

지자체 단위의 GIS기반 탄소발생량 추정 GIS based Estimation of Carbon Emission for a Local Government Unit

김태훈*

Kim, Tae Hoon

要 旨

저탄소 녹색성장은 국내외적으로 중요한 이슈가 되고 있으며, 중앙정부 및 각 지자체별로 기본계획 및 데이터베이스를 구축하고 다양한 관련 연구를 진행 중이다. 이러한 관점에서 지자체의 탄소배출량 및 탄소흡수량을 계산한 탄소배출총량은 향후 도시계획 및 관리에 있어 중요한 요소가 될 수 있다. 본 연구에서는 경기도를 대상으로 통계자료 및 수치임상도를 이용하여 탄소발생총량을 산출하고 탄소발생환경을 분석해 보았으며, 그 결과 산림면적이 넓고 탄소흡수율이 우수한 품종이 많이 보유한 가평군, 양평군, 연천군, 과천시, 동두천시, 여주군 등의 탄소발생총량이 비교적 적은 것으로 분석되었다. 향후 주기적인 연차별 데이터베이스 구축을 위해서는 위성영상 등을 이용한 탄소흡수량 추정 등이 필요하며, 이러한 기반 자료들은 저탄소 녹색성장을 위한 정책기반자료로서 활용가능할 것이다.

핵심어 : 지자체, 탄소배출량, 탄소흡수량, 탄소발생총량, 지리정보

Abstract

Low-carbon Green Growth is highlighted as the main issue from in and out of Korea. Recently Korean government and local government constructed a master plan and related database. Considering this as a starting point the carbon gross emission has become an important factor in the city planning and management of local government unit. This research was focused on the analysis of carbon gross emission and the environment of carbon occurrence using statistics and digital forest map for the Gyeonggi-do. Further research need to analysis the carbon absorption using satellite image for periodic database. These database will be available basic data for the policy making

Keywords : local government unit, carbon emission, carbon absorption, carbon gross emission, GIS

1. 서 론

지난 200년간 급속한 산업화로 발생한 온실가스로 인해 지구는 온난화라는 기후변화의 위험을 맞이하고 있다. 이에 1992년 리오 세계환경정상회의에서 최초로 기후변화협약을 채택하여 지구온난화 방지에 전 세계가 공동노력을 하자고 결의하였으며, 1997년에는 2008년부터 2012년까지 1990년 대비 탄소발생량을 평균 5.2% 감축하자는 교토의정서가 채택되어 2005년에 정식 발표되었다. 또한 2007년 선진국을 포함한 개발도상국 모두 온실가스 감축의무대상이 된다는 발리로드맵과 2008년 G8정상회의에서는 2050년까지 1990년

대비 온실가스 배출을 50% 수준으로 줄이자고 합의하였다.

교토의정서는 1차 이행기간(1998년~2012년)과 2차 이행기간(2013년~2017년)으로 나누어져 있으며, 우리나라는 개도국으로 인정되어 1차 이행기간에는 감축의무가 없었으나 2차 이행기간이 시작되기 전인 2012년부터 의무감축에 대한 압력이 거세질 것으로 예측되고 있다. 교토의정서 세부이행계획에는 온실가스 배출 감축이나 흡수 증대시 탄소배출권을 부여할 수 있도록 하고 있고, 이러한 탄소배출권은 배출권거래제도(Emission Trading)에 의해 국제적 거래가 가능하도록 규정하고 있다. 이 중 청정개발체제(Clean Development

2011년 10월 31일 접수, 2011년 11월 28일 채택

* 정희원 · 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 전임연구원(kth@kict.re.kr)

Mechanism)는 선진국이 개발도상국에서 온실가스 감축사업을 수행하여 달성한 실적의 일부를 선진국의 감축량으로 허용할 수 있도록 하고 있으며, 이에 따라 세계 각국에서는 온실가스 감축을 위한 다양한 프로그램 및 관련 연구를 진행하고 있다.

우리나라는 이러한 국제협약을 준수하고 저탄소 녹색성장을 이루기 위해 ‘제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)’, ‘제4차 기후변화대응 종합기본계획(2008~2012)’, ‘제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2009~2030)’을 수립한 바 있으며, 2010년에는 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획과 국가 온실가스 감축 목표 등이 포함되어 있는 ‘저탄소 녹색성장기본법’을 제정하여 시행중에 있다. 또한 이와 관련된 학계 및 연구소 등에서는 탄소배출량 추정, 온실가스 인벤토리구축 및 탄소저감방안 등 다양한 관련 연구를 추진중이다.

지자체들도 기후변화에 대응하기 위하여 탄소감축을 위한 다양한 정책을 추진중에 있다. 서울시 강남구는 지자체 최초로 에너지기본조례를 제정하였고, 수원시는 이산화탄소 배출 제로화 사업을 시민 참여를 유도하며 실시하고 있다. 기타 시군구들도 기후변화 대응 환경종합계획, 친환경 도시기반 구축 사업, 옥상녹화사업, 도시공원 조성 사업, 하천변 녹지확충 사업등 사업 개발과 기업의 배출량 감소에 대한 규제 및 인센티브 등 정책 개발에 힘쓰고 있다.

탄소배출량 산정을 통해 도시 계획 기법에 대해 고찰한 기존 연구는 다음과 같다. 전라북도의 온실가스 인벤토리를 산정하여 각 부문별 온실가스 저감을 위한 기본방향을 수립하였으며(장남정, 2009), 지수분해분석을 이용하여 에너지부문을 중심으로 지자체의 온실가스 배출특성을 분석하고 지자체의 기후변화 대응책의 한계와 역량 강화 기법에 대한 연구를 진행한 바 있다(진상현, 2009). 또한 진주시를 중심으로 하여 탄소배출과 토지이용변화를 분석하고(어재훈 외, 2010), 저탄소 그린시티 구현을 위해 춘천시의 탄소배출량을 산정하고 녹지의 탄소 흡수량을 측정하여 이산화탄소의 배출을 상쇄할 수 있는 녹지계획지표를 도출한 연구(안태원, 2010)가 수행된 바 있다.

GIS 및 RS를 이용한 관련 연구로는 Landsat TM 영상자료를 이용하여 삼척 대형산불 피해지의 비이산화탄소 온실가스를 추정한 바 있고(원명수 외, 2008), 고해상 영상정보와 GIS를 활용하여 산림자원의 탄소배출량 추정 및 관리방안을 제시하였으며(이상화와 조영임, 2009), 과거 40년 동안의 진주시의 탄소배출 추정과 토지이용변화의 상호추이변화를 분석한 연구(어재훈 외,

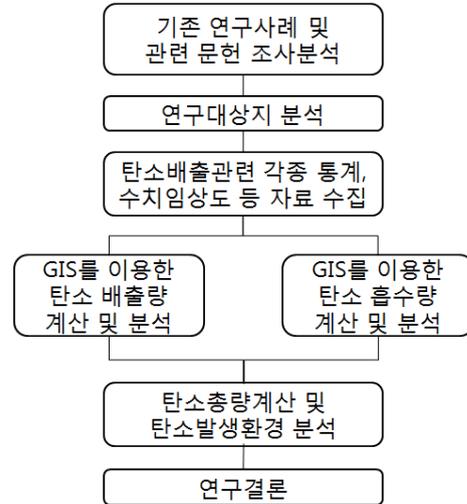


그림 1. 연구 방법

2010) 및 춘천시를 대상으로 이산화탄소 배출을 분석하고 녹지의 흡수를 계량화하여 녹지계획지표를 수립한 연구(안태원, 2010) 등이 있다. 그러나 대부분의 연구들이 탄소배출량 및 탄소흡수량에 대한 개별적인 추정연구에 머물러 있었으며, GIS를 기반으로 탄소의 발생, 저장, 흡수를 종합적으로 공간분석한 구체적 사례는 미흡하였다.

이에 본 논문에서는 그림 1과 같이 탄소배출관련 각종 통계자료와 수치임상도 등 GIS 데이터베이스 등을 이용하여 대상지역에서 발생하는 탄소의 발생량과 흡수량을 구한 후 총괄계산하여 탄소총량(순배출량)을 계산하고, 공간분석 기법을 이용하여 세부 지역별로 탄소배출환경의 열악성 및 쾌적성을 분석하고자 한다.

연구수행에 필요한 GIS 자료의 분석 및 처리는 ArcView GIS 3.2a와 ArcGIS Desktop 9.3.1를 이용하였다.

2. 연구 대상 지역

연구대상 지역은 경기도 지역으로 30개시와 4개 군으로 구성되어 있고, 면적은 10,185.6km², 총인구는 1,150만명으로서 우리나라의 도(Province)중 가장 많은 인구를 보유한 경제, 산업, 문화의 중심지이다. 또한 우리나라 수도인 서울을 둘러싸고 있으며, 다양한 신도시가 개발되고 있는 지역으로 급속한 도시화와 산업화가 이루어진 지역이다.

경기도의 석유소비량은 2008년 기준 약 13,449천kl이고(그림 3), 전력사용량은 81,849천MWh으로(그림

4) 석유량보다 전력량이 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 이외에도 탄소배출량의 주요 요소인 석탄류, 도시가스, 열에너지 등도 꾸준히 사용되고 있다.

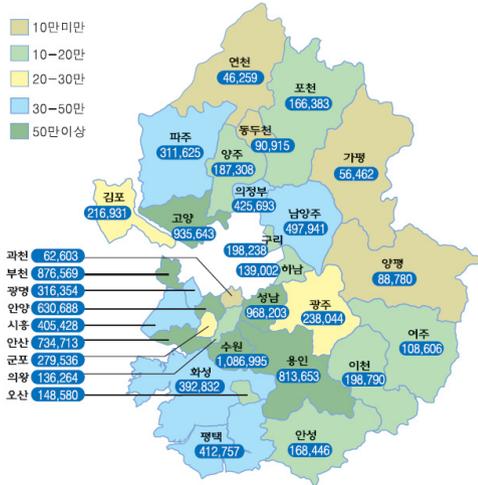


그림 2. 연구 대상 지역(출처:경기도청 홈페이지)

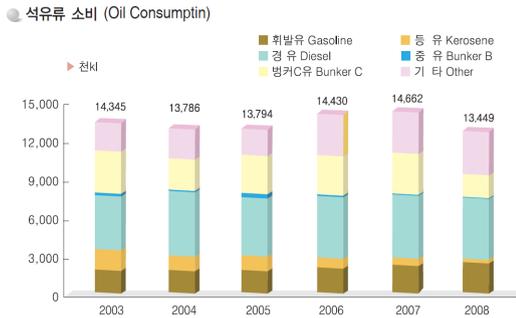


그림 3. 경기도 연도별 석유소비량 (출처:경기도청 홈페이지)

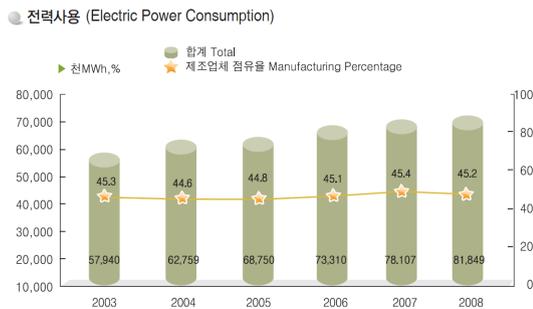


그림 4. 경기도 연도별 전력사용량 (출처 : 경기도청 홈페이지)

3. 탄소배출량 산정방법

일반적으로 탄소배출량 산정은 기후변화에 대한 정부간 협의체(IPCC)의 지침에 기초하며, 방법론은 가장 기초적인 Tier 1을 적용한다. 온실가스 분류체계는 IPCC의 분류체계를 따라 에너지, 산업공정, 농업, 토지 이용변화 및 임업, 폐기물 등 5개 부문의 배출량을 산정한다. 대상 온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 염화불화탄소(CFCs)이고, 이를 합쳐서 CO₂- 등가량(CO₂- equivalent)으로 환산하여 총 온실가스 배출량을 구한다.

본 연구에서는 환경부(국립환경과학원)의 온실가스 및 대기오염물질 산정시스템(GHG-CAPSS:Greenhouse Gas-clean Air Policy Support System)을 사용하여 온실가스 배출량을 산정하였다. 측정시기는 2006년이고 배출원 분류체계는 산업, 수송, 가정, 상업공공, 폐기물, 기타로 분류하였다. 대상 온실가스는 이산화탄소만을 대상으로 하여 배출량을 산정하였다. 탄소흡수량 산정시 이산화탄소만 집계 가능했기 때문에, 배출량과 흡수량의 명확한 비교를 위해 기타 온실가스는 산정에서 제외하였다. 또한 탄소배출량은 매우 적은 반면 메탄 발생량이 높은 농업은 본 연구에서 탄소배출량 산정에 포함시키지 않았다.

표 1은 2006년 국립환경과학원에서 산정한 경기도 31개 시군의 부문별 탄소배출량과 경기도의 총 탄소배출량으로 총량은 81,484,609ton/yr으로 계산되었다. 산업에서 가장 많은 비율을 차지하고 그 다음은 수송, 가정, 상업공공 순이다. 그림 5의 경기도 시군별 총 탄소배출량을 살펴보면 화성, 수원, 평택, 용인 등 경기도 남부쪽에서 탄소배출량이 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 이 지역들은 인구밀도가 높고, 산업단지가 많이 위치해 있기 때문에 이와 같은 결과가 나타나게 된 것으로 사료된다.

표 1. 경기도 부문별 탄소배출량 및 탄소배출총량 (단위: ton/yr)

부문	이산화탄소(CO ₂) 배출량	비율(%)
산업	26,503,169	33
수송	20,171,218	25
가정	15,889,470	19
상업공공	15,632,788	19
폐기물	2,104,805	3
기타	1,183,157	1
총량	81,484,609	100

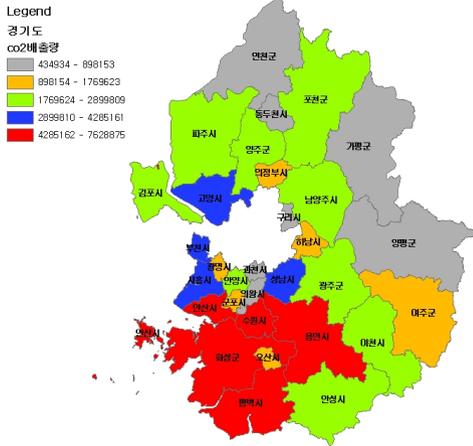


그림 5. 경기도 탄소배출량

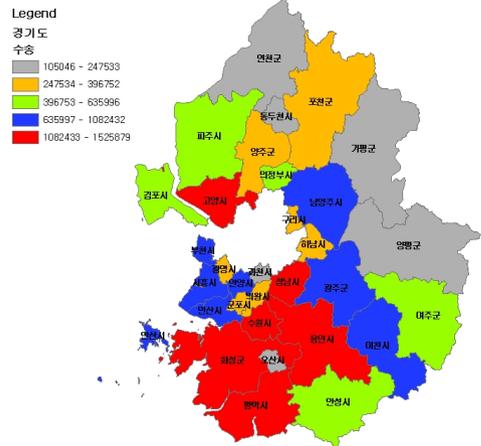


그림 7. 경기도 수송부문 탄소배출량

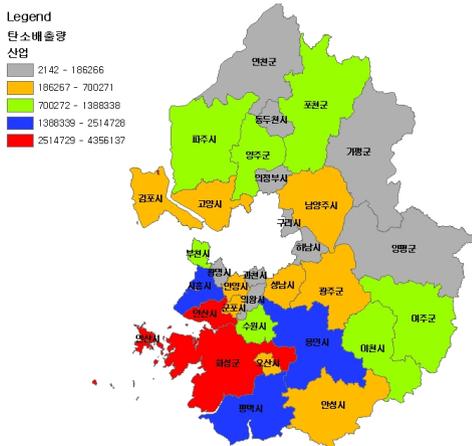


그림 6. 경기도 산업부문 탄소배출량

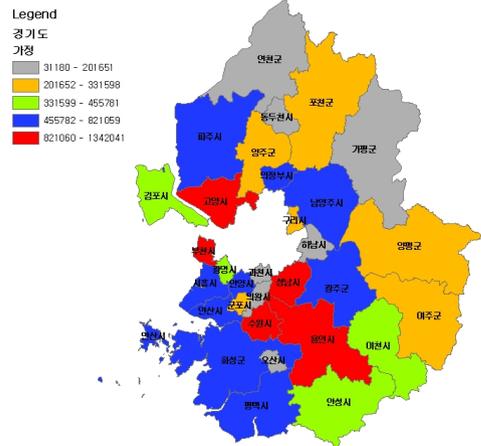


그림 8. 경기도 가정부문 탄소배출량

3.1 산업 부문

산업부문에서의 이산화탄소 배출량은 26,506,169ton/yr이며, 안산, 화성, 평택 순으로 탄소 배출량이 높게 나타났다(그림 6). 안산은 제조업, 화학공업과 같은 1차 산업이 발달하였고, 시화산업단지, 반월산업단지 등이 위치해 있다. 화성시는 경기도 등록 공장 4만개 중 1/8에 해당하는 약 5천개의 공장이 밀집되어 있어 많은 양의 탄소를 배출하고 있다. 이와같이 산업집약도가 높은 경기도 남부 지역들이 탄소 배출량이 높다.

3.2 수송

2010년 기준 경기도 내 시군별 인구 밀도는 부천시 가장 높고, 안산, 안양, 수원, 광명, 군포 순이다(그림

7). 인구밀도가 높은 도시들에서 탄소배출량이 많았는데, 화성, 평택, 용인과 같이 산업단지나 공장들이 밀집한 지역도 탄소가 많이 배출되었다. 고양, 성남처럼 서울로의 출퇴근이 많은 위성도시도 배출량이 높다.

3.3 가정

일반적으로 가정에서의 탄소배출량은 전체의 약 10%를 차지한다. 경기도의 경우 전체 배출량의 5%를 차지하여 가정부문에서의 배출이 상대적으로 적다. 시군별 배출량은 인구밀도가 높은 수도권 지역일수록 배출량이 많은 것을 알 수 있다. 그림 8의 결과에서 볼 수 있듯이 수원, 성남, 부천, 고양 순서로 탄소배출량이 높게 나타났다.

3.4 상업공공

상업공공은 가정부문과 비슷한 결과가 도출되었으며, 수원, 용인, 고양시에서 상업과 공공시설에서의 탄소 배출량이 가장 높은 것으로 결과되었다(그림 9).

3.5 폐기물 부문

경기도지역에서 배출되는 폐기물의 탄소배출량은 2,104,805ton/yr이며, 안산, 용인, 시흥, 평택의 배출량이 높게 나타났다(그림 10). 이는 산업부문과 비슷한 양상을 보이고 있는데, 이들 지역에 대규모 산업단지가 위치하여 산업집약도가 높고, 인구밀도도 높아 폐기물의 발생량이 많았기 때문이다.

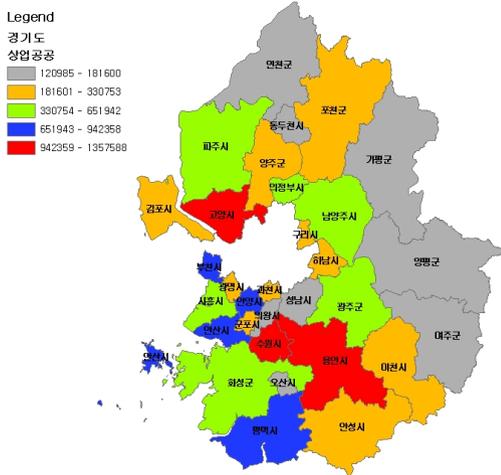


그림 9. 경기도 상업부문 탄소배출량

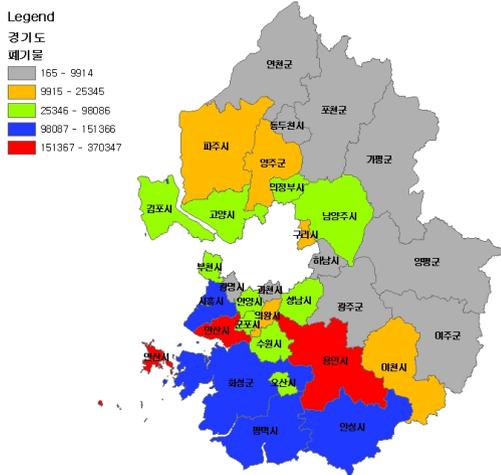


그림 10. 경기도 폐기물부문 탄소배출량

3.6 기타

위의 5가지 부문 이외에 기타 부문에서 발생한 경기도의 탄소배출량은 1,183,157ton/yr으로 나타났다.

4. 탄소흡수량 산정방법

탄소배출량 산정과 더불어 중요한 요소는 탄소흡수량을 산정하는 것이다. 교토의정서에는 온실가스 순흡수량을 탄소배출권으로 인정하고 있는데, 이의 대표적인 탄소흡수원으로 광합성 과정에 의해 이산화탄소를 탄소로 전환시키는 산림을 들 수 있다. 교토의정서상 산림분야 반영내용을 보면 새로운 산림조성이나 산림재복원시 탄소흡수량을 100%인정하고 있으며, 산림경영활동(인위적 요인)에 의한 흡수량은 15%만 인정하고 있다. 이에 일본에서는 국가차원으로 ‘지구온난화방지산림흡수원 10개년 대책’을 추진하고 있으며, 우리나라 산림청에서는 ‘탄소흡수원 확충 기본계획(2005)’를 수립하여 추진중이다.

본 논문에서는 2005년경에 제작된 4차 수치임상도를 이용하여 해당 연구대상지역의 모든 산림에서의 이산화탄소 흡수량을 산출하였다(그림 11). 수치임상도의 각 임상 및 영급에 대한 이산화탄소 흡수량을 산출하기 위해서는 수종별 흡수량 기준표가 필요한데 본 연구에서는 국립산림과학원에서 공표된 나무종별 기준표(표 2)를 이용하였다.

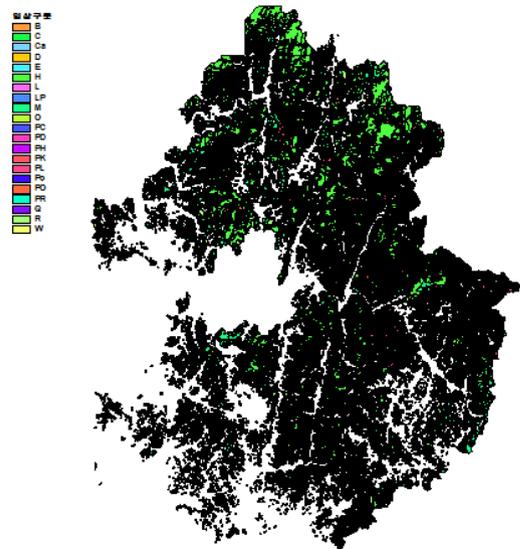


그림 11. 경기도 수치임상도(제 4차)

표 2. 나무종별 연평균 이산화탄소(CO₂) 흡수량 기준표
(국립산림과학원, 2009)

연평균 ha당 이산화탄소흡수량 (단위 : 이산화탄소 톤, tCO ₂ /ha)								
수종 임령	강원 지방 소나무	중부 지방 소나무	жат 나 무	낙 엽 송	리기 다소 나무	편백	상수 리 나무	신갈 나무
20	7.76	5.12	6.17	9.47	6.37	5.73	9.94	10.79
25	8.16	6.96	6.90	9.62	7.45	6.23	10.46	10.50
30	8.35	7.68	7.26	9.62	7.97	6.48	10.68	9.99
35	8.41	7.76	7.42	9.55	8.10	6.55	10.72	9.59
40	8.36	7.52	7.44	9.44	8.01	6.51	10.67	9.23
45	8.24	7.14	7.39	9.31	7.79	6.39	10.57	8.90
50	8.07	6.73	7.28	9.18	7.51	6.24	10.43	8.60
55	7.87	6.32	7.16	9.06	7.20	6.07	10.28	8.33
60	7.65	5.93	7.01	8.93	6.89	5.88	10.11	8.09
65	7.41	5.57	6.87	8.82	6.59	5.70	9.93	7.87
70	7.17	5.24	6.72	8.71	6.31	5.52	9.76	7.66

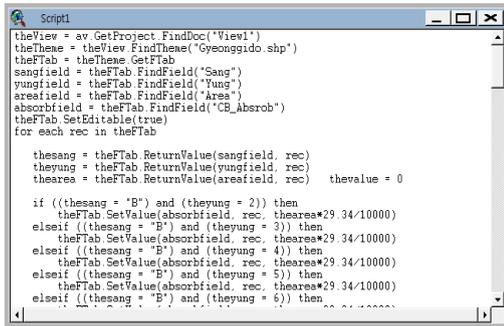


그림 12. ArcView Script 프로그램

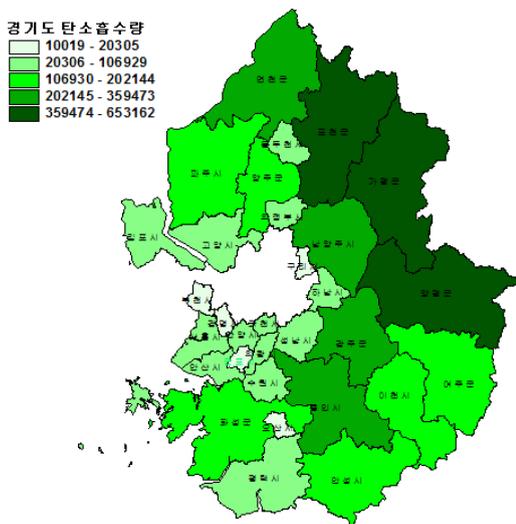


그림 13. 경기도 탄소흡수량

경기도내의 수치임상도 폴리곤 수는 약 46,000개 정도로 매우 많은데, 효과적인 데이터 처리를 위해 ArcView에서 별도의 Script 코드를 작성하여 프로그램을 통해 계산함으로써 경기도내 산림에서 흡수하는 지역별 이산화탄소 총량과 전체 이산화탄소 총량을 계산하였다.

그림 12의 ArcView Script를 통해 계산된 경기도 지역의 이산화탄소 흡수 총량은 4,731,928 ton/yr으로 나타났다으며, 각 시군별 분포는 그림 13과 같이 나타났다. 산림분포도가 높은 포천군, 가평군, 양평군은 매우 높게 나타나고, 부천시 광명시, 구리시 군포시 등은 매우 낮게 나타났다.

5. 탄소총량 계산 및 연구대상지 탄소발생환경 분석

표 3. 경기도 시군별 탄소총량(단위: ton/yr)

시군명	탄소발생량	탄소흡수량	탄소총량
가평군	535,530	537,478	-1948
고양시	4,087,065	95,462	3,991,603
과천시	434,934	41,304	393,630
광명시	1,258,071	12,042	1,246,029
광주시	2,404,413	241,472	2,162,941
구리시	898,153	10,019	888,134
군포시	1,427,493	20,305	1,407,188
김포시	1,933,803	57,697	1,876,106
남양주시	2,415,340	238,858	2,176,482
동두천시	589,965	89,496	500,469
부천시	3,872,869	13,161	3,859,708
성남시	4,285,161	106,929	4,178,232
수원시	5,650,921	41,490	5,609,431
시흥시	3,631,940	38,253	3,593,687
안산시	7,628,875	46,914	7,581,961
안성시	2,065,973	184,852	1,881,121
안양시	2,814,375	43,673	2,770,702
양주시	2,012,746	174,064	1,838,682
양평군	767,896	653,162	114,734
여주군	1,769,623	202,144	1,567,479
연천군	613,365	359,473	253,892
오산시	1,076,488	12,141	1,064,347
용인시	6,628,821	325,028	6,303,793
의왕시	723,468	57,823	665,645
의정부시	1,713,048	63,477	1,649,571
이천시	2,728,498	148,229	2,580,269
파주시	2,899,809	177,558	2,722,251
평택시	5,433,413	47,513	5,385,900
포천시	1,990,655	463,252	1,527,403
하남시	1,076,093	52,008	1,024,085
화성시	6,115,792	176,650	5,939,142
합계	81,484,596	4,731,929	76,752,667

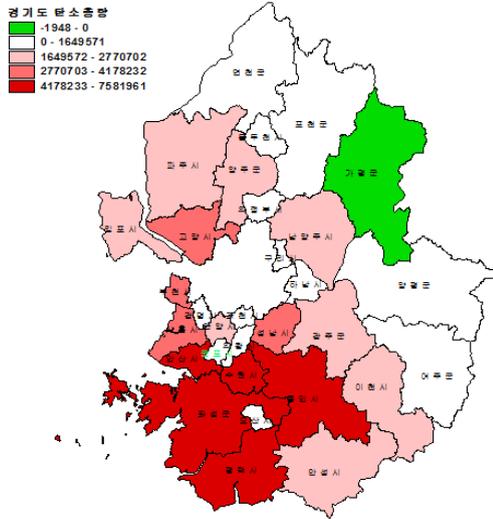


그림 14. 경기도 탄소총량 분포도

탄소발생량에서 탄소흡수량을 뺀 결과 탄소총량은 76,752,667ton/yr로 계산되었으며, 탄소흡수량에 의한 감소율은 약 5.8% 정도로 나타났다. 경기도 내 각 시군별 상세 현황은 표 3과 같이 산출되었다.

이러한 경기도내 각 시군별로 탄소발생량과 탄소흡수량을 계산한 탄소발생총량의 분포를 보여주는 지도는 그림 14와 같다.

그림 14의 지도에서 보듯이 포천군, 양평군, 연천군, 여주군 등이 비교적 탄소발생총량이 적은 것으로 나타났다. 경기도 내에서 유일하게 가평군이 탄소발생량(535,530 ton/yr)보다 탄소흡수량(537,478 ton/yr)이 많은 지자체로 나타났다. 이는 가평군의 산림 면적이 타 시에 비해 넓고, 탄소흡수량이 우수한 수종을 많이 보유하고 있으며, 탄소발생량은 오히려 타 시에 비해 적게 발생하기 때문인 것으로 분석되었다. 탄소발생총량이 많은 지역은 화성군, 평택시, 용인시, 수원시, 안산시 등으로 나타났는데, 이들 지자체가 경기도 중에서 탄소발생량 자체도 많았지만 산림면적이 타 지자체에 비해 빈약하여 흡수량도 적어 탄소발생환경이 열악한 것으로 도출되었다.

일인당 탄소총량이 낮은 지자체는 가평군, 양평군, 광명시 등으로 경기도 평균(7.22ton/per)의 절반이하이며, 평택시, 여주군, 화성시 등은 두 배 이상의 높은 값을 보여주고 있다(표 4). 또한 단위면적당 탄소총량은 가평군, 양평군 포천군, 여주군이 낮은 값을 보였으며, 부천시, 안산시, 안양시, 수원시 등은 높은 값을 보여주고 있다. 특히 여주군의 경우 면적은 넓으면서 인구수는

비교적 작고 탄소흡수량은 높아, 일인당 탄소총량은 높은 값을 보여주었으나, 단위면적당 탄소총량은 낮은 값을 보여주는 특이한 지역적 탄소환경 특성을 가진 것으로 분석되었다. 지역내 총생산량이 증가할수록 온실가스 배출량 역시 증가하는 것이 일반적이는데 경기도 평균(0.523ton/백만원) 대비 여주군, 양주시, 파주시, 하남시, 광주시 등이 높게 나타나는 특징을 보이고 있으며, 이것은 이들 지자체 대부분이 지역내 총생산이 낮은 재정적 여건이 불리한데다가 한 단위의 재화나 서비스를 생산할 때 다른 지역에 비해 온실가스를 더 많이 배출하고 있음을 의미한다.

표 4. 경기도 시군별 1인당/단위면적당/지역내 총생산 대비 탄소총량

시군명	1인당 탄소총량 (단위:ton/per)	면적당 탄소총량 (단위:ton/km ²)	지역내 총생산대비 탄소총량 (단위:ton/백만원)
가평군	-0.04	-2.31	-0.003
고양시	4.47	14,92.914	0.599
과천시	5.73	10,979.92	0.321
광명시	3.78	32,355.99	0.459
광주시	10.17	5,009.24	0.823
구리시	4.57	26,670.69	0.572
군포시	4.89	38,669.63	0.435
김포시	8.66	6,783.48	0.542
남양주시	5.14	4,730.76	0.687
동두천시	6.17	5,231.75	0.511
부천시	4.46	72,198.05	0.452
성남시	4.24	29,463.59	0.457
수원시	5.38	46,339.79	0.433
시흥시	9.19	26,738.74	0.608
안산시	11.04	51,525.39	0.624
안성시	11.99	3,395.22	0.573
안양시	4.43	47,346.24	0.414
양주시	11.50	5,592.64	0.855
양평군	1.35	130.17	0.152
여주군	14.93	2,578.56	0.130
연천군	5.14	365.15	0.463
오산시	8.67	24,902.83	0.568
용인시	9.70	10,657.84	0.335
의왕시	4.54	12,335.90	0.451
의정부시	4.12	20,215.33	0.606
이천시	13.39	5,594.69	0.407
파주시	10.77	4,047.60	0.853
평택시	14.25	11,912.28	0.562
포천시	9.64	1,848.17	0.653
하남시	7.78	11,003.38	0.843
화성시	20.71	8,630.84	0.633
평균	1인당 평균 7.22	면적당 평균 4,731,929	총생산대비 평균 0.523

표 5. 경기도 시군별 바이오매스량과 탄소흡수량

시군명	바이오매스량 (단위: m ³)	탄소흡수량 (단위: ton/yr)	바이오 매스량 대비 탄소흡수량 비율(%)
가평군	4,858,799	537,478	11.06
고양시	638,762	95,462	14.94
과천시	178,114	41,304	23.19
광명시	80,905	12,042	14.88
광주시	1,657,811	241,472	14.57
구리시	110,018	10,019	9.11
군포시	77,046	20,305	26.35
김포시	367,763	57,697	15.69
남양주시	2,403,191	238,858	9.94
동두천시	483,328	89,496	18.52
부천시	85,246	13,161	15.44
성남시	696,671	106,929	15.35
수원시	151,369	41,490	27.41
시흥시	219,404	38,253	17.43
안산시	212,439	46,914	22.08
안성시	890,900	184,852	20.75
안양시	193,384	43,673	22.58
양주시	940,881	174,064	18.50
양평군	2,482,049	653,162	26.32
여주군	1,155,649	202,144	17.49
연천군	1,979,733	359,473	18.16
오산시	58,854	12,141	20.63
용인시	1,458,022	325,028	22.29
의왕시	197,584	57,823	29.27
의정부시	260,869	63,477	24.33
이천시	784,772	148,229	18.89
파주시	1,183,663	177,558	15.00
평택시	244,813	47,513	19.41
포천시	3,342,677	463,252	13.86
하남시	436,744	52,008	11.91
화성시	959,649	176,650	18.41
합계	28,791,109	4,731,929	16.44

(바이오매스량 자료 : 국립산림과학원, 2006)

또한 표 5와 같이 바이오매스량 대비 탄소흡수량을 살펴보면 가평군, 포천시, 남양주시는 바이오매스 잠재량이 풍부함에도 비교적 탄소흡수량이 적어 산림의 타용도 전환 감소 및 산림에 대한 적극적 보전과 수종의 전환이 필요한 것으로 나타났으며, 양평군, 용인시, 의정부시, 의왕시 등은 탄소흡수 잠재량 대비 흡수량이 우수한 것으로 분석되었다.

6. 결론

최근 중앙정부 및 각 지자체에서는 온실가스 관리에

대한 중요성을 인식하여 기본계획 수립, 온실가스 인벤토리 구축, 저감대책 마련 등에 힘쓰고 있다. 경기도의 경우에도 국내에서 선두적으로 온실가스 배출량 관련 인벤토리를 구축하고 관련 연구를 진행하고 있으며, 최근에는 31개 시군과 네트워크를 형성하고 환경관리공단 등의 도움을 받아 국내 첫 탄소배출거래 시범시장을 구축하여, 시범사업을 실시중에 있다. 본 연구에서는 IPCC의 지침을 기준으로 경기도 통계자료를 이용하여 탄소배출량을 산출하고, 국립산림과학원의 나무종별 연평균 이산화탄소 흡수량 기준표와 수치임상도를 이용하여 탄소흡수량을 계산한 후 최종적인 탄소총량을 산출함으로써 도시관리계획 수립에 필요한 자료를 제공할 수 있었으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 경기도를 대상으로 탄소배출원을 분석한 결과 산업, 수송, 가정, 상업공공 부문 순으로 배출량에 큰 영향을 미치고 있었으며, 인구밀도가 높고 산업단지가 많이 위치한 화성, 수원, 평택, 용인 등 경기도 남부지역에서 탄소배출량이 높게 나타났다.

둘째, 수치임상도와 GIS Tool을 이용하여 경기도의 탄소흡수량을 산출할 수 있었으며, 탄소배출량과 탄소흡수량을 이용하여 최종적으로 연별 발생하는 탄소총량을 계산하여, 각 지자체별로 발생하는 정확한 수치를 도출하였다. 또한 일인당, 단위면적당, 지역내 총생산대비 탄소발생총량과 바이오매스 잠재량 대비 탄소흡수량을 분석하였다.

셋째, 본 연구에서는 탄소총량을 계산할 때 통계자료와 수치임상도를 사용하였으나, 수치임상도의 경우 제작주기가 5년으로 길기 때문에 연별 변화를 산정하기에는 어려움이 있다. 이에 위성영상을 이용하여 정확하게 세분화된 임상을 분류하거나, 탄소흡수량과 관련된 지수를 개발하여 탄소흡수량을 추정하는 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

이러한 연구 성과들을 통해 매년 축적되는 온실가스 발생, 흡수, 총량 인벤토리는 향후 경기도를 포함한 지자체의 다양한 탄소저감정책의 기반자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김기태, 2010, 토지이용변화에 따른 탄소배출 추정, 2010 한국지형공간정보학회 춘계학술발표대회.
2. 산림청, 2005, 탄소흡수원 확충 기본계획.
3. 안태원, 2010, 저탄소 그린시티 구현을 위한 녹색계획지표 수립 연구(춘천시를 대상으로).
4. 어재훈, 김기태, 정길섭, 유환희, 2010, 저탄소 도시관리

- 를 위한 탄소배출과 토지이용변화 분석(진주시를 중심으로), 한국지형공간정보학회지 제18권 1호, pp.129-134.
5. 원명수, 구교상, 이명보, 손영모, 2008, Landsat TM영상자료를 활용한 삼척 대형산불 피해지의 비 이산화탄소 온실가스 배출량 추정, 한국농림기상학회지 제 10권 1호, pp.17-24.
 6. 이상화, 조영임 2009, 고해상 영상정보와 GIS를 활용한 산림자원 탄소배출량 추정 및 관리방안에 대한 연구, 한국지역정보개발원 단행본.
 7. 장남정, 2009, 지자체 온실가스 인벤토리 구축 연구(전라북도 사례), 대한환경공학회지 제31권 7호, pp. 565-572.
 8. 진상현, 황인창, 2009, 지수분해분석을 이용한 지자체의 에너지 소비특성에 관한연구, 자원환경경제연구지 제18권 제4호, pp.557-586.
 9. 국립산림과학원 이산화탄소 흡수량 기준표, <http://www.kfri.go.kr>.
 10. 온실가스 및 대기오염물질 산정시스템, <http://airemiss.nier.go.kr>.
 11. 경기도 통계자료, <http://stat.gg.go.kr>.