

기후변화와 만성질환에 대한 국내 연구 고찰: 스코핑 리뷰

우성은* · 이한솔** · 이유리****†

*명지전문대학 보건의료정보과 조교 / 한국방송통신대학교 보건환경안전학과 학사과정
**서울대학교 의과대학 환경의학연구소 연구원 / 서울대학교 의과대학 휴먼시스템의학과 석사과정
***명지전문대학 보건의료정보과 부교수

Current status and challenges in climate change and chronic disease research in the Republic of Korea: A scoping review

Woo, Sungeun* · Lee, Hansol** and Lee, Yuri****†

*Teaching Assistant, Dept. of Health and Medical Information, Myongji College, Seoul, Korea / Undergraduate Student, Dept. of Environmental Health and Safety, Korea National Open University, Seoul, Korea
**Researcher Fellow, Institute of Environmental Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea / Graduate Student, Dept. of Human Systems Medicine, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea
***Associate Professor, Dept. of Health and Medical Information, Myongji College, Seoul, Korea

ABSTRACT

Climate change is a critical determinant of long-term health outcomes for individuals and chronic disease burdens for society. However, domestic research in the Republic of Korea has been limited in scope, with studies primarily focused on specific diseases or selected exposure factors. This study conducted a scoping review to systematically map research trends and structural characteristics related to climate change and chronic diseases in the Republic of Korea. We identified 92 original studies published between 2005 and 2025 using domestic academic databases. The included studies were analyzed according to exposure factors, disease categories, study designs, data sources, and target populations. Using a Sankey diagram and a mapping table, 153 exposure-disease linkages were identified. Air quality factors predominated (n = 112), followed by temperature and weather factors (n = 26). Respiratory diseases were the most frequently examined outcomes (n = 76), followed by cardiovascular diseases (n = 30). In contrast, musculoskeletal, neurologic and sensory, ocular and auditory, and genitourinary diseases were each examined in only a few studies, and no studies addressing gastrointestinal diseases were identified. Domestic climate-health research in the Republic of Korea has been heavily concentrated on air pollution and respiratory outcomes. By identifying patterns of research concentration and evidence gaps, this scoping review provides a foundational framework for diversifying future research and informing health policies aimed at mitigating the impacts of climate change on chronic diseases.

Key words : Climate Change, Chronic Disease, Environmental Health, Scoping Review, Korea

†Corresponding author : wittyurilee@gmail.com (134, Gajwa-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03656, Korea. Tel. +82-2-300-1166)

ORCID 우성은 0009-0002-3691-6769 이한솔 0000-0003-1727-3032

이유리 0000-0002-2780-7678

1. 서론

전 세계적으로 기후변화가 심각해지고 있다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 제6차 평가보고서(AR6, The Sixth Assessment Report)에 따르면, 산업화 이전 대비 약 1.1℃ 상승한 지구 평균 기온은 폭염, 한파, 가뭄, 홍수, 태풍과 같은 극단적 기후 현상의 빈도와 강도를 증가시켜 왔다. 이러한 변화가 인체의 생리적 항상성 유지에 지속적인 부담을 가하며, 폭염, 홍수, 태풍과 같은 극한기상은 의료기관 접근 지연, 치료 중단 등 만성질환 관리를 저해할 수 있음을 지적하였다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)가 발간한 COP26 Special Report on Climate Change and Health에서는 기후 요인에 대한 지속적 노출이 만성질환의 발생과 악화, 사망 부담 증가와 관련될 수 있음을 보고하였다. 더 나아가 Lancet Countdown 2025년 보고서는 열스트레스, 극한기상 노출, 감염병 전파 위험이 전 세계적으로 확대되고 있음을 제시하였다. 이러한 경향은 기후변화가 만성질환 부담을 장기적으로 증폭시키는 구조적 건강위험 요인으로 작용하고 있음을 시사한다.

국제적 경고는 한국 사회에서 더욱 중요한 함의를 가진다. 기후에너지환경부가 발간한 「한국 기후위기 평가보고서 2025」에 따르면, 기후변화의 영향 범위는 육상 환경을 넘어 해양 영역까지 확대되고 있다. 이러한 환경 변화는 기후변화에 취약한 인구집단의 건강 부담을 증가시킬 가능성을 내포한다. 2025년을 기점으로 우리나라는 초고령 사회에 진입할 것으로 전망되며(KDCA, 2024), 이러한 인구 구조 변화는 급속한 고령화와 맞물려 기후변화에 취약한 만성질환 인구 비중을 빠르게 증가시키고 있다. 이로 인해 기후변화는 만성질환의 발생과 악화, 사망 위험을 구조적으로 확대시킬 가능성이 있다.

실제로 통계청의 2024년 사망원인통계에 따르면 암, 심장질환, 폐렴, 뇌혈관질환, 당뇨병 등 비감염성 질환은 전체 사망의 상당 부분을 차지하였다. 2024년 기준 악성신생물로 인한 사망은 88,933명(24.8%)으로 가장 높은 비중을 보였으며, 심장질환 33,539명(9.4%), 폐렴 30,103명(8.4%), 뇌혈관질환 24,612명(6.9%), 당뇨병 11,064명(3.1%) 순으로 보고되었다. 의료비 지출 측면에서도 만성질환 부담은 크게 나타난다. 2022년 기준 국내 비감염성 질환 관련 진료비는 약 83조 원으로 집계되었으며, 이는 전체 진료비의 80.9%에 해당한다(KDCA, 2024). 이러한 진료비 구조는 고령 인구 증가와 함께 향후에도 지속적으로 확대될 가능

성이 높다. 즉, 고령화로 인해 기후변화에 취약한 인구가 증가하고, 이에 따라 만성질환 관련 사망과 진료비 부담이 확대되는 구조는 기후변화로 인해 더욱 취약해질 수 있다.

이러한 맥락에서 국내 기후변화가 만성질환 전반에 미치는 영향을 정리한 연구는 여전히 제한적이다. 국내 선행연구로는 Shin et al. (2023)이 정신건강 중심의 문헌 고찰을, Oh et al. (2023)이 기후요인별 질환군 정리를, Kim (2025)이 기후변화와 환경보건정책에 대한 제언을 수행하였다. Shin et al. (2023)은 기후요인을 기온, 자연재해, 대기오염, 자외선, 기후변화 인식의 다섯 범주로 구분하고, 정신건강 지표를 중심으로 국내 연구를 정리하였다. Oh et al. (2023)은 폭염과 기온 상승, 대기오염, 기온변동폭, 기상재해 등 네 가지 기후요인을 중심으로 건강영향을 분류하고, 각 기후요인에 따라 질환을 구분하여 문헌을 정리하였다. Kim (2025)은 2014년부터 2024년까지의 국내 연구와 정부 및 국제기구 보고서를 종합적으로 고찰하여, 질환군별로 기후변화의 건강영향을 체계적으로 정리하고 이를 바탕으로 정책적 시사점을 제시하였다.

그러나 이러한 선행연구들은 개별 기후요인 또는 특정 질환군을 중심으로 연구 결과를 정리하는 데 주로 초점을 두고 있어, 국내 기후변화와 만성질환 연구 전반에서 질환군 간 연구 분포와 상대적 편중 양상을 체계적으로 비교·분석하는 데에는 한계가 있다. 특히 만성질환 전체를 포괄적으로 분류하여 어떤 만성질환 영역이 상대적으로 많이 연구되었고, 어떤 영역이 상대적으로 충분히 다루어지지 않았는지를 비교한 분석은 아직 충분히 수행되지 않았다. 이러한 점을 고려할 때, 개별 연구 결과의 효과 크기나 인과성을 평가하기보다는 연구 주제와 질환군의 분포를 종합적으로 파악하는 스코핑 리뷰 접근이 필요하다. 이는 향후 연구 방향 설정과 기후보건 정책 및 적응 전략 수립을 위한 기초 자료를 제공하는 데 목적이 있다.

따라서 본 연구는 국내 기후변화와 만성질환 연구를 대상으로 질환군 전체를 포괄적으로 매핑하고, 기후요인과 질환군 간 연결 구조를 분석하여 연구 분포의 편중 양상을 확인하고자 한다. 이를 통해 향후 기후변화와 건강 연구 및 관련 정책 논의에서 상대적으로 충분히 다루어지지 않았던 만성질환 영역과 연구 공백을 체계적으로 제시하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구는 기후변화와 관련된 다양한 환경 노출이 만성질환에 미치는 영향을 국내 연구를 중심으로 종합적으로

파악하기 위하여 스코핑 리뷰를 수행하였다. 스코핑 리뷰는 특정 연구 분야의 핵심 개념과 문헌의 범위 및 특성을 체계적으로 정리함으로써, 연구 축적의 전반적 지형을 조망하고 개념적 경계를 정리하는 데 목적을 둔 방법론이다 (Peters et al., 2015). 특히 기후변화로 인한 건강 영향 연구와 같이 노출 요인, 대상 질환, 연구 설계 및 결과 지표가 이질적이고 복잡한 분야에서는, 연구 결과의 효과 크기를 종합하는 체계적 문헌고찰보다 연구 주제와 접근 방식의 분포를 폭넓게 파악하는 스코핑 리뷰가 적합하다. 또한 스코핑 리뷰는 가능한 모든 관련 문헌을 포괄적으로 수집 및 분류함으로써 어떤 연구 영역이 집중적으로 다루어졌는지와 함께 어떤 영역이 상대적으로 충분히 탐색되지 않았는지를 식별하는 데 중점을 둔다(Tricco et al., 2016).

2.1. 연구 질문 설정

본 연구의 목적은 기후변화와 만성질환을 분석한 국내 학술 연구의 전반적인 동향과 특성을 파악하는 데 있다. 이를 위하여 본 연구는 “기후변화와 만성질환을 분석한 국내 학술 연구의 동향과 구조적 특성은 무엇인가?”를 총괄 연구 질문으로 설정하였다.

이 총괄 질문에 답하기 위하여 다음의 세부 연구 질문을 설정하였다.

첫째, 국내 연구에서 주로 분석된 기후변화 관련 환경 노출 요인은 무엇인가.

둘째, 어떤 만성질환군이 집중적으로 연구되었으며, 상대적으로 연구가 부족한 질환군은 무엇인가.

셋째, 기후변화와 만성질환을 분석한 연구들의 연구 설계와 데이터 활용의 특성은 어떠한가.

넷째, 기존 연구에서 확인되는 연구 공백은 어디에 존재하며, 이를 바탕으로 향후 연구가 필요한 방향은 무엇인가.

2.2. 관련 연구 확인

문헌 검색은 2025년 8월 4일부터 2025년 9월 10일까지 진행되었으며, 2005년부터 2025년까지 21년간 수행된 연구에서 기후변화와 만성질환의 관련성을 살펴본 논문을 대상으로 하였다. 2005년은 교토의정서가 공식 발효된 시점으로, 기후변화가 국제적 정책 의제로 제도화된 시기라는 점을 고려하여 문헌 검색의 시작 연도로 설정하였다. 국내 문헌 검색 데이터 베이스로는 Research Information

Sharing Service (RISS), Korean Medical Database (KMBASE), KoreaMed를 사용하였다.

검색 시, 데이터 베이스 간 수식 통일을 위해 (Climate terms) AND (Chronic disease terms) 구조의 검색식을 적용하였다. 노출변수는 기후요인 관련 키워드, 결과변수는 만성질환 관련 키워드를 활용하였다. 노출변수 키워드는 Shin et al. (2023)을 참조하였다. 결과변수 키워드는 국민건강영양조사 제8기(2019~2021) 원시자료 이용지침서의 [건강설문조사 이환 조사표 만성질환 항목]을 기준으로 선정하였다. 본 연구는 국내 대표 건강조사 자료의 질환 분류 체계를 적용함으로써 객관성과 일관성을 확보하고자 하였으며, 이에 따라 해당 항목에 포함되지 않은 질환은 검색 범위에서 제외되었다. 또한 질환 중심의 분류 원칙을 적용하여 비만과 같은 위험요인 또는 간접 요인은 포함하지 않았다. 아울러 만성질환에 초점을 두었으므로, 감염병 및 기후 관련 매개 감염병 관련 키워드는 검색 범위에서 제외하였다. 문헌 검색 시 사용된 주요 키워드는 Table 1과 같다. 또한 동일한 주제를 다루는 문헌을 최대한 포괄적으로 포함하기 위하여, 검색 시 한국어 및 영어 키워드를 모든 데이터베이스에 병행하여 적용하였다.

2.3. 연구 선택

연구 선택은 단계적 선별 과정을 통해 수행하였다. 먼저 검색된 문헌의 제목과 초록을 확인하여 연구 주제와의 관련성을 평가하였고, 이후 선별된 논문들의 전문을 확인하여 최종 연구 대상 문헌을 선정하였다. 문헌 검토 과정에서 적용한 선정 및 배제 기준은 다음과 같다.

2.3.1. 선정 기준

본 연구는 기후변화와 만성질환 간의 관련성을 직접적으로 분석한 원저 논문을 선정하였다.

선정 대상은 2005년 이후 발간된 연구로, 한국 또는 한국인을 대상으로 수행된 인간 연구이며, 전문(full-text) 열람이 가능하고 한국어 또는 영어로 작성된 논문으로 한정하였다. 다국가 연구의 경우에도 한국의 연구 결과가 별도로 제시된 논문은 분석 대상에 포함하였다.

2.3.2. 배제 기준

기후요인 또는 만성질환 중 한 요소만을 다루거나 두 요소의 관련성을 간접적으로 언급한 연구는 제외하였다. 또한 문헌고찰 연구, 이론적 연구, 서술형 연구, 2005년

Table 1. Search terms for articles written in Korean, English

① Climate factors related search terms (Korean)	② Climate factor related search terms (English)	③ Search terms related to chronic disease (Korean)	④ Search terms related to chronic disease (English)
기후변화, 기후위기, 지구온난화, 온실효과, 이상기후, 기온, 폭염, 한파, 기상재해, 홍수, 폭풍우, 눈보라, 가뭄, 산불, 태풍, 대기오염, 미세먼지, 일산화탄소, 이산화질소, 오존, 아황산가스, 휘발성유기화합물, 생태계변화	Climate Change, Global Warming, Greenhouse Effect, Climatic Processes, Temperature, Climate, Weather, Climate Crisis, Extreme Weather, Natural Disasters, Natural Disaster, Flood, Floods, Storm, Blizzard, Drought, Droughts, Wildfire, Wildfires, Hurricane, Cyclonic, Storms, Air Pollution, Particulate Matter, Carbon Monoxide, Nitrogen Dioxide, Ozone, Sulfur Dioxide, Volatile Organic Compounds, Ecosystem Change	고혈압, 이상지질혈증, 고지혈증, 고콜레스테롤혈증, 뇌졸중, 중풍, 심근경색증, 협심증, 골관절염, 류마티스성 관절염, 류마티스 관절염, 골다공증, 통풍, 폐결핵, 천식, 부비동염, 축농증, 만성 부비동염, 알레르기 비염, 폐렴, 우울증, 주의력 결핍장애, 주의력 결핍 과잉행동장애, 폐쇄성 수면무호흡증, 수면무호흡증, 콩팥병, 신장질환, 신부전, 만성 신장질환, 아토피피부염, 아토피성 피부염, 당뇨병, 갑상선 질환, 백내장, 녹내장, 축농증, 중이염, 황반변성, 당뇨망막병증, 암, 암성 종양, 악성 신생물, 간염, 간경변증	Hypertension, Dyslipidemias, Hyperlipidemias, Hypercholesterolemia, Stroke, Myocardial Infarction, Angina Pectoris, Osteoarthritis, Rheumatoid Arthritis, Osteoporosis, Gout, Tuberculosis, tb, Asthma, Sinusitis, Allergic Rhinitis, Pneumonia, Depression, Attention Deficit Disorder with Hyperactivity, ADHD, Sleep Apnea, Kidney Diseases, Renal Insufficiency, Atopic Dermatitis, Diabetes Mellitus, dm, Thyroid Diseases, Hypothyroidism, Hyperthyroidism, Cataract, Glaucoma, Sinusitis, Otitis Media, Macular Degeneration, Diabetic Retinopathy, Neoplasm, Neoplasms, Cancer, Malignancy, Malignant, Neoplastic, Hepatitis, Liver Cirrhosis

이전에 발행된 논문, 한국 또는 한국인을 대상으로 한 결과가 제시되지 않은 연구, 동물 또는 세포 수준의 실험 연구, 전문 열람이 불가능하거나 한국어·영어 이외의 언어로 작성된 논문은 분석 대상에서 제외하였다.

2.4. 데이터 기록

문헌 관리는 서지정리 프로그램인 Endnote를 사용하여 수행하였으며, 제목, 초록, 본문 순으로 단계적으로 검토하여 선정 기준 충족 여부를 확인하였다. 선정된 문헌에 대해서는 Microsoft Excel을 활용하여 저자명, 출판연도, 학술분야, 발행 국가, 연구 설계 유형, 연구 지역, 연구 참여자 수, 연령, 노출 변수, 결과 변수, 주요 연구 결과 등의 정보를 체계적으로 기록하였다. 문헌의 검토 및 자료 추출은 두 명의 연구자가 독립적으로 수행하였으며, 기록 내용 간 불일치가 발행한 경우에는 상호 논의를 통해 최종 기록을 확정하였다.

분석 항목은 국내 기후변화-만성질환 연구의 구조적 특성과 연구 공백을 체계적으로 파악하기 위한 목적에 따라 선정되었다. 먼저 노출 변수 분석은 국내 연구에서 어떤 기후요인이 주로 다루어졌는지를 확인하여 기후요인별 연구 분포를 파악하고자 하였다. 본 연구에서는 노출 요인을 기온 및 기상 요인, 대기질, 실내 환경 요인, 생물학적 요인으로 분류하였다. 기온 및 기상 요인은 평균 기온, 최고·최저 기온, 폭염·한파 등 극한기상, 강수량 및 습도 등을 뜻한다. 대기질은 미세먼지(PM_{2.5}, PM₁₀), 오존(O₃), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 이산화황(SO₂), 휘발성유기화합물(VOCs) 등 주요 대기오염 물질을 의미한다. 실내 환경 요인은 실내 온·습도, 실내 대기오염물질 등 실내 공기질 관련 변수를 의미하며, 생물학적 요인은 꽃가루(pollen), 곰팡이 포자 등 기후 변화에 따라 노출 양상이 달라질 수 있는 생물성 요인을 의미한다. 질환군 분석은 특정 만성질환에 연구가 집중되어 있는지, 또는 상대적으로 연구가 부족한 질환군이 존재하는지를 확인함으로써

연구 편중과 공백을 식별하기 위한 것이다. 또한 연구 설계 및 데이터 활용 특성에 대한 분석은 국내 연구에서 주로 활용된 방법론적 접근과 자료원의 유형을 파악하고, 향후 연구 설계 시 고려가 필요한 한계를 진단하기 위한 목적을 가진다. 이러한 분석 항목은 개별 연구 결과의 효과 크기나 방향성을 종합하는 데 목적을 두기보다는, 국내 기후변화-만성질환 연구 전반의 분포와 구조를 이해하고 향후 연구 방향 설정을 위한 기초 근거를 제공하는 데 초점을 두고 있다.

2.5. 분석, 요약 및 결과보고

문헌 선별의 1차 단계에서는 총 130편의 문헌을 선별하였다. 2차 단계에서는 해당 문헌들의 전문을 검토하여 최종적으로 92편의 문헌을 연구 대상에 포함하였다(Fig. 1). 선정된 문헌은 스코핑 리뷰 절차에 따라 연구 결과를 정리·분석하였으며, 분석 결과는 국내 기후변화-만성질환 연구의 주요 동향과 특성을 종합적으로 제시할 수 있도록 표와 그림의 형태로 요약하였다. 연도별 연구 발행 분포를 통해 시간적 추이를 확인하였다. 또한 학술 분야, 발행 국가, 연구 설계 유형, 연구 지역, 연구 참여자 수 및 연령 분포와 같은 연구 특성은 하나의 표로 요약하여 제시하였다. 노출 요인과 질환 계통 간의 관계는 산키 다이어그램

(Sankey Diagram)을 활용하여 시각화하였으며, 해당 다이어그램은 웹 기반 시각화 도구인 SankeyMATIC을 사용하였다. 산키 다이어그램을 통한 노출-질환 연결 산정 시, 모델링 연구의 경우에도 노출 변수와 건강 결과 간의 연관 구조가 명확히 제시된 연구에 한하여 노출-질환 연결 산정에 포함하였다. 더불어 노출 요인과 국민건강영양조사 만성질환 항목을 기준으로 질환별로 매핑하여 연구가 집중된 영역과 상대적으로 연구가 부족한 영역을 함께 제시하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1. 연도별 연구 동향

본 스코핑 리뷰의 분석 대상에는 총 92편의 국내 학술 논문이 포함되었다. 연도별 연구 분포를 살펴보면, 2005년부터 2014년까지는 연간 연구 수가 1~4편 수준에 머물렀으나, 2016년을 기점으로 관련 연구의 발행이 증가하여 연간 5편 이상의 연구가 지속적으로 발표되었다(Fig. 2). 2016년 이후 연구 수 증가에는 국제적 및 국내적 환경 변화가 복합적으로 작용된 것으로 해석된다. 먼저, 2015년 채택된 파리협정이 2016년 11월 공식 발효되면서 각국은 온실가스 감축 이행 단계에 진입하였고(UNFCCC, 2016),

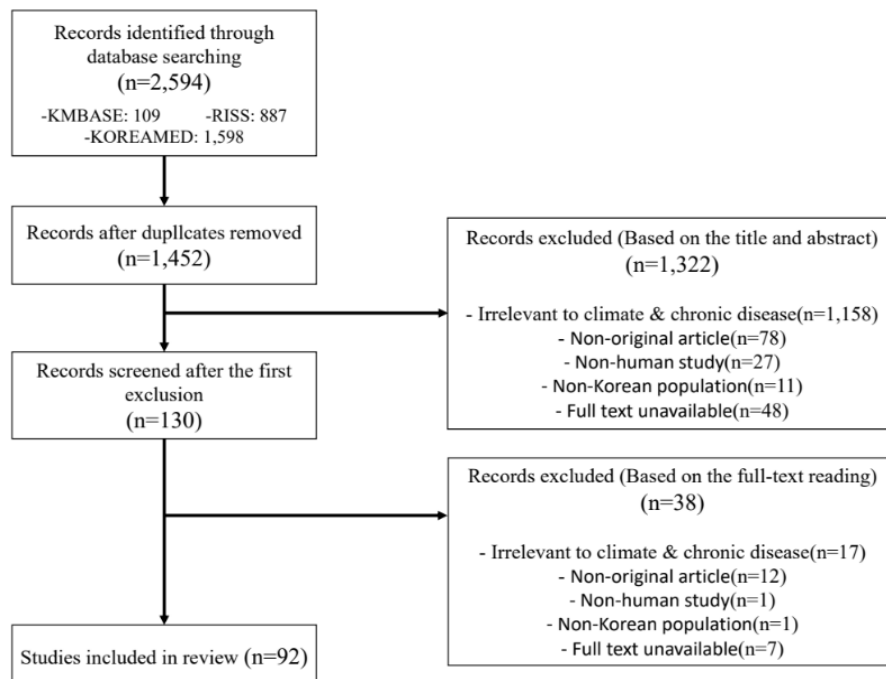


Fig. 1. PRISMA diagram for study search and selection

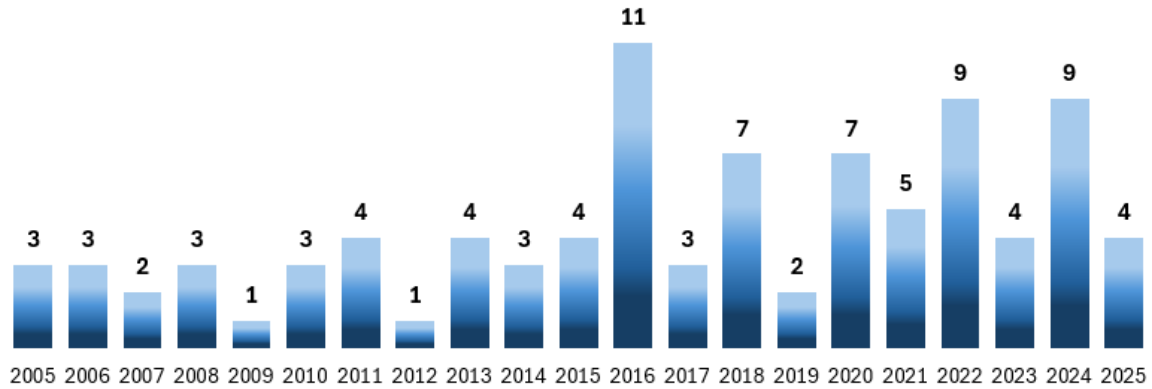


Fig. 2. Annual distribution of studies on climate factors and NCD in Korea 2005 ~ 2025

이를 계기로 WHO는 기후변화를 주요 국제 공중보건 의제로 설정하며 기후변화와 건강 간 연관성에 대한 문제를 제기하였다(WHO, 2016). 국내적으로도 같은 시기 미세먼지 관리 특별대책과 과학기술 기반 미세먼지 대응 전략이 발표되면서 관련 연구개발이 강화되었다(Korean Government, 2016). 이러한 정책 및 제도적 변화가 2016년 이후 관련 연구 발행 증가와 연관되었을 가능성이 있다.

3.2. 연구의 기본 특성

Table 2. Basic characteristics of the included studies

	Number of Studies (%)
Publication country	
Domestic	88(95.7)
International	4(4.3)
Journal	
Journal of Asthma, Allergy and Clinical Immunology	10(10.9)
Journal of the Korean Medical Association	9(9.8)
Journal of Preventive Medicine and Public Health	6(6.5)
Annals of Occupational and Environmental Medicine	4(4.3)
Others (47 journals)	63(68.5)
Sample size range (n)	
1-99	6(6.5)
100-999	15(16.3)
1,000-9,999	23(25)
10,000-99,999	17(18.5)
n ≥ 100,000	19(20.7)
Others	12(13)

	Number of Studies (%)
Study design	
Time series / Panel	34(37)
Cross sectional	30(32.6)
Cohort	6(6.5)
Modeling	5(5.4)
Ecological	4(4.3)
Case control	4(4.3)
Experimental / Intervention	1(1.1)
Mixed Study Design	8(8.7)
Study area	
Nationwide	27(29.3)
Single region	44(47.8)
Multiple regions	19(20.7)
Others	2(2.2)
Study population	
Adult	33(35.9)
All	31(33.7)
Children / Adolescent	18(19.6)
Elderly	13(14.1)
Others	6(6.5)
Exposure data source	
Air Quality Monitoring Network (Air Korea)	52(56.5)
Korea Meteorological Administration (KMA)	15(16.3)
Direct Measurement	13(14.1)
Modeling	6(6.5)
Others	6(6.5)

	Number of Studies (%)
Outcome data source	
National Health Insurance Service (NHIS)	23(25)
Hospital	22(23.9)
Surveys	10(10.9)
Statistics Korea (KOSTAT)	9(9.8)
Health Insurance Review and Assessment Service (HIRA)	9(9.8)
Cohort	5(5.4)
Community Health Survey (CHS)	4(4.3)
Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES)	3(3.3)
Others	8(8.7)

Note: Figures may not match the total study count (n = 92) due to duplicated cases analysis.

국내 기후변화와 만성질환 연구의 전반적인 수행 양상을 종합하면, 연구 설계와 공간적 범위 측면에서 뚜렷한 구조적 특징이 확인되었다(Table 2). 연구 설계 측면에서 전체 92편 중 시계열·패널 연구가 34편으로 가장 많았고, 단면 연구가 30편이었다. 코호트 연구는 6편, 모델링 연구는 5편으로 나타났다. 특히 모델링 연구는 노출-질환 간 연관 구조가 명확하여 산기 다이어그램 분석에 포함하였다. 생태학적 연구와 환자-대조군 연구는 각각 4편으로 나타났으며, 중재 또는 실험 연구는 1편에 불과하였다. 전반적으로 국내 기후변화-만성질환 연구는 시계열·패널 및 단면 연구를 중심으로 한 관찰 연구 설계가 대부분을 차지하고 있었다. 이러한 연구 설계 분포는 국내 연구가 주로 시계열 및 단면 분석에 기반해 수행되어 왔으며, 기후 요인과 만성질환 간의 장기 누적 노출의 인과적 경로를 검증하거나 정책·중재 효과를 직접 평가할 수 있는 근거는 상대적으로 축적되지 않았음을 시사한다.

공간적 범위에서도 편중이 관찰되었다. 단일 지역을 대상으로 한 연구는 44편으로 가장 많았고, 전국 단위 연구는 27편, 두 개 이상 지역을 포함한 연구는 19편, 연구 지역이 명시되지 않은 기타 연구는 2편이었다. 단일 지역 연구가 전국 단위 연구보다 17편 더 많다는 점은, 국내 연구가 특정 지역 단위 분석에 상대적으로 집중되어 있음을 보여준다. 그러나 기후 노출과 취약성은 지역별로 이질적

이며, 단일 지역에 집중된 분석은 연구 결과의 일반화 가능성과 지역 간 비교 가능성을 제한할 수 있다.

연구 대상과 자료 규모를 보면, 표본 수 1,000명 이상 연구가 59편으로 절반을 넘어 대규모 인구 기반 자료를 활용한 연구가 일정 수준 수행되었음을 의미한다. 그러나 연령 분포에서는 성인 대상 연구(33편)와 전 연령 연구(31편)가 다수를 차지한 반면, 소아·청소년(18편)과 노인(13편) 대상 연구는 상대적으로 적었다. 또한 특정 직업군이나 연령이 명시되지 않은 기타 집단을 대상으로 한 연구는 6편이었다. 이는 자료가 충분함에도 불구하고, 기후변화에 대한 생리적 취약성과 노출 양상이 뚜렷한 연령집단을 명시적으로 초점화한 연구가 제한적임을 보여준다.

92편의 연구에서 사용된 노출 변수와 결과 변수는 대부분 기존에 구축된 2차 자료에 기반하고 있었다. 노출 변수의 경우, 환경부 산하 한국환경공단이 운영하는 국가 대기질 측정망(Air Quality Monitoring Network, Air Korea) 자료를 활용한 연구가 전체의 52편으로 가장 높은 비중을 차지하였다. 국가 대기질 측정망은 미세먼지, 오존, 이산화질소 등 주요 대기오염물질에 대해 장기간 연속 자료를 제공한다는 점에서, 국내 환경보건 연구에서 지역 단위 노출 평가의 표준적 자료원으로 활용되어 왔음을 보여준다. 그러나 측정망 기반 자료는 지역 대표성은 확보할 수 있으나, 개인의 생활권 이동이나 실제 노출을 충분히 반영하기 어렵다는 한계를 가진다. 그럼에도 불구하고 위성 자료, 토지 이용 정보, 기상 자료 등을 결합하여 공간 해상도가 높은 개인 수준 노출 추정이 가능한 모델링 기반 노출 자료를 활용한 연구는 6편에 그쳤다. 이는 국내 기후변화-만성질환 연구에서 노출 평가의 정밀도를 고도화할 수 있는 방법론적 접근이 아직 확산되지 않았음을 시사한다. 기상 요인을 노출 변수로 활용한 연구에서는 기상청 자료가 15편을 차지하였다. 해당 자료는 일평균, 최고·최저기온, 상대습도, 강수량 등 다양한 기상 변수를 제공하여 기온 및 폭염, 한파 등 극한 기상 현상과 건강 영향을 분석하는 데 활용되었다. 연구자가 특정 지역이나 실내외 환경에서 오염물질을 직접 측정하는 방식은 13편이었다. 이 외 기타 노출 자료는 6편으로, 출처가 명확히 제시되지 않은 인근 측정소 자료나 연구 주체가 특정되지 않은 설문 기반 노출 자료가 포함되었다.

결과 변수의 경우, 국민건강보험공단 자료를 활용한 연구가 23편으로 가장 많았다. 국민건강보험공단 자료는 약 5천만 명의 전 국민을 대상으로 한 의료 이용 정보를 포함하고 있어 대규모 인구 기반 분석이 가능하다는 점에서

국내 연구에서 핵심적인 결과 자료원으로 활용되고 있었다. 다음으로 병원 의무기록자료를 활용한 연구가 22편을 차지하였다. 일반 설문 자료는 10편이었으며, 건강보험심사평가원과 통계청 사망원인통계는 각각 9편이었다. 이외에도 코호트 자료는 5편, 지역사회건강조사는 4편, 국민건강영양조사는 3편으로 나타났다. 기타 결과 자료는 8편으로, 자료 발행 기관이 명확하지 않아 특정 범주로 분류하기 어려운 경우를 포함하였다.

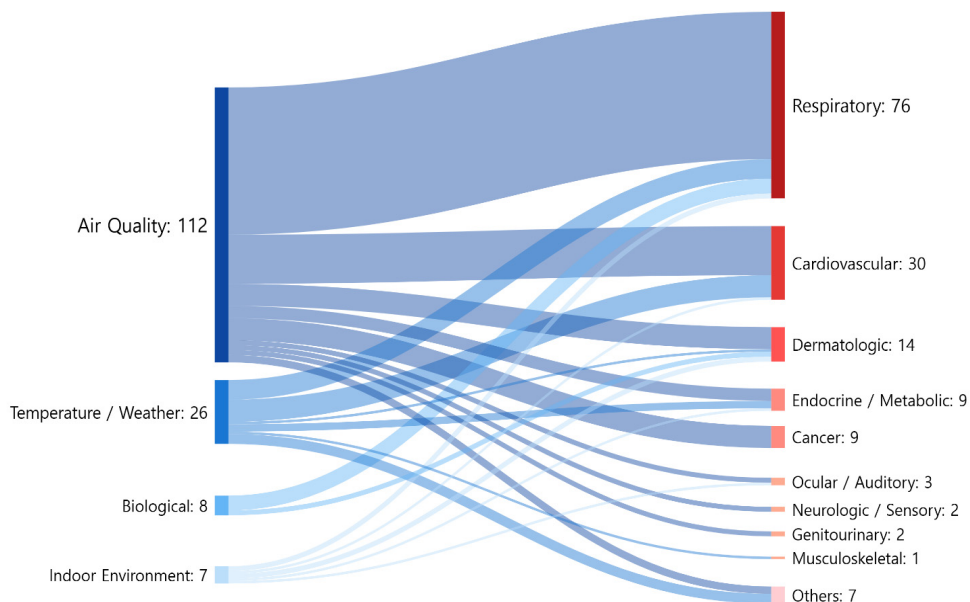
이러한 데이터 소스 사용 분포를 종합하면, 국내 기후변화와 만성질환 연구는 결과 변수 측면에서는 대규모 행정자료를 활용한 인구 기반 분석이 비교적 잘 구축되어 있는 반면, 노출 변수 측면에서는 개인 수준 노출 정밀도를 확보할 수 있는 고해상도 자료나 모델링 기반 접근이 활용되지 못하고 있었다. 이는 기후 노출의 사회경제적 불평등이나 개인 수준 건강 영향 차이를 정밀하게 분석하는 데 한계를 초래할 수 있으며, 향후 연구에서는 노출 평가의 고도화와 자료의 통합적 접근이 필요함을 시사한다.

기후변화 노출 요인과 건강 결과 간의 연구 수를 확인하기 위해 산키 다이어그램을 작성하였다(Fig. 3). 본 분석에서는 하나의 논문에서 복수의 노출 요인과 복수의 질환군을 동시에 분석한 경우, 각 노출-질환 조합을 독립적인

연결로 산정하였다. 이에 따라 전체 92편의 논문에서 총 153개의 노출-질환 연결이 도출되었다. 산키 다이어그램의 좌측에는 기후변화 노출 요인을, 우측에는 질환군을 배치하였으며, 연결선의 두께는 해당 노출-질환 조합을 분석한 연구의 수를 의미한다. 이를 통해 연구에서 노출 요인과 질환군 간 연결 구조와 연구 집중 영역을 시각적으로 확인하였다.

분석 결과, 대기질 요인은 총 112건으로 가장 많이 분석된 노출 요인이었다. 대기질 요인과 함께 분석된 질환군은 호흡기계 질환이 76건으로 가장 많았으며, 심혈관계 질환은 30건으로 그 다음을 차지하였다. 대기질 요인 외에도 기온 및 기상 요인은 총 26건의 연구에서 다양한 질환군과 함께 분석되었다. 반면 생물학적 요인은 8건, 실내환경 요인은 7건으로 상대적으로 제한적이었다. 이러한 분포는 국내 연구에서 대기질 요인이 주요 노출 축으로 기능하고 있음을 보여준다.

질환군별 분포를 살펴보면, 호흡기계와 심혈관계 질환이 국내 연구에서 가장 많이 다루어진 질환군으로 확인되었다. 이외에도 피부계 질환은 14건, 내분비 및 대사 질환과 암은 각각 9건의 연구에서 분석되었다. 반면 근골격계, 신경 및 감각계, 안과 및 이비인후계, 소화기계, 비노생식



Note: Counts reflect 153 linkages across 92 studies. The total exceeds the number of papers as individual studies may report multiple exposure-outcome associations.

Fig. 3. Mapping the scope of evidence distribution of exposure-outcome linkages in climate-health research (Sankey diagram)

Table 3. Exposure-disease mapping

		Temperature / Weather	Air Quality	Indoor Environment	Biological
Cardiovascular (30)	Hypertension	2	5	1	-
	Dyslipidemias	-	-	-	-
	Stroke	4	4	-	-
	Myocardial infarction	2	6	-	-
	Angina pectoris	1	5	-	-
Musculoskeletal (1)	Osteoarthritis	-	-	-	-
	Rheumatoid arthritis	-	-	-	-
	Osteoporosis	-	-	-	-
	Gout	1	-	-	-
Respiratory (76)	Tuberculosis		2	-	-
	Asthma	4	34	1	3
	Chronic obstructive pulmonary disease	1	4	-	-
	Sinusitis	-	1	-	-
	Allergic rhinitis	1	15	1	3
	Pneumonia	2	4	-	-
Neurologic / Sensory (2)	Depression	-	2	-	-
	Attention deficit disorder with hyperactivity	-	-	-	-
	Sleep apnea	-	-	-	-
Genitourinary (2)	Kidney diseases	-	2	-	-
Dermatologic (14)	Atopic dermatitis	1	9	2	2
Endocrine / Metabolic (9)	Diabetes mellitus	3	5	1	-
	Thyroid diseases	-	-	-	-
Ocular / Auditory (3)	Cataract	-	-	-	-
	Glaucoma	-	1	-	-
	Sinusitis	-	1	1	-
	Otitis media	-	-	-	-
	Macular degeneration	-	-	-	-
	Diabetic retinopathy	-	-	-	-
Cancer (9)		-	9	-	-
Gastrointestinal (0)	Hepatitis	-	-	-	-
	Liver cirrhosis	-	-	-	-
Others (7)		4	3	-	-

Note: Counts reflect 153 linkages across 92 studies. The total exceeds the number of papers as individual studies may report multiple exposure-outcome associations.

Disease categories were defined based on the chronic disease classification framework of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES), and conditions spanning multiple domains (e.g., sinusitis) were classified according to the exposure-outcome context of each study.

계 질환군은 각각 2-3건의 연구에 그쳐 연구 축적이 제한적이었으며, 소화기계 질환을 대상으로 한 연구는 확인되지 않았다. 기존 질환 분류 체계에 명확히 부합하지 않는 연구는 기타 범주로 분류하였으며, 해당 범주는 총 8건으로 대기질 및 기온·기상 요인을 중심으로 분석이 수행되었다.

종합하면, 국내 기후변화와 만성질환 연구가 대기질-호흡기계 질환 조합에 현저히 집중되어 있다. 이러한 연구 편중은 근거가 충분히 축적된 영역을 중심으로 정책 개입과 연구 논의가 이루어질 가능성을 높이는 반면, 연구가 부족한 질환군에서는 기후변화에 따른 건강 영향에 대한 정책적 근거 역시 제한될 수 있음을 시사한다. 이와 같은 연구 분포는 대기오염 물질이 호흡기를 통해 직접 체내에 유입되어 건강영향을 유발할 수 있다는 노출 특성과 관련될 가능성이 있다. 또한 대기오염 농도 자료와 건강자료의 연계가 비교적 용이하고, 2010년대 이후 미세먼지 문제가 사회적 관심을 받으면서 대기오염과 건강영향 간 연관성을 규명하려는 연구 수요가 증가한 점도 이러한 분포에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 그러나 기후변화의 주요 양상이 평균 기온 상승과 극한기상의 빈도 및 강도 증가라는 점을 고려할 때, 대기질 중심 접근을 넘어 기온 및 기상 변화에 영향을 받을 수 있는 내분비·대사 질환, 신경계 질환 등 다양한 만성질환을 포함한 연구 확대가 요구된다.

3.3. 질환별 주요 연구 결과

본 연구에 포함된 문헌을 질환군별로 분류하여, 각 질환군에서 분석된 기후변화 노출 요인과 건강 결과를 요약하여 Table 3에 제시하였다. 이를 바탕으로 질환군별 주요 연구 결과를 정리하였다.

3.3.1. 심혈관계(Cardiovascular)

심혈관계 질환을 분석한 연구는 총 30건이었다. 고혈압, 뇌졸중, 심근경색을 분석한 연구가 8건으로 가장 많았으며, 협심증을 대상으로 한 연구는 6건이었다. 반면 이상지질혈증을 분석한 연구는 확인되지 않았다(Table 3).

기온 및 기상 요인을 분석한 연구에서는 여름철 고온 또는 폭염에서 심혈관계 응급실 방문 및 발생 위험 증가가 반복적으로 관찰되었으며, 65세 이상 고령층에서 더욱 뚜렷하게 나타났다(Cho et al., 2018; Kim, Kim, et al., 2020). 또한 최고기온이나 최저기온이 극단적이거나 일교

차가 큰 경우에는 심·뇌혈관계 질환 발생 위험이 전반적으로 증가하였다(Jin et al., 2024; Lim et al., 2017; Shin et al., 2016). 대기질 요인을 분석한 연구에서는 PM₁₀ 및 PM_{2.5}의 단기 노출이 심·뇌혈관계 사망 및 심근경색 증정도 증가와 관련된 것으로 보고되었으며(Ha et al., 2011; Park, Lee, et al., 2020), 장기 PM_{2.5} 노출도 국내 심혈관계 조기 사망 부담과 연관성을 보였다(Han et al., 2018; Kim, Oh, et al., 2018). 그 외 대기오염 물질인 오존은 협심증 발생과 유의한 관련성이 있는 것으로 보고되었다(Jang et al., 2006). 실내 환경 요인 및 생물학적 요인을 분석한 연구는 매우 제한적이었으며, 일부 연구에서는 실내 미세먼지 노출과 임신성 고혈압 간의 유의한 관련성은 확인되지 않았다(Ahn et al., 2024). 전반적으로 외부 환경 요인에 분석이 집중되어 있어, 실내 환경 노출과 꽃가루 등 생물학적 요인을 포함한 다중 노출을 통한 심혈관계 질환 발생 및 악화 기전을 보다 정밀하게 규명할 필요가 있다.

3.3.2. 근골격계(Musculoskeletal)

근골격계 질환을 분석한 연구는 총 1건으로 확인되었다. 해당 연구에서는 통풍 발작 발생 빈도가 봄철에 가장 높게 나타났고, 발작 발생일의 일교차 역시 봄철에 가장 크게 관찰되었다. 또한 발작 전일과 발생일 사이의 습도 변화는 계절에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Choi et al., 2020). 대기질 요인, 실내 환경 요인, 생물학적 요인을 포함하여 근골격계 질환을 분석한 연구는 확인되지 않았다. 근골격계 질환은 고령층에서 유병률과 질병 부담이 높지만, 고령층을 중점적으로 분석한 연구는 확인되지 않았다. 이러한 결과는 국내 기후변화-건강 연구에서 근골격계 질환이 질병 부담 수준에 비해 충분히 다루어지지 않았음을 보여준다.

3.3.3. 호흡기계(Respiratory)

호흡기계 질환을 분석한 연구는 총 76건으로 전체 질환군 중 가장 많은 비중을 차지하였다. 천식을 대상으로 한 연구가 42건으로 가장 많았고, 알레르기 비염은 20건, 폐렴은 6건, 만성폐쇄성폐질환은 5건, 결핵은 2건, 부비동염은 1건으로 확인되었다.

기온과 대기오염 농도가 동시에 높은 경우에는 입원 및 응급실 이용률 가능성이 증가하였으며, 천식과 만성폐쇄성폐질환으로 인한 의료기관 이용이 증가하는 경향이 관찰되었다(Jo, Choi, et al., 2021; Kwon et al., 2016; Park

et al., 2013, 2015). 또한 PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, SO₂ 노출 증가는 천식과 알레르기 비염의 발생 및 증상 악화, 의료 기관 이용 증가와 밀접하게 연관되었으며, 소아와 고령층에서 더욱 뚜렷하게 나타났다(Bae et al., 2008; Choi et al., 2017; Kim et al., 2006; Kim, Lim, et al., 2022). 대기 오염 물질의 장기 노출은 결핵과 폐렴의 발생 위험 및 사망 위험 증가와 관련되었다(Choi et al., 2016; Hwang et al., 2014; Yu and Jun, 2021). 실내 환경 요인과 생물학적 요인을 동시에 분석한 연구는 매우 제한적이었으며, 생물학적 요인은 주로 꽃가루 노출 분석에 국한되어 수행되었다(Kang et al., 2016; Kim, Park, et al., 2016; Sung et al., 2014). 이러한 연구 분포는 대기오염 중심의 분석만으로는 생활공간 내 실제 노출을 충분히 반영하기 어렵다는 점을 시사한다.

3.3.4. 신경·감각계(Neurologic / Sensory)

신경·감각계 질환을 대상으로 한 연구는 총 2건으로, 모두 우울증과 대기질 요인 간의 연관성을 분석하였다. PM_{2.5} 고농도 지역에 거주하는 65세 이상 노인 집단에서는 우울증 위험이 통계적으로 유의하게 증가하였으며(Jo, Ryu, et al., 2021), NO₂ 노출 수준 증가 역시 우울증 위험 증가와 양의 연관성을 보였고 이러한 경향은 고령층에서 더욱 뚜렷하게 나타났다(Park et al., 2024). 그러나 분석 대상은 우울증과 대기질 요인에 국한되어 있어, 인지 기능 저하나 감각 기능 변화와 같은 신경계 기능 변화가 기후 노출에 따라 어떻게 누적되거나 악화되는지는 다루지지 않았다. 특히 인지 및 감각 기능 변화는 초기 단계에서 비특이적으로 나타날 수 있어, 질병 진단을 기준으로 한 분석에서는 건강 변화가 충분히 드러나지 않을 가능성이 있다. 이러한 점에서 고령층의 신경·감각 기능 변화를 건강 결과 지표로 포함하는 접근은 기존 분석을 보완하는데 도움이 될 수 있다.

3.3.5. 비뇨생식계(Genitourinary)

비뇨생식계 질환을 분석한 연구는 총 2건으로, 모두 신장질환과 대기질 요인을 중심으로 수행되었다. 연평균 PM₁₀ 및 NO₂ 농도가 높은 지역에서는 신기능 지표가 통계적으로 유의하게 감소하였으며(Kim, Min, et al., 2018), CO 농도 증가는 혈액투석 환자의 사망 위험 증가와 통계적으로 유의한 연관성을 보였다(Huh et al., 2022). 비뇨생식계 질환은 신기능 저하가 장기간에 걸쳐 누적되는 만성

적 경과를 보이는 질환임에도 불구하고, 기존 연구는 대기질 요인에 국한되어 분석이 이루어져 탈수나 체액 불균형과 같은 환경 변화에 따른 변화는 반영하지 못하였다. 향후 연구에서는 신기능 변화와 같은 장기적인 변화 지표를 포함하여, 만성질환의 누적적 특성을 반영할 수 있는 건강 결과의 확장이 필요하다.

3.3.6. 피부계(Dermatologic)

피부계 질환을 대상으로 한 연구는 모두 아토피피부염에 집중되어 있었으며, 총 14건의 분석이 확인되었다. 대기질 요인을 분석한 연구에서는 PM₁₀, NO₂, SO₂, CO 농도 증가가 아토피피부염의 유병률 증가, 증상 악화, 의료 기관 이용 증가와 양의 연관성을 보였다(Kang and Lee, 2022; Kim et al., 2013; Kim, Lee, et al., 2016; Oh et al., 2010). 실내 환경 요인을 분석한 연구에서는 실내 공기질 악화와 실내 온도 상승이 소아 아토피피부염 증상 악화 및 피부 수분도 감소와 관련된 결과가 관찰되었다(Jang et al., 2020; Seo et al., 2015). 생물학적 요인을 분석한 연구에서는 꽃가루 노출 증가와 꽃가루 계절의 장기화가 아토피피부염 외래 이용 증가와 관련된 것으로 확인되었다(Kim, Park, et al., 2016; Sung et al., 2014). 그러나 기온과 습도, 실내 환경, 생물학적 노출에 동시에 반응하는 피부의 특성이 반영된 연구는 확인되지 않았다. 소아와 고령층은 피부 장벽 기능과 면역 반응 조절 능력으로 인해 환경 변화에 더 민감할 수 있으므로, 연령별 특성을 고려한 다중 노출 분석이 다루어져야 한다.

3.3.7. 내분비·대사 질환(Endocrine / Metabolic)

내분비 및 대사 질환을 대상으로 한 연구는 모두 당뇨병을 중심으로 수행되었으며, 총 9건의 분석이 확인되었다. 갑상선 질환을 대상으로 한 연구는 확인되지 않았다. 기온과 관련하여 제2형 당뇨병 환자는 낮은 기온 일수록 당화혈색소(HbA1c) 수치가 높게 나타났고(Kim et al., 2014), 여름철에는 당뇨병으로 인한 응급실 방문 가능성이 증가하였다(Cho et al., 2018). 또한 임신성 당뇨병을 대상으로 한 연구에서는 기온 상승이 발생 위험 증가와 유의한 연관성을 보였고, 이러한 연관성은 하절기에 더욱 뚜렷하게 나타났다(Han et al., 2023). 대기질 요인을 분석한 연구에서는 PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, PAHs 노출이 당뇨병 및 임신성 당뇨병의 발생 위험 증가 및 대사 악화와 관련된 것으로 보고되었다(Ahn et al., 2024; Kim, Kim, Choi, et

al., 2018; Sa et al., 2020; Sohn, 2016). 실내 환경을 포함한 생활공간 내 미세먼지 노출 증가 역시 임신성 당뇨병 발생 위험과 유의한 연관성을 보였다(Ahn et al., 2024). 한편, 생물학적 노출이 호르몬 기능 이상과 어떻게 연결되는지를 분석한 연구는 충분히 확인되지 않았다. 갑상선 질환과 생물학적 노출을 함께 고려한 분석은 환경 노출이 혈당 조절뿐 아니라 호르몬 기능 이상과 어떤 관련을 가지는지를 이해하는 데 중요한 단서를 제공할 수 있다.

3.3.8. 안과·이비인후 질환(Ocular / Auditory)

안과 및 이비인후 질환을 분석한 연구는 백내장 1건과 녹내장 2건으로 총 3건이 확인된 반면 부비동염, 중이염, 황반변성, 당뇨병성 망막증을 대상으로 한 연구는 확인되지 않았다.

실내 환경 요인을 분석한 연구에서는 실내 휘발성 유기화합물 중 1,3-butadiene 농도가 높을수록 백내장 발생 위험이 증가하였으며(Lee, 2024), 가정 내 이산화탄소 농도가 높은 환경에서는 녹내장 발생 위험이 증가하는 연관성이 관찰되었다(An, 2024). 그러나 안과 및 이비인후 질환은 고령 인구에서 유병 부담이 큰 질환군임에도 불구하고, 실내 환경과 일부 대기질 요인에 한정되어 있어 감각 기능 저하가 환경 노출에 따라 어떻게 점진적으로 진행되는지나 악화되는지는 설명되지 못하였다. 따라서 고령층의 감각 기능 저하가 환경 노출과 어떻게 연결되는지를 장기적 관점에서 살펴보는 접근이 요구된다.

3.3.9. 암(Cancer)

암을 대상으로 한 연구는 총 9건으로 확인되었다. 장기 미세먼지 노출을 분석한 연구에서는 폐암을 중심으로 암 발생 위험과 사망 위험 증가가 확인되었으며, 장기 PM₁₀ 노출은 여성에서 폐암 발생률과 사망률 증가와 통계적으로 유의한 관련성을 보였다(Hwang et al., 2007). 또한 PM₁₀ 및 NO₂ 농도 증가는 폐암 발생 위험 증가와 양의 연관성을 나타냈고(Lamichhane et al., 2017; Lee et al., 2022; Park et al., 2016), PM₁₀ 농도 증가는 위암, 대장암, 자궁암을 포함한 악성 신생물 사망률 증가와도 관련되었다(Park et al., 2016). 장기 PM_{2.5} 노출을 분석한 연구에서는 폐암을 포함한 암 관련 조기 사망 부담이 상당한 수준으로 평가되었으며(Kim, Oh, et al., 2018), 지역별 분석에서는 PM_{2.5} 노출에 따른 폐암 사망자 수는 서울과 수도권에서 가장 높게 나타났다(Han et al., 2018). 또한 미세먼

지 노출 시간이 길수록 폐암을 포함한 폐질환 사망률이 증가하였으며(Yu and Jun, 2021), 산업단지 인근 거주민과 근로자를 대상으로 한 연구에서는 암 발생 위험이 상대적으로 높게 평가되었다(Jeon et al., 2025). 그러나 기존 연구는 주로 미세먼지 노출에 초점을 두고 있어, 암의 유형별 특성과 다양한 노출 특성에 따른 발생 및 사망 위험의 차이는 충분히 반영되지 않았다. 이러한 연구 분포는 암의 유형과 노출 특성을 구분하여 암 발생과 사망 위험을 비교하는 분석의 필요성을 시사한다.

3.3.10. 기타(Others)

기타 집단에는 국민건강영양조사 만성질환 항목과 ICD 기반 진단 분류를 적용하였으며, 이에 직접적으로 대응되지 않는 기능적 또는 아임상적 지표인 전체 사망, 생리지표 변화, 인지 기능 변화, 신경학적 지표 변화를 건강 변수로 설정한 연구를 포함하였다.

여름철 일평균기온 상승과 폭염·고온 노출 증가는 전체 사망, 유병률 증가와 관련되었으며, 이러한 연관성은 65세 이상 고령층에서 가장 뚜렷하게 나타났다(Choi et al., 2005; Kwon and Gal, 2025). 또한 기온 상승은 꽃가루 감작률 증가와 관련되었고, 추운 날씨와 낮은 습도 환경에서는 심부전 환자 발생이 증가하는 경향이 관찰되었다(Ha et al., 2012; Yoon et al., 2011). 대기질 요인을 분석한 연구에서는 미세먼지 노출이 생물학적·신경학적 지표 변화와 연관된 것으로 보고되었다. 입경이 작은 미세먼지 노출 증가는 소아에서 산화스트레스 지표 상승과 관련되었으며(Song et al., 2009), 성인에서는 뇌 구조 변화, 인지 기능 저하, 우울 증상 및 백질 고신호강도(WMH) 부피 증가와 관련되었다(Cho et al., 2023; Jang et al., 2021). 전반적으로 기타 집단에 포함된 연구는 질환 발생 이전 단계에서 나타나는 생리적·신경학적 과정을 다루고 있었다. 이러한 결과는 환경 노출이 포괄적인 건강 지표에 영향을 미칠 수 있음을 보여주며, 질환 중심 분석만으로는 확인하기 어려운 건강 영향 영역을 제시한다.

4. 결론

본 연구는 2005년부터 2025년까지 국내에서 발표된 기후변화와 만성질환 관련 문헌 92편을 대상으로 스코핑 리뷰를 수행하고, 총 153개의 노출-질환 연결을 체계적으로 매핑하였다. 그 결과, 국내 기후변화-만성질환 연구는 대

기질 노출을 중심으로 수행된 연구가 가장 많았으며, 주요 분석 대상 질환군은 호흡기계와 심혈관계 질환으로 확인되었다. 반면 실내 환경 요인과 생물학적 요인을 노출 변수로 고려한 연구는 제한적이었고, 근골격계, 신경·감각계, 안과·이비인후계, 비노생식기계 질환을 대상으로 한 연구도 상대적으로 적었다. 또한 소화기계 질환은 포함된 연구에서 확인되지 않았다.

연구 설계 유형을 살펴보면 시계열 및 패널 연구가 34편으로 가장 많았고, 단면 연구는 30편, 코호트 연구는 6편, 중재 연구는 1편에 그쳤다. 이는 국내 연구가 인과 추론보다는 노출-질환 간 연관성 분석에 주로 초점을 두고 수행되어 왔음을 보여준다. 또한 단일 지역을 대상으로 한 연구는 44편으로 전국 단위 연구보다 많아, 특정 지역 단위 분석에 상대적으로 집중된 연구 경향을 확인할 수 있었다. 데이터 활용 측면에서는 노출 변수로 국가 대기질 측정망 자료가 57%로 가장 많이 사용되었고, 결과 변수로는 국민건강보험공단 자료가 26%로 가장 높은 비중을 차지하여 공공 데이터를 활용한 2차 자료 분석이 연구의 주를 이루고 있었다. 반면 개인 수준의 노출을 정밀하게 반영할 수 있는 모델링 자료의 활용은 6%에 불과하였다.

이러한 연구 분포와 공백을 바탕으로, 향후 국내 기후변화-만성질환 연구에서는 다음과 같은 세 가지 측면이 중점적으로 고려될 필요가 있다.

첫째, 노출 변수 측면에서 실내 환경 요인과 생물학적 요인을 포함한 분석의 확대가 요구된다. 선행연구에 따르면 기후변화는 실내 온도와 습도를 변화시키고, 곰팡이 성장 및 습기 문제를 유발할 수 있는 요인으로 보고되었다(Cao et al., 2021; Gradeci et al., 2020; Mansouri et al., 2022). 그러나 기존 연구는 국가 대기질 측정망 자료를 활용한 대기질 노출 분석에 집중되어 있었으며, 개인 수준의 노출을 정밀하게 반영하는 연구는 제한적이었다. 이는 접근이 용이한 공공 2차 자료의 활용 가능성이 높기 때문으로 해석되며, 데이터 접근성이 연구 주제의 편중을 강화하는 구조적 요인으로 작용했을 가능성도 있다. 또한 국내 보건 의료 자료에서 제공되는 개인 거주지 정보가 시군구 또는 시도 단위에 머무르는 공간적 제약으로 인해, 개인 수준의 정밀한 노출 평가에 구조적 한계가 존재한다. 향후 연구에서는 이러한 자료 구조의 제약을 고려한 공간 정밀도 향상 방안과 함께, 실내 온·습도, 곰팡이, 꽃가루 등 다양한 노출 요인을 포함한 분석이 요구된다.

둘째, 연구 설계 측면에서 인과적 해석을 보다 강화할 필요가 있다. 국내 연구는 시계열 및 단면 연구 설계를 중

심으로 노출-질환 간 연관성을 분석해 왔으며, 이는 기후요인과 건강 결과 간 관계를 탐색하는 데 기여해 왔다. 다만 일부 연구에서는 노출과 질환 간 시간적 선후 관계에 대한 명확한 설정이나, 잠재적 교란 요인에 대한 통제, 민감도 분석 등의 인과 해석에 대해 충분히 제시되지 않은 경우가 있었다. 향후 연구에서는 코호트 연구, 자연실험, 중재 평가와 같은 연구 설계와 함께 이러한 분석 전략을 강화함으로써 기후변화와 만성질환 간 관계에 대한 근거를 보다 정교하게 제시할 필요가 있다. 또한 전국 단위 분석뿐만 아니라 다지역 비교를 포함한 연구 설계를 통해, 기후 노출과 만성질환 부담의 지역별 이질성과 불평등을 보다 종합적으로 파악할 수 있을 것이다.

셋째, 연구 대상과 분석 단위 측면에서 취약 연령 집단과 지역적·사회경제적 격차를 고려한 연구가 확대되어야 한다. 선행연구에 따르면 소아·청소년과 노인은 열악한 실내 환경에 노출될 가능성이 높아 유해 환경 요인에 취약하며, 이러한 노출은 만성질환의 발생 또는 악화와 관련이 있는 것으로 보고되었다(Carmona-Derqui et al., 2023; Raju et al., 2023; Speizer et al., 2022). 또한 기후변화는 지역에 따라 온도와 강수량 변화 및 극한 기상 현상의 빈도에 차이를 유발한다(Speizer et al., 2022). 하지만 기존 연구는 성인과 단일 지역을 중심으로 수행된 경우가 많아, 소아·청소년과 노인 등 취약 연령 집단 및 지역 간 건강 격차를 충분히 반영하지 못하였다. 더 나아가 야외 노동자와 에너지 빈곤층 등 사회경제적 취약집단을 대상으로 한 연구도 제한적인 실정이다. 기후변화의 건강 영향은 사회경제적 지위에 따라 불균등하게 나타날 수 있으므로, 향후 연구에서는 연령별 취약성과 지역·사회경제적 특성을 통합적으로 고려한 분석을 통해 기후변화로 인한 건강 불평등을 보다 체계적으로 평가할 필요가 있다.

본 연구는 결과변수(질환)와 관련된 검색어를 국민건강영양조사 제8기(2019~2021) 「건강설문조사 이환 조사표 만성질환 항목」에 근거하여 선정하였다. 이에 따라 최근 기후변화와의 연관성이 활발히 논의되고 있는 신경계 및 감각계 질환 등 일부 만성질환에 대한 검색어는 한정되었으며, 인지 기능이나 신경학적 지표 변화 등 특정 질환명으로 정의하기 어려운 연구들이 기타로 분류되는 한계가 있었다. 또한 비만과 같은 위험요인은 질환 중심 분류 원칙에 따라 제외하였다. 향후 연구에서는 이러한 기능적 지표와 보다 포괄적인 만성질환 범주를 포함한 유연한 분류 체계에 대한 논의가 필요하다. 문헌 검색은 국내 학술 데이터베이스와 사전에 설정된 검색어를 기반으로 이루어

어졌기 때문에, 일부 노출 요인이나 만성질환 관련 연구가 누락되었을 가능성을 배제할 수 없다. 아울러 대기오염 관련 용어가 상대적으로 다수 포함된 검색 전략의 특성으로 인해, 대기오염을 다룬 연구가 비교적 높은 비중을 차지했을 가능성도 존재한다. 또한 포함된 연구들 간에 건강 결과 변수의 정의와 측정 방식이 상이하여, 동일 질환군 내에서도 발생, 입원, 응급실 이용, 사망 등 다양한 결과 지표가 혼재되어 있었다. 이러한 이질성은 질환군 간 또는 노출 요인 간 연구 결과를 직접적으로 비교·해석하는 데 제한 요인으로 작용할 수 있다. 더불어 스코핑 리뷰의 특성상 개별 연구의 질을 평가하거나 정량적 통합 분석을 수행하지 않았다는 한계가 있다. 본 연구에서는 하나의 문헌에서 복수의 기후변화 노출 요인과 복수의 질환군을 동시에 분석한 경우, 각 노출-질환 조합을 독립적인 연결로 산정하였다. 이에 따라 노출-질환 연결의 총합은 개별 연구의 수보다는 분석된 조합의 수를 반영하고 있으며, 연결 수 자체를 연구 빈도의 절대적 지표로 해석하는 데에는 주의가 필요하다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 국내에서 수행된 기후변화와 만성질환 관련 연구를 스코핑 리뷰 방법으로 체계적으로 정리하고, 노출 요인, 질환군, 연구 설계, 데이터 활용, 연구 지역 및 연구 대상의 분포를 종합적으로 제시하였다. 학술적으로 국내 기후변화-만성질환 연구의 축적 양상과 연구 공백을 구조적으로 제시함으로써, 해당 분야의 증거 지형도를 제공한다. 정책적으로는 향후 기후보건 적응정책과 만성질환 관리 전략에서 우선적으로 고려해야 할 노출 요인, 질환군, 취약 집단을 식별하는 데 활용 가능한 근거를 제공한다.

사사

이 논문은 2023년 한국연구재단의 과학기술분야 기본연구사업의 지원을 받아 수행된 연구이다(RS-2023-00242324).

Reference

- Ahn TG, Kim YJ, Lee G, You YA, Kim SM, Chae R, Hur YM, Park MH, Bae JG, Lee SJ, Kim YH, Na SH. 2024. Association between individual air pollution (PM10, PM2.5) exposure and adverse pregnancy outcomes in Korea: A multicenter prospective cohort, Air Pollution on Pregnancy Outcome (APPO) study. *J Korean Med Sci* 39(13): e131. doi: 10.3346/jkms.2024.39.e131
- An Y. 2024. Relationship between home indoor air quality and glaucoma in Korean adults. *J Korean Ophthalmic Opt Soc* 29(2): 89-97. doi: 10.14479/jkoos.2024.29.2.89
- Bae H, Ha J, Lee AK, Park J. 2008. Age dependencies in air pollution-associated asthma hospitalization (in Korean with English abstract). *J Env Hlth Sci* 34(2): 124-130.
- Bae HJ, Shin YS, Lim YR, Lim YH. 2014. A framework for estimating the long-term health effects of air pollution (in Korean with English abstract). Sejong, Korea: Korea Environment Institute. Policy Report 2014-16.
- Cao J, Li M, Wang M, Li B. 2021. Impacts of temperature and humidity changes on air-conditioning design load under the climate change conditions in different climate zones of China. *Meteorol Appl* 28(5): e2026. doi: 10.1002/met.2026
- Carmona-Derqui D, Torres-Tellez J, Montero-Soler A. 2023. Effects of housing deprivation on health: Empirical evidence from Spain. *Int J Environ Res Public Health* 20(3): 2405. doi: 10.3390/ijerph20032405
- Cho IH, Ju HJ, Kwon GH. 2013. The impact analysis of air pollutants on increasing environmental disease: Focusing on allergic rhinitis and asthma in Seoul Metropolitan City (in Korean with English abstract). *Seoul Urban Stud* 14(2): 97-114
- Cho J, Jang H, Noh Y, Lee SK, Koh SB, Kim SY, Kim C. 2023. Associations of particulate matter exposures with brain gray matter thickness and white matter hyperintensities: Effect modification by low-grade chronic inflammation. *J Korean Med Sci* 38(16): e159. doi: 10.3346/jkms.2023.38.e159
- Cho SK, Sohn J, Cho J, Noh J, Ha KH, Choi YJ, Pae S, Kim C, Shin DC. 2018. Effect of socioeconomic status and underlying disease on the association between ambient temperature and ischemic stroke.

- Yonsei Med J 59(5): 686-692. doi: 10.3349/ymj.2018.59.5.686
- Choi D, Cho Y. 2013. Effects of air pollution on hypertension in the elderly residing in Seoul, South Korea, adjusted for individual- and area-level characteristics (in Korean with English abstract). Korean J Popul Stud 36(2): 69-88.
- Choi GY, Choi JN, Kwon HJ. 2005. The impact of high apparent temperature on the increase of summertime disease-related mortality in Seoul: 1991-2000 (in Korean with English abstract). J Prev Med Public Health 38(3): 283-290.
- Choi H, Park S, Kwak MK, Pyo C, Park K, Kim H, Shin S. 2016. The relationship between the number of community-acquired pneumonia patients and the weather among patients visiting the emergency room: A Poisson regression with variable selection via elastic net (in Korean with English abstract). J Korean Soc Emerg Med 27(1): 22-29.
- Choi HJ, Moon KW, Kim HO, Lee YA, Hong SJ, Jung JY, Kim HA, Suh CH, Ha YJ, Kim IJ, Lee J, Park EK, Lee SG, Seo MR, Baek HJ, Choi ST, Song JS. 2020. Seasonal variations and associated factors of gout attacks: A prospective multicenter study in Korea. J Korean Med Sci 35(20): e133. doi: 10.3346/jkms.2020.35.e133
- Choi S, Kim SR, Kim KH, Park SM, Kim GY, Kim WH. 2021. Combined effects of physical activity and air pollution on diabetes and cardiovascular disease (in Korean with English abstract). Public Health Wkly Rep 14(10): 538-548.
- Choi YJ, Park JK, Jung WS. 2017. Synoptic meteorological classification of the days on which asthma deaths occurred due to high PM10 concentrations in Seoul (in Korean with English abstract). J Environ Sci Int 26(2): 159-172. doi: 10.5322/JESI.2017.26.2.159
- De Vita A, Belmusto A, Di Perna F, Tremamunno S, De Matteis G, Franceschi F, Covino M. 2024. The impact of climate change and extreme weather conditions on cardiovascular health and acute cardiovascular diseases. J Clin Med 13: 759. doi: 10.3390/jcm13030759
- Gostimirovic M, Novakovic R, Rajkovic J, Djokic V, Terzic D, Putnik S, Gojkovic-Bukarica L. 2020. The influence of climate change on human cardiovascular function. Arch Environ Occup Health 75(7): 406-414. doi: 10.1080/19338244.2020.1742079
- Gradeci K, Nocente A, Labonnote N, R  ther P. 2020. Impact of climate change in building envelope design: The performance to withstand mould growth. Proceedings of the XV International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020); 2020 Oct 20~Oct 23; Barcelona, Spain. doi: 10.23967/dbmc.2020.173
- Gu Y, Jun MJ. 2021. The effects of particulate matter (PM) exposure on death from lung disease using spatial panel data models (in Korean with English abstract). J Korean Reg Dev Assoc 33(4): 137-154. doi: 10.22885/KRDA.2021.33.4.137
- Ha EK, Kim JH, Park D, Lee E, Lee SW, Jee HM, Shin YH, Han MY. 2022. Personal exposure to total VOC is associated with symptoms of atopic dermatitis in schoolchildren. J Korean Med Sci 37(8): e63. doi: 10.3346/jkms.2022.37.e63
- Ha KH, Suh M, Kang DR, Kim HC, Shin DC, Kim C. 2011. Ambient particulate matter and the risk of deaths from cardiovascular and cerebrovascular disease (in Korean with English abstract). J Korean Soc Hypertens 17(2): 74-83. doi: 10.5646/jksh.2011.17.2.74
- Ha SH, Song BG, Lee NK, Choi CS, Hong CK, Lee JH, Hwang SY. 2012. Relationship of temperature and humidity with the number of daily emergency department visits for acute heart failure: Results from a single institute from 2008-2010. Korean J Crit Care Med 27(3): 165-172. doi: 10.4266/kjccm.2012.27.3.165
- Han C, Kim S, Lim YH, Bae HJ, Hong YC. 2018. Spatial and temporal trends of number of deaths attributable to ambient PM2.5 in the Korea. J Korean Med Sci 33(30): e193. doi: 10.3346/jkms.2018.33.e193
- Han HJ, Kwag Y, Oh J, Ha E. 2023. Association between

- temperature and diabetes mellitus in pregnancy (in Korean with English abstract). *J Korean Soc Matern Child Health* 27(4): 231-237. doi: 10.21896/jksmch.2023.27.4.231
- Han S, Park JH, Park SH, Seo HJ, Cho YS, Ji SH. 2005. Factors affecting utilization of respiratory diseases in urban areas of Korea. *Korean J Prev Med* 38(3): 205-217.
- Huh H, Kim E, Yoon UA, Choi MJ, Lee H, Kwon S, Kim CT, Kim DK, Kim YS, Lim CS, Lee JP, Kim H, Kim YC. 2022. Ambient carbon monoxide correlates with mortality risk of hemodialysis patients: Comparing results of control selection in the case-crossover designs. *Kidney Res Clin Pract* 41(5): 601-610. doi: 10.23876/j.krcp.21.228
- Hwang SS, Kang S, Lee JY, Lee JS, Kim HJ, Han SK, Yim JJ. 2014. Impact of outdoor air pollution on the incidence of tuberculosis in the Seoul metropolitan area, South Korea. *Korean J Intern Med* 29(2): 183-190. doi: 10.3904/kjim.2014.29.2.183
- Hwang SS, Lee JH, Jung GW, Lim JH, Kwon HJ. 2007. Spatial analysis of air pollution and lung cancer incidence and mortality in 7 metropolitan cities in Korea (in Korean with English abstract). *J Prev Med Public Health* 40(3): 233-238.
- IPCC. 2021. *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009157896
- Jang AS, Kim BY, Lee CH, Park JS, Lee JH, Park SW, Kim DJ, Park CS. 2006. Hospital visits and admissions in patients with asthma, chronic obstructive pulmonary disease, and cardiovascular diseases according to air pollutants (in Korean with English abstract). *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 26(3): 233-238.
- Jang H, Kim W, Cho J, Sohn J, Noh J, Seo G, Lee SK, Noh Y, Oh SS, Koh SB, Kim HJ, Seo SW, Kim HH, Lee JI, Kim SY, Kim C. 2021. Cohort profile: The environmental-pollution-induced neurological effects (EPINEF) study: A multicenter cohort study of Korean adults. *Epidemiol Health* 43: e2021067. doi: 10.4178/epih.e2021067
- Jang SY, Min TK, Park S, Lee J, Lee S, Jeon YH, Kim S, Pyun BY. 2020. The impact of indoor environmental factors on skin hydration of children with atopic dermatitis: Preliminary study (in Korean with English abstract). *Soonchunhyang Med Sci* 26(2): 62-66.
- Jang YW, Kim JY, Kim HK, Lim SH. 2018. The correlation between fine dust (PM10, PM2.5) and the number of acute/chronic sinusitis patients (in Korean with English abstract). *J Korean Med Ophthalmol Otolaryngol Dermatol* 31(3): 1-11. doi: 10.6114/jkood.2018.31.3.001.
- Jeon HJ, Jang YC, Lee GY, Lee JH, Rhee DH. 2025. Human health risk assessment of volatile organic compounds in ambient air from industrial complexes (in Korean with English abstract). *J Environ Impact Assess* 34(2): 93-107. doi: 10.14249/eia.2025.34.2.93
- Jeon W, Kim H. 2016. Associations of air pollution on asthma hospitalization in Seoul and Shanghai (in Korean with English abstract). *Korean J Public Health* 53(1): 17-26. doi: 10.17262/KJPH.2016.03.53.1.17.
- Jeong S, Lee H. 2022. The association between ambient air pollution and outpatient department visits for allergic rhinitis in Busan, South Korea (in Korean with English abstract). *Korean Public Health Res* 48(3): 79-92. doi: 10.22900/kphr.2022.48.3.006.
- Jeong SH, Kim JH, Son BK, Hong SC, Kim SY, Lee GH, Lim DH. 2011. Comparison of air pollution and the prevalence of allergy-related diseases in Incheon and Jeju City. *Korean J Pediatr* 54(12): 501-506. doi: 10.3345/kjp.2011.54.12.501
- Jin CD, Kim MH, Lee KM, Yun SC. 2024. Effect of temperature variation on the incidence of acute myocardial infarction. *J Korean Med Sci* 39(10): e101. doi: 10.3346/jkms.2024.39.e101
- Jo EJ, Choi MH, Kim CH, Won KM, Kim YK, Jeong

- JH, An HY, Hwang MK, Park HK. 2021. Patterns of medical care utilization according to environmental factors in asthma and chronic obstructive pulmonary disease patients. *Korean J Intern Med* 36(5): 1146-1156. doi: 10.3904/kjim.2020.168
- Jo KH, Ryu SY, Han MA, Choi SW, Shin MH, Park J. 2021. Cross-sectional associations between particulate matter (PM_{2.5}) and depression (PHQ-9) in the elderly (in Korean with English abstract). *J Health Info Stat* 46(2): 163-170. doi: 10.21032/jhis.2021.46.2.163
- Jo S, Baek K, Sakong J, Park C. 2022. Association between exposure to particulate matter and school absences in Korean asthmatic adolescents. *Ann Occup Environ Med* 34: e21. doi: 10.35371/aoem.2022.34.e21
- Joint Ministries of the Government of the Republic of Korea. 2016a. Special measures for fine dust management to protect public safety and health. Sejong, Korea: Korea Policy Briefing; [accessed 2026 Jan 14]. <https://www.korea.kr/common/download.do?fileId=191992488&tblKey=GMN>
- Joint Ministries of the Government of the Republic of Korea. 2016b. Science and technology-based strategy for responding to fine particulate matter. Sejong, Korea: Korea Policy Briefing; [accessed 2026 Jan 14]. <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156166675>
- Jung DY, Leem JH, Kim HC, Kim JH, Hwang SS, Lee JY, Kim BJ, Hong YC, Hong SJ, Kwon HJ. 2015. Effect of traffic-related air pollution on allergic disease: Results of the Children's Health and Environmental Research. *Allergy Asthma Immunol Res* 7(4): 359-366. doi: 10.4168/aaair.2015.7.4.359.
- Kang HN, Yun HS, Choi YJ, Oh JW, Min UY, Heo YS, Lee YS, Kim M, Kim KR, Kim BJ. 2016. Evaluation of the association between pollen count and the outbreak of allergic disease (in Korean with English abstract). *Allergy Asthma Respir Dis* 4(6): 415-422. doi: 10.4168/aard.2016.4.6.415
- Kang SW, Lee H. 2021. Effect of ambient air pollution on outpatient department visits for atopic dermatitis: Focused on Incheon, South Korea (in Korean with English abstract). *J Environ Health Sci* 47(1): 68-78.
- Kang SW, Lee HW. 2022. Effect of ambient air pollution on outpatient department visits for atopic dermatitis: Focused on Incheon, South Korea (in Korean with English abstract). *J Korean Soc Wellness* 17(3): 61-69. doi: 10.21097/ksw.2022.8.17.3.61
- Kim DH, Kim YS, Park JS, Kwon HJ, Lee KY, Lee SR, Jee YK. 2007. The effects of on-site measured ozone concentration on pulmonary function and symptoms of asthmatics. *J Korean Med Sci* 22(1): 30-36. doi: 10.3346/jkms.2007.22.1.30
- Kim DH, Lee CK, Kim JH, Son BC, Suh C, Kim K, Ye BJ. 2022. Risk perceptions of a population living near a municipal waste incinerator and associated factors with the prevalence of environmental disease. *Ann Occup Environ Med* 34: e38. doi: 10.35371/aoem.2022.34.e38
- Kim DJ, Kim MS, Park NY, Lee SG, Lee YK. 2018. Effect of activity tracker and application use on adherence, metabolic syndrome factor and body composition in middle and senior-aged (in Korean with English abstract). *Asian J Kinesiol* 20(2): 28-37. doi: 10.15758/ajk.2018.20.2.28
- Kim H, Kim W, Choi JE, Kim C, Sohn J. 2018. Short-term effect of ambient air pollution on emergency department visits for diabetic coma in Seoul, Korea. *J Prev Med Public Health* 51: 265-274. doi: 10.3961/jpmph.18.153
- Kim H, Park Y, Park K, Yoo B. 2016. Association between pollen risk indexes, air pollutants, and allergic diseases in Korea. *Osong Public Health Res Perspect* 7(3): 172-179. doi: 10.1016/j.phrp.2016.04.003
- Kim H, Yu S, Choi H. 2020. Effects of particulate air pollution on tuberculosis development in seven major cities of Korea from 2010 to 2016: Methodological considerations involving long-term exposure and time lag. *Epidemiol Health* 42: e2020012. doi: 10.4178/epih.e2020012
- Kim HH, Lee CS, Yu SD, Lee JS, Chang JY, Jeon JM,

- Son HR, Park CJ, Shin DC, Lim YW. 2016. Near-road exposure and impact of air pollution on allergic diseases in elementary school children: A cross-sectional study. *Yonsei Med J* 57(3): 698-713. doi: 10.3349/ymj.2016.57.3.698
- Kim HJ, Min JY, Seo YS, Min KB. 2018. Association between exposure to ambient air pollution and renal function in Korean adults. *Ann Occup Environ Med* 30: 14. doi: 10.1186/s40557-018-0226-z
- Kim HO, Kim JH, Cho SI, Chung BY, Ahn IS, Lee CH, Park CW. 2013. Improvement of atopic dermatitis severity after reducing indoor air pollutants. *Ann Dermatol* 25(3): 292-297. doi: 10.5021/ad.2013.25.3.292
- Kim JH, Kim JK, Son BK, Oh JE, Lim DH, Lee KH, Hong YC, Cho SI. 2005. Effects of air pollutants on childhood asthma. *Yonsei Med J* 46(2): 239-244.
- Kim JH, Oh IH, Park JH, Cheong HK. 2018. Premature deaths attributable to long-term exposure to ambient fine particulate matter in the Republic of Korea. *J Korean Med Sci* 33(37): e251. doi: 10.3346/jkms.2018.33.e251
- Kim JY. 2025. A review of climate change and health research: Implications for climate change and environmental health policy (in Korean with English abstract). *J Environ Health Sci* 51(5): 255-263. doi: 10.5668/JEHS.2025.51.5.255
- Kim KC, Lee H. 2022. Study on the effect of ozone and PM_{2.5} on asthma exacerbation in Incheon using generalized additive model. *J Korean Data Inf Sci Soc* 33(4): 615-627. doi: 10.7465/jkdi.2022.33.4.615
- Kim KN, Lim YH, Bae S, Song IG, Kim S, Hong YC. 2022. Age-specific effects of ozone on pneumonia in Korean children and adolescents: A nationwide time-series study. *Epidemiol Health* 44: e2022002. doi: 10.4178/epih.e2022002
- Kim MJ, Ha SY, Jeong SH, Shin B. 2008. Birefringent particles as an effective factor in usual interstitial pneumonia (in Korean with English abstract). *Korean J Pathol* 42: 198-201.
- Kim S, Kim SY, Oh J, Chae Y, Park J, Kim D, Kim YM. 2020. Effects of the 2018 heat wave on health in the elderly: Implications for adaptation strategies to climate change. *Environ Anal Health Toxicol* 35(4): e2020024. doi: 10.5620/eaht.2020024
- Kim SH, Son JY, Lee JT, Kim TB, Park HW, Lee JH, Kim TH, Sohn JW, Shin DH, Park SS, Yoon HJ. 2010. Effect of air pollution on acute exacerbation of adult asthma in Seoul, Korea: A case-crossover study (in Korean with English abstract). *Korean J Med* 78(4): 457-464.
- Kim SY, Kim H, Kim J. 2006. Effects of air pollution on asthma in Seoul: Comparisons across subject characteristics (in Korean with English abstract). *J Prev Med Public Health* 39(4): 309-316.
- Kim YH, Lee JH, Park EJ. 2018. A study on effective management strategies for chronic diseases. Korea: Korea Institute for Health and Social Affairs. Policy Report 2013-31.
- Kim YJ, Park S, Yi W, Yu KS, Kim TH, Oh TJ, Choi J, Cho YM. 2014. Seasonal variation in hemoglobin A1c in Korean patients with type 2 diabetes mellitus. *J Korean Med Sci* 29(4): 550-555. doi: 10.3346/jkms.2014.29.4.550
- Kim YJ, Yoon SA, Woo SI. 2018. Relation of allergic rhinitis, allergen sensitization, and air pollutants in preschool children (in Korean with English abstract). *Allergy Asthma Respir Dis* 6(4): 197-205. doi: 10.4168/aard.2018.6.4.197
- Korea Disease Control and Prevention Agency. 2024. 2024 Chronic disease status and issues: Chronic disease fact book. Seoul, Korea: Korea Disease Control and Prevention Agency.
- Korea Meteorological Administration. 2024. 2024 report on extreme climate events in Korea. Seoul, Korea: Korea Meteorological Administration.
- Korean Government. 2016. Special act on particulate matter management. Sejong, Korea: Korean Government.
- Kwon JW, Han YJ, Oh MK, Lee CY, Kim JY, Kim EJ, Kim H, Kim WJ. 2016. Emergency department visits

- for asthma exacerbation due to weather conditions and air pollution in Chuncheon, Korea: A case-crossover analysis. *Allergy Asthma Immunol Res* 8(6): 512-521. doi: 10.4168/aair.2016.8.6.512
- Kwon SS, Gal WM. 2025. Analysis of the effects of heat wave on elderly health and death factors (in Korean with English abstract). *J Soc Disaster Inf* 21(2): 348-356. doi: 10.15683/kosdi.2025.6.30.348
- Lamichhane DK, Kim HC, Choi CM, Shin MH, Shim YM, Leem JH, Ryu JS, Nam HS, Park SM. 2017. Lung cancer risk and residential exposure to air pollution: A Korean population-based case-control study. *Yonsei Med J* 58(6): 1111-1118. doi: 10.3349/yunj.2017.58.6.1111
- Lee EH. 2024. Effects of volatile indoor environmental factors on cataracts (in Korean with English abstract). *Korean J Vision Sci* 26(1): 35-43. doi: 10.17337/JMBI.2024.26.1.35.
- Lee GH, Jeong IG, Boo H, Park BG. 2024. A comparative analysis of asthma incidence by the concentration of ultrafine dust in industrial areas and non-industrial complexes in South Chungcheong Province (in Korean with English abstract). *Soonchunhyang J Inst Technol* 30(2): 125-131.
- Lee GH, Jeong IG, Hyun B, Park BG. 2024. A comparative analysis of asthma incidence by the concentration of ultrafine dust in industrial areas and non-industrial complexes in South Chungcheong Province (in Korean with English abstract). *Soonchunhyang J Instit Technol* 30: 125-131.
- Lee H, Kim SH, Lee SK, Moon JY, Min KH, Yoon HJ, Kim SH. 2025. Air pollution increases healthcare utilization below safe thresholds in individuals with asthma. *Allergy Asthma Immunol Res* 17(3): 349-358. doi: 10.4168/aair.2025.17.3.349
- Lee HJ, Jee MK, Kim CW. 2023. A prediction study on the number of emergency patients with asthma according to the concentration of air pollutants. *J Serv Res Stud* 13(1): 63-75. doi: 10.18807/jsrs.2023.13.1.063
- Lee HW, Kang SC, Kim SY, Cho YJ, Hwang S. 2022. Long-term exposure to PM10 increases lung cancer risks: A cohort analysis. *Cancer Res Treat* 54(4): 1030-1037. doi: 10.4143/crt.2021.1030
- Lee JE, Heo TY, Na JH. 2021. Pattern analysis of asthma and particulate matter considering spatial relationship (in Korean with English abstract). *J Korean Stat Soc* 50(4): 476-489.
- Lee ML. 2024. Relationship between air pollutants and the medical usage rate due to environmental diseases: For Gwangju Metropolitan City (in Korean with English abstract). *J Health Care Life Sci* 12(1): 221-230. doi: 10.22961/JHCLS.2024.7.1.221.
- Lee PH, An MH, Hwang D, Kim BG, Jang AS. 2024. Impact of ozone on circulating tight junction protein claudin 4 and claudin 5 in patients with asthma. *Allergy Asthma Respir Dis* 12(3): 134-139. doi: 10.4168/aard.2024.12.3.134
- Lee SG, Lee YJ, Lim YW, Kim JS, Shin DC. 2016. Comparison study of nitrogen dioxide and asthma doctor's diagnosis in Seoul: Based on Community Health Survey 2012-2013 (in Korean with English abstract). *J Korean Soc Atmos Environ* 32(6): 575-582. doi: 10.5572/KOSAE.2016.32.6.575.
- Lee WH, Kim H. 2015. Association between PM10 and prevalence of hypertension: Using longitudinal analysis with 2009-2013 Community Health Survey data (in Korean with English abstract). *Korean J Public Health* 52(1): 43-48.
- Lim JS, Kwon HM, Kim SE, Lee J, Lee YS, Yoon BW. 2017. Effects of temperature and pressure on acute stroke incidence assessed using a Korean nationwide insurance database. *J Stroke* 19(3): 295-303. doi: 10.5853/jos.2
- Ma MJ, Kim BR, Kim MK, Choi DJ, Han CH, Jung SH, Shin GJ, Lee WC. 2008. The correlation between average temperature & precipitation and Pattern Identification of the patients with stroke (in Korean with English abstract). *Korean J Joongpoong* 9(1): 8-13.
- Mandl P, Alasti F, Kaltenberger R, Krennert T, Supp G,

- Landesmann U, Smolen J, Aletaha D. 2016. FRI0092 influence of temperature and humidity on disease activity in rheumatoid arthritis. *Ann Rheumatic Dis* 75(Suppl 2): 522. doi: 10.1136/annrheumdis-2016-eular.3180.
- Mansouri A, Wei W, Alessandrini JM, Mandin C, Blondeau P. 2022. Impact of climate change on indoor air quality: A review. *Int J Environ Res Public Health* 19(23): 15616. doi: 10.3390/ijerph192315616
- Marmett B, Dorneles GP, Nunes RB, Peres A, Romão PRT, Rhoden CR. 2022. Exposure to fine particulate matter partially counteract adaptations on glucose metabolism, oxidative stress, and inflammation of endurance exercise in rats. *Inhalation Toxicol* 34(9-10): 287-296. doi: 10.1080/08958378.2022.2098425
- Na S, Park JT, Kim S, Han J, Jung S, Kwak K. 2023. Association between ambient particulate matter levels and hypertension: Results from the Korean Genome and Epidemiology Study. *Ann Occup Environ Med* 35:e51. doi:10.35371/aoem.2023.35.e51
- Nam Y, Lee H. 2025. Association of PM2.5 and O3 with outpatient and emergency department visits for Allergic rhinitis in Daejeon, South Korea (in Korean with English abstract). *J Environ Health Sci* 51(1): 20-28. doi: 10.5668/JEHS.2025.51.1.20
- Neogi T, Chen CA, Niu J, Chaisson C, Hunter D, Choi HM, Zhang Y. 2014. Relation of temperature and humidity to the risk of recurrent gout attacks. *Am J Epidemiol* 180(4): 372-380. doi: 10.1093/aje/kwu147
- Noh J, Sohn J, Cho J, Cho SK, Choi YJ, Kim C, Shin DC. 2016. Short-term effects of ambient air pollution on emergency department visits for asthma: An assessment of effect modification by prior allergic disease history. *J Prev Med Public Health* 49: 329-341. doi: 10.3961/jpmph.16.038
- Oh IB, Lee JH, Sim CS, Kim Y, Yoo CI. 2010. An association between air pollution and the prevalence of Allergic rhinitis in the Ulsan Metropolitan Region (in Korean with English abstract). *J Env Hlth Sci* 36(6): 465-471. doi: 10.5668/JEHS.2010.36.6.465
- Oh J, Kim A, Kang C, Kim H. 2023. Health effects of climate change: Focusing on health sector risks (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 14(6-1): 859-869. doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.6.859
- Oh SK, Seong HU, Lim DH, Kim JH, Son BK, Kim HC, Lee JY, Leem JH. 2010. Relationship between air pollutants and prevalence of allergic disease/pulmonary function in students in Incheon (in Korean with English abstract). *Pediatr Allergy Respir Dis (Korea)* 20(4): 264-276.
- Park HJ, Lee SH, Jang TC, Kim KM, Ko SH, Seo YW. 2020. Study on the association of air pollution and acute myocardial infarction (in Korean with English abstract). *J Korean Soc Emerg Med* 31(3): 275-283.
- Park J, Lim MN, Hong Y, Kim WJ. 2015. The influence of Asian dust, haze, mist, and fog on hospital visits for airway diseases. *Tuberc Respir Dis* 78(4): 326-335. doi: 10.4046/trd.2015.78.4.326
- Park JH, Park YY, Lee E, Lee KS. 2020. Analysis on the effects of particular matter distribution on the number of outpatient visits for allergic rhinitis (in Korean with English abstract). *Health Policy Manag* 30(1): 50-61. doi: 10.4332/KJHPA-2020.30.1.50
- Park KH, Kim JH, Yoon HS, Kim IH, Choi IM, Lee JY, Ju MK. 2016. Correlation between coarse airborne particulate matter and mortality rates of malignant neoplasm (in Korean with English abstract). *Korean J Health Promot* 16(4): 215-222. doi: 10.15384/kjhp.2016.16.4.215
- Park KJ, Moon JY, Ha JS, Kim SD, Pyun BY, Min TK, Park YH. 2013. Impacts of heavy rain and typhoon on allergic disease. *Osong Public Health Res Perspect* 4(3): 140-145. doi: 10.1016/j.phrp.2013.04.009
- Park S, Kang M, An J, Kim J, Kim T, Lee E. 2011. Association between urban treed area and allergic disease (in Korean with English abstract). *J Korean Inst For Recreation* 15(3): 1-8.
- Park W, Jang H, Ko J, Sohn J, Noh Y, Kim SY, Koh SB, Kim C, Cho J. 2024. Physical activity-induced modification of the association of long-term air

- pollution exposure with the risk of depression in older adults. *Yonsei Med J* 65(4): 227-233. doi: 10.3349/ymj.2023.0292
- Peters MDJ, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. 2015. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc* 13: 141-146. doi: 10.1097/XEB.0000000000000050
- Presidential Commission on Carbon Neutrality and Green Growth. 2025. Korean climate crisis assessment report 2025. Korea: Presidential Commission on Carbon Neutrality and Green Growth.
- Raju S, Woo H, Koehler K, Fawzy A, Liu C, Puteha N, Balasubramanian A, Peng RD, Ling C, Lemoine C, Wineke J, Berger RD, Hansel NN, McCormack MC. 2023. Indoor air pollution and impaired cardiac autonomic function in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 207(6): 712-722. doi: 10.1164/rccm.202203-0523OC
- Ratter-Rieck JM, Roden M, Herder C. 2023. Diabetes and climate change: Current evidence and implications for people with diabetes, clinicians and policy stakeholders. *Diabetologia* 66: 1003-1015. doi: 10.1007/s00125-023-05901-y
- Romanello M, Walawender M, Hsu S-C, Moskeland A, Palmeiro-Silva Y, Scamman D, Smallcombe JW, Abdullah S, Ades M, Al-Maruf A, et al. 2025. The 2025 report of the Lancet countdown on health and climate change. *Lancet*. doi: 10.1016/S0140-6736(25)01919-1
- Sa HJ, Rim HR, Choi JK, Kim KJ, Shin JY, Oh EJ, Kweon HJ. 2020. Association between environmental polycyclic aromatic hydrocarbons exposure and insulin resistance: Using the Second Korean National Environmental Health Survey (in Korean with English abstract). *Korean J Fam Pract* 10(6): 418-423. doi: 10.21215/kjfp.2020.10.6.418
- Seo HJ, Lee HS. 2019. How air pollutants influence on Environmental diseases?: Focused on Seoul Metropolitan Area (in Korean with English abstract). *Seoul Stud* 20(3): 39-59.
- Seo SC, Kang IS, Lim SG, Choung JT, Yoo Y. 2015. Indoor air pollutants and atopic dermatitis in socioeconomically disadvantaged children (in Korean with English abstract). *Allergy Asthma Respir Dis* 3(3): 206-212. doi: 10.4168/aard.2015.3.3.206
- Shin DW, Yoon JE, Hwang HW, Kim JS, Park SQ, Roh HJ, Ahn MY, Lee KB. 2016. Daily temperature and stroke incidence in Seoul, Korea. *J Clin Neurol* 12(4): 476-481. doi: 10.3988/jcn.2016.12.4.476
- Shin J, Baek J, Chae S. 2023. Climate change and mental health in Korea: A scoping review (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 14(6-2): 989-1003. doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.6.989
- Shin S, Bai L, Burnett RT, Kwong JC, Hystad P, van Donkelaar A, Lavigne E, Weichenthal S, Copes R, Martin RV, Kopp A, Chen H. 2021. Air pollution as a risk factor for incident chronic obstructive pulmonary disease and asthma: A 15-year population-based cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 203(9). doi: 10.1164/rccm.201909-1744OC
- Sohn DW. 2016. Gender-dependent association between the risk of diabetes and the concentration of ambient particulate matter (in Korean with English abstract). *J Korea Plan Assoc* 51(4): 211-223. doi: 10.17208/jkpa.2016.08.51.4.211
- Sohn S, Cho W, Kim JA, Altaluoni A, Hong K, Chun BC. 2019. 'Pneumonia weather': Short-term effects of meteorological factors on emergency room visits due to pneumonia in Seoul, Korea. *J Prev Med Public Health* 52(2): 82-91. doi: 10.3961/jpmph.18.232
- Son JY, Kim H, Lee JT, Kim SY. 2006. Relationship between the exposure to ozone in Seoul and the childhood asthma-related hospital admissions according to the socioeconomic status (in Korean with English abstract). *J Prev Med Public Health* 39(1): 81-86.
- Song S, Lee C, Park C, Heo W, Lee Y, Kim D, Han JS, Seo YR, Yu S. 2009. A study on the association between ambient particles and urinary malondialdehyde in children (in Korean with English abstract). *J Cancer Prev* 14(2): 156-163.

- Speizer S, Raymond C, Ivanovich C, Horton RM. 2022. Concentrated and intensifying humid heat extremes in the IPCC AR6 regions. *Geophys Res Lett* 49(5): e2021GL097261. doi: 10.1029/2021GL097261
- Statistics Korea. 2024. 2024 cause of death statistics results. Daejeon, Korea: Statistics Korea.
- Sung MS, Park YJ, Park GH, Oh JW, Kim SW. 2014. The correlation between allergy sensitization rate in pediatric and aerobiological study for airborne pollen in Busan for 15 years (in Korean with English abstract). *Allergy Asthma Respir Dis* 2(1): 38-47. doi: 10.4168/aard.2014.2.1.38
- Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Kastner M, Levac D, Ng C, Sharpe JP, Wilson K, Kenny M, Warren R, Wilson C, Stelfox HT, Straus SE. 2016. A scoping review on the conduct and reporting of scoping reviews. *BMC Med Res Methodol* 16: 15. doi: 10.1186/s12874-016-0116-4
- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2016. The Paris Agreement.
- World Health Organization. 2016 Jul 7. Second global conference on health and climate change; [accessed 2026 Jan 14]. <https://www.who.int/news-room/events/detail/2016/07/07/default-calendar/second-global-conference-on-health-and-climate-change>
- World Health Organization. 2021. COP26 special report on climate change and health: The health argument for climate action. Geneva: World Health Organization.
- Yoon BJ, Kim SH, Kim DH, Koh YI. 2011. Longitudinal changes of sensitization rates to inhalant allergens in patients with allergic diseases from Gwangju and Chonnam Areas: Their association with annual changes in temperature (in Korean with English abstract). *Allergy Asthma Respir Dis* 31(2): 92-104.
- Yu G, Jun MJ. 2021. The effects of particulate matter (PM) exposure on death from lung disease using spatial panel data models (in Korean with English abstract). *J Korean Reg Dev Assoc* 33(4): 137-153.