

## 사업장 가연성폐기물로 제조된 RPF의 물리화학적 특성

류영복<sup>1,2</sup>, 김양도<sup>2</sup>, 강민수<sup>1,2</sup>, 이강우<sup>3</sup>, 손병현<sup>4</sup>, 이만식<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>부산대학교 재료공학부, <sup>3</sup>(주)유성, <sup>4</sup>한서대학교 환경공학과

## The physicochemical characteristics of manufactured RPF by industrial combustibility waste

Young Bok Ryu<sup>1,2</sup>, Yang Do Kim<sup>2</sup>, Min-Su Kang<sup>1,2</sup>, Gang-Woo Lee<sup>3</sup>,  
Byung-Hyun Shon<sup>4</sup> and Man Sig Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Green Technology Service Center, Korea Institute of Industrial Technology

<sup>2</sup>School of Materials Science and Engineering, Pusan National University

<sup>3</sup>Yoo Sung Company Limited

<sup>4</sup>Department of Environmental Engineering, Hanseo University

**요 약** 사업장 가연성폐기물은 그 자체의 높은 발열량(3,000kcal/kg 이상)으로 인해 고회전료 원료로 매우 유용하게 사용할 수 있다. 현재 국내 대부분의 고회전료 제조업체는 제조가 쉽고 발열량이 높은 필름류 플라스틱을 주로 사용하고 있기 때문에 본 연구에서는 보다 다양한 폐기물을 이용하여 고회전료 제조 가능성을 알아보았다. 실험에 사용된 폐기물 중에서 폐합성수지, 페타이어로 제조된 고회전료는 발열량이 6,000kcal/kg 이상을 나타내었으며 폐지, 폐목재가 혼합될 경우 발열량은 감소하였다.

**Abstract** Industrial combustible waste is very valuable source for refuse derived solid fuel since its heating value is usually over 3,000kcal/kg. Especially, synthetic high molecular compound which is high of productivity and heating value is used as raw material in many cases. Film type plastic has been widely used for producing RPF because their shaping is easy and they has high heating value. On the other hand, the possibility of various type of waste as a source for RPF in this study. It has been found that resin compound derived and tire derived solid fuel showed more than 6,000kcal/kg of heating value. But the heating value decreased by adding paper and wood waste.

**Key Words** : Heating value, Industrial Combustibility Waste, Derived Solid Fuels, 6000kcal/kg

### 1. 서론

산업화의 가속화는 인류에게 생활의 편리함과 풍요로움을 가져다준 반면에 화석에너지의 고갈이라는 자원 위기 및 온실효과로 대변되는 환경 위기를 초래하였다. 이런 이유로 선진 각국은 정부주도하에 환경 친화적인 대체 에너지의 개발과 보급을 촉진하기 위한 지원정책을 내놓고 있다. 특히 우리나라는 고유가 시대, 기후변화협약에 따

른 온실가스 감축, 런던 협약 및 수산물 안전을 위한 유기성 폐기물의 위생적 처리뿐만 아니라 폐기물로부터 에너지를 회수하는 정책을 추진하고 있다[1]. 폐기물은 대체에너지로서 높은 잠재가치로 인해 가연성 폐기물의 성형고회전료에 대한 연구가 1990년대 초반부터 진행되어 현재는 제조기술이 거의 확립된 수준이며[2], 이들 고회전료의 장점은 표 1과 같은 것들이 있다[3].

성형고회전료 기술은 소량의 폐기물로도 연료로 만들

본 논문은 국토해양부 지역기술혁신 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 08지역기술혁신 B-03)에 의해 수행되었습니다.

\*교신저자 : 이만식(lms5440@kitech.re.kr)

접수일 09년 11월 19일

수정일 (1차 09년 12월 17일, 2차 10년 01월 07일)

계재확정일 10년 01월 20일

수 있고, 여러 곳에서 생산된 소량의 고품연료를 방지시설이 잘 갖추어진 열병합 발전소와 같은 곳에서 연료로 사용하면 환경적으로도 매우 유익한 수단이 될 수 있다고 보고하였다[4]. 하지만 이런 성형고형연료를 생산하기 위해서는 초기 투자비가 많이 들고, 대기 종량제로 인해 인·허가 받기가 어려우며 안정된 연료 공급 대책이 필요하다는 문제점이 있다. 이에 대한 개선으로 환경부는 폐기물 에너지화 촉진을 위한 정책적·재정적 지원 확대, 에너지화 기술 개발, 민간시장 활성화 기반 조성 및 폐기물 에너지화 협조체계 구축 계획을 가지고 있다[5].

[표 1] 고품연료의 장점

항목	특징
저장성	좁은 공간에서 많은 양의 적재가 가능
수송성	수송차량에 많은 양의 적재가 가능
취급성	보일러 등에 RDF를 투입시 자동화 가능
보관성	성형된 RDF는 장기간 보관해도 발열량이 유지되며 부패가 안됨
상용성	RDF를 유동층 연소로 등 연소조건 및 장치에 따라 필요로 하는 연소조건을 성형시 성형조건을 조절하여 각 장치에 적합한 밀도를 가진 RDF를 생산할 수 있음

RPF는 사업장 가연성 폐기물이 파쇄, 압축, 성형 등의 과정을 거쳐 만들어지며, 그 중에서 60% 이상 혼합된 폐합성수지는 열적성질에 따라 열가소성수지와 열경화성수지, 함유질에 따라 질소계와 염소계로 분류된다. 열가소성수지는 발열량이 높아서 고온연소가 이루어지는 반면에 연소 시 다량의 Fuel NOx와 Thermal NOx가 발생하고 열경화성수지는 연소가 잘 이루어지지 않아 불완전연소가 될 가능성이 높기 때문에 다량의 CO가 발생할 수 있다. 또한, 질소계 플라스틱은 NOx, 염소계 플라스틱은 염화수소 및 다이옥신이 발생할 수 있기 때문에 RPF 연소 시에는 충분한 대응이 필요하다[6].

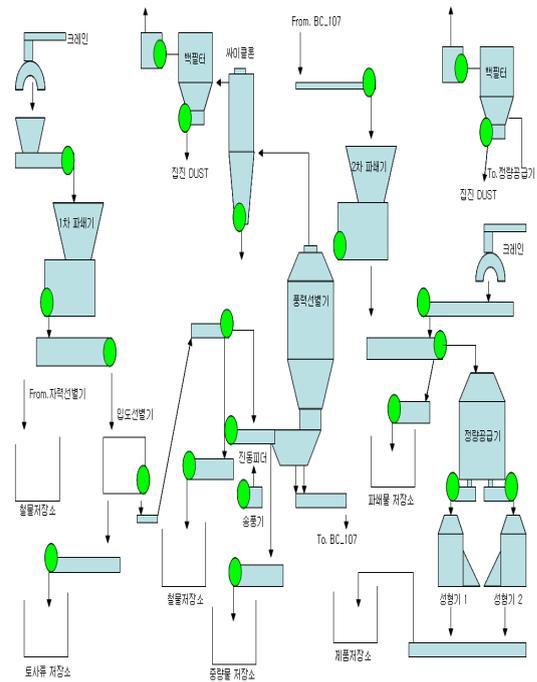
본 연구에서는 폐합성수지, 폐지, 폐타이어, 폐목재 등 다양한 사업장 가연성 폐기물에 대한 고품연료 제조 가능성에 대해 검토하였고, 또한 제조된 RPF(Refuse Plastic Fuel)에 대한 고품연료로서의 성분 및 특성을 고찰하였다.

## 2. 연구내용 및 범위

### 2.1 실험장치

그림 1은 본 연구에서 고품연료 제조를 위해 사용한

공정도이다. 폐기물이 반입되면 크레인을 통해 1차 파쇄기 호퍼로 유입된다. 조대 파쇄 된 폐기물은 컨베이어 벨트를 통해 2차 파쇄기로 유입되며 미세 파쇄 된 폐기물은 정량공급기를 통해 성형기로 투입되며 성형기에서 압축 성형을 통해 고품연료의 제조가 이루어진다. 불연성분인 토사류 및 금속성분은 자력선별기, 입도선별기, 풍력선별기 통해 선별된다. 혼합 정도에 따라서 제조된 고품연료의 특성이 다르기 때문에 내부에서 혼합이 가능한 정량공급기를 2대 설치하였다. 표 2는 각 공정별 장비 제원을 나타내었다.



[그림 1] 폐기물 고품연료 제조 공정도

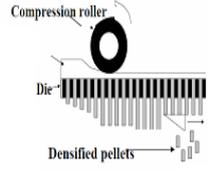
[표 2] 고품연료 제조 장비 사양

구분	1차 파쇄기	2차 파쇄기	정량공급기	성형기
형식	hook breaker	hook breaker	원통 호퍼	Ring-dies type
처리용량	5ton/hr	4ton/hr	4ton/hr	2ton/hr
수량	1기	1기	2기	2기
전력용량	200KW	250KW	15KW	320KW

파쇄기는 shredder 방식 보다는 연질의 폐기물이 많았기 때문에 hook breaker를 택하였으며, 성형기는 표 3처

럼 고분자폐기물 처리와 대량 생산이 가능한 ring-dies type을 선택하였다. 하지만, 보다 간단한 폐기물에는 shredder 방식과 screw-dies type이 사용된다.

[표 3] 고행연료 제조 장비 사양

구분	성형원리	성형장치	형태
screw-dies type	스크류 압력의 dies의 nozzle을 통해 압출 가열하면서 성형	-가열에 의한 악취 발생 -고분자화합물 처리 난이	
flat-dies type	회전하는 롤러와 플랫다이가 압축되면서 성형	-생산량이 적음 -유지보수가 어려움	
ring-dies type	링 dies와 롤러의 회전에 의해 압축 성형	-고분자폐기물 처리 가능 -대량 생산 가능	

## 2.2 재료 및 방법

현재 전국적으로 사업장 폐기물을 이용하여 고행연료를 제조하는 곳은 대부분이 발열량이 높고 성형이 잘되는 필름류 플라스틱(PE계)을 사용하는 것으로 조사되었으며, PE를 이용한 콤파운드에 대한 연구도 수행되었다 [7]. 본 연구에서는 폐합성수지, 폐지, 폐타이어, 폐목재 등 다양한 폐기물을 사용하여 고행연료 제조 가능성을 검토하였다. 폐기물 고행연료를 제조하기 위해 사용한 대상 폐기물을 그림 2에 나타내었다. 사용한 폐기물은 폐합성수지, 폐지, 폐타이어, 폐목재이며 이들 폐기물을 선택한 이유는 슬러지를 제외하고 사업장에서 가장 많이 배출되고 있기 때문이다. 대부분이 사업장에서 배출되는 폐기물로 폐합성수지는 과자봉지나 라면봉지(PE), 음료수 용기(PET), 마대자루(PP) 등 PVC를 제외한 대부분의 합성수지를 사용하였으며, 폐지는 신문지, 박스 포장지 등 미처 분리 수거되지 않은 것을 사용하였다. 폐타이어는 건설 현장 등에서 사용된 후의 대형타이어로 고무의 함량이 72~77%, 보강재 및 CORD 함량이 23~28%정도로 이중에서 타이어 내의 철심을 제거하고 잘게 파쇄 된

fabric cord(섬유)를 주로 사용하였으며, 폐목재는 나무젓가락, 합판, 파레트 조각 등을 주로 이용하였다. 폐지, 폐목재는 현재 거래시장 형성이 고행연료로 사용하는 것보다는 재활용하는 것이 경제적이기 때문에 분리 수거되지 않은 양만큼을 실험에 사용하였다.



[그림 2] 실험에 사용된 폐기물

고행연료 제조를 위해 사용한 폐기물의 혼합비율은 표 4와 같다. 폐플라스틱(폐합성수지)이 중량 기준으로 60% 이상이 되어야 RPF(Refuse Plastic Fuel)의 조건을 만족시키기 때문에 폐합성수지의 혼합비율을 60% 이상으로 하여 고행연료를 제조하였다[8].

[표 4] 폐기물 혼합비율

구분	혼합비율(%)			
	폐합성수지	폐지	폐타이어	폐목재
Sample 1	100			
Sample 2		100		
Sample 3			100	
Sample 4	70		30	
Sample 5	70	10	20	
Sample 6	70	20		10
Sample 7	70	30		
Sample 8	70	10	10	10
Sample 9	60		30	10
Sample 10	60		40	

## 2.3 성분 분석

폐기물의 특성을 알아 보기위해 삼성분(수분, 회분, 가연분), 원소분석(C, H, O, N, S), 발열량, 중금속, 염소 등을 분석하였다. 모든 분석은 고행연료제품 품질시험·분석방법에 따라 실시하였다[9].

### 2.3.1 발열량, 기초성분

시료의 발열량 측정은 Parr사의 6200 calorimeter를 사

용하였으며, 원소분석(C, H, O, N, S)을 위해 Elementar사의 Vario Macro 원소분석기를 사용하였다. 열량계로 측정된 값은 고위발열량이므로 원소분석기에서 측정된 수소 값을 이용하여 저위발열량을 측정하였다.

### 2.3.2 삼성분, 중금속, 염소

수분은 시료를 105~110℃에서 1시간 가열 건조했을 때 시료에 대한 건조 전·후의 질량차이의 질량 백분율로 구했다. 회분은 시료를 공기 중에서 815±10℃로 가열 회화하고 잔류하는 재의 질량을 시료에 대한 질량 백분율로 계산하였다. 가연분은 시료 질량의 백분율에서 수분과 회분을 뺀 값에 대한 질량 백분율로 계산하였다.

염소의 분석은 미리 물을 넣은 산소 bombe 속에 시료접시를 넣은 후 산소를 압입해서 연소시키는 산소bombe법에 따르고, 생성된 가스를 물에 흡입시켜서 이온크로마토그래프법에 따라서 염소를 구하였다. 주입한 시료의 양은 약 1g 으로 하였으며, 압력을 30~35kg/cm<sup>2</sup>로 유지한 상태에서 점화를 시켜 시료를 연소하였다. 가스포집은 시료를 시료접시 내에 약간의 물을 가하여 잠기게 함으로써 연소 과정에서 발생된 가스가 물에 흡입되도록 하였다. 시료용액은 500mL, 시료를 넣지 않은 용액을 비탕시험액으로 하였다. 용량 분석용 표준물질인 염화나트륨을 이용하여 염화물 이온 표준용액을 만들어 사용하였다.

중금속 분석은 Perkin elmer사의 AAnalyst 800원자흡광분광기를 이용하였다.

므로 고형연료 제조를 위한 좋은 원료가 될 수 있지만, 이 등의 연구에서는 특정 조성물질의 함량이 연소 후 배가스의 조성에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였는데, 특히 고온에서는 Thermal NOx의 발생이 많다고 하였다[11].

특히, 고형연료는 조성 함량이 일정하지 못하기 때문에 성분 분석에 주의할 필요가 있다.

실제 측정된 값과 아래의 Dulong 식에 의해 계산된 발열량을 그림 3에서 비교하였다. 탄소 성분이 낮은 폐지와 폐목재는 Dulong 식에 의해 계산된 값이 실제 측정 값보다 낮게 나타났는데 이는 셀룰로오스를 주성분으로 하는 연료에서는 발열량이 낮게 나타나는 경향 때문이다[12].

$$HI = 8100C + 34250(H - \frac{O}{8}) + 2250S - 600(9H + W)$$

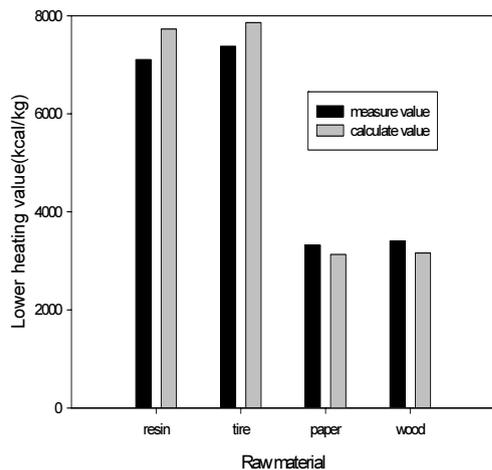
【표 5】 폐기물 특성 분석

구분	폐합성수지	페타이어	폐지	폐목재	
삼성분	수분(%)	2.2	2	6.6	7.2
	회분(%)	17	4.5	10	3.5
	가연분(%)	80.8	93.5	83.4	89.3
원소 분석	C(%)	61.3	67	33.3	35
	H(%)	11.4	11.9	5.2	5
	O(%)	12	23.1	24	25
	N(%)	ND	ND	ND	0.12
	S(%)	ND	0.2	ND	ND
염소(%)	0.02	0.01	ND	ND	
저위발열량(kcal/kg)	7,105	7,377	3,321	3,405	

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 폐기물 특성 분석

폐기물에 대한 특성 분석 값을 표 5에 나타내었다. 폐합성수지와 페타이어는 수분함유량이 낮고, 탄소성분이 높아 저위발열량이 높게 나타났다. 이는 저위발열량이 고위발열량에서 연소가스 중에 함유된 수증기의 증발열을 뺀 것을 말하기 때문에 수분이 낮을수록 탄소성분이 많을수록 저위발열량이 높아짐을 의미한다. 질소와 황은 거의 검출되지 않았는데 폐목재에서 질소가 0.12%, 페타이어에서 황이 0.2% 검출되었다. 명의 연구에서도 목재 중에 질소의 함량이 0.13% 정도 함유되어 있다고 보고하였다[10]. 페타이어에서 황의 함량이 낮은 이유는 실험에 사용된 성분이 fabric cord(섬유)가 대부분이었기 때문이라고 판단된다. 염소 함유량은 매우 낮아 염화수소, 다이옥신에 대한 염려는 고려하지 않았다. 특성 분석 결과로부터 폐합성수지와 페타이어는 높은 발열량을 가지고 있는



【그림 3】 폐기물의 발열량 측정값과 계산값 비교

### 3.2 폐기를 고형연료 제조 및 특성 분석

폐기물을 이용하여 제조한 고형연료를 표 6에 나타내었다. Sample 1은 폐합성수지 100%를 이용하여 만든 고형연료이며, sample 2는 폐지 100%를 이용, sample 3은 페타이어 100%를 이용하여 제조한 것이다. sample 4-8은 폐합성수지를 70% 혼합하여 제조하였으며, sample 9, 10은 폐합성수지를 60% 혼합하여 고형연료를 제조하였다. 폐목재는 100%를 이용하였을 경우 성형이 되지 않았는데 이는 목재 특성 상 100℃ 정도의 성형기 내부에서는 점성이 없어서 뭉쳐지지 않았기 때문이다. 각 sample의 크기는 길이가 2~5cm정도이고 직경이 1.2cm정도로 제조하였다.

[표 6] 제조된 폐기물 고형연료

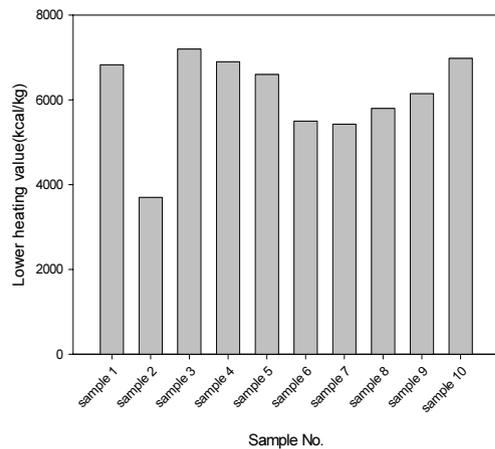
폐기물 고형연료			
Sample 1		Sample 6	
Sample 2		Sample 7	
Sample 3		Sample 8	
Sample 4		Sample 9	
Sample 5		Sample 10	

표 7은 제조된 고형연료에 대한 삼성분 분석 결과이다. 폐기물에 비해서 제조된 고형연료 sample의 수분이 전반적으로 높게 나타났는데, 이는 압축 성형과정에서 발생된 열에 의해 고형연료가 대기 중의 수분을 흡수한 결과라고 판단된다. Sample 3의 경우에는 충분한 방랭 후 삼성분을 분석한 것으로 수분이 다른 샘플에 비해 낮게 나타났다. 따라서 고형연료를 제조하는 업체는 성형 후에 충분한 방랭을 시키는 것이 바람직할 것이라고 판단된다.

[표 7] 폐기물 고형연료 삼성분 특성 분석

구분	수분(%)	회분(%)	가연분(%)
Sample 1	7.6	14	78.4
Sample 2	6.8	10.5	82.7
Sample 3	1.4	19	79.6
Sample 4	13.2	18.6	68.2
Sample 5	12	16.2	71.8
Sample 6	13.3	17.8	68.9
Sample 7	14.8	14.2	71
Sample 8	11	14.1	74.9
Sample 9	12.4	16.6	71
Sample 10	6.8	19.8	73.4

제조된 고형연료의 저위발열량을 그림 4에 나타내었다. 폐합성수지와 페타이어를 이용하여 만든 고형연료는 비교적 발열량이 높게 나타났으며, 폐지와 폐목재의 혼합 비율이 증가함에 따라서 발열량은 감소하였다. 이는 폐지와 폐목재 자체의 저위발열량이 3,500kcal/kg으로 낮기 때문에 나타난 결과이다. 최 등의 연구에서는 필름류 플라스틱과 슬러지를 혼합하여 고형연료를 만든 결과 발열량이 8,000kcal/kg 이상이었다고 보고하였다[13]. 이는 최 등의 연구에서 사용한 플라스틱이 열가소성 수지로 구성되어 그 자체의 발열량이 매우 높았기 때문이라고 판단된다. 결국 폐기물 자체의 발열량에 따라서 제조된 고형연료의 발열량이 크게 좌우됨을 알 수 있다. 하지만, 원폐기물의 혼합비율로 계산한 발열량과 실제 고형연료 발열량은 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 성형과정에서 충분한 혼합이 이루어지지 못한 결과라고 판단된다.



[그림 4] 폐기물 고형연료의 저위발열량

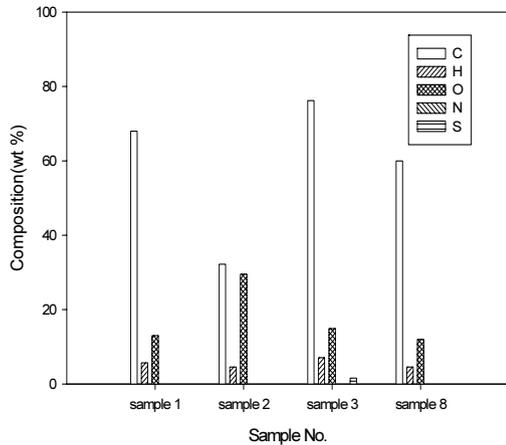
표 8은 제조된 고형연료의 중금속 분석 결과를 나타낸 것이다. 분석 sample은 각 폐기물 100%로 만든 1, 2, 3과

모든 폐기물을 혼합하여 제조한 8번을 택하여 실시하였다. ‘자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙’에서 정한 RPF 품질기준 농도를 모두 만족하였다.

제조된 고행연료의 원소성분을 분석한 결과를 그림 5에 나타내었다. 분석 sample은 중금속 분석을 위해 사용했던 sample 1, 2, 3, 8번과 동일하게 선택하였다. 그림 4에서 발열량이 높게 나타났던 샘플 1과 3의 탄소 함량이 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있었고, 이를 통해 탄소가 발열량을 결정하는 주요 성분임을 알 수 있었다.

[표 8] 폐기물 고행연료의 중금속 분석

구분	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 8
Hg(mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Cd(mg/kg)	2.54	0.70	1.75	0.85
Pb(mg/kg)	183	25.1	20.9	161
As(mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Cr(mg/kg)	52.1	10.8	7.67	27.0
Sb(mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Co(mg/kg)	6.54	7.61	6.42	10.9
Cu(mg/kg)	703	40.6	12.7	41.9
Mn(mg/kg)	99.4	51.3	87.2	154
Ni(mg/kg)	7.40	3.83	2.27	51.7



[그림 5] 폐기물 고행연료의 원소성분 분석

이상의 결과를 바탕으로 폐합성수지와 페타이어는 고행연료 제조를 위한 좋은 원료가 될 수 있고 발열량이 낮은 물질은 발열량이 높은 물질과 혼합하여 제조하면 충분한 경쟁력이 확보될 것이라고 판단된다.

### 3.3 폐기물 고행연료 문제점 및 유해성

대부분이 플라스틱으로 이루어진 폐기물 고행연료는 연소로 투입장치 내에서 운송 중에 녹아서 투입관을 막

아 공급 장애를 일으킬 수 있기 때문에 이에 대한 보완이 필요할 것이다.

또한, RFP 성형시에 발생하는 냄새는 특정 악취성분으로 편중되어 있는 것이 아니라 산성, 알칼리성, 중성 성분 모든 것이 혼합된 복합적인 냄새이다. 무엇보다도 고온에서 증기가 많이 나오기 때문에 활성탄 장치는 적합하지 않으므로 산과 알칼리 세정의 2탑식 스크러버 설치가 필요하다.

서론에서도 언급했듯이 고행연료는 생활계 폐기물과 일반사업장 폐기물을 원료로 제조되고 있기 때문에 금속 선별 등의 과정에서 미처 제거되지 않는 다양한 종류의 유해물질이 원료로 유입될 가능성이 있다. 이에 상대적으로 유해성의 정도가 낮은 폐목재를 이용한 WCP(Wood Chip Fuel)가 고행연료제품으로 인정되었으나 발열량이 낮고 성형성이 어렵기 때문에 이는 당장 상업화에 무리가 있을 것으로 판단된다.

따라서 현재의 방식으로는 고행연료 내에 포함될 수 있는 유해물질을 고려할 경우, 고행연료 전용 열병합 발전소나 고온소각장이 정도만이 고행연료 사용처가 될 수 있다. 향후 고행연료의 연소 실험을 통해 소각 시 발생하는 유해물질의 정도를 파악하여 이에 대한 문제점 및 해결방안을 모색하고자 한다.

## 4. 결론

다른 가연성 폐기물을 이용한 고행연료 제조에서 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 폐합성수지와 페타이어의 혼합비율이 높을수록 발열량 기준 1등급(6,500kcal/kg)을 만족하였으나, 폐지와 폐목재의 혼합비율이 증가할수록 고행연료의 발열량은 감소한다.
- 2) 폐지나 폐목재는 고행연료로 만드는 것보다 재활용하는 것이 경제적으로 유리하기 때문에 고행연료 제조 시에는 20% 이상 혼합하는 것은 경제적이지 못하다.
- 3) 수분의 함유 정도가 발열량에 큰 영향을 미치기 때문에 성형을 거친 고행연료는 압축열에 의해 발생하는 수분의 충분한 제거를 위해 일정 시간의 방랭이 필요하다.
- 4) 폐기물 고행연료는 원폐기물의 성상에 크게 좌우되지만 고행연료 제조 특성상 원폐기물과는 차이가 있는 고행연료가 제조될 수 있기 때문에 분석에 주의가 필요하다.
- 5) 연질의 폐기물에는 hook breaker type의 파쇄기와

ring-dies type의 성형기가 적합하다.

### 참고문헌

- [1] 최병철, “2020년 폐기물 에너지 경제 효과 연간 4조 원”, 나라경제, pp. 18-19, 2008.
- [2] 산업기술시험원, “환경성을 고려한 RDF 품질표준화 연구”, 산업자원부, 최종보고서, 2003.
- [3] 한국기계연구원, “고분자폐기물 고형연료 제조 및 산업용연료 이용 기술개발에 관한 연구, 산업자원부, 최종보고서, 2004.
- [4] Choi Y. S., Kwon Y. B., Kim B. K., Choi B. W. and Kim B. W., “The Development of a RDF Plant for Municipal Solid Wastes”, J. Korean Solid Wastes Eng. Soc., Vol. 16, No. 6, pp. 682-691, 1999.
- [5] 환경부, “경제살리기와 기후변화대응을 위한 폐기물 에너지화 종합대책”, 2008.
- [6] 한국산업폐기물처리공제조합, “산업폐기물 재활용의 문제점 고찰과 개선방향”, 폐기물처리 News Letter, 2008.
- [7] 이환광, “페놀리에틸렌 필름의 재활용에 관한 연구”, 한국산학기술학회, 제 9권, 제 1호, pp. 182-188, 2008.
- [8] 환경부, “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙”, 2008.
- [9] 환경부, “고형연료제품 품질 시험·분석방법”, 환경부 고시 제 2007-201호, 2008.
- [10] 명소영, “목재의 급속열분해 공정에 의한 액상생성물 회수 특성 연구”, 서울시립대 학위논문, 2005.
- [11] 이종석, 광현, 배성렬, “폐기물 고형연료의 연소특성에 관한 연구”, Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 8, No. 2, pp. 4441-4444, 2002.
- [12] 황재석, “폐기물처리개론”, 동화기술교역, 2001.
- [13] 한국기계연구원, “석탄유동층 보일러에서 폐플라스틱 고형연료의 혼소기술 개발”, 산업자원부, 최종보고서, 2007.

### 류 영 복(Young Bok Ryu)

[정회원]



- 2004년 2월 : 부경대학교 화학공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 부경대학교 화학공학과 (공학석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 연구원
- 2008년 8월 ~ 현재 : 부산대학교 재료공학과 박사과정

<관심분야>

폐기물 재활용, 나노물질합성기술, Hydrate 응용기술

### 김 양 도(Yang Do Kim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 신소재공학부 (공학사)
- 1994년 6월 : Colorado School of Mines Dept. of Metallurgical & Materials Engineering(공학석사)
- 1997년 12월 : Colorado School of Mines Dept. of Metallurgical & Materials Engineering(공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 재료공학과 교수

### 강 민 수(Min-Su Kang)

[정회원]



- 2002년 2월 : 부경대학교 환경공학과 (공학사)
- 2004년 2월 : 부경대학교 환경공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 연구원
- 2008년 8월 ~ 현재 : 부산대학교 재료공학과 박사과정

<관심분야>

폐기물 재활용, 해수담수화, 정수시설 운영관리

---

**이 강 우(Gang-Woo Lee)**

[정회원]



- 1988년 2월 : 부산대학교 환경공학 (공학사)
- 1995년 8월 : 부산대학교 환경공학 (공학석사)
- 2002년 8월 : 부산대학교 환경공학 (공학박사)
- 2004년 7월 ~ 현재 : (주)유성중앙연구소 소장

<관심분야>

산업폐기물처리, 소각로 해석 및 설계

---

**손 병 현(Byung-Hyun Shon)**

[정회원]



- 1990년 2월 : 부산대학교 환경공학 (공학사)
- 1994년 2월 : 부산대학교 환경공학 (공학석사)
- 1997년 2월 : 부산대학교 환경공학 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 환경공학과 교수

<관심분야>

유해가스처리, 대기오염제어

---

**이 만 식(Man Sig Lee)**

[정회원]



- 1994년 8월 : 동아대학교 화학공학 (공학석사)
- 2003년 8월 : 부경대학교 화학공학 (공학박사)
- 2004년 9월 : The University of British Columbia Post-doc.
- 2005년 9월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 선임연구원

<관심분야>

폐기물 재활용, 수질/가스 처리, Hydrate 응용기술