

국내 바이오매스 이용 실태와 활성화 방안 *

윤 영 만
(한경대학교 바이오가스연구센터 연구교수)

1. 바이오매스 발생 잠재량

1.1. 바이오매스란?

바이오매스(biomass)란 사전적 의미로는 생물기원을 의미하는 바이오(bio)와 물질을 나타내는 매스(mass)의 합성어로서 생물기원의 물질을 의미한다. “생물기인(biogenic)”이란 1차 생산자인 식물체의 광합성 산물에서부터 기인하는 것을 의미하며, 태양에너지가 유기적으로 고정된 광합성 산물은 먹이사슬(food chain)을 통해 2차, 3차 소비자 및 분해자에 전이·전달되고 이 과정에서 발생하는 모든 산물을 바이오매스라고 통칭할 수 있다. 일반적으로 생태계를 구성하는 생물유기체는 모두 바이오매스 범주에 포함되며, 생물유기체가 생활환(life cycle)을 영위하면서 발생하는 배출물질(분, 뇨 등), 생물유기체가 사멸하면서 발생하는 동식품의 사체(dead body)도 기본적으로 생물에서 기인한다는 점에서 바이오매스에 포함한다. 화석연료의 경우 생물유기체가 오랜 지질역사에서 만들어진 것으로서 근본적으로 생물유기체에 기인한다는 점에서 바이오매스에 포함될 수 있다. 그러나 재생가능성(renewability) 측면에서 보았을 때, 화석연료의 이용

* (yym@hknu.ac.kr 031-670-5665).

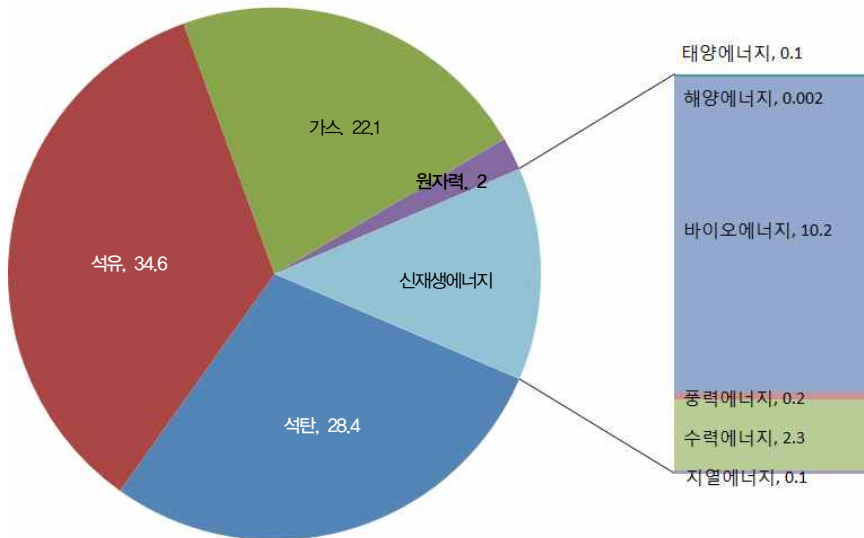
은 지구의 엔트로피(Entropy; 무질서도)를 증가시키고 이 과정에서 지속적으로 이산화탄소(CO₂) 배출을 증가시킨다는 점에서 재생가능하지 않다. 따라서 바이오매스의 에너지 이용 측면에서 재생가능성을 고려하는 경우, 화석연료는 바이오매스에 포함하지 않는다.

1.2. 세계 바이오매스 에너지 이용 현황

기후변화에 대한 정부 간 패널(International Panel on Climate Change, IPCC)은 2012년 특별보고서(IPCC, 2012)를 통해 <그림 1>과 같이 세계 에너지 이용 현황을 조사 발표하였다. 2008년 기준 전 세계 에너지 소비량은 492EJ¹⁾로서 이중 신·재생에너지의 비중은 약 10.8%이며, 바이오에너지의 비중은 10.2%(50.2EJ)로 태양, 해양, 풍력, 수력, 지열 에너지의 총합의 약 3.8배에 해당한다. 세계 바이오에너지 소비량 50.2EJ를 석유환산톤(TOE)로 나타내면 약 1.7GTOE로 이는 2012년 우리나라 총1차 에너지 소비량 0.28GTOE(에너지 관리공단 신·재생에너지센터, 2013)의 약 6.2배에 상당한다.

그림 1 2008년 세계 에너지 이용 현황

단위: %

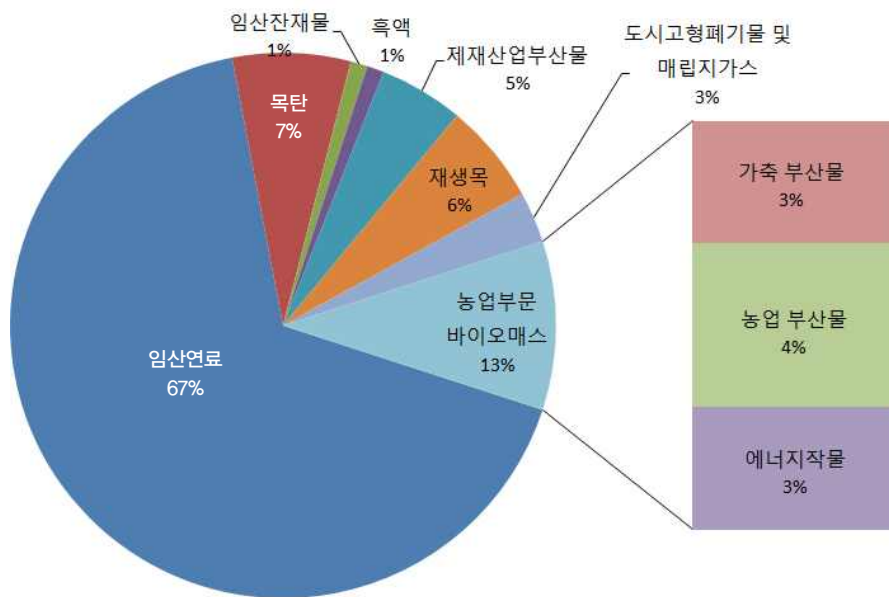


주: 2008년 세계 에너지 소비량 492EJ에 대한 에너지원별 분포(EJ = 10¹⁸J).
 자료: IPCC, 2012.

1) EJ(Exajoule, 엑사줄)은 10¹⁸Joule이며, Joule은 에너지량을 나타내는 국제표준단위로서 1cal = 4.185J임

세계 바이오에너지 소비 현황은 <그림 2>와 같으며, 쌀감 등으로 이용되는 임산연료가 약 67%를 차지하고 있다. 이중 농업부문에서 발생하는 바이오매스를 에너지로 이용하는 비중이 약 13%이며, 가축(동물) 부산물 3%, 농업부산물 4%, 에너지작물 3%로 나타나고 있다. 세계적으로 바이오매스의 에너지 이용은 크게 효율이 낮은 전통적인 이용 방식과 최근에 기술개발을 통한 고효율 이용 방식으로 구분할 수 있다. 일반적으로 개발도상국의 가난한 가정에서는 목재, 짚, 가축분뇨 등을 요리, 난방용 연료로 직접 연소 이용하고 있으며 세계 바이오매스 에너지 이용 중 약 38.9EJ이 이러한 전통적인 저효율 방식으로 소비되는 것으로 추산되고 있다. 최근의 고효율 이용방식은 바이오매스를 고체, 액체, 기체의 연료로 전환 이용하거나 열병합 발전을 통해 열과 전력으로 전환 이용하는 방식으로 세계 바이오매스 에너지 이용 중 약 11.3EJ이 고효율 방식으로 전환 이용되는 것으로 보고되고 있다(IPCC, 2012).

그림 2 2008년 세계 바이오매스 부문 에너지 이용 현황



주: 흑액은 제지 생산 과정에서 발생하는 부산물임
 자료: IPCC, 2012.

1.3. 국내 바이오매스 관리 체계

1.3.1. 바이오매스 분류

바이오매스는 발생특성, 용도, 관리체계에 따라 다양한 분류체계를 가지고 있으나, 일반적으로 바이오매스의 활용 용도에 따라 <그림 3>과 같이 폐기물계 바이오매스, 미이용계 바이오매스, 자원식물계 바이오매스로 분류하고, 그밖에 신(new)바이오매스가 있다. 폐기물계 바이오매스는 가축분뇨, 하수슬러지, 음식물쓰레기와 같이 가정 또는 사업장에서 사용가치가 없어 폐기되는 바이오매스로서 환경·위생적 안전성을 고려하여 적절하게 처리되어야 하는 물질을 의미한다. 미이용계 바이오매스는 이용하면 활용가치가 있으나 수집·운반 체계 또는 이용 기술의 미흡, 경제성의 결여 등으로 이용되지 않는 바이오매스를 말한다. 또 자원식물계 바이오매스는 농업 등의 산업에서 생산되는 바이오에너지의 원료 작물 및 물질을 의미하며 주로 바이오디젤, 바이오에탄올 생산의 원료로 이용된다. 마지막으로 신바이오매스는 지금까지 나타나지 않은 바이오매스로 바이오에너지 산업 등의 발전에 따라 새로이 이용되거나 발굴된 바이오매스를 의미하며, 해양 미세조류 등이 여기에 속한다.

그림 3 용도에 따른 바이오매스의 분류

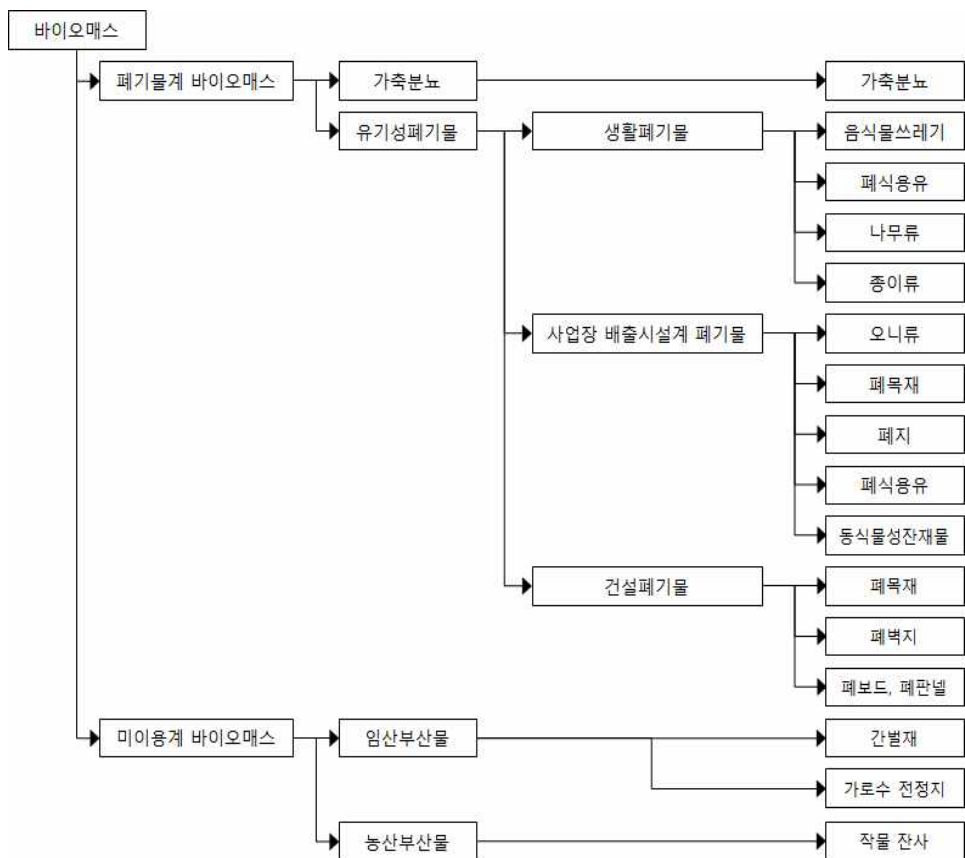


1.3.2. 국내 바이오매스 관리 체계

국내에서는 가정생활 및 산업 활동 중에 다양한 바이오매스가 발생한다. 국내에서 발생하는 바이오매스는 산업특성과 관리부처를 고려하면 <그림 4>와 같이 가축분뇨, 유기

성 폐기물, 임산부산물, 농산부산물로 분류할 수 있다. 가축분뇨는 축산업의 활동과정에서 발생하는 가축의 분과 뇨를 말하며, 농림축산식품부와 환경부가 공동으로 운영하는 “가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률”에 따라 관리되고 있다. 유기성 폐기물은 환경부가 운영하는 “폐기물관리법” 관리대상의 폐기물로서 가정생활계에서 발생하는 음식물쓰레기, 폐식용유, 나무종이류와 사업장에서 발생하는 유기성 오니(슬러지)류, 폐목재, 폐지, 동식물성 잔재물이 있으며, 폐목재, 폐벽지와 같은 건설 폐기물이 여기에 해당한다.

그림 4 관리 체계에 따른 바이오매스 발생



임산부산물은 산림청에서 운영하는 “산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률”의 관리 대상으로 산림의 조성·관리 과정에서 발생하는 간벌재(間伐材)²⁾와 가로수의 전정지

2) 간벌(thinning): 나무가 자라나는 초기에 잡목 솜아내기 작업 후 나무가 일정한 크기 이상으로 자란 다음, 또는 일반적으로 식재 후 10~20년 사이에 비교적 굵은 나무들을 다시 솜아내는 작업(두산백과).

등이 있다. 농산부산물물은 농업활동 과정에서 발생하는 작물의 잔여물로서 과수 전정지, 벚짚, 쌀겨 등이 여기에 포함된다. 농산부산물의 경우 지금까지 가축의 사료로 활용하거나, 경작지에 투입하여 토양개량 및 작물양분으로 순환시키는 방법으로 활용하고 있으며, 별도의 관리 법률이 마련되어 있지 않다. 앞에서 살펴본 바와 같이 국내 발생 대부분의 바이오매스는 주로 환경부의 폐기물관리법에 의해 관리되고 있으며, 최근 환경부의 폐자원 에너지화 사업의 일환으로 이용되고 있다. 따라서 농림축산 분야에서 발생하는 바이오매스는 가축분뇨, 임산부산물, 농산부산물이 해당된다. 현행의 법·제도에서는 신바이오매스는 발생량이 미미하여 별도로 관리하고 있지는 않으나 향후 신바이오매스의 생산·보급이 활성화되는 경우 이에 대한 관리가 필요하다.

1.4. 국내 바이오매스 잠재량

국내 바이오매스 발생량은 한국에너지기술연구원 신재생에너지자원 데이터센터에서 신재생에너지자원지도 구축 사업을 수행하고 있으며, 여기에서는 국내 바이오매스 잠재량을 임산 바이오매스, 농산 바이오매스, 축산 폐기물 바이오매스, 도시폐기물 바이오매스 등 4개 부문으로 구분하여 평가하고 있다<표 1 참조>. 2010년 기준 국내에서 이용 가능한 바이오매스 중 가장 많은 잠재량은 임산 바이오매스로 나타나고 있으며 국내 전체 바이오매스양의 68.0%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 도시폐기물 바이오매스, 축산 바이오매스, 농산 바이오매스는 각각 16.6%, 11.4%, 4.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 도시고형폐기물의 경우 고무·피혁류, 플라스틱, 섬유류 등 바이오매스 이외의 폐기물 에너지를 포함하고 있어 실질적으로 도시고형폐기물중 바이오매스의 비중은 이보다 낮을 것으로 판단된다. 현재까지 국내 가용 바이오매스 에너지 잠재량은 약 14,025천 TOE³⁾로 2010년 기준 국가 총 1차 에너지 공급량인 262,609천 TOE의 약 5.3%에 해당하는 것으로 보고되고 있다.

그러나 국내 가용 바이오매스 자원에 대한 국가 수준의 통계 시스템은 아직 구축되지 않아 대부분의 자료는 추정치를 이용할 수밖에 없는 것이 현실이며, 2012년 산업통상자원부 한국에너지기술평가원에서 작성한 에너지기술전략 로드맵-바이오매스 에너지 분야에서 추정한 2010년 기준 국내 바이오매스 발생 잠재량은 <표 2>에 나타낸 바와 같이 27,362천 TOE이다. 이는 2010년 기준 신재생에너지자원 데이터센터에 따른

3) TOE(Ton of Oil Equivalent): 지구상에 존재하는 모든 에너지원의 발열량에 기초해서 이를 석유의 발열량으로 환산한 것으로 석유환산톤을 말함(NEW 경제용어사전).

표 1 국내 바이오매스 기용 잠재량

부문별	세부자원별	잠재량 (천TOE/년)	부분합계 (천TOE/년)	비율(%)
임산 바이오매스	임목	9,536	9,536	68.0
농산 바이오매스	벼짚	324	571	4.1
	왕겨	128		
	보릿짚	19		
	콩줄기	40		
	사과잔정지	60		
축산 바이오매스	우분	510	1,596	11.4
	돈분	760		
	계분	326		
도시고형폐기물	가연성	2,322	2,322	16.6
합계		14,025	14,025	100.0

자료: 신재생에너지자원데이터센터

표 2 국내 바이오매스 에너지원 발생 현황

구분	2008 (ton)	2009 (ton)	2010 (ton)	단위발열량 (kcal/kg)	에너지잠재량 (TOE, %)	
음식물발생량	5,119,180	5,153,180	4,901,439	4,500	2,205,648 (8.1)	
유기성 슬러지	하수슬러지	2,817,357	3,027,829	3,080,043	3,500	1,078,015 (3.9)
	폐수슬러지	2,573,177	2,671,070	2,839,700	3,200	908,704 (3.3)
	분뇨슬러지	192,371	221,081	177,148	4,170	73,871 (0.3)
동물성잔재물	871,657	931,115	1,096,825	4,000	438,730 (1.6)	
가축분(함수율 77%)	20,335,737	21,544,680	21,527,541	4,000	8,611,016 (31.5)	
산림부산물(임목잔재물)	5,375,737	10,616,925	22,659,215	4,500	10,196,647 (37.3)	
농업 부산물	벼짚	5,614,596	5,546,826	5,352,444	3,900	2,087,453 (7.6)
	미곡부산물	1,598,348	1,622,306	1,417,486	4,000	566,995 (2.1)
	과수잔정지	2,642,990	2,565,589	2,656,199	4,500	1,195,290 (4.4)
총량	47,141,548	53,900,601	65,708,040		27,362,369 (100.0)	

자료: 한국에너지기술평가원, 2012.

가용 잠재량 11,627천 TOE에 비하여 약 2.4배에 달하는 것으로 나타나고 있다. 국내 바이오매스 발생 잠재량은 산림부산물(임목 잔재물)이 37.3%로 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 나타나고 있으며, 다음으로 가축분뇨가 31.5%를 차지하는 것으로 나타나고 있다. 특히 도시고형폐기물을 제외하고 농림축산 부문에서 발생하는 가축분뇨, 산림부산물, 농업부산물에서 기인하는 바이오매스 발생 잠재량이 전체의 82.8%를 차지하여 농림축산 부문이 주요한 바이오매스 발생 부문으로 나타나고 있다.

2. 바이오에너지 기준 및 범위

2.1. 바이오에너지 전환 기술

바이오매스를 바이오에너지로 전환시키는 기술은 <표 3>과 같이 크게 물리학적 변환기술, 열화학적 변환기술, 생물화학적 변환기술로 분류할 수 있으며, 이러한 기술

표 3 바이오에너지 전환기술

기술		원료 바이오매스	제조물	
물리학적 변환	고체연료화	목질계, 초본계 등	칩 펠릿 등	
	직접연소	목질계, 초본계, 왕겨, 하수슬러지, 음식물쓰레기 등	열 전기	
열화학적 변환	고체 연료화	탄화	목질계, 초본계, 하수슬러지 등	고체연료, 바이오코크스
		반탄화		
		수열탄화		
	가스화	목질계, 초본계, 하수슬러지 등	합성가스, 열, 전기	
	수열가스화	목질계, 초본계 등	합성가스, 열, 전기	
	액체연료화(BTL)	목질계, 초본계 등	액체연료(메탄올 등)	
	액체연료제조(에스테르화)	폐식용유, 유지작물 등	바이오디젤(BDF)	
	급속열분해액화	목질계, 초본계 등	액체연료(BDF 등)	
생물화학적 변환	수열액화	목질계, 초본계 등	액체연료(BDF 등)	
	수소화 분해	유지작물 등	경질탄화수소연료	
	메탄발효(건식, 습식)	하수오니, 축산분뇨, 음식물쓰레기 등	바이오가스, 열, 전기	
	수소발효	음식물쓰레기 등	바이오가스, 열, 전기	
	당질, 전분질계 발효	당질, 전분질계 자원식물 등	바이오에탄올	
	셀룰로오스계 발효	셀룰로오스계 자원식물 등	바이오에탄올	
부탄올발효	당질, 전분질계, 초본계 등	바이오부탄올		

자료: 김진오 등, 2013.

을 활용하여 바이오매스를 고체, 액체, 기체 바이오에너지로 전환시킨다.

이들 바이오에너지 전환기술 중 물리학적 전환기술인 고체연료화는 이미 상용화 단계에 있는 기술로서, 목재칩, 목재펠릿 등의 제품이 상용화되어 있다. 열화학적 전환기술인 고체연료화 기술은 탄화, 반탄화, 수열탄화의 방법으로 고체연료를 생산하는 기술로 탄화과정에서 발생하는 가스를 에너지로 전환시켜 고체연료의 생산에너지로 활용하는 특징이 있고, 가스화는 목질 등의 바이오매스로부터 합성가스를 발생시켜 발전과 열 생산에 이용하는 기술이다. 열화학적 변환기술 중 직접연소와 탄화에 의한 고체연료화 기술은 상용화 단계이나 이외의 열화학적 변환기술은 연구 및 실증 단계의 기술로 향후 지속적인 연구개발이 요구되는 기술들이다.

생물화학적 전환기술인 메탄발효와 수소발효는 하수오니, 음식물쓰레기, 가축분뇨 등을 이용하여 기체상의 바이오가스(메탄), 바이오수소를 생산하는 기술이다. 메탄발효 기술은 실용화 보급단계의 기술이며, 수소발효는 연구단계의 기술이다. 메탄발효에 의해 생산되는 바이오가스는 일반적으로 매립지에서 발생하는 매립지 가스, 하수슬러지를 혐기소화시켜 생산하는 하수슬러지 가스, 음식물쓰레기 및 각종 농산 부산물을 혐기소화시켜 생산하는 농산부산물 혐기소화 가스로 구분할 수 있다. 이들 바이오가스는 저장성의 연료로서 활용이 가능하고 발전기를 통해 전력과 열로 전환시키거나, 또는 보일러를 통해 온수로 활용하거나 바이오가스 중의 이산화탄소와 기타가스를 제거하는 고질화 과정을 통해 가스연료 또는 수송용 연료로 활용이 가능하다. 생물학적 변환기술 중 메탄발효와 당질 및 전분질계 발효 기술은 상용화 수준의 기술이며, 수소발효, 셀룰로오스계 발효, 부탄올 발효는 연구 및 실증 단계의 기술로 평가되고 있다.

2.2. 바이오에너지 기준 및 범위

국내 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에서는 수소, 연료전지, 석유액화·가스화 3종의 에너지를 신에너지로 분류하고, 태양열, 태양광, 풍력, 바이오에너지, 폐기물에너지, 지열, 수력, 해양 에너지 8종의 에너지를 재생에너지로 분류하여 총 11종의 에너지를 신·재생에너지로 정의하고 있다. 특히, 바이오에너지는 “생물자원을 변환시켜 이용하는 것”으로 정의하고 있으며, 동법 시행령 2조 관련 별표 1의 “바이오에너지 등의 기준 및 범위”에서 바이오에너지와 폐기물에너지로 나누어 기준 및 범위를 설정하고 있다<표 4 참조>. 국내법에서 정의하는 바이오에너지의 기준은 “생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체 연료”로서 정하고 있으며, 바이오에

너지의 범위에는 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스, 매립지가스, 바이오디젤, 고체연료(땃감, 목재칩, 펠릿 및 목탄)로 규정하고 있다. 또한 폐기물에너지의 기준은 “각종 사업장 및 생활시설의 폐기물을 변화시켜 얻어지는 기체, 액체, 고체의 연료와 이를 연소 또는 변화시켜 얻어지는 에너지와 폐기물의 소각열”을 기준으로 규정하고 있으며, 별도의 범위는 설정되어 있지 않은 상황이다. 이와 같이 국내법에서는 바이오에너지와 폐기물에너지를 별도로 규정하고 있으나, 폐기물에너지에서 “각종 사업장 및 생활시설의 폐기물”이란 음식물쓰레기, 하수슬러지 등 생물유기체(바이오매스)를 포함하고 있어 바이오에너지와 폐기물에너지의 기준이 불명확하게 운영되고 있는 실정이다. 일반적으로 바이오매스를 이용하여 전환시킨 에너지를 바이오에너지라고 할 때, 폐기물에너지에는 상당수의 바이오에너지가 포함되어 있기 때문이다.

표 4 바이오에너지와 폐기물에너지의 기준 및 범위

구분	기준 및 범위		비고
바이오 에너지	기준	1. 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2. 제1호의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 제1호 또는 제2호의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다.	'신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령 제2조 관련 별표1 바이오에너지 등의 기준 및 범위
	범위	1. 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스 2. 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스 3. 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤 4. 생물유기체를 변환시킨 땃감, 목재칩, 펠릿 및 목탄 등의 고체연료	
폐기물 에너지	기준	1. 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물을 변화시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2. 제1호의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 3. 폐기물의 소각열을 변환시킨 에너지 ※ 제1호부터 제3호까지의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합되는 경우에는 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물로부터 생산된 부분만을 폐기물에너지로 본다.	
	범위	없음	

자료: 법제처

현행의 법·제도에서 나타나는 바이오에너지와 폐기물에너지의 혼동문제를 개선하고, 바이오에너지를 활성화시키기 위하여 2013년 산업통상자원부에서는 바이오에너지 기준 및 범위설정에 관한 연구(김진오, 2013)를 통해 개선된 바이오에너지의 기준 및 범위를 제시하였으며, 이를 근거로 법 개정을 추진 중에 있다. 개선된 바이오에너지

기준 및 범위는 <표 5>와 같이 기본적으로 6개 항목의 바이오에너지 판정기준(“생물기원”, “생분해성”, “CO₂감축효과”, “재생가능성”, “가연성”, “환경·위생적 위해성”)을 설정하고, 이러한 판정기준에 따라 폐자원별 바이오에너지의 부합도 평가를 거쳐 마련되었다. 환경·위생적 위해성이 없으면서 “생물기원”, “생분해성”, “CO₂감축효과”, “재생가능성”, “가연성”을 만족시키는 경우 바이오에너지로 판정하고 있다.

표 5 국내 폐자원별 바이오에너지 판정 기준 및 검토

구분	종류	생물기원	생분해성	CO ₂ 감축	재생가능	가연성	위해성	판정		
임산부산물	임자잔재, 간벌재, 기로수전정지 등	○	○	○	○	○	×	바이오에너지		
농산부산물	벼짚, 왕겨, 맥류짚, 대두(줄기), 고구마(줄기), 과수전정지 등	○	○	○	○	○	×	바이오에너지		
가축분뇨	소, 돼지, 닭, 오리 분뇨 등	○	○	○	○	○	×	바이오에너지		
폐기물	생활폐기물	중량제 혼합배출	음식물채소류, 종이류, 나무류 등	○	○	○	○	×	바이오에너지	
			플라스틱류, 고무, 피혁류 등	×	×	×	×	×	신에너지	
		재활용 분리배출	종이류, 가구류, 폐식용유 등	○	○	○	○	○	×	바이오에너지
			합성수지류, 플라스틱류, 타이어, 영농폐기물 등	×	×	×	×	○	×	신에너지
	사업장 배출 시설계 폐기물	폐합성 고분자 화합물	폐섬유류, 폐합성수지, 폐합성고무, 폐피혁 등	×	×	×	×	○	×	신에너지
			유기성 오니류	폐수처리오니, 공정오니, 정수처리오니, 하수처리오니 등	○	○	○	○	○	×
		기타 가연성 폐기물	폐지류, 폐목재류, 동식물성잔재물, 폐식용유 등	○	○	○	○	○	×	바이오에너지
	건설폐기물	폐목재, 폐보드류 등	폐목재, 폐보드류 등	○	○	○	○	○	×	바이오에너지
			폐합성수지, 폐섬유 등	×	×	×	×	○	×	신에너지
			폐벽지, 폐판넬 등	×	×	×	×	○	×	폐기물 에너지
지정폐기물	의료폐기물, 폐수처리 슬러지, 공정 슬러지 등	의료폐기물, 폐수처리 슬러지, 공정 슬러지 등	○	○	○	×	○	○	폐기물 에너지	
		폐수처리오니, 공정오니, 폐유 등	×	×	×	×	○	○	폐기물 에너지	

자료: 김진오 등, 2013.

2.3. 바이오에너지 범위(안)

2013년 산업통상자원부에서는 바이오에너지 산업 활성화를 위하여 바이오에너지 기준 및 범위설정에 관한 연구(김진오 등, 2013)를 통해 바이오에너지와 폐기물에너지의 기준을 명확히 함과 동시에 기존 바이오에너지의 범위를 세분화하는 안을 제시하고 있다.

표 6 국내 바이오에너지의 범위(안)

구분	종류	바이오에너지의 범위	
고체 바이오에너지	비성형 고체 바이오연료	목질계	장작, 목재칩, 호그 등
		임산부산물	톱밥, 잣껍질, 잔디예초물, 팜부산물 등
		농산부산물	벼짚, 보릿짚, 밀짚, 왕겨, 유채대, 콩대, 옥수수대, 땅콩껍질 등
		유기성폐기물	폐목재, 펄프 및 제지슬러지, 흑액, 하수슬러지 등
	성형 고체 바이오연료	펠릿, 브리켓, 성형탄 등	
열분해 고체 바이오연료	목탄, 바이오차 등		
액체 바이오에너지	휘발유 대체 바이오연료	바이오에탄올, ETBE(47%이상), 바이오부탄올, 에스터계 바이오연료, F-T가솔린 등	
	경유 대체 바이오연료	바이오디젤(FAME), 수첨 바이오디젤(HBO), 바이오 DME, 바이오 F-T디젤, 목질계 디젤 등	
	기타 바이오연료	식물성 기름(PVO), 액화 바이오매탄, 바이오항공유 등	
기체 바이오에너지	혐기소화가스	매립지가스	쓰레기매립장의 유기성 폐기물을 변환시킨 매립지 가스
		하수슬러지가스	하수슬러지를 혐기소화시켜 얻어지는 하수슬러지 가스
		기타혐기소화가스	기타 생물유기체(가축분뇨, 음식물쓰레기 등)를 혐기소화시켜 얻어지는 혐기소화 가스
	합성가스	생물유기체를 열화학적으로 변환시켜 얻어지는 합성가스	

자료: 김진오 등, 2013.

기존의 바이오에너지의 범위는 <표 4>에서 나타낸 바와 같이 ① 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스, ② 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스, ③ 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤, ④ 생물유기체를 변환시킨 찻감, 목재칩, 펠릿 및 목탄 등의 고체연료로 규정하고 있으나 개선안에서는 <표 6>과 같이 에너지의 생산 및 제품 특성을 고려하여 바이오

에너지를 고체, 액체, 기체 바이오에너지로 구분한다. 고체 바이오에너지의 경우 비석형 고체 바이오연료, 석형 고체 바이오연료, 열분해 고체 바이오연료로 구분하고, 액체 바이오에너지의 경우 휘발유 대체 바이오연료, 경유 대체 바이오연료, 기타 바이오연료로 구분하고 있으며, 기체 바이오에너지는 혐기소화가스와 합성가스로 구분한다. 이러한 바이오에너지의 범위(안)은 기존의 바이오에너지의 범주와 비교하여 생산 바이오에너지 제품의 생산기술 및 용도 특성을 잘 나타내고 있다.

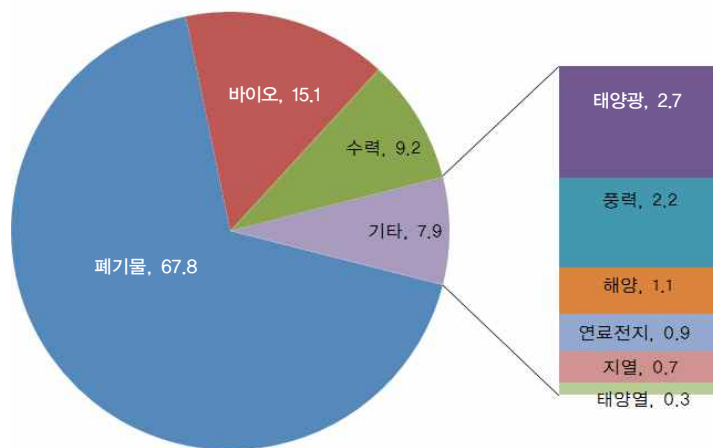
3. 국내 바이오매스 활용 실태

3.1. 국내 바이오에너지 공급 현황

국내 신·재생에너지 공급 비중은 2012년 기준 총 1차 에너지 생산 278,698천 TOE/년의 3.18%(8,850천 TOE/년)로서 나타나고 있다. 국내 신·재생에너지 공급량 중 바이오에너지의 비중은 15.08%로 폐기물에너지 67.77% 다음으로 큰 비중을 차지하고 있고, 수력 9.21%, 기타(태양광, 풍력, 해양, 연료전지, 지열 등)가 7.94%를 차지하는 것으로 보고되고 있다(에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2013).

그림 5 2012년 신·재생에너지 원별 공급 비중

단위 %



자료: 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2013.

에너지관리공단 신·재생에너지센터에서 집계하고 있는 국내 신·재생에너지 보급통계 체계에서 바이오에너지의 통계작성 대상은 <표 7>과 같다. 국내에서 집계하고 있는 바이오에너지의 종류는 바이오가스, 매립지가스, 바이오디젤, 우드칩 등 10개 항목이다. 바이오가스의 경우 가축분뇨 이외에 도시고형폐기물인 음식물쓰레기 및 하수슬러지의 혐기소화 가스를 모두 포함하는 형태로 집계하고 있어 가축분뇨 등 농산부산물을 이용하여 생산하는 바이오가스의 생산량을 별도로 파악하는 데는 어려움이 있다. 또한 우드칩과 목재펠릿의 경우 목재 가공장에서 발생하는 부산물을 원료로 활용한다는 점에서 수입 목재와 국내산 목재의 부산물을 포함하고 있어 국내산 목재의 활용 부분을 파악하는데 어려움이 있다. 그러나 임산연료는 산림청의 통계자료를 활용하고 있고, 성형탄의 경우 국내 간벌목재를 주로 활용하고 있어 국내 임산 바이오매스의 이용 부분으로 간주할 수 있다. 바이오에너지 통계 작성 대상 중 폐목재, 흑액, 하수슬러지 고형연료의 경우 사업장에서 발생하는 폐기물을 활용하는 바이오에너지 제품이다. <표 8>은 연도별 바이오에너지 생산량이다.

표 7 국내 바이오에너지 통계 작성 체계

구분	통계작성대상	비고
바이오가스	바이오가스를 이용하여 전기를 생산하는 설비 또는 검사대상 보일러 중 바이오가스를 연료로 사용하는 설비	가축분뇨 음식물쓰레기 하수슬러지 혐기소화 가스
매립지가스	매립지가스를 이용하여 전기 또는 열을 생산하는 설비	매립지 발생 가스
바이오디젤	바이오디젤을 생산/판매하는 업체	국내 및 수입 원료 이용한 바이오디젤
우드칩	우드칩을 연료로 사용하는 설비	국내 및 수입 목재 부산물
성형탄	숯, 왕겨탄 등을 생산/판매하는 업체	국내 임산, 농산 부산물
임산연료	산림청의 임산물 통계	국내 임산 부산물
목재펠릿	목재펠릿을 연료로 사용하는 설비	국내 및 수입 목재 부산물
폐목재	검사대상 보일러 중 폐목재를 연료로 사용하는 설비	가정 및 사업장 폐기물
흑액	흑액을 이용하여 전기 또는 열을 생산하는 설비	제지공장 폐기물
하수슬러지 고형연료	하수슬러지 고형연료를 이용하여 전기 또는 열을 생산하는 설비	하수슬러지 폐기물

자료: 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2013.

표 8 연도별 바이오에너지 생산량

구분	단위	2008	2009	2010	2011	2012
바이오가스	TOE	45,386	50,865	80,343	91,184	107,430
매립지가스	TOE	199,990	128,302	114,990	124,220	116,073
바이오디젤	TOE	177,642	254,189	356,822	336,054	359,916
	kL	196,289	280,872	394,279	317,330	397,697
우드칩	TOE	13,320	20,075	132,230	163,022	164,542
성형탄	TOE	29,186	24,102	23,053	24,591	23,857
	ton	69,489	57,358	54,888	58,551	56,802
임산연료	TOE	41,236	49,309	23,419	23,665	56,481
	ton	147,271	159,918	69,344	69,372	187,291
목재펠릿	TOE	-	53,577	23,766	50,995	120,055
폐목재	TOE	-	-	-	146,632	140,874
흑액	TOE	-	-	-	-	228,337
하수슬러지 고품형연료	TOE	-	-	-	-	17,159

자료: 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2013.

3.2. 임산 바이오매스 활용 실태

임산 바이오매스는 <표 8>에 나타난 바와 같이 우드칩, 성형탄, 임산연료, 목재펠릿으로 이용되고 있다. 우드칩 이용 국내 총 설비용량은 2012년 기준 열이용 설비 770톤/시간, 발전설비 19,450kw로 집계되고 있으며, 성형탄과 임산연료는 각각 2012년 기준 56,802톤과 187,291톤이 생산·이용된 것으로 나타나고 있다. 산림청에서는 임산 바이오매스의 보급 확대를 위하여 2009년부터 숲 가꾸기 사업을 통해 목재펠릿 보급 사업을 추진해오고 있으며, 이와 함께 목재펠릿 제조시설 설치 지원 및 펠릿 보일러 보급 사업을 추진하고 있다. 목재펠릿 제조시설은 2011년까지 16개소 22톤/시간 생산용량이 설치 가동 중에 있으며<표 9 참조>, 생산된 목재펠릿은 <표 10>과 같이 가정용 17.7%, 산업시설 30.7%, 농업시설 50.4%로 소비·이용되고 있는 것으로 나타났다. 목재펠릿과 목재펠릿의 품질관리 기준은 산림청에서 고시를 통해 설정·운영하고 있으나, 우드칩의 경우 별도의 품질관리 기준이 마련되어 있지 않다. 특히 우드칩의 경우 목재 제재공장에서 부산물로 발생하고 있어 사업장 폐기물로 분류되어 환경부의 폐기물관리법에 따라 관리되고 있는 상황으로 임산 바이오매스의 관리 주체가 산림청과 환경부로 이분화 되어있는 상황이다.

표 9 목재펠릿 제조시설 설치 현황

연도(개소)	사업자	사업지역	시설규모(톤/시간)
2008(1)	여주목재유통센터	경기 여주	2
2009(4)	신영 E&P	충북 청원	2
	아주녹화개발	경남 김해	2
	산림조합	충북 단양	2
	산림조합	경기 양평	2
2010(8)	청림	강원 태백	1
	포천버섯	경기 포천	0.5
	풍림	충북 과산	1
	산림조합	충남 연기	1
	무주군청	전북 무주	2
	산림조합	경북 포항	2
	산림조합	경남 산청	1
	개명목재산업	경남 거창	0.5
2011(3)	대현우드	전남 광양	2
	화천군청	강원 화천	0.5
	산림조합	제주 서귀포	0.5

자료: 산림청.

표 10 목재펠릿 용도별 열이용 설비용량

단위: 천kcal/h, %

가정용	공공시설	사회복지 시설	산업시설	상업시설	농업시설	기타	계
49,208	-	273	85,404	516	140,304	2,831	278,536
(17.7)	(0)	(0.1)	(30.7)	(0.2)	(50.4)	(1.0)	(100.0)

자료: 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2013.

3.3. 농산 바이오매스 활용 실태

국내 농산 바이오매스의 가용 잠재량은 <표 1>에 제시되어 있는데 이는 한국에너지기술연구원 신재생에너지자원 데이터센터에서 추진하고 있는 신재생에너지자원지도 구축 사업에 의해 파악되고 있다. 통계 대상 농산바이오매스는 볏짚, 왕겨, 보릿짚, 콩줄기, 사과전정지를 주요 품목으로 하고 있으며, 각각의 농산 바이오매스의 가용 잠재량은 볏짚 308천TOE, 왕겨 122천TOE, 보릿짚 12천TOE, 콩줄기 40천TOE, 사과전정지 60천TOE이다. 또한 박현태 등(2007)은 농산 바이오매스의 발생 잠재에너지량을 평가한 바가 있으며, 이 경우 농산 바이오매스 종류별 연간 발생량과 단위 중량당 발열량을 이용하여 산출한 결과이다. 박현태 등(2007)이 작성한 농산 바이오매스의 발생

잠재에너지량은 한국에너지기술연구원 신재생에너지자원 데이터센터의 농산 바이오매스 가용잠재량과는 차이를 보이고 있으나 이는 농산 바이오매스 종류별 연간 발생량을 산출하는데 있어 적용한 발생단위의 차이에 의한 것으로 보인다.

이와 같이 농산 바이오매스의 에너지잠재량은 농업현장에서의 농산 바이오매스 발생단위의 편차가 크고, 분석하는 연구자마다 적용하는 환산계수가 달라 실질적인 농산 바이오매스의 잠재량 평가에 어려움이 있는 상황이다. 특히 앞에서 언급한 바와 같이 유기성 폐기물은 폐기물관리법, 가축분뇨는 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률, 그리고 임산 바이오매스는 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 의해 관리되고 있으나, 농산 바이오매스는 별도의 관리 법률이 마련되어 있지 않다. 농산 바이오매스의 이·활용 실태는 통계작성 체계의 미흡으로 사실상 파악이 불가능한 상황이며, 일부 벧짚 정도가 가축의 조사료로 이용되고 있어 통계적으로 활용 실태가 집계되고 있다.

<표 12>의 국내 벧짚 발생량과 이용현황을 보면 2008년 연간 6,034천 톤이 발생하였으며, 이 중 약 40.0%가 수거되고, 수거된 벧짚의 대부분이 가축의 조사료로 이용되고 있는 것으로 나타났다.

표 11 2008년 농산 바이오매스 종류별 에너지 부존량

구분	단위중량당 열량 (kcal/kg)	연간 바이오매스 발생량 (천 톤)	바이오매스 에너지량 (TOE)
벧짚	3,312	6,236	2,065,363
왕겨	3,433	1,127	386,899
보릿짚	3,653	173	63,197
유채대	3,970	3	1,191
콩대	4,044	272	109,997

자료: 박헌태 등, 2007.

표 12 2008년 벧짚 발생량 및 이용 가능량 추정

연간발생량	수거량 ¹	조사료이용 ²	에너지화 가능량
6,034	2,414	2,727	142
100	40.0	37.6	2.4

주1: 수거량은 기계적 손실량(수거계수 0.8 적용)과 퇴비 등의 목적으로 경지에 환원되는 양을 뺀 수거량.

주2: 조사료 이용량은 농림축산식품부(2009)에서 조사용 이용량 참조.

자료: 노경상 등, 2010.

3.4. 축산 바이오매스 활용 실태

축산 바이오매스는 주로 가축분뇨를 대상으로 하고 있다. 가축분뇨는 농업 부문에서 발생하는 주요한 폐기물계 바이오매스로서 2012년 가축분뇨 해양배출이 금지되면서 전량 자원화 및 정화처리를 통해 육상에서 처리하고 있다. 최근 가축분뇨 관리 현황을 보면 <표 13>과 같다. 2012년 기준 가축분뇨는 연간 46,489천 톤이 발생하였으며, 이중 81.0%가 퇴비로, 7.7%가 액비로 이용되었으며, 9.3%가 정화처리 된 것으로 나타나고 있다. 가축분뇨의 에너지 이용은 혐기소화에 의한 바이오가스 생산에 주로 의존하고 있으며, 최근에는 우분 및 돈분을 고형연료화하는 방안이 연구되고 있는 상황이다(윤영만 등, 2013).

농림축산식품부에서는 2009년 7월 범부처 합동으로 “폐자원 및 바이오매스 에너지 대책”을 수립한 이래 2009년 9월 “가축분뇨 바이오 에너지화 실행계획”을 수립하고, 2010년 가축분뇨 에너지자원화 시범사업 3개소를 추진하였다. 농림축산식품부 가축분뇨 에너지 자원화 시설은 2010년 3개소(정읍, 순천, 서귀포), 2011년 2개소(부여, 완주), 2012년 1개소(아산), 2013년 1개소(연천) 등 8개소가 선정되어 추진되고 있으며, 이중 1개소(정읍)가 운전 중에 있으며, 7개소가 설치 중에 있다.

표 13 가축분뇨 관리 현황

단위 천 톤 %

연도	발생량	자원화			정화방류		해양 투기	기타
		소계	퇴비	액비	개별처리	공공처리		
2006	40,255 (100)	33,298 (82.7)	31,998 (79.5)	1,300 (3.2)	870 (2.2)	2,784 (6.9)	2,607 (6.5)	696 (1.7)
2008	41,743 (100)	35,208 (84.3)	32,912 (78.8)	2,295 (5.5)	1,184 (2.8)	2,907 (7.0)	1,460 (3.5)	985 (2.4)
2010	46,534 (100)	40,286 (86.6)	37,220 (80.0)	3,066 (6.6)	1,427 (3.1)	2,727 (5.9)	1,070 (2.3)	1,024 (2.2)
2011	42,685 (100)	37,396 (87.6)	34,393 (80.6)	3,003 (7.0)	1,527 (3.6)	2,057 (4.8)	767 (1.8)	938 (2.2)
2012	46,489 (100)	41,236 (88.7)	37,656 (81.0)	3,580 (7.7)	1,999 (4.3)	2,211 (4.8)	- (0)	1,043 (2.2)

자료: 농림축산식품부, 2013.

국내 운전 중인 가축분뇨 바이오가스화 시설을 살펴보면 <표 14>와 같다. 최근 2013년에 고양, 포천 등에 가축분뇨 바이오가스화 시설이 추가 준공 운전되고는 있으

나 2010년 기준 환경부 “2010 폐기물자원화 에너지 통계·자료집”을 통해 가축분뇨의 에너지자원화 처리량을 분석한 결과 연간 228,621톤의 가축분뇨가 에너지자원화 처리되고 있는 것으로 나타나고 있으며, 이는 2010년 기준 연간 가축분뇨 발생량 46,543천톤의 0.49%를 차지한다. 이와 같이 가축분뇨의 에너지 자원화는 매우 미흡한 상황으로 지속적인 에너지화 시설 확충과 정책 지원을 통한 축산 바이오매스 에너지 이용 활성화가 요구되고 있는 상황이다.

표 14 가축분뇨 에너지화 처리 현황

단위: 톤/년

지역	시설명	2006	2007	2008	2009	2010
경기 안성	디에이치엠(주) 바이오에너지화시설	-	-	-	600	3,361
충남 공주	공주 가축분뇨 공공처리시설	55,972	58,195	57,340	53,317	56,782
충남 청양	여양농장 바이오가스 플랜트	-	3,400	5,800	6,500	7,500
전남 순천	(주)정림 바이오가스 플랜트	-	-	2,190	7,300	7,300
경남 무주	가축분뇨 공공처리장	-	-	-	3,000	4,525
전북 고창	농협중앙회 바이오가스 발전소	-	-	-	-	15,000
제주 제주	가축분뇨 공공처리장	28,928	28,913	28,878	29,205	29,278
경기 파주	음식물 및 축분혼합처리시설	10,238	10,334	10,631	11,885	11,453
경기 안성	국제축산영농조합 바이오가스 시설	-	-	1,530	1,530	1,560
충남 아산	통합형 고효율 바이오가스 시설	-	-	500	14,600	11,556
전남 순천	순천하수처리장	-	-	-	-	12,775
경남 구미	구미 하수처리장	-	-	-	31,025	35,770
경남 밀양	밀양 음식물 하수병합처리시설	7,670	5,505	5,522	5,155	6,920
경남 창원	(주)이지바이오시스템 바이오가스 시설	-	-	4,500	23,725	24,841
소계		102,808	106,347	116,891	187,842	228,621

자료: 윤영만 등, 2013.

4. 국내 바이오매스 이용 활성화 방안

4.1. 농산 바이오매스 관리 법령 제정

농업·농촌 부문 바이오매스 에너지 이용 상의 문제점을 법·제도적 측면, 정책적 측면, 기술적 측면 등 다각적인 측면에서 파악할 때 법·제도적 측면에서 고려되어야 할 점은 첫째, 농산 바이오매스 관리 법령의 부재이다. 앞에서 기술한 바와 같이 가정 및 사업장에서 발생하는 유기성 폐기물, 임산 바이오매스, 가축분뇨는 각각의 관리법령 하에서 법령에 기초하여 관리통계와 자원화 이용 통계를 운영하고, 에너지 자원화 이용을 촉진하고 있는 반면, 농산 부산물의 경우 몇몇 연구기관에서 발생 잠재량 통계를 구축하고 있는 정도이다. 특히 농산 부산물의 경우 전분질계, 셀룰로오스계, 리그닌계(목질계) 바이오매스가 다양하게 발생하여 바이오매스의 특성에 따라 바이오에너지로서의 용도를 달리한다. 또한 작물별, 지역별 발생 단위가 상이하어 바이오매스별 발생 단위를 어떻게 설정하느냐에 따라 잠재발생량에서 큰 차이를 나타낼 수 있어 체계적인 발생 잠재량 통계 구축이 필요하고, 지속적인 통계체계의 개선 노력이 요구된다.

따라서 농산 바이오매스의 이·활용을 촉진하기 위해서는 정확한 농산 바이오매스 발생 현황 파악과 이용·관리 계획 수립을 위한 통계체계의 구축이 필요하고, 농산 바이오매스의 적정관리를 위한 관리법의 제정이 요구된다.

농산 바이오매스의 적정관리를 위한 관리법 제정의 필요성은 농산 바이오매스 이·활용 촉진에만 있는 것은 아니다. 현재 재배과정에서 발생하는 초본계 농산 바이오매스는 농경지 환원을 통해 토양 개량 및 작물양분으로 이용하는 경우도 있으나 많은 양의 농산 부산물은 농경지에 폐기·소각하는 형태로 처리되어 농촌의 경관 및 환경오염의 우려도 존재 한다.

따라서 농산 바이오매스 관리 법령의 제정은 농촌의 환경 자원의 보전과 농산 바이오매스 이·활용 촉진이라는 두 가지 측면을 함께 고려할 필요가 있다. 궁극적으로 농산 바이오매스의 이·활용 촉진이 농촌 산업화와 이를 통한 농촌 활력화에 목적을 두고 있다는 점에서 농촌의 지속가능한 개발 정책, 농업 환경자원의 보전·관리 정책, 농산 바이오매스의 이·활용 촉진 정책 간의 정책융합(Policy mix)을 통해 도출되어야 할 필요성이 있다.

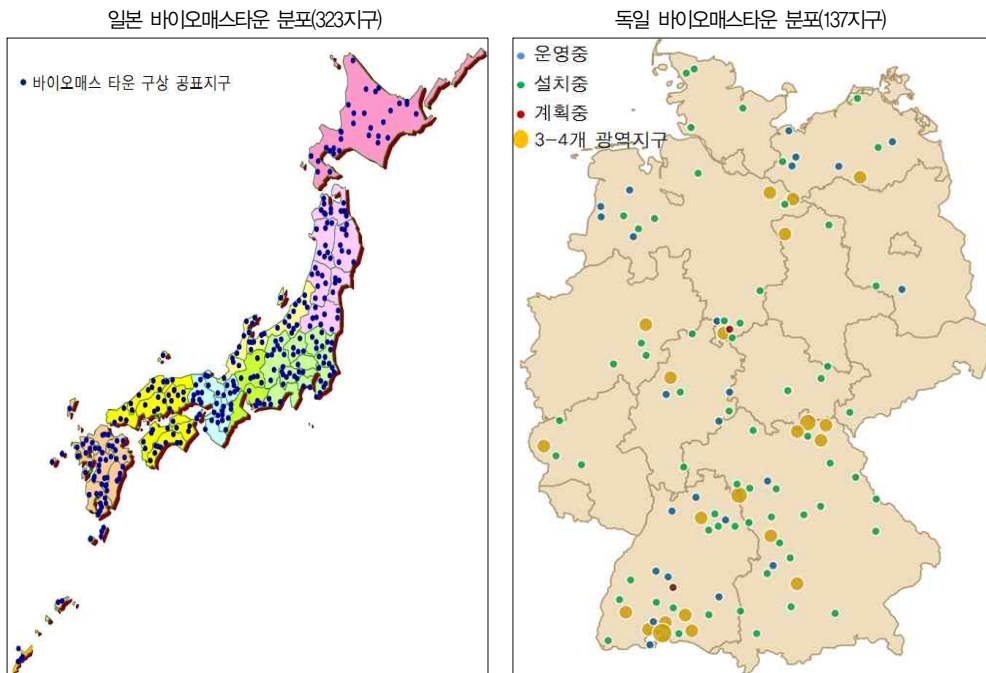
4.2. 바이오매스 타운 사업 추진

둘째, 농업·농촌 부문 바이오매스 에너지 이용 상의 정책적 문제점은 일부 바이오매스에 한정하는 에너지화 시설 보급 중심의 정책이다. 농림축산식품부에서는 정책 사

업으로 가축분뇨 에너지자원화 사업을 추진하여 가축분뇨로부터 바이오가스를 생산하는 에너지화 시설을 설치·지원하고 있다. 환경부는 폐자원 에너지화 사업을 추진하여 음식물쓰레기, 하수슬러지 등으로부터 바이오가스 및 고형연료를 생산하는 시설을 설치·지원하고 있다. 이러한 바이오매스 에너지화 시설 보급 중심의 사업은 특정한 바이오매스에 적용하는 사업으로 다양한 바이오매스의 이·활용을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 농산 바이오매스 등 다양한 바이오매스의 이·활용을 촉진시키기 위해서는 지역단위 바이오매스 활용 지구조성 사업이 필요하다. 특히 지역적 특성에 따라 발생 바이오매스의 종류와 양이 다르고, 에너지의 수요와 특성이 다르다는 점에서 지역맞춤형의 바이오매스 활용 지구조성 사업이 요구된다.

독일의 경우 1990년대 괴팅겐(Göttingen) 운데(Jühnde)마을을 시작으로 바이오매스 타운 보급이 추진되어 2014년 현재 전국 137개소의 바이오에너지 마을이 운영·설치 중에 있다. 일본은 2002년 바이오매스일본종합전략 수립 후 바이오매스 타운 구상·설치 사업을 추진하여 2012년 기준 전국 323개소의 바이오매스 타운 구상이 공표·설치 중에 있다<그림 6 참조>.

그림 6 독일과 일본의 바이오매스 타운 현황(2013년 기준)



자료: 독일 국토부, 일본 농무성

<표 15>에 나타난 일본 바이오매스 타운 공표지구의 바이오매스 이용계획을 분석한 결과, 가축분뇨 이외에도 다양한 폐기물계 및 미이용계 바이오매스가 활용되고 있는 것을 알 수 있다.

그러나 우리나라의 경우 2010년부터 범부처 통합 사업으로 추진한 저탄소 녹색마을 시범사업은 가시적인 성과 없이 실패로 평가되고 있다. 즉, 정부 정책의 거버넌스 미약, 조급한 정책 추진, 에너지 전환기술의 미흡, 사회적 동의 부족 등이 실패의 원인으로 지적되고 있다(정중선, 2013). 그럼에도 불구하고 농·임·축·수산 부문에서 발생하는 바이오매스를 에너지화하고 이를 농업용 또는 농가용 에너지로 대체하는 저탄소 녹색마을 구축사업은 신재생에너지 생산, 화석연료 대체를 통한 농업부문 온실가스 저감 측면에서 매우 실행 가능한 정책으로 나아가 미래 농업·농촌의 활력화 측면에서 사회

표 15 일본 바이오매스타운의 바이오매스 이용 현황

구분	바이오매스 종류	개소수(개소)
폐기물계 바이오매스	가축분뇨	297
	농업계폐기물(폐균상 ¹ 등)	41
	식품폐기물	296
	폐식용유	251
	수산가공잔사 ²	44
	제재공장잔사 등	236
	건설발생목재	165
	가로수, 공원, 가정전정지, 예초 ³	168
	고지, 폐지	54
	하수슬러지 등	260
	기타	14
미이용계 바이오매스	쌀겨 등	275
	야초 ⁴ 등 비식용부분	90
	간벌재, 임지잔재	263
	과수전정지	110
	대나무	58
	기타	39
자원식물계 바이오매스	자원작물	80

주 1: 폐균상은 버섯폐배지를 말함.

주 2: 잔사는 잔여물을 말함.

주 3: 예초는 잔디 예초물을 말함.

주 4: 야초는 야생에서 자라는 풀을 말함.

자료: 일본 유기자원협회

적, 경제적 파급효과를 기대할 수 있다. 따라서 과거 정책사업 실패의 문제점을 분석하고 장기적인 안목에서 새로운 저탄소 녹색마을 구축사업을 구상하여야 한다.

4.3. 에너지 전환 및 이용 체계 확립

마지막으로 농업·농촌 부문 바이오매스 에너지 이용 상의 기술적 문제점은 에너지 생산 중심의 기술개발에 있다. 2009년 산업통상자원부의 3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(산업통상자원부, 2009)에서는 2차 기본계획기간(2003~2012)의 평가에서 기술개발과 보급 확대 간의 연계부족의 문제와 특정 신·재생에너지원에 편중된 보급, 기술의 해외의존도 문제를 지적한 바 있다. 따라서 3차 기본계획기간(2009~2030)에는 신·재생에너지 보급 및 기술개발 목표 달성을 위해 2030년까지 총 111.5조 원의 투자비를 전망하고 있으며, 이 중 정부 투자금이 39조 2천억 원으로 보급 투자비 32조원, 기술개발 투자비 7.2조원으로 바이오에너지 생산 기술 자립화를 위한 지속적인 개발을 추진하고 있다. 그러나 기술자립화라는 측면에서 바이오에너지 생산 기술 중심의 연구는 현장에서 에너지 수요 예측과 에너지 이용 기술 체계 미흡으로 인해 사업의 경제성과 실효성을 저해하는 양상이 나타나고 있는 것이 문제이다. 바이오에너지의 생산의 효과를 극대화하기 위해서는 생산된 에너지를 경제적이고 효율적으로 활용하는 것이 중요하기 때문이다.

국내 운전 중인 가축분뇨 및 음식물쓰레기를 이용하는 바이오가스 생산시설의 경우 생산 바이오가스를 열병합 발전하고, 생산된 전기는 한전에 판매하고, 회수된 열은 바이오가스 생산 시설의 가온 에너지⁴⁾로 활용하는 것이 일반적인 형태이다. 그러나 이러한 바이오에너지 생산·이용 형태는 낮은 전력가격과 회수 열에너지의 수요처 부재로 인해 경제성과 효율성이 매우 낮다. 독일의 경우 정책적으로 신·재생에너지 발전단가가 높아 전력 판매로 인한 수익성이 우수하며, 또한 회수 열에너지의 대부분은 인근 주택의 난방열로 활용·판매하는 체계를 구축하여 바이오가스 생산·이용 시설의 경제성과 효율성을 극대화하고 있다. 독일 사례와 비교하면, 국내 운전 중인 바이오가스 생산·이용시설은 에너지 생산 측면보다는 이용측면에서의 문제가 크다. 따라서 바이오에너지 생산시설의 설치 시에는 반드시 효율적인 에너지 이용 체계가 수립되어야 하며, 바이오에너지 이용 활성화를 위한 정책적, 기술적 노력이 필요하다.

4) 바이오가스를 생산하는 혐기성 소화조의 최적 운전 온도조건은 중온(35~40℃) 또는 고온(55~60℃) 영역에서 나타난다. 따라서 소화조 가온을 통해 혐기소화조의 온도를 최적조건으로 유지시켜 준다.

5. 맺음말

2009년 산업통상자원부는 3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획을 확정하였다. 1차 에너지 대비 신·재생에너지의 비중을 2008년 2.58%에서 2015년 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년 11%수준으로 확대하는 목표를 수립하고 신·재생에너지 공급량 중 바이오에너지원의 비중을 2008년 8.1%에서 2030년 31.4%로 확대하도록 하고 있다 (산업통상자원부, 2009). 그러나 2011년 기준 우리나라 신·재생에너지 보급량은 1차 에너지 대비 2.75%로 나타나 당초 목표 대비 추진실적이 부진하고, 최근에는 4차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획에서는 신·재생에너지 보급 목표를 2035년 11%로 유예하는 내용이 논의되고 있다. 향후 정부의 신·재생에너지 보급 정책이 후퇴한다 하더라도 3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획에 나타난 바와 같이 신·재생에너지에서 바이오에너지가 차지하는 비중은 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, 이는 바이오에너지의 활성화가 국가 신·재생에너지 보급 확대에 있어 중요한 위치를 차지하고 있음을 의미한다. 또한 농업·농촌 부문에서 다양한 임산, 농산 바이오매스가 발생하고 있고, 도시·산업 부문에서 발생하는 유기성 폐기물과 비교하여 바이오에너지 잠재량이 높다. 따라서 농업·농촌 부문에서 발생하는 바이오매스의 활용도를 높이고 농촌지역의 바이오매스 산업화를 유도하는 경우 농업·농촌 개발 및 활력화의 모델을 찾을 수 있을 것이다. 그러나 아직까지 농업·농촌 부문의 바이오에너지 개발과 이용 및 보급 수준은 미흡한 상황으로 미래 농촌 활력화 및 국가 신·재생에너지 보급 목표 달성을 위해 농업·농촌 부문 바이오매스 에너지 이용 활성화를 위한 적극적인 노력이 필요하다.

참고문헌

- 김진오, 곽호영, 이종호, 유영필, 신수록, 신종은, 조영, 오정심. 2013. 「바이오에너지 기준 및 범위 설정에 관한 연구」. 산업통상자원부.
- 노경상, 정연태, 양정희, 천현식, 정소영. 2010. 「우리나라 바이오매스 이용 실태에 관한 기초조사 보고서」. (사)한국축산경제연구원
- 농림축산식품부. 2009. 「조사료 이용 수급계획」.
- 농림축산식품부. 2013. 「중장기 가축분뇨 자원화 대책」.
- 박현태, 김연중, 이상민, 한혜성. 2007. 「농업부문 바이오매스 이용활성화를 위한 정책 방향과 전략(2/2차 연도)」. R545. 한국농촌경제연구원.
- 산업통상자원부. 2009. 「신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2009-2030)」.
- 에너지관리공단 신·재생에너지센터. 2013. 「2012년 신·재생에너지 보급통계」.
- 윤영만, 진효언, 홍지환, 안영미, 함동수, 나필수, 김승환. 2013. 「가축분뇨 고형연료 제품의 품질 및 등급기준 마련 연구」. 환경부.
- 정종선. 2013. “에너지자립마을 조성사업의 문제점과 개선방안”. 「이슈와 논점」. 제 353호. 국회입법조사처.
- 한국에너지기술평가원. 2012. 「2011년도 에너지R&D 통계 자료집」.
- 환경부. 2011. 「2010 폐기물자원화 에너지 통계·자료집(1권 유기성폐자원 에너지 활용 시설)」.
- 산업통상자원부. 2009. 「3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」.
- IPCC. 2012. 「Renewable energy source and climate change mitigation; Special report of inter-governmental panel on climate change」. CAMBRIDGE UNIVERSITY Press.

참고사이트

- 독일 국토부 (<http://www.wege-zum-bioenergiesiedorf.de/bioenergiesiedoerfer>)
- 법제처 (<http://www.moleg.go.kr/main.html>)
- 신재생에너지자원데이터센터 (<http://210.98.3.184/kier>)
- 일본 농무성 (<http://www.maff.go.jp/hokuriku/environment/bio/bio.htm>)
- 일본 유기자원협회 (http://www.jora.jp/biomassstown_DB/index.html)