

## 效率的인 자원순환사회 형성을 위한 資源再活用 정책 考察<sup>†</sup>

\*柳 壽 浩

韓國環境資源公社 光州全南支社

## Study of the Recycling Policy to Make Efficient Resource-recycling Society<sup>†</sup>

\*Su Ho Ryu

Korea Environment Corporation Gwangju-Jeonam Branch

### 요 약

“녹색성장” 정책의 핵심 단위 과제인 “온실가스 저감”과 “자원순환형 사회” 구축을 위해서는 폐기물 에너지회수와 물질재활용을 상호 보완적이고 균형적으로 실천하는 것이 중요하다고 할 것이다. 이에 본 연구는 과거 우리나라의 외국의 관련정책, “제4차 자원재활용 기본계획”과 “폐기물에너지화 종합대책”을 살펴보고 바람직한 자원재활용정책방향을 모색해 보았다. 그 결과 우리나라의 폐기물관리정책은 선진외국과 큰 차이가 없었으나 독일은 에너지회수를 중요하게 고려하고 고도 전처리를 의무화 하고 있는 점이 달랐으며, 우리나라의 여건은 과거보다 재활용이 더욱 어려워질 것으로 판단되었다. “제4차 자원재활용 기본계획”에서는 필름류가 실질적이고 지속가능한 재활용이 되지 않고 있는 점을 알수 있었으며, “폐기물에너지화” 종합대책에서는 RDF/RPF 에너지 회수가 일반소각 발전과 물질재활용에 비하여 효율성이 낮음을 알수 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 에너지 및 폐열 회수는 에너지 회수(Recovery)로 개념 정립을 하며 전 과정평가(LCA: Life Cycle Assessment) 체계를 구축하는 등 제도적인 정비와 함께 필름류 합성수지를 용해하여 고분자합성수지를 추출하는 기술 등의 기술개발도 필요함을 알수 있었다.

**주제어** : 에너지회수, 전처리, 물질재활용, 고분자합성수지

### Abstract

To accomplish the greenhouse gas reduction which is over core unit project of the “Green growth” policy and “Resource circulation society”, it is important to maintain proper balance and complement between energy recovery from waste and material recycling. This research(study) examined the related policies on the past of Korea and foreign country, and also “The 4th resource recycling master plan” and “Energy recovery from waste plan” to provide advisable direction for resource recycling policy. The results of the research(study) showed that there were no significant difference between Korea and developed foreign countries waste management policies. But in German policy, energy recovery from waste and pre-treatment are importantly considered and highly required for permission. Under current circumstance in Korea, recycling will be more difficult than in the past. According to “The 4th resource recycling master plan”, film type of synthetic resin was not sustainable recycled material in substance. “Energy recovery from waste plan”, proved that the energy recovery from RDF/RPF have lower efficiency than regular incineration generation and substance recycling. To solve these problems, the energy and remainder heat recovery must be generalized to “Energy recovery” concept and institutional improvement such as LCA(Life Cycle Assessment) system are need to support it. And also technology development to extract synthetic polymer by dissolved film type of synthetic resin must be provided.

**Key word** : energy recovery, pre-treatment, material recycling, synthetic polymer

### 1. 서 론

<sup>†</sup> 2009년 3월 19일 접수, 2009년 4월 6일 수리

\* E-mail: envrsh@naver.com

우리나라의 폐기물 관리정책은 90년대 초반까지의 안

전처리에 중점을 두던 시대와 2008년 중반까지의 재활용 중시 시대를 거쳐 이제는 자원순환과 녹색성장을 국가적 최우선 과제로 인식, 정부의 주요 정책으로 추진하게 되었다.

더구나 2008년부터 미국에서 시작되어 전세계적으로 확산된 금융위기에 이은 실물경제 위축이 불황으로 확대되는 것을 예방하기 위하여 2008년 광복절 대통령 축사에서부터 “녹색성장”을 국가발전의 핵심 의제로 설정하여 신·재생 에너지 생산 확대와 환경친화적인 국토 개발에 국가재정을 집중 투입하고 있는 이때, 지속가능한 인류의 삶을 가능케 하는 온실가스 저감을 통한 “기후변화대응”과 자연자원 소비 절감을 통한 지속가능한 자원보존에 필수적인 “자원순환형사회” 구축을 위해서는 정부의 주요 정책과제의 하나인 폐기물 에너지회수와 물질재활용을 상호 보완적이고 균형적으로 실천하는 것이 어느 때 보다 중요하게 되었다.

이에 본 연구는 과거 우리나라의 폐기물관리정책과 외국의 자원순환정책을 살펴보고 “제4차 자원재활용 기본계획”과 “폐기물에너지화 종합대책”을 중심으로 정책수단 간의 상호관계를 살펴보고 바람직한 자원재활용정책방향을 모색해 보았다.

## 2. 폐기물 관리정책의 變遷과 평가

### 2.1. 폐기물관리정책의 變遷

Fig. 1에 세부적으로 분류한 바와 같이 우리나라 폐기물 관리정책의 주된 목표는 시대적인 상황 변화 등에 따라 “안전처리”(~'90년대 초반) → “재활용”(‘90년대

~2008년 중반) → “자원순환”(2008년대 중반~)으로 발전되고 있으며, “폐기물관리법”에서 일괄하여 추진되었던 제도가 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률” 등 5개의 법으로 분화되고 새로운 여건을 반영하여 다양한 제도와 정책이 도입·시행되고 있음을 알 수 있다.

또한 1995년에는 종량제가 도입되어 생활폐기물의 분리수거체계가 획기적으로 개선되었으며, 수도권 매립지 등 위생 매립지와 생활폐기물 소각시설의 확대 등으로 적정 처리가 가능하게 되었고 2002년 생산자책임재활용제도(EPR)의 시행으로 폐기물의 성상별 분리 배출·수거·처리 체계가 정착되었다. 이를 세부적으로 보면, 생산자 단체가 재활용 의무를 이행을 위한 노력을 본격적으로 추진한 2000년대 중반부터 Fig. 3과 같이 재활용이 가능한 폐기물에 대한 분리수거가 활성화되기 시작하였으며 폐기물에너지 자원화를 위한 고형연료(RDF, RPF) 품질기준이 도입된 2005년부터 플라스틱류의 분리수거가 원활하게 추진되고 지자체, 민간에서 RDF·RPF 생산시설을 설치하기 시작하였다.

## 2.2. 폐기물관리정책 평가

### 2.2.1. 주요정책의 효과

그간의 폐기물관리정책의 결과를 평가해 보면 Table 1에서 보는 바와 같이 종량제, 음식물폐기물 분리수거 등의 제도 시행 이후 1인당 생활폐기물 발생량은 감소하고 음식물폐기물의 분리수거율은 지속적으로 증가하고 있으며, 생산자책임재활용제도를 2003년부터 시행하고 그 대상품목을 2003년 15개에서 2008년 23개 품목으로 단계적으로 확대함에 따라 Table 2에서 보는 바와 같이 폐지,

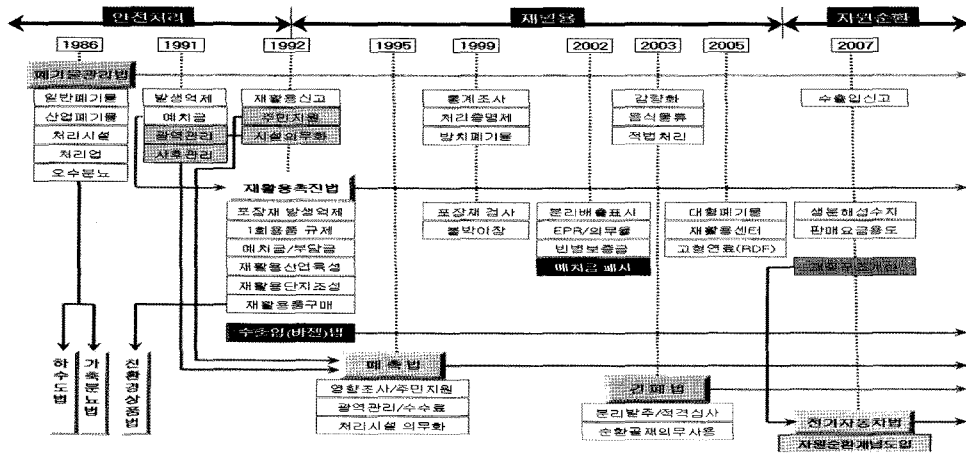


Fig. 1. Transition of the main waste management policy.

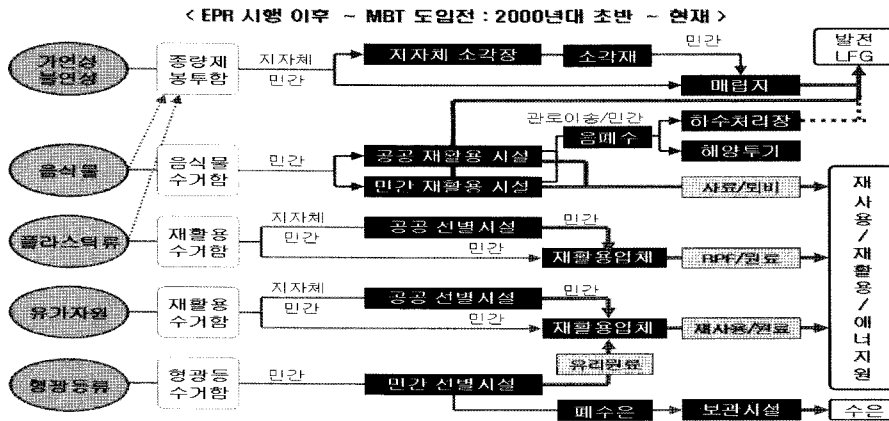


Fig. 2. Waste discharged system of thereafter carrying out EPR.

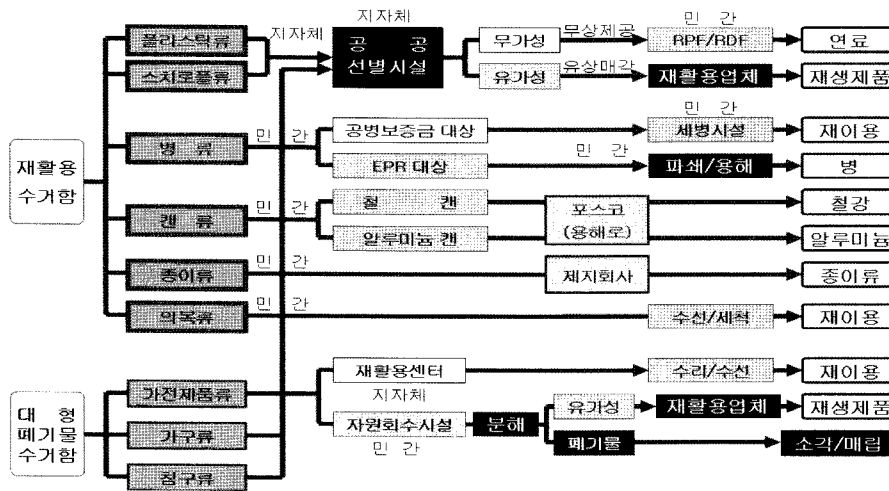


Fig. 3. The system of collection and disposal for recycling wastes.

Table 1. Transition of household wastes quantity and food wastes collection rate

구 분	연 대	1994	2003	2005
1 인당 생활폐기물 발생량 (kg/일)		1.3	1.05	0.99
음식물폐기물 분리수거율 (%)		10	68	97

Table 2. A change of recycling rate to valuables resource

연 도	폐 지	고 철	폐 유리
2003	66.3%	37.8%	70.1%
2005	71.8%	39.9%	73.0%

고철 등 유기성 자원의 재활용도 지속적으로 증가하였으며, Table 3, 4에서 보는 바와 같이 생활·사업장폐기물

의 재활용은 지속적으로 증가하고 매립은 크게 감소된 반면에 소각은 미미한 변화를 보이고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Transition of wastes disposal method

구분	'02		'03		'04		'05		'06		'07	
	물량	%	물량	%	물량	%	물량	%	물량	%	물량	%
계	269,548	100	295,047	100	303,514	100	295,426	100	318,928	100	337,158	100
매립	53,641	19.9	48,405	16.4	42,817	14.1	33,295	11.5	25,429	8.0	37,554	11.2
소각	16,786	6.2	17,316	5.9	17,217	5.7	15,941	5.5	17,215	5.4	17,957	5.3
재활용	189,608	70.4	219,123	74.3	232,334	76.5	229,528	79.0	266,541	83.5	273,561	81.1
해역배출	9,513	3.5	10,203	3.4	11,146	3.7	11,625	4.0	9,747	3.1	8,086	2.4

Table 4. The results of recycling for item by item

품목	2001		2003		2005		2007	
	계획	실적	계획	실적	계획	실적	계획	
폐금속캔	전체	50.1	50.2	64.0	50.8	68.0	44.1	70.0
	EPR 대상	77.6	73.1	78.9	69.4	81.9	70.9	83.9
페플라스틱 (생활계 외에는 EPR 대상)	포장재플라스틱	33.0		37.3	31.6	44.3	55.8	49.3
	PET	59.3		62.1	68.9	68.1	69.5	73.1
	발포합성수지	49.3	53.5	53.0	59.2	63.0	67.1	69.0
폐유리	전체	27.4	68.3	32.0	70.1	36.0	73	40.0
	EPR 대상	48.1		53.9	62.0	63.9	74.2	69.9
폐지		61.6	61.6	67.0	66.3	72.0	71.8	77.0
폐종이팩 (EPR 대상)		17.1	16.9	22.4	20.5	36.4	29.6	48.4
고철류		35.9	41.2	37.0	37.8	43.0	39.9	45.0
페타이어 (EPR 대상)		64.3	84.6	68.2	71.7	73.2	75.6	77.2
폐윤활유 (EPR 대상)		53.2	51.8	62.9	64.0	68.9	61.8	73.9
폐전자제품 (EPR 대상)	TV	28.5		39.0	10.5	45.0	13.1	50.0
	냉장고	37.7		47.0	11.6	52.0	16.6	57.0
	세탁기	63.3		68.0	21.1	71.0	26.3	73.0
	에어컨	0.5		7.0	1.1	12.0	1.4	17.0
	PC	4.0		7.0	5.4	17.0	11.6	25.5
폐형광등 (EPR 대상)		6.0		9.0	-	27.0	19.0	41.0
폐전지류 (EPR 대상)	산화은	17.0		41.1	5.0	51.1	40.0	61.1
	니켈·카드뮴	8.0		10.7	11.1	30.7	18.2	44.7
	리튬	10.3		12.9	19.4	29.9	6.2	43.9
유기성폐기물		45.4	56.8	49.0	67.7	52.0	93.3	55.0
석탄재		63.3	63.3	68.0	75.1	72.0	59	75.0
철강슬래그		100	100	100	100	100	100	100
건설폐기물		85.9	85.8	86.0	89.0	88.0	96.7	90.0

## 2.2.2. 문제점

앞에서 살펴본 바와 같이 그간의 폐기물관리정책이 많은 효과를 가져온 것이 사실이지만 반면에 “국민 생

활의 편의”와 “중앙정부와 지방자치단체 간 정책의 조화로운 집행”이라는 측면에서 다음과 같이 몇가지 문제점도 발견할 수 있다.

첫째 아파트단지, 주택가 등에 설치된 음식물폐기물 수거함에서의 악취발생, 미관 저해, 1회용품 사용규제에 따른 보증금(50~100원)의 환불·임의사용, 보상목적의 쓰파라치의 과도한 활동으로 인한 민원발생 등 국민 생활 편의 측면에서의 불편사항이 발생하고 있으며,

둘째 농·어촌 지역과 도서 지역의 마을단위 쓰레기 종량제의 경우 종량제 봉투에 쓰레기를 배출하지 않고 불법투기, 무단소각을 함으로써 수질·대기·토양오염을 유발하는 요인으로 작용하며, 시행초기 아파트단지 등에 설치된 음식물 처리시설이 기술력 부족 등으로 성능이 미흡하여 대부분 철거되고 음식물 수거함으로 대체되는 등 현실 여건을 충분히 고려하지 않아 효율성 저하로 제도개선에 많은 시간과 노력이 소요되고,

셋째 재활용 업체의 영세성과 낙후된 기술 수준으로 재활용 제품의 품질 저하와 가격 경쟁력의 상실 이에 따른 소비자의 부정적 인식 확산으로 재활용 시장의 활성화를 저해하고 있다. ((사례) 원주시 등 지자체에서 생산되는 고품연료(RDF)의 경우 수요처 확보가 어려워 창고에 보관하거나 유상 공급하는 결과를 초래)

넷째 Fig. 4의 아파트 단지 폐기물 자동집하시설 설치 사례에서 알 수 있듯이 국민 생활편의 등을 이유로 지자체가 중앙정부와의 정책적인 공조 없이 독자적으로 결정·추진하는 시책이 국가 폐기물 관리정책에 혼선을 발생시키고 있음(일본은 자동집하시설이 재활용, 자원화가 가능한 폐기물을 소각, 매립하여 “Zero-Waste”

정책을 저해하기 때문에 폐쇄하는 추세임).

### 3. 외국의 자원순환 정책 평가

#### 3.1. 유럽연합 (EU) 의 자원순환 정책

유럽연합의 폐기물관리에는 우선순위(Hierarchy)와 세 가지 원칙인 예방(Precauton or prevention)의 원칙, 근접(Proximity)의 원칙, 오염자 지불(Polluter-pays)의 원칙이 직접 적용되고 있다.

##### 3.1.1. 우선순위의 원칙

유럽연합의 폐기물관리 우선순위의 基底는 지속가능성(Sustainability)으로써 1975년 폐기물에 관한 기본법(Waste Framework Directive)에 처음 도입되어 현재는 유럽연합 각국의 모든 폐기물 관련법의 근간이 되고 있으며 그 결과 우선순위는 Table 5에서 보듯이 발생억제와 감량>재사용>물질 및 에너지 회수>최종 처분(매립) 순으로 적용되고 있다.

##### 3.1.2. 기본원칙

폐기물관리의 주요원칙은 다른 선진국 및 우리나라와 유사하게 예방(Precauton or prevention), 근접(Proximity), 오염자지불(Polluter-pays) 3가지로써 이 중 근접의 원칙은 폐기물이 발생한 장소에서 처리 처분하자는 발생지 처리 원칙으로써 우리나라와는 조금 다른 원칙이지

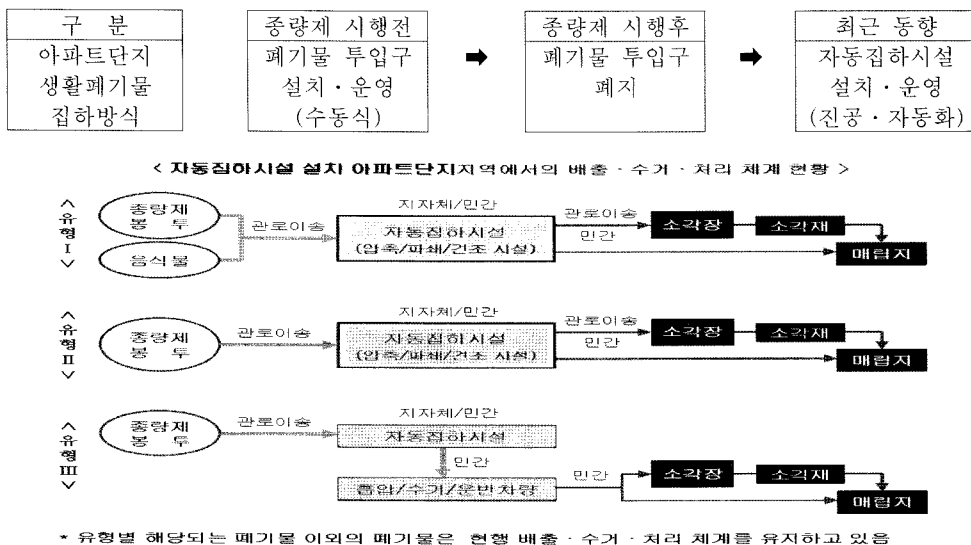


Fig. 4. A case of automatic waste collection facility in apartment complex(newtown in capital region).

Table. 5. The priority of waste management

우선 순위	제 목	내 용
1	발생억제 (Prevention)	폐기물의 생산과 발생량을 원천적으로 최소화
2	감량 (Reduction)	
3	재사용 (Reuse)	자원을 그 구조를 바꾸지 않는 상태에서 다시 사용
4	물질회수 (Material Recovery)	재활용이나 생물학적 처리 결과물의 활용
5	에너지 회수 (Energy Recovery)	물질회수가 우선된 후 소각, 열분해 등을 통한 에너지 회수
6	최종처분 (Final Disposal)	최종적으로 전처리 (Mechanical Biological Treatment) 후 매립

만 자원순환형 녹색사회의 구성에는 필수적이고 적절한 원칙이며, 오염자 지불 원칙은 우리나라의 생산자책임 (Producer Responsibility) 원칙도 포함되는 개념이라고 할 것이다.

또한 유럽연합은 최근 들어서 순환형 사회를 위한 폐기물관리(Basis for the Development of Closed Cycle and Waste Management Policy)로 폭을 넓혀 가고 있으며 그 수단으로 물질흐름도(Material Flow Account) 작성을 제시하고 있는데 이는 우리 환경정책이 추구하는 전 과정평가(LCA : Life Cycle Assessment)를 기반으로 하는 자원순환형 사회 구축과 유사한 개념이라고 할 수 있다.

### 3.2. 독일의 자원순환 정책

1994년부터 시행중인 “환경적으로 양립 가능한 폐기물처리의 보장과 물질 순환 폐기물관리 촉진에 관한 법” 제4조~6조에 명시된 독일의 자원순환정책 우선순위는 첫째로, 특별히 양과 독성을 감소시키는 발생 예방(avoidance), 둘째로 물질 또는 에너지 회수에 두고 있으며 생산자와 폐기물의 소유자에게 폐기물 처리에 우선하여 자원회수(waste recovery)의무를 부여하고 있다.

각 원칙들을 구체적으로 보면, 폐기물 발생 예방대책은 생산단계에서 물질의 폐쇄 주기 관리, 저 폐기물 발생 설계와 저 폐기물과 저 오염 발생 제품을 취득하기 위한 소비자의 행동을 포함하고 물질 회수는 폐기물에서 2차 원자재의 생산과 직접적인 에너지 회수를 제외한 다른 목적 또는 원래의 목적을 위한 폐기물 내의 물질의 사용을 의미하며, 에너지 회수는 Table 6의 조건 충족을 전제로 대체 연료로써 폐기물의 사용을 의미하지만 가정 폐기물의 최종 처리를 위한 열처리를 의미하지는 않는다.

또한 독일은 2020년 까지 생활폐기물 매립지를 없애는 정책 목표를 설정하고 2001년 “생분해성 폐기물

Table. 6. Precondition of energy recovery(Article 6)

1. 다른 물질과 혼합이 되지 않고 최소 열량 11,000 kj/kg
2. 최소 75%의 열효율
3. 최종 열은 직접사용 또는 제 3자 공급
4. 회수과정에서 발생하는 폐기물은 더 이상의 처리 없이 매립 가능
5. 재생 원료 폐기물 에너지 회수

※ 11,000 Kj은 2,627 Kcal로써 일반적으로 목질계 폐기물이 해당됨  
※ 재생원료 폐기물은 전처리 과정을 거친 고품연료를 지칭하는 것으로 판단됨.

의 처리시설과 거주지로부터 나온 폐기물의 환경친화적인 저장에 관한 법령(Ordinance on Environmentally Compatible Storage of Waste from Human Settlements and on Biological Waste Treatment Facilities)”을 제정하여 2005년 6월 1일부터 독일 전역의 가정이나 상업지역에서 배출되는 모든 잔류쓰레기는 고도의 기계적 생물학적 전처리(Mechanical Biological Pretreatment) 후 매립을 의무화 시행중이다.

이와 같은 독일의 자원순환 정책에서 발견되는 우리나라 정책과의 차이점은 전제조건이 설정되어 있기는 하나 에너지회수가 물질회수와 같은 우선순위로 고려되고 있다는 점과 고도 전처리를 의무화 하고 있다는 점으로써, 이는 현재 우리나라의 MBT(Mechanical Biological Treatment)를 통한 고품연료 방식의 폐기물 에너지화 정책의 모델이 되고 있는 것으로 보여지나, 독일의 전처리는 근본 목적이 매립지의 온실가스 배출 방지인 것으로 보여진다.

### 3.3. 영국의 자원순환정책

2000년에 영국정부가 수립한 폐기물 전략(Waste strategy 2000)에서 영국정부는 국가폐기물관리전략의 핵

심을 매립 감축에 두고 정책 목표로 폐기물의 회수, 재활용 및 퇴비화 목표달성, 매립지로 반입되는 상업 및 산업폐기물의 감량 목표 달성, 방사성 물질의 관리를 설정하였으며 Table 7과 같이 폐기물의 회수, 재활용과 퇴비화를 위한 구체적 달성 목표를 설정하였으나 Table 3의 우리나라 재활용율에 비하여 많이 뒤 떨어진다 할 수 있다.

그리고 영국정부는 1995년 제정 시행중인 환경법 (Environmental Act 1995)에서 기존 유럽연합의 폐기물 관리에 관한 Hierarchy에 입각하여, 에너지회수는 재활용, 재사용, 또는 가능한 한 2차 원료로 회수한 다음 하도록 우선순위를 정하는 등 물질재활용과 에너지회수 우선순위 관계는 우리나라의 자원재활용 기본계획과 같으나 2005~2006년 영국의 재활용 및 퇴비화율은 12%로써 유럽 전역에서 가장 낮은 수준이다.

**3.4. 일본의 자원순환정책**

폐기물의 성상이 우리나라와 가장 유사한 일본의 경우는 과거부터 소각 중심의 폐기물관리정책을 펴 옴으로서 2002년의 경우 세계에서 가장 높은 78.4%의 소각율을 보이고 있고 이는 2002년 우리나라의 소각율 6.2%의 13배에 해당하는 독특한 현상이다.

현재 일본의 자원순환정책은 2000년 6월 제정하여 2001년 1월부터 시행 중인 “순환형 사회형성 추진 기본법”을 기반으로 추진되고 있는데 폐기물을 순환자원으로 인식하여 관리하고 있으며 처리의 우선순위는 우리나라와 동일하게 발생억제, 재사용, 재생이용, 열회수, 적정처분으로 설정하고 있으나 우리와 다른 점은 열회수를 재활용으로 보지 않는다는 것과, 바이오매스 열회수를 중심으로 한다는 것이며, 또한 2000년 12월부터 강화된 다이옥신 배출기준에 따라 전국의 쓰레기 소각 시설을 대규모 고품연료(RDF:Refuse Derived Fuel) 발

전시설로 재정비하여 가연성폐기물의 에너지회수 수단이 MBT를 통한 RDF 방식(현재 57개 RDF 생산시설과 5개 RDF 전용 발전소 운영)으로 일부 변경되었으나, 2003년 미에현 RDF 보관시설에서의 대규모 폭발사고 이후로 RPF(Refuse Plastic Fuel) 방식의 고품연료 방식으로 변화가 시작되고 있는 중이다.

**4. 정책실행 관련 여건 概觀**

**4.1. 대외적 여건**

OECD는 천연자원의 친환경적·경제적 사용을 증대하기 위하여 3R 등 전 생애주기적 접근방식 독려 등을 포함하여 천연자원의 생산과 소비, 폐기의 전 과정에서 효율적인 비용으로 환경부하를 최소화하기 위한 “자원생산성 증대”를 적극적으로 추진하고 있으며, EU에서는 전기·전자제품에 납·수은·카드뮴 등 유해물질 사용을 제한하는 유해물질 사용제한 지침(RoHS)을 적용하기 시작하였고, 국제협약인 바젤협약(유해폐기물 수출·입 관리 강화)과 런던협약(해양배출 금지에 따른 유기성폐기물 육상처리 방안 모색)도 발효중이므로, 이에 대비하여 자원순환형 경제사회 구축”을 목표로 3R 등 폐기물관리정책을 자원순환정책으로 전환하는 등 대책 마련이 필요할 것이다.

**4.2. 국내 사회 경제 산업 여건**

**4.2.1. 사회적 여건**

Table 8에 나타나 있듯이 우리나라는 2000년부터 고령화 사회로 진입함은 물론 고도산업사회의 특징인 1인 세대와 맞벌이 세대 증가로 자원의 소비 및 폐기물배출 형태가 과거와 달리 편리함을 추구하게 되면서, 쓰레기 배출장소 및 배출시간 지정, 재활용품 분리배출 등 기존에 시민들이 불편을 감수하며 협조하던 분야에서 협조를 기대하거나, 폐기물관리에 있어서도 노동집약적인 시스템

**Table. 7.** The goal for waste recovery and recycling

구 분	2005	2010	2015
생활폐기물 회수율 (%)	40	45	67
가정폐기물의 재활용율 (%)	25	30	33

**Table 8.** View of gross population and population growth rate (단위: 천명, %)

구 분	2005	2010	2020
총인구	48,294	49,220	49,956
인구성장률	0.44	0.34	0.01
65 세이상 노인 인구비율	7.1%(2000 년기준 )	-	14%

을 유지하기가 어려울 것이므로 지금과 같은 다양한 분배출시스템을 유지하고 관리하는데 어려움이 예상된다.

4.2.2. 경제 산업 여건

경제성장이 둔화되고 산업구조가 기술집약적으로 변화하면서 경제활동에서 발생하는 사업장 배출시설계 폐기물양의 증가율도 감소할 것으로 예상되지만, 과거와 달리 1인 가구의 증가, 다양한 소비자 계층 형성, 노령화 등으로 소비패턴이 소량 다품목 소비행태로 변화하게 되며, 제조업 보다 전자상거래 활성화, 택배업체의 증가 등으로 폐기물의 종류도 다양화되고 다양한 재질의 포장폐기물 증가를 유발하여 재질별 선별이 곤란해지는 등 과거보다 재활용이 더욱 어려운 문제가 발생할 가능성이 클 것으로 보여진다.

5. 현 자원재활용계획의 概觀

5.1. 목표와 추진전략

5.1.1. 목표

제4차 자원재활용 기본계획에서 정부는 거시적 정책목표를 「자원생산성」과 「자원순환률」의 제고로 설정하고 세부적 정책목표는 제2차 및 제3차 자원재활용기

본계획에서 설정한 폐기물의 종류별, 품목별 재활용률을 지속적으로 제고하는 것으로 설정하였으며, 이를 구체적으로 살펴보면

※ 용어의 정의

「자원생산성」 : 자원의 투입량(소비량) 대비 국민총생산액

「자원순환률」 : 국내 자원투입총량(천연자원투입량과 폐자원 재활용량 및 수입량을 포함하고 수출량을 제외) 폐기물의 순환이용량 비율

우리나라의 자원생산성(실질GDP/물질 총 소비량)은 1995년 91만원/톤, 2005년 120.1만원/톤으로 1991~2005년 동안 43.6% 증가했으며, 연평균 2.6% 증가하였다. 과거의 자원생산성 경향이 미래에도 지속된다는 가정하에 2012년 까지의 자원생산성을 135.5만원/톤으로 전망하고 있는바, 이는 일본의 2000~2010년의 10년간 자원생산성 증가율 목표의 절반수준에 불과한 실정이다.

또한 우리나라는 높은 수준의 폐기물 재활용률을 달성하고 있기 때문에 자원순환률 수준은 다른 나라에 비해 상대적으로 양호하며 과거 경향에 따라 미래의 자원순환률을 전망하면 2003년 자원순환률(폐기물재활용량/국내 총물질소비량) 15.5%에서 2012년 16.9%까지 증

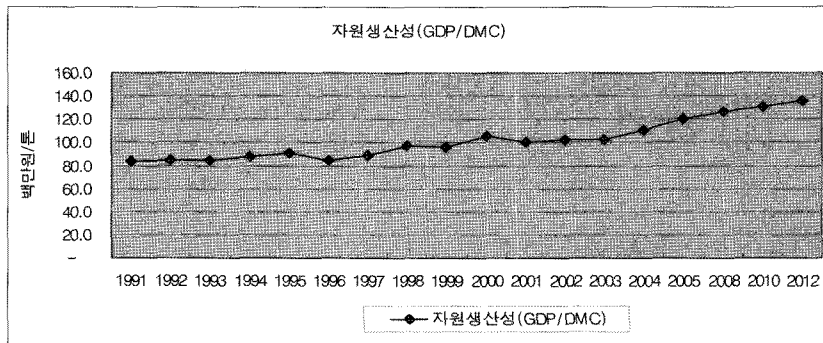


Fig. 5. Transition of a domestic resource productivity.

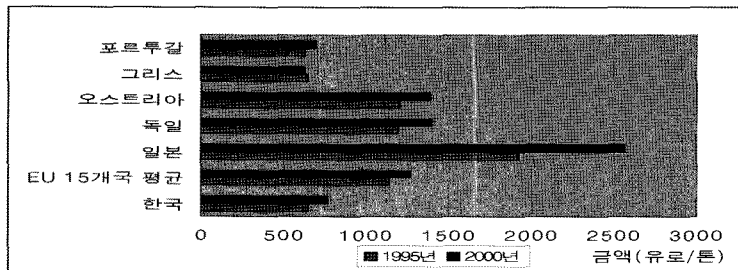


Fig. 6. International comparison of resource productivity.



가할 것으로 전망된다.

5.1.2. 추진전략

제4차 자원재활용기본계획에서는 자원생산성과 자원순환율을 개선하기 위한 전략으로써 경제사회 각 부문에서 순환의식을 확산하고 부문별 정책의 수립·이행시 자원순환성을 고려한 통합적 정책 추진을 하며, 폐기물 발생 이전단계의 정책과 사후적 폐기물관리정책의 통합적 수립·이행을 고려하고 있다.

5.2. 정책과제

주요 정책과제로는 포장폐기물 관리정책 강화, 친환경경상품 생산 및 구매 촉진, 재활용산업 육성 지원, 자원순환성 평가 제고, 폐기물재생에너지 이용 확대, 매립규제 강화 및 매립세 도입 검토 등을 설정하고 있는바 이 중 물질재활용과 밀접한 관계가 있는 포장폐기물관리정책과 폐기물재생에너지 이용 확대 정책을 중심으로 살펴보고자 한다.

5.2.1. 포장폐기물관리정책

포장용기로 인한 폐기물의 발생을 줄이고 재활용을 촉진하기 위하여 2003년부터 생산자책임재활용제도를 시행하고 포장 재질 및 포장방법규제로써 포장공간비율(10%~35%)과 포장횟수(2차 이내)를 규제하며, 합성수지재질로 된 포장재(면류용기 등 5개 제품)는 연차별로 그 사용량을 줄이고 전기 기기류 등의 발포스티렌 포장용 완충재는 연차별로 포장용적(2만~4만)에 따라 사용을 금지함으로써 주요 포장 용기류(유리병, 금속캔, 플라스틱용기, 종이팩)의 재활용률을 높이는데 크게 기여하여 2006년의 경우

55.8%의 재활용율을 보이고 있다. 그러나 대부분의 포장과 생활에 광범위하게 쓰이고 있는 필름류의 경우는 생산설계 단계에서부터 물질재활용을 크게 고려하지 않음으로써, 용융식 기술이 주종인 현재의 합성수지 물질재활용 산업에 부적합한 재질로 생산되고 있어, 재활용을 통계상으로는 재활용 실적으로 처리되나 실제 현장에서는 분리배출 수거된 후 대부분 소각되거나 일부에서 RPF로 사용하고 일부는 매립이 되기도 하는 실정이며 그 양은 재활용품 분리배출량의 40~50%에 이르고 있는 실정이다.

또한 실정이 이러함에도 제4차 자원재활용기본계획에서는 주로 용기 위주의 포장재 재활용 효율화 문제만 언급하고 있으며, 이는 동 계획의 거시적 정책목표인 “자원순환율 제고”에 부합하지 않는 정책방향으로 볼 수 있다.

따라서 이와 같은 현실과 정책방향 혼선의 발생문제를 해결하기 위해서 합성수지 포장재 및 용기류는 제품의 설계-생산-유통-소비-폐기까지의 “전 과정평가(LCA: Life Cycle Assessment) 체계”를 적용하여 물질재활용이 용이한 단일 재질 제품을 생산함은 물론, 재활용 기술도 현재의 용융 성형 방식의 재활용 위주에서 용해 분리 후 1차 원료인 고분자 합성수지를 생산하여 원료로 사용하는 원료 및 제품 생산 연관 기술을 지원하는 방향으로 개발하는 것이 필요할 것이다.

5.3. 폐기물 재생에너지 생산 확대

환경부는 “녹색성장” 사업 중 “신재생에너지 생산확대” 분야의 핵심사업으로 “폐기물에너지화” 사업을 정하고 2008년 5월 폐기물에너지화 종합대책을 수립하였는데, 그 중에서 가연성폐기물의 2020년 최종 달성목표는 Table 9와 같이 발생 예상 전량인 470만 톤에서 에너지 1,129

Table. 9. The goal of waste energy recovery rate (단위 : 만톤, 만Gcal/년, %)

구분	에너지가용량	현재	2012년	2020년	
합계	물량 (열량)	2,459	785	1,408	2,459
	회수율	100	31.9	57.3	100
가연성폐기물	물량 (열량)	470(1,129)	6(35)	185(447)	470(1,129)
	회수율	100	1.5	39.4	100
유기성폐기물	물량 (열량)	748(339)	16(4)	195(101)	748(339)
	회수율	100	2.1	26.1	100
매립가스회수	물량 (열량)	1,933,920 m <sup>3</sup> /일 (306)	1,625,760 m <sup>3</sup> /일 (257)	1,933,920 m <sup>3</sup> /일 (306)	1,933,920 m <sup>3</sup> /일 (306)
	회수율	100	84.1	100	100
소각여열회수	열량	685	489	554	685
	회수율	100	71.4	80.9	100

만Gcal/년을 회수하는 것으로 하고 그 정책수단으로 MBT와 RDF 확대 보급을 계획하였다.

그러나 일부 연구에서는 가연성폐기물의 일률적인 MBT처리와 RDF, RPF 방식의 에너지 회수는 국민이 신재생에너지에 대해 갖고 있는 일반적인 이미지와는 달리, 화석에너지 고갈에 대비하고 온실가스의 배출을

억제하는 지속가능한 에너지로서 기능할 수 없어 지속 가능성과 환경성에서 문제를 갖고 있다고 주장하고 있으며, 더군다나 국제적으로도 Table 10 에서와 같이 일부 국가에서는 폐기물 소각 에너지는 재생에너지에 포함시키지 않고 있는 현실이다.

또한 RDF 에너지 회수는 Table 11과 같이 4,040

Table 10. Divergence of definition for renewable energy with among the country.

분 야	국 가	IEA	일본	독일	중국	미국	한국
1	태양열 (solar thermal)	○	○	○	○	○	○
2	태양광 (solar photo-voltaics)	○	○	○	○	○	○
3	풍력 (wind)	○	○	○	○	○	○
4	수력 (large hydropower)	○	○	○	○	○	○
5	폐기물 (waste)	○	○	-	-	○	○
6	바이오매스 (biomass)	○	○	○	○	○	○
7	해양 (ocean)	○	○	-	○	-	○
8	지열 (geo-thermal)	○	○	○	○	○	○
9	연료전지 (fuel cell)	-	○	-	-	○	
10	매립가스 (LFG: landfill gas)	○	-	○	-	○	○
11	수소 (hydrogen)	-	-	-	-	○	
12	석탄을 액화 가스화한 에너지 등	-	-	-	-	-	
13	광산가스 (mine gas)	-	-	○	-	-	-
14	설빙 (靄氷) 열이용 (cool energy use)	-	○	-	-	-	-
15	온도차에너지 (temperature difference energy)	-	○	-	-	-	-
16	청정에너지자동차 (clean-energy motor vehicles)	-	○	-	-	-	-

Table 11. Estimated caloric value of based on waste composition data as of 2006

구 분	발생량 (톤 / 일)	구성비 (%)	발열량 (Kcal/Kg)	환산발열량 (Kcal/Kg)	
자원화가능량	종이 (생활)	2511.5	27.642948	3035	838.9634583
	나무 (생활)	843.7	9.2862253	2477	230.0198008
	고무폐혁 (생활)	562.5	6.1911838	5915	366.2085191
	플라스틱 (생활)	1310.6	14.425183	5810	838.1031314
	기타 (생활)	3107.4	34.20175	3624	1239.471421
	종이 (사업)	28.9	0.3180893	2824	8.98284079
	나무 (사업)	8.4	0.092455	2856	2.640515106
	폐합성고분자 (사업)	335.1	3.6882945	4646	171.3581641
	기타 (사업)	367.3	4.0427054	8374	338.536151
	폐목재 (건설)	2.1	0.0231138	2856	0.660128777
	폐합성수지 (건설)	8	0.0880524	6616	5.8255462
	합 계	9,085.5	100		4,040.769677

Kcal/Kg 에 불과한 실정이며 일부 연구결과를 보면 1차 4,500 Kcal/Kg 회수를 기준으로 하여 사용에너지를 제외한 순회수 에너지는 1,414 Kcal/Kg로써 일반소각 발전 방식의 순회수 에너지 1,269 Kcal/Kg에 비해서도 별로 크지 않으며, CO<sub>2</sub> 배출량도 일반 소각 발전에 비해 91.8%에 달하는 등 비용투자 대비 에너지 회수 효과와 온실가스 배출 감소 효과가 미약할 뿐만 아니라, RDF 보다 열량이 더 높은 RPF도 실상은 플라스틱으로 환산한 1 Kg의 에너지 회수량을 Table 11의 발열량을 적용하여 경유로 환산할 경우 아래 계산식에서와 같이 유류수입대체 효과도 0.53에 불과한 실정인바, 합성수지 계열의 폐기물은 물질재활용에 비하여 에너지 회수의 효율성이 낮은 것으로 보여진다.

<계산식>

플라스틱 평균 발열량 : $(5,810+4,646+6,616) \div 3 = 5,690 \text{ Kcal/Kg} \times 4.186 = 23,818 \text{ KJ}$ 경유 발열량 : 45,000KJ 유류 대체효과 : $23,818 \div 45,000 = 0.53$
---

그리고 자원재활용기본계획상 자원화는 물질의 자원화가 우선임에도 불구하고 폐기물을 폐기물 이전에 먼저 에너지원, 특히 재생 에너지원으로 인식하게 되는 것은 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”에서 재활용의 개념을 “재활용가능자원은 사용되었거나 사용되지 아니하고 버려진 후 수거된 물건과 부산물중 원재료로 이용할 수 있는 것(회수할 수 있는 에너지 및 폐열을 포함하되, 방사성 물질 및 이에 의하여 오염된 물질을 제외한다)을 뜻한다”로 규정하고 있기 때문으로 보여진다.

## 6. 효과적인 자원재활용정책 방향

### 6.1. 제도정비

전 항에서 살펴본 바와 같이 앞으로 우리사회는 1인 가구의 증가, 다양한 소비자 계층, 고령사회 등으로 소비패턴이 소량 다품목 소비행태로 변화하게 되며, 제조업 보다 전자상거래 활성화, 택배업체의 증가 등으로 폐기물의 종류도 다양화되고, 과거와 달리 쓰레기 배출장소 및 배출시간 지정, 재활용품 분리배출 등 기존에 시민들이 불편을 감수하며 협조하던 분야에서 협조를 기대하기가 지금보다 어려워 질 것으로 판단되므로, 재활용의 역할·책임분담에서 생산자 뿐만 아니라 유통·서비스업도 재활용의 책임을 공유함은 물론, 분리수거 체계도 고령세대와 1인 세대 등에 적합하도록 제도를 정

비하며 합성수지 재활용기술 분야에서도 다양한 선별 및 재활용기술의 개발이 필요할 것이다.

이와 같은 실정을 감안한 자원재활용 관련 제도의 정비방향은 아래와 같이 정리할 수 있을 것이다.

첫째 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”상 재활용(Recycling)의 개념에서 “회수할 수 있는 에너지 및 폐열”은 제외하고 에너지 회수(Recover)로 재활용과 분리하며 우선순위는 ① 발생억제(Reduce) ② 재사용·재이용(Reuse) ③ 물질 재활용(Material Recycle) ④ 에너지 회수(Energy Recovery) ⑤ 안전처리(Management)로 설정하여 물질재활용의 다음으로 에너지회수를 하는 것을 명확히 하고, Zero-Waste 정책 추진을 위한 기본원칙, 기본방향 등을 규정하는 자원순환분야 기본법 제정.

둘째 제품의 설계-생산-유통-소비-폐기까지의 전 과정 평가(LCA: Life Cycle Assessment) 체계를 구축하여 환경부하를 최소화하고 자원생산성을 최대화할 수 있는 “Lose-Zero”를 달성.

셋째 국민생활의 편의를 도모함으로써 국민의 적극적인 참여를 이루기 위하여 수거·재활용 과정에서 악취, 음폐수 발생 등 불편이 많은 음식물 쓰레기는 디스포저(disposer)를 이용하여 배출하고 하수종말처리장에서 유기성 자원을 회수하여 재활용하고, 재활용품 분리수거는 현재의 종이, 알루미늄 캔, PET, 프라스틱, 스티로폼, 유리병 등 6~8종 배출 방식에서 종이, 금속, 프라스틱, 유리 등 4~5종 배출 방식으로 변경.

넷째 생산자책임재활용제도(EPR) 대상품목에 적용되는 재활용의무율을 재활용 가능 자원의 회수율로 전환하고 회수된 자원을 이용하여 생산되는 재활용제품 비율로 개선하는 등 실효성 확보를 위한 실질적인 정책으로 전환.

다섯째 재사용, 재이용, 재활용 후 최종적으로 종량제 배출된 생활쓰레기는 고비용 저효율인 MBT, RDF 방식 보다는, 일반 소각방식의 소각로에 고효율 열회수 설비를 보완하는 방식으로 에너지 회수 효율 증대.

### 6.2. 기술개발

6.1항과 같은 제도정비를 실행하기 위해서는 아래와 같은 분야의 기술개발이 요구된다.

첫째 에너지를 적게 소비하면서 필름류 합성수지를 용해하여 고분자합성수지를 추출할 수 있는 기술.

둘째 복합재질의 프라스틱에서 각각의 재질을 분리 추출할 수 있는 기술.

셋째 생활폐기물에서 분리해낸 오염이 심한 합성수지

를 활용한 다양한 제품생산 기술.

넷째 한꺼번에 배출된 플라스틱류 재활용품을 기존의 유럽형 IR 및 비중선별 방식보다 저렴한 비용에 효과적으로 선별하는 기술.

다섯째 일반소각로의 열교환 설비에서 발생하는 증기를 고압으로 전환하여 발전하는 기술.

## 7. 결 론

“녹색성장”을 국가발전의 핵심 의제로 설정하여 신·재생 에너지 생산 확대와 환경친화적인 국토개발에 국가 재정을 집중 투입하고 있는 지금 정부의 주요 정책과제의 하나인 폐기물 에너지회수와 물질재활용을 상호 보완적이고 균형적으로 실천하는 것이 어느 때 보다 중요할 것이다.

이에 본 연구에서는 과거 우리나라의 폐기물관리정책과 외국의 자원순환정책을 살펴보고 “제4차 자원재활용 기본계획”과 “폐기물에너지화 종합대책”을 중심으로 정책수단 간의 상호관계를 살펴보고 바람직한 자원재활용 정책방향을 모색해 보았다.

그 결과 유럽연합을 비롯한 독일, 영국, 일본의 폐기물처리 우선순위 정책이 기본적으로는 우리와 유사한 발생억제와 감량>재사용>물질 및 에너지 회수>최종 처분(매립) 순이었으나 독일의 경우 에너지회수가 물질회수와 같은 우선순위로 고려되고 있다는 점과 고도 전처리를 의무화 하고 있다는 점이 우리와 달랐으며, 일본의 경우는 가연성폐기물의 에너지회수 수단이 MBT를 통한 RDF 방식(현재 57개 RDF 생산시설과 5개 RDF 전용 발전소 운영)으로 일부 변경되었으나 현재는 RPF(Refuse Plastic Fuel) 방식의 고형연료 방식으로 변화가 시작되고 있는 중이었다.

관련여건의 변화전망에 있어서 우리나라는 1인 가구의 증가, 다양한 소비자 계층 형성, 노령화 등으로 소비패턴이 소량 다품목 소비행태로 변화하게 되며, 제조업보다 전자상거래 활성화, 택배업체의 증가 등으로 폐기물의 종류도 다양화되고 다양한 재질의 포장폐기물 증가를 유발하여 재질별 선별이 곤란해지는 등 과거보다 재활용이 더욱 어려운 문제가 발생할 가능성이 클 것으로 판단되었다.

제4차 자원재활용 기본계획에서 정부는 거시적 정책 목표로서 자원생산성과 자원순환률의 제고로 설정하여 자원순환형 사회로의 이행에 적절한 목표를 제시하였으나, “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”상 에너

지 및 폐열회수를 재활용으로 간주함은 물론, 동 계획에서도 주로 용기 위주의 포장재 재활용 효율화 문제만 고려함으로써, 대부분의 포장재 생활에 광범위하게 쓰이고 있는 필름류의 경우는 재활용을 통계상으로는 재활용 실적으로 처리되나, 실제 현장에서는 분리배출 수거된 후 대부분 소각되거나 일부에서 RPF로 사용하고 일부는 매립이 됨으로써 실질적이고 지속가능한 재활용이 되지 않고 있는 점도 발견되었다.

다음으로 폐기물에너지화 종합대책에서 2020년에는 가연성폐기물의 발생 예상 전량인 470만 톤에서 에너지 1,129만Gcal/년을 회수하는 것으로 하고 그 정책수단으로 MBT와 RDF 확대 보급을 계획하였으나, RDF 에너지 회수는 일반소각 발전 방식의 순회수 에너지에 비해서도 별로 효과적이지 않으며, CO<sub>2</sub> 배출량도 일반소각 발전에 비해 90% 이상이 되는 등 비용투자 대비 에너지 회수 효과와 온실가스 배출 감소 효과가 미약할 뿐만 아니라, RPF 에너지 회수도 유류수입대체 효과 0.53으로써 합성수지 계열의 폐기물은 물질재활용에 비하여 에너지 회수의 효율성이 낮은 것을 알 수 있었다.

이와 같은 결과를 감안하여 앞으로 수립될 자원순환 기본계획에서는 제도운영 분야에서,

첫째 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”상 재활용(Recycling)의 개념에서 “회수할 수 있는 에너지 및 폐열”은 제외하고 에너지 회수(Recover)로 재활용과 분리하며 우선순위는 발생억제(Reduce), 재사용·재이용(Reuse), 물질 재활용(Material Recycle), 에너지 회수(Energy Recovery), 안전처리(Management)로 설정하여 물질재활용의 다음으로 에너지회수를 하는 것을 명확히 하며, “Zero-Waste” 정책 추진을 위한 기본원칙, 기본방향 등을 규정하는 자원순환분야 기본법을 제정하고

둘째 제품의 설계·생산·유통·소비·폐기까지의 전 과정 평가(LCA: Life Cycle Assessment) 체계를 구축하여 환경부하를 최소화하고 자원생산성을 최대화할 수 있는 “Lose-Zero” 달성을 목표로 하고

셋째 음식물 쓰레기는 디스포저(disposer)를 이용하여 배출하고 하수종말처리장에서 유기성 자원을 회수하여 재활용하고, 재활용품 분리수거는 현재의 종이, 알루미늄 캔, PET, 플라스틱, 스티로폼, 유리병 등 6~8종 배출 방식에서 종이, 금속, 플라스틱, 유리 등 4~5종 배출 방식으로 변경하고

넷째 생산자책임재활용제도(EPR) 대상품목에 적용되는 재활용의무를 재활용 가능 자원의 회수율로 전환하고 회수된 자원을 이용하여 생산되는 재활용제품 비

율로 개선하고

다섯째 재사용, 재이용, 재활용후 최종적으로 종량제로 배출된 생활쓰레기는 일반 소각방식의 소각로에 고효율 열회수 설비를 보완하는 방식으로 에너지회수 효율을 증대하는 것에 대한 고려가 필요하다.

제도운명을 뒷받침하는 기술개발 분야에서는 첫째 에너지를 적게 소비하면서 필름류 합성수지를 용해하여 고분자합성수지를 추출할 수 있는 기술

둘째 복합재질의 플라스틱에서 각각의 재질을 분리 추출할 수 있는 기술

셋째 생활폐기물에서 분리해낸 오염이 심한 합성수지를 활용한 다양한 제품생산 기술

넷째 한꺼번에 배출된 플라스틱류 재활용품을 기존의 유럽형 IR 및 비중선별 방식보다 저렴한 비용에 효과적으로 선별하는 기술

다섯째 일반소각로의 열교환설비에서 발생하는 증기를 고압으로 전환하여 발전하는 기술 등의 개발 지원이 필요할 것이다.

참고문헌

1. 유정수, 2006 : 쓰레기로 보는 세상 - 자원재활용의 허와 실, p. 102, 삼성경제연구소.
2. 수도권매립지관리공사, 2006 : 가연성 폐기물 고품연료 (RDF)의 경제성 분석 및 제도 도입에 관한 연구, p. 107, p. 126.
3. 이동수, 이수경, 2007 : 신재생에너지 지원정책의 환경성 평가 -폐기물 소각 에너지를 중심으로, 환경과공해연구회,

p. 14.

4. 이수경, 2008 : “경제살리기와 기후변화대응을 위한 폐기물에너지화 종합대책”의 문제점”, p. 14.
5. 민달기, 이승희, 최효현, 양미희, 2008 : 자원순환 기본계획 수립을 위한 체계마련 연구, 가천의과학대학 산학협력단 pp. 23~24, pp. 31-32.
6. 환경부, 2008 : “제4차 자원재활용 기본계획”, p. 5, p. 58, pp. 9-10, pp. 37-38, pp. 42-43.
7. 환경부, 2008 : “폐기물에너지화 종합대책”, p. 19, p. 29, p. 50.
8. 통계청 : 인구통계 자료.
9. 국립환경과학원, 한국환경자원공사, 2008 : “2007 폐기물 발생 및 처리현황”, p. 17.
10. 한국석유화학공업협회 홈페이지 자료, 2009 : www.kpia.or.kr
11. 독일, 1994 : “환경적으로 양립 가능한 폐기물처리의 보장과 물질 순환 폐기물관리 촉진에 관한 법률”, 제4조, 제5조, 제 6조.



柳 壽 浩

- 1980 해군사관학교 전자공학 학사
- 2002 동국대학교 환경행정학 석사
- 2000~2004 해군본부 해군환경보전과장
- 2005~2008 환경부 순환경 T/F
- 현재 한국환경자원공사 광주전남지사장