

CDM에서의 바이오매스 에너지 활용현황 및 전망

명 소영¹⁾

The Analysis about the Status of Biomass Energy in CDM Market

Soyoung Myung

Key words : Renewable energy, Biomass, CDM, GHG

Abstract : It was investigated on this paper that the status of biomass energy utilization in the registered CDM projects. The ratio of the case including the energy recovery among the registered biomass CDM projects is just about 57%. Direct thermal conversion technology is the most commonly applied for biomass energy recovery projects. Through the comparative study with world renewable energy outlook, the contribution of CDM to biomass energy supply in the world is not considerable yet.

subscrip

CDM : Clean Development Mechanism
A/R CDM : Afforestation and Reforestation CDM
GHG : Green House Gas
CDM-EB : CDM Executive Board
PDD : Project Design Document
IEA : International Energy Agency
TPES: Total Primary Energy Supply
CERs: Certified Emission Reductions

1. 서론

바이오매스(biomass)는 원래 육상과 수상의 식물과 동물 및 미생물을 포함하는 지구상의 모든 유기체를 물질론적 관점으로 일컫는 것으로, 농업과 임업 그리고 관련 산업의 부산물이나 하수처리장슬러지, 도시고형폐기물 등의 유기성 폐기물까지를 포함하는 개념으로 이해되고 있다¹⁾.

다른 재생에너지원과는 달리 바이오매스(biomass)는 일종의 탄소화합물로서 화석연료에 대한 직접적인 대체가 가능한 저장가능형 에너지원이다. 지속가능한 관리가 전제되는 경우에 있어서는 연소 시 발생하는 CO₂에 대하여 지구온난화에 영향을 미치지 않는 것으로 간주된다. 바이오매스가 가지는 이러한 장점들은, 화석연료의 유한성과 기후변화문제에 대한 우려가 심화되면서 더욱 주목 받고 있다.

본 논문에서는 CDM분야에서의 바이오매스 에너지 활용 현황을 조사·분석하여, 바이오매스 공급확대에 대한 CDM의 기여도를 확인하고, CDM을

통한 바이오매스 에너지 시장의 잠재성 및 향후의 CDM 프로젝트에 있어서의 바이오매스 에너지 기술 방향 등을 예측하고자 한다.

2. 바이오매스 CDM 프로젝트 현황조사

2.1 이론적 배경

1) 바이오매스 자원화 기술

바이오매스는 일종의 고분자 탄소화합물이라고 할 수 있으며, 분자결합에 힘(Force)을 가하면 화학적 구조가 변형될 수 있다. 바이오매스 자원화 기술은 이러한 원리에 근거한 것으로, 바이오매스에 열적, 생물학적 또는 기계적인 힘을 적절히 가하여 열에너지, 연료, 또는 기타 유용한 물질로 전환하는 기술을 말한다. 다음의 Fig. 1에 현재 가장 널리 알려진 바이오매스 자원화 기술에 대하여 전환기술의 관점으로 요약 하였다²⁾.

2) CDM에서의 바이오매스 정의³⁾

CDM-EB는 바이오매스를 "식물, 동물, 미생물에서 기원하며 화석화(non-fossilized)되지 않고 생물학적으로 분해가능한 유기성물질"이라고 정의하고 있으며, 농업, 임업 및 관련 산업에서 비롯된 부산물, 잔재물, 폐기물뿐 만 아니라, 산업 폐기물 또는 도시고형폐기물 중 생물학적으로 분해가능한 부분, 그리고 이들로부터 회수된 기체 및 액체까지를 포함하는 개념으로 정의하였다.

1) (주)그린폴라리스

E-mail : soyoung@greenpolaris.com

Tel : (02)706-2456 Fax : (02)706-6269

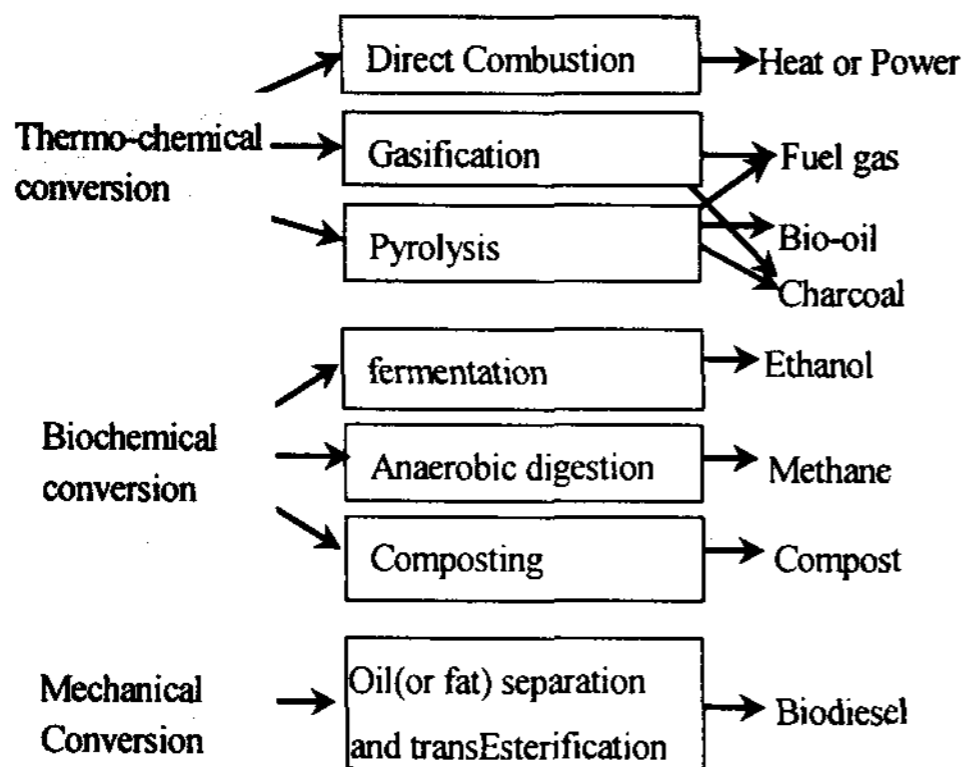


Fig. 1 Biomass conversion process options

2.2 프로젝트 현황⁴⁾

본 연구에서 “바이오매스 프로젝트”란, CDM-EB가 정의한 바이오매스를 이용하거나 처리하여 온실가스 저감활동을 수행하는 프로젝트를 의미하는 것으로, 바이오매스에 의한 CO₂ 흡수효과를 다루는 A/R CDM 프로젝트는 본 연구 범위에서 제외하였다.

CDM 프로젝트 등록현황을 조사한 결과, 2007년 10월1일 현재 803건이 등록되었으며, 이 중 바이오매스 프로젝트는 372건으로 전 등록프로젝트의 46% 이상을 차지하고 있었다.

2.2.1 프로젝트 형태 분석

1) 온실가스 감축원리에 따른 분류

등록된 바이오매스 프로젝트들은 온실가스 감축효과가 발생하는 원리에 따라 다음과 같이 두 가지로 활동형태로 나누어 볼 수 있었다.

① 온실가스 배출 경로차단 및 회피

바이오매스의 적정관리를 통해 바이오매스가 CO₂ 외의 온실가스(CH₄, N₂O)로 전환되지 않도록 함으로써 CH₄ 및 N₂O의 발생 및 배출 경로를 회피또는 차단함에 따라 감축효과를 얻는 활동

② 에너지 회수 및 이용

바이오매스를 에너지원으로 활용함에 따라 화석연료 사용을 대체함으로써 CO₂ 감축효과를 얻는 활동. 직접연소 외에 혐기성 소화, 가스화 등의 바이오매스의 화학구조를 전환하여 에너지원으로 사용하는 프로젝트의 경우에는 바이오매스 에너지 활용에 의한 온실가스 저감효과 외에도, CO₂외의 다른 온실가스로 배출되는 경로를 차단함에 따른 감축 효과도 수반될 수 있다.

2) 적용기술 현황

등록된 372건의 프로젝트에 대하여 적용된 기술별로 분류하고, 이를 다시 앞 절에서 언급한 바 있는 온실가스 감축원리에 따라 세분하여 Table 1에 정리하였다. 여기서 “회피”는 온실

가스 배출 경로차단 및 회피를, “에너지”는 에너지 회수 및 이용을 의미하는 것이다.

Table 1 The registered biomass CDM projects in classification according to conversion technology

자원화 기술		GHG 감축원리	*에너지 공급량 (MW)	프로젝트 수	
분류	적용대상			건수	sub-total
혐기성 소화	매립지가스	에너지	193.8	26	57
		회피	-	31	
	농축부산물	에너지	0	0	94
		회피	-	94	
	폐기물/폐수	에너지	66.4	13	45
		회피	-	32	
직접 연소	농업부산물	에너지	672	87	87
	산업폐기물	에너지	1491.2	72	72
	목재류	에너지	154.6	14	14
가스화	폐기물	에너지	6	1	1
퇴비화	폐기물	회피	-	2	2
total			2584.1	372	

주) *에너지공급량: PDD에 기록된 예상 에너지 설비용량에 근거하여 산정한 것임

기술별로 프로젝트 등록건수를 살펴보면, 혐기성 소화원리를 이용한 건수는 192건(약53%), 바이오매스 직접연소에 의한 에너지 회수 프로젝트는 173건(약46%)으로 것으로 조사되었다. 이 결과를 통해, 현재 바이오매스 CDM 프로젝트는 혐기성소화기술과 소각기술에 대한 의존도가 절대적으로 높음을 알 수 있었다.

3) 바이오매스 에너지 활용 현황

바이오매스 프로젝트 중 에너지가 회수된 프로젝트는 모두 약213건(53%)으로, 프로젝트에 의한 에너지공급량은 약2584.1MW인 것으로 조사되었다. 한편, 바이오매스를 제외한 재생에너지 프로젝트를 조사한 결과, 현재 267건 등록되었으며, 8798MW의 에너지 공급이 예상되었다(Table 2).

Table 2 Total amount of energy to be installed by registered renewable energy projects

Type	프로젝트 건수	에너지생산량(MW)
Geotherma	5	295
Hydro	145	3195
Solar	4	9
Tidal	1	254
Wind	112	5045
Biomass	213	2584
Total	480	11382

이 결과를 볼 때, CDM에 의해 공급되는 재생에너지 공급량의 23%는 바이오매스에 의한 것이라고 할 수 있다.

기술별로 에너지 활용 프로젝트 건수를 살펴 보면, 직접연소기술이 적용되는 프로젝트는 모두 에너지회수 활동을 포함하고 있다. 그러나 혐기성소화기술이 적용된 프로젝트의 20%(39건) 정도만이 에너지회수 활동을 수반하고 있었다. 직접연소 프로젝트에 의한 에너지 공급량(2318MW)이 소화기술 프로젝트에 의한 에너지 공급량(약 260MW) 보다 9배 이상 큰 것으로 조사되었다. 농축산 부산물 혐기성소화 프로젝트는 주로 축산분뇨, 가축의 깔짚 같은 농축산 부산물을 대상으로 하는 프로젝트로서, 혐기성 소화기술을 적용한 프로젝트 중 가장 많이 등록된 형태이지만(46%), 이러한 프로젝트를 통해 소화가스(biogas, CH₄)를 에너지로 활용하는 사례는 아직 등록되지 않았다. 매립지가스 프로젝트의 경우에는 57건 중 약 26건에서 CH₄가스를 에너지원으로 활용하고 있었다. 이 결과는 매립가스 프로젝트에서의 에너지 활용비율이 약 46%인 것으로 해석된다. 같은 방식으로 폐기물 소화 프로젝트에서 에너지를 활용하는 비율을 산정하면 약 29%가 된다. 따라서 혐기성 소화프로젝트 중 에너지 활용이 가장 활발한 형태는 매립지 가스 프로젝트라고 할 수 있다. 이러한 사실은, 소화기술적용 프로젝트의 건당 에너지공급량 비교를 통해서도 확인할 수 있다. 매립가스 프로젝트의 건당 에너지 공급량은 약7.45MW인데 데 비하여, 폐기물 소화처리 프로젝트에서는 약5.11MW로 계산된다.

직접연소 프로젝트에서 연료로 사용되는 바이오매스 종류는 농업부산물(약50%)과 유기성 산업폐기물(약42%)이 목재류(약8%)보다 훨씬 많이 사용되고 있었다. 프로젝트 당 에너지 생산량은 농업부산물의 경우 약7.7MW로서, 유기성 산업폐기물이 (약20.7MW)이나 목재류(약11MW)보다 낮았다.

2.2.2 프로젝트 수행 지역 분석

등록된 바이오매스 프로젝트를 기술별로 분류한 후 각각을 프로젝트 수행국(host country)별로 조사하여 다음의 Table 3에 정리하였다.

등록 건수로 볼 때, 인디아가 109건으로 1위를 기록하고 있으며, 멕시코(84건)와 브라질(71건)이 그 뒤를 잇고 있다. 그러나 에너지 생산량 측면에서 조사한 결과, 브라질은 약947MW, 인디아는 약905 MW를 생산하면서 1,2위를 차지하는 반면 멕시코는 약3MW를 생산하는 정도에 그쳤다. 이는 멕시코와 브라질은 공통적으로 혐기성 소화기술에 대한 의존도가 높지만, 멕시코는 농축산 부산물 적정처리에 의한 “메탄발생회피” 프로젝트가 전체 프로젝트의 68%를 차지하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

Table 4는 주요 국가들을 중심으로 에너지 생산량을 정리한 것이다. 국가별로 프로젝트 건당 에너지 생산량을 볼 때, 대한민국이 약26MW로서 가장 높으며, 태국(약18MW), 브라질(약13MW), 중국(약11MW), 인디아 약8MW) 순으로 나타났다.

Table 3 The registered biomass CDM projects in classification according to host countries

혐기성-매립가스		혐기성-농축산 부산물	
국가	건수	국가	건수
Brazil	15	Mexico	57
Argentina	6	Brazil	20
Chile	6	Philippines	8
China	6	Chile	4
Israel	2	Ecuador	3
Malaysia	2	Armenia	1
Mexico	2	Indonesia	1
South Africa	2	직접연소	
South Korea	2	국가	건수
Tunisia	2	India	99
Armenia	1	Brazil	36
Bangladesh	1	Malaysia	11
Bolivia	1	China	6
Costa Rica	1	Chile	4
Ecuador	1	Indonesia	3
Egypt	1	Argentina	2
El Salvador	1	South Africa	2
Georgia	1	Thailand	2
India	1	Cambodia	1
Indonesia	1	Ecuador	1
Peru	1	El Salvador	1
Tanzania	1	Honduras	1
혐기성-폐기물		Isrel	1
국가	건수	Nicaragua	1
Mexico	25	Philippines	1
India	8	Uruguay	1
Nepal	2	가스화	
Philippines	2	국가	건수
Honduras	2	India	1
Indonesia	1	퇴비화	
Malaysia	1	국가	건수
Nicaragua	1	Bangladesh	1
Peru	1	China	1
South Africa	1		
Thailand	1		

Table 4 Total amount of energy to be installed by biomass projects for the major countries

국가	*에너지 공급량(MW)	국가	*에너지 공급량(MW)
Brazil	947	El Salvador	39
India	905	Indonesia	29
China	158	Ecuador	28
Chile	108	South Africa	26
Malaysia	91	Honduras	15
Nicaragua	55	Argentina	10
Thailand	53	Philippines	8
South Korea	52	Mexico	3

주) *에너지공급량: PDD에 기록된 예상 에너지 설비용량에 근거하여 산정한 것임

3. 결과 및 고찰

2007년 발간된 IEA 보고서⁵⁾에 따르면 2004년 현재 세계 1차에너지 총공급량(TPES)의 약 13%는 재생에너지에 의한 것이며, 이 중 약 80%는 바이오매스에 의한 것이라 한다. 이 보고서에서는 재생에너지에 의한 TPES 중 3/4는 개발도상국에 의

한 것으로, 다른 재생에너지는 OECD에서 사용비율이 더 높은 것과는 달리, 바이오매스 에너지는 개발도상국 특히 아시아 지역에서의 사용율이 50%이상으로 월등하게 높게 나타났다. 또 다른 IEA 보고서⁶⁾에서는 2004년 현재는 바이오매스 에너지의 약 66%가 (TPES의 7%) 전통적인 방식에 의하여 획득되고 있으며, 개발도상국에서는 대부분 전통적인 방식에 의존하고 있는 것으로 보고하였다.

본 연구에서는, CDM을 통해 공급되는 재생에너지 중 바이오매스의 기여율은 23%에 그쳤다(;Table 2). 이 값은 CDM 프로젝트가 기존의 전통적 에너지 회수 방식이 배제되는 특징이 가지고 있다는 점을 고려하더라도 저조한 결과라고 볼 수 있다. (;IEA 통계를 재생에너지 중 신기술에 의한 바이오매스 에너지 공급율로서 환산하면 약 37%가 되기 때문이다.)

본 연구를 통해 나타난 바이오매스 에너지 CDM 프로젝트를 등록한 국가들의 지역분포를 살펴보면, 아시아와 남미의 국가들이 주류를 이루고 있으며(;Table 3), 프로젝트에 의한 에너지 공급량을 기준으로 하면, 아시아의 비중이 월등히 높음을 알 수 있다(;Table 4). 이 결과는 바이오매스 에너지 사용에 대한 세계적인 경향과도 일치하는 것으로 보인다. 한 가지 주목할 점은 IEA 통계에 의하면 세계 바이오매스 에너지의 19%이상을 중국에서 소모하는 것으로 나타나 있지만, CDM 분야에서 중국의 바이오매스 에너지 공급량(약158MW)은 CDM에 의한 바이오매스 에너지 공급량(약2584 MW)의 약 6%에 불과하다는 점이다. 이러한 사실들로부터 중국의 바이오매스 CDM 시장 개발 잠재력이 크다는 사실을 유추할 수 있다.

연구결과, 바이오매스 CDM 프로젝트들 중에서 바이오매스가 에너지원으로 활용되는 사례는 약 57% 정도에 그쳤다. 또 현재 CDM 프로젝트는 직접연소기술(약46%)과 혐기성소화기술(약53%)에 대한 의존율이 매우 높지만, 혐기성소화기술의 경우 에너지회수 기술로서의 활용율은 20%정도에 불과하였다. 특히 농축부산물 소화분야로 등록된 프로젝트에서의 에너지 활용 사례는 전무하다(;Table 1). 이러한 연구결과로부터 몇 가지 사실을 유추할 수 있다. 먼저, 에너지 회수 프로젝트가 직접연소기술에 편중되는 점을 볼 때, 현재 바이오매스 에너지 관련 CDM 프로젝트는 고부가의 에너지 생산 측면 보다는 기술적용의 용이성과 안전성이 선호되고 있음을 알 수 있다. 또 향후 각국의 폐기물 처리에 대한 환경규제가 강화되면서, 에너지회수를 동반하는 혐기성소화 프로젝트의 비율도 높아질 것이라는 점이다.

직접연소 기술을 제외하면, 혐기성 소화기술은 에너지 전환기술 중 상당히 안정된 기술수준에 이르렀다⁷⁾. 그러므로 기술의 용이성과 안정성 측면에서 본다면 혐기성소화 기술의 적용성도 당연히 높아야 한다. 그럼에도 불구하고 현재 CDM에서 소화기술은 에너지 회수보다는 메탄회피 프로젝트에 적용한 사례가 훨씬 많다. 이러한 현상은 현재 바이오매스 프로젝트가 주로 이루어지는 대부분의 개발도상국의 유기성 폐기물(또는 폐수)처리에 대한 규제가 상대적으로 까다롭지 않기 때문에 나타나는 것으로 이해할 수 있다. 규

제가 심하지 않은 조건에서는 CDM프로젝트의 추가성을 입증하기 위한 베이스라인도 함께 낮아지는데, 이러한 상황에서 흔히 CERs 생산량 대비 프로젝트 투자비를 고려하여 경제적인 방향으로 프로젝트를 구성하고자 할 때, 에너지회수활동은 배제되고 진행될 확률도 그만큼 높아질 것이다. 그러나 세계적으로 환경규제가 높아지고 있는 현실을 감안할 때, CDM 프로젝트 구성요건을 만족시키기 위해서는 결국 폐기물의 적정처리 이상의 추가적인 활동 즉, 에너지회수활동이 수행되어야 하는 경우도 증가할 것으로 보인다.

현재까지 바이오디젤이나 바이오에탄올 같은 액상바이오연료 프로젝트의 등록사례가 없으므로, 본 연구에서 다루지 않았다. 그러나 최근들어 액상바이오연료에 대한 수요가 급증하고 있는 바, 비록 CDM으로서 타당한 액상바이오연료 프로젝트를 개발하기 위한 장벽이 높기는 하지만, 머지않아 액상바이오연료 프로젝트 등록사례를 찾게 될 것으로 전망된다. 실제로 바이오디젤에 관한 1개의 방법론이 이미 승인된 상태이다.

4. 결론

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 현재 바이오매스 CDM 프로젝트에서 바이오매스를 에너지원으로 활용하는 비율은 57%였다.
- 현재 등록된 CDM 프로젝트에서 바이오매스 에너지기술은 직접연소 기술에 편중되어 있다.
- 혐기성 소화기술이 적용된 CDM 프로젝트 중 에너지 회수활동이 가장 활발한 형태는 매립가스 회수 프로젝트이다.
- 바이오매스 에너지 공급확대에 대한 CDM의 기여율은 아직 낮은 편이다.
- 중국을 비롯한 아시아에서 바이오매스 CDM 시장 개발 잠재력이 클 것으로 예측된다.
- 각국의 환경규제가 높아짐에 따라 에너지회수가 강조되는 고효율 소화기술이 발전하게 될 것이며, CDM 프로젝트를 통한 바이오매스 에너지 공급확대율도 증가될 것이다.

References

- [1] Klass D. L., 1998, "Biomass for renewable energy, fuels and chemicals", Academic Press, pp. 495-497
- [2] Peter M., 2002, "Energy production from biomass (part1): overview of biomass", Bioresource Technology, 82, pp. 37-46
- [3] <http://cdm.unfccc.int/EB/Meetings/020/eb2Orep.pdf>.
- [4] <http://cdm.unfccc.int/Projects/index.html>
- [5] International Energy Agency(IEA), 2007, "Renewables In Global Energy Supply : An IEA Fact Sheet", OECD, pp. 3-5
- [6] International Energy Agency(IEA), 2006, "World Energy Outlook 2005", OECD, pp. 225-232
- [7] International Energy Agency(IEA), 2006 "Renewable Energy : RD &D Prioritied," OECD.