

니카라과 마나과시 La Chureca 매립장 온실가스 발생량 산정 및 예측

김충곤^{a†}, 이현준^b, 강호정^c, 김재영^d

Calculation and Projection of Greenhouse Gas Emissions from La Chureca Landfill in Managua, Nicaragua

Choong Gon Kim^{a†}, Hyun Jun Lee^b, Ho Jeung Kang^c, Jae Young Kim^d

(Received: Dec. 8, 2022 / Revised: Dec. 12, 2022/ Accepted: Dec. 12, 2022)

ABSTRACT: The aim of this study was to assess the feasibility of a landfill project to reduce greenhouse gas (GHG) from La Chureca Landfill in Managua, Nicaragua ("Project"). The feasibility study involved surveying the status and composition of waste on its way in to the landfill and projecting GHG emissions from the landfill. A projection of the GHG emissions with the IPCC model based on the survey results indicated the period 2006 to 2043 would see mean yearly GHG emissions of 290,147 ton-CO₂/year with model certainty not considered, and 217,610 ton-CO₂/year with model certainty considered. Thus, the result exceeded the corresponding median and mean values of other CDM projects implemented in Central America, even after model uncertainty was considered together with the conservative estimation of carbon capture efficiency. The similar result was produced even with an analysis of sensitivity to error factors. All the findings of the study are expected to be applicable as basic data for deciding about whether & how to proceed with the Project.

Keywords: La Chureca landfill, IPCC model, GHG emissions, CDM

초 록: 본 연구는 니카라과 마나과 La Chureca 매립장의 온실가스 감축 사업을 하고자 매립장 반입현황조사, 폐기물 성장조사 및 온실가스 배출량 산정을 하였다. 반입량과 성장조사를 바탕으로 한 IPCC 모형을 통한 온실가스 배출량 산정 결과 2006년부터 2043년까지 연평균 290,147 ton-CO₂/year였으며, IPCC 모형의 불확도를 고려하여 보수적으로 산정한 배출량은 217,610 ton-CO₂/year로 나타났다. La Chureca 매립장에서 온실가스 포집 가능량을 모형 불확도를 고려하고 포집 효율을 보수적으로 산정했음에도 CDM에 등록된 다른 중미 사례의 중간값과 평균값을 상회했으며 오차 요인에 대한 민감도 분석에도 결과가 크게 다르지 않았다. 본 연구는 La Chureca 매립장 온실가스 감축 사업의 타당성을 평가하고 이행 방안을 도출하기 위한 온실가스 배출량에 대한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

주제어: La Chureca 매립장, IPCC 모형, 온실가스 배출량, CDM

^a (주)건화 이사(Director, Kunhwa Engineering & Consulting Co., Ltd.)

^b (주)건화 과장(Manager, Kunhwa Engineering & Consulting Co., Ltd.)

^c (주)건화 부사장(Vice President, Kunhwa Engineering & Consulting Co., Ltd.)

^d 서울대학교 건설환경공학부 교수(Professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University)

† Corresponding author(e-mail: choonggon@gmail.com)

1. 서론

니카라과 수도인 마나과시는 전체인구의 약 40%인 250만명이 거주하는 도시로 중앙아메리카에서 두 번째로 큰 도시이다. 마나과시는 1972년부터 La Chureca 매립장에 폐기물 매립을 시작하여 2027년에 매립이 종료될 예정이다. La Chureca 매립장은 마나과시의 가장 큰 호수인 마나과 호수와 인접하고 있는 마나과시에 유일한 매립장이자 폐기물처리 시설로 지역에서 발생하는 폐기물 대부분을 매립처리하고 있다. 매립장 입구에 재활용선별 시설을 설치하여 운영하고 있으나, 재활용품 선별율은 1%정도이며, 폐기물 수집 노동자들이 폐기물 재활용품을 수집하여 생업으로 삼고 있다. 다른 중남미 국가와 달리 니카라과는 시청에서 폐기물 수거를 주관하고 있으며 폐기물의 분리 배출 및 재활용은 잘 이루어지지 않아 대부분 폐기물매립지의 재활용품 선별은 폐기물 선별 노동자에 의해 이루어지고 있다.

또한, 현재 La Chureca 매립장은 1차 정비하여 복토가 완료된 상태이나 침출수 처리시설의 용량 부족으로 인접 마나과 호수의 침출수 누출로 인한 수질오염 방지와, 매립가스 발산에 의한 악취 문제로 인해 인근 주민들의 민원 해결이 필요하다.

이에 본 연구에서는 니카라과 La Chureca 매립장의 온실가스 감축사업을 통해 환경오염과 매립가스 관리의 대안을 제시하고자 La Chureca 매립장으로 반입되는 폐기물 성상 및 매립현황을 조사 분석하였다. 이를 통해 매립장 내 누적된 폐기물 매립량의 추산과 모델링을 통한 매립가스 발생량 및 포집 가능량을 예측 분석하고 평가하였다. 분석된 결과는 La Chureca 매립장 온실가스 감축 사업의 타당성을 평가하고 이행 방안을 도출하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상 매립장

본 연구의 대상인 니카라과 마나과시 La Chureca

매립장은 매립면적이 44.5 ha이며, 일 1,350톤의 생활폐기물을 매립처리하고 있으며 2027년 매립이 종료될 예정이다. La Chureca 매립장은 마나과시 소유이며, 시 산하 매립지공사에서 운영 중에 있다. La Chureca 매립장은 비위생 매립장으로 매립가스 폭발, 화재 등 재해 우려성이 잠재되어 있고, 매립장 침출수 유출로 인한 인근 마나과 호수 오염의 원인 되고 있으며, 인근에 있는 주거지지역에 가스 확산으로 인한 주민 건강에 악영향을 주고 있다.

2.2. 연구내용

2.2.1. 반입량 산정

La Chureca 매립장에 반입되는 폐기물 반입량은 매립장을 관리하고 있는 마나과시 매립지공사에서 제공한 자료와 PGA¹⁾ 결과를 반영하여 반입량을 산정하였다.

2.2.2. 성상조사

마나과시 전체에서 발생하는 폐기물을 수거하는 EMTRIDES사의 폐기물 반입장에서 2020년 12월 10일부터 17일까지 총 5회에 걸쳐 성상 분석을 진행하였다. 성상 분석 중 4회는 거주 구역에서 발생한 폐기물을 대상으로 진행하였고 1회는 거주 구역이 아닌 곳에서 발생한 폐기물을 대상으로 진행하였으며, 8톤 규모 폐기물 운반 차량에서 습윤 중량 기준 약 4 톤의 폐기물을 하역한 후 소형 페이로더로 혼합하고 네 개의 덩어리로 나눈 뒤 이 중 두 개의 덩어리를 임의로 선정하여 원추 사분법²⁾에 따른 폐기물 성상을 분석하였다. 성상 조사 시 폐기물 시료 밀도 측정 및 성상별 선별 작업을 수행했으며, 잔가지 및 목초류, 알루미늄 및 금속, 음식물, 의류, 종이류, 플라스틱, 유리, 기타 난분해성 물질 총 8가지로 성상을 분류하였다.

2.2.3. 온실가스 배출량 산정

온실가스 감축사업을 하기 위한 매립가스 발생량 산정을 위해 La Chureca 매립장의 매립가스 산정에 적용한 모형은 IPCC 가이드라인의 두 가지 방법, 즉 Default Method(Tier 1)와 Reference Method(Tier 2)의

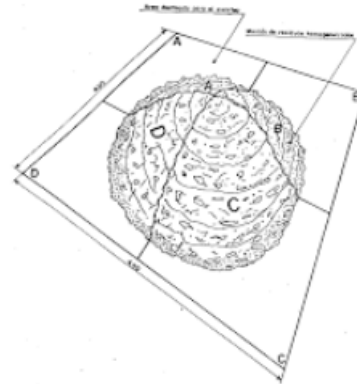


Fig 1. Waste sampling throughout quatering method.

사용에 있어서 각 국가의 여건에 맞게 적용하도록 하고 있으나 IPCC Good Practice Method³⁾에서는 IPCC 가이드라인의 방법을 준용하면서 IPCC Default Method와 IPCC Reference Method를 통합한 형태의 다음의 식을 제안하고 있으며, 본 연구에서도 동일한 모형을 적용하였다. 또한 매립가스의 가스 조성은 La Chureca 매립장에 기존 설치되어있는 가스 배제공과 신규 배제공에서 매립가스의 농도를 간이측정기로 측정해 본 결과 메탄 농도는 50 % (v/v)를 상회하여 본 연구에서 메탄 발생량을 기준으로 매립가스 전체 유량을 계산할 때 매립가스 중 메탄 함량이 50%인 것으로 가정하여 산정하였다.

$$t\text{년도 메탄 발생량(Gg/yr)} = \sum_x [(A \times k \times MSW_T(x) \times MSW_F(x) \times L_0(x)) \times e^{-k(t-x)}]$$

여기서, t: 대상년도

x: 자료입력 해당년도

A: (1-e-k)/k, 합계보정을 위한 표준화 인자

k: 메탄발생속도상수(1/yr)

MSWT(x): x년도 도시고형폐기물 j의 총 발생량(Gg/yr)

MSWF(x): x년도 도시고형폐기물 j의 매립처분 비율

L0(x): 최대메탄발생량(Gg CH₄/Gg 폐기물 j)이고

$$L_0(x) = \sum_x [MCF(x) \times DOC(x) \times DOC_F \times F \times 16/12]$$

MCF(x): x년도 메탄보정계수(비율)

DOC(x): x년도 폐기물 중 분해가능한 유기탄소함량(Gg C/Gg 폐기물 j)

DOCF: 분해되는 DOC 비율

F: 매립가스 중 메탄의 부피비

16/12: 탄소를 메탄으로 전환하기 위한 계수

$$t\text{년도 메탄 발생량(Gg/yr)} = [t\text{년도 메탄 발생량} - R(t) \times (1-OX)]$$

여기서, R(t): t년도 CH₄ 회수량(Gg/yr)

OX: 메탄산화인자(비율)

3. 결과 및 고찰

3.1. La Chureca 매립장 폐기물 반입 현황

La Chureca 매립장은 1972년부터 반입되었으며, 매립지공사에서 제공한 내부 자료와 PGA¹⁾연구 결과로 추정할 때, 2002년부터 2027년까지 La Chureca 매립장에는 총 10,506,868 톤이 매립될 것으로 추정된다.

3.2. La Chureca 매립장 폐기물 성상

La Chureca 매립장에 반입되는 폐기물 성상분석을 위해 4톤 규모로 성상분석을 5회 시행한 결과 폐

Table 1. The amounts of Waste Disposal in La Chureca Landfill from 2002 to 2027

(Unit: ton)

Year	amounts	Note
2002	331,790	
2003	346,804	
2004	368,000	PGA (2007)
2005	364,519	
2006	398,362	
2007	409,143	
2008	409,143	
2009	409,143	Assumed to be same with 2006
2010	409,143	
2011	409,143	
2012	409,143	
2013	417,780	
2014	406,724	
2015	419,243	
2016	423,590	Inside data
2017	390,480	
2018	381,753	
2019	418,309	
2020	423,082	
2021	423,082	
2022	423,082	
2023	423,082	
2024	423,082	Assumed to be same with 2020
2025	423,082	
2026	423,082	
2027	423,082	
Sum	10,506,868	

기물 성상은 습윤 중량비 기준 잔가지 및 목초류 42.81 %, 기타 난분해성 폐기물 (비닐 등) 23.32 %, 음식물류폐기물 18.71 %, 종이류 6.58 %, 의류 5.51 %, 플라스틱 2.08 %, 금속 0.50 %, 유리 0.49 %로 Table 2와 같다. 또한 반입폐기물 성상별 밀도 분석 결과는 Table 3과 같다.

Table 4와 같이 문헌조사 비교 결과 높은 비율을 차지하는 것으로 보고된 유기성 폐기물은 본 연구에서 성상 분석결과 잔가지 및 목초류와 음식물류폐기물을 합한 것과 비슷한 수준으로 나타났다. 문헌조사에서는 유기성 폐기물을 세분하지 않아서 이를 모두 음식물류폐기물로 간주하거나 잔가지 및 목초류로 간주할 경우 전체 매립가스 발생량을 추정할 때 과대 또는 과소평가할 우려가 있는데 현지 방문 및 분석을 통해 현실적인 매립가스 추정이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구의 성상 분석결과에서의 기타 난분해성 폐기물과 플라스틱의 비율을 합하면 문헌조사의 플라스틱과 기타 폐기물을 합한 것과 유사한 양상으로 나타나 분해되지 않는 반입폐기물의 비율이 기존 문헌과 비슷한 수준임을 확인할 수 있었다.

3.3. La Chureca 매립장 온실가스 배출량 및 포집 가능량 예측

IPCC 모형으로 La Chureca 매립장 온실가스 배출량을 계산한 결과 2006년부터 2043년까지 연평균 290,147 ton-CO₂/년이며, 이는 폐기물 반입량 측면에

Table 2. The Results of Composition Analysis on Municipal Solid Waste Imported in La Chureca

Item	Sample 1		Sample 2		Sample 3		Sample 4		Sample 5		Average	
	Weight (kg)	%	Weight (kg)	%	Weight (kg)	%	Weight (kg)	%	Weight (kg)	%	Weight (kg)	%
Pruning waste	1,003	39.80	691	51.72	856	40.18	1,052	49.63	270	28.74	774	42.81
Othre non-degradable waste	430	17.07	312	23.39	572	26.85	483	22.76	313	33.31	422	23.32
Food	864	34.29	156	11.65	425	19.96	223	10.5	25	2.61	338	18.71
Paper	107	4.26	44	3.26	73	3.44	116	5.47	255	27.17	119	6.58
Clothing	55	2.17	96	7.18	156	7.33	147	6.95	45	4.76	100	5.51
Plastic	33	1.29	26	1.97	24	1.11	83	3.92	22	2.38	38	2.08
Metal	11	0.45	8	0.63	7	0.35	10	0.46	8	0.89	9	0.5
Glass	17	0.68	3	0.19	17	0.78	7	0.31	1	0.13	9	0.49
Sum	2,521	100	1,336	100	2,130	100	2,120	100	939	100	1,809	100

Table 3. Apparent Density Per Composition of Municipal Solid Waste Imported in La Chureca

(unit: kg/m³)

Item	Sample 1		Sample 2		Sample 3		Sample 4		Sample 5		Average	
	Loose	Compact	Loose	Compact	Loose	Compact	Loose	Compact	Loose	Compact	Loose	Compact
Pruning waste	122	169	297	368	304	390	290	374	170	223	237	305
Othre non-degradable waste	71	97	56	134	101	151	94	123	35	56	71	112
Food	432	516	286	379	378	486	391	473	164	624	330	496
Paper	45	56	71	88	61	98	76	122	37	48	58	82
Clothing	163	178	131	271	145	194	145	205	104	174	138	204
Plastic	63.47	66.88	53.44	57.01	58.85	61.64	63.69	73.72	45.33	48.60	56.96	62
Metal	204	215	83	92	104	112	119	121	209	248	144	158
Glass	933	933	273	273	1,144	1,144	772	772	334	334	691	691

Table 4. Literature Review to Survey the Composition of Waste Generated in Nicaragua

Item	IPES-OIT (2004) - Managua ⁴⁾	UN Habitat (2009) - Managua ⁵⁾	Lopez (2015)-Dolores ⁶⁾
Organics	56.67	74.35	65.29
Paper	10.67	1.41	5.51
Cardboard	7.33	3.69	(contained in paper)
Plastic	14.00	7.12	10.63
Glass	1.67	1.19	4.37
Metal	0.67	1.03	2.71
Others	-	11.21	11.50

서 유사사례로 보이는 국내 대구시 방천리 매립장 (1,000 ton/day)의 현재 온실가스 감축량으로 보고된 177,923 ton-CO₂/년 보다 약 1.6배 큰 값을 고려하면 La Chureca 매립장의 온실가스 배출량은 상당한 수준으로 판단된다.

IPCC 모형의 불확도를 고려하여 보수적으로 산정한 배출량은 217,610 ton-CO₂/년으로 계산되었다. 이는 불확도를 고려했을 때 대구시 방천리 매립장 사례⁷⁾의 온실가스 감축량의 약 1.22배에 달하는 것으로 나타났다.

매립가스 포집량 산정을 위해 적용된 포집효율은 63.46 %와 85 %를 적용하였으며, 포집 효율 63.46 %는 대구 방천리 매립장의 CDM 등록 시 포집 효율을 참고한 값이며, 85 %는 대구 방천리 매립장 CDM 모니터링 보고서⁷⁾에 실제 운영 결과 89.1 % 포집이 된 것을 반영하여 더 높은 예상 포집 효율을 적용하되 사업 타당성을 보수적으로 평가하기 위해 지정한 가치이다. 2023년부터 2043년까지 매립가스 총

포집량은 포집 효율 63.46%일 때 2,596,310 ton-CO₂, 포집 효율 85%일 때, 3,477,567 ton-CO₂로 예측되었으며 IPCC 모형의 불확도를 고려하여 보수적으로 산정한 경우에는 각각 1,947,233 ton-CO₂, 2,608,175 ton-CO₂로 계산되었다. 불확도를 고려하였을 때의 포집 가능량이 CDM에서 인정받을 수 있는 감축량과 유사할 것으로 생각되며 이는 현장에서의 포집 설비 건설 및 운영에 따라 달라질 수 있으며 또한 온실가스 배출량 산정을 IPCC 모형이 아닌 직접측정법 등 다른 방법으로 진행할 경우 실제 감축량은 다소 달라질 여지가 있을 것으로 판단된다. 2023년부터 2043년 동안 매립가스 포집유량은 포집 효율 63.46 %일 때 7.38 ~ 55.85 m³/min, 포집 효율 85%일 때 9.88 ~ 74.81 m³/min 범위로 나타났으며 매립가스 발생량을 모형 불확도를 고려하여 보수적으로 산정한 경우에는 각각 5.53 ~ 41.89 m³/min, 7.41 ~ 56.11 m³/min 범위로 나타났다.

또한, 중미 지역에 보고된 CDM 사례⁸⁾와 보수적으로 계산한 La Chureca 매립장의 연간 온실가스 포

Table 5. Projection of CO₂ Emissions from La Chureca Landfill(Unit: ton-CO₂/year)

Year	CO ₂ emissions (with model uncertainty not considered)	CO ₂ emissions (with model uncertainty considered)
2006	84,026	63,019
2007	152,652	114,489
2008	207,592	155,694
2009	252,159	189,119
2010	288,747	216,560
2011	319,108	239,331
2012	344,545	258,409
2013	367,857	275,892
2014	385,253	288,940
2015	402,872	302,154
2016	418,832	314,124
2017	425,503	319,127
2018	429,906	322,429
2019	441,931	331,448
2020	453,146	339,859
2021	462,687	347,015
2022	470,876	353,157
2023	477,960	358,470
2024	484,130	363,097
2025	489,535	367,152
2026	494,296	370,722
2027	498,508	373,881
2028	413,011	309,758
2029	345,878	259,409
2030	292,421	219,316
2031	249,296	186,972
2032	214,089	160,567
2033	185,038	138,778
2034	160,837	120,628
2035	140,507	105,380
2036	123,302	92,476
2037	108,648	81,486
2038	96,095	72,071
2039	85,287	63,966
2040	75,939	56,954
2041	67,820	50,865
2042	60,741	45,556
2043	54,547	40,911
sum	11,025,577	8,269,183
annual average	290,147	177,923

Table 6. Projection of CO₂ Captured at La Chureca Landfill

Year	CO ₂ captured (in ton-CO ₂)		CO ₂ captured (in m ³ /min)	
	63.46% in carbon capture efficiency	85 % in carbon capture efficiency	63.46% in carbon capture efficiency	85 % in carbon capture efficiency
2023	246,682	330,412	52.57	70.41
2024	205,877	275,757	43.87	58.76
2025	173,489	232,376	36.97	49.52
2026	147,443	197,489	31.42	42.08
2027	126,243	169,093	26.90	36.03
2028	262,097	351,059	55.85	74.81
2029	219,494	293,996	46.77	62.65
2030	185,571	248,558	39.54	52.97
2031	158,203	211,902	33.71	45.15
2032	135,861	181,976	28.95	38.78
2033	117,425	157,282	25.02	33.52
2034	102,067	136,711	21.75	29.13
2035	89,165	119,431	19.00	25.45
2036	78,247	104,807	16.67	22.33
2037	68,948	92,351	14.69	19.68
2038	60,982	81,681	12.99	17.41
2039	54,123	72,494	11.53	15.45
2040	48,191	64,548	10.27	13.75
2041	43,039	57,647	9.17	12.28
2042	38,546	51,630	8.21	11.00
2043	34,616	46,365	7.38	9.88
Sum	2,596,310	3,477,567	-	-

Table 7. Projection of CO₂ Captured at La Chureca Landfill (with Model Uncertainty Considered)

Year	CO ₂ captured (in ton-CO ₂)		CO ₂ captured (in m ³ /min)	
	63.46% in carbon capture efficiency	85 % in carbon capture efficiency	63.46% in carbon capture efficiency	85 % in carbon capture efficiency
2023	185,011	247,809	39.42	52.81
2024	154,408	206,818	32.90	44.07
2025	130,117	174,282	27.73	37.14
2026	110,582	148,117	23.56	31.56
2027	94,682	126,820	20.18	27.02
2028	196,573	263,295	41.89	56.11
2029	164,621	220,497	35.08	46.99
2030	139,178	186,419	29.66	39.72
2031	118,653	158,926	25.28	33.87
2032	101,896	136,482	21.71	29.08
2033	88,069	117,962	18.77	25.14
2034	76,550	102,533	16.31	21.85

Table 7. Continued

Year	CO ₂ captured (in ton-CO ₂)		CO ₂ captured (in m ³ /min)	
	63.46% in carbon capture efficiency	85 % in carbon capture efficiency	63.46% in carbon capture efficiency	85 % in carbon capture efficiency
2035	66,874	89,573	14.25	19.09
2036	58,686	78,605	12.51	16.75
2037	51,711	69,263	11.02	14.76
2038	45,737	61,261	9.75	13.05
2039	40,593	54,371	8.65	11.59
2040	36,143	48,411	7.70	10.32
2041	32,279	43,235	6.88	9.21
2042	28,910	38,722	6.16	8.25
2043	25,962	34,774	5.53	7.41
Sum	1,947,233	2,608,175	-	-

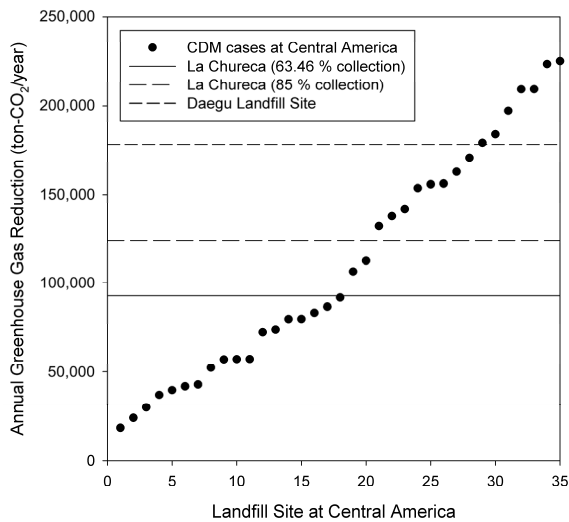


Fig. 2. Greenhouse gas credits of La Chureca site and other landfills at Central America registered in CDM.

집 가능량을 Fig. 2에 정리하였다. 중미지역에서 CDM에 보고된 35개 사례와 비교할 때 La Chureca 매립장의 온실가스 포집 가능량은 63.46 % 포집 효율 시나리오 하에서 약 19위, 85 % 포집 효율 시나리오 하에서 약 22위 수준에 해당하는 수준으로 중앙값과 평균값 사이를 상회하는 것으로 나타났다.

4. 결론

니카라과 마나과 시의 La Chureca 매립장을 대상으로 매립장에 반입되는 폐기물 반입량, 성상조사, 매립가스 농도를 분석하고 온실가스 감축 사업의 타당성을 평가하고자 매립가스 배출량을 산정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 반입량과 성상조사를 바탕으로 IPCC 모형을 통한 온실가스 배출량 산정 결과 2006년부터 2043년까지 연평균 290,147 ton-CO₂이 산정되었으며, IPCC모형의 불확실성을 고려하여 보수적으로 계산할 경우 연평균 217,610 ton-CO₂로 산정되었다. 또한, 포집율을 고려할 경우 2023년부터 2043년까지 매립가스 총 포집량은 포집 효율 63.46 %일 때 2,596,310 ton-CO₂, 포집 효율 85%일 때, 3,477,567 ton-CO₂로 예측되었으며 IPCC 모형의 불확도를 고려하여 보수적으로 산정한 경우에는 각각 1,947,233 ton-CO₂, 2,608,175 ton-CO₂로 산정되었다.
- 2) 민감도 분석결과는 성상분석 결과가 내포한 오차 요인을 고려할 때에도 본 연구의 매립가스 발생 및 포집량 예측 결과는 신뢰할 만한 수준임을 보여주었다. 매립가스 포집 효율을 상당히 보수적으로 고려했음에도 포집 가능량 예측

결과 La Chureca 매립장의 매립가스 잠재 감축량은 중미 지역의 과테말라, 파나마 등 다른 매립장에 비교할 때 평균값과 중간값에 상회하는 수준으로 나타났다.

본 연구에서 계산한 매립가스 발생량 및 배출량은 경제성 평가 및 CDM 등록 가능성 등 La Chureca 매립장 온실가스 감축 사업의 타당성을 평가하기 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

References

1. MARENA, "Pga, Plan De Gestion Ambiental Del Proyecto De Desarrollo Integral Del Barrio De Acahualinca (Nicaragua): Componente Ingeniera Y Medio Ambiente". (2007).
2. Ministry of Environment, "Official Test Standards for Environmental Pollution". (2020).
3. IPCC, "International Panel on Climate Change Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 5 CH4 Emissions From Soild Waste Disposal". (2006).
4. JICA, "Instituto de Promoción de la Economía Social/Organización Internacional del Trabajo Caracterización de Residuos Sólidos en la ciudad de Managu". (2004).
5. UN-Habitat, "Baseline Study for Solid Waste Characterization in the City of Managua, Parts I&II, April & November". (2009).
6. Roger, A. and Vásquez L., "Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (PGIRS) para el municipio de Dolores, departamento de Carazo año 2016-2023, Universidad Centroamericana Facultad De Ciencia, Tecnologia Y Ambiente Departamento De Desarrollo Tecnológico", UCA. (2015).
7. United Nations Framework Convention on Climate Change, "Project design document form, Daegu Bangcheon-Ri Landfill gas CDM project (Ref.0851)". (2020).
8. United Nations Framework Convention on Climate Change, "CDM - Project Search", <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> (accessed date: December 22, 2020)