

국내 바이오에너지 보급에 따른 온실가스 저감 평가

홍연기*

한국교통대학교 화공생물공학과

Reduction of Green House Gases by Bioenergy Supplying in Korea

Yeon Ki Hong*

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation,
50 Daehak-ro, Chungju, Chungbuk 380-702, Korea

(Received 2014. 04. 23 / Accepted 2014. 05. 16)

Abstract : Recently, the development of renewable energy sources in Korea has been needed due to climate change. One of powerful alternative energy resources to mitigate emission is to switch conventional fuels to renewable energy, such as bioenergy. In this study, current status of bioenergy conversion technology and its supply in Korea was investigate. Based on theoretical, technical and realizable potential of biomass in Korea, the amount of reduction of green house gases was estimated. The results shown that the contribution of biomass on 2020 reduction target of green house gases emission in power generation was 513,000 tCO₂/yr and utilization ratio of technical potential of biomass was 6.4%. For the effective supply of bioenergy in Korea, more exact estimation of realizable potential of biomass in Korea and stable supply sources are needed.

Key words : Bioenergy, Biomass, Green house gases, Theoretical potential, Realizable potential

1. 서론

우리나라는 과거 급격한 경제성장과 국민들의 삶의 질 향상에 따라 전력 수요가 지속적으로 증가되어 왔다. 2012년을 기준으로 했을 때 우리나라의 GDP 규모는 1조 6,400억 달러로 세계 13위 규모인 반면 전력 소비량은 2011년 기준 4,551억 kWh로 캐나다 독일에 이어 8위를 차지하고 있다.¹⁾ 또한 2002~2011년 동안 전력 소비량은 연 평균 5.6%였지만 평균 경제 성장률은 4.8%에 불과한 것으로 나타나 전력 소비량이 경제 성장률을 상회하는 것으로 나타났다. 여기에는 전력 소비가 많은 제조업의 산업 비중이 증가하면서 전력 수요가 지속적으로 증가한 것으로 나타났다. 전력 소비량의 증가는 국가 온실가스 총 배출량의 증가로 이어져 2010년 기준 국가 온실가스 총 배출량은 669백

만 톤으로 전년 대비 60백만 톤(9.8%)가 증가한 수치이다.²⁾

분야별 온실가스 배출량을 살펴보면 가장 큰 비중을 차지하는 분야는 85.3%의 에너지(소비) 분야로서 화력발전 증가, 철강업 배출량 증가 등으로 전년 대비 10.6%의 높은 증가율을 보였다. 반도체, 디스플레이 산업을 포함한 산업공정은 9.4%를 차지하고 있으며 이들 산업은 HFC, PFC, SF₆사용 증가에 따른 것이다.²⁾

그러나 신재생에너지에 대한 정부의 지속적인 투자에도 불구하고 국내 신재생에너지 보급실적은 2011년 기준 총 1차 에너지 대비 2.8% 수준에 불과한 것으로 나타났다. 당초 설정되었던 국가에너지 기본계획에 따른 2030년 신재생에너지 목표가 11%임을 고려할 때 2.8%의 보급률은 신재생에너지 선진 국가인 독일(12.6%), 덴마크(25.5%), 프랑스(7.8%), 스페인(11.5%), 미국(6.3%)등에 비해 상대적으로 저조하므로 목표수

*Corresponding author. E-mail : hongyk@ut.ac.kr

정이 불가피한 실정이다.³⁾ 그 결과 2013년 10월 제2차 국가에너지기본계획 권고안에서는 제1차 국가에너지 기본계획에서 제시되었던 신재생에너지 보급목표 11%의 달성 년도를 기존 2030년에서 2035년으로 연장하는 안을 제시하기도 하였다.

발전부문으로 국한했을 때 국내 신재생에너지 총 발전량은 2011년 기준 714만 1740MWh이며 이는 전체 발전량의 1.42%를 차지하고 있다. 신재생에너지원 별 공급 비중을 살펴보면 수력이 공급의 대부분인 62.9%를 차지하고 있고 그 뒤를 이어 태양광(12.8%), 풍력(12.1%)의 순으로 나타나고 있다. 매년 태양광과 풍력이 신재생에너지 발전의 성장을 주도하고 있으나 여전히 절대적인 비중은 대수력을 포함한 수력이 대부분을 차지하고 있는 실정이다.⁴⁾

본 부문에서는 최근 10여년 이상 국내에서 많은 관심을 갖고 있는 바이오매스 유래 바이오에너지를 발전 분야에 적용함에 따른 온실가스 저감 효과를 분석하고자 한다. 이를 위해 바이오에너지와 관련한 기술 개발 및 보급 현황을 살펴보고 우리나라에 잠재되어 있는 바이오에너지 추정치를 근거로 바이오에너지 공급 목표치의 타당성을 검토한다.

2. 바이오에너지 기술 및 보급 현황

바이오매스(biomass)는 열, 전력, 수송연료 그리고 바이오제품을 생산하는데 사용되는 다양한 응용성을 가지는 원료를 말한다. 지속가능한 기반에서 사용될 경우 바이오매스는 탄소 중립이며 온실가스 저감에 큰 기여를 할 수 있는 것으로 알려져 있다. 바이오매스의 분류는 연구기관에 따라 서로 다르며 사용하는 용어도 상이할 수 있다. 그러나 이는 연구기관의 편의에 따라 분류한 것이며 실제 발생 또는 존재하는 바이오매스 종류 자체가 달라지는 것은 아니다. 국내의 경우 에너지관리공단 및 에너지기술연구원의 분류방법에 따르면 바이오매스는 임산자원, 농업부산물, 음식쓰레기, 폐지·폐목재, 축산분뇨, 슬러지로 나눌 수 있다.

바이오매스로부터 에너지를 얻기 위한 기술은 크게 수송용 바이오액체 연료(바이오에탄올, 바이오디젤)변환 기술, 가스화 기술, 바이오매스 생산 및 가공 기술로 구성된다. 또한 바이오에너지에 대한 가치 사슬은 바이오매스의 생산, 수집, 수송 및 제품개발(바이오 화학제품)과 에너지화이다. 이 때 변환되는 에너

Table 1 기관별 바이오매스 분류⁵⁾

한국			일본 농림수산성
에너지관리 공단	에너지기술 연구원	한국축산경제 연구원	
도시폐기물 (생활)	임산자원	1. 농산 부산물 - 볏짚 - 왕겨 - 과수 전정지 - 기타	가축배설물
도시폐기물 (사업장)	농업부산물		하수오니
임산자원	음식쓰레기		제지폐수
축산분뇨	폐지, 폐목재		종이
농업부산물	축산분뇨	2. 축산 폐기물 - 가축분뇨 - 폐가축	식품폐기물
슬러지	슬러지		제재공장잔재 건설발생목재
		3. 임산 부산물 - 임목 - 벌목 잔재물 - 숲가꾸기 부산물	농작물 비식용부
			임지잔재
		4. 생활 및 산업 폐기물 - 음식쓰레기 - 폐지 및 폐목재 등	

지 형태는 열, 액체 연료, 전기 등이다.

바이오매스를 에너지로 전환하기 위한 여러 가지 공정이 개발·상업화 되어 왔다. 전환공정은 바이오매스별 물리적 물성과 화학적 조성을 고려하고 에너지 변환 형태에 따라 다양하게 적용된다. 전 세계적으로 바이오매스의 직접적 연소에 의한 열 생산은 기존 화석연료를 대체할 수 있는 가격 경쟁력이 있으며 가장 보편적으로 응용되고 있다. 보다 효율적인 바이오매스의 활용을 위해 열병합 발전 역시 사용되고 있다. 폐기물, 액체나 젖은 유기물 등을 이용하여 전기와 열을 생산할 경우 혐기성 발효가 적합하다.

수송연료 분야에서는 바이오에탄올과 바이오디젤과 같은 액체 연료로의 변환공정이 사용되고 있다. 이때 사용되는 원료는 주로 1세대 바이오원료이며 바이오에탄올은 전분이나 당당류를 포함한 농작물을 이용하고 바이오디젤은 유지작물이나 동물지질을 이용하여 생산될 수 있다. 이들은 공급 원료의 불안정성 뿐 아니라 토지이용에 있어서 변화를 야기하기 때문에 현재는 제2세대 바이오원료인 목질계 또는 3세대 바이오원료인 미세조류(microalgae)를 이용한 연료화 공

정이 연구되고 있다. 현재의 연구 수준과 유가변동 추이를 고려할 때 상업적인 규모로의 적용은 대략 10년 내외로 예상된다. 전 세계적으로 바이오에너지는 개발 국가의 경우 전통적인 용도인 가정용 난방과 조리 과정에서 전체 1차 에너지 mix 중 22%를 차지하고 산업화된 국가는 전체 1차 에너지 중 바이오에너지 비중이 약 3%이나 이들 용도는 열 또는 열병합발전이라는 점에서 차이가 있다. 다. 많은 국가들에서 바이오매스의 활용도를 높이기 위해 노력하고 있으며 현재 바이오발전 시장은 가정용 열 공급(펠릿 보일러), 대규모 산업용 또는 지역 열병합 발전, 그리고 석탄 화력발전에서의 혼소로 구성되어 있다.

바이오매스를 이용한 발전은 상대적으로 적은 규모에서는 폐기물 처리에 따른 바이오 가스 및 매립지 가스를 이용하게 된다. 전 지구적으로 봤을 때 BAU 시나리오 하에서 2050년까지 현재의 2배에 달하는 수준의 바이오매스 사용이 예상되나 바이오매스로부터의 전력 생산은 현재 전체 전력의 2.4-3.3%수준에서 2030년까지 5-6%수준으로 성장할 것으로 기대하고 있다. 이는 상당량의 바이오매스가 액체 수송 연료로 전환될 것이고 목질계 역시 전력 보다는 난방용으로 사용되는 경우가 많을 것으로 추측하기 때문이다. 바이오에너지와 관련한 국내 시장은 수송용인 바이오디젤, 목질계 자원 연소에 의한 열이용과 전력 생산, 바이오가스에 의한 열병합 발전으로 구성되며 이중 가장 먼저 보급이 시작된 것은 수송용 연료로서의 바이오디젤이었다.

바이오디젤은 디젤 사용량 증가에 따른 미세먼지

에 의한 대기오염을 개선하고 식물자원 유래 바이오 연료를 사용함으로써 이산화탄소 저감효과를 얻기 위해 2002년 5월 수도권 지역에서 시범 보급되기 시작하였다. 2006년 2월 바이오디젤 생산업체와 정유사간의 바이오디젤 보급 활성화를 위한 자율협약을 실시하였으며 2012년부터는 바이오디젤 2% 혼합비를 의무화한 RPS제도를 실시하고 있다. 국내 대기 오염을 개선을 위해 바이오디젤을 사용하고 있으나 바이오디젤 원료의 국내 자급률이 매우 낮고 해외로부터 바이오디젤을 수입 역시 관세 문제로 인한 어려움이 있어 보급의 지속적인 확대는 어렵다고 할 수 있다.

목질계에 대한 연구 및 보급은 과거 1세대 에너지 작물 내에 포함된 전분의 발효를 통한 바이오에탄올 생산의 한계를 극복하기 위해 시작되었다. 1990년대 이후 지금까지 목질계 바이오매스에 대한 관심은 당화 최적 효소 개발과 전처리 기술 개발이었다. 당화 최적 효소 개발은 목재부후균으로부터 목질계 바이오매스의 당화에 적합한 효소 스크리닝, 형질전환을 통한 고효율 효소 개발, 동시당화발효를 기반으로 한 분자생물학적 접근을 통해 이루어졌으나 현재까지 경제성 있는 효소를 발굴해내지 못했다. 전처리 기술 역시 기존의 폭쇄처리 공정을 개선하기 위해 화학적, 물리적, 생물학적 방법을 이용하여 개발해 왔으나 경제성 문제로 인해 지금까지 큰 진전을 이루지 못한 상태이다.

목재 펠릿은 목질계의 액체 연료화의 한계를 극복하기 위해 유럽과 미국을 중심으로 미활용 목재 및 부산물의 펠릿화에서 출발하였다. 목재 펠릿은 연소방법에 따라 연소 효율이 달라진다. 목재를 그냥 연소를

Table 2 바이오에너지 기술 분류⁶⁾

대분류	중분류	내용
바이오액체 연료생산 기술	연료용 바이오에탄올 생산기술	당질계, 전분질계, 목질계
	바이오디젤 생산기술	바이오디젤 전환 및 엔진 적용기술
	바이오매스 액화 기술(열적전환)	바이오매스 액화, 연소, 엔진 이용기술
바이오매스 가스화 기술	혐기소화에 의한 메탄가스화 기술	유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립지 가스 이용기술(LFG)
	바이오매스 가스화 기술(열적전환)	바이오매스 열분해, 가스화, 가스화 발전기술
	바이오 수소 생산기술	생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스 생산, 가공 기술	에너지 작물 기술	에너지 작물 재배, 육종, 수집, 운반, 가공기술
	생물학적 CO ₂ 고정화기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술 (왕겨탄, 칩, RDF(폐기물 연료) 등)

Table 3 목재 펠릿과 기존 화석연료와의 연소 에너지 및 이산화탄소 배출 비교

연료 형태	목재 펠릿	가스	석유	석탄
필요 열량(GJ/yr)	2,590	2,590	2,590	2,590
톤당 에너지(GJ/ton)	16.8	49.4	43.5	29.0
사용량(ton/yr)	154.2	52.4	59.5	89.3
가격(\$/ton)	114	353	372	135
총열량비용(\$/yr)	17,500	18,500	22,150	12,000
총CO ₂ 방출(ton/yr)	18.1	140.0	204.8	210.0

시키게 되면 연소 효율이 10-20%에 불과하며 목재 연소용 스토브에서 연소를 시킬 경우에는 30-65%의 연소효율을 보인다. 그런데 이를 펠릿의 형태로 물리적인 가공을 거치게 되면 펠릿 스토브를 통해 80%이상의 연소효율을 얻을 수 있게 된다. 목재 펠릿은 기존 화석 연료와 비교했을 때 열량은 낮지만 온실가스를 크게 절감할 수 있는 것으로 알려져 있다.

바이오에너지 생산관련 기술에 있어서 목질계 바이오 에너지는 전반적으로 응용연구단계 수준인 것으로 알려져 있다. 국내에 기 보급이 이루어지고 있는 목질계 바이오매스 열병합 분야 및 목질 칩 제조 및 관리 기술도 수입에 의존하는 경향이 있다. 배출가스 제어 기술 수준은 비교적 높은 것으로 나타났다. 열분해 오일 및 목질 가스화 기술에 대해서도 선진 기술과는 여전히 거리가 있다. 목질계 원료가 부피에 비해 발열량이 낮으므로 원료 조달이 국내에서 이루어져야 하나, 임도 및 가공설비 부족, 인건비 과다 등으로 국내 조달에 어려움을 겪고 있다.

현재 에너지용으로 사용되는 목재 펠릿은 난방으로 활용되는 양이 대부분이며 나머지는 석탄과 함께 혼소발전이 이용되고 있으나 여전히 석탄에 비해 가격적으로 열위에 있으므로 타 신재생에너지원에 비해 발전단가가 높다는 단점이 지적되고 있다. 현재 생산된 목재펠릿이 발전에 사용되는 비율은 3%에 불과하고 목재펠릿으로 이용되지 않는 목질계 자원이 절반에 이른다고는 하지만 2020년 기준으로 해외도입 비율이 80%에 이르는 것으로 추정되어 원료 수급에 문제가 발생할 수도 있다.

국내에서 목질계는 우드칩, 펠릿 등 고형 연료 생산 기술과 가스화 기술이 주를 이루며 2010년 62,306MWh

Table 4 제3차 기본계획에 의한 바이오에너지 공급 목표⁷⁾
(단위: MWh)

구분	'08	'10	'15	'20	'30
목질계	-	62,306	166,396	1,146,446	2,628,920
바이오가스	294	3,449	31,372	64,222	161,129

에서 2020년 1,146,446MWh보급을 목표로 하고 있다. 바이오가스는 2010년 3,449MWh에서 2020년 64,444MWh 보급을 목표로 하고 있다.

3. 국내 바이오에너지 잠재량

3.1 국내 신재생에너지 원별 잠재량 총괄

국내 신재생에너지 잠재량 산정에는 부존 잠재량, 가용 잠재량, 기술적 잠재량을 사용한다. 부존 잠재량은 국내 전체에 부존하는 에너지 총량을 말하며 가용 잠재량은 부존 잠재량 중 에너지 설비가 설치될 수 있는 지리적 여건을 고려한 양으로서 지리적 잠재량과 유사한 개념이다.⁸⁾

앞서 제시한 기준에 따라 한국에너지기술연구원은 국내 신재생에너지원별 전체 잠재량을 산출해오고 있다. 기술적 잠재량은 가용 잠재량의 1.1%, 공급가능 잠재량은 기술적 잠재량의 5.2% 수준이다. 부존 잠재량의 대부분은 지열에너지이며 다음으로 태양에너지의 부존량이 많은 것으로 나타났다. 그러나 기술적 제약을 고려한 기술적 잠재량에서는 태양에너지가 가장 많은 잠재량을 나타내는 것으로 보고되었다.

3.2 국내 바이오에너지 부존량

바이오매스 자원은 임산 바이오매스, 경장지의 작물 부산물을 포함한 농부산 바이오매스, 축산분뇨를 포함한 축산폐기물 바이오매스 및 도시 폐기물 중 가연성분의 도시폐기물 바이오매스를 말한다. 바이오매스의 부존 잠재량은 2007년도에 전국 시군구를 대상으로 실시한 조사 결과에 따르면 141,855천toe/년으로 집계되었으며 현재에도 이와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 알려져 있다.

가용 잠재량은 앞서 산출한 부존 잠재량 중 기타 용도로 사용되는 양을 제외한 값을 말한다. 기술력 잠재량은 임산 바이오매스의 연간 임목축적량, 농부산 바이오매스, 축산폐기물 및 도시폐기물 바이오매스의

Table 5 국내 신재생에너지 전체 잠재량⁴⁾

(단위: 천 TOE)

구분	부존 잠재량	가용 잠재량	기술적 잠재량	비고
태양열 에너지	11,159,495	3,483,910	870,977	태양열시스템 변환효율(25%)
태양광 에너지			585,315	태양광시스템 변환효율(15%)
풍력 에너지	육상 121,433	24,293	8,097	2MW급 국산 풍력발전기 적용
	해상 172,781	60,813	22,264	3MW급 국산 풍력발전기 적용
수력 에너지	126,273	65,210	20,867	
바이오매스 에너지	141,855	11,656	6,171	임산, 농부산, 축산, 도시폐기물 바이오매스에 대한 2010년 기준임 2030년:6,171예상
지열에너지	2,352,347,459	160,131,880	233,793	심부지열
해양 에너지	조력		2,559	
	조류		288	
	파력	352,000	17,600	3,500
총 계	2,364,421,296	163,795,362	1,753,831	

연간 배출량 중에서 현재의 재배 수집 및 변환 기술로써 합리적으로 활용될 수 있는 양을 추정한 것이다. 단, 이는 2030년을 기준으로 산출되었으며 기술적 잠재량에서는 음식쓰레기, 하수슬러지, 바이오디젤용 유채 재배 잠재량도 포함되어 있다. 2030년 기준으로 바이오매스의 기술적 잠재량은 6,171천toe로 이는 해당 분야 기술의 기술적 성숙도를 고려했을 때 가장 낮은 잠재량을 보여주고 있다.

2012년 국내 1차 에너지 소비량이 250.01Mtoe임을 고려할 때 바이오매스의 2030년 기술적 잠재량은 현재 국내 1차 에너지 소비량의 2.5%에 불과한 수준이다. 특히 발전분야로의 적용을 고려하면 이 수치는 현저히 떨어지게 된다.

4. 국내 바이오에너지 보급에 따른 온실가스 저감 추정

전술한 바와 같이 바이오매스의 대부분은 수송용으로 사용되고 목질계는 난방용으로 많이 활용되고 있는 실정이다. 바이오매스 활용과 관련하여 주목을 끌고 있는 목질계는 수송용 바이오연료 양산에 대한 기술개발이 집중되고 있고 발전 목적으로는 펠릿제조에 따른 석탄과의 혼소발전으로 활용이 시도되고 있다.

바이오매스에 의한 2020년 목표 발전량은 목질계 및 가스화를 포함하여 1,210,668MWh이며 이에 따른 온실가스 감축량은 513,323 tCO₂/yr로 발전부문 감축 목표치인 6,461만tCO₂의 0.8%이다. 2020년 기술적 잠재량 활용비율은 6.4%였다. 목질계 바이오매스에 대

Table 6 년도별 바이오에너지 보급에 따른 잠재량 활용비율과 온실가스 감축량 추정

		2008	2010	2015	2020	2030
발전량(MWh)	목질계	-	62,306	166,396	1,146,446	2,628,290
	바이오가스	294	3,449	31,372	64,222	161,129
	총계	294	65,755	197,768	1,210,668	2,789,419
부존 잠재량 활용비율 (%)		6.80×10 ⁻⁵	0.015	0.046	0.280	0.645
기술적 잠재량 활용비율(%)		1.56×10 ⁻³	0.349	1.051	6.432	14.820
온실가스 감축량 (tCO ₂ /yr)		-	-	-	513,323	1,182,713
발전비용(원/kWh)	목질계	-	-	-	158	50
	바이오가스	-	-	-	140	40

한 보급 잠재량 활용비용을 추정하면 2020년에 약 15%, 2030년에는 약 30%에 도달하게 된다.

현재 목재펠릿은 대부분 목재펠릿 보일러에 이용되며 보일러 설치 시 보일러 가격의 70%를 지원해주고 있어 목재펠릿에 대한 수요가 급증하고 있는 상황이다. 바이오디젤이나 바이오에탄올과 마찬가지로 목질계 또한 원료의 수입에 의존할 수밖에 없는 공급의 한계와 낮은 가격 경쟁력의 문제를 갖고 있다. 현재 소비되고 있는 목재 펠릿의 약 90%는 수입을 통해 공급되고 있다. 2012년 기준 국내에서 유통되는 산업용 목재 펠릿의 가격은 톤당 25~30만 원 선에서 형성되었다. 동남아에서 수입하는 목재펠릿의 가격은 톤당 20만 원 이하이므로 늘어난 수요에 맞추어 대량으로 수입할 수밖에 없는 상황이다. 폐목재나 간벌목에 대한 수거체계가 확립되더라도 국내산 목재펠릿의 원료비와 제조비가 동남아의 2배에 이르는 현재의 상황에서 원료 경쟁력 확보가 쉽지 않을 것이다.

지금은 난방을 제외한 발전용 목재 펠릿의 대부분은 석탄과의 혼소에 의한 혼소발전에 이용되고 있으나 여전히 석탄에 비해 가격적으로 열위에 있으므로 타 신재생에너지원에 비해 발전단가가 높게 형성되어 있다. 현재 생산된 목재펠릿이 발전에 사용되는 비율은 3%에 불과하고 목재펠릿으로 이용되지 않는 목질계 자원이 절반에 이른다고는 하지만 2020년 기준으로 해외도입 비율이 80%에 이르는 것으로 추정되어 원료 수급에 문제가 발생할 수도 있다. 장기적으로는 바이오매스로부터 수소를 양산하기 위한 방향으로 연구개발이 진행될 것이므로 바이오매스 활용에 대한 중기적인 보급 전망은 그리 높지 않다고 할 수 있다.

4. 결 론

국내 바이오에너지 보급에 따른 온실가스 저감 평가를 위해 바이오에너지 기술 현황 및 국내 보유 잠재량을 살펴보았다. 온실가스 저감과 관련하여 바이오

에너지가 갖는 탄소중립으로서의 장점과 높은 부존 잠재량에도 불구하고 실질적인 기술적 잠재량은 낮은 것으로 확인되었다. 바이오매스 중에서도 목질계에 의한 발전 부문은 현재의 원료가격과 기술적 잠재량 활용측면을 고려할 때 보급에 어려움이 따를 것으로 예상된다. 특히 해외에서 도입되는 목재 펠릿에 대해 국내에서 공급되는 목재 펠릿의 경제성 확보는 원료비가 대부분을 차지하는 바이오매스 원료의 특성상 경제성을 확보하기가 어렵다. 이는 과거 수송용 바이오 연료인 바이오디젤 보급 과정에서 겪었던 문제와 유사하다고 하겠다. 정부가 제시한 온실가스 감축목표 달성을 위한 바이오에너지의 활용을 위해서는 국내 부존잠재량에 대한 명확한 조사 및 국외 바이오매스를 포함한 안정적 수급 방안이 시급히 마련되어야 할 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 한국에너지경제연구원의 지원을 받아 수행하였습니다.

References

- 1) CIA, "The World Factbook", 2012.
- 2) 온실가스 종합정보 센터, "온실가스 통계", 2013
- 3) 산업통상자원부, "제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획(2009~2030)", 2008
- 4) 에너지관리공단, "2012년 신재생에너지 보급통계", 2013
- 5) 한국축산경제연구원, "우리나라 바이오매스 이용 실태에 관한 기초조사", 2010
- 6) 신재생에너지 데이터센터 [http://www.kredc.net]
- 7) 에너지관리공단, "신재생에너지 보급정책 및 산업 육성 시책", 2010
- 8) IPCC, "Renewable energy sources and climate change mitigation-Special reports of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, 2012