



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학석사 학위논문

지역사회건강조사를 이용한  
미세먼지 장기 노출과 주관적 인지기능

Long-term Exposure to Fine particulate matter  
air pollution and Subjective Cognitive function  
using Community Health Survey data in Korea

2021년 8월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건통계학전공

구 슬

지역사회건강조사를 이용한  
미세먼지 장기 노출과 주관적 인지기능

Exposure to Fine particulate matter  
air pollution and Subjective Cognitive function  
using Community Health Survey data in Korea

지도교수 김 호

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함  
2021년 5월

서울대학교 보건대학원  
보건학과 보건통계학전공  
구 슬

구슬의 석사 학위논문을 인준함  
2021년 6월

위원장 성 주 헌

부위원장 이 승 목

위원 김 호

## 초 록

**연구배경:** 세계 인구의 90% 이상이 세계보건기구(WHO, World Health Organization, 2019) 대기 질 가이드라인을 초과하는 유해한 수준의 대기 오염에 노출되어 있다. 다양한 대기오염물질 중 미세먼지는 입자 크기가 작아서 중추신경계로 이동하기 쉽고 신경 행동학적 영향을 나타낼 가능성이 높다. 대기오염물질 입자가 신경계에 유해한 영향을 미칠 수 있다는 점이 밝혀졌음에도 불구하고, 대기오염 노출에 따른 인지기능 장애에 관한 국내 연구는 찾아보기 어렵다.

**연구목적:** 인지기능 장애 및 치매와 같은 신경계 질환은 장기적이고 복합적인 요인의 상호작용으로 발생한다. 본 연구의 목적은 대기오염 장기 노출과 인지기능 장애 발생 위험의 지역 단위의 차이를 살펴보고, 대기오염 장기 노출이 주관적 인지기능에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

**연구방법:** 대기오염 노출평가는 대기오염측정소가 있는 시·군·구를 기준으로 지역사회건강조사 수행 시점으로부터 이전 1년의 연평균 대기오염 농도의 노출을 평가하였으며, 본 연구에 포함된 시·군·구는 총 200개였다. 본 연구에서는 2018년부터 2019년까지 질병관리본부 지역사회건강조사에 참여한 만 40세 이상 대상자를 분석 대상으로 선정하였다. 대기오염측정소와 지역사회건강조사 자료를 매칭하여 최종적으로 선정된 조사 대상자는 총 224,570명이었으며, 대기오염 노출이 주관적 인지기능에 미치는 영향을 파악하기 위해 다수준 로지스틱 분석을 실시하였다.

**연구결과:** 다수준 분석을 통한 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 간의 연관성 분석 결과, 대기오염물질 중 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 노출 농도가 높을수록 인지장애 경험 발생 위험은 유의하게 증가하였다. 오존(O<sub>3</sub>)은 인지장애 경험에서, 이산화질소(NO<sub>2</sub>)는 인지장애로 인한 사회활동 지장에서 노출 농도가 높을수록 주관적 인지장애 경험 위험이 증가하는 경향을 보였다. 한편, 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 일산화탄소(CO)는 유의미한 연관성을 보이지 않았다. 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)와 인지장애 경험 변수에서 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애 경험 OR(odds ratio)은 1.12배(95% CI: 1.05, 1.19), Q3의 OR은 1.19배(95% CI: 1.11, 1.27), Q4의 OR은 1.22배(95% CI: 1.13, 1.31)로 통계적으로 유의하게 증가하였다. 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장 변수에서는 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 일상생활 지장 OR은 1.16배(95% CI: 1.06, 1.27), Q3의 OR은 1.12배(95% CI: 1.02, 1.23)로 유의하게 증가하였으며, 아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 Q1을 기준으로 Q2부터 Q4까지 인지장애 경험 및 인지장애로 인한 일상생활 지장과 사회활동 지장 위험이 유의하게 증가하는 경향을 보였다.

**결론:** 본 학위논문은 대기오염 장기 노출이 주관적 인지기능 장애에 미치는 영향을 연구한 국내 최초의 연구이다. 대기오염 노출을 포함한 환경적 요인은 수정 가능한 위험 인자로서 인지장애의 발생 시기를 늦추거나 질환을 예방할 수 있다. 본 연구가 정책 수립의 자료로 활용되어 건강 불평등의 심화 상황을 줄일 수 있기를 기대해본다.

**주요어 :** 대기오염, 미세먼지, PM<sub>2.5</sub>, 인지기능 장애, 치매, 알츠하이머병  
**학 번 :** 2019-20358

# 목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적	5
제 2 장 선행 연구 고찰	8
2.1 연구배경	8
2.2 연구방법	10
2.3 연구결과	11
2.4 결론 및 고찰	17
제 3 장 연구방법	18
3.1 연구대상	18
3.2 연구자료	19
3.2.1 대기오염 노출 평가	19
3.2.2 지역사회건강조사 자료	21
3.2.3 개인 수준의 공변량	22
3.3 통계분석	23
제 4 장 연구결과	25
4.1 연구대상자 특성	25
4.2 지역별 대기오염 농도 및 주관적 인지기능	29
4.3 주관적 인지기능에 영향을 미치는 요인	32
4.4 대기오염 노출과 주관적 인지기능	36
4.4.1 전체 대기오염 노출과 주관적 인지기능	36

4.4.2	성별 대기오염 노출과 주관적 인지기능 .....	41
4.4.3	연령별 대기오염 노출과 주관적 인지기능 .....	44
4.4.4	가구 소득별 대기오염 노출과 주관적 인지기능 .....	48
<b>제 5 장 결론 및 고찰 .....</b>		<b>50</b>
<b>참고문헌 .....</b>		<b>54</b>
<b>부 록 .....</b>		<b>59</b>
<b>영문초록 .....</b>		<b>65</b>

## 표 목 차

[표 1] 대기오염 노출과 인지기능 장애의 선행 연구 분석 .....	12
[표 2] 연구 대상자의 일반적 특성 .....	26
[표 3] 인지장애 경험에 영향을 미치는 요인 .....	34
[표 4] 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	38
[표 5] 성별 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	42
[표 6] 연령별 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	45
[표 7] 연간 가구 소득별 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 ..	48
[표 S1] 미세먼지(PM <sub>2.5</sub> ) 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	59
[표 S2] 미세먼지(PM <sub>10</sub> ) 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	60
[표 S3] 오존(O <sub>3</sub> ) 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	61
[표 S4] 이산화질소(NO <sub>2</sub> ) 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	62
[표 S5] 일산화탄소(CO) 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	63
[표 S6] 아황산가스(SO <sub>2</sub> ) 장기 노출과 주관적 인지기능 .....	64

## 그 립 목 차

[그림 1] Size comparisons for PM particles .....	1
[그림 2] 연구 대상자 선정 제외 기준 .....	19
[그림 3-1] 국내 지역별 대기오염 농도 분포 .....	30
[그림 3-2] 국내 지역별 주관적 인지장애 경험 지표 분포 .....	31
[그림 4] 대기오염 장기 노출에 따른 주관적 인지기능 OR과 95% 신뢰구간·	38



# 제 1 장. 서론

## 1.1 연구배경

세계 인구의 90% 이상이 세계보건기구(WHO, World Health Organization, 2019) 대기 질 가이드라인을 초과하는 유해한 수준의 대기오염에 노출되어 있다 [1]. 이제 대기오염은 전 세계적으로 질병과 사망에 영향을 미치는 주요 위험요인이 되었다. 대기오염물질의 구성 성분은 대부분 독성으로 이루어져 있다. 세계보건기구(WHO) 산하의 국제암연구소 (IARC, International Agency for Research on Cancer)에서는 미세먼지를 사람에게 발암이 확인된 1군 발암물질(Group 1)로 지정하였다 [2].

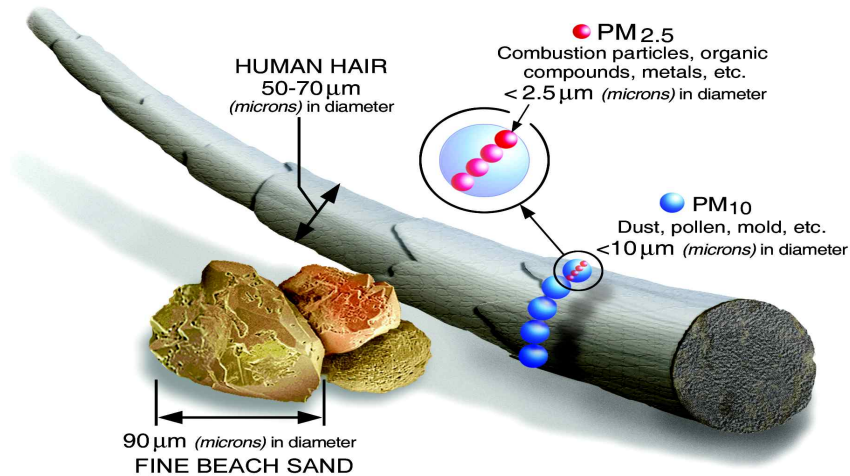


그림 1. Size comparisons for PM particles

\* 출처: EPA(United States Environmental Protection Agency)(2020)

미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 직경 10 $\mu$ m 이하이고, 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 직경 2.5 $\mu$ m 이하의 입자상 오염 물질이다. 성분과 농도가 같은 경우 미세먼지는 크기가 작을수록 건강에 더욱 부정적인 영향을 미친다. 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 미세먼지(PM<sub>10</sub>)보다 표면적이 넓어서 입자에 유해 물질이 흡착되기 쉽고, 입자 크기가 작을수록 인체 기관으로 흡수가 용이하기 때문이다 [3,4].

미세먼지 입자들은 크기와 모양이 다양하고, 수백 가지의 화학물질로 구성되어 있다. 산업, 발전소, 자동차 등에서 배출되는 미세먼지 입자 대부분은 질소산화물, 황산화물과 같은 오염 물질의 복잡한 반응을 통해 형성되며 [6], 화석 연료를 태우는 과정에서 탄소류와 검댕, 광물 등이 대기 중에 미세먼지로 배출된다.

미세먼지는 생성과정에 따라 분류할 수 있다. 1차 오염 물질은 공장, 자동차 등에서 대기에 직접 방출된 고체 상태의 미세먼지이며, 대표적으로 검댕과 유기물질이 있다. 2차 오염 물질은 가스 상태의 물질이 다른 물질과의 화학반응을 통해 생성된 미세먼지로 질산염, 황산염, 암모늄 등을 포함한다. 2차 오염 물질은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 발생량 중 약 73%를 차지할 만큼 비중이 높고, 인체에 해롭다고 알려져 있다 [5]. 국내의 6개 지역에서 측정된 미세먼지의 비율은 2차 오염 물질인 황산염·질산염 등이 58.3%였으며, 1차 오염 물질인 검댕과 탄소류 16.8%, 광물 6.3% 순으로 구성되어 있었다 [2].

2019년 한·중·일 3국이 참여한 동북아 장거리 이동 대기오염물질 국제공동연구(LTP)에 따르면, 국내 3개 도시의 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 발생 원인은 자체 발생 61%, 중국 32%, 일본 2%, 기타 국가는 15%로 보고하였다 [7].

국내 자체 발생 부분에서 전국적으로 미세먼지 배출량이 가장 많은 분야는 사업장(발전업, 제철업, 시멘트업)이며, 수도권 지역에서는 경유차 등 자동차에서 배출된 오염 물질이 가장 높은 비율로 발생하였다. 2015년 국내 미세먼지 배출량을 조사한 결과, 제조업 연소공정은 37%를 나타냈으며, 비도로 이동오염원 14%, 도로 이동오염원 9%의 비율로 배출되었다 [8].

국외 유입의 경우 국내 전체 미세먼지 발생원의 30~50%를 차지한다. 중국·일본의 사업장 등에서 유입된 미세먼지가 이동하여 국내에 정체되면서 질병·사망 등 국민 건강에 부정적인 영향을 주고 있다. 중국발 미세먼지로 중국 이외의 지역에 미치는 건강 영향 연구에 따르면, 2007년 중국발 미세먼지로 인한 전 세계 조기 사망자 102만 명 중 동아시아(한국, 일본, 북한, 몽골)의 조기 사망 수는 3.09만 명과 관련이 있다고 보고하였다 [9].

대기오염물질에 장기 노출됨에 따라 질병 이환 및 사망률이 증가하였고, 대기오염을 주제로 한 역학 연구가 활발해지기 시작하였다. 유럽 및 미국에서는 1952년 런던 스모그 발생 후 대기오염이 인체에 미치는 유해성 연구가 시작되었고, 동아시아에서도 1900년대 후반부터 대기오염 노출 정도에 따른 질병 역학 연구가 진행되었다.

대기오염의 건강 영향은 호흡기계 및 심혈관계 질환 분야에서 많은 연구가 진행되었다. 최근에는 대기오염과 신경계 질환 간의 유의한 연관성이 있다는 연구결과가 보고되고 있다. 다양한 대기오염물질 중 미세먼지는 입자 크기가 작아서 중추신경계로 이동하기 쉽고 특히 신경 행동학적 영향을 나타낼 가능성이 높다. 실제로 최근 역학, 관찰, 임상, 실험 연구에서 새롭게 나타나는 증거는 알츠하이머병(AD), 파킨슨병(PD), 뇌졸중 등 특정 신경질환이 대기오염과 강하게 연관되어 있을 수 있음을 시사한다.

대기오염 만성 노출은 젊은 연령 군에서도 퇴행성 뇌질환을 유발하는데 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다 [12]. 메트로폴리탄 멕시코 시티에서 수행된 한 연구에서, 평생 미세먼지( $PM_{2.5}$ ) 및 오존( $O_3$ )에 노출된 어린이들과 젊은이들은 미세먼지 입자가 뇌에 도달하여 신경 혈관 단위와 뇌세포의 초기 및 진행성 손상을 유발한다고 보고하였다 [13]. 미국에서 여성 노인을 대상으로 전반적 인지기능을 추적 조사한 코호트 연구에서 미세먼지 장기 노출 군(4-7년)은 단기 노출 군(1개월 이하)에 비하여 인지기능이 더 낮았다 [14]. 타이완에서 65세 이상을 대상으로 한 코호트 연구에서는 오존 농도 9.63ppb 증가 당 Alzheimer disease(AD)의 발병 위험이 211% 높았으며, 미세먼지( $PM_{2.5}$ ) 농도  $4.34\mu g/m^3$  증가 당 Alzheimer disease(AD) 발병 위험이 138% 높아지는 것으로 보고하였다 [15].

최근 아황산가스( $SO_2$ )와 인지기능 장애와의 연관성을 분석한 연구결과도 보고되었다. 타이완에서 Alzheimer disease(AD) 환자를 대상으로 대기 오염물질 노출과 인지 능력 저하와의 연관성을 평가한 환자·대조군 연구에서 아황산가스( $SO_2$ )가 높은 지역에 사는 군의 인지기능 저하 발생 위험은 낮은 지역에 사는 군보다 1.19배 높았고, 대기오염물질 중 아황산가스( $SO_2$ ) 노출이 가장 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다 [23].

호흡기계를 통해 흡수된 대기오염물질 입자가 혈류를 따라 이동하면서 신경계에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 점이 밝혀졌음에도 불구하고, 국내에서는 대기오염 노출에 따른 인지기능 저하에 관한 연구가 미미한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 환경부 대기오염 확정자료와 질병관리본부 지역사회건강조사 자료를 통해 대기오염의 장기 노출이 주관적 인지기능에 미치는 영향에 대해 확인하고자 한다.

## 1.2 연구목적

세계보건기구(WHO)에서는 제3단계 잠정목표와 권고기준을 통해 국가별 미세먼지의 관리 기준을 제시하였다. 우리나라가 채택한 미세먼지 기준은 잠정목표 3으로 미세먼지(PM<sub>10</sub>)의 경우 연평균 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 일평균 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 연평균 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 일평균 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  수준을 목표로 하고 있다. 이는 WHO 권고기준보다는 낮지만, 중국보다는 강화된 기준이다. 우리나라는 2026년까지 미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 연평균 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 일평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 연평균 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 일평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 WHO 기준으로 상향할 계획이지만 [8], 전문가들은 우리나라 미래 대기 질의 전망이 밝지 않을 것으로 예측하였다.

다른 선진국의 국가와 비교했을 때, 국내의 미세먼지는 높은 수준이다. 미국 로스엔젤레스(LA)의 경우 2017년 미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 연평균 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 연평균 14.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 국내 도시 서울의 경우 미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 연평균 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 연평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다.

대기 질에 대한 지속적인 연구와 정책으로 최근 10년간 서울시의 미세먼지 수치가 감소하는 추세를 보였다. 그러나 국립환경과학원의 IPCC 미래 대기 질 연구에 따르면 대기오염물질 배출이 증가하는 시나리오(A2)의 경우, 우리나라의 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 현재 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2100년대 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 증가할 것으로 보고하였다 [11]. 온도 증가 등의 기후변화 조건을 고려했을 때, 앞으로 미래의 미세먼지 농도는 점차 증가할 것이라는 전망이다.

본 연구의 목적은 미세먼지의 장기 노출이 주관적 인지기능에 미치는 영향을 평가하는 것이다. 지역별 미세먼지 장기 노출과 인지장애 경험 간의 연관성을 평가하고, 인지장애 경험에 관한 추가 문항을 세부적으로 분석하고자 한다.

개인의 건강 수준은 생물학적 특성뿐만 아니라 교육, 소득, 환경 등 사회 구조적 특성에 따라 영향을 받는다. 이러한 사회 구조적 요인은 지역별 건강 격차를 일으킬 수 있고, 건강 불평등을 심화시킬 수 있다. 대기오염 노출과 인지기능도 개인 단위를 넘어 지역적 차이를 고려한 연구 접근이 필요하다.

지역 단위로 구축된 지역사회건강조사는 대기오염 장기 노출 주관적 인지기능에 미치는 영향을 연구할 수 있는 최적의 자료가 될 것이다. 지역사회건강조사는 주민건강실태 파악을 위해 2008년부터 매년 시행되는 조사로, 만 19세 이상 대상으로 전국 255개 보건소 당 900명의 표본을 추출하여 약 23만명에게 시행되는 법정조사이다. 최근 지역사회건강조사 문항에 인지장애 경험 관련 변수가 추가되면서 지역 단위의 대기오염 장기 노출 농도에 따른 인지장애 경험과의 연관성을 파악할 수 있는 기반이 마련되었다.

인지기능 장애 및 치매와 같은 신경계 질환은 장기적이고 복합적인 요인의 상호작용으로 발생한다. 대기오염 노출을 포함한 환경적 요인은 인지기능 장애의 수정 가능한 위험 인자로서 발생 시기를 늦추거나 질환을 예방할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 장애 발생 위험의 지역 단위의 차이를 살펴보고, 수정 가능한 환경적 요인에 의한 건강 불평등의 심화 상황을 줄이고자 한다.

본 학위논문의 목적은 다음과 같다.

1. 대기오염물질 노출 농도의 지역적 분포를 파악하여 지역별 대기오염 노출 농도와 인지기능 장애 사이의 단면적 연관성에 대한 연구 기반을 마련한다.
2. 개인과 지역 수준의 특성을 동시에 고려할 수 있는 다수준 분석을 통한 지역사회건강조사 자료 특성 탐색 및 연구방법을 제안한다.
3. 미세먼지 노출이 주관적 인지기능 장애에 미치는 영향을 정량적으로 파악하여 정책 수립의 기초자료로 활용할 수 있다.

## 제 2 장. 선행 연구 고찰

### 2.1 연구배경

대기오염 장기 노출은 신경계에 만성 염증을 유발하여 중추신경계 질환을 일으키는 것으로 알려져 있다. 뇌졸중, 알츠하이머, 파킨슨병 발병은 대기오염 특히 미세입자인 초미세먼지와 관련이 있다 [16]. 2017년 란셋에 발표한 치매 예방 중재 치료 보고서에 따르면 대기오염은 인지기능 저하 및 치매의 잠재적 위험요인이라고 밝혔다 [17].

대기오염과 건강 영향에 대한 국내의 역학 연구는 1990년대 후반부터 시작되었다 [18]. 인지기능 장애는 복합적인 요인의 상호작용으로 발생하며, 미세먼지 노출 정도를 평가하는데 어려움이 존재한다는 이유로 해당 분야의 국내 역학 연구는 활성화되지 못했다. 그러나, 아시아 지역의 대기 중 미세먼지 농도가 특히 높아지면서 사회적 관심이 증가하였고, 미세먼지 노출과 인지기능 사이의 연관성을 입증하기 위해 실험 연구와 역학 연구가 점차 발전하게 되었다.

다양한 실험 연구에서 대기오염 노출은 인지기능을 손상시키고, 뇌혈관 손상을 유발한다고 보고하였다. 대기오염에 노출된 개인의 전두 피질에 프리앵글 물질과 아밀로이드-산화물 확산 플라크가 있는 신경질성 고인산 타우는 산화 스트레스, 신경 염증, 신경 퇴화를 발생시킨다 [19]. 이러한 기전은 뇌 염증을 유발하고 A $\beta$  펩타이드 축적을 가속화하여 알츠하이머 치매 등의 신경계 질환을 유발할 수 있다 [20].



이처럼 고농도의 대기오염 노출이 단기적으로 심혈관계 및 신경계에 미치는 병리학적 영향은 잘 알려져 있다. 그러나, 신경계 질환은 장기적인 퇴행성 과정이므로 단기 실험 연구만으로 대기오염물질을 원인 물질로 밝히는 데에는 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위하여 대기오염물질 노출 농도와 신경병리학적 결과를 연결한 데이터 역학 연구는 실험 연구를 뒷받침할 수 있다. 역학 연구는 질병의 원인을 탐구하는 근거 기반 연구 분야로서 대기오염 장기 노출과 인지기능의 연관성을 밝히는 데 있어 활용 가치가 높다.

국외에서는 대기오염 장기 노출과 인지기능 저하 발생 간의 인과성 평가를 위해 다수의 코호트 연구가 진행되어왔다. 코호트 연구는 대기오염 노출 농도에 따른 영향을 추적 관찰하여 질환과의 인과관계를 평가할 수 있다는 점에서 좋은 연구방법이다. 대표적인 코호트 연구로 미국의 Nurses Health Study (NHS)와 Women's Health Initiative Memory Study (WHIMS) 연구, 영국의 Whitehall II longitudinal study, 대만의 Longitudinal Health Insurance Database (LHID) 2000 study 연구에서 고농도의 미세먼지 ( $PM_{2.5}$ )에 노출된 사람일수록 인지기능 저하의 위험성이 높다고 보고하였다 [21].

단면연구는 위험요인인 대기오염 노출 농도에 따른 인지기능 저하 발생을 같은 시점에 관찰하여 연관성을 평가하는 연구방법이다. 대기오염 노출에 따른 인지기능 영향을 주제로 한 대표적인 단면연구인 미국 Health and Retirement Study (HRS) 연구에서 미세먼지( $PM_{2.5}$ ) 농도가 높은 지역에 거주할수록 노인들의 인지기능이 저하되었다고 보고하였다 [22].

최근 아황산가스(SO<sub>2</sub>)와 인지기능 장애와의 연관성을 분석한 환자-대조군 연구결과도 보고되었다. 타이완에서 Alzheimer disease(AD) 환자를 대상으로 한 연구에서 아황산가스(SO<sub>2</sub>)가 높은 지역에 사는 군의 인지기능 저하 발생 위험은 낮은 지역에 사는 군보다 1.19배 높은 것으로 보고하였다 [23].

그러나, 국내에서는 아직까지 대기오염과 인지기능 저하를 주제로 한 연구가 미미하여 그 관계가 불분명하다. 국내의 기존 단면연구 데이터베이스는 거주 지역의 미세먼지 측정값이 제공되지 않기 때문에, 대기오염 노출과 인지기능 저하 발생의 연관성을 주제로 한 연구 수행에 제약을 받았다.

따라서, 본 장에서는 미세먼지 장기 노출이 인지장애 경험에 미치는 영향을 파악하기 위해 국내외의 기존 연구를 탐색하고, 선행 연구의 강점과 제한점을 파악하고자 한다.

## 2.2 연구방법

데이터베이스 PubMed, google scholar에 초미세먼지와 인지기능 저하와 관련된 단어를 조합하여 검색하였다. 대기오염물질 노출과 관련된 용어 'PM<sub>2.5</sub>', 'air pollution', 'particulate matter'와 인지기능과 관련된 용어 'cognitive disorder', 'dementia', 'Alzheimer's disease' 중 각각 한 단어 이상이 포함되도록 하였다. 2012년부터 2021년까지 미세먼지 노출이 인지기능 저하에 미치는 영향을 주제로 수행된 모든 역학 연구를 포함시켰다. 각 연구와 해당 연구의 참고문헌을 참조하여 국내외에서 진행된 역학 연구결과를 확인하였고, 연구 자료를 중심으로 95% 신뢰구간(CI)에서 OR(Odds ratio)을 해석하였다.

## 2.3 연구결과

본 연구에서는 표 1에 제시한 것처럼 9개의 종속 연구, 3개의 단면연구, 1개의 환자-대조군 연구를 포함시켰다. 우선, 선택된 9개의 코호트는 미국의 11개 주를 대상으로 한 Nurses Health Study (NHS), 영국의 Whitehall II longitudinal study, 대만의 Longitudinal Health Insurance Database (LHID) 2000 study, 미국의 Medicare enrollees study, 중국의 The Study on global AGEing and adult health (SAGE), 미국의 Women's Health Initiative Memory Study (WHIMS), 캐나다의 Ontario Population Health and Environment Cohort (ONPHEC), 영국의 CPRD database study, 스웨덴의 Swedish National Study on Aging and Care in Kungsholmen (SNAC-K)이었다.

최종 선택된 9개의 코호트 연구를 요약한 내용은 다음과 같다 (표 1). 9개의 코호트는 미국, 영국, 대만, 중국, 캐나다, 스웨덴의 코호트였고, 미국은 3개, 영국은 2개의 다른 자료원으로 구성된 코호트를 선정하였다. 해당 코호트 연구들의 대상자 수는 약 3천 명에서 9백만 명까지 다양했으며, 최소 2년에서 11년까지 추적 관찰되었다. 미세먼지 노출 평가 변수는 각국의 지리정보시스템을 활용하여 거주지를 기반으로 평균 농도에 기초하여 노출을 추정하였다. 인지기능 측정은 인지에 대한 종합적인 평가를 제공하는 검사로 측정되거나, 국제질병분류에 따른 치매 진단을 받은 최초로 받은 시점에 종료되었다.

표 1. 대기오염 노출과 인지기능 장애의 선행 연구 분석

year	Measured exposure	Study population	Participants	fu dram	Age at testing	Outcomes	Citation
2012 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> and PM <sub>10</sub> at residence for the preceeding month, year, 2 years, 5 years	Registered nurses residing in the USA	19,409	1.9y 4.3y	70-81 years	Rate of cognitive disorder was larger with highest level of exposure to PM <sub>2.5</sub> as compared to lowest level. Rate of decline in global cognition per 10 $\mu$ g/m <sup>3</sup> increase in long-term exposure was significant for long-term exposure.	Weuve et al. [14]
2014 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> and PM <sub>10</sub> from traffic and all sources at residence	London, England civil servants working in Whitehall	2,867	5y	66 years (Mean age)	Higher PM <sub>2.5</sub> of 1.1 $\mu$ g/m <sup>3</sup> (lag 4) was associated with a 0.03 (95% CI = -0.06 to 0.002) 5-year decline in standardized memory score and a 0.04 (-0.07 to -0.01) decline	Tonne et al. [24]
2015 (cohort)	O <sub>3</sub> and PM <sub>2.5</sub> levels	65 years of age or older in Taiwan	95,690	10y	≥65 years	Association of both O <sub>3</sub> (HR 3.11 per 10.91 ppb) and PM <sub>2.5</sub> (HR 2.38 (95% CI: 2.21, 2.56) per 4.34mg/m <sup>3</sup> ) increases with AD incidence over follow up	Jung et al. [25]

year	Measured exposure	Study population	Participants	fu duration	Age at testing	Outcomes	Citation
2016 (cohort)	City of residence average PM <sub>2.5</sub> from 1999 to 2010	Medicare enrollees in the United States east coast.	9,817,806	11y	≥65 years	Increased risk of Parkinson's disease (HR 1.08 (95% CI: 1.04, 1.12)), Alzheimer's disease (HR 1.15 (95% CI: 1.11, 1.19)), and dementia (HR 1.08 (95% CI: 1.05, 1.11)) per 1mg/m <sup>3</sup> increase in airborne	Kumut zoglou et al. [26]
2017 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> by satellite data and geocoding	SAGE in China, Ghana, India, Mexico, South Africa, and Russia	45,625	5y	58 years (Mean age)	Exposure to PM <sub>2.5</sub> was associated with disability score. PM <sub>2.5</sub> was also associated with cognition, mobility and getting along	Lin et al. [27]
2017 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> at residence	Elderly women of European ancestry in the USA (WHIMS)	3,647	8.3y 9.9y (1999 - 2010)	65-79 years	Exposure above 12 mg/m <sup>3</sup> significantly associated with cognitive decline (HR 1.81; 1.42-2.32) and dementia (HR 1.92; 1.32-2.80) APOE allele status modulated risk	Cacciatto et al. [28]

year	Measured exposure	Study population	Participants	fu duration	Age at testing	Outcomes	Citation
2017 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> , and O <sub>3</sub> levels at residence	Residents of Ontario, Canada of at least 5 years (ONPHEC)	2,066,639	~11y	≥55 years	Increase dementia incidence risk with PM <sub>2.5</sub> (HR 1.04 (95% CI: 1.03, 1.05) per IQR increase) and NO <sub>2</sub> (HR 1.1 (95% CI: 1.08, 1.12) per IQR increase), but not O <sub>3</sub>	Chen et al. [29]
2018 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> Distance from a major roadway	Sample from the CPRD database London, UK	139,718	mean 6.9y (2013)	50-79 years	Increased risk of dementia with increased exposure to PM <sub>2.5</sub> HR: 1.1 (1.02 - 1.18) PM <sub>2.5</sub> : 0.9g/m <sup>3</sup> and NO <sub>2</sub>	Carey et al. [30]
2019 (cohort)	PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>x</sub> for outdoor levels at residential addresses	Swedish National Study on Aging and Care in Kungsholmen (SNAC-K)	2,927	6y	74 years (Mean age)	HR of dementia increased by as much as 50% per IQR difference in mean air pollutant levels (HR for difference of 0.88 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub> , 1.54 [95% CI, 1.33-1.78]; HR for difference of 8.35 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub> , 1.14 [95% CI, 1.01-1.29])	Grande, Giulia, et al. [31]

year	Measured exposure	Study population	Participants	fu duration	Age at testing	Outcomes	Citation
2014 (cross-sectional)	PM <sub>2.5</sub> at residence averaged	Health and Retirement Study(HRS) in the USA	13,996	1y (2004)	≥50 years	Living in areas with higher PM <sub>2.5</sub> exposure had worse cognitive function by the telephone interview for cognitive status.	Ailshire and Gimmins [33]
2014 (cross-sectional)	NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> and O <sub>3</sub> levels at residence	Elderly from the Los Angeles Basin area	1,496	7y (2000-2006)	60.5 years (Mean age)	Higher PM <sub>2.5</sub> concentrations was associated with lower verbal learning ( $\beta = -0.32$ per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM <sub>2.5</sub> , 95% CI = -0.63, 0.00; p = 0.05)	Gatto et al. [34]
2015 (cross-sectional)	PM <sub>2.5</sub> levels at residence	USA	780	2y (2001-2002)	≥55 years	The association between PM <sub>2.5</sub> and cognitive errors was stronger among older adults living in high stress neighborhoods.	Aishire, Clarke et al. [35]
2021 (case-control)	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , CO	Kaohsiung, Pingtung taiwan	704	17y (2002-2018)	78.2 - 79.23 years (Mean age)	higher levels of CO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , and SO <sub>2</sub> exposure were associated with increased risk of AD cognitive deterioration. Among all these air pollutants, high SO <sub>2</sub> exposure has the greatest impact.	Lin Feng Cheng, et al . [23]

3개의 단면연구는 미국의 Health and Retirement Study (HRS), University of Southern California (USC) Atherosclerosis Research 데이터 활용 연구, Wave of the Americans' Changing Lives study의 데이터 활용 연구이다.

표 1에 요약된 선행 단면연구는 미국에서 3개의 자료원을 활용하여 수행되었다. 해당 연구들은 최소 2년에서 7년까지 수집된 자료원을 통해 대기오염 노출과 인지기능 간의 단면적 연관성을 평가한 연구였으며, 연구 참여자의 수는 약 8백 명에서 1.4만 명을 대상으로 하였다. 대기오염 노출은 지리정보시스템 기반의 미국 환경청 대기 질 시스템(AQS)에서 추출되었고, 인지기능은 간이 정신 기능 검사부터 14개의 종합 인지 검사 등을 활용하여 표준화된 방식으로 평가되었다.

타이완에서 17년 동안 수집된 임상 데이터를 기반으로 대기오염 노출과 Alzheimer disease(AD) 환자의 인지력 저하를 평가한 환자-대조군 연구는 표 1에 제시되었다. 연구 대상자는 Kaohsiung 지역 584명, Pingtung 지역 120명이 참여하였다. 대기오염 데이터는 대만 환경보호청에서 수집되었고, 인지기능은 인터뷰를 통해 임상 치매 등급 점수로 평가되었다.

본 연구에서 활용된 지역사회건강조사 자료는 인지장애 관련 변수가 추가된 시점인 2018년부터 2019년까지의 자료이며, 대상자 수는 약 22만명이다. 대상자의 거주지는 대기오염도 확정자료의 기준이 되는 시·군·구 단위로 제공되었다. 지역사회건강조사자료는 대기오염 노출과 인지장애 경험에 영향을 미치는 공변량인 성별·연령·가구 소득 등의 기본 가구 정보, 흡연·음주·운동 여부 등의 건강행태, 고혈압·당뇨병 진단 경험 여부 등의 이환, 사회 및 경제활동 등의 변수를 활용할 수 있었다.



## 2.4 결론 및 고찰

본 장에서는 대기오염 장기 노출과 인지기능 장애와의 연관성 연구를 위해 국내외 선행 연구를 분석하고, 지역사회건강조사 자료와 비교하여 강점과 제한점을 파악해 보았다. 기존의 선행 연구와 비교·분석한 특성은 다음과 같다.

미세먼지 노출과 인지기능에 관한 국내외 선행 연구 중 다수가 코호트 연구였으며, 단면연구로 이루어진 연구는 많지 않았다. 본 장에 제시된 3개의 단면연구는 센서스나 임상 연구에서 최소 2년에서 7년 동안 수집된 자료를 기반으로 수행되었으며, 대기오염 노출 농도는 거주지나 인구 조사 기관 중심에서 반경 5~60km 이내의 미세먼지 측정값을 기준으로 연평균 농도를 산출하였다. 공변량은 자료원의 구성에 따라 제한된 범위 내에서 활용되었다.

선행 연구와 비교해 볼 때, 지역사회건강조사는 대기오염의 건강 영향을 탐구하기 위한 자료원으로서 강점을 지니고 있다. 지역사회건강조사자료는 매년 약 23만명을 대상으로 하는 맞춤형 건강실태조사로서 표본의 규모가 크므로 전체 인구집단에 대한 대표성을 가진다. 또한, 사회경제적 영역과 건강행태 영역의 공변량을 포함하고 있어 보정 변수로 활용 가능하다는 강점이 있다. 다만, 거주지의 형태가 시·군·구 단위로 제공되므로 개인 수준의 대기오염 노출을 반영할 수 없는 등의 제한점이 존재하였다. 따라서, 제한점을 보완하는 노력을 통해 신뢰성 있는 연구방법을 고안할 필요가 있다.

## 제 3 장. 연구방법

### 3.1 연구대상

본 학위논문은 서울대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았다(IRB no. E2012/003-008).

질병관리본부 지역사회건강조사는 17개 시도 및 255개 보건소를 대상으로 매년 약 23만 명의 대상자에게 수행되는 건강실태조사이다. 지역사회건강조사는 확률비례계통추출법과 계통추출법으로 표본을 선정한다. 본 연구에서는 2018년부터 2019년까지 지역사회건강조사에 참여한 만 40세 이상 대상자 355,669명을 분석 대상으로 선정하였다.

대기오염 노출평가는 대기오염측정소가 있는 시·군·구를 기준으로 지역사회건강조사 수행 시점으로부터 이전 1년의 연평균 대기오염 농도의 노출을 평가하였다. 예를 들어, 2018년에 수행된 지역사회건강조사는 2017년 8월부터 2018년 7월까지의 대기오염 확정자료의 연평균 농도를 산출하여 평가하였다. 대기오염물질 농도 값이 측정되지 않은 시·군·구에 거주하는 대상자는 본 연구에서 배제하였으며, 본 연구에 포함된 시·군·구는 총 200개였다.

종속변수인 인지장애 경험 여부와 기타 개인 수준의 공변량인 가구 소득, 경제활동 여부, 교육수준, 결혼상태, 흡연 여부, 음주 여부, 걷기실천 일수, BMI, 수면시간, 고혈압·당뇨병 진단 여부, 우울감 경험 여부 변수에서 “응답 거부”, “모름”으로 응답한 대상자는 본 연구에서 제외하였다. 대기오염측정소와 지역사회건강조사 자료를 매칭하여 최종적으로 선정된 조사 대상자는 총 224,570명이었다 (그림 2).

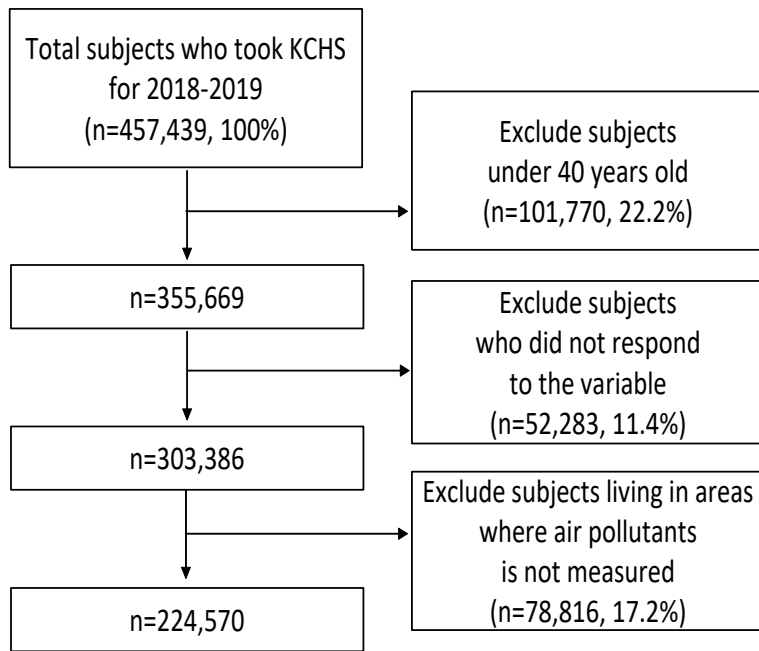


그림 2. 연구 대상자 선정 제외 기준

## 3.2 연구자료

### 3.2.1 대기오염 노출 평가

본 연구에서는 환경부 국립환경과학원에서 제공되는 대기오염도 확정 자료를 활용하였다. 2021년 기준 국내 대기오염 측정망은 전국 162개 시·군에 대기오염 측정망 591여개소가 설치되어 운영되고 있다. 세부 현황은 도시 대기 측정망 487개소, 도로변 대기 측정망 51개소, 국가 배경농도 측정망 11개소, 교외 대기 측정망 27개소, 항만 대기 측정망 15개소 등으로 구성되어 있다 [36].

미세먼지 경보를 위해 설치된 도시 대기 측정망은 각 지자체에서 운영되며,

평균 대기 질 농도를 파악하여 기준 초과 여부를 관리하고 있다. 도시 대기 측정망의 측정항목은 대기 환경 기준물질 6개 항목인 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 오존(O<sub>3</sub>)이며, 시간대별, 일자별, 요일별로 측정하여 최종 확정된 자료는 한국환경공단 홈페이지 에어코리아에서 실시간으로 제공하고 있다.

미세먼지의 측정농도 단위는  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 측정방법은 미세먼지의 질량을 저울로 측정하는 방법(중량농도법)과 간접 측정하는 방법(광산란법, 베타선흡수법 등)이 있다. 미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 미세먼지에 흡수된 베타선을 측정하는 베타선흡수법( $\beta$ -Ray Absorption Method), 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 중량농도법 또는 자동측정법을 사용한다.

본 연구의 대기오염 변수는 2017년 8월부터 2019년 7월까지 연평균 농도를 산출하여 대기오염물질을 사분위로 나누어 범주화하였다. 다만, 오존(O<sub>3</sub>)은 6월부터 8월까지의 일별 8시간 평균 측정값의 연평균 농도를 산출하여 범주화하였다. 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 변수는 Q1(0-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Q2(21-23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Q3(23-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Q4(76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ +)로 범주화하였고, Q1을 기준으로 Odds ratio(이하 OR)를 산출하였다. 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 변수는 Q1(0-0.002ppm), Q2(0.002-0.03ppm), Q3(0.003-0.004ppm), Q4(0.004ppm+)로 범주화하였고, Q1을 기준으로 OR을 산출하였다. 추가적으로 오존(O<sub>3</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 변수들도 Q1부터 Q4까지 사분위로 나누어 범주화하여 분석하였다.

### 3.2.2 지역사회건강조사 자료

질병관리본부 지역사회건강조사 자료에서는 2018년부터 인지장애 경험 변수가 추가되었다. 지역사회건강조사의 인지장애 경험 변수는 미국 질병관리본부(CDC)에서 18세 이상의 일반 인구집단을 대상으로 수행되는 BRFSS (Behavioral Risk Factors Surveillance Systems)의 Cognitive Decline module의 문항을 참조한 설문이며, 치매 관련 국가 정책과 사회적 관심의 증가로 2018년도에 추가되었다.

본 연구에서는 지역사회건강조사의 정신건강 영역 중 인지장애 경험 여부를 종속변수로 활용하였다. 인지장애 경험 여부 변수는 “최근 1년 동안 점점 더 자주 또는 더 심하게 정신이 혼란스럽거나 기억력이 떨어지는 것을 경험한 적이 있습니까?”라는 질문에 대해 “예”, “아니오”로 응답하였고, “예”라고 응답한 대상자를 인지장애를 경험한 대상으로 정의하였다.

세부 분석을 위하여 인지장애 경험에 관한 추가 문항을 활용하였다. 인지장애로 인한 일상생활 지장 여부 변수는 “최근 1년 동안 정신이 혼란스럽거나 기억력이 떨어져서 평소 잘하던 집안일이나 일상생활에서의 일을 못한 적이 얼마나 있습니까?”, 인지장애로 인한 사회활동 지장 여부 변수는 “최근 1년 동안 정신이 혼란스럽거나 기억력이 떨어져서 직장 생활이나 자원봉사, 사회활동을 하는데 얼마나 자주 지장이 있었습니까?”라는 질문에 대해 “예(항상, 자주, 가끔)”, “아니오(거의 필요 없다, 전혀 필요 없다)”로 범주화하여 정의하였다.

### 3.2.3 개인 수준의 공변량

본 연구에서 활용된 개인 수준의 공변량은 2018년도부터 2019년도까지 지역사회건강조사 자료를 통해 추출되었으며, 범주형 자료로 변환하여 분석하였다.

사회·경제적 변수는 다음과 같다. 가구 소득은 연간 소득 수준으로 매우 낮음(1000만원 미만), 낮음(1000만원 이상 3000만원 미만), 높음(3000만원 이상 5000만원 미만), 매우 높음(5000만원 이상) 군으로 정의하였고, 경제활동 여부는 최근 1주일 동안 일을 한 경우로 예 또는 아니오로 분류하였다. 교육수준은 무학, 초등학교(서당/한학 또는 초등학교), 중학교, 고등학교, 대학교(2/3년제 대학 이상) 군으로 나누었고, 결혼상태는 현재 혼인상태로 결혼, 이혼/사별/별거, 미혼 군으로 분류하였다.

건강행태 변수는 다음과 같다. 흡연 여부 변수는 현재 매일 흡연, 현재 가끔 흡연, 과거 흡연(과거에는 흡연했으나 현재는 비흡연), 현재 비흡연 군으로 정의하였고, 음주 여부 변수는 최근 1년 동안 음주 여부로 예 또는 아니오로 분류하였다. 걷기실천 일수는 최근 1주일 동안 10분 이상 걸었던 일수로 1주일에 1일, 1주일에 2-3일, 1주일에 4-6일, 매일 걷기 군으로 나누었으며, BMI(Body mass index)는 저체중(18.5 미만), 정상체중(18.5-23), 과체중(23-25), 비만(25-30), 고도비만(30 이상)군으로 분류하였다. 수면시간은 하루 평균 수면시간으로 5시간, 6-8시간, 9시간 수면 군으로 정의하였다.

이환 변수는 고혈압·당뇨병 진단 경험 여부와 최근 1년 동안 우울감 경험 여부 변수로 예 또는 아니오로 분류하여 분석하였다.

### 3.3 통계 분석

연구에 참여한 집단의 일반적인 특성을 알아보기 위하여 사회·인구학적 특성, 건강 행태 특성, 질병 이환 특성을 분석하였다. 그런 다음, 연구 대상자의 인지장애 경험에 미치는 영향을 파악하기 위해 일변량 분석을 실시하였다.

독립변수인 대기오염물질 농도는 각각 Q1부터 Q4까지 사분위로 나누어 범주화하였고, 종속변수인 인지장애 경험 변수는 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장 여부와 인지장애로 인한 사회활동 지장 여부 변수도 추가하여 분석하였다. 또한, 하위그룹 분석을 위해 성별, 연령, 연간 가구 소득으로 층화 분석을 수행하였다.

본 연구에서는 인지장애 경험에 미치는 요인을 파악하기 위해 개인과 지역 수준 특성을 동시에 고려할 수 있는 다수준 로지스틱 분석을 실시하였고, 다수준 분석 모델은 아래와 같이 구축하였다.

- 모델 1 : 성별, 연령, 가구 소득, 경제활동 여부, 교육수준, 결혼상태, 흡연 여부, 음주 여부, 걷기실천 일수, BMI, 수면시간, 고혈압·당뇨병 진단 여부, 우울감 경험 여부 등 개인 수준의 변수를 보정한 후 지역 수준의 변수인 대기오염물질(지역 수준의 변수인 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 일산화탄소(CO)) 중 각각의 대기오염 물질을 포함한 모델

- 모델 2 : 성별, 연령, 가구 소득, 경제활동 여부, 교육수준, 결혼상태, 흡연 여부, 음주 여부, 걷기실천 일수, BMI, 수면시간, 고혈압·당뇨병 진단 여부, 우울감 경험 여부 등 개인 수준의 변수를 보정한 후 지역 수준의 변수인 대기오염물질(지역 수준의 변수인 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 일산화탄소(CO)) 중 두 가지 대기오염 물질을 포함한 모델

본 연구에서 통계 분석은 SAS (version 9.4; SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)와 R (version 4.0.5, R Core Team 2014, Vienna, Austria)를 이용하였고, 95% 신뢰구간을 제시하였다. 유의수준은 0.05로 설정하여 통계 검정하였다.



## 제 4 장. 연구결과

### 4.1 연구 대상자 특성

본 연구에 참여한 대상자의 일반적인 특성은 표 2에 요약되어 있다. 사회·인구학적 특성으로 평균 연령은 61세로 노년기(65세 이상) 40.89%, 중년기(50-64세) 38.55%, 장년기(40-49세) 20.56%였으며, 성별은 여성 55.93%, 남성 44.07%이었다. 연 가구 소득은 1000만원-3000만원 30.02%, 5000만원 이상 27.43%, 3000만원-5000만원 25.68%, 1000만원 미만 군이 16.87%였으며, 경제활동 군 60.3%, 비경제활동 군이 39.7%를 차지했다. 교육수준은 고등학교 31.59%, 대학교 23.59%, 초등학교 22.64%, 중학교 14.72%, 무학 7.46%였으며, 결혼 여부는 현재 혼인 73.85%, 이혼·사별·별거 22.31%, 미혼 3.84%이었다.

건강행태 특성은 흡연 여부는 비 흡연군 62.16%, 과거 흡연군(과거 흡연했으나 현재 비흡연군) 22.06%, 현재 흡연군(매일) 14.64%, 현재 흡연군(가끔) 1.15%였으며, 음주 여부는 음주군 60.65%, 비음주군 39.35%를 차지했다. 걷기실천 여부는 매일 32.3%, 1일 25.69%, 4-6일 23.62%, 2-3일 걷는 군이 18.39%였으며, 체질량지수(BMI)는 정상(18.5-23)군이 34.47%, 비만(25-30) 32.06%, 과체중(23-25) 25.5%, 고도비만(30 이상) 4.82%, 저체중(18.5 미만) 3.15%이었다. 하루 평균 수면시간은 6-8시간 76.97%, 5시간 미만 19.04%, 9시간 이상 수면 군이 3.99%을 보였다. 한편 질병 이환 특성은 고혈압·당뇨병을 진단받은 대상자는 각각 35.93%, 14.37%였으며, 인지장애·우울감을 경험한 대상자는 각각 21.12%, 6.39%이었다.

표 2. 연구 대상자의 일반적 특성

Variable	Category	Total		2018		2019	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)
Total		224,570	(100.00)	87,392	(100.00)	137,178	(100.00)
Sex	Male	98,965	(44.07)	38,162	(43.67)	60,803	(44.32)
	Female	125,605	(55.93)	49,230	(56.33)	76,375	(55.68)
Age	40-49	46,169	(20.56)	18,851	(21.57)	27,318	(19.91)
	50-64	86,582	(38.55)	33,531	(38.37)	53,051	(38.67)
	65+	91,819	(40.89)	35,010	(40.06)	56,809	(41.41)
Household Income <sup>1)</sup>	Low	37,885	(16.87)	14,774	(16.91)	23,111	(16.85)
	Mid low	67,406	(30.02)	26,194	(29.97)	41,212	(30.04)
	Mid high	57,679	(25.68)	22,622	(25.89)	35,057	(25.56)
	High	61,600	(27.43)	23,802	(27.24)	37,798	(27.55)
Economic activity	Yes	135,416	(60.3)	51,275	(58.67)	84,141	(61.34)
	No	89,154	(39.7)	36,117	(41.33)	53,037	(38.66)
Education	None	16,762	(7.46)	6,484	(7.42)	10,278	(7.49)
	Elementary school	50,840	(22.64)	19,644	(22.48)	31,196	(22.74)
	Middle school	33,065	(14.72)	12,754	(14.59)	20,311	(14.81)
	High school	70,935	(31.59)	27,768	(31.77)	43,167	(31.47)
	University	52,968	(23.59)	20,742	(23.73)	32,226	(23.49)
Marital status	Married	165,847	(73.85)	64,761	(74.1)	101,086	(73.69)
	Divorce, Bereavement, Separation	50,109	(22.31)	19,418	(22.22)	30,691	(22.37)
	Single	8,614	(3.84)	3,213	(3.68)	5,401	(3.94)

Variable	Category	Total		2018		2019	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)
Smoking	Current daily smoker	32,872	(14.64)	12,962	(14.83)	19,910	(14.51)
	Current occasional	2,575	(1.15)	984	(1.13)	1,591	(1.16)
	Former smoker	49,532	(22.06)	18,423	(21.08)	31,109	(22.68)
	Non-smoker	139,591	(62.16)	55,023	(62.96)	84,568	(61.65)
Alcohol	Yes	136,192	(60.65)	55,803	(63.85)	80,389	(58.6)
	No	88,378	(39.35)	31,589	(36.15)	56,789	(41.4)
Walking	Once a week	57,690	(25.69)	19,433	(22.24)	38,257	(27.89)
	Twice-three times a week	41,295	(18.39)	15,428	(17.65)	25,867	(18.86)
	Four times-six times a week	53,049	(23.62)	20,574	(23.54)	32,475	(23.67)
	Every day	72,536	(32.3)	31,957	(36.57)	40,579	(29.58)
BMI <sup>2)</sup>	<18.5	7,081	(3.15)	2,645	(3.03)	4,436	(3.23)
	18.5-23	77,412	(34.47)	29,621	(33.89)	47,791	(34.84)
	23-25	57,258	(25.50)	22,636	(25.9)	34,622	(25.24)
	25-30	71,992	(32.06)	28,424	(32.52)	43,568	(31.76)
	30+	10,827	(4.82)	4,066	(4.65)	6,761	(4.93)
sleeping hours	≤5	42,762	(19.04)	15,729	(18)	27,033	(19.71)
	6-8	172,842	(76.97)	67,630	(77.39)	105,212	(76.7)
	≥9	8,966	(3.99)	4,033	(4.61)	4,933	(3.6)

Variable	Category	Total		2018		2019	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)
Hypertension	Yes	80,685	(35.93)	31,164	(35.66)	49,521	(36.10)
	No	143,885	(64.07)	56,228	(64.34)	87,657	(63.90)
Diabetes	Yes	32,278	(14.37)	12,276	(14.05)	20,002	(14.58)
	No	192,292	(85.63)	75,116	(85.95)	117,176	(85.42)
Depression	Yes	14,355	(6.39)	5,698	(6.52)	8,657	(6.31)
	No	210,215	(93.61)	81,694	(93.48)	128,521	(93.69)
Cognitive Decline <sup>3)</sup>	Yes	47,427	(21.12)	19,006	(21.75)	28,421	(20.72)
	No	177,143	(78.88)	68,386	(78.25)	108,757	(79.28)

<sup>1)</sup> Annual Household income : low (<10 million won), Mid low (<30 million won), Mid high (<50 million won), High (>=50 million won)

<sup>2)</sup> BMI : Body mass index(kg/m<sup>2</sup>)

<sup>3)</sup> Cognitive Decline : Experienced memory loss in the last year

## 4.2 지역별 대기오염 농도 및 주관적 인지기능

본 연구에 참여한 대상자의 거주 지역별 대기오염 농도의 단계 구분도는 그림 3-1과 같다. 미세먼지( $PM_{2.5}$ )가 높은 상위 5개 지역은 충북 음성군( $32.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 충북 증평군( $31.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 충북 보은군( $31.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 경기 평택시( $30.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 전북 익산시( $30.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순이었으며, 미세먼지( $PM_{2.5}$ )가 낮은 하위 5개 지역은 전남 구례군( $12.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 경북 봉화군( $14.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 전남 신안군( $14.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 경북 울진군( $14.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 전남 고흥군( $16.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ )으로 나타났다.

아황산가스( $SO_2$ )가 높은 상위 5개 지역은 경북 봉화군( $0.0081\text{ppm}$ ), 부산 영도구( $0.0072\text{ppm}$ ), 인천 중구( $0.0062\text{ppm}$ ), 서울 중랑구( $0.0061\text{ppm}$ ), 인천 미추홀구( $0.006\text{ppm}$ ) 순이었으며, 아황산가스( $SO_2$ )가 낮은 하위 5개 지역은 강원 화천군( $0.0014\text{ppm}$ ), 강원 횡성군( $0.0016\text{ppm}$ ), 강원 평창군( $0.0016\text{ppm}$ ), 제주 서귀포시( $0.0018\text{ppm}$ ), 강원 양구군( $0.0017\text{ppm}$ )으로 나타났다.

지역별 주관적 인지장애 경험과 인지기능 장애로 인한 일상생활 및 사회활동 지장 정도는 그림 3-2와 같이 제시하였다. 인지장애를 경험한 대상자가 많은 상위 5개 지역은 경기 부천시(675명), 전북 김제시(616명), 제주 서귀포시(541명), 부산 북구(540명), 제주 제주시(533명)이며, 인지장애를 경험한 대상자가 많은 하위 5개 지역은 서울 용산구(24명), 서울 서초구(62명), 강원 속초시(72명), 울산 울주군(73명), 경남 고성군(76명)이었다.



그림 3-1. 국내 지역별 대기오염 농도 분포

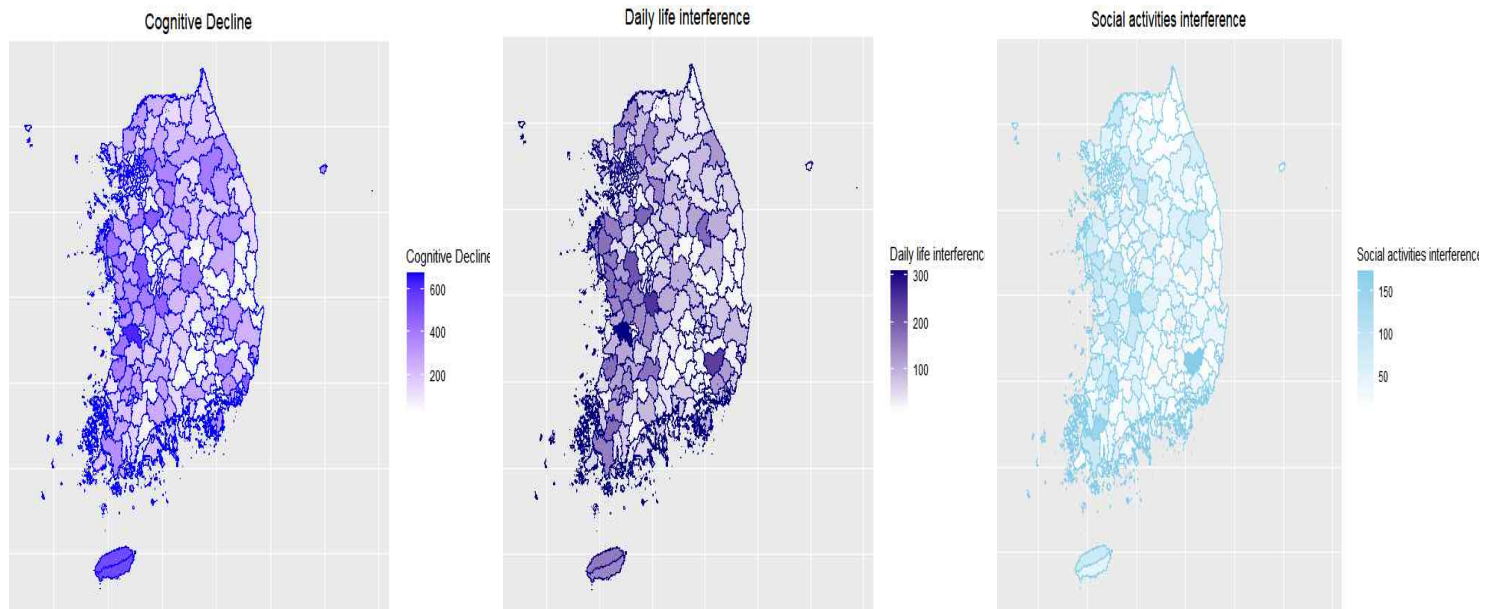


그림 3-2. 국내 지역별 주관적 인지장애 경험 지표 분포

인지장애로 인한 일상생활 지장을 경험한 대상자가 많은 상위 5개 지역은 전북 김제시(309명), 충남 금산군(247명), 경남 밀양시(234명), 경기 부천시(231명), 충남 공주시(207명)이며, 인지장애로 인한 일상생활 지장을 경험한 대상자가 많은 하위 5개 지역은 서울 용산구(10명), 강원 고성군(13명), 경북 울릉군(18명), 전남 함평군(20명), 강원 화천군(21명)이었다.

인지장애로 인한 사회활동 지장을 경험한 대상자가 많은 상위 5개 지역은 경남 밀양시(174명), 전남 영암군(149명), 충남 금산군(140명), 경기 부천시(104명), 전남 담양군(102명)이며, 하위 5개 지역은 강원 고성군(8명), 충남 계룡시(9명), 경남 함안군(9명), 전남 강진군(10명), 서울 용산구(10명)이었다.

### 4.3 주관적 인지기능에 영향을 미치는 요인

인지장애 경험에 영향을 미치는 기타 요인은 표3에 제시되어 있다. 인지 기능 장애 경험과 인지장애로 인한 일상생활과 사회활동 지장은 다양한 사회·인구학적, 건강행태적, 질병 이환 요소와 관련이 있었다. 사회·인구학적 요인은 남성 기준 여성의 OR이 1.34배(95% CI: 1.29, 1.39)로 높았으며, 연령에서는 장년기(40-49세) 대비 노년기(65세 이상)의 OR이 2.16배(95% CI: 2.07, 2.26)로 연령이 증가할수록 인지기능 장애 경험은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 연간 가구 소득이 5000만원 이상인 소득군에 비해 1000만원 미만 소득군의 OR은 1.23배(95% CI: 1.18, 1.28)로 높았으며, 경제활동 군 대비 비경제활동 군의 OR이 1.22배(95% CI: 1.19, 1.25)로



통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 교육수준에서는 저학력일수록 OR이 높아 대학 이상 학력자 대비 초등학교 학력자는 1.33배(95% CI: 1.28, 1.39), 무학은 1.51배(95% CI: 1.43, 1.59)였고, 결혼 여부는 미혼 군에 비해 이혼·사별·별거 중인 군에서 OR이 1.21배(95% CI: 1.12, 1.30)로 인지장애 경험 위험이 더 높게 나타났다.

인지장애 경험에 영향을 미치는 건강 행태적 특성은 비흡연 군 대비 과거 흡연 군의 OR이 1.2배(95% CI: 1.16, 1.25), 현재 흡연 군(가끔)의 OR은 1.17배(95% CI: 1.05, 1.30)로 높았으며, 비음주 군에 비해 음주 군의 OR이 1.04배(95% CI: 1.02, 1.07)로 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 걷기 실천 일수는 매일 걷는 군 대비 일주일에 1회 이하 걷는 군의 OR은 1.16배(95% CI: 1.13, 1.20)였고, BMI가 30 이상인 군에 비해 18.5 이상 23미만 군의 OR은 1.19배(95% CI: 1.12, 1.25), 18.5 미만 군은 1.28배(95% CI: 1.19, 1.38)로 BMI가 낮을수록 OR이 높게 나타났다. 수면시간은 6시간 이상 8시간 미만 수면 군 대비 5시간 이하인 군의 OR은 1.26배(95% CI: 1.23, 1.29), 9시간 이상인 군은 1.25배(95% CI: 1.19, 1.32)로 인지장애 경험 비율이 더 높게 나타났다.

인지장애를 경험한 대상자의 질병 이환 특성은 동반 질환이 없는 군에 비해 고혈압·당뇨병 진단을 받은 군의 OR이 1.03배(95% CI: 1.01, 1.06), 1.1배(95% CI: 1.07, 1.13)로 높았고, 우울감을 경험하지 않은 군에 대비 우울감을 경험한 군의 OR은 3.32배(95% CI: 3.20, 3.45)로 통계적으로 유의하게 위험이 증가하였다.

표 3. 인지장애 경험에 영향을 미치는 요인

Variable	Category	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
		OR	95% CL		OR	95% CL		OR	95% CL	
Year (ref : 2019)	2018	1.12	(1.10 1.15)		2.38	(2.29 2.47)		1.47	(1.39 1.54)	
Sex (ref : Male)	Female	1.34	(1.29 1.39)		1.21	(1.14 1.28)		0.89	(0.82 0.96)	
Age (ref : 40-49)	50-64	1.50	(1.45 1.56)		1.33	(1.24 1.43)		1.14	(1.02 1.28)	
	65+	2.16	(2.07 2.26)		2.05	(1.90 2.22)		1.90	(1.68 2.14)	
Household Income <sup>1)</sup> (ref : High)	Low	1.23	(1.18 1.28)		1.38	(1.29 1.47)		1.44	(1.31 1.58)	
	Mid low	1.11	(1.07 1.14)		1.16	(1.09 1.22)		1.18	(1.08 1.29)	
	Mid high	1.02	(0.99 1.06)		1.00	(0.95 1.06)		0.95	(0.86 1.04)	
Economic activity (ref : Yes)	No	1.22	(1.19 1.25)		1.56	(1.50 1.62)		1.99	(1.88 2.11)	
Education (ref : University)	None	1.51	(1.43 1.59)		2.16	(2.00 2.34)		2.78	(2.47 3.12)	
	Elementary school	1.33	(1.28 1.39)		1.70	(1.59 1.82)		1.89	(1.70 2.09)	
	Middle school	1.22	(1.17 1.27)		1.37	(1.28 1.47)		1.39	(1.25 1.56)	
	High school	1.04	(1.01 1.08)		1.13	(1.06 1.20)		1.12	(1.01 1.23)	
Marital status (ref : Single)	Married	1.16	(1.08 1.24)		1.01	(0.90 1.14)		0.72	(0.62 0.84)	
	Divorce, Bereavement, Separation	1.21	(1.12 1.30)		1.19	(1.05 1.33)		0.95	(0.81 1.12)	

Variable	Category	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
		OR	95% CL		OR	95% CL		OR	95% CL	
Smoking (ref : Non-smoker)	Current daily smoker	1.01	(0.97 1.06)		0.98	(0.91 1.05)		0.93	(0.84 1.03)	
	Current occasional	1.17	(1.05 1.30)		1.21	(1.02 1.43)		1.14	(0.90 1.44)	
	Former smoker	1.20	(1.16 1.25)		1.13	(1.06 1.20)		1.08	(1.00 1.18)	
Alcohol (ref : No)	Yes	1.04	(1.02 1.07)		0.89	(0.86 0.93)		0.76	(0.72 0.80)	
Walking (ref: Every day)	Once a week	1.16	(1.13 1.20)		1.41	(1.35 1.48)		1.55	(1.46 1.65)	
	Twice-three times a week	1.08	(1.05 1.12)		1.18	(1.12 1.24)		1.21	(1.12 1.30)	
	Four times-six times a week	1.00	(0.97 1.03)		1.05	(1.00 1.10)		1.04	(0.97 1.12)	
BMI <sup>2)</sup> (ref : 30+)	<18.5	1.28	(1.19 1.38)		1.43	(1.29 1.60)		1.69	(1.47 1.95)	
	18.5-23	1.19	(1.12 1.25)		1.18	(1.09 1.28)		1.22	(1.09 1.37)	
	23-25	1.12	(1.06 1.19)		1.05	(0.97 1.14)		1.02	(0.91 1.14)	
	25-30	1.08	(1.02 1.14)		1.03	(0.95 1.11)		1.00	(0.89 1.11)	
sleeping hours (ref : 6-8)	≤5	1.26	(1.23 1.29)		1.29	(1.24 1.34)		1.36	(1.29 1.44)	
	≥9	1.25	(1.19 1.32)		1.53	(1.44 1.64)		1.71	(1.57 1.86)	
Hypertension (ref : No)	Yes	1.03	(1.01 1.06)		1.04	(1.00 1.08)		1.04	(0.99 1.10)	
Diabetes (ref : No)	Yes	1.10	(1.07 1.13)		1.15	(1.10 1.20)		1.21	(1.14 1.28)	
Depression (ref : No)	Yes	3.32	(3.20 3.45)		3.82	(3.64 4.00)		4.47	(4.21 4.74)	

<sup>1)</sup> Annual Household income : low (<10 million won), Mid low (<30 million won), Mid high (<50 million won), High (≥50 million won)

<sup>2)</sup> BMI : Body mass index(kg/m<sup>2</sup>)

## 4.4 대기오염 노출과 주관적 인지기능

### 4.4.1 전체 대기오염 노출과 주관적 인지기능

대기오염 장기 노출이 인지장애 경험에 미치는 영향을 파악하기 위해 다수준 분석을 실시하였다. 대기오염 노출 농도에 따른 인지장애 경험은 표 4에 제시되어 있다. 대기오염 변수는 2017년 8월부터 2019년 7월까지 연평균 농도를 사분위로 나누어 범주화하였고, 개인 수준의 변수인 사회·인구학적, 건강 행태적, 질병 이환 변수를 보정하여 분석하였다.

대기오염 변수인 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하였다. 인지장애 경험 변수에서 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애 경험 OR은 1.12배(95% CI: 1.05, 1.19), Q3의 OR은 1.19배(95% CI: 1.11, 1.27), Q4의 OR은 1.22배(95% CI: 1.13, 1.31)로 통계적으로 유의성을 보였다. 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장 변수에서는 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 일상생활 지장 OR은 1.16배(95% CI: 1.06, 1.27), Q3의 OR은 1.12배(95% CI: 1.02, 1.23)로 유의한 차이를 보였으나, 인지장애로 인한 사회활동 지장 변수에서 Q2부터 Q4까지 통계적으로 유의성을 확인할 수 없었다.

한편 아황산가스(SO<sub>2</sub>)도 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하였다. 인지장애 경험 변수에서 아황산가스(SO<sub>2</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애 경험 OR은 1.39배(95% CI: 1.29, 1.49), Q3의 OR은 1.23배(95% CI: 1.14, 1.34), Q4의 OR은 1.34배(95% CI: 1.22, 1.48)였으며, 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활과 사회활동 지장 정도 변수에서도 Q2부터 Q4까지 통계적으로 유의미한 상관성을 보였다 (그림 4). 본 연구에서는 민감도 분석을 위해 공변량 보정 후 두 가지 대기오염물질을 포함한 분석을 제시하였다 (표 S1-S6).

표 4. 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Category	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
		OR	95% CL		OR	95% CL		OR	95% CL	
PM <sub>2.5</sub> (ref : Q1 (0-21))	Q2 (21-23)	<b>1.12</b>	<b>(1.05</b>	<b>1.19)</b>	<b>1.16</b>	<b>(1.06</b>	<b>1.27)</b>	1.12	(0.99	1.26)
	Q3 (23-25)	<b>1.19</b>	<b>(1.11</b>	<b>1.27)</b>	<b>1.12</b>	<b>(1.02</b>	<b>1.23)</b>	1.10	(0.97	1.24)
	Q4 (25+)	<b>1.22</b>	<b>(1.13</b>	<b>1.31)</b>	1.11	(1.00	1.23)	1.07	(0.94	1.22)
PM <sub>10</sub> (ref : Q1 (0-37))	Q2 (37-41)	0.97	(0.92	1.02)	1.05	(0.96	1.14)	1.09	(0.98	1.22)
	Q3 (41-44)	0.94	(0.88	1.00)	<b>0.88</b>	<b>(0.80</b>	<b>0.97)</b>	1.01	(0.90	1.15)
	Q4 (44+)	0.99	(0.92	1.06)	1.04	(0.94	1.15)	1.03	(0.90	1.18)
O <sub>3</sub> -8H (ref : Q1 (0-0.045))	Q2 (0.045-0.050)	1.00	(0.95	1.04)	1.07	(0.99	1.14)	0.93	(0.84	1.03)
	Q3 (0.050-0.053)	<b>1.14</b>	<b>(1.07</b>	<b>1.22)</b>	<b>1.12</b>	<b>(1.02</b>	<b>1.23)</b>	<b>1.16</b>	<b>(1.02</b>	<b>1.31)</b>
	Q4 (0.053+)	<b>1.11</b>	<b>(1.04</b>	<b>1.18)</b>	1.05	(0.96	1.15)	1.03	(0.91	1.17)
NO <sub>2</sub> (ref : Q1 (0-0.011))	Q2 (0.011-0.016)	0.97	(0.89	1.05)	<b>1.32</b>	<b>(1.19</b>	<b>1.47)</b>	<b>1.18</b>	<b>(1.04</b>	<b>1.34)</b>
	Q3 (0.016-0.022)	0.92	(0.83	1.02)	1.08	(0.95	1.23)	<b>1.22</b>	<b>(1.05</b>	<b>1.42)</b>
	Q4 (0.022+)	1.02	(0.91	1.15)	<b>1.22</b>	<b>(1.06</b>	<b>1.41)</b>	<b>1.33</b>	<b>(1.12</b>	<b>1.58)</b>
CO (ref : Q1 (0-0.398))	Q2 (0.398-0.459)	<b>0.89</b>	<b>(0.84</b>	<b>0.94)</b>	1.06	(0.98	1.14)	0.99	(0.90	1.10)
	Q3 (0.459-0.509)	0.96	(0.90	1.02)	<b>1.10</b>	<b>(1.01</b>	<b>1.20)</b>	1.12	(1.00	1.26)
	Q4 (0.509+)	0.96	(0.90	1.02)	1.00	(0.91	1.09)	0.94	(0.83	1.06)
SO <sub>2</sub> (ref : Q1 (0-0.002))	Q2 (0.002-0.003)	<b>1.39</b>	<b>(1.29</b>	<b>1.49)</b>	<b>1.36</b>	<b>(1.23</b>	<b>1.51)</b>	<b>1.50</b>	<b>(1.32</b>	<b>1.71)</b>
	Q3 (0.003-0.004)	<b>1.23</b>	<b>(1.14</b>	<b>1.34)</b>	<b>1.44</b>	<b>(1.29</b>	<b>1.60)</b>	<b>1.52</b>	<b>(1.33</b>	<b>1.74)</b>
	Q4 (0.004+)	<b>1.34</b>	<b>(1.22</b>	<b>1.48)</b>	<b>1.48</b>	<b>(1.30</b>	<b>1.68)</b>	<b>1.58</b>	<b>(1.35</b>	<b>1.84)</b>

\* PM<sub>2.5</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PM<sub>10</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), O<sub>3</sub>-8H(ppm), NO<sub>2</sub>(ppm), CO(ppm), SO<sub>2</sub>(ppm)

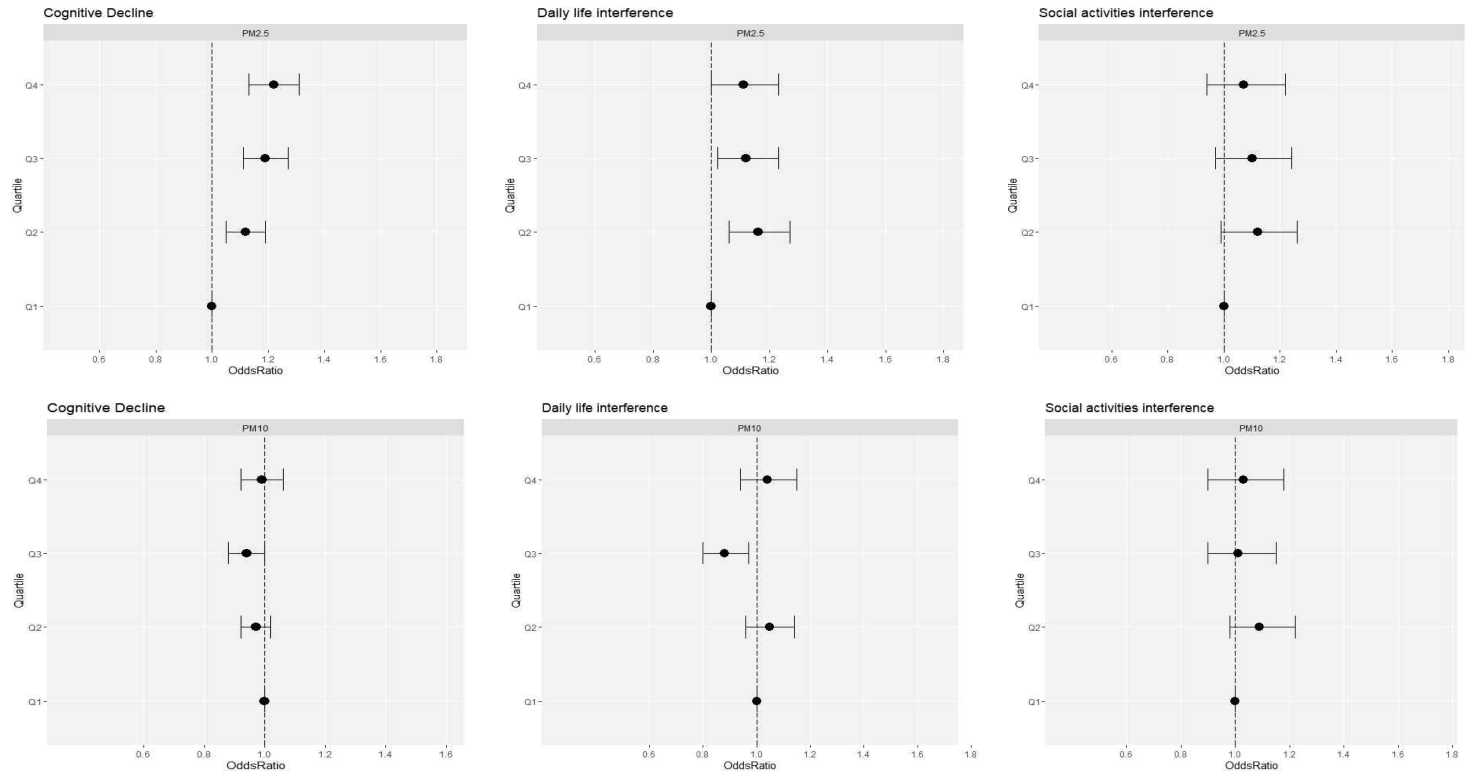


그림 4. 대기오염 장기 노출에 따른 주관적 인지기능 OR과 95% 신뢰구간

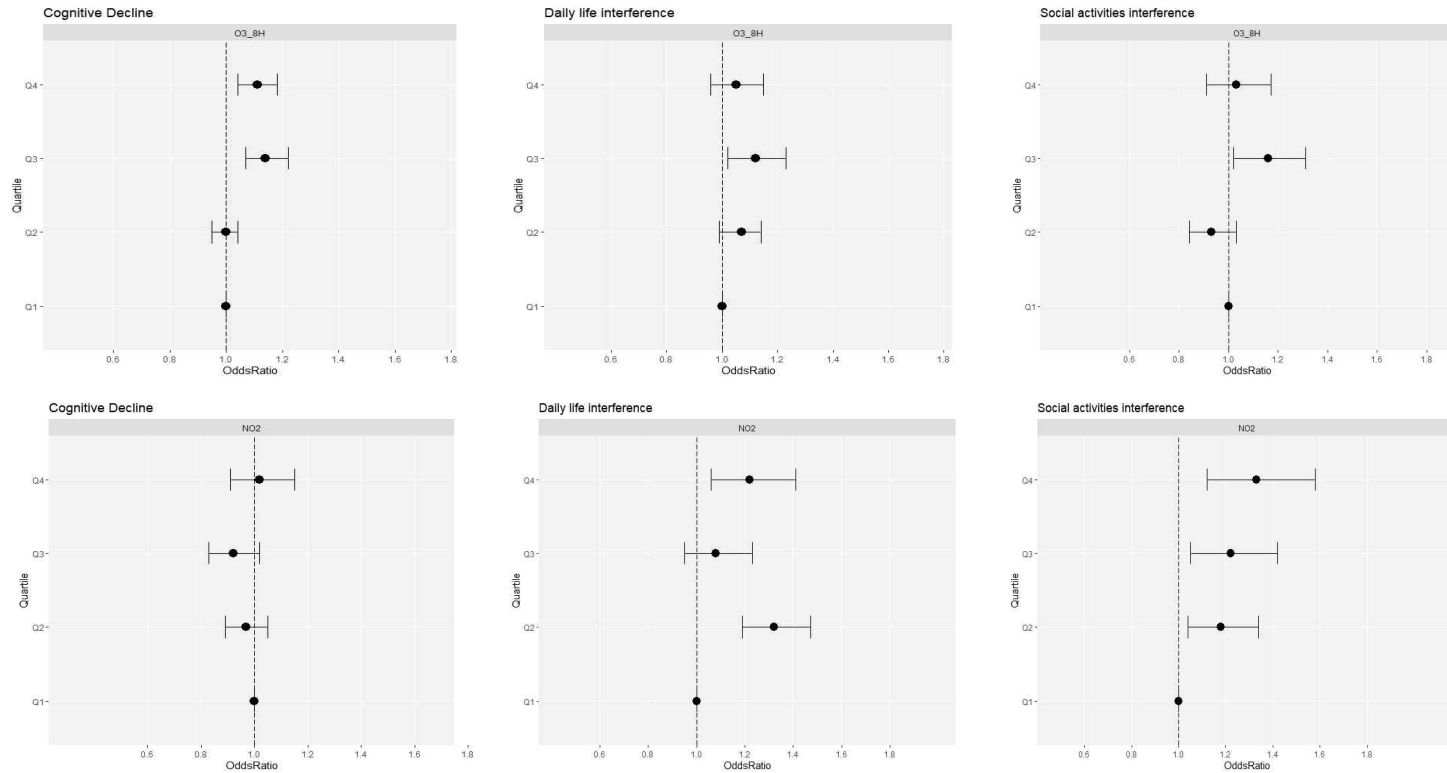


그림 4. 대기오염 장기 노출에 따른 주관적 인지기능 OR과 95% 신뢰구간

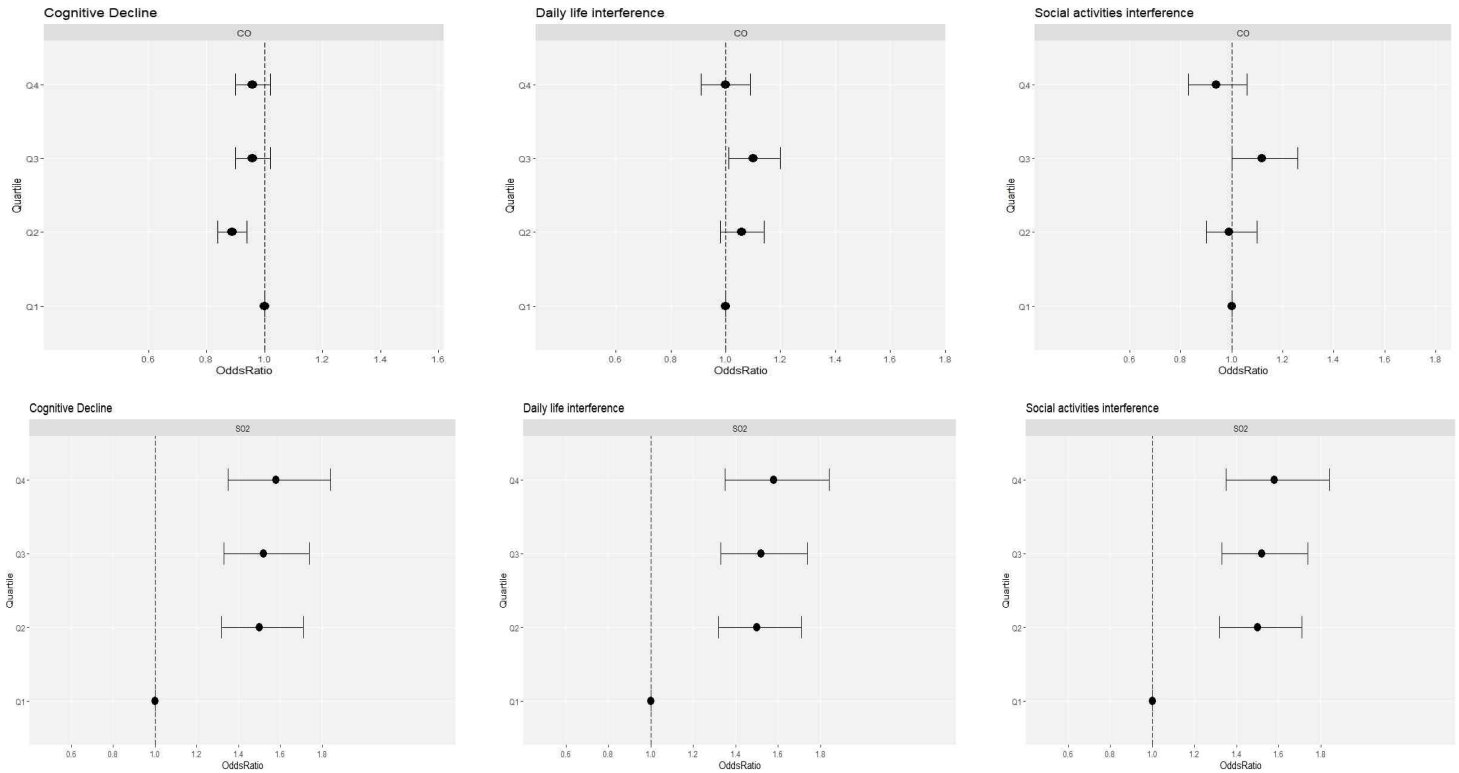


그림 4. 대기오염 장기 노출에 따른 주관적 인지기능 OR과 95% 신뢰구간



## 4.4.2 성별 대기오염 노출과 주관적 인지기능

성별에 따른 대기오염 장기 노출이 인지장애 경험에 미치는 영향을 파악하기 위해 층화 분석을 실시하였다. 성별에 따른 대기오염 노출 농도와 인지장애 경험은 표 5에 제시되어 있다.

미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하였다. 인지장애 경험 OR은 여성보다 남성에서 높았으나, 성별과 인지장애 경험의 교호작용은 통계적으로 유의성을 보이지 않았다. 인지장애 경험 변수에서 남성은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애 경험 OR은 1.15배(95% CI: 1.05, 1.27), Q3의 OR은 1.22배(95% CI: 1.10, 1.35), Q4의 OR은 1.24배(95% CI: 1.13, 1.31)였으며, 여성은 Q2의 인지장애 경험 OR이 1.1배(95% CI: 1.02, 1.18), Q3의 OR은 1.17배(95% CI: 1.08, 1.27), Q4의 OR은 1.19배(95% CI: 1.09, 1.29)로 통계적으로 유의하게 증가하였다. 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장 변수에서 남성은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 일상생활 지장 OR은 1.25배(95% CI: 1.09, 1.44), Q3의 OR은 1.3배(95% CI: 1.13, 1.49), Q4의 OR은 1.32배(95% CI: 1.14, 1.52)였으며, 여성은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 OR은 1.14배(95% CI: 1.03, 1.27)로 유의한 차이를 보였다. 인지장애로 인한 사회활동 지장 변수에서 남성은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 사회활동 지장 OR은 1.32배(95% CI: 1.11, 1.58), Q3의 OR은 1.28배(95% CI: 1.07, 1.52), Q4의 OR은 1.29배(95% CI: 1.08, 1.53)였으며, 여성은 통계적으로 유의성을 확인할 수 없었다. 한편 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하는 경향을 보였다.

표 5. 성별 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
	All	Men	Women	All	Men	Women	All	Men	Women
	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL
PM <sub>2.5</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>1.12(1.051.19)</b>	<b>1.15(1.051.27)</b>	<b>1.10(1.021.18)</b>	<b>1.16(1.061.27)</b>	<b>1.25(1.091.44)</b>	<b>1.14(1.031.27)</b>	1.12(0.991.26)	<b>1.32(1.111.58)</b>	1.10(0.961.27)
Q3	<b>1.19(1.111.27)</b>	<b>1.22(1.101.35)</b>	<b>1.17(1.081.27)</b>	<b>1.12(1.021.23)</b>	<b>1.30(1.131.49)</b>	1.08(0.971.20)	1.10(0.971.24)	<b>1.28(1.071.52)</b>	1.09(0.941.26)
Q4	<b>1.22(1.131.31)</b>	<b>1.24(1.121.38)</b>	<b>1.19(1.091.29)</b>	1.11(1.001.23)	<b>1.32(1.141.52)</b>	1.06(0.951.19)	1.07(0.941.22)	<b>1.29(1.081.53)</b>	1.07(0.921.24)
p <sub>interaction</sub>	0.386			<b>0.011</b>			0.15		
PM <sub>10</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	0.97(0.921.02)	1.02(0.941.11)	0.94(0.881.01)	1.05(0.961.14)	1.10(0.971.26)	1.03(0.931.13)	1.09(0.981.22)	<b>1.19(1.011.41)</b>	1.09(0.951.24)
Q3	0.94(0.881.00)	0.98(0.891.08)	0.92(0.851.00)	<b>0.88(0.800.97)</b>	1.02(0.881.17)	<b>0.86(0.770.96)</b>	1.01(0.901.15)	1.12(0.941.35)	1.03(0.891.19)
Q4	0.99(0.921.06)	1.04(0.941.16)	0.97(0.891.05)	1.04(0.941.15)	1.17(1.001.35)	1.02(0.911.15)	1.03(0.901.18)	1.20(1.001.45)	1.03(0.881.20)
p <sub>interaction</sub>	0.778			0.289			0.417		
O <sub>3_8H</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	1.00(0.951.04)	0.99(0.921.07)	1.00(0.941.06)	1.07(0.991.14)	1.05(0.931.18)	1.09(1.001.18)	0.93(0.841.03)	0.92(0.781.07)	0.98(0.871.10)
Q3	<b>1.14(1.071.22)</b>	1.10(1.001.22)	<b>1.15(1.061.24)</b>	<b>1.12(1.021.23)</b>	1.06(0.921.23)	<b>1.14(1.021.28)</b>	<b>1.16(1.021.31)</b>	1.12(0.931.35)	1.15(0.991.33)
Q4	<b>1.11(1.041.18)</b>	1.07(0.971.18)	<b>1.12(1.031.21)</b>	1.05(0.961.15)	1.03(0.901.18)	1.06(0.951.18)	1.03(0.911.17)	0.99(0.831.18)	1.05(0.911.21)
p <sub>interaction</sub>	0.480			0.621			0.564		

Variable	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
	All	Men	Women	All	Men	Women	All	Men	Women
	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL
NO <sub>2</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	0.97(0.891.05)	1.05(0.931.17)	0.93(0.851.02)	<b>1.32(1.191.47)</b>	<b>1.31(1.121.52)</b>	<b>1.21(1.051.39)</b>	<b>1.18(1.041.34)</b>	1.12(0.93 1.35)	1.15(1.00 1.33)
Q3	0.92(0.831.02)	0.95(0.821.09)	0.92(0.821.04)	1.08(0.951.23)	1.01(0.85 1.20)	<b>1.23(1.041.45)</b>	<b>1.22(1.051.42)</b>	0.99(0.81 1.21)	<b>1.29(1.081.53)</b>
Q4	1.02(0.911.15)	1.00(0.851.17)	1.08(0.941.23)	<b>1.22(1.061.41)</b>	1.12(0.93 1.35)	<b>1.37(1.141.65)</b>	<b>1.33(1.121.58)</b>	1.14(0.92 1.41)	<b>1.38(1.141.66)</b>
p interaction	<b>0.002</b>			0.05			0.178		
CO									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>0.89(0.840.94)</b>	0.89(0.820.97)	0.89(0.830.95)	1.06(0.981.14)	1.13(1.00 1.29)	1.03(0.94 1.13)	0.99(0.901.10)	1.07(0.91 1.26)	0.96(0.85 1.09)
Q3	0.96(0.901.02)	0.95(0.871.04)	0.97(0.901.04)	<b>1.10(1.011.20)</b>	<b>1.17(1.021.34)</b>	1.09(0.98 1.21)	1.12(1.001.26)	1.12(0.94 1.33)	1.11(0.97 1.27)
Q4	0.96(0.901.02)	0.95(0.861.05)	0.98(0.901.06)	1.00(0.911.09)	1.10(0.95 1.26)	0.99(0.89 1.11)	0.94(0.831.06)	0.96(0.80 1.15)	0.97(0.84 1.12)
p interaction	0.097			0.352			0.765		
SO <sub>2</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>1.39(1.291.49)</b>	<b>1.27(1.131.41)</b>	<b>1.40(1.281.53)</b>	<b>1.36(1.231.51)</b>	<b>1.25(1.081.44)</b>	<b>1.40(1.251.57)</b>	<b>1.50(1.321.71)</b>	<b>1.43(1.191.71)</b>	<b>1.50(1.291.74)</b>
Q3	<b>1.23(1.141.34)</b>	1.08(0.961.22)	<b>1.26(1.151.39)</b>	<b>1.44(1.291.60)</b>	<b>1.27(1.091.47)</b>	<b>1.44(1.271.63)</b>	<b>1.52(1.331.74)</b>	<b>1.43(1.201.71)</b>	<b>1.52(1.311.77)</b>
Q4	<b>1.34(1.221.48)</b>	1.15(1.001.32)	<b>1.35(1.201.51)</b>	<b>1.48(1.301.68)</b>	1.19(1.00 1.41)	<b>1.47(1.271.70)</b>	<b>1.58(1.351.84)</b>	<b>1.24(1.021.51)</b>	<b>1.61(1.351.92)</b>
p interaction	<b>0.002</b>			0.312			0.328		

\* PM<sub>2.5</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PM<sub>10</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), O<sub>3</sub>-8H(ppm), NO<sub>2</sub>(ppm), CO(ppm), SO<sub>2</sub>(ppm)

### 4.4.3 연령별 대기오염 노출과 주관적 인지기능

연령별 대기오염 장기 노출이 인지장애 경험에 미치는 영향을 파악하기 위해 층화 분석을 실시하였다. 연령에 따른 대기오염 노출 농도와 인지장애 경험은 표 6에 제시되어 있다.

미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하였으나, 연령과 인지장애 경험의 교호작용은 통계적으로 유의하지 않았다. 인지장애 경험 변수에서 65세 미만군은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애 경험 OR은 1.12배(95% CI: 1.03, 1.22), Q3의 OR은 1.21배(95% CI: 1.10, 1.32), Q4의 OR은 1.21배(95% CI: 1.09, 1.33)였으며, 65세 이상군은 Q2의 인지장애 경험 OR이 1.13배(95% CI: 1.04, 1.22), Q3의 OR은 1.17배(95% CI: 1.07, 1.28), Q4의 OR은 1.23배(95% CI: 1.12, 1.34)로 통계적으로 유의미한 상관성을 보였다. 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장 변수에서 OR은 65세 이상 군보다 65세 미만 군에서 더 높았고, 연령과 인지장애로 인한 일상생활 지장의 교호작용은 통계적으로 유의성을 보이지 않았다. 65세 미만 군은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 일상생활 지장 OR은 1.28배(95% CI: 1.11, 1.48), Q3의 OR은 1.21배(95% CI: 1.04, 1.39), Q4의 OR은 1.23배(95% CI: 1.06, 1.43)였으며, 65세 이상군은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 OR은 1.12배(95% CI: 1.01, 1.25)로 유의한 차이를 보였다. 인지장애로 인한 사회활동 지장 변수에서 65세 미만 군은 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 사회활동 지장 OR은 1.24배(95% CI: 1.02, 1.50)였으며, 65세 이상군에서는 통계적으로 유의성을 확인할 수 없었다. 한편 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하는 경향을 보였다.

표 6. 연령별 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
	All	Age<65	Age≥65	All	Age<65	Age≥65	All	Age<65	Age≥65
	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL
PM <sub>2.5</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>1.12(1.051.19)</b>	<b>1.12(1.031.22)</b>	<b>1.13(1.041.22)</b>	<b>1.16(1.061.27)</b>	<b>1.23(1.111.48)</b>	<b>1.12(1.011.25)</b>	1.12(0.991.26)	<b>1.24(1.021.50)</b>	1.12 (0.971.28)
Q3	<b>1.19(1.111.27)</b>	<b>1.21(1.101.32)</b>	<b>1.17(1.071.28)</b>	<b>1.12(1.021.23)</b>	<b>1.21(1.041.39)</b>	1.11 (0.991.24)	1.10(0.971.24)	1.18 (0.981.43)	1.10 (0.951.27)
Q4	<b>1.22(1.131.31)</b>	<b>1.21(1.091.33)</b>	<b>1.23(1.121.34)</b>	1.11(1.001.23)	<b>1.23(1.061.43)</b>	1.09 (0.971.23)	1.07(0.941.22)	1.16 (0.961.39)	1.09 (0.941.26)
p interaction	0.16			0.106			0.978		
PM <sub>10</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	0.97(0.921.02)	0.97(0.901.05)	0.99(0.921.07)	1.05(0.961.14)	1.08 (0.941.23)	1.05 (0.951.16)	1.09(0.981.22)	1.18 (0.981.41)	1.08 (0.951.23)
Q3	0.94(0.881.00)	0.92(0.841.00)	0.99(0.911.08)	<b>0.88(0.800.97)</b>	0.94 (0.811.08)	0.90 (0.811.01)	1.01(0.901.15)	1.15 (0.951.39)	1.00 (0.871.16)
Q4	0.99(0.921.06)	0.99(0.901.09)	1.01(0.921.11)	1.04(0.941.15)	1.16 (1.001.35)	1.03 (0.911.16)	1.03(0.901.18)	1.07 (0.881.29)	1.06 (0.901.23)
p interaction	0.208			<b>0.005</b>			0.54		
O <sub>3</sub> _8H									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	1.00(0.951.04)	1.02(0.951.09)	0.97(0.911.03)	1.07(0.991.14)	<b>1.15(1.031.29)</b>	1.03(0.94 1.13)	0.93(0.841.03)	0.99 (0.841.16)	0.93 (0.821.04)
Q3	<b>1.14(1.071.22)</b>	1.08(0.991.18)	<b>1.18(1.081.29)</b>	<b>1.12(1.021.23)</b>	1.09(0.94 1.25)	<b>1.16(1.031.30)</b>	<b>1.16(1.021.31)</b>	1.06 (0.881.29)	<b>1.18(1.011.37)</b>
Q4	<b>1.11(1.041.18)</b>	1.07(0.981.17)	<b>1.12(1.031.22)</b>	1.05(0.961.15)	1.07(0.93 1.22)	1.05(0.94 1.18)	1.03(0.911.17)	1.01 (0.841.21)	1.05 (0.911.21)
p interaction	0.948			0.133			0.180		

Variable	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
	All	Age<65	Age≥65	All	Age<65	Age≥65	All	Age<65	Age≥65
	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL
NO <sub>2</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	0.97(0.891.05)	1.00(0.891.12)	0.97(0.881.07)	<b>1.32(1.191.47)</b>	<b>1.32(1.121.56)</b>	<b>1.30(1.161.46)</b>	<b>1.18(1.041.34)</b>	0.98(0.801.20)	<b>1.24(1.081.44)</b>
Q3	0.92(0.831.02)	0.92(0.801.05)	0.95(0.841.07)	1.08(0.951.23)	1.04(0.871.25)	1.09(0.951.26)	<b>1.22(1.051.42)</b>	1.05(0.851.29)	<b>1.25(1.051.49)</b>
Q4	1.02(0.911.15)	1.02(0.881.19)	1.08(0.931.24)	<b>1.22(1.061.41)</b>	1.18(0.971.43)	<b>1.26(1.071.48)</b>	<b>1.33(1.121.58)</b>	1.06(0.851.31)	<b>1.39(1.141.68)</b>
p interaction	0.042			0.007			0.187		
CO									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>0.89(0.840.94)</b>	<b>0.89(0.820.96)</b>	<b>0.90(0.840.97)</b>	1.06(0.981.14)	0.99(0.871.12)	1.08(0.991.19)	0.99(0.901.10)	0.98(0.821.17)	0.99(0.881.12)
Q3	0.96(0.901.02)	0.95(0.871.04)	0.99(0.911.07)	<b>1.10(1.011.20)</b>	<b>1.17(1.011.34)</b>	1.08(0.971.20)	1.12(1.001.26)	1.05(0.881.26)	1.13(0.991.28)
Q4	0.96(0.901.02)	1.05(0.951.15)	<b>0.90(0.830.98)</b>	1.00(0.911.09)	1.11(0.961.28)	0.97(0.871.08)	0.94(0.831.06)	0.98(0.811.18)	0.92(0.801.06)
p interaction	<0.001			0.004			0.859		
SO <sub>2</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>1.39(1.291.49)</b>	<b>1.24(1.111.37)</b>	<b>1.43(1.311.58)</b>	<b>1.36(1.231.51)</b>	1.11(0.951.30)	<b>1.48(1.311.65)</b>	<b>1.50(1.321.71)</b>	1.15(0.941.40)	<b>1.62(1.391.87)</b>
Q3	<b>1.23(1.141.34)</b>	<b>1.13(1.021.27)</b>	<b>1.23(1.111.36)</b>	<b>1.44(1.291.60)</b>	<b>1.24(1.061.45)</b>	<b>1.44(1.281.63)</b>	<b>1.52(1.331.74)</b>	1.18(0.981.42)	<b>1.62(1.391.88)</b>
Q4	<b>1.34(1.221.48)</b>	<b>1.18(1.041.35)</b>	<b>1.33(1.171.50)</b>	<b>1.48(1.301.68)</b>	1.11(0.931.33)	<b>1.50(1.301.74)</b>	<b>1.58(1.351.84)</b>	1.06(0.871.30)	<b>1.69(1.412.02)</b>
p interaction	0.291			0.381			0.445		

\* PM<sub>2.5</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PM<sub>10</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), O<sub>3</sub>-8H(ppm), NO<sub>2</sub>(ppm), CO(ppm), SO<sub>2</sub>(ppm)

#### 4.4.4 가구 소득별 대기오염 노출과 주관적 인지기능

가구 소득별 대기오염 장기 노출이 인지장애 경험에 미치는 영향을 파악하기 위하여 층화 분석을 실시하였다. 연간 가구 소득에 따른 대기오염 노출 농도와 인지장애 경험은 표 7에 제시되어 있다.

미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 증가하였고, 가구 소득과 인지장애 경험의 교호작용은 통계적으로 유의성을 보였다. 저소득 군(3000만원 미만)에서 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 가장 낮은 그룹인 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애 경험 OR은 1.16배(95% CI: 1.07, 1.25), Q3의 OR은 1.19배(95% CI: 1.10, 1.29), Q4의 OR은 1.25배(95% CI: 1.14, 1.36)였으며, 고소득 군(3000만원 이상)에서 Q2의 인지장애 경험 OR은 1.07배(95% CI: 0.97, 1.17), Q3의 OR은 1.16배(95% CI: 1.05, 1.28), Q4의 OR은 1.14배(95% CI: 1.02, 1.26)로 통계적으로 유의미한 상관성을 보였다. 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장 위험은 저소득 군에서 노출 농도가 증가할수록 유의하게 증가하였으나, 가구 소득과 인지장애로 인한 일상생활 지장의 교호작용은 통계적으로 유의성을 보이지 않았다. 저소득 군에서 Q1을 기준으로 Q2의 인지장애로 인한 일상생활 지장 OR은 1.13배(95% CI: 1.02, 1.25), Q3의 OR은 1.15배(95% CI: 1.04, 1.28), Q4의 OR은 1.15배(95% CI: 1.03, 1.29)였으며, 고소득 군에서 Q1을 기준으로 Q2의 OR은 1.28배(95% CI: 1.09, 1.49)로 유의한 차이를 보였다. 인지장애로 인한 사회활동 지장 변수에서는 통계적으로 유의성을 확인할 수 없었다. 한편 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 노출 농도가 증가할수록 인지장애 경험 위험은 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 인지장애 경험 OR은 고소득 군보다 저소득 군에서 더 높았으나, 가구 소득과 인지장애 경험의 교호작용은 통계적으로 유의미한 연관성을 보이지 않았다.

표 7. 연간 가구 소득별 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
	All	Low (<30 million)	High (>=30 million)	All	Low (<30 million)	High (>=30 million)	All	Low (<30 million)	High (>=30 million)
	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL
PM <sub>2.5</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>1.12(1.051.19)</b>	<b>1.16(1.071.25)</b>	1.07(0.971.17)	<b>1.16(1.061.27)</b>	<b>1.13(1.021.25)</b>	<b>1.28(1.091.49)</b>	1.12(0.991.26)	1.13(0.991.29)	1.21(0.981.50)
Q3	<b>1.19(1.111.27)</b>	<b>1.19(1.101.29)</b>	<b>1.16(1.051.28)</b>	<b>1.12(1.021.23)</b>	<b>1.15(1.041.28)</b>	1.13(0.971.33)	1.10(0.971.24)	1.13(0.991.30)	1.16(0.941.42)
Q4	<b>1.22(1.131.31)</b>	<b>1.25(1.141.36)</b>	<b>1.14(1.021.26)</b>	1.11(1.001.23)	<b>1.15(1.031.29)</b>	1.08(0.921.28)	1.07(0.941.22)	1.15(1.001.32)	1.06(0.861.30)
p <sub>interaction</sub>	<b>0.009</b>			0.831			0.545		
PM <sub>10</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	0.97(0.921.02)	1.03(0.961.11)	0.92(0.851.10)	1.05(0.961.14)	1.05(0.961.14)	1.14(0.991.32)	1.09(0.981.22)	1.10(0.971.25)	<b>1.21(1.101.47)</b>
Q3	0.94(0.881.00)	1.02(0.941.11)	<b>0.87(0.790.95)</b>	<b>0.88(0.800.97)</b>	0.88(0.811.01)	0.94(0.811.10)	1.01(0.901.15)	1.02(0.891.17)	1.19(0.971.46)
Q4	0.99(0.921.06)	1.05(0.961.14)	0.94(0.851.04)	1.04(0.941.15)	1.04(0.931.17)	1.15(0.981.36)	1.03(0.901.18)	1.08(0.931.26)	1.11(0.891.37)
p <sub>interaction</sub>	0.660			0.528			0.839		
O <sub>3_8H</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	1.00(0.951.04)	1.01(0.951.08)	0.97(0.911.04)	1.07(0.991.14)	1.06(0.971.16)	1.10(0.981.23)	0.93(0.841.03)	1.00(0.891.12)	0.85(0.721.01)
Q3	<b>1.14(1.071.22)</b>	<b>1.23(1.131.34)</b>	1.03(0.941.13)	<b>1.12(1.021.23)</b>	<b>1.23(1.101.37)</b>	0.99(0.851.15)	<b>1.16(1.021.31)</b>	<b>1.22(1.061.41)</b>	1.05(0.851.28)
Q4	<b>1.11(1.041.18)</b>	<b>1.14(1.051.24)</b>	1.07(0.971.17)	1.05(0.961.15)	1.12(1.001.25)	1.02(0.881.18)	1.03(0.911.17)	1.09(0.941.25)	1.01(0.831.23)
p <sub>interaction</sub>	<b>0.042</b>			<b>0.002</b>			0.769		



Variable	Cognitive Decline			Daily life interference			Social activities interference		
	All	Low (<30 million)	High (>=30 million)	All	Low (<30 million)	High (>=30 million)	All	Low (<30 million)	High (>=30 million)
	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL	OR 95% CL
NO <sub>2</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	0.97(0.891.05)	1.00(0.911.10)	0.93(0.821.06)	<b>1.32(1.191.47)</b>	<b>1.29(1.161.45)</b>	<b>1.28(1.071.55)</b>	<b>1.18(1.041.34)</b>	<b>1.25(1.091.44)</b>	0.86 (0.691.08)
Q3	0.92(0.831.02)	0.96(0.851.08)	0.89(0.771.03)	1.08(0.951.23)	1.09 (0.951.25)	0.99 (0.811.21)	<b>1.22(1.051.42)</b>	<b>1.25(1.061.48)</b>	0.91 (0.721.14)
Q4	1.02(0.911.15)	1.12(0.971.28)	0.96(0.821.13)	<b>1.22(1.061.41)</b>	<b>1.22(1.041.42)</b>	1.16 (0.941.44)	<b>1.33(1.121.58)</b>	<b>1.35(1.121.62)</b>	1.04 (0.831.32)
p-interaction	<b>0.023</b>			<b>0.013</b>			0.431		
CO									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>0.89(0.840.94)</b>	<b>0.87(0.820.94)</b>	0.93(0.851.01)	1.06(0.981.14)	1.01 (0.921.11)	1.10 (0.951.27)	0.99(0.901.10)	0.95 (0.851.07)	1.05 (0.861.27)
Q3	0.96(0.901.02)	0.94(0.871.01)	1.01(0.921.10)	<b>1.10(1.011.20)</b>	1.07 (0.971.18)	<b>1.18(1.011.37)</b>	1.12(1.001.26)	1.10 (0.961.24)	1.13 (0.921.37)
Q4	0.96(0.901.02)	<b>0.90(0.830.98)</b>	1.09(0.981.20)	1.00(0.911.09)	0.98 (0.881.08)	1.14 (0.971.34)	0.94(0.831.06)	0.90 (0.791.03)	0.92 (0.891.34)
p-interaction	<0.001			<b>0.001</b>			0.323		
SO <sub>2</sub>									
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	<b>1.39(1.291.49)</b>	<b>1.48(1.351.62)</b>	<b>1.18(1.051.32)</b>	<b>1.36(1.231.51)</b>	<b>1.44(1.291.60)</b>	1.16(0.98 1.37)	<b>1.50(1.321.71)</b>	<b>1.53(1.331.77)</b>	<b>1.38(1.121.70)</b>
Q3	<b>1.23(1.141.34)</b>	<b>1.28(1.161.41)</b>	<b>1.09(1.111.36)</b>	<b>1.44(1.291.60)</b>	<b>1.46(1.301.64)</b>	<b>1.20(1.011.42)</b>	<b>1.52(1.331.74)</b>	<b>1.55(1.341.80)</b>	<b>1.34(1.091.64)</b>
Q4	<b>1.34(1.221.48)</b>	<b>1.34(1.191.51)</b>	<b>1.18(1.171.50)</b>	<b>1.48(1.301.68)</b>	<b>1.44(1.251.66)</b>	1.17(0.97 1.43)	<b>1.58(1.351.84)</b>	<b>1.57(1.321.86)</b>	1.22 (0.981.52)
p-interaction	0.229			0.078			0.727		

\* PM<sub>2.5</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PM<sub>10</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), O<sub>3</sub>-8H(ppm), NO<sub>2</sub>(ppm), CO(ppm), SO<sub>2</sub>(ppm)

## 제 5 장. 결론 및 고찰

본 학위 논문의 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 대기오염물질 장기 노출 농도의 지역적 분포를 파악하여 지역별 대기오염 노출 농도와 인지기능 장애 사이의 단면적 연관성에 대한 연구 기반을 마련하였다. 국내 대기오염측정소가 있는 시·군·구를 기준으로 연평균 대기오염물질 농도를 산출하였고, 이를 지역사회건강조사 인지 기능 장애 변수와 매칭하여 분석에 활용하였다. 다만 거주지의 형태가 시·군·구 단위로 제공되므로 개인 수준의 대기오염 노출을 반영할 수 없었다는 한계점이 존재한다.

둘째, 개인과 지역 수준의 특성을 동시에 고려할 수 있는 다수준 분석을 통한 지역사회건강조사 자료 특성 탐색 및 연구방법을 제안하였다. 선행 연구의 고찰을 통해 대기오염 노출과 인지기능 장애를 주제로 한 기존 연구의 장·단점을 제시하였고, 이를 토대로 자료 처리 방법을 제안하였다. 대기오염측정소가 있는 시·군·구를 기준으로 지역사회건강조사 수행 시점으로부터 이전 1년의 연평균 대기오염 농도의 노출을 평가하였으며, 대기오염물질 농도가 측정되지 않은 시·군·구에 거주하는 대상자는 본 연구에서 배제하였다.

셋째, 미세먼지 노출이 주관적 인지장애 경험에 미치는 영향을 정량적으로 파악하여 정책 수립의 과정에서 활용할 수 있도록 제안하였다. 본 학위 논문은 대기오염 장기 노출과 주관적 인지기능 장애 간의 연관성을 파악하기

위한 국내 최초의 연구이다. 선행연구에서 대기오염 노출과 인지기능 장애 사이에 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>)가 강한 연관성을 나타냈으나, 본 학위논문의 결과변수는 주관적 인지기능 장애 경험으로 기존 연구와 부분적으로 일치하는 결과를 보였다. 국내 수준의 대기오염 노출과 인지장애 간의 연관성을 명확히 밝히기 위하여 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 대기오염 장기 노출이 주관적 인지기능에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 대기오염물질 중 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 노출 농도가 높을수록 인지장애 경험 발생 위험은 유의하게 증가하였다. 오존(O<sub>3</sub>)은 인지장애 경험에서, 이산화질소(NO<sub>2</sub>)는 인지기능 장애로 인한 사회활동 지장에서 노출 농도가 높을수록 주관적 인지장애 경험 위험이 증가하는 경향을 보였다. 한편, 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 일산화탄소(CO)는 유의미한 연관성을 보이지 않았다.

대기오염물질 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 장기 노출 농도가 높을수록 인지장애 경험과 인지기능 장애로 인한 일상생활 지장 위험이 증가하였으나, 인지기능 장애로 인한 사회활동 지장 정도에서는 유의미한 연관성을 보이지 않았다.

본 연구에서는 성별·연령별·가구 소득별 층화 분석으로 대기오염물질 노출과 주관적 인지기능 장애 간의 차이를 확인하였다. 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 노출 농도가 높을수록 인지장애 경험 위험은 남성과 여성 모두에서 유의하게 증가하였으나, 인지장애로 인한 일상생활 지장과 사회활동 지장은 남성에서 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 이는 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 노출과 인지기능 장애에서 성별에 따른 차이를 나타내는 것으로 해석할 수 있다.

연령별 층화 분석에서는 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 노출 농도가 높아질수록

인지장애 경험 위험이 65세 미만 군과 65세 이상 군 모두 유의하게 증가하였으나, 인지장애로 인한 일상생활 지장에서는 65세 미만 군에서 유의하게 증가하는 경향을 보였고, 인지기능 장애로 인한 사회활동 지장 정도에서는 유의미한 연관성을 보이지 않았다. 이는 인지기능 장애 유병률이 높은 65세 이상군에서 지역사회건강조사에 참여하기 어려워 본 연구에서 제외된 결과로 유추해 볼 수 있다.

연간 가구 소득에 따른 층화 분석 결과에서는 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 노출 농도가 높아질수록 인지장애 경험 위험은 저소득 군(3000만원 미만 군)과 고소득 군(3000만원 이상) 모두 유의하게 증가하였다. 세부 문항인 인지장애로 인한 일상생활 지장에서는 저소득 군에서 유의하게 증가하는 경향을 보였으며, 사회활동 지장에서는 유의미한 연관성을 확인할 수 없었다.

또한, 오존(O<sub>3</sub>)의 장기 노출 농도가 높아질수록 인지장애 경험 위험이 유의하게 증가하였고, 인지기능 장애로 인한 일상생활 지장과 사회활동 지장에서는 Q1 대비 Q3에서 유의미하게 증가하는 경향을 나타냈다. 이산화질소(NO<sub>2</sub>)는 장기 노출 농도가 높아질수록 인지장애로 인한 사회활동 지장 위험이 유의하게 증가하였으며, 인지장애 경험과 인지기능 장애로 인한 일상생활 지장에서 유의미한 연관성을 보이지 않았다.

한편 아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 노출 농도가 높아질수록 인지장애 경험, 인지기능 장애로 인한 일상생활 지장과 사회활동 지장 위험이 증가하였다. 최근 20년간 국내 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 연평균 농도는 감소하는 추세이지만, 아직까지 공업단지 인근 지역의 고농도 발생에 대한 피해가 존재하고 있다. 또한, 국외 농도와 비교해봤을 때 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 농도는 우리나라 대부분 지역이 영국 런던, 프랑스 파리, 일본 도쿄보다 더 높은 수준이다 [37]. 성별 층화 분석에서 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 노출 농도가 높을수록 남성보다 여성에서

인지장애 경험 위험이 증가하였고, 연령별 층화 분석에서는 65세 이상 군에서 인지기능 장애로 인한 일상생활 지장과 사회활동 지장 위험이 증가하였다. 이는 65세 이상 군의 주관적 인지기능이 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 장기 노출에 더 취약하다고 해석할 수 있다. 가구 소득별 층화 분석에서는 고소득 군에 비해 저소득 군이 주관적 인지장애 경험 위험이 유의하게 증가하였다.

본 연구의 제한점은 거주지의 형태가 시·군·구 단위로 제공되므로 개인 수준의 대기오염 노출을 반영할 수 없다는 것이다. 거주지의 형태가 세분화되어 개인별 대기오염 노출평가가 가능하다면, 추후 대기오염 장기 노출과 인지기능 간의 연관성 분석에서 신뢰성 있는 연구결과를 나타낼 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서 활용된 대기오염 확정자료는 환경부 국립환경과학원 대기환경 연구과에서 제공하는 대기오염도 현황 자료이다. 대기오염도 현황 자료는 전국 대기오염 측정망 510여개소에서 측정된 것으로, 일반 대기질, 중금속, 유해 대기오염물질, 강우, 기상요소 등의 항목을 측정한다. 일반 대기질 항목에는 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 일산화탄소(CO) 등을 포함한다.

본 연구에서 대기오염 노출평가는 지역사회건강조사 시점인 2018년부터 2019년까지 각각 시·군·구 단위의 주소지를 기준으로 전년 8월부터 당해 7월까지 1년 동안 노출된 연평균 미세먼지 농도를 산출하여 평가하였다. 본 연구의 노출평가 방법은 지역사회건강조사 수행 시점의 거주지가 이전 1년 동안 동일할 것이라고 가정하였다.

또한, 현재의 국내의 대기오염 노출 연구에서 개선된 예측 모형 개발이 필요하다. 다양한 예측 모형을 통해 현재 시행 중인 국내 미세먼지 측정망의 한계를 보완하여 정책 결정을 함에 있어 개별국가 차원이 아닌 동북아와 함께 협력하여 개선해 나갈 수 있기를 기대해본다.

## 참고문헌

1. Schikowski, T., & Altuğ, H. (2020). The role of air pollution in cognitive impairment and decline. *Neurochemistry international*, 136, 104708.
2. 환경부, 2016, 바로 알면 보인다. 미세먼지 도대체 뭘까? (소책자)
3. Seaton, A., Godden, D., MacNee, W., & Donaldson, K. (1995). Particulate air pollution and acute health effects. *The lancet*, 345(8943), 176-178.
4. Donaldson, K., & Stone, V. (2003). Current hypotheses on the mechanisms of toxicity of ultrafine particles. *Annali dell'Istituto superiore di sanit *, 39(3), 405-410.
5. 환경부, 2019, 대기환경 연보
6. EPA (2020), <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
7. 환경부, 2020, 환경백서
8. 환경부, 2018, 국민이 알고 싶은 미세먼지 Q&A 100문 100답
9. Zhang, Q., Jiang, X., Tong, D., Davis, S. J., Zhao, H., Geng, G., ... & Guan, D. (2017). Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. *Nature*, 543(7647), 705-709.
10. Ko, S. J. (2010). Factors of health inequalities by residential area differences. *Natl Assoc Korean Local Gov Stud*, 12(3), 169-195.
11. 국립환경과학원, 2013, 미래 한반도 기후 및 대기환경 변화 연구 (Ⅲ)

12. Cipriani, G., Danti, S., Carlesi, C., & Borin, G. (2018). Danger in the air: air pollution and cognitive dysfunction. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 33(6), 333-341.
13. Calderón-Garcidueñas, L., Calderón-Garcidueñas, A., Torres-Jardón, R., Avila-Ramírez, J., Kulesza, R. J., & Angiulli, A. D. (2015). Air pollution and your brain: what do you need to know right now. *Primary health care research & development*, 16(4), 329-345.
14. Weuve, J., Puett, R. C., Schwartz, J., Yanosky, J. D., Laden, F., & Grodstein, F. (2012). Exposure to particulate air pollution and cognitive decline in older women. *Archives of internal medicine*, 172(3), 219-227.
15. Jung, C. R., Lin, Y. T., & Hwang, B. F. (2015). Ozone, particulate matter, and newly diagnosed Alzheimer's disease: a population-based cohort study in Taiwan. *Journal of Alzheimer's Disease*, 44(2), 573-584.
16. Block, M. L., & Calderón-Garcidueñas, L. (2009). Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trends in neurosciences*, 32(9), 506-516.
17. Livingston, G., Sommerlad, A., Orgeta, V., Costafreda, S. G., Huntley, J., Ames, D., ... & Mukadam, N. (2017). Dementia prevention, intervention, and care. *The Lancet*, 390(10113), 2673-2734.
18. Choi, H., & Kim, S. H. (2019). Air Pollution and Dementia. *Dementia and neurocognitive disorders*, 18(4), 109.
19. Calderón-Garcidueñas, L., Kavanaugh, M., Block, M., D'Angiulli, A.,

- Delgado-Chávez, R., Torres-Jardón, R., ... & Diaz, P. (2011). Neuroinflammation, Alzheimer's disease-associated pathology, and down-regulation of the prion-related protein in air pollution exposed children and young adults. *J of Alzheimer's disease*, 28, 93-107.
20. CALDERon-GARCIDUEnas, L. I. L. I. A. N., Reed, W., Maronpot, R. R., Henriquez-Roldán, C., Delgado-Chavez, R., CALDERon-GARCIDUEnas, A. N. A., ... & Swenberg, J. A. (2004). Brain inflammation and Alzheimer's-like pathology in individuals exposed to severe air pollution. *Toxicologic pathology*, 32(6), 650-658.
21. Peters, R., Ee, N., Peters, J., Booth, A., Mudway, I., & Anstey, K. J. (2019). Air pollution and dementia: a systematic review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 70(s1), S145-S163.
22. Wu, Y. C., Lin, Y. C., Yu, H. L., Chen, J. H., Chen, T. F., Sun, Y., ... & Chen, Y. C. (2015). Association between air pollutants and dementia risk in the elderly. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, 1(2), 220-228.
23. Lin, F. C., Chen, C. Y., Lin, C. W., Wu, M. T., Chen, H. Y., & Huang, P. (2021). Air Pollution Is Associated with Cognitive Deterioration of Alzheimer's Disease. *Gerontology*, 1-9.
24. Tonne, C., Elbaz, A., Beevers, S., & Singh-Manoux, A. (2014). Traffic-related air pollution in relation to cognitive function in older adults. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 25(5), 674.
25. Jung, C. R., Lin, Y. T., & Hwang, B. F. (2015). Ozone, particulate matter, and newly diagnosed Alzheimer's disease: a



- population-based cohort study in Taiwan. *Journal of Alzheimer's Disease*, 44(2), 573-584.
26. Kioumourtzoglou, M. A., Schwartz, J. D., Weisskopf, M. G., Melly, S. J., Wang, Y., Dominici, F., & Zanobetti, A. (2016). Long-term PM<sub>2.5</sub> exposure and neurological hospital admissions in the northeastern United States. *Environmental health perspectives*, 124(1), 23-29.
  27. Lin, H., Guo, Y., Zheng, Y., Zhao, X., Cao, Z., Rigdon, S. E., ... & Wu, F. (2017). Exposure to ambient PM<sub>2.5</sub> associated with overall and domain-specific disability among adults in six low-and middle-income countries. *Environment international*, 104, 69-75.
  28. Cacciottolo, M., Wang, X., Driscoll, I., Woodward, N., Saffari, A., Reyes, J., ... & Chen, J. C. (2017). Particulate air pollutants, APOE alleles and their contributions to cognitive impairment in older women and to amyloidogenesis in experimental models. *Translational psychiatry*, 7(1), e1022-e1022.
  29. Chen, H., Kwong, J. C., Copes, R., Hystad, P., van Donkelaar, A., Tu, K., ... & Burnett, R. T. (2017). Exposure to ambient air pollution and the incidence of dementia: A population-based cohort study. *Environment international*, 108, 271-277.
  30. Carey, I. M., Anderson, H. R., Atkinson, R. W., Beevers, S. D., Cook, D. G., Strachan, D. P., ... & Kelly, F. J. (2018). Are noise and air pollution related to the incidence of dementia? A cohort study in London, England. *BMJ open*, 8(9), e022404.
  31. Grande, G., Ljungman, P. L., Eneroth, K., Bellander, T., & Rizzuto,

- D. (2020). Association between cardiovascular disease and long-term exposure to air pollution with the risk of dementia. *JAMA neurology*, 77(7), 801-809.
32. Ran, J., Schooling, C. M., Han, L., Sun, S., Zhao, S., Zhang, X., ... & Tian, L. (2021). Long-term exposure to fine particulate matter and dementia incidence: A cohort study in Hong Kong. *Environmental Pollution*, 271, 116303.
33. Ailshire, J. A., & Crimmins, E. M. (2014). Fine particulate matter air pollution and cognitive function among older US adults. *American journal of epidemiology*, 180(4), 359-366.
34. Gatto, N. M., Henderson, V. W., Hodis, H. N., John, J. A. S., Lurmann, F., Chen, J. C., & Mack, W. J. (2014). Components of air pollution and cognitive function in middle-aged and older adults in Los Angeles. *Neurotoxicology*, 40, 1-7.
35. Karraker, A., Ailshire, J. A., & Clarke, P. (2013, November). NEIGHBORHOOD PSYCHOSOCIAL STRESSORS, AIR POLLUTION, AND COGNITIVE FUNCTION AMONG OLDER US ADULTS. In *GERONTOLOGIST* (Vol. 53, pp. 382-382). JOURNALS DEPT, 2001 EVANS RD, CARY, NC 27513 USA: OXFORD UNIV PRESS INC.
36. 에어코리아 홈페이지‘에어코리아란’, [https://www.airkorea.or.kr/web/contents/contentView/?pMENU\\_NO=91&cntnts\\_no=1.2021.5.2.검색](https://www.airkorea.or.kr/web/contents/contentView/?pMENU_NO=91&cntnts_no=1.2021.5.2.검색).
37. 여민주, & 김용표. (2012). 우리나라 지역별 아황산가스 농도 장기간 추이. *한국대기환경학회지*, 36(6).

## 부 록

표 S1. 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Co variate	Cate gory	Cognitive Decline		Daily life interference		Social activities interference	
			OR	95% CL	OR	95% CL	OR	95% CL
PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>1.16 (1.08 1.23)</b>		<b>1.16 (1.06 1.28)</b>		1.11(0.98 1.25)	
		Q3	<b>1.23 (1.15 1.32)</b>		<b>1.12 (1.01 1.24)</b>		1.10(0.96 1.25)	
		Q4	<b>1.28 (1.19 1.39)</b>		<b>1.14 (1.02 1.28)</b>		1.08(0.93 1.26)	
	O <sub>3</sub> _8H	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>1.14 (1.07 1.21)</b>		<b>1.16 (1.06 1.27)</b>		<b>1.13(1.01 1.28)</b>	
		Q3	<b>1.20 (1.12 1.28)</b>		<b>1.12 (1.02 1.23)</b>		1.10(0.97 1.25)	
		Q4	<b>1.22 (1.14 1.32)</b>		1.10 (0.99 1.22)		1.08(0.94 1.23)	
	NO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>1.12 (1.05 1.19)</b>		<b>1.12 (1.02 1.22)</b>		1.09(0.96 1.23)	
		Q3	<b>1.19 (1.12 1.28)</b>		1.09 (0.99 1.20)		1.04(0.92 1.19)	
		Q4	<b>1.22 (1.13 1.31)</b>		1.05 (0.94 1.16)		1.00(0.88 1.15)	
	CO	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>1.15 (1.08 1.22)</b>		<b>1.15 (1.05 1.26)</b>		1.12(0.99 1.26)	
		Q3	<b>1.22 (1.14 1.30)</b>		<b>1.11 (1.01 1.22)</b>		1.10(0.96 1.24)	
		Q4	<b>1.26 (1.17 1.36)</b>		1.10 (0.99 1.22)		1.06(0.93 1.22)	
	SO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	1.06 (0.99 1.13)		1.10 (1.00 1.21)		1.04(0.92 1.18)	
		Q3	<b>1.13 (1.05 1.21)</b>		1.05 (0.95 1.15)		1.00(0.88 1.14)	
		Q4	<b>1.13 (1.05 1.21)</b>		1.01 (0.91 1.12)		0.94(0.82 1.08)	

표 S2. 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Co variate	Cate gory	Cognitive Decline		Daily life interference		Social activities interference	
			OR	95% CL	OR	95% CL	OR	95% CL
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>0.92 (0.86 0.97)</b>		1.00 (0.92 1.09)		1.07 (0.95 1.20)	
		Q3	<b>0.88 (0.82 0.94)</b>		<b>0.84 (0.76 0.93)</b>		0.98 (0.86 1.13)	
		Q4	<b>0.90 (0.84 0.97)</b>		0.98 (0.88 1.10)		1.00 (0.86 1.16)	
	O <sub>3</sub> _8H	Q1	1		1		1	
		Q2	0.97 (0.92 1.03)		1.05 (0.97 1.15)		1.13 (1.00 1.26)	
		Q3	0.94 (0.88 1.00)		<b>0.88 (0.80 0.96)</b>		1.02 (0.90 1.16)	
		Q4	0.98 (0.91 1.05)		1.03 (0.93 1.14)		1.03 (0.90 1.18)	
	NO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.98 (0.93 1.03)		1.03 (0.95 1.13)		1.07 (0.96 1.20)	
		Q3	0.94 (0.89 1.01)		<b>0.86 (0.78 0.94)</b>		0.98 (0.86 1.11)	
		Q4	0.99 (0.93 1.06)		1.01 (0.91 1.12)		0.98 (0.86 1.12)	
	CO	Q1	1		1		1	
		Q2	0.97 (0.92 1.03)		1.05 (0.96 1.14)		1.11 (0.99 1.24)	
		Q3	0.95 (0.89 1.01)		<b>0.88 (0.80 0.96)</b>		1.01 (0.89 1.14)	
		Q4	0.99 (0.93 1.06)		1.03 (0.93 1.15)		1.02 (0.89 1.17)	
SO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1		
	Q2	0.96 (0.91 1.01)		1.00 (0.92 1.09)		1.05 (0.94 1.18)		
	Q3	<b>0.91 (0.86 0.97)</b>		<b>0.85 (0.77 0.93)</b>		0.96 (0.85 1.09)		
	Q4	0.99 (0.92 1.06)		1.01 (0.91 1.12)		0.99 (0.87 1.13)		

표 S3. 오존(O<sub>3</sub>) 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Co variate	Cate gory	Cognitive Decline		Daily life interference		Social activities interference	
			OR	95% CL	OR	95% CL	OR	95% CL
O <sub>3</sub> _8H	PM <sub>2.5</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.97	(0.93 1.02)	1.05	(0.98 1.13)	0.92	(0.83 1.02)
		Q3	<b>1.13</b>	<b>(1.06 1.20)</b>	<b>1.12</b>	<b>(1.02 1.23)</b>	<b>1.15</b>	<b>(1.02 1.31)</b>
		Q4	<b>1.08</b>	<b>(1.02 1.16)</b>	1.04	(0.95 1.14)	1.03	(0.91 1.16)
	PM <sub>10</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	1.00	(0.95 1.05)	1.07	(1.00 1.15)	0.94	(0.85 1.03)
		Q3	<b>1.14</b>	<b>(1.07 1.22)</b>	<b>1.13</b>	<b>(1.03 1.25)</b>	<b>1.18</b>	<b>(1.04 1.34)</b>
		Q4	<b>1.11</b>	<b>(1.04 1.18)</b>	1.04	(0.95 1.14)	1.03	(0.91 1.16)
	NO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.99	(0.95 1.04)	1.06	(0.99 1.14)	0.93	(0.84 1.03)
		Q3	<b>1.16</b>	<b>(1.09 1.24)</b>	<b>1.15</b>	<b>(1.05 1.27)</b>	<b>1.21</b>	<b>(1.06 1.37)</b>
		Q4	<b>1.12</b>	<b>(1.05 1.19)</b>	1.06	(0.97 1.17)	1.07	(0.94 1.21)
	CO	Q1	1		1		1	
		Q2	0.98	(0.94 1.03)	1.07	(0.99 1.15)	0.93	(0.84 1.03)
		Q3	<b>1.14</b>	<b>(1.07 1.22)</b>	<b>1.11</b>	<b>(1.01 1.22)</b>	<b>1.15</b>	<b>(1.01 1.30)</b>
		Q4	<b>1.09</b>	<b>(1.02 1.17)</b>	1.04	(0.95 1.15)	1.01	(0.89 1.15)
	SO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.99	(0.95 1.04)	1.05	(0.98 1.13)	0.93	(0.84 1.02)
		Q3	<b>1.13</b>	<b>(1.06 1.21)</b>	<b>1.11</b>	<b>(1.01 1.22)</b>	<b>1.16</b>	<b>(1.02 1.32)</b>
		Q4	<b>1.09</b>	<b>(1.02 1.16)</b>	1.04	(0.95 1.15)	1.03	(0.91 1.17)

표 S4. 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Covariate	Category	Cognitive Decline		Daily life interference		Social activities interference	
			OR	95% CL	OR	95% CL	OR	95% CL
NO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.94	(0.87 1.01)	<b>1.31</b>	<b>(1.18 1.46)</b>	<b>1.18</b>	<b>(1.04 1.35)</b>
		Q3	<b>0.89</b>	<b>(0.80 0.98)</b>	1.08	(0.95 1.22)	<b>1.23</b>	<b>(1.05 1.43)</b>
		Q4	0.96	(0.86 1.09)	<b>1.21</b>	<b>(1.04 1.40)</b>	<b>1.33</b>	<b>(1.11 1.59)</b>
	PM <sub>10</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.97	(0.90 1.05)	<b>1.33</b>	<b>(1.20 1.48)</b>	<b>1.18</b>	<b>(1.04 1.35)</b>
		Q3	0.93	(0.84 1.03)	1.08	(0.95 1.23)	<b>1.21</b>	<b>(1.04 1.42)</b>
		Q4	1.03	(0.92 1.16)	<b>1.25</b>	<b>(1.08 1.45)</b>	<b>1.35</b>	<b>(1.13 1.60)</b>
	O <sub>3_8H</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	0.99	(0.91 1.07)	<b>1.34</b>	<b>(1.21 1.49)</b>	<b>1.22</b>	<b>(1.07 1.39)</b>
		Q3	0.94	(0.85 1.04)	1.10	(0.96 1.25)	<b>1.26</b>	<b>(1.08 1.47)</b>
		Q4	1.09	(0.97 1.23)	<b>1.26</b>	<b>(1.09 1.46)</b>	<b>1.43</b>	<b>(1.20 1.71)</b>
	CO	Q1	1		1		1	
		Q2	0.99	(0.91 1.07)	<b>1.32</b>	<b>(1.19 1.48)</b>	<b>1.19</b>	<b>(1.04 1.37)</b>
		Q3	0.95	(0.85 1.05)	1.09	(0.96 1.25)	<b>1.26</b>	<b>(1.07 1.47)</b>
		Q4	1.05	(0.93 1.19)	<b>1.24</b>	<b>(1.07 1.44)</b>	<b>1.38</b>	<b>(1.16 1.65)</b>
SO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1		
	Q2	<b>0.91</b>	<b>(0.84 0.98)</b>	<b>1.25</b>	<b>(1.12 1.39)</b>	1.11	(0.97 1.26)	
	Q3	<b>0.82</b>	<b>(0.74 0.92)</b>	0.95	(0.83 1.08)	1.08	(0.92 1.26)	
	Q4	<b>0.87</b>	<b>(0.77 0.99)</b>	1.02	(0.87 1.19)	1.10	(0.92 1.32)	

표 S5. 일산화탄소(CO) 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Co variate	Cate gory	Cognitive Decline		Daily life interference		Social activities interference	
			OR	95% CL	OR	95% CL	OR	95% CL
CO	PM <sub>2.5</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>0.86 (0.81 0.91)</b>		1.04 (0.96 1.12)		0.98 (0.89 1.09)	
		Q3	<b>0.91 (0.86 0.97)</b>		1.09 (0.99 1.19)		1.11 (0.99 1.25)	
		Q4	<b>0.91 (0.85 0.98)</b>		0.98 (0.89 1.08)		0.93 (0.82 1.05)	
	PM <sub>10</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>0.89 (0.85 0.94)</b>		1.07 (0.99 1.16)		1.00 (0.90 1.11)	
		Q3	0.97 (0.91 1.03)		<b>1.11 (1.02 1.22)</b>		1.12 (1.00 1.26)	
		Q4	0.97 (0.90 1.03)		0.99 (0.90 1.09)		0.92 (0.81 1.04)	
	O <sub>3</sub> _8H	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>0.88 (0.84 0.93)</b>		1.06 (0.98 1.14)		0.98 (0.88 1.09)	
		Q3	0.95 (0.90 1.01)		<b>1.11 (1.02 1.21)</b>		1.13 (1.00 1.26)	
		Q4	0.96 (0.90 1.03)		1.01 (0.92 1.11)		0.96 (0.85 1.08)	
	NO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	<b>0.89 (0.84 0.94)</b>		1.01 (0.94 1.10)		0.96 (0.86 1.07)	
		Q3	0.96 (0.90 1.02)		1.04 (0.95 1.13)		1.07 (0.95 1.20)	
		Q4	0.96 (0.90 1.03)		0.94 (0.85 1.03)		0.87 (0.77 1.00)	
SO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1		
	Q2	<b>0.86 (0.81 0.91)</b>		1.02 (0.94 1.10)		0.95 (0.86 1.06)		
	Q3	0.95 (0.89 1.00)		1.09 (1.00 1.19)		1.11 (0.99 1.25)		
	Q4	<b>0.92 (0.86 0.99)</b>		0.92 (0.83 1.01)		<b>0.85 (0.75 0.97)</b>		

표 S6. 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 장기 노출과 주관적 인지기능

Variable	Co variate	Cate gory	Cognitive Decline		Daily life interference		Social activities interference	
			OR	95% CL	OR	95% CL	OR	95% CL
SO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	1.35	(1.25 1.46)	1.34	(1.21 1.49)	1.52	(1.32 1.74)
		Q3	1.20	(1.11 1.30)	1.44	(1.29 1.61)	1.55	(1.35 1.77)
		Q4	1.29	(1.17 1.43)	1.48	(1.30 1.69)	1.61	(1.37 1.89)
	PM <sub>10</sub>	Q1	1		1		1	
		Q2	1.41	(1.31 1.52)	1.39	(1.26 1.54)	1.51	(1.33 1.73)
		Q3	1.24	(1.15 1.35)	1.42	(1.28 1.59)	1.50	(1.31 1.72)
		Q4	1.36	(1.23 1.50)	1.51	(1.32 1.72)	1.58	(1.35 1.85)
	O <sub>3</sub> _8H	Q1	1		1		1	
		Q2	1.37	(1.27 1.47)	1.35	(1.22 1.49)	1.47	(1.29 1.68)
		Q3	1.23	(1.14 1.34)	1.43	(1.28 1.59)	1.53	(1.33 1.75)
		Q4	1.37	(1.24 1.51)	1.49	(1.31 1.70)	1.64	(1.40 1.93)
NO <sub>2</sub>	Q1	1		1		1		
	Q2	1.42	(1.32 1.54)	1.37	(1.23 1.51)	1.48	(1.29 1.69)	
	Q3	1.28	(1.17 1.39)	1.49	(1.33 1.67)	1.50	(1.30 1.73)	
	Q4	1.40	(1.26 1.55)	1.51	(1.32 1.74)	1.53	(1.30 1.81)	
CO	Q1	1		1		1		
	Q2	1.44	(1.33 1.55)	1.41	(1.27 1.56)	1.58	(1.38 1.80)	
	Q3	1.28	(1.18 1.39)	1.53	(1.37 1.72)	1.66	(1.44 1.91)	
	Q4	1.40	(1.26 1.55)	1.59	(1.39 1.82)	1.74	(1.47 2.05)	



## Abstract

# Long-term Exposure to Fine particulate matter air pollution and Subjective Cognitive function using Community Health Survey data in Korea

Seul Goo

Department of Biostatistics and Epidemiology  
The Graduate School of Public Health  
Seoul National University

**Background:** More than 90% of the world's population is exposed to harmful levels of air pollution that exceed World Health Organization(WHO) air quality guidelines. Fine particulate matter among air pollutants can reach the central nervous system due to its small size, which is especially likely to have neurobehavioral effects. Despite the fact that particles of air pollutant absorbed through the respiratory system can have a harmful effect on the nervous system as they travel along the bloodstream, domestic research on cognitive decline caused by air pollution exposure is hard to find.

**Objectives:** Nervous disorders such as cognitive decline and dementia occur through the interaction of long-term and complex factors. Therefore, in this study, we look at the difference between long-term air pollution exposure and the risk of cognitive decline, to find out the impact of long-term exposure to air pollution on subjective cognitive function.

**Methods:** The air pollution exposure assessment was based on the city, county, and district where the air pollution monitoring station is located, and the average annual air pollution concentration of the previous year was 200. In this study, subjects aged 40 or older who participated in the Korea Disease Control and Prevention Agency's community health survey from 2018 to 2019 were selected as analysis subjects. A total of 224,570 people were finally selected by matching air pollution monitoring station and community health survey data and multi-level logistic analysis was conducted to determine factors affecting cognitive decline.

**Results:** According to the correlation between long-term exposure to air pollution and subjective cognitive function, the higher the exposure of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), the greater the risk of cognitive decline. Ozone (O<sub>3</sub>) showed a correlation in cognitive decline, and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) showed an increased risk of social activities interference as the exposure concentration

increases. Meanwhile, fine particulate matter (PM10) and carbon monoxide (CO) showed no significant association. Based on Q1, the group with the lowest fine particulate matter (PM2.5), Q2's cognitive decline experience OR (Odds ratio) increased 1.12 (95% CI: 1.05, 1.19), Q3's OR 1.19 (95% CI: 1.11, 1.27), and Q4's OR increased 1.22 (95% CI: 1.13, 1.31). In the detailed question Daily life interference variable, Q2 showed a significant increase in Daily life interference OR 1.16(95% CI: 1.06, 1.27) and Q3's OR was 1.12 (95% CI: 1.02, 1.23), and sulfur dioxide (SO2) showed a significant increase in cognitive decline, Daily life interference and Social activities interference.

**Conclusion:** This is the first research in Korea to study the link between long-term exposure to air pollution and cognitive decline. Environmental factors, including exposure to air pollution, are modifiable risk factors for cognitive decline, which can delay the timing of development or prevent disease. It is hoped that this study will be used as a basis for policy making to reduce the deepening situation of health inequality caused by modifiable environmental factors.

**keywords :** air pollution, particulate matter, PM<sub>2.5</sub>, Cognitive disorder, Dementia, Alzheimer's disease

**Student Number :** 2019-20358