ISSN 2005-8349 GRI연구논총 2020년 제22권 제4호

PM10 미세먼지농도와 그린인프라 형태학적 특성의 관계성에 대한 탐색적 분석 : 경기도 사례*

강 상 준**

본 연구의 목적은 그린인프라의 형태적 특성이 미세먼지 농도와 어떠한 관계성 또는 규칙성을 가지고 있는지를 살펴보는 것이다. 연구의 공간적 분석은 경기도내 14개 시를 중심으로 하되 내용적 범위는 (1) 경기도내 시군별 그린인프라의 형태학적 공간패턴 분석, (2) 시군별 PM10 미세먼지 연평균농도와 그린인프라 공간패턴 값과의 관계성 분석으로 진행된다. 연구의 시간적 범위는 미세먼지 측정농도와 토지피복도 제작연도가 동일한 시점인 2018년도로 설정하였다. 토지이용적 관점에서 특정 토지이용이 미세먼지 농도와 어떠한 관계성이 관찰되는지에 대한 이해도는 향후 미세먼지 저감을 위한 토지이용관리를 위한 정책수립에 의미있는 함의를 줄 것으로 기대한다. 주요결과는 다음과 같다. 제한된 수의 모집단 규모로 인해 통계적 유의성 여부를 논의하기는 어려우나 경기도 14개 시군을 대상으로 분석한 결과 미세먼지농도와 그린인프라 형태학적 공간패턴과의 순위 상관관계 값은 매우 낮거나 거의 없는 것으로 나타나고 있다. 이는 어떤 특정 형태학적 패턴의 그린인프라 비율이 높아진다고 해서 미세먼지 농도가 같은 순위로 높아지거나 또는 낮아지는 것은 아닌 것으로 이해할 수 있다. 본 연구결과는 분석자료가 갖는 근본적 한계로 인하여 탐색적 수준에서 논의가 가능하며 이는 향후 연구를 향후 다양한 연구주제 또는 가설검증의 필요성을 함의하고 있다.

주제어 _ 그린인프라, 미세먼지, 스피어만분석, 형태학적 공간패턴 분석

* 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019S1A5A2A03049104)
** 국립강릉원주대학교 도시계획·부동산학과 부교수

ISSN 2005-8349 GRI REVIEW Vol. 22, No. 4, November 2020

Exploratory Analysis for the Concentration of PM10 Air Particulates and the Morphological Pattern of Greeninfra : the Case of Gyeonggi-do*

Sangjun Kang**

The purpose of this study is to explore the relationship or regularity of the morphological characteristics of greeninfra with the concentration of PM10. The study area is limited to the 14 cities in Gyeonggi-do. The scope of contents is as follows: (1) morphological spatial pattern analysis of greeninfra by city in Gyeonggi-do, (2) relationship between annual average concentration of PM10 and greeninfra's spatial pattern values. As for the temporal scope, the year of 2018 is set for the consideration of the observation time period of PM10 concentration and land cover. In terms of land use, the understanding of the relationship between specific land use and the concentration of PM10 is expected to have meaningful implications for land use management policies in the future. The main results are as follows. Due to the small population size, it is difficult to discuss whether it is statistically significant, the ranking correlation value between PM10 concentration and greeninfra morphological spatial pattern is found to be very low or little for the case of 14 cities in Gyeonggi-do. It is worth noting that the proportion of greeninfra in the city shows the very low or little ranking relation with the PM10 concentration. It can be understood that even if a certain morphological pattern or the proportion of green infrastructure increases, the concentration of PM10 does not increase or decrease in according to rank. The results of this study can be discussed at an exploratory level due to the fundamental limitations of the analysis data, which implies the needs for future researches on hypothesis verification.

Key words _ greeninfra, PM10, spearman analysis, morphological spatial pattern analysis

* This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019S1A5A2A03049104)

** Associate Professor. Dept of Urban Planning·Real Estate, Gangneung-Wonju National University

Ⅰ. 서 론

미세먼지 농도나 분포 등은 오염 배출원과 더불어 발생되는 지역이나 유입되는 지역의 지형적 특성과 자연자원의 이용 및 개발행태에 의해서도 결정될 수도 있을 것이다. 미세먼지 PM10에 대한 연구는 전 세계적으로 많이 진행되어오고 있다. 국내의 경우 미세먼지는 2005년 특별법 제정을 통해 1차 수도권 대기환경관리 기본계획을 마련하였고 이를 토대로 2차 계획(2015-2024)을 추진하고 있다. 1차 기본계획은 NOx, SOx, VOC 감축도 포함하나 주된 방점은 PM10에 있다(한혁·정창훈·금현섭·김용표, 2017). PM10 미세먼지와 도시녹지 기여도에 관한 연구는 토지이용적 측면에서 가장 활발히 이루어지고 있다. 완충녹지가 미세먼지 저감에 영향을 준다는 연구는 유신이 외(2009)에 의해 논의되었으며 공업지역 및 산업단지에서 대기 및 악취오염물질이 주거지역으로 확산되는 것을 방지하기 위한 미세먼지 차단과 저감에 대한 연구도 찾아볼 수 있다(유희선 외, 2016). 박현식 외(2002)는 산업단지 내에서 미세먼지 저감에 관한 효과성 검증에 대한 연구를 진행하기도 하였다. 녹지와 미세먼지관련 논의는 국지적인 녹지 관점을 넘어서 지역적 관점에서 그린인프라 개념에서 접근되고 있다. 그린인프라는 자연생태계의 가치와 기능을 보전할 수 있는 녹지공간의 연결된 네트워크로 이해될 수 있으며 자연생태계 뿐 아니라 인간에게 다양한 혜택을 주는 공간요소로 평가되어 오고 있다(Benedict·McMahon 2002; Tzoulas et al. 2007; Turner 1996; van der Ryn·Cowan 1996). 실제 국내외에서는 이미 대기오염 저감 관련 그린인프라 구축과 도시 그린인프라 계획을 수립하고 있다. 영국 런던은 도시 내 녹지의 중요성을 인식하여 일찍이 도시계획에 오픈스페이스 네트워크를 구축하도록 하고 있으며 더불어 그린인프라의 중요성은 이미 많이 논의되고 있다. 국내에서도 그린인프라의 미세먼지 저감 효과분석과 확대방안에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있다(김원주·우수영·윤초롱, 2018). 또한 그린인프라를 적용한 미세먼지 저감에 대한 도시계획 및 환경계획 수립 및 적용 등 연구논의도 진행되어 오고 있다(윤은주, 2020;, 성선용·박종순·이상은, 2019; 남성우·성선용·박종순, 2020). 이동현(2019)은 도심 내 그린인프라와 상호 연계작용을 하는 블루네트워크와 미세먼지 저감에 대해 연구를 진행하기도 하였다.

기존 많은 연구들에서 그린인프라와 미세먼지저감에 대한 논의가 이루어지긴 했으나 면밀히 살펴보면 많은 경우 그린인프라가 있고 없음을 중심에 두고 논의가 이루어져왔으며 그린인프라의 형태·구조적 특징들과 미세먼지와의 관계성에 관한 연구는 찾아보기 어렵다. 그린인프라의 형태·구조적특징 도출은 형태학적 공간패턴 분석(morphological spatial pattern analysis: MSPA)으로 논의가 가능하다(Vogt et al.2007). 미세먼지 발생원이 입지하고 있는 공간적 맥락에서의 도시화와 미세먼지에 대한 연계성 또는 도시 공간구조에 따른 미세먼지 분포정도 등 도시 및 지역의 공간적 관점에서의 연구는 지금

부터는 담론적 수준을 넘어 보다 실천적·구체적 수준에서 논의 될 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 그린인프라의 형태적·구조적 특성이 미세먼지 농도와 어떠한 관계성 또는 규칙성을 가지고 있는지를 살펴보는 것이다.

다만 공간환경정보서비스에서 제공되는 토지피복도가 일년단위로 제작되지 않고, 대기환경연보를 통해 2011년 이후부터 매년 제공되는 미세먼지 농도값 평균과 시간적으로 동일한 토지피복도는 2018년도 단일 자료라는 점을 고려하면 통계적 유의성이 가능한 공간분석을 위한 분석모집단 확보에는 한계가 있다. 이는 곧 본 연구결과는 통계적 신뢰도를 담보하기에는 한계가 있으며 현시점에서는 탐색적 수준에서의 경향분석에 한정될 것이다. 연구의 공간적 분석은 경기도 14개 시군을 중심으로 하되 내용적 범위는 (1) 경기도내 시군별 그린인프라의 형태학적 공간패턴 분석, (2) 시군별 PM10 미세먼지 연평균농도와 그린인프라 공간패턴 값과의 관계성 분석으로 진행된다. 연구의 시간적 범위는 미세먼지 농도측정과 토지피복도 제작연도가 동일한 시점이 2018년도로 설정하였다. 토지이용 관점에서 특정 토지이용이 미세먼지 농도와 어떠한 관계성이 관찰되는지에 대한 이해도는 향후 미세먼지 저감을 위한 토지이용관리 정책수립에 의미 있는 함의를 줄 것으로 기대한다.

Ⅱ. 연구방법

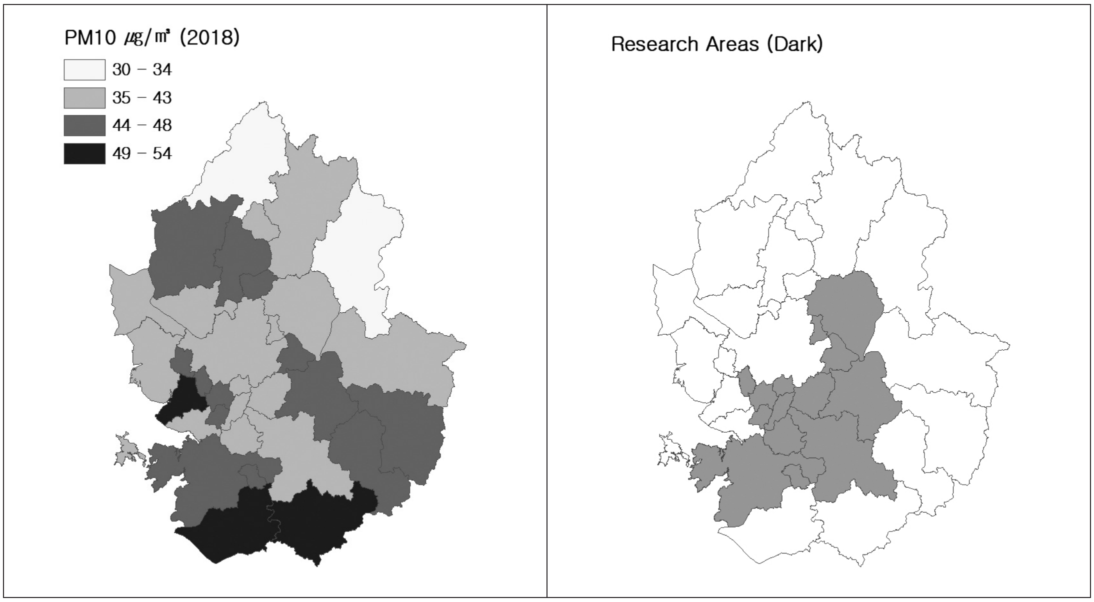
1. 연구대상지 및 연구자료

당초 연구대상지는 경기도 내 전체 31개 시군으로 설정하였으나 몇 가지 제약사항으로 인해 경기도 내 14개시만을 대상으로 연구를 진행하였다. 연구대상지 설정에서 고려된 사항은 다음과 같다: (1) 남북접경지역 시군들의 토지피복자료는 공간환경정보서비스 대분류토지피복도 형태로 공식적으로 제공되고 있지 않는다. (2) 서울시는 PM10 농도값 측면에서 볼 때 하나의 값으로 표현되지만 경기도와 같은 행정구역 위계 공간설정을 하게 되면 25개 자치구 각각이 한 개의 공간단위로 나타나게 되어 25개의 값을 나타나게 된다. 즉 1개의 미세먼지 값에 25개의 토지이용값이 비교되는 현상이 나타나게 되며 이는 단순 경향분석의 구조설정을 어렵게 한다. (3) 수도권 서해지역 인접 시군의 경우 내륙과 더불어 해양지역이 차지하는 면적이 높아 내륙 토지이용 중심 분석자료로 적합하지 않아 해당 시군을 제외하였다. (4) 시가화지역 내 인프라로서의 토지이용 논의 집중을 위하여 자연녹지 비중이 지배적인 일부 시군 또한 제외하였다. 이와 같은 고려를 통해 설정된 연구대상지는 남양주시, 구리시, 하남시, 광주시, 성남

시, 용인시, 과천시, 의왕시, 안양시, 군포시, 광명시, 수원시, 화성시, 오산시 등 14개 시군이다.

토지피복도는 대분류토지피복도(https://egis.me.go.kr/intro/land.do)로 제작시기는 2019년이나 자료의 원시영상정보에 따르면 촬영시기는 2018년~2019년이며 해상도는 30m, 분류항목은 시가화건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역 등 7개 항목으로 제작되었다. 본 연구에서는 산림지역, 초지, 그리고 습지지역을 수도권 지역 내 그린인프라로 설정하였다. 앞선 연구에서도 그린인프라 분석으로 토지피복도 상 산림이나 초지, 습지를 활용하였다(Kang·Choi, 2014; Kang·Kim, 2015).

〈그림 1〉 2018년 수도권 PM10 농도(좌), 연구대상지로 설정된 14개 시(우)



PM10 미세먼지농도자료는 2018년 시기 영상자료를 바탕으로 제작된 토지피복도와의 시기적 정합성을 고려하여 2018년 단일자료를 사용하였다. PM10 미세먼지농도자료는 대기환경연보에서 제공하는 연 평균값을 사용하였으며 '대기환경연보 부록 21. 통계처리 방법'에 기술되어 있는 자료 신뢰도에 대한 주요 사항은 다음과 같다. 첫째, 국립환경과학원에서는 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여, 통계처리 시 대상기간 중 75% 이상의 측정(통계)자료가 확보된 경우에만 통계자료를 산출한다(2001년 1월부터 적용). 둘째, 1시간 일·월·년 평균값은 1시간 평균자료를 이용하여 일평균, 월평균, 연평균을 계산하며, 유효측정값의 처리비율은 75% 이상을 적용한다. 셋째, 지역별(도시별) 평균값은 지역내 도시대기측정소의 1시간 평균자료를 모두 누적한 합을 누적자료 개수로 나눈 값을 도시의 일평균으로 산정하며, 월평균, 연평균도 1시간 평균자료로 계산한다. 측정단위의 경우 미세먼지 PM10 농도는 ㎍/㎥ 으로 표기

된다. 2018년 수도권일대 미세먼지 PM10 농도는 〈그림 1〉과 같다.

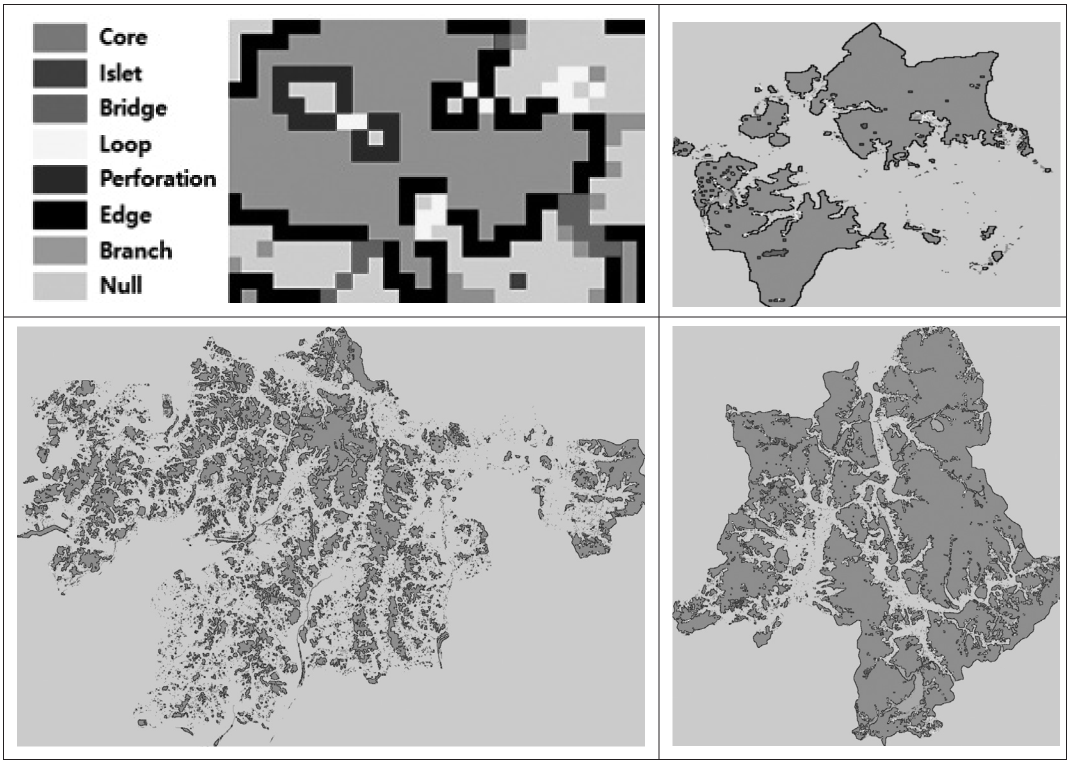
2. Morphological Spatial Pattern Analysis & Non-Parametric Spearman Rank Correlation Analysis

연구대상지역의 그린인프라는 토지피복도를 이용한 형태학적 공간패턴분석(Morphological Spatial Pattern Analysis: MSPA)을 수행하였다. 도시 및 지역 토지이용의 물리적 현상인 형태학적 관점에서의 이해는 MSPA 방법을 통하여 가능하다(Vogt et al, 2007; Vogt, 2010). MSPA는 Mathematical Morphology 개념에 바탕을 두고 Background & Foreground의 이진법 패턴분석으로 크기, 연결성, 모양을 통해 토지피복도의 특정 토지이용만을 추출하여 기하학 이미지형태로 전화하여 계량화 하는 접근이다(Soille, 2003; Soille·Vogt, 2009). MSPA는 European Commission Joint Research Centre 에서 개발된 Graphical User Interface for the Description of image Objects & their Shapes(GUIDOS) 프로그램을 이용하여 분석하며 이를 통한 MSPA 분석은 도시·지역·공간정보 관련 다양한 분야에서 활용되고 있다(Vogt, 2010; Kang·Choi, 2014; Kang·Kim, 2015). MSPA 기하학 분류는 군집형(Core), 섬형(Islet), 교량형(Bridge), 고리형(Loop), 가지형(Bbranch), 경계형(Edge), 그리고 천공형(Perforation) 형태로 분류된다(Soille·Vogt, 2009). 분석에 있어 이미지 픽셀 연결성은 8-Neighbor 또는 4-Neighbor로 설정 가능하며 8-Neighbor는 꼭지점과 면을 모두 연결지점으로 인식하며 4-Neighbor는 면만을 연결지점으로 인식한다. 본 연구에서는 GUIDOS 매뉴얼을 참조하여 Foreground의 연결성 기준으로 8-Neighbor를 사용하였다.

〈표 1〉 MSPA 형태학적 분류의 정의와 이와 관련한 그린인프라 형태학 특성

유형	분류	정의
Patch	Core	Background에서 멀리 떨어진 Foreground 픽셀로 Core 〉 s (크기변수 s 보다 큼)로 파편화되지 않은 군집된 초지나 녹지 등으로 이해할 수 있음
	Islet	어떠한 군집픽셀도 포함하지 않는 Foreground 픽셀의 부분으로 난개발로 인해 파편화된 녹지 또는 나홀로 개발과 같은 공간적 형태
Connecter	Bridge	두 개 또는 더 많은 군집형과 연결된 구성요소들로부터 나오는 픽셀로 연결녹지형태의 공간적 형태
	Loop	동일한 군집형과 연결된 구성요소들로부터 나오는 픽셀로 고리형의 형태를 같은 연결녹지
Boundary	Perforation	군집형 픽셀에서부터 멀리 떨어진 픽셀은 s보다 작거나 같고 군집형 픽셀 내부에 위치(안쪽경계)로 내부천공형태의 테두리 부분 녹지대를 의미
	Edge	군집된 녹지공간의 외부 경계부분에 해당하는 산기슭부분의 녹지를 의미
	Branch	다른 녹지공간과 연결됨 없이 끊어진나뭇가지형태의 녹지대

〈그림 2〉 MSPA 형태학적 분류의 예시(Top-Left) 및 그린인프라 MSPA 결과(안양시: Top-Right, 하남시: Bottom-Left, 광주시: Bottom-Right)



그린인프라의 형태학분류로 도출된 각각의 요소들은 PM10 미세먼지농도와 쌍대방식으로 비교분석하되 본 연구에서 사용되는 그린인프라 변수와 PM10 농도 두 변수는 Spearman Correlation Analysis 방식을 통해 논의하고자 한다. Spearman 분석은 토지이용 변화 또는 관리적 차원에서의 비교분석방법으로 기존에 사용되어왔으며 Salvati et al(2015)은 로마지역의 도시외곽일대의 도시경관과 산림보전평가를 위한 분석에 활용하였고, Zambon et al(2017) 유럽지역의 다핵심 도시개발현상과 경제성장 연구에서 활용하였다. 두 계량형 변수 또는 순서형 변수 간 단순 관계의 강도와 방향을 조사하는데 사용되는 Spearman 상관 계수 값의 범위는 −1에서 +1까지로 계수의 절대값이 클수록 변수 사이에 강한 관계가 있다고 해석한다. Rovai et al(2013)에 따르면 계수값이 ±0.9 이상이면 매우 높음, ±0.7−0.9 높음, ±0.5−0.7 보통, ±0.3−0.5 낮음, ±0.3 이하는 거의관계 없음으로 해석된다.

Ⅲ. 분석결과

연구대상지에 대한 형태학적 공간패턴분석(Morphological Spatial Pattern Analysis)은 각각의 시군에 대해 개별적으로 수행하여 총 14개 시군에 대해 개별적인 그린인프라 비율 및 형태학 분석자료를 산출하였다. 〈표2〉와 〈표3〉에서 정리된 그린인프라 형태학적 분석에 따르면 전체적으로 모든 시에서 군집형(Core) 비중이 높은 것으로 나타나고 있다. 그 뒤를 위어 경계형(Edge)과 가지형(Branch)이 높은 비율을 차지하고 있으며 나머지 천공형(Perforation), 고리형(Loop), 교량형(Bridge)은 낮은 비율을 차지하고 있다.

〈표 2〉 지역별 그린인프라 비율과 그린인프라 각각의 형태학적 특징이 차지하는 비율(%)

City	CORE	ISLET	PERFORATION	EDGE	LOOP	BRIDGE	BRANCH	GREEN INFRA (TOTAL)
화성시	54.20	5.93	0.90	26.84	1.36	2.13	8.65	17.99
하남시	80.55	2.98	0.81	10.89	0.74	1.12	2.91	32.57
의왕시	79.08	1.63	1.11	13.82	0.76	0.73	2.86	27.65
오산시	53.44	6.57	0.73	26.38	1.88	1.81	9.18	17.85
안양시	81.62	0.81	1.46	13.02	0.54	0.37	2.18	29.37
성남시	75.69	1.72	1.60	16.22	0.71	0.89	3.17	32.62
군포시	65.76	2.86	1.62	22.21	1.56	1.00	4.99	26.60
광주시	82.49	0.83	2.04	11.18	0.81	0.49	2.14	38.68
광명시	61.55	4.36	0.68	22.20	1.43	3.28	6.50	26.04
과천시	79.67	2.01	0.48	13.18	0.89	0.64	3.13	45.55
용인시	72.12	2.40	1.85	16.56	1.37	1.49	4.21	31.71
남양주시	79.42	1.85	1.78	11.65	1.13	1.04	3.13	41.05
수원시	61.30	6.31	0.84	22.19	1.24	1.25	6.87	15.94
구리시	60.47	7.86	1.20	18.35	3.32	3.29	5.51	18.41

〈표 3〉 지역별 그린인프라 형태적 특성별 순위(7개 특성에서의 순위)와 PM10 농도

City	CORE	ISLET	PERFORATION	EDGE	LOOP	BRIDGE	BRANCH	PM10 농도 (2018)
화성시	1	4	7	2	6	5	3	46
하남시	1	3	6	2	7	5	4	48
의왕시	1	4	5	2	6	7	3	43
오산시	1	4	7	2	5	6	3	47
안양시	1	5	4	2	6	7	3	47
성남시	1	4	5	2	7	6	3	42
군포시	1	4	5	2	6	7	3	46
광주시	1	5	4	2	6	7	3	45
광명시	1	3	7	2	6	4	5	45
과천시	1	4	7	2	5	6	3	41
용인시	1	4	5	2	7	6	3	43
남양주시	1	4	5	2	6	7	3	39
수원시	1	4	7	2	6	5	3	41
구리시	1	3	7	2	5	6	4	43

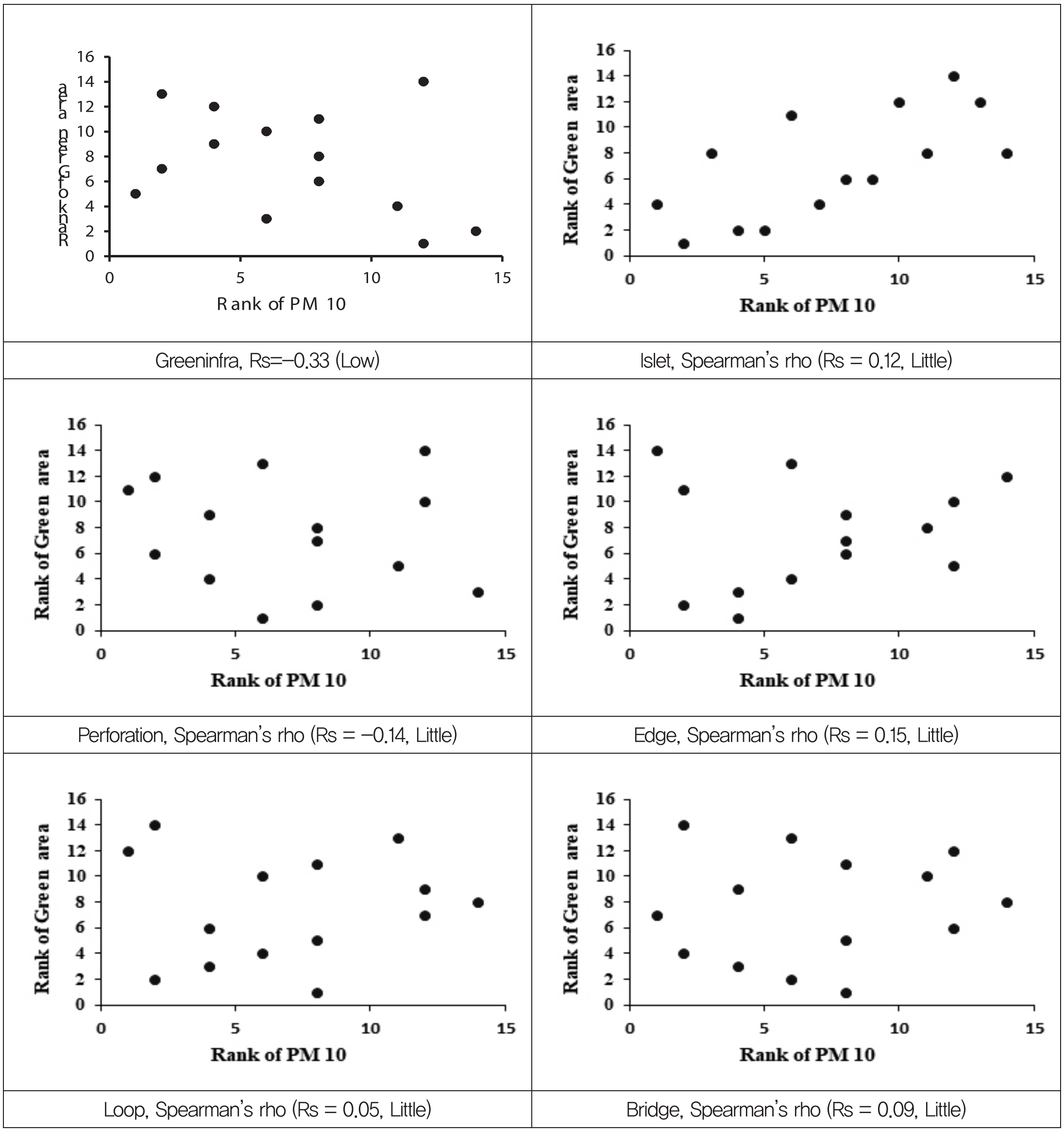
〈표 2, 3〉이 보여주고 있는 형태학적 공간패턴은 경기도 내 각 지역의 그린인프라 특징의 이해를 하는데 매우 효과적으로 각각의 결과 값 관계성 분석이 요구된다. 본 연구에서의 〈표 2, 3〉 결과 값은 경기도내 각 시에서 나타나는 그린인프라와 미세먼지 농도 값과의 관계성 이해를 위한 변수값 도출을 목적으로 한정되었다.

7가지 형태로 도출된 각각의 형태학적 특성 값은 2018년도 미세먼지 PM10 농도와의 관계성 관찰을 위해 Spearman's Rank Analysis를 수행하였다. 다만, 분석에 사용된 값이 14개(14개 시)로 매우 제한적이므로 통계적 유의미를 논의하는 것이 적절하지 않다. 따라서 순위분석 결과는 통계적 유의성이 아닌 미세먼지농도와 그린인프라 형태학적 특징 사이에서 관찰되는 경향 수준으로 이해하는 것이 적절할 것이다.

먼저 각 지역별 그린인프라가 차지하는 비율과 PM10 농도와의 순위관계는 낮은 것(Rs =−0.33)으로 나타나고 있다. 그리고 그린인프라를 구성하는 각각의 형태학적 공간패턴의 비율과 PM10 농도의 순위관계는 다음과 같다: Islet(Rs = 0.12), Perforation(Rs = −0.14), Edge(Rs = 0.15), Loop(Rs = 0.05), Bridge(Rs = 0.09), Branch(Rs = 0.02), Core(Rs = −0.05). 전체적으로 절대값0.02~0.15 사이 낮은 수준으로의 순위관계를 보인다. 제한된 수의 모집단 규모로 인해 통계적 유의성 여부를 논의하기는 어려우나 경기도 14개 시군을 대상으로 분석한 결과 도심 내 그린인프라를 구성하는 각각의 형태학적 특성들 비율이 해당 도시의 미세먼지농도와 매우 낮거나 거의 없는 정도의 순위관계를 보이고 있다.

이는 어떤 특정 형태학적 패턴이나 그린인프라의 비중이 높아진다고 해서 미세먼지 농도가 함께 유사한 수준으로 순위가 높아지거나 또는 낮아지는 것은 아닌 것으로 이해할 수 있다. 물론 이는 미세먼지농도가 그린인프라 비중 또는 그린인프라의 형태학적 공간패턴과 관계가 없다는 것을 의미하는 것은 아니다.

〈그림 3〉 그린인프라의 형태학적 공간패턴과 미세먼지와의 순위 상관관계



Greeninfra, Rs=–0.33 (Low)

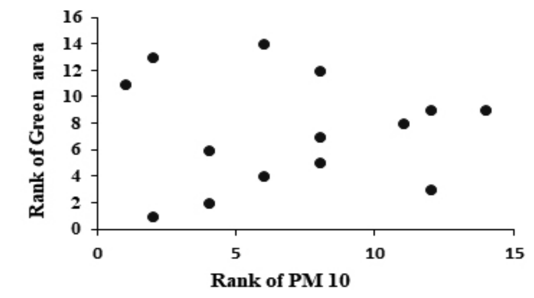
Islet, Spearman's rho (Rs = 0.12, Little)

Perforation, Spearman's rho (Rs = –0.14, Little)

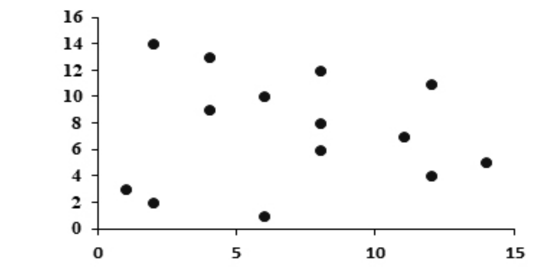
Edge, Spearman's rho (Rs = 0.15, Little)

Loop, Spearman's rho (Rs = 0.05, Little)

Bridge, Spearman's rho (Rs = 0.09, Little)



Branch, Spearman's rho (Rs = 0.02, Little)



Core, Spearman's rho (Rs = –0.05, Little)

Ⅳ. 결 론

넓은 의미에서 지속가능한 토지이용계획을 위한 공간적 최적화는 물리적 환경, 사회, 경제 등 다양한 사회적·물리적 제약의 충족과 수요 충족을 목표로 한다(Ligman–Zielinska, Church, Jankowski 2008). 토지이용에 있어 위치와 배분은 전통적인 도시·지역계획의 주요 관심분야이며 이러한 맥락에서 본 연구에서는 그린인프라의 공간상 양적개념과 형태학적 특성으로 표현되는 공간상 위치 및 배분개념을 각각의 관점에서 PM10과의 관계성을 통해 살펴보았다. 많은 경우 토지이용에 있어 총량적 요인이 위치 및 배분요인에 비해 지배적으로 작용하고는 있으나 제한된 양적상황에서의 위치 및 배분요인 최적화는 토지이용의 공간적 최적화로 그 의미를 갖는다. 경기도 14개 시군을 대상으로 분석한 결과 그린인프라의 비율이나 그린인프라의 형태학적 공간패턴과 PM10 미세먼지 농도 값과의 순위상관관계는 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

이는 앞서 언급하였듯이 그린인프라와 미세먼지농도가 관계가 없다는 것과는 다른 의미로 순위관점에서 상호간에 함께 높아지거나, 낮아지거나 하는 경향은 관찰되지 않는다고 이해하는 것이 적절할 것이다. 예컨대 지역 내 그린인프라 비중을 점차 높인다고 해서 해당지역 내 미세먼지 농도 값이 점차 낮아지는 그러한 관계는 아니며 비슷한 예로 군집형 그린인프라가 점차 훼손되어 감소되어간다고 해서 지역 내 미세먼지 농도가 점차 높아져 간다는 것은 아니라는 것이다.

본 연구결과는 분석자료가 갖는 근본적 한계로 인하여 탐색적 수준에서 논의가 가능하며 이는 향후 다양한 연구주제 또는 가설검증의 필요성을 함의하고 있다. 분석결과 신뢰도 관련해서는 추후 최소한의 통계적 의미를 부여할 수 있는 수준으로의 결과도출이 진행될 필요가 있다. 본 연구에서는 수도권

일부지역에서 관찰되는 PM10 농도와 그린인프라 형태적 특성과의 관계를 2018년 단일년도 PM10 관측자료를 바탕으로 살펴보았지만 추후 전국 시군단위로의 공간적 범위 확장을 통한 상관분석은 통계적 유의성을 가능케 할 것으로 기대된다. 다만 그러한 공간적 범위확대에도 불구하고 PM10 측정시기와 정합성을 갖는 토지피복자료가 2018년도 외에는 추가적으로 가용하지 않다는 한계를 고려하면 전국단위 분석 또한 2018년 단일연도의 대기특성에서 관찰되는 그린인프라의 형태적 특성과 PM10 농도가 갖는 경향으로 이해될 수밖에 없다는 한계는 극복하기 어려울 것이다. 연구가설과 관련해서는 예컨대 도심지에서의 점진적인 녹지비율증가는 해당지역의 연평균 미세먼지 농도와 같은 지역적 스케일의 관점보다는 수목이나 녹지공간에서의 미세먼지 흡착효과 등을 통해 보행자나 수목의 높이 등의 보행권 높이수준이나 생활권 공간단위에서 그 실효성이 보다 유의하게 관찰되는 것이 아닌지에 대한 연구질문을 가능하게 한다. 또는 도시나 지역의 토지이용은 PM10 미세먼지농도보다는 농도저감을 위한 배출원관리 차원에서의 논의가 보다 적절할 수도 있을 것이다. 마지막으로 도시 및 지역 내 그린인프라가 가진 다양한 긍정적 의미를 고려할 때 지역적 차원의 미세먼지보다는 국지적 흡착원 중심의 그린인프라 논의가 보다 바람직할 것으로 관련주제에 대한 지속적인 추후연구를 제안한다.

■ 참고문헌 ■

유신이·김태희·함수한·최수민·박찬열(2019). “시화공단 완충녹지의 미세먼지 농도 저감 특성 연구”. 『한국대기환경학회 학술대회논문집』, 77-77.

유희선·이창수(2016). “산업단지 주변의 PM-10 확산특성을 고려한 주거계획기준 연구”. 『국토계획』, 153-168.

박현식·강조홍·장세덕·송호준(2020). “울산 산업단지 제조현장 미세먼지 저감 기술지원 사업”, 『한국생산제조학회』, 98-98.

김원주·우수영·윤초롱(2018). 『그린인프라의 미세먼지 저감효과 분석과 확대 방안』, 서울연구원.

윤은주(2020). “미세먼지(PM10) 추세를 고려한 환경계획 적용 방향 제안”, 『한국환경영향평가학회, 210-2018.

성선용·박종순·이상은(2019). 『미세먼지 저감을 위한 도시 내 바람길 도입 방안』, 국토연구원.

남성우·성선용·박종순(2020). “미세먼지 저감대책으로서 바람길 적용 방안 : 세종시를 대상으로”, 『한국콘텐츠학회』, 1-9.

이동현(2019). “미세먼지 저감을 위한 부산시 블루그린 네트워크 추진”, 『도시정보』,1: 12-13.

한혁·정창훈·금현섭·김용표(2018). “미세먼지 PM10 저감정책의 비판적 검토”, 『환경계획』, 25(1): 49-79.

:Benedict M & McMahon E(2002). “GI: Smart Conservation for the 21st Century”, *Renewable Resources Journal*, 12-17.

Kang S, Kim J(2015). “Morphological Analysis of Green Infrastructure in Seoul Metropolitan Area, Korea”. *Journal of Landscape & Ecological Engineering*, 11(2): 259-268.

Kang S & Choi W(2014). “Forest Cover Changes in North Korea since the 1980s”, *Journal of Regional Environmental Changes*, 1.14(1): 347-354.

Ligmann-Zielinska, A., Church RL, Jankowski P(2008). “Spatial Optimization as a Generative Technique for Sustainable Multiobjective Land-use Allocation.” *International Journal of Geographical Information Science*, 22: 601-622.

Rovai AP, Baker JD, Ponton MK(2013). *Social Science Research Design and Statistics: A Practitioner's Guide to Research Methods and IBM SPSS*. Watertree Press LLC.

Salvati L, Moretti V, Sabbi A, Ippolito A, Ferrara A(2015). *A Multivariate Assessment of Fringe Landscape Dynamics in Rome, Italy, and Implications for Peri-Urban Forest Conservation. Rend*. Fis. Acc. Lincei. 26. S587-S596. 10.1007/s12210-015-0401-x.

Soille P(2003). *Morphological Image Analysis: Principles and Applications (2nd eds.)*. Springer-Verlag, New York.

Soille P & Vogt P(2009). “Morphological Segmentation of Binary Patterns”, Pattern Recogn Lett, 30:456-459.

Tzoulas K, Korperla K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Kazmierczak A, Niemela J, James P(2007). “Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas using GI: A Literature Review”. *Landscape Urban Planning*, 81:167-178.

Turner T(1996). *City as Landscape. A Post-postmodern View of Design and Planning*. E&FN Spon, London.

Van der Ryn S & Cowan S(1996). *Ecological Design*. Island Press, Washington, DC.

Vogt P, Iwanowiski M, Estreguil C, Kozak J, Soille P(2007). “Mapping Landscape C corridors”. *Ecol Indic*, 7(2):481-488.

Vogt P(2010). *User Guide of GUIDOS*, Institute for Environment and Substantiality European Commission, Joint Research Centre, TP2611-21027 Ispra (VA), Italy.

Zambon I, Serra, Grigoriadis, Carlucci, Salvati(2017). "Emerging Urban Centrality: An Entropy-based Indicator of Polycentric Development and Economic Growth". *Land Use Policy*, 68:365-371.

원 고 접 수 일 | 2020년 9월 21일
1차심사완료일 | 2020년 11월 3일
2차심사완료일 | 2020년 11월 13일
최종원고채택일 | 2020년 11월 16일

강상준 skang8@gwnu.ac.kr

2008년 미국 University of Illinois at Urbana-Champaign에서 지역계획학 박사학위를 받았다. 경기연구원 연구위원을 거쳐 현재 국립강릉원주대학교 도시계획·부동산학과 부교수로 재직 중이다. 관심분야는 도시취약성을 고려한 도시계획과 도시 회복탄력성 등이다. 논문으로는 “강릉시 교외 신규 개발지역의 공간 변화 추이”(2019), “건물침수지역과 시가지유형간의 관계에 대한 실증분석”(2017). “도시의 시가화지역 확장과 파편화 변화분석”(2016), “사회적 비용을 고려한 커뮤니티 회복탄력성 개념의 재정립”(2014), “Forest cover changes in North Korea since the 1980s”(2013) 등 다수 발표하였다.