

## 황사예보 및 황사농도에 따른 결막염 질환의 발생 패턴 분석\*

이 기 광\*\*

The Fluctuation Patterns of Conjunctivitis Cases Caused by Asian Dust Storm (ADS) : Focused on the ADS Density and the Accuracy of ADS Forecast

Ki-Kwang Lee\*\*

### ■ Abstract ■

This study has an aim to analyze the effects of ADS on conjunctivitis patients among the residents of Seoul, Korea, between 2005 and 2008. For this purpose, the number of medical services provided to conjunctivitis patients on the days of windblown dust storms and the days without any windblown dust storms were analyzed by conducting paired t-test. The interactive effects of the ADS density and the accuracy of ADS forecast on the fluctuation of conjunctivitis cases were also investigated. The results showed that, even with an accurate forecast issued 24 hours prior to the event, the average number of medical services provided for conjunctivitis was higher on the index days than the comparison days. On the other hand, in cases of failure to provide an accurate forecast 24 hours prior to the ADS event, the number of conjunctivitis attacks reported was statistically significantly higher on the index days for 3~5 days after the occurrence of a dust storm in relation to the comparison days. We also found that the rate of increase in asthma treatments on the index days with low level of PM<sub>10</sub> concentration rather than high PM<sub>10</sub> level was more significant for all lag days. This study provides evidence that ADS events are significantly associated with conjunctivitis symptoms and the failure to forecast ADS events with low PM<sub>10</sub> level might aggravate conjunctivitis disease.

Keywords : Asian Dust Storm(ADS), Conjunctivitis Disease, PM<sub>10</sub>, ADS Forecast

논문접수일 : 2012년 10월 11일    논문수정일 : 2012년 11월 01일    논문게재확정일 : 2012년 11월 07일

\* 이 연구는 2012년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

\*\* 단국대학교 상경대학 경영학부, kiklee@dankook.ac.kr

## 1. 서 론

황사(Asian dust)란 중국 북부 및 몽골 남부의 사막 지대의 작은 모래나 먼지입자가 하늘에 떠다니다가 상층풍을 타고 멀리까지 날아가 서서히 떨어지는 현상을 말한다. 이와 같은 대규모 모래구름의 움직임은 주로 한국을 비롯한 동아시아 지역에 폭넓게 영향을 미치는데[11], 한국의 경우 2000년 이후에는 2003년 및 2004년을 제외하고 매년 10일 이상의 황사가 꾸준히 발생하고 있으며[18], 특히 2001년 및 2002년 봄에 발생한 황사대란을 겪기도 했다. 최근에는 황사가 인간의 건강에 미치는 영향에 대한 우려가 높아지면서 이와 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있다. 황사로 인해 산업 및 사회적 비용을 유발하는데[7, 8], 국가 전체의 피해액이 매년 약 2~10조 원에 이른다는 연구결과가 보고되기도 했다[1]. 이러한 국가 산업적 측면뿐만 아니라 안과, 호흡기 및 알레르기 질환 등 국민건강에도 황사가 미치는 피해는 매우 큰데, 2000년대 이후부터 이에 대한 연구들이 본격적으로 진행되어 왔다.

Donaldson and MacNee[12]에 의하면 미립자(particulate matter)가 건강에 미치는 영향은 주로 입자의 크기 및 화학성분(chemistry)과 관계가 있다. 몇몇 연구결과에 따르면 황사발생일에는 미세입자(fine particles) 즉, 동역학적 직경이  $2.5\mu\text{m}$  이하인 입자보다는 직경  $2.5\sim 10\mu\text{m}$ 의 조대입자(coarse particles)의 농도가 비약적으로 증가한다고 보고되고 있다. 이는 높은 풍속과 관련이 있는데, 강풍이 미세입자 및 다른 가스형태의 대기오염물질(combustion-related pollutants)를 멀리 날려버려 관련 물질의 농도를 낮추는 역할을 하기 때문이다. 황사 농도는 일반적으로  $\text{PM}_{10}$ 이라는 측정치를 통해 판단하는데,  $10\mu\text{m}$  이하 미세먼지입자의 농도로 정의되며 단위는  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 황사에 의해  $\text{PM}_{10}$  농도는 평소 국지적 원인에 의한 수준보다 크게 높아진다[15]. 이와 같은 황사의 특성을 고려한 많은 연구들이 사망률[5, 10, 21], 호흡기 질환[3, 4, 6, 14, 16,

22, 24], 심혈관 질환[2, 23] 및 뇌졸중[25] 등을 대상으로 수행되어 왔다. 지금까지의 연구들은 황사 발생 유무에 따른 각종 질병 또는 사망빈도를 분석하여 주로 황사발생일이 그렇지 않은 날보다 대상 질병의 발생률이 높았다는 피상적인 연구결과만을 제시하였다. 즉, 황사발생에 의해 관련 질병의 빈도수가 증가한다는 사실만을 입증했을 뿐이므로 이 결과를 통해 황사에 대처하기 위한 관련 의약품 재고관리 및 진료진 스케줄링 등 세부적인 대처방안 모색에 활용하기에는 실제 매우 부족하다. 따라서, 황사농도나 사전 황사예보의 정확도에 따른 질병 발생 빈도를 보다 정밀하게 분석함으로써 관련 의료 서비스의 운영에 활용될 수 있도록 하는 것이 본 연구의 목적이다.

이밖에 안과질환도 황사발생유무에 의해 영향을 받는 질환으로 분류되는 반면에 이에 대한 연구가 사망률, 호흡기, 심혈관 및 뇌졸중 질환에 비해 상대적으로 빈약하였다. 따라서 본 연구는 대표적인 안과계통질환의 하나인 결막염을 중심으로 황사 발생 유무뿐만 아니라 황사발생일의  $\text{PM}_{10}$  농도 및 황사예보의 정확도가 2005년부터 2008년까지 서울 지역의 결막염질환 발생빈도에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이를 위해 황사발생일(index days)의 결막염 진료건수와 황사발생 7일 전과 후의 비교일(comparison days)의 평균 결막염 진료건수를 비교하였고, 실제 황사발생일 24시간 전에 제공된 황사예보를 활용하여 예보가 맞았을 경우(Hit)와 틀렸을 경우(Miss)를 구분하여 분석을 수행하였다.

## 2. 연구방법

본 연구를 수행하기 위해서는 결막염 질환의 발생건수 및 황사관련 데이터가 필요한데, 건강보험심사평가원으로부터 2005년부터 2008년까지 서울 지역 모든 병의원에서 결막염질환 환자의 진료건수 데이터를 전달받았다. 정부산하기관인 건강보험심사평가원은 청구된 진료비에 대한 심사를 주로 맡고 있으며 모든 병의원에 대한 매일의 진료기

록을 전산화된 기록으로 가지고 있다. 위 진료건수 데이터와 동일기간, 동일지역의 PM<sub>10</sub> 데이터는 국립환경과학원으로부터 제공받았는데, 제공된 자료의 형태는 매시간 측정치로 구성되어 있다. 황사연구에 있어서 평균 PM<sub>10</sub> 농도는 기존 24시간 기준보다는 일반 국민들의 사회활동이 주로 이루어지는 오전 10시부터 오후 6시까지의 8시간 기준으로 평균을 산출하는 것이 합리적이고 신뢰할 만한 분석결과를 얻을 수 있다는 기존 연구결과[6]에 따라, 제공받은 매시간 PM<sub>10</sub> 측정치는 24시간 기준이 아닌 오전 10시부터 오후 6시까지의 8시간 평균 농도로 변환하여 본 분석의 기본 자료로 활용하였다. 이밖에 기상청으로부터 동일기간 동일지역의 황사 발생유무 및 24시간 전 황사에보와 관련된 자료를 제공받았다.

위 자료를 바탕으로 본 연구에서는 Bateson and Schwartz[9], Chen et al.[10] 및 Yang et al.[25]의 연구에서 사용한 기준일(index days)과 비교일(comparison days)의 개념을 활용하여 분석작업을 수행하였다. 일반적으로 공해물질과 질병과의 관계를 연구하는데 있어서, 요일, 계절 및 인간의 행태학적 패턴을 연구목적에 맞게 통제(control)해야 한다. 본 연구에서는 장기적인 시계열 패턴, 요일 및 계절 인자의 교락(confounding)을 통제하기 위한 수단으로 황사발생일(the index day)을 기준으로 1주일 전 및 후를 비교대상일로 지정하는 대칭적 비교일 개념을 도입하였다. 기준일은 황사발생일에 해당하는데, 단, 이들 이상 연속으로 황사가 발생한 경우는 황사에보 조건에 따라 두 가지로 나누어 처리하였다.

황사가 2일 이상 계속되는 경우에는 harvesting effect, 즉 황사에 취약한 질병에 노출된 사람은 일반적으로 연속 황사일 중 어느 한 날을 기준으로 병원에 방문하게 되고, 결국 그 나머지 황사 발생일을 기준으로 한 병원 방문 횟수는 그만큼 줄어드는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 현상은 황사발생과 관련 질병과의 상관관계를 추정하거나 분석하는데 있어서 그 정확도를 떨어뜨릴 수 있다[25].

따라서, 본 연구는 황사가 2일 이상 지속되는 경우 이들 연속 발생일 중 마지막 날만을 기준으로 간주하였다. 단, 연속발생일의 해당 일별로 평균 PM<sub>10</sub> 농도의 차이가  $110\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상인 경우는 연속발생일에서 하루하루를 모두 기준으로 간주하여 분석을 진행하였다. 또한, 연속 발생일 각각에 대한 황사에보가 서로 다른 경우에도 연속 발생일 각각을 모두 기준으로 간주하여 분석하였다.

비교일은 해당 기준일과 동일 요일이면서 황사가 발생하지 않은 날로 정의하는데, 해당 기준일 7일 전 및 7일 후인 총 2일을 비교일로 정의하였다. 분석작업은 기준일의 결막염환자 진료건수와 비교일의 결막염환자의 평균 진료건수에 대해 짝진표본의 t-검정(paired t-test)을 수행하였다[13]. 이때, 총 2일의 비교일 중 어느 한 날이 황사발생일이라면, 그 날을 제외한 다른 비교일의 진료건수만을 t-검정의 데이터로 활용하였다. 어느 한 기준일에 대한 2일의 비교일 모두 황사발생일이라면 분석자료에서 제외하였는데, 이와 같은 날은 전체 황사발생일 중 2005년 4월 21일부터 22일까지 2일만이 해당되었다. 이와 같은 기준에 의해 선택된 기준일 및 비교일은 <표 1>과 같다.

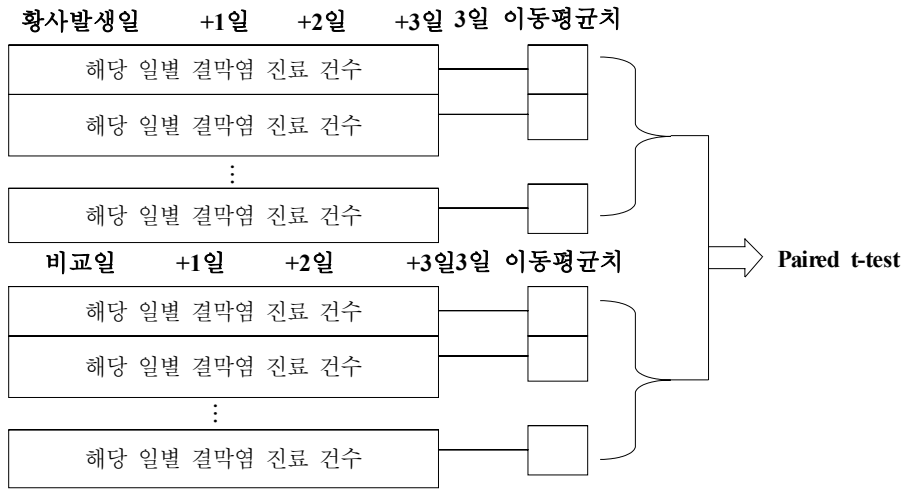
황사가 인체에 미치는 영향은 며칠의 기간에 걸쳐서 뒤늦게 나타나기도 하는데, 결막염의 경우 뇌졸중이나 심장질환과 같이 발병 즉시 진료를 받아야 하는 질병은 아니므로 환자의 병원방문 자체가 시일을 두고 발생할 수도 있다. 이와 같은 현상을 반영하기 위해 황사발생일 뿐만 아니라 그 후 6일까지를 각각 지연일로 정의하여 이들을 기준으로 하는 t-검정을 추가로 수행하였다. 이때 사용되는 진료건수 수치는 황사발생일로부터 해당 지연일까지 매일의 진료건수에 대한 이동평균치를 사용하였다. <그림 1>의 예와 같이 황사발생일로부터 3일 후까지의 지연효과를 살펴보기 위해서는 황사발생일 즉, 기준일과 이후 3일까지 발생한 진료건수의 총 4일간의 이동평균치 및 비교일과 이후 3일까지의 진료건수의 역시 4일간 이동평균치를 사용하여 짝진표본의 t-검정을 통해 분석하게 된다.

〈표 1〉 기준일 및 비교일

년도	기준일	비교일	요일	환자수	PM <sub>10</sub> 농도	예보정확도
2005년	3월 29일	3월 22일	화	17,022	120.33	Miss
	4월 7일	3월 31일, 4월 14일	목	24,187	158.50	Hit
	4월 10일	4월 3일, 4월 17일	일	1,011	41.56	Hit
	4월 15일	4월 8일, 4월 22일	금	20,961	104.67	Hit
	4월 20일	4월 13일, 4월 27일	수	19,842	235.22	Hit
	4월 28일	4월 21일	목	19,106	103.11	Hit
	4월 29일	4월 22일, 5월 6일	금	18,644	115.44	Hit
	11월 6일	10월 30일, 11월 13일	일	905	48.44	Hit
	11월 7일	10월 31일, 11월 14일	월	28,634	66.89	Miss
2006년	3월 11일	3월 4일, 3월 18일	토	18,702	242.33	Hit
	3월 13일	3월 6일, 3월 20일	월	23,421	183.89	Hit
	3월 28일	3월 21일, 4월 4일	화	15,926	110.00	Miss
	4월 8일	4월 1일, 4월 15일	토	20,592	860.78	Hit
	4월 9일	4월 2일, 4월 16일	일	1,153	195.33	Hit
	4월 18일	4월 11일, 4월 25일	화	21,141	95.44	Hit
	4월 24일	4월 17일	월	25,829	226.11	Hit
	4월 30일	4월 23일, 5월 7일	일	780	142.00	Hit
	5월 1일	4월 24일, 5월 8일	월	53,550	122.25	Hit
2007년	2월 14일	2월 7일, 2월 21일	수	16,872	119.56	Miss
	3월 6일	2월 27일, 3월 13일	화	23,527	105.44	Hit
	3월 27일	3월 20일, 4월 3일	화	18,490	171.00	Hit
	3월 28일	3월 21일, 4월 4일	수	16,474	205.78	Miss
	4월 1일	3월 25일, 4월 8일	일	1,594	583.89	Hit
	5월 8일	5월 1일, 5월 15일	화	35,860	220.00	Hit
	5월 9일	5월 2일, 5월 16일	수	32,564	75.78	Miss
	5월 25일	5월 18일, 6월 1일	금	27,001	158.33	Hit
	12월 29일	12월 22일, 2008년 1월 5일	토	18,977	378.00	Hit
2008년	2월 12일	2월 5일, 2월 19일	화	22,391	158.33	Hit
	3월 2일	2월 24일, 3월 9일	일	1,006	47.22	Hit
	3월 3일	2월 25일, 3월 10일	월	29,374	74.44	Miss
	3월 16일	3월 9일, 3월 23일	일	953	145.67	Hit
	4월 3일	3월 27일, 4월 10일	목	23,351	88.33	Hit
	4월 4일	3월 28일, 4월 11일	금	24,374	77.25	Miss
	5월 30일	5월 23일	금	25,431	429.00	Hit
	5월 31일	5월 24일, 6월 7일	토	23,718	71.67	Miss

마지막으로 황사의 강도 즉, PM<sub>10</sub> 농도에 따른 영향을 알아보기 위해 황사발생일의 PM<sub>10</sub> 평균 농도가 높은 그룹과 낮은 그룹으로 구분하여 각 그룹에 대해 위와 같은 짝진표본의 t-검정을 수행하였다. PM<sub>10</sub> 평균농도에 따른 그룹 분류 기준은 PM<sub>10</sub> 평균농도 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 기준으로 삼았는데, 이 기준수치는 서울지역의 평균 PM<sub>10</sub> 농도의 2배 수치를 나타낸다.

이밖에 황사예보가 천식질환 발생빈도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 황사발생일 24시간 전에 발표된 예보가 맞은 그룹(Hit group)과 틀린 그룹(Miss group)으로 구분하여 각 그룹에 대해 역시 짝진표본의 t-검정을 수행하였다. 또한, 예보의 Hit group과 Miss group의 진료건수 패턴을 보다 자세히 분석하기 위해 각 그룹에서의 24시간 평균 PM<sub>10</sub> 농도에 따라 다시 두 그룹으로 나누어



〈그림 1〉 3일 지연일에 대한 짝진 표본의 t-검정

교차분석을 수행하였다.

### 3. 분석 결과

〈표 2〉는 기준일 및 비교일에 발생한 결막염 환자 진료건수의 각 지연일(day lags)에 따른 이동평균치의 평균, 95% 신뢰구간 그리고 기준일과 비교일의 짝진표본에 대한 t-검정으로부터 얻은 p-값을 나타낸다. 지연일 별로 비교일 대비 기준일의 결막염 질환 진료건수를 비교해 본 결과, 황사당일은 기준일의 결막염 환자수가 비교일보다 오히려 2.639% 적게 나타났고 2일 후까지 큰 변화가 없었

지만, 황사발생 3일 후부터 5일 후까지 약 11%에서 13%의 증가율을 보였다. 공해물질이 건강에 미치는 단기적 영향을 분석하기 위해 설정하는 반응 지연시간으로는 대체적으로 4일 미만이 가장 많이 사용되고 있다[10, 17, 19, 21, 25]. 하지만 Meng and Lu[23]은 6일 후까지 분석하여 황사가 폐렴증상에 미치는 영향이 6일 후에 통계적으로 유의함을 밝힌 바 있다. 본 연구에서도 이와 같은 점을 고려하여 황사발생 후 6일의 지연일까지 분석을 수행하였다. 황사당일을 제외하고는 지연일의 정도에 상관없이 기준일에 발생한 일별 결막염 진료건수의 평균은 비교일보다 높으며, 특히 황사발생 3

〈표 2〉 황사에 의한 결막염 발생빈도

지연일	기준일	비교일	증가율	p-값
황사당일	18526.17±3906.34	19025.93±3531.57	-2.63%	0.3603
1일 후	20404.39±2462.91	20153.43±2115.11	1.25%	0.3773
2일 후	20222.06±2107.64	20132.22±1657.68	0.45%	0.4537
3일 후	20723.54±1917.34	18266.46±1148.09	13.45%	0.0012**
4일 후	21069.03±1857.27	18671.02±998.10	12.84%	0.0014**
5일 후	20627.86±1684.27	18531.87±957.35	11.31%	0.0019**
6일 후	20808.91±1396.05	20042.02±887.26	3.83%	0.1256

주) \*\* p-값 < 0.05.

일후부터 5일 후까지의 경우에는 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 황사발생일 즉, 기준일로부터 3일, 4일 또는 5일 후까지 결막염 진료를 위해 병원에 방문한 1일 평균 환자 수는 비교일로부터 동일 지연일까지의 1일 평균 환자 수보다 많다는 사실이 통계적으로 유의함을 밝힐 수 있었다. 이는 결막염 질환의 경우 황사 발생 후 3일 이후부터 뚜렷한 지연효과(lagged effect)가 나타난다는 것을 의미하며, 사망이 2일 지연일에 최고 지연효과가 나타난다는 연구[10, 19]와 천식 질환은 황사발생 후 4일에서 6일까지의 지연효과가 있다는 연구결과[6]와는 다른 패턴을 보여주고 있다. 다만, 뇌졸중의 황사발생 지연효과가 3일 후에 가장 크게 나타난다는 연구[25]와는 같은 결과를 보였는데, 이는 결막염의 지연효과 특성을 정립하는데 중요한 단서로 활용될 수 있다. 즉, 질환의 위중으로 볼 때, 사망이나 뇌졸중은 증상이 발생하는 즉시 병원에 신고하거나 직접 가야 하므로 발병 즉시 기록으로 남게 되지만, 천식은 황사 요인에 의한 증상발현 시간이 길수도 있고 증상이 나타나더라도 위중한 상황이 아니라면 개인사정에 따라 병원방문을 뒤로 미룰 수도 있다. 이와 같은 질환의 특성을 고려하건대 결막염은 사망보다는 다소 늦지만 뇌졸중과 같이 발병 즉시 병원을 방문해야 하는 특성을 가지며, 천식과는 다른 행태학적 요소를 지니고 있음을 판단할 수 있다.

<표 3>은 PM<sub>10</sub> 농도가 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  미만인 그룹과 이상인 그룹에 대한 진료건수를 <표 2>와 동일한 방법으로 비교 분석한 결과를 나타낸다. 황사농도가 오픈 경우 즉, PM<sub>10</sub> 농도가 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하인 그룹에서는 황사발생일부터 5일 후까지 모든 지연일에 대해서 기준일의 결막염 진료건수가 비교일에 비해 많았다. 특히 황사당일에서 2일 후까지는 약 9%에서 12% 정도 진료건수가 증가했으며 황사발생으로부터 3일 후에서 5일 후까지는 약 13%에서 최고 19%까지 결막염 환자수가 증가하였다. 또한, 황사발생일 기준 2일 후부터 5일 후까지의 지연일에 대해서는 비교일에 비해 기준일의 결막염 발생건수가 유의수준 5%에서 유의한 수준으로 높았으며, 황사발생일부터 2일 후까지는 유의수준 10%에서 역시 기준일의 결막염 환자수가 더 많았음을 알 수 있다. 반면에, 황사농도가 짙었던 경우를 보면 증가율 측면에서 오픈 황사의 경우보다 낮은 수준이었으며, 황사당일에는 오히려 비교일의 결막염 진료건수가 기준일보다 많았다. 다만, 지연일 기준으로 3일에서 5일까지 p-값이 0.05보다 낮다는 점은 오픈 황사의 경우와 동일한 반면에 황사당일부터 2일후까지는 기준일과 비교일의 결막염 환자 발생건수에 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

<표 4>는 황사발생 24시간전 관련 기상예보의 정확도에 따라 예보가 황사를 정확히 예측한 경우(Hit 그룹)와 황사발생을 예측하지 못한 경우(Miss

<표 3> 황사농도에 따른 결막염 발생빈도

지연일	황사농도(PM <sub>10</sub> ) < 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				황사농도(PM <sub>10</sub> ) > 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	기준일	비교일	증가율	p-값	기준일	비교일	증가율	p-값
황사당일	20558.38±8110.18	18276.38±6346.80	12.48%	0.0788*	18746.79±4137.20	19949.66±3685.12	-6.03%	0.7350
1일 후	20921.96±4949.21	19148.18±3939.09	9.26%	0.0704*	20223.02±3188.07	20166.71±2611.96	0.28%	0.4790
2일 후	21245.00±3504.17	19501.39±2748.12	8.94%	0.0433**	20143.60±2773.70	20120.75±2094.11	0.11%	0.4912
3일 후	21519.10±2674.11	18058.19±1717.66	19.17%	0.0016**	20683.73±2634.15	18277.95±1464.74	13.16%	0.0132**
4일 후	21419.20±2060.11	18420.78±1121.41	16.28%	0.0031**	21267.94±2629.87	18715.52±1348.03	13.64%	0.0090**
5일 후	21260.53±2134.27	18777.01±1454.30	13.23%	0.0073**	20638.68±2389.44	18437.04±1158.88	11.94%	0.0137**
6일 후	20443.93±1689.61	19912.78±1590.41	2.67%	0.2801	21187.70±1948.35	20075.74±1063.69	5.54%	0.1049

주) \* p-값 < 0.1; \*\* p-값 < 0.05.

그룹)로 나누어서 결막염 발생빈도를 분석한 결과를 나타낸다. 황사발생 여부는 기상청의 내부 기준에 의해 정해지지만 기압, 풍속, 순간최대농도, 평균농도 등 여러 측면에서 분석한 결과에 의해 정해지기에 황사여부를 판정하는 기준을 정확하게 묘사하기 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 기상청에서 공식적으로 발표한 황사발생일들을 홈페이지에서 확인하여 이를 기준으로 황사에보의 Hit 및 Miss를 판단하여 그룹을 나누었다. 각 그룹별로 기준일과 비교일 간의 지연일별 결막염 진료건수의 이동평균값에 대해 평균 및 비교일 대비 기준일의 환자수 증가율을 나타낸다. <표 4>의 p-값은 귀무가설이 기준일의 평균 진료건수가 비교일보다 많다는 짝진표본 t-검정(paired t-test)의 단측검정을 수행한 결과를 나타낸다. 예보가 정확했던 경우의 비교일 대비 기준일의 진료건수 증가율이 틀린 예보의 경우보다 전반적으로 더 컸으며, 특히 지연일 기준 3일 후에서 5일 후까지의 t-검정의 p-값이 0.05 미만으로 나타났다. 예보가 틀린 경우에도 3일에서 5일까지 지연일에서 어느 정도 유의한 수준의 증가율이 나타났지만 3일 후 및 4일 후는 10% 유의수준에서 5일 후만 5% 유의수준을 나타냈다.

지금까지 설명한 <표 3> 및 <표 4>에 대한 황사농도 및 예보정확도에 따른 결막염 발생빈도 분석결과는 일반적인 예상과는 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 황사의 농도가 높은 날이거나 황사

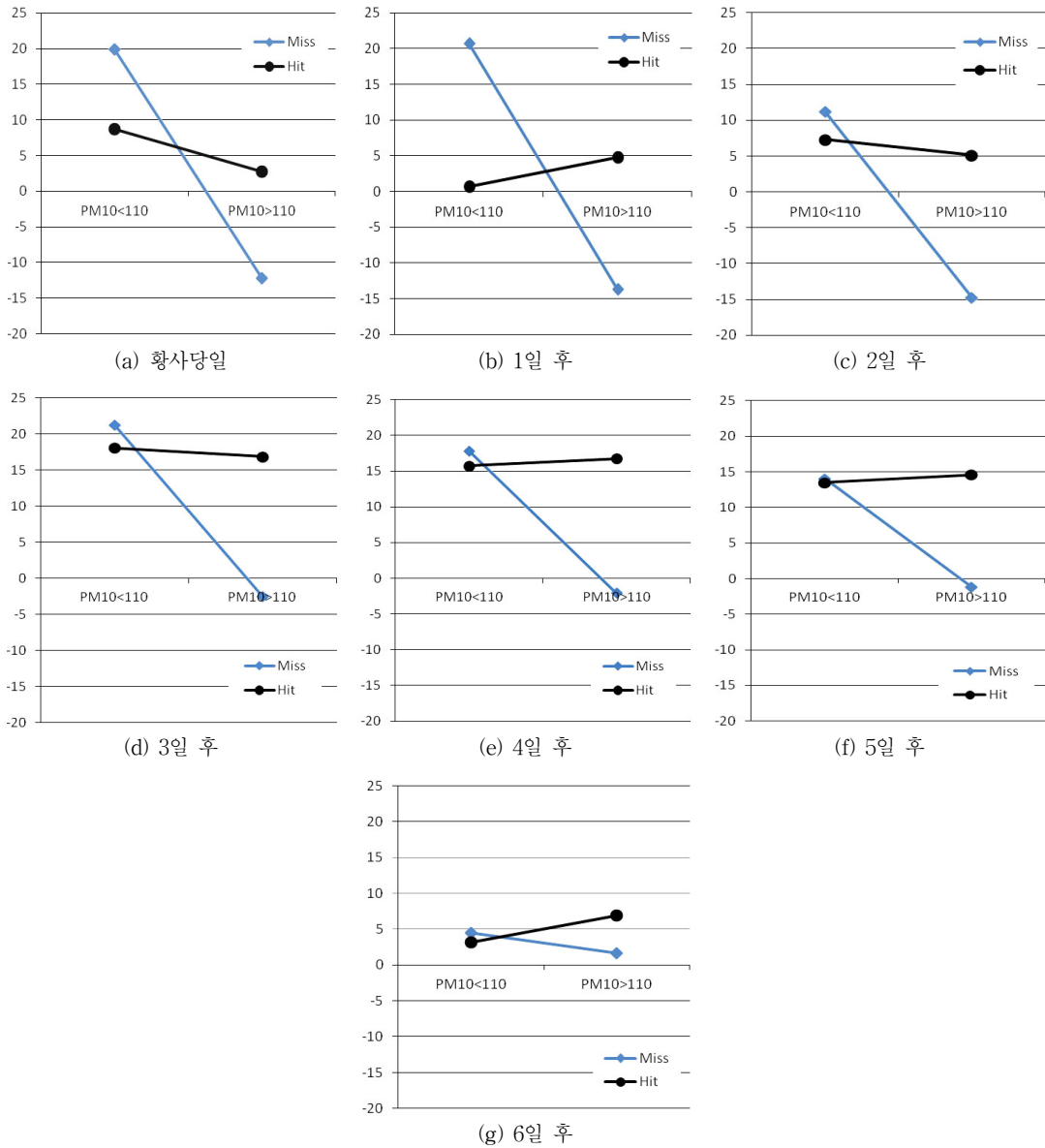
예보가 틀린 경우에 평소보다 기준일의 결막염 진료건수가 높아질 것이라고 일반적으로 예상되지만 본 연구의 결과는 이와 정반대로 나왔다. 이와 같은 현상을 설명하기 위해서 황사농도와 예보정확도 사이에 결막염 진료건수에 영향을 미치는 일련의 상호작용이 존재하는지 분석해보았다. <그림 2>은 PM<sub>10</sub> 농도 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  미만 또는 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상의 경우와 예보의 Miss 또는 Hit의 경우에 대해 발생하는 4가지 조합 각각의 그룹에서 비교일 대비 기준일의 결막염 진료건수의 퍼센트 증가율의 평균치를 구하여 그래프로 나타낸 것이다. <그림 2>에서 보는 바와 같이 황사발생일로부터 6일 후까지 모든 지연일에 대해서 Miss 및 Hit에 해당하는 두 직선이 모두 교차한다는 사실로부터 황사농도 및 예보정확도간 상호작용이 존재함을 알 수 있다. 따라서, 황사농도 및 예보정확도 각각에 대해 독립적으로 분석하기 보다는 두 요인의 상호조합에 따라 분석대상 그룹을 4가지로 세분화하여 분석하는 것이 필요하다.

<표 5>는 황사농도 및 예보정확도에 따른 4가지 조합이 결막염 발생빈도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 비교일 대비 기준일의 결막염 진료건수가 얼마나 더 증가하였는지를 나타내는 백분율 증가율을 각 지연일별로 분석한 결과이다. 음(-)의 값은 기준일보다 비교일의 진료건수가 많았음을 의미하며, p-값은 황사에보의 Hit 및

<표 4> 예보정확도에 따른 결막염 발생빈도

지연일	예보 Miss				예보 Hit			
	기준일	비교일	증가율	p-값	기준일	비교일	증가율	p-값
황사당일	22773.11±4949.56	22465.61±3046.32	1.37%	0.4063	17056.08±5220.81	17835.27±4843.23	-4.37%	0.7365
1일 후	20177.28±4614.54	20528.76±4429.70	-1.71%	0.7736	20483.00±3221.30	20023.51±2701.62	2.29%	0.3274
2일 후	19699.07±3802.41	20860.21±3150.18	-5.57%	0.6058	20403.09±2771.42	19880.22±2153.19	2.63%	0.2997
3일 후	20388.19±3110.86	18936.31±2219.93	7.67%	0.0835*	20839.62±2562.71	18034.59±1481.10	15.55%	0.0035**
4일 후	19516.34±3044.66	18361.72±2218.85	6.29%	0.0603*	21606.5±2442.03	18778.08±1253.50	15.06%	0.0037**
5일 후	19497.08±2829.91	18322.25±2772.30	6.41%	0.0250**	21019.28±2219.44	18604.43±1081.75	12.98%	0.0059**
6일 후	19979.37±1907.69	19533.10±2784.66	2.28%	0.2877	21096.07±1887.82	20218.19±941.17	4.34%	0.1559

주) \* p-값 < 0.1; \*\* p-값 < 0.05.



<그림 2> 황사농도(PM<sub>10</sub>) 및 예보정확도간 상호작용

Miss 그룹별로 황사농도에 따라 기준일의 진료건 수 증가율이 차이가 있는지를 검정하는 t-검정을 수행하여 도출한 p-값을 나타낸다.

<표 5>에 의하면 황사예보가 정확했던 경우에는 황사농도가 높을 때와 낮을 때에 상관없이 기준일의 결막염 환자 수가 황사당일을 비롯한 모든 지

연일에 대해 비교일보다 많았다. 반면에 예보가 틀렸던 경우에는 황사농도에 따라 기준일의 결막염 환자 수의 증가율이 큰 차이를 보였다. 즉, 농도가 낮은 황사가 발생하였을 때의 비교일 대비 기준일의 환자 증가율이 최고 21%에 달할 정도로 높았으며 반대로 황사농도가 높았을 때에는 증가율이 대



〈표 5〉 황사농도 및 예보정확도 상호작용에 의한 비교일 대비 기준일의 결막염 환자 증가율(%)

지연일	예보 Miss			예보 Hit		
	PM <sub>10</sub> < 110 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 110 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	p-값	PM <sub>10</sub> < 110 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 110 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	p-값
황사당일	19.93	-12.23	0.0094**	8.67	2.79	0.3460
1일 후	20.75	-13.67	0.0076**	0.68	4.77	0.3466
2일 후	11.16	-14.76	0.0151**	7.28	5.12	0.4151
3일 후	21.25	-2.51	0.0557	18.09	16.88	0.4544
4일 후	17.83	-2.01	0.0638	15.75	16.72	0.4628
5일 후	14.04	-1.20	0.1430	13.49	14.61	0.4542
6일 후	4.49	1.61	0.4088	3.14	6.89	0.3431

주) \*\* p-값 < 0.05)

부분 음(-)의 값을 나타내고 있어 오히려 기준일보다 비교일의 환자 수가 더 많았음을 알 수 있다. 이와 같이 예보가 예측하지 못한 황사의 발생농도가 높았을 때, 오히려 기준일의 결막염 발병수가 평소보다 낮았다는 점이 예보가 황사발생을 예측하지 못했을 때보다 예보가 황사를 정확히 예측했을 때의 결막염 발생건수가 높아진 원인이 되었음을 추측할 수 있다. 이 현상을 보다 자세히 분석하기 위해 예보 Miss 그룹에서 황사발생 1일 후 기준일 결막염 환자수가 비교일보다 적은 날과 많은 날을 분리하여 각 경우에 대한 PM<sub>10</sub> 농도의 평균을 산출하였다. 그 결과 Miss 그룹에 해당하는 전체 11일 중 5일이 기준일의 천식환자 수가 평소보다 감소하였으며, 해당 5일간의 PM<sub>10</sub> 농도의 평균치는 133.5 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이었던 반면에, 나머지 6일의 PM<sub>10</sub> 평균 농도는 51.3 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이었다. 즉, 예보가 미처 황사발생을 예측하지 못했어도 사람이 육안으로 인지할 수 있을 정도로 짙은 농도의 황사가 발생하였다면, 해당일과 그 이후 아주 짧은 지연일 동안은 예보의 도움없이도 스스로 외출을 자제하는 경우가 많았을 것으로 짐작된다. 이와 반대로 황사발생을 예측하지 못한 Miss 그룹에서 황사의 농도가 낮아서 육안으로 식별이 어려웠던 경우에는 아무 대비없이 외출을 하는 빈도가 상대적으로 높았을 것이고 이것이 <표 3>에서처럼 황사농도가 낮은 경우에 오히려 결막염 발생건수가 많았던 원인이

였을 것으로 추정된다.

위의 결과를 종합해 보면 황사예보의 적중여부가 결막염 질환의 발생빈도를 제한하는데 한계가 있음을 알 수 있으며, 이를 근거로 황사에 의한 결막염 환자를 줄이기 위한 효과적인 대비책은 황사예보의 정확도 제고보다는 황사발생시 특히 육안으로 구별이 어려운 옅은 황사 발생시 실시간 홍보를 통해 국민들의 외출을 자제하게 하는 것이 중요하다고 해석할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 황사발생이 결막염의 발생빈도에 미치는 영향에 대해서 황사의 농도와 관련 황사예보의 정확도라는 두 요인에 따라 구분하여 각 요인별 상호관계를 분석하였다. 그 결과 황사에 의한 결막염은 황사발생 후 3일부터 5일까지 발생빈도가 평소보다 급증하였고, 이 사실로부터 결막염 질환의 경우 황사에 의한 지연효과는 3일이라는 것을 알 수 있었다. 황사농도에 대해서는 PM<sub>10</sub> 농도 기준 110 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 이하인 저농도의 경우가 고농도일 때보다 결막염 환자의 증가현상이 더 뚜렷하였다. 황사예보 정확도에 상관없이 지연효과 3일에서 5일이라는 현상은 그대로 재현되며 다만 황사발생을 정확히 예측하지 못한 경우가 정확한 예보를 했을 때보다는 p-값 측면에서 환자 증가현상이 다소 둔화되는 경향이

나타났다. 이와 같은 분석결과는 황사농도 및 황사예보의 특성, 주거환경 및 행태 심리학적 요인들이 복합적으로 작용하여 나타난 것으로 파악된다.

황사발생일 기준으로 24시간 전 황사예보가 정확했을 경우 해당 황사발생일 평균  $PM_{10}$  농도는  $174.6 \mu g/m^3$ 이었고 황사예보가 예측하지 못한 황사발생일의 평균  $PM_{10}$  농도는  $103.5 \mu g/m^3$ 이었으며, 특히 평균  $PM_{10}$  농도  $200 \mu g/m^3$  이상의 짙은 황사는 하루를 제외하고는 황사예보가 모두 정확하였다는 점에서 상대적으로 Hit 그룹의 짙은 황사발생일이 Miss 그룹보다 매우 빈번하였다는 것을 알 수 있다. 따라서, 정확한 예보에 의해 황사당일 외출을 삼가하더라도 짙은 황사의 경우에는 실내공기의 오염이 어느 정도는 불가피하므로[20] 예보가 정확했다고 하더라도 황사농도에 관계없이 결막염 발생빈도를 줄이기 어려웠다고 판단된다.

Miss 그룹에서는  $PM_{10}$  농도  $110 \mu g/m^3$  이상인 경우와 그 이하인 경우의 결막염 진료 건수의 증감패턴이 모든 자연일에 대해서 저농도의 경우가 고농도보다 발병률이 더 높았다. 이는 24시간 전 예보가 황사발생을 예측하지 못한 경우 저농도의 황사가 상대적으로 빈번하게 발생하였고 따라서, 일반인들은 평소처럼 외출을 하였을 가능성이 크고, 반대로 일반인이 황사발생을 인지할 수 있을 정도로 황사농도가 높았다면 평소 결막염에 취약한 잠재환자들은 오히려 외출을 자제하였을 것이다. 또한, Miss 그룹의 경우 실내공기의 오염이 불가피할 정도로 매우 심한 황사는 거의 발생하지 않았으므로 외출 자제의 효과는 Hit 그룹의 경우보다 매우 크다고 예상할 수 있다. 반대로 예보도 예측을 못하고 황사의 농도도 열은 경우에는 일반인들의 외출은 그대로 이루어졌을 것이고 따라서, 평소 결막염 발병 가능성이 높은 잠재군들의 발병이 증가하게 되었을 것이다. 이와 같은 요인들이 복합적으로 작용하여 Miss 그룹에서는  $PM_{10}$  농도가 높은 경우가 낮은 경우보다 상대적으로 결막염 진료건수가 낮다는 것을 알 수 있다.

이와 같은 분석결과들은 향후 황사예보의 제공

과 활용방안에 대한 몇 가지 시사점을 제시하고 있다. 정확한 황사예보를 통해 열은 황사가 발생하였을 때 결막염 환자를 어느 정도는 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 이에 따라, 황사예보의 정확도 제고는 국민 보건 향상에 매우 큰 기여를 할 수 있다는 점이며, 비록 하루 전 예보가 틀렸을 경우에도 황사발생 당일 TV, Radio, DMB, SmartPhone 등 실시간 정보제공매체에 의한 국민홍보가 충분히 이루어진다면 역시 결막염 발병율을 매우 효과적으로 줄일 수 있을 것이다. 이 경우에는 특히 육안으로 식별하기 힘든 열은 황사의 발생시 더욱 큰 긍정적인 효과를 얻을 수 있을 것이다. 또한, 본 연구에서 인지된 결막염에 영향을 미치는 황사현상의 지연효과, 예보의 정확도 및 황사농도에 따른 상호작용에 대한 지식을 활용한다면 결막염 관련 의약품 재고관리 및 수급계획 등을 수립하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 강광규, 대기오염으로 인한 사회적 피해비용, KEI 보도자료, 2002.
- [2] 국립환경과학원, 황사·미세먼지의 호흡기 및 심혈관계 건강영향과 독성학적 특성 연구, 2008.
- [3] 박정웅, 임영희, 경선영, 안창혁, 이상표, 정성환, 주영수, “황사기간 중 천식 환자에서 대기 중 미세먼지(PM10)가 최대호기유속과 호흡기 증상에 미치는 영향”, 『결핵 및 호흡기질환』, 제55권, 제6호(2003), pp.570-578.
- [4] 서주희, 하은희, 이보은, 박혜숙, 김호, 홍윤철, 이옥희, “서울지역의 미세먼지가 호흡기계 질환으로 인한 병원입원에 미치는 영향”, 『한국 대기환경학회지』, 제22권, 제5호(2006), pp.564-573.
- [5] 손지영, 조용성, 김윤신, 이종태, 김연정, “도시 대기오염의 위해 평가에 있어서 황사효과 분석 : 서울시 충사망 및 원인별, 사망률에 미치는 영향”, 『한국환경보건학회지』, 제35권, 제

- 4호(2009), pp.249-258.
- [6] 이기광, "황사 및 관련예보 정확도가 천식질환 발생빈도에 미치는 상관관계 분석", 『산업경영시스템학회지』, 제35권, 제3호(2012), pp.234-239.
- [7] 이증우, 이기광, "레저산업의 고객관계관리 문제에서 기상예보의 정보가치를 최대화시키는 의사결정전략 분석", 『경영과학』, 제27권, 제1호(2010), pp.33-43.
- [8] 한창희, 이증우, 이기광, "전력 수요 예측 관련 의사결정에 있어서 기온예보의 정보 가치 분석", 『경영과학』, 제26권 제1호(2009), pp.77-91.
- [9] Bateson, T.F., Schwartz, J., "Control for seasonal variation and time trend in case-crossover studies of acute effects of environmental exposures," *Epidemiology*, Vol.10 (1999), pp.539-544.
- [10] Chen, Y.S., P.C. Sheen, E.R. Chen, Y.K. Liu, T.N. Wu, and C.Y. Yang, "Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipei," *Taiwan. Environ. Res.*, Vol.95(2004), pp.151-155.
- [11] Chun, Y.S., K.O. Boo, J.Y. Kim, S.U. Park, M.H. Lee, "Synopsis, transport, and physical characteristics of Asian dust in Korea," *J. Geophys. Res.*, Vol.106, No.16(2001), pp.18461-18469.
- [12] Donaldson, K. and W. MacNee, The mechanism of lung injury caused by PM10. In : Hester, R.E., Harrison, R.M. (Eds.), *Issues in Environmental Science and Technology*. The Royal Society of Chemistry, London, 1998.
- [13] Groebner, D.F., P.W. Shannon, P.C. Fry, and K.D. Smith, *Business Statistics, A Decision-Making Approach*, 7<sup>th</sup> ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2008.
- [14] Hong, Y.C., X.C. Pan, S.Y. Kim, K. Park, E.J. Park, X. Jin, S.M. Yi, Y.H. Kim, C.H. Park, S. Song, and H. Kim, "Asian dust storm and pulmonary function of school children in Seoul," *Sci. Total Environ.*, Vol.408 (2010), pp.754-759.
- [15] Husar, R.B., D.B. Tratt, B.A. Schichtel, S.R. Falke, F. Li, D. Jaffe, S. Gasso, T. Gillt, and N.S. Laulainen, "Asian dust events of April 1998," *J. Geophys. Res.*, Vol.106(2001), pp. 18316-18330.
- [16] Hwang, S.S., S.H. Cho, D. Kang, H. Kim, E.H. Ha, and H.J. Kwon, "The Asian dust events and hospital admissions with respiratory and cardiovascular disease in Seoul," *Koeea Epidemiology*, Vo.14, No.5(2003), pp. 199-201.
- [17] Katsouyanni, K., G. Touloumi, C. Spix, J. Schwartz, F. Balducci, S. Medina, G. Rossi, B. Wojtyniak, J. Sunyer, L. Bacharova, J.P. Schouten, A. Ponka, and H.R. Anderson, "Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities : results from time series data from the APHEA project," *Br. Med. J.*, Vol.314(1997), pp.1658-1663.
- [18] Korea Meteorological Administration (KMA), *Annual Climatological Report*, 2010.
- [19] Kwon, H.J., S.H. Cho, Y. Chun, F. Lagarde, and G. Pershagen, "Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul," *Korea Environ. Res.*, Vol.90(2002), pp.1-5.
- [20] Lee, B.K. and E.R. Jeong, "Analysis of indoor and outdoor characteristics of PM10 during Asian dust events in Korea," *Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference*, 2006.
- [21] Lee, J.T., J.Y. Son, and Y.S. Cho, "A comparison of mortality related to urban air

- particles between periods with Asian dust days and without Asian dust days in Seoul, Korea, 2000~2004," *Environ. Res.*, Vol.105 (2007), pp.409-413.
- [22] Lei, Y.C., C.C. Chan, P.Y. Wang, C.T. Lee, and T.J. Cheng, "Effects of Asian dust event particles on inflammation markers in peripheral blood and bronchoalveolar lavage in pulmonary hypertensive rats," *Environ. Res.*, Vol.95(2004), pp.71-76.
- [23] Meng, Z. and B. Lu, "Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin," *China. Atmos. Environ.*, Vol.41(2007), pp. 7048-7058.
- [24] Park, J.W., Y.H. Lim, S.Y. Kyung, C.H. An, S.P. Lee, S.H. Jeong, and Y.S. Ju, "Effects of ambient particulate matter on peak expiratory flow rates and respiratory symptoms of asthmatics during Asian dust periods in Korea," *Respirol.*, Vol.10(2005), pp. 470-476.
- [25] Yang, C.Y., Y.S. Chen, H.F. Chiu, and W.B. Goggins, "Effects of Asian dust storm events on daily stroke admissions in Taipei," *Taiwan. Environ. Res.*, Vol.99(2005), pp.79-84.