

폐 PET병의 재활용을 위한 기계적 분리

도갑수 · 권기홍 · 이근원* · 이수문**

승실대학교 화학공학과, *산업안전교육원 안전관리학부, **승실대학교 폐기물자원화연구센터

Mechanical Separation of Wasted PET Bottle for Recycling

Kap-Soo Doh, Gi-Hong Kwon, Keun-Won Lee* and Soo-Moon Lee**

Dept. of Chemical Engineering, Soongsil University,

*Faculty of Safety Manage, Industrial Safety Training Institute

**Resources Recycling Research Center, Soongsil University

요 약

PET병은 부위별로 PET, HDPE, PVC, PP와 같은 여러가지 다른 종류의 플라스틱으로 이루어져 있어 폐 PET병의 재활용을 위하여서는 구성 성분별로 분리가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 부상침강법에 의한 분리실험을 실시하였다. 수돗물을 사용하여 라벨을 제거한 후 부상침강 분리시키면 94%의 PET 회수율을 얻을 수 있었다. 라벨이 있을 경우에는 PVC와 PET가 침강하고 PP와 HDPE가 부상하므로 완전히 PET를 회수할 수 없었다. 따라서 라벨을 제거시킨 후 분리를 시키든지 PVC 라벨의 재질을 PP나 PE로 교체하는 방안이 강구되어야 할 것으로 사료된다. 회수한 PET와 HDPE의 각종 물성을 측정하여 원재료와 비교해 본 결과 이들의 재활용이 가능함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

PET bottles were composed of several different materials such as PET, HDPE, PVC and PP, it is necessary for recycling of PET bottles to precede separation of each material. This study is purposed of recycling of PET bottles by separation using float and sink method. Pure PET is obtained a proportion of 94% on condition that bottle labels were removed by using tap water. In case the labels were attached on the bottles, PET was unable to obtain because of PVC and PET sink, and PP and HDPE float. Therefore, the labels should be removed before separation or PVC labels substituted for PP or PE material. The various physical properties of recovered PET and HDPE were measured and compared with the original PET and HDPE, and it is identified that recycling is possible as a result.

1. 서 론

PET (polyethylene terephthalate)병은 유리병이나 캔 등 다른 포장용기에 비하여 가볍고 투명하여 상품의 질을 높일 수 있을 뿐만 아니라 운송과 취급이 용이하고 가격이 저렴하면서 무독성, 가스차단성, 화학약품에 대한 내구성이 뛰어나며 압력에 견디는 성질이 있어 1977년 미국에서 탄산음료 용기로 처음 사용된 이후 전 세계적으로 보급되었고, 그후 급속도로 신장되어왔다¹⁾.

우리나라에서도 PET병의 총생산능력은 1991년 연간 24억개 정도이며 판매량은 연간 9억개 정도로 추정되는데 매년 30%의 높은 증가율을 보이고 있다²⁾ 1991년의

폐 PET병의 발생량을 무게로 환산하면 약 4만 5천톤인데 이는 총 쓰레기 발생량 33,660천톤 중 0.13%, 폐 플라스틱 발생량 2,693천톤의 1.7%이다³⁾. 플라스틱제품 가운데 PET병은 주입하는 음료의 성질에 따라 몸체, 바닥, 라벨, 뚜껑이 모두 다른 재료로 이루어진 복합체이므로 이를 재활용하는 데는 상당한 어려움이 있다. 최근 이와 같은 어려움에도 불구하고 적극적인 노력으로 미국은 다른 플라스틱제품보다는 높은 약 27%의 재활용율을 보이고 있으며, 일본에서도 10%의 재활용율을 나타내고 있다⁴⁾. PET병을 재활용하는 방법에는 용기로 재이용(returnable bottle)하는 방법⁵⁾, 기계적 분리를 통하여 종류별로 분리시켜 타용도로 이용하는 방법⁵⁻⁶⁾,

Table 1. Amount of production of plastic according to FY. (unit : 1,000 ton)

Year		1989		1990		1991		Growing rate(%)	
		product	%	product	%	product	%	90/89	91/90
Thermo-plastics	LDPE	359	13.7	432	14.2	446	13.9	20.3	3.2
	HDPE	351	13.3	404	13.3	472	14.7	15.1	16.8
	PP	470	17.9	548	18.1	536	16.7	16.6	-2.2
	PS	446	17.0	538	17.7	576	17.9	20.6	7.1
	ABS	181	6.9	215	7.1	254	7.9	18.8	18.1
	PVC	498	18.9	598	19.7	626	19.5	20.1	4.7
	PET	76	2.9	97	3.2	130	4.0	27.6	34.0
	Sub total	2,381	90.6	2,832	93.3	3,040	94.4	18.9	7.3
Thermo-setting		247	9.4	203	6.7	180	5.6	-17.8	-11.3
Total		2,628	100	3,035	100	3,220	100	15.5	6.1

가수분해나 glycolysis시켜 액상혼합물로 만들어 이를 여러 용도로 이용하는 방법이 있다⁷⁻⁹⁾. 가장 좋은 방법은 용기로 재이용하는 방법인데 이를 위하여는 완벽한 위생시설을 갖춘 세척시설과 재료의 품위 등이 재고되어야 하므로 현실적으로 국내에서는 불가능한 실정이다.

본 연구에서는 국내 주요 5대 플라스틱을 포함한 전체 플라스틱에 대하여 종류별로 생산량과 폐기물 발생량을 PET병과 동시에 년도별로 조사하였고 PET병에 대하여는 국내 생산 기업체별 생산량을 조사하였다. PET의 구성성분별 기계적 분리를 위한 전처리단계로 고정함마형파쇄기를 사용하여 파쇄할 경우 파쇄기의 파쇄효율과 파쇄물의 입도분석을 통한 입도 특성 자료를 얻었다. PET, HDPE, PP 등 성분별로 분리시키기 위하여 부상-침강법(float-sink method)을 실시하여 부상용매에 따른 입도별 float-sink 비율을 측정하고 입도 분포를 해석하였다. 부상-침강법에 의하여 분리된 PET와 HDPE의 충격, 인장, 신율, 곡률, 경도 및 가열변형 등 물성을 원재료와 비교하여 그 품질을 고찰하였다.

2. 폐 PET병 발생량과 처리현황 및 재활용도 조사

2.1. 폐 PET병의 발생 및 처리현황

국내의 PET병 이용 및 폐기물 발생량과 처리현황은 플라스틱협동조합, 폐플라스틱공업협동조합 및 환경처 등의 자료를 이용하여 얻었고 PET병의 재활용 범위는 문헌을 통하여 조사하였다. PET용기의 신장세와 전반적인 플라스틱 제품의 신장세를 비교하기 위하여 범용 5대 플라스틱 제품을 포함한 모든 플라스틱 제품의 생산량 변화를 1989~1991년까지 조사하여 Table 1에 나

타내었다.

PET은 1990년 27.6%, 1991년 34.0%의 연속 최고의 성장율을 보였으며 1991년에는 전체 플라스틱 생산량의 4.0%나 차지하게 되었다. 이는 타용기에 비하여 충격에 강하며 투명성, 가스차단성, 내열성, 내구성, 및 가공성 등 여러가지 장점으로 때문에 다양한 용도로 사용되어 지기 때문인 것으로 생각된다.

2.2. 폐 PET 병의 재활용도

폐 PET병의 재활용분야는 상당히 다양하며 이를 요약하여 Table 2에 나타내었다¹⁾.

3. 실험

3.1. 폐 PET병의 구성요소 및 특성 분석

가) 폐 PET병의 구성요소 분석

본 연구에서 사용한 폐 PET병은 한국자원재생공사로 부터 공급받았으며 이 가운데 수요일이 많은 음료수병은 제조회사별로 3개 이상의 동일 종류를 택하여 Fig. 1에 나타난 부위별로 잘라 각각의 무게를 측정하였다.

나) 폐 PET병의 특성 분석

PET병을 구성하고 있는 물질을 조사하기 위하여 Fig. 1에 나타난 부위별 시료를 IR 분석기(PERKIN ELMER, 1430)의 KBr cell에 고정하여 재료분석을 하였으며 물성조사는 겔보기 밀도, 3성분 분석, 발열량 측정을 하였다. 겔보기 밀도는 원형 그대로와 간이 압축 후의 값을 측정하였으며 3성분 분석은 수분(moisture), 휘발성 고형분(volatule solid), 고정 고형분(fixed solid)으로 폐기물 공정시험방법¹⁰⁾에 의하여 측정하였다. 발열량 측정은

Table 2. Products which can be made from recycled PET bottles.

Section	Products	Usage
PET	PET (polyethylene terephthalate)	• Strapping · Scouring pads · Fence posts • Industrial paints · Paint brushes
	Fiberfill	• Pillows · Cushions • Sleeping bags · Ski jackets
	Fiber	• Twine · Filter material · Apparel · Rope • Carpet backing
	Textiles	• Belts · Webbing · Sails • Tire cord · Woven Bags
	Polyol	• Laminated board stocks for both wall and roof housing insulation · Refrigeration truck paneling · Home and commercial freezer insulation · Storage Tank insulation · Automobile bumpers · Furniture · Sporting goods, e.g. skis and surfboards
	Unsaturated polyester	• Bath tubs · Sinks · Swimming pools • Boat hulls · Shower stalls • Corrugated awnings · Automobile exterior panels
	Engineering plastics	• Appliance handles, housing & cases • Automotive applications
	Thermoformable sheets	• Six-pack carriers for soft drink bottles • Nonfood containers · Audio cassette cases
	Chemical conversion Back to original PET Building blocks	• DMT (dimethylterephthalate) • TPA (terephthalic acid) • Ethylene glycol

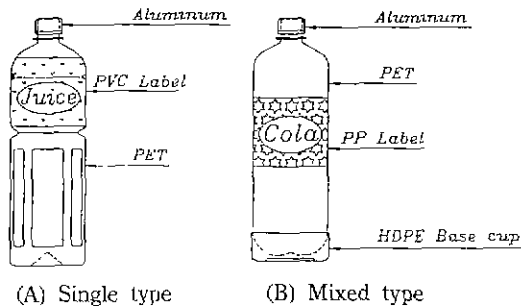


Fig. 1. Materials of PET beverage bottle.

Parr Bomb Calorimeter (Model No 2608, Parr Instrument Company)를 이용하여 측정하였고 고위 발열량 (HHV)으로 나타내었다.

3.2. 폐 PET병의 파쇄 및 입도 분리

가) 파쇄 및 입도 분리 장치
파쇄기는 고정 함마형 파쇄기 (W 650×L 850×H 1,320)를 사용하였으며 파쇄기의 용량은 시간당 90~150 Kg이었다. 입도분석은 체분리 방법을 선택하였으며 체분리기는 RO-Tap Shaker (Model SS-R-1, 우주과학)를 사용하였고 표준 체는 Tyler sieve scale로 3.5, 4, 8, 10, 12, 14 및 32 mesh를 사용하였다.

나) 파쇄 및 입도분리 방법
한국자원재생공사에서 제공한 여러 종류의 음료용 PET용기를 무작위로 추출하여 알루미늄 마개를 제거한 후 고정형 파쇄기에 주입하여 파쇄하였다. 라벨은 PP나 PVC로 되어 있어 부상분리에 어려움이 있기 때문에 나중에 각종 분리 실험을 위하여 라벨이 부착된 경우와 분리한 경우를 별도로 수행하였으며 파쇄횟수도 1회 및 2회로 나누어 실시하였다.

파쇄한 시료의 입도분석은 1회에 500 g씩 정량하여

Table 3. Operating condition of PET and HDPE sample.

Condition		PET	HDPE
Temperature (°C)	Cylinder temperature	1st	180
		2nd	175
	3rd	190	
Nozzle temperature		255	190
Injection pressure (kg/Cm ²)		1st	45
		2nd	50
Injection velocity		C-5	C-5
Injection time (sec)		1st	4
		2nd	8
Cooling time (sec)		20	20
Injector		DSN-70, 4 OZ	

shaker에 주입하고 입도분석은 RO-Tap shaker로 3분씩 진탕한 후 체상부에 남은 플라스틱의 무게를 달아 입도별 분포율($\Delta\Phi$)을 (1)식에 의하여 계산하고 이를 이용하여 입자크기별 누적 잔여율 (Φ)를 (2)식에 의하여 계산하였다.

$$\Delta\Phi_i = \frac{R_i}{F} \times 100 \quad (1)$$

여기서 $\Delta\Phi_i$: D_{pi}보다 큰 입자의 중량 분율 (wt fraction)

R_i : D_{pi}에 남은 시료의 무게 (g)

F : 시료의 무게 (g)

$$\Phi = \Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 + \Delta\Phi_3 \dots = \sum_{i=1}^n \Delta\Phi_i \quad (2)$$

3.3. 폐PET병의 부상-침강 실험

플라스틱의 종류별로 분리시키는 방법으로는 float/sink separation, solvent separation, floatation separation process 등이 있으나 본 연구에서는 float/sink separation을 택하였다. 부상실험 방법으로는 시료를 50g씩 정량하여 부상용매 500 mL를 1,000 mL 비커에 넣고 2~3분 정도 교반한 후 5~10분간 침전시킨 후 부상물과 침전물의 건조 후 무게를 얻었다. 분리액으로는 수도물을 사용하였다.

부상-침강 분리에 사용한 시료는 파쇄 후 입도분리된 입자별 시료, 파쇄 후 혼합시료 및 라벨 분리 후 파쇄한 혼합시료와 각 입자별시료이며 각 시료에 대하여 분리 효율을 얻었다.

Table 4. Test method and equipment of PET and HDPE.

Properties	Test process	Unit	Apparatus
Impact strength (Izod)	ASTM D-256	kg.cm/cm	Tinus Olsen
Tensile strength	" D-638	kg/cm ²	Instron
Elongation	" D-638	%	"
Flexural strength	" D-790	kg/cm ²	"
Hardness	" D-785	R Scale	Clark
Heat deflection temperature	" D-648	°C	Tinus Olsen

3.4. 회수한 PET 및 HDPE의 특성 분석

PET와 HDPE만을 원재료와 파쇄 후 부상-침강 분리실험을 행하여 회수한 시료를 이용하여 각종 물성 실험을 행하였다. 이들의 물성 실험은 재활용을 위한 기초자료로 활용하기 위해 수행하였다. 이 물성 실험은 ASTM시험법을 따랐으며 물성실험을 위한 시편조작 조건을 Table 3에 PET와 HDPE의 물성실험 항목과 시험방법 및 사용기기를 Table 4에 각각 나타내었다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 폐 PET병의 구성요소와 특성분석 결과

가) 폐 PET병의 구성요소 분석 결과

음료용기의 종류별로 머리 몸통, 라벨, base cup의 각 부위별 무게를 측정된 결과는 Table 5와 같다. PET병에는 크게 몸통과 base cup 모두 PET로 되어있는 내열용과 다른 재질로 혼합되어 있는 내압용이 있다. 이것은 형태별로 single type와 mixed type으로 표시하였다.

실험결과 1.5 L 혼합형인 병의 전체무게는 66.8g이었으며 머리(head)부분이 17.5%인 약 11.7 g, 몸통(body)부분이 약 38.6 g, 라벨(label)이 2.3%인 약 1.6g으로 대등소이하였다. 그러나 단일형의 경우에는 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

나) 폐 PET병의 특성 분석 결과

PET병을 구성하고 있는 플라스틱의 종류를 알아보기 위하여 IR분석을 행한 결과 혼합형의 경우 머리와 몸통은 PET, 라벨은 PP, base cup는 HDPE이었으며, 단일형의 경우 머리, 몸통, base cup 모두 PET로 나타났고 라벨만이 PVC로 이루어져 있었다. PET병의 겉보기 밀

Table 5. Materials of PET beverage bottle.

(unit : g)

Beverage manufacture company	Type	Capacity (L)	PET bottle				
			Head	Body	Label	Base cup	Total
H	Mixed	1.5	11.85	38.62	1.50	14.89	66.86
	Single	1.5	14.46	48.14	1.44	4.22	68.26
L	Mixed	1.5	11.96	38.90	1.57	14.54	66.97
	Single	1.5	14.24	46.57	1.52	3.86	66.19
D	Mixed	1.5	11.88	38.00	1.50	15.32	66.82
	Single	1.5	13.76	50.28	1.43	4.88	70.35
C	Mixed	1.5	11.00	38.80	1.70	15.32	66.82
J	Single	1.5	14.34	44.73	1.47	9.27	69.81
S	Single	1.5	15.26	49.59	1.40	8.18	74.43
Average	Mixed	1.5	11.67±0.7 17.5%	38.58±0.6 57.7%	1.57±0.1 2.3%	15.01±0.5 22.5%	66.83±0.2 100%
	Single	1.5	14.41±0.9 20.6%	47.86±2.4 68.6%	1.45±0.1 2.1%	6.08±3.2 8.7%	69.81±4.6 100%
Materials	Mixed	1.5	PET	PET	PP	HDPE	—
	Single	1.5	PET	PET	PVC	PET	—

Table 6. Physical properties of wasted PET bottles.

Type	Bulk density (kg/m ³)		Proximate analysis (%)			HHV (kcal/kg)
	original	after compaction	Moisture	V.S	F.S	
Mixed	41.3	86.5	0.5	98	1.5	5,879
Single	44.2	88.4	1.5	96.5	2.0	5,196
Average	42.7	87.5	1.0	97.2	1.8	5,538

도를 용량별로 나타내면 Table 6와 같다.

Table 에 의하면 1.5 L 용량의 PET병의 겉보기 밀도는 42.7 Kg/m³으로 아주 낮은 부류에 속하며 5톤 용량의 차량에 214 Kg밖에 싣지 못하고 하적에 따른 공간부피

(void volume)을 고려하면 더욱 적제량이 낮아진다. 이를 간이 압축할 경우에는 2배 정도 율릴 수 있으므로 PET병의 수거 후 처리장으로 운반하기에 앞서 반드시 압축,파쇄 전처리를 하는 것이 필요함을 보여주고 있다.

4.2. 폐 PET병의 입도 분리 결과

가) 체 분석 결과

폐 PET병의 체분석 (differential screen analysis) 결과를 이용하여 $\Delta\Phi_i$ 및 Φ_i 를 구하였다. 그 가운데 라벨을 제거하지 않은 PET병을 1회 파쇄한 경우에 대한 입도 분석결과를 Table 7에 나타내었다.

이들 Table을 이용하여 입도분포 곡선을 Fig. 2~4에 나타내었다. Fig. 2에는 1회 파쇄한 PET병 입자를 분리한

Table 7. Results of differential screen analysis.

Mesh	Dpi(mm)	$\Delta\Phi_i$ (fraction)	Cumulative over size fraction $\Phi_i(=R)$	Cumulative under size fraction $(1-\Phi_i=D)$
3.5/4	5.18	0.176	0.176	0.824
4/8	3.57	0.658	0.834	0.166
8/10	2.03	0.099	0.933	0.067
10/12	1.54	0.026	0.959	0.041
12/14	1.30	0.017	0.976	0.024
14/32	0.80	0.024	1.000	0.000

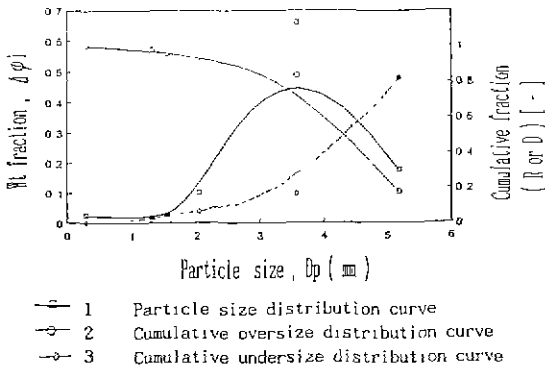


Fig. 2. Particle size distribution curve of PET bottle sample after primary shredding.

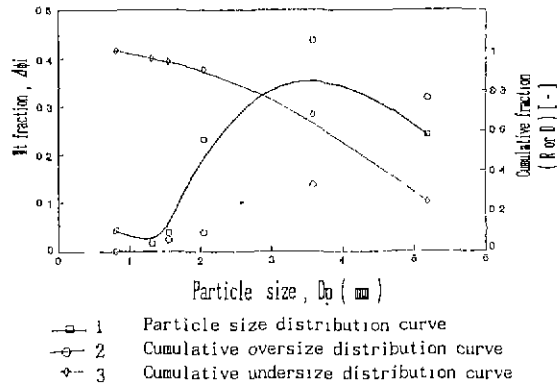


Fig. 4. Particle size distribution curve of label free PET bottle sample after primary shredding.

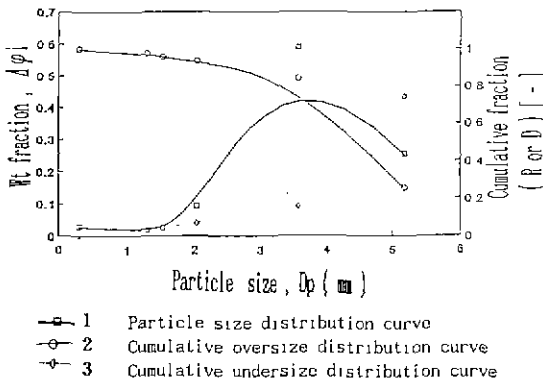


Fig. 3. Particle size distribution curve of PET bottle sample after secondary shredding.

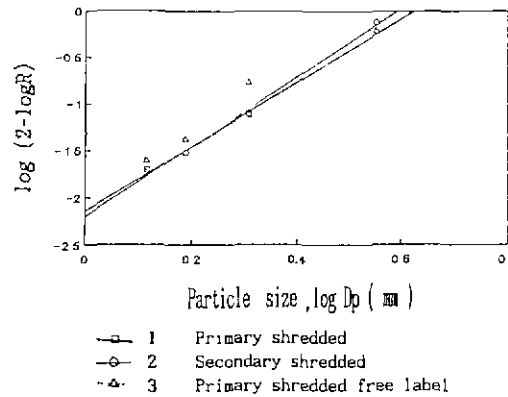


Fig. 5. Rosin-Rammler plot of shredded PET bottle.

경우이고 Fig.3은 1회 파쇄한 PET병 입자를 재파쇄한 경우이고 Fig.4는 라벨을 제거한 후 1회 파쇄한 경우의 입도분석을 한 것이나 입도 분포는 4/8 mesh에서 입경 3.57 mm가 65.8%나 차지하고 있었고 이보다 큰 입자는 83.4%나 되었다

이들 Fig.에 의하면 파쇄는 1회나 2회 파쇄에서 효율이 향상된 것을 거의 볼 수 없으므로 파쇄를 2회 실시하는 것은 의미가 없고 1회 파쇄만으로도 잘 파쇄되었음을 알 수 있었다. 또한 라벨을 제거한 경우에도 파쇄효율의 변화는 거의 없었다.

나) Rosin-Rammler 방정식

입도분포를 나타내는 식 가운데는 여러가지가 있으나 본 연구에서는 Rosin-Rammler 방정식을 이용하여 입자 특성치를 얻고자 한다. Rosin-Rammler 식은 (3)식으로 표현되며

$$R = 100 \exp(-\beta Dp^n) \quad (3)$$

이를 변형하면 (4) 식이 되고

$$\log \frac{100}{R} = \beta' Dp^n \quad (4)$$

이를 양변에 대수를 취하면 (5)식이 된다.

$$\log(2-\log R) = \log \beta' + n \log Dp \quad (5)$$

여기서 R : 누적 잔여물(=Φ)
Dp : 입자의 평균직경(mm)

(5)식은 2-log R과 Dp사이를 양대수 좌표에 플로트하여 직선의 기울기와 절편으로부터 입자 특성치를 얻을 수 있다. 실험 데이터를 이용하여 Rosin-Rammler 식을 도식하여 Fig.5에 나타내었다. Fig.5에서 보는 바와 같이 모두가 직선 관계가 성립되어 이 직선으로부터 기울기와 절편을 구하여 β와 n값을 얻었다. 이들 값을 Table 8에 나타내었다.

Table 8. Characteristic values of Rosin-Rammler equation.

PET bottles	β	n	Dp	d
Primary shredded	0.011	2.784	3.61	1.21
Secondary shredded	0.012	2.573	3.57	1.21
Primary shredded free label	0.018	2.522	3.50	1.29

Table 9. The result of float/sink separation with water. (unit : wt%)

PET bottles	Solvent	Float	Sink
Primary shredded	Tap water	12.9	87.1
Secondary shredded	Tap water	12.7	87.3
Primary shredded free label	Tap water	14.1	85.9

Table 8에서 Dp는 R=0.5일 경우의 입경을 말하고 분산(dispersion) d은 식 (6)식과 같이 계산된다.

$$d = \frac{D_p \cdot 15.87\%}{D_p \cdot 50\%} \quad (6)$$

4.3. 폐 PET병의 부상-침강 분리

폐 PET병은 PET, HDPE, PP 및 PVC로 구성되어 있으므로 부상-침강 분리를 통하여 각 성분별로 분리시킬 수 있다. 먼저 PET, PVC와 HDPE, PP를 분리시키기 위하여 부상-침강 분리 용제는 수돗물을 사용하여 대상 시료를 1차 파쇄한 PET병과, 2차 파쇄한 PET병 및 라벨을 제거한 후 1차 파쇄한 TET병으로 할 경우 float-sink율을 구한 결과를 Table 9에 나타내었다.

이 경우 부상물 (float) 가운데는 HDPE와 PP가 있었고 침강물 (sink) 가운데는 PET와 PVC가 있었다. PP와 PVC는 라벨에 존재하므로 이를 분리시키는 노력보다는 라벨을 제거하는 것이 더욱 편리하므로 이를 분리 제거시킨 후 파쇄한 후 물로 부상-침강 분리시킬 경우 PET와 HDPE가 완전 분리될 것으로 기대된다. 라벨 제거한 시료에 대하여 PET의 분리효율은 약 94%의 높은 결과를 얻었다.

체분리한 각각의 파쇄물에 대하여 입경에 따른 부상-침강 분리의 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 또한 라벨을 분리시킨 후 파쇄한 파쇄물을 입도 분리한 경우 각각의 입경별 부상-침강 분리의 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig.에서 보는 바와 같이 입경이 2.03 mm인 경우 부

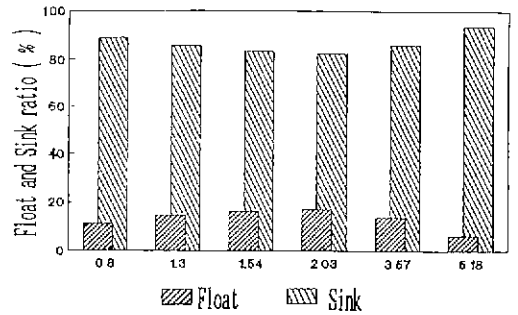


Fig. 6. The result of float/sink separation with particle size (Dp).

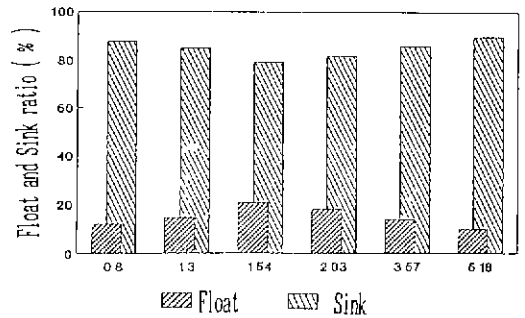


Fig. 7. The result of float/sink separation with particle size (free label).

Table 10. Comparison with properties of PET and HDPE.

Properties	PET		HDPE	
	Virgin	Recycle	Virgin	Recycle
Impact strength (Izod) (Kg.cm/cm)	1/4"	4.5	2.3	—
	1/8"	6.2	4.2	10
Tensile strength (Kg/cm ²)	509	382	260	204
Elongation (%)	3.5	2.3	199	73.2
Flexural strength (Kg/cm ²)	731	606	254	253
Hardness (R Scale)	117.9	116.5	62	61.8
Heat deflection temperature (°C)	73.0	72.0	45	44.5

상물질 즉 HDPE나 PP가 가장 많이 존재하고 입경이 이보다 작거나 큰 경우에는 HDPE나 PP가 적게 존재함을 알 수 있다. 침강물질 PET나 PVC의 경우에는 반대로 된다. 체분석 실험에서 입도 분포가 가장 큰 3.57

인 경우에는 PET나 PVC가 86.2%로 평균값보다 큰 값을 보여주어 PET가 파쇄가 잘 되지 않음을 보여주고 있다. Table을 제거한 경우인 Fig. 7과 비교하면 float의 비율이 다소 높아졌다. 이는 lable은 PVC가 PP보다 많을 나타내며 라벨 분리 후 파쇄 입도 분리하여 float ink 분리할 경우에는 PET 회수율이 약 96%로 혼합리 때보다 다소 높은 결과를 얻었다.

4.4. 분리된 PET 및 HDPE의 물성

원재료와 분리실험을 통하여 얻은 PET와 HDPE의 특성변화를 알아보기 위하여 ASTM시험법으로 비교 측정하여 그 결과를 Table 10에 나타내었다. Table 10에 나타난 바와 같이 PET는 원재료와 재생품과의 각종 특성에서는 충격과 인장, 신율에서는 다소 감소하였고 밀도는 큰 차이가 없었다. 이는 폐 PET병의 세척과 구별 성분별 분리가 완전하다면 고부가가치의 재활용 용품 원료로 사용이 가능하다고 본다.

5. 결 론

폐 PET (polyethylene terephthalate)병의 재활용을 위하여 폐기된 PET병을 파쇄, 체분리, 부상-침강 분리 등 일련의 기계적 분리조작을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1991년의 PET병의 사용량은 약 9억개로 이의 폐기량도 연간 약 45,000톤에 달하여 현재 년 평균 30%의 높은 성장율을 유지하므로 1996년에는 35억개를 초과할 것으로 추정되나 재활용율은 7.5%에 불과하므로 이에 대한 적절한 조치가 요망된다.
2. 혼합형 PET병은 17.5%의 머리 57.7%의 몸통 22.5%의 base cup 2.3%의 라벨로 구성되어 있으며 이들의 재질은 머리와 몸통은 PET, base cup은 HDPE, 라벨은 PP나 PVC로 만들어져서 뚜껑 (알루미늄)을 제외하면 4가지 성분의 혼합체로 고부가가치의 재활용을 위하여서는 폐플라스틱을 종류별로 선별할 수 있는 분리기술의 개발이 요구된다.
3. 고정형 파쇄기로 파쇄한 결과 PET병의 파쇄는 용

이하였으며 체분석을 통한 입도분석을 통하여 분쇄조건에 따른 Rosin-Rammer식으로 입자특성지와 평균입경을 얻었다.

4. 수돗물을 사용하여 파쇄한 PET병의 부상-침강분리를 실시한 결과 침전물인 PET와 PVC, 부상물인 HDPE와 PP의 분리는 가능하였다. 라벨제거 후 혼합시료를 부상-침강법으로 분리하여 회수율을 구한 결과 PET 회수율은 94%이고 입도별로 float-sink한 결과 PET의 회수율은 이보다 2% 정도 증가하였다.
5. 폐 PET병의 효과적인 재활용을 위해서는 성분별 분리를 고려해 PVC인 라벨을 PE나 PP로 사용하는 것이 바람직하다고 본다. 또한 알루미늄의 뚜껑을 PET로 사용하는 것이 좋으리라 본다.
6. 회수한 PET, HDPE의 충격, 인장, 신율, 곡률, 경도, 열변형온도 등의 물성을 측정하여 원재료와 비교한 결과 충격, 인장, 신율 등에서 다소 물성이 저하되었으며 경도와 열변형온도는 거의 동일하여 원료로 재이용이 가능하다고 본다.

참고문헌

1. The plastic Bottle Institute (The society of plastic industry inc) Plastic Bottle Recycling Directory and Reference Guide, 1987
2. 식품공업협회, 특집. 액체식품의 포장지. 용기. 식품산업 p.48, 1991 (7)
3. 환경처, 전국 일반 쓰레기 실적(91) 및 계획(92), 1992.
4. 한국자원재생공사, 예치금 대상 폐기물의 적정회수, 처리방법연구. 1991. (9)
5. Recycling of Plastic, p.60 1991(11).
6. Vaidya U.R and Nadkarni V.M, Ind. Eng Chem Res, 26, p.194, 1987.
7. Polymer Science, vol. 34, p. 135, 1987. furture pontential polymer preprint, 1991.
8. United State Patent, 4609, 680, sep. 2, 1986.
9. United State Patent, 4605, 762, Aug. 12, 1986.
10. 환경처, 폐기물공정시험법, 1992.