

탄화 및 활성화된 RDF의 특성 연구

최연석

The Properties of carbonized and activated RDF

Yeonseok Choi

Key words : RDF(폐기물고형연료), Carbonization(탄화), Activation(활성화), Chlorine(염소), Yield(수율), Iodine Number(요오드가)

Abstract : The experimental study has been done for two kinds of pelletized RDFs to investigate the carbonization effect to the chlorine concentrations, the heating value and the yield of produced char in variable conditions of the carbonizing temperature and reaction time. One(RDF-1) is made of 100% wasted plastics and the other(RDF-2) is made of 60% wasted paper with 40% wasted plastics. The screw type carbonizer heated indirectly by oil burner was used for the experiment and RDF feeding rate was 3kg/hr. The carbonizing temperature was 300, 350, 400 and 450°C and the reaction time was 5, 10 and 15 minutes respectively. As the increase of carbonizing reaction time and temperature, the chlorine reduction rate was increased and oppositely the yield of char was decreased. At the temperature of 400°C and reaction time of 10 minutes the chlorine reduction rate was 60% and the char yield rate was 80% for the RDF-1 and those of RDF-2 were 80% and 75%, respectively. Additional activation experiment to the char produced from RDF-2 was done in the activation reactor by hot steam supply. As the increase of activation time, the iodine number was increased. At the activation time of 20 minutes the iodine number was 552mg/g and the yield of activated carbon was 16%.

1. 서 론

최근에 세계적으로 RDF(Refuse Derived Fuel ; 폐기물고형연료)를 생산하고 이용하는 사례가 크게 증가하고 있으며, 특히 유럽에서 매우 활발하다.¹⁾²⁾ 그런데 RDF를 시멘트 공장, 석탄화력발전소, 제지공장 등에서 보조연료로 사용할 경우에 대기공해물질 배출에 관해서는 주의를 기울여야 한다.³⁾ 일반적으로 폐기물을 소각할 때 생성되는 유해물질은 황산화물, 질소산화물 및 염소화합물인 염화수소와 다이옥신 등이다. 폐기물 중의 염소계공 물질은 무기 염소화합물인 소금과 유기염소화합물인 PVC이며, 특히 PVC가 유해하다. 순수한 PVC는 무게비로 약 60%가 염소성분이므로 소량이 혼입되어도 염화수소나 다이옥신 생성에 영향을 크게 준다. 그러나 PVC 중의 염소성분은 탄화와 같은 열적 처리로 염소를 분리하여 제거할 수 있다.⁴⁾ 본 연구에서는 폐플라스틱 또는 폐종이 등을 가공하여 제조한 성형RDF속의 염소농도를 저하시키기 위해서 최적의 탄화조건에 대한 실험을 하였으며 염소성분을 최대한 제거하면서 동시에 탄화물의 수율은 최대한 할 수 있는 탄화조건을 도출하는데 중점을 두었다. 그리고 추가실험으로서 탄화된 RDF에 대해서 수증기

활성화 조작을 가하여 흡착재로서의 사용가능성 여부를 판단하였다.

2. 실험 장치 및 재료

2.1 탄화실험 장치 및 재료

Fig. 1은 RDF탄화 실험장치의 사진으로서 경유버너, 간접가열 탄화로 본체, 스크류방식 RDF공급 이송장치, 스크러버 등으로 구성되어 있다. 탄화실험에 사용한 RDF는 2종류로서 첫째는 폐플라스틱만으로 제조한 RDF(RDF-1)이고 둘째는 폐종이 60%와 폐플라스틱 40%로 제조된 RDF(RDF-2)이다. Fig. 2는 실험에 사용한 성형 RDF의 모습이며 Table 1은 RDF 특성을 나타낸 것이다. 실험장치에 투입한 RDF량은 2~3 kg/hr이며 연속적으로 투입되었다. 실험인자는 탄화온도와 탄화시간이며 조건별로 염소농도와 수율을 조사하였다.

1) 한국기계연구원 환경에너지연구본부

E-mail : yschoi@kimm.re.kr

Tel : (042)868-7344 Fax : (042)868-7284

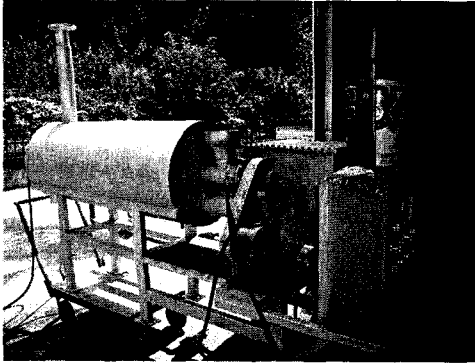


Fig. 1 RDF carbonizing reactor

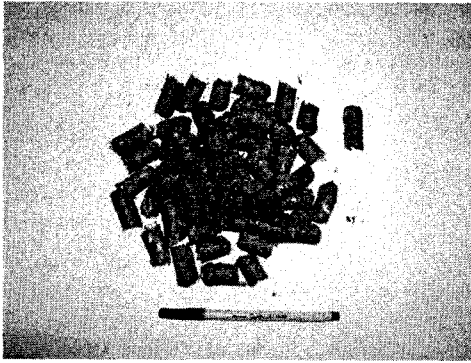


Fig.2 commercially produced RPF

Table 1. Characteristics of RDFs

	RDF-1 (commercial)	RDF-2 (artificial)
size(mm)	dia. 20, length 50	dia. 20, length 50
material	100% plastic	60% paper, 40% plastic
heating value (kcal/kg)	8,200	4,900
total chlorine (%)	3.6	6.2

탄화온도는 300℃, 350℃, 400℃로 하였고 탄화반응시간은 5, 10, 15분으로 하였다. 탄화로 얻어진 생성물인 확의 염소농도 분석은 석영채질 연소관에서 열분해 및 연소시킨 후 흡수입편저에서 연소가스를 포집하여 분광광도계로 농도를 분석하였다.

2.2 활성화실험 장치 및 재료

Fig. 3은 활성화 실험장치의 구성도로서 온도제어를 위한 전기로 본체, 시료무게 변화를 측정하는 로드셀, 수증기 발생장치, 수증기를 전기로 본체로 공급하는 질소가스 공급장치 등으로 구성되어있다. 탄화에서 얻어진 확을 시료접시에 담아서 전기로 본체 내부에 넣고 온도를 가열하면서 수증기를 질소가스로 공급해서 활성화를 하였다. 실험인자는 활성화 온도와 활성화 시간으로 하였다.

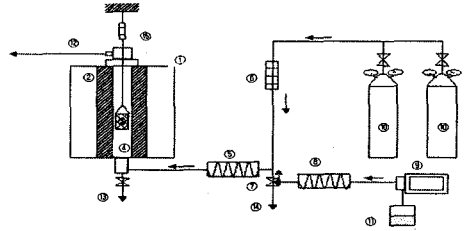


Fig. 3. Schematic diagram of carbonization apparatus.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 탄화 실험결과 및 고찰

Fig. 4는 RDF-1을 탄화실험한 결과를 나타낸 것으로서 탄화온도가 높아지고 탄화시간이 길어짐에 따라서 확의 수율은 낮아지는 경향을 보인다. 그러나 탄화온도가 350℃ 및 400℃이고 탄화시간이 10분 및 15분의 조건에서는 확의 수율이 약 80% 정도로 거의 같게 나타났다. 이 결과를 보면 RDF-1의 경우에는 탄화시간이 10분 정도로서 충분한 것으로 판단되었다.

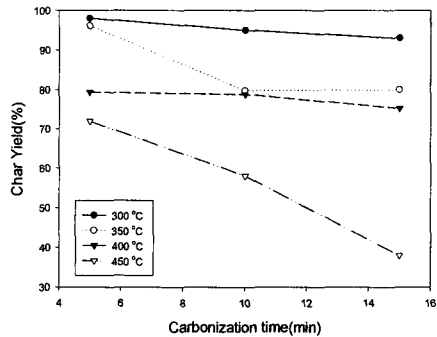


Fig. 4 Char yield of RDF-1 as a function of temperature and time

Fig.5는 Fig.4와 동일한 실험조건에서 RDF-1을 탄화했을 때 촉의 염소농도 변화를 나타낸 것으로서 탄화온도가 높아지고 탄화시간이 길어질수록 염소가 많이 제거되는 경향을 보였다. 탄화시간 10분에서 탄화온도가 350℃ 이상이면 염소는 50% 이상 제거되는 것으로 나타났다. 탄화온도 350℃에서 탄화시간 10분과 15분의 차이에 의한 염소제거율은 차이가 없었다.

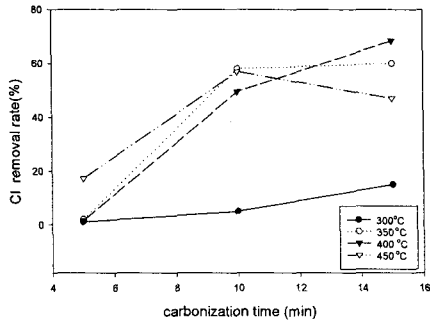


Fig. 5 Chlorine reduction of RDF-1 as a function of temperature and time

Table 2는 400℃에서 탄화한 RDF-1의 특성을 나타낸 것으로서 염소농도를 제외한 나머지 특성은 원래의 RDF와 탄화반응으로 생성된 촉에서 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Properties of Char (400℃)

item	value	item	value
moisture	0.29 %	C	75.6 %
combustible	95.49 %	H	9.92 %
ash	4.22 %	N	0.85 %
calorie	8,003 kcal/kg	S	0
		Cl	1.9 %

Table 3은 RDF-1과 탄화시간별로 얻어진 촉들의 고위 발열량을 나타낸 것으로서 큰 차이가 없으므로 나타났다.

Table 3. Calorie of RDF-1 and its char

item	calorific value (kcal/kg)	
RDF-1	8,148	
char (400℃)	5 min.	8,213
	10 min.	7,978
	15 min.	8,628

Fig. 6은 탄화시간 변화에 따른 촉의 모습을 나타낸 것이다. 탄화시간이 길어짐에 따라 촉의 크기가 점점 작아지는 경향을 보이고 있는데 이것은 탄화시간이 길어짐에 따라서 액상의 타르가 많이 생성되고 타르는 촉의 뭉침을 억제하기 때문인 것으로 판단된다.

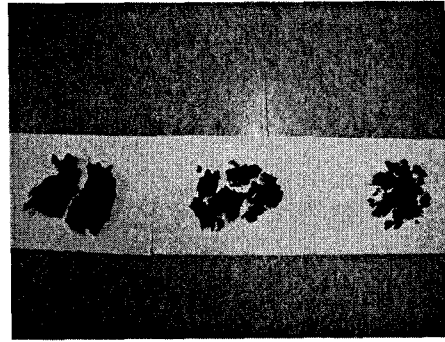


Fig. 6 Various char by carbonizing time (left-5 min. mid-10 min. right-15 min.)

Fig. 7은 RDF-2를 탄화온도 400℃에서 5, 10, 15분의 조건으로 탄화했을 때 촉의 수율을 나타낸 것이다. 촉의 수율은 탄화시간에 거의 선형적으로 반비례하여 감소하였으며 10분 탄화에서 약 75%의 수율을 보였다.

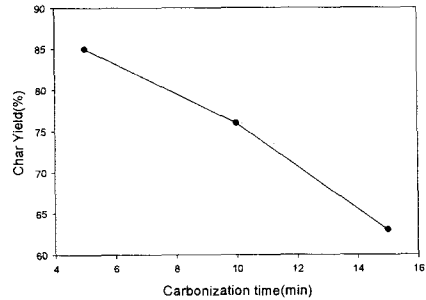


Fig.7 Char yield of RDF-2 as a function of time at 400 °C

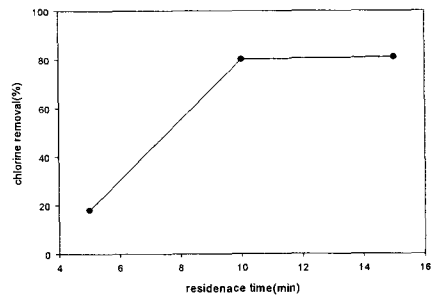


Fig.8 Chlorine reduction of RDF-2 as a function of time at 400 °C

Fig. 8은 RDF-2를 탄화온도 400℃에서 5, 10, 15분의 조건으로 탄화했을 때 염소의 제거율을 나타낸 것이다. 10분간 탄화에서 염소가 약 80% 제거되었으며 15분간 탄화한 결과도 비슷하였다.

3.2 활성화 실험결과 및 고찰

활성화 실험에 사용한 재료는 RDF-2를 탄화하여 얻은 쇄이며 Fig.3의 활성화 반응기에서 수증기를 4g/min. 정량으로 연속적으로 공급하였다. 활성화 반응기 내부의 온도는 950℃로 유지되었고 활성화 시간은 5, 10, 20 및 30분으로 실험하였다. Fig.9는 활성화 시간에 따른 요오드가의 변화를 나타낸 것으로서 활성화 시간이 증가함에 따라 요오드가가 증가하는 경향을 보였고 20분 활성화했을 때 요오드가는 약 550정도를 나타내었다. 그러나 30분간 활성화했을 때 요오드가는 감소하였다. 상업용 활성탄의 요오드가는 일반적으로 900 이상인 점을 감안하면 RDF-2를 탄화 및 활성화해서 만든 쇄를 상용활성탄으로 사용하기 위해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

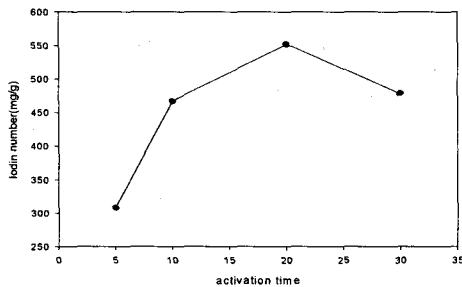


Fig. 9 Iodine number as a function of activation time

Fig. 10은 활성화 시간에 따른 활성화 된 쇄의 수율을 나타낸 것으로서 시간이 증가함에 따라서 수율은 감소하였다.

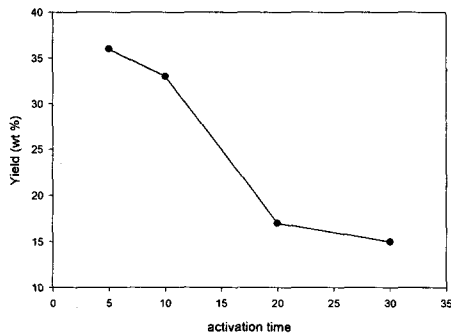


Fig. 10 Yield of activated char as a function of activation time

Table 4는 활성화 시간의 증가에 따른 쇄의

발열량 및 무게 변화를 나타낸 것으로서 10분과 20분 사이에서 수율의 변화가 크게 나타났고 시간이 증가함에 따라서 활성화된 쇄의 발열량은 증가하는 것으로 나타났다.

Table. 4 Weight and calorie change of RDF-2 at 950℃

reaction time (min)	weight before activation (g)	weight after activation (g)	calorie (kcal/kg)
5	12.0671	4.4578	5,700
10	11.2972	4.0325	6,200
20	11.5431	1.9996	6,600
30	10.9414	1.5735	

4. 결론

성형RDF를 탄화하고 활성화한 실험의 결과는 다음과 같다.

- 성형RDF를 탄화했을 때 유해성분인 염소의 저감 효과는 우수한 것으로 나타났고 쇄의 수율도 높은 편으로서 환경적으로 청정하고 높은 발열량을 가진 우수한 연료를 만들 수 있는 것으로 판단되었다.
- 성형RDF를 탄화하여 만든 쇄를 수증기 활성화하여 생산한 활성쇄의 요오드가를 측정한 결과는 상용활성탄으로 사용하기에 미흡하였으며 폐기물 재료가 중요한 것으로 판단되었다.

References

- [1] European standardisation of Solid Recovered Fuels, Guido De Jongh Project Manager - CEN/Management Centre - Brussels and Martin Frankenhaeuser - Chairman CEN/TC 335
- [2] CEN/TR(Technical Report) 14745, Solid Recovered Fuels, 2003
- [3] A Gendebien(WRc), et al, 'Refuse Derived Fuel, Current practice and perspective', Report CO 5-87-4, 2003
- [4] Beltran M., A. Marcilla: 'Kinetic models for the thermal decomposition of PVC plastisols', polymer degradation and stability, vol. 55, 73 (1997)