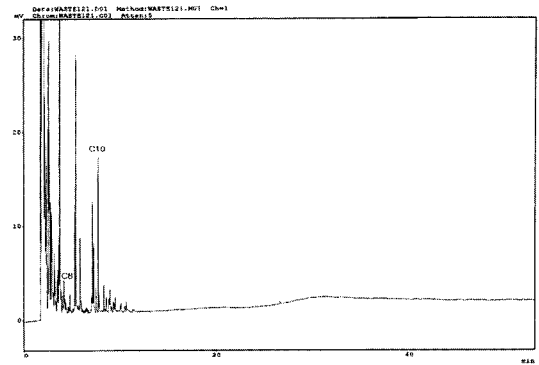
정되었으며, 이는 인화점인 -40~0°C인 휘발유와 유사하다. 인화점이 낮게 측정된 이유는 가연성가스의 회수과정에서 탄소수가 적으며 휘발성이 강한 물질을 따로 분리·포집하지 않고, 생성오일 내에 혼합되었기 때문에 인화점이 낮게 측정된 것으로 판단된다.

**3-4. 재생유의 Total Petroleum Hydrocarbon(TPH) 분석**

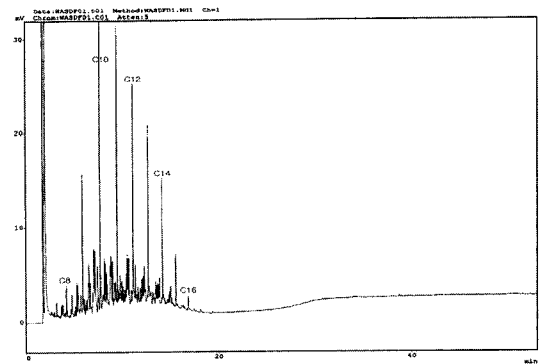
혼합폐플라스틱의 열분해처리를 통해 얻어진 오일의 TPH와 BTEX를 분석하였고, 시중에서 판매되고 있는 연료유를 구입하여 동일한 방법으로 분석하여 재생유와 비교·평가하였다. Table 6은 재생유와 각종 연료유의 TPH를 분석하여 C<sub>8</sub>-C<sub>28</sub>까지의 탄소수를 발생비율로 나타내

**Table 6. Total petroleum Hydrocarbon analysis of fuel oil and recycling oil.**

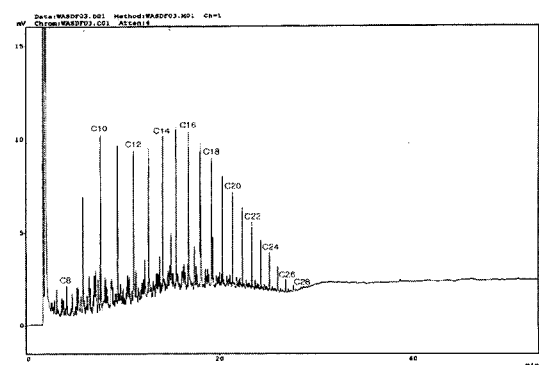
Carbon chain	Petroleum (%)	Lamp oil (%)	Light oil (%)	Recycling oil (%)
C <sub>8</sub>	20.59	5.61	4.27	4.98
C <sub>10</sub>	79.41	46.77	18.39	5.93
C <sub>12</sub>	-	29.45	14.75	50.88
C <sub>14</sub>	-	16.35	10.01	1.66
C <sub>16</sub>	-	1.83	13.70	4.25
C <sub>18</sub>	-	-	12.13	6.49
C <sub>20</sub>	-	-	10.34	7.93
C <sub>22</sub>	-	-	7.42	5.45
C <sub>24</sub>	-	-	5.48	4.62
C <sub>26</sub>	-	-	1.79	2.18
C <sub>28</sub>	-	-	1.71	5.62



**Fig. 5. TPH analysis of gasoline.**



**Fig. 6. TPH analysis of lamp oil.**



**Fig. 7. TPH analysis of light oil.**

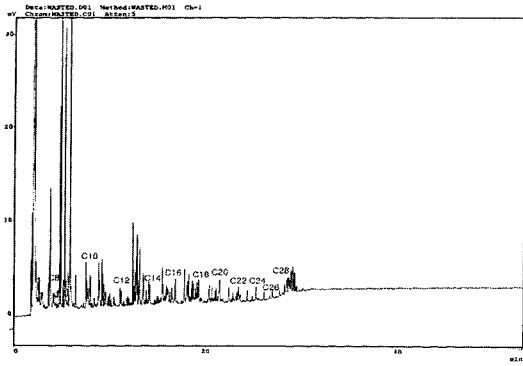


Fig. 8. TPH analysis of recycling oil.

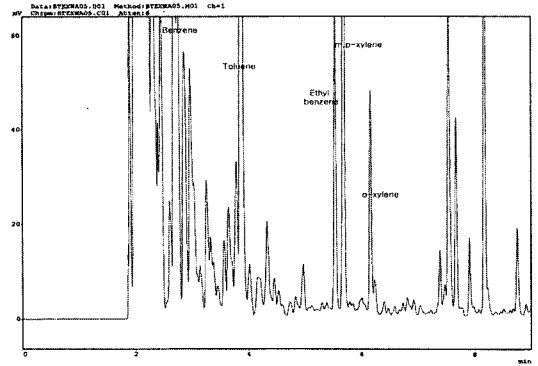


Fig. 9. BTEX analysis of gasoline.

었다. TPH 분석 결과 휘발유는 탄소수가 C<sub>10</sub> 이하인 물질이 대부분이고, 등유는 C<sub>16</sub> 이하의 구성비가 높으며 특히, 탄소수 C<sub>10</sub>, C<sub>12</sub>의 구성비율이 높게 측정되었다. 경유는 C<sub>8</sub>~C<sub>28</sub>로 이루어져 있으며 C<sub>10</sub>~C<sub>20</sub>의 탄소수에서 높은 구성비율을 나타내었다. 열분해를 통해 생성된 최종 오일의 탄소수는 C<sub>8</sub>~C<sub>28</sub>로 경유와 유사한 발생비율을 보이고 있으며 특히, 탄소수 C<sub>12</sub>의 발생비율이 50.88%로 가장 높게 측정되었으며 이러한 특성은 등유와 유사하다.

o-(오르토 : 끓는점 144°C), m-(메타 : 139°C), p-(파라 : 138°C) 등 3종의 이성질체가 있다. 3종의 이성질체는 모두 방향족화합물 특유의 냄새를 가진 무색의 가연성 액체로 물에 거의 녹지 않는다.

이러한 탄소수가 적은 물질의 함량은 휘발유에서 높

**3-5. 재생유의 Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene(BTEX) 분석**

시중에서 판매되는 연료유와 열분해를 통해 생성된 재생유의 BTEX의 측정 결과를 Table 6에 나타내었다. 벤젠은 분자식이 C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>인 대표적인 방향족탄화수소로 비중이 0.879인 물질로 육원자고리 방향족 화합물의 모체가 되는 물질이고, 톨루엔은 분자식이 C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>이며 벤젠과 매우 비슷한 방향을 갖는 무색의 인화성 액체로 공기 중에서 타면 방향족 화합물 특유의 검은 그을음이 발생한다. 에틸벤젠은 분자식이 C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>이며 대표적인 알킬벤젠으로 자일렌의 이성질체이고, 특유한 냄새가 있는 무색의 액체이며 석유는 C<sub>8</sub> 유분이 주성분으로 알려져 있다. 크실렌의 화학식은 C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>인 방향족 탄화수소이며,

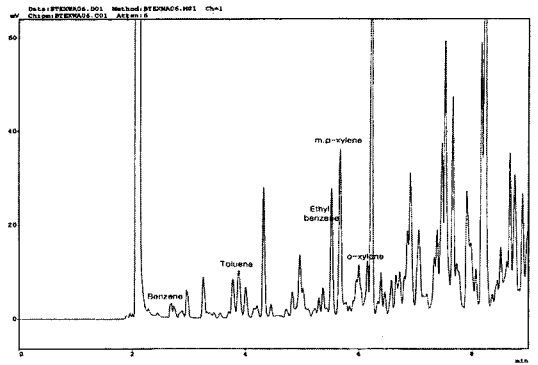


Fig. 10. BTEX analysis of lamp oil.

**Table 7. Benzene, toluene, ethyl benzene, xylene analysis of fuel oil and recycling oil.**

Item	Gasoline (ppm)	Lamp oil (ppm)	Light oil (ppm)	Recycling oil (ppm)
Benzene	629.50	14.68	1.31	7.05
Toluene	2170.79	70.27	2.62	32.51
Ethylbenzene	291.00	137.48	4.60	62.08
m,p-xylene	689.08	185.95	6.72	8.13
o-xylene	211.18	48.37	0.95	100.68

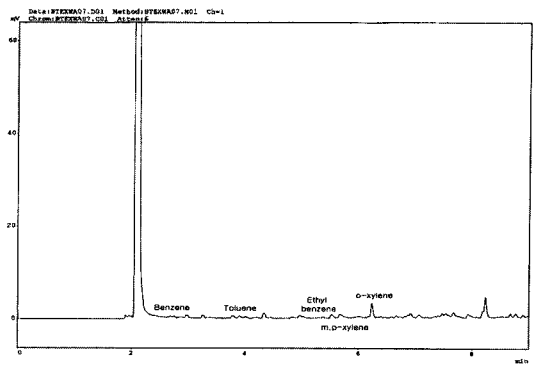


Fig. 11. BTEX analysis of light oil.

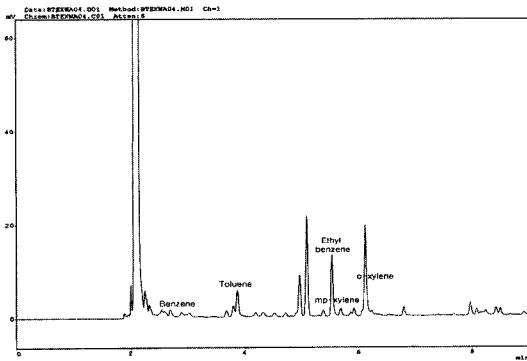


Fig. 12. BTEX analysis of recycling oil.

은 농도를 나타내고 있으며 다음으로 등유, 경유 순으로 측정되었다. 재생유의 분석결과 BTEX 농도는 등유보다 적게 생성되지만 경유와 비교해 상당히 높게 측정되었다. 따라서 혼합폐플라스틱의 열분해처리를 이용해 최종적으로 생성되는 재생유의 화학적 특성은 등유와 경유의 중간적인 성질로 판단된다. 그 이유는 열분해를 통해 생성되는 가연성가스의 분리, 회수과정에서 탄소수가 적은 물질의 분리가 원활하게 이루어지지 않아 생성된 오일 내에 함유되었기 때문에 BTEX가 높게 측정된 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

발생되는 폐플라스틱의 매립처리시 분해되는데 상당한 기간이 소요되고, 소각시 PVC 계열에 의한 다이옥신의 발생 등의 문제를 해결하는 방안으로 제시되는 것이 열분해처리이다. 열분해처리시 현재 대두되고 있는 다이옥신류 및 대기오염물질의 배출가능성이 낮고, 2차적으로 발생하는 폐기물의 양이 적기 때문에 이는 소각처리를 대신할 수 있는 기술로 환경친화적인 처리가 가능하다.

또한 열분해 생성물 중 가스를 냉각하여 제조되는 재생유는 경유 및 벙커C의 대체연료로 이용이 가능하고, 저장 및 이동 등이 용이하여 그 활용가치 및 효율이 높다. 폐플라스틱의 열분해 유회기술을 통한 고분자 폐기물을 대체에너지로 활용할 수 있기 때문에 에너지 수입의 대체효과를 극대화할 수 있고, 폐플라스틱의 효율적인 이용 및 환경오염문제를 처리하는데 유용하다.

본 연구에서 폐플라스틱의 각 재질별 열분해시 열분해 특성을 파악하였으며 대부분의 폐플라스틱은 350°C~450°C에서 활발한 분해반응이 진행되고 있음을 알 수 있었다. 또한 재질별 플라스틱의 열분해는 PP, LDPE,

HDPE, PET, PS, 기타 플라스틱 순으로 분해가 이루어진다. 열분해 플랜트를 이용해 혼합폐플라스틱을 처리하였으며, 이때 생성되는 오일이 연료로의 이용가능성을 평가하기 위해 품질검사 및 가스크로마토그래프를 통해 분석을 실시하였다. 열분해 오일의 품질평가는 석유사업법의 석유품질기준과 비교·분석하였으며 열분해오일의 품질분석결과 품질기준에 적합한 것으로 측정되었다. 재생유의 TPH는 C<sub>12</sub> 이하의 탄소수가 적은 물질의 피크가 높게 나타났으며 이는 휘발성이 강한 물질이 상당부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 또한 C<sub>28</sub>까지 적은 농도지만 탄소수가 측정되었고, 이는 등유와 경유의 중간 조성상 유사함을 보였다. 따라서 혼합폐플라스틱의 열분해처리를 통해 생성된 재생유는 신재생에너지로 활용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 환경부통계자료. “전국 폐기물 발생 및 처리현황”, 1997~2003.
2. 한국에너지기술연구원 보고서. “고분자 폐기물로부터 고급연료유 생산공정 실용화”, 2003.
3. 최정옥; 최재후; 김진수; 김영진. “폐플라스틱 열분해 상업화 공정개발(II)”, 1997.
4. Kiran, N.; Ekinci, E.; Snape, C.E. “Recycling of Plastic Wastes via Pyrolysis”, Resources, Conservation and Recycling, 2000, 29, 273-283.
5. Salin, I.M.; Seferis, J.C. “Kinetic Analysis of High-Resolution TGA Variable Heating Rate Data”, J. Appl. Polym. Sci., 1993, 47, 847-856.
6. Lee, K.H.; Noh, N.S.; Shin, D.H.; Seo, Y.H. “Comparison of Plastics Types for Catalytic Degradation of Waste Plastics into Liquid Product with FCC Catalyst”, Polym. Degrad. and Stab., 2002, 78, 539-544.
7. Vasile, C.; Pakdel, H.; Mihai, B.; Onu, P.; Darie, H.; Ciocalteu, S. “Thermal and Catalytic Decomposition of Mixed Plastic”, 2001, 57, 287-303.
8. Murata, K.; Hirano, Y.; Sakata, Y.; Uddin, M.A. “Basic Study on a Continuous Flow Reactor for Thermal Degradation of Polymers”, J. Anal. Appl. Pyrol., 2002, 65, 71-90.
9. Frank Sasse. “Chemical Recycling of Polymer Materials”, Chem. Eng. Technol., 1998, 21.
10. Seo, Y.-H.; et al. “Determination of Paraffin and Aromatic Hydrocarbon Type Chemicals in Liquid Distillates Produced from the Pyrolysis Process of Waste Plastics by Isotope-dilution Mass Spectrometry”, Fuel., 2002, 81(16), 2106-2112.

11. Burnham, A.K.; Braun, R.L. "Global Kinetic Analysis of Complex Materials", *Energy & Fuels*, 1999, 13(1), 1-22.
12. Moliner, R.; Lazaro M.; suelves, I. "Valorization of Lube Oil Waste by Pyrolysis", *Energy & Fuels*, 1997, 11, 1165-1170.
13. Bouvier, J.M.; Gelus, M. "Pyrolysis of Rubber Wastes in Heavy Oil and use of the Products", *Resources and Conservation*, 1986, 12, 77-93.