

우리나라 광역지방자치단체의 직접 및 간접 CO₂ 배출량의 비교 연구: 에너지 부문을 중심으로

Comparison of Direct and Indirect CO₂ Emission in Provincial and Metropolitan City Governments in Korea: Focused on Energy Consumption

김준범 · 정진욱* · 서상원** · 김상현*** · 박흥석****,†

Junbeum Kim · Jinwook Chung* · Sangwon Suh** · Sang-Hyoun Kim*** · Hung-Suck Park****,†

프랑스 트루아공대 환경정보기술과 · *삼성엔지니어링 R&D Center

캘리포니아 산타바바라대학 환경과학 및 관리전공 · *대구대학교 환경공학과 · ****울산대학교 건설환경공학부

Department of Environment & Information Technology, University of Troyes, France

**Samsung Engineering CO., LTD.*

***University of California, Santa Barbara, Bren School of Environmental Science and Management*

****Department of Environmental Engineering, Daegu University*

*****Department of Civil and Environmental Engineering, University of Ulsan*

(2011년 11월 16일 접수, 2011년 12월 30일 채택)

Abstract : In this study, the urban CO₂ emission based on energy consumption (Coal, Petroleum, Electricity, and City Gas) in 16 provincial and metropolitan city governments in South Korea was evaluated. For calculation of the urban CO₂ emission, direct and indirect emissions were considered. Direct emissions refer to generation of greenhouse gas (GHG) on-site from the energy consumption. Indirect emissions refer to the use of resources or goods that discharge GHG emissions during energy production. The total GHG emission was 497,083 thousand ton CO₂eq. in 2007. In the indirect GHG emission, about 240,388 thousand ton CO₂eq. was occurred, as 48% of total GHG emission. About 256,694 thousand ton CO₂eq. (52% of total GHG emissions) was produced in the direct GHG emission. This amount shows 13% difference with 439,698 thousand ton CO₂eq. which is total national GHG emission data using current calculation method. Local metropolitan governments have to try to get accuracy and reliability for quantifying their GHG emission. Therefore, it is necessary to develop and use Korean emission factors than using the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) emission factors. The method considering indirect and direct GHG emission, which is suggested in this study, should be considered and compared with previous studies.

Key Words : CO₂ Emission, Direct Emissions, Indirect Emissions, Climate Change, Greenhouse Gas Inventory

요약 : 현재 국가 온실가스 배출량 산정은 IPCC 가이드라인을 이용하여 화석연료 사용량을 우리나라의 에너지 분야의 온실가스 배출량 산정에 있어서 전력사용은 간접배출, 기타연료 사용은 직접배출로만 산정하고 있어, 자치단체의 온실가스 감축전략을 수립하기에는 미흡한 점이 있다. 본 연구는 16 개 광역자치단체의 2007년 에너지 사용량을 기초로 에너지 부문(석탄, 석유제품, 전력, 도시가스)에 의한 온실가스물질의 직접 및 간접 배출량을 산정하였다. 각 지방자치단체의 에너지 분야 온실가스 배출량은 에너지 연료 생산단계에서 발생하는 간접배출량(Indirect Emissions)과 에너지 연료를 사용 했을 때 발생하는 직접배출량(Direct Emissions)으로 나누어 산정하였다. 각 지방자치단체별 직간접 발생량을 합산할 경우, 2007년 국내 에너지 부문 총 온실가스 배출량은 497,083 천톤 CO₂eq.이었으며, 간접 온실가스 배출부분에서 전체 발생량의 48%인 240,388 천톤 CO₂eq., 직접 온실가스 배출부분에서 52%인 256,694 천톤 CO₂eq.의 온실가스가 배출되는 것으로 나타났다. 이 수치는 현재 기존의 평가방법으로 산정되어진 온실가스 배출량 439,698 천톤 CO₂eq.와 약 13%의 차이를 보이고 있다. 따라서 기후변화에 대응하기 위한 자치단체 및 국가 온실가스 감축 전략수립을 위해서는 우리 실정에 맞는 배출계수의 개발과 직, 간접배출을 고려한 체계적인 온실가스 배출량 산정방법의 정립이 필요한 것으로 나타났다.

주제어 : CO₂ Emission, 직접배출, 간접배출, 기후변화, 온실가스 인벤토리

1. 서론

1994년 기후변화협약 발효를 시작으로, 1997년에는 교토(Kyoto)에서 개최된 3차 기후변화협약 당사국총회(COP 3)에서 부속국가들의 온실가스 배출량 감축 의무화, 공동이행제도, 배출권거래제도 및 청정개발체제 등의 시장원리에 입각한 새로운 온실가스 감축수단 등을 주 내용으로 하는 교토

의정서(Kyoto Protocol)를 채택하여, 2005년 2월에 공식적으로 발효되었다. 이에 세계 475개 이상의 지방자치단체를 회원으로 하는 ICLEI (International Council for Local Environmental Initiatives)¹⁾는 온실가스 감축과 기후변화 대응에 대한 지방정부 역할의 중요성을 인식하고 자치단체의 대응 역량 강화를 위한 많은 노력을 기울여 왔다. 현재 전 세계의 많은 도시들과 국내 광역지방자치단체들은 기후변화협약과

† Corresponding author E-mail: parkhs@ulsan.ac.kr Tel: 052-259-1050 Fax: 052-221-0152

관련된 다양한 온실가스 배출감축 프로그램을 추진 중이거나 준비 중에 있다.^{2,3)} 서울시는 2005년부터 지구온난화물질을 줄이기 위해 전담팀인 지구환경팀을 설치한 뒤 서울시와 주변지역의 기상과 대기질을 종합 분석해 온실가스의 영향을 줄이는 방안을 제시한 ‘기후·에너지 지도’를 제작하였으며, 이어 2008년 4월엔 친환경·에너지 선언을 하는 등 활발한 활동을 벌이고 있다.⁴⁾ 제주도는 광역자치단체로는 처음으로 환경부와 기후변화 대응을 위한 협력협정을 맺고, 2012년까지 온실가스 배출량을 2005년 대비 10% 줄이려는 지역 차원의 기후변화 종합대책을 세웠다.⁵⁾ 경기도는 기후변화 대응 특별대책반을 출범시켰고, 이에 이어 울산시와 충청남도가 기후변화 대응 기본계획을 마련하고 전담기구를 구성하는 등 활발한 대응을 준비하고 있다.⁶⁻⁸⁾ 현재 국내 광역지방자치단체의 기후변화 대응 전략 수립시 온실가스 배출량은 세계자원연구소 및 세계지속가능발전협의회(WRI/WBCSD)에서 제시하고 있는 GHG Protocol 방법론¹⁴⁾을 기본으로 하여, 에너지(산업, 수송, 가정 및 상업) 및 비에너지부문(환경기초시설, 토지이용패턴, 토지 및 산림)을 나누고, 에너지 분야의 경우 분야별 에너지원 사용량에 기초하여 산정하고 있다. 한 예로, 산업분야의 온실가스 배출량은 일반적으로 국제표준화기구(ISO; International Organization for Standardization)에서 개발한 ISO 14064¹⁵⁾와 정부간기후변화위원회(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change)의 국가 온실가스 인벤토리를 위한 가이드라인¹⁶⁾에 따라 평가되고 있다. 그러나, 본 연구는 전체 온실가스 발생량의 85% 이상인 것으로 보고된 에너지분야에 있어,⁹⁻¹³⁾ 지방자치단체들이 위에서 언급한 방법론에 기계적으로 수치를 대입하여 산정한 현재의 배출량 산정을 통해 온실가스 감축 정책을 추진하는 것은 두 가지 측면에서 개선의 여지가 있다고 판단하였다.

첫째로, GHG protocol을 위시한 위 방법론들은 전기를 제외한 다른 연료에 대해서는 간접 배출량(indirect emissions) 산정을 선택사항으로 두고, 가급적 사용자의 배출량에 합산하지 말 것을 권유하고 있는데, 이로 인해, 석탄, 석유제품, 도시가스의 생산단계, 즉 에너지 제품을 만드는 과정인 upstream단계에서 발생하는 온실가스 배출량(에너지 제품생산으로 인한 간접배출) 부분이 사용자의 발생량에 포함되지 않는 결과를 초래한다. GHG protocol 등에서 에너지 제품 생산 단계의 온실가스 배출량을 에너지 사용 기업(또는 정부)쪽에 집계하지 않는 이유는 i) 에너지 생산 기업(또는 정부)과 중복되어 집계될 수 있고, ii) 온실가스 감축의 혜택과 의무를 생산자와 사용자 중 어디에 주어야 하는지 모호하며, iii) 간접 배출량을 산정한 기업(정부)과 그렇지 않은 기업(정부)의 온실가스 감축 성과를 일대일로 비교하기 어렵다는 측면이 있기 때문이다.^{14,16)} 요약하면, 온실가스 배출량의 책임 소재가 불분명해지고 중복 집계되는 것을 피하기 위함이다. 그러나 지방자치단체에서 온실가스 배출량을 산정하고 감축안을 계획, 실행하는 최종 목표가 국가(중앙정부), 더 나아가 전 지구적 차원의 온실가스 배출량 감축이라는 점

을 고려할 때, 비록 일부 타 국가 또는 지방자치단체 간 중복되는 면이 있다 할지라도 지방자치단체별로 직접과 간접 배출량을 모두 산정하는 것이 효율적이고 환경적으로 의미 있는 감축안을 마련하는데 필요하다고 판단된다.

둘째로, 석유제품 중 나프타 등은 연료가 아닌 원료로 이용되므로, 사용 시 연소로 인한 온실가스배출이 없는 것으로 산정되어야 함에도 불구하고, 현재는 사용량에 연소 시 배출계수를 곱하여 탄소배출량을 산정하고 있다는 점이다. 나프타 외에도 원료로 사용되는 아스팔트(Asphalt), 윤활유(Lubricant), 그리고 다른 제품에 사용되는 기타 석유제품도 전체 온실가스 산정부문에서 사용단계에서 배출되는 직접 탄소배출은 제외되어 산정 되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

이에 본 논문에서는 i) 연료 생산 단계의 온실 가스 발생량도 지방자치단체가 집계하고, ii) 나프타 등 석유제품 원료의 소비단계 온실가스 발생량을 0으로 두는 새로운 방식의 온실가스 발생량 집계 방법을 국내 16개 광역지방자치단체에서 생산 및 사용되어지는 에너지부문에서 발생하는 전체 온실가스 배출량을 직접 및 간접 배출량으로 나누어 평가 및 산정하여 제시하는 것을 주목적으로 하고 있다. 각 광역지방자치단체 차원에서 다양한 온실가스 저감정책 수립과 시행이 시급한 시점에서 본 연구에서 제시하고 있는 에너지원별 직접 및 간접 온실가스 배출량 결과는 온실가스 감축과 규제 및 대응책 수립 시, 다양한 온실가스 저감정책 수립과 시행 시 중요한 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 연구방법

본 연구는 국내 16개 광역지방자치단체의 에너지 분야에서 발생하는 온실가스 배출량을 산정 및 분석하였다. 광역자치체별 에너지 사용량은 2008년 지역에너지 통계연보(2007년 자료)의 석탄, 석유제품, 전력사용, 그리고 도시가스 사용량의 자료를 토대로 산정하였다. 온실가스 발생량은 일반적으로 도시의 탄소배출량 산정에 사용된 WRI/WBCSD (World Resources Institute/World Business Council for Sustainable Development)에서 제시하고 있는 방법(Fig. 1, Table 1)과 달리 모든 에너지원에 대한 직접배출과 간접배출을 고려하여 산정하였다. 에너지 연료의 생산단계에서 발생하는 간접 온실가스 배출량(indirect emissions)은 국내 Life Cycle Inventory (LCI) database¹⁷⁾ 및 Ecoinvent database (www.ecoinvent.org)¹⁸⁾의 자료를 바탕으로 총 18개 에너지 제품에 대한 간접 온실가스 배출계수를 산출하여 산정하였다. 에너지 제품에 대한 직접 온실가스 배출량(direct emissions)은 IPCC에서 제시하고 있는 배출계수를 사용하여 산정 및 평가하였다. 본 연구에서 제시하고 있는 방법과 WRI/WBCSD에서 제시하고 있는 현재의 방법과의 차이점은 전력부문을 제외한 다른 에너지 제품의 생산단계 과정까지 발생하는 온실가스 배출량이 산정 및 포함된다는 점이다.

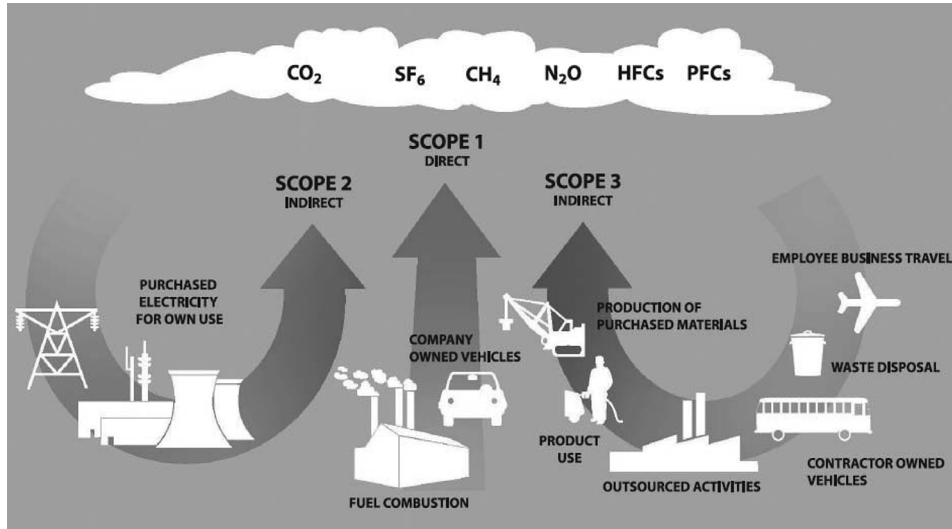


Fig. 1. Overview of scopes and emissions across a value chain. Source: WRI/WBCSD (2008)

Table 1. Definition of scopes for GHG emissions¹⁴⁾

Scope	Content
Scope 1	Direct GHG emissions occur from sources that are owned or controlled by the company, for example, emissions from combustion in owned or controlled boilers, furnaces, vehicles, etc.; emissions from chemical production in owned or controlled process equipment.
Scope 2	Scope 2 accounts for GHG emissions from the generation of purchased electricity consumed by the company. Purchased electricity is defined as electricity that is purchased or otherwise brought into the organizational boundary of the company. Scope 2 emissions physically occur at the facility where electricity is generated.
Scope 3	Scope 3 emissions are a consequence of the activities of the company, but occur from sources not owned or controlled by the company.

2.1. 간접 온실가스 배출량 산정을 위한 에너지원별 배출 계수 산정

간접 온실가스 배출량 산정을 위한 에너지원별 배출계수는 우리나라 LCI 데이터베이스와 Ecoinvent 데이터베이스를 이용하여 산출하였다. 우리나라 LCI 데이터베이스와 Ecoinvent 데이터베이스는 각 에너지 및 산업 제품을 생산할 때 발생하는 1,200 여개의 환경오염물질에 대한 자료를 구축해 놓은 자료이다. 이들이 제공하는 자료 중에서 18개 에너지 제품을 대상으로 이들을 생산할 때 발생하는 환경오염물질을 바탕으로 에너지원별 배출계수(kg CO₂eq.)는 carbon dioxide (CO₂), CFCs, HCFC-22, Halon-1301, Methane 등의 IPCC/TEAP¹⁹⁾ (Technology and Economic Assessment Panel)에서 제시하고 있는 62개의 온난화 물질들의 특성화 값(global warming potential, GWP) (100 year time horizon)을 이용하여 산출하였다. 다음의 Table 2에는 석탄(무연탄) 1 kg을 생산할 때 배출되는 온실가스 배출계수산정의 예를 나타내었다.

2.2. 직접 온실가스 배출량 산정을 위한 에너지원별 배출 계수 산정

현재 우리나라 고유의 에너지원별 탄소배출계수는 없기 때문에 본 연구에서는 직접 온실가스 배출량 산정을 위해서

Table 2. GHG emission factor calculation in 1 kg coal production phase

Output Emission	Unit	Value (A)	GWP (B)	(A) x (B)
Carbon dioxide (CO ₂)	kg	1.95E-01	1.00E+00	1.95E-01
CFC-11	kg	2.91E-14	4.75E+03	1.38E-10
CFC-114	kg	2.98E-14	1.00E+04	2.98E-10
CFC-12	kg	6.26E-15	1.09E+04	6.83E-11
CFC-13	kg	3.93E-15	1.44E+04	5.66E-11
Halon-1301	kg	3.19E-12	7.14E+03	2.28E-08
HCFC-22	kg	6.85E-15	1.81E+03	1.24E-11
Methane	kg	1.35E-02	2.50E+01	3.39E-01
Nitrous oxide (N ₂ O)	kg	6.12E-07	2.98E+02	1.82E-04
Perfluoroethane	kg	4.71E-10	1.22E+04	5.74E-06
Perfluoromethane	kg	4.24E-09	7.39E+03	3.13E-05
Total kg CO ₂ eq.				5.34E-01

IPCC에서 제시하고 있는 에너지원별 배출계수를 사용하였으며, 다음의 Table 3에 정리하여 나타내었다. 이 자료를 바탕으로 아래의 계산식에 따라서 전체 CO₂ 배출량을 산정하였다.

$$\text{CO}_2 \text{ 배출량(ton)} = \text{에너지소비량(TOE)} \times \text{연소별 탄소배출계수 (ton-C/TOE)} \times \text{연소율} \times (\text{이산화탄소 분자량 (44)} / \text{탄소 원자량(12)})$$

Table 3. The IPCC carbon emission factors of each energy product for direct emissions

Product	Burning rate	Value	Unit	Source
Coal (Anthracite)	0,980	1,100	C TON/TOE	
Coal (Bituminous)	0,980	1,059	C TON/TOE	
Gasoline		0,783	C TON/TOE	
Kerosene		0,812	C TON/TOE	
Diesel		0,837	C TON/TOE	
Bunker A		0,875	C TON/TOE	
Bunker B		0,875	C TON/TOE	
Bunker C		0,875	C TON/TOE	
Jet Oil		0,808	C TON/TOE	
LPG	0,990	0,713	C TON/TOE	IPCC (2007) ¹⁶⁾
Propane		0,713	C TON/TOE	
Butane		0,713	C TON/TOE	
Naphtha		0,829	C TON/TOE	
Solvent		0,829	C TON/TOE	
Asphalt (Bitumen)		0,829	C TON/TOE	
Lubricane		0,829	C TON/TOE	
Other Petroleum product		0,829	C TON/TOE	
Electricity	N/A	0,000	C TON/TOE	
Natural Gas	0,995	0,637	C TON/TOE	

Table 4. kg CO₂ equivalent value per 1 kg of each energy product for indirect emissions calculation

Product	Value	Unit	Source
Coal (Anthracite, Bituminous)	0,5337	kg CO ₂ eq/kg	Korean LCI database
Gasoline	0,0832	kg CO ₂ eq/kg	Korean LCI database
Kerosene	0,4816	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Diesel	0,0682	kg CO ₂ eq/kg	Korean LCI database
Bunker A	0,4277	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Bunker B	0,4277	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Bunker C	0,4277	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Jet Oil	0,4816	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
LPG	0,5303	kg CO ₂ eq/kg	Korean LCI database
Propane	0,6049	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Butane	0,6049	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Naphtha	0,3468	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Solvent	2,3868	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Asphalt (Bitumen)	0,5943	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Lubricane	0,5213	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Other Petroleum product	0,5213	kg CO ₂ eq/kg	Ecoinvent (IPCC 2007)
Electricity	0,4965	kg CO ₂ eq/kWh	Korean LCI database
Natural Gas	0,5303	kg CO ₂ eq/kg	Korean LCI database

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 에너지 제품의 간접 온실가스 배출계수

국내 LCI 데이터베이스와 Ecoinvent 데이터베이스를 사용하여, 18개 에너지 제품을 대상으로 제품 생산시 발생하는 62개의 온난화물질들의 특성화 값(GWP)을 이용하여 각각의 에너지 제품에 대한 간접 온실가스 배출계수를 산출하였다. Table 4에는 각 제품들의 간접 배출단계에서의 각 에너지원별 배출계수를 정리하여 나타내었다. 이와 같이 산정되어진 각 에너지원별 간접 온실가스 배출계수는 국내 광역지방자치 단체별 탄소배출량 산정시 에너지 부분의 간접배출량 산정에 사용되어질 수 있다.

3.2. 광역지방자치단체별 연료별 온실가스 배출량 산정

2008년 지역에너지 통계연보의 자료를 바탕으로 석탄, 석유제품, 전력, 도시가스의 에너지 이용부문을 중심으로 16개 광역지방자치단체별 온실가스 배출량을 직접 및 간접 배출로 나누어서 산정 및 비교평가 하였다.

3.2.1. 석탄(무연탄, 유연탄)사용 및 직·간접 온실가스 배출량

Table 5에는 2007년 각 부문별, 광역지방자치단체별 석탄(무연탄, 유연탄)사용량을 나타내었다. 국내에서 사용되는 무연탄은 전체의 56%가 산업부문에서 사용되고, 나머지의

약 22%는 발전, 그리고 약 21%는 가정상업 부문에서 사용되고 있다. 유연탄의 경우 25%가 원료탄으로 사용되고, 나머지의 75%는 발전용(88%), 시멘트용(8%) 등의 연료탄으로 사용된다. Table 5에서 괄호에 표시되어 있는 석탄 양은 전력생산에 사용되어지기 때문에 계산과정에서는 전력생산 부문의 온실가스 배출량 중복계산을 피하기 위해서 생략되었다.

광역지방자치단체별 석탄부문의 온실가스배출량 산정결과를 살펴보면 총 배출량은 108,167 천톤 CO₂eq.를 배출하였으며, 전남과 경북에서 전체 온실가스 발생량의 75.2%를 차지함으로써 가장 많은 배출을 하는 것으로 나타났다. 이는 Table 5에서 나타난 바와 같이, 전남과 경북에서는 대부분 산업부문에서 사용되는 무연탄과 원료탄으로 사용되는 유연탄(예를 들면 철강제조의 제선공장에 사용됨)의 다량 사용이 원인이 될 수 있다. 무연탄의 경우에는 전남, 경북, 울산 및 강원지역에서는 산업부문에서 많은 배출을 하는 것으로 나타났으며, 이외의 지역에서는 가정 및 상업부문에서 탄소배출이 많은 것으로 나타났다. 직접 및 간접배출부분으로 나누어 살펴보면, 직접 배출부분에서는 전체 발생의 82%인 88,696 천톤 CO₂eq.가 발생하는 것으로 나타났으며, 간접 배출부분에서는 전체 발생량의 18%인 19,470 천톤 CO₂eq.를 차지하는 것으로 나타났다(Table 6).

3.2.2. 석유제품 사용 및 직·간접 온실가스 배출량

국내에서 사용되는 휘발유, 등유, 경유, 중유 등을 석유제

Table 5. Coal consumption by source, provincial and metropolitan governments

(Unit: 1000 ton)

Sector	Coal (Anthracite)				Coal (Bituminous)	
	Generation	Industry	Residential/Commercial	Public & Others	Coking	Steam
Seoul	0	0	298	0	0	0
Busan	0	8	52	0	0	85
Daegu	0	0	148	0	0	388
Incheon	0	0	0	0	0	4,392(4,319)
Gwangju	0	0	69	0	0	0
Daejeon	0	0	94	0	0	0
Ulsan	0	687	0	0	0	745
Gyeonggi	0	1	158	0	0	487
Gangwon	(1,526)	553	261	0	0	3,154
Chungbuk	0	175	287	0	0	1,813
Chungnam	(630)	0	119	0	0	30,106(30,106)
Jeonbuk	0	0	72	0	0	0
Jeonnam	0	2,606	51	0	11,650	1,959(1,714)
Gyeongbuk	0	1,389	420	0	9,869	433
Gyeongnam	0	32	62	0	0	19,348(19,348)
Jeju	0	0	0	0	0	0
Total	(2,156)	5,451	2,091	0	21,519	62,910(55,487)

* Source: 2008 Yearbook of Regional Energy Statistics, KEEI

** (): This amount is for electricity generation, so to avoid double counting with electricity generation part, this amount was not considered for the greenhouse gas emission calculation

Table 6. Direct and indirect GHG emissions from coal consumption(Unit: 1,000 ton CO₂ eq.)

	Direct Emission	Indirect Emission	Total	Percent (%)
Seoul	548	159	707	0.7
Busan	311	77	388	0.4
Daegu	1,187	286	1,473	1.4
Incheon	170	38	208	0.2
Gwangju	127	37	164	0.2
Daejeon	173	50	223	0.2
Ulsan	3,020	764	3,785	3.5
Gyeonggi	1,441	345	1,786	1.7
Gangwon	8,937	2,118	11,055	10.2
Chungbuk	5,127	1,214	6,341	5.9
Chungnam	219	64	282	0.3
Jeonbuk	132	38	171	0.2
Jeonnam	36,496	7,766	44,263	40.9
Gyeongbuk	30,635	6,463	37,098	34.3
Gyeongnam	173	50	223	0.2
Jeju	-	-	-	0.0
Total	88,696 (82%)	19,470 (18%)	108,167	100.0

품별로 비교하여 보면 나프타제품이 전체의 39.8%, 경유가 18.3%, 프로판 및 부탄을 포함한 LPG제품이 12.2% 등 이 세 제품이 국내 전체 석유제품 소비의 70.3%를 차지하는 것을 알 수 있다(Table 7).

Table 7에 나타난 광역지방자치단체별 및 석유제품별 소비된 자료를 기초로 석유제품을 만드는 과정에서 발생하는 간접 온실가스 배출량과, 제품이 소비될 때 발생하는 직접 온실가스 배출량을 산정하였다. 여기에서 주의 깊게 살펴봐야 할 부분은 병커 C유, 용제, 윤활기유, 경유 제품들에 있어서 많은 양이 에너지 산업 즉 전력생산을 위해서 사용되어 진다는 것이다. 본 연구에서는 전력생산에 사용되어지는 석유제품들의 양을 온실가스 배출량 중복산출을 피하기 위해서 생략하였다. 또한 한 가지 더 주목해야 할 부분이 나프타제품의 사용 부분이다. 이전 발표된 자료들⁹⁻¹³⁾을 살펴보면 나프타 사용량에 연소로 인한 탄소배출계수를 적용하여 나프타연소로 인한 탄소발생량을 산정하였는데, 나프타는 대부분 연료로 사용되지 않고 석유제품을 생산하는데 기초 원료로 사용되어지기 때문에 나프타 제품의 사용으로 인한 직접 온실가스배출은 없는 것으로 산정되어야 한다. 또한, 원료로 사용되는 아스팔트(Asphalt), 윤활유(Lubricant), 그리고 다른 제품에 사용되는 기타 석유제품도 제품을 만들기 위해서 발생하는 간접배출부분은 온실가스 산정에 포함되어야 하지만, 사용단계에서 배출되는 직접 탄소배출은 전체 온실가스 산정부분에서 제외되어야 한다. 이를 바탕으로 석유제품별 직접 및 간접 온실가스 배출량을 산정한 결과를 Fig. 2와 Table 8에서 나타내었다.

결과를 살펴보면, 석유제품부분에서는 총 174,954 천톤 CO₂eq. 온실가스를 배출하였으며 간접 온실가스 배출량 부분이 전체의 19.3%로 33,718 천톤 CO₂eq.가 발생되었으며,

Table 7. Petroleum consumption by source in provincial and metropolitan governments (Unit: 1,000 bb)

	Gasoline	Kerosene	Diesel	Bunker-A	Bunker-B	Bunker-C	Jet Oil	Propane	Butane	Naphtha	Solvent	Asphalt	Lubricant	Other Products
Seoul	10,644	1,400	11,445 (1)	101	6	1,582 (19)	6,607	5,131	9,513	129	189 (2)	2,162	769 (769)	1,703 (677)
Busan	3,509	1,289	9,997 (2)	653	54	6,739 (6)	221	2,099	3,593	0	237 (18)	174	1,052 (1,052)	91
Daegu	2,555	1,305	4,594 (2)	0	23	1,280 (4)	428	1,481	2,446	0	90 (8)	384	0	64
Incheon	3,009	896	8,114 (35)	380	74	4,517 (13)	15,989	1,083	3,418	12,492	231 (27)	704	105 (105)	24
Gwangju	1,541	503	2,958 (3)	0	0	278	171	558	1,651	0	6	18	0	12
Daejeon	1,681	604	3,002 (2)	2	0	1,288	0	719	1,642	0	175	67	0	32
Ulsan	1,469	568	5,811 (9)	204	61	23,715 (9,885)	1,043	7,745	5,310	98,749	109 (9)	1,137	1,132 (1,132)	1,985 (4)
Gyeonggi	16,203	4,683	32,219 (26)	110	133	18,316 (9,920)	152	5,447	11,051	0	818 (18)	2,134	194 (194)	760 (44)
Gangwon	2,266	1,675	6,926 (4)	3	2	1,268 (418)	18	1,368	1,655	0	1	460	0	582
Chungbuk	2,316	1,677	6,645 (1)	1	12	2,015 (6)	393	1,528	1,847	0	261	295	17 (17)	270
Chungnam	3,456	2,598	10,383 (49)	109	10	4,756 (969)	63	2,476	3,562	85,761	481 (15)	546	6 (6)	473 (5)
Jeonbuk	2,391	1,500	6,934 (17)	61	2	4,073 (33)	334	1,299	2,122	272	151 (8)	540	0	116 (39)
Jeonnam	2,326	1,759	11,247 (24)	300	137	7,559 (2,483)	4	1,598	4,178	119,423	291 (41)	848	0	2,928 (22)
Gyeongbuk	4,037	2,965	11,660 (18)	36	187	4,878 (116)	122	2,699	2,988	31	502 (145)	521	34 (34)	137
Gyeongnam	4,560	2,174	11,782 (17)	248	327	3,674 (709)	85	3,089	2,889	0	336 (33)	644	384 (384)	321 (4)
Jeju	536	575	1,610	11	535	3,090 (3,088)	516	811	420	0	0	256	0	30
Total	62,499	26,171	145,327	2,219	1,563	89,028	26,146	39,131	58,285	316,857	3,878	10,890	3,693	9,528
%	7.9	3.3	18.3	0.3	0.2	11.2	3.3	4.9	7.3	39.8	0.5	1.4	0.5	1.2

* Source: 2008 Yearbook of Regional Energy Statistics, KEEI

** () : This amount is for electricity generation, so to avoid double counting with electricity generation part, this amount was not considered for the greenhouse gas emission calculation

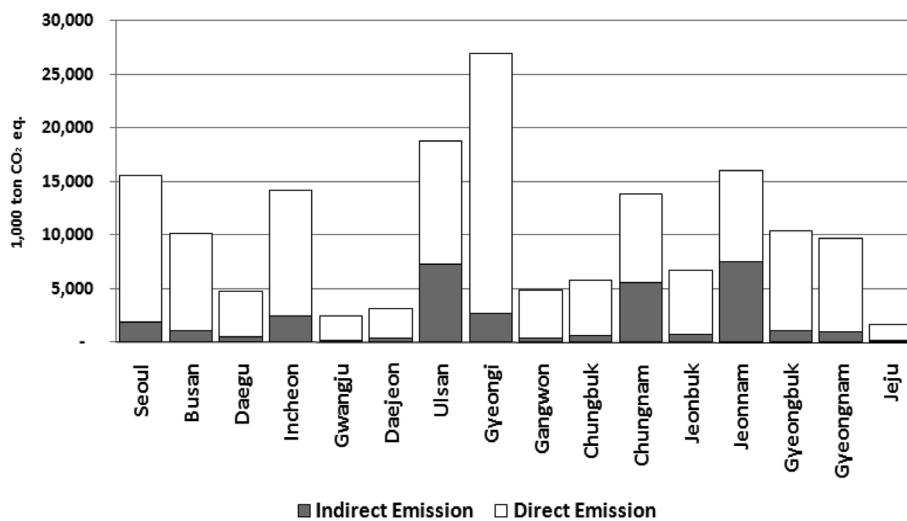


Fig. 2. Direct and indirect GHG emissions in petroleum consumption by provincial and metropolitan governments.

직접 온실가스 배출량 부분은 141,954 천톤 CO₂eq.로 전체의 80.7%를 차지하였다. 광역지방자치단체별로 살펴보면 경기 (16.3%), 울산(11.5%) 그리고 서울(9.8%) 순으로 석유제품부분에서 온실가스를 많이 배출하는 것으로 나타났다. 경기도의 경우를 살펴보면, 교통, 수송산업부분에서 경유 및 휘발유 사용으로 인한 온실가스 배출이 전체 석유제품에서 발생하는 온실가스배출량의 65% (18,465 천톤 CO₂eq.)를 차지하였으며, 그 외에도 제조업 등의 산업부분에서 사용된 석유제품으로 인해서 전체의 18% (5,175 천톤 CO₂eq.)의 온실

가스가 배출되는 것으로 나타났다. 울산시의 경우에는 산업부분(제조업 산업)에서 석유제품 사용으로 인한 전체 발생 온실가스의 66% (13,251 천톤 CO₂eq.)가 발생하는 것으로 나타났다.

3.2.3. 전력사용 및 직·간접 온실가스 배출량

Table 9에 나타낸 바와 같이, 2008년 지역에너지 통계연보에 따르면 2007년 국내의 전력사용량은 경기도에서 78,107 GWh로 전체의 21%를 차지하고 있으며, 다음으로는 서울

Table 8. Total GHG emissions from direct and indirect GHG emissions in petroleum consumption (Unit: 1,000 ton CO₂ eq.)

	Indirect/Direct	Industry	Transportation	Residential/Commercial	Public & Others	Sub Total	Total	Percent (%)
Seoul	Indirect	526	1,061	260	59	1,906	17,063	9.8%
	Direct	1,891	11,252	1,678	336	15,157		
Busan	Indirect	195	706	177	5	1,084	10,705	6.1%
	Direct	1,078	7,168	1,311	64	9,621		
Daegu	Indirect	129	189	167	27	512	5,197	3.0%
	Direct	476	2,900	1,141	168	4,684		
Incheon	Indirect	895	1,462	110	6	2,473	14,521	8.3%
	Direct	813	10,353	767	115	12,048		
Gwangju	Indirect	22	123	58	11	214	2,725	1.6%
	Direct	198	1,834	412	67	2,511		
Daejeon	Indirect	92	127	130	3	352	3,380	1.9%
	Direct	235	1,958	808	25	3,028		
Ulsan	Indirect	6,460	619	105	76	7,260	20,138	11.5%
	Direct	6,791	4,965	613	510	12,878		
Gyeonggi	Indirect	1,020	1,041	549	35	2,646	28,596	16.3%
	Direct	4,155	17,424	3,870	501	25,950		
Gangwon	Indirect	138	161	138	11	448	5,160	2.9%
	Direct	592	2,932	968	220	4,712		
Chungbuk	Indirect	272	170	170	24	636	6,157	3.5%
	Direct	1,101	3,154	1,114	151	5,521		
Chungnam	Indirect	5,110	273	207	12	5,602	14,515	8.3%
	Direct	2,768	4,587	1,461	97	8,914		
Jeonbuk	Indirect	388	178	153	25	744	7,057	4.0%
	Direct	2,162	2,955	1,034	162	6,313		
Jeonnam	Indirect	7,140	293	128	6	7,566	16,647	9.5%
	Direct	4,099	3,933	929	120	9,081		
Gyeongbuk	Indirect	556	283	235	17	1,090	10,933	6.2%
	Direct	2,718	5,301	1,687	136	9,843		
Gyeongnam	Indirect	425	317	235	13	991	10,362	5.9%
	Direct	2,196	5,370	1,650	155	9,371		
Jeju	Indirect	52	73	67	3	195	1,801	1.0%
	Direct	230	870	479	26	1,606		
Total	Indirect	23,421 (13.4%)	7,076 (4.0%)	2,888 (1.7%)	333 (0.2%)	33,718 (19.3%)	174,954	100.0%
	Direct	31,504 (18.0%)	86,956 (49.7%)	19,923 (11.4%)	2,853 (1.6%)	141,236 (80.7%)		

12% (42,973 GWh), 경북 10% (36,250 GWh) 및 충남 8% (28,051 GWh) 순으로 많은 전력을 사용한 것으로 나타났다. 가장 많은 전력을 사용하고 있는 경기도에서 용도별 전력소비량을 살펴보면 제조업에서의 전체 사용량의 45% (35,496 GWh)를 소비하였으며, 다음으로는 서비스업에서 32% (24,875 GWh)의 전력을 소비한 것으로 나타났다.

Table 9와 각 용도별 전력 소비량을 기초로 각 광역지방자치단체별 온실가스배출량을 산정하여 Table 10에 나타내었다. 전력부분은 직접온실가스 배출부분이 없기 때문에 간접온실가스 배출부분만을 고려하였으며, 한국 LCI 데이터베이스에서 제시하고 있는 국내에서 전력 1 kWh 생산 시 배출되는 온실가스계수인 0.4965 kg CO₂eq. 값을 이용하여 산정하였다. 산정 결과로는 광역지방자치단체별 총 사용량의 순위

와 다름없이 경기도에서 38,780 천톤 CO₂eq., 서울에서 21,336 천톤 CO₂eq., 다음으로는 경북에서 17,998 천톤 CO₂eq., 충남 13,927 천톤 CO₂eq. 순으로 나타나, 전기사용으로 인해서 온실가스를 많이 배출하는 것으로 나타났으며, 용도별도 살펴보면 제조업에서 사용되는 전력으로 인해서 발생하는 온실가스가 전체의 48%로 87,868 천톤 CO₂eq.를 발생하였으며, 그 다음으로는 서비스업에서 31% (55,907 천톤 CO₂eq.), 가정용에서 사용되는 전력으로 인해서는 전체의 14.7% (26,898 천톤 CO₂eq.)가 배출되는 것으로 나타났다.

3.2.4. 도시가스(City Gas) 사용 및 직·간접 온실가스 배출량

2007년 국내 도시가스 소비량을 살펴보면 가정용에서 전

Table 9. Electricity consumption by use, provincial and metropolitan governments (Unit: GWh)

	Residential	Public	Service	Argi&Fishery	Mining	Manufacturing	Total (%)
Seoul	12,043	2,923	25,572	20	8	2,408	42,973 (12)
Busan	4,024	1,011	6,643	75	10	6,142	17,906 (5)
Daegu	2,727	476	4,764	49	78	4,833	12,926 (4)
Incheon	2,876	639	4,962	73	78	10,818	19,447 (5)
Gwangju	1,576	412	2,576	32	15	2,193	6,804 (2)
Daejeon	1,603	709	3,313	19	5	2,175	7,803 (2)
Ulsan	1,206	200	2,210	55	23	19,045	22,740 (6)
Gyeonggi	12,425	3,713	24,875	1,333	266	35,496	78,107 (21)
Gangwon	1,620	884	5,265	295	300	5,205	13,568 (4)
Chungbuk	1,600	601	3,889	357	89	10,143	16,678 (5)
Chungnam	2,087	750	5,618	1,004	194	18,398	28,051 (8)
Jeonbuk	1,939	661	3,975	602	57	7,932	15,166 (4)
Jeonnam	1,895	573	4,024	1,394	105	12,350	20,341 (6)
Gyeongbuk	2,667	1,003	6,593	867	171	24,949	36,250 (10)
Gyeongnam	3,353	845	6,962	810	75	14,744	26,788 (7)
Jeju	535	178	1,362	811	10	143	3,038 (1)
Total	54,176	15,578	112,603	7,796	1,484	176,974	368,586 (100)

* Source: 2008 Yearbook of Regional Energy Statistics, KEEI

Table 10. Total GHG emissions (indirect emission) from electricity consumption in provincial and metropolitan governments

(Unit: 1,000 TON CO₂ eq.)

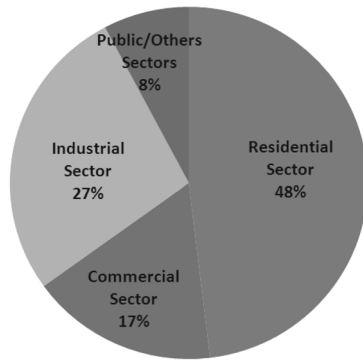
	Residential	Public	Service	Argi & Fishery	Mining	Manufacturing	Total (%)
Seoul	5,979	1,451	12,697	10	4	1,196	21,336 (12)
Busan	1,998	502	3,298	37	5	3,050	8,890 (5)
Daegu	1,354	236	2,365	24	39	2,400	6,418 (4)
Incheon	1,428	317	2,464	36	39	5,371	9,655 (5)
Gwangju	782	205	1,279	16	7	1,089	3,378 (2)
Daejeon	796	352	1,645	9	2	1,080	3,874 (2)
Ulsan	599	99	1,097	27	11	9,456	11,290 (6)
Gyeonggi	6,169	1,844	12,350	662	132	17,624	38,780 (21)
Gangwon	804	439	2,614	146	149	2,584	6,737 (4)
Chungbuk	794	298	1,931	177	44	5,036	8,281 (5)
Chungnam	1,036	372	2,789	498	96	9,135	13,927 (8)
Jeonbuk	963	328	1,974	299	28	3,938	7,530 (4)
Jeonnam	941	284	1,998	692	52	6,132	10,099 (6)
Gyeongbuk	1,324	498	3,273	430	85	12,387	17,998 (10)
Gyeongnam	1,665	420	3,457	402	37	7,320	13,300 (7)
Jeju	266	88	676	403	5	71	1,508 (1)
Total	26,898	7,734	55,907	3,871	737	87,868	183,003 (100)

체의 48% (8,750,047 천m³), 산업용에서 27% (4,952,347 천 m³), 그리고 상업용으로 17% (3,079,807 천m³)를 사용하고 있는 것으로 나타났다. 아래 Table 11은 광역지방자치단체별 및 부문별 도시가스 사용량을 보여주고 있다. 광역지방자치단체별로 살펴보면 서울과 경기도에서 전체 사용량의 각각 27% 및 22%를 소비하고 있으며, 나머지 광역지방자치단체들은 비슷한 수준의 도시가스 양을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 도시가스 사용부분에서도 전력생산에 사용되어

지는 도시가스양을 온실가스 배출량 중복산출을 피하기 위해서 생략하였다. 이를 바탕으로 단위환산을 거쳐서 간접 온실가스배출량 산정을 하였으며, 한국 LCI 데이터베이스에 나타나 있는 국내에서 도시가스 1 kg 생산 시 배출되는 온실가스배출계수인 0.5303 kg CO₂eq. 값을 이용하여 산정하였다. 또한, 직접 온실가스 배출량 산정을 위해서는 IPCC에서 제시하고 있는 0.637 C ton/TOE (1 TOE = 1,125 m³)값¹⁶⁾을 사용하여 산정하였다.

Table 11. Total city gas consumption by sector in provincial and metropolitan governments (Unit: 1,000 m³)

Total consumption		Total consumption	
Seoul	4,847,689 (364,857)	Gangwon	201,820 (4,882)
Busan	1,072,919 (28,677)	Chungbuk	380,580 (889)
Daegu	777,571 (10,097)	Chungnam	880,437 (10,397)
Incheon	1,441,279 (22,725)	Jeonbuk	540,486 (4,061)
Gwangju	480,851 (626)	Jeonnam	309,961 (766)
Daejeon	547,170 (18,547)	Gyeongbuk	848,062 (7,491)
Ulsan	927,679 (22,844)	Gyeongnam	855,945 (31,027)
Gyeonggi	4,073,697 (49,127)	Jeju	4,262 (0)
		Total	18,190,408



* () : This amount is for electricity generation and co-generation, so to avoid double counting with electricity generation part, this amount was not considered for the greenhouse gas emission calculation.

각 광역지방자치단체별로 도시가스 사용으로 인해 발생하는 온실가스량을 산정(Table 12)하여 보면 서울시가 전체

Table 12. Total GHG emissions with direct and indirect GHG emissions in city gas consumption (Unit: 1,000 TON CO₂ eq.)

	Indirect GHG Emission	Direct GHG Emission	Total	Percent (%)
Seoul	1,070	9,260	10,330	25.5%
Busan	249	2,157	2,406	5.9%
Daegu	183	1,585	1,769	4.4%
Incheon	338	2,930	3,269	8.1%
Gwangju	115	992	1,107	2.7%
Daejeon	126	1,092	1,218	3.0%
Ulsan	216	1,869	2,085	5.1%
Gyeonggi	960	8,314	9,274	22.8%
Gangwon	47	407	454	1.1%
Chungbuk	91	784	875	2.2%
Chungnam	208	1,797	2,005	4.9%
Jeonbuk	128	1,108	1,236	3.0%
Jeonnam	74	639	713	1.8%
Gyeongbuk	201	1,736	1,937	4.8%
Gyeongnam	197	1,704	1,901	4.7%
Jeju	1	9	10	0.0%
Total	4,203 (10%)	36,385 (90%)	40,588 (100%)	100.0%

의 약 25.5%로 10,330 천톤 CO₂eq. 발생하였고, 다음으로 경기도가 약 22.8%로 9,274 천톤 CO₂eq.를 발생한 것으로 나타났다. 인천시 및 부산시가 그 다음으로 도시가스 제품 사용으로 인한 온실가스를 많이 발생하는 것으로 나타났다. 도시가스 제품사용으로 인해 발생하는 전체량에서 직접 및 간접 온실가스 배출별로 살펴보면 간접 온실가스 배출에서는 전체의 10%인 4,203 천톤 CO₂eq.를 차지하였고, 직접 온실가스 배출에서는 나머진인 90%, 36,385 천톤 CO₂eq.가 발생한 것으로 산정되었다.

3.3. 광역지방자치단체별 온실가스 배출량 비교 및 평가

2007년 자료를 바탕으로 16개 광역지방자치단체별 온실가스 배출량 산정 및 비교평가가 결과, 전체 에너지 사용부문의 총 온실가스배출량은 497,083 천톤 CO₂eq.으로 산정되었다. 직접 온실가스 배출부문에서는 전체 발생량의 52%인 256,694 천톤 CO₂eq.가 발생하였고, 간접 온실가스 배출부문에서는 나머지 48%인 240,388 천톤 CO₂eq.으로 산정되었다(Fig. 3). 세부적으로 각 에너지원별 배출을 살펴보면 석유제품 사용부분에서 전체의 온실가스 발생의 33% (165,325 천톤 CO₂eq.), 전력사용부분이 37% (183,003 천톤 CO₂eq.)로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 다음으로는 석탄사용으로 인해서 22% (108,167 천톤 CO₂eq.) 그리고 나머지 도시가스 사용부분에서 전체의 8% (40,588 천톤 CO₂eq.)를 차지하는 것으로 나타났다(Fig. 4). 16개 광역지방자치단체별로 살펴보면, Fig. 3과 4에 나타낸 바와 같이, 경기도가 전체 발생의 15% (76,782 천톤 CO₂eq.)로 가장 많은 온실가스를 배출하는 것으로 나타났다. 다음으로는 전남이 전체의 14%로 71,142 천톤 CO₂eq.의 온실가스를 배출하였으며, 경북 (14%, 67,411 천톤 CO₂eq.), 서울(10% 47,964 천톤 CO₂eq.), 울산(7%, 35,986 천톤 CO₂eq.) 순으로 에너지사용에 따른 많은 온실가스를 배출하는 것으로 나타났다.

산정된 에너지부문 사용에 따른 총 온실가스 배출량을 바탕으로 2007년 현재 16개 광역지방자치단체의 총 인구²⁰⁾로 나눈 일인당 평균 온실가스 배출량을 Fig. 5에 나타내었다. 2007년 현재 약 10.3 톤 CO₂eq.를 배출하였으며, 광역지방자치단체별 1인당 배출량은 전남이 약 39.4 톤 CO₂eq.으로 가장 많이 배출하였으며, 그 다음으로는 울산이 33.3 톤 CO₂eq., 경북 25.6 톤 CO₂eq., 강원 및 충남이 각각 약 15.7, 15.6 톤 CO₂eq. 순으로 많은 온실가스를 배출한 것으로 나타났다. 또한, 광역지방자치단체별 온실가스 배출량을 가지고 지역총생산(GDRP)²¹⁾을 나누어 온실가스 배출량을 Fig. 6에 나타내었다. 2007년 지역총생산(GDRP)량 자료를 바탕으로 산정한 결과 전남이 백만원당 1.5 톤 CO₂eq.로 가장 높은 배출량을 나타냈으며, 경북이 백만원당 1.1 톤 CO₂eq., 다음으로는 강원 (0.9 톤 CO₂eq./백만원) 및 울산(0.7 톤 CO₂eq./백만원) 순으로 배출되는 것으로 나타났다.

마지막으로 온실가스의 간접배출량이 얼마 정도 생략되어 있는지를 알아보기 위하여 본 연구의 결과를 바탕으로 기존의 탄소배출 산정방법으로 계산된 결과값과 비교 분석

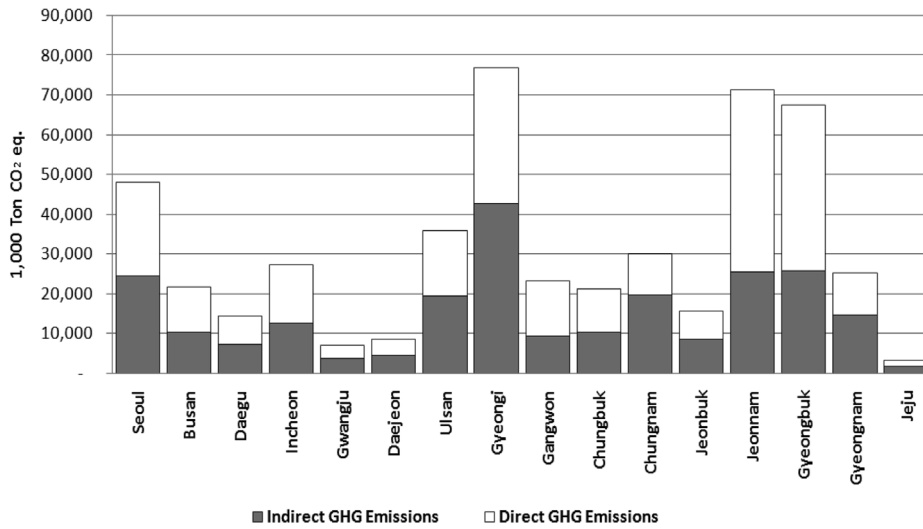


Fig. 3. Total GHG emissions from indirect and direct in provincial and metropolitan governments.

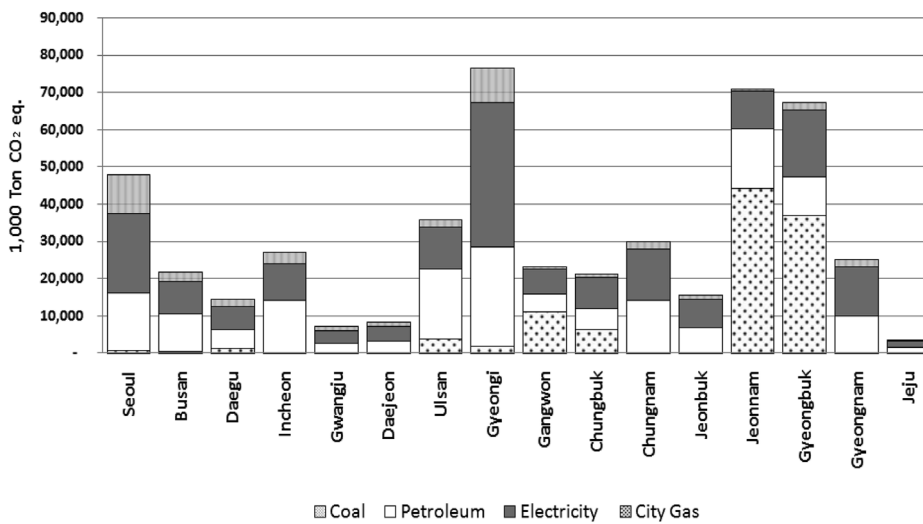


Fig. 4. Total GHG emissions by source, provincial and metropolitan governments.

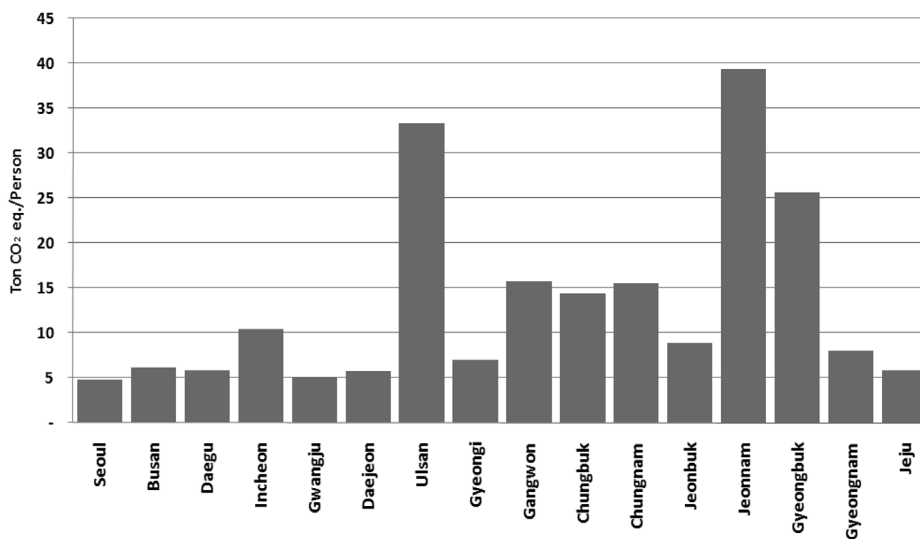


Fig. 5. The GHG emissions per person in provincial and metropolitan governments.

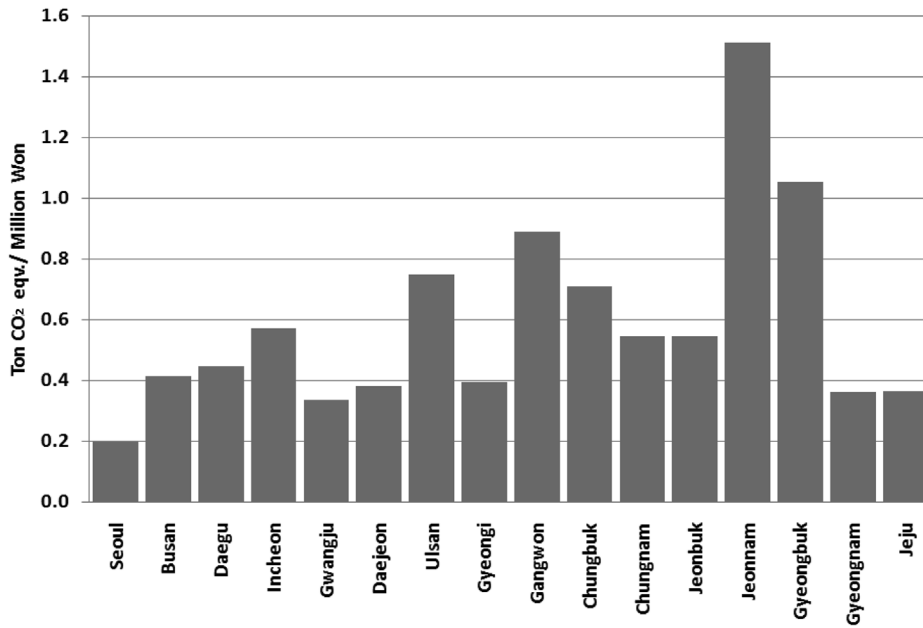


Fig. 6. The GHG emissions based on gross regional domestic product of provincial and metropolitan governments (Ton CO₂ eq./ Million Won).

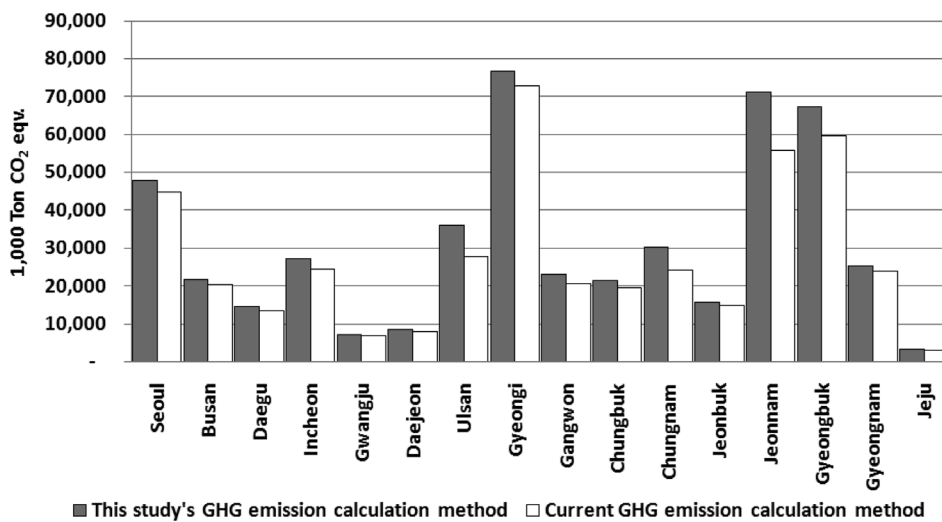


Fig. 7. Total GHG emissions comparison between current GHG emissions calculation method and this study's GHG emissions calculation method.

하여 Fig. 7에 나타내었다. 결과를 살펴보면 본 연구에서 산정되어진 에너지 부문에서의 전체 온실가스 배출량은 497,083 천톤 CO₂eq.로 산정되었지만 기존의 평가방법으로 산정했을 때는 에너지 부문에서 전체 온실가스 배출량은 439,698 천톤 CO₂eq.으로 약 57,385 천톤 CO₂eq.가 적게 산정됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 도시에서 발생하는 온실가스의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 에너지 부문을 중심으로 국내 16개 광역지방자치단체별로 발생하는 온실가스 배출량을 산정 및

분석하였다. 국내 에너지 부문(석탄, 석유제품, 전력 사용, 도시가스)에서 발생하는 총 온실가스 배출량은 497,083 천톤 CO₂eq.이었으며, 에너지 제품들의 생산단계에서 발생하는 간접 온실가스 배출량은 전체 발생량의 48%인 240,388 천톤 CO₂eq.가 발생되었으며, 에너지 연료를 사용했을 때 직접 발생하는 온실가스 배출량은 52%인 256,694 천톤 CO₂eq.의 온실가스가 발생되었다. 본 연구에서 산정되어진 에너지 부문에서의 온실가스 배출량의 결과 값은 현재 사용되어지고 있는 온실가스 산정방법으로 다시 산정한 결과인 439,698 천톤 CO₂eq.와 약 57,385 천톤 CO₂eq.의 차이를 보여주고 있다. 이와 같이 결과의 차이가 나는 이유는 앞서 나타낸 바와 같이 국내 LCI 데이터베이스와 Ecoinvent 데이터베이스를 이용하여 산출되어진 에너지 제품들의 간접배출부분이

미 산정 되어진 부분들과 석탄, 석유제품 및 도시가스에서 전력생산에 사용되는 부분을 온실가스 계산시 제외되어진 부분, 그리고 특히, 나프타 등의 산업 제품의 원료로 많이 사용되는 석유 제품들의 간접 배출부분을 포함시킨 결과로 인해서 이와 같은 차이를 보이고 있는 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 환경기초시설, 토지이용패턴, 녹지 및 산림을 포함한 특정 단위 배출원에서 배출되는 온실가스량은 제외한 에너지부문만을 고려하였기 때문에, 추후 이들로 인해 발생하는 온실가스량의 산출에 있어서도 직접 및 간접 온실가스배출로 구분하여 산정하는 것도 함께 고려되어야 할 것이다. 이전 발표된 몇몇 광역지역자치단체의 온실가스 총배출량 자료⁹⁻¹³⁾에도 에너지 부문이 전체 온실가스 발생량의 약 85%를 차지하고 있기 때문에 본 연구결과 값 자체로 의미가 있다고 볼 수 있다. 따라서, 향후 광역지방자치단체 및 국가의 온실가스 감축을 체계적으로 추진하기 위해서는 객관적이고 신뢰성 높은 온실가스 배출량 산정이 필요하리라 사료된다. 이를 위해서는 국내 자체적으로 구체적인 배출계수를 개발하는데 초점을 맞추어야 할 것이며, 본 연구에서 제시하고 있는 직접 및 간접 온실가스 배출을 고려한 산정방법도 같이 제고하여 비교 평가되어야 한다.

KSEE

참고문헌

1. ICLEI (International Council for Local Environmental Initiatives), <http://www.iclei.org>.
2. Sovacool, B. and Brown, M., "Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment," *Energy Policy*, doi:10.1016/j.enpol., 2009.10.001(2009).
3. Hertwich, E. G. and Peters, G. P., "Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis," *Environ. Sci. Technol.*, **43**(16), pp. 6414-6420(2009).
4. 서울시 Home Page, <http://www.seoul.go.kr>
5. 제주도 Home Page, <http://www.jeju.go.kr>
6. 경기도 Home Page, <http://www.gg.go.kr>
7. 울산시 Home Page, <http://www.ulsan.go.kr>
8. 충청남도 Home Page, <http://www.chungnam.net>
9. 강원발전연구원, 기후변화 대응 강원도 온실가스 저감방안 (2005).
10. 경기개발연구원, 경기도 온실가스 배출현황과 저감방안 기초연구(2001).
11. 전주시, 전주시 기후변화대응 온실가스 저감방안 보고서 (2007).
12. 서울시정개발연구원, 기후변화협약 이행에 따른 서울시 대응방안 연구(2001).
13. 녹색연합, Local CO₂다이어트, 광역지자체 기후변화 대응 현황과 전망(2008).
14. World Resource Institute and World Business Council for Sustainable Development. The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (revised edition)(2008).
15. ISO (International Organization for Standardization), ISO 14064. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38382
16. IPCC. 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories (revised edition)(2007).
17. 한국환경산업기술원, 국가 LCI 데이터베이스정보망, <http://www.edp.or.kr/lcidb/main/main.asp>
18. Ecoinvent, <http://www.ecoinvent.ch/>
19. IPCC/TEAP. IPCC/TEAP Special Report on Ozone and Climate(2005).
20. 2007년 국내인구수, 통계청, http://www.index.go.kr/egams/stts/jsp/potal/stts/PO_STTS_IdxMain.jsp?idx_cd=1009&bbs=INDX_001
21. 통계청, 지역소득, 통계청, <http://www.kostat.go.kr>