

석탄화력에서 목질계 바이오매스의 혼소시 CDM 사업 연구

정남영[†] · 김래현[†]

서울과학기술대

(2011년 6월 8일 접수, 2011년 9월 9일 수정, 2011년 9월 9일 채택)

The Study on CDM Project of Ligneous Biomass Co-fired in Coal Thermal Power Plant

Nam-Young Jeong[†] and Lae-Hyun Kim[†]

The Graduate School of Energy and Environment Seoul National University of Science and Technology

(Received 8 June 2011, Revised 9 September 2011, Accepted 9 September 2011)

요 약

목질계 등 유기성 바이오매스는 탄소중립(Carbon Neutral) 특성으로 인해 이산화탄소 배출이 없고, 기존의 석탄화력 혼소시에도 별도의 설비개조 없이 연료로 사용이 가능하며 연료 수급에도 안정성을 유지할 수 있다. 이러한 목질계 바이오매스를 석탄화력발전소에서 혼소하여 생산한 전력을 계통망에 공급하는 사업에 대해 CDM사업을 추진할 경우, AM0085 방법론을 적용할 수 있으며, kWh당 연료비도 유연탄보다 상대적으로 높아 경제적 추가성 입증 가능성이 가능하다. 그리고 바이오매스의 탄소중립 특성으로 목질계 바이오매스를 이용하여 생산한 전력은 석탄을 통해 생산한 동일한 전력에 비해 1 MWh 당 0.6737 tCO₂의 온실가스 저감효과가 존재한다.

주요어 : 목재펠릿(Wood Pellet), 청정개발체제(CDM), 석탄화력 혼소(Co-firing)

Abstract — Ligneous biomass such as wood pellet is characterized as carbon neutral which has no carbon dioxide emission ; additionally, it can be used as an alternative fuel by co-firing without additional plant reformation as well as for maintaining stability of fuel supply. We can develop CDM project while co-firing by using biomass into conventional coal fired thermal power plant with AM0085 CDM methodology, and it's possible to prove additionality as fuel cost per kWh is higher than bituminous. The study shows that the electricity by biomass can reduce green house emission by 0.6737tCO₂ per MWh.

Key words : Wood Pellet, CDM, Co-firing

1. 서 론

CDM(Clean Development Mechanism, 청정개발체제) 사업은 1997년 제3차 기후변화협약 당사국총회에서 교토의정서 제12조에 따라 교토 메커니즘의 하나로 채택되었으며, 사업(project) 단위의 온실가스 감축 실

적을 배출권처럼 거래할 수 있도록 만든 제도이다. 동 사업의 주목적은 개발도상국가의 지속가능한 개발을 돕는 동시에 부속서 I국가(온실가스 의무 감축 대상)의 온실가스 감축의무를 비용 효과적으로 달성하는데 목적을 두고 있다(교토의정서 12조 2항).

최초로 등록된 CDM사업은 2004년 11월 18일에 등록된 브라질의 NovaGerar LFG 발전 사업이며, 2011년 5월 현재 총 3,092건의 CDM사업이 UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)에 등록되었으며 발행된 CERs(Certified Emission Reductions)

[†]To whom corresponding should be addressed.
Korea Midland Power Co., Ltd 167, Samsung-dong,
Gangnam-gu, Seoul, 135-791, Korea
Tel : 041-680-7627;
E-mail : powerjny@komipo.co.kr, lhkim@seoultech.ac.kr

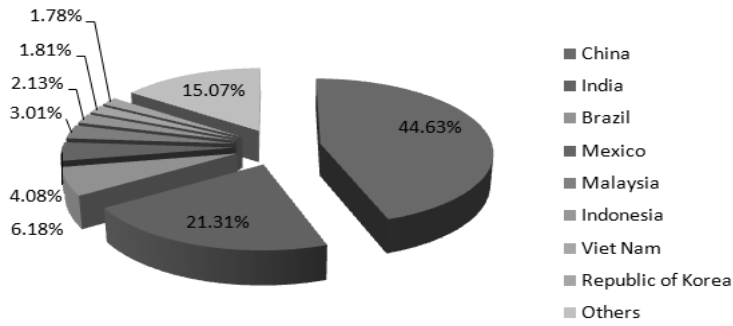


Fig. 1. Registered project activities by host party.

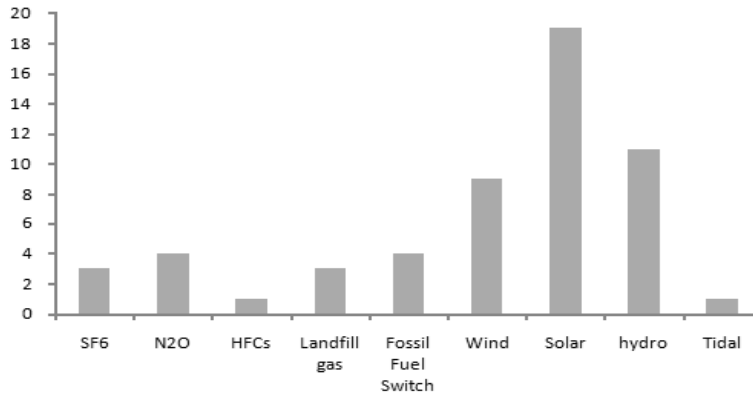


Fig. 2. Number of registered project by project type, Korea.

은 약 6억1천만톤이다.

전 세계 등록된 CDM 사업건수는 중국이 1,380건의 사업으로 44.63%를 차지하여 가장 많은 CDM 사업이 등록되었다. 그 다음으로 인도, 브라질 등의 순으로 등록된 사업의 수가 많다. 우리나라는 총 55건의 사업이 등록되어 8번째로 많은 CDM사업이 등록되었으며 전 세계 등록된 사업 비중의 1.78%를 차지한다.

국내 등록된 CDM 사업의 프로젝트 형태를 분석해 보면, 태양광, 수력, 풍력 사업 순으로 등록된 사업 수가 많으며 대부분이 신재생에너지 관련 사업으로 추진되고 있다.

본 연구에서는 국내 석탄화력발전소에서 목질계 바이오매스를 연료로 활용하여 전력을 생산하는 프로젝트에 대한 CDM 사업에 대하여 적용가능한 방법론, 추가성 입증, 온실가스 저감량 등에 대해서 연구하고자 한다.

2. 바이오매스의 정의 및 특성

일반적으로 바이오매스(Biomass)를 연료화하는 CDM 사업에서는 바이오매스의 탄소중립(Carbon Neutral)

효과를 활용하여 바이오매스를 연료로 활용할 경우 배출되는 CO₂는 배출량으로 고려하지 않는다. 바이오매스는 구성 성분에 탄소를 포함하고 있으므로 당연히 연소시에는 CO₂가 배출되지만, 이때 배출되는 CO₂는 배출(emit) 보다는 순환(return)된다고 보기 때문이다. 즉, 이때 배출되는 CO₂의 C는 기존의 탄소 순환체계(Carbon Cycle)의 일부분으로 다시 대기로 순환(return)되는 것이지, 화석연료와 같이 수백만 년 전에 땅속 깊이 갇혀있던 탄소를 대기에 배출(emit)하는 것은 아니라는 개념이다.

CDM규정에서는 바이오매스의 탄소중립 효과를 활용할 수 있는 바이오매스를 재생가능 바이오매스¹⁾(renewable biomass)로 정의하고 있다. CDM에서 바이오매스를 연료로 사용하여 온실가스를 저감하는 사업은 대부분 이러한 재생가능한 바이오매스를 활용하는 경우이다. 특히, 바이오매스의 탄소중립 효과를 비교적 객관적이고 투명하게 검증할 수 있는 바이오매스 잔유물(biomass residue)을 활용한 CDM사업이 가장

1) EB 23 Report, Annex 18(Definition of Renewable Biomass)

Table 1. Definition of biomass and biomass residues.

(a)	Biomass means non-fossilized and biodegradable organic material originating from plants, animals and micro-organisms. This shall also include products, by-products, residues and waste from agriculture, forestry and related industries as well as the non-fossilized and biodegradable organic fractions of industrial and municipal wastes. Biomass also includes gases and liquids recovered from the decomposition of non-fossilized and biodegradable organic material.
(b)	Biomass residues means biomass by-products, residues and waste streams from agriculture, forestry and related industries.

Table 2. Definitions of Biomass residues.

ACM0006 Version 11, AM0036 Version 3, AM0085 Version 1
Biomass residues are defined as biomass that is a by-product, residue or waste stream from agriculture, forestry and related industries. This shall not include municipal waste or other waste that contains fossilized and/or non-biodegradable material (small fractions of inert inorganic material like soil or sands may be included).

활발하게 진행되고 있다.

바이오매스와 바이오매스 잔유물(biomass residue)은 EB 23차 회의(EB 23th Report, Annex 18, Clarification on Definition of Biomass and Consideration of Changes in Carbon Pools due to a CDM Project Activity) 에서 바이오매스는 식물, 동물, 유기물로부터 기원하는 비화석화된 그리고 생물분해 가능한 유기성 물질을 의미하고, 바이오매스 잔유물은 농업, 임업 그리고 관련 산업에서의 부산물, 잔유물, 폐수와 같은 바이오매스를 의미한다고 Table 1과 같이 정의되었다.

3. CDM 사업 가능성 연구

석탄화력 발전소에서 목질계 바이오매스를 연료로 혼소하는 사업을 CDM사업으로 추진하기 위해서는 UNFCCC 에서 승인된 적용 가능한 방법론이 존재하는지, 연료 대체에 따른 사업 전후 활동을 비교하여 경제적인 수익이 발생하지는 않는지, 사업 전후 온실가스 저감 효과가 발생하는 지에 대한 추가성을 분석하고 CDM사업을 수행하는 것이 필요하다.

3-1. 적용 가능한 방법론

목질계 바이오매스의 탄소 중립 특성을 활용한 CDM 방법론으로는 통합방법론 ACM0006(Consolidated methodology for electricity and heat generation from biomass residues)과 대규모방법론 AM0036(Fuel switch from fossil fuels to biomass residues in heat generation equipment), AM0085(Co-firing of biomass residues for electricity generation in grid connected power plants)

가 가장 대표적이다.

2011년 5월 현재 ACM006 방법론을 사용한 사업은 73건이 등록됐고, 6건이 거절되었다. AM0036 방법론을 사용한 사업은 3건의 사업이 등록되었고, 2건의 사업이 거절되었다. AM0085 방법론은 2009년 12월 신규방법론으로 승인되어 현재까지 등록된 사업은 없다.

ACM0006, AM0036, AM0085는 모두 바이오매스 잔유물에 대해 정의하고 있으며 CDM사업 참여자로부터 많은 질의를 받고 이에 대한 Clarification²⁾이 진행되었으며, 바이오매스의 탄소중립 효과를 보다 보수적이고 정교하게 다듬기 위해 수차례 방법론이 개정되었다. ACM0006 방법론은 현재 Version 11까지, AM0036은 Version 3까지 개정되었으며, 최근 개정된 내용 중에는 기존 Table 1의 정의에서 화석화된 그리고/또는 생물 분해 가능하지 않은 물질을 포함하는 폐기물을 포함하지 않는다는 내용을 일부 추가하여 바이오매스 잔유물에 대한 정의를 Table 2와 같이 규정하였다.

Table 2의 정의에 따라, 국내에서 폐자원 에너지화 정책의 일환으로 고려되는 목질계 바이오매스의 재활용을 통한 에너지화 사업의 경우에는 해당 바이오매스에 접착제, 페인트 등의 이물질이 묻어 있다면 이러한 연료를 활용하는 바이오매스 CDM사업은 재생가능한 바이오매스의 정의에 부합되지 않으므로 CDM 사업 추진 시에는 추진이 불가능하다.

2) 승인된 방법론의 적용성에 대해 UN의 Meth Panel을 통해 확인하는 절차

3-2. 방법론 적용성

전력망에 전력을 공급하는 발전사에서 석탄을 보조하기 위해 목질계 바이오매스를 연료로 사용할 시에 적용 가능한 방법론은 AM0085이다. ACM006 방법론은 공정에서 열과 전기를 생산할 시에 적용이 가능하며, AM0036 방법론은 열 생산 공정에서 화석 연료를 바이오매스로 대체하는 연료 교체 사업에 적용이 가능한 방법론이다. 또한, ACM0006은 전체 원료 중 바이오매스 사용량이 50%를 초과하여야 하지만, AM0085 방법론은 전체 원료 중 바이오매스가 50% 미만일 경우에 적용할 수 있는 방법론이다.

동 사업에서의 베이스라인 시나리오는 석탄을 원료로 하여 생산한 전력을 전력망에 공급하는 상황이며 프로젝트 시나리오는 원료로 사용되는 석탄의 일부를 바이오매스로 대체하여 전력을 생산하는 상황이다.

3-3. 경제적 추가성

동 사업을 CDM사업으로 등록하기 위해서는 원료로 사용되는 석탄의 일부를 목질계 바이오매스로 대체하였을 경우 경제적 수익 효과가 발생하지 않음을 보여 CDM사업의 추가성을 만족시켜야 한다. 경제성 분석을 위해 먼저 대체되는 유연탄의 가격과 향후 RPS 시행에 따른 신재생에너지 인증서(REC) 요금 등이 고

려되어야 한다. 그러나, EB 22차 회의 보고서에 따라 온실가스를 덜 배출하는 기술에 상대적인 지원을 해주는 정책을 E- 정책으로 간주하여 REC 요금을 고려하지 않고 경제성 분석을 실시할 수 있다.

경제성 분석에서 석탄의 공급가격은 전력거래소에서 발표한 2009년 1월 ~ 2010년 6월 발전소 평균 유연탄 공급가격을 적용하였으며, 목질계 바이오매스는 운반 및 저장 등 취급의 용이성을 고려하여 목재펠릿의 공급가격을 적용하였다. 또한 목재 펠릿의 공급가격은 지역과 공급물량에 따라 가격편차가 크므로 톤당 150,000원~220,000원의 범위를 정하여 4개의 시나리오로 분석하였다.

유연탄 대비 목재펠릿의 경제성 비교에서 kWh당 연료량, kWh당 순연료비 계산식은 아래와 같다.

kWh당 연료량은 발열량 차이로 인해 유연탄은 kWh당 0.363 kg이며, 목재펠릿은 kWh당 0.49 kg이다. kWh당 연료비의 경우에 유연탄은 39.60원이며, 목재펠릿의 공급가격을 150,000원으로 했을 경우 73.50원 220,000원으로 했을 경우 107.81원이다. 따라서, 동일한 양의 전력을 생산한다고 가정할 경우 목질계 바이오매스로 전력을 생산하는 경우에 생산 단가가 상대적으로 높아 경제적 수익이 발생하지 않으므로 CDM사업의 경제적 추가성 입증 가능성이 가능하다.

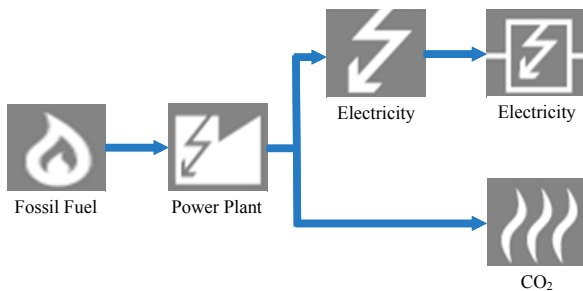


Fig. 3. Baseline Scenario (Fossil fuel is used for power generation).

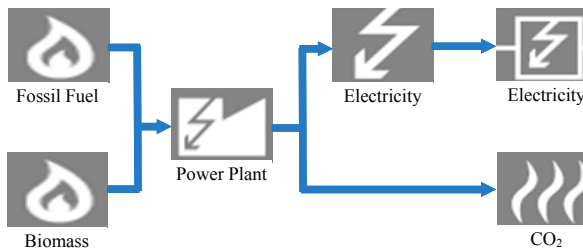


Fig. 4. Project Scenario (Power generation based on co-combustion of biomass residues in a power plant).

3-4. 온실가스 저감량

방법론 AM0085에 따라 베이스라인 배출량은 목질계 바이오매스를 이용하여 생산한 전력량에 전력배출계수를 곱하여 산정하며, 프로젝트 배출량은 연료

Table 3. Standard of wood pellet economic feasibility.

	Bituminous	Wood pellet
Cost (won/ton)	110,866*	150,000 ~ 220,000
Calorie (kcal/kg)	6,080	4,500

*2009.01 ~ 2010.06 KPX data

Table 4. Calculation of wood pellet economic feasibility.

Fuel Quantity per kWh (kg/kWh)	[generation (kWh) × 860 (kcal/kWh)] / [calorie (kcal/kg) × generation efficiency (%)] *Generation efficiency : Bituminous average generation efficiency 39%
Fuel cost per kWh (won/kWh)	fuel quantity per kWh (kg/kWh) × fuel cost (won/kg)

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

Where:

ER_y = Emissions reductions during year y (tCO₂)

BE_y = Baseline emissions during year y (tCO₂)

PE_y = Project emissions during year y (tCO₂)

LE_y = Leakage emissions during year y (tCO₂)

Fig. 5. Calculation of emission reductions.

대체에 기인한 화석연료의 배출량과 목질계 바이오매스 수송에 사용된 연료 사용량으로부터 산정된다. 누출량은 목질계 바이오매스가 기존에 버려지던 바이오매스임을 증명하지 못한다면, 이는 다른 바이오매스 에너지 시설에서 사용됐던 것을 가져와서 사용하는 것으로 간주되어 해당 바이오매스 연료로 인해 저감되는 온실가스 배출량은 실제 저감량에서 제외하고 산정해야 한다.

온실가스 저감량 산정을 위해서는 목질계 바이오매스의 형태(type), 양, 발열량, 운송에 사용되는 연료량 등이 모니터링이 되어야 한다. 목질계 바이오매스를 연소하여 시간당 1 MWh의 전력을 생산하였을 경우, 시간당 저감되는 온실가스의 양은 0.6737 tCO₂이며, 2011년 5월 현재 CER 가격은 12.75 EUR/tCO₂이므로 1 MWh 전력 생산으로 약 13,340원의 CERs 수익이 가능하다.

4. 결 론

목질계 등 유기성 바이오매스는 탄소중립(Carbon Neutral) 특성으로 이산화탄소 배출이 없고, 기존의 석탄화력 혼소 시에도 별도의 설비개조 없이 연료로 사용이 가능하고 또한 다른 바이오매스 연료에 비해 에너지 밀도가 높고, 연료 수급에도 안정성을 유지할 수 있다.

이러한 목질계 바이오매스를 석탄화력 발전에서 혼소하여 생산한 전력을 계통망에 공급하는 사업을 CDM 사업으로 추진할 경우에는 가장 먼저 확인해야 할 부

분은 적용가능한 방법론이 존재하는지 여부이다. 석탄화력 발전소에서 전력망으로 전력을 공급 시 사용되는 연료 중 목질계 바이오매스의 양이 전체 사용 연료의 양의 50% 미만일 경우 AM0085 (Co-firing of biomass residues for electricity generation in grid connected power plants) 방법론이 적용 가능하다.

그리고, 연료 대체에 따른 경제성 분석시 목질계 바이오매스를 연료로 사용하는 것이 동일한 전력 생산시 상대적으로 연료비가 더 많이 소비되므로 경제적 추가성 입증에 가능하며, 바이오매스의 탄소중립 특성으로 목질계 바이오매스를 이용하여 생산한 전력은 석탄을 통해 생산한 동일한 전력에 비해 1 MWh 당 0.6737 tCO₂의 온실가스 저감 효과도 존재한다.

따라서, 동 사업은 CDM사업으로 추진시 적용가능한 방법론이 존재하고, 경제적 추가성이 입증 가능하며, 사업 전후 온실가스 저감 효과를 입증할 수 있으므로 CDM사업 추진이 가능하다.

참고문헌

1. 김래현, “바이오매스의 에너지 변환과 산업화”, 도서출판 아진, 2005.
2. 김래현, “바이오에너지 자원조사 및 사업타당성 연구”, 서울산업대, 2008.
3. 석현덕외, “목질 바이오매스 열에너지 개발의 경제성 분석과 에너지용 산림폐재의 지속적 확보방안”, 한국농촌경제연구원, 2005.
4. 최돈하외, “신재생에너지 R&D전략 2030(목질계바이오에너지)”, 산업자원부, 2007.
5. DTI, “Co-firing of Biomass at UK Power Plant”, DTI, 2005.
6. UNFCCC, “CDM METHODOLOGY BOOKLET”, UNFCCC, 2010.
7. 양현광, “발전부문 청정개발체제 사업 및 제주내연 적용에 관한연구”, 한양대 공학대학원, 2008.
8. 송승국외, “적용가능한 CDM 사업방법론 연구”, 신재생에너지학회, 2007.
9. 이재훈, “CDM 사업의 현황과 전략”, 대한전기협회, 2010.
10. 서창하, “CDM 사업과 발전차액제도”, 한화건설 기술지, 2008.
11. 장석원, “CDM 사업의 특성분석과 활성화 방안”, 건국대학교, 2008.