

최근 국내외 폐기물고형연료(RDF) 현황 및 전망

최연석¹⁾, 노선아²⁾

Recent status of RDF in domestic and foreign countries

Yeonseok Choi, Seonah Roh

Key words : RDF(폐기물고형연료), Quality Standard(품질기준), RDF promotion(RDF 확산촉진)

Abstract : The first RDF production plant in Korea is going to start commercial operation at Won-Ju city in October this year, where municipal solid waste is treated and converted to RDF. Korean government is preparing the quality standard of RDF and starting a new waste policy of RDF promotion instead of general waste treatment technologies such as incineration or landfill. In Europe the EU member states have decided the united quality standard of RDF to increase the amount of new & renewable energy through the promotion of RDF utilization. New quality standard of RDF and trade market of RDF in Europe is introduced in this paper.

1. 서론

현재 국내에서 대부분 매립 또는 소각처리하고 있는 생활폐기물 및 사업장폐기물 중에는 발열량이 높은 플라스틱, 종이와 같은 가연성폐기물이 많이 포함되어 있음에도 불구하고 유효한 에너지자원으로 활용되지 못하는 경우가 많다. 생활폐기물의 경우 소각율이 15%정도이며 그 중에서 대형소각로 일부를 제외하면 소각 폐열이 활용되는 경우는 많지 않다. 화석연료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라는 국가의 산업경쟁력 제고 측면에서 신재생에너지(대체에너지)의 확보가 필수적이며 여러 종류의 신재생에너지 중에서 폐기물에너지가 많은 부분을 감당해야 한다. 생물학적 분해가 가능한 여러 폐기물(bio-degradable municipal solid waste)의 에너지재활용은 국제에너지기구(IEA)에서도 신재생에너지로 인정을 하고 있으므로 지구환경문제, 귀중한 폐자원의 효율적 이용 및 신재생에너지 개발측면에서 폐기물의 연료화가 중요하다.

최근에 다수의 선진국에서는 가연성폐기물고형연료(이하, RDF)에 관한 품질표준을 정하고 있고 유럽에서는 국가 간에 RDF의 교역량이 매년 증가하고 있으며 각종 관련제도의 개선을 통하여 RDF를 활용한 폐기물에너지의 회수에 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라도 현재 환경부가 시설비를 보조하여 생활폐기물RDF제조 상용플랜트가 건설 중이며 2003년에는 페플라스틱고형연료(RPF) 품질기준을 제정하는 등 에너지재활용 향상에 노력하고 있다. 한편 산업자원부에서도 신

재생에너지로서 RDF의 중요성을 인식하고 RDF제조·연소기술 개발 및 RDF 관련 품질기준 및 연소 시설 표준화 등에 관한 연구사업을 오랫동안 수행해 왔고 현재에도 RDF발전기술 개발 등을 진행하고 있다. 국가 신재생에너지 개발계획의 내용을 보면 태양력, 풍력, 수소연료전지 등 11개의 신재생에너지원 중에서 폐기물에너지가 2011년도 목표치인 5%의 57%를 담당하는 것으로 되어 있어서 폐기물에너지 회수목표의 달성여부가 국내 신재생에너지 정책의 성공여부와 직결되어 있다고 할 수 있다.

RDF는 신재생에너지 확보 측면에서도 중요하지만 환경적으로도 유리한 면이 많은 것으로 알려져 있다. RDF는 연소 시 다이옥신 배출농도가 소각에 비해서 적은 것으로 알려져 있는데 외국의 실험결과 70kg/hr 소규모 유동층소각로에서도 RDF를 연소했을 때 다이옥신농도가 0.2ng-TEQ/Nm³ 정도로 낮게 나타났다.¹⁾ 그 이유는 폐기물 소각 시 다이옥신이 생성되는 De-novo 합성과정에서 중요한 원인이 되는 촉매체인 철 및 구리 등의 금속이 RDF에서는 제거되고 또한 경우에 따라 염소를 중화하는 알칼리를 첨가하기도 하며 아울러 고온의 안정적인 연소가 가능하기 때문인

1) 한국기체연구원 환경에너지연구본부
E-mail : yschoi@kimm.re.kr
Tel : (042)868-7344 Fax : (042)868-7284
2) 한국기체연구원 환경에너지연구본부
E-mail : sos@kimm.re.kr
Tel : (042)868-7930 Fax : (042)868-7284

것으로 분석되었다.

소각로는 가동을 시작하거나 중지할 때 저온 구간을 지나면서 다이옥신이 다량 발생하는 것으로 알려져 있는데 중소지자체에서는 주로 설치되는 중소형 소각로는 매일 소각로 가동과 중지를 반복하는 문제가 있다. 이를 해결하는 방법으로 외국에서는 중소지자체에서 폐기물을 RDF로 만들고 이것을 대형 발전소나 시멘트 공장에서 모아서 연료로 사용하는 방법으로 광역화처리를 해서 비연속식 중소형소각로의 다이옥신 문제를 해결하고 있다. 이 외에 RDF는 수분이 적기 때문에 완전연소가 용이하고 따라서 일산화탄소와 같은 유해가스의 발생량도 감소한다. 따라서 폐기물에 너지의 환경친화적 회수를 위해서는 대형소각로의 폐열을 활용하는 방안을 더욱 적극적으로 추진함과 동시에 중소지자체의 중소형소각로는 RDF 시설로 대체하는 방안이 매우 유력하다.

일반적으로 장기간 보관이 어려운 폐기물을 적절하게 가공하여 RDF로 만들면 장기간 보관이 가능하고 또한 사용처로 이송이 용이하며 균질한 성상을 가지므로 사용상 제어가 쉽고 정량투입 자동화 등이 쉬워진다. 이러한 여러 가지의 RDF가 가진 장점을 극대화하기 위해서는 RDF의 성상을 좀 더 균질하게 하여 연료적 물성을 향상시킬 필요가 있으며 아울러 환경적인 측면에서도 유해물질이 적게 배출될 수 있는 조성을 가져야 한다.

본 연구는 국내RDF 현황 및 선진외국의 RDF현황에 대한 조사내용을 소개하고 아울러 최근에 진행되고 있는 외국의 RDF품질기준에 관한 내용도 소개한다.

2. 국내 RDF 현황

2.1 폐플라스틱고형연료(RPF) 현황

정부는 2003년 8월에 폐플라스틱 재활용을 향상을 위하여 ‘폐플라스틱 고형연료제품의 품질기준-사용처 등에 관한 기준’ (환경부고시 제 2003-127호)을 고시하였고 그에 따라서 2005년에 18개의 RPF생산업체에서 약 18,000톤의 RPF를 생산하였다.

RPF생산시설은 사업체별로 기술수준의 차이가 매우 큰 편이며 펠렛형으로 만드는 업체는 2-3곳에 불과하고 많은 업체가 가열용융하여 부정형으로 성형을 하고 있다. 가열용융방법을 사용하는 업체는 가열시 PVC 등이 열분해되면서 HCl 등이 배출되어 공해를 유발하는 문제가 제기되고 있다. 최근에 가열용융방식으로 생산한 부정형 RPF는 저급물질재활용이 되는 경우가 많아졌고 따라서 RPF의 에너지재활용은 다소 감소가 예상된다.

다음 Fig.1은 국내에서 생산된 펠렛형RPF의 모습이며 직경 20mm, 길이 50mm 정도로 소형이고 밀도가 높아서 사용자가 선호하고 있는 제품이다. Fig.1의 RPF를 생산하는 업체의 RPF제조 공정은 투입->수선별->조대파쇄->자력선별->파쇄->분쇄->비철금속 선별->저장->석회첨가->성형->냉각->저장 순서로 구성되어 있다. 수선별 공정에서는 PVC를 제거하고 있으며

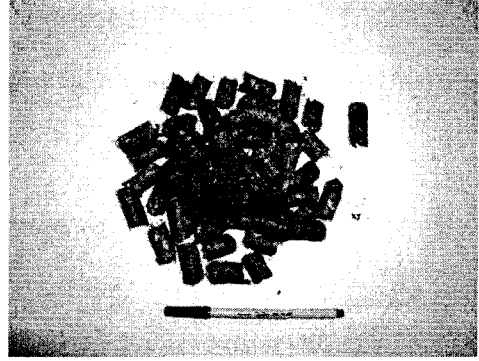


Fig.1 commercial RPF in KOREA

자력선별에서 철금속을 제거하고 파쇄 및 분쇄 공정을 거친 후 eddy current 장치에서 알루미늄과 구리를 제거한 다음 저장조에서 정량으로 성형기에 공급한다. 성형기는 Ring-dies 방식과 flat-dies 방식의 성형기를 동시에 사용하고 있다. 다음 Fig.2는 Ring-dies 방식 성형기의 모습이다.

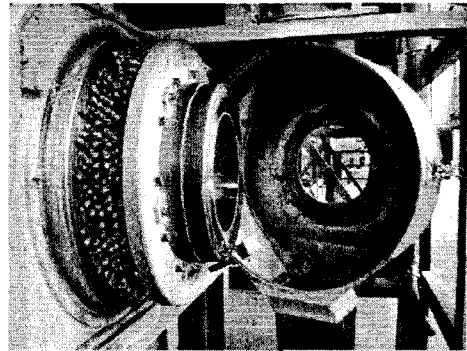


Fig.2 Ring-dies type pelletizer

국내에서 생산된RPF는 5개의 시멘트회사와 1개 제지회사 및 1개 화회집단 난방보일러에서 연료로 사용되었다. RPF생산초기에는 RPF제조자가 운반비를 부담하면서 시멘트공장에 무료공급하였으나 최근에 Fig.1과 같은 양질의 RPF는 제지회사가 200km 이상의 거리에도 불구하고 운반비를 부담하면서 사용하고 있다. 제지회사는 자체의 체지슬러지 소각로에서 RPF를 석탄과 혼소하여 사용하고 있으며 연료구입비 절약효과를 크게 얻고 있다. 향후 국제 석탄시장의 동향을 볼 때 석탄 가격의 상승은 불가피할 것으로 판단되며 그로 인하여 화력발전소, 시멘트 공장이나 제지공장 등에서 RPF공급 요청이 많아질 것이고 그에 따라서 양질의 RPF를 중심으로 정상적인 시장이 형성될 것으로 보인다. 그리고 석탄화력 열병합발전소에서 RPF를 혼소하는 기술이 연구가 되고 있으며 RPF전용 발전보일러 개발도 진행되고 있다.

2.2 폐기물고형연료(RDF) 현황

국내에서 RDF플랜트를 설치한 대표적 사례로서

는 1980년대 중반에 서울시 난지도에 덴마크의 I. Kruger사로부터 1,500톤/일 대용량 RDF플랜트를 도입하여 설치한 것이다. 그러나 당시의 폐기물은 연탄재가 다량 포함되어 있었고 함수율이 매우 높았기 때문에 유럽에서 도입한 플랜트는 기술적으로 적합하지 않았으며 결국 정상가동에 실패하고 철거하였다. 그리고 1991년경 청주시에 소규모 민간기업이 개발한 부피기준 200m³/일 규모의 RDF시설을 설치한 바 있으나 단위공정별 수지 불균형과 처리용량부족 등으로 해체하였고, 그 후 RDF에 관심을 가진 개인이나 중소기업에 의해 몇 차례의 RDF플랜트 개발 시도가 있었으나 영세한 기업수준으로 인해서 체계적인 개발이 이루어지지 못했다.

국내에서 정부의 연구비 지원으로 체계적이며 공식적으로 수행된 RDF기술개발 사례는 1992년경 폐목재와 폐PE Film을 대상으로 한 RDF제조 기술과 연소성능을 실험한 연구사례가 있고, 일반 생활폐기물을 대상으로 한 RDF제조기술의 연구가 1996년에 산업자원부의 대체에너지기술개발사업에서 최초로 수행되었으며 그 결과 안정적인 RDF제조공정이 개발되었다. 이 후에도 산업자원부와 환경부 지원 기술개발에 의해 Fig.2와 같은 고효율 성형기와 우수한 선별기 등이 개발되는 등 국내 RDF기술 수준이 크게 향상되었다.

국내의 RDF제조기술 수준이 향상됨에 따라서 2004년에 원주시가 환경부 국고보조금 사업으로 80톤/일 규모(16시간 운전 기준) 생활폐기물 RDF플랜트 설비의 건설을 결정하였고 입찰절차를 거쳐서 현재 국내기술에 의한 RDF제조플랜트가 건설되고 있으며 2006년 하반기에 본격적으로 가동될 예정이다. 이 플랜트는 외국 기술을 도입하는 경우에 비하여 약 1/3 이하로 건설이 가능함으로서 많은 외화의 절약과 나아가 수출에 의한 외화 획득에도 기여할 것으로 보고 있다. 생산되는 RDF는 시멘트 공장 등에서 연료로 사용될 예정이며 일부는 원주시의 신청사 냉난방용 보일러 연료로 사용하는 방안이 추진되고 있고 또한 최근에 여러 석탄사업체에서 유상 구매에 관한 제의도 있는 상태이다. 다음 Fig.3은 원주시 RDF제조플랜트 조감도를 나타낸 것이다. 공정은 RPF공정에 건조공정과 탈취공정 및 집진공정 등이 추가되며 건조에너지는 LNG가 사용될 예정이다. 동 설비는 국내 여러 지자체에서 지대한 관심을 가지고 주목하고 있으며 지역의 폐기물처리 문제를 해결할 수 있는 신기술로 기대를 하고 있다. 동 플랜트에서 생산되는 RDF는 신재생에너지로 연간 약 6,000 toe 분량이다.

환경부는 폐기물의 에너지화 기술을 이용한 소각기술의 한계를 극복하기 위해서 2005년에 생활폐기물 처리 다변화에 관한 용역을²⁾ 실시하였고 RDF기술도입이 충분한 타당성이 있는 것으로 판단됨에 따라서 현재 3곳의 RDF시범사업을 추진 중에 있다. 한편 RDF품질기준에 관한 용역도 실시하였고³⁾ 현재 입법준비중에 있다. RDF플랜트 시범사업의 성공과 RDF품질기준이 입법화되면 향후 국내에서 RDF기술의 보급이 크게 확산될 것으로 전망된다.

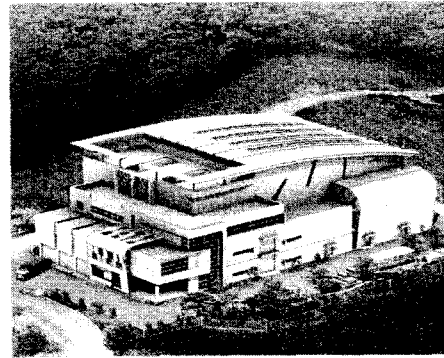


Fig.3 MSW RDF plant in Won-Ju city

3. 최근 외국 RDF 현황

3.1 일본의 RDF 현황

일본은 생활폐기물이 연간 약 5천만톤 정도 배출되고 있는데 소각율 75%와 매립 15%정도로 폐기물을 처리하고 있다. 1990년대 중반에 중소도시의 중소형소각로에서 배출되는 다이옥신이 사회적으로 심각한 문제가 됨에 따라서 1997년 1월에 '쓰레기처리에 관련된 다이옥신류 발생방지 등 가이드라인'을 정하였다. 이 가이드라인에서

Table 1. RDF power plant in Japan

| | 이바라키 | 미에 | 후쿠오카 | 이시가와 | 히로시마 |
|---------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 사업주체 | 카시마 공동자원화센터(주) | 미에현기업청 | 오오부타시리사이클링(주) | 이시가와 RDF광역처리조합 | 후쿠야마리사이클링(주) |
| 참가시정촌수 | 3시정 등 75개소 | 26시정촌(RDF; 7개소) | 28시정촌(RDF; 7개소) | 24시정촌(RDF; 5개소) | 15시정촌(RDF; 7개소) |
| RDF専焼능력 | 200 t/d(RDF 100, 산폐 100) | 240t/d (120x2로) | 315t/d (1기) | 160t/d (80t x 2로) | 314t/d (1r1) |
| 발전능력 | 3,000 kW | 12,050 kW | 20,600 kW | 7,000 kW | 20,020 kW |
| 발전효율 | 17.5% (중기 有) | 28% | 약 30% | 약 21% | 28.1% |
| 전소로 형식 | 킬른스토커 | 외부순환 유동상 | 내부순환 유동상 | 유동식가스화용 | 샤프트로 가스화용 |
| 제작업체 | 히타치조선 | 富士전기 | 가와사키중공업 | 히타치조선 | JFE엔지니어링 |

다이옥신 발생량이 많은 중소형 소각로는 RDF 시설로 대체하고 생산된 RDF를 RDF발전소와 같은 대형시설에 일괄적으로 모아서 사용하는 즉, 광역화처리개념을 정하였으며 이 후 국고보조1호 시설인 난도 RDF제조시설부터 RDF시설이 급속히 증가하여 2003년 1월 현재 57곳의 생활폐기물RDF 생산시설과 Table 1에 소개된 5곳의 RDF전용발전소가 가동 중이다.

3.2 유럽의 RDF 현황

3.2.1 유럽의 RDF생산 교역 현황

Table 2는 2005년에 유럽에서 생산된 RDF 통계이

며 연간 약 13,050,000톤 정도의 RDF가 생산되었고 이것은 2000년보다 약 9.5배로 생산량이 급증한 것이다. 이와 같은 이유는 1999년에 제정된 폐기물매립법(The Directive on the Landfill of Waste(99/31/EC))이 유기성폐기물과 가연성폐기물의 매립을 억제하고 에너지화를 유도한 결과이다. 현재 4개국 간에 상호 RDF를 교역을 하고 있는 것으로 나타나 있으며 계속 교역량이 증가하고 있다. 이것은 최근에 유럽에서 RDF가 매우 중요한 재생연료로 인식되고 있음을 나타낸다.

Table 2. Solid Recovered Fuels market in Europe(2005)

| Member State | Production | | Consumption | | - Export/Import + | |
|----------------|------------|-----------|-------------|---------|-------------------|---------|
| | kt/a | toe / a | kt/a | toe / a | kt/a | toe / a |
| Austria | 500 | 250000 | 500 | 250000 | 0 | 0 |
| Belgium | 300 | 150000 | 300 | 150000 | 0 | 0 |
| Denmark | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Finland | 350 | 120000 | 350 | 120000 | 0 | 0 |
| France | 1000 | 500000 | 0 | 0 | -1000 | -500000 |
| Germany | 4000 | 2000000 | 5000 | 2500000 | +1000 | +500000 |
| Greece | 500 | 250000 | 500 | 250000 | 0 | 0 |
| Iceland | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Ireland | 500 | 250000 | 500 | 250000 | 0 | 0 |
| Italy | 2000 | 1000000 | 2000 | 1000000 | 0 | 0 |
| Luxembourg | 50 | 25000 | 50 | 25000 | 0 | 0 |
| Netherlands | 1500 | 600000 | 1000 | 400000 | -500 | -200000 |
| Norway | 150 | 75000 | 150 | 75000 | 0 | 0 |
| Portugal | 500 | 250000 | 500 | 250000 | 0 | 0 |
| Spain | 1000 | 500000 | 1000 | 500000 | 0 | 0 |
| Sweden | 500 | 250000 | 1000 | 4500000 | +500 | +200000 |
| Switzerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| United Kingdom | 200 | 100000 | 200 | 100000 | 0 | 0 |
| Total | 13050 | 5,420,000 | | | | |

유럽 몇 개국은 RDF품질기준을 가지고 있는데 핀란드 SFS 5875, 이태리UNI 9903, 독일RAL GZ-724 등이 있다. Table 3은 이태리UNI의 내용이다.

Table 3. RDF Quality Standard (UNI 9903)

| 항목 | 기준값 |
|--------------------------------|------|
| 최저 저위발열량 (kcal/kg) | 3584 |
| 최대 수분량 (% by wt) | 25 |
| 최대 회분량 (%by wt, dry basis) | 20 |
| 최대 염소 함유량 (% by wt) | 0.9 |
| 최대 황 함유량 (% by wt) | 0.6 |
| 최대 납 함유량 (mg/kg-dry basis) | 200 |
| 최대 크롬 함유량 (mg/kg-dry basis) | 100 |
| 최대 수용성 구리 함유량(mg/kg-dry basis) | 300 |
| 최대 망간 함유량 (mg/kg-dry basis) | 400 |
| 최대 니켈 함유량 (mg/kg-dry basis) | 40 |
| 최대 비소 함유량 (mg/kg-dry basis) | 9 |
| 최대 카드뮴+수은 함유량(mg/kg-dry basis) | 7 |

3.2.2 유럽공통 RDF 관련 제도

1996년 THERMIE 프로그램에서 7개국 13개사로 구성된 산업체 연합이 연료와 에너지의 회수를 제안하였고 그 결과에 따라서 1999년에 7개국 15개

사로 구성된 산업체연합이 RDF규격화를 제안하였고 경제성분석(Cost-Benefit Analysis)을 하였다. 이 후 유럽표준협회인 CEN에서 2000년 10월에 CEN/BT/Task Force 118을 구성하여 기초항목 등을 마련토록 하였으며 TF 118 결과 보고를⁴⁾ 바탕으로 2002년 3월에 정식 표준화를 위한 CEN/TC 343이 구성하여 2006년 초에 회원국 투표를 거쳐 최종 규격을 정하였다. TC 343은 RDF대신에 SRF(Solid Recovered Fuels)라 명칭을 정하였다. Table 4는 유럽공통의 RDF품질표준 규격이다. 당초 7개 품질항목으로 논의가 되었으나 최종적으로 3개의 항목으로 정해졌다.

Table.4 RDF Standard of EU (CEN/TS 15359 ; Specification & Classes)

| Classify property | Statistical measure | Unit | Classes | | | | |
|-------------------|------------------------|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Chlorine | Mean | %(d) | ≤0.2 | ≤0.6 | ≤1.0 | ≤1.5 | ≤3 |
| Net calorie value | Mean | MJ/kg | ≥25 | ≥20 | ≥15 | ≥10 | ≥3 |
| | | (a/r) | | | | | |
| Mercury (Hg) | Median 80th percentile | mg/MJ (a/r) | ≤0.02 | ≤0.03 | ≤0.08 | ≤0.15 | ≤0.50 |
| | | mg/MJ (a/r) | ≤0.04 | ≤0.06 | ≤0.16 | ≤0.30 | ≤1.00 |

* (a/r) : as received

한편, 석탄과 RDF를 혼소하는 경우에는 대기가스 배출허용기준을 사용연료 각각의 혼합비율별로 배출기준값을 비례적으로 계산해서 새로운 배출기준값을 결정하는 방법(Mixing Rule)을 WID(Waste Incineration Directive)에 정해놓고 있다. 이 방법은 기존의 발전소나 시멘트소성로와 같은 석탄사용시설에서 RDF를 환경보호 범위 내에서 사용할 수 있도록 하는 매우 합리적인 방법으로 받아들여지고 있다.

4. 결론

세계적으로 RDF를 이용한 신재생에너지의 확보를 적극적으로 추진하고 있으며 관련되는 제반 제도를 마련하고 있다. 우리나라도 변화된 폐기물의 성장과 기후변화협약 대응책 등을 고려하여 RDF 활성화를 적극적으로 추진해야 한다.

References

- [1] 鍵谷 司, 'ごみ固形燃料利用におけるダイオキシン類の發生抑制について' 月刊廢棄物 1997-5
- [2] 주현수, '생활폐기물 처리방법 및 시설의 다변화를 위한 조사연구' 수도권매립지관리공사 용역보고서 2005-11-041-01
- [3] 최연석, '가연성폐기물고형연료(RDF)의 경제성 분석 및 제도도입에 관한 연구' 수도권매립지관리공사 용역보고서 2006-10-003-01
- [4] CEN/TR(Technical Report) 14745, Solid Recovered Fuels, 2003