

대기오염에 의한 건강취약성 평가

- (초)미세먼지 농도변화에 따른 초과사망률의 변화를 산정하여 대기오염에 의한 피해를 정량적으로 파악하고 정책수립의 기초자료 제공

1. 조사개요

- 조사기간 : 2021년 1월 - 12월
- 조사대상 : 2015년-2019년간 (초)미세먼지 농도, 일자별 사망자 수
- 조사항목 : 대기오염자료와 보건, 의료분야 빅데이터를 연계분석하여 대기오염에 의한 부산지역의 건강취약성을 정량적으로 평가

2. 조사방법

- 일반화 가법모형
 - 사망이나 질환에 대한 기후와 계절의 영향을 보정한 후, 대기오염물질 농도와의 비선형적 관계를 모형화하는 시계열 분석방법
 - 포아송 분포를 따르는 시계열 자료의 변동요인을 제어하고 원하는 항의 변동성을 계산하기 위하여 일반화 가법모형 적용하였으며 기본모델식은 아래와 같음

$$\log(\text{일사망자수}) = S(\text{기상요소}) + S(\text{시간요소}) + D(\text{요일}) + D(\text{계절}) + \text{대기오염물질}$$

기본모델

대기오염영향 모델

- * S: 평활함수, D: 가변수, 기상요소: 기온, 최고기온, 풍향, 기압, 상대습도
- * 시간요소: 년, 월, 일, 줄리안데이, 대기오염물질: 미세먼지, 초미세먼지

○ 분석절차

- 사망원인은 국제질병분류표(ICD-10, International Classification of Disease 10)에 의거 자살이나 외인사를 제외한 자연사망(A00-J99), 호흡기질환 사망(J00-J99), 심혈관질환 사망(I00-I99)으로 구분
- 취약계층에 대한 영향을 파악하기 위하여 사망자 연령을 전체연령과 65세 이상으로 구분



그림 1. 초과사망률 분석절차

3. 조사결과

○ 기본모델의 구축

- 케이스별로 설명변수를 단계적으로 입력하여 최적의 모델을 선정하였으며 채택된 설명변수는 아래와 같음.
- 각 케이스별 기본모델의 사망자수 예측값은 실제 사망자수의 일변화 패턴을 잘 반영하고 있으며, 잔차의 통계적 특성을 확인한 결과 편향성이 없어 적합한 것으로 판단됨.

표 1. 사망원인 케이스별 설명변수의 채택

케이스 구분		채택된 설명변수
전체 연령	자연사망	상대습도, 기압, 년, 월, 일, 줄리안데이, 요일
	호흡기질환 사망	최고기온, 기온, 풍속, 기압, 년, 일, 줄리안데이, 요일
	심혈관질환사망	최고기온, 기압, 일, 줄리안데이
65세 이상	자연사망	최고기온, 기압, 년, 일, 줄리안데이, 요일
	호흡기질환 사망	최고기온, 기압, 년, 일, 줄리안데이, 요일
	심혈관질환사망	기압, 년, 일, 줄리안데이

○ 대기오염영향모델의 구축

- 케이스별 기본모델에 일평균 (초)미세먼지를 입력하여(지연효과를 고려하기 위하여 당일-10일전의 농도사용) (초)미세먼지향의 계수를 도출
- (초)미세먼지향의 계수는 단위변화량에 대한 사망자수의 변화율을 의미하며 상대위험도와(Relative Risk)와 초과위험도(Excessive Risk)로 변환 가능
- 케이스별 (초)미세먼지의 지연효과 분석결과 모두 당일의 사망자수는 3일전의 일평균농도에 가장 많은 영향을 받고 있음.

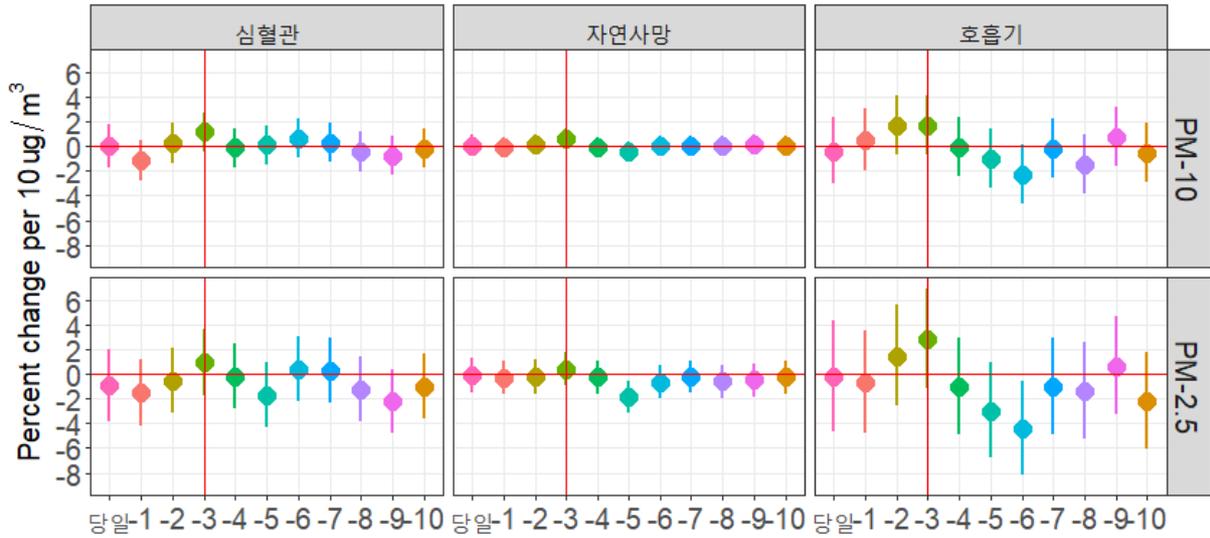


그림 2. (초)미세먼지 농도 10 ug/m³ 증가에 따른 지연일자별 초과사망률 변화

- (초)미세먼지 일평균 증가(10 ug/m³)는 자연사망을 0.42-0.64%, 호흡기질환의 사망을 1.69-2.8%, 심혈관 질환의 사망을 0.91-1.16% 증가시키는 것으로 추정됨.
- 65세 이상과 호흡기 질환의 사망률 증가가 뚜렷하게 높으며 호흡기질환의 사망률 증가는 초미세먼지 영향이 더 높음.

표 2. 3일전 일평균 농도에 대한 케이스별 초과사망률(95% 신뢰구간) 분포

케이스 구분		초과사망률(95% 신뢰구간)	
		PM-10(10 ug/m ³)	PM-2.5(10 ug/m ³)
전체 연령	자연사망	0.64 (-0.17-1.47)	0.42 (-0.07-1.77)
	호흡기질환 사망	1.69 (-0.68-4.13)	2.80 (-0.37-4.64)
	심혈관질환 사망	1.16 (-0.42-2.76)	0.91 (-0.67-2.81)
65세 이상	자연사망	0.85 (-0.92-1.78)	0.66 (-0.85-2.19)
	호흡기질환 사망	2.10 (-1.15-6.91)	3.18 (-0.93-7.46)
	심혈관질환 사망	1.05 (-1.70-3.59)	0.76 (-2.08-3.69)

* 서울(배현주, 2014), PM-10, 자연사망: 0.44%, 심혈관: 0.76%, PM-2.5, 자연사망: 0.95%, 심혈관: 1.63%

* 네덜란드(Janssen et al., 2013), PM-10, 자연사망: 0.6%, PM-2.5, 자연사망: 0.8%

* 유럽(Samoli et al., 2013), PM-10, 자연사망: 0.32%, PM-2.5, 자연사망: 0.55%

* 중국(Lin et al., 2017), PM-2.5, 자연사망: 0.9%, 호흡기: 0.7%, 심혈관: 1.2%

○ 구군별 초과사망률 추정

- 케이스별 기본모델에 구군별 3일전의 일평균 (초)미세먼지를 입력하여 초과사망률을 계산.
- 미세먼지의 초과사망률은 0.24%(영도구)-0.81%(해운대구)였으며 호흡기질환은 연제구, 심혈관질환은 해운대구에서 가장 높았음. 65세 이상의 초과사망률은 0.52%(기장군)-1.56%(동래구)였으며 전체연령 대비 높았음.
- 초미세먼지의 초과사망률은 0.01%(기장군)-1.02%(동래구)였으며 호흡기질환은 동래구, 심혈관질환은 영도구에서 가장 높았음. 65세이상의 초과사망률은 0.12%(기장군)-1.09%(동래구)였으며 전체연령 대비 높았음.

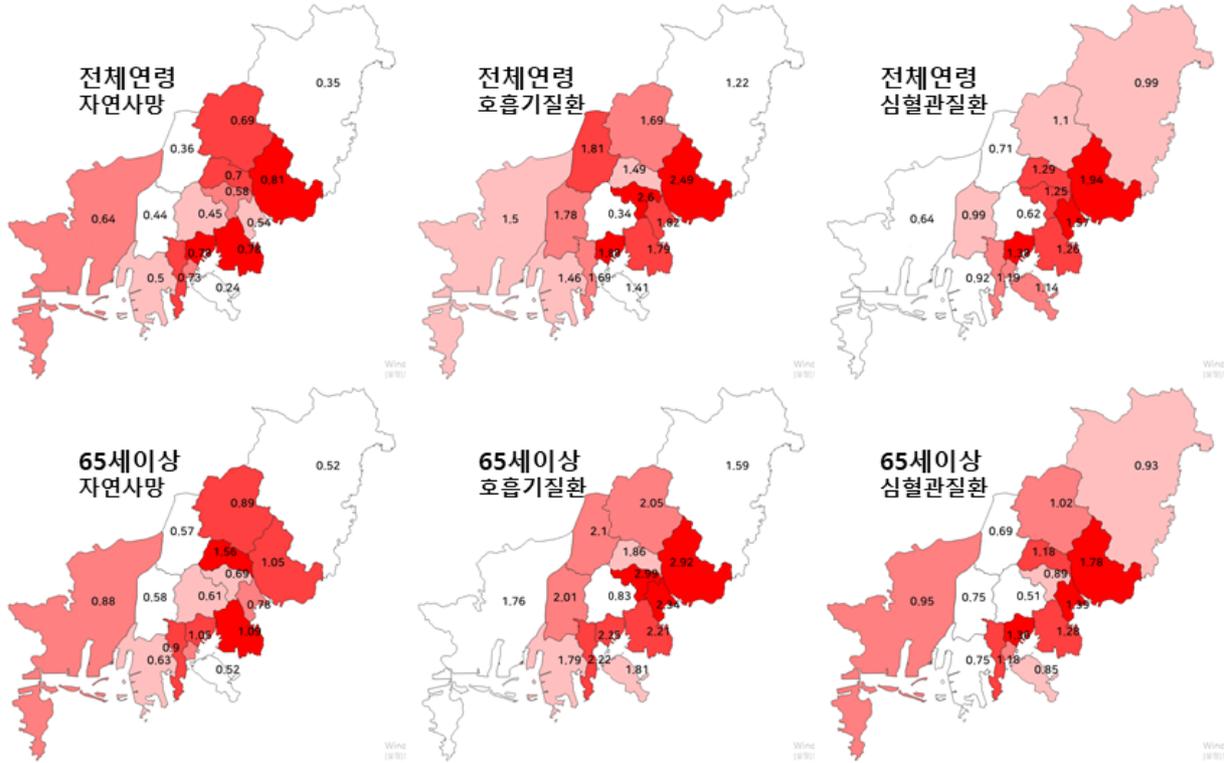


그림 3. 미세먼지 농도 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가에 구군별 초과사망률 분포

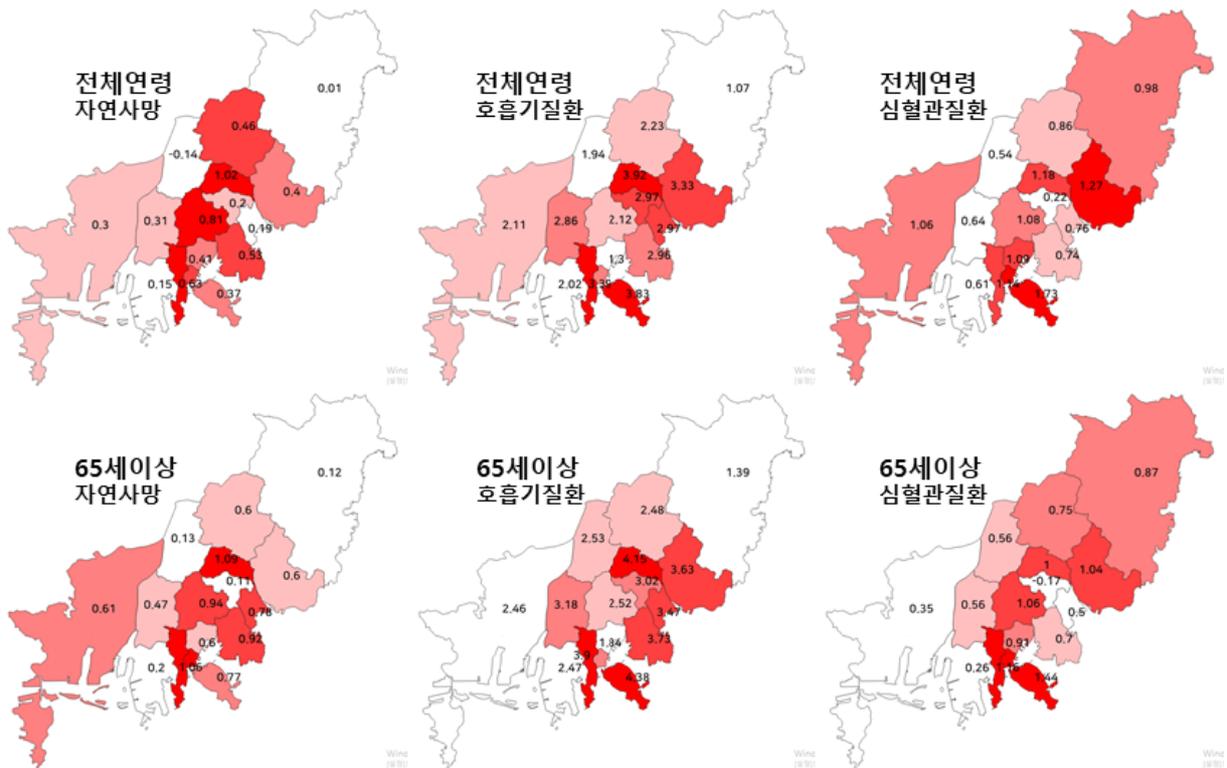


그림 4. 초미세먼지 농도 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가에 구군별 초과사망률 분포

4. 활용방안

- 주요 질환별 진료건수 등 의료 빅데이터를 추가하고 이에 따른 비용편익분석 실시로 실제적인 피해효과 산정
- 대기오염진단평가시스템의 모델결과를 추가하여 상세 격자별 피해규모 산정

5. 기대효과

- 대기오염에 의한 피해는 관련질환의 증가, 사망률 증가 이에 따른 비용발생 등으로 나타남. 농도분포와 피해 규모의 정도가 지역별로 상이하므로 농도저감이 아니라 피해저감이 우선되는 정책수립이 필요함.