

# 사회경제수준에 따른 오존과 소아천식 관련 입원의 상관성 연구

손지영, 김 호, 이종태<sup>1)</sup>, 김선영

서울대학교 보건대학원, 한양대학교 환경 및 산업의학연구소<sup>1)</sup>

## Relationship between the Exposure to Ozone in Seoul and the Childhood Asthma-related Hospital Admissions according to the Socioeconomic Status

Ji-Young Son, Ho Kim, Jong-Tae Lee<sup>1)</sup>, Sun-Young Kim

Department of Epidemiology & Biostatistics, School of Public Health and Institute of Health and Environment, Seoul National University, Seoul, Korea; Department of Public Health and Management, and Institute of Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea<sup>1)</sup>

**Background :** A number of studies have reported associations between the ambient air pollution concentrations and various health outcomes. Especially, ozone is well known for primary risk factor of asthma attacks. The results of a recent study indicate that the size of the effect on health outcomes due to air pollution varied according to several conditions, including age, gender, race and the socioeconomic status. Therefore, this study was conducted to examine the associations of ozone with the childhood asthma hospitalizations as stratified by the socioeconomic status (SES) at the community level in Seoul, Korea, 2002.

**Methods :** SES at aggregated levels was measured on the basis of average regional health-insurance rate per citizen in the area. We applied the generalized additive model to analyze the effect of ozone on asthma after controlling for the potential confounding variables that were capable of influencing the results.

**Results :** Our analysis showed that the number of

children who were hospitalized for asthma increased as the SES of the residence area decreased. The estimated relative risks of hospitalization for asthma, as stratified by the SES of the community level, were 1.12 (95% confidence interval 1.00-1.25) in districts with the highest SES levels, 1.24 (95% CI=1.08-1.43) within the moderate SES levels, and 1.32 (95% CI=1.11-1.58) in the districts with the lowest SES levels.

**Conclusions :** Our analysis showed that exposure to air pollution did not equally affect the health status of individuals. This suggests that not only the biological-sensitivity markers, but also the SES of the subjects should be considered as potentially confounding factors.

*J Prev Med Public Health 2006;39(1):81-86*

**Key words :** Ozone, Childhood asthma, Socioeconomic status

## 서론

대기오염으로 인한 건강위해성에 대한 연구결과가 일관되게 보고되고 있다. 지금까지의 연구결과를 종합해 보면, 대기 오염은 사망의 증가 [1,2], 호흡기계 및 심혈관계 질환으로 인한 환자 수의 증가 [1,3,4], 이 밖에도 폐기능 저하 [5], 폐암 발생 [6] 및 저체중아 출산이나 영아 사망 [7,8]에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 호흡기계 질환 중에서는 천식증

상의 악화에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는데 [9] 특히 오존의 경우 천식과 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 알려진 대기오염물질로, 천식이 있는 소아의 호흡기 증상 악화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 [10,11].

한편 이러한 대기오염에 의한 건강영향이 전체 인구집단에서 동일하게 작용하는 것은 아닐 것으로 추측되는데, 동일한 정도의 대기오염이라 할지라도 어떤 인구특성을 지닌 집단에 속하느냐에 따라 그 영

향이 다르게 나타날 수 있을 것이다. 최근에는 이러한 대기오염으로 인한 건강영향이 연령, 성, 인종, 사회경제적 수준과 같은 특징에 따라 다르게 나타난다는 결과가 제시되고 있는데 [12,13], 특히 사회경제적 수준이 다르다면 환경노출의 패턴이나 건강행위 등에 있어서 차이를 가져오고 이로 인해 특정질환의 위험이 더 커질 수 있음을 보여주고 있다 [14].

개인의 사회경제적 수준은 대기오염을 포함한 유해인자 폭으로 인한 건강영향에 직, 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 민감 지표일 수 있으며, 이러한 근거로 사회경

제적 지위에 따라 천식으로 인한 의료기관 이용률에 차이가 있다는 보고를 들 수 있다 [15]. 이는 사회경제적 수준이 대기오염의 천식에 대한 건강효과를 수정하는 효과 보정자(effect modifier)로 작용하는 것임을 제기하는 것이라 할 수 있다.

대기오염이 천식발작에 미치는 위해의 크기가 사회경제적 수준별로 다를 때 그 정도는 노출도와 개인 감수성의 차이로 설명할 수 있을 것이다 [16]. 이는 사회경제적 수준에 따라 외부노출 및 내부노출이 다르며 또한 사회경제적 수준에 따라 의료서비스에 대한 접근성, 영양상태, 행동습관, 질병상태, 지역사회의 특성, 사회경제적 스트레스 등과 같은 요인들이 대기오염의 노출에 대한 반응 정도의 차이, 즉 감수성에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

이와 관련하여 캐나다에서 수행된 사망률 연구에서도 건강을 결정하는 두 가지 요인으로서 소득과 대기오염이 사망률과 중요한 관련이 있다고 보고하였고 [17], 사망이 아닌 특정 질환과 관련한 또 다른 연구에서는, 지역의 사회경제적 수준이 낮을수록 천식으로 인한 병원 방문이 더 많았던 것으로 보고하고 있다 [18].

미국에서 천식으로 인한 사망은 가난한 그룹, 히스패닉, 흑인에서 더 높게 나타났고 [19] 영국에서는 사회계층이 낮을수록, 또는 자동차에 대한 접근성이 떨어지는

경우에 더 높게 나타났다 [20]. 천식으로 인한 입원도 가난한 그룹이나 소수그룹에서 더 빈번하게 발생하였다 [21]. 또 교육수준이나 사회계층이 낮을수록 천식 유병률이 더 높게 나타났다 [22]. 직업, 소득, 교육수준에 기반한 사회경제적 지표(socio-economic status, 이하 SES)를 이용한 많은 연구에서 천식과 사회경제적 수준 간에 SES가 낮을수록 천식으로 인한 위험이 더 커진다고 보고하고 있으나 [23,24] 일부 연구에서는 상반된 연구결과를 얻기도 하였다 [12,25,26].

우리나라에서는 사회경제적 지위가 유병률과 사망률에 영향을 미친다는 연구 [15,27]와 서울시의 지역별 대기오염도와 소득분포의 정도가 다르다는 개별연구 [28]는 있었으나 이 둘을 한번에 연관지어 지역의 사회경제적 수준에 따른 대기오염과 특정질환의 병원방문에 대한 연구는 그동안 수행된 적이 없었다. 따라서 거주 지역의 사회경제적 지위에 따라 오존과 같은 대기오염 수준이 차이가 나기 때문에 지역간 사망률 또는 유병률의 차이가 발생하는 것인지 혹은 이에 더하여 지역간 거주민의 민감도 차이로 인한 상호작용(interaction 또는 effect modification)의 영향이 있는지를 밝히는 것이 중요할 것이다. 이에 본 연구에서는 특히 천식과 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 알려진 오존에 대해, 서울시의 지역별 사회경제적 수

준에 따라 소아 천식발작에 미치는 오존의 영향을 평가하여 비교해보고자 하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상자 및 지역

이 연구는 2002년 서울시 25개 구의 대기오염(오존)과 천식 관련 입원 자료, 기상 자료 및 사회경제적 지위에 대한 자료를 기반으로 이루어졌다. 천식관련 입원 자료는 국민건강보험공단의 2002년 상병자료 중 서울에 거주하는 15세 미만 소아의 천식관련(ICD code J45-46) 입원만을 대상으로 하였다. 15세 미만 소아를 대상으로 한 이유는 일반적으로 소아의 경우가 성인보다 대기오염으로 인한 건강영향에 더 민감한 집단이기 때문이다. 또 천식으로 입원한 경우의 대부분은 응급실 방문을 통한 급성방문으로 가정하였다.

### 2. 대기오염 및 기상 자료

대기오염 자료는 2002년 1월 1일부터 2002년 12월 31일까지 서울시 27개 대기오염 자동측정소에서 관측·측정된 오존 자료를 이용하여 분석하였다 (Figure 1). 이중 송파구와 구로구의 경우는 구 내에 각각 2개씩의 대기오염 측정소가 있기 때문에 두 측정소 관측값의 일별 대표값의 평균을 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 서울시 25개 구 중에서 대기오염 자료가 누락된 종로구를 제외한 총 24개 구 자료를 분석에 이용하였다. 각각의 측정소에서 측정된 오존은 오전 9시부터 오후 4시까지의 8시간 최대값을 사용하였는데 이는 오존의 경우 온도에 민감하게 반응해서 일간 내 변동이 크기 때문에 단기 급성영향을 보고자 최대값을 대표값으로 이용하였다.

기상자료는 2002년 서울의 온도, 상대습도, 해면기압 자료를 이용하였다. 서울을 대표하는 기상자료는 서울시 기상청에서 측정하는데 온도와 상대습도는 한 시간마다 측정하고, 해면 기압은 세 시간마다 측정한다. 일별 자료를 만들기 위해 모두 일별 평균값을 구하여 분석에 사용하였다.



Figure 1. Location of air pollution monitoring sites in Seoul, Korea.

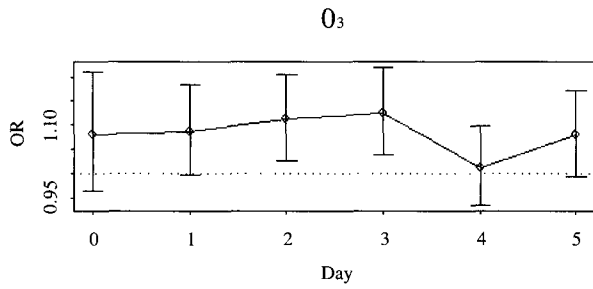


Figure 2. Lag effects of ozone in Seoul, Korea.

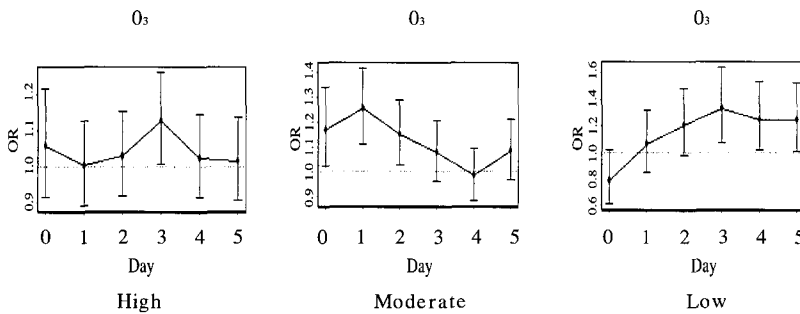


Figure 3. Lag effects of ozone in Seoul, Korea by socio-economic status.

3. 사회경제 수준

사회경제적 지위 자료는 2002년 서울시 구별 1인당 평균 지역보험료를 이용하였다. 사회경제적 차이를 명확히 구분하고자 각 구별 1인당 평균 지역보험료의 순위를 매겨 상, 중, 하 3개 수준으로 나누어 분석하였다. 구별 1인당 평균 지역보험료가 가장 높은 지역은 강남구, 서초구, 송파구, 용산구, 중구, 영등포구, 마포구, 광진구 8개 지역이었고 가장 사회경제적 수준이 낮은 지역은 구로구, 성북구, 강서구, 관악구, 은평구, 금천구, 강북구, 중랑구의 8개 구였다. 나머지 8개구 양천구, 동작구, 성동구, 서대문구, 강동구, 노원구, 동대문구, 도봉구는 중간 지역에 속했다.

4. 통계분석방법

본 연구에서는 장기적인 추세변동과 계절변동, 기상요인, 요일 등 본 연구에 영향을 미칠 수 있는 혼란변수들을 보정한 상태에서 오존이 인체에 미치는 영향을 분석하기 위해 일반화 부가모형(GAM)을 사용하였다. 시계열 자료분석은 대기오염의 단기효과를 평가하는데 매우 유용한 수단이다 [29,30]. 일반화 부가모형을 이용한 시계열 연구에서는 하루의 전체인구집단과 인구집단에 영향을 미치는 대기오염의 효과를 보기 때문에, 연령이나 성 등과 같은 개인적인 차이를 고려하지 않아도 되는 장점이 있다. 또한 많은 연구에서 대기오염의 급성영향은 당일 즉시, 또는 노출 후 1-5일 이내에 나타난다고 보고되어 있다 [1-3,9,31].

따라서 당일 및 노출 후 5일까지의 오염물질의 적절한 lag time(s)을 고려하였다 (Figure 2) 적절한 lag time을 결정하기 위해 천식관련 입원과 가장 높은 연관성을 보이는( $\beta$ 가 가장 큰) lag time을 선택하였다 [32]. 사회경제수준에 따른 대기오염의 효과의 차이를 보기 위해 SES 수준에 따라 층화한 상, 중, 하 수준별로 별도의 분석을 실시하였으며 혼란변수를 보정한 상태에서 오존이 IQR 만큼 증가할 때 천식관련 입원에 영향을 미치는 교차비를 살펴보았다. 이상의 통계분석은 S-Plus 2000 Professional Release 1 (MathSoft, Inc, 미국) 을 이용하였다.

연구결과

Table 1은 오존과 기상변수, 천식관련 입원에 대한 요약통계량이다. 서울시 15세 미만 평균 천식 관련 입원 환자 수는 약 8.09명이었다. 사회경제수준에 따른 오존 농도의 분포를 보면 상위, 중위, 하위그룹에서 비슷한 농도를 나타냈다. 이 연구에서 사용한 사회경제수준 지표의 경우, 상인 그룹의 평균 의료보험 납부액은 23227.87원, 중인 그룹은 19479.44원, 하인 그룹은 18083.78원으로 사회경제수준이 상인 그룹에 비해 중인 그룹과 하인 그룹의 의료보험 납부액은 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 2). 대기오염 물질과 기상변수 사이의 상관관계에 있어서 오존의 경우 기온과 높은 양의 상관관계를 보였다 ( $r=0.581$ ).

사회경제 수준에 따른 대기오염의 천식 관련 입원에 미치는 영향을 평가하는데 있어서 본 연구에서는 오존효과에 대한 평가가 주 목적이었다. 그러나 결과에서 제시되고 있지는 않으나 오존 이외의 다른 대기오염물질(PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO)을 혼란변수로 보정하는 다중오염 모형에서도 오존의 효과크기는 거의 일정하였다. 따라서 본 연구에는 Table 3에서와 같이 오존만을 포함하는 단일오염물질 모형의 결과를 최종적으로 선택하여 제시하였다. 사회경제수준에 따라 층화한 그룹별로 오염물질을 기본모형에 포함시켰을 때의 교

Table 1. Summary statistics of daily concentrations of ozone and asthma admission in Seoul, Korea, 2002

Variable	Percentiles							Mean	SD	IQR <sup>*</sup>
	0	5	25	50	75	95	100			
Asthma	0	1	4	8	11	17	25	8.09	4.85	7
O <sub>3</sub> (ppb)	2.35	7.63	17.42	26.63	41.36	62.11	79.00	29.83	16.87	23.94
Temperature(°C)	-9.71	-2.09	4.58	14.01	21.42	25.94	30.32	12.90	9.57	16.84
Humidity(%)	27.29	38.25	51.54	62.71	72.33	85.83	95.38	62.13	14.25	20.79
Pressure(hPa)	990.65	1002.76	1010.06	1015.64	1021.73	1028.41	1035.88	1015.62	7.94	11.66

<sup>\*</sup>IQR, interquartile range (25th-75th percentile)

**Table 2.** Daily mean concentrations of ozone by socioeconomic status

	Mean(SD) O <sub>3</sub> (ppb)	IQR(ppb)	Insurance
High	30.51(17.77)	26.65	23227.87(4238.07)
Moderate	28.86(16.73)	23.75	19479.44( 408.62)
Low	29.87(16.25)	22.52	18083.78( 781.73)

\* High, medical insurance expences rank 1-8

\* Moderate, medical insurance expences rank 9-16

\* Low, medical insurance expences rank 17-24

**Table 3.** Adjusted relative risk estimates and 95% confidence intervals for asthma-related hospital admissions in relation to daily concentrations of ozone stratified by socio-economic status, in Seoul, Korea, 2002

	RR 95%CI	
	O <sub>3</sub>	
High	1.12 (1.00-1.25)	
Moderate	1.24 (1.08-1.43)	
Low	1.32 (1.11-1.58)	
Total	1.13 (1.04-1.22)	

차비와 95% 신뢰구간을 보여주고 있다. 기본모형에는 절편, 시간에 대한 평활함수, 요일, 온도, 상대습도, 해면기압과 같은 기상변수가 포함되었으며, 사회경제수준과 오염물질 간의 교호작용은 유의하지 않았기 때문에 최종 모형에서는 고려되지 않았다. 따라서 결과를 보면 오존이 IQR만큼 증가할 때 (상 26.65ppb, 중 23.75ppb 하 22.52ppb) 상, 중, 하 그룹별로 각각 1.12 (95% CI=1.00-1.25), 1.24 (95% CI=1.08-1.43), 1.32 (95% CI=1.11-1.58)로 사회경제수준이 낮은 그룹으로 갈수록 소아 천식 관련입원을 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다.

### 고 찰

이 연구에서, 서울시 지역별 사회경제수준에 따라 소아천식에 미치는 오존의 영향이 차이가 있었다. 오존의 경우, 사회경제수준이 낮은 지역으로 갈수록 소아천식 관련 입원에 미치는 영향이 더 크게 나타났다.(사회경제수준이 낮은 지역으로 갈수록 소아천식의 위험비가 더 크게 나타났다.) 이전의 연구들에서도 오존은 천식과 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 알려진 대기오염물질로서 본 연구결과와도 일치하였고 특히 본 연구에서는 사회경제수

준이 낮을수록 그 영향이 더 커짐을 알 수 있었다.

본 연구에서 평가된 오존의 경우 화학적으로 불안정한 물질로서 호흡시 기도 자극 증상이나 염증반응이 발생하게 하여 폐기능 감소나 천식과 같은 만성호흡기 질환자의 증상을 악화시키는 것으로 알려져 있다 [33,34]. 또한 천식환자가 오존 노출이후 알레르기 유발 물질을 호흡하는 경우 호흡기도 반응성이 훨씬 증가되었다는 보고도 있다 [35,36].

사회경제적 지위가 낮은 그룹에서 소아 천식관련 입원의 위험비가 더 큰 이유는 여러 가지가 있을 수 있다. 대기오염이 건강에 위대한 영향을 미칠 때 사회경제적 수준에 따라서 그 영향에 차이가 있을 수 있는데 즉, 어떤 집단에서는 그 영향이 크게 나타나지 않는 반면 어떤 집단에서는 민감하게 반응할 수 있다. 이는 사회경제수준에 따른 감수성으로 설명할 수 있다. 사회경제 수준이 낮은 집단의 경우에는 환경노출에 있어서 개인의 감수성을 증가시킬 수 있는 여러 요인들, 예를 들면 환경노출의 패턴이나 건강행위, 영양상태, 사회심리적 스트레스, 의료서비스에 대한 접근성 등과 지역적 측면에서의 서비스 환경(예, 건강클리닉, 슈퍼마켓, 하수도시설), 물질적 환경(예, 교통량, 혼잡, 식수나 목욕용수), 사회적 환경(예, 범죄율, 사회적 단결력, 공공시설의 파괴) [37], 사회적 지지망의 정도, 가난 등에 있어서 감수성이 높기 때문에 같은 정도의 대기오염이라 하더라도 다른 집단에 비해 더 민감하게 영향을 받아 더 큰 위험을 보일 수 있다. 즉 사회경제수준이, 대기오염이 건강에 미치는 영향을 집단마다 다르게 하는 효과보정자로서 작용할 수 있다.

본 연구에서 사용된 대기오염(오존) 자료는 대기오염 자동측정망의 자료로, 일반적으로 대기오염 자료는 개인노출량의 측정이 어렵거나 불가능하기 때문에 결국 환경노출평가 자료를 이용하는 것이 적절한 대응방안이다. 이 때 사용되는 환경노출평가는 지역 또는 구별 대기질의 특성, 즉 오염물질의 농도나 분진을 구성하는 화학물질 특성 등이 지역간에 차이가 있

기 때문에 이러한 변이를 감안할 때 가능하면 분석의 단위를 최소화, 즉 전국자료 보다는 시, 군 또는 구별로 분석할 필요가 있으며 이러한 시도는 측정오류를 줄여주는 역할을 한다 [38]. 따라서 본 연구에서는 서울시 전체의 대기오염도를 일괄적으로 통합하여 평균농도만을 분석에 이용하지 않고 서울시 전역을 사회경제수준에 따라 그룹화하여 지역을 대표할 수 있는 각각의 대기오염도를 분석에 이용하였다.

본 연구에서는 지역수준의 사회경제지표를 이용해 대기오염의 영향을 살펴보았다. Xavier 등 [22]의 연구에서 개인의 교육 및 사회경제수준과는 독립적으로, 지역수준의 교육 및 사회경제수준이 낮을수록 천식의 유병률이 더 높게 나타난다고 보고했으며 이는 지역수준의 사회경제지표를 사용한 본 연구결과와도 일치하였다. 본 연구에서는 지역의 사회경제수준의 지표로써 서울시 구별 1인당 평균 지역보험료를 이용하여 지역을 그룹화하여 분석하였다. 이는 서울의 지역별 대기오염도와 소득분포간의 상관관계를 본 Yang의 선행 연구 [28]에서, 소득지표로써 1인당 자동차세를 기준으로 소득수준을 세 그룹으로 분류한 결과와 비슷하게 일치하였다. 고 소득에 해당하는 2개 지역인 강남구(대치동)와 서초구(반포동), 저소득에 해당하는 중랑구(면목동), 성북구(길음동), 구로구(구로동)가 사회경제 지표로써 평균 지역보험료를 이용한 본 연구와 일치하였다. 사회경제수준을 나타내는 지표로는 소득이나 교육수준, 직업, 사회경제지위, 거주 환경 등 다양하며 [39,40] 어떤 사회경제지표를 선택하느냐에 따라서 그 효과는 달라질 수 있다. 따라서 어떤 한 가지 지표를 사용하는 것보다 지역의 사회경제수준을 대표할 수 있는 통합된 지표의 개발 및 사용이 필요하며 또한 개인수준의 사회경제적 지위까지 함께 고려한 재연구가 이루어질 필요가 있다.

결론적으로 본 연구에서 오존이 소아천식 관련 입원에 미치는 영향이 사회경제수준에 따라 다르게 나타나는 것으로 평가되었으며, 이는 같은 정도의 대기오염이라고 하더라도 대기오염의 건강영향이

집단마다 동일하게 나타나는 것이 아니며 기준에 밝혀진 생물학적 민감지표, 즉 연령, 성별, 만성호흡기 질환 유무 뿐 아니라 본 연구에서 조사된 바와 같이 사회경제적 수준 역시 대기오염의 영향을 평가할 때 민감지표로서 고려되어야 할 요인일 것으로 제시되었다. 따라서 국가대기오염 정책을 수립할 때에도 사회 경제적 약자에 대한 충분한 고려를 바탕으로 이루어져야 함을 시사한다.

**요약 및 결론**

대기오염으로 인한 인체위해 가능성이 일련의 역학연구결과로 제시되고 있으며, 최근에는 이러한 건강영향이 개인특성에 따라 상대적으로 취약한 인구집단을 규명하기 위한 연구가 주를 이루고 있다. 따라서 본 연구는 개인특성을 구분 짓는 지표 중의 하나인 사회경제 수준을 의료보험료 순위에 따라 구분하여 대기오염도와 소아천식관련(ICD 10th code, J45-J46)입원의 상관성을 장기적인 추세변동과 계절변동, 기상요인 및 요일 등과 같은 잠재적인 혼란변수를 통제할 수 있는 일반화부가모형을 적용한 시계열적 분석방법에 따라 결과를 비교·평가하였다.

분석 결과에 따르면 결론적으로 오존이 소아천식 관련 입원에 미치는 영향이 사회경제수준에 따라 다르게 나타났으며, 이는 비슷한 정도의 대기오염 수준에 노출되더라도 대기오염의 건강영향 크기가 집단마다 동일하게 나타나는 것이 아니며 기준에 밝혀진 생물학적 민감지표, 즉 연령, 성별, 만성호흡기 질환 유무뿐 아니라 본 연구에서 조사된 바와 같이 사회경제적 수준 역시 대기오염의 영향을 평가할 때 고려되어야 할 요인이라 사료된다. 따라서 국가대기오염 정책을 수립할 때에도 사회 경제적 약자에 대한 충분한 고려를 바탕으로 이루어져야 함을 시사한다.

**참고문헌**

1. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145:

600-604  
 2. Lee JT, Schwartz J. Reanalysis of the effect of air pollution on daily mortality in Seoul, Korea: A case-crossover design. *Environ Health Perspect* 1999; 107(8): 633-636  
 3. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Alabama. *Am J Epidemiol* 1994; 139: 589-598  
 4. Metzger KB, Tolbert PE, Klein M, Peel JL, Flanders WD, Todd K, Mulholland JA, Ryan PB, Frumkin H. Ambient air pollution and cardiovascular emergency department visits. *Epidemiology* 2004; 15: 46-56  
 5. Koenig JQ, Larson TV, Hanley Qs, Rebolledo V, Dumler K, Checkoway H, Wang SZ, Lin D, Pierson WE. Pulmonary function changes in children associated with fine particulate matter. *Environ Res* 1993; 63: 26-38  
 6. Nafstad P, Haheim LL, Oftedal B, Gram F, Holme I, Hjermmann I, Leren P. Lung cancer and air pollution: A 27 year follow up of 16209 Norwegian man. *Thorax* 2003; 58: 1071-1076  
 7. Ha EH, Hong YC, Lee BE, Woo BH, Schwartz J, Christiani DC. Is Air Pollution a risk factor for low birth weight in Seoul? *Epidemiology* 2001; 12(6): 643-648  
 8. Ha EH, Lee JT, Kim H, Hong YC, Lee BE, Park HS, Christiani DC. Infant susceptibility of mortality to air pollution in Seoul, South Korea. *Pediatrics* 2003; 111(2): 284-290  
 9. Lee JT, Kim H, Song H, Hong YC, Cho YS, Shin SY. Air pollution and asthma among children in Seoul, Korea. *Epidemiology* 2002; 13: 481-484  
 10. Gent JF, Triche EW, Holford TR, Belanger K, Bracken MB, Beckett WS, Leaderer BP. Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA* 2003; 290(14): 1859-1867  
 11. Chen LL, Tager IB, Peden DB, Christian DL, Ferrando RE, Welch BS, Balmes JR. Effect of ozone exposure on airway responses to inhaled allergen in asthmatic subjects. *Chest* 2004; 125(6): 2328-2335  
 12. Gouveia N, Fletcher T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J Epidemiol Community Health* 2000; 54(10): 750-755  
 13. Zanobetti A, Schwartz J. Race, gender and social status as modifiers of the effects of PM<sub>10</sub> on mortality. *J Occup Environ* 2000; 42(5): 469-474  
 14. Lynch JW, Smith GD, Kaplan GA, House JS. Income inequality and mortality: importance to health of individual income, psychosocial environment, or material conditions *BMJ* 2000; 320: 1200-1204  
 15. Chae SM. Equity in health care utilization

attributable to socio-economic status in asthma outpatients [dissertation]. Korea: Seoul National Univ; 2005 (Korean)  
 16. O'Neill Ms, Jerrett M, Kawachi I, Levy JJ, Cohen AJ, Gouveia N, Wilkinson P, Fletcher P, Cifuentes L, Schwartz J. Health, wealth, and air pollution: Advancing theory and method. *Environ Health Perspect* 2003; 111(16): 1861-1870  
 17. Finkelstein MM, Jerrett M, Deluca P, Finkelstein N, Verma DK, Chapman K, Malcolm R. Sears relation between income, air pollution and mortality: A cohort study. *CMAJ* 2003; 169(5): 397-402  
 18. Lin M, Chen Y, Villeneuve PJ, Burnett RT, Lemyre L, Hertzman C, McGrail KM. 2004. gaseous air pollutants and asthma hospitalization of children with low household income in Vancouver, British Columbia, Canada. *Am J Epidemiol* 2004; 159: 294-303  
 19. Carr W, Zeital L, Weiss K. Variations in asthma hospitalizations and death in New York city. *Am J Public Health* 1992; 82: 59-65  
 20. Jones AP, Bentham G. Health services accessibility and deaths from asthma in 401 local authority district in England and Wales, 1988-92. *Thorax* 1997; 52: 218-222  
 21. Wissow LS, Gittelsohn AM, Szklo M, Starfield B, Mussman M. Poverty, race and hospitalization for childhood asthma. *Am J Public Health* 1988; 78(7): 777-782  
 22. Xavier B, Jordi S, Manolis K, Jan-Paul Zock, Enric Duran-Tauleria, Deborah J, Peter Burney, and Josep Maria Anto on behalf of the European community respiratory health survey I. Socioeconomic status and asthma prevalence in young adults. *Am J Epidemiol* 2004; 160: 178-188  
 23. Litonjua AA, Carey VJ, Weiss ST, Gold DR. Race, socioeconomic factors, and area of residence are associated with asthma prevalence. *Pediatr Pulmonol* 1999; 28: 394-401  
 24. Lewis SA, Weiss ST, Platts-Mills TA, Syring M, Gold DR. Association of specific allergen sensitization with socioeconomic factors and allergic disease in a population of Boston women. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 107: 615-622  
 25. Montnemery P, Bengtsson P, Elliot A, Lindholm LH, Nyberg P, Lofdahl CG. Prevalence of obstructive lung disease and respiratory symptoms in relation to living environment and socio-economic group. *Respir Med* 2001; 95: 744-752  
 26. Chen JT, Krieger N, Van Den Eeden SK, Charles P. Quesenberry. Different slopes for different folks: socioeconomic and racial/ethnic

- disparities in asthma and hay fever among 173,859 U.S. men and women. *Environ Health Perspect* 2002; 110(suppl 2): 211-216
27. Son M, Oh SY, Bae SS, Paek D, Moon OR. The relationship of occupational class, educational level and deprivation with mortality in Korea. *Korean J Prev Med* 2002; 35(1): 76-82 (Korean)
28. Yang JI. A study on the correlation analysis between the air quality and income spatially in Seoul [dissertation]. Korea: Seoul National Univ; 1992 (Korean)
29. Pope CA, Kalkstein LS. Synoptic weather modeling and estimates of the exposure-response relationship between daily mortality and particulate air pollution. *Environ Health Perspect* 1996; 104: 414-420
30. Pope CA, Schwartz J. Time series for the analysis of pulmonary health data. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: S229-S233
31. Cho YS, Kim H, Lee JT, Hyun YJ and Kim YS. Relationship between exposure to air pollutants and aggravation of childhood asthma: a meta-analysis. *J KOSAE* 2001; 17(5); 425-437 (Korean)
32. Samet JM, Zeger SL, Berhane K. The association of mortality and particulate air pollution. In "particulate air pollution and daily mortality: replication and validation of selected studies (The Phase IA Report of the Particle Epidemiology Evaluation Project)." Health Effect Institute, Cambridge, MA.
33. Neas L, Dockery Dw, Koutrakis P, Tollerud DJ, Speizer FE. The association of ambient air pollution with twice daily peak expiratory flow measurements in children. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 111-122
34. Ostro BD, Lipsett MJ, Mann JK, Braxton-Owens H, White MC. Air pollution and asthma exacerbations among African-American children in Los Angeles. *Inhal Toxicol* 1995; 7: 711-722
35. Jorres R, Norwak D, Magnussen H. The effect of ozone exposure on allergen responsiveness in subjects with asthma or rhinitis. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 56-64
36. Molfino NA, Wright SC, Katz I, Tarlo S, Silverman F, McClean PA, Szalai JP, Raizenne M, Slusky AS, Zamel N. Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen responses in asthmatic subjects. *Lancet* 1991; 338: 199-203
37. Kawachi I, Berkman L. 2003 Neighborhoods and Health. New York: Oxford University Press
38. Lee JT, Dockery DW, Kim CB, Jee SH, Chung Y. A meta-analysis of ambient air pollution in relation to daily mortality in Seoul, 1991-1995. *Korean J Prev Med* 1999; 32(2): 177-182 (Korean)
39. Grundy E, Holt G. The socio-economic status of older adults: how should we measure it in studies of health inequalities? *J Epidemiol Community Health* 2001; 55: 895-904
40. Adler NE, Boyce T, Chesney MA, Cohen S, Folkman S, Kahn R, Syme SL. Socioeconomic status and health, the challenge of the gradient. *Am Psychol* 1994; 49: 15-24