

# 고형연료제품 법적지위 재분류 및 적정 관리방안 연구

2013. 12



**한국 산업 폐 자원 공 제 조 합**

Korea Industrial Waste-Resources Mutual-aid Association



**한국 폐기물 재활용 공 제 조 합**

Korea Waste Recycling Mutual Aid Association



## 제 출 문

한국산업폐자원공제조합, 한국폐기물재활용공제조합 귀하

이 보고서를 “고형연료제품 법적지위 재분류 및 적정  
관리방안 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2013년 12월 16일

연구책임자 : 이원준 (전남대학교)

(사)대한환경공학회 회장 김인수



# 목 차

## <요 약 문>

<b>제 1 장 서론</b> .....	1
1.1 연구의 배경 .....	7
1.2 연구의 목적 .....	8
<b>제 2 장 고품연료제품의 정책 및 제도의 비교분석</b> .....	11
2.1 국내 고품연료 제도의 분석 .....	16
2.1.1 국내 고품연료 관련 정책 .....	17
2.1.2 국내 고품연료 관련 제도 .....	20
2.2 유럽의 고품연료 제도의 분석 .....	32
2.2.1 유럽의 폐기물 고품연료의 법적지위 .....	39
2.2.2 유럽의 폐기물 고품연료의 품질기준 .....	43
2.3 미국의 고품연료 제도의 분석 .....	52
2.3.1 미국의 폐기물 고품연료 정책 .....	53
2.3.2 미국의 폐기물 고품연료 품질기준 .....	58
2.4 일본의 고품연료 제도의 분석 .....	61
2.4.1 일본의 폐기물 고품연료의 정책 .....	61
2.4.2 일본의 폐기물 고품연료 품질기준 .....	64
2.5 소결 .....	70
<b>제 3 장 SRF 관련시설 환경규제기준 검토</b> .....	73
3.1 고품연료 사용시설의 분류 .....	75
3.2 사용시설에 따른 고품연료 품질 기준(EU) .....	78
3.3 국내외 사용시설의 환경규제 기준 검토 .....	88
3.3.1 유럽의 폐기물 고품연료 사용시설에 대한 규제 .....	88
3.3.2 미국의 폐기물 고품연료 사용시설에 대한 규제 .....	97
3.3.3 일본의 폐기물 고품연료 사용시설에 대한 규제 .....	102
3.4 소결 .....	103

제 4 장 폐기물 고형연료 관리방안 검토 .....	105
4.1 국내 고형연료 사업 .....	108
4.2 국내 RPF 제조 시설의 현황 .....	111
4.3 폐기물 고형연료 제도 검토 .....	117
4.3.1 국내 폐기물 고형연료의 분류기준 .....	117
4.3.2 폐기물 고형연료의 제조시설기준 .....	118
4.3.3 폐기물 고형연료의 사용시설기준 .....	119
4.4 폐기물 고형연료의 적정관리 방안 .....	120

# 표 목 차

<표 2-1> 고품연료 제조업체 현황(2011년 4월 기준) .....	18
<표 2-2> 『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 중 고품연료제품 관련 법령 정리 ...	25
<표 2-3> 고품연료(SRF) 품질기준의 변화 (2013년 4월 1일 시행) .....	26
<표 2-4> 고품연료(Bio-SRF) 품질의 변화 (2013년 4월 1일 시행) .....	27
<표 2-5> 고품연료제품 품질인증검사 주기 .....	27
<표 2-6> 고품연료제품 사용시설 .....	28
<표 2-7> 『대기환경보전법』 에 기준한 고품연료 사용시설의 분류 .....	29
<표 2-8> 폐기물 재활용 기준과 폐기물 고품연료의 비교 .....	30
<표 2-9> 포장재 폐기물 법령에 따른 유럽 국가별 재활용 의무화 목표 .....	35
<표 2-10> 매립지 법령(landfill Directive, 99/31/EC) 의 내용 .....	36
<표 2-11> 독일의 매립폐기물 기준 .....	37
<표 2-12> CEN/TC 343의 표준화 내용 .....	46
<표 2-13> CEN/TS 15359에 의한 SRF의 분류등급 기준 .....	48
<표 2-14> 핀란드의 SRF 등급 기준 (SFS 5875) .....	49
<표 2-15> 오스트리아의 SRF 등급기준 (시멘트 킬른, 산업시설에 사용) .....	49
<표 2-16> 오스트리아의 SRF 등급기준 (석탄화력발전소에 사용) .....	50
<표 2-17> 산업시설에 이용되는 독일의 SRF 중금속 농도기준 .....	50
<표 2-18> 벨기에(Brussels)의 SRF 연료 등급 기준 .....	51
<표 2-19> 이탈리아의 SRF 품질기준 .....	51
<표 2-20> 건설폐기물 및 석탄 중 오염물질 함유량의 비교 .....	56
<표 2-21> OCC Reject 및 석탄 중 오염물질 함유량의 비교 .....	57
<표 2-22> ASTM에 의한 RDF의 등급별 기준 .....	59
<표 2-23> RDF와 관련된 ASTM 시험방법 .....	60
<표 2-24> RDF 및 RPF의 일반적인 사항 .....	63
<표 2-25> 제지산업에서 이용되는 고품연료의 품질사례 .....	63
<표 2-26> RPF의 종류 및 구분 .....	66
<표 2-27> RPF 종류에 따른 품질기준 .....	66
<표 2-28> RDF의 품질기준 .....	67
<표 2-29> RPF 이용의 장점 .....	68
<표 2-30> RDF와 RPF의 비교 .....	69

<표 3-1> 유럽의 국가별 SRF 생산량 및 각 시설별 이용현황	78
<표 3-2> 시멘트 소성로에 이용되는 SRF 연료기준	79
<표 3-3> 산업시설에 이용되는 SRF의 연료 기준	79
<표 3-4> 산업시설에 이용되는 SRF의 연료 기준	80
<표 3-5> 독일의 표준기구에서 제시한 SRF 중금속 농도기준	80
<표 3-6> 핀란드의 SRF 등급 기준 (SFS 5875)	81
<표 3-7> 오스트리아의 SRF 등급기준 (시멘트 킬른, 산업시설에 사용)	82
<표 3-8> 오스트리아의 SRF 등급기준 (석탄화력발전소에 사용)	82
<표 3-9> 이탈리아의 SRF 품질기준	83
<표 3-10> 시멘트 킬른에 이용되는 SRF의 품질기준	84
<표 3-11> 시설별 발열량 기준치 (EU, CEN Guideline)	85
<표 3-12> WID 기준을 만족시키기 위한 SRF 기준(CEN/TS Guideline)	85
<표 3-13> 일본의 RPF 품질기준	86
<표 3-14> 국내 및 유럽의 고품질연료 품질기준의 비교	87
<표 3-15> 일일 평균치	89
<표 3-16> 30분 평균치	90
<표 3-17> 중금속 기준	90
<표 3-18> 다이옥신류	91
<표 3-19> 일산화탄소 농도 요구조건	91
<표 3-20> 다이옥신과 함께 보고하는 다환 유기방향족화합물(PAHs)	91
<표 3-21> 시설별 Cproc (mg/Nm <sup>3</sup> )	93
<표 3-22> 폐바이오매스를 혼합 소각하는 시설별 Cproc (mg/Nm <sup>3</sup> )	93
<표 3-23> 시멘트 소성로에서의 폐기물 혼합소각 시 기준	94
<표 3-24> 폐기물 혼합연소 시설의 대기오염 배출허용기준	95
<표 3-25> 시멘트 소성로에 적용되는 IPPC 및 WID에 따른 대기오염물질 배출 허용기준	96
<표 3-26> CISWI 법률에서 규정한 MACT에 의한 대기오염 배출 최대허용기준	98
<표 3-27> 시멘트 소성로에서 규정한 MACT에 의한 대기오염 배출 최대허용기준	99
<표 3-28> 에너지 회수시설에 적용되는 대기오염물질 배출기준	100
<표 3-29> 시멘트 킬른에 적용되는 대기오염물질 배출기준	101
<표 3-30> 일본의 폐기물 소각로의 대기오염물질 관리기준	102
<표 3-31> 일본의 폐기물 및 유해폐기물 소각로의 다이옥신 기준	103

<표 4-1> 폐기물 고품연료 제조업체 현황 (2011년 4월 기준) .....	108
<표 4-2> 2011년 지역별 고품연료제품(RDF/RPF/TDF) 생산량 .....	109
<표 4-3> 2011년 지역별 고품연료제품(RDF/RPF/TDF) 보급용량 .....	110
<표 4-4> 2011년 지역별 고품연료제품(RDF/RPF/TDF)사용 및 판매량 .....	110
<표 4-5> 국내의 폐기물 고품연료(SRF) 인증 사업장 현황 .....	111
<표 4-6> 비성형 SRF 생산 사업장 현황(SRF 제외) .....	112
<표 4-7> 인증 SRF 제조시설 현장조사 결과 .....	114

# 그림 목 차

<그림 2-1> 연도별 폐자원 및 바이오매스를 이용한 신재생에너지 보급 계획 ..... 15

<그림 2-2> 폐기물 관리방안의 전체적인 모식도 ..... 16

<그림 2-3> 폐기물 고형연료화 사업의 구도 ..... 17

<그림 2-4> 유럽의 폐기물 관련 주요한 법령 ..... 34

<그림 2-5> 폐기물 관리의 원칙 ..... 35

<그림 2-6> 이탈리아 보낸 유럽 환경국의 편지 ..... 43

<그림 2-7> SRF가 연료조건을 만족시키기 위한 기본요소 ..... 44

<그림 2-8> 유럽의 SRF 기준인 CEN/TC 343의 개념도 ..... 47

<그림 4-1> 비성형 SRF 사업장에서 생산된 폐기물 고형연료 ..... 113

<그림 4-2> SRF 제조 사업장에서 채취된 시료 ..... 115

# 요약문

## 1. 연구의 목적 및 필요성

- 세계적으로 확산되고 있는 폐기물의 에너지회수의 방법 중 하나인 폐기물 고형연료 제도와 운영사례 등을 확인함으로써 현재 개정된 법안의 개선 필요성을 검토하는 것이 본 연구용역의 목적임
- 본 연구를 통해 현행 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따라 완화된 고형연료 품질기준(RPF → SRF) 및 사용시설 규제기준의 재검토를 통한 개선방안을 제시하고자 함

## 2. 고형연료제품의 정책 및 제도의 비교분석

### 가. 국내 고형연료 제도의 분석

- 시멘트 소성로에서 사용되는 『폐기물관리법』 시행규칙에 따른 “가연성 고형폐기물” 과 『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 시행규칙에 따른 “일반 폐기물고형연료” (SRF)가 중금속 및 염분 등에 거의 차이가 없음에도 불구하고, 가연성 고형폐기물과 재활용제품(고형연료)으로 서로 다르게 분류된다는 것은 법률적 모순이라고 할 수 있으며, 발열량의 경우는 오히려 재활용 제품인 고형연료에 비하여 가연성 고형폐기물에 대하여 더 높은 기준을 요구하고 있다. 이는 우리나라 환경부에서는 아직 열적 회수(Recovery)와 재활용(Recycle, End of Waste)의 개념을 분리하여 생각하지 못하는 것이 이에 대한 주된 이유로 사료된다.
- 개정 전 『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 시행규칙에 따른 폐기물 고형연료 중 성형화된 RPF에 대하여 재활용 제품으로 인정하는 것은 발열량(6,000 kcal/kg) 및 연료로써의 균질성의 확보라는 측면 및 수요처 확보라는 면에서 합리적으로 사료되지만, 비성형 고형연료까지를 포함하여 재활용 제품으로 분류하는 것은 비현실적이며 바람직하지 않다.
- 폐기물 고형연료를 재활용 제품으로 인정하는 부분 및 사용시설에 대한 정확한 정의 및 이에 대한 관리 기준이 부족하며, 유럽에서는 폐기물 고형연료 사용시설에 대하여 시설별로 분명한 별도의 대기오염물질 배출

허용기준을 마련하고 있는 반면 아직 국내에는 이에 대한 기준이 명확하지 않으나, 중금속 함유량은 일부 강화되었다.

## 나. 유럽의 고품질연료 제도의 분석

- 폐기물 법령(EU, 2008)에서 정의한 “재활용이란, 에너지 회수 또는 연료로 사용되기 위하여 처리된 폐기물, 퇴비용 골재 등으로 사용되는 폐기물은 제외” 되어 있으며, 폐기물 고품질연료는 연료로 사용되기 위하여 처리된 폐기물에 해당된다. 또한 폐기물 고품질연료를 재활용제품으로 분류하기 어려운 이유로는 폐기물 고품질연료 중 포함된 중금속 등의 유해물질로 부터 인간의 건강 및 환경을 보호하기 위함이다.
- 유럽에서 SRF를 연료로써 본격적으로 이용하기 위해서는 SRF에 대한 연료로써의 표준화 작업이 필요하며, 유럽 각국은 별도의 기준과 운영 방법을 가지고 있다.
- 전체적으로 폐기물 고품질연료를 폐기물로 분류하고 이를 이용하는 산업 시설에 대한 대기오염물질 배출기준에 대하여 시설별로 규제하고 있으며, 대기오염물질 배출기준을 만족시키기 위한 고품질연료의 품질기준을 법적으로 규제하는 오스트리아, 스웨덴, 이탈리아 및 고품질연료의 품질에 대한 별도의 기준이 없이 대기오염물질 배출기준을 준수하도록 하는 독일 등의 국가도 있었다.
- 고품질연료 품질기준을 법적으로 규제하는 경우는 폐기물 고품질연료가 “대체연료”로 구분되어 비교적 시장성의 확보 및 거래가 자유로운 반면, 독일 등과 같이 고품질연료 품질기준의 법적인 구속력이 없는 경우는 관련된 사업자 간의 계약에 따라 거래가 이루어지고 있는 것을 알 수 있다.

## 다. 미국의 고품질연료 제도의 분석

- 미국의 폐기물 고품질연료에 대한 품질기준은 없으며, 원칙적으로 생활 폐기물에 의한 고품질연료는 기존의 폐기물처리 개념에서 불연물 및 금속류에 대한 선별을 강조하고 있다. 생활폐기물을 제외한 비유해성 상업 폐기물 및 산업폐기물에 대한 에너지 생산을 위한 연료적 이용이 확대 될 것으로 사료된다.

- 폐기물을 소각하여 에너지회수에 이용하는 것이 최근 급속히 확대되고 있으며, 이는 경제적 타당성이 증가하는 것이 주요 원인으로 생각된다. 따라서 최근 생활폐기물을 고품연료화하여 자체적으로 소각 후 발생되는 에너지를 회수 하거나, 또는 건설폐기물 중 폐목재와 혼합하여, 발전을 실시하는 도시 들이 증가하고 있다. 이는 미국에서 생산되는 전체 전기의 20%가 재생에너지이어야 한다는 것과 더불어, 폐기물을 이용한 에너지 전체를 재생에너지의 범주에 포함시키는 미국 EPA (Environmental Protection Agency, USA)의 적극적 정책의 결과라고 할 수 있다.
- 비유해성 상업 및 산업폐기물을 소각하여 에너지를 회수하는 것에 대하여 기존의 소각로와 차별되는 대기오염배출 기준을 정하여 폐기물 에너지화를 더욱 확대 시키려고 하고 있으며, 추가적으로 사업장에서 발생된 폐기물을 자체적으로 열회수에 이용하는 경우 이때 이용되는 비유해성 폐기물을 폐기물의 범위에서 제외시켜주는 법을 제정하여 지속적인 동기를 부여하고 있다.
- 폐기물 고품연료의 품질기준은 없으나, 사용시설의 대기오염물질 배출기준을 통하여 환경적 영향을 최소화 하도록 하고 있으며, 2013년 2월 최종적으로 폐기물 고품연료를 사용하는 시설에 대한 새로운 대기오염물질 배출 기준을 제정하여 기존의 소각로에 비하여 기준을 완화시켰다.

## **라. 일본의 고품연료 제도의 분석**

- 일본은 생활폐기물을 원료로 하는 고품연료를 폐기물로 분류하므로 이를 사용하는 시설의 경우 폐기물 소각로에 준하여 대기오염물질 배출기준을 관리하며, 고품연료 제조 시설의 경우는 일반적으로 건조기를 이용하므로 건조시설의 대기오염배출 기준을 적용하여 관리한다.
- 품질기준에 대하여 연료로써의 신뢰성 및 시장성을 확보할 수 있는 것을 강조하고 있다. 또한 형상 및 치수는 별도로 규정하고 있지 않으나 압출 및 성형을 조건으로 하고 있어 비성형 RPF를 원칙적으로 인정하지 않고 있다.

- 일본의 경우는 폐기물 고형연료를 생활폐기물을 이용한 RDF와 상업 및 산업폐기물을 이용하는 RPF로 나누어 관리하고 있으며, RDF의 경우 폐기물의 범위에서 관리를 하며, 품질기준 역시 RDF의 사용조건인 에너지 회수 효율 20%를 만족시킬 수 있도록 발열량, 수분 회분 등의 연료적 특성을 중심으로 정해져 있다. 반면 상업 또는 산업폐기물을 이용하는 RPF의 경우는 기존의 화석연료를 대체한다는 개념이 강하여, 석탄 및 코크스와 동등한 6,000kcal/kg의 발열량을 비롯하여 상대적으로 낮은 염분 농도 등을 품질기준으로 정하였다.
- 폐포장재 폐기물이 물질 재활용되는 대신 RPF의 생산에 이용되는 문제를 고려하여, RPF를 물질 재활용과 동등하게 인정하지만 이는 비상시의 회피적 수단임을 분명히 하고 있다.

### 3. SRF 관련시설 환경규제기준 검토

#### 가. 고형연료 사용시설의 분류

- 시멘트 소성로 : 시멘트 소성로는 폐기물 중 포함된 철 및 무기물이 클링커 형성에 도움이 되며 (화학적 재활용), 폐기물 고형연료를 연료로 사용할 수 있음. 그러나 폐기물 고형연료 중 염분 등은 생산되는 시멘트의 품질에 영향을 미칠 수 있다.
- 산업 보일러 : 산업 보일러는 상대적으로 시설규모가 적고, 폐기물 고형연료의 사용량이 적다.
- 석탄화력발전소 : 석탄을 대체하는 역할을 하며, 사용량이 상대적으로 많으므로 대기오염문제 등에 주의가 필요. 또한 품질에 따라 사용 가능량이 결정됨. 고형연료의 품질기준 중 중요한 것은, 알칼리 금속 및 염분에 의하여 보일러 내벽에 클링커가 발생할 수 있다는 것이다.
- 폐기물 고형연료 전용 보일러 : 국가에 따라 기준이 상이하지만, 일반적으로 에너지 회수효율이 중요함. 따라서 대부분의 유럽국가 경우, 에너지 회수기준을 만족시키기 위하여 열병합발전(Combined Heat & Power) 방식으로 에너지를 회수하는 경우가 많다.

- 바이오매스와 혼합소각 : 특히 영국에 많으며, 바이오매스의 저발열량을 폐기물 고형연료를 통하여 보정할 수 있다는 장점이 있다.
- 기타 시설 : 특히 미국 및 일부 유럽의 경우, 폐기물 고형연료를 이용하여 가스화를 하고 이때 생산된 합성가스(Synthetic Gas)를 에너지 생산에 이용하거나, 또는 석유화학 공정의 원료로 사용하기도 한다.

## 나. 사용시설에 따른 고형연료 품질 기준(EU)

<국내 및 유럽의 고형연료 품질기준의 비교>

GENERAL CHARACTERISTICS		한국	유럽			
Size	mm		이탈리아	오스트리아	독일	핀란드
L.H.V.	MJ/kg a.r	> 14.5	> 20	시설별등급	시설별등급	시설별등급
Cl	d.m. (dry matter)	< 2 %	< 0.7%	시설별등급	시설별등급	시설별등급
S	d.m.	< 0.6%	< 0.3%	시설별등급	시설별등급	시설별등급
Ash	d.m.	< 20%	< 15%	< 5 - 10%	< 5 - 10%	< 5 - 10%
Cr	mg/kg d.m.	-	< 70	<100	<120	-
Cu	mg/kg d.m.	-	< 50	-	<500	-
Mn	mg/kg d.m.	-	< 200	-	<200	-
Ni	mg/kg d.m.	-	< 30	<60	<50	-
As	mg/kg d.m.	< 13	< 5	<7.5	<13	-
Cd	mg/kg d.m.	<5	< 3	<1.7	<9	<5
Hg	mg/kg d.m.	< 1	< 1	<0.75	<1.2	<0.5
Pb	mg/kg d.m.	< 150	< 100	<135	<200	-
Co	mg/kg d.m	-	-	<8	-	-
Ti	mg/kg d.m	-	-	-	<2	-
V	mg/kg d.m	-	-	-	<25	-

## 다. 국내외 사용시설의 환경규제 기준 검토

- 선진국의 대부분에서는 사용시설을 중심으로 규제를 실시하고 있으며, 유럽 및 미국에서는 폐기물과 고형연료(화석연료 및 바이오매스 연료)를 혼합하여 이용하는 경우의 시설 기준 및 시멘트 킬른에 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 이용하는 경우를 나누어 대기오염물질 기준을 제정하고 있었다.

- 대부분의 폐기물 소각로와 폐기물 또는 폐기물 고형연료의 혼소시설의 차이는 HAPs(Hazardous Air Pollutants)의 측정 및 이에 대한 규제 차이라고 사료되었다. 또한 일반 보일러와 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 소각하는 시설의 차이는 중금속 및 폐기물 중에 포함된 유해물질을 관리기준에 포함시키는 지의 여부가 중요하다고 생각되었다.

## 4. 폐기물 고형연료 관리방안 검토

### 가. 국내 고형연료 사업

- 기존의 고형연료 사업은 크게 고형연료의 생산에 이용되는 폐기물에 따라 분류되며, 생활폐기물을 원료물질로 이용한 RDF, 폐플라스틱, 폐비닐 등을 원료물질로 이용하고 있는 RPF, 폐타이어를 원료물질로 이용하고 있는 TDF, 또한 폐목재를 이용하는 WCF로 나누어 볼 수 있다.

### 나. 국내 RPF 제조 시설의 현황

- 기존의 고형연료(RPF) 제조업체들이 “SRF 품질등급인증업체”로 전환하여 SRF(성형/비성형)를 제조하고 있으며, 현장 조사의 결과 일부 사업장에서 SRF 품질기준을 위반하고 적합하지 않은 비성형 SRF 불법 제조하여 유통시키는 경우도 있었다. 또한 폐기물 불법 채위탁 등을 통해 SRF 제품을 불법 유통시키는 사업장도 발견되었다.
- 현재의 폐기물 고형연료를 재활용 제품으로 분류하는 것보다는 폐기물 범주에서 “중간가공폐기물”로서 관리하는 것이 현실적일 수 있다. 또한 품질관리 및 이에 대한 법적인 제재수단 강화가 필요한 것으로 사료된다.

### 다. 폐기물 고형연료 제도 검토

- 현재 「폐기물 관리법」에 따르면, 폐기물을 이용한 에너지 회수 방법이 재활용으로 규정되어 있으며, 국내의 재활용 정책에서는 물질이용(Recycle)과 에너지 회수(Recovery)의 개념이 명확히 분리되어 있지 않다. 그러나 폐기물을 이용한 에너지 회수와 재활용을 동일한 법적인 개념에서 정의하는 선진국은 거의 없다고 할 수 있다. 우리나라의 폐기물

고형연료 제도는 법적인 분류, 품질기준, 제조시설(품질관리), 사용시설에 대한 전반적인 재검토가 필요하다고 사료된다.

- 현재의 폐기물 고형연료 전체를 재활용 제품으로 분류하는 것에는 문제가 있으며, 성형화된 발열량이 6,000kcal/kg이상이 되는 폐기물 고형연료(과거의 RPF)에 한하여 재활용 제품으로 인정하고, 이에 대한 연료적 이용을 확대하기 위하여 염분농도를 현재의 2%에서 외국의 경우처럼 약 1%정도로 조절하는 것이 바람직하다고 생각된다.
- 향후 비성형 고형연료와 관계되어 저장시설 및 기간에 대한 별도의 기준이 필요하다고 생각되며, 전체적으로 고형연료제품 사용시설의 경우 폐기물 소각로에 비하여 많은 부분의 제도적 보완이 필요할 것으로 사료된다.

## 라. 폐기물 고형연료의 적정관리 방안

### 1) 폐기물 고형연료의 법적 분류기준

- 재활용과 에너지회수를 별도의 개념으로 분리(「폐기물관리법 개정」)
- 혼합 폐플라스틱, 폐비닐 중 물질재활용이 어려운 부분에 한하여 종전과 같이 폐합성수지 60% 이상 사용하고 나머지 부분은 현재 고형연료제품 제조 원료로 규정된 폐기물을 혼합하여 제조한 것(종전의 RPF)에 한하여 RPF로 규정하고, 재활용 제품으로 인정(일본 규정 인용. 단, 제조 원료물질 명시)
- 폐기물 고형연료 중 비성형 고형연료에 한하여 중간가공폐기물로 분류하고 폐기물로 관리(현재, 자체시험시설 등의 관리시스템 미흡)
- 폐기물 소각시설과 같이 고형연료화 시설에 대한 관리기준 마련

### 2) 폐기물의 품질기준

- 현재의 폐기물 고형연료 전체를 재활용 제품으로 분류하는 것은 문제가 있으며, 중금속 기준은 선진국 수준과 유사하나, 중금속 항목이 일부 부족함

- 현재 국내 비성형 SRF의 크기가 문제가 되는 경우가 많으며, 이를 위하여 EU에서와 같이 Image Analyzer를 통한 상시 크기관리가 필요하다고 사료됨
- 또한 성형의 강도 등의 관리를 위한 분화도 등을 품질검사 항목에 추가하는 것이 바람직하다고 사료됨 (일본의 예)

### 3) 폐기물 고형연료 제조시설 및 사용시설

- 폐기물 고형연료 보관시설을 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 보관시설과 동일하게 적용하거나, 이를 준용토록 규정
- 폐기물 고형연료의 보관기간 및 보관량을 규정(「폐기물관리법」 준용)
- 폐기물고형연료제조자도 고형연료 생산과정에서 발생된 폐기물에 대한 위탁처리 결과를 “올바로 시스템”에 입력 의무화 (새로운 폐기물이 발생한 것으로 간주)
- 폐기물을 연료로 이용하는 것은 바람직하나 현행 규정과 같이 폐기물에서 제외하여 관리하는 것은 수집·운반·보관, 제조과정, 사용시설 및 과정 등에서 상당한 문제를 야기할 수 있음. 선진국과 같이 재활용제품과 열회수를 위하여 1차적으로 가공된 폐기물(중간가공폐기물)을 분리하여 관리하는 것이 필요.
- 실제적으로 고형연료 전용보일러를 폐기물 소각로와 유사한 대기오염물질 배출기준을 적용하는 것으로 판단할 때, 비성형 고형연료까지를 재활용제품으로 확대 적용하는 것은 고형연료 이용시설(전용보일러 제외)에 따른 환경오염의 우려가 있음. (특히 30%예외 규정)
- 고형연료 사용시설별 별도의 대기오염물질 배출기준을 정하는 것이 필요하다고 사료됨(유럽의 예)



---

# 서론

---

1. 연구의 배경
2. 연구의 목적



## 제 1 장 서론

자원순환형사회의 형성 및 지구온난화 방지는 사회적 발전의 기본적 틀을 유지하기 위하여 필수 불가결한 요소가 되었다. 이에 따라 폐기물 재활용 및 에너지자원으로 폐기물을 이용하려는 경향은 세계적인 추세로 되고 있다. 폐기물이 단순히 불필요하여 버려지는 것에서 우리의 생활환경으로 되돌려 다시 이용되며, 장기적으로는 반복된 순환을 통하여 지속가능한 발전을 할 수 있는 사회의 달성이 가능하리라고 사료된다.

폐기물을 자원으로 인식하는 것으로부터 출발하는 사회적 분위기의 변화는 상대적으로 물질의 소비가 많은 선진국에서 시작되어, 현재 어느 정도의 제도적 체계가 정착되어 가는 단계이다. 이와 관련된 법령들의 제정은 유럽은 2000년에서 2009년까지, 미국은 2005년부터 2013년에 걸쳐, 일본은 1998년부터 2011년이라는 비교적 장기간에 걸쳐 진행되어 왔다.

2008년 유럽에서 개정된 폐기물관리법령 개정(Waste Framework Directive Amendment, 2008/98/EC)은 유럽의 재활용 및 폐기물 관리에 대한 새로운 기준을 제시하였다. 이는 이전부터 시행되어온 매립지 법안(Landfill Directive, 1999/31/EC)의 연장선이라고 볼 수 있으며, 특히 중요한 것은 폐기물의 재활용 및 열적회수(WtE : Waste to Energy)에 대한 기준을 마련한 것이라고 할 수 있다. 즉, 폐기물을 이용하여 에너지를 생산하는 경우(2009년 기준, 65% 이상 회수) 이는 재활용(Recycle)에는 해당되지 않지만, 에너지 회수(Recovery, R1)에는 해당된다. 또한 2009년 재생에너지 법령(Renewable Energy Directive, 2009/28/EC)을 제정하여, 2020년까지 전력생산 중 재생에너지(RES) 비율을 20%까지 하도록 실행안(Action Plan)을 국가별로 수립하여 제출하도록 하였다. (국가별로 목표치는 상이) 20%의 재생에너지의무화 비율을 만족시키기 위하여, 폐기물을 이용한 에너지 생산에 대한 중요성이 높아졌으며, 이는 생활폐기물 중에 포함된 생물성 부분이(Biogenic Portion) 열량기준으로 약 50%정도를 차지하고 있어, 이를 이용하여 생산된 에너지는 재생에너지로 분류되기 때문이다. 미국에서도 이와 유사하게 2020년까지 전체 전기 생산의 20%를 재생에너지를 이용하도록 하는 법이 제정되고, 미국의 환경부(EPA)는 폐기물을 이용하여 생산된 전기 전체를 재생에너지로 분류하는 법안을 결정하였다(미국의 에너지부, DOE는 생물성 부분만 인정)

유럽에서의 폐기물 매립량 제한, 세계적인 폐기물 에너지의 재생에너지로서의 이용확대 및 화석연료 가격의 상승에 따라 선진 각 국가에서는 폐기물 고형연료화에 따른 에너지의 생산이 급속히 진행되고 있다고 할 수 있다.

미국은 폐기물을 소각할 때 발생하는 열의 회수 및 이용을 장려하기 위하여 대체연료의 개념을 도입한 새로운 법령을 제정하였다. 2011년에 “Identification of Non-Hazardous Secondary Material That Are Solid Waste” (40 Code of Federal Regulation(CFR) 241)을 제정하여 비유해성 폐기물을 소각하여 에너지를 생산하는 경우, 이 중 일부 경우에 한하여 폐기물에서 제외시키고 대체연료로 간주하는 법령을 개정하였다. 이 법령은 다시 상업폐기물 및 산업폐기물을 대상으로 2013년 2월 일부가 개정(40 CFR 60 and 241)되었다. 개정된 법령에서는 폐기물로부터 대체연료로 분류된 폐기물을 에너지 생산 등의 연료로 이용하는 경우, 폐기물 소각로 대기오염 배출기준을 준수할 필요가 없으며, 새로이 제정된 대기환경보전법(CAA, Clean Air Act)을 따르도록 하였다. 새로이 개정된 미국의 CAA는 유럽의 폐기물 소각법령(WID)와 유사하다. 이와 같은 미국의 정책적 변화는 폐기물 소각에 따른 에너지 회수 확대하는 방법의 일환이라고 생각된다.

일본은 소각에 의한 폐기물 처리방법에 대한 의존율이 상대적으로 높으며, 이에 관련된 많은 기술이 축적되어 왔다. 또한 포장재폐기물의 재활용 정책에서도 열적 재이용에는 비교적 소극적이었으며, 폐플라스틱, 폐비닐, 폐종이 등과 같은 폐포장재 폐기물을 이용하여 고품연료로 만들어 이용하는 것에 대하여 부정적이었다. 그러나 일본의 경우도 폐기물의 에너지 회수 및 이용은 중요한 문제였다. 따라서 기존의 에너지 회수효율이 낮은 폐기물 소각로에 대한 정부지원 중단 및 물질재활용이 타당성이 없다고 평가되는 상업 및 산업폐기물을 이용하여 폐기물 고품연료를 생산하도록 하고, 이를 물질 재활용의 방법과 동일한 수준으로 인정하였다. 즉 생활폐기물 소각로의 경우 에너지 이용이 실제적으로 곤란한 소형소각로는 폐기하고 생활폐기물을 이용한 고품연료를 생산, 이를 한곳에 모아 고효율 에너지회수가 가능하도록 하는 광역소각(고형연료 전용보일러)처리를 실시하였다. 이와 같은 고품연료 전용보일러는 상대적으로 높은 발전효율(법적으로 20% 이상의 발전효율 요구)을 가지며, 상대적으로 대기오염물질의 배출이 적다는 장점이 있다. 또한 상업 또는 산업폐기물을 이용하여 생산된 폐기물 고품연료(RPF, Refuse Paper & Plastic Fuel)는 석탄 또는 코크스의 대용으로 이용되는 것을 전제로 한다.

즉, 폐기물 에너지화 방법은 폐기물을 별도의 전처리 없이 소각 등을 직접 실시하고 이때 발생하는 열을 이용하는 방법과 폐기물을 목적에 따라 전처리를 실시하여 연료적 가치를 향상시키고, 이용가능한 시설의 범위를 확대하는 목적으로 고품연료화한 후 이를 연료로써 이용하여 에너지를 생산하는 방법으로 나누어 생각할 수 있다. 폐기물을 이용하여 고품연료를 생산하고 이를 이용하는 가장 큰 장점은 다음과 같은 3가지로 집약할 수 있다.

- 고행연료의 생산과정에서 물질재활용이 가능한 금속류 등을 사전에 선별할 수 있음
- 고행연료 이용시설은 미처리 폐기물을 이용하는 시설에 비하여 에너지 효율이 상대적으로 높고, 에너지를 필요로 하는 시설 인근에 건설하여 생산된 에너지의 활용에 이점이 있음
- 상대적으로 장기간 저장이 가능하고, 취급이 용이함

위와 같은 장점에도 불구하고, 이를 실제 생활폐기물 또는 사업장폐기물에 적용하는 경우 다음과 같은 문제점이 발생할 수 있다.

- 폐기물로 생산된 고행연료의 불균일성 : 고행연료를 일반 고체연료와 동일하게 취급하는 경우, 고행연료 중 포함된 유해 중금속 등에 의한 2차오염이 발생될 수 있음. 품질관리 중요 (이용 원료 관리의 중요성)
- 고행연료 생산과정 중 발생하는 2차 오염 : 고행연료 생산시설에 대한 기준이 필요. 고행연료 생산시설은 폐기물 처리시설로 분류되어 이에 따른 법적규제가 적용됨 (일본)
- 사용시설에 적합한 고행연료 생산 : 사용시설의 에너지 회수기준 및 대기오염방지 시설 기준 등이 요구됨

선진국에서 폐기물을 소각하여 이로부터 에너지를 회수하는 것은 2000년 중반 이후의 정책적 변화라고 할 수 있으며, 과거의 폐기물 소각은 폐기물 중 유해물질을 분해시키는 것이 주된 목적이었고 이에 대한 기본적 조건에는 변화가 없다. 그러나 화석연료 가격의 상승 및 잔존해 있는 폐기물의 열적가치 등을 회수하여 이용하는 데 대한 필요성이 에너지 자원의 보존이라는 면에서 중요하게 되었다. 또한 지구 온난화와 관련되어 재생에너지의 확보가 중요한 정책적 이슈가 되었다. 이러한 추세의 변화에 따라 국내에서도 폐기물 에너지화 정책의 일환으로 폐기물 고행연료에 대한 법이 제정되고, 이에 따른 원료기준 및 품질기준을 정하였다. 그러나 초기 단계의 폐기물 고행연료화 법은 사회적인 폐기물 에너지의 요구를 충족시키는데 부족한 면이 있었으며, 이를 위하여 폐기물 고행연료로 사용가능한 원료물질을 확대하여 생산량을 증가시키고 품질기준을 합리화시키는 개정작업이 이루어졌다. 그러나 이러한 정책적 폐기물 고행연료의 확대방향은 이를 보완하는 기타 법률과의 상호보완성 문제, 폐기물 고행연료의 사용시설의 관리, 또한 폐기물 고행연료의 정의라는 면에서 아직은 부족한 부분이 있다고 판단된다. 특히 기존의 RPF(Refuse

Plastic Fuel)를 일반 생활폐기물 고형연료인 RDF(Refuse Derived Fuel)과 통합하여, 분류하는 것은 좋은 품질의 고형연료 생산 확대 및 이를 통한 폐기물의 효율적 에너지 이용이라는 목적을 제도에 반영하는 면에서는 부족함이 있다고 생각된다. 따라서 개정된 폐기물 고형연료 제도에 따라 품질관리가 상대적으로 부족한 고형연료의 생산이 확대될 가능성이 있으며, 폐기물의 고형연료화를 통한 에너지화 및 이의 이용방법이 단순한 폐기물 처리방법으로 전락 또는 단순히 값싼 연료의 확보라는 방향으로 치우칠 수 있다는 염려가 존재한다. 또한 국내 폐기물 고형연료 사용시설에 대한 대기오염물질 배출허용기준이 유럽의 폐기물 소각로법령(WID) 및 미국의 CAA와 같이 명확히 규정되어 있지 않아 이를 사용하는 시설의 관리가 어려울 수 있다는 것이다.

폐기물의 고형연료화 및 에너지화 방법은 다음과 같은 전제조건을 기초로 하는 것이 바람직하다 할 수 있다.

- 인간의 건강과 환경오염의 방지 : 폐기물의 중간처리 과정 또는 이를 에너지화 하는 과정에서 발생될 수 있는 오염물질의 환경으로의 배출을 최대한 억제 (BAT(Best Available Technology) 및 MACT(Maximum Available Control Technology)의 적용, 대기오염 배출기준의 엄격한 적용 등)
- 폐기물 처리의 기본 틀에 해당되는 물질재활용을 우선하는 정책 실시 : 폐기물 관리의 원칙에 따라, 물질재활용이 가능한 폐기물을 연료로 이용하는 것은 옳지 않다고 정의. 따라서 폐기물을 연료로 재활용하는 것은 폐기물 재활용률에 포함시키지 않음
- 폐기물 에너지 이용을 통한 지구온난화 가스 발생 억제 : 폐기물의 에너지 이용은 매립되는 폐기물을 감소시키고, 이에 따라 매립장에서 발생되어 대기로 배출되는 메탄가스의 양을 최소화하는 방법 중하나임. 이는 유럽의 매립지 법령과 관계되어 있음
- 기술적 타당성 (전 과정 평가를 통한 친환경성 증명) : 폐기물 에너지화 기술과 관련되어, 고형연료화는 폐기물 에너지 생산 및 이용 방법의 확대 또는 폐기물의 연료적 측면에서의 고급화와 관련됨. 특히 미국의 경우 최근 폐기물을 이용하여 고형연료를 생산하고, 고형연료를 가스화 하는 기술이 상업화되고 있음

- 시장성 (경제성) 확보 : 폐기물의 에너지화는 폐기물을 이용하여 시장성이 있는 에너지를 생산하는 것으로 폐기물 처리비 + 폐기물에 의하여 생산된 에너지 + 재생 에너지적 가치(RES) 등의 요소로 환산되어 평가될 수 있음. 결과적으로 시장성의 확보를 위하여 이용시설의 확대(폐기물 연료의 고급화), 이용시설의 에너지 효율 증가 등이 필요

## 1.1 연구의 배경

2013. 1월 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙」의 개정에 따라 2013. 4월부터 폐기물 고형연료의 제조원료 폐기물의 확대, 분류체계의 변화, 품질기준의 강화(일부 중금속)등의 제도변화가 있었으며, 이에 따른 폐기물 처리방법 및 폐기물 처리시설 투자에 대한 긍정적인 고려가 필요하게 되었다.

특히 기존 사업장 폐기물의 소각처리 또는 매립을 주된 사업영역으로 하고 있는 “한국산업폐자원공제조합”은 기존 생활폐기물로 한정되어있었던 폐기물 고형연료 제조원료 폐기물을 사업장폐기물로 확대하고 제조방법도 성형 및 비성형 제품을 모두 인정함에 따라함에 따라 기존 사업장폐기물 소각로에서 연소되는 많은 부분의 가연성 폐기물이 고형연료로 가공 처리됨으로서 발생하는 문제점을 제시하였다. 이러한 문제점 중 대표적인 것은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 기존 사업장폐기물 소각로에 의하여 안정적으로 처리되고 있는 많은 량의 가연성폐기물이 고형연료로 가공되어 무분별하게 연료로 이용되는 경우 대기오염 등 발생될 수 있는 환경적 문제
- 현재 법규상 폐기물 고형연료를 사용량 기준으로 30%이하로 보조연료로써 이용하는 경우 소각로와 같이 엄격한 대기오염 기준을 만족하지 않아도 되도록 규정하고 있어 고형연료 사용에 따른 중금속 및 다이옥신과 같은 유해물질이 대기중으로 배출되어 이에 대한 피해가 증가 우려
- 폐기물 고형연료가 재활용 제품으로 분류되어 있는 현재의 법규로 인하여, 일단 생산된 폐기물 고형연료의 관리 및 유통, 이용을 규제할 수 있는 방법 부재 등

위의 단체와 별도로 포장재 폐기물을 재활용하고 재활용량에 따라 생산자 확대책임 제도(EPR : Extended Producer Responsibility)의 지원금을 수령하고 있는 대표적인 단체인 “한국폐기물재활용공제조합”은 개정 전의 시행규칙에 따라 성형 폐

플라스틱 고품연료(Pelletized Refuse Plastic Fuel)를 주로 생산하고, 이에 대한 발열량 기준인 6,000kcal/kg를 만족시키도록 운영을 하여왔다. 그러나 개정 시행규칙에 따라 폐플라스틱 고품연료(RPF)의 구분이 사라지고, 일반 고품연료(SRF : Solid Refuse Fuel)로 통합하여 관리되도록 바뀌었다. 따라서 개정된 시행규칙에 따라 포장재 폐기물을 비성형 상태로 가공하여 연료로 이용이 가능하다. 이와 같은 개정에 따른 문제점에 대하여 “한국산업폐자원공제조합” 및 “한국폐기물재활용공제조합”은 다음과 같은 문제점을 검토하는 것이 필요하다고 의견을 하였다.

- 폐기물관리 정책에 따르면, 발생억제가 최우선이며, 재이용·재사용 및 물질재활용이 그 다음이며, 이후 남은 폐기물을 에너지 생산에 이용하는 것이 타당함. 또한 에너지 이용의 경우도 시장성이 있는 고급 폐기물연료(고발열량 및 성분이 비교적 균일)를 우선 생산하도록 정책적 우선순위를 두는 것이 타당
- 현재의 국내에서 생산되는 비성형 고품연료는 크기 및 상태라는 면에서 유럽에서 생산된 것에 비하여 형상 및 크기가 일정하지 않거나 품질관리가 적절하게 이루어지지 않을 가능성이 큼
- 현재 폐포장재로 생산된 비성형 고품연료의 경우, 상대적으로 취급성 및 저장성이 좋지 않지만 이에 대한 적절한 보관기준 및 시설 기준이 없음
- 성형 고품연료의 경우, 폐포장재의 주된 원료인 폐비닐 및 폐플라스틱을 폐지와 혼합하여 균질한 발열량 범위 및 품질을 유지시키고 있으나, 비성형 고품연료로 범위가 확대되는 경우 처리가 곤란한 저발열량 폐기물과 혼합될 가능성이 있는 등 단순 폐기물 처리방법으로 악용될 가능성이 있음

위와 같은 관련단체의 우려와 반대의견을 발전적으로 수용하기 위하여, 2012년 환경부와 관련 단체가 모여 이해당사자 등 각 단체의 의견을 수렴하고, 전문가의 자문 등을 통해 고품연료제품 관련 제도의 문제점과 발전방안 마련을 상호간 대화속에서 해결하기 위한 “「폐기물관리제도 개선 기술포럼」을 발족하였다.

## 1.2 연구의 목적

「폐기물관리제도 개선 기술포럼」에서는 폐기물 고품연료에 대한 선진국의 제도를 검토하고, 정책의 실행과정 중 발생된 문제점들의 해결을 위하여 선진국의 시스템을 연구하여 향후 국내 폐기물 고품연료 제도를 보완하는데 필요한 자료를 준비

하고, 이를 적용할 수 있는 기초를 만드는 것을 목적으로 한다. 따라서 선진국이 폐기물 고형연료에 대하여 어떠한 정책적 입장을 취하고 있으며, 이에 관련된 법적인 제도를 운영하는 방식 등을 연구하는 것이 본 연구의 목적이라고 할 수 있다.

본 연구에서 고찰의 대상이 되는 유럽, 일본, 미국 등은 각 국가 간 환경적 차이 및 정책의 기준도 상이하므로, 이에 대한 배경 및 폐기물 관련 정책 전체를 이해하는 것 역시 필요하다고 사료된다. 본 연구의 목적은 세계적으로 확산되고 있는 폐기물의 에너지회수의 방법 중 하나인 폐기물 고형연료 제도와 운영사례 등을 확인함으로써 현재 개정된 법안의 개선 필요성을 검토하는 것이 본 연구용역의 목적인다고 할 수 있다. 이를 위하여 선진국의 제도를 바탕으로 다음 사항을 살펴보고자 한다.

- 폐기물 고형연료제도의 시행과정에서 발생할 수 있는 환경오염 및 부적정 처리 등의 사회적 문제발생 염려에 대하여, 현재 “재활용 제품”으로 분류된 폐기물 고형연료의 법적인 지위를 재검토 필요성
- 폐기물 고형연료와 관련된 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 및 관련 법령을 검토하고 이에 대한 연관성 및 상호보완적 관계를 검토
- 개정된 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따라 일부 완화되는 폐기물 고형연료제품의 품질기준(RPF에서 SRF로)과 사용시설 규제 기준의 재검토를 통하여, 폐기물 고형연료를 이용한 에너지 순환이용에 따른 환경적 위해성을 저감하고, 이에 대한 경제성을 향상 할 수 있는 정책이 마련될 수 있도록 대안 검토
- 국내 제도와 선진국 제도를 비교하여, 국내 현실에 적합하고 “폐기물을 이용한 에너지회수”라는 기본적인 정책목표를 달성하기 위한 법률적 개선방안 검토



---

## 고형연료제품의 정책 및 제도의 비교분석

---

1. 국내 고형연료 제도의 분석
2. 유럽의 고형연료 제도의 분석
3. 미국의 고형연료 제도의 분석
4. 일본의 고형연료 제도의 분석



## 제 2 장 고품형연료제품의 정책 및 제도의 비교분석

유럽은 폐기물의 자원화(물질 재활용, MR ; Material Recycling) 및 에너지 이용(열적회수, TR ; Thermal Recovery)에 대하여 상당히 적극적인 정책적 방향을 유도하여 왔으며, 이는 자원절약 및 지구온난화라는 두 가지의 당면한 현실적 과제에 대한 해결책 때문으로 사료된다. 이러한 면에서 유럽 정부는 포장재 폐기물(전기제품 포함)에 대한 재활용의무화 비율(Recovery & Recycling Obligation) 및 매립량의 제한 등의 정책을 진행시켜 왔다. 특히, 2009년 12월을 기준으로, 열적회수(Recovery, R1)에 대한 기준을 60%에서 65%로 조정하여 폐기물이 열적회수를 하는 부분에 대하여 기준을 상향 재설정하였으며 이에 따라 소각시설의 개선 및 사용되는 폐기물에 대한 전처리 방법이 확산되었다.

이러한 면에서 폐기물 고품형연료화 사업의 확대는 폐기물의 전처리 방법의 하나로 간주된다고 할 수 있다. 따라서 비록 CEN(Committee of European Norma)에 의하여 폐기물 고품형연료(SRF; Solid Recovered Fuel)와 관련된 기술적 기준(TS 343; Technical Specification 343)이 통과되어 관련된 많은 사항이 표준화(EN; European Norma)되었다고 하여도 폐기물 고품형연료인 SRF는 폐기물의 범위에 속한다고 할 수 있다. 그러나 국가에 따라서는 중금속 등의 기준을 별도로 정하여 폐기물 고품형연료를 대체연료 또는 보조연료로써 이용할 수 있도록 하는 국가들도 유럽 내에 존재한다. 또한 폐기물 고품형연료가 재활용 제품으로서 “End Of Waste”에 해당되어 폐기물 범위에서 제외되는지 그렇지 않은지의 여부는 유럽의 폐기물 수출입관리법 등과 관련되어 매우 중요한 의미를 갖는다.

미국의 경우 최근 셰일가스(Shale Gas)의 개발로 전력의 생산을 위하여 기존에 주로 이용되어오고 있는 석탄으로부터, 천연가스로의 변화가 예측되고 있다. 천연가스 발전은 석탄화력발전과 달리 복합화력발전(combined cycle power plant)방법을 이용할 수 있기 때문에 상대적으로 발전효율이 높으며 환경오염물질이 적게 발생한다는 장점을 가지고 있다. 이러한 추세는 저렴한 천연가스의 지속적인 생산이 가능해진 미국의 입장에서는 당연한 변화라고 할 수 있다.

이와 같은 이유로 기존의 석탄화력발전소의 경제성 확보는 중요한 사회적 이슈가 되었으며, 이를 위하여 미국은 2011년 및 2012에 걸쳐 폐기물 중의 일부를 대체연료로 사용하는 법안을 연방법(CFR; Code of Federal Regulation)으로 새로이 제정하였다. 이에 따라 폐기물을 대체연료로 이용하는 방법이 최근에 확대되기 시작하였으며, 기존의 석탄화력발전소에서 생활폐기물 및 건설폐기물을 포함한 사업

장폐기물을 혼소하는 방법이 거의 15년 만에 다시 확산되고 있는 실정이다. 석탄화력발전소에 혼소할 때에는 생활폐기물 및 사업장폐기물은 일정한 전처리를 거쳐 고품연료화(RDF type 2 & 3)의 형태로 가공된다. 또한 폐기물을 고품연료로 가공하여 열적 재이용하는 경우에는 물질 재활용 비율이 증가한다는 보고도 있다.

일본은 생활폐기물의 처리방법으로 주로 소각처리 방법을 이용하여 왔다. 이에 따라 각 지자체를 중심으로 소형 소각로가 확산되어 높은 운전비의 문제 및 폐기물을 이용한 에너지 회수가 사실상 매우 낮은 수준으로 운영되는 문제점이 있었다.

이러한 소형소각로의 문제해결을 위하여 일본정부는 생활폐기물을 소형소각로를 이용하여 소각하는 대신 취급성이 용이한 고품연료로 생산하고, 이를 폐기물 고품연료 전용보일러로 수집하여 발전 및 열을 생산하는 정책을 실시하였다. 물론 저장 시설에서의 폭발 등의 문제가 있으나, 현재 일본에서는 많은 고품연료 제조시설 및 이를 이용하는 전용보일러가 운전되고 있다.

최근까지 상업폐기물 및 산업폐기물을 고품 연료화 하는 포장재폐기물에 대하여 연료화 하는 것에 대하여 물질재활용하는 것으로 인정하지 않았으나, 최근 2010년 관련법의 개정으로 폐기물의 연료적 이용을 확산시키기 위하여 RPF(Refuse Plastic and Paper Fuel)를 제정하고, 이에 대한 표준규격(JIS: Japanese Industrial Standard)을 정하는 등의 노력을 기울이고 있다. 즉, 포장재폐기물에 대하여 “비상시 또는 물질재활용이 불가능한 경우, 이를 연료적 이용을 위하여 RPF를 생산하는 것을 허용” 하였다. 이 개정된 법에 따라 RPF의 품질기준은 성형된 고품연료로 한정하고 발열량 및 염소 등의 기준을 엄격히 한정하여 포장재 폐기물이 물질 재활용되지 않고, 대체연료로 이용되는 폐기물 관리의 기본원칙에 위반되는 것을 가능한 최소화 하려고 노력하였다.

국내의 경우, 과거의 매립 중심이었던 폐기물 정책이 재활용 및 에너지 생산이라는 방향으로 선회하면서, 폐기물을 에너지 자원으로 간주하고 폐기물을 이용하여 생산된 에너지를 신재생에너지로 분류하는 등의 정책이 활발히 진행되고 있다. 이러한 폐기물의 에너지 이용이라는 면에서 고품연료화 사업은 매우 중요하다고 할 수 있다. 폐기물 고품연료화 사업은 2008년 8월 15일 건국 60주년을 맞이한 경축사를 통해 『저탄소 녹색성장』을 새로운 국가 비전으로 제시함에 따라, 환경부를 중심으로 환경부의 6개 부처가 모여 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획을 발표하였다. 이에 따르면, 2013년까지 국가 신재생에너지 보급 목표율 3.78% 달성을 하도록 계획되었으며, 이 중 폐자원 및 바이오매스로 목표율의 83.9%에 해당하는 3.17% 실현할 수 있는 정책을 수립하도록 하였다. 이러한 년도 별 목표는 다음 <그림 2-1>에 나타나있다.



(신재생에너지확보 및 온실가스 저감을 위한 가연성폐기물 고형연료화 사업, 2010년 3월)

<그림 2-1> 연도별 폐자원 및 바이오매스를 이용한 신재생에너지 보급 계획

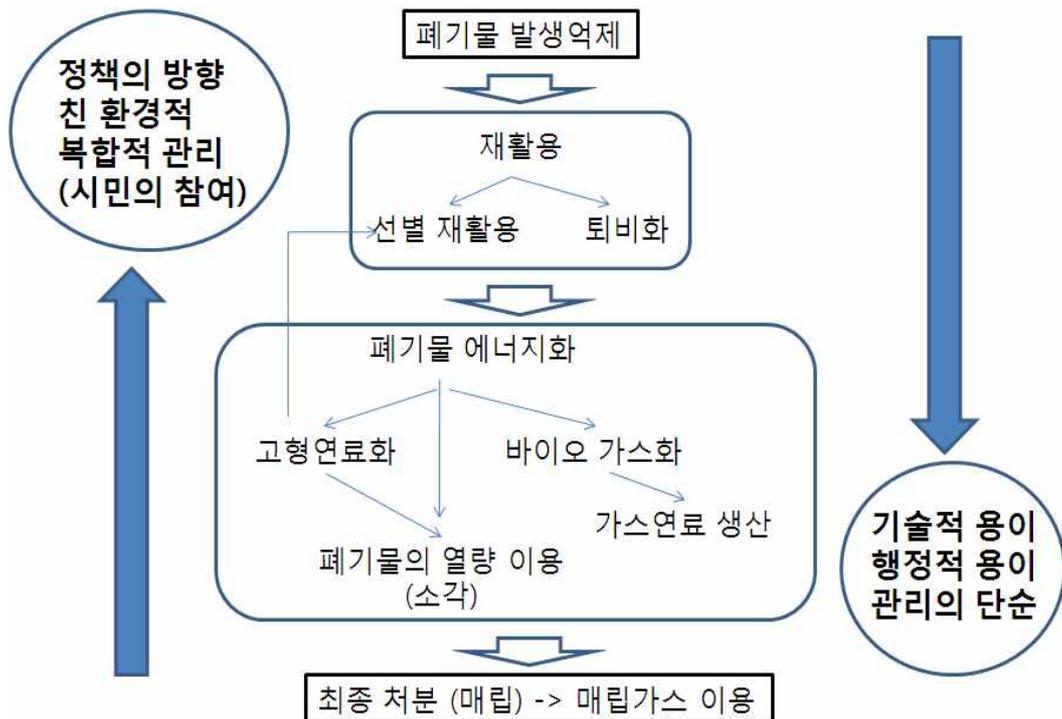
위 정책의 주요내용은 단순히 매립처리 되고 있는 폐기물을 이용하여 폐기물 고형연료를 생산하고, 생산된 고형연료를 발전 및 산업시설 또는 에너지를 필요로 하는 시설에 이용하여 필요한 에너지를 생산하는 것이다. 이와 같이 폐기물을 이용하여 생산된 에너지는 폐기물 중에 포함된 종이 등의 생물성(Biogenic) 물질에 의하여 재생에너지로 분류되며, 결과적으로 온실가스를 저감하고 매립시설 사용기간 연장을 도모할 수 있게 된다. 즉 폐기물을 연소할 때 발생하는 이산화탄소는 단기 순환형 이산화탄소(Short-Cycle CO<sub>2</sub>)에 해당되며, 폐기물 중 생물성(종이, 목재, 천연섬유 등)부분이 소각되어 발생된 이산화탄소는 광합성작용에 의하여 생물에 흡수되어지므로, 탄소평형(Carbon Neutral)의 개념에서 지구온난화가스가 발생하지 않는다고 간주된다(독일은 폐기물/폐기물 고형연료를 이용하여 생산된 에너지를 재생에너지로 분류하지 않으나 영국은 재생에너지로 인정하고 이에 대한 보조금을 지급하고 있다). 폐기물을 매립 등 최종처리 이전에 이용 가능한 연료로 전환하는 것이 “폐기물 고형연료화 사업”이다. 이 사업에 대한 적용여부는 지방자치단체가 여러 가지 조건을 검토하여 선택할 수 있도록 하여 정책적 여유를 두었으며, 주된 대상 폐기물은 생활폐기물이다.

최근 위와 같은 폐기물 고형연료화 사업을 확대하고, 이에 따른 효과를 확산시키기 위하여 일련의 법적인 제정이 진행되었으며, 결과적으로 폐기물 고형연료의 생산을 위하여 이용 가능한 폐기물의 범위가 생활폐기물에서 사업장 폐기물로 확대되고, 폐기물 고형연료 분류기준을 단순화 시켜 통합시키고, 품질관리 기준 등을 추가적으로 강화하여 고형연료의 시장성 및 신뢰성이라는 순기능을 강조하였다.

## 2.1 국내 고형연료 제도의 분석

폐기물 제도는 폐기물을 관리하는 방안으로서 발생의 억제, 재활용, 에너지화, 소각, 매립 등과 같은 제도적 도구들을 조합하여, 시민의 건강 및 환경을 보호하는 기본적인 틀이 되는 것이라고 할 수 있다. 또한 이러한 도구들은 친환경 및 시민의 건강이라는 기본적인 목적의 방향성에 따라 합리적으로 순서를 정하고, 이를 기준으로 사회적 및 경제적 여건 및 기술의 적용성 등을 고려하여, 구체화된 방법 및 각각의 방법에 적절한 비중을 더하여 조합된다. 개발도상국의 경우는 경제적 여건이 가장 중요한 고려사항이라면, 선진국의 경우는 시민의 건강, 자원 보호 및 폐자원·에너지(지구 온난화가스의 발생 포함) 등과 같이 사회적 책임을 중요시하는 테마들에 비중을 두는 경향이 확대되고 있다. 또한 관리의 도구로서 개발도상국은 규제적 도구(Implementation Instrument)에 의존한다면, 선진국은 경제적 도구(Economic Incentive Instrument)에 비중을 두는 경향이 있다.

현재 우리나라는 이미 선진국적 국민의 정서와 제도가 도입되어 있으며, 이를 운영하는데 일부의 시행착오가 있다고 생각된다. 현재 국내의 전체적인 폐기물의 관리 시스템을 도식적으로 나타내면 다음 <그림 2-2>와 같다.

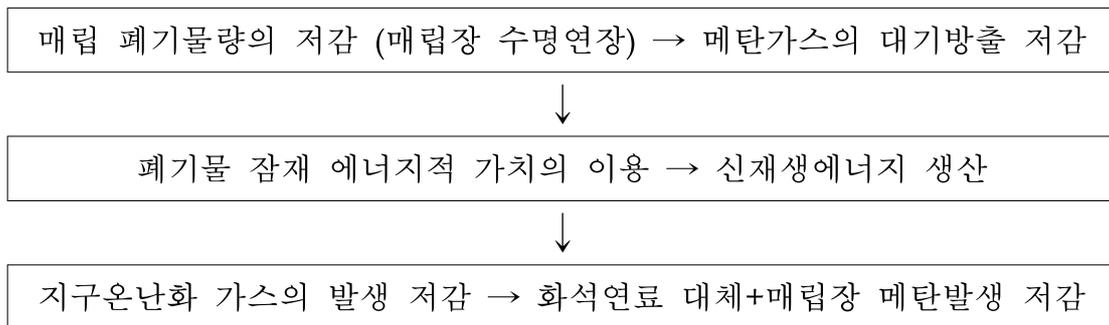


<그림 2-2> 폐기물 관리방안의 전체적인 모식도

위의 그림에서 보는바와 같이 매립 및 단순한 소각처리는 기술적으로 단순하고 행정적으로 규제가 용이한 반면, 폐기물을 폐자원으로 이용하기 위한 제도를 도입하는 경우 재활용 비율의 의무화, 매립량 제한, 에너지 이용설비의 기준 등을 제시하고 이를 지원·관리하는 제도 및 시스템이 수반되어야 한다. 이러한 의미에서 국내의 폐기물 관리제도는 기존의 행정적 규제에 의한 관리 중심의 틀에서 벗어나 정책적·제도적 지원을 통하여 방향성을 제시하는 것이라고 할 수 있다.

### 2.1.1 국내 고형연료 관련 정책

최근 세계적인 에너지 자원의 고갈 및 화석연료 가격의 상승에 따라 폐기물을 에너지 생산을 위한 자원으로 관리하는 것이 세계적 추세이다. 이에 우리나라도 지난 몇 년 전부터 폐기물 에너지화의 일환으로 폐기물 고형연료화 사업이 시행되어 왔다. 이러한 폐기물 고형연료 정책적 목표를 요약하면 다음 <그림 2-3>와 같다.



<그림 2-3> 폐기물 고형연료화 사업의 구조

초기의 폐기물 고형연료화 정책은 위와 같은 폐기물 매립의 최소화 및 폐기물을 이용한 폐기물 연료의 생산 및 이용에 따른 신재생에너지의 확보 등과 같은 일반적인 문제들을 중심으로 사업을 진행시켜왔다. 과거 폐기물 고형연료는 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙 제2조 별표 1에서 고형연료 생산에 이용되는 폐기물의 종류에 따라 RDF(Refuse Derived Fuel, 가연성 생활폐기물), TDF(Tire Derived Fuel, 폐타이어), WCF(Wood Chip Fuel, 폐목재) 및 RPF(Refuse Plastic Fuel, 폐플라스틱) 등 구분하여 제시하고 있었다. 초기에 원주시 및 수도권 매립지 등에서 생산된 폐기물 고형연료는 주로 생활폐기물을 중심

으로 한 RDF로서 초기의 시행착오에도 불구하고 현재 성공적으로 운전되고 있으며, 또한 폐합성수지류가 주 원료인 RPF는 열을 많이 사용하는 제지, 염색회사 등에서 많이 사용하는 등 나름대로의 시장을 가지고 있었다. 이 밖에 폐목재를 이용하여 제조한 WCF 역시 산업시설 및 지역난방 등에 이용이 확대되고 있었다. 이러한 사업의 확대에 따라 전체적으로 품질기준을 만족시키는 고품연료의 생산량이 부족하게 되고, 특히 RPF 등은 원료확보 문제 및 성형에 의한 생산단가의 상승 등으로 많은 문제가 발생되었다. 즉 품질기준을 만족시키는 고급 RPF는 수요가 공급을 추월하는 현상이 나타났으나 적절한 원료물질을 이용하지 않고 제대로 성형이 이루어지지 않은 저급의 RPF는 처리비를 수령한 후 그대로 적체하거나 시멘트소성로에서 폐기물로 처리되는 현상이 발생되었다. 다음 <표 2-1>은 고품연료 제조업체 현황 및 생산량을 비율에 따라 나타내고 있다.

<표 2-1> 고품연료 제조업체 현황(2011년 4월 기준)

	성형 RDF	RPF	TDF	WCF	합 계
사업장 수*	3개소	72개소	2개소	34개소	111개소
생산량(%)**	2.9%	55.9%	22.7%	18.5%	100%

\* 2011년 4월 기준

\*\* 2009년 기준 (SRF 제도시행 적합성 연구, 2012.05, 민달기)

이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 기존에 생활폐기물로 한정되어 있는 폐기물 고품연료 원료물질의 범위를 사업장폐기물까지 확대하고, 고품연료의 생산단가 저감 및 생산량 확대 등을 위하여 비성형 고품연료를 인정하는 등의 제도적 개혁을 실시하였다. 이를 통하여 기존에 문제가 있는 RPF사업자에게는 양질의 RPF를 생산할 수 있는 기회를 주고, 사업장폐기물에서 발생하는 비교적 성상이 일정하며 고발열량인 폐기물을 이용하여 양질의 고품연료 생산을 확대하는 것이 필요하게 되었다. 이에 따라 2013년 4월 폐기물 고품연료에 대한 새로운 기준이 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙 제2조 별표1에 제시되었다.

개정된 시행규칙의 내용을 정리하면, 다음과 같다.

- 폐기물 고형연료의 제조 대상 폐기물의 확대
- 폐기물 고형연료의 분류체계 통합
- 폐기물 고형연료의 품질기준 변화(중금속 농도 등)
- 폐기물 고형연료 시설에서의 품질관리 (QA/QC)

위의 법 개정에 따른 가장 큰 변화는 기존의 RPF가 새로운 폐기물 고형연료 분류인 SRF(Solid Refuse Fuel)에 속하면서, 실제적으로 과거에 RDF와 RPF의 차이가 없어졌다는 것이다(단 EPR 지원금은 성형 RPF에 한하여 지급) 또한 사업장 폐기물이 고형연료의 생산에 이용될 수 있기 때문에, 기존의 사업장 폐기물을 소각 처리하던 사업자는 소각 시 보조연료 등으로 이용하였던 고발열량의 폐기물이 더 이상 소각료로 반입되지 않을 것이라는 문제이다. 특히 기존의 6,000kcal/kg의 발열량을 가지는 RPF(Refuse Plastic Fuel)을 기존의 RDF 범위에 통합하여 SRF(Solid Refuse Fuel)로 통칭하는 개정에 의하여 포장재폐기물 등에서 발생된 페비닐 및 폐플라스틱 등을 이용하여 생산되어 왔던 RPF는 중요한 변화가 생겼다. 즉, 폐플라스틱 및 페비닐 등을 주원료로 제조한 RPF는 기존에는 성형화된 것으로 최소 발열량이 6,000kcal/kg 이상을 만족하도록 하였으며, 페비닐, 폐플라스틱 등 폐합성수지류가 중량 기준으로 60% 이상 사용토록 하고 있었다. 그러나 관련법의 개정에 따라 성형을 하지 아니하여도 되었고, 최소발열량 기준이 3,500kcal/kg으로 낮아짐으로서 기존 주원료가 페비닐, 폐플라스틱 등이며 고발열량의 고품위 고형연료 대신 여러 폐기물이 혼합하여 저발열량의 고형연료로 제조할 수 있도록 함으로써 폐기물 고형연료의 품질저하를 가져왔다. 즉, 우수한 고발열량의 폐플라스틱 등이 낮은 열량의 폐기물과 혼합되어 발열량이 낮아지는 즉, 고급 고형연료에서 저급 고형연료로의 후퇴를 의미한다 할 수 있을 것이다. 물론, 이와 같은 정책적 변화는 보다 많은 가연성 폐기물을 고형연료로 제조하여 매립되는 폐기물의 양을 저감한다는 것과 연료의 확대하는 측면에서는 긍정적이나 고발열량의 폐기물 고형연료를 생산하고 이에 대한 품질관리를 실시하여 시장성을 확보하고, 장기적으로는 폐기물에서 생산된 연료로 화석연료를 대체하는 대체연료(Substitutional Fuel, 또는 Secondary Fuel)로 발전시킨다는 면에서는 정책적 후퇴라고 판단할 수도 있을 것이다. 또한 폐기물 소각로에서 처리되는 폐기물을 연료화 하여 산업시설 및 에너지 생산시설에 이용할 수 있도록 하는 것은 바람직하나, 사용시설에 대한 관리가 충분

하지 않다는 점도 고려되어야 할 것이다. 특히 소형시설 및 중량비로 30%이하를 이용하는 시설의 경우 대기오염물질의 규제가 소각로에 못 미치는 수준으로 이는 국민의 건강 보호 및 환경오염에 영향을 줄 있는 여지가 있다. 아울러, 에너지 효율 75%이상 되는 폐기물 소각시설을 에너지 생산시설로 분류하여 고품연료의 사용이 가능하도록 하는 것이 선진국의 경우를 비추어 바람직하다고 사료된다.

## 2.1.2 국내 고품연료 관련 제도

국내에는 폐기물 고품연료를 재활용제품으로 정의(「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제25조)하고 있다. 즉, 국내에서는 폐기물을 일련의 전처리과정을 거쳐 폐기물 고품연료의 기준에 적합하게 생산된 것은 더 이상 폐기물이 아니며, 재활용 제품으로서 이용될 수 있도록 하고 있다. 이에 따라 포장재 폐비닐/플라스틱을 이용하여 폐플라스틱 고품연료(PRF: Refuse Plastic Fuel)를 생산하는 경우 생산된 PRF는 재활용 제품으로서 물질재활용으로 인정되며, 이에 따라 생산자책임재활용제도에 의한 지원금을 수령할 수 있게 된다. 이러한 의미에서 고품연료는 물질재활용과 유사한 법적인 지위를 부여 받았으며, 폐기물 고품연료는 실제의 화석연료와 같은 수준의 연료임을 인정받는다고 할 수 있다. 이와 같이 정부가 확고한 의지를 가지고 폐기물 고품연료화 사업을 추진하는 이유는 폐기물을 폐자원으로 보고 물질 재활용 후 남는 부분, 즉 실제적으로 물질 재활용이 어려운 폐기물들을 연료로써 열을 회수하는 것이 주된 목적이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 제도 시행은 기존 폐기물 소각시설을 이용하여 폐기물을 소각하는 경우와 비교했을 때 다음과 같은 현실적인 문제가 있다.

- 중·소형 소각로가 상대적으로 많고, 이러한 규모의 소각시설에서 에너지 생산은 실제적으로 어려움
- 소각비용이 매립비용에 비하여 상대적으로 높음
- 소각로에서 생산된 열에너지가 주변에 공급되어 이용되는 경우가 적음
- 발생하는 가연성 폐기물 량에 비하여 에너지 생산이 가능한 소각시설이 적음

또한, 폐기물 소각로의 경우 인근 주민과의 마찰로 인하여 새로운 건설이 용이하지 않으며, 생활폐기물의 경우 상대적으로 발열량이 낮고 염분농도가 높아 고효율의 에너지 생산이 사실상 어려운 점이 있다. 사업장폐기물 소각로 역시 폐기물 처리비(Gate Fee)에 의존하여 운영되므로 고효율 에너지 생산보다는 소각처리를

통한 수입에 중점을 두는 경향이 있다. 이와 같은 이유로 폐기물 고형연료화 정책의 기본 취지는 생활폐기물을 이용한 폐기물 고형연료의 경우는 광역처리를 통한 다이옥신 발생의 억제 및 폐기물소각로 운영비 감소, 또한 폐플라스틱 및 폐비닐 등을 이용하는 폐기물 고형연료의 경우는 화석연료를 대체할 수 있는 폐기물 연료의 생산이라고 할 수 있다. 따라서 기존 RPF(Refuse Plastic Fuel)는 산업체에 연료로 공급될 수 있는 폐기물 연료, 또한 석탄과 동등한 연료적 가치를 인정받도록 하기위하여 6,000kcal/kg 이상이라는 발열량을 요구하였다고 사료된다. 위의 일련의 정책적 취지를 달성하기 위하여 폐기물 고형연료를 폐기물이 아닌 재활용 제품으로 분류하는 이유는 다음과 같다고 추측할 수 있다.

- 폐기물 고형연료가 폐기물로 분류되는 경우, 이를 이용하는 산업시설이 폐기물 소각로의 대기오염물질 배출기준을 만족시켜야 하므로, 추가적인 시설투자 및 운영비의 증가를 초래할 수 있음
  - 현재는 폐기물 고형연료 사용량이 전체 연료사용량의 30%미만인 산업보일러 시설에 대하여, 폐기물 소각로의 기준을 만족시키지 않도록 면제
  - 그 밖의 폐기물 고형연료 사용시설로 규정된 시멘트 소성로, 화력발전시설, 열병합발전시설, 2MW 이상인 발전시설 등은 소각로의 대기오염 배출허용기준에서 면제
- 폐기물 고형연료 생산사업장이 폐기물재활용 사업장이 아닌 폐기물처리 사업장으로 분류되는 경우 발생하는 피해
- 폐기물 고형연료를 재활용 제품으로 분류하여 수요증가효과 기대(재활용 사업자의 사업에 대한 적극적 참여 기대)
- 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 폐기물 재활용제품에 대한 정의 모호

국내의 폐기물 고형연료의 개념은 선진국의 RDF(Refuse Derived Fuel) 또는 SRF(Solid Recovered Fuel)보다는 대체연료(Substitutional Fuel)또는 보조연료(Secondary Fuel)에 가깝다고 할 수 있다. 이와 같은 폐기물을 이용한 대체연료에 대하여는 최근 유럽, 미국, 일본 등의 선진국에서는 이미 제도를 정비하고 이에 따라 시행하고 있다. 또한 이와 같은 폐기물 고형연료와 대체연료 또는 보조연료의 개념은 상당한 차이가 있다. 위의 대체연료와 폐기물 고형연료의 가장 큰 차이점은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- 기존에 사용되는 연료와의 유사성 및 시설에 미치는 영향 (발열량, 염분 등)
- 폐기물 연료 중에 포함된 유해물질 (중금속 등)
- 연소조건에 미치는 영향 (회분 등)

이를 고려하여 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에서 정의하는 폐기물 고형연료와 선진국의 대체연료(보조연료) 관련 규정을 검토하는 것이 필요하다. 이는 향후 폐기물 고형연료의 법적인 분류체계를 판단하는 중요한 자료가 될 것이다.

국내의 폐기물 고형연료와 관련된 법령은 크게 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 및 「폐기물관리법」이 있으며, 고형연료 사용시설에 대한 대기오염물질 배출허용기준은 「대기환경보전법」에서 다루고 있다. 폐기물 고형연료와 관련된 정의, 품질기준 및 사용시설의 종류, 검사기준 등 대부분의 내용은 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 규정되어 있으며, 「폐기물관리법」에는 폐기물 고형연료제품 사용시설 중 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설에 대하여 기준을 정하고 있다. (폐기물 고형연료제품 사용시설 중 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설에 대하여 「폐기물관리법」 시행규칙 별표9. 폐기물처리시설의 설치기준 및 같은 법 시행규칙 별표10. 폐기물처리시설의 검사기준에 따른 소각시설의 검사기준에 적합한 시설로서, 초기 가동 시 연소실 출구온도가 800℃ 이상이 될 때 고형연료제품을 자동 투입할 수 있는 장치를 갖춘 경우에 한한다.) 즉 폐기물 고형연료 사용시설은 폐기물 소각시설과 동일한 시설 설치기준 및 검사기준에 따라 운영되고 있다. 이러한 면에서 실제적으로 폐기물 고형연료는 재활용 제품으로 분류되지만 이를 사용하는 시설은 폐기물 소각로와 동일하다. 따라서 국내의 폐기물 고형연료와 관련된 법률에서도 폐기물 고형연료가 화석연료와 동일하게 취급되는 대체연료 또는 보조 연료와는 상이하게 유해물질(주로 중금속, 염소유기화합물)등이 포함된 폐기물에 가깝다는 것을 암시하고 있다. 따라서 이를 이용하는 시설에 대한 규제는 폐기물 소각로에 준하여 관리가 필요하다는 것을 간접적으로 나타내고 있다.

한편 향후 고형연료의 품질관리를 위하여 환경부는 다음과 같은 제도의 보완을 준비하고 있다.

- 고형연료제품 사용시설 사용기준 및 제조, 사용시설에 대한 정기검사제도 도입
  - 사용자 준수사항(사용기준)을 준수하지 아니한 경우, 개선명령 부과.
  - 개선명령 미 이행시 고형연료제품 사용금지
  - 정기검사결과 검사 부적합 시 개선명령, 미 이행시 시설 사용금지

- 고품연료제품 제조, 수입신고, 품질검사 및 품질표시제도 도입
  - 계절별, 발생원별 등에 따라 변화되는 성상을 반영하여 품질등급 인증 제도를 품질검사로 변경
  - 보관 부적정 등으로 품질기준에 부적합하게 된 경우 폐기물로 처리토록하고, 위반할 경우 대집행할 수 있도록 함. 다만, 수분이 초과된 경우 개선할 수 있는 기간 부여
  
- 폐자원에너지 종합정보관리시스템 구축·운영
  - 시설 현황 및 폐기물을 에너지로의 생산·수입·판매·사용 현황 등
  - 폐자원에너지 지원센터 및 폐자원에너지협회 설립 근거 마련
  - 폐기물의 안전한 처리와 처리시설의 적정 운영관리를 기반으로 한 폐기물의 자원화 지원을 위하여 지원센터와 관련 협회 설립 근거 마련
  
- 권리·의무 승계 근거 마련 및 보고·검사 의무 부여, 위반행위에 대한 처분 강화
  - 양도·양수 등의 사유발생 시 권리·의무 승계 근거 마련
  - 고품연료제품의 사용·제조·수입하는 자에게 보고검사 의무 부과
  - 고품연료제품을 제조·수입·사용하는 사업자의 위반행위별 처분규정 강화

위 내용은 추진 중인 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 개정내용으로 현재 법제처 검토가 종료된 상태이다. 위 제안은 향후 제조시설 및 사용시설에 대한 관리 및 규제를 강화하여 폐기물 고품연료 제조가 가능한 폐기물 확대에 따라 폐기물 고품연료가 적정하게 제조 및 사용될 수 있도록 하는 것이 주요 내용이다. 과거의 법률에서는 고품연료 제조시설을 중심으로 인증을 실시하였으나, 인증을 받은 시설의 경우도 반입되는 폐기물의 성상에 따라 생산되는 고품연료의 품질이 상이하므로, 분기별로 검사를 실시하도록 제도를 개선하여 품질관리에 역점을 주는 것이 중요하다고 할 수 있다. 선진국의 경우 대부분 고품연료의 품질검사는 인증기관에 의하여 년 12회(매월) 실시되며, 수분함유량과 같은 항목은 고품연료 반출시 반드시 확인하도록 되어 있으나, 이러한 부분은 아직 국내의 제도가 반영하지 못한 미진한 부분이라고 사료된다. 또한 사용시설의 경우 계약된 고품연료의 품질에 대한 만족 여부를 고품연료 반입 시 대부분 확인하고 이를 위반한 경우, 이를 다시 생산시설로 반송시키는 것이 일반적이다. 이는 기준에 미달되는 고품연료 이용시

발생할 수 있는 시설의 장애 및 대기오염물질의 추가 배출로 인한 주변의 환경오염 등을 방지하기 위한 것이다. 위의 제안된 법안이 통과되는 경우 “요람에서 무덤까지” 라는 폐기물 관리의 원칙에 따라 폐기물 고형연료를 관리할 수 있을 것이라고 판단된다. 그러나 과거의 인증제도의 경우 3회 이상 품질기준을 위반하는 경우 인증을 취소하여 실제로 고형연료의 생산을 못하도록 하였으나, 새로이 제안된 법안에는 품질 또는 시설기준을 만족시키지 못하는 경우 과태료 처벌기준만이 있어, 계속적으로 과태료를 지불하면서 사업을 영위할 수 있다는 면이 있다. 아래 <표 2-2>는 위에서 살펴본 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」의 고형연료제품에 관련된 시행규칙을 정리해놓은 것이다.

<표 2-2> 『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 중 고형연료제품 관련 법령 정리

법률	시행규칙	세부내용(개정 전)	세부내용(현행)
	제2조	-제2조 관련 별표 1에 규정 -재활용 제품 정의 RDF, TDF, WCF, RPF 관련 정의	-제2조 관련 별표 1에 규정 -재활용 제품 정의 SRF와 BIO-SRF 관련 정의
제25조의2	제20조의3	-고형연료제품 사용시설기준 고형연료제품 사용시설 기준을 시멘트 소성로, 화력발전시설, 보일러 시설 등 5가지로 구분하여 사용시설 세부기준 설정	
	제20조의3	-제20조의3제2항 관련 별표 7 규정 -고형연료제품 품질·등급 기준 명시(RDF, TDF, WCF, RPF)	-제20조의3제2항 관련 별표 7 규정 -고형연료제품 품질 등급 기준 명시(SRF와 BIO-SRF로 기준 통합)
제25조의3	제20조의4	-고형연료제품 인증기관 명시(환경부장관이 지정하여 고시) -고형연료제품 품질 등급 신청서 및 결과 등에 대한 서식 명시	-고형연료제품 인증기관 명시(환경부장관이 지정하여 고시) -고형연료제품 품질 등급 신청서 및 결과 등에 대한 서식 명시 별지 서식14의 4,5,6의 서식 개정.
제25조의3	제20조의6	-고형연료제품 제조자와 사용자의 준수사항 고형연료제품 제조자와 사용자가 지켜야 되는 준수사항 법령 규정	
제25조의4	제20조의5	-고형연료제품 품질검사 및 품질·등급 인증 취소규정 고형연료제품 품질검사 결과에 따른 제품의 품질·등급 기준 부적합에 따른 인증 취소에 관한 규정	
제25조의5	제20조의7	-수수료 관련 규정 시행규칙 제20조의7 관련 별표9 고형연료품질 제품·등급 인증 수수료 산정기준 고형연료제품의 품질·등급 인증을 신청하는 자로부터 받는 수수료에 대한 기준	

현재 폐기물 고행연료의 품질기준은 2013년 4월 1일부터 시행되고 있으며, 다음 <표 2-3>에는 현재(SRF) 및 개정 전의 고행연료 품질기준에 대하여 나타내었다.

<표 2-3> 고행연료(SRF) 품질기준의 변화 (2013년 4월 1일 시행)

구분		단위	SRF		RPF	RDF		TDF
			성형	비성형	성형	성형	비성형	비성형
모양 및 크기	직경	mm 이하	50	-	100	30	-	-
	길이		100	50×50 (120×120)	10	100	50×50 (120×120)	120
수분		<, wt.%	10	25	10	10	25	10
저위 발열량		>, kcal/kg	3,500		6,000	> 3,500/4,500/ 5,500/6,000		6,000
회분 (건기준)		<, wt.%	20		10	20		4
염소 (건기준)		<, wt.%	2.0		2.0	<0.5 / 0.5~1.0 / 1.0~1.5 / <2.0		2
황분(건준)		<, wt.%	0.6		0.6	0.6		2
중금속	수은(Hg)	<, mg/kg	1.0		1.2	1.2		1.2
	카드뮴(Cd)		5.0		9.0	9.0		9.0
	납(Pb)		150		200	200		200
	비소(As)		13.0		13.0	13.0		13.0
	크롬 (Cr)		-		-	-		-

\*SRF : 통합된 폐기물 고행연료 (Solid Refuse Fuel)

\*RPF : 폐플라스틱 고행연료 (Refuse Plastic Fuel)

\*RDF : 폐기물 고행연료 (Refuse Derived Fuel)

\*TDF : 폐타이어 고행연료 (Tire Derived Fuel)

과거의 고행연료는 원료물질에 따라 크게 4가지로 나누어 구분하고 있으며, 대부분이 유사한 연료품질기준을 가지고 있다. 그러나 RPF 및 TDF의 경우 대부분의 원료물질의 발열량이 높아 기준 발열량을 6,000 kcal/kg 이상으로 정하고 있으며 특히 RPF의 경우 중량 기준 폐플라스틱(비닐포함)을 60% 이상 함유하도록 의무화하는 등 비교적 엄격한 품질기준을 규정하고 있었다. 이러한 RDF, RPF 및 TDF는 SRF로 통일되어 관리되도록 시행규칙이 개정(2013.1.31)되었다. 한편 과거에는 폐목재를 이용한 고행연료(WCF)의 경우 원료물질로서 할로젠족 유기물로 오염

된 폐목재 및 건설폐목재의 이용을 금지하고 있어 효율적인 폐목재 활용에는 다소 문제가 있는 것으로 판단되었다. 개정된 시행규칙은 지정폐기물에 해당되는 철도침목 및 전시주 등 지정폐기물을 제외한 모든 폐목재(단, 물질재활용을 위하여 원목으로 된 폐가구류 및 제재부산물은 제외), 초본류, 농업부산물, 식물성 잔재물(음식물류 폐기물 제외)을 폐기물 고품연료로 사용할 수 있도록 하였으며, 분류체계도 WCF에서 Bio-SRF로 분류 명칭을 바꾸었다. 다음 <표 2-4>는 WCF와 Bio-SRF의 품질기준 변화를 나타내고 있다.

<표 2-4> 고품연료(Bio-SRF) 품질의 변화 (2013년 4월 1일 시행)

구분	단위	WCF		바이오 고품연료(Bio-SRF)			
		비성형		성형		비성형	
모양 및 크기	mm	직경	-	직경	50 이하	가로	120 이하
		길이	100 이하	길이	100 이하	세로	120 이하
수분	wt.%	10 이하		10 이하		25 이하	
저위발열량	kcal/kg	3,500 이하		3,000 이상			
회분	wt.%	8.0 이하		15 이하			
염소	wt.%	0.3 이하		0.5 이하			
황분	wt.%	1.2 이하		0.6 이하			
중금속	수은(Hg)	1.0이하		0.6 이하			
	카드뮴(Cd)	2.0 이하		5.0 이하			
	납(Pb)	30.0 이하		100 이하			
	비소(As)	2.0 이하		5.0 이하			
	크롬(Cr)	30.0 이하		70.0 이하			

또한 고품연료 검사 주기도 1년 1회에서, 매분기로 바꾸어 관리를 강화하였다. 다음 <표 2-5>는 고품연료제품 품질인증검사 주기를 나타내고 있다.

<표 2-5> 고품연료제품 품질인증검사 주기

개정 전		개정 후(시행일 ' 13.4.1)	
종류	검사주기	종류	검사주기
생활폐기물(RDF)	분기 1회	일반고형연료제품 (SRF)	분기 1회
폐합성수지류(RPF)	연 1회		
폐타이어(TDF)			
폐목재(WCF)		바이오고형연료제품(BIO-SRF)	

\* 『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』 시행규칙 제20조의6 별표 8

한편 폐기물 고형연료의 사용시설은 개정에 따른 차이 없으며, 이는 다음 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 고형연료제품 사용시설

고형연료제품 사용시설
1. 시멘트 소성로(燒成爐)
2. 화력발전시설, 열병합발전시설 및 발전용량이 2메가와트 이상인 발전시설
3. 석탄사용량이 시간당 2톤 이상인 지역난방시설, 산업용보일러, 제철소 로(爐)
4. 재활용품 중 폐기물을 이용하여 만든 고형연료제품(이하 "고형연료제품"이라 한다) 사용량이 시간당 200kg 이상인 보일러시설(『폐기물관리법 시행규칙』 별표 9에 따른 소각시설의 설치기준 및 같은 법 시행규칙 별표 10에 따른 소각시설의 검사기준에 적합한 시설로서 초기 가동 시 연소실출구 온도가 800℃이상이 될 때 고형연료제품을 자동 투입할 수 있는 장치를 갖춘 시설만 해당한다)
5. 기타 환경부 장관이 정하여 고시하는 시설

\* 『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』 시행규칙 제20조의3

위에서 알 수 있듯이 폐기물 고형연료의 사용시설은 주로 에너지의 수요가 집중되는 곳을 대상으로 하고 있다. 특히 산업용 보일러와 고형연료 사용량이 시간당 200kg이상인 보일러를 별도로 구분하여 제시하고 있다. 또한 소형소각로에서 이용되는 폐기물 고형연료를 최소화하도록 법적으로 유도하고 있으며, 설치 및 운전 역시 폐기물 소각로와 유사한 기준을 적용하여 고형연료의 이용에 따르는 환경오염을 최소화하도록 제안하고 있다.

상기 법률과는 별도로 폐기물 고형연료의 제조 및 사용시설에서 배출되는 대기오염물질의 배출기준을 관리하는 「대기환경보전법」이 있으며, 이 법에서도 별도로 고형연료 제조 및 사용시설을 정의하고 있다. 본 법안에 따르면 향후 2014년 및 2015년에 걸쳐 기준이 강화되며, 고형연료와 관련된 법적인 규제를 받게 되는 제조 및 사용시설은 점차 확대될 것으로 예상된다. 「대기환경보전법」에서 규정하는 폐기물 고형연료 제조 및 사용시설은 다음 <표 2-7>과 같다.

<표 2-7> 『대기환경보전법』에 기준한 고형연료 사용시설의 분류(2015년 기준)

고형연료제품 제조·사용시설 및 관련시설

가) 고형(固形)연료제품 제조시설

『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』 제 25조의2 에 따른 생활폐기물 고형연료제품(RDF) 제조시설, 폐플라스틱 고형연료제품(RPF) 제조시설, 폐타이어 고형연료제품(TDF) 제조시설 및 폐목재 고형연료제품(WCF) 제조시설 중 연료사용량이 시간당 30킬로그램 이상이거나 용적이 3세제곱미터 이상이거나 동력이 3마력이상인 다음의 시설

- ① 선별시설, ② 건조·가열시설, ③ 파쇄·분쇄시설, ④ 압축·성형시설

나) 바이오매스 및 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』 제39조에 따른 목재펠릿 제조시설 중 연료사용량이 시간당 30킬로그램 이상이거나 용적이 3세제곱미터 이상이거나 동력이 3마력이상인 다음의 시설

- ① 선별시설, ② 건조·가열시설, ③ 파쇄·분쇄시설, ④ 압축·성형시설

다) 바이오가스 제조시설

라) 고형(固形)연료제품 사용시설(연료제품 사용량이 시간당 200킬로그램 이상이고 사용비율이 30퍼센트 이상인 시설(『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』 제25조의2에 따른 시설만 해당한다)

- ① 생활폐기물 고형연료제품(RDF) 사용시설, ② 폐플라스틱 고형연료제품(RPF) 사용시설, ③ 폐타이어 고형연료제품(TDF) 사용시설, ④ 폐목재 고형연료제품(WCF) 사용시설

마) 바이오매스 및 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』 제39조에 따른 목재펠릿을 시간당 200킬로그램 이상 사용하는 시설(다만, 다른 연료와 목재펠릿을 함께 연소하는 시설은 제외한다)

바) 바이오가스 사용시설

따라서, 「대기환경보전법」에서는 「폐기물관리법」 및 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」과 상이하게 폐기물 고형연료 사용 및 제조 시설에 바이오가스 제조시설 및 바이오가스 사용시설이 추가로 포함되어 있다.

또한 「폐기물관리법」 시행규칙에서 정하는 “재활용 방법”과 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙에서 정하는 폐기물 고형연료에 대한 기준이 서로 상이한 부분이 있다. 즉, 「폐기물관리법」에 의하면 지정폐기물로 관리되고

있는 철도침목의 경우 열적 재활용이 가능하도록 규정하고 있으나 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙의 폐기물 고형연료의 품질기준(Bio-SRF)에는 지정폐기물인 철도침목을 Bio-SRF의 원료대상에서 제외시켜 이를 연료로써 재활용하는 것을 금지시켰다. 또한 「폐기물관리법」 시행규칙에서는 “가연성 고형폐기물”에 대한 재활용 기준으로 철도침목의 열이용을 인정하고, 시멘트 소성로에서의 재활용 기준을 정하였다. 이 내용을 요약하여 다음 <표 2-8>에 나타내었다.

<표 2-8> 폐기물 재활용 기준과 폐기물 고형연료의 비교

『폐기물관리법』 시행규칙의 재활용	『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 시행규칙의 “폐기물 고형연료”
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별표5의2, “폐기물의 재활용 기준 및 구체적인 재활용 방법” (제14조의3제2항 관련)</li>   <li>19. 파손범위가 적은 철도용 폐침목을 다음 각 목의 구분에 따라 적합하게 재활용하는 경우               <ul style="list-style-type: none"> <li>나. 철도용 폐침목(목재인 경우로 한정한다)을 절단, 세척 등의 방법으로 가공하여 다음 1) 및 2)의 기준에 적합하게 재활용하는 경우                   <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 가공한 철도용 폐침목은 다음의 어느 하나에 해당하는 방법으로 재활용하여야 한다.                       <ul style="list-style-type: none"> <li>가) 나무판 등 목재성형제품, 산업용 활성탄, 고형연료제품(WCF) 또는 바이오에탄올(목질계 에탄올연료) 제조용</li> <li>나) 열분해·가스화 원료용</li> <li>다) 에너지 회수용(제3조제1항 제1호에 따른 에너지 회수기준에 적합한 경우로 한정한다)</li> </ul> </li> <li>2) ... 시험한 결과 다음의 기준에 맞아야 한다.                       <ul style="list-style-type: none"> <li>가) 벤조(a)안트라센: 3.0 mg/kg 미만</li> <li>나) 벤조(a)피렌: 3.0 mg/kg 미만</li> <li>다) 다이벤조(a,h)안트라센: 3.0 mg/kg 미만</li> <li>라) 기름성분: 중량비를 기준으로 0.35% 미만</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 고형연료제품 [Bio-SRF (Biomass-Solid Refuse Fuel)]: 「폐기물관리법」 제2조 제4호의 지정폐기물이 아닌 다음의 가연성 고형폐기물을 사용 (다음의 폐기물을 서로 혼합하는 경우를 포함한다) 하여 제조한 것을 말한다.</li>   <li>3) 폐목재류(원목으로 된 폐가구류 및 제재부산물을 포함하며, 철도용으로 사용된 침목과 전신주로 사용된 것은 제외한다)</li> </ul>

<표 2-8> 폐기물 재활용 기준과 폐기물 고형연료의 비교 (계속)

『폐기물관리법』 시행규칙의 재활용	『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 시행규칙의 “폐기물 고형연료”
<p>다. 제3조제1항 제3호 각 목의 폐기물을 시멘트 소성로에서 보조연료로 재활용하는 경우</p> <p>2) 시멘트 소성로에서 보조연료로 재활용하는 폐기물은 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙」 제20조의5제3항에 따라 환경부장관이 고시한 "고형연료제품의 품질 시험·분석방법"에 따른 시험결과(저위발열량 외의 항목은 건조된 상태를 기준으로 한다)가 다음의 기준에 적합하여야 한다.</p> <p>가) 납: 킬로그램 당 200밀리그램 미만  나) 구리: 킬로그램 당 800밀리그램 미만  다) 카드뮴: 킬로그램 당 9밀리그램 미만  라) 비소: 킬로그램 당 13밀리그램 미만  마) 수은: 킬로그램 당 1.2밀리그램 미만  바) 염소농도: 무게의 2퍼센트 미만  사) 저위발열량: 킬로그램 당 4,500킬로칼로리 이상</p> <p>3) 2)에도 불구하고 폐목재에 대하여는 다음의 기준을 적용한다.</p> <p>가) 납: 킬로그램 당 30 밀리그램 이하  나) 구리: 킬로그램 당 800 밀리그램 미만  다) 카드뮴: 킬로그램 당 2.0 밀리그램 이하  라) 비소: 킬로그램 당 2.0 밀리그램 이하  마) 수은: 킬로그램 당 1.0밀리그램 이하  바) 염소농도: 무게의 2 퍼센트 이하  사) 저위발열량: 킬로그램 당 3,500킬로칼로리 이상</p>	<p>20조의3 (폐기물 고형연료제품 사용시설 등) ① 법 제25조의2에서 "환경부령으로 정하는 사용시설"이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설을 말한다.  &lt;개정 2009.7.13.&gt;</p> <p>1. 시멘트 소성로(燒成爐)</p> <p>SRF의 품질기준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 저위발열량: 킬로그램 당 3,500 킬로칼로리 이상</li> <li>• 수은: 1.0 mg/kg 이하</li> <li>• 카드뮴: 5.0 mg/kg 이하</li> <li>• 납: 150 mg/kg 이하</li> <li>• 비소: 13.0 mg/kg 이하</li> <li>• 염소: 2% 이하 (중량)</li> </ul> <p>Bio-SRF의 품질기준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 저위발열량: 킬로그램 당 3,000 킬로칼로리 이상</li> <li>• 수은: 0,6 mg/kg 이하</li> <li>• 카드뮴: 5.0 mg/kg 이하</li> <li>• 납: 100 mg/kg 이하</li> <li>• 비소: 5.0 mg/kg 이하</li> <li>• 크롬: 70 mg/kg 이하</li> <li>• 염소: 0.5% 이하 (중량)</li> </ul>

위의 두 가지 비교로부터 실제적으로 시멘트 소성로에서 사용되는 「폐기물관리법」 시행규칙에 따른 “가연성 고품폐기물” 과 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙에 따른 “일반 폐기물고형연료(SRF)” 가 중금속 및 염분 등에 거의 차이가 없음에도 불구하고 가연성 고품폐기물과 재활용제품(폐기물 고품연료)으로 서로 다르게 분류된다는 것은 법률적 모순이라고 할 수 있으며, 발열량의 경우는 오히려 재활용 제품인 폐기물 고품연료에 비하여 가연성 고품폐기물에 대하여 더 높은 기준을 요구하고 있다. 이는 아직 열적 회수(Recovery)와 재활용(Recycle, End of Waste)의 개념을 분리하여 생각하지 아니한 것이 주된 이유로 사료된다. 즉 폐기물이 열적으로 재활용되는 것이지 열적 재활용이 되는 이유로 폐기물이 재활용 제품으로 분류되는 것은 아니라는 것이다. 따라서 향후에는 물질 재활용(Material Recycling)과 열적 회수(Thermal Recovery)의 개념을 분리하여 관리하는 것이 필요하다고 사료된다. 한편 국내의 바이오 고품연료(Bio-SRF)와 폐목재 등의 유기성 고품폐기물의 경우에도 철도 침목의 포함 여부 및 염분농도의 차이(0.5% 와 2.0%) 등의 품질기준이 존재하므로 기존의 관리 방법에는 문제는 되지 않는다고 생각된다.

## 2.2 유럽의 고품연료 제도의 분석

유럽의 폐기물 정책은 친환경성(지구온난화 가스) 및 자원절약(물질재활용 및 에너지 이용)라는 2가지 방향으로 정책이 진행되고 있다. 이러한 정책적 경향을 반영하여 유럽에서는 여러 가지 폐기물 관련 법령을 단계적으로 제정하고, 각각의 법령은 유럽의 각 국가들에 일정 수준의 자원절약 목표 및 지구온난화가스의 저감을 의무화하고 있다.

유럽 국가들의 관련 제도를 이해하기 위하여, 관련된 법령체계를 이해하는 것은 중요하다. EU(유럽 연합, European Union)가 제정하는 법은 규칙(Regulation), 법령(Directive), 결정(Decision), 권고(Recommendation)의 4종류로 나누어 볼 수 있으며, 환경과 관련된 대부분의 규제는 대부분이 법령(Directive)의 형태를 취한다. 이와 같은 법령은 있는 그대로 회원국에 적용되지 않고, 회원국이 일정 기간 내에 그 내용을 포함한 국내법을 제정하는 것이 의무화되어 있으며, 의무화 방법은 각 해당국가의 상황에 맡겨진다. 또한 경우에 따라서 법령에 규정된 의무화 비율을 등을 만족시키기 위한 계획서의 제출을 요구하는 경우도 있다. 반면, 규칙(Regulation) 및 결정(Decision)은 모든 EU국가 또는 특정 대상지역에 적용되며, 결정되어진 사

향은 직접적인 구속력을 가지는 것이 일반적이다. 반면 권고(Recommendation)는 구속력을 가지지 않으며, 권고된 사항은 각 국가의 사정을 고려하여 이를 정책에 반영한다. 이밖에 유럽 표준 기구(CEN, Committee of European Norma)를 설립하여 세계표준인 기구인 ISO(International Standard Organization)와 별도의 유럽표준(EN, European Norma)을 만들어 운영한다. 이러한 유럽표준인 EN은 국가별로 실정에 맞는 자국의 표준을 만드는데 참고가 될 뿐이다. 폐기물 고형연료의 품질기준에 해당되는 EN15359은 유럽의 표준일 뿐 각 국가는 폐기물 고형연료에 대한 자국의 표준을 만들어 운영하고 있다. 그러나 유럽국가 간의 문제가 발생하는 경우에는 유럽의 전체적인 기준이 우선된다.

유럽에서는 1975년 첫번째 폐기물 관리에 관한 법령(75/422/EEC, 1975년)이 제정되고, 이후 전자전기 신경장비, 포장재, 폐자동차 등 폐기물 종류별로 여러 가지 규제가 도입되었다. 현재 유효한 주요한 법령은 다음과 같다.

- 매립지 법령 ( Landfill Directive, 1999/31/EC )
- 폐자동차 법령 ( ELV Directive, 2000/53/EC )
- 폐기물 소각로 법령 ( WID, Waste Incineration Directive, 2000/76/EC )
- 폐전기전자 법령 ( WEEE Directive, 2002/96/EC )
- 에너지세 법령 ( 2003/96/EC )
- 포장폐기물 법령 ( 2004/12/EC )
- 폐전지 법령 ( 2006/66/EC )
- 폐기물 관리 법령 개정 ( Waste Framework Directive Amendment, 2008/98/EC )
- 재생에너지 법령 ( RES Directive, 2009/28/EC )

위와 같은 일련의 법령 시행 중 폐기물 정책에서 출발점이자 현재 폐기물 고형연료 등의 동기부여를 한 법령은 매립지 법령이라고 할 수 있으며, 이는 지구온난화 가스의 배출을 최소화하기 위한 법령이다. 폐기물과 관련되어 발생된 지구온난화 가스는 1990년에는 141백만 CO<sub>2</sub>-eq 톤이었으나, 2003년에는 97백만 CO<sub>2</sub>-eq 톤으로 감소하였으며, 이 중 90%가 폐기물 매립장에 발생된 지구온난화 가스의 감소에 의한 것으로 보고(Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2010)되고 있다. 또한, 세계적으로 폐기물 매립에 의하여 발생하는 지구온난화 가스로는 약 ~30-35 Trillion-g/년의 메탄(CH<sub>4</sub>)이 발생되며, 세계전체에서 발생하는 총 메탄가스(CH<sub>4</sub>)의량은 약 ~550 Trillion-g/yr 정도이다

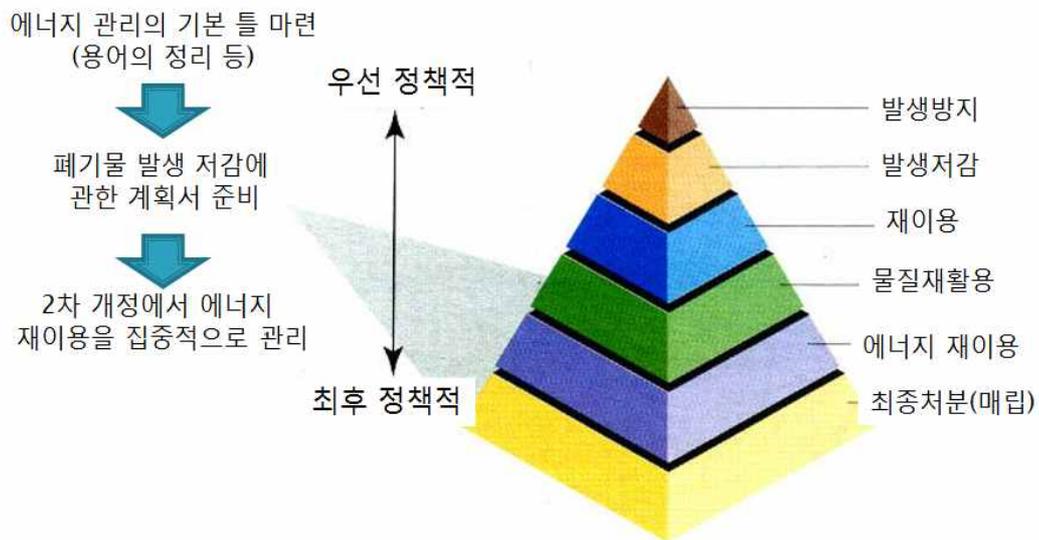
(Potential for Reducing Global Methane Emissions From Landfills, 2000-2030, E. MATTHEWS1, N. J. THEMELIS Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium). 이 결과로부터 매립으로부터 발생하는 메탄가스의 양은 지구전체에서 발생하는 양의 약 7~8% 정도 된다고 할 수 있다.

한편 폐기물 관리와 직접 관련된 법령을 기준으로 그 흐름은 1975년 최초의 폐기물 관리법령에 의하여 시작되며, 이후 폐기물 재활용 및 대기오염 등에 관련된 법령이 필요에 의하여 계속적으로 제정된다. 이러한 흐름은 다음 <그림 2-4>에 나타나 있다.



<그림 2-4> 유럽의 폐기물 관련 주요한 법령

위의 그림으로부터 유럽에서 1975년의 폐기물관련 법령의 시작은 폐기물 관리 법령(Waste Framework Directive, 1975)으로부터 시작되어 2008년의 폐기물 관리법령 개정(Waste Framework Directive Amendment, 2008년)에 정리되었다고 할 수 있다. 이후 폐기물 에너지 이용의 재생에너지로서의 가치가 인정되어 재생에너지 법령 (RES Directive, 2009/28/EC)에 일부 생물성 폐기물 에너지 회수와 관련된 내용이 추가되었다. 폐기물관리법령 개정(Waste Framework Directive Amendment, 2008)법령은 2008년 개정되어 여러 가지의 정책방향을 제시하였다. 다음 <그림 2-5>은 폐기물 관리법령에서 제시된 폐기물 관리의 원칙을 나타내고 있다.



<그림 2-5> 폐기물 관리의 원칙 (Waste Framework Directive, (75/442/ECC))

위의 원칙에 따라 폐기물의 재활용에 대한 정책적 도구들이 발달하기 시작하였으며, 특히 포장재폐기물에 대한 재활용률에 대한 목표를 연도별로 설정하여 국가별 목표 달성을 의무화하였다. 포장재 폐기물 법령(Package/Packaging Waste Directive, 94/62/EC)에 따른 년도 별 목표는 다음 <표 2-9>에 나타나 있다.

<표 2-9> 포장재 폐기물 법령에 따른 유럽 국가별 재활용 의무화 목표

	2001년 (1차 목표)	2008년 (2차 목표)
전체적 재이용 목표(Recovery)	50 - 60%	최소 60%
전체적재활용 목표(Recycling)	25 - 45%	50 - 80%
유리류재활용 목표	15%	60%
종이류 재활용 목표	15%	60%
금속류 재활용 목표	15%	50%
플라스틱류 재활용 목표	15%	22.5%
목재류 재활용 목표	15%	15%

위의 재활용 의무화 비율에 대한 1차적 목표가 국가에 따라 달성되지 못하는 경우가 많고, 이에 대한 계획서 제출이 미진한 이유로 2차 목표(2008년)에 대한 강화된 기준을 제시하고자 2004년 포장재폐기물 법령을 개정(Package/ Packaging Waste Directive, Amendment)하여 물질재활용에 대한 의무화 비율을 더욱 촉진하였다. 다음은 개정된 포장재폐기물 법령의 내용을 요약하여 나타내었다.

- 법령에서 지정하는 포장재의 정의
- 년도 별 재활용 의무화 비율의 향상. (2008년 까지 12월 31일까지, 전체적 재활용 의무화 비율을 10% 증가시켜 최소 재활용 비율을 60%(중량기준)로 하거나, 에너지 재활용설비(Energy Recovery, R1)에서 연소
- 각각의 포장재 폐기물에 대한 재활용비율을 30% 높여, 모든 포장재 폐기물 각각은 55%~80%의 재활용 비율 의무화 (2008년 까지 12월 31일까지)
- 각각의 폐기물 재활용의무화 비율 상향조정 : 유리 60%, 종이 및 골판지 60%, 금속류 50%, 플라스틱 22.5%, 목재 15% (2008년 12월 31일까지)
- 그리스, 아일랜드, 포르투갈 및 신흥 EU 가입국에 대한 최종일 연기

재활용 정책에 뒤를 이어 매립지 법령이 제정되어 본격적인 유럽의 폐기물 처리 방법의 변화가 진행되었으며, 매립지 법령의 주요 내용은 매립지에 생분해성 폐기물의 매립을 최소화하여 매립에서 발생하는 지구온난화가스인 메탄가스의 발생을 최소화하는 것이다. 일반적으로 바이오매스의 소각 시 발생하는 이산화탄소는 탄소 평형(Carbon Neutral)에 의하여 지구온난화가스가 발생되지 않은 것으로 본다. 다음<표 2-10>은 매립지 법령에 대한 내용을 요약하였다.

<표 2-10> 매립지 법령 (landfill Directive, 99/31/EC)의 내용

단계	단계별 의무 감축량
1 단계	2006년 까지, 1995년 매립량을 기준으로 75% 까지 감량 (중량기준)
2 단계	2009년 까지, 1995년 매립량을 기준으로 50% 까지 감량 (중량기준)
3 단계	2016년 까지, 1995년 매립량을 기준으로 35% 까지 감량 (중량기준)

\*폐기물 종류에 따른 혼합매립 금지

\*사업장폐기물의 매립은 해당되지 않음(생분해성이 거의 없음)

위의 매립지 법령에 의하여 생활폐기물의 대부분은 직접매립이 불가능하게 되었으며, 매립 전에 전처리를 의무화하는 법령이 각 국가마다 의무화되기 시작하였다. 특히, 독일의 경우 매립 폐기물에 대한 생분해도를 측정하여 규제 하였으며 이러한 기준은 다음 <표 2-11>에 나타나 있다.

<표 2-11> 독일의 매립폐기물 기준

I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respiratory rate(호흡률) AT4 → &lt; 5mgO<sub>2</sub>/g dry matter or</li> <li>• Gas generation(가스발생) GB21 → &lt; 20N ℓ/kg dry matter</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Content of organic matter as TOC, solid → &lt; 18% of dry matter or</li> <li>• Upper caloric value(최대 발열량) H0 → &lt; 6,000 KJ/kg</li> </ul>
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DOC, eluant (용출액 유기물 농도) → &lt; 300 mg/ℓ</li> </ul>

위의 기준에서, 매립가능 조건을 Class I부터 Class III으로 분류하고 있으며, Class I의 경우는 매립폐기물의 생분해성 정도를 측정하는 기준으로 생분해성이 높은 폐기물은 매립 후 메탄가스가 발생되어 지구온난화를 촉진시키는 결과를 가져온다. 또한 Class III의 기준은 매립장에 매립된 폐기물에 의하여 발생하는 침출수에 의한 주변의 환경오염을 최소화하기 위한 기준으로서 중요하다. Class II의 조건은 매립 폐기물의 유기물 총량에 대한 조건으로서 일정이상의 열량을 가지거나 가연물의 함유량이 높은 폐기물의 매립을 금지하는 경우로서 폐기물의 에너지적 가치 및 장기적인 매립지의 안정화와 관련된 조건이다.

유럽국가 중 네덜란드, 독일, 스위스 등의 국가에서는 대도시를 중심으로 대부분의 생활폐기물이 소각 처리되어 왔으며, 이러한 소각처리의 결과로 환경 중의 다이옥신 농도가 높게 관찰되었다. 네덜란드에서는 모유에서 조차 다이옥신이 검출되어 (1996년, 네덜란드 환경평가 보고서) 이에 대한 대책이 필요하였다. 이에 따라 유럽에서는 2000년 폐기물소각 법령(WID)이 제정되었으며, 이 중에서 특히 중요한 내용은 소각로의 배기가스 중 다이옥신 농도를 0.1 TEQ-ng/Nm<sup>3</sup>이하로 제한하는 것과 고형연료를 비롯한 폐기물을 혼합 연소하는 모든 시설은 폐기물소각로 법령을 따라야 한다는 것이다. 또한 이러한 폐기물 소각법령은 최근에 개정된 산업폐기물 보일러의 대기오염물질 배출과 관련된 법령(Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control, IPPC Directive Amended)과 일부 통합되어 폐기물을 연료로 이용하는 또는 폐기물과 혼소하는 연소시설에 대한 기준을 정하는 법령 (IED, Industrial Emission Directive, December in 2010)을 제정하였다.

매립지 법안을 만족시키기 위한 폐기물 처리방법으로서 소각처리방법은 시민의 반대가 심하고, 착공하여 완공까지 약 5년 ~ 10년 정도의 시간이 필요하며, 초기 투자비가 많이 소요된다. 이에 따라 폐기물 소각처리 방법의 대안 중 하나로서 폐기물을 매립처리하기 전에 재활용 물질을 분리하고 발열량이 상대적으로 높은 폐기물을 선별·회수하여 연료로써 이용하는 방법이 연구되었으며, 이러한 목적으로 제안된 폐기물 처리방법이 폐기물 고형연료화라고 할 수 있다. 폐기물 고형연료화는 주로 매립장 법령에 직접적인 규제를 받는 생활폐기물을 기계적-생물학적 처리(MBT ; Mechanical Biological Treatment)를 실시한 후 잔재물을 매립하도록 하는 것으로 시작되었다. 이와 같은 고형연료화 처리방법의 확대는 다음과 같은 이유에 기인된다고 할 수 있다.

- 매립지 법안에 따른 매립 가능량의 제한
- 소각처리의 한계성(다이옥신 등의 문제로 사회적 합의가 어려워, 건설에 필요한 시간이 5~10년 정도 필요)
- 물질재활용 의무화 비율 증가(혼합 생활폐기물 중 물질재활용 가능물질을 선별하여 재활용을 향상. 2004년 포장재 폐기물의 재활용 법령개정으로 효율적 폐기물의 에너지 이용(효율 65% 이상)이 일부 재활용 방법으로 인정)
- 에너지 생산설비 및 폐기물 처리 설비에 대한 기준 마련 (2009년부터 에너지 회수율 65% 기준적용 및 폐기물로 생산된 에너지의 재생에너지 인정)
- 화석연료값 상승

최근에는 유럽에서는 Waste Frame Work Directive, Amendment(2008년)를 통하여, “End of Waste”의 개념을 도입한 “Zero Waste Society”의 달성을 목표로 하고 있다. 여기서 “End of Waste”는 물질재활용 되는 폐기물에 대하여는 더 이상 폐기물이 아닌 상품으로서 분류하는 개념으로 이에 따라 재활용과 에너지 회수에 대한 처리 기준을 분명히 하였으며, 폐기물을 고형연료화 하여 에너지를 생산하는 것은 에너지 회수라는 별도의 기준을 정하였다. 또한, 폐기물로부터 생산된 폐기물 고형연료는 연료로 이용되기 위하여 가공된 것이므로 이를 재활용 제품으로 볼 수 없음을 분명히 하고 있다. 국내의 경우와 같이 폐기물 고형연료가 재활용제품으로 분류되는 경우, 이는 더 이상 폐기물이 아닌 상품으로 취급될 수 있다.

## 2.2.1 유럽의 폐기물 고품연료의 법적지위

유럽에 있어 폐기물 고품연료의 법적지위에 대한 기준은 개정된 폐기물 관리 법령(Waste Framework Directive Amendment, 2008)과 관계된다. 즉 이 법령에서는 “End of Waste”로서 폐기물의 범위에 속하지 않는 재활용품에 대한 기준을 정의하고 있으며, 이에 대한 이유 역시 명확히 정의하고 있다. 이에 대한 내용을 개략적으로 요약하면 다음과 같다.

### ○ 폐기물 처리의 우선순위 결정

- 우선순위는 발생억제 (Prevention) → 재사용 (Reuse) → 재활용 (Recycling) → 회수 (Recovery) → 처분 (Disposal)

### ○ 재이용, 재활용, 이용의 확대

- 회원국은 기술적으로 또한 환경보전을 위하여, 경제성 및 실용성을 고려하여, 우선적으로 분리수거를 실시하며, 2015년까지는 적어도 종이, 금속, 플라스틱, 유리에 대한 분리수거를 시작해야한다.
- 가정 또는 가정과 유사한 상태에서 배출되는 폐기물 중 적어도 종이, 금속, 플라스틱, 유리에 대하여는 재사용, 재활용 비율을 2020년까지 중량비로 50%이상으로 한다.
- 유해하지 않은 건설 폐기물의 재사용, 재활용, 물질재활용(Material Recovery)의 총비율 2020년까지 중량비로 70%이상으로 한다.

### ○ 재사용의 정의

- 재사용(re-use)은 폐기물이 아닌 제품이나, 부품이 동일한 목적으로 다시 사용되는 행위
- 재사용 전처리(preparing for re-use)는 폐기물이 된 제품이나 부품을 그대로 다시 사용할 수 있도록 검사, 세척, 수리, 회수하는 행위

### ○ 재활용의 정의

- 재활용(recycling)은 폐기물을 원래와 동일한 또는 다른 목적의 제품(products) 원료(materials) 또는 물질(substances)로 재생하는 행위
- 유기물의 재생(퇴비화 등)은 재활용에 포함되지만, 에너지 이용 및 폐기물의 연료 이용 또는 되메우기(backfilling operation)에 사용되는 경우는 포함되지 않는다.

○ 회수(recovery)의 정의

- R1 : 주로 연료로 사용하거나 에너지를 생산하는 방법(\*)
- R2 : 용매 재생
- R3 : 용매로 사용할 수 없는 유기물의 재활용/재생
- R4 : 금속 및 금속복합물의 재활용/재생
- R5 : 기타무기물의 재활용/재생
- R6 : 산 또는 염기성 폐기물의 재생
- R7 : 오염 제거에 사용된 성분의 회수
- R8 : 촉매의성분의회수
- R9 : 기름을 다시 정제하여 기타 석유재로 사용
- R10 : 농업과 경제성향상에 기여하는 토지의 개량
- R11 : R1~R10 중 하나에 의하여 얻어진 폐기물의 사용
- R12 : R1~R11 중 하나에 제공을 위한 폐기물의 취득
- R13 : R1~R12 중 하나를 위한 보관

\* 에너지효율이 0.60또는0.65이상의 소각시설

- 0.60 : 2009년 1월 1일 이전 기준에 따라 운영되는 시설

- 0.65 : 2008년 12월 31일 이후에 허용된 시설

○ 바이오매스 폐기물의 정의

- 정원, 공원에서부터 발생된 생분해 가능한 폐기물, 가정, 식당, 주방, 식품산업의 생산·유통 및 소매상점으로부터 발생하는 폐기물
- 단, 숲, 농업, 축산 등에서 발생하는 유기물 및 하수슬러지 등은 포함되지 않음

위의 정의에서와 같이 유럽에서 연료로 이용되는 폐기물 고형연료는 재활용 제품으로서 “End of Waste”에 해당되지 않으며, 법적으로 폐기물의 범위에 속한다고 할 수 있다. 또한 에너지 재이용 방법(R1)에 의하여 이용되는 경우에 제한적으로 회수(Recovery)의 범주에 속하며, 에너지 회수효율을 만족시키지 못하는 경우는 폐기물 처리방법(Disposal 10)으로 분류되므로 폐기물 소각로와 동일한 기준이 적용되어야 한다는 것을 나타내고 있다.

폐기물관리법령 개정(2008)의 내용에 따른 재활용의 정의는 다음과 같다.

**Article 3.17 of WsFD 2008/98/EC Definition of "Recycling "**

*'Recycling'* means any recovery operation by which Waste materials are reprocessed into products, materials or substances whether for the original or other purposes. It includes the reprocessing of organic material but does not include energy recovery and the reprocessing into materials that are to be used as fuels or for backfilling operations

즉, 폐기물 법령(EU, 2008)에서 정의한 “재활용이란, 에너지 회수 또는 연료로 사용되기 위하여 처리된 폐기물, 되메움 골재 등으로 사용되는 폐기물은 제외” 되어 있으며, 폐기물 고형연료는 연료로 사용되기 위하여 처리된 폐기물에 해당된다. 또한, 폐기물 고형연료를 재활용제품으로 분류하기 어려운 이유로는 폐기물 고형연료 중 포함된 중금속 등의 유해물질로 부터 인간의 건강 및 환경을 보호하기 위한 것으로 명시하고 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

**EoW Status Created Under Article 6 of WsFD 2008/98/EC**

Waste Status Remains if Regulatory Controls under Waste Legislation are needed to Protect the Environment and Human Health otherwise the Material should have End-of-Waste Status to Facilitate Recycling and Recovery.

폐기물 법령(EU, 2008)에서 재활용 제품으로 분류되어 “End of Waste” 에 해당되기 위한 조건을 다음과 같이 제시하였다. (WFD. Article 6)

- 특정 목적에 이용되는 일반적인 연료와의 유사성  
(대부분 폐기물 고형연료의 원료물질을 기준으로 판정 )
- 시장에서 거래가 활성화 (거래 시장 확보)
- 시설별 법적 연료기준 만족 (EU에서 시설별 기준을 EN을 통하여 권고, 일부 국가 마련)
- 환경 및 인체에 대한 유해성 검증 (기타 연료에 미 포함된 중금속이 함유, 예, Ti, Cd 등 폐기물 소각로 기준에는 있는 유해 중금속)

위의 내용의 원문은 다음과 같다.

**On EU level several steps are now taken to develop end-of-waste criteria for specific categories of waste according to article 6 of the Waste Framework Directive. A certain waste may only cease to be a waste if:**

- the substance is commonly used for specific purposes
- a market or demand must exist
- the substance fulfills the technical requirements for the specific purposes and meets the existing legislation and standards applicable to products
- use of the substance will not lead to overall adverse environmental or human health impacts

결과적으로 현재의 유럽에서는 국가에 따라 폐기물 고품질기준의 품질기준을 사용 시설에 따라 법적으로 기준을 정하고, 이 기준을 만족시키는 폐기물 고품질기준에 대하여 일부를 대체연료로 분류하여 사용시설에 대한 폐기물 소각로 기준에서 면제 해 주는 경우도 있다. 이러한 폐기물 고품질기준에 대하여는 다음의 유럽의 폐기물 고품질기준의 품질기준에서 검토한다.

또한 이탈리아에서는 2009년 폐기물 고품질기준을 “End of Waste”에 해당되는 재활용제품으로 법적으로 분류하는 내용의 자체적인 법을 제정하고, 이에 따라 고품질 연료를 이용하였으나 이는 유럽연합 및 유럽 시민단체(ECOS)의 동의를 받지 못하였다. 이는 이탈리아의 폐기물 고품질기준이 재활용제품으로 인정받게 되면 폐기물 수출입법(Waste Shipment Directive, 2006)의 관리를 받지 않고 일반 상품으로 인정받아 유럽 내에서 자유롭게 연료로써 수출을 할 수 있게 되는 것이므로 이탈리아의 국내문제이기 보다는 유럽연합 전체의 차원에서의 대응을 필요로 하는 문제로 발단되었다. 국내의 폐기물 고품질기준 제도에서 검토한 바와 같이, 현재 국내에서도 일부 폐기물 고품질기준의 수출입에 대한 제도를 정비하는 것으로 알고 있다. 그러나 바이오매스 고품질기준(Solid Biofuel)의 경우는 상품으로 취급하여 수출·입 될 수 있지만, 폐기물 고품질기준을 폐기물이 아닌 상품으로 수입하는 것은 위험할 수 있다. 이를 위하여 조속히 바이오매스 고품질기준(Solid Biofuel)과 Bio-SRF를 분리하여 관리하고자 하는 노력은 잘된 정책이라 사료된다. 다음 <그림 2-6>은 위의 이탈리아에서 폐기물 고품질기준을 재활용 제품으로 수출하는 것에 대하여, 직접적인 경고를 보낸 유럽의 환경국의 편지 등 일부를 나타내었다. 이 편지의 내용에서도 폐기물 고품질기준인 SRF는 폐기물로서 수출되어야 한다는 내용을 분명히 명시하고 있다.



Brussels, 5 November 2012

To:

Mrs Soledad Blanco, Director Sustainable Resources Management, Industry & Air, DG Environment  
Mr. Gustaaf Borchardt, Director Water, Marine Environment & Chemicals, DG Environment

**Subject: Notification of an Italian draft legislation establishing end-of-waste criteria for Solid Recovered Fuel (SRF)**

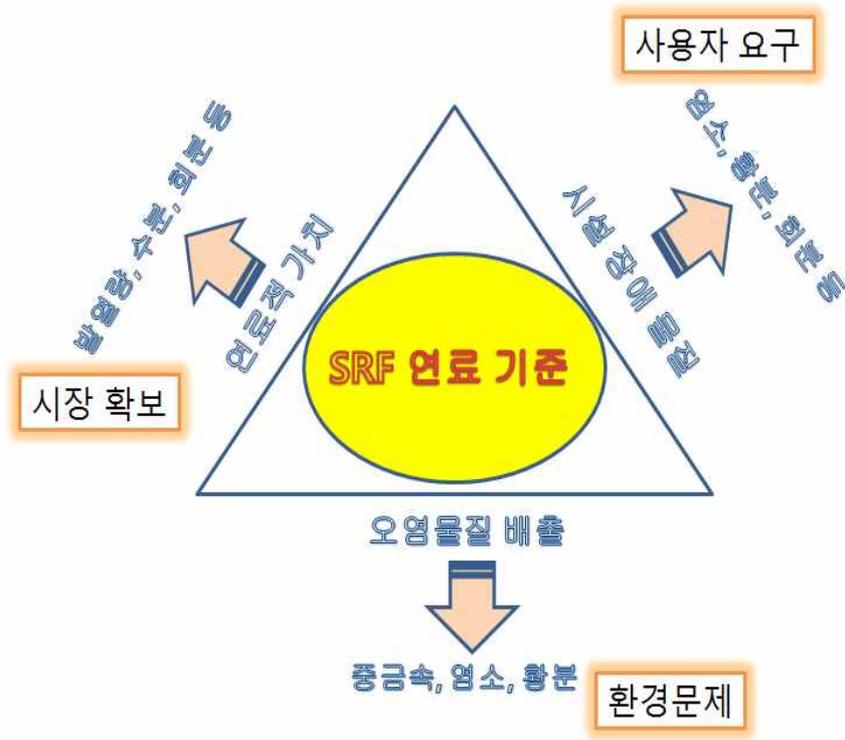
We are writing to express our concerns with regard to the notification of the Italian draft legislation n°2012/480/l relating to the production and condition for use of solid recovered waste. As highlighted below in more detail, Italy is classifying solid recovered fuel (SRF) as non-waste in order to be able to incinerate or co-incinerate it outside of the EU regulatory framework for waste and industrial emissions (incineration and co-incineration), arguing that SRF that is prepared and classified/specified according to Italian standard UNI EN 15353:2012 standard "Solid Recovered Fuel" ceases to be classified as waste.

We strongly disagree with the end of waste criteria (EoW) proposed by Italy giving SRF a product/fuel status that does not take into account the negative environmental impacts as required by the Waste Framework Directive (WFD) Article 6.c.

<그림 2-6> 이탈리아 보낸 유럽 환경국의 편지

## 2.2.2 유럽의 폐기물 고품질연료의 품질기준

폐기물 고품질연료는 미국의 RDF(Refuse Derived Fuel)에서 시작되었으며, 이러한 RDF는 주로 전용소각시설이나, 석탄화력발전소의 보조연료로 사용하기 위해 폐기물로부터 불연물을 제거하고 일정한 크기로 분쇄하는 등의 전처리를 거친 폐기물을 총칭하는 말이었다. 따라서 별도의 품질기준은 없었다. 그러나 유럽에서는 폐기물을 전처리하여 연료로 사용할 수 있도록 관련 사업자를 중심으로 단체를 만들고 이에 따라 품질기준 등을 제안하고 이를 SRF(Solid Recovered Fuel)로 명하였다. 즉 SRF의 의미에는 재활용(Recovery)이 아닌 폐기물로부터 에너지를 회수(Recovery) 하는 것이 주된 목적이라고 할 수 있다. 이와 같은 SRF가 연료로 이용되기 위한 기본적인 요소는 다음 <그림 2-7>에 나타나 있다.



<그림 2-7> SRF가 연료조건을 만족시키기 위한 기본요소

유럽의 고회연료제품 품질기준 및 관리기준은 TC343 (Technical Specification 343)의 준비로부터 시작된다. TC 343은 1996년에 설립된 산업체들의 컨소시엄 (7개 회원국으로부터의 13의 파트너로 이루어짐)에서 준비하고 진행되어왔다. 이 컨소시엄은 폐기물 고회연료제품에 관련된 프로젝트를 제안하고, 컨소시엄에 속한 위원회들이 준비한 THERMIE 프로그램(계약서DIS-1375-97-FI)에 포함된 에너지 회수 등을 제안하였다. 이에 대한 연구결과는 1998년 11월 26일 브뤼셀의 워크숍에 공개되었다. 또한 1999년 산업체로 구성된 컨소시엄은 SRF(Solid Recovered Fuels)의 표준화와 경제성 평가(Cost Benefit Analysis)의 자료를 만들기 위해서 5차 추진위원회(Fifth Framework Programme Fuel Committee)를 조직하여 체계화된 프로젝트를 제안하였으며, 이때 경제성평가 자료의 범위는 매립처분 되는 폐기물을 이용한 최첨단 연료의 회수 및 이를 이용한 에너지 회수이다. 위의 연구 및 토의의 결과는 2001년 5월 29일 최초로 워크숍(Workshop)에서 토의되었으며, 워크숍에서 토의되어진 결과는 유럽 고회연료제품 통합기구(EFRO, European Recovered Fuels Organization)와 유럽 위원회에 의해 체계화되기 시작하였다.

한편 2000년 4월 EFRO 및 유럽 위원회는 CEN 기술위원회(CEN Technical Board)를 구성하였으며, 이 위원회에서는 SRF와 관련된 보고서 준비 및 기술적인 발전을 위하여 Task Force 118(TF118)의 설립을 결정하다. 한편 TF 118의 주된 의무는 TC343을 위한 Work Program(필요한 표준 목록의 제정 등)을 정하는 것이었다. 2002년 1월 23일 네번째 회의에서는 TF118는 유럽의 환경위원회(DG ENV)의 요구에 의해 이니스프리 소재의 공동연구센터에서 초안이 작성된 파트 II와 Work Program 양쪽 모두의 기술 보고서를 채택 하였다. 이에 대한 중요한 결론은 다음과 같이 요약되어 질 수 있다.

- SRF는 가정폐기물, 상업폐기물, 산업폐기물, 그리고 다른 유해하지 않는 폐기물에 포함된 가연성 폐기물의 흐름들로부터 얻을 수 있음
- SRF와 관련된 유럽 표준(CEN)은 다음과 같은 점을 반영하여 준비되어야함
  - 적하물의 운송 및 수송의 경계확장 (EU 법규 259/93, OECD Green List 또는 바젤 조약의 부록 B에 의거하여 준비)
  - 폐기물 고형연료제품의 사용을 위한 허가 및 평가방법
  - 고형연료제품의 검사 및 측정의 횟수를 줄이기 위한 품질관리방법을 통한 혼합 연소시설의 비용 절감(예, 중금속 측정 등, 즉 연료의 표준화 작업)
  - 연소시설을 위한 설계 기준의 합리화 그리고 고형연료제품 제조시설 사업들의 비용 절감
  - 에너지 생산자(고형연료제품 이용자)들을 위한 연료의 품질을 관리
- SRF 생산자는 2001년 SRF와 관련된 다음의 자세한 조사를 마침
  - 샘플링을 위한 표준시료의 선정에 따른 변화요소, SRF의 분석
  - 분석결과 보고서에서 나타난 변동에 대하여 비교적 넓은 범위의 제한 값을 갖도록 하여 연료표준을 위한 필요성 강조
  - 더 상세한 정보는 SRF 제조공정에 투입되는 폐기물의 관리 요구
  - SRF(RDF, 기타 등등)를 위해 개발 중인 유럽표준을 유럽 위원회에서 발행하도록 노력하고, 이를 표준화 의무사항의 충분한 정보로 정당화 할 수 있게 만들

2002년 6월 5일, CEN/TC 343에 관련되어 다음과 같은 폐기물 고형연료인 SRF의 분명한 범위를 한정하였다.

"이러한 표준화에 대한 면밀한 작업은 폐기물 소각 또는 혼합 소각 시설에서 에너지 회수를 위해 이용되어지고 있는 유해하지 않는 폐기물을 전처리한 solid recovered fuels(RDF,기타 등등)에 대하여 기술적 설명서(TS : Technical Specification))와 기술적 보고서(TR : Technical Report))로 나누어 준비한다. 단, EN/TC 335 Solid Biofuel의 범위에 포함된 연료는 제외된다. "

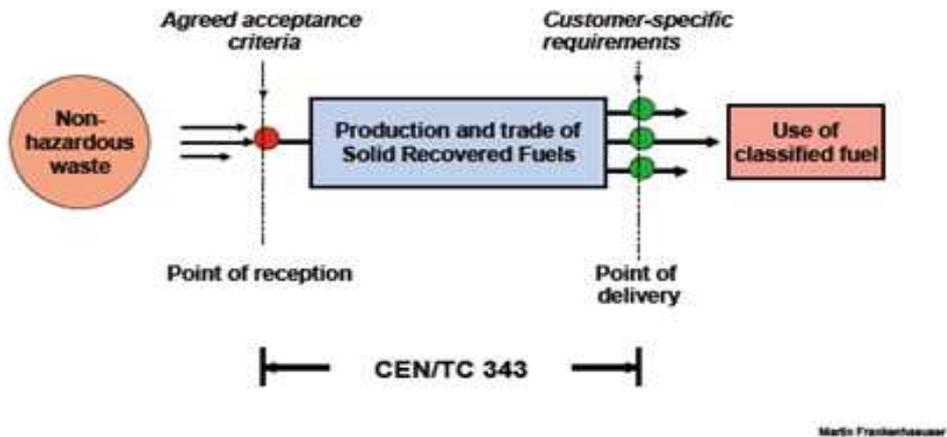
즉, 폐기물 고형연료인 SRF의 범위는 목재펠릿 등과 같이 가공되지 않은 폐목 재료부터 생산된 바이오매스 고형연료(Solid Biofuel)은 제외하며, 유해폐기물을 원료물질로 이용하지 않는다는 것이다.

위의 회의를 통하여 작업 프로그램(Work Programme)은 5개 분야로 나누어 진행되었으며, 각 분야의 작업결과에 따라 유럽표준(EN)이 결정된다. 다음 <표 2-12>는 각각의 표준화 작업내용을 나타내고 있다.

<표 2-12> CEN/TC 343의 표준화 내용

CEN/TC 343 Solid Recovered Fuel (ICS 75.160.10)	
분류	제목
CEN/TC 343 WG1 (2항목)	전문용어 및 품질보증
CEN/TC 343 WG2 (2항목)	연료 종류 및 등급
CEN/TC 343 WG3 (2항목)	샘플링 및 샘플정리, 추가적 실험방법
CEN/TC 343 WG4 (2항목)	물리적, 기계적 실험
CEN/TC 343 WG5 (2항목)	화학적 실험

즉, 유럽에서 SRF를 표준화된 품질을 가진 폐기물 고형연료로 유통시키기 위하여 위와 같이 관련된 실험방법에서부터 품질기준, 품질관리, 품질보증 등의 여러 가지 작업을 수행하여야 한다. 즉, 국내의 경우 아직 품질관리 및 품질보증의 방법 등이 확립되지 않은 상태에서 지나치게 유통 및 시장성에 노력을 기울이는 경향이 있다고 사료된다. 이 경우 폐기물 고형연료의 품질 등에 문제가 발생하는 경우 시장의 신뢰를 잃을 수 있으며, 고형연료 생산자와 소비자 사이에 문제가 발생할 수 있다. 위의 CEN/TS 343을 도식적으로 나타내면 다음 <그림 2-8>와 같다.



<그림 2-8> 유럽의 SRF 기준인 CEN/TC 343의 개념도

유럽에서 SRF를 연료로써 본격적으로 이용하기 위해서는 SRF에 대한 연료로써의 표준화 작업이 필요하며, 이를 위하여 SRF 품질기준을 정하고 이를 유럽정부로부터 인정받았다. (EN 15359) 이러한 품질기준은 다음과 같은 조건을 만족할 수 있는 항목이 포함되어야 한다.

- SRF는 유해성이 없는 폐기물로부터 제작된 고형연료제품으로서 분류 및 성상에 관한 요구조건을 만족
- SRF는 생산자 및 소비자 사이에 유통될 수 있도록 높은 질적 수준과 균일성을 유지하도록 처리
- SRF는 고효율의 전력 생산에 적합하도록 질에 따라 저장 및 운송이 가능
- SRF의 사용은 다른 자원의 사용을 절약할 수 있어야 하며, 유럽의 정책전략인 “에너지 공급의 확보”에 기여할 수 있으며 교토의정서에서 목표한 지구온난화 가스의 배출을 저감

위의 필요조건을 만족시키기 위한 고형연료 품질조건은 EN 15359으로 유럽의 회를 통과하였으며, 구체적 내용은 <표 2-13>에 나타내었다. 통과된 SRF 기준은 기존의 유럽 국가들이 설정하고 있는 기준에 비하여 낮은 수준으로 대부분 규제항목이 적거나 (즉, 국가에 따라서는 추가적인 기준 항목이 존재) 기준의 정도가 낮았다. 이러한 이유로는 SRF로 기존의 화석연료를 대체하는 면보다는 폐기물로서 이용하는데 필요한 최소한의 범위를 정하는 것이었다.

<표 2-13> CEN/TS 15359에 의한 SRF의 분류등급 기준

분류 특성	통계법	단위	분 류				
			1	2	3	4	5
순 발열량	평균	MJ/kg/(ar) (kcal/kg)	≥25 (5,971)	≥20 (4,777)	≥15 (3,583)	≥10 (2,388)	≥3 (717)
분류 특성	통계법	단위	분 류				
			1	2	3	4	5
염소(Cl)	평균	% (d)	≤0.2	≤0.6	≤1.0	≤1.5	≤3
분류 특성	통계법	단위	분 류				
			1	2	3	4	5
수은(Hg)	중간값	mg/MJ (ar)	≤0.02	≤0.03	≤0.08	≤0.15	≤0.50
	80%구간	mg/MJ (ar)	≤0.04	≤0.06	≤0.16	≤0.30	≤1.00

1. net calorific value : NCV, 2. gross calorific value : GCV  
 3. as received, : ar, 4. dry basis : d  
 5. particle diameter :  $d$ , 6. 80th percentile : 80% 구간값

한편 국가별로 서로 상이한 SRF 품질기준을 가지고 있으며, 이러한 차이는 SRF를 이용하려는 목적에 의하여 등급을 정하거나 이용시설에 따른 서로 다른 품질기준을 정하기도하기 때문이다. 즉 일부의 국가에서는 정해진 품질기준을 만족하는 경우 소각로법령(WID)에 따른 대기오염물질 배출기준에 따르지 않도록 법으로 정하였다. 특히 시설별 SRF의 품질기준을 정하는 국가의 경우, 언급한 바와 같이 품질기준을 만족시키는 SRF를 폐기물 범주가 아닌 연료적 범위에서 취급할 수 있도록 하고 있으며, 대표적인 국가는 오스트리아이다. 또한 핀란드의 경우 SRF 중의 중금속 농도 및 질소농도를 품질기준에 포함시키고 있으며, 이는 목재연료를 사용하는 시설의 보조연료로 SRF를 사용하기 위함이다. 비교적 폐기물 에너지 이용에 적극적인 이탈리아의 경우 폐기물 소각로법령(WID)에서 대기오염물질로 규제하는 대부분의 중금속을 품질기준에 포함시켜 강화된 품질기준을 적용하고 있으며, 이에 따라 폐기물 고형연료인 SRF를 “End of Waste” 인 재활용 제품으로 관련법을 개정하였다. 또한 석탄화력발전소에서 이용되는 SRF의 경우는 발전소 내의 클링커의 발생과 관련된 알칼리 금속(Na, Ca, 등)에 대한 함유량을 품질기준에 포함시키는 경우도 있다. 즉 유럽의 SRF 기준은 단지 가이드라인으로서 이를 바탕으로 국가별로 이용 목적에 따라 품질기준을 만들고 이용하는 것이 현재 유럽의 상황이라고 할 수 있다. 다음 표들은 국가별 SRF에 대한 품질기준을 나타내고 있다.

<표 2-14> 핀란드의 SRF 등급 기준 (SFS 5875)

특 성	단위	오차 범위	품질 등급		
			I	II	III
염소 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	< 0.15	< 0.50	< 1.50
황 (건조 상태)	% (m/m)	0.01.	< 0.20	< 0.30	< 0.50
질소 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	< 1.00	< 1.50	< 2.50
칼륨과 나트륨 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	< 0.20	< 0.40	< 0.50
알루미늄 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	1)	2)	3)
수은 (건조 상태)	mg/kg	0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.5
카드뮴 (건조 상태)	mg/kg	0.1	< 1.0	< 4.0	< 5.0

\* 금속성 알루미늄은 고려되지 않았으나 오차 범위 내 포함 되었다.

\* 금속성 알루미늄은 선별기와 고품연료 생산 공정에 따라 최소화 되었다.

<표 2-15> 오스트리아의 SRF 등급기준 (시멘트 킬른, 산업시설에 사용)

단위	시멘트킬른		기타 산업시설	
	[mg/MJ]			
항목	중간값	상위 80% 해당치	중간값	상위 80% 해당치
비소(As)	2	3	1	1.5
납(Pb)	20	36	15	27
카드뮴(Cd)	0.23	0.46	0.17	0.34
크롬(Cr)	25	37	19	28
코발트(Co)	1.5	2.7	0.9	1.6
니켈(Ni)	10	18	7	12
수은(Hg)	0.075	0.15	0.075	0.15

\* 오염물질의 농도는 중량에 대한 단위가 아니고, 열량에 대한 단위임(Austria : Guideline for Waste Fuels (2008))

<표 2-16> 오스트리아의 SRF 등급기준 (석탄화력발전소에 사용)

에너지 점유비중	≤ 10 %		≤ 15 %	
단위	[mg/MJ]		[mg/MJ]	
항목	중간값	상위80% 해당치	중간값	상위80% 해당치
비소(As)	2	3	2	3
납(Pb)	23	41	15	27
카드뮴(Cd)	0.27	0.54	0.17	0.34
크롬(Cr)	31	46	19	28
코발트(Co)	1.4	2.5	0.9	1.6
니켈(Ni)	11	19	7	12
수은(Hg)	0.075	0.15	0.075	0.15

\* 오염물질의 농도는 중량에 대한 단위가 아니고, 열량에 대한 단위임(Austria : Guideline for Waste Fuels (2008))

<표 2-17> 산업시설에 이용되는 독일의 SRF 중금속 농도기준

항목	단위	중금속 농도			
		중간값		상위 80% 값	
Cd	mg/kg (d)	4		9	
Hg	mg/kg (d)	0.6		1.2	
Tl	mg/kg (d)	1		2	
As	mg/kg (d)	5		13	
Co	mg/kg (d)	6		12	
Ni	mg/kg (d)	25	80	50	160
Sb	mg/kg (d)	50		120	
Pb	mg/kg (d)	70	190	200	400
Cr	mg/kg (d)	40	125	120	250
Cu	mg/kg (d)	200	400	500	1,000
Mn	mg/kg (d)	50	250	100	500
V	mg/kg (d)	10		25	
Sn	mg/kg (d)	30		70	

\*Germany : RAL-GZ 724 for secondary fuels

<표 2-18> 벨기에(Brussels)의 SRF 연료 등급 기준

분류 특성	단위	등급				
		1	2	3	4	5
순수 발열량 (NCV)	MJ/kg ar 평균값	25<x≤45	20<x≤25	15<x≤20	10<x≤15	3<x≤10
염소 (Cl)	% d 중양값	y≤0.1	0.1<y≤0.5	0.5<y≤1.0	1.0<y≤1.5	1.5<y≤6.0
수은 (Hg)	mg/kg ar 중양값	< 0.02	< 0.03	< 0.08	< 0.15	< 0.5
	mg/kg ar 80% 구간	< 0.04	< 0.06	< 0.16	< 0.30	< 1.0

\* 유럽기준의 SRF와 유사함

<표 2-19> 이탈리아의 SRF 품질기준

구분		높은 등급 SRF	일반 등급 SRF
L.H.V.°	MJ/kg a.r.(as received) (kcal/kg)	> 20 (4,777)	> 15 (3,583)
수분	as received	< 18%	< 25%
염소(Cl)	d.m. (dry matter)	< 0.7%	< 0.9%
황(S)	d.m.	< 0.3%	< 0.6%
소각재(ash)	d.m.	< 15%	< 20%
크롬(Cr)	mg/kg d.m.	< 70	< 100
구리(Cu)	mg/kg d.m.	< 50	< 300
망간(Mn)	mg/kg d.m.	< 200	< 400
니켈(Ni)	mg/kg d.m.	< 30	< 40
비소(As)	mg/kg d.m.	< 5	< 9
카드뮴(Cd)	mg/kg d.m.	< 3	< 7
수은(Hg)	mg/kg d.m.	< 1	
납(Pb)	mg/kg d.m.	< 100	< 200

현재 유럽에서 지정된 SRF 품질 기준은 일종의 국내의 KS마크와 같은 단순 품질 기준이다. 또한 유럽 각국은 별도의 기준과 운영방법을 가지고 있다. 각 국가에 따른 SRF의 품질 기준의 특성을 요약하면 다음과 같다.

- 오스트리아 : 사용시설에 따른 품질기준을 가지고 있으며, 이를 만족하는 경우 SRF를 지정된 시설에서 이용하는 경우, 폐기물에서 제외 품질기준 법적 구속력 있음
- 이탈리아 : 법적인 기준을 제정하여 품질 기준을 만족시키는 경우에 한하여 SRF로 인정 품질기준 법적 구속력 있음 (SRF를 재활용제품으로 인정)
- 독일 : 모든 SRF를 폐기물로 간주하고, 독일내의 SRF 품질 기준은 단순 이용자를 위한 정보에 한정. 품질기준 법적 구속력 없음
- 벨기에 및 네덜란드 : EU의 SRF 기준을 이용하고 있으며, 폐기물 기준 적용
- 핀란드 : 자체적 기준을 마련하고 있으며, 고형연료의 원료가 되는 폐기물을 발생원이 일정한 상업폐기물/산업폐기물로 한정 폐기물을 대체연료로 인정

## 2.3 미국의 고형연료 제도의 분석

1970년대 세계적인 에너지위기(Oil Shock)에 따라 폐기물 중 잔존하는 연료적 가치에 주목하게 되고, 미국 환경부를 중심으로 폐기물을 연료화 하는 많은 사업을 진행하였다. 이 중에 하나로 제안된 것이 RDF이다. 초기의 RDF 사업은 1972년부터 1976년까지 미국의 St. Louis의 “Union Electric Company”에 의하여 실시되어 생산된 RDF는 “coal-suspension-fired utility boilers” (Spread Stoker Type Boiler)에서 석탄과 혼소되어 에너지를 생산하였다. 이후 Chicago, Minnesota의 Duluth, N.Y의 Monroe County, Milwaukee 등지에서 RDF를 생산하여 각지의 산업보일러에 보내졌다. 이때 RDF를 이용하는 보일러는 대략 150톤/일에서 2,000톤/일정도의 다양한 규모를 갖는 시설들이었다. 이후 추가적인 시설들이 1980년대에도 계속 건설되었으나 1996년 이후로는 RDF 시설의 건설이 중단되었다.

미국에서 초기에 건설된 대부분의 RDF시설은 건식 파쇄시설 만으로 구성된 경우가 많았으며, 일부 발열량을 증가시키기 위하여 불연물을 제거하는 경우도 있었다. 그러나 Iowa주의 Ames에 1975년에 건설되어 지금까지 운전 중인 RDF 발전시설은 석탄과 혼소하기 위하여 생활폐기물로부터 RDF를 생산하는 시설로서 파쇄기, 선별기, 자력선별기, 비금속 자력선별기 등을 이용하여 고품질의 RDF를 생산한다.

### 2.3.1 미국의 폐기물 고형연료 정책

미국에서 폐기물 고형연료에 대한 수요는 재생에너지의 생산이라는 면에서 최근 급속히 관련사업의 확대가 진행되고 있다. 2010년을 기준으로 약 89개의 폐기물 에너지생산(WtE, Waste to Energy) 설비가 가동 중이며, 이 중 13개의 설비가 생활폐기물을 이용하여 생산된 고형연료를 사용하는 시설이다. (Mar. 18, 2010 Harvey W. Gershman, Waste Age) 미국의 생활폐기물 소각설비 대부분은 스프레드 스토커(Spread Stoker)방식의 소각로로서 폐기물을 소각로에 투입하기 전에 사전 분쇄가 필요하다. 이를 위하여 일반폐기물 소각로(Mass Burn)의 경우도 1차적으로 파쇄분쇄 후 불연물을 선별하는 공정을 추가하는 경우가 증가하고 있다. 따라서 초기의 RDF 시설에서는 주로 생산된 RDF를 에너지 생산시설에 공급하는 경우가 많았으나, 후기의 시설은 폐기물 소각시설 및 석탄발전소와 같이 설치하는 경우가 많다. 근래 미국에서 폐기물 고형연료인 RDF 사업이 활발히 진행되는 이유는 다음과 같은 2가지 때문이다.

- 폐기물의 에너지화 전환기술(예, 가스화 또는 열분해)의 발전에 따라, 특정 크기 또는 특정 성분(플라스틱 등)으로 구성된 생활폐기물을 요구. 이에 따라 생활폐기물을 처리하여 요구하는 성상을 만족시킬 수 있도록 전처리를 실시하여 RDF를 생산
- 재생에너지에 대한 수요증가에 따른 생활폐기물 소각에 다른 에너지효율의 중요성 증가. 2009년 여름 “American Clean Energy and Security Act of 2009 (H.R. 2454)” 이 미국 국회를 통과. 이 법안에 따르면, 2020년 까지 전체전기 생산량의 20%를 재생에너지로 충족시켜야함

위와 같은 정책의 변화에 따라 미국 환경부(US EPA)는 2010년 폐기물 고형연료에 대한 RFS(Renewable Fuel Standard) 기준을 공표하였다. 이는 미국 에너지국(US DOE)에서 발표한 것보다 더욱 확대적인 재생에너지의 폐기물 고형연료 이용에 대한 의미로서 기존의 미국 에너지부의 해석에서는 생활폐기물 중 포함된 생물성(Biogenic) 부분에 해당되는 약 60%에 대한 부분에 대하여 한정하여 재생에너지로서 인정하였다. 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 이용하여 생산된 에너지를 재생에너지로 정의하는 미국 환경부의 정책이 언제 급변할 수 있으나, 2009년 10월에는 폐기물 에너지를 재생에너지로 미국 대통령 시행령으로 직접 정의하여, 각 주정부에서 폐기물을 이용한 에너지 생산을 장려하였다.

이러한 폐기물 정책은 향후 미국의 폐기물을 처리방법에 커다란 영향을 줄 것으로 예측할 수 있다. 2007년 미국에서 석탄발전에 사용되는 전체 석탄량의 10%를 폐기물 고품연료인 RDF로 대체한다고 가정 했을 때 약 225,000,000톤의 RDF가 사용될 수 있다. (US Waste Stat. US EPA, 2010 & Mar. 18, 2010 Harvey W. Gershman, Waste Age)

최근에 미국에서 폐기물 중 특정조건을 만족시키는 연료로 이용되는 폐기물에 한하여 폐기물에서 제외될 수 있는 기준을 연방법으로 제정하였으며, 이에 해당되는 폐기물 에너지회수 설비는 Clean Air Act에 따른 폐기물소각로 기준을 따르지 않는다. 이 두개의 법은 다음과 같다.

- 40 CFR 241 : Identification of Non-Hazardous Secondary Materials That Are Solid Waste
- 40 CFR 241. 60 : Identification of Non-Hazardous Secondary Materials That Are Solid Waste, Revision

위의 법의 내용은 일반적으로 성상이 불균일한 생활 폐기물에 해당되기 보다는 포장재 폐기물과 같은 상업폐기물 및 산업폐기물 등의 구성성분이 일정한 폐기물을 소각하여 에너지 화수이용과 관련되어, 이러한 상업 또는 산업 부산물(폐기물)을 폐기물의 범주에서 제외하는 연방법이다. 미국 EPA는 에너지 회수 또는 연소 시 원료(Chemical Recovery)로 사용되는 비유해성 폐기물에 대하여 “RCRA” (Resource Conservation & Recovery Act)에서 규정하는 폐기물의 범주에서 제외시키는 폐기물의 분류기준을 제정하였다. 또한 RCRA에서는 비유해성 폐기물인 산업 또는 상업 부산물을 소각하여 열을 회수하는 시설의 대기오염물질 배출기준의 적용을 일반 산업보일러를 기준으로 할 것인지, 폐기물 소각시설을 기준으로 할 것인지에 대하여 CAA 112 ( Clean Air Act 112)에 따라 정하도록 하고 있다. 한편 CAA Section 129에서는 RCRA의 “폐기물의 정의”에 따라 최종적으로 상업폐기물 및 산업폐기물의 소각시설에 대한 대기오염물질 배출기준을 정하였다.

CAA에 따르면 폐기물소각로의 경우 187개의 유해물질(HAPs, Hazardous Air Pollutants)에 대하여 모니터링을 하여야 하나, 폐기물 소각로에서 면제되어 비유해성 상업 및 산업폐기물 소각로로 분류되는 경우 9가지의 유해물질과 탁도의 대기오염물질 규제를 받게 된다.

미국의 EPA는 2005년 에너지회수를 하는 모든 비유해성 상업 및 산업폐기물 소각로와 관련되어 이러한 시설에서 이용되는 폐기물에 대한 폐기물 범위에서 제외를 인정 및 이 종류의 시설을 폐기물 소각시설에서 제외시키는 법률을 제정하였다.

(CISWI Rule : Commercial, Industrial Solid Waste Incineration Rule) 그러나 이법에 대하여 2007년 DC Circuit in URDC에서 재판을 받게 되어 RCRA에 의하여 정의된 “모든 폐기물”을 소각시키는 소각로는 폐기물 소각로이며, CISWI Rule의 위법성을 피하기 위하여 비유해성 상업폐기물 및 산업폐기물에 대한 정의와 관련된 법부터 개정하여야 한다며 CISWI Rule의 위법성을 인정하고, 비유해성 상업 및 산업폐기물을 소각하는 열회수 시설에 대한 대기오염 배출기준에 대한 정비를 지시하였다. 이에 따라 2010년 7월에 CISWI에 대한 새로운 기준을 제시하고 이에 대한 초안을 2011년, 3월에 발표하였다. (40 CFR 241) 위의 법안에서는 “비유해성 상업 또는 산업부산물인 폐기물을 열적으로 재활용하는 경우 폐기물 범위에서 제외시키는 법안”을 마련하였으며 이 범위에 속하는 것은 다음과 같다.

- 비유해성 상업 또는 산업폐기물 중 발생자의 관리에 의하여 열회수를 위하여 소각되는 경우. 이때 발생자의 관리란 1) 발생자의 사업장 내에서 소각되어 열회수가 이루어지는 경우, 2) 열회수 소각시설 운영자와 발생자가 동일한 사업자인 경우, 3) 열회수 소각시설과 발생자의 폐기물 관리인이 동일한 경우.
- 페타이어의 소각 및 열 이용 : 페타이어를 분쇄하여 소각을 통하여 열회수를 하는 시설로서 이용되는 페타이어는 정비된 수거 시스템에 의하여 수집되어야 함. 즉, 발생자·수거자·이용자까지의 수거체계가 분명하고 수거된 타이어는 상품적 가치가 있으며 청결히 관리되어야 함
- 수지 처리된 목재(Resinated Wood) : 기타 폐기물과 혼합되지 않고 관리
- 원료(Ingredients)로 이용되는 폐기물 : 소각에 따른 열회수의 과정에서 특정성분의 원료물질로 이용되는 경우로서, 시멘트 소성로에서 원료물질로 이용되는 페타이어 등.
- 상기의 폐기물이외에 발생된 비유해성 상업 또는 산업폐기물로서 연료적 가치가 인정되어 폐기물에서 제외된 경우의 폐기물 (주로 청구에 의하여 인정)

위의 경우에 추가적 개정된 법에서 제지산업에서 발생된 제지슬러지 역시 폐기물에서 제외되었다. 추가적으로 위의 폐기물에서 제외되는 비유해성 상업 및 산업 폐기물에 대한 요구 조건으로 다음과 같은 요소를 제시하고 있다.

- 연료로써 이용될 수 있는 충분한 발열량을 가진 것
- 이용되는 소각시설의 열회수 효율이 충분히 높을 것
- 기존의 일반 연료에 비하여 유사한 연료적 구성을 가질 것
- 특히, 일반연료와 비교하여 유해물질의 함유량이 높지 않을 것

위와 같은 일련의 비유해성 상업 또는 산업폐기물을 이용하여 고품연료를 생산하여 열회수 시설에 이용하는 경향이 최근 미국에서 확산되고 있으며 이러한 열회수에 이용되는 고품연료는 폐기물의 범주에서 제외되어 폐기물소각로 기준이 ISWI Rule에 따른 대기오염물질 방지기준 (Clean Air Act, 126)에 따른다. 다음 <표 2-20>는 건설폐기물 중 연료로 사용되기 위하여 전처리를 실시한 폐목재와 일반 석탄의 오염물질 농도를 비교하여 나타내었다.

<표 2-20> 건설폐기물 및 석탄 중 오염물질 함유량의 비교

시료량	16 개	14 - 16개
연소		
- lb/Billion BTU	46.0	56.0
- ppm	391-644	459.2
- 미검출 개수	0	0
수은		
- lb/Billion BTU	0.00622	0.046
- ppm	0.05287-0.08708391	0.03772
- 미검출 개수	0	0
납		
- lb/Billion BTU	0.374	0.488
- ppm	3.18-5.24	4.00
- 미검출 개수	0	00.0218
카드뮴		
- lb/Billion BTU	0.00465	0.218
- ppm	0.03923-0.06510	0.17876
- 미검출 개수	7	2

\*Federal Register/ Vol. 76, No. 54/ March 21, 2001 (US EPA)

위의 비교표로부터 건설폐기물 폐목재의 경우가 석탄에 비하여 일부 염소 및 중금속 등이 높았으나, 개연성이 있을 만큼은 높다고 할 수 없다.

다른 경우로 폐기된 골판지 재활용 공정에서 발생된 폐기물(OCC Reject, Old Corrugated Card box Reject)와 석탄 중 포함된 오염물질을 함유량을 비교하여 다음 <표 2-21>에 나타내었다.

<표 2-21> OCC Reject 및 석탄 중 오염물질 함유량의 비교

시료량	16 개	10 개
염소		
- lb/Billion BTU	46.0	23.5
- ppm	391-644	87.0
- 미검출 개수	0	0
수은		
- lb/Billion BTU	0.00622	0.00324
- ppm	0.05287-0.08708391	0.01199
- 미검출 개수	0	0
납		
- lb/Billion BTU	0.374	0.281
- ppm	3.18-5.24	1.04
- 미검출 개수	0	1
카드뮴		
- lb/Billion BTU	0.00465	0.00558
- ppm	0.03923-0.06510	0.02065
- 미검출 개수	7	2

\*Federal Register/ Vol. 76, No. 54/ March 21, 2001 (US EPA)

위의 경우도 수은 등의 유해물질 함유량은 석탄보다 낮았으며 염분 역시 낮았다. 반면 발열량은 석탄에 비하여 낮았으나 석탄과 혼소하여 이용하는 경우 증가하는 환경오염물질의 배출은 미미할 것으로 판단할 수 있다.

2012년 2월 개정된 최종안에서는 CISWI Rule에서는 비유해성 폐기물 중 폐기물로 분류되는 폐기물을 열적 순환이용하기 위한 시설에 대한 대기오염물질 배출기준에 대하여 제시하였다. (제3장 참조)

미국에서의 폐기물 고형연료 및 이를 이용한 폐기물 에너지화 정책의 기본방향은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 발생원이 분명한 비유해성 상업 및 산업폐기물에 대하여, 기존의 소각로의 배출기준과 차별화된 대기오염물질 배출기준 적용, 산업 또는 상업폐기물의 에너지 이용 확대
- 폐기물 배출자(생산자)가 자신의 책임 하에서 스스로 열회수를 위한 소각을 권장. 수거 및 운송과정에서의 폐기물 혼합 및 유실, 오염 등에 대한 방지(스스로 소각하여 열을 회수하는 경우, 폐기물 범위에서 제외)
- 폐기물소각로 대기오염물질 배출에 대한 철저한 관리를 통한 폐기물 소각로에서 → CISWI로의 전환 유도. 결과적으로 폐기물 에너지화 활성화
- CISWI의 경우, 시설에 따른 대기오염물질 배출에 대한 관리기준 제정

### 2.3.2 미국의 폐기물 고형연료 품질기준

미국에서의 폐기물 고형연료는 RDF(Refuse Derived Fuel)이며, 위에서 언급한 바와 같이 비유해성 상업폐기물 및 산업폐기물로부터 생산된 고형연료의 경우 CISWI Rule에 의하여 소각되어 에너지의 생산에 이용되는 경우, 일반 폐기물소각로와 상이한 기준의 적용을 받게 된다. 또한 일부는 완전히 폐기물로부터 제외되어 그 이용이 확대되고 있다. 그러나 폐타이어 및 자체 열 생산 이용의 경우를 제외하고 대부분은 폐기물의 범위에 속하게 되며 단지 이를 이용하는 소각 열 회수시설에 대한 관리 기준만이 바뀌는 것이다. 따라서 현재 시설에 따른 고형연료의 요구 품질기준 또는 전반적인 폐기물 고형연료에 관련된 품질 기준은 존재하지 않는다. 다만, 전처리의 정도 또는 생산된 고형연료에 따른 상태에 대한 분류기준 및 이에 대한 시험방법이 재정되어 있을 뿐이다. 그러나 최근 고형연료의 표준 시험방법이 개정되고 이에 따른 고형연료화 사업이 활성화되기 시작하였다. 이는 폐기물 고형연료를 이용하여 생산된 에너지 전체를 재생에너지로 간주하는 미국 EPA의 적극적 자세와도 관련이 있다고 할 수 있다.

현재 미국에서의 고형연료와 관련된 기준은 주로 처리의 정도 및 생산된 고형연료의 상태(고체, 액체, 기체)에 따른 분류 등급이라고 보는 것이 적절하다. 따라서 제시된 폐기물 고형연료 기준은 품질기준이라기 보다는 RDF의 분류기준이다. 미국

은 EPA에 지원에 의하여 실시된 사업의 과정의 결과로 1972년에 ASTM E-38을 결정하여 자원 재활용(Resource Recovery)에 대한 기준이 제정되기 시작하였다. 다음 <표 2-22>은 ASTM(American Standard of Testing Methods)에서 규정한 RDF의 등급별 기준을 나타내고 있다.

<표 2-22> ASTM에 의한 RDF의 등급별 기준

Type	기준	비 고
RDF-1	배출된 생활폐기물 중 조대물질만 제거한 상태	
RDF-2	1차 파쇄 후 6inch 스크린을 95% 통과하는 상태 (철·금속 선별의 유무는 관련 없음)	C-RDF
RDF-3	2inch 스크린을 95% 통과하는 가연물 상태 (금속류 및 유리 등 불연물을 대부분 제거)	2 inch = #4 Sieve
RDF-4	#10체를 95%가 통과하는 분쇄된 가연분의 가루상태 (금속류 및 유리 등 불연물을 대부분 제거)	P-RDF (#10=2mm)
RDF-5	분쇄된 가연분을 펠렛, 비스켓 모양으로 압축 및 성형한 상태	D-RDF (Pellet RDF)
RDF-6	가연분을 액체로 액화한 상태 (Bio-methanol 등)	
RDF-7	가연분을 기체로 기화한 상태 (IGCC 포함)	

위의 표준에서 성형화된 RDF는 5등급에 해당되는 것으로 고체상태의 RDF 중에서는 가장 고급의 폐기물 연료라고 할 수 있다. 이밖에 폐기물을 액화한 상태 및 가스화 또는 기화된 상태의 폐기물 연료도 고품연료의 범위에 포함시킨 것은 국내의 대기환경보전법에서 분류한 폐기물 고품연료의 정의와 유사한 점이 있다고 할 수 있다. 위에서는 언급되지 않았지만 저급 RDF(RDF 3 또는 4등급)를 이용하여 고급 RDF(RDF 5 또는 6등급) 생산하는 경우도 있으며 이를 RDF화 전처리라고 한다. 미국에서는 폐기물을 고품 RDF화하여 이를 다시 가스화한 RDF 7등급으로 변환하여 가스화 발전 등을 이용하는 사업이 Kentucky 주에서 진행되고 있다.

위의 RDF 등급과 별도로 RDF를 생산 또는 사용하기 위하여 필요한 성분 등에 대한 시험방법을 ASTM에 정하고 있다. 이들 방법은 석탄화력발전소에서 이용 시 문제가 될 수 있는 항목 및 최근 지구온난화가스의 발생과 관련되어 폐기물 중의

생물성 부분(Biogenic Portion)을 측정하는 시험방법 등이다. 다음 <표 2-23>는 RDF와 관련된 시험방법을 나타내고 있다.

<표 2-23> RDF와 관련된 ASTM 시험방법

ASTM 항목	내용
ASTM E829-94	Standard Practice for Preparing Refuse-Derived Fuel (RDF) Laboratory Samples for Analysis - RDF 분석을 위한 샘플링 방법 (2002 폐지)
ASTM E953 / E953M - 08	Standard Test Method for Fusibility of Refuse-Derived Fuel (RDF) Ash - RDF 재의 용융성 실험 (소각로의 클링커 발생)
ASTM D6866	Determining the Bio-based Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis - RDF 중 생물성 물질의 함유량 측정 (14C 이용) (CEN 15747과 동일)
ASTM E711 - 87(2004)	Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter - RDF의 발열량을 측정하는 방법 (2004년 개정) - ASTM E711-87(1996)을 개정
ASTM E887 - 88(2009)	Standard Test Method for Silica in Refuse-Derived Fuel (RDF) and RDF Ash - RDF의 회분 및 재에 관한 기준 (2009년 제정)
ASTM E1037 - 84(2009)	Standard Test Method for Measuring Particle Size Distribution of RDF-5 - RDF-5의 입자 분포 측정 기준 (2009년 제정)
ASTM E955 - 88(2009)e1	Standard Test Method for Thermal Characteristics of Refuse-Derived Fuel Macro-samples - RDF의 전체적 열적특성 실험 기준
ASTM E775 - 87(2008)e1	Standard Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel - RDF 중의 황 함유량 분석 기준
ASTM E776 - 87(2009)	Standard Test Method for Forms of Chlorine in Refuse-Derived Fuel - RDF 중의 염소함유량 분석 기준

위의 표로부터 일부 기존의 기준은 폐기되었으며 최근 2009년부터 새로운 기준이 수정되기 시작하였다. 이러한 새로운 시험방법의 개정 및 새로운 시험방법을 만드는 이유는 미국의 고형연료화 사업을 반영한 것으로 사료된다.

미국의 폐기물 고형연료에 대한 품질기준은 없으며, 원칙적으로 생활폐기물에 의한 고형연료는 기존의 폐기물 처리적 개념에서 불연물 및 금속류에 대한 선별을 강조하고 있다. 미국에서 현재 많은 관심을 보이는 것은 건설폐기물 폐목재로서 이에 대한 오염물질 분석을 실시한 결과 기존에 석탄에 비하여 오염물질 함유량이 유사한 정도로 포함되어 있다고 조사되었다. 또한 생활폐기물을 제외한 비유해성 상업폐기물 및 산업폐기물에 대한 에너지 생산을 위한 연료적 이용이 확대될 것으로 사료된다. 최근 미국 Ohio 주 Alliance시에 2,400톤/일의 용량을 가지는 열 순환 소각로가 건설되었으며, 여기에는 생활폐기물 고형연료 및 건설폐기물 고형연료가 주된 연료로 사용되고, 이 시설을 폐기물 소각로에서 비유해성 CISWI 시설로 운영을 청원하고 있다.

## 2.4 일본의 고형연료 제도의 분석

최근 화석연료의 가격상승에 따라 일본에서는 폐기물을 연료로 이용하려는 노력이 진행되고 있다. 이를 위하여 폐기물 고형연료에 대한 기준의 설정, 이용방법 및 이를 보완하는 정책 등이 확대되고 있다. 일본의 고형연료는 크게 일반생활폐기물 원료로 생산되는 RDF(Refuse Derived Fuel) 및 상업폐기물 및 산업폐기물 중 폐플라스틱을 원료로 생산되는 RPF(Refuse Paper and Plastic Fuel)로 나누어 볼 수 있다. 생활폐기물을 중심으로 하여 생산되는 RDF가 생활폐기물의 광역처리를 위한 방법이었다면, 상업폐기물 및 산업폐기물을 이용하여 생산되는 RPF는 기존의 연료를 대체하기 위하여 이용되는 대체연료(Substitutional Fuel)적 개념이 강하다고 할 수 있다. 따라서 RDF는 폐기물로 분류되어 폐기물 소각로 기준을 만족시키는 시설에 한정되어 이용이 가능하지만, 새로이 지정된 RPF는 재활용 제품의 성격을 가지고, 연료로써 이용될 수 있다. 그렇지만 RPF가 재활용 제품(또는 상품)과 동등하게 취급받는 것에는 비상시 회피적 성격이라는 조건에 한정된 것이다.

### 2.4.1 일본의 폐기물 고형연료의 정책

1996년 생활폐기물 소각시설에서 배출되는 다이옥신이 사회문제가 되었다. 이에 따라 일본정부는 다이옥신의 배출량을 줄이기 위하여 폐기물 소각처리량을 기준으로

100톤/일 이상(인구;10만명 규모)인 소각로는 연속 운전하도록 하고, 그에 미치지 못하는 중소시설은 고행연료(RDF)화를 하도록 추진하였다. RDF의 이용방식으로는 현(県)정부가 주도하는 RDF 발전방식에 의한 안정된 이용이 검토되고, 이에 따라 2002년 12월 폐기물 소각시설에 대한 다이옥신규제의 적용시기에 맞추어 관련 법령을 실시하였다.

한편, 2006년 12월에 “용기포장 리사이클법”이 개정되어 조건부 면제에서 기타 플라스틱제 용기포장 폐기물의 재상품화 수법(물질 재활용)에 "고형화 연료 등"이 인정된 것으로부터 RPF가 본격적으로 재활용의 방법으로 허용되었다고 할 수 있다. 이와 같은 RPF에 대한 일본산업표준(JIS; Japan Industrial Standard)의 원안을 심의하는 “일본공업표준협회”에 따르면 JIS의 의의를 다음과 같이 말하고 있다. “JIS에 의해 표준화하는 것의 의의는 기술문서로 국가수준의 "표준"을 제정하고 이를 전국적으로 "통일"또는 "단순화"하는 것”으로 이는 다음과 같은 목표를 달성하기 위하여 이다.

- 경제·사회활동의 편리성 확보 (호환성 확보 등)
- 생산 효율성 (품질 일원화를 통한 양산화 등)
- 공정성 확보 (소비자 이익의 확보, 거래의 단순화 등)
- 기술발전의 촉진 (새로운 지식의 창조와 새로운 기술의 개발·보급 지원 등)
- 안전 및 건강유지, 환경 보전 등

JIS에서 정한 기준을 충족한 제품에 JIS마크가 부여된 RPF가 되며, 소비자는 안심하고 구입할 수 있게 된다. 즉 제품의 품질을 보증하는 의미가 있다. 이에 따라 2010년 1월 20일 폐플라스틱 및 폐종이류를 이용한 폐기물 고행연료(PRPF; Refuse Paper and Plastic Fuel)에 대한 기준이 일본 공업표준규격(JIS Z7311:2010, JIS; Japan Industrial Standard)에 공시되었다. 이 내용은 2005년 11월에 발표된 생활폐기물을 대상으로 하는 폐기물 고행연료인 RDF (Refuse Derived Fuel)의 JIS(TR)과 비교하면 품질 설정방법 등에서 상이한 면이 있다.

이러한 차이는 생활폐기물로부터 생산된 RDF 경우는 폐기물적 성격이 강하여 폐기물로서 저장시설 등을 관리하고 또한 사용시설 역시 폐기물 소각로로 운영하는 것이 타당하나 RPF의 경우는 발열량 및 유해물질의 함유량 등을 원료물질의 관리하여 품질기준을 일반 화석연료와 유사하게 유지하는 가능하다는 두 가지의 폐기물 고행연료의 특성 때문이다.

다음 <표 2-24>은 일본 RDF 및 RPF의 일반적인 사항을 나타내고 있다.

<표 2-24> RDF 및 RPF의 일반적인 사항

주요항목		기 준
원료 물질		산업폐기물, 생활폐기물, 상업폐기물
부적합 물질		금속류, 초자류, 등의 불연물 식품 등의 유기성 폐기물 의약품류 폐기물 부패 또는 발효가 의심되는 물질 기타
형상 등	수분 등	10%이하
	형태 및 크기	펠렛형/ 외경 8~50mm `길이 10~100mm
	겉보고 비중	0.3~0.7, 측정방법; JIS Z7302-9
	성 상	발화점 : 300℃이상 `인화점 : 200℃이상
	반입 시 조건	상온까지 냉각 후 반입할 것

※渡辺洋一；ごみ固形燃料(RDF,RPF)の普及と課題及び最近の動向、日本エネルギー学会誌、Vol.89,No.6, p.501 (2010)

일본의 경우, 위의 RDF 및 RPF가 일반적 가장 많이 이용되는 산업시설로는 국내의 경우와 유사하게 제지산업으로서 여기서 이용되는 고품연료의 품질 사례를 요약하여 나타내면 다음 <표 2-25>와 같다.

<표 2-25> 제지산업에서 이용되는 고품연료의 품질사례

주요항목		기준치 사례	측정방법
발열량	고위발열량	20.9 MJ/kg 이상	JIS Z7302-2
공업분석 (도착 시 기준)	수 분	10%이하	JIS Z7302-3
	회 분	10%이하	JIS Z7302-4
원소분석 (수분함유량 : 0% 기준)	염 분	0.3%이하	JIS Z7302-6
	황 분	0.2%이하	JIS Z7302-7
	질 소	1.0%이하	JIS Z7302-8

※ 渡辺洋一；ごみ固形燃料(RDF,RPF)の普及と課題及び最近の動向、日本エネルギー学会、Vol.89,No.6, p.501 (2010) 、発熱量20.9 MJ/kgは5,000 Kcal/Kg

## 2.4.2 일본의 폐기물 고품질연료 품질기준

RPF 및 RDF는 같은 폐기물에 유래한 연료이나 JIS(TS포함)의 개념과 내용을 비교 검토하면 생산, 관리, 사용이라는 3가지 면에서의 차이가 중심이 된다.

"폐기물 유래의 종이, 플라스틱 등의 고품질연료(RPF)"의 JIS 내용은 적용범위(경고), 인용규격, 용어정의, 유형, 요구사항, 원료, 분류규칙, 시험방법, 시험수치, 시험보고서, 시험방법 등이 비교적 구체적으로 구성되어있다. 특히 보관의 안전성에 대해 중요하게 언급하고 있으며 생분해성 폐기물이 고품질연료에 혼입된 경우 발열의 위험을 강하게 시사하고 있다. 다음은 RPF의 JIS에 나타난 서문 및 이에 대한 경고를 번역하여 나타내었다.

서문 :

이 규격은 “폐플라스틱재 상품화 방법”의 긴급 회피적·보완적 조치로서 이용될 수 있다. RPF의 품질 등을 규정함으로써 품질의 안정을 도모하고, 연료로써의 신뢰성을 확보하고, 귀중한 국내 연료자원으로 대중적 기반을 마련하기 위하여 제정되었다.

### 1. 적용범위

이 규격은 폐기물 유래의 종이, 플라스틱 등을 주원료로 압축성형, 압출·성형 등으로 고품질화한 연료(이하RPF라한다)의 제품사양에 대하여 규정한다.

(경고) 이 규격에 규정된 RPF의 제조, 사용 등의 취급에 있어서 적절한 예방 조치를 강구하지 않으면 위험의 우려가 있다. 이 표준은 RPF 취급에 따른 안전성의 모든 것에 대하여 설명하는 것을 의도하지 않는다. RPF를 사용하기 전에 관련 법규에 적합한 운용을 규정하고 안전과 건강에 대한 적절한 예방조치를 강구하는 것은 취급자의 책임이다.

※ 형상, 치수 ; 부속서(A)에서 품질항목이 아닌 품질로 형상(시각적)과 치수(길이, 직경을 버니어 캘리퍼스로 측정)

위의 서문에 따르면 RPF는 분명하게 물질 재활용에 대한 회피적 대처상황에서 조건부로서 이용하는 것으로 정의하고, 이렇게 이용된 RPF는 물질재활용과 동일하게 간주될 수 있다고 언급하고 있다. 또한 품질기준에 대하여 연료로써의 신뢰성 및 시장성을 확보할 수 있는 것을 강조하고 있다. 또한 형상 및 치수는 별도로 규정하고 있지 않으나 압출 및 성형을 조건으로 하고 있어 비성형 RPF를 원칙적으로 인정하고 있지 않다는 것을 알 수 있다.

한편 '생활폐기물 고형연료'(RDF)의 TS(Technical Specification)에서는 적용, 인용규격, 정의, 형상 및 치수, 품질, 재료, 시험방법, 표시 및 해설로 구성되어있다. 특히, 해설에서는 RDF가 사회적으로 보급되고 있던 시기가 폐기물 소각로에서 발생하는 다이옥신이 사회적 문제가 되고 있던 시기이었으므로 RDF의 소각처리 시에 다이옥신류의 발생이 주요 관심인 동시에 큰 과제였다. 따라서 적용범위의 비교 항목에서 연소방법을 규정하고 이 때 발생하는 다이옥신의 최소화에 대하여 강력히 요구하였다. 또한 가정에서 발생하는 생활폐기물을 고형연료의 대상 원료로 하고 있기 때문에 다이옥신류의 생성 원인이 되는 염분의 함유량이 상대적으로 높고, 이를 완전히 제거하기는 불가능하므로 염분 목표치를 나타내도록 하고 있다. 한편, RDF의 TS(표준사양)는 아래와 같이 규정하고 연소조건을 비교에서 다음과 같이 언급하고 있다.

서문 : 생략

#### 1. 적용범위

본 표준시방서(TS)는 가연성폐기물을 주원료로 압축성형, 압출 성형 등으로 고형화한 연료(폐기물 고형연료, 이하 "RDF"이라한다)에서 적절한 연소시설에서 제대로 연소시키는 것을 전제로 제조된 것에 대하여 규정한다.

그러나 블록모양을 한 것 및 용광로환원제 등으로 사용되는 칩 모양의 것은 포함하지 않는다.

\* 비교 : RDF의 적절한 연소시설 및 적절한 연소조건은"폐기물의 처리 및 청소에 관한법률"에 따라 시행령 및 시행규칙에 준한 구조 및 연소조건으로 하는 것이 바람직하다.

#### 4. 형상 및 치수

RDF의 모양은 거의 원통형으로서, 크기는 (8.1)로 측정하고 길이는 10~100mm 및 직경은 10~50mm로 한다. 그러나 납품당사자 사이의 협정이 있는 경우, 이외의 형상 및 치수 이외의 것도 사용할 수 있다.

위의 언급에서 중요한 것은 사용시설에 대한 규제이다. 즉 폐기물소각로와 동일한 조건 또는 이에 준하는 시설을 갖춘 시설에서만 이용이 가능하다는 것이다. 대표적인 이용시설인 폐기물 고형연료 전용보일러(내부순환형 유동상 보일러) 또는 가스화-용융식 소각로 등은 기존의 폐기물처리시설에 비하여 다이옥신 배출 농도가 낮다. 또한 비성형 폐기물 고형연료는 이에 포함시키지 않고 있으며 용광로에

환원제로 이용되는 것 역시 이에서 제외시키고 있다. 실제로 제철소 용광로에서 환원제로 이용되는 폐기물 고형연료에 대해서는 RPF로 별도로 분류하여 관리하고 있다.

위의 기준에서 검토된 RDF와 PRF의 품질기준을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 RPF는 품질에 따라 2 종류로 구분되며, 일반적인 RPF는 A, B, C의 3가지 등급으로 품질에 따라 다시 분류된다. 다음 <표 2-26> 및 <표 2-27>은 각각의 기준을 나타내고 있다.

<표 2-26> RPF의 종류 및 구분

품 질	RPF-coke	R P F		
등 급	-	A	B	C
注	a) 품질은 고위 발열량에 따라 구분 b) 등급은 염분의 질량백분율(%)에 따라 구분 c) RPF-cokes : Coke에 준하는 발열량을 가지는 RPF d) 일반 RDF : 석탄에 준하는 발열량을 가진 RPF			

위의 RPF 종류에 따른 각각의 품질기준은 다음과 같다.

<표 2-27> RPF 종류에 따른 품질기준

종 류		RPF-coke	R P F		
등 급		-	A	B	C
고위발열량	MJ/kg	33 이상	25이상	25 이상	25 이상
수 분	질량분율 (%)	3 이하	5 이하	5 이하	5 이하
회 분	질량분율 (%)	5 이하	10 이하	10이하	10 이하
염 분	질량분율 (%)	0.6이하	0.3이하	0.3 ~ 0.6	0.6 ~ 2.0

※고위발열량 33MJ/kg은 약 7,900Kcal/Kg에 해당

※고위발열량 25MJ/kg은 약 6,000Kcal/Kg에 해당됨.

※시료의 샘플방법은 JIS Z 7302-1에 따라 실시

※매월 1회 이상의 빈도로 분석을 실시하고, 그 중 연속된 6회의 분석치를 평균하여 이를 실험결과로 인정. 단 RPF의 사용자의 요구에 따라 분석횟수를 추가할 수 있으며, 이에 따라 분석결과도 추가될 수 있음.

위의 표로부터 RPF의 최소 고위발열량이 25MJ/Kg(약6,000Kcal/Kg)이상인 것으로 규정되어있으며, 이는 석탄의 발열량과 유사한 정도의 발열량에 해당된다. 이를 바탕으로 종이 및 플라스틱 폐기물의 발열량에서 역산하면, 폐플라스틱과 주된 연료성분으로 구성된 고행연료는 이 발열량을 만족시킬 수 있으나, 폐종이류를 주된 성분으로 하는 고행연료는 RPF로서 인정받을 수 없다. 즉 폐종이류의 고위발열량을 4,000Kcal/Kg, 폐플라스틱의 고위발열량을8,000Kcal/Kg로 설정하여 계산하면 대략 폐플라스틱이 60%이상, 폐종이류가 40%이하의 혼합물로 제조한 것이 이에 해당하는 것을 의미한다.

위의 RPF 기준과 별도로 RDF의 품질 기준을 JIS의 품질 사양서를 통하여 나타내고 있으며, 이는 다음 <표 2-28>에 나타나 있다.

<표 2-28> RDF의 품질기준

구분	기준	RDF의 실제 특성
형상	원주형, 길이는10-100mm, 직경은10-50mm	길이 : 15-54.9 mm, 직경: 10-28 mm
발열량	3000 kcal/kg 이상(12.5 MJ/kg 이상)	3,890 - 4,920 kcal/kg
수분	10% 이하	1.9 -6.3%
회분	20% 이하	9 - 14 %
염분, 황분	염분 및 황분에 대하여 별다른 기준은 없음. 그러나 RDF 중의 염분 및 황분에 대하여 표시하도록 함	용도에 따라 선택하도록 함 (대기오염 방지 기준과 관련)
중금속	기준은 없음. RDF 중의 중금속에 대하여 표시하도록 함	대기오염 방지 기준으로 규제
원료	생활폐기물 및 상업폐기물	주요생활 폐기물

별도의 염분에 대한 규제는 없으나 생활폐기물 중에서는 식염 등의 무기성염소가 혼입되어있거나 염화비닐계의 폐플라스틱을 완전히 제거하기 어려운 것이 현실이므로, 모든 RDF에 대하여 자체적으로 염분의 목표값을 설정하도록 하였다. JIS의 원안을 작성할 당시에는 RDF 중의 염분농도는 0.5~1.5% 정도로서 대부분이 이 범위를 만족시켰다. 최근에는 음식물류 폐기물을 공정 중에 제거하여 양호한 RDF의 경우 약 0.6%정도를 만족시키는 것으로 보고되고 있다. 또한 음식물류 폐

기물 이외의 염소함유 폐플라스틱 등에 혼입된 염분은 약 0.4% 정도라고 추측하고 있어 가정에서 분리배출 시 염소계 플라스틱의 혼입방지의 철저히 하거나 염소계 플라스틱을 공정 중에서 제거하면 0.3% 이하를 충족시킬 수 있는 단계에 이르고 있다고 보고되고 있다.(「環境施設」, 鍵谷 司; NO.121. p.68-76(2010.9))

일본의 폐기물 고형연료 정책은 폐기물의 광역처리 및 유해물질(특히 다이옥신) 발생을 최소화하기 위한 방법으로서의 RDF와 폐기물을 석탄과 동일한 연료로써 폐기물 에너지화를 확대하기 위한 RPF의 2가지로 나누어 볼 수 있다. 다음 <표 2-29>은 RPF를 연료로 이용하는 경우의 장점에 대하여 서술하고 있다.

<표 2-29> RPF 이용의 장점

1) 품질이 안정	발생이력이 분명한 산업폐기물과 선별된 일반폐기물(분별 기준 적합물 상당)을 원료로 사용하고 있기 때문에 품질이 안정되어있다.
2) 열량의 제어가 가능	보일러 등의 스펙에 따라 폐지와 폐플라스틱의 배합비율을 바꾸어 쉽게 열량 조절가능.
3) 칼로리가 높다	원료로 폐플라스틱을 사용하고 있기 때문에 열량이 높고, 석탄 및 코크스 수준으로 화석연료를 대체하여 사용가능.
4) 취급성이 좋다	RPF는 고체에서 밀도가 높기 때문에, 코크스, 석탄 등 상응하는 이용의 편이성이 있으며, 저장특성도 뛰어나다.
5) 보일러 등에 사용시 배출가스의 처리가 비교적 간단	품질이 안정되고, 불순물의 혼입이 적기 때문에 염소가스 발생에 의한 보일러부식과 다이옥신 발생이 거의 없으며, 유황가스의 발생도 적고, 배기가스처리가 용이하다.
6) 경제성이 있다	현재, 석탄의 1/4~1/3의 낮은 가격으로 화석연료 대체 및 장래의 배출권 구매비용을 절감할 수 있다. 회분이 석탄에 비해 1/3이하로서 재처리 비용절감이 가능하다.
7) 친환경적이다.	종합적인 에너지 효율향상과 화석연료 절감에 의한 CO <sub>2</sub> 삭감 등에 따른 지구온난화 방지에 기여할 수 있다.

일본에서의 RPF 산업은 대체연료적인 개념으로 급속하게 발전하고 있으며 이러한 품질기준 및 관리기준은 RPF를 연료로 인정하는 신뢰성을 확보하고 또한 이를 이용하는 시설 및 인근 주민들에 대한 유해물질 배출에 따른 피해를 최소화 한다는 면에서 의미가 있다고 할 수 있다.

다음 <표 2-30>는 일본의 “RPF 공업협회” 에서 규정한 폐기물로 취급되는 RDF와 재활용 제품으로 인정되는 RPF의 차이를 비교하여 나타내었다.

<표 2-30> RDF와 RPF의 비교

		R P F Refuse Paper & Plastic Fuel	R D F Refuse Derived Fuel
분리수거방법		민간기업의 분리배출 및 수거에 의존 (배출원에 분리배출 방법에 대한 요구 가능)	지자체에 의한 수거방식 (불측정 다수에 의한 배출 및 일부 생물성 폐기물 포함)
원료 성상	구성	산업폐기물이 주원료로서 이 물질의 혼입이 적음 발생원에서 염소의 관리가 가능(염분이 낮음)	각 가정에서의 분리배출에 한계. 음식물 폐기물 및 PVC 등의 혼입 (염분이 높음)
	함수율	상업 및 산업폐기물로서 상대적으로 수분 함유량이 낮음	가정에서 발생하는 것으로 발생하는 폐기물의 수분 높음 것이 많음
제품 성상	발열량 kcal/kg	5,000 ~ 10,000 kcal/kg ( 폐종이류의 혼합으로 조절)	3,000 ~ 4,000 kcal/kg ( 조절이 어려움 )
	크기	6 ~ 50mm φ 공기수송(pneumatic)이 가능한 정도로 적게 가공가능	15 ~ 50mm φ 적은 크기의 고품연료는 제작이 어려움
	회분율	7%이하	20%이하
부대시설		집진장치	집진장치 탈취장치 건조기를 위한 배기가스 처리시설 부패방지 설비
용도		보일러용 연료 RPF발전시설 연료 시멘트 소성로 건조용 연료 등	폐기물 소각 보일러용 연료 RDF 전용발전 설비
분류		재활용 제품과 동등한 상품	폐기물로 분류

## 2.5 소결

본 장에서는 국가별 폐기물 고형연료 정책 및 품질기준에 관련되어 각 선진국별 특성을 검토하였다. 일반적으로 폐기물 고형연료에 대한 정책적 방향에 대하여는 긍정적이었으나 이를 일반 보일러에 사용하는 경우에 대한 환경적 문제가 가장 큰 이슈가 되고 있다고 사료된다. 즉 유럽은 전체적으로 폐기물 고형연료를 폐기물로 분류하고 이를 이용하는 산업시설에 대한 대기오염물질 배출기준에 대하여 WID 및 IPPC를 이용하여 시설별로 규제하고 있었다. 또한 이러한 대기오염물질 배출기준을 만족시키기 위한 고형연료의 품질기준을 법적으로 규제하는 오스트리아, 이탈리아, 스웨덴의 경우와 고형연료의 품질에 대한 별도의 기준이 없이 대기오염물질 배출기준을 준수하도록 하는 독일 등의 국가도 있었다. 이러한 차이는 정책적 자율성 및 유럽 국가 각각의 특성에서 기인된다고 할 수 있다. 전자에 해당되는 고형연료 품질기준을 법적으로 규제하는 경우는 폐기물 고형연료가 “대체연료”로 구분되어 비교적 시장성의 확보 및 거래가 자유로운 반면, 독일 등과 같이 고형연료 품질기준의 법적인 구속력이 없는 경우는 관련된 사업자 간의 계약에 따라 거래가 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 독일의 경우는 폐기물 고형연료화 시설을 물질 재활용하기 위한 전처리 설비에서 발생하는 가연성 부산물을 연료로 사용한다는 측면이 강하였다고 생각된다. 반면 주로 생활폐기물을 매립에 의존하였던 영국의 경우 비교적 폐기물 고형연료에 대하여 긍정적 정책을 지향하였으며 이 결과 폐기물 고형연료를 이용하는 열회수 소각시설에 대하여 REC(Renewable Energy Credit)을 부여하고 이에 따른 지원금을 지급하였다. 현재 독일에서는 생산되는 고형연료의 양에 비하여 이를 이용하려는 사용시설의 수요가 적어 일부에서는 처리비를 지급하고 고형연료를 시멘트 소성로 등에 보내는 사례가 있다.(2012년 기준)

한편 미국의 경우는 폐기물을 소각하여 에너지회수에 이용하는 것이 최근 급속히 확대되고 있으며 이는 경제적 타당성이 증가하는 것이 주요 원인으로 생각된다. 따라서 최근 생활폐기물을 고형연료화 하여 자체적으로 소각 후 발생하는 에너지를 회수 하거나 또는 건설폐기물 중 폐목재와 혼합하여 되며 발전을 실시하는 도시들이 증가하고 있다. 이는 2020년 미국에서 생산되는 전체 전기의 20%가 재생에너지이어야 한다는 것과 더불어 폐기물을 이용한 에너지 전체를 재생에너지의 범주에 포함시키는 미국 EPA의 적극적 정책의 결과라고 할 수 있다. 미국 DOE(Department of Energy)의 해석으로는 생활폐기물 중 생물성부분이 약 60%정도이므로 이 부분만을 재생에너지로 인정하는 것에 대하여 EPA의 결정은 과격적이라고 할 수 있다. 또한 최근 비유해성 상업 및 산업폐기물을 소각하여 에너지를 회수하는 것에 대해

여 기존의 소각로와 차별되는 대기오염배출 기준을 정하여 폐기물 에너지화를 더욱 확대 시키려고 하고 있다. 추가적으로 사업장에서 발생된 폐기물을 자체적으로 열 회수에 이용하는 경우 이때 이용되는 비유해성 폐기물을 폐기물의 범위에서 제외시켜주는 법을 제정하여 지속적인 동기를 부여하고 있다. 한편 폐기물 고형연료의 품질기준은 없으나 사용시설의 대기오염물질 배출허용기준을 통하여 환경적 영향을 최소화 하도록 하고 있다. 2013년 2월 최종적으로 폐기물 고형연료를 사용하는 시설에 대한 새로운 대기오염물질 배출기준을 제정하여 기존의 소각로에 비하여 기준을 완화시켰다.

일본의 경우는 폐기물 고형연료를 생활폐기물을 이용한 RDF와 상업 및 산업 폐기물을 이용하는 RPF로 나누어 관리하고 있다. RDF의 경우는 생활폐기물을 대상으로 하므로 폐기물의 범위에서 관리를 하며 품질기준 역시 RDF의 사용조건인 에너지 회수 효율 20%를 만족시킬 수 있도록 발열량, 수분 회분 등의 연료적 특성을 중심으로 정해져 있다. 반면 상업 또는 산업폐기물을 이용하는 RPF의 경우는 기존의 화석연료를 대체한다는 개념이 강하여 석탄 및 코크스와 동등한 6,000kcal/kg의 발열량을 비롯하여 상대적으로 낮은 염분 농도 등을 품질기준으로 정하였다. 또한 폐포장재 폐기물이 물질재활용 되는 대신 RPF의 생산에 이용되는 문제를 고려하여 RPF를 물질 재활용과 동등하게 인정하지만 이는 비상시의 대피적 수단임을 분명히 하고 있다.

국내 “폐기물 고형연료”와 관련된 법률은 2013년 1월에 일부 개정(시행은 2013. 4월)되었다. 개정전의 국내의 폐기물 고형연료 기준 및 분류는 일본의 분류체계와 유사한 경향을 보였으나, 개정 후의 내용은 유럽의 폐기물 고형연료 제도 및 정책과 유사하다고 사료된다. 그러나 폐기물 고형연료를 재활용 제품으로 인정하는 부분 및 사용시설에 대한 정확한 정의와 이에 대한 관리 기준이 부족하다는 아쉬움이 남는다. 또한 유럽에서는 폐기물 고형연료 사용시설에 대하여 시설별로 분명한 별도의 대기오염물질 배출허용기준을 마련하고 있는 반면 아직 국내에는 이에 대한 기준이 명확하지 않다는 것은 또 다른 문제라고 할 수 있다. 개정된 폐기물 고형연료에 대한 중금속 함유량은 일부 강화되었으며 이는 유럽의 폐기물 소각 법령(WID)과 일반 보일러에 대한 대기오염배출 허용기준 중 가장 다른 것이 중금속 규제에 대한 부분이라는 것을 반영한 것이라고 할 수 있다.





---

## SRF 관련시설 환경규제기준 검토

---

1. 고형연료 사용시설의 분류
2. 사용시설에 따른 고형연료 품질 기준(EU)
3. 국내외 사용시설의 환경규제 기준 검토
4. 소결



## 제 3 장 SRF 관련시설 환경규제기준 검토

폐기물 고행연료는 폐기물을 이용하여 생산된 것으로 소각에 의하여 발생된 열을 회수하고 이를 에너지로 이용하는 것이 목적이다. 따라서 폐기물 고행연료와 관련된 환경기준은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 생산된 고행연료를 어떻게 사용하는가? (고행연료의 사용시설)
- 어떠한 고행연료를 생산하는가? (고행연료 품질기준)
- 생산된 고행연료의 소각 시 발생하는 대기오염물질을 어떻게 관리하고, 이에 따른 환경적 피해를 최소화 할 것인가? (대기오염물질 배출허용 기준)

위의 3가지 문제는 폐기물 고행연료의 생산 및 사용에 관련되어 매우 중요하며, 이에 대한 선진국의 기준 및 사례를 검토하는 것은 중요하다고 할 수 있다.

### 3.1 고행연료 사용시설의 분류

유럽의 경우를 비롯하여 폐기물을 연료로 사용하는 가장 오랜 역사를 가진 시설은 아마 시멘트소성로일 것이다. 특히 시멘트소성로의 높은 연소온도로 인하여 폐기물 중에 포함된 대부분의 유해물질이 분해되고, 시멘트 킬른이 이용하는 연료의 양이 많다는 점에서도 과거 합리적인 폐기물 처리방법으로 사료되었다. 그러나 최근에 화석연료 가격의 상승으로 상대적으로 에너지 다소비 업종인 제지공장 등의 산업시설에서의 폐기물 에너지 이용에 관심이 높아지게 되었다. 또한 선진국에서 재생에너지 의무량에 대한 증가에 따라 석탄화력발전소 및 지역난방 등의 대규모 시설에서의 폐기물 이용이 확대되었다. 물론 국가에 따라 상이하나 폐기물을 이용하여 생산된 에너지는 재생에너지로서 인정받는 경우가 많으므로 대형 석탄화력발전소에는 사용연료 중 일부만을 폐기물로 교체하는 것으로 재생에너지의 확보가 가능하다. 이러한 의미에서 폐기물을 이용하는 소각시설에 대한 에너지회수 효율 역시 경제성 면에서도 중요한 요소가 되었다. 이와 같은 각 분야에서의 폐기물을 연료로 이용하려는 노력이 확산됨에 따라 각 산업체에서는 자신의 시설에 사용할 수 있는 폐기물을 공급할 것을 요구하였으며 이에 따라 폐기물을 목적에 맞게 전처리하여 사용처에 공급하게 되었다. 이와 같이 폐기물을 전처리하여 사용시설의 목적에 맞는 폐기물 연료를 만드는 것이 “폐기물 고행연료” 라고 할 수 있다. 즉 폐기물 고행연료는

시설에서 요구하는 기준에 따라 생산 공정을 구성하거나 또는 원료가 되는 폐기물을 확보한다. 다음은 이러한 폐기물 고형연료의 이용시설을 나열하였다.

- 시멘트소성로 : 시멘트소성로는 폐기물 중 포함된 철 및 무기물이 클링커 형성에 도움이 되며 (화학적 재활용), 폐기물 고형연료를 연료로 사용할 수 있음. 그러나 폐기물 고형연료 중 염분 등은 생산되는 시멘트의 품질에 영향을 미칠 수 있음
- 산업용보일러 : 산업 보일러는 상대적으로 시설규모가 적고 폐기물 고형연료의 사용량이 적음.
- 석탄화력발전소 : 석탄을 대체하는 역할을 하며 사용량이 상대적으로 많으므로 대기오염문제 등에 주의가 필요. 또한 품질에 따라 사용 가능량이 결정됨. 고형연료의 품질기준 중 중요한 것은 알칼리 금속 및 염분에 의하여 보일러 내벽에 클링커가 발생할 수 있다는 것임
- 폐기물 고형연료 전용보일러 : 국가에 따라 기준이 상이하지만 일반적으로 에너지 회수효율이 중요함. 따라서 대부분의 유럽국가 경우 에너지 회수기준을 만족시키기 위하여 열병합발전(Combined Heat & Power) 방식으로 에너지를 회수하는 경우가 많음
- 바이오매스와 혼합소각 : 특히 영국에 많으며 바이오매스의 저발열량을 폐기물 고형연료를 통하여 보정할 수 있다는 장점이 있음.
- 기타 시설 : 특히 미국 및 일부 유럽의 경우, 폐기물 고형연료를 이용하여 가스화를 하고, 이때 생산된 합성가스(Synthetic Gas)를 에너지 생산에 이용하거나 또는 석유화학 공정의 원료로 사용하기도 함.

유럽의 각 사용시설이 폐기물 고형연료를 이용하기 위한 조건을 살펴보면 다음과 같다.

- 폐기물 고형연료를 사용하기 전에 환경에 미치는 영향에 대한 평가를 받아야 하며, 이때는 평가를 위하여 고형연료 생산자와 이용자 사이에 계약된 고형연료 품질을 기준으로 한다.
- 폐기물 고형연료 사용자는 주기적으로 품질검사를 하여 계약된 내용의 준수를 파악한다.
- 계약된 량의 폐기물 고형연료를 공급 및 사용하여야 한다.

국내의 폐기물 고행연료 사용시설은 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 시행규칙에 정하여져 있으며 다음과 같다.

- 시멘트 소성로(燒成爐)
- 화력발전시설, 열병합발전시설 및 발전용량이 2메가와트 이상인 발전시설
- 석탄사용량이 시간당 2톤 이상인 지역난방시설, 산업용보일러, 제철소 로(爐)
- 재활용품 중 폐기물을 이용하여 만든 고행연료제품(이하 "고행연료제품"이라 한다) 사용량이 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설(「폐기물관리법 시행규칙」 별표 9에 따른 소각시설의 설치기준 및 같은 법 시행규칙 별표 10에 따른 소각시설의 검사기준에 적합한 시설로서 초기 가동 시 연소실 출구 온도가 800℃ 이상이 될 때 고행연료제품을 자동 투입할 수 있는 장치를 갖춘 시설만 해당한다)
- 그 밖에 환경부장관이 고행연료제품의 사용에 적합하다고 인정하여 고시하는 시설 (2013.9월 현재까지 고시된 시설이 없음)

반면, 선진국의 경우는 특별히 폐기물 고행연료 사용시설을 규제하는 법을 제정하고 있지 않으며 다만 대기오염물질 배출기준 및 에너지 회수효율 등을 이용하여 사용시설의 기준을 마련하고 있다. 다음 <표 3-1>에는 유럽의 국가별 SRF 생산량 및 각 시설별 이용현황을 요약하여 나타내었다(Facts and Figures, European Recovered Fuel Organisation (EFRO), 2008). 아래의 <표 3-1>로부터 생산된 대부분의 SRF는 대부분이 시멘트소성로와 석탄화력발전소에서 사용되었음을 알 수 있다. 특히 독일의 경우를 보면 2005년과 2006년 사이 시멘트소성로에서 이용된 SRF의 량은 그다지 많이 증가하지 않았으나 석탄화력발전소에서 사용된 SRF량은 약 2배로 증가 되었다. 독일에서는 초기에 주로 저발열량의 폐기물 고행연료를 생산하여 처리비를 지불하고 시멘트소성로에 위탁 처리하는 경우가 많았으며 이때 고행연료 생산의 원료가 되는 것은 생활폐기물이었다. 이와 같은 문제는 유럽의 고행연료 품질기준에서 보여주고 있다. 유럽의 고행연료 품질기준에 따르면, 발열량이 약 900kcal/kg 폐기물 고행연료의 품질기준이 있다. 최근에는 사업장 폐기물 및 산업폐기물을 이용하여 생산되는 고품질의 폐기물 고행연료를 생산하려는 데 주력하고 있으며 이러한 폐기물 고행연료는 SRF의 품질 기준을 만족시키며 화력발전소 등에서 사용이 확산되어 가고 있다. 한편 일본의 경우 RPF는 제철소에서 코크스 대체연료로 또한 석탄화력발전소의 석탄대용품으로 사용되는 경우에 한하여 이용시설을 규제하고 있다. 또한 생활폐기물을 원료로 한 폐기물 고행연료인 RDF는 에너지 회

수효율이 20%이상인 폐기물 소각로에서 사용이 제한되어 있으며 산업시설에서의 이용은 과거에는 일부 있었으나 환경 보호적 측면에서 현재는 거의 없다.

<표 3-1> 유럽의 국가별 SRF 생산량 및 각 시설별 이용현황

Member State	Number of SRF-production plants	SRF production (kt/a)	Co-firing in Cement kilns (kt/a)	Co-firing in Hard Coal Power plants (kt/a)	Co-firing in lignite Power plants (kt/a)	CHP (kt/a)	MSWI (kt/a)	Blast Furnace (kt/a)	Export (kt/a)
Austria	13	680	150	0	0	510	20	220	80-100
Belgium	5	100	100						-
Denmark	1	12							0
Finland	21	300				300			0
France	0	0	50						-50
Germany (2005)	> 30	1800	1314	300	See hard coal	200			50-100
Germany (2006)	> 35	2400	1500	600	See hard coal	300			50-100
Greece	9	200	200						0
Italy	49	1000	180	50	0	40	400		0
Netherlands	8	300-400	0	0	0	0	0		300-400
Portugal	3	-							0
Spain	0	0							0
Sweden	12	-							-
UK	4	100	100						0
Total		4000-5000							

### 3.2 사용시설에 따른 고품질 연료 품질 기준(EU)

유럽에서는 폐기물 고품질 연료의 품질기준을 사용시설에 따라 정하고 있는 국가가 있으며 이렇게 정해진 품질 기준은 자발적 품질기준과 강제적 품질기준으로 나누어 검토 할 수 있다. 자발적 품질기준이란 폐기물 고품질 연료의 사용자가 자발적으로 품질기준을 정하는 것으로 품질항목과 필요수준은 산업체에서 스스로 정하는 경우가 많으며 일부에서는 표준기구 등에 의하여 가이드라인의 형식으로 제시된다.

다음 <표 3-2>에서 <표 3-4>까지는 기술적인 면에서 분석한 각 시설별 고품질 연료의 품질기준을 나타내고 있다. 이 기준에서는 폐기물 고품질 연료 사용시설의 성능 및 운전적 측면을 고려한 것으로서 중금속 등의 유해물질에 관련된 내용은 포함되어 있지 않다.

<표 3-2> 시멘트 소성로에 이용되는 SRF 연료기준

항목	주연소실	소성로
발열량	20MJ/kg(최소치) (4,777kcal/kg)	15MJ/kg(최소치) (3,583kcal/kg)
입자 크기	< 20mm	< 25mm as soft-pellet
회분 함량	낮음	높음(20%이하)
사용 SRF 차이점	철, 비철 금속 규제 없음 3차원 입자(X)	철, 비철 금속 규제 없음
공급 시스템	공기압 사용	시스템의 기계적 사용
염소	<1% 염소 화합물 생성, 염소량에 의존	<1% 염소 화합물 생성, 염소량에 의존

\*Global Fuel Magazine, 2005

<표 3-3> 산업시설에 이용되는 SRF의 연료 기준

항목	연소 방법에 따른 범위
입자 크기	화격자 연소로 < 300mm
	유동상 연소로 < 80mm
금속 알루미늄	소각재 중 농도 < 5%
알칼리 금속(Na, K)	소각재 중 농도 < 5%
유리	-
염소	샘플의 중간값 기준, 0.85%
허용값	가장 큰 입자의 길이 < 300mm

\*Global Fuel Magazine, 2005

<표 3-4> 산업시설에 이용되는 SRF의 연료 기준

항목	석탄 발전	갈탄 화력 발전
발열량	최소. 20MJ/kg (4,777kcal/kg)	최소. 11MJ/kg (2,627kcal/kg)
입자 크기	< 20mm	연질 펠렛 < 25mm
재 함유량	낮음	높음
방해 금속	입체적 입자 성상이 없을 것	철분 및 비철금속이 없음
투입형식	유체식 수송	기계적인 벨트이용
염소	석탄 염소 농도에 따름 (< 1%)	갈탄 염소 농도에 따름 (< 1%)

위의 기준과 별도로 국가별로 폐기물 고형연료인 SRF가 이용되는 시설이 폐기물 소각법령(WID) 및 IPPC을 만족시킬 수 있도록 가이드라인으로서 폐기물 중의 중금속 농도 등을 제시하는 독일과 같은 국가도 있다. 독일의 경우 RAL-GZ 724에서 대체연료로써 이용되는 경우의 SRF의 유해물질 함유량을 제시하고 있다.

<표 3-5> 독일의 표준기구에서 제시한 SRF 중금속 농도기준

항목	단위	중금속 농도			
		중간값		상위 80% 값	
Cd	mg/kg (d)	4		9	
Hg	mg/kg (d)	0.6		1.2	
Tl	mg/kg (d)	1		2	
As	mg/kg (d)	5		13	
Co	mg/kg (d)	6		12	
Ni	mg/kg (d)	25	80	50	160
Sb	mg/kg (d)	50		120	
Pb	mg/kg (d)	70	190	200	400
Cr	mg/kg (d)	40	125	120	250
Cu	mg/kg (d)	200	400	500	1,000
Mn	mg/kg (d)	50	250	100	500
V	mg/kg (d)	10		25	
Sn	mg/kg (d)	30		70	

\*Germany : RAL-GZ 724 for secondary fuels

독일의 경우 상대적으로 폐기물 고형연료인 SRF가 상대적으로 여러 종류의 시설에서 이용되나, 핀란드의 경우는 주로 SRF가 바이오매스 연소시설에 발열량을 증가시키는 용도로 이용된다. 따라서 핀란드의 기준은 이러한 사용목적에 따라 법적으로 SRF의 품질기준을 정하고 있다.

<표 3-6> 핀란드의 SRF 등급 기준 (SFS 5875)

특 성	단위	오차 범위	품질 등급		
			I	II	III
염소 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	< 0.15	< 0.50	< 1.50
황 (건조 상태)	% (m/m)	0.01.	< 0.20	< 0.30	< 0.50
질소 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	< 1.00	< 1.50	< 2.50
칼슘과 나트륨 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	< 0.20	< 0.40	< 0.50
알루미늄 (건조 상태)	% (m/m)	0.01	1)	2)	3)
수은 (건조 상태)	mg/kg	0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.5
카드뮴 (건조 상태)	mg/kg	0.1	< 1.0	< 4.0	< 5.0

\* 금속성 알루미늄은 고려되지 않았으나 오차 범위 내 포함 되었다.

\* 금속성 알루미늄은 선별기와 고형연료 생산 공정에 따라 최소화 되었다.

위의 기준에서 나타난 것처럼 핀란드의 SRF 품질기준은 소각로 내벽에 발생될 수 있는 클링커를 최소화하기 위하여 알칼리금속인 칼슘과 나트륨에 대한 품질기준을 제정하였으며, 목재연료와 연관성으로부터 추가적으로 질소의 함유량을 규제하고 있다. 또한 알루미늄을 품질기준에 포함시켜, 비철금속에 대한 물질 재활용에 대한 정책적 방향성을 나타내었다.

오스트리아의 경우 목재연료의 사용량이 많으며 바다를 인접하지 않은 지정학적 위치로 인하여 목재를 제외한 대부분의 연료를 외국으로부터 수입하고 있다. 따라서 폐목재를 포함한 폐기물을 연료로 이용하는 것에 대하여 상대적으로 적극적이다. 따라서 시설에 따라 SRF 중의 중금속 농도를 정하고 이를 만족시키는 연료가 제한된 시설에 사용되는 경우, 이를 대체연료로 분류하고, 폐기물로부터 제외하고 있다. 다음 <표 3-7>에서 <표 3-8>까지는 오스트리아의 시설별 SRF 중의 중금속 규제농도를 나타내고 있다.

<표 3-7> 오스트리아의 SRF 등급기준 (시멘트 킬른, 산업시설에 사용)

	시멘트킬른		기타 산업시설	
단위	[mg/MJ]			
항목	중간값	상위 80% 해당치	중간값	상위 80% 해당치
비소(As)	2	3	1	1.5
납(Pb)	20	36	15	27
카드뮴(Cd)	0.23	0.46	0.17	0.34
크롬(Cr)	25	37	19	28
코발트(Co)	1.5	2.7	0.9	1.6
니켈(Ni)	10	18	7	12
수은(Hg)	0.075	0.15	0.075	0.15

\* 오염물질의 농도는 중량에 대한 단위가 아니고, 열량에 대한 단위임  
(Austria : Guideline for Waste Fuels (2008))

<표 3-8> 오스트리아의 SRF 등급기준 (석탄화력발전소에 사용)

에너지 점유비중	≤ 10 %		≤ 15 %	
단위	[mg/MJ]		[mg/MJ]	
항목	중간값	상위80% 해당치	중간값	상위80% 해당치
비소(As)	2	3	2	3
납(Pb)	23	41	15	27
카드뮴(Cd)	0.27	0.54	0.17	0.34
크롬(Cr)	31	46	19	28
코발트(Co)	1.4	2.5	0.9	1.6
니켈(Ni)	11	19	7	12
수은(Hg)	0.075	0.15	0.075	0.15

\* 오염물질의 농도는 중량에 대한 단위가 아니고, 열량에 대한 단위임  
(Austria : Guideline for Waste Fuels (2008))

위의 오스트리아처럼 SRF를 폐기물의 범위로부터 제외시키기 위하여 이탈리아는 상대적으로 엄격하고 다양한 중금속에 대한 기준을 품질 기준에 포함시켰다. 이탈리아의 경우 SRF의 품질기준인 EN15359가 제정되자 바로 SRF를 폐기물에서 제외시키고, 이를 “End of Waste”로서 취급하는 재활용제품 (높은 등급에 한정)으로 분류하였다. 이는 상대적으로 전기 등의 에너지 수요가 많은 이탈리아에서는 당연한 정책이라고 할 수 있다. 따라서 이탈리아의 SRF 품질기준은 법적인 구속력을 가지며 이를 위반 시 사업장이 폐쇄될 수 있다. 다음 <표 3-9>는 이탈리아의 SRF 기준을 나타내고 있다.

<표 3-9> 이탈리아의 SRF 품질기준

구분		높은 등급 SRF	일반 등급 SRF
L.H.V.°	MJ/kg a.r.(as received) (kcal/kg)	> 20 (4,777)	> 15 (3,583)
수분	as received	< 18%	< 25%
염소(Cl)	d.m. (dry matter)	< 0.7%	< 0.9%
황(S)	d.m.	< 0.3%	< 0.6%
소각재(ash)	d.m.	< 15%	< 20%
크롬(Cr)	mg/kg d.m.	< 70	< 100
구리(Cu)	mg/kg d.m.	< 50	< 300
망간(Mn)	mg/kg d.m.	< 200	< 400
니켈(Ni)	mg/kg d.m.	< 30	< 40
비소(As)	mg/kg d.m.	< 5	< 9
카드뮴(Cd)	mg/kg d.m.	< 3	< 7
수은(Hg)	mg/kg d.m.	< 1	
납(Pb)	mg/kg d.m.	< 100	< 200

다음은 각국의 시멘트 킬른에서 이용되는 SRF 품질기준을 현재 국내 유해물질과 관련된 품질기준을 비교하여 다음 <표 3-10>에 나타내었다. 이 기준은 발열량 등을 제외한 중금속 등의 유해물질에 대한 기준을 비교한 것이다.

<표 3-10> 시멘트 킬른에 이용되는 SRF의 품질기준

		Austria		Switzerland	Germany	Finland			Sweden		United States	국내 (Korea)
		MSW (25MJ/Kg)	Plastic, paper, textile, wood waste	MSW (25MJ/Kg)	Plastic, paper, textile, wood waste	RDF Class I	RDF Class II	RDF Class III	Specialbrönsle A	Lattbrönsle		
Chlorine	%	1	2	-	1.5	0.15	0.50	1.5	1.0	1.0	-	2.0
Antimony (Sb)	mg/kg	5	20	5	120	-	-	-	-	-	50	
Arsenic (As)	mg/kg	15	15	15	13	-	-	-	-	-	50	13.0
Beryllium (Be)	mg/kg	5	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium (Cd)	mg/kg	2	27	2	9	1.0	4.0	5.0	10	5	40	5.0
Chromium (Cr)	mg/kg	100	300	100	250	-	-	-	300	30	200	-
Copper (Cu)	mg/kg	100	500	100	700	-	-	-	-	-	600	-
Lead (Pb)	mg/kg	200	500	200	400	-	-	-	350	100	500	15.0
Mercury (Hg)	mg/kg	0.5	2	0.5	1.2	0.1	0.2	0.5	-	5	20	1.0
Nickel (Ni)	mg/kg	100	200	100	160	-	-	-	-	10	50	-
Thallium (Ti)	mg/kg	3	10	3	2	-	-	-	-	-	40	-
Tin (Sn)	mg/kg	10	70	10	70	-	-	-	-	-	100	-
Vanadium (V)	mg/kg	100	-	100	25	-	-	-	-	50	50	-
Zinc (Zn)	mg/kg	400	-	400	-	-	-	-	2000	-	1000	-

한편 유럽에서 SRF의 품질 표준화와 관련된 SRF의 사용시설에 대한 가이드 라인을 제시하였으며, 이는 기존의 이용시설을 조사하한 연구결과이다. 위의 결과는 다음 <표 3-11> 및 <표 3-12>에 나타나 있다.

<표 3-11> 시설별 발열량 기준치 (EU, CEN Guideline)

항 목	사용시설	
시멘트 소성로	주연소실	소성로
	4800 kcal/kg (20MJ/kg)이상	3600 kcal/kg (15MJ/kg)이상
발전 시설	석탄발전	갈탄발전
	4800 kcal/kg (20MJ/kg,) 이상	2600 kcal/kg (11 MJ/kg)이상

<표 3-12> WID 기준을 만족시키기 위한 SRF 기준(CEN/TS Guideline)

	단위	시멘트 소성로	석탄화력발전소		브라운 석탄	유동상식 발전설비	활성탄 주입
			Dry Bed	Wet Bed			
Hg	mg/MJ	0.08~0.33	0.65	0.034	0.085	0.028	0.26
Cd	mg/MJ	6.90	1.21	0.25	0.42	0.63	85

	단위	시멘트 소성로	석탄화력발전소		브라운 석탄	유동상식 발전설비
			Dry Bed	Wet Bed		
발열량	MJ/kg* (Mean/max)	11/22 (최소/평균)	13.5/18	17/22	13.5/18	13.5/18

한편 일본의 경우는 RDF에 관련되어 에너지 회수기준(발열량 관계) 및 연소 조건의 안정성만을 고려하는 품질기준을 가지고 있으나, RPF는 재활용 제품으로 분류되어 각각의 대체되는 연료에 대하여 상이한 품질기준을 가진다. 또한 RPF의 품질기준에는 중금속 함유량에 대한 기준이 없으며, 이는 RPF의 생산에 사용되는 원료물질이 폐플라스틱, 폐비닐, 폐종이류에 한정되므로 중금속이 별도로 함유된다고 고려하기 어렵기 때문으로 사료된다. 그러나 RPF의 경우도 중금속 농도 등을 사용자 측에서 요구하는 경우가 많다. 다음 <표 3-13>에는 일본의 RPF 품질기준을 나타내고 있다.

<표 3-13> 일본의 RPF 품질기준

종 류		RPF-coke (코크스 대응)	R P F (석탄 대응)		
등 급		-	A	B	C
고위발열량	MJ/kg	33 이상	25이상	25 이상	25 이상
수 분	질량분율 (%)	3 이하	5 이하	5 이하	5 이하
회 분	질량분율 (%)	5 이하	10 이하	10이하	10 이하
염 분	질량분율 (%)	0.6이하	0.3이하	0.3 ~ 0.6	0.6 ~ 2.0

위의 시설에 따른 고품연료의 품질기준에 관련된 사항을 검토하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 고품연료 품질기준이란 사용시설에 관련된 사항으로, 발열량, 회분, 수분 등에 대한 기준이 있으며, 또한 환경오염이라는 측면에서 중금속에 대한 기준이 있음
- 대부분의 국가에서 품질기준으로 정하여 관리하는 것은 주로 환경오염과 관련된 중금속에 대한 기준임 (일본 예외)
- 규제하는 중금속에 대한 항목은 국가에 따라 상이함
- 염소농도는 대기오염물질인 염화수소(HCl)의 발생에 관련이 있을 뿐 아니라 보일러의 클링커 생성과 관련되므로 중요한 품질기준임. 또한 시멘트소성로에서의 시멘트 품질에도 영향을 줌 따라서 황 함유량에 대한 품질 기준은 없으나 염소에 대한 기준은 대부분의 국가에서 정하여 관리하고 있음.
- 오스트리아 및 이탈리아는 SRF를 폐기물의 범주에서 제외시키려는 노력을 기울이고 있으나 그 밖의 독일 등은 SRF를 폐기물로 간주하고 WID 및 IPPC에 의하여 대기오염물질의 배출기준을 적용
- 핀란드는 특정한 목적(바이오매스 혼소)을 위하여 주로 상업 및 산업폐기물을 이용하여 SRF를 생산하고 SRF 생산과정에서의 비철금속인 알루미늄의 회수율 의무화 하고 있음. 즉 SRF 생산설비에서의 물질재활용을 적용하여 재활용률을 향상시키고 있음.

<표 3-14>는 국내의 고품연료 품질기준을 유럽의 경우와 비교하여 나타내었다.

<표 3-14> 국내 및 유럽의 고품질연료 품질기준의 비교

GENERAL CHARACTERISTICS		한국	유럽			
Size	mm		이탈리아	오스트리아	독일	핀란드
L.H.V.°	MJ/kg a.r	> 14.5	> 20	시설별등급	시설별등급	시설별등급
Cl	d.m. (dry matter)	< 2 %	< 0,7%	시설별등급	시설별등급	시설별등급
S	d.m.	< 0,6%	< 0,3%	시설별등급	시설별등급	시설별등급
Ash	d.m.	< 20%	< 15%	< 5 - 10%	< 5 - 10%	< 5 - 10%
Cr	mg/kg d.m.	-	< 70	<100	<120	-
Cu	mg/kg d.m.	-	< 50	-	<500	-
Mn	mg/kg d.m.	-	< 200	-	<200	-
Ni	mg/kg d.m.	-	< 30	<60	<50	-
As	mg/kg d.m.	< 13	< 5	<7.5	<13	-
Cd	mg/kg d.m.	<5	< 3	<1.7	<9	<5
Hg	mg/kg d.m.	< 1	< 1	<0.75	<1.2	<0.5
Pb	mg/kg d.m.	< 150	< 100	<135	<200	-
Co	mg/kg d.m	-	-	<8	-	-
Ti	mg/kg d.m	-	-	-	<2	-
V	mg/kg d.m	-	-	-	<25	-

### 3.3 국내외 사용시설의 환경규제 기준 검토

고형연료의 사용시설이란 대부분 고형연료를 소각시키는 시설로서(일부 가스화 시설도 있음) 소각에 따른 대기오염물질의 배출을 관리하는 것이 가장 중요한 환경적 규제라고 할 수 있다. 즉 유럽국가에서는 이미 제정된 폐기물 소각법령(WID)을 기준으로 대기오염물질의 배출을 규제하고 있으며, 미국의 경우는 2013년 2월 새로이 개정된 비유해성 상업 및 산업폐기물의 열적이용에 관한 법령(CISWI Rule)에 따라 대기오염물질의 배출허용기준을 정하고 있다. 일본에서는 생활폐기물로부터 생산된 RDF는 폐기물 소각로를 기준으로 대기오염물질을 관리하고 있으며, 상업 또는 산업폐기물로부터 생산된 RPF의 경우는 추가적인 대기오염 물질에 대한 관리 없이 기존 시설을 기준으로 관리한다. 한편 국내의 경우 30% 법칙이 가장 특이한 부분이라고 할 수 있다. 유럽의 WID에는 혼합법칙(Mixing Rule)에 따라 이용량에 따라 대기오염물질 배출기준을 관리하는 경우가 있으나 국내에서처럼 30% 이하의 고형연료를 사용하는 시설에 대하여 전체적으로 대기오염물질 배출기준에 대하여 별도의 기준을 가지지 않는 것은 문제가 있다고 사료된다. 한편 유럽 및 미국의 경우 폐기물 고형연료를 사용하는 시멘트소성로에 대하여 별도의 대기오염물질 배출허용기준을 제정하고 있는데 이에 대하여 국내에서는 시멘트소성로에 대한 별도의 기준이 없다. 다음은 폐기물 고형연료를 사용하는 각국의 대기오염물질 배출허용기준에 대하여 검토하였다.

#### 3.3.1 유럽의 폐기물 고형연료 사용시설에 대한 규제

유럽국가 중 네덜란드, 독일, 스위스 등의 국가는 대도시를 중심으로 대부분의 생활폐기물이 소각처리 되어 왔으며 이러한 소각처리의 결과로 환경 중의 다이옥신 농도가 높게 관찰되었다. 네덜란드에서는 모유에서 조차 다이옥신이 검출되어(1996년, 네덜란드 환경평가 보고서) 이에 대한 대책이 필요하였다. 이에 따라 유럽에서는 2000년 폐기물소각 법령(WID)이 제정되었으며, 이 중에서 특히 중요한 내용은 소각로의 배기가스 중 다이옥신 농도를  $0.1 \text{ TEQ-ng/Nm}^3$  이하로 제한하는 것과 고형연료를 비롯한 폐기물을 혼합 연소하는 모든 시설은 폐기물소각로 법령을 따라야 한다는 것이다. 또한 이러한 폐기물 소각법령은 최근에 개정된 산업폐기물 보일러의 대기오염물질 배출과 관련된 법령(Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control, IPPC Directive Amended)과 일부 통합되어

폐기물을 연료로 이용하는 또는 폐기물과 혼소하는 연소시설에 대한 기준을 정하는 법령 (IED, Industrial Emission Directive, December in 2010)을 만들었으며, 이 법안이 실시되는 시기는 국가에 따라 상이하다. 영국의 경우는 2013년 1월부터 새로운 기준이 적용된다. 이 법령에서는 폐기물을 소각하는 시설을 폐기물 열회수 시설과 폐기물 혼합연소 시설로 나누어 관리하고 있다. 각각의 기준을 검토하면 다음과 같다.

WID는 전부 폐기물만을 소각시키는 폐기물 소각시설(ANNEX V)와 폐기물과 기타 연료를 혼합하여 소각하는 혼합소각시설(ANNEX II)로 구분하여 대기오염물질 배출허용기준을 정하고 있으며, 특히 시멘트소성로에서 혼합 소각하는 경우에 대한 기준은 별도로 하고 있다.

#### ○ 폐기물 소각시설 (WID 기준, ANNEX V)

아래 <표 3-15> 및 <표 3-16>은 일반적인 환경오염물질에 대한 배출허용기준으로서 일일평균치를 이용하는 기준과 30분 평균을 이용하는 기준이 있다. 폐기물 소각로의 경우 2가지의 조건을 모두 동시에 만족시켜야 하며, 30분 평균치의 경우 100%를 만족시켜야 하는 조건과 전체적으로 최고 3%를 제외한 97%만 만족시키는 2가지의 조건이 있다.

<표 3-15> 일일 평균치

분진	10 mg/m <sup>3</sup>
가스상 또는 증기상태의 총 유기화합물, TOC로 환산	10 mg/m <sup>3</sup>
염화수소 (HCl)	10 mg/m <sup>3</sup>
불화수소 (HF)	1 mg/m <sup>3</sup>
황산화물 (SO <sub>2</sub> )	50 mg/m <sup>3</sup>
일산화질소 (NO) 및 이산화질소 (NO <sub>2</sub> ), NO <sub>x</sub> 로 환산 - 기존의 소각로 : 6 톤/시 초과 시설 및 신규	200 mg/m <sup>3</sup>
일산화질소 (NO) 및 이산화질소 (NO <sub>2</sub> ), NO <sub>x</sub> 로 환산 - 기존의 소각로 : 6 톤/시 이하 시설	400 mg/m <sup>3</sup>

\* 온도 273 K, 압력 101.3 pKa, 산소농도 11% 기준

<표 3-16> 30분 평균치

분류	(100%) A	(97%) B
분진	30 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
가스상 또는 증기상태의 총 유기화합물, TOC로 환산	20 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
염화수소 (HCl)	60 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
불화수소 (HF)	4 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>
황산화물 (SO <sub>2</sub> )	200 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
일산화질소 (NO) 및 이산화질소 (NO <sub>2</sub> ), NO <sub>x</sub> 로 환산 - 기존의 소각로 : 6 톤/시 초과시설, 신규 소각로	400 mg/m <sup>3</sup>	200 mg/m <sup>3</sup>

위의 일반 대기오염물질의 배출허용기준 이외에 유해물질에 관한 기준이 있다.

<표 3-17> 중금속 기준

Cadmium과 화합물 cadmium (Cd)으로 환산	total 0.05 mg/m <sup>3</sup>
Thallium과 화합물 thallium (Tl)으로 환산	
Mercury과 화합물 mercury (Hg)로 환산	0.05 mg/m <sup>3</sup>
Antimony과 화합물 antimony (Sb)으로 환산	total 0.5 mg/m <sup>3</sup>
Arsenic과 화합물 arsenic (As)으로 환산	
Lead과 화합물 lead (Pb)로 환산	
Chromium과 화합물 chromium (Cr)으로 환산	
Cobalt과 화합물 cobalt (Co)로 환산	
Copper과 화합물 copper (Cu)로 환산	
Manganese과 화합물 manganese (Mn)으로 환산	
Nickel 과 화합물 nickel (Ni)로 환산	
Vanadium과 화합물 vanadium (V)으로 환산	

\* 최소 30분에서 최대 8시간 동안에 샘플한 평균치를 이용

\* 위의 중금속 기준은 가스상 또는 증기상으로 발생하는 것을 포함하여야 한다.

<표 3-18> 다이옥신류

다이옥신류 - 독성 평가 농도기준 (TEQ, Toxic Equivalent Quantity) - 다이옥신류,PCB(Co-Planar PCB)를 포함하는 경우도 있음	1 ngTEQ/Nm <sup>3</sup>
---	-------------------------

<표 3-19> 일산화탄소 농도 요구조건

일산화탄소는 아래조건을 초과하여서 안 됨 (단, 운전시작, 운전종료 시점 제외)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일일 평균치 : 50 mg/m<sup>3</sup> of Combustion Gas</li> <li>• 10분 평균치를 기준으로 95% 이상 : 150 mg/m<sup>3</sup> of Combustion Gas</li> <li>• 30분 평균치를 기준으로 24시간 동안 : 100 mg/m<sup>3</sup> of Combustion Gas</li> </ul>

<표 3-20> 다이옥신과 함께 보고하는 다환 유기방향족화합물(PAHs)

다음의 방향족 유기화합물 (Poly-cyclic Aromatic Hydrocarbon, PAHs)은 모니터하여야 하며, 다이옥신의 측정결과 보고서 같이 리포트 제출	Anthanthrene Benzo [a] anthracene Benzo [b] fluoranthene Benzo [k] fluoranthene Benzo (b) naph (2,1-d) thiophene Benzo (c) phenanthrene Benzo [ghi] pyrylene Benzo [a] pyrene Cholanthrene Chrysene Cyclopenta (c,d) pyrene Dibenzo [ah] anthracene Dibenzo [a,i] pyrene Flioranthene Indo [1,2,3-cd] pyrene Napthalene
---	--

○ 폐기물 혼합·연소시설의 기준 (WID ANNEX II)

폐기물 혼합소각의 경우 폐기물 소각로 법령에서는 다음과 같은 3가지의 경우로 분리하여 대기오염 배출 기준을 정하고 있다.

- 폐기물 또는 유해폐기물을 혼합 소각하는 경우 물질의 회수 또는 열의 회수를 목적으로 하지 않으며 단순히 유해물질의 분해 등의 처리를 목적으로 하는 경우에는 이 시설은 단순히 “소각시설”로 분류(ANNEX V)
- 40%이상의 유해폐기물을 소각로에서 열회수로 이용하는 경우는 이를 단순히 소각로로 분류하여 관리 (ANNEX V)
- 기타 열회수 등의 목적으로 사용되기 위하여 혼합 연소되는 경우는 혼합연소에 의한 열 이용으로 관리되며 이때는 혼합법칙(Mixing Rule)이 적용되어 WID ANNEX II에 의하여 제시된 대기오염물질의 배출기준을 이용하여 배출허용기준을 계산한다.
- 일반적으로 혼합연소에 대한 기준이 WID ANNEX II에 규정되어 있지 않은 경우 혼합법칙(Mixing Rule) 및 기존의 IPPC의 기준을 이용하여 대기오염물질 배출허용기준을 정할 수 있다.

위에 언급한 혼합법칙(Mixing Rule)에 의한 기준치를 계산하는 방법은 혼합계수인 C값을 이용하게 되며, 이는 다음과 같이 계산된다.

$$C = \frac{V_{waste} \times C_{waste} + V_{proc} \times C_{proc}}{V_{waste} + V_{proc}}$$

- $V_{waste}$  : 저위 발열량을 이용하여 계산된 폐기물만을 연소한 경우 발생하는 연소 가스 부피
- $C_{waste}$  : 해당 일산화탄소를 포함한 대기오염물질의 폐기물소각로(ANNEX V) 배출허용 기준농도
- $V_{proc}$  : 기존 산업시설에서 사용하는 산업기준에서 인증 받은 연료를 이용하여 배기가스 중 산소농도를 고려하여 계산된 연소 가스량
- $C_{proc}$  : 각각의 산업체에서의 일산화탄소를 포함한 대기오염 배출허용 기준 농도 기준(Annex II)

위의 기준(ANNEX II)에 대한 시설별 오염물질 배출기준은 다음 표들과 같다.

<표 3-21> 시설별 Cproc (mg/Nm<sup>3</sup>)

오염물질	< 50 MWth	50 to 100 MWth	100 to 300 MWth	> 300 MWth
SO <sub>2</sub> General case		850	850 to 200 (liner decrease from 100 to 300 MWth)	200
Indigenous fuels		or rate of desulphurisation > 90%	or rate of desulphurisation > 92%	or rate of desulphurisation > 95%
NOx		400	300	200
Dust	50	50	30	30

\* 일반적인 황산화물, 질소산화물, 분진에 대한 기준 만을 제시하고 있음

\* 이 밖의 VOCs, 염화수소, 불화수소, 일산화탄소 등은 각 국의 기준에 따라 일반 산업시설에 대한 배출기준을 적용

<표 3-22> 폐바이오매스를 혼합 소각하는 시설별 Cproc (mg/Nm<sup>3</sup>)

오염물질	< 50 MWth	50 to 100 MWth	100 to 300 MWth	> 300 MWth
SO <sub>2</sub>		200	200	200
NOx		350	300	300
Dust	50	50	30	30

유럽에서 폐기물 고형연료 사용 시설 중 가장 시설 수가 많고 이용되는 폐기물 고형연료의 량 또한 가장 많은 사용시설은 시멘트소성로이다. 이와 같은 이유로 시멘트소성로에서 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 혼합 소각하는 경우의 대기오염물질 배출허용기준은 위의 혼합법칙과 별도로 규정하고 있다. 시멘트소성로의 경우 위의 폐기물 고형연료 사용시설에 비하여 강화된 기준을 적용하고 있으며(TOC 등) 이는 시멘트 소성로의 연소온도 및 시멘트 소성로에서 고형연료와 함께 연소되는 유해폐기물과 관련이 있다.

<표 3-23> 시멘트 소성로에서의 폐기물 혼합소각 시 기준

	법령 기준	
	Emission Limit(mg/m <sup>3</sup> )	Averaging period
분진	30	daily
가스상 또는 증기상태의 총 유기화합물, (TOC)	10 <sup>note 1</sup>	daily
염화수소 (HCl)	10	daily
불화수소 (HF)	1	daily
황산화물 (SO <sub>2</sub> )	50	daily
일산화질소 (NO) 및 이산화질소 (NO <sub>2</sub> ), NO <sub>x</sub> 로 환산 - 기존의 시설 - 신규시설	800	daily
	500	daily
일산화탄소	현지 환경연향평가 결과 기준	
Cd and TI	Total 0.05	
Hg	0.05	30분~8시간 샘플링 평균치
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni and V	Total 0.1	
Dioxin	0.1mg/m <sup>3</sup> TEQ	CEN 방법 6시간~8시간 샘플링

\* 온도 273 K, 압력 101.3 pKa, 산소농도 11% 기준

혼합 소각시 일반적인 대기오염물질 배출기준에는 위의 일반적인 대기오염물질의 기준과 별도로 모든 폐기물 혼합연소시설에 적용되는 중금속 및 다이옥신에 대한 기준을 제시하고 있다. 이 기준은 혼합법칙과 무관하게 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 조금이라도 사용하는 모든 시설에 적용된다. 이러한 면은 국내에서 적용되고 있는 폐기물 고형연료 30% 미만 이용시설에 대한 중금속에 대한 대기오염물질 배출허용기준 미적용과 상이하다고 할 수 있다. 다음 <표 3-24>에는 이러한 중금속 및 다이옥신에 대한 기준을 나타내고 있다.

<표 3-24> 폐기물 혼합연소 시설의 대기오염 배출허용기준

오염물질	법령 기준	
	Emission Limit (mg/Nm <sup>3</sup> )	Averaging Period
Cd and TI	Total 0.05	30분~8시간 샘플링 평균치
Hg	0.05	
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni and V	Total 0.1	
Dioxin	0.1mg/m <sup>3</sup> TEQ	CEN 방법 6시간~8시간 샘플링

\* 온도 273 K, 압력 101.3 pKa, 산소농도 11% 기준

위의 중금속 및 다이옥신에 대한 기준은 폐기물 소각로에 적용되는 기준과 동일하다. 즉 조금이라도 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 사용하는 각종 소각시설은 중금속 및 다이옥신과 같은 유해물질에 대하여는 폐기물 소각로와 동일한 기준을 준수하여야 하는 것을 나타내고 있다. 이는 유해물질에 관하여는 폐기물의 사용량과는 무관하게 관리하여야 한다는 것을 나타낸다.

앞에서 언급한 바와 같이 모든 소각 시설은 IPPC 법령을 만족시켜야 하며 이는 시멘트소성로의 경우에도 해당된다. 따라서 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 소각시키는 시멘트소성로는 WID와 IPPC를 모두 만족시켜야 하며 폐기물 및 폐기물 고형연료를 사용하지 않는 시설의 경우 IPPC 법령에서 정한 대기오염물질 배출허용기준만을 만족시키면 된다. 실제적으로 IPPC 법령에 따른 대기오염물질 배출허용기준은 일반적으로 WID에 비하여 규제정도가 낮은 것이 보통이며 이에 따라 폐기물 및 폐기물 고형연료를 사용하는 시멘트 소성로가 대기오염물질 배출농도를 만족시키지 못하는 경우 폐기물 고형연료의 사용을 중지하는 경우가 있다. 다음 <표 3-25>는 WID 및 IPPC의 대기오염물질 배출허용기준을 비교하여 나타내었다.

<표 3-25> 시멘트 소성로에 적용되는 IPPC 및 WID에 따른 대기오염물질 배출허용기준

오염물질	Concentration Units	Integrated Pollution Prevention and Control Directive (2008/1EC)	Waste Incineration Directive (2000/76/EC)
Total Particulate Matter (TPM) <sup>1</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	<10 - 20	30
Hydrogen Chloride (HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	10	10
Sulphur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 - 400 <sup>44</sup>	50
Hydrogen Fluoride (HF)	mg/Nm <sup>3</sup>	1	1
Nitrogen Oxides (NO <sub>x</sub> ) (per-heater kilns)	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 - 4.502 <sup>3</sup>	800
Nitrogen Oxides (NO <sub>x</sub> ) (kilns)	mg/Nm <sup>3</sup>	400 - 800	500
Mercury (Hg) <sup>6</sup>	ug/Nm <sup>3</sup>	< 0.05	<0.05
Cd + Tl <sup>6</sup>	ug/Nm <sup>3</sup>	< 0.05	<0.05
Sum(Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) <sup>6</sup>	ug/Nm <sup>3</sup>	< 0.5	< 0.1
PCDD/F TEQ (I) (Dioxins and Furans) <sup>5</sup>	ng/Nm <sup>3</sup>	<0.05 - 0.1	< 0.1

### 3.3.2 미국의 폐기물 고형연료 사용시설에 대한 규제

비유해성 상업 또는 산업폐기물을 이용하여 고형연료를 생산하여 열회수 시설에 이용하는 경향이 최근 미국에서 확산되고 있으며, 이러한 열회수에 이용되는 고형연료는 폐기물소각로의 범주에서 제외되어 폐기물 소각로 기준으로부터 CISWI 법률(Commercial Industrial Solid Waste Incineration Rule)에 따른 대기오염물질 방지기준(Clean Air Act, 126)에 따른다. 다음 <표 3-26>는 2000년의 CISWI 법률에서 규정한 MACT(Maximum achievable Air Pollutant Control Technology)에 의한 대기오염배출 최대허용기준(Floor Limit)을 나타내고 있다. 한편 <표 3-27>은 2012년의 CISWI 법률에서 규정한 MACT(Maximum achievable Air Pollutant Control Technology)에 의한 최종 대기오염배출 최대허용기준을 나타내고 있다. 초기 법률과 최종 법안을 비교하여 보면 에너지 회수 시설인 ERUs(Energy Recovery Utilities)의 경우 일산화탄소 등에 대한 기준을 강화시켜 연소조건의 향상을 요구하고 있으며, 폐기물을 이용하는 시멘트 킬른의 경우는 중금속(특히 수은 및 카드뮴)에 대한 규제 기준을 강화하고 있다. 이는 기존의 미국의 시멘트 소성로에서 배출되는 중금속이 사회적 문제가 되었다는 면에서 중요한 변화라고 사료된다. 또한 기존의 질소산화물 및 황산화물에 대한 기준도 강화되었다. 황산화물의 경우는 저황탄 이용을 강력히 요구하고 있는 미국정부의 정책방향과 관계된다. 일산화탄소(CO, Carbon Mono Oxide)에 대한 대기오염물질 배출허용기준의 경우 전연소실(Pre-heater)에 대한 배출허용기준이 약 1/3(790 ppmv 에서 190 ppmv)로 강화되어 기존에 주로 폐기물을 소각하여 열을 회수하던 연소실에서의 폐기물 사용이 감소할 것으로 보이며, 이에 반하여 소성로 자체에서의 폐기물 이용이 증가할 것으로 생각된다. 이러한 변화에 따라 시멘트 소성로에서의 폐기물 이용방법에 다음과 같은 변화가 있을 것으로 사료된다.

- 소성로에 폐기물을 이용하는 것은 폐기물 중 무기물을 클링커로 이용한다는 면에서 화학적 재활용에 해당되며, 따라서 클링커의 재료가 되는 금속류가 혼합된 고발열량 폐기물의 이용 증가
- 소성로에 염소가 혼입되면 시멘트의 품질에 직접적인 영향을 주게 되므로, 사용되는 폐기물 중에 염소농도의 관리가 필요
- 상대적으로 고발열량 폐기물이 필요(최소 4,500 kcal/kg이상의 발열량). 따라서 기존의 폐기물을 전처리하여 고형연료를 생산하는 경우가 증가할 것으로 예상

<표 3-26> CISWI 법률에서 규정한 MACT에 의한 대기오염 배출 최대허용기준 (2000년)

Pollutant(units)	Incinerators (2000 CISWI limit)	CISWI Subcategories			
		소각로	에너지 회수설비(ERUs-Solids)	폐기물 연소, 시멘트 소성로	소형 소각로
HCl (ppmv).....	62	29	0.20 (biomass units)/13(coal units)	3.0.....	300
CO (ppmv).....	157	17	260 (biomass units)/95(coal units)	110(long Kilns)/ 790(preheater/ precalciner)	64
Pb (mg/dscm).....	0.04	0.015	0.014 (biomass units)/0.14 (coal units)	0.014.....	2.1
Cd (mg/dscm).....	0.004	0.0026	0.0014(biomass units)/0.0095 (coal units)	0.0014.....	0.95
Hg (mg/dscm).....	0.47	0.0048	0.0022(biomass units)/0.016 (coal units)	0.01.....	0.0053
PM, filterable (ng/dscm)	70	34	11 (biomass units)/160 (coal units)	4.6.....	270
Dioxinm furans, total (ng/dscm)	(no limit)	4.6	0.52 (biomass units)/5.1 (coal units)	1.3.....	4400
Dioxinm furans, TEQ (ng/dscm)	0.41	0.13	0.12 (biomass units)/0.075 (coal units)	0.075.....	180
NOx (ppmv).....	388	53	290 (biomass units)/640 (coal units)	630.....	190
SO <sub>2</sub> (ppmv).....	20	11	7.3 (biomass units)/ 650 (coal units)	600.....	150

<표 3-27> 시멘트 소성로에서 규정한 MACT에 의한 대기오염 배출 최대허용기준 (2013년, 최종)

Pollutant(units)	Incinerators (2000 CISWI limit)	Final CISWI Subcategories			
		소각로	에너지 회수설비(ERUs-Solids)	폐기물 연소, 시멘트 소성로	소형 소각로
HCl (ppmv).....	62	0.091	0.20 (biomass units)/13(coal units)	3.0.....	200
CO (ppmv).....	157	17	260 (biomass units)/95(coal units)	90(long Kilns)/ 190(preheater/ precalciner)	13
Pb (mg/dscm).....	0.04	0.015	0.014 (biomass units)/0.14 (coal units)	0.014.....	2.0
Cd (mg/dscm).....	0.004	0.0023	0.0014(biomass units)/0.0095 (coal units)	0.0014.....	0.67
Hg (mg/dscm).....	0.47	0.00084	0.0022(biomass units)/0.016 (coal units)	0.0037.....	0.0035
PM, filterable (ng/dscm)	70	18	0.52 (biomass units)/5.1 (coal units)	2.2.....	270
Dioxinm furans, total (ng/dscm)	(no limit)	0.58	0.52 (biomass units)/5.1 (coal units)	0.51.....	1800
Dioxinm furans, TEQ (ng/dscm)	0.41	0.13	0.076 (biomass units)/0.075 (coal units)	0.075.....	31
NOx (ppmv).....	388	23	290 (biomass units)/340 (coal units)	200.....	170
SO <sub>2</sub> (ppmv).....	20	11	7.3 (biomass units)/650 (coal units)	28.....	1.2

한편 2011년 5월 20일에 개정된 열 회수 시설에 대한 대기오염물질 배출기준 (SUBPART DDDD of Part 60)은 다음 <표 3-28>에 나타나 있다.

<표 3-28> 에너지 회수시설에 적용되는 대기오염물질 배출기준 (2011, May 20)

For the air pollutant	You Must meet this emission limitation (Solids)	Using this averaging time
cadmium	Biomass-0.0014 milligrams per dry standard cubic meters Coal-0.0095 milligrams per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 2 dry standard cubic meters)
carbon monoxide	Biomass-260 parts per million dry volume Coal-95 parts per million dry volume	3-run average(1 hour minimum sample time per run)
dioxins/furans (total mass basis)	Biomass-0.52 nanograms per dry standard cubic meters Coal-5.1 nanograms per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 4 dry standard cubic meters)
dioxins/furans (toxic equivalency basis)	Biomass-0.12 nanograms per dry standard cubic meters Coal-0.075 nanograms per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 4 dry standard cubic meters)
Hydrogen chloride	Biomass-0.20 parts per million dry volume Coal-13 parts per million dry volume	3-run average(for Method 26, collect a minimum volume of 120 liters; for Method 26A, collect a minimum volume of 1 dry standard cubic meters)
Lead	Biomass-0.014 milligrams per dry standard cubic meters Coal-0.14 milligram per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 2 dry standard cubic meters)
Mercury	Biomass-0.0022 milligrams per dry standard cubic Coal-0.016 milligrams per dry standard cubic meters	3-run average(For Method 29 an ASTM D6784-02(Reapproved 2008), collect a minimum volume of 2 dry standard cubic meters per run. For Method 30B, collect a minimum sample as specified in Method 30B at 40 CFR part 60, appendix A)
Oxides of nitrogen	Biomass-290 parts per million dry volume Coal-340 parts per million dry volume	3-run average(for Method 7E, 1 hour minimum sample time per run)
Particulate matter filterable	Biomass-11 milligrams per dry standard cubic meters Coal-160 milligrams per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 1 dry standard cubic meters)
Sulfur dioxide	Biomass-7.3 parts per million dry volume Coal-650 parts per million dry volume	3-run average(1 hour minimum sample time per run)

위의 표에서처럼 기준원료를 목재연료 및 석탄으로 하는 경우를 별도로 규정하고 있으며 각각에 따라 대기오염물질 배출허용기준이 다르다. 다음은 2011년 5월 20일에 개정된 시멘트소성로에 대한 최종 결정된 대기오염물질 배출기준(SUBPART DDDD of Part 60)은 다음 <표 3-29>에 나타나 있다.

<표 3-29> 시멘트 킬른에 적용되는 대기오염물질 배출기준 (2011, May 20)

For the air pollutant	You Must meet this emission limitation	Using this averaging time
cadmium	0.0014 milligrams per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 2 dry standard cubic meters)
carbon monoxide	110(long kilns)/790 (preheater/precalciner) parts per million dry volume	3-run average(1 hour minimum sample time per run)
dioxins/furans (total mass basis)	1.3 nanograms per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 4 dry standard cubic meters)
dioxins/furans (toxic equivalency basis)	0.075 nanograms per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 4 dry standard cubic meters)
Hydrogen chloride	3.0 parts per million dry volume	3-run average(collect a minimum volume of 1 dry standard cubic meters) or 30-day rolling average if HCl CEMS is being used
Lead	0.014 milligrams per dry standard cubic meters	3-run average(collect a minimum volume of 2 dry standard cubic meters)
Mercury	0.011 milligrams per dry standard cubic meters	30-day rolling average
Oxides of nitrogen	630 parts per million dry volume	3-run average(for Method 7E, 1 hour minimum sample time per run)
Particulate matter filterable	4.6 milligrams per dry standard cubic meters	3-run average(for Method 7E, 1 hour minimum sample time per run)
Sulfur dioxide	600 parts per million dry volume	3-run average(for Method 26, collect a minimum volume of 120 liters; for Method 26A, 1 hour minimum sample time per run)

위에서 언급한 것과 같이 시멘트 소성로의 대기오염 배출허용기준은 중금속 및 염화수소(HCl)에 대하여 엄격한 규제를 실시하고 있다.

### 3.3.3 일본의 폐기물 고형연료 사용시설에 대한 규제

일본은 생활폐기물을 원료로 제조하는 고형연료를 폐기물로 분류하고 있으며 이를 사용하는 시설도 폐기물 소각시설에 준하여 대기오염물질 배출기준을 관리할 수 있다. 또한 고형연료 제조시설도 일반적으로 건조기를 이용하므로, 건조시설의 대기오염배출 기준을 적용하여 관리한다. 다음 <표 3-30>은 일본의 소각시설 대기오염물질 배출기준에 대하여 나타내고 있다. (JEGS, 2012년 12월)

<표 3-30> 일본의 폐기물 소각로의 대기오염물질 관리기준

대기오염물질	기준				
소각로의 종류	기준의 소각로		신설된 대규모 소각로		산업 또는 상업폐기물 소각로
처리 용량	35~250tpd	250tpd 이상	35~250tpd	250tpd 이상	전부
분진	70mg/dscm	27mg/dscm	24mg/dscm		70mg/dscm
탁도	10%		10%		10%
질소 산화물	-	250ppmv*	500ppmv	150ppmv	388ppmv
황 산화물	77ppmv	29ppmv	80%삭감 또는 30ppmv		20ppmv
다이옥신류	120ng/dscm	30/60ng/dscm	13ng/dscm		0.41mg/dscm
카드뮴	0.10mg/dscm	0.040mg/dscm	0.020mg/dscm		0.004mg/dscm
납	1.6mg/dscm	0.04mg/dscm	0.20mg/dscm		0.04mg/dscm
수은	80%삭감/0.080mg/dscm		80%삭감/0.090mg/dscm		0.47mg/dscm
염화 수소	50%삭감/250ppmv	95%삭감/29ppmv	80%삭감/30ppmv	95%삭감/25ppmv	62ppmv

\*폐기물 고형연료 소각시설

\*산소 농도는 7%기준(무수상태, 표준조건)

위와 별도로 다이옥신의 경우 독성등가치로 별도의 기준을 마련하고 있으며 이는 다음 <표 3-31>과 같다.

<표 3-31> 일본의 폐기물 및 유해폐기물 소각로의 다이옥신 기준

소각용량 (metric tone/hr)	신설소각로	기존의 소각로*
4 이상	0.1 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	1 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
2 이상 ~ 4 미만	1 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	5 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
2 미만	5 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	10 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>

\* 기존 소각로는 1997년 12월 1일 이전 설치된 시설

### 3.4 소결

현재 유럽 및 미국 등의 선진국에서는 폐기물 고형연료를 제조하는 시설에 대한 별도의 기준을 정하여 관리하는 것은 없는 것으로 파악되었다. 그러나 독일의 경우 MBT시설 중 생물학적 처리과정에서 발생하는 가스는 폐기물 소각로의 기준과 동일하게 850℃에서 2초간 연소를 의무화 하고 있으며, 일본의 경우 폐기물 고형연료 시설 중의 건조시설에서 발생하는 일산화탄소 농도를 300ppmv이하로 규제하는 등 일부 시설에 따라 대기오염 배출 기준을 적용하는 경우가 있다.

즉, 선진 대부분의 국가는 사용시설을 중심으로 관리하고 있다. 유럽 및 미국은 폐기물과 고형연료(화석연료 및 바이오매스 연료)를 혼합하여 이용하는 경우와 시멘트 킬른에 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 이용하는 경우를 나누어 대기오염물질 기준을 제정하고 있었다. 물론 유럽의 경우 국가에 따라 유럽 소각로 법령(WID)보다 강화된 법령을 국가에 따라 별도로 정하여 운영하고 있으나 이에 대한 조사는 본 연구용역에서는 실시하지 않았다.

대부분의 폐기물 소각로와 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 혼소하는 시설과의 차이는 HAPs(Hazardous Air Pollutants)의 측정 및 이에 대한 규제의 차이라고 사료되었다. 또한 일반 보일러와 폐기물 또는 폐기물 고형연료를 소각하는 시설의 차이는 중금속 및 폐기물 중에 포함된 유해물질을 관리기준에 포함시키는지의 여부가 중요하다고 생각되었다.



## **IV**

# **폐기물 고형연료 관리방안 검토**

1. 국내 고형연료 사업
2. 국내 RPF 제조 시설의 현황
3. 폐기물 고형연료 제도 검토
4. 폐기물 고형연료의 적정관리 방안



## 제 4 장 폐기물 고형연료 관리방안 검토

앞에서 선진국의 폐기물 고형연료 제도 및 법령 등을 검토하였다. 특히 제2장에 서는 개정된(2013년 4월 1일 기준) 국내의 폐기물 고형연료와 관련된 법령(시행규칙)을 검토하고, 이를 정리하였다. 국내의 폐기물 고형연료 제도를 선진국과 비교할 때 가장 큰 차이점은 “폐기물 고형연료의 법적인 분류” 라고 할 수 있다. 즉 선진국에서는 폐기물 고형연료를 “재활용 제품” 으로 분류하지 않고 있다. 이는, 고형연료 중 포함된 중금속이 소각에 의하여 대기 중으로 배출되어 환경오염을 발생시킬 수 있고, 이에 따른 인체의 유해성을 고려한 결과라고 할 수 있다. 또한 폐기물 고형연료의 생산에 사용되는 원료물질은 폐기물의 특성상 일정하지 않다. 이에 따라 실제적으로 품질관리가 어렵다는 단점이 있다. 이와 같은 이유로 인하여 품질기준을 규정하는 경우 화석연료와 같이 구성성분 전체를 규정할 수 없으며 환경성 및 연료 특성과 시설 장애물질이라는 범위에 한정된다. 현재의 국내 폐기물 고형연료의 품질기준은 위의 세 가지 측면을 충분히 고려하고 있으나, 원료물질이 폐기물이라는 한계가 있다. 결과적으로 폐기물 고형연료를 폐기물 관리 범주에서 배제하고 재활용 제품으로 인정하는 것은 폐기물 고형연료의 관리적 측면 및 이를 이용하는 시설에 대한 규제의 범위를 설정에 어려움이 있다. 현재 국내의 폐기물 고형연료 전용보일러의 대기오염물질 배출기준은 폐기물 소각로와 거의 같다. 이는 폐기물 고형연료 중에 포함된 염분 및 중금속에 대한 기준이 일반 화석연료로 인정하기에는 충분하지 않다는 것을 나타낸다고 볼 수 있다.

국내의 폐기물 고형연료의 품질기준은 2013년 4월부터 개정, 시행되고 있다. 개정 이전과 비교하여 크게 달라진 점은 이용하는 원료물질의 범위를 확대한 것과 폐플라스틱/폐비닐을 주로 이용하여 생산되었던 성형 RPF(Refuse Plastic Fuel)에서 비성형 RDF도 고형연료로 인정함과 동시에 4종류로 분류하던 폐기물 고형연료를 바이오매스 와 바이오매스가 아닌 고형연료로 단순화 하였다는 것이다. 이에 따라 기존에 폐플라스틱/폐비닐(60% 이상)에 폐종이류 등을 혼합한 후 이를 성형하여 생산되었던 RPF의 취지 상당부분 퇴색되었다. 성형 RPF는 생산비용은 비싸지만 석탄과 유사한 발열량을 가진 대체연료적 성향이 강하다는 장점이 있다. 개정된 법령에 따라 성형이 필요 없게 되었으며 발열량 또한 3,500 kcal/kg으로 대폭 하향되었다. 또한 이를 생산하는 시설에 대한 관리기준 역시 완전히 제정되지 않은 현실을 고려할 때 향후 새로이 규정된 특히 비성형 고형연료에 대한 품질관리에 문제가 발생할 수 있는 가능성이 있다.

현재 폐기물 고형연료를 사용하는 시설에 대한 기준을 법제화 하는 과정이다. 선진국의 경우는 폐기물 고형연료를 사용하는 소각시설의 대기오염물질 배출기준을 폐기물 소각로를 기준으로 하여 별도로 규정하고 있다. 그러나 국내의 경우 시멘트 소성로 등 폐기물 고형연료를 30% 이상 사용하는 시설에 한하여 폐기물 소각시설과 동일한 배출허용기준을 적용하고 있고 고형연료를 30% 이하 사용하는 시설에 대하여는 각각의 개별시설 배출허용기준을 따르도록 규정(근거 : 대기환경보전법)하고 있는 등 폐기물 고형연료 사용시설에 대한 별도의 관리 법령이 없다. 이에 따라 전체 사용연료의 일부를 폐기물 고형연료로 대체 이용하는 소형 소각시설은 문제가 될 수 있다.

본 장에서는 폐기물 고형연료의 법적 위치와 품질기준 및 제조시설에 대한 국내의 현황을 검토하고 이에 대한 적절한 추가적 관리방안을 검토하고자 한다. 또한 폐기물 고형연료 사용시설에 관련된 현재의 법령을 검토하고 이에 대한 향후 제도적 보완 방안도 검토하고자 한다.

#### 4.1 국내 고형연료 사업

2013. 1월 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙 개정이전의 폐기물 고형연료는 생산에 이용되는 폐기물의 종류에 따라 명칭을 부여하여 관리하고 있었다. 생활폐기물을 원료물질로 이용하여 제조한 RDF(Refuse Derived Fuel), 폐플라스틱·폐비닐 등 폐합성수지류 60% 이상과 폐종이류 등 가연성 폐기물을 혼합·성형하여 생산한 RPF(Refuse Plastic Fuel), 폐타이어를 원료물질로 이용하고 있는 TDF(Tire Derived Fuel)와 폐목재류를 원료로 한 WCF가 있었다.

다음 <표 4-1>에서는 폐기물 고형연료의 종류에 따른 사업장 수 및 각 사업장별 생산량을 전체 폐기물 고형연료의 생산량에 대한 비율로 나타내었다.

<표 4-1> 폐기물 고형연료 제조업체 현황 (2011년 4월 기준)

	성형 RDF	RPF	TDF	WCF	합 계
사업장 수*	3개소	72개소	2개소	34개소	111개소
생산량(%)**	2.9%	55.9%	22.7%	18.5%	100%

\* 2011년 4월 기준

\*\*2009년 기준 (SRF 제도시행 적합성 연구, 2012.05, 민달기)

위의 표에서 국내에서 생산되는 대부분의 폐기물 고형연료는 RPF로서 전체의 약 절반이 이에 해당된다. 이들 대부분이 높은 가격에 판매되고 있다. 그러나 일부 RPF는 품질기준을 만족시키지 못하는 경우가 있었으나 화석연료에 비하여 저렴하다는 경제적 이유로 별도의 관리 없이 사용되는 경우가 있었다. 특히 제조 및 판매하는 RPF에 대한 한국환경공단의 품질검사 결과 염분 및 일부 중금속이 품질기준을 초과된 사례가 있다는 것이 보고된 바 있다. (한국 환경공단, RPF 품질검사 자료, 2011년) 다음으로 많이 생산되는 TDF의 경우는 대부분이 대형 화력발전소에서 이용되고 있었다. TDF는 일부 폐타이어에 포함된 철심을 제거 후 별도의 추가적인 처리 없이 연료로 이용된다. TDF는 타이어 제조공법의 변경에 따라 제조하는 원료의 수급 및 조합방법에 따라 회분이 초과되는 사례도 있었다. 따라서 폐기물 고형연료는 원료의 수급이나 제조방법 등에 따라 품질이 다양하게 변화할 수 있다는 단점이 있으므로 폐기물 고형연료를 생산하는 사업자는 물론 정부에서도 주기적이고 체계적인 관리를 할 필요가 있다.

다음 <표 4-2>는 2010년도에 생산된 고형연료의 량을 지역별로 나타내고 있다.

<표 4-2> 2011년 지역별 고형연료제품(RDF/RPF/TDF) 생산량(단위:toe)

- 전국 : 220,171 toe (무계기준)

서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기
-	1,374	1,218	11,584	-	1,740	4,476	78,732
강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
5,082	59,075	2,274	3,348	13,714	6,378	31,176	-

\* 2011년 신재생에너지 보급통계(에너지관리공단 신재생에너지센터, 2012.12)

위의 표로부터 폐기물 고형연료 생산량은 경기도가 제일 많으며, 다음으로 충청도, 경남도 순이었다. 특히 충북은 TDF의 생산이 많다.

폐기물 고형연료의 지역별 보급량(판매량)을 다음 <표 4-3>에 나타내었다. 판매량을 지역별로 보면 생산량과 유사하게 나타났다.

<표 4-3> 2011년 지역별 고품연료제품(RDF/RPF/TDF) 보급용량 (단위:톤)

- 전국 : 332,306(톤/년)

서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기
-	2,290	2,030	17,700	-	2,900	7,460	131,220
강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
8,340	79,400	3,790	5,580	22,856	10,630	38,110	-

\* 2011년 신재생에너지 보급통계(에너지관리공단 신재생에너지센터, 2012.12)

다음 <표 4-4>는 연도에 따른 지역별 폐기물 고품연료의 판매량을 나타내고 있다.

<표 4-4> 2011년 지역별 고품연료제품(RDF/RPF/TDF)사용 및 판매량(단위:톤)

지역	사용량('07년)	사용량('08년)	사용량('09년)	판매량('10년)	판매량('11년)
전국	110,058	148,453	111,022	162,144	332,306
서울	-	-	-	-	-
부산	-	-	-	1400	2290
대구	-	-	-	1900	2030
인천	-	-	-	12392	17700
광주	-	-	-	-	-
대전	-	-	-	3100	2900
울산	-	-	-	7700	7460
경기	-	-	-	69011	131220
강원	94261	113953	84881	7441	8340
충북	15797	34500	26141	23400	79400
충남	-	-	-	300	3790
전북	-	-	-	4600	5580
전남	-	-	-	15800	22856
경북	-	-	-	8400	10630
경남	-	-	-	6700	38110
제주	-	-	-	-	-

\* 2011년 신재생에너지 보급통계(에너지관리공단 신재생에너지센터, 2012.12)

## 4.2 국내 RPF 제조 시설의 현황

위에서 언급된 바와 같이 개정된 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 시행규칙에 따라 가장 큰 변화가 있는 곳은 RPF 사업장이라고 할 수 있다. 따라서 현재(2013년 4월 1일 이후) 개정된 SRF(Solid Refuse Fuel)의 기준에 따라 인허가를 받은 사업장에 대한 현황을 검토하는 것이 필요하다. 다음 <표 4-5>는 현재(2013년 8월 13일) “한국환경공단”에 의하여 인증 받은 SRF의 업체 현황을 나타내고 있다. 여기에는 생활폐기물을 이용하여 고품연료를 생산하는 지자체의 공공시설은 포함되어 있지 않다.

<표 4-5> 국내의 폐기물 고품연료(SRF) 인증 사업장 현황

분류	총 SRF제조시설	성형 SRF 제조시설	비성형 SRF 제조시설
SRF 사업장 수	96 개소	86개소	10 개소
Bio-SRF 사업장수	65 개소	0 개소	65 개소
총 사업장수	161 개소	86개소	75 개소

\* 2013년 4월 1일 이후 (한국환경공단)

위의 표로부터 현재 비성형 SRF(Bio-SRF 제외)를 생산하는 사업장이 약 10개소 있으며 이 사업장 중 2개 사업장은 페타이어를 이용하여 SRF(TDF)를 생산하는 사업장이다. 또한 비성형 SRF를 생산하는 사업장 대부분은 기존에 성형 SRF를 생산하였던 사업장에서 성형공정을 배제한 곳이었다. 과거 WCF에 해당되는 Bio-SRF를 생산하는 사업장 대부분은 비성형 Bio-SRF를 생산하고 있다. 이는 성형을 위한 추가적 건조 및 성형공정에 필요한 에너지와 비용의 문제 때문으로 사료된다. 그러나 일부 Bio-SRF는 현재의 수분기준인 25%를 맞추지 못하는 사업장이 있는 것으로 보고되고 있다. 다음 <표 4-6>은 비성형 SRF(Bio-SRF 제외)를 생산하는 사업장의 현황을 나타내고 있다. 아래 표에서 (주)강림이엔알은 페타이어를 이용하여 비성형 SRF를 생산하는 사업장이며, 나머지 사업장은 개정된 법령에 의하여 과거의 성형 RPF에서 비성형 RPF로 생산방법을 변경한 사업장이다.

<표 4-6> 비성형 SRF 생산 사업장 현황(SRF 제외)

고형연료 종류	형태	사업장명	소재지
SRF	비성형	(주)강림이엔알	충북 청원군 내수읍 학평리 246
SRF	비성형	(주)강림이엔알	경남 함안군 군북면 사도리 190
SRF	비성형	태서리사이클링(주)	경기도 광명시 기아로 182
SRF	비성형	삼호환경기술(주)	경기도 용인시 처인구 남사면 경기동로 256
SRF	비성형	(주)리뉴에코에너지	경북 문경시 마성면 가능로 311-18
SRF	비성형	베올리아이에스앤 케이씨에코사이클(주)	경기 여주군 가남면 일신로 88
SRF	비성형	(주)부산이앤이	부산광역시 강서구 생곡동 428번지
SRF	비성형	(주)상수	충남 아산시 영인면 신정리길 209-43
SRF	비성형	(주)탑이엔티	경기 동두천시 승전로 23-29
SRF	비성형	(주)에스제이환경산업	충북 충주시 주덕읍 주덕농공길 63

다음 <그림 4-1>은 위의 사업장에서 채취된 비성형 SRF의 샘플을 보여주고 있다. 아래의 그림에서 일부 비성형 SRF는 품질기준 중 크기에 대한 항목인 50×50 mm를 만족 시키지 못하는 것으로 나타나고 있다. 이에 대한 중요한 이유는 비성형 SRF의 최종 생산단계인 분쇄기에서 크기에 따른 선별을 일반적으로 이용되는 50×50 mm 체(Sieve)를 이용하기 때문으로 생각된다. 이 경우, 사실상 비성형 SRF의 최소 단면 길이를 50mm로 하는 경우는 적절할 수 있으나 최장 단면 길이를 50mm로 하는 경우는 부적절할 수 있다. 따라서 EU의 품질기준 및 관리에 이용되는 Image Analyzer를 이용하는 지속적인 품질관리가 필요하다고 사료된다. 이에 대한 유럽의 시험방법에 대한 기준은 다음과 같다.

- EN 15415-3 (2012) : Solid recovered fuels - Determination of particle size distribution - Part 3: Method by image analysis for large dimension particles
- EN 15415-2:2012 Solid recovered fuels - Determination of particle size distribution - Part 2: Maximum projected length method (manual) for large dimension particles

<p>태서리사이클링(주)</p>	<p>삼호환경기술(주)</p>
<p>(주)리뉴에코에너지</p>	<p>베올리아이에스앤케이씨에코사이클(주)</p>
<p>(주)부산이앤이</p>	<p>(주)상수</p>
<p>(주)탐이엔티</p>	<p>(주)대원제지</p>

<그림 4-1> 비성형 SRF 사업장에서 생산된 폐기물 고품형연료

위의 조사와 별도로 “한국산업폐자원공제조합”에 의하여 일부 성형 및 비성형 SRF 사업장에 대한 조사를 실시하였으며, 이에 대한 결과를 요약하면 다음 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> 인증 SRF 제조시설 현장조사 결과

<b>조사현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재활용(SRF 제조) 업체 21개사 현장조사</li> <li>- (주)OO환경(경기 용인) / OO자원(주)(인천) / OOO환경(충북 음성) / (주)OOOO개발(충남 천안) 등</li> </ul>
<b>조사결과</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 비성형 SRF 미인증 업체 / 비성형 SRF 품질기준(50×50mm) 초과 제품 제조</li> <li>2) 성형 SRF 품질기준(50×100mm) 초과 제품 제조</li> <li>3) SRF 성형상태 불량 / 반성형 상태의 물질 생산</li> <li>4) 고행연료제품 원료로 반입받은 폐기물 일부 불법 재위탁</li> </ol>

위의 조사결과에서 지적된 위법사항을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

○ SRF 제조업체 고행연료제품 품질기준 위반

- 위반사항 : SRF 품질기준[모양 및 크기 : 50×100mm(성형) / 50×50mm(비성형)] 초과 제품 제조 및 유통
- 법률근거 : 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 제20조의3(폐기물 고행연료제품 사용시설 등)제2항

○ 고행연료제품의 품질·등급기준에 적합하지 아니한 상태에서 인증기관에 개선계획서 미제출

- 위반사항 : 제조한 고행연료제품이 별표 7의 고행연료제품의 품질·등급기준에 적합하지 아니한 경우에는 10일 이내에 개선계획을 수립하여 인증기관에 제출할 것
- 법률적 근거 : 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 제20조의6(고행연료제품의 제조자와 사용자의 준수사항)

○ SRF 품질기준 미준수로 인한 폐기물 불법 재위탁

- 위반사항 : SRF 제품 제조가 미흡함에 따라 일부 폐기물을 정상 그대로 불법 재위탁.
- 법률근거 : 폐기물관리법 제25조제9항 및 동법 시행규칙 제32조[별표8]1.라.
- ※ 폐기물처리업자가 폐기물의 처리를 위탁받은 때에는 제17조제1항에 따른 위탁자별로 수탁처리능력 확인서 등을 보내야 하며, 위탁받고자 하는 폐기물이 자신의 처리시설에서 처리가 어렵거나 처리능력을 초과하는 경우에는 그 폐기물을 받아서는 아니 된다.

위의 현장조사에서 채취된 샘플의 사진은 다음 <그림 4-2>에 나타나 있다.

	<p>&lt; 사진 &gt; 2013. 5. 8</p> <p>(주)0000개발 / 비성형 SRF제조 미인증 업체, 품질기준(50mm x 50mm) 미준수</p>
<p>&lt; (주)0000개발 제조 비성형 SRF &gt;</p>	

	<p>&lt; 사진 &gt; 2013. 5. 8</p> <p>(주)00환경 / 비성형SRF제조 미인증 업체, 품질기준(50mm x 50mm) 미준수</p>
<p>(주)00환경 제조 비성형 SRF</p>	



<그림 4-2> SRF 제조 사업장에서 채취된 시료

결과적으로 2013. 4. 1에 개정된 폐기물 고품연료 시행규칙에 따라 기존의 고품연료(RPF) 제조업체들이 “SRF 품질등급인증업체” 로 전환하여 SRF(성형/비성형)를 제조하고 있다. 현장 조사의 결과 일부 사업장에서 SRF 품질기준을 위반하고 있었으며 품질기준에 적합하지 않은 비성형 SRF 불법 제조하여 유통시키는 경우도 있었다. 또한 폐기물 불법 재위탁 등을 통해 SRF 제품을 불법 유통시키는 사업장도 발견되었다. 결과적으로 현재의 폐기물 고품연료를 재활용 제품으로 분류하는 것보다는 폐기물 범주에서 “중간가공폐기물”로서 관리하는 것이 현실적일 수 있다. 또한 품질관리 및 이에 대한 법적인 제제수단 강화가 필요한 것으로 사료된다.

### 4.3 폐기물 고품연료 제도 검토

국내 폐기물 고품연료는 재활용 제품으로 분류된다, 이와 같이 재활용 제품으로 분류하는 이유 중 하나는 국내의 폐기물과 관련된 법률에서 에너지 회수를 재활용의 방법으로 인정하는 것이 주된 이유이다. 현재 「폐기물 관리법」에 따르면, 폐기물을 이용한 에너지 회수 방법이 재활용으로 규정되어 있다. 이러한 면에서 국내의 재활용 정책에서는 물질이용(Recycle)과 에너지 회수(Recovery)의 개념이 명확히 분리되어 있지 않다. 이러한 이유로 우리나라의 재활용 비율이 기타 선진국에 비교하여 높은 편이다. 그러나 이와 같이 폐기물을 이용한 에너지 회수와 재활용을 동일한 법적인 개념에서 정의하는 선진국은 거의 없다고 할 수 있다. 국내의 경우 정책적 우선순위에서 물질재활용을 에너지 회수에 비하여 상위에 두고 있다. 일본의 경우는 성형화된 석탄과 유사한 연료적 품질을 가진 RPF에 한하여 “회피적인 수단”이라는 수식어를 이용하면서 폐기물 고품연료를 물질재활용과 동일한 법적인 개념으로 서술하고 있다. 유럽의 “폐기물 관리법령 개정(2008)”에 따르면 폐기물 고품연료는 재활용 제품인 일반연료와 같이 분류되어서는 아니 되며 폐기물로 분류되어야 한다고 명시되어 있다. 단지 이를 이용하여 에너지 회수효율 65%(2009년 기준)를 달성하는 경우 에너지 회수(R1 : Recovery 1)로 분류하여 폐기물의 단순처리(D1 : Disposal 1)과 구별하고 있다. 에너지 회수효율이 기준을 준수하지 못한 경우의 일반소각처리는 매립과 같은 처분(Disposal 10)으로 분류된다. 이에 따라 폐기물 고품연료를 사용하는 시설에 대하여 별도의 대기오염물질 배출 기준을 정하고 있다. 이와 같이 우리나라의 폐기물 고품연료 제도는 법적인 분류, 품질기준, 제조시설(품질관리), 사용시설에 대한 전반적인 재검토가 필요하다고 사료된다.

#### 4.3.1 국내 폐기물 고품연료의 분류기준

「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 따르면, 폐기물 고품연료 제품은 재활용 제품으로 분류하고 있으며, 시멘트 소성, 산업시설의 보일러 등에는 보조연료로 연료사용량의 30%까지 별도의 규제 없이(개별시설 배출허용기준 적용) 사용할 수 있도록 되어 있으나, 이는 다음과 같은 제도적 문제점이 있을 수 있다.

- 「폐기물관리법」에는 재활용의 방법 중 “가연성 고품폐기물” (2장 참조)에 대하여 언급하고 있으며, 재활용 방법으로서 시멘트 소성로의 이용을 하나의

방법으로 제시하고 있다. 발열량은 가연성 고품폐기물이 폐기물 고품연료에 비하여 높으며 중금속 기준은 유사하다. 즉 실제적으로 가연성 고품폐기물과 SRF는 유사한 형태의 폐기물이지만 폐기물과 재활용 제품이라는 상이한 분류기준이 적용된다.

- 폐기물 고품연료가 재활용제품으로 분류되는 경우 이에 대한 운반 또는 저장에 대한 적절한 기준을 제시하여 관리하는 것이 어려워진다. 반면, 비성형 폐기물 고품연료는 상대적으로 수분이 높고 발열량이 낮으며, 일부 젖은 폐종이류 등이 포함될 수 있으며 이에 따라 진행되는 생분해에 따라 악취 등이 발생될 수 있어 장기 보관이 어렵다.
- 현재 비성형 고품연료의 원료 물질이 명확하지 않아 품질의 변동이 심하며, 기준을 만족시키지 못하는 폐기물 고품연료(SRF)의 처리가 곤란하다. 즉 SRF 제조사업장은 재활용 사업장이므로, 폐기물을 처리할 수 없다. 따라서 이를 인근의 사업장 폐기물 매립장 또는 소각장에 위탁 처리한다.
- 비성형 고품연료가 법제화됨에 따라, 고품연료(특히 RPF 종류)의 생산단가 낮아지게 된다. 결과적으로 물질재활용이 가능한 폐플라스틱 및 폐비닐이 고품연료의 발열량 조절을 위하여 사용되거나, SRF의 생산에 이용될 수 있다. 이에 따라 폐기물 관리의 원칙인 물질 재활용이 우선되기 어렵다.

위와 같은 이유로 현재의 폐기물 고품연료 전체를 재활용 제품으로 분류하는 것에는 문제가 있으며, 성형된 발열량이 6,000kcal/kg이상이 되는 폐기물 고품연료(과거의 RPF)에 한하여 재활용 제품으로 인정하고, 이에 대한 연료적 이용을 확대하기 위하여 염분농도를 현재의 2%에서 외국의 경우처럼 약 1%정도로 조절하는 것이 바람직하다고 생각된다.

#### 4.3.2 폐기물 고품연료의 제조시설기준

현재 국내 폐기물 고품연료의 제조시설 관리기준은 준비 중에 있다. 폐기물 고품연료 제조시설은 다음과 같은 면을 고려하여 검토되는 것이 바람직하다.

- 폐기물 고품연료 품질기준을 만족시키는 제조시설을 위한 최소조건
- 화재 및 작업자의 안전 및 건강을 지킬 수 있는 시설기준

- 실내 환기 조건
- 건조기 및 파쇄기의 화재방지
- 폐기물 저장조의 관리조건(특히 Flat Bunker의 악취 기준 등)
- 폐기물 고품연료의 저장시설 및 저장기간 기준
  - 폐기물 고품연료는 재활용 제품이므로, 보관기준을 정하기 어려움
  - 저장시설의 화재방지 (성형 및 비성형 분류)
  - 폐기물 고품연료는 사용시설에 반출되기까지 폐기물로 간주하고 이에 따라 폐기물 저장시설 및 저장기간에 대한 기준을 적용하는 것이 바람직
- 실험실 및 분석에 필요한 실험 장비를 각 사업장 별로 설치하여, 생산되는 고품연료의 품질을 정기적으로 분석하고 이에 대한 기록 보존(QA/QC 매뉴얼의 준비)
- 외부에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 시설기준 마련. 특히 악취에 대한 기준을 마련하는 것이 필요.

위와 같은 제조시설의 기준을 제정하여 폐기물 고품연료의 생산자와 사용자의 신뢰가 이루어 질 수 있도록 하는 것은 중요하다. 즉 폐기물 고품연료의 사용자는 안정적으로 품질기준을 만족시키는 폐기물 고품연료를 공급받는 것을 우선한다.

#### 4.3.3 폐기물 고품연료의 사용시설기준

현재 국내 고품연료 사용시설은 법률에 따라 다소 상이하나 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 따르면 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 시멘트 소성로(燒成爐)
- 화력발전시설, 열병합발전시설 및 발전용량이 2메가와트 이상인 발전시설
- 석탄사용량이 시간당 2톤 이상인 지역난방시설, 산업용보일러, 제철소 로(爐)
- 재활용품 중 폐기물을 이용하여 만든 고품연료제품(이하 "고품질연료제품"이라 한다) 사용량이 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설
- 그 밖에 환경부장관이 고품연료제품의 사용에 적합하다고 인정하여 고시하는 시설 (현재까지 고시된 시설은 없음)
- 대기 배출허용기준과 관련 폐기물 고품연료 사용량이 전체연료의 사용량에 30% 이하인 경우는 고품연료 사용시설 배출허용기준이 아닌 개별시설 배출허용기준 (고품질연료 사용시설 배출허용기준보다 완화된 기준 적용) 적용을 받는다.

폐기물 소각로와 폐기물 고형연료 전용보일러의 대기오염물질 배출기준은 유사하다고 할 수 있으나 전체적으로 사용시설 기준이 불명확하다고 할 수 있다. 현재의 폐기물 고형연료의 저장시설 기준은 성형 폐기물 고형연료를 중심으로 되어있다. 따라서 향후 비성형 고형연료와 관계되어 저장시설 및 기간에 대한 별도의 기준이 필요하다고 생각된다. 전체적으로 고형연료제품 사용시설의 경우 폐기물 소각로에 비하여 많은 부분의 제도적 보완이 필요할 것으로 사료된다.

#### 4.4 폐기물 고형연료의 적정관리 방안

##### - 폐기물 고형연료의 법적 분류기준 -

외국의 사례에서도 보듯이 폐기물 고형연료를 재활용 제품으로 분류하는 사례는 없었다(일본의 경우만 성형 RPF에 한하여 부득이 폐기물 고형연료를 물질재활용과 동일한 법적인 개념 관리). 즉 폐기물의 단순 선별 및 성형을 하였다 하여 제품으로 인정하는 것은 폐기물 관리 측면에서 부적합하다 할 수 있다.

따라서, 빠른 시일 내에 다음 사항을 고려한 재검토가 필요하다 할 것이다.

- 재활용과 에너지회수를 별도의 개념으로 분리(「폐기물관리법 개정」)
- 혼합 폐플라스틱, 폐비닐 중 물질재활용이 어려운 부분에 한하여 종전과 같이 폐합성수지 60% 이상 사용하고 나머지 부분은 현재 고형연료제품 제조 원료로 규정된 폐기물을 혼합하여 제조한 것(종래의 RPF)에 한하여 RPF로 규정하고, 재활용 제품으로 인정(일본 규정 인용. 단, 제조 원료물질을 명시토록 하고 품질검사 횟수를 현재의 연 4회에서 현 6회 이상으로 상향)
- 폐기물 고형연료 중 비성형 고형연료를 중간가공폐기물로 분류하고 관리
- 폐기물 소각시설과 유사한 고형연료화 시설에 대한 관리기준 마련
- 폐기물 고형연료 사용시설에 따른 품질기준 제정. 특히 소형 폐기물 고형연료 이용 시설의 경우, TMS(Tele-monitoring System) 등의 설치가 현실적으로 어려운 경우가 있으므로 사용가능 폐기물 고형연료의 품질기준 강화

##### - 폐기물의 품질기준 -

현재의 폐기물 고형연료 전체를 재활용 제품으로 분류하는 것은 문제가 있으며, SRF 중에는 종전의 RPF(성형, 발열량 6,000kcal/kg이상 등)와 성형 바이오-SRF에 한하여 재활용 제품으로 인정할 필요가 있으며, 바이오-SRF는 선진국의 경우도

여러 방법으로 이미 연료로 사용하고 있는 점을 감안 별도의 관리기준을 마련하여 관리할 필요가 있으며, 연료로의 이용 확대에 따른 사용시설과 대기 관리의 안정적 측면을 고려하여 염분농도를 현재의 2%에서 외국의 경우처럼 약 1%로 강화하여 관리 하는 것도 고려할 필요가 있다 판단된다.

또한, 중금속 항목 및 기준도 선진국 수준으로 강화하는 등 폐기물을 원료로 사용하여 제조한 고품연료를 대체 또는 보조연료로의 사용에 따라 발생할 수 있는 환경오염 및 건강피해에 대한 사전 예방을 철저히 할 필요가 있다. 현재 국내의 폐기물 중 중금속 함유량 기준은 유럽과 유사한 수준이나, 상대적으로 기준 중금속 종류가 부족한 면이 있다. 아울러 EU에서 SRF 품질기준 및 관리에 이용되는 Image Analyzer 보유를 의무화 하여 자체적으로도 지속적인 품질관리를 할 수 있도록 하여야 할 필요가 있으며, 한국환경공단도 현재 개정 강화된 관리감독을 할 수 있도록 정기검사 외에 수시점검에 대한 의무를 부여할 필요가 있다.

일본의 폐기물고형연료 저장시설에서의 폭발은 생산된 고품연료의 수분, 분화도(粉化度), 사일로에서의 저장기간 및 온도에 의한 것이 중요한 원인으로 판단되고 있다. 국내의 폐기물 고품연료의 경우 분화도에 대한 시험방법 및 기준이 없다, 이는 성형된 고품연료 중 일부가 분진으로 분화되어 화재 및 폭발을 일으키는 가능성을 관리한다는 면에서 중요하다. 일본에서는 폐기물고형연료 의 분화도에 관한 지표로서 진동이나 충격에 의한 쓰레기 고품 연료가 분쇄되는 정도를 측정하고 있다. (JIS Z7302-10) 일본의 전국 고품 연료화 시설 (19 시설) 의 폐기물고형연료의 분화도 측정 결과, 평균값은 2.6 % 정도이지만 , 장기간 보관 하지 않고 신속하게 이용하는 경우 등의 이유로 20 %를 초과하는 고품연료를 제조하는 시설도 있었다.

#### - 폐기물 고품연료 제조시설 및 사용시설 -

- 폐기물 고품연료 보관시설을 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 보관시설과 동일하거나 이를 준용토록 규정
- 폐기물 고품연료의 보관기간 및 보관량을 규정(「폐기물관리법」 준용)
- 폐기물고형연료제조자도 고품연료 생산과정에서 발생된 폐기물에 대한 위탁처리 결과를 “올바로 시스템”에 입력 의무화
- 실제적으로 고품연료 전용보일러를 폐기물 소각로와 유사한 대기오염물질 배출 기준을 적용하는 것으로 판단할 때, 비성형 고품연료까지를 재활용제품으로 확대 적용하는 것은 고품연료 이용시설(전용보일러 제외)에 따른 환경오염의 우려가 있음. (특히 30%예외 규정)

○ 고품연료 사용시설별 별도의 대기오염물질 배출기준을 정하는 것이 필요하다고 사료됨(유럽의 예)

추가적으로 신재생에너지 의무사용 규정 등에 따라 열량이 있는 모든 폐기물을 고품연료로 제조하여 폐기물관리법에 정하는 각종 규제를 상대적으로 완화하여 적용받는 것이 최근의 추세이다. 그러나 이러한 정책적 지원 및 방향성에는 시민의 건강 및 환경의 보호라는 기본적인 명제를 분명히 하는 것이 필요하다. 따라서 폐기물의 에너지적 이용이라는 긍정적인 면을 지지할 수 있는 상대적으로 엄격한 품질관리(QA/QA) 및 품질기준이 필요하다. 또한 폐기물 고품연료가 폐기물이라는 범위를 벗어나는 경우, 발생할 수 있는 관리의 문제도 고려할 부분이다. 가장 중요한 것은 사용시설에 대한 문제이다. 사용시설에서 발생·배출되는 대기오염물질은 인체 및 환경에 직접적인 유해를 미친다.

따라서, 폐기물의 연료적 이용은 바람직하나, 현재 개정된 폐기물고품연료와 관련된 시행규칙은 추가적으로 제도적인 보완점들(제조시설기준, 종류별 사용시설기준, 종류별·용량별 저장시설 기준 등)이 남아 있다. 즉 현행 시행규칙에서의 모든 폐기물 고품연료를 재활용제품으로 분류하는 것보다는, 기존에 확대 이용되고 있는 성형 고품연료에 한정하여 재활용 제품으로 관리하고, 비성형 폐기물고품연료는 중간가공폐기물로 관리하는 것이 합리적이라고 사료된다. 또한 이와 같은 비성형 폐기물고품연료를 추가적으로 성형·가공하는 경우 재활용제품을 생산하는 것(재활용 시설)으로 간주할 수 있도록 한다.

장기적으로는 선진국과 같이 재활용제품과 폐기물을 이용하여 열을 회수하는 에너지로서의 이용은 구분되어야 할 것이며, 고품연료를 재활용 제품으로 관리하는 정책은 부분적인 수정이 필요하다 할 수 있다.