



ORIGINAL PAPER

<http://dx.doi.org/10.17137/korrae.2015.23.2.021>

원저

ISSN 1225-6498

## 폐기물부담금제 도입에 따른 인천시 폐기물의 에너지화 제고방안 연구

임지영, 김진한, 박정환\*†

인천대학교 도시환경공학부, 인하공업전문대학 화공환경과\*

(2015년 5월 29일 접수, 2015년 6월 15일 수정, 2015년 6월 18일 채택)

### A Study on Increasing the Energy Recovery from Waste at Incheon Metropolitan City according to Landfill Tax Introduction

Jiyoung Lim, Jinhan Kim, Junghwan Park†

School of Urban and Environmental Engineering, Incheon National University, Korea  
Department of Chemical & Environmental Technology, Inha Technical College, Korea

#### ABSTRACT

An introduction of landfill tax has been recently in issue in order to raise the financial resource for establishing waste resource-circulation society. The objectives of this study are to evaluate the plan of increasing energy recovery from waste at Incheon Metropolitan City, and to propose several points to be considered in terms of introducing the landfill tax. There are a lot of problems that impede energy recovery from waste at Incheon Metropolitan City, such as high-calorific waste from decrease of food waste to the municipal incineration plant, metals and batteries in the standard plastic garbage bag, etc. Alternative policies to solve these major problems have been drawn.

Keywords : Landfill tax, Energy recovery, Waste to energy, Incineration plant

#### 초 록

본 논문은 자원순환사회 구축을 목표로 필요한 재원마련을 위해 도입예정인 폐기물부담금제에 대응하기 위한 폐기물의 에너지화 제고방안을 인천시를 중심으로 평가하고 폐기물부담금제 도입을 위해 고려하여야 할 사항들을 제안하였다. 인천시의 폐기물 에너지화를 위한 주요 문제점으로 파악된 음식물류폐기물의 반입량 감소에 따른 폐기물의 고발열량화, 종량제봉투에 혼입되어 배출되는 금속류, 건전지 등을 해결하기 위한 대책을 도출하였다.

\*Corresponding author(jhpark@inhac.ac.kr)

주제어 : 폐기물부담금제, 에너지회수, 폐자원에너지화, 소각시설

## 1. 서론

인천광역시 제3차 폐기물처리기본계획에서는 배출되는 폐기물을 적정하게 관리하기 위하여 저탄소 녹색성장의 국가정책 기조에 반영하여 폐기물 감량화, 재활용, 에너지화를 중심으로 한 자원순환형 도시 정착을 목적으로 2021년까지 “4R 중심의 자원순환형 도시 정착”을 목표로 폐기물의 배출량 감량 및 재사용 활성화, 재활용, 에너지화, 적정처리, 친환경 처리기반, 기후변화 대응을 위한 관리 목표를 설정하였다<sup>1)</sup>.

생활폐기물의 경우 음식물류폐기물의 2021년 발생량 대비 20% 저감을 통하여 총 감량목표를 2021년 9.5%로 설정하였으며, 음식물류폐기물의 감량을 통해 배출원단위는 2015년 0.825 kg/인·일에서 2021년 0.809 kg/인·일까지 감소될 것으로 전망하였다. 또한 재활용품과 음식물류폐기물의 재활용을 통하여 재활용 목표율은 2021년 63.7%로 설정하였으며, 소각처리량은 송도와 청라 광역소각시설 반입일 기준 최대 처리가능량인 756 톤/일을 기준으로 처리하며, 2021년 822 톤/일의 소각처리를 목표로 하였다. 즉, 생활폐기물의 감량 우선정책을 통하여 배출량을 감축하고 재활용율을 향상시키며 소각처리 후 최종처분되는 매립비율을 2021년 3.7%까지 감소시키는 것으로 목표를 설정하고 있다<sup>2)</sup>.

인천지역의 소각시설은 청라와 송도 소각시설로 920톤/일을 처리하고 있으며, 음식물류폐기물 자원화시설은 남구, 남동구, 청라, 송도 음식물류 자원화시설로 650톤/일을 처리하고 있다. 또한 남부권 읍폐수 에너지자원화시설은 200톤/일, 남동구 재활용 선별시설 35톤/일, 수도권매립지는 245,791 천m<sup>3</sup>을 매립할 수 있다.

선진국에서 자원순환형 사회 형성을 위해 도입된 대표적인 제도가 폐기물부담금제, 일명 매립세(landfill taxes) 제도이다. 폐기물부담금제란 매립되는 폐기물에 세금을 부과함으로써 폐기물

발생량을 감축하고 재활용, 재회수 등을 포함하는 폐기물 관리방법이다. 폐기물부담금제 도입 이후 매립율이 영국 25%, 덴마크 26% 감소하였으며, 특히, 건설폐기물의 직매립 예방에 효과가 큰 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 우리나라에서도 폐기물의 재활용을 증가 및 직매립되는 폐기물 양을 감소시키는 것을 목표로 2015년부터 폐기물부담금제(자원순환사회전환촉진법)를 도입하고자 하였으나 그 시기를 정확히 예측하기 어려운 상황이다. 따라서 인천시에서도 자원순환사회전환촉진법이 원활히 시행, 정착되기 위하여 지역내에서 발생되는 폐기물의 직매립을 저감시키기 위한 에너지화를 제고에 대한 연구가 절실한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 인천시의 자원순환형 사회조성을 위해 인천지역의 폐기물 발생 및 처리 실태, 발생 폐기물의 처리 현황을 분석하고 에너지화를 제고를 위한 인천시의 대응방안을 제시함으로써 인천시의 자원순환형 사회 조성을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 폐기물부담금제

재생자원·에너지의 순환이용을 최대화하는 자원순환사회를 실현하고, 천연자원과 에너지의 채취, 사용을 최소화하여 채취한 천연자원과 에너지의 순환사용이 극대화된 자원순환사회로의 전환을 조기실현하기 위하여 환경부는 자원순환을 목표제 도입, 폐자원의 재사용 촉진을 위한 ‘순환자원거래소’의 구축운영, 그리고 폐기물 매립 소각처리 부담금제 도입을 계획하고 있다<sup>4)</sup>.

폐기물의 소각·매립부담금은 자원이 최대한 순환이용 되도록 촉진하고 소각 또는 매립의 방법으로 최종 처분되는 폐기물의 양을 줄이기 위하여 최종처분 대상 폐기물을 배출하는 자에게 소각·매립부담금을 부과 징수하도록 규정한 것이다. 환경부에 의하면 2011년 기준 단순 소각

·매립 폐기물 중 자원회수(에너지화 포함) 가능한 폐기물이 56% 포함될 정도로 재활용 가능한 자원이 소각매립되고 있으며, 위탁매립 처리비는 톤당 4~5만원 정도로 향후 매립지 사용종료 시 약 20만으로 상승될 가능성이 있다<sup>5)</sup>.

자원순환촉진법에 대한 국회의안 발의 후 이에 대하여 산업계측은 “과도한 규제”, “졸속 입법”, “산업경쟁력 약화”, “제도의 구체성 희박” 등의 이유로 입법화를 반대하고 있는 상황이다. 환경부와 산업계의 주요 쟁점은 다음과 같다;

- 1) 생활폐기물은 폐기물종량제로 인하여 이미 사회적비용 또는 외부 비용의 일부를 폐기물 배출자가 부담하고 있는 것으로 볼 수 있다.
- 2) 사업장폐기물에 대하여 외부비용의 내부화를 위한 조절장치가 별도로 필요하며 이를 위하여 매립부담금을 통한 국가의 개입 필요성 있다. 특히 발생량이 증가 하는 건설 폐기물의 발생억제에 효과가 있다.
- 3) 에너지 안보 및 기후변화 대응, 그리고 폐기물 에너지화 정책을 추진할 경우 사업장 폐기물 부문에서 폐기물 에너지화 시설 관련 기술업체에 대한 지원이 필요하며 이를 위한 자원 마련방법으로 매립 부담금 활용 가능성이 높다.

따라서, 폐기물부담금제를 도입하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려해야 할 것으로 판단된다.

- 1) 정책 도입의 우선 순위 결정 : 매립금지과 매립부담금 중 우선 순위를 결정하여야 하며, 일반적으로 매립부담금제의 도입을 우선하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- 2) 도입효과 및 문제점 검토 : 매립부담금제 도입시 폐기물 배출자의 대응행동 및 관련 산업계의 경제적 부담에 대한 시뮬레이션 필요하다.
- 3) 다른 세금 및 부담금과의 중복성 검토 : 다양한 부담금 제도와 종량제 시행 등으로 인하여 중복하여 세금을 납부하게 되는 경우와 제도적으로 비효율적인 부분이 없는지에 대한 검토가 필요하다.

4) 대체 또는 병행 정책 검토 : 매립지 반입수 수료 현실화 등 기타 정책수단을 통하여 동일한 정책효과를 얻을 수 있는지에 대한 검토가 필요하다.

5) 적정 매립부담금 수준 설정 : 매립, 소각 등 폐기물처리 수단의 사회적 비용을 산정하여 매립부담금의 수준을 산출하여야 한다.

## 2.2 대응방안

환경부는 자원순환사회전환촉진법(안)을 입법 예고하면서 폐기물처리부담금으로 소각·매립부담금제의 도입을 규정하고 있다. 소각·매립부담금 제도는 우리나라와 같이 매립처리비용이 지나치게 저렴함으로 인하여 재활용 가능 잠재자원이 단순 매립되는 것을 억제하고 순환 자원으로서의 활용을 유도하기 위한 제도로 유럽에서도 자원순환 및 매립억제를 위한 경제적 유인책으로 폐기물부담금을 부과하는 사례가 다수 있다<sup>3)</sup>.

환경 관련 문제는 사후적 예방이 우선이라는 차원과 복구를 위한 자금이 소요된다는 차원에서 재원이 필요하기 때문에 환경 관련 경제적 유인책은 지역특성에 기초하여 지방의 중심적인 역할과 관리가 가능하도록 지방의 재원을 확대할 필요가 있다.

따라서 매립부담금의 부과 및 징수와 재원관리의 권한은 지방자치단체에게 위임하는 것이 타당할 것으로 판단되며 자치단체의 재원관리 방안으로 매립시설 주변지역의 환경개선 및 지원을 목적으로 하는 특별회계의 설치 또는 특수목적의 사업추진을 위한 자치단체 기금설치 방안을 검토하여야 할 것이다.

예산은 그 종목과 세율이 법률 및 조례에 의해 규정되어 있으나, 기금은 재원 징수기준이 개별 조례에 따라 조성되며, 이러한 조례는 지방의회의 의결로 완성된다는 점에서 예산에 비해 훨씬 자율적이고 탄력적으로 운영할 수 있다. 따라서 예산보다는 비교적 자율적으로 운영할 수 있는 지방정부 기금으로 관리 할 필요가 있다고 판단된다.

소각·매립부담금에 대한 해외사례를 조사해

본 결과, EU국가들에서 3 그룹으로 분류되는 점을 확인하였는데, 부담금을 부과하여 매립되지 않아도 될 폐기물이 매립되는 비율을 효과적으로 저감시키지 못한 국가 사례도 많이 확인되었다<sup>5)</sup>.

부담금의 금액 수준이 매립을 줄이는데 가장 효과적인 수단이지만, 매립율이 높은 동부 유럽 국가들에서처럼 정책적 목표를 우선하여 추진하다 보면 불법 매립 등 정책적 시행착오와 부작용이 나타나게 되는 것은 자명해 보인다.

독일과 룩셈부르크의 경우 폐기물부담금이 없어도 이미 매립비용이 유럽 지역에서 가장 높아 매립제로화를 실현하고 있는 사례와 같이 지자체의 매립비용을 인상하는 것도 하나의 해결방안일 것이다.

### 2.3 인천시 폐기물 발생 현황

인천시의 생활폐기물은 주로 종량제봉투에 의해서 배출이 되며, 기초자치단체별로 별도의 음식물류폐기물 및 재활용품 수거체계를 구축하고 있다. 기존의 거점수거에서 발생하는 민원 등으로 인하여 문전수거체제로 변경되었으며, 공동주택 등에서는 아식도 단지 내 거점에 배출된 후 수거되는 거점수거체계를 유지하고 있다. 또한 경제자유구역과 같은 신도시 개발지구는 자동집하시설을 이용하여 관로를 통해서 이송하는 시스템을 적용하고 있다.

인천시의 생활폐기물 중에서 종량제봉투로 배출되는 것은 가연성과 불연성으로 구분되고, 수거된 종량제봉투폐기물은 송도나 청라 소각시설로 운반되어 처리되고 있다. 음식물전용 종량제봉투 또는 수거용기로 배출되는 음식물류폐기물은 음식물류폐기물 자원화시설로 운반되어 자원화되고 있다. 재활용품은 공공 또는 위탁으로 수거되어 지자체에서 운영하는 자원센터나 민간 시설로 반입되어 처리되고 있다.

인천시 생활폐기물의 성상별 1인1일 배출원단위를 살펴보면, 매년 변화를 보이고 있으나 일정한 수준으로 배출되고 있다. 인구유입으로 인해 인천광역시 총 생활폐기물의 배출량은 증가하여도 1인당 배출량은 일정한 수준을 보이거나 약

간의 감소추세를 보일 것으로 예상된다. 사업장 폐기물의 총 배출량은 2009년 12,813.6톤/일에서 2012년 6,707.8톤/일로 매년 감소하고 있으나, 사업장폐기물 중 가연성폐기물의 함량은 2009년 9.4%에서 2012년 16.8%로 증가 추세를 보이고 있다. 이는 유기성 오니류의 배출량이 매년 증가한데 기인한 것으로 사료된다.

인천시의 생활폐기물 발생량은 일정수준을 유지하고 있으며, 이는 매립억제 정책과 소각시설의 신규설치에 따른 소각량 증가, 재활용에 대한 인식제고와 재활용 우선정책으로 인하여 매립량은 점차 감소하고 있다.

불연성 폐기물의 주된 처리방법은 매립이었으나, 최근에는 재활용기술이 발전해 재활용의 비율도 증가하고 있다. 주로 유리류, 금속초차류, 토사류 등으로 구성된 불연성 중에서 연소되지 않는 것은 소각재로 배출되어 매립처리 되고, 토사류의 경우에는 재활용되는 비중이 늘어나고 있다.

음식물류폐기물의 주된 처리방법은 매립이었으나, 2005년 직매립금지와 인천 시내 음식물류폐기물 공공자원화시설의 증가로 인해 2012년 재활용비율이 99.2%에 이르고 있다. 자원화시설에서는 퇴비와 사료로 활용되며, 이 과정에서 발생하는 음폐수는 해양배출로 주로 처리 되었으나, 2013년 해양배출이 금지됨에 따라 육상처리 방안으로 수도권매립지내 음폐수 처리시설의 확충이 계획되어지고 있다.

인천시의 소각시설은 광역시설과 공항 내 폐기물 소각을 위한 공항소각시설, 옹진군과 강화군 등의 도서지역의 자체 처리를 위한 소규모의 소각시설이 있다.

한편, 청라소각시설은 2009년 이후 반입폐기물의 발열량이 급격히 높아진 것으로 나타났다. 이는 [Table 1]에 나타난 바와 같이 가연성 성분의 비율이 높아지고 음식물류폐기물의 반입이 줄어들었기 때문으로 판단된다<sup>6)</sup>. 청라소각시설은 정격연소 운전범위를 벗어난 최고 소각한계인 2,600 kcal/kg 이상에서 종종 운영되고 있어, 소각로 운전이 어려움이 있는 것으로 판단된다.

[Table 1] Characteristics of input waste component in the Cheongna incinerator plant

Year	Volatile(%)	Food waste(%)
2002	38.59	42.6
2003	44.09	38.61
2004	43.85	11.96
2005	45.36	9.20
2006	43.18	7.44
2007	37.13	11.64
2008	-	-
2009	49.12	6.59
2010	47.72	6.99
2011	45.29	10.82
2012	46.42	8.06
2013	45.82	11.66
2014. 6	45.92	13.32
2014. 10	49.74	11.24

음식물류폐기물 반입량 감소와 가연성폐기물의 증가로 인한 고발열량화는 소각로의 열부하 증가를 초래하고 이로 인한 과열상태로 내화물 손상이 가중된다. 또한 소각로내 고온화 및 온도조절이 어려워지면서 배출가스량이 증가하게 된다. 배출가스량 증가는 보일러 및 후단 연소 가스 처리시설의 적정 용량 초과로 오염물질 부하 증가 및 처리효율 저하와 방지설비의 노후화가 급속히 진행될 우려가 있다<sup>7)</sup>.

인천시 음식물류폐기물 자원화시설은 2013년 기준으로 공공 4개소, 민간 4개소로 총 8개소 845톤/일 규모의 시설에서 521톤/일의 음식물류폐기물을 처리하고 있다. 인천시는 음식물류폐기물을 음식물류폐기물 전용봉투 또는 전용용기를 사용하여 분리수거하고 있으며, 전량 자원화시설에서 처리하고 있다.

인천시의 음식물폐기물 발생량은 2021년까지 489.4톤/일이 배출될 것으로 예측됨에 따라 향후 음폐수 처리시설 필요용량은 570.7톤/일이 필요한 것으로 판단된다. 현재 인천시 자체처리시설은 송도 음식물자원화시설의 하수처리시설 연계 처리를 통한 200톤/일의 음폐수 처리가 가능하

므로 향후 370.7톤/일의 처리시설이 추가로 필요하며, 음폐수를 활용한 에너지화시설의 신설 또는 증설 계획이 필요할 것으로 판단된다.

## 2.4 폐기물의 에너지화

폐기물의 에너지화는 화석연료를 대체하고 폐기물 매립으로부터 생성되는 메탄가스 발생을 줄임으로써 지구온난화지수가 이산화탄소의 21배인 메탄가스로 인한 기후변화에 대응할 수 있는 수단이다. 선진국에서는 가연성폐기물의 고형연료화(SRF)와 유기성 폐기물의 바이오가스화 등 폐기물에너지화로 온실가스를 감축하려는 노력이 활발하다.

EU회원국들은 기후변화협약에 대응하는 환경 관련 정책을 강화하는 차원에서 석탄과 석유의 사용을 줄이고 천연가스와 신재생 연료의 사용을 증가시키는 추세이며 폐기물 소각열의 활용이 소폭 증가되고 있는 추세이다<sup>8)</sup>.

생활폐기물의 고발열량에 따른 문제점을 해결하기 위한 소각로의 구조변경이나 폐열회수시설의 변경 등 다양한 방식의 적용도 필요하지만, 소각시설의 설계조건에 맞는 폐기물의 반입이 가능할 경우에는 시설의 축소나 구조변경이 필요 없을 것으로 판단된다.

소각시설 전단에 전처리시설을 도입하여 고발열량의 원인이 되는 비닐이나 플라스틱류의 제거를 통해서 발열량을 설계당시 조건에 맞는 수준으로 낮추고, 선별된 고발열량 원인 폐기물성분은 고형연료로 생산하여 판매하거나 소각시설 내 SRF전용보일러 설치를 통한 발전 및 지역 난방수 공급 등의 사업 전개가 가능할 것으로 판단된다.

중량제봉투 내 폐금속의 경우에는 대부분이 작은 금속성 자원이거나 건전지류 등으로 이에 대한 수거체계를 구축하고, 소각로 투입전 선별과정에서 폐금속류를 선별할 수 있는 시설을 설치하여 수거하는 방안이 필요할 것으로 판단된다.

자동집하 대상 폐기물을 음식물류폐기물에서 재활용품으로 변경하는 것이 운영비용적 측면에서 유리하다. 음식물류폐기물을 분쇄하여 하수병합처리 시 증가한 하수슬러지를 전처리시설로 이송하

여 연료화하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

음폐수 및 하수분뇨슬러지 통합 연계처리를 통하여 각 자원화시설에서 생산된 에너지를 활용함으로써 에너지 비용을 절감할 수 있고, 공동구매, 공동관리 등을 통하여 인건비 등의 중복투자 요소를 제거할 수 있어 운영비 절감 효과를 기대할 수 있다.

폐자원의 발생 및 처리방법, 처리업체, 이송거리 등 분석된 자료를 토대로 자원순환정보망이 구축되어야 하며, 이를 통하여 수집된 폐자원이 멀리 이동하지 않고 최대한 인접지역에서 재활용될 수 있도록 하여야 한다. 거점지역에는 자원순환특화단지가 조성되고, 지역의 자원순환 효율성을 높이기 위하여, 폐자원 발생·이동·처리의 전과정 분석 및 정보시스템을 활용한 종합폐자원순환망이 구축되어야 하며, 이를 통하여 Zero-Waste 현실화를 실현해야 한다.

### 3. 결론

인천시의 자원순환형 사회조성을 위해 인천지역의 폐기물 발생 및 처리실태, 발생 폐기물의 처리 현황을 분석하고 에너지화를 제고를 위한 인천시의 대응방안을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 고발열량에 의한 소각시설 운영상 문제점의 해결과 자원의 순환을 높이기 위해서는 시설 설치비용이 높은 소각시설의 증설보다 전처리 시설의 도입을 통하여 고발열량 폐기물을 선별하고 에너지화함으로써 운영수익을 높이는 방안이 적합할 것으로 생각된다. 또한 선별되고 남은 저발열량 폐기물을 기존의 소각시설과 연계하여 처리함으로써 기존 소각시설의 적정운영 및 운영효율 제고를 통해서 운영기간을 늘릴 수 있을 것으로 판단된다.
- 2) 음폐수는 하수처리시설과의 통합처리를 통하여 오염도를 낮추고 혐기성소화 공정을 통해 생산한 바이오가스는 하수·분뇨슬러지 건조연료화의 슬러지건조를 위한 열공급 시설의 에너지원으로 공급하면, 하수·

분뇨슬러지 자원화시설의 운영비 중 가장 높은 비중을 차지하는 건조열원의 연료비 절감효과를 기대할 수 있다. 또한 하수·분뇨슬러지의 건조공정을 통해 생산된 배기가스를 이용하여 음폐수 자원화시설의 혐기성 공정에 필요한 가온 열원으로 활용할 수 있어 각 시설별 유기적인 연계체계를 구축할 수 있다. 뿐만 아니라 슬러지 건조화시설에서 생산된 고형연료는 화력발전소에서 에너지원으로 활용이 가능함으로써 유기성폐기물의 에너지화 및 자원 활용도가 매우 높아질 것으로 예상된다.

- 3) 폐자원순환망은 지역 내 발생하는 폐자원을 지역 특성에 맞게 지역 내에서 자원화하고, 지역 내 자원화가 어려운 폐자원은 순환범위를 광역화하여 자원화하는 순환체계를 구축·운영하는 시스템으로 기존 재활용구조에서 부지확보의 어려움, 비경제적인 물류구조, 재활용 관련 정보 부족, 영세업체의 재활용기반 부족 등으로 인한 재활용품질 저하 등의 문제점을 해결하고 효율적인 순환형 자원활용을 기대할 수 있다.
- 4) 매립부담금의 부과 및 징수와 자원관리의 권한은 지방자치단체에게 위임받는 것이 타당할 것으로 판단되며 자치단체의 자원관리 방안으로 매립시설주변지역의 환경개선 및 지원을 목적으로 하는 특별회계의 설치 또는 특수목적의 사업추진을 위한 자치단체 기금설치 방안을 검토하여야 할 것이다.

### 사사

본 연구는 인천녹색환경지원센터의 2014년도 연구개발사업비지원(2-50-54)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 인천광역시, 인천광역시 3차 폐기물처리기본계획. (2012).

2. 인천광역시, 인천통계연보(2013). (2014).
3. European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, Overview of the use of landfill taxes in Europe. (2012).
4. 환경부, 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률. (2014).
5. (사)한국폐자원에너지기술협회, 폐기물처리부담금(소각·매립)제도 외국사례 조사. (2013).
6. (사)한국음식물자원화협회, 2012-2013 전국 음식물자원화 시설 현황. (2014).
7. 박원석, 도시폐기물의 특성변화에 따른 처리에 관한연구, 인천대학교 박사학위논문. (2011).
8. 박정순, 유럽 신재생에너지공급의무화 정책 및 시사점, 에너지경제연구원. (2013). 