

# 유기성폐기물의 바이오에너지화 현황과 전망

정진영

한국과학기술연구원 환경기술연구원

## Current Status and Trends on Bioenergy Production from Organic Wastes

Jin-Young Jung

Center for Environmental Technology Research, Korea Institute of Science and Technology(KIST)

### 1. 서론

1970년대 2차에 걸쳐 발생한 오일쇼크 이후 지속적으로 문제시 되어오던 화석에너지 고갈의 문제는 2000년대에 들어 가채연수가 석유는 40.5년, 천연가스 66.7년이라는 예상과 함께 그 한계를 드러내고 있다. 산유국의 국제정세 불안이 장기간 지속되고, 중국, 인도 등 BRICs 국가들을 중심으로 한 개발도상국들의 석유 소비가 급격히 증가하면서 각국의 에너지 자원 확보경쟁 심화로 최근의 국제유가는 100불대 이상으로 고공행진을 이어가고 있다. 이러한 신고유가 상황에서 우리나라는 에너지의 97% 이상을 해외에서 수입하면서도 에너지 소비는 세계 1위, 석유 소비는 7위를 기록하고 있는 에너지 다소비 국가 중 하나이다. 또한, 2005년 2월 교토의정서 발효 후 1차 의무감축대상국가에는 제외되었으나, 2차 의무감축 대상국가인 ANNEX II로 예상되어 지속적인 경제성장을 위협받고 있다. 이렇듯 최근의 신 고유가 상황 및 국제적인 기후변화 협약에 대한 강력한 대응으로 자연의 에너지를 활용하는 신·재생에너지가 미국, 일본, EU 등 선진국을 중심으로 그 중요성이 더욱 더 부각되고 있다. 본 고에서는 바이오에너지의 국내·외 개발·보급정책 및 현황과 유럽, 미국, 일본 등의 바이오에너지 개발 추진방향을 기술하였다.

### 2. 우리나라의 신재생에너지 개발 현황

신재생에너지는 기본적으로 크게 두 가지로 구분된다. 자연의 에너지원을 바탕으로 태양에너지(태양광, 태양열), 풍력, 지열, 소수력, 바이오, 폐기물, 해양 등 분야를 포함하는 ‘재생에너지’ 외 기존 화석연료를 사용하나 기술의 개발을 통하여 청정연료화하는 수소, 연료전지, 석탄이용 등 ‘신에너지’가 그것이다.

과거 선진국의 용어를 차용하여 ‘신에너지(新에너지)’, ‘대

체에너지(Alternative Energy)’, ‘재생가능에너지(Renewable Energy)’ 등 다양한 용어가 사용되었으나, 2003년 기존의 법을 대체하는 ‘신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급 촉진법’이 발효되면서, 모든 용어는 ‘신재생에너지’로 바뀌었으며, 위의 11개 에너지원의 구분도 분명해졌다.

#### 2.1. 신재생에너지 지원정책 현황

1970년대 제1차 및 제2차 석유파동(Oil Shock) 이후 동력자원연구소, KIST 등의 정부출연연구소 및 일부 대학을 통한 태양열 집열, 바이오메스, 풍차연구 등 석유자원을 대체할 수 있는 “대체에너지 연구개발”을 착수한 이래, 1980년대 초반 에너지관리공단 설립이후부터 대체에너지 개발사업이 체계화되면서 1987년 12월 대체에너지개발촉진법을 제정하였으며, 1988년 에너지관리공단 내에 대체에너지센터를 설치하여 대체에너지 기술개발 및 보급사업을 본격적으로 실시하였고, 1980년대 중반부터 태양열 온수기, 폐기물 소각시설, 대체신탄(활성탄) 등을 중심으로 대체에너지 보급을 시작하였다.

1997년 1월에 대체에너지, 에너지절약, 청정에너지 및 자원에너지 기술에 대한 통합적이며, 체계적인 기술개발계획인 “에너지기술개발 10개년계획(1997~2006)”을 수립하였고, 1997년 12월 “대체에너지개발촉진법”을 “대체에너지개발 및 이용·보급 촉진법”으로 개정하여 태양열, 태양광, 폐기물, 바이오 등 다양한 대체에너지의 보급기반을 조성하였다.

2002년 3월에는 “대체에너지개발 및 이용·보급 촉진법” 개정을 통해 대체에너지 산업의 육성을 위한 발전차액보전, 공공의무화 및 대체에너지 설비 인증제도를 도입하였다. 2003년 12월에는 “제2차 대체에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2003~2012)”을 수립하였는데, 총 1차에너지 기준 대체에너지 공급비중을 2006년 말 기준 3%, 2011년 말 기준 5% 목표달성을 위한 세부 추진계획을 수립하였다.

2004년 12월에는 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법”으로 개정하여, 대체에너지를 신·재생에너

E-mail: jjjung@kist.re.kr  
Tel: 02-958-5837

Fax: 02-958-5839

지로 개명하고, 신재생에너지의 구체적인 범위를 확정하였으며, 공공의무화제도의 시행을 위한 하위규정을 구체적으로 법제화하여 시행하였다. 또한 국제표준화, 전문기업제도를 도입하고, 특히 인력양성을 위한 특성화대학원 및 연구센터 지정제도를 도입하였다. 2006년 10월에는 발전차액지원제도 기준 가격의 재조정을 통한 태양광, 바이오 등 신재생에너지의 산업화를 유도하였다.

2.2. 그간의 기술개발 및 보급 동향

2.2.1. 신재생에너지 기술개발 동향

신·재생에너지기술개발사업(산업자원부 지원)은 ‘선행연구사업 - 일반기술개발사업 - 실증연구사업’의 단계로 진행되었다. 선행연구사업(2000년~)은 기술개발사업의 기반 기술 확보를 위해 출연연구소 또는 대학을 대상으로 지원되며, 일반기술개발사업(1988년~)은 시장의 기술수요에 의해 필요하다고 인정되는 기술을 기업위주로 추진하였다. 또한, 실증연구사업(2001년~)은 기술개발이 완료된 사업에 대하여, 제품의 내구성, 신뢰성 향상을 위해 추진하는 현장 적용 사업이다. 이러한 과정으로 진행되는 신재생에너지기술개발사업은 신재생에너지 11개 에너지원을 대상으로 1988년 이후 지속적으로 진행되었다. 신재생에너지기술개발사업은 1988년부터 2006년까지 총 765개 과제, 총

사업비 7,059억원(정부지원금 4,388억원, 약 62%)을 지원하였으며 그 중, 바이오분야에 대한 지원은 Table 1과 같이 1988년부터 2006년까지 총 110개 과제, 총 사업비 554억원(정부지원금 367억원, 약 66%)을 지원되었으며, 이 중 혐기성 소화를 이용한 유기성폐기물의 바이오가스(메탄) 전환 과제는 36개로 총 사업비는 250억원(정부지원금 158억원)에 이른다.

2.2.2. 신재생에너지 보급 동향

신재생에너지 보급현황은 2006년 신재생에너지 보급통계에 따르면, ‘06년말 기준 1차에너지공급(23,337만TOE)의 2.24%를 신재생에너지로 공급(523만TOE)하였고, 2006년도의 신재생에너지 공급량은 약 2조2천억원의 원유수입 대체효과 및 1,588만톤의 CO<sub>2</sub> 배출 감소효과를 달성한 것으로 조사되었다.

2005년 대비 태양열, 수력을 제외한 신재생에너지의 공급이 증가하였으며, 특히, 태양광, 풍력, 지열 부분의 증가 추세가 두드러지며, 이는 태양광 풍력 및 지열분야의 산업화 진입 또는 산업화 초기 단계로 판단된다. 원별 비중은 폐기물 76.1%, 수력 16.6%, 바이오 5.3%, 풍력 1.1%, 태양열 0.6%순으로 나타났다.

당초 제2차 대체에너지 기술개발 및 이용, 보급 기본계획(2003~2012)의 2006년 목표치인 신재생에너지 공급비중 3%를 달성하지 못하였으며, 이는 다양한 장애요소 중 기본계획상의 재원투입계획(정부지원 6,617억원)대비 62%(4,095억원) 수준의 낮은 지원율이 주요한 보급부진 요인으로 사료된다. 따라서, 향후 신재생에너지 개발 및 보급의 중요한 인자로서 시장, 대국민 수용성 및 재원 확보가 3대 핵심요인으로 판단된다.

Table 1. 신재생에너지기술개발사업 지원현황(‘88~‘06)<sup>1~3)</sup>

		‘88~‘02	‘03	‘04	‘05	‘06	계
과제수	바이오	79	6	10	4	11	110
	전체	471	69	116	44	65	765
정부 지원금 (단위: 백만원)	바이오 (%)	17,676 (11.6%)	2,866 (8.7%)	4,233 (7.2%)	4,213 (5.3%)	7,724 (6.7%)	36,712 (8.4%)
	전체	151,920	32,963	58,788	79,370	115,788	438,829

\* ( )안의 수치는 전체 정부지원금 중 바이오분야에 지원된 금액의 비율을 나타냄.

Table 2. 신재생에너지의 연도별 공급비중 현황<sup>1~3)</sup>

구분	‘98	‘99	‘00	‘01	‘02	‘03	‘04	‘05	‘06
총1차에너지 (단위:천toe)	180,639	181,365	192,888	198,410	208,636	215,067	220,622	228,622	233,372
신재생에너지 (단위:천toe)	1,419	1,897	2,127	2,453	2,917	4,437	4,528	4,879	5,225
공급비중(%)	0.79	1.05	1.10	1.24	1.40	2.06	2.08	2.13	2.24

Table 3. 신재생에너지 원별 공급비중<sup>1~3)</sup>

구분		태양열	태양광	바이오	풍력	수력	연료전지	폐기물	지열	합계
‘05	공급량	35	3	181	32	919	1	3,706	2	4,879
	비율(%)	0.7	0.1	3.7	0.7	18.8	0.0	75.9	0.1	100
‘06	공급량	33	8	274	60	867	2	3,975	6	5,225
	비율(%)	0.6	0.2	5.3	1.1	16.6	0.0	76.1	0.1	100
증감	증감량	-2	4	93	27	-51	1	270	4	346
	증가율(%)	-4.9	115.4	51.4	83.9	-5.6	217.6	7.3	142.7	7.1

3. 국내의 바이오에너지 현황 및 보급정책

3.1. 바이오에너지 개요



Fig. 1. 주요 바이오에너지의 종류 및 용도.

바이오에너지란 다양한 바이오매스로부터 수송용 연료, 바이오가스(메탄), 합성가스 등을 에너지원으로 활용하는 기술로서 차량 및 난방용 연료, 발전부문 등에 적용이 가능하다. Fig. 1과 같이 사용되는 원료에 따라 바이오에너지는 다양하게 분류된다.

바이오가스는 혐기성 소화작용으로 메탄생성 박테리아가 바이오매스를 분해할 때에 발생하는 대사산물(메탄과 이산화탄소의 혼합 형태의 기체)로서 전력 및 온수로 활용 가능하다. 매립지가스는 매립지에 매립된 폐기물 중 유기물질이 혐기성 분해과정에 의해 분해되어 발생하는 가스이며, 주로 메탄(40~60%)과 이산화탄소(30~50%)로 구성되어 있다. 매립 후 2~3년 내 최대로 많이 발생하며, 매립 후 약 20~30년까지 생성 가능하다.

축산분뇨, 음식물 쓰레기, 하수슬러지 등과 같은 고농도 유기성 폐기물의 혐기성소화기술은 그 동안의 기술개발 성과를 활용하여 실증단계까지 성공하였고, 현재 실증 플랜트를 가동하고 있다. 이들 유기성 폐기물은 2012년부터 해양투기가 어려워질 것으로 예상되어 이들의 처리문제가 시급한 상황이다. 하수슬러지의 경우에는 소화조 효율개선을 위한 사업을 추진 중에 있고, 음식물 쓰레기는 사료화, 퇴비화를 통하여 처리되고 있으나, 환경기준강화, 생산제품의 수요처 부족 등으로 인하여 다양한 자원화 방법이 필요한 상황이며, 자원화를 위한 대안으로 혐기성소화에 대한 관심이 고조되고 있다. 축산분뇨는 대부분 정화를 위한 시설이었으나, 자원화를 위한 인식변화와 대체에너지의 필요성 증대로 최근 관심이 크게 증가하였다. 관련 부처간의 협의가 필요한 사안으로 정책적 지원을 위한 협의가 이루어져야 한다.

수송용 바이오연료 기술은 바이오매스를 생물학적 또는 열화학적 방법으로 반응시켜 차량용연료로 전환하는 기술이며, 사용 원료에 따라 식용 바이오매스를 이용하는 1세대 바이오연료 기술, 비식용 바이오매스를 원료로 하는 2세대 바이오연료 기술 및 수소 등을 생산하는 3세대 바이오연료기술로 분류된다. 수송용 바이오연료는 기 구축된 수송관련 인프라(주유소 및 차량)에서 직접 사용 가능하여 보급 확대가 용이한 특징이 있다. 현재, 수송용 바이오연료는 식량 바이오매스를 원료로 생산되고 있으나, 2010년

대 중반 이후 목질계 바이오매스로부터 생산기술의 상용화로 바이오연료 보급이 크게 증가할 가능성이 있다. 수송용 바이오연료는 최종 산물에 따라 바이오에탄올, 바이오디젤 등 현재 전세계적으로 사용되고 있는 연료와 바이오부탄올, BtL(Biomass to Liquid) 등 차세대 사용을 위한 연료로 구분할 수 있다. 수송용 연료분야의 그간 주요 연구개발 추진성과는 바이오에탄올 관련 기반기술 확보와 바이오디젤 기술 확보로 평가되며, 바이오에탄올관련 연구 결과 고효율 바이오에탄올 생산 균주 개발과 더불어 목질계 바이오에탄올 생산 요소기술 확보 및 시험용 공장(용량: 20리터/일)을 구축하였다. 바이오디젤 기술개발과 관련해서는 바이오디젤의 국내 품질 기준안 제정 및 차량연료 실증 평가를 완료하였고, 바이오디젤 생산 모듈화 공정 개발 및 과일류 실증(용량: 5,000톤/년) 및 폐식용유로부터 바이오디젤 생산 기술 개발 및 과일류 실증연구 등이다. 바이오디젤의 보급과 관련해서는 2002년부터 수도권과 전라북도 등에서 바이오디젤 혼합연료(BD20)의 시범 보급이 시행되었으며, 2006년 7월부터 바이오디젤 혼합연료(BD5)의 전국 보급이 실시중이다. 2006년부터 바이오에탄올 혼합연료 보급을 위한 실증 연구가 시작되었으며, 2007년 9월 에탄올 혼합연료의 실차 주행 연구를 착수하여 전국 4개 주유소에서 에탄올 연료를 시범판매하였다. 바이오디젤 보급 확대 계획(안)은 경제정책조정회의(2007. 9. 7)에서 그 필요성이 인정되어 바이오디젤 보급을 10만톤(2007)에서 60만톤(2012년)으로 증가시키기로 의결하였다.

목질계 바이오에너지는 나무와 이에서 파생된 제품 및 폐기물을 생화학적, 물리적으로 변환시켜 얻는 기체, 액체 또는 고체연료를 의미하며, 목질계 바이오매스의 연료 형태는 목질칩, 목질 펠릿, 목질 브리켓, 목탄 등의 고체연료와 바이오 오일과 합성가스 같은 액체 및 기체로 존재한다. 목질계바이오매스의 변환은 열을 가하여 화학적인 반응을 진행시키는 것으로 연소, 가열가스화, 수열반응 등의 열화학적 변환과 미생물의 작용에 의해 에너지로 활용 가능한 물질을 생산하는 것으로 메탄발효와 에탄올 발효 등의 생물화학적 변환이 있다.

현재 가동중인 목질계 바이오매스 발전설비로는 2006년 5월 준공되어 서대구 산업단지에서 전력 및 열을 공급중인 열병합발전설비(용량 38.4 MW)가 유일하며, 펠릿 제조와 관련해서는 목질 펠릿 제조 설비 및 목질 펠릿용 농업보일러 제조에 관련 연구를 2004년부터 추진하여 현재 실증사업을 추진 중에 있다.

### 3.2. 국내의 바이오에너지 보급 및 지원현황

2006년도 기준 국내 바이오에너지 보급현황을 보면 총 274,482 TOE 중 메탄가스와 매립가스를 합친 바이오가스가 131,221 TOE(47.8%)로 가장 많고, 바이오디젤이 19.4%인 53,346 TOE, 기타 우드칩, 성형탄, 임산연료 등이 89,913 TOE(32.8%)를 차지하고 있다. 전반적으로 바이오에너지의 보급량은 증가추세에 있고, 그 중 바이오디젤은 정부시책

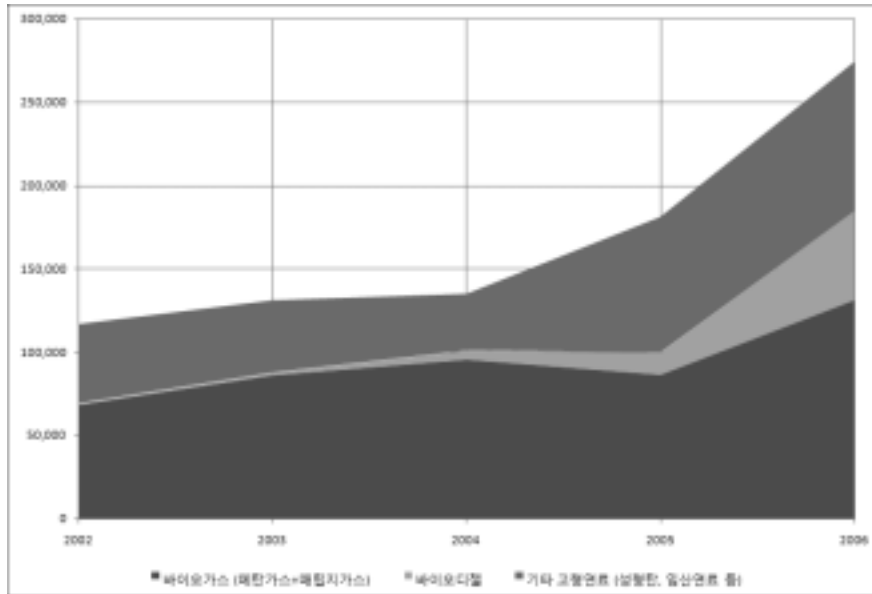


Fig. 2. 국내 보급 바이오에너지 유형별 기여도.

에 힘입어 2004년부터 급격히 증가하고 있는 추세이다. 바이오가스분야는 기술 개발 초기 단계에는 주정 폐수, 전분질계 폐수, 돈분, 폐비지 등 다양한 원료를 가지고 혐기 소화를 시도하였다. 각 원료의 특성을 분석하고 그에 맞는 소화 공정을 개발하였고, 후속 과제를 통하여 문제점을 보완하고 효율 증대를 위해 공정을 개선하였다. 최근 10년 동안은 축산분뇨의 바이오가스화에 대한 관심이 증대되며, 그와 관련된 사업도 증가하였다. 축산분뇨, 음식물쓰레기, 하수슬러지 등의 고농도 유기성폐자원의 통합소화에 대한 연구와 이를 열병합 발전에 사용하기 위한 연구가 시작되었다. 또한, 원료의 소화 효율을 높이기 위한 전처리 기술, 메탄 순도를 높이기 위한 정제 기술, 체류시간을 줄이기 위한 기술, 부산물로 발생하는 액비 생산 기술 등의 관련 기술이 지속적으로 연구되었다. 이 후, 기술개발 규모를 점차 늘려가며, 실증 연구 규모의 설계 기술을 확보하고, 상용화를 위한 기술 개발을 진행하였다. 바이오가스 플랜트는 하수처리장 슬러지소화조 외에 축산분뇨를 이용한 바이오가스 생산시설과 음식물 쓰레기로부터 바이오가스를 생산하는 시설로 구분되며, 축산분뇨의 바이오가스화시설은 충남 홍성군에 돼지 2,000마리로부터 나오는 분뇨 10톤을 발효시킬 수 있는 바이오가스 발전플랜트를 2003년에 건설하여, 하루 600 kWh의 전력을 생산하여 바이오가스화시설과 돈사에 전기를 공급하고 있다. 또한, 경기도이전의 모전농장(20톤/일 처리 규모)과 충남 청양(20톤/일 처리 규모)에 양돈폐수 및 폐기물의 바이오가스 플랜트를 설치하여 운영 중에 있고, 전라북도 정읍, 고창, 무주 등에서는 각각 50톤/일 처리규모의 바이오가스 플랜트 설치를 계획하고 있다. 현재 진행 중인 ‘하이브리드형 반응기를 이용한 분뇨, 축산폐수, 하수슬러지 및 음식물쓰레기의 고효율 바이오 가스 생산 및 재활용 기술 개발’ 과제는 축산폐수 뿐만 아니라 하수슬러지, 음식물쓰레기의 통합소화를 시도하고 있으며, ‘유기성폐자원과 음식물 탈리액 혼합 처리를 위한 고효율 고온혐기성소화공정 개발’ 과제는 음식물 탈리액과 공장에서 발생하는 유기성 폐수를 혐기 소화하여 CDM 사업과 연계하기 위해 노력 중에 있다. 또한, ‘고농도 유기성 바이오매스의 선택적 고효율 혐기성공정 적용을 통한 바이오 가스 발전’ 과제는 축산분뇨와 하수슬러지, 음식물쓰레기의 통합소화에 대한 연구로 70톤/일 규모를 목표로 하고 있으며, ‘차세대 하이브리드 통합소화공정 개발’ 과제는 처리효율을 높이기 위한 전처리 방법과 분해속도 향상을 위한 하이브리드형 반응기를 연구하고 있다. 음식물 쓰레기로부터 바이오가스를 생산하는 시설은 파주와 경기도 의왕 그리고 평촌에 설치 및 운영 중이다. 1997년에 경기도 의왕시에 처음 건설된 이래 현재 3기가 가동 중(파주: 30톤/일, 안양 평촌: 15톤/일, 의왕: 5톤/일)에 있으며, 일부 하수처리장에서는 슬러지로부터 바이오가스를 생산하여 열원으로 사용하고 있다. 매립지가스과 관련된 기술개발은 매립지가스를 포집하는 기술, 이산화탄소를 정제하고 분리하는 기술, 발전이나 압축 등에 이용하는 기술 등을 중심으로 진행되었다. LFG 사업은 1998년 Pilot Plant를 설치하고 그에 대한 타당성을 분석하는 사업으로 본격적인 기술개발을 시작하였다. 그 후, 가스 정제 및 LFG를 활용한 바이오가스 엔진 개발 등의 과제를 진행하여 상용화를 위한 노력을 하였다. 국내 연구기관에서는 2002년부터 2005년까지 ‘LFG를 이용한 350 kW급 전소형 가스엔진 발전 시스템 개발’ 과제를 통하여 엔진을 개발하였으며, 이에 대한 실증연구로 2006년부터 ‘국산엔진을 이용한 LFG발전 실증연구’를 시작하여 수도권매립지에서 700 kW(350 kW 2기)급 엔진을 실증 연구 중에 있다. 엔진 개발뿐 아니라 매립지가스의 발생량과 속도를 증가시키고 매립지의 안정화를 앞당기기 위하여 진행한 ‘중·소규모 매립지에서의 LFG 생산 효율 향상을

레기의 통합소화를 시도하고 있으며, ‘유기성폐자원과 음식물 탈리액 혼합 처리를 위한 고효율 고온혐기성소화공정 개발’ 과제는 음식물 탈리액과 공장에서 발생하는 유기성 폐수를 혐기 소화하여 CDM 사업과 연계하기 위해 노력 중에 있다. 또한, ‘고농도 유기성 바이오매스의 선택적 고효율 혐기성공정 적용을 통한 바이오 가스 발전’ 과제는 축산분뇨와 하수슬러지, 음식물쓰레기의 통합소화에 대한 연구로 70톤/일 규모를 목표로 하고 있으며, ‘차세대 하이브리드 통합소화공정 개발’ 과제는 처리효율을 높이기 위한 전처리 방법과 분해속도 향상을 위한 하이브리드형 반응기를 연구하고 있다. 음식물 쓰레기로부터 바이오가스를 생산하는 시설은 파주와 경기도 의왕 그리고 평촌에 설치 및 운영 중이다. 1997년에 경기도 의왕시에 처음 건설된 이래 현재 3기가 가동 중(파주: 30톤/일, 안양 평촌: 15톤/일, 의왕: 5톤/일)에 있으며, 일부 하수처리장에서는 슬러지로부터 바이오가스를 생산하여 열원으로 사용하고 있다. 매립지가스과 관련된 기술개발은 매립지가스를 포집하는 기술, 이산화탄소를 정제하고 분리하는 기술, 발전이나 압축 등에 이용하는 기술 등을 중심으로 진행되었다. LFG 사업은 1998년 Pilot Plant를 설치하고 그에 대한 타당성을 분석하는 사업으로 본격적인 기술개발을 시작하였다. 그 후, 가스 정제 및 LFG를 활용한 바이오가스 엔진 개발 등의 과제를 진행하여 상용화를 위한 노력을 하였다. 국내 연구기관에서는 2002년부터 2005년까지 ‘LFG를 이용한 350 kW급 전소형 가스엔진 발전 시스템 개발’ 과제를 통하여 엔진을 개발하였으며, 이에 대한 실증연구로 2006년부터 ‘국산엔진을 이용한 LFG발전 실증연구’를 시작하여 수도권매립지에서 700 kW(350 kW 2기)급 엔진을 실증 연구 중에 있다. 엔진 개발뿐 아니라 매립지가스의 발생량과 속도를 증가시키고 매립지의 안정화를 앞당기기 위하여 진행한 ‘중·소규모 매립지에서의 LFG 생산 효율 향상을

위한 한국형 Bioreactor 매립기술 및 에너지 이용 기술 개발' 과제가 성공적으로 수행되었다.

바이오디젤의 경우 바이오디젤을 20% 혼합한 경유(BD-20)를 일반 차량에 적용하는 시범 보급 사업이 2002년부터 수도권과 전라북도 등에서 시행되었다. 바이오디젤 활용 형태는 바이오디젤 5% 혼합 경유(BD-5)와 바이오디젤 20% 혼합 경유(BD-20)로 이원화하여 BD-5는 일반 주유소에서 BD-20은 자가 정비시설을 갖춘 운수업체에서 사용토록 할 예정이다. 2006년 7월부터 식물성 기름을 이용해 제조한 신재생에너지인 바이오디젤을 혼합한 경유가 주유소에서 판매돼 자동차 연료로 사용된다. 산업자원부는 SK, GS칼텍스 등 5개 정유사 사장단, 바이오디젤 제조업체 관계자 등이 참석한 가운데 7월부터 2년간 바이오디젤을 사용하는 것을 내용으로 하는 자발적 협약을 정유사와 체결했다. 이에 따라 정유사는 경유에 바이오디젤을 혼합, 제조해 주유소를 통해 소비자에게 공급하게 된다. 판매된 바이오디젤 혼합 경유는 주로 유탄에서 만들어진 바이오디젤 원액 5%를 경유에 혼합한 연료유인 BD5로, 초기 2년간 연간 9만톤 이상의 바이오디젤이 사용될 것으로 보인다. 산자부(현 지식경제부)는 이와 관련, 가야에너지, 작물과학원 목포시험장, 비엔디에너지, 영광공과 바이오디젤 원료(유채유)의 생산 및 공급을 내용으로 하는 협약도 맺었다. 바이오 디젤의 가격이 기존 경유보다 싸고, 환경친화적이기 때문에 국민들도 협조해 줄 것으로 산자부는 기대하고 있다. 이와 함께 바이오디젤 원액 20%를 경유에 혼합한 연료유인 BD20은 하반기부터 자가정비 또는 자가 주유가 가능한 업소에서 버스, 트럭 등에 사용될 전망이다. 산자부는 협약기간이 종료되는 2년 뒤에는 바이오디젤 사용의무화 등을 통해 이용을 대폭 확대하는 방안도 검토중이다. 이러한 자발적 협약체결이 바이오디젤 사용화시대를 본격 개시했다는 점에서 의미가 크고 에너지의 안정적 공급과 환경보호라는 2개의 목표를 성공적으로 달성하는 데 기여할 것으로 보인다. 그러나 아직까지 겨울철 혹한기에 바이오디젤이 응고될 가능성 등 기술의 안전성, 점도 제거를 위해 글리세린 등 폐수 발생으로 인한 환경오염 문제, 생산원료의 원활한 공급문제 등이 있음을 감안할 때 기술개선을 위해 시장유인제도의 도입이 필요한 것으로 보인다.

### 3.3. 국내 유기성 폐기물의 자원화 현황

국내 유기성폐기물은 지역적으로 그 발생량과 분포가 다양하며 처리, 처분 및 재활용 방법도 여러 가지 방법이 시도되고 있으나 부적절한 처리방법으로 인하여 유용자원의 투기와 소각과 함께 사회적으로도 심한 환경오염이 초래되고 있다. 특히 폐기물의 자원화, 에너지화가 전 세계적인 추세임을 감안하면 최근 고유가 시대에 있어서 유기성폐기물의 에너지원으로서의 활용은 시급한 실정이다. 유기물이 다량으로 함유된 폐액의 경우 혐기성 분해에 의해 다량의 바이오 가스 생산이 가능하며 이때 생산되는 바이오 가스는 메탄가스를 50~60% 함유하고 있어 경제적 가

치가 매우 높다.

국내에서 발생하는 대표적인 고농도 유기성폐자원은 하수슬러지, 음식물쓰레기, 축산폐수이며, 현재 이와 같은 폐기물들에 대한 관리기준이 엄격해지고 있어, 경제성을 고려한 처리방법에 관심이 집중되고 있다. 특히 이러한 유기성폐자원은 국내외에서 심각한 환경문제를 야기하는 원인물질로 분류되어 국내법규와 국제협약 등을 통해 직매립금지, 해양투기금지 등의 규제가 강화되고 있는 추세이다. 선진유럽의 경우 이러한 유기성폐자원을 재자원화 하는데 집중하고 있으며, 이에 따라 대상 처리시설의 80% 이상이 혐기성 소화조로 이루어져 있고, 시설에서 나오는 바이오가스를 적극적으로 에너지화 하고 있는 실정이다.

Fig. 3은 국내의 바이오매스 가용자원 현황 및 고농도 유기성폐자원의 바이오매스 가용자원을 보여주고 있다. 전체 가용자원 231.6만 TOE/년 중 고농도 유기성폐자원이 차지하는 비율은 약 5%인 9.6만 TOE/년으로 나타나 있으며, 이를 세분화 시 음식물쓰레기 가용자원이 5.1만 TOE/년으로 가장 많다. 그러나 가용자원 평가 시 각 항목별로 전체 부존자원 중 음식물쓰레기는 30%, 하수슬러지는 50%, 축산분뇨는 약 3%로 산정하여 평가한 결과이므로 축산분뇨의 비율을 높일 경우 전체 고농도 유기성폐자원 바이오매스 가용자원은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

축산분뇨의 처리에 대해 국내 적용기술현황은 대부분 재생에너지화 방법이 아닌 수처리 개념으로 처리하고 있는 관계로 에너지화 비율을 상대적으로 낮게 잡은 것으로 사료되나, 선진 유럽의 경우 발생하는 축산분뇨의 80% 이상을 소화조 처리하고 있어 가용자원에 대한 축산분뇨의 비율은 매우 높아질 것으로 예상되고 있다.

국내 유기성폐자원은 9.6만 TOE/년 이상의 잠재적 에너지를 보유하고 있으나, 선진국과 달리 국내의 경우 고농도 유기성폐자원을 처리하기 위한 시설 중 에너지화 시설은 소수에 불과하며 그마저 하수슬러지를 처리하기 위한 시설이 대부분이며 음식물쓰레기 및 축산폐수처리용 소화조 시설은 거의 전무한 상태이다. 이러한 주된 이유는 지금까지 국내 여건상 혐오처리시설의 대형화가 요원하여 주로 소형으로 운영되고 있는 관계로, 이런 규모의 혐기성 소화시설 운영 시, 생산되는 바이오 가스의 에너지화가 경제적 가치 면에서 떨어지기 때문이다. 또한 생산된 바이오 가스의 활용기술 측면에서 보면 현재 사용되는 기술은 주로 보일러온수로 사용하거나 가스발전을 통해 전기를 생산하는 기술이 전부이며, 이와 같은 기술들은 생산된 에너지 활용지역이 국한되는 문제와 생산된 전력의 경우 전력 소비자까지의 이송에 대한 설비 및 송전탑 설치지역의 민원발생 등의 문제점을 안고 있다.

따라서 현재 국내의 현존하는 바이오가스 에너지화 기술로는 생산된 에너지를 처리장내에 제한적으로 사용하고 있는 열악한 실정이므로, 재생된 에너지 사용의 광역화를 위해 저장 및 이동이 간편한 기술의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

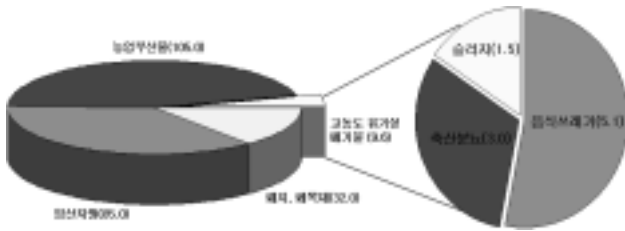


Fig. 3. 바이오매스 중 유기성폐자원 가용자원 현황. (단위: 만 TOE/년)

#### 4. 해외 주요 국가의 기술동향 분석

##### 4.1. 유럽연합(EU)

유럽연합은 21세기 대체에너지 실행계획인 “도약의 캠페인 계획”에서 바이오 에너지산업 육성전략계획을 추진 중이다. 교토의정서에 의한 온난화가스 배출량을 1990년에 대해 1차 약속기간인 2008~2010까지 8% 삭감하겠다는 약속을 한 바가 있다. 유럽연합은 2001년 9월 “재생가능 에너지 발전전력 이용 촉진에 관한 지령”을 발효하고, 재생 에너지 공급 비중을 1997년 5.8%에서 2010년에는 12.5% 까지 확충한다는 목표를 가지고 있는데, 재생에너지 중 바이오에너지 공급 비중을 62%로 잡고 있다. 유럽연합은 바이오에너지의 기술이 상당히 발전해있어, 그 기술을 토대로 공급사업자 중심의 바이오매스 생산 및 보급 확대가 이루어지고 있고, 기술개발과 실증을 지원하는 프로그램들 각국 또는 EU 차원에서 마련하여 기술개발이 실증사업으로 연계되고, 보급이 활성화될 수 있는 체계를 마련하였다.

##### EU의 바이오에너지 산업 육성전략

- “도약의 캠페인 계획(Campaign for Take-Off)”: 21세기 대체에너지 실행계획
  - 2010년까지 총에너지소비 중 대체에너지 비중을 12%로 높인다는 목표
  - 2010년 생산 대체에너지 중 바이오에너지 비중은 74% (1차 에너지 소비의 8.9%), EU는 생활 폐기물 소각 등을 바이오에너지로 분류
  - 10,000 MWth(열 출력) 외 바이오매스 열병합 발전
  - 100만호 바이오매스 개별난방
  - 1,000 MWe 메탄가스 발전
  - 500만톤 바이오에탄올/디젤 공급

독일은 고정가격 우선 매입제도, 프랑스와 아일랜드는 입찰제도, 신재생에너지발전 의무비율 할당제 등을 도입하여 바이오가스 플랜트사업의 활성화를 도모하고 있어, 세계적인 선도 기업을 많이 보유한 유럽은 앞으로의 시장 전망 역시 밝은 것으로 판단된다.

##### 4.2. 미국

미국은 2010년까지 화학원료를 포함함 바이오에너지 생산량을 현재의 3배로 증대시키고, 2020년까지 수입원유에



Fig. 4. 미국의 Biomass Program 사업수행 및 조직체계.

의해 생산되는 연료 및 화학소재를 바이오매스로부터 100% 대체한다는 목표를 설정하고 있으며, 이는 목질계 알콜 원료, 바이오매스 가스화 발전, Bio-refinery 기술개발 상용화와 에너지 작물 재배 기반 확충 등이 포함되고 있다. 최근 미국에서는 온실가스 발생 감소와 함께 환경개선 효과를 동시에 확보하기 위하여 유기성폐자원으로부터 바이오가스를 회수하는 기술을 보급하였으며, 환경청, 농무성, 에너지성의 협조 하에 진행되고 있다. ‘Biomass Research and Development Act of 2000’에 기반을 두고 이용분야를 세분화하여 각각에 대한 중장기 목표를 설정하고, 달성하기 위한 사업을 추진 중이며, 바이오매스 이용전략의 중심이 되고 있는 ‘Biomass Program’은 혐기성 소화를 통한 바이오가스화를 포함하고 있으며, 에너지 효율 향상과 온실가스 배출량 저감을 목표로 하고 있다.

2003년 이후 약 2천 5백만 달러가 축산분뇨 처리를 위한 혐기성 소화조 건설에 투입되었고, 다수의 기업들이 상용 기술을 보유하고 있어 기술을 적용한 다양한 사례가 많다.

##### 4.3. 일본

일본은 2002년 12월 27일 “바이오매스·일본 종합전략”이 각의 결정되었으며, 다양한 종류의 바이오매스를 활용하여 에너지 및 제품을 생산, 이용함으로써 환경부하를 감축한다는 목표를 가지고 있다. 이를 위해 가축분뇨 등 폐기물계 바이오매스의 활용율을 2000년 현재 60%에서 2010년 80%까지 끌어올린다는 목표를 가지고 있다. 한편 교토의정서에 의한 온난화가스 배출량을 기준년인 1990년에 대해 1차 약속기간인 2008~2012년까지 6% 삭감을 약속하였다. 우리나라와 여러 가지 조건이 유사한 일본은 아시아 국가 중 바이오에너지 관련 기술이 발달한 국가로 일본의 발전과정은 우리나라가 나아가야 할 방향을 제시해 줄 수 있다. 고효율 바이오매스 변환기술 개발 및 실용화, Biorefinery 기술 개발, 바이오매스의 다단계적 이용 및 다분야 기술과의 연계체계 구축을 통해 기술개발을 추진 중이고, 예산지원 중 연구단계와 실증시험단계에 대한 예산을 구분하여 철저한 실증을 거쳐 보급이 되도록 유도하고

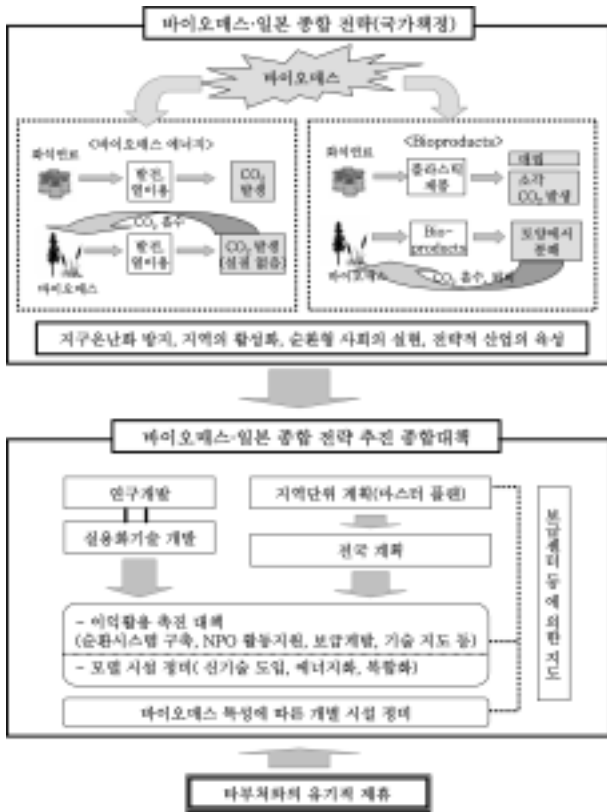


Fig. 5. 일본 바이오매스·일본 종합전략의 추진.  
출처: 일본 농업수산업성, 2004

있다. 일본에서는 “바이오매스·일본”의 원활한 실현을 위하여 해결해야할 과제에 대해 실시주체 및 실시시기와 역할을 분명히 명시한 구체적 행동계획을 제시하여, “바이오매스·일본 종합전략”을 통해 추진하고 있다. Fig. 5는 “바이오매스·일본 종합전략”의 추진에 대한 전체적인 흐름을 도식화한 것이다.

### 5. 맺음말

에너지 수입에 전적으로 의존하는 우리나라가 선진국 진입의 문턱을 넘기 위해서 반드시 해결해야만 하는 선결 과제는 바로 에너지의 국산화 및 다원화라고 해도 과언이 아닐 것이다. 바이오에너지는 이러한 선결 과제를 해결하는데 핵심적인 역할을 할 수 있다고 본다. 즉 바이오에너지는 여타의 신재생에너지원 가운데 개발비용이 가장 저렴한 에너지원 가운데 하나이며, 특히 우리나라의 경우 그 이용 잠재량이 막대하기 때문에 화석에너지 고갈문제나 온난화 문제가 급부상함에 따라 이에 대한 해결책으로 가장 추천할 만한 에너지원이다.

최근 유럽연합을 비롯한 미국, 일본 등의 선진국에서는 바이오에너지 개발에 박차를 가하고 있으며, 유럽연합의 경우에는 재생에너지의 비중을 2010까지 12.5%까지 확충할 계획에 있고, 적극적인 연구개발 뿐만 아니라 구체적이고 실현가능한 정책을 지원하고 있다. 국내의 경우 2006년말 현재 신재생에너지는 1차 에너지공급의 2.24%(523만 TOE)정도로 선진국에 비해 아주 낮은 에너지비중을 차지하고 있다. 따라서, 바이오에너지의 개발 및 보급을 위해서 정부가 다각적인 노력을 기울이며 지속적인 확대를 위한 정책과 실행계획을 추진하는 것이 필요하다. 즉, 이윤창출을 목적으로 하는 기업에서는 기술개발 후에도 경제성이 확보되지 않아 사업영역의 확대가 힘들고, 사용자에서도 신뢰성 확보문제와 고가의 설비에 대한 부담으로 바이오에너지 활용의 한계가 있다. 이렇듯 열악한 환경에 처해있는 바이오에너지 분야의 기술개발과 보급 활성화를 추진하기 위해서는 정부주도형 바이오에너지 산업 육성전략과 더불어 선도기업의 적극적인 사회참여가 요구된다. 또한, 차별화된 기술개발 전략을 통한 경제성 확보와 개발 기술의 보급을 위한 국민적인 수용성제고 또한 중요한 인자로 판단된다.

### 참고문헌

1. 산업자원부, 에너지관리공단 신재생에너지센터, “신재생에너지 RD&D 전략 2030 통합본,” (2008. 01).
2. 산업자원부, 에너지관리공단 신재생에너지센터, “신재생에너지 RD&D 전략 2030(유기성 폐자원),” (2008. 01).
3. 에너지관리공단 신재생에너지센터, “2006년 신재생에너지 통계,” (2007. 08).
4. 농업진흥청 농업과학기술원, “환경친화형 바이오 대체에너지 기술개발 및 정책,” (2006. 04).
5. 한밭대학교 부설 환경·생태복원연구소, 대전·충남지역 대전환경기술개발센터, “유기성폐기물의 자원화기술 및 이용현황에 관한 심포지움,” (2006. 10).
6. 한경대학교 바이오가스 연구센터, 경기지역연구센터, 안성 의제 21, “가축분뇨 이용 바이오가스 생산 및 자연순환 시스템 공정기술”, (2006.11).