

Technical Article

서울시 PM₁₀과 PM_{2.5}의 공간적 분포 변이분석

정 종 철

남서울대학교 공간정보공학과

The Variation Analysis on Spatial Distribution of PM₁₀ and PM_{2.5} in Seoul

Jongchul Jeong

Department of GIS, Namseoul University

요약: 미세먼지는 대기오염 중 심각한 질병을 야기할 수 있는 대기오염 원인물질이다. 이에 대부분의 연구는 위성영상을 활용하거나 모델링 기법을 이용하여 지역적 미세먼지 분포경향을 분석하였다. 하지만 측정소값을 기준으로 공간보간기법을 적용하여 분석하는 방법은 국내에서 부족한 실정이다. 본 연구에서는 서울시 39개의 미세먼지 측정망을 기준으로 2018년도 서울시의 1월, 2월, 3월, 4월 PM₁₀과 PM_{2.5}의 월별 공간적인 분포 변이를 분석하였다. 또한 본 연구를 통해 얻어진 분포도를 기반으로 PM₁₀과 PM_{2.5}의 차이값을 보여주는 분포도를 제작하였으며, PM₁₀의 배출량이 많은 지역과 PM_{2.5}의 배출량이 많은 지역을 선정하였다. 또한 PM₁₀과 PM_{2.5}의 분포를 비율로 계산하여 분포지도도를 제작함으로 각 지역별 PM₁₀과 PM_{2.5}의 상호관계를 확인하였다. 본 연구는 공간분석 기법을 통하여 서울시 PM₁₀과 PM_{2.5}를 분석하는 공간적 분포변이 결과를 해석하였다. 본 연구의 결과 PM₁₀은 도로변 측정소에 높은 측정값을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

주요어: 공간분석, PM₁₀, PM_{2.5}, 미세먼지 측정망

Abstract: PM(Particulate Matter) cause serious diseases of air pollution. Most of the studies have analyzed local distribution trends using satellite images or modeling techniques. However, the method using the spatial interpolation method based on the meteorological value is insufficient in Korea. In this study, monthly spatial distribution of PM₁₀ and PM_{2.5} in January, February, March, and April of 2018 Seoul Metropolitan City were analyzed based on 39 PM monitoring networks. In addition, a distribution map showing the difference between PM₁₀ and PM_{2.5} was based on the distribution obtained through this study. The regions of high PM₁₀ and PM_{2.5} emissions were selected. In addition, the correlation between PM₁₀ and PM_{2.5} was confirmed through the distribution map. This study analyzed the spatial distribution variation results of analyzing PM₁₀ and PM_{2.5} in Seoul through spatial analysis technique. As a result of this study, it was confirmed that PM₁₀ shows high measured value on the roadside measurement station.

Keywords: Spatial analysis, PM₁₀, PM_{2.5}, PM monitoring station networks

I. 서론

한국은 미세먼지로 인한 피해가 매년 심각해지고 있으며, 이에 정부는 미세먼지에 대한 연구 및 측정소 신규운영지침을 작성하며 미세먼지에 대한 피해 감소를 위해 노력 중이다. 또한 환경부는 $PM_{2.5}$ 기준 설정에 따른 관리대책의 정책 자료 확보를 위해 $PM_{2.5}$ 의 배출량과 배출목록을 작성하고, 수도권 미세먼지에 대한 특성조사와 도시지역의 $PM_{2.5}$ 농도 현황을 조사하여 도시지역 $PM_{2.5}$ 생성특성을 연구하였다.

공간적인 미세먼지의 분포 특성을 파악하기 위해 국내 많은 연구자들은 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 배출원에 대한 연구를 통하여 미세먼지의 발생인자 및 시-공간적 분포현황을 분석하였다. PM_{10} 의 발생원인은 자연적인 원인과 인위적인 원인으로 구분되며, 인위적인 발생원은 대부분 연료 연소에 의해 발생되고, 보일러나 자동차, 발전시설 등의 배출물질이 주요 발생원이다. 그 외 공사장, 도로 등에서 비산되는 먼지도 많은 양을 차지한다.

$PM_{2.5}$ 는 자동차, 화력발전소 등에서 배출된 1차 오염물질의 대기 중 반응에 의한 2차 오염물질 생성이 주요 발생이며, 주로 황산염, 질산염, 유기탄소 등으로 구성되어 있다(Ham et al., 2017). Seo et al. (2015)은 왕십리 상업지역의 식당가를 중심으로 초미세먼지의 분포특성을 관측하였다. 특히, 식당가의 밀집도 및 시간대의 비교 기준을 설정하여 상업지역에서 발생하는 초미세먼지의 발생경향을 파악하였다. Ham et al. (2017)은 2016년 봄철동안 서울의 PM_{10} , $PM_{2.5}$ 그리고 $PM_{2.5}$ 중 OC와 EC의 농도 변화를 파악하고 배출원 추적을 위해 CPF(Conditional Probability Function) 모델과 역궤적 결과를 이용한 PSCF(Potential Source Contribution Function), CWT(concentration Weighted Trajectory)모델 분석을 하였다. Kim(2013)은 황사의 발생과 PM_{10} , $PM_{2.5}$ 의 백분율의 상관성을 확인하였으며, 황사기간 내 PM_{10} 중 $PM_{2.5}$ 의 비율이 일반시기와 비교하여 24% 감소한 것을 확인하였다.

국내 뿐 아니라 해외에서도 많은 연구자들은 PM_{10}

과 $PM_{2.5}$ 에 관한 연구를 통하여 미세먼지의 공간적인 분포특성을 분석하였다. Mats et al. (2008)은 대기 오염과 호흡기질병에 대한 다민족 연구를 실시하였다. 지역별 실외 가정용 $PM_{2.5}$ 모니터링 결과를 통하여 평균농도로 정규화하고 특정 주택에서 발생하는 대기오염물질의 비율을 도출하였다.

광역적인 범위에서 미세먼지의 분포특성을 분석하기 위하여 QianDi et al. (2016)은 에어로졸 광학 깊이 모델을 향상시킨 변수를 통하여 하이브리드 모델을 구축하였으며, 연구과정에서 $PM_{2.5}$ 의 1km격자 셀에서의 값을 예측하는 모델을 제작하였다.

Chang et al. (2014)은 AOD를 이용한 토지이용과 $PM_{2.5}$ 의 회귀모델을 발전시켰으며, 결과로 $PM_{2.5}$ 농도 예측모델을 제작하였다. Cole et al. (2017)은 오하이오 주 신시내티의 도시 미세먼지의 원소 구성요소에 대한 LUR(Land Use Regression) 모델과의 정밀성을 비교하고 새로운 토지 사용 랜덤 포트리스(LURF)모델을 개발하였다. 개발된 모델을 통하여 보다 정확한 노출 평가를 제시하였다. Dilip et al. (2011)는 인도의 항만에서 대기질 평가를 하는데 시공간적 분석을 위해 공간보간기법인 IDW(Inverse Distance Weighted)와 Krigging을 사용하여 실측값과 보간값의 상관관계를 분석하였으며, IDW가 보다 정확하다는 것을 제시하였다. Aman & Preetvanti(2013)는 크리깅기법을 활용하여 2008년부터 2012년까지 SPM(Suspended Particulate Matter)의 공간적인 분포를 보간기법을 적용하여 분석하였다. Hooyberghs et al. (2005)은 신경망 예측모델의 기능을 활용하여 일평균 PM_{10} 농도를 예측하는 모델을 구축하고 이의 적용을 도시지역에 대해서 분석하였다.

해외 대부분의 미세먼지 연구는 측정소에서 측정된 값을 사용하여 미세먼지의 시공간적 분포특성을 모델링하고 이를 통해 공간적 변이를 파악하는 연구가 진행되었다. 이에 본 연구는 서울시의 39개의 미세먼지 측정소에 대하여 도시대기 측정소와 도로변 측정소 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 지역별 PM_{10} , $PM_{2.5}$ 차이값 분석 및 비율화하여 각 지역별 비율 분포를 나타내었다. 본 연구는 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 공간적 분포와

PM₁₀, PM_{2.5}의 지역적 변이를 해석하는데 본 연구의 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 자료수집 및 공간범위

본 연구에서는 한국환경공단 에어코리아에서 제공하는 미세먼지 데이터를 사용하였다. 서울시 미세먼지 측정소는 서울시 25개의 행정구역에 존재하는 도시대기 측정소 25개와 14개 도로망 측정소 총 39개의 측정소에서 각각의 PM₁₀, PM_{2.5} 데이터를 수집하였다.

에어코리아(www.airkorea.or.kr)는 2018년도부터 서울시에 대하여 도시대기 측정소뿐만 아니라 도로변 측정소를 포함한 총 36곳에 대하여 PM_{2.5} 값을 제공하여 이를 본 연구에서 사용하였다.

또한 매년 발령되는 미세먼지 주의보 경보가 1월~4월에 집중적으로 발령되기 때문에 이 시기에 사람들은 미세먼지에 대한 관심을 다른 시기에 비해 높게 가지게 된다. 따라서 본 연구는 서울시의 2018년도 1월~4월 데이터를 기반으로 공간분석을 실시하였다. 데이터 수집은 에어코리아 일 평균 PM₁₀, PM_{2.5} 데이터를 활용하여 월평균 데이터를 생성하였으며, Figure 1은 서울시에 존재하는 측정소 39곳에 대한 공간적인 위치를 보여준다.

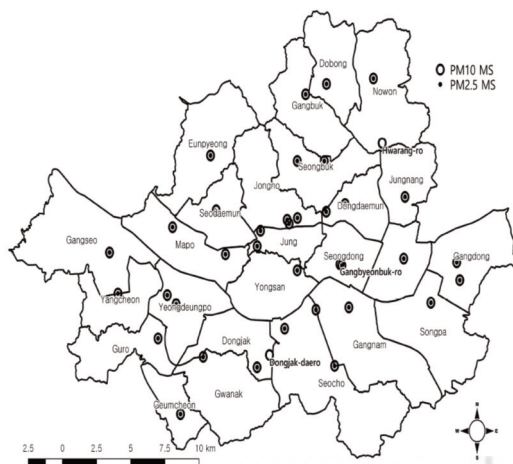


Figure 1. Spatial location of PM Monitoring Stations(MS) in Seoul

2. 자료 분석 방법

본 연구에서는 측정소의 측정값을 토대로 공간적인 분포도를 표현하였다. 공간적인 분포도를 표현하기 위하여 QGIS 2.18버전을 사용하였다. 데이터 분석 과정에 있어서 미세먼지 분포도 제작을 위하여 IDW (Inverse Distance Weighted) 기법을 사용하였다.

IDW 보간기법은 가까이 있는 실측값에 더 큰 가중값을 주어 보간하는 방법으로 거리가 가까울수록 높은 가중값이 적용된다. 반대로 실측값으로부터 멀어질수록 가중되는 값의 영향력은 줄어든다. 식 (1)은 IDW의 알고리즘을 나타낸다.

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

Z_p = 예측지점의 예측 값(보간 값)

Z_i = 위치(x_i, y_i)의 참조 값

W_i = 가중치

n = 참조 값 개수

본 연구의 전체적인 연구절차는 Figure 2와 같다.

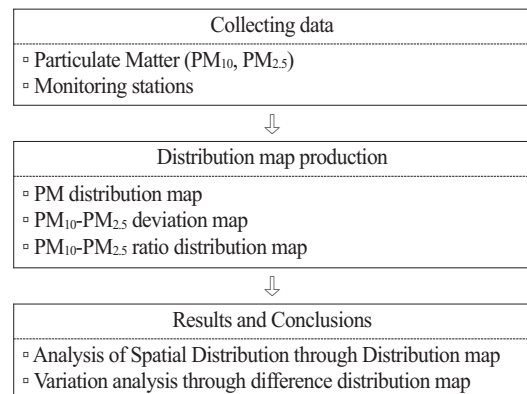


Figure 2. Research flow chart.

III. 연구결과 및 고찰

1. PM₁₀, PM_{2.5} 분포지도

1월 PM₁₀은 39개의 측정소 중 신촌로가 $67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 분포값을 보여주었으며 도시대기 측정소 중에서는 서대문구가 $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 값을 보여준다. 1월 PM₁₀의 상위 5곳 측정소 중 서대문구

를 제외한 모든 측정소가 도로변 측정소로 나타났으며(신촌로, 영등포로, 천호대로, 정릉로) 서대문구 다음으로 높은 도시대기 측정소는 구로구, 서초구($58 \mu\text{g}/\text{m}^3$)순으로 나타났다. 가장 낮은 분포값을 나타낸 측정소는 도로변 측정소 중 종로 측정소로 $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최고지역과 $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 차이를 보여주며 각 지역별 편차가 크다는 것을 확인시켜준다. 1월의 평균 PM_{10} 농도 분포값은 $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

2월 PM_{10} 역시 1월처럼 신촌로가 $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도값을 보여주었으며 상위 5개의 측정소 모두 도로변 측정소로 나타났다(신촌로, 정릉로, 동작대로, 강남대로, 영등포로). 도시대기 측정소 중 가장 높은 값을 보여준 지역은 영등포구로 $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 값을

보여주며 전체 순위 중 8위에 해당되었다. 2월 중 최솟값을 나타낸 측정소는 도시대기 측정소로 중구가 $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 값을 보여주며 가장 높은 값을 보여준 신촌로와 $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 차이를 보인다. 2월의 평균 PM_{10} 은 $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1월보다 약간 상승한 모습을 보여준다.

3월 PM_{10} 의 경우 영등포로가 $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 값을 보여주며 1월, 2월에서 가장 높게 측정되었던 신촌로는 8위로 측정되었다. 3월의 경우 9위까지 도로변대기 측정소로 나타났으며 도시대기 측정소 중에서 가장 높은 값을 보여주는 측정소는 구로구로 나타났다. 최솟값을 나타낸 지역은 도시대기 측정소 중 광진구와 중구($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 측정소로 나타났다. 3월의 PM_{10} 의 평균 값은 $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나며 2월과 같은 값



Figure 3. PM_{10} distribution map in 2018 across Seoul.

(a) Jan, (b) Feb, (c) Mar, (d) Apr

을 보여주고 있으나 가장 높은 측정소와 가장 낮은 측정소의 편차가 $28\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 2월보다 높은 편차값을 보여준다. 4월의 경우 가장 높은 값을 보여주는 지역은 도로변 측정소 영등포로로 $66\mu\text{g}/\text{m}^3$ 값을 나타내며 다음으로 신촌로로 $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 3월에 8위까지 내려갔던 신촌로가 2위에 올라왔으며 높은 값을 보여준 10개 측정소 중 강동구, 서초구를 제외하면 모두 도로변 측정소인 것으로 나타난다. 가장 낮은 값이 나타난 지역은 종로, 중구($43\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 영등포로와 편차가 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 나타난다. 4월 평균 PM₁₀의 평균 값은 $55\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 3월과 비슷하게 나타났다.

1월 PM_{2.5} 농도 중 가장 높은 측정소로 나타난 지역은 구로구이며 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 값을 나타낸다. PM_{2.5}의 경

우 PM₁₀과는 다르게 도시대기 측정소와 도로변 측정소의 차이가 심하게 나타나지 않는 것으로 확인된다. 1위~5위 모두 도시대기 측정소(구로구, 영등포구, 강동구, 동작구, 관악구)로 나타났으며 도로변 측정소 중 가장 높은 값을 보여주는 측정소는 공항대로($34\mu\text{g}/\text{m}^3$)다. 가장 낮은 값을 보여주는 측정소는 도로변 측정소 중 강남대로($25\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났으며 가장 높은 값을 보여준 구로구와 $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 차이를 보여준다. 1월 PM_{2.5}의 평균값은 $31\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

2월 PM_{2.5}는 신촌로가 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도를 보여줬으며 강남대로, 영등포로, 공항대로, 마포구($34\mu\text{g}/\text{m}^3$)가 그다음 순위로 나타났다. 2월 PM_{2.5} 최솟값을 나타내는 지역은 도로변 측정소인 종로이

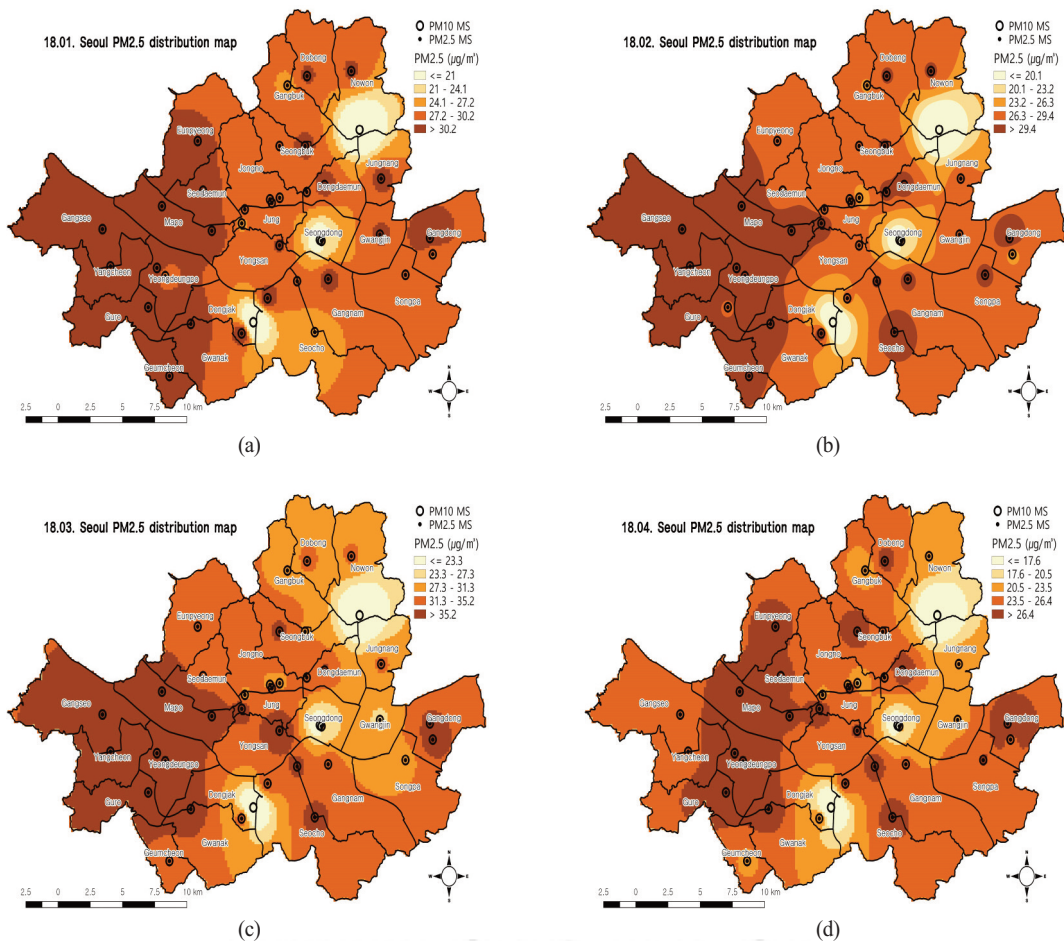


Figure 4. PM_{2.5} distribution map in 2018 across Seoul.

(a) Jan, (b) Feb, (c) Mar, (d) Apr



Figure 5. PM measurement value by 39 monitoring stations in 2018 across Seoul.

(a) Jan, (b) Feb, (c) Mar, (d) Apr

며 $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타내고 신촌로와 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ 차이를 보여준다. 이는 1월과 비슷한 수치이다. 2월 PM_{2.5} 평균은 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1월보다 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 낮게 나타났다.

3월 PM_{2.5}는 용산구가 $47\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 값을 보여준다. 이는 1월, 2월의 구로구와 신촌로 보다 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 높으며 3월의 PM_{2.5}가 다른 달보다 높게 나타난 것을 보여준다. 특히 2위로 나타난 영등포구가 $45\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3위로 나타난 구로구가 $41\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 2위와 3위의 차이가 $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높게 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. 가장 낮은 값을 나타낸 지역은 광진구로 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도값을 보여준다. 가장 높은 용산구와의 편차는 $21\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1월과 2월에 비해 약 2배정도 높은 편차값을 보여준다. 3월의 PM_{2.5}평균 또한 35

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1월, 2월보다 $3\sim 4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 높다.

4월 PM_{2.5}는 영등포구가 $34\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 값을 보여주며 다음으로 홍릉로($32\mu\text{g}/\text{m}^3$), 정릉로, 강동구, 영등포구($31\mu\text{g}/\text{m}^3$) 순으로 나타났다. 4월 최솟값을 나타내는 지역은 종로($20\mu\text{g}/\text{m}^3$)이며 가장 높은 측정값을 보여주는 영등포로와 $14\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 편차를 보여준다. 4월의 평균 PM_{2.5}는 $27\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1월~4월 중에서 가장 낮은 평균값을 보여준다.

2. PM₁₀, PM_{2.5} 차이분석

PM₁₀과 PM_{2.5} 분포지도를 활용하여 PM₁₀에서 PM_{2.5}를 빼서(PM₁₀-PM_{2.5}) 그 차이를 분석하였다. PM₁₀-PM_{2.5}의 차이값이 크면 클수록 그 지점은 PM₁₀

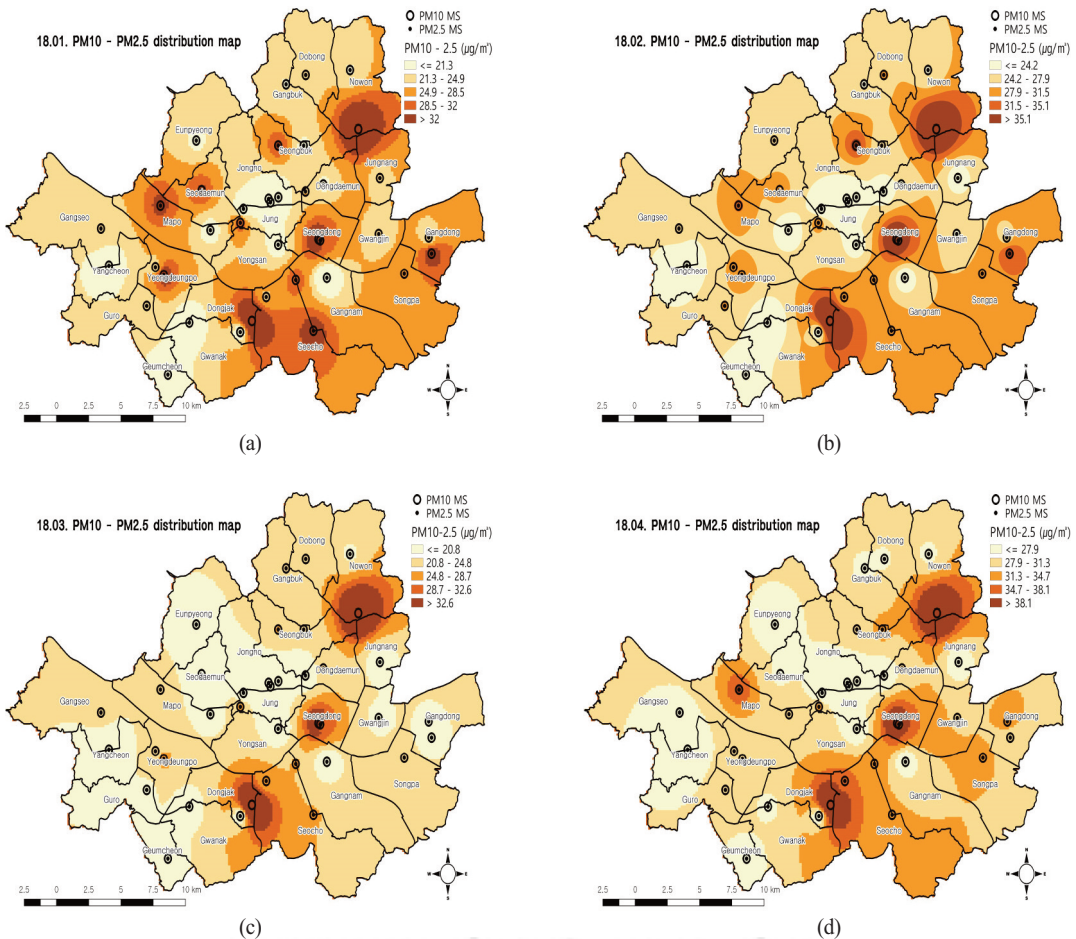


Figure 6. PM₁₀ - PM_{2.5} distribution map in 2018 across Seoul.

(a) Jan, (b) Feb, (c) Mar, (d) Apr

의 발생량이 높게 배출된다는 것을 의미하며 작은 지역은 다른 지역에 비해 $PM_{2.5}$ 의 발생량이 높다는 것을 확인할 수 있다. Figure 6은 2018년도 1월~4월 $PM_{10}-PM_{2.5}$ 분포도 그림이다.

2018년도 1월~4월 $PM_{10}-PM_{2.5}$ 의 분포차이는 월별로 분포 차이 없이 아래의 특정 지역이 높은 값을 보여주고 있다. 차이가 큰 지역은 노원구, 중랑구, 성동구, 서초구, 동작구 마포구이며 차이가 적은 지역은 은평구, 중구, 강남구, 금천구, 양천구, 관악구로 나타난다. 즉 차이가 큰 노원구, 중랑구, 성동구, 서초구, 동작구, 마포구는 PM_{10} 의 인위적인 배출이 다른 지역에 비해 높게 나타나며 이와 동시에 $PM_{2.5}$ 의 배출이 상대적으로 낮다는 것을 보여준다.

3월의 경우 1월, 2월, 4월에서 높은 차이값을 보여준 서대문구, 마포구, 영등포구 지역이 반대로 낮게 나타난 것을 확인할 수 있다. 1월과 2월, 2월, 4월에 비해 3월 서대문구, 마포구, 영등포구 지역은 PM_{10} 보다 $PM_{2.5}$ 의 분포값이 상대적으로 높았던 것을 알 수 있다.

3. PM_{10} , $PM_{2.5}$ 변이분석

PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 를 나누는 기준은 각각의 미세먼지 입자의 차이를 나타내며, PM_{10} 에는 $PM_{2.5}$ 의 값이 포함되어 있다고 할 수 있다. 본 연구에서는 2개의 식을 이용하여 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 비율을 확인하였다.

$$\frac{PM_{10} - PM_{2.5}}{PM_{10}} \quad (2)$$

$$\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}} \quad (3)$$

식(2)는 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 차이값을 PM_{10} 값으로 나눈 값이며 그 결과는 PM_{10} 중 $PM_{2.5}$ 를 제외한 값들을 비율로 보여준다. 식(3)은 $PM_{2.5}$ 로 PM_{10} 을 나누었으며 이는 PM_{10} 안에 포함되어 있는 $PM_{2.5}$ 의 수치를 나타낸다. Figure 7, Figure 8은 각각 식(2), (3)을 통하여 나온 값을 IDW를 활용하여 만든 분포지도이다.

Figure 7에서 높은 값을 나타내고 있는 지역은 도봉구, 강북구, 성북구, 서대문구, 마포구, 영등포구, 구로구, 강서구, 광진구, 강동구, 송파구 지역이며 낮은 값을 보이는 지역은 노원구, 성동구, 동작구, 관악구 지역이다. 높은 값을 보여주는 지역은 PM_{10} 의 비율 중에서 $PM_{2.5}$ 의 분포값이 낮은 지역을 나타내고 있다고 볼 수 있다. Figure 8에서는 은평구, 종로구, 중구, 강서구, 양천구, 영등포구, 구로구, 금천구 지역이 높은 값을 나타내고 있으며 상대적으로 낮은 값을 나타내는 지역은 노원구, 성동구, 동작구 지역이다.

IV. 결론

본 연구에서는 서울시를 대상으로 2018년 1월~4월의 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 분포도를 통한 공간적인 분포변이를 확인하였으며 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 차이와 PM_{10} 과

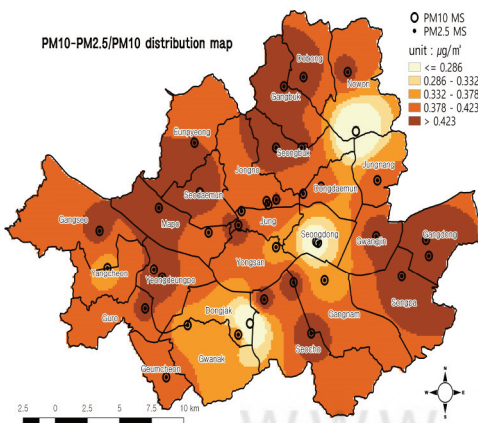


Figure 7. $PM_{10}-PM_{2.5}/PM_{10}$ distribution map.

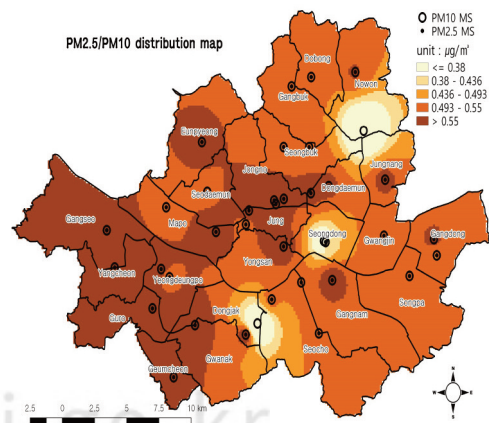


Figure 8. $PM_{2.5}/PM_{10}$ distribution map.

PM_{2.5}의 비율을 분석하였다. 본 연구를 통해서 2018년 1월부터 4월 미세먼지 분포 변이 결과는 다음과 같다.

첫째, 미세먼지의 실측값 비교 결과 도시대기 측정소보다 도로변 측정소에서 높은 PM₁₀ 값이 측정되었다. 둘째, PM₁₀과 PM_{2.5}의 차이값이 높게 나타난 지역은 노원구, 중랑구, 성동구, 서초구, 동작구 마포구로 나타났으며, 낮게 나타난 지역은 은평구 중구, 강남구, 금천구, 양천구, 관악구로 나타났다. 하지만 3월의 경우 높은 차이값을 보여준 서대문구, 마포구, 영등포구 지역이 반대로 낮게 나타난 것을 확인할 수 있다. 셋째, PM₁₀에 포함되어 있는 PM_{2.5}의 비율을 확인한 결과 은평구, 종로구, 중구, 강서구, 양천구, 영등포구, 구로구, 금천구 지역이 높은 PM_{2.5} 비율을 나타내고 있으며 도봉구, 강북구, 성북구, 서대문구, 마포구, 영등포구, 구로구, 강서구, 광진구, 강동구, 송파구는 PM₁₀의 비율이 높다.

본 연구는 단순히 측정소별 농도 경향을 파악하기 쉽게 가시적으로 표현한 기법이며, 이는 측정하지 않은 지역의 농도가 예측되거나 검증된 배출원 농도의 정확한 값을 제공하는 것은 아니다. 또한 각 측정소별 CAPSS, 지역적 경향을 분석하기 위한 교통량이나 차량정체가 심한 도로와 공원, 녹지 등 토지이용 특성과 지형 등에 특성을 고려하지 못한 연구의 제한점이 있다. 이를 고려하여 본 연구에서는 측정소 위치 정보를 기반으로 PM₁₀과 PM_{2.5}의 측정값 공간보간 기법의 알고리즘을 보완하는 것을 향후 연구과제로 제안하였다. 또한, 측정소 주변 환경정보와 기상정보 등을 고려한 측정치 공간분석기법의 연구가 요구된다.

본 연구는 PM₁₀과 PM_{2.5}의 공간적 분포 변이를 분석하였으며, 본 연구 결과는 향후 PM₁₀과 PM_{2.5}의 공간적인 분포 변이 분석에 기초연구 자료로 활용될 수 있다고 판단된다.

사 사

본 연구는 [기상청 융합서비스]미세먼지 관측정보의 기상서비스 정확도 개선 기술 개발(2017)과제의 지원으로 수행됨.

References

- Aman T, Preetvanti S. 2013. Applying Kriging Approach on Pollution Data Using GIS Software. *International Journal of Environment Engineering and Management*. 4(3): 185-190.
- Chang H, Hu X, Liu Y. 2014. Calibrating MODIS aerosol optical depth for predicting daily PM_{2.5} concentrations via statistical downscaling. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 24(4): 398-404.
- Cole B, Roman J, Rao MB, Grace L, Ryan P. 2017. Exposure assessment models for elemental components of particulate matter in an urban environment: A comparison of regression and random forest approaches. *Atmos Environ*. 2(151): 1-11.
- Dilip K, Sabasan M, Das A, Vinithkumar NV, Kirubakaran. R. 2011. Evaluation of Interpolation Technique for Air Quality Parameters in Port Blair, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*. 1(3): 301-310.
- Ham JY, Lee HJ, Cha JW, Ryoo SB. 2017. Potential Source of PM₁₀, PM_{2.5}, and OC and EC in Seoul During Spring 2016. *Atmosphere*. Korean Meteorological Society. 27(1): 41-54. [Korean Literature]
- Hooyberghs J, Mensink C, Dumont G, Fierens F, Brasseur O. 2005 A neural network forecast for daily average PM₁₀ concentrations in Belgium, *Atmospheric Environment*. 39(18): 3279-3289.
- Kim JC. 2013. Characteristics of Particle Size Distribution of PM₁₀ by Asian Dust. *The Korean Society for Environmental Analysis*. 16(4): 266-271. [Korean Literature]

- Mats R, Francesco F, Massimo S, Carlo A, Perucci. 2008. Comparison of regression models with land-use and emissions data to predict the spatial distribution of traffic-related air pollution in Rome. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 18(2): 192-199.
- Seo YH, Ku MS, Choi JW, Kim KM, Kim SM, Sul KH, Jo HJ, Kim SJ, Kim KH. 2015. Characteristics of PM_{2.5} Emission and Distribution in a Highly Commercialized Area in Seoul, Korea. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*. 31(2): 97-104. [Korean Literature]
- Qian D, Itai K, Petros K, Alexei L, Yujie W, Joel S. 2016. Assessing PM_{2.5} exposures with high spatiotemporal resolution across the Continental United States, *Environ Sci Technol*, 50(9): 4712-4721.