

# The Impact of Particulate Matter and Public Awareness on the Incidence of Asthma

Ki-Kwang Lee<sup>†</sup>

School of Business Administration, Dankook University

## 미세먼지 농도 및 대중의 인식도가 천식질환 발생빈도에 미치는 영향 분석

이기광<sup>†</sup>

단국대학교 경영학부

This study investigates the influence of particulate matter concentrations on the incidence of asthma, focusing on the delayed onset of symptoms and subsequent medical consultations. Analysis incorporates a four-day lag from the initiation of fine dust exposure and compares asthma patterns before and after the World Health Organization's (WHO) classification of fine dust as a Group 1 carcinogen in November 2013. Utilizing daily PM10 data and asthma-related medical visit counts in Seoul from 2008 to 2016, the study additionally incorporates Google search frequencies and newspaper article counts on fine dust to assess public awareness. Results reveal a surge in search frequencies and article publications after WHO announcement, indicating heightened public interest. To standardize the long-term asthma occurrence trend, the daily asthma patient numbers are ratio-adjusted based on annual averages. The analysis uncovers an increase in asthma medical visits 2 to 3 days after fine dust events. Additionally, greater public awareness of fine dust hazards correlates with a significant reduction in asthma occurrence after such events, even within 'normal' fine dust concentrations. Notably, behavioral changes, like limiting outdoor activities, contribute to this decrease. This study highlights the importance of analyzing accumulated medical data over an extended period to identify general public behavioral patterns, deviating from conventional survey methods in social sciences. Future research aims to extend data collection beyond 2016, exploring recent trends and considering the potential impact of decreased fine dust awareness amid the COVID-19 pandemic.

**Keywords :** Particulate Matter; Asthma; Classification; Lag Effect; Public Awareness

### 1. 서론

대기오염의 대표적인 현상으로 미세먼지는 자동차(예: 디젤 차량), 발전 시설(예: 화석 연료 발전소), 산업 프로세

스(예: 공장 및 시멘트), 농업 및 주거 배출물(예: 비료 및 난방 사용), 자연현상(예: 화산, 산불 및 먼지 폭풍) 등 다양한 원인에 의해 발생한다[14, 16]. 고농도의 미세먼지는 일반 국민들의 일상 생활, 정신적·신체적 건강 등에 상당한 위협이 된다[6, 12].

미세먼지가 점점 더 심화되는 작금의 상황에서 유해한 환경에 노출되지 않도록 하는 것이 중요해지고 있다. 이에 따라 환경 보호를 위해 경제적 성장을 달성한 국가들 중

Received 29 November 2023; Finally Revised 6 December 2023;  
Accepted 6 December 2023

<sup>†</sup> Corresponding Author : kikle@dankook.ac.kr

특히 미세먼지와 같은 대기오염으로부터 공중 보건을 보호하는 것이 현대 정부의 중요한 역할 중 하나가 되었다. 이 목표를 달성하기 위해 고농도 미세먼지가 발생하는 아시아 국가들을 포함한 많은 국가들이 주로 두 가지 작업에 주력하고 있다. 그것은 미세먼지의 원인으로 확인된 물질의 배출을 통제하고 오염된 환경으로부터 대중의 노출을 줄이는 것이다. 정부는 엄격한 배출 통제 정책을 시행하는 한편, 대중이 유해한 외부환경에 노출되지 않도록 하는 데 도움이 되는 정보를 제공하기 시작했다. 대기질 지수(AQI)와 같은 것이 대표적인 예이며, 정부 기관은 대기오염의 원인과 영향에 대한 대중의 인식을 높이기 위한 교육 자료도 작성하여 대중들에게 제공하고 있다.

우리나라 역시 수십 년 동안, 특히 가끔씩 찾아오는 심한 황사와 국내 또는 외부 배출원으로 인한 미세먼지 농도의 증가로 대기 질이 저하되었다 [5]. 정부는 오염물질 배출을 통제하기 위해 상당한 노력과 자원을 투입하여 2002년 서울의 미세먼지 농도를  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2015년에는  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 낮추어왔다 [7]. 이러한 오염물질 배출 감소 노력과 병행하여, 보다 건강에 대한 인식이 높은 시민들이 실외 활동에 대한 정보를 통찰력 있게 결정할 수 있도록 공기질 수준을 게시하는 정보 시스템을 개발하였다 [2]. 예를 들어, 공기질 정보를 제공하는 포털인 'Air Korea' ([www.airkorea.or.kr](http://www.airkorea.or.kr))를 통해 2002년 4월부터 실시간 미세먼지 정보가 제공되어왔으나, 이에 대한 대중들의 활용도를 조사 분석한 연구는 없다.

이 두 가지 정부 노력 중에서 오염물질 배출 통제의 효율성은 실제 오염물질의 농도측정에 기반하여 비교적 쉽게 확인할 수 있다 [18, 19]. 그러나 공기질 정보를 적시에 제공하는 정보 공개 방식이 의도한 목표를 달성하는 데 얼마나 성공적인지는 명확하지 않으며, 따라서 시민들이 유해한 환경을 피하도록 돕는지 여부 및 그 영향이 공기질에 대한 대중의 인식에 어떻게 영향을 미치는지를 검증하려는 노력은 제대로 이루어지지 않고 있다.

기존의 많은 연구들은 특히  $\text{PM}_{10}$  (즉, 지름이 10 마이크로미터 이하인 미립자 물질) 미세먼지에 노출되는 것에 의한 보건학적 위험을 제시하였는데, 여기에는 사망, 호흡기 질환, 심혈관 질환, 뇌졸중, 그리고 조기 생리 등의 건강상 악영향을 분석한 바 있다[4, 9, 10, 15, 17]. 위 연구들은 고농도 미세먼지로 인한 질병이나 사망 빈도를 분석해 왔지만, 분석결과가 대중들의 미세먼지 환경에 노출되는 정도에 따른 영향인지는 밝히지 못했다. 즉, 고농도 미세먼지 발생과 관계없이 국민들이 평소와 같은 외부 활동 패턴을 보일 것이라는 가정을 전제로 분석한 연구결과일 뿐이다. 그러나, 최근 Lee et al.[11]은 미세먼지 농도에 따른 우리나라 국민들의 외출 패턴을 분석한 바 있는데, WHO가 미세먼지를 1급 발암물질로 지정한 시점인 2013년 10

월 이후 미세먼지 농도와 상반된 외출 패턴을 보이기 시작했다는 분석결과를 제시한 바 있다. 즉, 해당 시점 이전에는 미세먼지 농도와 상관없는 외부 활동 패턴을 보였던 반면에, 해당 시점 이후에 고농도 미세먼지를 피하는 방향으로 외출 패턴이 달라진 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 2013년 10월 이전과 이후 미세먼지 농도에 따른 외출 패턴의 변화가 서울 시민들 사이에서 발생한 호흡기 질환 중 하나인 천식질환의 발생빈도에 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 제2장에서는 자료와 분석방법을 설명한다. 제3장에서는 2008년부터 2016년까지의 미세먼지 농도와 천식질환의 진료 건수를 비교 분석한 결과를 설명하고, 제4장에서 결론을 제시한다.

## 2. 자료 수집

본 연구에서는 지상에서 관측한  $\text{PM}_{10}$  농도, 기상 변수, 서울시 천식질환 진료 건수, 미세먼지 관련 키워드 검색량, 미세먼지 관련 신문기사 수와 관련된 데이터를 수집하였다. 분석 대상 기간은 자료수집이 가능한 총 3288일 (2008년 ~ 2016년) 동안 총 9년을 설정하여 최대한 장기간의 패턴을 관찰하려고 노력하였다.

### 2.1 미세먼지 농도

서울 광역권 지상  $\text{PM}_{10}$  농도는 2008년 1월부터 2016년 12월까지 환경부에서 운영하는 포털 'Air Korea' ([www.airkorea.or.kr](http://www.airkorea.or.kr))의 자료를 사용하였다. 그밖에 천식질환 발생빈도에 영향을 미치는 것으로 알려진 기상 조건에 관한 데이터, 즉 일일 평균 기온(섭씨도) 및 일일 강수량(밀리미터)은 공개적으로 접근 가능한 기상청 웹사이트 (<https://data.kma.go.kr>)에서 수집하였다.

한국의 미세먼지 관련 공기질을 나타내는 지표인 AQI (Air quality index)은 건강 영향과 행동 지침과 관련해서 네 가지 수준, 즉 ' 좋음', ' 보통', ' 나쁨', ' 매우 나쁨'으로 미세먼지 농도 구간을 구분하고 있다. AQI에 따르면  $\text{PM}_{10}$  농도가  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  미만일 때 공기 질은 ' 좋음'으로 간주된다(즉, 위험이 거의 또는 전혀 없다).  $\text{PM}_{10}$  농도가  $31\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 공기 질은 ' 보통'이다(즉, 소수의 사람들에게 건강상 중간 정도의 우려가 있을 수 있다).  $\text{PM}_{10}$  농도  $81\sim 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 는 ' 나쁨'으로 분류되며, 이는 환자와 민감한 그룹의 구성원에게 해로운 영향을 미치거나 일반 대중에게 불편감을 유발할 수 있는 수준이다. ' 매우 나쁨' ( $>151 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )은 급성 노출의 경우 환자와 민감한 그룹의 구성원에게 심각한 영향을 미칠 수 있다.

## 2.2 천식질환 진료 빈도수

분석 대상 기간의 서울 지역 전체 병원 및 의료기관의 천식 환자에게 제공된 진료 건수에 대한 데이터는 건강보험심사평가원(HIRAS)으로부터 정보공개청구를 통해 수집되었다. 정부 산하 보건기관인 HIRAS는 주로 의료비용 청구서를 심사하고 있으며, 모든 병원 및 의료기관의 일일 의료기록을 전산화하여 보관하고 있다.

## 2.3 미세먼지 관련 대중의 인식도

고농도 미세먼지로 인한 부작용에 대한 대중의 인식을 분석하기 위해 2008년부터 2016년까지 Google의 ‘미세먼지’ 키워드 월간 검색량과 ‘미세먼지’ 관련 신문기사 수를 사용하여 미세먼지의 부정적 영향에 대한 대중 인식도를 조사했다. Google 트렌드는 해당 기간 동안의 상대 키워드 검색량을 기반으로 0에서 100까지의 범위로 조정된 SVI를 제공한다[1]. 미세먼지 관련 신문기사 수는 한국언론재단에서 제공하며, 한국의 47개 언론사에서 모든 기사를 제공한다(www.kinds.or.kr).

## 3. 분석 방법

### 3.1 지표그룹 및 비교그룹 구분

일반적으로 천식질환의 진료 빈도수는 미세먼지 뿐만 아니라 요일, 계절적 추세, 강수, 기온과 같은 기상 조건 등 다른 여러 요인들이 복합되어 나타난 수치라고 볼 수 있다. 또한, 분석 대상 기간이 9년이라는 점에서 장기적인 시계열 패턴, 주간 및 연간 변화, 기온 및 강수량으로 인해 발생하는 이러한 복합적인 효과를 분석에서 제어하기 위해 지표그룹(index group)과 비교그룹(comparison group)으로 구분하여 이들을 일대일 비교하는 방법을 사용하였다[10, 17].

지표그룹 및 비교그룹의 일일 천식진료 빈도수에 대해 짝진표본의 t-검정(paired t-test)을 실시하여 미세먼지 농도와 천식진료수 간의 관계를 분석하였다. ‘지표그룹’에 포함되는 지표일(index day)은 일일 평균 PM<sub>10</sub> 농도가 특정 농도 임계값보다 높은 날로 정의된다. ‘비교그룹’ 내 비교일(comparison day)은 일일 평균 PM<sub>10</sub> 농도가 동일 농도 임계값보다 낮은 날들 중에서 지표일의 일주일 전과 후의 날로 정의된다. 따라서 지표일은 0개, 1개 또는 2개의 비교일과 짝을 이룰 수 있다. 지표일에 대응하는 비교일을 찾을 수 없는 경우의 데이터는 분석데이터에서 제외한다. 두 개의 비교일이 모두 사용 가능한 경우에는 두 값의 평균값이 지표일과 짝을 이룹니다. 이러한 접근 방식을 통해 주

간 주기, 계절 변화, 연간 추세 및 기온, 강수와 같은 기상 조건에 의해 발생하는 복합적인 효과를 제어할 수 있다.

미세먼지 이외의 영향요인을 제어하는 것에 대해 좀 더 자세히 설명하자면, 지표일 대비 일주일 전과 후 데이터를 짝을 지으면 요일 효과와 기온 요인을 제거할 수 있다. 단, 일주일만에 기온이 급격하게 변동하지 않는다는 상식적 가정이 전제된다. 마지막으로 지표일과 비교일의 대응 과정에서 강수유무를 동일 조건으로 대응함으로써 최종적으로 위에서 언급했던 미세먼지 농도 효과 외의 장기적 패턴, 요일 요인, 날씨 요인들을 제거할 수 있게 된다.

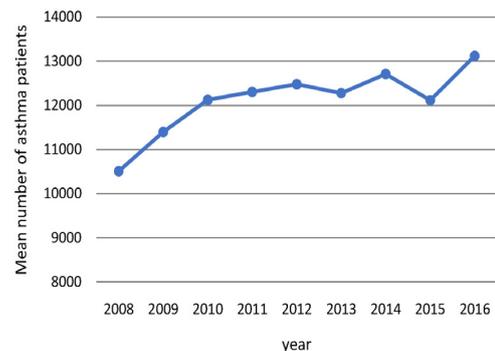
## 3.2 지연 효과 분석

미세먼지가 원인이 되어 인체 건강에 미치는 영향은 일반적으로 시간이 지나야 나타나며, 본 연구의 분석대상인 천식질환의 경우 뇌졸중이나 심장병과 같은 발병 직후 즉시 치료해야 하는 질병이 아니다. 따라서 환자의 병원 또는 진료소 방문은 고농도 미세먼지 발생 후 며칠 후에 이루어질 수 있다. 이러한 지연효과를 분석에 반영하기 위해 짝진 표본의 t-검정에 사용되는 데이터를 분석 대상일로부터 해당 지연일(lag days)까지 제공된 일일 의료 서비스 수의 이동 평균을 사용하였다. 대기오염에 의한 보건학적 단기 영향을 분석하는데 주로 사용되고 있는 반응지연효과는 4일 이내로 가정하는 연구가 대부분이다[3, 8, 13, 17]. 따라서 본 연구에서는 당일 이후 4일까지의 지연 효과에 대해 분석을 진행하였다.

## 4. 결과 및 해석

### 4.1 천식질환 진료 건수의 장기적 추세

먼저 분석대상 기간 동안 서울시 기준 하루 천식질환 진료 건수의 연도별 평균치를 <Figure 1>고 같은 시계열 그래프를 통해 확인하였다.



<Figure 1> Mean Daily Number of Asthma Patients(2008–2016)

<Figure 1>은 천식질환의 빈도 수가 점진적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 본 연구의 목적은 미세먼지 농도에 따른 천식질환 발생빈도의 차이를 분석하고자 하는 것이므로 이와 같은 장기적 추세를 제거할 필요가 있었다. 따라서, 연간 평균치를 기준으로 매일의 진료건수를 정규화하여 연간 추세를 제거하였다. 즉,  $j$ 년도의  $i$ 번째 날 수치에 대한 정규화 값인  $NAP_{ij}$ 는 다음 식 (1)과 같이 정의된다.

$$NAP_{ij} = \frac{AP_{ij}}{AP_j} \quad (1)$$

단,  $AP_{ij}$ 는  $j$ 년도의  $i$ 번째 날 천식질환 진료 건수이며,  $AP_j$ 는  $j$ 년도의 평균 일일 진료 건수를 나타낸다.

### 4.2 미세먼지 농도별 천식 진료건수

임의의  $PM_{10}$  농도 기준보다 높은 날에 해당하는 지표그룹과 기준  $PM_{10}$  이하인 날들의 비교그룹 간의 천식 진료건수를 비교하기 위해 지표일의 NAP에서 비교일의 NAP 수치를 뺀 값인 NAP difference를 분석하였다. NAP difference는 지표일의 NAP 값이 비교일의 NAP 수치보다 높거나 낮다는 것을 나타내는 지표이다. 예를 들어, 지표일의 천식 진료건수가 비교일의 진료건수보다 높으면 NAP difference는 양수, 낮으면 음수가 된다.

<Table 1>은 지표그룹 및 비교그룹 결정의 기준이 되는  $PM_{10}$  농도 30부터 130까지 각 그룹별로 당일부터 4 지연

<Table 1> The Mean Difference between the NAP on the Index Group and the NAP on the Comparison Group (2008-2016)

$PM_{10}$	0-day lag	1-day lag	2-day lag	3-day lag	4-day lag
30	-0.019**	0.008	0.010	0.006	0.002
40	-0.007	0.005	0.010**	0.014**	0.019**
50	-0.001	0.000	0.008*	0.008	0.006
60	-0.002	0.001	0.008*	0.005	-0.005
70	-0.003	0.001	0.004	0.002	-0.003
80	-0.011	0.000	0.003	0.003	0.004
90	-0.009	-0.004	0.001	0.003	0.009
100	0.007	0.006	0.009*	0.008	0.007
110	-0.010	-0.007	0.004	0.004	0.004
120	-0.012	-0.006	0.006	0.015*	0.019**
130	-0.004	-0.006	0.006	0.007	0.007
Mean	-0.007	-0.001	0.006	0.007	0.006

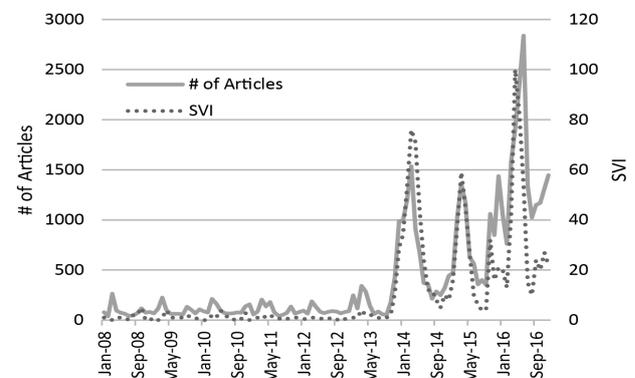
\* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ .

일까지의 NAP difference의 평균값을 나타내고 있다.

<Table 1>의 결과로부터 미세먼지 농도가 높은 당일에는 천식 진료건수가 낮음을 알 수 있으며 이는 하루 이후 까지도 미세먼지 농도가 높으면 동일 패턴이 있음을 알 수 있다. 또한, 실제 미세먼지의 효과는 2일 이후부터 진료건수가 증가함을 NAP difference 값이 양수라는 사실에서 유추해 볼 수 있다. 또한, 미세먼지 농도가 40, 50 또는 60 이상인 날 이후 2일이 지나서 천식 진료건수가 통계적으로 유의미하게 증가함을 알 수 있으며,  $PM_{10}$  농도 100 이상인 경우에도 2일 후 진료건수가 증가한다. 일반적으로 미세먼지 농도가 100 이상이면 나쁨 단계이므로 당연히 진료건수가 증가한다는 것은 자연스럽지만, 미세먼지 보통 구간인 40, 50, 60에서도 천식 환자 발생이 증가한다는 것은 언뜻 이해하기 어려울 수 있다. 그러나, Lee et al.[11]의 연구에 따르면 미세먼지가 보통 단계인 구간에서는 날씨가 포근한 경우가 많아 외출을 많이 하게 되는 패턴이 발생함을 보여주었다. 따라서, 미세먼지 농도가 나쁨 단계가 아니더라도 외출이 늘었다면 천식 취약자들에게는 영향을 미칠 수 있었을 것으로 추정할 수 있다.

### 4.3 미세먼지 유해성 관련 대중 인식도 변화

우리나라에서는 과거 2000년대 초반만 해도 급격한 산업화로 인해 미세먼지 농도가 매우 높았지만 대중의 관심을 거의 받지 못했다. 미세먼지에 대한 대중의 관심과 우려가 갑자기 증가한 주요 원인은 2013년 10월 세계보건기구(WHO)가 미세먼지를 1급 발암 물질로 지정한 시점부터였다. WHO 산하기구인 국제암연구소(IARC)는 야외 대기질을 이전에 보고된 디젤 엔진 배출가스, 용매, 금속 및 먼지와 같은 물질과 함께 발암 물질로 분류했다.



<Figure 2> Google's SVI and the Number of Articles on 'Particulate Matter' during 2008-2016

<Figure 2>는 2008년부터 2016년까지 Google의 SVI 및 미세먼지 관련 신문기사 수를 나타낸다. 2013년 10월까지 검색 볼륨이나 뉴스 기사가 거의 없다가 2013년 11월 이후로 검색 볼륨과 뉴스 기사 수 모두 급격히 증가했다. 이에 따른 추가 분석을 위해 본 연구는 2013년 11월 이전과 이후의 미세먼지에 대한 대중 인식의 두 기간을 낮은 대중 인식(2008년 1월 ~ 2013년 10월)과 높은 대중 인식(2013년 11월 ~ 2016년 12월)으로 분리하여 분석을 진행하였다.

4.4 대중 인식도에 따른 천식질환 빈도수 비교

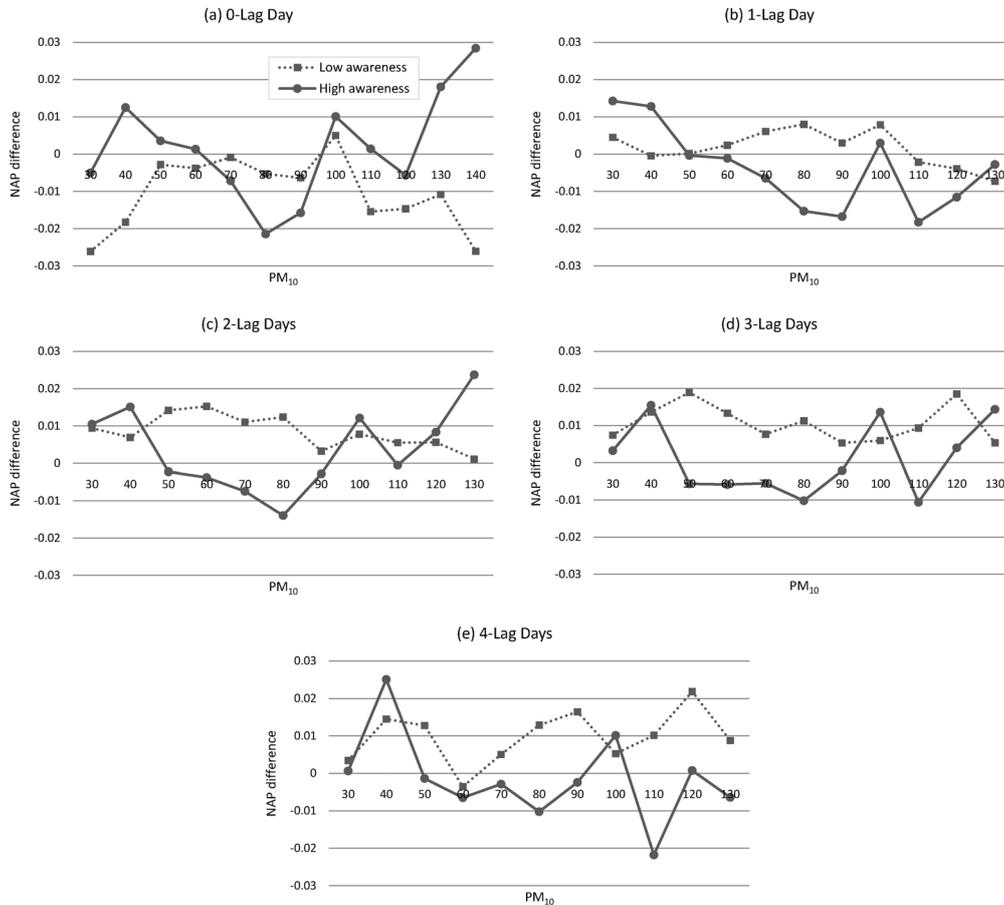
<Table 2> 및 <Figure 3>은 2008년부터 2016년까지 분석기간을 2013년 11월 이전의 미세먼지 유해성에 대한 낮은 대중 인식 기간과 2013년 11월 이후 높은 대중 인식 기간으로 분리하여 두 기간에서의 NAP difference를 각각 도출한 결과를 나타낸다. <Table 3>에서 Differ는 낮은 인식 기간에서의 NAP difference에서 높은 인식 기간의 NAP difference를 뺀 값으로서 낮은 인식 기간 대

비 높은 인식 기간 때 천식질환자가 얼마나 감소했는지를 나타내는 지표이다. 이에 대해 각 PM10 농도 구간별 두 인식 기간에서의 천식질환자 차이를 paired t-test한 결과 지표일 대비 3일 및 4일 이후 천식질환자 수가 유의미하게 감소하였음을 알 수 있다. <Figure 3>을 통해 두 기간의 천식질환 발생빈도를 미세먼지 농도 구간별로 쉽게 비교할 수 있는데, 지표일 당일을 제외하고 1일 이후 4일까지 자연일에서 대부분의 PM10 농도 구간에서 낮은 인식 기간의 NAP difference보다 높은 인식 기간에서의 NAP difference 수치가 더 작은 값을 가짐을 알 수 있다. 특히 2 자연일과 3 자연일에서는 PM10 농도 50에서 80까지의 구간에서 일관된 감소 패턴을 확인할 수 있다. 이에 대한 시사점을 매우 중요한데, 미세먼지 유해성에 대해 많은 국민들이 인식을 한 이후에는 미세먼지 농도 ‘보통’ 구간에서도 외출을 자제하는 등의 방어적 행태를 취함으로써 천식질환자 수가 뚜렷하게 감소하였다는 것을 의미한다. 이는 Lee et al. [11]의 연구결과인 높은 인식 기간에서의 외출 패턴 분석과도 일관된 결과라고 볼 수 있다.

<Table 2> The Mean Difference between the NAP on the Index Group and the NAP on the Comparison Group during the Low Public Awareness Period(Jan. 2008 to Oct. 2013) and the High Public Awareness Period (Nov. 2013 to Dec. 2016)

lag day		PM <sub>10</sub>											Mean
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
0	Low	-0.026	-0.018	-0.003	-0.004	-0.001	-0.005	-0.006	0.005	-0.015	-0.015	-0.011	-0.010
	High	-0.005	0.012	0.004	0.001	-0.007	-0.021	-0.016	0.010	0.001	-0.006	0.018	0.002
	Differ	-0.021	-0.031**	-0.006	-0.005	0.006	0.016	0.009	-0.005	-0.017	-0.009	-0.029	-0.012
1	Low	0.004	0.000	0.000	0.002	0.006	0.008	0.003	0.008	-0.002	-0.004	-0.007	0.001
	High	0.014	0.013	0.000	-0.001	-0.006	-0.015	-0.017	0.003	-0.018	-0.012	-0.003	-0.004
	Differ	-0.010	-0.013	0.000	0.003	0.013	0.023**	0.020	0.005	0.016	0.008	-0.005	0.005*
2	Low	0.009	0.007	0.014	0.015	0.011	0.012	0.003	0.008	0.005	0.006	0.001	0.008
	High	0.010	0.015	-0.002	-0.004	-0.007	-0.014	-0.003	0.012	-0.001	0.008	0.024	0.005
	Differ	-0.001	-0.008	0.016*	0.019*	0.018*	0.026**	0.006	-0.004	0.006	-0.003	-0.023	0.003
3	Low	0.007	0.014	0.019	0.013	0.008	0.011	0.005	0.006	0.009	0.019	0.005	0.010
	High	0.003	0.015	-0.006	-0.006	-0.005	-0.010	-0.002	0.014	-0.011	0.004	0.014	0.002
	Differ	0.004	-0.002	0.025**	0.019*	0.013	0.021	0.007	-0.008	0.020	0.014	-0.009	0.008**
4	Low	0.003	0.014	0.013	-0.004	0.005	0.013	0.016	0.005	0.010	0.022	0.009	0.009
	High	0.001	0.025	-0.001	-0.007	-0.003	-0.010	-0.002	0.010	-0.022	0.001	-0.006	-0.002
	Differ	0.003	-0.011	0.014	0.003	0.008	0.023	0.019	-0.005	0.032	0.021	0.015	0.011***

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01



<Figure 3> The Mean NAP Difference on the Index Group and the NAP on the Comparison Group during the Low Public Awareness Period and the High Public Awareness Period for Each Lag Day

### 5. 결론

본 연구는 미세먼지 농도가 천식질환자 발생빈도에 미치는 영향을 분석하였다. 구체적으로는 천식질환의 특성상 미세먼지 발생 직후 발병하는 것보다는 시일이 지나서 증상이 나타나고 내원하여 진료받는 경향을 반영하여 미세먼지 발생부터 4일까지의 지연일을 설정하여 분석하였다. 또한, 미세먼지 유해성에 대한 국민의 인식수준이 높아진 계기가 된 시점인 WHO가 미세먼지를 1급 발암물질로 지정했던 2013년 11월을 기점으로 그 전후 천식질환 발생 패턴을 비교·분석하였다.

2008년 1월부터 2016년 12월까지 서울지역을 대상으로 일별 미세먼지 농도(PM<sub>10</sub>)와 천식질환 진료건수를 분석 자료로 사용하였다. 미세먼지 관련 대중의 인식수준 파악을 위해서 분석대상 기간 동안의 미세먼지를 키워드로 하는 구글 검색빈도와 신문기사 발행건수를 수집하였다. 분석 결과 WHO 발표일 직후부터 미세먼지 관련 검색 빈도 및 기사 발행수가 급증하는 경향을 통해 WHO 발표일이

후 대중의 미세먼지 인지도 및 관심도가 급증했다고 확인할 수 있었다.

본 연구는 9년이라는 분석대상 기간 동안의 장기적 증가 추세인 천식질환 발생빈도를 표준화하기 위해 해당 연도 일별 질환자 수에 각 연도별 평균치를 나눈 수치로 자료변환을 하여 분석을 수행하였다. 그 결과 서울시 천식질환 진료 패턴으로 미세먼지 발생일 기준 2일 또는 3일 후 천식진료건수가 증가함을 확인하였다. 또한, 미세먼지에 대한 인체 유해성을 대중들이 인식한 이후에는 대체적으로 미세먼지 발생 이후 천식질환 발생빈도가 인식 이전 기간보다 현저히 감소하였음을 검증하였다. 특히, 미세먼지 농도 ‘보통’ 구간에도 외출등을 자제함으로써 과거보다 유의미한 천식발생빈도의 감소를 확인하였다.

본 연구는 인간행동을 연구하는 사회과학에서 주로 사용되는 서베이 방법이 아닌 비교적 장기간의 인간 행동에 의해 축적된 진료 데이터를 분석하여 일반 대중들의 행동 패턴을 도출할 수 있음을 보였는데 의의를 두고자 한다. 향후 연구로는 2016년 이후의 현재까지의 데이터를 추가

수집하여 코로나로 의해 미세먼지 관심도가 상대적으로 낮아진 최근의 상황을 분석해 보고자 한다.

## Acknowledgement

The present research was supported by the research fund of Dankook University in 2023

## References

- [1] Carneiro, H.A. and Mylonakis, E., Google Trends: A Web-Based Tool for Real-Time Surveillance of Disease Outbreaks, *Clinical Infectious Diseases*, 2009, Vol. 49, pp. 1557-1564.
- [2] Chang, L.-S., Cho, A., Park, H., Nam, K., Kim, D., Hong, J.-H., and Song, C.-K., Human-Model Hybrid Korean Air Quality Forecasting System, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2016, Vol. 66, pp. 896-911.
- [3] Chen, Y.S., Sheen, P.C., Chen, E.R., Liu, Y.K., Wu, T.N., and Yang, C.Y., Effects of Asian Dust Storm Events on Daily Mortality in Taipei, Taiwan, *Environmental Research*, 2004, Vol. 95, pp. 151-155.
- [4] Jung, E.M., Kim, H.S., Park, H., Ye, S., Lee, D., and Ha, E.H., Does Exposure to PM10 Decrease Age at Menarche?, *Environment International*, 2018, Vol. 117, pp. 16-21.
- [5] Kim, H. C., Kim, E., Bae, C., Cho, J. H., Kim, B.-U., and Kim, S., Regional Contributions to Particulate Matter Concentration in the Seoul Metropolitan Area, South Korea: Deasonal Variation and Sensitivity to Meteorology and Emissions Inventory, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2017, Vol. 17, pp. 10315- 10332.
- [6] Kim, K.-H., Kabir, E., and Kabir, S., A Review on the Human Health Impact of Airborne Particulate Matter, *Environment International*, 2015, Vol. 74, pp. 136-143.
- [7] Kim, Y.P. and Lee, G., Trend of Air Quality in Seoul: Policy and Science, *Aerosol and Air Quality Research*, 2018, Vol. 18, pp. 2141-2156.
- [8] Kwon, H.J., Cho, S.H., Chun, Y., Lagarde, F., and Pershagen, G., Effects of the Asian Dust Events on Daily Mortality in Seoul, Korea, *Environmental Research*, 2002, Vol. 90, pp. 1-5.
- [9] Lee, J.-T., Son, J.-Y., and Cho, Y.-S., 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, *Environmental Research*, 2007, Vol. 105, pp. 409-413.
- [10] Lee, J.-W. and Lee, K.-K., Effects of Asian Dust Events on Daily Asthma Patients in Seoul, Korea, *Meteorological Applications*, 2014, Vol. 21, pp. 202-209.
- [11] Lee, K.-K., Park, Y., Han, S.-P., and Kim, H.C., The Alerting Effect from Rising Public Awareness of Air Quality on the Outdoor Activities of Megacity Residents, *Sustainability*, 2020, Vol. 12, pp. 820-831.
- [12] Lelieveld, J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D. and Pozzer, A., The Contribution of Outdoor Air Pollution Sources to Premature Mortality on a Global Scale, *Nature*, 2015, Vol. 525, pp. 367-371.
- [13] Leung, Y.K., Yip, K.M., and Yeung, K.H., Relationship between Thermal Index And Mortality in Hong Kong, *Meteorological Applications*, 2008, Vol. 15, pp. 399-409.
- [14] Lighty, J.S., Veranth, J.M., and Sarofim, A.F., Combustion Aerosols: Factors Governing Their Size and Composition and Implications to Human Health, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2000, Vol. 50, pp. 1565-1618.
- [15] Meng, Z. and Lu, B. Dust Events As a Risk Factor for Daily Hospitalization for Respiratory And Cardiovascular Diseases in Minqin, China, *Atmospheric Environment*, 2007, Vol. 41, pp. 7048-7058.
- [16] Simoneit, B.R., Biomass Burning: A Review of Organic Tracers for Smoke from Incomplete Combustion, *Applied. Geochemistry*, 2002, Vol. 17, pp. 129-162.
- [17] Yang, C., Chen, Y., Chiu, H., and Goggins, W.B., Effects of Asian Dust Storm Events on Daily stroke admissions in Taipei, Taiwan, *Environmental Research*, 2005, Vol. 99, pp. 79-84.
- [18] Yoon, S.-C. and Lee, K.-K., Economic Value Analysis of Asian Dust Forecasts Using Decision Tree-Focused on Medicine Inventory Management, *Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering*, 2014, Vol. 37, No. 1, pp. 120-126.
- [19] Zheng, B., Tong, D., Li, M., Liu, F., Hong, C., Geng, G., Li, H., Li, X., Peng, L., Qi, J., Yan, L., Zhang, Y., Zhao, H., Zheng, Y., He, K., and Zhang, Q., Trends in China's Anthropogenic Emissions Since 2010 As the Consequence of Clean Air Actions, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2018, Vol. 18, pp. 14095-14111.

## ORCID

Ki-Kwang Lee | <http://orcid.org/0000-0003-2291-8376>