

ORIGINAL ARTICLE

서울시 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량의 통계모형분석

정재형 · 권오열^{1)*}

서울과학기술대학교 에너지환경공학과, ¹⁾서울과학기술대학교 환경공학과

Statistical Model Analysis of Urban Spatial Structures and Greenhouse Gas (GHG) - Air Pollution (AP) Integrated Emissions in Seoul

Jaehyung Jung, O-Yul Kwon^{1)*}

Department of Environmental Energy Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

¹⁾Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

Abstract

The relationship between urban spatial structures and GHG-AP integrated emissions was investigated by statistically analyzing those from 25 administrative districts of Seoul. Urban spatial structures, of which data were obtained from Seoul statistics yearbook, were classified into five categories of city development, residence, environment, traffic and economy. They were further classified into 10 components of local area, population, number of households, residential area, forest area, park area, registered vehicles, road area, number of businesses and total local taxes. GHG-AP integrated emissions were estimated based on IPCC(intergovernmental panel on climate change) 2006 guidelines, guideline for government greenhouse inventories, EPA AP-42(compilation of air pollutant emission factors) and preliminary studies. The result of statistical analysis indicated that GHG-AP integrated emissions were significantly correlated with urban spatial structures. The correlation analysis results showed that registered vehicles for GHG ($r=0.803$, $p<0.01$), forest area for AP ($r=0.996$, $p<0.01$), and park area for AP ($r=0.889$, $p<0.01$) were highly significant. From the factor analysis, three groups such as city and traffic categories, economy category and environment category were identified to be the governing factors controlling GHG-AP emissions. The multiple regression analysis also represented that the most influencing factors on GHG-AP emissions were categories of traffic and environment. 25 administrative districts of Seoul were clustered into six groups, of which each has similar characteristics of urban spatial structures and GHG-AP integrated emissions.

Key words : Greenhouse gas (GHG), Air pollution (AP), Urban spatial structure, Seoul, Statistical analysis

1. 서론

온실가스와 대기오염물질은 대부분 도시에서 배출되

고 있기 때문에 도시적 차원의 관리가 요구된다. IPCC (2007)에 의하면 전 세계 온실가스 배출량의 대부분을 도시 경제활동에 의해 발생되기 때문에 도시별 대책이

Received 4 December, 2014; Revised 25 January, 2015;

Accepted 16 February, 2015

*Corresponding author : O-Yul Kwon, Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea
Phone: +82-2-970-6616
E-mail: oykwon@seoultech.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

필요하다고 보고되고 있다. 2010년 우리나라의 도시화율은 83%이고(Statistics Korea, 2010), 수도권 지역은 약 50%의 인구가 거주하고 있어서 도시화에 따른 인구 집중 현상이 도시 환경오염을 가속시키고 있다(Seoul city, 2011). 특히, 서울시는 지난 30년간 대기환경 개선의 노력으로 1차 오염물질 농도가 감소되는 현상을 보였지만, 질소산화물(NOx)과 같은 대기오염물질의 농도저감 둔화현상과 빈번한 국지성 대기오염물질이 대기환경 기준을 초과하고 있어서 지속적인 대기환경개선 노력이 필요하다(Hu 등, 2013; Kim과 Yeo, 2013).

도시공간요소와 도시환경은 도시 내 인간의 활동 강도와 크게 관련이 있으며, 도시환경의 질은 도시공간요소와 상관성이 있으며 이를 개선하기 위한 도시적 형태를 제시하고 있다(Kim 등, 2011a). 도시공간구조와 도시환경 질과의 관계가 분석되면, 도시지역별 도시환경 개선을 위한 정책과 기술적 접근이 가능하다. 도시공간의 물리적 형태와 이용강도는 도시환경의 질적인 수준과 높은 상관성을 가지고 있으며, 부문별 배출되는 강도가 다르게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Kim 등, 2011b). 도시의 공간적 특성은 탄소배출에 영향을 미치는 요인과의 영향력의 차이가 있으며 이는 지역별 발생하는 온실가스의 배출구조가 상이하다는 것을 의미한다(Jang 등, 2012). 도시공간구조와 도시환경과의 연구는 대부분 도시의 에너지사용량에 따른 온실가스 또는 대기오염 배출량 단일 연구로 진행되고 있으며 도시공간구조에 따른 온실가스-대기오염 통합 배출량에 관한 연구는 상대적으로 미미한 실정이다(Ban 등, 2010). 이러한 흐름은 도시공간구조에 따른 온실가스-대기오염 통합 배출량과의 특성분석과 오염물질의 감축정책을 고려한 연구가 진행되어야 함을 의미한다.

따라서 본 연구는 2010년 서울시를 대상으로 서울시 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출특성을 분석하며, 도시공간구조와의 관계성을 통계학적 기법을 통하여 해석하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울시로 행정구역별 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량과의 관계를

분석하였으며, 시간적 범위는 2010년으로 하였다. 내용적 범위는 서울시 온실가스-대기오염 통합 배출량의 감축을 위한 도시공간구조를 분석하며, 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량과의 인과관계를 규명하였다. 이를 위해 서울시 온실가스-대기오염 통합 배출량에 영향을 미치는 인지를 찾고, 이를 바탕으로 도시공간구조에 따른 온실가스-대기오염 통합 배출량의 요소별 영향과와 관계를 분석하였다.

2.2. 자료구축

서울시 행정구역별 도시공간구조는 선행연구 분석을 통하여 10개의 도시공간구조를 선정 후 국가 통계연보를 기반으로 활동도 자료를 구축하는 하향식접근법(top-down approach, TDA)을 이용하여 수집 및 구축하였다(Seoul city, 2010-2011). Table 1은 2010년 서울시 행정구역별 도시공간구조 현황이다(Seoul city, 2010-2011).

도시공간구조는 도시개발, 주거, 환경, 교통, 및 경제로 구분하였으며, 도시개발은 지역면적과 인구, 주거는 세대수와 주거면적, 환경은 산림면적과 공원면적, 교통은 자동차 등록대수와 도로면적, 그리고 경제는 사업체수와 지방세 요소로 세분화하였다.

온실가스-대기오염 통합 배출량 산정은 IPCC(2006) 가이드라인, 지자체온실가스 배출량 산정지침, 대기오염 물질산정방법편람, EEA(2013), EPA(1995) AP-42와 선행연구에서 개발한 배출계수를 적용하여 산정하였다(EEA, 2013; NIER, 2013; KEC, 2012; NIER, 2010; IPCC, 2006; EPA, 1995). Table 2는 본 연구에 적용한 온실가스-대기오염 통합 배출량 산정방법이다.

온실가스-대기오염 통합 배출량 자료의 구축은 배출원별로 분류하여 행정구역별 배출량을 공간할당(spatial allocation)하였으며, 온실가스-대기오염 배출량의 신뢰성과 정확도를 향상시키기 위해서 행정구역별 발생하는 비산면적, 동·식물기원 생물성 연소, 식생의 흡수/배출량을 동시에 적용하였다. 온실가스-대기오염 통합 배출량에 관한 자료의 구체적 구축 방법은 다음과 같다. 고정연소는 에너지산업, 비에너지산업, 제조업부문으로 구분되며 에너지산업은 행정구역내에서 에너지를 생산하는 시설, 비에너지산업은 주거지역 등에서 사용되는 에너지(도시가스, 등유 등)에서 배출되는 온실가스-대기오염 통

Table 1. Status of urban spatial structures by local governments in Seoul for the year 2010

Local governments	Class	City		Residence		Environment		Traffic		Economy	
	Unit	GrA	TP	HH	RA	FA	PA	RV	RoA	NB	TL
		km ²	person	house	km ²	km ²	km ²	number	km ²	number	million won
Total		605.25	10,575,447	4,224,181	309	157	161	2,981,400	82	729,728	11,193,839
Jongno		23.91	179,362	77,621	9	9	11	49,669	3	37,636	544,405
Jung		9.96	141,200	61,468	6	1	3	62,495	2	57,914	1,017,055
Yongsan		21.87	257,143	113,204	11	2	1	75,579	3	18,966	463,688
Seongdong		16.85	316,892	129,644	9	1	3	87,277	3	23,148	287,750
Gwangjin		17.06	388,775	159,675	11	3	3	92,712	3	23,791	241,526
Dongdeamun		14.20	379,343	158,485	13	1	1	90,954	3	29,671	275,115
Jungnang		18.50	432,302	176,096	11	6	5	103,779	3	26,526	189,915
Seongbuk		24.56	497,692	201,489	17	9	8	115,600	4	23,593	294,049
Gangbuk		23.61	350,007	142,711	9	13	14	73,805	2	19,256	164,514
Dobong		20.70	370,734	140,603	10	10	11	93,719	2	17,498	176,244
Nowon		35.44	615,425	228,022	13	18	14	155,744	4	24,491	249,348
Eunpyeong		29.69	492,925	196,390	15	14	16	116,001	3	22,666	249,809
Seodeamun		17.60	333,871	138,473	16	6	6	79,542	3	17,887	225,233
Mapo		23.88	400,464	170,531	12	1	5	110,124	4	28,930	391,758
Yangcheon		17.41	505,223	183,718	12	3	3	146,470	3	24,562	338,353
Gangseo		41.43	580,506	225,313	14	4	4	180,998	4	30,724	363,844
Guro		20.12	452,667	170,317	7	4	3	138,450	3	32,381	292,062
Geumcheon		13.00	264,544	103,412	6	3	2	72,559	2	24,520	252,198
Yeongdeungpo		24.57	445,648	171,791	6	0	2	143,025	4	41,084	731,185
Dongjak		16.35	413,814	167,887	15	4	5	96,579	3	19,836	253,861
Gwanak		29.57	549,736	247,588	12	18	11	119,194	3	25,797	251,091
Seocho		47.00	440,021	170,882	18	16	16	170,001	5	36,302	998,143
Gangnam		39.51	577,070	234,345	22	7	6	254,098	5	53,494	1,886,911
Songpa		33.88	693,144	264,364	22	1	5	213,490	5	40,931	709,039
Gangdong		24.58	496,939	190,152	13	3	3	139,536	3	28,124	346,743

a) Gross Area (GrA), Total Population (TP), Household (HH), Residential Area (RA), Forest Area (FA), Park Area (PA), Registered Vehicles (RV), Road Area (RoA), No. of Business (NB), Total Local Taxes (TL)

합 배출량을 인구비율을 이용하여 분배하였으며, 제조업은 서울시 총 배출량을 이용하여 행정구역별 제조업 비율을 이용하여 할당하였다. 이동연소는 자동차에서 발생하는 온실가스-대기오염 통합 배출량을 행정구역별 자동차 등록대수를 이용하여 발생량을 할당하였다. 탈루배출은 가스유통 및 분배에 대해서 적용하여 온실가스 배출량을 분배하였으며, 대기오염물질은 행정구역별 배출되는

비메탄휘발성유기화합물(non-methane volatile organic compound, NMVOC)과 휘발성유기화합물(volatile organic compound, VOC) 자료를 이용하였다. 폐기물은 행정구역별 고형폐기물의 생물학적 처리, 소각, 매립, 분뇨 및 하폐수 처리에 의해 배출되는 온실가스-대기오염 통합 배출량 자료를 이용하였다. 비산면지는 나대지와 자동차로 구분하여, 나대지에서 발생하는 비산면지는

Table 2. Methods and equations of GHG-AP integrated emissions estimations by sectors : Emission (E), Activity (A), Emission Factor (EF), Ratio (R), Number (No), Landing/Take-off Cycles (LTO), Vehicle Kilometer Traveled (VKT)

Sector	GHG(Greenhouse Gas)		AP(Air Pollution)		
	Sub-sector	Method	Equation	Method	
Energy	Energy industry /Manufacturing	Tier-1/2	$E_i = \sum_i (A_i \times EF_i)$	Tier-2	Public generation/District heating/Manufacturing
	Aircraft	Tier-3	$E_{LTO} = \sum_{LTO} (No_{LTO} \times EF_{LTO})$	Tier-3	Aircraft
	Vehicle	Tier-3	$E_{i,j,k} = \sum_{i,j,k} (VKT_{i,j,k} \times EF_{i,j,k} \times Vehicle_{i,j,k})$	Tier-3	Vehicle
	Railroad	Tier-1/2	$E_i = \sum_i (A_i \times EF_i)$	Tier-1/2	Railroad
	Construction/Agriculture	Tier-1/2	$E_i = \sum_i (A_i \times EF_i)$	Tier-3	Construction/Agriculture
	Non-energy industry	Tier-1/2	$E_i = \sum_i (A_i \times EF_i)$	Tier-1/2	Non-industry combustion
	New/renewable energy	Tier-2	$E_i = \sum_i (A_i \times EF_i)$	Non-classification	
				Tier-1/2	Energy supply
				Tier-1/2	Coating
				Tier-1/2	Cleaning
			Tier-1/2	Washing	
			Tier-1/2	Other use	
			Non-classification		

Table 2. Continued

Sector	GHG(Greenhouse Gas)		AP(Air Pollution)	
	Sub-sector	Method	Equation	Method
Vegetation	Cultivated land	Tier-2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-2
	Forest	Tier-2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-2
	Park	Tier-2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-2
	Street tree	Tier-2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Non-classification
Waste	Biological treatment	Tier-1/2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Non-classification
	Incineration	Tier-1/2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Landfill	Tier-1/2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Non-classification
	Sewage	Tier-1/2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Night soil	Tier-1/2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Non-classification
	Wastewater	Tier-1/2	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
Biomass burning	Open burning of waste	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1/2
	Fireplace	Tier-1	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Wood stove	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i \times fuel\ loading)$	Tier-1
	Forest fire	Tier-1	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Open burning of waste	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Open burning of agri.	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Fireplace	Tier-1	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Wood stove	Tier-1	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Meat cooking	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
	Forest fire	Tier-1	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1
Incident fire	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1	
Cremation	Non-classification	$E_i = \sum_j (A_i \times EF_i)$	Tier-1	

행정구역별 학교 운동장 면적을 이용하여 할당하였으며, 자동차는 자동차운행, 타이어마모, 브레이크마모, 도로 표면마모에서 발생하는 비산먼지의 양을 행정구역별 자동차 등록대수를 적용하여 배출량을 할당하였다. 동·식물기원 생물성 연소는 행정구역별 노천소각(폐기물, 농업 잔재물), 아궁이, 화목난로, 고기구이, 화재(산림, 건물), 인간의 화장에서 배출되는 온실가스-대기오염 통합 배출량을 이용하였다. 식생은 행정구역별 산림, 공원, 가로수와 토양에 의한 온실가스-대기오염 통합 흡수량과 식생에서 배출되는 휘발성유기화합물류, 예를 들면, 이소프렌(isoprene), 모노테르펜(monoterpene), 기타 휘발성유기화합물(other volatile organic compound, OVOC), 암모니아(NH₃)를 대상으로 하는 대기오염 배출량을 이용하였다. 그리고 전력과 상수도는 행정구역별 온실가스 배출량을 적용하였다.

2.3. 자료분석

서울시 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량과의 관계를 분석하기 위하여 통계프로그램 SPSS (statistical package for social science) Ver. 20을 이용

하여 자료분석을 수행하였다(SPSS, 2011). Fig. 1에 연구의 흐름도를 나타내었으며, 자료의 통계분석 과정은 다음과 같다. 1차적으로 자료의 정량화를 위하여 기술통계를 실시하였으며, 2차적으로 자료 간의 관계성을 파악하기 위하여 상관성 분석을 실시하였다. 3차적으로 주요 인을 추출하기 위한 요인분석을 수행하였으며, 4차적으로 인과관계를 규명하기 위한 다중회귀분석을 실시하였다. 최종적으로 서울시 행정구역별 도시의 유형화를 위한 군집분석을 수행하였다. 본 연구에서 적용한 각 방법별 검정통계량은 Table 3과 같다.

3. 결과

3.1. 온실가스-대기오염 통합 배출량 산정결과

Table 4에 2010년 서울시 행정구역별 온실가스-대기오염 통합 배출량 산정결과를 나타내었다. 본 연구에서 미세먼지(particulate matter, PM)는 입경크기별 PM₁₀과 PM_{2.5}로 구분하였으며, 대기오염 총 배출량 합산에는 PM₁₀만을 고려하였다(PM_{2.5}가 PM₁₀에 포함됨). 온실가스-대기오염 통합 배출량 산정결과, 온실가스와 대기

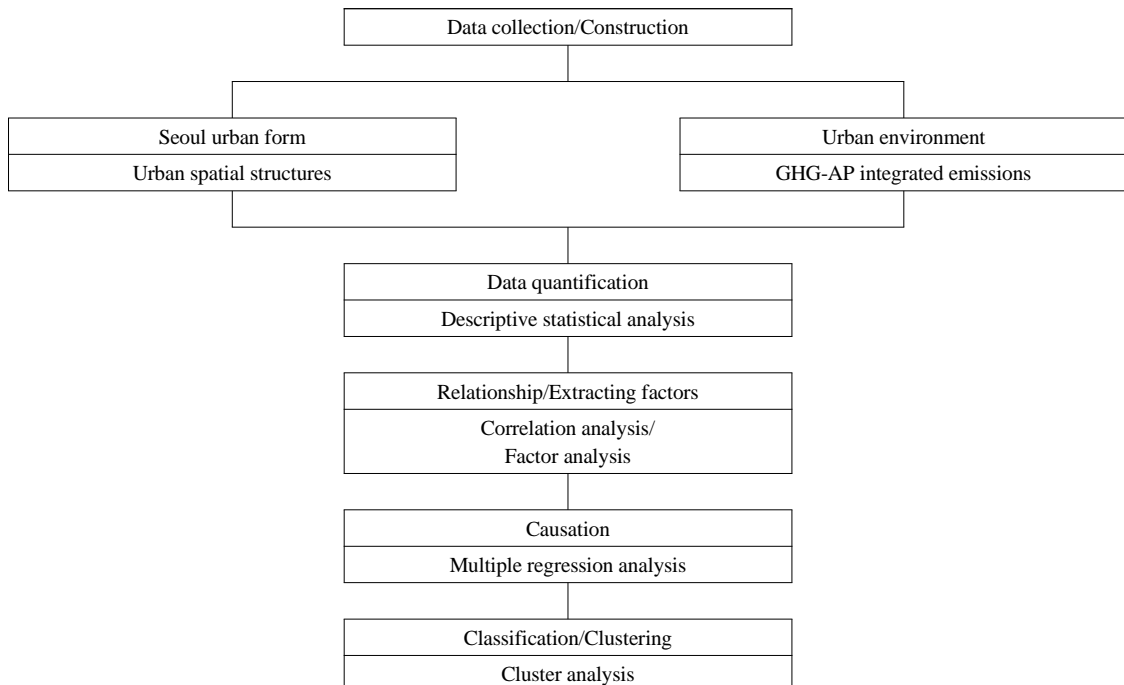


Fig. 1. Flow chart of this study.

Table 3. Statistical formulas applied in this study

Methods	Statistical formulas	Statistics
Correlation analysis	$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, -1 \leq r \leq 1$ <p>s_{xy} : covariance, s_x, s_y : standard deviation, x_i, y_i : variable</p>	Pearson's r
Factor analysis	$x_1 - \mu_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \varepsilon_1$ $x_2 - \mu_2 = l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2m}F_m + \varepsilon_2$ \vdots $x_p - \mu_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \varepsilon_p$ <p>x_i : random variable vector, μ_i : mean vector F_j : common factor, ε_i : specific factor, l_{ij} : factor loading</p>	KMO and Bartlett's test of sphericity
Multiple regression analysis	$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$ <p>β_i : regression coefficient, ε_i : error term $N(0, \sigma^2)$</p>	Adj-r2
Cluster analysis	$d(C_1, C_2) = E(C_1, C_2) = \ \bar{x}_1 - \bar{x}_2\ / (\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})$: Ward method <p>d : distance, C_1, C_2 : cluster membership, E : error sum of squares, x_1, x_2 : variable n_1, n_2 : size of cluster(cluster information)</p> $Squared\ Euclidean\ distance = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_{ik})^2$ <p>X_{ij}, X_{ik} : variable</p>	Ward method and K-means

오염 연간 총 배출량은 각각 36,995,069 tonCO_{2eq}, 2,816,768 tonAP로 산정되었다. 특히, VOC는 2,437,741 tonAP로 연간 대기오염 총 발생량의 86.54%의 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 조사되었으며, 이는 인위적 배출원 뿐만 아니라 식생에서 배출되는 휘발성유기화합물류인 자연적배출원이 포함되었기 때문에 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 산출한 대기오염 배출량 2,816,768 tonAP는 국립환경과학원(NIER, 2012)에서 산정한 288,642 tonAP(2010년 기준)와 약 10배의 차이를 보였는데, 이는 산출 방법에는 차이가 없으나 국립환경과학원의 산출에 포함되지 않은 비산먼지, 식생, 생물성연소를 포함한 운영경계를 설정하여 배출량을 산정하였기 때문이다. 또한 본 연구에서 산출된 온실가스 배출량은 발생량에서 식생에 의한 흡수량을 공제한 순 발생량으로 산출하여서, 발생량만을 배출량으로 산정한 선행 연구 결과들과는 다른 결과를 나타내고 있다.

서울시 행정구역별 배출량을 살펴보면, 온실가스 배출량은 강남구가 3,667,532 tonCO_{2eq}로 가장 많은 배출량을 보였으며, 다음으로 송파구, 영등포구, 강서구가 각각 2,800,728 tonCO_{2eq}, 2,380,417 tonCO_{2eq}, 2,213,592 tonCO_{2eq}로 나타났다. 그리고 대기오염 배출량은 관악구가 331,408 tonAP로 가장 많은 배출량을 보였으며, 다음으로 서초구, 노원구, 은평구가 각각 288,873 tonAP, 237,956 tonAP, 220,637 tonAP로 산정되었다. 분석결과 서울시 행정구역별 통합 배출량은 온실가스와 대기오염 배출량 특성이 서로 상이한 결과를 보이고 있으며, 3.2절의 통계분석을 통하여 서울시 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량 간의 특성을 자세히 분석하였다.

3.2. 통계분석

3.2.1. 기술통계

기술통계 분석은 자료의 평균, 최소값, 최대값, 표준편차 등의 기초통계량을 알아보는 분석법으로 Table 5에

Table 4. Total GHG-AP integrated emissions by local governments in Seoul, 2010

Contents	CO _{2eq}	AP	CO	NOx	SOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
Unit	ton								
Total	36,995,069	2,816,768	92,579	53,185	3,335	19,604	2,160	2,437,741	210,324
Jongno	525,330	141,049	1,555	875	53	338	36	126,108	12,120
Jung	1,570,713	48,358	1,872	965	49	390	37	41,817	3,265
Yongsan	1,205,191	33,669	2,327	1,286	73	499	53	27,045	2,439
Seongdong	1,528,649	33,694	2,713	1,532	92	557	64	26,374	2,426
Gwangjin	1,507,136	59,513	2,931	1,717	110	621	73	49,974	4,160
Dongdeamun	1,511,954	27,341	2,878	1,671	105	599	71	20,051	2,037
Jungnang	1,105,351	103,819	3,286	1,924	122	676	82	90,417	7,394
Seongbuk	1,157,957	132,294	3,670	2,167	141	780	92	114,322	11,214
Gangbuk	153,977	198,411	2,383	1,443	98	489	62	177,266	16,732
Dobong	587,104	153,954	2,941	1,693	105	628	71	135,333	13,254
Nowon	1,104,120	237,956	4,954	3,105	239	1,102	118	209,146	19,410
Eunpyeong	587,294	220,637	3,683	2,180	143	778	92	194,966	18,887
Seodeamun	933,304	89,944	2,524	1,476	95	542	62	77,983	7,324
Mapo	1,765,813	54,842	3,515	2,297	197	733	80	43,677	4,423
Yangcheon	1,862,032	68,702	4,561	2,712	188	956	105	55,941	4,344
Gangseo	2,213,592	94,409	5,531	3,113	171	1,176	126	78,343	6,075
Guro	1,890,311	71,830	4,231	2,350	133	893	97	59,234	4,989
Geumcheon	1,157,593	52,352	2,247	1,272	75	484	53	44,262	4,012
Yeongdeungpo	2,380,417	31,748	4,350	2,363	129	900	97	21,946	2,060
Dongjak	1,236,645	58,768	3,070	1,804	116	650	77	48,427	4,701
Gwanak	917,820	331,408	3,817	2,301	151	817	98	304,770	19,552
Seocho	1,671,711	288,873	5,082	2,671	134	1,059	109	258,035	21,892
Gangnam	3,867,532	162,713	7,622	4,239	271	1,609	153	139,715	9,257
Songpa	2,800,728	65,678	6,517	3,607	203	1,412	149	49,182	4,757
Gangdong	1,752,795	54,806	4,319	2,422	142	916	103	43,407	3,600

서울시 25개 행정구역에 대한 기술통계 분석결과를 나타내었다.

도시공간구조에 대한 기술통계 분석결과 서울시 행정구역별 평균면적은 24 km²으로 나타났으며, 인구수는 423,018명으로 조사되었다. 또한 자동차 등록대수는 119,256대, 흡수원인 산림면적과 공원면적은 행정구역별 6 km²으로 행정구역별 면적 대비 약 25%의 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

서울시 행정구역별 온실가스와 대기오염 배출량은 평균적으로 각각 1,479,803 tonCO_{2eq}, 112,671 tonAP로 나타났으며, 대기오염물질별로는 VOC가 97,510 tonAP 가장 많은 발생량을 보였다. 행정구역별로 비교해 보면 인구수와 자동차 등록대수의 범위는 5배 차이를 보이는

반면 온실가스 배출량은 25배, VOC가 대부분을 차지하는 대기오염 배출량은 12배의 차이가 나타나고 있다. 이는 서울시 도시공간구조에 따른 구성요소가 온실가스와 대기오염 배출량에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

3.2.2. 상관성 분석

상관성 분석은 두 변수간의 관계를 나타내는 분석법으로, 본 연구에서는 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량 두 변수간의 영향성 정도를 판단하기 위해 이용하였다. 도시공간구조와 온실가스-대기오염물질 통합 배출량간의 상관성 분석결과는 Table 6에 나타내었다. 상관성 분석은 pearson 상관계수를 이용하여 두 변수간의 상관성을 해석하였으며, ±0.4를 기준으로 이상이면 상관성이 있는 것으로 판단하였다.

Table 5. The result of descriptive statistical analysis

Contents	Unit	N	Range	Min.	Max.	Mean	SD
GrA	km ²	25	37.04	9.96	47	24	9
TP	person	25	551,944	141,200	693,144	423,018	132,508
HH	house	25	202,896	61,468	264,364	168,967	50,098
RA	km ²	25	15	6	21	12	4
FA	km ²	25	18	0	18	6	6
PA	km ²	25	15	1	16	6	5
RV	number	25	204,429	49,669	254,098	119,256	48,607
RoA	km ²	25	3	2	5	3	0.9
NB	number	25	40,416	17,498	57,914	29,189	10,428
TL	million won	25	1,722,397	164,514	1,886,911	447,754	381,748
GHG	ton	25	3,713,555	153,977	3,867,532	1,479,803	785,704
AP	ton	25	304,066	27,341	331,407	112,671	84,715
CO	ton	25	6,067	1,555	7,622	3,703	1,450
NOx	ton	25	3,364	875	4,239	2,127	811
SOx	ton	25	222	49	271	133	55
PM ₁₀	ton	25	1,271	338	1,609	784	311
PM _{2.5}	ton	25	117	36	153	86	30
VOC	ton	25	284,719	20,051	304,770	97,510	77,956
NH ₃	ton	25	19,855	2,037	21,892	8,413	6,358

상관성 분석결과 온실가스 배출량과 가장 높은 양의 상관성이 있는 도시공간요소는 자동차 등록대수($r=0.803$, $p<0.01$)로 나타났으며, 대기오염 배출량은 산림면적($r=0.966$, $p<0.01$), 공원면적($r=0.889$, $p<0.01$)으로 조사되었다. 대기오염 배출량에서 산림면적, 공원면적과 같은 식생부문이 높은 상관성을 보인 것은, 식생에서 배출되는 휘발성유기화합물류(이소프렌, 모노테르펜, 기타 휘발성유기화합물, 암모니아)를 포함하기 때문에 식생과 대기오염 배출량 간 높은 상관성이 있는 것으로 분석되었다.

Table 6에 의하면, 온실가스 배출량은 지역면적을 제외하고 모든 도시공간구조와 상관성이 있는 것으로 분석된 반면, 대기오염 배출량은 지역면적, 산림면적, 공원면적과 상관성이 있는 것으로 나타났다. 하지만 도시공간구조와 개별적 대기오염물질은 총 대기오염 배출량과는 다른 상관성을 보였다. 예를 들면, VOC와 NH₃ 배출량은 산림면적과 공원면적에 강한 양의 상관성이 있는 것으로 나타났지만, 이외의 대기오염물질과는 상관성이 미

미한 것으로 분석되었다.

3.2.3. 요인분석

요인분석은 다수 변수들 간의 관계를 분석하여 변수들의 바탕을 이루는 공통차원들을 통해 이 변수들을 설명하는 통계기법이다. 본 연구에서는 10개의 도시공간구조 인자를 토대로 주요인을 추출하기 위해 베리맥스 회전을 이용하였다.

요인분석 결과해석에서 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin measure)는 전체 상관행렬이 요인분석에 적합한지를 판단하는 지표로서 0.5 이상이면 요인분석이 적합한 것으로 판단하였으며, Bartlett의 구형성 검정(Bartlett's test of sphericity)은 유의확률을 이용하여 상관관계행렬 상의 모든 상관계수 값들의 유의성을 판단하였다. 또한 고유값을 이용하여 1보다 큰 값을 대상으로 요인을 추출하였으며, 이때의 인자적재값과 공통성을 이용하여 자료의 유의성을 판단하였다.

Table 7에 요인분석에 의한 인자 검증과 유의성 결과와 추출된 인자를 나타내었다. Table에서 보는 바와 같

Table 6. The result of pearson's correlation analysis between urban spatial structures and GHG-AP integrated emissions

Contents	GHG	AP	CO	NOx	SOx	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
GrA	0.365	0.614**	0.750**	0.738**	0.634**	0.754**	0.740**	0.596**	0.576**
TP	0.472*	0.327	0.864**	0.900**	0.863**	0.873**	0.941**	0.305	0.256
HH	0.448*	0.378	0.831**	0.871**	0.846**	0.838**	0.911**	0.359	0.283
RA	0.411*	0.306	0.675**	0.677**	0.624**	0.681**	0.687**	0.287	0.278
FA	-0.451*	0.966**	0.085	0.122	0.183	0.100	0.139	0.966**	0.981**
PA	-0.451*	0.889**	0.077	0.107	0.160	0.087	0.118	0.884**	0.966**
RV	0.803**	0.216	0.999**	0.982**	0.866**	0.996**	0.974**	0.191	0.122
RoA	0.683**	0.190	0.810**	0.797**	0.713**	0.808**	0.780**	0.168	0.139
NB	0.655**	-0.067	0.391	0.324	0.197	0.381	0.267	-0.073	-0.147
TL	0.726**	0.078	0.543**	0.475*	0.355	0.531**	0.396	0.068	-0.007

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

이, KMO는 0.573으로 0.5 보다 높게 나타나 요인분석 결과 상관행렬이 적합하다고 판단되며, Bartlett의 구형성 검정결과 유의확률이 0.000으로 상관행렬 값들의 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 유의성 검정결과를 바탕으로 10개의 도시공간구조에 의한 주요 인자는 3개로

추출되었다. 인자 1은 지역면적, 인구, 세대수, 주거면적, 자동차 등록대수, 도로면적으로 대변되는 도시개발, 주거 및 교통이며, 인자 2는 사업체수와 지방세로 대변되는 경제, 인자 3은 산림면적과 공원면적으로 대변되는 환경으로 나타났다.

Table 7. KMO(The Kaiser-Meyer-Olkin measure) of sampling adequacy tests and Bartlett's test of sphericity, factor extraction from the original matrix

KMO of sampling adequacy test				0.573
Bartlett's test of sphericity	Approximate Chi-Square			311.506
	Degrees of freedom			45
	P-value			0.000
Factor	Seoul			Communality
	F1	F2	F3	
Eigenvalue	5.107	2.303	1.473	-
Cum. Vari.	51.074	74.107	88.838	-
GrA	0.698	0.333	0.517	0.865
TP	0.961	-0.095	0.080	0.938
HH	0.954	-0.099	0.103	0.931
RA	0.773	0.178	0.198	0.668
FA	0.121	-0.113	0.957	0.943
PA	0.101	-0.047	0.973	0.960
RV	0.877	0.405	-0.007	0.933
RoA	0.792	0.447	0.057	0.830
NB	0.045	0.926	-0.132	0.877
TL	0.203	0.947	0.007	0.939

요인분석결과 서울시 행정구역별 10개의 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량은 도시개발, 주거 및 교통인자, 경제인자, 환경인자로 총 3개의 영향요인으로 선정되었다. 특히, 서울시의 경우 도시개발과 교통인자는 총 분산의 51.074%의 설명력을 가지고 있어, 도시규모와 교통요소가 온실가스-대기오염 통합 배출량에 가장 큰 요인으로 작용하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 경제인자와 환경인자는 각각 총 분산의 23.033%, 14.731%의 설명력이 있는 것으로 분석되었으며, 3개 영향인자의 누적분산에 의한 총 설명력은 88.838%로 나타났다.

3.2.4. 다중회귀분석

회귀분석은 여러 변수들 사이의 관계를 알아보고자 하는 경우에 많이 사용하는 분석법으로 반응변수(종속변수)라고 부르는 한 변수의 변화를 설명변수(독립변수)라고 부르는 다른 변수들로 설명 및 예측하는 통계기법이다. 본 연구에서는 설명변수와 독립변수가 두 개 이상으로 다중회귀분석법을 이용하였으며, 요인분석에서 추출한 주요 인자를 바탕으로 변수를 단계적 선택법을 이용하여 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량간 인자의 영향도 파악과 인과관계를 해석하였다.

다중회귀분석에 의한 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량간의 모형분석 결과는 Table 8에 나타내었다. 다중회귀모형 결과 해석에서 자기상관의 존재 여부 검정은 Durbin-Watson(DW)을 이용하여 잔차들이 양의 자기상관을 가지면 0에 가까운 값을 가지며, 음의 자기상관을 가지면 4에 가까운 값을 가지게 된다. 본 연구에서는 DW가 1.0~3.0 범위에 있으면 독립성을 가지는 것으로 해석하였다. 다중공선성을 판단하기 위해 분산팽창요인(Variance Inflation Factors, VIF) 10 이상, 공차한계 1 이하, 상태지수 30 이상을 기준으로 해석하였다. 또한 Cook의 통계량(Cook's distance, COOKD)을 이용하여 자료들의 영향관측점 즉, 회귀계수를 포함하는 모수의 추정에 큰 영향을 미치는 관측점을 판단하였으며, COOKD의 값이 1.0 이상이면 심각하게 큰 것으로 해석하였다. 회귀모형의 적합은 수정결정계수(adj-R²)를 이용하여 1에 가까울수록 설명력이 큰 것으로 판단하였다.

다중회귀모형을 바탕으로 전체적인 통계량 분석결과

자료 간 독립성을 가지며 다중공선성과 영향관측점은 없는 것으로 분석되었으며, 다중회귀모형에서 수정결정계수(adj-R²)는 0.796~1.00의 범위에서 설명력을 가지는 것으로 나타나 다중회귀모형은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 인자별 인과관계 규명에서 온실가스 배출량은 교통인자(자동차 등록대수, 도로면적), 환경인자(산림면적, 공원면적), 경제인자(지방세)에 발생 영향력이 있는 것으로 분석되었다. 또한 대기오염 배출량은 환경인자(산림면적)와 교통인자(자동차 등록대수)에 가장 큰 영향을 받는 것으로 분석되었으며, VOC와 NH₃는 환경인자(산림면적)에 가장 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다.

3.2.5. 군집분석

군집분석은 모집단 또는 범주에 대한 사전정보가 없는 경우에 관측값들 사이의 거리 또는 유사거리를 이용하여 전체를 몇 개의 그룹 또는 군집으로 나누는 통계기법으로, 앞서 추출된 인자를 이용하여 행정구역별 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출특성에 따른 도시특성을 알아보기 위해 수행하였다.

본 연구에서 적용한 군집분석의 절차는 1차적으로 군집의 적절한 수를 결정하기 위하여 계층적 군집화를 이용하여 군집 추출방법인 ward법, 측도법인 제곱 유클리드안계거리법을 수행하여 군집의 적절한 수를 결정하였다. 이로부터 얻은 군집의 수를 이용하여, 2차적으로 비계층적 군집화를 수행하였다. 이때 정해진 군집들의 할당은 K-평균법을 이용하였으며, 계층적 군집화에서 나타나는 이상치는 제거하였다.

도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량에 의한 군집화 결과는 Table 9에 나타내었으며, 군집분석에 의한 도시의 군집화는 6개로 분석되었다. 행정구역별 형성된 군집의 특성은 다음과 같다.

군집 1은 강서구, 영등포, 송파구로 총면적, 총인구, 세대수, 자동차 등록대수, 도로면적, 사업체수와 온실가스 배출량은 높지만, 대기오염 배출량이 낮은 행정구역, 군집 2는 중구와 서초구로 사업체수, 지방세와 온실가스 배출량은 높은 행정구역이지만, 이외의 도시공간구조와 대기오염 배출량을 보면 서초구는 높고, 중구는 낮은 특성을 지닌 행정구역, 군집 3은 강남구로 공원면적을 제외한 도시공간구조와 온실가스와 대기오염 배출량이 모두

Table 8. Summary of multiple regression model derived from urban spatial structures and GHG-AP integrated emissions

Variables	Summary		Coefficients					Residual statistics	Multiple regression equations used by unstandardized coefficients
	Adj-R ²	DW	P-value	F-value	Multicollinearity statistics		COOKD		
					Tolerance	VIF			
GHG	0.979	2.028	0.000	285.3	0.151~0.655	1.535~6.637	11.828	0.044	10(RV)-26,787(FA)+0.7(TL)-50,391(PA)+429,526
AP	0.951	1.861	0.000	236.1	0.995	1.005	6.134	0.092	14,425(FA)+0.264(RV)-10,587
CO	1.000	1.987	0.000	26,286.7	0.295	3.387	13.431	0.133	0.028(RV)+0.001(TP)+5,425
NOx	0.983	1.943	0.000	683	0.295	3.387	13.431	0.101	0.013(RV)+0.002(TP)-61.3
SOx	0.796	1.821	0.000	47.7	0.352	2.838	12.769	0.063	0.001(RV)+0.0005(HH)-14.9
PM ₁₀	0.997	1.921	0.000	3,819.1	0.295	3.387	13.431	0.065	0.006(RV)+0.0003(TP)-18.7
PM _{2.5}	1.000	2.094	0.000	27,248.5	0.295	3.387	13.431	0.080	0.0004(RV)+0.00001(TP)-0.616
VOC	0.945	1.789	0.000	208.3	0.996	1.004	3.813	0.087	13,532.8(FA)+0.026(TL)-368.5
NH ₃	0.991	2.060	0.000	908.2	0.148~0.714	1.401~6.774	10.913	0.082	674(FA)+506(PA)+49(GrA)-324

Table 9. The result of cluster analysis using K-means method

No. of grouping	Normalization	City		Residence		Environment		Traffic		Economy		Pollution	
		GrA	TP	HH	RA	FA	PA	RV	RoA	NB	TL	GHG	AP
Seoul	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jongno	5	0.99	0.42	0.46	0.73	1.52	1.70	0.42	0.81	1.29	1.22	0.36	1.25
Jung	2	0.41	0.33	0.36	0.51	0.24	0.49	0.52	0.57	1.98	2.27	1.06	0.43
Yongsan	6	0.90	0.61	0.67	0.92	0.29	0.21	0.63	0.95	0.65	1.04	0.81	0.30
Seongdong	4	0.70	0.75	0.77	0.72	0.09	0.45	0.73	0.91	0.79	0.64	1.03	0.30
Gwangjin	4	0.70	0.92	0.95	0.92	0.47	0.53	0.78	1.03	0.82	0.54	1.02	0.53
Dongdeamun	4	0.59	0.90	0.94	1.09	0.20	0.19	0.76	0.93	1.02	0.61	1.02	0.24
Jungnang	6	0.76	1.02	1.04	0.85	0.89	0.81	0.87	0.82	0.91	0.42	0.75	0.92
Seongbuk	6	1.01	1.18	1.19	1.38	1.49	1.27	0.97	1.21	0.81	0.66	0.78	1.17
Gangbuk	5	0.98	0.83	0.84	0.73	2.05	2.23	0.62	0.59	0.66	0.37	0.10	1.76
Dobong	5	0.86	0.88	0.83	0.84	1.59	1.63	0.79	0.70	0.60	0.39	0.40	1.37
Nowon	6	1.46	1.45	1.35	1.02	2.82	2.20	1.31	1.12	0.84	0.56	0.75	2.11
Eunpyeong	5	1.23	1.17	1.16	1.20	2.30	2.47	0.97	0.93	0.78	0.56	0.40	1.96
Seodeamun	6	0.73	0.79	0.82	1.25	0.89	0.87	0.67	0.81	0.61	0.50	0.63	0.80
Mapo	4	0.99	0.95	1.01	0.98	0.14	0.79	0.92	1.22	0.99	0.87	1.19	0.49
Yangcheon	4	0.72	1.19	1.09	1.00	0.46	0.45	1.23	1.06	0.84	0.76	1.26	0.61
Gangseo	1	1.71	1.37	1.33	1.10	0.67	0.62	1.52	1.34	1.05	0.81	1.50	0.84
Guro	4	0.83	1.07	1.01	0.58	0.56	0.49	1.16	0.91	1.11	0.65	1.28	0.64
Geumcheon	6	0.54	0.63	0.61	0.48	0.52	0.34	0.61	0.59	0.84	0.56	0.78	0.46
Yeongdeungpo	1	1.01	1.05	1.02	0.51	0.01	0.34	1.20	1.34	1.41	1.63	1.61	0.28
Dongjak	6	0.68	0.98	0.99	1.24	0.60	0.71	0.81	0.81	0.68	0.57	0.84	0.52
Gwanak	6	1.22	1.30	1.47	0.93	2.78	1.71	1.00	0.84	0.88	0.56	0.62	2.94
Seocho	2	1.94	1.04	1.01	1.48	2.56	2.46	1.43	1.50	1.24	2.23	1.13	2.56
Gangnam	3	1.63	1.36	1.39	1.73	1.14	0.88	2.13	1.67	1.83	4.21	2.61	1.44
Songpa	1	1.40	1.64	1.56	1.73	0.23	0.73	1.79	1.41	1.40	1.58	1.89	0.58
Gangdong	4	1.02	1.17	1.13	1.06	0.48	0.44	1.17	0.95	0.96	0.77	1.18	0.49

a) Urban spatial structures and GHG-AP emissions of local governments are normalized to those of Seoul city.

높은 행정구역, 군집 4는 성동구, 광진구, 동대문구, 마포구, 양천구, 구로구, 강동구로 도시공간구조는 평균적, 온실가스 배출량은 높은 반면 대기오염 배출량은 낮은 행정구역, 군집 5는 종로구, 강북구, 도봉구, 은평구로 산림면적, 공원면적과 대기오염 배출량은 높지만, 온실가스 배출량은 낮은 행정구역, 군집 6은 용산구, 중랑구, 성북구, 노원구, 서대문구, 금천구, 동작구, 관악구로 도시공간구조와 온실가스와 대기오염 배출량이 평균적이고, 온실가스 배출량은 낮은 행정구역으로 군집이 형성되었다.

4. 결론

2010년 서울시 행정구역별 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출특성을 통계학적으로 분석한 결과, 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출특성 사이에 의미 있는 관계를 보이는 것으로 나타났다.

1) 2010년 서울시 연간 총 온실가스-대기오염 통합 배출량은 각각 36,995,069 tonCO_{2eq}, 2,816,768 tonAP로 산정되었다.

2) 기술통계 분석결과 서울시의 행정구역별로 인구수

와 자동차 등록대수에서 최대 5배의 차이를 보이는 반면, 온실가스 배출량은 25배, 대기오염 배출량은 약 12배의 차이를 보이고 있다. 따라서 행정구역별 도시공간구조의 상이함이 온실가스-대기오염 통합 배출량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3) 상관성 분석결과 온실가스 배출량과 가장 큰 상관성이 있는 도시공간요소는 자동차 등록대수이며, 대기오염 배출량은 산림면적으로 나타났다. 특히, 대기오염 배출량은 식생에서 배출되는 휘발성유기화합물류에 주로 기인한 것으로 분석되었다.

4) 요인분석결과 도시공간구조에 따른 온실가스-대기오염 통합 배출량에 미치는 주요 인자는 3개로 나타났으며, 인자 1은 도시개발, 주거 및 교통, 인자 2는 경제, 인자 3은 환경으로 분석되었다.

5) 다중회귀분석을 바탕으로 다중회귀모형을 분석한 결과 서울시 도시공간구조에 따른 온실가스 배출량에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 자동차 등록대수(교통인자)이며, 대기오염 배출량은 산림면적(환경인자)으로 분석되었다.

6) 군집분석결과 도시공간구조와 온실가스-대기오염 통합 배출량에 의한 도시의 유형화는 6개로 분석되었다.

REFERENCE

- Ban, Y. U., Yoo, N. H., Lee, T. H., 2010, Forecasting carbon dioxide emission of a new city in accordance with land use patterns using electricity usage in a similar city : focusing on the Jungbu new city, *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 13(1), 49-60.
- EEA(European Environment Agency), 2013, EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013.
- EPA(Environment Protection Agency), 1995, AP-42 (compilation of air pollutant emission factors).
- Hu, H. J., Barlow, T., Lee, Y. H., Cho, H. J., 2013, Developing a roadside air quality assessment methodology using Seoul air quality monitoring data, *Seoul Studies*, 14(2), 115-129.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, *Climate change 2007*.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006, *2006 IPCC guideline for national greenhouse gas inventories*.
- Jang, M. J., Cheol, S. Y., Sun, C. H., Kim, T. H., 2012, The analysis of relationship between urban size and CO₂ emissions considering urban characteristics, *Journal of Korean Urban Management Association*, 25(4), 57-87.
- Kim, I. H., Oh, K. S., Jung, S. H., 2011a, An analysis of relationship between carbon emission and urban spatial patterns, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 19(1), 61-72.
- Kim, I. H., Oh, K. S., Jung, S. H., 2011b, Carbon emission model development using urban planning criteria-focusing on the case of Seoul, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 19(6), 11-18.
- Kim, Y.-P., Yeo, M. J., 2013, The trend of the concentrations of the criteria pollutants over Seoul, *J. KOSAE.*, 29(4), 369-377.
- KEC(Korea Environment Corporation), 2012, *Guidelines for local government greenhouse gas inventories (Ver. 3.0)*.
- NIER(National Institute of Environment Research), 2013, *Assessment manual of national air pollutant emission inventory(Ⅲ)*.
- NIER(National Institute of Environment Research), 2012, *National air pollutants emission 2010*.
- NIER(National Institute of Environment Research), 2010, *Assessment manual of national air pollutant emission inventory(Ⅱ)*.
- Seoul City, 2010-2011, *Seoul statistical yearbook*.
- SPSS(Statistical Package for Social Science), 2011, *IBM SPSS statistics base 20, version 20*.
- Statistics Korea, 2010, *International statistics yearbook*.