



ORIGINAL PAPER

원저

## 제주지역 고농도 biomass 활용 시스템 제안

강진영\*, 이수미, 허 목†

제주발전연구원\*, 제주대학교 환경공학과

(2009년 6월 9일 접수일, 2009년 6월 26일 수정일, 2009년 6월 27일 채택일)

## The Proposal for High-concentrated Biomass Utilization System in Jeju

Jin-Young Kang\*, Su-Mi Lee, Mock Huh†

Jeju Development Institute\*, Department of Environmental Engineering, Jeju National University

### ABSTRACT

In this paper checked up biomass which occurs in the Jeju as are classified as organic waste for integrated management system for review and circulation of resources. Biomass which occurs in the Jeju was the 10,818 tons of sludge, 61,284 tons of food-waste, 1,519,000 tons of livestock. Sludge is treated marine discharge, food-waste is treated regeneration and livestock is treated in the form of recycling.

How to establish "System used by mechanism of recycling management on biomass resources" to introduce biomass town created by Hita-city, Oita-ken in Japan. Also there established a model system to building for recycling management of biomass and then checked up the economics. According to the report, it has the difference in facilities, but it will switch to a surplus in 4 years, therefore it was confirmed that the economy.

To be considered priority most livestock in "System used by mechanism of recycling management on biomass resources" in Jeju. So it is introduced the urgent problem and the problem awaiting solution on treating livestock in this study.

Keywords : Biomass, Biogas, Swine wastewater

†Corresponding author: huhmock@cheju.ac.kr

**초록**

본 논문에서는 제주지역에서 발생하는 주요 biomass에 대한 통합관리 및 자원순환체계에 대하여 검토하였다. 제주지역에서 발생하고 있는 주요 biomass는 슬러지가 연간 10,818톤, 음식물쓰레기가 61,284톤, 가축분뇨 1,519,000톤으로 발생하고 있으며, 슬러지의 경우에는 해양배출, 음식물쓰레기는 자원화, 축산분뇨는 발생원에서 처리되어 액비 등의 형태로 재활용되고 있다.

Biomass자원의 순환관리 체계를 구축할 수 있는 방안으로는, 일본 오이타현 Hita-city에서 적용하고 있는 biomass town을 조성하고 관리하는 체계를 도입함이 적합한 사례라고 사료되었으며, 자원화체계를 구축하는 모델을 설정하여 경제성을 검토한 결과 시설규모에 차이가 있으나, 4년 이내 흑자로 전환되어 경제성이 있는 것으로 확인되었다.

제주지역의 Biomass자원의 순환관리 체계 구축에 있어서, 우선적으로 가축분뇨가 고려되어야 하는 것으로 판단되어, 본 연구에서는 가축분뇨처리에 대한 문제점과 향후 과제에 대해서 제시하였다.

핵심용어 : 바이오매스, 바이오가스, 양돈폐수

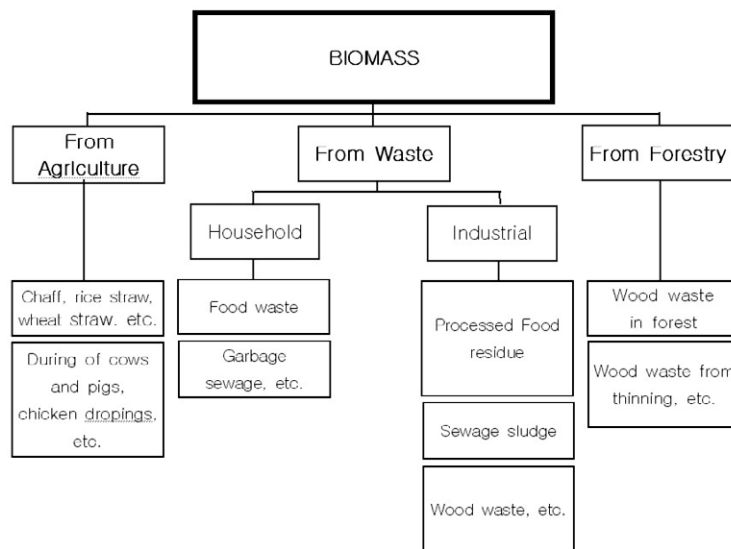
**1. 서론**

수도권에서 시작된 전국 기초자치단체장을 대상으로 한 '폐기물 에너지화 종합대책 및 기후변화 대응전략' 순회 설명회가 있었다.

순회설명회시 초고유가시대 및 기후변화대응 차원에서 폐기물에너지화의 중요성은 물론 최근 국제적

이슈로 떠오른 기후변화의 대응을 위한 중앙과 지자체의 중요성을 강조하면서 지방정부의 적극적인 역할이 필요할뿐만 아니라, 이는 지역경제 활성화에도 큰 도움이 될 수 있음을 강조하면서 적극 추진해 줄 것을 당부했다.

이에 발맞추어 제주특별자치도에서도 기후변화대응 차원에서 폐기물에너지화에 관심을 가지고 많은 정책



[Fig. 1] Classification of organic biomass.

들을 제시하고 있다.<sup>1)</sup>

폐기물에너지화를 위한 방안으로 제주지역에서 다량으로 배출되고 있는 고농도 유기성 biomass의 자원 순환 체계구축을 둘 수 있다. 이러한 biomass의 자원 순환체계구축은 '제주형 Biomass Town'을 조성할 수 있으며, 이들 자원의 발생으로부터 얻는 재생에너지, 퇴·액비, 토양 개량제 등으로의 활용과 더불어 환경교육과 환경관광자원으로까지 연계될 수 있다. 따라서 이러한 'Biomass자원의 순환관리 체계에 의한 활용 시스템'을 구축할 수 있는 방안을 본 연구에서는 검토하였으며, 아울러 이들 활용 시스템중에서도 가장 우선적으로 고려되어야 할 가축분뇨를 대상으로 Biogas발전 시설의 타당성에 대한 검토와 향후 과제에 대하여 제시하였다.

## 2. 본론

### 2.1. 유기성 폐기물(Biomass) 분류

일반적으로 biomass는 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체 균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물유기체를 일컫는데, biomass자원은 [Fig. 1]에서 보여주듯이 곡물류를 포함한 전분질계의 자원과 초본, 임목과 볏짚, 왕겨와 같은 농수산물을 포함하는 셀룰로오스계의 자원과 사탕수수, 사탕무와 같은 당질계의 자원은 물론 가축의 분뇨, 사체와 미생물의 균체를 포함하는 단백질계의 자원까지를 포함하는 다양한 성상을 지니고 있으며, 이들 자원에서 파생되는 종이, 음식물쓰레기, 슬러지 등의 유기성 폐기물도 biomass자원에 포함되며, 재생가능

하며 생물에 유래한 유기성 자원으로 화석자원을 제외한 모든 물질을 말한다.<sup>2)</sup>

### 2.2. 제주지역 고농도 유기성 Biomass 발생 현황

#### 2.2.1 슬러지 발생현황<sup>3)</sup> 및 문제점

경제성장, 생활수준의 향상으로 생활하수 발생량이 증대되었으며 2005년 말 기준으로 전국에서 가동중인 공공하수처리장은 294개소로 시설용량은 22,568천톤/일이며, 마을하수도는 1,404개소, 시설용량은 98,402톤/일이다. 2005년도 전국 하수슬러지(하수오니)의 발생량은 2,560천톤/년으로 계속적인 하수도 보급률이 증가함에 따라 하수슬러지의 발생량도 증가될 전망이다.<sup>4)</sup> 그러나 하수슬러지의 처리는 '99년까지는 대부분 매립과 해양투기에 의해 처리되었으나 1997년 7월 유기성오니의 직매립 금지 규정(시행시기 2003년 7월 1일)이 도입된 이후 전국적으로 하수슬러지의 처리방법을 살펴보면 매립은 감소한 반면 해양투기는 증가하여 하수슬러지의 처리방법을 직매립에서 재활용(녹생토, 퇴비화, 고형화 등)과 중간처리(소각)로 전환하려는 취지와는 달리 처리시설의 건설비가 들지 않고 처리비가 저렴한 해양투기로 전환하였음을 알 수 있다. 특히 대구, 인천, 광주, 대전, 울산지역은 전량 해양투기로 하수슬러지를 처리하였으며 제주지역에서는 단지 1.5%만이 육상매립하고 나머지 98.5%는 해양투기를 하였음을 [Table 1]에서 알 수 있었다. 더욱이 2003년도 이전에는 재활용율이 28% 이상이었으나 2004년 이후에는 전무하다는 것이 문제점으로 나타났다.

[Table 1] Generation and Treatment Situation of Sludge in Jeju

Year	Generation		Reuse		Landfill		Incineration		Ocean disposal	
	m <sup>3</sup> /year	m <sup>3</sup> /year	%	m <sup>3</sup> /year	%	m <sup>3</sup> /year	%	m <sup>3</sup> /year	%	
2000	10,540	9,632	91.490	8	8.6	-	0.0	-	0.0	
2001	13,200	9,125	69.1	4,075	30.9	-	0.0	-	0.0	
2002	16,317	4,631	28.4	11,686	71.6	-	0.0	-	0.0	
2003	16,274	4,645	28.5	4,904	30.1	-	0.0	6,725	41.3	
2004	15,732	-	0.0	-	0.0	-	0.0	15,732	100.0	
2005	10,818	-	0.0	160	1.5	-	0.0	10,658	98.5	

2.2.2 음식물쓰레기 발생 현황 및 문제점

음식물류 폐기물을 바로 매립할 경우 악취, 해충 및 침출수 발생 등 2차 환경오염유발과 매립지 사용기간 단축을 초래하기 때문에 '97년 폐기물관리법 시행규칙이 개정됨에 따라 “2005월 1월 이후부터 전국 시지역 이상 도시에서의 음식물류 폐기물 직매립 금지”는 음식물류 폐기물이 지자체에서의 자원화를 유도하였으며 제주지역 또한 자원화를 통해 처리하고자 하는 노력을 기울이고 있는 실정이다.

최근 6년간 음식물류 폐기물의 과거 발생 추이<sup>5)</sup>를 살펴보면 2004년부터 약 30m<sup>3</sup>/일 정도가 증가한 것으로 조사되었으며, 이중 2005년도 제주시 지역에서만 음식물류 폐기물 발생량이 전체 70%(117.5m<sup>3</sup>/일)이 상임을 알 수 있다. 따라서 제주지역에서 발생하는 음식물류 폐기물은 우선적으로 발생량의 절반이상을 차지하고 있는 제주시 지역에 대한 해결 방안이 마련되어야 함을 알 수 있다.

[Table 2] Generation Situation of Food-Waste in Jeju (Unit : m<sup>3</sup>/day)

Year		Jejusi	Seogwiposi	Namjeju	bukjeju	Total
Generation	2000	93.7	20.1	10.5	15.6	139.9
	2001	89.0	19.8	9.6	14.3	132.7
	2002	91.0	18.8	10.0	14.4	134.2
	2003	90.0	18.7	10.0	15.3	134.0
	2004	114.2	25.2	9.6	14.5	163.5
	2005	117.5	29.5	9.6	11.3	167.9

[Table 3] Treatment Situation of Food-Waste in Jeju (Unit : m<sup>3</sup>/day)

year	Treatment	Jejusi	Seogwiposi	Namjeju	bukjeju
2000	Landfill	62.7	0	7.9	9.0
	Incineration	0	0	0.2	0.6
	Reuse	31.0	20.1	2.4	6.0
2001	Landfill	44.0	0	4.2	6.7
	Incineration	0	0	0	0.1
	Reuse	45.0	19.8	5.4	7.5
2002	Landfill	47.0	0	4.1	6.7
	Incineration	1.0	0	0.2	0.3
	Reuse	43.0	18.8	5.7	7.4
2003	Landfill	23.4	0	1.4	4.3
	Incineration	12.0	0	3.0	2.8
	Reuse	54.6	18.7	5.6	8.2
2004	Landfill	7.1	0	0.8	0
	Incineration	7.0	0	3.5	6.3
	Reuse	100.1	25.2	5.3	8.2
2005	Landfill	0	0	0	0
	Incineration	2.8	0	4.3	8.9
	Reuse	114.7	29.5	5.3	2.4

2.2.3 가축분뇨 발생현황 및 문제점

(1) 가축분뇨 발생현황

제주지역에서의 연도별 가축수에 대한 조사결과를 [Table 4]에 나타냈다. [Table 4]를 보면 한우인 경우 2002년까지는 감소하다가 다시 증가하는 추세를 보이고 있고, 젓소와 돼지인 경우 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 닭인 경우 2002년에 비해 감소하는 추세를 보이고 있다.<sup>6)</sup>

[Table 5]는 [Table 4]에서의 2005년도 가축수를 대상으로 분뇨 발생량 및 가축분뇨 발생량을 산출한 결과를 나타냈다.

[Table 5]에서 보면 가축수에서는 닭이 가장 많은 분뇨 발생량은 1일 147m<sup>3</sup>으로 제주지역에서 발생하는 분뇨의 비율은 3.5%로 가장 낮았다. 그러나 두 번째로 많은 돼지인 경우 분뇨발생량은 1일 3,445m<sup>3</sup>으로 가장 많았으며 제주지역에서 발생하는 분뇨의 82.8%를 차지함으로써 돼지분뇨 처리가 중요하다는 것을 알 수 있다.

그러나 제주지역에서 양돈 사육 현황을 살펴보면 양돈사육두수가 일부지역에 밀집되어 있으며, 양돈사육

에 있어서 운영비가 적게 소요되는 슬러리 돈사형태가 점차 증가하고 있다는 문제점도 상존하고 있다.<sup>7)</sup>

(2) 가축분뇨처리 및 관리상의 문제점

제주특별자치도는 제주지역에서 발생하는 가축분뇨를 처리하고자 다각적인 노력을 하고 있으나 여러 가지 문제점에 봉착하고 있다.

이러한 문제점을 살펴보면 첫째로 가축분뇨는 자원과 오염물질이라는 양면성을 갖고 있으므로 규제는 환경부에서 이루어지고 지원은 농림부에서 이루어지는 이원화에 따라 효율적인 관리가 곤란하다.

둘째로 비료관리법상 퇴비 생산량이 양돈 300~350두 이하 농가만 해당되어 현실적으로 축산농가에서 가축분뇨를 자원화하기에는 문제가 있으며 또한 비료관리법상 축분비료라는 종류가 별도로 없기 때문에 산업폐기물의 유입으로 인한 피해시 보상, 교환, 환불에 대한 제도적 장치가 없으므로 자원화하기에 [Fig. 2] Mechanism of utilization for biomass in Jeju. 걸림돌이 되고 있는 것이 현실이다.

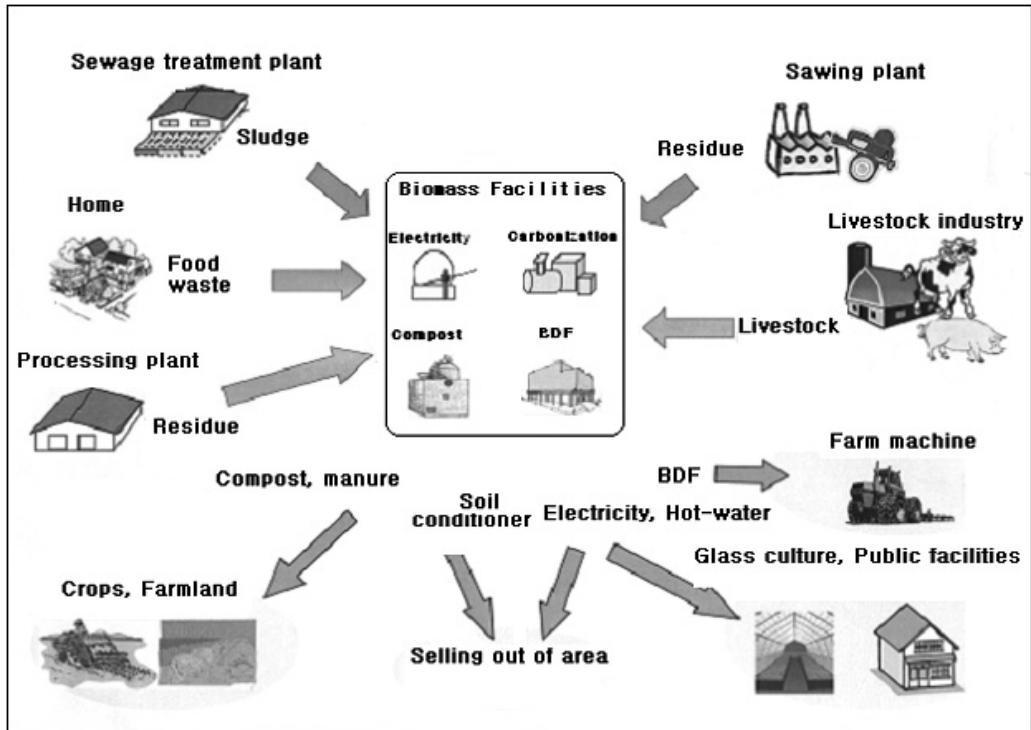
셋째로 기술적 측면에서 가축분뇨자원화·정화처리

[Table 4] The Number Situation of Anim Als in Jeju each Year (Unit : The number of anim als)

year	Korean beef cattle	Milkcow	pig	Hen
2000	21732	5557	335645	1300049
2001	16983	5677	358108	1316710
2002	15784	5867	374455	1494190
2003	18501	5808	399758	1281450
2004	21525	5603	411012	1287614
2005	22556	5311	400569	1221349

[Table 5] The Number of Animals and Wastewater Generated by Animals

	The number of animals	Generation(m <sup>3</sup> )		Fraction (%)
		day	year	
Total	1,649,785	4,163	1,519,000	100.0
Cow Korean beef cattle	22,556	329	120,000	7.9
Milk cow	5,311	242	88,000	5.8
Pig	400,569	3,445	1,257,000	82.8
Hen	1,221,349	147	54,000	3.5



[Fig. 2] Mechanism of utilization for biomass in Jeju.

에 대한 관리 기술이 부족할뿐만아니라 새로운 가축분뇨처리 시설이나 공법에 대한 사전 검증없이 무분별하게 농가에 보급되고 있는 실정이다.

넷째로 양축농가 측면에서 가축분뇨처리 시설용량 대비 사육두수 증가로 인하여 분뇨발생량이 증가할뿐만 아니라 축분 처리 과정에서 악취로 인한 민원이 발생하고 있다.

### 2.3. 제주지역 biomass 활용방안 및 향후 과제

#### 2.3.1 제주지역 Biomass 활용방안

제주지역 biomass계 자원의 발생 현황에서 파악된 바와 같이 활용이 가능한 주요 biomass계 자원으로써 음식물 쓰레기와 가축분뇨가 주가 될 것이며, 그 외에 하수슬러지 및 임업계와 가공산업에서 발생하는 각종 폐기물류가 그 대상이 될 것이다.

제주지역에서 biomass의 활용체계를 구축하기 위해서 지역적인 발생 및 활용 가능 특성 등을 고려할 때 제

주지역과 실정이 유사한 일본 오이타현 Hita-city의 모델을 인용하는 것이 적합한 것으로 판단된다. [Fig. 2]는 일본 오이타현 Hita-city의 biomass town을 구성하고 관리하는 체계를 인용하였을 경우 제시할 수 있는 방안을 나타냈다.

제주지역 biomass의 자원화 방안을 제시함에 앞서 biomass변환시설들 중에서도 가장 시급히 강구되어야 할 가축분뇨 biogas화에 의한 발전방안에 대한 구체적 타당성 분석은 한국중부발전(주)에서 보고된 내용을 인용하였을 경우 하루 발생할 수 있는 메탄가스의 양은 약 180천m<sup>3</sup>으로 나타났다.<sup>8)</sup>

또한 이러한 가축분뇨의 biogas화에 따른 경제성 분석을 하였을 경우 하루 처리 용량이 10m<sup>3</sup>인 경우 단순 투자회수 기간은 4년으로 나타났으며, 하루 처리 용량 100m<sup>3</sup>으로 설치하였을 경우 단순투자회수기간은 2년으로 나타났다.

[Table 6] Recovery Period for Clear Capital Investment by Biogas with Swine Wastewater

Classification	Facility capacity(m <sup>3</sup> /일)			
	10	20	50	100
Facility investment capital(million won)	500	900	2,000	3,000
Capital for a year(million won)	53	95	212	318
Benifits for a year(million won)	185	369	923	1,846
Recovery period for clear capital investment(year)	4	3	3	2

2.3.2 제주지역 biomass활용을 위한 향후 과제  
 제주지역 biomass의 활용을 위한 방안으로 우선적으로 해결해야 하는 부분이 가축분뇨의 biogas화 실증 사업이 이루어져야 한다고 언급하였다. 이러한 biogas화를 위한 방안으로는 신규시설을 설치하는 방안과 기존의 제주시 위생 처리장 및 하수처리장을 활용하는 방안을 둘 수 있을 것이다.

신규 시설은 개별농가 혹은 축산단지에 설치방안으로 저류조, 고흡물분리 설비, 메탄발효조로 구성된 혐기 소화 처리시설이 필요하고 가스저장조와 가스 엔진 발전기로 구성된 발전시설이 필요하다. 또한 액비저장조에 3개월 이상 저장하였다가 전량 액비로 사용할 수 있는 체계가 이루어져야 하며, 고흡물 분리 설비에서 분리된 고흡물은 퇴비화 시설에서 퇴비를 생산하여야 한다. 그러나 이러한 시설을 새로이 설치하려면 다음과 같은 문제점을 해결하여야 한다. 첫째, biogas화 발전 설비에서 생산되는 발전 전력을 전량 고가로 매입해주어야 한다. 둘째, 혐기성 소화처리 후 소화액을 전량 액비로 사용할 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 셋째, 액비로 사용할 수 없어 해양 투기 혹은 추가적인 오수 처리시설을 도입하여 처리할 경우 환경오염 및 과도한 비용문제가 발생할 수 있으므로 이에 대한 방안이 마련되어야 한다. 넷째, 특별한 기술자의 도움 없이도 설비의 적절한 관리가 가능한 인력을 확보하여야 한다. 그러나 가장 중요한 사항은 국내·외 축산분뇨 발전사업에 대한 방문 및 검토 결과 경제성과 지역 민원의 심각성을 야기시키는 가장 중요한 인자가 소화액의 고도 처리비용문제와 소화슬러지의 자가처리(퇴비 등)에 따른 악취문제를 우선적으로 해결하여야 한다.

위생처리장 및 하수처리장을 연계하여 처리할 수 있는 방안에서는 신규설치비가 많이 소요되지 않기 때문에 설치비 자체가 절감되며, 동일 공정을 생략할 수 있으므로 전력비, 인건비 등 유지 관리비가 절감이 가능하다. 그리고 개별농가형 처리보다 운영요원이 기술력 확보에 용이하며, 환경기초시설을 단일 부지내에 설치하여 연계처리함으로써 주민에 대한 민원발생을 저감할 수 있고, 처리시설의 공동 사용으로 공정의 축소 및 생략이 가능하여 부지면적으로 절감할 수 있을 것이다. 그러나 이에 대한 해결과제로는 축산폐수의 유입 유량 및 수질변동 폭에 의하여 하수처리장으로 유입되는 수질의 변화가 다소 발생됨에 따라 약간의 처리 수질 저하가 우려되며, 특히 질소 성분의 유입부하가 증가됨에 따라 기존 하수처리장의 고도처리시설이 필수적으로 요구되어진다.

### 3. 결론

폐기물에너지화를 위한 방안으로 제주지역에서 다량으로 배출되고 있는 고농도 유기성 biomass의 자원순환 체계구축을 둘 수 있다. 이러한 biomass의 자원순환체계구축은 ‘제주형 Biomass Town’을 조성할 수 있으며, 이들 자원의 발생으로부터 얻는 재생에너지, 퇴·액비, 토양 개량제 등으로의 활용과 더불어 환경교육과 환경관광자원으로까지 연계될 수 있다.

따라서 제주지역에서 biomass의 활용체계를 구축하기 위해서 지역적인 발생 및 활용 가능 특성 등을 고려할 때 제주지역과 실정이 유사한 일본 오이타현 Hita-city의 모델을 인용하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

그러나 이러한 biomass의 자원순환체계구축을 위해서는 우선적으로 가축분뇨의 biogas화에 대한 처리가 고려되어야 한다. 그리고 이러한 biogas발전 시설에 있어서 가장 중요한 인자는 소화액의 처리로써 이를 위한 소화액의 처리비용문제와 소화슬러지의 자가처리(퇴비 등)에 따른 악취문제를 우선적으로 해결하여야 한다.

## 사사

본 연구는 제주지역환경기술개발센터 연구개발사업에 의해 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 제주특별자치도, 제주지역환경기술개발센터, “기후

변화대응 시범도 조성을 위한 로드맵 수립 및 시범사업 개발”(2008).

2. NEDO, “バイオマスエネルギー-高效率轉換技術開發” p. 1(2008).

3. 환경부, “하수도 통계”(2006).

4. 김갑수, “국내외 하수슬러지 처리·처분 현황 및 개선방안”, 대한환경공학회지, 29(1), pp. 8~16 (2007).

5. 제주시, 서귀포시, 남제주군, 북제주군, “환경백서”, (2001~2006).

6. 제주도, “통계연보”, (2001~2006).

7. 제주특별자치도, 제주지역환경기술개발센터, “환경오염예방대책 종합대책 보고서”, p. 35(2007).

8. 한국중부발전(주), “제주지역 축산분뇨 발전사업 활용방안 연구용역 보고서”, p. 18(2006). 