



경기도 환경보건정책 활용을 위한 지표 개발

곽윤경^{1,2} , 안선민¹ , 조하진³ , 김호현^{1,3*}

¹서경대학교 생활 및 산업 환경연구소, ²서경대학교 대학원 환경화학공학과, ³서경대학교 나노화학생명공학과

Development of Indicators for the Utilization of Environmental Health Policies in Gyeonggi-do

Yoon-Kyung Gwak^{1,2}, Sun-Min An¹, Ha-Jin Jo³, and Ho-Hyun Kim^{1,3*}

¹Research Institute for Living and Industrial Environment in Seokyeong University, ²Department of Environmental and Chemical Engineering, Seokyeong University Graduate School, ³Department of Nano-Chemical, Biological and Environmental Engineering, Seokyeong University

ABSTRACT

Background: Environmental health indicators are regarded as an important tool for assessing and monitoring environmental health policies. Some countries, including the United States and in Europe, have developed and utilized the indicators.

Objectives: The main purpose of this study was to develop environmental health indicators in Gyeonggi-do for identifying specific regional environmental problems and environmental vulnerability and enhancing usefulness.

Methods: A database of environmental health indicators was established by previous research, with indicators classified based on the DPSEEA (driving forces–pressures–state–exposure–effects–actions) model. The environmental health indicators reflect characteristics of environmental health in Gyeonggi-do for usefulness in linking with policies and reviewed plans for management.

Results: The six principal components (outdoor/indoor air quality, climate changes, chemicals, water quality, noise, soil) and eighty-six indicators were extracted from the database of environmental health indicators. In addition, the environmental health indicators for Gyeonggi-do were verified for linkage in policies and reviewed plans for management.

Conclusions: The environmental health indicators developed for Gyeonggi-do are a useful tool to identify current environmental health issues in Gyeonggi-do and develop regional policies to prevent environmental exposures and detect new risk factors.

Key words: Environmental health, environmental health indicators, Gyeonggi-do

Received October 15, 2024

Revised October 22, 2024

Accepted October 22, 2024

Highlights:

- Environmental health indicators are regarded as an important tool for assessing and monitoring of policies for environmental health.
- Some countries, including the United states and Europe, have developed and utilized the indicators.

*Corresponding author:

Research Institute for Living and Industrial Environment in Seokyeong University, 124 Seogyong-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02713, Republic of Korea
Tel: +82-2-940-2929
Fax: +82-2-940-7616
E-mail: ho04sh@skuniv.ac.kr

I. 서 론

환경보건지표는 환경과 건강의 연관성을 설명한다. 세계보건 기구(World Health Organization, WHO) 및 기타 기관에서는 “환경과 건강 사이 과학적 근거에 대한 정보를 제공한다”라고 정의한다. 또한, “특정 정책 또는 관심사에 대한 환경과 건강 간의 연관성을 표현한 것으로, 효과적인 의사 결정을 위한 해석을 용이하게 하는 형태로 표현된 것”으로 정의된다.¹⁾ 즉, 환경보건지표를 통하여 환경과 관련된 건강 상태 또는 위험을 평가할

수 있다.²⁾

또한, 환경보건지표를 활용하여 환경 및 보건정책을 지원하고 모니터링하는데 도움이 될 수 있다.³⁾ 인간 건강에 대한 잠재적 위험을 식별할 수 있으며, 환경 보건 문제에 대한 인식을 높일 수 있다.⁴⁾ 환경보건지표는 명확한 효용이 있어야 하며, 정책적 문제 해결을 위한 환경보건지표 사용 시에는 특정 환경 위험과 관련된 건강 영향에 대한 노출과 영향의 연결 분석이 필요하다. 특정 환경 노출이 건강에 미치는 영향을 평가하는 방식은 ‘정량적 위험평가’이며, 알려진 노출과 선량 반응에 대한 정



보에 따라 건강 영향 정도의 합리적 추정이 가능하다.⁵⁾ 즉, 환경보건지표는 과학적 기반으로 환경과 건강의 연관성에 대한 정보를 제공하는 것이다. 이를 통해 환경과 건강의 복잡한 관계를 이해하고, 정책입안자와 최종 사용자가 쉽게 수용할 수 있는 형태로 제시함으로써 데이터를 유용한 정보로 변환하는 것이다.⁶⁾

국외에서는 세계보건기구를 포함한 일부 국가에서 환경보건지표를 개발하여 활용하고 있다. 세계보건기구는 유럽연합 국가를 위한 환경보건지표 개발을 위하여 유럽환경청(European Environment Agency, EEA) 및 유럽위원회(European Commission, EC)와 협력하여 1999년부터 2003년까지 여러 경험 및 분석을 포괄적이고 실용적인 프레임워크로 결합하는 것을 목표로 지표에 대한 방법론 개발 및 제안된 방법론의 전반적인 타당성과 유용성을 평가하였다.⁷⁾ 또한, 어린이를 위한 환경보건지표를 개발하였으며, 국가적 수준에서 정책의 우선순위를 정하는 데 도움이 되도록 아동의 건강에 대한 환경보건학적 위험을 평가하기 위한 기초를 제공하였다.⁸⁾

또한, 미국의 질병통제예방센터(Center for Disease Control and Prevention, CDC)는 국가 환경 공중 보건 추적 네트워크(National Environmental Public Health Tracking Network)를 통하여 환경 및 위험, 건강 영향, 인구 데이터 기반 국가, 주 및 도시의 건강과 환경 데이터를 통합하여 쉽게 이해할 수 있도록 지원하며, 정보를 제공한다.⁹⁾ 미국은 각 주별로 환경보건지표를 다양하게 활용하고 있다. 펜실베이니아주의 경우 전역의 환경보건 데이터를 공개적으로 사용하고 정책 수립을 위한 자료로 활용하기 위해 환경보건지표 지도를 개발하였다. 환경보건지표 지도는 환경, 사회, 인구 통계 및 공중 보건 데이터를 포함하고 있으며, 제조, 폐기물 운송 및 기타 인프라의 위치, 해당 지역 주민 특성 등을 포함한다. 환경보건지표 지도는 복잡한 환경 문제를 시각적으로 표현하여 이해하기 쉽고, 특정 지역 주민들의 건강 상태를 빠르게 파악할 수 있는 장점이 있다.

그 외 호주, 뉴질랜드, 벨기에, 캐나다 등 다양한 국가에서 환경보건지표를 개발하고 정책적으로 활용하고 있다.¹⁰⁻¹³⁾

1992년 세계보건기구에서는 다양한 일차원적 환경 또는 건강 지표 간의 연결을 통합하고 공중보건에 초점을 맞춘 새로운 프레임워크인 DPSEEA (driving forces–pressures–state–exposure–effects–actions) 모델을 고안하여 환경보건지표를 개발하였다.¹⁴⁾ DPSEEA 모델은 의사 결정 맥락 내 환경보건지표 시스템을 설계하는 데 유용하다. 건강, 환경 및 개발 간의 연관성을 설명하고 분석하도록 제안되었으며, 이와 관련된 국제 상황을 분석하는 데 사용된다. DPSEEA 프레임워크 내 ‘Driving forces’ 추진력 구성 요소는 관련된 환경 프로세스에 동기를 부여하고 추진하는 요소를 의미한다. 이로 인한 환경에 대한 ‘Pressure’ 압력이 발생한다. 이러한 압력에 대한 대응으로 환경 ‘State’ 상태는 종종 변경된다. 환경 위험에 노출되면 건강에 대한 위험

이 발생할 수 있으며, ‘Exposure’ 노출은 사람과 환경에 내재된 위험 사이의 교차점을 의미한다. 환경 위험 노출은 결과적으로 급성 또는 만성 광범위한 건강 ‘Effect’ 영향을 초래한다. 일부 위험은 노출 후 빠른 영향을 미칠 수 있는 반면 다른 위험은 건강에 부정적인 영향을 생성하는 데 오랜 시간이 걸릴 수 있다. 또한, 이러한 영향에 대한 ‘Action’ 정책 제안이 수반된다.⁵⁾

국내에서는 2008년부터 국립환경과학원에서 지역사회 환경보건 평가방안 연구로 시작하여 환경보건지표를 개발하였으며, 환경보건지표 개발의 법적 근거는 2009년 환경보건법 제정을 통하여 마련되었다.¹⁵⁾ 서울시는 2021년에 충청북도는 2023년에 각 지자체의 특성에 맞는 환경보건지표를 개발하였다.^{16,17)}

경기도는 「환경보건법」 개정에 따라 ‘경기도민의 건강과 생태계의 건전성을 보호 및 유지’를 목적으로 2021년 10월 6일 ‘경기도 환경보건 조례’를 제정하여 ‘경기도 환경보건계획’ 수립, ‘경기도 환경보건위원회’를 구성·운영하고 있다.

국가통계포털에 따르면 경기도는 2024년 9월 기준 전국 총 인구의 약 26.7%를 차지하고 있으며, 행정구역은 31개 시·군으로 구성되어 있다.¹⁸⁾ 미세먼지(PM₁₀) 농도는 2013년 54 µg/m³에서 2022년 35 µg/m³로 국가 대기환경기준 농도(50 µg/m³)를 충족하였으나, 2022년 전국 평균 농도인 31 µg/m³보다 높았다.¹⁹⁾ 이외에도 경기도는 전국 17개 시·도 중 천식과 알레르기 비염, 아토피 피부염 진료 실수신자가 가장 많은 지역으로 조사되었다.²⁰⁾

경기도는 환경보건문제를 실질적으로 해결하기 위해 구체적인 지역별 환경보건문제와 환경보건 취약계층, 환경유해인자를 확인하고 그에 따른 정책지원 수단 마련이 필요하다. 이에 환경보건정책 수립 이행 등 활용성 제고를 위해 경기도 특성을 고려한 ‘경기도 환경보건지표’를 개발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 국내·외 환경보건지표 분석

국내·외 문헌조사를 통하여 환경보건지표 데이터베이스를 구축하였다. 구축된 데이터베이스 내 환경보건지표의 경우 유

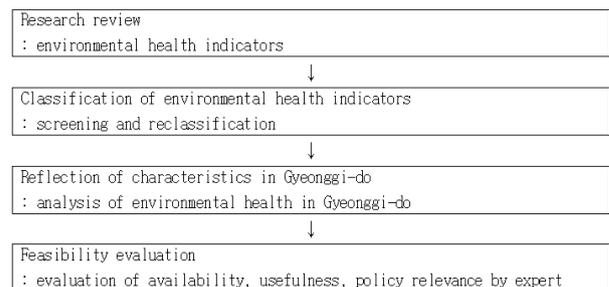


Fig. 1. Process of development of environmental health indicators in Gyeonggi-do

사 항목은 통합하였으며, 국외 환경보건지표 중 국내 반영 불가 지표는 제외하여 재분류하였다. 재분류된 환경보건지표 중 경기도 환경보건 특성이 반영되는 지표를 추출하였으며, 이를 전문가 자문을 통하여 검증하였다(Fig. 1).

1.1. 국내 환경보건지표 분석

‘경기도 환경보건지표’ 개발을 위하여 국립환경과학원, 서울특별시, 충청북도 환경보건지표 개발 관련 연구를 분석하였다.

국립환경과학원은 2008년 ‘지역사회 환경보건 평가방안 연구’를 시작으로 2019년에 걸쳐 환경보건지표 산출 및 활용방안을 제시하였다.^{21,22)}

서울시는 2019년 환경부의 지역 특성을 반영한 지자체의 자체적 환경보건지표 개발 권장에 따라 2021년 서울시 환경보건지표 개발 및 활용 방안을 제시하였다.¹⁶⁾ 선진 사례 검토를 통하여 지역 차원의 환경보건 현황을 확인할 수 있는 환경보건지표 목록을 개발하였으며, 전문가의 의견 수렴을 통하여 해당 지표의 타당성 분석과 활용성을 검증하였다. 더불어 선정된 핵심 환경보건지표에 대한 관리 및 활용 방안을 수립하였다.

충청북도는 2023년 충북연구원에서 지표의 틀 선정, 환경보건 부문 결정, 국가 및 지자체 사례조사, 충청북도 환경보건 특성 반영, 환경보건 상태에 영향을 줄 수 있는 취약성 반영, 세부 지표의 선정기준 설정, 지표 도출 7단계를 통해 환경보건지표를 개발하였다.¹⁷⁾

1.2. 국외 환경보건지표 분석

국내 환경보건지표 개발을 위하여 선행 사업에서 분석된 국외 환경보건지표 외 국외 사례를 추가로 분석하였다. 세계보건기구, 유럽환경청, 유엔국제아동구호기금, 미국, 캐나다, 벨기에, 호주, 뉴질랜드의 환경보건지표를 분석하였다.^{10-13,23-32)}

2. 경기도 환경보건 특성 분석

경기도의 특성을 반영한 환경보건지표 개발을 위하여 경기도 환경보건 정책 및 현황을 조사하였다. 경기도에서 발간한 ‘제1차 경기도 환경보건계획(2023~2030)’ 및 ‘경기통계(2012~2021)’를 통하여 지역 및 인구학적 특성을 파악하였으며,^{20,21)} 질병관리청의 2022년 ‘응급실 감시체계 운영 결과’를 참고하여 기후 및 관련 질병 현황을 조사하였다.³³⁾ 또한, 경기도 환경특성을 파악하기 위하여 국립환경과학원의 ‘2022 대기환경연보’를 분석하였으며,¹⁹⁾ 수질, 토양 및 지하수 현황을 파악하기 위하여 국립환경과학원의 ‘2022년도(2021년 기준) 전국오염원조사 보고서’를 참고하였다.³⁴⁾ 그 외 경기도 내 환경성 질환 유병자 수 및 화학물질 배출량 등 경기도의 특성을 반영할 수 있는 요소들을 ‘제1차 경기도 환경보건계획(2023~2030)’내 통계 자료를 통하여 추출하였다.²⁰⁾ 또한, 환경보건 분야별 중요도 및 환경보건 정책 인식도 조사 결과를 통

하여 경기도민의 의견을 환경보건지표에 반영할 수 있도록 하였다.^{20,35)}

3. 경기도 환경보건지표 개발

본 연구에서는 이전에 국내 환경보건지표 개발을 위해 분석된 지표 외에도 추가 조사를 통해 환경보건을 영역별로 재분류하였으며, 이와 함께 환경보건지표 데이터베이스를 구축하였다. 국내·외 환경보건지표 분석을 통하여 각 지표별 목적, 개념 모델, 특징을 정리하였으며, 유사한 성격을 가지고 있는 지표들을 통합하였다. 대분류를 기준으로 지표들을 통합하였으며, 세부 분류들은 연관성이 높은 지표별로 재분류하였다. 이후 국내·외에서 가장 많이 사용하고 있는 DPSEEA 모형을 기반으로 지표를 분류하였다.

위와 같이 분류된 환경보건지표를 기반으로 경기도의 환경보건 특성을 결합하여 경기도 환경보건지표를 개발하였다.

개발된 환경보건지표는 전문가의 의견 검토를 통해 보완되었으며, 이후 그 활용성이 검증되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 국내·외 환경보건지표

국립환경과학원은 환경보건지표 개발을 위하여 환경보건관련 법제도 및 국내·외 환경보건지표를 조사하였다.^{21,22)} 선행연구 조사를 통하여 환경보건학적 영향, 지표 산출방법 등을 분석하였으며, 일반 국민 또는 전문가 대상 환경보건 필요 분야 및 지표 관련 설문조사를 실시하였다. 또한, 활용 가능한 자료 유무에 따른 제안된 지표의 실행 가능성 분류, 지표 유용성, 정책 타당성, 이해도, 자료 활용 가능성 분석을 통한 실행 가능성 평가, 파일럿 연구, 환경보건지표 최종 선정의 과정을 거쳐^{2,15)} 대기, 실내공기, 기후변화, 화학물질, 수질의 5개 분야의 27개 지표를 산출하였다. 이를 국내·외 환경보건 특성 및 지역단위의 환경보건 수준 경향 분석 결과를 통하여 핵심 환경보건지표의 활용성 검증 과정을 거쳐 환경보건지표 운용방안을 수립하였다.

서울시는 국내·외 환경보건지표 대상 활용 모델, 특징, 지표 개수를 분석하였으며, 총 1,435개 세부지표를 도출하였다. 이후 서울시 환경보건지표 목록을 구축하였으며, 서울시의 환경보건 특성을 반영하고 타당성 분석을 통해 서울시의 핵심 환경보건지표를 도출하였다. 총 7개 분야(대기, 실내공기, 기후변화, 화학물질, 수질, 생활환경, 취약성)에서 43개 지표를 산출하였으며, 핵심 환경보건지표의 활용성을 검증하고 서울시 환경보건지표의 운용 방안을 제시하였다.¹⁶⁾

충청북도는 환경보건지표 선정을 위해 국립환경과학원, 서울시 등 환경보건지표 관련 선행연구 검토를 진행하였으며, 지표의 효용성 강화를 위해 충청북도 환경보건 및 환경보건 관련

사업의 특성과 주요 이슈를 반영하여 지표를 선정하였다. 충청북도의 경우 환경보건에 영향을 줄 수 있는 취약성 지표를 가중지표로 선정하였다. 이후 자료 수집의 용이성, 지표의 지속성, 지표 간 중복성을 고려하여 세부 지표 선정을 하였다. 충청북도는 5개 분야(대기, 실내공기, 기후변화, 화학물질, 수질) 126개 지표를 도출하였다.¹⁷⁾

국내에서 개발된 모든 환경보건지표는 DPSEEA 모델을 활용하였으며, 환경보건지표의 공통 분야는 대기, 실내공기, 기후변화, 화학물질, 수질 5개 분야이다(Fig. 2). 서울시의 경우 인구집단의 취약성을 추가하여 구성한 특성이 있다.

국의 환경보건지표 분석 결과 대부분 DPSEEA 모델을 활용하였으며, 각 국가들은 특성에 맞는 환경보건지표를 선정하여 세부 분야를 구성하였다. 각 국가별 환경보건지표를 분석하여

유사 분류들은 통합하였으며, 총 30개의 대분류로 구분하였다. 세부 분류는 재분류를 통하여 총 2,414개 지표를 추출하였다.

국의 환경보건지표를 분석한 결과, 대분류에서는 사회 인구통계학, 기후, 실내·외 공기질, 수질(식수 포함), 매개질병, 폐기물, 독성물질(유해화학물질), 토양, 환경성질환, 납 노출을 포함하는 경우가 많았다(Fig. 3).

2. 경기도 환경보건지표 개발

경기도의 행정구역은 28개 시, 3개 군 총 31개의 시·군으로 구성되며, 도시지역과 농촌지역이 통합된 도농복합시가 12개 존재한다.³⁶⁾

경기도는 북동쪽으로 산림지역이 집중되어 있으며, 외곽은

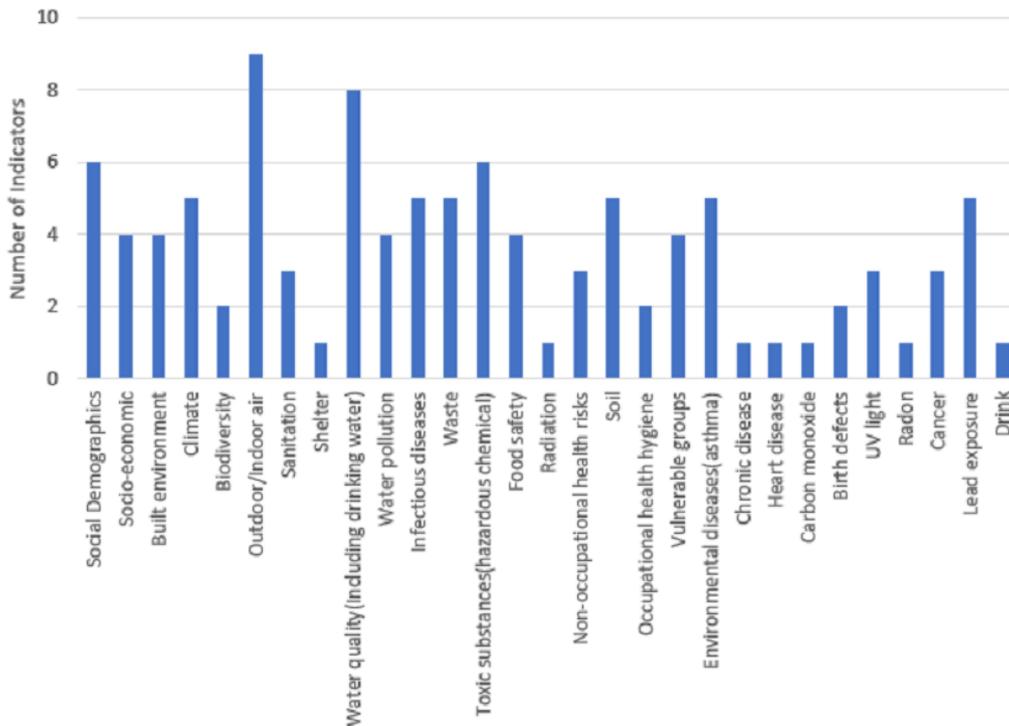


Fig. 2. Analyzing of foreign environmental health indicators

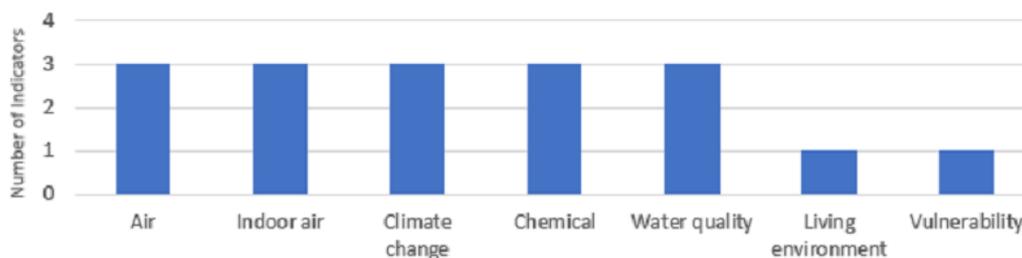


Fig. 3. Analyzing of domestic environmental health indicators

농업지역이 분포한다. '경기통계'의 경기도 토지 지목별 현황에 따르면 전, 답, 임야가 감소하고 대지, 공장용지, 도로가 증가하였으며,¹⁸⁾ 도시개발과 산업화로 토지의 지목 변화가 급속도로 진행되었다.³⁷⁾ 또한, '국가통계포털'에 따르면 2022년 기준 경기도 전체 인구수는 13,589,432명으로 17개 시·도 중 인구가 가장 많으며, 65세 이상 노인 인구 또한, 2,122,718명으로 전국에서 가장 많다.¹⁸⁾

경기도의 기후는 여름철과 겨울철의 기온 차이가 큰 대륙성 기후이다. 질병관리청 '2023년 폭염으로 인한 온열질환 신고현황 연보'에 따르면 감시체계 운영(2023.5.20~9.30) 결과 전국 온열질환자 신고수는 총 2,818명이며, 그 중 경기도가 683명으로 24.2%를 차지하여 전국에서 가장 높은 비율을 보였다.³⁸⁾ 한랭질환자 유병자 수의 경우에도 93명으로 전국 기준 20.8%를 차지하여 다른 시·도에 비하여 높았다.³⁹⁾

대기 중 미세먼지 농도의 경우 2013년부터 2022년까지 전국 평균 농도 분포는 31~49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 비해 경기도는 35~54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 전국에 비하여 높았다. 특히 초미세먼지 농도 분포는 2015년부터 2022년까지 20~28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대기환경 기준 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하였다.¹⁹⁾

또한, 경기도 대기오염물질 배출사업장은 2021년 기준 4종과 5종 대기오염물질 배출사업장이 증가하였다. '화학물질 배출·이동량 정보'에 따르면 2021년 전국 화학물질 배출·이동량 현황에서 배출 물질 수는 울산광역시가 137개로 가장 많았고, 경기도가 134개로 두 번째로 많았다. 화학물질 배출량은 경기도가 20,632,800 kg/년으로 전국의 31.6%, 이동량은 331,738,803 kg/년으로 전국의 28.0%로 전국에서 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 경기도 화학물질 배출량 상위 10개 화학물질의 대부분이 유기화학물질이다. 또한, 화학물질 대기 배출량(20,566,634 kg/년), 폐수이동량(50,459,941 kg/년)도 전국에서 가장 많았다.⁴⁰⁾

'경기도 토양보전계획'에서는 2014년 기준 경기도 사업장 지정폐기물 발생량이 4,638천 톤/년으로 전국 시·도 단위에서 지정폐기물 발생량이 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한, 경기도 토양측정망 지점의 6가 크롬, 불소, 아연, 니켈, 납 등 전국 대비 평균 이상 수준으로 조사되었다.³⁷⁾

2020년 기준 환경성질환 중 알레르기 비염 유병률의 경우 전국 유병률이 10.10%이며, 경기도는 10.74%이었다. 또한, 천식 유병률은 전국이 1.57%, 경기도가 1.49%이었으며, 아토피 피부염 유병률의 경우 전국이 1.89%인 것에 비해 경기도는 2.14%이었다.²⁰⁾

경기도민을 대상으로 진행한 환경보건 분야별 중요도 조사에서 대기공기질, 미세먼지에 중요도가 77.7%로 가장 높게 조사되었으며, 기후변화 60.2%, 실내공기질 49.6% 순이었다.²⁰⁾ 또한, 환경보건정책 인식도 조사 결과에서는 조사대상자 대부분이 소음진동, 수질 위생, 기후변화, 환경호르몬, 미세먼지 농

도를 중요하게 인지하는 것으로 조사되었다.³⁵⁾

경기도의 환경보건특성을 반영하여 대기 및 실내공기, 기후변화, 화학물질, 수질, 소음, 토양의 총 6개 대분류를 구축하였으며, 이는 국외 환경보건지표 통계에서도 중요도가 높은 대분류와 동일하였다. 이후 대분류 내 세부지표를 추출하기 위하여 국내·외 2,414개 지표 중 국내 적용 불가 지표를 제외하였으며, 사용가능한 307개 세부지표를 분류하였다. 이 중 경기도 특성을 반영할 수 있는 세부지표를 검토하여 총 86개 지표를 개발하였다(Table 1).

3. 경기도 환경보건지표 운용방안

경기도 환경보건지표는 국내·외 환경보건지표 분석 및 경기도 환경보건특성을 반영하여 핵심지표 6개 분야, 86개 지표를 추출하였다. 이후 시책과제 연계성 분석을 통한 활용성 검증하였으며, 전문가 자문을 통하여 환경보건지표 운용방안을 마련하였다.

개발된 경기도 환경보건지표는 '제1차 경기도 환경보건계획(2023~2030)' 내 3개 전략 6개 주요 과제, 22개 세부과제 대상으로 시책과제 연계성 분석을 진행하였다. 3개 전략 및 6개 주요 과제는 '1. 환경유해인자 능동적 관리' 내 '생활환경 유해인자 모니터링'과 '생활환경 유해인자 능동적 관리', '2. 환경성질환 예방 및 관리 강화' 내 '민감·취약계층 건강보호 기반 강화'와 '환경성 건강피해 대응능력 강화', '3. 환경보건정책 추진 기반 강화' 내 '환경보건 정책 역량 강화'와 '환경보건 조직 역량 강화'이다. 도출된 86개의 경기도 환경보건지표는 '제1차 경기도 환경보건계획(2023~2030)'의 22가지 세부 과제 중 15가지 세부 과제와 연계하여 활용이 가능하다. 연계되지 못한 과제의 환경보건지표는 경기도 특성 분석과 경기도민 대상 설문조사 결과에서 중요도가 낮거나 지표 관련 자료 확보가 어려운 경우이었다. 또한, 전문가 자문 결과 경기도 환경보건지표 활용방안으로 팩트시트 마련의 필요성과 지자체 성과 관리를 위한 지수화, 국가 환경보건지표와의 비교를 통한 경기도 환경보건 수준 평가의 기초 자료 구축이 제시되었다.

서울시는 환경보건지표 관리를 위하여 환경보건지표 개발 절차를 정립하였으며, 핵심 환경보건지표 중심으로 팩트시트를 작성하였다. 세계보건기구에서도 국가별 또는 모든 국가의 5~8년간의 지표 동향과 관련 평가 및 정책 정보를 포함하여 동일한 형태의 팩트시트를 사용하여 'Environmental and Health Information System'의 주요 보고 도구로 구성하고 있다. 팩트시트를 활용하면 데이터 가용성 및 일반적인 정보 제공을 확인할 수 있다.⁷⁾

또한, 서울시의 경우 환경보건종합정보시스템 구축을 통한 핵심 지표 자료 수집의 필요성을 제기하였으며, 환경보건종합정보시스템과의 연계를 통하여 자료 확보 방안을 제시하였다. 환경보건지표 관리는 평가 주기를 1년으로 하며, 환경보건 주

Table 1. Environmental health indicators according to DPSEEA (driving forces–pressures–state–exposure–effects–actions) framework

DPSEEA	Outdoor/indoor air quality (35)	Climate change (8)	Chemicals (14)	Water quality (including groundwater) (13)	Noise (9)	Soil (7)
D	<ul style="list-style-type: none"> • Population and population density by region • Number of motorcycles reported • Number of motor vehicle registrations • Number of workplaces by industrial complex • Travel distance by means of transportation (car, bus, subway, taxi, bicycle, etc.) • Number of motor vehicle registrations by fuel/application • Traffic volume per road • Modal Share Rate • Number of people aged 65 years and older • Number of registered population with a disability • Number of recipients of national basic living security 	<ul style="list-style-type: none"> • Average winter temperature • Average summer temperature 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of hazardous chemical workplaces 	<ul style="list-style-type: none"> • Housing supply rate • Urban area per capita 		<ul style="list-style-type: none"> • Number of people aged 65 years and older
P	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions of particulates, black carbon, volatile organic compounds • Number of air pollutant emission facilities • Number of patients with asthma, atopic dermatitis, and allergic rhinitis 	<ul style="list-style-type: none"> • Average winter temperature • Average summer temperature 	<ul style="list-style-type: none"> • Chemical emissions (consignment processing volume) • Chemical emissions by media (air, water, soil) • Volatile Organic Compounds(VOCs) emissions (by source) • Chemical emissions (air, water, soil) and transfer (wastewater, waste) by media • Number of reports of waste generation at workplaces • Number of imports, exports, and manufactures of chemical 	<ul style="list-style-type: none"> • Other sources of water pollution • Number of wastewater discharge workplaces • Wastewater generation and discharge • Organic matter load • Status of public wastewater treatment facilities • Status of groundwater use 	<ul style="list-style-type: none"> • Status of noise and vibration emission facilities 	

Table 1. Continued 1

DPSEE	Outdoor/indoor air quality (35)	Climate change (8)	Chemicals (14)	Water quality (including groundwater) (13)	Noise (9)	Soil (7)
S	<ul style="list-style-type: none"> • Number of times exceeding the standard for PM_{2.5}, ozone • Ozone Advisory/warning issue history • Percentage of exceeding the standard for maintaining indoor air quality in public transportation vehicles 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of Cold surges days • Number of extreme heat days 		<ul style="list-style-type: none"> • Results of groundwater quality measurement 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of regions failing national noise standard • Crackdown on facilities violating noise and vibration emissions 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of reports of Specific facilities subject to control of soil contamination • Soil erosion rating • Percentage of soil failing Soil Contamination Warning Standard
Ex	<ul style="list-style-type: none"> • PM₁₀ concentration • PM_{2.5} concentration • Ozone concentration • Exposure rate of non-smokers to second-hand smoke in their home 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible temperature index (older adults) 		<ul style="list-style-type: none"> • Number of cases exceeding National Drinking Water Standards for fluoride • Water quality monitoring average concentration (BOD, T-N, DO, COD, pH, SS, T-P) 	<ul style="list-style-type: none"> • Noise levels by region • Noise levels (environmental, aircraft, railway, road vibration) 	
Ef	<ul style="list-style-type: none"> • Number of asthma cases (by age) • Number of cases of chronic obstructive pulmonary Disease (COPD) by age • Ischemic heart disease • Number of patients with cerebrovascular disease • Age-standardized mortality from cancer (lung cancer) • Number of patients with lung cancer • Number of patients with allergic rhinitis • Number of patients with atopic dermatitis 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of reports from emergency Department surveillance system for cold-related illnesses • Number of reports from emergency department surveillance system for heat-related illnesses • Number of heat-related illness patients and estimated deaths 				

Table 1. Continued 2

DPSEEA	Outdoor/indoor air quality (35)	Climate change (8)	Chemicals (14)	Water quality (including groundwater) (13)	Noise (9)	Soil (7)
A	<ul style="list-style-type: none"> • Number of the inspection of indoor air pollution level • Comprehensive air-quality index • Number of environment disease specialist consultations and prevention management training • Number of indoor air quality measurement and consulting for facilities used by health vulnerable people • Vehicle operation restrictions • Number of no-smoke free practices and cases of creating an environment to prevent secondhand smoke damage 	<ul style="list-style-type: none"> • Chemical incidents register (status of incidents) • Waste recycling rate • Number of customized consulting services for hazardous chemical workplaces • Operation of safety diagnosis day system at hazardous chemical workplaces • Number of times the chemical substances Control Committee operates Regional Council • Status of workplaces subject to the preparation of chemical risk management plans • Control and administrative measures on environmental pollution emission facilities 	<ul style="list-style-type: none"> • Status of water supply • Sewerage coverage rate 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of traffic noise and vibration management areas • Number of moving noise and vibration management areas • Number of installing noise barriers and expanding low-noise pavement • Number of silence facilities 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of sites for investigation of soil pollution status • Result of investigation of soil pollution status (by material) • Number of soil quality monitoring network 	

제별 지수화를 추진하도록 하였다. 대부분 개발 지표는 개별 지표로 지역 간 상대비교하여 종합적인 환경보건수준을 평가할 수 없는 한계점이 있는데⁴¹⁾ 지수화의 경우 환경보건 개선도 평가 및 개별 지표 값 확인으로 정책 개선 시점의 확인이 가능하다.¹⁶⁾

개발된 환경보건지표는 지역 간 환경보건특성 분석을 통하여 환경보건 이슈 파악과 지역맞춤형 환경보건정책 개발 및 우선순위 선정에 활용할 수 있다. 취약지역에 대해서는 환경보건 맞춤형 정책 도입을 위하여 의사결정 피드백 제공이 가능하다. 미국의 일부 주의 경우 환경보건지표를 지도화하여 환경보건 지표 지도를 제공하며, 더 나은 공중 보건 결정을 내리고 증거 기반 개입을 설계하는데 사용한다. 또한, 버몬트주는 질병이 발생하거나 자연적 또는 인위적 응급사태 발생 시 더 많은 도움이 필요할 수 있는 인구 분포를 식별하기 위하여 상대적인 사회적 취약성을 평가할 수 있는 사회적 취약성 지수(Vermont Social Vulnerability Index)를 활용한다.⁴²⁾

그 외 또한, 환경보건지표를 대시민 제공 소문자자료로 활용할 수 있다. 서울시 환경보건지표 개발과 운용방안에 따르면 서울시민을 대상으로 한 설문조사 결과 환경보건지표 공개 필요성에 대하여 83.2%가 찬성하였으며, 정보 공개가 인식과 행동을 변화시킬 수 있다는데 71.8%가 긍정적으로 답하였다.⁴³⁾

4. 경기도 환경보건지표 제한점

환경보건지표는 환경 노출과 공중보건 사이에 알려지거나 또는 의심되는 부정적 영향을 예방하고 새로운 유해 인자를 감지하고 효율적이고 일관된 보고 메커니즘을 제공하여 감시하도록 하는데 의미가 있다. 또한, 정책 개발, 계획, 평가, 기존 정책 지원과 연구 계획에 도움을 줄 수 있도록 한다.

환경보건지표는 시간이 지남에 따라 추적이 가능해야 하며, 환경과 건강 사이의 입증된 연관성을 기반으로 해야 한다. 또한, 다양한 인구집단에 유용하고 적용 가능해야 하며, 담당 기관에서 정보 제공이 가능해야 한다. 이와 더불어 공중보건 목표와의 연계가 필요하며, 행동 지향적이고 명확한 정의가 통합되어야 한다.

환경부는 2008년 환경보건지표 제안 이래 환경보건지표를 개발하였으나 환경매체 중심, 현황 파악을 위한 용도, 취약계층 미반영 등의 문제로 지역 차원의 활용도는 떨어어진다는 문제점이 지적되었다.⁴³⁾ 이에 서울시는 이를 보완하고자 활용성을 고려한 환경보건지표를 개발하였으며, 본 연구에서도 경기도 환경보건 특성을 반영한 경기도 환경보건지표를 마련하였다.

개발된 핵심지표 86개의 경우 데이터 활용 가능성을 반영하여 도출된 지표로 일부 지표는 데이터 확보가 불가능하여 유사 지표로 대체되어 이에 대한 보완이 필요하다. 또한, 국내·외 환경보건지표 분석 및 전국대비 경기도 환경보건 통계를 통하

여 구축된 지표로 통계적 접근이 포함된 과학적 근거 기반에는 한계가 있다. 이와 더불어 경기도 환경보건지표는 국내·외 개발된 환경보건지표와 마찬가지로 DPSEEA 모델이 근간이 되었으나 DPSEEA 모델은 환경보건지표의 모든 원인과 결과를 완전히 적용할 수 없다는 문제점이 있다. DPSEEA 모델의 경우 선형 형태로 이해될 경우 한계가 있으며, 노출과 건강 영향 간의 복잡한 연관성, 특히 사회 환경적 맥락과 이러한 맥락이 가져 환경 및 건강 문제에 어떻게 관련되는지와 같은 복잡한 고려 사항의 중요성이 완전하게 표현되지 못할 수 있다.⁴⁴⁾ 따라서 DPSEEA 모델은 보조수단으로 간주해야 하며, 상황에 따라 조정하고 수정되어야 한다.⁵⁾ 이에 DPSEEA 모델로 개발된 경기도 환경보건지표가 과학적 근거 기반으로 상황에 맞게 조정이 가능하며 상호작용을 설명하여 연관성의 복잡성이 반영될 수 있도록 다학제간 및 이해관계자들의 참여를 통하여 추후 보완을 위한 연구가 필요하다.

또한, 개발된 경기도 환경보건지표의 활용도를 높이기 위해 추가적으로 핵심 환경보건지표의 지수화 및 지도화 등 시각화 자료 구축으로 환경보건지표 활용에 대한 보완이 필요하다. 미국 워싱턴주의 경우 지역사회의 환경보건 격차를 비교하는 도구로 'Washington Environmental Health Disparities (EHD) Map'을 개발하였다. 지도는 생물학적 요인, 사회 및 환경 요인 간의 상호 작용을 반영하는 '누적 영향' 모델을 사용하였으며, 건강 격차는 사회, 환경 및 생물학적 요인과 연결하였다. 지역사회, 정부기관, 학계 등이 오염에 가장 영향을 받는 주의 일부 지역사회 복지에 어떤 영향을 미치는지를 비교하기 위하여 시각화 된 이 지도를 활용한다. 또한, 건강에 영향을 미치는 환경적 요인을 각 지역이 직면한 누적 위험 순위로 확인할 수 있으며, 환경보건 영향을 완충하기 위하여 공공 투자의 우선순위를 지정하는 통찰력을 제공하는데 도움을 준다. 워싱턴주는 2021년에 통과된 Healthy Environment for All (HEAL) Act를 통하여 지도를 유지하고 업데이트하기 위한 지속적이고 전담 가능한 주정부 자금 지원을 확보하였다. HEAL Act (RCW 43.70.815)로 워싱턴주 보건부는 지역사회, 연구원 등과 협력하여 지도를 개발하며, 시간 경과에 따른 불평등 변화를 추적한다. 3년마다 종합평가하며, 지도 사용방법에 대한 교육과 지침을 확대하도록 하고 사용방법에 대하여 주정부 기관에 지원과 컨설팅을 제공한다.⁴⁵⁾

이처럼 지속적인 개선을 위한 피드백 반영, 새로운 데이터의 통합, 환경보건지표의 활용 방안 모색 등은 환경보건지표의 활용도를 높일 수 있도록 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 경기도 환경보건지표 개발을 위하여 국내·외 환경보건지표 분석을 통하여 총 2,414개의 지표를 추출하였으며,

추출된 지표는 유사항목은 통합되고 대분류와 세부 분류를 재분류되었다. 재분류된 지표를 대상으로 실제 적용 가능한 세부 지표 307개를 추출하였으며, 이를 DPSEEA 모델을 적용하여 다시 구분하였다. 이후 통계자료를 기반으로 경기도 환경보건 특성을 분석하여 경기도 환경보건지표를 개발하였다. 개발된 환경보건지표는 타당성 분석을 통하여 6개 분야 86개 핵심 환경보건지표로 구축되었다. 핵심 환경보건지표는 시책과제 연계성 분석 및 전문가 자문을 통한 관리방안 및 활용방안을 도출하였다. 개발된 환경보건지표는 정책 제안 활용도 및 경기도 내 28개 시, 3개 군 특성을 고려한 세부 환경보건지표 개발 등 후속 연구를 통하여 보완될 예정이다.

감사의 글

본 논문은 경기녹색환경지원센터(2024년 연구개발사업)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Corvalán C, Briggs D, Kjellstrom T. Linkage methods for environment and health analysis: general guidelines-development of environmental health indicators. Geneva: World Health Organization; 1996. Report No.: WHO/EHG/95.26. p. 19-54.
- Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Environmental Health, Division of Environmental Hazards and Health Effects. Environmental public health indicators. Available: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/21578> [accessed 26 June 2024].
- World Health Organization (WHO). Environmental health indicators: framework and methodologies. Geneva: WHO; 1999 Sep. Report No.: WHO/SDE/OEH/99.10.
- Environmental Health Intelligence New Zealand. What are environmental health indicators? Available: <https://www.ehinz.ac.nz/indicators/overview/about-the-indicators/> [accessed 14 October 2024].
- Dalbokova D, Krzyzanowski M. Environmental health indicators: development of a methodology for the WHO European Region. *Stat J UN Econ Comm Eur*. 2002; 19(1-2): 93-103.
- Hambling T, Weinstein P, Slaney D. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. *Int J Environ Res Public Health*. 2011; 8(7): 2854-2875.
- World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe. Environmental health indicators for Europe : a pilot indicator-based report. Copenhagen: WHO; 2004 Jun. Report No.: EUR/04/5046026.
- Briggs D. Making a difference: indicators to improve children's environmental health. Geneva: World Health Organization; 2003.
- Centers for Disease Control and Prevention. National environmental public health tracking network. Available: <https://ephrtracking.cdc.gov/> [accessed 14 October 2024].
- Australian Institute of Health and Welfare. Climate change and environmental health indicators: reporting framework. Available: <https://www.aihw.gov.au/reports/environment-and-health/climate-change-and-environmental-health-indicators/summary> [accessed 26 June 2024].
- Environmental Health Intelligence New Zealand. Environmental Health Indicators list. Available: <https://www.ehinz.ac.nz/indicators/overview/indicator-list/> [accessed 14 October 2024].
- Departement Omgeving. Onderwerpen. Available: <https://indicatoren.omgeving.vlaanderen.be/onderwerpen> [accessed 14 October 2024].
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). MIRA indicator report 2011. Available: https://emis.vito.be/sites/emis/files/articles/2115/2013/MIRA_Indicatorrapport_2011.pdf [accessed 26 June 2024].
- Goldman L, Christine C, Institute of Medicine (U.S.). Environmental health indicators: bridging the chasm of public health and the environment: workshop summary. Washington D.C.: National Academies Press; 2004.
- Lee YM, Jung SW, Choi W, Park KH, Lee CW, Yu SD, et al. Development and prospects of environmental health indicators in Korea. *J Environ Health Sci*. 2016; 42(5): 293-301.
- Lee JT. An overview of current trends of studies about environmental health indicators in Korea. *J Environ Health Sci*. 2014; 40(2): 71-80.
- Bae MK. Development and application of environmental health indicators in Chungcheongbuk-do. Available: https://www.cri.re.kr/bbs/board.php?bo_table=010201&wr_id=365 [accessd 26 June 2024].
- Korea Statistical Information Service. Statics by topic. Available: https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01 [accessed 14 October 2024].
- National Institute of Environmental Research (NIER). Annual report of air quality in Korea, 2022. Incheon: NIER; 2023. Report No.: NIER-GP2023-046.
- Gyeonggi-do. Gyeonggi-do environmental health plan (2023~2030). Available: <https://www.gg.go.kr/contents/contents.do?ciIdx=987057&menuId=265983> [accessed 26 June 2024].
- National Institute of Environmental Research. Research on community environmental health assessment methods 2008~2009. Available: <https://ecolibrary.me.go.kr/nier/#/search/detail/5515055> [accessed 26 June 2024].
- National Institute of Environmental Research (NIER). A study on environmental health assessment with environmental health indicators. Incheon: NIER; 2018 Dec. Report No.: NIER-RP2018-160.
- Briggs D. Making a difference: indicators to improve children's environmental health. Geneva: World Health Organization; 2003.
- European Environment Agency. EEA core set of indicators 2003. Available: <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/europe/monitoring/StPetersburg/EEA%20Core%20Set%20of%20Indicators%20>

- rev2EECCA.pdf [accessed 26 June 2024].
25. UNICEF China. Prioritizing children: environmental health indicators for China. Available: <https://www.unicef.cn/en/reports/prioritizing-children-environmental-health-indicators-china> [accessed 26 June 2024].
 26. Council of State and Territorial Epidemiologists. Environmental health activities: indicators. Available: <https://www.cste.org/group/Indicators> [accessed 14 October 2024].
 27. California Office of Environmental Health hazard Assessment. Indicators overview. Available: <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/indicators> [accessed 14 October 2024].
 28. New York State. Environmental public health tracking in action. Available: https://www.health.ny.gov/environmental/public_health_tracking/tracking_action.htm [accessed 14 October 2024].
 29. Commission for Environmental Cooperation. Children's health and the environment in North America. Available: <http://www.cec.org/publications/childrens-health-and-the-environment-in-north-america/> [accessed 26 June 2024].
 30. Connecticut's Official State Website. Environmental public health indicators. Available: <https://portal.ct.gov/dph/environmental-health/environmental-public-health-tracking/environmental-public-health-indicators> [accessed 14 October 2024].
 31. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Environmental justice index indicators. Available: <https://www.atsdr.cdc.gov/place-andhealth/eji/indicators.html> [accessed 26 June 2024].
 32. Ahmed AK, Ferring A, Ruiz LI. Manual on environmental health indicators and benchmarks: human rights perspectives science and human rights program. Available: <https://www.aaas.org/sites/default/files/s3fs-public/EnvironmentalHealth.pdf> [accessed 26 June 2024].
 33. Park S, Hwang JY, Kim H, Lee Y, Kim J, Ahn Y. Results of the 2022 heat-related illness surveillance. *Public Health Wkly Rep.* 2023; 16(9): 241-252.
 34. National Institute of Environmental Research (NIER). 2022 National pollution source survey report (based on 2021 data). Incheon: NIER; 2023. Report No.: NIER-GP2023-001.
 35. National Assembly Research Service. 2023 Provincial policy issues survey: results report. Available: <https://www.nars.go.kr/report/view.do?categoryId=&cmsCode=CM0019&brdSeq=45295> [accessed 26 June 2024].
 36. Gyeonggi-do. Current status of administrative districts. Available: <https://www.gg.go.kr/contents/contents.do?ciIdx=468&menuId=1831> [accessed 14 October 2024].
 37. Gyeonggi-do. Gyeonggi-do soil conservation plan (2017~2026). Available: https://ebook.gg.go.kr/20191104_101904 [accessed 26 June 2024].
 38. Korea Disease Control and Prevention Agency. 2023 annual heat-related disease from heatwaves report. Available: <https://www.kdca.go.kr/contents.es?mid=a20308040106> [accessed 26 June 2024].
 39. Lee J, An D, Ahn Y. Results of the 2022-2023 「winter cold-related illness surveillance」. *Public Health Wkly Rep.* 2024; 17(5): 167-180.
 40. National Institute of Chemical Safety. Pollutant release and transfer registers information system. Available: <https://icis.me.go.kr/prtr/prtrInfo/chartAreaSearch.do> [accessed 14 October 2024].
 41. Jung SW, Lee YM, Hong SJ, Chang JY, Yu SD, Choi KH, et al. A case study on the evaluation of environmental health status based on environmental health indicators. *J Environ Health Sci.* 2016; 42(5): 302-313.
 42. Meadows D. Indicators and information systems for sustainable development. Available: <https://donellameadows.org/archives/indicators-and-information-systems-for-sustainable-development/> [accessed 26 June 2024].
 43. Won JS, Kim HM, Kim SG, Kim SR. A study on the development of environmental health indicators in Seoul. Available: <https://www.si.re.kr/node/66410> [accessed 26 June 2024].
 44. Morris GP, Beck SA, Hanlon P, Robertson R. Getting strategic about the environment and health. *Public Health.* 2006; 120(10): 889-903.
 45. Washington State Department of Health. Washington environmental health disparities map. Available: <https://doh.wa.gov/data-and-statistical-reports/washington-tracking-network-wtn/washington-environmental-health-disparities-map> [accessed 14 October 2024].

〈저자정보〉

곽윤경(연구원), 안선민(연구원), 조하진(학생 연구원), 김호현(교수)