

정책리포트

제287호 2019. 11. 11



고령화와 초미세먼지 건강영향

황인창

부연구위원

서울연구원 정책리포트는 서울시민의 삶의 질을 향상하고
서울의 도시 경쟁력을 강화하기 위해 도시 전반의 다양한 정책 이슈를 발굴하여 분석함으로써
서울시의 비전 설정과 정책 수립에 기여하고자 작성된 정책보고서입니다.

제287호

고령화와 초미세먼지 건강영향

발행인 서왕진
편집인 최 봉
발행처 서울연구원
06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57
02-2149-1234
www.si.re.kr
ISSN 2586-484X
발행일 2019년 11월 11일

※ 이 정책리포트는 서울연구원의 연구보고서 「서울시 미세먼지 관리정책의 사회경제적 편익」을 바탕으로 작성되었습니다.
※ 이 정책리포트의 내용은 연구진의 견해로 서울특별시의 정책과 다를 수 있습니다.

2019. 11. 11
서울연구원 정책리포트
287

고령화와 초미세먼지 건강영향

황인창 부연구위원
02-2149-1096
ichwang@si.re.kr

요약	3
I. 환경보건 분야에서의 고령화 영향	4
II. 초미세먼지가 고령자 환경성질환 사망률에 미치는 영향	7
III. 고령자 초미세먼지 대책 현황	13
IV. 정책 제언	17

요약

국민건강보험공단의 표본코호트 DB를 활용해 초미세먼지(PM2.5)의 장기 건강영향을 추정하고, 서울시의 초미세먼지로 인한 고령자(만 65세 이상) 조기사망자 수 변화를 전망하였다. 초미세먼지 연평균 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 서울시 고령자의 사망 위험은 13.9% 증가한다. 급격한 고령화로 인해 서울시가 WHO 권고기준을 달성하지 못해 발생하는 고령자 조기사망자 수는 2015년 1,162명에서 2030년 2,133명까지 증가할 것으로 전망된다.

고령화에 따른 초미세먼지 건강영향 악화 우려

고령화는 사회 전반에 걸쳐 다양한 변화를 일으킬 것으로 전망된다. 한국은 고령화 추세가 전 세계에서 가장 빠른 국가 중 하나이기 때문에 고령화에 따른 영향을 분야별로 분석하고 이에 대한 대책을 마련할 필요가 있다. 이 연구는 환경보건 분야에서 고령화의 영향을 살펴보고, 그중에서도 고령화에 따른 초미세먼지 건강영향을 분석하고 전망한다. 고령자는 건강에 영향을 미치는 환경오염에 상대적으로 취약한데, 급격한 고령화로 인해 초미세먼지 건강영향이 더욱 악화될 가능성이 높다.

초미세먼지가 고령자 환경성 질환 사망률에 미치는 영향 분석 및 전망

초미세먼지에 대한 장기 노출이 만 65세 이상 고령자의 환경성 질환 사망률에 미치는 영향을 국민건강보험공단 코호트 자료와 콕스 모형을 이용해 실증 분석한 결과, 초미세먼지 연평균 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 고령자가 환경성 질환으로 사망할 위험은 13.9% 높아졌다. 질환별로는 허혈성심장질환과 뇌혈관질환으로 인한 사망위험이 초미세먼지 농도에 따라 유의미하게 증가했다. 이에 따라 서울에서 초미세먼지로 조기에 사망한 고령자 수는 2015년 기준 1,162명인 것으로 추정된다(WHO 권고기준 달성 대비). 초미세먼지 농도가 더 이상 개선되지 않을 때 초미세먼지로 인한 서울시의 고령자 조기사망자 수는 2030년 2,133명까지 증가할 것으로 전망된다. 이는 초미세먼지로 인한 건강영향이 고령화로 인해 더욱 악화될 수 있음을 의미한다.

고령자에 대한 실질적 대책 마련으로 초미세먼지 건강영향 개선 노력해야

정부와 서울시는 그동안 고령자를 포함한 초미세먼지 취약계층과 관련하여 다양한 사업을 수행해왔다. 대표적으로 서울시는 2017년 7월부터 ‘서울형 초미세먼지 민감군 주의보’를 도입하여 대기질 정보와 함께 예·경보에 따른 행동요령을 전파하고, 고농도 시 노인복지 시설 등에 초미세먼지 마스크를 무료로 보급하고 있다. 이러한 대책들과 함께 서울시는 고령자 특성을 고려한 교육 및 정보전달 체계 정비, 초미세먼지 건강영향 및 질병관리 체계 정비, 고령자 주요 활동지역 배출원 관리 등 고령화에 대비한 다양한 사업들을 추가로 발굴하여 초미세먼지로부터 고령자들을 실질적으로 보호할 수 있어야 한다.

I. 환경보건 분야에서의 고령화 영향

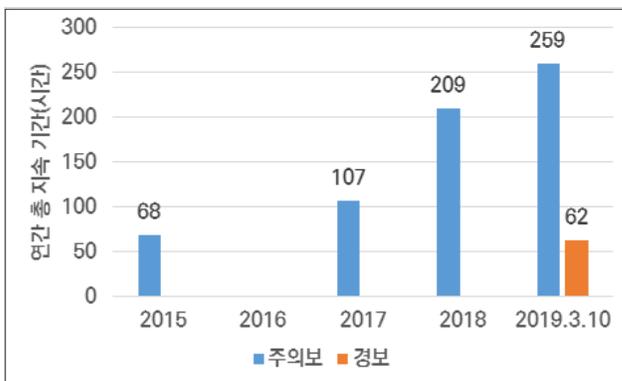
I 초미세먼지는 환경보건 관련 가장 큰 위험요소

전 세계 사망원인 중 고혈압과 흡연 등에 이어 5번째 높은 순위

- 초미세먼지(PM2.5)는 전 세계 사망 및 질병 원인 중 환경보건 관련 가장 큰 위험요소
 - 초미세먼지는 입자 직경이 2.5 μm 이하인 미세먼지로 인체의 폐포까지 침투할 수 있으며, 혈액에 용해되어 순환하면서 다양한 인체 조직에 영향¹⁾
 - 초미세먼지는 허혈성심장질환, 만성폐쇄성폐질환, 폐암, 뇌혈관질환 등 유발
 - 초미세먼지는 대기오염물질 중에서 건강에 가장 큰 영향²⁾
 - 대기 중 초미세먼지는 전 세계 사망원인 중 고혈압과 흡연 등에 이어 5번째로 높은 순위³⁾

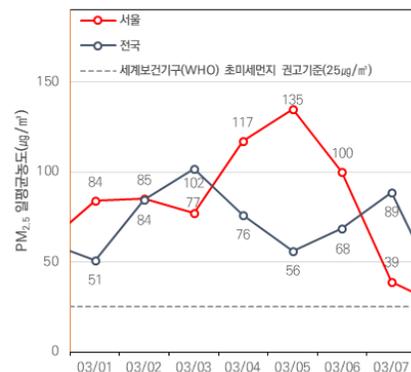
최근 고농도 초미세먼지 일수 증가 ... 초미세먼지 건강영향에 대한 시민의 관심 높아져

- 2019년 3월 서울의 초미세먼지 월평균 농도는 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 관측 사상 가장 높은 기록
 - 3월 1일부터 7일까지 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에 의한 ‘고농도 미세먼지 비상저감조치’가 7일 연속으로 발령
 - 이 기간 서울의 초미세먼지 일평균 농도는 세계보건기구(WHO)에서 제시한 24시간 평균 권고기준(25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 최대 5배 이상



[그림 1] 서울 고농도 PM2.5 발생 현황

자료: 황인창 외, 2019, 친환경등급에 따른 서울시 자동차 운행제한 제도 도입방안, 서울연구원 정책리포트 277.



[그림 2] 서울 PM2.5 농도(2019년 3월)

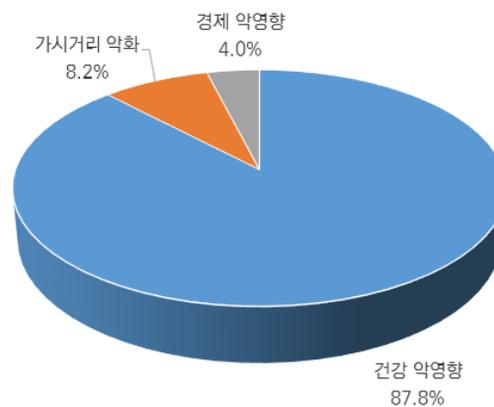
자료: 황인창 외, 2019, 미세먼지 국제협력 실효성 제고방안, 서울연구원.

1) NOAA, 2002, Strategic research plan for particulate matter, Air quality research subcommittee of the committee on environment and natural resources. National Oceanographic and Atmospheric Agency.
 2) WHO, 2013, Health risks of air pollution in Europe: HRAPIE project, World Health Organization.
 3) Cohen, A. et al., 2017, Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015, Lancet 389: 1907-1918.

- 설문조사 결과 시민 10명 중 9명은 초미세먼지의 악영향 중 건강영향이 가장 중요하다고 응답⁴⁾

[표 1] 설문조사 개요

구분	내용
모집단	서울시 가구 (면접대상: 만 19세 이상 가구원)
표본 크기	551명 (95% 신뢰수준에서 표준오차 4.0%p)
표본 추출	2018년 4월 행정안전부 주민등록인구현황 기준, 권역별, 성별, 연령별 비례 할당
조사 방법	대면면접조사: PI(Personal Interview), 면접원이 응답자를 직접 찾아가 질의 응답한 내용을 설문지에 기록
조사 기간	2018년 6월 15일 ~ 6월 29일



[그림 3] 초미세먼지 악영향 중 가장 중요한 1순위

Ⅰ 초미세먼지 건강영향 ... 고령화에 따른 변화 예측하고 대책 마련해야

전 세계에서 가장 빠른 고령화 속도 ... 초미세먼지 건강영향 심화 우려

- 고령화는 사회 전반에 걸쳐 다양한 변화를 일으킬 것으로 전망
 - 연령대에 따라 물질과 에너지 소비 패턴이 다르고, 이로 인해 생활하수, 폐기물, 온실가스, 대기오염물질 등의 배출 변화 가능
 - 고령자는 환경오염에 상대적으로 취약하기 때문에 고령화가 환경보건에 미치는 영향을 분석하고 대책을 마련할 필요성 증가⁵⁾

4) 이 정책리포트에서 제시하는 설문조사와 고령자 건강영향 분석 결과는 다음의 연구를 기초로 정리: 황인창 외, 2018, 서울시 미세먼지 관리정책의 사회경제적 편익, 서울연구원.

5) 신용승 외, 2016, 기후변화에 따른 건강영향 평가·적용 기술 및 정책지원 시스템 개발, 환경부.

- 한국은 고령화 추세가 전 세계에서 가장 빠른 국가 중 하나⁶⁾
 - 서울시의 만 65세 이상 고령자 수는 2015년 121만 명에서 2030년 222만 명으로 증가할 것으로 전망⁷⁾
 - 서울시 고령화 비율은 2015년 12.2%에서 2030년 24.2%로 증가 전망
- 초미세먼지 노출이 고령자에게 미치는 건강영향을 분석하고, 이를 토대로 고령화에 따른 건강 영향 대책 마련 필요

[표 2] 고령화 전망

연도	서울		전국	
	고령자 수(천 명)	고령자 비율(%)	고령자 수(천 명)	고령자 비율(%)
2010	928	9.2	5,366	10.8
2015	1,209	12.2	6,541	12.8
2020	1,480	15.4	8,125	15.7
2025	1,862	19.9	10,511	20.3
2030	2,219	24.2	12,980	25.0

자료: 통계청(2019), 중위추계 기준

6) UN, 2019, World population prospects 2019, United Nations Department of Economic and Social Affairs.

7) 통계청 장래인구추계 중 중위추계 기준

II. 초미세먼지가 고령자 환경성질환 사망률에 미치는 영향

I 국민건강보험공단 표본코호트 DB 활용 장기건강영향 분석

2007년 서울시 거주 만 65세 이상 고령자 18,273명 대상 2015년까지 건강영향 추적 조사

- 초미세먼지의 장기 건강영향을 분석하기 위해서는 추적 조사가 가능한 건강 관련 정보 필요
 - 국민건강보험공단 표본코호트 DB는 2002년부터 2015년까지 표본 추출된 전국 1백만 명 (비식별 조치)에 대한 개인의 건강 관련 기초자료 제공
 - 인구사회학적 특성, 질병이력 및 건강 관련 습관, 진료 및 사망기록 등

[표 3] 국민건강보험공단 표본코호트 2.0 DB 주요 항목

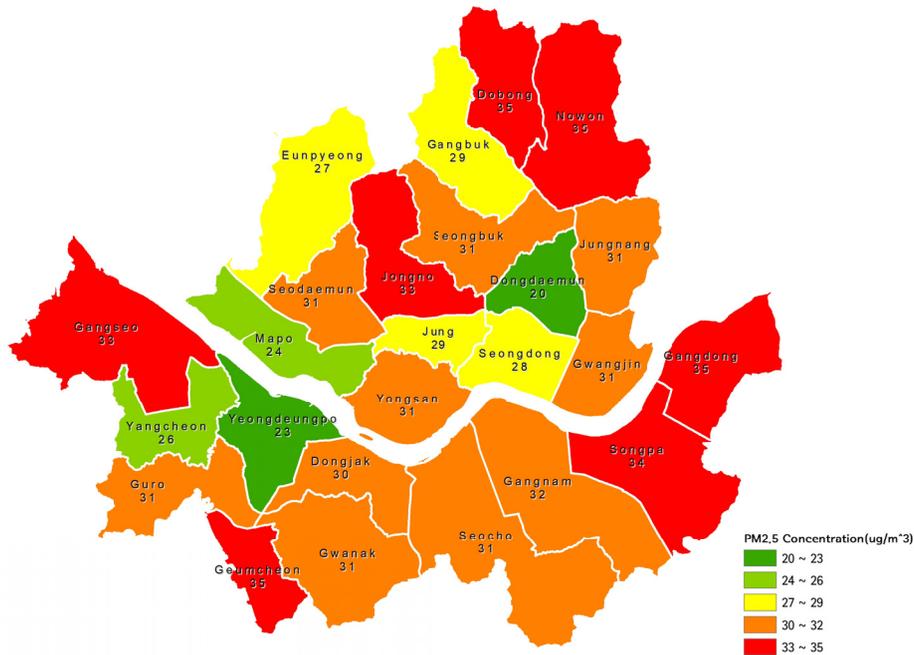
	항목	자격 및 보험료	사망	진료	일반 건강검진	요양기관
인구사회학적 특성	성별	●				
	연령	●				
	거주지역	●				
	소득(보험료분위)	●				
	의료보장 유형	●				
	장애	●				
질병이력 및 건강행태	과거력/가족력				●	
	흡연/음주/신체활동				●	
신체계측 및 검사결과	키/몸무게/BMI				●	
	흉부X선 촬영				●	
	혈압/혈당				●	
	기타 검사결과				●	
의료이용	상병			●		
	입원/외래/응급실			●		
	처치 및 투약			●		
	의료비용			●		
사망	사망연월		●			
	사망원인		●			
요양기관	기본특성					●
	인력/시설					●

출처: 국민건강보험공단, 2017, 표본코호트 2.0 DB 사용자 매뉴얼

서울특별시보건환경연구원 제공 자치구별 초미세먼지 농도 관측 값 활용

- 서울시에서는 2007년 이후 모든 자치구(25개)에서 초미세먼지 농도 관측 시작
 - 일부 자치구에서는 2002년부터 관측 시작

- 2007년 서울시 자치구별 초미세먼지 평균 농도는 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 최대, 최소, 표준 편차는 각각 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$, $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, $3.9\mu\text{g}/\text{m}^3$



[그림 4] 서울시 자치구별 연평균 PM2.5 농도(2007년)

관측 자료: 서울특별시보건환경연구원 내부자료

서울시 질환별 사망원인 통계 활용

- 서울시에서는 2015년에 환경성 질환으로 인해 만 65세 이상 고령자 중 7,422명 사망
 - 이는 질환의 원인과는 상관없이 질환별로 발생한 모든 사망자 숫자를 합한 결과
 - 의학 연구에서 미세먼지와 의 상관관계가 밝혀진 4가지 질환을 대상으로 사망률 분석⁸⁾
 - 허혈성심장질환, 만성폐쇄성폐질환, 폐암, 뇌혈관질환
- 서울시 고령자의 환경성 질환 사망률은 10만 명당 618명
 - 전체 연령대의 동일 환경성 질환 사망률보다 6.6배 높아 고령자가 환경성 질환에 취약
 - 환경성 질환 중에서는 뇌혈관질환의 사망률이 가장 높아 10만 명당 248명

8) Cohen, A. et al., 2017, Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015, Lancet 389: 1907-1918.; Han, C. et al., 2018, Spatial and temporal trends of number of deaths attributable to ambient PM2.5 in the Korea, JKMS, 33(30): e193.

[표 4] 서울시 환경성 질환 사망자 수(2015년)

		전체 연령대		고령자 (만 65세 이상)	
		사망자 수 (명)	사망률 (10만 명당 사망자)	사망자 수 (명)	사망률 (10만 명당 사망자)
환경성 질환 사망	IHD	2,112	21	1,606	134
	COPD	743	8	687	57
	LC	2,807	28	2,152	179
	Stroke	3,683	37	2,977	248
	합계	9,345	94	7,422	618
총 사망		43,053	435	31,286	2,604

주: IHD, COPD, LC, Stroke는 각각 허혈성심장질환, 만성폐쇄성폐질환, 폐암, 뇌혈관질환을 의미
 자료: 통계청 국가통계포털

I 콕스 비례위험모형 활용 초미세먼지 장기노출의 영향 분석

연구의 가설

- ‘고농도 초미세먼지에 장기간 노출된 고령자는 환경성 질환으로 인해 조기에 사망할 확률이 고농도 초미세먼지에 노출되지 않은 고령자보다 더 높다’는 가설 설정

가설에 대한 통계적 검증

- 콕스 비례위험모형을 구축한 후 초미세먼지의 건강영향 분석 및 통계적 검증
 - 2007년 기준으로 서울시에 거주한 만 65세 이상 고령자 대상
- 콕스 비례위험모형⁹⁾
 - 미세먼지의 장기 건강영향 분석을 위해 국내외에서 활발히 활용
 - 위험함수(hazard function)
 - 위험함수는 t 시기까지 생존한 사람이, 이후 dt 만큼의 시간이 지나는 동안(또는 $t + dt$ 시기 까지) 사망하게 될 확률의 변화율을 의미

$$\lambda(t) = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{\Pr(t \leq T < t + dt | T \geq t)}{dt} \quad [\text{식 1}]$$

9) Cox, D. R., 1972, Regression models and life-tables, Journal of the Royal Statistical Society: Series B 34(2): 187-220.

- [식 1]에서 λ 는 위험함수, $Pr(\cdot)$ 은 확률, T 는 사망 시점, t 는 시각, dt 는 시간의 변화량, $\lim(\cdot)$ 은 극한 연산자(여기서는 시간 변화량을 극히 작도록 하는 역할)를 의미
- 고농도 초미세먼지에 장기간 노출된 집단의 위험함수와 노출되지 않은 집단의 위험함수 사이 비례적 관계 가정
- 콕스 모형에서는 실험의 위험함수가 대조군의 위험함수와 비례적 관계를 갖고, 설명 변수와는 지수함수(exponential function) 관계를 갖는다고 가정

$$\lambda_i(t|X_i) = \lambda_0(t)\exp(X_i\beta) \quad \text{[식 2]}$$

- [식 2]에서 λ_0 는 고농도 미세먼지에 장기간 노출되지 않은 집단의 위험함수, λ_i 는 고농도 미세먼지에 장기간 노출된 집단의 위험함수(i 는 식별번호), $\exp(\cdot)$ 는 지수함수 연산자, X 는 건강에 영향을 미칠 수 있는 설명 변수 벡터(성별, 소득, 나이, 초미세먼지 등), β 는 파라미터(parameter) 벡터를 의미

I 초미세먼지 장기노출로 고령자 환경성 질환 사망위험 13.9% 증가

초미세먼지 농도가 증가할 때 고령자의 환경성 질환으로 인한 사망위험 크게 증가

- 연평균 초미세먼지 농도 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 서울시 고령자의 사망위험은 13.9% 증가
 - 남성, 저소득, 고령일수록 환경성 질환으로 인한 사망위험 증가

[표 5] 고령자 사망위험도 추정 결과(전체)

	β	표준오차	p-value	상대 위험비 (relative risk ratio)	95% 신뢰구간		대조군
성	-0.810	0.062	<0.001	0.445	0.394	0.502	1.6
소득	-0.035	0.010	0.000	0.965	0.947	0.983	6.7
나이	0.119	0.005	<0.001	1.126	1.116	1.136	72.2
PM2.5	0.013	0.007	0.081	1.013	0.998	1.028	29.8

주: N=18,273명, 미세먼지 환경성 질환 사망자=1,108명, LR statistic=713.95 (p-value<0.001)

- 질환별로는 허혈성심장질환과 뇌혈관질환으로 인한 사망위험 증가
 - 연평균 초미세먼지 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 서울시 고령자의 허혈성심장질환으로 인한 사망위험은 59.6% 증가

[표 6] 고령자 사망위험도 추정 결과(허혈성심장질환)

	β	표준오차	P-value	상대 위험비 (relative risk ratio)	95% 신뢰구간		대조군
성	-0.624	0.128	<0.001	0.536	0.339	0.523	1.6
소득	-0.021	0.021	0.308	0.980	0.940	1.005	6.7
나이	0.126	0.010	<0.001	1.135	1.124	1.144	72.2
PM2.5	0.047	0.016	0.005	1.048	1.007	1.063	29.8

주: N=18,273명, 허혈성심장질환 사망자=254명, LR statistic=181.47 (p-value<0.001)

- 연평균 초미세먼지 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 서울시 고령자의 뇌혈관질환으로 인한 사망위험은 17.9% 증가

[표 7] 고령자 사망위험도 추정 결과(뇌혈관질환)

	β	표준오차	P-value	상대 위험비 (relative risk ratio)	95% 신뢰구간		대조군
성	-0.373	0.092	<0.001	0.689	0.575	0.824	1.6
소득	-0.038	0.014	0.007	0.963	0.936	0.990	6.7
나이	0.131	0.007	<0.001	1.140	1.125	1.156	72.2
PM2.5	0.016	0.011	0.141	1.017	0.995	1.039	29.8

주: N=18,273명, 뇌혈관질환 사망자=500명, LR statistic=361.26 (p-value<0.001)

- 초미세먼지 이외의 설명변수들의 영향은 다소간 정도의 차이는 있지만, 환경성 질환 전체에 대한 분석결과와 방향성(β 값의 부호)에 있어서는 대체로 유사

I 2015년 초미세먼지로 인한 고령자 조기사망자 수 1,162명

서울시 초미세먼지 농도는 국가 환경기준과 국제기준 초과

- 서울시의 2015년 초미세먼지 연평균농도는 $23\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - 국가 환경기준($15\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 높고, WHO 권고기준($10\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 $13\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과

초미세먼지 농도 기준 초과로 인한 고령자 조기사망자 수

- 서울시 초미세먼지 농도가 국가 환경기준을 초과함으로 인해 발생한 2015년 고령자 조기사망자 수는 738명
 - 질환별로는 뇌혈관질환으로 인한 조기사망자 수가 많은 것으로 확인
- 서울시 초미세먼지 농도가 WHO 권고기준을 초과함으로 인해 발생한 조기사망자 수는 1,162명
 - 질환별로는 뇌혈관질환으로 인한 조기사망자 수가 많은 것으로 확인

[표 8] 초미세먼지로 인한 서울시 고령자 조기사망자 수(2015년)

		2015년 현황		국가 환경기준 대비		WHO 권고기준 대비	
		사망자 (명)	사망률 (10만 명당 사망자)	조기 사망자 (명)	사망률 (10만 명당 사망자)	조기 사망자 (명)	사망률 (10만 명당 사망자)
환경성 질환	IHD	1,606	134	195	118	304	109
	COPD	687	57	-	-	-	-
	LC	2,152	179	-	-	-	-
	Stroke	2,977	248	253	227	400	215
	전체	7,422	618	738	557	1,162	522
총 사망		31,286	2,604	-	-	-	-

주: IHD, COPD, LC, Stroke는 각각 허혈성심장질환, 만성폐쇄성폐질환, 폐암, 뇌혈관질환을 의미. COPD와 LC는 추정된 β 값의 통계적 유의성이 없어 미산정. 전체 조기사망자 수는 전체 샘플에 대한 분석결과를 바탕으로 산정

I 2030년 초미세먼지로 인한 고령자 조기사망자 수 2,133명 전망

고령화로 인해 서울시의 초미세먼지 건강영향 취약성은 향후 큰 폭으로 증가 전망

- 서울시 장래 고령화율 전망([표 2]) 활용, 초미세먼지 조기사망자 수 추정
 - 더 이상의 추가적인 초미세먼지 감축 노력이 없을 때 환경성 질환으로 인해 사망하는 총 고령자 수는 13,716명 전망
 - 2030년 서울시 초미세먼지 평균 농도는 2015년 수준으로 유지
- 국가 환경기준을 달성하지 못해 발생하는 고령자 조기사망자 수는 1,356명
 - 2015년에 초미세먼지로 인한 고령자 조기사망자 수가 738명임을 감안하면 1.8배 증가
 - WHO 권고기준을 달성하지 못해 발생하는 고령자 조기사망자 수는 2,133명
 - 2015년에 고령자 조기사망자 수가 1,162명이었음을 고려하면 큰 폭의 증가
- 서울시 초미세먼지 농도 개선에 따른 조기사망자 수 개선 전망
 - 초미세먼지 농도 개선 시 조기사망자 수는 2030년에 최대 2,133명 감소 전망

[표 9] 서울시 초미세먼지 농도 개선에 따른 고령화 조기사망자 수 변화 전망(2030년)

	현재 농도 유지 시	국가 환경기준 달성 시		WHO 권고기준 달성 시	
	사망자 수(명)	사망자 수(명)	조기사망자 감소(명)	사망자 수(명)	조기사망자 감소(명)
환경성 질환 사망	13,716	12,360	1,356	11,583	2,133
총 사망	57,783	-	-	-	-

주: 2030년 고령자 수 전망은 [표 2] 참고

Ⅲ. 고령자 초미세먼지 대책 현황

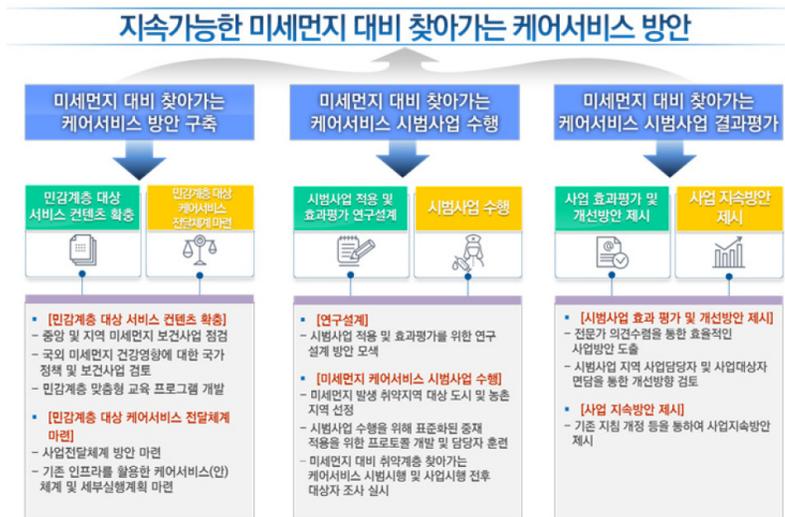
Ⅰ 정부 고령자 초미세먼지 대책 현황

고령자 이용시설을 대상으로 한 대응요령 제작 및 배포

- 환경부는 노인요양시설을 대상으로 미세먼지 고농도 단계별 행동요령 제작 및 배포
 - 6단계로 나누어 상황별 대응요령 마련
 - 고농도 예보 시, 고농도 발생 시, 주의보 발령 시, 경보 발령 시, 주의보 및 경보 발령 해제 시, 조치결과 보고
 - 노인요양시설은 시·도 담당부서에 보고, 보건복지부는 노인복지시설의 경보조치 결과를 환경부에 보고
- 질병관리본부는 미세먼지 건강알리미-노인편(동영상) 제작 및 배포

‘민감계층 대상 찾아가는 케어 서비스’ 방안 마련 및 시범사업 실시¹⁰⁾

- 독거노인, 영유아, 어린이 등 민감 계층별 교육프로그램 개발 및 시범사업
 - 시범사업은 도시 1곳, 농촌 1곳을 대상으로 2개월간 운영
 - 고령자 대상 사업은 지역 방문관리사업(1:1 교육), 경로당사업(집단교육)에 적용



[그림 5] 민감계층 대상 찾아가는 케어 서비스 방안(안)

자료: 채수미 외, 2018, 미세먼지 대비 민감계층 찾아가는 케어서비스(안) 구축, 질병관리본부.

10) 다음의 연구 결과를 바탕으로 정리: 채수미 외, 2018, 미세먼지 대비 민감계층 찾아가는 케어서비스(안) 구축, 질병관리본부.

I 서울시의 고령자 초미세먼지 대책 현황

‘서울형 미세먼지 민감군 주의보’ 도입

- 어린이와 고령자, 호흡기 및 심혈관계 질환자 대상 민감군 주의보 2017년 7월 도입
 - 초미세먼지 시간당 평균농도가 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 2시간 지속될 때 발령
 - 민감군은 영·유아, 어린이, 어르신, 임산부, 호흡기질환자, 심혈관질환자 등 포함
- 민감군 주의보 발령 시 고령자 대상 조치
 - 노인복지시설에 2020년까지 총 46억 원의 예산을 투입해 마스크 66만 개 무료 보급 계획
 - 대기질 정보 제공, 예·경보에 따른 행동요령 전파
 - 예·경보 알리미 ARS(전화)로 신청, 예·경보 동시다발식 신속정보 제공(7분 이내)
- 서울형 미세먼지 민감군 주의보 기준과 정부 초미세먼지 주의보 기준이 동일하도록 변화
 - 환경부는 2018년 7월 초미세먼지 주의보 기준을 $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 강화

미세먼지 집중관리구역 지정 및 운영

- 서울시는 자치구 수요조사를 통해 총 20개의 미세먼지 집중관리구역 후보지 선정
 - 2019년 12월까지 최종 3개 구역을 지정·고시할 예정

[표 10] 서울시 미세먼지 집중관리구역 자치구 수요조사 결과

구분	해당 자치구
차량통행 및 이동오염원 과다(5)	종로, 성동, 광진, 중랑, 서초
배출시설 밀집(9) (대기배출시설, 비산먼지발생사업장)	중구, 동대문, 성북, 도봉, 노원, 은평, 금천, 영등포, 강남
취약계층 이용시설·다중이용시설 밀집(6)	용산, 강북, 서대문, 동작, 송파, 강동

자료: 서울시 내부자료

- 취약계층이 이용하는 시설이 집중된 지역을 중심으로 선정 예정
 - 어린이·영유아·노인·임산부·호흡기질환자·심장질환자 등 미세먼지 노출에 민감한 계층
 - 옥외 근로자, 교통시설 관리자 등 미세먼지 노출 가능성이 높은 계층
- 지원 및 관리방안
 - 유형별로 11개 지원방안과 5개 관리방안 마련(2020년 총 6억 원 예산)

[표 11] 미세먼지 집중관리구역 지원 및 관리방안

	부문별	대기배출시설 인접 주거지역	주거 밀집지역	교통 밀집 인접 주거지역
지원 방안	대기오염도의 상시 측정	●	●	●
	살수차·진공청소차의 집중 운영	●	●	●
	수목 식재 및 공원 조성	●	●	●
	중소사업장의 배출관리 및 지원 확대	●		
	친환경 연료(보일러) 교체 지원	●	●	
	어린이 등 통학차량의 친환경차 전환	●	●	●
	학교 등에 공기 정화시설 설치	●	●	●
	미세먼지 신호등 또는 미세먼지 회피를 위한 시설의 설치		●	
	보건용 마스크의 보급	●	●	●
	대상시설의 실태진단 및 정비 지원		●	
	실내·외 미세먼지 IoT 모니터링	●	●	●
관리 방안	사업장 지도·점검 관리 강화	●		
	배출가스 등급제에 따른 통행 제한 및 자동차 공회전 제한	●	●	●
	생활 주변 오염원 단속 강화	●	●	●
	상세 미세먼지 인벤토리 구축	●	●	●
	공동체 협력 강화	●	●	●

자료: 서울시 내부자료

미세먼지 상황에 따른 민감군 행동요령 및 전파

- 미세먼지 예보 단계별로 민감군 행동요령 전파(일반인 행동요령보다 높은 수준)
 - 보통 단계: 몸 상태에 따라 실외활동 유의 권고
 - 나쁨 단계: 장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 특히 천식을 앓고 있는 사람이 실외에 있을 때에는 흡입기를 더 자주 사용할 것 권고
 - 매우 나쁨 단계: 가급적 실내 활동을 하고, 실외활동 시 의사와 상의할 것 권고
- 미세먼지 경보 발령 시 민감군 보호를 위한 조치 강화
 - 주의보 발령 시 민감군은 실외활동 제한 및 실내생활 권고
 - 주의보는 초미세먼지 시간당 평균농도가 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 2시간 지속될 때 발령
 - 경보 발령 시 민감군은 외출이나 야외 활동 금지
 - 경보는 초미세먼지의 시간당 평균농도가 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 2시간 지속될 때 발령

[표 12] 초미세먼지 예보에 따른 행동요령

예보내용		등급			
		좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
대상 물질	초미세먼지 (PM2.5)	0~15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16~35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	36~75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상
행동 요령	민감군	-	실외활동 시 특별히 행동에 제약을 받을 필요는 없지만, 몸 상태에 따라 유의하여 활동	장시간 또는 무리한 실외 활동 제한, 특히 천식을 앓고 있는 사람이 실외에 있는 경우 흡입기를 더 자주 사용 필요	가급적 실내활동 권고: 실외활동 시 의사와 상의
	일반인	-	-	장시간 또는 무리한 실외 활동 자제, 특히 눈이 아픈 증상이 있거나, 기침이나 목의 통증으로 불편한 사람은 실외활동 자제	장시간 또는 무리한 실외 활동 제한, 목의 통증과 기침 등의 증상이 있는 사람은 실외활동 자제

자료: 서울특별시 대기오염 예보 및 경보에 관한 조례 별표 1

[표 13] 초미세먼지 경보에 따른 시민 건강보호 조치사항

단계	시민 건강보호
주의보	<ul style="list-style-type: none"> 가. 민감군은 실외활동 제한 및 실내생활 권고 나. 일반인은 장시간 또는 무리한 실외활동 자제(특히, 눈이 아프거나 기침 또는 목의 통증이 있는 경우 실외활동 자제) 다. 부득이 외출 시 보건용 마스크 착용(폐기능 질환자는 의사와 충분한 상의 후 사용 권고) 라. 교통량이 많은 지역 이동 자제 마. 유치원·초등학교 실외수업 자제 바. 공공기관 운영 야외 체육시설 운영 제한 사. 공원·체육시설·고궁·터미널·철도 및 지하철 등을 이용하는 시민에게 과격한 실외활동 자제 홍보 아. 그 밖에 시민건강 보호를 위해 필요한 사항
경보	<ul style="list-style-type: none"> 가. 민감군은 외출이나 야외 활동 금지 나. 일반인은 장시간 또는 무리한 실외활동 자제(기침 또는 목의 통증이 있는 경우 실내생활 유지) 다. 부득이 외출 시 보건용 마스크 착용 라. 교통량이 많은 지역 가급적 이동 금지 마. 유치원·초등학교 실외수업 금지, 수업단축 또는 휴교 바. 중·고등학교 실외수업 자제 사. 공공기관 운영 야외 체육시설 운영 중단 아. 공원·체육시설·고궁·터미널·철도 및 지하철 등을 이용하는 시민에게 과격한 실외활동 금지 홍보 자. 그 밖에 시민건강 보호를 위해 필요한 사항

주: 주의보는 초미세먼지 시간당 평균농도가 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 2시간 지속될 때 발령, 경보는 초미세먼지 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 2시간 지속될 때 발령

자료: 서울특별시 대기오염 예보 및 경보에 관한 조례 별표 3

IV. 정책 제언

I 고령자 초미세먼지 보호대책 마련

초미세먼지 건강영향으로부터 고령자를 실질적으로 보호할 수 있는 방안 마련

- 고령자 특성을 고려한 교육 및 정보전달 체계 정비
 - 고령자는 일반인과 다른 특성을 갖고 있어 교육 및 홍보 사업 시 고령자의 특성을 반영한 교육내용(교안, 교수방법 등) 구성 필요
 - 고령자가 쉽게 정보를 습득할 수 있도록 정보전달 체계 정비 필요
- 초미세먼지 건강영향 및 질병관리 체계 정비
 - 고령자의 초미세먼지 정책수요를 고려할 때 미세먼지 질병관리 사업 중요
 - 미세먼지 질병관리, 예보서비스, 마스크 배포, 교육 순으로 높음¹¹⁾
 - 노출특성 분석과 상세 건강영향 분석을 위한 정보 체계 구축
- 고령자 주요 활동지역 배출원 관리
 - 배출원 DB, 농도 DB, 건강영향 DB 등을 통한 고령자 생활주변 초미세먼지 위해성 분석
 - 위해요인을 줄이기 위한 다양한 저감 사업 추진(배출원 관리, 다중이용시설 입지 변경, 노출 저감 사업 등)

주요 추진전략

주요 과제	추진전략
고령자 특성을 고려한 교육 및 정보 전달 체계 정비	- 고령자 특성을 고려한 교육 방안 마련 - 고령자에게 접근성이 좋은 정보전달 체계 구축 · 사물인터넷 등 활용 다중이용시설 정보 표출 방안 검토
초미세먼지 건강영향 및 질병관리 체계 정비	- 고령자 초미세먼지 노출특성을 고려한 노출저감 행동요령 작성 및 보급 - 초미세먼지로 인한 질병 악화 예방 및 사후 대응 체계 마련 · 방문관리 사업, 경로당 사업, 찾아가는 케어서비스 사업 연계 - 고령자 건강영향 상세 분석을 위한 정보 구축 · 서울형 건강영향 DB 구축
고령자 주요 활동지역 배출원 관리	- 상세 초미세먼지 지도 작성을 통한 고령자 다중이용시설 입지 선정 - 고령자 다중이용시설 주변 녹지 조성 등을 통한 초미세먼지 유입 차단

11) 채수미 외, 2018, 미세먼지 대비 민감계층 찾아가는 케어서비스(안) 구축, 질병관리본부.

I 고령자 특성을 고려한 교육 및 정보전달 체계 정비

고령자 특성을 고려한 교육 방안 마련

- 고령자에게는 미세먼지와 자신의 건강문제를 연결하여 생각할 수 있도록 교육하는 것이 중요
 - 건강에 대한 높은 관심을 반영해 초미세먼지와 자신의 건강문제를 연결하여 생각할 수 있도록 교육
 - 행동요령을 강조하기보다는 건강영향에 대한 충분한 교육 시행
- 만성질환자를 고려해 초미세먼지 대응요령에 대한 올바른 실천방법 교육 중요
 - 고령자 중에는 만성질환자가 많아 초미세먼지 행동요령을 실천하는 데 있어 주의사항 등을 충분히 숙지하여 올바르게 실천할 수 있도록 유도
 - 초미세먼지 마스크의 종류 및 올바른 착용 방법 등 교육
 - 단순히 마스크를 쓰라고 홍보하기보다는 초미세먼지 마스크의 종류, 올바른 착용 방법, 주의사항 등에 대한 교육 필요
- 새로운 정보에 대한 낮은 수용성을 고려해 고령자들에게 익숙한 것을 활용한 교육 내용 구성 및 반복 교육
 - 고령자는 기존에 알고 있던 정보에 대한 공감은 높지만 새로운 정보의 수용도는 낮은 편

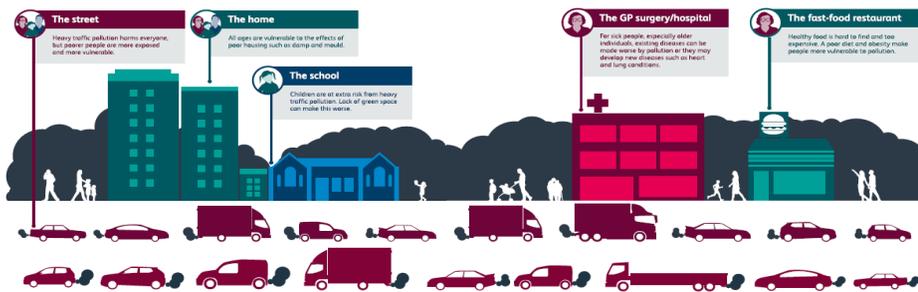
고령자에게 접근성이 좋은 정보전달 체계 구축

- 고령자는 스마트폰이나 인터넷을 통한 정보 습득보다는 접근성이 좋은 전달 방안 선호
 - 고령자의 초미세먼지 정보 확인 경로는 대부분 TV 시청 또는 주관적 판단
 - 가시거리, 창틀 먼지 등을 통해 판단
 - 일반인 대상 정보전달 체계(모바일 앱, 인터넷 등) 접근성 부족
- 사물인터넷(IoT)을 활용해 다중이용시설에 정보를 표출하는 방안 검토 필요
 - TV, 전화, 사물인터넷을 활용한 정보표출 방안

I 초미세먼지 건강영향 및 질병관리 체계 정비

고령자 초미세먼지 노출특성을 고려한 노출저감 행동요령 작성 및 보급

- 고령자의 신체적 특성, 주요 활동 특성, 생활양식 등을 고려해 초미세먼지 노출특성 분석
 - 노출특성 분석을 바탕으로 고령자 노출저감 행동요령(정보 패키지) 작성 및 보급



[그림 6] 생활주변 노출특성과 취약계층

자료: RCP, 2016, Every breath we take: The lifelong impact of air pollution, Royal College of Physicians.



[그림 7] 영국 대기오염 정보 패키지

자료: RCP, 2016, Every breath we take: The lifelong impact of air pollution, Royal College of Physicians.

초미세먼지로 인한 질병 악화 예방 및 사후 대응 체계 마련

- 방문관리 사업, 경로당 사업, 찾아가는 케어서비스 사업 등과 연계
 - 미세먼지 질병관리는 고령자의 최우선 정책수요

고령자 건강영향 상세 분석을 위한 정보 구축

- 서울형 건강영향 DB 구축
 - 국민건강보험공단 표본 코호트 DB의 한계를 고려해 서울시 고유의 건강DB 구축
 - 기초자치단체 단위까지의 농도 측정 자료가 축적되고, 건강검진 자료의 가용성이 확대된다면 기초건강자료를 활용한 보다 확대된 건강영향 분석 가능
 - 배출량 DB, 지리정보, 농도 DB 등과 연계한 통합 분석 체계 구축

I 고령자 주요 활동지역 배출원 관리

상세 초미세먼지 지도 작성을 통한 고령자 다중이용시설 입지 선정

- 지역별 상세 초미세먼지 배출원 정보와 농도관측 정보를 포함하는 초미세먼지 지도 작성
 - 배출사업장과 도로 등 주요 초미세먼지 배출원으로부터의 거리에 따라 초미세먼지 농도에 대한 노출과 이로 인한 건강영향 큰 차이¹²⁾
- 고령자 다중이용시설 입지 선정 시 초미세먼지 노출 정도 고려
 - 지구단위 계획이나 공동체 마을 계획 수립 시 도로의 위치나 바람길, 배출원의 위치 등을 고려해 초미세먼지 노출을 최대한 줄일 수 있도록 고령자 다중이용시설 입지 선정

고령자 다중이용시설 주변 녹지 조성 등을 통한 초미세먼지 유입 차단

- 도로 등 주변 배출원에서의 초미세먼지 유입을 차단할 수 있도록 방지막(green screen) 등 설치
 - 런던에서는 도로 주변에 녹색 방지막을 설치하고 1년 동안 성과를 평가한 결과 방지막 외부에 비해 내부의 미세먼지 농도가 연평균 30% 이상 저감¹³⁾



[그림 8] 런던 미세먼지 차단막(green screen) 사업 사례

자료: Temper et al., 2015, Impact of green screen on concentrations of particulate matter and oxides of nitrogen in near road environments, Royal Borough of Kensington and Chelsea.

12) Hoek, G. et al., 2002, Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: A cohort study, Lancet, 360(9341): 1203-1209.

13) Temper et al., 2015, Impact of green screen on concentrations of particulate matter and oxides of nitrogen in near road environments, Royal Borough of Kensington and Chelsea.

06756

서울특별시 서초구
남부순환로 340길 57

02-2149-1234

www.si.re.kr