

## 미세먼지 농도의 공간적 현황 및 잠재영향인자를 고려한 환경계획적 대응 방향\*

성 선 용

국토연구원 국토환경·자원연구본부 책임연구원

### Environmental Planning Countermeasures Considering Spatial Distribution and Potential Factors of Particulate Matters Concentration\*

Sung, Sun-Yong

National Territorial Environment & Resources Research Division,  
Korea Research Institute for Human Settlements, Associate Research Fellow.

#### ABSTRACT

Adverse impact of Particulate Matters(PM10, PM2.5; PMs) significantly affects daily lives. Major countermeasures for reducing concentration of PMs were focused on emission source without considering spatial difference of PMs concentration. Thus, this study analyzed spatial-temporal distribution of PMs with observation data as well as potential contributing factors on PMs concentration. The annual average concentration of PMs have been decreased while the particulate matter warnings and alerts were significantly increased in 2018. The average concentration of PMs in spring and winter was higher than the other seasons. Also, the spatial distribution of PMs were also showed seasonality while concentration of PMs were higher in Seoul-metropolitan areas in all seasons. Climate variables, emission source, spatial structure and potential PM sinks were selected major factors which could affects on ambient concentrations of PMs. This paper suggest that countermeasures for mitigating PM concen-

\* 본 연구는 국토연구원 Working Paper “성선용, 2019. 미세먼지 농도의 시·공간적 분포 현황 및 잠재영향인자 고찰. <http://krihs.re.kr/issue/issueWorkPaperView.do?&seq=62>”의 연구결과를 재정리하여 투고한 것임.

**First author** : Sung, Sun-Yong, National Territorial Environment & Resources Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements, Associate Research Fellow,  
Tel : +82-44-960-0225, E-mail : [sysung@krihs.re.kr](mailto:sysung@krihs.re.kr)

**Corresponding Author** : Sung, Sun-Yong, National Territorial Environment & Resources Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements, Associate Research Fellow,  
Tel : +82-44-960-0225, E-mail : [sysung@krihs.re.kr](mailto:sysung@krihs.re.kr)

**Received** : 17 January, 2020. **Revised** : 3 February, 2020. **Accepted** : 23 January, 2020.

tration should consider characteristics of area. Climatic variables(temperature, pressure, wind speed etc.) affects concentrations of PMs. The effects of spatial structure of cities(terrain, ventilation corridor) and biological sinks(green infrastructure, urban forests) on concentration of PMs should be analyzed in further studies. Also, seasonality of PMs concentration should be considered for establishing effective countermeasures to reduce ambient PMs concentration.

*Key Words: Particulate Matters, Spatial Patterns, Countermeasures, Ventilation Corridor, Green Infrastructure*

## I. 서 론

연평균 미세먼지 농도는 2007년부터 지속적으로 감소해 왔으나(NIER, 2019) 고농도 미세먼지 발생일수는 증가하고 있다.<sup>1)</sup> 2017년도에서 2018년 사이에 전국의 미세먼지 주의보 및 경보 발령 일수는 29일에서 45일로, 초미세먼지는 43일에서 71일로 증가하였다(KECO, 2019). 국제보건기구(WHO) 및 경제협력개발기구(OECD)는 이러한 미세먼지 및 초미세먼지의 농도 증가가 다양한 분야에 부정적인 영향을 미치고 있음을 경고하고 있다. 건강 분야에서는 고농도 미세먼지 및 오존으로 인한 폐암 및 호흡기 순환기 질환의 발생으로 조기사망 증가(Ministry of Environment, 2016), 산업분야에서는 반도체 등 정밀산업분야, 자동차 산업 등의 생산성 저하(Lim and Jo, 2017), 가시거리 악화로 인한 관광 산업영향 등이 발생하고 있다(OECD, 2016).

무엇보다도 87.2%의 국민이 일상생활에서 미세먼지 관련 불편을 체감하고 있어(Min, 2019) 미세먼지 해결에 대한 요구가 매우 높다. 이와 더불어 Ministry of Environment(2018)에 의하면, 국민의 84.5%가 미세먼지 고농도 발생 시 차량 운행제한에, 72.4%는 미세먼지 저감 시민실천운

동에 참여할 의사가 있는 것으로 나타났다. 또한, 국민의 55%가 미세먼지 발령일수를 반으로 지불하기 위하여 가구당 4,532원을 지불할 의사가 있는 것으로 나타났으며(Min, 2019), 미세먼지를 해결을 위한 시민들의 적극적인 참여의사 역시 높은 것으로 나타났다(Hwang *et al.*, 2018).

정부에서는 2016년 미세먼지 관리 특별대책을 시작으로, 2017년 미세먼지 관리 종합대책, 2018년 비상·상시 미세먼지 관리 강화대책 등 미세먼지 관리를 위한 대책을 연이어 수립하였다. 또한, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 및 「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법」 등의 법·제도 개선 역시 추진하였다. 그럼에도 불구하고, 국민은 다른 환경 문제에 비해 개선되고 있음을 체감하지 못하며(Statistic Korea, 2018), 국민의 44.6%는 대책에 불만족하는 것으로 나타났다(Ministry of Environment, 2018). 즉, 정부에서 추진하고 있는 미세먼지에 대응정책의 대한 실효성에 대한 의문이 제기되고 있는 것이다.

이에 대한 원인으로서는, 배출원에 편중된 미세먼지 저감 대책과 국민체감형 미세먼지 대책의 부재를 들 수 있다. 지난 4년간 미세먼지 대응을 위한 예산은 꾸준히 증액되어 왔으나, 그 내용을 보면 91%가 국내배출량 감축 부문, 특히 수송부문에 집중되어 있다(배출량 감축 중 51%; NABO, 2019). 이것은 오염원인자 부담원칙에 따른 것이나, 실제 비용대비 미세먼지 저감효과는 1톤당 0.28-63억 원으로 비용대비 효과가 낮

1) 2019년 2월 15일 시행된 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에 따르면, 미세먼지와 초미세먼지는 입자 지름이 각각 10 $\mu$ m, 2.5 $\mu$ m 이하인 먼지로 규정하여 관리하고 있다(Ministry of Government Legislation, 2019)

은 대책도 포함되어 있다(NABO, 2019). 미세먼지 배출원의 공간적 분포와 대기 중 미세먼지 농도의 공간적 분포가 반드시 일치하는 것은 아니므로, 배출원 기반의 대책이 대기 중 미세먼지 농도 저감에 미치는 영향에 대해서는 공간적 특성에 대한 면밀한 고려가 필요하다.

즉, 미세먼지의 공간적 분포패턴과 미세먼지 농도변화에 영향 인자를 종합적으로 고려해 효과적인 미세먼지 대응방안을 제시할 필요성이 있다. 그러나 기존의 관련 연구에서는 대부분 배출원 중심으로 분야별(산업, 발전, 생활, 수송 등) 감축 대책을 수립한 반면, 미세먼지의 공간적 분포에 대한 고려는 부재하였다. 또한, 미세먼지에 대한 대응 측면에서 개별 기관 혹은 연구에서 규명한 미세먼지의 생성과정 및 다양한 원인 등을 종합적으로 고찰한 연구 역시 미흡하였다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 미세먼지의 공간적 분포 패턴과 시간에 따른 변화 특성을 분석하였고 둘째, 그동안의 미세먼지 관련 연구를 종합하여 이러한 미세먼지 공간적 분포에 영향을 주는 잠재인자를 선정하였으며 셋째, 미세먼지를 저감하기 위한 공간적 대책 수립에의 활용 가능성을 제안하였다. 연구결과는 배출원 중심의 미세먼지 대응에서 지역별 특성을 고려한 미세먼지 대응으로의 전환을 위한 근거를 제시할 수 있을 뿐만 아니라 국민이 실생활에서 체감 및 공감할 수 있는 미세먼지 대책 수립의 기초가 될 것으로 예상된다.

## II. 연구방법

본 연구에서는 먼저 미세먼지와 초미세먼지의 공간적 분포를 분석하였다. 통계청에서 제공하는 미세먼지 및 초미세먼지의 도시별, 월별 농도자료를 활용하여(KOSIS, 2019) 미세먼지 공간적 분포와 계절과 시간에 따른 변화를 분석하였다. 국가에서 공식적으로 제공하는 자료의 취득 가능성을 고려, 미세먼지 농도 분석의 시

간적 범위는 2010년 1월부터 2018년 12월, 초미세먼지는 2015년 1월부터 2018년 12월로 설정하였다. 또한 계절적 특성을 분석하기 위해, 봄은 3~5월, 여름은 6~8월, 가을은 9~11월, 겨울은 12~2월로 구분하였다. 가장 최근의 행정구역을 기준으로 분석을 실시하였으며(충청북도 청원군, 경상남도 마산시, 진해군 등), 미세먼지 및 초미세먼지 관측 값이 있는 전체 114개 도시 중 관측 기간이 1년 이하인 도시 14곳<sup>2)</sup>은 정량적 비교 대상에서 제외하였다(Figure 1).

다음으로는 미세먼지의 효과적인 저감을 위해서 미세먼지의 1차·2차생성과정을 고찰하고, 관련 연구기관 및 지자체의 연구보고서와 학술 논문에서 미세먼지와 영향관계를 추론한 연구 결과를 수집하여 공통적으로 발견된 잠재영향인자를 추출하였다.

## III. 결과 및 고찰

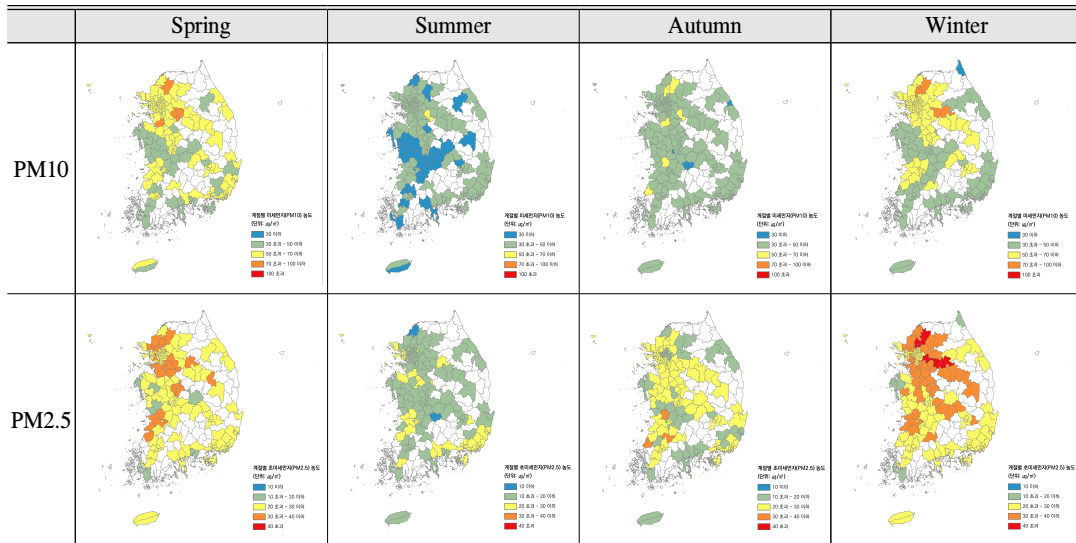
### 1. 미세먼지 평균 농도의 시계열적 현황

2010년부터 2018년까지의 미세먼지와 초미세먼지 연평균 농도를 분석한 결과 미세먼지 농도와 초미세먼지 농도는 관측을 시작한 시점부터 꾸준히 감소추세에 있는 것으로 나타났다(Table 1).

**Table 1.** Annual average concentration of PMs(unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Year	PM10	PM2.5
2010	51.4	-
2011	50.5	-
2012	44.7	-
2013	48.5	-
2014	48.6	-
2015	47.5	25.6
2016	46.8	26.1
2017	45.4	25.0
2018	41.5	23.3

2) 고성군(강원), 황성군(강원), 영동군(충북), 증평군(충북), 계룡시(충남), 서천군(충남), 임실군(전북), 완주군(전북), 진안군(전북), 무주군(전북), 순창군(전북), 장수군(전북), 해남군(전남), 영광군(전남)



**Figure 1.** Spatial distribution of average concentration of PM10 and PM2.5 by season(unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

연평균 미세먼지 농도는 2010년  $51.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2018년  $41.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 초미세먼지 농도는 2015년  $25.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2018년  $23.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 감소하여, WHO 기준 나쁨에서 보통 수준으로 개선되었다(Table 1).

미세먼지와 초미세먼지 연평균 농도 감소에도 국민들이 체감하지 못하는 이유는 고농도 미세먼지 일수의 증가, 그에 따른 주의보 및 경보 일수 증가에 있다(Table 2). 2016년과 2018년을 비교하면, 미세먼지 주의보는 10일, 초미세먼지 주의보는 31일 증가하였다(KECO, 2019). 특히, 2017년 이전 없었던 초미세먼지 경보는 2017년

과 2018년에는 각 1회 발령되었다(Table 2).

**Table 2.** Number particulate matter warning and alerts(unit: days)

Year	PM10		PM2.5	
	Warning	Alert	Warning	Alert
2015	59	3	70	-
2016	29	4	39	-
2017	25	4	42	1
2018	39	6	70	1

미세먼지와 초미세먼지의 계절적 차이를 분석한 결과 미세먼지와 초미세먼지의 계절별 농도 순위는 다르게 나타났다. 미세먼지의 농도는

**Table 3.** Average concentration of PM10 and PM2.5 by season(unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Year	PM10				PM2.5			
	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter
2010	58.0	41.3	50.0	56.3	-	-	-	-
2011	66.3	38.3	41.7	55.7	-	-	-	-
2012	54.3	33.7	40.3	50.3	-	-	-	-
2013	58.7	41.3	38.3	55.7	-	-	-	-
2014	61.0	39.3	39.7	54.3	-	-	-	-
2015	55.0	38.0	38.0	59.0	26.7	23.3	22.3	30.0
2016	60.3	35.3	43.0	48.3	30.0	21.3	24.3	28.7
2017	59.3	34.3	39.3	48.7	29.3	19.0	21.7	30.0
2018	49.3	30.0	37.7	49.0	26.0	17.7	20.7	29.0
Average	58.0	36.8	40.8	53.0	28.0	20.3	22.2	29.4

봄철에  $58.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났으나, 초미세먼지의 농도는 겨울철에  $29.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났다. 여름철에는 미세먼지와 초미세먼지 농도가 모두 가장 낮은 것으로 나타났으며, 가을철은 두 번째로 낮게 나타났다(Table 3).

계절별로 미세먼지 농도가 가장 높았던 연도는 봄철이 2011년, 여름철은 2010년과 2013년, 가을철은 2010년, 겨울철은 2015년으로 나타났다. 또한, 초미세먼지 농도는 봄철이 2016년, 여름철이 2015년, 가을철이 2016년, 겨울철은 2015년과 2017년에 높게 나타났다.

## 2. 미세먼지 평균 농도의 공간적 분포

계절별 평균 미세먼지 농도의 공간적 분포를 분석한 결과 수도권을 중심으로 하여 고농도지역이 형성되어 있는 것으로 나타났다. 모든 계절에서 수도권을 중심으로 확산된 형태였으며, 전라북도지역을 중심으로도 일부 높은 지역이 분포하였다(Figure 1).

계절별 초미세먼지 농도의 공간적 분포는 계절에 따른 차이는 있으나 대체적으로 북서쪽지역의 초미세먼지 농도가 높고, 동해안 및 남해안지역의 미세먼지 농도가 낮게 나타났다. 미세먼지 고농도 시기에 해당하는 봄철과 겨울철에는 수도권, 특히 내륙지역을 중심으로 고농도지역이 나타났다. 여름철에는 해안지역을 중심으로 초미세먼지 농도가 높게 나타났다.

이와 같이 고농도 미세먼지 분포 범위와 계절별, 연도별 변화를 고려하였을 때, 국민이 실제 체감하는 미세먼지 농도와 미세먼지의 배출원이 일치하지 않을 수 있음을 추론할 수 있다. 즉, 실제 생활공간에 나타나는 미세먼지를 효과적 저감하기 위해서는 관련 대책이 미세먼지의 1차 발생원뿐만 아니라, 미세먼지의 대기확산과 2차 생성<sup>3)</sup> 등에 영향을 미치는 복합적 요인에 대한 고

3) 미세먼지의 발생원은 자연적 발생원과 인공적 발생원이 있으며(Ministry of Environment, 2016), 그 생성과정에 따라 다시 1차 생성과 2차 생성으로 구

려가 필요하다(Boubel *et al.*, 2003; Sung, 2019).

## 3. 미세먼지 잠재영향인자 고찰 및 환경계획적 저감방안

선행연구를 종합한 결과, 미세먼지에 직간접적인 영향을 미치는 주요 인자로서 미세먼지 1차 배출원과(Park and Shin, 2017), 2차 생성원인인 전구물질(대기오염 물질)생성량을 고려할 수 있다(Lim and Jo, 2017). 즉, 미세먼지의 1차 배출원은 수송, 산업, 발전 관련 요인과 함께, 2차 생성의 복합적인 화학반응과 관련된 요인, 미세먼지 확산과 관련된 요인 등을 함께 고려할 수 있다(Ministry of Environment, 2016). 본 연구에서는 잠재적 인자로서 기존에 주로 고려되었던 배출원 외에, 미세먼지의 2차 생성과 확산에 영향을 미치는 기온, 습도, 강수량, 풍속의 기상인자(NIER, 2007; Jeollabuk-do, 2017), 도시협곡 내 미세먼지 확산에 관여하는 지형, 도시밀도 등의 환경적 인자(Kim *et al.*, 2018a), 미세먼지를 흡수하는 녹지 등(Busan-si, 2015; Kim *et al.*, 2018b)을 인자로 추출하였다(Table 4).

**Table 4.** List of potential impact variables on PM concentration

Category	Factors
Climatic Variables	Temperature, Humidity, Precipitation, Wind direction, Wind speed
Emission Source	Sectoral emission, Population Density
Environmental Factors	Terrain, Building Density
PM sinks	Biological Sinks (Forest, Green Infrastructure)

(NIER, 2007; Busan-si. 2015; Jeollabuk-do. 2017; Lim and Jo, 2017; Park and Shin, 2017)

분된다(Kim *et al.*, 2018a). 1차 생성은 산불 및 쓰레기 등의 소각, 건설현장의 비산먼지, 자동차 등의 배기가스, 도로 등에서 고체 상태로 직접 발생하며, 2차 생성은 가스로 생성된 황산화물 혹은 질소산화물이 전구물질로 화학반응을 일으켜 발생한다(Hyun, 2018).

기상인자는 일부연구에서 활용되고 있었는데 그중에서도 미세먼지의 확산과 밀접한 관련이 있는 풍향, 풍속 등의 지표가 많이 활용(NIER, 2007; Hyun, 2018)되었으며, 화학반응에 영향을 줄 수 있는 기온, 습도 등도 일부 연구에서 활용(Park and Shin, 2017; Lim and Jo, 2017)되었다. 환경인자 중에서는 지형, 건축물 밀도 등 토지이용과 밀접한 관련이 있는 인자(Kim *et al.*, 2018)들이 미세먼지의 영향이 있는 것으로 나타났다(Busan-si, 2015; Jeollabuk-do, 2017). 녹지 등은 미세먼지의 흡수원으로서 활용된 사례가 많기 때문에(Busan-si, 2015; Park *et al.*, 2019) 이에 대한 추가적인 상관관계 파악이 필요하다.

본 연구에서는 잠재적 인자에 대응한 저감대책의 방향을 제안하고자 하였다. 기존의 관련 대책이 배출원에 집중되었음을 고려하여, 다음에서는 기상적, 환경적 인자, 미세먼지 흡수인자와 관련하여 추가 고려되어야 하는 대책을 집중적으로 논의하였다. 기상적, 환경적 인자, 미세먼지 흡수인자 등에 효과적으로 적용가능한 대표적 대책으로서 그린인프라와 바람길 도입을 제안할 수 있다.

그린인프라내 주요 구성요소인 식생은 미세먼지 저감에 있어서 최대 미세먼지는 25.6%, 초미세먼지는 40.9%의 효과가 있는 것으로 나타났다(Korea Forest Service, 2017), 또한 그린인프라를 활용하여 미세먼지를 저감하기 위한 연구들도 추진되고 있다(Kim and Xu, 2017; Korea Forest Service, 2018; Kim *et al.*, 2018a). 또한 바람길은 기후변화 적응 측면에서 동시에 활용될 수 있는 여지가 충분하다(Park *et al.*, 2019). 더불어 바람길 도입과 그린인프라의 도입은 통합적으로 적용되었을 때 큰 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단되므로 미세먼지 저감을 위한 적절한 대안이 될 수 있을 것이다.

특히 녹지 및 그린인프라의 복원을 통한 미세먼지 저감 가능성 확대에 대한 연구, 차고 신선한 바람을 도시외부에서 내부로 도달하게 만들

수 있는 바람길 등 공간적 해법에 대한 연구는 최근 발표된 제5차 국토종합계획(Government of the Republic of Korea, 2019) 및 제5차 국가환경종합계획에 주요 전략으로 모두 포함되어 있는 만큼(Ministry of Environment, 2020) 이에 대한 정량적인 효과분석에 기반을 둔 미세먼지 저감대책 도입이 필요할 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

미세먼지로 인한 사회적·경제적 피해가 심각해짐에 따라, 국민의 안전한 삶을 위해 미세먼지 발생원뿐만 아니라 국민이 실제 노출되는 미세먼지 농도의 시·공간적인 분포 특성에 기초한 대책 수립이 요구되고 있다. 이에 본 연구는 미세먼지의 공간적 분포를 분석하고, 배출원 외에 영향을 미치는 잠재적 인자와, 이에 대응한 저감 대책의 방향에 대하여 고찰하였다.

본 연구에서는 다루지 않았으나, 향후 연구에서 미세먼지 저감 대책 관련하여 고려해야 사항을 제안하고자 하였다. 첫째, 최근 들어 증가하는 미세먼지의 일시적 고농도 현상은 국민의 체감과 가장 밀접한 관련이 있으므로, 이에 특화된 대책을 우선적으로 수립할 필요성이 있다. 둘째, 봄철과 겨울철 미세먼지 농도가 특히 높게 나타나므로 이 시기에 대한 집중관리 대책(미세먼지 시준제 등)을 수립할 필요가 있다. 이 때, 공간적 분포 측면에서 미세먼지와 초미세먼지가 다르게 나타나므로 이에 대한 고려 역시 필요하다. 셋째, 지금까지의 미세먼지 대응은 배출원 중심으로 추진되어 왔으며 지역적 특성에 대한 고려가 미흡하였다. 향후 연구에서는 지역적 특성에 기초하여 권역을 구분하고, 지역맞춤형 미세먼지

4) 연구결과에 따르면, 고농도 미세먼지 및 초미세먼지는 공통적으로 봄철과 겨울철에 발생하였으나, 공간적으로는 차이가 나타났다. 같은 시기, 고농도 미세먼지는 수도권에 집중적으로, 초미세먼지는 특정 지역이 아닌 전반적 지역에 높게 나타났다.

대책을 수립할 필요가 있다. 이를 위해서도 현재 보다 정밀한 미세먼지 지도를 작성하는 것이 선행되어야 할 것이다. 또한, 앞서 제안한 잠재인자에 대응한 바람길, 그린인프라 도입과 같은 대책 역시 지역적 특성을 고려하여 적용된다면, 국민이 보다 체감할 수 있는 미세먼지 저감 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- Boubel, R. Fox, D. Turner, B. and Stern. A. 2003. Fundamentals of Air Pollution.
- Busan-si. 2015. Mitigation measures of particulate matters by emission source in busan-si.
- Government of the Republic of Korea. 2019. 5th Comprehensive Plan for National Land(in Korean).
- Hwang, I. Kim, C. and Son, W. 2018. Benefits of Management policy of Seoul on airborne particulate matter. Seoul Research Institute(in Korean).
- Hyun, S. 2018. Fine dust X-file: fine dust inventory(in Korean).
- Jeollabuk-do. 2017. Casual analysis of particulate matter concentration in Jeollabuk-do using big-data(in Korean).
- KECO(Korea Environment Corporation)[web]. (2019.11.4.) URL: [https://www.airkorea.or.kr/web/pmWarning?pMENU\\_NO=115](https://www.airkorea.or.kr/web/pmWarning?pMENU_NO=115)
- Kim, J. and Xu X. 2017. Planting design strategies and green space planning to mitigate respirable particulate matters - case studies in Beijing, China -. Journal of the korean institute of landscape architecture, 45(6) : 40-49(in Korean with English summary).
- Kim, J., Kyun D. and Lee, S. 2018a, Methods for making PM free city and case study, Land and Housing Institute(LHI)(in Korean).
- Kim, W. Woo, S. Woon C. and Kwak, M. 2018b. Evaluation on the reduction effect of particulate matter through green infrastructure and its expansion plans, Seoul Reserch Institute(in Korean)
- Korea Forest Service, 2017. (2019.12.18.). URL: <http://www.forest.go.kr/kfswweb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?nttId=3107086>
- Korea Forest Service. 2018. (2019.12.18.). URL: <http://www.forest.go.kr/kfswweb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?nttId=3124638>
- KOSIS(KOrean Statisticak Information Service). 2019. (2019.12.1.) URL: [http://kosis.kr/tatisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M\\_01\\_01&vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01&parentId=Q.1;E.2;E1\\_106\\_A001.3;#E.2](http://kosis.kr/tatisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&parentId=Q.1;E.2;E1_106_A001.3;#E.2)
- Lim S. and Jo, J. 2017. National and regional comparison of particulate matters concentration trend and policy implications, Korea Institute for Industrial Economics and Trade(in Korean).
- Min J. 2019. National Awareness Survey on Particulate Matters, Weekly Economic Review, 833 : 1-16(in Korean).
- Ministry of Environment. 2016. What is particulate matters?(In Korean)
- Ministry of Environment. 2020. The 5th Basic Plan for Natural Environment Conservation (2020~2040)(in Korean).
- Ministry of Environment. 2018. (2019.10.12.). URL: <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=914570&menuId=286>
- Ministry of Government Legislation. 2019. (2019.9.27.) URL: <http://www.law.go.kr/법령/미세먼지저감및관리에관한특별법시행령>
- NABO(National Assembly Budget Office). 2019.

- Analysis on countermeasures of particulate matters(in Korean).
- NIER(National Institute of Environmental Research). 2007. Interpretation and forecasting particulate matter pollution in the seoul metropolitan area(in Korean).
- NIER(National Institute of Environmental Research). 2019. Annual report of ambient air quality in Korea 2018(in Korean).
- OECD. 2016. The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution.
- Park, S. and Shin H. 2017. Analysis of the Factors Influencing PM2.5 in Korea: Focusing on Seasonal Factors. Journal of Environmental Policy and Administration 25(1) : 227-248(in Korean with English summary)
- Park, S. Sung, S. and Yoon E. 2019. The enemy of City, How can we reduce particulate matter concentration?, KRIHS Issue Report, Korea Research Institute for Human Settlements(in Korean).
- Statistic Korea. 2018. 2018 social survey result(in Korean).
- Sung, S. 2019. Spatial-Temporal Distribution and Potential Impact Factor on Concentration of Particulate Matters(Working Paper), Korea Research Institute for Human Settlements.(in Korean)