

## CDM 사업부문별 투자비용 결정요인 분석: 폐기물 부문을 대상으로\*

김지훈\*\* · 임성수\*\*\*

### An Analysis on the Invest Determinants of CDM Project: Evidence from Waste Handling and Disposal Sector

Kim, Jihoon · Lim, Sungsoo

In this study, the characteristics of the waste sector CDM project were analyzed through cluster analysis of the waste sector CDM project and the analysis of the CDM investment cost in waste sector using CDM project data registered with UNFCCC since 2008 when EU ETS phase 2 began. As of September 2020, 772 cases of CDM projects in waste disposal and disposal are registered. Biogas technology is the largest, followed by livestock manure processing and biomass production technology. The results of the cluster analysis are summarized as follows: First, on average, projects utilizing AWMS technology are small in size and relatively low in investment costs. This is judged to be relatively low investment costs due to previously attracted foreign investment capital. Second, the average investment cost of CDM projects considered along with waste (No.13), the energy industry (No.1) and agriculture (No.15) was higher than those involving only waste. The analysis of the factors determining the investment cost of the waste sector CDM project showed that, as with cluster analysis, the AWMS technology, which is a livestock manure treatment technology, was lower in the investment cost than those that use other technologies. As a result of multiple regression analysis, the investment cost of the CDM project was analyzed lower in the order of biomass, AWMS, LFG and biogas. Also, the higher the investment cost for CDM projects linked to waste, energy and agriculture, and the better the investment environment, the higher the investment cost. Although no statistical feasibility was obtained, the larger the annual emission reduction, the lower the CDM investment cost.

Key words : *clean development mechanism, emission reduction, investment cost, waste handling and disposal*

\* 이 논문은 2018년도 건국대학교 KU학술연구비 지원에 의한 논문임.

\*\* 건국대학교 일반대학원 농식품경제학과 석사과정

\*\*\* Corresponding author, 건국대학교 경제통상학전공 부교수(sslim07@kku.ac.kr)

## I. 서 론

마이크로소프트사의 공식 블로그에 따르면, 최근 마이크로소프트와 네슬레 등 세계 경제를 주도하는 글로벌 기업에서 연이어 탄소중립 대응책을 내놓고 있다. 국제사회는 시장을 근간으로 한 온실가스 감축 제도와 기술을 도입하여 기후변화(Climate Change) 문제에 대응하고 있는 것이다. 재화나 서비스의 비용에 기후변화에 대한 비용을 반영시키고, 탄소배출권의 수요와 공급을 통해 배출권가격을 결정하는 방식이다. 이러한 메카니즘을 교토의정서(Kyoto protocol)에서 국제적으로 합의했다고 해서 교토메카니즘이라 정의한다. 한국은 2019년 12월에 공포된 저탄소 녹색성장기본법 시행령 25조에서 2030년 온실가스 감축목표를 BAU (Business as Usual) 기준으로 2017년 대비 24.4% 감축하기로 설정하고, 2030년 배출량을 5억3,600만 톤 수준으로 제한하겠다고 선언한 바 있다. 그러나 유럽의 기후변화 전문가의 보고서에 따르면 한국이 제시한 국가온실가스감축목표(NDC)가 지구 온도상승을 막기에 매우 불충분하며, 한국에는 점진적인 변화가 아니라 모든 부문에서 변혁적인 기여가 필요하며 파리협정에 부합하는 수준이 되려면 현재 감축안보다 2배 이상은 감축해야 한다며 우리 정부의 온실가스 감축노력을 비하하고 있는 실정이다(Climate Analytics, 2020).

CDM 사업은 교토의정서 제12조에 정의되어 있는 것으로 부속서I 국가(선진국)가 비부속서I 국가(개발도상국)에 온실가스 감축사업 실행을 위한 기술 및 자금을 지원하여 달성한 실적(emission credit)을 부속서I 국가(선진국)에 할당된 감축목표 달성에 활용할 수 있도록 하는 제도이다. CDM 사업을 통하여 선진국은 감축목표 달성에 사용할 수 있는 탄소배출권인 CER을 획득하며, 개발도상국은 선진국으로부터 기술과 재정지원을 받음으로써 자국의 지속가능한 개발에 기여할 수 있다. 현재 CER의 경우 2012년 이전 등록된 CDM 프로젝트에서 획득한 CER만큼 온실가스 배출량 감축 의무가 이행된 것으로 간주하며, CER을 배출권 시장에서 거래할 수 있었으나 2012년 이후에는 최빈개도국(LDC)에서 획득한 CER만 EU-ETS에서 사용할 수 있다(Korea Environmental Industry & Technology Institute, 2013). 배출권 시장은 할당량 시장의 보조적인 기능을 하고 있으며 감축 주체의 입장에서 CER과 ERU는 통상적으로 EUA (EU Allowance)보다 상대적으로 낮은 가격에 거래를 형성하고 있어서 의무준수를 달성하는데 사용 가능한 대체 상품으로 고려되고 있다.<sup>1)</sup>

국제탄소시장에서 CER은 발행단계에 따라 발행이 완료되어 유통단계에 있게 되는 secondary CER (sCER)과 발행단계 이전인 primary CER (pCER)로 구분해 거래되고 있다. 온실가스 감축사업을 시행하는 기업이 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 사업을 등록한 이후 모니터링, 확인 및 인증 절차를 거쳐 최종 인증감축물량으로 인증된 배출권을 pCER이라 하며, 이

1) 할당량(allowance) 시장은 의무감축물량을 거래하는 시장으로 특정 온실가스 감축사업을 통해 획득한 사업배출권 시장과 구분되며, 양 시장을 합쳐 배출권시장이라 지칭한다.

pCER을 거래소시장이나 장외시장, 즉 유통시장에서 거래시키는 배출권을 sCER이라 정의한다. 따라서 pCER과 sCER 가격간의 차이를 개념적으로 기업의 유통마진으로 간주할 수 있다. sCER은 pCER과 달리 인수도 위험(delivery risk)이 없고, 사업자가 EU ETS의 의무준수 활용 시 EUA와 sCER은 일대일의 등가가 성립함으로 이론적으로는 가격이 동일하다. 그러나 CER의 경우 국가별 그리고 감축의무기간(Phase)별로 상이하나 EU-ETS에서는 배출총량의 13.5%까지 크레딧 사용이 가능토록 인정하고 있으며, 국내 기준은 10%로 최대 비율이 제한되어있어 CER의 교환가치를 하락시키는 원인이 되고 있다(Park and Cho, 2013).

과거 탄소배출권 가격 및 경제성 분석에 대한 연구는 주로 거래상품(EUA, CER) 간, 거래소 간 동태적 가격분석 내지는 CDM 사업부문별 발행가격 결정요인을 규명하는 방식으로 진행되어 왔다(Mo et al., 2005; Kim and Park, 2008; Lim and Yang, 2008; Lho, 2011; Park and Cho, 2013; Lim, 2016). 본 연구는 전체 CDM 사업에서 약 11%의 비중을 차지하고 있는 폐기물 부문의 CDM 사업 투자비용이 결정되는 요인을 분석하기 위해 EU ETS II 단계 이후 시점인 2008년 이후 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 등록된 폐기물 부문의 CDM 사업계획서를 검토하여 투자분석에 가용가능한 조사자료(survey data)를 추출하여 활용하였다. 폐기물 부문 CDM 사업의 투자비용은 곧 CER의 발행가격이 되며 이는 CDM 사업의 경제성 분석과 직결되는 관계로 본 연구의 결과는 폐기물 부문의 온실가스 감축 사업을 준비하고 있는 기업들과 지자체 및 중앙정부 이해당사자들의 흥미를 유발할 수 있을 것으로 기대한다.<sup>2)</sup>

본 연구의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 제II장에서는 CER 가격결정요인 분석의 예비단계로서 폐기물 부문의 CDM 사업의 속성별 결정요인을 규명하기 위해 상호관련성에 의해 동질성 집단으로 묶어주는 클러스터 분석을 실시하였고, 제III장에서는 폐기물 부문 CDM 투자비용에 영향을 미치는 결정요인을 분석하기 위해 다중회귀분석을 이용한 가설검정을 실시하였다. 제IV장에서는 분석 결과를 요약하고 결론 및 시사점을 제안하였다.

## II. 폐기물 부문 CDM 사업의 클러스터 분석

### 1. 자료와 분석 모형

클러스터 분석은 가용할 수 있는 데이터에서 데이터 간의 유사도를 정의해 상대적으로 유사한 집단의 속성을 구별하여 특정 개수의 그룹으로 분류해낼 수 있는 다변량 통계처리방

2) 본 논문에서는 온실가스 감축사업(CDM 사업)을 시행하는 기업이 사업계획서에 기재한 예상감축물량을 총투자비로 나눈 단위당(tCO<sub>2</sub>e) 투자비용을 사업을 통해서 창출되는 탄소배출권(CER)의 생산원가, 즉 발행가격이라 정의하였다.

법이며, 집단별 요인에서 주요 개념의 분류를 위해 최초로 고안된 분석방법이다(Aldenderfer and Blashfield, 1984). 본 논문에서는 다양한 클러스터 분석 방법 중 2단계(two-step) 클러스터 분석을 시행하였다. 2단계 클러스터 분석은 각각의 분석 절차에서 클러스터 생성을 위해 다른 알고리즘을 사용하는데, 1단계에서는 최적의 클러스터 수를 통해 클러스터별로 자료를 구분하고, 2단계에서는 클러스터를 구분하는 주요 속성을 제시한다. 이러한 클러스터링(clustering) 방식을 통하여 추출된 속성 변수는 3장의 실증분석에 이용될 것인데, 이러한 변수 추출방식은 임의의 변수선정 방식보다 훨씬 체계적이라 할 수 있다.

CDM 사업을 유치하는 상쇄사업자는 해당 사업이 실제 온실가스 감축 효과가 있는지(사업 위험), CER 발행 이후 유통시장에서의 가격변동에 따른 위험(가격 위험), 사업이 UNFCCC의 인증을 받지 못해 CER이 발행되지 못할 경우의 투자손실 위험(인증 위험) 등 다양한 위험 요인에 노출된다(Lim, 2016). 따라서 상쇄사업자들은 해당 프로젝트의 참여 여부를 결정하기 이전에 과거 진행된 CDM 사업의 투자비용, 저감 물량, 유치국 투자환경, 사업유형, 사업 규모, 사업방식과 같은 주요 속성의 유사성을 비교·분류하는 정보 획득의 과정이 필요하

Table 1. Registered number of CDM projects

NO.	Project Sector	Number	Ratio (%)
1	Energy industries	5,965	78.11
2	Energy distribution	8	0.10
3	Energy demand	115	1.51
4	Manufacturing industries	321	4.20
5	Chemical industries	99	1.30
6	Construction	0	0
7	Transport	28	0.37
8	Mining/mineral production	77	1.01
9	Metal production	12	0.16
10	Fugitive emissions from fuels (solid, oil and gas)	119	1.56
11	Fugitive emissions from production and consumption of halocarbons and sulphur hexafluoride	8	0.10
12	Solvent use	0	0
13	Waste handling and disposal	772	10.11
14	Afforestation and reforestation	65	0.85
15	Agriculture	48	0.63

Sources: UNFCCC EB (cdm.unfccc.int)

다. 이러한 정보 획득을 통해 CDM 사업의 시행자와 투자자들은 사업에 내재된 위험요인을 정확히 분석하여 사업의 불확실성을 줄일 수 있어 합리적인 투자의사결정을 내릴 수 있게 된다(Lim and Yang, 2008). 2020년 9월말 기준으로 2008년 이후에 유엔기후변화협약 홈페이지에 등록된 CDM 사업 건수는 총 7,637개이며, 부문별로 보면 1번인 에너지 산업이 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 본 연구의 대상인 폐기물 부문(13번)은 772개(10.11%)로 전체 CDM 사업부문 중 두 번째로 많은 프로젝트가 운영되고 있다(Table 1).

본 논문에서 사용하는 자료는 2008년 이후 유엔에 등록된 총 772개의 폐기물 부문 CDM 사업의 사업계획서를 검토하여 재무지표(financial indicator) 상에 기재된 해당 변수들을 추출하는 방법으로 진행하였다. 우선적으로 실증분석에서 종속변수로 사용될 투자비용(investment cost)<sup>3)</sup>이 작성된 각 사업의 사업계획서를 근거로 데이터를 추출하는 방법을 택했다. 이 과정에서 사업투자 관련 재무지표 기재가 누락된 사업계획서가 다수 나타났는데, CDM 사업을 직접적으로 시행하는 상쇄사업자의 입장에서는 투자비를 경쟁기업에게 공개하는 것이 민감한 문제이기 때문에 발생하는 현상이라 판단된다. 따라서 모집단과 표본간의 관측치 차이가 존재하게 되며, 본 연구에서는 CDM 사업의 투자비용이 사업계획서상에 기술된 130개의 표본을 실증분석에 이용하였다(Table 2).

분석의 절차는 다음과 같다. 일차적으로 각 집단(grouping)별로 CDM 사업의 요인(변수) 값들을 가장 근접하게 하여 분산을 최소화시키는 클러스터 군을 설정한다. 이때 BIC (Bayesian Information Criteria) 군집기준을 사용하여 해당 값이 최소가 되는 클러스터 수가 분석 자료에 대한 최적의 클러스터 수가 된다. 본 연구에서는 클러스터의 구분이 3개 클러스터로 결정되었다. 클러스터 분석에 사용된 변수로는 유치국의 투자환경, 사업 부문, 사업 규모, 사업유형, 사용된 기술(Biogas, AWMS, Biomass, LFG) 변수를 고려하였다. 유치국 투자환경(Investment Climate) 변수는 세계은행에서 발표하는 World Governance Indicators Dataset을 참고하여 CDM 사업유치와 관련된 국가 위험인 정치적 안정성, 규제 정도, 법 적용의 안정성의 3가지 지수를 표본 자료의 기간과 동일한 2008년부터 가장 최근인 2018년 자료에 대한 평균값을 구한 후 사용하였다. 범주형(dummy) 변수에는 더미변수를 사용하여 대규모 사업(Large scale project), 양자방식 사업(Bilateral project), 사업부문에서는 폐기물 부문(13번)과 에너지산업 및 농업 부문(1-13-15번)이 연계된 사업을 속성을 갖는 기준변수로 처리하였다.

Table 2는 폐기물부문 CDM 사업 분석 자료의 특성을 나타낸다. 사업등록일을 보면 EU ETS II 단계(2008~2012년) 시행 이후 유엔에 등록된 사업으로 제한하였다. 세계 최대 쇠고기 수출국이자 두 번째 닭고기 수출국인 브라질은 다국적 농기업들을 통한 해외투자자본

3) 본 논문의 투자비용은 사업계획서 상에서 사업 시행 전후의 순현재가치(NPV) 차이를 전체 감축물량으로 나눠 계산된 변수이기도 하다.

유치로 기술집약적인 농업을 시험하고 있는 국가답게 가축분뇨처리(AWMS) 기술을 이용한 CDM 투자비용이 상대적으로 낮은 것을 확인하였다(Table 2). 중국, 인도, 브라질 등 온실가스 배출 감축 여력이 크고 상대적으로 낮은 한계저감비용(MAC)으로 배출 감축이 가능한 국가들에 CDM 투자가 집중되고 있음을 확인할 수 있다. CDM 사업이 의무적으로 온실가스 배출량을 감소시켜야 하는 부속서 I 국가에서 자국 내에서 온실가스 배출을 줄일 때 소요되는 비용과 탄소배출권 거래가격을 비교하여 상대적으로 비용최소화 방식을 선택할 수 있는 권리(flexibility)를 기업에게 준다는 당위성에 출발한 만큼, 상대적으로 에너지 효율이 낮아 온실가스 배출 감축이 보다 용이한 거대 개도국에서 CDM 사업 유치가 더 적극적으로 이루어지는 것은 합리적인 행태라 볼 수 있다.

Table 2. Characteristics of the sample data in Waste sector

No.	Registration date	Reduction (tCO <sub>2</sub> e)	Cost (€/CO <sub>2</sub> e)	Host country	Sector	Scale	Type	IC
01	2008.04.06	212,332	13.13	Guatemala	1,13,15	small	bilateral	-0.64
02	2008.04.25	236,351	4.09	Argentina	13	small	bilateral	-0.42
03	2008.05.01	1,036,926	1.75	Malaysia	13	large	bilateral	0.40
04	2008.05.26	935,389	3.97	China	1,13	large	bilateral	-0.37
05	2008.05.29	3,364,168	2.70	Brazil	13	large	bilateral	-0.11
06	2008.05.30	343,689	3.81	Indonesia	13	large	bilateral	-0.45
07	2008.07.06	1,436,021	0.73	China	1,13	large	bilateral	-0.37
08	2008.07.19	183,417	0.41	Brazil	1,13,15	small	bilateral	-0.11
09	2008.08.10	306,992	7.46	Mexico	13	small	bilateral	-0.32
10	2008.08.11	156,256	3.16	Malaysia	13	large	bilateral	0.40
11	2008.08.25	146,397	7.87	Malaysia	13	small	bilateral	0.40
12	2008.09.12	318,080	6.62	Mexico	13	small	bilateral	-0.32
13	2008.10.24	476,511	3.18	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
14	2008.11.21	624,036	3.29	China	1,13	large	bilateral	-0.37
15	2008.12.25	1,365,700	2.63	China	1,13	large	bilateral	-0.37
16	2009.01.17	1,033,328	10.33	Vietnam	1,13	large	unilateral	-0.23
17	2009.02.12	1,577,263	6.58	Mexico	13	large	bilateral	-0.32
18	2009.02.25	122,416	19.6	Cyprus	13	small	bilateral	0.91
19	2009.03.10	5,899,931	6.59	Philippines	1,13	large	bilateral	-0.60
20	2009.03.15	372,507	4.51	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
21	2009.03.16	159,034	11.02	Chile	13,15	large	bilateral	1.06

No.	Registration date	Reduction (tCO <sub>2</sub> e)	Cost (€/CO <sub>2</sub> e)	Host country	Sector	Scale	Type	IC
22	2009.03.16	348,894	1.76	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
23	2009.03.21	571,961	2.53	Mexico	13	large	bilateral	-0.32
24	2009.04.02	160,933	5.57	India	1,13	small	unilateral	-0.50
25	2009.04.27	723,710	3.5	China	13,15	large	bilateral	-0.37
26	2009.05.07	106,070	18.02	Mexico	1,13	small	bilateral	-0.32
27	2009.05.25	5,299,466	2.49	Columbia	13	large	unilateral	-0.42
28	2009.06.04	480,860	1.81	Malaysia	13	small	bilateral	0.40
29	2009.06.05	256,210	5.44	Malaysia	13	small	bilateral	0.40
30	2009.06.15	2,250,980	0.58	Malaysia	13	small	bilateral	0.40
31	2009.06.25	434,192	3.93	China	1,13	small	bilateral	-0.37
32	2009.06.25	388,542	4.03	China	1,13	small	bilateral	-0.37
33	2009.06.26	83,850	2.33	Mexico	13	small	unilateral	-0.32
34	2009.07.04	420,489	4.53	India	13	small	bilateral	-0.50
35	2009.07.09	1,972,590	3.53	Mexico	13	large	unilateral	-0.32
36	2009.07.11	278,316	11.18	U.A.E	13	large	bilateral	0.71
37	2009.07.18	227,639	7.17	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
38	2009.07.18	247,308	2.97	India	13	small	bilateral	-0.50
39	2009.08.24	258,927	1.95	S. Africa	1,13	small	bilateral	0.10
40	2009.09.04	342,897	1.61	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
41	2009.09.04	724,830	4.51	China	1,13	small	bilateral	-0.37
42	2009.09.05	370,167	5.07	Thailand	1,13	small	bilateral	-0.34
43	2009.09.19	326,665	1.54	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
44	2009.10.01	39,232	6.89	India	13	small	unilateral	-0.50
45	2009.11.10	304,850	6.5	Thailand	1,13	small	bilateral	-0.34
46	2009.11.25	926,454	8.84	Vietnam	1,13	large	bilateral	-0.23
47	2009.11.30	365,876	3.00	Mexico	13	large	unilateral	-0.32
48	2009.12.28	102,342	5.38	China	13	large	bilateral	-0.37
49	2010.01.05	156,550	6.82	Malaysia	13	small	bilateral	0.40
50	2010.01.12	682,880	29.34	China	1,13	small	bilateral	-0.37
51	2010.02.02	957,623	1.97	Malaysia	13	large	bilateral	0.40
52	2010.02.07	1,240,289	4.53	India	13	large	bilateral	-0.50
53	2010.02.26	311,310	5.91	Thailand	1,13	small	bilateral	-0.34

No.	Registration date	Reduction (tCO <sub>2</sub> e)	Cost (€/CO <sub>2</sub> e)	Host country	Sector	Scale	Type	IC
54	2010.02.26	204,673	2.11	Brazil	13	small	unilateral	-0.11
55	2010.03.11	1,431,770	1.28	China	13	large	bilateral	-0.37
56	2010.08.07	304,745	1.86	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
57	2010.08.21	367,577	1.11	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
58	2010.08.21	294,924	1.25	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
59	2010.11.08	316,022	1.40	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
60	2010.11.08	326,746	1.32	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
61	2010.12.29	596,760	8.37	China	1,13	small	bilateral	-0.37
62	2011.01.05	573,900	4.73	China	13,15	large	bilateral	-0.37
63	2011.02.26	59,276	0.23	Brazil	13	small	unilateral	-0.11
64	2011.04.02	171,480	3.82	China	13,15	large	bilateral	-0.37
65	2011.04.19	187,551	7.44	China	13	small	bilateral	-0.37
66	2011.04.21	346,528	8.51	Thailand	13	small	bilateral	-0.34
67	2011.04.25	298,530	3.51	Vietnam	1,13	small	bilateral	-0.23
68	2011.06.03	132,120	1.87	China	1,13	small	bilateral	-0.37
69	2011.06.20	226,296	3.90	Vietnam	13	small	bilateral	-0.23
70	2011.06.21	167,432	2.36	China	1,13	small	bilateral	-0.37
71	2011.06.25	147,648	5.58	Argentina	1,13	small	unilateral	-0.42
72	2011.07.28	123,057	9.98	Thailand	1,13	small	bilateral	-0.34
73	2011.08.31	388,830	9.75	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
74	2011.09.08	359,541	1.97	Philippines	1,13	small	bilateral	-0.60
75	2011.09.12	198,821	3.325	Philippines	13	small	bilateral	-0.60
76	2011.09.14	239,733	2.89	Malaysia	13	small	bilateral	0.40
77	2012.01.04	912,240	1.79	Vietnam	13,15	large	bilateral	-0.23
78	2012.01.25	243,827	15.12	China	1,13	small	bilateral	-0.37
79	2012.05.09	690,270	3.46	China	1,13	small	bilateral	-0.37
80	2012.05.10	1,168,578	7.85	China	1,13	large	bilateral	-0.37
81	2012.05.11	597,180	4.24	Mexico	13	small	unilateral	-0.32
82	2012.06.12	276,165	5.49	China	1,13	small	bilateral	-0.37
83	2012.06.12	371,098	1.58	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
84	2012.06.12	345,933	1.87	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
85	2012.06.18	372,190	3.17	Brazil	13	small	bilateral	-0.11



No.	Registration date	Reduction (tCO <sub>2</sub> e)	Cost (€/CO <sub>2</sub> e)	Host country	Sector	Scale	Type	IC
86	2012.08.16	373,763	4.33	S. Korea	1,13	small	unilateral	0.78
87	2012.08.22	337,498	5.57	China	1,13	small	bilateral	-0.37
88	2012.08.23	325,000	5.75	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
89	2012.08.24	272,180	0.05	Brazil	13	small	unilateral	-0.11
90	2012.08.28	495,300	2.77	China	1,13	small	bilateral	-0.37
91	2012.08.29	286,870	12.81	China	1,13	small	bilateral	-0.37
92	2012.08.30	82,160	4.88	Mexico	13	small	unilateral	-0.32
93	2012.08.30	907,239	4.07	Thailand	13	large	bilateral	-0.34
94	2012.09.26	368,469	8.96	China	1,13	small	bilateral	-0.37
95	2012.09.28	195,013	11.17	China	1,13	small	bilateral	-0.37
96	2012.10.02	97,372	10.33	Malaysia	1,13	small	bilateral	0.40
97	2012.10.09	977,795	7.75	India	1,13,15	large	bilateral	-0.50
98	2012.10.23	696,810	2.74	China	13,15	large	bilateral	-0.37
99	2012.11.01	399,098	0.6	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
100	2012.11.05	390,306	0.56	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
101	2012.11.06	374,234	0.57	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
102	2012.11.06	333,809	0.75	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
103	2012.11.15	254,310	12.43	S. Africa	1,13	small	unilateral	0.10
104	2012.11.30	527,807	3.03	Indonesia	13	small	unilateral	-0.45
105	2012.12.05	150,619	11.19	Brazil	1,13	small	unilateral	-0.11
106	2012.12.13	2,057,827	1.42	Mexico	13,15	large	unilateral	-0.32
107	2012.12.19	128,150	14.39	India	13	small	unilateral	-0.50
108	2012.12.24	265,880	8.2	Thailand	1,13	small	bilateral	-0.34
109	2012.12.24	155,886	0.79	Indonesia	13	small	bilateral	-0.45
110	2012.12.26	535,260	0.04	Thailand	1,13	small	bilateral	-0.34
111	2012.12.26	895,440	13.53	China	1,13	small	bilateral	-0.37
112	2012.12.26	482,293	9.78	Brazil	13	large	unilateral	-0.11
113	2012.12.27	323,967	0.62	Brazil	13	small	bilateral	-0.11
114	2012.12.27	1,042,691	6.6	Thailand	13	large	unilateral	-0.34
115	2012.12.27	231,986	6.38	Brazil	13	large	bilateral	-0.11
116	2012.12.28	116,060	25.09	Chile	13	small	bilateral	1.06
117	2012.12.28	991,181	7.13	Guatemala	13	large	bilateral	-0.64

No.	Registration date	Reduction (tCO2e)	Cost (€/CO2e)	Host country	Sector	Scale	Type	IC
118	2012.12.31	315,970	13.58	Serbia	1,13	small	bilateral	-0.14
119	2012.12.31	318,375	9.16	Singapore	1,13	small	unilateral	1.69
120	2013.01.11	359,030	5.48	Thailand	13	small	unilateral	-0.34
121	2013.01.16	758,220	6.11	China	1,13	small	bilateral	-0.37
122	2013.01.28	408,534	1.4	Brazil	1,13	small	unilateral	-0.11
123	2013.02.19	265,281	0.79	Mexico	13	small	unilateral	-0.32
124	2013.02.26	512,549	7.1	Brazil	1,13	large	unilateral	-0.11
125	2013.02.26	277,036	10.27	Mexico	13	large	unilateral	-0.32
126	2013.06.28	223,698	6.53	Brazil	13	large	unilateral	-0.11
127	2013.07.03	54,540	10.89	Thailand	1,13	small	unilateral	-0.34
128	2013.07.25	408,649	2.24	Ecuador	13	small	unilateral	-0.81
129	2013.07.31	3,073,356	1.73	Brazil	13	large	unilateral	-0.11
130	2013.08.24	814,349	5.19	Brazil	13	large	unilateral	-0.11

Source: 1) UNFCCC CDM EB ([www.cdm.unfccc.int](http://www.cdm.unfccc.int))

2) World bank, Worldwide Governance Indicators

클러스터 분석의 함수식은 아래 식 (1)과 같다, 여기서 IC는 유치국의 투자환경 지수를 나타내는 연속형 변수이며, DScale, DType, Dsector는 사업규모, 사업유형, 사업부문을 더미 변수(속성=1)로 처리한 범주형 변수를 나타낸다.

$$Clustering = f(IC, Dscale, Dtype, Dsector, DBiogas, DLF, DA WMS, DBiomass) \quad (1)$$

## 2. 분석결과

식 (1)에 의해 연속형 변수인 투자환경(Investment climate)과 범주형 변수인 사업규모, 사업유형, 사업 부문, 기술(Biogas, AWMS, Biomass, LFG) 변수를 통한 클러스터별 특성을 나타낸 결과가 Table 3이다.

Cluster 1과 Cluster 2는 전체 케이스 수가 결합된 클러스터 조합의 경우보다 CDM 사업 유치국의 투자환경이 평균적으로 좋은 것으로, Cluster 3에 속한 CDM 사업은 투자환경이 좋지 못한 유치국의 사업으로 나타났다. 클러스터의 분포는 Cluster 1에 53개, Cluster 2에 46개, Cluster 3에 31개의 CDM 사업으로 구성되었다(총 130개). 2단계 클러스터 분석 결과

를 보면 기술을 중심으로 분류된 것을 확인할 수 있는데, Cluster 1은 Biogas가, Cluster 2는 AWMS, Cluster 3은 LFG 기술이 중요하게 고려되어야 하는 변수 요인으로 분석되었다 (Table 3).

Table 3. Main characteristics by cluster

Group	Consideration variable	Number (weight)	Investment climate	
			Aver.	St. deviation
Cluster 1	Biogas, Small scale	44 (44%)	-0.14	0.46
Cluster 2	AWMS, Small scale	31 (31%)	-0.13	0.34
Cluster 3	LFG, Large scale	25 (25%)	-0.20	0.32
Cluster 1-3		100 (100.0%)	-0.15	0.39

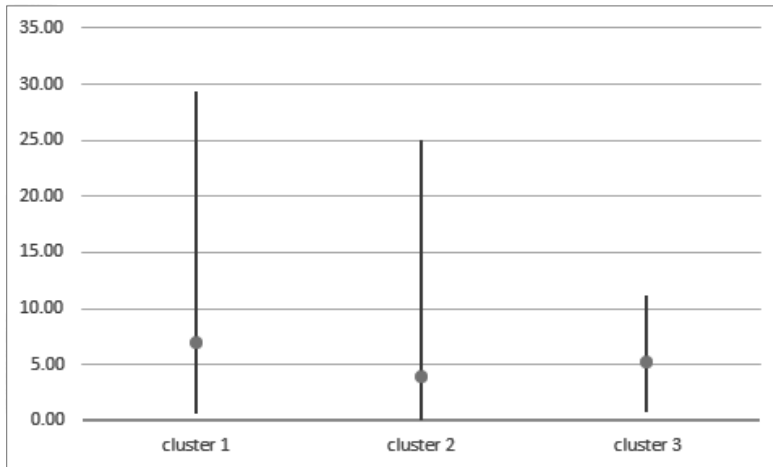
속성별 클러스터 구성은 Table 4와 같이 분류되었다. 각 클러스터에 대한 속성을 보다 기술하면 다음과 같다. 첫째로, Biogas 기술을 사용하는 CDM 사업은 모두 Cluster 1에 포함되었다. 둘째로, LFG 기술을 사용하는 CDM 사업은 모두 Cluster 3에 포함되었으며 AWMS 기술을 사용하는 CDM 사업은 76%가 Cluster 2에 포함되었다. Cluster 1과 Cluster 3에서는 AWMS 기술을 사용하는 CDM 사업이 나타나지 않았다. 사업 규모의 경우 Cluster 1과 Cluster 2에서는 80% 이상이 소규모 CDM 사업의 형태를 보였으며, Cluster 3에서는 80% 이상이 대규모 CDM 사업으로 구성된 것으로 분석되었다(Table 4).

Table 4. Cluster configuration considering individual properties

Cluster	No.1	No.2	No.3
Properties	Biogas - small	AWMS - small	LFG - large
Number	44	31	25
Sample number	1, 18, 20, 24, 26, 29, 30, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 53, 54, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 78, 79, 87, 88, 90, 91, 95, 103, 104, 108, 109, 111, 119, 120, 121, 127	2, 9, 12, 22, 33, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 75, 81, 83, 84, 85, 89, 92, 99, 100, 101, 102, 105, 107, 110, 113, 116, 118, 122, 123, 128	4, 5, 6, 7, 10, 14, 15, 16, 23, 35, 36, 46, 47, 48, 52, 55, 80, 112, 115, 117, 124, 125, 126, 129, 130

Fig. 1은 클러스터별 투자비용 수준을 나타낸 결과이다. 평균적으로 AWMS 기술을 이용하는 Cluster 2의 CDM 투자비용이 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 클러스터의 주요

분류 기준은 아니었으나 AWMS 기술과 유사한 기술형태를 보이는 Biomass 기술<sup>4)</sup> 또한 Cluster 2에만 존재하였다. 또한 폐기물부문(13번)만 포함된 사업보다는 폐기물과 에너지산업(1번), 농업(15번)이 함께 고려된 CDM 사업의 투자비용이 평균적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 열에너지와 전기에너지 생성 시설과 폐기물 슬러지 등의 시설투자에 대한 비용 증가가 그 원인이라 볼 수 있다. 마지막으로 매립가스 폐기물을 에너지원으로 이용하여 전력을 생산하는 LFG 기술이 포함된 Cluster 3에는 중국과 브라질에서 유치한 사업이 절반 이상을 차지하고 있었다. 이러한 이유는 거대 개도국들의 도시화 진전에 따라 폐기물 발생 역시 급증하고 있는데, 동시에 이들은 상대적으로 개도국 중에서도 배출 감축 여력이 크고 기술투자가 높은 수준에서 이뤄지고 있어 규모의 경제 효과로 인한 평균투자비용 하락 현상이 현실화되고 있는 결과라고 판단된다.



	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Max.	29.34	25.09	11.18
Min.	0.58	0.04	0.73
Mean	7.02	3.98	5.21

Fig. 1. Investment cost levels by cluster.

4) Biomass 기술에는 미생물·동식물에서 발생된 생분해성 유기물, 농업과 임업에서 발생된 부산물, 잔유물, 생산물 산업폐기물 중 생분해성 유기 성분, 기체·액체·고체 형상이 모두 해당된다. AWMS 기술과는 가축분뇨처리를 통한 축산폐수 처리와 분뇨의 메탄 처리 및 연소를 통한 메탄가스 배출을 감축시킨다는 점에서 유사하다.

본 연구의 클러스터 분석결과는 폐기물 취급 및 처리부문 상쇄사업자들이 CDM 사업 투자를 결정하기 이전에 기존에 시행되었던 CDM 사업에 대한 규모, 사업유형, 사업부문, 투자환경, 기술별 특성 등과 같은 주요 속성에 대한 정보를 파악할 수 있게 하여 투자 위험을 경감시켜준다는 점에서 중요하다. 또한 연구 방법론적으로는 실증분석의 변수선정에 있어 자의적 변수 선정보다는 보다 체계적인 방식이라는 것에 의미가 있다 할 수 있다.

### Ⅲ. 폐기물 부문 CDM 투자비용 결정요인 분석

#### 1. 가설과 모형 설정

CDM 사업의 잠재적 투자 주체인 투자자, 사업시행자, 의무 감축 기업은 과연 CDM 사업에 얼마를 투자해서 사업을 진행시키고, 사업의 결과로 얻게 되는 최종생산물인 CER을 시장에 판매할 경우 어느 정도의 판매수익을 기대할 수 있는지에 대한 정보가 투자 의사 결정을 내리는데 중요한 요인이 된다(Lim and Yang, 2010). CER 유통가격(secondary CER)은 시장의 거래가격을 통해 정보를 획득할 수 있으나, CER 발행단계의 생산원가라 할 수 있는 CDM 사업의 투자비용은 본 연구에서 접근하듯이 CDM 사업계획서를 확인하며 직접 추출할 수밖에 없다. 본 장의 목적은 클러스터 분석을 통해 분류된 속성 요인들을 기초로 폐기물 취급 및 처리부문 CDM 사업의 다양한 위험요인을 계량화하여 개별 요인들이 CDM 투

Table 5. Hypothesis test of CDM invest determinant in waste sector

Category	Hypothesis
Technology risk	1. Biomass technology affects investment cost of CDM project
	2. Biogas technology affects investment cost of CDM project
	2. LFG technology affects investment cost of CDM project
	3. AWMS technology affects investment cost of CDM project
Scale of economics	4. CDM investment cost of the project with large emission reductions is low
	5. CDM investment cost of large-scale project is low
Project type	6. CDM investment cost is different according to project type (Bi / Unilateral)
	7. The investment cost of CDM projects linked to waste, energy industry and agriculture sectors is higher
Country risk	8. The better the host country's investment climate, the higher the CDM investment cost

자비용에 어떠한 효과를 미치는지를 분석하는 것에 있다.

폐기물 취급 및 처리부문 CDM 투자비에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 다중회귀 분석을 통한 가설 검정을 실시한다. Table 5는 클러스터 분석에서 상호관련성 속성을 분류한 결과를 통하여 본 장의 가설을 네 가지로 구분한 내용이다. 첫째, 기술적 위험이 CDM 투자비용에 미치는 효과를 검정한다. 즉 어떠한 기술을 가진 CDM 사업이 투자비를 높이거나 낮추는 요인이 되는지를 확인한다[가설 1, 2, 3번]. 둘째, 규모의 경제 효과에 대해 살펴보기 위해 온실가스 저감물량과 사업규모가 폐기물부문 CDM 투자비용에 미치는 효과를 검정한다[가설 4, 5번]. 셋째, CDM 사업유형의 분류로 양자방식(Bilateral)인지 아니면 독자방식(Unilateral) 유형인지, 그리고 폐기물 취급 및 처리부문만을 고려한 것인지 아니면 폐기물 취급 및 처리부문 온실가스 감축과 전력생산을 연계하여 폐기물-에너지산업-농업 부문을 함께 고려한 것인지에 따라 CDM 투자비용에 미치는 효과가 차이가 나타나는지에 대한 검정을 실시한다[가설 6, 7번]. 넷째, 국가 위험도(Host Country Risk)가 CDM 투자비용에 미치는 효과 검정을 위해 유치국의 투자환경을 살펴본다[가설 8번].

폐기물 부문 CDM 사업의 투자비용 결정요인 분석에 이용된 모형식과 변수에 대한 설명은 식 (2)과 같다.

$$P_{CER} = (\beta_0 + \beta_1 Reduction + \beta_2 Dscale + \beta_3 Dtype + \beta_4 Dsector + T\beta_5 IC + \beta_6 DA WMS + \beta_7 DBiogas + \beta_8 DBiomass + \beta_9 D LFG + \epsilon_i) \quad (2)$$

where,

PCER = 총투자비를 예상 배출저감물량으로 나눈 단위당(tCO<sub>2</sub>e) 평균 투자비용

Reduction = CDM 사업으로 인한 연간 배출저감량

Dscale = 사업규모에 대한 가변수, [large = 1, small = 0]

Dtype = 사업유형에 대한 가변수, [bilateral = 1, unilateral = 0]

Dsector = 사업부문에 대한 가변수, [1,13=1 or 13,15=1 or 1,13,15=1, only 13=0]

IC = 일반적인 투자 환경에 대한 변수

DAWMS = 기술에 대한 가변수, AWMS = 1, 그렇지 않으면 = 0

DBiogas = 기술에 대한 가변수, Biogas = 1, 그렇지 않으면 = 0

DBiomass = 기술에 대한 가변수, Biomass = 1, 그렇지 않으면 = 0

D LFG = 기술에 대한 가변수, LFG = 1, 그렇지 않으면 = 0

$\beta$  = 가격결정요인별 파라미터(i = 1, ..., 9)

$\epsilon$  = 교란항

CDM 투자비용 결정요인 분석에 사용된 자료는 2008년 이후 유엔기후변화협약 홈페이지

에 등록된 폐기물 취급 및 처리부문(13번) CDM 사업의 사업계획서에서 추출한 130개의 표본으로 앞장의 클러스터 분석에 사용된 자료와 동일하다(Table 1). 분석 모형에 포함된 설명변수는 다음과 같다. 더미변수로 처리된 사업규모, 사업유형, 사업부문 변수에서는 각각 대규모 사업(Large scale project), 양국 간 청정개발체제(Bilateral project), 사업부문에서 폐기물 취급 및 처리 부문(13번) 외에 에너지산업(1번)과 농업(15번)이 복합적으로 연계된 사업(1, 13 or 13, 15 or 1, 13, 15)을 1로 처리하여 속성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 유치국 투자환경에 대한 대리변수인 일반투자환경은 본 연구와 관련된 국가 위험인 정치적 안전성, 규제 정도, 법 적용의 안전성의 3가지 지수를 표본의 첫 번째 사업 시행 연도인 2008년부터 가장 최근 자료인 2018년 자료에 대한 평균값을 구한 후 사용하였다. 분석 방법은 일반화최소제곱법(GLS)을 이용하였다.

Table 5는 CDM 투자비용 결정요인 분석의 기초통계량 결과를 나타낸다. 표본의 평균 발행비용은 톤당 5.51유로이다. 발행비용이 가장 낮은 표본은 톤당 0.04유로가 투자된 태국이 유치한 111번 표본의 사업이며, 가장 높은 사업은 중국이 유치한 톤당 29.34유로가 소요된 사업이다(50번). 분석 자료의 온실가스 감축물량은 평균적으로 연간 592,100톤 수준이다. 사업 특성으로는 대규모 사업이 31%, Bilateral 사업유형이 75%, 폐기물-에너지산업-농업이 함께 고려된 사업이 48%를 차지한다. 사업기술의 비중은 바이오가스 사업이 41%로 가장 높고, 그 뒤를 AWMS, LFG, 바이오매스 사업 순으로 따르고 있다. 유치국 투자환경의 평균치는 -0.15 수준으로 나타났다.

Table 5. Basic statistics for multiple regression analysis

Variable	Min.	Max.	Mean	St. deviation
Investment cost (€/tCO <sub>2</sub> e)	0.04	29.34	5.51	4.81
Reduction (tCO <sub>2</sub> e)	39,232	5,899,931	592,099.59	820,966.6
Scale (large=1)	0	1	0.31	0.46
Type (bilateral=1)	0	1	0.75	0.43
Sector (1, 13 or 13, 15 or 1, 13, 15=1)	0	1	0.48	0.50
AWMS	0	1	0.27	0.45
Biogas	0	1	0.41	0.49
Biomass	0	1	0.08	0.28
LFG	0	1	0.24	0.43
Investment climate	-0.81	1.69	-0.15	0.39

Table 6. Results of multiple regression analysis

Variable	Coefficient value	t-value	p-value
Constant	7.23	6.05	0.00
Reduction	-8.594E-7	-1.49	0.14
Scale (large=1)	0.17	0.14	0.89
Type (bilateral=1)	-0.59	-0.62	0.54
Sector (1, 13 or 13, 15 or 1, 13, 15=1)	1.48	1.67*	0.10
Investment climate	1.82	1.68*	0.10
AWMS	-2.59	-2.35**	0.02
Biomass	-2.84	-1.79*	0.08
LFG	-1.34	-1.04	0.30
R <sup>2</sup>		0.14	

1) \* p<0.10, \*\* p<0.05

2) Biogas is used as the reference variable for technology (Biogas=1)

일반적으로 회귀변수들 간의 다중공선성은 t-통계치는 낮지만 F값이 클 경우에는 의심해 볼 수 있다(Ruud, 2010). 그러나 분산분석을 통해 이 회귀모형에서 t-통계치가 5% 신뢰구간 내에 포함되는 AWMS 기술 변수의 유의확률 값을 추정한 결과 0.014로 상대적으로 0에 가까웠고, F값 역시 2.534로 통계적으로 유의하게 큰 경우이므로 다중공선성은 없는 것으로 판단된다.

폐기물 부문 CDM 사업의 투자비용 결정요인 분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기술 변수는 CDM 투자비용에 영향을 미치는 요인으로 작용하고 있는 것으로 나타났다. 보다 구체적으로 바이오매스, AWMS, LFG 기술 순으로 투자비용이 낮은 것으로 판명되었다. 상대적으로 기준변수인 바이오가스 기술은 투자비용을 상승시키는 변수임을 확인할 수 있다. 둘째, 배출감축물량이 많을수록 투자비용은 하락하나 영향을 주는 정도는 극히 미미한 수준임을 알 수 있다. 또한 대규모 사업의 투자비용이 소규모보다 높은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않아 두 범주의 평균 투자비용은 상이하지 않다고 해석하는 것이 타당하다. 따라서 2008년부터 현재까지 폐기물 부문 CDM 사업에서 규모의 경제 효과는 나타나고 있지 않는 것으로 판단된다. 셋째, Bilateral 사업과 Unilateral 사업 간의 유형 차이가 CDM 사업의 투자비용을 차별화하는 요인은 아닌 것으로 검정되었다. 그리고 폐기물부문만을 고려한 사업보다는 폐기물, 에너지산업과 농업부문이 함께 연계된 사업의 CDM 투자비용이 높은 것으로 분석되었다. 이는 에너지와 폐기물, 농업 부문이 연계된 사업이 폐기물 부문만의 독자사업보다는 열에너지와 전기에너지 생성 시설과 폐기물 슬러지 등의 시설투



Table 7. Results of hypothesis test for CDM investment cost determinants

Hypothesis	Result
1. Biomass technology affects investment cost of CDM project	Accept
2. Biogas technology affects investment cost of CDM project	-
2. LFG technology affects investment cost of CDM project	-
3. AWMS technology affects investment cost of CDM project	Accept
4. CDM investment cost of the project with large emission reductions is low	-
5. CDM investment cost of large-scale project is low	Reject
6. CDM investment cost is different according to project type (Bi / Unilateral)	Reject
7. The investment cost of CDM projects linked to waste, energy industry and agriculture sectors is higher	Accept
8. The better the host country's investment climate, the higher the CDM investment cost	Accept

자에 소요되는 투자비가 높다는 클러스터 분석에서의 추론이 통계적으로 입증되었다는 결과라 볼 수 있다. 마지막으로 유치국의 투자환경이 좋을수록 CDM 사업의 투자비용이 높아진다는 가설이 통계적으로 타당한 수준에서 지지되었다.

특히 기술 변수는 모두 통계적으로 유의한 결과를 낳아 기술이 CDM 사업의 투자비용을 결정하는 중요한 요인임을 알 수 있다. 이러한 결과를 Fig. 1에 나타나 있는 클러스터별 투자비용 수준의 결과와 비교해서 보면 흥미로울 것이다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 EU ETS 2단계가 시작되었던 2008년 이후 유엔기후변화협약 홈페이지에 등록된 폐기물 부문 CDM 사업의 사업계획서를 검토하여 투자비용과 더불어 투자분석에 사용된 금융지표가 기입된 130개의 사업계획서를 표본으로 선정하고 클러스터 분석과 다중회귀분석을 통해 CDM 사업의 투자비용 결정요인을 분석하였다. 사전 단계인 클러스터 분석에 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 클러스터의 분포는 Cluster 1에 53개, Cluster 2에 46개, Cluster 3에 31개의 표본으로 분류되었다. Cluster 1은 바이오가스와 소규모 사업이, Cluster 2는 AWMS와 소규모 사업, Cluster 3은 LFG와 대규모 사업이 클러스터를 구분하는 요인 변수로 나타났다. 따라서 폐기물 부문 CDM 사업의 클러스터 속성 구분은 기술과 사업규모가 중요하게 고려되어야 하는 요인으로 분석되었다. 둘째, 폐기물부문(13번)만 포함된 사업보다 폐기물과 에너지산업(1번), 농업(15번)이 함께 연계된 CDM 사업

의 투자비용이 평균적으로 높은 것으로 나타났다. 셋째, AWMS 기술을 이용하는 Cluster 2의 CDM 투자비용이 상대적으로 낮은 것을 볼 수 있다.

다음은 CDM 사업의 투자비용 결정요인 분석 결과에 대한 요약이다. 첫째, 기술 변수는 대체로 통계적으로 유의한 결과를 보여 기술이 CDM 투자비용을 결정하는 중요한 요인인 것으로 나타났다. 보다 구체적으로 바이오매스, AWMS, LFG 순으로 CDM 투자비용이 낮은 것으로 분석되었다. 기술에 대한 기준변수인 바이오가스의 경우 상대적으로 여타 기술에 비해 투자비용이 평균적으로 높은 수준에 있음을 시사한다. 단위당 투자비용에서 가장 저렴한 폐기물 사업은 바이오매스 기술인 것으로 분석되었다. 둘째, 배출감축물량이 많을수록 투자비용은 하락하나 영향을 주는 정도는 극히 미미한 수준임을 알 수 있다. 또한 대규모 사업의 투자비용이 소규모보다 높은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않아 두 범주의 평균 투자비용은 상이하지 않다고 해석하는 것이 타당하다. 따라서 2008년부터 현재까지 폐기물 부문 CDM 사업에서 규모의 경제 효과는 시현되지 않는 것으로 보이며, 가격결정권한이 사업시행자보다는 투자자에서 큰 것으로 판단된다. 셋째, Bilateral 사업과 Unilateral 사업 간의 유형 차이가 CDM 사업의 투자비용을 차별화하는 요인은 아닌 것으로 검증되었다. 그리고 폐기물부문만을 고려한 사업보다는 폐기물, 에너지산업과 농업부문이 함께 연계된 사업의 CDM 투자비용이 높은 것으로 분석되었다. 이는 에너지와 폐기물, 농업 부문이 연계된 사업이 폐기물 부문만의 독자사업보다는 열에너지와 전기에너지 생성 시설과 폐기물 슬러지 등의 시설투자에 소요되는 투자비가 높다는 클러스터 분석에서의 추론이 통계적으로 입증되었다는 결과라 볼 수 있다. 마지막으로 투자환경이 좋은 유치국의 사업일수록 CDM 사업의 투자비용이 높은 것으로 나타나 개도국이 선진국의 자금지원을 원하는 Bilateral 방식으로 CDM 사업을 계획할 경우에는 자국의 투자환경을 개선할 필요가 있음을 시사한다.

본 연구의 결과는 폐기물 부문의 온실가스 감축 사업을 준비하고 있는 기업들과 지자체 및 중앙정부 이해당사자들에게 기초 정보를 제공한다는 측면에서 의의를 둘 수 있다. 현 정부에 들어서 폐기물에 부여하던 REC(신재생에너지 공급인증서)를 없애고, 고품폐기물(SRF) 발전사업의 진행 또한 취하하면서 폐기물 에너지화의 중요성이 크게 대두되고 있다. 이러한 상황에서 CDM 사업은 폐기물 에너지화와 더불어 지속가능한 개발을 가능하게 한다는 점에서 좋은 대안이 될 수 있다. 향후 CDM 사업부문별로 경제성 및 투자 분석에 대한 후속 연구가 필요하다.

## References

1. Aldenderfer, M. S. and R. K. Blashfield. 1984. Cluster Analysis. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, SAGE University Paper 44, Newbury Park.
2. Chae, D. J. 2020. Waste arteriosclerosis, Change of policy to troubleome. Energy & Environment News. <http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=226475>.
3. Jung, S. C. 2018. International Caron Market Mechanism and Implications. Research Report. Ministry of Environment.
4. Kim, S. Y. and H. J. Park. 2008. Research on Price Discovery Process of CO<sub>2</sub> Allowance Trades in EU Markets. Journal of Economics Studies. 26(1): 1-20.
5. Korea Environmental Industry & Technology Institute. 2013. The State of the Carbon Market. Volume 92.
6. Lho, S. W. 2011. A Test on Price Volatility of CO<sub>2</sub> Emission Trading Permits focusing on ECX and CCX. Journal of Environmental Policy. 10(2): 45-60.
7. Lim S. S. 2016. Analysis on the price Determinants of Primary CER in Agricultural Sector. Korean Journal of Agricultural Management and Policy. 43(1): 178-196.
8. Lim, S. S. and S. R. Yang. 2008. An Analysis on the Determinants of the Price of Primary CER. Environmental and Resource Economics Review. 17(4): 691-717.
9. Mo, J. Y., S. R. Yang, and Y. S. Cho. 2005. The Law of One Price and Dynamic Relationship between EU ETS and Nord Pool Carbon Prices. Environmental and Resource Economics Review. 14(3): 569-593.
10. Official Microsoft Blog (<https://blog.microsoft.com>). Microsoft will be carbon negative by 2030. 2020.
11. Park, S. C. and Y. S. CHO. 2013. Analysis on Price Driver of Spread and Different Patterns of EUA and sCER. Environmental and Resource Economics Review. 22(4): 759-784.
12. Rudd, P. A. 2000. An Introduction to Classical Econometric Theory, Oxford University Press, Inc.
13. UNFCCC EB, <https://cdm.unfccc.int>
14. World Bank, <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/worldwide-governance-indicators>