



KIEAE Journal

Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

89

건물부문의 온실가스 배출 특성에 관한 요인분해분석

Index Decomposition Analysis for the Characteristics of Greenhouse Gas Emissions in Building Sector

전은돈*·정영선**·윤성훈***

Jeon, Eun-Don* · Jeong, Young-Sun** · Yoon, Seong-Hoon***

- * Carbon Expert Group, Korea Research Institute on Climate Change, South Korea (Jeoned@kric.re.kr)
- ** Coauthor, Building and Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea
- *** Corresponding author, Dept. of Architectural Engineering, Namseoul Univ., South Korea (aquila@nsu.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to present basic data for achieving GHG(greenhouse gas) reduction targets through the analysis of accurate GHG emissions and emission characteristics of the building sector. **Method:** In order to estimate accurate GHG emissions, both direct emissions from fossil fuels and indirect emissions from the use of electricity are considered. In addition, index decomposition analysis was conducted to analyze the characteristics of GHG emissions from the residential and commercial sectors. **Result:** Estimation of GHG emissions, including indirect emissions by electricity, showed 61.8 million ton CO_{2eq} in residential and 65.1 million ton CO_{2eq} in commercial sector. On the other hand, it was revealed through index decomposition analysis that, the activity effect(total floor area) and the energy-mix effect(composition of energy consumption by fuel) were found to increase GHG emissions, while the intensity effect(total energy consumption per unit area) decrease GHG emissions. Moreover, it was analyzed that it is effective to reduce electric energy consumption and convert it to an energy source with a relatively low emission factor in order to reduce GHG emissions in the building sector. In particular, in the commercial sector, efforts to improve energy efficiency(the intensive effect) are considered to be more effective to decrease in GHG emissions.

© 2018 KIEAE Journal

KEYWORD

온실가스 배출량 요인 분해 분석 온실가스 배출 특성

Greenhouse gas emissions Index decomposition analysis Characteristics of GHG emission

ACCEPTANCE INFO

Received Nov 27, 2017 Final revision received Dec 22, 2017 Accepted Dec 27, 2017

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

국가별로 온실가스 감축을 위해 다양한 노력을 기울이고 있으나, 전 세계의 이산화탄소 배출량은 지속적으로 증가하여 2013년 기준 322억톤 CO_2 에 달하는 것으로 보고되었다. 우리나라도 온실가스 배출량이 지속적으로 증가하여 2014년 기준 690.6백만톤 CO_{2eq} 에 이르렀으며(Fig. 1), 이는 34개 OECD 회원국 중에서 미국, 일본, 독일. 캐나다. 멕시코에 이어 6번째로 많은 규모에 해당한다. 1)

한편, 국제사회는 2015년에 개최된 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 2020년 이후의 기후변화 대응을 담은 신 기후 체제(파리협정)에 합의한 바 있다. 이는 선진국 중심의 기존 온실가스 감축체제에서 개발도상국까지 확대된 온실가스 감축체제로 전환하였다는 점에서 의의가 있다. 이에 따라 우리나라도 2030년까지국가 온실가스 배출량을 BAU 대비 37%(국내감축 25.7%, 국외감축 11.3%) 감축하기로 선언하였으며, 건물부문의 경우 국가 온실가스 감축 기본 로드맵²¹을 통해 2030년 BAU 대비 18.1%의 감축목표를 제시하였다.

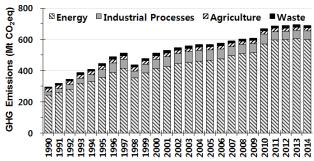


Fig. 1. Greenhouse gas Emissions in Korea (Source: National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea, 2016)

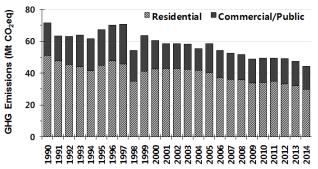


Fig. 2. Greenhouse gas Emissions in Building sectors (Source : National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea, 2016)

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698 http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2018.18.1.091

Fig. 2는 국가온실가스인벤토리보고서(이하 NIR)를 통해 발표된 건물부문(주거, 상업 및 공공)의 온실가스 배출현황을 나타내는 것 으로, 국가 전체의 온실가스 배출현황과 달리 점차 감소하는 추이를 보인다. 2014년 기준 주거 29.9백만톤 CO_{2eq} (67.6%), 상업 및 공공 14.3백만톤 CO_{2eq} (32.4%)로 주거부문에서의 배출량이 상업 및 공 공부문의 약 2배에 달하는 것으로 나타났다. 다만, NIR에 집계된 건 물부문의 온실가스 배출량은 화석연료 사용에 의한 직접 배출량만 의미하는 것으로, 전력 및 열에너지 사용에 의한 간접 배출량은 포함 하지 않고 있다. 이는 온실가스 인벤토리 체계에서 전력 및 열에너지 가 소비 주체인 건물이나 산업 부문이 아니라 에너지 생산 부문(발 전)으로 집계되기 때문이다. 그러나 건물부문의 온실가스 감축을 위 한 구체적인 대안을 검토하기 위해서는 NIR과 별도로 간접 배출량 까지 포함한 전체 배출량의 규모와 특성을 파악할 필요가 있다.

한편, 기후변화에 관한 유엔 기본 협약 (UNFCCC)에서는 온실가 스 배출량 또는 에너지 사용량의 특성을 분석하는 방법론의 하나로 요인분해분석(Index decomposition analysis)을 제시하고 있으며, 국제에너지기구(IEA)에서도 "Energy Efficiency Market report 2016"3)에서 요인분해분석을 통해 주요 국가의 주거, 산업, 수송 등 부문별 총 에너지 저감량에 대한 에너지 효율화의 기여도를 분석하 여 발표한바 있다.

본 연구는 건물부문의 온실가스 감축목표 달성과 관련하여 합리 적인 대안 수립에 필요한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 먼저 건물부문의 정확한 온실가스 배출량을 산정하였 으며, 요인분해분석을 통하여 온실가스 배출 특성을 분석하였다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 직접배출량과 간접배출량을 모두 고려하여 건물 부문(주거, 상업)의 정확한 온실가스 배출현황을 파악하였다. 온실 가스 배출량 산정에는 연료별 에너지사용량과 배출계수를 활용하는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 방법론⁴⁾을 적용하였다.

또한 온실가스 배출량의 주요 증감 요인으로 연면적, 단위면적 당 에너지사용량, 에너지원별 사용량 및 배출계수를 고려한 요인분해 분석을 실시하였으며, 관련 데이터를 모두 확보 가능한 2007~2015 년을 분석기간으로 설정하였다.

2. 분석 방법

2.1. 온실가스 배출량 산정

건물부문의 온실가스 배출현황과 관련하여, 직접배출량과 간접 배출량을 모두 고려한 선행연구가 보고된 바 있다. 김동규 등⁵⁾은 표 본조사에 의해 집계된 에너지 총 조사 보고서를 활용하여 2011년의 건물부문 온실가스 배출량을 산정하였다. 이 과정에서 화석연료에 의한 배출량 산정에는 IPCC배출계수를 적용하였으며, 전력 및 열에 너지에 의한 배출량 산정에는 국가배출계수를 적용하였다. 그 결과 전력사용에 따른 간접배출량은 가정부문에서 46.9%, 상업·공공부 문에서 81.0%를 차지하는 것으로 나타났다.

정영선 등⁶⁾은 전수조사에 의해 집계된 에너지통계연보를 활용하 여 1997~2013년의 건물부문 총 온실가스 배출량을 산정하였으며, 연료별 온실가스 배출량 산정에 국가배출계수를 적용하였다. 그 결 과 건물부문의 온실가스 배출량에서 전력에 의한 간접 배출량이 전 체의 62.9%를 차지하는 것으로 확인되었다.

본 연구에서는 연료별 온실가스 배출량 산정을 위하여 정영선 등 의 연구에서 제시된 방법론(식 1)을 적용하였으며, 주거부문과 상업 부문을 구분하여 온실가스 배출량을 각각 산정하였다.

$$E_{i,j} = \sum (FE_i \times EC_i \times EF_{i,j}) \dots (1)$$

여기서.

 $E_{i,j}$: 연료(i)의 연소에 따른 온실가스(j)별 배출량 (ton CO_{2eq})

FE; : 연료별 최종 에너지 사용량 (TOE)

EC; : 연료별 전환계수 (순 발열량/총 발열량)

EFi,i: 연료별 온실가스 배출계수(ton CO2eq/TOE)

여기에서, 연료별 최종 에너지사용량은 에너지통계연보⁷⁾, 연료 별 발열량과 온실가스 배출계수는 NIR을 참조하였다. Table 1은 NIR에 제시된 연료별 국가 온실가스 배출계수를 나타내는 것으로, 2007년 이후 해마다 동일한 값을 제시하고 있다.

Table 1. National Emission Factor (CO2eq/TOE)

(- 1 /					
Fuel	Emission Factor	Fuel	Emission Factor		
Coal	4.8705	Bunker-C	3.1474		
Gasoline	3.0562	LPG	2.6941		
Kerosene	2.9954	Non-Energy Use	3.0410		
Diesel	3.0866	City Gas	2.3427		
Bunker-A	3.1170	Electricity	4.9119		
Bunker-B	3.1322	Heat	2.4985		

2.2. 온실가스 배출특성 분석 (요인분해분석)

요인분해분석은 기준년에 대한 비교년의 에너지사용량 또는 온 실가스 배출량의 변화량에 대하여, 관련 요인들의 기여도를 분해하 여 설명하는 통계 분석 방법론이다. 회귀분석의 경우 표본이 충분하 지 않거나 분석대상 기간이 짧을수록 신뢰도를 확보하기 어려운 반 면, 요인분해분석은 표본의 개수나 기간의 제한으로부터 자유롭고. 요인별 기여도를 직관적으로 보여주는 점에서 장점이 있다.

온실가스배출량에 대한 요인분해분석에는 통상 활동효과, 구조 효과, 집약도 효과, 에너지믹스효과, 배출계수효과로 분해하는 방법 이 적용된다.(식 2)⁸⁾

$$C = \sum_{i} C_{i} = \sum_{i} Q \frac{A}{Q} \frac{E}{A} \frac{E_{i}}{E} \frac{C_{i}}{E_{i}} = \sum_{i} QSIM_{i} U_{i} \cdots \cdots (2)$$

여기서,

C: 총 온실가스 배출량 [CO_{2eq}]

 C_i : 연료 i에 대한 온실가스 배출량 [CO_{2eq}]

E: 총 에너지 사용량 [TOE]

E_i: 연료 i의 에너지 사용량 [TOE]

Q : 활동 효과

S(=A/Q) : 구조 효과 I(=E/A) : 집약도 효과

 $M_i(=E_i/E)$: 연료 i에 대한 에너지믹스 효과 $U_i(=C_i/E_i)$: 연료 i에 대한 배출계수 효과

여기에서 활동 효과에 대해서는 산업부문의 경우 일반적으로 사회적·경제적 요인(인구수, 부가가치, GDP 등)이 고려되나, 건물부문의 경우에는 물리적 요인(연면적, 동 수 등)을 중심으로 분석이 이루어지고 있다. 구조 효과는 활동 효과 외에 온실가스 배출량 증감요인을 추가하여 보다 상세하게 분해할 경우 선택적으로 적용된다. 집약도 효과는 에너지원단위, 에너지믹스효과는 총 에너지사용량에 대한 에너지원별 비중, 배출계수효과는 에너지원별 온실가스 배출계수를 의미한다.

식 (3)~(7)은 기준년 대비 비교년의 총 온실가스 배출량에 대한 각 요인들의 기여도 산출식을 나타낸다.⁸⁾

$$\Delta C_{act} = \sum_{i} \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} ln \left(\frac{Q^T}{Q^0}\right) \quad \dots (3)$$

$$\Delta C_{str} = \sum_{i} \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C^T - \ln C^0} \ln \left(\frac{S^T}{S^0} \right) \quad \dots \tag{4}$$

$$\Delta C_{mix} = \sum_{i} \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \left(\frac{M_i^T}{M_i^0} \right) \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (6)$$

$$\Delta C_{emf} = \sum_{i} \frac{C_{i}^{T} - C_{i}^{0}}{\ln C_{i}^{T} - \ln C_{i}^{0}} \ln \left(\frac{U_{i}^{T}}{U_{i}^{0}} \right) \cdots (7)$$

여기서.

 ${C_{i}}^{0}$: 기준년(0)의 연료i의 온실가스 배출량 [CO_{2eq}]

 ${C_i}^T$: 비교년(T)의 연료i의 온실가스 배출량 [CO $_{2eq}$]

 Q^0 , S^0 , I^0 : 기준년(0)의 활동효과, 구조효과, 집약도효과

 Q^T , S^T , I^T : 비교년(T)의 활동효과, 구조효과, 집약도효과

 M_{i}^{0}, U_{i}^{0} : 기준년(0)의 연료 i에 대한 에너지믹스효과, 배출계수

 $\mathbf{M_i}^{\mathsf{T}}, \mathbf{U_i}^{\mathsf{T}}$: 비교년(T)의 연료 i에 대한 에너지믹스효과, 배출계수

△Cact : 활동효과에 의한 온실가스 증감량 [CO2ea]

 $\triangle C_{str}$: 구조효과에 의한 온실가스 증감량 $[CO_{2eq}]$

 ΔC_{int} : 집약도효과에 의한 온실가스 증감량 $[CO_{2eq}]$

 $\triangle C_{mix}$: 에너지믹스효과에 의한 온실가스 증감량 $[CO_{2eq}]$

 ΔC_{emf} : 배출계수효과에 의한 온실가스 증감량 $[CO_{2eq}]$

3. 건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성 분석

3.1. 온실가스 배출 현황

Fig. 3, 4는 각각 주거 및 상업부문의 온실가스 배출량을 산정하기 위해 사용된 총 에너지사용량과 연면적, 에너지원별 사용량 비중을 나타낸다. 두 부문 모두 연면적의 상승폭에 비해 총 에너지사용량이 크게 증가하지 않아 결과적으로 단위면적당 에너지사용량(에너지원단위)이 점차 줄어들고 있는 것으로 확인되었다. 2015년 기준 에너지 원단위는 주거부문 12.1천TOE/백만㎡, 상업부문 22.8천TOE/백만㎡로, 2007년 대비 각각 18.9%, 26.1% 감축되었다.

한편, 에너지원별 사용량에서는 석유 사용량이 전체적으로 감소한 반면, 도시가스의 경우 연도에 따른 변화가 크지 않았다. 전력의 경우 주거와 상업부문 모두 점차 증가하는 추세를 보였으며, 주거부문(27.3%)에 비하여 상업부문(64.4%)에서 2배 이상 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

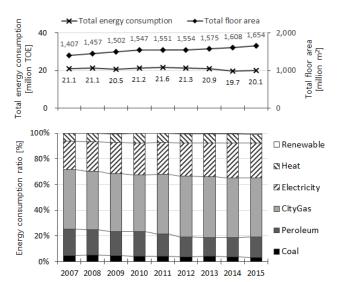


Fig. 3. Energy consumption status in residential sector

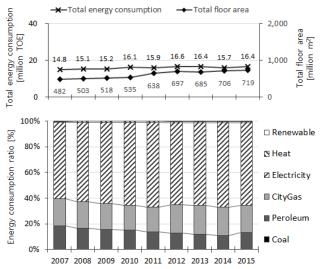


Fig. 4. Energy consumption status in commercial sector

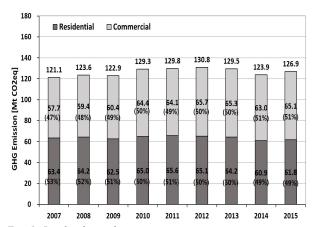


Fig. 5. Result of greenhouse gas emission

Fig. 5는 2.1절에서 제시한 방법에 따라 간접 배출량을 포함하여 산정한 주거와 상업부문의 온실가스 배출량을 나타내는 것으로, 건 물부문 전체의 배출량은 연도별 변동 폭이 크지 않음을 알 수 있다.

2015년의 부문별 온실가스 배출량을 살펴보면, 주거부문 61.8백 만톤 CO_{2eq}(48.7%), 상업부문 65.1백만톤 CO_{2eq}(51.3%)로, 직접 배출량만 집계한 NIR의 결과(Fig.2)와 달리 상업부문의 배출량이 주거부문을 추월한 것을 알 수 있다. 특히 전술한 바와 같이 상업부 문에서 사용된 총 에너지사용량이 주거부문에 비해 약 4백만 TOE 정도 적음에도 총 온실가스 배출량에서 역전된 현상을 보이는 것은, 상업부문의 경우 온실가스 배출계수가 큰 전력의 사용량이 주거부 문에 비하여 상대적으로 많은 비중을 차지하기 때문으로 사료된다.

이와 같은 결과를 통하여 건물부문의 온실가스 배출량은 건물의 용도별로 사용되는 최종 에너지의 종류 및 총 에너지사용량에 대한 비중에 의해 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.

3.2. 온실가스 배출 특성 (요인분해분석 결과)

3.1절에서 제시한 주거 및 상업부문 온실가스 배출량 산정결과를 바탕으로 기준년(2007년)대비 비교년(2008~2015년)의 연도별 총 온실가스 변화량에 대한 요인분해분석을 실시하였다.

노동운⁹⁾ 등은 건물에서의 온실가스 배출량에 대한 상관관계분석 을 통해, 주거부문의 경우 가구수, 주거면적, 에너지사용량, 상업부 문의 경우 서비스면적, 에너지사용량을 온실가스 배출량에 대한 주 요 영향인자로 제시한 바 있다.

Table 2는 건물부문을 대상으로 요인분해분석을 실시한 문헌을 비교한 것으로, 주거부문 만을 분석한 경우에는 연면적, 가구수, 인 구수, GDP 등 다양한 요인이 활동효과 및 구조효과로서 적용된 것 을 알 수 있다. 그러나 공개된 통계자료가 다양하지 않은 상업부문을 주거부문과 동시에 분석하는 경우에는 두 부문에 공통적으로 적용 가능한 요인이 연면적으로 제한되어진다. 본 연구에서도 상업부문 과 주거부문 간의 배출특성을 상대적으로 비교하기 위하여 공통 인 자인 연면적을 활동효과로 고려하였으며, 구조효과에 대해서는 생 략하였다. 즉. 부문별로 적용 가능한 구조효과를 각각 추가할 경우 요인별 기여도는 본 연구에서 제시하는 결과와 달라질 여지가 있다.

한편, 연면적 데이터는 국토교통부의 건축물현황통계¹²⁾, 총 에너 지 사용량과 연료별 사용량은 에너지통계연보, 온실가스 배출계수 는 NIR을 각각 참조하였다.

1) 주거부문

Table 3은 주거부문에 대한 요인분해분석 결과를 나타낸다. 연도 별 총 온실가스 배출량 변화(△Ctot)는 각 효과에 의한 온실가스 변 화량의 합으로, 기준년의 온실가스 배출량에서 비교년의 온실가스 배출량을 차감한 증감량을 의미한다. 배출계수효과(△C_{emf})의 경우 매년 배출계수를 동일한 값으로 적용하였기 때문에, 비교년의 증감 량은 모두 '0'으로 표시되었다.

주거부문의 온실가스 배출량을 증가(+)시키는 요인은 활동효과

Table 3. Result of index decomposition analysis in residential

(Unit: kt CO2ea)

Factor	Period (from 2007)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
$\triangle C_{act}$	2,211	4,094	6,056	6,279	6,375	7,156	8,273	10,087
$\triangle C_{int}$	-2,015	-5,698	-5,695	-4,606	-5,616	-7,632	-12,322	-13,100
$\triangle C_{mix}$	570	685	1,169	527	887	1,237	1,496	1,383
$\triangle C_{emf}$	0	0	0	0	0	0	0	0
△C _{tot}	767	-919	1,530	2,200	1,646	761	-2,553	-1,631

Table 2. Comparison of decomposition analysis factor in building sector

Cat	Reference	Jin et	al. ¹⁰⁾	Lee et al. ¹¹⁾	This Study	
Analysis Target		Residentia	l buildings	Residential & Commercial buildings	Residential & Commercial buildings	
Factor	Active	Population		Total floor area	Total floor area	
	Structure	The no. of household Population	GDP The no. of household	$\sum_i \left(rac{ ext{Floor area of building type i}}{ ext{Total floor area}} ight)$	-	
	Intensity		consumption P	$\sum_i \left(\frac{\text{Energy consumption of building type i}}{\text{Floor area of building type i}} \right)$	Total energy consumption Total floor area	
	Energy mix		-	$\sum_{i} \sum_{j} \left(\frac{\text{Consumption of fuel j}}{\text{Energy consumption of building type i}} \right)$	$\sum_{i} \left(\frac{\text{Consumption of fuel i}}{\text{Total energy consumption}} \right)$	
	Emission factor	Total GHO Total energy	Gemission consumption	$\sum_{j} \left(\frac{\text{GHG emission of fuel j}}{\text{Consumption of fuel j}} \right)$	$\sum_{i} \left(\frac{\text{GHG emission of fuel i}}{\text{Consumption of fuel i}} \right)$	

 $(\triangle C_{act})$ 와 에너지믹스효과 $(\triangle C_{mix})$ 로 나타났으며, 반대로 온실가 \triangle 배출량을 감소(-)시키는 요인은 집약도효과 $(\triangle C_{int})$ 로 나타났다.

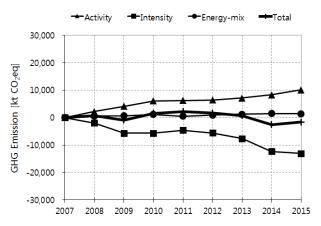


Fig. 6. Time-varying results of each effect in residential sector

Fig. 6은 주거부문 온실가스 배출량 증감에 대한 요인별 기여도의 연차별 변화추이를 나타낸 것으로, 총 온실가스 배출량은 기준년 대비 전체적으로 크게 변화하지 않은 것으로 나타났다. 활동효과는 온실가스 배출량을 증가시키는 방향으로 기여도가 점차 커졌으며, 반대로 집약도효과는 온실가스 배출량을 감소시키는 방향으로 기여도가 커진 것을 알 수 있다. 즉, 주거 면적(활동효과)의 증가에 의한 온실가스 배출량 상승분을 에너지효율화를 통해 대부분 상쇄하고 있는 것으로 나타났다.

특히, 2014~2015년은 2011년에 강화된 건축물의 에너지절약설계기준(건축물 부위별 열관류율 기준 등)의 적용을 받은 공동주택의에너지사용량이 집계되기 시작하는 시기로, 주거부문의 에너지원단위(집약도효과)가 개선됨에 따라 총 온실가스 배출량의 감소에도영향을 준 것으로 추정해볼 수 있다.

한편, 에너지믹스 효과의 경우 다른 효과에 비해 총 온실가스 배출량 증감에 대한 기여도가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 앞서에너지원의 종류별 사용량 비중이 건물부문의 온실가스 배출량에 많은 영향을 미치는 것으로 파악된 것과 상이한 결과로, 관련하여 보다 상세한 분석을 실시할 필요가 있다고 판단하였다.

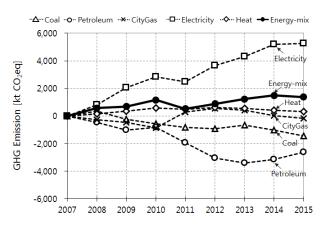


Fig. 7. Effects of each fuel to energy-mix effect (Residential)

에너지믹스효과는 각 에너지원별 비중의 증감에 따른 온실가스 변화량의 합으로 산출되기 때문에, 이를 합하기 전의 온실가스 증감량을 분석함으로써 총 온실가스 배출량에 대한 기여도를 파악할 수있다. Fig. 7은 각 에너지원별 비중에 따른 온실가스 증감량을 비교한 것으로, 전력 사용량의 비중 증가가 총 온실가스 배출량의 증가에 대한 에너지믹스효과의 기여도를 상승시키는 반면, 이를 석탄과 석유 사용량의 비중 감소로 상쇄하고 있음을 알 수 있다. 즉, 결과적으로 2015년까지는 주거부문에서 에너지믹스효과의 기여도가 작게 나타났지만, 에너지원의 비중 변화가 어떠한 방향으로 진행되는가에 따라서 다른 양상으로 변화할 수도 있음을 예측할 수 있다.

2) 상업부문

Table 4는 상업부문의 요인분해분석 결과를 나타내는 것으로, 주 거부문과 마찬가지로 총 온실가스 배출량을 증가(+)시키는 요인은 활동효과와 에너지믹스효과로 나타났으며, 감소(-)시키는 요인은 집약도효과로 나타났다.

Table 4. Result of Decomposition Analysis in Commercial sector (Unit : $ktCO_{2eq}$)

Factor	Period (from 2007)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
$\triangle C_{act}$	2,453	4,272	6,354	17,054	22,713	21,555	22,954	24,483
$\triangle C_{int}$	-1,500	-2,952	-1,537	-12,817	-15,977	-15,347	-19,441	-18,530
$\triangle C_{mix}$	726	1,360	1,857	2,226	1,337	1,442	1,844	1,496
$\triangle C_{emf}$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\triangle C_{tot}$	1,680	2,680	6,674	6,463	8,073	7,650	5,357	7,449

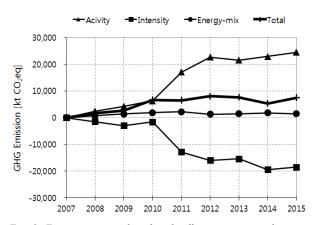


Fig. 8. Time-varying results of each effect in commercial sector

Fig 8은 상업부문 온실가스 배출량 증감에 대한 요인별 기여도의 연차별 변화추이를 나타낸 것으로, 총 온실가스 배출량은 2010년의 증가폭이 크게 나타났으며 그 이후로는 비슷한 수준을 유지하였다. 활동효과는2011년을 기점으로 온실가스 배출량을 증가에 대한 기여도가 특히 증가하였으며, 반대로 집약도효과는 온실가스 배출량을 금감소에 대한 기여도가 증가하였다. 그러나 활동효과에 비해 집약도효과의 기여도가 상대적으로 작아, 결과적으로 활동효과에 의한 온실가스 배출량 증가분을 전부 상쇄하지는 못한 것으로 나타났다. 한편, 상업부문에서도 총 온실가스 배출량 증감에 대한 에너지믹

스효과의 기여도 및 연차별 변화 폭이 크지 않은 것으로 나타났다.

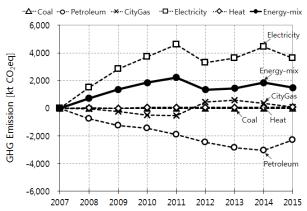


Fig. 9. Effects of each fuel to energy-mix effect (Commercial)

Fig. 9는 각 에너지원별 비중에 따른 온실가스 증감량을 비교한 것으로, 주거부문과 마찬가지로 전력의 비중 증가로 인한 총 온실가스 배출량의 증가분을 석유류의 비중 감소로 상쇄하고 있음을 알 수 있다.

3) 소결

요인분해분석을 수행한 결과, 주거 및 상업부문 건축물의 증가(활동효과)로 인한 온실가스 배출량 증가를 에너지원단위(집약도효과)의 개선을 통해 상당부분 상쇄하고 있는 것으로 나타났다. 이는 그동안 온실가스 감축을 위하여 추진되어온 고효율 건축물 보급 확대, 노후 건축물 에너지 성능 개선, BEMS 보급 확대 등 건물부문의 에너지효율화를 위한 노력이 온실가스 감축에 크게 기여했기 때문으로 볼 수 있다. 다만, 상업부문의 경우 에너지원단위의 기여도가 주거부문에 비해 상대적으로 부족한 것으로 나타나, 이를 보완하기 위한 추가적인 노력이 필요하다고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 직접배출량과 간접배출량을 모두 고려하여 주거 와 상업부문의 온실가스 배출량을 산정하고, 이에 대한 요인분해분 석을 실시하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

1) 간접배출량을 포함한 온실가스 배출량은 2015년 기준 주거부문 61.8백만톤 $CO_{2eq}(48.7\%)$, 상업부문 65.1백만톤 $CO_{2eq}(51.3\%)$ 로, 전력 사용량의 비중이 상대적으로 큰 상업부문의 온실가스 배출량이 직접배출량만 집계한 국가 온실가스 인벤토리 보고서(NIR)에비해 크게 증가하였다.

2) 건물부문의 온실가스 배출량을 증가시키는 요인은 활동효과 (연면적), 에너지믹스효과(총 에너지사용량에 대한 에너지원별 비중)로 나타났으며, 온실가스 배출량을 감소시키는 요인은 집약도효과(에너지원단위)로 나타났다. 다만, 상업부문의 경우 에너지원단위의 개선효과가 연면적 증가로 인한 온실가스 배출량 증가분을 모두 상쇄하지는 못하고 있어, 이를 보완하기 위한 정책적, 기술적 노력이 더욱 필요하다고 사료되다.

3) 에너지믹스효과(총 에너지사용량에 대한 에너지원별 비중)에 대한 분석 결과, 전력 사용량 비중의 증가로 인한 온실가스 배출량 증가를 화석연료 비중의 감소로 상쇄하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 전력의 대체 에너지로서 석유류 보다는 배출계수가 작은 도시가스, 열에너지 등으로 전환하거나, 신재생에너지의 적용을 확대하는 것이 온실가스 배출량 감축을 위해 보다 효과적이라고 사료된다.

이상의 결과는 공개된 통계자료를 활용하여 건물부문의 온실가스 배출특성에 대한 기초 분석을 실시한 것으로, 보다 합리적이고 상세한 요인분해를 실시하기 위해서는 데이터의 다양성과 정합성이전제되어야 한다. 그러나 통계마다 조사목적 및 대상, 수집방법, 자료의 체계 및 정의 등이 각기 달라 실제로 활용 가능한 데이터는 다소 제한적인 실정이다. 따라서 건축물 관련 각종 통계의 체계 정비와 더불어 난방, 냉방, 급탕, 조명, 수송 등 에너지용도별 사용량, 에너지사용량에 대한 건축물 용도구분의 세분화 등 추가적인 DB구축을 위한 검토가 필요하다고 사료된다.

Acknowledgement

Funding for this paper was provided by Namseoul university

Reference

- [1] GIR, 2016 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 2016 // GIR, 2016 National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea, 2016
- [2] 국무조정실, 제1차 기후변화 대응 기본계획, 2016 // Office for Government Policy Coordination, The First Trial of Framework Plan for Climate Change, 2016
- [3] IEA, Energy Efficiency Market Report 2016, 2016
- [4] IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006
- [5] 김동규 외4인, 에너지 총조사 보고서를 활용한 건물 부문별 온실가스 배출량 산정 및 분석, 에너지기후변화학회지, 8 (1), 2013.4 // Kim, Dongkyu, Lee, Jeonghwan, Park, Hyunshin, Lee, Joobong, Jung, Jaesoo, Calculation and Analysis of GHG Emissions from Building by analysis of Energy Consumption Survey, Journal of Energy & Elimate Change, 8 (1), 2013.4
- [6] 정영선, 정해권, 건축물 온실가스 배출량 산정방법에 관한 연구, 2017, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 37 (1), pp.499~500 // (Jeong, Youngsun, Jung, Hae-Kwon, "A Study on Calculation Method for the Greenhouse Gas Emission of Building sector", 2017, Architectural institute of Korea, 37(1), 499-500
- [7] 에너지경제연구원, 2016 에너지 통계연보, 2017 // Korea Energy Economics Institute, 2016 Yearbook of Energy Statistics, 2017
- [8] B.W.Ang, The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide, 2005, Energy Policy, 34, pp.867~871
- [9] 노동은 외2인, 저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구 (1차년도), 에너지경제연구원, 2016 // Noh, Dong-un, Kim, Gil-hwan, Lee, hyo-sun, Development of Low Carbon Policy Indicators and Direction for Evaluation of Green-Carbon Gas, Korea energy economics institute, 2016
- [10] 진상현 외3인, 국가 온실가스 배출구조변화요인 분석, 경북대학교, 2013 // Jin, Sang-hyun, Kim, soo-ui, Hwang, In-chang, Kim, Donghyung, Analysis of National Greenhouse gas Emission Structure Change Factor, Kyungbook National University, 2013
- [11] 이유나, 국내 대형건물의 에너지 소비 및 온실가스 배출 요인분해분 석, 서울대학교 환경대학원 환경계획학 석사학위 논문, 2013 // Lee, Yu-na, Decomposition analysis of energy consumption and greenhouse gas emissions of large-size buildings in South Korea, Graduate School of Environmental Studies Seoul National University a Master's degree thesis, 2013
- [12] 국토교통부, 건축물현황통계, https://www.eais.go.kr // Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Statistical statistics of building structures", https://www.eais.go.kr/