

지리정보시스템을 활용한 CO₂ 인벤토리 구축 방안에 관한 연구*

오상학¹ · 김대욱¹ · 류지원² · 차재규² · 정응호^{1*}

A Study for Construction of CO₂ Inventory Using GIS*

Sang-Hak OH¹ · Dae-Wuk KIM¹ · Ji-Won RYU²
Jae-Gyu CHA² · Eung-Ho JUNG^{1*}

요 약

본 연구에서는 탄소배출 인벤토리 구축에 있어서 지리정보시스템을 활용하여 공간 특성에 따라 분포되고 있는 탄소 배출 규모를 살펴 보고자 하였다. 궁극적으로는 공간대응형 탄소배출 인벤토리를 구축함으로써 온실가스 저감형 도시 공간구조 조성을 위한 기본방향을 제시하고, 친환경적인 녹색 도시로의 변화에 기여하고자 하였다. 지리정보시스템에 입력되는 기초 Data 중 속성 정보는 대구광역시 에너지 부문(전력, 도시가스)의 2009년 연간 사용량을 가지고 IPCC 가이드 라인에서 제시하고 있는 Tier 1에 대입하여 CO₂ 배출량을 추정하였다. 공간정보는 대구광역시 건축물 대장과 지적도를 연계하여 지번에 따라 건축물 용도별로 토지이용 분류를 실시하여 구축하였다. 에너지 부문의 CO₂ 배출 인벤토리 구축에 지리정보시스템을 접목함으로써 공간별 CO₂ 배출 규모를 파악할 수 있었으며, 토지이용에 따라 CO₂ 배출 현황이 각기 상이한 특성을 가지고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

주요어 : 기후변화, 온실가스, 지리정보시스템, 인벤토리

ABSTRACT

In this study, CO₂ emission quantities by spatial characteristics using GIS were investigated for building a CO₂ emission inventory. Eventually, this study provides the guidelines to build the urban spatial structure for reducing greenhouse gas and contributes to the transition to environmental friendly green city. The attribute data for

2011년 3월 18일 접수 Received on March 18, 2011 / 2011년 4월 7일 수정 Revised on April 7, 2011 / 2011년 4월 13일 심사완료 Accepted on April 13, 2011

* 이 논문은 2010년도 한국항공우주연구원 위성정보활용지원운영사업(FR09622)과 한국연구재단 일반연구자 지원운영사업(모험연구 : 2010-0013649)의 지원에 의해 연구되었음.

1 계명대학교 환경계획학과 Dept. of Environmental Planning, Keimyung University

2 대구지역환경기술개발센터 Daegu Environmental Technology Development Center

* 연락처 E-mail : turep21@kmu.ac.kr

GIS were energy (electricity and gas) usage in the city of Daegu for 2009 and used for Tier 1 as suggested by the IPCC guideline to estimate amount of CO₂ emission. The spatial data were built based on land use types categorized by building purposes with connecting building registers to cadastral maps for Daegu city. Spatial CO₂ emission quantities could be calculated by combining CO₂ emission inventory for energy and GIS. Also, CO₂ emission characteristics were different by land use types.

KEYWORDS : Climatic Change, GHG(Greenhouse Gas), GIS, Inventory

서 론

지구기후변화의 대표적 원인은 인간활동에 의한 CO₂ 배출이다. 특히, 우리나라의 경우 도시화율이 90%(2007년 기준)가 넘고, 도시공간에 집적화된 에너지 다소비형 사회경제적 활동으로 인하여 CO₂ 배출의 대부분이 도시에서 발생하고 있는 실정이다. 이에 정부는 2008년 새로운 국가발전 패러다임으로 '저탄소 녹색성장'을 제시하면서, 도시에서의 CO₂ 배출저감을 위해 다양한 정책적 노력을 기울여 왔다. 그 중 국가 차원의 탄소배출 인벤토리 구축 사업은 가장 대표적인 정책의 하나로 향후 크게 확대될 것으로 전망되고 있다. 그러나 아직 탄소배출 인벤토리의 구축은 초기단계이며, 인벤토리구축에 있어서 공간적으로 가장 중요한 기초단위인 지자체별 인벤토리 구축실태도 미미한 실정이다(국토연구원, 2008). 현재 우리나라에서 구축하고 있는 탄소배출 인벤토리는 통계자료를 기반으로 하여, 투입된 에너지량 또는 에너지 소비량을 산출하고 이를 기후변화에 대한 정부간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) 가이드라인에서 제시하고 있는 환산식에 적용하여 추정하는 방식을 취하고 있다. 이러한 방법론은 환산식에 에너지 사용량을 대입하면 비교적 간단하게 탄소 배출량을 추정할 수 있다는 장점이 있으나, 속성 정보만의 특성을 가지고 있어 도시공간을 어떻게 이용하느냐에 따라 영향을 받게 되는 탄소 배출 규모의 파악은 어렵다. 또한, 공간

정보에 대한 고려가 전혀 이루어 지지 않아 빠르게 변화하는 도시공간의 다양한 계획 및 정책 수립에 활용하기에는 제약이 따르게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 탄소 인벤토리 구축시 도시를 구성하고 있는 공간 구조에 따라 탄소 배출량이 어떠한 특성을 띄고 있는지를 알아볼 필요가 있다.

한편, 국외에서는 공간정보의 중요성을 인지하고 탄소배출 인벤토리 구축에 공간정보를 접목시킨 연구가 활발히 진행되고 있다. 영국의 경우 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS)를 이용한 온실가스 배출 인벤토리 분석도구(EMIT, Emissions Inventory Toolkit)를 개발하여 온실가스 배출량을 토지 이용에 따라 점, 선, 면 형태의 주제도로 표현하고 온실가스 배출량을 지도화 하였다(CERC, 2006). 뉴질랜드에서는 토지이용의 변화에 따른 목질계 바이오매스 저장량과 탄소저장량의 변화량을 추정하는 프로그램인 LUCAS(Land Use and Carbon Analysis System)를 개발하였으며, 특히 LUCAS의 경우는 국제적으로 통용되고 있는 규칙아래 2008년 Kyoto Protocol Reports에 보고되어 검증을 받고 인가되었다(Newzealand, 2010). 국외 관련 선행연구들처럼 도시공간에서 인간의 각종 생산활동에 의해 CO₂가 배출되는 특성을 감안하면 토지를 어떻게 이용하느냐에 따라 CO₂ 배출 규모도 달라지므로 미래의 CO₂ 배출 규모를 조절하기 위해서는 토지의 이용을 조절할 필요가 있으며(어재훈 등, 2010), 탄소 인벤토리 구축 시 공간에 대한 정보가 반드시 고려되어야 할 것이다.

이에, 본 연구에서는 탄소배출 인벤토리 구축에 있어서 공간분석에 용이한 지리정보시스템을 활용하여 공간 특성에 따라 분포되고 있는 탄소 배출 규모를 살펴보고자 하였으며, 온실가스 저감형 도시 공간 구조 조성을 위한 기본방향을 제시하는 기초연구로서 진행하였다. 궁극적으로는 친환경적인 녹색 도시로의 변화에 기여하고자 함이 연구의 주목적이라 할 수 있다. 본 연구는 자료의 수집 여부와 CO₂ 배출 영역의 설정을 위해 공간적 범위를 대구광역시로 한정하고, 배출원 중 가장 많은 비율을 차지하고 있는 에너지 부문(전력과 도시가스)에 한정하여 연구를 진행하였다.

연구 내용 및 방법

1. 대상지 개요

본 연구의 사례 대상지는 비교적 지리정보 관련 기초자료 구축이 잘되어 있는 대구광역시를 선정하였다(그림 1). 대구광역시는 7개의 구와 1개의 군으로 이루어져 있으며, 약 250만 명이 거주하고 있는 광역 행정구역이다. 총면적은 약 884.07km²이고 이 중 달성군이 426.9km²로 가장 넓은 면적을 차지하고 있다(표 1). 또한 사방이 산으로 둘러싸여 있는 분지형의 특성상 총면적의 약 53%인 473.17

km²가 산지로 되어 있으며, 도시화지역은 약 25%인 221.12km²로 구성되어 있다.

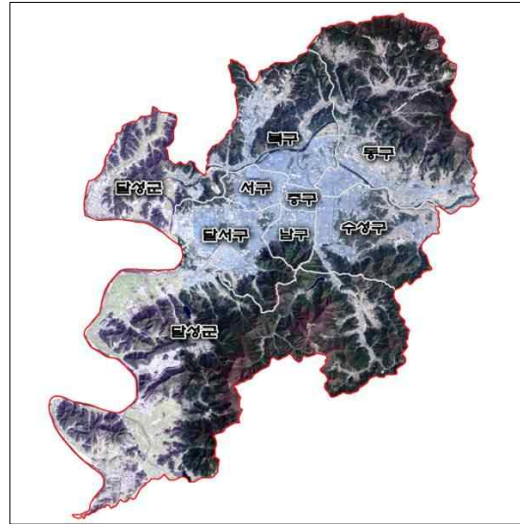


FIGURE 1. 대구광역시

2. 속성정보 구축

우리나라의 온실가스 배출량은 연간 약 6억 톤이며 그 중 CO₂ 가 5억 톤으로 추정되었다(이상중과 임정균, 2007). 부문별 온실가스 배출량은 에너지부문이 84.3%, 산업공정부문이 10.6%, 농업부문이 2.5%, 폐기물부문이 2.6%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

TABLE 1. 대구광역시 구군별 행정구역 및 인구현황

구분	행정구역		총인구(명)	인구	
	면적(km ²)	구성비(%)		남	여
중 구	7.06	0.8	78,226	38,454	39,772
서 구	17.48	2.0	227,006	115,500	111,506
남 구	17.43	2.0	172,701	84,408	88,293
동 구	182.22	20.6	332,787	166,348	166,439
북 구	94.10	10.6	457,382	229,956	227,426
수성구	76.46	8.7	457,670	225,280	232,390
달서구	62.34	7.0	604,938	303,215	301,723
달성군	426.98	48.3	178,477	91,432	87,045
합 계	884.07	100.0	2,509,187	1,254,593	1,254,594

자료 : 대구광역시, 대구통계연보(2010)

이는 우리나라에서 배출되는 온실가스 중 에너지부문에서 배출되는 CO₂ 량이 가장 많은 비중을 차지하고 있다는 것을 보여준다. 이에, 본 연구는 우선적으로 대구광역시의 에너지부문(전력, 도시가스)에 한정하여 자료를 수집·분석하였다. 에너지부문을 관리하는 관련기관인 한국전력공사, 한국가스안전공사에 협조를 요청하여 2009년 대구광역시 지번별 에너지 사용량을 수집하여 기초속성자료로 활용하였다.

한국전력공사와 한국가스안전공사에 요청하여 수집한 2009년 대구광역시 지번별 연간 에너지(전력, 도시가스) 사용량을 공간정보와 결합될 수 있도록 중복된 지번의 제외와 에너지 사용량의 합산 과정을 거쳐 하나의 지번에 하나의 에너지(전력, 도시가스) 사용량을 가지는 자료로 가공하였다. 이러한 과정을 거치는 이유는 속성정보에 중복되는 자료가 있을 시 공간자료와 접목 시킬 때 오류가 생길 수 있기 때문이다. 또한, 공간자료와의 연결을 위해 지번별 주소를 법정동 코드(PNU)에 맞게 재분류 하였다.

가공된 자료를 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 CO₂ 배출 산정식인 Tier 1에 대입하여 대구광역시 에너지(전력, 도시가스) 사용에 따른 CO₂ 배출량을 추정하였다. Tier 1에 들어가는 연료별 배출계수는 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 다음과 같은 환산계수를 이용하였다.

Tier 1. CO₂ 배출량 = 연료 종류별 사용량(TJ) × 연료별 배출계수(kg/TJ)

연료별 배출계수(전력 : 0.424 kgCO₂ /Kwh, 도시가스 : 2.347 kgCO₂ /m³)

3. 공간정보 구축

토지를 점유하고 있는 건축물의 유형에 따라 토지의 이용이 결정되기 때문에 공간정보는 그림 2와 같이 대구광역시 건축물 대장과 지적도를 기초로 하여 구축하였다(백태경 등,

2004). 건축물 용도에 따라 분류할 토지이용 분류 항목은 환경부에서 제공하고 있는 분류 항목 중 시가화 건조지역의 중분류를 기준으로 하였다. 시가화 건조지역의 중분류를 기준으로 한 것은 도시 공간에 가장 적합한 분류 항목이라 판단하였기 때문이다. 건축물 대장의 건축물 용도를 시가화 건조지역의 중분류인 주거, 상업, 공업, 공공시설지역에 맞게 분류하고, 포함되어 있는 주소 정보를 필지 ID로 변환하여 지적도와 연계하면 지번별 토지이용 현황을 알 수 있게 된다. 공간정보와 속성정보의 연결 시 기준이 되는 속성 값은 지적도가 가지고 있는 PNU 값인데, 이는 법정동을 기준으로 토지를 구분하고 있는 19자리의 숫자로 이루어진 코드를 말한다. 속성정보의 경우 지번으로 나타나 있는 항목을 지번별로 고유값을 가지게 되는 PNU로 변환을 시켜 주게 되면 공간정보와 속성정보의 연결이 가능하게 된다.

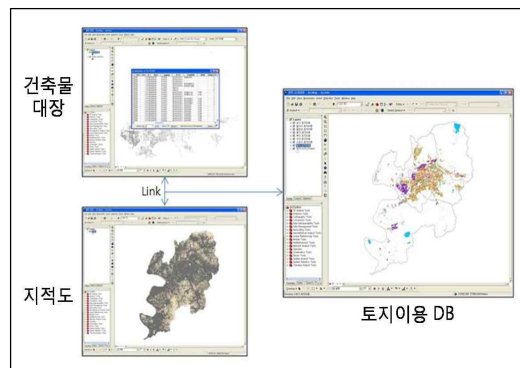


FIGURE 2. 공간정보 구축 방법

토지이용별 CO₂ 배출 원단위를 산정하는 방법은 추정된 토지이용별 CO₂ 배출 현황을 점유하고 있는 필지면적으로 나눈 값의 평균을 구하는 방식으로 토지이용별 CO₂ 배출 원단위를 산정하게 된다(그림 3). 이렇게 산정된 토지이용별 CO₂ 배출 원단위는 향후 도시공간의 변화되는 토지이용에 따라 예상되는 CO₂ 배출량을 미리 추정해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

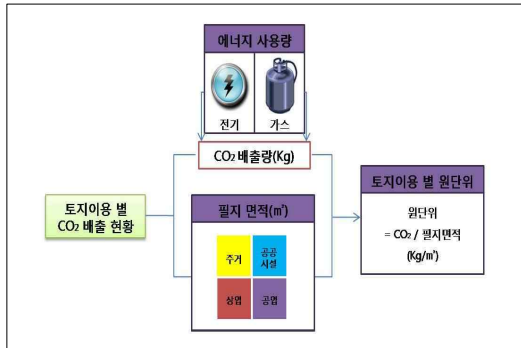


FIGURE 3. CO₂ 배출 원단위 추계식 적용 방법

연구 결과 및 고찰

1. 전력부문

1) 전력사용량 및 CO₂배출량

대구광역시 전력 사용량에 따른 총 CO₂ 배출량은 4,982,269,943 kgCO₂ /yr로 추정되었다(표 2). 달서구가 전체 CO₂ 배출량의 약 26.2%인 1,305,248,235 kgCO₂ /yr을 배출하여 가장 많이 차지하고 있는 것으로 나타났다. 달서구의 경우 대구광역시에서 차지하고 있는 면적은 62.34km²(7.0%)로 그리 크지 않은 반면 총인구수는 604,938명으로 가장 많았다. 이는 인구수에 비례하여 에너지 사용량이 많아지게 되어 CO₂ 배출량도 많은 것으로

판단된다. 연간 CO₂ 배출량이 가장 적은 구는 남구로 207,333,400 kgCO₂ /yr를 배출하고 있었다. 남구의 경우 중구보다 면적도 넓고 인구수도 많지만 추정된 CO₂ 배출량은 중구에서 배출하는 양보다 적었다. 이는 면적당 CO₂ 배출량을 통해 알 수 있듯이 남구의 경우 에너지를 적게 사용하는 특성을 가진 공간 구조로 구성되어 있고, 중구는 도심지역으로 좁은 면적에 많은 에너지를 사용하는 에너지 다소비형 공간 구조 특성을 가지고 있다고 해석할 수 있다. 달성군은 대구광역시 면적의 약 48%를 차지하고 있지만 CO₂ 배출량은 639,966,130 kgCO₂ /yr으로 면적대비 배출량이 가장 적게 나타났다. 이는 달성군의 약 70% 이상이 산지로 둘러 싸여 있고, 도시화지역보다는 농촌지역이 차지하고 있는 면적이 넓어 다른 구 보다 면적당 CO₂ 배출량이 낮은 것으로 판단된다. 하지만 달성군의 CO₂ 배출량은 대구시 총배출량가운데 네 번째에 해당하는 약 13%를 차지하는데, 이는 달성군내 국지적인 도시화지역과 공업지역 등에서 CO₂ 발생이 집적하기 때문인 것으로 판단된다. 향후 달성군의 개발이 이뤄지면 CO₂ 배출 규모가 대구시에서 가장 큰 지역이 될 것으로 예상되므로, 달성군의 개발 계획 수립 시부터 CO₂ 배출에 대한 고려가 이루어져야 할 것이다.

TABLE 2. 전력사용량 및 CO₂ 배출량

구분	전력 사용량 (Kwh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂ /yr)	면적당 배출량 (kgCO ₂ /m ²)
중구	571,992,923	242,524,999(4.9%)	34.3
서구	969,694,306	411,150,386(8.3%)	23.5
남구	488,993,868	207,333,400(4.2%)	11.8
동구	1,293,022,158	548,241,395(11.0%)	3.0
북구	1,804,670,671	765,180,365(15.3%)	8.1
수성구	2,034,493,002	862,625,033(17.3%)	11.2
달서구	3,078,415,649	1,305,248,235(26.2%)	20.9
달성군	1,509,354,080	639,966,130(12.8%)	1.5
합계	11,750,636,657	4,982,269,943(100.0%)	5.6

2) 토지이용별 전력부문 CO₂배출량

대구광역시의 전력 부문에 있어서 CO₂ 배출별 토지이용 현황(표 3) 에서 보는 바와 같이 주거지역이 전체 배출량의 약 32.4%인 1,614,395,206 kgCO₂ /yr를 배출하고 있었다. 상업지역과 공업지역의 배출은 비슷한 양상을 보였으며, 가장 적게 배출하는 토지이용은 공공시설지역이었다. 자치구 단위별 CO₂ 배출 토지이용 현황은 구 마다 서로 다른 공간적 특성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 중구는 상업지역에서 CO₂ 배출량이 가장 많았는데, 이는 중구가 대구의 도심지역으로 중심상업업무시설들이 밀집하여 있기 때문인 것으로 판단된다. 중구 주거지역의 경우는 CO₂ 배출량이 다른 구 보다 현저히 낮은 수치를 보이는데, 이는 유동인구가 많은 중심지의 특성상 주거지역의 면적비율이 작고 상주인구수도 가장 적기 때문인 것으로 판단된다. 수성구의 경우는 최근 고밀도의 공동주택단지 와 중심상업업무시설이 개발되어 주거지역과 상업지역 및 공공시설지역의 CO₂ 배출량이 다른 구에 비해 훨씬 많았다. 특히 수성구에서 공공시설지역의 CO₂ 배출량이 가장 많은 이유는 법원, 교육청, 검찰청 등의 공공기관과 교육기관(38개의 중·고교)이 집중적으로 분포 되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 달서

구는 공업지역에서 가장 많은 CO₂ 배출량을 보였는데, 대구의 대표적인 공업단지인 성서공단이 입지하고 있기 때문인 것으로 파악된다. 또한, 최근 대단위 아파트 단지의 신규 조성으로 인해 주거지역에서의 CO₂ 배출량도 수성구 다음으로 많이 배출하고 있었다. 달성군의 경우는 CO₂ 배출 현황에서 국지적인 지역에서 많은 CO₂ 배출이 일어난다고 해석할 수 있었는데, CO₂ 배출별 토지이용 현황을 살펴보면 공업지역에서 집중적으로 발생하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 달성군에 입지한 공업단지인 달성산업단지에서 대부분 배출하고 있는 것으로 판단된다. 현재까지도 달성군은 개발이 이루어지지 않은 농촌지역이 주를 이루기 때문에 주거나 상업, 공공시설지역에서의 CO₂ 배출량이 타 지역보다 적은 것으로 판단된다.

앞서 추정된 CO₂ 배출량을 공간정보인 지적도에 연계하면 그림 4 와 같은 CO₂ 배출분포 현황도를 구축할 수 있게 된다. CO₂ 배출분포 현황도를 확인해 보면 20,000 kgCO₂ /yr 이상 배출하는 지역의 대부분이 달서구에 집중되어 있다는 것을 확인할 수 있으며, 달성군의 경우는 대부분 산지로 되어 있어 CO₂ 배출원이 면적 대비 많이 존재하지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 중구의 경우는 작

TABLE 3. 토지이용별 전력 부문 CO₂ 배출량

(단위 : kgCO₂ /yr)

	토 지 이 용			
	주거지역	상업지역	공업지역	공공시설지역
중구	46,370,652	160,489,643	3,500,377	32,164,327
서구	124,981,472	107,295,856	134,648,443	44,224,614
남구	107,673,532	77,133,685	307,351	22,218,831
동구	244,217,463	221,657,644	45,777,502	36,605,249
북구	255,939,707	233,366,501	228,294,491	47,579,665
수성구	432,565,894	304,526,968	11,713,884	113,818,287
달서구	329,698,668	302,346,776	610,112,628	63,090,162
달성군	72,947,817	64,630,325	485,482,980	16,905,008
합 계	1,614,395,206	1,471,447,399	1,519,837,657	376,589,684

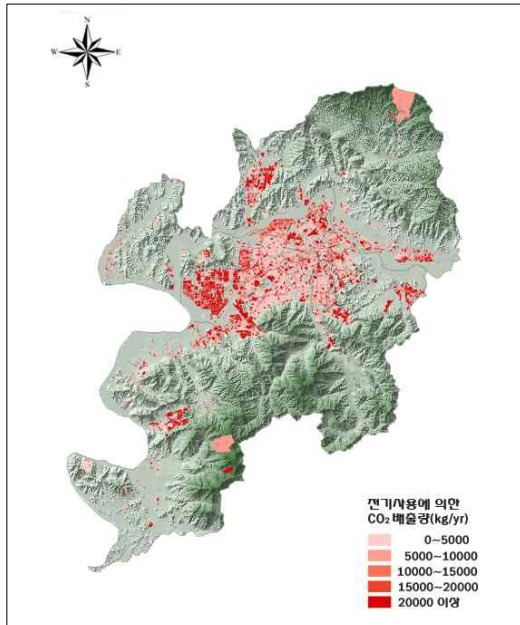
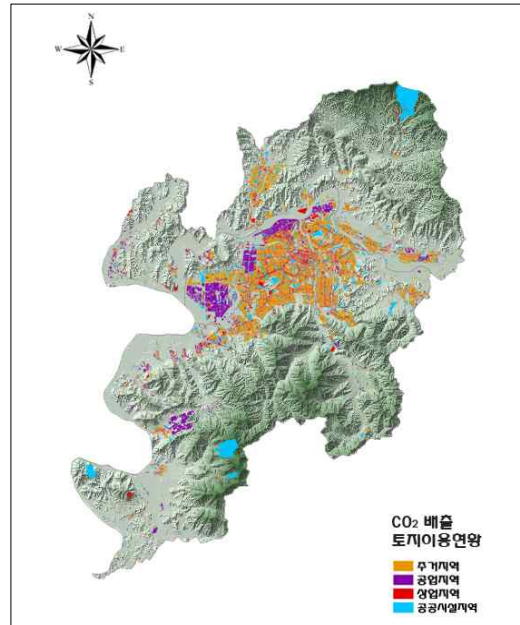
FIGURE 4. 전력 부문 CO₂ 배출 현황도

FIGURE 5. 전력부문 토지이용 현황도

은 필지에 CO₂ 배출량이 많은 지역이 밀집되어 있는 것을 확인할 수 있다. CO₂ 배출분포 현황도와 토지이용 현황도(그림 5)를 비교 분석해 보면 20,000kgCO₂ /yr 이상 배출하는 지역의 토지이용은 대부분 공업지역과 주거지역이었다. 주거지역의 경우는 20,000kgCO₂ /yr 이상인 지역에서부터 5,000kgCO₂ /yr 이하인 지역까지 다양하게 분포하고 있었는데, 이는 주택유형에 따라 배출규모가 달라지기 때문이다. 좁은 면적에 인구밀도가 높은 공동주택단지과 같은 경우에는 20,000kgCO₂ /yr 이상인 지역이 대부분이었고, 면적대비 인구밀도가 비교적 낮은 단독주택과 같은 주택유형은 5,000kgCO₂ /yr 이하인 지역이 대부분 이었다. 에너지를 많이 사용하는 공업지역의 경우는 대구시가지의 외곽지역에 입지하여 대부분 20,000kgCO₂ /yr 이상 배출하고 있었다.

2. 도시가스 부문

1) 도시가스 사용량 및 CO₂배출량

대구광역시 도시가스 사용에 따른 CO₂ 배

출량은 1,574,961,792 kgCO₂ /yr 로 추정되었으며, 가장 많이 배출하고 있는 구는 전력과 마찬가지로 달서구로 327,768,792 kgCO₂ /yr를 배출하고 있었다(표 4). 이로써 달서구는 에너지 사용량(전력, 도시가스)에 따른 CO₂ 배출량이 대구에서 가장 많은 지역으로 파악되었다. 중구의 경우 CO₂ 배출량은 가장 적은 반면 면적당 CO₂ 배출량은 두 번째로 큰 편에 속했다. 이는 중구의 좁은 면적에서 도시가스를 집약적으로 많이 사용하고 있다는 것을 나타낸다. 동구와 달성군의 경우에는 면적당 CO₂ 배출량이 다른 지역 보다 현저히 낮게 나타났다. 이는 두 지역의 공간적 특성상 산지가 많은 비율을 차지하고 있어 도시가스 인프라의 구축이 미비하여 면적 대비 CO₂ 배출량이 적은 것으로 판단된다.

2) 토지이용별 도시가스 부문 CO₂배출량

대구광역시 도시가스 부문 CO₂ 배출별 토지이용 현황을 살펴보면 주거지역에서 배출되는 CO₂ 량이 총배출량의 약 55.3%인 871,078,234kgCO₂ /yr를 배출하고 있었고,

TABLE 4. 도시가스 사용량 및 CO₂ 배출량

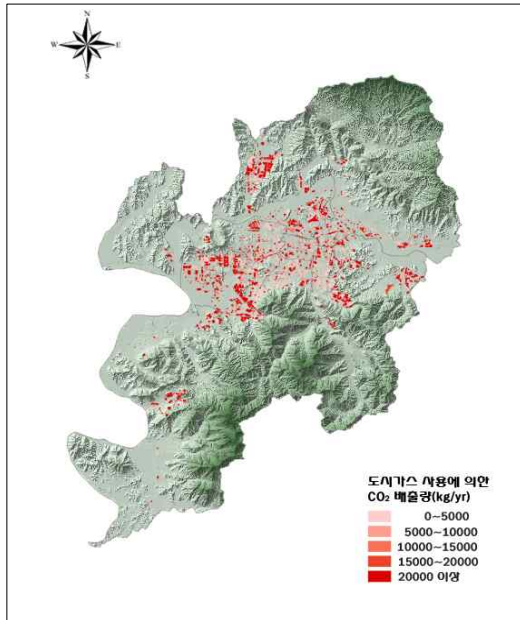
구분	도시가스 사용량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂ /yr)	면적당 배출량 (kgCO ₂ /m ²)
중구	26,214,467	61,525,354(3.9%)	8.7
서구	97,899,262	229,769,568(14.6%)	13.1
남구	34,313,932	80,534,798(5.2%)	4.6
동구	63,190,684	148,308,535(9.4%)	0.8
북구	118,834,441	278,904,433(17.7%)	2.9
수성구	116,994,131	274,585,225(17.4%)	3.5
달서구	139,654,364	327,768,792(20.8%)	5.2
달성군	73,951,890	173,565,086(11.0%)	0.4
합계	671,053,171	1,574,961,792(100.0%)	1.8

다음으로 공업지역이 427,324,028kgCO₂ /yr로 배출하고 있었다(표 5). 주거지역에서 가장 많은 배출량을 보이는 이유는 현재까지 도시가스 인프라의 구축이 아파트, 연립주택, 다세대 주택과 같은 공동주택을 중심으로 이루어져 있기 때문인 것으로 판단된다. 구 단위 토지이용을 살펴보면 전력과 마찬가지로 최근 고밀도 공동주택단지가 많이 개발된 수성구가 주거지역에서 가장 많이 배출하고 있었다. 동구와 북구에서도 다른 토지이용 보다 주거지역에서 배출되는 CO₂ 량이 가장 많았는데, 이는 동구의 안심지구·북구의 칠곡지구와 같은 대단위 주택단지가 입지해 있기 때문인 것으

로 파악된다. 서구의 경우는 공업지역에서 가장 많은 CO₂ 를 배출하고 있었는데, 이는 염색공단, 서대구 공단 등의 산업단지가 서구에 많이 입지해 있기 때문인 것으로 판단된다. 달성군도 지역내에 입지한 달성산업단지로 인해 공업지역에서 발생하는 CO₂ 배출량이 가장 많은 것으로 나타났다. 달성군의 경우는 공업지역에서 배출하는 CO₂ 배출량에 비해 주거지역에서 배출하는 CO₂ 배출량이 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 이는 농촌지역이 대부분인 달성군의 공간 특성상 도시가스 인프라가 구축된 주거단지가 많이 입지해 있지 않기 때문인 것으로 파악된다. 달서구의 경우는 전력

TABLE 5. 토지이용별 도시가스 부문 CO₂ 배출량(단위 : kgCO₂ /yr)

	토 지 이 용			
	주거지역	상업지역	공업지역	공공시설지역
중구	24,050,495	23,867,934	34,205	13,572,722
서구	52,658,296	12,647,645	153,942,738	10,520,889
남구	59,971,702	12,545,040	11,107	8,006,950
동구	116,736,585	19,065,768	1,838,684	10,667,498
북구	206,936,839	30,622,979	19,356,950	21,987,666
수성구	225,644,332	31,863,400	537,143	16,540,351
달서구	146,034,780	34,062,724	126,032,176	21,639,113
달성군	39,045,205	4,288,447	125,571,026	4,660,409
합 계	871,078,234	168,963,937	427,324,030	107,595,599

FIGURE 6. 도시가스 부문 CO₂ 배출 현황도

부문과 다르게 주거지역에서 배출되는 CO₂ 량이 공업지역에서 배출되는 CO₂ 량보다 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 도시가스의 경우 주거지역을 중심으로 공급이 이루어지고 있다는 것을 의미한다.

도시가스 사용량에 따른 CO₂ 배출분포현황도(그림 6)를 살펴보면 전력부문보다 CO₂ 를 배출하는 지면이 현저히 적은 것을 알 수 있다. 이는 도시가스의 경우 가스관 등의 인프라가 구축되지 않은 곳은 공급이 제한되기 때문인 것으로 파악된다. CO₂ 배출 현황도와 토지이용 현황도(그림 7)를 비교 분석해 보면 전력부문과는 약간 다른 양상을 보이는 것을 확인 할 수 있다. 전력부문의 경우 20,000kgCO₂ /yr 이상 되는 지역의 대부분이 공업지역인 반면, 도시가스부문에서는 주거지역이 차지하고 있었다. 특히 수성구와 달서구, 북구의 대단위 주택단지는 CO₂ 배출량이 상당히 많은 것으로 나타났다. 향후 개발이 이루어지는 지역을 중심으로 도시가스 인프라의 구축이 확충될 것으로 예상되며, 그럴 경우 도시가스 사용에 의한 CO₂ 배출량이 전

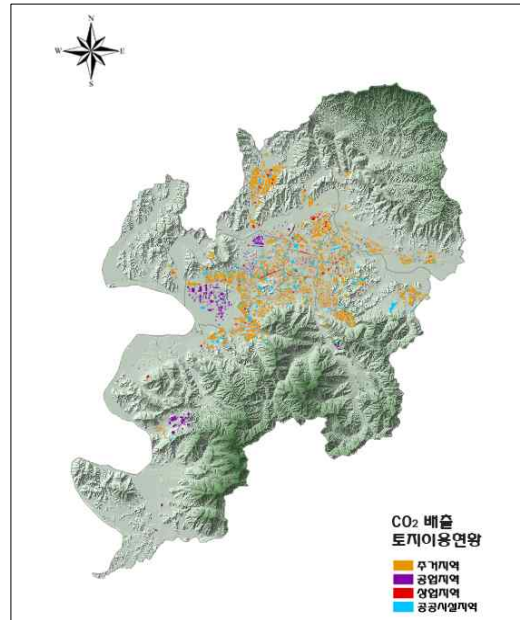


FIGURE 7. 도시가스부문 토지이용 현황도

력 사용에 의한 CO₂ 배출량 보다 더 많은 양의 CO₂ 를 배출할 것으로 예상된다.

3. 토지이용별 CO₂ 배출 원단위 추정

1) 전력 부문

먼저 전력부문의 토지이용별 CO₂ 량은 각 구마다 조금씩 차이는 있지만 주거지역이 대부분 가장 많이 배출하는 지역으로 나타났다. 하지만 토지이용별 면적당 배출량인 원단위를 추정해보면 주거지역의 경우 대부분 낮게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이는 주거지역이 차지하는 면적(표 6)이 다른 토지이용보다 훨씬 많아 원단위가 다른 토지이용 보다 낮게 나타나는 것으로 판단된다. 이처럼 토지이용별 CO₂ 배출 원단위는 각 토지이용마다 배출되는 CO₂ 량의 상대적 비교가 가능하여 향후 토지이용계획 수립 시 적극 활용할 수 있는 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다. 각 구마다 토지이용별 CO₂ 배출 원단위를 살펴보면 중구의 경우 상업지역이 123.9kgCO₂ / m² · yr, 공공시설지역이 62.9kgCO₂ / m² · yr

TABLE 6. 전력부문 토지이용별 면적

(단위 : m²)

	토 지 이 용			
	주거지역	상업지역	공업지역	공공시설지역
중구	1,402,478	1,295,525	114,414	511,094
서구	3,702,834	1,675,617	1,811,045	823,637
남구	3,861,660	1,103,072	15,690	787,973
동구	5,615,359	1,763,394	695,622	5,203,326
북구	7,322,608	2,890,331	2,924,202	2,038,077
수성구	7,564,428	2,129,848	201,900	2,219,289
달서구	8,426,593	3,222,517	5,260,872	2,857,522
달성군	3,339,272	2,147,083	4,077,514	5,265,614

TABLE 7. 전력부문 토지이용별 CO₂ 배출 원단위

(단위 : kgCO₂ / m² · yr)

	토 지 이 용			
	주거지역	상업지역	공업지역	공공시설지역
중구	33.1	123.9	30.6	62.9
서구	33.8	64.0	74.3	53.7
남구	27.9	69.9	19.6	28.2
동구	43.5	125.7	65.8	30.8
북구	35.0	80.7	78.1	23.3
수성구	57.2	143.0	58.0	51.3
달서구	39.1	93.8	116.0	22.1
달성군	21.8	30.1	119.1	7.8

으로 원단위가 높게 나타났다. 이는 중구의 지역 특성상 좁은 면적에 용적율이 높은 건물들이 밀집하고 있어 단위 면적당 CO₂ 배출량이 많은 것으로 판단된다. 동구와 수성구의 경우도 상업지역이 각각 125.7kgCO₂ / m² · yr, 143.0kgCO₂ / m² · yr 로 높게 나타났다. 공업지역에서 가장 높은 배출 원단위를 보인 지역은 달서구 116.0kgCO₂ / m² · yr, 달성군 119.1kgCO₂ / m² · yr 으로 나타났다(표 7). 이처럼 공업지역에서 배출되는 CO₂ 량이 많은 지역은 대부분 대규모의 산업단지가 입지해 있기 때문이므로, 향후 산업단지 조성 시 CO₂ 배출을 최대한 줄일 수 있는 방안을

마련하고 산업단지 내 일정비율 이상 흡수원을 확보하는 방안 등을 마련해야 할 것으로 판단된다.

2) 도시가스 부문

도시가스의 경우도 전력과 마찬가지로 토지이용별 총 CO₂ 배출량은 주거지역에서 가장 많이 배출하는 것으로 나타났지만, 토지이용별 CO₂ 배출 원단위에서는 낮은 수치를 보인다. 이도 주거지역의 면적(표 8)이 가장 넓기 때문인 것으로 판단되고, 특히 도시가스의 경우는 인프라의 구축이 주거지역을 위주로 이루어져 있기 때문인 것으로 판단된다. 상업지역의

TABLE 8. 도시가스 부문 토지이용별 면적

(단위 : m²)

	토 지 이 용			
	주거지역	상업지역	공업지역	공공시설지역
중구	504,067	330,257	555	385,681
서구	1,297,728	365,461	649,909	619,780
남구	1,529,643	258,088	465	593,414
동구	2,784,538	337,490	21,268	599,668
북구	4,919,788	843,701	186,466	1,516,876
수성구	4,767,232	676,624	8,745	1,503,086
달서구	6,323,274	780,377	1,695,107	1,892,813
달성군	1,264,078	151,672	977,571	428,803

TABLE 9. 도시가스 부문 토지이용별 CO₂ 배출 원단위

(단위 : kgCO₂ / m² · yr)

	토 지 이 용			
	주거지역	상업지역	공업지역	공공시설지역
중구	47.7	72.3	61.6	35.2
서구	40.6	34.6	236.9	17.0
남구	39.2	48.6	23.9	13.5
동구	41.9	56.5	86.5	17.8
북구	42.1	36.3	103.8	14.5
수성구	47.3	47.1	61.4	11.0
달서구	23.1	43.6	74.4	11.4
달성군	30.9	28.3	128.5	10.9

CO₂ 배출 원단위도 대부분 비슷한 양상을 보였지만, 상업업무시설이 집중되어 있는 중구가 72.3 kgCO₂ / m² · yr로 가장 큰 원단위를 보이고 있었다. 공업지역의 경우는 서구가 m² 당 무려 236.9 kgCO₂ / m² · yr 를 배출하고 있는 것으로 확인 되었다(표 9). 이는 도시가스 사용이 공업지역에 집중 되어 있다는 것을 나타내는 것이라 할 수 있다. 서구의 경우 우선 공업지역에서 사용되고 있는 도시가스에 대한 정확한 사용량 파악과 도시가스 사용량 저감을 위한 계획 수립이 시급하다고 할 수 있다. 달서구 공업지역의 경우는 도시가스 사용에 따른 총 CO₂ 배출량(125,571,026 kgCO₂ /yr)에 비해 원단위는 74.4 kgCO₂ /

m² · yr로 비교적 낮게 나타났다. 이는 달서구 공업지역이 차지하고 있는 면적에 비해선 CO₂ 배출량이 적다는 것과 공업지역 내 도시가스를 사용하는 사업장이 많지 않다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 도시가스 부문에서도 전력과 마찬가지로 대단위 산업단지가 입지해 있는 지역에서 공업지역의 원단위가 높게 산정되었다.

결 론

본 연구에서는 도시공간구조의 특성에 따라 분포되고 있는 이산화탄소 배출 규모를 살펴보고 향후 기후변화 대응 대책 수립에 적극

활용할 수 있는 자료를 제공하고자 대구광역시를 대상으로 지리정보시스템을 에너지 부문 탄소 배출 인벤토리 구축에 연동하여 활용하였다. 연구 결과를 요약해보면 다음과 같다.

첫째, 대구광역시 전력 부문의 총 CO₂ 배출량 중 가장 많이 배출하는 구는 달서구, 가장 적게 배출하는 구는 남구로 나타났다. 달서구의 경우는 대구시의 총 인구 중 가장 많은 인구가 거주하고 있으며, 대규모 산업단지인 성서공단과 성서·상인·용산·장기 지구와 같은 대단위 주택단지가 집중되어 있어 CO₂ 배출량이 많은 것으로 분석되었다. 남구의 경우는 중구보다 인구수도 많고 면적도 넓지만 배출되는 CO₂의 양은 적게 나타났는데, 이는 남구에 에너지를 많이 사용하는 공간특성을 가진 지역이 많이 없기 때문인 것으로 판단된다. 남구의 경우 에너지 사용이 집약적인 공동주택단지보다는 단독주택들이 많았으며, 공업지역이나 상업지역과 같은 에너지 다소비형 공간들이 많지 않기 때문인 것으로 파악되었다.

둘째, 도시가스의 경우는 전력부문보다 총 CO₂ 배출량이 적은 것으로 나타났으며, 가장 많이 배출하는 구는 달서구, 가장 적게 배출하는 구는 중구로 나타났다. 달서구의 경우는 전력부문과 마찬가지로 에너지를 많이 사용하는 공간구조로 구성되어있기 때문에 도시가스 부문에서도 많은 CO₂를 배출하는 것으로 파악되었다. 중구의 경우는 지역의 특성상 거주 인구보다는 유동인구가 많고 중심상업업무시설이 집중되어 있어 도시가스 다소비형 특성을 가진 공간구조인 주거·공업지역이 현저히 적기 때문인 것으로 파악되었다.

셋째, 토지이용별로 점유하고 있는 필지의 m²당 CO₂ 배출량인 원단위를 추정해 본 결과 각 구별 CO₂ 배출 특성을 파악할 수 있었다. 이처럼 토지이용별 CO₂ 배출 원단위는 각 토지이용마다 배출되는 CO₂량의 상대적 비교가 가능하여 향후 토지이용계획 수립 시 적극 활용할 수 있는 자료가 될 것으로 판단한다.

본 연구는 내용적으로 자료수집의 제한으로

전력과 도시가스 사용량에 대한 정보만 이용하여 CO₂ 배출량을 추정하였는데, 향후 CO₂ 배출원 뿐만 아니라 흡수원 까지 다양한 속성 정보의 구축과 공간정보의 정확성을 향상시킨다면 더욱 신뢰도가 높은 공간대응형 CO₂ 인벤토리 구축이 가능할 것을 판단된다. 끝으로 기후변화에 대응하기 위한 지방자치단체별 CO₂ 인벤토리구축사업이 확대될 것으로 예견되는바, 본 연구에서와 같은 공간대응형 인벤토리 구축방안이 저탄소를 위한 공간계획 수립 및 정책결정에 유용하게 기여할 수 있을 것으로 판단된다. **KAGIS**

참고문헌

- 국토연구원. 2008. 기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(I) -지역별 온실가스 인벤토리 구축 및 지역특성 분석-. 189-205.
- 대구광역시. 2010. 대구광역시 통계연보.
- 백태경, 김영훈, 최정미. 2004. 지적도와 건축물대장 연계를 통한 토지이용 DB구축에 관한 연구. 한국지리정보학회지 7(4):133-42.
- 어재훈, 김기태, 정길섭, 유환희. 2010. 저탄소 도시관리를 위한 탄소배출과 토지이용변화 분석 -진주시를 대상으로-. 한국지형공간정보학회지 18(1):129-134.
- 이상중, 임정균. 2007. 화력발전소 입출력 특성계수를 이용한 순시 발전출력 대비 CO₂ 대기배출량 계산. 한국조명·전기설비학회지. 21(5):120-125.
- 환경부·환경관리공단. 2008. 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인.
- CERC. 2006. EMIT : Atmospheric Emissions Inventory Toolkit, User Guide.

IPCC. 2007. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. (2).

Newzealand Government. 2010. Land Use and Carbon Analysis System(LUCAS): Satellite Imagery Interpretation Guide for Land-use classes. 