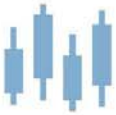
WP 19-04

# 미세먼지 농도의 시·공간적 분포 현황 및 잠재영향인자 고찰

성선용 국토연구원 책임연구원 (sysung@krihs.re.kr)



KRIHS 국토연구원

※ 이 Working Paper의 내용은 국토연구원의 공식 견해가 아니며, 저자 개인의 의견입니다. 연구 내용에 대하여 궁금한 점은 저자의 이메일로 문의하여 주시고, 인용 시에는 저자 및 출처를 반드시 밝혀주시기 바랍니다.

# 차례


**01** 서론 5

**02** 미세먼지의 시·공간적 분포 현황 9

**03** 미세먼지의 발생의 잠재영향인자 고찰 21

**04** 결론 및 정책제언 29

# 01 서론



■ 연간 미세먼지 농도의 지속적 감소에도 불구하고 최근 고농도 미세먼지 및 초미세먼지 발생일 수가 증가하고 있으며, 사회·경제적 악영향을 미치는 것으로 나타남

- 전국 연평균 미세먼지(PM10)농도와 초미세먼지 농도(PM2.5)는 정체상태이나, 미세먼지 및 초미세먼지 주의보 발령일수는 증가하였음
  - 미세먼지 농도는 2007년부터 감소하기 시작하여 2018년에는 41㎍/㎥ 로 낮아졌으며 초미세먼지 농도는 2015년부터 감소하여 2017년에는 23㎍/㎥을 나타냄(국립환경과학원 2019)
  - 전국 미세먼지 주의보 및 경보 발령일수는 2017년 29일에서 2018년에는 45일로 증가하였으며, 초미세먼지 주의보 및 경보발령일수는 2017년 43일에서 71일로 증가함(한국환경공단 2019)
- 국제보건기구(WHO)와 경제협력개발기구(OECD)에서는 미세먼지 및 초미세먼지 농도 증가로 인한 건강, 생태계, 산업분야 등의 부정적인 영향에 대해서 경고하고 있음
  - (건강) 고농도 미세먼지 및 오존으로 인한 폐암 및 호흡기, 순환기 질환 발생으로 조기사망 증가, 질환으로 인한 불편함 등
  - (생태계) 대기 및 수질 악화에 따른 생태계서비스 저하 등(OECD 2016)
  - (산업) 작물의 수확량 변화에 따른 농업 생산성 변화, 배출량 저감조치에 따른 공장가동률 감소로 산업 생산성 감소, 가시거리 악화로 인하여 항공 등 관광 산업 영향 등(OECD 2016)

■ 국민들의 일상생활에서도 미세먼지 농도 증가로 인한 불편이 증가하고 있어 미세먼지 해결을 위한 관심이 높아지고 있음

- 현대경제연구원(2019)의 설문조사에 따르면 미세먼지 농도 증가로 인하여 국민의 87.2%가 일상생활에 불편을 느끼고 있음
  - 미세먼지로 인한 건강 악화와 실외활동 제약을 가장 큰 불편으로 꼽았으며, 실내 활동 증가와, 마스크 착용 등 일상생활의 변화를 경험하고 있었음
  - 또한, 미세먼지 대응을 위한 경제적인 비용[1]도 지속적으로 발생하는 것으로 나타났음

- 이에, 국민들은 미세먼지 대책에 동참하고, 비용지불 의사를 내비치는 등의 적극적인 관심을 나타내고 있음
  - 비상저감조치 시행 등 미세먼지 고농도 발생 시 차량2부제와 같은 운행 제한이 시행된다면 84.5%가 참여할 의사가 있으며, 미세먼지 저감 시민실천운동에도 72.4%가 참여할 의향이 있다고 응답함(환경부 2018)
  - 국민의 55%가 미세먼지주의보 발령일수를 반으로 줄이기 위하여 비용을 지불할 의사가 있는 것으로 나타났으며, 지불 가능한 금액은 가구당 월평균 4532원으로 나타남(현대경제연구원 2019)
  - 서울시의 경우 가구당 미세먼지 문제해결을 위한 지불의사 금액이 월평균 1만 1508원[2]으로(서울연구원 2018), 미세먼지 해결을 위한 국민들의 요구가 높은 것을 알 수 있음

■ **정부에서는 미세먼지에 대응하기 위해 법·제도 개선을 추진하고 있으나, 미세먼지 대응 정책 실효성에 대한 의문이 제기되고 있음**

- 정부에서는 2016년 미세먼지 관리 특별대책을 시작으로, 2017년 미세먼지 관리 종합대책, 2018년 비상·상시 미세먼지 관리 강화대책 등 미세먼지 관리를 위한 대책을 연이어 발표하였음
  - 또한, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 및 「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법」 제정을 통해서 법·제도 개선을 추진하고 있음
- 그럼에도 불구하고, 통계청(2018)의 조사결과에 따르면 대기질이 나빠졌다는 응답이 36%에 해당하는 등 다른 환경 문제에 비해 국민 체감 정도가 부정적으로 나타남
  - 국민 절반 이상이(57.5%) 미세먼지 대책에 대해서 인지하고 있으나, 44.6%의 국민이 불만족하는 것으로 나타나(환경부 2018) 국민체감형 미세먼지 대책이 필요함
- 또한, 미세먼지 대응을 위한 예산은 최근 4년간 20% 증가하였으나 효율성을 고려한 미세먼지 저감 대책은 미흡한 실정임(국회예산정책처 2019)
  - 국내배출량 감축에 91%의 예산을 투입하고 있으며 그 중 수송부문의 감축을 위한 예산이 전체예산의 51%를 차지하고 있음[3]

1) 미세먼지를 차단하기 위한 공기청정기, 미세먼지 마스크, 각종 세정제 등을 구입하는 데 2018년 기준 월평균 약 2만 원을 지출한 것으로 나타남.
2) 서울연구원(2018)의 연구에서는 연평균 13만 8107원을 제시하였으나, 본 연구에서는 비교를 위하여 "월평균=연평균/12"으로 변환하여 제시하였음.
3) 오염원인자 부담 원칙에 따라 발전, 산업, 생활 부분은 규제에 정책이 집중되어 있으며 수송부분은 국민부담 경감을 위해 재정 지원을 병행하고 있음.

- 수송부분의 미세먼지 대책을 통해 미세먼지 1톤을 저감하는 데 소요된 비용은 0.28억 원~63억 원으로 비용대비 효과가 낮은 대책이 포함되어 있음[4)]

■ 미세먼지 농도 증가에 효과적으로 대응하기 위해서는 미세먼지 시·공간적 현황을 파악하고 미세먼지 농도 변화에 영향을 미치는 인자를 분석하여 대안을 제시할 필요가 있음

- 미세먼지 농도에 영향을 미치는 국내·외 인자를 파악하고자 하는 연구들은 대부분 배출원 중심의 분야별(산업, 발전, 생활, 수송 등) 접근을 통한 분석을 추진해옴
  - 분야별 미세먼지의 직·간접적인 배출량을 산정하고 감축 노력을 통해서 미세먼지 발생량을 저감시키는 대책을 주로 수립함
  - 각 분야별 노력에 따라서 미세먼지 배출량이 감소하였음에도 지역별 미세먼지 주요 발생원을 고려한 대책은 수립되지 못하고 있음
- 현재까지 알려진 미세먼지의 생성과정 및 원인에 대하여 고찰하고 나아가 미세먼지 농도에 영향을 줄 수 있는 인자를 종합하여 대안을 제시하는 연구가 필요함
  - 미세먼지 영향인자 종합을 통해서 현재 미세먼지 대응을 위해 추진하고 있는 정책에 반영할 수 있는 방안을 제시할 수 있음
  - 정부와 지자체에서 추진하고 있는 미세먼지 관련 대책을 종합하고 추진 중인 대책을 미세먼지 인자별로 구분하여 향후 미세먼지 대응정책의 우선순위를 결정해야 함

■ 따라서 본 연구에서는 우리나라 미세먼지의 현황과 원인을 고찰하고, 미세먼지 농도의 시·공간적 분포에 기여하는 잠재적 원인을 고찰하고자 함

- 미세먼지의 시간적, 공간적 현황에서 나타나는 국토공간적 특징을 밝혀낼 수 있는 인자를 제안하고 지역별 맞춤형 대책을 수립할 수 있는 근거를 제공하고자 함
  - 미세먼지의 국내·외 원인 중 국내정책으로 해결이 가능한 국내 미세먼지의 원인인자를 중심으로 고찰하여 대책 수립에 활용하고자 함

4) 2018년도 재원 투입별 미세먼지 저감 실적을 기준으로 도로 재비산먼지 저감(0.28억 원/톤), 노선버스 CNG버스 교체(0.74억 원/톤), 재생에너지 발생비중 확대(5억 원/톤), 친환경차 보급 확대(50억 원/톤), 전기이륜차 보급(63억 원/톤)으로 나타남.

# 02 미세먼지의 시·공간적 분포 현황



■ 미세먼지(PM: Particulate Matter)란 대기 중에 떠다니는 입자상 물질 중 지름이 10㎛(PM10, 미세먼지) 또는 2.5㎛(PM2.5, 초미세먼지) 이하의 매우 작은 물질을 뜻함

- 2019년 2월 15일 시행된 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 (이하 미세먼지법)에서 미세먼지와 초미세먼지를 합해 미세먼지로 정의(법제처 2019)[5]하여 기술하고 있음
  - 사람의 머리카락과 비교하였을 때 미세먼지는 1/6 크기이며, 초미세먼지는 1/20~1/30 정도의 크기임(〈그림 1〉 참조)
  - 최근에는 건강에 대한 위해성이 더 높은 것으로 알려진 입자크기 1㎛ 이하의 극초미세먼지(PM1)도 미세먼지 내에 포함하자는 논의가 있음(매일경제뉴스 2019)

**그림 1 미세먼지의 크기 비교**

출처: 휴먼시티 수원.

## 1) 국내 미세먼지 농도의 시계열적 현황

- 본 연구에서는 환경부에서 제공하고 있는 미세먼지 도시별, 월별 농도자료를 활용하여 전국의 연도별, 계절별 미세먼지 농도를 분석함(국가통계포털 2019)
  - 미세먼지 농도분포를 위해서 2010년 1월부터 2018년 12월까지의 자료를 이용하였으며, 초미세먼지 농도분포는 2015년 1월부터 2018년 12월까지의 자료를 활용함

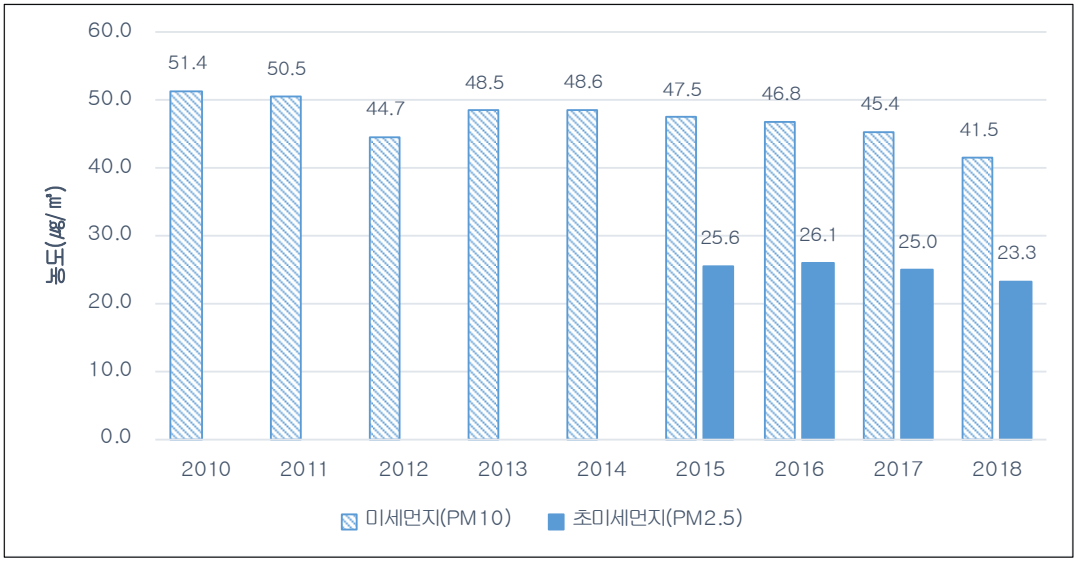
5) "미세먼지"란 대기환경보전법 제2조제6호에 따른 먼지 중 다음 각 목의 흡입성 먼지로 정의하고 있음(법제처 2019)
가. 입자의 지름이 10마이크로미터 이하인 먼지(PM-10: 미세먼지)
나. 입자의 지름이 2.5마이크로미터 이하인 먼지(PM-2.5: 초미세먼지)

- 계절별로는 봄철 미세먼지 농도는 3~5월, 여름철 미세먼지 농도는 6~8월, 가을철은 9~12월, 겨울철은 1~2월 및 12월로 설정하여 비교하였음

• 전국 연평균 미세먼지 농도와 초미세먼지 농도는 관측을 시작한 시점부터 꾸준하게 감소 추세에 있음

- 2010년 연평균 미세먼지 농도는 51.4㎍/㎥이었으나 2018년에는 41.5㎍/㎥까지 감소하였으며, 2015년 초미세먼지 연평균 농도는 25.6㎍/㎥에서 2018년 23.3㎍/㎥까지 감소하여 WHO 기준[6] 나쁨에서 보통 수준으로 개선되었음

**그림 2 미세먼지와 초미세먼지의 연평균 농도의 시계열적 변화**




출처: 저자 작성.

• 그럼에도 불구하고 국민들이 체감하는 미세먼지 농도가 나빠진 것은 미세먼지주의보 및 경보발생 횟수가 증가하였기 때문으로 볼 수 있음[7]

- 2018년에는 미세먼지 주의보 횟수가 2016년과 2017년에 비하여 약 2배 증가하였으며, 초미세먼지주의보도 1.8배 증가해 고농도 미세먼지 일수가 급격하게 증가한 것을 확인할 수 있었음

- 특히 초미세먼지 경보일수는 2015년과 2016년에는 발령되지 않았으나, 2017년과 2018년에는 각 1회 발령되어 초미세먼지 농도 증가에 따른 피해가 우려되고 있는 상황

6) WHO의 미세먼지 연평균 기준은 다음과 같음.
- 미세먼지(㎍/㎥): 좋음(0~30), 보통(31~50), 나쁨(51~100), 매우 나쁨(101 이상)
- 초미세먼지(㎍/㎥): 좋음(0~15), 보통(16~25), 나쁨(26~50), 매우 나쁨(51 이상)

7) 우리나라의 미세먼지 및 초미세먼지 주의보 기준은 다음과 같음(법제처 2019).
- 미세먼지 주의보: 해당지역의 대기자동측정소의 미세먼지 시간평균농도가 150㎍/㎥ 이상 2시간 지속
- 미세먼지 경보: 해당지역의 대기자동측정소의 미세먼지 시간평균농도가 300㎍/㎥ 이상 2시간 지속
- 초미세먼지 주의보: 해당지역의 대기자동측정소의 초미세먼지 시간평균농도가 75㎍/㎥ 이상 2시간 지속
- 초미세먼지 경보: 해당지역의 대기자동측정소의 초미세먼지 시간평균농도가 150㎍/㎥ 이상 2시간 지속

**표 1** 전국 미세먼지·초미세먼지 주의보·경보 발령 현황

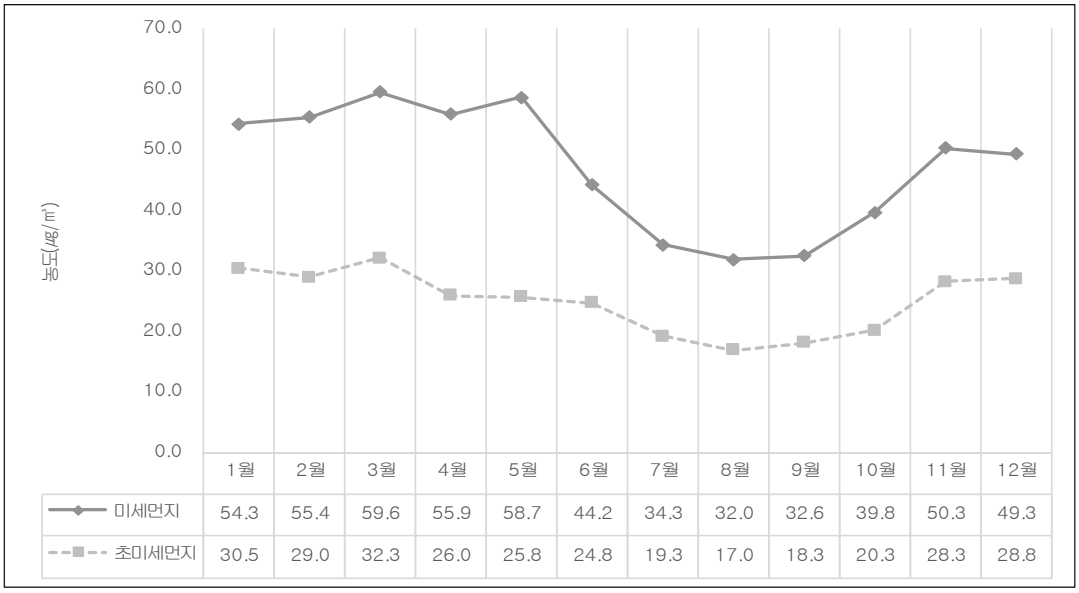
| 구분 | 미세먼지 | | | | 초미세먼지 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 주의보 | | 경보 | | 주의보 | | 경보 | |
| | 횟수 | 일수 | 횟수 | 일수 | 횟수 | 일수 | 횟수 | 일수 |
| 2015년 | 235 | 59 | 6 | 3 | 173 | 70 | - | - |
| 2016년 | 187 | 29 | 23 | 4 | 90 | 39 | - | - |
| 2017년 | 188 | 25 | 17 | 4 | 128 | 42 | 1 | 1 |
| 2018년 | 374 | 39 | 38 | 6 | 315 | 70 | 1 | 1 |

출처: 한국환경공단 2019.

- 월 평균농도를 분석한 결과 미세먼지와 초미세먼지 농도 모두 시계열적 변화가 나타남
  - 미세먼지와 초미세먼지 모두 3월의 월평균 농도가 가장 높게 나타났으며, 8월의 월평균 농도가 가장 낮게 나타남
  - 월별 농도의 변이를 살펴보면 1~5월, 11월 월평균 미세먼지 농도는 나쁨 수준을 나타냈으며, 1~3월, 5월, 11~12월 월평균 초미세먼지농도 또한 나쁨 수준을 나타냄

**그림 3** 미세먼지와 초미세먼지의 월평균 농도

단위: ㎍/㎥




| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 미세먼지 | 54.3 | 55.4 | 59.6 | 55.9 | 58.7 | 44.2 | 34.3 | 32.0 | 32.6 | 39.8 | 50.3 | 49.3 |
| 초미세먼지 | 30.5 | 29.0 | 32.3 | 26.0 | 25.8 | 24.8 | 19.3 | 17.0 | 18.3 | 20.3 | 28.3 | 28.8 |

출처: 저자 작성

- 미세먼지와 초미세먼지의 계절적 차이를 분석한 결과 미세먼지와 초미세먼지의 계절별 농도 순위는 다르게 나타남
  - 미세먼지의 농도는 봄철에 58.0㎍/㎥로 가장 높게 나타났으나, 초미세먼지의 농도는 겨울철에 29.4㎍/㎥로 가장 높게 나타남
  - 여름철에는 미세먼지와 초미세먼지 농도가 모두 가장 낮은 것으로 나타났으며, 가을철이 사계절 중 두 번째로 평균 미세먼지 농도가 낮은 것으로 나타남
  - 봄철 미세먼지 농도는 2011년에 가장 높은 것으로 나타났으며, 여름철에는 2010년과 2013년이 가장 높았음. 가을철 미세먼지 농도는 2010년에 가장 높게 나타났으며, 2015년 겨울의 미세먼지 농도가 가장 높게 나타남
  - 봄철 초미세먼지 농도는 2016년 가장 높게 나타났으며, 여름철에는 2015년의 초미세먼지 농도가 가장 높았음. 가을철 초미세먼지 농도는 2016년에 가장 높았으며, 겨울철 미세먼지 농도는 2019년에 가장 높게 나타났음

**표 2 전국 미세먼지·초미세먼지 계절별 농도**

단위: ㎍/㎥

| 구분 | 미세먼지 | | | | 초미세먼지 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 봄 | 여름 | 가을 | 겨울 | 봄 | 여름 | 가을 | 겨울 |
| 합계 | 58.0 | 36.9 | 40.9 | 53.0 | 28.0 | 20.3 | 22.3 | 29.4 |
| 2010년 | 58.0 | 41.3 | 50.0 | 56.3 | - | - | - | - |
| 2011년 | 66.3 | 38.3 | 41.7 | 55.7 | - | - | - | - |
| 2012년 | 54.3 | 33.7 | 40.3 | 50.3 | - | - | - | - |
| 2013년 | 58.7 | 41.3 | 38.3 | 55.7 | - | - | - | - |
| 2014년 | 61.0 | 39.3 | 39.7 | 54.3 | - | - | - | - |
| 2015년 | 55.0 | 38.0 | 38.0 | 59.0 | 26.7 | 23.3 | 22.3 | 30.0 |
| 2016년 | 60.3 | 35.3 | 43.0 | 48.3 | 30.0 | 21.3 | 24.3 | 28.7 |
| 2017년 | 59.3 | 34.3 | 39.3 | 48.7 | 29.3 | 19.0 | 21.7 | 30.0 |
| 2018년 | 49.3 | 30.0 | 37.7 | 49.0 | 26.0 | 17.7 | 20.7 | 29.0 |
| 2019년* | 51.3 | 33.0 | - | 58.0 | 28.0 | 20.0 | - | 34.5 |

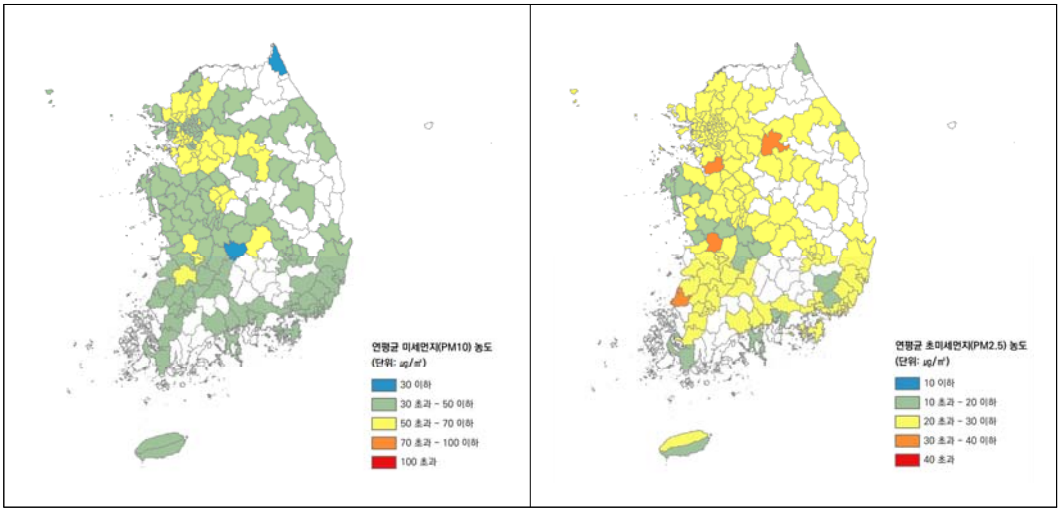
* 2019년 미세먼지 농도는 2019년 6월까지 관측치를 활용하였으므로, 봄철 외에는 대표성을 갖기 어려움.
출처: 저자 작성.

## 2) 국내 미세먼지 농도의 공간적 분포

- 환경부에서 제공하고 있는 미세먼지 도시별, 월별 농도자료를 활용하여 월별, 계절별 미세먼지 농도의 공간적 분포를 분석함
  - 미세먼지 농도분포는 2010년 1월부터 2018년 12월까지의 자료를 활용하였으며, 초미세먼지 농도분포는 2015년 1월부터 2018년 12월까지의 자료를 활용함
  - 행정구역의 변화로 인하여 통합된 시군(충청북도 청원군, 경상남도 마산시, 진해군)의 경우 가장 최근의 행정구역을 기준으로 분석함
  - 관측치가 기록된 전체 114개 도시 중에서 미세먼지 혹은 초미세먼지의 관측값 기간이 1년 이하인 도시는 14곳으로[8] 해당지역의 미세먼지 및 초미세먼지 농도는 공간적으로 표시하였으나 정량적인 비교의 대상에서는 제외하였음
- 연평균 미세먼지와 초미세먼지의 공간적 분포를 살펴본 결과 미세먼지와 초미세먼지의 공간적 패턴이 다르게 나타남
  - 미세먼지의 농도는 수도권 위주로 높게 나타났으며 초미세먼지는 수도권 외에 충청남도와 전라북도지역에서도 높게 나타남
  - 미세먼지의 수준이 보통 수준인 강원도 원주시, 경기도 평택시, 전라북도 익산시의 초미세먼지 농도가 높게 나타남

**그림 4** 미세먼지(좌)와 초미세먼지(우)의 도시별 연평균 농도분포

단위: ㎍/㎥



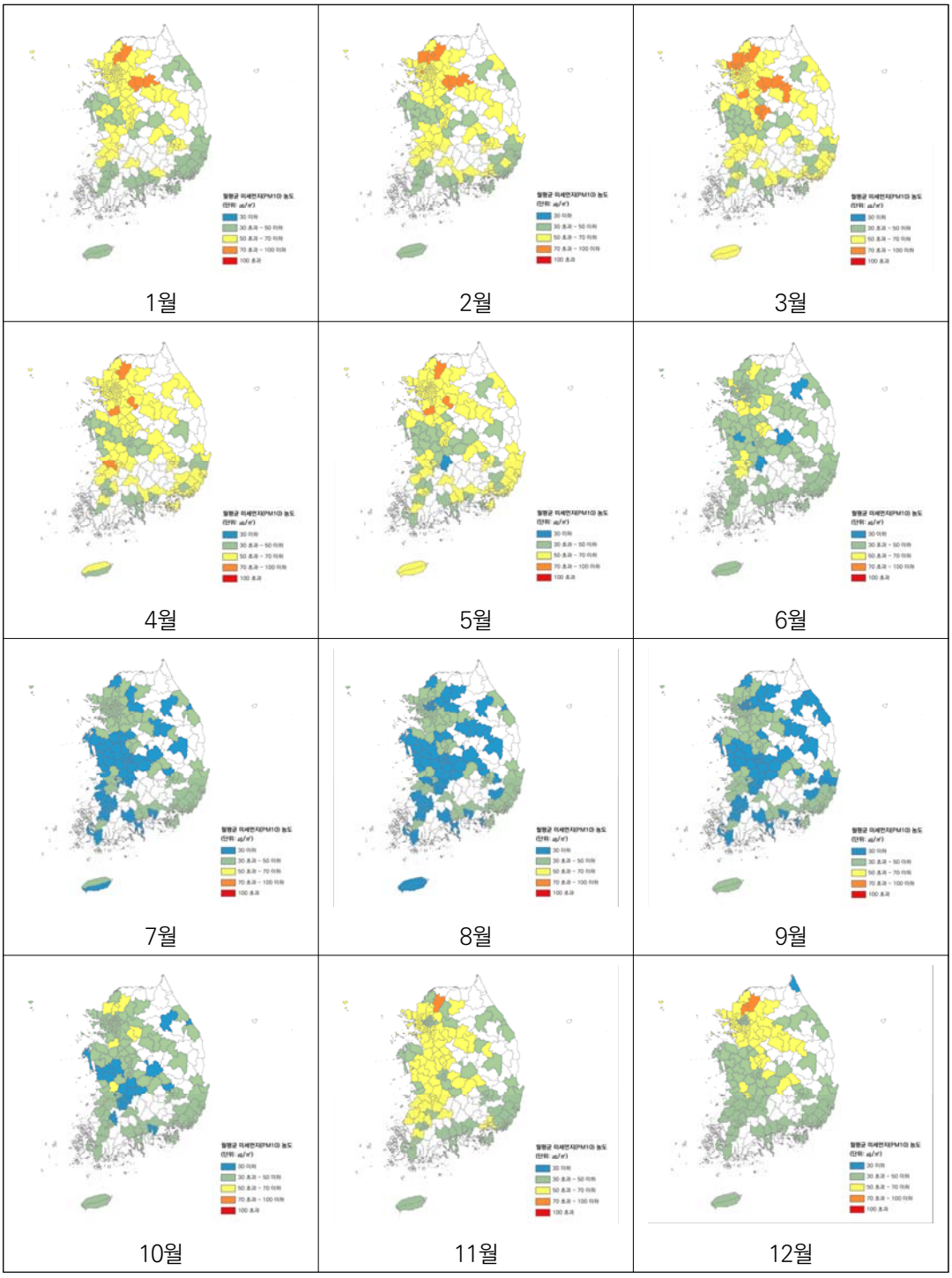

출처: 저자 작성.

8) 강원도 고성군, 강원도 횡성군, 충청북도 영동군, 충청북도 증평군, 충청남도 계룡시, 충청남도 서천군, 전라북도 임실군, 전라북도 완주군, 전라북도 진안군, 전라북도 무주군, 전라북도 순창군, 전라북도 장수군, 전라남도 해남군, 전라남도 영광군

- 월평균 미세먼지 농도는 주로 내륙지역에서 높게 나타났으며 동해와 남해지역의 농도가 낮게 나타남
  - 미세먼지 월평균 농도는 월과 관계없이 수도권지역의 농도가 높은 패턴을 나타냄

**그림 5 미세먼지의 도시별 월평균 농도분포**

단위: ㎍/㎥

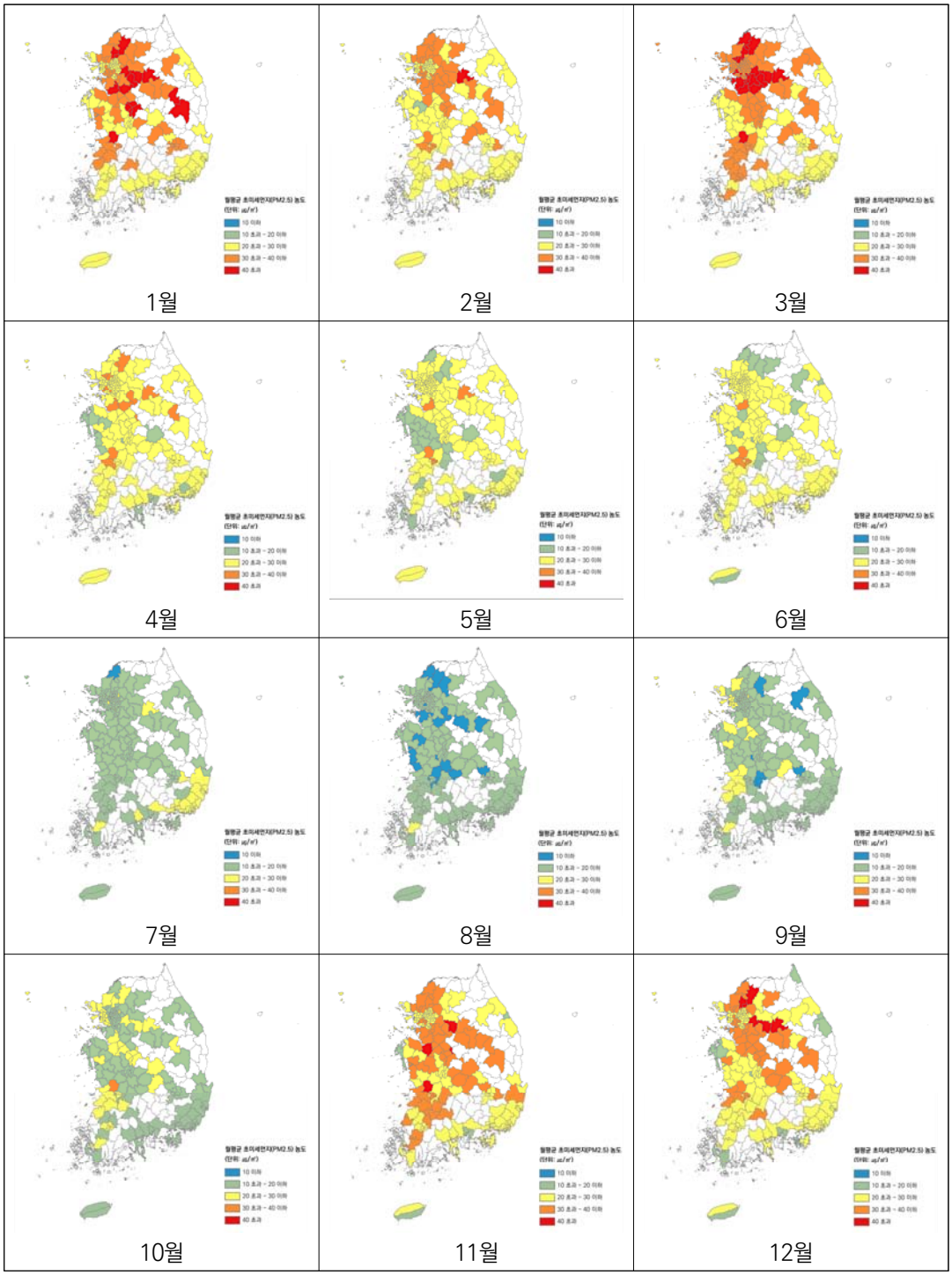



출처: 저자 작성.

- 월평균 초미세먼지 농도는 주로 서해안지역과 수도권에서 높게 나타남
  - 초미세먼지 고농도시기(겨울·봄철)에는 초미세먼지 고농도지역이 수도권에 집중되는 경향이 나타났으며 농도가 낮은 여름철에는 미세먼지 농도분포와 유사한 패턴을 나타냄

**그림 6 초미세먼지의 도시별 월평균 농도분포**

단위: ㎍/㎥

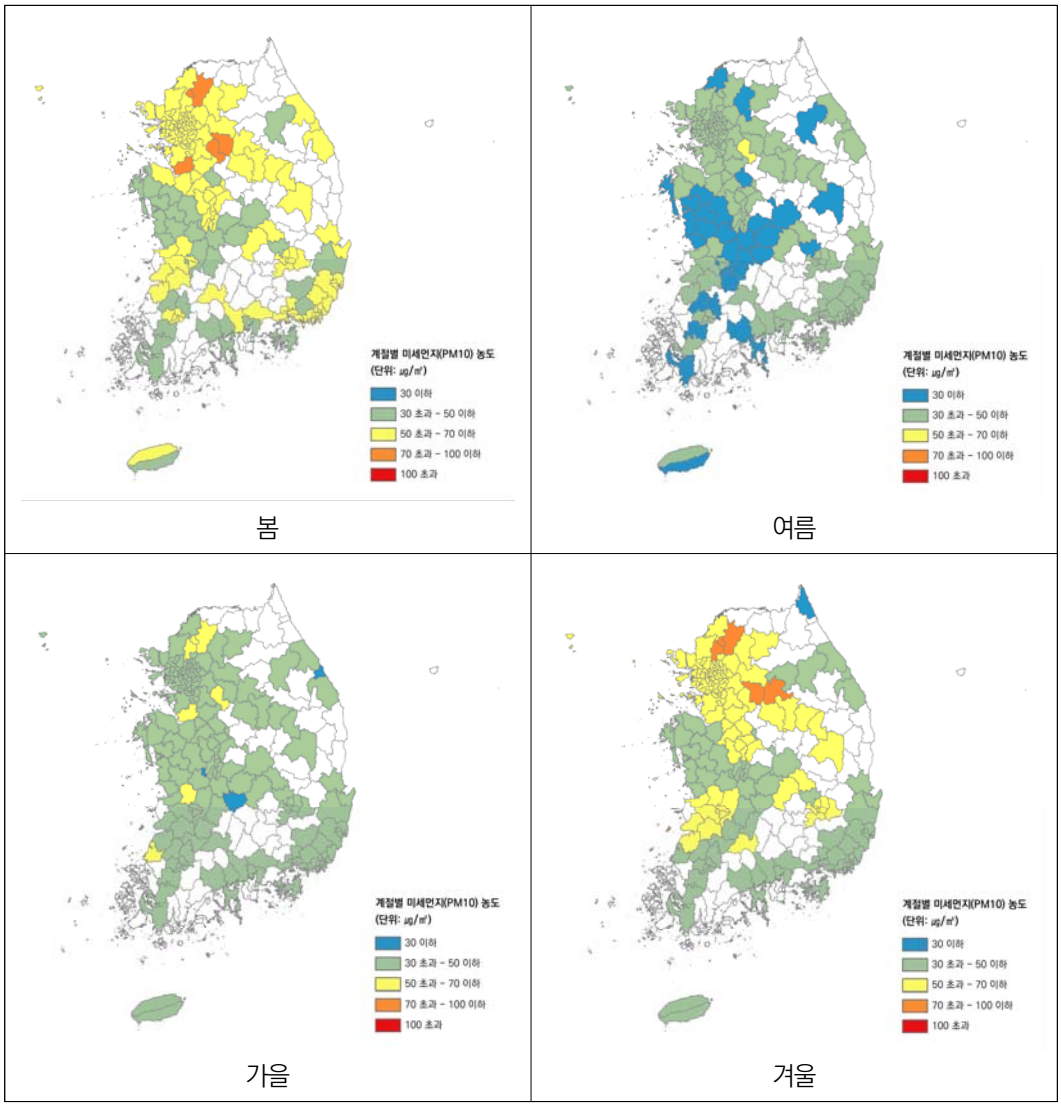



출처: 저자 작성.

- 계절별 평균 미세먼지 농도의 공간적 분포를 살펴보면 수도권을 중심으로 하여 고농도 지역이 형성되어 있음
  - 모든 계절에서 수도권을 중심으로 확산하는 형태를 나타내고 있으며, 전라북도지역과 충청남도 서해안지역을 중심으로 미세먼지가 높은 지역이 분포하고 있음
  - 계절에 따라서 차이는 있으나 동해안지역이 서해안지역보다 낮은 농도를 나타내고 있으며 북부지방이 중부나 남부지역에 비하여 낮은 농도분포를 나타냄

**그림 7** 미세먼지의 도시별 계절별 농도분포

단위: ㎍/㎥

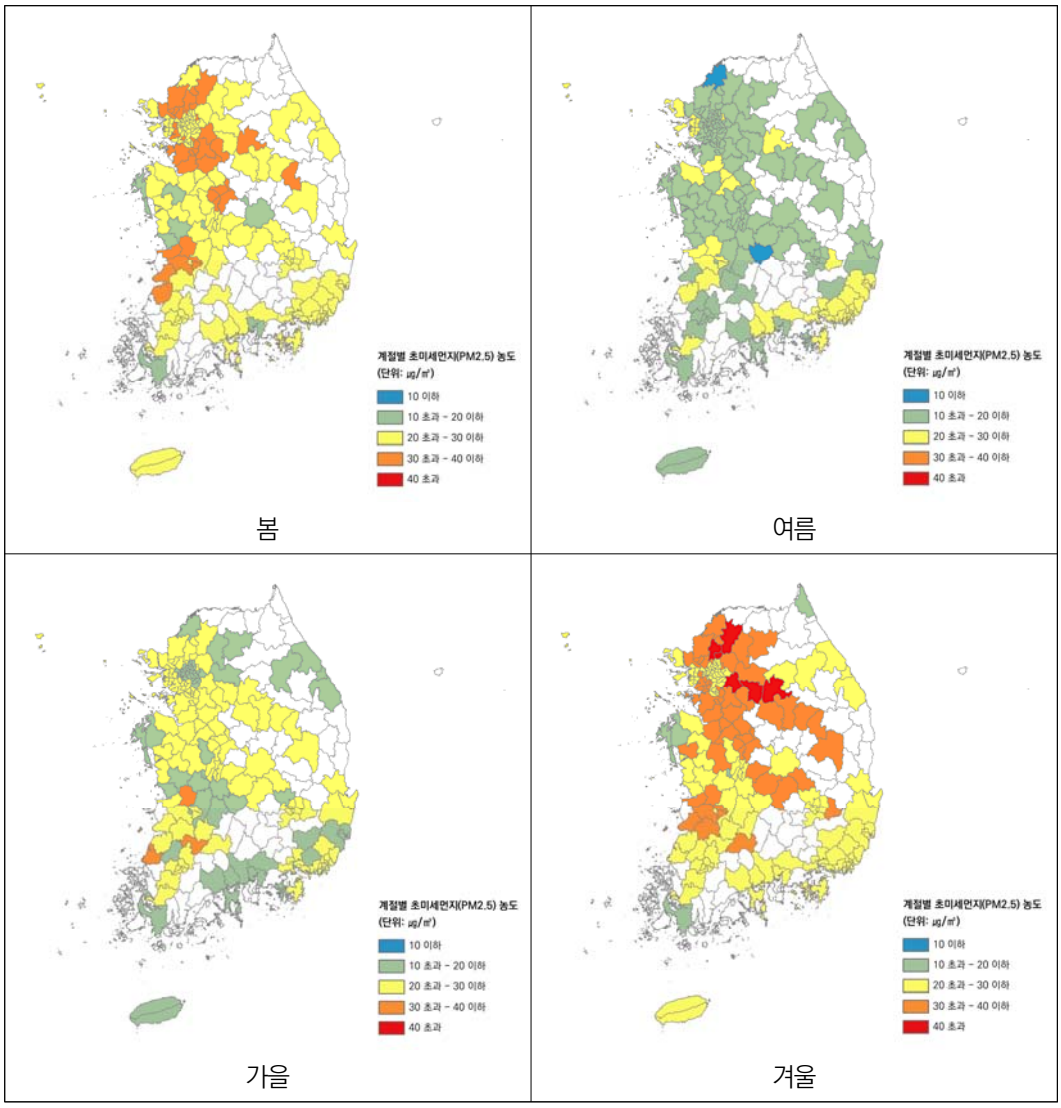



출처: 저자 작성.

- 계절별 평균 초미세먼지 농도의 공간적 분포를 살펴보면 북서쪽지역의 초미세먼지 농도가 높으며, 동해안 및 남해안지역의 미세먼지 농도가 낮음
  - 고농도 시기(봄철 및 겨울철)에는 수도권을 중심으로 고농도지역이 나타나고 있으며 여름철에는 해안지역을 중심으로 초미세먼지 농도가 높게 나타남
  - 여름철에는 봄, 가을, 겨울철에 농도가 높은 지역 외에 다른 지역의 초미세먼지 농도가 높게 나타남

**그림 8 초미세먼지의 도시별·계절별 농도분포**

단위: ㎍/㎥



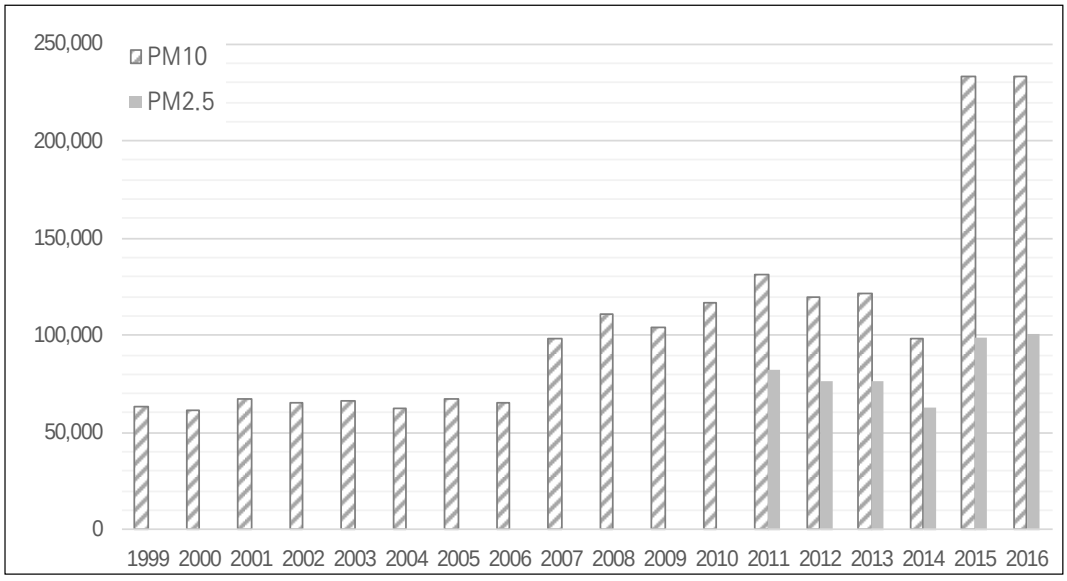

출처: 저자 작성.

### 3) 국내 미세먼지 배출현황[9)]

- 국내 미세먼지의 직접 배출량은 1999년부터 2011년까지 증가추세를 보였으나 초미세먼지와 미세먼지 모두 2011년 이후 2014년까지 꾸준하게 감소하였음(〈그림 2〉 참조)
  - 2015년 이후부터는 비산먼지, 생물성연소의 공식배출원 추가[10)]에 따라서 미세먼지와 초미세먼지의 배출량이 크게 증가함

**그림 9 우리나라 대기오염물질 중 미세먼지 직접 배출량**

단위: 톤




출처: 국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스를 바탕으로 저자 작성.

- 시도별 미세먼지 및 전구물질(Precursor)[11)] 기여도는 오염물질의 종류에 따라서 다른 특성을 보임
  - 미세먼지의 1차 배출 외에 황산화물, 질소산화물, 휘발성 유기화합물 등 2차 생성의 원인이 되는 간접 물질의 배출량도 동시에 살펴보아야 함
  - 미세먼지의 직접 배출량은 경상북도가 가장 높게(19.9%) 나타났으며, 이어서 충청남도(16.5%)와 경기도(14.1%), 전라남도(12.5%) 순으로 나타남
  - 초미세먼지의 직접 배출량 또한 경상북도가 가장 높게(22.6%) 나타났으며, 이어서 충청남도(18.8%)와 전라남도(13.6%), 경기도(11.1%) 순으로 나타남

9) 국내 대기오염물질 배출량 통계는 시차가 있으며 국립환경과학원에서는 2016년 배출량 자료를 2019년 6월에 발표하였으며, 물질별·지역별 상세정보가 수록된 국가 대기오염물질 배출량 보고서는 발표 예정임(2019년 12월 1일 기준).
10) 2015년부터 비산먼지와 생물성연소를 공식배출원에 추가하고 해당 배출량을 공개하고 있음.
11) 어떤 물질대사나 화학반응 등에서 최종적으로 얻을 수 있는 특정 물질이 되기 전 단계의 물질을 뜻함(시사상식사전, s.v. 전구체(Precursor))

- 황산화물은 충청남도의 기여도가 가장 높게(22.8%) 나타났으며, 전라남도(17.3%), 울산광역시(13.7%) 순으로 나타남
- 질소산화물은 경기도에서 가장 높은 비율(16.3%)을 차지했으며, 충청남도(10.8%)가 차순위로 나타남
- 휘발성 유기화합물은 경기도가 가장 높은 비율(18.1%)을 차지했으며, 경상남도(10.5%), 울산광역시(9.5%) 순으로 나타남

**표 3 시도별 미세먼지 및 전구물질 배출량 기여도***

단위: %, 2016년 기준

| 구분 | NOx | SOx | PM10 | PM2.5 | VOC |
|---|---|---|---|---|---|
| 서울특별시 | 5.9 | 1.1 | 3.7 | 2.5 | 6.2 |
| 부산광역시 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 4.0 |
| 대구광역시 | 2.4 | 1.2 | 1.7 | 1.4 | 3.1 |
| 인천광역시 | 4.0 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 5.1 |
| 광주광역시 | 1.0 | 0.1 | 0.8 | 0.6 | 1.6 |
| 대전광역시 | 1.3 | 0.2 | 0.7 | 0.6 | 1.5 |
| 울산광역시 | 4.1 | 13.7 | 2.0 | 2.5 | 9.5 |
| 세종특별자치시 | 0.5 | 0.0 | 0.6 | 0.4 | 0.7 |
| 경기도 | 16.3 | 4.3 | 14.1 | 11.1 | 18.1 |
| 강원도 | 6.7 | 4.9 | 4.1 | 3.9 | 2.5 |
| 충청북도 | 5.9 | 2.5 | 4.1 | 3.9 | 3.9 |
| 충청남도 | 10.8 | 22.8 | 16.5 | 18.8 | 7.2 |
| 전라북도 | 3.3 | 1.9 | 4.4 | 3.5 | 7.0 |
| 전라남도 | 8.5 | 17.3 | 12.5 | 13.6 | 8.5 |
| 경상북도 | 8.8 | 11.0 | 19.9 | 22.6 | 8.3 |
| 경상남도 | 8.2 | 8.6 | 6.0 | 5.5 | 10.5 |
| 제주도 | 1.5 | 0.6 | 1.7 | 1.2 | 1.1 |
| 바다 | 7.0 | 3.3 | 1.4 | 3.1 | 1.4 |

*식생은 제외한 배출량 기여도임.
출처: 국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스를 바탕으로 저자 작성.

- 배출원별 대기오염물질 발생 기여도[12]를 살펴보면 산업 관련 분야에서 초미세먼지, 황산화물, 휘발성 유기화합물 발생에 기여하고 있으며 질소산화물은 자동차 및 기계 등 화석연료의 사용이 큰 기여를 하고 있음
  - 미세먼지의 직접 배출량에 가장 큰 기여를 하고 있는 것은 비산먼지(46%)이며, 그 다음으로는 제조업 연소(31%), 비도로이동오염원(7%), 생물성 연소(6%) 순임
  - 초미세먼지 직접배출량은 제조업 연소(37%), 비산먼지(17%), 비도로이동오염원(15%), 생물성 연소(12%)에 의해서 주로 생성되는 것으로 나타남
  - 질소산화물은 도로관련 오염원이 가장 큰 비중(61.1%)을 차지하고 있으며, 황산화물은 산업관련 연소(56.4%)와 생산공정(31.4%)에서 대부분 발생되고 있음
  - 휘발성 유기화합물은 유기용제의 기여도가 대부분(54.5%)을 차지하고 있음

**표 4 배출원별 미세먼지 및 전구물질 배출량 기여도**

단위: %, 2016년 기준

| 구분 | NOx | SOx | PM10 | PM2.5 | VOC |
|---|---|---|---|---|---|
| 에너지산업 연소 | 11.7 | 25.5 | 1.7 | 3.2 | 0.8 |
| 비산업 연소 | 6.9 | 6.7 | 0.6 | 1.0 | 0.3 |
| 제조업 연소 | 14.0 | 24.1 | 30.8 | 36.7 | 0.3 |
| 생산공정 | 4.5 | 31.4 | 2.9 | 5.2 | 18.2 |
| 에너지수송 및 저장 | - | - | - | - | 2.9 |
| 유기용제 사용 | - | - | - | - | 54.5 |
| 도로이동 오염원 | 36.3 | 0.1 | 4.5 | 9.7 | 4.6 |
| 비도로이동 오염원 | 24.8 | 11.5 | 6.7 | 14.3 | 4.0 |
| 폐기물 처리 | 1.1 | 0.6 | 0.1 | 0.3 | 5.8 |
| 기타 면오염원 | - | - | 0.1 | 0.3 | 0.1 |
| 비산먼지 | - | - | 46.2 | 17.2 | - |
| 생물성 연소 | 0.7 | 0.0 | 6.3 | 12.1 | 8.6 |

출처: 국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스를 바탕으로 저자 작성.

12) 부문별 미세먼지 배출량은 다음과 같은 기준으로 산정하며 자세한 산정방법은 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람에서 기술하고 있음(국립환경과학원 2018).
- 제조업연소: 연료 연소량을 산출하여 계산하여 배출계수를 활용하여 계산
- 생산공정: 제품 생산량과 원료 투입을 기반으로 산출
- 유기용제 사용: 페인트, 잉크, 세탁소 용매 등 휘발성이 큰 유기 용제의 사용량에 따른 배출량을 산출
- 에너지 수송 및 저장: 정유공장 및 저유소에서 휘발성이 강한 VOCs의 배출량을 산정
- 도로이동 오염원: 도로에서 주행하는 자동차로 인한 대기오염물질 배출량
- 비도로이동 오염원: 자동차 이외 내연기관을 장착한 철도, 해상선박 및 항공기, 건설장비, 농기계 배출량
- 폐기물 처리: 폐기물 소각, 폐수처리, 매립, 퇴비화 등에 따른 배출량
- 기타 면오염원: 식생에 의한 오염물질 배출, 습지나 토양에서의 배출량을 산정
- 비산먼지: 도로운행으로 인한 재비산먼지와 사업장 또는 공정상에서 배출구 없이 대기로 발생하는 것
- 생물성 연소: 고기 및 생선구이, 노천소각, 농업잔재물 소각 등

# 03 미세먼지 발생의 잠재영향인자 고찰



## 1) 미세먼지 발생 주요 원인 및 과정

- 미세먼지의 발생원은 크게 자연적 발생원과 인공적 발생원으로 나누어 볼 수 있으며, 미세먼지 생성과정에 따라서 1차 생성과 2차 생성으로 구분할 수 있음(〈표 5〉 참조)
  - 미세먼지의 자연적 발생원은 흙먼지, 식물의 꽃가루와 같은 생물학적 유기물질 등이며, 인공 발생원은 화석연료 사용에 따른 매연, 건설현장에서 발생하는 비산먼지 등이 속함(환경부 2016)
  - 미세먼지의 1차 생성은 산불 및 쓰레기 등의 소각, 건설현장의 비산먼지, 자동차 등의 배기가스, 도로 등 고체상태의 미세먼지로 나오는 경우임(현상민 2018)
  - 미세먼지의 1차 생성은 주로 미세먼지(PM10)의 농도와 상관이 있음(서울시 미세먼지 정보센터 2019)
  - 미세먼지의 2차 생성은 가스로 생성된 황산화물 혹은 질소산화물을 전구물질로 화학반응을 일으켜 발생하게 됨(환경부 2016)

**표 5 미세먼지 발생원 및 생성과정에 따른 구분**

| 구분 | 자연적 발생 | 인공적 발생 | |
|---|---|---|---|
| 1차 미세먼지 | • 화산(가스 배출 없이)<br>• 바다(연안지역의 해염 에어로졸)<br>• 건조한 지역의 토양침식 (풍화로 인한 광물먼지 암석 및 광물)<br>• 산림 및 수풀 화재<br>• 생물학적 유기물질(꽃가루, 포자, 미생물) | 고정 | • 에너지 공급을 위한 소각설비 (발전소 및 지역난방시설)<br>• 폐기물 소각설비<br>• 국내 화재(가스, 석유, 석탄 등)<br>• 산업공정 |
| | | 이동 | • 도로교통<br>• 철도운송, 선적, 항공교통 |
| 2차 미세먼지 | • 메탄(습지 및 아산화질소)<br>• 황산염(대부분 황산디메틸과 바다의 황화수소)<br>• 질산염(토양 및 해양) | • 황산화물($SO_2$, $SO_3$)<br>• 질소산화물(NO, $NO_2$)<br>• 암모니아($NH_3$)<br>• 비메탄휘발성탄화수소(NMVOC) | |

출처: Zablockaja 2005; 김정곤 외 2018, 11 재인용.

- 미세먼지의 2차 생성에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 대기오염과 주변 환경 및 규모에 따른 상호 작용에 대한 이해가 필요함(박종길 외 2003)
  - 지방규모(5km)에서는 오염물질에 의한 영향, 도시규모(50km)에서는 2차 오염물질 생성, 지역규모(50~500km)에서는 장거리 수송에 따른 문제가 발생할 수 있음
  - 도시 내 미세먼지 특성에 영향을 미칠 수 있는 조건으로는 도시의 구성요소, 자연 및 기후적인 조건, 공간구조 및 배치, 형태가 있음(김정곤 외 2018)

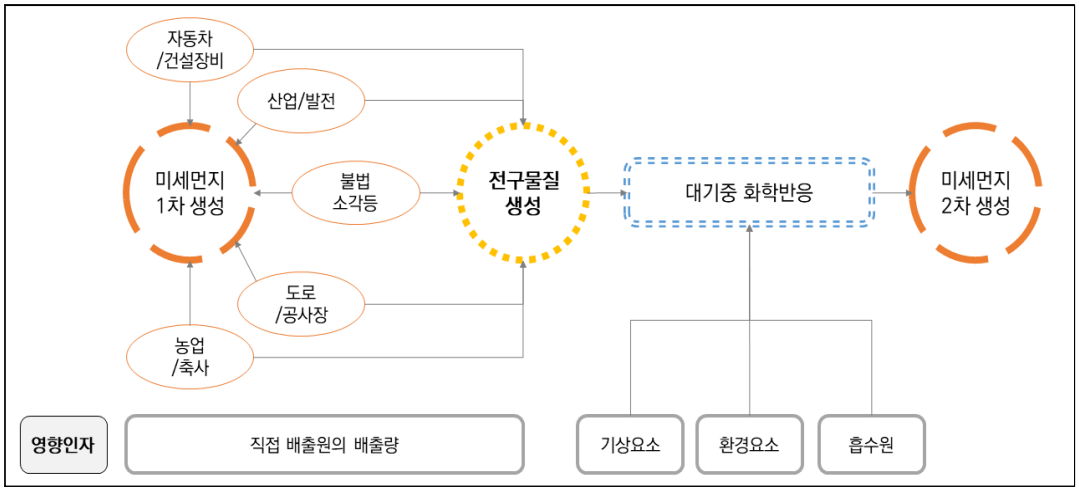
**표 6 도시 미세먼지에 영향을 미치는 주요 인자 및 특성**

| 구분 | 주요 특성 |
|---|---|
| 도시 구성요소 | • 입지적 요소: 도시유형(공간구조), 기능, 도로<br>• 디자인적 요소: 도로협곡, 터널, 녹지, 바닥재료<br>• 식물적 요소: 식물형태, 낙엽 및 잎 면적 등 |
| 자연 및 기후적 조건 | • 날씨 패턴, 바람 • 안정성(공기의 수직운동)<br>• 난류, 침적, 지형 • 굴뚝 높이와 가스 온도 |
| 공간구조 및 배치, 형태 | • 건축물 형태, 밀도 등 공간적 요소<br>• 도시공간유형에서 비롯되는 도시 열섬화에 따른 대기변화<br>• 도시 바람길(신선한 공기 통로)을 통한 유입<br>• 차량 통행량, 도로구조 및 형태 |

출처: 김정곤 외 2018, 25 수정.

- 미세먼지 농도에 영향을 미치는 인자로는 직접적인 미세먼지의 배출원의 배출량과 대기 중의 화학반응을 유발할 수 있는 다양한 인자들에 대한 고찰이 필요함
  - 기상요소, 환경요소, 흡수원 등의 대기 중 미세먼지 생성에 영향을 줄 수 있음

**그림 10 미세먼지의 생성과정과 영향인자의 모식도**

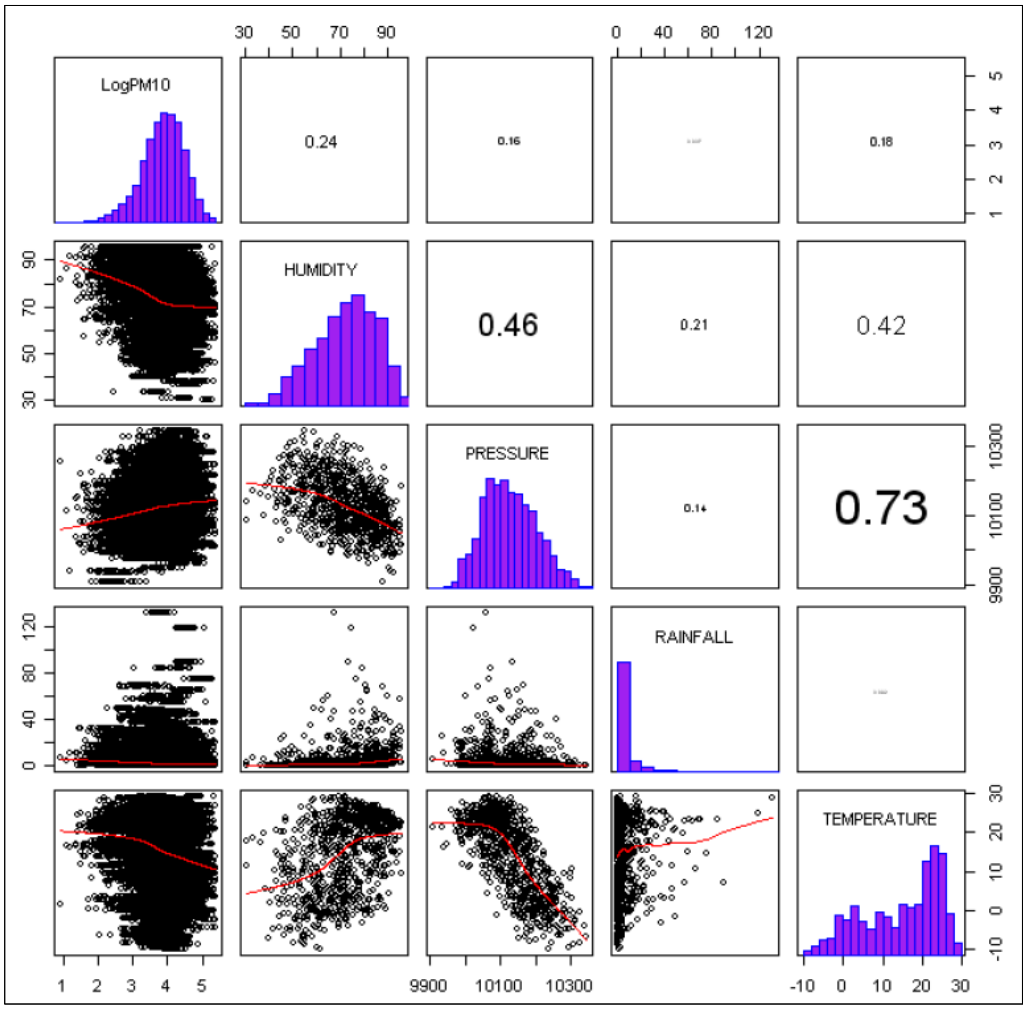



출처: 환경부(2016)를 활용하여 저자 재작성.

## 2) 미세먼지 농도의 잠재원인인자 고찰

- 본 장에서는 선행연구 고찰을 통해서 미세먼지에 영향을 미칠 수 있는 영향인자를 추출하고자 하였음
  - 미세먼지 배출량과 전구물질, 기상요소, 환경요소, 흡수원 등의 요소 등이 영향인자로 선행연구에서 다루어지고 있음
- 국립환경과학원(2007)의 수도권을 대상으로 한 연구에서는 기상조건 변화와의 상관성을 분석하기 위하여 통계기법을 활용하였음
  - 미세먼지 농도와 온도, 습도 사이에 상관관계가 나타났으며, 온도차(최고온도-최저온도)와 습도와 더 밀접한 관련이 있는 것으로 나타남
  - 황사, 풍향, 강수량, 풍속, 습도의 기상 요소와 미세먼지 농도에 미치는 영향을 분석한 결과 황사가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타남

**그림 11 미세먼지와 기상조건 변화와 상관관계 고찰**




출처: 국립환경과학원 2007, 93.

- 부산광역시(2015)의 연구에서는 미세먼지에 영향을 미치는 인자를 지형 및 토지이용, 인구 및 주거특성, 기후조건, 교통, 산업 활동, 에너지 이용으로 나누어 구분함
  - 제시된 인자 중 미세먼지를 증가시킬 수 있는 요인으로 기상조건, 교통, 항만 물동량을 제시하였으며, 감소요인으로는 인구감소, 산업 활동 감소, 화석연료 사용량 감소, 청정에너지 사용량 증가로 제시함

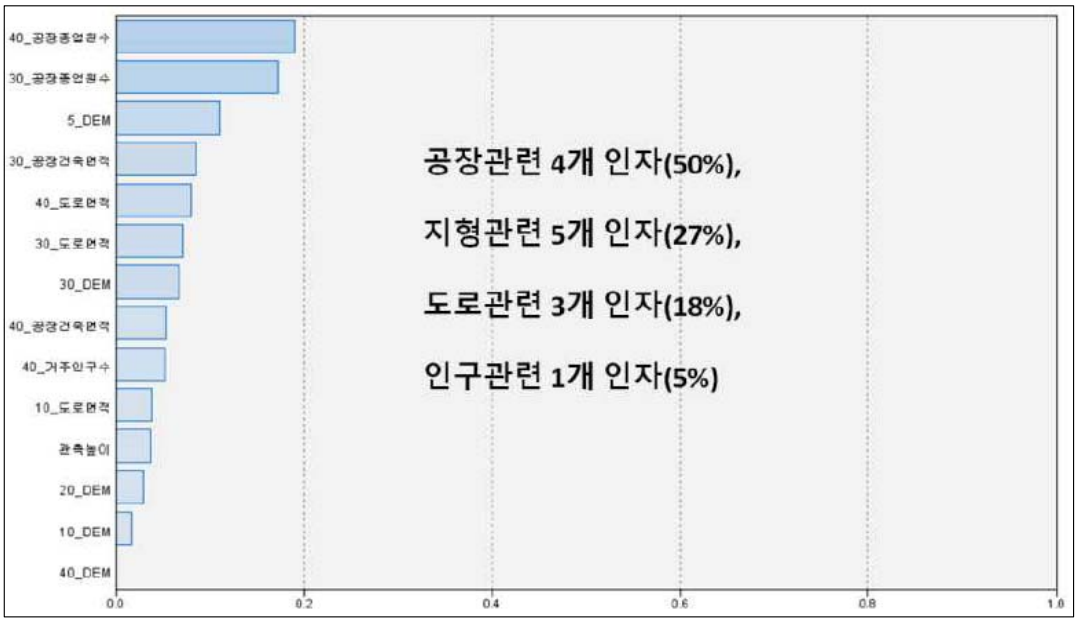
**표 7 부산광역시의 미세먼지 배출량 증감원인 분석**

| 항목 | | 현황 | (초)미세먼지 배출량 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 증 | 감 |
| 지형 및 토지이용 | 지형·지세 | | | |
| | 토지이용 | 대지 및 토지 이용 현황 증가 | | |
| 인구 및 주거특성 | 인구 | 총 인구수 감소 | | ○ |
| | 주거특성 | 아파트, 단독 주택 등 가구 수 증가 | ○ | |
| 기후조건 | 기온 | 평균기온 및 극점최고기온의 상승 | ○ | |
| | 강수량 | 장마철 집중 호우에 의한 강수량 증가 외 다른 연중 강수량 감소 | ○ | |
| 교통 | 도로현황 | 도로 총 면적 증가 | ○ | |
| | 차량등록 | 차량등록 증가 | ○ | |
| | 교통량 | 자가용 이용자 증가 | ○ | |
| 산업 활동 | 환경오염물질 배출 사업장 | 환경오염물질 배출 사업장 감소 (10년간 지역별 집중도 변동 예상) | | ○ |
| | 농·임·어업 | 종사자 감소 | | ○ |
| | 제조업 및 광업 | 종사자 감소 | | ○ |
| | 항만 물동량 | 물동량 증가 | ○ | |
| 에너지 이용 | 화석연료 | 석탄, 석유 소비량 감소 | | ○ |
| | 전기 | 산업용 및 전기 사용량 증가 | ○ | |
| | 도시가스 | 수송, 산업 등 도시가스 이용량 증가 | | ○ |
| | 신재생 에너지 | 신재생 에너지 생산량 증가 | | ○ |

출처: 부산광역시 2015, 46.

- 전라북도(2017)의 연구에서는 기상인자(온도, 습도, 풍향, 풍속, 고고도 풍향 풍속) 등의 특성을 분석하고 지형, 용도지역 현황, 건축물 현황, 도로 현황, 공장 현황, 대기오염 사업장 현황 등의 정보를 통해서 미세먼지에 영향을 미칠 것으로 예상되는 변수를 추출함
  - 공업지역, 공장건축면적, 공장용지면적, 공장종업원수, 녹지지역, 상업지역, 거주인구수, 건축물면적, 도로면적, 유동인구수, 주거지역, 해발높이 반경에 따라서 추출하여 미세먼지의 농도와의 상관성을 분석한 결과, 공장관련 인자들의 기여도가 높은 것으로 나타났으며, 지형관련 인자, 도로관련 인자, 인구관련 인자의 순으로 나타남

**그림 12** 미세먼지에 영향을 미치는 인자들의 중요도 분석 결과




출처: 전라북도 2017, 45.

- 임소영 외(2017)의 연구에서는 미세먼지 농도에 영향을 미치는 인자로 이산화질소($NO_2$), 이산화황($SO_2$) 및 일산화탄소(CO)를 선정하고 상관관계 분석을 실시하였음
  - 전구물질과 미세먼지 및 초미세먼지 농도는 정(Positive)의 상관관계가 나타남
  - 이산화질소 배출이 미세먼지 증가에 가장 큰 영향을 미쳤으며 이산화황과 일산화탄소 순으로 영향이 큰 것으로 나타남
  - 선형회귀모형을 통해서 전구물질과 초미세먼지 및 미세먼지의 상승폭을 추정한 결과 이산화질소가 10% 상승하면 초미세먼지는 3.8%, 미세먼지는 2.6%의 농도가 상승하는 것으로 나타남
  - 또한 이산화질소 배출로 인한 지역별 미세먼지 농도 증가량은 지역별로 차이가 나타났는데, 이는 지역의 기상여건, 자연환경, 지형 등에 영향을 받았을 것으로 예상됨
  - 이는 미세먼지 관리 시 전구물질을 동시에 종합적으로 관리해야 할 필요성이 높다는 것을 의미함

**표 8** 미세먼지 농도에 미치는 각 전구물질의 영향

| 구분 | PM2.5 | PM10 |
|---|---|---|
| 이산화질소($NO_2$) | 0.347*** | 0.262*** |
| 이산화황($SO_2$) | 0.038 | 0.134*** |
| 일산화탄소(CO) | 0.232*** | 0.129*** |

주: *, **, *** 은 각각 10%, 5%, 1%에서 유의함을 나타냄,
출처: 임소영 외 2017, 50.

- 박순애 외(2017)의 연구에서는 석탄 화력발전과 경유소비량, 제조업생산, 국외요인배출량 및 풍향에 의한 초미세먼지 농도를 분석하였음
  - 분석결과 중국 산둥성지역의 초미세먼지 농도와 서풍계열의 풍향 비율이 한국의 초미세먼지 농도에 유의미한 양의 상관관계를 나타냄
  - 하지만 국내 초미세먼지 발생 요인이라고 볼 수 있는 경유사용량, 석탄화력 발전거래량, 제조업 및 화학 산업 생산계수도 유의미한 영향이 없었음
  - 국내 초미세먼지 발생요인 중 시멘트 산업 제조업 생산지수에 따라서 초미세먼지 농도 증가에 유의미한 결과를 보임

**표 9 도시 미세먼지에 영향을 미치는 주요 인자 및 특성**

| 구분 | 한국 PM2.5 | 중국 측 요인 | | 국내 연료 요인 | | 국내 산업 요인 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 산동 PM2.5 | 서풍계열 풍향비율 | 경유 소비량 | 석탄발전 거래량 | 화학산업 생산지수 | 시멘트산업 생산지수 |
| 한국 PM2.5 | 1.000 | | | | | | |
| 중국 산동 PM2.5 | 0.480*** | 1.000 | | | | | |
| 서풍계열 풍향비율 | 0.402*** | 0.358*** | 1.000 | | | | |
| 경유 소비량 | 0.113* | 0.046 | 0.098 | 1.000 | | | |
| 석탄발전 거래량 | 0.115* | 0.106* | −0.091 | 0.058 | 1.000 | | |
| 화학산업 생산지수 | 0.041 | −0.013 | 0.083 | −0.097 | −0.059 | 1.000 | |
| 시멘트산업 생산지수 | −0.103 | −0.210*** | −0.243*** | −0.027 | −0.095 | 0.112* | 1.000 |

주: *, **, *** 은 각각 10%, 5%, 1%에서 유의함을 나타냄.
출처: 박순애 외 2017, 242.

### 3) 미세먼지 농도 잠재영향인자 종합

- 미세먼지에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 미세먼지의 1차 배출원과 2차 생성원인이 될 수 있는 전구물질(대기오염 물질)의 생성량이 공통적으로 활용되었음
  - 지표활용에 있어서 배출원과 관련된 영향인자는 모든 연구에서 공통적으로 활용되어 미세먼지의 지역적 영향을 파악하는 데 활용하고 있음
  - 기상인자의 경우 일부연구에서 활용되고 있었는데 그중에서도 미세먼지의 확산과 밀접한 관련이 있는 풍향, 풍속 등의 지표가 많이 활용되었으며, 화학반응에 영향을 줄 수 있는 기온, 습도 등도 활용됨
  - 환경요소 중에서는 지형, 건축물 밀도 등 토지이용과 밀접한 관련이 있는 인자들이 미세먼지의 영향이 있는 것으로 나타났음. 단, 흡수원의 역할을 할 수 있는 녹지면적 등은 일부 연구에서 활용되었으므로 이에 대한 추가적인 영향인자 파악이 필요함

**표 10 미세먼지 농도 잠재영향인자 종합 결과**

| 구분 | 인자 | 국립환경과학원 (2007) | 부산광역시 (2015) | 전라북도 (2017) | 산업연구원 (2017) | 박순애 외(2017) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 기상요소 | 기온 | ○ | - | ○ | - | - |
| | 습도 | ○ | - | ○ | - | - |
| | 강수량 | ○ | - | ○ | - | - |
| | 풍향 | ○ | - | ○ | - | ○ |
| | 풍속 | ○ | - | ○ | - | - |
| 배출원 | 부분별 배출* | - | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 대기오염 물질 농도 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| | 인구밀도 | - | ○ | ○ | - | - |
| 환경요소 | 지형** | - | ○ | ○ | - | - |
| | 건축 밀도 | - | ○ | ○ | - | - |
| 흡수원 | 녹지면적 | - | - | △*** | - | - |

* 부문별 배출은 수송, 산업, 발전 등 미세먼지에 영향을 줄 수 있는 직접 배출과 2차 생성에 관련된 전구물질을 직접적으로 산출한 경우를 인자로 선정하였음.
** 지형인자는 건축물을 제외한 자연 상태에서의 지형을 의미함.
*** 흡수원에 해당하는 녹지면적과의 직접적인 상관관계에 대해서는 기술하고 있지 않으며 가능성만 기술함.

# 04 결론 및 정책제언



- 미세먼지의 정도가 심각해짐에 따라서 미세먼지 농도의 시·공간적인 분포를 분석하고 미세먼지의 발생원인을 규명하여 국민들의 안전한 삶을 영위하기 위한 관리 대책 수립의 필요성이 부각되고 있음
  - 국민 체감도를 높일 수 있는 미세먼지 저감 대책을 위해서는 비용 대비 편익이 높고 실제 거주하고 있는 공간에서 체감할 수 있는 대책이 필요함
- 우리나라의 미세먼지 농도는 계절별·공간별로 다른 분포패턴을 나타내고 있어 이에 따른 대책을 수립해야 함
  - 미세먼지의 평균농도는 떨어지고 있으나, 미세먼지 고농도 현상이 자주 발생하고 있어 고농도현상에 대응할 수 있는 미세먼지 대책을 우선적으로 수립할 필요성이 있음
  - 미세먼지와 초미세먼지는 주로 봄철과 겨울철에 높게 나타났으며, 여름철에 가장 낮게 나타나 미세먼지 고농도 시기(겨울~봄)에 집중관리 대책(미세먼지 시즌제 등)이 필요할 것으로 판단됨
  - 미세먼지의 공간적인 분포는 봄철과 겨울철에 유사하게 나타났으나, 초미세먼지의 공간적 분포는 봄철과 겨울철에 다르게 나타나 오염물질별로 공간적 분포를 고려한 대책을 수립하여야 함
  - 미세먼지 농도는 수도권을 중심으로 높게 나타났으나, 초미세먼지 농도는 전국적으로 높게 나타났으며, 일부지역의 농도가 높게 나타나 미세먼지 농도가 높은 지역을 중심으로 미세먼지 관리 권역을 설정하고 권역별 맞춤형 대책을 수립하여야 함
- 현재까지의 미세먼지 대응은 배출원 중심으로 추진되어 왔으며 지역의 특징과 관계없이 미세먼지 대책을 수립·적용하였음
  - 미세먼지가 발생하는 지역적 특성 분석을 통해서 지역 특성에 맞는 미세먼지 배출량 저감 대책을 마련할 필요성이 있음
  - 또한 공간적 미세먼지 적응 대책(바람길 도입, 미세먼지 흡수원 확충 등)을 활용한다면 지역에서 보다 효과적인 미세먼지 대책을 수립할 수 있을 것으로 판단됨

- 지역의 배출원 특성에 맞는 대책을 수립하여 기여도가 높은 배출원(항만지역 선박 배출원 대책, 신도시 비산먼지 대책 등) 중심의 효과적인 대책을 마련할 수 있음

• 미세먼지에 영향을 미치는 기상여건(기온, 강수량), 지형적 조건(지형, 고도), 미세먼지 직접 발생량 및 미세먼지 2차 생성 전구물질 배출량 등 다양한 인자들을 고려하여 지역의 특성을 구분하는 것이 필요하므로 다양한 분석이 추가될 필요성이 있음

- 미세먼지에 가장 중요한 영향을 미치는 것은 미세먼지 및 전구물질의 배출과 관련된 변수이나 기상요소(기온, 강수량, 풍향, 풍속) 등도 미세먼지 농도에 영향을 미치는 것으로 나타남
- 또한, 환경요소(지형, 도시구조) 및 미세먼지 흡수원 등이 미세먼지 농도에 미치는 영향은 최근 분석을 시작한 단계이므로 향후 연구를 통해서 미세먼지의 농도에 미치는 영향을 분석하는 것이 필요함
- 분석결과 미세먼지는 수도권중심으로 농도가 높게 나타났으나, 초미세먼지는 우리나라 전역에서 높게 나타나 미세먼지 영향변수들의 기여율에 대해서는 추가적인 분석이 필요함

• 본 연구에서는 미세먼지 및 초미세먼지에 영향을 미치는 인자들 중 국내 원인에 집중하였으므로 추후 국외 원인에 대한 연구를 통해서 기여도가 산정될 필요성이 있음

- 현재 우리나라의 미세먼지 배출특성 인벤토리와 및 국내·국외 기여도에 대한 연구가 추진 중이므로 이를 토대로 과학적인 미세먼지 관련 저감 대책 수립이 가능할 것으로 기대
- 또한, 미세먼지의 농도에 미치는 다양한 원인들 간의 상호 관계와 지연효과에 대한 분석을 통해서 효과적인 인자를 밝혀낼 수 있을 것이라 기대할 수 있음

# 참고문헌


국가통계포털. 2019. 미세먼지(PM2.5, PM10) 월별 도시별 대기오염도. http://kosis.kr/index/index.do (2019년 11월 1일 검색).

국립환경과학원. 2007. 수도권지역 미세먼지 오염현상 해석 및 장애 예측 - 최종보고서. 서울: 이화여자대학교 산학협력단.

_____. 2019. 대기환경연보 2018. 인천: 환경부.

_____. 국가 대기오염물질 배출량 서비스. http://airemiss.nier.go.kr (2019년 9월 19일 검색).

국회예산정책처. 2019. 미세먼지 대응사업 분석. 서울: 경성문화사.

김정곤 외. 2018. 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구. 대전: 한국토지주택공사.

매일경제뉴스. 2019. [단독] 이젠 극초미세먼지도 따진다. 3월 12일, https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2019/03/149124/ (2019년 9월 18일 검색).

민지원. 2019. 미세먼지에 대한 국민 인식 조사. 한국경제주평 19-10호. 서울: 현대경제연구원.

박순애, 신현재. 2017. 한국의 초미세먼지(PM2.5)의 영향요인 분석: 풍향을 고려한 계절성 원인을 중심으로. 환경정책 제25권 제1호: 227-248.

박종길 외. 2003. 알기 쉬운 대기오염학. 파주: 동화기술.

법제처 국가법령정보센터. 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법.

_____. 환경정책기본법 시행령.

부산광역시. 2015. 부산광역시 미세먼지 발생원별 저감대책, 부산: 부산광역시.

임소영, 조재한. 2017. 미세먼지 추이의 국별·지역별 비교와 정책 시사점. 세종: (주)유성사.

서울시 미세먼지 정보센터. 미세먼지란. https://bluesky.seoul.go.kr/finedust/common-sense/page/ 9?article=775 (2019년 11월 4일 검색).

서울연구원. 2018. 서울시 미세먼지 관리정책의 사회경제적 편익. 서울: 서울연구원.

시사상식사전. 전구체. https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=933510&cid=43667&categoryId=43667 (2019년 11월 27일 검색).

전라북도. 2017. 빅데이터 활용 전라북도 미세먼지 원인분석. 전주: 한국국토정보공사.

정책위키 한눈에 보는 정책(미세먼지 종합대책). http://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148864591 (2019년 9월 10일 검색).

통계청. 2018. 2018년 사회조사 결과, 11월 5일. 보도자료.

한국환경공단. 2019. 미세먼지 권역별 주의보/경보 발령내역. https://www.airkorea.or.kr/web/pmWarning?pMENU_NO=115 (2019년 11월 4일 검색).

현상민. 2018. 미세먼지 X파일: 미세먼지 인벤토리. 서울: 도서출판 씨아이알.

환경부. 2016. 바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까? 세종: 환경부.

_____. 2018. 국민 78.7% “미세먼지는 건강위협”, 72.4% “시민실천운동 참여”…시민참여 의지 높아, 10월 12일.

보도자료.

휴먼시티 수원. 미세먼지란? http://www.suwon.go.kr/sw-www/deptHome/dep_env/env_02/env_02_05/env_02_05_04.jsp (2019년 9월 18일 검색).

OECD. 2016. *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution*. Paris: OECD Puclishing.

Zablockaja, E. 2005. Feinstaub und saubere Luft: wo liegt die Lösung des Problems. https://www.yumpu.com/de/document/view/19609512/feinstaub-und-saubere-luft-wo-liegt-die-losung-des-problems-evur (2019년 11월 4일 검색).

국토연구원 Working Paper는 다양한 국토 현안에 대하여 시의성 있고 활용도 높은 대안을 제시할 목적으로 실험정신을 가지고 작성한 짧은 연구물입니다. 투고된 원고는 정해진 절차를 거쳐 발간되며, 외부 연구자의 투고도 가능합니다. 공유하고 싶은 새로운 이론이나 연구방법론, 국토 현안이나 정책에 대한 찬반 논의, 국내외 사례 연구나 비교연구, 창의적 제안 등 국토분야 이론과 정책에 도움이 될 어떠한 연구도 환영합니다.
투고를 원하시는 분은 국토연구원 연구기획·평가팀(044-960-0582, jhkim@krihs.re.kr)으로 연락주십시오. 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.

WP 19-04

# 미세먼지 농도의 시·공간적 분포현황 및 잠재영향인자 고찰

**연 구 진** 성선용
**발 행 일** 2019년 12월 6일
**발 행 인** 강현수
**발 행 처** 국토연구원
**홈 페 이 지** http://www.krihs.re.kr

Ⓒ 2019, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체가 적용되어 있습니다.

KRIHS
국토연구원