

국내 폐기물 고형연료(RDF) 현황 및 전망

최연석¹⁾, 노선아²⁾

Current and Future State of Refuse Derived Fuel

Yeonseok Choi, SeonAh Roh

Key words : Refuse Derived Fuel(폐기물 고형 연료), waste (폐기물),

Abstract : Production, utilization and related regulation of refuse derived fuel in Korea have been discussed in this paper. Also, the expected future of RDF has been discussed. Although the interest about RDF has been increased continuously, there are many things that must be solved for the development of RDF industry. Compared with other developed country, inadequacy of regulation about RDF and the lack of possible utilization facility make the limitation for the development of RDF industry.

1. 서론

화석연료의 매장량이 얼마 남지 않았다는 위기의식과 고유가 상태의 지속으로 에너지 다소비 산업 구조를 가진 우리나라의 대체 에너지 개발은 시급한 현안으로 대두되고 있다.¹⁾ 우리나라의 대체에너지 비율은 2004년 현재 1.5%이며 그 중에서 90% 이상을 폐기물에너지가 차지하고 있고²⁾ 2011년의 대체에너지 목표치인 5%를 달성하기 위해서는 폐기물 대체 에너지가 50% 이상의 역할을 해주어야만 할 것으로 예상된다. 현재 대체 에너지의 90% 이상을 차지하고 있는 폐기물에너지는 활용 가능한 전체 폐기물에너지의 20% 이하인 것으로 추정되므로 미활용 폐기물에너지의 적극적인 활용여부가 대체에너지 정책 성공의 가장 중요한 요소로 작용할 것으로 판단된다.

한편, 폐기물의 처리에 있어 가장 중요한 것은 환경에 대한 영향을 최소화하는 것으로 '환경친화적인 폐기물에너지 회수'가 가능한 기술 개발이 중요하다. 이에 적합한 기술로서 선진국에서는 폐기물을 가공하여 석탄과 비슷한 고체연료로 만드는 폐기물고형연료화(Refuse Derived Fuel, 이하 RDF) 기술이 많이 이용되고 있으며 국내에서도 90년대 후반부터 본격적인 연구가 이루어지고 있다. 현재 원주에서 RDF 제조 시설 건설을 추진하는 등 본격적인 상용화가 진행되고 있으나 환경 공해 없이 RDF를 안정적으로 사용할 수 있는 대형수요처의 확보, RDF의 효율적 활용을 위한 제도 개선 등 시급한 현안이 남아있다.

이와 같이 국내 생산 RDF의 실태를 알아보기 위하

여 생산된 RDF의 특성 및 그 제조 시설의 현황, 국내 이용 현황, RDF와 관련된 제도 등에 대하여 각각 살펴보고 향후 RDF 산업 발전을 위하여 해결되어야 할 문제점과 RDF 산업의 발전 전망을 살펴보았다.

2. RDF 기술 현황

2.1 RDF의 특성

폐기물 중에 포함된 병, 강통과 같이 타지 않는 불연물을 제거하고 수분도 건조하여 제거하면 종이, 플라스틱과 같은 가연성분만 남게 된다. 이것을 분필이나 막대모양으로 성형한 것을 폐기물고형연료 또는 RDF(Refuse Derived Fuel)라고 부르며 경우에 따라 성형을 하지 않고 사용하기도 한다. 그림 1은 국내에서 개발된 RDF제조공정으로 생산한 페플라스틱RDF(RPF)의 모습이다.

폐기물을 가공하여 RDF로 만들면 다음과 같은 특성을 가지게 된다.

- 높은 칼로리 (High calorific value)

1) 최연석

E-mail : yschoi@kimm.re.kr

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

2) 노선아

E-mail : sos@kimm.re.kr

Tel : (042)868-7930 Fax : (042)868-7284

- 낮은 함수율 (Low water content)
 - 적은 회재량 (Low ash content)
 - 대기오염 저감 (Low pollutant emission)
 - 균일한 조성 및 크기
- (Homogeneous composition, size distribution)
- 수송 및 저장성 향상
- (Easy transport and storage)
- 취급 자동화 (Mechanical handling)

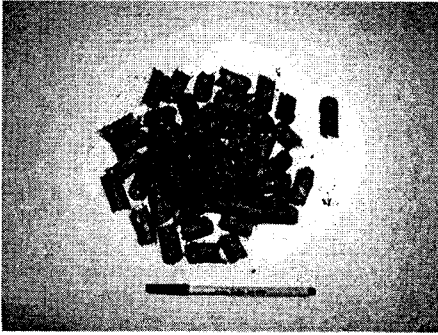


그림 1 페플라ستيك고형연료(RPF) 모습

생활폐기물RDF는 제조공정에서 불연물이 미리 제거되고, 작게 파쇄된 다음 혼합, 압축, 성형되므로 가연성분의 조성이 균일하여 발열량이 4,000~4,500 kcal/kg 정도인 연료가 된다. 발열량이 일정하므로 연소에 필요한 공기량이 일정하고, 또한 연료의 모양이 거의 일정하여 열전도가 균일하며 연소가 안정적이다. 표 1은 여러 나라의 RDF 샘플을 수집하여 측정한 발열량을 나타내었다. 폐기물의 조성에 따라 다소 발열량이 달라 질 수 있으나 대체로 균일한 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

2.2 RDF 제조

폐기물을 RDF로 만드는 공정은 폐기물의 종류에 따라서 달라지는데 페플라ستيك이나 폐목재와 같이 함수율이 낮아서 건조공정이 필요 없는 경우와 우리나라나 일본의 생활폐기물과 같이 함수율이 높아서 건조가 필요한 RDF공정으로 나눌 수 있다.

폐기물을 RDF화하는 공정은 제작사에 따라 다소 차이는 있지만 일반적으로 다음과 같은 선별, 파쇄, 건조, 성형공정으로 구성되며 RDF의 질을 높이기 위해서 부분공정을 2중 또는 3중으로 반복하는 경우도 많고 공정순서를 바꾸기도 한다.

- 선별공정

원료로 사용되는 폐기물을 RDF 생산에 알맞게 하고, 또한 사용목적에 지장을 주지 않도록 유리, 금속 등의 불연물을 풍력이나 자력 혹은 인력으로 선별하는 공정

- 파쇄공정

건조와 성형이 잘 될 수 있도록 원료의 크기를

- 균일하고 작게 파쇄 혹은 분쇄하는 공정
- ### - 건조공정
- 열풍과 같은 고온의 열원으로 원료를 가열하여 원료 속의 수분을 증발시키는 공정
- ### - 성형공정
- 가연물질을 사용하기 위해서 이동하거나 저장하기 편리한 형태로 성형하며 필요하면 공해가스 저감용 약품도 첨가하는 최종 단계

표 1. RDF 발열량 시험결과

		크기	재료	발열량 (kcal/kg)
한국 (KIMM)		외경 1~3cm	도시고형 폐기물	4533.6
일본 (H시설)		외경 1cm	도시고형 폐기물	4121.8
미 국	(원통)	φ 4.5cm	종이,플라 스틱	4281.3
	(정방 형)	3×3cm	종이류	3510.8
독 일		φ 7cm	목재	4403.2

이 밖에 음식폐기물이 포함된 폐기물의 RDF공정은 건조과정에서 발생하는 악취와 분진을 제거하는 공정이 필수적이고 또한 연소시 배출되는 다이옥신을 비롯한 유해가스의 저감을 위해 적절한 중화제를 첨가하는 것도 중요한 부분이다. 중화제로는 일반적으로 석회류가 사용되는데 유해가스가 산성이며 특히 PVC에 포함된 염소성분이 HCl 또는 다이옥신 등을 생성하므로 염소성분을 줄이는데 효과가 있고 값도 저렴한 석회를 첨가한다. 그러나 석회가 지나치게 많으면 회재의 양이 많아지므로 적당한 량을 첨가해야 한다. 건조기술은 일반적으로 고온의 열풍에 의한 직접 건조가 많이 이용되며 기타 생석회 반응열을 이용하는 방법도 있다.

성형기는 extruder, Ring-dies, flat-dies 등 여러 종류가 있다. Ring-dies 방식은 재료가 강제압력으로 dies 구멍을 통과하면 마찰열이 발생하고 이 열에 의해서 플라스틱류가 점성을 가지게 되어 종이, 섬유와 같은 성분을 접착하게 되어 RDF를 생성하는 것을 말한다. 재료의 종류 및 필요한 RDF밀도에 따라서 적합한 성형기를 사용해야 한다.

그림 2는 국내에서 개발된 생활폐기물 RDF제조 공정의 개요를 나타내고 있다. 먼저 폐기물이 투입되면 1차 선별공정에서 자석으로 금속성 물질이 제거되며 필요하면 수작업으로 부적물이 제거되기도 한다. 다음으로 1차 파쇄기에서 5cm 내외의 크기로 폐기물이 절단되며 건조공정에서 고온의 열풍으로 수분이 증발되어 함수율이 10% 이하로 된다. 다음으로 2차 선별공정에서 풍력을 이용하는 비중차 선별로 한번 더 불연물이

제거되고 2차 파쇄기에서 2~3 cm 정도의 크기로 절단된다. 다음으로 성형 공정에서 공해가스 중화제인 석회가 첨가되며 성형기에서 지름 15~30 mm, 길이 30~50 mm 내외의 펠렛 모양으로 성형이 되며 냉각 후 출하된다.

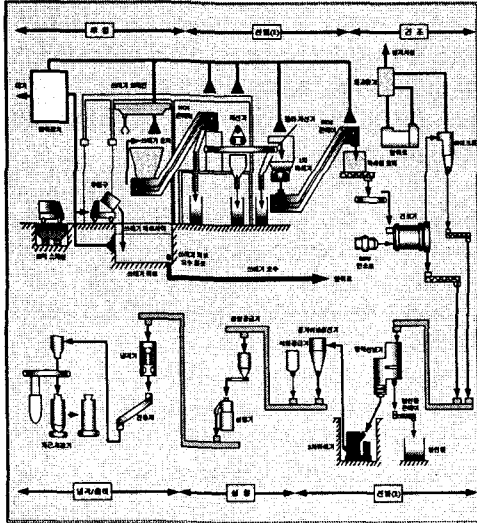


그림 2. RDF제조 공정 (K-RDF)

국내에서 현재 생활폐기물을 원료로 RDF 생산 플랜트는 없으며 2006년 상반기에 원주시에서 5톤-폐기물/시 규모의 RDF플랜트가 가동 예정이다. 폐플라스틱 고품연료(RPF) 생산플랜트는 10여 곳이 현재 가동중이며 시멘트 공장에서 석탄 대체연료로 사용되고 있다.

2.3 RDF 이용 현황

RDF는 고체연료이므로 액체나 기체연료에 비해서 청정연소조건이 까다롭고 따라서 RDF사용시설은 고체연료사용시설인 석탄 화력발전소와 같이 유해가스나 분진의 처리를 위한 시설이 잘 구비되어야 한다. RDF가 중화제를 함유하고 있고 안정연소가 가능하므로 원래의 폐기물상태보다는 환경적으로 유리하지만 고체연료로서의 제약이 있으므로 RDF사용시설은 공해방지시설을 반드시 설치해야 한다.

RDF를 사용할 수 있는 시설은 매우 다양하고 규모에 있어서도 소규모의 시설원예부터 대규모의 화력발전소까지 연료로 사용될 수 있다. 그러나 소규모시설에서는 공해방지시설 설치비 부담이 많으므로 가능한 한 대규모시설에서 RDF를 사용하는 것이 바람직하다. 선진국의 경우 시멘트 킬른의 연료, 지역열 공급사업, 석탄 보일러에 혼소, 목재 보일러에 혼소, RDF 대형 발전 시설 등에 이용 되고 있다. 공해방지시설이 이미 구비되어 있는 시설에서 RDF를 보조연료로 사용하는 방법도 매우 효과적인데, 예를 들면 대형 생활폐기물 소각로나 하수 슬러지 소각로와 같은 곳이 좋은 수요처가

될 수 있다.

2.4 RDF 관련 제도

현재 우리나라는 RDF 자체에 대한 법적 제도가 미비한 상태로 일반폐기물RDF는 품질규격화가 되지 못하여 환경부의 유권 해석상 폐기물에 해당되고 대체 에너지로서 인정받지 못하고 있는 실정이다. 2003년 8월 RDF의 한 종류인 폐플라스틱을 이용하여 제조한 고품연료제품(Refused Plastic Fuel)의 경우는 일정한 규격을 만족할 경우 연료로 인정하고 그 활용이 가능하다는 환경부 고시가 발표되었다. 이 고시에 따르면 60% 이상의 폐플라스틱을 중량으로 함유하고 직경이 50mm 이하, 길이가 100mm 이하, 저위 발열량이 6000kcal/kg 이상, 10% 이하의 수분, 연소잔식 HCl 농도 분석법(표준 산소 농도 12%) 측정으로 HCl이 1000ppm 이하이면 RPF로 인정받게 된다. 그러나, 연료로 인정받은 RPF의 경우에도 상용 보일러에서 혼소나 연소를 실시하는 실례는 없다. 이는 기존 보일러의 경우 사용할 수 있는 연료가 한정되어 있어 RPF가 연료로 환경부 고시를 획득하였음에도 지자체에서 다시 연소나 혼소시 새로운 허가를 받아야 하는 제도적 문제점과 비합리적인 연화수소 기준을 적용하는 것이 큰 장애 요인이 되고 있다.

3. 앞으로의 전망

위에서 살펴본 바와 같이 우리나라의 RDF 제조 생산은 상업화 및 대규모 생산에 문제가 없는 충분한 기술 상태에 도달하였다. 그러나, 미흡한 제도적 사항으로 인하여 RDF를 효율적으로 활용하고 있지 못하는 것이 우리나라의 실정이다. 여러 선진국은 이미 RDF를 이용하여 발전, 난방, 철강 등 다양한 방법으로 에너지를 이용하고 있으며, 특히, RDF화력발전소는 미국에서 30년 전부터 사용되어온 우수한 RDF사용시설이며 최근에 일본에서도 성형RDF를 사용하는 RDF발전소를 5곳에 설치하여 가동되고 있다. 뿐만 아니라 유럽에서도 RDF는 발전 시설과 여러 보일러에 적용되어 화석 연료를 효과적으로 대체하고 있다. 이들 나라에서는 적절한 공해 방지 시설로 HCl, 다이옥신, 장치 부식 등의 문제점 발생을 최소화하여 혼소 발전소뿐 아니라 RDF 전용 발전소도 가동되고 있다. 따라서 폐기물 문제가 무엇보다 심각하고 자원이 부족한 우리나라는 선진국과 같이 대규모 형태의 RDF 이용 기술을 발달시키는 것이 가장 효율적인 폐기물 에너지 활용방안으로 생각된다. 현재 시멘트 킬른에만 사용되고 있는 RDF는 장기적으로 볼 때 수요처를 다변화 시켜야 하며 석탄 등 화석 연료에 비해 쓴 가격과 그에 못지 않는 높은 발열량으로 수요처가 확대될 가능성이 크다. 음식물 분리 배출 및 생활수준의 향상에 따라 국내 폐기물의 성장도 RDF화에 적합하

계 변화하고 있어 양질의 RDF 생산을 위한 환경적 요건은 충분히 구비된 실정이다. 그림 3은 비광역시를 대상으로 생활폐기물중의 RDF대상비율을 50%, 투입 폐기물의 50%가 RDF로 생산, RDF발열량을 4,000kcal/kg으로 하고 사업장폐기물은 RDF대상비율을 30%, 투입폐기물의 90%가 RDF로 생산, RDF발열량을 7,000kcal/kg으로 산정했을 때 건설 가능한 15MW 발전소의 분포도이다. 국내 총 RDF발전 가능량은 약 725만MWh/년으로서 한국전력 총 발전량의 약 3%에 해당하며 1차에너지 기준으로는 약 166만 TOE/년으로서 국내 총 1차에너지의 약 1.1%에 해당한다.



그림3. 비광역시 15MW급 RDF화력발전소 건설 구상도

상용화된 일본의 RDF발전소 자료를 참고하여 국내 RDF발전소의 발전단가를 산출하면 약50~55원/kWh 정도이며 전제사항은 아래와 같다.

- 1) 발전단효율: 30%
- 2) RDF발전규모: 15 MW
- 3) 설비가동일수: 335일
- 3) RDF발열량: 4,000 kcal/kg
- 4) RDF 가격: 무료
- 5) RDF발전소 건설단가: 400억원
- 6) 15MW(15,000kW)전력을 생산하기위한 RDF소모량

$$:15,000kW \times 230t/d / 13,300kW = 260t/d$$
 (일본, 230t-RDF/d 13,300kW발전)

국내에서는 아직 실용화되지 않은 RDF를 이용한 혼소 및 전소 화력발전을 할 경우에 석탄 등 화석 연료 대체 효과와 그 시장규모는 매우 크므로 대부분의 에너지 자원을 수입에 의존하고 있는 실정에서 이와 같이 여러

장점을 가진 RDF를 폐기물로만 규정하여 단순 소각에만 이용한다는 것은 효율적인 자원 활용 면에서도 부적절하다 하겠다.

현실성 있고 그 경제성 여부가 뚜렷한 RDF 산업에서 가장 중요한 제도적 보완을 위하여, 정부에서도 RDF를 규격화하고 그 이용시설에 대해서 합당한 제도를 도입하기 위하여 다각도의 방법을 모색하고 있는 것으로 알려져 있어 향후 RDF 산업 발전에 귀추가 주목된다. 제도적인 보완만 이루어진다면 RDF가 대체 에너지로서 그 수요처를 쉽게 확보하여 RDF 산업은 큰 발전을 이룰 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] 김남하, '자원재생리사이클형 RDF발전시스템', KIMM 세미나자료, 2000
- [2] 산업자원부, '대체에너지 개발보급 3개년 계획', 대체에너지개발보급 대토론회자료, 2000.4.
- [3] 최연석 외, '폐기물고형연료(RDF)를 활용한 화력 발전사업 타당성 연구', 한국폐기물학회지 18권3호, 2001