

ORIGINAL ARTICLE

서울지역 PM₁₀ 농도의 분포 특성과 천식 사망자 수의 상관성 분석

박종길 · 최윤정¹⁾ · 정우식^{1)*}

인제대학교 건설환경공학부/대기환경정보연구센터, ¹⁾인제대학교 대기환경정보공학과/ 대기환경정보연구센터

An analysis on the distribution characteristics of PM₁₀ concentration and its relation to the death from Asthma in Seoul, Korea

Jong-Kil Park, Yun-Jeong Choi¹⁾, Woo-Sik Jung^{1)*}

Department of Civil and Environmental Engineering, Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

¹⁾Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

Abstract

The production of highly concentrated PM₁₀ is in the spotlight as a social issue, and it increases the attack rate of Asthma. This study aimed to analyze the characteristics of concentration and distribution for PM₁₀ from 2000 to 2011, and investigate its correlation with the death from Asthma. Furthermore, this study was designed to analyze it by dividing into two cases like including Asian dust and excluding Asian dust because it presented the high concentration when Asian dust was occurred in the spring. This study has found that the annual average concentration distribution of PM₁₀ in Seoul was higher in the central area than the peripheral area. The annual average concentration of PM₁₀ and death from asthma displayed the tendency to gradually decrease. The correlation coefficient for all period was 0.92(p=0.000), and the correlation was 0.84(p=0.001) in case of remove Asian dust. The monthly average concentration of PM₁₀ has increased in the winter and decreased in the summer. The death from Asthma and correlation coefficient for all period was 0.588(p=0.044) and 0.640(p=0.025) in case of removing Asian dust. Although the causes of Asthma had a great diversity, the similar tendency by a factor of PM₁₀ meant that the correlation was high.

Key words : PM₁₀, Asian dust, Asthma

1. 서론

최근 중국발 미세먼지(Particulate Matter, PM₁₀)가 평소보다 두 세배 높은 농도로 발생하고 있고 이러한 현상이 수일 동안 지속되면서 대기오염도가 높아지고 있다.

특히 고농도 PM₁₀의 영향으로 호흡기 관련 질환이 증가하면서 PM₁₀에 대한 관심이 증가하는 추세이다. 호흡기 질환 중 하나인 천식은 기도 만성염증으로써(Kim, 1995) 가벼운 자극에도 기도가 좁아지거나 천명, 기침, 가슴 답답함, 호흡곤란 등의 증상을 나타낸다. 이 증상이 오랫동안

Received 7 April, 2015; Revised 27 June, 2015;

Accepted 2 July, 2015

*Corresponding author : Woo-Sik Jung, Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
Phone: +82-55-320-3932
E-mail: wsjung1@inje.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

안 지속될 경우 폐암으로 사망에 이르기도 한다(Korea Asthma allergy foundation, 2004). 천식은 다양한 환경적 원인으로 발병하게 되는데 그 원인에는 담배연기, 기후변화, 대기오염 등이 있으며 주로 산업화된 선진국에서 발생한다(Akinbami and Schoendorf, 2002; Eder et al., 2006; Lin et al., 2005). 국내에서도 19세 이상 천식 유병률이 1998년에는 1.1% 이었으나 2012년에 2.8%로 증가하는 추세를 보였다(Ministry of health and welfare, 2012). 이에 따라 천식에 대한 연구의 필요성이 높아지면서, 천식에 영향을 미칠 수 있는 대기오염에 관한 연구가 진행되고 있다.

PM₁₀ 농도와 천식의 상관성에 관한 선행연구를 살펴보면, Nauenberg and Basu(1999)의 연구에서 PM₁₀의 농도가 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하였을 때 천식 입원환자가 21% 증가하였으며, Dimitrova et al.(2012)의 연구에서는 17세 이하의 경우 PM₁₀ 농도가 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 천식 입원 위험이 9.4% 증가함을 보였다. 또한, Bae et al.(2008)의 연구에서도 PM₁₀ 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하면 전체 연령대에서 천식 입원 위험이 0.8% 증가한다고 하였다. 이러한 선행연구를 통해 PM₁₀의 농도 증가와 천식 내원자 수에 있어 일정 부분 상관성이 있음을 알 수 있다. 그러나 이들 선행연구에서는 PM₁₀의 24시간 평균값을 사용하여 일반적인 농도 경향과 천식 내원자 수의 상관성을 알아보았기 때문에 보건학적인 측면에서는 의미 있는 분석결과가 될 수 있겠지만 대기오염 물질의 현황과 분포 등 대기환경학적인 측면에서 본다면 좀 더 구체적인 추가 연구가 필요하다 할 수 있다. 특히, 대기오염 물질 분포는 주변 환경의 영향을 받기 때문에 선행연구와 같이 대상 지역이 넓은 경우 평균값을 이용하는 것은 적절하지 않다.

따라서 본 연구에서는 연구기간 동안의 연별, 월별 PM₁₀ 농도 경향을 알아보고, 서울을 대상으로 행정구역(구) 단위의 지역별 PM₁₀ 농도 분포와 특성, 그리고 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수와의 상관성을 알아보고자 한다.

2. 자료 및 방법

본 연구의 대상기간은 2000년 1월 1일부터 2011년 12월 31일까지 총 12년간이며, 대상지역은 서울로 설정하였다. 이는 우리나라 수도권 지역의 PM₁₀ 평균 농도가

1995년 이후 2000년까지 감소 추세를 보였으나 최근 들어, 다시 증가하는 추세를 보였으며(Kim and Kim, 2008) 다른 대도시 지역에 비해 차량 통행량이 많고 인구와 경제활동이 집중된 서울은 에너지 사용량이 높아 대기오염물질의 직접 배출 또한 높은 편이기 때문이다(Kim, 2006). 따라서 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수의 상관성을 보기에 적합하다고 판단하였다.

2.1. 대기질 자료

본 연구에서 사용한 대기질 자료는 환경부에서 제공한 서울시 도시대기측정소 25개 지점의 PM₁₀ 1시간 간격 자료를 사용하였다. 이때 유효자료가 75% 이상 되지 않을 경우에는 제외하였다.

2.2. 천식 사망자 자료

천식 사망자 자료는 통계청에서 제공하는 사망원인 통계자료 가운데 국제 질병 분류코드(ICD-10)가 J45와 J46인 천식 관련 사망 전체 코드(J45, J45.0, J45.1, J45.8, J45.9, J46, J46.0)를 사용하였다.

2.3. 황사(Asian dust) 사례일 선정

한반도의 경우 봄철 황사 현상이 발생하면서, PM₁₀ 농도에 영향을 미치기 때문에 황사기간을 포함한 경우(전 기간, All period)와 황사기간을 제외한 경우(황사 제외, Remove Asian dust)로 나누어 분석하였다. 황사 사례일은 기상청 홈페이지에서 제시하고 있는 황사 관측 일수를 이용하여 서울(108)지점의 황사 사례일을 선정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 연구기간동안의 황사 발생 현황

PM₁₀ 농도는 일반적으로 동계에 농도가 높고 하계에 낮게 나타나는데, 한반도의 경우 황사의 영향으로 춘계에도 농도가 높게 나타난다(Jung et al., 2013). 따라서 연구기간 동안 발생한 황사에 대해 전반적으로 알아보고자 하였다. Table 1은 연도별, 월별로 황사 발생 빈도수를 나타내는 표로 황사 발생 빈도수가 높은 연도는 2001년, 2002년, 2010년으로 나타났으며, 반대로 빈도수가 낮은 연도는 2003년, 2004년, 2011년으로 나타났다. 황사 빈도수가 높은 월은 3월, 4월, 5월로 나타났으며 6월

Table 1. Occurrence frequency of Asian dust during the study periods

Year	Month												Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2000	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	10
2001	1	-	11	9	4	-	-	-	-	-	-	2	27
2002	2	-	6	6	-	-	-	-	-	-	2	-	16
2003	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3
2004	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6
2005	-	-	1	9	-	-	-	-	-	-	2	-	12
2006	-	-	3	7	1	-	-	-	-	-	-	-	11
2007	-	1	4	2	4	-	-	-	-	-	-	1	12
2008	-	1	3	2	2	-	-	-	-	-	-	3	11
2009	-	1	3	-	-	-	-	-	1	1	-	3	9
2010	1	-	4	1	2	-	-	-	-	-	2	4	14
2011	-	-	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	8
Sum	4	4	48	44	18	-	-	-	1	1	6	13	143
Mean	1.33	1.00	4.00	4.40	3.00	-	-	-	1.00	1.00	2.00	2.60	10.21

부터 8월까지의 황사가 발생하지 않은 것을 알 수 있다.

3.2. 서울시 구 단위의 연평균 PM₁₀ 농도

PM₁₀ 농도 분포는 주변 환경의 영향을 받아 서울시 각 구마다 다른 농도를 나타낼 수 있으므로 구 단위의 연평균 농도를 알아보았다. Fig. 1은 구 단위 연평균 PM₁₀ 농도의 지역별 분포를 나타낸 것으로 각 단계는 평균을

기준으로 표준편차에 따라 구분하였다. 연평균 PM₁₀ 농도 분포를 살펴보면 서울의 중심지역에서 연평균 PM₁₀ 농도가 높게 나타나고, 외곽지역에서 연평균 PM₁₀ 농도가 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 서울시 25개 모든 구에서 연평균 기준인 50 µg/m³을 초과하였고, 연평균 농도의 평균(59.6 µg/m³)을 초과한 지점은 총 14개로 나타났다. 특히 농도가 높은 지점은 광진구, 강북구, 성동구로

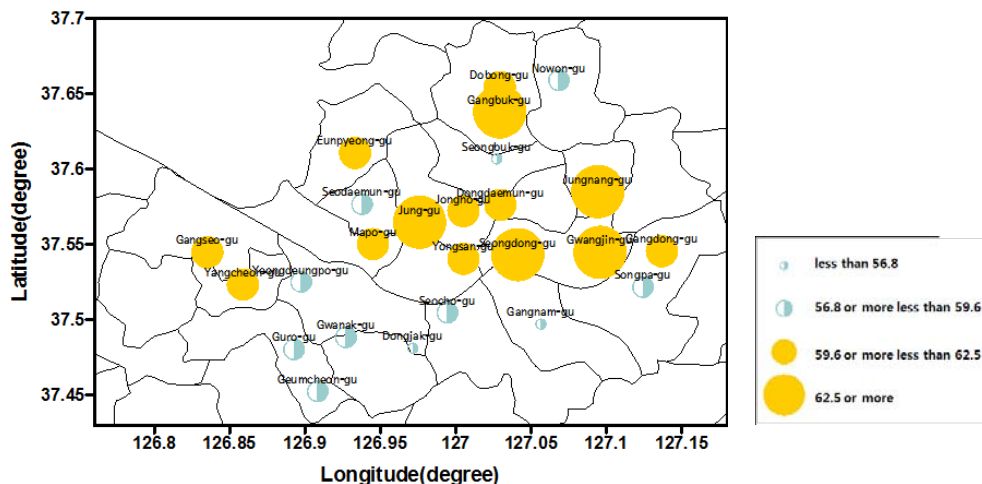


Fig. 1. Annual mean PM₁₀ concentration distribution for all period by Gu unit in Seoul(2000-2011).

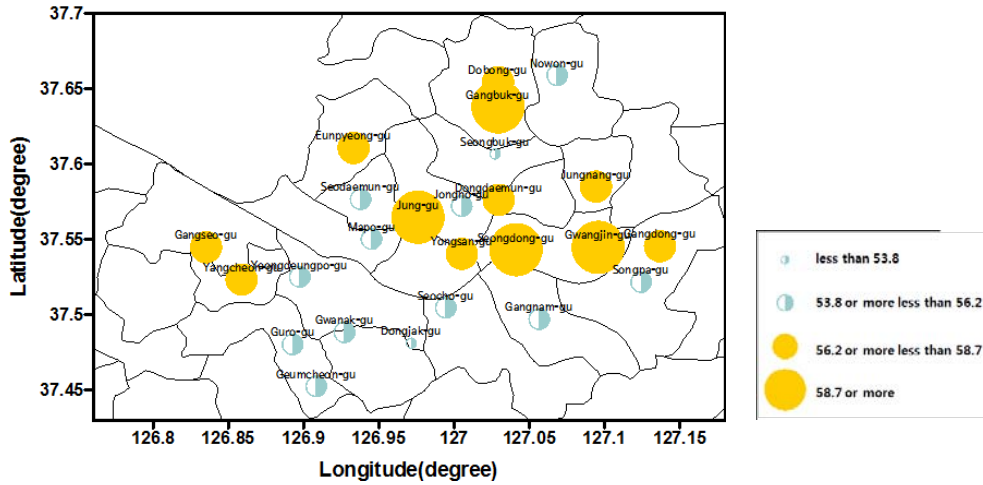


Fig. 2. Annual mean PM₁₀ concentration distribution for remove Asian dust by Gu unit in Seoul(2000-2011).

나타났다.

Fig. 2는 황사기간을 제외한 구 단위의 연평균 PM₁₀ 농도를 나타낸 것으로 서울의 중심지역에서 연평균 PM₁₀ 농도가 높게 나타나고, 외곽지역에서 농도가 낮게 나타났다. 전 기간과는 달리 성북구를 제외한 모든 지점에서 연평균 기준을 초과하였고, 연평균 농도의 평균(56.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하는 지점은 12개로 나타났다. 특히 농도가 높았던 지점은 광진구, 강북구, 성동구로 나타났다. 따라서 황사기간을 제외한 경우에도 전 기간과 유사한 농도분포를 보였으며, 구 단위의 농도가 전 기간에 비해 감소한 것으로 보아 황사 영향을 받음을 알 수 있었다.

3.3. PM₁₀ 연평균 농도와 천식 사망자 수

Fig. 3은 연평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수를 나타낸 것으로, 실선과 점선은 각각 전 기간과 황사기간을 제외한 기간의 농도이며 막대그래프는 천식 사망자 수를 나타낸다. 먼저 연평균 PM₁₀ 농도를 살펴보면, 2000년부터 2002년도까지 증가하다가 그 이후로 감소하는 추세를 보였으며 2010년과 2011년을 제외한 다른 연도에서 연평균 기준을 초과하였다. 그 중 연평균 농도가 가장 높게 나타난 해는 2002년이었으며 그 다음은 2001년, 2003년 순으로 나타났고, 연평균 농도가 낮은 연도는 2011년, 2010년, 2009년으로 나타났다(Table 2). 황사기간 제외 시에도 연평균 PM₁₀ 농도가 전 기간과 유사하

게 나타나는 것을 알 수 있으며 2001년과 2002년이 큰 폭으로 농도가 감소한 것으로 보아 황사 영향으로 기준치 이상의 고농도가 발생하였음을 알 수 있다.

연별 평균 천식 사망자 수는 약 311명이며 천식 사망자 수가 가장 많이 발생한 연도는 2002년이었으며, 그 다음은 2001년, 2000년 순으로 나타났다. 천식 사망자 수에 있어 연간 변동성이 다소 나타나지만 2000년부터 2002년까지 증가하다가 이후 점차 감소하는 추세를 나타내었으며, 전체적으로 연평균 PM₁₀ 농도와 유사한 경향을 보였다. 황사 유무에 따라 농도 차이가 발생하는 2001년과 2002년은 다른 외부 요인이 존재할 것으로 추정되지만 이 농도가 천식 사망자 수에도 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서 연평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수의 상관성이 있음을 알 수 있다.

전 기간 연평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수와의 상관계수는 0.92($p=0.000$)로 높게 나타났고, 황사기간을 제외한 경우에도 상관계수는 0.84($p=0.001$)로 높게 나타났다. 두 경우 모두 상관계수가 통계적으로 유의하고 양의 상관성을 보임을 알 수 있다.

3.4. 연별 월평균 PM₁₀ 농도

앞서 설명한 연평균 PM₁₀ 농도가 연별로 다른 특성을 보이며, 계절별로도 차이를 나타내므로(Jung et al., 2013), 연별 월평균 PM₁₀ 농도에 대해서도 분석해 보았다. Table

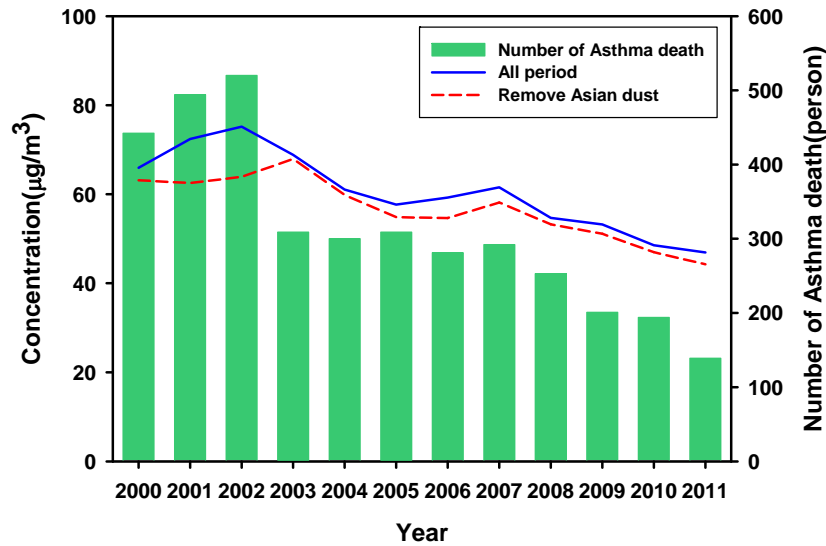


Fig. 3. Distribution of death from asthma(bar) and annual mean PM₁₀ concentration for all period(solid line) and remove Asian dust (dashed line) during from 2000 to 2011 in Seoul, Korea.

2는 연별 월평균 PM₁₀ 농도를 나타낸 것으로 월평균 PM₁₀ 농도의 평균(60.43 µg/m³)을 초과한 월은 1월부터 6월, 11월과 12월로 나타났으며 월평균 농도가 높은 월은 3월, 4월, 2월로 나타났고, 농도가 낮은 월은 8월, 9월, 7월 순으로 나타났다. PM₁₀ 농도의 일반적인 경향은 동

계에 농도가 높고 하계에 농도가 낮게 나타나는데, 한반도의 봄철 황사 현상으로 3월과 4월에도 농도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 2000년부터 2011년까지의 연별 월평균 PM₁₀ 농도를 나타낸 것으로, 최근으로 올수록 점차 농도가 감

Table 2. All period, each year monthly average concentration of PM₁₀

Year	Month												Avg.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2000	58.8	64.8	80.7	79.5	69.4	80.6	65.8	37.1	44.1	66.5	74.7	72.1	66.2
2001	71.7	80.4	106.1	97.5	78.8	83.3	53.1	38.5	37.1	65.7	78.3	66.4	71.4
2002	68.8	80.6	145.0	135.3	66.7	62.7	50.0	42.0	56.7	58.5	67.6	69.2	75.3
2003	80.4	84.4	83.6	68.9	92.1	81.5	52.3	47.0	53.6	54.2	58.1	75.6	69.3
2004	70.0	67.5	80.5	67.5	71.3	66.0	54.2	35.2	36.1	61.2	64.3	53.3	60.6
2005	58.3	44.0	63.5	82.5	56.7	65.7	66.9	43.9	35.9	53.5	67.8	47.8	57.2
2006	62.5	64.2	76.6	104.6	63.0	69.4	33.7	38.0	34.2	58.6	48.1	60.7	59.5
2007	71.5	81.2	69.5	76.5	84.7	45.8	54.9	30.5	33.9	44.4	66.6	71.4	60.9
2008	60.8	62.2	70.0	72.9	61.0	44.8	41.4	31.5	41.6	61.9	49.3	61.0	54.9
2009	56.8	80.9	60.3	65.5	57.1	50.6	41.2	31.2	38.4	50.4	46.0	70.5	54.1
2010	59.1	49.6	60.8	49.0	55.8	50.8	32.5	31.6	25.3	41.0	70.7	61.7	49.0
2011	44.1	74.3	64.5	55.6	72.2	43.9	27.6	26.9	29.1	42.3	37.3	45.8	47.0
Avg.	63.6	69.5	80.1	79.6	69.1	62.1	47.8	36.1	38.8	54.8	60.7	63.0	60.4

소하는 것을 알 수 있다. 월평균 PM₁₀ 농도는 동계에 농도가 높고 하계에 농도가 낮게 나타났으며 황사 현상으로 인해 춘계에 해당하는 3월, 4월, 5월의 농도가 높게 나타났다. 특히, 2002년의 3월과 4월의 농도가 일평균 기준(100 μg/m³) 이상의 농도를 나타내었고, 대체로 춘계

에는 연평균 기준 이상의 농도를 나타내었다.

황사기간을 제외하고 연별 월평균 PM₁₀ 농도에 대해 살펴보면, 월평균 PM₁₀ 농도의 평균(57.34 μg/m³)을 초과한 월은 1월부터 6월, 11월과 12월로 나타났다. 특히 월평균 PM₁₀ 농도가 높은 월은 2월(68.71 μg/m³), 3월

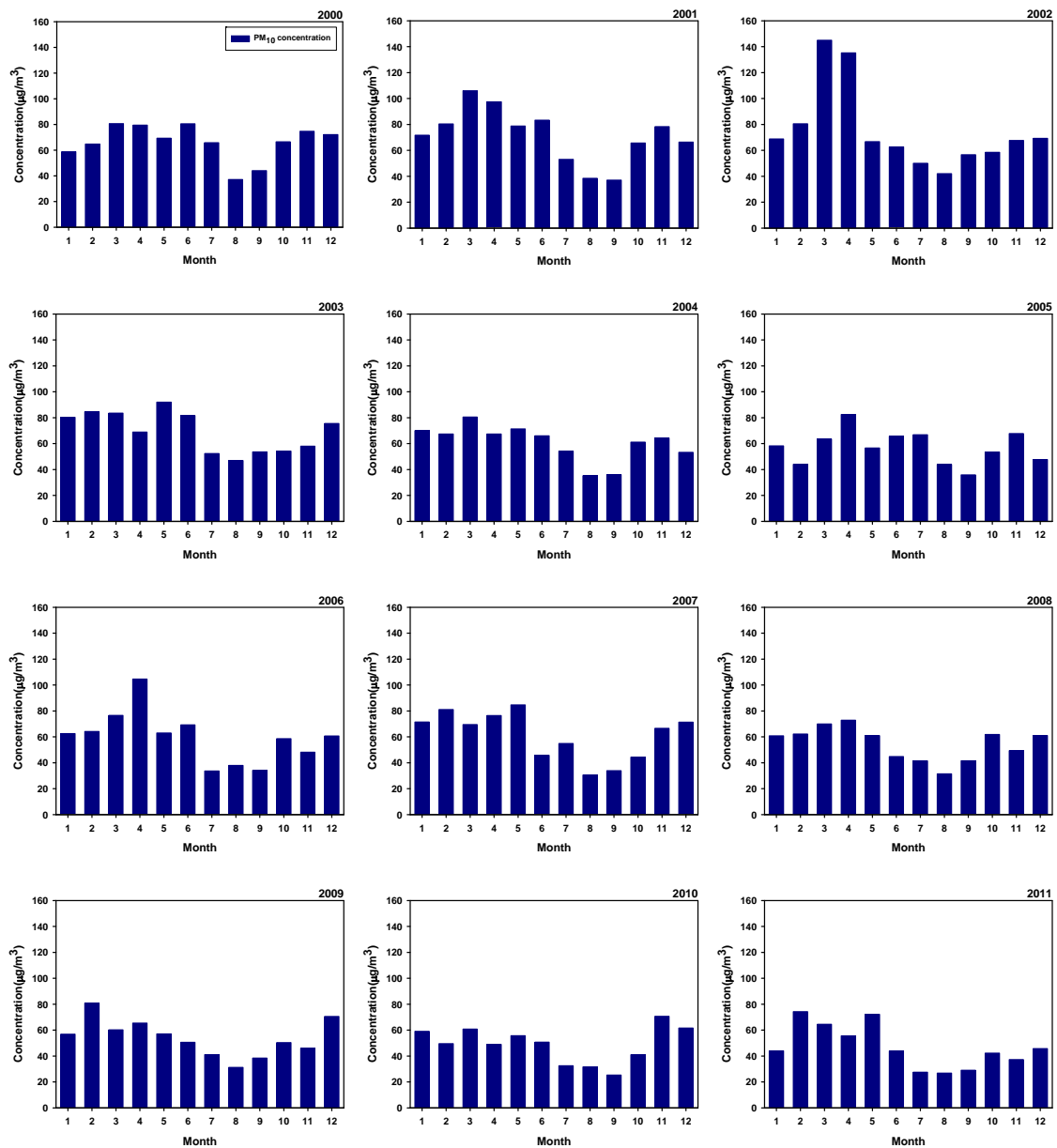


Fig. 4. All period, each year monthly average concentration of PM₁₀ from 2000 to 2011.

(67.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 4월(66.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)이며 반대로 농도가 낮은 월은 8월(36.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 9월(38.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 7월(47.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났다. 특히 3월과 4월은 전 기간에 비해 농도가 감소한 것으로 보아 황사의 영향을 받은 것으로 보이며 동계에 해당하는 2월의 농도가 가장 높게 나타나고 하계에 해당하는 8월에 가장 낮은 농도가 나타나, 일반적인 PM₁₀ 농도 경향을 잘 나타내고 있음을 알 수 있다. 연도별로 황사기간을 제외한 경우에도 월평균 PM₁₀ 농도는 Fig. 4와 유사하게 3월, 4월, 5월의 농도가 높고 특정 연도에서 2월의 농도가 높게 나타내었으므로 그림은 생략하였다. 황사기간을 제외하였지만 3월, 4월, 5월의 농도가 높게 나타나는 이유는 황사에 준하는 농도가 춘계에 발생하였기 때문으로 판단된다. 전 기간과 달리 일평균 기준을 초과하는 월은 없었으며, 하계를 제외한 다른 월에서 대체로 연평균 기준을 초과하거나 근접한 농도를 나타내었다.

3.5. 월평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수의 상관성

Fig. 5는 월평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수를 나타낸 것으로, 실선과 점선은 각각 전 기간과 황사기간을 제외한 기간의 PM₁₀ 농도이며 막대그래프는 천식 사망자 수를 나타낸다. 월평균 PM₁₀ 농도는 동계에 증가하고 하

계에 감소하는 경향을 나타내었으며, 황사로 인해 춘계에도 고농도를 나타낸다. 황사기간을 제외한 경우에도 전 기간에서 나타난 농도와 유사하였으며 3월부터 5월까지의 농도차가 나타나면서 황사의 영향을 비교적 많이 받은 월임을 알 수 있다.

월별 평균적으로 발생하는 천식 사망자 수는 약 26명이며 천식 사망자 수에 있어 다소간의 월 변동성이 나타나기는 하지만 대체적으로 동계에 증가하고 하계에 감소하는 경향을 보인다. 다양한 천식 유발 요인 중 PM₁₀ 농도와 같은 한 가지 요소에 의해 유사한 경향을 보인다는 것은 매우 상관성이 높다는 것을 의미하며 특정 월에서 변동성을 보이는 것은 천식 유발 원인 중 다른 요소들의 영향으로 판단된다.

전 기간 월평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수간의 상관계수는 0.588(p=0.044)로 나타났으며, 황사기간을 제외한 경우의 상관계수는 0.640(p=0.025)로 다소 낮게 나타났으나, 두 경우 모두 상관계수가 통계적으로 유의하고 양의 상관성을 보였다.

4. 결론

2000년부터 2011년까지 서울시 PM₁₀ 농도의 특성

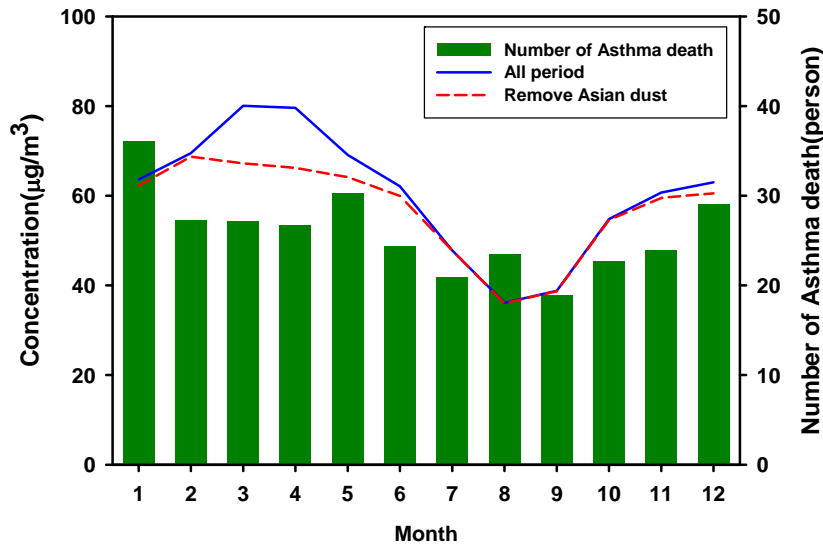


Fig. 5. Distribution of death from asthma(bar) and monthly mean PM₁₀ concentration for all period(solid line) and remove Asian dust (dashed line) during from 2000 to 2011 in Seoul, Korea.

및 분포와 천식 사망자 수와의 상관성을 알아보기 위해 구 단위의 연평균 농도, 연평균, 월평균 농도, 상관계수를 산출하여 알아보았다.

본 연구에서는 국내에서 발생하는 PM₁₀ 농도 뿐 아니라 춘계에는 황사 영향으로 고농도가 발생하기 때문에 황사기간을 포함한 경우와 제외한 경우로 나누어 분석하였다. 두 경우 모두 서울의 PM₁₀ 농도 분포는 중심지역에서 상대적으로 고농도를 나타내고 외곽지역에서 상대적으로 저농도를 나타내었다. 황사 발생 시 황사의 발생 빈도수보다 농도에 의한 영향이 컸으며 황사 현상으로 인해 고농도가 발생하고 천식 사망자 수에도 영향을 미쳤다. PM₁₀ 농도는 동계에 높고 하계에 낮은 일반적인 경향을 나타내었으며, 춘계에도 황사에 의해 높은 농도를 나타내었다. 그리고 천식 사망자 수는 연별, 월별 PM₁₀ 농도와 상관성을 보였으며 상관계수가 연평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수의 경우 0.92(p=0.000), 황사기간을 제외한 경우 0.84(p=0.001), 월평균 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수의 경우에는 0.588(p=0.044), 황사기간을 제외한 경우 0.64(p=0.025)으로 상관계수가 통계적으로 유의하고 양의 상관성을 보였다.

따라서 PM₁₀ 농도와 천식 사망자 수간에 상관성이 나타남을 알 수 있다. 천식을 유발하는 원인에는 대기오염 물질 외에 다양한 원인이 존재하는데 PM₁₀ 이라는 하나의 요소로 유사한 경향을 보인다는 것은 매우 상관성이 높다는 것을 의미한다. 추후 다양한 천식 유발 원인을 고려한 상관성 분석이 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

이 논문은 2013년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(2013-065891).

REFERENCE

- Akinbami, L. J., Schoendorf, K. C., 2002, Trends in childhood asthma: Prevalence, Health care utilization, and mortality, Official journal of the american academy of pediatrics, 110, 315-323.
- Bae, H. J., Ha, J. S., Lee, A. K., Park, J. I., 2008, Age dependencies in air pollution-associated Asthma hospitalization, Korean journal of environmental health, 34(2), 124-130.
- Dimitrova, R., Lurponglukana, N., Fernando, H. J. S., Runger, G. C., Hyde, P., Hedquist, B. C., Anderson, J., Bannister, W., Johnson, W., 2012, Relationship between particulate matter and childhood asthma - Basis of a future warning system for central Phoenix, Atoms. Chem. Phys., 12, 2479-2490.
- Eder, W., Ege, M. J., von Mutiu, E., 2006, The asthma epidemic, The new england journal of medicine, 355, 2226-2235.
- Jung, W. S., Park, J. K., Lee, B. R., Kim, E. B., 2013, Analysis on the PM₁₀ Transportation Route in Gimhae Region Using the HYSPLIT Model, Journal of Environmental Science International, 22(8), 1043~1052.
- Kim, S. K., 1995, Bronchial Asthma-Definition and Epidemiology, 42(3), 267-276.
- Kim, Y. P., 2006, Air pollution in Seoul caused by Aerosols, Journal of Korean society for atmospheric environment, 22(5), 535-553.
- Kim, S. D., Kim, C. H., 2008, The Physico-chemical character of Aerosol particle in Seoul Metropolitan area, The Seoul institute, 9(3), 23-33.
- Korea Asthma allergy foundation, 2004, <http://www.kaaf.org/>.
- Lin, M., Steib, D. M., Chen, Y., 2005, Coarse particulate matter and hospitalization for respiratory infections in children younger than 15 years in Toronto: A case-crossover analysis, Official journal of the american academy of Pediatrics, 116, 235-241.
- Nauenberg, E., Basu, K., 1999, Effect of insurance coverage on the relationship between asthma hospitalizations and exposure to air pollution, Public health report March/April, 114, 135-148.
- National institute of environmental research, 2012, Annual report of ambient air quality in korea, 60.
- Ministry of health and welfare, 2012, National health statistics, 684.