

국내 생활폐기물 RDF 기술개발 동향

이 하백¹⁾, 최 연석²⁾

Status of Technology development of RDF for municipal wastes in Korea

HaBaik Lee, YeonSeok Choi

Key words : RDF(폐기물고형연료), RDF Plant(폐기물고형연료화 설비), Municipal Waste(생활폐기물), Ring Dies Pelletizer(링다이스 타입 성형기), Wind Separator(풍력선별기), Wonju RDF Plant(원주시 고형 연료화 시설)

Abstract : RDF means Refuse Derived Fuel, it is made pellets with combustibile materials in municipal waste and RDF use a renewable energy instead with natural coal. RDF Technology is a essential one to treat municipal waste steadily and secure a energy source in Korea. Already RDF Technology commercialize in Japan, USA, Europe and there are many of RDF production plants and utilization facilities. The first RDF plant was constructed in Wonju Korea in October 2006 and is good operation. Government accelerate establishment of concerning laws and support to develop technology and spread RDF plants and utilization facilities.

Nomenclature

t/d : ton/day

subscrip

RDF : refuse derived fuel

1. 서론

산업화가 진행되어 인구가 도시로 집중되고, 사회구조와 생활방식이 대량생산, 대량소비 형태로 변화하면서 발생하는 폐기물도 다양화, 난분해화하여 자연의 자정작용만으로는 해결될 수 없는 사회문제로 대두됨에 따라 폐기물을 분리수거하여 대단위시설에서 처리하는 과정이 불가피하게 되었다. 폐기물이 한 지역으로 집중되고 대량으로 처리되게 되면서 특정 한지역의 환경오염이 심화되고 Nimby현상을 유발하게 되었으며, 오염물질이 배출이 저감되는 시설을 설치하기 위해 많은 투자가 요구되었으며, 사회·경제적 문제를 수반하게 되었다.

이러한 폐기물로 인한 환경문제를 해결하기 위해서는 보다 효과적 기술과 적극적인 정책적 관리가 필요하게 되었으며, 21세기에 당면한 자원 고갈 및 에너지문제로 인하여 폐기물을 이용하여 에너지원으로 사용할 수 있는 기술에 대하여 더

욱 더 많은 관심을 가지게 되었다. 폐기물 문제가 현대사회의 대량생산·대량소비 사회경제체제에서 비롯되었기에 때문에 이를 효과적으로 극복하기 위해서는 대량생산·대량소비 체제를 지속가능한 자원순환형 사회경제 체계로 전환시켜 나가고, 기술개발을 통하여 저렴한 비용으로 폐기물을 안전하게 처리하는 등 종합적이고 근본적인 접근이 필요하였다. 이러한 차세대 폐기물처리방식을 표명한 많은 폐기물 자원화 기술이 대두되었으며, 그 중 가연성폐기물의 처리에 있어 가장 안정적인 동시에 잠재 에너지를 효과적으로 이용할 수 있으면서 가장 경제적인 설비로 대두된 것이 RDF 기술이다.

RDF는 신재생에너지원인 고형연료로서 활용되어 연소가 안정적이며 함수율이 10%미만이고 발열량의 변동이 적어 연소로 내 온도의 관리가 용이하다. RDF시설은 소각처리시설과 비해 설비비가 저렴하며, 다이옥신과 같은 유해가스나 소각재 등의 발생이 현저히 적은 설비이다.

1) (주)고려자동화

E-mail : hablee@yahoo.co.kr

Tel : (055)329-4271 Fax : (055)329-4255

2) 한국기계연구원

E-mail : yschoi@kimm.re.kr

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

2. 국외 RDF 기술현황

이미 일본, 미국, 유럽에서는 각국의 폐기물 성상에 적합한 RDF플랜트를 20~30년 이상 가동 중이며 제조된 RDF는 지역냉난방, 발전시설 등에 신재생에너지원으로 사용 중이다.

2.1 일본

1997년 Dioxin 규제 강화이후 기존의 가연성 폐기물처리방식이었던 소각에서 RDF로 급성화하여 가와사키제철을 중심으로 RDF 사업이 급성장하였다. 2007년 현재에는 약 80여기의 RDF시설이 운영 중에 있으며, 지속적인 건설계획을 가지고 있다. 일본에서 RDF가 이렇듯 급격하게 발전할 수 있었던 것은 RDF시설 설치에 대한 일본 정부의 노력과 경제적인 지원이 있었기 때문이다. 이러한 사회적 움직임속에 766개 지방자치단체가 참여하여 "RDF 전국 자치단체회의"를 결성하여 RDF사업 활성화를 위한 노력이 지속되었다. 정부와 지방자치단체의 호의적인 환경과 함께 일본의 RDF PLANT 건설과 RDF 활용시설의 건설은 현재에도 지속되고 있다.

Table 1 일본의 대표적 RDF PLANT 가동현황

소재지	용량(t/d)	설치시기	용도
북해도	200	1990	지역냉난방
나라현	8	1990	열원
군마현	40	1991	보일러연료
오오이타현	20	1994	열원
시즈오카현	150	1995	열원
토야마현	200	1995	열원

위의 Table 1은 일본의 대표적 RDF PLANT 가동현황을 나타낸 것이며, 아래의 Fig. 1로 일본의 RDF PLANT 분포도를 나타내었다.

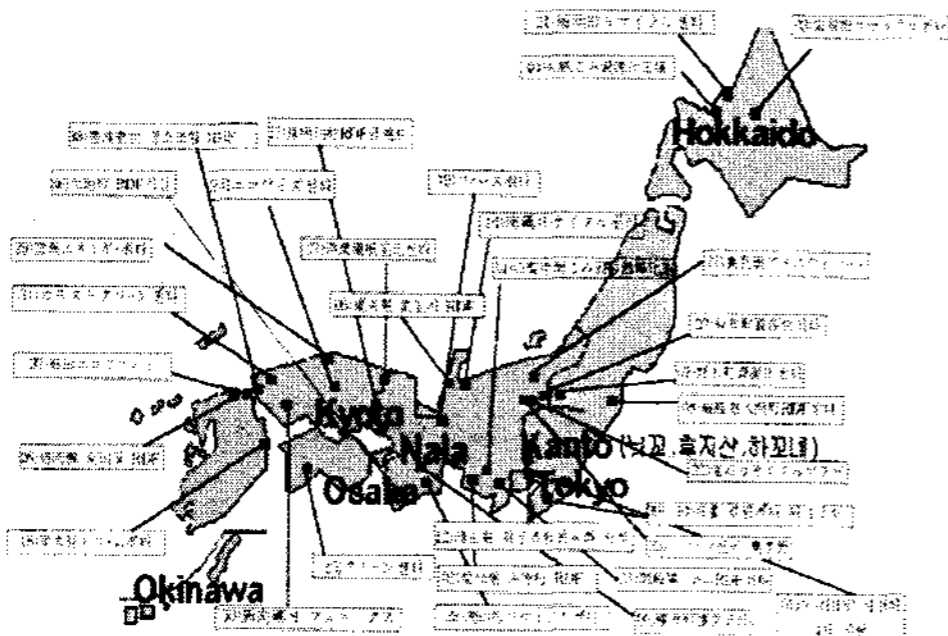


Fig. 1 일본의 RDF PLANT 분포도

2.2 미국

유럽에서 전파되어 발전원의 하나로 RDF 기술을 도입한 미국은 하루 2,000~3,000톤의 가연성 폐기물을 처리 가능한 대형시설이 대부분이며 약 30여기를 보유하고 있다. 미국의 폐기물 특성이 수분이 적고 발열량이 높은 가연분이 대부분 이어서 선별에 큰 비중을 두고 있어 RDF 제조시설과 활용시설을 한 위치에 건설하여 Fluff Type

RDF를 활용한 발전이 주류를 이루고 있다.

아래의 Table 2는 미국의 대표적 RDF PLANT 현황을 나타낸 것이다.

Table 2 미국의 대표적 RDF PLANT 가동현황

소재지	용량(t/d)	설치시기	용도
Akron, Ohio	1000	1978	지역난방
Niagra Falls, N.Y.	2200	1981	병합발전
Dade County, Fla.	3000	1982	발전
Reuter, Minn.	400	1987	성형RDF판매
Portsmouth, Va.	2000	1988	증기생산
Honolulu, Hawaii	2800	1989	발전
Detroit, Mich	3300	1989	발전

2.3 유럽

유럽은 RDF 기술의 발상지로서 대부분의 국가에서 RDF PLANT를 보유하고 있다. 거의 다수가 d-RDF이며, 제조된 RDF는 지역난방용, 중소산업 보일러용 연료로 활용되어지고 있다. 대학 및 산업연구소를 중심으로 RDF 제조 및 연소, 대기오염물질 제어기술 등에 관한 연구는 현재에도 계속되어지고 있다.

Table 3 유럽의 대표적 RDF PLANT 가동현황

국가	소재지	용량(t/d)	설치시기	용도
영국	Byker	240	1980	열원
독일	Herten Rhur	1000	1982	열원
스웨덴	Kovik	240	1981	열원
스위스	Moudon	200	1988	열원
프랑스	Yerres et Serart	150	1977	열원

3. 국내 RDF 기술현황

1980년대부터 유럽 및 미국의 RDF시설을 국내에 도입하여 설치한 사례가 있었으나 국내 폐기물 성상에 부적합하였고, 기술적, 운영상의 문제점을 노출하고 모두 실패하였다. 그러나 1998년 순수국내기술로 폐기물고형연료 설비를 구축하는데 성공하였으며, 지역별, 계절별 불연물 및 수분함량 등 국내의 쓰레기 성상에 적합한 공정을 확립하였다. 또한 2006년 10월 국내 최초의 RDF 시설인 '원주시 생활폐기물 연료화시설'을 준공하여 운영하기에 이르렀다.

3.1 유럽 RDF시설 도입사례

1983년부터 1988년까지 서울 난지도에 하루 1,500톤을 처리할 수 있는 설비가 설치되었다. 이 설비는 덴마크의 I.Kruger사에서 제작, 설치하였으나 폐기물의 분리수거가 되지 않던 당시의 폐기물 성상을 고려하지 않고 설치되어 폐기물 중의 연탄재 함량 과다 등의 이유로 운영상의 문제점을 노출하고 실패하였다. Table 4로 폐기물 분리수거 전후의 폐기물 성상을 나타낸 것으로 분리수거 전 연탄재의 비율이 44.5%로 매우 높았음을 알 수 있다.

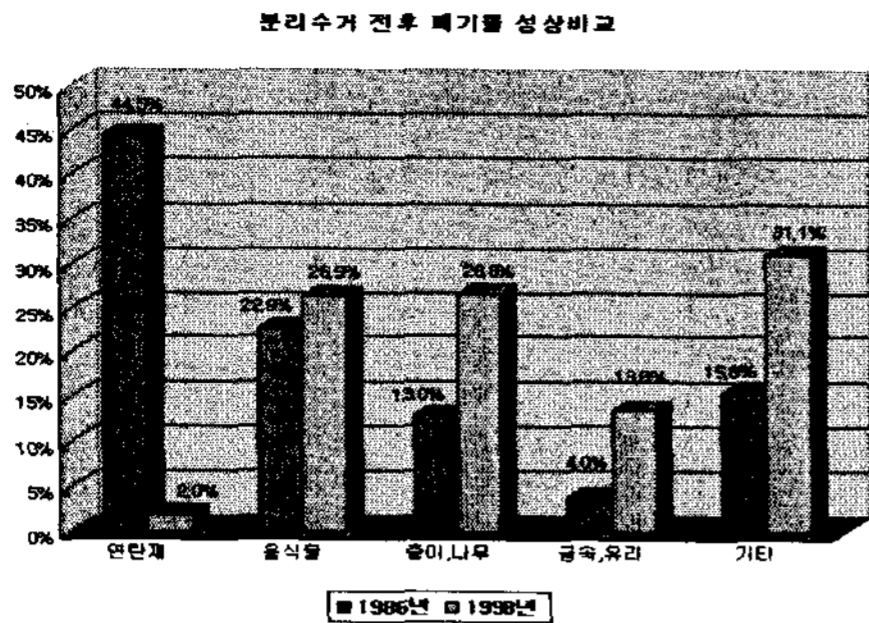


Fig. 2 분리수거 전후 폐기물 성장비교

3.2 미국 RDF시설 도입사례

1991년 진해, 청주, 광주시에 미국의 월드크리너사로부터, 군포시에 GEC사로부터 RDF 시설을 도입하여 설치한 사례가 있었다. 그러나 공정이 불안정하여 많은 기술적 문제점을 노출하였으며, 제조된 RDF의 외경이 110mm로 커서 사용시설에 적합하지 못하는 등 운영상의 문제점도 노출하고 실패하였다.

미국의 RDF시설 도입, 실패 이후 국내 소수의 중소기업을 중심으로 자체 기술 개발시도가 있었으나 기술적 한계를 극복하지 못하였다.

3.3 국내 RDF관련 기술개발 현황

1998년 당사에서는 KIMM과 공동연구를 통하여 10t/d규모의 생활폐기물을 이용한 RDF 시설을 개발하였다.¹⁾ 분리수거 후의 국내 생활폐기물 성장에 적합하도록 설계되었으며, 전 공정을 자동제어시스템에 의해 제어하였다. Fig. 3은 1998년 설치된 RDF 시설이다. 2004년에는 상용규모의 내부순환, 완전밀폐형 2단 풍력선별기와 Ring Dies Type 성형기를 개발하여 RDF 설비의 핵심기술을 국산화하였다.²⁾ 개발기술들은 '원주시 생활폐기물 연료화시설'에 집약하여 적용하였으며, 80t/d 규모의 상용시설로 성공적으로 가동 중에 있다.



Fig. 3 생활폐기물 RDF화 시설 (1998년)

2006년 7월에는 당사와 KIER 등과 공동연구로 온수공급용 400kg/hr RDF전용보일러 개발을 완료하였으며,³⁾ 건물 냉·난방이 가능한 RDF전용보일러 시설을 원주시청사에 건설 중에 있다. 2007년에 들어서는 KIMM과 BDIC에서 석탄과 RPF 혼소기술을 개발하였으며, KIER에서는 1MW급 RDF전용 순환유동층 발전소를 개발하였다. 본

기술개발은 RDF전용발전소 건립의 밑거름이 되어, 원주시와 중부발전에서 2007년 중으로 기술개발을 시작하여 2010년 완공예정인 RDF전용발전소를 건립할 계획이다.

이렇듯 국내에서도 RDF제조기술과 RDF활용 기술 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 2006년 11월 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙' 및 2007년 1월에는 '대기환경보전법'을 개정하여 RDF제조 및 활용시설에 대한 법적제도를 완비하였다. 거의 모든 RDF관련 법적제도가 완비됨에 따라 국내 기술개발 의지가 높아질 것이며 그 사례도 늘어날 것이라 예상된다.

4. 원주시 생활폐기물 연료화시설

'원주시 생활폐기물 연료화시설(이하, 원주시 시설)'은 원주시 광역쓰레기 매립장 내에 위치한 생활폐기물 처리시설이다. 원주시 시설은 생활폐기물을 대상으로 가연성만을 선별하여 Pellet Type의 RDF를 제조하는 시설이며, 원주시 생활폐기물 반입기준으로 80ton/day(16hr/day가동)의 용량으로 설치되었다. 반입되는 대부분의 가연성 폐기물을 RDF화하여 신재생에너지로 사용하므로 기존 매립장의 매립량을 최소화하여 사용연한을 연장시키는 효과를 볼 수 있다.

4.1 공정

원주시 시설의 공정은 폐기물 수거차량에 의해 반입된 생활폐기물을 쓰레기 크레인에 의해 쓰레기 파쇄기로 투입하고, 파쇄된 폐기물은 1차 자력선별기를 통하여 철 성분을 제거하고 파쇄쓰레기 저장호퍼로 이송되어 일시 저장한 후 건조기로 정량 공급한다. 건조기에서 함수율 10%이하로 건조된 폐기물은 1,2차 풍력선별기에서 비중선별에 의한 금속류, 유리류, 돌, 흙 등의 불연물을 제거한 후 가연물분쇄기에서 40×40mm의 일정한 입도로 분쇄한다. 일정한 입도로 분쇄된 폐기물은 최종 선별로 2차 자력선별과, 비철금속 선별공정으로 거쳐 가연물만을 분쇄물 저장호퍼로 이송한다. 분쇄물 저장호퍼에 일시 저장된 가연물은 정량공급장치를 통하여 일정한 양을 성형기에 투입하여 Pellet Type의 RDF로 성형한다. 이 과정 중에 중화제를 일정한 비율로 혼합하여 연소 시 다이옥신발생 원인물질인 HCl의 중화처리에 기여할 수 있도록 한다. 일련의 과정을 거쳐 제조된 RDF는 진동스크린을 통해 미성형 잔재물을 제거한 후 Pellet Type RDF만을 이송한다. 또한 성형 후 약 40~60℃의 잠재열을 가지고 제조되는 RDF를 RDF 냉각기를 통하여 냉각시킨 후 반출시스템을 통하여 제품으로 포장 및 반출된다.

4.2 물질수지

원주시에서 발생하는 생활폐기물을 대상으로 2007년 2월 13일부터 21일까지 총 3일에 걸쳐 물질수지를 측정된 결과 Table 4와 같이 각각 53%, 45%, 57%의 결과를 얻었으며, 이는 당초 설계기준이었던 수율 50%에 매우 근접함을 알 수 있었다. 시험은 투입량 대비 선별공정에서 배출된 불연물의 양, 최종 제조된 RDF의 양을 바탕으로 수

분의 증발량을 산출하여 수율을 얻었다. 2006년 10월 가동시작 후 현재까지의 수율 또한 약 50%의 결과를 보였다. 현재 시험기간을 1년으로 하여 계절에 따른 생활폐기물 성상변화 및 물질수지를 얻기 위해 계속된 시험을 실시하고 있다.

Table 4 물질수지

구분	폐기물	1차자선	건조	풍력	2차자선	비철
불연물	0	5,470	27,014	1,239	299	198
비율(%)	0	7.3	36.0	1.7	0.4	0.3
투입량	75,040	69,570	42,556	41,317	41,018	40,820
불연물	0	3,669	33,472	1220	200	332
비율(%)	0	5.0	46.0	1.7	0.3	0.5
투입량	72,766	69,097	35,625	34,405	34,205	33,873
불연물	0	4,657	17,170	650	200	150
비율(%)	0	8.7	32.0	1.2	0.4	0.3
투입량	53,657	49,000	31,830	31,180	30,980	30,830

4.3 원주시 시설의 특징

원주시 시설은 설비비가 소각설비비에 비해 저렴하며, 낮은 운영비용으로 운영이 가능하다. 지역의 배출 폐기물 성상을 고려한 시설의 설계가 이루어졌으며, 전 공정을 자동화시스템으로 구성하여 최소인원으로 운전이 가능하도록 하였다. 또한 전 공정을 밀폐형으로 제작하여 공정 중 발생하는 먼지 및 악취의 비산을 방지하였으며, 집진설비 및 배가스처리장치로 대기오염물질의 발생을 최소화하며, 다양한 탈취설비를 통하여 악취의 확산을 방지하고 있다. 향후 타 폐기물 처리시설과 연계하여 종합처리 시스템 구축에도 매우 용이한 특징을 가지고 있다.

4.4 원주시 RDF의 특징

원주시에서 제조되는 RDF의 특징은 함수율이 5% 미만으로 장기간 보관이 가능하고 연소에 매우 유리하며, 발열량이 4,600kcal/kg 이상이고 열량분포가 균일하여 연소 시 연소로 내 온도관리가 용이하다. 또한 직경 15mm, 길이 43mm로 소형이어서 저장 및 운반이 용이하고 연소로에 정량공급이 안정적으로 이루어진다. 이러한 원주시 RDF만의 특징은 안정적인 연소특성을 나타내는 지표로 작용하여 신재생에너지원으로써의 높은 가치를 지닌다.

4.5 원주시 RDF의 활용

원주시에서 제조되는 RDF는 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률(2006.11.10. 개정) (이하, 재촉법)'에서 규정하는 생활폐기물 고품연료제품에 입각하며, Table 5와 같이 '한국환경자원공사'로부터 규격인증을 득하였으며, 원주시 RDF는 우수한 폐기물 고품연료임을 입증하였다.

원주시 RDF는 쌍용양회, 한라시멘트 등 지역 산업의 보조연료로 활용하고 있으며, 2007년 9월 경 시운전을 시작할 원주시청사 건물 냉·난방용 RDF전용보일러의 주연료로 활용할 계획이다. 향후 대형 시설원예농가 및 산업시설에 설치될 RDF 전용보일러의 주연료로 공급을 확대해 나갈 방침이다. 향후 산업자원부의 신재생에너지 기술개발

사업의 일환으로 진행될 RDF전용발전시설의 주 연료로도 활용할 계획이다.

Table 5 RDF 품질 및 성능

구분	재촉법 규격기준	원주시 RDF 규격
크기	직경	30mm이하
	길이	100mm
발열량	3,500kcal/kg이상	4,569kcal/kg("다"군)
수분	10%이하	1.29%
회분	20%이하	18.1%
염소	2%이하	0.96%(2등급)

4.6 기대효과

국내 최초로 순수 국내기술로 설치된 본 시설은 한국형 폐기물 고품연료화시설의 모범사례를 구축하는 효과를 얻을 것이다. 본 시설은 친환경적 설계와 운영방법을 통하여 폐기물 처리시설이 가지는 Nimby 등의 사회적 문제를 해결할 수 있을 것이며, 고발열량의 안정적 연소가 가능한 신재생에너지를 확보하여 국내 에너지사업에도 기여하게 될 것이다. 본 시설로 인하여 매립장의 사용기한이 연장시켜 국토의 효율적 활용에 기여할 것이다.

5. 결론

이미 일본, 미국, 유럽에서는 각국의 폐기물 성상에 적합한 RDF시설 20~30년 이상 사용 중이며, 설치계획중인 시설도 많다. 우리나라 정부에서도 법적제도 마련 및 기술개발, 보급사업 촉진을 위해 지원을 아끼지 않고 있으며, RDF에 대한 관심이 높아지면서 여러 기의 RDF플랜트 설치를 계획 중이다. 더 이상 폐기물은 처리하여 없애버려야 할 물질이 아니다. 폐기물에 잠재한 에너지를 효과적이고 안전하게 쓸 수 있다면, 화석연료에 국한되어 있는 에너지를 다변화 시키는데 큰 보탬이 될 것이다. 폐기물의 안정적 처리와 신재생에너지의 확보로 자원순환형 사회경제체제 구축을 앞당기는 계기가 될 것이다.

후 기

본 연구에 명시된 국내 기술개발은 환경부 '차세대핵심환경기술개발사업', 산업자원부 '신재생에너지기술개발사업'의 일환으로 수행되었습니다.

References

- 1) 최연석 외, 1999, 도시폐기물의 고품연료화장치 개발에 관한 연구 최종보고서
- 2) 이하백 외, 2004, 폐기물 고품연료 제조용 고효율 선별기 및 성형기 개발에 관한 연구 최종보고서
- 3) 이하백 외, 2006, 폐기물 고품연료(RDF) 전용보일러 기술개발에 관한 연구 최종보고서