

## 廢自動車 ASR의 風力 및 比重選別에 의한 處理 研究

\*李華永 · 吳鐘基

韓國科學技術研究院 金屬工程研究센터

### Treatment of ASR from End-of-Life Vehicles by Air and Gravimetric Separation

\*Hwa-Young Lee and Jong-Kee Oh

Metals Processing Research Center, Korea Institute of Science & Technology, P. O. Box 131,  
Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

#### 요 약

폐자동차 ASR으로부터 염소성분을 제거하기 위하여 풍력선별 및 비중선별 실험을 수행하였다. 또한, ASR중의 페플라스틱만을 분리하여 물을 매체로 한 비중선별을 실시하였다. ASR 시료는 모두 8 mm이하로 재분쇄하여 선별실험에 사용하였으며, 플라스틱은 3가지 입도로 나누어 비중선별 실험을 하였다. 풍력선별은 공기유량 9~20 M<sup>3</sup>/hr 범위의 1단계와 공기유량 25~34 M<sup>3</sup>/hr 범위의 2단계로 나누어 실시하고, 각 산물의 비율과 재질분포를 조사하였다. 1단계 풍력선별후 underflow 산물의 비율은 62~66%인 것으로 나타났으며, 공기유량이 큰 2단계 풍력선별에서는 overflow 산물의 비율이 크게 증가하였다. 페플라스틱만을 대상으로 한 비중선별 실험결과 부유물질이 침강물질에 비해 다소 많이 나타났으며, 염소함량에 있어서는 최대 수백배의 염소함량 차이를 보여 순수 플라스틱의 경우 매우 우수한 염소함유 재질의 분리효과를 얻을 수 있었다.

주제어 : 풍력선별, 비중선별, 염소제거, ASR, 폐자동차

#### Abstract

A study on the air and gravity separation has been performed for the removal of chlorine containing materials from ASR of end-of-life vehicles. The gravity separation was also conducted on waste plastics collected from ASR. In this work, ASR were previously shredded to pass through 8 mm sieve prior to separation tests and the gravity separation of waste plastics was conducted for three different particle sizes. The two-stage air classification was conducted with the range of air flow rate of 9~20 M<sup>3</sup>/hr at first stage and 25~34 M<sup>3</sup>/hr at second stage, respectively. The fraction of overflow product was remarkably increased in the 2nd stage air classification because of high air flow rate while that of underflow product obtained from 1st stage air classification was found to be 62~66%. From the results of gravity separation on waste plastics, it was also found that the amount of the float product was much greater than sink product. It is believed that the gravity separation may be used very efficiently for the removal of chlorine bearing materials from waste plastics.

**Key words** : air classification, gravity separation, chlorine removal, ASR, ELVs

#### 1. 서 론

지난 20여년간 국내 자동차 산업은 급속한 시장발전과 대외적 신뢰도 향상으로 눈부신 발전을 해왔다. 2004년 기준으로 국내 자동차 등록 댓수는 1천 4백만

대를 넘어, 바야흐로 국민 3인당 1차 시대가 조만간 도래할 것으로 예상되고 있다. 세계적으로도 자동차 통계에 의하면 우리나라는 자동차 생산량에 있어서 세계 6위, 또한 자동차 수요면에서는 세계 11위를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 자동차 시장의 외형적 성장과 함께 국내 폐자동차 발생량 또한 급증하고 있어 이의 재활용 및 환경친화적 처리문제가 최근 심각

\* 2004년 12월 16일 접수, 2005년 2월 23일 수리

\* E-mail: hylee@kist.re.kr

하게 대두되고 있다. 특히, EU 규정에 따르면 2015년 까지 폐자동차 재활용율은 95% 이상을 달성하여야 하고, 이 가운데 재료로서의 재활용율 85% 이상, 또한 에너지원으로서의 재활용율 10% 미만을 유지하도록 하고 있다.<sup>1-3)</sup>

폐자동차의 재질별 구성은 차종이나 제조업체에 따라서 다소 차이가 있으나 일반적으로 철을 포함한 금속부분이 70~75%이고 나머지는 플라스틱, 고무, 섬유 등의 재질로 구성되어 있다. 현재, 국내에는 약 400여 개의 폐차 해체업체가 영업중에 있고, 이외 다수의 폐자동차 슈레더업체가 있는 것으로 알려져 있기는 하나 이들 대부분이 중소규모 이하의 업체이기 때문에, 체계적인 폐자동차 해체 및 재활용이 효율적으로 이행되지 못하고 있는 것이 사실이다. 특히, 폐자동차 슈레더산물 가운데 철스크랩과 비철금속은 현재 거의 재질별 분리가 이루어져 재활용이 되고 있으나 소위 ASR(automobile shredder residue)이라 부르는 잔재물 처리가 심각한 문제가 되고 있다.

잘 알려진 바와 같이 ASR의 주요 구성물질은 플라스틱, 고무, 섬유 등과 같이 가연성 물질로서 이들은 열에너지원으로서의 잠재력을 가지고 있다.<sup>4,8)</sup> 그러나, ASR의 고형연료화에 가장 큰 장애가 되고 있는 염소성분의 제거문제가 해결되지 않은 관계로 현재 국내 대부분의 ASR은 매립처분에 의존하고 있는 실정이다. 그러나, 장기적인 관점과 더불어 2015년으로 예정되어 있는 EU 규정에 맞추기 위해서는 ASR의 독자적 처리기술을 시급히 마련하여 열에너지원으로서의 활용이 이루어져야 할 것이다.

본 실험에서는 국내 ASR 시료를 대상으로 풍력 및 비중선별<sup>9-11)</sup>을 병행 실시함으로써 열에너지원으로서의 활용에 가장 큰 장애가 되고 있는 염소성분을 분리제거하기 위한 공정을 제시하는 한편, 각 산물의 효율적 활용 방안에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. ASR 시료

풍력선별 및 비중선별을 위한 대상시료로서 본 실험에서는 전남소재 폐자동차 슈레더업체로부터 채취한 ASR 시료를 사용하였다. 현장 채취시 ASR 시료는 파쇄기를 통해 1차로 파쇄된 상태이었으며, 전체 시료에 대한 정확한 입도측정은 어려웠으나 대략 50 mm 미만의 크기인 것으로 나타났다. ASR 시료와 함께 현장에

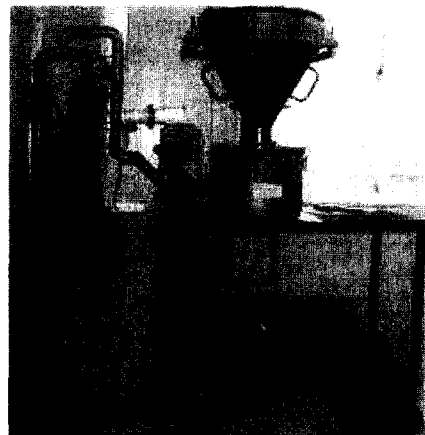
**Table 1.** Chemical analysis of ASR materials used in this work.

Material	Calorific value(cal/gr)	S (wt%)	Cl (wt%)	Ash content(wt%)
Plastic	10,230	<0.3	1.75	2.23
Fiber	7,500	<0.3	0.36	9.70
Sponge	6,150	<0.3	0.58	8.75
Leather	5,050	<0.3	2.31	12.1
Rubber	6,200	2.2	1.02	28.8

서 플라스틱 시료만을 육안으로 선별하여 별도로 채취하였다. Table 1은 본 실험에서 사용한 ASR 시료중의 플라스틱, 섬유, 스폰지, 가죽, 고무에 대한 재질별 발열량, S, Cl 및 회분함량을 보여주고 있다.

### 2.2. 실험 방법

ASR 시료의 풍력선별 및 비중선별 실험에 앞서 현장에서 채취한 시료를 분쇄기를 사용하여 분쇄함으로써 시료 전체가 8 mm 이하 입도가 되도록 준비하였다. 또한, 마찬가지로 폐플라스틱 시료에 대해서도 분쇄기를 이용하여 분쇄한 다음 3가지 입도, 즉 +8 mm, 4.75/8 mm, -4.75 mm로 입도로 각각 분류하여 선별시험을 실시하였다. 풍력선별시험은 zigzag type 공기분급기(Fig. 1 참조)를 사용하여 1차 및 2차 풍력선별을 실시하였으며, 1차 선별조건은 공기유량 9~20 M<sup>3</sup>/hr(linear velocity 1.57~3.49 m/sec)의 범위에서 진행하였다. 한편, 2차 풍력선별은 공기유량 12 M<sup>3</sup>/hr에서 1차 선별하여 얻은 underflow product를 대상으로 공기유량을 더욱 높여 25~34 M<sup>3</sup>/hr(linear velocity 4.36~5.94 m/sec)의 조건에



**Fig. 1.** Zigzag type air separator used in this work.



Fig. 2. Continuous type gravimetric separator used in this work.

서 풍력선별을 실시하였다.

ASR 시료의 비중선별을 위하여 본 실험에서는 연속식 비중선별기를 설계/제작하였으며, Fig. 2는 본 실험에서 사용한 비중선별기를 보여주고 있다. 비중선별 실험은 우선 비중선별기에 물을 채우고 대상시료를 정량한 다음 conveyor feeder를 통해 일정속도로 물속으로 투하한다. 물속에 투하된 시료는 재질 비중에 따라 float product와 sink product로 각각 분리되어 float product는 skimmer에 의해, 또한 sink product는 lifter를 통해 외부로 배출된다. 분리선별된 각 산물은 oven에서 건조한 다음 산물 무게를 측정하는 한편 시료중의 염소함량을 분석하였다.<sup>1-3)</sup>

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 풍력선별에 의한 ASR 분리

Table 2는 공기유량 9~20 M<sup>3</sup>/hr의 범위에서 8 mm 이하로 분쇄한 ASR 시료를 풍력선별한 결과이다. 공기유량에서 괄호로 표시한 부분은 유입되는 공기의 선속도를 나타내고 있다. Table 2에서 보는 것처럼 공기유량 9~16 M<sup>3</sup>/hr 범위에서는 underflow 산물이 대체로 62~66%이고 나머지는 overflow 산물로 분리되나 공기유량 20 M<sup>3</sup>/hr에서는 underflow 산물이 48%로 크게 감소하는 대신 overflow 산물이 증가하는 모습을 보여주었다. 이때, overflow 산물로는 종이, 나무조각, 스폰지, 섬유 등이 주요 구성물질인 반면 underflow 산물에는 플라스틱, 유리조각, 금속입자와 같이 비중이 큰 물질이 주로 함유되어 있었다. 특히, 섬유와 스폰지에 의해 서로 엉겨있는 경우가 많아 풍력선별기로 유입되는 과정에서 재질간의 단체분리도가 떨어지는 문제점이 관

Table 2. 1st stage air classification of ASR.

Run No.	Air flow rate (M <sup>3</sup> /hr)	Overflow product(wt%)	Underflow product(wt%)
1	9(1.57m/sec*)	34.9	65.1
2	12(2.10m/sec*)	34.7	65.3
3	16(2.79m/sec*)	37.8	62.2
4	20(3.49m/sec*)	52.0	48.0

\*linear velocity

Table 3. 2nd stage air classification of ASR.

Run No.	Air flow rate (M <sup>3</sup> /hr)	Overflow product(wt%)	Underflow product(wt%)
1	25(4.36 m/sec*)	41.7	58.3
2	28(4.89 m/sec*)	56.3	43.7
3	31(5.41 m/sec*)	68.1	31.9
4	34(5.94 m/sec*)	76.7	23.3

\*linear velocity

찰되기도 하였는데, 실제 상용설비로 조업하는 경우에 있어서도 이 문제를 감안하여야 할 것으로 사료되었다. 실제로 풍력선별 실험을 수행한 시료의 화학분석에 있어서 편차가 심하게 나타나거나 혹은 재현성이 떨어지는 이유중의 하나는 이와 같은 재질간의 단체분리도 저하때문인 것으로 풀이되고 있다.

Table 3은 풍력선별을 2단계로 실시하여 1단계에서 얻은 underflow 산물을 대상으로 다시 풍력선별실험을 실시한 결과를 보여주는 것으로, 이와 같이 풍력선별을 2단계로 나누어 수행하는 경우 ASR 시료의 재질분리에 보다 효과적일 것으로 판단된다. 본 실험에서는 1단계로 air flow rate 12 M<sup>3</sup>/hr의 조건에서 풍력선별을 실시하고 얻은 underflow 산물을 대상으로 2단계 풍력선별을 실시하였다. Table 3에서 보면 공기유량을 25~34 M<sup>3</sup>/hr로 증가시킬 경우 Table 2와는 달리 under-flow 산물보다는 overflow 산물의 비율이 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 1단계에서 비중이 비교적 작은 overflow 산물을 미리 제거한 상태임을 감안할 때, 초기 ASR 시료중의 상당부분을 overflow 산물로 분리할 수 있음을 알 수 있다. 실제로, 2단계 실험의 overflow 산물을 재질별로 분리해 보면 1단계에서는 underflow 산물로 산출되었던 플라스틱, 유리 등의 입자가 상당량 혼입되어 있는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 Table 3의 2단계 풍력선별실험을 통해 얻은

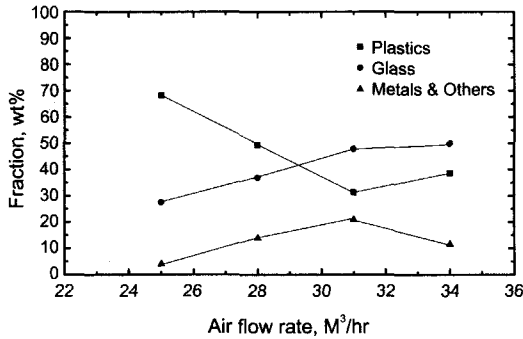


Fig. 3. Material distribution in underflow product from 2nd stage air separation.

underflow 산물중의 재질을 플라스틱, 유리, 금속/기타의 3종류로 나누어 선별한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보는 바와 같이, 2단계 underflow 산물은 대부분 플라스틱, 유리 및 금속 등으로 구성되어 있으며, 특히 가운데 금속은 대부분 구리전선인 것으로 확인되었다. 또한, 플라스틱의 비율은 공기유량 34 M³/hr인 경우를 제외하고는 대체로 공기유량이 감소할수록 증가하고 있는데 이것은 유리 및 금속은 공기유량이 증가하여도 overflow 산물로 전환되는 비율이 크지 않으나 플라스틱은 공기유량이 증가함에 따라 민감하게 overflow 산물로 전환되는 것을 의미하고 있다. 각 재질별 구성비율은 공기유량이 낮은 25 M³/hr에서는 플라스틱이 68.3%로 가장 높고 유리가 27.6%, 또한 금속 및 기타 재질은 4%로 매우 낮았다. 그러나, 공기유량이 31M³/hr로 증가하게 되면 플라스틱의 비율은 31.3%로 급격히 낮아지고 대신에 유리 47.8%, 금속 및 기타재질이 20.9%로 크게 늘어나는 것을 알 수 있었다.

따라서, 실제 현장조업시에 overflow 산물과 underflow 산물의 분리경계는 플라스틱을 어느 정도 overflow 산물로 회수하는가에 따라 결정할 수 있을 것으로 판단되었다.

3.2. 비중선별에 의한 ASR 분리

Table 4는 Table 2의 underflow 산물을 대상으로 비중선별 실험한 결과를 보여주고 있다. 표에서 보는 것처럼 풍력선별을 통해 얻은 underflow 산물은 비중선별시 부유물질 보다는 침강물질의 비율이 약 4배 정도 많은 것을 알 수 있었다. 특히, air flow rate 20M³/hr가 가장 큰 4번 시료의 경우 비중이 비교적 큰 물질들이 underflow 산물로 분리된 관계로 인하여 침강물질의 비율이 85.6%로 가장 높았다. 이것은 풍력선별을 통하여

Table 4. Gravity separation of underflow product from 1st stage air classification.

Run No.	Air flow rate*(M³/hr)	Float (wt%)	Sink (wt%)
1	9	17.5	82.5
2	12	25.7	74.3
3	16	20.0	80.0
4	20	14.4	85.6

\*1st stage air classification

Table 5. Gravity separation of each product from 2nd stage air classification.

Run No.	Air flow rate*(M³/hr)	Product	Float (wt%)	Sink (wt%)
1	25	Overflow	27.0	73.0
2		Underflow	8.0	92.0
3	28	Overflow	20.1	79.9
4		Underflow	2.5	97.5
5	31	Overflow	18.3	81.7
6		Underflow	0.8	99.2
7	34	Overflow	18.6	81.4
8		Underflow	0.0	100

\*2nd stage air classification

비중이 비교적 가벼운 섬유 및 스폰지 등이 이미 overflow 산물로 거의 제거가 되었기 때문이다.

Table 5는 Table 3의 overflow 산물과 underflow 산물을 각각 비중선별하여 얻은 결과를 나타내고 있다. 표에서 알 수 있듯이 풍력선별후의 overflow 산물은 물에 의한 비중선별시 부유물질 비율이 대략 20~30%를 차지하고 있으나 underflow 산물은 비중선별시 부유물질이 10% 미만으로 매우 적은 것을 알 수 있다. 특히, air flow rate 34 M³/hr 이상에서 얻은 underflow 산물에는 부유물질이 전혀 없는 것으로 나타나고 있다. 이는 공기분급 과정에서 air flow rate 조건을 강화하여 조업을 실시할 경우 후속 공정으로 비중선별을 실시할 필요가 없음을 보여주고 있다.

ASR 중의 플라스틱만을 선별하여 3종류 입도로 조절된 시료에 대한 비중선별 결과를 Table 6에 나타냈다. 표에서 보면 플라스틱의 경우 물로 비중선별하였을 때 부유물질의 비율이 침강물질에 비해 다소 높은 것을 알 수 있으며, 특히 입도가 작을수록 이러한 경향이 두드러

지게 나타났다. 플라스틱의 표면특성을 고려하지 않고 비중만을 물과 비교하였을 때 부유하는 플라스틱으로는 polyethylene(0.855), polypropylene(0.85), polybutene(0.86), polyisobutylene(0.84) 등을 들 수 있고, 침강하는 플라스틱으로는 polymethylacrylate(1.22), polystyrene(1.05), PVC(1.385), polyvinylacetate(1.19) 등이 있으나 비중선별시 비중과 함께 표면특성도 작용하기 때문에 다소의 차이는 있다. 특히, 플라스틱 입자가 작을 경우 표면특성에 의한 영향이 크게 나타날 수도 있다. 한편, 각 산물에 대한 염소함량 분석결과를 살펴보면 표에서 보는 것처럼 부유물질이 침강물질에 비해서 매우 낮은 것을 알 수 있다. 즉, +8 mm 입도의 경우 부유물질중의 염소함량은 0.022%임에 비해 침강물질중의 염소함량은 10.21%로 수백배의 염소함량 차이를 보이고 있다. 입도가 작은 -4.75 mm 시료의 경우에도 부유물질은 염소함량이 0.87%, 또한 침강물질은 3.53%로 4배의 차이를 나타냈는데, 이와 같이 작은 입도에 있어서 큰 입도보다 염소함량 차이가 작게 나타나는 이유는 미립질 플라스틱으로 갈수록 비중선별시 시료간의 간섭현상이 크기 때문인 것으로 사료된다. 본 실험 결과로만 보면 폐플라스틱을 비중선별로 분리하여 염소성분을 거의 완벽하게 제거할 수 있는 것으로 보여지고 있으나, 실제로 ASR 시료는 매우 복잡한 형태로 재질들이 혼합되어 있기 때문에 표에서 보는 바와 같은 완벽한 염소의 분리 효과를 얻기는 곤란하다.

Fig. 4는 Table 5의 overflow product를 비중선별하여 얻은 침강물질의 주요 구성물질 분포를 조사한 결과이다. 재질선별 결과 미립입자로 분류된 재질의 대부분은 유리 및 플라스틱 조각인 것으로 확인되었으며, 금속의 대부분은 구리전선 및 Al, Zn 조각이었다. 또한, underflow product에 비해 플라스틱의 비율은 높은 반면

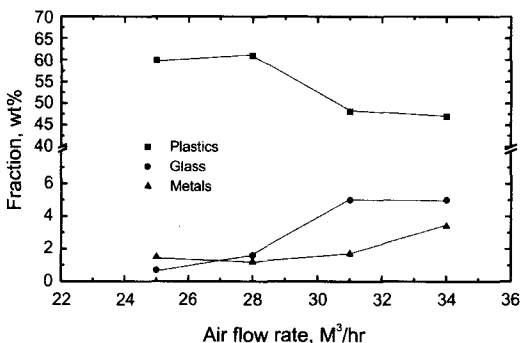


Fig. 4. Material distribution in sink product of overflow product from 2nd stage air separation.

Table 6. Gravity separation of waste plastics from ASR.

Particle size(mm)	Product	Fraction (wt%)	Cl content (wt%)
-4.75	Float	66.7	0.87
	Sink	33.3	3.53
4.75/8	Float	65.6	0.019
	Sink	34.4	1.32
+8	Float	54.2	0.022
	Sink	45.8	10.21

유리는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 다만, 플라스틱과 유리중에서 미립부분은 풍력선별 조건에 따라 overflow product로 혼입되는 것을 알 수 있었다. 그러나, 금속은 풍력선별과정에서 거의 대부분 underflow product로 분리되어 overflow product에는 매우 적은 양이 존재하였다. 이는 ASR의 풍력선별 과정을 통하여 금속성분의 대부분을 분리할 수 있다는 것을 의미하며, 플라스틱 성분중에서 고형연료의 원료로 매우 유효한 저비중의 플라스틱 선별이 가능하다는 사실을 알 수 있었다. 한편, 공기유량 변화에 따른 재질별 분포특성을 살펴보면 그림에서 보는 것처럼 플라스틱의 경우 공기유량이 증가할수록 약간씩 낮아져 공기유량 34 M<sup>3</sup>/hr에서는 50%를 밀고고 있다. 이것은 2단계 풍력선별시 공기유량이 클수록 overflow product로 넘어오는 고비중 물질, 즉 유리 및 금속입자의 비율이 증가하기 때문인 것으로 사료되고 있다. 즉, 공기유량이 낮으면 대부분 underflow product로 산출되어야 할 고비중 물질이 증가된 공기유량에 의해 overflow product로 혼입되는 것으로 생각된다. 따라서, 플라스틱의 비율은 낮아지나 고비중 물질인 유리 및 금속의 비율은 그림에서 보는 것처럼 공기유량이 증가할수록 높아지는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 1단계 풍력선별을 실시하고 여기에서 얻은 underflow product를 비중선별하였을 때 각 산물에 대한 염소함량을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 overflow product중의 염소함량은 대체로 1~2%, 또한 부유물질은 0~2%의 범위에 있으나 침강물질은 염소함량이 비교적 높아 2~4.5%의 값을 보이고 있다. 따라서, 비록 플라스틱만을 대상으로 한 결과보다는 못하지만 비중선별하여 분리한 침강물질에는 PVC 등의 염소함량이 높은 플라스틱이 분리농축되는 것을 확인할 수 있었다. 그림에서 침강물질 부분의 괄호안은 플라스틱의 비율을 나타내는 것으로써, 침강물질 가운데 플라

스티크은 대체로 70% 내외를 차지하고 있으며 나머지는 유리 및 금속입자 등인 것으로 나타났다.

Fig. 6은 본 실험의 결과를 토대로 하여 구성한 ASR 처리공정도를 도시한 것으로써, 앞에서 언급한 바와 같이 풍력선별을 2단계로 나누어 실시함으로써 ASR 시료의 분리효과를 보다 향상시킬 수 있을 것으로 기대되었다. 2단계 풍력선별을 통해 얻은 underflow product는 물을 매체로 한 비중선별을 실시함으로써 염소함량이 높은 침강물질과 비교적 염소함량이 낮은 부유물질로 분리하게 된다. 침강물질에는 PVC 및 전선, 유리 등 연료화하기 곤란한 물질들만 농축되나 구리함량이 높아 구리 제련소에서의 활용이 기대된다. 이외의 나머지 산물은 모두 염소함량이 낮고 발열량이 높아 열

에너지원으로서의 활용이 가능하다.

4. 결 론

폐자동차 ASR을 열에너지원으로 활용하는데 있어서 가장 큰 장애가 되고 있는 염소성분을 분리제거하기 위한 풍력선별과 비중선별 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 공기유량 9~16 M<sup>3</sup>/hr 범위의 1단계 풍력선별결과 underflow 산물은 대체로 62~66%인 것으로 나타났다. 한편, 공기유량 25~34 M<sup>3</sup>/hr 범위의 2단계 풍력선별에서는 underflow 산물에 비해 overflow 산물의 비율이 크게 증가하여 34 M<sup>3</sup>/hr 에서는 overflow 산물이 76%에 달하는 것으로 나타났다.

(2) 2단계 underflow 산물에 대한 재질 구성을 살펴보면 대부분 플라스틱, 유리 및 금속 등으로 구성되어 있으며, 특히 금속은 대부분 구리전선인 것으로 확인되었다. 플라스틱의 비율은 대체로 공기유량이 감소할수록 증가하였는데 공기유량 25 M<sup>3</sup>/hr에서 플라스틱 비율은 68.3 wt%로 나타났다.

(3) ASR중의 폐플라스틱만을 분리하여 비중선별을 실시한 결과 부유물질의 비율이 침강물질에 비해 다소 높게 나타났으며, 염소함량에 있어서는 부유물질에 비해 침강물질이 최대 수백배의 염소함량을 보여 순수 플라스틱의 경우 매우 우수한 염소성분의 분리효과를 얻을

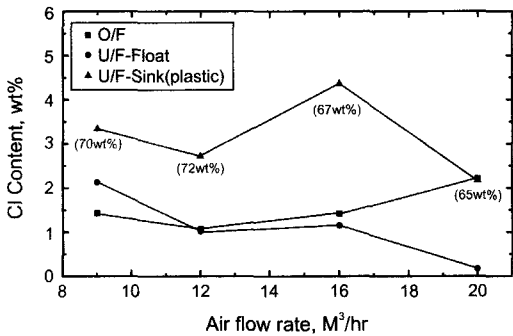


Fig. 5. Variation of chlorine content in each product with air flow rate.

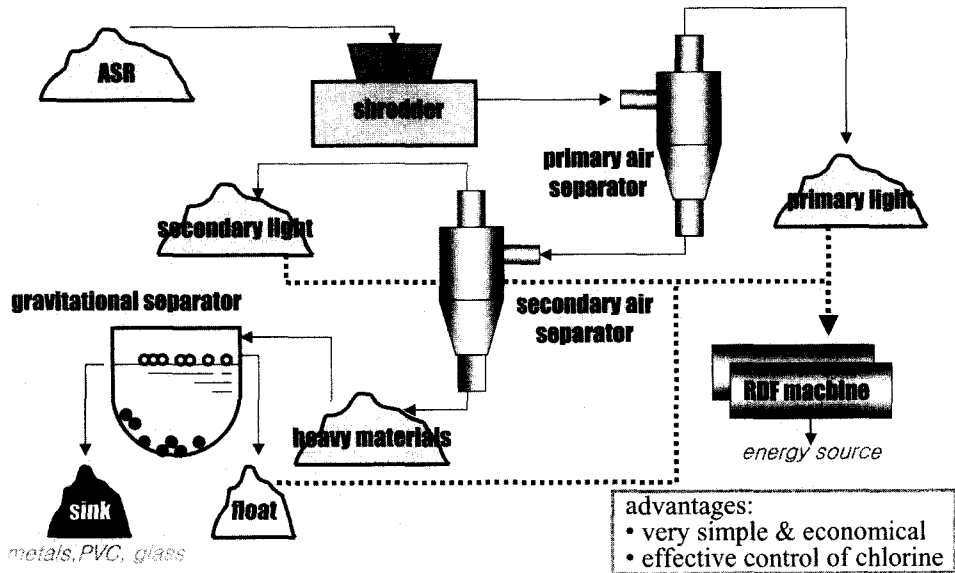


Fig. 6. Proposed flow-sheet for treatment of ASR.

수 있었다.

(4) 본 실험을 통하여 제시한 ASR 처리공정도에 따르면 2단계의 풍력선별과 물을 매체로 한 비중선별을 실시함으로써, PVC 및 전선, 유리 등 연료화하기 곤란한 물질은 copper refinery에서의 활용이 기대되며 이외의 산물들은 열에너지원으로서의 활용이 가능한 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 21C 프론티어 사업, 산업폐기물재활용기술개발사업단의 연구비 지원하에 이루어진 연구로써 본 연구에 재정적 지원을 해주신 산업폐기물재활용기술개발사업단에 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

1. 이화영, 오종기, 김성규, 2002: 폐자동차 파쇄를 통한 주요구성물질의 분리 및 분석평가, 자원리사이클링, 11(4), pp. 11-16.
2. 이화영, 오종기, 김성규, 2003: 폐자동차 파쇄 잔류물을 이용한 고체연료의 제조연구, 자원리사이클링, 12(4), pp. 58-64.
3. 오종기, 이화영, 김성규, 2001: 폐자동차 차피파쇄 잔류물

의 조성에 대한 분석평가연구, 자원리사이클링, 10(4), pp. 34-41.

4. Numajiri, I., 2000: Current situation and tasks of disposal of end-of-life vehicles, 資源 と 素材, 116, pp. 879-888.
5. Borgianni, C., De Filippis, P., Pochetti, F., and Paolucci, M., 2002: Gasification process of waste containing PVC, Fuel, 81, pp. 1827-1833.
6. Jody, B. J. *et al.*, 1990: Recycling of plastics in automobile shredder residue, U. S. DOE Report, DE90-011110, pp. 1-5.
7. Hubble, W. S., Most, I. G., and Wolman, M. R., 1987: Investigation of the energy value of automobile shredder residue, U. S. DOE Report, DE87-013645, pp. 7-14.
8. 스웨덴 자동차 제조 및 판매협회, 1998: 폐차에 대한 생산자의 의무, 스웨덴 환경보호국 보고서, 스웨덴.
9. Shapiro, M. and Galperin, V., 2005: Air classification of solid particles: a review, Chemical Engineering and Processing, 44, pp. 279-285.
10. Hashmi, K. A., Hamza, H. A., and Wilson, J. C., 2004: CANMET hydrocyclone: an emerging alternative for the treatment of oily waste streams, Minerals Engineering, 17, pp. 643-649.
11. Basaran, T. K., Demetriades, K., and McClements, D. J., 1998: Ultrasonic imaging of gravitational separation in emulsions, Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, 136, pp. 169-181.

---

### 李 華 永

- 현재 한국과학기술연구원 나노환경연구센터 책임연구원
  - 본 학회지 제10권 4호 참조
- 

---

### 吳 鐘 基

- 현재 한국과학기술연구원 환경·공정연구부 부장
  - 본 학회지 제10권 4호 참조
-