

하수처리시설의 에너지 자립화를 위한 청정개발체제(CDM)사업 적용방안

The Feasibility Evaluation of CDM Projects of Municipal Wastewater Treatment Plants for Energy Independence

심형준* · 김성근**

Shim, Hyung-Joon · Kim, Sung-Keun

Abstract

A total of 57 anaerobic digesters in 357 municipal wastewater treatment plants(MWTPs) were operated as of end of 2007. However, the rate of operation efficiency has been low. Therefore, in order to improve energy efficiency of digestion gas, the ministry of environment plans to execute CDM projects in the targeted 26 MWTP in energy independence plan for wastewater treatment systems by 2015. For the previously stated reasons, this research carried out feasibility study of CDM project to have done qualitative and quantitative comparison analysis of Bundling CDM and Programme CDM for the 26 MWTP. The result of the qualitative and quantitative comparison shows that both alternatives have the potential to be effective ways of CDM projects for the 26 MWTP, and Programme CDM is much better than Bundling CDM.

Key words : Programme CDM, Bundling CDM, Energy efficiency of digestion gas, Energy independence

요 지

국내 공공하수처리시설은 2007년 말 현재 전국 357개 소에서 2,382만톤/일의 하수처리가 이루어지고 있으며 이중 57개의 처리시설에서 소화조가 운영되고 있으나 운영 효율이 저조한 상황이다. 하수처리시설 에너지 자립화 기본계획에서는 이를 보완하고자 소화가스를 활용한 에너지 이용 및 생산을 계획하여 2015년까지 일 소화가스 발생량이 2,000N^m/일 이상인 26개소를 대상으로 소화가스 에너지 활용 사업 및 CDM사업 등록을 추진하고 있다. 이에 본 연구에서는 소화가스 활용 대상인 26개소 하수처리시설을 대상으로 CDM등록을 위한 다수의 소규모 CDM사업 방식인 Bundling CDM과 Programme CDM을 정성적, 정량적 방법으로 비교 분석하여 대상 시설의 CDM사업 타당성을 검토하였다. 분석 결과 두 대안 모두 정성적, 정량적인 타당성이 확보되는 것으로 나타났으며 Programme CDM으로 진행하는 것이 유리한 것으로 평가되었다.

핵심용어 : 프로그램 CDM, 번들링 CDM, 소화가스 에너지 활용, 하수처리시설 에너지 자립화 기본계획

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 심화되고 있는 지구 온난화 현상을 완화하기 위한 국제적 노력의 일환으로 온실가스 농도 안정화를 목표로 한 기후변화협약(UNFCCC)이 체결되었으며 교토의정서(Kyoto Protocol)에서 채택된 CDM (Clean Development Mechanism) 사업이 현재 주요한 온실가스 감축제도로서 시행되고 있다. 국무총리실 기후변화대책기획단의 통계에 따르면 대한민국의 온실가스 배출량은 2005년 현재 5.9억tCO₂톤으로

세계 10위권이며 온실가스 증가율은 2000년 대비 12.1% 증가하여 OECD 국가 중 4위를 차지하고 있다.

국내 공공하수처리시설의 현황을 보면 2007년 말 현재 전국 357개 소에서 2,382만톤/일의 하수처리가 이루어지고 있으며 이중 57개의 처리시설에서 소화조가 운영되고 있으나 운영 효율이 저조한 상황이다. 또한 하수처리시설에서 사용되는 전력은 연간 국내 총 전력 사용량의 0.5%를 차지하나 에너지 자립율은 0.8%에 불과한 실정이다. 이에 정부는 2030년 공공하수처리시설 에너지 자립율 50%를 목표로 2010년 공공하수처리시설 에너지 자립화 기본계획을 수립하고 하수

*정회원. 서울과학기술대학교 건설공학부(E-mail: takejoon@hanmail.net)

Member. Master of Science Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science & Technology

**교신저자. 정회원. 서울과학기술대학교 건설공학부 부교수(Tel: +82-2-970-6503, Fax: +82-2-948-0043, E-mail: cem@seoultech.ac.kr)

Corresponding Author. Member. Associate Professor, Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science & Technology

처리시설의 에너지 자립화를 추진 중에 있으며 소화가스를 활용한 에너지 이용 및 생산을 계획하여 2015년까지 일 소화가스 발생량이 2,000 Nm³/일 이상인 26개소를 대상으로 소화가스 에너지 활용 사업 및 CDM사업 등록을 추진하고 있다(MOE, 2010).

소규모 CDM사업은 발행되는 CERs(Certified Emission Reductions)이 적기 때문에 행정비용 및 추진비용 등을 고려하였을 때 사업성 확보가 쉽지 않고 탄소 시장에서 CERs의 거래가 대규모 CDM사업처럼 쉽지 않은 특성이 있다. 이러한 단점을 보완하고자 다수의 소규모 사업장을 묶어서 등록할 수 있는 Bundling CDM과 Programme CDM이 제도화되었는데 Bundling CDM은 초기 등록 시 여러 사업들을 하나의 사업으로 동시에 등록하는 방식으로 운영 중 사업장의 삭제나 추가가 불가능하다. 반면 Programme CDM은 초기에 온실가스 감축 프로그램인 PoA(Programme of Activities)를 먼저 등록하고 동일한 PoA를 갖는 개별사업장인 CPA(CDM Programme Activities)를 사업장 소재지와 시기에 구애받지 않고 지속적으로 추가하는 방식이다.

환경 시설물 분야에 있어 CDM사업에 대한 기존의 선행 연구에서는 하나의 하수처리시설 및 매립지 사업장을 분석 대상으로 선정하여 재생에너지를 활용한 CDM등록의 경제성을 분석하고 해당시설 방법론 적용에 대한 연구를 통해 CDM사업 적용 타당성을 분석하였으며 하수처리시설의 CDM등록은 개별등록이 아닌 Bundling이나 Programme 방식을 통해 등록함이 타당하다는 연구결과가 있었다.

이에 본 연구에서는 하수처리시설 에너지 자립화 기본계획에서 소화가스를 활용한 에너지 이용 및 생산 계획 대상인 하수처리장을 대상으로 Bundling CDM과 Programme CDM을 비교 분석하고 우위로 분석된 방식에 대하여 등록 하수처리시설 개수에 따른 CDM사업의 손익분기점을 분석함으로써 대상 하수처리시설 CDM사업 등록 시 의사결정의 판단자료로 활용하는 기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 현재 MOE에서 추진 중인 하수처리시설 에너지 자립화 정책에 있어 소화가스를 활용한 에너지 이용 및 생산계획 대상인 26개소 하수처리시설을 대상으로 하여 CDM등록을 위해 소규모 CDM사업 방식인 Bundling CDM과 Programme CDM을 정성적 및 정량적 방법으로 비교 분석하여 대상 시설의 CDM사업 타당성을 검토하는 것을 연구 범위로 한다.

하수처리시설 CDM사업 분석에서는 분석 대상과 그에 따른 분석 가정 및 시나리오를 선정하였고 Bundling CDM과 Programme CDM의 정성적, 정량적 분석을 통해 두 대안의 가치를 도출한다.

정성적 분석 방법으로는 보편적으로 사용되고 있는 Saaty의 계층분석법(Analytic Hierarchy Process)을 이용하여 CDM전문가들의 인터뷰와 설문조사를 통해 성능평가기준이 되는 의사결정요소들을 선정하여 계층화하고, 이를 쌍대비교하여 의사결정요소들의 중요도를 결정하며 Bundling CDM과 Programme

CDM의 성능점수를 분석한다.

정량적 분석에서는 NPV(Net Present Value), IRR(Internal Rare of Return), B/C(Benefit to Cost) ratio의 분석을 통해 Bundling CDM과 Programme CDM의 경제성을 분석하고, 정성적 분석의 결과를 함께 고려하여 두 대안의 가치점수를 도출하고 이를 통해 두 대안 중 우수한 결과의 안을 선정안으로 제시한다.

2. 하수처리시설 자립화 및 CDM 사업

2.1 하수처리시설 자립화

하수처리시설은 하수의 수집 및 처리과정에서 다량의 에너지를 소비하여 사용되는 전력은 연간 국내 총전력의 0.5%를 차지하나 공공하수처리시설의 에너지 자립율은 0.8%에 불과한 실정이며 국내 공공하수도시설에 도입되는 환경기술은 수질, 대기, 폐기물 등 각각의 시설확충과 처리효율을 높이기 위한 운영상의 성능에 초점이 맞추어져 처리공정에서의 에너지 사용 효율성에 대한 고려가 미흡한 실정이다. 또한, 온실가스 의무감축 시행 및 포스트 교토체제 협상 돌입으로 기후변화가 국제무대의 주요 이슈로 부각되면서 산업계를 중심으로 감축노력이 확산되고 있으며 저탄소문화가 확산되고 있다.

이에 국가하수도 종합계획(2007년-2015년)에서는 에너지 자립형 하수도 시설 구축을 위해 에너지 자립형 공공하수도시설의 모델개발, 에너지 저소비형 하수처리 공정 및 운전관리 기법을 도입하고 중대형 공공하수처리시설에 대한 소화가스 열병합 발전설비 의무화 및 재생에너지의 확대 도입방안 등 적극적인 향후 정책을 계획하였고 2008년 ‘기후변화에 대비한 공공하수도시설 에너지 자립화 타당성 조사 연구’를 바탕으로 2010년 ‘공공하수도시설 에너지 자립화 기본계획’을 수립하여 시행하고 있다.

하수처리시설 에너지 자립화는 하수처리시설의 높은 에너지 소비량에 대한 대책 마련을 목적으로 하며 또한 하수처리과정에서 활용할 수 있는 소화가스, 소수력발전, 하수열 등과 하수처리시설의 입지특성상 활용 가능한 태양광발전, 풍력 등 풍부한 에너지 잠재력을 바탕으로 에너지 다소비 시설에서 재생산 시설로의 패러다임의 전환을 통해 기후변화에 대비한 온실가스 배출량을 감축하며 에너지 절감을 위한 고효율 기기 및 설비 도입, 신재생에너지 시설 확대 등의 녹색기술 도입 활성화 및 고용 창출을 도모한다(MOE, 2010).

2.2 CDM 사업

2.2.1 CDM 사업의 개요

1997년 COP3(Conference of Parties III)에서 교토의정서 12조에 따라 교토메커니즘의 하나로서 채택된 CDM사업의 주요 목적은 선진국(Annex I국가)들이 개발도상국(Non-Annex I국가)의 지속가능한 개발을 돕는 동시에 자국의 온실가스 감축의무를 비용 효과적으로 달성하는데 기여함으로써 기후변화협약의 궁극적인 목적을 달성하는데 있다. CDM사업이 선진국의 자체적인 온실가스 감축이 아닌 개발도상국을 통한 간접적인 감축이라는 점에서 여러 비판이 있으나 개발도상국

이 자체적으로 수행이 불가능한 사업에 기술과 투자가 이루어지고 이로써 개발도상국의 지속가능한 발전에 기여할 수 있는 점으로 인해 긍정적으로 평가받고 있다(UN, 1998). CDM사업을 통하여 감축실적 크레딧(CERs)을 얻게 되며 이것을 감축 의무대상국에 판매를 할 수 있게 된다.

CDM사업이 추진하려면 사업 개발 및 계획 단계에서부터 사업이 가능한지의 타당성 여부가 신중하게 검토되어야 하고 타당성 여부는 전장에서 기술한 바와 같이 정량적, 정성적인 온실가스 감축 평가에 의하며 그 기준은 교토의정서에서 정하는 원칙을 따른다.

CDM사업의 타당성 여부는 정량적, 정성적인 방식으로 분석할 수 있는데 정량적인 평가는 감축량을 계산하는 기준이 되는 베이스라인 배출량을 정확히 평가하는 것이며 이를 위해 해당사업이 실행되지 않았을 경우의 온실가스 배출량 추정과 사업을 추진하였을 경우의 온실가스 배출량 추정이 올바르게 되었는지를 평가한다. 정성적인 평가는 이러한 온실가스 감축이 사업자의 추가적인 노력을 통하여 달성되었는지에 대한 평가이며 CDM 집행위원회에서 마련한 추가성 입증지침에 따라 추가성이 올바르게 입증되었는지를 평가한다(KECO, 2011).

2.2.2 사업규모에 의한 CDM 사업의 유형

규모에 의한 유형은 소규모와 대규모 CDM사업으로 구분되며, 소규모 CDM사업은 하수처리시설과 같이 온실가스 저감 규모가 적은 사업이며 대규모 CDM사업에 비해 사업개발/계획 단계부터 CERs발행까지의 절차가 간소화되어 있어 시간과 비용을 절감할 수 있다. 소규모 CDM사업의 방법론은 2012년 6월 현재 80개가 등록되어 있어 복잡한 베이스라인 및 모니터링 방법론 개발에 소요되는 시간과 비을 절감할 수 있으며 추가성 입증에 있어서도 투자경제성 분석 없이 장애요인 분석만으로 간략한 입증이 가능하다. 또한 다수의 소규모 CDM사업을 일괄하여 추진하는 Bundling CDM사업이나 Programme CDM사업 방식이 개발되어 수익이 적은 단점을 극복하고 효과적인 사업 추진이 가능하다(UNFCCC, 2012).

Bundling CDM은 전체 구성사업 배출감축의 합이나 사업 활동의 설비사양이 소규모 CDM사업의 한도를 넘지 않는 범위에서 같은 사업자에 의해 다수의 사업으로 구성되어 추진되는 방식이다. 소규모 CDM사업은 발행되는 CERs이 적기 때문에 행정비용 및 추진비용 등을 고려하였을 때 사업성 확보가 쉽지 않고 탄소 시장에서 CERs의 거래가 대규모 CDM사업처럼 쉽지 않은 특성이 있으며 이러한 단점을 보완하고자 Bundling CDM이 제도화되었다(KECO, 2011). 동일한 개수의 소규모 사업을 Bundling CDM으로 추진할 경우 일반 CDM으로 추진했을 때와 비교하면 사업개발 비용, 설계 및 건설 비용, 운영 및 유지관리 비용, 인증 및 검증 비용의 감소 효과가 있고 투자규모가 증가되는 장점이 있다. 그러나 Bundling CDM 내 하나의 사업이 등록이나 모니터링에 문제가 생기면 전체 Bundling CDM에 영향을 미치는 리스크가 있다(MOE Japan, 2009). 따라서 사업타당성이 확

실한 경우에 적용해야 하는 특징을 지닌다.

Programme CDM은 국가 정책이나 목표 및 제도 기반 아래 개발된 온실가스 감축 프로그램(PoA) 활동을 통해 발굴된 개별 CDM사업(CPA)을 사업의 수, 규모 및 지역적 경계에 상관없이 등록할 수 있는 제도로서 2007년 7월 UNFCCC EB(United Nations Framework Convention on Climate Change Executive Board) 33차 회의에서 등록규정에 대한 사항이 승인되었다. CERs의 수익 기간이 PoA 인증 기간인 28년 내에서 개별사업의 등록시점부터 종료시점까지 보장되기 때문에 안정적이고 경제적으로 사업의 확대가 가능한 특징을 갖고 있다(Kim, 2010).

2.2.3 최근 관련연구 분석

환경 분야에 있어 CDM사업에 대한 기존의 선행 연구는 하나의 하수처리시설 및 매립지를 분석대상으로 선정하여 재생에너지를 활용한 CDM등록의 경제성을 분석하고 해당시설 방법론 적용에 대한 연구를 통해 CDM사업 적용 타당성을 분석하였으며 하수처리시설의 CDM등록은 개별등록이 아닌 Bundling이나 Programme방식을 통해 등록함이 타당하다는 연구결과(Kwak, 2010)가 있었다. 그리고 소규모 매립장의 CDM사업 경제성 분석(Han, 2009)이 수행되었으며, 하수슬러지 대체연료화 실증시설이 구축된 경기도에 있는 하수종말처리장을 대상으로 하수슬러지를 대체연료화 할 경우에 온실감축 효과를 분석(An, 2008)하는 연구가 수행되었다.

하수처리시설 에너지 자립화에 대한 연구에서는 전국 하수도시설의 에너지 사용실태를 조사하고 하수처리장 규모 및 여건에 적합한 재생에너지 도입기준을 제시하였으며 환경 분야 CDM등록에 관련한 연구들과 마찬가지로 하수처리시설의 CDM사업 등록은 개별 등록이 아닌 여러 사업장의 동시 등록 추진이 타당하다는 결론(MOE, 2008)을 도출 하였다.

선행 연구에서 다수의 하수처리시설 CDM등록에 대하여 Bundling CDM과 Programme CDM을 효과를 서로 비교하여 수행된 것은 없으며, 하수처리시설의 에너지 자립화와 관련하여 정량적인 경제성 분석과 CDM전문가들의 설문 조사 분석을 통한 정성적인 분석을 동시에 수행하여 하수처리시설 CDM등록에 대한 여러 가지 대안의 적용 타당성을 제시하는데 부족한 점이 있다.

3. 하수처리시설 CDM 사업 분석

3.1 연구대상 선정

하수처리시설 에너지 자립화 기본계획(MOE, 2010)에서는 소화가스 이용 에너지 회수 확대 사업을 위해 2008년 현재 소화조를 운영 중인 국내 65개 하수처리시설 중 일 소화가스 발생량 2,000 Nm³/일 이상인 하수처리시설 26개소를 도입대상 하수처리시설로 선정하였다. 이에 본 연구의 Bundling CDM과 Programme CDM 등록 분석의 대상 시설로 표 1에서 보는 바와 같이 26개소를 연구 대상으로 선정하였으며 공공하수도시설 에너지 자립화 타당성 조사 연구(MOE, 2008)에서 제시하는 소화가스 발생량과 처리시설에서 발생하

Table 1. Status of 26 MWTPs and their register plan (MOE, 2008)

No	처리 시설	시설용량 (천톤/일)	소화가스 발생량 (Nm ³ /일)	연간예상 발전량 (MWh/년)	등록 연도
1	A	75	2,500	1,630	2013
2	B	275	2,558	1,669	
3	C	120	2,664	1,738	
4	D	150	2,697	1,759	
5	E	500	2,752	1,795	
6	F	30	2,874	1,875	
7	G	86	3,134	2,044	
8	H	232	72,388	43,200	
소계		1,468	91,567	55,710	
9	I	150	4,146	2,705	2014
10	J	350	4,214	2,749	
11	K	300	4,797	3,129	
12	L	200	5,883	3,838	
13	M	270	8,400	5,480	
14	N	250	9,175	5,985	
15	O	615	9,388	6,124	
16	P	900	13,275	8,660	
17	Q	600	18,436	12,026	
소계		3,635	77,714	50,696	
18	R	170	4,175	2,723	2015
19	S	160	4,194	2,736	
20	T	400	4,837	3,155	
21	U	534	4,944	3,225	
22	V	520	8,780	5,727	
23	W	340	8,888	5,798	
24	X	900	10,418	6,796	
25	Y	330	13,000	8,480	
26	Z	520	18,720	12,212	
소계		3,874	77,956	50,852	
합계		8,977	247,237	157,258	

는 소화가스를 전량 전력화 할 경우 예상되는 연간예상 발전량을 연구대상의 기준으로 설정하였다.

3.2 분석기준 설정

3.2.1 CDM 등록 시나리오 및 사업기간

하수처리시설 에너지 자립화 계획에서는 소화가스, 소수력,

풍력, 태양광 등의 에너지 이용 및 생산 사업 확대 추진을 위해 단계별 에너지 이용 생산 사업 추진 계획을 수립하였다. 2030년까지 총 3단계로 계획된 일정에서 소화가스 이용 계획은 1단계로 2010년부터 2015년까지 26개소를 대상으로 소화조 가온, 열병합 발전, 냉난방 연료 등 적용시설별 공급 여건 및 용도를 고려하여 추진 예정에 있다. 2012년 현재 26개 하수처리시설 중 8개소의 설계가 진행되고 있으며, 하수처리시설 3개소를 시범사업으로 선정하여 2013년까지 CDM 등록을 위한 타당성 검토가 진행 중이다.

본 연구에서 사용되는 CDM등록 일정은 2015년까지 26개소 하수처리시설의 에너지 이용 및 생산 사업을 추진하는 하수처리시설 에너지 자립화 기본계획 일정과 소화가스 발생량은 수익에 해당하는 CERs와 비례하는 CDM사업의 수익 특성을 고려하여 2013년에 8개소, 2014년에 9개소, 2015년에 9개소를 등록하는 것으로 소화가스 발생량을 평균화하는 시나리오를 설정하였으며, Bundling CDM과 Programme CDM의 사업 등록 기간은 연장이 없는 10년으로 동일하게 설정하였다.

3.2.2 Baseline 선정

(1) 소화가스 이용방식 선정

현재 하수처리시설에서 주로 쓰이고 있는 소화가스 이용방식을 고려하여 Bundling CDM과 Programme CDM의 비교 분석과 손익분기점 분석의 Baseline이 되는 소화가스 이용 시나리오를 선정하였다. 즉, 소화가스를 이용한 바이오 발전, 소화조 가온이나 건조용 연료로 사용하는 LNG와의 연료대체 그리고 소각시설 보조연료로 사용하는 경유와의 연료대체의 세 가지 Baseline을 비교하여 온실가스 저감량이 가장 적은 보수적인 Baseline을 본 연구에 적용하였다.

(2) Baseline에 따른 온실가스 저감량 비교

연간 발생하는 소화 가스량과 시설 가동일수, 소화가스 내 메탄함량, 메탄 발열량을 동일하게 가정하였을 때 연간 소화 가스에 의해 발생하는 연간 발열량도 동일하다. 소화가스 연간 발열량이 A kcal/yr일 때 발전기 열원 대체에 의한 온실가스 저감량은 표 3-5와 같다.

소화가스 연간 발열량이 A kcal/yr일 때 온실가스 저감량은 바이오발전이 $2.54A \times 10^{-4}$ kg CO₂/yr, LNG대체가 $2.36A \times 10^{-4}$ kg

Table 2. Baseline selection by the utilization of the digestion gas

No.	Baseline	소화가스 이용방식	적용방법론	온실가스 저감량	선정
1	발전기열원 대체	바이오발전	AMS-D	$2.54A \times 10^{-4}$ kg CO ₂ /yr	
2	LNG 대체	소화조가온, 건조용 연료	AMS-C	$2.36A \times 10^{-4}$ kg CO ₂ /yr	○
3	경유 대체	소각시설 보조연료	AMS-C	$3.05A \times 10^{-4}$ kg CO ₂ /yr	

Table 3. Carbon reduction by the replacement of a power generation based heat source

구분		적용 값	근거
전력발열량	①	860 kcal/kWh	에너지기본법
발전기 엔진효율	②	32.8%	공공하수도시설 에너지 자립화 타당성 조사연구
전력배출 계수	③	0.668 kg CO ₂ /kWh	2008-2010 CDM등록 배출계수 평균
전력생산량	④	$A \times (1/\text{①}) \times \text{②} = (0.328/860)A$ kWh/yr	
베이스라인 배출량	BEy	신·재생 에너지로 생산되어지는 전력량×전력배출계수	
		$\text{④} \times \text{③} = 2.54A \times 10^{-4}$ kg CO ₂ /yr	

Table 4. Carbon reduction by the replacement of a LNG based heat source

구분		값	근거
LNG 발열량	㉑	9,420 kcal/Nm ³	에너지법
	㉒	39.4 MJ/Nm ³	에너지법
온실가스 배출계수	㉓	56,467 kg CO ₂ /TJ	2011 지자체 온실가스 배출량 산정지침, 2006 IPCC Guidelines
	㉔	1 kgCH ₄ /TJ	
	㉕	0.1 kgN ₂ O/TJ	
LNG 사용량	㉖	A/㉑ = A/9,420 Nm ³ /yr	
베이스라인 배출량	BEy	사업 활동을 고려하지 않았을 때 소비되었을 LNG 양×LNG배출계수	
		㉖×㉒×(㉓+㉔×21+㉕×310)×10 ⁻⁶ = 2.36A×10 ⁻⁴ kg CO ₂ /yr	

Table 5. Carbon reduction by the replacement of a light oil based source

구분		값	근거
경유 발열량	㉑	8,420 kcal/L	에너지법
	㉒	35.3 MJ/L	에너지법
온실가스 배출계수	㉓	72,600 kgCO ₂ /TJ	2011 지자체 온실가스 배출량 산정지침, 2006 IPCC Guidelines
	㉔	3 kgCH ₄ /TJ	
	㉕	0.6 kgN ₂ O/TJ	
경유 사용량	㉖	A/㉑ = A/8,420 L/yr	
베이스라인 배출량	BEy	사업 활동을 고려하지 않았을 때 소비되었을 경유 양×경유배출계수	
		㉖×㉒×(㉓+㉔×21+㉕×310)×10 ⁻⁶ = 3.05A×10 ⁻⁴ kg CO ₂ /yr	

CO₂/yr, 경유대체가 3.05A×10⁻⁴kg CO₂/yr으로 비교되었다. 소화조가온이나 건조화 연료를 대체하는 LNG대체가 온실가스 저감이 가장 적은 보수적인 Baseline으로서 본 연구에서 분석 가정 Baseline으로 선정되었다.

3.3 Bundling CDM과 Programme CDM 사업의 정성적 분석

3.3.1 의사결정 요소 도출 및 중요도 산정

Bundling CDM과 Programme CDM의 정성적인 비교 기준이 되는 의사결정요소의 도출, 쌍대비교 및 두 대안의 성능등급 측정을 위하여 CDM사업 정책가 5인 및 CDM사업 컨설팅 관계자 5인으로 구성된 전문가 10인을 대상으로 2회에 걸친 인터뷰 및 설문조사를 실시하였다. CDM사업 정책

가는 국내 CDM 사업운영기구인 에너지관리공단과 하수처리 시설 에너지자립화를 시행 추진하고 있는 환경공단의 해당분야 실무담당자를 선정하였으며 컨설팅 관계자 역시 현재 CDM 등록 및 모니터링 컨설팅을 시행하고 있는 실무담당자를 선정하였다. 첫 번째 인터뷰는 의사결정요소 계층화를 위한 개별 면담 형식으로 진행되었으며 각 전문가들과의 반복적인 질문 및 의견수렴을 통해 의사결정 요소들을 도출하고 의사결정 상위요소 및 하위요소로 계층화 하였다. 두 번째 인터뷰는 Saaty의 9점 척도를 이용한 각 계층 의사결정요소들의 쌍대비교와 Caltrans(California Department of Transportation)의 성능등급기준을 이용한 두 대안의 성능등급 측정을 할 수 있도록 작성된 설문지를 통하여 이루어졌다.

각 전문가들과의 반복적인 질문 및 의견수렴을 통해 의사

Table 6. Hierarchy of decision making factors

상위요소	하위요소	내용
관리성	CDM사업 관리성	등록 및 모니터링 기간 중 사업관리의 용이도
	건설사업 추진성	CDM등록 대상시설의 건설사업 시행의 용이도
	방법론 적용성	다수의 CDM방법론 추가 및 적용에 대한 성능
지속 가능성	제도변화 영향성	UNFCCC의 CDM제도 운영변화에 대한 대응도
	초기등록 용이성	CDM사업 초기 등록 시 용이도
	확장등록 용이성	초기등록 이후 추가 등록 시 용이도
국내정책 연계성	저탄소정책 기여성	국내 저탄소제도 및 탄소시장 육성에 대한 기여도
	감축제도 활용성	목표관리제, 배출권거래제 등 현행 및 예정 국내제도와 예상되는 활용도
	국내법규 준수성	CDM사업 추진시 국내 관련 법규 준수 여부
경제성	비용 절감성	CDM사업 등록 및 모니터링 시 비용절감
	CERs 발행성	CERs 발행에 대한 행정적 용이도 및 발행비용에 대한 경제성
	CERs 거래성	CERs 발행 이후 시장거래에 대한 성능

Table 7. Total weight of decision making factors

의사결정 상위요소	상위요소 단계별 중요도	의사결정 하위요소	하위요소 단계별 중요도	하위요소 종합 중요도	하위요소 중요도 순위
관리성	0.204	CDM사업 관리성	0.165	0.033	10
		건설사업 추진성	0.559	0.113	4
		방법론 적용성	0.276	0.056	8
지속 가능성	0.261	제도변화 영향성	0.490	0.127	2
		초기등록 용이성	0.356	0.093	5
		확장등록 용이성	0.154	0.040	9
국내정책 연계성	0.143	저탄소정책 기여성	0.192	0.028	12
		감축제도 활용성	0.593	0.085	7
		국내법규 준수성	0.215	0.031	11
경제성	0.392	비용 절감성	0.301	0.119	3
		CERs 발행성	0.229	0.090	6
		CERs 거래성	0.470	0.185	1

결정 요소들을 도출하고 항목들을 성향별로 분류하여 상위개념에 속하는 4가지 요소와 그에 해당하는 총 12개의 하위요소로 계층화하였으며 그 내용은 표 6과 같다. 의사결정 상위요소에서 관리성은 CDM사업 개발/계획부터 등록, 모니터링까지의 효율적인 사업관리를 의미하며 지속가능성은 CDM제도 및 CDM등록에 있어서 지속적인 사업진행에 대한 성능을 의미한다. 국내정책 연계성은 CDM사업이 국내에서 현재 시행되고 있거나 시행예정인 있는 기후변화에 대한 국내 제도 및 법규와의 연계성을 의미하며 경제성은 CDM사업 등록, 모니터링에 대한 비용절감과 CERs로 얻게 될 수익에 대한 성능을 의미한다.

의사결정 요소의 쌍대 비교는 Saaty의 9점 척도를 활용한 설문 측정으로 이루어졌으며 의사결정요소 쌍대비교행렬의 각 9점 척도 원소들은 CDM전문가 10인의 설문 값을 기하평균한 값으로 단일 쌍대비교행렬을 구성하여 중요도를 산정하였다. 일관성 비율(CR: Consistency Ratio)은 각 쌍대비교행렬 모두 10%이하로 일관성이 검증되었으며 쌍대비교 설문측정값과 중요도 분석결과는 표 7과 같다.

3.3.2 의사결정 요소 중요도 분석

(1) 의사결정 상위요소 분석

의사결정 상위요소 쌍대비교 분석결과 경제성이 가장 중요하게 평가되었다. 관리성과 국내정책 연계성은 상대적으로 낮게 평가되었고 지속가능성은 중간 정도의 중요도를 갖는 것으로 나타났다.

경제성이 다소 압도적으로 큰 중요도를 갖는 것은 CDM사업의 목적이 온실가스감축을 비용 효과적으로 달성한다는 원리에 부합하는 결과라 평가된다. 지속가능성이 중간 정도의 중요도를 갖는 것은 도쿄의정서에 의해 채택된 CDM제도가 일시적으로 시행되거나 미래의 CDM등록 대상이 되는 사업들이 단기적으로 진행되는 것은 의미가 없다는 것을 나타내는 평가라 하겠다. 관리성이 낮게 평가된 것은 CDM사업의 등록 및 모니터링에 있어 사업의 경제성과 지속가능성이 궁

정적으로 평가되어 사업성이 확보되는 것이 등록과 모니터링 기간 중의 관리 효율성 측면보다 우선시 된다고 보인다. 국내정책연계성이 낮게 평가된 것은 국내 저탄소 정책이 정부의 주도하에 활발히 추진되고는 있으나 배출권 거래제 도입 이전이라는 현 시점에서의 국내 정책과의 연계 및 국내 탄소시장에서의 CERs 거래에 대한 불확실성이 중요도 평가에 있어 다소 소극적인 평가를 내리도록 작용한 것으로 보인다.

(2) 의사결정 하위요소 분석

관리성의 하위요소 분석에서는 건설사업 추진성이 압도적인 중요도를 갖는 것으로 나타났으며 다른 두 항목은 낮게 평가되었다. 건설사업 추진성이 높은 것은 CDM사업을 등록하기 위해 현재의 베이스라인 상황에서 프로젝트 상황으로의 건설 사업을 통한 실질적인 변환에 큰 의미를 둔 것으로 보이며 베이스라인과 모니터링을 위한 방법론의 적용여부와 추가여부는 이보다 상대적으로 덜 중요하나 CDM사업기간 중 일반적인 사업관리측면 보다는 중요할 것으로 판단된다.

지속가능성에서는 제도변화 영향성이 높게 평가되었는데 이는 포스트 교토체제에 직면해 있는 CDM사업이 갖는 제도적 측면에서의 리스크를 크게 인식한 것으로 분석된다. 즉, 국제사회의 기후변화협약에서 CDM제도가 가지는 영향력 및 변화가 CDM사업의 수행에 큰 영향을 미치며 이 제도변화에 따른 대응도가 중요하다는 분석이다. 초기등록 용이성 역시 중요하게 평가되었는데 이는 등록 타당성 검증 실패로 인해 CDM EB 및 DNA, DOE로부터 승인 및 등록이 거절되는 리스크를 크게 인식한 것으로 보인다. 확장등록에 대한 성능은 상대적으로 저평가 되었다.

국내정책 연계성에서는 감축제도 활용성이 압도적으로 중요하게 평가되고 국내법규 준수성과 저탄소정책 기여성은 상대적으로 낮게 평가되었다. 이는 CDM사업이 국내의 정책과 연계될 때 정책적인 기여성이나 관련 법규에 부합되는 측면 보다는 2011년부터 시행되고 있는 온실가스·에너지 목표관리제나 현재 입법 예고되어 2015년부터 시행 예정인 탄소배출권 거래제 등과 같은 제도와의 실질적인 활용도를 크게 인

식한 것으로 평가된다.

경제성의 비교에서는 CERs 거래성이 비용 절감성보다 중요하게 분석되었는데 이는 CDM사업 추진 시 절감되는 비용 보다는 탄소시장에서의 CERs의 원만한 거래 가능성과 CERs를 현금화 할 때의 시장시세를 더욱 중요하게 평가한 것으로 보인다. 즉, CERs 거래와 관련된 시장리스크를 크게 인식한 것으로 분석된다. CERs 발행과 관련된 행정적 용이도 및 경제성은 다소 낮게 분석되었다.

(3)의사결정요소 중요도 종합화

Bundling CDM과 Programme CDM을 비교 분석하는데 있어서 정량적 분석의 기준이 되는 성능점수를 도출하기 위한 12개 하위요소의 종합중요도를 산출하였다. 하위요소의 종합 중요도는 상위요소의 단계별 중요도와 하위요소의 단계별 중요도의 곱으로 산출되며 종합중요도 전체의 합계는 1이 된다.

종합 중요도의 분포는 CERs 거래성이 압도적인 중요성을 가지며 제도변화 영향성, 건설사업 추진성이 경제성에 속해있는 요소들과 함께 상위 분포되어 있고 초기등록 용이성, CERs 발행성, 감축제도 활용성이 중위에 분포되어 있으며 방법론 적용성, CDM사업관리성, 저탄소정책 기여성, 국내법규 준수성, 확장등록 용이성은 하위에 분포되어 있다.

각 계층별 중요도 비교와 견주어 종합중요도에서도 상위에 분포되어 있는 요소들은 전장에서 분석한 바와 같이 CDM사업의 보편적 리스크인 CERs의 발행 및 거래, CDM제도 변화, CDM사업 등록 시 거절에 관련한 항목들이 큰 중요성을 가지는 것으로 분석된다. 사업관리 및 국내정책과의 연계에 대해 불확실성을 갖는 요소들은 저평가되었으며 그 밖의 요소들은 중간 정도로 평가되었다.

3.3.3 의사결정 요소별 성능점수

Bundling CDM과 Programme CDM의 성능점수는 각 요소의 종합중요도에 Caltrans의 성능등급기준을 활용한 CDM 전문가 10인의 설문등급의 평균값을 곱하여 산정하였으며 백

Table 8. Performance grade indication system (K-Water, 2006)

중요도	언어학적 평가
10	대안으로 탁월함
9	대안으로 매우 우수함
8	대안으로 우수함
7	대안으로 가능하며 약간 우수함
6	대안으로 가능하나 성능면에서 보통
5	대안으로 약간 문제가 있음
4	대안으로 불리함
3	대안으로 아주 불리함
2	대안으로 채택하기에 중요한 문제가 있음
1	대안으로 채택하기에 치명적인 문제가 있음

분율로 표현되는 그 값을 비교 편의상 10으로 나누어 나타내었다. 설문조사 시 본 연구에서 기준으로 적용한 성능등급기준은 표 8과 같다.

의사결정요소별 평균설문등급은 CDM전문가의 시각으로 평가한 각 대안들이 각각의 의사결정요소들에 부합하는 절대적인 점수를 의미하며 의사결정요소의 종합중요도는 효과적인 CDM사업 수행이라는 목적에 해당하는 각 요소의 상대적인 중요도이므로 이 두 요소를 곱한 값의 합은 각 대안이 갖는 의사결정요소의 중요도가 반영된 효과적인 CDM사업 수행을 위한 정성적인 측면에서의 종합적인 성능점수를 의미한다.

요소별 평균 설문 등급과 성능점수를 살펴보면 대체적으로 각 대안이 비슷하거나 Programme CDM이 다소 우수하게 평가되었다. 방법론 적용성과 초기등록 용이성에서는 Bundling CDM이 우수하게 나타났는데 이는 Bundling CDM이 하나의 번들안에 여러 방법론을 적용하는 것에 어려움이 없지만 Programme CDM은 하나의 프로그램에 여러 방법론들을 사용하려면 그 사용되는 방법론들을 통합하여 새로운 방법론으로 등록 후 사용해야하는 어려움 때문인 것으로 보이며 등록 서류 작성 등 초기 등록 절차가 복잡한 점이 불리하게 작용한 것으로 분석된다.

Table 9. Performance scores of Bundling CDM & Programme CDM

의사결정 하위요소	종합 중요도(%)	평균설문등급		성능점수	
		B-CDM	P-CDM	B-CDM	P-CDM
CDM사업 관리성	3.3	6.90	7.30	2.30	2.44
건설사업 추진성	11.3	6.34	7.18	7.24	8.20
방법론 적용성	5.6	7.22	5.38	4.05	3.02
제도변화 영향성	12.7	5.24	7.34	6.69	9.37
초기등록 용이성	9.3	6.56	5.34	6.08	4.95
확장등록 용이성	4.0	4.14	9.02	1.65	3.60
저탄소정책 기여성	2.8	7.32	7.98	2.02	2.21
감축제도 활용성	8.5	7.10	7.82	6.01	6.62
국내법규 준수성	3.1	6.88	7.08	2.12	2.18
비용 절감성	11.9	7.32	8.04	8.69	9.54
CERs 발행성	9.0	7.34	7.54	6.60	6.78
CERs 거래성	18.5	6.38	8.44	11.77	15.57
합계 및 평균	100.0	6.56	7.37	6.52	7.45

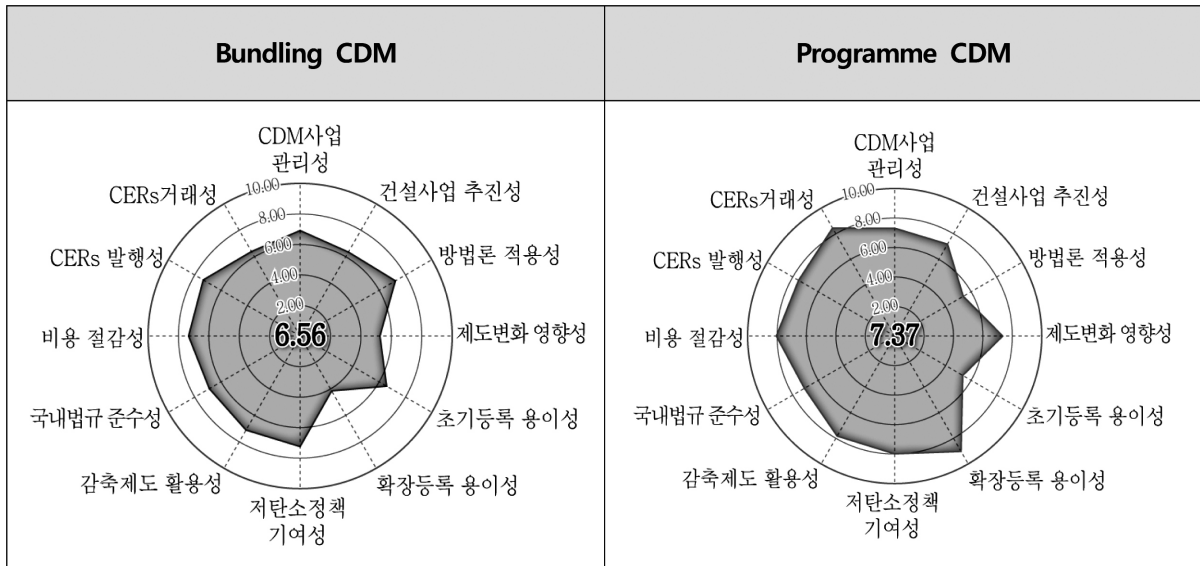


Fig. 1. Results of questionnaires on bundling CDM & Programme CDM

제도변화 영향성과 확장등록 용이성은 Bundling CDM이 다소 낮고 Programme CDM이 우수하게 나타났는데 이는 Programme CDM은 한번 프로그램이 등록되면 등록기간인 28년 내에 동일한 프로그램을 갖는 사업의 CPA 추가 절차가 간단하지만 Bundling CDM은 처음부터 새로운 CDM사업으로 등록해야하는 불편함이 적용된 결과라 보이며 위와 같은 등록 특성의 차이로 사업기간 중 발생하는 제도변화에 대한 리스크에 있어서도 Programme CDM은 등록을 마친 프로그램 안에 추가되는 사업들이 새로 등록을 시작하는 Bundling CDM보다 좀 더 유연하게 제도변화에 대응 할 것으로 분석된다.

의사결정 상위요소의 분석에서 큰 중요도를 갖는 경제성에 있어서는 CERs 발행에는 큰 차이가 없으나 CERs 거래성에서는 Programme CDM이 크게 앞서는데 이는 하나의 프로그램 안에 등록되는 CPA들이 많아질 경우 다량의 CERs가 발행되므로 거래 시 대량거래가 가능하여 거래성이 높아질 것이 작용한 것으로 보이며 비용 절감 측면에서도 Programme CDM이 다소 유리하게 평가되었다.

두 대안의 설문등급의 평균은 각각 6.56, 7.37이며 의사결정 요소의 중요도와 설문등급 평균점수가 반영된 성능점수는 6.52, 7.45로 Caltrans 성능등급을 활용한 기준에 있어서 두 대안 모두 CDM등록 방식으로 문제없이 적용 가능한 대안으

로 평가되었으며 Programme CDM이 정성적인 측면에서 다소 유리한 것으로 분석되었다.

3.4 Bundling CDM과 Programme CDM사업의 정량적 분석

3.4.1 비용, 수익, 및 할인을 산정

CDM사업의 경제성 분석은 해당사업으로부터 발생하는 모든 수입과 비용을 적용해야하나 본 연구의 주제는 동일한 가정 하의 CDM 등록방식을 상대 비교하는 것이므로 CDM사업 등록 및 모니터링, CERs 발행 등 CDM사업 수행에 따른 비용과 수익만 고려하였다. 즉, CDM사업을 위해 감축사업 자체에 투자되는 투자비와 운영비용 등의 비용항목과 에너지 절감에 따른 수익은 두 대안이 동일하다고 가정하고 분석대상에서 제외하였다.

비용 항목은 등록 비용과 모니터링 비용으로 구분되는데 컨설팅비 및 등록검증비는 CDM컨설팅을 수행하는 3개 사의 견적 평균을 적용하였으며 등록비는 UNFCCC기준에 따라 연 감축량 15,000 tCO₂이하 사업장은 면제이고 15,000 tCO₂ 이상 사업장에 한해 15,000 tCO₂까지는 0.1 \$/tCO₂ 그 이상부터는 0.2 \$/tCO₂를 적용하였다. CERs발행비는 등록비와 동일하나 면제 혜택은 없다. CERs거래 시 수수료는 두 대안 모두 비용 항목에서 제외하였으며 1 \$는 2012년 1월 2일 기

Table 10. Cost Estimation of Programme CDM & Bundling CDM

단계	해당기관	비용항목	CPA에 따른 비용(단위:천원)			
			Bundling CDM		Programme CDM	
			8개	9개	PoA/CPA등록	CPA추가
등록	컨설팅사	등록 컨설팅비	112,500	120,000	240,000	10,000
	검증기관	등록 검증비	80,000	-	80,000	-
	CDM EB	등록비	-	-	-	-
모니터링	컨설팅사	모니터링 컨설팅비	30,000	32,000	22,000	2,000
	검증기관	모니터링 검증비	40,000	-	40,000	-
	CDM EB	CERs 발행비	-	-	-	-

준 1,155원을 적용하였다. 수익은 두 사업모두 tCO₂의 거래 단위인 CERs에 의해 동일하게 발생하며 2012년 1월 1일 기준을 적용하여 1CERs는 4EUR로 적용하였고 1EUR는 1,463원으로 적용하였다. 할인율은 한국은행 통계 2011년 3년 만기 국고채 금리인 3.62%를 적용하였다. 비용 산정 내역은 다음 표 10과 같다.

3.4.2 경제성 비교 분석 결과

경제성 비교 분석 결과 두 대안 모두 NPV와 IRR은 0이상 B/C ratio는 1이상으로서 26개소 하수처리시설의 CDM사업에 있어서 경제적 타당성이 확보되었으며 Programme CDM사업이 Bundling CDM사업보다 우수한 것으로 분석되었다. 또한, 두 방식의 NPV 분석에서 도출된 바와 같이 Programme CDM 적용이 Bundling CDM보다 우수한 것으로 분석되었으며 Programme CDM 적용 시 Bundling CDM 적용 대비 순현가로 매년 60,266,582원의 이익을 확보하는 것으로 나타났다.

3.5 가치분석 및 손익분기점 고찰

3.5.1 가치분석

정량적 분석에서의 성능점수는 의사결정 요소의 중요도가 고려된 대안이 갖는 성능이므로 각 대안의 성능 점수를 가치분석의 성능(Performance)으로 적용하고 경제성 분석에서의 수익은 두 대안 모두 CERs 발행과 거래에 의해 동일하게 확보되므로 총 비용 현가를 비용(Cost)으로 적용하여 분석 가능하다.

표 12에서 보는 바와같이 비용과 성능이 다소 불리하게 도출된 Bundling CDM을 기준으로 두 대안의 상대적인 가치 점수를 비교 분석한 결과 Bundling CDM을 100으로 가정하였을 때 Programme CDM은 156.52로서 Programme CDM이 Bundling CDM보다 1.56배 정도의 우수한 가치를 가지며 하수처리시설 CDM등록 방식으로 선정하는 것이 타당한 것으로 분석되었다.

3.5.2 Programme CDM 사업의 손익분기점 분석

가치분석을 통해 유리하게 분석되어 대안으로 선정된 Programme 방식으로 하수처리시설 CDM 등록 시 PoA 등

Table 11. Economic analysis of programme CDM & bundling CDM

구분	Bundling CDM	Program CDM
NPV	1,990,818,266	2,593,484,089
IRR	31.02%	35.34%
B/C ratio	1.9	2.6

Table 12. Estimation of relative value

구분	Bundling CDM	Programme CDM
성능점수 평균	6.52	7.45
상대 성능점수(P)	100.00	114.26
총 비용현가의 상대비(C)	1.00	0.73
상대 가치점수(V=P/C)	100.00	156.52

Table 13. Break-even point analysis on the number of CPAs

CPA개수	총비용의 순현가 (천원)	총수익의 순현가 (천원)	NPV (천원)
5	953,340	929,922	-23,418
6	983,544	1,115,907	132,363
7	1,013,748	1,301,891	288,144

록 이후 CPA 추가에 따른 손익 분기점을 고찰하였다. 손익 분기점 파악의 쉬운 이해를 돕기 위해 26개소 전체의 일 소화가스 발생량과 연간 이산화탄소 저감량을 26개소로 나누어 평균 규모를 등록 대상으로 가정하였고 평균 규모의 CPA를 등록할 경우 몇 개 CPA부터 손익분기점을 넘어서는지 가정해 보았다. 본 연구의 등록대상인 26개소 하수처리시설의 일 소화가스 발생량은 247,237 Nm³/일이며 소화가스 전량을 LNG연료로 대체하였을 경우 이산화탄소 저감량은 연간 99,959 tCO₂/년으로 1개소 평균 각각 9,509 Nm³/일, 3,845 tCO₂/년이다.

위와 같은 평균 규모 정도의 CPA를 등록 한다고 가정할 때 표 13의 분석 결과와 같이 6개 CPA 등록 시점부터 10년간 CDM사업의 손익분기점이 확보되는 것을 고찰할 수 있다.

4. 결 론

Bundling CDM과 Programme CDM을 정성적, 정량적 방법으로 비교하여 26개소 하수처리시설의 CDM사업 방식 선정에 대한 타당성을 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 분야별 CDM전문가 설문조사에 의한 의사결정요소의 중요도 도출결과에서는 CDM사업의 보편적 리스크인 CERs의 발행 및 거래, CDM제도의 변화, CDM사업 등록 시 타당성 부족으로 인한 거절 등이 CDM사업 성사 요건에 중요하게 작용하고 있는 점과 국내 저탄소 정책 현황에 있어 목표관리제 시행 및 국내 배출권 거래제가 추진되고 있으나 국내 탄소감축 정책에 아직은 불확실성이 인식되고 있는 점을 추론할 수 있다.
- 2) 정성적 분석의 성능점수 분석 결과 Caltrans 10등급 성능기준을 활용한 기준에 있어서 두 대안 모두 CDM등록 방식으로 문제없이 적용 가능한 대안으로 평가되었다. 성능과 비용의 측면을 함께 고려한 상대 가치 점수는 Programme CDM이 Bundling CDM 보다 1.56배 정도의 상대적으로 우수한 가치를 가지며 다수의 하수처리시설 CDM사업 등록 시 Programme CDM을 등록방식으로 선정함이 유리한 결론을 도출하였다.
- 3) 경제성 분석에서는 각 대안 모두 등록 방식으로서 경제적 타당성이 확보되었으며 Programme CDM 적용 시 Bundling CDM 적용 대비 순현가로 매년 60,266,582원의 이익을 확보하는 것으로 나타났다. 또한 Programme CDM으로 등록 시 손익분기점을 고찰한 결과 일 소화가스 발생량 9,509 Nm³/일 또는 이산화탄소 저감량 3,845 tCO₂/년 정도 규모 6개 이상의 CPA가입을 통해

10년간 CDM사업의 손익분기점을 확보하는 것으로 나타났다.

- 4) 이산화탄소 저감량이 적은 소규모 CDM사업은 사업의 경제적 타당성 확보가 어려운 특성으로 인해 활발히 진행되지 않았으나, Bundling CDM 및 Programme CDM의 활성화로 긍정적인 모습이다. Programme CDM은 현재 세계적으로는 17건, 국내 등록 사례는 1건 밖에 없는 초기 단계이므로 이와 관련한 연구가 필요하다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

An, Y.C. (2008) *Utilization of sewage sludge as a fuel and its application of CDM*, Master thesis, Incheon National University
Han, R.B. (2009) *A Study on the Application of CDM Methodology for Small Scale Landfill Gas*, Mater thesis, Inha University.
KECO (2011) *CDM Project Guideline for CDM Developers*, KECO Guideline Report.

Kim, T.H. (2010) *Feasibility and Implementation strategy of CDM In Building sector*, Mater thesis, Chonnam National University
Kwak, I.H. (2010) *An Application of CDM Project for Greenhouse Gas Reduction Activities in the Wastewater Treatment Systems*, Mater thesis, Inha University.
K-Water (2006) *Research on the Life-Cycle Cost of Materials and Construction Methods for Water Supply Facilities*, Research Report, K-Water
Ministry of the Environment (MOE) (2008) *Research on the Feasibility Analysis of Energy Independence in Wastewater Treatment Systems for Weather-Disaster Prevention*, Research Report, Korea Environment Corporation
Ministry of the Environment (MOE) (2010) *Scheme of Energy Independence for Sewage Treatment Facilities*, MOE Water Supply & Sewerage Bureau.
Ministry of the Environment (MOE), Japan (2009) *CDM/JI Manual for Project Developers and Policy Makers*, <http://gec.jp/gec/en/Activities/cdm/cdmjimanual2009e.pdf>
United Nations (1998) *Kyoto Protocol to the UNFCCC*, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
UNFCCC (2011) *EB65 Report Annex21*, <http://cdm.unfccc.int>
UNFCCC (2012) *Clean Development Mechanism*, <http://cdm.unfccc.int>

© 논문접수일 : 2012년 11월 14일
© 심사의뢰일 : 2012년 11월 15일
© 심사완료일 : 2012년 11월 21일