

GIS를 이용한 도시기후지도 제작방안 연구

A Study on the Urban Climate Mapping Method Using GIS

최병길¹⁾ · 조태인²⁾ · 나영우³⁾ · 이광원⁴⁾

Choi, Byoung Gil · Cho, Tae In · Na, Young Woo · Lee, Kwang Won

Abstract

The objective of this study is to investigate the method to produce urban climate map so as to cope with climate change and efficiently control greenhouse gas in the city by using GIS. To produce urban climate map by using GIS, statistical data and spatial data of greenhouse gases related to climate change were collected and analyzed and the correlation between the type of urban climatop and urban climate change was analyzed by establishing GIS framework data construction method to prepare urban climate map and preparing and analyzing urban climate map related to the demonstration area. It was found that exact greenhouse gases emission quantity and absorption quantity can be calculated for each type of urban climatop by preparing urban climate map and the temperature is high in residential area, commercial area and industrial area and the emission quantity per unit area is high in the traffic area and industrial area. It seems that the influence of climate change can be presented for urban development by suggesting urban climate change for type of urban climatop and they can be utilized to save energy in urban area and to establish greenhouse gases reducing policy.

Keywords : urban climate map, climate change, greenhouse gases, GIS

초 록

이 연구의 목적은 GIS를 이용하여 기후변화에 대응하고 도시의 온실가스를 효율적으로 관리하기 위한 도시지역의 기후지도 제작방안에 대하여 연구하는데 있다. GIS를 이용한 도시기후지도 제작을 위하여 기후변화와 관련된 온실가스 통계자료와 공간자료를 수집 및 분석하고, 도시기후지도 제작 방안 정립, 도시기후지도 작성을 위한 GIS 프레임워크 데이터 구축방안 수립, 시범지역에 대한 도시기후지도 작성 및 분석 등을 통하여 도시기후톱 유형과 도시 기후변화와의 상관관계를 분석하였다. 도시기후지도 작성을 통해 도시기후톱 유형별로 정확한 온실가스 배출량 및 흡수량을 산정할 수 있음을 알 수 있었으며, 가정지역, 상업지역, 산업지역에서의 기온이 높은 것을 알 수 있었으며, 교통지역과 산업지역에서 단위면적당 배출량이 높은 것을 알 수 있다. 도시기후톱 유형별 도시기후 변화를 제시함으로써 도시개발에 따른 기후변화 영향을 제시하고, 기후변화 대응 및 적응을 위한 도시지역의 에너지 절감 및 온실가스 저감 정책 수립에 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어: 도시기후지도, 기후변화, 온실가스, 지형정보시스템

1. 서 론

1.1 연구 목적 및 배경

이 연구의 목적은 GIS를 이용하여 기후변화에 대응하

고 도시의 온실가스를 효율적으로 관리하기 위한 도시지역의 기후지도 제작방안에 대하여 연구하는데 있다. 현재 우리나라의 대도시에서는 도시의 허파와 같은 기능을 하는 도시 내 · 외곽의 나대지, 초지, 녹지 등을 택지로 전용

되어, 무분별한 도시화가 진전되고 있고, 많은 에너지의

1) 정희원 · 인천대학교 도시과학대학 도시환경공학부 교수(E-mail : bgchoi@incheon.ac.kr)

2) 정희원 · 인천대학교 일반대학원 토목환경공학과 박사과정(E-mail : suda1211@korea.kr)

3) 교신저자 · 정희원 · 인천대학교 공과대학 공학기술연구소 연구교수(E-mail : survey@incheon.ac.kr)

4) 인천대학교 일반대학원 토목환경공학과 박사과정(E-mail: yuwon88@hanmail.net)

소비와 급증한 차량들로부터 발생된 오염물질들은 도심지에 정체·누적되어 그 결과 도시의 지형, 복사열수치, 풍향, 풍속 등의 요소들을 자연생태계와는 다르게 왜곡시켜 대기순환 메커니즘에 큰 변화를 가져오게 했다. 이렇게 도시의 고밀도 개발과 인구의 집중 및 도시 재개발 또는 신도시 개발은 차고 신선한 공기를 생성하는 도시 내의 유희녹지 및 토지의 감소로 이어져, 신선한 공기의 생성과 유입 및 대기순환을 방해하고, 결과적으로 대기오염물질이 자연적으로 해소되지 못하고 정체되어 대기환경의 질을 악화시키고 기온을 상승시키는 악순환이 발생되고 있다.

그동안 기후변화의 문제는 국제적, 국가차원의 문제로만 여겨져 왔으며, 도쿄의정서에 의한 의무감축에 대한 불확실한 전망과 구체적인 감축목표 없이 상징적 의미에서의 목표수립 및 대응 대책이 추진되어 효과성에도 의문이 제기되어 왔으며, 기후변화에 따른 영향과 피해가 전세계적으로 가시화 되고 있으며 이에 따른 UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change; 유엔기후변화협약)에 의한 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 기후변화에 관한 정부간 협의체) 등 국제기구의 대응 움직임이 저탄소 경제로의 패러다임을 요구하고 있다. 우리나라의 경우 2008년에 국가차원의 기후변화 대응을 위한 기후변화대응종합기본계획이 수립되었으며, 2010년에는 온실가스 저감 및 지속가능 발전을 위한 녹색성장기본법이 발효 되었다. 따라서 도시기후 변화에 가장 큰 영향을 미치는 온실가스를 합리적이고 체계적으로 관리하며 기후변화에 과학적 근거를 제시하기 위한 기후지도의 작성방안에 대하여 연구 할 필요가 있다.

1.2 연구동향

국내에서는 GIS를 이용한 도시기후지도 제작과 관련된 연구과제와 논문이 발표되고 있으나 기온, 풍속 등 기후에 관한 지도제작 수준에 머무르고 있다. 송영배(2002)의 도시기후지도의 작성·상계 4등을 중심으로, 고성석 외 2인(2001)의 도시기후지도를 이용한 도시설계기법에 관한 연구, 송영배(2002)의 기후지도제작 및 도시환경계획에의 적용에 관한 연구 등에서는 온도, 습도, 토양이용형태 등에 의한 기후지도 제작 방법론에 대하여 연구되었으나 기후지도를 온실가스 저감 및 기후변화 대응을 고려한 연구는 미미한 실정이다.

국외의 경우 BRBS(1976) 독일 프랑크푸르트 지역의 대기순환에 의한 대기오염 물질의 자연정화에 관한 연구

에서는 도시주변지역의 산림녹지에서 형성된 차고 신선한 공기는 대기의 지역적 순환에 의해 대기오염이 심한 도시지역으로 운반되어 대기환경의 질 개선 및 대기오염 물질의 자연정화 메커니즘에 관한하여 연구하였으며, 독일 슈투트가르트 시(2000) 도시기후를 고려한 슈투트가르트 시 중앙역사 재개발 연구에서는 도시기후를 고려한 건축 재개발 계획과 신선한 공기의 생성과 이동 및 유입경로 확보를 통해 도심지내 대기오염 물질을 해소시키기 위한 방안을 제시하였다. 독일 연방정부, 주정부, 기상청, 대학연구기관 등은 도시기후학과 컴퓨터 모델링에 근거한 방법론을 구축하고, 도시와 지역 간의 대기오염물질의 이동과 확산, 도시외곽의 녹지와 초지에서 생성된 신선한 공기의 도심지 유입에 대한 연구를 수행하여 왔고, 독일의 슈투트가르트 시는 도시기후학 이론을 바탕으로 중앙역사 지역의 재개발 프로젝트를 수행하고 있고, 이를 통해 도심지내 대기오염물질 해소를 위해 도심내 대기의 순환과 신선한 공기의 유입통로를 설계해 줌으로서 대기환경 개선에 크게 기여했다. 이와 같은 연구 및 실제적용 사례는 기존의 대기오염물질 제거를 위해 환경공학적인 측면에서의 접근과 배출억제를 위한 법적·정책적 규제에 근거한 접근에서 탈피하여, 도시환경의 질, 특히 대기환경을 개선하는데 친환경적이고 도시생태학에 근거한 지속가능한 새로운 대안임을 증명하고 있다.

1.3 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 GIS를 이용한 도시기후지도 제작을 위하여 기후변화와 관련된 온실가스 통계자료와 지형공간 자료를 수집 및 분석, 도시기후지도 제작 방안 정립, 도시기후지도 제작을 위한 GIS 프레임워크데이터 구축방안 수립, 시범지역에 대한 도시기후지도 작성 및 분석을 통하여 도시기후변화와의 상관관계를 분석하고자 한다.

기후변화에 대응하기 위한 기후변화 협약 및 국제사회 및 국내의 대응방향과 기존 기후지도 작성현황에 대하여 조사 분석하고 도시기후변화와 관련된 온실가스의 통계 자료를 토지이용상태별로 분석하여 토지이용상태별 온실가스 평균배출량을 산정한다. 또한 도시기후지도 제작을 위해 수치지형도, 환경GIS DB, 통계분석자료를 이용하여 GIS 프레임워크 데이터를 구축한다. 토지이용자료와 기상관측자료, 대기오염간의 상관관계를 분석하기 위해 대상을 선정, 자료수집 및 분석을 위한 표준을 마련한다. 자연·인문사회 환경조사 및 GIS 데이터베이스를 구축한

다. 도시기후에 영향을 주는 자연환경 및 인문사회 자료를 수집하고, 이를 환경 GIS 데이터베이스로 구축해 분석 자료로 활용한다.

도시기후지도 작성 방법으로는 도시기후지도가 갖춰야 할 요소들을 프레임워크 데이터로 정의하고, 수집된 지형 및 토지피복 자료 등을 바탕으로 공간보간법 적용 및 영향권분석 등 GIS 공간분석기법을 활용하여 GIS 데이터베이스로 구축한다. 작성된 도시기후지도는 기상관측 및 온실가스 배출량 통계자료 등을 종합하여 온실가스 저감을 위한 정책적 방향 등을 제시하고 기후변화에 대응하는 도시개발 계획에 과학적 근거자료로 제시하고자 한다.

2. 도시기후지도 제작 방안 수립

2.1 도시기후의 특성 분석

도시가 발달해 감에 따라 열용량과 열전도율이 높은 도시 구조물이 증가하고 화석연료 사용으로 인한 온실효과 등이 발생하게 된다. 따라서 도시에서는 교외보다 높은 기온이 발생한다. 특히 도시기후는 열섬현상, 낮은 습도, 강수량 증가, 적은 일사량 등과 같이 소구역에서의 기후 특성을 보일 수 있다. 이러한 도시기후의 특성을 기후톱 (climatop)이라 할 수 있다. 기후톱이란 기후를 의미 하는 "klima" (climate)와 최소공단 단위를 의미하는 "top" 의 합성어로서, 도시지역에서 기상요소에 인위적인 간섭과 조작 등으로 유발되는 기후변화를 지형과 연관성을 제시하기 위해 만들어진 개념이다.

기존 연구에서는 기후톱을 동일한 지형적 특성을 갖으며, 이 공간 내에서는 대기와 지표면간의 물리적인 상호교환과정이 동일하게 진행되어 전체적인 기후체계에 동일한 영향을 미치게 되는 가장 작은 기상학적 공간단위라고 정의하고 있다. 이는 기상학적인 요소와 기후변화의 요인들을 도시계획이나 환경계획 등 공간을 다루는 분야에 계획요소로 도입하여 적용시키기에 적당한 개념으로 활용되고 있다.

도시지역의 기후톱 유형은 일반적으로 다음 표 1과 같이 촌락, 도시외곽, 도시, 도심, 상업지 및 준공업지 기후톱 등으로 분류된다.

표 1. 도시지역 기후톱유형별 특성

기후톱 유형	기후톱 특성
촌락	<ul style="list-style-type: none"> • 주거지역 내에 비교적 많은 녹지가 형성되어 있음 • 저층형 · 개방형 건물 배열구조의 주거지역 • 건물군에 의해 풍속이 크게 감소함 • 도시지역에 비해 지표면 포장율은 낮으며, 녹지비율은 높음
도시외곽	<ul style="list-style-type: none"> • 주거지역내 주택이 밀집, 중간정도 개방된 주택구조, 부분적으로 완전히 닫혀진 블록형 주택 배열 형태 • 녹지와 식물이 차지하는 비율이 낮음 • 일교차가 큼 • 주간 평균기온은 촌락지역보다 높으며, 야간의 기온은 촌락지역과 유사함
도시	<ul style="list-style-type: none"> • 대열형 주택배치의 일반주거지역 • APT와 단층형 주택이 혼합된 지역 • 5층 이상의 주택이 완전히 닫혀진 블록구조를 갖는 지역 • 건물의 용적율/건폐율에 따른 공기 및 지표면 온도가 상승함 • 일일 평균기온이 도시외곽지역 보다 매우 높게 나타나며, 열섬현상 발생 • 건축물이 갖는 열함유력과 열에 대한 반응이 큼 • 건축물에 의한 대류현상의 제약과 에너지의 집중적 소비에 따른 기온상승
도심	<ul style="list-style-type: none"> • 도시 중심 및 중심상업지역(CBD) • 불투수 포장율이 높으며, 녹지공간이 거의 없음 • 기온은 도시평균 보다 2~3℃ 높음 • 고층건물에 의한 바람장 변화와 교란이 심하게 발생함 • 지표면에서는 소용돌이와 거센바람이 형성됨 • 강함 열섬효과와 낮은 습도
상업지 및 준공업지	<ul style="list-style-type: none"> • 큰 면적의 상업지역과 준공업 지역 • 저층형 대형 건물과 구조물이 위치함 • 도시지역에서 가장 높은 기온 분포 • 녹지가 거의 없으며, 바람장 교란됨 • 공기순환이 어려우며, 고농도 대기 오염이 발생함 • 지표면 포장으로 모든 기상요인들이 가장 크게 나타남(주간) • 대규모의 대류현상에 의한 공기순환 발생가능(열적난류) • 공장의 높은 굴뚝으로 대기오염이 주변지역에 광범위하게 확산됨

표 2. 도시지역의 기후톱 분류기준

기후톱	분류기준	
	토지이용 유형	비오톱 유형
촌락	• 촌락, 주택지(농촌형 취락지)	• 전통취락지; 시설물경작지
도시 외곽	• 단독주택지, 공동주택지 ^a , 공공용도지(교육 시설, 행정기관, 병원/요양기관, 연구기관, 대규모 운동시설)	• 단독주택지; 4층이하 • 공동주택지; 도시기반 시설
도시	• 공동주택지 ^b , 혼합지 ^c	• 5층이상 공동주택지; • 혼합지; 5층이하 상업/업무지
도심	• 공동주택지(11층이상); • 상업·업무시설지(상업용건물이 70%미만)	• 11층이상 공동주택지; • 6층이상 상업업무지; • 혼합지
상업지 및 준공업지	• 상업·업무시설지(상업용건물이 70% 이상), 공업지	• 11층이상 상업업무지; • 공업지

a: 4층 이하의 공동주택지, b: 5~10층의 공동주택지, c: 주거용 건물과 상업용 건물이 각 30% 이상인 지역

도시지역의 기후톱을 분류하기 위해서 다음 표 2와 같이 토지이용 유형과 비오톱 유형으로 기후톱을 분류하고 있다.

2.2 도시지역의 온실가스 배출 특성 분석

국립환경과학원의 온실가스 및 대기오염물질통합관리 시스템(GHG-CAPSS)자료에 의하면 2006년도 우리나라 총 온실가스 배출량은 표 3에서와 같이 약 588,011천톤이 발생되고 있는 것으로 나타나고 있다. 특히 지역별 배출량을 살펴보면 표 3과 같이 서울, 인천 등 대도시의 경우 수송, 가정, 상업·공공 부문에서의 배출이 높은 것으로 나타나고 있다.

2.3 도시기후톱 유형 분류체계 정립

기후변화 대응을 위한 도시기후지도 제작을 위해서 도시기후톱의 유형별 분류체계를 토지피복유형을 기본으로 하여 환경부에서 제시하고 있는 온실가스 인벤토리와 기후톱의 분류기준을 비교 분석하여 도시기후톱 유형을 표 4와 같이 정립하였다. 또한 도시기후톱 유형별 온실가스 배출량은 다음 식에 의해서 산정될 수 있다.

표 3. 지자체별 온실가스 배출량(2006년)

(단위 : 천 tCO₂eq)

	합 계	부문별 배출량						
		산업	수송	가정	상업공공	농업	폐기물	기타
경기	87,342	28,493	20,557	15,972	15,699	1,949	3,484	1,188
전남	73,067	57,282	5,037	2,610	2,182	2,481	695	2,780
경북	64,814	45,144	6,341	5,082	3,549	2,130	1,541	1,027
울산	54,274	42,280	7,217	1,451	2,179	113	540	494
서울	52,450	4,004	13,051	14,622	18,667	9	1,918	179
강원	39,681	28,360	3,522	3,500	2,657	779	483	380
충남	38,288	21,575	5,218	3,883	2,900	2,302	997	1,413
경남	32,210	11,881	7,284	4,579	4,331	1,484	1,458	1,193
인천	30,741	15,775	6,678	3,655	3,434	174	871	154
충북	29,496	18,103	4,068	3,351	1,961	840	797	376
부산	26,095	5,706	9,510	4,201	5,064	61	827	726
전북	20,926	7,695	4,177	3,255	2,435	1,810	412	1,142
대구	16,374	4,712	4,104	3,371	3,542	96	498	51
대전	9,762	1,835	2,403	2,177	2,840	33	423	51
광주	7,854	1,427	2,177	1,882	1,903	85	311	69
제주	4,637	195	1,911	619	966	170	103	673
전국	588,011	294,467	103,255	74,209	74,309	14,516	15,358	11,897

$$\text{도시기후톱 유형별 단위면적당 배출량} = \frac{\text{인벤토리별 배출량}}{\text{도시기후톱 유형별 면적}} \quad (1)$$

위 식에서 산정된 도시기후톱 유형별 단위면적당 온실가스 배출량은 도시기후톱 유형에 따른 평균배출량으로 기존의 행정구역 단위의 통계방법에 비해 도시기후의 특성을 나타내는 최소단위인 도시기후톱의 유형별 평균 배출량 및 흡수량이 산정되어, 최종적으로는 대상지역의 전체에 대한 온실가스의 공간분포를 정확히 산정 할 수 있을 것으로 판단된다.

표 4. 도시기후톱 유형 분류체계(안)

토지피목지도	온실가스 인벤토리	도시기후톱 유형
주거지역	가정	가정지역
공업지역	산업	산업지역
상업지역	상업공공	상업지역
위락시설지역	상업	상업지역
교통지역	수송	교통지역
공공시설지역	상업공공	공공지역
논	농업	농업지역
밭	농업	농업지역
하우스재배지	농업	농업지역
과수원	농업	농업지역
기타재배지	농업	농업지역
활엽수림	흡수원	흡수지역
침엽수림	흡수원	흡수지역
혼효림	흡수원	흡수지역
자연초지	흡수원	흡수지역
골프장	기타	기타
기타초지	흡수원	흡수지역
내륙습지	흡수원	흡수지역
연안습지	흡수원	흡수지역
채광지역	기타	기타
기타나지	기타	기타

따라서 도시지역의 대표도시인 서울지역의 토지피복상태에 따른 온실가스 배출량을 2006년 GHG-CAPSS 자료를 이용하여 산정해 보면 다음 표 5와 같이 산업지역과 교통지역에서 단위면적당 배출량이 높은 것을 알 수 있다.

표 5. 도시기후톱 유형별 온실가스 배출량

도시기후톱 유형	면적(km ²)	단위면적당 배출량(천 tCO ₂ e)
가정지역	228	64
공공지역	53	203
교통지역	34	385
기타지역	18	116
농업지역	32	0.3
산업지역	9	451
상업지역	39	203
흡수지역	178	-10

2.4 도시기후톱 유형별 취약성 평가 방안

기후변화와 도시기후의 상관관계 및 취약성 평가를 위해서는 도시기후톱 유형별 취약성을 평가하여야 한다. 환경정책·평가연구원에서는 다음 표 6과 같이 기후변화의 취약성 평가를 위한 취약성 지표 중에서 기후노출에 관한 변수와 관계를 정의하고 있다. 따라서 평균기온, 평균강수량 등을 고려하여 기후톱 유형별 기후노출의 위험도를 기준으로 등급화 하여 기후변화 취약성 평가를 위한 지표로 제시할 필요가 있다.

표 6. 취약성 지표 및 기후변화와의 관계

지표	대리변수	기후변화와의 관계
호우	일강수량이 80mm 이상인 날 평균	일수 ↑ 기후노출 ↑
	일강수량이 80mm 이상인 날의 최고값	일수 ↑ 기후노출 ↑
	1일 동안의 최대강수량(mm)	강수량 ↑ 기후노출 ↑
가뭄	연속적인 무강우 일수의 최대값(일)	일수 ↑ 기후노출 ↑
후서	일최고기온이 33℃ 이상 일 날의 횟수(평균)	일수 ↑ 기후노출 ↑
	일최고기온이 33℃ 이상 일 날의 횟수(최고값)	일수 ↑ 기후노출 ↑
	일최고기온이 25℃ 이상 일 날의 횟수(평균)	일수 ↑ 기후노출 ↑
	일최고기온이 25℃ 이상 일 날의 횟수(최고값)	일수 ↑ 기후노출 ↑

2.5 도시기후지도 제작을 위한 GIS 프레임워크 데이터 구축 방안

프레임워크 데이터의 사전적 의미는 여러 지리정보에서 공통적으로 사용되거나 여러 지리정보를 통합하기 위해 위치적 혹은 내용적 기준체계를 제공하는 지리정보를 의미한다. 즉, 도시기후지도 제작을 위한 프레임워크 데이터란 도시기후지도 작성 바로 전단계의 데이터로 지리 및 기후정보를 포함하고 있는 정제된 기반데이터라 정의할 수 있다. 도시기후지도 제작 시 데이터구축의 중복 방지, 품질 향상을 위해 정제된 프레임워크 데이터가 필요하며, 데이터의 상호 호환성이 가능한 일관성 있는 데이터 및 데이터 모델을 필요하다. 또한 이러한 프레임워크 데이터를 구축하기 위해서는 프레임워크 데이터 제작을 위한 규격 및 작성지침이 필요하다.

따라서 도시기후지도를 작성하기 위해 필요한 원시데이터를 취합 및 통합과정을 통해 무결점의 프레임워크 데이터를 제작한다. 도시기후지도 작성을 위한 프레임워크 데이터의 유형 및 제작에 사용되는 원시자료는 표 7과 같다.

표 7. 프레임워크 데이터 유형 및 원시자료

프레임워크 데이터 유형	원시자료
고도분포도	<ul style="list-style-type: none"> • 수치지형도 • 7111, 7114, 7217 레이어 추출
경사분포도	<ul style="list-style-type: none"> • 고도분포도로부터 경사도 계산
평균기온분포도	<ul style="list-style-type: none"> • 대상지역 및 주변지역의 평균기온 자료
평균풍속분포도	<ul style="list-style-type: none"> • 대상지역 및 주변지역의 평균풍속 자료
평균강수량분포도	<ul style="list-style-type: none"> • 대상지역 및 주변지역의 평균강수량 자료
평균일조량분포도	<ul style="list-style-type: none"> • 대상지역 및 주변지역의 평균일조량 자료
토지피복유형별 온실가스 배출 현황도	<ul style="list-style-type: none"> • 토지피복도 • 온실가스 배출량 자료

3. GIS를 이용한 도시기후지도 제작 및 분석

3.1 대상지역 선정

본 연구에서는 GIS를 이용한 도시기후지도 제작 방안 적용 및 상관관계 분석을 위해서 다음 그림 1과 같이 도시

개발에 의한 발전이 꾸준히 이루어지고 있어 도시기후의 특성을 잘 나타내고 있는 인천지역을 연구대상지역으로 선정하였다



그림 1. 연구대상 지역

3.2 대상지역의 도시기후지도 프레임워크 데이터 구축

대상지역의 도시기후지도 프레임워크 데이터 중에서 지형조건에 해당하는 고도분포 및 경사분포는 수치지형도로부터 레이어를 추출하여 다음 그림 2와 그림 3과 같이 고도분포도 및 경사분포도를 작성하였다.

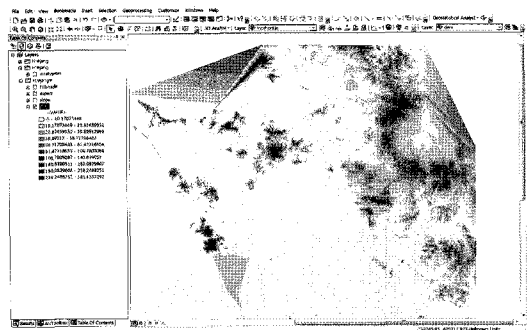


그림 2. 고도분포도 작성

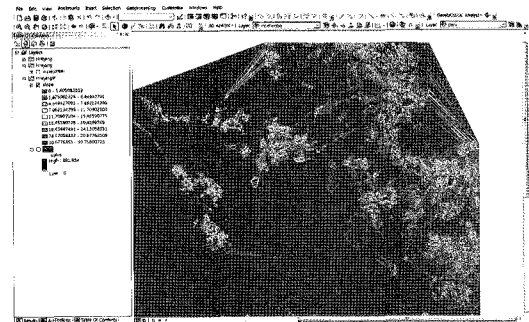


그림 3. 경사분포도 작성

대상지역의 도시기후지도 프레임워크 데이터 중에서 기후조건에 해당하는 기후요소별 분포도는 다음 표 8과 같이 대상지역 및 주변지역의 기후관측소로부터 측정된 평균온도, 평균풍속, 평균강수량, 평균일조량 등의 기상관측 자료를 이용하여, GIS의 공간분석기법 중에 하나인 IDW 기법을 이용하여 다음 그림 4에서 그림 7까지와 같이 기후요소별 분포도를 작성 하였다.

표 8. 대상지역 및 주변지역의 기상관측자료

측정소	기온(°C)	강수량(mm)	일조량(h)	풍속(m/s)
백령도	11.2	5,771	20,334	52
강화	11.4	12,572	19,110	18
서울	13	16,819	19,317	24
양평	12.3	16,708	24,641	11
이천	12.2	14,648	21,155	12
인천	12.7	13,001	20,923	25
동두천	11.2	13,601	19,721	16
수원	12.9	13,627	19,238	21

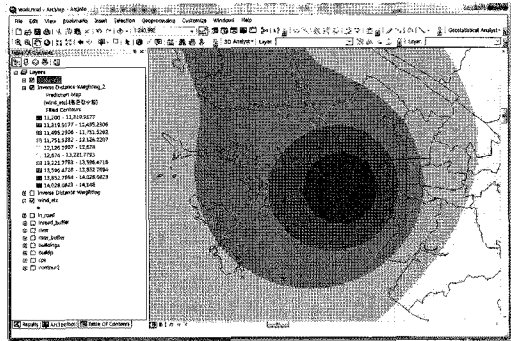


그림 6. 평균강수량 분포도 작성

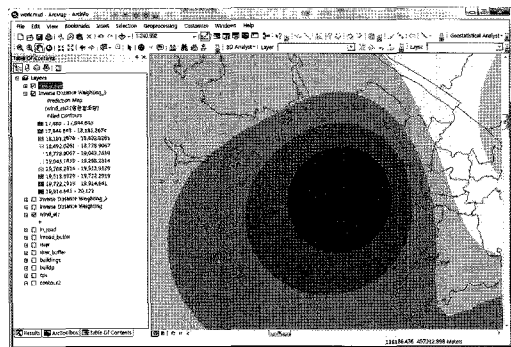


그림 7. 평균일조량 분포도 작성

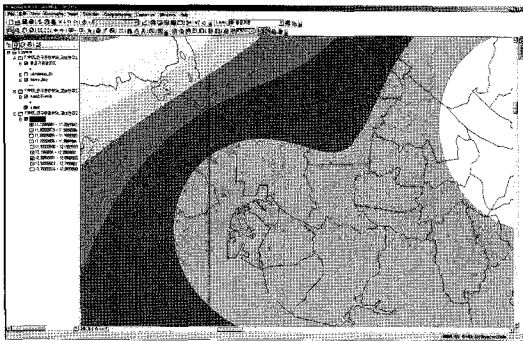


그림 4. 평균기온 분포도 작성

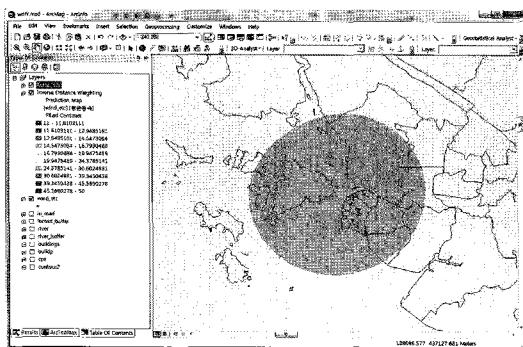


그림 5. 평균풍속 분포도 작성

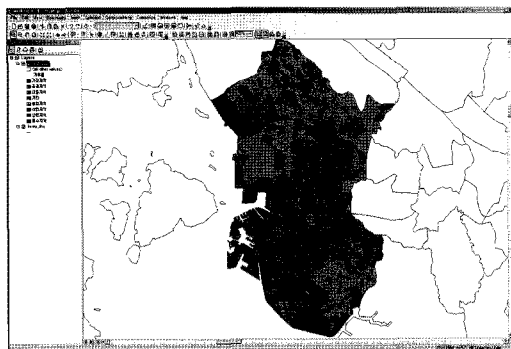


그림 8. 도시기후톱 유형도 작성

또한 토지피복도의 유형을 도시기후 분석 및 도시기후 지도 제작을 위한 도시기후톱 유형으로 재분류하여 다음 그림 8과 같이 도시기후톱 유형도를 작성하였다.

온실가스 분포도의 경우 온실가스를 직접측량하고 있지 않기 때문에 온실가스 인벤토리별 온실가스 배출량을 이용하여 다음 그림 9와 같이 토지피복유형에 따른 온실가스 배출 현황도를 작성하였다.

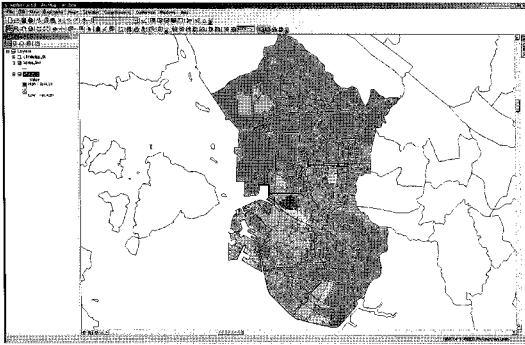


그림 9. 토지피복 유형별 온실가스 배출 현황도

3.3 대상지역의 도시기후지도 제작 및 분석

도시기후지도는 도시기후톱 유형별 고도, 경사, 기온, 풍속, 강수량, 일조량, 온실가스 배출량과의 상관관계를 분석하여 도시기후톱 유형별 특성을 도출하는데 목적이 있다.

본 논문에서는 도시기후지도 프레임워크 데이터 중에서 도시기후변화와 연관성이 높은 온도와 배출량과의 상관관계만을 분석하였으나 정확한 도시기후지도 제작을 위해서는 지형, 기온, 풍속, 강수량, 일조량 등과의 연관성을 고려하여야 한다. 평균기온분포도와 도시기후톱 유형의 상관성을 분석한 결과 다음 표 9와 같이 가정지역, 상업지역, 산업지역에서의 기온이 다른 지역에 비해 다소 높은 것을 알 수 있었다. 이는 표 5와 같이 도시지역에서의 특성과 일치하는 결과로 나타나고 있으며, 단위면적당 배출량을 산정함으로써 향후 온실가스 저감 및 흡수량 확보를 위한 정책 및 사업 시행을 위한 최적입지 선정이나 대상지역을 선정하는데 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

표 9. 도시기후톱 유형별 단위면적당 평균기온

도시기후톱 유형	단위면적당 평균기온(°C)
가정지역	12.7
공공지역	11.8
교통지역	12.1
기타지역	11.7
농업지역	11.5
산업지역	12.4
상업지역	12.5
흡수지역	11.2

온실가스 배출량 현황도, 도시기후톱 유형도를 중첩분석한 결과 다음 표 10과 같이 대상지역의 도시기후톱 유

형별 온실가스 배출량을 산정 할 수 있으며, 그 결과 교통지역과 산업지역에서 단위면적당 배출량이 높은 것을 알 수 있다.

다음 그림 10은 대상지역의 도시기후톱 유형별 온실가스 배출량을 나타내는 도시기후지도도를 나타내고 있다.

표 10. 도시기후톱 유형별 단위면적당 온실가스 배출량

도시기후톱 유형	단위면적당 배출량(천 tCO ₂ eq)
가정지역	58.8
공공지역	103.8
교통지역	439.8
기타지역	7.8
농업지역	2.3
산업지역	409.4
상업지역	103.8
흡수지역	13.1

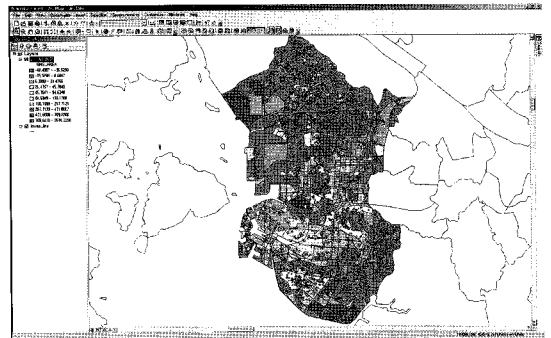


그림 10. 대상지역의 도시기후지도

4. 결 론

이 연구에서는 기후변화에 대응하고 도시의 온실가스를 효율적으로 관리하기 위한 GIS를 이용한 도시지역의 기후지도 제작방안을 연구하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 도시기후지도 작성을 통해 도시기후톱 유형별로 정확한 온실가스 배출량 및 흡수량을 산정할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 온실가스 배출량 및 흡수량은 기후변화에 대응하기 위한 정책 및 사업 수행시 저감효과 및 감축잠재량 분석 등에 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 기온, 풍속, 강수량, 일조량 등과 도시기후톱 유형의 상관성을 분석한 결과 가정지역, 상업지역, 산업지

역이 지역에 비해 다소 기온이 높은 것을 알 수 있었으며, 온실가스 배출량과의 상관성을 분석한 결과 교통지역과 산업지역에서 단위면적당 배출량이 다른지역에 비해 다소 높은 것을 알 수 있었다.

셋째, 도시기후톱 유형별 도시기후 변화를 제시함으로써 도시개발에 따른 기후변화 영향을 제시하고, 기후변화 대응 및 적응을 위한 도시지역의 에너지 절감 및 온실가스 저감 정책 수립에 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 좀 더 정확한 도시기후지도 작성을 위해서는 도시기후톱 유형별 기후요소에 대한 실측에 의한 분석이 추가적으로 이루어질 필요가 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2009년도 자체연구비 지원에 의한 결과물로, 연구를 지원해 주신 인천대학교에 감사드립니다.

참고문헌

김경민 (2000), 도시생태계 보전·복원을 위한 생태자연도 작성기법 개발, 석사학위논문, 서울대학교 환경대학원.
나정화, 이정민 (2003), 도시 비오톱의 경관생태학적 특성 분석, 한국조경학회지, 한국조경학회, 제 30권, 제 6호,

pp. 128~140.
송영배 (2002), 도시기후지도의 작성·상계 4동을 중심으로 -, 한국조경학회지, 한국조경학회, 제29권 제6호, pp. 27~36.
송영배, 김명수 (2002), 기후톱 유형분석 및 도시기후지도 작성기술 개발 연구, 서울여자대학교 연구기반확충사업 M10022020002-01G050700610, 서울여자대학교, pp. 344~368.
오충현 (2001), 서울의 도시생태계 관리를 위한 비오톱지도 활용방안, 박사학위논문, 서울시립대학교.
유가영, 김인에 (2008), 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안, KEI 2008 RE-05, 한국환경정책·평가연구원, pp. 37~43.
Cairo S., Costa M. H. Goovaerts P. and Martins F. (2005), Benthic biotope index for classifying habitats in the sado estuary: Portugal, *Marine Environmental Research*, Vol. 60, pp. 570~593.
Niina K. and Helle S. (2006), Change trajectories and key biotopes-Assessing landscape dynamics and substantiality, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 75, pp. 300~321.
Sibel M., Veli O. and Osman K. (2006), Biotope mapping in an urban environment and its implications for urban management in Turkey, *Journal of Environmental Management*, Vol. 81, pp. 175~187.

(접수일 2011. 04. 11, 심사일 2011. 04. 12, 심사완료일 2011. 04. 13)