



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

미세먼지가 호흡기계 질환에
미치는 영향에 대한 연구

연세대학교 공학대학원
산업정보경영 전공
이 재 현

미세먼지가 호흡기계 질환에 미치는 영향에 대한 연구




지도교수 김 우 주

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2018년 6월 21일

연세대학교 공학대학원
산업정보경영 전공
이 재 현

이재현의 석사학위논문을 인준함

심사위원 김 우 주 
심사위원 김 창 욱 
심사위원 모 정 훈 

연 세 대 학 교 공 학 대 학 원

2018년 6월 21일

감사의 글

먼저 제 이름으로 이런 논문이 나오기까지 아낌없는 지도를 해주신 김우주 교수님, 김창욱 교수님. 바르고 섬세한 지도를 통해 전공을 넘어 개인에게 까지 아낌없는 관심과 가르침을 주신 정봉주 주임교수님, 모정훈 주임교수님께 감사의 말씀은 드리고 싶습니다.

바쁜 와중에도 학업에 소홀히 하지 않을 수 있도록 배려해주신 운영상 대령님, 고생한다고 격려해주시고 많은 관심을 가져주신 최인규 소령님께 감사드리고, 바쁠 때 논문 쓴다고 업무도 나눠서 도와준 우리 군수와 식구들, 정진호 준위, 김남대성 상사, 윤원병 중사 감사합니다. 앞으로도 잘 부탁드립니다.

5학기 동안 정말 많은 일이 있었습니다. 저로써는 떠난지 얼마 되지 않은 대학의 캠퍼스를 다시 다닌다는 눈부신 설렘과 즐거움이 가득했고, 막내라고 항상 챙겨주고 좋은 말씀 많이 해주려고 했던 조완석, 남승현, 서영민, 김영기, 민현준, 도승철, 이한샘, 한대철, 한승한, 심재만, 이종엽, 김홍표, 김영철, 김은식, 그리고 홍일점 이은혜. 우리 90기 동기 형님, 누님들의 사랑을 느낄 수 있는 시간이었습시다. 학업을 병행하면서 개인적으로도 힘든 일이 참 많았는데, 그럴 때마다 옆에 항상 우리 동기들이 있었습시다. 그 힘든 일을 잘 견디고 이겨낼 수 있게 힘이 되어주고 버팀목이 되어준 우리 동기 모두 고맙고 사랑합니다.

만남이 있으면 헤어짐이 있다고 합니다. 다만 이 헤어짐이 우리의 마지막이 아니라는 걸 알기에 서운해 하지 않고, 오히려 한 명의 낙오자 없이 모두 석사모를 쓰고 졸업할 수 있게 됨을 감사하게 생각합니다.

대학원 다닌다고 항상 응원해주고 격려해주고 지원해준 우리 가족들.
언제나 막내아들 걱정뿐인 사랑하는 우리 어머니, 아버지. 나의 든든한 지원군
이자 친구 같은 우리 형. 언제나 따뜻한 위로와 응원의 말을 건내주는 우리 큰
누나. 무심한 듯 멀리서 지원사격 해주는 속 깊은 우리 작은 누나. 대학원을 다
닌다고 했을 때 진지한 조언과 관심을 아낌없이 보내준 우리 큰매형, 작은매형.
군인 삼촌에게 이쁘고 긍정적인 에너지만 심어주는 보고 싶은 우리 조카들. 진
심으로 고맙고 감사하고 사랑합니다.

수상자의 수상소감 할 때가 이런 기분일까요. 정말 고맙고 감사한 분들이 너
무 많은데 이 곳에 그 마음을 다 표현할 수 없음이 죄송할 따름입니다. 학위논
문 한 편 쓰고 감사의 글을 너무 거창하게 쓰는 것 같아 한편으로 머쓱하지만,
여기에 표현하지 못한 지금 제가 여기까지 올 수 있도록 많은 응원과 관심을
가져준 모든 분들께 감사의 말씀을 전합니다.

2018년 6월, 이재현

차 례

표 차 례	iii
국문요약	v
제1장 서 론	1
제2장 연구의 이론적 배경	3
2.1 미세먼지	3
2.1.1 미세먼지의 정의	3
2.1.2 미세먼지의 발생원	4
2.1.3 미세먼지와 기상과의 관계	5
2.2 정부의 미세먼지 대응	6
제3장 연구 내용 및 방법	9
3.1 미세먼지 건강영향 연구 동향	9
3.2 연구대상 지역 선정	11
3.3 호흡기계 질환자 진료실적	15
3.4 미세먼지 농도 측정	18
제4장 연구 결과	20
4.1 연구대상 지역별 미세먼지 농도 현황	20
4.1.1 미세먼지 농도 일단위 측정 현황	22
4.1.2 미세먼지 농도 주단위 측정 현황	23

4.2 연구대상 지역별 호흡기계 질환 환자 수	25
4.3 미세먼지 농도와 호흡기계 질환의 상관성	26
4.3.1 일단위 미세먼지(PM ₁₀) 농도와 호흡기계 질환의 상관성	27
4.3.2 일단위 미세먼지(PM _{2.5}) 농도와 호흡기계 질환의 상관성	32
4.3.3 주단위 미세먼지(PM ₁₀) 농도와 호흡기계 질환의 상관성	36
4.3.4 주단위 미세먼지(PM _{2.5}) 농도와 호흡기계 질환의 상관성	40
 제5장 연구 결론	 44
5.1 연구결과 요약 및 의의	44
 참고 문헌	 47
 [ABSTRACT]	 48

표 차 례

표 2-1. 연체기간에 따른 건전성 분류	6
표 2-2. 2차 대책으로 인한 인체 피해 저감 효과	7
표 2-3. 2차 대책으로 인한 사회적 피해비용 저감 효과	8
표 2-4. 3가시 미세먼지 저감조치 비교	8
표 3-1. 호흡계통 질환 분류	15
표 3-2. 호흡기계 질환자 진료실적	16
표 3-3. 지역별 호흡기계 질환자 진료실적	17
표 3-4. 지역별 연평균 진료실적	17
표 3-5. 기간 단위 미세먼지, 초미세먼지 데이터 건 수	19
표 4-1. 미세먼지 일 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값	20
표 4-2. 초미세먼지 일 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값	20
표 4-3. 미세먼지 주 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값	21
표 4-4. 초미세먼지 주 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값	21
표 4-5. 미세먼지(PM ₁₀) 농도 기준표	22
표 4-6. 초미세먼지(PM _{2.5}) 농도 기준표	22
표 4-7. 미세먼지(PM ₁₀) ‘나쁨’기준(50 μ g /m ³) 초과 일 수	23
표 4-8. 초미세먼지(PM _{2.5}) ‘나쁨’기준(25 μ g /m ³) 초과 일 수	23
표 4-9. 미세먼지(PM ₁₀) ‘나쁨’기준(50 μ g /m ³) 초과 주 수	24
표 4-10. 초미세먼지(PM _{2.5}) ‘나쁨’기준(25 μ g /m ³) 초과 주 수	24
표 4-11. 지역별 호흡기계 질환자 수	25
표 4-12. SPSS 상관계수에 따른 해석	26
표 4-13. 일 단위 미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과일수 기준)	29

표 4-14. 일 단위 미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)	30
표 4-15. 일 단위 미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준)	31
표 4-16. 일 단위 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과일수 기준)	34
표 4-17. 일 단위 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)	35
표 4-18. 일 단위 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준) ·	36
표 4-19. 주 단위 미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과주수 기준)	38
표 4-20. 주 단위 미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)	39
표 4-21. 주 단위 미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준)	39
표 4-22. 주 단위 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과주수 기준)	42
표 4-23. 주 단위 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)	42
표 4-24. 주 단위 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준) ·	43
표 5-1. 일 단위 미세먼지, 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계	44
표 5-2. 주 단위 미세먼지, 초미세먼지와 호흡기계 질환자의 상관관계	45

국 문 요 약

미세먼지가 호흡기계 질환에 미치는 영향에 대한 연구

연세대학교 공학대학원

산업정보경영 전공

이 재 현

세계보건기구(WHO)의 발표 자료에 따르면 불확실성을 고려 매년 대기오염으로 인한 사망자 수는 140만 명에 이른다고 발표하였으며, 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소에서는 미세먼지를 1급 발암물질(Group 1)로 지정하였다.[1]

정부에서는 미세먼지 저감을 위한 제 1차에 이어 ‘제 2차 수도권 대기환경관리 기본계획’을 진행하는 등 많은 노력을 하고 있다.

본 연구는 2014년에서 2016년까지의 호흡기계 질환자 진료실적과 2014년에서 2016년 미세먼지(PM₁₀) 측정 데이터, 2015년에서 2016년 초미세먼지(PM_{2.5}) 측정 데이터의 상관관계를 분석하였으며 다음과 같은 결과를 도출하였다.

미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자와의 일(Day) 단위 기준 상관관계 분석은 미세먼지(PM₁₀)의 경우 상관관계 총 146회 중 양의 상관관계 40회, 음의 상관관계 106회를 보였으며, 단위 초미세먼지(PM_{2.5})의 경우 총 상관관계

325회 중 양의 상관관계 225회, 음의 상관관계 총 100회를 보였으며, 초미세먼지($PM_{2.5}$)가 미세먼지(PM_{10})보다 호흡기계 질환에 미치는 영향이 양 2배 가량 많고, 양의 상관관계의 경우 5배 이상, 음의 상관관계는 2배 이상 영향력이 있는 것으로 나왔다.

미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$)와 호흡기계 질환자와의 주(Week) 단위 기준 상관관계 분석은 미세먼지(PM_{10})의 경우 총 상관관계 199회 중 양의 상관관계 55회, 음의 상관관계 144회를 보였으며, 초미세먼지($PM_{2.5}$)는 총 상관관계 257회 중 양의 상관관계 213회, 음의 상관관계 44회를 보였다.

주(Week) 단위 기준 분석결과에서도 일(Day) 단위와 동일하게 초미세먼지($PM_{2.5}$)가 미세먼지에 비해 총 상관관계에서 약 60회, 양의 상관관계에서는 약 4배 영향력이 있는 것으로 나타났다.

상관관계 분석을 확인한 결과 미세먼지(PM_{10})에서는 호흡기계 질환자와의 상관관계는 오히려 미세먼지(PM_{10})가 높아짐에 따라 호흡기계 질환자의 수가 적어진다고 해석이 가능한 ‘음의 상관관계’에서 더 높은 값이 나왔다.

그러나 초미세먼지($PM_{2.5}$)와 호흡기계 질환자와의 상관관계에서는 초미세먼지($PM_{2.5}$)의 농도가 높아짐에 따라 호흡기계 질환에 영향을 미치는 것으로 보였으며, 그 영향력은 일(Day) 단위 기준 5일차, 주(Week) 단위 기준 2, 8주차에 가장 큰 것으로 도출됐다.

제 1 장 서 론

미세먼지 농도가 높을수록 순위가 높아지는 세계도시 미세먼지 농도 순위 중에서 우리나라 주요도시는 상위권에 위치하고 있다. 2018년 4월 1일 기준으로 보았을 때 서울시는 세계도시 중 10위에 위치해 있다.

세계보건기구(WHO)의 발표 자료에 따르면 불확실성을 고려 매년 대기오염으로 인한 사망자 수는 140만 명에 이른다고 발표하였으며, 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소에서는 미세먼지를 1급 발암물질(Group 1)로 지정하였다.[1]

위와 같은 미세먼지 농도의 악화와 사회적인 문제대두로 인해 정부에서는 ‘제 1차 수도권 대기환경관리 기본계획’에 이어 ‘제 2차 수도권 대기환경관리 기본계획’을 진행 중에 있으며, 2017년 2월 부 ‘수도권 고농도 미세먼지 비상저감조치’를 시행하는 등 미세먼지 저감을 위한 대책 마련을 하고 있는 상황이다.

본 연구에서는 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5}) 측정 데이터와 호흡기계 질환자의 진료실적을 상관분석 하는 방법으로 진행하여 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5})의 농도가 호흡기계 질환 환자 발생에 상관성이 있는지를 파악하고자 하였다.

호흡기계 질환자의 진료실적은 보건의료 빅데이터 개방시스템에서 제공하는 국민건강보험공단의 질환자 진료실적을 사용하였다. 전체 총 질환자에 대해서 주상병 코드를 기준으로 호흡기 질환자를 발췌하였으며, 기간은 2014년부터 2016년까지 3개년에 대해서 실시하였다. 발췌한 주상병 코드는 J00-J99로 이는 호흡계

통의 질환을 나타낸다. 해당 주상병 코드는 한국질병분류 정보센터에서 제공하는 질병분류 코드를 기준으로 하였다.

연구에 사용된 미세먼지 농도 데이터는 한국환경공단 ‘에어코리아’에서 제공하는 국립환경과학원의 최종확정자료를 사용하였으며, 해당 데이터는 각 지역별 위치한 측정소에서 시간 단위로 측정된 데이터로 미세먼지(PM₁₀) 데이터는 2014년 ~ 2016년 3개년의 데이터를 수집하였으며, 초미세먼지(PM_{2.5}) 데이터는 2015년 ~ 2016년 2개년의 데이터를 수집하였다.

미세먼지 데이터는 일(Day) 단위, 주(Week) 단위 데이터를 기준으로 평균값, 최대값, 최소값으로 정제하였으며, 상관분석 간 전체데이터를 기준으로 호흡기계 질환 환자와의 상관성 분석, 평균값, 최대값, 최소값이 각각 미세먼지 ‘나쁨’기준 농도를 초과 한 날을 기준으로 호흡기계 질환 환자와의 상관성을 분석하여 총 4가지 방법으로 상관관계를 분석하였다.

수집한 데이터를 토대로 본 연구에서는 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5})농도에 따라 호흡기계 질환 환자에 어떠한 영향을 미치는지 일(Day) 단위(1 ~ 14 일차), 주(Week) 단위(1 ~ 12주차) 기간 경과에 따라 확인할 예정이다.

제 2 장 연구의 이론적 배경

2.1. 미세먼지

2.1.1 미세먼지의 정의

먼지란 공기 중에 떠다니는 입자 형태의 물질을 말한다. 미세먼지는 석탄·석유 등의 화석연료가 탈 때, 그로 인해 발생하는 자동차, 공장 등의 배출가스에서 많이 발생한다.[1]

먼지는 입자의 크기에 따라 그 구분이 달라진다. $50\mu\text{m}$ 이하인 총먼지(TSP, Total suspended Particles)와 더 작아서 입자크기가 매우 미세한 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분한다. 미세먼지는 다시 두 가지로 나뉘게 되는데, 먼지의 지름이 $10\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM₁₀)와 지름이 $2.5\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM_{2.5})로 나뉜다. 사람의 머리카락이 지름 $50\sim 70\mu\text{m}$ 인 것을 감안할 때 그보다 작은 미세먼지(PM₁₀)와 초미세먼지(PM_{2.5})는 눈에 보이지 않은 만큼 매우 작아서 공기 중에 머물러 있다가 호흡기를 거쳐 폐 혹은 혈관에 침투 후 체내로 이동하여 인체에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다.[1]

세계보건기구(WHO)는 위와 같은 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5})에 대한 공기질 가이드라인을 1987년부터 제시해 왔고, 2013년에는 세계보건기구(WHO) 산하의 국제암연구소(IARC, International Agency for Research on Cancer)에서 미세먼지를 1군 발암물질로 지정한 바 있다.[1]

미세먼지를 이루는 성분은 그 미세먼지가 발생한 지역이나 계절, 기상조건 등, 주변의 제반상황과 환경에 따라서 그 특성이 달라질 수 있다. 그러나 일반적으로는 대기오염물질이 공기 중에서 화학 반응을 일으켜 형성된 덩어리(황산염, 질산염 등)와 화석연료를 태우는 과정에서 발생하는 탄소류와 검댕, 지표면 흙먼지를 통해 생기는 광물 등으로 구성된다.

전국 6개 주요지역에서 측정된 미세먼지 구성비율은 대기오염물질 덩어리 이른바 황산염, 질산염 등이 약 59%로 가장 높고, 탄소류와 검댕은 약 17%, 광물류 약 7% 순으로 나타났다.[1]

2.1.2 미세먼지의 발생원

미세먼지 발생원은 크게 인위적인 것과 자연적인 것 두가지로 구분할 수 있다. 자연적 발생원은 말 그대로 자연적으로 발생하는 흙먼지, 식물의 꽃가루 등이 원인이며, 인위적인 발생원은 자동차, 공장 등에서 석탄·석유 등 화석연료를 태울 때 발생하는 매연이나 자동차 배기가스, 건설현장 등에서 발생하는 날림먼지, 소각장에서 소각하면서 발생하는 연기 등이 있다.[1]

화석연료가 연소되는 과정에서 배출되는 황산화물, 자동차 배기가스에서 나오는 질소산화물은 공기 중의 수증기 등과 화학반응을 통해 미세먼지가 생성되기도 하는데 이는 2차적 발생이다. 2차적 발생은 수도권만 하더라도 화학반응에 의한 2차 생성 비중이 전체 미세먼지(PM_{2.5}) 발생량의 약 2/3를 차지할 만큼 매우 높기 때문에 매우 중요한 의미를 갖고 있다.[1]

2.1.3 미세먼지와 기상과의 관계

미세먼지가 기상에 가장 큰 영향을 미치는 부분은 역시 미세먼지로 인한 가시거리의 변화이다. 가시거리란 일반적으로 정상적인 시력을 가진 사람의 눈으로 확인이 가능한 최대거리를 말한다. 가시거리는 미세먼지에 의해 악영향을 받는다. 미세먼지 농도가 높아지면 빛이 여러 방향으로 굴절되거나 미세먼지 자체에 흡수되어 가시거리가 감소하게 된다. 황산염, 질산염 등 대기오염 농도가 높은 상태에서 습도까지 높아지면 대기오염물질이 수분을 흡수하게 되는데 이는 2차적 미세먼지를 발생시켜 가시거리는 더 감소한다.[1]

미세먼지는 계절의 영향에 따라서도 큰 차이를 보인다. 먼저 봄철에는 이동성 저기압의 영향으로 건조한 지표면과 중국발 황사를 동반한 고농도 미세먼지가 발생할 가능성이 크다. 여름철에는 많은 비로 인해 미세먼지와 같은 대기오염물질이 빗방울에 씻겨 제거됨으로 대기가 깨끗해져서 농도가 낮아질 가능성이 크다. ‘천고마비’의 계절이라 불리는 가을은 다른 계절에 비해 기압계의 흐름이 빠르고 지역적인 대기의 순환이 원활하기 때문에 미세먼지가 상대적으로 적다. 하지만 난방 등 연료사용이 증가하는 겨울이 되면 다시 미세먼지가 높아질 수 있다. 서울의 경우 2012~2014년 기준 계절별 미세먼지 농도는 겨울철과 봄철에 $30\sim60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 농도가 높았고 가을에는 상대적으로 낮았다. [1]

2.2. 정부의 미세먼지 대응

우리나라는 미세먼지(PM₁₀)와 이산화질소(NO₂) 오염도를 선진국 수준으로 개선한다는 대기환경 개선 목표아래 2차에 걸친 수도권 대기환경관리 기본계획을 수립하였다.[2]

수도권 대기오염은 매우 심각한 수준이다. 수도권, 특히 서울의 대기오염도는 뉴욕, 런던, 파리, 동경 등 선진국 주요도시에 비해 매우 높다. 미세먼지(PM₁₀)는 1.8~3.5배, 이산화질소(NO₂)는 1.2~1.7배 수준에 이른다. [2]

비수도권 지역에 비해서도 대기오염이 심각하다. 전국 오존주의보 발령횟수의 57%가 수도권에 발생하고 있으며, 이산화질소, 미세먼지 오염도는 비수도권에 비해 1.3~1.4배 높은 수준이다. [2]

이러한 대기오염으로 사회적 피해가 막대하며 국가경쟁력 저해를 야기한다. 대기오염으로 인한 사회적 피해비용은 연간 10조원으로 추정하고 있다.[2]

표2-1, 대기오염으로 인한 사회적 피해비용. [2]

(단위 : 백만원/년)

구분	계	NOx	PM10	SOx	VOC
수도권	10,637,726	1,500,525	4,432,665	4,068,025	636,511
·서울	2,624,627	476,208	1,331,062	602,653	214,704
·인천	2,146,212	291,892	774,974	948,327	131,019
·경기	5,866,887	732,425	2,326,629	2,517,045	290,788

정부는 깨끗하고 안전한 수도권 대기환경을 만들기 위해 ‘제 1차 수도권 대기환경 기본계획’을 수립하여 단계별로 추진하여 진행했다. [3]

1차 대책의 계획은 2005 ~2014년 동안 진행하였으며, 서울·인천 전역, 경기도 일부(24개시)를 대상으로 실시하였다.[3]

2차 수도권 대기환경관리 기본계획은 2015 ~ 2024년까지 진행될 예정이며 1차 대책에서 제외되었던 경기도 지역 7개 시, 군을 포함하여 수도권 전역을 대상으로 맑은 공기로 건강한 100세 시대 구현이라는 비전아래 추진되고 있다. [3]

2차 대책에서는 고농도 노출 인구 건강 보호 등 인체위해성 관리에 중점을 두고, 생활주변 오염원 관리를 통해 쾌적한 생활환경 조성을 하고 있으며, 사전예방 관리 정책을 강화하여 산업, 생활 부문의 대기오염 발생을 최소화를 목표로 하고 있다.[3]

대기관리권역의 오염물질 배출량의 PM10 34%, PM25 45%, SOx 44%, NOx 55%, VOCs 56%를 삭감을 목표로 하고 있으며, 24년 대기오염(미세먼지)으로 인한 조기 사망자 수는 19,958명에서 10,366명으로 약 50% 감소할 것으로 추정하고 있다. 호흡기 질환, 만·급성기관지염 발생자 수도 73~52% 저감할 것이며 그 결과로 약 5조 9천억 원의 편익이 발생할 것으로 추정하고 있다. [3]

표2-2. 2차 대책으로 인한 인체 피해 저감 효과.[4]

(단위:명)

구 분	대책 미시행시(A)	대책 시행시(B)	저감률(A/B)
조기 사망자	19,958	10,366	48%
호흡기질환	4,714~11,447	1,276~3,098	73%
급성기관지염	804,373	387,751	52%
만성기관지염	6,742	1,799	73%

표2-3. 2차 대책으로 인한 사회적 피해비용 저감효과. [4] (단위:억원)

구 분	대책 미행시(A)	대책 시행시(B)	편 익(A-B)
총 계	123,132	63,860	59,272
조기 사망자	122,577	63,665	58,912
호흡기질환	307	83	224
급성기관지염	213	103	110
만성기관지염	35	9	26

또한 수도권 고농도 미세먼지 저감조치 매뉴얼을 제정하여 초미세먼지(PM_{2.5})가 일정기간 지속시 단기적으로 대기질을 개선할 수 있는 비상저감 조치수단을 마련하였다. 비상저감조치 발령의 유형으로 수도권 전체발령, 수도권 공공발령, 서울권역 발령이 있다.[5]

표2-4. 3가지 미세먼지 저감조치 비교. [5]

구 분	수도권 전체발령	수도권 공공발령	서울권역 발령
시행 지역	수도권(경기 3개 군 제외)		서울시내
발령 기준	①주의보(2시간 90 μ g/m ³) ②오늘 50 μ g/m ³ ③내일 100 μ g/m ³ (3시간)	<없음> ①오늘 50 μ g/m ³ ②내일 50 μ g/m ³	
발령 권자	비상저감협의회 (환경부 및 3개 시·도)		서울시
민간 참여	참 여	미참여	참 여

비상저감조치가 발령되면 익일 06시부터 21시까지 발효되며, 공공운영 대기 배출사업장 및 건설공사장 운영시간을 단축해야 한다. 도로 재비산먼지 저감을 위해 고압살수차 운영을 야간 1회에서 주야 각 1회로 확대 운영하며, 차량 2부제를 실시하여 행정·공공기관 소유 및 출입차량으로 10인승 이하의 비사업용 승용 승합차는 차량 2부제를 실시하여야 한다.[5]

제 3 장 연구 내용 및 방법

3.1. 미세먼지 건강영향 연구 동향

20세기 중반에 발생한 많은 대기오염 이슈들은 인간에게 많은 영향을 미쳤다. 미세먼지로 인한 건강의 악화와 사망률 증가는 화석연료로 인한 대기오염이 대기오염에 미치는 악영향과 대기질의 중요성에 대해 일깨워준 중요한 계기였다.

세계보건기구에서는 매년 대기오염으로 인한 사망자는 세계적으로 3백만명에 이르는 것으로 보고하였다. 불확실성을 고려하면 실제 사망자 수는 140만명 내지는 600만명이 이를 것으로 추정하였는데 이는 전 세계 사망자 5천 5백만명의 약 5%에 달하는 엄청난 수치이다.

우리나라에서도 1990년대 후반부터 대기오염에 대한 중요성을 인식하고 활발한 연구가 진행중이다. 특히 우리나라는 다른 나라에 비해서 미세먼지 농도가 높은 편이기 때문에 인간에게 미치는 그 위해성은 더 높을 것으로 추정하고 있다.

일반적으로 환경노출 민감집단이란 실내, 실외의 환경 중 화학, 물리적인 오염환경에 노출 되었을 때 일반적인 사람들보다 더 민감하게 반응하는 집단을 말한다. 미세먼지 관련하여 특정 집단을 정확하게 말하는 것은 제한이 되겠지만 고령자, 어린이, 천식환자 등이 대표적이라고 할 수 있다.

환경노출 민감집단인 어린이들이 도시 혹은 공단지역에서 대기오염도가 기준 이하라고 할 지라도 미세먼지에 장기간 노출이 될 경우 인간에게 악영향을 미칠 수 있다는 연구 결과가 지속적으로 보고 되고 있으며, 최근에는 호흡기계 질환의 발생에만 초점을 맞춘 것이 아니라 순환기계(심혈관 질환, 뇌혈관 질환) 등의 전신적인 질환으로 연구 범위를 확대하고 있다.[6]

서울북부 지역에서 실시된 건강위해성 평가에서는 미세먼지를 채집 후 분석하여 진행하였다. 1차 채집은 먼지의 독성을 평가를 하기 위해 비가 갠 후 24시간 이후부터 실시하였으며, 2차 채집은 황사기간 동안 먼지의 크기별 분포의 변화 제시하기 위하여 연속적으로 실시하였다.[7]

연구 결과 비소, 크롬 및 카드뮴의 세포독성 확인 결과 매우 강하게 나타났으며, 상대적으로 아연, 납 및 망간은 낮게 나타났다. 이는 미세먼지를 통해 동일 양의 중금속이 흡입되었을 경우 심부전 또는 심혈관계에 독성을 나타내는 중금속의 독성크기를 예측할 수 있는 중요한 자료이며, 크롬의 경우 미세먼지 중의 농도도 가장 높게 나타났고 단위 위해도가 커 초과발암 위해도가 높게 나타났을 뿐만 아니라 심근세포에 대한 독성영향도 타 중금속에 비해 매우 강하게 나타남으로써 심부전 또는 심혈관계에 미칠 영향도 매우 클 것으로 사료된다. [7]

도시지역 초미세먼지가 인체에 미치는 영향에 관한 연구에서는 연구 선정지역에 대해서 초미세먼지의 데이터를 수집하고 그 지역에 대한 호흡기계 질환자와 순환기계 질환자의 진료실적을 분석하여 초미세먼지가 순환기계, 호흡기계 질환에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과 초미세먼지(PM_{2.5})가 호흡기계와 순환기계 질환에 미치는 영향이 있는 것으로 나타났다. [8]

3.2. 연구대상 지역 선정

본 연구에서는 미세먼지 농도가 인체에 미치는 영향에 대한 상관관계 분석을 위해 서울, 인천, 대전, 부산, 제주를 연구지역으로 선정하였다.

미세먼지 및 진료실적 데이터의 양을 고려하여 대도시 지역을 위주로 선정하였으며, 비교적 오염원이 적다고 판단되는 섬 지역인 제주를 포함하여 5개 지역을 선정하게 되었다. [9]

서울지역은 대한민국의 수도로 면적 605km², 주민등록인구는 약 1000만명이다. 고령인구비율은 2016년 기준 13.05%로 노령화 지수는 109이다.

서울지역은 북쪽으로는 북한산, 도봉산, 북악산, 인왕산 등 많은 산이 위치하여 있고 동쪽으로는 아차산, 남쪽으로는 청계산 등이 위치하였으며 중심부에는 남산이 있다. 서울은 인천에서 시작되는 해안평야지대의 연장선상에 있으며 동쪽으로 올수록 점차 고도가 상승하고 있다. 서울시의 최저해발은 10m이며 인구밀집지역의 해발고도는 15 ~ 60m의 분포를 보이고 있다. 한강은 서울의 중앙을 관통하여 지나고 있다.

서울지역의 연평균 기온은 12.5℃이며 가장 추운달은 1월달, 가장 더운달은 8월이며 연교차는 약 28℃로 매우 크다.

강수량은 여름철인 6월 ~ 8월 약 892mm로 연 전체 강수량의 61%를 차지하고 있다. 반면 겨울철인 12월 ~ 1월의 강수량은 약 67mm로 연 강수량의 5%에 불과하다.

연평균 풍속은 2.3m/s이며, 월 평균풍속은 9월에 가장 낮고 3월과 4월에 가장 빠르다.

연평균 상대습도는 64%이며 4월과 7월에 각각 56%와 78%로 최저상대습도와 최고상대습도를 나타내고 있다. 고온다습한 기후의 영향을 받는 여름철 상대습도는 74%로 매우 습하며 봄, 겨울을 비교적 건조한 편이다.[10]

인천지역은 면적 1,063km², 주민등록인구는 약 3백만명이다. 고령인구비율은 2016년 기준 11%이며, 고령화지수는 79이다.

인천지역의 지리적 특성으로 한반도의 중앙부 서해지역 연안에 자리잡고 있으며 여러 도서로 이루어져 있고, 북한의 황해도와 접하고 있다. 남쪽으로는 옹진군 내의 도서가 충남 및 경기도 지역의 도서와 접하고 있고, 동쪽으로는 서울 및 경기도 여러 시와 접하고 있다. 인천시에 포함된 도서는 총 157개로 많은 도서를 갖고 있으며, 무엇보다 백령도에서 덕적도에 이르는 광활한 해역을 포함하고 있다.

인천지역의 연평균기온은 12.1℃이며, 1월달은 -2.1℃로 가장 춥고, 8월은 25.2℃로 가장 덥다. 연교차는 무려 27.3℃에 달한다.

연평균 강수량은 1234.4mm이며 여름철인 6월 ~ 8월 강수량의 합은 717.4mm로 연강수량의 약 58%에 달하는 양이며, 반면 겨울철인 12월 ~ 2월 강수량은 60.7mm로 연강수량의 5%에 불과하다.

연평균풍속은 2.9m/s이며, 3월이 3.7m/s로 가장 높고, 9월이 2.1m/s로 가장 낮다.

연평균 상대습도는 69%이며, 월별 상대습도를 보면 겨울철인 12월 ~ 2월의 습도가 62%로 가장 낮고 고온다습한 기후의 영향을 받는 7월에 82%로 가장 높게 나타난다.[10]

대전지역의 면적은 약 540km²이고, 주민등록인구는 약 1,500만 명이다. 고령인구비율은 약 12%이고, 노령화지수는 77%이다.

대전지역의 지리적 특성은 북반부의 극종지역으로 한반도의 중부지방에 위치하며 동쪽으로 식장산, 서쪽으로 구봉산, 남쪽으로 보문산, 북쪽으로는 계족산이 연하는 봉우리에 둘러 쌓여있는 이른바 분지형태의 도시이다.

연평균기온은 13℃로 8월은 월평균 26℃로 가장 더운 평균 기온을 보이고 있으며, 1월은 월평균 -1℃로 가장 추운 기온을 보인다. 연교차는 26.6℃로 여름은 매우 덥고, 겨울은 매우 추운 대륙성 기후를 보이는 것이 기후적 특성이다.

매년 평균 강수량은 약 1460mm이며 계절적으로 장마철이 있는 여름에 50~60%가 내리고, 5~10%는 겨울에 내린다.

바람은 일반적으로 겨울철에는 한랭건조한 북서풍이 불며, 구름은 7월에 많고 10월에는 적게 나타난다.[10]

부산지역의 면적은 770km²이며, 주민등록인구는 약 350만 명이다. 고령인구비율은 약 16%로 연구대상 선정지역 중 가장 높은 비율을 보이고 있으며, 노령화지수는 129이다.

부산지역의 지리적 특성은 금정산맥과 금련산맥을 중심으로 동부지역은 구릉지대, 서부지역은 평야지대로 구성되어 있다. 낙동강의 삼각주를 신어산맥이 둘러싸고 있으며, 크고 작은 산이 있다.

연 평균기온은 14.7℃로서 인근에 위치한 울산보다는 높고, 창원보다는 낮은 편이다. 매년 평균 강수량은 1519mm로 울산보다는 많고 창원보다는 적은 편이다.

부산지역의 계절별 특성으로 봄철은 평균기온이 약 13.3℃, 평균강수량 370.8mm이며 남서풍일 때는 비교적 따뜻한 날씨이나, 북동풍이 불 때는 서늘한

날씨를 보인다. 여름철은 평균기온 23.6℃, 강수량은 778.6mm로 가장 덥고 비가 많이 내리는 계절이다. 그에 따라 습도가 높고 기온이 높아서 불쾌지수가 높은 무더운 날씨가 지속된다. 가을은 평균기온 17.2℃, 강수량은 262.2mm이며, 태풍이 발생하는 기간을 제외하고는 이동성 고기압의 영향을 많이 받아 주로 맑은 날씨가 지속된다. 겨울은 평균기온 4.7℃, 평균 강수량 106mm로 가장 춥고 강수량이 가장 적은 기간이다. 대륙성 고기압의 영향을 받을 시 강한 바람이 불고 추운 날씨가 지속된다.[10]

제주지역의 면적은 1,849km²이며, 주민등록인구는 2016년 기준 641,597명으로 연구대상 선정 지역 중 가장 큰 면적을 갖고 있으며, 가장 적은 인구가 등록되어 있는 곳이다. 고령인구비율은 약 14%이며, 노령화지수는 88이다.

제주지역의 지리적 특성으로 한반도의 최남단에 위치한 섬으로 아열대기후대에서 온대기후대로 바뀌는 지역에 위치하고 있다. 태양고도가 연중 높으며, 여름에는 태양의 북상으로 열대기단의 영향권에 위치한다.

제주지역의 연 평균기온은 15.5℃이며 매년 평균 강수량은 1456mm이다. 내륙 지방에 비해 기온도 높고 강수량이 많으며, 강한바람이 자주 부는 특징이 있다.[10]

3.3. 호흡기계 질환자 진료실적

호흡기계 질환자의 진료실적은 보건의료 빅데이터 개방시스템에서 제공하는 국민건강보험공단의 질환자 진료실적을 사용하였다. 전체 총 질환자에 대해서 주상병 코드를 기준으로 호흡기 질환자를 발췌하였으며, 기간은 2014년부터 2016년까지 3개년에 대해서 실시하였다. 발췌한 주상병 코드는 J00-J99로 이는 호흡계통의 질환을 나타낸다. 해당 주상병 코드는 한국질병분류 정보센터에서 제공하는 질병분류 코드를 기준으로 하였다.

표3-1. 호흡계통 질환 분류[11]

구분	호흡계통 질환 분류
J00-J06	급성 상기도 감염
J09-J18	인플루엔자 및 폐렴
J20-J22	기타 급성 하기도 감염
J30-J39	상기도의 기타 질환
J40-J47	만성 하부호흡기 질환
J60-J70	외부요인에 의한 폐질환
J80-J84	주로 간질에 영향을 주는 기타 호흡기 질환
J85-J86	하기도의 화농성 및 괴사성 병태
J90-J94	흉막의 기타 질환
J96-J99	호흡계통의 기타 질환

해당코드를 활용하여 발췌한 진료실적은 2014년 5개 지역 기준으로 총 169개 진료코드에 대하여 93,476건이 발생하였으며, 2015년 역시 5개 지역기준으로 총

170개의 진료코드에 대하여 93,486건의 진료실적, 2016년에는 181개의 진료코드에 대하여, 104,746건의 진료실적이 발생하였다.

표3-2. 호흡기계 질환자 진료실적

(단위:건)

구분	호흡기계 질환자 진료실적
2014	93,476
2015	93,486
2016	104,746

연간 지역별 진료실적으로 2014년 서울지역은 33,899건, 인천지역은 11,488건, 대전지역은 10,837건, 부산지역은 31,118건, 제주지역은 6,134건이며 2015년 진료실적은 서울지역 35,313건, 인천지역 12,185건, 대전지역 11,164건, 부산지역 29,395건, 제주지역 5,429건이고 마지막으로 2016년 진료실적은 서울지역 55,536건, 인천지역은 17,299건, 대전지역은 9,117건, 부산지역은 19,244건, 제주지역은 3,550건이 발생하였다.

지역별 인구에 따라 지역별 진료실적에 영향을 많이 미쳤으며 가장 큰 차이가 난 값은 서울과 제주의 차이로 그 차이가 2016년에는 무려 51,986건에 달하였다.

지역별 연평균 진료실적은 서울 41,586건, 인천 13,658건, 대전 10,373건, 부산 26,586건, 제주 5,038건이다.

표3-3. 지역별 호흡기계 질환자 진료실적

(단위:건)

구분	지역별 호흡기계 질환자 진료실적	
2014	서울	33,899
	인천	11,488
	대전	10,837
	부산	31,118
	제주	6,134
2015	서울	35,313
	인천	12,185
	대전	11,164
	부산	29,395
	제주	5,429
2016	서울	55,536
	인천	17,299
	대전	9,117
	부산	19,244
	제주	3,550

표3-4. 지역별 연평균 진료실적

(단위:건)

구분	연평균 진료실적
서울	41,586
인천	13,658
대전	10,373
부산	26,586
제주	5,038

3.4. 미세먼지 농도 측정

연구에 사용된 미세먼지 농도 데이터는 한국환경공단 ‘에어코리아’에서 제공하는 국립환경과학원의 최종확정자료를 사용하였다.

해당 데이터는 각 지역별 위치한 측정소에서 시간 단위로 측정된 데이터이다. 미세먼지(PM_{10}) 데이터는 2014년 ~ 2016년 3개 년의 데이터를 수집하였으며, 초미세먼지($PM_{2.5}$) 데이터는 2015년 ~ 2016년 2개 년의 데이터를 수집하였다.

지역별 측정소로 서울지역은 확정자료에 측정소 구분이 없이 데이터가 제공되었으며, 인천지역은 인천 강화군, 계양구, 남구, 남동구, 동구, 부평구, 서구, 연수구, 용진구, 중구로 총 10개소에서 측정되었다. 대전지역은 대전 대덕구, 동구, 서구, 유성구, 중구로 총 5개소에서 측정되었다. 부산지역은 부산 강서구, 금정구, 기장군, 남구, 동구, 동래구, 부산진구, 북구, 사상구, 사하구, 서구, 등 총 15개소에서 측정되었다. 제주는 제주 서귀포시, 제주시로 2개소에서 측정되었다.

수집된 데이터는 진료실적과의 상관관계 연구를 위해 일 단위 기준, 주 단위 기준으로 정제하였다.

지역 내 한 곳 이상의 측정소에 의해 측정된 데이터는 1차적으로 측정소 구분 없이 미세먼지(PM_{10}) 데이터는 3개년 총 131,400건의 측정 데이터로 통합하였으며, 초미세먼지($PM_{2.5}$) 데이터는 2개년 87,600건의 측정 데이터로 통합하였다.

매 시간 측정된 데이터는 먼저 지역별 측정된 미세먼지의 일 평균값, 일 최대값, 일 최소값으로 나누어 일 단위 기준으로 2차적인 통합 정제과정을 거쳤으며 미세먼지(PM_{10})는 16,425건, 초미세먼지($PM_{2.5}$)는 10,950건으로 일 단위 데이터는 최종 정제가 되었다.

주 단위 데이터는 최종 정제된 일 단위 데이터를 기준으로 주 단위 정제를 실시하였다. 주 평균값, 주 최대값, 주 최소값으로 정제하였으며 미세먼지(PM₁₀)는 1,413건, 초미세먼지(PM_{2.5})는 942건으로 통합 정제하였다.

표3-5. 기간 단위 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5}) 데이터 건 수 (단위:건)

구분		정제 데이터
일(day)	미세먼지(PM ₁₀)	16,425
	초미세먼지(PM _{2.5})	10,950
주(Week)	미세먼지(PM ₁₀)	1,413
	초미세먼지(PM _{2.5})	942

제 4 장 연구 결과

4.1. 연구대상 지역별 미세먼지 농도 현황

미세먼지(PM₁₀)와 초미세먼지(PM_{2.5}) 데이터는 일(Day)과 주(Week) 기준에 따라 평균값, 최대값, 최소값으로 구분하였다.

미세먼지(PM₁₀)의 일(Day) 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값은 아래 표에서 보는 바와 같다.

표4-1. 미세먼지(PM₁₀) 일 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	556	1160	153
인천	480	1196	85
대전	322	658	116
부산	194	481	90
제주	277	530	114

초미세먼지(PM_{2.5})의 일(Day) 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값은 아래 표에서 보는 바와 같다.

표4-2. 초미세먼지(PM_{2.5}) 일 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	71	168	40
인천	79	224	40
대전	92	138	66
부산	67	166	36
제주	100	175	59

미세먼지(PM₁₀)의 주(Week) 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값은 아래 표에서 보는 바와 같다.

표4-3. 미세먼지(PM₁₀) 주 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값
(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	158	1160	42
인천	152	1196	24
대전	104	658	24
부산	114	481	14
제주	134	530	27

초미세먼지(PM_{2.5})의 주(Week) 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값은 아래 표에서 보는 바와 같다.

표4-4. 초미세먼지(PM_{2.5}) 주 단위 지역별 정제 데이터의 항목별 최대값
(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	48	168	7
인천	58	224	11
대전	68	138	18
부산	50	166	9
제주	48	175	8

4.1.1. 미세먼지 농도 일단위 측정 현황

미세먼지의 측정기준은 우리나라 환경부 기준과 WHO 기준이 상이하다. 우리나라에서는 ‘보통’의 미세먼지 농도 기준이 WHO 기준표에 의하면 ‘나쁨’의 기준에 들어가 있다.

표4-5. 미세먼지(PM₁₀) 농도 기준표

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

미세먼지(PM ₁₀)	좋음	보통	나쁨	매우나쁨
환경부	0~30	31~80	81~150	151~
WHO	0~30	31~50	51~100	101~

표4-6. 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도 기준표

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

초미세먼지(PM _{2.5})	좋음	보통	나쁨	매우나쁨
환경부	0~15	16~50	51~100	101~
WHO	0~15	16~25	26~50	51~

정제한 데이터를 WHO의 ‘나쁨’ 기준에 따라서 평균값, 최대값 그리고 최소값을 각각 필터링하여 일수를 산정하였다. 미세먼지의 측정일수는 3개년, 총 1096일이다. 미세먼지(PM₁₀)의 ‘나쁨’기준은 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다.

측정 데이터 중 하루 평균이 기준치를 넘은 일수 중 인천이 455일로 가장 많은 일수를 보였고, 하루 최대 측정값을 거의 대부분의 측정일이 초과하였으나, 그 중에서도 인천이 1079일로 가장 많은 일수를 보였다. 측정값의 최소값이 기준치를 초과한 경우는 서울이 370일로 압도적인 수치를 보였다.

표4-7. 미세먼지(PM₁₀) ‘나쁨’기준(50 μ g/m³) 초과 일 수

(단위 : 일)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	417	1074	370
인천	455	1079	10
대전	348	952	27
부산	365	1074	20
제주	303	969	20

초미세먼지(PM_{2.5})의 측정일수는 2개 년, 총 731일이다. ‘나쁨’기준은 25 μ g/m³이다. 평균값의 기준치 초과일은 인천이 354일로 가장 많았고, 부산이 347일로 두 번째로 높았다. 최대값은 부산이 721일로 가장 많았고, 최소값의 기준치 초과일수는 대전이 68일로 가장 작은 서울의 9일보다 약 7배 가량 높았다.

표4-8. 초미세먼지(PM_{2.5}) ‘나쁨’기준(25 μ g/m³) 초과 일 수

(단위 : 일)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	309	697	9
인천	354	705	15
대전	290	602	68
부산	347	721	17
제주	234	600	24

4.1.2. 미세먼지 농도 주단위 측정 현황

미세먼지와 초미세먼지의 주단위 정제한 결과에 ‘나쁨’기준 초과 주(Week)를 확인해보았다. 미세먼지와 초미세먼지의 측정 주는 각각 157주, 105주이다.

미세먼지(PM₁₀)의 평균값 중 기준치 초과 주는 인천이 65주로 가장 많았고, 이어서 서울이 59주로 두 번째로 많은 주를 나타냈다. 최대값은 주의 측정값 중 최대의 수치를 기입하였기 때문에 모든 주가 기준치를 초과하였으며, 최소값은 기준치를 초과한 주가 한 주도 없다..

초미세먼지(PM_{2.5})의 평균값 중 기준치 초과 주는 인천이 61주로 가장 많았고, 이어서 부산이 58주로 많았다. 최대값은 모든 주가 기준을 초과하였으며, 최소값은 기준치를 초과한 주가 한 주도 없다.

표4-9. 미세먼지(PM₁₀) ‘나쁨’기준(50 μ g/m³) 초과 주 수

(단위 : 주)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	59	157	-
인천	65	157	-
대전	49	157	-
부산	53	157	-
제주	41	157	-

표4-10. 초미세먼지(PM_{2.5}) ‘나쁨’기준(25 μ g/m³) 초과 주 수

(단위 : 주)

구분	평균값	최대값	최소값
서울	46	105	-
인천	61	105	-
대전	44	105	-
부산	58	105	-
제주	33	105	-

4.2. 연구대상 지역별 호흡기계 질환자 수

호흡기계 질환 환자수의 데이터는 보건의료 빅데이터 개방시스템에서 제공하는 국민건강보험공단의 질환자 진료실적을 이용하였다. 지역별 2014 ~ 2016년, 3개년의 질환자 실적을 종합하였으며 서울지역 호흡기계 질환자는 124,748명, 인천지역 호흡기계 질환자는 40,972명, 대전지역 호흡기계 질환자는 31,118명, 부산지역 호흡기계 질환자는 79,757명, 제주지역 호흡기계 질환자는 15,113명이다.

호흡기계 질환자가 가장 많은 서울지역은 가장 적은 제주지역에 비해 약 8배 가량 많은 수치가 나왔다.

서울지역의 2016년 호흡기계 질환자는 약 55,000명으로 가장 많은 질환자가 발생하였으며 제주지역의 2016년 질환자는 3,550명으로 가장 적었다. 연도별 질환자는 2014년과 2015년 약 93,000명으로 비슷했으며, 2016년에는 약 104,000명으로 가장 많았다.

표4-11. 지역별 호흡기계 질환자 수

(단위 : 명)				
구분	2014	2015	2016	소계
서울	33,899	35,313	55,536	124,748
인천	11,488	12,185	17,299	40,972
대전	10,837	11,164	9,117	31,118
부산	31,118	29,395	19,244	79,757
제주	6,134	5,429	3,550	15,113
총계	93,476	93,486	104,746	291,708

4.3. 미세먼지 농도와 호흡기계 질환의 상관성

미세먼지(PM₁₀)는 측정 데이터는 3개년의 데이터로, 호흡기계 질환자와 2014년부터 2016년까지 3년 간의 데이터에 대해 상관관계를 분석하였다. 초미세먼지(PM_{2.5})는 2개 년의 데이터로 2015년부터 2016년까지 2년 간의 데이터에 대해 상관관계를 분석하였다.

데이터 분석에는 ‘IBM SPSS statistics 24’의 Pearson 상관분석을 사용하였다. SPSS 상관분석은 ‘-1’ ~ ‘+1’ 의 상관계수를 가지며, 상관계수는 상관관계의 크기를 나타내는 값을 말한다. 상관계수가 ‘-1’ 경우 가장 높은 음의 상관관계, 상관계수가 ‘+1’일 경우 가장 높은 양의 상관관계를 나타내며 상관계수의 값이 ‘0’일 경우 상관관계가 없음을 뜻한다.

데이터 값의 범위에 따라 상관관계의 정도가 나타나는데 값이 커질수록 0에서 멀어질수록 상관관계가 커짐을 뜻한다.

표4-12. SPSS 상관계수에 따른 해석

구분	내용
±0.9 이상	매우 높은 상관관계
±0.7이상, ±0.9미만	높은 상관관계
±0.4이상, ±0.7미만	다소 높은 상관관계
±0.2이상, ±0.4미만	낮은 상관관계
±0.2미만	매우 작은 상관관계

일(Day) 데이터는 미세먼지(PM₁₀)와 초미세먼지(PM_{2.5})의 영향을 확인하기 위해 측정일로부터 14일 간의 영향에 대해 상관관계를 분석하였으며, 주(Day) 데이

터는 미세먼지(PM_{10})와 초미세먼지($PM_{2.5}$)의 영향을 확인하기 위해 12주 간의 영향에 대해 상관관계를 분석하였다.

미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$)와 호흡기계 질환자의 상관계수가 양의 값으로 커질수록 미세먼지 농도가 높아짐에 따라 호흡기계 질환자가 많아짐을 뜻하며, 반대로 음의 값으로 커질수록 미세먼지 농도가 높아짐에 따라 호흡기계 질환자가 적어짐을 뜻한다.

4.3.1. 일단위 미세먼지(PM_{10})농도와 호흡기계 질환의 상관성

상관관계분석은 전체 데이터로 상관관계를 분석하는 방법, 평균값이 ‘나쁨’농도를 초과한 날, 최대값이 ‘나쁨’농도를 초과한 날, 최소값이 ‘나쁨’농도를 초과한 날과 각각 호흡기 질환자들과의 상관관계를 분석하는 방법으로 총 4가지 방법으로 분석을 진행했다. 각 데이터는 매우 낮은 상관관계의 상관계수라 할 지라도 상관관계 값이 0.1이상인 값만 분석하였다. 미세먼지(PM_{10})와 호흡기 질환자의 상관관계를 분석한 결과 전체적으로 상관관계가 크지 않은 것으로 나타났다.

서울지역의 경우 전체데이터로 상관관계 분석을 한 결과에서는 미세먼지 농도 최대값과 호흡기 질환자와의 상관관계에서 첫날 상관계수가 0.102**로 ‘매우 낮은 양의 상관관계’의 유의미한 값이 나왔다.

미세먼지 농도의 평균값이 ‘나쁨’농도를 초과한 날들의 최소값과 호흡기 질환자와의 상관관계 분석 결과, 1일차에서 9일차, 14일차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’가 나타났으며, 같은 기준 평균값에서는 4, 8, 9, 12 ~ 14일차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 보였다.

인천지역에서는 미세먼지 농도의 평균값이 ‘나쁨’농도를 초과한 날들의 최소값과 호흡기 질환자와의 상관관계 분석결과에서 1일차에서 12일차까지 ‘매우 낮은

음의 상관관계'로 나타났다.

최소값이 '나쁨'농도를 초과한 날들의 미세먼지 농도 평균값 분석결과, 2일차에 '매우 낮은 음의 상관관계', 4일차에서 7일차에 음의 상관관계를 가졌으며 그중 7일차에 '다소 높은 음의 상관관계'를 가졌으며 14일차에는 '높은 음의 상관관계'가 나타났다. 같은 기준 최대값과의 분석결과 1일차에서 12일차까지 '낮은 음의 상관관계'와 '매우 낮은 음의 상관관계'가 나타났으며, 14일차에 '높은 음의 상관관계'를 가졌다.

최소값과의 분석결과에서는 3일차에 '낮은 양의 상관관계', 5일차에 '매우 낮은 양의 상관관계', 10일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'가 각각 나타났다.

대전지역에서는 전체 미세먼지 농도데이터 기준 미세먼지 농도의 최대값과 호흡기 질환자의 분석에서 1일차에 상관계수 0.1**로 '매우 낮은 양의 상관관계'의 유의미한 값을 가졌다.

미세먼지 평균값이 '나쁨'농도 기준을 초과한 날들 기준은 최소값에서 1일차, 4일차, 6일차, 8일차에서 각각 '매우 낮은 음의 상관관계'를 가졌다.

미세먼지 최소값이 '나쁨'농도 기준을 초과한 날들 기준은 평균값에서 1일차, 3일차에서 '매우 낮은 음의 상관관계', 5일차에서 10일차까지 '낮은 음의 상관관계'와 '매우 낮은 음의 상관관계'를 가졌으며 12, 13일차에서 '낮은 음의 상관관계'와 14일차에서 매우 낮은 음의 상관관계'를 가졌다. 같은 기준 최소값과의 상관관계에서는 1일차에서 14일차까지 모두 음의 상관관계를 가졌으며, 5일차와 8일차에 '다소 높은 음의 상관관계'를 가졌다.

부산지역에서는 전체데이터 기준, 미세먼지 농도 최대값과 호흡기 질환자와의 분석은 1일차, 5일차, 8일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'가 나타났으며 같은 기준 최소값 14일차에 '매우 낮은 음의 상관관계'가 나타났다.

평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날 기준의 최대값에서 1 ~ 8일차, 10 ~ 11일차, 13이차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였고 같은 기준 최소값에서 3, 4, 6, 8, 9, 10, 14일차에 각각 ‘매우 낮은 음의 상관관계’가 나타났다.

미세먼지 농도 최대값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날들 기준, 최대값과의 호흡기계 질환자의 분석결과 1일차에 0.141**로 ‘매우 낮은 양의 상관관계’가 나타났으며, 최소값에서 14일차에 -0.106**으로 ‘매우 낮은 음의 상관관계’가 나타났다.

미세먼지 농도 최소값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날 기준에서는 최소값이 2일차에서 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

제주지역에서는 최소값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 경우에만 상관관계가 나타났다. 최소값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날들의 평균값에서는 1일차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’, 2 ~ 4일차, 6 ~ 7일차, 9 ~ 11일차, 13일차에서 각각 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 가졌으며, 최대값에서는 1일차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’, 12일차에서 ‘매우 낮은 음의 상관관계’가 나타났다. 마지막으로 최소값에서는 2 ~ 4일차, 6 ~ 11일차, 13 ~ 14일차에 ‘낮은 양의 상관관계’가 나타났다.

경과일수를 기준으로 확인 한 결과 경과 1일차에 양의 상관관계 값이 나타난게 5회로 가장 많았으며 14일차에 양의 상관관계 1회로 가장 적었다. 음의 상관관계는 14일차에 12회로 가장 많았고, 11, 13일차에 5회로 가장 적었다.

표4-13. 일 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과일수 기준)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
양의 상관관계	5	3	4	3	3	3	3	3	2	4	3	-	3	1
음의 상관관계	8	6	8	9	7	9	7	9	8	6	5	7	5	12

지역을 기준으로 확인 한 결과 양의 상관관계는 제주지역에서 20회로 가장 많았고, 서울과 대전지역에서 1회로 가장 적었으며, 음의 상관관계는 인천지역에서 31회로 가장 많았고, 부산지역에서 10회로 가장 적었다.

세부내용을 보면 서울지역은 양의 상관관계 1회, 음의 상관관계 31회를 보였으며, 인천지역은 양의 상관관계 3회, 음의 상관관계 34회를 보였다. 대전지역은 양의 상관관계 1회, 음의 상관관계 29회를 보였으며, 부산지역은 양의 상관관계 16회, 음의 상관관계 10회를 보였다. 제주지역에서는 양의 상관관계 20회, 음의 상관관계 3회로 나타났다.

표4-14. 일 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
서울지역	1	31
인천지역	3	34
대전지역	1	29
부산지역	16	10
제주지역	20	3

데이터 항목을 기준으로 확인을 한 결과 예서는 최대값에서 17회로 가장 많은 양의 상관관계를 보였으며, 최소값에서 62회로 가장 많은 음의 상관관계를 보였다.

세부내용을 보면 평균값에서 양의 상관관계는 9회, 음의 상관관계는 28회를 보였고, 최대값에서 양의 상관관계는 17회, 음의 상관관계도 17회를 보였으며, 최소값에서는 양의 상관관계 14회, 음의 상관관계 62회를 보였다.

표4-15. 일 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
평균값	9	28
최대값	17	17
최소값	14	62

전체적으로 봤을 때 양의 상관관계는 총 40회, 음의 상관관계는 총 106회로 일 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환과의 관계는 음의 상관관계가 더 높게 나타났다.

4.3.2. 일단위 초미세먼지(PM_{2.5})농도와 호흡기계 질환의 상관성

초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석하는 방법은 미세먼지(PM₁₀)과 동일하게 4가지 방법을 기준으로 진행하였다.

서울지역에서는 전체 데이터를 기준으로 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값에서 1, 3, 5, 6, 8일차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였으며, 최소값에서 1, 3 ~ 5, 7 ~ 10일차에서 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

초미세먼지 농도의 평균값이 ‘나쁨’농도의 기준을 초과한 날들을 기준으로 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 최대값 9 ~ 14일차에서 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

초미세먼지 농도의 최대값이 ‘나쁨’농도의 기준을 초과한 날들을 기준으로 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값의 1, 3, 5일차와 최소값의 1, 3, 5, 7 ~ 8, 10일차에 각각 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

초미세먼지 농도의 최소값이 ‘나쁨’농도의 기준을 초과한 날들 기준에서는 평균값에서 ‘음의 상관관계’를 보였으며 4일차에 ‘높은 음의 상관관계’를 보였으며, 최대값에서는 6, 10일차를 제외하고 모두 ‘음의 상관관계’를 보였다. 같은 기준 최소값에서는 1, 2, 5 ~ 6, 8, 13일차에 ‘양의 상관관계’를 보였으며 4, 11, 12, 14일차에는 ‘음의 상관관계’를 보였다.

인천지역에서는 전체데이터를 기준으로 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값 1 ~ 10일차, 최대값 1 ~ 11일차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 가졌다.

초미세먼지 농도의 평균값이 ‘나쁨’기준을 초과한 날들과 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값과 최대값에서 동일하게 1, 2, 4 ~ 8, 10일차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 가졌으며, 3일차에는 ‘낮은 양의 상관관계’를 보였다.

초미세먼지 농도의 최대값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 날과 호흡기계 질환자와의 상관관계에서는 평균값과 최대값의 1 ~ 10일차에 모두 '매우 낮은 양의 상관관계'를 가졌다.

초미세먼지 농도의 최소값 기준에서는 평균값과 최대값 모두 14일 간 양의 상관관계를 가졌으며, 최대값에서는 5일차를 제외하고 전부 '다소 높은 양의 상관관계'를 보였다. 그러나 최소값에서는 모두 '음의 상관관계'를 가졌다.

대전지역에서는 전체 데이터를 기준으로 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석할 결과 평균값에서는 1 ~ 6, 8 ~ 11일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'가 나타났으며 최대값에서는 1 ~ 5일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'가 나타났다.

초미세먼지 농도의 최대값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 날과 호흡기계 질환자와의 상관관계에서는 평균값의 1, 3, 8, 9 11일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'가 나타났다.

초미세먼지 농도의 최소값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 날과 호흡기계 질환자와의 상관관계에서 평균값, 최대값, 최소값 모두 14일 간 '음의 상관관계'를 보였다.

부산에서는 전체 데이터를 기준으로 했을 때 최대값과 호흡기계 질환자와의 상관관계에서 1 ~ 6일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다.

초미세먼지 농도의 최대값이 기준 농도를 초과한 날과의 상관관계에서는 최대값의 1 ~ 6일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다.

최소값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 경우의 상관관계에서는 평균값, 최대값, 최소값의 1일차에 모두 '음의 상관관계'를 나타냈으며 평균값에서는 5일차에 '낮은 양의 상관관계', 9, 12, 13일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다. 최대값에서는 2, 3, 5 ~ 11, 13일차에 '양의 상관관계'를 보였고, 최소값에서는 2, 5, 13, 14일차에 '양의 상관관계', 12일차에 '음의 상관관계'를 보였다.

제주지역에서는 전체데이터를 기준으로 한 결과 평균값 5일차, 최대값 3 ~ 5일차에서 양의 상관관계를 보였다.

초미세먼지 평균값이 '나쁨'기준 농도를 초과하였을 때 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석 한 결과 평균값의 4 ~ 6일차에 '양의 상관관계', 최대값의 경우 1 ~ 6, 9, 11, 13일차에 '양의 상관관계'를 보였으며, 최소값은 2, 9, 10, 13일차에 '매우 낮은 음의 상관관계'를 보였다.

최대값이 기준 농도를 초과하였을 경우 평균값의 5일차, 최대값의 3 ~ 5일차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다.

초미세먼지 최소값이 '나쁨'기준 농도를 초과하였을 때 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석 한 결과 최소값의 4, 10일차를 제외하고 모든 결과 값이 '양의 상관관계'를 보였다.

경과일수를 기준으로 확인 한 결과 양의 상관관계는 5일차에 29회로 가장 많았고, 12, 14일차에 각각 6일로 가장 적었다. 음의 상관관계는 1일차에 9회로 가장 많았고, 6일차에 5회로 가장 적었다.

표4-16. 일 단위 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과일수 기준)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
양의 상관관계	22	19	23	20	29	19	4	18	14	15	10	6	10	6
음의 상관관계	9	7	6	7	6	5	6	6	8	7	8	9	8	8

지역을 기준으로 분석한 결과 양의 상관관계는 인천에서 87회로 가장 많았고, 서울에서 28회로 가장 적었으며, 음의 상관관계는 대전에서 42회로 가장 많았고, 부산과 제주에서 동일하게 4회로 가장 적었다.

세부내용을 보면 서울지역은 양의 상관관계 28회, 음의 상관관계 36회를 보였고 인천지역은 양의 상관관계 87회, 음의 상관관계 14회를 보였다. 대전지역은 양의 상관관계 20회, 음의 상관관계 42회를 보였고, 부산지역은 양의 상관관계 29회, 음의 상관관계 4회를 보였다. 제주지역은 양의 상관관계 60회, 음의 상관관계 4회로 음과 양의 상관관계 차이가 가장 큰 지역이다.

표4-17. 일 단위 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
서울지역	28	36
인천지역	87	14
대전지역	20	42
부산지역	29	4
제주지역	60	4

데이터 항목을 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 최대값에서 100회로 가장 영향력이 컸고, 음의 상관관계는 최소값에서 38회로 가장 많았다.

세부내용을 보면 평균값에서는 양의 상관관계 89회, 음의 상관관계 29회를 보였고, 최대값에서 양의 상관관계 100회, 음의 상관관계 33회, 최소값에서 양의 상관관계 36회, 음의 상관관계 38회를 보였다.

표4-18. 일 단위 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
평균값	89	29
최대값	100	33
최소값	36	38

전체적으로 보았을 때 양의 상관관계는 총 225회, 음의 상관관계는 100회로 초미세먼지(PM_{2.5})에서는 양의 상관관계가 음의 상관관계보다 2배 이상 높게 나타났다.

4.3.3. 주단위 미세먼지(PM₁₀)농도와 호흡기계 질환의 상관성

주(Week) 단위 미세먼지(PM₁₀)과 호흡기계 질환자와의 상관관계 분석은 일(Day) 단위와 동일하나 주 단위에서는 미세먼지 농도의 최소값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날이 하루도 없었기 때문에 데이터가 존재하지 않는다. 추가로 미세먼지 농도의 최대값은 ‘나쁨’기준 농도를 전부 초과했기 때문에 전체 데이터와 동일한 값을 보였다. 그에 따라 전체 데이터 기준과 미세먼지 농도의 평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날과 호흡기 질환자와의 상관관계 두 가지 방법으로 상관관계 분석을 실시하였다.

서울지역은 전체 데이터에 대해 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값에서 10, 11주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌으며 12주차에 ‘낮은 음의 상관관계’를 가졌다. 최대값의 11, 12주차, 최소값의 12주차에서도 모두 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌다.

미세먼지(PM₁₀) 농도의 평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날과 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값에서 1 ~ 8, 12주차, 최소값에서 3, 6주차에서 모두 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌다.

인천지역에서는 전체 데이터를 기준으로 분석한 결과 평균값의 10 ~ 12주차, 최대값의 11 ~ 12주차, 최소값의 1 ~ 8주차에 모두 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 보였다.

평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 경우 1, 3 ~ 5, 12주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 보였으며 최소값에서 11주차를 제외하고 모두 ‘음의 상관관계’를 보였다.

대전지역에서는 전체 데이터를 기준으로 분석한 결과 평균값의 10 ~ 12주차, 최대값의 11 ~ 12주차, 최소값의 1 ~ 8주차에 모두 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌다.

전체 미세먼지 농도의 평균값 중 ‘나쁨’기준 일수를 초과한 날과 호흡기계 질환자를 분석한 결과 평균값의 1 ~ 6주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌으며 8, 9주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’, 10, 11주차에 ‘낮은 양의 상관관계’를 보였다. 최소값에서는 3, 4주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였고 6주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’, 7, 12주차에는 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였으며 8, 9주차, 10, 11주차에 각각 ‘낮은 양의 상관관계’와 ‘다소 높은 양의 상관관계’를 보였다.

부산지역에서는 전체 데이터를 기준으로 상관관계를 분석한 결과 평균값의 3 ~ 12주차, 최대값의 6 ~ 12주차에 ‘음의 상관관계’를 가졌으며 최대값의 1주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

전체 미세먼지 농도 데이터 중 평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 경우와 호흡기계 질환자와의 분석 결과로 평균값의 6, 12주차, 최대값의 7, 8주차, 최소값의 2주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌으며, 최소값의 8 ~ 11주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

제주지역의 경우 전체 데이터를 기준으로 한 결과 평균값의 6, 12주차, 최대값의 8 ~ 12주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 가졌으며, 최대값의 1주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 가졌다. 최소값의 1 ~ 10주차는 ‘양의 상관관계’를 가졌다.

전체 미세먼지 농도 중 평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날과 호흡기 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값에서 3 ~ 5주차에 ‘양의 상관관계’, 6주차에 ‘음의 상관관계’를 보였으며, 최대값에서 7 ~ 11주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 보였다. 최소값에서는 12주차 모두 ‘양의 상관관계’를 보였다.

경과 주(Week) 차를 기준으로 확인할 결과 양의 상관관계는 1주차에 7회로 가장 많았고 12주차에 2회로 가장 적었으며, 음의 상관관계는 14주차에 25회로 가장 많았고 1, 2주차에 7회로 가장 적었다.

표4-19. 주 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과주수 기준)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
양의 상관관계	7	7	10	9	9	16	11	11	8	13	18	25
음의 상관관계	7	3	5	5	4	3	4	6	6	6	4	2

지역을 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계를 제주지역에서 37회로 가장 많았고, 서울지역과 인천지역에는 양의 상관관계가 나타나지 않았다. 음의 상관관계는 인천지역에서 42회로 가장 많았고 제주지역에서 18회로 가장 적었다.

세부 내용을 보면 서울지역과 인천지역은 음의 상관관계만 각각 22회, 42회로 나타났으며 대전지역에서 양의 상관관계 12회, 음의 상관관계 23회, 부산지역에서 양의 상관관계 6회, 음의 상관관계 39회, 제주지역에서 양의 상관관계 37회, 음의 상관관계 18회로 제주지역을 제외하고 모두 음의 상관관계가 높게 나타났다.

표4-20. 주 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
서울지역	-	22
인천지역	-	42
대전지역	12	23
부산지역	6	29
제주지역	37	18

데이터 항목을 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 최소값에서 44회로 가장 많았고, 음의 상관관계 역시 최소값에서 39회로 가장 적었다.

세부내용을 보면 평균값에서 양의 상관관계 7회, 음의 상관관계 64회, 최대값에서 양의 상관관계 4회, 음의 상관관계 40회로 나타났으며 최소값에서 양의 상관관계 44회, 음의 상관관계 39회를 보였다.

표4-21. 주 단위 미세먼지(PM₁₀)와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
평균값	7	64
최대값	4	40
최소값	44	39

전체데이터를 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 총 55회, 음의 상관관계는 총 144회로 미세먼지(PM₁₀)의 주(Week)차별 상관관계 분석 결과는 음의 상관관계가 양의 상관관계보다 약 3배 가량 높게 나타났다.

4.3.4. 주단위 초미세먼지(PM_{2.5})농도와 호흡기계 질환의 상관성

초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계 역시 미세먼지(PM)와 동일하게 두 가지 방법으로 분석하였다.

서울지역의 경우 전체 데이터를 기준으로 분석한 결과 1, 2, 8, 9주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였으며, 12주차에 ‘매우 낮은 음의 상관관계’를 보였다. 최소값의 경우 2, 3주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

전체 초미세먼지(PM_{2.5})데이터 중 평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날을 기준으로 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값의 7, 8, 10, 11주차에 ‘낮은 양의 상관관계’, 9주차에 ‘다소 높은 양의 상관관계’를 보였으며, 최대값의 1 ~ 4주차에 ‘음의 상관관계’, 7 ~ 10주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’, 최소값의 2 ~ 4주차에서도 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다.

인천지역의 경우 음의 상관관계는 없었으며 전체 데이터를 기준으로 한 결과 평균값의 1, 2, 8, 9주차에 ‘낮은 양의 상관관계’, 7주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였으며 최대값의 1 ~ 11주차, 최소값의 1, 2, 11주차에 ‘양의 상관관계’를 보였다.

전체 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도 데이터 중 평균값이 ‘나쁨’기준 농도를 초과한 날과 호흡기계 질환자와의 상관관계를 분석한 결과 평균값에서 3, 4주차를 제외하고 모두 ‘양의 상관관계’를 가졌으며, 7 ~ 11주차에 ‘다소 높은 양의 상관관계’를 보였고, 최소값의 1 ~ 4, 8 ~ 11주차에서 ‘양의 상관관계’를 보였다.

대전지역에서는 전체 데이터를 기준으로 분석한 결과 평균값에서 1, 2, 7 ~ 11주차에 ‘양의 상관관계’, 12주차에 ‘음의 상관관계’를 보였으며 최대값의 7 ~ 9주차에 ‘매우 낮은 양의 상관관계’를 보였다. 최소값에서는 5 ~ 6주차에 ‘매우 낮은

음의 상관관계', 8 ~ 11주차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다.

평균값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 경우를 기준으로 분석한 결과 평균값의 7 ~ 10주차에 '다소 높은 양의 상관관계', 12주차에 '낮은 양의 상관관계'를 보였으며 최대값의 경우 1 ~ 4주차에 '음의 상관관계', 7 ~ 11주차에 '양의 상관관계'를 보였다. 최소값의 경우 5, 6주차에 '매우 낮은 음의 상관관계, 7 ~ 11주차에 '낮은 양의 상관관계'를 보였다.

부산지역에서는 전체데이터를 기준으로 분석한 결과 4 ~ 6주차에 '매우 낮은 음의 상관관계', 12주차에 '낮은 음의 상관관계'를 보였고 최대값의 1주차에 '매우 낮은 양의 상관관계', 6, 10 ~ 12주차에 '매우 낮은 음의 상관관계', 최소값의 1 ~ 4주차에 '낮은 양의 상관관계', 5 ~ 10주차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다.

평균값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 경우를 기준으로 분석한 결과 평균값에서 6주차에 '매우 낮은 양의 상관관계', 7 ~ 12주차에 '낮은 양의 상관관계'를 보였고 최대값의 2 ~ 5주차에 '양의 상관관계'를 보였다. 최소값에서는 12주차 모두 '양의 상관관계'를 가졌으며, 12주차에 '다소 높은 양의 상관관계'를 보였다.

제주지역에서는 전체데이터를 기준으로 한 결과 평균값에서 10 ~ 12주차에 '음의 상관관계'를 보였다. 최대값에서 1, 2, 7, 8주차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였으며, 11, 12주차에 '음의 상관관계', 최소값에서 1, 2주차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였다.

평균값이 '나쁨'기준 농도를 초과한 날을 기준으로 분석한 결과 음의 상관관계는 없었으며, 평균값의 1, 2, 9, 10, 12주차에 '매우 낮은 양의 상관관계'를 보였고, 최대값에서 1 ~ 4, 6 ~ 7주차에 '양의 상관관계', 최소값에서 1 ~ 2주차에 '낮은 양의 상관관계', 3 ~ 5주차에 '낮은 양의 상관관계', 9 ~ 12주차에 '다소 높은 양의 상관관계'를 보였다.

경과 주(Week) 차를 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 2, 8주차에 27회로 가장 많았고, 12주차에 6회로 가장 적었다. 음의 상관관계는 12주차에 11회로 가장 많았고, 8, 9주차에는 존재하지 않았다.

표4-22. 주 단위 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계(경과주수 기준)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
양의 상관관계	2	2	2	4	5	7	1	-	-	4	6	11
음의 상관관계	25	27	13	11	9	9	22	27	26	20	18	6

지역을 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 인천지역에서 68회로 가장 많았고 서울지역에서 24회로 가장 적었으며, 음의 상관관계는 부산지역에서 16회로 가장 많았으며 인천지역에는 존재하지 않았다.

세부내용을 보면 서울지역은 양의 상관관계 24회, 음의 상관관계 5회, 인천지역은 양의 상관관계 68회, 음의 상관관계 0회, 대전지역은 양의 상관관계 43회, 음의 상관관계 13회, 부산지역은 양의 상관관계 45회, 음의 상관관계 16회, 제주지역은 양의 상관관계 33회, 음의 상관관계 10회를 각각 보였다.

표4-23. 주 단위 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계(지역기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
서울지역	24	5
인천지역	68	0
대전지역	43	13
부산지역	45	16
제주지역	33	10

데이터 항목별 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 최소값에서 80회로 가장 많았고, 음의 상관관계도 최소값에서 8회로 가장 적었다.

세부내용을 보면 평균값은 양의 상관관계 64회, 음의 상관관계 17회, 최대값은 양의 상관관계 74회, 음의 상관관계 20회, 최소값은 양의 상관관계 80회, 음의 상관관계 8회로 각각 나타났다.

표4-24. 주 단위 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계(데이터 항목 기준)

구분	양의 상관관계	음의 상관관계
평균값	64	17
최대값	74	20
최소값	80	8

전체 데이터를 기준으로 확인한 결과 양의 상관관계는 213회, 음의 상관관계는 44회로 초미세먼지(PM_{2.5})농도와 호흡기계 질환자와의 상관관계 분석 결과는 양의 상관관계가 음의 상관관계와 비교하여 약 5배 정도 많이 나타났다.

제 5 장 연구 결론

5.1. 연구결과 요약 및 의의

본 연구는 2014년에서 2016년까지의 호흡기계 질환자 진료실적과 2014년에서 2016년 미세먼지(PM₁₀) 측정 데이터, 2015년에서 2016년 초미세먼지(PM_{2.5}) 측정 데이터의 상관관계를 분석하였으며 다음과 같은 결과를 도출하였다.

미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자와의 일(Day) 단위 기준 상관관계 분석은 미세먼지(PM₁₀)의 경우 상관관계 총 146회 중 양의 상관관계 40회, 음의 상관관계 106회를 보였으며, 단위 초미세먼지(PM_{2.5})의 경우 총 상관관계 325회 중 양의 상관관계 225회, 음의 상관관계 총 100회를 보였으며, 초미세먼지(PM_{2.5})가 미세먼지(PM₁₀)보다 호흡기계 질환에 미치는 영향이 양 2배 가량 많고, 양의 상관관계의 경우 5배 이상, 음의 상관관계는 2배 이상 영향력이 있는 것으로 나왔다.

표5-1. 일 단위 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자의 상관관계

구분	총 상관관계	양의 상관관계	음의 상관관계
미세먼지(PM ₁₀)	146	40	106
초미세먼지(PM _{2.5})	325	225	100

미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5})와 호흡기계 질환자와의 주(Week) 단위 기준 상관관계 분석은 미세먼지(PM₁₀)의 경우 총 상관관계 199회 중 양의 상관관계 55회, 음의 상관관계 144회를 보였으며, 초미세먼지(PM_{2.5})는 총 상관관계 257회 중

양의 상관관계 213회, 음의 상관관계 44회를 보였다.

주(Week) 단위 기준 분석결과에서도 일(Day) 단위와 동일하게 초미세먼지($PM_{2.5}$)가 미세먼지에 비해 총 상관관계에서 약 60회, 양의 상관관계에서는 약 4배 영향력이 있는 것으로 나타났다.

표5-2. 주 단위 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$)와 호흡기계 질환자의 상관관계

구분	총 상관관계	양의 상관관계	음의 상관관계
미세먼지(PM_{10})	199	55	144
초미세먼지($PM_{2.5}$)	257	213	44

상관관계 분석을 확인한 결과 미세먼지(PM_{10})에서는 호흡기계 질환자와의 상관관계는 오히려 ‘양의 상관관계’ 보다 미세먼지(PM_{10})가 높아짐에 따라 호흡기계 질환자의 수가 적어진다고 해석이 가능한 ‘음의 상관관계’가 더 많이 도출됐다.

그러나 초미세먼지($PM_{2.5}$)와 호흡기계 질환자와의 상관관계에서는 초미세먼지($PM_{2.5}$)의 농도가 높아짐에 따라 호흡기계 질환에 영향을 미치는 것으로 보였으며, 그 영향력은 일(Day) 단위 기준 5일차, 주(Week) 단위 기준 2, 8주차에 가장 큰 것으로 도출됐다.

이번 연구를 통해서 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$)가 호흡기계 질환에 영향을 미치며 상관관계가 있다는 결론을 도출해냈다. 해당 결론은 미세먼지 개선을 위한 정부의 정책을 뒷받침 해줄 수 있는 중요한 의미가 있는 결과라고 할 수 있겠다.

그러나 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$)를 측정하는 측정소의 지역적, 지리적 특성을 고려하지 않았으며, 호흡기계 질환자의 연령, 성별 등의 특성을 고려하지 않

았기 때문에 연구의 세부적인 결론을 도출해내는 부분에는 한계가 있었다. 향후 측정소별 측정데이터 자료를 체계적으로 구축하고 측정소별 특성을 포함하고 연구대상 지역의 지역, 기간, 특성을 고려하여 보다 종합적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

또한 호흡기계 질환에 대해서 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$) 이 두 가지 요소에 대한 영향성만 고려하였고, 호흡기계 영향을 미칠 수 있는 다른 요소들은 배제하였다. 향후 연구에는 호흡기계에 미치는 요소에 대한 폭 넓은 변수를 포함하여 연구를 진행한다면 보다 세부적이고 발전된 결과를 도출해 낼 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 환경부, 바로알면보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?, 2016
- [2] 환경부, 제 1차 수도권 대기환경 관리 기본계획, 2005
- [3, 4] 환경부, 제 2차 수도권 대기환경 관리 기본계획, 2014
- [5] 환경부, 수도권 고농도미세먼지 저감조치 매뉴얼, 2017
- [6] 신동천, 미세먼지의 건강영향, 2007
- [7] 박은정, 강미선 등 7명, (2005), 서울북부 지역 미세먼지에 함유된 유해 중금속의 분석 및 건강위해성 평가, J. ENVIRON. TOXICOL, 20(2), 179~186
- [8] 황수희, (2015), 도시지역의 초미세먼지(PM2.5) 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환의 영향 연구[석사학위 논문], 연세대학교
- [9] 통계청, <https://www.kostat.go.kr>
- [10] 기상청(날씨누리) https://web.kma.go.kr/weather/climate/average_regional05.jsp
- [11] KOICD 질병분류 정보센터, <http://www.koicd.kr>

[ABSTRACT]

A Study on the Effect of fine dust on Respiratory System Disease

Lee, Jae Hyun

Major in Industry Information Management

The Graduate School of Engineering

Yonsei University

Supervised by Prof. Kim, Woo Ju

According to WHO's statement, concerning the uncertainty, there have been casualties up to 1.4million people every year due to air pollution. International Cancer Research Lab, subordinated to WHO, also designated fine dust as a Group 1 carcinogenic substance.

Due to this, the government is working on 'The second plan concerning control of metropolitan area air environment', following 'The first plan', in order to reduce fine dust.

This research made inferences based on the correlation between 2014-2016 bronchspirometer patient's medical examinations, and 2014-2016 PM₁₀ and 2015-2016 PM_{2.5} data base to make conclusions of the following.

Starting with the daily correlation between PM_{10} and bronchspirometer patients, among the total 146 times, there were positive reactions of 40, but negative reactions of 106. By contrast, in the case of $PM_{2.5}$, among the total 325 times, there were positive reactions of 225, but negative reactions of 100. Based on this difference, conclusions could be made that $PM_{2.5}$ had twice the impact on bronchspirometer patients than PM_{10} . Similarly, five times in terms of the positive correlation, and 2 times on the negative correlation.

In the same manner, the weekly correlation between PM_{10} and bronchspirometer patients, among the total 199 times, there were positive reactions of 55, but negative reactions of 144. In contrast, concerning $PM_{2.5}$, among the total 257 times, there were positive reactions of 213, but negative reactions of 44.

Similar to that of the daily analysis, $PM_{2.5}$ had 60 more of the total correlation number, and four times in terms of positive correlation.

According to the correlation analysis, PM_{10} had a higher rate in the 'negative correlation', meaning that bronchspirometer patient's number reduces while PM_{10} rate rises.

On the other hand, $PM_{2.5}$ had impact on the bronchspirometer disorder as it's rate rose. That impact reached it's peak on the fifth day in terms of the daily basis, and on the second and eighth week in terms of the weekly basis.