

### 3B4) 부산 생곡매립지 매립가스 발전 CDM사업 추진 사례

## A Case Study of Landfill Gas Utilization CDM Project in Sanggok-dong Busan

김형찬 · 정재수 · 이운구  
 (주)에코아이 기후변화사업부

#### 1. 서 론

2005년 기후변화협약 교토의정서의 발효 이후 청정개발체제(Clean Development Mechanism)사업을 통한 개도국에서의 온실가스 감축프로젝트가 활발히 이루어지고 있다. 협약 상의 의무감축 국가들이 보다 비용 효과적으로 감축목표를 달성하고, 개도국에 감축기술을 이전을 촉진하기 위해 도입된 청정개발체제(CDM)는 개도국의 신재생에너지 보급의 확대, 에너지 이용효율 개선, 자원의 재활용을 촉진할 뿐만 아니라 국제 배출권 거래시장에서의 새로운 사업 기회를 창출하고 있다. 이번 연구에서는 부산광역시 생곡동 위생매립장 매립가스 발전 CDM 사업 추진 사례를 살펴보고, 그 의의를 짚어보고자 한다.

#### 2. 국내 매립가스 자원화 CDM사업 추진 사례

2007년 9월 현재 수도권매립지 발전사업과 대구 방천리 매립지 열공급 사업이 현재 UNFCCC에 등록되었고 부산, 대전, 안동을 포함한 7개의 매립가스 활용 CDM 사업이 추진 중에 있다. 부산 생곡동 사업을 포함한 국내 대부분의 CDM 사업이 매립가스를 이용한 발전 사업이고 대구 및 울산 성암 매립장의 경우 포집한 매립가스를 정제하여 연료로 공급하는 사업이다.

#### 3. 매립가스 관련 UNFCCC 승인 방법론 검토

현재 CDM EB에서 매립가스 이용과 관련한 승인방법론은 AM 방법론(개별 방법론) 4개와 ACM 방법론(통합 방법론)이 있으며, 최근에 등록된 매립가스 관련 사업은 대부분 통합방법론인 ACM0001을 적용하고 있다. ACM0001을 포함한 매립가스 이용과 관련한 승인방법론을 아래 그림 1에 정리하였다.

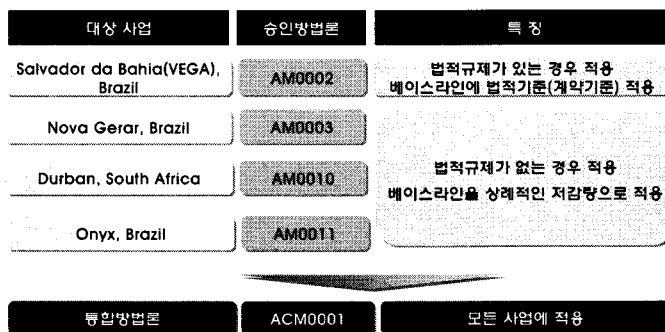


Fig. 1. Approved methodologies related to landfill gas recovery and utilization project.

- AM0002(Greenhouse Gas Emission Reduction through Landfill Gas Capture and Flaring where the Baseline is established by a Public Concession Contract)
  - 매립가스 포집/소각 설비 적용
  - 설비계약 시 년 간 매립가스 포집/소각량을 계약 조건으로 정하는 경우
  - 발전 없음
- AM0003(Simplified Financial Analysis for Landfill Gas Capture Projects)

- 매립가스를 포집하여 소각하거나 전력을 생산하는 경우 적용
- 전력생산을 통한 온실가스 저감이 없는 경우
- AM0010(Landfill gas capture and electricity generation project where landfill gas capture is not mandated by law)
  - 매립가스를 포집하여 전력을 생산하는 경우 적용
  - 매립가스의 농도기준은 있으나 매립가스 포집이 법적으로 규제되지 않는 경우
  - 전력생산용량이 15MW를 초과하여서는 안됨.
- AM0011(Landfill gas recovery with electricity generation and no capture or destruction in the baseline scenario)
  - 매립가스를 포집하여 전력을 생산/소각하는 경우 적용
  - 베이스라인 시나리오는 발생하는 매립가스 전량 대기 중 배출
  - 매립가스 배출 규정 없음
  - 전력생산에 대한 Credit은 없음
- ACM0001(Consolidated baseline/monitoring methodology for landfill gas project activities)
  - AM 방법론을 모두 통합해서 만든 방법론
  - 매립가스를 포집하여 소각, 전력생산 및 열에너지 생산을 하는 경우 적용
  - 법 규정이 있는 경우와 없는 경우 모두 적용
  - 전력 및 열에너지 대체에 의한 화석연료 사용량 저감은 해당방법론 별도 적용

#### 4. 사례 연구

##### 4.1 개요

부산광역시 생곡동 매립가스 발전 CDM 사업은 매립 폐기물의 혐기성 분해과정에서 발생하는 매립가스를 포집하여 발전하고 계통전력망에 공급하는 사업으로써 주요 온실가스 중의 하나인 메탄가스의 배출을 줄일 뿐만 아니라 계통연계 발전소에서 화석연료를 이용하여 발전하는 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출을 감축하게 된다. 본 프로젝트는 부산광역시가 추진한 사업으로 2001년 7월 시작되어 2020년까지 약 20년간 진행될 예정이며, 2007년 7월 CDM 프로젝트로서 정부승인을 획득하였고, 현재 CDM 운영기구의 타당성평가가 진행 중이다.

위 사업의 대상 배출원인 부산광역시 생곡 매립장은 부지 758,000m<sup>2</sup>, 매립면적508,000m<sup>2</sup> 규모로 건립되어 매립 가능용량이 24,494,000m<sup>3</sup>이며, 1996년 4월 매립을 개시한 이래 10년 동안 약 11,127,000m<sup>3</sup>의 생활폐기물과 도시폐기물이 매립되었고 2021년까지 13,367,000m<sup>3</sup>의 폐기물이 추가 매립될 계획이다. 아래 그림 2는 부산 생곡 매립지의 위치와 전경이다.

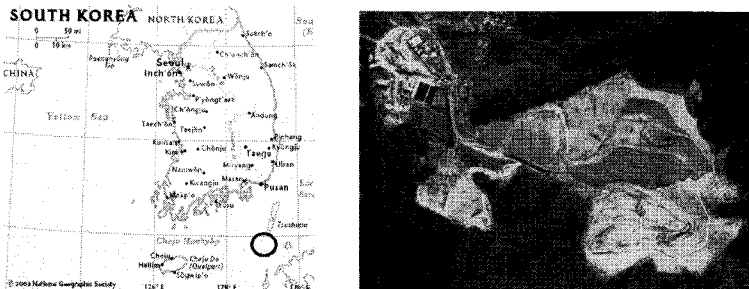


Fig. 2. Location and complete view of project landfill site.

#### 4.2 적용 기술

사업의 주요 공정은 LFG(매립가스) 포집 시스템, LFG 정제 시스템, 전기 발전 시스템으로 구성되어 있다. 주요 설비로는 가스 포집공 및 가스정, 압축 분리기, 탈황기, 열 교환기, 가스 필터, 블로어, 가스터빈 발전기 등이 있다. 아래 그림 3은 매립가스 활용 공정을 도식화한 것이다.

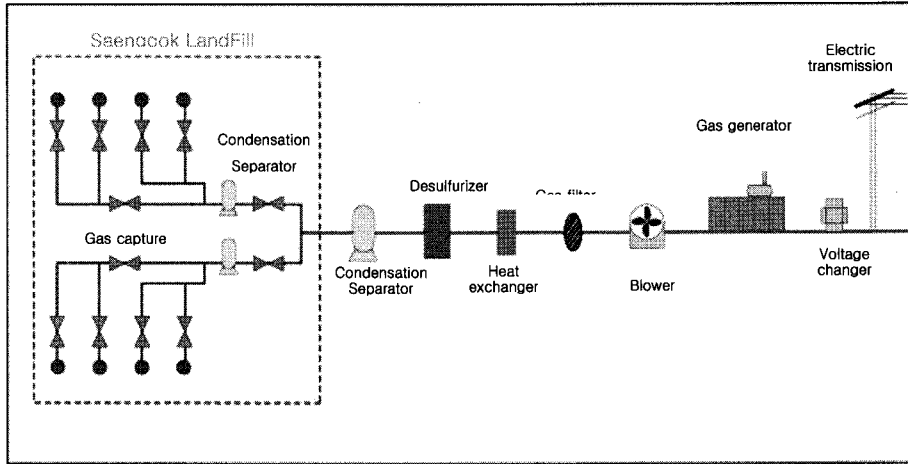


Fig. 3. LFG utilization process.

##### 4.2.1 LFG 포집 시스템

LFG를 포집하기 위한 70개의 수직포집정이 설치되어 있으며, 가스량 조절, 계량 및 샘플링이 가능한 6개의 가스정이 10~12개의 수직포집정과 연결되어 있다. 가스정은 최대 50m 반경에 포집효율을 고려하여 설치되었으며, LFG 포집정과 가스정 헤드 스테이션과의 거리는 약 100m이다. 측면 헤드 파이프 라인인 Lateral-Heater 파이프라인과 연결되어 있고 포집 가스는 이 파이프라인을 통해 CSV(응축수 분리기)로 이송된다.

##### 4.2.2 LFG 전처리 시스템

매립가스는 보통  $CH_4$ (50~60%),  $CO_2$ (35~39%),  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ (미량) 등으로 구성되어 있다. 매립 가스는 매탄가스의 높은 열량으로 인해 연료로서의 이용가능성을 가지고 있지만, 적절한 전처리 과정이 없이 사용된다면, 소량의 황화수소, 암모니아, CFCs(1% 이하의 극소량이 있다 하더라도) 등이 급속 부식 등의 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 연료로 사용하기 전에 적절히 정제되어야 한다.

먼저, 응축수 분리기(CSV)에 의해 수집된 매립가스로부터 물이 제거되고, 열교환기는 가스의 온도를 적정 온도로 조절한다. 암모니아가 이 냉각 과정을 통해 물에 용해되고, 매립장의 폐수처리 설비로 보내진다. 다음으로 황화수소가 탈황설비에 의해 흡수되어 가스 엔진이 부식되는 것을 방지한다. 미세먼지는 가스여과기에서 걸러지며, 블로워는 포집된 가스 성분조성 변화에 대응하여 매립가스 유량 및 속도를 통제한다.

##### 4.2.3 발전 시스템

발전을 위해 설치된 엔진은 GE Jenbacher 회사 엔진 J 320 GSB 81 모델로서 1.058MW급 6기가 도입되었고 생산된 전력은 일부설비 운영을 위한 자가소모분을 제외한 전량을 한국전력공사(KEPCO)의 공급 시스템에 연결된 배전망으로 공급된다. 전력 생산량은 연간 약 41,830MWh로 추정된다.

### 4.3 사업경계 및 배출원

대상사업의 경계는 생곡 매립지, 매립가스 포집설비, 가스엔진 발전설비, 매립가스 정제시설, 소각시설을 포함하며 경계 내의 온실가스 배출원과 대상 온실가스는 아래의 표1에 나타난 바와 같다.

Table 1. GHG emission source within the project boundary.

배출		Gas	포함여부	근거 및 설명
베이스라인	매립장	CO <sub>2</sub>	No	
		CH <sub>4</sub>	Yes	간이소각기에 의해 태워지지 않은 메탄가스
		N <sub>2</sub> O	No	
프로젝트 활동	매립장	CO <sub>2</sub>	No	
		CH <sub>4</sub>	Yes	프로젝트에 의해 포집되지 않은 메탄가스
		N <sub>2</sub> O	No	
	발전	CO <sub>2</sub>	Yes	배전망에서의 수전전력
		CH <sub>4</sub>	No	
		N <sub>2</sub> O	No	

### 4.4 온실가스 저감량(CERs) 산정

온실가스 감축은 두 경로를 통해 이루어진다. 하나는 프로젝트에 의해 포집된 메탄가스를 연소시키는 것이고, 다른 하나는 이 프로젝트 발전이 계통망 연결 발전소들의 발전을 대체함으로써 온실가스배출량을 감소시키는 것이다. 온실가스 감축량은 발전기에서 연소를 통해 제거되는 메탄가스의 이산화탄소 등가톤과 이 사업의 계통 순송전량이 계통연계 발전소의 발전량을 대체함으로써 발생하는 이산화탄소 배출 감축량을 더해서 계산된다. ACM0001방법론의 배출 감축량 산정식을 아래 그림에 나타내었다.

$$ER_y = (MD_{project,y}^{(1)} - MD_{reg,y}) \times GWP_{CH_4} + EG_y \times CEF_{electricity}^{(2)}$$

$$= (1 - AF) \times MD_{project,y} \times GWP_{CH_4} + EG_y \times CEF_{electricity}^{(3)}$$

배출저감량 = 매립가스 포집에 의한 저감량 (연료공급, 소각) + 발전에 의한 저감량

1) 매립가스 포집 저감량 =  
(수직포집관 추가설치에 따른 포집량 증가 - 단순소각 포집량)

2) 발전 = 발전에 따른 화석연료 사용 저감량

3) 보정계수(AF) : 단순소각에 의한 실측 포집을 계산

Fig. 4. Equation for emission reduction.

ER<sub>y</sub>: CO<sub>2</sub> 감축량

MD<sub>project,y</sub>: 프로젝트에 의해 감축된(연소 또는 파괴된) 메탄가스 량

MD<sub>reg,y</sub>: 프로젝트가 없었을 때의 감축되었던 메탄가스 량

GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub>: 메탄에 대한 지구온난화 계수(21)

EG<sub>y</sub>: 생산된 전력량

CE<sub>Electricity,y</sub>: 전력 생산에 의해 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출계수

AF: 보정계수(Adjustment Factor)

매립가스 감축에 관한 규정이나 계약에 의해 MD<sub>reg,y</sub>가 결정되기 힘들 경우 보정계수(Adjustment Factor; AF)를 사용한다. 계산식은 다음과 같다.

$$MD_{reg,y} = MD_{project,y} \times AF \quad (\text{식 1})$$

국내 폐기물관리법 시행규칙 별표 7, 2.나.(2).(바)항에는 “유기성폐기물을 매립하여 가스가 발생하는 경우에는 매립시설에서 발생하는 가스를 모아 소각하는 등 처리시설을 설치하거나 발전·연료화 처리 시설 등의 활용시설을 설치하여야 한다.”라는 매립가스 포집과 관련한 별도의 규정이 있다. 그러나 매립가스 포집량에 대한 정량적인 조항이 없기 때문에 보정계수를 적용하여 베이스라인 감축량(MD<sub>reg,y</sub>)을 산출한다.

산정 결과, 예상 CO<sub>2</sub> 배출 감축량은 약 연간 약 217,518tonCO<sub>2</sub>e/년이며, 1차 인정기간 7년 동안 발생하는 총 CO<sub>2</sub> 배출 감축량은 약 1,522,624tonCO<sub>2</sub>e/년이다. 2006년 국제 CER 거래시장의 거래실적에 따른 가중평균 가격 \$10.9/tonCO<sub>2</sub>e를 적용하면 7년간 약 166억원 규모의 배출권 판매 수입이 예상된다.

## 5. 결 론

기후변화 징후의 심각성에 대한 인식의 확대와 더불어 기후변화의 속도를 늦추고 완화시키기 위한 국제사회의 노력이 활발해지고 있는 이 때, 우리나라도 기후변화협약의 당사국으로서 적극적인 참여가 요구되고 있다. 매탄가스 배출의 대부분을 차지하고 있는 폐기물 분야에서 폐기물을 재이용, 재활용하는 방식을 통해 온실가스 배출을 줄인다면, 기후변화 대응 노력에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 자원과 환경을 지속가능한 방식으로 이용하는 방안이 될 것이다. 따라서 협약의 유연성 체제를 적극 활용하여 지구를 살리고 지속가능한 사회로 이행하는데 기여할 뿐만 아니라 수익을 창출할 수 있는 기회를 지혜롭게 살려나가야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- California Climate Action Registry (2002) California Climate Action Registry Certification Protocol, Part 1, 2-3.
- CDM Executive Board (2004) Approved consolidated baseline and monitoring methodology (ACM0002), 1-9.
- CDM Executive Board (2004) Clean Development Mechanism Project Design Document Form, Version 2.
- CDM Executive Board (2004) Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality, 1-20.
- CDM Executive Board (2005) Guidelines for Completing CDM-PDD, CDM NMB, CDM-NMM.
- International Emissions Trading Association (2004) Validation and Verification Manual, 9-10, 38.
- Sivan Kartha; Michael Lazarus (2002) Practical Baseline Recommendations for Greenhouse Gas Mitigation Projects in the Electric Power Sector, IEA/OECD.
- UNFCCC (1997) The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change, 16-17.
- UNFCCC (2001) The Marrakesh Accords(Vol. II), Decision 17/CP.7, 20-49.
- World Resources Institute (2004) The Greenhouse Gas Protocol, 7.