

## 폐기물 고품연료(RDF)의 연소특성에 관한 연구

이종석, 곽 현, 배성렬  
한양대학교 화학공학과

## A Study on Combustion of Refused Derived Fuel(RDF)

Jong-Suk Lee, Hyun Kwak, Sung-Youl Bae  
Department of Chemical Engineering, Hanyang University

## 서론

경제가 발전하고 생활수준이 향상됨에 따라 생활 쓰레기의 양도 증가하게 되고 최근들어 세계적으로 폐기물처리에 대한 환경문제가 심각하게 대두되기 시작했다. 증가하는 폐기물 배출량은 지구의 자연적인 자정작용으로 처리될 수 있는 한계량을 초과하게 됨과 더불어 기존의 폐기물 처리방식은 한계에 다다르게 되었다. 그리하여 우리나라와 같이 협소한 국토면적을 가진 국가들은 고전적인 폐기물의 처리방식이었던 최종매립처리방법이 매립지 부족과 침출수 발생 등의 우려가 발생함에 따라, 감량 효과가 큰 폐기물 소각방법이 선호되고 있지만 폐기물의 소각처리 방법은 NYMBY(Not In My Back Yard)현상과 NIMTO(Not In My Term of Office)현상, 그리고 초기투자의 과부담등으로 인하여 심각한 사회문제를 발생시키고 있는 실정이다. 특히 점점 그 양이 증가하는 생활 쓰레기에는 유리, 섬유, 플라스틱 등 자연 분해가 어려운 다양한 형태의 쓰레기가 배출되어 그 처리에 어려움을 겪고 있다.

이 중에서 생활쓰레기로 배출되는 고분자물질의 경우 에너지원으로 재활용하는 기술이 개발되고 있는데 그중 가장 실용적인 기술로 수분과 불연물을 제거하고 남은 가연물을 조개탄과 같이 사용하기 쉬운 형상으로 성형하여 화석연료의 대체에너지로 이용되어질 수 있는 폐기물 고품연료(Refuse Derived Fuel)가 차세대 재활용 에너지로 대두되고 있다. 하지만 아직까지 국내에서는 그 연구와 적용이 미비하고 외국의 경우 미국과 일본, 유럽의 몇몇 선진국에서는 이미 석탄의 대체연료로서 공공기관의 난방용 등으로 RDF가 제조되어 실제로 사용되고 있으나 RDF의 원료가 되는 생활쓰레기의 조성 및 연료특성이 국내의 것과는 다르기 때문에 이러한 선진국의 연구자료를 토대로 하여 우리나라 자체적인 RDF의 제조와 그 연소특성을 연구할 필요가 있다.

본 연구에서는 국내 몇 개소의 폐기물 처리장에 수거된 생활쓰레기를 원료로 하여 제조한 폐기물고형연료(RDF) 각각의 연소특성을 고찰하여 대체연료로서의 RDF에 관한 기초자료로 제시하고자 한다.

## 실험

본 실험에서는 서로 다른 생활쓰레기 성분의 원료로 제조된 3가지의 폐기물 고품연료(RDF)를 시료로 사용하였으며 실험을 위해 제작 사용한 장치의 개략도를 Fig. 1.에 나타내었다. Flow gas로는 Air를 사용하였으며 Purge gas로는 N<sub>2</sub>를 사용하였다. 연소온도를 조절하기 위해 IR-Furnace에 controller를 부착하여 사용하였다. 액체질소를 사용한 trap으로 연소 배가스 중에 포함된 volatile 물질을 제거하였다. IR-Furnace의 중앙부분에 Thermocouple과 시료접시가 위치되게 하였으며 시료접시에 놓여진 시료는 Air중의 산소와 반응하여 연소되고 연소 배가스는 volatile 물질이 제거된 후 Gas sampler에 포집되게 하였다.

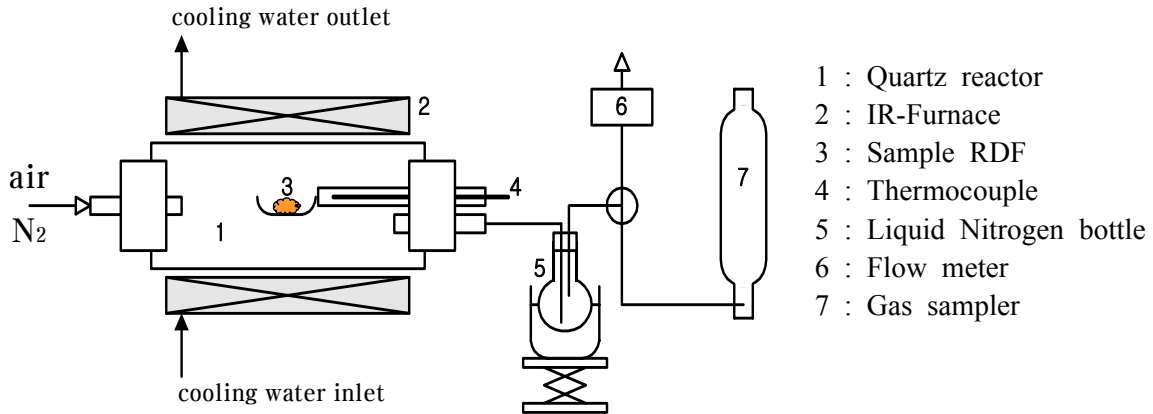


Fig. 1. Schematic diagram of RDF Combustion apparatus

실험방법은 먼저 반응기내의 시료접시에 RDF sample 5g을 정량하여 넣고 반응기의 양쪽 마개를 sealing하여 닫는다. Flow gas로 air의 유속을 300ml/min로 일정하게 한 후 IR-Furnace에 냉각수를 흐르게 한다. 냉각용 액체질소병을 준비하여 플라스크를 장치한 후 Gas sampler를 진공상태로 하여 연결한다. IR-Furnace controller로 원하는 온도와 시간조건으로 연소를 시작한다. 연소가 끝나면 Gas sampler에 포집된 배가스를 sampling하여 GC로 분석하였다. 연소 전 시료의 기초 성상을 알아보기 위하여 삼성분 분석과 C, H, N, O, S, Cl의 원소분석을 행하였고 TGA와 DTP 분석으로 열적인 특성을 알아보았으며 Bomb Calorimeter를 사용하여 시료의 발열량을 분석하였다.

실험조건으로 일정 연소온도조건(800℃)에서 연소시간을 5, 8, 10, 15, 20으로 하여 실험하였고 또 일정 연소시간조건(10min)에서 연소온도를 400, 500, 600, 700, 800℃로 하여 실험하였다.

### 결과 및 고찰

3가지 시료의 기초 성분 분석자료를 Table 1에 나타내었다. 국내에서 배출된 생활쓰레기의 기본 물질 조성은 각각 크게 다르지 않았으나 분석결과 특정 조성물질의 함량이 연소후 배가스의 조성에 직접적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. RDF-B의 경우 황과 염소성분의 함량이 높았으며 RDF-C의 경우 회분과 수분의 양이 상대적으로 많아 발열량이 낮은 것을 알 수 있었다. Fig. 2.는 TGA와 DTP 분석을 나타낸 것이다. 그래프에서 알 수 있듯이 300~600℃에서 분해가 진행되었으며 800℃까지는 모든 유기물질이 분해되었다. Fig. 3.은 일정 온도조건(800℃)에서 연소시간별 배가스 분석 결과를 비교하였다. 그래프에서 보면 10분이 경과했을 때 배가스 중 CO가 거의 검출되지 않는 것으로 보아 완전연소 했음을 알 수 있으며 그 시점부터 배가스 중 다른 산화물의 농도도 거의 일정함을 할 수 있었다. Fig. 4.는 일정 연소시간(10min)에서 반응기 온도를 변화시켜가며 배가스 분석결과를 비교한 결과를 나타내었다. 분석결과 높은 온도에서 연소가 진행될수록 연소 효율은 좋아졌으나 NO<sub>x</sub>와 SO<sub>x</sub>의 농도가 높아짐을 알 수 있었다. 특히 RDF-B의 경우 시료 중 황의 함량의 높았기 때문에 환경오염물질인 황산화물의 농도가 높게 나타났다. 본 실험의 전체적인 결과를 종합해 볼 때 RDF의 가장 적절한 연소조건은 연소온도 800℃, 연소시간 10분 이상으로 나타났다. 그렇지만 RDF 제조시 원료물질이나 연소로의 종류 등에 따라 다양한 연소인자들을 고려한 연구가 더 필요할 것이다.

		RDF-A	RDF-B	RDF-C
삼성분분석	수 분 (wt%)	0.8	0.4	1.6
	가연분 (wt%)	88.6	89.9	83.9
	회 분 (wt%)	10.6	9.7	14.5
Density (g/cm <sup>3</sup> )		1.071	1.055	1.022
Heat of combustion (cal/g)		6244	6425	5270
Elemental Composition	C (wt%)	55.03	50.65	54.20
	H (wt%)	7.03	6.47	8.77
	N (wt%)	1.02	1.19	3.10
	O (wt%)	36.11	32.50	32.98
	S (wt%)	0.18	2.21	0.15
	Cl (wt%)	0.63	6.98	0.80

Table 1. Basic Analysis of RDF

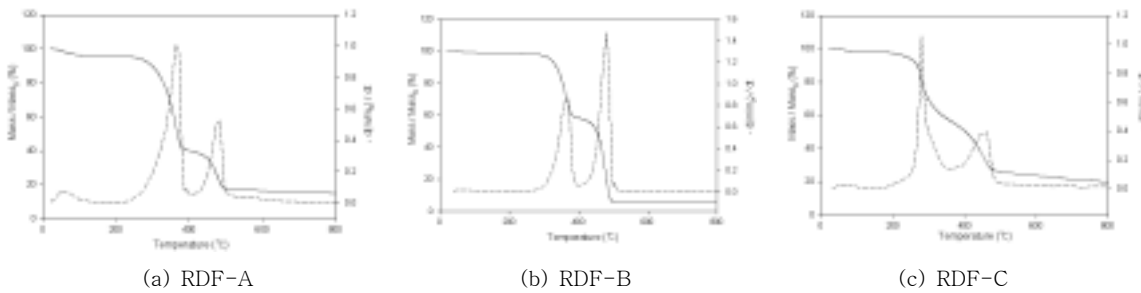


Fig. 2. TGA and DTP analysis of RDF

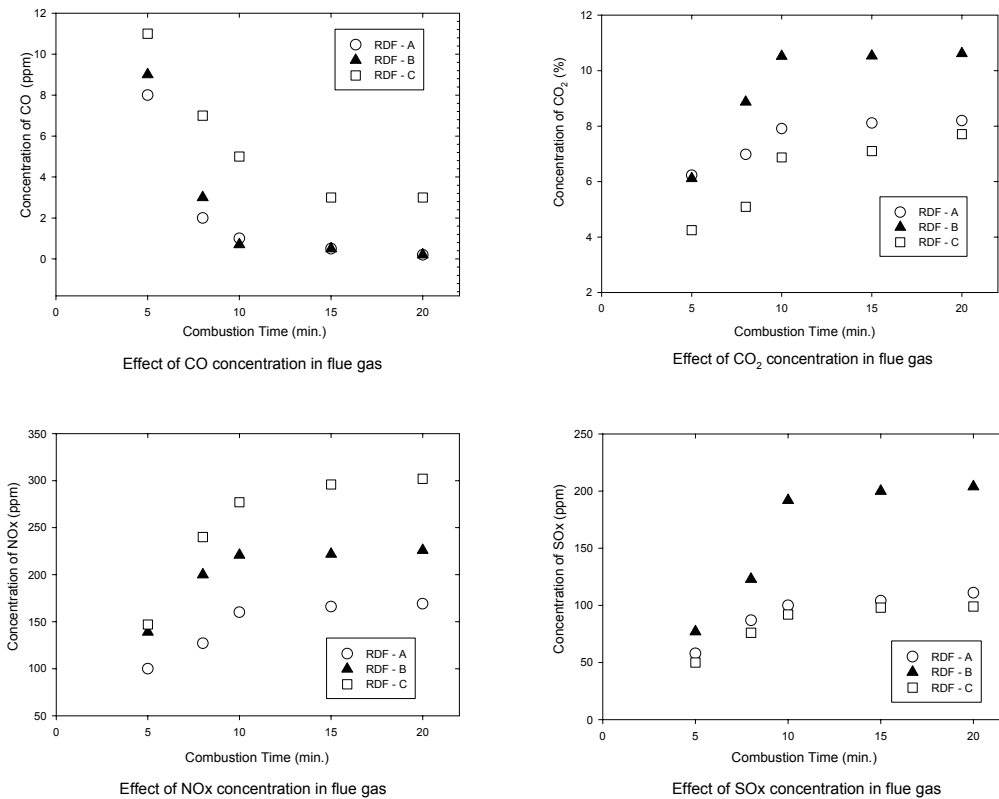


Fig. 3. Effect of flue gas in constant temp.

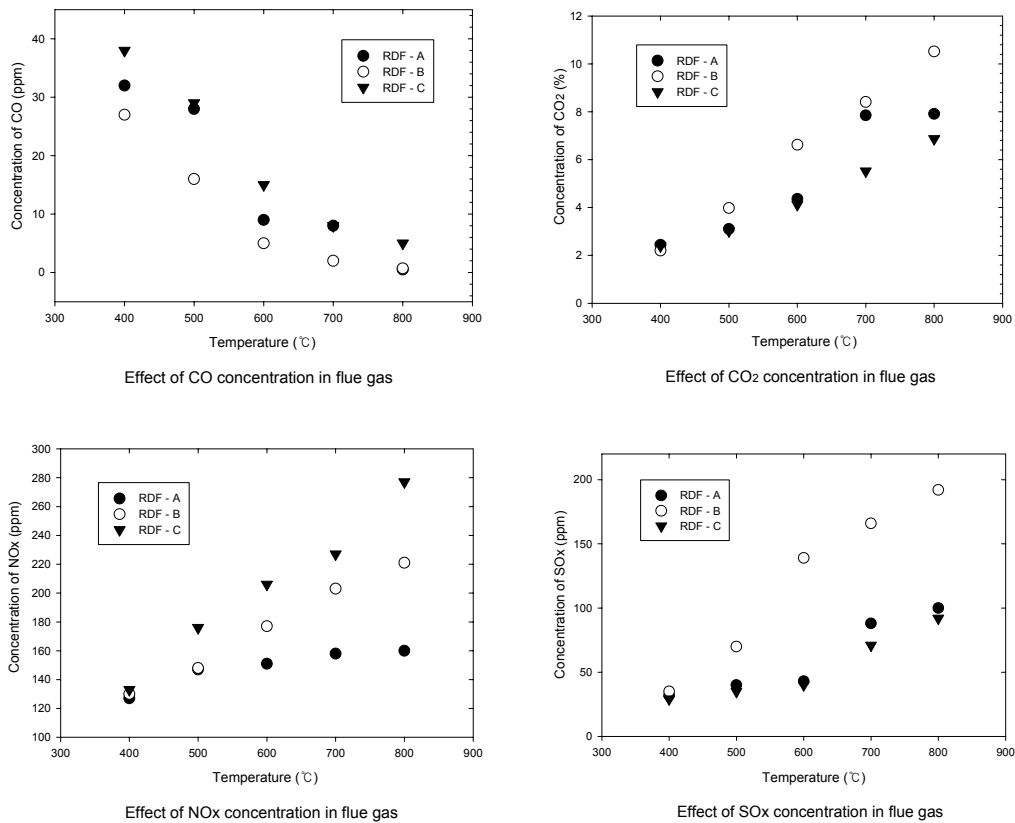


Fig. 4. Effect of flue gas in constant reaction time

### 참고문헌

1. Guilin Piao, Shigeru Aono, Motohiro Kondoh, Ryohei Yamazaki, Shigekatsu Mori, "Combustion test of refused derived fuel in fluidized bed", Waste Management 20, 443-447(2001)
2. Nakajima K., "Combustion of refuse derived fuel", Nensho Kenkyu 106, 27-37(1996)
3. Tae-Jin Lee, Yong-Kuk Lee, Kenneth J. Williamson, "Dioxine and Emissions from Municipal Refuse Derived Feul(RDF) Combustion", Environ. Eng. Res. Vol. 1, NO. 1, 63-71 (1996)
4. Seija Sinkkonen, Raili Mäkelä, Raili Vesterinen, Mirja Lahtiperä, "Chlorinated Dioxins and Dibenzothiophenes in Fly Ash samples from Combustion of Peat, Wood Chips, Refuse Derived Fuel and Liquid Packaging Boards", Chemophere Vol. 31, No. 2, 2629-2635(1995)
5. Y. S. Choi, Y. B. Kwon, B. K. Kim, S. J. Choi, B. W. Kim, "The Development of a RDF Plant for Municipal Solid Wastes", j. Koeran Solid Wastes Eng. Soc. Vol. 16, No. 6, 682-691(1999)
6. Gui-Qing Liu, Yoshinori Itaya, Ryohei Yamazaki, Shigekatsu Mori, Masataka Yamaguchi, Motohiro Kondoh, "Fundamental study of the behavior of chlorine during the combustion of single RDF", Waste Management 21, 427-433(2001)
7. 환경부 : 환경오염공정시험법 (1995)
8. 환경부 : 대기환경보전법 (1966)