



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](#)

도시지역의 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도와
호흡기계 및 순환기계 질환의 영향 연구



연세대학교 보건대학원

환경보건전공

황 수 희

도시지역의 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도와
호흡기계 및 순환기계 질환의 영향 연구

지도 신 동 천 교수

이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함



2015년 6월 일

연세대학교 보건대학원

환경보건전공

황 수 희

황수희의 보건학 석사학위 논문을
인준함

심사위원 신 동 천 (인)

심사위원 임 영 욱 (인)

심사위원 이 용 진 (인)

연세대학교 보건대학원

2015년 6월 일

차 례

차례	i
표 차례	iii
그림 차례	vii
국문요약	viii
I. 서 론	1
II. 연구내용 및 방법	5
1. 연구내용	5
2. 연구방법	7
2.1 초미세먼지 건강영향 연구 동향	7
2.2 연구대상 지역 선정	9
2.3 초미세먼지 농도 측정 및 기상관측	10
2.4 초미세먼지 배출량	13
2.5 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수	14
2.6 통계분석	16
III. 연구결과	17
1. 연구대상 지역 현황	17
2. 연구대상 지역의 초미세먼지 배출량	18
3. 연구대상 지역의 기상관측 현황	20

4. 연구대상 지역의 초미세먼지 농도 현황	22
5. 연구대상 지역의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수	24
5.1 호흡기계질환 환자수	25
5.2 순환기계질환 환자수	27
6. 인구 1,000명당 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수	29
7. 상관성 분석 결과	31
7.1 초미세먼지 배출량과 초미세먼지 농도의 상관성	31
7.2 기상상태와 초미세먼지 농도의 상관성	31
7.3 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 호흡기계질환 환자수 변화	33
7.4 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 순환기계질환 환자수 변화	39
7.5 초미세먼지 농도와 호흡기계 질환의 상관성	44
7.6 초미세먼지 농도와 순환기계 질환의 상관성	45
7.7 초미세먼지 농도 및 기상상태와 호흡기계 질환의 상관성	46
7.8 초미세먼지 농도 및 기상상태와 순환기계 질환의 상관성	52
7.9 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 시계열 분석 결과	57
IV. 고 찰	68
V. 결 론	72
참고문헌	74
영문초록	78

표차례

Table 1. Pollution degree of PM ₁₀ in the metropolitan areas	1
Table 2. Pollution degree of PM _{2.5} in the regions of Korea	1
Table 3. The study on the impact of PM _{2.5} on human	7
Table 4. The study on the impact of PM _{2.5} on human by exposure periods	8
Table 5. The list of Air Monitoring Centers in each region	9
Table 6. Data of PM _{2.5} in the study areas(day)	10
Table 7. The list of meteorological stations in the study areas	12
Table 8. Respiratory and circulatory disease classification	15
Table 9. General status in the study areas	17
Table 10. PM _{2.5} Emission in the study areas	19
Table 11. The average air temperature in the study areas	20
Table 12. The average air humidity in the study areas	21
Table 13. The average wind speed in the study areas	21
Table 14. Pollution degree of PM _{2.5} in the study areas	22
Table 15. The exceed numbers of the high concentrations of PM _{2.5} ..	23
Table 16. The exceed numbers of concentration of PM _{2.5} by Air Quality Standards	23
Table 17. The numbers of respiratory and circulatory diseases cases ..	24
Table 18. The numbers of respiratory diseases cases	25

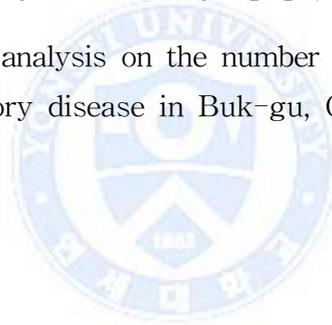
Table 19. The causing rate of patients with respiratory diseases in the population of the study areas	26
Table 20. The numbers of patients with the acute lower respiratory infections	26
Table 21. The numbers of circulatory diseases cases	27
Table 22. The causing rate of patients with diseases in the population of the study areas	28
Table 23. The numbers of patients with the angina	28
Table 24. The numbers of respiratory and circulatory diseases cases per 1000 people	29
Table 25. The numbers of respiratory diseases cases per 1000 people	29
Table 26. The numbers of patients with the acute bronchitis cases per 1000 people	30
Table 27. The numbers of circulatory diseases cases per 1000 people	30
Table 28. The correlation of $PM_{2.5}$ between the concentration and emission	31
Table 29. The correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and the average air temperature	32
Table 30. The correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and the average air humidity	32
Table 31. The correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and the average wind speed	33
Table 32. The difference of the average number of patients with respiratory by the lapse of time after causing $PM_{2.5}$	34
Table 33. The difference of the average number of patients with acute upper respiratory infections by the lapse of time after causing $PM_{2.5}$	35

Table 34. The difference of the average number of patients with acute lower respiratory infections by the lapse of time after causing PM _{2.5}	36
Table 35. The difference of the average number of patients with vasomotor and allergic rhinitis by the lapse of time after causing PM _{2.5}	37
Table 36. The difference of the average number of patients with chronic lower respiratory by the lapse of time after causing PM _{2.5}	38
Table 37. The difference of the average number of patients with circulatory disease by the lapse of time after causing PM _{2.5}	39
Table 38. The difference of the average number of patients with hypertensive heart disease by the lapse of time after causing PM _{2.5}	40
Table 39. The difference of the average number of patients with angina pectoris by the lapse of time after causing PM _{2.5}	41
Table 40. The difference of the average number of patients with acute myocardial infarction by the lapse of time after causing PM _{2.5}	42
Table 41. The difference of the average number of patients with cerebral infarction disease by the lapse of time after causing PM _{2.5}	43
Table 42. The correlation between the concentration of PM _{2.5} and respiratory diseases	44
Table 43. The correlation between the concentration of PM _{2.5} and circulatory diseases	45
Table 44. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and respiratory diseases	47
Table 45. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and acute upper respiratory infections	48

Table 46. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and acute lower respiratory infections	49
Table 47. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and vasomotor and allergic rhinitis	50
Table 48. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and chronic lower respiratory diseases	51
Table 49. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and circulatory diseases	52
Table 50. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and hypertensive heart diseases	53
Table 51. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and angina pectoris	54
Table 52. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and acute myocardial infarction	55
Table 53. The correlation between the concentration of PM _{2.5} with considering weather condition and cerebral infarction	56
Table 54. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Ongjin-gun, Incheon	58
Table 55. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Eunpveong-gu, Seoul	61
Table 56. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Jung-gu, Daejeon	64
Table 57. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Buk-gu, Gwangju	66

그림 차례

Figure 1. Frame of the Study	6
Figure 2. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Ongjin-gun, Incheon	59
Figure 3. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Eunpveong-gu, Seoul	62
Figure 4. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Jung-gu, Daejeon	65
Figure 5. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Buk-gu, Gwangju	67



국문요약

도시지역의 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환의 영향 연구

최근 우리나라 수도권 지역의 미세먼지(PM₁₀) 농도는 개선 추세인 반면, 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도는 증가 추세로 전국적으로도 2015년부터 시행된 연간 대기환경기준(25 μ g/m³)을 대부분 지역에서 초과하고 있다.

초미세먼지는 미세먼지와 달리 폐포까지 직접 침투하여 폐질환, 심근경색, 순환기계 장애 등을 유발하고 조기사망 위험 증가에 영향을 주는 인자로 작용하는 등 인체에 미치는 영향이 심각하여 2013년 WHO에서 1급 발암물질로 규정하였다.

이에 본 연구에서는 도시지역의 초미세먼지 농도가 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생에 영향을 주는지 상관성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 2011년부터 2013년까지 3년 동안 4개 지역(인천시 옹진군 백령도, 서울시 은평구, 대전시 중구, 광주시 북구)의 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수를 조사하고 상관분석(Correlation analysis)을 통해 다음과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 초미세먼지 농도가 50 μ g/m³ 미만인 날과 이상인 날을 기준으로 하여, 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 호흡기계 및 순환기계 질환의 평균 환자수 차이에 대한 상관성 분석결과 호흡기계 질환은 대전시 중구에서 양의 상관관계로 나타났으며, 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다. 순환기계 질환은 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

둘째, 초미세먼지 농도와 호흡기계질환 전체의 상관성은 4개 지역 모두 양의 상관관계로 나타났으며, 순환기계질환 전체는 대전시 중구($\rho=0.094$)에서 양의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군 등 나머지 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다. 각 질환별 상관성은 급성 상기도 감염군은 4개 지역 모두에서 양의 상관관계로 나타난 반면, 급성 심근경색증은 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

셋째, 초미세먼지 농도와 기상상태를 함께 고려한 상관성 분석결과 호흡기계 질환 전체는 인천시 옹진군($\rho=0.275$)에서, 순환기계질환 전체는 대전시 중구($\rho=1.867$)에서 양의 상관관계로 나타났다. 그 외 지역은 두 질환 모두 상관성을 보이지 않았다. 초미세먼지 농도만을 기준으로 한 경우와 비교할 때 상관성을 보인 지역이 호흡기계 질환은 감소하였으나, 순환기계 질환은 동일하게 나타났다.

넷째, 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생 패턴의 상관성은 호흡기계 질환은 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았으나, 순환기계 질환은 인천시 옹진군을 제외한 3개 지역에서 일부 개별 질환이 상관성을 보였다.

이상의 연구결과 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생의 상관성을 확인 할 수 있었다. 이는 향후 초미세먼지 개선정책 추진 시 환경보건 부분과 연계가 필요함을 시사하는 의미 있는 결과라고 할 수 있다.

다만, 이번 연구에서는 지역별 특성, 환자의 진료형태, 연령·성별 등을 고려하지 않아 연구에 한계가 있었다. 향후 연구대상 지역 및 기간을 확대하고 조사 자료를 세분화 하여 초미세먼지 농도가 인체에 미치는 건강영향을 보다 종합적이고 체계적으로 연구할 필요가 있다.

중심어 : 초미세먼지, 기상상태, 호흡기계질환, 순환기계질환, 상관성, 도시지역

I. 서론

우리나라는 수도권 지역의 미세먼지(PM₁₀) 오염도 개선을 위하여 2005년부터 ‘제1차 수도권 대기환경관리 기본계획’을 수립하여 대기환경개선 목표를 설정(2014년 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)하고 분야별로 다양한 저감대책을 추진하고 있다.

이러한 노력으로 수도권 지역의 미세먼지 농도가 서울시는 2004년 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2012년 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 인천 지역은 2004년 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2012년 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 경기도는 2004년 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2012년 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 크게 개선되었다.

Table 1. Pollution degree of PM₁₀ in the metropolitan areas

(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
서울시	61	58	60	61	55	54	49	47	41
인천시	62	61	68	64	57	60	55	55	47
경기도	66	61	67	62	54	54	52	52	46

(source : NIER, Annual report of air quality in Korea. 2013)

반면, 전국의 주요 권역별 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도는 수도권은 2011년 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2013년 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 중부권은 2011년 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2013년 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 남부권은 2011년 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2013년 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 지속적인 증가추세에 있으며, 2015년 1월부터 시행 중인 초미세먼지 연간 대기환경기준(25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 대부분 지역에서 초과하고 있다.

Table 2. Pollution degree of PM_{2.5} in the regions of Korea

(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	수도권(서울시)	중부권(대전시)	남부권(광주시)
2011년	26	20	23
2012년	28	30	25
2013년	38	38	30

(source : NIER, Ultrafine particles, results of operations in the measuring network, 2014)

또한 2011년 기준 서울시의 연간 초미세먼지 농도는 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 해외 주요 도시의 초미세먼지 농도(파리 $17\mu\text{g}/\text{m}^3$, 도쿄 $16\mu\text{g}/\text{m}^3$) 및 WHO의 초미세먼지 기준인 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에도 못미치는 수준이다.

그동안 우리나라는 주로 미세먼지 저감에 중점을 둔 정책을 추진해왔으나, 2013년부터 중국 베이징의 극심한 스모그(초미세먼지 농도 2013.1월 $993\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2013.10월 $407\mu\text{g}/\text{m}^3$, WHO 권고기준: 일 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 초미세먼지에 대한 온 국민의 관심이 높아졌고, 2015년 현재까지 지속되고 있다.

이에 정부에서는 2013년 ‘제2차 수도권 대기환경관리 기본계획(2014~2023)’ 수립 시 중국발 스모그 및 대기오염으로 인한 국민건강 위협을 예방 하기 위해 수도권 초미세먼지 농도 45% 저감을 목표로 초미세먼지를 관리대상 물질에 포함하였다.

동 계획에서는 2024년 초미세먼지 농도를 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 개선하는 것을 목표로 하여 이를 달성하기 위해 친환경차 200만대 보급, 공해차량 운행제한 지역 제도 시행, 사업장 총량관리대상 확대 등 4개 분야의 62개 관리대책에 총 4조 5,000억원을 투입할 계획이다(환경부, 제2차 수도권 대기환경 개선대책, 2013).

그간 미세먼지가 인체에 미치는 유해성에 대해서는 우리나라를 비롯한 해외의 여러 연구에서 입증된 바 있으며, 제2차 수도권 대책 미 시행시 초과사망자 2만명, 호흡기계 질환자 1만명, 기관지염 환자 80만명이 발생하여 미세먼지로 인한 사회적 비용을 연간 12조 3,300억원으로 추정하였다(임종한, 2012).

초미세먼지는 미세먼지와 달리 입자의 크기가 매우 작아 폐포까지 직접 침투하여 심각한 건강영향을 줄 수 있고, 초미세먼지에 노출되면 호흡기계 및 심혈관계 관련 질환으로 인한 입원 증가 뿐만 아니라 사망발생 위험이 유의하게 증가 한다는 결과들이 보고되고 있다(Jerrett et al., 2009; Pope III et al., 2006).

초미세먼지의 농도 변화에 따른 건강영향을 추정하기 위해 미국 환경보호청에서 개발한 BenMAP 모형을 적용하여 미국 국가 대기환경기준과 캘리포니아 대기환경기준 달성으로 기대되는 건강편익을 산출한 결과 2001년 미국의 초미세먼지의 농도 수준이 캘리포니아 대기질 기준인 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 달성한다고 가정하였을 때, 이로 인한 조기사망자수는 14,000명, 호흡기계 입원은 7,200건, 심혈관계 입원은 5,500건이 감소할 것으로 추정하였다(Davidson et al, 2006).

또한 초미세먼지의 장·단기 노출에 의한 사망률, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생과의 관계, 생식·발달과의 상관성 등에 대한 해외의 역학연구 결과 초미세먼지가 호흡기계와 순환기계를 중심으로 인체의 건강에 여러 가지 영향을 미친다는 사실이 밝혀지고 있는 것으로 나타났다(미국 환경청, 2009, 2012).

이와 같이 초미세먼지는 폐질환, 심근경색, 순환기계 장애 등을 유발하고 조기사망 위험 증가에 영향을 주는 인자로 작용하는 등 인체에 미치는 영향이 심각하여 2013년 WHO에서 1급 발암물질로 규정하였다.

반면, 우리나라에서는 해외 여러나라에 비해 초미세먼지와 관련된 건강영향 연구가 많이 미흡한 실정이며, 초미세먼지 대기환경기준 적용 및 예·경보제를 2015년부터 시행하고 있다.

초미세먼지에 의한 건강영향 연구는 주로 전체원인 사망, 호흡기계 관련 질환 사망, 심혈관계 관련 질환 사망으로 세분화되고, 호흡기계와 심혈관계 관련 질환 병원입원 및 응급실 방문 등에 대한 영향으로 확장되고 있다(공성용 외, 2012).

이에 본 연구에서는 2011년부터 2013년까지 3년 동안 청정지역(배경)과 오염지역(비교)을 대상으로 각 지역의 기상상태, 초미세먼지 오염원별 배출량 및 농도, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 등을 조사하고, 각 영향인자별 상관관계 분석을 통해 초미세먼지가 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생에 상관성이 있는지 파악하고자 하였다.

본 연구의 세부 목적은 아래와 같다.

첫째, 연구대상 지역의 기상상태, 초미세먼지 배출량 및 농도, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수를 조사하여 기간경과에 따른 각 조사항목의 변동 추세를 파악하고자 한다.

둘째, 연구대상 지역의 기상상태와 초미세먼지 오염원별 배출량이 초미세먼지 농도와 상관성이 있는지 알아보하고자 한다.

셋째, 연구대상 지역의 초미세먼지 발생(일 대기환경기준인 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 기준) 후 기간경과(당일, 1일차, 2일차, 3일차)에 따라 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생수에 차이가 있는지 알아보하고자 한다.

넷째, 연구대상 지역에서 초미세먼지 농도만 독립변수로 적용했을 경우와 기상상태를 함께 고려할 경우 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생의 상관관계를 분석하고, 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환의 상관성을 평가하고자 한다.

다섯째, 연구대상 지역의 초미세먼지 농도를 고려한 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수에 대한 시계열 분석을 통해 현재의 환자수를 예측하고자 한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

본 연구는 오염원이 거의 없는 청정지역(배경)과 여러 오염원이 상존하는 도시지역(비교)을 선정하여 연구대상 지역의 기상상태(평균기온, 평균풍속, 평균습도)와 초미세먼지(PM_{2.5}) 농도를 조사한 후, 초미세먼지 농도와 해당 지역 주민의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생과의 상관관계를 분석하여, 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생과의 상관성을 평가하는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

연구를 위해 2011년부터 2013년까지 3년 동안 연구대상 지역의 기상상태, 초미세먼지 배출량 및 농도, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 등 연구에 필요한 자료를 조사하고 연구 목적에 맞게 분석하였다.

먼저, 연구대상 지역의 초미세먼지 농도 등 각 조사항목의 기간경과에 따른 변화추세를 파악하였다. 또한 연구대상 지역의 발생원별 초미세먼지 배출량과 기상상태가 초미세먼지 농도에 영향을 주는지 분석하였으며, 연구대상 지역의 초미세먼지 발생 후 기간경과(당일, 1일차, 2일차, 3일차)에 따른 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생수에 대한 차이를 분석하였다. 이와 함께 초미세먼지 농도 및 기상상태를 고려한 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생의 상관성을 분석하였다. 아울러 초미세먼지 농도를 고려한 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수의 시계열 분석을 실시하여 현재 환자수를 예측하였다.

본 연구의 틀은 아래와 같다.

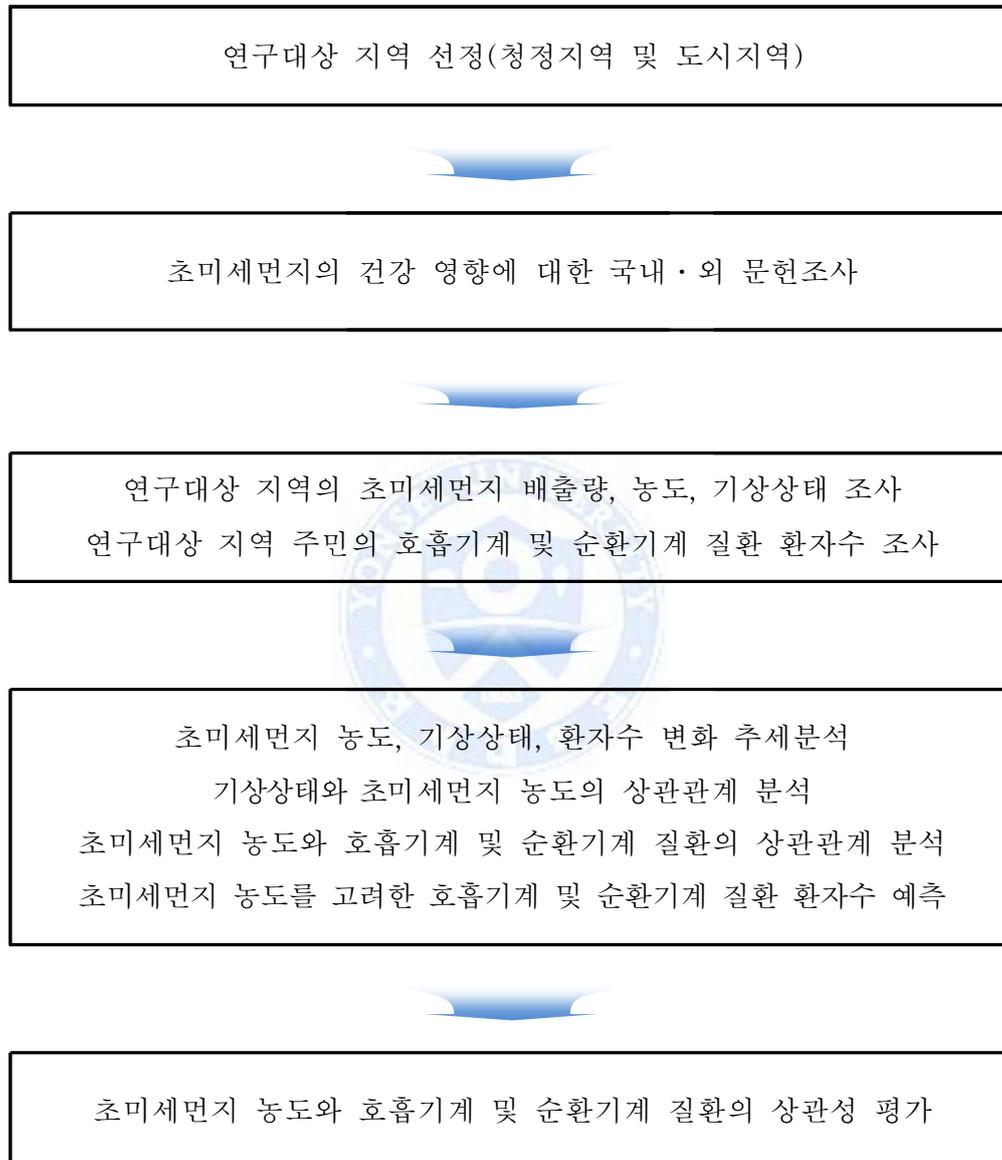


Figure 1. Frame of the Study.

2. 연구방법

2.1 초미세먼지 건강영향 연구 동향

초미세먼지로 인한 건강영향은 주로 시계열 연구(time-series study)와 환자 교차 연구(case-cross over study)를 이용하여 초미세먼지 발생이 건강에 얼마나 위험을 미치는지 분석하였다. 미국에서 시행한 연구결과 초미세먼지 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 65세 이상 고령자에서 사망발생 위험이 동부지역은 6.8%, 중부지역은 13.2%로 나타났다(Zeger et al, 2008). 또한 Franklin(2007) 등은 초미세먼지 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 호흡기계 사망위험을 1.78% 높이고, 뇌졸중 사망위험을 1.03% 높이는 것으로 보고하였다.

Table 3. The study on the impact of $\text{PM}_{2.5}$ on human

저자 및 연도	연구 기간 및 대상 지역	주요 연구 결과
Zeger et al. (2008)	2000~2005, 미국	<ul style="list-style-type: none"> - $\text{PM}_{2.5}$의 장기노출로 인한 건강영향을 미국 노인의료 보험 가입자를 대상으로 코호트 연구 실시 - $\text{PM}_{2.5}$ $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가시 65세이상 고령자에서 사망 발생 위험은 동부지역은 6.8%, 중부지역은 13.2% 임
Peng et al. (2008)	1999~2005, 미국 108개주	<ul style="list-style-type: none"> - $\text{PM}_{10\sim 2.5}$ $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 심혈관계 입원위험을 0.36% 높임 - $\text{PM}_{2.5}$를 보정한 후 $\text{PM}_{10\sim 2.5}$ $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 심혈관계 입원위험을 0.25% 높임
Franklin et al (2007)	1997~2002, 미국 27개 도시	<ul style="list-style-type: none"> - $\text{PM}_{2.5}$ $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 호흡기계 사망위험을 1.78% 높임 - $\text{PM}_{2.5}$ $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 뇌졸중 사망위험을 1.03% 높임
Ostro et al. (2006)	1999~2002, 미국 캘리포니아 9개지역	<ul style="list-style-type: none"> - $\text{PM}_{2.5}$ $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 전체원인 사망발생 위험은 0.6% 증가

또한, 초미세먼지는 단기 및 장기 노출에 의해 호흡기계 및 심혈관계 질환, 생식, 발달, 발암, 사망 등에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며 특히, 호흡기계 및 순환기계 질환의 인과관계는 거의 명확한 것으로 보고되었다.

단기노출에 의한 초미세먼지 농도와 사망과의 관계는 초미세먼지의 일 평균 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 상승할 때마다 전체 사망률(사고 및 자살 등 외인사는 제외)은 0.3~1.2%, 호흡기계 질환에 의한 사망률은 0.8~2.7%, 심혈관계 질환에 의한 사망률은 1.2~2.7% 증가한다고 보고되었다. 또한 호흡기계 질환은 초미세먼지의 일 평균값이 $6.1\sim 22.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도 일때 만성 폐쇄성 폐질환(COPD) 및 호흡기계 감염증에 의한 진료 및 입원이 증가하고, 순환기계 질환(주로 허혈성심질환, 울혈성 심부전)의 경우 초미세먼지 농도의 일 평균값이 $7.0\sim 18.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도 일 때 응급 진료 및 입원이 증가한다고 보고되었다.

장기노출에 의한 초미세먼지 농도와 미국 동부 6개 도시별 사망률은 높은 상관성이 있다고 보고되었다. 또한 초미세먼지 평균 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때마다 전체 사망의 상대적인 위험이 1.16배, 사인별 비율은 폐암이 1.27배, 순환기계 질환은 1.28배로 보고되었다. 초미세먼지에 장기적으로 노출된 소아는 폐기능 성장장애, 호흡기계 증상의 증가, 천식 발병과의 상관성이 보고되었다(미국 환경청, 2009, 2012).

Table 4. The study on the impact of $\text{PM}_{2.5}$ on human by exposure periods

노출 기간	건강에 미치는 영향	인과관계
단기노출	호흡기계	거의 명확
	심혈관계	명확
	중추신경계	불충분
	사 망	명확
장기노출	호흡기계	거의 명확
	심혈관계	명확
	사 망	명확
	생식, 발달	시사
	발암, 변이원성, 유전독성	시사

(source : EPA, 2009, 2012)

일본 환경성에서 연구한 초미세먼지가 건강에 미치는 영향조사 결과를 보면 호흡기계 질환은 천식으로 인해 진단을 받은 경우를 제외하고는 해외 각국과 거의 동일하게 영향이 있는 것으로 결과가 나왔지만, 순환기계 질환은 단기노출과 장기노출 모두 영향을 미치지 않는다고 보고되었다(일본 환경위생센터, 2013).

우리나라는 2006년부터 2010년까지 서울시를 대상으로 초미세먼지 농도가 사망에 미치는 영향을 정량적으로 평가한 결과 초미세먼지 농도가 사망발생 위험을 통계적으로 유의하게 높이는 것으로 조사되었다. 전체 연령 집단과 65세 이상 연령집단에서 초미세먼지 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 전체 원인 사망위험은 0.95% 높이는 것으로 보고되었다(한국환경정책평가연구원, 2012).

이와 같이 국내·외의 초미세먼지의 건강영향과 관련된 선행 연구사례 조사 결과 초미세먼지가 사망률과 호흡기계 및 순환기계 질환 등 건강에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

2.2 연구대상 지역 선정

환경부는 대기오염의 장거리 이동현상, 황사, 오존 및 시정장애, 고농도 대기 오염 현상의 원인규명과 특성파악 등 우리나라 주요 권역별 대기환경 특성을 분석하기 위해 2007년 인천시 옹진군 백령도를 시작으로 2014년까지 전국 7개 지역에 대기오염 집중측정소를 설치하여 초미세먼지 등 유해대기 오염물질을 실시간으로 측정하고 있다.

Table 5. The list of Air Monitoring Centers in each region

구 분	백령도	수도권	남부권	중부권	제주도	영남권
운영일	2008년 12월	2009년 7월	2008년 12월	2010년 10월	2012년 2월	2013년 2월
위 치	인천시 옹진군 백령도	서울시 은평구 불광동	광주시 북구 오룡동	대전시 중구 문화동	제주시 애월읍	울산시 중구 성안동
설치목적	배경대기	도시대기	도시대기	도시대기	배경대기	공단지역

본 연구에서는 초미세먼지 농도와 관련 질환과의 상관성 분석을 위한 연구 대상 지역으로 대기오염 집중측정소를 설치하여 운영 중인 지역 중 배경지역으로 오염원 배출원이 적은 섬지역인 인천시 옹진군(백령도)을 선정하고, 비교를 위한 도시지역은 전국의 권역별 대표지역으로 수도권은 서울시 은평구, 중부권은 대전시 중구, 남부권은 광주시 북구 등 3개 지역을 선정하였다.

2.3 초미세먼지 농도 측정 및 기상관측

2.3.1 초미세먼지 농도 측정

초미세먼지 농도 측정기간은 2011년부터 2013년까지 3년 동안으로 초미세먼지 농도는 연구대상 지역에 위치한 대기오염 집중측정소에서 매일 자동측정망을 이용하여 1시간 간격으로 측정된 자료를 일 자료로 환산하여 총 4,245일간의 유효자료를 확보하였다.

Table 6. Data of PM_{2.5} in the study areas(day)

년 도	합 계 (일)	인천시 옹진군 백령도	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
2011	1,371	340	362	305	364
2012	1,435	356	356	366	357
2013	1,439	356	362	365	356
총 계	4,245	1,052	1,080	1,036	1,077

초미세먼지 농도 측정방법은 환경정책기본법 시행령에서 중량농도법 또는 이에 준하는 자동측정법으로 규정하고 있다. 이에 따라 대기오염 집중측정소에서는 자동측정법으로 베타선흡수법(베타선법)을 이용하여 초미세먼지 농도를 측정하고 있다.

베타선법에 의한 측정의 정확성과 통일성을 갖추기 위해 국립환경과학원에서 대기오염공정시험기준을 ‘환경대기 중 미세먼지 (PM_{2.5}) - 베타선법(Particulate Matter less than 2.5 μm in Ambient Air - Beta-ray Method)’을 제정하여 활용하고 있다.

베타선법은 대기 중에 부유하고 있는 입자상물질을 일정시간 여과지 위에 채취하여 베타선을 투과시켜 입자상 물질의 질량농도를 연속적으로 측정하는 방법이다. 즉 베타선을 방출하는 베타선 광원으로부터 조사된 베타선이 필터 위에 채취된 먼지를 통과할 때 흡수되는 베타선의 세기를 비교 측정하여 대기 중 미세먼지의 질량농도를 측정한다.

측정결과는 표준상태(25°C, 1기압)로 환산된 단위부피 당 질량농도로 나타내며, 측정 단위는 국제단위계인($\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 사용한다. 측정 질량농도의 최소 검출한계는 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이며, 측정범위는 0~1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다.

베타선에 의한 측정장치의 구성은 공기흡입부, 분립장치, 유량조절부, 테이프 여과지, 교정부, 시료채취 시간 조정부, 베타선 광원 베타선 감지부, 연산장치 등으로 나누어진다.

측정된 초미세먼지의 계산은 베타선을 방출하는 광원으로부터 조사된 베타선이 여과지 위에 채취된 먼지를 통과할 때 흡수 소멸하는 베타선의 차로서 측정되며 다음 식에 따른다.

$$I = I_0 \cdot \exp(-\mu X)$$

여기서, I = 여과지에 채취된 분진을 투과한 베타선 강도

I_0 = blank 여과지에 투과된 베타선 강도

μ = 미세먼지에 의한 베타선 질량 흡수 소멸 계수 ($\text{cm}^2/\mu\text{g}$)

X = 단위면적당 채취된 분진의 질량 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

2.3.2 기상관측

연구대상 지역의 기상관측 자료는 기온(air temperature), 습도(air humidity), 풍속(wind speed)을 대상으로 하였으며, 산출기간은 초미세먼지 농도 측정기간과 일치되도록 2011년부터 2013년까지 3년 동안으로 초미세먼지 농도를 측정할 지역의 대표 기상관측소에서 관측된 매일별 평균값 자료를 활용하였다.

Table 7. The list of meteorological stations in the study areas

권역	연구대상 지역	기상관측소명
배경지역	인천시 옹진군 백령도	백령도 기상대
수도권	서울시 은평구	서울기상관측소
중부권	대전시 중구	대전지방기상청
남부권	광주시 북구	광주지방기상청

기상관측 방법은 기상관측의 원칙, 관측에 사용되는 측기 취급법, 관측 순서, 관측값의 정리와 보고 방법 등 관측에 필요한 사항을 규정한 기상표준화법을 근거로 하여 기상청에서 제정한 ‘지상기상관측지침’을 기준으로 하고 있다.

기상관측 장비에서 기본적으로 기온, 풍향·풍속, 강수량, 기압, 습도, 강수 유무 등의 기상요소가 자동으로 측정되어 중앙으로 수집되고 있다. 과거에는 기온과 습도 측정을 백엽상에 측정기기를 넣어 사용했지만 지금은 차광통이라 불리는 등근형태의 통 안에 넣어 측정하고 있다. 차광통은 공기는 통하지만 직사광선은 차단되도록 제작되어 있고 내부와 외부 공기의 온도가 같아지도록 강제로 공기를 순환시키는 방식으로 되어 있다.

기온은 대기의 온도를 말하며, 우리나라는 지면으로부터 1.5m 높이를 기준으로 하고 있다. 현재 기상청에서 사용하는 있는 기온센서는 전기저항을 이용하여 기온을 측정하는 백금선 형태로 되어 있으며 1분마다 기온값을 생산하고 있다. 측정범위는 $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$, 정확도는 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이내, 분해능은 0.1°C 를 가지고 있다.

습도는 현재 공기 속에 있는 수증기의 양과 그 온도에서의 포화수증기의 양과의 비를 말한다. 즉 포화증기압에 대한 현재의 수증기압의 백분율 또는 포화혼합비에 대한 현재의 혼합비의 백분율을 가리킨다. 보통 습도라고 하면 이 상대습도(relative humidity)를 말한다. 습도센서는 정전용량 방식으로 1분마다 습도값을 생산하고 있다. 측정범위는 0~100%, 정확도는 $\pm 3\%$ 이내로서 정수 단위의 %로 표시하고 있다.

기온과 습도는 매분마다 생산되는데 매분자료는 해당하는 과거 1분 내 10초마다 생산되는 자료 6개를 평균하여 산출한다. 매시간 기온은 정시(00분)에 생산된 값으로 한다. 일평균기온(daily mean temperature)과 일평균습도(daily mean humidity)는 당일 03시, 06시, 09시, 12시, 15시, 18시, 21시, 24시의 8개의 값을 평균하여 산출한다.

풍속은 지표면에 대한 상대적인 공기의 운동을 바람이라 하고, 바람의 속도를 풍속이라고 한다. 즉, 풍속은 공기가 이동한 경로의 길이와 이동에 소요된 시간과의 비로 %, knot, km/hr 등으로 표시하며, 풍속의 경우도 매분마다 생산되는데, 매분자료는 과거 1분 내 10초마다 생산되는 자료 6개를 평균하여 산출한다. 일평균 풍속(daily mean wind speed)은 하루(00~24시) 동안의 매분 풍속자료 1,440개를 평균하여 산출한다.

2.4 초미세먼지 배출량

초미세먼지 배출원별 배출량과 초미세먼지 농도의 상관관계를 파악하기 위해 연구대상 4개 지역의 초미세먼지 배출원별 배출량 자료를 조사하였다.

초미세먼지 배출원별 배출량 자료는 국립환경과학원의 대기정책지원시스템(CAPSS : Clean Air Policy Support System)의 2011년과 2012년 대기오염물질 배출량 자료를 활용하였다.

배출량을 산정하기 위해서는 유관기관과 배출업소의 자료 구축이 필요하며 배출업소의 경우 1~3종 사업장 조사시스템(SEMS)의 연료사용량, 굴뚝정보, 방지시설, 소각량 및 제품생산량 자료와 굴뚝원격감시시스템(CleanSys)의 측정자료를 활용하고 있다. 2012년 기준 120여개 유관기관으로부터 96여종의 자료를 입수하여 자료 구축 시 250여종으로 세분화하였으며, 자료 생산기간이 상이함에 따라 2년의 시간 간격을 두고 배출량을 산정하고 있다.

초미세먼지 배출량은 CAPSS의 대기오염물질 배출량 대분류 체계(13개) 중 초미세먼지 배출과 관련이 있는 7개 배출원(비산업연소, 제조업연소, 생산공정, 도로이동오염원, 비도로 이동오염원, 폐기물처리, 기타 먼오염원)을 대상으로 산출하였다.

2.5 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수

조사대상 질병은 국내·외의 초미세먼지 건강영향 관련 선행연구에서 영향이 있다고 밝혀진 호흡기계 및 순환기계 질환으로 선정하였다. 세부적으로 호흡기계 및 순환기계 질환 전체와 다빈도 질환 등 개별 질환 일부를 선정하였다. 개별 질환으로 호흡기계는 급성 상기도 감염군(급성 비인두염, 급성 부비동염, 급성 후두염 및 기관염), 급성 하기도 감염군(급성 기관지염, 급성 세기관지염), 혈관운동성 및 알레르기성 비염, 만성 하기도 질환군(천식, 천식 지속상태) 등 4개 질병군의 8개 질환을 선정하였고, 순환기계는 고혈압성 심장병, 협심증, 급성 심근경색증, 뇌경색증 등 4개 질환을 선정하였다.

질병 자료와 환자수 산출은 건강보험심사평가원의 연구대상 지역 소재 요양기관(한의원, 치과병원 제외)의 진료비 청구 심사 자료를 활용하였으며, 산출 시기는 요양급여 개시일(진료일)을 기준으로 2011년부터 2013년까지 3년 동안으로 하였고, 연령은 모든 연령을 대상으로 하였다.

질병 자료는 요양기관에서 환자 진료 중 진단명이 확정되지 않은 상태에서의 호소, 증세 등에 따라 일차 진단명을 부여하고 청구한 내역 중 주 진단명을 기준으로 발췌한 것이므로 최종 확정된 질병명과는 다를 수 있다.

호흡기계 및 순환기계 질환의 질병분류는 한국질병분류 정보센터의 질병분류 코드(KOICD)를 근거로 하였으며 한국표준질병·사인분류(KCD)는 의무기록 자료, 사망원인 통계조사 등 질병이환 및 사망자료를 그 성질의 유사성에 따라 모든 형태의 질병 및 기타 보건문제를 분류하는데 이용하고 있다.

Table 8. Respiratory and circulatory disease classification

구 분	포함 항목군	개별 질병(질병코드)
호흡기 계통의 질환 (J00~J99)	급성 상기도 감염	급성 비인두염(J00), 급성 부비동염(J01), 급성 후두염 및 기관염(J04)
	급성 하기도 감염	급성 기관지염(J20), 급성 세기관지염(J21)
	상기도의 기타 질환	혈관운동성 및 알레르기성 비염(J30)
	만성 하기도 질환	천식(J45), 천식 지속상태(J46)
순환기 계통의 질환 (I00~I99)	고혈압질환	고혈압성 심장병(I11)
	허혈성 심장질환	협심증(I20), 급성 심근경색증(I21)
	뇌혈관 질환	뇌경색증(I63)

(source : Koicd, 2014)

2.6 통계분석

연구대상 지역의 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환의 상관성 분석을 위한 모든 통계학적 분석은 SAS version 9.3(SAS Institute Cary, NC)을 사용하였으며, 통계적 유의성 검정은 유의수준(α) 0.01과 0.05를 적용하였다.

주요 통계 분석내용은 아래와 같으며, 분석결과에 대해 청정지역과 도시 지역을 상호 비교하였다.

연구대상 지역의 기상상태, 초미세먼지 배출량 및 농도, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 등의 변화 추세 파악을 위해 기술통계 분석을 실시하였다.

기상상태 및 초미세먼지 배출량이 초미세먼지 농도에 영향을 미치는지 상관성을 파악하기 위하여 Pearson 이변량 상관분석을 실시하였다.

초미세먼지 발생 후 기간 경과(당일, 1일차, 2일차, 3일차)에 따라 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생수에 유의한 차이가 있는지 파악하기 위해 독립T 검정을 실시하였다.

초미세먼지 농도가 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생에 유의한 영향을 미치는지 파악하기 위해 상관성 분석을 실시하였다.

기상상태를 고려한 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생의 상관성 파악을 위해 다변량 회귀분석을 실시하였다.

초미세먼지 농도를 고려한 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수를 예측하기 위해 시계열 분석(Reg-ARIMA)을 실시하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상 지역 현황

본 연구에서 청정지역으로 선정한 인천시 옹진군은 황해의 경기만에 도서로 이루어진 지역으로 면적은 172km², 인구는 20,196명이다. 행정구역으로 7개면 75개리가 있으며 주민들은 주로 농업과 어업(1차 산업)에 종사하고 있으며 의료기관은 보건소와 의원 등이 10개 운영되고 있다.

권역별 대표 도시지역으로 선정한 3개 지역 중 수도권의 서울시 은평구는 서울시의 북서부에 위치해 있으며 면적은 29.6km²로 서울시 면적의 약 4.9%에 해당하며 인구는 총 494,712명이 거주하는 전형적인 도시지역이다. 의료기관은 422개소가 운영되고 있다.

충청남도 동남부에 위치한 중부권의 대전시 중구의 면적은 62.13km²로 대전시 면적의 약 11.5%에 해당하며 인구는 총 261,833명이 거주하는 전형적인 도시지역이다. 의료기관은 280개소가 운영되고 있다.

남부권의 광주시 북구는 광주시의 북동부에 위치하고 있으며 면적은 121.75km²로 광주시 면적의 약 24.3%에 해당하며 인구는 총 442,044명이 거주하는 전형적인 도시지역이다. 의료기관은 369개소가 운영되고 있다.

Table 9. General status in the study areas

권역	대상지역	면적(km ²)	인구수(명, '13년 기준)
배경지역	인천시 옹진군	172	20,196
수도권	서울시 은평구	29.60	494,712
중부권	대전시 중구	62.13	261,833
남부권	광주시 북구	121.75	442,044

(source : KOSIS, <http://kosis.kr>, 2013)

2. 연구대상 지역의 초미세먼지 배출량

초미세먼지(PM_{2.5}) 배출량은 국립환경과학원에서 대기정책지원시스템(CAPSS)을 이용하여 2013년부터 '2011년 배출량'을 대상으로 처음 산정하기 시작했으며, 현재 2012년 배출량까지 산정하였다. 이에 따라 연구대상 지역의 2011년과 2012년의 초미세먼지 배출량 자료를 분석하였다.

배출원은 CAPSS의 대기오염물질 배출량 대분류 체계(13개) 중 초미세먼지 배출과 관련이 있는 7개(비산업연소, 제조업연소, 생산공정, 도로이동오염원, 비도로 이동오염원, 폐기물처리, 기타 먼오염원)를 대상으로 하였다.

2011년 연구대상 4개 지역의 초미세먼지 총 배출량은 220,226kg으로 전국 총 배출량(81,793,000kg)의 0.27%를 차지하였다. 연구대상 4개 지역별로는 광주시 북구가 90,300kg(0.11%)으로 가장 많고, 이어 서울시 은평구(64,442kg, 0.08%), 대전시 중구(57,186kg, 0.07%) 순이었으며, 인천시 옹진군이 8,298kg(0.01%)으로 가장 적었다. 초미세먼지 농도에 가장 많은 영향을 미치는 도로이동오염원의 배출량은 광주시 북구가 63,001kg으로 가장 많고, 이어 대전시 중구(36,656kg), 서울시 은평구(31,829kg), 인천시 옹진군(2,755kg) 순으로 조사되었다.

2012년 연구대상 4개 지역의 초미세먼지 총 배출량은 261,990kg으로 전국 총 배출량(76,287,005kg)의 0.34%를 차지하였다. 연구대상 4개 지역별로는 광주시 북구가 135,859kg(0.18%)으로 가장 많고, 이어 대전시 중구(59,504kg, 0.08%), 서울시 은평구(53,701kg, 0.07%) 순이었으며, 인천시 옹진군이 12,926kg(0.01%)으로 가장 적었다. 도로이동오염원의 배출량은 광주시 북구가 67,577kg으로 가장 많고, 이어 대전시 중구(38,744kg), 서울시 은평구(29,069kg), 인천시 옹진군(3,732kg) 순으로 조사되었다.

2011년 대비 2012년도에 초미세먼지 총 배출량은 전국적으로는 6.7% 감소하였으나, 연구대상 4개 지역별로 보면 서울시 은평구만 16.7% 감소하고, 나머지 지역은 전체적으로 4.1~55.8% 증가하였다(인천시 옹진군 55.8%, 대전시 중구 4.1%, 광주시 북구 50.5%). 인천시 옹진군은 섬지역의 특성상 도로이동오염원 배출량이 비도로이동오염원 배출량보다 적은 반면, 기타 도시지역은 도로이동오염원 배출량이 비도로이동오염원 배출량보다 많게 조사되었다.

Table 10. PM_{2.5} Emission in the study areas

(Unit : kg/yr)

배출원 대분류	인천시 옹진군		서울시 은평구		대전시 중구		광주시 북구	
	'11년	'12년	'11년	'12년	'11년	'12년	'11년	'12년
비산업 연소	442	799	5,940	6,028	6,859	6,518	9,245	8,207
제조업 연소	66	98	58	3	133	80	62	70
생산공정					29	35	200	179
도로이동오염원	2,755	3,732	31,829	29,069	36,656	38,744	63,001	67,577
비도로이동오염원	4,796	8,072	25,089	17,209	12,142	12,859	15,796	57,983
폐기물처리	32	27	148	182			151	158
기타 면오염원	207	198	1,378	1,210	1,367	1,268	1,845	1,685
합 계	8,298	12,926	64,442	53,701	57,186	59,504	90,300	135,859

(source : NIER, CAPSS, 2014, 2015)

* 인천시 옹진군 배출원 중 에너지산업연소 배출량은 백령도에 관련 시설이 없어 제외함.

3. 연구대상 지역의 기상관측 현황

연구대상 4개 지역의 기상관측소에서 2011년부터 2013년까지 3년 동안 산출한 총 4,384일(연간 평균 365일)의 기상관측 자료를 분석하였다.

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 평균기온은 12.4℃로 나타났으며, 연도별 평균기온 범위는 2011년 12.2℃에서 2013년 12.7℃로 점차 높아지는 추세로 나타났다. 일평균을 기준으로 최고기온은 31.9℃(대전시), 최저기온은 -14.5℃(서울시)로 나타났다. 각 지역별 3년 동안 평균기온은 4개 지역 중 광주시가 13.9℃로 가장 높았으며, 인천시 옹진군 백령도가 10.5℃로 가장 낮았다. 각 년도를 기준으로 살펴볼 때도 광주시가 2013년도에 14.3℃로 가장 높게 나타났다.

Table 11. The average air temperature in the study areas

(Unit : ℃)

기온	백령도	서울	대전	광주	평균기온
2011년	10.3	12.1	12.6	13.8	12.2
2012년	10.5	12.3	12.6	13.7	12.3
2013년	10.7	12.6	13.1	14.3	12.7
3년간 평균	10.5	12.3	12.8	13.9	12.4

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 평균습도는 66%로 나타났으며, 연도별 평균습도 범위는 65~68% 범위를 보였다. 일평균을 기준으로 최고습도는 100%(인천시 옹진군 백령도, 대전시), 최저습도는 20%(서울시)로 나타났다. 각 지역별 3년 동안 평균습도는 4개 지역 중 섬지역인 인천시 옹진군 백령도가 71%로 가장 높았으며, 서울시가 59%로 가장 낮았다.

Table 12. The average air humidity in the study areas

(Unit : %)

습도	백령도	서울	대전	광주	평균습도
2011년	72	60	64	69	66
2012년	70	57	68	67	65
2013년	71	60	73	66	68
3년간 평균	71	59	68	67	66

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 평균풍속은 2.8m/s로 나타났으며, 연도별 평균습도 범위는 2.7~2.8% 범위를 보였다. 일평균을 기준으로 최고풍속은 14.7m/s(인천시 옹진군 백령도), 최저풍속은 0.5m/s(광주시)로 나타났다. 각 지역별 3년 동안 평균풍속은 4개 지역 중 섬지역인 인천시 옹진군 백령도가 4.5m/s로 가장 높았으며, 대전시가 1.7m/s로 가장 낮았다.

Table 13. The average wind speed in the study areas

(Unit : m/s)

풍속	백령도	서울	대전	광주	평균풍속
2011년	4.3	2.7	1.8	2.1	2.7
2012년	4.6	2.8	1.8	2.2	2.8
2013년	4.5	2.8	1.6	2.1	2.7
3년간 평균	4.5	2.8	1.7	2.1	2.8

4. 연구대상 지역의 초미세먼지 농도 현황

연구대상 4개 지역의 대기오염 집중측정소에서 2011년부터 2013년까지 3년 동안 산출한 총 4,245일(연간 평균 354일, 연간 유효자료 산출율 97%)의 초미세먼지 농도 자료를 분석하였다.

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 초미세먼지 평균 농도는 $27\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 4개 지역 중 서울시 은평구가 $30.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고, 이어 대전시 중구, 광주시 북구 순이었으며, 인천시 옹진군 백령도가 $22.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮았다. 기간경과에 따른 평균농도 변화는 2011년 $22.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2013년 $32.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 점차 높아지는 추세로 나타났다. 4개 지역 중 대전시 중구가 $18.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 많이 높아졌고, 이어 서울시 은평구($12.3\mu\text{g}/\text{m}^3$), 광주시 북구($6.6\mu\text{g}/\text{m}^3$) 순이었으며, 인천시 옹진군 백령도가 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 증가폭이 가장 낮게 나타났다.

Table 14. Pollution degree of PM_{2.5} in the study areas

(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	2011년	2012년	2013년	3년간 평균
인천시 옹진군 백령도	19.8	21.5	25.8	22.4
서울시 은평구	25.8	28.3	38.1	30.7
대전시 중구	19.5	30.1	37.8	29.1
광주시 북구	23.2	24.8	29.8	25.9
연도별 평균	22.1	26.2	32.9	27.0

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 초미세먼지 고농도 지속시간 분석결과($50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 기준으로 6시간, 12시간, 18시간 이상을 연속하여 초과한 경우) 총 525회(2011년 104회, 2012년 135회, 2013년 286회)로 나타났으며, 기간이 경과 할수록 초과횟수가 증가하였다. 지역별로는 서울시 은평구가 189회로 가장 많았고, 이어 대전시 중구(124회), 광주시 북구(115회) 순이었으며, 인천시 옹진군 백령도가 97회로 가장 낮게 조사되었다.

Table 15. The exceed numbers of the high concentrations of PM_{2.5}

(Unit : number)

구 분	2011년	2012년	2013년	3년간 합계
인천시 옹진군 백령도	26	26	45	97
서울시 은평구	33	63	93	189
대전시 중구	3	22	99	124
광주시 북구	42	24	49	115
연도별 합계	104	135	286	525

각 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 초미세먼지 대기환경기준(일 평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 연간 평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과일수 분석결과 일 기준은 총 434일(2011년 69일, 2012년 108일, 2013년 257일) 초과하였고 기간이 경과할수록 초과횟수가 증가하였다. 지역별로는 서울시 은평구가 161회로 초과횟수가 가장 많고, 인천시 옹진군 백령도가 67회로 초과횟수가 가장 적었다. 연간 기준은 2011년에는 서울시 은평구만 초과하였으나 2012년에는 서울시 은평구와 대전시 중구가 초과하였고, 2013년에는 4개 지역 모두 연간 기준을 초과하였다.

Table 16. The exceed numbers of concentration of PM_{2.5} by Air Quality Standards

(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$, day)

구 분	2011년		2012년		2013년	
	연평균	일기준 초과일	연평균	일기준 초과일	연평균	일기준 초과일
인천시 옹진군 백령도	19.8	16	21.5	13	25.8	38
서울시 은평구	25.8	26	28.3	45	38.1	90
대전시 중구	19.5	8	30.1	38	37.8	93
광주시 북구	23.2	19	24.8	12	29.8	36
합 계	22.1	69	26.2	108	32.9	257

5. 연구대상 지역의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수

본 연구대상 4개 지역에서 2011년부터 2013년까지 3년 동안 해당지역 소재 요양기관(한의원, 치과병원 제외)에서 호흡기계 및 순환기계 질환으로 진료를 받은 누적 환자수(전체인구 기준)는 총 16,694천명이며, 기간경과에 따른 변화는 2011년 대비 2012년에 3.5% 증가하였으나, 2013년에는 1.4% 감소하였다(2011년 5,462천명, 2012년 5,655천명, 2013년 5,577천명).

호흡기계질환 환자수가 12,460천명으로 순환기계질환 환자수 4,234천명 보다 1.9배(8,226천명) 많았으며, 각 지역별로는 호흡기계질환 환자가 순환기계질환 환자보다 서울시 은평구 3,476천명, 광주시 북구 3,111천명, 대전시 중구 1,620천명, 인천시 옹진군 18천명이 더 많은 것으로 나타났다.

인구대비 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수(2013년 기준) 비율은 458% (전체인구 1,219천명, 환자수 5,577천명)로 인구 1명당 연간 호흡기계 및 순환기계 질환으로 평균 4.6회 진료를 받은 것으로 조사되었다.

Table 17. The numbers of respiratory and circulatory diseases cases

(Unit : person)

질병별	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
호흡기계질환	77,246	4,902,229	3,009,913	4,470,625	12,460,013
순환기계질환	58,916	1,425,933	1,389,837	1,359,665	4,234,351
합 계	136,162	6,328,162	4,399,750	5,830,290	16,694,364

5.1 호흡기계질환 환자수

연구대상 4개 지역에서 2011년부터 2013년까지 3년 동안 호흡기계 질환으로 진료를 받은 누적 환자수는 총 12,460천명이며, 각 지역별로는 서울시 은평구가 4,902천명으로 가장 많았고, 이어 광주시 북구 4,471천명, 대전시 중구 3,010천명 순이었으며 인천시 옹진군이 77천명으로 가장 적었다.

기간경과에 따른 변화는 2011년 대비 2012년에 3.1% 증가하였으나, 2012년 대비 2013년에는 1.9% 감소하였다. 각 지역별로는 인천시 옹진군은 지속적으로 증가하였으나, 도시 3개 지역은 2011년대비 2012년에 증가하다가 2013년에 다시 감소하였다.

Table 18. The numbers of respiratory diseases cases

(Unit : person)

구 분	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
2011년	22,554	1,594,252	1,011,518	1,467,309	4,095,633
2012년	25,995	1,656,125	1,019,100	1,521,748	4,222,968
2013년	28,697	1,651,852	979,295	1,481,568	4,141,412
합 계	77,246	4,902,229	3,009,913	4,470,625	12,460,013

연구대상 4개 지역의 인구대비 호흡기계질환 환자수(2013년 기준) 비율은 340%(전체인구 1,219천명, 환자수 4,141천명)로 인구 1명당 연간 호흡기계 질환으로 평균 3.4회 진료를 받은 것으로 조사되었다. 지역별로는 인천시 옹진군이 142%(1.4회)로 가장 낮았고, 나머지 3개 도시지역은 334~374%(약 3회)로 비슷한 분포를 보였다.

Table 19. The causing rate of patients with respiratory diseases in the population of the study areas

(Unit : person)

구 분	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
인 구	20,196	494,712	261,833	442,044	1,218,785
환자수	28,697	1,651,852	979,295	1,481,568	4,141,412
환자발생률 (환자수/인구)	142%	334%	374%	335%	340%
년간 요양기관 평균 방문횟수	1.4회	3.3회	3.7회	3.4회	3.4회

호흡기계 개별 질병군의 환자수는 급성 상기도 감염군(급성 비인두염, 급성 부비동염, 급성 후두염 및 기관염)이 2,157천명(17.3%), 급성 하기도 감염군(급성 기관지염, 급성 세기관지염)이 4,109천명(33%), 혈관운동성 및 알레르기성비염이 1,000천명(8.0%), 만성 하기도 질환군(천식, 천식지속상태)이 545천명(4.4%)으로 조사되었다.

조사대상 4개 호흡기계 질병군 중 환자수가 가장 많은 급성 하기도 감염군의 지역별 분포는 서울시 은평구가 1,703천명으로 가장 많았고, 이어 광주시 북구, 대전시 중구 순이었으며 인천시 옹진군이 6천명으로 가장 적었으며, 기간경과에 따라 4개 지역 모두 지속적으로 증가하였다.

Table 20. The numbers of patients with the acute lower respiratory infections

(Unit : person)

구 분	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
2011년	1,990	501,636	296,438	399,759	1,199,823
2012년	2,411	530,038	297,909	440,560	1,270,918
2013년	2,018	670,914	435,523	530,126	1,638,581
합 계	6,419	1,702,588	1,029,870	1,370,445	4,109,322

5.2 순환기계질환 환자수

연구대상 4개 지역에서 2011년부터 2013년까지 3년 동안 순환기계 질환으로 진료를 받은 누적 환자수는 총 4,234천명이며, 각 지역별로는 서울시 은평구가 1,426천명으로 가장 많았고, 이어 대전시 중구 1,390천명, 광주시 북구 1,360천명 순이었으며 인천시 옹진군이 59천명으로 가장 적었다.

기간경과에 따라 환자수가 지속적으로 증가하였다(2011년 대비 2012년 4.8%, 2012년 대비 2013년 0.2%). 각 지역별로는 광주시 북구가 2011년 대비 2012년에 증가하다가 2013년에 소폭 감소하였고, 그 외 인천시 옹진군과 서울시 은평구, 대전시 중구는 지속적으로 증가하였다.

Table 21. The numbers of circulatory diseases cases

(Unit : person)

구 분	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
2011년	19,380	459,459	443,014	444,769	1,366,622
2012년	19,596	481,356	473,030	458,261	1,432,243
2013년	19,940	485,118	473,793	456,635	1,435,486
합 계	58,916	1,425,933	1,389,837	1,359,665	4,234,351

연구대상 4개 지역의 인구대비 순환기계질환 환자수(2013년 기준) 비율은 118%(전체인구 1,219천명, 환자수 1,435천명)로 인구 1명당 연간 순환기계 질환으로 평균 약 1회 진료를 받은 것으로 조사되었다. 각 지역별로는 대전시 중구가 1.8회로 가장 높았고, 나머지 지역은 약 1회로 비슷한 분포를 보였다.

Table 22. The causing rate of patients with diseases in the population of the study areas

(Unit : person)

구 분	인천시 용진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
인 구	20,196	494,712	261,833	442,044	1,218,785
환자수	19,940	485,118	473,793	456,635	1,435,486
환자발생률 (환자수/인구)	98.7%	98.1%	181%	103%	118%
년간 요양기관 평균 방문횟수	1회	1회	1.8회	1회	1회

순환기계 개별 질환별 환자수는 고혈압성 심장병이 131천명(3.1%), 협심증이 224천명(5.3%), 급성 심근경색증이 20천명(0.5%), 뇌경색증이 184천명(4.3%)으로 조사되었다.

조사대상 4개 질환 중 환자수가 가장 많은 협심증의 지역별 분포는 대전시 중구가 126천명으로 가장 많았고, 이어 광주시 북구, 서울시 은평구 순이었으며 인천시 용진군이 170명으로 가장 적었으며, 기간경과에 따른 변화는 인천시 용진군은 감소추세를 보이고 도시지역은 증가추세를 보였다. 대전시 중구의 인구대비 협심증 환자수 비율이 16.6%로 다른 지역의 0.2~6.4% 대비 월등히 높은 분포를 나타냈다.

Table 23. The numbers of patients with the angina

(Unit : person)

구 분	인천시 용진군	서울시 은평구	대전시 중 구	광주시 북 구	합 계
2011년	71	6,308	38,400	24,507	69,286
2012년	49	6,416	43,732	26,881	77,078
2013년	50	6,636	43,396	27,966	78,048
합 계	170	19,360	125,528	79,354	224,412

6. 인구 1,000명당 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수

2011년부터 2013년까지 3년 동안 연구대상 4개 지역에서 호흡기계 및 순환기계 질환으로 진료를 받은 환자수를 인구 1,000명 기준으로 분석하였다.

4개 지역에서 3년 동안 평균 4,566명의 환자가 발생하였고, 각 지역별로는 대전시 중구가 5,601명으로 가장 많았고, 이어 광주시 북구 4,397명, 서울시 은평구 4,264명, 인천시 옹진군 2,247명 순으로 나타났다. 인천시 옹진군의 환자수 대비 도시지역의 환자수가 약 2배 정도 높게 나타났다.

Table 24. The numbers of respiratory and circulatory diseases cases per 1000 people
(Unit : person)

구 분	합계	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시중구	광주시 북구
2011년	4,482	2,076	4,151	5,555	4,326
2012년	4,640	2,257	4,321	5,699	4,479
2013년	4,576	2,408	4,320	5,550	4,385
평 균	4,566	2,247	4,264	5,601	4,397

호흡기계질환 환자는 3년 동안 평균 3,408명이 발생하였으며, 대전시 중구가 3,832명으로 가장 많았고, 이어 광주시 북구, 서울시 은평구, 인천시 옹진군 순으로 조사되었으며, 전체 인구 대비 환자수 분포 순서(서울시 은평구, 광주시 북구, 대전시 중구, 인천시 옹진군 순)와 다른 결과를 보였다. 인천시 옹진군의 환자수 대비 도시지역의 환자수가 2.7배 많은 것으로 조사되었다.

Table 25. The numbers of respiratory diseases cases per 1000 people
(Unit : person)

구 분	합계	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시중구	광주시 북구
2011년	3,360	1,117	3,223	3,863	3,319
2012년	3,465	1,287	3,348	3,892	3,443
2013년	3,398	1,421	3,339	3,740	3,352
평 균	3,408	1,275	3,303	3,832	3,371

호흡기계질환 중 환자수가 가장 많은 급성 기관지염은 3년 동안 평균 911명의 환자가 발생하였으며, 지역별로는 서울시 은평구가 962명으로 가장 많았고 이어 광주시 북구 900명, 대전시 중구 894명, 인천시 옹진군 85명 순으로 나타났다.

전체 호흡기계질환 환자수는 대전시 중구가 가장 많았으나, 급성 기관지염 환자는 서울시 은평구가 가장 많았다. 인천시 옹진군의 환자수 대비 도시지역의 환자수가 약 11배 많은 것으로 조사되었다.

Table 26. The numbers of patients with the acute bronchitis cases per 1000 people
(Unit : person)

구 분	합계	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
2011년	852	90	906	891	804
2012년	912	99	958	871	923
2013년	967	67	1,023	921	972
평 균	911	85	962	894	900

순환기계 질환은 3년 동안 평균 1,158명의 환자가 발생하였으며, 대전시 중구가 1,769명으로 가장 많았고, 이어 광주시 북구 1,025명, 인천시 옹진군 972명, 서울시 은평구 961명 순으로 나타났다. 대전시 중구 환자수가 다른 3개 지역에 비해 1.7~1.8배 많은 것으로 조사되었다.

Table 27. The numbers of circulatory diseases cases per 1000 people
(Unit : person)

구 분	합계	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
2011년	1,121	960	929	1,692	1,006
2012년	1,175	970	973	1,807	1,037
2013년	1,178	987	981	1,810	1,033
평 균	1,158	972	961	1,769	1,025

7. 상관성 분석 결과

7.1 초미세먼지 배출량과 초미세먼지 농도의 상관성

연구대상 4개 지역의 2011년과 2012년 2년 동안의 초미세먼지 배출량과 초미세먼지 연평균 농도의 상관관계 파악을 위한 Pearson 이변량 상관분석 결과 초미세먼지 배출원 중 ‘폐기물 처리’에 의한 배출량이 연평균 초미세먼지 농도와 양의 상관관계($\rho=0.855$)로 나타나, 폐기물처리에 의한 배출량이 많을수록 연평균 초미세먼지 농도가 높아지는 것으로 분석되었다. 그 외 초미세먼지 배출원별 배출량은 초미세먼지 농도에 상관성을 보이지 않았다.

Table 28. The correlation of PM_{2.5} between the concentration and emission

구 분	상 관 계 수						
	비산업연소	제조업연소	도 로 이동오염원	비도로 이동오염원	폐기물처리	기 타 면오염원	총배출량
PM _{2.5} 평균농도	.384	-.594	.287	.237	.855*	.370	.300

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함, * . 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

7.2 기상상태와 초미세먼지 농도의 상관성

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 기상상태와 초미세먼지 농도의 상관관계 파악을 위해 일별(1,096일) 데이터를 기준으로 상관분석을 실시하였다.

분석결과 평균기온은 연구대상 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타나, 평균기온이 높을수록 초미세먼지 농도가 낮아지는 것으로 분석되었다.

각 지역별로는 대전시 중구의 상관계수(ρ)가 -0.452로 가장 크게 나타났고, 서울시는 평구의 상관계수(ρ)가 -0.186으로 가장 작게 나타났다.

Table 29. The correlation between the concentration of PM_{2.5} and the average air temperature

상 관 계 수				
구 분	인천시 옹진군 백령도	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
PM _{2.5} 평균기온	-.241**	-.186**	-.452**	-.257**
** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함, * 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.				

평균습도의 경우 서울시 은평구는 양의 상관관계로 나타나 평균습도가 높을수록 초미세먼지 농도가 높아지는 것으로 분석되었고, 광주시 북구는 음의 상관관계로 나타나 평균습도가 높을수록 초미세먼지 농도가 낮아지는 것으로 분석되었다. 그 외 인천시 옹진군 백령도와 대전시 중구는 유의한 상관성을 보이지 않았다.

Table 30. The correlation between the concentration of PM_{2.5} and the average air humidity

상 관 계 수				
구 분	인천시 옹진군 백령도	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
PM _{2.5} 평균습도	-.143	.070*	-.150	-.268**
** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함, * 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.				

평균풍속의 경우 인천시 옹진군 백령도는 상관성을 보이지 않았고, 그 외 도시 3개 지역은 음의 상관관계로 나타나, 평균풍속이 높을수록 초미세먼지 농도가 낮아지는 것으로 분석되었다. 각 지역별로는 광주시 북구의 상관계수(ρ)가 -0.471로 가장 크게 나타났고, 서울시 은평구의 상관계수(ρ)가 -0.182으로 가장 작게 나타났다.

Table 31. The correlation between the concentration of PM_{2.5} and the average wind speed

구 분	상 관 계 수			
	인천시 옹진군 백령도	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
PM _{2.5}	.000	-.182**	-.242**	-.471**
평균풍속	***. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함, *. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.			

7.3 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 호흡기계질환 환자수 변화

연구대상 4개 지역에서 초미세먼지 발생 후 기간경과에 따른 호흡기계질환 환자수 차이에 대한 상관성 파악을 위해 독립T검정을 실시하였다.

분석은 주말(토, 일)의 경우 요양기관이 진료를 하지 않는 곳이 많아 환자수가 평일 대비 급격히 적은 점을 고려하여, 2011년부터 2013년까지 3년 동안(1,096일) 주말(314일)을 제외한 평일(782일)의 데이터를 이용하였으며, 유의수준은 0.05를 적용하였다.

초미세먼지 농도는 일 대기환경기준($50\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 기준으로 하여 기준 미만인 날과 기준 이상인 날의 평균 환자수를 초미세먼지 발생 당일, 다음날(1일차), 2일차, 3일차에 대해 분석하였다.

분석대상 질병은 호흡기계질환 전체와 4개 세부 질병군(급성 상기도 감염군, 급성 하기도 감염군, 혈관 운동성 및 알레르기성 비염, 만성 하기도 질환군)으로 하였다.

호흡기계질환 전체의 상관성 분석결과 대전시 중구의 환자수가 초미세먼지 발생 당일에 255명, 1일차에 279명이 증가하는 것으로 나타났으며, 나머지 3개 지역은 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 32. The difference of the average number of patients with respiratory by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 용진군	94.925	95.925	1.000	-1.535	0.125
	서울시 은평구	5112.328	5393.899	281.571	-1.557	0.120
	대전시 중구	3113.103	3368.371	255.268	-2.390	0.017
	광주시 북구	4618.008	4735.796	117.788	-0.502	0.616
1일차	인천시 용진군	95.072	100.750	5.678	-0.957	0.339
	서울시 은평구	5119.475	5346.455	226.980	-1.265	0.206
	대전시 중구	3108.662	3387.800	279.138	-2.560	0.011
	광주시 북구	4618.325	4684.071	65.747	-0.259	0.795
2일차	인천시 용진군	94.987	100.622	5.635	-0.959	0.338
	서울시 은평구	5116.957	5362.884	245.926	-1.369	0.171
	대전시 중구	3122.303	3381.728	259.425	-2.294	0.022
	광주시 북구	4613.376	4753.526	140.150	-0.527	0.599
3일차	인천시 용진군	94.591	102.636	8.046	-1.360	0.174
	서울시 은평구	5153.079	5113.269	-39.810	0.219	0.827
	대전시 중구	3127.696	3367.141	239.445	-2.117	0.035
	광주시 북구	4593.044	4997.561	404.517	-1.596	0.111

급성 상기도 감염군의 상관성 분석결과 대전시 중구의 환자수가 초미세 먼지 발생 당일에 53명, 1일차에 61명, 3일차에 53명이 증가하는 것으로 나타났으며, 나머지 3개 지역은 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 33. The difference of the average number of patients with acute upper respiratory infections by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 옹진군	67.547	75.024	7.478	-1.696	0.090
	서울시 은평구	704.313	748.450	44.136	-1.774	0.076
	대전시 중구	610.475	663.124	52.649	-2.230	0.026
	광주시 북구	878.292	888.265	9.974	-0.200	0.841
1일차	인천시 옹진군	67.722	71.614	3.892	-0.910	0.363
	서울시 은평구	705.272	741.464	36.193	-1.467	0.143
	대전시 중구	608.695	669.300	60.605	-2.516	0.012
	광주시 북구	878.858	866.714	-12.144	0.226	0.821
2일차	인천시 옹진군	67.688	71.178	3.490	-0.823	0.411
	서울시 은평구	704.141	748.045	43.903	-1.779	0.076
	대전시 중구	611.796	667.250	55.454	-2.217	0.027
	광주시 북구	877.209	892.053	14.843	-0.263	0.792
3일차	인천시 옹진군	67.504	71.591	4.087	-0.958	0.338
	서울시 은평구	708.756	717.472	8.716	-0.348	0.728
	대전시 중구	612.887	665.902	53.015	-2.117	0.035
	광주시 북구	873.085	942.683	69.598	-1.294	0.196

급성 하기도 감염군의 상관성 분석결과 서울시 은평구는 초미세먼지 발생 당일과 2일차에, 대전시 중구는 초미세먼지 발생 당일, 1일차, 2일차, 3일차 모두 환자수가 증가하는 것으로 나타났으며, 인천시 용진군과 광주시 북구는 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 34. The difference of the average number of patients with acute lower respiratory infections by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
		6.929	7.951	1.022		
발생 당일	인천시 용진군		7.951	1.022	-0.912	0.362
	서울시 은평구	1648.914	1788.266	139.352	-2.163	0.031
	대전시 중구	909.509	1022.752	113.243	-3.175	0.002
	광주시 북구	1331.356	1394.367	63.012	-0.859	0.391
1일차	인천시 용진군	6.952	7.432	0.480	-0.442	0.658
	서울시 은평구	1651.332	1774.134	122.802	-1.921	0.055
	대전시 중구	907.634	1035.060	127.426	-3.499	0.001
	광주시 북구	1331.751	1380.881	49.130	-0.620	0.535
2일차	인천시 용진군	6.952	7.311	0.359	-0.334	0.739
	서울시 은평구	1650.547	1781.848	131.301	-2.052	0.040
	대전시 중구	912.605	1033.152	120.547	-3.190	0.001
	광주시 북구	1330.819	1391.895	61.075	-0.735	0.463
3일차	인천시 용진군	6.939	6.659	-0.280	0.259	0.796
	서울시 은평구	1665.625	1682.519	16.894	-0.260	0.795
	대전시 중구	915.433	1020.533	105.100	-2.779	0.006
	광주시 북구	1324.886	1458.268	133.383	-1.685	0.092

혈관운동성 및 알레르기성 비염과 만성 하기도질환의 상관성 분석결과 연구대상 4개 지역 모두에서 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 35. The difference of the average number of patients with vasomotor and allergic rhinitis by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 옹진군	3.983	2.902	-1.081	1.952	0.051
	서울시 은평구	447.980	449.541	1.561	-0.081	0.936
	대전시 중구	255.121	250.943	-4.178	0.389	0.698
	광주시 북구	328.249	319.449	-8.800	0.429	0.668
1일차	인천시 옹진군	3.997	3.227	-0.770	1.416	0.157
	서울시 은평구	448.243	445.232	-3.011	0.157	0.875
	대전시 중구	254.609	252.520	-2.089	0.190	0.849
	광주시 북구	327.619	322.405	-5.214	0.235	0.814
2일차	인천시 옹진군	3.974	4.044	0.070	-0.130	0.897
	서울시 은평구	446.667	456.107	9.440	-0.491	0.623
	대전시 중구	255.302	251.348	-3.954	0.347	0.729
	광주시 북구	327.227	327.658	0.431	-0.019	0.985
3일차	인천시 옹진군	3.915	4.068	0.153	-0.287	0.774
	서울시 은평구	449.716	433.676	-16.040	0.823	0.411
	대전시 중구	255.874	250.098	-5.777	0.508	0.612
	광주시 북구	326.620	332.098	5.478	-0.244	0.807

Table 36. The difference of the average number of patients with chronic lower respiratory by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 옹진군	0.967	0.829	-0.138	0.812	0.417
	서울시 은평구	228.084	227.009	-1.075	0.121	0.904
	대전시 중구	102.995	106.048	3.052	-0.799	0.425
	광주시 북구	243.772	239.184	-4.589	0.343	0.732
1일차	인천시 옹진군	0.960	0.886	-0.074	0.449	0.653
	서울시 은평구	227.675	230.179	2.503	-0.283	0.777
	대전시 중구	102.882	105.010	2.128	-0.546	0.585
	광주시 북구	243.770	234.238	-9.532	0.661	0.509
2일차	인천시 옹진군	0.955	1.044	0.090	-0.552	0.581
	서울시 은평구	228.400	225.009	-3.391	0.384	0.701
	대전시 중구	102.919	106.207	3.287	-0.813	0.417
	광주시 북구	243.172	243.789	0.617	-0.041	0.968
3일차	인천시 옹진군	0.956	1.045	0.089	-0.544	0.586
	서울시 은평구	229.823	215.019	-14.804	1.661	0.097
	대전시 중구	103.451	104.511	1.060	-0.261	0.794
	광주시 북구	242.001	261.512	19.511	-1.350	0.178

7.4 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 순환기계질환 환자수 변화

연구대상 4개 지역에서 초미세먼지 발생 후 기간경과에 따른 순환기계질환 환자수 차이에 대한 상관성 파악을 위해 독립T검정을 실시하였다.

분석주기와 초미세먼지 농도 기준 및 유의수준은 호흡기계 질환과 동일하게 적용하였으며, 분석대상 질병은 순환기계질환 전체와 고혈압성 심장병, 협심증, 급성 심근경색증, 뇌경색증 등 4개 개별 질환으로 하였다.

순환기계질환 전체의 상관성 분석결과 연구대상 4개 지역 모두에서 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 37. The difference of the average number of patients with circulatory disease by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정 t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 옹진군	73.269	74.902	1.633	-0.443	0.658
	서울시 은평구	1586.792	1648.844	62.052	-1.485	0.138
	대전시 중구	1620.025	1684.210	64.184	-1.582	0.114
	광주시 북구	1525.032	1471.878	-53.154	0.944	0.345
1일차	인천시 옹진군	73.405	75.409	2.004	-0.555	0.579
	서울시 은평구	1590.923	1622.661	31.738	-0.764	0.445
	대전시 중구	1621.837	1667.460	45.623	-1.102	0.271
	광주시 북구	1520.140	1511.119	-9.021	0.149	0.882
2일차	인천시 옹진군	73.468	73.467	-0.001	0.000	1.000
	서울시 은평구	1591.758	1619.571	27.813	-0.669	0.504
	대전시 중구	1622.470	1687.087	64.617	-1.507	0.132
	광주시 북구	1518.725	1551.895	33.170	-0.522	0.602
3일차	인천시 옹진군	73.272	74.205	0.933	-0.259	0.795
	서울시 은평구	1594.213	1605.593	11.379	-0.269	0.788
	대전시 중구	1623.014	1699.076	76.062	-1.774	0.076
	광주시 북구	1513.890	1622.659	108.769	-1.777	0.076

고혈압성 심장병의 상관성 분석결과 서울시 은평구는 초미세먼지 발생 1일차, 2일차, 3일차에, 대전시 중구는 초미세먼지 발생 당일, 1일차, 3일차에 환자수가 감소하는 것으로 나타났으며, 인천시 옹진군과 광주시 북구는 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 38. The difference of the average number of patients with hypertensive heart disease by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
		0.093				
발생 당일	인천시 옹진군		0.098	0.004	-0.086	0.932
	서울시 은평구	72.837	66.450	-6.388	1.943	0.052
	대전시 중구	22.759	20.219	-2.540	2.583	0.010
	광주시 북구	52.171	48.469	-3.701	1.249	0.212
1일차	인천시 옹진군	0.092	0.091	-0.001	0.031	0.975
	서울시 은평구	73.284	64.107	-9.177	2.821	0.005
	대전시 중구	22.692	19.920	-2.772	2.785	0.005
	광주시 북구	52.028	48.690	-3.337	1.045	0.296
2일차	인천시 옹진군	0.089	0.111	0.022	-0.484	0.628
	서울시 은평구	73.324	63.661	-9.663	2.971	0.003
	대전시 중구	22.600	20.620	-1.981	1.908	0.057
	광주시 북구	51.882	51.026	-0.856	0.255	0.799
3일차	인천시 옹진군	0.089	0.091	0.002	-0.037	0.970
	서울시 은평구	73.212	63.269	-9.943	3.032	0.003
	대전시 중구	22.834	19.870	-2.965	2.838	0.005
	광주시 북구	51.629	54.024	2.395	-0.746	0.456

협심증의 상관성 분석결과 대전시 중구는 초미세먼지 발생 1일차에, 광주시 북구는 초미세먼지 발생 3일차에 환자수가 증가하는 것으로 나타났으며, 인천시 옹진군과 서울시 은평구는 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 39. The difference of the average number of patients with angina pectoris by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만 평균	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
		0.211				
발생 당일	인천시 옹진군		0.195	-0.016	0.213	0.832
	서울시 은평구	21.947	23.312	1.365	-1.814	0.070
	대전시 중구	155.594	165.952	10.358	-1.453	0.147
	광주시 북구	91.461	90.918	-0.543	0.129	0.897
1일차	인천시 옹진군	0.205	0.295	0.091	-1.257	0.209
	서울시 은평구	22.085	22.438	0.353	-0.472	0.637
	대전시 중구	155.214	169.760	14.546	-1.995	0.046
	광주시 북구	91.415	89.333	-2.082	0.462	0.644
2일차	인천시 옹진군	0.207	0.222	0.015	-0.212	0.832
	서울시 은평구	22.052	22.679	0.627	-0.841	0.400
	대전시 중구	155.992	169.728	13.736	-1.816	0.070
	광주시 북구	91.349	91.632	0.283	-0.060	0.952
3일차	인천시 옹진군	0.210	0.227	0.018	-0.243	0.808
	서울시 은평구	22.082	22.565	0.483	-0.640	0.523
	대전시 중구	156.924	162.304	5.380	-0.709	0.478
	광주시 북구	90.558	103.439	12.881	-2.839	0.005

급성 심근경색증의 상관성 분석결과 광주시 북구에서만 초미세먼지 발생 3일차에 환자수가 1명 증가하는 것으로 나타났으며, 나머지 3개 지역은 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 40. The difference of the average number of patients with acute myocardial infarction by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 옹진군	0.013	0.000	-0.013	0.727	0.468
	서울시 은평구	0.631	0.541	-0.090	0.995	0.320
	대전시 중구	17.602	19.133	1.531	-1.849	0.065
	광주시 북구	5.988	5.816	-0.171	0.412	0.680
1일차	인천시 옹진군	0.011	0.000	-0.011	0.710	0.478
	서울시 은평구	0.616	0.643	0.027	-0.300	0.765
	대전시 중구	17.644	18.800	1.156	-1.364	0.173
	광주시 북구	5.970	5.857	-0.113	0.253	0.800
2일차	인천시 옹진군	0.010	0.022	0.012	-0.778	0.437
	서울시 은평구	0.612	0.696	0.084	-0.936	0.350
	대전시 중구	17.653	18.902	1.249	-1.422	0.155
	광주시 북구	5.948	6.026	0.078	-0.169	0.866
3일차	인천시 옹진군	0.010	0.023	0.013	-0.802	0.423
	서울시 은평구	0.617	0.648	0.031	-0.339	0.735
	대전시 중구	17.691	19.011	1.319	-1.503	0.133
	광주시 북구	5.872	7.268	1.396	-3.135	0.002

뇌경색증의 상관성 분석결과 서울시 은평구에서 초미세먼지 발생 2일차에 환자수가 2명 감소하는 것으로 나타났으며, 나머지 3개 지역은 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 환자수 차이에 상관성을 보이지 않았다.

Table 41. The difference of the average number of patients with cerebral infarction disease by the lapse of time after causing PM_{2.5}

기간	지 역	50 μ g/m ³ 미만 평균	50 μ g/m ³ 이상 평균	평균차이	평균의 동일성에 대한 t-검정	
					t	유의확률(양쪽)
발생 당일	인천시 옹진군	0.103	0.195	0.092	-1.766	0.078
	서울시 은평구	19.279	18.477	-0.802	1.044	0.297
	대전시 중구	144.726	151.714	6.989	-1.603	0.109
	광주시 북구	55.985	55.735	-0.250	0.110	0.913
1일차	인천시 옹진군	0.107	0.114	0.007	-0.142	0.887
	서울시 은평구	19.158	19.116	-0.042	0.055	0.956
	대전시 중구	145.316	148.370	3.054	-0.685	0.493
	광주시 북구	55.868	56.238	0.370	-0.151	0.880
2일차	인천시 옹진군	0.111	0.089	-0.022	0.435	0.664
	서울시 은평구	19.416	17.714	-1.702	2.246	0.025
	대전시 중구	145.205	151.967	6.762	-1.470	0.142
	광주시 북구	55.959	54.316	-1.643	0.639	0.523
3일차	인천시 옹진군	0.110	0.091	-0.020	0.388	0.698
	서울시 은평구	19.216	18.861	-0.355	0.461	0.645
	대전시 중구	145.363	151.239	5.876	-1.278	0.202
	광주시 북구	55.708	58.244	2.536	-1.024	0.306

7.5 초미세먼지 농도와 호흡기계 질환의 상관성

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 초미세먼지 농도와 호흡기계질환 환자 발생과의 상관성 파악을 위해 주말(토·일)을 제외한 평일(782일)의 데이터를 기준으로 상관분석을 실시하였다.

분석대상 질병은 호흡기계질환 전체와 4개 세부 질병군(급성 상기도 감염군, 급성 하기도 감염군, 혈관 운동성 및 알레르기성 비염, 만성 하기도 질환군)으로 하였다.

분석결과 호흡기계질환 전체와 급성 상기도 감염군은 연구대상 4개 지역 모두에서 양의 상관관계로 나타나 초미세먼지 농도가 높을수록 환자수가 증가하는 것으로 분석되었다. 지역별 상관계수는 대전시 중구가 가장 크게 나타났다.

급성 하기도 감염군은 도시 3개 지역은 양의 상관관계로 나타났고, 인천시 옹진군은 상관성을 보이지 않았다.

혈관운동성 및 알레르기성 비염은 인천시 옹진군만 음의 상관관계로 나타나 초미세먼지 농도가 높을수록 환자수가 감소하는 것으로 분석되었으며, 도시 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

만성 하기도 감염군은 연구대상 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

Table 42. The correlation between the concentration of PM_{2.5} and respiratory diseases

질 병 군	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
호흡기계질환 전체	.131**	.082*	.169**	.118**
급성 상기도 감염군	.135**	.102**	.156**	.094**
급성 하기도 감염군	.056	.110**	.211**	.146**
혈관운동성 및 알레르기성 비염	-.077*	-.005	-.007	.054
만성 하기도 감염군	.049	.013	.057	.049

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함, * 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

7.6 초미세먼지 농도와 순환기계 질환의 상관성

연구대상 4개 지역의 2011년부터 2013년까지 3년 동안 초미세먼지 농도와 순환기계질환 환자 발생과의 상관성 파악을 위해 주말(토·일)을 제외한 평일(782일)의 데이터를 기준으로 상관분석을 실시하였다.

분석대상 질병은 순환기계질환 전체와 4개 세부 질환(고혈압성 심장병, 협심증, 급성 심근경색증, 뇌경색증)으로 하였다.

분석결과 순환기계질환 전체는 대전시 중구에서 양의 상관관계로 나타나 초미세먼지 농도가 높을수록 환자수가 증가하는 것으로 분석되었다. 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

고혈압성 심장병은 도시 3개 지역은 음의 상관관계로 나타났고, 인천시 옹진군은 상관성을 보이지 않았다.

협심증은 서울시 은평구와 대전시 중구는 양의 상관관계로 나타났고, 인천시 옹진군과 광주시 북구는 상관성을 보이지 않았다.

급성 심근경색증은 연구대상 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

뇌 경색증은 인천시 옹진군과 대전시 중구에서 양의 상관관계로 나타났고, 서울시 은평구와 광주시 북구는 상관성을 보이지 않았다.

Table 43. The correlation between the concentration of PM_{2.5} and circulatory diseases

질 병 군	인천시 옹진군	서울시 은평구	대전시 중구	광주시 북구
순환기계질환 전체	.018	.056	.094*	.002
고혈압성 심장병	-.023	-.098**	-.124**	-.091*
협심증	.004	.082*	.087*	.037
급성 심근경색증	-.030	-.038	.066	.067
뇌경색증	.092*	-.007	.086*	.028

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함, * 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

7.7 초미세먼지 농도 및 기상상태와 호흡기계 질환의 상관성

초미세먼지 농도와 호흡기계질환 환자 발생과의 상관성 분석결과 연구대상 4개 지역 모두에서 유의한 상관성을 보였다. 이에 따라 기상상태(평균기온, 평균습도, 평균풍속)를 고려한 초미세먼지 농도와 호흡기계질환 환자 발생과의 상관성 파악을 위해 다변량 회귀분석을 실시하였다. 분석은 평일(782일)의 데이터를 이용하고 유의수준은 0.05를 적용하였다.

분석결과 호흡기계질환 전체의 초미세먼지 비표준화계수(B)가 인천시 용진군은 0.275로 초미세먼지 농도가 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 높아질수록 환자수가 0.275명 증가하는 것으로 나타났다. 그 외 도시 3개 지역은 유의한 상관성을 보이지 않았다.

평균기온과 평균습도의 비표준화계수(B)는 연구대상 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타나 평균기온과 평균습도가 높아질수록 환자수가 감소하는 것으로 분석되었다.

평균풍속의 비표준화계수(B)는 인천시 용진군은 양의 상관관계로 나타났고, 대전시 중구와 광주시 북구는 음의 상관관계로 나타났으며, 서울시 은평구는 유의한 상관성을 보이지 않았다.

이상과 같은 분석결과를 토대로 각 지역의 기상상태를 고려한 초미세먼지 농도가 호흡기계질환 전체의 환자 발생에 미치는 예측식을 나타낼 수 있으며, 인천시 용진군을 예로 들면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{호흡기계질환 전체} &= 129.659 + 0.275 \times PM_{\text{백령도}} \\ &\quad - 1.219 \times \text{백령도평균기온} \\ &\quad + 1.623 \times \text{백령도평균풍속} \\ &\quad - 0.500 \times \text{백령도평균습도} \end{aligned}$$

Table 44. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and respiratory diseases

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	(상수)	129.659	6.652		19.492	.000
	초미세먼지	.275	.081	.110	3.376	.001
	평균기온	-1.219	.148	-.305	-8.226	.001
	평균풍속	1.623	.724	.073	2.241	.025
	평균습도	-.500	.089	-.208	-5.629	.001
서울시 은평구	(상수)	7077.161	315.266		22.448	.000
	초미세먼지	3.825	3.114	.043	1.228	.220
	평균기온	-41.829	5.822	-.268	-7.185	.001
	평균풍속	-31.822	70.895	-.015	-.449	.654
	평균습도	-24.741	4.198	-.214	-5.894	.001
대전시 중구	(상수)	4825.687	189.098		25.519	.000
	초미세먼지	2.564	1.740	.048	1.473	.141
	평균기온	-37.709	3.332	-.392	-11.317	.001
	평균풍속	-83.916	41.913	-.065	-2.002	.046
	평균습도	-16.319	2.267	-.244	-7.198	.001
광주시 북구	(상수)	7682.661	324.373		23.685	.000
	초미세먼지	.670	3.641	.006	.184	.854
	평균기온	-68.437	5.001	-.436	-13.686	.001
	평균풍속	-191.198	60.713	-.103	-3.149	.002
	평균습도	-25.750	3.907	-.209	-6.591	.001

급성 상기도 감염군의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 인천시 옹진군에서 양의 상관관계로 나타났고, 그 외 도시 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

평균기온과 평균습도의 비표준화계수(B)는 연구대상 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

평균풍속의 비표준화계수(B)는 인천시 옹진군이 양의 상관관계로 나타났고, 대전시 중구와 광주시 북구는 음의 상관관계로 나타났으며, 서울시 은평구는 상관성을 보이지 않았다.

Table 45. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and acute upper respiratory infections

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	92.108 .204	4.805 .059	.113	19.170 3.465	.000 .001
	평균기온	-.888	.107	-.308	-8.292	.001
	평균풍속	1.073	.523	.067	2.051	.041
	평균습도	-.347	.064	-.200	-5.415	.001
서울시 은평구	초미세먼지	981.512	42.335		23.184	.000
	평균기온	562 -7.187	418 .782	.046 -.335	1.344 -9.193	.179 .001
	평균풍속	-6.879	9.520	-.024	-.723	.470
	평균습도	-3.111	.564	-.195	-5.519	.001
대전시 중구	초미세먼지	990.331	40.450		24.483	.000
	평균기온	198 -9.856	372 .713	.017 -.464	532 -13.828	.595 .001
	평균풍속	-18.541	8.966	-.065	-2.068	.039
	평균습도	-3.185	.485	-.216	-6.567	.001
광주시 북구	초미세먼지	1575.909	66.070		23.852	.000
	평균기온	-618 -16.247	742 1.019	-.026 -.489	-833 -15.951	.405 .001
	평균풍속	-41.569	12.366	-.106	-3.361	.001
	평균습도	-5.504	.796	-.211	-6.917	.001

급성 하기도 감염군의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 대전시 중구에서 양의 상관관계로 나타났으며, 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

평균기온의 비표준화계수(B)는 연구대상 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

평균풍속의 비표준화계수(B)는 광주시 북구에서 음의 상관관계로 나타났으며, 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

평균습도는 도시 3개 지역에서 비표준화계수(B)가 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군은 상관성을 보이지 않았다.

Table 46. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and acute lower respiratory infections

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	11.120	1.244		8.937	.000
	평균기온	0.116 -0.286	0.015 .028	0.391 -0.391	7.17 -10.304	.474 .001
	평균풍속	.114	.135	.028	.841	.401
	평균습도 (상수)	-0.028	.017	-0.064	-1.702	.089
서울시 은평구	초미세먼지	2256.487	112.543		20.050	.000
	평균기온	2.116 -15.788	2.113 2.078	0.66 -0.284	1.904 -7.597	.057 .001
	평균풍속	2.881 -7.695	25.308 1.499	0.05 -0.186	5.155 -5.135	.871 .001
	평균습도 (상수)	1445.021	61.998	.083	23.341	.000
대전시 중구	초미세먼지	1445.021	61.998	.083	23.341	.000
	평균기온	-13.757	1.091	-0.427	-12.611	.001
	평균풍속	25.525 -4.969	13.722 1.742	0.52 -0.222	1.869 -6.694	.001 .001
	평균습도 (상수)	2219.561	101.506		21.866	.000
광주시 북구	초미세먼지	2219.561	101.506		21.866	.000
	평균기온	1.386 -21.451	1.138 1.563	0.49 -0.437	1.216 -13.708	.361 .001
	평균풍속	-51.928	18.999	-0.090	-2.733	.006
	평균습도	-7.675	1.223	-0.199	-6.278	.001

혈관운동성 및 알레르기성 비염의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 대전시 중구에서 음의 상관관계로 나타났으며, 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

평균기온과 평균풍속의 비표준화계수(B)는 도시 3개 지역에서 비표준화계수(B)가 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군은 상관성을 보이지 않았다.

평균습도의 비표준화계수(B)는 연구대상 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

Table 47. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and vasomotor and allergic rhinitis

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	6.319	.674		9.380	.000
	평균기온	-.016	.008	-.069	-1.899	.058
	평균풍속	.020	.015	.056	1.348	.178
	평균습도	.016	.073	.008	.211	.833
		-.033	.009	-.152	-3.677	.001
서울시 은평구	초미세먼지	736.702	34.609		21.286	.000
	평균기온	-.337	.342	-.035	-.987	.324
	평균풍속	-2.563	.639	-.154	-4.010	.001
	평균습도	-26.433	7.783	-.118	-3.396	.001
		-2.990	.461	-.242	-6.487	.001
대전시 중구	초미세먼지	426.470	20.839		20.465	.000
	평균기온	-.647	.192	-.122	-3.371	.001
	평균풍속	-2.640	.367	-.274	-7.191	.001
	평균습도	-21.742	4.619	-.169	-4.707	.001
		-1.180	.250	-.176	-4.721	.001
광주시 북구	초미세먼지	609.852	31.694		19.242	.000
	평균기온	-.686	.256	-.071	-1.938	.054
	평균풍속	-2.313	.489	-.169	-4.734	.001
	평균습도	-34.878	5.932	-.215	-5.880	.001
		-2.362	.382	-.219	-6.188	.001

만성 하기도 질환군의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 연구대상 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

평균기온과 평균습도의 비표준화계수(B)는 도시 3개 지역에서 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군은 상관성을 보이지 않았다.

평균풍속의 비표준화계수(B)는 대전시 중구와 광주시 북구는 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군과 서울시 은평구는 상관성을 보이지 않았다.

Table 48. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and chronic lower respiratory diseases

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	1.176	.208		5.644	.000
	평균기온	.004	.003	.051	1.379	.168
	평균풍속	.000	.005	-.001	-.034	.973
	평균습도	.008	.023	.014	.369	.712
	(상수)	-.005	.003	-.070	-1.685	.092
서울시 은평구	초미세먼지	325.047	15.678		20.732	.000
	평균기온	-.166	.155	-.038	-1.072	.284
	평균풍속	-2.242	.290	-.292	-7.744	.001
	평균습도	-3.263	3.526	-.032	-.926	.355
	(상수)	-.954	.209	-.168	-4.569	.001
대전시 중구	초미세먼지	167.724	7.058		23.764	.000
	평균기온	-.094	.065	-.050	-1.443	.149
	평균풍속	-1.159	.124	-.338	-9.319	.001
	평균습도	-3.084	1.564	-.067	-1.971	.049
	(상수)	-.600	.085	-.252	-7.089	.001
광주시 북구	초미세먼지	385.739	20.201		19.095	.000
	평균기온	-.329	.311	-.052	-1.453	.147
	평균풍속	-3.035	.371	-.046	-9.744	.001
	평균습도	-12.811	3.781	-.121	-3.388	.001
	(상수)	-.965	.243	-.137	-3.965	.001

7.8 초미세먼지 농도 및 기상상태와 순환기계 질환의 상관성

기상상태를 반영한 초미세먼지 농도와 순환기계질환 환자 발생과의 상관성 파악을 위해 다변량 회귀분석을 실시하였다. 분석은 평일(782일)의 데이터를 이용하고 유의수준은 0.05를 적용하였다.

분석결과 순환기계질환 전체의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 대전시 중구가 1.867로 초미세먼지 농도가 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 높아질수록 환자수가 1.867명 증가하는 것으로 나타났으며, 그 외 지역은 유의한 상관성을 보이지 않았다.

평균기온, 평균풍속, 평균습도는 연구대상 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

Table 49. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and circulatory diseases

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	71.045	4.532		15.676	.000
	평균기온	.032	.055	.021	.575	.566
	평균풍속	.081	.101	.034	.804	.422
	평균습도	.159	.493	.012	.322	.748
	(상수)	.001	.060	.001	.019	.985
서울시 은평구	초미세먼지	1587.520	79.490		19.971	.000
	평균기온	1.376	.785	.067	1.753	.080
	평균풍속	.021	1.468	.001	.014	.989
	평균습도	17.976	17.875	.037	1.006	.315
	(상수)	-1.433	1.058	-.054	-1.354	.176
대전시 중구	초미세먼지	1640.242	85.193	.093	2.381	.018
	평균기온	1.867	.784			
	평균풍속	-.235	1.501	-.006	-.157	.876
	평균습도	2.389	18.882	.005	.127	.899
	(상수)	-.993	1.021	-.039	-.972	.331
광주시 북구	초미세먼지	1628.959	93.837		17.359	.000
	평균기온	-.295	1.053	-.011	-.280	.780
	평균풍속	-1.235	1.447	-.033	-.854	.393
	평균습도	-7.093	17.563	-.016	-.404	.686
	(상수)	-1.009	1.130	-.034	-.893	.372

고혈압성 심장병의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 도시 3개 지역에서 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군은 상관성을 보이지 않았다.

평균기온의 비표준화계수(B)는 서울시 은평구와 광주시 북구에서 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군과 대전시 중구는 상관성을 보이지 않았다.

평균풍속은 연구대상 4개 지역 모두에서 유의한 상관성을 보이지 않았다.

평균습도의 비표준화계수(B)는 대전시 중구에서 음의 상관관계로 나타났으며, 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

Table 50. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and hypertensive heart diseases

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	.114	.058		1.959	.050
	평균기온	.000	.001	-.016	-.442	.659
	평균풍속	.002	.001	.069	1.645	.100
	평균습도	.001	.006	.004	.105	.916
	(상수)	-.001	.001	-.029	-.701	.483
서울시 은평구	초미세먼지	91.548 -.198	6.140 .061	-.122	14.910 -3.266	.000 .001
	평균기온	-.420	.113	-.148	-3.709	.001
	평균풍속	.215	1.381	.006	.156	.876
	평균습도	-.154	.082	-.073	-1.879	.061
	(상수)	37.703 -.076	1.979 .018	-.155	19.055 -4.147	.000 .001
대전시 중 구	초미세먼지	59.539 -.151	4.894 .055	-.108	12.167 -2.749	.000 .006
	평균기온	-.244	.075	-.123	-3.233	.001
	평균풍속	-.080	.916	-.003	-.087	.931
	평균습도	-.002	.059	-.002	-.041	.968
	(상수)	-.739 -.163	.439 .024	-.063 -.265	-1.685 -6.860	.001 .001
광주시 북 구	초미세먼지	59.539 -.151	4.894 .055	-.108	12.167 -2.749	.000 .006
	평균기온	-.244	.075	-.123	-3.233	.001
	평균풍속	-.080	.916	-.003	-.087	.931
	평균습도	-.002	.059	-.002	-.041	.968
	(상수)	-.739 -.163	.439 .024	-.063 -.265	-1.685 -6.860	.001 .001

협심증의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 서울시 은평구와 대전시 중구에서 음의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군과 광주시 북구는 상관성을 보이지 않았다.

평균기온은 연구대상 4개 지역 모두에서 유의한 상관성을 보이지 않았다.

평균풍속과 평균습도의 비표준화계수(B)는 서울시 은평구에서 각각 양의 상관관계와 음의 상관관계로 나타났으며, 그 외 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다.

Table 51. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and angina pectoris

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	.409	.092		4.469	.000
	평균기온	4.849E-05	.001	.002	.043	.966
	평균풍속	-.002	.002	-.037	-.880	.379
	평균습도	-.009	.010	-.034	-.915	.361
	(상수)	-.002	.001	-.068	-1.645	.100
서울시 은평구	초미세먼지	21.145 .036	1.421 .014	.095	14.877 2.531	.000 .012
	평균기온	-.017	.026	-.027	-.666	.506
	평균풍속	.762	.320	.087	2.385	.017
	평균습도	-.034	.019	-.070	-1.780	.075
	(상수)					
대전시 중 구	초미세먼지	153.096 .316	14.980 .138	.090	10.220 2.289	.000 .022
	평균기온	-.012	.264	-.002	-.044	.965
	평균풍속	1.024	3.320	.012	.308	.758
	평균습도	-.103	.180	-.023	-.576	.565
	(상수)					
광주시 북 구	초미세먼지	95.047	7.001		13.575	.000
	평균기온	.090	.079	.045	1.142	.254
	평균풍속	.142	.108	.050	1.313	.190
	평균습도	.584	1.310	.018	.445	.656
	(상수)	-.137	.084	-.062	-1.620	.106

급성 심근경색증의 초미세먼지, 평균기온, 평균풍속, 평균습도의 비표준화 계수(B)는 연구대상 4개 지역 모두에서 유의한 상관성을 보이지 않았다.

Table 52. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and acute myocardial infarction

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	.004	.021		.180	.857
	(PM _{2.5}) 평균기온	.000	.000	-.025	-.666	.505
	평균풍속	.001	.000	.068	1.621	.105
	평균습도	-.001	.002	-.017	-.459	.646
	(상수)	.000	.000	.018	.444	.657
서울시 은평구	초미세먼지	.829	.172		4.829	.000
	(PM _{2.5}) 평균기온	-.001	.002	-.029	-.769	.442
	평균풍속	.001	.003	.016	.393	.694
	평균습도	.005	.039	.005	.134	.894
	(상수)	-.003	.002	-.059	-1.499	.134
대전시 중 구	초미세먼지	16.944	1.744		9.714	.000
	(PM _{2.5}) 평균기온	.024	.016	.057	1.468	.142
	평균풍속	-.002	.031	-.002	-.052	.959
	평균습도	-.330	.387	-.033	-.854	.393
	(상수)	.011	.021	.021	.529	.597
광주시 북 구	초미세먼지	6.821	.689		9.895	.000
	(PM _{2.5}) 평균기온	.007	.008	.035	.879	.380
	평균풍속	-.001	.011	-.002	-.057	.954
	평균습도	-.244	.129	-.074	-1.889	.059
	(상수)	-.007	.008	-.034	-.886	.376

뇌경색증의 초미세먼지 비표준화계수(B)는 인천시 옹진군과 대전시 중구에서 양의 상관관계로 나타났으며, 서울시 은평구와 광주시 북구는 상관성을 보이지 않았다.

평균기온, 평균풍속, 평균습도는 연구대상 4개 지역 모두에서 유의한 상관성을 보이지 않았다.

Table 53. The correlation between the concentration of PM_{2.5} with considering weather condition and cerebral infarction

구 분	변수 구분 (상수)	비표준화 계수(B)	표준오차	표준화 계수(β)	t	p-value
인천시 옹진군	초미세먼지	.108 .002	.064 .001	.091	1.692 2.472	.091 .014
	평균기온	-.001	.001	-.024	-.581	.561
	평균풍속	.005	.007	.027	.746	.456
	평균습도	-.001	.001	-.039	-.942	.347
	(상수)	22.197	1.459		15.213	.000
서울시 은평구	초미세먼지	-.003	.014	-.007	-.190	.850
	평균기온	-.002	.027	-.003	-.081	.935
	평균풍속	-.290	.328	-.033	-.885	.377
	평균습도	-.036	.019	-.074	-1.875	.061
	(상수)	132.789 .215	9.164 .084	.100	14.491 2.554	.000 .011
대전시 중 구	초미세먼지	.130	.161	.033	.805	.421
	평균기온	1.000	2.031	.019	.492	.623
	평균풍속	.045	.110	.016	.407	.684
	평균습도	56.258	3.798		14.814	.000
	(상수)	.022	.043	.020	.518	.605
광주시 북 구	초미세먼지	.044	.059	.029	.753	.452
	평균기온	-.497	.711	-.028	-.700	.484
	평균풍속	-.006	.046	-.005	-.133	.894
	평균습도					
	(상수)					

7.9 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 시계열 분석결과

연구대상 4개 지역의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 예측을 위해 초미세먼지 농도를 고려한 시계열 분석(Reg-ARIMA)을 실시하였다. 기본적으로 시계열 분석 중 ARIMA 모형은 환자수에 대한 과거 자료를 독립변수로 사용하여 분석을 실시하는 것으로 과거 수치의 영향을 통하여 현재를 예측하는 분석 방법이다. Reg-ARIMA 모형은 ARIMA 모형에 초미세먼지 농도를 독립변수로 추가적으로 고려한 모형으로 회귀모형(Regression model)과 ARIMA 모형의 결합 형태이다.

이에 따라 환자수가 외부적인 환경에 크게 영향을 받지않고 수치가 안정적으로 꾸준히 나타나는 경우, 과거의 환자수를 기준으로 ARIMA 모형을 이용하여 분석하였고, 외부 독립변수로서 초미세먼지 농도가 영향을 미치는 경우 초미세먼지 농도를 고려한 Reg-ARIMA을 이용하여 분석하였다.

분석은 2011년부터 2013년까지 3년 동안 평일(782일)의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생수를 기준으로 하였고, 대상 질병은 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환의 상관성 분석시와 동일하게 적용하였다.

분석결과 호흡기계 질환은 연구대상 4개 지역 모두에서 분석대상 모든 질환이 초미세먼지 농도와 환자 발생 패턴에 유의한 상관성을 보이지 않았다.

순환기계 질환의 경우 고혈압성 심장병과 협심증이 서울시 은평구에서, 급성 심근경색증이 대전시 중구와 광주시 북구에서 초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 상관성을 보였으며, 그 외 질환은 연구대상 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

7.9.1 인천시 옹진군의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 시계열 분석결과

인천시 옹진군의 조사대상 10개 질환에 대한 시계열 분석결과 모형의 설명력은 호흡기계질환 전체가 67.7%로 가장 높게 나타났으며, 순환기계질환 중 급성 심근경색증이 음수로 가장 낮게 나타났다.

인천시 옹진군의 환자 발생은 조사대상 모든 질환에서 초미세먼지 농도가 연관성이 없어 환자수를 기반으로 한 ARIMA 모형이 선택되었다.

Table 54. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Ongjin-gun, Incheon

질병명	모형 유형	정상 R 제곱
호흡기계질환 전체	ARIMA(0,1,12)	.677
급성 상기도 감염	ARIMA(0,1,3)	.444
급성 하기도 감염	ARIMA(1,1,2)	.529
혈관운동성 및 알레르기성 비염	ARIMA(1,0,15)	.499
만성 하기도 질환	ARIMA(1,0,1)	.089
순환기계질환 전체	ARIMA(0,0,5)	.024
고혈압성 심장병	ARIMA(0,0,0)	.103
협심증	ARIMA(0,0,0)	.362
급성 심근경색증	ARIMA(0,0,0)	-1.518E-18
뇌경색증	ARIMA(1,0,1)	.176

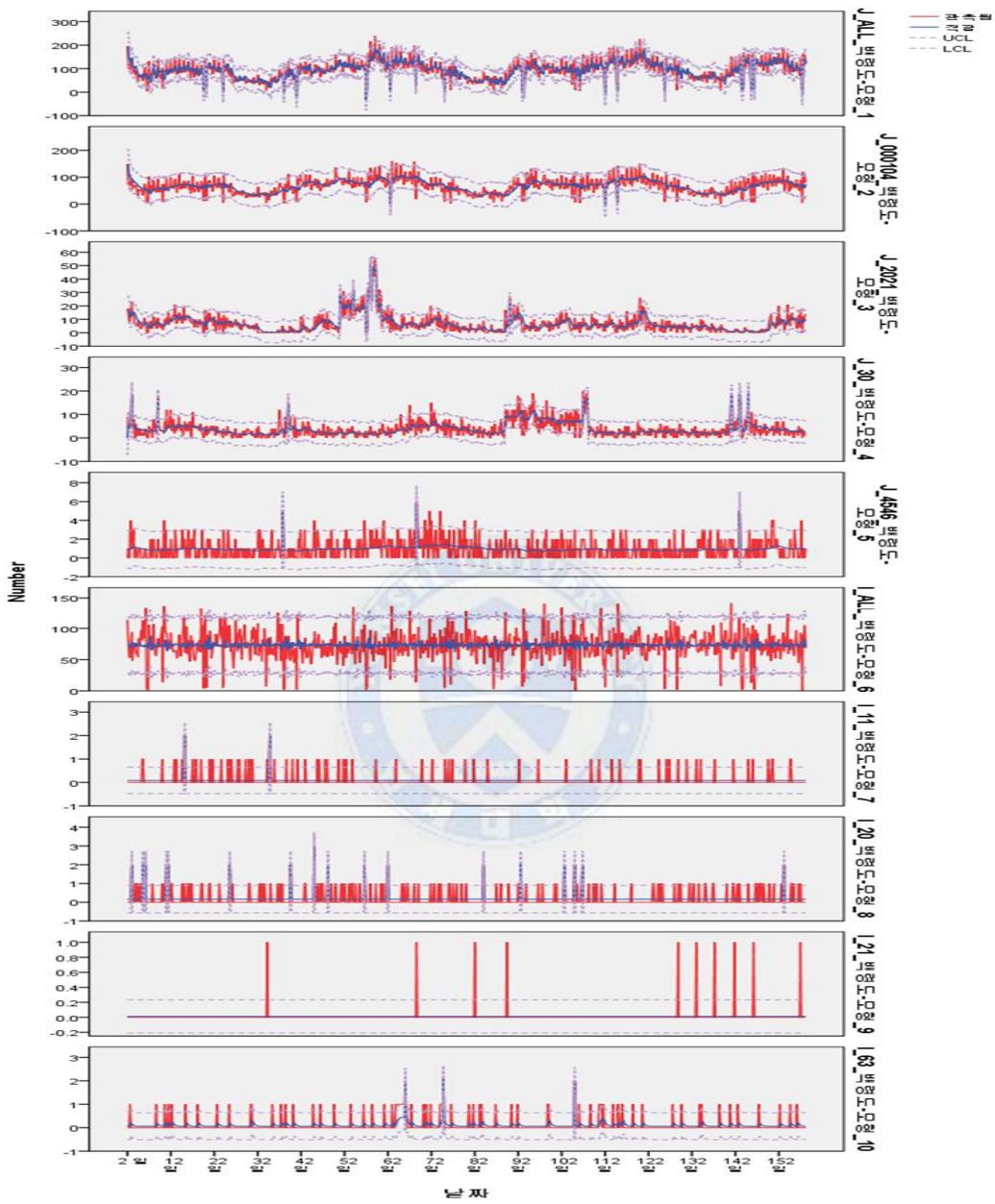


Figure 2. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Ongjin-gun, Incheon.

7.9.2 서울시 은평구의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 시계열 분석결과

서울시 은평구의 시계열 분석결과 모형의 설명력은 호흡기계질환 중 혈관 운동성 및 알레르기성 비염이 85.1%로 가장 높게 나타났으며, 순환기계질환 중 협심증이 7.5%로 가장 낮게 나타났다.

서울시 은평구의 환자 발생은 조사대상 질환 중 고혈압성 심장병과 협심증을 제외한 대부분 모든 질환에서 초미세먼지 농도가 연관성이 없어 환자수를 기반으로 한 ARIMA모형이 선택되었다.

초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 영향을 미치는 것으로 나타난 고혈압성 심장병의 초미세먼지 농도 계수(B)는 0.075, 협심증은 0.035로 두 질환 모두 초미세먼지 농도가 높을수록 환자수가 증가하는 것으로 분석되었다. 순환기계 질환의 경우 환자수 자체로의 예측보다 초미세먼지 농도를 고려할 경우 더 높은 설명력을 보인 것으로 나타났다.

이상과 같은 분석결과를 토대로 초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 영향을 미치는 두 질환에 대한 Reg-ARIMA 모형의 예측식을 나타내 보았다.

먼저 고혈압성 심장병의 환자 발생에 미치는 예측식은 아래와 같다.

$$(1 - 1.616B^1 + 1.617B^2 - 0.997B^3)(\text{환자수}_t - 84.412) - 0.075PM\text{지수}_t \\ = (1 - 1.554B^1 + 1.564B^2 - 0.992B^3)\varepsilon_t$$

이어, 협심증의 환자 발생에 미치는 예측식은 아래와 같다.

$$(1 - 0.622B^1 + 0.996B^2)(\text{환자수}_t - 21.079 - 0.035PM\text{지수}_t) = (1 - 0.629B^1 + 0.976B^2)\varepsilon_t$$

Table 55. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Eunpyeong-gu, Seoul

질병명	모형 유형	정상 R 제곱
호흡기계질환 전체	ARIMA(0,1,8)	.764
급성 상기도 감염	ARIMA(0,1,6)	.848
급성 하기도 감염	ARIMA(1,0,7)	.466
혈관운동성 및 알레르기성 비염	ARIMA(1,1,6)	.851
만성 하기도 질환	ARIMA(0,1,7)	.774
순환기계질환 전체	ARIMA(5,0,3)	.818
고혈압성 심장병	ARIMA(3,0,3)	.774
협심증	ARIMA(2,0,2)	.075
급성 심근경색증	ARIMA(0,0,0)	.191
뇌경색증	ARIMA(0,0,9)	.244

질병명 (질병코드)	구 분	추정값	SE	t	유의확률	
고혈압성 심장병 (I11)	상수항	85.412	13.845	6.169	.000	
	AR	시차 1	1.616	.003	539.212	.001
		시차 2	-1.617	.002	-669.442	.001
		시차 3	.997	.003	346.169	.001
	MA	시차 1	1.554	.017	91.554	.001
		시차 2	-1.564	.015	-103.324	.001
		시차 3	.922	.016	56.802	.001
	PM _{2.5} 지수	시차 0	.075	.032	2.385	.017
	협심증 (I20)	상수항	21.079	.459	45.896	.000
		AR	시차 1	.622	.005	127.718
시차 2			-.996	.004	-227.247	.001
MA		시차 1	.629	.011	55.756	.001
		시차 2	-.976	.012	-83.501	.001
PM _{2.5} 지수		시차 0	.035	.013	2.790	.005

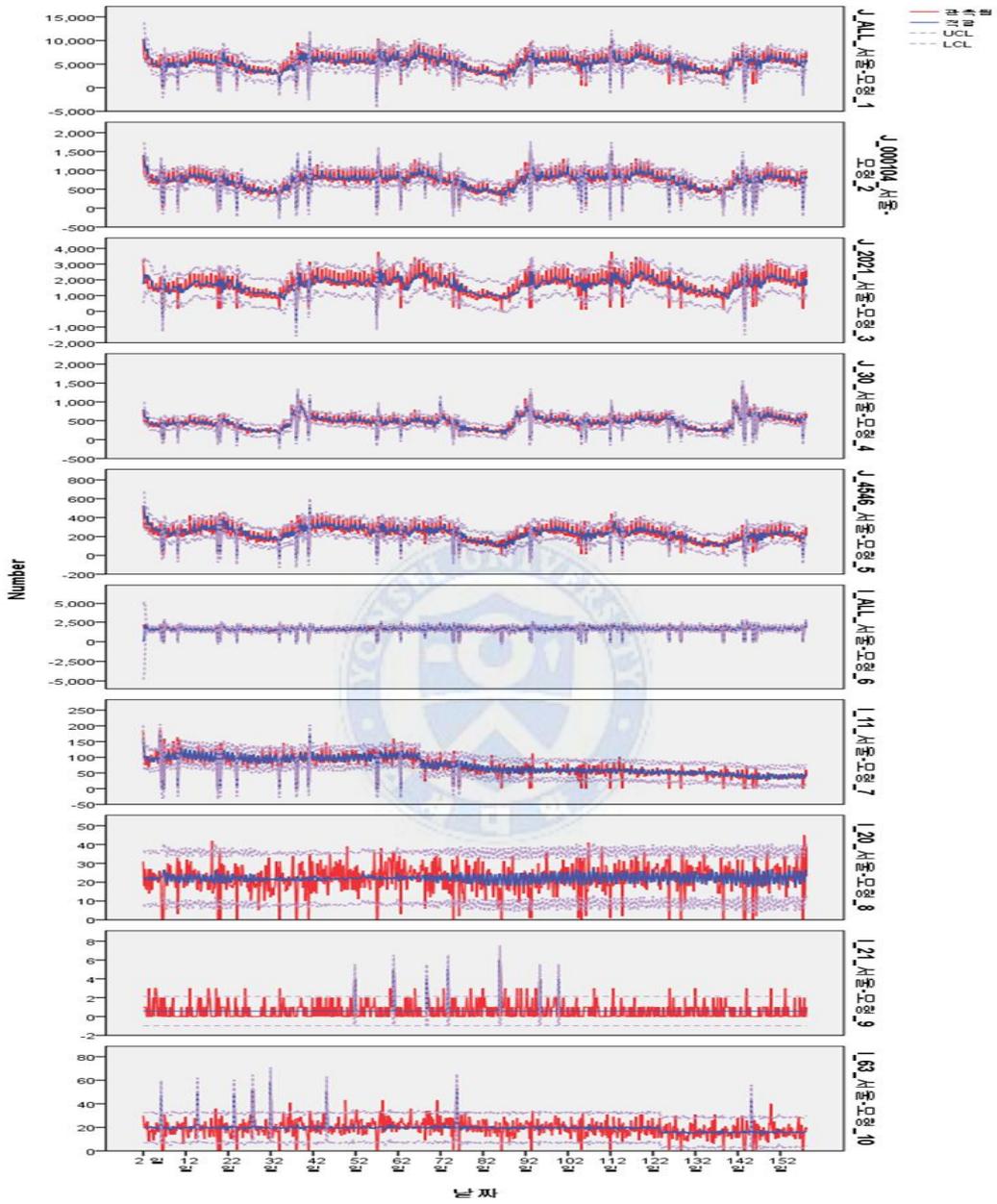


Figure 3. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Eunpveong-gu, Seoul.

7.9.3 대전시 중구의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 시계열 분석결과

대전시 중구의 시계열 분석결과 모형의 설명력은 순환기계질환 전체가 81.4%로 가장 높게 나타났으며, 순환기계질환 중 급성 심근경색증이 15.7%로 가장 낮게 나타났다.

대전시 중구의 환자 발생은 조사대상 질환 중 급성 심근경색증을 제외한 대부분 질환에서 초미세먼지 농도가 연관성이 없어 환자수를 기반으로 한 ARIMA 모형이 선택되었다.

초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 영향을 미치는 것으로 나타난 급성 심근경색증의 초미세먼지 농도 계수(B)는 0.030으로 초미세먼지 농도가 높을수록 환자수가 증가하는 것으로 분석되었다.

이상과 같은 분석결과를 토대로 초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 영향을 미치는 급성 심근경색증에 대한 예측식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$(\text{환자수}_t - 16.821 - 0.030PM\text{지수}_t) = (1 - 0.092B^4 + 0.14B^5 - 0.105B^6 + 0.22B^{10} + 0.152B^{15})\varepsilon_t$$

Table 56. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Jung-gu, Daejeon

질병명	모형 유형	정상 R 제곱
호흡기계질환 전체	ARIMA(0,1,6)	.795
급성 상기도 감염	ARIMA(0,1,6)	.795
급성 하기도 감염	ARIMA(0,1,8)	.691
혈관운동성 및 알레르기성 비염	ARIMA(0,1,6)	.790
만성 하기도 질환	ARIMA(0,1,7)	.722
순환기계질환 전체	ARIMA(1,0,9)	.814
고혈압성 심장병	ARIMA(3,0,15)	.386
협심증	ARIMA(0,0,6)	.523
급성 심근경색증	ARIMA(0,0,15)	.157
뇌경색증	ARIMA(3,0,9)	.787

질병명	구 분	추정값			유의확률	
		추정값	SE	t		
	상수항	16.821	.541	31.081	.000	
급성 심근경색증	MA	시차 4	.092	.035	2.633	.009
		시차 5	-.140	.035	-3.939	.001
		시차 6	.105	.035	3.011	.003
		시차 10	-.220	.035	-6.219	.001
		시차 15	-.152	.036	-4.258	.001
		PM_{2.5} 시차 0	.030	.014	2.119	.034

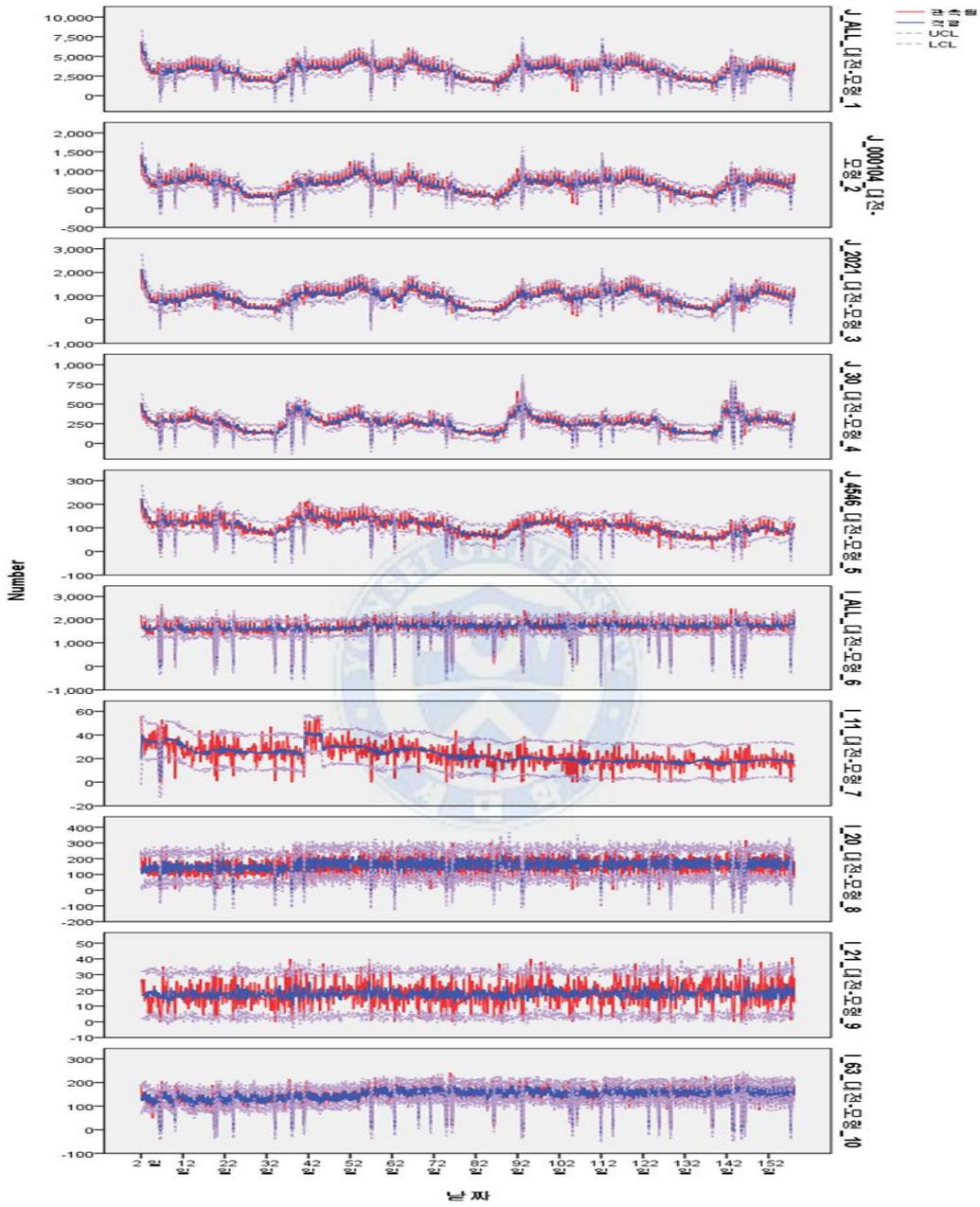


Figure 4. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Jung-gu, Daejeon.

7.9.4 광주시 북구의 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 시계열 분석 결과

광주시 북구의 시계열 분석결과 모형의 설명력은 순환기계질환 전체가 87.8%로 가장 높게 나타났으며, 순환기계질환 중 급성 심근경색증이 3.8%로 가장 낮게 나타났다.

광주시 북구의 환자 발생은 조사대상 질환 중 급성 심근경색증을 제외한 대부분 질환에서 초미세먼지 농도가 연관성이 없어 환자수를 기반으로 한 ARIMA 모형이 선택되었다.

초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 영향을 미치는 것으로 나타난 급성 심근경색증의 초미세먼지 농도 계수(B)는 0.015으로 초미세먼지 농도가 높을 수록 환자수가 증가하는 것으로 분석되었다.

이상과 같은 분석결과를 토대로 초미세먼지 농도가 환자 발생 패턴에 영향을 미치는 급성 심근경색증에 대한 예측식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$(\text{환자수}_t - 5.590 - 0.015PM\text{지수}_t) = (1 - 0.108B^3 - 0.120B^4 - 0.095B^9)\varepsilon_t$$

Table 57. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Buk-gu, Gwangju

질병명	모형 유형	정상 R 제곱
호흡기계질환 전체	ARIMA(0,1,10)	.876
급성 상기도 감염	ARIMA(0,1,6)	.800
급성 하기도 감염	ARIMA(0,1,6)	.652
혈관운동성 및 알레르기성 비염	ARIMA(0,1,7)	.801
만성 하기도 질환	ARIMA(0,1,7)	.635
순환기계질환 전체	ARIMA(3,0,5)	.878
고혈압성 심장병	ARIMA(1,0,8)	.517
협심증	ARIMA(0,0,6)	.539
급성 심근경색증	ARIMA(0,0,9)	.038
뇌경색증	ARIMA(0,0,14)	.066

질병명	구분	추정값	SE	t	유의확률	
급성 심근경색증	상수항	5.590	.178	31.447	.000	
	MA	시차 3	.108	.035	3.043	.002
		시차 4	.120	.035	3.384	.001
		시차 9	.095	.036	2.668	.008
	PM _{2.5} 시차	시차 0	.015	.006	2.377	.018

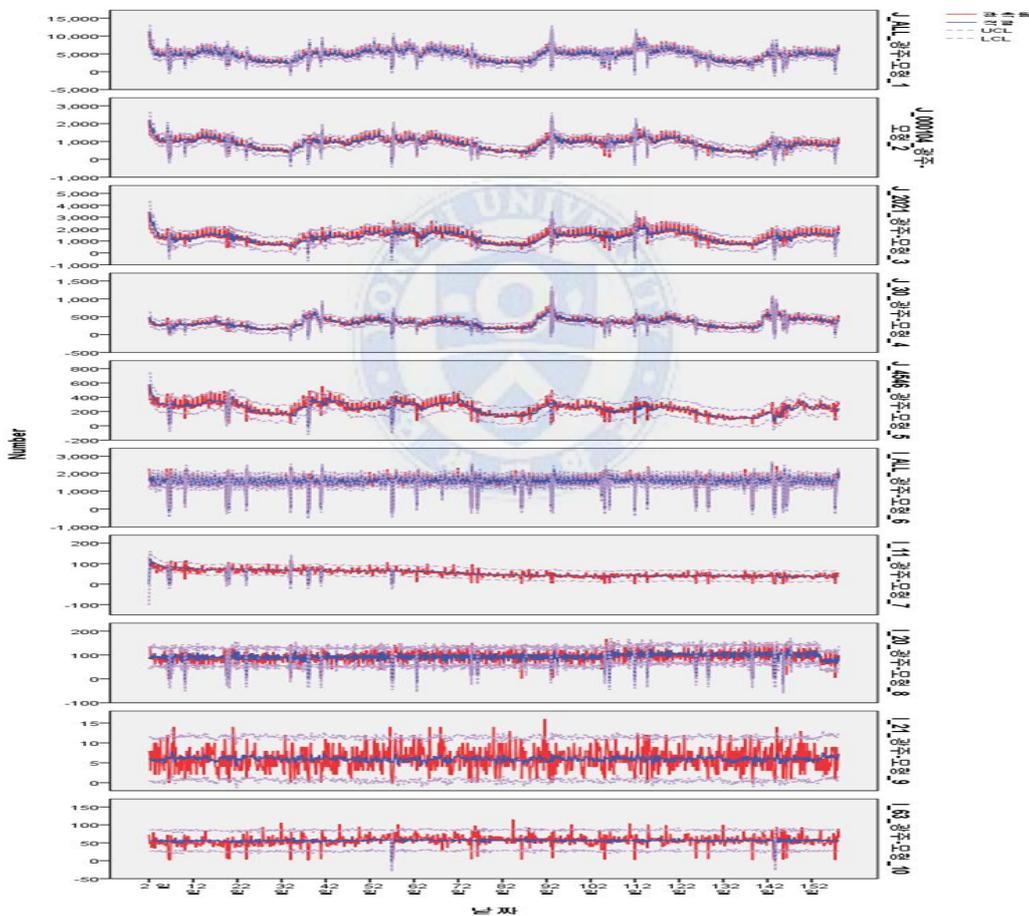


Figure 5. Time series analysis on the number of patients with respiratory and circulatory disease in Buk-gu, Gwangju.

IV. 고 찰

초미세먼지(PM_{2.5})는 대기 중에 떠다니는 직경 2.5 μ m 보다 작은 먼지로 공장의 굴뚝에서 배출되는 매진, 토사 파쇄시설 등에서 발생하는 분진, 디젤차 등 이동오염원에서 나오는 배기가스 등 다양한 발생원으로부터 배출된다.

초미세먼지는 미세먼지(PM₁₀)와 달리 폐포까지 직접 침투하여 폐질환, 심근경색, 순환기계 장애 등을 유발하고 조기사망 위험 증가에 영향을 주는 물질로 2013년 WHO에서 1급 발암물질로 규정하였다.

또한 초미세먼지의 단기노출에 의한 사망률, 호흡기계 및 순환기계 질환과의 관계, 장기노출에 의한 사망률, 생식·발달과의 상관성에 대한 해외의 역학 연구 조사 결과 초미세먼지가 호흡기계와 순환기계를 중심으로 인체의 건강에 여러 가지 영향을 미친다는 사실이 보고되었다(EPA, 2009, 2012).

본 연구에서는 초미세먼지가 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생에 영향을 주는 것으로 예상하고, 2011년부터 2013년까지 3년 동안 4개 지역(인천시 용진군 백령도, 서울시 은평구, 대전시 중구, 광주시 북구)의 초미세먼지 배출량 및 농도, 기상상태, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자수 등을 조사하고 각 영향 인자별 상관성을 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

각 조사항목의 기간경과에 따른 변화 추세는 초미세먼지 총 배출량은 2011년 대비 2012년도에 서울시 은평구는 16.7% 감소하고, 나머지 지역은 4.1~55.8% 증가하였다. 2011년부터 2013년까지 3년 동안 평균기온은 점차 높아졌으며 평균 습도와 평균풍속은 비슷한 추세로 나타났다. 초미세먼지는 4개 지역 모두에서 점차 높아지는 추세를 보였다. 특히, 대전시 중구의 초미세먼지 농도가 2011년 대비 2013년도에 18.3 μ g/m³이 높아져 4개 지역 중 가장 많은 변화폭을 보였다.

2011년부터 2013년까지 3년 동안 호흡기계 및 순환기계 질환으로 진료를 받은 누적 환자수는 총 16,694천명이며, 기간경과에 따른 변화는 2011년 대비 2012년에 3.5% 증가하였으나, 2013년에는 1.4% 감소하였다. 호흡기계질환 환자수가 순환기계질환 환자수 보다 1.9배 많았다.

초미세먼지 농도와 상관성을 보인 영향인자로 초미세먼지 배출원 중에서는 ‘폐기물 처리’에 의한 배출량으로 나타났으며, 평균기온은 연구대상 4개 지역 모두에 유의한 영향을 미쳤고, 평균풍속은 인천시 옹진군 백령도를 제외한 3개 지역에, 평균습도는 서울시 은평구와 광주시 북구에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

초미세먼지 농도가 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 날과 이상인 날을 기준으로 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 호흡기계 및 순환기계 질환의 평균 환자수 차이에 대한 상관성 분석결과 호흡기계 질환은 대전시 중구에서 양의 상관관계로 나타났으며, 나머지 지역은 상관성을 보이지 않았다. 순환기계 질환은 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

초미세먼지 농도와 호흡기계질환 전체의 상관성은 4개 지역 모두에서 양의 상관관계로 나타났고, 순환기계질환 전체는 대전시 중구($\rho=0.094$)에서 양의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군 등 나머지 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다. 각 질환별 상관성은 급성 상기도 감염군은 4개 지역 모두에서 양의 상관관계로 나타난 반면, 급성 심근경색증은 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

초미세먼지 농도와 기상상태를 함께 고려한 상관성 분석결과 호흡기계질환 전체는 인천시 옹진군($\rho=0.275$)에서, 순환기계질환 전체는 대전시 중구($\rho=1.867$)에서 양의 상관관계로 나타났다. 나머지 지역은 두 질환 모두 상관성을 보이지 않았다. 초미세먼지 농도만을 기준으로 한 경우와 비교할 때 상관성을 보인 지역이 호흡기계 질환은 감소하였으나, 순환기계 질환은 동일하게 나타났다.

초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생 패턴의 상관성은 호흡기계 질환은 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았으나, 순환기계 질환은 인천시 옹진군을 제외한 3개 지역에서 일부 개별 질환이 상관성을 보였다.

이상과 같은 연구결과는 노출기간에 따른 초미세먼지의 건강영향으로 장·단기 노출 모두 호흡기계는 거의 명확하게, 심혈관계는 명확하게 건강에 영향이 있다(미국 환경청, 2009, 2012)는 해외 연구결과와 동일한 결과를 보였다. 또한, 사망 원인에 따라 전체 원인보다 심혈관계 관련 질환 사망발생 위험이 초미세먼지의 영향을 많이 받는 것으로 나타난 ‘초미세먼지의 건강영향평가 및 관리정책 연구’(한국환경정책평가연구원, 2012, 2013)의 결과와도 유사하게 나타났다.

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 연구대상 지역을 전국 232개 시·군·구 중 4개 지역으로 한정하고, 자료조사 기간도 2011년부터 2013년까지 3년 동안으로 충분하지 않아, 동 연구의 결과로 우리나라 전체를 포괄하기에는 대표성과 신뢰도 확보에 제한적일 수 있다. 둘째, 연구대상 지역별로 인구수, 지리적여건, 생활환경, 의료기관 형태 등이 상이하여 지역적인 특성을 충분히 반영하지 못해 발생한 환자수만으로 각 지역을 상호 비교하기에는 개연성이 부족할 수 있다. 셋째, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생수 산출시 외래 진료, 응급실 이용, 장기 입원 환자 등 세부적으로 구분하지 않고, 전체를 대상으로 산출하여, 호흡기계 및 순환기계 질환 환자의 특성을 진료형태별로 정확하게 분석하는데 한계가 있었다. 또한, 성별 및 연령에 대한 구분없이 전체를 대상으로 연구하여 호흡기계 및 순환기계 질환에 취약한 계층에 대한 고려가 부족하여 인과관계 규명에 제한적일 수 있다.

이러한 제한점들을 보완하여 향후 초미세먼지 농도와 관련 질환과의 심도 있는 건강영향 연구가 가능하도록 연구대상 지역 및 자료조사 기간의 확대가 필요하다. 이를 위해 초미세먼지 농도 측정소를 전국의 시·군·구를 대표할 수 있는 지점에 각각 설치하고, 초미세먼지 농도 자료를 중량농도법으로 측정된 자료까지 추가하여 체계적으로 구축할 필요가 있다.

또한 초미세먼지 관련 질병 발생 환자의 세부 데이터를 관리하고 있는 국민 건강보험공단과 건강보험심사평가원에서 보건의료 빅데이터 개방 범위를 확대하고 개방 절차를 간소화 하는 등 원활한 자료제공 체계 마련이 필요하다.

아울러 동 연구는 호흡기계 및 순환기계 질환 일부만을 대상으로 한 바, 향후 초미세먼지와 관련성이 있다고 보고되는 기타 다른 질환들에 대해서도 추가적으로 연구할 필요가 있다.



V. 결 론

본 연구는 2011년부터 2013년까지 3년 동안 4개 지역(인천시 옹진군 백령도, 서울시 은평구, 대전시 중구, 광주시 북구)의 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생과의 상관관계를 분석하여 다음과 같은 연구 결과를 도출하였다.

첫째, 초미세먼지 농도가 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 날과 이상인 날을 기준으로 초미세먼지 발생 기간경과에 따른 호흡기계 및 순환기계 질환의 평균 환자수 차이에 대한 상관성 분석결과 호흡기계 질환은 대전시 중구만 양의 상관관계로 나타났으며, 나머지 지역은 상관성을 보이지 않았다. 순환기계 질환은 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았다.

둘째, 초미세먼지 농도와 호흡기계질환 전체의 상관성은 4개 지역 모두 양의 상관관계로 나타났으며, 순환기계질환 전체는 대전시 중구($\rho=0.094$)에서 양의 상관관계로 나타났으며, 인천시 옹진군 등 나머지 3개 지역은 상관성을 보이지 않았다. 각 질환별 상관성은 급성 상기도 감염군은 4개 지역 모두에서 양의 상관관계로 나타난 반면, 급성 심근경색증은 4개 지역 모두에서 음의 상관관계로 나타났다.

셋째, 초미세먼지 농도와 기상상태를 함께 고려한 상관성 분석결과 호흡기계 질환 전체는 인천시 옹진군($\rho=0.275$)에서, 순환기계질환 전체는 대전시 중구($\rho=1.867$)에서 양의 상관관계로 나타났다. 나머지 지역은 두 질환 모두 상관성을 보이지 않았다. 초미세먼지 농도만을 기준으로 한 경우와 비교할 때 상관성을 보인 지역이 호흡기계 질환은 감소하였으나, 순환기계 질환은 동일하게 나타났다.

넷째, 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생 패턴의 상관성은 호흡기계 질환은 4개 지역 모두에서 상관성을 보이지 않았으나, 순환기계 질환은 인천시 옹진군을 제외한 3개 지역에서 일부 개별 질환이 상관성을 보였다.

이상의 연구결과 초미세먼지 농도와 호흡기계 및 순환기계 질환 환자 발생의 상관성을 확인 할 수 있었다. 이는 향후 초미세먼지 개선정책 추진 시 환경 보건 부분과 연계가 필요함을 시사하는 의미 있는 결과라고 할 수 있다.

이번 연구에서는 지역별 특성, 환자의 진료형태, 연령·성별 등을 고려하지 않아 연구에 한계가 있었다. 향후, 전국의 각 지역별 초미세먼지 농도 자료를 체계적으로 구축하고, 연구대상 지역 및 기간을 확대하여 초미세먼지 농도에 따른 건강영향을 보다 종합적으로 연구할 필요가 있다.



참고문헌

- 공성용 외, 초미세먼지의 건강영향평가 및 관리정책 연구(I).
한국환경정책평가연구원, 2012-03.
- 공성용 외, 초미세먼지의 건강영향평가 및 관리정책 연구(II).
한국환경정책평가연구원, 2013-09.
- 김예신, 이용진, 신동천, 서울 대기중 미세먼지 노출로 인한 위해도에 근거한
우선 관리지역 선정. 한국환경독성학회지, 19(1):49-58, 2004
- 안미진 외, 서울시 초미세먼지와 미세먼지 농도 분포 비교.
한국대기환경학회, 2007.
- 김순태 외, 2010년 CAPSS 배출량 기반 오염원별 초미세먼지 기여도 분석
한국대기환경학회, 2013.
- 배은경, 다수준분석을 적용한 미세먼지(PM₁₀)가 심뇌혈관질환 유병에 미치는
영향[석사학위 논문] 연세대학교; 2014.
- 김운수, 서울시 고농도 미세먼지 오염현상의 원인분석 및 지역별 맞춤형 관리대책
서울시정개발연구원, 2011.
- 이종태 외. 서울시 호흡기질환 입원환자에 대한 대강염의 급성영향에 관한
연구. 한국대기환경학회, 2000.
- 박선균 외, 비알코올성 지방간과 대사증후군 및 혈청 카로테노이드와의 관련성
예방의학회지, 2008년 1월.

강충민, 박성균, 선우영, 강병욱, 이학성, 서울시 미세입자의 호흡기질환 사망과의
연관성 연구, 한국대기환경학회, 2006.

서주희 외, 서울시역의 미세먼지가 호흡기계 질환으로 인한 병원입원에 미치는
영향, 한국대기환경학회, 2006.

원종구, 수도권 초·중학교 지역의 이산화질소 농도와 호흡기계 질환에 관한
연구[석사학위논문] 연세대학교; 2014

통계청, 동읍면, 5세별 주민등록인구(2013), 국가통계포털.

환경부, 수도권 대기환경관리 기본계획, 2005.

환경부, 제2차 수도권 대기환경관리 기본계획, 2014.

국립환경과학원, 대기오염물질 배출량(2012), 2014.

국립환경과학원, 대기환경연보(2013), 2014.

국립환경과학원, 알기쉬운 미세먼지 기초지식, 2014.

WHO(1987), Air quality guidelines for Europe, WHO Pub. European Series
Vol.23.

Donaldson K, Stone V, (2003) Current hypothesis on the mechanisms of
toxicity of Ultrafine particles. Ann Ist Super Sant, 39(3), 405-410

Yong Jin Lee, Young-Wook Lim, Ji-Yeon Yang, Chang Soo Kim, Young Chul Shin, Dong-Chyn Shin, Evaluating The PM Damage Cost Due To Urban Air Pollution And Vehicle Emissions In Seoul, Korea, Journal of Environmental Management(in press) ; 0301-4797(한국대기환경학회지),SCI , 92권 603-609(2011)

California EPA. Diesel Particulate Matter Health Risk Assessment Study for the West Oakland Community: Preliminary Summary of Results. 2008

Melia R.J.W., et al. Association between gas cooking and respiratory disease in children. Brit Med J, 1977; 2: 149-152

Schwartz J, Spix C, Wichman HE, Malin E. Air pollution and acute respiratory illness in five German communities. Environ Res 1991;56:1-4.

U.S.EPA(2004): Air quality criteria for particulate matter(EPA/600/P-99 /002aF-bF). Research Triangle Park, NC.

World Health Organization(2006) : Air quality guidelines, global update 2005, WHO Press, Geneva.

Dockery, D.W., Pope, C.A.III., Xu, X., et al.(1993) : An association between air pollution and mortality in six U.S.cities, N Engl J Med, 329: 1753-9.

Bell ML. et al. 2009. "Hospital admissions and chemical composition of fine particle air pollution". Am J Respir Crit Care Med. 179(12): 1115-1120

Berman JD. et al. 2012. "Health benefits from large-scale ozone reduction in the United States". *Environ Health Perspect.* 120(10): 1404-1410

Hubbell BJ. et al. 2005 "Health-related benefits of attaining the 8-hr ozone standard." *Environmental Health Perspectives.* 113(1): 73-82

Kloog I. et al. 2013 "Long-and short-term exposure to PM_{2.5} and mortality: using novel exposure models". *Epidemiology.* 24(4): 555-561

Pascal M et al. 2013. "Assessing the public health impacts of urbaa air pollution in 25 European cities: results of the Aphekom project". *Sci Total Environ.* 1(449): 390-400

Sunyer J, Anto J, Murillo C, Saez M. Effects of urbaa air pollution on emergency room admission for chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Epidemiol* 1991;134: 277-86

= ABSTRACT =

The Effect of Concentration of Ultrafine Particles($PM_{2.5}$) in
Urban Area on Respiratory and Circulatory diseases

Hwang, Su Hee

Dept. of Environmental Health
Graduate School of Health Science
and Management Yonsei University

(Directed by Professor Shin, Dong Chun, M.D, Ph D)

Recently, the trend of the concentration of PM_{10} is decreasing in metropolitan areas of Korea. As the trend of the concentration of $PM_{2.5}$ is increasing, the concentration in most areas of Korea exceeds the Atmosphere Environmental Standard($25\mu g/m^3$) which has been conducted since 2015.

$PM_{2.5}$ is dangerous due to the direct effect on pulmonary alveoli, which may cause diseases such as lung conditions, myocardial infarction and the circulatory illness. Also, $PM_{2.5}$ might be leading causes of premature death was classified as a category 1 carcinogen by WHO in 2013.

This study was designed to prove the effect of the concentration of $PM_{2.5}$ on respiratory diseases and circulatory diseases in urban areas. The concentration of $PM_{2.5}$ was measured and the number of patients with a respiratory system and a circulatory system was examined in 4 districts; Ongjin-gun, Incheon, Eunpyeong-gu, Seoul, Jung-gu, Daejeon, Buk-gu, Gwangju from 2011 to 2013 .

The result of this study was based on the Correlation analysis between the concentration and the number of patients.

First, the study was examined on the days which were divided into two classes; one with the concentration of $PM_{2.5}$ below $50\mu g/m^3$ and the other with that of $50\mu g/m^3$ or above.

The average numbers of the patients with respiratory diseases and circulatory diseases were calculated on the days by the lapse of time. In respiratory diseases, the result indicated a positive correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and the average numbers of the patients in only Jung-gu, Daejeon but there were no correlation in the rest 3 districts. Also, there was no correlation between the concentration $PM_{2.5}$ and the numbers of the patients with the circulatory diseases in all districts.

Second, a positive correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and respiratory disease was found in 4 districts. In circulatory disease cases, a positive correlation was found in only Jung-gu, Daejeon but the concentration of $PM_{2.5}$ was not correlated with the diseases in the rest of districts.

According to diseases, in particular, a positive correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and acute upper respiratory infections was found in the 4 districts. In contrast, a negative correlation between the concentration of $PM_{2.5}$ and acute myocardial infarction was found in the districts.

Third, Considering the weather condition, the result of the analysis showed a positive correlation between the concentration and whole respiratory diseases in Ongjin-gun, Incheon. In a case of circulatory diseases, a positive

correlation was found in Jung-gu , Daegu. Those two kinds of diseases were not correlated with the concentration of PM_{2.5} in the rest of districts. In the analysis of considering the weather condition, the number of correlated districts with respiratory diseases decreased in comparison with the results with only the concentration of PM_{2.5}. On the other hand, the number of correlated districts with circulatory diseases indicated the same as the results without the weather condition.

Last, according to the analysis of correlations between the concentration of PM_{2.5} and the patterns of causing patients with two types of diseases, the respiratory diseases were not related with the concentration of PM_{2.5} in the 4 districts. In the case of circulatory system, some circulatory diseases were related with the concentration of PM_{2.5} in 3 districts except Ongjin-gun, Incheon.

The result of this study indicated that the concentration of PM_{2.5} influenced on the respiratory disease and the circulatory diseases. It suggested that the policy improvement of PM_{2.5} be considered with the Environmental Health sector.

There was limitation which was not considered on this study such as regional characteristics, the type of medical treatments, age and sex. The Future study is needed to comprehensively and systematically examine the effect of concentration PM_{2.5} on the diseases by extending the areas in research and subdividing the methods.

Key words: PM_{2.5}, weather conditions, respiratory diseases, circulatory diseases, correlation, urban areas