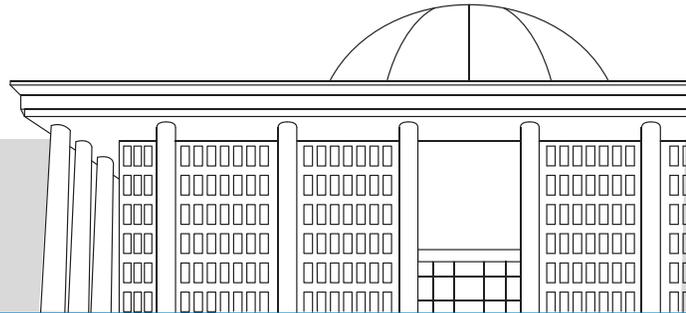


폐자원에너지화사업 평가

2010. 9



발간등록번호: 31-9700330-000816-01

폐자원에너지화사업 평가

2010. 9.

이 보고서는 국회예산정책처법 제3조의 규정에 의거 작성되었으며,
국회예산정책처 홈페이지(www.nabo.go.kr)를 통해 보실 수 있습니다.

발 간 사

폐자원에너지화사업은 ‘저탄소 녹색성장’이 새로운 국가 비전으로 제시된 2008년 이후 신재생에너지의 보급을 확대하는 정책의 일환으로 추진되고 있습니다. 2013년까지 34개 시설확충사업에 대하여 국고에서 총 4,441억원이 투입될 예정이며, 특히 가연성폐기물에너지화사업에는 2010년에 527억원을 투입하는 등 총 3,238억원의 예산을 책정하고 있습니다.

그런데 정부가 대규모 폐기물에너지화시설을 운영한 경험이 거의 없는 상황에서 충분한 사전검토 없이 사업을 시행함으로써 예산을 낭비하고 본래의 취지를 달성하지 못할 가능성이 있는 실정입니다. 이에 본 평가에서는 폐자원에너지화사업 중에서 가장 많은 재정이 투입되고 있는 가연성폐기물에너지화사업을 대상으로 계획 및 집행절차의 적절성과 환경적·경제적 타당성을 평가하였습니다.

평가 결과, 정부는 실행계획 수립 시 폐기물처리비용 절감효과 등 사업의 기대효과를 과대 추정하였으며, 타당성 및 민자사업 적격성조사 절차를 엄밀하게 수행하지 못한 것으로 나타났습니다. 또한 시범사업 과정에서 여러가지 문제점이 발견되었음에도 불구하고 면밀한 논의 및 대책 마련 과정 없이 본 사업을 추진하고 있는 것으로 나타났습니다. 따라서 향후 정부는 폐기물 발생억제, 재활용 및 매립·소각 등 정책 대안과의 엄밀한 비교를 통해 타당성을 검토한 후 폐자원에너지화사업을 추진하여야 하고, 사업 추진 과정에서 나타나는 문제점과 지역적 특성을 충분히 고려하여 단계적으로 사업을 확장해야 할 것입니다.

아무쪼록 본 평가보고서가 폐자원에너지화사업에 관심을 가지고 계신 국회 의원님들의 의정활동에 기여할 뿐만 아니라 국민의 부담으로 운영되고 있는 국가 재정이 보다 바람직한 방향으로 집행될 수 있도록 하는 데에도 일조하기를 기대합니다.

2010년 9월

국회예산정책처장 신 해 통

요 약

I. 평가 개요

- 폐자원에너지화사업은 ‘저탄소 녹색성장’이 새로운 국가 비전으로 제시된 2008년 이후 신재생에너지의 보급을 확대하는 정책의 일환으로 추진되고 있음
 - 2013년까지의 국가 신재생에너지 보급 목표율 3.78% 달성을 위해 폐자원 및 바이오매스로 목표율의 83.9%에 해당하는 3.17%를 실현할 계획임
 - 2013년까지 국고에서 4,441억원을 투입하여 총 34개의 폐자원에너지화 시설을 건립하는 사업이 추진되고 있음
 - 정부가 대규모 폐자원에너지화시설을 운영한 경험이 거의 없는 상황에서 충분한 사전검토 없이 사업을 시행함으로써 예산을 낭비할 가능성이 있음

- 본 평가보고서는 폐자원에너지화사업 중 가연성폐기물 고형연료(RDF)화사업을 대상으로 계획 및 집행절차의 적절성과 환경적·경제적 타당성 측면에서 평가함
 - RDF(Refuse Derived Fuel)는 폐기물로부터 가연성분(종이, 목재, 비닐·플라스틱류)을 선별·분리하여 에너지를 회수할 수 있도록 제조한 연료를 말함

- 2013년까지 평가 대상 17개 사업에 투입될 재정은 총 3,238억원이며, 폐자원에너지화사업에 대한 연도별 투자 현황은 다음 [표 1]과 같음
 - 평가 대상인 전처리 RDF제조시설과 RDF전용보일러 사업에 각각 2,129

억원, 1,109억원의 재정이 투입될 예정인데, 이것은 폐자원에너지화사업에 대한 총 재정 투입액의 72.9%에 해당함

- 2010년에 폐자원에너지화사업에 배정된 예산은 총 732억원으로 이중에서 72.0%인 527억원이 평가 대상 17개 사업에 투입되고 있음

[표 1] 폐자원에너지화사업 연도별 현황

(단위: 백만원)

시설명	시설수 (개)	총 사업비	국 고			
			계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
전처리 RDF제조 시설	15	494,164	212,897	31,667	38,140	143,090
RDF 전용보일러	2	138,900	110,900	6,480	14,554	89,866
소각열 회수시설	1	7,500	2,250	1,150	1,100	-
유기성폐기물 바이오가스화	14	296,600	105,780	7,515	15,888	82,377
수도권환경에너지 종합타운	2	41,000	12,300	1,755	3,502	7,043
합 계	34	978,164	444,127	48,567	73,184	322,376

자료: 환경부 내부자료.

II. 폐자원에너지화사업 평가 결과

1. 계획 수립 시 사업의 기대효과 과대 추정

- 정부가 사업의 타당성을 강조하기 위하여 기대효과를 과대 추정하였고, 폐기물 감량화 및 재활용, 소각매립 등 정책대안에 대한 엄밀한 비교·검토는 미흡함
- 「폐자원 및 바이오매스 에너지대책 실행계획」을 분석한 결과, 폐기물 고형 연료(RDF)사업의 경제적 기대효과가 과대 추정된 것으로 나타남

- 폐기물처리비용 절감효과를 수정된 소각시설과 RDF시설의 처리비용을 적용하여 재산정한 결과, 실행계획상의 1조 420억원에서 77% 이상 감소한 2,359억원으로 추산됨
- 온실가스 감축효과를 RDF에 포함된 비닐·플라스틱류의 비중(50%)과 RDF제조 과정의 에너지 소비량을 제외하고 재산정한 결과, 실행계획상의 3,298억원에서 65% 이상 감소한 1,149억원으로 추산됨
- 화석연료 대체효과를 RDF가 원유가 아닌 석탄을 대체한다고 가정하여 재산정한 결과, 실행계획상의 2조 4,581억원에서 약 70% 감소한 7,407억원으로 추산됨

[표 2] RDF사업의 기대효과(2010~2020년) 비교

(단위: 억원)

구 분	실행계획 ^{주)}	수정	변동
폐기물처리비용 절감효과	10,420	2,359	△8,061
온실가스 감축효과	3,298	1,149	△2,149
화석연료 대체효과	24,581	7,407	△17,174
총계	38,299	10,915	△27,384

주: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009.7, 11쪽

- 일자리 창출효과도 2009년 실행계획에서 제시하고 있는 것보다 20% 정도 감소하는 것으로 나타남
 - 특히 운영단계의 일자리 창출효과는 7,920개에서 2,366개로 크게 감소함
 - 토목·건축사업을 통해 일용직 근로자 등 단기적인 일자리 창출효과는 기대할 수 있지만 장기적인 일자리 창출효과는 크지 않음을 보여줌

2. 타당성 및 민자사업 적격성조사 절차 미흡

- RDF사업의 추진 과정에서 수행된 타당성조사 및 민자사업 적격성조사 결과를 분석한 결과, 사업의 환경성 및 경제성에 대한 분석이 미흡한 것으로 나타남
- 일례로 「부산시 RDF시설 민자사업 적격성조사 보고서」에서는 경제적 타당성 분석과정에서 오류가 발견됨
 - 실질적인 매립감소량은 2,719천m³임에도 불구하고 24,494천m³ 규모의 생곡매립장 전체의 조성비용 2,368억 5,400만원을 대체매립장건설편익으로 산정함
 - 잔재물과 소각재의 매립비용 약 310억 5,500만원을 생곡매립장 반입 수수료가 지자체 조례에 의해 면제된다는 이유로 비용에서 제외함
 - 이러한 오류를 수정할 경우 편익/비용 비율이 1.047에서 0.806으로 하락하여 동 보고서의 결론과는 달리 경제적 타당성이 없는 것으로 보임
- 환경적 타당성조사에 있어서도 미흡한 점이 나타남
 - 정부는 타당성조사에서 RDF제조공정의 에너지 투입량과 오염물질 배출량으로 인한 환경영향을 고려하는 데 그치고 있음
 - 그러나 이 밖에도 RDF운송 및 연소, 소각재처리과정의 투입에너지와 이로 인해 유발되는 환경영향 등에 대해서도 고려해야 함

3. 시범사업에서 나타난 문제점 반영 없이 사업 확장

- 시범사업에서 여러 가지 문제점이 발견되었음에도 불구하고 면밀한 논의 및 대책 마련 과정 없이 본 사업을 추진하고 있는 것으로 나타남
- 수도권매립지관리공사에서 시범사업으로 추진하고 있는 200톤/일 규모의

RDF제조시설은 2009년 11월부터 본격 가동할 예정이었으나 설계 기준보다 함수율이 높은 폐기물이 반입되면서 분리·선별이 제대로 되지 않고, 건조기에 과부하가 걸리고 성형이 이루어지지 않는 등의 여러 가지 기술적 문제가 발생함

- RDF생산율이 설계치(50%)에 훨씬 미달하는 30%에 머물고 있는 등 여전히 운영에 차질이 발생하고 있음

□ 시범사업을 통해 계획 및 설계단계에서 예측하지 못한 이러한 문제점들이 발견되었음에도 불구하고 우리나라의 폐기물 특성과 지역적 여건에 적합한 기술에 대하여 면밀하게 검토하고 대책을 강구하는 노력이 미흡함

- 기술 및 공정에 대한 재검토 없이 수도권매립지관리공사의 본 사업(1,200톤/일 규모), 부산(900톤/일), 포항(300톤/일)을 비롯하여 총 15개 폐기물전처리 RDF제조시설사업이 2014년부터 가동하는 것을 목표로 동시에 추진되고 있음

III. 정책적 시사점 및 결론

□ RDF사업에 대한 평가 결과 다음과 같은 시사점이 도출됨

- 물리적 재활용에 주안점을 둔 사업 추진 필요
 - 에너지회수에 초점을 맞추어 고발열량의 고품연료를 생산하려 하면 건조 및 성형공정이 필요하게 되는데, 이에 따른 에너지 투입 증가로 온실가스 배출이 증가하고 처리비용이 상승하여 환경성 및 경제성이 악화됨
 - 반면 폐기물의 분리, 선별에 의한 물리적 재활용은 재생플라스틱, 재생용지 등 재생재(secondary materials)의 생산을 통해 자원 절약 효과가 매우 큼

- 지역적 특성에 따른 폐기물 처리방안 차별화 필요
 - 농촌 및 중소도시 등 하루 처리량이 100톤 미만인 경우는 RDF시설이 소각시설에 비하여 경제성이 있으나, 대도시 및 공단 등 폐기물 발생량이 많고 소각여열 회수이용도 용이한 지역에서는 소각시설이 RDF시설보다 경제성이 있는 것으로 나타남
 - 또한 일반적으로 비성형·비건조RDF시설이 성형RDF시설보다 환경성 및 경제성이 우월하지만, RDF수요처와의 거리와 수요처의 요구 등 지역 여건에 따라 적합한 형식이 달라짐
 - 시범사업의 문제점 검토 후 단계적인 사업 확장 필요
 - 경제성 분석을 통해 시설 운영단계에서의 가동률 및 RDF생산을 저하는 RDF시설의 경제성을 크게 하락시키는 것으로 나타남
 - 따라서 시범사업을 통해 나타난 시설 운영상의 문제점을 충분히 검토하여 단계적으로 사업을 확장해 나가는 것이 요구됨
- 폐자원에너지화사업에 대하여 다음과 같은 정책 방향을 제시함
- 폐자원에너지화사업을 추진함에 있어서 신재생에너지 공급 확대라는 목표 때문에 폐기물 고품연료(RDF) 생산 등 가시적인 성과를 거둘 수 있는 사업에 재정 투입을 집중하는 것은 재검토되어야 함
 - 지속가능한 자원순환형 사회를 위해 폐기물 발생억제와 재활용을 위한 연구개발 등에 대한 장기적인 투자를 확대할 필요가 있고, 정책의 수용가능성과 경제적 타당성을 모두 고려하여 지역 여건에 부합하는 폐기물 처리방안을 모색해야 함
- 본 평가보고서가 폐자원에너지화사업이 정부의 기대와는 전혀 다른 결과를 가져올 수 있다는 문제의식을 제기함으로써 사업의 타당성 및 추진방향에 관한 전문가들 간의 토론과 사회적 논의를 활성화하는 계기가 될 것을 기대함

[표 3] 사업평가기준에 의한 평가 결과

평가단계	평가항목	평가기준 및 평가 결과
사업계획	사업계획의 타당성	<ul style="list-style-type: none"> ◦사업 또는 정책대안에 대한 검토가 충실히 이루어졌는가? →폐기물처리비용 절감효과, 온실가스 감축효과, 원유대체 효과, 일자리 창출효과 등 사업의 기대효과에 대하여 과대 추정함으로써 여러 정책대안들과의 비교·검토에 많은 오류가 있음
사업집행	사업 집행의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> ◦사업의 자료가 충실히 수집·추적·공개되고 있는가? →폐기물 전처리시설의 시범사업인 수도권매립지 RDF시설과 2010년 4월부터 시운전 예정인 부천시 RDF시설의 설치 및 운영 관련 자료를 요청하였으나 전혀 협조가 이루어지지 않음. 다만 원주시 RDF시설 자료는 비교적 충실히 추적·공개되고 있음
		<ul style="list-style-type: none"> ◦집행과정에서의 행정여건 및 상황 변화에 대응하고 있는가? →폐기물의 함수율 등 폐기물의 성상에 대한 통계 자료의 신뢰성이 매우 낮은 것으로 나타났는데, 이에 적합한 처리 기술을 충분히 검토하지 않고 부정확한 통계 자료를 기초로 시설을 설계함으로써 시범사업의 운영과정에서 문제가 발생하였고, 심각한 문제점이 발견되었음에도 불구하고 이를 검토하여 대책을 강구하는 노력이 매우 미흡함
사업성과	성과목표 달성도	<ul style="list-style-type: none"> ◦투입재원 대비 사업성과가 효율적인가? →폐기물 처리시설별로 톤당 처리비용을 비교한 결과, 성형 RDF시설의 경우 100톤/일 미만의 시설을 제외하고는 현실적으로 소각시설에 비하여 경제성이 떨어지고, 비성형·비건조RDF시설의 경우도 강남소각장과 같이 대도시에 위치하고 가동률과 여열 회수율이 양호한 소각시설과 비교하면 경제성이 우월하다고 하기 어려움. 모든 RDF시설은 매립시설에 비하여 경제성이 떨어짐
		<ul style="list-style-type: none"> ◦계획된 성과를 달성하였는가? →전과정평가(LCA) 결과, RDF시설의 에너지 회수 효과가 소각시설보다 높지 않아서 기대한 만큼의 효과를 달성하기 어려운 것으로 나타났고, RDF는 온실가스를 감축하는 효과가 없을 뿐 아니라 매립, 소각시설에 비하여도 지구온난화에 더욱 악영향을 미치는 처리방법이라는 것이 드러남

차 례

요 약 / v

I. 서론 / 1

- 1. 평가의 배경 및 필요성 1
- 2. 평가 범위·방법 및 주요 내용 3

II. 폐자원에너지화사업 현황 / 5

- 1. 폐자원에너지화대책 추진경과 및 실행계획 개요 5
- 2. 폐자원에너지화사업의 재정 및 추진 현황 7

III. 폐자원에너지화사업 계획 평가 / 13

- 1. 경제적 효과 추정의 타당성 평가 13
- 2. 일자리 창출효과 추정의 타당성 평가 21

IV. 폐자원에너지화사업 집행 평가 / 25

- 1. 여건 변화에 대한 대응 절차 평가 25
- 2. 타당성 및 민자사업 적격성조사 단계 평가 29

V. 폐자원에너지화사업 성과 평가 / 35

- 1. 환경성 평가 36
- 2. 경제성 평가 59

VI. 정책적 시사점 및 결론 / 85	
1. 정책적 시사점	85
2. 결론	88
부록 1. 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)방법론 개요 / 91	
부록 2. 경제성 평가 범위 및 방법 / 97	
부록 3. 폐기물자원화사업 국고보조사업 예산현황 / 102	
참고 문헌 / 105	

표 차례

[표 1] 「폐자원 및 바이오매스 에너지 대책 실행계획」의 체계	6
[표 2] 폐자원에너지화시설 확충계획	7
[표 3] 폐자원에너지화사업 연도별 재정 투입 현황	8
[표 4] 가연성폐기물 전처리시설 설치 사업 추진현황	9
[표 5] 전용보일러 설치 사업 추진현황	10
[표 6] 소각여열 회수시설 설치 사업 추진현황	10
[표 7] 유기성폐기물 바이오가스화 사업 추진현황	11
[표 8] 수도권환경에너지 종합타운 사업 추진현황	12
[표 9] RDF제조이용시설 처리비용 수정	15
[표 10] 가연성폐기물에너지화사업의 폐기물처리비용절감효과 비교	16
[표 11] 소각시설 반입폐기물의 삼성분 및 물리적 조성	17
[표 12] 가연성폐기물에너지화사업의 온실가스 감축효과 비교	18
[표 13] 가연성폐기물에너지화사업의 원유(석탄)대체효과 비교	21
[표 14] 가연성폐기물에너지화사업의 일자리창출효과 비교	24
[표 15] 수도권매립지RDF시설 반입폐기물 함수율 예측과 실제	25
[표 16] 전처리 및 RDF전용보일러시설 타당성 및 적격성조사 실시 현황	30
[표 17] 생활폐기물 처리방법별 하위흐름	39
[표 18] 생활폐기물 1kg의 단계별 RDF 소각에 따른 가중화단계 전과정영향 40	40
[표 19] 생활폐기물 1kg의 처리공정별 가중화단계 전과정영향	41
[표 20] 스팀 1MJ을 이용한 전기 및 열병합발전의 가중화단계 전과정영향 ...	43
[표 21] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향	45
[표 22] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향	52

[표 23] 매립처리시 폐기물 처리비용 추정 연구	60
[표 24] 매립처리시 폐기물 처리비용 추정 결과	62
[표 25] 소각시설의 톤당 처리비용(100톤/일 미만)	64
[표 26] 소각시설의 톤당 처리비용(100~400톤/일)	65
[표 27] 소각시설의 톤당 처리비용(400톤/일 초과)	66
[표 28] 부산지역 소각장의 반입 폐기물 함수율	73
[표 29] 수도권매립지RDF시설 가동률, 건조비용 변화에 따른 민감도 분석 결과	76
[표 30] 부산RDF시설 가동률, RDF생산율, 건조비용 변화에 따른 민감도 분석 결과	77
[표 31] 처리방법별 톤당 처리비용 산정 결과	79
[표 32] 최근 5년간 매립 및 소각시설 관련 예산현황	84
[부표 1] 영향범주별 특성화인자	95
[부표 2] 소각과 전처리방안의 비용과 편익 비교	98
[부표 3] 도로 화물운송의 사회적 비용	100
[부표 4] 전처리시설 설치 사업 예산현황	102
[부표 5] 전용보일러 설치 사업 예산현황	103
[부표 6] 소각여열 회수시설 설치 사업 예산현황	103
[부표 7] 유기성폐기물 바이오가스화 사업 예산현황	104
[부표 8] 수도권환경에너지 종합타운 사업 예산현황	104

그림 차례

[그림 1] 폐자원 및 바이오매스 에너지 보급 목표	5
[그림 2] 생활폐기물 1kg의 단계별 RDF 소각에 따른 가중화단계 전과정영향 40	
[그림 3] 생활폐기물 1kg의 처리공정별 가중화단계 전과정영향	42
[그림 4] 스팀 1MJ을 이용한 전기 및 열병합발전의 가중화단계 전과정영향 .	44
[그림 5] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(자원고갈)	46
[그림 6] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(지구온난화)	47
[그림 7] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(오존층파괴)	48
[그림 8] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(광화학산화물)	49
[그림 9] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(산성화)	50
[그림 10] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(부영양화)	51
[그림 11] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향	52
[그림 12] 회피효과(석탄열병합)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향	54
[그림 13] 회피효과(중유스팀)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향	54
[그림 14] 회피효과 가정에 따른 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향 비교	55

[그림 15] 전과정평가의 단계	91
[그림 16] 전과정영향평가 요소	93
[그림 17] 전과정영향평가의 일반적인 절차	93

I. 서 론

1. 평가의 배경 및 필요성

우리가 경제활동을 통해 자원을 사용하는 과정에서 폐기물이 발생하게 되면 그것을 매립하든, 소각하든, 전처리를 거쳐 소각하든 그 처리방법과 무관하게 자원고갈과 환경오염의 문제가 발생하게 된다. 그 양상이 침출수 등으로 인한 수질 및 토양오염의 형태로 나타나느냐 배출가스로 인한 대기오염의 형태로 나타나느냐 하는 차이가 있을 뿐이다. 따라서 근본적으로 궁극적인 폐기물관리 정책의 목표는 폐기물의 발생량을 줄이는(Reduce) 것이고 차선책은 발생한 폐기물을 재사용(Reuse)하거나 재활용(Recycle)함으로써 자원을 절약하고 환경에 미치는 부하를 줄이는 것이 되어야 한다. 폐기물 처리시설을 통해 가능하면 환경오염 피해를 줄이는 방향으로 안전하고 효율적으로 폐기물을 처리하는 것은 차차선책이라고 할 수 있다.

세계적으로도 폐기물을 처리하고 관리하던 시대가 지나고 폐기물 발생을 최소화시키고 적절한 기술을 통하여 순환적으로 재활용할 수 있는 역량을 갖추는 ‘자원순환시대’에 돌입하였다. 독일, 일본 등 선진국들은 이미 법적·제도적 체계를 정비하고 자원순환형 사회로 경제·사회구조를 전환해 나가고 있다.¹⁾

우리나라도 1990년대 이후 폐기물 종량제, 폐기물 부담금과 예치금 그리고 생산자 책임재활용제도의 도입 등 폐기물 감량화와 재활용 촉진을 위한 정책을 추진해왔다. 최근 부각되고 있는 폐자원에너지화대책은 폐기물을 새로운 에너지 자원으로 인식한다는 점에서 국가 폐기물정책이 자원순환형 사회기반 조성으로 패러다임이 변화하고 있음을 시사하는 것으로 볼 수 있다.

1) 일본의 경우 폐기물 문제에 있어 사후 관리 방식에서 사전 예방 방식으로의 전환을 강조하면서, 절약과 재활용, 재사용이 핵심이 되는 이른바 3R 정착을 위한 법을 계속 제정해 왔다. 자원순환형 사회 구축을 위한 기본법(2000.6), 자원 효율적 사용 촉진을 위한 법(2000.6), 친환경 상품 구매 촉진을 위한 공공구매법(2005.5) 등이 있다.

폐자원에너지화사업은 ‘저탄소 녹색성장’이 새로운 국가 비전으로 제시된 2008년 이후 신재생에너지의 보급을 확대하는 정책의 일환으로 적극적으로 추진되고 있다.²⁾ 폐자원에너지화시설 확충과 관련하여 추진되고 있는 국고보조사업 예산현황을 보면, 총 35개 시설에 대하여 총사업비 규모는 9,782억원이고, 국고에서 4,441억원이 투입되는 것으로 나타난다. 이 중에서 특히 가연성폐기물 고형연료화(RDF)사업³⁾에 총사업비의 64.7%(6,331억원), 국고의 72.9%(3,238억원)가 투입될 예정이다.

가연성폐기물고형연료화사업은 불연물만 매립함으로써 매립장의 수명을 연장하고 고형연료(RDF)의 연소를 통해 에너지를 회수함으로써 화석연료를 대체할 수 있다는 취지에서 추진되고 있다. 그런데 우리나라에서 대규모 폐기물처리시설을 운영한 경험이 전혀 없는 상황에서 여러 지역에서 동시에 RDF제조시설 사업을 추진하는 것은 시행착오에 의해 예산을 낭비할 가능성이 있다.

일례로 수도권매립지관리공사에서 시범사업으로 추진하고 있는 200톤/일 규모의 RDF제조시설은 2009년 11월부터 본격 가동할 예정이었으나 건조공정 등 여러 가지 기술적 문제로 인하여 당초 계획보다 적은 양의 RDF를 생산하는 상태로 2010년 4월에야 준공허가가 났으며, 이러한 성능 저하와 공사 지연을 둘러싸고 공사와 설계·시공업체간에 책임 공방이 벌어지고 있는 상황이다. 시범사업에서 나타난 이러한 문제점들을 완전히 개선한 후 본 사업을 추진하는 것이 바람직하나 수도권매립지관리공사는 1,500억원을 투입해 2013년에 완공 예정인 본 사업(1,200톤/일 규모)에 이미 착수하고 있으며, 부산(900톤/일), 포항(300톤/일) 등 전국적으로 15개 시설에 대한 재정 지출이 이루어지고 있는 상황이다.

2) 「폐자원 및 바이오매스 에너지 대책」 실행계획(2009.7)에 따르면 2020년까지 폐자원 에너지화사업에 총 3조 4,565억원을 투자하는 것으로 되어 있는데, 대부분의 재원을 가연성폐기물 고형연료(RDF)화 사업 등 폐기물에너지화시설확충사업에 투자할 계획이다.

3) 가연성폐기물 고형연료화사업은 종량제 봉투에 의해 배출되는 생활폐기물을 그대로 매립하거나 소각하지 않고 분리·선별하는 전처리과정을 거쳐서 가연성 폐기물만 분류하여 고형연료를 제조하여 이용하는 사업을 말한다. 고형연료(Refuse Derived Fuel, RDF)는 폐기물로부터 가연성분(종이, 목재, 비닐·플라스틱류)을 선별·분리하여 에너지를 회수할 수 있도록 제조한 연료를 말한다.

또한 폐자원에너지화사업은 근본적으로 폐기물처리서비스의 확대라는 공급 위주 정책에서 벗어나지 못했다는 점에서 자원순환정책의 일환으로 보기에 한계가 있다. 더불어 지나치게 신재생에너지 공급 확대에 초점을 맞추고 정책이 추진되고 있어서 여타 폐기물관리정책과의 조화라는 측면에서도 문제점이 지적되고 있다⁴⁾.

본 평가보고서는 폐자원에너지화사업에 대하여 계획, 집행 및 성과 측면에서 평가한다. 동 사업이 폐기물로부터 에너지를 회수함으로써 화석연료를 대체하고 온실가스의 배출을 감소시킨다는 기대효과를 강조하는 사업이므로 이에 대한 엄밀한 검토를 통해 사업과 정책대안에 대한 검토가 엄밀하게 이루어졌는지, 집행과정에서 나타난 문제점들이 사업에 반영되고 있는지, 그리고 사업의 성과는 예상대로 나타날 것인지 등을 평가해 본다. 이를 통해 폐자원에너지화사업의 효율적인 수행방안을 모색하고 과잉 투자로 인한 예산 낭비를 예방할 수 있을 것이다.

2. 평가 범위·방법 및 주요 내용

본 보고서는 폐자원에너지화사업 중에서 가장 많은 재정이 투입되고 있는 가연성폐기물에너지화사업에 초점을 맞추어 평가하였다. 환경부의 계획에 의하면 생활폐기물의 매립을 대체하는 방안으로서 중점을 두고 추진되는 것이 가연성폐기물 고형연료화사업이기도 하기 때문이다.

먼저, 폐자원에너지화시설에 대한 현장조사와 관련 통계, 논문 및 연구보고서에 대한 문헌조사를 통하여 폐자원에너지화사업의 문제점을 파악한다. 2006년부터 RDF제조시설이 운영 중인 원주와 시운전 중인 수도권매립지, 그리고 독일의 4개 MBT시설 및 1개 전용보일러시설⁵⁾에 대한 현장조사를 실시하였고,

- 4) 이동수, 「폐자원 및 바이오매스 에너지화 실행계획」 중 가연성폐기물에너지화 계획에 대한 검토, 환경과 미래, 2009.
- 5) 2010.5.10~5.18 동안 에닌거로(Ennigerloh)시 ECOWEST MBT시설과 GRE MBT시설, 노이뮌스터(Neumuenster)시 MBT 시설과 전용보일러시설, 뤼벡(Luebeck)시 MBT 시

폐기물 관련 통계자료 및 전처리 및 RDF전용보일러시설에 대한 타당성 및 민자사업 적격성 조사보고서, 폐자원에너지화 관련 연구보고서 및 논문 등을 검토하였다.

원주RDF시설의 설치·운영자료를 기본으로 하고 수도권매립지 전처리시설 및 부산시 전처리 및 RDF전용보일러시설의 계획 및 실시협약에 명시된 설치·운영비용자료를 참고하여 경제성과 환경성 측면으로 나누어 성과를 평가하였다. 환경성은 폐기물 처리방안별로 시나리오를 작성하여 전과정평가(LCA)를 통하여 지구온난화, 오존층파괴, 자원고갈 등의 항목에 대하여 미치는 영향을 비교·평가해 보았고, 경제성은 매립, 소각처리방안과 전처리 및 RDF제조·이용방안의 톤당 처리비용을 비교함으로써 직접비용, 환경비용, 편익 등을 고려하였을 때 가연성폐기물에너지화사업이 얼마나 국가적 이익을 가져올 것으로 예상되는지 평가해 보았다.

제2장에서는 폐자원에너지화사업의 현황을 폐자원에너지화대책 추진경과와 실행계획 개요, 폐자원에너지화사업의 재정 및 추진 현황을 중심으로 기술하였고, 제3장에서는 폐자원에너지화사업의 계획단계에 대하여 경제적 효과 및 일자리창출효과 추정의 타당성을 중심으로 평가하였다. 제4장에서는 폐자원에너지화사업의 집행단계에 대하여 여건 변화에 대한 대응 절차와 타당성 및 민자사업 적격성조사 단계에 초점을 맞추어 평가하였고, 제5장에서는 폐자원에너지화사업의 성과단계에 대하여 환경성과 경제성 측면에서 평가하였으며, 제6장에서는 정책적 시사점과 결론을 도출하였다.

설에 대한 국외 실지 평가를 실시하였다.

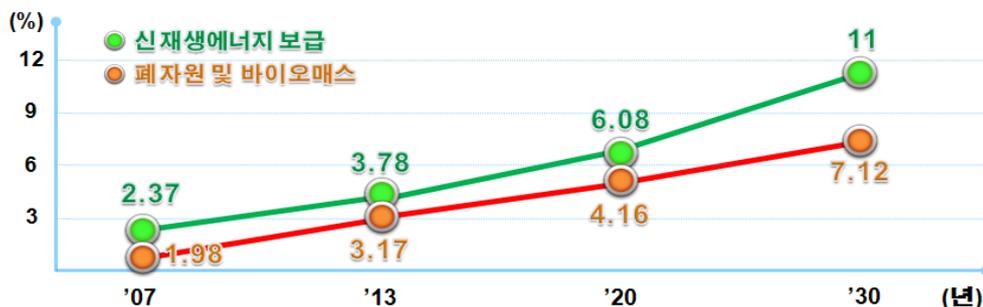
II. 폐자원에너지화사업 현황

1. 폐자원에너지화대책 추진경과 및 실행계획 개요

환경부는 2008년 5월 폐기물의 에너지 자원화를 통해 경제살리기와 기후변화 대응 계기를 마련한다는 정책비전을 가지고 「경제살리기와 기후변화대응을 위한 폐기물에너지화 종합대책」을 수립하였다. 이명박대통령이 건국 60주년 경축사(‘08.8.15)를 통해 『저탄소 녹색성장』을 새로운 국가 비전으로 제시함에 따라, 환경부, 지식경제부, 농림수산식품부 등 관계 부처가 「폐자원 및 바이오매스 에너지대책」을 수립하여 10월 15일 대통령에게 보고하였다. 이 후속 조치로서 2009년 7월 환경부의 6개 부처가 「저탄소에너지 생산·보급을 위한 폐자원 및 바이오매스 에너지대책 실행계획」⁶⁾을 발표하였다.

2009년 실행계획에 따르면 2013년까지의 국가 신재생에너지 보급 목표율 3.78% 달성을 위해 폐자원 및 바이오매스로 목표율의 83.9%에 해당하는 3.17%를 실현하고, 2020년에 4.16%, 2030년에 7.12%를 달성하는 것을 목표로 하고 있다.

[그림 1] 폐자원 및 바이오매스 에너지 보급 목표



자료: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009. 7.

6) 이하 ‘2009년 실행계획’으로 부른다.

2009년 실행계획은 크게 ‘폐자원 에너지화’, ‘저탄소 녹색마을 조성’, ‘농수산 바이오매스 에너지화’, ‘산림 바이오매스 에너지화’의 4개 분야로 구성되어 있으며, 각 분야별로 세부 계획이 수립되어 있다([표 1] 참조).

[표 1] 「폐자원 및 바이오매스 에너지 대책 실행계획」의 체계

분야	사업(과제)
폐자원 에너지화	폐자원 에너지화 시설확충
	폐자원 에너지화 기술개발
	폐자원 에너지화 인력양성
저탄소 녹색마을 조성	도시형
	도농복합형
	농어촌형
	산촌형
농수산 바이오매스 에너지화	가축분뇨 자원화 및 에너지화
	농산바이오매스 에너지화 및 바이오디젤용 유채생산
	수산 및 해양 바이오매스 에너지화 기술개발
산림 바이오매스 에너지화	숲가꾸기 산물 수집 및 목재 펄릿 보급확대
	바이오 순환림 조성
	산림에너지화 기술개발

자료: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009. 7.

폐자원에너지화 사업은 지식경제부의 협조로 환경부가 추진하는 것으로 ‘폐자원 에너지화 시설확충’, ‘폐자원 에너지화 기술개발’, ‘폐자원 에너지화 인력양성’의 3개 과제로 나눌 수 있는데, 지자체 생활폐기물을 중심으로 각종 폐자원에너지화시설을 조기 확충하고, 소각장 여열 17개소, 매립가스 회수·이용 시설 25개소를 확충하는 폐자원에너지화시설 확충사업이 중심을 이루고 있다⁷⁾.

7) 전체 폐자원에너지화사업 투자소요액 중에서 폐자원에너지화 시설확충사업이 약 87.5%를 차지한다.

폐자원에너지화시설 확충사업은 다시 가연성폐자원 에너지화사업, 유기성폐자원 에너지화사업, 소각여열 회수·이용사업, 매립가스 회수·이용사업으로 분류할 수 있다⁸⁾.

2009년 실행계획에 따르면, 2020년까지 폐자원에너지화시설 확충사업에는 [표 2]에서와 같이 총 2조 9,862억원이 소요될 것으로 추계하고 있다. 가연성 폐자원 에너지화⁹⁾에 1조 9,165억원(64%), 유기성 폐자원 에너지화¹⁰⁾에 9,745억원(33%), 소각여열 회수에 534억원(2%), 매립가스 활용시설에 418억원(1%)을 각각 투자한다는 계획이다.

[표 2] 폐자원에너지화시설 확충계획

구분	계(억원)		중기 계획						2014~ 2020
			소계	2009	2010	2011	2012	2013	
계	29,862	100%	21,680	1,595	4,657	5,977	4,829	4,622	8,182
가연성	19,165	64%	13,056	702	1,944	3,494	3,251	3,665	6,109
유기성	9,745	33%	7,823	750	2,633	2,302	1,404	734	1,922
소각여열	534	2%	383	38	28	92	90	135	151
매립가스	418	1%	418	105	52	89	84	88	-

자료: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009. 7.

2. 폐자원에너지화사업의 재정 및 추진 현황

폐자원에너지화시설 확충과 관련하여 추진되고 있는 국고보조사업의 재정 투입 현황을 보면, [표 3]과 같이 총 34개 시설에 대하여 총사업비 규모는

- 8) 폐자원에너지화시설 확충사업을 추진방법에 따라 ‘수도권 환경·에너지 타운’, ‘전국 13개 에너지타운’, ‘지역형 개별시설’로 분류하기도 한다.
- 9) ‘가연성 폐자원’은 폐종이, 폐비닐, 폐플라스틱, 폐목재 등을 포함한다.
- 10) ‘유기성 폐자원’은 음식물쓰레기, 하수슬러지, 가축분뇨 등을 포함한다.

9,782억원이고, 국고에서 4,441억원이 투입되는 것으로 나타난다. 이 중에서 총 사업비의 64.7%(6,331억원), 국고의 72.9%(3,238억원)가 전처리 및 RDF제조, 전용보일러시설 등 가연성폐기물 에너지화사업에 투입될 예정이다.

2010년에 폐자원에너지화사업에 투입되는 예산은 총 732억원이고, 가연성 폐기물에너지화사업에 527억원(72%), 유기성폐기물바이오가스화사업에 159억원 (21.7%)이 배정되었다.

[표 3] 폐자원에너지화사업 연도별 재정 투입 현황

(단위: 백만원)

시설명	시설수 (개)	총 사업비	국 고			
			계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
전처리 RDF제조 시설	15	494,164	212,897	31,667	38,140	143,090
RDF 전용보일러	2	138,900	110,900	6,480	14,554	89,866
소각여열 회수시설	1	7,500	2,250	1,150	1,100	-
유기성폐기물 바이오가스화	14	296,600	105,780	7,515	15,888	82,377
수도권환경에너지 종합타운	2	41,000	12,300	1,755	3,502	7,043
합 계	34	978,164	444,127	48,567	73,184	322,376

자료: 환경부 내부자료.

가연성폐기물 전처리시설 설치 사업은 [표 4]와 같이 현재 총 15개 사업이 추진 중이다. 인천광역시 백석동에 위치한 수도권매립지 시범사업(200톤/일)은 2010년 3월 현재 시운전 중이며, 경기도 부천시의 90톤/일 규모 시설은 2010년 4월 시운전을 시작할 예정이다. 부안군(25톤/일)과 남해군(25톤/일)은 2011년부터 가동할 예정으로 시설공사가 진행 중이고, 원주시(80톤/일), 가평군(80톤/일), 부산시(900톤/일) 등 나머지 11개 시설들도 2013년까지는 사업을 완료할 예정으로 계획 및 설계가 진행 중이다. 다만, 영주시 전처리시설은 민원, 지역간 갈등

등 등으로 인하여 지자체의 요청에 따라 2009년말 사업이 취소되었으며, 목포시는 시설용량이 150톤/일에서 230톤/일로 변경되면서 총사업비가 225억원에서 345억원으로 증가되었다.

[표 4] 가연성폐기물 전처리시설 설치 사업 추진현황

(단위: 백만원)

시·도	시·군·구	사업기간	시설용량 (톤/일)	총사업비	사업추진현황
총계(15개소)		-	3,700	506,164	
인천광역시		07-09	200	26,940	- 시운전 중('10.3)
경기	부천	07-10	90	16,500	- 시설설치 중('10.4 시운전 예정)
전북	부안	07-11	25	4,500	- 시설공사 중
강원	원주	08-12	80	10,400	- 실시설계 중
전남	나주	09-12	150	22,500	- 건설기술위원회 입찰방법심의완료('10.2)
	순천	09-12	100	15,000	- 민투사업 최초제안서 PIMAC 검토의뢰('09.12)
	목포	09-12	230	34,500	- 입찰서류(기본설계서 등) 접수('10.3)
부산광역시		09-11	900	80,000	- 실시설계 중('10.3)
대전광역시		09-11	200	30,000	- 타당성 및 기본계획 용역 중('10.3)
경기	가평	09-12	80	17,824	- 실시설계 추진 중
경북	포항	09-13	300	45,000	- 민투사업 최초제안서 PIMAC 검토 중('10.3)
	영주	09-11	160	24,000	- 민원, 지역간 갈등 등으로 사업취소
전북	무주	09-11	80	12,000	- 기본계획 및 입찰안내서 용역 중('10.3)
경남	남해	09-11	25	5,000	- 시설공사 중('10.3)
수도권매립지		10-13	1,000	150,000	- 기본계획 및 입찰안내서 용역 중('10.3)
충남	당진	10-12	80	12,000	- 민투사업 최초제안서 접수('10.3)

주: 경북 영주시는 지자체 요청에 따라 '09년말 사업취소.

목포시는 시설용량이 150톤/일에서 230톤/일로 변경되면서 총사업비가 225억원에서 345억원으로 증가됨.

자료: 환경부 내부자료.

RDF전용보일러 설치 사업은 2개 사업이 모두 민간투자사업으로 추진 중인 데, 부산시(500톤/일)는 우선협상대상자와의 실시협약이 체결되어 실시설계가 진행 중으로 2011년까지 사업을 완료할 예정이며, 경북 포항시(200톤/일)는 민간투자사업 최초제안서를 PIMAC¹¹⁾에서 검토 중으로 2013년까지 사업을 완료하여 가동을 시작할 예정이다([표 5] 참조).

[표 5] 전용보일러 설치 사업 추진현황

(단위: 백만원)

시·도	시·군·구	사업 기간	시설 용량 (톤/일)	총 사업비	사업추진현황
총계(2개소)		-	700	138,900	
부산광역시		09-11	500	98,900	- 실시설계 중('10.3)
경북	포항	09-13	200	40,000	- 민투사업 최초제안서 PIMAC 검토 중('10.3)

자료: 환경부 내부자료.

소각여열 회수시설 설치 사업은 다음 [표 6]과 같이 서울 마포소각장(750톤/일)에서 유일하게 추진하고 있으며, 현재 시설공사가 진행 중으로 2010년까지 사업이 완료될 예정이다.

[표 6] 소각여열 회수시설 설치 사업 추진현황

(단위: 백만원)

시·도	시·군·구	시설용량 (톤/일)	총 사업비	사업추진현황
서울	마포	750	7,500	- 시설공사 중

자료: 환경부 내부자료.

11) 한국개발연구원 공공투자관리센터.

유기성폐기물 바이오가스화사업은 [표 7]과 같이 총 14개 시설의 설치가 추진되고 있는데, 처리대상에 따라 음식물(7개), 음폐수(5개), 음폐수·축분 병합(2개)처리시설로 나눌 수 있다. 속초시(40톤/일)는 실시설계가 완료되어 입찰이 추진 중인데 2010년까지 사업이 완료될 예정이며, 원주시(90톤/일), 영주시(50톤/일), 진주시(150톤/일)는 2011년까지, 대구시(300톤/일), 고양시(260톤/일) 등 나머지 11개 시설은 2012년까지 사업을 완료하는 것을 목표로 설계 및 공사 입찰이 진행 중이다.

[표 7] 유기성폐기물 바이오가스화 사업 추진현황

(단위: 백만원)

지자체	처리 대상	사업 기간	시설 용량 (톤/일)	총 사업비	사업추진현황
총계(14개소)		-	2,440	296,600	
대구	음식물	09-12	300	69,000	- 턴키공사 우선시공분 착공('09.11)
고양	음식물	09-12	260	59,800	- 턴키공사 입찰공고('09.12)
속초	음식물	09-10	40	6,000	- 실시설계 완료('09.7), 입찰추진('10.4)
원주	음식물	09-11	90	10,800	- 민투사업 우선협상대상자 지정('09.4)
김해	음폐수	09-12	100	6,000	- 실시설계 중('10.3)
영주	음식물	09-11	50	5,000	- 경북 신도청 연계방안 등 사업재 검토
서울 은평구	음식물	10-12	100	23,000	- 민투사업 제3자 제안공고('10.2)
광주	음폐수	10-12	300	18,000	- 턴키공사 입찰공고('09.12)
대전	음폐수	10-12	200	12,000	- 기본계획 및 입찰안내서 작성용역 추진('10.4)
진주	음폐수	10-11	150	9,000	- 기본계획 및 입찰안내서 작성용역 추진('10.3)
포항	병합 (음폐수, 축분)	10-12	300	24,000	- 기본계획 및 입찰안내서 작성용역 추진('10.4)

(단위: 백만원)

지자체	처리 대상	사업 기간	시설 용량 (톤/일)	총 사업비	사업추진현황
울산	병합 (음폐수, 축분)	10-12	150	18,000	- 기본계획 완료('10.2)
청주	음폐수	10-12	200	12,000	- 실시설계 완료('09.7), 입찰추진('10.4)
제주시	음식물	10-12	200	24,000	- 기본계획 및 입찰안내서 작성용역 추진('10.4)

자료: 환경부 내부자료.

수도권환경에너지 종합타운 사업은 [표 8]과 같이 바이오메탄 자동차연료 화사업과 음폐수자원화사업이 추진되고 있다. 바이오메탄 자동차연료화사업은 시설공사가 진행 중이며 2010년까지 사업이 완료될 예정이고, 음폐수자원화사업은 턴키공사 입찰이 진행 중이며 2012년까지 완료하는 것을 목표로 사업이 추진되고 있다.

[표 8] 수도권환경에너지 종합타운 사업 추진현황

(단위: 백만원)

지자체	처리 대상	사업 기간	시설용량 (톤/일)	총 사업비	사업추진현황
계		-	-	41,000	
	음폐수자원화	09-12	500(톤/일)	36,000	- 턴키공사 입찰공고('10.2)
	바이오메탄 자동차연료화	09-10	10(m ³)	5,000	- 시설공사 중

자료: 환경부 내부자료.

III. 폐자원에너지화사업 계획 평가

2009년 실행계획에서는 폐자원 에너지화사업의 기대효과를 경제적 효과와 일자리 창출효과로 나누어서 제시하고 있다. 경제적 효과로는 폐기물처리비 절감 효과 4조 6,150억원, 원유대체 효과 3조 6,396억원, 온실가스 감축효과 8,582억원을 합산하여 총 9조 1,128억원의 효과가 기대된다고 하며, 일자리 창출효과로는 총 6만 9,348개의 일자리가 생긴다고 한다. 환경부 내부자료¹²⁾에서도 유사한 근거에 의해 폐자원 에너지화사업의 타당성을 주장하고 있다.

여기서는 가연성폐기물에너지화사업에 초점을 맞추어 사업의 기대효과에 대한 추정이 합리적으로 이루어졌는지를 분석해 보았다. 분석 결과, 사업의 타당성을 강조하기 위하여 기대효과가 과대 추정되었고 정책대안에 대한 검토도 적절하게 이루어지지 않았다는 문제점이 나타났다.

1. 경제적 효과 추정의 타당성 평가

가. 폐기물처리비용 절감효과 과다 산정

가연성폐기물에너지화사업으로 인한 폐기물처리비용 절감효과가 과다하게 산정되었다. 2009년 실행계획에서는 전처리시설을 도입함에 따른 폐기물처리비용 절감효과를 소각처리 비용에서 RDF제조·이용 비용을 차감함으로써 산정하였는데, 이것은 전처리시설을 설치하지 않는 경우 해당 생활폐기물을 모두 소각장의 추가 건설을 통해 처리해야 한다는 것을 가정한 것이다.

이렇게 가정한 것은 앞으로 생활폐기물의 직매립은 불가능하다고 전제한 것이라고 할 수 있다. 그러나 환경부의 폐기물관리정책 관련 예산현황을 보면

12) 환경부 자원순환국, 신재생에너지 확보 및 온실가스 저감을 위한 가연성폐기물 고형연료화 사업, 2010. 3.

매립처리시설에 대해 2005~2009년 동안 2,054억원을 투자하였고 2009년에도 439억원의 예산을 투입한 것으로 나타난다. 이러한 투자의 결과 현재 확보된 매립시설의 잔여 용량이 192,465천m³에 이르고 이것은 매년 2008년도의 매립량 만큼 매립한다고 하더라도 20년 이상 매립할 수 있는 시설용량이다.¹³⁾ 따라서 소각처리만이 전처리 및 RDF제조방안의 대안이라고 보고 폐기물처리비용을 산정한 것은 적절하다고 보기 어렵다. 기존에 매립되던 폐기물을 전처리시설로 반입하는 것을 전제로 가연성폐기물에너지화사업을 추진하고 있으므로, RDF제조·이용 비용을 매립처리 비용과 비교하여 폐기물처리비용 절감효과를 산정하는 것이 타당하다.¹⁴⁾ 경제성 평가를 위해 매립방식의 톤당 처리비용과 전처리 및 RDF제조·이용방식의 톤당 처리비용을 비교해 본 결과, 오히려 음(-)의 폐기물처리비용절감효과가 발생하는 것으로 나타났다.¹⁵⁾

앞으로 생활폐기물의 직매립을 완전히 중단한다는 것을 전제로 하여 그 대안으로서 소각시설과 RDF시설의 처리비용을 비교하는 것을 인정한다고 하더라도¹⁶⁾ 2009년 실행계획에서는 소각시설의 처리비용은 과다하게 산정하고 RDF시설의 처리비용은 과소하게 산정함으로써 폐기물 처리비용 절감효과를 과대 추정하고 있다. RDF시설 설치·운영 소요 비용을 총비용(연간운영비+금융비용)에서 운영수익을 차감한 순비용을 토대로 산정하면서 운영수익에 폐기물처리서비스 수수료¹⁷⁾, 가스 및 전기 판매수익 등을 포함시켰다. 이렇게 RDF시설의 순비용을 산정함에 있어서 폐기물의 반입수수료가 수익을 창출한다는 이유로 총비용에서 차감하였는데, 폐기물 반입수수료는 지자체간의 이전거래이지 사회

13) 매년 소각처리의 비중이 증가하고 매립의 비중은 감소하고 있기 때문에 사용 가능한 연한은 더 늘어날 것이다. 물론 지자체별로는 매립장의 잔여 용량이 충분치 않은 지역도 존재한다.

14) 일부 소각시설의 내구연한 경과로 인한 폐쇄로 소각시설을 대체하는 경우를 가정하더라도 '매립+소각'에 의해 처리되는 상황과 비교하는 것이 적절하다.

15) 5장 경제성 평가 참조.

16) 매립시설 설치에 대한 주민 반대가 심하여 추가 매립시설을 확보하는 것이 현실적으로 많은 어려움이 있는 점을 감안할 때 소각시설 또는 RDF시설 등을 설치하여 매립시설 사용기간을 최대한 연장하는 방안이 강구되어야 할 필요가 있는 것은 사실이다.

17) 폐기물의 매립지 반입비용(24,610원/톤)을 적용하고 있다.

적 편익이라고 보기 어려우므로 이를 반영하여 폐기물처리비용 절감효과를 구한 것은 부적절하다. 또한 전처리시설을 통해 RDF를 생산하는 것으로 폐기물 처리가 종료되는 것이 아니고 생산된 RDF를 소각함으로써 종료되는 것이므로 소각시설과 전처리시설의 폐기물 처리비용을 비교하는 것은 부적절하고 RDF전용보일러 등 RDF이용시설의 비용도 포함해야 한다. 이러한 두 가지 오류를 정정할 경우 [표 9]와 같이 실행계획 연구¹⁸⁾에서 산정한 RDF시설(RDF제조 및 전용보일러)의 톤당 처리비용은 100톤/일 미만의 경우 104,122원, 100~400톤/일의 경우 85,454원, 400톤/일 초과인 경우 77,098원으로 바뀌게 된다.

[표 9] RDF제조·이용시설 처리비용 수정

(단위: 원/톤)

구분	시설용량 규모		
	100톤/일 미만	100~400톤/일	400톤/일 초과
RDF제조시설 처리비용 ¹⁾ (A)	70,773	52,105	43,749
매립지 반입비용(B)	24,610	24,610	24,610
RDF제조시설 처리비용(C=A+B)	95,383	76,715	68,359
전용보일러 처리비용 ²⁾ (D)	17,478	17,478	17,478
톤당 처리비용(C+D/2) ³⁾	104,122	85,454	77,098

- 주 1) 「장기복 외, 폐기물 에너지화 종합대책 실행계획 마련 연구, 환경부, 2008.12」 226쪽 <부록 표-1>.
 2) 환경부외 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009.7, 268쪽.
 3) RDF생산율이 50%라고 가정하여 RDF제조시설 처리비용에 전용보일러 처리비용의 1/2을 합산함.

2008년 대형소각시설 운영현황 자료를 기초로 소각방식의 처리비용을 산정한 결과, 35개 시설 평균이 97,889원/톤인 것으로 나타났다¹⁹⁾. 이것은 2009년

18) 장기복 외, 폐기물 에너지화 종합대책 실행계획 마련 연구, 환경부, 2008.12, 226쪽 참조.

19) 제5장 경제성 분석 결과 참조.

실행계획에서 이용한 116,179원/톤²⁰⁾보다 훨씬 낮은 수치이다.

이러한 분석 결과를 적용할 경우 소각시설과 RDF시설의 처리비용을 비교하여 폐기물처리비용절감효과를 구한다고 하더라도 그 효과는 크게 감소하게 된다. [표 10]에서 나타나는 바와 같이 실행계획에서는 가연성폐기물에너지화사업을 통해 폐기물처리비용절감효과가 2013년까지 796억원만큼 발생하는 것으로 추정하였으나, 본 보고서에서 도출된 소각시설과 RDF시설의 처리비용을 적용할 경우²¹⁾ 그 효과는 146억원으로 크게 감소하게 된다. 2010~2020년 동안의 총 폐기물처리비용절감효과는 실행계획의 1조 420억원에서 2,359억원으로 77% 이상 감소하는 것으로 나타났다.

[표 10] 가연성폐기물에너지화사업의 폐기물처리비용 절감효과 비교

(단위: 억원)

구 분	실행계획 ^{주)}	수정	변동	
중기계획	2010	49	5	△44
	2011	58	3	△55
	2012	254	42	△212
	2013	435	96	△339
	소계	796	146	△650
2014~2020	9,624	2,213	△7,411	
총계	10,420	2,359	△8,061	

주: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009.7, 11쪽.

20) 「환경부·한국환경자원공사, 폐기물부담금제도 개선 및 발전방안 연구, 2005.4」에서 산정한 소각처리비용 자료를 인용하고 있다.

21) 실행계획에서 경제적 효과를 산정하는 방식을 그대로 따랐으며, 다만 소각방식의 처리비용을 97,889원/톤으로, RDF제조시설 처리비용을 95,383(100톤/일 미만), 76,715(100~400톤/일), 68,359(400톤/일 초과)로 적용하였다. 전용보일러 처리비용은 실행계획과 동일하게 17,478원/톤으로 적용하였다.

나. 온실가스 감축효과의 과다 산정

정부는 RDF가 석유의 사용을 대체한다는 것을 전제로 그 만큼 온실가스 발생량이 감소한다고 주장하고 있다. 생산되는 RDF의 총발열량을 원유평균발열량으로 나누어서 석유환산톤(TOE)을 구한 후 여기에 원유탄소배출계수를 곱하여 이산화탄소톤(CO₂톤)으로 구하고 다시 2007년도 평균 탄소배출권(CER) 가격을 곱하여 온실가스 감축효과를 산정하고 있다. 그러나 정부의 주장과는 달리 다음과 같은 이유 때문에 그 효과는 훨씬 작을 것으로 추정된다.

아래 [표 11]에서 나타나는 바와 같이 폐기물 성분 중에서 비닐·플라스틱류가 25.4%를 차지하는데²²⁾, 가연성 폐기물만 분리하여 제조되는 RDF에서 차지하는 비중은 50%를 넘게 된다.²³⁾ 비닐과 플라스틱을 소각하여 에너지를 회수하는 것은 사실상 화석연료를 사용하는 것과 다를 것이 없다. IPCC²⁴⁾도 “폐기물 중 비닐·플라스틱과 같이 화석연료에 기인한 폐기물의 연소시 배출되는 이산화탄소는 인위적인 배출로 반드시 배출량을 보고해야 한다”고 명시하고 있다. 따라서 RDF제조를 통한 에너지회수사업을 CDM사업으로 인정받는 것은 쉽지 않을 것으로 보인다.

[표 11] 소각시설 반입폐기물의 삼성분 및 물리적 조성

(단위: Kcal/Kg, %)

발열량	삼성분			습량기준 물리적 조성						
	수분	가연분	회분	종이류	나무, 짚류	비닐, 플라스틱류	음식물	섬유, 가죽류	불연물	기타
2,632	33.16	53.05	10.93	34.49	7.92	25.40	16.30	7.02	6.87	1.75

자료: '08년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 환경부, 2009.

22) 도시 지역은 이 비중이 더욱 크다.

23) 비닐·플라스틱류가 모두 분류되어 RDF에 포함된다고 하고 RDF생산율이 50%라고 가정할 경우, RDF에서 비닐·플라스틱류가 차지하는 비중은 0.254÷0.5=50.8%가 된다.

24) Intergovernmental Panel on Climate Change의 약자이다.

또한 RDF를 제조하는 건조, 압축, 성형과정에 경유, LNG 등 화석연료가 사용되기 때문에 이로 인한 온실가스 발생량 증가를 고려해야 한다. 예를 들어 원주RDF제조시설의 경우 RDF 1톤당 80리터의 부생연료와 335kwh의 전기를 사용하는 것으로 나타난 것을²⁵⁾ 감안할 때 온실가스 감축 효과는 크지 않을 것이다.

여기서는 RDF에 포함된 비닐·플라스틱류의 비중과 RDF제조 과정에서 소비되는 에너지 소비량²⁶⁾을 고려하여 온실가스 감축효과를 재산정해 보았다²⁷⁾.

[표 12]에 볼 수 있는 바와 같이 실행계획에서는 중기계획 기간인 2013년 까지 온실가스 감축으로 인한 경제적 효과가 280억원 발생하는 것으로 추정하였으나, 재산정 결과 98억원에 불과한 것으로 나타났다. 2010~2020년 동안에 발생하는 총 온실가스 감축효과는 실행계획상의 3,298억원에서 1,149억원으로 1/3 정도 규모로 감소하였다.

[표 12] 가연성폐기물에너지화사업의 온실가스 감축효과 비교

(단위: 억원)

구 분	실행계획 ^{주)}	수정	변동	
중기계획	2010	19	7	△12
	2011	24	8	△15
	2012	91	32	△59
	2013	146	51	△95
	소계	280	98	△182
2014~2020	3,018	1,052	△1,966	
총계	3,298	1,149	△2,149	

주: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009.7, 11쪽.

- 25) 2007~2009년 동안의 운영관리비를 기초로 산출하였다.
- 26) 폐기물 1톤으로 생산되는 RDF의 발열량에서 제조공정상 소비되는 에너지의 발열량이 차지하는 비중을 계산하였다.
- 27) RDF운송과정에서 사용되는 화석연료로 인한 온실가스 발생량도 고려해야 하지만, 지역별로 RDF제조시설과 수요처와의 거리가 모두 다르기 때문에 계산의 편의상 부득이 제외하였다.

5장의 전과정분석(LCA)에 의한 환경성 평가 결과는 이러한 사실을 뒷받침한다. RDF제조·이용방안은 소각이나 매립방안에 비하여 훨씬 에너지 소비를 비롯한 자원고갈지수가 높은 것으로 나타났으며, 특히 성형방식RDF는 자원고갈 정도가 심한 것으로 드러났다. 다만, 소각시설에서 소각여열을 전혀 이용하지 못하는 경우²⁸⁾보다는 유리한 것으로 나타났다.

다. 화석연료 대체효과의 과대 계상

2009년 실행계획에서는 RDF의 발열량을 4,000kcal/kg으로 가정하고 RDF 생산량에 따른 총 발열량을 기준으로 원유로 환산하여 에너지 회수 효과를 산정하였고, 이에 원유가격을 곱하여 원유대체효과를 산출하였다. 이것은 다음과 같은 이유로 인하여 효과를 과대 계상하고 있다.

첫째, 에너지회수(열과 발전)로 인한 수익이 RDF시설의 처리비용을 낮춤으로써 폐기물처리비 절감효과에 반영되었으므로 생산된 고품연료로 인한 원유대체효과를 별개의 경제적 효과로 산정하는 것은 결과적으로 편익을 이중으로 계산한 것이다.

둘째, 생산된 RDF가 에너지로서 가지는 가치는 실제로 어떤 용도로 사용될 수 있는지를 고려해야 한다. RDF가 주로 이용되는 수요처로는 제지회사의 보일러, 시멘트소성로, 화력발전소, RDF전용보일러 등을 들 수 있다. 제지회사의 보일러나 시멘트소성로, 화력발전소에서는 주로 기존에 사용되던 유연탄(무연탄)과 함께 혼소되고 있으며 전용보일러를 설치하여 소각되기도 한다. 화력발전소에서 유류 사용의 비중은 매우 낮아서, 전체 전력수급에서 중유, 경유 등 석유의 비중은 4.5%에 불과한 것으로 나타난다.²⁹⁾ 결국 RDF는 석유를 대체하는 것이 아니라 주로 석탄을 대체하는 에너지원이라고 할 수 있으므로, 대체석탄 가격으로 편익을 산정하는 것이 더 합리적이라고 할 수 있다.

셋째, RDF제조 및 이용을 통하여 얻을 수 있는 에너지회수 효과를 산정할

28) 2008년 현재 운영 중인 소각시설 177개소 중에서 대형(48톤/일 이상) 소각시설 45개소를 제외한 132개소 대부분은 소각여열을 거의 이용하지 못하고 있다고 한다(환경부).

29) 한국전력거래소, 2008, “제4차 전력수급기본계획”, <http://kpx.or.kr/>

때 RDF제조 공정에 직접 필요한 투입에너지 뿐 아니라 RDF운송, 잔재물 처리, RDF발전(소각), 소각재 처리 등에 필요한 투입에너지 역시 고려하여야 한다. 환경부는 전처리시설에서 RDF제도시 건조 및 성형에 에너지원이 사용되고 있으나 제조된 RDF에서 발생하는 열량에 비해 사용량이 미미하다고 주장하고 있다. 원주시 RDF시설의 경우 건조를 위해 사용되는 에너지량이 RDF에서 발생하는 열량의 13%에 불과하다는 것이다³⁰⁾. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 원주시 RDF제도시설의 2007~2009년 동안의 운영관리비 자료를 기초로 분석한 결과 RDF 1톤을 생산하기 위해서 80리터의 부생연료와 335kwh의 전기를 사용한 것으로 나타났다. 이것을 열량으로 환산하면 1,465,750kcal로서³¹⁾ RDF 1톤의 평균발열량 4,000,000kcal의 약 37%에 해당한다. 그런데 실제로는 잔재물 처리와 소각재 처리과정에도 매립장으로서의 운반 과정 등에서 에너지가 투입되고, 생산된 RDF를 다른 곳으로 운반하여 이용할 경우 역시 화석연료가 필요하다. 뿐만 아니라 RDF를 전용보일러에서 소각함으로써 발전 등에 이용할 경우 대기오염 방지시설과 소각시설 등에서 많은 에너지를 필요로 한다. 예를 들어, 부산 RDF전용보일러시설에서는 생산된 전력의 25% 이상을 발전소 내에서 소비하는 것으로 계획하고 있다³²⁾. 결국 RDF제조 및 이용에 필요한 모든 투입에너지를 고려했을 경우 사용가능한 순에너지는 RDF발열량의 10~45% 정도라는 연구결과³³⁾가 설득력을 가진다.

여기서는 RDF가 시멘트소성로나 화력발전소 등에서 사용되는 석탄을 대체한다고 가정하여 그 효과를 산정해 보았다.³⁴⁾ 계산의 편의상 RDF제도시설에서

30) 환경부, 국회예산정책처 예비검토 자료, 2010. 3.

31) $80 \times 8,900$ (등유 1리터의 발열량) + $335 \times 2,250$ (전기 1kWh의 발열량).

32) 총 전력생산량 25.15MW 중에서 소내 사용량은 6.413MW(25.5%)이고 나머지 18.737MW가 외부에 공급하는 전력량(매전전력량)이 된다고 한다.(부산광역시 생활폐기물 연료화 및 발전시설 민간투자사업 적격성조사 보고서, 2008.12, 111쪽 참조).

33) 이동수, 「폐자원 및 바이오매스 에너지화 실행계획」 중 가연성폐기물에너지화 계획에 대한 검토, 환경과 미래, 2009.

34) 무연탄의 발열량(4,850kcal/kg)과 가격(125천원/톤)을 적용하였다.(환경부 자원순환국, 신재생에너지확보 및 온실가스 저감을 위한 가연성폐기물 고형연료화 사업, 국회예산정책처 예비검토 자료, 2010.3 참조).

사용되는 에너지 소비량만을 고려하여 차감하였고, 그 외 RDF운송과정 등에서 소비되는 에너지는 고려하지 않았다.

[표 13]과 같이 실행계획에서는 2013년까지 원유 대체로 인한 경제적 효과가 2,086억원 발생하는 것으로 추정하였으나, 재산정 결과 536억원으로 크게 감소하였다. 2010~2020년 동안에 발생하는 총 화석연료 대체효과는 실행계획상의 2조 4,581억원에서 7,407억원으로 약 70% 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 에너지회수로 인한 편익이 폐기물처리비 절감효과와 원유대체효과에 이중 계산된 것을 고려할 때 실제 효과는 이보다 훨씬 작다고 봐야 할 것이다.

[표 13] 가연성폐기물에너지화사업의 화석연료 대체효과 비교

(단위: 억원)

구분	실행계획 ^{주)}	수정	변동	
중기계획	2010	143	37	△106
	2011	176	45	△130
	2012	680	174	△505
	2013	1,089	279	△809
	소계	2,086	536	△1,551
2014~2020	22,495	6,871	△15,624	
총계	24,581	7,407	△17,174	

주: 환경부의 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009.7, 11쪽.

2. 일자리 창출효과 추정의 타당성 평가

2009년 실행계획에서는 폐자원에너지화사업으로 인한 경제적 파급효과를 건설단계와 운영단계로 나누어 산정하였다. 한국은행에서 발표되는 산업연관표 및 취업계수를 이용하여 경제적 파급효과를 추정하였는데, 다음과 같은 점에 대한 재검토가 필요한 것으로 나타났다.

첫째, 운영단계의 일자리 창출효과를 추정함에 있어서 ‘산출액=금융비용+연간운영비’라는 산식을 적용하였는데³⁵⁾, 산출액에 금융비용을 포함하여 일자리 창출효과를 산정하는 것은 타당하지 않다.

금융비용은 감가상각비와 이자비용으로 구성되는데, 감가상각비는 (초기)시설투자비를 내구연한으로 나눈 것이므로 이로 인한 일자리 창출효과는 이미 건설단계의 일자리 창출효과에 포함되었다고 할 수 있다. 시설투자비를 포함한 총사업비에 건설부문의 취업유발계수를 곱하여 건설단계의 일자리 창출효과를 산정하기 때문이다. 시설투자비를 전액 차입에 의해 충당하였고 감가상각비는 차입한 원금에 대한 상환이라고 본다고 하더라도 이것은 자본거래이므로 실물거래(재화나 서비스 거래)로 인한 고용 효과 산정에 포함시키는 것은 부적절하다. 산업연관분석의 원리상 금융기관 차입에 의한 일자리 창출효과는 건설단계에서 폐자원에너지화시설 건설이 금융부문에 미치는 간접적 일자리 창출효과로 이미 반영되었기 때문이다. 다만 이자비용은 그 중 일부가 예·대 마진³⁶⁾의 형태로 금융기관에 귀속되어³⁷⁾ 인건비로 지급되는 등 실물경제에 영향을 줄 수 있으므로 연간운영비와 합산하여 산출액에 포함시킬 수 있으나, 전체 금융비용에서 차지하는 비중은 미미하다고 할 수 있다.

둘째, 폐자원에너지화시설의 운영에 따른 효과를 산정하면서 사회·기타서비스업에 해당하는 취업유발계수인 24.9인/10억원을 적용한 것은 타당하지 않다. 폐자원에너지화시설은 한국은행의 산업연관표 168개 통합소분류에서 위생서비스에 포함되는 것이 적절하다. 산업연관표 분류의 기초가 되는 공급액표를 보면 ‘폐기물수집 및 처리’가 위생서비스³⁸⁾에 포함되어 있기 때문이다.

한국은행에서 발표한 2007년 고용계수표에서 위생서비스의 취업유발계수는

35) 해당 폐자원에너지화시설 운영주체의 산출액이 증가할 경우 결국 일자리가 늘어난다는 점에서 산출액을 기준으로 일자리창출효과를 산정한다. 산업연관분석에서 취업유발계수는 산출액이 10억원 증가할 때 직·간접으로 증가하는 취업자수를 의미한다.

36) 예금 금리와 대출 금리의 차이를 의미한다.

37) 이를 금융귀속(중개)서비스라고 한다.

38) 통합대분류에 의해서도 위생서비스는 사회·기타서비스(27)가 아닌 교육 및 보건(26) 부문에 포함된다.

15.4명/10억원으로 사회·기타서비스업의 경우보다 훨씬 낮음을 알 수 있다.

셋째, 산업연관표의 고용계수표를 이용하여 일자리 창출효과를 분석함에 있어서 주의해야 할 점은 기준년도가 언제인지를 고려해야 한다는 것이다. 2007년 고용계수표의 경우 기준년도가 2005년이다. 따라서 정부투자의 효과를 분석함에 있어서 투자액을 물가변동률을 적용하여 2005년 불변가격으로 환산한 후 고용계수에 곱해 주어야 한다. 그러나 정부는 실행계획이 수립된 2009년도 경상가격인 투자액을 그대로 2007년 고용계수표상의 취업유발계수에 곱해 줌으로써 고용 효과를 과대산정하고 있다.

마지막으로 기술 및 시설 도입으로 인한 영향을 고려해야 한다. 현재 우리나라의 폐자원에너지화 기술 수준은 선진국의 60~70% 정도인 것으로 평가되고 있으며, 폐자원에너지화시설을 건설함에 있어서 독일, 일본 등 기술 선진국으로부터 기술 및 시설을 도입하고 있는 실정이다. 이 경우 사업 추진으로 인해 국내 경제에 미치는 파급효과는 상당히 감소할 것으로 추정된다. 그러나 정부는 이 점을 전혀 고려하지 않고 폐자원에너지화시설 건설로 인한 경제적 효과, 즉 생산 및 고용 증가 효과가 모두 국내 산업에 파급되는 것으로 가정하고 일자리 창출효과를 산정하였다.

이러한 점들을 고려할 때 폐자원에너지사업으로 인한 일자리 창출효과는 2009년 실행계획에서 제시하고 있는 효과보다 상당히 적은 것으로 분석되었다 ([표 14] 참조). 건설단계의 일자리 창출효과는 실행계획의 3만 1,862개에서 2만 9,511개로 약간 감소하지만³⁹⁾, 운영단계의 일자리 창출효과는 7,920개에서 2,366개로 크게 감소하는 것으로 추정되었다. 이것은 운영단계의 일자리 창출효과를 산정함에 있어서 금융비용을 제외한 연간운영비만을 고려하고 위생서비스의 취업유발계수를 적용하였기 때문인데, 토목·건축사업을 통해 일용직 근로자 등 단기적인 일자리를 창출하는 효과는 기대할 수 있지만 장기적인 일자리 창출효과는 크지 않다는 것을 보여준다. 총 일자리 창출효과가 실행계획에서 산정한 수치보다 20% 정도 감소하는 것으로 나타났다⁴⁰⁾.

39) 이것은 GDP디플레이터를 이용하여 투자액을 2005년 불변가격으로 환산한 결과이다.

40) 전체 사업비 중에서 외국 기술 및 시설 도입 비용이 차지하는 비중에 대한 자료를 얻을 수 없어서 이에 따른 마이너스 효과는 반영하지 못하였다.

[표 14] 가연성폐기물에너지화사업의 일자리 창출효과 비교

(단위: 개)

구 분	실행계획 ^{주)}	수정	변동
건설단계	31,862	29,511	△2,351
운영단계	7,920	2,366	△5,554
계	39,782	31,877	△7,905

주: 환경부외 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행계획, 2009.7, 12쪽.

IV. 폐자원에너지화사업 집행 평가

1. 여건 변화에 대한 대응 절차 평가

가. 폐기물 성상 등 여건 변화에 대한 처리 기술 검토 미흡

대규모 폐기물전처리시설을 운영한 경험이 전혀 없는 상황에서 폐기물 성상이나 이에 따른 처리 기술에 대한 엄밀한 검토 없이 2014년까지 동시에 15개 폐기물전처리 및 RDF제조시설 건립을 추진하는 것은 시행착오에 의해 예산을 낭비할 가능성을 내포하고 있다.

폐기물의 함수율 등 폐기물의 성상에 대한 통계 자료는 폐기물처리시설의 건설 및 운영계획을 수립함에 있어서 중요한 영향을 미치는데, 이러한 통계 자료의 신뢰성이 매우 낮은 것으로 나타났다. 예를 들어, 현재 폐자원에너지화시설 타당성조사 보고서에서 가정하고 있는 폐기물의 함수율은 대체로 공정시험법에 의해 측정되고 있는데, 이 방법은 측정자가 어떤 부분에서 샘플을 취득하느냐에 따라 함수율이 크게 달라지기 때문에 그 결과의 오차가 큰 것으로 드러났다.

[표 15] 수도권매립지RDF시설 반입폐기물 함수율 예측과 실제

구분	기본설계 (공정시험법)	공사 통계자료 (2006~2009년, 공정시험법)		시운전시 (성상별 분류없이 함수율 측정)	
		측정범위	평균	측정범위	평균
반입폐기물 함수율(%)	14.9~34.3 (평균 20.0)	12.0~40.1	21.3	31.5~55.1	45~50

자료: 수도권매립지관리공사, 생활폐기물 고형연료 제조 및 선별기술(수도권매립지 가연성폐기물 자원화 시범사업 설치사례 중심), 2010. 3.

[표 15]와 같이 수도권매립지 RDF시설에 반입되는 폐기물의 함수율에 대한 기본설계상의 예측은 14.9~34.3%(평균 20.0%)이고, 수도권매립지관리공사의 2006~2009년 동안의 통계자료에 의하면 12.0~40.1%(평균 21.3%)로 나타났는데, 이 자료들은 모두 공정시험법에 의해 측정된 것이다. 그런데 수도권매립지 RDF시설을 시운전하면서 실제로 반입되는 폐기물에 대해 성상별 분류 없이 함수율을 측정한 결과는 31.5~55.1%에 평균도 45~50%로 나타나, 공정시험법에 의해 측정한 결과와 큰 차이를 보이고 있다. 소각시설 운영현황 자료에 나와 있는 생활폐기물의 전국 평균 함수율은 약 33%인데, 이 수치도 실제보다 낮을 가능성이 크다.⁴¹⁾ 특히 우리나라는 계절별로 함수율의 변동이 심하다는 특징이 있어서 여름철 및 김장철 등에는 함수율이 50%를 훨씬 상회하는 것을 볼 수 있다.

이러한 우리나라의 특성에 적합한 처리 기술을 충분히 검토하지 않고 부정확한 통계 자료를 기초로 전처리시설을 설계함으로써 운영과정에서 문제가 발생하게 되었다. 수도권매립지관리공사에서 시범사업으로 추진하고 있는 200톤/일 규모의 RDF제조시설은 2009년 11월부터 본격 가동할 예정이었으나 위 [표 15]에서 나타난 바와 같이 당초 설계 기준 및 통계자료보다 높은 함수율을 가진 폐기물이 반입됨으로써 건조기에 과부하가 걸리는 등의 여러 가지 기술적 문제⁴²⁾가 발생하였다. 결국 RDF생산율이 30%로 설계치(50%)에 미달하는 상태로 2010년 4월에야 준공허가가 났으며, 이러한 성능 저하와 공사 지연을 둘러싸고 공사와 설계·시공업체간에 책임 공방이 벌어지고 있는 상황이다⁴³⁾.

수도권매립지 시범사업은 독일 HAASE사의 기술을 도입하여 수행되었는데, 동 회사는 원래 ‘유기성폐기물의 혐기성소화⁴⁴⁾에 의한 바이오가스화’의 원

- 41) 환경부도 이러한 문제점을 인정하고 이를 개선하기 위해 현재 전국 폐기물에 대한 함수율 재측정을 추진 중이라고 한다.
- 42) 건조기가 과열되어 화재가 발생하고, 건조가 제대로 되지 않아 수분이 많기 때문에 성형이 제대로 이루어지지 않았으며, 분리·선별공정이 원활하게 이루어지지 않아서 RDF생산량이 설계량에 훨씬 미달하였다.
- 43) 수도권매립지관리공사와 한국환경공단은 함수율 측정 오차를 최소화하기 위하여 2010년 3월부터 함수율 손실 없이 측정할 수 있는 측정 장비를 구입·활용하고 있으며, 폐자원에너지화시설을 설치하고자 하는 자치단체의 폐기물 함수율 측정 등에도 활용하고 있고 자치단체도 동 장비를 구입토록 독려하고 있다고 한다(환경부).
- 44) 혐기성소화처리는 일명 “메탄발효”라고도 하며, 주된 목적은 폐수 혹은 폐기물처리

천 기술을 가진 곳이다. 그런데 정작 수도권매립지의 RDF시설은 유기성폐기물을 분리·선별한 후 매립장에 바로 매립하는 것으로 되어 있기 때문에 유기성 폐기물로부터 바이오가스를 생성하는 기술을 적용할 여지가 없으며, 더구나 독일에서는 거의 사례를 찾아보기 힘든 성형RDF를 제조하는 시설로 설계되었다. 수도권매립지 RDF시설은 반입되는 폐기물을 건조공정을 거치지 않고 바로 분리·선별공정을 통과시키고, 선별된 가연성폐기물만을 건조기를 통과시켜서 건조시킨 후 성형하는 구조로 되어 있다. 이것은 전반부 분리·선별공정은 비성형 RDF를 생산하는 독일의 기술을⁴⁵⁾, 후반부의 건조·성형공정은 성형RDF를 생산하는 일본의 기술을 적용한 것으로서, 결국 독일 기술과 일본 기술을 혼합해 놓은 시설이라고 할 수 있다. 이러한 혼합 기술이 우리나라의 폐기물 성상에 적합한 지에 대한 사전 검토가 보다 엄밀하게 수행되었어야 할 것이며, 무조건 외국 기술을 도입할 것이 아니라 국내 중견기업들에 의해 개발된 국내기술을 적용하는 것도 검토했어야 한다.

나. 시범사업의 문제점 반영 노력 미흡

더욱 심각한 것은 시범사업을 통해 계획 및 설계단계에서 예측하지 못한 여러 가지 문제점들이 발견되었음에도 불구하고 이러한 상황 변화에 대응하여 우리나라의 폐기물 특성과 이러한 특성에 적합한 기술에 대하여 엄밀하게 검토하고 대책을 강구하는 노력이 매우 미흡하다는 점이다.

기술 및 공정에 대한 재검토 없이 수도권매립지관리공사의 본 사업(1,200톤/일 규모), 부산(900톤/일), 포항(300톤/일)을 비롯하여 총 15개 폐기물전처리 시설사업이 2014년까지 가동하는 것을 목표로 동시에 추진되고 있다. 이것은 정부가 신재생에너지 공급 확대라는 목표를 달성하기 위하여 폐자원에너지화시설 확충사업을 서둘러 추진하고 있기 때문이다.

와 동시에 메탄이라는 에너지를 회수하기 위하여 적용되고 있다. 혐기성소화라는 용어내에 포함된 것과 같이 산소가 없는 무산소상태에서 분해가능한 유기물을 분해시켜 메탄으로 전화시키는 것이다.

45) 독일 실지 평가에서 방문한 HAASE사의 기술을 적용한 시설은 수도권매립지 RDF 시설의 전반부 공정과 거의 동일한 시설을 갖추고 있음을 확인할 수 있었다.

예를 들어, 부산시 전처리시설은 민자사업으로 추진되어 현재 실시협약이 체결되어 실시설계가 진행 중이다. 수도권매립지 시범사업과 유사한 독일 HAASE사의 기술을 도입하여 비성형·비건조방식으로 RDF를 생산하는 것으로 계획되어 있는데, 음식물쓰레기의 분리수거가 잘 이루어지고 있기 때문에 반입되는 폐기물의 함수율이 30%를 넘지 않을 것이라는 전제 하에 설계가 이루어지고 있다.

그런데 수도권매립지 시범사업에서 측정된 함수율 자료에서 나타나는 바와 같이 공정시험법에 의해 측정된 폐기물 함수율 자료와 실제 폐기물의 함수율은 두 배 이상의 큰 차이를 보인다. 수도권매립지의 경우 바로 이러한 함수율 측정 자료를 믿고 시설을 설계하였기 때문에 운영상의 문제점이 발생한 것이다. 부산 RDF시설이 건설되면 폐쇄되는 것으로 계획되어 있는 다대소각장의 경우 반입 폐기물의 평균 함수율이 36.3%인데, 월별로는 40%를 상회하기도 하는 것으로 나타난다⁴⁶⁾. 그런데 이 통계 자료 역시 공정시험법에 의해 측정되기 때문에 그 신뢰성이 높지 않은 것으로 평가되며, 실제 함수율은 훨씬 높을 것으로 예상된다⁴⁷⁾. 그럼에도 불구하고 부산시는 감사원 감사 등에서 문제점이 없다는 결론이 났다면 건조공정을 추가하는 등 시설을 변경할 계획이 전혀 없다는 입장이다.⁴⁸⁾ 이것은 함수율이 특히 높은 시기를 대비하여 RDF전용보일러에서 생산되는 열에너지의 일부를 이용한 건조공정 도입을 고려할 필요가 있다는 환경부의 입장과는 맞지 않는 것이다.

예상보다 높은 함수율을 가진 폐기물이 반입되는 경우 폐기물 분리·선별 공정에 지장을 초래하여 생산 효율이 하락하고 RDF의 품질도 저하시키게 될 것이다. 현재 운영 중인 수도권매립지 RDF시설의 RDF생산률은 30% 정도인 것으로 나타나며, 독일 MBT시설에 대한 실지 평가를 통해서도 함수율이 높고

46) 제5장 경제성 평가 [표 28] 참조.

47) RDF기술 전문가의 의견에 의하면 함수율이 40% 정도만 되어도 건조공정 없이 비성형 RDF의 함수율 기준인 25%를 맞출 수 없다고 한다.

48) 부산시 전처리시설 담당자는 수도권매립지와는 달리 부산시 전처리시설에는 철저히 음식물 분리수거가 이루어진 양질의 폐기물(종량제 봉투)만 반입될 것이므로 문제가 없다고 강조하고 있다.

유기성폐기물이 포함된 생활폐기물의 경우 유기성폐기물과 불연성폐기물을 선별한 후 최종 RDF생산량은 폐기물 투입량의 35% 정도에 지나지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.⁴⁹⁾ 그럼에도 불구하고 부산시 RDF시설의 계획에서 RDF생산률이 69%에 이를 것으로 가정하고 있는 것은 시범사업에서 나타난 문제점에 대한 검토가 이루어지고 있지 않다는 것을 보여준다.

이렇게 시설 운영과정에서 나타날 수 있는 기술적 문제점에 대한 철저한 검토가 미흡한 상태에서 사업을 성급하게 추진하게 되면 수도권매립지 시범사업과 같이 전처리시설의 운영과정에서 차질이 발생하게 되고, 결국 RDF이용시설에 대한 RDF공급량이 부족하고 RDF의 발열량도 설계 기준을 충족하지 못하게 될 것이다. 이것은 폐자원에너지화시설이 폐기물 처리시설로서의 역할을 제대로 감당하지 못하고 에너지 회수 목표도 달성하지 못하는 것으로, 중국적으로는 예산 낭비와 국가적 손실만을 초래할 수 있다. 따라서 성급하게 추진하는 것보다는 관계 전문가의 자문, NGO 및 이해관계자와의 협의 등을 통해 시범사업에서 나타난 문제점들을 충분히 검토한 후 추진하는 것이 바람직하다.

2. 타당성 및 민자사업 적격성조사 단계 평가

폐자원에너지화사업은 많은 시설투자비가 필요하고 시설이 건립된 이후에도 15년 이상의 내구연한 동안 많은 유지관리비가 소요되는 사업이라는 점에서 사업 추진 과정 중에 반드시 사업의 경제적, 환경적 타당성에 대하여 엄밀하게 분석하는 절차가 필요하다. 또한 민간투자사업으로 추진되는 경우는 해당 사업을 재정사업이 아닌 민자사업으로 추진하는 것이 국가적으로 더 유리한지를 평가하는 적격성조사가 적절히 수행되어야 한다.

그런데 분석 결과 이러한 경제적·환경적 타당성과 민자사업 적격성조사 단계가 미흡한 것으로 평가되었다.

49) 독일의 경우 상업(사업장)폐기물을 같이 처리하고 있어서 최종 RDF생산률은 더 높을 수 있다.

가. 경제적 타당성 및 적격성조사 미흡

현재 추진 중인 전처리 및 RDF전용보일러시설에 대한 타당성 및 민자사업 적격성조사 실시 현황을 보면 다음과 같다.

[표 16] 전처리 및 RDF전용보일러시설 타당성 및 적격성조사 실시 현황

타당성조사 실시여부	지자체	제출 지자체 ^{주)}
실시	부산, 인천(수도권매립지), 부천, 가평, 원주, 당진, 무주, 부안, 나주, 순천, 목포, 포항	부산, 인천, 가평, 원주, 당진, 무주, 나주, 순천, 목포
미실시	대전, 남해	

주: 국회예산정책처에 타당성 및 적격성조사 보고서를 제출한 곳임.

대부분의 사업에 대하여 타당성조사가 이루어지고 있으며, 민자사업으로 추진되고 있는 부산시의 경우 적격성조사도 수행되었다.

그런데 실제로 타당성조사 보고서에서 사업의 경제성 및 환경성에 대한 검토가 제대로 이루어졌다고 보기 어렵다. 예를 들어, 당진군의 경우 생활폐기물의 효율적 처리방안으로 소각시설과 기계적 전처리시설을 비교하였는데⁵⁰⁾, 기계적 전처리시설을 통해 폐기물의 처리가 종료되는 것이 아니고 제조된 RDF가 운반되어 소각됨으로써 처리가 종료된다는 점을 고려하지 않고 두 방안을 비교하였다. 이에 따라 RDF운반에 의해 유발되는 비용에 대해서는 언급도 하지 않았으며, RDF소각을 위해 필요한 배출 방지시설 비용⁵¹⁾도 고려하지 않았다. RDF시설이 처리잔재물이 적어서 매립장의 사용기간 연장측면에서 가장 유리하다고 기술하고 있는데, RDF제조(전처리)시설에서 선별된 잔재물이 통상 폐기물

50) 당진군 폐자원 에너지화(고체연료화)시설 설치사업 타당성조사 보고서(2009.7), 159~160쪽.

51) 전처리시설을 통해 생산된 RDF도 소각시 유해물질을 배출하기 때문에 RDF소각시설에 대해서도 폐기물 소각시설과 동일한 배출기준이 적용된다. 이에 따라 일반 보일러시설에 비하여 방지시설 설치에 추가로 비용이 소요된다.

양의 30% 정도이고 RDF소각과정에서 발생하는 소각재가 또한 10% 이상 발생한다. 소각시설에서 발생하는 소각재는 소각처리량의 18.7% 정도라는 점을 고려할 때⁵²⁾, 매립장의 사용기간 연장측면에서는 오히려 RDF시설이 불리하다고 할 수 있다.

부산시 RDF시설에 대한 적격성조사 보고서를 검토한 결과, 사업의 타당성 검토에 있어서 일부 문제점이 발견되었다.

부산시 적격성조사 보고서에서는 연료화 및 발전시설 투자에 따른 편익을 직접편익과 간접편익으로 나누고 직접편익 중에는 폐기물 연료화시설 및 발전시설에서 얻어지는 폐열 활용에 따른 편익, 매립시설의 매립량 감소 및 대체매립장 건설에 따른 편익, 기존 소각시설 철거 후 대체시설 건설에 따른 편익 등을 산정하였다. 이렇게 산출된 편익의 크기와 소요투자비용을 비교한 결과 편익/비용 비율이 1보다 크게 나오므로 해당 사업은 경제적 타당성이 있다는 결론을 내리고 있다.

그런데 매립시설의 매립량 감소 및 대체매립장 건설에 따른 편익을 계산하면서 전처리과정에서 발생하는 잔재물만 매립이 필요한 것으로 가정하고 전용보일러시설에서 발생하는 소각재의 매립량은 고려하지 않았다. 동 보고서에서 발전시설의 비용을 산정하면서 바닥재, 보일러재, 비산재를 통틀어 전용보일러시설용량의 약 10.95% 정도 소각재가 발생하는 것으로 가정하고 있으므로, 폐기물밀도를 0.9톤/m³으로 가정⁵³⁾할 경우 약 297천m³만큼의⁵⁴⁾ 대체매립장건설편익이 과대 계상되었다.

또한 총 매립감소량이 3,016천m³일 때 대체 매립장건설편익이 2,368억 5,400만원이라고 산정하였는데, 이것은 m³당 설치비가 78,532원이라고 가정한 수치이다. 부산 생곡매립장의 m³당 설치비가 14,853원 정도인 것을 감안할 때 이것은 편익을 과대 추정한 것이다. 예상되는 매립감소량은 3,016천m³임에도 불구하고 생곡매립장의 예상매립기한인 2031년에 매립용량 24,494천m³ 규모의 대

52) 2009년도 대형소각시설현황, 환경부 홈페이지(www.me.go.kr).

53) 통상 생활폐기물의 경우 0.4~0.5톤/m³으로 가정하지만 소각재의 경우 밀도가 높아지는 점을 고려하였다.

54) 500(톤/일)×10.95%×325(일)×15(년)÷0.5(톤/m³)=296,563m³.

체 매립장을 건설하는 데 소요되는 비용을 모두 편익으로 산정한 데서 발생한 오류이다.⁵⁵⁾ 더구나 실질적인 매립 감소량은 3,016천m³에서 앞서 언급한 소각재 매립량을 빼 주어야 할 것이다. 대략 설치비가 매립장 면적에 비례한다고 가정하고 실질적인 매립감소량 2,719천m³를 기준으로 대체 매립장건설편익을 구할 경우 약 438억 1,700만원이 된다⁵⁶⁾.

더불어 잔재물과 소각재의 매립비용을 생곡매립장 반입수수료가 지자체 조례에 의해 면제된다는 이유로 비용에서 제외하였는데, 국가적으로는 그 만큼 매립장을 소모하는 것이므로 이를 비용에 포함시켜서 분석하는 것이 타당하다. 2009년 실행계획에서 가정한 폐기물 반입수수료 24,610원/톤⁵⁷⁾을 적용할 경우 잔재물 및 소각재 매립비용은 약 310억 5,500만원이 된다.

이러한 문제점들을 수정할 경우 부산시 RDF시설의 편익/비용 비율(B/C ratio)이 1보다 크다는 결과는 반전될 것으로 추정된다. 적격성조사 보고서에서는 B/C ratio가 1.047이라는 결과가 나왔는데, 대체 매립장건설편익과 잔재물소각재매립비용을 조정추가할 경우 B/C ratio는 0.806으로 하락한다. 따라서 부산시 적격성조사 보고서에서 민자사업으로서의 적격성(VFM⁵⁸⁾)이 없다는 결과가 나왔음에도 불구하고 경제적 타당성이 있는 사업이라는 것 등을 이유로 들어서 조건부⁵⁹⁾ 적합 판정을 내린 것은 적절하지 않은 것이다.

또한 다대소각장의 폐쇄를 전제로 하여 폐기물 반입량 등을 추정하였고 적

55) 매립감소로 인하여 2031년에 대체 매립장을 건설해야 할 것이 2044년 또는 2050년으로 연기될 수 있다면 그 기간동안의 이자비용만큼이 추가로 편익이 될 수 있으나, 전체 건설비용을 모두 편익으로 산정한 것은 타당하지 않다.

56) 부산시 RDF시설 적격성보고서에서 생곡매립장으로 조성공사비로 산정한 2,183억원은 2~5구역의 설치비인 것으로 밝혀졌다. 폐기물 통계(www.me.go.kr)에 따르면 생곡매립장의 총 조성공사비는 3,638억원인데, 동 보고서와 동일하게 소비자물가지수를 고려하면 3,947억 2,300만원이 된다. 여기에 $2,719/24,494 \times 100 = 11.1\%$ 의 비율을 적용한 것이다.

57) 엄밀하게는 폐기물 매립처리 단가를 적용하여야 하나 편의상 폐기물 반입수수료가 이것을 반영한다고 가정한 것이다.

58) 'Value for Money'의 약자로서 민간투자대안(PFI)이 정부실행대안(PSC)과 비교할 때 더 유리한지를 정량적으로 판단하는 것이다.

59) VFM이 확보되는 수준에서 사업을 진행하여야 한다는 것과 추후 다대소각장의 폐쇄여부를 결정한 후 사업을 진행하여야 한다는 것 등을 조건으로 제시하였다.

격성조사 보고서에서도 다대소각장의 폐쇄여부를 결정한 후 사업을 진행하여야 한다고 명시하고 있음에도 불구하고, 그와는 무관하게 사업이 추진되고 있다는 점도 사업집행 절차상의 문제점 중의 하나이다.

나. 환경적 타당성조사 미흡

정부는 폐자원에너지화사업이 저탄소 에너지 생산·보급을 위한 대책의 일환으로 추진되고 있다고 주장하고 있다. 따라서 이 사업들이 실제로 여타 폐기물 처리대안들과 비교할 때 에너지 소비 절감에 얼마나 기여하는지 그리고 지구온난화, 오존층파괴, 광화학스모그 등의 환경적 측면에서는 어떠한지를 검토할 필요가 있다.

그러나 가연성폐기물에너지화사업의 환경성을 평가함에 있어서는 처리공정의 에너지 수지와 오염물질 배출량을 단순 비교하는 데 그치고 있다. 즉 RDF 제조공정에 투입되는 에너지와 생산되는 고품연료를 의해 회수되는 에너지만을 고려하고, 이 때 발생하는 오염물질 발생량을 소각처리시설의 그것과 비교하고 있다. 그러나 RDF시설과 관련한 환경영향을 분석함에 있어서는 RDF제조공정 뿐 아니라 RDF운송 및 연소, 소각재처리과정의 투입에너지와 이러한 에너지를 생산·소비하는 과정에서 유발하는 환경영향 등에 대해서도 고려해야 한다.

이러한 목적으로 사용될 수 있는 유용한 방법론이 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)⁶⁰⁾인데, 이는 제품 또는 서비스의 전과정 즉, 제품의 원료 채취, 생산, 사용, 운송 및 폐기단계에 걸친 환경영향을 평가하는 기법이다. 전과정평가의 궁극적인 목적은 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 실현하기 위하여 제품, 재료 등의 전과정을 통한 자원/에너지 소비 및 환경오염 부하를 최소화시키고 개선방안을 모색하는 데 있다. LCA는 보다 효과적인 환경보전 방안을 모색하기 위한 수단으로 기업체 및 행정기관, 소비자(단체) 등으로 활용 범위를 넓혀가고 있다.

환경부도 환경상품 인증제도에서 LCA를 적용하고 있지만, 폐자원에너지화 사업에 있어서는 2009년 실행계획이나 환경부의 제출자료, 그리고 사업 타당성

60) LCA에 대해서는 부록 1 참조.

보고서 중 어디에도 전과정평가를 수행한 결과를 찾아볼 수 없다. 시기적으로 다소 늦은 감은 있으나 빠른 시일 내에 LCA를 적용한 평가를 할 필요가 있고 이를 토대로 폐자원에너지화사업의 적정성에 대해 재검토할 수 있는 시간을 가지는 것이 바람직하다고 판단된다.

V. 폐자원에너지화사업 성과 평가

폐자원에너지화사업은 폐기물 에너지화 종합대책 및 실행계획에 의해 추진되고 있는 사업으로 대부분의 사업들이 아직 준공되지 않은 상태이므로 현 시점에서 사업의 성과를 평가하기는 힘든 상황이다. 본 보고서에서 초점을 맞추고 있는 가연성폐기물에너지화사업의 경우도 시범사업으로 수행된 200톤/일 규모의 수도권매립지 전처리시설이 현재 시운전 중이고, 부천 전처리시설은 2010년 4월부터 시운전할 것으로 예정되어 있을 뿐 여타 시설들은 시설공사중이거나 계획 수립·설계단계에 있다. 따라서 현재까지 수도권매립지와 부천 전처리시설의 설치 및 시운전과정에서 축적된 자료를 근거로 사업의 성과를 추정해볼 수밖에 없는데, 관련 자료를 수차례 환경부 및 수도권매립지관리공사 등에 요청하였으나 협조가 이루어지지 않았다.

이러한 한계로 인하여 여기서는 국내에서 유일하게 정상 운영중인 전처리시설인 원주RDF시설의 설치·운영자료를 기본으로 하고 수도권매립지 전처리시설 및 부산시 전처리 및 RDF전용보일러시설의 계획 및 실시협약에 명시된 설치·운영비용자료를 참고하여 예상되는 성과를 평가해 보았다. 경제성과 환경성 측면으로 나누어 성과를 추정하였는데, 환경성은 폐기물 처리방안별로 시나리오를 작성하여 전과정평가(LCA)를 통하여 지구온난화, 오존층파괴, 자원고갈 등의 항목에 대하여 미치는 영향을 비교·평가해 보았고, 경제성은 매립, 소각처리방안과 전처리 및 RDF제조·이용방안의 톤당 처리비용을 비교함으로써 직접비용, 환경비용, 편익 등을 고려하였을 때 가연성폐기물에너지화사업이 얼마나 국가적 이익을 가져올 것으로 예상되는지 평가해 보았다.

본 장에서 수행하는 경제성 및 환경성 평가는 폐자원에너지화사업의 성과에 대한 추정을 통해 사업의 성과에 대한 사전적 평가를 수행하는 것 뿐 아니라 정부가 주장하고 있는 사업의 기대효과에 대하여 검증하는 것을 목적으로 한다. 평가 과정에서 소각처리방안 등과 경제성 및 환경성을 비교하는 것은 새롭게 폐자원에너지화사업을 추진함에 따라 얻게 되는 사회적 이익과 손실을 산

출함으로써 얼마나 많은 예산을 동 사업에 투입할 가치가 있으며, 어떤 방식으로 투자하는 것이 국가적으로 볼 때 가장 효율적인지를 평가하기 위한 것이다. 따라서 평가 결과를 해석함에 있어서 상대적으로 더 타당성이 있는 특정 정책 대안을 선택하는 측면보다는 전반적인 폐기물관리정책의 방향을 모색하는 차원에서 바라보는 것이 바람직할 것이다.

1. 환경성 평가⁶¹⁾

급속한 경제발전에 따른 산업화와 인구 증가 및 도시 집중화에 따라 발생하는 대량의 폐기물은 이미 도시 행정에 있어 큰 문제 중의 하나가 되고 있다.

우리나라는 1990년대 이후 폐기물매립장의 부지확보가 어려워지면서 이에 대한 해결책으로 폐기물의 절대적인 감량과 열에너지회수 측면에서 장점을 지닌 소각처리 방법이 대안으로 부각되었다. 그런데 대형 생활폐기물 소각시설의 경우⁶²⁾, 소각열을 회수하여 자체 사용 또는 외부로 공급하고 있는데, 음식물쓰레기의 분리수거율이 높아지고 폐기물 중 포장재가 차지하는 비중이 커짐에 따라 생활폐기물의 발열량은 계속해서 증가하고 있어서 소각열 에너지의 회수와 이의 효율적 이용이 소각처리의 환경성을 결정짓는 중요한 변수가 되었다. 이것은 최근 폐기물을 통한 에너지 회수를 취지로 급속히 추진되고 있는 폐기물 고형연료(RDF)화시설을 비롯한 폐자원에너지화방안의 경우도 마찬가지라고 할 수 있다.

이에 따라 특정한 대기배출물 등에 초점을 맞추어 수행되던 환경성평가에서 벗어나 에너지 회수 및 이용, 에너지 투입⁶³⁾ 등 전과정에 걸친 모든 투입산출물을 고려하여 그 잠재적 환경영향을 평가할 필요성이 제기되었다. 이에 본

61) LCA분석은 고려대학교 임송택(농경제학과 박사과정)의 도움으로 수행되었다.

62) 생활폐기물 소각시설은 대부분 스토키 방식으로, 일부 분리수거되는 음식물쓰레기·재활용품을 제외한 생활폐기물이 별도 선별과정 없이 소각되고 있다.

63) 폐기물 회수 및 처리과정에 투입되는 에너지를 의미한다.

평가보고서에서는 생활폐기물 매립, 소각방식과 전처리 및 RDF제조·소각방식에 대하여 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)를 통하여 투입·산출물에 대한 환경데이터베이스를 구축함으로써 잠재적 환경영향을 평가하고, 생활폐기물의 구성 성분별 환경부하량을 할당함에 있어 그 기준을 다양하게 적용함으로써 각 기준에 따라 구성 성분들이 차지하는 환경영향 결과값들을 비교·검토해 보려 한다. 이를 통해 폐자원에너지화대책에 포함된 가연성폐기물에너지화사업에 대한 환경성 평가의 기초자료를 마련코자 한다.

가. 생활폐기물 처리 시나리오 수립

본 평가보고서에서는 생활폐기물의 처리방법별 환경성평가를 위해 선별비성형, 건조비성형, 건조성형 등 모두 3종류의 RDF제조·소각방식과 기존의 소각 및 매립방법을 포함하는 5개의 시나리오를 수립하였다. 시나리오별로 처리시설의 운영현황 자료를 수집하고 국내외 전과정목록(LCI)데이터베이스를 이용하여 처리시설에서의 환경부하는 물론 투입물의 생산, 산출물의 처리에 따른 환경부하를 모두 고려한 전과정영향평가를 수행하였다.

(1) 생활폐기물 소각처리

생활폐기물을 분리·선별 등의 전처리 과정없이 단순 소각처리하는 방식을 의미한다. 2009년 현재 전국에서 운영 중인 35개 생활폐기물 자원회수시설 운영현황 자료(2008년도 기준)를 바탕으로 생활폐기물 소각처리시설 및 공정에 대한 분석을 실시하였다.

소각처리시설의 운영 시 투입되는 보조연료, 전기 및 화학약품과 이산화탄소를 비롯한 각종 대기배출물, 소각재의 매립처리를 고려하였으며, 폐열회수시설을 통해 회수한 열에너지의 양을 조사하였다. 바닥재와 비산재로 구분되는 소각재는 대부분 매립처리되고 있으며, 매립 시 유기물 분해에 따른 침출수 및 매립가스의 배출이 거의 없으므로 혼합폐플라스틱 매립 국가 LCI 데이터베이스를 적용하였다.

(2) 선별비성형RDF 소각처리

건조공정 없이 비성형(fluff)방식의 RDF를 생산하여 소각하는 처리방식을 의미한다. 전처리시설을 통해 생활폐기물을 파쇄·선별하여 유기성폐기물(약 63.3%)은 소각하고, 무기성폐기물(약 36.7%)은 매립하는 것으로 가정하였다.⁶⁴⁾

여기서 유기성폐기물은 비건조상태의 선별RDF라고 표현할 수 있으며, 소각 시 배출물과 열에너지 회수량은 선별 전 생활폐기물과의 구성비를 고려하였다. 파쇄, 선별과정에서의 전기투입량은 생활폐기물 1kg당 0.0923kwh이며, 잔재물형태로 매립되는 무기성폐기물은 생활폐기물 매립 데이터베이스를 적용하였다.

(3) 건조비성형RDF 소각처리

건조공정을 거쳐 생산된 비성형방식의 RDF를 소각하는 처리방식을 의미한다. 전처리시설을 통해 생활폐기물을 파쇄, 건조 및 선별하여 생산된 건조비성형RDF(약 39.9%)는 소각하고, 무기성폐기물(약 26.9%)은 매립하되, 최초 투입 생활폐기물 기준 약 33.2%의 수분이 수증기 형태로 대기 중으로 증발하는 것으로 가정하였다.

생활폐기물 1kg당 0.1075kwh의 전기와 29.1g의 부생연료가 투입되며, 부생연료의 연소 시 91.9g의 이산화탄소가 배출된다. 생산된 RDF는 함수율 3.9%, 발열량은 4,787kcal/kg이며 전용보일러 및 발전시설에서의 연소 시 단위중량당 대기배출물은 생활폐기물 소각과 동일하되 이산화탄소 발생량은 생활폐기물의 발열량비를 고려하였다.⁶⁵⁾

64) 생활폐기물의 선별, 건조 및 성형에 따른 단계별 RDF 제조 시 투입산출물 자료는 원주RDF제조시설 운영현황을 적용하였다.

65) 건조RDF 1kg 연소에 따른 이산화탄소배출량 $1,914\text{gCO}_2 = \text{생활폐기물 연소에 따른 이산화탄소배출량 } 1,083\text{gCO}_2 \times \text{건조RDF 발열량 } 4,787\text{kcal/kg} \div \text{생활폐기물 발열량 } 2,709\text{kcal/kg}$.

(4) 건조성형RDF 소각처리

건조공정과 압축·성형공정을 거쳐 생산된 성형(pellet)방식의 RDF를 소각하는 처리방식을 의미한다.

건조성형RDF는 생활폐기물 1kg당 0.0303kwh의 전기를 추가 투입하여 건조비성형RDF를 압축·성형하여 제조하며, 성형 여부와 상관없이 건조RDF의 발열량 및 함수율, 원소조성은 동일하다고 가정하였다.

(5) 생활폐기물 매립처리

1992년부터 2001년도까지 10년 동안 수도권매립지 1공구에 매립된 폐기물의 매립공정, 침출수 처리공정, 매립가스 처리공정에 대한 투입산출물 및 국가 LCI 데이터베이스를 이용하였으며, 매립공정의 특성 상 매립지가 안정화되는 2040년까지의 침출수 및 매립가스 배출 예상값을 적용하였다. 매립가스는 악취 제거, 발전 등의 목적으로 포집·연소되고 있으므로 연소에 따른 메탄의 이산화탄소로의 전환, 미포집 메탄가스 배출량, 매립가스 포집율 등을 고려하여 투입산출물 목록을 작성하였다.

[표 17] 생활폐기물 처리방법별 하위흐름

번호	처리방법	하위흐름
1	MSW ⁶⁶⁾ 소각	소각재 매립(혼합폐플라스틱 매립DB)
2	선별비성형RDF 소각	잔재물 매립(생활폐기물 매립DB) + 비건조RDF 소각
3	건조비성형RDF 소각	잔재물 매립(생활폐기물 매립DB) + 건조RDF 소각
4	건조성형RDF 소각	잔재물 매립(생활폐기물 매립DB) + 건조RDF 소각
5	MSW 매립	침출수 처리 + 매립가스 포집/연소

66) Municipal Solid Waste의 약자로서 도시폐기물 또는 생활폐기물을 의미한다.

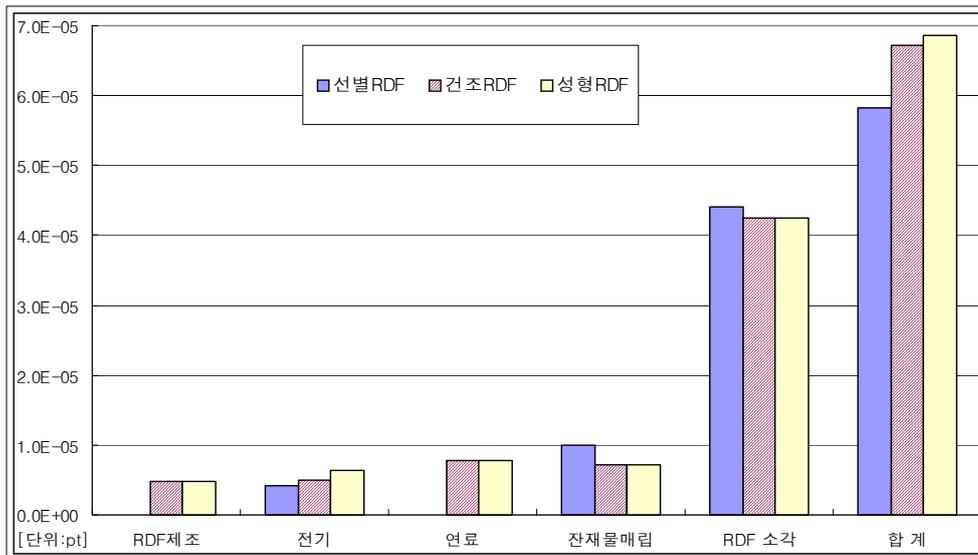
나. 전과정영향 비교

생활폐기물의 선별, 건조 및 성형공정에 따른 시나리오 2번, 3번 및 4번 시나리오의 전과정영향 비교는 다음과 같다.

[표 18] 생활폐기물 1kg의 단계별 RDF 소각에 따른 가중화단계 전과정영향

구 분	RDF제조	전기	연료	잔재물매립	RDF 소각	합 계
선별RDF	0.000E+00	4.264E-06	0.000E+00	9.901E-06	4.414E-05	5.831E-05
건조RDF	4.720E-06	4.964E-06	7.737E-06	7.262E-06	4.247E-05	6.716E-05
성형RDF	4.720E-06	6.362E-06	7.737E-06	7.262E-06	4.247E-05	6.855E-05

[그림 2] 생활폐기물 1kg의 단계별 RDF 소각에 따른 가중화단계 전과정영향



- 주: 1. 단위(pt:point)는 환경영향의 상대적 크기를 나타내는 것으로서 절대적인 크기를 의미하지는 않음. (+)는 환경에 나쁜 영향을 미치는 것을 의미하고, (-)는 환경에 오히려 이로운 영향을 미치는 것을 의미함.
2. 막대의 높이가 환경영향의 상대적인 크기를 의미함. 예를 들어 RDF소각에 따른 환경영향이 잔재물매립에 따른 환경영향보다 4배 이상 크다는 것임.

[그림 2]에서 RDF제조부문은 폐기물 건조 시 발생하는 대기배출물(이산화탄소)에 의한 환경영향을 나타내므로 건조공정이 없는 선별RDF의 경우는 영향이 없다. 모든 종류의 RDF가 RDF제조 및 잔재물 매립보다는 RDF의 소각에 따른 환경영향이 현저히 큰 것을 알 수 있으며, 건조비성형 및 건조성형RDF의 경우 제조과정에서의 환경영향⁶⁷⁾이 각각 25.9%, 27.5%에 달했다.

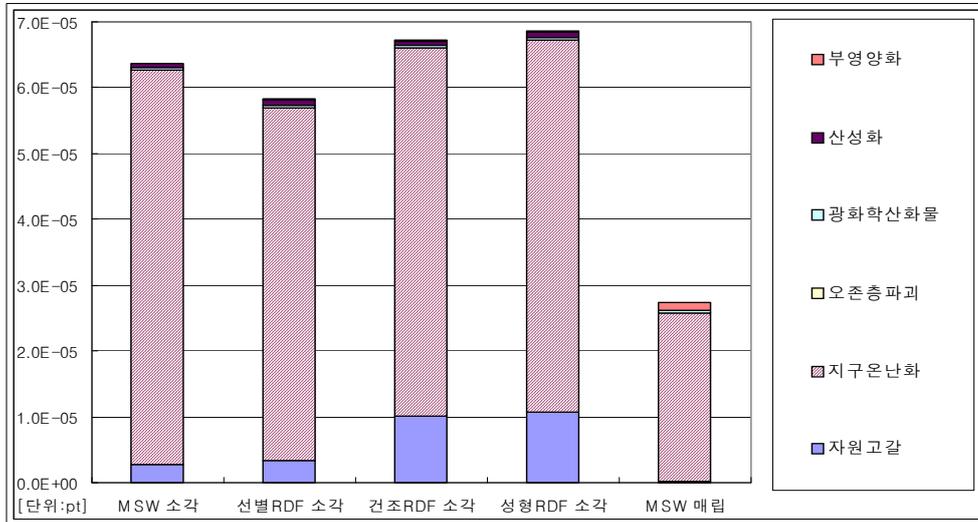
생활폐기물의 소각 및 매립을 포함하는 5개 시나리오별 전과정영향 비교는 다음과 같다. 단, 에너지 회수에 따른 열 및 전기의 생산은 고려하지 않은 결과이며, 페플라스틱의 난분해성으로 인해 매립처리의 환경성이 가장 양호한 것으로 나타났다. 소각 및 RDF소각의 경우는 선별비성형RDF가 상대적으로 가장 우수한 것으로 분석되었다. 건조성형 및 건조비성형RDF는 제조과정에서의 투입연료와 대기배출물로 인해 생활폐기물 소각처리보다 더 큰 환경영향값을 나타내고 있다.

[표 19] 생활폐기물 1kg의 처리공정별 가중화단계 전과정영향

구 분	MSW 소각	선별RDF 소각	건조RDF 소각	성형RDF 소각	MSW 매립
자원고갈	2.862E-06	3.350E-06	1.021E-05	1.073E-05	1.421E-07
지구온난화	5.981E-05	5.360E-05	5.577E-05	5.655E-05	2.572E-05
오존층파괴	6.445E-09	4.550E-09	2.987E-09	2.990E-09	4.285E-10
광화학산화물	3.004E-07	3.920E-07	3.730E-07	4.085E-07	2.789E-07
산성화	7.088E-07	6.630E-07	5.777E-07	6.453E-07	1.980E-08
부영양화	1.163E-08	3.040E-07	2.222E-07	2.223E-07	1.285E-06
합 계	6.370E-05	5.831E-05	6.716E-05	6.855E-05	2.745E-05

67) 위 그림에서 RDF제조, 전기, 연료부문의 환경영향을 합한 것을 말하는데, RDF제조 과정에서 발생하는 대기배출물, 소비되는 전기, 연료로 인한 환경영향을 의미한다.

[그림 3] 생활폐기물 1kg의 처리공정별 가중화단계 전과정영향



다. 회피효과 고려

생활폐기물 및 RDF의 처리 시 폐기물 및 매립가스의 연소를 통해 폐열을 회수할 수 있다. 이렇게 폐기물을 이용하여 생산된 열과 전기는 기존의 화석연료를 이용한 에너지 생산을 대체하는 효과가 있으며 이를 회피효과(avoided impact)라 한다. 일반적으로 회피효과는 음(-)의 환경영향값을 가지며 (-)의 절대값이 클수록 환경에 좋은 영향을 미치는 것을 의미한다.

먼저, 폐기물의 폐열회수량을 파악하기 위해서 생활폐기물 및 RDF의 고위 발열량의 85.0%를 스팀 형태로 회수한다고 가정하였다. 이는 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황의 생활폐기물 발열량과 열생산 총량에 의한 폐열 회수율(85.0%)을 고려한 것으로 스팀 1MJ⁶⁸⁾을 생산하기 위해서는 약 1.176MJ의 1차에너지가 필요하다는 것을 의미한다. 생산된 스팀 전량을 발전에 이용할 경우, 폐기물 및 RDF 1차에너지의 40%가 전력으로 전환된다고 가정하였다. 스팀 1MJ은 전기 0.47MJ(=1.176MJ × 40%)로 전환되며, 이는 전기 0.13kwh에 해당한다.⁶⁹⁾ 폐기물의 회수열로 열병합발전(Combined Heat and Power Generation,

68) 열량 단위로서 4.2J = 1cal 이다. 따라서 1MJ은 약 238kcal가 된다.

CHP)을 하는 경우는 1차에너지(100%) 기준으로 전기생산 40%, 열 생산 40%의 수율을 적용하였다. 즉 열병합발전에 의해 외부로 공급되는 열과 전기를 합한 전체 수율은 80%이다.

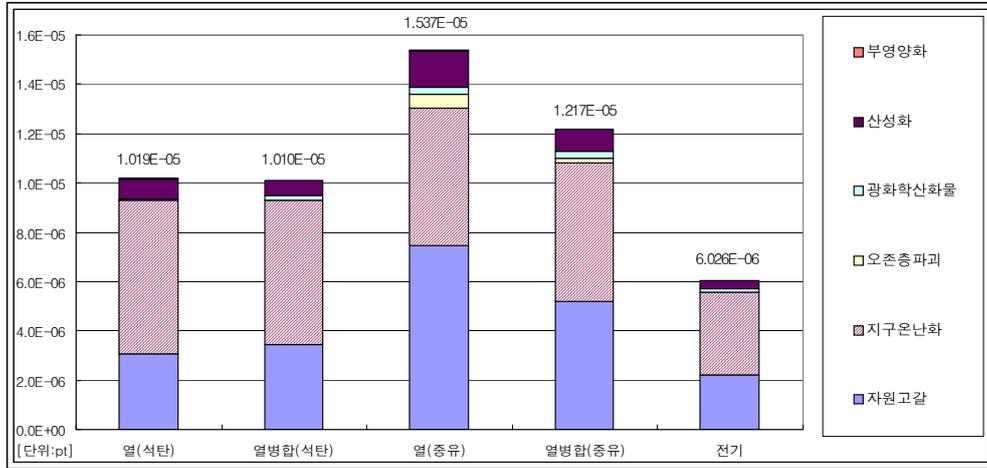
회피효과를 분석하기 위해서는 폐기물의 폐열에너지가 구체적으로 어떤 종류와 형태의 에너지를 대체하는지를 정하는 것이 매우 중요하다. 이는 동일한 열량의 에너지라고 하더라도 에너지원(석탄, 경유, 목재 등) 및 형태(1차에너지, 최종에너지 등)에 따라 환경영향값에 현저한 차이가 있기 때문이다. 생활폐기물 소각시설의 경우 인구밀집지역에 위치하는 경우가 많고 대부분 열병합발전시설을 갖추고 있으므로, LNG 및 중유 열병합발전시설을 대체한다고 볼 수 있다. RDF는 전용보일러에 공급될 경우 LNG, 경유, 중유 보일러 등을 대체하고 발전시설에 공급될 경우는 석탄발전시설, 시멘트 소성로에 공급될 경우는 석탄연료를 대체한다고 가정할 수 있다. 다음은 석탄 및 중유를 이용하여 스팀 1MJ을 생산하거나 발전 또는 열병합 발전을 하는 경우의 환경영향값을 정리한 결과이다. 전기는 스팀 1MJ을 이용하여 생산할 수 있는 전기의 양(0.13kwh)에 대한 국가 발전원별 가중평균 전기 LCI 데이터베이스를 이용하였다.

[표 20] 스팀 1MJ을 이용한 전기 및 열병합발전의 가중화단계 전과정영향

구 분	열(석탄)	열병합(석탄)	열(중유)	열병합(중유)	전기
자원고갈	3.071E-06	3.459E-06	7.447E-06	5.209E-06	2.231E-06
지구온난화	6.235E-06	5.845E-06	5.600E-06	5.591E-06	3.351E-06
오존층파괴	9.553E-09	3.832E-09	5.388E-07	2.155E-07	1.068E-11
광화학산화물	4.165E-08	1.696E-07	2.894E-07	2.687E-07	1.529E-07
산성화	7.929E-07	6.085E-07	1.482E-06	8.842E-07	2.913E-07
부영양화	4.188E-08	1.740E-08	9.706E-09	4.527E-09	6.447E-10
합 계	1.019E-05	1.010E-05	1.537E-05	1.217E-05	6.026E-06

69) 전기생산에 따른 환경영향은 2003년도에 작성된 국가 LCI 데이터베이스 전기생산 자료를 이용하였다.

[그림 4] 스팀 1MJ을 이용한 전기 및 열병합발전의 가중화단계 전과정영향



중유를 이용한 스팀 1MJ을 그대로 열로 이용하는 경우의 회피효과 (1.537E-05pt)가 가장 크고, 중유 열병합발전(1.217E-05Pt)이 그 뒤를 이었으며, 석탄을 이용한 스팀 생산, 열병합발전이 각각 1.019E-05pt, 1.010E-05pt로 비슷한 값을 나타내었다. 스팀 1MJ에 해당하는 전기 0.13kwh의 회피효과는 6.026E-06pt으로 상대적으로 현저히 낮은 값을 나타냈으며, 이는 국내 발전원들 중 약 60%의 비중을 차지하고 있는 원자력발전의 단위전력당 화석연료 사용량 및 온실가스 배출량이 매우 적은 데 따른 것이다.

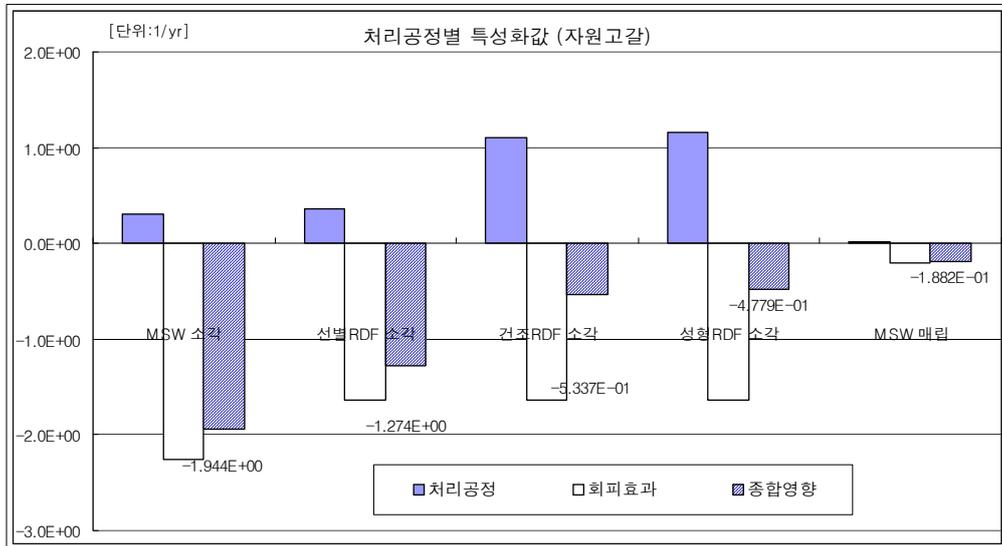
라. 회피효과를 고려한 처리방법별 전과정영향평가

생활폐기물 처리방법별로 회피효과를 고려하여 전과정영향평가를 다시 수행한 결과는 다음과 같다. 처리공정영향과 음(-)의 값을 가진 회피효과를 더한 종합영향값이 각 처리방법의 최종 환경영향이라고 볼 수 있다. 회피효과는 폐기물의 회수열로 전기를 생산했을 경우를 기준으로 분석하고, 다시 중유 스팀과 석탄 열병합발전을 대체했을 경우를 고려하였다.

[표 21] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향

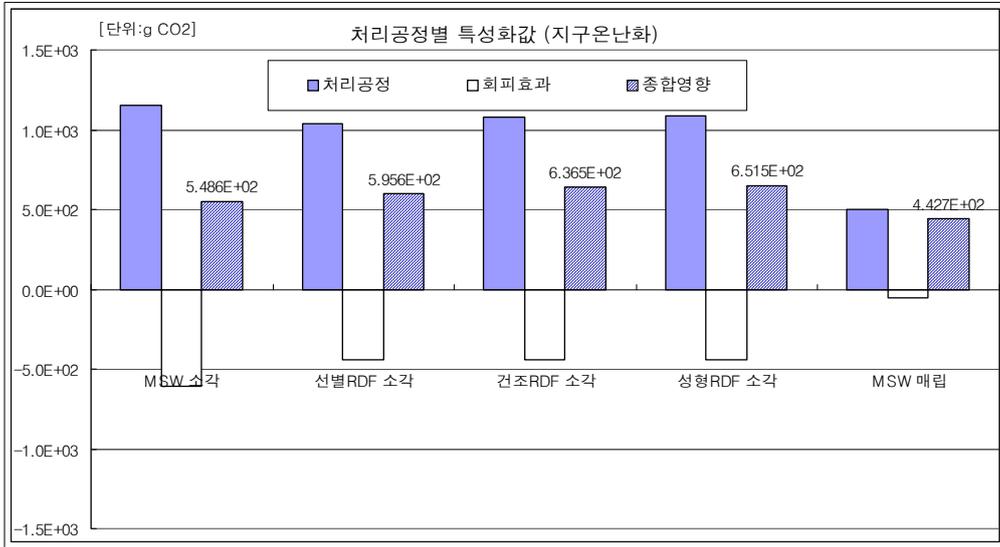
구 분		(단위)	MSW소각	선별RDF 소각	건조RDF 소각	성형RDF 소각	MSW매립
처리 공정	자원고갈	1/yr	3.077E-01	3.606E-01	1.100E+00	1.156E+00	1.531E-02
	지구온난화	g CO2	1.152E+03	1.034E+03	1.075E+03	1.090E+03	4.973E+02
	오존층파괴	g CFC11	8.970E-07	6.343E-07	4.165E-07	4.168E-07	5.981E-08
	광화학산화물	g ethene	1.108E-01	1.441E-01	1.374E-01	1.505E-01	1.032E-01
	산성화	g SO2-	7.830E-01	7.341E-01	6.392E-01	7.139E-01	2.193E-02
	부영양화	g PO4	1.728E-03	4.525E-02	3.307E-02	3.310E-02	1.907E-01
회피 효과	자원고갈	1/yr	-2.252E+00	-1.634E+00	-1.634E+00	-1.634E+00	-2.036E-01
	지구온난화	g CO2	-6.037E+02	-4.381E+02	-4.381E+02	-4.381E+02	-5.457E+01
	오존층파괴	g CFC11	-1.397E-08	-1.014E-08	-1.014E-08	-1.014E-08	-1.263E-09
	광화학산화물	g ethene	-5.288E-01	-3.837E-01	-3.837E-01	-3.837E-01	-4.780E-02
	산성화	g SO2-	-3.018E+00	-2.191E+00	-2.191E+00	-2.191E+00	-2.729E-01
	부영양화	g PO4	-8.945E-04	-6.492E-04	-6.492E-04	-6.492E-04	-8.087E-05
종합 영향	자원고갈	1/yr	-1.944E+00	-1.274E+00	-5.337E-01	-4.779E-01	-1.882E-01
	지구온난화	g CO2	5.486E+02	5.956E+02	6.365E+02	6.515E+02	4.427E+02
	오존층파괴	g CFC11	8.830E-07	6.241E-07	4.063E-07	4.067E-07	5.855E-08
	광화학산화물	g ethene	-4.180E-01	-2.396E-01	-2.463E-01	-2.332E-01	5.535E-02
	산성화	g SO2-	-2.235E+00	-1.456E+00	-1.551E+00	-1.477E+00	-2.509E-01
	부영양화	g PO4	8.332E-04	4.460E-02	3.242E-02	3.245E-02	1.906E-01

[그림 5] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(자원고갈)



자원고갈범주의 특성화단계 전과정영향은 다섯가지 시나리오 모두 음(-)의 값을 나타내었다. 이는 자원고갈 측면에서는 폐기물과 RDF의 소각 및 매립가스 발전에 따른 에너지 회수가 환경적으로 우수하다는 것을 의미한다. 이는 투입하는 화석연료의 양보다 회수에너지가 대체하는 화석연료의 양이 더 많기 때문이다. 하지만, 회수에너지의 50% 이상이 폐플라스틱에서 기인한 것이며, 폐플라스틱은 결국 화석연료에서 나온 것이므로 폐기물 폐열회수의 자원고갈범주 환경영향은 회피효과가 과대평가되고 있다고 볼 수 있다. 자원고갈범주의 종합영향은 생활폐기물 소각의 환경성이 가장 우수하고, 그 다음 선별비성형RDF 소각, 건조비성형RDF 소각, 건조성형RDF 소각, 생활폐기물 매립 순으로 나타났다. 건조비성형 및 건조성형RDF 소각의 경우, RDF 건조 시 화석연료투입에 따른 환경부하가 큰 비중을 차지하는 것을 알 수 있다.

[그림 6] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(지구온난화)



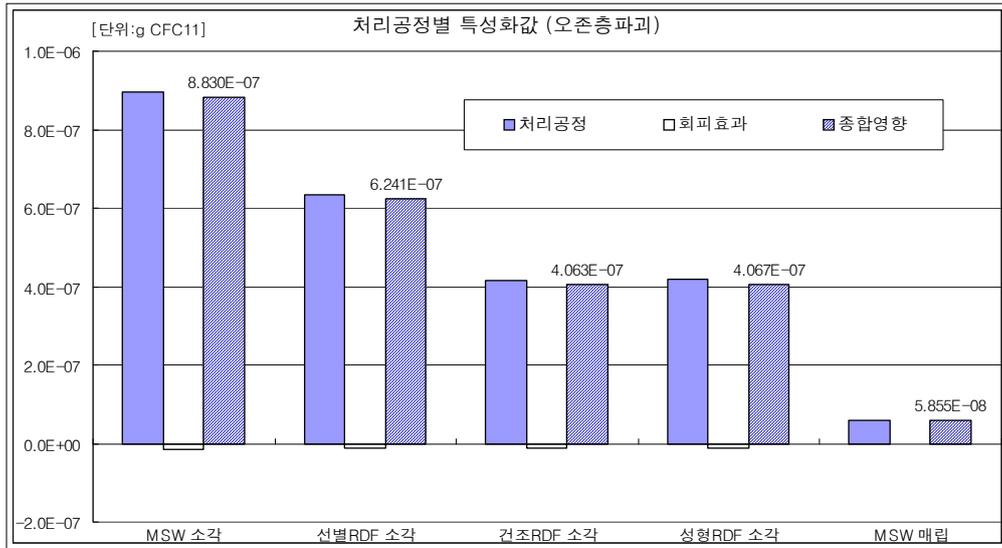
지구온난화범주의 특성화단계 전과정영향은 다섯가지 시나리오 모두 (+) 값을 나타내었다. 이는 자원고갈 측면과 달리 처리방법 모두가 지구온난화 측면에 미치는 환경영향값이 크다는 것을 뜻하며, 폐기물 처리, 연소공정의 특성상 배출되는 온실가스의 양이 회수에너지가 대체하는 기존의 화석연료 온실가스 배출량보다 많기 때문이다.

5개 시나리오 중 생활폐기물 매립시설의 지구온난화 영향이 가장 작은 것으로 나타났다. 이는 매립가스 포집, 연소 외에 별도의 소각공정이 존재하지 않으므로, 생활폐기물 구성물질 중 소각 시 가장 많은 이산화탄소를 발생시키는 폐플라스틱류의 온실가스의 배출량이 거의 전무하기 때문이다. 따라서 매립시나리오는 다른 시나리오에 비해 매립가스 발전 등을 통한 회피효과가 현저히 작음에도 불구하고 지구온난화 범주에서의 종합영향 또한 가장 작다는 결과가 나온 것이다⁷⁰⁾. 매립시나리오 다음으로는 생활폐기물 소각시나리오의 영향이

70) 이러한 결과는 앞서 시나리오 수립단계에서 언급한 바와 같이 생활폐기물 매립처리에 대하여 1992~2001년 데이터베이스를 이용하였기 때문이기도 하다. 동 기간 동안의 생활폐기물은 연탄재 등 무기물의 비중이 높아서 상대적으로 유기성 폐기물

작았고, 선별비성형RDF 소각, 건조비성형RDF 소각, 건조성형RDF 소각 순으로 지구온난화 영향이 커졌다.

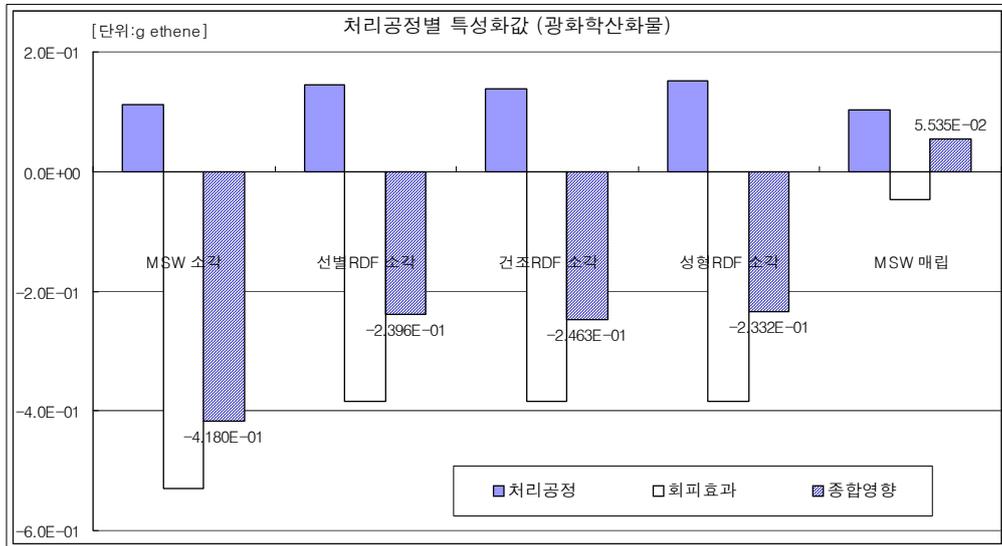
[그림 7] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(오존층파괴)



오존층파괴범주의 특성화단계 전과정영향은 다섯가지 시나리오 모두 (+) 값을 나타냈으며, 생활폐기물 매립의 환경성이 가장 양호하고 그 다음 건조성형RDF 소각, 건조비성형RDF 소각, 선별비성형RDF 소각, 생활폐기물 소각 순이었다. 다른 영향범주들에 비해 상대적으로 회피효과의 영향이 미미한 것을 알 수 있다.

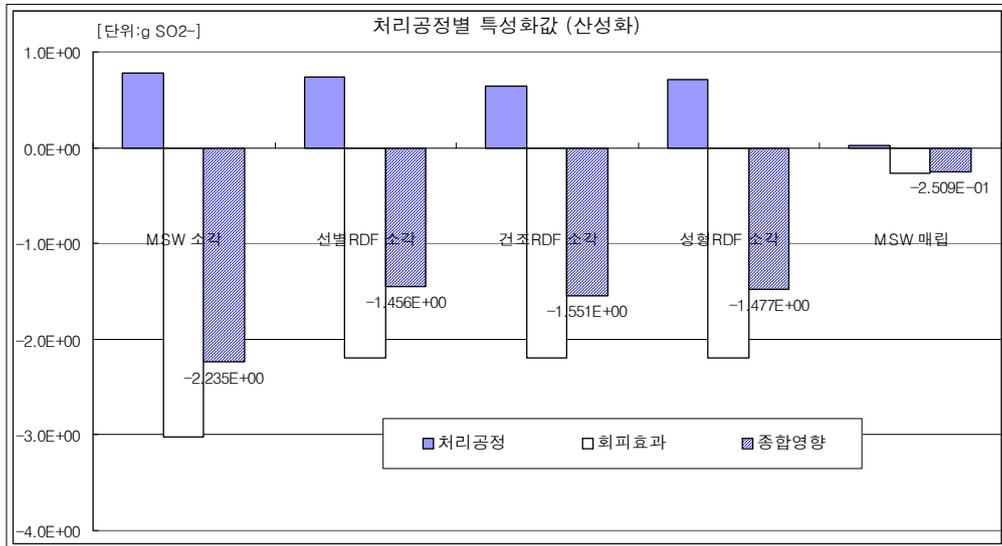
매립에 의한 메탄가스의 발생이 적었던 것으로 분석된다.

[그림 8] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(광화학산화물)



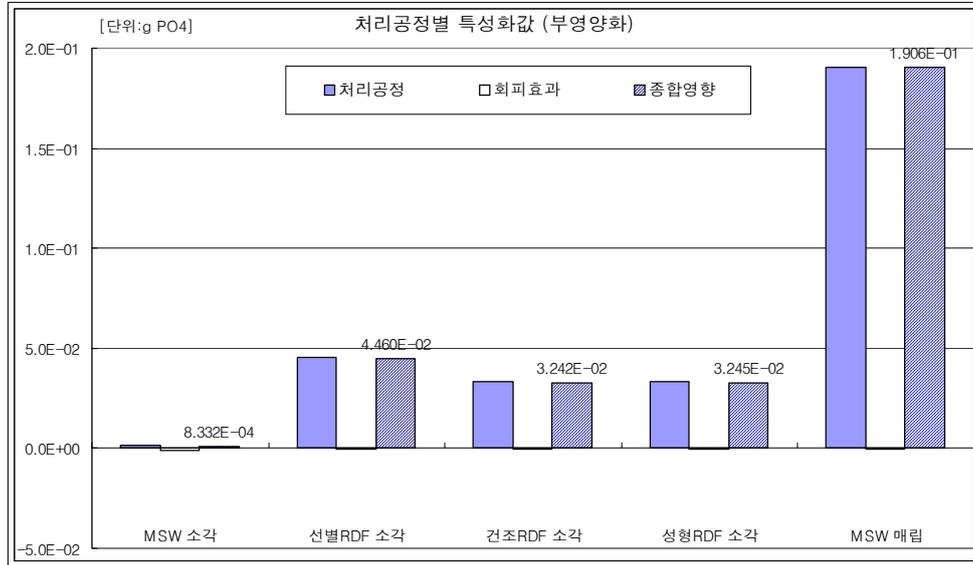
광화학스모그의 원인을 제공하는 광화학산화물생성범주의 특성화단계 전과정영향은 회피효과로 인해 매립을 제외한 나머지 시나리오들 모두가 음(-)의 종합영향을 나타내었다. 생활폐기물 소각의 광화학산화물 영향이 가장 양호하며, RDF소각은 3개 단계별로 모두 유사한 값을 가지는 것으로 분석되었다. 생활폐기물 매립은 처리공정의 환경영향이 가장 작지만, 회피효과 또한 현저히 작기 때문에 유일하게 양(+)의 종합영향을 나타내고 있다.

[그림 9] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(산성화)



산성 대기배출물에 의한 산성화범주의 특성화단계 전과정영향은 회피효과로 인해 5개 처리시나리오 모두 음(-)의 총합영향을 나타내었다. 생활폐기물 소각의 총합영향값이 가장 큰 음(-)의 값을 가지기 때문에 가장 우수하며, RDF소각은 3개 시나리오별로 모두 유사한 값을 가지고, 생활폐기물 매립이 산성화 측면에서 가장 불리한 것으로 나타났다.

[그림 10] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 특성화단계 전과정영향(부영양화)



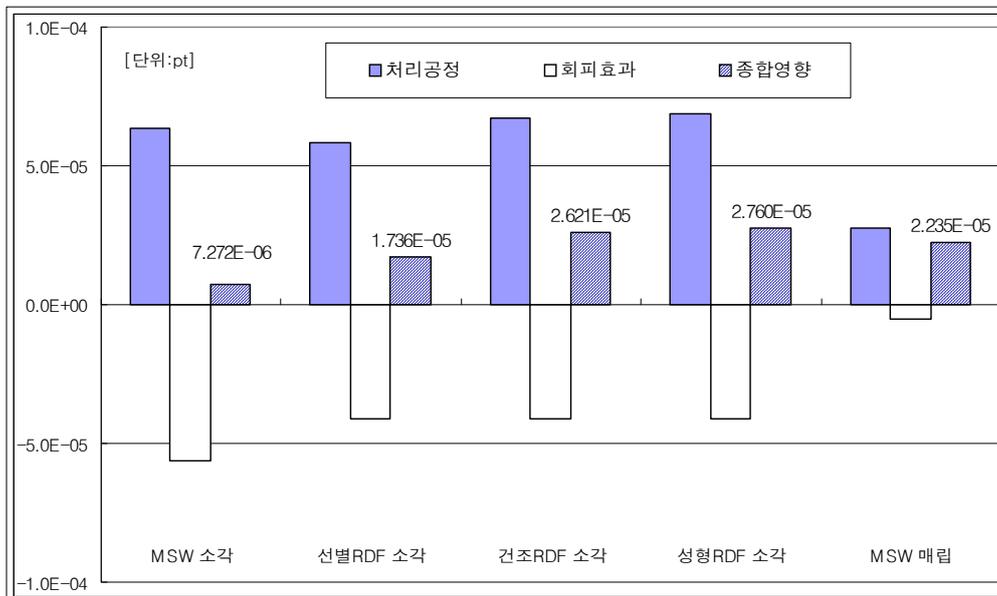
질소산화물 및 부영양화물질에 의한 부영양화범주의 특성화단계 전과정영향은 생활폐기물 소각의 환경영향이 가장 작은 것으로 나타났고, 다음으로 건조비성형RDF 소각, 건조성형RDF 소각, 선별비성형RDF 소각, 생활폐기물 매립의 순서로 환경영향이 커졌다. 생활폐기물 매립의 경우 5개 시나리오 중에서 매립장에 매립되는 폐기물량이 가장 많을 뿐 아니라 소각처리 등을 거치지 않고 매립되기 때문에 발생하는 침출수 등을 통한 부영양화 영향이 가장 크게 나타났다.

폐기물의 회수열로 전기를 생산했을 경우를 기준으로 회피효과를 고려하고 각 영향범주별 가중치를 부여한 가중화단계 전과정영향값은 생활폐기물 소각이 7.272E-06pt로 환경영향이 가장 작은 것으로 나타났다. 그 다음은 선별비성형RDF 소각 1.736E-05pt, 생활폐기물 매립 2.235E-05, 건조비성형RDF 소각 2.621E-05, 건조성형RDF 소각 2.760E-05 순이었다. 5개의 처리방법별 시나리오 중 (단순)소각방식의 환경성이 가장 우수하고, RDF의 경우 선별비성형, 건조비성형, 건조성형 등 가공수준이 높아질수록 오히려 환경성이 저하되는 결과를 보이고 있는 것이다.

[표 22] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향

구 분	MSW소각	선별RDF소각	건조RDF소각	성형RDF소각	MSW매립
처리공정	6.370E-05	5.831E-05	6.716E-05	6.855E-05	2.745E-05
회피효과	-5.643E-05	-4.095E-05	-4.095E-05	-4.095E-05	-5.101E-06
종합영향	7.272E-06	1.736E-05	2.621E-05	2.760E-05	2.235E-05

[그림 11] 회피효과(전기생산)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향



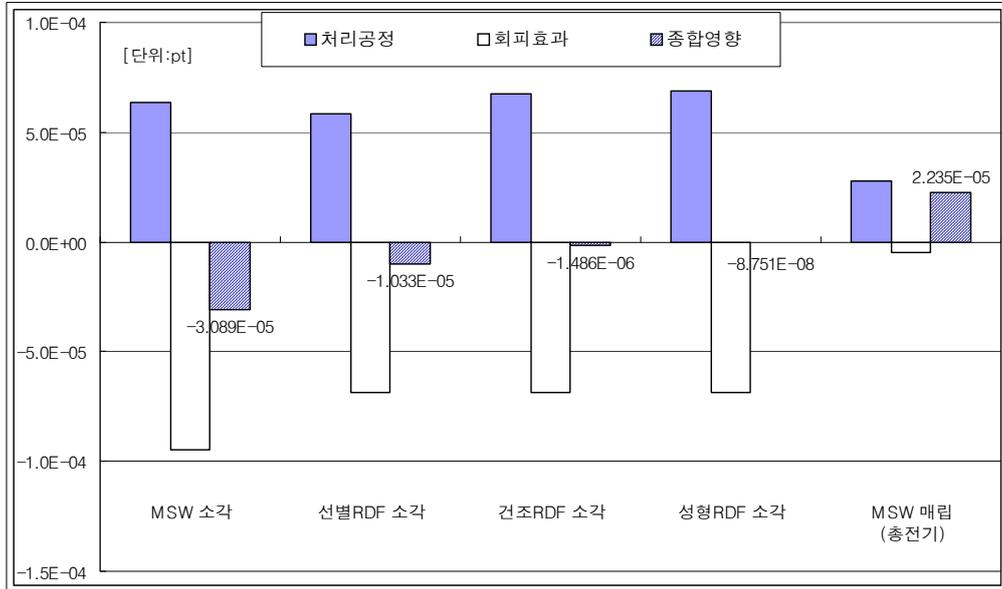
선별비성형RDF의 경우, 처리공정 배출부하는 소각공정에 비해 상대적으로 작았으나, 매립되는 잔재물에 포함된 유기물의 열에너지를 회수하지 못하기 때문에 회피효과의 절대값 또한 소각공정보다 작다. 건조비성형 및 건조성형RDF의 경우, 선별비성형RDF와 마찬가지로 회피효과가 소각공정보다 작은 것으로 나타났으며 이는 건조비성형 및 건조성형RDF의 단위중량당 발열량이 생활폐기물에 비해 높을지라도, 회수되는 총에너지량은 상대적으로 작기 때문이다. 또

한, 건조비성형 및 건조성형RDF의 경우는 처리공정 부하도 생활폐기물 소각시 설보다 큰 것으로 분석되었는데, 이것은 RDF제조, 건조공정에서의 화석연료 투입 및 온실가스 배출 때문이다.

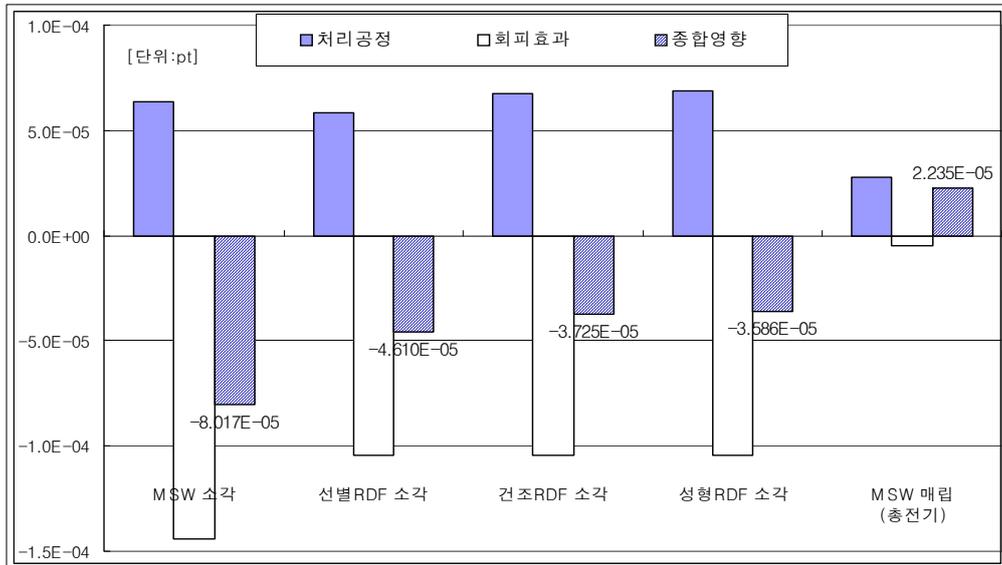
다음은 폐기물의 회수열로 석탄열병합발전 및 중유스팀을 대체했을 경우의 회피효과를 고려함으로써 폐열 이용방안에 따른 민감도분석을 수행한 결과이다. 다만 생활폐기물 매립의 경우는 매립지의 지리적 특성 상 열병합발전 및 스팀의 사용이 극히 제한되기 때문에 다른 처리방법과 달리 발전에 의한 회피효과를 고려하였다. 그래프는 각 영향범주별 가중치를 부여한 가중화단계 전과정영향값들을 나타내고 있는데, 석탄열병합발전 대체에 따른 회피효과 고려 시에도 생활폐기물 소각이 $-3.089E-05$ pt로 환경성이 가장 우수한 것으로 조사되었으며, 그 다음 선별비성형RDF 소각, 건조비성형RDF 소각, 건조성형RDF 소각, 생활폐기물 매립 순이었다.

중유스팀 대체에 따른 회피효과 고려 시에도 처리방법별 영향평가값은 동일한 순서로 나타났다. 즉, 다양한 회피효과 분석에도 불구하고 생활폐기물 소각의 환경성이 모든 경우에 있어 가장 우수하고 그 다음은 선별비성형RDF 소각인 것으로 나타났다. 석탄열병합발전과 중유스팀을 회피효과로 고려했을 경우는 생활폐기물 매립의 환경성이 가장 열악하다는 결과가 나온 것은 매립의 경우만 발전에 의한 회피효과를 고려하였기 때문이다. RDF제조 및 전용보일러 시설을 매립장 인근에 설치하는 경우 사실상 RDF방안도 발전에 의한 회피효과 밖에 인정할 수 없는데, 이 경우는 건조비성형 및 건조성형RDF 소각의 경우가 가장 환경영향이 크게 나타날 것이다.

[그림 12] 회피효과(석탄열병합)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향

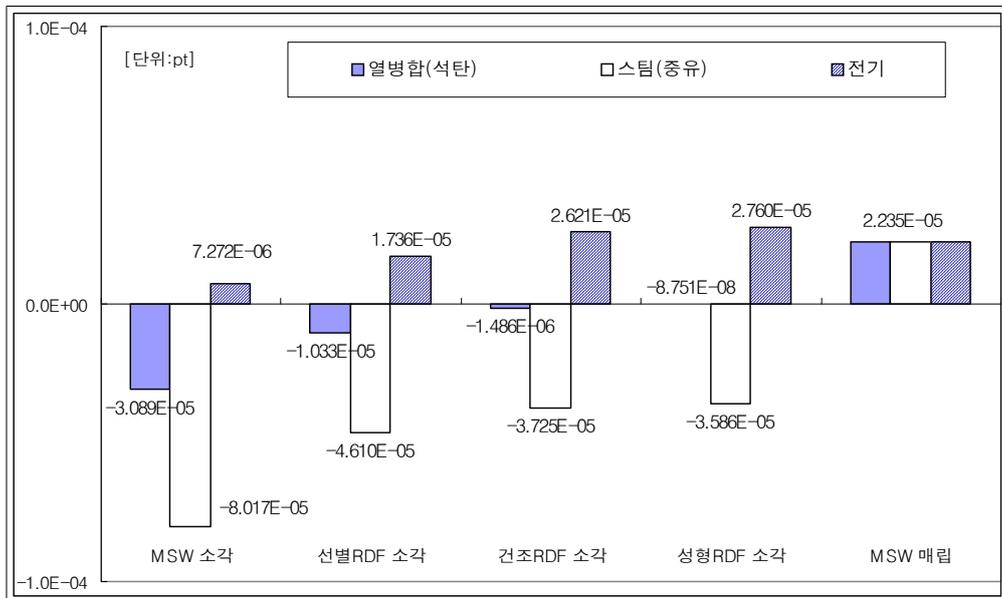


[그림 13] 회피효과(중유스팀)를 고려한 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향



다음은 회피효과로 석탄열병합발전, 중유스팀, 전기생산을 각각 고려한 경우의 5개 시나리오별로 나타나는 환경영향을 비교한 것이다. 중유스팀을 가정한 경우 회피효과가 제일 크기 때문에 종합적인 환경영향이 가장 작고, 그 다음이 석탄열병합발전, 그리고 전기생산만을 가정한 경우의 종합 환경영향이 가장 큰 것으로 나타났다. 발전의 에너지 효율이 가장 낮기 때문에 회피효과가 다른 경우보다 작기 때문이다. 앞서 언급한 바와 같이 생활폐기물 매립의 경우는 매립가스 발전에 의한 전기생산만을 가정하였기 때문에 3가지 경우 모두 환경영향이 동일한 것으로 나타나고 있다.

[그림 14] 회피효과 가정에 따른 생활폐기물 1kg의 처리방법별 가중화단계 전과정영향 비교



마. 환경성 평가 결과

(1) RDF제조·이용방안의 상대적 환경성 미흡

처리방법별 환경성 비교평가 결과, RDF제조 및 소각처리에 따른 종합영향은 에너지회수에 따른 회피효과를 고려하더라도 기존 생활폐기물 소각공정보다 환경성이 나쁜 것으로 분석되었다⁷¹⁾. 이것은 기존 생활폐기물 소각시설이 이미 자원회수시설로서 폐기물에 대한 안정적인 에너지회수 기능을 수행하고 있기 때문이며⁷²⁾, RDF제조 및 건조 시 투입되는 화석연료와 이로 인한 이산화탄소 배출도 RDF의 환경성 저하 요인으로 작용한다. RDF의 수요처까지의 이동에 따른 추가적인 환경부하의 발생 또한 고려되어야 한다.

특히 성형방식의 RDF제조시설은 폐기물의 함수율을 10% 이하로 낮추기 위한 건조공정에 다량의 에너지가 투입될 수밖에 없고, 성형공정에도 에너지 투입이 필요하기 때문에 상대적으로 환경성이 열악한 것으로 분석되었다.

(2) RDF의 연소시 대기배출물 관리의 어려움

국내에서 1990년대부터 시도된 RDF사업이 2010년 현재에 이르기까지 상업화에 큰 진전이 없는 이유 중 하나는 폐기물고형연료의 연소 시 발생하는 산성가스(염화수소, 황산화물, 질소산화물 등) 및 다이옥신의 적절한 제어에 실패했기 때문이다. 특히, 플라스틱의 일종인 PVC는 중량기준 54%가 염소(Cl)로 구성되어 있어 산성가스 및 다이옥신 발생의 주요원인으로 작용하나, 비중 등 물성치가 타 플라스틱류와 비슷하기 때문에 현재까지 개발된 분리 선별장치는

71) 우리나라에서 RDF전용보일러의 운영한 실적 자료가 없기 때문에 RDF전용보일러와 소각로의 에너지 효율의 차이를 반영하지는 못하였다. 「Danish Energy Authority Report, 2005」에 의하면 신형소각로의 발전효율이 19%까지 상승하였고(RDF전용보일러 30%), 발전 후 잔여 열이용효율은 65%로 RDF전용보일러(60%)보다 더 높아서 전체적인 에너지 효율 차이는 약 5~6% 정도라고 한다(수도권매립지관리공사, 「폐기물 에너지화 사업 관련 전문가의 객관적인 평가분석을 위한 연구」에서 재인용).

72) 현재 운영중인 소각시설의 열에너지 회수율은 약 85%로 일반 보일러의 열에너지 회수율에 필적하는 높은 수준이다. 그러나 회수한 열에너지 중 외부로 공급하는 양은 50%를 넘지 못하고 있다.

별다른 효과를 보지 못하고 있으며 성형RDF의 염소함량은 1.1~1.5% 수준에 이르고 있다.

그런데 RDF전용보일러에 다이옥신 등의 대기오염물질을 처리하기 위한 방지시설을 갖추기 위해서는 많은 설치·운영비용이 필요하게 된다. 현재 RDF전용보일러시설은 소각시설과 동일한 대기오염물질 배출기준을 만족하여야 하는데, 이를 위해서는 소각시설에서 운영하고 있는 것과 동일한 방지시설⁷³⁾이 필요하기 때문이다. 이러한 이유 때문에 독일을 비롯하여 RDF의 제조 및 이용이 활발한 국가들의 경우도 방지시설이 잘 갖추어진 발전시설이나 다이옥신의 발생이 거의 없는 시멘트소성로에 RDF 이용이 집중되고 있다⁷⁴⁾. 환경부는 소각시설과는 달리 RDF전용보일러시설은 소규모로도 설치가 가능하기 때문에 수요처를 다각화할 수 있다고 주장하고 있으나, 이것은 대기오염 방지시설에 대하여 고려하지 않은 발상이라고 할 수 있다.

(3) 물리적 재활용률 제고 방안 미흡

전과정평가를 통해 RDF는 구성 성분 중에서 화석연료에서 기인한 플라스틱류가 큰 비중을 차지하고 있고 제조·이용과정에 많은 에너지가 투입되기 때문에 지속가능성이 미흡하며, 정부의 주장과는 달리 사실상 신재생에너지로서의 속성이 약하다는 것이 드러났다⁷⁵⁾. 반면, 폐플라스틱, 종이류 등의 물리적 재활용공정은 투입 에너지 등 처리공정의 환경부하보다 생산된 재생재

73) 대부분의 소각장에서 황산화물, 염소산화물을 비롯한 산성가스의 중화, 분진 분리, 질소산화물 분해, 다이옥신 분리 제거를 목적으로 일련의 방지시설을 운영하고 있다. 서울시 소각시설의 대기오염방지시설 운영 사례를 보면 다음과 같다.

- 강남 소각장 : 세정탑, 반건식반응탑, 백필터, SCR촉매탑 등
- 노원 소각장 : 전기집진기, 습식세정탑, SCR촉매탑 등
- 마포 소각장 : 반건식반응탑, 백필터, SCR촉매탑, 경찰필터
- 양천 소각장 : 세정탑, 반건식반응탑, 백필터, SCR촉매탑 등

74) 독일 실지 평가에서도 이러한 사실을 확인할 수 있었다. 생산된 RDF가 28개 발전시설과 시멘트 소성로에서 주로 소각되고 있다.

75) 폐기물 고형연료(RDF)가 신에너지에 포함되는 것은 분명하지만 재생(가능)에너지라고 보기는 어렵다.

(secondary materials)의 회피효과가 월등히 큰 것으로 보고되고 있다. 따라서 폐 플라스틱, 종이류를 분리·선별하여 RDF를 제조한 후 연소시키는 열적 재활용(thermal recycling)보다 재생플라스틱, 재생용지 등을 생산하는 물리적 재활용(mechanical recycling)이 환경적 측면에서 바람직하다고 할 수 있다.

이런 점을 고려할 때 전처리시설을 설치함에 있어서 많은 양의 에너지가 투입되어야 하는 파쇄, 건조, 압축성형공정을 제외하고, 분리·선별 기능만을 갖추고 물리적 재활용에 주력함으로써 환경부하를 줄이는 방안을 모색하는 것이 필요하다. 가정에서 배출한 종량제봉투 폐기물을 분리·선별을 통한 물리적 재활용에 주력하는 전처리시설을 거치도록 함으로써 생활폐기물의 재활용률을 높이고 기존 소각 및 매립시설의 기능 향상 및 수명 연장을 도모할 수 있을 것이다.

그러나 현재 환경부에서 폐자원에너지화사업의 일환으로서 추진되고 있는 전처리시설의 경우는 폐기물의 분리, 선별을 통한 물리적 재활용(physical recycling)의 증대보다는 열적 재활용(thermal recycling)과 에너지 회수에 중점을 두고 있는 것으로 판단된다. 사업이 추진 중인 15개 전처리시설 중에서 부산시, 수도권매립지 및 포항시 전처리시설을 제외하고는 모두 건조·성형공정이 포함된 성형RDF를 생산하는 것으로 계획되어 있으며, 부산시 전처리시설만 건조공정이 포함되어 있지 않다. 재활용을 통해 운영수익을 증대하는 것으로 계획되어 있으나 RDF생산을 통한 에너지 회수 계획에 비하여 미미한 수준이다.⁷⁶⁾

(4) 위생매립에 따른 매립처리방안의 환경성 개선

침출수 및 매립가스 배출 등으로 인한 폐기물 매립에 대한 부정적 인식은 과거 비위생(단순)매립지의 유지·운영에 기인하며, 현재 운영되고 있는 위생매립지의 폐기물 안정화, 배출물 관리 및 에너지 회수는 높은 수준에 도달해 있다⁷⁷⁾.

76) 원주 RDF시설의 경우 일부 분리·선별된 재활용대상 물질을 선별장으로 보내 수작업에 의해 재활용하고 있다고 하나 그 실적은 매우 적으며, 분리·선별된 물질들의 대부분은 매립처리되고 있다.

77) 비위생(단순)매립은 그냥 구덩이를 파고 각종 쓰레기를 쌓은 후 흙으로 덮는 방법이며, 위생매립은 바닥에 침출수가 스며들지 않도록 차단막을 깔고 그 위에 쓰레기

현재 국내 매립장은 거의 대부분 위생매립장으로 구축, 운영되고 있어서 유기성폐기물로 인한 환경영향은 최소화되고 있다. 위생매립 시, 유기성폐기물로부터 발생하는 매립가스는 포집되어 전기 및 열에너지 생산에 이용될 수 있다. 전과정평가를 통해 매립처리방안의 처리공정영향이 생활폐기물 소각 및 RDF소각방안에 비해 낮은 것으로 나타난 반면 회피효과 역시 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이것은 매립가스 포집을 통한 에너지 회수가 다른 처리방안들에 비하여 상대적으로 매우 부진하기 때문이다. 생활폐기물의 직매립을 금지하고 자원화하는 공정에 많은 에너지 및 물질의 투입이 필요하고 그로 인한 환경부하도 무시 못할 수준임이 드러났다. 다른 폐자원에너지화방안과 함께 매립가스 발전시설의 보급을 통한 에너지 회수방안을 고려할 필요가 있다.

2. 경제성 평가

우리가 생산·소비 등 경제활동을 한 결과로 발생하는 폐기물을 처리하는 대표적인 방법으로는 매립과 소각처리방안이 있다.⁷⁸⁾ 여기서는 전처리 및 RDF 제조·이용방안을 통해 폐기물 1톤을 처리하는 데 소요되는 비용을 매립 및 소각방안의 경우와 비교하는 비용효과분석을 이용하여 그 경제성을 평가해 보았다. 대부분의 RDF시설이 아직 계획 및 건설 단계인 상태에서 성과를 평가한다는 불확실성을 감안하여 몇 가지 가정을 완화한 민감도 분석을 수행하였다.

가. 매립시설의 처리비용 산정

폐기물을 매립할 경우 소요되는 비용에 대해 추정된 선행연구 또는 통계자

와 흙을 교대로 쌓는 매립 방법이다. 위생 매립은 최종 매립 후에는 50cm 이상의 복토를 하여 폐기물이 노출되지 않도록 해야 하고, 침출수를 집수하는 집수정과 수처리 시설, 매립지에서 나오는 가스를 모아 처리할 수 있는 시설도 갖추어야 한다.

78) 하수슬러지나 음폐수가 해양투기되고 있으나, 해양투기는 2012년부터 점진적으로 금지될 예정이다.

료를 정리하면 다음 [표 23]과 같다.

[표 23] 매립처리시 폐기물 처리비용 추정 연구

	톤당 운영비용	톤당 처리비용
환경부(2005) ¹⁾		27,930(원/톤)
환경부(2008) ²⁾	40,000(원/톤)	52,371(원/톤)
수도권매립지관리공사(2006) ³⁾		17,754(원/m ³), 35,508(원/톤)
대형소각시설 운영현황(2008) ⁴⁾	27,923(원/톤)	

- 주 1) 환경부·환경자원공사, 폐기물부담금제도 개선 및 발전방안 연구, 2005.4, 126쪽
 2) 환경부, 나주혁신도시 자원순환형 에너지도시 조성 타당성 조사 및 기본계획 연구, 2008.12, 262쪽
 3) 최연석 외, 가연성폐기물 고품연료(RDF)의 경제성 분석 및 제도도입에 관한 연구, 수도권매립지관리공사, 2006.1,
 4) 환경부, 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 2009.3 (환경부 홈페이지)

환경부·환경자원공사의 「폐기물부담금제도 개선 및 발전방안 연구」에서는 매립장의 건설, 운영비와 매립장 사후관리비, 토지비 등을 고려하여 톤당 처리비용을 산출한 결과 전국 평균 27,930원이라는 결과가 나왔다. 이것을 GDP디플레이터를 이용하여 2008년 불변가격으로 환산하면 29,476원/톤이 된다.

「나주혁신도시 자원순환형 에너지도시 조성 타당성 조사 및 기본계획 연구」에서는 환경부에서 발표하는 「2005년 매립시설 운영현황」 통계를 이용하여 전체 매립시설 유지비용에 지출된 금액을 2005년 매립량으로 나누어 톤당유지비가 43,342원이라는 결과가 나왔는데, 도서지역인 인천(옹진군, 백령도) 및 제주지역과 같이 매립용량이 소규모이고 복토재 구입에 어려움이 있는 지역을 제외하고 산정한 결과 40,000원/톤으로 추정되었다. 설치비 합계를 총매립용량으로 나누어서 구한 톤당 설치비까지 고려할 경우 52,371원/톤이 되고⁷⁹⁾, 이것을

79) 인용한 연구 보고서에는 전국 평균 톤당 설치비에 대한 언급은 없으나, 제시된 자료인 총매립용량(m³)을 50%의 압축률을 가정하여 톤으로 환산하여 톤당 설치비를 산정하였다.

2008년 불변가격으로 환산하면 54,937원이 된다.

「가연성폐기물 고품연료(RDF)의 경제성 분석 및 제도도입에 관한 연구」는 「2002년 전국 폐기물 발생 및 처리현황」을 인용하여 매립조성비와 유지관리비를 합산한 전국 평균치가 17,754원/m³라고 추정하고 있다. 대략 압축률을 50%로 적용할 경우 톤당 매립 처리비용은 35,508원이 되고, 이것을 2008년 불변가격으로 환산하면 40,008원이 된다.

「2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황」 통계에서 소각장에서 발생하는 소각재의 처리비용을 조사한 결과 27,923원/톤인 것으로 나타났다. 소각재는 바닥재와 비산재로 나누어지는데 바닥재는 보통 일반폐기물로 분류되어 그대로 매립장으로 운반되어 매립되고 있으며, 비산재는 중금속 함량 등에 따라 지정폐기물로 분류될 경우 안정화처리후 매립되고 있다는 차이가 있다. 따라서 처리비용에서도 차이가 발생하게 되는데, 비산재가 전체 소각재에서 차지하는 비중이 17% 정도에 지나지않기 때문에 평균 소각재처리비용이 소각재 매립에 소요되는 비용이라고 봐도 좋을 듯 하다. 그런데 이 수치는 결국 매립장 반입 수수료와 운반비 등을 반영하는 것인데, 매립장 설치비에 대하여 일정부분 국고에서 지원을 해주고 있기 때문에 매립에 따른 톤당 처리비용을 제대로 보여준다고 보기는 어렵다.

다음은 본 보고서에서 「나주혁신도시 자원순환형 에너지도시 조성 타당성 조사 및 기본계획 연구」의 자료를 2008년 자료로 업데이트하여 매립시 톤당 처리비용을 산정한 결과이다. 생활폐기물 매립시설에 대한 통계인 「전국 사용중인 매립시설(2008년)」 자료를 기초로 하였는데, 동 자료에는 매립장 설치비에 대한 자료가 없기 때문에 「폐기물 발생 및 처리현황(2008년)」에서 설치비 자료를 가져와서 톤당 설치비를 구하여 합산하는 방법을 이용하였다.⁸⁰⁾ 이렇게 매립에 따른 비용을 산정한 결과 톤당 운영비가 2005년 자료를 이용한 경우보다 크게 상승하여 61,202원/톤이 되었고 톤당 처리비용도 75,380원으로 상승하였다.

80) 「전국 사용중인 매립시설(2008년)」은 매립장 수가 220개이고, 「폐기물 발생 및 처리현황(2008년)」은 231개로 차이가 난다. 후자에 생활폐기물 매립장이 아닌 곳이 포함되었기 때문인데, 두 자료를 비교하여 일치하지 않는 11개 시설을 제외하였다.

[표 24] 매립처리시 폐기물 처리비용 추정 결과

구분	2005년	2008년
총매립용량(톤)	189,542,546	193,098,247
설치비(백만원)	2,344,774	2,737,660
톤당 설치비(원/톤)(A)	12,371	14,178
연간유지비(백만원)	221,829	288,413
연간 매립량(톤)	5,118	4,712
톤당 운영비(원/톤)(B)	43,342	61,202
톤당 처리비용(원/톤)(A+B)	55,712	75,380

자료: 환경부, 나주혁신도시 자원순환형 에너지도시 조성 타당성 조사 및 기본계획 연구, 2008.12.

환경부, 전국 사용중인 매립시설(2008년).

환경부, 폐기물 발생 및 처리현황(2008년).

이것은 연간 매립량이 2005년에 비하여 2008년에 감소한 반면 연간유지비는 크게 증가하였기 때문인 것으로 분석되었다. 2005년 매립량은 10,235,313^m (5,118톤)인데, 2008년 매립량은 9,424,890^m(4,712톤)으로 7.9% 감소하였고, 연간유지비는 2,218억 2,900만원에서 2,884억 1,300만원으로 약 30% 증가하였다. 그런데 「전국 사용중인 매립시설(2008년)」자료에서 연간운영비는 인건비, 매립·복토비, 침출수처리비, 주민지원사업비, 기타로 구분되어 있는데, 매립장의 운영비로 분류하기 곤란한 항목이 일부 포함되어 있는 것으로 나타났다. 예를 들어, 수도권매립지의 경우 기타 항목에는 폐기물자원화사업비 305억원 등이 포함되어 있고, 이외의 매립장 자료에도 음식물자원화사업비, 매립장 추가조성비 등이 포함되어 있는데, 이러한 비용들은 매립장과는 직접 관련이 없거나 운영비라기 보다는 설치비에 포함되는 것이 적절하다고 볼 수 있다. 따라서 이 통계자료를 이용하여 매립방식을 이용하여 폐기물을 처리하는 데 소요되는 톤당 처리비용을 산정하는 것은 한계가 있는 것으로 판단된다.

매립처리비용에 대한 연구 결과를 종합할 때 매립처리에 따른 톤당 처리비용은 28,000~75,000원의 구간에 속한다고 볼 수 있는데, 위생매립지가 증가하고

매립량은 감소하는 경향에 따라 톤당 처리비용이 증가하고 있는 추세임을 알 수 있다.

매립처리에 따른 환경비용으로는 침출수 및 매립가스, 악취 등으로 인한 2차적 환경오염을 들 수 있다. 매립방식이 위생매립으로 발전되고 있어서 침출수처리비 등이 이러한 환경오염회피비용을 어느 정도 반영하고 있으며, 주민지원사업비가 인근 지역에 미치는 환경오염피해에 대한 보상의 성격을 가진다는 점에서 별도로 환경비용을 산정하는 것은 생략하였다.

편익으로는 매립가스 발전으로 인한 편익을 고려할 수 있는데, 2008년말 현재 전국 매립장에서 매립가스 발전이 이루어지고 있는 곳이 많지 않고 발전으로 인한 수익에 대한 집계도 아직 이루어지고 있지 않아서 여기서는 생략하였다.⁸¹⁾

나. 소각시설의 처리비용 산정

「08년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황(2009.3)」과 「2008년 대형소각시설⁸²⁾ 운영현황」 자료를 기초로 톤당 처리단가를 계산한다.

먼저 각 시설별 시설 투자비를 사용개시일을 기준으로 생산자물가지수(위생서비스)를 이용하여 2008년 12월말 불변가격으로 환산한다. 이렇게 계산된 불변가격 시설투자비를 내구연한을 15년으로 가정하여 (정액)감가상각비를 구하고, 이것을 연간 운영비와 합산하여 총 처리비용을 구한다. 총 처리비용에서 여열이용수익 등 각 시설별 운영수익을 차감하여 순 처리비용을 산정하고, 이것을 연간 소각처리량으로 나누어 톤당 순 처리단가를 산정한다.

35개 대형 생활폐기물소각시설에 대한 분석 결과, 감가상각비를 제외한 톤당 순 운영비용은 54,235원이고, 감가상각비를 포함한 톤당 처리비용은 97,889원인 것으로 나타났다.

규모별로 보면, 100톤/일 미만의 시설은 톤당 순 운영비용이 136,736원/톤

81) 수도권매립지에 위치한 매립가스 발전시설에서는 2008년에 약 452억원의 수익이 발생한 것으로 나타난다.

82) 시설용량이 48톤/일 규모 이상인 시설을 의미하며, 2008년도에 45개 시설이 운영중이다.

이고, 감가상각비를 포함한 톤당 처리비용이 215,082원/톤으로 나타났다. 상대적으로 작은 시설용량으로 인하여 고정비의 성격을 갖는 시설투자비나 인건비 등의 운영비용이 많이 소요될 뿐 아니라, 폐열을 활용하기에도 불리한 여건을 가지고 있기 때문인 것으로 분석된다.

[표 25] 소각시설의 톤당 처리비용(100톤/일 미만)

시설명	시설 용량	연간 소각량(톤)	순수 운영비용 (천원)	톤당 운영비용 (원/톤)	감가상각비포함 총비용 (천원)	톤당 처리비용 (원/톤)
과 천	80	21,243.00	2,910,931	137,030	4,451,632	209,558
수 지	70	22,478.00	3,109,061	138,316	4,653,189	207,011
산 남	70	17,891.46	2,404,658	134,403	4,146,891	231,780
평 균				136,736		215,082

자료: 환경부, 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 2009. 3, 환경부 홈페이지 (www.me.go.kr)

100~400톤/일 규모의 시설은 톤당 순 운영비용이 62,113원/톤이고, 감가상각비를 포함한 톤당 처리비용이 104,244원/톤인 것으로 나타났다. 100톤/일 규모 미만 시설에 비하여 톤당 순 운영비용과 톤당 처리비용 모두 절반 이하로 떨어짐을 볼 수 있다. 이 구간에 속하는 시설들 간에도 시설용량에 따라 처리비용의 차이가 크게 벌어짐을 알 수 있는데, 특히 대전(400톤/일)은 시설용량이 크고 대도시에 위치하면서 폐열 외부공급에 의한 수익도 많아서(약 38억원) 가장 낮은 톤당 순 운영비용을 보이고 있다. 결국 규모의 경제 효과와 함께 폐기물 반입이 원활하고 주변지역에 여열을 공급할 수 있는 유리한 여건을 가지고 있는가 하는 지역적 여건이 폐기물 처리비용을 좌우함을 보여준다.

[표 26] 소각시설의 톤당 처리비용(100~400톤/일)

시설명	시설 용량	연간 소각량(톤)	순수 운영비용 (천원)	톤당 운영비용 (원/톤)	감가상각비포함 총비용 (천원)	톤당 처리비용 (원/톤)
광명	300	82,982.00	4,772,261	57,510	9,106,790	109,744
다대	200	51,215.35	4,088,948	79,838	4,088,948	79,838
파주	200	36,492.00	3,635,008	99,611	6,812,550	186,686
대장동	300	67,554.12	4,365,247	64,619	9,071,966	134,292
삼정동	200	34,083.30	3,281,232	96,271	5,897,968	173,046
안양	200	53,272.22	3,238,181	60,786	4,716,195	88,530
명지	400	106,168.45	3,756,568	35,383	3,756,568	35,383
양천	400	96,350.00	5,510,007	57,187	7,601,401	78,894
고양	300	73,580.00	3,674,620	49,940	5,990,603	81,416
창원	400	117,387.00	6,877,515	58,588	8,926,005	76,039
해운대	400	107,169.25	5,461,828	50,965	5,461,828	50,965
용인	300	75,012.00	4,851,117	64,671	10,005,800	133,389
울산	400	116,230.00	5,268,232	45,326	9,413,023	80,986
안산	200	61,246.66	4,271,420	69,741	7,268,913	118,683
상무	400	89,934.00	4,657,797	51,791	9,555,533	106,251
공항	140	16,801.00	2,603,417	154,956	2,603,417	154,956
군포	200	29,172.00	4,116,517	141,112	6,926,430	237,434
김해	200	48,195.94	3,933,829	81,622	6,461,782	134,073
천안	200	57,319.00	4,435,382	77,381	6,584,081	114,867
구리	400	40,640.62	4,483,206	110,313	8,676,232	213,487
의정부	200	48,447.60	5,199,105	107,314	8,137,748	167,970
대전	400	98,895.47	2,730,355	27,608	7,277,182	73,585
산북	200	47,208.89	3,693,967	78,247	6,397,859	135,522
전주	400	87,739.00	3,151,773	35,922	10,543,991	120,175
평균				62,113		104,244

자료: 환경부, 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 2009. 3, 환경부 홈페이지 (www.me.go.kr).

400톤/일 초과 시설의 경우 톤당 순 운영비용이 39,382원/톤이고, 톤당 처리비용이 83,337원/톤으로 나타났다. 서울특별시에 위치한 강남(900톤/일)이

15,619원으로 가장 낮은 톤당 순 운영비용을 보이는데, 이것은 가장 큰 규모를 가지고 있을 뿐 아니라 가동률도 약 86%로 높고, 2008년도에 열공급으로 약 91억원의 수익을 얻었기 때문이다.

[표 27] 소각시설의 톤당 처리비용(400톤/일 초과)

시설명	시설 용량	연간 소각량(톤)	순수 운영비용 (천원)	톤당 운영비용 (원/톤)	감가상각비포함 총비용 (천원)	톤당 처리비용 (원/톤)
수 원	600	158,148.39	6,026,058	38,104	12,929,551	81,756
성 남	600	134,720.22	7,061,767	52,418	10,580,433	78,536
노 원	800	130,782.89	6,739,654	51,533	11,390,206	87,092
성 서	600	130,986.00	4,282,082	32,691	9,190,954	70,167
청 라	500	133,475.67	5,904,569	44,237	11,319,272	84,804
강 남	900	231,994.20	3,623,596	15,619	11,487,034	49,514
마 포	750	147,958.97	8,107,892	54,798	19,473,632	131,615
송 도	500	145,745.22	6,056,921	41,558	14,784,837	101,443
평 균				39,382		83,337

자료: 환경부, 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 2009. 3, 환경부 홈페이지 (www.me.go.kr).

지역별로 분류해 보면, 특·광역시에 위치한 13개 시설의 톤당 순 운영비용은 41,709원/톤, 톤당 처리비용이 78,644원/톤으로, 대도시지역에 위치한 시설들이 시설용량이 대체로 크고 여열 이용 등에서도 유리한 점 등이 작용한 것으로 보인다. 반면, 대도시지역이 아닌 곳에서는 시설용량이 작아서 규모의 경제를 살리기 어려울 뿐 아니라 여열을 공급할 수요처를 구하기 어렵기 때문에 소각 시설의 톤당 처리비용을 높이는 결과를 가져옴을 보여준다.

이러한 산출 결과는 2009년 실행계획에서 기준으로 한 소각시설의 톤당 처리비용인 116,179원/톤과 비교할 때 상당히 큰 격차를 보인다. 이 수치는 한국환경자원공사의 연구용역보고서⁸³⁾를 근거로 한 것인데, 소각장별 순수 운영

비용에 토지비, 소각로 설치비를 합산하여 산출한 것이다. 동 보고서는 순수 운영비용은 전국생활폐기물소각시설운영협의회의 보고자료⁸⁴⁾를 기초로 하였으며, 톤당 설치비를 산정함에 있어서 내구연한을 20년으로 보고 정액감가상각법으로 감가상각비를 구하였다. 토지비는 소각장 부지의 평당가격에 전체 부지면적을 곱하여 토지가격을 구한 후 연간 소각량 대비 토지비의 계산이 어렵다는 이유로 10% 만을 반영하여 구하였다.

본 평가보고서는 소각장의 내구연한⁸⁵⁾을 20년이 아닌 15년으로 가정하였기 때문에 연간 감가상각비가 더 커지게 되는데, 그럼에도 불구하고 평균 톤당 처리비용에서 116,179원보다 18,000원 정도 낮은 97,889원이라는 결과가 나온 것이다. 이것은 첫째, 2003~2008년 동안의 시차로 인하여 대상 소각장이 26개에서 35개로 증가하였으며, 둘째, 소각장의 가동률이 상승하였고, 셋째, 최근 여열 회수율을 높이기 위한 노력이 어느 정도 성과를 거두었기 때문인 것으로 보인다. 특히 서울특별시에 위치한 노원, 양천, 강남소각장 등이 광역화하면서 가동률이 크게 상승하였고, 광역화시설에 대한 국고 보조 확대로 광역화가 활성화되었다.

다. 전처리 및 RDF전용보일러시설의 처리비용 산정

(1) 원주시 RDF시설

전술한 바와 같이 현재 운영중인 폐기물 전처리 및 RDF제조시설은 원주시 RDF시설이 유일하다. 원주시 RDF시설은 2006년 10월부터 운영중이므로 2007~2009년 3개년 동안의 운영 자료가 축적되어 있는 상태이다. 여기서는 소각시설과의 비교를 위해 2008년 운영현황 자료를 기초로 비용과 편익을 산출하였다. 운영현황 자료에 포함된 운영비용만을 고려한 톤당 처리비용은 102,458원

83) 환경부·한국환경자원공사, 폐기물부담금제도 개선 및 발전방안 연구, 2005.4

84) 전국생활폐기물소각시설운영협의회의, “2003년도 생활폐기물소각시설 운영현황”, 2004

85) 소각장의 내구연한은 대체로 15~20년 정도로 보는데, 본 보고서는 현재 소각시설에 대하여 15년째 되는 때 정밀진단을 실시하여 개보수와 폐쇄 여부를 결정한다는 점을 반영하여, 15년을 내구연한으로 보았다.

인 것으로 나타난다.

그런데 원주시에서 제출한 운영현황 자료에는 생산된 RDF를 수요처로 운반하는 소요되는 비용은 포함되어 있지 않다. 2008년도의 주요 공급처는 쌍용양회동해공장(4,617톤), 라파즈한라시멘트(2,773톤), 동해화력발전소(822톤), 엘콘파워(784톤), 원주시청사(300톤), 대한제지(135톤) 등인데 쌍용양회동해공장, 라파즈한라시멘트, 원주시청사에는 운임을 원주시가 부담하는 조건으로 무상으로 공급하였으며, 동해화력발전소, 엘콘파워, 대한제지에는 사용자가 운임을 부담하는 조건으로 무상으로 공급하였다. 운임을 원주시가 부담하였느냐 또는 사용자가 부담하였느냐와 관계없이 RDF운반비용은 국가적으로는 폐기물을 처리하는 과정에서 발생한 비용이라고 할 수 있다. 따라서 RDF운반비용도 운영비용에 포함시키는 것이 타당하다. 우선 각 수요처까지의 거리를 공급량으로 가중 평균하여 평균 운반거리를 구한 결과 156km인 것으로 나타났다. 1997년의 일반화물자동차 거리 톤급별 운임표⁸⁶⁾를 이용하여 거리당 운임을 계산하였는데, 이를 도로화물운송부문 생산자물가지수를 적용하여 2008년 12월말 불변가격으로 환산한 결과 톤당 21,828원을 적용하였다.⁸⁷⁾

또한 원주시RDF 운영 자료에는 잔재물처리비용이 누락되어 있다. 이것은 원주시RDF시설이 매립장내에 위치하고 있어서 잔재물을 그대로 인근 매립장에 매립하기 때문인데, 이 항목도 국가적 차원에서는 RDF시설을 통한 폐기물 처리비용에 포함시키는 것이 타당하다. 잔재물처리단가는 결국 매립에 따른 비용을 적용하면 되는데, 앞서 매립방식의 톤당 처리비용 연구 결과들을 고려할 때 최소한 톤당 4만원 이상이라고 볼 수 있으나, 소각시설에서의 소각재처리단가와 일치시키기 위해서 27,923원/톤을 적용하였다.

이렇게 재산정한 운영비용을 총 폐기물 반입량으로 나누어서 톤당 처리비

86) 출전은 ‘건설교통부 화운 91122-1000’으로 현재는 화물자동차운수사업법이 개정됨에 따라 적용되지 않고 있으나, 거리별 운임을 계산하기 위해 편의상 적용하였다.(「최연석 외, 가연성폐기물 고품연료(RDF)의 경제성 분석 및 제도도입에 관한 연구, 수도권매립지관리공사, 2006.1」에서 재인용)

87) 이것은 RDF를 20톤 트럭으로 운송한다고 가정한 것으로, 실제로 원주시가 동해와 강릉에 위치한 쌍용양회, 한라시멘트에 RDF를 공급할 때 부담하였다는 톤당 20,000원과 거의 일치한다.

용을 구한 결과 117,436원/톤인 것으로 나타났다.

다음으로 원주시 RDF제조시설의 시설투자비를 생산자물가지수를 이용하여 2008년 12월말 불변가격으로 환산한 후, 소각시설과 동일하게 내구연한을 15년으로 가정한 정액상각법에 의해 감가상각비를 산정하여 이를 연간 운영비용에 합산하여 총비용을 구하였다. 이를 총 폐기물 반입량으로 나누어서 톤당 처리비용을 구한 결과, 톤당 167,680원이 소요되는 것으로 나타났다.

폐기물을 처리하는 과정에서 외부비용이 발생하게 되는데, 사회전체적으로 보면 이러한 비용을 고려하는 것이 필요하다. 여기서는 앞에서 언급한 도로 화물운송에 의한 환경비용을 반영하여 RDF운반에 따른 비용을 산출하였다. 86.35원/톤-km을 적용한 결과 환경비용은 폐기물 1톤당 5,955원 발생하는 것으로 나타나고 톤당 처리비용은 173,635원으로 상승한다.

2008년까지는 생산된 RDF를 모두 무상으로 공급하였으므로 RDF판매에 의한 운영수익은 발생하지 않았다. 그러나 2010년부터 시멘트회사와 제지회사에 유상으로 공급하기로 계약을 체결하였으므로 이를 에너지원으로서의 RDF의 가치로 평가하여 반영하여 보았다. 대략 RDF 톤당 가격을 2만원으로 하여 적용한 결과 폐기물 1톤당 운영수익이 8,838원 발생하여 이를 고려할 경우 톤당 처리비용은 164,797원이 된다.

이것은 「폐기물 에너지화 종합대책 실행계획 마련 연구(이하 실행계획 연구)」⁸⁸⁾에서 산정한 RDF제조시설의 톤당 처리비용 산정 결과인 70,773원/톤⁸⁹⁾와 비교할 때 2.3배 이상 높은 수치이다.

이러한 결과는 다음과 같은 요인들로 인하여 발생한 것으로 보인다.

첫째, 앞서 2장에서 2009년 실행계획의 문제점으로 지적한 바와 같이 「실행계획 연구」의 경우 ‘폐기물처리서비스 수수료’로서 폐기물의 매립지 반입비용(24,610원/톤)을 고형연료화(RDF)시설의 수익으로 잡았고, 가스 및 전기 판매로 인한 수익을 RDF생산량에 열량을 곱해서 구한 원유대체수익으로 계산함으로써 운영수익을 과대 추정하였다. 둘째, 원주시 RDF시설의 폐기물 반입량과 RDF생

88) 장기복 외, 폐기물 에너지화 종합대책 실행계획 마련 연구, 환경부, 2008.12

89) 100톤/일 미만 규모의 톤당 순비용 산정결과이다.

산량은 시설용량과 비교할 때 각각 63.3%, 54.2% 수준인데, 실행계획 연구에서는 RDF시설이 시설용량만큼 100% 가동된다고 가정하였다. 셋째, 운영비용에 RDF운반비용과 잔재물처리비용을 포함하지 않았으며, 환경비용도 고려하지 않았다. 환경비용을 고려하지 않는다고 하더라도 톤당 처리비용은 156,900원이 된다. 넷째, 본 보고서에서는 원주 RDF시설의 실제 건설 및 운영 결과 나타난 비용을 근거로 톤당 처리비용을 산정한 것이지만 「실행계획 연구」의 경우 계획상 추정된 사업비와 운영비를 근거로 산정한 것인데, 통상 추정 사업비보다 실제 지출되는 비용이 훨씬 크다는 점이 작용된 것으로 보인다.

(2) 수도권매립지 RDF시설

수도권매립지관리공사가 수도권매립지에 시범사업으로 건설한 200톤/일 규모의 전처리시설은 2006년 계획을 수립하여 2007~2009년의 공사기간을 거쳐 2009년 11월부터 시험운전에 들어갔다. 당초 2010년 2월부터 정상운전에 들어갈 예정이었으나, 시험운전 초기부터 예상보다 함수율이 높은 폐기물이 반입됨에 따라 분리·선별 공정이 제대로 돌아가지 않고 건조공정에 과부하가 걸리는 등 문제가 발생하여 정상운전이 늦춰지고 있는 상황이다.

따라서 당초 계획상 책정된 사업비나 운영비에 비하여 많은 비용이 소요되었을 것으로 예상되지만, 아직 정상 운영에 따른 자료가 나오지 않았고 시험운전 과정의 자료를 요청하였으나 제공되지 않았기 때문에 계획 자료를 기초로 톤당 처리비용을 분석해 보았다.

수도권매립지 전처리시설의 연간 운영비는 21억 3,900만원 정도가 소요되는 것으로 나타나는데⁹⁰⁾, 연간 260일 운영되는 것으로 가정할 때 총 폐기물 처리량은 5만2천톤이므로 톤당 운영비는 41,135원이 된다. 그러나 세부내역을 보면 잔재물처리단가를 톤당 10,000원으로 가정하여 지나치게 낮게 산정되어 있다. 잔재물처리단가를 앞서 매립시설의 처리비용 중에서 가장 낮은 27,923원/톤을 적용하였을 경우 톤당 운영비는 46,951원이 된다.

90) 수도권매립지관리공사, 가연성폐기물 자원화 시범사업 운영비 내역서(1년간), 내부 자료.

수도권매립지시설은 시설공사비 256억 7,100만원을 포함하여 269억 4,000만원의 총사업비가 투자되었다. 연간 감가상각비는 17억 9,600만원이 되고 폐기물 톤당 설치비는 34,538원이 된다. 톤당 운영비용과 설치비를 합산한 톤당 처리비용은 81,489원이 된다.

전술한 바와 같이 수도권매립지 시범사업은 건조공정을 보완하면서 전력비와 연료비가 당초 계획보다 훨씬 많이 들어갈 것으로 예상된다. 또한 전주페이퍼와 ERG라는 업체에 생산된 RDF를 공급하기로 계약을 체결하였다고 하는데, 전주페이퍼는 수도권매립지시설로부터 250km 이상 떨어져있는 곳으로서 편익보다 더 많은 운반비용과 환경비용이 발생할 것으로 예상되며, ERG의 경우도 전용보일러를 건설한 후 RDF를 공급받아 열을 공급한다는 계획이기 때문에 전용보일러 건설·운영비용, RDF운반비용과 그에 따른 환경비용을 고려했을 때 과연 국가적으로 편익이 더 큰지를 검토할 필요가 있다. 여기서는 이에 대한 구체적인 비용 및 편익 산정을 생략하고 민감도 분석 및 평가 결과 종합을 통해 언급하려 한다.

(3) 부산시 RDF시설

원주시 및 수도권매립지RDF시설과 대조적으로 비성형방식의 RDF를 제조하여 동시에 건설하는 전용보일러발전시설을 통해 소각하는 부산시 전처리 및 RDF전용보일러시설사업의 경우 민간투자사업으로 추진되고 있다. 현재 우선협상대상자와의 실시협약이 체결된 상태인데, 실시협약에 명시된 총사업비와 운영비 자료와 적격성조사 보고서⁹¹⁾에 나타난 시설관련 자료를 기초로 톤당 처리비용을 추정하였다.

부산시 폐기물전처리시설의 시설용량은 900톤/일로 계획되고 있다. 365일 기준의 반입폐기물 예측량은 678톤/일이나 주말 일수를 제외한 261일 반입기준으로 시설용량을 결정하였다. 시설용량에 따라 100% 가동된다고 가정할 경우 폐기물 연간 반입량은 23만 4,900톤이 된다. 1일 RDF 평균 생산율은 68.69%라

91) 한국개발연구원, 2008년도 적격성조사 보고서「부산광역시 생활폐기물 연료화 및 발전시설 민간투자사업」, 2008. 12.

고 가정하여 연간 RDF생산량은 16만 1,353톤이 된다.

15년 동안의 관리운영권설정기간 중 운영비용 총계는 1,794억 7,500만원이므로 연간 평균 운영비용은 119억 6,500만원이 되고⁹²⁾, 폐기물 1톤당 순운영비용은 50,937원이라는 결과가 나온다. 총사업비는 2,132억 9,400만원이고, 내용연수를 15년으로 하여 연간 감가상각비를 구하면 142억 1,960만원이 된다. 따라서 감가상각비를 합산한 연간 총비용은 261억 8,460만원이 되고 톤당 처리비용은 111,471원이 된다.

RDF전용보일러(순환유동층)에서 발생하는 폐열을 이용하여 소내 모든 필요시설에 열원을 공급하고 터빈발전에서 발생하는 전기를 전력공사에 판매하여 에너지 절감을 하게 되는데, 이러한 폐열 활용에 따른 편익을 고려할 수 있다. 실시협약에 의하면, 15년 동안의 관리운영권설정기간 중 발전으로 인한 수입 총계는 1,515억 6,900만원이므로 연간 평균 수입은 101억 460만원이 된다. 이러한 전력 공급으로 인한 수입을 총비용에서 공제할 경우 톤당 처리비용은 68,454원이 된다.

그러나 부산시 전처리 및 RDF전용보일러시설이 계획한대로 처리 효율을 달성할 수 있을 지에 대해서는 여러 가지 검토해야 할 점들이 있다.⁹³⁾

첫째, 부산시 RDF시설의 경우 전처리과정에 건조 공정을 포함하지 않는 것으로 계획되고 있는데, 비성형 RDF의 함수율 기준인 25%를 충족할 수 있는가 하는 것도 중요한 관건이 될 수 있다. 다음 [표 28]에서 볼 수 있는 바와 같이 부산 지역 소각장에서 측정된 폐기물의 함수율은 평균 34.3~37.6% 정도이다. 부산 RDF시설이 건설되면 폐쇄되는 것으로 계획되어 있는 다대소각장의 경우 평균 36.3%인데, 월별로는 40%를 상회하기도 하는 것으로 나타난다.⁹⁴⁾ 폐기물의 함수율이 높을 경우 분리·선별 공정이 원활하게 이루어지지 않을 가

92) 실시협약상으로는 연도별 운영비용이 각각 다르게 명시되어 있으나, 분석의 편의상 연도별 운영비용이 동일한 것으로 가정하였다.

93) 뒤에서 민감도 분석을 통해 이러한 점들을 고려할 경우 부산시 RDF시설의 경제성이 어떻게 달라지는 지를 분석한다.

94) 전술한 바와 같이 이러한 함수율 통계는 공정시험법에 의해 측정되기 때문에 그 신뢰성이 높지 않은 것으로 평가되며, 실제 함수율은 훨씬 높을 것으로 예상된다.

능성이 있을 뿐 아니라 결국 생산된 RDF의 발열량이 낮아지게 된다. 보일러의 운전범위를 조정함으로써 RDF의 발열량 변화에 대처할 수 있으나, 운전범위가 넓어지면 관련 보조기기의 운전범위가 충분한 여유가 필요해짐에 따라 설비 설치비용의 증가를 수반한다.⁹⁵⁾ 이러한 문제점을 예방하기 위해 전처리시설에 건조 공정을 추가하는 경우는 역시 설비 설치비용과 운영비용의 증가를 수반할 수밖에 없다. 따라서 RDF시설의 경제성을 평가함에 있어서 전제가 되는 폐기물 함수율 및 RDF발열량 등에 대한 가정의 타당성을 검토할 필요가 있다.

[표 28] 부산지역 소각장의 반입 폐기물 함수율

(단위: %)

	다대	명지	해운대
평균	36.28	34.29	37.60
1월	39.85	36.70	35.40
2월	35.70	33.30	37.20
3월	38.10	33.00	36.80
4월	34.80	30.40	37.90
5월	32.40	32.00	38.10
6월	35.10	33.40	37.40
7월	36.70	37.00	37.40
8월		35.10	38.40
9월	35.60		38.60
10월	34.90	35.10	38.40
11월	40.00	35.80	37.40
12월	35.90	35.40	38.30

자료: 환경부, 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 2009.3, 환경부 홈페이지 (www.me.go.kr).

둘째, 2015년까지 전처리 및 RDF전용보일러시설의 가동률이 100%에 이를 것으로 가정하고 있는데, 소각시설의 가동률 현황에서도 나타나는 바와 같이

95) 한국개발연구원, 2008년도 적격성조사 보고서「부산광역시 생활폐기물 연료화 및 발전시설 민간투자사업」, 2008.12, 186쪽.

폐기물처리시설의 가동률이 100%가 된다는 것은 비현실적인 가정이라고 할 수 있다. 소각시설의 가동률이 최근 많이 상승했음에도 불구하고 2008년 45개 대형소각시설의 평균 가동률은 79%에 불과하다.⁹⁶⁾ 폐기물 반입량이 예상보다 적을 경우나 앞서 언급한 바와 같이 함수율 변동에 따라 RDF제조 공정에 차질이 발생할 경우 전처리시설이나 전용보일러시설의 가동률이 하락하고 이것은 폐기물 처리 효율 및 운영수익에 큰 영향을 주게 된다.

셋째, 다대소각장을 폐쇄하고 반입되던 폐기물이 생곡매립장 인근에 건설되는 전처리시설로 운반될 경우 약 3km 정도 폐기물 운반거리가 증가하게 된다.⁹⁷⁾ 따라서 운반비용과 도로 운송에 따른 대기오염, 소음, 혼잡비용 등의 사회적 비용이 증가하게 된다는 점도 고려해야 한다.

결국 부산시 전처리 및 RDF전용보일러시설은 시설 변경 없이 계획대로 100% 가동된다고 가정하였을 때⁹⁸⁾ 폐기물 1톤을 처리하는 데 68,454원이 소요되는데, 위에서 언급한 사항들을 고려할 때 실제로는 처리비용이 더 많이 소요될 가능성이 높다. 부산시 RDF시설이 900톤/일의 시설용량을 갖고 있어서 규모의 경제를 살리기에 유리한 조건임을 고려할 때, 2009년 실행계획에서 400톤/일 초과 RDF제조시설 및 전용보일러의 톤당 처리비용을 52,488원⁹⁹⁾으로 추정하는 것은 RDF시설의 처리비용을 과소 산정한 것이라고 할 수 있다.

96) 이것은 목표 가동일수를 기준으로 산정한 것인데, 실제 가동일수가 45개 시설 평균 6일 정도 목표 가동일수보다 많음을 감안하면 실제 가동률은 79%에도 미치지 못한다고 볼 수 있다.

97) 다대소각장 반입구역인 부산광역시 서구, 중구, 사하구의 구청으로부터의 평균거리를 비교한 것이다.

98) 부산시 전처리시설은 비성형·비건조방식 RDF시설로 설계되어서 건조 및 성형공정에 들어가는 시설투자비와 전력·연료비 등의 운영비가 적고, 인근 지역에 전용보일러와 매립장이 위치하여 RDF 및 잔재물의 운반비용도 거의 소요되지 않는 것으로 가정하였다.

99) RDF생산율이 50%라고 가정하여 RDF제조시설 처리비용 43,749원에 전용보일러 처리비용의 1/2인 8,739원을 합산한 것이다.

라. 민감도 분석

RDF시설이 계획과 일치하는 성과를 달성할 수 있는가 하는 것은 첫째, 폐기물의 반입이 계획대로 이루어지느냐, 둘째, 함수율 등의 폐기물의 성상이 예상과 부합하여 제조공정이 원활하게 가동되느냐, 셋째, 생산된 RDF의 수량과 품질이 계획과 부합하느냐, 넷째, 생산된 RDF의 수요처가 확보되느냐에 달려있다고 할 수 있다. 앞의 두 가지 요소는 RDF시설의 가동률과 제조비용에 직접 영향을 미치게 되고, 뒤의 두 가지 요소는 운영수익에 영향을 미치게 된다.

여기서는 이러한 점들을 고려하여 수도권매립지와 부산시 RDF시설에 대하여 민감도 분석을 수행하였다.¹⁰⁰⁾

(1) 수도권매립지 RDF시설

수도권매립지시설은 이미 시운전과정에서 함수율 초과로 인하여 건조공정에 과부하가 걸리고, 폐기물의 분리·선별이 제대로 이루어지지 않는 등 문제가 발생하였고, 이를 보완하기 위하여 건조기의 온도를 높이고 처리용량을 확대하는 등 건조시설을 보완하였다¹⁰¹⁾.

따라서 보다 현실적인 경제성 평가를 위해 분리·선별공정의 문제점 등으로 인해 가동률이 하락하고, 건조공정이 보완됨에 따라 전력비와 연료비가 상승하는 경우를 가정하여 민감도 분석을 수행하였다. 건조비의 경우 전력비와 연료비가 50% 증가하는 경우와 원주RDF시설의 전력비·연료비 단가와 동일하게 소요될 경우로 나누어서 톤당 처리비용을 산정하였다.

민감도 분석 결과, 수도권매립지RDF시설은 건조비가 50% 증가하는 경우 가동률이 100%일 때 89,945원, 85%일 때 99,004원, 70%일 때 111,945원으로 톤당 처리비용이 상승하는 것으로 나타났다. 원주RDF시설의 전력비·연료비 단

100) 원주시 RDF시설의 경우 실제 운영 자료를 통해 처리비용을 산출하였으므로 민감도 분석을 별도로 수행하지 않았다.

101) 이에 따라 시설투자비가 증액되고 건조공정에 들어가는 에너지 비용 등 운영비용도 상승하였을 것으로 예상되는데, 관련 자료를 요청하였으나 협조가 이루어지지 않았다.

가와 동일하게 소요될 경우 가동률이 100%일 때 103,459원, 85%일 때 112,518원, 70%일 때 125,460원으로 톤당 처리비용이 상승하는 것으로 추정되었다.

[표 29] 수도권매립지RDF시설 가동률, 건조비용 변화에 따른 민감도 분석 결과

	가동률 100%		가동률 85%		가동률 70%	
	건조비 50%증가	건조비 원주단가	건조비 50%증가	건조비 원주단가	건조비 50%증가	건조비 원주단가
시설용량(톤/일)	200	200	200	200	200	200
연 반입일수(일)	260	260	260	260	260	260
폐기물 반입량(톤/년)	52,000	52,000	44,200	44,200	36,400	36,400
평균 RDF생산율(%)	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%
연간 RDF생산량(톤)	26,000	26,000	22,100	22,100	18,200	18,200
순 운영비용(백만원/년)	2,441	3,584	2,206	3,177	1,971	2,771
톤당 순운영비용(원/톤)	46,951	68,921	49,915	71,885	54,149	76,119
총사업비(백만원)	26,940	26,940	26,940	26,940	26,940	26,940
감가상각비(백만원/년)	1,796	1,796	1,796	1,796	1,796	1,796
연간 총비용(백만원/년)	4,677	5,380	4,376	4,973	4,075	4,567
톤당 처리비용(원/톤)	89,945	103,459	99,004	112,518	111,945	125,460

(2) 부산시 RDF시설

부산시 RDF시설의 경우 전용보일러시설을 같이 설치하기 때문에 수요처는 확보된다고 할 수 있지만, 폐기물의 함수율이 시설의 계획 및 설계와 어긋나 제조공정에 지장을 초래할 가능성이 큰 것으로 분석되었다. 이미 수도권매립지 시범사업에서 함수율이 높은 폐기물이 들어올 경우 분리·선별공정에 문제가 있는 것으로 드러난 독일의 기술을 부산시 RDF시설에도 동일하게 적용하였기 때문이다.¹⁰²⁾ 분리·선별공정에 문제가 발생하면 폐기물 투입이 원활하게 이루

102) 수도권매립지 RDF시설의 하루 RDF생산량은 60톤 정도라고 하므로, 대략 생산물이 30% 정도라고 할 수 있다. 같은 성형 방식 RDF를 생산하는 원주 RDF시설의

어질 수 없으므로 전처리시설의 가동률이 떨어지게 되고 RDF의 생산률¹⁰³⁾과 발열량을 하락시키게 된다. 이에 따라 결국 발전에 의한 운영수익이 감소하게 되는데, 이를 보완하기 위해서는 건조공정을 추가해야 할 것이다.

이러한 점들을 고려할 때, 가동률과 RDF생산율 및 건조비용이 당초 계획과 달라졌을 경우를 가정하여 보다 현실적으로 부산시 RDF시설의 처리비용을 산정하는 것이 필요하다. 가동률이 85% 또는 70%로 하락한다는 가정과 평균 RDF생산율이 48%라는 가정¹⁰⁴⁾, 그리고 원주RDF시설 단가의 50% 정도 전력비 및 연료비가 소요된다는 가정을 도입하여 민감도 분석을 수행하였다.

[표 30] 부산RDF시설 가동률, RDF생산율, 건조비용 변화에 따른 민감도 분석 결과

	가동률 100%		가동률 85%		가동률 70%	
	수율 저하	건조	수율 저하	건조	수율 저하	건조
시설용량(톤/일)	900	900	900	900	900	900
연 반입일수(일)	261	261	261	261	261	261
폐기물 반입량(톤/년)	234,900	234,900	199,665	199,665	164,430	164,430
평균 RDF생산율(%)	48.00%	68.69%	48.00%	68.69%	48.00%	68.69%
연간 RDF생산량(톤)	112,752	161,353	95,839	137,150	78,926	112,947
순 운영비용(백만원/년)	13,607	17,664	12,094	15,542	10,581	13,421
톤당 순운영비용(원/톤)	57,926	75,198	60,572	77,842	64,351	81,621
총사업비(백만원)	213,294	213,294	213,294	213,294	213,294	213,294
감가상각비(백만원/년)	14,220	14,220	14,220	14,220	14,220	14,220
발전수익(백만원/년)	7,061	10,105	6,002	8,589	4,943	7,073
연간 총비용(백만원/년)	20,766	21,779	20,312	21,173	19,858	20,567
톤당 처리비용(원/톤)	88,402	92,716	101,729	106,042	120,770	125,083

생산율이 43%인 것과 비교할 때 가연성폐기물의 분리·선별이 제대로 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

103) 폐기물 투입량 대비 RDF의 생산량의 비율을 의미한다. 계획에서는 RDF생산율을 68.69%로 가정하고 있으나, 이것은 매우 비현실적인 가정이라고 할 수 있다.

104) 이것은 당초 계획보다 30% 하락한 것이다. 원주 RDF시설과 비교할 때 수도권매립지시설의 RDF생산율이 30% 낮기 때문에 동일한 기술을 적용한 부산시 RDF시설의 경우도 계획보다 30% 하락하는 것으로 가정한 것이다.

민감도 분석 결과, 부산시 RDF시설은 가동률이 100%인 상황에서 RDF수율(생산율)이 48%로 하락한 경우 톤당 처리비용은 88,402원으로 상승하고 건조공정을 추가하는 경우 92,716원으로 상승하게 된다. 가동률이 85%인 상황에서 RDF생산율이 48%로 하락한 경우 톤당 처리비용은 101,729원으로 상승하고 건조공정을 추가하는 경우 106,042원으로 상승할 것으로 추정된다. 또한 가동률이 70%인 상황에서 RDF생산율이 48%로 하락한 경우 톤당 처리비용은 120,770원으로 상승하고 건조공정을 추가하는 경우 125,083원으로 상승하게 된다.

마. 경제성 평가 결과 종합

당초 계획된 데로 설치와 운영이 이루어진다고 가정하고 비용효과분석을 통해 매립·소각시설과 전처리 및 RDF제조·이용시설의 경제성을 비교·평가한 결과, [표 31]과 같이 사례로 선정한 원주시, 수도권매립지, 부산시 등 3개의 RDF시설의 폐기물 1톤당 처리비용은 각각 164,797(173,536)원, 81,489(90,228)원¹⁰⁵⁾, 68,454원으로 매립시설의 톤당 처리비용보다는 높지만 유사한 시설용량을 가진 소각시설의 평균 톤당 처리비용보다는 낮은 비용으로 폐기물을 처리할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 원주시시설을 제외하고는 모두 실제 설치 및 운영의 결과로 나온 자료가 아니고, 계획 및 설계와 동일하게 시설이 설치·운영되었을 경우를 가정하고 톤당 처리비용을 산정한 것이므로 이 결과를 RDF시설의 경제성으로 보는 데는 한계가 있다.

따라서 계획에서 가정한 가동률, RDF생산율, 건조비용 등이 변동되는 경우를 상정하여 민감도 분석을 수행하였다. 민감도 분석 결과, 수도권매립지 RDF시설의 경우 최저 89,945(98,684)원에서 최고 125,460((134,199)원까지 톤당 처리비용이 바뀌는 것으로 나타났다. 부산시 RDF시설의 경우 최저 88,402원에서 최고 125,083원까지 톤당 처리비용이 변동하는 것으로 나타났다.

105) ()안은 RDF전용보일러시설의 처리비용을 합산한 수치이다. 원주시와 수도권매립지 RDF시설은 전처리시설(RDF제조시설)이므로 RDF소각에 따른 비용을 추가할 필요가 있다. 2009년 실행계획에서 산정한 RDF전용보일러시설의 처리비용(17,478원/톤)을 RDF생산율이 50%라고 가정하여 폐기물 1톤당 8,739원으로 환산하였다. (이하 동일).

[표 31] 처리방법별 톤당 처리비용 산정 결과

(단위: 원/톤)

구분		시설용량		
		100톤/일 미만	100~400톤/일	400톤/일 초과
매립시설		27,923~73,380(평균 45,545) ¹⁾		
소각시설		215,082	104,244	83,337
전처리 및 RDF전용보일러 시설	계획 일치	164,797 ²⁾	81,489 ³⁾	68,454 ⁴⁾
	민감도(최저)	해당 없음	89,945	88,402
	민감도(최고)	해당 없음	125,460	125,083

- 주 1) 매립시설의 처리비용에 대한 연구결과들을 종합한 결과임.
 2) 원주 전처리시설의 폐기물 1톤당 처리비용으로서, 실제 운영자료를 근거로 산정 하였으므로 민감도 분석을 수행하지 않음.(RDF소각비용 추가 필요).
 3) 수도권매립지 전처리시설의 폐기물 1톤당 처리비용임.(RDF소각비용 추가 필요)
 4) 부산시 전처리 및 RDF전용보일러시설의 폐기물 1톤당 처리비용임.

이와 같은 분석 결과를 토대로 다음과 같은 시사점이 도출되었다.

(1) 지역적 특성에 따른 처리방안 차별화 필요

환경부는 전처리 및 RDF전용보일러시설 등 가연성폐기물에너지화시설을 통해 매립을 대체함으로써 에너지를 회수하고 온실가스 배출을 억제하는 등 국가적 이익이 발생한다고 주장하고 있다.

그러나 폐기물 톤당 처리비용을 비교하여 매립처리방안과 RDF제조·이용방안의 경제성을 평가한 결과, 매립처리방안이 보다 비용효과적인 것으로 나타났다. 원주시매립장의 톤당 처리비용은 45,984원에 불과한 반면, 원주시RDF시설에서 폐기물 1톤을 처리하기 위해서는 국가적으로 173,536원의 비용이 소요된다. 수도권매립지RDF시설의 경우에도 수도권매립지의 톤당 처리비용인 67,884원보다 높은 처리비용이 소요되고, 부산시 RDF시설의 경우도 생곡매립장의 톤당 처리비용인 54,078원보다 높은 처리비용이 필요하다. 따라서 경제성 측

면에서는 3개 사례지역 모두 매립장 인근지역에 RDF시설을 건립하는 것이 타당성이 없다고 할 수 있다.

추가적인 매립장 확보가 어렵기 때문에 매립을 다른 처리방안으로 대체하여야 한다는 전제 하에서 소각처리방안과 경제성을 비교하였는데, 소각시설이 시설투자비가 많이 소요된다는 특징을 가지고 있어서 원주시 사례와 같이 100톤/일 규모 이하의 시설용량을 가지고 주변지역에 소각여열을 공급할 수요처가 마땅치 않은 지역은 RDF시설이 소각시설보다 타당성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 대도시와 공단에 인접한 소각장들의 톤당 처리비용은 RDF시설보다 더욱 낮게 나타났다. 예를 들어, 안양, 양천, 고양, 창원, 울산, 명지, 해운대소각장은 수도권매립지 RDF시설보다, 강남소각장(900톤/일)은 부산시 RDF시설보다 낮은 처리비용(49,514원)으로 폐기물을 처리할 수 있다.

수도권매립지와 부산시 사례에 대한 민감도 분석 결과, 가동률과 RDF생산율, 건조비용이 당초 계획대로 달성되지 않을 경우 RDF시설의 경제성은 급격히 악화되는 것으로 나타났다. 부산시 사례에서, RDF생산율이 48%로 하락하면 톤당 처리비용이 88,402원이 되고, 가동률까지 85%로 하락할 경우는 101,729원이 될 것으로 추정되었다. 그런데 시설용량이 400톤/일을 초과하는 전국 8개 소각시설의 평균 톤당 처리비용이 83,337원이라는 점을 고려할 때, 비성형·비건조방식으로 계획되어 가장 경제성이 양호할 것으로 예상되는 부산시 RDF시설의 경우도 계획에 차질이 발생할 경우 소각시설보다 경제적 타당성이 있다고 보기 어렵다.

수도권매립지 사례에서 건조공정이 보완됨에 따라 원주RDF시설과 동일하게 전력비와 연료비가 소요된다고 가정할 경우, 가동률이 100%라고 해도 103,459원/톤, 85%일 경우 112,518원/톤, 70%일 경우 125,460원/톤으로 톤당 처리비용이 상승할 것으로 추정된다. 이것은 특·광역시 지역에 위치한 13개 소각시설의 평균 톤당 처리비용이 78,644원/톤이며, 100~400톤/일의 시설용량을 가진 소각시설의 평균 톤당 처리비용이 104,244원이라는 점을 고려할 때 경제성이 우월하다고 하기는 어렵다.

결국 전처리 및 RDF전용보일러시설의 타당성은 현실적인 지역별 여건과

수요처 확보 여부에 따라 판단할 수밖에 없으므로, RDF시설을 설치하기 전에 다른 처리방안과의 경제성을 엄밀하게 비교하여 결정해야 할 것이다. RDF시설은 매립시설보다는 월등히 많은 비용이 소요되며, 성형RDF시설의 경우 100톤/일 규모 미만의 시설을 제외하고는 현실적으로 소각시설에 비해서도 경제성이 떨어지고, 비성형·비건조RDF시설의 경우도 강남소각장과 같이 대도시에 위치하고 가동률과 여열 회수율이 양호한 소각시설과 비교하면 경제성이 우월하다고 하기 어렵다.

따라서 RDF시설은 폐기물 발생량이 많지 않고 매립장을 추가로 확보하기 어려운 농촌지역 및 소도시의 경우에 설치하는 것이 타당성이 큰 것으로 판단된다. 대도시나 공단 가까이 위치하여 공동주택이나 공장에 열에너지를 직접 공급하기 유리한 지역의 경우는 오히려 소각시설이 더욱 경제적으로 효율적이기 때문이다¹⁰⁶⁾. 또한 RDF의 주요 수요처인 시멘트회사, 화력발전소 등으로부터 가까운 지역에 RDF시설을 설치하는 것은 바람직하다. 독일 실지 평가에서 방문한 RDF시설들의 경우 시멘트 소성로, 전용보일러시설 등 수요처의 인근 지역에 위치한 것을 확인할 수 있었으며¹⁰⁷⁾, RDF시설 담당자들도 수요처를 확보한 상태에서 RDF제조 시설을 계획하는 것이 중요하다는 것을 강조하였다. 더불어 고품연료에 대한 수요처의 요구에 따라 전처리 기술 및 RDF방식을 결정할 필요가 있으며¹⁰⁸⁾, 주민들의 반대 등 외적 요인도 고려해야 한다. 이러한 지역별 특성에 따른 경제적·환경적 타당성과 수용가능성을 고려하여 폐기물 처리방안을 차별화할 필요가 있다.

(2) 정확한 통계자료에 입각한 처리기술 선택 필요

RDF시설을 계획하는 과정에서 폐기물의 성상에 대한 정확한 통계자료를

106) 물론 주민들의 반대로 매립장이나 소각장의 건설이 원천적으로 불가능하여 어쩔 수 없이 대안을 찾아야 하는 경우도 고려하여야 할 것이다.

107) 에닌거로(Ennigerloh)시 ECOWEST MBT시설과 GRE MBT시설, 노이뮌스터(Neumuenster)시 MBT 시설 등.

108) 독일의 사례에서 볼 때 수요처에 따라 건조공정 포함 여부, RDF 성상 및 발열량 등을 다양하게 적용하고 있다.

기초로 하여 현실적인 처리방식을 선택하여야 하며 그러한 처리방식을 적용하였을 때 과연 RDF시설을 설치하는 것이 타당성이 있는지를 따져봐야 한다.

RDF는 성형(pallet)방식과 비성형(fluff)방식으로 구분되는데, 성형방식의 RDF는 건조와 성형공정을 필요로 하기 때문에 비성형방식에 비하여 많은 에너지를 필요로 하고 제조비용이 많이 소요된다. 특히 건조공정에 전력비와 연료비가 많이 소모되기 때문에 RDF시설의 경제성이 이것에 의해 좌우되는 것으로 드러났다. 여기서 고려해야 하는 것이 폐기물의 성상에 따라 적절한 처리기술을 적용했느냐 하는 점이다. 예를 들어 부산시 RDF시설은 비성형·비건조 방식으로 RDF를 생산하는 것으로 계획되었으므로 가장 낮은 톤당 처리비용을 나타내는데, 많은 전문가들이 계절적으로 함수율이 40~50%를 넘는 우리나라의 특성상 비건조 방식으로 함수율이 25% 이하인 비성형RDF의 조건을 맞추는 것은 어렵다는 의견을 보이고 있다. 만약 현실적으로 비건조 방식으로 할 경우 분리선별공정에 문제가 발생하여 가동률을 70% 이상으로 하기 어렵고 RDF생산율이 48% 정도로 떨어진다고 하면¹⁰⁹⁾ 톤당 처리비용이 120,770원으로 대폭 상승하게 될 것으로 추정된다. 이것보다는 건조공정을 추가하여 가동률을 85% 이상으로 유지하는 것이 톤당 처리비용이 101,729원으로 훨씬 효율적인 것으로 추정된다([표 30]참조)¹¹⁰⁾.

원주RDF시설과 수도권매립지RDF시설은 모두 전처리를 통해 성형RDF를 생산하는 시설인데, 수도권매립지시설이 200톤/일의 규모로 원주시설보다 훨씬 클 뿐 아니라 건조공정에서 근본적인 차이가 있다. 수도권매립지시설은 분리·선별공정을 거친 후 건조공정이 진행되는 반면 원주시설은 건조공정을 거친 후 분리·선별이 이루어진다. 수도권매립지시설은 전체 폐기물을 모두 건조시키는

109) 독일 에닌거로(Ennigerloh)시 ECOWEST MBT시설의 경우 생활폐기물의 함수율이 40~50% 정도인데 RDF생산률이 35~50%를 넘지 못한다고 한다. 분리선별 및 파쇄 공정 이후에 건조기가 설치되어 있어서 수요처에서 발열량이 높은 RDF를 원하는 경우 건조기를 가동시킨다는 담당자의 설명을 고려할 때 건조기를 돌리지 않을 경우 RDF의 함수율은 25%를 훨씬 넘을 것으로 보인다. 그러나 독일의 경우 RDF의 함수율에 대한 규제가 없으며 생활폐기물과 상업(사업장)폐기물을 같이 처리하기 때문에 생활폐기물에 의한 RDF의 함수율에 대한 정확한 자료를 가지고 있지 않다고 한다.

110) 이것은 비성형·건조방식으로 공정과 기술을 바꾸는 것이라고 할 수 있다.

것이 아니라 선별된 가연성폐기물만을 건조하는 원리로 되어 있으므로 계획상으로는 원주시설에 비하여 건조를 위한 전력이나 연료의 소비가 훨씬 적은 것으로 되어 있다. 그런데 현재의 처리방식하에서 수도권매립지시설의 가동률이 70% 이하로 떨어진다면 톤당 처리비용이 103,490원이 되어서¹¹¹⁾ 원주시설과 동일하게 건조공정을 보완하는 것보다도 처리비용이 올라가게 된다.([표 29] 참조)

이처럼 성형·비성형, 건조·비건조 등 RDF제조방식에 따라서 경제성이 좌우될 뿐 아니라 가동률 및 RDF생산율도 경제성에 큰 영향을 미치게 되므로 RDF시설의 설치 여부를 결정함에 있어서는 폐기물 성상 등에 대한 정확한 통계를 기반으로 현실적인 처리방식을 결정하고 그에 따른 경제성을 사전에 분석할 필요가 있다. 독일 실지 평가를 통해서 독일의 RDF시설들은 지역별 특성에 따라 제 각각 다른 기술 및 공정을 적용하고 있음을 확인할 수 있었다.

(3) 기존 폐기물관리대책과의 조화 필요

생활폐기물을 처리하는 대표적인 시설이라고 할 수 있는 매립시설과 소각시설은 지자체에서 운영하는 것만도 전국적으로 각각 220개소와 180개소가 있다. 전국적으로 230여개 기초자치단체가 있음을 감안할 때 거의 모든 기초자치단체별로 매립시설과 소각시설이 있다고 할 수 있다. 또한 최근 5년간 폐기물관리정책 관련 예산현황을 보면 여전히 매립 및 소각시설에 대한 투자가 계속되어왔음을 알 수 있다. 2005~2009년 동안 소각시설에 대하여 2,367억원이 투자되었으며, 매립시설에 대해서도 2,054억원이 투자된 것으로 나타난다.

111) 건조비용 조건이 동일한 상태에서 가동률만 70%로 하락하는 경우 톤당 처리비용이 22,001원 상승하게 되므로 $81,489+22,001=103,490$ 원이 된다.

[표 32] 최근 5년간 매립 및 소각시설 관련 예산현황

(단위: 백만원)

구 분	계	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
계	442,085	83,810	82,040	88,952	90,554	96,729
소 각	236,682	40,142	43,234	51,626	48,854	52,826
매 립	205,403	43,668	38,806	37,326	41,700	43,903

자료: 환경부 내부자료.

이러한 상황에서 전국적으로 전처리시설을 건설할 경우 매립시설 뿐 아니라 소각시설로 반입되는 폐기물의 양이 줄어드는 현상이 발생할 것으로 예상된다. 그런데 매립시설 및 소각시설의 비용 산정과정에서 나타난 바와 같이 반입되는 폐기물이 감소하여 가동률이 하락할 경우 톤당 처리비용이 급격히 상승하는 것을 볼 수 있다. 이것은 톤당 설치비용이 증가할 뿐 아니라 운영비용 중에도 인건비 등 고정비용 성격의 비용이 많이 포함되어 있기 때문에 나타나는 현상이다.

최근 생활폐기물을 소각하는 비율이 증가하면서 소각시설의 가동률이 상승하는 추세를 보이고 있지만 여전히 전국에 위치한 180여개 소각시설의 평균 가동률은 79%에 머물러 있다. 따라서 폐기물관리대책의 전반적인 효율성 향상을 위해서는 소각시설의 가동률을 향상시키는 노력이 필요하다. 소각률 상승으로 매립시설의 운영 효율성도 하락하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 지금까지 환경부가 추진해 온 폐기물관리대책과의 조화를 무시하고 전처리시설의 설치를 지나치게 확대할 경우 폐기물처리시설의 시설용량 과잉으로 인하여 기존 폐기물처리시설의 운영 효율성은 더욱 하락하고 폐기물에너지화시설이 목표로 하고 있는 에너지 회수 효과도 달성하지 못하는 이중의 국가적 손실을 발생시키게 될 것이다. 따라서 지역별로 폐기물 발생량의 변화추이와 여타 폐기물처리시설의 처리용량 및 노후도, RDF수요처의 인접성 등을 고려하여 경제성과 환경성을 엄밀하게 따져본 후 전처리시설의 설치 여부를 결정하여야 할 것이다.

VI. 정책적 시사점 및 결론

1. 정책적 시사점

폐자원에너지화사업에 대하여 계획, 집행 및 성과의 3단계로 나누어 평가한 결과 다음과 같은 시사점이 도출되었다.

가. 지역적 특성에 따른 폐기물 처리방안 차별화 및 다각화 필요

전처리 및 RDF전용보일러시설의 타당성은 현실적인 지역별 여건과 수요처 확보 여부에 따라 좌우된다. 처리방법별 환경성 비교평가 결과 RDF제조·소각 처리방안은 에너지회수에 따른 회피효과를 고려하더라도 기존 소각폐열활용식 생활폐기물 직접소각방법보다 환경성이 나쁜 것으로 분석되었다. RDF제조 및 건조 시 투입되는 화석연료와 이로 인한 이산화탄소 배출, RDF의 수요처까지의 이동에 따른 추가적인 환경부하의 발생이 고려되어야 하기 때문이다. 경제성 평가 결과도 대도시나 공단 가까이 위치하여 공동주택이나 공장에 열에너지를 직접 공급하기 유리한 지역의 경우는 소각시설의 경제성이 RDF시설보다 더 높은 것으로 나타났다. 이런 지역에서는 폐열 보일러의 성능 개선, 발전설비 추가에 의한 열병합발전 추진, 하절기에 냉방공급에의 활용 등 소각여열 회수 및 이용의 효율성을 높이는 방안을 추진하는 것이 별도의 RDF제조시설 및 전용보일러를 설치하는 것보다 실효성이 높을 수 있다. 또한 매립장에 매립가스 발전 시설을 설치함으로써 매립시설의 환경영향을 감소시키면서 에너지 회수를 통해 경제성도 향상시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

따라서 RDF시설은 가까운 곳에 열에너지를 공급하기 어렵고 RDF의 주요 수요처인 시멘트회사, 화력발전소 등으로부터 멀리 떨어져 있지 않은 지역에 설치하는 것이 바람직하고, 고형연료에 대한 수요처의 요구에 따라 전처리 기술 및 RDF방식을 결정할 필요가 있다. 그러나 2009년 폐자원 및 바이오매스

에너지 대책 실행계획이나 RDF시설에 대한 타당성 및 적격성조사 보고서를 검토한 결과 지나치게 RDF사업의 기대효과를 과대 추정하고 편익이 부풀려져 있는 등 여타 정책대안과의 비교·평가가 제대로 이루어지지 않고 있다. 지역별 특성에 따른 경제적·환경적 타당성에 따라 폐기물 처리방안을 차별화할 필요가 있으며, 소각여열 회수 및 매립가스 발전시설의 설치 등도 활성화하는 방향으로 폐자원에너지화사업을 다각화할 필요가 있다.

나. 기존 폐기물관리대책과의 조화 필요

폐기물관리대책 중에서 첫 번째 우선순위는 폐기물 발생억제, 재사용, 재활용 등을 통해 환경으로 배출되는 폐기물의 양을 줄이는 것이 되어야 한다. 폐자원에너지화대책도 폐기물관리대책의 일환인 만큼 이러한 기존 대책과의 조화를 고려하면서 추진되어야 한다. 그 다음으로는 발생한 폐기물을 안전하고 효율적으로 처리함으로써 국민의 건강과 생활 환경을 보존하고 국가 재정 부담을 줄이는 것이 중요하다. 우리나라는 2005~2009년 동안 소각시설과 매립시설에 대하여 각각 2,367억원과 2,054억원을 투자하였으며 폐기물처리시설에 대한 투자는 꾸준히 확대되어 왔다. 그런데 소각시설의 전국 평균 가동률은 아직 79%에 머물러 있으며, 생활폐기물의 소각률 상승으로 매립시설의 연간 매립량도 하락하고 있는 실정이다.

이러한 상황에서 기존의 폐기물관리대책과의 조화를 무시하고 신재생에너지 공급을 확대한다는 목표에 따라 지나치게 폐자원에너지사업을 확대할 경우 결과적으로 폐기물 처리시설에 대한 과잉 투자를 가져올 수 있다. 폐기물 처리시설이 폐기물 발생량과 비교해서 과다하게 건설될 경우 폐기물을 줄이고 재활용을 활성화하는 노력을 약화시킬 수 있고, 폐기물 처리시설의 운영 효율성은 더욱 하락하며 에너지 회수 효과도 달성하지 못하는 이중, 삼중의 국가적 손실이 발생할 것이다. 따라서 폐기물 발생량의 변화추이와 여타 폐기물처리시설의 처리용량 및 노후도, 폐자원에너지 수요처의 인접성 등을 고려하여 경제성과 환경성을 엄밀하게 따져본 후 폐자원에너지화시설의 설치 여부를 결정하여야 할 것이다.

다. 전처리시설을 통한 물리적 재활용 제고 방안 필요

현재 환경부에서 폐자원에너지화사업의 일환으로서 추진되고 있는 전처리 시설의 경우는 폐기물의 분리·선별을 통한 물리적 재활용(physical recycling)의 증대보다는 열적 재활용(thermal recycling)과 에너지 회수에 무게를 싣고 있다. RDF 소각을 통해 회수되는 에너지의 상당부분은 폐플라스틱에 기인하기 때문에 화석연료의 또 다른 형태에 불과하고 재생가능하지 않은 지속불가능한 에너지원이다. 또한 에너지회수에 초점을 맞추어 RDF생산율을 높이고 고발열량의 고형연료를 생산하려 하면 건조 및 성형공정이 필요하게 되는데, 이 경우 화석 에너지 사용이 증가하여 에너지 절약 및 온실가스 저감효과도 감소하게 된다.

한편 폐플라스틱, 종이류 등의 물리적 재활용공정은 처리공정의 환경부하보다 재생플라스틱, 재생용지 등 재생재(secondary materials)의 생산을 통한 자원 절약 효과가 월등히 큰 것으로 보고되고 있다. 따라서 많은 양의 에너지가 투입되어야 하는 파쇄·건조·압축성형공정을 제외하고, 분리·선별 기능에 주안점을 둔 전처리시설을 도입함으로써 물리적 재활용을 늘리는 방안을 모색하는 것이 필요하다.

라. 폐자원에너지화사업의 단계적인 확대 필요

전처리시설 운영의 효율성과 안정성은 폐기물의 함수율 등 폐기물의 성상에 따라 크게 좌우되는데, 시범사업에서 부정확한 통계 자료를 기초로 전처리 시설을 설계함으로써 분리·선별공정의 차질로 인한 RDF생산율 저하 등 여러 가지 문제가 발생하고 있는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 발견된 문제점에 대한 충분한 검토와 대책 마련 없이 무리하게 사업을 추진한다면 이러한 시행착오를 답습함으로써 막대한 예산 낭비만 초래하고 소기의 목적을 달성하지 못하는 결과를 가져올 것이다.

따라서 전문가를 포함한 이해관계자들의 폭넓은 참여로 적절한 기술, 설계 등 RDF시설 전반의 타당성에 관한 충분한 논의와 검토과정을 거친 후 단계적으로 사업을 추진해나가야 할 것이다.

2. 결론

환경, 경제, 에너지, 고용을 아우르는 4E(112)로의 패러다임 전환을 위해 폐자원으로부터의 에너지 회수를 확대하는 정책의 필요성은 인정된다. 그러나 폐기물에너지화사업이 새로운 패러다임에 부합되는 사업으로서 소기의 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 점들에 유의할 필요가 있는 것으로 평가되었다.

먼저, 폐기물에너지화사업이 폐기물 처리시설에 대한 투자를 확대하는 구실로 이용되어서는 안 된다.

환경부는 폐기물 감량화 및 재활용 등의 폐기물관리대책이 한계에 부딪혀 더 이상의 큰 성과를 기대하는 것이 어렵기 때문에 폐자원에너지화시설을 확충함으로써 에너지 회수를 확대하는 것이 우선적으로 필요한 정책이라고 주장하고 있다. 그러나 폐기물관리정책 관련 예산현황 등을 분석해보면 환경부의 주장과는 달리 폐기물 발생억제와 재활용에 대한 정부의 노력이 충분했다고 보기 어렵고 폐기물처리서비스의 확대를 통한 공급 위주의 정책에 치중해 왔음을 알 수 있다. 이에 따라 2005년 이후 폐기물 발생량은 오히려 더 급격하게 증가하고 있으며, 음식물쓰레기 재활용을 제외한 생활폐기물 재활용률도 조금씩 하락하는 추세를 보이고 있다.

RDF 등 폐자원에너지화 기술 개발을 주도해 온 독일의 경우 종이, 유리, 포장재, 목재 등에 대한 재활용을 통해 처리해야 할 폐기물의 양을 감소시키고 온실가스의 발생을 최소화하는 데 주력하면서, 잔여 고형폐기물(Residual solid waste)을 효율적으로 이용하기 위한 방안으로서 전처리시설(MBT) 및 RDF제조시설을 이용하고 있다. 무역 흑자가 중국 다음으로 많을 정도로 독일의 경제가 상승 국면에 있음에도 폐기물 발생량은 감소하는 추세인 것은 이러한 독일의 폐기물관리정책의 성과라고 할 수 있다. 최근 EU는 물리적 재활용을 더욱 증가시키는 방향으로 폐기물정책을 전환토록 제안하고 있다고 하는데 이것은 EU에만 국한된 것이 아니며, 일본도 발생한 폐기물을 안전하게 처리하는 사후관리 방식에서 폐기물 발생 자체를 줄이는 사전예방 방식으로의 전환을 강조하고

112) Environment, Economy, Energy, Employment.

있다. 자원 사용량이 늘어나면 폐기물 발생량도 증가하고 그것을 어떻게 처리 하든 자원고갈과 환경오염의 문제가 발생하게 되므로 근본적인 해결책은 자원을 절약하고 폐기물 발생을 억제함으로써 환경에 미치는 부하를 줄이는 것이라 는 데 공감대가 형성되고 있다. 따라서 우리나라도 폐기물에너지화사업의 확대 를 통해 폐기물 처리시설에 대한 과잉 투자를 심화시킬 것이 아니라, 지속가능 한 자원순환형 사회를 위해 폐기물 발생억제와 재활용을 위한 연구개발 등에 대한 장기적인 투자를 더 확대할 필요가 있다.

또한 폐기물 관련 예산 운용에 있어서 여러 정책대안에 대한 철저한 검토 없이 특정 사업에 편중된 투자가 이루어져서는 안 된다.

우리나라는 과거 소각시설에 대한 과잉 투자로 인해 가동률이 크게 떨어지 는 부작용을 겪은 바 있다. 대형 소각시설이 본격적으로 가동되기 시작한 1990 년대 후반에 소각시설의 가동률은 30%를 밑돌기도 했으며 2000년대 초반까지 50%안팎의 저조한 가동률을 보였다. 과잉 투자로 인한 이러한 비효율과 예산 낭비를 줄이기 위해서는 여러 정책대안에 대한 검토를 통해 사회적 수요에 부 합하는 대안을 모색하는 과정이 필요하다. 그런 의미에서 폐기물에너지화사업 이 신재생에너지의 공급을 확대한다는 목표 때문에 폐기물 고형연료(RDF) 생 산 등 가시적인 성과를 거둘 수 있는 사업에 편중되어 있는 것은 재검토되어야 한다. 전처리시설을 도입함에 있어서도 지역적 특성과 수요처의 요구 등을 고 려하여 가장 효율적인 기술 및 공정을 도입해야 하며, 물리적 재활용을 확대함 으로써 자원을 절약하고 온실가스를 감축하는 것에 중점을 둘 필요가 있다.

마지막으로 정책의 수용가능성과 경제적 타당성 측면을 조화시키기 위한 방안을 모색할 필요가 있다.

특정 폐기물 처리방안이 아무리 경제적 타당성이 높다고 해도 주민들의 반 대가 심할 경우 사실상 해당 지역에 적용하는 것은 불가능할 수 있다. 예를 들 면, 일부 지역의 경우 주민들의 극렬한 반대로 소각장 건립 추진이 무산되었으 며, 성형RDF를 생산하여 다른 지역에서 소각한다는 조건으로 전처리시설의 건 립을 추진 중이라고 한다. 그러나 반대로 정책의 수용가능성만을 고려하여 지 역적 여건에 맞지 않는 비효율적인 처리방안을 선택하는 것은 결과적으로 예산

낭비를 초래하게 된다. 따라서 폐자원에너지화시설의 에너지 회수 효율을 향상 시키면서도 주민들에게 거부감을 주지 않는 다양한 방안을 적극적으로 도입할 필요가 있다. 예를 들면, 에너지 비용 등 경제성 측면에서 유리한 비성형RDF를 생산하되 이동에 따른 흠날림 및 악취 등의 문제점을 해소하기 위하여 전용압축콘테이너를 도입하는 것이다. 이를 위해서는 전용보일러시설을 같이 건설하는 경우와 같이 생산자와 사용자가 같은 부지에 있는 경우에만 비성형RDF의 사용을 인정하고, 이동이 필요한 경우는 비성형RDF의 생산계획을 통제하거나 인정하지 않는 등의 경직적인 정책 집행은 바뀌어야 한다.

본 평가보고서는 폐자원에너지화사업 중에서 가장 많은 재정이 투입되는 가연성폐기물에너지화사업에 초점을 맞추어 계획, 집행 및 성과의 3단계로 나누어 평가하였다. 특히, 경제성 및 환경성 평가를 통해 폐자원에너지화사업의 성과에 대한 사전적 평가를 수행하고 정부가 주장하고 있는 사업의 기대효과의 타당성에 대해서도 검토하였다. 이 과정에서 폐자원에너지화사업을 추진함에 따라서 얻게 되는 사회적 이익과 손실을 산출함으로써 얼마나 많은 예산을 동 사업에 투입할 가치가 있으며, 어떤 방식으로 투자하는 것이 국가적으로 볼 때 가장 효율적인지를 평가하기 위하여 소각 등 여타 폐기물 처리방안들과 경제성 및 환경성을 비교하였다.

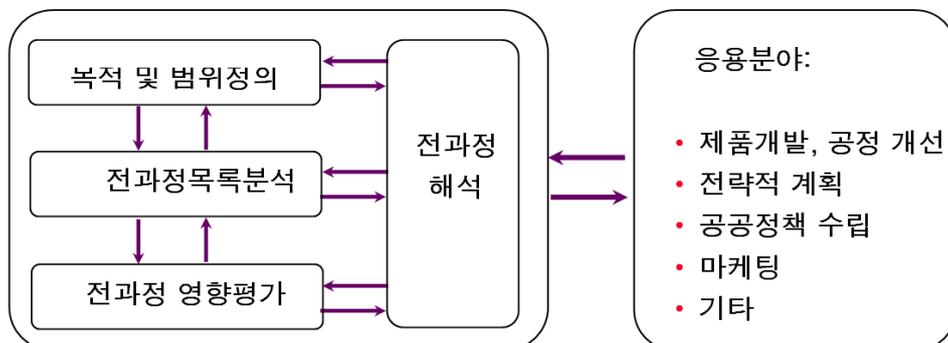
그러나 자료와 시간상의 제약 등으로 인하여 여러 가지 가정을 전제로 경제성과 환경성을 분석하였으므로, 본 보고서의 평가 결과는 적지 않은 한계를 내포하고 있다. 따라서 분석에 의해 상대적으로 더 타당성이 있는 것으로 나타난 특정 정책대안을 선택하는 것보다는 정책대안 간의 우선순위와 예산 배분 등 폐기물관리정책의 방향을 모색하는 차원에서 평가 결과를 해석해야 할 것이다.

무엇보다 본 평가보고서가 폐자원에너지화사업이 정부의 기대와는 전혀 다른 결과를 가져올 수 있다는 문제의식을 제기함으로써, 사업의 타당성 및 추진 방향에 관한 전문가들 간의 토론과 사회적 논의를 활성화하는 계기가 될 것을 기대한다.

부록 1. 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 방법론 개요

전과정평가(life cycle assessment, LCA)는 제품 또는 서비스의 전과정 즉, 제품의 원료 채취, 생산, 사용, 운송 및 폐기단계에 걸친 환경영향을 평가하는 기법이다. 전과정평가의 궁극적인 목적은 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 실현하기 위하여 제품, 재료 등의 전과정을 통한 자원/에너지 소비 및 환경오염 부하를 최소화시키고 개선방안을 모색하는 데 있다. 오늘날 각종 환경 문제에 직면하고 있는 기업체 및 행정기관, 소비자(단체)들은 보다 효과적인 환경보전 방안을 모색하기 위한 수단으로 전과정평가의 활용범위를 넓혀가고 있다. 전과정평가는 환경영향평가(environmental impact assessment, EIA), 위해성 평가(risk assessment, RA) 등과 함께 널리 사용되는 환경평가도구 중 하나로, 국제표준화기구에 의해 방법론이 규격화되어 연구결과에 대한 객관성을 확보할 수 있다는 장점을 지니고 있다. ISO 국제기구는 전과정평가를 목적 및 범위 정의(goal and scope definition), 전과정목록(life cycle inventory, LCI) 분석, 전과정영향평가(life cycle impact assessment, LCIA) 및 전과정해석(life cycle interpretation)의 4가지 단계로 구분하고 있다(ISO, 2006).

[그림 15] 전과정평가의 단계

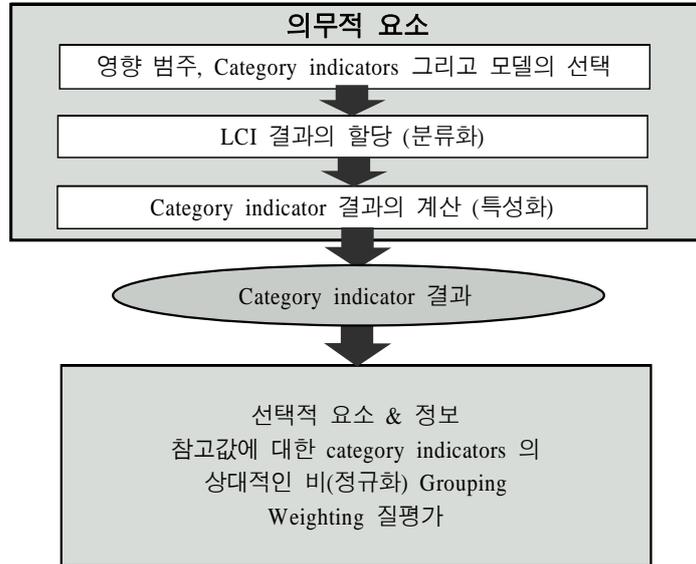


첫번째 단계인 목적 및 범위 정의의 설정은 연구의 목적, 기능단위(functional unit), 범위(scope), 데이터 수집 방법 등을 설정하는 단계로서 연구의 전체적인 방향을 설정한다. 두번째 전과정목록분석 단계는 전과정평가를 위하여 필요한 데이터를 수집·정리하는 단계로서 연구범위에서 선정한 시스템을 대상으로 모든 환경부하(투입물과 배출물)를 정량화한다. 세번째 전과정영향평가는 목록분석의 결과의 영향범주별 분류화(classification), 분류된 목록 매개변수들이 영향범주에 미치는 잠재적 기여도를 정량화하는 특성화(characterization), 정규화인자(특정시간, 지역 및 인구수 등)를 이용하여 영향범주별 환경영향의 전체 영향 기여도를 파악하는 정규화(normalization), 그리고 영향범주별 상대적인 가중치를 결정하는 가중치부여(weighting) 순으로 실시한다. 전과정평가의 마지막 단계인 해석 과정에서는 목록분석 및 영향평가 결과를 통하여 주요 환경영향과 인자를 규명, 평가하며, 의사결정권자에게 결론과 권고 형태로 보고하는 과정을 거친다¹¹³⁾.

분류화와 특성화 단계는 필수적인 단계이지만 정규화와 가중치부여 단계는 선택사항으로 분류하고 있다.

113) 이건모·허탁·김승도, 환경 전과정평가(LCA)의 이론과 지침, 한국인정원, 1998.

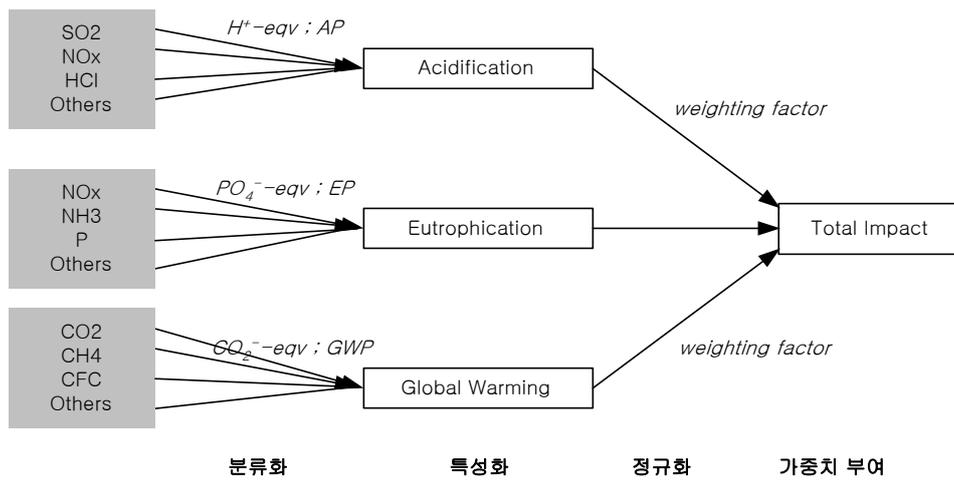
[그림 16] 전과정영향평가 요소



자료: ISO 14042: Life cycle impact assessment, 2000, p3.

전과정 목록분석 결과 얻어진 목록항목의 잠재적인 환경 영향을 평가하는 과정은 일반적으로 [그림 17]과 같다.

[그림 17] 전과정영향평가의 일반적인 절차



자료: 환경전과정평가(LCA)의 이론과 지침.

본 연구에서는 2003년도에 우리나라 지식경제부에서 개발한 영향평가방법론을 이용하여 전과정영향평가를 수행하였으며, 자원고갈, 지구온난화, 오존층 파괴, 광화학산화물생성, 산성화 및 부영양화 등 총 6개의 영향범주를 고려하였다. 제외된 영향범주로는 인간독성 및 생태독성이 있으며 환경부의 환경성적표지인증제도에서도 정규화단계 이후 결과값의 신뢰성이 낮기 때문에 영향범주에서 제외하고 있다.

분류화

목록분석의 결과에 의한 투입물과 배출물을 영향범주와 연결시키는 과정으로 영향범주로는 크게 3가지 대상인 천연자원, 인간보건, 생태계으로 나눌 수 있다.

특성화

영향범주별로 분리된 목록 파라미터들에 대하여 영향범주별 상응인자를 사용하여 잠재적인 기여도를 나타내는 방법으로 아래의 계산식과 같이 목록항목별 환경부하량에 목록항목별 상응인자를 곱함으로써 구할 수 있다. 각 영향범주에 대한 상응인자는 [부표 1]과 같다.

$$C_{ij} = E_j W_{ij}$$

- C_{ij} : 투입/산출물 j 로부터 발생되는 영향범주 I 에 대한 잠재적 공헌도
- E_j : 목록항목 j 의 환경부하량
- W_{ij} : 항목별 상응인자

[부표 1] 영향범주별 특성화인자

영향범주	특성화 인자
자원고갈	ADP(1/yr)
지구온난화	GWP(CO2-eq/g)
오존층파괴	ODP(CFC11-eq/g)
산성화	AP(SO2-eq/g)
부영양화	NP(PO4-eq/g)
광산화물 형성	POCP(ethene-eq/g)
생태독성	ECA(m3 water/g), ECT(kg soil/g)
인간독성	HCA, HCW(kg body wt/kg,

자료: 환경전과정평가(LCA)의 이론과 지침, p108

정규화

정규화 단계는 분류화, 특성화와는 다르게 선택적인 단계로서, 전과정목록 분석에서 설정된 목적과 관련된 정규화인자(특정시간, 특정지역 및 인구수)를 이용하여 특정상황에 기준한 영향의 상대적 중요성을 보여주게 된다.

$$\text{정규화값} = (C_i / N_i)$$

- C_i : i 번째 영향범주에 속한 목록 항목들이 기여하는 잠재적 영향
- N_i : 해당지역, 일정기간에 배출되는 i 번째 영향범주에 속한 모든 목록항목들이 기여하는 잠재적 영향

가중치 부여

가중치 부여도 정규화와 마찬가지로 선택적인 단계로서 영향범주간의 상대적인 중요도를 사회적, 도덕적, 과학적인 기준을 중심으로 해석하는 정량적/정성적 방법이다. 가중치 부여방법은 red flag와 matrix방법과 같은 정성적인 방법과 Delphi method와 EPS, distance-to-target과 같은 정량적인 방법이 있다.

이렇게 계산된 범주별 가중치는 아래의 계산식과 같이 각 범주별 영향점수를 곱함으로써 단일 점수화되어 제품이나 서비스 사이의 비교가 가능하다.

$$T = V_i \times I_i$$

- T : 가중치 부여 값
- I_i : 영향점수값
- V_i : 영향범주별 가중치

전과정평가(연구)의 한계

전과정평가는 말 그대로, 대상 제품 및 시스템의 원료 채취부터 폐기단계까지 전 과정(life cycle)에 대해 들어오고 나가는 모든 투입산출물의 양을 정량적으로 분석하고, 이로 인한 잠재적 환경영향을 평가하는 환경성평가 도구이다. 따라서 전과정평가는 많은 정보데이터의 수집·가공 및 처리를 필요로 하며, 이 과정에서 데이터 수집의 한계 등으로 인한 가정을 피하기 어렵다. 대상 제품 및 시스템의 전과정동안 발생하는 환경영향은 지리적, 시간적으로 차이가 있으나, 전과정평가는 이를 모두 하나로 묶어서 평가한다. 전과정평가를 통해서 나타내는 환경영향은 실제적인 영향이 아니라, 고려 대상인 영향범주별 잠재적 영향이다. 결국, 신뢰성 높은 전과정평가 결과를 도출하기 위해 가장 중요한 것 중 하나가 신뢰성 높은 데이터의 수집인데, 전과정평가 방법론의 특성 상 지나치게 많은 정보를 필요로 하고 때로 구할 수 없는 데이터로 인해 가정과 제한 사항이 생기게 되며, 이것이 전과정평가 수행의 한계로 이어지는 것이다.

부록 2. 경제성 평가 범위 및 방법

1. 평가 범위

환경부는 곧바로 매립되던 생활폐기물¹¹⁴⁾ 전처리시설을 거치도록 함으로써 에너지를 회수하고 매립장 수명도 연장한다는 취지에서 가연성폐기물 에너지화대책을 추진하고 있다. 환경부의 자료¹¹⁵⁾에 따르면 RDF제조 및 이용시설은 매립을 대체하는 것이고 소각정책은 기존과 동일하게 유지되는 것으로 되어 있는데, 그럼에도 불구하고 2009년 실행계획에서는 매립과 전처리의 처리비용을 비교하지 않고 소각과 전처리의 처리비용을 비교하여 폐기물처리비용절감효과를 산정하고 있다.¹¹⁶⁾

이러한 환경부의 폐자원에너지화정책 추진 논리의 타당성을 검증하기 위해서 소각방식과 전처리 및 RDF제조방식을 대상으로 경제성을 비교·평가해보려 한다. 경제성이란 단순히 경제적 이익과 손실만을 검토하는 것이 아니라 환경적 영향 및 사회적 영향도 고려하는 것이다. 따라서 사회·환경·경제적인 비용과 편익에 대한 분석이 이루어져야 하지만 본 보고서에서는 기본적인 폐기물 처리 효율성과 환경성 등을 고려한 경제성 평가를 실시하였다. 즉, 폐기물을 처리하기 위해서 직접적으로 필요한 시설투자비와 운영관리비 등과 그로 인해 2차적으로 발생하는 환경오염비용, 그리고 폐기물처리를 통해 부수적으로 발생하는 에너지 회수 등의 편익을 고려하여 각 방안별 폐기물 톤당 처리비용을 비교해봄으로써 비용효과분석을 수행하였다.

다음 [부표 2]는 처리방안별로 발생하는 비용과 편익을 정리한 것이다.

114) 일부 배출시설계 사업장폐기물과 건설폐기물도 대상에 포함된다.

115) 환경부 자원순환국, 신재생에너지확보 및 온실가스 저감을 위한 가연성폐기물 고효율연료화 사업, 국회예산정책처 예비검토 자료, 2010. 3.

116) 환경부는 사회 일각에서 매립을 소각으로 대체하는 것이 더 바람직하지 않느냐는 의견이 있기 때문에 소각과 전처리방안의 처리비용을 비교한 것이라고 주장하고 있다.

[부표 2] 소각과 전처리방안의 비용과 편익 비교

처리방법	직접비용	환경비용	편익
매립	운반비, 매립장 투자비, 운영비	수송차량에 의한 대기오염, 매립장의 환경오염(침출수, 메탄가스 등)	매립가스 발전
소각	폐기물운반비, 소각시설 투자비, 운영비	수송차량에 의한 대기오염, 소각 및 열회수 공정상의 환경오염	소각여열을 이용한 에너지 회수
전처리 및 RDF제조	폐기물운반비, RDF제조 및 RDF전용보일러 투자비, 운영비, RDF운반비	수송차량에 의한 대기오염, RDF제조 및 소각공정상의 환경오염	RDF 소각을 통한 에너지 회수

2. 평가 방법

가. 직접비용의 산정방법

먼저 소각시설의 비용과 편익은 「'08년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황(2009.3)」 자료를 중심으로 산정한다. 생활폐기물 운반비용은 지자체에서 운영하고 있는 소각시설까지의 평균 운송거리를 구하여 산출한다. 소각시설 시설투자비 자료를 이용하여 연간 감가상각비를 산정하였는데, 분석의 편의상 내구연한을 15년이라고 가정하여 15년 동안 정액 상각되며 잔존가치는 없다고 가정하였다. 이렇게 도출한 연간 감가상각비를 운영비용에 합산하여 총 직접비용을 산정하였다. 생활폐기물 운반비용은 소각시설 또는 전처리시설까지의 평균 운송거리를 구하여 산출할 수 있으나¹¹⁷⁾, 소각시설과 전처리시설이 동일한 위치에 건설된다고 가정하여 비용 추정에서 생략하였다.

전처리 및 RDF제조·이용시설은 우리나라에서 운영되고 있는 시설이 원주

117) 예를 들어 수도권매립지 전처리시설의 경우 수도권매립지로 폐기물을 반입하는 서울(25개구), 인천(8개구, 강화군), 경기도(23개시)로부터의 평균거리를 이용하여 가중평균거리를 구하는 것이다.

RDF시설 정도이고 수도권매립지에 설립된 200톤/일 규모의 시설은 시험가동중인 상태이다. 따라서 실제 운영현황 자료가 부족하다는 한계가 있다. 따라서 RDF 제조와 관련된 시설투자비와 운영비용은 원주와 수도권매립지RDF시설의 자료를 이용하되 부산시, 나주시 등의 시설투자계획에 나타난 사업비 자료를 참고하여 비용을 추계하였다. 시설투자비 자료를 이용하여 연간 감가상각비를 산정하였는데, 내구연한을 15년이고 잔존가치는 없다고 가정하고 정액상각법에 의해 연간 감가상각비를 구하였다. 생산된 RDF는 전용보일러시설, 시멘트회사, 제지회사, 화력발전소 등 수요처로 운반되어 이용되므로, 주요 수요처까지의 거리를 기준으로 운반비용을 추정하였다. RDF발전소(전용보일러)시설을 건설할 경우는 전용보일러 건설 및 운영비용을 포함시켜 총 직접비용을 산정하였다.

나. 환경비용의 산정방법

소각시설의 환경오염비용으로는 폐기물 수송차량에 의한 환경오염, 소각 및 열회수공정상의 환경오염에 의한 비용을 들 수 있으며, RDF 제조 및 소각시의 환경오염비용으로는 폐기물 수송 및 RDF운송과정에서 발생하는 환경비용과 RDF 소각시 발생하는 환경비용을 들 수 있다.

폐기물 수송 및 RDF운송과정에서 발생하는 환경비용은 도로 화물운송의 사회적 비용을 도출한 연구¹¹⁸⁾ 결과를 이용하여 도출하였다(부표 3)참조). 동 연구가 2000년을 기준으로 비용을 산정하였기 때문에 GDP디플레이터를 이용하여 2008년 불변가치로 환산하였는데, 교통사고비용 및 혼잡비용을 제외한 환경비용인 86.35원/톤-km을 적용하였다.

118) 문진수·이재민, 철도화물운송증대를 위한 지원제도 개선방안, 한국교통연구원, 2007.

[부표 3] 도로 화물운송의 사회적 비용

구분		단위당 사회적 비용(원/톤-km)		
		2000년기준	2008년불변	
환경	대기오염	CO	15.70	18.97
		HC	2.19	2.65
		Nox	17.00	20.54
		PM	10.81	13.06
		SO2	0.39	0.47
		소계	46.09	55.70
	온실가스		22.00	26.59
	소음		3.36	4.06
	합계		71.45	86.35
	교통사고		1.64	1.98
혼잡비용		37.50	45.32	
계		110.59	133.65	

자료: 문진수·이재민, 철도화물운송증대를 위한 지원제도 개선방안, 한국교통연구원, 2007.

소각시설 및 RDF연소시설에서 발생하는 환경오염비용은 소각시설과 RDF 발전시설에 동일한 배출기준이 적용되는 점을 고려하여 비용 산정에서는 생략하였다. 이 경우 환경비용을 대기오염피해를 방지하기 위한 오염회피비용, 즉 배출방지시설 설치·운영비용으로 추정할 수 있는데, 결국 이것은 비교대상이 되는 소각시설과 RDF연소시설의 사업비에 포함될 것이기 때문이다. 전처리과정을 거치지 않고 소각시설에서 폐기물을 소각하는 경우와 비교할 때 전처리과정을 거쳐 생산된 RDF만을 소각하는 경우 대기오염물질의 발생량이 적다고 할 수 있겠으나, 다이옥신 등에 대한 동일한 배출기준을 만족하기 위해서는 거의 동일한 방지시설을 설치해야 하기 때문에 줄어드는 소각량에 비하여 비용 상의 차이는 크지 않을 것으로 판단된다.

다. 편익의 산정방법

소각처리방식의 편익으로는 소각여열을 회수하여 이용하는 스팀 및 전기 판매수익 자료를 통하여 산정하였고, RDF 제조 및 소각방식의 편익으로는 RDF 이용을 통한 에너지 회수의 편익을 고려하였다. 소각여열 회수의 편익은 실제 운영현황 자료를 통해 구할 수 있으나, RDF의 경우 2009년까지 실제로 RDF가 유상으로 공급된 사례를 찾을 수 없다.

따라서 RDF 이용을 통한 에너지 회수의 편익은 두 가지 관점에서 접근하였다. 하나는 2010년도에 RDF 수요처와의 사이에서 체결된 공급계약에서 나타난 가격을 시장에서 평가된 RDF의 가치로 보고 이것을 기준으로 편익을 계산하는 방법이고, 다른 하나는 RDF생산량을 발열량으로 환산한 원유 대체분이 RDF의 가치라고 보는 방법이다. 첫째 방법은 RDF가 에너지원으로서 가지는 가치를 비교적 잘 반영한다는 장점이 있는 반면, 아직 RDF가 유상으로 매매된 사례가 많지 않고 양해각서(MOU)를 주고받은 수준인 경우도 있어서 대표성에는 의문이 있다. 둘째 방법은 객관적인 수치를 제시해준다는 장점이 있는 반면, RDF가 에너지원으로서 가지는 가치를 과대 추정할 수 있다는 문제가 있다. 후자와 같이 RDF의 가치를 원유대체량으로 환산하는 경우는 소각시설의 여열 이용의 가치도 원유대체량으로 환산하여 평가할 필요가 있다.

부록 3. 폐기물자원화사업 국고보조사업 예산현황

[부표 4] 전처리시설 설치 사업 예산현황

(단위: 백만원)

시·도	시·군·구	시설용량 (톤/일)	총 사업비	국 고			
				계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
총계(15개소)		3,620	494,164	212,897	31,667	38,140	143,090
인천광역시		200	26,940	13,470	13,470	-	-
경기	부천	90	16,500	3,510	3,510	-	-
전북	부안	25	4,500	1,350	1,350	-	-
강원	원주	80	10,400	3,120	1,716	1,404	-
전남	나주	150	22,500	11,250	1,554	3,038	6,658
	순천	100	15,000	7,500	750	1,500	5,250
	목포	150	22,500	11,250	1,025	3,038	7,187
부산광역시		900	80,000	40,000	4,000	10,800	25,200
대전광역시		200	30,000	12,000	600	900	10,500
경기	가평	80	17,824	5,347	242	2,645	2,460
경북	포항	300	45,000	13,500	1,350	2,115	10,035
	영주	160	24,000	4,500	-	4,500	-
전북	무주	80	12,000	6,000	600	2,700	2,700
경남	남해	25	5,000	1,500	1,500	-	-
수도권매립지		1,000	150,000	75,000	-	5,250	69,750
충남	당진	80	12,000	3,600	-	250	3,350

주 : 경북 영주시는 지자체 요청에 따라 '09년말 사업취소
 자료: 환경부 내부자료

[부표 5] 전용보일러 설치 사업 예산현황

(단위: 백만원)

시·도	시·군·구	시설용량 (톤/일)	총 사업비	국 고			
				계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
총계(2개소)		700	138,900	110,900	6,480	14,554	89,866
부산광역시		500	98,900	98,900	5,280	12,674	80,946
경북	포항	200	40,000	12,000	1,200	1,880	8,920

자료: 환경부 내부자료.

[부표 6] 소각여열 회수시설 설치 사업 예산현황

(단위: 백만원)

시·도	시·군·구	시설용량 (톤/일)	총 사업비	국 고			
				계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
서울	마포	750	7,500	2,250	1,150	1,100	-

자료: 환경부 내부자료.

[부표 7] 유기성폐기물 바이오가스화 사업 예산현황

(단위: 백만원)

지자체	처리 대상	시설용량 (톤/일)	총 사업비	국 고			
				계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
총계(15개소)		2,440	296,600	105,780	7,515	15,888	82,377
대구	음식물	300	69,000	20,700	3,150	5,130	12,420
고양	음식물	260	59,800	17,940	1,935	4,805	11,200
속초	음식물	40	6,000	1,800	1,200	600	-
원주	음식물	90	10,800	3,240	540	1,080	1,620
김해	음폐수	100	6,000	1,800	240	468	1,092
영주	음식물	50	5,000	1,500	450	-	1,050
서울 은평구	음식물	100	23,000	6,900	-	3,55	6,545
광주	음폐수	300	18,000	5,400	-	540	4,860
대전	음폐수	200	12,000	3,600	-	360	3,240
진주	음폐수	150	9,000	2,700	-	270	2,430
포항	병 합 (음폐수, 축분)	300	24,000	16,800	-	600	16,200
울산	병합 (음폐수, 축분)	150	18,000	12,600	-	600	12,000
청주	음폐수	200	12,000	3,600	-	360	3,240
제주시	음식물	200	24,000	7,200	-	720	6,480

자료: 환경부 내부자료.

[부표 8] 수도권환경에너지 종합타운 사업 예산현황

(단위: 백만원)

지자체	처리 대상	시설용량 (톤/일)	총 사업비	국 고			
				계	2009년 까지	2010년	2011년 이후
계		-	41,000	12,300	1,755	3,502	7,043
음폐수자원화		500(톤일)	36,000	10,800	1,005	2,752	7,043
바이오메탄 자동차연료화		10(m ³)	5,000	1,500	750	750	-

자료: 환경부 내부자료.

참고 문헌

- 김정권, 생활폐기물매립장에서의 RDF 적용가능성에 대한 연구, 한국환경과학회지 제18권(제10호), 2009.
- 문진수·이재민, 철도화물운송증대를 위한 지원제도 개선방안, 한국교통연구원, 2007.
- 이건모·허탁·김승도, 환경 전과정평가(LCA)의 이론과 지침, 한국인정원, 1998.
- 이동수, 「폐자원 및 바이오매스 에너지화 실행계획」 중 가연성폐기물에너지화 계획에 대한 검토, 환경과 미래, 2009.
- 장기복 외, 폐기물 에너지화사업의 경제성 분석 연구, 환경부, 2008. 9.
- 장기복 외, 폐기물 에너지화 종합대책 실행계획 마련 연구, 환경부, 2008. 12.
- 조성훈, 전과정평가를 이용한 매립과 폐기물 고형연료화의 환경영향 비교, 서울대 환경대학원 석사학위 논문, 2009. 8.
- 최연석 외, 가연성폐기물 고형연료(RDF)의 경제성 분석 및 제도도입에 관한 연구, 수도권매립지관리공사, 2006. 1.
- 교육과학기술부 외 6개 부처, 저탄소에너지 생산·보급을 위한 「폐자원 및 바이오매스 에너지 대책」실행계획, 2009. 7.
- 수도권매립지관리공사, 수도권 폐자원에너지타운 조성사업 타당성조사 보고서 제2권-생활폐기물 전처리시설 및 RDF 전용보일러시설, 2009. 6.
- 수도권매립지관리공사, 생활폐기물 고형연료 제조 및 선별기술(수도권매립지 가연성폐기물 자원화 시범사업 설치사례 중심), 2010. 3.
- 한국개발연구원, 2008년도 적격성조사 보고서「부산광역시 생활폐기물 연료화 및 발전시설 민간투자사업」, 2008. 12.
- 한국환경산업기술원, 국가LCI 데이터베이스 정보망(www.edp.or.kr/lcidb), 2010
- 한국환경산업기술원, 탄소성적표지 배출계수, 2009.
- 한국환경자원공사, Waste-to-Energy Report Vol.1, 2008. 10.
- 환경부·한국환경자원공사, 폐기물부담금제도 개선 및 발전방안 연구, 2005. 4.

- 환경부, 나주혁신도시 자원순환형 에너지도시 조성 타당성조사 및 기본계획 연구, 2008. 12.
- 환경부 자원순환국, 신재생에너지확보 및 온실가스 저감을 위한 가연성폐기물 고형연료화 사업, 국회예산정책처 예비검토 자료, 2010. 3.
- 환경부, 2008년도 생활폐기물 자원회수시설 운영현황, 2009. 3, 환경부 홈페이지(www.me.go.kr).
- 환경부, 2008년도 전국 사용중인 매립시설, 환경부 홈페이지(www.me.go.kr).
- 환경부, 2008년도 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 홈페이지(www.me.go.kr).
- H.J.Lee, S.T.Lim, T.Hur, W.Z.Choi, "LCA Study for Different Recycling Methods of Waste Plastics", The fifth International conference on Ecobalance, p.735, 2002.
- ISO 14040, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, 2006.
- ISO 14044, Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and Guidelines, 2006.

연구 및 참여한

분 야	직 위	성 명	전화번호 (국번: 788)
총 괄	사업평가국장	박 용 주	3779
기획·조정	사회사업평가팀장	이 상 현	3782
집 필	사업평가관	김 상 우	4685
편 집	사무보조원	이 하 영	3782

국가 주요 정책·사업 평가 보고서 목록

2010

	제 목	집 필 진	발간일
1	[사업평가 10-01] 미래 성장동력 관련 R&D사업 평가	윤성식	2. 25
2	[사업평가 10-02] 신재생에너지보급사업 평가	허가형	2. 25
3	[국가재정사업편람 I] 재정용자사업 편람	국 공동	3. 24
4	[사업평가현안분석 제25호] 해외자원개발사업의 현황 및 과제	제민, 허가형	4. 9
5	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 1: 총괄편/ 정무·기획재정·외교통상통일·국방	국 공동	4. 19
6	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 2: 행정안전·문화체육관광방송통신·농림수산식품·보건복지	국 공동	4. 19
7	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 3: 교육과학기술	국 공동	4. 19
8	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 4: 지식경제(상)	국 공동	4. 19
9	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 5: 지식경제(하)	국 공동	4. 19
10	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 6: 환경노동	국 공동	4. 19
11	[국가재정사업편람Ⅱ] 출연사업 편람 7: 국토해양·여성가족	국 공동	4. 19
12	[국가재정사업편람Ⅲ] 출자사업 편람	국 공동	4. 22
13	[사업평가 10-03] 출자사업 평가	이은경	4. 22
14	[사업평가현안분석 제25호] 산업단지 공급 관련 사업의 문제점 및 개선과제	국 공동	4. 27
15	[사업평가 10-04] 재정용자사업 평가	박홍엽	5. 24
16	[사업평가 10-05] 출연사업 평가	이현정	6. 22
17	[국가재정사업편람Ⅳ] 민간투자사업 편람	국 공동	7. 19
18	[국가재정사업편람Ⅴ] 지방자치단체 국가보조사업 편람 1: 법제사법·정무·기획재정·외교통상통일·국방·행정안전·교육과학기술·문화체육관광방송통신	국 공동	7. 29
19	[국가재정사업편람Ⅴ] 지방자치단체 국가보조사업 편람 2: 농림수산식품·지식경제	국 공동	7. 29

	제 목	집 필 진	발간일
20	[국가재정사업편람V] 지방자치단체 국가보조사업 편람 3: 보건복지·환경노동	국 공동	7. 29
21	[국가재정사업편람V] 지방자치단체 국가보조사업 편람 4: 국토해양·여성가족	국 공동	7. 29
22	[사업평가 10-06] 지역특화발전특구사업 평가	여차민	7. 29
23	2009회계연도 정부 성과보고서 평가	국 공동	7. 29
24	[공공기관평가 10-01] 2004-2009년 공기업 재무현황 평가	이은경	8. 17
25	[국가재정사업편람VI] 프로그램 예산사업 편람	국 공동	8. 24
26	[사업평가 10-07] 국가정보화사업 평가	여차민외 2인	8. 30
27	[국가재정사업편람VI] 정무위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
28	[국가재정사업편람VI] 기획재정위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
29	[국가재정사업편람VI] 외교통상통일위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
30	[국가재정사업편람VI] 국방위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
31	[국가재정사업편람VI] 행정안전위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
32	[국가재정사업편람VI] 교육과학기술위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
33	[국가재정사업편람VI] 문화체육관광방송통신위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
34	[국가재정사업편람VI] 농림수산식품위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
35	[국가재정사업편람VI] 지식경제위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
36	[국가재정사업편람VI] 보건복지위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
37	[국가재정사업편람VI] 환경노동위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
38	[국가재정사업편람VI] 국토해양위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8
39	[국가재정사업편람VI] 여성가족위원회 소관 국가재정사업 편람	국 공동	9. 8

사업평가 10-08

폐자원에너지화사업 평가

발 간 일 2010년 9월 8일
편 집 사업평가국 사회사업평가팀
발 행 인 신해룡
발 행 처 **국회에산정책처**
서울특별시 영등포구 의사당로 1
TEL 02·2070·3114
인 쇄 처 삼우토탈 (TEL 02·2272·3736)

1. 이 보고서의 무단 복제 및 전제는 삼가주시기 바랍니다.
 2. 보고서의 내용에 관한 자세한 사항은 국회예산정책처 사업평가국 사회사업평가팀(TEL 02·788·4685)으로 문의해주시기 바랍니다.
-

ISBN 978-89-6073-365-7 93350

© 국회예산정책처, 2010

나라살림 지킴이
나라정책 길잡이

