

대전지역 대기오염물질농도와 천식 환자수의 관련성

서원호 · 장성실* · 권호장**

대전시 보건환경 연구원

*충남대학교 의과대학 예방의학교실

**단국대학교 의과대학 예방의학교실

Concentration of Air Pollutants and Asthma in Taejon City

Won Ho Seo, Seong Sil Chang* and Ho Jang Kwon**

Institute for Health and Environment at Taejon City, Korea

**Dept. of Preventive Medicine, College of Medicine, Chungnam National University*

***Dept. of Preventive Medicine, College of Medicine, Dankook University*

ABSTRACT

To determine the effect of air pollutants in Taejon City, we used medical insurance claim data for asthma and the data monitored from telemetry system of Ministry of Environment for air pollutants and meteorological factors. From November 1st, 1997 to October 31th, 1998, 95,629 asthma patients were covered by medical insurance at Taejon City. Subjects were composed of 49,563 males(51.8%) and 46,336 females(48.2%), and among the subjects, the proportion under 15 years old was 62.8% of the total. During the study period, daily mean concentrations of each air pollutants-SO₂, NO₂, CO, O₃ and TSP-were 9.8 ppb, 17.6 ppm, 1.414 ppm, 17.3 ppb and 60.6 µg/m³, respectively, which were lower than each of the environmental recommended exposure levels. Through the simple correlation analysis between each air pollutants and meteorological factors, O₃ was positively correlated with temperature, but negatively with relative humidity. TSP, SO₂, NO₂, CO were negatively correlated with meteorological factors, and these air pollutants except O₃ were positively correlated with each other. O₃ was correlated with TSP positively but the others negatively. Estimating relative risks of each air pollutant with the baseline general additive model, daily mean concentrations of TSP(Lag 0, 1, 4, 5day), SO₂(Lag 0, 1, 4, 5day), NO₂(Lag 0, 1, 4, 5day), CO(Lag 0, 1, 4, 5day) and maximum concentration of O₃(Lag 1, 2, 3, 4, 5day) were significantly associated with the increase of the asthma admission. Two age subgroups, under 15 and 15~54 have shown various association of all air pollutants concentration with the asthma admission. However, in case of over 54 age subgroup, only TSP(Lag 0 day) among all air pollutants was associated with the asthma admission. Each of ambient outdoor pollutant concentrations in Taejon City are significantly associated with the admission of asthma patients even though all concentrations were much lower than the environmental recommended exposure levels. Therefore, continuous effort lowering air pollutant concentration and introducing an active environmental conservation policy should be implanted for preventing hazardous health effects. Considering major proportion of asthma admissions, high susceptibility and less confounding factors among the age subgroup under 15 will be a useful target population for assessing such health effect monitoring.

Keywords : Air pollutants, Asthma, Meteorological factors

I. 서 론

급속한 산업화와 도시화로 인한 환경오염 문제는 인간의 건강과 재산에 영향을 주는 수준에 이르고 있다. 이중에서도 대기오염물질에 의한 인체에 미치는 영향은 대개 만성적으로 이루어지며 폭로 대상이 대규모 인구 집단이기 때문에 대기오염의 농도가 조금만 증가하더라도 그 영향이 커질 수 있다는 특징이 있다.¹⁾ 산업혁명 이후 대기오염이 건강에 미치는 유해성 연구는 산발적으로 이루어져오다가 영국 London스모그사건과 미

국 Donora시 및 LA스모그사건 이후 인체에 미치는 영향에 대하여 선진국들을 중심으로 집중적인 연구가 이루어져 왔다.¹⁻⁶⁾

대기오염과 건강영향의 관련성에 대한 대개의 연구들은 대기오염과 호흡기질환의 발생, 입원, 사망 등의 연관성을 밝혀왔으며,⁷⁻¹⁰⁾ 최근에는 호흡기 질환 중에 천식이 대기오염의 농도가 높을 때, 수진건수나, 응급실 방문수, 입원수 등이 증가되었다는 등¹¹⁻¹⁵⁾ 단일 질환으로서 천식이 대기오염과 밀접한 관련을 보이고 있다. 특히, 단기간 고농도의 대기오염물질 노출에 대해 민감

하게 건강영향을 나타내고 있으며, 예로는 총 부유먼지 (Total Suspended Particulates, 이하 TSP) 증가로 인한 천식으로 병원 입원율과의 상관성이라든가,^{16,17)} 응급실 방문율의 증가,¹⁸⁾ 그 외에 SO₂, NO₂, CO, O₃, 광화학성 산화물 등과 관련이 있다는 보고 등이다.¹⁹⁻²³⁾

우리 나라의 경우는, 대기오염과 호흡기 질환과의 연구가 1960년대 이후 시작되어 주로 단면적 연구방법에 의한 관련성을 증명하여 왔다.^{5,6,24-27)} 최근 들어 급격한 자동차의 증가와 휘발성오염물질 등에 따른 2차오염물질의 증가를 포함한 대기오염양상의 변화는 인체에 미치는 영향과 정밀한 역학적 방법론을 응용하여 시계열적 방법을 통한 대기오염과 사망자수에 미치는 영향 등에 대한 연구²⁸⁻³⁰⁾가 있었으나 건강영향으로서 호흡기 질환을 포괄적으로 다루고 있어 단기간 고농도의 대기오염물질에 민감한 영향을 보이는 천식에 대한 관련성은 아직 미흡한 형편이고, 수도권 지역에만 국한되어 있어, 최근 정부청사의 이전으로 인해 인구와 교통량이 증가하는 대전 등 다른 도시들에 있어서도 지역 환경보전정책수립을 위한 대기오염과 건강영향을 평가하는 연구가 시급한 실정이다.

이에, 본 연구는 대전 지역에서 대기오염물질에 민감한 영향을 보이는 천식환자 내원수와 TSP, SO₂, NO₂, CO, O₃ 등 5가지 대기오염물질의 관련성을 분석하여 향후 대전 지역내 환경오염에 따른 건강영향 모니터링을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 조사대상 및 방법

본 연구는 대전지역의 자동측정망에서 측정되는 대기오염물질 농도, 기상청을 통해 얻어진 기상자료와 동기간중 전국의료보험연합회에 천식으로 청구된 자료에서 최초 진단 받은 날을 기준으로 천식 환자수로 정하여, 포아송회귀분석(Poisson regression)을 적용하였으며, 계절적, 기상적으로 민감한 변수들은 smoothing하여 general additive model을 사용하여 대기오염물질 농도와 천식 환자수의 관련성을 분석하기 위한 것이다. 조사연구를 위한 대상 및 방법은 다음과 같다.

1. 조사대상

1) 천식 환자수

전국의료보험연합회에 1998년 12월말까지 청구된 대전시 진료 건수중 1997년 11월 1일부터 1998년 10월 31일까지 만 1년 동안 국제질병분류(ICD-10)의 천식코드 J45.0, J45.1, J45.8, J45.9로 진단된 환자를 천식환자로 정하여 조사 대상으로 하였으며 유행 기간을 고

려하지 않고 한 건으로 처리하였으며, 재 발병 시에는 또 다른 환자수로 포함시켰다.

2) 대기오염물질

오염물질의 종류는 TSP, SO₂, NO₂, O₃, CO 등 5가지 물질로 대전시 중구 대흥동, 대덕구 대화동, 유성구 구성동 등 3지점의 대기오염자동측정소에서 연속적으로 측정된 자료를 이용하였으며, 측정방법은 대기오염물질공정시험방법에 따라 TSP는 베타선흡수법(β -Ray Absorption Method), SO₂는 자외선형광법(Pulse U.V. Fluorescence Method), NO₂는 화학발광법(Chemiluminescent Method), O₃는 자외선광도법(U.V. Photometric Method), CO는 비분산적외선법(Nondispersive Infrared Analysis)을 사용하고 있다.

대기오염물질의 농도는 각 지점별로 매 5분마다 측정되는 1시간 12개의 평균 농도를 시간평균농도로, 일일 24개의 시간평균농도를 일일평균농도로, 3지점의 평균을 일평균농도로 하였으며 자료의 신뢰성을 높이기 위하여 기기고장으로 결측된 자료를 제외하고 하루중 80%이상 측정된 자료만을 이용하였다.

대기오염물질의 최고 농도는 3지점의 시간평균 자료 중에서 최고농도를 일일시간최고농도로, 일일평균농도 중에서 최고농도를 일평균 최고농도로 나타내었으나, O₃의 경우는 1시간 최대농도를 최고농도로 사용하였고, TSP는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO₂, O₃, NO₂는 ppb, CO는 ppm 단위를 사용하였으며, one-pollutant 모델식에 적용시에는 O₃의 경우는 1시간 최대농도를, 나머지 오염물질은 24시간 평균농도를 이용하였다.

3) 기상인자

대전지방기상청으로부터 측정되는 기상 자료중 천식과 대기오염물질에 영향을 미치는 온도(3시간단위 평균), 일최고온도, 일최저온도, 상대습도(3시간단위 평균), 최저습도, 평균 풍속(24시간 평균)을 이용하였다.

2. 분석방법

천식 환자수, 대기오염물질 농도, 기상자료와의 관련성은 Pearson 상관 계수를 이용하였으며, 대기오염물질 농도가 천식환자에 미치는 지연효과를 파악하기 위하여 당일에서 5일전까지의 대기오염물질 농도변화와 천식환자수와의 상관관계를 보았다.

예측모델구성을 위하여 천식 환자수를 종속변수로 놓고 일별 천식 환자수는 전체 집단으로 볼 때는 드물게 발생하는 사건이고 양의 정수가 되며 특정 시간 동안 특정 사상이 일어날 평균을 근거로 하여 특정 사상의 발생 횟수에 대한 확률을 나타내는 포아송회귀분포(Poisson regression distribution)를 적용하였다. 여기서

포아송분포는 대상인구집단이 동일한 위험을 가진 것으로 가정하였다.

또한, 시계열 자료 분석에서 중요한 교란요인으로 작용할 추세 변동과 계절 변동 등 시간적 요인과 지역에 따라 다른 양상을 나타낼 수 있는 기상요인을 적절하게 통제하고자 general additive model을 사용하였다.^{18,19)} general additive model에서는 설명변수들을 비모수적인 smooth function으로 통제하면서 포아송회귀분석을 적용시키는 것이 가능한데,¹⁷⁾ 본 연구에서는 smooth function중 두 변수간의 교호작용을 보는데 장점이 있는 비모수적 방법인 Lowess²⁰⁾를 사용하여 시간변수와 기상요인인 기온, 습도, 풍속 등을 통제하였다.

주중 변화 요인으로 환자가 일요일에 감소하고 월요일에 증가하는 것은 의료기관의 접근성과도 관련지어 생각할 수 있고, 또한 오염원에서 배출되는 대기오염물질의 농도도 일요일에 가장 낮고 점차 증가하는 추세를 보이므로 요일에 대한 효과를 보정하기 위하여 일요일, 공휴일과 외딴값(outlier)은 제외하였고 월요일과 나머지 요일을 위장변수로 처리하여 모델에 포함시켰다. 날짜별로 매월 1일에서 4일까지의 환자가 많은 것에 대해서는 매월 1일에서 4일까지의 기간은 1의 값을 갖고 나머지는 0의 값을 갖는 위장변수를 만들어 모델에 포함시켰다.

이런 방법으로 대기오염과 환자수의 관련을 평가하는 기본모델은 아래와 같다.

$$\ln(\text{일별환자환자수의 기대치}) = a + \text{lowess}(\text{시간}) + \text{lowess}(\text{기온}) + \text{lowess}(\text{습도}) + \text{lowess}(\text{풍속}) + \text{요일위장변수}(\text{day1, day0}) + \text{날짜위장변수}(\text{date1, date0})$$

이러한 기본모델을 설정한 후 각각의 대기오염물질은 상호 상관성이 높아 상호 독립적이지 않기 때문에 개별 오염물질을 하나씩 기본모델에 포함시킨 'one pollutant model'을 만들어 각 오염물질의 당일 값부터 5일전까지의 값을 차례로 넣어 가장 관련성이 높은 lag

time을 선정하였다. 기상인자인 기온, 습도, 풍속 등은 일일변화의 폭이 크지 않으므로 lag time을 적용하지 않았다.

포아송 회귀분석에서는 회귀계수에 exponential을 취하여 상대위험도를 추정할 수 있는데,²¹⁾ 이 모델로부터 오염물질이 50 ppb(또는 ug/m³, CO는 1 ppm) 증가함에 따라 환자 수에 미치는 상대위험도(relative risk)와 95%신뢰구간을 구하였다. 각 오염물질의 회귀계수를 β라 할 때 상대위험도와 95%신뢰구간은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$RR = \exp(50 \times \beta)$$

$$95\% \text{ CI} = \exp(50 \times \beta \pm 1.96 \times 50 \times \text{Std. Error})$$

또한 천식 환자수와 대기오염에 노출 가능시간, 인체 저항력 등을 고려하여 3개의 연령 군으로 나누어 관련성을 살펴보았다.

자료의 정리는 Excel 97, 통계분석은 SPSS 8.0, S-PLUS 4.5를 이용하여 처리하였다.

III. 결 과

1. 천식 환자의 일반적 특성

대전지역 요양기관에서 1997년 11월 1일부터 1998년 10월31일까지 전체 천식 환자수는 95,629명이었고, 일 평균 262명(6명~1166명)이었다. 성별로는 남자가 49,263명으로 51.8%, 여자는 46,366명으로 48.5%였고, 연령별로는 15세미만이 전체의 62.8%를 차지하였다(Table 1). 연령별로 보면 연령이 증가할수록 점차 감소하였고 25세 이후 반전되어 이후 고른 분포를 보이다가 55세 이후 약간씩 증가됨을 보였다(Fig. 1).

2. 시간에 따른 월별, 날짜별, 요일별 천식 환자수

환자수의 요일별 변화는 의료기관의 접근이 용이하지 않은 일요일에 감소하고 월요일에 급격히 증가하는 양

Table 1. Medical insurance claims for asthma in Taejon from Nov. 1997 to Oct. 1998

Variable	Total(%)	Mean ± SD	Minimum	Median	Maximum
Asthma (No/day)	95,629(100)	262.0 ± 166.7	6	247	1,166
Male	49,263(51.5)	134.9 ± 87.9	1	127	641
Female	46,366(48.5)	127.0 ± 79.6	2	121	525
age<15	60,065(62.8)	164.5 ± 113.5	2	15	869
age15~54	18,300(19.1)	50.1 ± 28.7	0	50	149
age54<	17,264(18.1)	47.3 ± 30.2	0	45	152

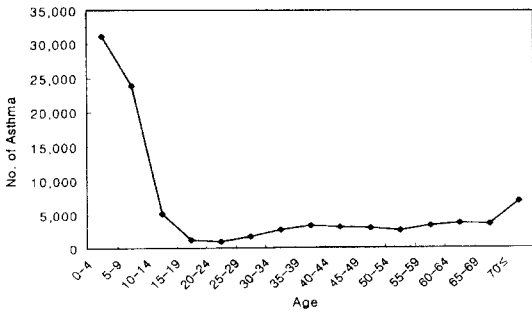


Fig. 1. Medical insurance claims for asthma by age group in Taejeon from Nov. 1997 to Oct. 1998.

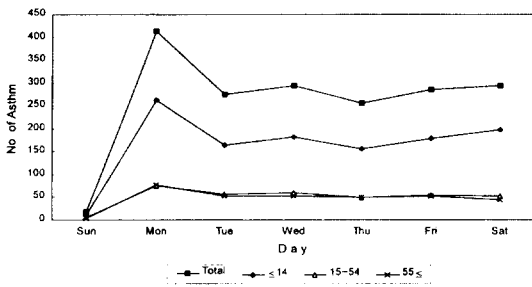


Fig. 2. Medical insurance claims for asthma by the day of week in Taejeon from Nov. 1997 to Oct. 1998.

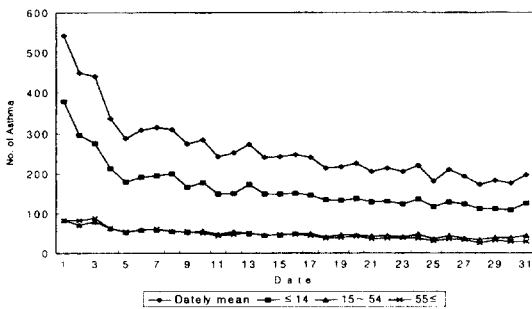


Fig. 3. Medical insurance claim means for asthma by the day of month in Taejeon from Nov. 1997 to Oct. 1998.

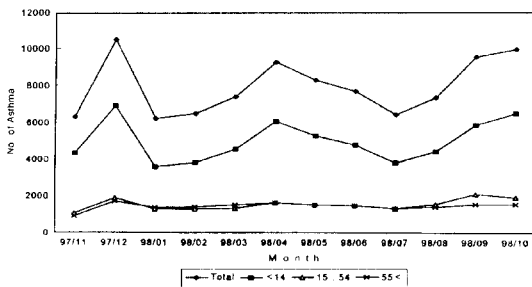


Fig. 4. Monthly medical insurance claims for asthma by age group.

Table 2. Summary data for daily air pollutants and meteorological variables

Variable	Mean ± SD	Minimum	Median	Maximum
Temperature (°C)	13.8 ± 9.4	-9.8	15.2	29.3
Humidity(%)	72.1 ± 14.1	37.0	72.8	98.0
Wind(m/sec)	1.6 ± 1.0	0.3	1.3	7.0
SO ₂ (ppb)	9.8 ± 5.3	2.0	8.7	31.3
TSP(μg/m ³)	60.6 ± 28.8	18.0	56.5	176.0
O ₃ max(ppb)	41.9 ± 15.8	7.0	39.0	99.0
NO ₂ (ppb)	17.7 ± 9.0	5.0	15.7	51.0
CO(ppm)	1.4 ± 0.5	0.5	1.3	3.1

Notes : SO₂ = sulfur dioxide, TSP = total suspended particulates, O₃max = ozone 1-hr maximum, NO₂ = nitrogen dioxide, CO = carbon monoxide.

상을 보였고(Fig. 2), 매일 날짜별 평균 환자수의 변화를 보면 매월초 1일에서 4일까지의 환자수가 많음을 나타내었으며(Fig. 3), 월별 환자 발생추이를 보면 12월, 4월, 9월, 10월에 높은 발생 수를 보이고 있다(Fig. 4). 이러한 시간에 따른 천식 환자수의 변화는 특히 15세 미만군에서 심하였다.

3. 대기오염물질 및 기상인자

대전시 대기오염 자동 측정망 3지점의 조사 기간 중 일일 최대값과 최소값은 Table 2와 같으며, 대기오염물질의 일평균 농도도 TSP, SO₂, O₃, NO₂, CO가 각각 60.59 ug/m³, 9.81 ppb, 17.28 ppb, 17.75 ppb, 1.414 ppm로 대기환경허용기준과 비교했을 때 현저히 낮은 값을 나타내었다. 또한 3개 측정지점의 일일최고농도 평균값은 TSP, SO₂, O₃, NO₂, CO 각각 121.63 ug/m³, 33.79 ppb, 41.91 ppb, 41.92 ppb, 2.875 ppm으로 환경정책기본법의 시간당 허용기준보다는 낮은 값을 보였고, SO₂만 연간 허용기준보다 약간 높은 값을 나타내었다.

대기오염물질의 최고농도를 보면 TSP, SO₂, O₃, O₃max, NO₂, CO는 176 ug/m³, 31 ppb, 48 ppb, 99 ppb, 51 ppb, 3.1 ppm을 나타내는데 SO₂, CO, NO₂는 12월과 2월에 O₃ 및 O₃ max는 5월과 9월에 최고 값을 나타내었다. 또한 TSP는 7월에 최저 값을 나타내었다.

기상인자를 보면 평균기온은 13.8°C(-9.8~29.3°C), 상대습도는 72.1%(37.0~98.0%), 풍속은 1.6 m/sec(0.3~7.0 m/sec)로서 기온과 습도는 계절적 변화를 보이고 있으며, 풍속은 불규칙적이었다.

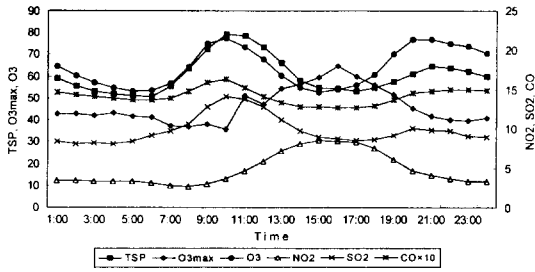


Fig. 5. Mean concentrations of TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO_2 (ppb), NO_2 (ppb), O_3 (ppb), CO (ppm) by the hour of day in Taejeon from Nov. 1997 to Oct. 1998.

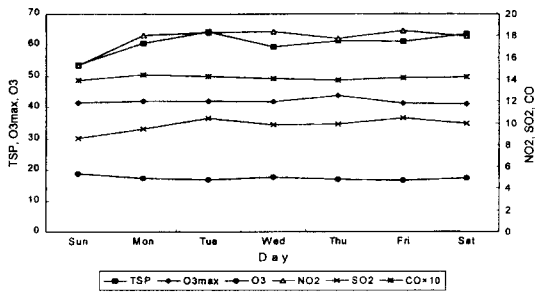


Fig. 6. Mean concentrations of TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO_2 (ppb), NO_2 (ppb), O_3 (ppb), CO (ppm) by the day of week in Taejeon from Nov. 1997 to Oct. 1998.

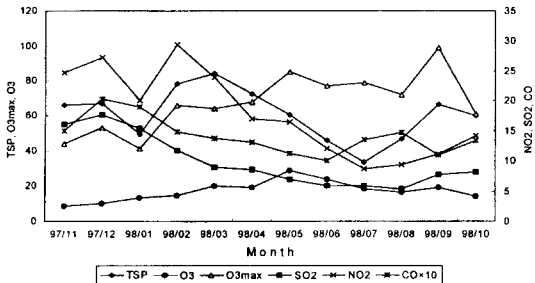


Fig. 7. Mean concentrations of TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO_2 (ppb), NO_2 (ppb), O_3 (ppb), CO (ppm) by the month in Taejeon.

4. 시간에 따른 대기오염물질 및 기상인자의 변화

오염물질의 시간대별 분포를 보면 TSP와 NO_2 는 출퇴근시간대를 기준으로 1시간정도이후 최고 값을 나타내는 양봉형 곡선을 보였고, SO_2 는 동절기 난방과 공장 등의 가동이 시작된 후인 10:00대가 최고 값을 나타내었다. 광화학산화물인 O_3 는 10:00부터 증가하여 15:00~17:00가 최고 값을 나타내는 단봉형을 보였고 (Fig. 5), 오염물질의 주간변동은 대부분의 오염물질이 일요일은 낮고 주중에 상승하는 형태를 보이고 있다 (Fig. 6). 또한 월별로는 황사 현상이 심한 3월의 TSP

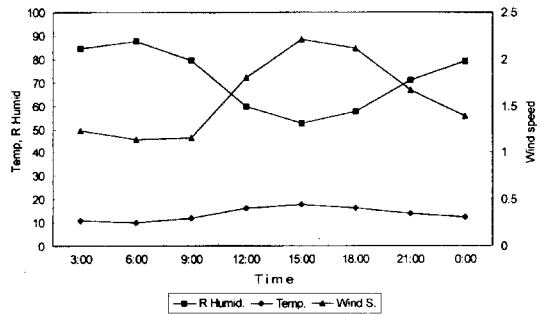


Fig. 8. Means of temperature($^{\circ}\text{C}$), relative humidity(%), wind speed(m/sec) by the hour of day in Taejeon from Nov. 1997 to Oct. 1998.

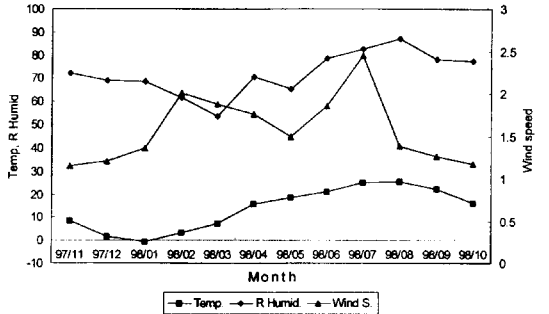


Fig. 9. Means of temperature($^{\circ}\text{C}$), relative humidity(%), wind speed(m/sec) by the month in Taejeon.

농도가 가장 높고, SO_2 는 난방으로 인한 동절기의 농도가 높게 나타나며, NO_2 와 CO 역시 동절기의 평균농도가 높고, 오존의 경우 일사량과 온도가 높은 5월~9월까지의 농도가 높게 나타남을 알 수 있다(Fig. 7).

연구기간중 시간대별 기상인자는 기온과 풍속은 14:00~16:00까지가 높고 상대습도는 이와 상반되는 경향을 보인다(Fig. 8). 월별로는 동절기에 기온, 습도가 낮고 하절기에 높은 계절적 변화를 보이며 풍속은 2월과 7월에 높게 나타났다(그림 9).

5. 대기오염물질과 기상인자의 단순 상관관계

대기오염물질과 기상인자간의 단순상관관계를 보면 대부분 유의성을 나타내며 오존은 기온과 정상관계를 습도와 역상관관계를 보였고, TSP, SO_2 , NO_2 는 서로간의 상관계수가 0.428~0.728의 상관관계를 보이고 있다. 그러나 오존은 TSP를 제외한 다른 세 오염물질과 -0.233~-0.354의 역상관관계를 나타냈다(Table 3).

6. 천식 환자 수와 대기오염물질의 단순상관관계

대기오염물질의 천식 환자와 상관관계에서는 대기오

Table 3. Correlation matrix between air pollutants and meteorological variables

	Temp.	Humid.	Wind.	SO ₂ avg	TSP avg	O ₃ max	NO ₂ avg
Humid.	0.452**						
Wind.	0.101	-0.119*					
SO ₂ avg	-0.661**	-0.235**	-0.316**				
TSP avg	-0.183**	-0.288**	-0.395**	0.428**			
O ₃ max	0.423**	-0.191**	-0.054	-0.354**	0.186**		
NO ₂ avg	-0.638**	-0.335**	-0.333**	0.728**	0.603**	-0.233**	
CO avg	-0.392**	-0.069	-0.165**	0.557**	0.212**	-0.290**	0.419**

Notes : avg=24-hr average, max=1-hr maximum.

*: Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed).

**: Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

Table 4. Correlation matrix between medical insurance claims for asthma and concentration of air pollutants

Air pollutants	No of claims Total	sex		age		
		Male	Female	<age15	age15~54	age54<
SO ₂ avg	0.085(0.108)	0.086(0.102)	0.082(0.118)	0.098(0.061)	0.052(0.319)	0.047(0.376)
SO ₂ max	0.079(0.134)	0.079(0.131)	0.077(0.141)	0.087(0.097)	0.073(0.165)	0.038(0.475)
TSPavg	0.121*(0.022)	0.108*(0.041)	0.134*(0.011)	0.113*(0.033)	0.117*(0.026)	0.131*(0.013)
TSPmax	0.089(0.091)	0.079(0.134)	0.100(0.059)	0.088(0.096)	0.073(0.169)	0.094(0.077)
NO ₂ avg	0.067(0.200)	0.064(0.221)	0.070(0.184)	0.068(0.198)	0.028(0.600)	0.091(0.084)
NO ₂ max	0.088(0.095)	0.081(0.125)	0.095(0.071)	0.085(0.106)	0.071(0.179)	0.098(0.062)
COavg	0.024(0.655)	0.025(0.635)	0.022(0.679)	0.029(0.585)	0.005(0.922)	0.017(0.747)
COmax	0.031(0.559)	0.029(0.577)	0.032(0.543)	0.037(0.483)	0.010(0.848)	0.021(0.684)
O ₃ avg Lag 1day	0.078(0.139)	0.073(0.166)	0.083(0.116)	0.070(0.182)	0.081(0.126)	0.090(0.087)
O ₃ max Lag 4day	0.099(0.061)	0.093(0.077)	0.104*(0.048)	0.094(0.075)	0.129*(0.014)	0.075(0.154)

Notes : avg=24-hr average.

max=1-hr maximum for ozone, 24-hr maximum for other pollutants.

*Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed).

() :P value.

염도가 환자 수에 미치는 지연효과를 반영하기 위해서 당일부터 5일전까지의 지연시간(lag time)을 주어 상관성을 측정한다. TSP는 환자 수, 성별 및 전 연령 구간에서 당일 오염도와 상관관계를 보였고, O₃은 4일 전의 오염도와 여성 천식 환자 수가 상관관계를 보였으며, 연령별로는 15세에서 54세까지 환자 수가 1일전의 오염도와 상관관계를 나타내었다(Table 4).

7. 천식 내원 수에 대한 단일 오염물질의 영향

개별 오염물질을 구성된 기본 모델에 포함시켜 상대 위험도를 보았을 때 전체 환자 수에서 SO₂, TSP, NO₂, CO는 당일의 오염도와 가장 관련성이 높았고 [SO₂ : 1.540(1.393-1.701); TSP : 1.073(1.058-1.088);

NO₂ : 1.082(1.017-1.151); CO : 1.025(1.008-1.043)], O₃는 2일전의 오염도 [O₃ : 1.090(1.061-1.120)]와 관련성이 높게 나타났다(Table 5).

오염물질별, 연령별로 구분하여 보면 SO₂는 15세 미만, TSP는 15~54세사이, NO₂는 15세 미만에서 당일 상대위험도가 각각 1.719(1.515-1.951), 1.086(1.052-1.121), 1.089(1.007-1.177)로 가장 높게 나타났고, CO는 15~54세 사이에서 3일전의 오염도와 1.047(1.009-1.087)의 관련성을 보였다. 한편 2차 오염물질인 O₃는 15~54세 사이에서 1일전의 오염도와 1.160(1.092-1.231)으로 가장 높은 관련성을 보였다. 특히 SO₂가 천식 환자 수와 50 ppb 오염도 증가시 가장 높은 위험도를 나타냈다.

Table 5. Relative risk of age specific one pollutant model with different lag time

Model	lagtime	Total	≤ 14age	15~54age	55age ≤
Baseline model ¹⁾ + SO ₂ avg	lag 0 ²⁾	1.540(1.701-1.393)	1.719(1.515-1.951)	1.371(1.094-1.719)	1.179(0.932-1.491)
	lag 1	1.023(0.929-1.127)	1.201(1.063-1.356)	1.004(0.806-1.249)	0.588(0.468-0.740)
	lag 2	1.008(0.914-1.111)	0.981(0.867-1.110)	1.282(1.028-1.599)	0.843(0.668-1.063)
	lag 3	1.007(0.912-1.110)	0.906(0.800-1.026)	1.196(0.959-1.493)	1.172(0.931-1.476)
	lag 4	1.063(0.968-1.167)	0.978(0.869-1.101)	1.335(1.081-1.649)	1.079(0.866-1.345)
	lag 5	1.105(1.005-1.216)	1.092(0.968-1.232)	1.242(1.203-1.282)	0.997(0.796-1.250)
Baseline model + TSP avg	lag 0	1.073(1.058-1.088)	1.065(1.046-1.084)	1.086(1.052-1.121)	1.078(1.044-1.114)
	lag 1	1.030(1.017-1.044)	1.032(1.015-1.049)	1.057(1.027-1.088)	0.994(0.964-1.024)
	lag 2	1.001(0.989-1.014)	0.995(0.980-1.011)	1.028(1.000-1.057)	0.991(0.963-1.020)
	lag 3	0.997(0.984-1.010)	0.793(0.781-0.806)	1.026(0.997-1.056)	1.029(0.999-1.060)
	lag 4	1.026(1.013-1.039)	1.022(1.006-1.039)	1.042(1.013-1.072)	1.019(0.989-1.050)
	lag 5	1.016(1.002-1.030)	1.012(0.994-1.029)	1.036(1.005-1.068)	1.007(0.975-1.039)
Baseline model + O ₃ max	lag 0	1.016(0.989-1.045)	0.989(0.954-1.024)	1.122(1.056-1.193)	1.003(0.942-1.070)
	lag 1	1.048(1.020-1.077)	1.032(0.997-1.069)	1.160(1.092-1.231)	0.990(0.930-1.055)
	lag 2	1.090(1.061-1.120)	1.111(1.074-1.150)	1.094(1.030-1.162)	1.024(0.962-1.089)
	lag 3	1.037(1.011-1.064)	1.031(0.998-1.066)	1.072(1.012-1.136)	1.025(0.966-1.088)
	lag 4	1.077(1.050-1.105)	1.091(1.056-1.127)	1.093(1.033-1.157)	1.020(0.962-1.082)
	lag 5	1.056(1.029-1.082)	1.048(1.015-1.082)	1.080(1.021-1.142)	1.058(0.998-1.122)
Baseline model + NO ₂ avg	lag 0	1.082(1.017-1.151)	1.089(1.007-1.177)	1.060(0.921-1.218)	1.089(0.943-1.257)
	lag 1	1.002(0.949-1.059)	1.008(0.940-1.080)	0.963(0.849-1.091)	1.025(0.902-1.165)
	lag 2	0.995(0.941-1.052)	0.924(0.861-0.991)	0.983(0.867-1.115)	0.990(0.870-1.127)
	lag 3	0.896(0.847-0.948)	0.830(0.773-0.891)	0.949(0.837-1.077)	1.083(0.952-1.233)
	lag 4	0.992(0.939-1.048)	0.935(0.873-1.003)	1.059(0.935-1.199)	1.107(0.976-1.257)
	lag 5	1.023(0.968-1.081)	0.987(0.920-1.059)	1.057(0.933-1.199)	1.098(0.966-1.248)
Baseline model + CO avg	lag 0	1.025(1.008-1.043)	1.027(1.005-1.050)	1.012(0.974-1.052)	1.031(0.991-1.073)
	lag 1	0.997(0.980-1.014)	0.998(0.977-1.019)	1.004(0.967-1.043)	0.984(0.947-1.024)
	lag 2	0.981(0.964-0.997)	0.968(0.947-0.988)	1.009(0.971-1.048)	0.996(0.957-1.035)
	lag 3	1.002(0.986-1.019)	0.978(0.958-0.999)	1.047(1.009-1.087)	1.040(1.000-1.081)
	lag 4	0.995(0.979-1.011)	0.980(0.959-1.000)	1.039(1.001-1.077)	1.001(0.964-1.040)
	lag 5	0.983(0.966-1.000)	0.978(0.957-0.999)	1.013(0.975-1.053)	0.968(0.930-1.008)

Notes :avg=24-hr average.

Notes :avg=24-hr average.

max=1-hr maximum for ozone, 24-hr maximum for other pollutants.

1) Baseline Model : ln(expected no. of Asthma) = ln(date) + ln(temp) + ln(humid) + ln(wind) + date0, date1 + day0, day1

2) lag χ : pollutant concentration from χ day before.

※Relative risk : effect of 50 ppb($\mu\text{g}/\text{m}^3$) increase of SO₂, TSP, O₃, NO₂, (CO=1ppm) CI : 95% confidence interval.

IV. 고 찰

전체 천식 청구건수와 대기오염물질, 기상인자의 비교는 filtering없이 단순상관관계를 비교하였고, 예측모델 구성과 상대위험도 분석을 위하여 천식 환자 수의 일일 변동과 같은 시계열자료의 분석에서 가장 중요한 내용은 추세변동, 계절변동 등 시간적 요인과 기상요인, 요일 등의 교란작용을 어떻게 제거하느냐에 따라

달려 있다. 본 연구에서는 general additive poisson model을 사용하여 분석하였는데 시간, 기온, 습도, 풍속 등은 비모수적 smooth function을 사용하였고, 의료기관의 이용이 어려운 일요일과 공휴일 및 외딴값(outlier)은 제외하였고, 요양기관이 의료보험연합회에 청구하는 추세를 통제하기 위해 요일과 날짜는 위장변수로 처리하여 모델에 포함시켰다. 이렇게 구성된 모델의 적합도를 평가하기 위하여 잔차플롯을 그려 교란요인의 통제

를 확인하였다.

또한 천식환자 발생에 영향을 미치는 설명변수들의 효과는 즉시 나타날 수 있지만 지연효과(lag)를 보일 수도 있다. 즉 높은 농도의 대기오염이 당일의 환자 발생 수에 영향을 미치기도 하지만 며칠후의 환자 발생 수에도 영향을 미칠 수 있어 5일전까지의 오염도를 적용하였다.

연구 기간중 대전시 기상자료³⁶⁾에 나타나는 중요한 특성 중 하나는 '98년 7월, 8월에는 예년과 비교하여 강우일 수가 62일중 39일로 62.9%, 강우량으로도 1,026.8 mm로 조사 기간중 총 강우량 2,221.7 mm의 46.2%가 집중되어 1990년에서 1997년까지 평균 강우량 1,285.9 mm에 육박하는 집중 호우로 대기의 오염물질을 씻어주는 역할을 하여 TSP의 현저한 감소와 광화학스모그현상을 일으키는 햇빛의 차단 효과로 대기의 오염도가 오히려 나아지는 것을 볼 수 있다.

오염물질의 시간대별 변화에서 NO₂가 나타내는 두 개의 정점은 출퇴근시간에 집중적으로 자동차에서 배출되는 질소산화물이며 이때 높아진 질소산화물들이 햇빛에 광화학작용으로 오존을 형성하여 정점을 나타내는 것으로 추정된다. 이는 기상인자와 비교하여 볼 때 오존과 온도는 정상관성을 습도와는 역상관성을 나타내었다.

본 연구에서 사용된 대기오염 자료는 대기오염 자동측정망의 자료로서 대전시의 자동측정망의 배치는 용도지역별로 상업지역, 공업지역, 녹지지역으로 구분하여 3개지점이 설치되어있다. 이 자료가 대전시민의 대기오염물질 폭로를 얼마나 정확하게 반영하는지를 평가하는 것은 매우 어려운 일이다.

대전시의 대기자동측정망은 매일 24시간 연속 가동되어 매시간 평균치를 생성하고 있으나 기기의 고장이나 교체 등으로 다소 결측치들이 발생하였는데 대기오염의 정도 때문에 생긴 것은 아니므로 천식 환자 수와 교란요인으로 작용하지는 않았을 것으로 판단된다.

모델 구성의 일별 대기오염의 지표로는 TSP, SO₂, NO₂, CO등은 24시간 평균치를 사용하고, O₃은 1시간 평균치의 최대 값을 사용하였는데 대기오염이 천식환자 증가에 미치는 생물학적 기전이 밝혀지지 않았기 때문에 이 지표의 타당성은 논의하기 어려우나 대기오염물질의 일중 변화를 볼 때 오존은 최대치와 최저치가 두드러지는 단봉형을 나타내므로 24시간 평균치를 취하는 것은 적당하지 않을 것으로 판단된다.³⁰⁾

본 연구에서 사용한 대기오염 자료는 결국은 실외 공기에 대한 자료이고 실내공기의 오염 정도는 전혀 반영되지 않았다. Spengler등은³⁷⁾ 평균적으로 사람들은

10% 미만의 시간만을 실외에서 보내고 대기중의 미세먼지는 개인이 폭로되는 정도와는 차이가 있다고 주장하였다. 또한 NO₂는 음식조리나 난방을 통해 실내에서도 많이 생성되기 때문에 실외에서 측정된 수치가 개인의 폭로를 반영하는 비율이 더 낮을 것으로 추정된다. 대기 중에서 측정된 자료가 개인의 폭로를 반영하는 정도는 개개인의 실외활동 정도, 건물의 환기정도, 오염물질에 따라 다양한 양태로 나타나기 때문에 폭로지표의 부정확성이 본 연구의 결과에 어떤 방향으로 영향을 주었는지를 판단하기는 매우 어렵다. 이 부분은 차후에 개개인의 대기오염 물질 폭로 정도를 직접 평가하는 연구를 통하여 확인되어야 할 과제라고 생각한다.

천식 환자들은 단기간의 폭로에도 높은 농도의 오염물질에 특히 민감하다. 대기오염물질외에도 천식 환자는 알러지 유발물질, 호흡기 감염, 온도, 심리적 요인 등과 같은 여러 요인들에 개인적인 그리고 다양한 반응을 보인다.³⁸⁻⁴³⁾

또한 천식 발작은 계절과 관련이 있다고 한다. 즉 가을에 36.4%, 봄에 35.7%인 반면 여름과 겨울에는 비교적 낮아서 각각 13.6%와 14.3%와 같은 분포였는데 계절적 발생 양상에 대한 여러 연구결과는 모두 비슷하였다.⁴⁴⁾ 그 이유는 매우 복잡적이고 기후, 식물계, 대기오염등 다양한 변화요인 때문일 것이다.⁴⁵⁻⁴⁸⁾

우리 나라는 지정학적으로 매년 3월에서 5월에 중국으로부터 발생하는 황사 현상의 영향을 받는데, 이때의 TSP들은 입자의 직경이 크기 때문에⁴⁹⁾ 생물학적인 영향이 적을 것으로 생각된다. 그러므로 이러한 현상이 효과를 희석시켰을 가능성이 있고 이러한 이유로 미세 먼지 측정자료를 이용한 추가적인 분석이 필요할 것이다. 본 연구에서도 TSP와 천식과의 상관성이 가장 높게 나타났다.

SO₂는 TSP와 같은 오염원에서 배출되는 경우가 많아서 역학적 연구에서는 두 오염물질을 분리하여 생각하는데는 어려움이 있다. SO₂, TSP, 산성 에어로졸(Acid Aerosol)은 화석연료의 연소과정에서 배출되는 물질로 대개 혼합물의 형태로 같이 존재하게된다. 천식환자를 대상으로 한 인체실험 연구에서는 SO₂가 포함된 공기에서 운동을 시켰을 때 0.25 ppm의 농도에서도 수분내에 기관지 수축이 나타나고 이러한 효과는 분당 환기량이 40 l/min 이상 일 때 특히 두드러지는 것으로 보고된 바 있다.⁵⁰⁾ 그리고 분당 환기량이 일정 정도 이상이 되면 농도를 0.4~1.0 ppm까지 증가시켰을 때 노력성호기폐활량(Forced Expiratory Volume, FEV₁)이 감소하나 그 정도는 천식이 심한 정도와는 크게 관련이 없는 것으로 보고되었다.⁵¹⁾ 황산염 즉 H₂SO₄의 효

과는 천식 환자에서 더욱 민감한 것으로 알려져 있으며 비특이적인 기관지과민반응과 관련이 있는 것으로 생각되고 있다.⁵²⁾ 대부분의 연구에서 SO₂가 지연성 반응을 나타내지는 않는 것으로 나타났다.⁵³⁾ 본 연구에서도 SO₂의 당일 상대위험도가 가장 높았다.

대기중의 오존은 소량일 경우 강력한 산화력에 의해 살균작용, 정화작용 등 이로운 점이 있으나 오존 농도의 상승이 폐기능을 감소시키는 것에 대해서는 많은 연구가 있었고,⁵⁴⁻⁵⁷⁾ 특히 최근에는 오존 농도가 대도시에서 흔히 경험하는 0.12 ppm 이하의 낮은 농도에서도 폐기능의 감소를 초래한다는 사실이 밝혀지고 있다.⁵⁸⁾ Lippmann⁸⁾은 0.12 ppm에서 0.20 ppm의 오존 농도에 단기간 폭로되더라도 폐의 permeability와 reactivity가 증가하고 노력성호기폐활량(Forced Expiratory Volume, FEV₁)과 노력성폐활량(Forced Vital Capacity, FVC)이 감소하며 염증반응이 생긴다고 보고한 바 있다.

본 연구기간 동안에는 오존의 농도가 높아질 수 있는 여름철의 기후가 잦은 경우로 고농도를 나타내지는 못하였다. 추후 조사지역을 작게 하여 오존의 증가가 인체에 미치는 영향을 연구할 필요가 있다. 상대위험도에서도 SO₂가 가장 높게 나타나지만 저유황유의 사용 등으로 매년 농도가 월등한 감소 추세에 있으나, O₃는 매년 자동차의 증가와 휘발성유기화합물의 영향으로 증가 추세⁶⁰⁾에 있어 이에 대한 평가가 필요한 실정이다. 또한 천식 환자 유병양상의 변동은 주로 15세 미만 군에 의한 영향이 강했고 55세 이상 군에서는 변동이 거의 없었다.

NO₂는 오존생성에 필수적인 전구물질로 알려져 있고 오존 저감을 목적으로 NO₂배출을 억제하기도 한다. NO₂가 천식 환자 수에 미치는 영향에 대해서는 아직 많은 연구가 이루어지지 않고 있다. NO₂는 에어로졸과 반응하여 질산 또는 아질산을 생성하기도 한다. 질소산화물의 주요 배출원은 자동차 배기가스이지만 발전소나 화석연료를 사용하는 산업체에서도 상당량 배출하게 된다. 다른 대기오염물질과는 달리 NO₂는 실내공기에도 많이 있으며 종종 실외공기보다 더 높을 수도 있다. NO₂의 실내농도는 실외공기의 유입에 영향을 받기도 하지만 실내에서 사용하는 가스레인지나 난로에 의해 많이 배출되기도 한다. 따라서 NO₂의 인체 영향을 평가하기 위해서는 실내공기오염의 문제를 같이 고려해야 하는 것이 커다란 난점 중의 하나이다.³⁰⁾

독일의 한 설문 조사⁶¹⁾에서는 어린이에서 천식은 NO, NO₂, CO의 농도가 높은 지역에서 더 흔히 나타났다. 오염 지역에서의 연 평균 농도는 NO는 120-570 ug/m³, NO₂는 80-280 ug/m³, CO는 2.0-9.0 mg/m³

이었다. SO₂와 오존은 전혀 영향이 없었으나 그때의 농도는 각각 120-140 ug/m³, 70-130 ug/m³이었다. 서울시 천식환자와 대기오염에 관한 연구²⁷⁾에서는 천식환자의 발생건수가 CO의 최고 농도와 관계가 있는 것으로 나왔는데 이물질이 공기 오염의 지표로 표시될 수 있고 특히 자동차에 의한 공기오염이라면 더욱 뚜렷한 지표가 될 수 있기 때문이며 본 연구에서도 CO의 농도는 다른 오염물질 평균 농도와 유의하게 상관관계를 나타내었다. 본 연구에서뿐만 아니라 여러 연구에서도 보여 주듯이 우리 나라의 대기환경 허용 기준보다도 더 낮은 일반적인 대기오염에서도 천식 환자를 발생시킬 수 있다는 것을 보여준다. 그러므로 대기환경기준치를 재고할 필요도 있을 것이다.

본 연구결과를 해석하는데 한계점은 분석기간동안의 대전지역 거주 환자만을 포함하지는 못했을 것으로 사료된다. 다른 지역의 사람이 대전지역의 의료기관을 이용하거나 또한 요양기관의 청구경향에 의하여 인원의 변동이 있을 수 있다. 또한 대기오염의 측정지점의 한계로 측정지점 인근의 거주자의 자료만을 확보할 수 있었다면 측정결과는 더욱 신뢰될 수 있었을 것이며, 의료보험연합회에 청구된 자료를 역학연구에 사용하였는데, 진단의 정확성을 고려하여 조사질환이 임상과정에서 진단이 정확하지를 판단해야 하고, 자료의 신뢰성을 높이는 방안도 연구해야 할 과제이다. 요양기관에서 대개 한달 동안의 진료내역을 특별한 기간의 제한을 받지 않고 청구하므로 두달의 기간 후에 천식 청구전수를 계산하였으나 요양기관이 청구하는 시기가 이보다도 간혹 더 늦어지는 경우도 있을 수 있어 조사기간 후반기의 청구전수는 다소 증가할 수 있으나 그 수는 전체 숫자에 큰 영향을 주지 않을 것으로 사료되며 이러한 이유로 1998년 11, 12월의 환자수의 자료는 조사기간에서 제외하였다. 또한 연구기간동안 잦은 경우로 인한 대기오염도의 저하로 인하여 정상성을 유지한 상태에서 조사연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

1997년 11월부터 1998년 10월까지 천식으로 1998년 12월까지 의료보험연합회에 청구된 자료와 대전지역 3개 대기자동차측정소에서 측정된 대기오염물질 TSP, SO₂, O₃, NO₂, CO와 기상청에서 제공받은 동 기간의 기상 자료를 통하여 지역내 천식 내원 수와 대기오염물질과의 관련성을 파악한 결과는 다음과 같다.

1. 대전지역에서 1년간의 천식 환자 수는 총 95,629건으로 남자가 49,563건으로 51.8%, 여자가 46,366건

으로 48.5%이었다. 연령별 분포는 4세이하가 32.6%, 5~9세이하가 25.0%, 10~14세이하가 5.2%로서 이들이 전체의 62.8%를 나타내었으며, 이후 고른 분포를 보이다가 55세이후 약간씩 증가됨을 보였다.

2. 대전시의 연구기간중 TSP, SO₂, O₃, NO₂, CO의 평균농도는 각각 60.59 ug/m³, 9.81 ppb, 17.28 ppb, 17.75 ppb, 1.414 ppm으로 환경허용기준치 이하였고, 일일 최고농도의 평균은 121.63 ug/m³, 33.79 ppb, 41.91 ppb, 41.92 ppb, 2.875 ppm으로서 시간당 환경허용기준치보다는 낮았으나 SO₂는 연간허용기준치보다 높은 값을 나타내었다.

3. 천식 환자 수와 당일 TSP 평균농도와는 상관을 보였고, 이러한 상관은 성별, 연령별 소그룹에서도 지속되었다. O₃의 경우는 4일전의 일일최고농도가 전체 천식 환자 수, 여성에서 상관에 있었고 15~54세 환자는 1일전 O₃와 상관에 있었다.

4. 개별 오염물질을 기본 모델에 포함시켜 상대위험도를 보았을 때 TSP, SO₂, NO₂, CO는 당일의 오염도와 가장 관련성이 높았고, O₃는 2일전의 오염도와 관련성이 높게 나타났다. 연령별로 구분하여 보면 TSP는 15~54세 사이에서, SO₂와 NO₂는 15세 미만에서 당일 오염도와 상대위험도가 가장 높았고, CO는 15~54세 사이에서 3일전의 오염도와 가장 높았다. 또한 2차오염물질인 O₃는 15~54세 사이에서 1일전의 오염도와 가장 높은 관련성을 보였다. 또한 55세이상에서의 천식은 대기오염에 의한 관련성이 거의 없었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 다섯 가지 오염물질 모두가 정도의 차이는 있으나 대전시 천식 환자 내원에 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 총 천식 환자 수중 15세 미만의 소아가 차지하는 비율이 크고, 이들 환경오염물질의 농도가 환경기준치 이하에서도 영향을 준다는 것을 감안할 때 향후 소아천식 모니터링을 통한 대기오염의 건강영향 평가체제타든가 점진적인 환경보전정책으로 대기환경기준의 강화와 사전 배출오염원의 억제제를 통한 관리대책이 강구되어야겠다.

참고문헌

- 1) 권호장, 조수현, 김선민, 하미나, 한상환 : 설문지에 의한 대기오염의 호흡기계 증상 발현에 관한 조사연구. *예방의학회지*, **27**(2), 313-325, 1994.
- 2) 조수현 : 대기오염이 인체에 미치는 영향. *대한의학협회지*, **32**(12), 1271-1278, 1989.
- 3) 차철환, 고응린, 안운옥 : 대기오염이 상병양상에 미치는 영향에 관한 조사분석. *고려대의대논문집*, **18**(2), 377-388, 1981.
- 4) 김윤신, 문정숙 : 대기오염과 호흡기계질환 사망의 관

- 련성 연구. *대한보건협회지*, **23**(1), 137-145, 1997.
- 5) 노재식, 차철환, 김영철, 김승환, 이영복, 윤명조, 이태희, 구연창 : 대기오염. *녹원출판사*, 11-16, 1988.
- 6) 최삼섭, 편 : *예방의학과 공중보건*. 계축문화사, 193-205, 1997.
- 7) Love GJ, Lan SP, Shy CM, Struba RJ : The Incidence and severity of acute respiratory illness in families exposed to levels of air pollution, New York Metropolitan area, 1971-1972. *Arch Environ Health*, **36**(2), 66-74, 1981.
- 8) Lippmann M.: Effective Strateies for population studies of acute air pollution health effects. *Environ Perspec*, **81**, 115-119, 1989.
- 9) Sunyer J, Saez M, Murillo C, Castellsague J, Anto JM: Air pollution and emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease, A 5-year study. *Am J Epidemiol*, **137**(7), 701-705, 1993.
- 10) Samet JM, Bishop Y, Speizer FE, Spengler JD, Ferris BG: The relationship between air pollution and emergency room visits in an industrial community. *J Air PollutControl Assoc*, **31**(3), 236-240, 1981.
- 11) Glasser M, Greenburg L.: Air pollution, mortality, and weather. New York city, 1960-1964. *Arch Environ Health*, **22**, 334-343, 1971.
- 12) Sultz HA, Feldman JG, Schlesinger ER, Mosher WE.: An effect of continued exposure to air pollution on the incidence of chronic allergic disease. *Am J Public Health*, **60**, 891, 1970.
- 13) Goldstein IF, Block G.: Asthma and air pollution in two city areas in New York City. *J Air Pollut Control Assoc*, **24**, 665-670, 1974.
- 14) Rao M, Steiner P, Qazi Q, Padre R, Allen JE, Steiner M.: Relationship of air pollution to attack rate of asthma in children. *J Asthma Res*, **11**, 23-26, 1973.
- 15) Bates DV, Sizto R. Hospital admissoins and air pollution in southern Ontario: The summer acid haze effect. *Environ Res*, **43**, 317-331, 1987.
- 16) Schwarz J.: What are people dying of on high air pollution days. *Environ Res*, **64**, 26-35, 1993.
- 17) Dockery DW, Schwartz J, Spengler JD.: Air pollution and daily mortality, Association with particulates and acid aerosols. *Environ Res*, **59**, 362-272, 1992.
- 18) Schwarz J, Slater D, Larson TV, Pierson WE, Koenig JQ.: Particulate air pollution and hospital emergency visits for asthma in Seattle. *Am Rev Respir Dis*, **147**, 826-831, 1993.
- 19) Cohen AA, Bromberg S, Buechley RW, Heiderschert MA, Shy CM.: Asthmaand air pollution from a coal-fueled power plant. *Am J Public Health*, **62**, 1181-1188, 1972.
- 20) Wittemore AS, Korm EL.: Asthma and air pollution in the Los Angeles area. *Am J Public Health*, **70**, 678-696, 1980.
- 21) Ussetti P, Roca J, Agusti AGN, Montserrat JM, Rodriquez-Roisin R, Agusti-Vidal A.: Another asthma outbreak in Barcelona: role of oxides of nitrogen. *Lancet*, **I**, **156**, 1984.
- 22) Imai M, Yoshida K, Kitabatake M.: Mortality from

- asthma and chronic bronchitis associated with changes in sulfur oxides air pollution. *Arch Environ Health*, **41**, 29-35, 1986.
- 23) Goren AJ, Hellmann S.: Prevalence of respiratory symptoms and diseases inschool children living in a polluted and in a low polluted area in Israel. *Environ Res*, **45**, 28-37, 1988.
 - 24) 정규철 : 서울시 대기오염이 시민보건에 미치는 영향에 관한 조사연구. 예방의학 학회지, **2**(1), 5-22, 1969.
 - 25) 신영수, 이영일, 조광수, 차철환 : 대기오염이 시민건강에 미치는 영향에 관한 비교연구. 대한의학협회지, **15**(4), 339-350, 1972.
 - 26) 윤정숙, 김두희 : 도시주민과 농촌주민의 호흡기증상. 예방의학학회지, **18**(1), 113-127, 1985.
 - 27) 최기운 : 서울시에서 천식 입원환자와 대기오염에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 석사학위논문, 1994.
 - 28) 임종환 : 서울지역 대기오염이 호흡기질환에 미치는 급성 영향에 관한 연구. 연세대학교 보건대학원 박사학위논문, 1997.
 - 29) 이종태, 이성임, 신동천, 정 용 : 울산시의 대기 중 분진과 일별 사망에 대한 연구(1991년~1994년). 예방의학학회지, **31**(1), 1998.
 - 30) 권호장 : 서울시의 대기오염과 일별 사망의 관련성에 대한 시계열적 연구. 서울대학교 박사학위논문, 1998.
 - 31) 최중석, 이남식, 신상택, 신민웅 : 신체통계학. 삼아사, 73-75, 1981.
 - 32) 김연형, 이기훈 : 통계자료분석. 자유아카데미, 241-293, 1993.
 - 33) Hastie T, Tibshirani R.: Generalized additive models. Chapman and Hall, London, 1990.
 - 34) Cleveland WS, Devlin SJ.: Robust locally-weighted regression and smoothing scatterplots. *J Am Stat Assoc*, **74**, 829-836, 1979.
 - 35) Kuhn L, Davidson LL, Durkin MS.: Use of Poisson regression and time series analysis for detecting changes over time in rates of child injury following a prevention program. *Am J Epidemiol*, **140**(10), 943-955, 1994.
 - 36) 기상청 : 기상월보, 1997. 11-1998. 10.
 - 37) Spengler JD, Treitman RD, Tosteson TD, Mage DT, Soczek ML.: Personal exposure to respirable particulates and implications for air pollution epidemiology. *Environ Sci Technol*, **19**, 700-707, 1985.
 - 38) Clarke CW.: Relationship of bacterial and viral infections to exacerbations of asthma. *Thorax*, **34**, 344-347, 1979.
 - 39) Murray AB, Ferguson AC, Morrison B.: The seasonal variation of allergic respiratory symptoms induced by house dust mites. *Ann Allergy*, **45**, 347-50, 1980.
 - 40) Packe GE, Ayres JG.: Asthma outbreak during a thunderstorm. *Lancet*, **1**, 199-204, 1985.
 - 41) Lebowitz MD, Cooins L, Holberg CJ.: Time series analyses of respiratory responses to indoor and outdoor environmental phenomena. *Environ Res*, **43**, 332-341, 1987.
 - 42) Anto JM, Sunyer J, Rodriquez-Roisin R, Suarez-Cervera M, Vazquez I, and the Toxicopidemiological Committee: Community outbreaks of asthma associated with inhalation of soybean dust. *N Engl J Med*, **320**, 1097-1102, 1989.
 - 43) Platt-Mills TAE, Hayden ML, Chapman, Wilkins SR.: Seasonal variation in dust mite and grass-pollen allergens in dust from the house of patients with asthma. *J Allergy Clin Immunol*, **79**, 789-791, 1987
 - 44) 김정순 : 역학각론-만성병과 사고. 신광출판사, 154, 1994.
 - 45) Booth S, DeGroot J, Markusa R, Horton RJM.: Detection of asthma epidemics in seven cities. *Arch Environ Health*, **10**, 152-55, 1965.
 - 46) Goldstein JF, Currie B.: Seasonal patterns of asthma: a clue to etiology. *Environ Res*, **33**, 201-15, 1984.
 - 47) Bates DV, Baker-Anderson M, Sizto R.: Asthma attack periodicity: a study of hospital emergency visits in Vancouver. *Environ Res*, **51**, 51-70, 1990.
 - 48) Weiss KB.: Seasonal trends in US asthma hospitalizations and mortality. *JAMA*, **263**, 2323-2328, 1990.
 - 49) 정관용, 박순용 : 황사의 크기 및 침착량의 분포의 수치모의. 한국대기보전학회 학술 초록집, **14**, 1996.
 - 50) Sheppard D, Wong WS, Uehara CD, Nadel JA, Boushey HA.: Lower threshold and greater bronchomotor responsiveness of asthmatic subjects to sulfur dioxide. *Am Rev Respir Dis*, **122**, 873-878, 1980.
 - 51) Linn WS, Avol EL, Peng RC, Shamoo DA, Hackney JD.: Replicated dose-response study of sulfur dioxide in normal, atopic, and asthmatic volunteers. *Am Rev Respir Dis*, **136**, 1127-1134, 1987.
 - 52) Hanley QS, Koenig JQ, Larson TV, Anderson TL, Belle G, Rebolledo V, Covert DS, Pierson WE.: Response of young asthmatic patients to inhaled sulfuric acid. *Am Rev Respir Dis*, **145**, 326-331, 1992.
 - 53) Bascom R et al.: Health effects of outdoor air pollution. *Am J Respir Crit Care Med*, **153**, 3-50, 1996a.
 - 54) McDonnell WF, Horstman DH, Hazucha MJ, Seal E, Haak Jr. ED, Salaam SA, House DE.: Pulmonary effects of ozone exposure during exercise: dose response characteristics. *J Appl Physiol*, **54**(5), 1345-1352, 1983.
 - 55) Avol EL, Linn WS, Venet TG, Shamoo DG, Hackney JD.: Comparative respiratory effects of ozone and ambient oxidant pollution exposure during heavy exercise. *J Air Pollut Cont Assoc*, **31**, 666-668, 1984.
 - 56) Kulle TJ, Sauder LR, Hebel JR, Charham MD.: Ozone response relationships in healthy nonsmokers. *Am Rev Respir Dis*, **132**, 36-41, 1985.
 - 57) Linn WS, Avol EL, Shamoo DA, Spier CE, Valencia LM, Venet TG, Fischer DA, Hackney JD.: A dose-response study of healthy, heavily exercising men exposed to ozone at concentrations near the ambient air quality standard. *Toxicol Ind Health*, **2**, 99-112, 1986.
 - 58) Horstman DH, Follinsbee LJ, Ives PJ, Abdul-Salaam S, McDonnell WF.: Ozone concentration and pulmonary response relationships for 6.6 hr exposures with 5 hr of moderate exercise to 0.08, 0.10 and 0.12 ppm. *Am Rev Respir Dis*, **142**, 1158-1163, 1990.