

유기성 폐기물의 자원화 방법에 대한 경제성 평가

유혜영, 정다위[†], 윤철우, 강준구*, 박기학**, 김기현, 신선경

국립환경과학원 자원순환연구과
국립환경과학원 폐자원에너지연구과*
㈜에코피엔지**

Economic Evaluation for Recycling of Organic Waste

Hye-Young Yoo, David Chung[†], Cheol-Woo Yoon, Joon-Gu Kang*,
Ki-Hak Park**, Ki-Heon Kim, Sun-Kyoung Shin

Resource Recirculation Research Division, National Institute of Environmental Research
Waste-to-Energy Research Division, National Institute of Environmental Research*
ECO P&G**

(Received: Jul. 20, 2016 / Revised: Sep. 26, 2016 / Accepted: Sep. 27, 2016)

ABSTRACT: Depletion of natural resources and reduction of greenhouse gas emissions are an important issue which we have to solve. The recycling of waste has emerged as a global concern. In Korea, the development of cost-effective treatment and recycling technologies also need to be improved. In this study, we compared and analyzed the cost per unit of treatment and recycling of organic waste, and presented an effective recycling scheme. We investigated the current status of treatment and costs for six types of organic wastes from 80 workplaces, including organic wastewater treatment sludge, processed organic sludge, and plant residues. In addition, environmental costs for greenhouse gas reduction were calculated. It's an economic way that organic waste is composted and used as cement additives.

In particular, the economic analysis was done by realistic results of the survey target companies. In conclusion, in order for reliable processing and recycling of organic wastes, wastewater treatment sludge and sewage sludge need to be classified based on hazard characteristics. Finally, technical difficulties need to be further resolved such as odors, leachate, and debris on recycling organic wastes.

Keywords: Organic waste, Recycling, Cost per unit, Environmental cost

초 록: 천연자원의 고갈과 온실가스의 감축은 우리가 당면하고 있는 현안이다. 이러한 이유로 폐기물의 재활용은 국제사회적으로도 큰 관심사이며, 국내에서도 비용 대비 효과적인 처리 및 재활용 기술의 개발이 지속적으로 이루어져야 하는 과제를 안고 있다. 본 연구에서는 유기성 폐기물의 처리 및 재활용에 따른 비용원단위 등을 비교 분석 함으로써 효과적인 자원화 방안에 대하여 고찰하였다. 본 연구에서 조사된 유기성 폐기물은 폐수처리오니류, 공정오니, 동·식물성 잔재물 등이며, 해당 폐기물을 배출하는 80개 사업장을 대상으로 처리현황 및 처리비용을 조사하였다. 유기성 폐기물의 경제성 있는 적정 처리방법은 퇴비화와 시멘트 부원료로 사용되는 것

[†] Corresponding Author (e-mail: david426@korea.kr)

으로 나타났다. 유기성 폐기물의 성상, 유해물질 등에 따라 경제성 분석이 다를 수 있겠지만, 조사대상 업체로부터 현실적인 폐기물의 처리결과를 바탕으로 분석하였다. 특히, 유기성 폐기물을 퇴비화 제품으로 재활용한다면, 비료의 원료가격 등이 상승됨에 따라 비료가격은 증가 추세로 보이기 때문에 경제적인 효과가 있을 것으로 판단된다. 유기성 폐기물의 안정적인 처리 및 재활용을 위해서는 폐수처리오니 등 유해특성을 갖고 있는 폐기물과 유기성 폐기물의 재활용 처리시 기술적 어려운 점인 악취, 침출수, 이물질에 대한 기술적인 노력을 기울여야 할 것이다.

주제어: 유기성 폐기물, 자원화, 비용원단위, 환경비용

1. 서론

유기성 폐기물은 처리의 대상물질에서 순환해야 하는 자원으로 그 관점이 전환되고 있으며, 이에 따라 재활용 처리 대상과 기술발전이 점차 다양화되고 있는 상황이다. 우리나라는 1992년에 유기성 폐기물의 해양투기를 금지하는 런던협약에 가입하여 2009년 런던의정서를 승인함에 따라 유기성 오니류를 비롯한 폐기물의 해양 배출을 점차 금지해야 하고 이에 따른 환경적·경제적으로 효율적인 처리 방안을 구축해야하는 실정이다.¹⁾

‘해양환경관리법’에 따르면 2012년부터 축산폐수, 하수슬러지를 비롯하여 2013년에는 음폐수 등이 해양배출 금지되었고, 2014년부터는 해양배출이 불가피하다고 인정하는 폐수 및 폐수오니에 대해서 한시적으로 허용하면서 단계적으로 해양배출을 줄이고 있는 상황이다.^{2,3)}

또한 환경부에서는 2012년에 ‘해양배출 금지에 따른 하수처리오니 처리 기본계획’을 마련하여 하수슬러지 발생량을 원칙적으로 저감시키고 자원으로 써 유효이용을 확대하는 방안을 모색하고 있다. 이러한 노력의 결과로 해양투기량은 3,972 천m³(2011년 기준)에서 259 천m³(2015년 기준)으로 급격히 줄었다.⁴⁾

현재 유기성 폐기물은 퇴비화를 비롯하여 사료화, 고형화 등 다양한 방법으로 재활용되고 있으며, 본 논문에서는 유기성 폐기물의 종류별 재활용 처리에 따른 처리비용과 그 비용의 비교고찰을 통해 보다 경제적인 방법과 친환경적인 방안을 살펴 보았다.

2. 연구방법 및 목적

2.1 유기성 폐기물의 발생 및 처리 현황

일반적으로 유기성 폐기물은 주로 폐기물관리법으로 관리되고 있고 배출원에 따라 크게 사업계와 생활계로 구분되며, 사업계에서 발생하는 폐수처리 오니와 공정오니, 정수처리오니, 동식물성잔재물, 가축분뇨와 생활계에서 발생하는 음식물류폐기물, 하수처리오니, 분뇨처리오니이다. 폐기물관리법에서 유·무기성을 구분하는 방법은 건중량 기준으로 유기물 함량이 40 % 이상인 폐기물을 유기성 폐기물로 정의하고 있다.⁵⁾

본 연구에서는 조사 사업장과 연계하여 유기성 폐기물을 선정하였고, 해당 폐기물에 대해서 발생량, 처리량, 처리비용에 관한 사항을 조사하였다.

2.2 조사대상 유기성 폐기물의 배출 사업장

유기성 폐기물의 배출과 관련해서는 2011년을 기준으로 유기성 폐기물을 다량 배출하는 사업장을 1차적으로 선정한 후, 선정한 사업장에게 자료 요청을 하여 이에 응한 80개의 사업장을 조사대상으로 정하였다.⁶⁾ 조사대상으로 선정한 80개 사업장에서 배출하는 유기성 폐기물은 폐수처리오니, 공정오니, 동식물성잔재물, 가축분뇨, 음식물류폐기물, 하수처리오니이었다. 특히, 폐수처리오니를 배출하는 시설은 식료품, 음료, 섬유 및 모피가죽, 펄프 종이 및 목재, 화학 및 석유, 금속 및 기계, 폐수처리업, 기타(담배 등) 제조업종에 해당하였다. 80개 사업장을 대상으로 유기성 폐기물의 처리방법과 처리비용을 현장방문 및 설문요청 등을 통하여 조사하였다.⁷⁾

2.3 조사대상 유기성 폐기물의 재활용 사업장

유기성 폐기물의 재활용 처리와 관련해서는 2010년도 기준으로 폐기물 재활용 전문인 중간처리업체가 및 재활용 신고업체 현황자료에서 유기성 폐기물을 재활용 허가받거나 신고한 업체 중 종업원수가 10인 이상인 사업장을 대상으로 하였다.⁸⁾ 대상 사업장 중에서 자료 요청에 응한 26개 사업장을 기준으로 재활용 처리 현황을 현장방문 및 설문요청 등을 통하여 조사하였다. 조사항목은 폐기물 처리 방법별 반입량 및 처리비용, 재활용 처리된 제품 판매 단가, 수요처 등이었다.

2.4 유기성 폐기물의 처리 관련 환경비용

유기성 폐기물의 종류별 처리방법인 재활용, 소각, 해양, 매립에 대한 원단위 비용분석을 수행하였고, 소각 및 매립을 통한 처리비용은 환경비용으로 구분하여 산정하였다.

유기성 폐기물의 처리비용은 각 업체에서 발생하는 비용에 근거하였으며, 환경비용을 산출하기 위해 온실가스에너지목표관리 운영 등에 관한 지침(환경부 고시 제2011-29호, 2012.6.21개정)의 방법론을 적용하여 처리방식에 대한 온실가스 발생량을 산출하였으며, 이에 대한 상쇄비용을 적용하였다.^{9,10)}

온실가스 상쇄금은 2006~2010년 CER 1tCO₂당 평균가격을 고려하여 국내 자발적 감축실적에 대해서는 15,000 원/톤을 적용하였다.¹¹⁾

3. 연구결과 및 고찰

3.1 유기성 폐기물의 발생 및 처리현황

국내에서 발생하는 유기성 폐기물은 2010년을 기준으로 사업계에서는 폐수처리오니가 7,779.5 톤/일 발생하여 가축분뇨를 제외하고 가장 많은 비중을, 생활계에서는 하수처리오니가 7,538 톤/일 발생하여 분뇨처리오니를 제외하고 가장 많은 비중을 차지하고 있었다.

가축분뇨와 분뇨처리오니의 경우에는 폐기물관리법에서 규정되어 있지 않고 가축분뇨법 등 별도의 법에서 관리하고 있으며, 배출량은 가축분뇨가 135,653 m³/일, 분뇨처리오니는 485.3 m³/일이었다.¹²⁻¹⁴⁾

이러한 발생량은 2014년 기준에서도 폐수처리오니가 7,891.7 톤/일, 하수처리오니는 7,572.6 톤/일로 나타나 유기성 폐기물의 큰 양적 변화는 보이지 않고 있다.

유기성 폐기물은 매립, 소각, 재활용으로 처리되

Table 1. Generation of organic wastes^{12,15,16)}

Unit : ton/day or m³/day

Organic Wastes	Year	
	2010	2014
Wastewater Sludge(t/d) ^{12,15)}	7,779.5	7,891.7
Process Sludge(t/d) ^{12,15)}	939	1,122.0
Animal or vegetable residues (t/d) ^{12,15)}	3,005.1	4,159.1
Animal Excretions(m ³ /d) ¹⁶⁾	135,653	173,052
Sewage Sludge(t/d) ^{12,15)}	7,538	7,572.6
Waste Food(t/d) ^{12,15)}	242.7	475.9

Table 2. Disposal of organic waste(2014)¹⁵⁾

Unit : ton/day

Organic Wastes	Landfill	Incineration	Recycling	Total
Wastewater Sludge	1,079.9	1,865.8	3,697.5	7,891.7
Process Sludge	215.2	229.3	656.2	1,122.0
Animal or vegetable residues	131.7	244.1	3,716.3	4,159.1
Sewage Sludge	1,910.3	1,881.2	3,774.7	7,572.6
Waste Food	133.4	269.0	73.5	475.9

고 있으며, 재활용 비율은 음식물폐기물을 제외하고는 대부분 50 % 가깝거나 그 이상의 비율을 보여 주었다. 재활용은 퇴비화, 사료화, 에너지화의 방법이었다.

2015년 기준으로 해양투기되는 폐기물의 양이 급격히 줄어들었지만 축산분뇨와 같은 액상류 폐기물과 분뇨처리오니, 폐수처리오니 등과 같은 오니류 폐기물의 배출은 계속적으로 이루어지고 있는 상황이다.⁴⁾

3.2 대상 사업장에서 발생하는 유기성 폐기물의 처리방법 및 처리비용

본 연구에서는 폐수처리오니, 공정오니, 동식물성잔재물, 가축분뇨, 음식물폐기물, 하수처리오니

를 배출하는 80개 사업장에 대한 처리현황을 조사하였다. 폐수처리오니를 배출하는 업종은 식료품, 음료, 섬유 및 모피가죽, 펄프 종이 및 목재, 화학 및 석유, 금속 및 기계, 폐수처리업, 기타(담배 등)에 해당하였다. 80개 사업장에 대해서 조사한 주요 항목은 폐기물의 처리방법과 처리비용에 관한 것이었다.⁷⁾

Table 3은 80개 사업장으로부터 유기성 폐기물의 처리방법별 대상 폐기물과 처리비용을 조사한 내용을 나타내고 있다.

2010년 기준으로 해양으로 배출하는 폐기물은 폐수처리오니, 공정오니, 하수처리오니이었으며, 30개 사업장에서 해당 처리방법을 선택하고 있었으며, 그 처리비용은 평균 46,949 원/톤으로 조사되

Table 3. Treatment cost for the methods of treatment(Organic waste)

Methods of treatment	No. of facility	Type of waste	Cost of treatment(won/ton)				
			MIN	MAX	AVERAGE	by survey	
Ocean dumping	30	Waste waster sludge, Process sludge, Sewage sludge	32,000	66,000	46,949	35,985~48,549 Av. 45,643*	
Incineration	12	Waste waster sludge, Sewage sludge	7,370	200,000	91,227	385~942,857 Av. 155,807*	
landfill	24	Waste waster sludge, Process sludge, Sewage sludge	7,370	113,333	62,431	11,580~716,332 Av. 92,520*	
Re cycling	Self incineration	2	Waste waster sludge, Animal or vegetable residues	0	0	0	-
	Composting	28	Waste waster sludge, Process sludge, Animal or vegetable residues, Animal excretions, Food waste	Sale	96,600	49,108	-
	Feeding	11	Process sludge, Animal or vegetable residues, Food waste	Sale	80,000	30,000	Sludge: 199,429 ~361,404 Av. 219,742*
	Solidification	4	Sewage sludge	32,869	34,852	33,744	
	Covering material	3	Sewage sludge	2,464	103,000	37,391	
	Sub material for cement	5	Waste waster sludge	45,000	137,000	94,650	
	Culturing of earthworm	2	Waste waster sludge, Sewage sludge	4,369	42,000	23,185	
	Biogas	(55)	Sewage sludge, Food waste, Human excretions				118~188,186 Av. 42,039*
Other	5	Waste waster sludge	20,000	93,500	58,678		

* Transportation costs : Calculate if each truck weigh 20 ton

었다. 소각의 경우는 12개 사업장이 폐수처리오니와 하수처리오니를 처리하고 있었으며 그 처리 비용은 평균 91,227 원/톤으로 조사되었다. 매립의 경우는 24개 사업장이 평균 62,431 원/톤의 비용으로 폐수처리오니, 공정오니, 하수처리오니를 처리하고 있는 것으로 조사되었다.

유기성 폐기물을 재활용함에 있어 많은 사업장이 퇴비화 또는 사료화 방법을 선택하고 있었다. 퇴비화로 재활용하고 있는 사업장은 28개로 조사되었고, 퇴비화로 이용하는 폐기물은 주로 폐수처리오니, 공정오니, 동식물성잔재물, 가축분뇨, 음식물폐

기물이었으며, 그 처리비용은 평균 49,108 원/톤인 것으로 조사되었다. 사료화로 재활용하고 있는 사업장은 11개로 조사되었고, 사료화에 이용하는 폐기물은 주로 공정오니, 동식물성잔재물, 음식물폐기물이었으며, 그 처리비용은 평균 30,000 원/톤인 것으로 조사되었다.

해양투기가 금지되는 정책방향에서 해양투기방법을 제외했을 때, 대부분의 유기성 폐기물은 소각, 매립, 퇴비화, 사료화 하는 방법으로 처리되고 있었다.

Table 4는 80개 사업장으로부터 조사한 자료를 토대로 유기성 폐기물의 종류별로 처리방법과 그

Table 4. Type of organic waste treatment cost

Type of waste	Methods of treatment		Cost of treatment(won/ton)		
			MIN	MAX	AVERAGE
Process sludge	Recycling	Solidification			32,869
		Feeding	0	Sale	0~Sale
		Composting	49,500	65,000	56,500
		Recovery			30,000
		Landfill	55,000	65,000	60,000
		Incineration			67,428
		Ocean dumping	2	80,586	40,294
		Sub total	0	80,586	46,699
Animal or vegetable residues	Recycling	Feeding	Sale	Sale	Sale
		Self incineration			0
		Composting	Sale	82,000	27,000
		Landfill			113,333
		Incineration			130,000
		Sub total	0	130,000	48,623
Animal excretions	Recycling	Composting	55,000	83,820	69,410
Sewage sludge	Recycling	Solidification	32,869	34,852	34,036
		Covering material	2,464	103,000	37,391
		Culturing of earthworm			4369
		Landfill	10,919	101,904	51,821
		Incineration	50,785	75,228	64,459
		Ocean dumping	32,870	48,586	42,280
		Sub total	2,464	103,000	45,549
Waste Food	Recycling	Feeding	0	80,000	37,500
		Composting			55,000
		Landfill			7,370
		Incineration			7,370
		Sub total	0	80,000	31,391

처리비용을 나타낸 것이다.

공정오니의 경우, 소각에 의한 처리비용이 67,428 원/톤으로 가장 많았고, 사료화하는 방법은 거의 비용이 발생하지 않고 오히려 판매하는 것으로 조사되었다.

동식물잔재물의 경우, 소각에 의한 처리비용이 130,000 원/톤으로 가장 많은 비용이 발생하였으며, 사료화 하는 방법은 수익을 낼 수 있는 판매 가능성을 보여 주었다.

하수처리오니의 경우 소각에 의한 처리비용이 64,459 원/톤으로 가장 많은 비용이 들었고, 지렁이 사육 등으로 처리하는 방법이 가장 적은 비용이 드는 것으로 조사되었다.

음식물폐기물의 경우에는 퇴비화에 의한 재활용 비용이 55,000 원/톤으로 많은 비용을 차지하는 것으로 조사되었으며, 소각이나 매립이 가장 적은 비용이 드는 방법으로 조사되었다.

유기성 폐기물을 소각하는 비용이 높은 것으로 조사된 이유는 대부분의 폐기물이 수분 함량이 높

은 폐기물이라 소각을 이용한 처리는 기술적 부담이 크기 때문인 것으로 해석된다. 상대적으로 처리 비용이 저렴한 사료화 및 퇴비화는 처리시설의 설치비용이 적고 폐기물의 특성에 따라 처리공정도 간단하기 때문인 것으로 판단한다.

향후 유기성 폐기물의 처리방법을 사료화 또는 퇴비화로 좀 더 활성화되도록 유도하기 위해서는 이러한 방법으로 처리된 처리물의 수요처를 많이 확보하는 것도 중요한 요인으로 작용할 것이다.

3.3 대상 사업장에서 발생하는 유기성 폐기물의 처리 및 판매비용

유기성 폐기물은 Table 5에 나타낸 것과 같이 크게 사료화, 퇴비화, 시멘트 부원료 등으로 재활용되었다.

폐기물을 처리하여 이익이 남는 분야는 주로 폐수처리오니를 사료화, 음식물폐기물 및 동식물잔재물은 퇴비화, 일부 폐기물을 혼합하여 퇴비화하는 경우였다. 그 외에는 처리비용이 판매수익을 넘지 못하였다.

Table 5. The expenses of organic waste for management^{2,3)}

Recycling	Waste	Input (t/y)	Cost of Unit (won/t)	Sale (won/t)	Cost of Unit (million won/y)	Revenue (million won/y)	Net Income (million won)
Feeding	Waste Food	54,750	45,000	0	2,463.75	-	(-2,463.75)
	Animal or vegetable residues	43,800	매입	704,286	-	30,847.71	-
	Sub total	40,241	18,667	555,956	751.17	0.00	(-751.17)
Composting	Wastewater sludge	21,900	17,500	10,750	383.25	235.43	(-147.83)
	Waste Food	18,250	72,000	140,000	1,314.00	2,555.00	1,241.00
	Animal or vegetable residues	10,956	24,250	205,250	265.69	2248.82	1,983.12
	Sewage sludge	3,780	47,000	0	177.68	0.00	(-177.68)
	Animal excretions	2,920	83,000	50,000	242.36	146.00	(-96.36)
	Mixed waste	13,113	53,700	66,667	704.15	874.18	170.03
	Sub total	11,448	45,781	102,708	524.13	0.00	(-524.13)
Sub material for cement	Wastewater sludge	4,380	11,000	73,600	48.18	322.37	274.19
Recovery	Wastewater sludge	1,440	27,000	-	38.88	-	(-38.88)

사료화의 경우, 음식물폐기물은 해당업체에서 판매수익을 알려주지 않아 순 이익이 없는 것으로 분석되었지만, 어느 정도의 판매단가를 고려하면 이익을 낼 수 있는 분야로 판단된다.

퇴비화의 경우, 음식물폐기물의 총 처리비용은 1,314 백만원/년이 소요되며, 판매수익은 2,555 백만원/년으로 연간 1,241 백만원의 순 이익이 발생하였다. 동식물성잔재물의 총 처리비용은 265.69 백만원/년이 소요되며, 판매수익은 2,248.82 백만원/년으로 연간 1,983 백만원의 순 이익이 발생하였다. 혼합폐기물의 총 처리비용은 704.15 백만원/년이 소요되며, 판매수익은 874.18백만원/년으로 연간 170.03백만원의 순 이익이 발생하는 것으로 분석되었다.

시멘트 부원료의 경우, 폐수처리오니의 총 처리비용은 48.18 백만원/년이 소요되었으며, 판매수익은 322.37 백만원/년으로 연간 274.19 백만원의 순 이익이 발생하는 것으로 분석되었다.

순 이익을 보여줄 수 있는 재활용은 처리물의 판매수익이 높은 경우이었다. 이것은 재활용 처리물의 가치를 올릴 수 있는 공정이 중요하고 그 가치는 폐기물의 성상과 밀접한 영향이 있다고 판단한다. 예를 들어 폐수처리오니라고 해도 폐기물의 발생원에 따른 성상을 고려하여 재활용 용도를 설정하는 것이 경제적 손실을 줄일 수 있는 중요한 열쇠가 된다는 것이다.

3.4 대상 사업장에서 발생하는 유기성 폐기물의 처리 비용원단위

유기성 폐기물의 종류에 따른 처리비용 원단위를

분석하였다. 처리비용은 각 업체에서 발생하는 비용으로 산출하였으며, 이때 온실가스 배출의 의한 환경비용의 상쇄금은 15,000 원/톤을 적용하여 분석한 결과를 제시하였다.¹¹⁾

비용원단위를 세 그룹으로 나누어 비교하면, 톤당 50 천원 미만의 폐기물은 펄프종이 및 목재 제조 시설에서 발생하는 폐수처리오니, 공정오니, 동식물성잔재물, 음식물폐기물, 하수처리오니로 나타났다. 이 중 펄프종이 및 목재 제조시설에서 발생하는 폐수처리오니의 비용원단위가 가장 낮았는데, 매립, 소각, 해양투기 없이 모두 재활용됨에 따라 환경비용이 발생하지 않아 처리비용 원단위가 5.18 천원/톤으로 나타난 것으로 분석되었다.

비용원단위가 톤당 50 천원 이상에서 100 천원 미만의 폐기물은 식품·음료·섬유·화학물질 제조 시설에서 발생하는 폐수처리오니, 폐수처리업 및 기타 폐수처리시설에서 발생하는 폐수처리오니, 가축분뇨인 것으로 나타났다.

비용원단위가 톤당 100 천원 이상의 폐기물은 금속 제조시설에서 발생하는 폐수처리오니로 나타났다. 이는 소각과 매립으로 처리하는 양이 상대적으로 많아 환경비용이 높고 재활용 비용도 높은 것이 주요 원인으로 분석되었다. 또한, 유해물질, 이물질 함량이 높은 폐기물로 평가되어 처리원단위가 높게 평가된 것으로 판단하고 있다.

조사한 폐기물의 처리량과 처리비용 등을 고려하여 유기성 폐기물의 평균적인 비용원단위를 계산하면, 톤당 35.68 천원으로 나타났다.

Table 6. Unit cost of organic waste

Organic waste		Methods of treatment	Through put (ton/year) A	Cost of treatment (one million won/year) B	Environmental expense (one million won/year) C	Incurred Expense (one million won/year) D : (B+C)	Unit cost (One thousand won/ton) E : D/A	
Waste water sludge	Wastewater treatment business	Recycling	Building materials	1,315	85	-	85	64.89
			Sub material for cement	29,844	4,089	-	4,089	137.00
			Composting	5,269	422	-	422	80.00
		Landfill		19,231	1,846	116.34	1,963	102.05
		Incineration		7,590	322	14.42	337	44.36

		Ocean dumping	44,019	2,296	266.29	2,563	58.22
		Sub total	107,268	9,060	397.04	9,457	88.17
	Other	Landfill	356	36	2.15	38	107.95
		Ocean dumping	10,693	604	64.69	668	62.52
		Dry(Consignment)	110	10		10	93.50
		Sub total	11,159	650	133.68	784	70.26
Process sludge	Recycling	Solidification	2,262	74	-	74	32.87
		Feeding	8,872	-	-	-	-
		Composting	15,867	896	-	896	56.50
		Recovery	665	20	-	20	30.00
		Landfill	2,112	127	12.78	140	66.05
		Incineration	870	59	1.65	60	69.33
		Ocean dumping	8,523	343	51.56	395	46.34
		Sub total	39,171	1,445	65.99	1,511	38.58
Animal or vegetable residues	Recycling	Feeding	202,647	-	-	-	-
		Incineration	24,600	-	41.33	41	1.68
		Composting	284,455	7,680	-	7,680	27.00
		Landfill	0	0	-	0	113.33
		Incineration	41	5	0.08	5	131.90
	Sub total	511,743	7,686	41.41	7,727	15.10	
Waste Food	Recycling	Feeding	88	3	-	3	37.50
		Composting	24,848	1,367	-	1,367	55.00
		Landfill	11,246	83	6.73	90	7.97
		Incineration	9,201	68	17.48	85	9.27
		Sub total	45,383	1,521	24.21	1,545	34.04
Sewage sludge	Recycling	Solidification	131,725	4,483	-	4,483	34.04
		Covering materia	95,900	3,586	-	3,586	37.39
		Culturing of earthworm	920	4	-	4	4.37
		Landfill	26,437	1,370	159.93	1,530	57.87
		Incineration	188,579	12,156	358.25	12,514	66.36
		Ocean dumping	108,831	4,601	658.37	5,260	48.33
	Sub total	552,393	26,200	1,176.55	27,377	49.56	
Animal excretions	Recycling	Composting	2,484	172	-	172	69.24
Total			1,822,920	-	-	65,047	35.68

3.4 유기성 폐기물의 적정 처리방법

유기성 폐기물의 처리방식별 비용원단위와 판매수익 등을 분석한 결과, 퇴비화의 재활용은 동식물성잔재물이 연간 1,983 백만원, 음식물폐기물이 1,241 백만원의 이익이 발생하였으며, 퇴비화에 가장 적합한 것으로 분석되었다. 비용원단위도 동식물성잔재물이 톤당 27 천원, 음식물폐기물은 톤당 55 천원으로 비교적 낮은 수준을 나타내고 있다. 특히, 음식물폐기물의 경우는 퇴비화 처리물이 톤당 140 천원에 판매되고 있어 수익성이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 향후

유기성 폐기물 중 음식물폐기물과 동식물성잔재물은 퇴비화를 통한 폐기물 감량과 재활용을 통해 수익을 극대화 할 수 있을 것으로 사료된다.

폐수처리오니는 시멘트 부원료로 연간 274 백만원의 이익이 발생하였다. 조사대상 유기성 폐기물의 비용원단위로는 평균적으로 톤당 108 천원으로 비교적 높지만 판매수익으로 인해 이익이 발생하는 것으로 분석되었다.

결과적으로 유기성 폐기물의 경제성 있는 적정 처리방법은 퇴비화와 시멘트 부원료로 사용되는 것

으로 나타났다. 유기성 폐기물의 성상, 유해물질 등에 따라 경제성 분석이 다를 수 있겠지만, 이번 조사대상 업체로부터 현실적인 폐기물의 처리결과를 얻은 것으로 분석하고 있다.

특히, 유기성 폐기물을 퇴비화 제품으로 재활용한다면, 경제적인 효과는 있을 것으로 판단된다. 비료의 생산량 및 소비량, 가격 동향을 조사한 결과에 따르면, 국내 농업 인구나 농가 경지 면적이 매년 감소됨에 따라 비료의 생산량과 소비량 또한 점차 감소하는 것으로 보이지만, 비료의 원료가격 등이 상승됨에 따라 비료가격은 증가 추세로 보였다.¹⁷⁾ 그러나 이물질 제거와 악취, 침출수 등의 현실적인 문제를 해결하지 않는다면 보다 친환경적인 처리방법으로 선정되기에는 많은 어려움이 예상된다.¹⁸⁾

4. 결론

본 연구에서는 유기성 폐기물의 자원화 방안이 대두됨에 따라 비용적인 측면과 환경적인 측면을 고려하여 적절한 처리방법과 관련해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유기성 폐기물을 퇴비화와 시멘트 부원료로 재활용하는 것이 처리비용을 줄이고 판매수익을 낼 수 있는 경제적이고 현실적인 방법이다.
2. 유기성 폐기물의 재활용은 퇴비화로 경제적인 효과와 함께 환경적 효과의 실효성을 얻을 수 있다. 이는 국내 농업인구와 경지면적의 감소와 함께 생산량 증대를 위한 비료사용량이 증가하여 비료 원료가격의 상승을 초래할 수 있다. 이에 대한 대책으로 유기성 폐기물을 재활용함으로써 경제적인 측면과 환경적 편익을 증대시킬 수 있을 것이며 향후 재활용 기술의 발전이 수반되어야 할 것이다.
3. 유기성 폐기물의 유해물질, 이물질 함량 등을 고려하고 재활용 성상 등의 특성에 맞게 처리비용이 적게 들고 효율적인 재활용 기술을 도입하여 처리하여야 한다.
4. 해양환경 보전을 위해 폐기물의 해양배출이 제로화되는 시점을 고려하여 지속가능한 자원순환

을 위해 최적 기술개발에 투자하는 등 육상에서 유기성 폐기물의 자원화를 극대화하는 정책이 마련되어야 할 것이다.

5. 유기성 폐기물의 재활용 처리시 기술적으로 관리가 어려운 악취, 침출수, 이물질 등을 제어하는 최적 기술에 대한 개발이 필요할 것으로 판단한다.

References

1. Ministry of Environment, "A study on the master plan for building waste resource cycle system" (2010).
2. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Zero plan for ocean dumping of land-based wastes" (2012).
3. National Assembly Research Service, "Research on the dumping of wastes at sea" (2014).
4. Statistics Korea, "Trend of ocean dumping amount in land-based wastes" www.index.go.kr, (2016).
5. Ministry of Environment, "Wastes Control ACT" (2016).
6. Korea Environment Corporation, "AllbaroSystem" (2010).
7. National Institute of Environmental Research, "Organic Wastes for the Establishment of Total Management System I" (2004).
8. Korea Environment Corporation, "2010 Regional waste permits and reporting company information" (2011).
9. Ministry of Environment, "Guidelines on the management operating target about greenhouse gas and energy" (2012).
10. Ministry of Environment, "2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories" (2008).
11. Ministry of Government Legislation, "Regulation for Carbon neutral program" (2011).
12. Ministry of Environment, "2010 Waste generation and treatment status in Korea" (2011).
13. Ministry of Environment, "Environmental Statistics Yearbook" (2011).

14. Ministry of Environment, "Livestock wastewater Processing Statistics 2010" (2011).
15. Ministry of Environment, "2014 Waste generation and treatment status in Korea" (2015).
16. Ministry of Environment, "Environmental Statistics Yearbook" (2016).
17. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, "Major statistics of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries" (2011).
18. Organic wastes research society resource circulation in japan, "Recycling strategy of organic waste" (2002).