

폐기물 고형연료(RDF)의 활용방안 및 전망

신 병 철 · 이 조 영 · 최 형 옥

1. 서 론

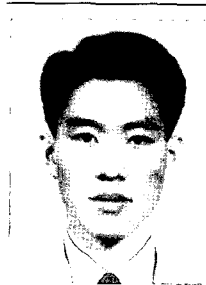
폐기물로부터 유용한 에너지 특히 전력 등을 생산하는 신에너지 기술은 실용성이 매우 뛰어나기 때문에 미국, 일본 및 유럽 등을 중심으로 선진국에서 보급이 확대되고 있다. 그러나 폐기물로부터 에너지를 생산하는 대표적 기술인 소각의 경우 다이옥신으로 대표되는 환경오염물질의 배출로 사회적인 문제가 되면서 기술적인 대응을 고도화할 필요성이 대두되었다. 이러한 대처 방안 중의 하나가 폐기물고형연료화(refuse derived fuel, RDF) 기술이다.

RDF란 폐기물로부터 얻어지는 연료를 의미하며 석유 등의 화석연료 고갈에 따른 에너지의 공급 불안, 지구환경 문제, 자원의 효율적 이용 관점에서 귀중한 에너지 공급의 일익을 담당할 것으로 기대

되고 있다. 특히 기후변화협약에 따라 에너지 사용량 자체가 국제적으로 규제를 받게 되어 에너지다 소비산업이 주요업종을 구성하고 있는 우리나라는 큰 타격을 받게 된다. 또한 해외로부터 에너지원의 수입이 97% 이상으로 에너지 자립도가 매우 낮기 때문에 우리나라는 에너지 안보차원에서 자연에너지 또는 폐기물로부터 에너지를 생산하는 대체에



신병철
1980 한양대학교 화학공학과 (학사)
1982 한국과학기술원 화학공학과 (석사)
1990 한국과학기술원 화학공학과 (박사)
1990~ 삼성엔지니어링 기술연구소 부장
현재



이조영
1992 인하대학교 환경공학과 (학사)
2001 아주대학교 환경공학과 (석사)
1992~ 삼성엔지니어링 기술연구소 과장
현재



최형옥
2000 경희대학교 환경학과 (학사)
2002 경희대학교 환경학과 (석사)
2002~ 한국기계연구원 환경기계기술 연구부 연소환경 Group 위촉 연구원

Application and Prospection of RDF Technology

삼성엔지니어링 기술연구소 (Byung Chul Shin and Jo Young Lee, R & D Center, Samsung Engineering Co., LTD., 39-3, Sungbok-Ri, Youngin-Si, Kyunggi-Do 449-844, Korea)

한국기계연구원 환경기계기술연구부 (Hyung Wook Choi, Combustion & Environmental Group, Eco-Machinery Engineering Department, Korea Institute of Machinery & Materials, 171, Jang-Dong, Yuseung-Gu, Teajon 305-343, Korea)

너지원의 개발이 국가적으로도 매우 중요하다.¹

폐기물로부터 에너지를 생산하는 WTE (waste to energy) 개념은 특히 미국에서 1980년부터 폐기물처리와 에너지공급을 연계시킨 산업으로 크게 성장하였으며 현재 세계적으로 최대의 폐기물발전 규모를 보유하고 있고 RDF를 이용한 발전도 미국에서 가장 크게 발전하였다.² 국내에서도 1980년대 RDF 기술이 국내에 소개되어 시범적인 사업이 추진된 적이 있으나 폐기물 성상에 대한 체계적인 검토 없이 단순 기술도입에 의한 사업이 전개되어 실패한 후 RDF 기술에 대해서는 상당히 부정적인 시각이 지배적이었다.³ 그러나 최근 일본에서도 사회적 문제로 대두되고 있는 폐기물소각의 공해문제를 해결할 수 있는 대안으로 RDF 발전에 대한 사업이 활발히 전개되고 있으며 국내에서도 RDF에 대한 관심이 높아지고 연구개발도 활발하게 수행되고 되어 RDF 기술의 국내외 현황을 정리하였다.

2. 폐기물고형연료(RDF)의 분류

RDF에 대한 분류는 미국 ASTM (American Society of Testing and Material)의 입자 크기별로 분리된 규정이 가장 보편적으로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 RDF라고 하면 폐기물을 전처리 또는 부가적인 가공공정을 거쳐 생산된 연료로 사용이 가능한 고형물 상태를 말하고 있으나, ASTM 분류에

표 1. ASTM에 의한 RDF 분류^{4,5}

Type	Description	Remarks
RDF-1	Wastes used as fuel in as-discarded form with only bulky wastes removed.	-
RDF-2	Wastes processed to coarse particle size - 95 % passing 6 inch square screening, with or without ferrous metal separation.	Fluff RDF
RDF-3	Combustible waste fraction processed to particle sizes - 95 % passing 2 inch square screening.	
RDF-4	Combustible waste fraction processed into powder form - 95 % passing 10 mesh screening.	Powder RDF
RDF-5	Combustible waste fraction densified (compressed) into the form of pellets, slugs, cubettes or briquettes.	Densified RDF
RDF-6	Combustible waste fraction processed into liquid fuel.	-
RDF-7	Combustible waste fraction processed into gaseous fuel.	-

따르면 표 1에서 보는 바와 같이 RDF는 폐기물로부터 금속류와 유리 등 불연물을 제거하고 가연성 분만을 적절한 크기로 파쇄하거나 또는 파쇄된 폐기물을 2차 가공하여 여러 가지 형태로 생산된 폐기물연료를 총칭한다.

수거된 폐기물로부터 대형 물체만을 제거한 상태 즉 일반적인 소각로 투입에 적합한 형태의 폐기물을 RDF-1로 하고, 이보다 더욱 작은 크기로 파쇄한 폐기물을 fluff RDF라고 하는데 파쇄된 입자 크기에 따라 RDF-2, RDF-3으로 분류한다. RDF-4는 더욱 분쇄되어 10 mesh 스크린을 95% 이상 통과하는 폐기물로 정의하였다. 이러한 형태의 폐기물은 단순히 수거된 폐기물을 분리하여 적당한 크기로 파쇄한 1차 가공공정 즉 전처리된 폐기물이라고 할 수 있다.

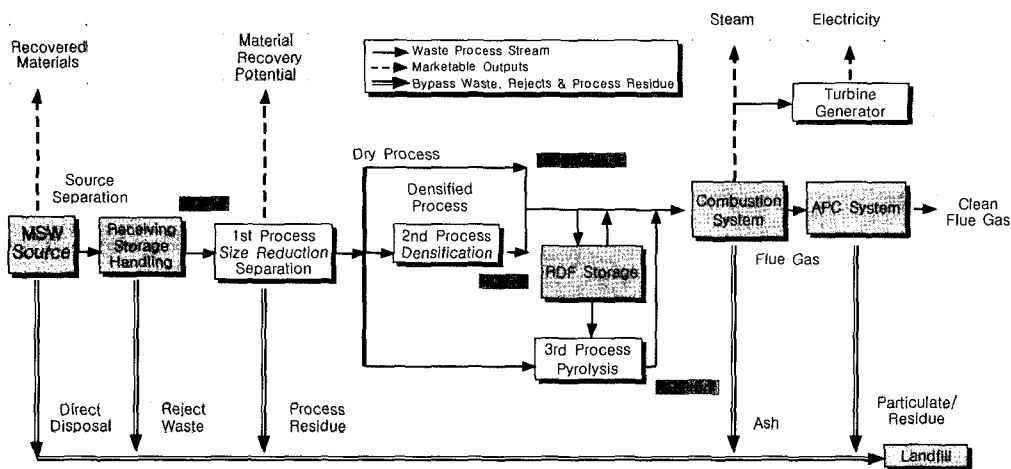


그림 1. WTE (waste to energy) flow.

그림 1은 폐기물로부터 RDF와 에너지를 생산하는 WTE 개념의 전체적인 흐름을 보여주고 있는데, 1차 파쇄된 폐기물에 대해서 2차, 3차 공정을 거치면 더욱 고품질의 연료로 사용될 수 있는 RDF를 생산할 수가 있다. 파쇄된 폐기물을 적당한 온도와 압력에서 사출시켜 일정한 형태로 성형시킨 것이 RDF-5로, 일정한 형태와 크기를 유지하고 있을 뿐만 아니라 일반 폐기물보다 밀도가 매우 크기 때문에 densified-RDF라고 하기도 한다. 국내에서는 물론 일본의 경우에도 RDF라고 하면 일반적으로 이러한 형태의 RDF-5를 의미하고 있다. RDF-5는 주로 종이, 플라스틱, 나무, 주방쓰레기 등이 주요 구성성분을 형성하고 있으며, 일반 폐기물보다 발열량이 크게 높다. 생활폐기물로부터 제조한 RDF는 3,000 kcal/kg 이상, 폐플라스틱으로부터 제조한 RDF는 6,000 kcal/kg 이상의 발열량을 가지고 있어 충분히 석탄과 같은 연료 대용으로 사용할 수 있다.

Densified RDF 또는 1차 전처리된 RDF를 가스화 또는 열분해공정을 이용하여 분해시키면 가스나 오일 형태로 전환시킬 수 있다. 액체 연료로 생산된 것을 RDF-6, 가스 연료로 생산된 것을 RDF-7 이라고 하는데, 이러한 연료는 직접 에너지 생산시설의 연료로 사용이 가능한 장점이 있지만 공정기술의 난이도가 높고 기술의 신뢰성 문제로 널리 보

급되고 있지는 못하고 있다. 국내에서도 폐프라스틱을 이용한 가스화 및 연료유 생산기술에 대한 연구개발이 매우 활발하게 수행되고 있다.

3. 제조 공정

3.1 Fluff RDF

폐기물에너지 사업이 가장 활발한 미국은 폐기물의 열량이 비교적 높을 뿐만 아니라 대규모의 폐기물 수집소를 운영하고 있어 WTE 사업이 비교적 용이하게 시작될 수 있었다. 수거된 폐기물은 최적 연소조건에 적합하도록 1차 전처리하여 에너지 생산의 연료로 이용하는데, **그림 2**는 전형적인 fluff RDF 생산설비이다. 수거된 폐기물을 1차 파쇄하고 먼저 음식물 등 6 cm 이하의 수분이 많은 유기성폐기물은 분리하여 발효공정으로 보내서 유기질 비료 또는 가축용 사료를 생산한다. 유기성폐기물이 분리된 폐기물은 풍력을 이용한 비중차 선별기, 자석분리기와 eddy current를 이용한 알루미늄 분리를 거치면서 금속류와 비철금속을 분리하여 재활용센터로 보낸다. 최종적으로 음식물 등 유기성 폐기물과 금속류 등 불연성물질이 분리된 폐기물은 다시 파쇄하여 fluff 형태의 RDF를 생산하여 에너지 생산설비의 연료로 사용한다.⁶

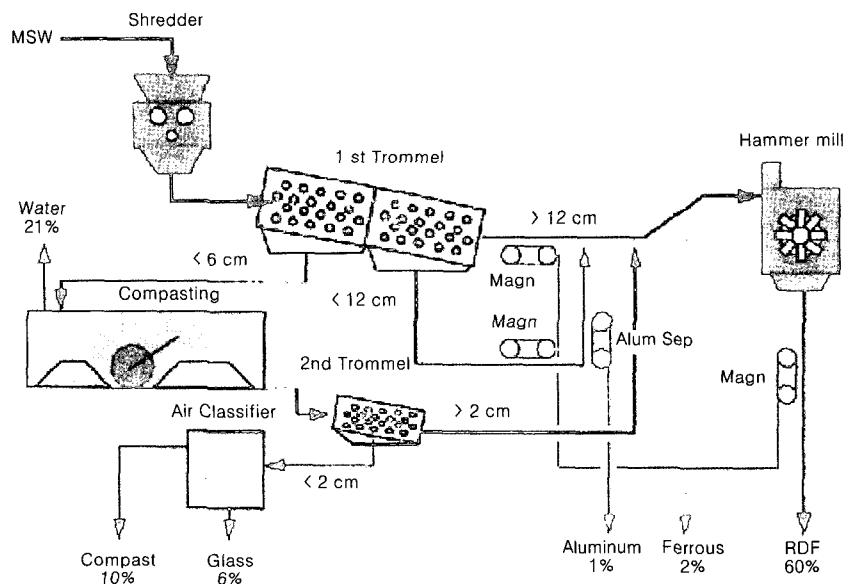


그림 2. Fluff RDF 제조 공정.

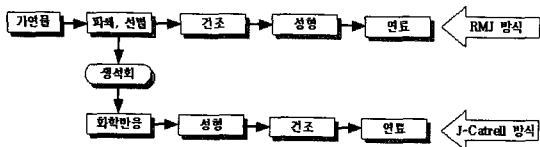


그림 3. Densified RDF 제조 공정.

최근 이탈리아 Romellina 에너지 리사이클링 WTE 설비도 이와 동일한 시스템이 적용되었는데, 이 곳의 폐기물 처리량은 년 20만톤으로 1개의 예비라인을 포함하여 3개의 폐기물 분리 및 RDF 생산라인을 설치하였다. 하루 700톤의 폐기물로부터 유리 및 유기물, 유가금속 등을 분리하고 수분을 제거하여 투입량의 60% 정도인 약 450톤의 RDF를 생산한다. 생산된 RDF의 크기는 98%가 90 mm 이하인 fluff 형태이며 발열량은 약 3,000 kcal/kg으로 17 MW 급의 발전기 구동을 위한 순환유동층 연소로의 연료로 이용된다.

3.2 Densified RDF

Densified RDF를 제조하는 공정은 그림 3과 같이 크게 2가지 방식으로 구별이 되고 있다. 일본의 RMJ (Recycle Management Japan)사가 개발한 기술은 폐기물을 우선 파쇄, 선별한 후 건조하여 수분을 10% 이하로 한 후 성형을 하는 방식이다. 건조과정에 필요한 에너지는 외부에서 공급되는 증기나 폐열을 사용하기도 하고, 생산된 RDF 일부를 연료로 사용하는 보일러를 가동하여 필요한 열을

공급하기도 한다. 생산된 RDF의 부패를 방지하여 악취 발생을 억제하고 장기 보관성을 높이며, 연소과정에서 발생하는 황산화물과 염화수소를 중화시켜 대기오염물 발생을 억제하기 위해서 성형과정 중에 소량의 소석회를 첨가하기도 한다.

J-Cartell에서 개발한 RDF 제조방식은 폐기물의 파쇄와 선별과정 후 바로 생석회를 5~10% 정도 투입한다. 생석회와 폐기물 내 수분의 화학반응에 의한 고온을 발생시켜 폐기물을 멸균처리하고 1차 건조시킨 후 성형을 하여 RDF를 생산하고 다시 2차 건조를 시켜 최종 제품을 생산한다.

이와 같이 일정한 형태를 갖는 고품폐기물연료 RDF 제조기술들은 원래 유럽에서 개발되었으나 일본에서 본격적으로 상용화에 성공한 기술들로 현재는 공정이 복잡한 J-Cartell 방식보다는 대부분 RMJ 방식이 일본 시장을 주도하고 있다.

3.3 국내 RDF 제조기술 현황

RDF 제조에 대한 국내의 연구개발은 1980년대 부터 시작되었으나 본격적인 연구개발은 1990년대 중반부터이다. 국내에서 개발된 RDF 생산기술은 대부분 densified RDF를 제조하는 기술로 그 형태나 크기는 업체에 따라 다소 차이가 있으나 기본적인 생산공정의 구성은 일본과 큰 차이가 없다. 그림 4는 국내 K사에서 개발한 RDF 생산공정으로 기본적인 시스템은 크게 폐기물 투입, 1차 선별, 건조, 2차 선별, 성형, 냉각시스템으로 구성되어 있다.⁷

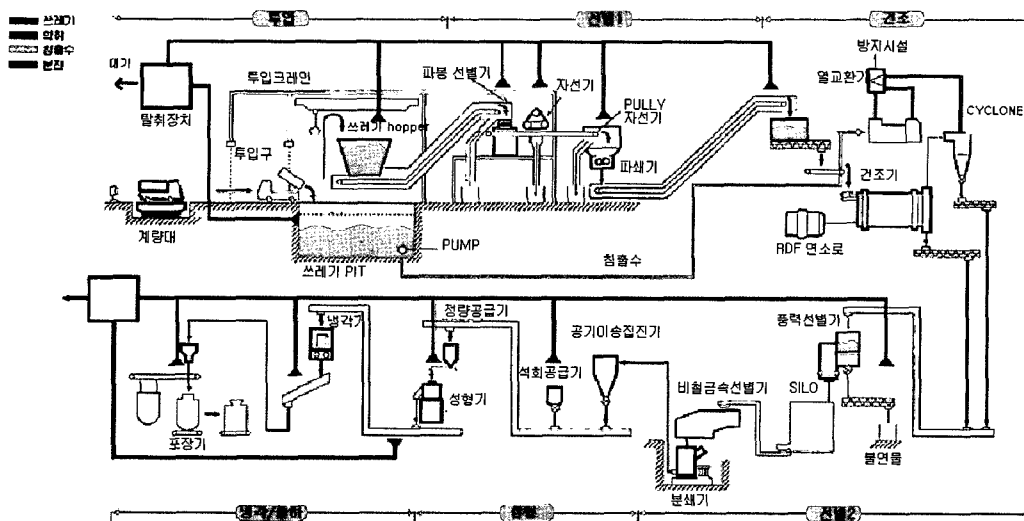






그림 4. 국내 K사의 폐기물고형연료 제작공정.

표 2. 국내 RDF 특성

제조사	G 사	K 사	T 사	H 사
모양				
형태 크기	원형 실린더형 20 mm	원형 실린더형 15 mm	사각 실린더형 30 * 40 mm	사각 실린더형 30 * 40 mm
발열량 (kcal/kg)	4,330	5,860	6,150	5,140
제조원료	생활쓰레기	매립장쓰레기	고분자쓰레기	생활쓰레기
용도	대형보일러 시멘트킬른	대형보일러 시멘트킬른	시멘트킬른 소형난방	시멘트킬른 소형난방

수거된 생활폐기물은 쓰레기봉투를 파봉하여 캔을 분리하고 자력에 의해 금속류를 분리하고 파쇄기를 거쳐 건조기에 유입되어 수분이 건조된다. 건조에 필요한 열량은 보일러로부터 공급되는 열풍을 이용한다. 건조된 폐기물로부터 풍력 선별에 의해 유리, 도기류 등 불연성분을 분리하고 이어서 비철금속을 분리하면 전처리가 완료된다. 이러한 폐기물에 석회석을 혼합, 성형기에 공급하여 일정한 형태의 RDF를 생산한다. 성형기에서 생산된 RDF는 고온, 고압에서 성형이 이루어지기 때문에 냉각과정을 거쳐 실온에서 보관한다.

현재 국내의 여러 중소기업에서 RDF를 시험적으로 생산하고는 있으나 대규모 사용처가 없어 상용화는 지연되고 있다. 표 2는 국내에서 시험적으로 생산된 RDF의 특성을 비교한 것으로 일정한 모양을 하고는 있지만 그 형태나 크기는 업체별로 다르다. 생산된 RDF의 형태는 직경 15~20 mm 정도의 원통형 또는 사각형이 있으나, 업체에 따라서는 직경이 200 mm 이상 되는 대형의 RDF를 생산하는 곳도 있다. 발열량은 4,000~6,000 kcal/kg으로 원료의 조성에 따라 차이가 있으며, 생활폐기물 보다는 매립장 정화과정에서 수거된 폐비닐이나 사업장에서 배출되는 고분자폐기물의 경우가 40~50% 정도 높다.⁸

생산된 RDF의 조성을 보면 표 3과 같이 휘발분이 약 75%, 고정탄소가 10~20% 정도로 가연분이 85% 이상을 차지하고 있어 일반적 연료인 석탄과 비교해도 큰 차이가 없다. 수분은 일본에서 생산된 RDF의 경우 3.5~5% 범위로 상당히 유사한 반면 국내에서 생산된 RDF는 업체에 따라 1~10% 범위로 편차가 컸는데 이는 시료 생산 후 시

표 3. 국내 RDF 조성

구분	수분 (wt%)	휘발분 (wt%)	고정탄소 (wt%)	회분 (wt%)	원소분석 (dry-wt%)					
					C	H	N	O	S	Cl
G 사 (생활)	9.8	76.4	11.6	10.0	53.10	7.32	1.03	38.35	0.09	0.11
T 사 (고분자)	2.7	76.9	8.6	11.8	67.63	6.62	0.02	24.91	0.07	0.75
H 사 (고분자)	0.6	73.0	7.7	18.7	62.76	6.21	1.43	29.28	0.24	0.08

간의 경과 및 보관상태에 따른 차이로 보인다. 회분은 생활폐기물을 원료로 한 RDF는 10~15% 범위로 일본의 RDF와 거의 유사하며 고분자폐기물을 사용한 국내의 RDF는 원료의 초기 상태에 따라 10~20% 정도로 차이가 있다. 고분자폐기물을 원료로 하는 경우 폐기물 자체만으로는 성형에 문제가 있기 때문에 적당량의 폐지 등을 혼합, 유동성을 조절하여 RDF로 제조하는 것이 바람직하다.

4. 연료로서 RDF의 특성 및 장점

RDF는 그 제조 과정에서 수분의 대부분을 없애고, pellet 형태로 고형화해 안정화한 고체 연료라는 관점으로 본 경우, 석탄에 준하는 연료 특성을 가지고 있다. 즉 RDF는 고체연료가 가지는 범용성을 다음과 같이 충족시키고 있다. 첫째로 발열량이 2,800~7,000 kcal/kg으로 발열량이 비교적 높다 (역청탄 : 6,200 kcal/kg). 둘째로 발화가 쉽고, 연소반응성이 좋다. 셋째로 pellet 형태로 고형화하여 수송성이 좋고, 장기 저장도 용이하다.

따라서 RDF를 제조하여 소각에 이용하는 것은 도시쓰레기를 직접 소각하는 것에 비하여 여러 가지 장점을 지니고 있다. 발열량이 도시쓰레기의 2,500 kcal/kg보다 상당히 높으며 열량 범위도 비교적 일정하게 변동하기 때문에 일반 폐기물에 비하여 연료로서 가치가 매우 높다. RDF는 폐기물을 압축가공한 것으로 밀도가 크고, 부패 및 악취 발생이 억제되어 저장성과 수송성이 뛰어나며 정형화된 연료의 특성을 가지고 있어 일반 폐기물보다 제어설비가 적게 필요하고 연속운전과 운전제어가 훨씬 용이하다는 장점을 가지고 있다.^{6,7} 또한 배가스 처리에 있어서도 SO_x, NO_x, HCl, Dioxin 등의 생성을 최소화하는데 유리하다. 첨가제의 Ca 성분분에 의해서 S 성분의 고정화로 SO_x가 감소되며, RDF의 제조과정에서 N과 NH₃ 성분이 반응하여 연료 NO_x의 저감이 가능하다. 다이옥신의 경우 RDF 내 수분함량이 낮아 안정적인 연소가 가능하여 다이옥신 생성이 억제되며, 첨가제의 Ca 성분이 Cl 성분을 고정화시켜 전구물질을 제거하기 때문에 다이옥신의 생성을 저감시킬 수 있다.^{8,9}

5. 고분자폐기물의 발생현황, 처리현황 및 이용 전망

5.1 국내의 고분자폐기물 발생현황 및 처리현황

국내에서 발생하는 폐기물의 양은 2000년 기준 하루 219,614 톤 정도로 추산된다. 이 중 고분자 폐기물은 9,800 ton/day로 국내 폐기물 총발생량의 약 4.5%를 차지하고 있다.¹⁰⁻¹² 국내에서는 폐기물을 배출발생원에 따라서 크게 일반폐기물과 사업장계폐기물로 구분하고 있으며, 1996년 이후로는 사업장계폐기물에서 건설폐기물을 분리하여 폐기물의 발생 및 처리현황을 조사하고 있다. 표 4는 국내에서 발생하는 폐기물 중에서 고분자 폐기물의 처리현황과 발생량을 나타낸 것으로, 발생원에 따라 각각 사업장계폐기물 4,606 ton/day, 일반폐기물 3,885 ton/day, 건설폐기물 1,310 ton/day이 배출되는 것으로 조사되었다. 배출된 폐기물의 처리는 소각이 4,531 ton/day로 총 발생량의 46%를 차지하여 가장 많은 양이었으며, 다음으로 매립이 2,818 ton/day로 29%를 처리하였으며, 재활용은 1,310 ton/day로 가장 낮은 25%를 처리하는 것으로 나타났다.

표 4. 국내 고분자폐기물의 발생량 및 처리현황 (2000년 현재)¹³

		(단위 : 톤/일)			
발생원		매립	소각	재활용	발생량
일반생활계 고분자폐기물	고무폐혁류	750	260	4	1,014
	플라스틱류	1,378	549	26	1,953
	재활용플라스틱류	24	12	881	917
	합계	2,152	821	911	3,884
사업장배출 고분자폐기물	폐섬유, 천류	93	471	172	736
	폐합성수지	301	2,330	754	3,385
	폐합성고무	15	103	268	386
	폐피혁	4	42	53	99
	합계	413	2,946	1,247	4,606
건설폐기물	합성수지류	252	764	294	1,310
총 합		2,818	4,531	2,451	9,800
비율 (%)		29	46	25	100

RDF의 제조는 일반생활폐기물을 사용하여도 가능하지만, 고분자쓰레기를 선별하여 제조할 경우 발열량이 40~50% 정도 높기 때문에 연료로서 가치가 큰 RDF를 제조할 수 있다. 2000년 기준 하루 평균 고분자 폐기물 배출량인 9,800 톤 중에서 재활용 2,451 톤을 제외한 7,349 톤의 고분자 폐기물은 RDF로 제조가 가능한 폐기물이다. 이 중에서 다시 RDF 제조에 용이하도록 선별된 폐기물 양은, 약 50%인 3,675 ton/day이며 연간 총량으로 환산할 경우 134만 톤에 이를 것으로 추정된다. 이를 RDF로 만들 경우 약 107만 톤 정도인데, 에너지로 환산할 경우 약 73만 TOE에 달하는 것으로 평가되어 3,998억원 에너지절감 효과가 기대된다.

5.2 고행연료의 활용 방안

5.2.1 RDF 발전

앞에서 논의된 바와 같이 고분자 폐기물의 경우 kg 당 약 4,000~7,000 kcal의 발열량을 가지고 있어 더욱이 좋은 발전연료가 된다. 특히, 정부 또한 폐기물에 잠재되어 있는 에너지야 말로 상업화에 가장 근접한 대체에너지원으로서 많은 관심을 가지고 있는 것도 사실이다.

RDF를 이용한 발전의 장점은, 첫째로 종래 발전을 할 수 없었던 중소 규모의 폐기물 처리 시설에서 생산된 RDF를 한곳에 집중시켜 대규모화된 집단에너지 설비에서 연료로 사용이 가능하기 때문에 고효율로 전력 등 에너지 생산이 가능하다는 것이다.^{14,15} 둘째로, RDF 제조공정의 전처리과정에서 중금속 및 유해성분을 분리하고, RDF에 석회석 혹은 소석회의 형태로 첨가되는 수산화칼슘에 의하여 Di-

oxins and Furans 등 유해가스 발생량을 상당량 줄일 수 있다는 것이다. 마지막으로 양질의 안정된 RDF를 대형 보일러에서 대량으로 연소시킴으로써 증기온도 500 °C 이상까지 올려서 발전효율을 30% 이상 까지 향상시킬 수 있다는 것이다.

5.2.2 하수슬러지와 혼소기술

국내 하수처리량은 급격히 증가하는 추세에 있으며 하수처리장에서 발생하는 유기성 슬러지의 양도 급격한 증가추세이다. 현재 60% 수준에 머무르고 있는 하수처리율을 2005년도 80 %로 향상시킬 계획이므로 하수슬러지 발생량은 1999년 145만톤에서 2005년에는 230만톤 이상이 될 것으로 예상된다.

국내 하수슬러지처리를 위한 방법에는 매립, 해양투기, 소각 및 퇴비화 등이 있으나 조만간 직접 매립이나 해양투기가 금지될 예정이어서 소각은 피할 수 없는 처리방법 중 한가지이다. 하지만, 하수슬러지는 수분함량이 80~85% 가량으로 소각처리를 위해서는 건조나 기계적 탈수 등으로 수분함량을 65% 이하로 줄여야 하나 에너지의 과다사용 및 기술적 한계에 부딪쳐 있으며, 연소시 상당량의 보조연료를 사용하여야 하므로 많은 에너지의 소비로 인하여 에너지 수입국가인 우리나라로서는 이의 해결을 위한 기술개발이 시급한 상황이다. 이러한 측면에서 하수슬러지 연소에 필요한 연료로서 발열량이 높은 RDF를 사용하는 것은 에너지 절약에 도움을 줄 것으로 기대되며, 또한 하수슬러지와 고분자폐기물을 동시에 처리할 수 있는 환경 친화적인 기술로 판단된다. 하수 슬러지의 연소에 필요한 에너지를 발열량이 높은 고분자폐기물로부터 RDF를 제조하여 혼소시킬 경우 80~85% 정도의 하수 슬러지 1톤을 보조연료 없이 자연연소하는데 약 160 kg 정도의 RDF가 필요한 것으로 평가된다.

5.3.3 에너지 다소비산업의 보조연료로의 활용

대표적인 에너지 다소비산업으로 알려진 시멘트 산업과 철강산업의 경우 막대한 에너지를 사용하고 있으며, 설비의 특성상 외국으로부터 유연탄을 수입하고 있다. 시멘트 산업의 경우 국내 총 시멘트 생산량은 연간 약 6,000 만톤이며, 시멘트 1 kg당 720 kcal 정도의 열공급이 필요하고, 이를 위하여 현재 연간 약 3,500 억원의 유연탄을 외국에서 도입하고 있다. 이 중에서 약 5%는 RDF와 같은 대체연료를 사용해도 공정상 무리가 없을 것으로 예측되고 있다. 이는 시멘트킬른의 내부온도가 1,200 ~ 1,300 °C를 유지함은 물론 체류시간이 길어서

유해성분이 거의 완벽히 분해되므로 일부 산성가스의 발생을 제외하면 2차 공해가 거의 없다는 장점을 가지고 있다.

활용사례를 보면, 일본에서 페플라스틱 등의 고분자 RDF를 시멘트킬른에 최초로 상용화시킨 토쿠야마(徳山)시멘트의 경우 폐기물의 형상, 크기 및 무게에 관계없이 광범위한 고분자 폐기물을 대상으로 하고 있으며, 페플라스틱을 파쇄한 후 시멘트킬른에 넣어 넣어서 연소시켜 열원으로 사용하고 무기성분의 연소재는 시멘트의 원료로 활용한다. 제조공정은 먼저 Apron conveyor에 의해서 페플라스틱이 400 kW 1축식의 파쇄기에 공급되어 파쇄되고 입자의 크기는 밑에 설치된 screen의 mesh 크기에 의해서 조정되어 필름, sheet 등의 얇은 것은 30 mm 이하로 파쇄 후 킬른까지의 250 m를 공기로 수송하고 저장조에 일단 모아둔다. 저장조에서는 정량적으로 분출되어 계량기를 거쳐 노즐에 의해서 킬른으로 불어넣는다. 성형품, 블록형태 등의 무거운 것은 20 mm 이하로 입상으로 파쇄한 후 연료화 플랜트 내의 저장조에 저장한다. Shovel car에 의해서 입상페플라스틱 공급 시스템에 투입 후 계량해서 노즐로부터 킬른으로 불어넣는다. 현재 가동 중인 1기에서 연간 15,000톤을 사용하며 연간 100,000톤을 목표로 신규 2기를 추가로 건설하는 것을 추진하고 있다. 국내 시멘트업계에서 RDF를 보조연료로 사용하면 연간 175억원의 유연탄 수입 대체효과가 기대되는 것으로 평가되며, 철강산업의 고로에서의 철강 환원과 탄화수소화합물의 단량체 회수시에 고분자 RDF를 활용할 경우 이는 막대한 대체에너지원이 될 수 있을 것이다.

6. 맺 음 말

국내의 경우 폐기물 소각 비율이 2000년 현재 생활폐기물은 11.7%, 사업장폐기물은 6.3%로 특히 생활폐기물의 경우 매립이 41.3%나 되고 있어 매립장의 확보도 문제가 되고 있다. 중장기적으로 생활폐기물의 소각 비율을 2011년까지 30% 까지 높이는 목표로 하고 있지만 폐기물의 단순 소각처리는 폐기물 성장에 따른 연소시스템의 불안정으로 대기오염물의 배출로 사회적인 문제가 되어왔으며 에너지 회수효율이 낮은 문제점이 있다. 또한 우리나라는 에너지 자원의 해외 의존도가 97% 이상으

로 에너지 수입에 의한 국가 경비의 지출을 줄이는 것은 물론 에너지 안보차원에서 폐기물로부터 대체에너지 자원의 확보를 증대시켜갈 필요가 있다. 폐기물로부터 에너지를 회수하는 기술은 실용성이 뛰어나며 폐기물에서 증기나 전력 등의 유용한 에너지를 생산한다는 점에서 대체에너지 중에서도 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

폐기물을 고품연료인 RDF로 제조하여 에너지원으로 사용하면 에너지 회수 효율이 크게 증가하고 다이옥신 배출 등 대기오염물의 배출도 크게 저감시킬 수가 있다. 또한 RDF 자체는 열량도 높고 보관성이나 수송 등도 용이하기 때문에 일반 석탄 등과 비교하여 손색없이 연료로 사용이 가능하다. 그러나 폐기물고형연료에 대해서 국내에서는 아직 연료로서 사양이나 규격이 제정되어 있지 못하고 있으며, 또한 대형의 에너지 생산시스템에 적용을 고려한 최적 형태의 RDF가 생산되지 못함으로써 RDF 소비처 확보도 미흡한 실정으로 RDF 보급화가 지연되어 왔다.

생활폐기물은 물론 고분자 폐기물을 에너지원으로 활용하기 위해 RDF 제품의 규격화를 위한 사전연구, 연소시스템과 연계한 최적의 RDF 제조 연구개발 등이 활발히 수행되고 있으며, RDF 제조 및 에너지 생산설비의 시범보급사업이나 지역에너지사업의 추진에 대해 정부는 물론 관심을 갖고 참여하고자 하는 단체 및 업체가 계속 증가하고 있어 국내 기술의 상용화 시기는 수년 내로 크게 앞당겨질 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 이재홍, "대체에너지 개발·보급확대를 위한 정책 방향", 한일 RDF 세미나 자료집, 삼성엔지니어링(주), 1-20, 2001.
2. P. O' Connor John, "RDF Plant : Centerpiece in an Integrated Waste System", *Solid Waste & Power*, 1992.
3. 김석준, 최연석, "국내외 RDF 제조 및 이용기술 현황과 향후 기술동향", 한일 RDF 세미나 자료집, 삼성엔지니어링(주), 119-153, 2001.
4. E. S. Robert, *et al.*, "Environmental Characterization of RDF Incinerator Technology", *AIChE*, 1988.
5. K. M. Rashid, "Clean Energy from Waste & Coal", American Chemical Society, Washington DC, 1992.
6. B. C. Shin, J. Y. Lee, and H. W. Choi, "The Development of RDF Technology, International Collaboration to Solve Environmental Problems in Asia", Korean Environmental Health Society, 77-83, 2002.
7. 이하백, "폐기물 처리 및 재활용 특강", 한국화학공학회 유동충부분위원회, XVI-1~19, 2001.
8. 신병철, "RDF 제조 및 연소기술", 폐기물의 에너지화 기술 세미나, 폐기물연구회, 35-55, 2002.
9. 김영재, "RDF 기술의 현상과 과제", 폐기물고형연료(RDF) 제조 및 이용기술 워크샵, 한국기계연구원 열유체환경연구부, 37-62, 2000.
10. K. Namba, *et al.*, *Journal of The Japan Society of Waste Management Expects*, **6**(7), 302 (1998).
11. G. Piao, S. Aono, M. Kondoh, R. Yamazaki, and S. Mori, *Waste Management*, **20**, 443 (2000).
12. G. Q. Liu, Y. Itaya, R. Ymazaki, S. Mori, M. Yamaguchi, and M. Kondoh, *Waste Management*, **21**, 427 (2001).
13. 환경부, "2000년 전국 폐기물 발생 및 처리현황", 2001.
14. S. Mori, "일본의 RDF 관련 정책 및 관련업체 현황", 한일 RDF 세미나 자료집, 삼성엔지니어링(주), 155-188, 2001.
15. 신병철, "RDF 제조 및 이용기술, 생산자책임재활용과 플라스틱 재활용 활성화", 산업폐기물 재활용 기술개발사업단, 161-173, 2002.