대한산업의학회지 제 12 권 제 2 호 (2000년 6월)
Korean J Occup Environ Med, 2000;12(2):235-248

대구시의 대기오염이 일별 사망에 미치는 영향(1993~1997)

계명대학교 의과대학 예방의학교실

이미영 · 이충원 · 서석권

— **Abstract** —

Effect of air pollution on daily mortality in Daegu (1993~1997)

Mi Young Lee, Choong Won Lee, Suk Kwon Suh

Department of Preventive Medicine Keimyung University

Objectives : In order to evaluate the relationship between daily mortality and air pollution in Deagu for the period by the data from January 1993 to December 1997.

Methods : Deaths from accident(International Classification of Disease, Revision 9; 800~999 and Revision 10; V01-Y89) were excluded. Daily counts of deaths were analysed by general additive poisson model on the current day to 5 days before death, with controlling for effects of year, season, weather, weekday and holiday. The air pollutants examined included total suspended particulate (TSP), sulfur dioxide (SO_2), nitrogen dioxide (NO_2), carbon monoxide (CO) and ozone (O_3).

Results : Mortality was associated with NO_2, SO_2 and CO in the air. Total mortality was estimated to increase by 1.6 %(95 % CI 0.3~3 %) with each 10 ppb rise in NO_2 on the current day and the preceding 1 day, 9.4 %(95 % CI 7~13 %) with each 100 ppb rise in SO_2 and 2.7 %(95 % CI 0.1~5 %) with each 1 ppm rise in CO on the current day. The NO_2 was more evident for the elderly who were 65 years and more. Cardiovascular-specific mortality was associated with the levels of CO on the current day. Respiratory-specific mortality was associated with the levels of TSP and NO_2 5 days before death. Excess mortality risk is clearly evident in the upper range of NO_2 levels and increased monotonically with NO_2.

Conclusions : This study suggested that the air pollution status below the current Korean ambient air quality standard might have an adverse effect on daily mortality. Then, it is impertive that the strategy for control of the air pollution-related daily mortality should be developed.

Key Words : Air pollution, Mortality

〈접수일 : 2000년 1월 24일, 채택일 : 2000년 5월 30일〉
교신저자 : 이 미 영(Tel : 053-250-7494) E-mail : deresa 1@orgio.net

서 론

근래 과학의 비약적인 발전과 교통수단의 발달로 시간의 개념이 바뀌고 인간의 생활은 편리하게 변화되었지만 다른 한편으로는 공업의 발달과 이에 따른 인구의 도시 집중화, 자원의 무절제한 개발 등의 결과로 우리가 생활하는 환경의 오염이란 피할 수 없는 문제도 초래하였다. 그 중 대기오염은 불특정 다수인에게 피해를 주어 지역사회 수준에서 고려하여야 할 대표적인 환경오염이다.

1970년대 이후 공업화와 인구의 도시 집중현상으로 야기되었던 우리 나라의 대기오염은 1980년대 이후 자동차 보급의 급증과 산업의 고도화에 따른 각종 화학물질의 사용증가로 오염이 확대되었고 오염의 형태도 오존(O_3), 미세먼지, 휘발성유기화합물질 발생 등으로 더욱 다양해지고 복잡해졌다. 또 국제적으로도 중국 등 인접국가의 급격한 산업화 추세에 따라 국경간 오염물질의 이동이 증가하였으며 기후변화, 오존층의 파괴 등 총체적인 환경위기의식이 고조되었다(환경부, 1997). 이에 따라 우리나라에서도 대기환경기준의 목표설정과 배출허용기준을 적용하여 규제를 엄격히 하고, 각종 대기오염 저감정책을 실시하여 대기질은 상당히 개선이 되었으나 자동차의 급증으로 인한 이산화질소(NO_2) 및 오존(O_3)의 오염도는 완만하게 증가를 계속하여 지속적인 대책마련이 필요하게 되었다.

대기오염이 인간의 건강에 미치는 영향은 아주 다양하며, 주로 사망률 증가와 호흡기 및 심혈관계 질환의 증가로 나타났다. 대기오염은 사망률을 증가시키며(Logan, 1953; Hechter and Goldsmith, 1961; Mazumdar et al., 1982; Ostro, 1984; Derriennic et al., 1989; Katsouyanni et al., 1990; Schwartz and Marcus, 1990; Kinney and Ozkaynak, 1991; Pope Ⅲ et al., 1992; Schwartz and Dockery, 1992; Dockery et al., 1992; Schwartz, 1994b; Xu et al, 1994; Moolgavkar et al., 1995; Touloumi et al., 1994, 1996; Spix & Wichmann, 1996; Verhoeff, 1996; Hoek et al, 1997; Kelsall et al., 1997; Simpson et al., 1997; Zmirou et al., 1998; Bremner et al., 1999, Hong et al., 1999; 이종태 외, 1998, 1999; 권호장과 조수헌, 1999; Lee & Schwartz, 1999; Lee et al, 1999). 그 외에 천식환자에서 천식증상발작의 빈도를 증가시키며(Dockery et al., 1989; Schwartz et al., 1993; Buchdahl et al., 1996; Anderson et al., 1998), 하기도 감염의 발생률 증가(Samet, 1992; Thurston et al., 1994), 만성심폐질환자에서 질병의 악화(Ciocco and Tompson, 1961; Sunyer et al., 1991; Ponka and Virtanen, 1996), 폐기능의 감소(Young, 1964; Ferris, 1979; Linn et al., 1987; Schwartz, 1989; Horstman et al., 1997; Gold et al., 1999), 천명과 흉부압박감, 의학적 주의를 요하는 기침 및 객담의 발생률의 증가(Schwartz, 1992; Chen, 1998; Zemp, 1999), 급성상기도감염의 발생률 증가(Bates and Sizto, 1989; Pope Ⅲ, 1996), 정상활동을 방해할 수 있는 눈, 코, 인후자극증상 등을 유발하며, 암의 발생도 증가(Jacobson, 1984; Pope Ⅲ et al., 1995; 성주헌 외, 1997)시키는 것으로 알려져 있다.

그러나 대기 오염의 형태와 특성은 시대에 따라, 각 지역별로 평가방법에 따라 다르기 때문에 대기오염이 건강에 미치는 영향을 정확하게 평가하기란 쉬운 일이 아니다. 대기오염과 건강과의 관련성에 대한 연구는 크게 독성학 연구와 역학적인 연구로 대별된다. 역학적 연구는 일상환경에서 사망률과 같은 비가역적 영향, 가장 민감하게 반응하는 사람을 평가하는데 좋다. 그러나 인과관계를 추론하기 어렵고 잠정적인 수 많은 교란변수들을 통제하여야 하며, 항상 여러 오염물질에 폭로되기 때문에 정확하게 폭로를 평가하기 어려운 단점이 있다(Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society, 1996a). 역학적 연구 중 시계열자료분석은 대기오염의 단기영향을 평가하는데 유용하여 최근 수년동안 인구집단에 근거한 일별 시계열분석이 주를 이루게 되었다. 이 연구들에서는 일별 대기오염의 변화에 따른 일별 사망률의 변화가 오염의 정도가 낮을 때에도 사망률과 관련이 있음을 일관되게 보여주었다(Dockery et al., 1992; Touloumi et al., 1994; Saldiva et al., 1995; Spix and Wichmann, 1996; Hoek, 1997).

우리 나라에서 대기오염과 관련된 건강문제에 관한 연구는 공업화가 어느 정도 진행된 1970년대 이후부터 시작되었으며(신영수 외, 1972; 차철환 외, 1988; 조수헌, 1989; 권호장 외, 1994 ; 강연구 외, 1995; 임종한 외, 1998), 대기오염과 사망과의 관련성에 대한 연구는 1990년대 중반 이후 활기를 띠게 되었고(김윤신과 문정숙, 1997; 이종태 외, 1998, 1999; Hong et al, 1999; Lee & Schwartz 1999), 외국의 경우와 마찬가지로 우리 나라의 여러 도시에서도 지역이나 시기, 대기오염의 성분과 농도가 다를지라도 대기오염이 사망과 관련이 있는 것으로 일관되게 나타났다. 그러나 대기오염과 사망에 관한 자료는 주로 서울을 대상으로 하였으며(이종태 외, 1999; Lee & Schwartz 1999), 그 외 울산, 인천에 관한 연구(이종태 외, 1998; Hong et al, 1999; Lee et al, 1999)는 있으나 지형과 기후의 특성이 기타의 도시와 다른 대구를 대상으로 한 연구는 아직 없는 실정이다.

대구시는 일부가 산으로 둘러 쌓인 분지이고, 지형의 특성상 기온의 연교차가 심하고 계절의 변화가 급속한 편이며 공기의 순환이 잘 이루어지지 않는다. 그런데 대규모공단이 시내에 산재해 있으며, 기업체의 대다수가 영세 하청기업으로 공해물질을 대량으로 배출하여 지형적 요소와 더불어 효과적인 대기개선을 하기에 어려움이 많다(대구광역시, 1998). 대구시는 1994년도에 전국 47개 도시 중에서 두 번째로 대기오염이 심한 도시였으며, 1997년도 대기질측정에서 연평균 지름 10 ㎛미만의 미세먼지(PM_{10})와 SO_2가 전국 7대 도시 중 최고치를 보였다. 특히 중리동은 연평균 SO_2가 0.043 ppm으로 대기환경기준인 0.03 ppm 이하를 초과하였다(환경부, 1997).

이 연구의 목적은 대구시에서 발생하는 현재 수준의 대기오염이 인구집단의 사망률에 영향을 미치는지를 조사하여 대기오염에 의한 사망의 예방을 위한 대기환경개선의 기초자료로 이용하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 연구자료

1) 대기오염자료

대기오염자료는 대구시 지방환경관리청의 6개 자동측정소에서 1993년부터 1997년까지 측정한 시간별 관측자료를 이용하였다. 6개 자동측정소는 주거지역(대명, 만촌, 산격), 상업지역(삼덕), 공업지역(이현, 노원)에 설치되어 있다. 측정항목은 SO_2(아황산가스), NO_2(이산화질소), CO(일산화탄소), O_3(오존), TSP(총부유분진), PM_{10}(미세분진) 등이며 각 측정소에서는 0~24시까지 1시간 간격으로 수회 측정하여 평균치를 구하였다. 대기오염 측정장치의 측정방법은 SO_2는 자외선형광법(Pulse U.V. Fluoroescence method), NO_2는 화학발광법(Chemiluminescent method), CO는 비분산 적외선 분석법(Nondispersive infrared method), O_3은 자외선강도법(U. V. Photometric method), TSP는 베타선 흡수법(β-ray absorption method)을 사용하였다(환경부 대기보전국, 1995). SO_2, NO_2, CO, O_3, TSP는 각 측정소에서 측정된 시간별 평균을 이용하여 먼저 시간대별로 평균을 구하였으며, 0~24시까지 24번의 시간대별 평균을 더한 후 24로 나누어 일별 평균을 구하였다. CO는 8시간 평균, O_3은 1시간 평균 중 최고값을 구하였다.

2) 기상자료

기상자료는 신암동에 위치한 대구시 기상청의 1993~1997년까지의 일별 관측자료를 이용하였다(기상청, 1993~1997). 기상요소는 사망과 밀접하게 연관되어 대기오염에 의한 사망의 효과를 평가할 때 기상요소에 의한 교란작용을 보정하기 위하여 관측자료 중에서 일별 평균기온, 평균 상대습도, 평균 풍속을 이용하였다.

3) 사망자료

사망자료는 통계청에서 집계한 사망원인통계 1993~1997의 사인분류를 이용하였다. 1993~1994년은 ICD 9(International Classification of Disease, 9th revision), 1995~1997년은 ICD 10(International Classification of Disease, 10th revision)분류를 사용하였다. 연구대상기간동안 대구시에서 발생한 모든 사망 중에서 총사망수는 외인사(ICD 9 code 800~999, ICD 10 code V01~Y89)를 제외하였으며, 호흡기계질환으로 인한 사망은 ICD 9 code 460~519, ICD 10 code J00-98이며 순환기계질환으로 인한 사망은 ICD 9 code 390-459, ICD code I00-99를 이용하였다.

대기오염에 취약할 것으로 예상되는 노년층의 영향을 보기 위해 65세 이상과 65세 미만으로 나누어 살펴보았다. 1995년 이후 대구광역시에 편입된 달성군의 사망수는 분석에 이용하지 않았다.

2. 분석방법

시계열(Time Series) 자료란 시간의 흐름에 따라 변하는 현상을 일정한 시간간격으로 관찰하여 얻어지는 일련의 자료이다. 시계열자료 분석에서 먼저 고려해야 할 요인은 추세변동과 계절변동으로 이러한 변동 요인들을 제거한 후에 대기오염과 사망자 수와의 관련성을 평가해야 한다. GAM(Generalized additive model)은 일반화 선형모형(general linear model)의 대안으로서 비선형 가법회귀모형(nonlinear additive regression model)으로도 추정하는 것이 가능하다(Hastie, 1987). GAM은 기후와 계절에 대한 일별 사망의 비선형적 관련성을 모형화하기 위해 비모수적인 평활함수를 포함한 회귀모형을 이용한다. 본 연구에서 일별 사망수가 전체 인구집단으로 보았을 때 드물게 발생하는 사건이고 항상 양의 상수이므로 포아송(Poisson) 분포를 따른다(Pope Ⅲ and Schwartz, 1996)는 점을 이용하여 GAM 중에서 포아송 회귀(poisson regression) 모형을 이용하였다. 본 연구에서 고려한 포아송 회귀모형은 $\log[E(Y)] = \beta_0 + S_1(X_1) + \cdots + Sp(Xp)$ 이며, Y. 사망수, E(Y) . 기대되는 사망수, Xi . 독립변수, Si . 평활함수이다. 이 때 사용된 평활함수는 아주 유연하여 고도의 비선형식을 적합할 수 있도록 비모수적 평활함수의 일종인 loess 평활을 고려하였다. loess는 moving regression smoother로서 가중이동평균(weighted moving average)를 일반화시킨 것이다(Schwartz, 1999). 산점도에 대한 평활(scatter plot smoother) 중 하나인 lowess는 robust locally linear fits으로서 사망수를 기온, 습도, 풍속의 평활값과 대기오염을 이용하여 적합시키며, S functions loess는 lowess의 개념을 2차원 이상으로 확장시킨 개념이다(Venables & Ripley, 1994).

기상요소는 사망에 대한 영향이 당일을 지나 나타날 수 있으므로 본 연구에서는 사망에 대한 기상요소의 영향을 통제하기 위하여 일별 평균 온도, 상대습도 및 풍속을 비모수적 평활인 lowess를 통하여 변환하여 당일부터 5일전까지의 지연효과를 살펴보았다. 각 기상요소별로 오차변동(residual deviance)을 최소로 하는 시차(lag time)를 선정하여 가장 적합한 모형을 설정하였다.

본 연구에서 이용한 자료는 일별자료이므로 장기추세와 계절효과를 보정하기 위해 연도, 월을 더미변수화 하였다. 일반적으로 주말은 주중보다 사망자수가 감소하고 대기오염 물질도 공장가동과 차량이동의 영향을 많이 받으므로 요일과 휴일을 더미변수로 넣어 영향을 통제하였다. 그래서 사망에 대한 기본모델은 log(일별 사망 기대수)= intercept + loess(온도) + loess(상대습도) + loess(풍속) + 년도에 대한 더미변수 + 월에 대한 더미변수 + 요일에 대한 더미변수 + 휴일에 대한 더미변수였다.

시계열적 자료의 분석에서 또 하나 고려해야 할 자기상관의 문제를 피하기 위하여 사망자수에 대한 자기상관함수 및 기본모델에 적합시키고 난 후 사망자 수의 잔차에 대한 자기상관함수를 그려 자기상관의 존재여부를 평가하였다. 기본모델을 구축한 후에 각 오염물질을 하나씩 모델에 넣어 오염물질의 영향을 살펴보았다. 그리고 사망에 대한 대기오염물질의 지연효과여부를 관찰하기 위하여 당일부터 5일전까지 지연효과를 관찰하였다. 이 모델에서 얻은 계수를 이용하여 오염물질이 증가함에 따라 사망자 수에 미치는 상대위험도와 95 % 신뢰구간을 구하였으며, 상대위험도는 β로 추정하였다. 자료분석에는 통계프로그램 SAS version 6.12, S-plus를 이용하였다(Statistical Science, 1993).

결 과

1. 연구변수의 변화 추이

1993~1997년까지 5년 동안 본 연구에 이용된 인구집단을 대상으로 외인사를 제외한 하루 평균 사망수는 23.4명이었다. 65세 이상의 사망수는 일평균 13.6명이었고 65세 미만은 9.8명이었다. 사망원인별로 나누어서 보면 순환기계질환으로 인한 사망수는 일평균 6.6명, 호흡기계질환으로 인한 사망수는 1.8명이었다. 대기오염폭로지표인 SO_2, NO_2, O_3, CO, TSP의 일평균 농도는 각각 28.2 ppb, 24.6 ppb, 29.9 ppb, 2.3 ppm, 83.0 ㎍/㎥이었다. 일평균 온도는 14.2 ℃, 상대습도는 61.4 %, 풍속은 2.7 m/s였다(Table 1).

Table 1. Distribution of daily deaths counts, air pollutants and weather in Daegu, 1993-1997

Odorants	Percentile					
	Min.	25%	50%	75%	Max.	Mean(SD)
Mortality(deaths/day)						
Total	10.0	20.0	23.0	27.0	43.0	23.4(5.3)
Age ≥ 65 yr	3.0	11.0	13.0	16.0	30.0	13.6(4.0)
Age < 65 yr	1.0	8.0	10.0	12.0	25.0	9.8(3.5)
Cause-specific						
Cardiovascular	1.0	5.0	6.0	8.0	25.0	6.6(2.7)
Respiratory	0.0	1.0	2.0	2.0	7.0	1.8(0.9)
Weather						
Temperature(℃)	-6.8	5.4	15.0	22.0	32.9	14.2(9.5)
Humidity(%)	22.0	51.0	62.0	71.0	95.0	61.4(14.0)
Wind speed(m/s)	0.2	1.8	2.5	3.4	8.2	2.7(1.2)
Air pollutants						
SO_2(ppb)	2.2	15.0	23.9	36.5	136.9	28.2(18.6)
NO_2(ppb)	2.2	18.2	24.0	30.3	66.4	24.6(9.5)
O_3(ppb)	2.0	19.8	26.6	38.0	107.7	29.9(14.3)
CO(ppm)	0.2	0.7	0.9	1.3	3.7	2.3(1.2)
TSP($\mu g/m^3$)	24.2	55.2	75.1	103.5	290.8	83.0(37.3)

Table 2. Correlation matrix for number of deaths, air pollutants and weather variables in analysis

No. of deaths	SO_2	NO_2	O_3	CO	TSP	Temperature	Relative humidity	Wind speed
No. of deaths	0.094†	0.116†	-0.068†	0.101†	0.050†	-0.122†	-0.072†	-0.036
SO_2		0.685†	-0.273†	0.756†	0.777†	-0.388†	-0.146†	-0.298†
NO_2			-0.176†	0.620†	0.598†	-0.396†	-0.131†	-0.427†
O_3				-0.404†	-0.090†	0.570†	-0.232†	-0.007
CO					0.669†	-0.470†	-0.020	-0.286†
TSP						-0.202†	-0.058†	-0.276†
Temperature							0.361†	-0.181†
Relative humidity								-0.263†

† $p < 0.05$
‡ $P < 0.01$

2. 상관관계

총사망은 모든 대기오염폭로지표와 상관계수 0.050~0.116 으로 다소 상관관계가 있었으며, 그중 O_3는 음의 상관관계를 보였다. SO_2는 TSP와 0.771의 매우 높은 상관성을 나타내었으며, SO_2, NO_2, CO, TSP는 서로 간의 상관계수가 0.598~0.771로 상당한 상관관계를 나타내었다. O_3은 온도와 0.570의 높은 상관관계를 나타내었으며 나머지 모든 변수와 음의 상관관계를 나타내었다(Table 2).

3. 연구방법

기상요소의 지연효과를 관찰하기 위해 당일에서 5일전까지의 시차를 모델에 넣은 결과 기온은 2일전, 상대습도는 4일전, 풍속은 1일전이 가장 효과적인 것으로 나타나 기본모델에 포함시켰다. 그래서 연구

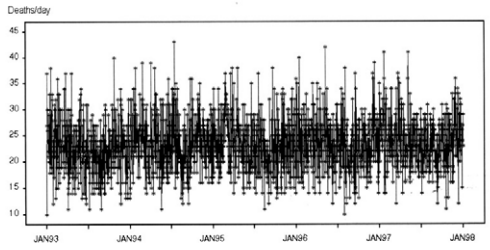

Fig. 1. Daily number of deaths in Daegu, 1993-1997.

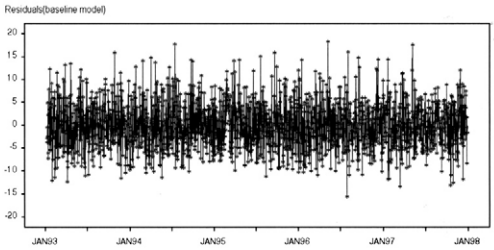

Fig. 2. Residual number of daily from the baseline model.

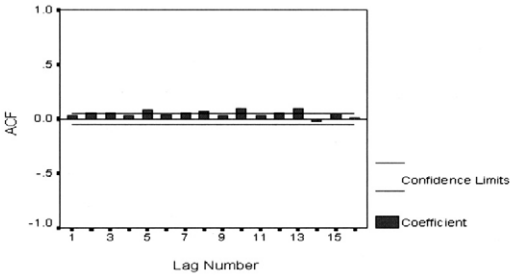

Fig. 3. Autocorrelation functions for the daily deaths counts without fitting.

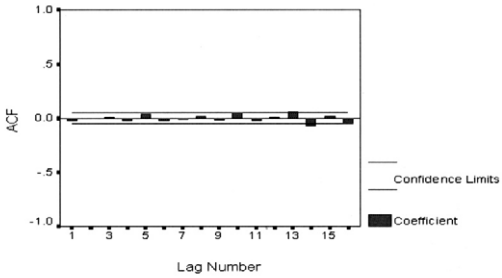

Fig. 4. Autocorrelation function for residuals after fitting with baseline model.

의 기본모델은 log(일별 사망 기대수) = intercept + loess(온도;lag 2) + loess(상대습도;lag 4) + loess(풍속;lag 1) + 년도에 대한 더미변수 + 월에 대한 더미변수 + 요일에 대한 더미변수 + 휴일에 대한 더미변수가 되었다.

기본모델이 장기 및 계절변동을 효과적으로 통제하고 있는지 보기 위하여 잔차를 도시해 본 결과 추세와 변동이 효과적으로 제거된 것을 볼 수 있었다(Fig. 1-2).

시계열자료의 자기상관(autocorrelation)의 문제를 해결하기 위해 모델에 적합시키지 않은 상태의 일별 사망자 수와 기본모델에 적합시키고 난 후의 잔차의 자기상관함수를 그렸다. 모델에 적합시키지 않은 상태는 상당한 정도의 자기 상관이 있으나(Fig. 3), 모델에 적합시키고 난 후 잔차의 자기상관함수를 그려 본 결과 이러한 자기 상관이 많이 사라졌음을 알수 있다(Fig. 4).

4. 대기오염의 영향

대기오염물질을 하나씩 기본모델에 포함시켰을 때 총사망의 경우 당일의 SO_2 100 ppb 증가당, CO 1 ppm 증가당 상대위험도가 각각 1.09(1.07~1.13), 1.03(1.00~1.05)이었으며, 당일과 전날의 NO_2 10 ppb 증가당 상대위험도가 1.02(1.00~1.03)였다. 65세 이상에서는 당일과 전날의 NO_2의 상대위험도가 1.026, 당일의 SO_2의 상대위험도가 1.01로 유의하게 증가하였다. 순환기계 사망은 당일의 CO의 상대위험도가 1.07로 유의하였으며, 호흡기계 사망은 5일전의 TSP, 5일전의 NO_2 의 상대위험도가 각각 1.15, 1.06으로 총사망자를 대상으로 하였을 때에 비하여 큰 폭으로 증가하였다. 65세 미만에서는 총사망, 순환기계질환과 호흡기계질환으로 인한 사망에 대하여 모든 오염폭로지표와 유의한 관련성이 없었다(Table 3).

추세변동과 기상요소를 통제한 후의 각 대기오염물질의 5분위수의 평균과 사망증가의 관련성을 보았을 때, NO_2는 상위 5분위수로 갈수록 직선적으로

Table 3. Relative risk of mortality in relation to cause of death

	Relative risk(95% CI)				
	SO_2*	NO_2**	O_3*	CO***	TSP****
Total deaths	1.09	1.02	1.02	1.03	0.97(lag3)
	(1.07-1.13)	(1.00-1.03)	(0.96-1.11)	(1.00-1.05)	(0.94-0.99)
≥65 yrs	1.01	1.03(lag1)	1.01	1.03	1.01
	(1.01-1.21)	(1.01-1.05)	(0.93-1.09)	(1.00 -1.07)	(0.97-1.05)
〈65 yrs	1.06	1.00	1.03	1.02	1.04
	(0.96-1.18)	(0.93-1.23)	(0.93-1.13)	(0.98-1.07)	(0.99 -1.10)
Cardiovascular	1.13	1.01	0.90	1.07	1.04
deaths	(0.99-1.28)	(0.99-1.05)	(0.80-1.01)	(1.01-1.12)	(0.98-1.10)
≥65 yrs	1.14	1.02	0.96	1.07	1.02
	(0.98-1.34)	(0.99-1.05)	(0.67-1.00)	(1.01-1.14)	(0.95-1.09)
〈65 yrs	1.12	0.99	0.98	1.06	1.07
	(0.90-1.37)	(0.67-1.48)	(0.67-1.00)	(0.98-1.15)	(0.98-1.18)
Respiratory	1.20(lag5)	1.06(lag5)	1.01	1.05 (lag5)	1.15 (lag5)
deaths	(0.89-1.61)	(1.01-1.12)	(0.76-1.49)	(0.93-1.17)	(1.05-1.31)
≥65 yrs	1.14	1.09(lag5)	0.94	1.03(lag3)	1.19(lag5)
	(0.61-1.26)	(1.02-1.16)	(0.67-1.31)	(0.91-1.18)	(1.02-1.38)
〈65 yrs	1.45	1.08	1.06	1.20(lag4)	1.27
	(0.81-2.53)	(0.97-1.20)	(0.62-1.77)	(0.96-1.49)	(0.99-1.65)

* relative risk of an increase of 100 ppb of SO_2, O_3
** of 10 ppb of NO_2
*** of 1 ppm of CO
**** of 100 ㎍/㎥ of TSP

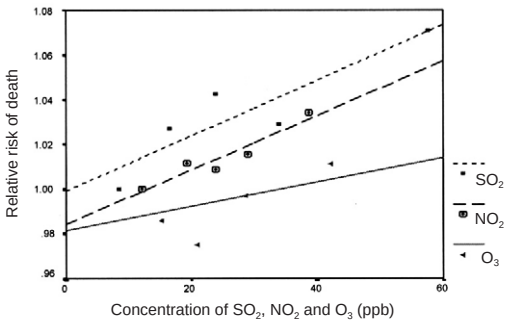

Fig. 5. Relative risk of death by quintile of SO_2, NO_2, O_3 concentration

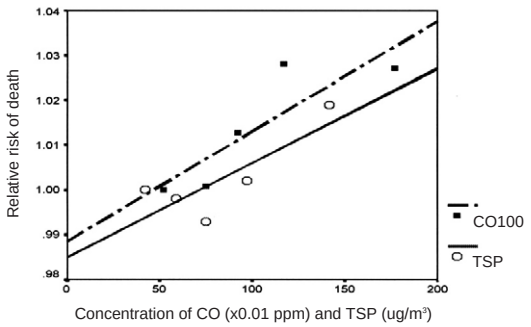

Fig. 6. Relative risk of death by quintile of CO, TSP concentration.

증가하는 양-반응관계를 나타내었으며 O_3과 TSP는 상위 5분위수에서만 사망의 상대위험도가 증가하였다(Fig. 5-6).

고 찰

이 연구에서 사망에 영향을 미칠 수 있는 기상요인과 연도, 계절, 요일, 휴일을 통제한 후에 외인사를 제외한 사망에 대하여 당일의 SO_2 100 ppb 증가당, CO 1 ppm 증가당 상대위험도가 각각 1.094, 1.027이었으며, 당일과 전날의 NO_2 10 ppb 증가당 상대위험도가 1.016이었다. 또 순환기계 사망은 당일의 CO의 상대위험도가 1.07로 유의하였으며, 호흡기계 사망은 5일전의 TSP, 5일전의 NO_2의 상대위험도가 각각 1.15, 1.06으로 총사망자를 대상으로 하였을 때에 비하여 큰 폭으로 증가

하여 순환기계 사망은 CO가, 호흡기계 사망은 TSP와 NO_2의 영향이 크며, 65세 이상에서 이러한 영향이 크다는 결과를 얻었다.

사망률은 인체의 대기오염에 대한 급성반응의 가장 좋은 지표가 될 수 있으며, 쉽게 측정할 수 있는 지표로 널리 사용된다(Hechter and Goldsmith, 1961). 그러나 사망은 오랫동안의 생활환경의 결과로 인한 마지막 사건이고, 대부분 개인의 병력에 기인해서 특정시간에 발생하므로 대기오염에 의한 사망의 영향을 고려할 때, 사망에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들을 통제하는 것이 중요하고 또한 연구에 이용한 사망 및 대기오염측정자료의 질적 정확도와 대기오염자료가 대구시의 대기오염도를 충실히 대표할 수 있느냐는 문제도 고려하여야 한다.

본 연구에서 이용한 사망자료는 통계청에서 집계한 사망원인통계이다. 통계청 자료는 호적법에 근거하여 읍·면·동사무소에 신고하게 되는 사망신고서를 기초로 하며, 사망원인은 한국표준질병사인분류에 의거 분류하게 된다. 사망자료는 완전성과 정확성을 고려하는 것이 아주 중요하다. 사망신고율은 95 %이상이 되어야 자료의 유용성을 인정받을 수 있는데, 1970년대 이후 꾸준히 신고율이 증가하여 1987년 92.2 %였고(김일순, 1989) 이후에도 지속적으로 증가한 것으로 추계하면 사망자료의 완전성에는 큰 문제가 없을 것이다. 우리 나라에서는 사망신고서 제출시에 사망진단서 또는 인우증명서 중 1부가 첨부되는데 인우증명서의 경우 사망원인분류의 정확성에 큰 문제가 된다. 병원에서 종합진찰에 근거한 확실한 진단명 기재가 가능하리라 추정되는 면허의사에 의한 사망진단서의 작성비율은 1980년대에 30.5 %였던 것이 1993년 55.2 %, 1997년 64.6 %로 점차 증가하고 있으나 사인미기재 및 불명확한 건수도 1993년 5.9 %나 되었다. 본 연구의 대상중 외인사는 1993~97년 기간동안 1360~1481명 정도로 비교적 정확하게 제시되었다고 할 수 있으나 원인불명은 93년 934명, 94년 290명, 95년 이후 71~90명으로 해마다 감소하고 있으나 사망원인별 연구의 정확한 분석에는 한계가 있음을 고려하여야 할 것이다. 1995~97년 달성군의 인구는 각각 6234, 4999, 9595명씩 계속 증가하였으나 중구, 동구, 서구, 남구의 인구는 1996년 각각 -7141, -9614, -14302, -12134명씩 감소하여 달성군의 인구를 제외한 본 연구의 대상 인구는 사실상 많이 감소한 편이다(통계청, 1996; 대구광역시, 1997). 이 점을 고려하면 연구대상기간동안 실질적으로 사망이 증가하였을 것으로 추측할 수 있다.

대구시의 6개 측정소의 측정값이 대구시 전체의 실외 대기오염을 얼마나 잘 대표할 수 있는가가 중요한 문제인데 대기오염물질별로 측정소간의 상관관계를 살펴보면, SO_2는 상관계수 0.39~0.71, NO_2는 0.28~0.56, CO는 0.24~0.64, O_3는 0.46~0.78, TSP는 0.5~0.64로 측정지역간 대기오염물질의 농도에서 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 그래서 측정소별 또는 구별로 각각의 대기오염과 사망과의 관련성을 살펴보아 측정소별 변이를 확인하는 것이 필요하지만, 구별로 인구의 차이가 많고 사망수가 적어 본 연구에서는 고려하지 못하였다. 또한 측정소의 분포에 있어서 동구와 달성군에는 측정소가 한곳도 없으며, 시의 규모로 볼 때 자동측정소의 설치수가 부족하며(대구광역시, 1998), 측정소 설치당시와 현재의 주변여건이 많이 변화하여 지역별로 설치된 측정소가 지역을 대표하는데 문제가 있을 수 있으며, 주거지역을 대표하는 복현측정소는 위치선정이 부적합하여 98년부터는 산격측정소로 이전하여 대표성을 보완하였다. 그러므로 도시 내의 인구이동과 산업의 육성, 지역개발을 고려하여 대구시의 대기오염을 대표할 수 있는 측정망의 분포도 재고하여 대구시 전체의 대기오염을 대표할 수 있도록 하여야 할 것이다.

1952년의 London스모그 사건을 통하여 두 가지 중요한 사망패턴을 관찰하게 되었다. 하나는 초과사망(excess deaths)이 모든 연령층에서 증가하였지만, 그 중에서도 특히 65세 이상의 노년층에서 매우 높았고, 사인별로 조사하였을 때 가장 많은 것이 기관지염, 폐기종, 결핵, 폐렴, 인플루엔자, 심근손상 순이었다. 또 사망시점을 보면 스모그사건 전에 비하여 사건이후에 사망이 4.5배 많이 발생하였다. 이를 근거로 Schwartz(1994b)는 대기오염은 폐렴이나 심장 발작에서 회복될 가능성을 낮춤으로서 만성질환의 급작스런 악화를 유발할 수 있다는 가설을 제시하였다. 본 연구에서 총사망에 대한 당일과 전날의 NO_2, 순환기계 사망에 대한 당일의 CO, 호흡기계 사망에 대한 5일전의 NO_2와 TSP의 영향도 65세 이상에서는 사망의 상대위험도의 크기가 증가하였으나 65세 미만에서는 유의한 영향을 미치는 대

기오염 변수는 하나도 없었다. 이러한 연령에 의한 차이는 서울시를 대상으로 한 권호장과 조수헌(1999)의 연구에서도 나타나는데, Schwartz (1994b)의 가설에서처럼 기존질병의 악화가 일차적으로 사망증가에 영향을 미칠 수 있다는 가설을 지지하는 것으로 생각된다.

분진에 대한 연구는 세계적인 대기오염 사건이래 측정방법을 달리하면서 많은 연구가 행해져 분진이 사망과 관련있는 것으로 나타났다(Fairly, 1990; Verhoeff et al., 1996; Kelsall et al., 1997; 이종태 외, 1998). 근래에는 호흡성분진에 의한 영향에 초점이 맞추어져 특히 PM_{10}과 같은 미세분진이 외인사를 제외한 일별 사망에 일관되게 영향을 미치는 것으로 나타났다(Pope Ⅲ, 1992, 1995; Ostro, 1993, 1995; Saldiva et al., 1995). 사망에 대한 SO_2의 영향에 대해서는 기존의 연구들은 쉽게 결론을 내리지 못하고 있지만 최근 들어 TSP와 함께 SO_2의 호흡기계 사망에 대해서는 통계적으로 유의한 결과를 보이는 연구가 많이 발표되었다(Derrienic et al., 1989; Katsouyanni, 1990; Zmirou et al., 1998; Bremner et al., 1999; Lee & Schwartz, 1999). Xu et al(1994)의 연구에서 SO_2 농도가 2배가 될 때 총사망의 위험이 11 % 증가하였으나 TSP는 총사망 증가와 유의한 관련성이 없었다. 사인별로 분석했을 때 SO_2, TSP에 의한 호흡기질환사망 위험이 각각 29 %, 4 %로 통계적 유의성이 있었으나 순환기질환 사망위험은 SO_2 만 유의하게 증가하였다. 또 Touloumi et al(1994)와 Schwartz and Marcus (1990)연구에서 분진과 SO_2 모두 독립적으로 사망자수에 영향을 미친다고 하였다. Zmirou et al(1998)의 연구에서는 대기오염의 영향을 사인별로 관찰하여, SO_2와 black smoke가 호흡기질환으로 인한 사망증가와 관련이 있었으며, 50 ㎍/㎥ 증가당 사망의 상대위험도가 각각 1.04, 1.05였다. Bremner et al(1999)의 연구에서는 주로 분진과 SO_2가 호흡기계 사망증가와 관련되며, 상대위험도가 심혈관질환 사망의 상대위험도보다 컸다. Hong et al(1999)의 연구에서는 TSP가 총사망 및 순환기계사망과 관련되었으나 SO_2는 총사망 및 순환기계사망과 관련이 없었다. 권호장과 조수헌(1999)의 연구에서는 TSP가 총사망, 순환기계 및 호흡기계 사망과 관련되었고, SO_2는 총사망과 호흡기계사망과 관련되었다. 그러나 일부 연구에서는 SO_2, TSP를 모델에 함께 넣었을 때 SO_2 효과가 사라져서 SO_2 효과가 분진에 의한 이차적 영향이라고 지적하였다(Schwartz and Dockery, 1992; 이종태 외, 1998). 이상의 연구에서 SO_2 또는 TSP가 사망증가와 관련성이 있으나 사인별 사망증가에 대해서는 상이한 결과를 보여주고 있다.

본 연구에서 TSP는 총사망증가에는 영향이 없었으나 5일전의 호흡기사망 증가에는 유의한 영향이 있었고, SO_2는 100 ppb 증가당 8.4 % 정도의 총사망 증가가 있었다. 이 결과는 TSP와 SO_2 농도가 높은 북경의 대기오염을 연구한 Xu et al(1994)의 연구결과와 거의 유사하다. 그러나 SO_2, TSP는 0.777의 상호 높은 상관관계를 나타내어 서로간의 영향을 배제할 수 없다고 할 수 있다. Bates(1995)는 급성 대기오염사건으로 인한 사망과 관련하여 SO_2의 역할은 분진과 비교하여 보조적인 것 같다고 하였는데, SO_2는 대부분 심한 분진 오염과 관련되었을 때 위해한 건강영향을 나타내므로 얼마나 중요한지 아직 정확히 결정하기 어렵다고 할 수 있다. 또한 Lee et al(1999)은 서울과 울산을 비교하여 온도와 습도를 통제한 후 서울에서는 TSP와 SO_2 모두 사망과 관련되었으나 울산에서는 SO_2 만 관련되었고, Hong et al(1999)의 연구에서는 인천에서 TSP만 관련되어 지역에 따라 사망에 미치는 영향이 달랐다. 분진의 독성은 그 화학적 성분과 크기 분포에 달려있으므로 앞으로의 연구에서는 지역에 따른 분진의 특성을 고려하여 사망과의 관련성을 보는 좀 더 정확한 연구가 진행되어야 할 것이다.

CO에 의한 영향은 주로 고농도의 급성중독과 심혈관질환자에서에 영향(Kleinmann et al., 1989; Allerd et al., 1991)에 관하여 연구되어져 왔으며 저농도의 폭로와 사망에 관한 연구는 많지 않다. Hexter and Goldsmith(1971)는 1960년대 초 미국 Los Angeles에서 대기중의 CO와 사망간에 급성관련성이 강하다는 것을 관찰하였고, 1970년대에 동일지역에서 시행된 Kinney and Ozkaynak(1991)의 연구에서도 차량관련 오염물질인 당일의 CO, NO_2, KM(particulate optical reflectance)가 일별 사망에 유의한 영향을 미치는 것을 관찰하였다. Touloumi(1996)는 Athens에서 1987~91년까지 시행된 연구에서 당일의 CO 10 ㎍/㎥ 증가당 총사망 증가의 상대위험도를 10 % 증가시키며 인과관계

가 성립한다고 하였다.

본 연구에서 CO는 총사망증가와 관련이 있었고, 순환기질환으로 인한 사망에 유의한 영향을 미치는 유일한 대기오염물질이었다. CO 폭로동안 심근허혈 손상은 두 가지 중요한 요소에 의해 설명할 수 있다. 첫째는 혈액의 산소운반능력 감소에 의해 조직에서 이용할 산소량의 저하, 둘째는 미토콘드리아의 기능장애인데, cytochrom a(a_3-CO ligand)형성에 의한 세포내호흡의 가역적 억제이다(Goldbaum et al., 1975; Marius-Nunez, 1990). 심근경색을 악화시키기에 충분한 CO혈색소 증가(약 3 %)는 정체된 도로변과 같은 특별한 상황하에서만 발생한다는 연구(Bates, 1995)도 있지만 저농도의 CO가 관상동맥질환을 가진 환자에서 운동시 심장기능에 유의한 영향을 미친다는 연구(Allerd et al., 1991)도 있으므로, 지역사회에서 CO농도를 감소시키면 허혈성심질환을 앓고 있는 사람들에서 심근경색의 빈도를 감소시킬 수 있게 되므로(Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society, 1996b) 대기오염에 의한 사망의 예방측면에서 대기중의 CO 농도를 감소시킬 수 있는 방안도 고려해 보아야 할 것이다.

NOx는 어떤 면에서는 가장 평가하기 어려운 오염물질이다. 왜냐하면 첫째, 실제 폭로가 실외보다는 실내의 오염원에 의해 영향을 더 많이 받으며 둘째, 급성폭로에 대한 결과에 대해서 아직 논란이 많으며, 마지막으로 비교적 비수용성이므로 NOx 가상기도 보다는 하기도에 영향을 많이 주게 되어 급성폭로의 결과를 측정하기 어렵기 때문이다(Bates, 1995). 사망과의 관련성에 대해서는 아직도 충분한 연구가 시행되지 못하였다. Kinney and Ozkaynak(1991)의 연구에서 NO_2가 사망의 증가와 관련이 있었으나 다른 오염원의 영향을 배제하지 못하였고, 65세 이상을 대상으로 한 Saldiva et al(1995)의 연구에서도 NO_2가 사망과 유의한 관련성이 있었으나 다른 오염물질과 함께 모델에 넣었을 때 유의성이 사라졌다. Loomis et al(1999)는 1990년대 Mexico city에서 급성영아사망 증가에 미세분진, NO_2, O_3이 영향을 미치며, 3일전의 O_3과 5일전의 NO_2 10 ppb 증가당 영아사망의 상대위험도가 각각 2.78, 3.78 증가한다고 하였다. Touloumi et al(1997)는 당일의 NO_2(1시간 최고치) 50 ㎍/㎥ 증가당 일별 사망수가 1.3 % (0.9~1.8) 증가하였는데, 분진이 높은 도시에서 NO_2 영향이 더 크게 나타났고 분진이 포함된 경우 상대위험도가 감소하여 NO_2에 의한 단기영향은 다른 차량-유발 오염물질에 의해 교란영향일 수 있어 추가적인 조사가 필요하다고 하였다. 권호장과 조수헌(1999)의 연구에서도 NO_2는 TSP 또는 SO_2와 높은 상관성을 가지기 때문에 사망수와의 통계적 관련성이 다른 물질의 영향에 의해 교란되었을 가능성이 있다고 하였다.

본 연구에서 NO_2는 총사망 및 호흡기계 사망과 관련이 있었으며, NO_2 증가에 따른 사망의 상대위험도는 대기오염폭로물질 중 가장 컸다. 그러나 권호장과 조수헌(1999)의 연구에서처럼 NO_2가 TSP 또는 SO_2와 높은 상관성을 가지므로 다른 물질에 의한 영향을 배제할 수 는 없다. 또한 실내오염에 대한 영향도 고려되어야 하며, 사망에 대한 영향이 독립적인지는 추후 더 많은 연구를 필요로 한다.

호흡기계 사망을 연구할 때 중요한 교란변수로 흡연, 사회경제적 상태, 직업력, 온도 등(Derriennic, 1989)이 있으나, Pope Ⅲ & Schwartz(1995)는 시계열분석에서 각 개인은 자신이 대조군이 되므로 잠정적인 교란요인들이 교란변수로 작용할 가능성이 제거될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 동일한 기간, 동일한 인구집단을 대상으로 대기오염과 일별 사망을 관찰하였으므로 사회인구학적인 변수가 교란요인으로 작용할 가능성은 적다. 연구대상기간동안 열선(heat wave)의 효과는 고려하지 않았는데 여름철 온도가 특히 높았던 날수가 연도별로 두드러지게 차이가 나지는 않았다. 본 연구에서 유행성독감의 영향력은 없다고 가정하였으나 국립보건원의 유행성예측사업의 결과 1997년 2월 7건의 인플루엔자 A 유사주를 분리하였고, 1997년 4월 14건의 인플루엔자 B 유사주를 분리하여 우리 나라에서도 유행을 확인한 바가 있으므로(국립보건원, 1997) 이 연구에서 정확히 고려하지 못한 유행성독감이 교란요인으로 작용하였을 가능성은 배제할 수 없다. 또한 실내오염에 대한 영향도 배제할 수 없는데, 옥외작업자를 제외하고 대부분의 사람들은 하룻동안 실내에서 생활하는 시간이 90 %정도로 훨씬 많고, 특히 의학적 문제를 가진 노인들은 추운날 집안에 더 많이 거주하는 경향

이 있으므로 앞으로의 연구에서는 이 점을 고려하여 실외오염과 함께 실내공기오염과 사망과의 관련성에 대한 분석도 필요할 것으로 생각된다.

이 연구는 일별 사망자수가 적어 대기오염으로 인한 사망률을 고려할 때 대기오염에 의한 영향이 크다고 알려진 관상동맥질환과 뇌혈관질환, 급성폐렴 및 만성기관지염, 폐암 등으로 사인을 세분화하지 못한 점, 대기오염에 취약한 것으로 알려진 유소아에 대하여 고려하지 못한 점, 대기오염도 해석에 중요한 기상인자들인 풍향, 풍속 및 대기안정도와 황사 등의 영향을 고려하지 못하였다. 그래서 앞으로의 연구에서는 이상에서 고려하지 못한 구체적 사인, 연령, 기상요소 등을 충분히 고려하여야 하며, 최적의 통계적 모형과 분석법을 선택하고 사망자료와 대기질 측정자료의 정확성을 향상시키는 작업이 선행되어야 할 것이다.

본 연구에서 총사망에는 NO_2, SO_2와 CO, 순환기계 사망에는 당일의 CO, 호흡기계사망에는 5일전의 NO_2와 TSP가 상당한 영향을 미친다는 결과를 얻었다. 즉 일반적으로 단기간 폭로로는 인체에 유해성이 없는 것으로 인정되는 환경기준치이하의 대기오염이 주민의 사망에 영향을 미치는 것으로 나타나 대기오염을 관리하기 위하여 우리 나라에서 시행하고 있는 여러 가지 제도와 규제방안들에 대한 보다 적극적이고 엄격한 재평가와 효과적인 관리가 요망되며, 특히 대기오염에 의한 건강영향을 체계적으로 평가하기 위해서는 가장 예민하게 영향을 받게 되는 인구집단과 가장 큰 영향을 미치는 오염물질을 우선적으로 선정하여 대책을 세우는 것이 효과적일 것이다.

요 약

목적 : 1993~1997년까지의 대구시 대구오염측정자료와 통계청에서 집계한 대구시 거주자의 사망자료를 가지고 대구시의 대기오염이 일별 사망자수에 미치는 영향을 평가하여 대기오염에 의한 사망의 예방을 위한 대기환경개선의 기초자료로 활용하고자 하였다.

방법 : 대기오염폭로지표는 NO_2, SO_2, TSP의 24시간 평균값, CO의 8시간 평균값, O_3의 일평균 최고값이며 사망수는 외인사를 제외한 총사망과 사인별로 순환기계 사망, 호흡기계사망, 연령별로 65세 이상과 미만으로 나누어 보았다. Generalized additive Poisson model을 이용하여 분석하였으며 사망에 영향을 미칠 수 있는 변수들과 장기추세, 계절변동을 통제하기 위해 기상변수인 온도, 상대습도, 풍속을 평활함수를 취했고, 년, 월, 요일, 휴일 등을 더미변수화하여 기본모델을 설정하였다.

결과 : 총사망에 대하여 당일의 SO_2 100 ppb 증가당, CO 1 ppm 증가당 상대위험도가 각각 1.094(1.074~1.132), 1.027(1.000~1.054)이었으며, 당일과 전날의 NO_2 10 ppb 증가당 상대위험도가 1.016(1.003~1.029)이었다. 순환기계 사망은 당일의 CO의 상대위험도가 1.07, 호흡기계 사망은 5일전의 TSP, 5일전의 NO_2의 상대위험도가 각각 1.15, 1.06으로 순환기사망에는 CO가, 호흡기계사망에는 TSP, NO_2만 유의한 결과를 나타내어, 사인별로 영향을 미치는 대기오염물질이 다른 것으로 조사되었다. 65세 이상에서는 상대위험도가 증가하였고 65세 미만에서는 사망에 유의한 영향을 미치는 변수가 없어 65세 이상의 인구가 대기오염에 취약한 것으로 나타났다. 각 대기오염물질의 5분위수의 평균과 사망증가와의 관련성을 보았을 때, NO_2는 양-반응관계를 나타내었다.

결론 : 이 연구에서 총사망에는 NO_2, SO_2와 CO, 순환기계 사망에는 당일의 CO, 호흡기계사망에는 5일전의 NO_2와 TSP가 상당한 영향을 미친다는 결과를 얻었다. 즉 일반적으로 단기간 폭로로는 인체에 유해성이 없는 것으로 인정되는 환경기준치이하의 대기오염이 주민의 사망에 영향을 미치는 것으로 나타나 대기오염을 관리하기 위하여 우리 나라에서 시행하고 있는 여러 가지 제도와 규제방안들에 대한 보다 적극적이고 엄격한 재평가와 효과적인 관리가 요망되며, 대기오염의 정도를 낮춤으로써 대기오염에 취약한 노약자의 사망을 예방하는 공중보건학적인 효과도 아울러 고려하여야 할 것이다.

참고문헌

강연구, 장윤기, 김대성, 안영수, 권명희 등. 대기오염유발 만성호흡기계질환의 발생 예측기법 개발에 관한 연구(Ⅳ). 국 립환경연구원보, 1995; 17: 9-23.

국립보건원. 감염병 발생 정보. 1993-1997.

권호장, 조수헌. 서울시의 대기오염과 일별 사망자 수의

관련성에 대한 시계열적 연구. 예방 의학회지 1999; 32(2): 191-199.
권호장, 조수헌, 김선민, 하미나, 한상환. 설문지에 의한 대기오염의 호흡기계증상 발현에 관 한 조사연구. 예방의학회지 1994; 27(2): 313-325.
기상청. 기상월보. 1993-1997.
김윤신, 문정숙. 대기오염과 호흡기계질환 사망과의 관련성에 관한 연구. 대한보건협회지 1997; 23(1): 137-145.
김일순. 신고된 사망자료의 역학적 유용성 검토. 한국역학회지. 1989; 11(2): 143-149.
대구광역시. 대구통계연보. 1997.
대구광역시. 환경백서. 1998.
성주헌, 조수헌, 강대희, 유근영. 대기오염에 의한 폐암 및 만성폐색성호흡기질환. 개인 흡연 력을 보정한 만성건강영향평가. 예방의학회지 1997; 30(3): 585-598.
신영수, 이영일, 조광수, 차철환. 대기오염이 시민건강에 미치는 영향에 관한 비교 연구. 대 한의학협회지 1972; 15(4): 339-350.
이종태, Dockery DW, 김춘배, 지선하, 정용. 메타분석 방법을 적용한 서울시 대기오 염과 조기사망의 상관성 연구(1991년-1995년): 예방의학회지 1999; 32(2): 177-182.
이종태, 이성임, 신동천, 정용. 울산시의 대기 중 분진과 일별 사망에 대한 연구(1991-1994): 예방의학회지 1998; 31(1): 82-90.
임종한, 이종태, 김동기, 신동천, 노재훈. 서울지역 대기오염이 호흡기질환 수진건수에 미치는 단기 영향에 관한 연구. 대한산업의학회지 1998; 10(3): 333-342.
조수헌. 대기오염이 인체에 미치는 영향. 대한의학협회지 1989; 32(12): 1272-1278.
차철환, 고응린, 송동빈. 대기오염이 건강에 미치는 영향에 관한 조사연구-의료보험환자에서 의 호흡기질환 발생양상 분석을 중심으로-한국대기보전학회지 1988; 4(1): 65-76.
통계청. 사망원인통계연보. 1993-1997.
통계청. 인구이동통계연보. 1996.
환경부. 환경백서. 1997.
환경부 대기보전국. 대기오염측정종합자료집. 1995. 5.
Allred EN, Bleecker ER, Chaitman BR, Dahms TE, Gottlieb DO, et al, Pagano M, Selvester RH, Walden SM, Warren J. Effects of carbon monoxide on myocardial ischemia. Environ Health Perspect 1991; 91: 89-132.
Anderson HR, Ponce de Leon, Bland JM, Bower J, Emberlin J, et al. Air pollution, pollens, and daily admissions for asthma in London 1987-92. Thorax 1998; 53: 842-848.
Bates DV. Adverse health impacts of air pollution - continuing problems. Scand J Work Environ Health 1995; 21: 405-11.
Bates DV, Sizto R. The Ontario air pollution study. Identification of the causative agent. Environ Health Perspect 1989; 79: 69-72.
Bremner SA, Anderson HR, Atkinson RW, McMichael AJ, Strachan DP, et al. Short term associations between outdoor air pollution and mortality in London 1992-4. Occup Environ Med 1999; 56: 237-244.
Buchdahl R, Parker A, Stebbings T, Babiker A. Association between air pollution and acute childhood wheezy episodes. Prospective observational study. BMJ 1996; 312(16): 661-665.
Chen PC, Lai YM, Wang JD, Yang CY, Hwang JS, et al. Adverse effects of air pollution on respiratory health of primary school children in Taiwan. Environ Health Perspect 1998; 106(6): 331-335.
Ciocco A, Thompson DJ. A follow-up on Donora ten years after. Methodology and findings. Am J Public Health 1961; 51: 155-164.
Committee of the environmental and occupational health assembly of the american thoracic society. Health effects of outdoor air pollution(part 1): Am J Respir Crit Care Med 1996a; 153: 3-50.
Committee of the environmental and occupational health assembly of the american thoracic society. Health effects of outdoor air pollution(part 2): Am J Respir Crit Care Med 1996b; 153: 477-498.
Derriennic F, Richardson S, Mollie A, Lellouch J. Short-term effects of sulphur dioxide pollution on mortality in two French cities. Int J Epidemiol 1989; 18(1): 186-197.
Dockery DW, Schwarz J, Spengler JD: Air pollution and daily mortality: Associations with particulates and acid aerosols. Env Research 1992; 59: 362-373
Dockery DW, Speizer FE, Stram O, Ware JH, Spengler JD, et al. Effects of inhalable particles on respiratory health of children. Am Rev Respir Dis 1989; 139: 587-594.
Fariley D. The relationship of daily mortality to suspended particulates in Santa Clara county, 1980-1986. Environ Health Perspect 1990; 89: 159-168.
Ferris BG Jr, Speizer FE, Spengler JD, Dockery D, Bishop YMM, et al. Effects of sulfur oxides

and respirable particles on human health: Methodology and demography of population in study. Am Rev Respir Dis 1979; 120: 767-779.

Gold DR, Damokosh AI, Pope Ⅲ CA, Dockery DW, McDonnell WF, et al. Particulate and ozone pollutant effects on the respiratory function of children in southwest Mexico city. Epidemiology 1999; 10(1): 8-16.

Goldbaum LR, Ramirez G, Absalon K. Joint committee on aviation pathology. XⅢ. What is the mechanism of carbon monoxide toxicity?. Aviat Space Environ Med 1975; 46: 1289-1291.

Hastie T, Tobshirani R. Generalized additive models. Chapman and Hall, London. 1990.

Hastie T, Tibshirani R. Generalized additive models. Some applications. Am Stat Asso 1987; 371-386.

Hechter HH, Goldsmith JR. Air pollution and daily mortality. Am J Med Sci. 1961; 241: 581-588.

Hexter AC, Goldsmith JR. Carbon monoxide. Association of community air pollution with mortality. Science 1971; 172: 265-267.

Hoek G, Schwartz JD, Groot B, Eilers P. Effects of ambient particulate matter and ozone on daily mortality in Rotterdam, the Netherlands. Arch Environ Health 1997; 52(6): 455-463.

Hong YC, Leem JH, Ha EH. Air pollution and daily mortality in Inchon, Korea. J Korean Med Sci. 1999; 14: 239-244.

Horstman D, Kotesovec F, Vitnerova N, Leixner M, Nozicka J, et al. Pulmonary functions of school children in highly polluted northern Bohemia. Arch Environ Health 1997; 52(1): 56-62.

Jacobson BS. The role of air pollution and other factors in local variations in general mortality and cancer mortality. Arch Environ Health 1984; 39(4): 306-313.

Katsouyanni K, Karakatsani A, Messari I, Touloumi G, Hatzakis A, et al. Air pollution and cause specific mortality in Athens. J Epidemiol Community Health 1990; 44: 321-324.

Kelsall JE, Samet JM, Zeger SL, Xu J. Air pollution and mortality in Philadelphia, 1974-1988. Am J Epidemiol 1997; 146(9): 750-762.

Kinney PL, Ozkaynak H. Association of daily mortality and air pollution in Los Angels county. Environ Res 1991; 54: 99-120.

Kleinman MT, Davidson DM. Vandagriff RB, Caiozzo VJ, Whittenberger JL. Effects of short-term exposure to carbon monoxide in subjects with artery disease. Arch Environ Health 1989; 44: 361-369.

Lee JT, Shin DC, Chung Y. Air pollution and daily mortality in Seoul and Ulsan, Korea. Environ Health Perspect 1999; 107(2): 149-154.

Lee JT, Schwartz J. Reanalysis of the effects of air pollution on daily mortality in Seoul, Korea: A case-cross design. Environ Health Perspect 1999; 107(8): 633-636.

Linn WS, Avol EL, Peng RC, Shamoo DA, Hackney JD. Replicated dose-response study of sulfur dioxide effects in normal, atopic, and asthmatic volunteers. Am Rev Respir Dis 1987; 136: 1127-1134.

Logan WPD. Mortality in London fog incident. Lancet 1953; 1: 336-338.

Loomis D, Castillejos M, Gold DR, McDonnell W, Borja-Aburto VH. Air pollution and infant mortality in Mexico city. Epidemiology 1999; 10(2): 118-123.

Marius-Nunez AL. Myocardial infarction with normal coronary arteries after acute exposure to carbon monoxide. Chest 1990; 97: 491-4.

Mazumdar S, Schimml H, Higgins ITT. Relation of daily mortality to airpollution. An analysis of 14 London winters, 1958/59 - 1971/72. Arch Environ Health 1982; 37(4): 213-220.

Moolgavkar SH, Luebeck EG, Hall TA, Anderson EL. Air pollution and daily mortality in Philadelphia. Epidemiology 1995; 6: 476-484.

Ostro B. A search for a threshold in the relationship of air pollution to mortality. A reanalysis of data on London winters. Environ Health Perspect 1984; 58: 397-399.

Ostro B. The association of air pollution and mortality. Examining the case for inference. Arch Environ Health 1993; 48(5): 336-342.

Ostro B. Fine particulate air pollution and mortality in two southern California counties. Environ Res 1995; 70: 98-104.

Ponka A. Virtanen M. Low-level air pollution and hospital admissions for cardiac and cerebrovascular diseases in Helsinki. Am J Public Health 1996; 86(9): 1273-1280.

Pope Ⅲ CA. Adverse health effects of air pollutants in a nonsmoking population. Toxicology 1996; 111: 149-155.

Pope Ⅲ CA, Schwartz J. Time series for the analysis of pulmonary health data. Am J Prespir Crit Care Med 1996; 154(suppl): s229-233.

Pope Ⅲ CA, Schwartz J, Ransom MR. Daily mortality and PM_{10} pollution in Utah Valley. Arch Environ Health 1992; 47(3): 211-217

Pope Ⅲ CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. Am J Respir Crit Care Med 1995; 151: 669-674.

Saldiva PHN, Dockery DW, Arden Pope Ⅲ C: Air Pollution and Mortality in Elderly People: A Time-Series Study in Sao Paulo, Brazil. Arch Environ Health 1995; 50(2): 159-163

Samet JM, Lambert WE, Skipper BJ, Cushing AH, McLaren LC, et al. A study of respiratory illness in infants and nitrogen dioxide exposure. Arch Environ Health 1992; 47(1): 57-63.

Schwartz J. Lung function and chronic exposure to air pollution. A cross-sectional analysis of NHANES II. Environ Res 1989; 50: 309-321.

Schwartz J. Air pollution and the duration of acute respiratory symptoms. Arch Environ Health 1992; 47(2): 116-122.

Schwartz J. Air pollution and daily mortality. A reviews and meta analysis. Environ Res 1994a; 64: 36-52.

Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days? Environ Res 1994b; 64: 26-35.

Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. Am Rev Respir Dis 1992; 145: 600-604.

Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London. a time series analysis. Am J Epidemiol 1990; 131(1): 185-194.

Schwartz J, Slater D, Larson TV, Pierson WE, Koenig JQ. Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seatle. Am Rev Respir Dis 1993; 147: 826-831.

Simpson RW, Williams G, Petroeschevsky A, Morgan G, Rutherford S: Associations between outdoor air pollution and daily mortality in Brisbane, Australia. Arch Environ Health 1997; 52(6): 422-454

Spix C, Wichmann HE. Daily mortality and air pollutants. Findings from Koln, Germany. J Epidemiol community Health 1996; 50(supp l): s52-s58.

Statistical Science. Inc. S-PLUS for Windows User Manual. Statistical Science, Inc., Seatle, 1993

Sunyer J, Anto J, Murillo C, Saez M. Effects of urban air pollution on emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease. Am J Epidemiol 1991; 134(5): 277-286.

Thurston GD, Ito K, Hayes CG, Bates DV, Lippmann M. Respiratory hospital admissions and summertime haze air pollution in Toronto, Ontario. Consideration of the role of acid aerosols. Environ Res 1994; 65: 271-290.

Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, Schwartz J, Spix C, et al. Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality. A combined analysis within the APHEA project. Am J Epidemiol 1997; 146: 177-185.

Touloumi G, Pocock SJ, Katsouyanni K, Trichopoulos D. Short-term effect of air pollution on daily mortality in Athens. A time-series analysis. Int J Epidemiol 1994; 23(5): 957-967.

Touloumi G, Samoli E, Katsouyanni K. Daily mortality and "winter type" air pollution in Athenes, Greece - a time series analysis within the APHEA project. J Epidemiol Community Health 1996; 50(suppl): s47-s51.

Venables WN, Ripley BD. Modern applied statistics with s-plus. Springer-Verlag, New York. 1994; 248-266.

Verhoeff AP, Hek G, Schwartz J, Wijnen JH. Air pollution and daily mortality in Amsterdam. Epidemiology 1996; 7(3): 225-230.

Xu X, Gao J, Dockery DW, Chen Y. Air pollution and daily mortality in residential areas of Beijing, China. Arch Environ Health 1994; 49(4): 216-222.

Young WA, Shaw DB, Bates DV. Effects of low concentrations of ozone on pulmonary function in man. J Appl Physiol 1964; 19: 765-768.

Zemp E, Elsasser S, Schindler C, Kunzli N, Perruchoud AP, et al. Lone-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults(SAPALDIA study): Am J Respir Crit Care Med 1999; 159: 1257-1266.

Zmirou D, Schwartz J, Saez M, Zanobetti A, Wojtyniak B, et al. Time-series snalysis of air pollution and cause-specific mortality. Epidemiology 1998; 9(5): 496-503.