

폐기물 매립부문 배출계수 평가항목의 가중치 결정

Determination of Weighted Value to Estimate Each Emission Factor of Landfill

이승훈*† · 김재영** · 이승묵*** · 최은화**** · 김영수*

*안양대학교 기후변화특성화대학원 및 환경에너지공학과

서울대학교 도시환경공학과, *서울대학교 보건대학원,

****아시아에너지환경지속가능발전연구소

Lee, Seung Hoon*†, Kim, Jae Young**, Yi, Seung Muk***,

Choi, Eun Hwa**** and Kim, Young Soo*

*Specialized Interdisciplinary Graduate School for Climate Change, Anyang University,
Department of Energy & Environmental Engineering, Anyang University,

**Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University,

***College of Public Health, Seoul National University,

****Asian Institute for Energy, Environment and Sustainability

ABSTRACT

According to “IPCC guide line for national greenhouse gas inventories” each country should develop the ‘Country-specific emission factor’ and apply it to estimate greenhouse gases emissions from landfill. It could reflect properties of country and make estimation more accurate. For that accuracy, developed country-specific emission factor should be assessed and be verified consistently. Developed emission factors should be assessed in terms of Representative, Emission Property, Accuracy and Uncertainty, but there is no study about weighted assessment factors under each emission variable. This study do survey targeting public officials, professors and other experts for Analytical Hierarchy Process(AHP), mostly use to make decisions, to weight assessment factors. We investigated the weighted values per Emission factor for Representative, Emission property, Accuracy and Uncertainty on AHP survey, and Representative factor was the highest, and then in the order of Emission property (0.26), Accuracy(0.22), Uncertainty (0.15).

Key words : AHP, Landfill, Emission Factor, Weighted Value

1. 서론

IPCC GL에 의하면 온실가스 배출량 산정은 가

능한 해당국가의 여건에 부합될 수 있도록 가급적 국가고유배출계수를 개발하고, 개발된 국가고유배출계수를 적용토록 권고하고 있으며, 이는 각 국가

† Corresponding author : E-mail: tenboy@anyang.ac.kr

의 특성을 반영하여 국가별로 정확한 온실가스 배출통계를 구축하도록 하는데 그 목적이 있다.

그러기 위해서는 국가고유배출계수의 개발 및 개발된 배출계수의 검증과 평가가 체계적으로 이루어져야 하며, 이를 위한 국가고유배출계수의 검증 및 평가체계의 구축은 향후 개발될 국가고유배출계수 뿐만 아니라, 온실가스 목표관리제도 및 배출권 거래제 하에서의 Tier 3 배출계수에 대한 검증 및 평가의 역할도 동시에 수반되어야 할 것이다.

이는 국가 온실가스 배출통계의 신뢰성 향상과 아울러 목표관리제 및 배출권 거래제에서 개발되어지는 수많은 tier 3 배출계수를 평가함으로써, 보다 신뢰성이 담보되는 목표관리제 및 배출권 거래제의 적용이 가능해질 것으로 판단된다.

우리나라 온실가스 부문별 배출량을 살펴보면 (GIR, 2013) 폐기물 부문의 경우 1990년도에는 온실가스 총배출량의 3.3% 수준에서 2010년도에는 2.1% 수준으로 배출기여도가 높지 않은 부분이지만, 배출량 산정에 있어서 불확도가 크고, 관련 배출계수가 개발될 경우, 감축잠재량이 높아질 수 있다는 장점이 있다.

우리나라에서는 폐기물의 발생과 처리에 대한 통계를 꾸준히 양산하여 오고 있으며, 폐기물의 발생부터 처리되는 과정에 이르기까지의 연도별 국가통계가 체계적으로 구축되어 있어, 우리나라의 폐기물 부문 온실가스 배출량 산정은 세계에서 최고 수준의 해상도로 산정이 가능하다.

폐기물 매립부문의 온실가스 배출량 산정은 주요한 배출계수인 DOC, DOC_f , MCF, F, k, OX 등이 있으며, 각 배출계수별로 우리나라 특성이 반영된 국가고유배출계수로의 개발이 완료되면, 현재 IPCC 기본값을 사용함으로써 인해 과다 산정되고 있을 가능성이 있는 부분을 보다 현실성 있게 국가 배출량 산정이 가능할 것이다.

특히 매립분야의 경우, 배출량 산정시 배출계수가 다수로, 각 배출계수들의 IPCC 기본값이 우리나라의 특성과 부합되지 않는 부분이 많아, 국가고유 배출계수의 개발로 인한 온실가스 배출량의 증감이 크게 나타날 가능성이 높은 부문이기도 하다.

이렇게 개발된 배출계수는 체계적인 검증과 평가를 거쳐 국가고유 배출계수 혹은 특정매립지의 Tier 3 배출계수로 개발될 수 있으며, 개발된 배출계수가 사용되기 위해서는 배출계수 개발의 전단계를 분석하여 문제점은 없는지, 배출계수 개발을 위한 측정 및 분석 방법은 적정했는지 등에 대한 평가가 필요하다.

본 연구는 폐기물 매립분야에서 개발되었거나, 향후 개발되어질 배출계수에 대한 평가를 위한 평가항목들의 가중치 부여 방안에 대해 연구하였다.

선행연구(GIR, 2012; Kim *et al.*, 2013a; Kim *et al.*, 2013b; Lee *et al.*, 2012)에 의하면 배출계수가 개발되면 개발된 배출계수의 대표성이 적절한지, 배출특성을 잘 반영하는지, 배출계수 개발을 위한 측정자료의 정확성이나 인용자료의 신뢰성이 어떠한지, 불확도 수준 등을 다양하게 평가하여야 하지만, 평가항목별 가중치에 대한 연구가 없어 배출계수의 평가시 체계성이 담보되지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 배출계수 개발에 있어서 고려되어야 하는 주요 항목들을 의사결정 분야에서 많이 이용되고 있는 계층화 분석법(Analytical Hierarchy Process, AHP)을 적용하여, 국내 폐기물 매립 부문의 전문가 및 실무담당자분들에 대해 설문 조사를 시행하였으며, 설문결과를 AHP 분석법을 통해 각 항목별 가중치를 부여하여, 이를 매립부문 온실가스 배출계수 평가항목별 가중치로 제시하고자 하였다.

2. 매립부문의 온실가스 배출량 산정

IPCC 2006 GL(2006)에서는 1996 GL에서 사용하던 Tier 1 방법이 삭제되고, FOD(일차분해반응) 방법이 Tier 1 방법으로 제시되고 있다. FOD 방법은 매년 CH_4 와 CO_2 로 분해되는 분해가능한 물질의 비율을 설명하는 지수인자에 근거하여 산정된다.

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

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

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

$$CH_{4,generated_T} = DDOC_{m,decomp_T} \times F \times \frac{16}{12}$$

$$CH_{4,emitted_T} = \sum_x (CH_{4,generated_T} - R) \times (1 - OX_T) \quad (1)$$

$DDOC_m$: 매립 폐기물 중 분해 가능한 DOC 의 양(Ton), ($W \times MCF \times DOC \times DOC_F$)

W : 매립된 폐기물의 양(Ton)

MCF : 메탄보정계수

DOC : 분해가 가능한 유기탄소 비율

DOC_F : DOC 중에서 미생물에 의해 동화될 수 있는 비율

$DDOC_{m,T}$: T 년도까지 매립지에 누적된 $DDOC_m$ 의 양(Ton)

$DDOC_{m,T-1}$: $T-1$ 년도까지 매립지에 누적된 $DDOC_m$ 의 양(Ton)

$DDOC_{m,T}$: T 년도에 매립된 $DDOC_m$ 의 양(Ton)

$DDOC_{m,decomp_T}$: T 년도에 분해된 $DDOC_m$ 의 양(Ton)

k : 메탄 발생속도상수

$CH_4 generated_T$: T 년에 발생한 메탄의 양

F : 매립가스 중 메탄의 부피비

R : 회수량

OX : 산화율

식 (1)에 의하면 폐기물 매립부문의 온실가스 배출량은 다양한 배출계수에 의해 영향을 받으며, 이 중에서도 DOC , DOC_F , MCF , F , k , OX 등의 값에 따라 큰 차이를 나타낼 수 있다.

우리나라에서는 2000년 초반부터 우리나라 고유값을 도출하기 위해 다각도로 연구를 수행하여 왔고, 국가 고유의 활동도 DB인 폐기물 발생통계가 잘 구축되어 있어 IPCC 2006 GL에서 제시하는 Tier 2 이상의 방법으로도 배출량 산정이 가능하지만, 현재 매립부문의 경우, 국가에서 공식적으로 우리나라 고유값으로 사용을 허가한 수치들이 없고, IPCC 기본값을 적용하고 있는 상황이다.

IPCC 기본값은 현재까지 공식적으로 보고된 다양한 전세계적인 자료중 가장 배출량이 높게 산정될 수 있도록 선정한 값으로써, DOC_F 의 경우 0.25~0.5의 값이 보고되었지만, IPCC 기본값은 이중 가장 배출량이 높은 0.5를 기본값으로 하고 있다. 만약 우리나라의 DOC_F 값이 0.25로 조사되고, 최종적으로 0.25로 확정된다고 하면, 우리나라 매립부문의 온실가스 배출량은 과거 배출량으로 산정된 값의 절반 수준으로 낮아지게 된다.

현재 IPCC 2006 기본값을 Table 1에 제시하였으며, k 값의 경우 IPCC 기본값이 범위값으로 주어졌

Table 1. Default values of IPCC 2006 parameter for disposal

Type of waste	DOC	k ¹⁾	F	OX ²⁾	MCF	
Paper	0.4	0.06	0.5	0.1	Managed - anaerobic	1
Textiles	0.24	0.06			Managed - semi-aerobic	0.5
Food	0.15	0.185			Unmanaged - deep (>5 m waste)	0.8
Wood	0.43	0.03			Unmanaged - shallow (<5 m waste)	0.4
Garden	0.17	0.1			Uncategorised SWDS	0.6
Diaper	0.24	0.06				
Sludge	0.05	0.185				
Rubber	0.64	0.03				

1) Guideline of Korea's target management.

2) Managed, unmanaged and uncategorised SWDS, OX=0.

으므로, 현재 우리나라 온실가스 목표관리제에서 제시하고 있는 기본값을 제시하였다.

전술한 바와 같이 매립부문의 배출계수는 DOC, DOC_r, MCF, F, k, OX 등 다수가 있고, 배출량 산정시 배출계수가 곱으로 산정되기 때문에 우리나라에 부합되는 배출계수를 개발하고, 이를 평가하는 것은 무엇보다 시급히 요구되는 일이라 할 수 있다.

3. 배출계수의 평가시 고려사항

Lee *et al.* (2013)에 의하면 매립부문의 온실가스 배출계수는 계수 대표성, 배출 특성, 사용된 자료의 신뢰도(정확성) 및 불확도의 조건에 따라 달라진다고 보고하고 있으며, 각 평가항목별 가중치를 Table 2와 같이 제시한 바 있다.

계수 대표성을 예로 들면, 개발된 배출계수가 해당 매립지 또는 우리나라 매립지를 대표할 수 있느냐 하는 문제는 표본수, 시간적 대표성, 공간적 대표성을 모두 만족해야 한다.

시간적 대표성은 자료의 시간적 분포를 기준으로 파악해야 하며, 계절 샘플 비율의 분산값을 평가하여, 사분위수를 중심으로 평가를 구분할 수 있다. 구체적으로 계절적 대표성의 평가기준은 계절별 샘플 비율의 분산값이 190 이하(25% percentile) 일 경우 1점을 주며, 분산값이 320 이하(median)의 경우 0.6점, 분산값이 520 이하(75% percentile)의 경우 0.2점을 주도록 권고하고 있다.

공간적 대표성의 경우, 매립지에서 직접 측정을 하는 경우에 해당되며, 조사지점이 균등하게 분포하고 있는지, 표본수를 충분히 만족하는지에 대한 평가를 요구한다. 또한, 매립지의 공간적 분포에서 중요한 부분은 매립지의 복토층이나 매립층이 매우 불균질하기 때문에 핫스팟(hot-spot)이 존재한다. 핫스팟을 고려할 경우, 공간분포가 균등할 경우 1점

을 주도록 되어 있고, 공간분포가 균등한지 그렇지 못한지에 대한 세부 점수지표는 전문가의 판단에 맡기고 있다.

시간적/공간적 대표성과 표본수는 계수 대표성을 평가하기 위해 모두 만족해야 하는 세부항목이며, 표본수를 만족하더라도 공간적 대표성을 만족하지 못할 수도 있고, 시간적 대표성을 만족하지 못할 경우도 있다. 반대로 시공간적 대표성을 모두 만족하더라도 표본수가 적어 대표성이 낮을 가능성도 존재한다.

표본수에 대한 기존 연구 결과가 없을 경우, 환경부의 “매립지 순환이용 정비사업 업무지침(2010)”에 의하면 매립지 순환이용 타당성 조사 및 매립지 사전안정화 조사방법에서 제시하고 있는 조사지점의 기준 대비 수준을 평가하는 방법이 있으며, 기존 연구 결과가 있을 경우, 기존 연구 결과의 변동계수 분포를 산출하고, 변동계수 분포의 중간값을 식 (2)에 대입하여 목표 불확도에 대한 표본수를 결정하도록 하고 있다(Lee *et al.*, 2014).

$$n = \left(\frac{1.96S}{u\bar{X}} \right)^2 = \left(\frac{1.96}{u} \times \frac{S}{\bar{X}} \right)^2 \quad (2)$$

n : 표본수, S : 표본표준편차, u : 불확도(%),
 \bar{X} : 표본평균

현재 온실가스 목표관리제 및 IPCC 가이드라인의 활동자료 불확도 수준이 Tier 1 수준이 7.5%, Tier 3 수준이 2.5%로 제시되어 있으므로, Tier 3 수준을 만족하는 2.5%의 불확도 수준을 만족할 경우의 표본수를 1점으로 두고, 단계별로 표본수 점수를 주는 방법을 제시하고 있다.

이렇게 계수 대표성을 세부적으로 살펴보면 각 세부항목별로 평가된 점수를 합산하여 계수대표성 점수를 부여할 수 있으며, 배출 특성, 자료의 정확성

Table 2. Weighted assessment factors from preceding research

Representative	Emission property	Accuracy	Uncertainty
0.3	0.1	0.2	0.4

및 불확도 등도 동일한 방법으로 각각의 점수를 확보할 수 있다.

그러나 이렇게 도출된 결과에서도 대표적인 평가항목 간의 가중치를 동일하게 혹은 평가항목을 차등하여 부여할 것인가에 대해서는 논리적으로 제시하지 못하고, Table 2와 같이 연구진 내부적인 의견만을 제시하고 있다.

따라서 기존 연구에서 평가항목별 가중치에 대한 논리적 근거가 빈약하기 때문에 본 연구에서는 기존 연구에서 제시하고 있는 가중치의 적합성 평가를 수행하면서 전문가 판단을 보다 논리적으로 처리하여 평가항목 간의 중요도를 도출하는 AHP 분석을 시행하였다.

4. AHP 분석

T. Saaty 교수가 개발한 계층화 분석법은 다속성의 문제가 있는 경우에 의사결정 과정을 단순화시켜 구성요소별로 세분화하여 다기준의 의사결정을 보다 용이하게 해주는 대표적인 방법론이다.

계층화 분석법은 1970년대 초 미국 국무부의 무기통제 및 군비축소에 관한 부서에서 의사결정과정의 비능률을 개선하기 위한 대안의 일환으로 개발한 의사결정방법론으로 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부 요인들로 분해하고, 이러한 요인들에 대한 이원비교를 통해 중요도를 도출하는 것이 특징이다.

이 기법은 “The Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980)”라는 저서가 발간되면서 소개되었고, 미국 국무부가 무기통제 및 비무장부서의 전략적인 정치 및 외교의 협상분야에서 규범적 이론을 사용하고자 10년에 걸쳐 실패를 거듭한 끝에 개발된 것이다(Saaty, 1994). 이후 미국, 캐나다, 중국, 싱가포르 등 여러 국가의 중앙정부와 지방정부, NASA, 포춘 500대 기업 등 세계 2만여 정부기관과 기업에서 활용되었다. 또한, AHP와 관련한 논문 서두에는 “국내외적으로 매우 많은 분야에서 적용되고 있다.”는 문장이 항상 언급될 정도로 실무에 많이 적용되고 있다.

AHP가 다양한 분야에서 적용되는 배경은 복잡

한 평가기준을 분류하여 체계적으로 계층을 나누고, 계산 과정이 명확하며, 정성적이든 정량적이든 평가항목 간의 선호도를 측정 가능하여, 그 결과에 대한 일관성 측정이 가능하기 때문으로 생각된다. 또한, 의사결정 분석가들은 다른 의사결정모형을 적용할 경우에도 AHP에 적용된 쌍대비교를 통한 고유벡터법에 의해 가중치를 산정하는 경우가 매우 많으며, 도로·철도·항만·수자원·공항 등의 공공사업 타당성을 평가하는 “예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(KDI, 2004)”에서도 AHP를 적용하여 평가기준 간의 가중치를 구하고, 종합 점수를 부여함으로써 사업의 예비타당성을 평가하고 있다.

폐기물 부문 배출계수의 가중치에 관한 AHP 분석은 연구된 바가 없으며, AHP를 활용하여 가중치를 평가한 많은 선행연구중 몇 가지만 예를 들어보면 “항공기상청 평가지표 가중치 개선(Song *et al.*, 2012)”, “국립검역소 평가 준거의 가중치 결정(Jeong *et al.*, 2010)”, “가축분뇨 처리시설 및 관련기술 평가지표 가중치 설정(Kim *et al.*, 2011)” 등 다양한 분야에서 가중치 평가에 AHP 분석방법이 널리 활용되고 있음을 알 수 있었다.

Saaty(1980)의 AHP기법은 인지심리학 분야의 연구 결과에 기초하여 9점 척도를 기본으로 이용하여, 쌍대비교로 얻어진 척도로 쌍대비교행렬을 구성하여 여러 가지 정보를 추출하고, 일관성을 검토할 수 있는 틀을 제공하는 고유벡터법을 개발하였다. AHP의 상대비교 중요도 척도는 1에서 9까지의 값을 가지며, 각 수치의 해석은 Table 3과 같다(Boucher and McStravic, 1991; Cambron and Evans, 1991).

AHP 분석은 평가항목간의 상대비교를 통해 상대적 중요도를 도출해 내는데, 이 상대적 중요도가 의미가 있으려면 설문응답자가 상대비교에 대해 일관성이 높게 응답했는지를 판단하여야 하며, 이를 평가하는 지표를 CI(consistency index) 및 CR(consistency ratio)라고 하고, CI 및 CR은 다음과 같이 계산된다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Table 3. The satty rating scale

Intensity of importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two factors contribute equally to the objective
3	Somewhat more important	Experience and judgement slightly favour one over the other
5	Much more important	Experience and judgement strongly favour one over the other
7	Very much more important	Experience and judgement very strongly favour one over the other. Its importance is demonstrated in practice
9	Absolutely more important	The evidence favouring one over the other is of the highest possible validity
2, 4, 6, 8	Intermediate values	When compromise is needed

여기서 λ 는 일관성 비율을 말하며, $\lambda =$ 가중치 곱/가중치

$$CR = \frac{CI}{\text{Random consistency index}}$$

여기서 RCI는 1~9까지 정수를 무작위로 추출하여 역수행렬을 작성 후 구함.

회수된 23부의 AHP 분석결과를 일관성 평가를 한 후 CR이 0.2 이하로 일관성이 유효한 응답비율은 F항목이 19명이 일관성 있게 응답하였고, DOC_r의 경우 15명만이 일관성 있게 응답한 것으로 나타났다. 각 항목별 유효응답자 수를 Table 4에 표기하였다.

5. 결과 및 고찰

본 연구에서 계층화 분석을 위해 폐기물 매립부문의 온실가스 배출 관련 각 매개변수를 모두 잘 알고 있는 전문가를 섭외하기 위해 폐기물 매립부문 관련 연구가 활발한 기관의 연구자, 공무원, 대학교수들을 전문가로 포함시켰고, 온실가스 목표관리제의 관리업체로 지정된 지자체나 관리업체 중에서 관련 업무를 담당하고 있는 담당자와 온실가스 목표관리제 컨설팅 업체 전문가를 대상으로 설문

조사를 진행하였다.

먼저 연구자 선별을 위해서는 국내 논문을 조사하여 매립부문 각 배출계수와 관련한 연구를 수행하고 있는 연구자를 논문 다빈도 순으로 선별하였으며, 연구자는 관련 업체 관계자(3명), 학계(18명), 연구단체(13명)¹⁾로 구분하였고, 국내 폐기물 매립부문 온실가스 목표관리제 담당자(20명) 및 목표관리제 명세서를 직접 작성하는 컨설팅 업체 전문가(6명) 등을 대상으로 총 60명의 전문가 풀을 구성하였다.

다음으로 각 전문가를 대상으로 기존 연구의 결과 및 각 배출계수별 평가항목별 가중치 판단을 위해 Saaty의 상대비교척도를 1에서 9까지 주어 각 배출계수별로 평가항목별 가중치를 도출하였다 (Fig. 1 참조).

선별된 60인의 설문 대상자 중에서 온실가스 목표관리제 담당자는 순환보직의 공무원으로 설문 응답할 수준이 되지 못하거나 설문에 대한 무관심으로 인해, 대부분의 설문 응답은 관련 연구자들 중에서 학교와 연구단체의 관련 전문가들이 대부분 응답하여 설문 회수는 23부만 회수되었다.

회수된 설문지를 분석하여 각 배출계수별 평가항목에 대해 일관성이 있게 응답한 유효응답자의 설문 결과만을 이용하여 가중치를 도출하였으며, 그 결과를 Table 4 및 Fig. 2에 제시하였다.

1) 한국환경공단의 폐기물 매립부문 업무 담당자 포함.

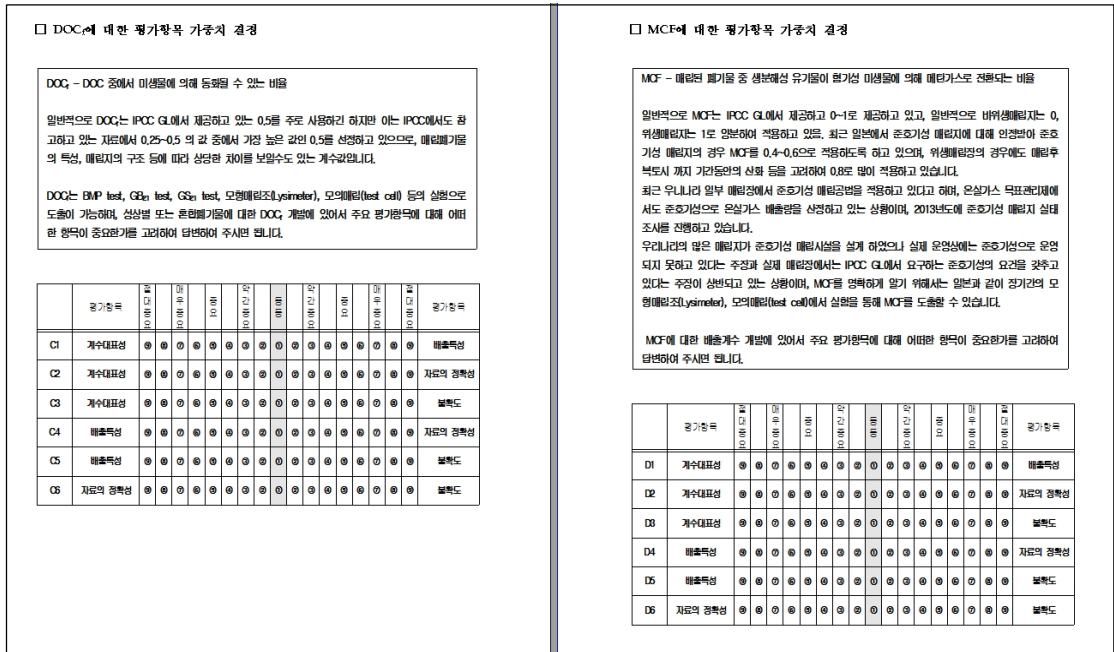


Fig. 1. Samples of survey sheets.

Table 4. Weighted assessment factors in this study

Variable	Representative	Emission property	Accuracy	Uncertainty
DOC(n=16)	0.49	0.14	0.22	0.15
DOC _f (n=15)	0.38	0.24	0.23	0.15
MCF(n=17)	0.36	0.33	0.17	0.14
F(n=19)	0.34	0.30	0.24	0.12
K(n=18)	0.34	0.29	0.22	0.16
OX(n=18)	0.35	0.28	0.21	0.15
Average	0.37	0.26	0.22	0.15

Table 4 및 Fig. 2에 의하면, 전문가들은 각 배출 계수별로 다소 차이는 있지만, 계수 대표성이 가장 중요한 요인(0.34~0.49)으로 평가하였다. 이는 선행연구에서 제시된 불확도의 가중치가 가장 높았던 점에 비해 불확도 평가가 체계적으로 이루어지지 않고 있기 때문에, 가장 명확한 계수 대표성이 가장 중요한 요인으로 나타났다고 판단된다.

특히 DOC의 경우, 매립성상별로 DOC 값의 측정이 어렵지 않기 때문에, 계수 대표성이 0.49로 가장

높은 가중치를 보인 것으로 판단되었으며, 배출특성이 0.14로 가장 낮은 가중치를 보여, 배출되는 특성에 따라 DOC 값의 변동이 크지 않은 것으로 평가되었다.

DOC_f의 경우를 살펴보면, DOC와 유사한 항목별 가중치를 나타내고 있으나, DOC에 비해서는 배출 특성이 중요한 것으로 나타나고 있고, 배출특성의 중요성이 높아지고, 계수 대표성이 다소 낮아진 특성을 보였다.

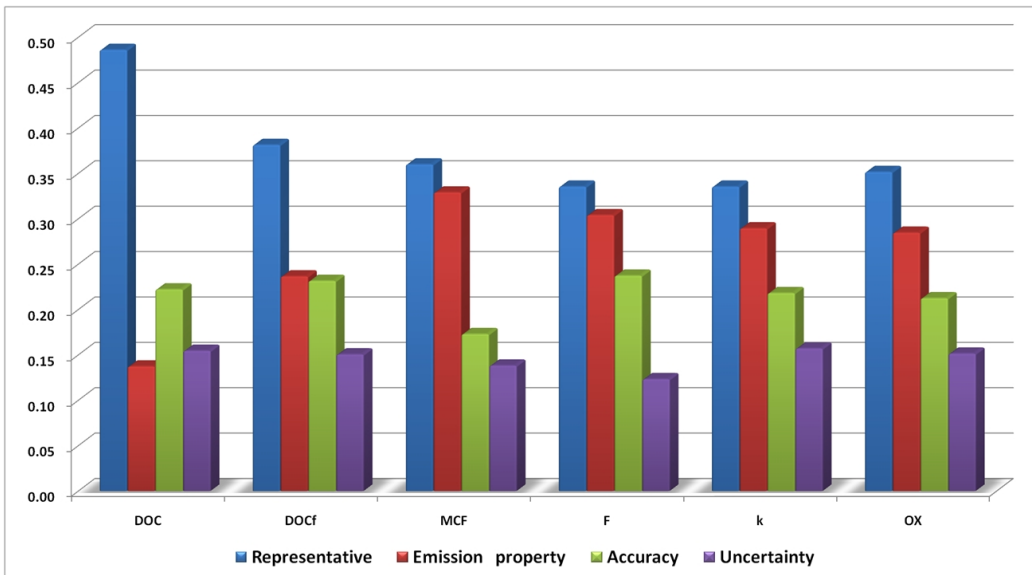


Fig. 2. Weighted assessment factors in this study.

MCF, F, k, OX의 경우, DOC 및 DOCf에 비해 배출특성의 가중치가 확연하게 높은 특징을 보이고 있었는데, 특히 MCF의 경우는 계수 대표성과 배출특성이 거의 비슷한 가중치를 나타낼 정도로 특징적인 결과를 보이고 있었다. 특히 이들 계수들은 매립이후 혐기성 상태에서의 메탄 박테리아와의 반응, 공기와와의 접촉, 매립토양층을 통과하기까지의 다양한 배출 특성이 중요하다고 응답한 것으로 판단된다.

6. 결론

폐기물 매립부문의 배출계수 개발 시 배출계수의 체계적인 평가를 위한 평가항목별 가중치를 전문가 설문을 통해 분석하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 각 배출계수별로 약간의 차이는 있지만, 계수 대표성이 평균 0.37로 가장 높은 가중치를 나타내었으며, 다음으로 배출특성(0.26) > 자료의 정확성(0.22) > 불확도(0.15)의 순으로 나타났다.
- 2) 계수 대표성, 배출특성, 자료의 정확성이 잘

평가될 경우, 불확도는 상대적으로 낮아지는 것으로 평가되었으며, 평가항목중 불확도가 가장 낮은 가중치를 보였다.

- 3) 특히 DOC의 경우, 국가나 지역별 편차가 큰 배출계수 항목으로, 계수 대표성이 0.49로 가장 큰 비율을 차지하므로, 다른 배출계수 항목에 우선하여 국가 고유 DOC 또는 지역별 DOC를 개발하는 방안이 요구된다.

7. 제언 및 향후 연구방향

매립 부문의 온실가스 배출량 산정에 필요한 배출계수는 시간이 걸리겠지만, 국가고유배출계수를 개발하여야 하고, 수도권 매립지와 같이 규모가 크고, CDM 사업을 영위하는 대형 매립지의 경우, 필요시 tier 3 배출계수를 개발할 필요가 있다고 판단된다.

배출계수가 개발이 되었을 경우, 개발된 배출계수가 사용이 가능한 수준인지에 대한 배출계수 평가에 있어 배출계수 항목간의 가중치가 제시될 경우, 우선순위 적용이 가능해지므로 비용효율적인 정책순위를 고려할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 결론에서도 제시한 바와 같이 DOC의 경우,

이미 한국환경공단에서 우리나라 폐기물 성상별 DOC를 측정했던 경험이 있고, 지역별 편차가 크며, DOC 측정이 어렵지 않으므로, 다른 배출계수보다도 우선적으로 개발할 필요가 있다. 그리고 IPCC 기본값과 우리나라 특성을 반영한 국가고유배출계수의 개발시 편차가 클 것으로 판단되는 DOC_f, MCF, k, OX 등이 개발될 필요가 있으며, 특히 k값은 모델값과 측정치를 동일하게 두고, k값을 추정하는 방법을 사용하기 보다 k값을 성상별로 실측을 통해 개발해낼 필요가 있다고 판단된다.

향후 매립뿐만 아니라, 하폐수 처리, 소각 등의 배출계수 평가시에도 평가항목별 가중치를 조사하여, 개발되는 배출계수를 평가하는데 활용할 필요가 있다.

사사

본 연구는 환경부 “기후변화대응 환경기술개발사업”으로 지원받은 과제임.

References

- Boucher TO, McStravic EL. 1991. Multi-attribute evaluation within a present value framework and its relation to the analytic hierarchy process. *The Engineering Economist* 37:55-71.
- Cambren KE, Evans GW. 1991. Layout design using the analytic hierarchy process. *Computers & IE*, 20:221-229.
- GIR. 2012. A guidelines for MRV(Monitoring Reporting Verifying) of national greenhouse gas inventories, Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, Seoul, Korea.
- GIR. 2013. National greenhouse gas inventory report of Korea, Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, Seoul, Korea.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, 2006.
- Jeong MY, Lee MS, Kim DK, Yoo IS. 2010. Determining relative weights of criteria for evaluating national quarantine station by the analytic hierarchy process. *J Academia-Industrial Cooperation*. 11:335-340 in Korean with English abstract.
- KDI. 2004. A Study for development of guidelines for preliminary feasibility(4th Ed.). Seoul, Korea.
- Kim SJ, Lee JW, Lee SH, Sa JH, Choi BS, Jeon EC. 2013a. Development of classification method for anthracite and CO₂ emission factor to improve the quality of national GHG inventory. *Climate Change Research* 4:27-39 in Korean with English abstract.
- Kim SJ, Im GK, Yi CY, Lee SH, Sa JH, Jeon EC. 2013a. Development of carbon dioxide emission factor from resource recovery facility. *Climate Change Research* 4:51-61 in Korean with English abstract.
- Kim JH, Cho SH, Kwag JH, Choi DY, Jeong KH, Cheon DW, Lee SH, Kim JH, So KH, Park CH. 2011. The weight analysis of evaluation indicators for assessing livestock manure treatment system and its technology by AHP. *J Lives Hous & Env* 17:51-60 in Korean with English abstract.
- Lee SK, Kim SJ, Cho CS, Jeon EC. 2012. Development of CO₂ Emission factor for wood chip fuel and reduction effects, *Climate Change Research* 3:211-224 in Korean with English abstract.
- Lee SH, Kim JY, Jeong SJ, Yi SM, Shin ES, Choi EH, Kim YS. 2013. An verification and estimation for development of GHG emission factor on solid waste disposal, conference of the Korean society of climate change research, in Korean without English abstract.
- Lee SH, Ohn IS, Kim H. 2014. Improvement of guideline for GHG target management at landfill : Determination of minimum sample number for analysis of waste composition. *J of Korea Society of Waste Management* 31:47-52 in Korean with English abstract.
- Saaty TL. 1980. The analytic hierarchy process. Mc-

Graw-Hill International, NY, U.S.A.

Saaty TL. 1994. Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP. RWS Publications, Pittsburgh, PA, U.S.A.

Song HG, Kim JM, Lim SU. 2012. Improvements of

Korea aviation meteorological agency's evaluation index using AHP. J. the Korea Entertainment Industry Association 6:136-146 in Korean with English abstract.