

도시공간 계획요소를 이용한 이산화탄소 배출량 산정 모델 개발 - 서울시를 사례로

Carbon Emission Model Development using Urban Planning Criteria - Focusing on the Case of Seoul

김 인 현* 오 규 식** 정 승 현***
In Hyun Kim Kyu Shik Oh Seung Hyun Jung

요약 도시공간은 온실가스배출의 주원인으로 온실가스 저감을 위해서는 도시적 차원의 대책이 무엇보다 필요하다. 본 연구는 도시공간을 조성하는데 있어서 활용할 수 있는 이산화탄소 배출량 산정 모델을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해, 첫째로 물리적 규모, 이용현황, 활동강도와 관련된 도시공간 계획요소를 이론고찰을 통해 선정하였다. 둘째, 전력, 도시가스, 지역난방, 석유, 상수도 사용량 자료에 기반한 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 셋째, 서울시를 사례연구대상지로 선정하고 도시공간 계획요소와 이산화탄소 배출량 간의 관계분석을 통해 도시공간의 이산화탄소 배출량 산정 모델을 개발하였다. 기후변화에 대응하기 위한 다양한 노력들이 도시공간에서 시도되고 있으나, 도시 전체의 탄소배출량과 같은 총량적 관점의 한계가 있었다. 그러나 본 연구의 도시공간 계획요소에 따른 이산화탄소 배출량 산정 모델은 탄소저감을 위한 도시차원에서의 해결방안으로 활용할 수 있는 국지적 범위에서의 보다 구체적인 모델을 제시할 수 있다는 점에서 기존 연구와의 차별된다.

키워드 : 이산화탄소 탄소량 산정 모델, 기후변화, 에너지 소비, 도시공간 계획요소

Abstract Urban space is the main contributor of greenhouse gas emissions, a primary cause of global warming. In order to reduce greenhouse gas emissions, planning at a city-level is necessary. The aim of this research is to develop a carbon emission model which can be used to create and manage urban spaces. In order to achieve this aim, the following methodologies were utilized. First, urban planning criteria related to population, landuse, and activity level were selected through theoretical speculation. Second, carbon dioxide emission was calculated based on electricity, gas energy, heating, petroleum, and water usages. Third, Seoul was selected as a case study city, and a carbon emission model was developed through a relational analysis between Seoul's urban planning criteria and carbon emissions. Thus far, various efforts have been made to respond to climate changes in urban spaces, but these have been limited to analyzing contributing factors in terms of their total amounts of carbon emissions in the entire city. However, the carbon emission model of this study is derived from urban planing criteria at a detailed scale. This sets our study apart from other studies by demonstrating a specific model in a local setting which can be utilized for lowering carbon emissions at a city level.

Keywords : Carbon Emission Model, Climate Change, Energy Consumption, Urban Planning Criteria

1. 서론

기후변화의 주원인은 화석연료 사용에 의한 온실가스 배출로 알려져 있다. 기후변화에 대응하기 위

한 방안으로 전 세계 각국에서는 친환경 신재생에너지의 공급 확대, 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)를 통한 온실가스 감축 유도, 이산화탄소 흡수원인 산림의 보존과 확대 등 다양한 대

* 한국공간정보통신 대표이사 ihkim@ksic.net

** 한양대학교 도시공학과 교수 ksoh@hanyang.ac.kr(교신저자)

*** 인천발전연구원 도시기반연구부 초빙연구위원 hapi2@naver.com

책을 마련하여 추진하고 있다. 또한 이 같은 대책을 효과적으로 수립하기 위해서는 온실가스 배출량에 대한 파악이 선행되어야 한다. 이와 관련하여 온실가스 배출 인벤토리의 작성과 온실가스 배출량 산정과 관련된 연구들[1, 3, 5, 13]이 수행된바 있으나 국가나 도시 전체의 총량적 분석에 초점을 두고 있으며 개발사업 단위에서 적용할 수 있는 모델 개발은 미흡하다.

반면 여러 선행연구[2, 4, 7, 12, 16, 17, 18, 19]를 통해 도시공간의 다양한 물리적 형태와 이용강도는 도시환경의 질적 수준과 높은 상관관계를 가지고 있음이 연구결과로 제시된바 있다. 그러나 이들 연구들은 대기질, 온도, 바람길 등에 대한 연구가 대부분이며, 이산화탄소 배출량에 대한 연구는 자료 구축의 한계로 인해 아직까지 미흡한 실정이다.

최근 저탄소 도시조성을 위한 다양한 노력 중 도시계획 및 설계차원에서의 탄소저감대책이 중요한 부분으로 인식되고 있으며, 최근에는 에너지 사용량을 기준으로 도시공간을 대상으로 이산화탄소 배출량을 산정한 선행연구[5]가 제시되기도 하였다.

따라서 본 연구에서는 도시공간 내에서 계획 및 설계를 통해 제시되는 개발안들의 탄소저감효과를 예측할 수 있는 모델의 개발을 목적으로 두고 있다. 이를 통해 도출되는 이산화탄소 배출량 산정 모델은 도시부문에서의 탄소저감을 위한 계획 및 설계차원에서의 지침과 도시관리방안으로 활용할 수 있을 것이다.

2. 선행 연구

온실가스 배출량 산정과 관련된 연구들은 주로 국가 또는 지역단위의 총량규모 산정에 중점을 두어왔다. [3]의 연구는 인벤토리 구축을 통해 1인당 이산화탄소 배출량과 지역특성인자 간의 상관성 분석을 수행하여 이산화탄소 저감정책에 활용하기 위한 정책방안을 제시하였다. [10]의 연구에서는 에너지사용량 정보를 이용한 기후·에너지지도를 작성하여 도시계획적 차원에서 적용할 수 있는 방안을 연구하였으며, [8]의 연구에서는 산업, 수송, 가계, 폐기물 부문의 이산화탄소 배출과 흡수 모형을 작성하고 사례 도시를 대상으로 정책시나리오별 이산화탄소 배출량과 저감율을 산정하였다.

[9]의 연구는 도시별 에너지원 소비양태를 바탕으

로 도시특성과의 관련성을 분석하였다. 이를 통해 도시 유형별 도시, 산업, 교통, 소득 등의 요인에 부합하는 현행 에너지정책을 제시하였다. [13]의 연구에서는 대구시를 대상으로 전력과 도시가스 사용량을 IPCC 가이드라인의 Tier 1에 대입하여 이산화탄소 배출량을 산정하는 연구를 수행하였다.

또한 본 연구의 선행연구인 [5]의 연구에서는 서울시의 전력, 도시가스, 지역난방, 상수도, 석유에 대한 각 사용량을 이용하여 이를 이산화탄소 배출량으로 산출하고 도시공간 계획요소와 상관성을 분석하여 녹지공간의 확충과 교통량 감소를 이산화탄소 저감을 위한 방안으로 제시하였다.

이 같은 연구들을 종합하면, 대부분의 관련연구에서는 이산화탄소 배출량과 관련된 요소로 에너지 사용량을 사용하고 있으며, 에너지 사용량 감축이 직접적으로 이산화탄소 배출량 감소로 이어진다는 논리 하에 연구를 진행하고 있다. 따라서 본 연구에서도 에너지 사용량을 이용하여 산출한 이산화탄소 배출량과 도시개발요소와의 관계분석을 통해 모델을 설정하였다.

3. 분석 방법

본 연구는 이산화탄소 배출량 산정, 도시공간 계획요소 자료 구축, 회귀분석을 통한 모델 도출의 세 단계를 거쳐 수행되었다. 구축되는 분석용 DB는 이산화탄소 배출량과 도시공간 계획요소이며, 이산화탄소 배출량은 1년간의 에너지 사용량에 근거하여 산정하였다. 도시공간 계획요소는 도시규모, 토지이용, 건축물, 지형 및 피복, 교통으로 구분된 지표를 격자로 구축하였다. 격자크기는 500m로 일반적인 블록의 한 번 길이에 해당하는 것으로 블록 내의 토지이용 유형이 유사한 점을 감안한다면 적정크기인 것으로 판단된다(그림 1).

구축된 자료를 이용하여 이산화탄소 배출량을 종속변수로, 도시공간 계획요소를 독립변수로 설정하여 회귀분석을 수행하여 도시공간의 계획요소가 이산화탄소 배출량 결정에 미치는 영향을 분석하고, 이를 토대로 이산화탄소 배출량 산정 모델을 제시하였다(그림 2).

3.1 이산화탄소 배출량 산정

본 연구에서는 에너지 사용량에 근거한 이산화탄

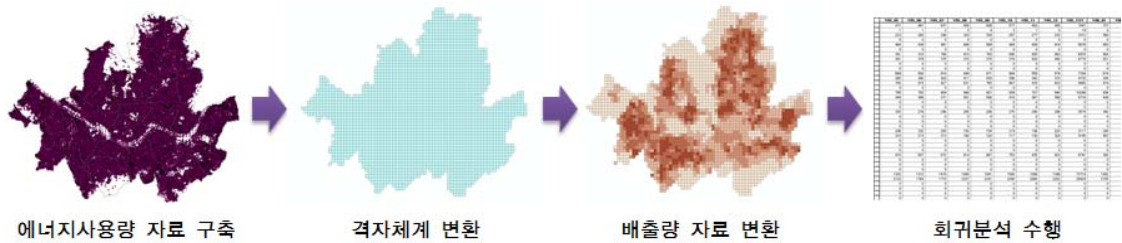


그림 1. 분석자료 구축과정

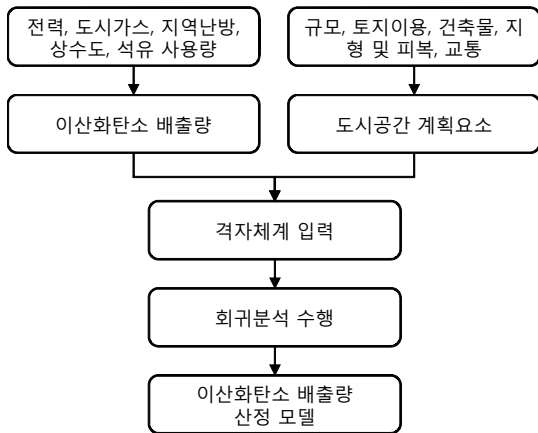


그림 2. 분석과정

소 배출량을 산정하였다. 우선 에너지원의 경우, 석유, 천연가스, 석탄, 원자력, 태양열, 수력, 지력 등으로 구성된 1차 에너지와 최종적으로 소비되는 전력, 도시가스, 석탄, 석유, 지역난방 등으로 구분할 수 있으며, 넓게는 수원을 이용한 상수공급도 포함할 수 있다. 본 연구에서는 최종 소비처의 에너지공급량을 기준으로 열량비율이 낮은 석탄¹⁾을 제외한 전력, 가스, 석유, 상수도, 지역난방에서의 에너지 사용량을 이용하여 분석하였다. 교통량의 경우, 차량에 주입되는 연료량이 이미 석유 부문(지역에 판매된 휘발유, 경유, LPG(Liquefied Petroleum Gas) 용량 등)에 포함이 되기 때문에 본 연구에서는 교통량에 의한 이산화탄소배출량은 별도로 산정하지 않았다.

이산화탄소 배출장소와 관련하여, 에너지는 도시 내에서 소비되지만 에너지 생산은 주로 도시외부의 발전소, 가스공급기지, 석유저장소, 정수장 등에서 생산되어 각 가정과 이용처로 전송 또는 운송된다.

이산화탄소는 석유, 석탄, 가스, 원자력 등의 자원을 이용한 에너지 생산과정 상에서 주로 배출된다. 즉 에너지 사용량에 의한 이산화탄소 발생은 해당 사용지점 뿐만 아니라 생산과정상의 모든 경로를 포함한 전 지구적인 차원에서 기여도로 인식할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 에너지 사용량에 의한 이산화탄소 배출은 배출장소와 관계없이 기후변화에 기여하는 원인 차원에서 접근하고자 한다.

에너지 소비량의 이산화탄소 배출량 변환에는 IPCC의 석유환산톤(TOE: Ton of Oil Equivalent)과 탄소배출계수(CEF: Carbon Emission Factor)를 이용하였다[13]. 그러나 에너지 생산시설별로 공정에 따라 효율이 다르기 때문에 가급적 에너지 생산자의 배출계수가 존재할 경우 이를 우선적으로 이용하였다.

3.2 도시공간 계획요소 변수자료 구축

본 연구에서는 선행연구를 종합하여 도시공간 계획요소를 인구규모, 토지이용, 건축물, 지형 및 피복, 교통의 5가지로 분류하고 (표 1)의 변수를 선정하였다.

도시공간 계획요소 중 규모는 기본적으로 인구수에서부터 출발한다. 인구수는 도시활동 규모를 결정짓는 기본적인 지표로 활용되며, 주택공급의 기본단위인 세대수로 환산할 수 있다. 또한 건축물은 도시공간의 물리적인 부분을 차지하는 요소로, 건폐율, 용적률 같은 해당 필지규모에 대한 상대적인 밀도지표와 절대적인 규모인 평균층수와 연면적으로 표현할 수 있다.

이러한 도시개발밀도에 의한 도시활동 강도는 해당 지역의 토지이용에 영향을 받게 된다. 토지이용은 기본적으로 주거지역, 상업·업무지역, 공업지역,

1) 2009년 서울시의 에너지공급비중에서 석탄이 차지하는 비율은 열량(TOE)으로 환산했을 시 전체 에너지공급량의 0.8%에 해당된다[15].

공공용도지역, 공원 및 녹지와 같은 제도적 구분과 토지피복 유형인 하천과 교통시설지를 추가할 수 있다. 이외에 지형 및 피복 항목으로 표고, 경사, 불투수면적이 있으며, 교통과 관련하여 자동차등록대수와 통행량을 추가할 수 있다.

표 1. 도시공간 계획요소 구축자료 목록

구분	변수명	단위
규모	인구밀도	인/ha
토지이용	주거지역 면적	m ²
	상업·업무지역 면적	m ²
	공업지역 면적	m ²
	공공용도지역 면적	m ²
	공원 및 녹지 면적	m ²
	하천 면적	m ²
	교통시설지 면적	m ²
건축물	연면적	m ²
	건폐율	%
	용적률	%
	평균층수	층
지형 및 피복	표고	m
	경사	도
	불투수면적률	%
교통	자동차등록대수	대
	통행량	통행

4. 분석 결과

4.1 연구 대상지 및 자료 구축

사례연구 대상지는 서울시로 선정하였다. 서울시는 국내에서 가장 높은 개발밀도를 지닌 도시로서 다양한 도시 활동과 도시유형을 지니기 때문에 본 연구의 목적에 가장 부합되는 대상지로 판단된다.

에너지 사용량의 경우 서울시 기후·에너지지도 [10]에서 구축된 자료(2006년 기준)를 이용하여 500m 격자자료에 입력하였다.

도시공간 계획요소들은 2006년 통계자료와 2005년에 재정비하여 구축된 서울시 도시생태현황도[6, 19]를 이용하였다. 2005년에 수정 보완된 서울시 도시생태현황도는 2005년과 2006년의 1년간의 토지이용변화가 크지 않다는 가정 하에 사용하였다. 개발밀도의 인구수 관련 변수는 2006년 행정동별 통계자료의 동별 인구수를 바탕으로 인구밀도를 구한 뒤

이를 500m 격자 자료에 입력하였다. 건폐율의 경우 도시생태현황도의 조사단위 블록별 건폐율을 입력하였으며, 용적률은 건폐율 자료에 평균층수를 적용하여 계산하여 격자 자료에 입력하였다. 토지이용, 건축물의 층수와 연면적, 지형의 경우, 도시생태현황도 상의 조사단위 블록별로 정보를 입력하였다. 교통량은 자동차 등록대수와 2006년 수도권 가구통행실태조사[11]의 통행량 자료를 입력하였다. 자동차 등록대수는 자치구별 자료를 사용하였고 통행량 자료는 구별로 하루 동안 발생하는 전체 통행량 자료를 입력하였다(그림 3-그림 13).

4.2 이산화탄소 배출량 산정

이산화탄소 배출량은 에너지 사용량 자료를 이용하여 각 격자별로 산정하였다. 전력의 경우, 한국전력에서 매년 공시하는 사용된 에너지원에 대한 이산화탄소 배출량을 이용하였다. 분석대상기간인 2006년의 전력사용량(MWh)에 대한 이산화탄소 배출량은 0.423톤이다. 도시가스 사용량에 대한 이산화탄소 배출량은 사용량에 도시가스(LNG)의 석유환산기준 순발열량(9550kcal)과 IPCC 탄소배출계수(0.637)를 이용하여 계산하였다. 지역난방의 경우 열원을 제공하는 곳의 생산설비에 따라 이산화탄소 배출량이 다르기 때문에 각각의 생산설비별로 배출계수를 다르게 적용하였다. 국토연구원[3]의 지역별 온실가스 인벤토리 구축자료에 의하면 2006년을 기준으로 발전량이 적은 남서울과 상암의 경우 1000Gcal 당 0.2톤으로 나타났으며, 강남의 경우 212.4톤, 강서 231.9톤, 노원은 226.4톤을 적용하였다. 상수도 이용의 경우, 취수, 송수 등의 과정에서 에너지 소비가 발생하게 된다. 상수는 이산화탄소 배출계수가 0.587kg CO₂/m³를 적용하여 이산화탄소 배출량을 산출하였다. 석유는 IPCC에서 제시한 석유환산톤 및 이산화탄소 배출계수를 유종별로 적용하여 계산하였다.

이렇게 구해진 전력, 도시가스, 지역난방, 상수도, 석유 이용에 따른 이산화탄소 배출량을 합산하여 전체 이산화탄소 배출량을 산출하였다(그림 14).

4.3 회귀분석

각 격자별 자료를 표준화 값으로 변환한 후 회귀분석을 수행하였다. 회귀분석은 다중공선성을 고려하여 단계별로 독립변수를 추가하는 Step-wise 방식을 사용하였다.

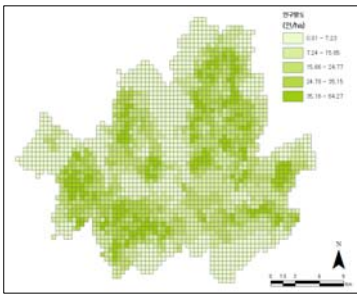


그림 3. 인구밀도

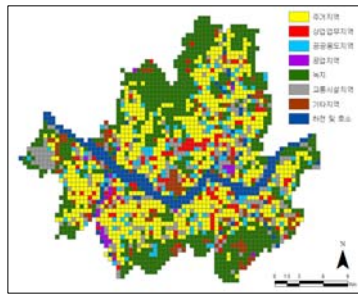


그림 4. 토지이용

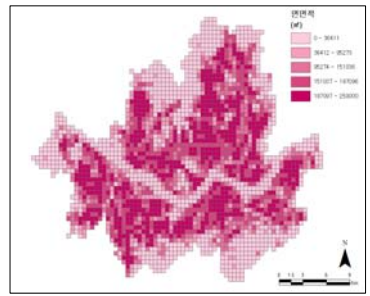


그림 5. 연면적

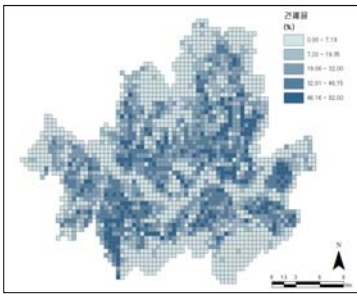


그림 6. 건폐율

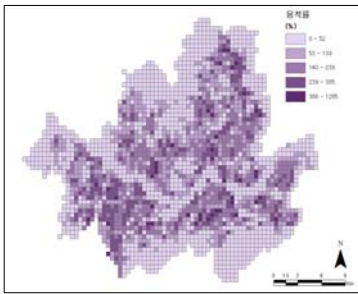


그림 7. 용적률

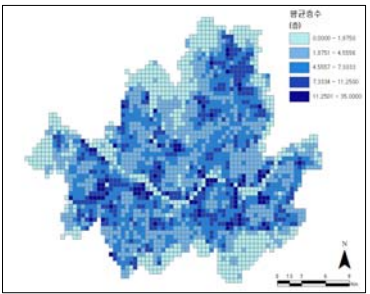


그림 8. 평균층수

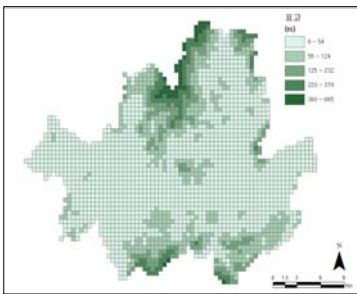


그림 9. 표고

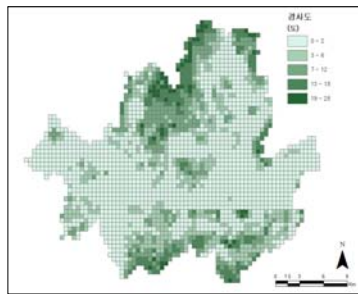


그림 10. 경사도

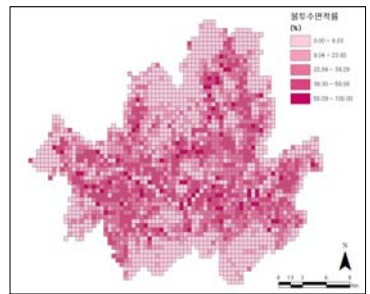


그림 11. 불투수면적률

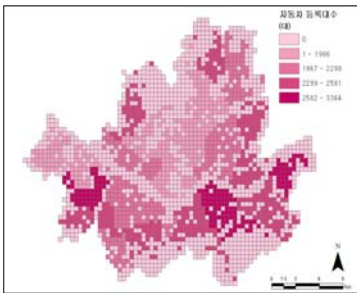


그림 12. 자동차 등록대수

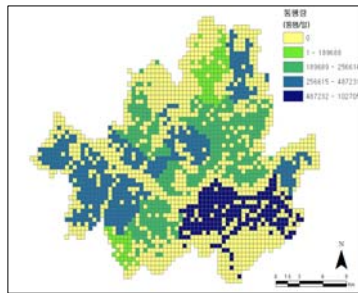


그림 13. 통행량

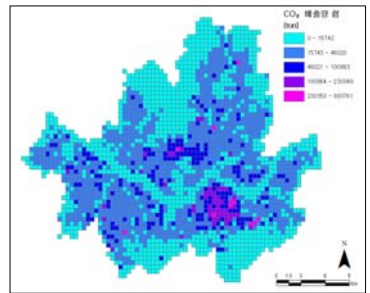


그림 14. 이산화탄소 총 배출량[12]

먼저 다중공선성 분석결과, 연면적의 분산팽창계수(VIF)가 10이상인 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 변수들 간의 다중공선성 분석 결과

구분		공선성통계량	
		공차	VIF
규모	인구밀도	.498	2.009
토지 이용	주거지역 면적	.471	2.121
	상업·업무 면적	.566	1.768
	공업 면적	.886	1.128
	공공용도 면적	.758	1.319
	공원 및 녹지 면적	.178	5.625
	하천 면적	.381	2.627
	교통시설지 면적	.229	4.367
건축 물	연면적	.099	10.060
	건폐율	.140	7.130
	용적률	.167	5.987
	평균층수	.383	2.608
지형 및 피복	표고	.286	3.502
	경사도	.244	4.095
	불투수면적율	.443	2.259
교통	자동차 등록대수	.168	5.957
	통행량 ²⁾	.188	5.326

회귀분석을 통해 최종적으로 도출된 식은 약35%의 설명을 보이고 있으며 분산분석 결과 유의확률이 .000으로서 유의미 한 모형임을 나타낸다(표 3).

표 3 회귀분석 결과(모형 요약)

adj R2	분산분석					유의 확률
	모형	제곱 합	자유 도	평균 제곱	F	
0.350	회귀 모형	859.810	8	107.476	165.412	.000
	잔차	1580.190	2432	.650		
	합계	2440.000	2440	-		

$$E_{co_2} = 0.261Vh + 0.222Cm + 0.318Fr - 0.258Cr + 0.182Fa - 0.064Rs + 0.083Rd - 0.054Pd$$

Vh: 자동차등록대수
Cm: 상업·업무지역 면적

Fr: 용적률
Cr: 건폐율
Fa: 연면적
Rs: 주거지역 면적
Rd: 교통시설지역 면적
Pd: 인구밀도

또한 다중공선성을 나타내는 전체적인 공차계수와 VIF계수를 확인한 결과, 설명변수의 허용치 중 가장 작은 값이 0.1이하인 경우 또는 VIF값이 10을 넘는 경우는 없는 것으로 나타났다(표 4). 따라서 다중공선성의 문제는 없는 것으로 판단하고 모형을 해석하였다.

도시공간 계획요소를 살펴보면 총 자동차등록대수, 상업·업무지역 면적, 용적률, 건폐율, 연면적, 주거지역 면적, 교통시설지역 면적, 인구밀도가 이산화탄소 배출량에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다. 회귀식에 의하면 건폐율, 주거지역 면적, 인구밀도가 음의 영향력을 보이고 있는데 이는 서울시 전체를 대상으로 분석하는 과정에서 상업·업무지역과 주거지역이 함께 분석에 이용되면서 상대적으로 상업·업무지역에 비해 이산화탄소 배출량에 대한 기여도가 낮게 분석된 것으로 판단된다. 건폐율의 경우 음의 관계를 보이고 있는데, 이는 일반적으로 건폐율이 낮은 지역이 반대로 용적률과 층수가 높은 특성이 반영된 것으로 판단할 수 있다. 상업·업무지역 면적은 주거지역 면적보다 영향력과 유의수준에서도 높게 나왔는데 이는 높은 용적률과 밀도를 보이는 지역특성이 반영된 것으로 이해할 수 있다. 또한 주거지역보다 상업·업무지역 면적이 이산화탄소 배출량에 대한 민감도가 훨씬 높은 것으로 해석할 수도 있다. 한편 공업, 공공용도는 서울시 전체면적에 비해 각각의 면적이 차지하는 비율이 매우 낮아 유의수준이 낮게 나타남으로써 본 모형에서 제외되었다. 그리고 일반적으로 이산화탄소 저감과 상당한 영향을 가진 것으로 알려진 공원 및 녹지 면적과 하천 면적 변수 또한 회귀식에서 제외되었는데, 이는 녹지지역의 경우 에너지사용량 자료가 구축되지 못한 서울 외곽지역에 주로 분포하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

2) 총 통행량은 직접적으로 CO₂를 배출하는 승용차, 버스, 기타(오토바이, 트럭)의 통행량을 합산한 것이다.

표 4. 회귀분석 결과(회귀 계수)

구분	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률	공선성 통계량	
	B	표준오차	베타			공차	VIF
(상수)	-2.352E-16	.016	-	.000	1.000	-	-
용적률	.318	.030	.318	10.433	.000	.286	3.490
자동차등록대수	.261	.023	.261	11.475	.000	.516	1.937
상업업무지역면적	.222	.021	.222	10.425	.000	.588	1.701
건폐율	-.258	.036	-.258	-7.121	.000	.202	4.947
연면적	.182	.043	.182	4.263	.000	.146	6.829
주거지역면적	-.064	.023	-.064	-2.837	.005	.521	1.921
교통시설지역면적	.083	.030	.083	2.721	.007	.288	3.477
인구밀도	-.054	.022	-.054	-2.405	.016	.536	1.866

5. 결론

기후변화를 완화하기 위해 온실가스 배출을 저감하기 위한 노력이 전 세계적으로 진행되고 있다. 온실가스 배출의 주 원인지역이 도시임을 감안하면, 도시공간을 대상으로 한 온실가스 배출 모형의 개발은 반드시 필요한 연구라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 도시개발에 의한 온실가스배출 강도를 예측할 수 있는 이산화탄소 배출량 산정 모델을 개발하였다.

본 연구를 통해 구축된 이산화탄소 배출량 산정모델에 의하면, 주거지역에서보다 상업·업무지역에서의 이산화탄소 배출이 높게 나타났다. 이와 관련하여 자동차 등록대수, 상업·업무지역 면적, 용적률, 연면적과 같은 상업·업무지역에서 일반적으로 높게 나타나는 변수들이 양의 값으로 나타났다. 이와는 반대로, 주거지역 면적, 인구밀도, 건폐율과 같은 주거지역의 특성을 반영하는 변수들은 음의 영향력을 보이는 것으로 나타났다.

본 연구는 일부 에너지로 분석 대상을 한정하였다는 점, 자료수집의 한계로 특정기간의 자료를 이용하여 모델을 구축하였다는 점, 대상지를 특정 지역인 서울시로 한정한 점 등의 한계로 연구의 완벽성을 기하지는 못했다. 그러나 자료구축의 한계를 극복하여 이와 같은 연구방법론을 각 도시마다 적용할 수 있다면, 더욱 일반화된 모형으로 확장하는 것도 가능할 것이다.

또한 고밀화된 서울시를 사례로 한 분석 결과는 향후 유사한 형태로 개발될 도시공간에 대한 적용가능성을 높일 수 있으며, 국지적 공간에 대한 도시공

간 계획요소에 중점을 둔 본 연구의 특성은 향후 도시공간 조성시 이산화탄소 배출량 저감을 위한 대책 마련에도 활용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] IPCC, 2007, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. (2), IPCC.

[2] M. K. Svensson and I. Eliasson, 2002, "Diurnal Air Temperature in Built-up Areas in Relation to Urban Planning", Landscape and Urban Planning, vol. 61, no. 1, pp. 37-54.

[3] 국토연구원, 2009, "기후변화에 대비한 지속가능한 국토관리 전략(1): 지역별 온실가스 인벤토리 구축 및 지역특성 분석".

[4] 권영아, 2002, "서울의 도심 녹지가 주변 기온에 미치는 영향", 건국대학교 박사학위논문.

[5] 김인현, 오규식, 정승현, 2011, "도시폐턴과 탄소 배출량의 관계 분석", 한국공간정보학회지, 제19호, 제1호, pp. 61-72.

[6] 김윤중, 조용현, 김경민, 2000, "자연환경관리 GIS를 이용한 서울시 생태·자연도 작성 연구", 한국GIS학회지, 제8권, 제1호, pp. 51-67.

[7] 김재욱, 이동근, 오규식, 성현찬, 2003, "하천 및 녹지와 온도의 관계에 대한 기초적 연구", 한국환경복원녹화기술학회지, 제6권, 제3호, pp. 79-85.

[8] 김홍배, 김재구, 2010, "도시 내 탄소발생량 산정과 저탄소도시 개발의 핵심부문에 관한 연구", 국토계획, 제45권, 제1호, pp. 35-48.

[9] 남궁근, 최병선, 원미연. 2010 "에너지 소비특성에

- 따른 도시유형별 정책방향 연구”, 국토계획, 제45권, 제1호, pp. 237-250.
- [10] 서울시정개발연구원, 2008, “서울시 기후·에너지 지도 제작 (2차년도)”, 서울특별시.
- [11] 수도권교통본부, 서울시정개발연구원, 인천발전연구원, 경기개발연구원, 2007, “2006 수도권 가구 통행실태조사”, 수도권교통본부, 서울특별시, 인천광역시, 경기도.
- [12] 엄향희, 1997, “서울의 상대습도 변화에 나타난 도시 효과”, 한국기상학회지, 제33권, 제1호, pp. 127-135.
- [13] 오상학, 김대욱, 류지원, 차재규, 정우호, 2011, “지리정보시스템을 활용한 CO2인벤토리 구축 방법에 관한 연구”, 한국지리정보학회지 제14권, 제2호, pp. 40-52.
- [14] 에너지관리공단, 2009, “2009 에너지·기후변화 편람”, 에너지관리공단.
- [15] 에너지경제연구원, 2010. “2009 에너지통계연보”, 에너지경제연구원.
- [16] 오규식, 홍재주, 2006, “도시공간 구성요소와 도시 열섬현상의 관련성 연구”, 도시설계, 제6권, 제1호, pp. 47-63.
- [17] 윤용환, 2001, “녹지에 의한 열섬현상의 저감효과에 관한 연구”, 국토계획, 제36권, 제2호, pp. 187-196.
- [18] 조용현, 신수영, 2002, “도시림의 여름 대기온도 저감효과”, 한국조경학회지, 제30권, 제4호, pp. 28-36.
- [19] 황지욱, 김소정, 2003, “도시열섬현상의 주거 형태별 비교분석”, 국토계획, 제38권, 제7호, pp. 235-244.



김 인 현

1993년 대구대학교 조경학과 학사
1995년 한양대학교 환경대학원 지역정보체계(GIS)학과 석사
2011년 한양대학교 대학원 공학박사
2009년~현재 한국공간정보학회 감사
1998년~현재 (주)한국공간정보통신 대표이사
관심분야는 도시계획, 저탄소 도시, 도시정보시스템, SNS



오 규 식

1991년 미국 U.C., Berkeley 대학교 환경계획학 박사
1999년~현재 Landscape & Urban Planning 편집위원
2000년~현재 한국조경학회 이사
2001년~현재 한국도시설계학회 이사
2010년~현재 한국공간정보학회 이사
1993년~현재 한양대학교 공과대학 도시공학과 교수
관심분야는 도시계획, 환경계획, Ubiquitous-Eco City



정 승 현

2002년 한양대학교 도시공학과 학사
2004년 한양대학교 대학원 공학석사
2009년 한양대학교 대학원 공학박사
2011년~현재 인천발전연구원 도시기반연구부 초빙연구위원
관심분야는 도시계획, 환경계획, 도시모델

논문접수 : 2011.10.10

수정일 : 2011.12.19

심사완료 : 2011.12.21