

ORIGINAL ARTICLE

## 기상 및 대기질이 건강취약집단에 미치는 영향

강동배<sup>1)</sup> · 박창현<sup>1)</sup> · 정우식<sup>2)</sup> · 이귀옥<sup>3)</sup> · 이화운<sup>4)</sup>\*

부산대학교 환경시스템학과, <sup>1)</sup>부산대학교 환경연구원, <sup>2)</sup>인제대학교 대기환경정보공학과, <sup>3)</sup>디엠제이시스템,  
<sup>4)</sup>부산대학교 지구환경시스템학부

## Effects of Meteorology and Air Pollution on Respiratory Disease affecting Vulnerable Populations

Dongbae Kang, Changhyoun Park<sup>1)</sup>, Woo-Sik Jung<sup>2)</sup>, KwiOk Lee<sup>3)</sup>, Hwa Woon Lee<sup>4)</sup>\*

*Department of Environmental System, Pusan National University, Busan, 46241, Korea*

<sup>1)</sup>*Institute of Environmental Studies, Pusan National University, Busan, 46241, Korea*

<sup>2)</sup>*Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Inje University, Gimhae 50834, Korea*

<sup>3)</sup>*DMJ System, Engineering Building 6, Pusan National University, Busan 46241, Korea*

<sup>4)</sup>*Division of Earth Environment System, Pusan National University, Busan 46241, Korea*

### Abstract

It is well known that atmospheric environments, including both meteorology and air quality, significantly affect public health, such as chronic lung disease and cancer, and respiratory infections. In this study, we have analyzed correlations between the number of daily respiratory outpatients and the atmospheric environments data for about ten years for the city of Busan, South Korea. The respiratory problem patients data have been categorized into two health-vulnerable groups by age over 65(DayPA\_O65) and under 20(DayPA\_U20), each of which shows relatively higher correlations with air quality and meteorology, respectively. However, time series analysis with factor separation results in that DayPA\_O65 and DayPA\_U20 show a higher relation with variance components and daily irregular factors of atmospheric concentrations, respectively.

**Key words** : Air pollution, Meteorology, Respiratory disease, Busan

### 1. 서론

세계 보건 기구(World Health Organization, WHO, 2020)에 따르면, 대기오염으로 인해 매년 전 세계적으로 약 700만 명이 조기 사망하고 있으며, 10명 중 9명이 높은 수준의 오염물질이 포함된 공기를 흡입하고 있는 것으로 나타났다. 대기오염은 뇌졸중, 심장 질환, 만성 폐쇄

성 폐질환, 폐암 및 급성 호흡기 감염으로 인한 사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 대기오염물질 중 오존은 천식을 유발하거나 악화시키는 주요 요인이며, 이산화질소와 이산화황은 천식, 기관지 증상, 폐 염증 및 폐 기능 저하를 유발할 수 있다. 특히 미세먼지의 경우 폐암, 심장 및 호흡기 질환의 위험을 증가시킬 수 있다. 대기오염은 아동건강과 생존에 해로운 영향을 미치는데, 전 세계

Received 8 April, 2020; Revised 10 June, 2020;

Accepted 1 July, 2020

\*Corresponding author: Hwa Woon Lee, Division of Earth Environment System, Pusan National University, Busan, 46241, Korea  
Phone:+82-51-510-2291  
E-mail: hwlee@pusan.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.

어린이의 93%가 WHO 지침보다 유해한 수준의 대기오염 환경에서 살고 있으며, 5세 미만 어린이의 사망 4명당 1명 이상이 환경위험과 직간접적으로 연결되어 있다. 2016년의 경우 외부대기오염(Ambient Air Pollution, AAP)과 실내대기오염(Household Air Pollution, HAP)에 따른 호흡기 감염으로 5세 미만 어린이 약 54만 명의 조기 사망자가 발생하였다(WHO, 2018).

국내에서도 갈수록 심해지는 대기오염, 특히 미세먼지로 인해, 이에 관한 관심과 건강에 대한 불안감이 높아지고 있다. 최근 보건외교 빅데이터 개방시스템(Health Insurance Review and Assessment Service, HIRAS, 2020)을 통해 많은 양의 건강정보자료가 공개됨에 따라 대기오염물질 중에서도 미세먼지가 호흡기 및 심혈관 질환, 고혈압 그리고 당뇨병과 같은 특정 질환에 미치는 영향에 관한 연구가 많이 진행되었다(Shi, 2018, Pak and Pak, 2019). 특히 서울지역에 대한 연구가 많이 진행되었는데 미세먼지가 천식 사망자 수에 미치는 영향(Park et al., 2015) 및 호흡기계 질환으로 병원 입원에 미치는 영향(Seo et al., 2006), 호흡기 질환 사망과의 연관성 연구(Kang et al., 2006) 등 다양한 연구가 진행되었다. 기후와 질병과의 상관성(Lee and Yeo, 2016)에 대해서도 연구되었는데, 통계적 추정방법인 ARMAX (Auto-regressive moving-average model with exogenous variables), VARMAX (Vector ARMA model with exogenous variables)를 통해, 상기도감염과 하기도감염의 경우 평균기온이 내려갈수록 환자수가 증가하고 일교차가 클수록 증가하는 것으로 나타나 이들 질병은 기상에 영향을 받는 것으로 분석되었고, 피부질환은 평균기온이 높을수록 발생빈도가 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구대상 지역인 부산지역의 경우 유년(0~14세) 인구의 비율에 대한 노년(65세 이상) 인구의 비율을 보는 노령화지수가 2000년에는 32.6%에서 2017년에는 140.8%로 빠르게 증가하고 있는 것으로 나타났으며(부산여성가족통계연보, BMC, 2018), 전국 7대 특별광역시 중에서 가장 높은 노령화지수를 나타냈다. 부산시의 경우 기후변화와 심각해지는 대기오염으로 인해 체계적인 환경 보건정책이 필요하며 증가 추세인 노령인구에 대한 보다 적극적인 대응이 필요하다는 것을 의미한다.

부산지역의 경우 대기오염에 따른 사망 양상(Lee, 2004), 부산광역시 일부 지역의 대기오염 정도가 중학생

의 건강에 미치는 영향(Yoon, 2002), 지역별 대기오염 수준이 호흡기 질환에 미치는 영향(Park, 2017), 기상인자를 고려한 호흡기 질환에 미치는 미세먼지(Cho, 2018) 등의 연구가 진행되었으나 이들 선행연구의 경우 대부분 월평균 자료를 이용하였고 연구대상 집단도 전체 연령을 대상으로 하거나 하나의 건강취약집단에 대한 연구가 대부분으로, 같은 호흡기 질환이라 하더라도 입원 환자 수와 사망자 수에 대한 연구들이 진행되었다. 그러므로 본 연구에서는 호흡기 질환 중 매일 방문한 외래 환자 수를 중심으로 기상과 대기오염이 전체 호흡기 질환 외래 환자 수에 대한 영향을 살펴보았다. 특히 만 20세 이하의 미성년 집단과 만 65세 이상의 노령층 집단으로 건강취약집단을 구분하여 두 건강취약집단에 대한 비교를 중심으로 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 부산지역의 건강취약집단을 대상으로 기상 및 대기오염이 호흡기 질환에 미치는 영향에 관해 연구하였다. 만 20세 이하와 만 65세 이상으로 건강취약 집단을 구분하여 기상과 대기오염농도가 두 집단에 어떻게 서로 다른 영향을 미치는지 기본적인 상관분석을 통해 분석하였고 대기오염농도와 기상변수가 가지는 시계열적 특성을 고려하여 주기적인 변동성분들에 대한 상관분석을 실시하여 두 집단에 미치는 영향을 살펴보았다. 이를 위한 통계분석 도구로는 R(The R Foundation, 2020)을 이용하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 기상 및 대기오염 자료

본 연구에서 사용된 대기오염 자료는 한국환경공단 에어코리아(Korea environment corporation, KECO, 2020)에서 제공하고 있는 시간대별 자료를 이용하였으며 분석에는 SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>의 5개 요소를 이용하였다. 부산지역 24개 측정소(2018년 12월 기준)에서 관측된 시간별 농도 자료를 통계분석을 위해 일평균 자료로 변환하고 일별 최댓값과 최솟값을 추출하여 분석에 활용하였다. 기상자료의 경우에는 기상청 국가기후데이터센터에서 운영하는 기상자료개방포털(Korea meteorology administration, 2020)에서 부산의 종관기상관측지점을 이용하였고 종관관측에서 일평균으로 제공하고 있는 기상요소를 모두 이용하였다. 사용된 요소는

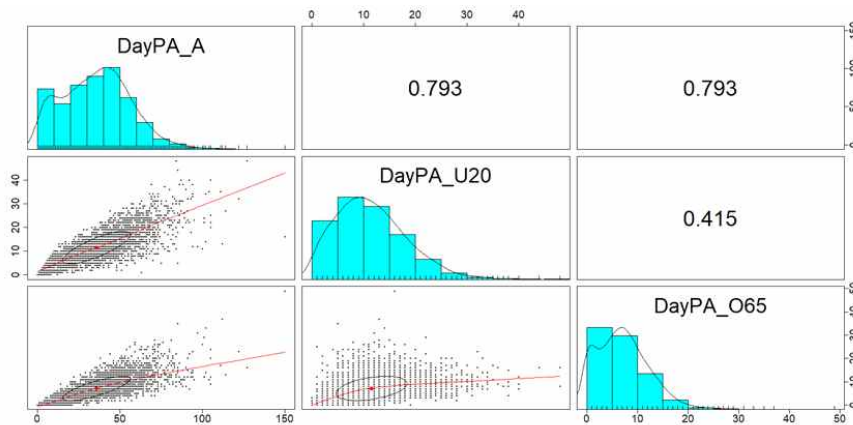


Fig. 1. Scatter plots and histograms with correlation coefficients for each day-patient group during the study period.

기온, 일최저기온, 일최고기온, 풍속, 이슬점 온도, 상대 습도, 수증기압, 현지 기압, 해면 기압을 이용하였다. 장기적인 시계열 분석을 위해 모든 자료는 2009년 1월 1일에서 2018년 12월 31일까지 10년 자료를 이용하여 분석하였다.

2.2. 호흡기 질환 외래 환자 수

본 연구에서 사용된 의료자료는 건강평가심사원에서 운영하고 있는 보건 의료 빅데이터시스템을 통해 수집하였다. 수집된 진료내역 정보자료를 활용하여 부산지역에서의 2009년에서 2018년도까지 호흡기계 관련 외래환자수에 대한 자료를 추출하였다. 본 연구에서 호흡기계 관련으로 사용된 상병의 범위는 한국 표준질병 시인분류코드 중에서 호흡기 질환에 해당하는 급성상기도(분류코드: J00~J06), 급성하기도(J20~J22), 만성 호흡기 질환(J41~44), 천식(J45, J46)에 대한 자료를 뽑아서, 일 외래 환자 수(이하 DayPA\_A)를 집계하였다. 집계된 환자의 나이를 기준으로 하여 20세 미만 환자 수(이하 DayPA\_U20)와 65세 이상 환자 수(이하 DayPA\_O65)를 구분하여 분석하였는데 영유아 기준의 환자 수가 적어 통계적 유의성을 가지기 어려워 20세 미만 환자 수로 구분하였고 노령화의 기준 나이인 65세 이상을 기준으로 하여 DayPA\_O65로 구분하였다. 수집된 기상, 대기질 및 일 호흡기계 질환 외래 환자 수를 이용하여 기상 및 대기 오염자료와 호흡기 질환과의 상관관계 분석을 진행하였다.

2.3. 분석 방법

본 연구에서는 사용한 통계분석 도구인 R은 통계

분석과 그래픽에 사용되는 언어로 AT&T (Lucent Technologies)에서 개발된 S언어에 기반을 두고 개발되었으며 다양한 통계(선형 및 비선형 모델링, 고전적 통계 테스트, 시계열 분석, 군집 분석 등) 및 그래픽 관련 패키지를 CRAN (Comprehensive R Archive Network) 웹사이트(The R Foundation, 2020)에서 무료로 사용할 수 있다.

R을 이용하여 부산지역에서 10년간 발생한 일별 호흡기 질환 외래 환자 수(DayPA\_A, DayPA\_U20, DayPA\_O65)가 대기오염물질 농도 및 기상요소와 서로 얼마나 밀접하게 선형적 관계를 맺고 있는지 분석하기 위해 Fig. 1에서 나타낸 것처럼 모든 요소에 대해 히스토그램, 산포도 및 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 구하였다. 상관계수는 -1에서 1 사이의 값을 가지며 0에 가까울수록 상관관계가 없다는 것을 의미하며 0.1과 0.3 사이의 값이면 약한 양의 선형관계, 0.3과 0.7 사이이면 뚜렷한 양의 선형관계, 0.7과 1 사이이면 강한 양의 선형관계라고 한다(Kim, 2007).

본 연구에 이용된 데이터들에 대한 시계열 특성을 살펴본 결과, 뚜렷한 계절 성분과 비선형적인 성분들이 있어 개별 요소들에 대하여 R의 STL 함수(Cleveland et al., 1990)를 이용하여 추세(Trend), 계절(Seasonality), 불규칙(Irregular) 성분으로 분리한 후 불규칙성분을 제외한 추세, 계절 성분만을 재조합하여 요소들 간의 상관 분석을 재실시하였다. 이를 통해 주기적으로 변하는 기상요소와 대기오염농도의 변동이 호흡기 환자의 변동과

**Table 1.** Summary of day-patients, air quality data, and meteorological data in Busan

Variables		Mean	Stand Dev	Median	Min	Max	
DayPA_A (counts)		35.9	20.4	36.0	0	150.0	
DayPA_U20 (counts)		11.5	6.9	11.0	0	48.0	
DayPA_O65 (counts)		7.2	5.2	7.0	0	49.0	
Air quality	SO <sub>2</sub> (ppm)	Daily	0.006	0.002	0.006	0.002	0.022
		Min.	0.004	0.001	0.004	0.002	0.014
		Max	0.009	0.004	0.008	0.003	0.030
	CO (ppm)	Daily	0.410	0.106	0.394	0.169	0.924
		Min.	0.324	0.077	0.312	0.129	0.827
		Max	0.527	0.164	0.500	0.194	1.484
	O <sub>3</sub> (ppm)	Daily	0.028	0.010	0.027	0.005	0.073
		Min.	0.014	0.008	0.012	0.003	0.055
		Max	0.043	0.015	0.040	0.007	0.112
	NO <sub>2</sub> (ppm)	Daily	0.022	0.008	0.021	0.006	0.055
		Min.	0.013	0.006	0.012	0.003	0.040
		Max	0.033	0.011	0.032	0.007	0.077
	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Daily	46.5	22.6	41.4	11.8	464.5
		Min.	31.6	15.6	27.8	7.9	311.9
		Max	65.1	50.4	56.7	16.9	1861.0
Meteorology	Temp (°C)	Daily	15.1	8.4	16.2	-7.6	31.7
		Min.	11.9	9.0	13.0	-12.8	28.3
		Max	19.3	8.1	20.4	-4.2	37.3
	Wind Speed (m/s)	3.2	1.2	3.0	0.3	10.1	
	Dew point Temp (°C)	7.2	11.7	8.8	-25.9	25.7	
	Relative Humidity (%)	62.2	18.4	64.0	11.3	99.9	
	Vapor Pressure (hPa)	13.0	8.4	11.5	0.8	33.1	
	Air Pressure (hPa)	1007.5	7.0	1007.6	984.9	1025.8	
	Sea level Pressure (hPa)	1015.7	7.3	1015.8	992.7	1034.4	

어느 정도 상관관계를 가지는지 분석하였다. STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess)은 월별이나 분기별 데이터를 포함한 어떤 종류의 계절성도 다룰 수 있고 계절적인 성분이 시간에 따라 변화해도 그 변화율을 사용자가 조절할 수 있는 특징이 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 전체적인 data 특성

본 연구기간 동안 호흡기 질환으로 병원을 방문한 일별 외래 환자 수, 대기오염농도, 기상자료에 대한 평균,

표준편차, 중앙값, 최댓값 및 최솟값을 Table 1에 나타내었다. 연구기간인 2009년에서 2018년도의 일별 호흡기 질환자 수와 두 건강취약집단의 현황을 살펴본 결과, 부산지역에서는 일평균 35.9명의 환자가 발생하였으며, 그 중 DayPA\_U20는 평균 11.5명 DayPA\_O65는 평균 7.2명을 나타내었다. 일별 최대 환자 수를 보면 전체 환자에서 150명으로 평균의 4배, DayPA\_U20는 전체 환자와 비슷한 4배, DayPA\_O65는 7배에 가까운 큰 차이를 보인다. 65세 이상의 노년층에서 환절기 또는 혹한기에 민감하게 반응하는 것으로 생각된다. 대기오염물질

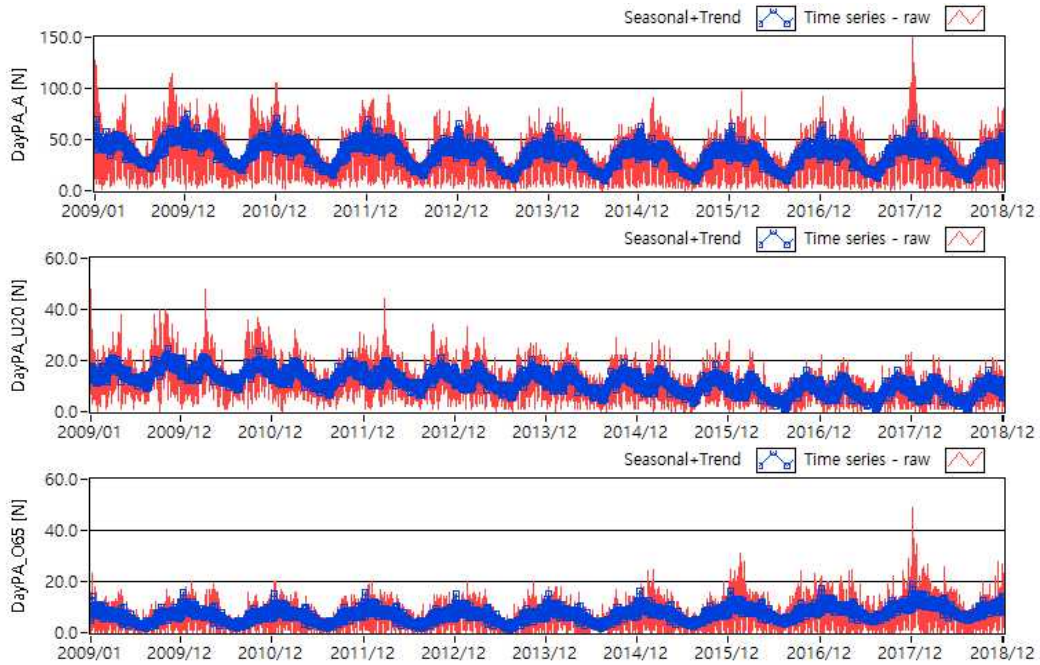


Fig. 2. Time-series of DayPA\_A, DayPA\_U20 and DayPA\_O65 during the study period.

항목들에 대해서는 당일 평균, 당일 최소, 당일 최고 농도로 분류하여 정리하였다. 기상요소 중에서는 온도에 대하여 평균온도, 최저 온도, 최고 온도의 3가지로 분류하여 기온이 가지는 특성을 분석하였다.

호흡기 질환자 수, 대기오염농도, 기상의 상호 영향을 분석하기 전, 전체적인 개별 변수들의 특징을 알아보고자 2009년에서 2018년도까지 10년 자료의 시계열을 Fig. 2, 3, 4에 나타내었다. 개별 변수별로 전체 시계열 데이터와 시계열성분 분리를 통해 나타나는 추세-계절 성분만을 나타내었다. Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 호흡기 질환자 수는 여름에 낮고 가을에서 겨울철로 가면서 점차 증가하는 것을 볼 수 있다. 대기오염농도의 경우 연료의 사용, 기상변화와 밀접한 관계가 있는데 Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 SO<sub>2</sub>의 경우는 대체로 여름철과 겨울철에 높은 농도를 보여주고 CO의 경우에는 난방 연료의 사용량으로 설명할 수 있는 것처럼 여름에는 낮아지고(여름철 10년 평균: 300 ppb), 겨울에는 높아지는(겨울철 10년 평균: 46 ppb) 것을 보여준다. 오존농도를 제외하고 대부분 겨울철에 높은 농도를 보이고 여름

철에 낮은 농도를 보여주고 있다. 기상요소의 경우 풍속을 제외하고 명확한 계절적 주기를 확인할 수 있는데 기온의 경우 여름에 높고 겨울에 낮으며 기압의 경우에는 여름에 낮고 겨울에 높은 것을 볼 수 있다. 그러므로 시계열 성분 분리를 통해 기상 및 대기오염농도의 주기적인 변동이 호흡기 질환의 시계열적 변동과 어떤 상관관계를 가지는지 분석하였다.

### 3.2. 상관관계의 유의성

일 외래 호흡기 질환자 수에 대한 기상 및 대기오염물질의 상관관계 결과와 유의성을 Table 2에 나타내었다. 평균풍속, SO<sub>2</sub> 일부를 제외한 요소들은 모두 통계적 유의성을 가진다.

### 3.3. 대기질이 건강취약집단에 미치는 영향

대기오염농도가 건강취약집단에 미치는 영향을 살펴보기 위해 대기질의 일평균 농도 자료를 이용하여 상관관계를 분석하였다. Fig. 5에서 나타난 것처럼 오염물질의 경우 전체적으로 NO<sub>2</sub>, CO 그리고 PM<sub>10</sub>의 순으로 상관성이 높은 것으로 나타났다. 건강취약집단인 DayPA\_

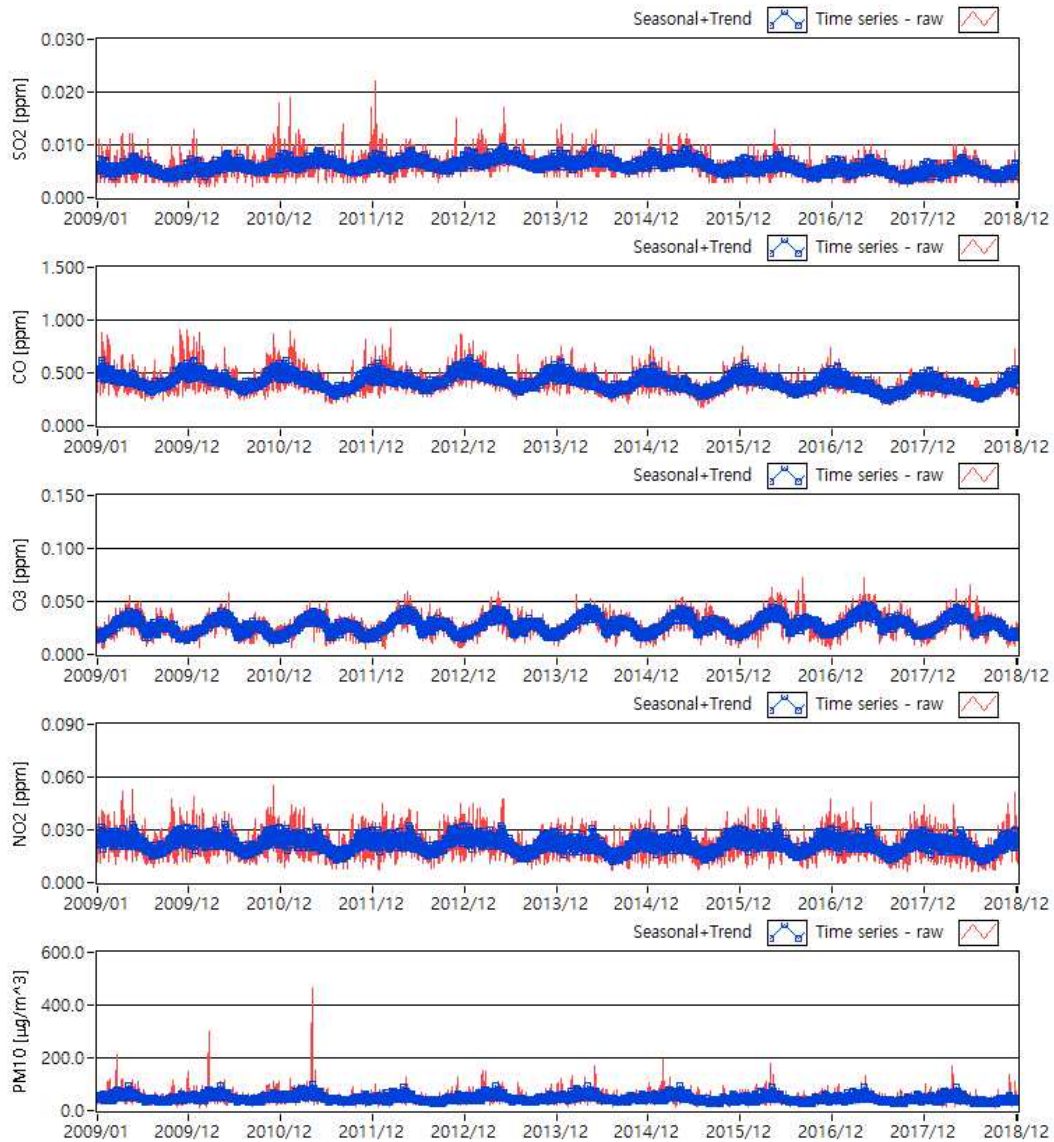


Fig. 3. Same as Fig. 2, but for SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, and PM<sub>10</sub>.

U20과 DayPA\_O65에서 SO<sub>2</sub>를 제외한 대기오염물질은 DayPA\_U20에서 더 큰 상관성을 가지는 것으로 분석되었다. SO<sub>2</sub>의 경우, 전체 환자수와 음의 상관성을 가짐에도 불구하고 건강취약집단으로 분류한 두 집단에서는 상관성이 크지는 않지만 DayPA\_U20은 양의 상관성을 DayPA\_O65에서는 음의 상관으로 상반된 결과를 나타

내었다.

대기오염농도 특성이 호흡기 질환에 미치는 영향을 살펴보기 위해 개별 대기오염물질의 일평균 농도, 일 최고 농도, 일 최저 농도와의 상관관계를 분석해서 Fig. 6에 나타내었다. 전체 환자수와 건강취약집단을 분리한 경우 대기오염농도가 호흡기 질환에 미치는 영향은



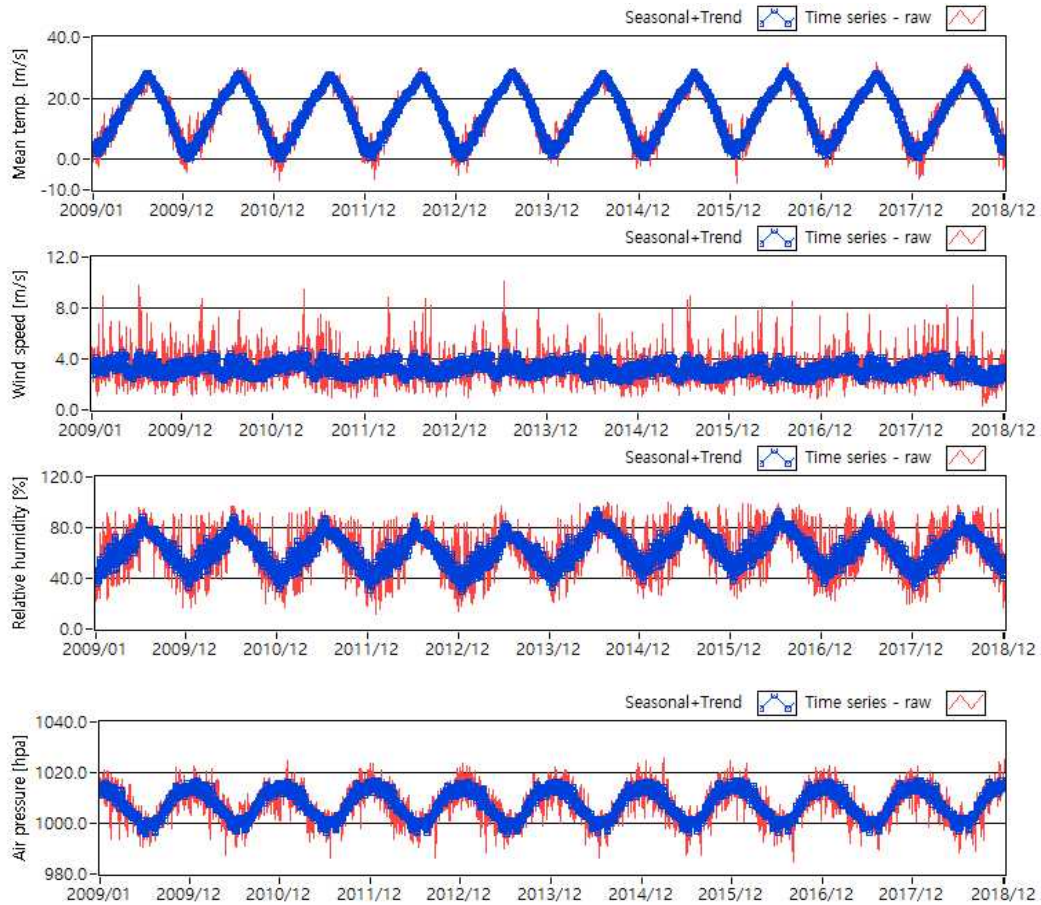


Fig. 4. Same as Fig. 2, but for temperature, wind speed, relative humidity, and pressure.

PM<sub>10</sub>을 제외하고 일 최고 농도와 상관성이 큰 것으로 나타났다. PM<sub>10</sub>의 경우에는 일평균값이 일최고농도 보다 더 큰 상관을 가지는 것으로 나타났다.

일평균 농도에 대한 대기오염농도와 호흡기 질환과의 상관관계는 전체적으로 0.3 이하의 약한 상관관계를 나타내었다. Fig. 2, 3, 4에서 확인한 바와 같이 호흡기 질환자 수와 대기질, 기상요소 모두 주기적인 변동성을 가지므로 이러한 주기적 변동성 사이의 상관관계는 어떠한지 분석하였다.

시계열 데이터는 추세, 계절, 불규칙성분으로 분리되므로 대기오염농도와 호흡기 질환자 수의 데이터에서 시계열성분 분리를 통해 얻어낸 추세 성분과 계절 성분의

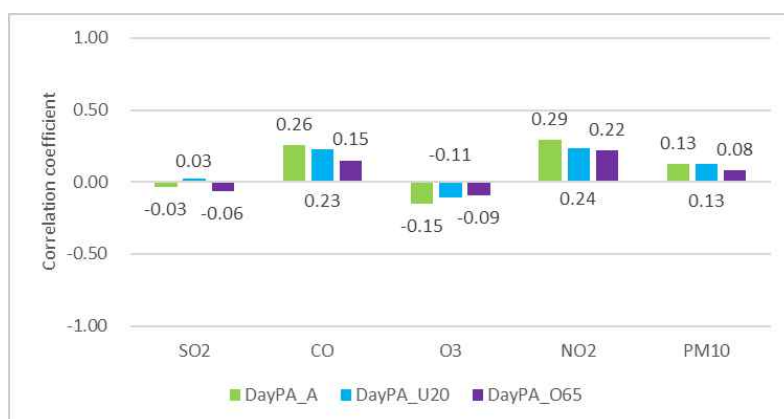
합을 주기적 변동성분으로 보고 주기적 변동 사이의 상관관계를 분석한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 대기오염 농도의 주기적 변동과 호흡기 질환의 주기적 변동과의 상관관계를 보면 DayPA\_O65에서 DayPA\_U20보다 더욱 큰 상관관계의 변화를 보여주고 있다. 즉 DayPA\_O65의 경우 대기오염농도의 시계열적인 변동 성분과 밀접한 관련성을 가지는 것을 알 수 있다.

### 3.4. 기상이 건강취약집단에 미치는 영향

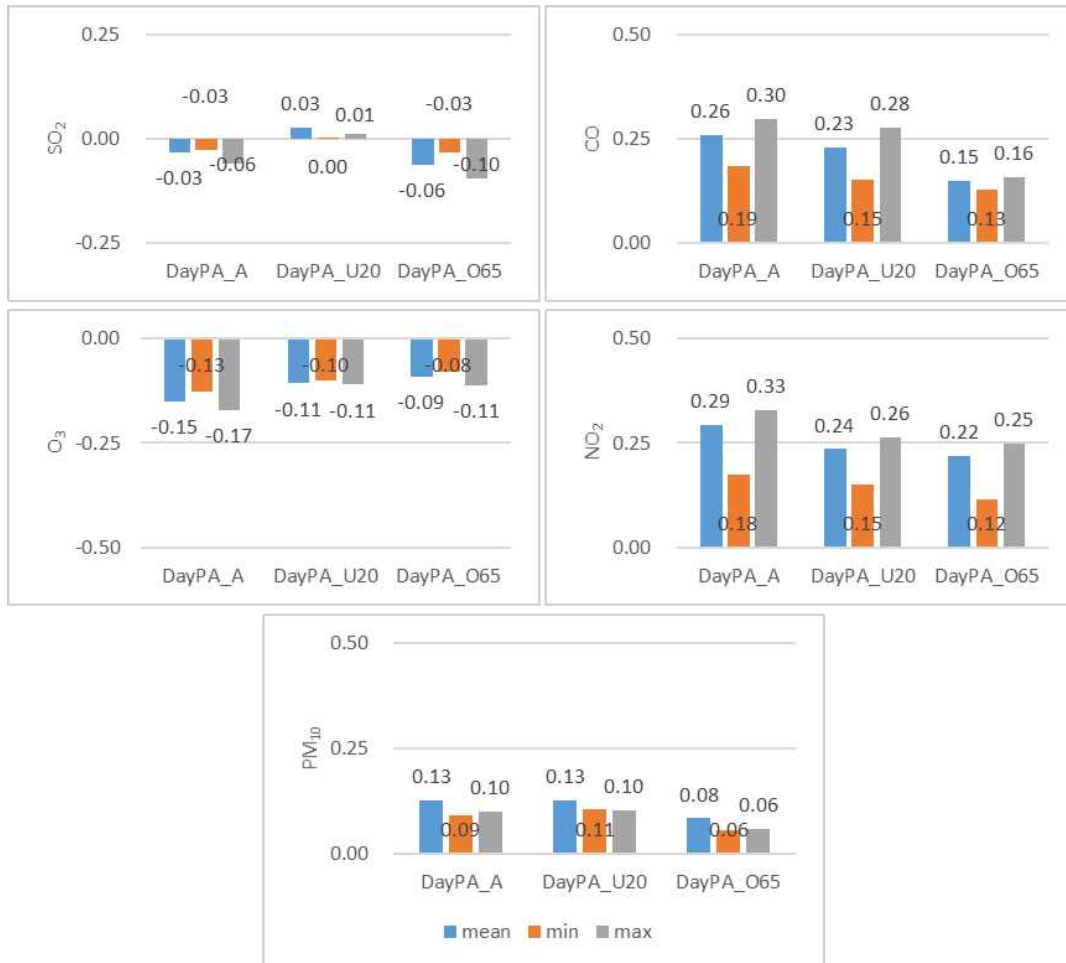
본 절에서는 기상이 호흡기 질환 외래환자 수에 미치는 영향을 살펴보았다. Fig. 8에서 나타낸 바와 같이 기온과의 상관은 음의 상관( $r=-0.41$ )을 나타내었고 일

**Table 2.** Correlations between day-patients, air quality data and meteorological data

	DayPA_A		DayPA_U20		DayPA_O65	
	correlation	p-value	correlation	p-value	correlation	p-value
SO <sub>2</sub>	-0.03	0.050	0.03	0.115	-0.06	0.000
CO	0.26	0.000	0.23	0.000	0.15	0.000
O <sub>3</sub>	-0.15	0.000	-0.11	0.000	-0.09	0.000
NO <sub>2</sub>	0.29	0.000	0.23	0.000	0.22	0.000
PM <sub>10</sub>	0.13	0.000	0.13	0.000	0.08	0.000
SO <sub>2</sub> Min.	-0.03	0.087	0.00	0.819	-0.03	0.040
SO <sub>2</sub> Max.	-0.06	0.000	0.01	0.485	-0.09	0.000
CO Min.	0.19	0.000	0.15	0.000	0.13	0.000
CO Max.	0.30	0.000	0.28	0.000	0.16	0.000
O <sub>3</sub> Min.	-0.13	0.000	-0.10	0.000	-0.08	0.000
O <sub>3</sub> Max.	-0.17	0.000	-0.11	0.000	-0.11	0.000
NO <sub>2</sub> Min.	0.18	0.000	0.15	0.000	0.12	0.000
NO <sub>2</sub> Max.	0.33	0.000	0.26	0.000	0.25	0.000
PM <sub>10</sub> Min.	0.09	0.000	0.10	0.000	0.06	0.001
PM <sub>10</sub> Max.	0.10	0.000	0.10	0.000	0.06	0.000
Mean temp.	-0.41	0.000	-0.20	0.000	-0.35	0.000
Min. temp.	-0.42	0.000	-0.21	0.000	-0.35	0.000
Max. temp.	-0.40	0.000	-0.19	0.000	-0.35	0.000
Wind speed	0.03	0.116	0.01	0.763	0.02	0.181
Dew temp.	-0.42	0.000	-0.23	0.000	-0.34	0.000
Relative Hum.	-0.33	0.000	-0.22	0.000	-0.23	0.000
Vapor pres.	-0.45	0.000	-0.28	0.000	-0.36	0.000
Air pres.	0.35	0.000	0.21	0.000	0.28	0.000
Sea level pres.	0.35	0.000	0.21	0.000	0.29	0.000

**Fig. 5.** Correlations between each day-patient group and the concentration of air pollutants, including SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>. The numbers on bar graph indicate pearson's correlation coefficients.





**Fig. 6.** Correlations between each day-patient group and the mean, minimum and maximum concentrations of air pollutants, including SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>.

최고기온( $r=-0.40$ )과 일 최저기온( $r=-0.42$ )도 마찬가지로 음의 상관관을 나타내었다. 대기 수분 요소인 이슬점 온도( $r=-0.42$ ), 상대습도( $r=-0.33$ ) 및 수증기압( $r=-0.45$ )도 음의 상관관을 보여주었으며 이와 반대로 기압은 상관관계수 0.35로 양의 상관관을 보였다. 풍속의 경우  $r=0.03$ 로 다른 요소들에 비해 상관성이 아주 약한 것으로 나타났다.

호흡기 환자 수의 경우 겨울철에 호흡기 환자 수가 증가하고 여름철에 호흡기 환자 수가 줄어드는 계절적 변동이 있기 때문에, 상대적으로 여름철에 최고 높은 값을 보여주는 기온요소들과 수증기요소들과는 음의 상관성이

나타나는 것으로 판단된다. 두 건강취약집단을 비교한 경우에는 호흡기 질환에 미치는 기상요소의 영향은 DayPA\_O65에서 상관성이 보다 큰 것으로 분석되었다. 앞 절에서 설명한 대기질의 경우(Fig. 6), DayPA\_U20에서 더 큰 영향을 보인 것과 대조적이다. 또한, 대기질의 계절변동성분(Fig. 7) 역시 DayPA\_O65에서 더 큰 상관성을 가지므로, DayPA\_O65의 경우 계절적인 요소 및 기상요소가 호흡기 질환에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다.

Fig. 4에서 보여주는 바와 같이 기상요소의 경우에는

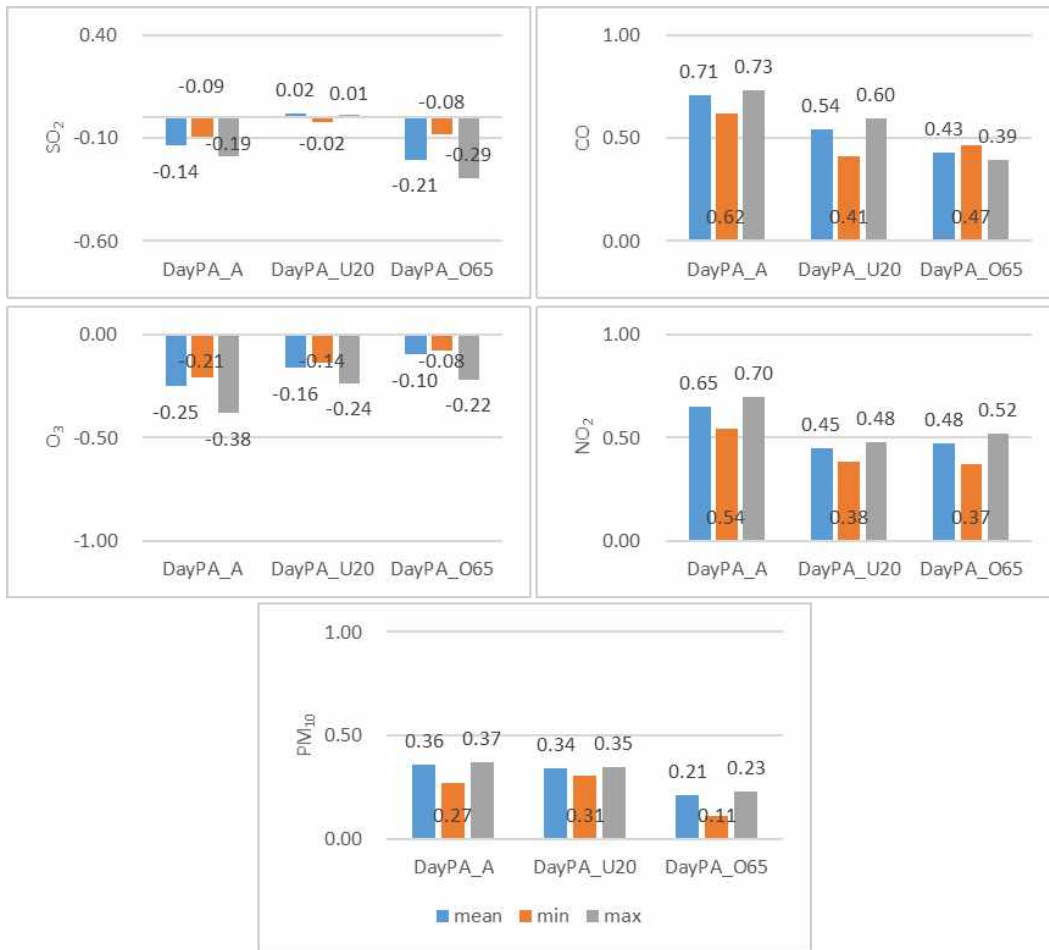


Fig. 7. Correlations between each day-patient group and the mean, minimum and maximum concentrations of air pollutants, including SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>, with seasonal and trend data.

계절변동이 매우 뚜렷하다. 시계열 성분 분리 후의 기상 요소가 호흡기 질환에 미치는 영향을 Fig. 9에 나타내었다. 결과적으로 추세와 계절 성분을 합친 기상요소는 풍속을 제외한 모든 성분이  $r=0.7$  이상의 높은 상관을 보여주었고, 두 취약집단을 비교 분석한 경우에는 기온의 경우 DayPA\_O65( $r=-0.73$ )는 DayPA\_U20( $r=-0.34$ )에 비해서 매우 큰 상관관계가 있음을 알 수 있다. 다른 기상 요소의 경우에도 DayPA\_O65에서 더 큰 상관이 있음을 확인할 수 있다.

### 3.5. 분석 결과

2009년 1월 1일에서 2018년 12월 31일까지 10년의 기상자료 및 대기오염 자료를 이용하여 호흡기 질환자수에 미치는 영향을 비교 분석하였을 때 상대적으로 풍속을 제외한 기상요소의 상관계수가 대기오염농도와의 상관계수보다 높았다. 대기오염농도가 호흡기 질환자의 두 건강취약집단에 미치는 영향을 비교 분석하였을 경우 근소한 값이긴 하나 DayPA\_U20와 더 큰 상관성을 보여주었고, 시계열성분 분리 후의 계절적 변동성분과의 상관분석은 DayPA\_O65에서 더 큰 상관을 보여주었다.

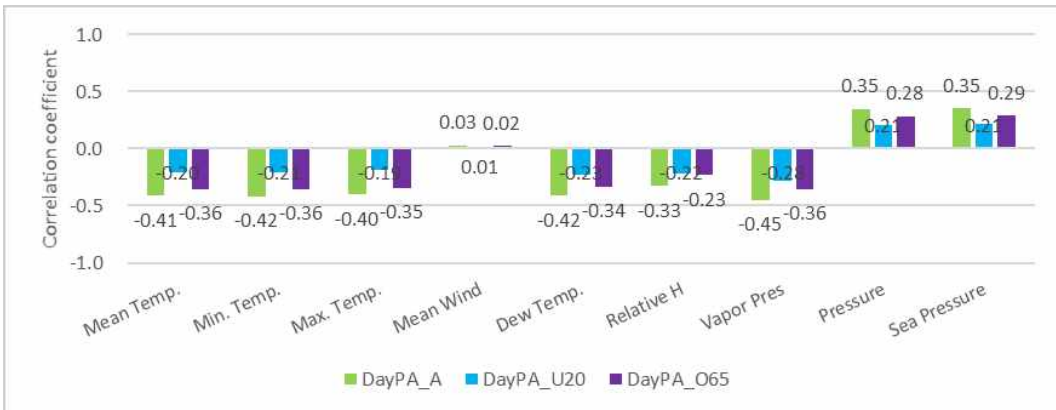


Fig. 8. Correlations between each day-patient group and meteorology, including mean, min and max temperatures, mean wind speed, dew-point temperature, relative humidity, vapor pressure, air pressure and sea surface pressure.

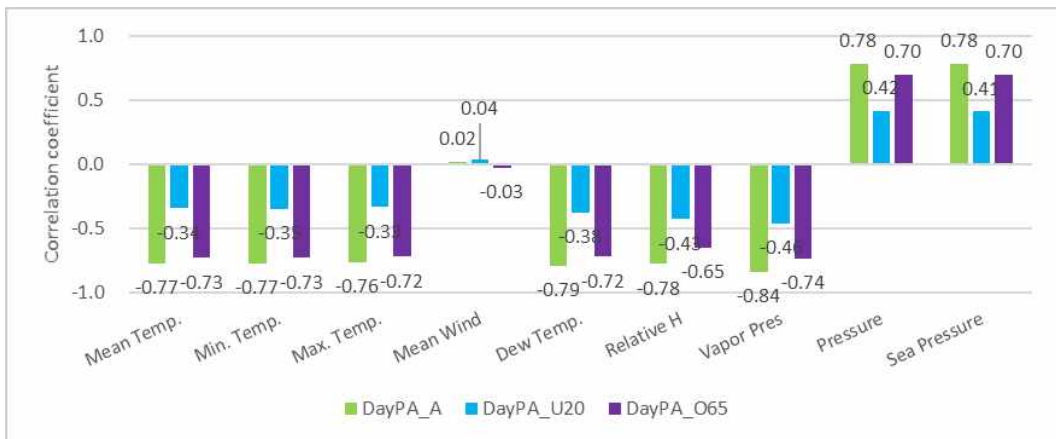


Fig. 9. The same as Fig. 8, but for including seasonal and trend data.

기상요소가 두 건강취약집단에 미치는 영향을 비교 분석한 경우 DayPA\_O65에서 더 큰 상관성을 보여주었다(기온의 경우 DayPA\_O65: -0.36, DayPA\_U20: -0.20). 시계열성분 분리 후에 시계열 변동성분이 두 건강취약집단에 미치는 영향을 비교 분석한 결과는 DayPA\_O65에서 풍속을 제외하고  $r=0.7$  이상의 높은 상관성을 나타내었다. 결과적으로 대기오염농도와 기상요소 중 호흡기 질환환자수에 미치는 영향은 기상이 더 큰 것을 알 수 있었고 두 취약집단을 비교분석한 경우 기상요소와 대기오염농도의 시계열적 변동성분은 DayPA\_O65에서 상관성이 큰 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

부산지역에서 기상 및 대기오염이 건강취약집단에 미치는 영향을 분석하기 위해서 급성상기도, 급성하기도, 만성 호흡기 질환 및 천식으로 병원을 방문한 일 외래 환자수와 기상 및 대기오염농도와의 상관성에 대하여 분석하였다. 건강취약집단을 DayPA\_U20과 DayPA\_O65으로 구분하여 시계열적 변동을 고려하지 않고 상관분석을 실시하면 대기오염농도는 DayPA\_U20과 더 큰 상관성을 보였다. 기상이 호흡기 환자집단에 미치는 영향을 분석한 결과, DayPA\_U20보다 DayPA\_O65와 더 큰

상관성을 보였다. 시계열 성분 분리를 통해 불규칙성분을 제외한 시계열적 변동성분과 두 집단과의 상관성 분석을 실시하여 본 결과 DayPA\_O65 집단이 대기오염농도의 시계열적 변동성분과 상관성이 큰 것으로 분석되었다. 이는 DayPA\_U20 집단의 경우는 대기오염농도와의 상관성은 크지만 시계열적 변동과의 상관성은 더 작기 때문에 매일 매일 나타나는 불규칙적인 대기오염농도와의 상관성이 DayPA\_O65 집단보다 더 크다고 할 수 있다.

기후변화와 심각해지는 대기오염으로 인해 체계적인 환경 보건정책을 만들어 가기 위해서는 이상기후와 환경오염에 대한 건강 영향 평가가 필요하다. 실제 기후와 대기오염이 연령대별로 영향을 미치는 요인이 다르므로 체계적인 환경 보건정책을 위해서는 다양한 연령대별로 나누어 평가함으로써 더욱더 적절한 환경 보건정책을 수립할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 건강취약집단으로 생각되는 두 집단을 이용하여 기상 및 대기질이 미치는 영향에 대하여 분석하였으나 기상 현상과 대기오염의 특성이 지역별로 차이가 크게 나타나기 때문에 보다 적극적인 환경 보건정책을 위해서, 차후 다양한 지역을 대상으로 연구하여, 지역별 특성에 따른 환경 보건정책의 구체화가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 대기오염이 호흡기계 질환뿐만 아니라 심혈관계 및 폐암 등에도 영향을 미칠 수 있으므로 이러한 다양한 질환에 대한 영향 평가 또한 필요할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- BMC, Busan Metropolitan City, 2018, Gender Statistics in Busan, Busan, Korea.
- Cho, E. J., 2018, Effects of particulate matter on respiratory disease and the impact of meteorological factors in Busan, Korea, Ph. D. Dissertation, Pusan National University, Busan, Korea.
- Cleveland, R. B., Cleveland, W. S., McRae, J. E., Terpenning, I., STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess, 1990, Journal of Official Statistics, 6(1), 3-73.
- HIRAS, Health Insurance Review & Assessment Service, 2020, <https://opendata.hira.or.kr/home.do>.
- Kang, C. M., Park, S. K., Sonwoo, Y., Kang, B. W., Lee, H. S., 2006, Respiratory health effects of fine particles ( $PM_{2.5}$ ) in Seoul, J. Korean Soc. Atmos. Env., 22(5), 554~563.
- KECO, Korea Environment Corporation, 2020, <http://www.airkorea.or.kr>.
- Kim, S. W., 2007, Fundamentals of Statistics, Hakjisa, 96-97.
- KMA, Korea Meteorology Administration, 2020, <https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>.
- Lee, S. J., Yeo, I. K., 2016, Comparison of forecasting models of disease occurrence due to the weather in elderly patients, Korean J. Appl. Stat., 29(1), 145-155.
- Lee, S. W., 2004, Air pollution and mortality trends in Busan, 1999-2002, M. S. Dissertation, Inje University, Gimhae, Korea.
- Pak, H. Y., Pak, Y. S., 2019, The effects of  $PM_{10}$  on the hospital admission of patients with respiratory disease in Seoul, Korea, J. Converg. Inform. Tech., 9(6), 194-201.
- Park, J. K., Choi, Y. J., Jung, W. S., 2015, An Analysis on the distribution characteristics of  $PM_{10}$  concentration and its relation to the death from asthma in Seoul, Korea, J. Env. Sci. Inter., 24(7), 961~968.
- Park, J. W., 2017, Analysis of effects of regional air pollution levels on respiratory disease, Ph. D. Dissertation, Catholic University of Pusan, Busan, Korea.
- R Core Team, 2019, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Seo, J. H., Ha, E. H., Lee, B. E., Park, H. S., Kim, H., Hong, Y. C., Yi, O. H., 2006, The effect of  $PM_{10}$  on respiratory-related admission in Seoul, 2006, J. Korean Soc. Atmos. Env., 22(5), 564-573.
- Shi, D., 2018, Analysis of time series of environmental pollution and respiratory disease, M. S. Dissertation, Wonkwang University Jeollabuk-do, Korea.
- WHO, 2018, Air pollution and Child health : prescribing clean air, WHO reference number: WHO/CED/PHE/18.01.
- WHO, 2020, [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1).
- Yoon, K., 2002, Effects of air pollution degrees in some regions of Busan on middle school students' health, M. S. Dissertation, Pusan National University Busan, Korea.

---

- CEO. Dong-Bae Kang  
ENC System Inc.  
dbkang@nate.com

- Researcher. Chang-Hyoun Park  
Institute of Environmental Studies, Pusan National  
University  
chpark@live.com

- Professor. Woo-Sik Jung  
Department of Atmospheric Environment Information  
Engineering, Inje University  
wsjung1@inje.ac.kr

---

- Researcher. Kwi-Ok Lee  
DMJ System  
urbanclimate@nate.com

- Professor. Hwa-Woon Lee  
Division of Earth Environment System, Pusan National  
University  
hwlee@pusan.ac.kr