

서울 및 6대 광역시의 기상요인을 고려한 대기오염이 주요 알레르기질환에 미치는 영향

김효미 · 허진아 · 박윤형* · 이종태†

고려대학교 보건과학대학 환경보건학과, *순천향대학교 의과대학

The Effect of Air Pollution on Allergic Diseases Considering Meteorological Factors in Metropolitan Cities in Korea

Hyo-Mi Kim, Jina Heo, Yoon-Hyung Park*, and Jong-Tae Lee†

Department of Environmental Health, College of Health Science, Korea University, Seoul, Korea

*College of Medicine, Soonchunhyang University, Chunan, Korea

ABSTRACT

Objectives: We investigated the effects of air pollution on allergic diseases (allergic rhinitis, asthma, atopic dermatitis) in metropolitan cities in Korea, adjusting for meteorological factors.

Methods: Data on daily hospital visits and hospital admissions for 2003-2010 was obtained from the National Health Insurance Cooperation. Meteorological data was obtained from the Korea Meteorological Administration. We then calculated daily mean temperature, daily mean humidity, daily mean air pressure at sea level, and diurnal temperature range. We used data on air pollution provided by the National Institute of Environmental Research. Maximum daily eight-hour average ozone concentrations and the daily mean PM₁₀ were used. We estimated excess risk and 95% confidence interval for the increasing interquartile range (IQR) of each air pollutant using Generalized Additive Models (GAM) that appropriate for time series analysis.

Results: In this study, we observed an association between ozone and hospital visits for allergic rhinitis, asthma, and atopic dermatitis in all metropolitan cities, adjusting for temperature, humidity, air pressure at sea level, diurnal temperature range, and day of the week. Ozone was associated with hospital visits for allergic rhinitis, asthma, and atopic dermatitis across all metropolitan cities. However PM₁₀ was associated with allergic-related diseases in only select cities. Also, ozone and PM₁₀ were associated with hospital admission for asthma in all cities except Gwangju. Hospitalization for the other diseases failed to show consistent association with air pollutants.

Conclusion: In the findings of this study, there was a significant association between air pollutants and allergic-related diseases. More detailed research subdivided age group or conducting meta-analyses combining data of all cities is required.

Keywords: PM₁₀, O₃, allergic diseases, hospital admission, hospital visit

I. 서 론

지난 수십 년간 지구온난화와 연관되어 대기오염으로 인한 건강영향에 대한 관심이 증가해 왔다. 산

업화된 국가에서의 천식 및 알레르기질환의 유병률은 증가해 왔으며, 대부분의 역학 연구들이 대기오염과 천식 및 알레르기질환의 상태와 연관되어 가능한 원인관계에 초점을 뒀다.¹⁾ Intergovernmental

†Corresponding author: Department of Environmental Health, College of Health Science, Korea University, Seoul 136-703, Korea, Tel: +82-2-940-2867, Fax: +82-2-2298-0248, E-mail: jtlee@korea.ac.kr

Received: 3 February 2012, Revised: 27 March 2012, Accepted: 8 May 2012

Panel on Climate Change (IPCC)에 의하면 1906~2005년 지구 평균 기온의 선형 추세는 100년간 0.74[0.56 to 0.92]°C로 나타났으며, 현재의 기후변화 완화 정책 및 그와 관련된 지속 가능한 개발 정책으로 인해, 전 세계 온실가스 배출량이 앞으로 수십 년 동안 계속해서 증가할 것이라고 보고하였다.²⁾ 이러한 장기적인 기후변화는 꽃가루와 같은 알레르기성 물질의 증가를 유발하여 아토피질환(특히 호흡기 아토피질환인 천식과 알레르기 비염)의 증가를 유발할 것으로 생각된다.³⁾ 최근 천식 및 알레르기질환이 크게 증가되고 있으며, 천식에 의한 사망률도 증가하고 있는 추세이다. 이러한 천식의 증가와 사망은 대기오염과 관련되어 있다고 제시되고 있다⁴⁾. 또한 지구온난화로 인한 기온의 상승과 대기 중 이산화탄소농도의 증가는 식물의 개화 및 꽃가루시기를 앞당기거나 연장시켜 알레르기질환의 발생위험을 높이게 된다.⁵⁾ 알레르기 비염과 천식을 포함한 호흡기 알레르기질환들은 환경변화로 인해 그 유병률이 지속적으로 증가하고 있는데 실내알레르겐의 증가와 함께 대기알레르겐의 농도가 주된 원인으로 설명된다.⁶⁾ 이산화질소와 이산화황은 천식의 악화와 유의하게 연관되어 있으며,⁷⁾ 천식환자에서의 오존, 이산화질소, 이산화황, 흡입성 혹은 호흡성 미세먼지에 대한 노출은 천식악화의 위험을 증가시킨다.⁸⁾ 2001년부터 2008년까지의 높은 온도와 사망률과의 역학연구에 따르면 미세먼지와 오존은 혼란변수(confounder)이며, 온난한 계절에서 오존은 효과변경인자(effect modifier)로 나타났다. 하지만 교란효과는 비교적 적은 것으로 나타났으며, 기온과 대기오염은 또한 각각 독립적으로 사망률에 영향을 미치는 것으로 나타났다.⁹⁾

기후와 관련된 연구로 중국 베이징 도시지역의 심혈관-호흡기 질환으로 인한 사망률과 대기온도와의 연관성에 대한 연구에서는 온난한 기간 동안에서의 15일 평균기온과 호흡기 질환으로 인한 사망은 J-곡선 형태의 노출-반응 관계가 있는 것으로 나타났다.¹⁰⁾ 또한 서울지역 계절과 기온이 대기오염과 사망률의 연관성에 미치는 영향의 변화에 대한 연구 결과 높은 기온의 여름기간에 대기오염과 사망률의 연관성이 주목할 만큼 증가하는 것이 관측되었다.¹¹⁾ 이는 계절과 기온이 대기오염의 역효과를 조정하고 또한 지구온난화로 인한 혹서일수의 증가는 대기오염으로

인한 건강영향을 변화시킬 수 있을 것이라고 서술하였다.¹¹⁾

이처럼 지구 온난화로 인한 대기오염과 기상요인은 사망률 뿐 아니라 알레르기질환에도 그 영향을 미치고 있다. 인간활동에 의한 온실가스(CO₂, CH₄ 등)의 증가로 지구온난화가 가속되며, 이에 의하여 식생의 분포 및 생장이 변화하고, 대기오염물질의 화학적 구성요소의 변화 등으로 인하여 여러 가지 건강영향이 나타나는 것으로 보고되고 있다. 지구온난화의 원인으로 강력히 추정되는 온실가스 중 이산화탄소의 경우는 식물생태에 있어 광합성 과정에서 필요로 되는 물질이기도 하다. 따라서 기후변화로 인한 건강영향의 변화를 평가함에 있어 기온상승으로 인한 직접적 영향뿐 아니라, 오존 및 미세먼지와 같은 대기오염물질의 변화, 기온 상승 및 온실가스 증가로 기인된 식물생태 변화 등, 보다 복합적인 관련요소의 영향을 평가하는 모형이 개발될 필요가 있다 (Fig. 1). 특히 알레르기질환과 같은 건강영향을 평가할 때는 더욱 그러하다. 이에 본 논문은 전반적인 영향모형을 평가하는 초기단계로서, 오존 및 미세먼지를 주요인으로 선정하여 알레르기질환과의 상관성을 평가하는 기본모형을 제시하는 것을 주목적으로 하였다. 본 연구에서 대기오염 중 일부인 오존과 미세먼지(PM₁₀)를 분석대상으로 삼은 것은 지구온난화로 대표되는 기후변화와 직접적인 관련이 있는 것으로 추정되는 대기오염 물질임과 동시에 알레르기 관련 질환 발생과도 관련이 있는 것으로 알려졌기 때문이다. 본 연구에서는 알레르기질환에 미치는 여러 가지 영향요인을 분석하고 기후변화에 의한 영향을 확인하기 위한 절차로, 일차적으로 대기오염이 알레르기질환에 미치는 영향을 분석하였다. 분석을 위하여 서울 및 6대 광역시 지역에서 알레르기질환 증가상 대표적인 천식, 알레르기성 비염, 아토피 피부

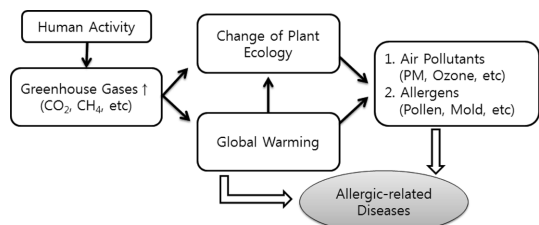


Fig. 1. A complex models of climate change and allergic-related diseases.

염을 대상질환으로 선정하였으며, 각 질환에 대해 기상요인을 보정하였을 때 대기오염에 의한 영향을 분석하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 자료

일평균 병원 외래방문 및 입원환자 수는 국민건강보험공단으로부터 2003년부터 2010년까지의 자료를 제공받아 알레르기질환인 알레르기성비염(J30), 천식(J45), 아토피피부염(L20)의 일별 외래방문환자 수 및 입원환자수를 산출하였다. 종합병원의 경우 이미 의사와 예약을 하고 방문하는 경우가 대다수로 특정 에피소드, 즉 기상요인이나 알레르기 유발인자 등의 접촉에 의한 질환유발의 경우로 보기 어려워, 종합병원 방문환자 수는 일별 방문자 수에서 제외하였다. 또한 일반 병원 방문의 경우 질환 발생이후 경과를 보기위해 수차례 재방문의 경우가 있기 때문에 30일 이내 재방문의 경우는 일별 외래방문환자 수 계산에서 제외하였다. 따라서 동일인의 경우라도 병원방문이 첫 방문 이후 30일이 지난 이후라면 새로운 방문으로 고려되게 된다.

기온과 사망 사이에는 최소의 사망률을 나타내는 범위인 안전 범위(comfort range)를 기준으로 기온이 높아지거나 낮아질수록 건강에 역효과가 있다.¹²⁾ 따라서 본 연구에서는 기온을 포함한 습도와 일교차, 해수면 기압을 보정요인으로 추가하였다. 분석을 위하여 기상청으로부터 2003년부터 2010년까지의 기상자료를 제공받아 일평균 기온, 일평균 습도, 일평균 해수면기압, 일교차를 산출하였다.

대기오염자료는 국립환경과학원으로부터 동 기간 동안의 오존과 미세먼지에 대한 시간대별 측정 자료를 제공받아 미세먼지의 경우 일평균, 오존의 경우 8시간 이동평균의 최대값을 일별 대표값으로 산출하여 분석에 이용하였다.

2. 통계분석

일평균 알레르기질환으로 인한 외래방문 및 입원자수와 대기오염자료는 시간이 경과함에 따라 변하는 관측값들의 자료이다. 따라서 시간에 따른 외래방문 및 입원자수와 대기오염의 변화값을 이용하여 그 연관성을 분석하고자 시계열 분석에 적합한 일반

화부가모형(Generalized Additive Model, GAM)을 사용하였다.¹³⁾

시계열자료의 분석에서 일차적으로 고려해야 하는 변수로는 계절변동이 있으며 일별 외래방문자수 또는 입원환자 수는 겨울에 증가하고 여름에 감소하는 계절적인 변동을 보이기 때문에 이러한 장기적인 추세변동과 계절변동을 보정해 주어야 한다. 또한 입원환자수의 경우 토요일이나 일요일에는 감소하고 월요일에는 증가하는 요일효과를 보이므로 이러한 요일들에 대한 보정이 필요하다. 또한 외래방문이나 입원의 일일변동은 기온이나 상대습도, 해수면기압의 변화와 밀접한 관련성이 있다는 여러 선행연구 결과에 따라 모형 구축 시에 이러한 요일들의 영향을 제거한 후에 대기오염과 외래방문 및 입원발생과의 연관성을 확인하고자 하였다. 많은 연구에서 대기오염의 급성영향은 당일 즉시, 또는 노출 후 1주일 이내에 나타난다고 보고되어 있다. 따라서 본 연구에서는 당일부터 3일 전까지의 lag time을 고려하였고 이 중 가장 강한 연관성을 보이는(회귀계수 값이 가장 큰)날을 선택하여 모형에 적용하였다. 기상자료의 경우에는 당일의 값을 모형에 적용하였다. 일별 외래방문 및 입원에 영향을 미칠 수 있는 장기추세, 계절변동, 기온, 습도, 기압, 요일 효과 등의 모든 혼란변수들이 통제된 최종 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \log[\text{Daily visit count}] = & S(\text{Date}, \text{df}/\text{year}) \\ & + S(\text{Temperature}, \text{df}) + S(\text{Humidity}, \text{df}) \\ & + S(\text{DTR}, \text{df}) + S(\text{Pressure}, \text{df}) \\ & + D(\text{day of the week}) \end{aligned}$$

$$\text{초과위험도} = [\exp(\beta \times \text{IQR}) - 1] \times 100$$

$$95\% \text{ CI} = (\exp((\beta \pm 1.96 \times \text{표준오차}) \times \text{IQR}) - 1) \times 100$$

β 는 모형에서 산출된 회귀계수를 나타낸다. 여기서 df는 degree of freedom, S는 평활함수, DTR은 일교차(Diurnal temperature range)를, D는 가변수(Dummy variable)를 나타낸다. 위의 최종 모형에 미세먼지와 오존을 하나씩 포함시켜 외래방문 및 입원과 대기오염물질 간의 연관성을 분석하였다. 분석결과는, 각 모형으로부터 각각의 오염물질별 단위증가(e.g, IQR)에 대한 초과위험도와 95% 신뢰구간을 구하여 제시한다.

III. 결 과

서울 및 6대 광역시의 연평균 기온, 습도, 일교차 세 가지의 기상요인에 대한 8년간의 연도별 변화 추세를 살펴본 결과 연평균 기온에서는 2005년까지는 울산지역이 그 이후는 부산지역이 가장 높은 것으로 나타났으며, 가장 낮은 지역은 인천지역이었다. 7개 지역 모두에서 연구기간 중 2004년 또는 2007년에 연평균 기온이 높은 것으로 나타났다. 연평균 습도에서는 광주와 인천지역이 가장 높은 것으로 나타났으며, 가장 낮은 지역은 대구지역이었다. 연평균 습도가 높은 연도는 2003년, 2007년, 2010년으로 나타났다. 연평균 일교차에서는 대전지역이 가장 높은 것으로 나타났으며, 인천지역에서 가장 낮았다. 연구기간 중 연평균 일교차가 가장 높았던 연도는 2004년인 것으로 나타났다. 서울 및 6대 광역시의 기상요인의 비교 결과 대구지역의 경우 기온과 일교차는 7개 지역에서 높았으며, 습도는 낮은편으로 나타났으며, 인천지역의 경우 3개 기상요인에 대하여 대구

지역과 정반대의 패턴을 보였다(Fig. 2).

7개 도시의 오존과 미세먼지 두 가지의 대기 중 농도에 대한 연도별 변화추세에서는, 오존은 2009년까지는 증가하는 추세를 보이다가 2010년 감소하는 것으로 나타났다. 7개 지역 중 서울의 농도가 다른 지역에 비해 비교적 낮은 농도의 추세를 나타냈으며, 대구와 부산은 높은 농도의 추세를 나타냈다. 미세먼지의 농도는 대부분의 지역에서 2006년 또는 2007년까지 증가하다가 이후 감소하는 것으로 나타났다. 대전의 농도가 다른 지역에 비해 비교적 낮았으며, 인천은 높은 것으로 나타냈다(Fig. 3).

7개 도시의 100,000명 당 일평균 병원 외래방문 및 입원방문 비율을 비교한 결과 병원 외래방문에 대해서는 7개 모든 지역에서 아토피피부염으로 인한 외래방문이 가장 높은 것으로 나타났다. 질환별 외래방문이 높은 지역으로는 알레르기성 비염은 인천, 천식은 울산, 아토피피부염은 대전에서 가장 많은 것으로 나타났다. 병원 입원에 대해서는 7개 모든 지역에서 천식으로 인한 병원 입원율이 가장 높

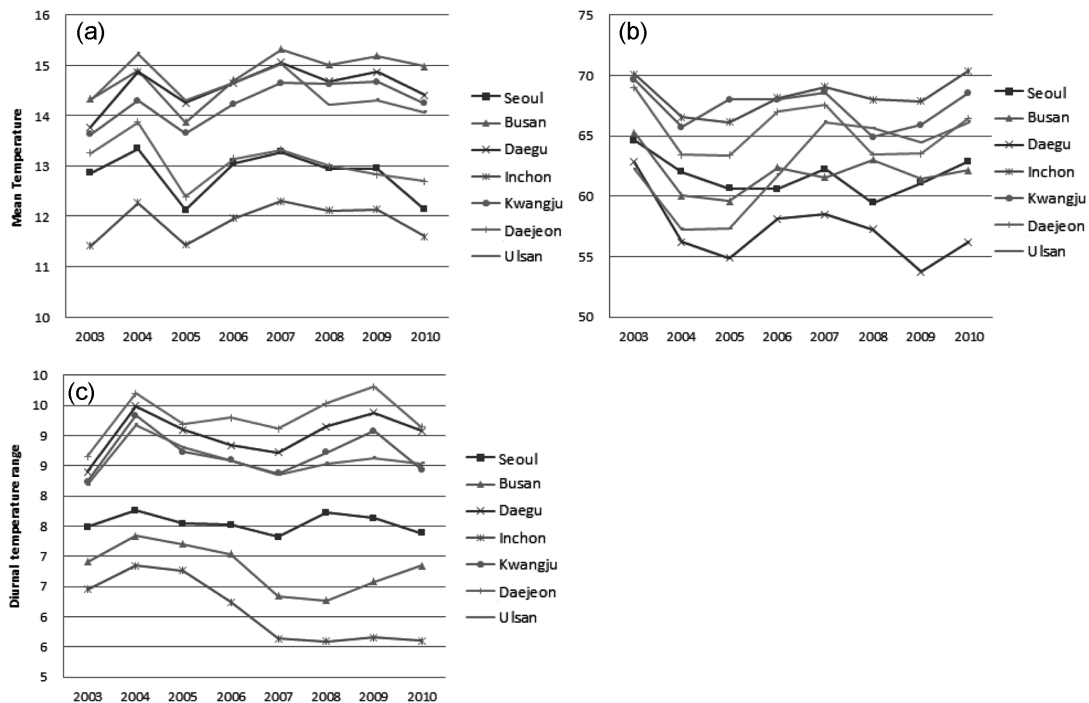


Fig. 2. The trend of meteorological factors of the major cities (2003-2010) (a) annual mean temperature, (b) annual mean humidity, (c) annual mean DTR.

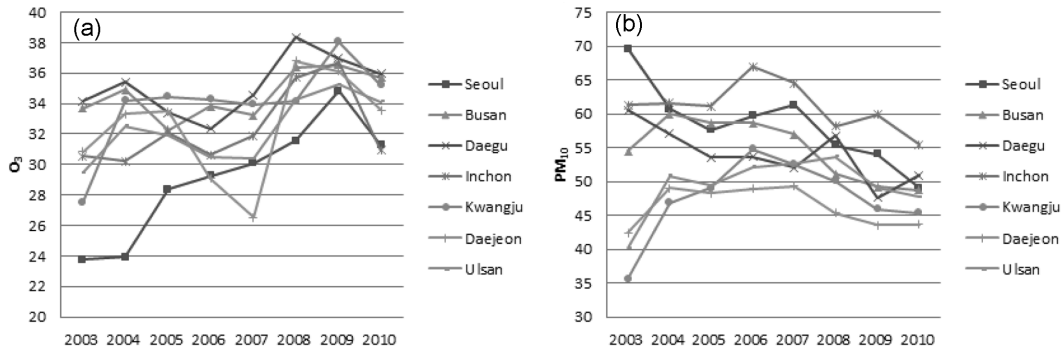


Fig. 3. The trend of air concentration of the major cities (2003-2010) (a) O₃, (b) PM₁₀.

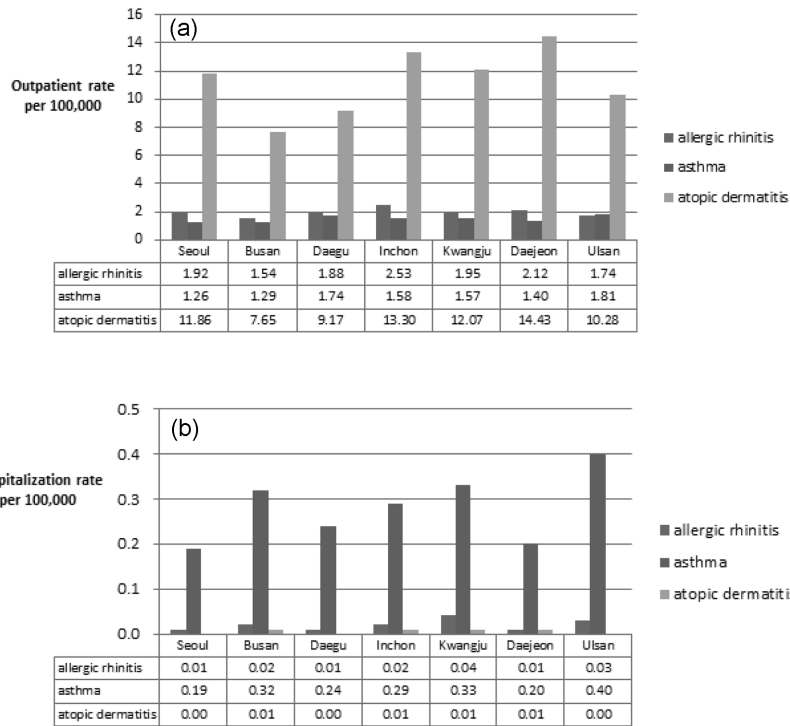


Fig. 4. Daily mean visit rates of the major cities (a) hospital visit, (b) hospital admission.

은 것으로 나타났으며, 알레르기성 비염과 아토피 피부염은 비슷한 수준의 입원율을 나타내었다. 질환별 병원 입원율이 높은 지역으로는 알레르기성 비염과 천식의 경우 울산지역이 높은 것으로 나타났다(Fig. 4).

Table 1과 Table 2는 각 지역별로 추정된 일별 대기오염농도 증가에 따른 병원 외래방문의 위험과 병원 입원의 위험을 요약한 표이다. 오존의 경우 각 알레르기질환 모두에서 대기 중 농도가 IQR 증가함

에 따라 병원 외래방문의 위험이 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며, 미세먼지의 경우 부산과 대구, 광주에서 대기 중 농도가 IQR 만큼 증가함에 따라 위험이 증가하는 것으로 나타났다. 병원입원의 위험에 대해서는 오존과 미세먼지는 광주를 제외한 6개 지역에서 천식에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 대구, 인천, 대전지역에서는 알레르기성 비염에도 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 1. The effect of air pollution on hospital visits for allergic diseases

Cities	Diseases	O ₃ (Estimate %, 95% CI)		PM ₁₀ (Estimate %, 95% CI)	
Seoul	Allergic rhinitis	5.26	4.67, 5.85	-0.32	-0.65, 0.00
	Asthma	2.15	1.46, 2.85	-0.63	-1.02, -0.25
	Atopy dermatitis	0.77	0.56, 0.99	-0.03	-0.16, 0.10
Busan	Allergic rhinitis	3.04	2.03, 4.05	1.1	0.50, 1.70
	Asthma	2.35	1.29, 3.43	1.52	0.89, 2.16
	Atopy dermatitis	1.86	1.44, 2.27	1.32	1.04, 1.59
Daegu	Allergic rhinitis	6.74	5.51, 8.00	1.03	0.41, 1.65
	Asthma	3.03	1.79, 4.29	1.83	1.18, 2.48
	Atopy dermatitis	2.70	2.19, 3.21	1.36	1.07, 1.66
Incheon	Allergic rhinitis	4.10	3.19, 5.02	-0.53	-1.09, 0.02
	Asthma	3.04	1.92, 4.18	-0.64	-1.31, 0.05
	Atopy dermatitis	0.42	0.06, 0.79	0.06	-0.18, 0.29
Gwangju	Allergic rhinitis	8.65	6.99, 10.33	-0.61	-1.45, 0.24
	Asthma	6.02	4.32, 7.74	2.55	1.88, 3.22
	Atopy dermatitis	3.08	2.47, 3.69	0.59	0.23, 0.95
Daejeon	Allergic rhinitis	6.65	5.05, 8.29	-0.06	-0.91, 0.81
	Asthma	4.73	2.83, 6.66	0.6	-0.33, 1.54
	Atopy dermatitis	2.26	1.69, 2.83	0.1	-0.23, 0.43
Ulsan	Allergic rhinitis	4.57	3.48, 5.68	-0.05	-0.85, 0.76
	Asthma	3.26	1.96, 4.58	0.56	-0.31, 1.43
	Atopy dermatitis	1.56	1.17, 1.96	0.1	-0.21, 0.41

Table 2. The effect of air pollution on hospitalizations for allergic diseases

Cities	Diseases	O ₃ (Estimate %, 95% CI)		PM ₁₀ (Estimate %, 95% CI)	
Seoul	Allergic rhinitis	1.62	-4.70, 8.35	2.31	-1.29, 6.04
	Asthma	3.65	1.80, 5.54	2.77	1.93, 3.60
	Atopy dermatitis	0.53	-8.51, 10.47	-0.14	-5.87, 5.94
Busan	Allergic rhinitis	7.11	-1.04, 15.93	3.68	-0.65, 8.19
	Asthma	6.75	4.52, 9.02	3.14	2.04, 4.25
	Atopy dermatitis	3.87	-5.04, 13.63	3.65	-0.61, 8.10
Daegu	Allergic rhinitis	9.15	-5.03, 25.45	5.95	1.59, 10.50
	Asthma	5.13	1.78, 8.59	1.64	0.10, 3.19
	Atopy dermatitis	19.95	-7.39, 55.35	9.06	1.72, 16.93
Incheon	Allergic rhinitis	1.01	-6.94, 9.65	3.41	-1.23, 8.26
	Asthma	5.36	2.66, 8.12	1.90	0.37, 3.45
	Atopy dermatitis	-4.03	-17.85, 12.12	10.27	2.70, 18.40
Gwangju	Allergic rhinitis	6.50	-2.62, 16.48	-1.73	-7.59, 4.50
	Asthma	3.64	-0.08, 7.49	-0.30	-1.90, 1.34
	Atopy dermatitis	0.39	-0.50, 1.29	-1.07	-7.91, 6.29
Daejeon	Allergic rhinitis	2.78	-11.95, 19.98	10.78	3.85, 18.17
	Asthma	8.88	3.82, 14.18	4.15	1.55, 6.81
	Atopy dermatitis	9.57	-14.31, 40.12	8.93	-1.42, 20.37
Ulsan	Allergic rhinitis	1.92	-8.45, 13.47	10.04	3.59, 16.88
	Asthma	6.08	2.64, 9.64	3.87	1.44, 6.35
	Atopy dermatitis	6.55	-10.16, 26.37	8.32	-1.33, 18.91

IV. 고 찰

본 연구에서는 서울 및 6대 광역시지역에서의 대기오염이 알레르기질환에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 연구결과, 병원 외래방문에서는 모든 지역에서 오존이 알레르기성 비염, 천식, 아토피피부염에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 미세먼지는 일부 지역에서만 유의하게 나타났다. 병원입원에서는 광주를 제외한 6개 지역에서 오존과 미세먼지가 천식으로 인한 병원입원에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구에서의 제한점으로는 알레르기질환에 영향을 미치는 요인들 중 부유알레르겐, 개인별 노출수준 등에 대한 고려를 하지 못했다는 것이다. Cakmans. S의 연구결과에 따르면 부유알레르겐과 천식으로 인한 입원에 연관성이 있으며, 이는 대기오염에 노출수록 연관성이 강해지는 것으로 나타났다.¹⁴⁾ 즉 지역별 부유알레르기 수준에 따라 대기오염에 의한 지역별 알레르기질환에 미치는 영향이 다르게 나타날 수 있다. 따라서 지역별 대기오염 영향의 차이에 대한 추가적인 연구를 위해서는 꽃가루 등 부유알레르겐의 수준을 고려해야 할 필요가 있다. 또한 많은 연구들에서 어린이들에서 교통관련 대기오염과 알레르기질환과의 연관성에 대해 연구를 수행한 결과 그 연관성이 입증되어 왔다.¹⁵⁻¹⁹⁾ 이와 함께 교통관련 지표로서 주요도로와의 거리 역시 알레르기질환과 연관성이 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구는 상병자료를 바탕으로 하여 수행된 연구로서 연구에 포함된 대상자의 개인노출 수준이나 주요도로와의 거리 등을 고려할 수 없었다. 그러므로 보다 구체적인 노출 및 알레르기질환의 건강영향 등의 연구를 수행하기 위해서는 장기적인 추적관찰 연구가 필요할 것으로 사료된다.

지구온난화로 대표되는 기후변화는 생태환경의 변화를 초래하는 것 뿐 아니라 대기 중 광화학반응의 역학을 변화시켜 대기오염 물질의 화학적 변화를 일으키게 된다.²⁰⁾ 또한 오존은 천식환자의 증상을 악화시키는 것으로 알려져 있으며,²¹⁾ 오존 농도의 증가는 천식으로 인한 응급실 방문을 증가시킨다는 연구결과도 보고되고 있다.²²⁻²⁵⁾ 기존 천식환자의 증상 악화뿐만 아니라, 미국에서 진행된 천식을 진단받은 적이 없는 어린이를 대상으로 한 코호트 연구에서는

오존농도가 낮은 지역보다 높은 지역에서 천식환자가 더 많이 발생한다는 연구결과도 있다.²⁶⁾ 또한 오존에 노출됐을 시, FVC(Forced Vital Capacity) 및 FEV₁(Forced Expiratory Volume in 1 sec)이 감소되며 기도과민성 증가와 관련되어 있다.²⁷⁾ Pénard-Morand C.의 프랑스 108개 학교로부터 9-11세 6,672명의 학생들을 대상으로 일반 알레르겐에 대한 SPT(skin pick test), EIB(exercise-induced bronchial reactivity), 굴곡부 피부염의 피부검사의 결과와 대기오염의 영향을 살펴본 결과 오존의 노출이 높은 지역에서는 다른 지역에 비해 EIB, 알레르기질환, 아토피의 유병률이 더 높은 것으로 나타났으며, 미세먼지의 경우 노출이 높은 지역에서 EIB와 알레르기질환의 유병률이 높았으며, 이산화황의 경우 EIB의 유병률이 높은 것으로 나타났다.²⁸⁾ 본 연구 결과 역시 선행 연구결과와 마찬가지로 지역별 차이는 있지만 천식 및 알레르기질환에 있어 오존이 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 미세먼지로 인한 건강영향에 대한 선행연구는 다양하게 수행되어져 왔다. Gaudeman 외의 연구에 따르면 PM_{2.5}, dioxide 등의 대기오염에 높은 농도로 노출된 어린이는 폐의 발달이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다.²⁹⁾ Schwartz 외의 연구에서는 65세 이하 대상자에서 전날의 PM₁₀에 대한 노출이 천식으로 인한 병원의 입원에 유의하게 연관성이 있는 것으로 나타났다.³⁰⁾ 미세먼지의 농도증가가 천식을 발생시킨다고는 할 수 없지만 천식환자에서 그 증상을 악화시킨다는 보고는 증가하고 있다.³¹⁾ 미세먼지는 천식뿐만 아니라 다른 알레르기질환과도 연관성이 있는 것으로 타 연구에서는 보고하고 있다.³²⁾ 본 연구에서는 지역별로 결과에 차이를 보였으나 미세먼지가 천식으로 인한 병원 방문과 입원에서 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. Table 3은 대기오염이 알레르기질환에 미치는 영향에 대한 타 연구결과에 대한 요약표이다.^{16-19,33,34)} 연구결과들을 살펴보면 본 연구의 결과와 마찬가지로 대기오염물질은 알레르기질환에 유의한 영향을 미치는 거나 혹은 통계적으로 유의하진 않더라도 양의 관계를 나타내고 있다. 이러한 연구 결과들을 바탕으로 하여 기후변화로 인한 대기오염이 알레르기질환에 미치는 영향에 대한 보다 구체적인 체계적인 연구, 즉 개인단위의 대기오염 노출자료와 역학자료, 수검자료 등의 수집을 통한 구

Table 3. Studies in impact of air pollution exposure in allergic diseases

Reference	Study Characteristics	Exposures	Health Outcome	Results
Brauer <i>et al.</i> (16)	birth cohort in Netherlands 4,000 infants (0-2 yrs)	air pollution from traffic (PM _{2.5} , NO ₂ , soot)	- questionnaire-determined wheezing, dry nighttime cough, ear, nose, and throat (E,N,I,T) infections, skin rash - physician-diagnosed asthma, bronchitis, influenza, and eczema	- several positive association between traffic-related air pollutants and wheezing asthma and respiratory infections - increased incidence of wheeze and asthma, (non-significant) in the first 2 years of life - no association with doctor-diagnosed eczema, or itchy rash
Cesaroni <i>et al.</i> (17)	9,488 25-59yrs adults Rome residents	traffic-related air pollution PM, NO ₂	questionnaire-determined respiratory health (chronic bronchitis or emphysema, asthma, rhinitis)	- estimated NO ₂ and Quartiles of PM emission were associated with rhinitis - prevalence of asthma was associated only with self-reported traffic intensity
Lee <i>et al.</i> (18)	312,873 12-14yrs children, Taiwan	traffic-related (CO, NO _x , O ₃), fossil fuel (PM ₁₀ , SO ₂)	questionnaire-determined allergic rhinitis prevalence	allergic rhinitis correlated only with traffic-related air pollutants (CO, NO _x , O ₃)
Mortenstem <i>et al.</i> (19)	birth cohort in Germany 2860 children at 4 yrs 3,061 children at 6 yrs	PM _{2.5} , PM _{2.5} absorbance, NO ₂	physician-diagnosed asthmatic/spastic/obstructive bronchitis, asthma, hey fever, allergic/eczema parental reported of symptoms	PM _{2.5} absorbance were associated with asthmatic bronchitis, hey fever, and allergic sensitization to pollen NO ₂ was associated with eczema
Sole <i>et al.</i> (33)	16,209 Brazilian adolescents (13-14 yrs) from São Paulo West (SPW), São Paulo South (SPS), Santo André (SA), Curitiba (CR), and Porto Alegre (PoA) International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) phase 3	CO, NO ₂ , O ₃	- symptoms : current wheezing, severe asthma, nighttime cough, rhinitis in the last year, rhinocconjunctivitis, severe rhinitis, eczema, flexural eczema, severe eczema	- O ₃ and CO are significant risk of current wheezing in SPW and SA. - O ₃ and CO were associated with a high risk of rhinocconjunctivitis, eczema, and flexural eczema in SPW. - O ₃ and CO were associated with a high risk of rhinitis in CR. - NO ₂ was associated with a high risk current wheezing in SPA and SA, Severe asthma in SPW and PoA, and nighttime cough, eczema, flexural eczema and severe eczema in SPW.
Peel <i>et al.</i> (34)	4 million emergency department visit from 31 hospitals in Atlanta	PM ₁₀ , O ₃ , NO ₂ , CO, SO ₂	asthma, COPD (chronic obstructive pulmonary disease visit), URI (upper respiratory infections), Pneumonia	- standard deviation increases of O ₃ , NO ₂ , CO, and PM ₁₀ were associated with 1-3% increases in URI visit - 2 µg/m ³ increase of PM _{2.5} organic carbon was associated with a 3% increase in pneumonia visit - standard deviation increases of NO ₂ and CO were associated with 2-3% increases in COPD

체적인 노출-반응 평가가 이루어 져야 할 것으로 사료된다.

기후변화로 인한 대기온도의 변화로 인하여 꽃의 개화시기가 빨라지고 대기 중 존재하는 대표적인 알레르겐인 꽃가루의 분포시기가 빨라지고 꽃가루의 비산기간이 늘어나며, 꽃가루 관련 알레르기질환의 발생 또는 악화를 초래한다.³⁵⁾ 꽃가루와 대기오염물질은 알레르기질환을 일으키는데 서로 상승작용을 하기도 한다.³⁶⁾ 따라서 기온 및 꽃가루 등이 알레르기질환에 미치는 영향 또한 분석 되어야 하지만 본 연구에서는 기온을 포함한 습도와 일교차 등의 기상요인을 보정요인으로만 고려하여 분석하였다. 전남 목포 지역에서 알레르기 환자에서의 기온과 흡입성 항원 감작물의 종적 변화의 관련성 분석에서는 2003년부터 2008년까지의 연구 결과 일부 꽃가루들에서 연도별 기온증가가 보인 월에서 내원환자들의 꽃가루 감작률이 증가하는 것으로 나타났지만 연구기간을 더 늘려 추가분석할 것을 제안하였다.³⁷⁾ 본 연구에서도 기후변화에 대한 영향을 고려하기에는 총 8년이라는 본 연구의 기간은 충분하다고 사료되지 않아 더 많은 기간에 대한 자료의 구축이 필요할 것이다. 또한 인천과 대구지역의 기상인자를 비교하였을 때 타 지역에 비하여 인천의 경우 온도와 일교차가 가장 낮고, 습도는 가장 높은 지역으로 나타났으며, 대구의 경우 인천과 반대로 온도와 일교차가 가장 높고 습도는 가장 낮은 지역으로 나타났다. 차후 기상요인에 의한 알레르기질환의 영향을 평가함에 있어 두 지역간의 차이에 대한 분석을 추가로 분석할 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지역별 기상요인 분석결과 연평균 기온은 부산, 울산지역에서, 습도는 인천과 광주지역에서, 일교차는 대전과 대구지역에서 다른 지역에 비해 높았으며, 특히 인천과 대구지역의 기상인자가 7개 지역에서 정 반대의 패턴을 보이는 것으로 나타났다.
2. 오존과 미세먼지에 대한 분석결과 오존에서는 광주와 대구지역에서 다른 지역에 비해 농도가 높은 것으로 나타났으며, 서울에서 비교적 낮은 것으로 나

타났다. 미세먼지에 대해서는 인천에서 높았으며, 대전에서 낮은 것으로 나타났다.

3. 상병자수의 경우 외래방문자수에 대해서는 알레르기성 비염에서는 인천, 천식에서는 울산, 아토피에서는 대전에서 방문자 수가 많았으며, 입원 환자수에 대해서는 알레르기성 비염, 천식, 아토피피부염 모두에서 울산에서 많은 것으로 나타났다. 이러한 지역별차이는 추가적인 자료(알레르겐 및 교통량 등 알레르기질환에 영향을 미치는 요인에 대한 자료)의 수집과 체계적이고 구체적인 분석을 통하여 추가적으로 확인하여야 할 것이다.

4. 서울 및 6대 광역시 지역에서의 알레르기성 비염, 천식, 아토피피부염에 대한 대기오염의 영향을 평가한 결과, 대기 중 대기오염물질의 증가에 따라 병원 외래방문 및 입원의 위험이 증가하는 것으로 나타났다.

5. 본 연구는 기후변화로 인한 알레르기질환의 건강영향을 평가하기 위한 초기단계로서 오존과 미세먼지가 알레르기질환에 미치는 영향을 평가한 결과 대기오염이 알레르기질환에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 보다 복합적인 관련요소의 영향을 평가하기 위해서는 보다 구체적이고 체계적인 연구, 즉 개인단위의 대기오염 노출자료와 역학자료, 수검자료 등의 수집을 통한 구체적인 노출-반응 평가가 이루어 져야 할 것으로 사료된다.

지구온난화로 인한 기후변화는 세계적으로 사회경제적 및 환경적 영향이 초래되고 건강에 위대한 영향을 미치고 있다. 본 연구에서는 대기오염에 의한 영향만을 고려하였지만, 이 외에도 실내 알레르겐, 부유알레르겐 및 극단적인 기상(폭우, 태풍 등)상황 등은 알레르기질환에 영향을 미칠 수 있다. 또한 지구온난화로 인한 대기오염은 심혈관 질환 등에도 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다.

기후변화는 다양하고 복잡한 과정을 통하여 인간의 건강에 직간접적으로 영향을 미치고 있다. 기후변화와 건강과의 연관성을 평가하기는 쉽지 않다. 또한 국내에서의 기후변화와 알레르기질환과의 연관성에 대한 연구는 많지 않다. 그로 인해 국내 상황에 적절한 보건정책 등을 위한 자료가 많지 않다. 따라서 추가적인 연구가 지속적으로 이루어 져야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 환경부 차세대 에코이노베이션사업 (No.412-111-002)으로 지원받은 「기후변화에 따른 알레르기 유발인자의 건강영향평가적용 기술 개발」의 연구결과 일부입니다.

참고문헌

- Kim H, Bernstein JA. Air pollution and allergic disease. *Current Allergy and Asthma Reports*. 2009; 9(2): 128-133.
- IPCC: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland; 2007. p.104.
- Kim KH. Climate change and atopic dermatitis. *J Korean Med Assoc*. 2011; 54(2): 169-174.
- Jang AS. Climate change and air pollution. *J Korean Med Assoc*. 2011; 54(2): 175-180.
- D'Amato G, Cecchi L. Effect of climate change on environmental factors in respiratory allergic disease. *Clinical and Experimental Allergy*. 2008; 38: 1264-1274.
- Jin HJ, Kim JE, Kim JH, Park HS. Impacts of climate change on aeroallergens. *J Korean Med Assoc*. 2011; 54(2): 156-160.
- Rossi O, Kinnula V, Tienari J, Huhti E. Association of severe asthma attacks with weather, pollen, and air pollutants. *Thorax*. 1993; 48(3): 244-248.
- D'amato G, Liccardi G, D'amato M, Cazzola M. Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *Eur Respir J*. 2002; 20: 763-776.
- Rupa B. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environmental Health: A Global Access Science Source*. 2009; 8: 40.
- Liu L, Breitner S, Pan X, Franck U, Leitte AM, Wiedensohler A, et al. Associations between air temperature and cardio-respiratory mortality in the urban area of Beijing, China: a time-series analysis. *Environmental Health*. 2011; 10(1): 51.
- Park AK, Hong YC, Kim H. Effect of changes in season and temperature on mortality associated with air pollution in Seoul, Korea. *J Epidemiol Community Health*. 2011; 65(4): 368-375.
- Curriero F, Heiner K, Samet J, Zeger S, Strug L, Patz J. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol*. 2002; 155(1): 80-87.
- Peng R, Dominich F. *Statistical Method for Environmental Epidemiology* with R. Springer 2008.
- Cakman D, Dales R, Coates F. Dose air pollution increase the effect of aeroallergens on hospitalization for asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2012; 129: 228-231.
- Heinrich J, Wichmann HE. Traffic related pollutants in Europe and Their effect on allergic disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2004; 4: 341-348.
- Brauer M, Hoek G, Vliet P, Meliefste K, Fisher P, Wijga A, et al. Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 1092-1098.
- Cesaroni G, Badaloni C, Porta D, Firastiere F, Perucci C. Comparison between various indices of exposure to traffic-related air-pollution and their impact on respiratory health in adults. *Occup Environ Med*. 2008; 65: 683-690.
- Lee YL, Shaw CK, Su HJ, Lai JS, Ko YC, Heang SL, et al. Climate, traffic-related air pollutants and allergic rhinitis prevalence in middle-school children in Taiwan. *Eur Respir*. 2003; 21: 964-970.
- Morgenstern V, Zutavern A, Cyrys J, Brockow I, Koletzko S, Krämer U, et al. Atopic diseases, allergic sensitization, and exposure to traffic-related air pollution in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2008; 177: 1331-1337.
- Bernard S, Samet J, Grambsch A, Ebi K, Romieu I. The potential impact of climate variability and change on air pollution-related health effects in the united states. *Environ Health Perspect*. 2001; 109(suppl2): 199-209.
- Peden DB. Effect of air pollution in asthma and respiratory allergy. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1996; 114(2): 242-247.
- Strickland M, Darrow L, Klein M, Flanders W, Sarnat J, Waller L, et al. Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010; 182(3): 307-316.
- Stieb D, Burnett R, Beveridge R, Brook J. Association between ozone and asthma emergency department visits in Saint John, New Brunswick, Canada. *Environ Health Perspect*. 1996; 104(12): 1354-1360.
- Meng Y, Rull R, Wilhelm M, Lombardi C, Balmes J, Ritz B. Outdoor air pollution and uncontrolled

- asthma in the San Joaquin Valley, California. *J Epidemiol Community Health*. 2010; 64(2): 142-147.
25. Mar T, Koenig J. Relationship between visits to emergency departments for asthma and ozone exposure in greater Seattle, Washington. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 2009; 103(6): 474-479.
 26. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London S, Islam T, Gauderman W, et al. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *The Lancet*. 2002; 359(9304): 386-391.
 27. Vagaggini B, Taccola M, Cianchetti S, Carnevali S, Bartoli ML, Bacci E, et al. Ozone exposure increases eosinophilic airway response induced by previous allergen challenge. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166(8): 1073-1077.
 28. Pénard-Morand, Charpin D, Raheison C, Kopferschmitt C, Caillaud D, Lavaud F. Long-term exposure to background air pollution related to respiratory and allergic health in schoolchildren. *Clin Exp Allergy* 2005; 35: 1279-1287.
 29. Gauderman W, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med*. 2004; 351(11): 1057-1067.
 30. Schwartz J, Slater D, Larson T, Pierson W, Koenig J. Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle. *Am J Respir Crit Care Med*. 1993; 147(4): 826-831.
 31. Gavett S, Koren H. The role of particulate matter in exacerbation of atopic asthma. *Int Arch Allergy Immunol*. 2000; 124(1-3): 109-112.
 32. Brauer M, Hoek G, Smit H, De Jongste J, Gerritsen J, Postma D, et al. Air pollution and development of asthma, allergy and infections in a birth cohort. *European Respiratory Journal*. 2007; 29(5): 879-888.
 33. Solé E, Camelo-Nunes IC, Wandalsen GF, Pastorino AC, Jacob CMA, Gonzalez C, et al. Prevalence of symptoms of asthma, rhinitis, and atopic eczema in Brazilian adolescents related to exposure to gaseous air pollutants and socioeconomic status. *J Investing Allergol Clin Immunol*. 2007; 17(1): 6-13.
 34. Peel J, Tolbert P, Klein M, Metzger K, Flander WD, Todd K, et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visit. *Epidemiology* 2005; 16: 164-174.
 35. Shea K, Truckner R, Weber R, Peden D. Climate change and allergic disease. *J Allergy Clin Immunol*. 2008; 122(3): 443-453.
 36. Hong SY, Son DK, Kwon HJ. Climate change and allergic disease. *Pediatr Allergy Respir Dis*. 2010; 20(3): 151-158.
 37. Yoon BJ, Kim SH, Kim DH, Koh YI. Longitudinal changes of sensitization rates to inhalant allergens in patients with allergic diseases from gwangju and chonnam areas: their association with annual changes in temperature. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol*. 2011; 31(2): 93-104.