

폐기물관리 정책변화에 따른 온실가스 배출량 예측

김현선 · 김동식* · 이승묵*[†]

서울대학교 보건대학원, *서울대학교 보건환경연구소
(2008. 8. 27. 접수/2008. 9. 16. 수정/2008. 9. 29. 채택)

Forecast of Greenhouse Gas Emission by Policy of Waste Management in Korea

Hyun-Sun Kim · Dong-Sik Kim* · Seung-Muk Yi*[†]

School of Public Health, Seoul National University

*Institute of Health and Environment & School of Public Health, Seoul National University

(Received August 27, 2008/Revised September 16, 2008/Accepted September 29, 2008)

ABSTRACT

Quantifying greenhouse gas (GHG) emissions in the waste sector is important to evaluating measures for reduction of GHG emissions. To forecast GHG emissions and identify potential emission reduction for GHG emissions, scenarios applied with environmental policy such as waste reduction and structural change of waste treatment were developed. Scenario I estimated GHG emissions under the business as usual (BAU) baseline. Scenario II estimated GHG emissions with the application of the waste reduction policy while scenario III was based on the policy of structural change of waste treatment. Scenario IV was based on both the policies of waste reduction and structural change of waste treatment. As for the different scenarios, GHG emissions were highest under scenarios III, followed by scenarios IV, I, and II. In particular, GHG emissions increased under scenario III due to the increased GHG emissions from the enhanced waste incineration due to the structural change of waste treatment. This result indicated that the waste reduction is the primary policy for GHG reduction from waste. GHG emission from landfill was higher compared to those from incineration. However, the contribution of GHG emission from incineration increased under scenario III and IV. This indicated that more attention should be paid to the waste treatment for incineration to reduce GHG emissions.

Keywords: GHG, landfill, incineration, waste reduction, structure change of waste treatment

I. 서 론

지구온난화를 유발하는 대기오염물질 저감을 위한 국제적인 대응책으로 1992년 브라질 리우에서 개최된 UN 환경개발회의에서 기후변화협약을 체결하게 되었고, 특히 지난 1997년 12월 일본의 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국총회를 통하여 교토의정서가 채택됨으로써 더욱 활발한 양상을 띠고 있다. 우리나라는 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 가입 등으로 인한 국가 위상이 상승함에 따라 교토의정서상의 의무부담 참여에 대한 압박이 증가하고 있다. 이에 우리나라는 협약 이행을 위해

여러 가지 정책 및 조치들을 도입·시행하고 있으며 최근의 국제적인 움직임에 빠르게 대응하기 위해 다각적인 노력을 기울이고 있다.¹⁾

우리나라는 이산화탄소 배출량이 세계 10위(2003년 기준)이며 OECD 국가 중 1990년 대비 배출량 증가속도가 가장 빠른 국가이다. 또한 에너지 다소비형 산업 구조를 가진 국가로서 지속적인 경제성장으로 인한 에너지 소비량이 증가가 예상되므로 온실가스 배출저감 기술 개발 및 대체 에너지 개발과 같은 연구 개발 및 기술 확보가 매우 중요한 시점에 와 있다. 특히 폐기물 부문의 경우, 이산화탄소 뿐만 아니라 온실가스 잠재력이 높은 메탄 및 아산화질소가 많이 배출되고, 다른 부문에 비해 온실가스 저감 잠재력이 높은 것으로 평가되므로 이에 대한 보다 정확하고 신뢰성 있는 온실가스 배출통계체제가 요구된다.²⁾

고형폐기물은 인간의 활동에 의해 발생하는 주요한

[†]Corresponding author : Institute of Health and Environment & School of Public Health, Seoul National University
Tel: +82-2-740-8879, Fax: +82-2-745-9104
E-mail: yiseung@snu.ac.kr

인위적 배출원으로 이러한 폐기물은 처리하는 과정(매립 및 소각)에서 이산화탄소, 메탄 및 아산화질소를 발생시키는 가장 주요한 요인으로 작용한다.^{3,4)} 메탄은 지구온난화를 일으키는 중요한 인자로 이산화탄소에 비해 온난화지수가 약 21배 정도 크고, 1996년 IPCC (Inter-Governmental Panel on Climate Change, 정부간 기후변화패널)에 따르면 연간 1~2%정도 대기 중의 메탄양이 증가하고 있다.^{3,5,6)} 특히, 매립지에서 배출되는 메탄 배출량이 폐기물 부문에서 발생하는 온실가스의 약 60%를 차지하고 있으므로 매립지에서의 온실가스 배출량 추정은 상대적으로 그 중요성이 크다고 할 수 있다.⁷⁾ 소각처리과정에서 배출되는 이산화탄소 및 아산화질소는 전체 폐기물 부문의 약 30%를 차지하여 매립 다음으로 폐기물에서의 온실가스 배출량이 클 뿐만 아니라 환경부에서 매립처리비율을 줄이고 소각처리비율을 늘리고자 하여 소각 부문에서의 온실가스 배출량이 증가할 것으로 예상된다. 또한 소각처리과정에서 배출되는 아산화질소는 이산화탄소에 비해 적은 양이 배출되더라도 불구하고 상대적으로 온난화지수가 약 310배 정도 커 CO₂ 환산톤으로 환산하였을 때 배출량이 훨씬 많아져 향후 소각 부문에 대한 중요성이 더욱더 커질 것으로 예상된다.⁸⁾

이렇듯 고형폐기물의 처리과정에서 배출되는 온실가스의 상대적인 중요성으로 인해 환경부에서는 폐기물을 감량하면서 온실가스의 배출을 줄이고자 다양한 정책을 펴고 있다. 따라서 본 연구에서는 환경부에서 제시하는 폐기물 정책에 따른 온실가스 배출량을 전망하여 적용 정책별 온실가스 저감 잠재량을 파악하고 이를 통해 향후 효과적인 온실가스 저감정책 확립을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 연구방법

폐기물 처리과정에서 온실가스가 배출될 수 있는 경로는 매립 및 소각이 있다. IPCC에서는 폐기물의 매립 및 소각에 의한 온실가스 배출통계 작성을 위한 지침을 제공하고 있다. 현재까지 IPCC에서는 온실가스 배출량 산정을 위해 IPCC revised 1996 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(이하 “1996GL”)⁹⁾와 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories(이하 “GPG2000”),¹⁰⁾ 그리고 IPCC 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(이하 “2006GL”)¹¹⁾를 제공하였다. 이에 본 연구에서는 가장 최근에 제공된 2006GL에서 제시하는 방법을 활용하였다.

1. 매립

매립지에서 배출되는 매립가스는 메탄과 이산화탄소로 구성되어 있으나 이산화탄소는 생물계 폐기물의 분해로 인해 생성된 CH₄의 연소에 의해 발생하며 소각에서 생물계 폐기물에 의해 배출되는 CO₂를 온실가스 배출량에서 제외시키는 것과 마찬가지로 자연계에서 순환 재이용된다고 가정하여 온실가스 배출량에서 제외시킨다. 이에 본 연구에서는 2006GL의 Tier 2방법에 의해 메탄 배출량을 산정하였으며, 산정식은 식 (1)과 같다.

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF \quad (1)$$

$$DDOC_{ma_T} = DDOC_{md_T} + (DDOC_{ma_{T-1}} \times e^{-k})$$

$$DDOC_{mdecomp_T} = DDOC_{ma_{T-1}} \times (1 - e^{-k})$$

$$CH_4_{generated_T} = DDOC_{mdecomp_T} \times F \times 16/12$$

$$CH_4_{emitted_T} = \left[\sum_x CH_4_{generated_{x,T}} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

여기서, DDOC_m(mass of decomposable DOC)은 매립 폐기물 중 분해 가능한 DOC의 양(Gg)으로 W×MCF×DOC×DOC_f에 의해 계산된다. W는 매립된 폐기물의 양(Gg), MCF(CH₄ correction factor for aerobic decomposition)는 메탄보정계수, DOC(degradable organic carbon in the year of deposition)는 분해가 가능한 유기탄소 비율, DOC_f(fraction of DOC that can decompose)는 DOC중에서 미생물에 의해 동화될 수 있는 비율이다. DDOC_{ma_T}는 T년도까지 매립지에 누적된 DDOC_m의 양(Gg), DDOC_{ma_{T-1}}는 T-1년도까지 매립지에 누적된 DDOC_m의 양(Gg), DDOC_{md_T}는 T년도에 매립된 DDOC_m의 양(Gg), DDOC_{mdecomp_T}는 T년도에 분해된 DDOC_m의 양(Gg), k는 메탄 발생속도상수를 각각 의미한다. CH₄_{generated_T}는 T년에 발생한 메탄의 양, F는 매립가스 중 메탄의 부피비, R은 회수율, 그리고 OX는 산화율을 각각 의미한다.

1) 변수 검토

폐기물의 매립량(W)을 예측하기 위해서는 폐기물의 발생량을 예측하고 폐기물 종류별 매립비율을 예측하여 향후 폐기물의 매립량을 예측할 수 있다. 2006년 현재 우리나라 지자체에서 관리되고 있는 매립중인 매립지수는 251개소로 연간 약 5,363천m³의 폐기물이 매립 처리되고 있다. 본 연구에서는 매립량을 예측하기 위해 환경부 “제2차 국가폐기물관리종합계획”¹²⁾에서 제시하고 있는 정책을 활용하였으며 이에 따라 온실가스 배출량을 전망하기 위해 시나리오를 작성하였다.

MCF는 매립된 폐기물 중의 생분해성 유기물이 혐기성미생물에 의해 메탄가스로 전환되는 비율을 의미한다.

다. IPCC 지침서에서는 매립지의 관리 상태별로 각기 다른 MCF값을 제시하고 있다.^{9,11)} 우리나라는 2006년부터 현재 매립중인 모든 매립지가 100% 위생매립지로 관리되고 있으므로 본 연구에서는 향후에도 모든 매립지가 위생매립지로 관리될 것으로 생각하고 일률적으로 1을 적용하였다.

DOC는 생화학적 분해가 가능한 유기탄소로 폐기물의 성장과 밀접한 관계가 있으며, 폐기물 성장별 DOC의 가중 평균치로 산정할 수 있다. 본 연구에서는 김현선 등(2007)⁹⁾에서 제시한 DOC를 본 연구에서도 동일하게 사용하였다.

DOC_F는 분해 가능한 유기탄소함량의 실제 분해비율로서 1996GL에서는 기본값으로 0.77을 제시하였으나, GPG에서는 리그닌 탄소를 포함하는 경우 0.5-0.6 값을 사용할 것을 권장하고 있다.^{9,10)} 따라서 본 연구에서는 폐기물 성장별 DOC_F를 제시한 김현선 등(2007)^{9,13)}에서 제시한 값을 적용하였다(Table 1).

매립가스의 대부분은 메탄과 이산화탄소로 이루어져 있다. 메탄가스 비율인 F는 매립 폐기물의 성장 등 여러 요소에 의해 결정되는데, GPG 2000에서는 F값이 성장에 따라 주로 0.4-0.6사이에 존재하며 기본값으로 0.5를 제시하고 있다.¹⁰⁾ 기존의 우리나라 대부분의 연구에서도 0.5를 사용하고 있어 본 연구에서도 동일한 값을 적용하였다.^{8,13)}

메탄발생속도상수(k)는 반감기(t_{1/2})를 매립 폐기물의 초기 질량이 반으로 분해되는데 소요되는 시간으로 정의된다. 메탄발생속도는 매립폐기물 특성, 기후조건, 매립방식, 매립지 운영 등 다양한 인자로 인해 k 값은 폐기물의 종류, 기후조건, 함수량에 따라 다양하게 나타난다. 본 연구에서는 최근 김현선 등(2007)에서 폐기물 성장별 k값을 제시한 결과를 동일하게 적용하였다 (Table 1).^{2,11)}

메탄가스 회수량은 매립지에서 발생하는 메탄가스를 회수하여 에너지로 활용하거나 Flaring 설비에서 연소

처리되는 양을 의미한다. 향후의 메탄가스 회수량을 정확하게 예측하기 어려우므로 본 연구에서는 IPCC에서 제시하는 기본값인 0을 적용하였다.¹⁰⁾

산화율은 매립지로부터 발생하는 메탄가스가 복토층을 통과하면서 산화되는 비율을 의미하는 것으로 기상상태나 복토 상태의 영향 등을 많이 받는다.¹⁴⁾ 본 연구에서는 우리나라의 선행연구에서 매립지 관리가 비교적 잘 되고 있다고 보고 산화율을 0.1을 적용하고 있어 본 연구에서도 동일한 값을 적용하였다.^{13,15)}

2. 소각

폐기물 소각에 의해 발생하는 온실가스는 CO₂, CH₄, 그리고 N₂O로 알려져 있으나 메탄의 경우 발생량이 미미하여 소각에서 메탄 발생량은 고려하지 않는다.¹¹⁾ 따라서 본 연구에서는 2006GL에서 제시한 산정방법을 이용하여 소각부문의 온실가스 배출량을 전망하였다.

1) 이산화탄소

$$CO_2 = MSW \times \sum(WF_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times 44/12 \quad (2)$$

여기서, MSW(total amount of municipal solid waste as wet weight incinerated)는 폐기물 소각량, WF(fraction of waste type/material of component j in the MSW)는 MSW 중 i 형태의 폐기물 비율, dm_i(dry matter content)는 폐기물의 구성성분 i 중 건조물질의 함량비, CF_i(fraction of carbon in the dry matter)는 i 형태의 폐기물 중 건조물질의 탄소함량 비, FCF_i(fraction of fossil carbon in the total carbon)는 i 형태의 폐기물 중 화석연료에서 기인한 탄소 함량 비, 그리고 OF_i(oxidation factor)는 연소효율을 의미한다.

MSW × WF는 폐기물 종류별 소각량으로 2006년 현재 지자체에서 관리되고 있는 소각시설은 총 201개소로 연간 약 2,855 천톤이 소각 처리되고 있다. 폐기물

Table 1. Values of DOC, DOC_F, and k for the waste types in this study

Type of waste	DOC (wet, %)	DOC _F (wet, %)	k (yr ⁻¹)		
			IPCC (2006)	Kim <i>et al.</i> (2007)	
Slowly degrading waste	Paper	40.55	55.7	0.06	0.06
	wood	35.96	32.4	0.03	0.03
	Rubber/Leather	58.42	11.5	0.03	0.025
Moderately degrading waste	Textile	45.61	38.2		0.051
Rapidly degrading waste	Food	26.64	51.9	0.185	0.185
	Sewage sludge	15.77	12.2	0.185	0.185
Others		22.97	43.2	0.09	0.180

Table 2. Dry matter content and Carbon fraction in various waste types

	Type of waste	Dry matter fraction in % of wet weight	Carbon fraction in % of dry weight
Municipal solid waste	Rubber/Leather	91.71	62.9
	Plastics	96.97	74.5
	Others	64.35	30.9
Industrial waste	textiles	89.80	45.6
	Synthetic Resin	96.97	69.7
	Synthetic rubber	91.71	71.1
	Leather	91.70	54.6
	Others	64.35	30.9
Construction waste	Synthetic Resin	96.97	69.7
	Others	64.35	30.9

종류별 소각량은 매립부문과 마찬가지로 환경부 “제2차 국가폐기물관리종합계획¹²⁾”에서 제시하고 있는 정책을 활용하여 작성된 시나리오를 바탕으로 폐기물 소각량을 예측하였다.

dm은 건조물질의 함량으로 환경부 (2006)¹³⁾ 자료에서 폐기물 성상별 건조물질 함량을 Table 2와 같이 제시하고 있어 본 연구에서도 폐기물 성상별로 동일한 값을 사용하였다.

CF는 폐기물 중 탄소 함유 비율로 2006 GL에서는 폐기물의 성상별 CF 값을 제시하고 있다. 환경부 (2006)¹³⁾에서는 실제 우리나라 폐기물을 대상으로 측정하여 얻어진 결과를 바탕으로 성상별 CF 값을 제시하였다(Table 2). 이에 본 연구에서는 이와 동일한 값을 성상별로 적용하였다.

FCF는 화석연료에서 기인한 탄소비로 2006GL에서는 폐기물의 성상별 FCF 값을 제시하고 있다. 이에 본 연구에서는 2006GL에서 제시한 성상별 값 즉, 고무폐혁류는 0.2, 플라스틱, 폐섬유천류, 폐합성수지, 그리고 기타 폐기물 성상은 모두 1을 적용하였다.¹¹⁾

EF는 폐기물 성상에 따른 소각 시스템의 연소효율로 우리나라의 경우 강열감량이 10%이하 규제하는 법적 기준을 감안하여 97%를 적용하였다. (강열감량(%) = 소각재 미연분/(회분량 + 소각재 미연분) × 100, 산화율(%) = 소각재 미연분/가연성분 총량 × 100)

2) 아산화질소

$$N_2O \text{ emission (Gg/yr)} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6} \quad (3)$$

여기서, IW_i (amount of incinerated/open-burned waste of type)는 폐기물 종류 i 의 소각된 양, $EF_i(N_2O \text{ emission factor})$ 는 N_2O 의 배출 계수로서 환경부(2002)¹⁵⁾

Table 3. Emission factors of N_2O from waste incinerator

Type of waste	Emission factor (g/ton)
Municipal solid waste	39.8
Industrial waste (except for sludge)	109.57
Sludge in Industrial waste	408.41
Construction waste	109.57

에서는 폐기물의 종류별 배출계수를 도출하여 본 연구에서도 동일한 값을 적용하였다(Table 3).

3. 전망 시나리오

환경부에서는 인구 증가 및 경제활동규모 확대 등으로 생활폐기물은 증가추세가 지속될 것이며 일반 사업장 폐기물의 경우 연평균 증가율이 약 3%, 그 중 건설폐기물의 경우 폐기물 발생량이 연간 5~6% 정도가 될 것으로 예측하였다. 따라서 본 연구에서 Business As Usual(BAU)로 전망한 시나리오 1은 통계청의 인구추계¹⁶⁾ 및 환경부 “제2차 국가폐기물관리종합계획¹²⁾”에서 2005년, 2008년, 2011년에 전망한 1인당 생활폐기물 발생량 예측값인 1.03, 1.04, 1.04 kg/인·일의 값을 활용하여 2005년부터 2007년까지는 1.03 kg/인·일을 적용하고 2008년 이후부터는 1.04 kg/인·일을 적용하여 2020년까지의 생활폐기물 발생량을 전망하였으며 일반 사업장 폐기물의 경우 연간 3%의 증가율을, 건설폐기물의 경우 연간 5.5%의 증가율을 적용하였다.

환경부는 폐기물 발생량을 원천적으로 감량시키고 불가피하게 발생된 폐기물은 재활용하기 위하여 1회용품 사용규제 강화 및 쓰레기 종량제의 개선에 힘쓰는 등 폐기물 감량화 정책을 추진하고 있어 이를 시나리오 2에 반영하여 폐기물 발생량을 전망하였다. 환경부 “제2차 국가폐기물관리종합계획¹²⁾”에서는 2005년, 2008년

2011년에 걸쳐 생활폐기물은 0.97, 0.94, 0.91 kg/인 · 일으로 각각 감량하고자 목표를 두고 있으며 사업장 및 건설폐기물 발생량은 각각 3%, 6%, 8%씩 감량하고자 하여 이를 바탕으로 폐기물 발생량을 전망하였다.

시나리오 3에서는 환경부에서 폐기물의 발생량을 줄이는 정책 뿐만 아니라 매립량을 줄이고 대신 소각량을 늘리는 등의 폐기물 구조변경정책을 추진하고 있어 이를 반영하였다. 매립 부분의 경우 환경부 “제2차 국가폐기물관리종합계획¹²⁾”에서 2005년, 2008년 그리고 2011년에 생활폐기물 매립비율은 31%, 22%, 17%로 줄이고 사업장 및 건설폐기물의 매립비율을 12.4%, 10.4%, 9.2%로 줄이고자하여 이를 적용하였으며 소각 부분의 경우 2005년, 2008년 그리고 2011년에 생활폐기물 소각비율은 23%, 28%, 30%로, 사업장 및 건설폐기물의 소각비율을 6.9%, 7.5%, 7.8%로 늘리고자 하여 이를 반영하였다.

시나리오 4는 시나리오 2와 3을 모두 적용한 것으로써 폐기물 감량화 정책 뿐만 아니라 폐기물 처리구조 변경도 동시에 이루어진다고 가정하여 폐기물 발생량을 전망하였다.

III. 결과 및 고찰

전망 시나리오별 매립량 및 소각량을 예측하고 위에서 식 (1)~(3)의 산정방법을 통해 매립부분과 소각부분에서 각각 배출되는 온실가스(메탄, 이산화탄소, 이산화질소) 배출량을 예측하였다.

먼저 매립부분의 시나리오별 온실가스 배출량 전망 결과를 살펴보면, 시나리오 1> 시나리오 2> 시나리오 3> 시나리오 4의 순으로 온실가스가 많이 배출되는 것으로 나타났다(Fig. 1). 폐기물 감량 정책을 고려한 시

나리오 2의 경우 시나리오 1과 비교하여 크게 저감되지는 않았으나(시나리오 1의 92% 수준(2020년 기준)) 폐기물 처리구조 변경 정책을 고려한 시나리오 3의 경우 시나리오 1의 69% 수준으로 배출되었다. 마지막으로 폐기물 감량화 정책 및 처리구조 변경 정책을 모두 고려한 시나리오 4의 경우 시나리오 1의 64% 수준으로 시나리오 3과 큰 차이가 없었다.

소각부분의 시나리오별로 전망된 이산화탄소 및 이산화질소의 배출량을 Fig. 2에 나타내었다. 온실가스 배출량 전망 결과 전체 온실가스 배출량 중 이산화탄소가 이산화질소에 비해 훨씬 많이 배출되는 것으로 나타났다. 그러나 향후 소각량의 증가로 인해 이산화질소의 배출량이 다소 증가하는 형태를 보였다. 시나리오별 온실가스 전망 결과를 살펴본 결과 시나리오 3> 시나리오 4> 시나리오 1> 시나리오 2의 순으로 많이 배출되는 것으로 나타났다. 시나리오 3의 경우 폐기물 처리구조 변경 정책을 반영한 것으로써 기존에 폐기물을 많이 매립 처리하던 것을 줄이고 소각처리량을 늘려가자 하는 정책으로 소각량의 증가로 인해 최종 온실가스 배출량이 오히려 증가하였다. 반면 폐기물 감량화 정책을 반영한 시나리오 2의 경우 현재 수준을 유지한다고 가정한 시나리오 1과 비교하였을 때 큰 차이가 없어 시나리오 2에서 설정한 폐기물 감량목표의 성과는 소각부분에서는 크지 않을 것으로 사료된다.

시나리오별 전망된 결과를 온실가스 배출경로별로 온실가스 배출량 경향성을 파악하여 Fig. 3에 나타내었다. 거의 현재의 현황을 적용한 시나리오 1의 경우 현재와 같이 매립부분의 온실가스 배출량이 향후에도 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 폐기물 감량화 정책을 반영한 시나리오 2의 경우 시나리오 1에 비해 배출량은 다소 줄었으나 시나리오 1과 마찬가지로 매립이 폐기물 부문 전체 배출량에 가장 큰 기여를 하였다. 최근까지 폐기물 처리 방법의 경우 상당비율의 폐기물을 매립을 통해 처리하였으며 다음으로 소각처리를 하였다. 그러나 향후 기존 매립비율을 낮추고 소각비율을 높여 현재 매립용지 부족 및 악취, 침출수 등의 문제를 해결하고자 하는 정책을 반영한 시나리오 3의 경우 시나리오 1과 2에서 매립이 온실가스에 가장 많은 기여를 하였던 것과 달리 소각에 의한 배출량이 증가함으로 인해 향후 매립보다 다소 높은 수준으로 폐기물 부문의 온실가스 배출량에 기여를 할 것으로 전망되었다. 시나리오 2와 3에서 적용한 폐기물 감량화 정책 및 폐기물 처리구조 변경 정책을 모두 반영한 시나리오 4의 경우 시나리오 3과 마찬가지로 소각에서의 온실가스 배출 기여도가 상당히 증가하는 것으로 나타

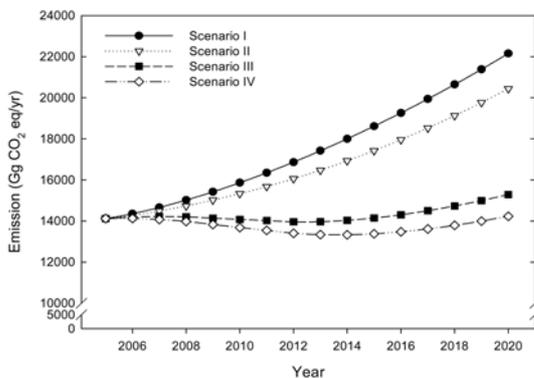


Fig. 1. Forecasted greenhouse gas emissions from landfills by scenarios.

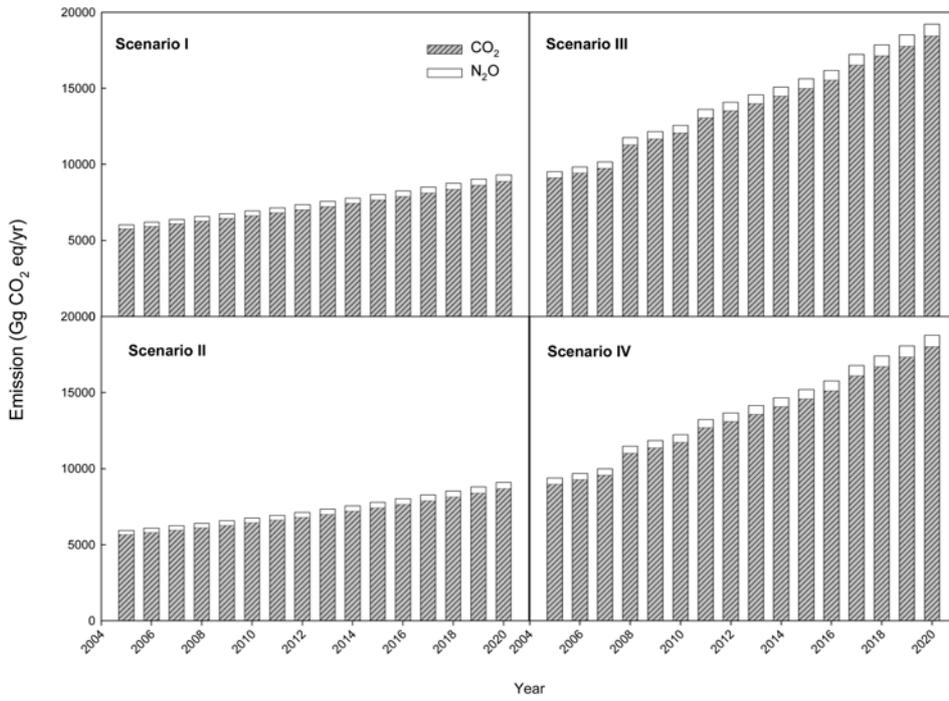


Fig. 2. Forecasted greenhouse gas emissions from incinerators by scenarios.

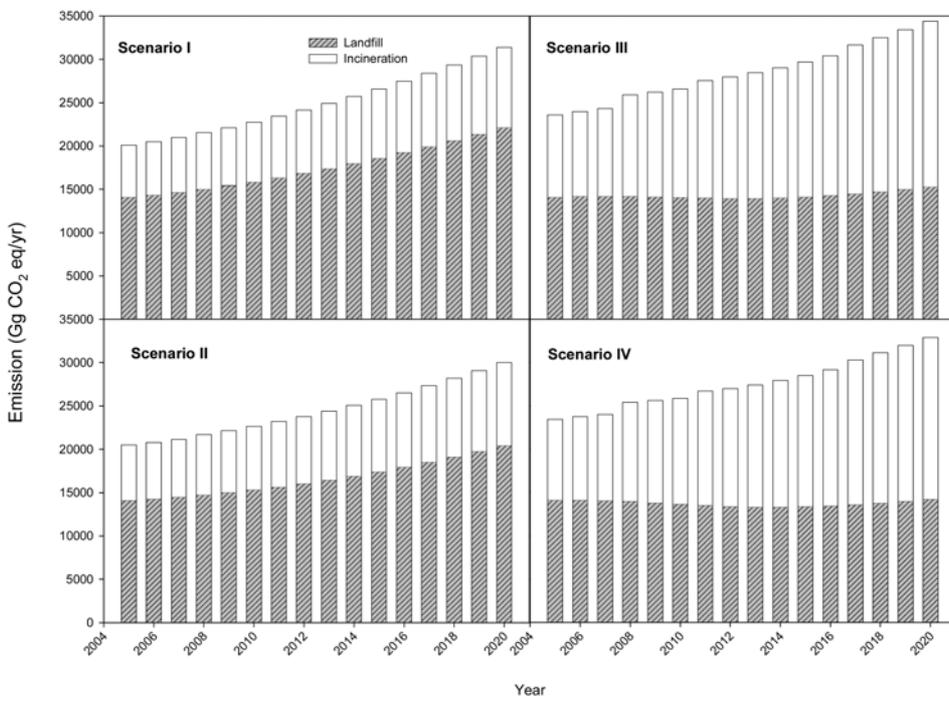


Fig. 3. Forecasted greenhouse gas emissions from landfills and incinerators by scenarios.

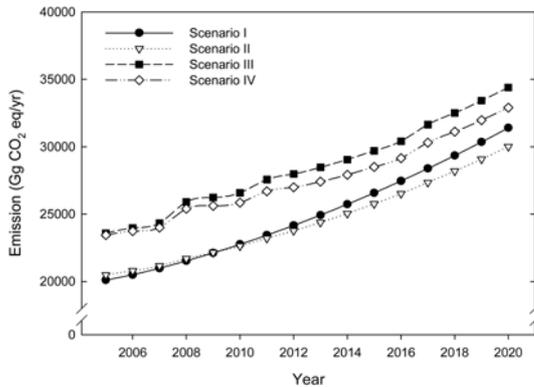


Fig. 4. The trend of total forecasted greenhouse gas emissions by scenarios.

났다.

또한 시나리오별 최종 온실가스 배출량 전망 결과를 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 전체 시나리오별로 산정된 온실가스 배출량 산정 결과 시나리오 2의 배출량이 가장 적게 평가되었고 시나리오 3의 배출량이 가장 많이 평가되었다. 시나리오 2의 경우 폐기물 감량화 정책을 반영한 것으로 온실가스 배출량을 저감하기 위한 가장 기초적인 정책은 폐기물 감량화 정책임을 알 수 있다. 시나리오 3의 경우 폐기물 처리구조 변경 정책을 반영한 것으로 매립율은 줄이고 소각처리비율을 늘림으로 인해 폐기물의 많은 부분이 소각 처리됨으로 오히려 온실가스가 더 많이 배출됨을 알 수 있었다. 이 두 가지를 모두 적용한 시나리오 4의 경우 현재의 폐기물 처리형태를 유지할 때 초기에는 온실가스 배출량이 더 많을 것으로 예측되었으나 이후 배출량이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 향후에는 소각에 의

한 온실가스 배출량이 폐기물 부문 전체의 온실가스 배출량에서 주요한 인자가 될 것으로 판단된다. 또한 시나리오 1을 기준으로 각 시나리오별 온실가스 저감 잠재량을 살펴본 결과 시나리오 3과 4는 오히려 온실가스 배출량이 늘어나 온실가스의 저감 효과가 없는 것으로 나타났다(Fig. 5). 그러나 시나리오 2의 경우 2009년까지는 다소 온실가스 배출량이 늘었으나 이후 온실가스 배출량이 감소하여 2020년에는 약 1400 Gg CO₂ eq의 온실가스의 저감 잠재력이 있는 것으로 나타났다. 따라서 앞에서 설명하였듯이 본 연구에서 살펴본 정책 중 폐기물 처리구조 변경 정책은 오히려 소각량의 증가로 인해 전체 온실가스 배출량을 증가시키는 결과를 초래하였으나 폐기물 감량화 정책은 다른 정책에 비해 온실가스 배출량을 저감시키는 효과를 보였다.

IV. 결 론

폐기물정책별 온실가스 배출량의 경향성을 파악하기 위해 시나리오별 매립 및 소각부문의 온실가스 배출량을 전망하였다. 온실가스 배출량 전망 결과 폐기물 감량화 정책을 반영한 시나리오 2는 시나리오 1에 비해 배출량은 줄었으나 현재의 폐기물 구조 및 배출량 수준을 그대로 유지한다고 가정한 시나리오 1과 같이 매립이 폐기물 부문 전체 배출량에 가장 큰 기여를 하였다. 폐기물 처리구조 변경 정책을 반영한 시나리오 3는 소각량의 증가로 소각부문의 배출량이 증가함으로 인해 소각부문의 기여도가 상당히 높아졌다. 폐기물 감량화 정책 및 폐기물 처리구조 변경 정책을 모두 반영한 시나리오 4의 경우 시나리오 3과 마찬가지로 소각에서의 온실가스 배출 기여도가 증가하였다. 시나리오별로

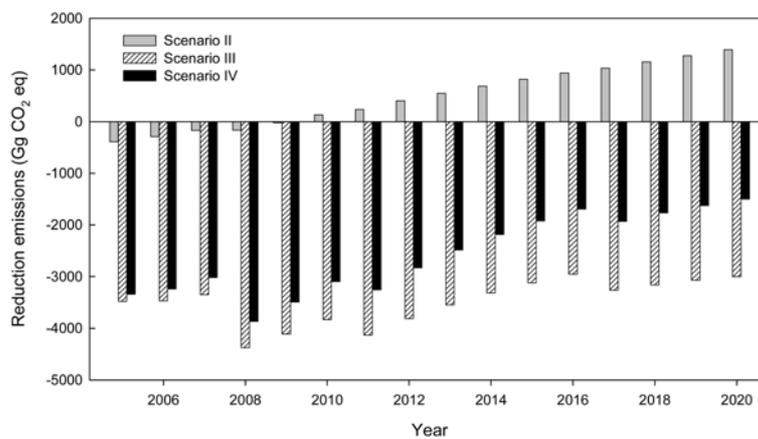


Fig. 5. The potential reduction emissions by scenarios.

산정된 온실가스 배출량 산정 결과 시나리오 3> 시나리오 4> 시나리오 1> 시나리오 2의 순으로 온실가스가 많이 배출되었다. 따라서 온실가스 배출량을 저감하기 위한 가장 효과적인 정책은 폐기물 감량화 정책임을 알 수 있었다.

최근 온실가스의 심각성이 심화되면서 온실가스를 저감하기 위해 다양한 기술개발 및 정책적 기반을 마련하고자 노력하고 있다. 2005년의 경우 음식물류 폐기물의 매립을 전면 금지하고 재활용하는 등 폐기물의 감량뿐 아니라 온실가스 저감을 동시에 꾀하고자 하였다. 따라서 향후 온실가스 배출량을 보다 정확하게 전망하기 위해서는 향후의 환경정책을 미리 파악하고 이에 대한 고찰을 함께 수반해야 할 것이다.

마지막으로 본 연구는 폐기물관리 정책이 온실가스 변화에 어떤 영향을 미칠지를 파악하고자 한 것으로 온실가스 배출량 산정에 있어 주요한 영향을 미칠 수 있는 주요변수들을 고려하지 못한 제한점이 있다. 즉, 매립지의 매립종료 여부, 매립지 관리형태(혐기성, 준호기성 관리 등), 위생매립형태, 침출수에 의한 유기탄소의 소실량 등을 고려하지 않음으로 인하여 최종 배출량이 과소 또는 과대평가되었을 수 있으므로 향후 온실가스 배출량 산정 결과의 정확도를 높이기 위해서는 이들 변수에 대한 다각적인 고찰이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국 환경기술진흥원의 '차세대 핵심 환경 기술개발사업 (과제번호: 2005-12001-0045-3)'과 환경부 지정 기후변화특성화대학원 사업에서 지원된 연구이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Kim, S.T. : Policy direction of Securing Water Resource and Flood control against climate change. *Water and Future*, **40**, 66-69, 2007.
- Kim, H.-S., E.-H. Choi, N.-H. Lee, S.-H. Lee, J.-P. Cheong, C. Lee, and Yi, S.-M.: Comparison of greenhouse gas emission from landfills by different scenarios. *Korean Society for Atmospheric Environment*, **23**, 344-352, 2007.
- Kumar, S., S.A. Gaikwad, A.V. Shekdar, P.S. Kshirsagar, and Singh, R.N. : Estimation method for national methane emission from solid waste landfills. *Atmospheric Environmet*, **38**, 3481-3487, 2004.
- Kan, S.Y., J.-H. Hong, S.-B. Lee, and Han, Y. J.: Estimation and Projection of Greenhouse Gas Emissions from Waste Incinerators in Korea. *Korean Society of Environmental Engineers*, **30**, 250-256, 2008.
- United Nations Framework Convention on Climate Change Home Page, <http://unfccc.int>.
- Choi, S.-M., Im, J.-K., Hong, J.-H., Lee, S.-B., Zoh, K.-D.: The Estimation of Emission Factor of N₂O and CH₄ by Measurement from Stacks in the Waste Incinerators and Cement Production Plants. *Journal of Environmental Health.*, **33**, 217-226, 2007.
- Republic of Korea: National communication of the Republic of Korea. 2003.
- Ministry of Environment : Development of greenhouse gas inventory and emission factors (Industrial process & Waste). 2006.
- IPCC : IPCC revised 1996 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1996.
- IPCC : IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2000.
- IPCC : 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. 2006.
- Ministry of Environment : 2nd National Waste Management Strategy. 2002.
- Ministry of Environment : database construction of greenhouse gas in waste sector. 2006.
- Abichou, T., J. Chanton, D. Powelson, J. Fleiger, S. Escoriaza, Y. Lei, and Stern, J. : Methane flux and oxidation at two types of intermediate landfill cover. *Waste Management*, **26**, 1305-1312, 2006.
- Ministry of Environment : Estimation and database construction of greenhouse gas from landfills. 2006.
- Korea National Statistical Office, <http://www.nso.go.kr>