

## SWOT 분석을 통한 환경보건 연구의 동향과 전망 고찰

신지훈<sup>1</sup> , 나진성<sup>2</sup> , 김기태<sup>3</sup> , 이종대<sup>4</sup> , 양원호<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 산업보건학과, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 환경규제기술센터, <sup>3</sup>서울과학기술대학교 환경공학과, <sup>4</sup>순천향대학교 환경보건학과

## Trends and Prospective of Environmental Health Research through SWOT Analysis

Jihun Shin<sup>1</sup>, Jin-Sung Ra<sup>2</sup>, Ki-Tae Kim<sup>3</sup>, Jongdae Lee<sup>4</sup>, and Wonho Yang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health, Daegu Catholic University, <sup>2</sup>Eco-testing & Risk Assessment Center, Korea Institute of Industrial Technology, <sup>3</sup>Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, <sup>4</sup>Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University

### ABSTRACT

**Background:** Research in environmental health (EH) is of crucial strategic importance for contemporary society. It is becoming even more critical in light of the increasingly rapid pace of environmental changes, opportunities, and threats.

**Objectives:** This study aimed to identify trends and the prospective of environmental health research using SWOT analysis.

**Methods:** The trends in environmental health research were reviewed in previous studies and reports. Reviewed manuscripts were searched for using the keywords of 'environmental health' and 'environmental hygiene' in the KCI (Korean Journal of Citation Index), KISS (Korean Academic Information), PubMed, and Google Scholar.

**Results:** It is essential to center the EH research agenda around key priorities focusing on technological innovation, job creation, and the increasingly prominent role of the private sector. Given the rapidly evolving global sustainability agenda, greater clarity on the ever-increasing sources of complexity and growing expectations of the public might be needed. This requires the identification of criteria to identify EH research priorities with the ultimate goal of maximizing societal benefit. Public health relevance, such as extent and severity of health impact, level of exposure, and inequalities of effects, could be included.

**Conclusions:** Considering the recent interest in and importance of environmental health, a comprehensive approach to environmental health research should be required through the application of the latest science and technology, citizen participation, and environmental health surveillance systems.

**Key words:** Environmental health, research, prospective, trend

Received September 8, 2022

Revised October 14, 2022

Accepted October 14, 2022

### Highlights:

- Environmental health (EH) indices in Korea still need improvements than those of other developed countries.
- Agenda setting on EH research is essential for technological innovation, job creation, and the roles of the private sector.
- The priorities should be identified among EH relevance with the exposure levels and effects inequalities.

### \*Corresponding author:

Department of Occupational Health,  
Daegu Catholic University, Hayang-eup,  
Gyeongsan 38430, Republic of Korea  
Tel: +82-53-850-3739  
Fax: +82-53-850-3736  
E-mail: whyang@cu.ac.kr

## I. 서 론

환경보건(Environmental Health, EH)은 환경보건법에서 환경유해인자 등이 사람의 건강과 생태계에 미치는 영향을 조사 평가하고 이를 예방하는 것으로 정의하고 있다.<sup>1)</sup> 환경보건학은 환경에서 유해물질의 노출로 인한 인간의 건강영향을 조사

하는 학문이며, 환경보건 분야로는 (1) 환경, 직업 및 식품 독성학, (2) 환경 및 직업의학, (3) 식품 안전, (4) 직업보건 및 안전, (5) 산업위생, (6) 공중보건, (7) 역학, (8) 환경 정책 및 법률, (9) 심리 및 사회학을 포함한 다양한 분야를 제시하였다.<sup>2)</sup> 환경보건은 유해인자의 배출, 환경부하 및 환경영향 모니터링에서 노출·위해성평가(risk assessment)와 위해도관리(risk

management)에 이르는 일련의 환경보건 이슈 해결 과정에 필요한 제반 기술을 수반하는 것이다.<sup>3)</sup>

환경보건은 원인과 경로를 통한 영향의 연계성이 있으며, 인체건강 및 생태계 건전성 확보를 위하여서는 제반 기술 개발이 필요할 것으로 정의의 내리고 있다. 예를 들어 로마, 영국, 미국의 많은 개혁들을 보았던 13~18세기로 거슬러 올라간다. 영국의 변호사이자 사회개혁가인 Edwin Chadwick 경은 발진티푸스와 콜레라의 발생에 대한 광범위한 연구를 수행하였고 '위생적인 생각(sanitary idea)'을 제안하였다.<sup>4)</sup> 이 결과는 환경보건의 노출 및 위해성 평가 방법에 대한 기술개발의 필요성을 제시한다.

환경보건은 질병 예방과 건강지원 환경 조성에 초점을 맞추어 건강에 영향을 미칠 수 있는 모든 물리적, 화학적, 생물학적 요인 및 환경적 요인을 평가하고 통제한다.<sup>5)</sup> 이러한 요인에는 공기, 식품 및 수질 오염 물질, 방사성 핵종, 독성 화학물질, 폐기물, 벡터 매개 질병(vector-borne diseases), 안전 위험 및 서식지 변경이 포함된다. 실제적으로 환경적 요인이 전염병에서부터 정신 건강, 암, 심혈관 질환과 전염성 질병에 이르기까지 인간에게 악영향을 미친다는 것이 보고되고 있다.<sup>6,7)</sup> 이러한 인식 때문에 환경보건은 모든 연령대의 건강한 삶과 웰빙(well-being) 증진을 목적으로 하는 지속가능발전 목표(Sustainable Development Goals, SDG)와 모든 연령대의 위생에 대한 가용성과 지속 가능한 관리를 목적으로 하는 것에 중심으로 자리 잡고 있다. 다른 SDG에도 여러 가지 환경보건 지표가 존재한다.<sup>8)</sup>

한편 세계보건기구(WHO)는 전세계 사망에 약 24% (연간 약 1,370만 명 사망)가 환경유해인자와 연관되어 있다고 보고하였으며, 환경보건 범위는 폭넓게 화학물질들, 방사선 생물학적인 유해인자들의 병리적인 영향이 직간접적으로 건강에 미치는 것과 넓은 의미의 물리적, 정신적 사회적 및 심미적 환경의 안녕을 포함한다고 하였다(Fig. 1).<sup>9)</sup>

환경보건 연구는 현시점에서 국민건강 증진이라는 측면에서 전략적으로 매우 중요하다. 사회환경 변화, 기회 및 위협의 속

도가 점점 빨라지고 있다는 점에서 이러한 환경보건 문제는 더욱 중요해지고 있다. 특히 일부 분야의 공공 예산 감소, 기술 혁신과 일자리 창출에 대한 집중 등 환경보건 의제 중 주요 환경 정책에서 우선순위를 설정하는 것이 필수적이다. 급속히 진화하는 전지구적 지속가능성 의제, 증가하는 복잡성의 원천, 대중의 기대치를 고려할 때 보다 명확성이 필요하다. 이를 위해서는 사회적 편익을 극대화한다는 궁극적인 목표를 가지고 환경보건 연구 우선순위를 식별하기 위한 기준을 마련해야 한다. 이러한 기준에는 공중보건 관련성(예: 보건 영향의 범위와 심각성, 노출수준, 영향의 불평등), 정책 잠재력(예: 복원의 가용성, 실현 가능성), 혁신(예: 새로운 지식과 기존 지식의 개선)이 포함된다.<sup>10)</sup>

우리나라는 환경부 제2차 환경보건종합계획(2021~2030)에서 '안전한 환경, 모두가 건강한 사회'를 비전으로 4대 원칙(사전주의 원칙, 수용체 지향 원칙, 환경정의 구현 원칙, 참여와 알 권리 보장 원칙)과 전략으로 환경유해인자 사전 감시 강화, 환경유해인자 노출관리 강화, 환경성 건강피해 대응능력 강화를 제시하였다.<sup>11)</sup>

환경오염물질 노출에 따른 건강영향의 국민적 관심, 환경성 질환의 사전예방과 생활환경에서 유해인자의 대한 환경보건의 중요성을 고려하여, 본 연구는 우리나라의 환경보건 수준, 그동안의 환경보건 연구 동향을 국내외적으로 고찰하고, 앞으로 환경보건 연구의 전망과 발전방향을 모색하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1.국내외 환경보건 동향 및 전망

환경보건 연구의 동향은 기존에 보고된 국내 논문 및 보고서를 고찰하였다(Fig. 2). 추적 관찰 시기는 2022년 9월 20일 자료를 국내논문 중에서 KCI (한국학술지인용색인), KISS (한국학술정보), 과학기술학회마을, DBPIA에서 주요어로 '환경보

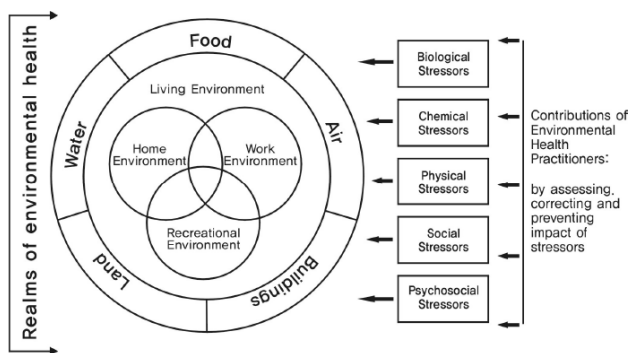


Fig. 1. The scope of environmental health. WHO (2016)<sup>9)</sup>

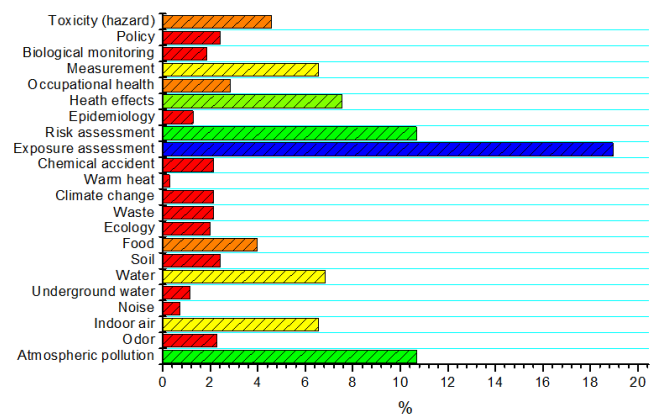


Fig. 2. Rate of manuscripts published on environment health over the past 10 years in Korea

건', '환경위생' 및 '연구'를 입력하여 검색하였으며, 국외논문은 Science Direct, EBSCO Host, PubMed, Google 학술검색을 이용하였다. Key words로 'environment', 'environmental health', 'environmental hygiene' 및 'research'를 이용하였다.

### 2. 환경보건 연구의 SWOT 분석

현재 환경보건 연구에 동향 및 전망을 종합하여 대한 강점(strengths), 약점(weaknesses), 기회(opportunities), 위협(threats)을 확인할 수 있는 SWOT 분석을 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 국내외 환경보건 수준 및 주요 건강영향

미국 예일대학교의 환경법 및 정책 센터에서 보고한 전 세계 180 국가에 대해 지난 10년 동안의 환경실행지수(Environmental Performance Index, EPI)변화를 국가 경제의 환경, 사회 및 경제 역학, 기후변화 및 환경투자 등 40개의 지표를 통해 제시하고 있다.<sup>12)</sup> 본 연구에서는 3개를 선택하여 기후변화(38%), 환경보건(20%), 생태계 활력(42%)의 점수와 국가별 순위를 비교분석하였다. 우리나라의 EPI 지수는 180개 국가 중 63위이며, 기후변화 126위, 환경보건 27위, 생태계 활력 70위였다. 환경보건은 공기질(11%), 위생 및 음용수(5%), 중금속 중 납(2%), 폐기물관리(2%)로 구분하였고, 각각의 순위는

**Table 1.** EPI (Environmental Performance Index) rank score for Korea and other countries

	Korea	Iceland	Denmark	USA	Japan	China	France	Australia
EPI	63	10	1	43	25	160	12	17
Ten-year changes in EPI score	+1.8	+4.4	+14.9	+3.3	+3.2	+11.4	+6.4	+10.3
Climate change - climate change mitigation (38%)	126	27	1	101	85	128	51	71
Environmental health (20%)	27	1	10	22	15	107	12	8
Ten-year changes in environmental health score	+3.8	+2.7	+7.1	+6.6	+1.2	+5.8	+7.7	+10.3
Air quality (11%)	30	1	12	16	13	157	10	6
PM <sub>2.5</sub> exposure (5.2%)	45	1	15	15	17	147	13	1
Household solid fuels (4.2%)	1	1	1	24	1	103	1	22
VOCs exposure (0.2%)	117	10	22	88	64	100	40	125
CO exposure (0.2%)	172*	28	43	82	100	172*	73	60
SO <sub>2</sub> exposure (0.2%)	174*	20	49	127	130	174*	68	120
NOx exposure (0.5%)	174*	26	105	143	151	174*	130	140
O <sub>3</sub> exposure (0.5%)	91	35	87	125	38	169	45	18
Sanitation & drinking water (5%)	23	1	13	26	17	54	16	25
Unsafe drinking water (3%)	26	1	15	23	20	45	17	27
Unsafe sanitation (2%)	1	1	14	35	1	63	1	19
Heavy metals - lead exposure (2%)	16	7	1	31	1	129	20	28
Waste management (2%)	6	5	13	46	47	98	21	11
Ocean plastic pollution (0.5%)	97	16	55	15	121	134	89	73
Recycling (0.5%)	1	4	22	105	135	50	30	5
Controlled solid waste (1%)	12	26	4	15	23	82	14	18
Ecosystem vitality (42%)	70	49	21	57	28	169	15	16
Water resources (3%)	22	66	1	35	23	80	16	11
Agriculture - pesticide (4%)	63	NA	6	39	140	65	70	1
Acid rain (4%)	60	36	1	1	1	1	1	53
Fisheries (5%)	112	69	122	80	91	77	66	99
Ecosystem services (8%)	134	16	144	119	88	114	115	119
Biodiversity & habitat (18%)	78	95	39	80	26	174	6	22

\*No EPI Score : lack of data.  
Yale University(2022)<sup>12)</sup>

30위, 23위, 16위, 6위였다. 이 중 공기질은 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 노출 5.2% (45위), 주택 고형연료 4.2% (1위), 휘발성유기화합물(VOCs) 노출 0.2% (117위), 일산화탄소(CO) 노출 0.2% (172위), 이산화황(SO<sub>2</sub>) 노출 0.2% (174위), 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 노출 0.5% (174위), 오존(O<sub>3</sub>) 노출 0.5% (91위)를 나타내었다. 이 중 CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>는 한국의 자료 부족으로 순위가 매우 낮았다. Table 1은 우리나라와 주요 국가들의 각 지수 순위를 비교한 결과이다. EPI에서 점수 산출에 따른 순위는 각 국가의 기본자료에 한계점이 있지만, 실행 지수를 비교할 경우 주요 선진국가들 또는 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)에 비해서 낮은 순위였으며, 중국보다는 높은 순위를 나타내었다. 특히 PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>와 VOCs의 노출은 문제가 심각한 수준으로 판단할 수 있다. 그리고 지난 10년 한국의 경우 점수에서 3.8 증가한 반면 호주는 10.3이 증가한 것으로 나타났다.

세계보건기구(WHO)에서는 전세계에서 대도시를 뒤덮고 있는 스모그(smog)부터 집안 내 흡연까지 공기오염은 전 세계의 건강에 큰 위협이 되고 있으며, 10명 중 9명이 공기오염물질에 노출되어 심장질환, 뇌졸중, 만성폐쇄성폐질환, 암, 폐렴 등 질병에 걸릴 위험이 높아지고 있다고 보고하였다.<sup>13)</sup> WHO의 최근 2022년 7월 자료에서 연령을 보정한 대기오염 및 실내공기오염으로 인구 10만명 당 사망률을 Table 2에 나타내었다.<sup>14)</sup> 우리나라는 미국과 일본에 비해 공기오염 노출에 따른 건강영향이 높았으며, 중국에 비해서는 낮은 것으로 나타났다. 이것은 공기오염 노출수준이 일본과 미국에 비해 상대적으로 높음을 나타낸다. 그리고, 남성이 상대적으로 여성보다 건강영향이 높은 것을 알 수 있다.

## 2. 환경보건 연구 동향

### 2.1. 국내 환경보건 연구 동향

지난 2012년부터 현재까지 동안의 국내에서 출판된 환경보건 관련 702개 논문에 대한 비율(%)을 Fig. 2에 나타내었다. 보고된 논문에서 노출평가, 위해성평가, 건강영향, 공기오염(대기 및 실내공기) 분야가 높았으며, 상대적으로 지하수, 온열, 소음, 역학 분야는 낮았다. 환경보건의 범위가 매우 넓음을 인지할 때, 상대적으로 매체 중 공기분야는 미세먼지, 건강위해 분야는 노출 및 위해성평가가 높음을 알 수 있다. 이것은 우리나라 국민이 실제적으로 염려하는 위험이 공기질로 환경정책과 연구비가 집중된 것으로 판단할 수 있으며, 그리고 우리가 숨쉬는 공기는 선택의 여지가 적은 반면에 음용수와 음식은 상대적으로 선택이 가능하기 때문에 공기질의 대한 연구가 상대적으로 많은 것으로 판단된다.<sup>15)</sup>

국내의 환경보건 종합 검색을 통한 과학기술 지식인프라(Science ON) 특성을 확인한 결과는 다음과 같다(Fig. 3). 최근

Table 2. Ambient and household air-pollution attributable death rate (per 100,000 population, age-standardized)

	Korea		USA		China		Japan	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Lower respiratory infection	6.77 (3.9~10.66)* 4.9 (2.8~7.83)*	3.74 (2.12~6.07)* 1.83 (0.92~3.4)*	0.79 (0.14~1.92)* 1.22 (0.44~2.4)*	0.61 (0.11~1.49)* 0.85 (0.3~1.66)*	6.81 (5.03~8.39)* 23.23 (15.16~30.97)*	5.74 (4.25~7.07)* 10.06 (6.77~13.07)*	3.93 (1.32~7.6)* 2.22 (1.04~3.77)*	2.06 (0.69~3.98)* 0.66 (0.31~1.13)*
Trachea, bronchus, lung cancers	3.79 (1.94~6.59)*		1.01 (0.36~1.99)*		16.39 (10.75~21.41)*		1.34 (0.63~2.28)*	
Ischemic heart disease	6.35 (4.96~8.47)* 4.89 (3.53~6.67)*	3.46 (2.21~4.92)* 2.27 (1.96~5.98)*	10.22 (7.08~13.45)* 1.6 (0.88~3.34)*	5.24 (3.13~7.71)* 1.48 (0.62~3.87)*	33.18 (25.19~42.3)* 33.66 (24.84~43.77)*	31.89 (23.76~41.64)* 28.56 (20.82~37.21)*	5.2 (3.6~6.83)* 2.99 (1.69~5.8)*	2.57 (1.41~3.94)* 1.86 (0.7~4.63)*
Stroke	5.21 (3.74~7.5)* 4.22 (2.81~6.64)*	2.27 (1.96~5.98)* 1.6 (0.83~2.64)*	1.55 (0.75~3.69)* 2.23 (0.59~4.57)*	1.55 (0.75~3.69)* 2.77 (0.73~5.66)*	30.99 (22.73~40.19)* 29.27 (17.53~40.13)*	32.61 (24.56~41.19)* 24.04 (17.17~30.19)*	3.85 (2.43~5.43)* 2.40 (1.11~5.35)*	2.57 (1.41~3.94)* 0.93 (0.35~1.67)*
Chronic obstructive pulmonary disease	4.48 (2.33~7.03)* 2.68 (1.39~4.23)*	1.6 (0.83~2.64)* 2.46 (0.65~5.03)*	2.46 (0.65~5.03)*		26.50 (18.7~33.95)*		2.38 (0.9~4.28)* 1.51 (0.57~2.72)*	
Total	29.38 (22.95~42.12)* 20.48 (15.88~29.53)*	14.01 (10.60~20.58)*	16.6 (12.16~21.41)* 13.31 (9.51~17.78)*	10.41 (7.17~14.57)*	126.1 (96.14~154.8)* 112.7 (86.27~137.5)*	100.3 (76.55~122.33)*	16.71 (12.49~22.33)* 11.92 (8.65~16.31)*	8.08 (5.56~11.46)*

\*95% confidence interval. WHO(2022)<sup>14)</sup>

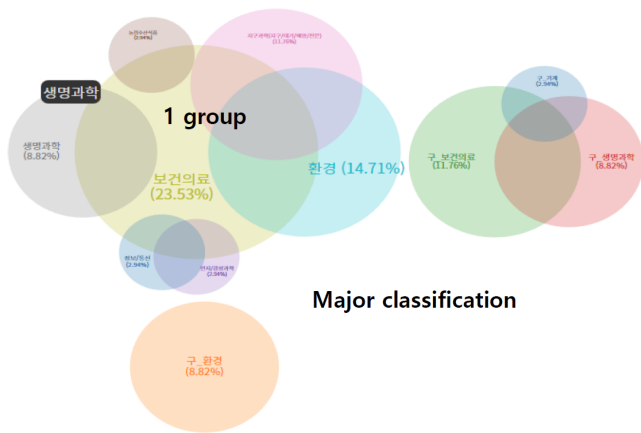


Fig. 3. Characteristics of the classification system of domestic and foreign environmental health from 2004 to 2022 with major classification

12년간의 연구수행 및 논문의 자료 중심으로 전체 검색 건수 52,652건으로 확인되었으며, 보안을 제외한 확인 가능한 자료에 따르면, 과제(33,795건), 대분류(Major classification)에서는 보건의료가 23.53%, 환경(14.71%), 지구과학(11.76%) 및 생명과학(8.82%) 순이었다. 전체 과거의 보건의료와 환경에 중요성을 포함하면 매우 높은 보건의료(약 35%)와 환경(23%)은 절반 이상을 나타내었다. 집단을 형성하는 대분류의 1그룹은 보건의료, 환경, 생명과학, 지구과학, 정보 및 통신, 농림수산식품으로 그 외에 과거의 자료로 형성하고 있다.

향후 환경보건의 정확한 지식을 확인하기 위해서 분류체계의 상관성을 확인한 결과는 Fig. 4와 같다. 중분류에서는 대기과학과 대기질관리가 각각 10%로 확인되었으며, 환경보건과 의생명과학에서도 각각 7.5% 순으로 중분류의 특징은 환경보건, 대기과학, 대기질 관리가 1 group을 형성하며, 의생명과학, 식품안전관리, 면역학 및 생리학의 2 groups에서 형성하고, 마지막으로 환경보건과 생물학 면역에 형성하고 있는 특성을 확인하였다. 소분류의 특성에서는 1 group에서 독성, 위해성평가, 위해관리, 오존 및 안전성 관리로 구성하고 있으며, 2 groups에서는 융합바이오, 의약품 및 개발, 치료 및 진단기기로 구성하고 있으며, 3 groups에서는 광응용기기, 기능복원, 보조 및 복지기기 중심으로 확인되었으며, 4 groups에서는 식품미생물 및 식중독관리, 미생물 및 기생생물학, 선천성 면역으로 확인되었다.

2.2. 유럽과 미국의 환경보건 연구 동향

국외의 환경보건 연구 동향은 유럽 환경 및 보건 실천 계획 (European Environment and Health Action Plan, 2004~2010)이 중요한 참고 자료였다.<sup>16)</sup> 이 계획에서 13개 행동 지침이 구축되어 과학적 근거를 토대로 새로운 건강 위협을 파악하고 예

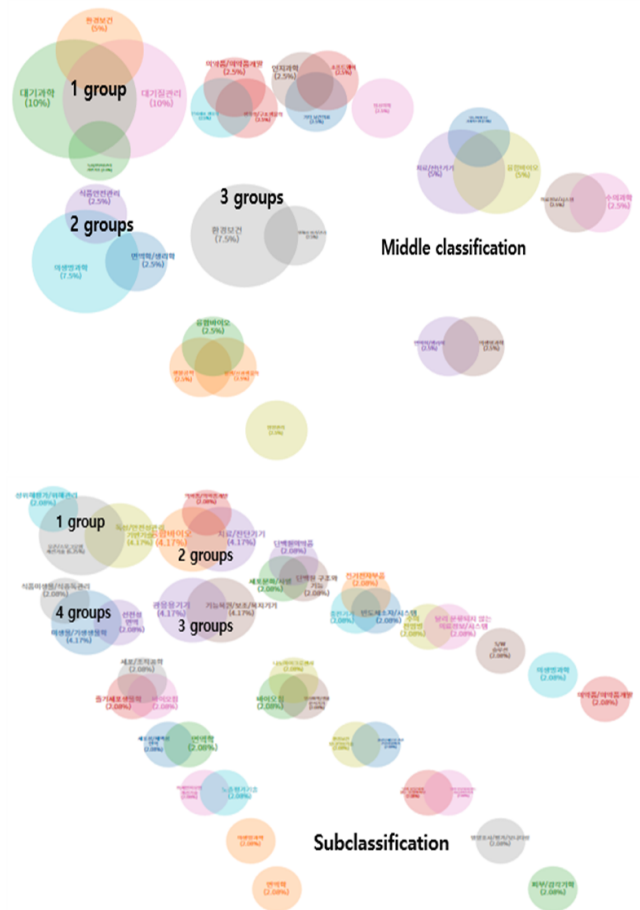


Fig. 4. Characteristics of the classification system of domestic and foreign environmental health from 2004 to 2022 with middle classification and sub-classification

방하여 환경적 요인으로 인한 질병 부담을 줄이는 것을 목표로 하였다. 실행 계획은 유럽 환경보건 연구와 정책에서 추구되어 온 다음과 같은 목표를 수립하는 데 기여하였다. 통합 환경보건 정보 저장소를 개발하여 발생원, 오염물질 및 건강영향 간의 연관성을 조명함으로써 정보 사슬을 개선한다(Actions 1~4). 이를 위해 특정 출력물에는 공개적으로 사용 가능한 화학 모니터링을 위한 정보 플랫폼(IPChEM) 온라인 저장소가 포함되며, 2,300만 개 이상의 인간 생체 모니터링 및 환경 측정 데이터 기록을 제공하고 있다.<sup>17)</sup> 유럽 인간 생물 모니터링 주도권(HBM4EU)의 자금 지원 또한 유럽환경청(EEA)과 유럽위원회(EC) 공동연구센터(JRC)가 공동으로 여러 환경보건 간행물을 제작하였다. 환경보건 연구를 강화하고 새로운 문제를 파악하여 지식 격차를 해소하였다(Action 5~8). 2017년 유럽연합(EU) 프로그램을 통한 환경보건 지원 검토 결과는 약 2억 2,800만 유로의 최근 동향과 총 투자를 강조하였다.<sup>18)</sup>

Table 3은 연구 분야별 및 건강영향으로 유럽연합의 환경보

**Table 3.** European Commission funding for EH research (relative funding allocations to allocated to various focus areas in Horizon 2020 out of the total of 228 million euros allocated by the EU)

Research area	Allocation (%)
Nanomaterials safety and risks	19
Chemical exposures and risks	18
Environmental/lifestyle determinants and risk factors of health and disease/ageing	19
Climate change	11
Pollution/contamination monitoring and mitigation	10
Environmental/public health policies and interventions, health impact assessment, foresight	9
Ionizing radiation risks	8
Air pollution risks	6

Health end-points/outcomes	Number of projects
Toxicological end-points	20
Effects on brain	16
Respiratory effects/lung function	8
Well-being/quality of life	8
Asthma and allergy, immune effects	8
Cardiometabolic outcomes	8
Cancer	4
Healthy ageing	4

건을 분류한 것이다. 연구분야로 나노입자의 안전위해, 화학물질 노출과 건강위해, 건강과 질병의 위해요인이 높게 할당되고 있으며, 연구과제 수는 독성 종말점과 두뇌 영향이 높았다. 우리나라와 비교할 때 연구분야가 다소 차이가 있지만, 대분류 측면에서 비슷한 경향을 나타내고 있었다.<sup>19)</sup>

미국 환경보호청(US EPA)의 연구동향은 인간의 건강과 환경을 보호한다는 목표를 가지고 4가지의 전략을 수립하였다. 과학적 무결성 및 과학을 기반으로 한 의사 결정의 보장, 전 생애 단계 및 취약계층에 대한 어린이 건강을 고려, EPA 조직적 우수인력 및 형평성 향상, 부족민, 지역협력 및 참여 강화를 선정하였다. 4가지 전략 및 현재 범지구적인 환경보건 문제와 자국민 보호를 위한 법률 등을 고려하여 7가지 목표를 정하여 주제를 선정하였다. 주요 목표로는 기후변화 대응, 환경정의와 시민권 보장을 위한 조치 사항, 환경법 시행에 따른 준수사항, 지역사회의 대기과 수질 관리, 지역 주민과의 지역사회 보호 및 활성화, 화학물질에 대한 안정성 확보를 정하여 2022년부터 2026년까지의 환경보건의 대한 전략 계획 체계/framework를 실행하고 있다(Fig. 5).<sup>20)</sup>

### 3. 환경보건 연구 전망

환경보건 연구는 복합적이라는 것을 인식하는 것이 중요하다. 환경보건의 주요 연구방향은 병리학적 연구(질병의 환경적 원인 규명에 초점을 맞춤), 노출평가 및 노출 관련 과학(환경보건 조사를 위한 방법 및 도구 개발), 가설 생성 연구(기존 데이

터를 활용하여 인간 건강에 있어 환경의 역할에 대한 새로운 제안), 기술 연구(질병 및 알려진 건강 위협의 발생, 위험 및 분포 기록), 개입 연구(정책 대응 또는 공식적인 무작위 시험의 효과 분석을 위한 연구), 기회주의적 연구(특정 대규모 사건, 자연 실험), 다양한 유형의 건강영향평가(위해성평가)에서 참여형 과제까지의 광범위하다.<sup>21)</sup> 다양한 유형의 연구의 장단점은 상황에 따라 달라질 수 있으며 이러한 연구 중 일부는 독창적인 지식의 생성보다는 측정에 더 많이 의존하는 것으로 간주될 수 있다. 하지만, 환경보건 연구가 무엇인지를 정의하는 것은 고사하고 작업을 상호 배타적인 범주로 분류하는 것은 어렵다.

발표된 많은 환경보건 연구들은 유해인자와 건강영향의 연관성을 나타내기 어렵기 때문에 추가적인 연구의 필요성을 나타내지만, 많은 투자를 요구하거나 오랜 시간이 걸리는 연구가 있다. 그러나, 긴급한 환경보건 문제에 직면했을 때 연구 결과를 기다리는 것은 바람직하지 않고, 역효과를 낼 수 있다. 과학적 증거는 인간의 건강에 영향을 미친다는 것이다. 확장된 역학연구는 위험에 처한 지역사회로부터 초점을 옮기거나 기대를 높일 수 있으며, 결과의 불확실성은 결정론적 방법이 적용되어 예측하거나 확률론적 방법이 적용되어 질적 확실성과 양적 불확실성을 결합하기 때문에 문제로 이어질 수 있다. 지진, 쓰나미, 화산폭발같이 자연재해로 인한 예측이 불가능한 불확실성이 존재하기 때문에, 잠재적으로 필요한 조치를 방해하고 지연시킬 수 있다.<sup>22)</sup>

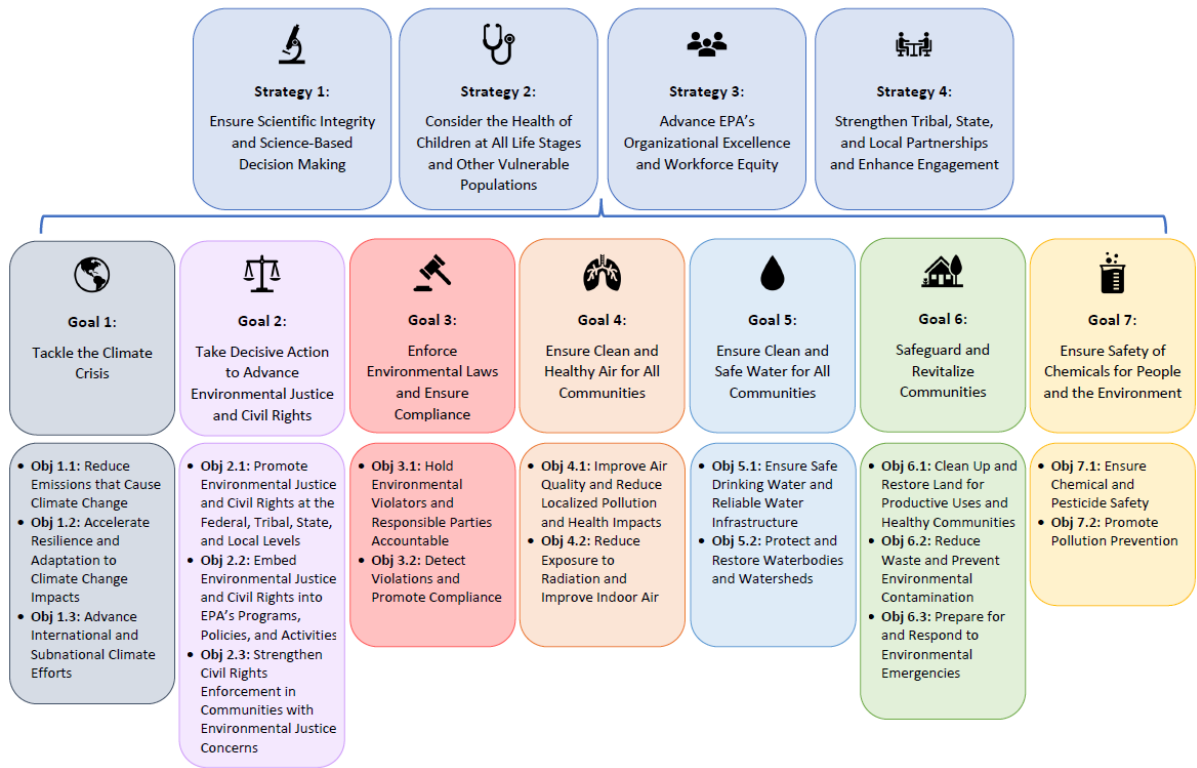


Fig. 5. FY 2022~2026 EPA Strategic Plan Framework. U.S. Environmental Protection Agency (2022)<sup>20)</sup>

3.1. 복합성의 포용

WHO<sup>23)</sup>가 1990년부터 2008년까지 우선순위로 식별한 많은 환경보건 관련 문제들은 오늘날 유럽 및 각 지역에서 여전히 발생하고 있다. 그러나 다차원 및 복잡성을 가지고 예측된 기후변화보다 빠른 진행, 일반인의 건강과 환경에 대한 욕구, 현재 환경보건 연구는 이러한 빠른 변화 속도에 맞춰 연구의 방향성에 대한 시야를 넓혀야 하고, 환경보건 위해성을 계속 감시해야 한다. 이것은 에너지 및 폐기물 생산, 도시 및 교통 계획, 농업 및 식량 안보와 같은 영역에 대한 정책의 건강영향평가, 또는 여러 부분을 통합할 수 있는 연구에 대한 요구와 필요성을 느끼기 때문이다.<sup>23-26)</sup>

Huss 등(2022)<sup>27)</sup>은 건강과 기후변화의 네 가지 영역인 가정 에너지, 운송, 식량 및 농업, 전기 발전에 대한 저감 방법을 평가했다. 이를 통해 일반인의 소비 경향 및 기술, 생산공정과 같은 사회경제적 시스템과 이를 통한 생물다양성 손실, 자원이용 등 포괄적인 환경보건 문제를 빠르게 이해하고 관리하는 것을 통해 온실가스 배출을 줄이기 위한 조치는 일부 건강 편익으로 이어질 수 있다고 하였다.

3.2. 주요 영역 변화

광범위한 환경보건 연구 범위를 반영하여 위해 요인에서 광범위한 결정 요인군에 이르는 전통적인 주제와 새로운 주제를

모두 환경보건에 영역에 포함한다. 주요 영역은 노출체(exposure), 기후변화, 공기오염, 수질 토양 및 음식, 도시 건강(녹색공간, 소음, 빛), 산업적으로 오염된 지역, 내분비계 교란, 신독성 스크리닝, 생체시료 등으로 분류할 수 있다. 한편, 유럽 연합에서는 보건 및 환경연구 의제(Health and Environment Research Agenda, HERA)에서 연구 영역과 연구 격차(research gaps)로 다음의 3가지를 제안하고 있다. 첫째, 환경 노출 및 건강영향(environmental exposures and human health)은 도시환경, 생물학적 유해인자, 화학물질, 수질오염, 이온화 및 비이온화 방사선, 플라스틱, 둘째, 환경과 인간건강 접근을 기본으로 한 문제 또는 영역(problem/sector based approaches to environment and human health)의 경우 기후변화, 도시화, 생물다양성 손실, 교통, 셋째, 환경과 인간건강의 종합적인 접근(holistic approaches to environment and human health)은 생태계, 사회경제적 요인, 환경정의 및 평등, 지속 가능한 경제 성장, One-Health 개념, 지구건강, 윤리 및 철학, 변혁적 변화 또는 완화 조치이다.<sup>28)</sup> 이를 통해 EH연구의 주요영역과 관련된 전문가와 협업하여 영역을 확장하여 포괄적인 위해성 평가 및 소통이 이루어져야 한다. 연구와 정책 흡수의 간극을 메우기 위해 약진이 이뤄져야 하고, 특히 일부 분야의 공공 예산 감소, 기술 혁신과 일자리 창출에 대한 집중, 민간 부문의 점점 더 중요한 역할을 고려하여 환경보건 연구 의제를 주요 우선순위에 설정하는 것

이 필수적이다.<sup>29)</sup>

### 3.3. 새로운 방법론적 접근

현대 환경보건 문제들은 새로운 종류의 과학을 생성했으며, 특히 새로운 방법과 접근방법에 대한 개발의 필요성을 측면에서 도전을 제기하였다. 시스템 또는 네트워크 의학, 공동 질병성, 환경보건 관련 환경과 건강 사이의 상호작용을 보호하거나 약화되거나 변이 연구 및 불확실성 분석은 추가적인 학제간 연구를 자극해야 하는 영역의 몇 가지 예이다. 새로운 과학과 인간의 초기 생애 노출과 만년의 건강영향 사이의 연결은 미래 환경보건 연구에 특히 흥미로운 과제가 될 수 있다. 환경 매체를 중심으로 오염정도에 대한 데이터베이스(DB)를 바탕으로 환경오염원에 대한 역추적, 원격/위성 기반 측정을 통한 개인노출 센서를 통한 개인노출 평가 등 통합하기 위한 중재 분석 및 기반 구축 환경에서 다중 노출의 영향을 관리하는 중요한 것으로 평가될 수 있다.<sup>30)</sup>

### 3.4. 정책 및 공공참여

빠르게 진화하는 글로벌 지속가능성 의제와 증가하는 복잡성의 원천, 대중의 기대치를 고려할 때 보다 명확한 연구방향 및 협업이 필요하다.<sup>31)</sup> 이를 위해서는 사회적 편익을 극대화한다는 궁극적인 목표를 가지고 환경보건 연구 우선순위를 식별하기 위한 기준을 마련해야 한다. 이를 통해 결정된 환경문제에 대해서 일반대중과의 거버넌스(governance)를 구축하여 지속

적인 환경보건 문제에 대한 전문가와 일반인의 협동을 통해 해결되어야 한다. 이것은 광범위한 공중보건 문화를 통합하고 사회 내에서 과학과 연구의 역할을 보존하는 데 중요하다.<sup>32)</sup> 우리가 직면하고 있는 주요 환경보건 문제를 해결하기 위해서는 체계적이며, 참여적이고, 광범위한 정보에 입각한 다양한 공동체를 구성하여 시민참여과학(science of citizen)과 환경보건 서비스를 통합한 환경보건감시체계의 구축이 필요하다(Fig. 6).<sup>33,34)</sup>

## 4. SWOT Analysis를 통한 환경보건 연구

환경오염과 유해화학물질 등이 국민건강 및 생태계에 미치는 영향·피해를 조사·규명·감시를 통한 예방에 따른 관리는 전세계적으로 환경보건의 표본이 된다(Fig. 7). 과거에는 환경오염 및 환경보건의 사후 관리 중심 정책에서 벗어나 수용체의 사전 예방 측면으로 접근해야 한다. 환경보건 연구의 주요대상은 어린이, 취약계층 등의 건강 사전 피해 예방을 추진에 활발하게 구성되고 있는 점을 강점으로 판단한다.

약점은 환경보건에 직접적인 환경성질환 중에서 23개의 호흡기계통의 환자수는 증가하는 반면, 면역과 환경관리 및 환경보호의 정책에는 많이 부족한 실정이다. 환경보건 종합계획의 수립 및 이행을 통해 수용체 중심의 정책을 사후 관리에 초점을 두어서 정책 수립시 뒷받침할 주기적인 기술개발이 부족하다. 환경부에 따르면 획일화된 중앙정부 관리에 따른 배출원의 정확성과 사업장의 배출되는 유해인자의 특성과 다른 경우 등이 많은 사업 및 연구에 한계점으로 나타내고 있으며, 향후 이

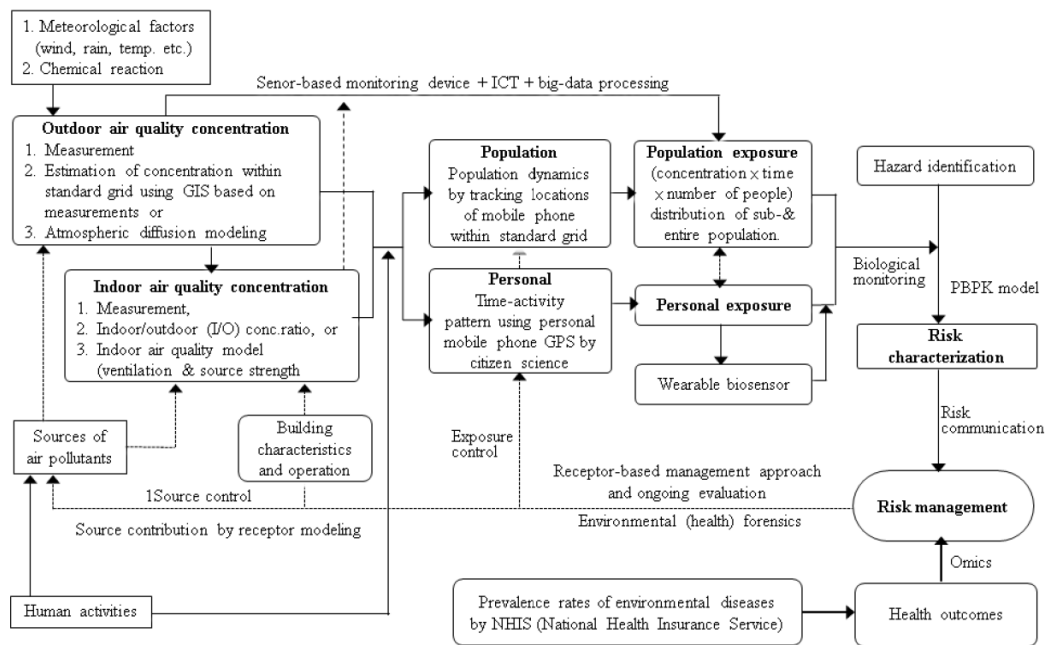


Fig. 6. General overview of environmental health surveillance system in air pollution including science of citizen and environmental health service





Fig. 7. Analysis of domestic and international results of environmental health through SWOT analysis

를 보완하는 것이 시급한 것으로 확인된다.<sup>35)</sup>

기회에서는 규제를 통한 환경보건정책 부서(환경보건정책과, 화학물질과, 생활환경과, 환경보건관리과)의 관리, 그리고 소관법으로서, 「환경보건법」, 「유해화학물질 관리법」, 「실내공기질 관리법」이 있다. 그리고 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률이 제정되어 국내에서 제조되거나 사용의 관리로 환경보건의 발전에 기여를 할 수 있다.

위협에 대한 분석에서는 국가 우선 관리대상물질(통합 위해성평가 사업 추진, 초기위해성 평가) 관리기반 구축이 필요하며, 잔류성 유기오염물질 관리 강화에 따른 사업장의 배출량 산정 및 관리대상 시설 확대가 필요하다. 내분비계 장애 추정 물질 관리, 화학물질 평가에 의한 사전예방적 위해관리 외에 화학물질 유통 및 배출량 조사 강화를 많은 사업에서 위협으로 평가되고 있다.

#### IV. 결 론

환경보건 연구는 현대 사회에 있어 전략적으로 매우 중요하다. 환경 변화, 기회 및 위협의 속도가 점점 빨라지고 있다는 점에서 이러한 문제는 더욱 중요해지고 있다. 국내 EPI는 기후변화에 취약한 것으로 나타났으며, 특히 PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>와 VOCs의 노출은 지수가 특히 낮아 심각하다. 대기 및 실내공기오염으로 인한 사망률은 중국에 비해 낮으나, 일본과 미국보다는 높았다. 국내 환경보건 연구의 경우 노출평가, 공기오염, 위해성평가의 연구가 대부분으로 소음, 온열, 지하수 등의 다양한 연구가 확대되어야 한다. 환경보건의 공기를 중심으로 연구 및 논문의 수

행의 목적으로 확인된 자료를 대·중·소분류의 체계에 따른 결과를 확인했으며, 향후 결과보고서 및 논문의 특성에서 확인한 결과는 공기 오염물질과 환경보건 및 역학에 주요한 관점으로 확인되는 것으로 국내의 종합적인 의견으로 결론을 확인하였다. 국외 사례 중 유럽은 실천계획을 수립하여 행동지침을 수립하고 있다. 주요 환경오염 지역의 감시체계 및 모니터링을 위한 플랫폼을 구축하고 환경적 요인의 개선과 노출을 예방을 할 수 있도록 환경보건 분야의 대한 투자를 강조하였다.

WHO, EU, US EPA 등 국제기관의 환경보건 문제에 대한 우선순위를 지속적으로 권고하고 순차적인 예방을 하였다. 이에 대한 다차원과 복합성을 인식하고 기후변화 및 환경오염의 대한 다방면의 고려가 필요하며, 여러 관계부처 및 다양한 분야의 협력을 통하여 인간 건강영향에 대한 여러 변화가 필요하다. 주요 영역으로 도시환경, 생물학적 유해인자, 방사선, 플라스틱 등이 있으며, 기후변화 및 도시화, 환경과 인간의 대한 생태계, 사회경제적 요인, 지구건강 등이 필요하다.

예측보다 더 빠르게 다가오는 기후변화 및 환경문제에 대해서 시스템 및 네트워크 의학, 환경보건의 변이 연구 및 불확실성 분석에 대한 영역의 확대가 필요하다. 이러한 연구가 확대되어 정부의 정책에 적극 활용되어야 하며, 환경보건에 대한 대중들의 인식도 향상, 지역 간 환경문제 간의 관계 개선을 위해 환경보건 서비스를 통합한 감시체계를 구축을 확대해야 한다. 관계기관과 연구자, 일반 대중들 간의 협의와 거버넌스를 통해 입장 차를 줄여가 서로 협력한다면 여러 환경보건 문제가 해소될 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 환경성질환 예방관리 핵심 기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호: 2021003320008).

## Conflict of Interest

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

## References

1. Ministry of Environment. Environmental Health ACT. Available: <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?efYd=20210706&lsiEq=228147#0000> [accessed 31 August 2022].
2. Wexler P. Encyclopedia of Toxicology, 3rd ed. London: Academic Press; 2014. p.375-377.
3. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (KISTEP). Preliminary Feasibility Report of the Environmental Health Action Program 2010. Eumseong: KISTEP; 2011.
4. Kotchian S. Perspectives on the place of environmental health and protection in public health and public health agencies. *Annu Rev Public Health*. 1997; 18(1): 245-259.
5. World Health Organization. Environmental Health. Available: [https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab_1) [accessed 31 August 2022].
6. National Environmental Health Association (NEHA). The future of environmental health: part one. *J Environ Health*. 1992; 55(4): 28-32.
7. Marshall L, Weir E, Abelsohn A, Sanborn MD. Identifying and managing adverse environmental health effects: 1. Taking an exposure history. *CMAJ*. 2002; 166(8): 1049-1055.
8. Plume R, Page A. Evolving Models of Environmental Health Service Delivery: A Real-Time Experiment? In: Chartered Institute of Environmental Health: 115th Annual Conference: Health for our Future, 20-21 Oct 2015, Nottingham.
9. World Health Organization. Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196> [accessed 31 August 2022].
10. Drakvik E, Kogevinas M, Bergman Å, Devouge A, Barouki R; HERA (Health and Environment Research Agenda) Consortium. Priorities for research on environment, climate and health, a European perspective. *Environ Health*. 2022; 21(1): 37.
11. Various Ministries. The 2nd Comprehensive Environmental Health Plan(2021-2030). Sejong: Ministry of Environment; 2020.
12. Yale University. Environmental Performance Index 2022. Available: <https://epi.yale.edu/> [accessed 31 August 2022].
13. World Health Organization. 9 out of 10 People Worldwide Breathe Polluted Air, but More Countries are Taking Action. Available: <https://www.who.int/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action> [accessed 31 August 2022].
14. World Health Organization. Indicator 3.9.1: Mortality Rate Attributed to Household and Ambient Air Pollution (per 100 000 population, age-standardized). Available: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-and-household-air-pollution-attributable-death-rate-\(per-100-000-population-age-standardized\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-and-household-air-pollution-attributable-death-rate-(per-100-000-population-age-standardized)) [accessed 31 August 2022].
15. Anderson HR. Air pollution and mortality: a history. *Atmos Environ*. 2009; 43(1): 142-152.
16. Health and Environment Alliance (HEAL). The EU Environment and Health Action Plan (EHAP). Brussels: Belgian Federal Minister; 2010.
17. European Commission. Information Platform for Chemical Monitoring. Available: <https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/> [accessed 31 August 2022].
18. Karjalainen T, Hoeveler A, Draghia-Akli R. European Union research in support of environment and health: Building scientific evidence base for policy. *Environ Int*. 2017; 103: 51-60.
19. European Commission. New Health Horizon 2020 Research Projects in 2020. Available: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research\\_and\\_innovation/research\\_by\\_area/documents/ec\\_rtd\\_new-health-h2020-projects.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/ec_rtd_new-health-h2020-projects.pdf) [accessed 31 August 2022].
20. U.S. Environmental Protection Agency. EPA Strategic Plan. Available: <https://www.epa.gov/planandbudget/strategicplan> [accessed 31 August 2022].
21. Reis J, Spencer PS. Decision-making under uncertainty in environmental health policy: new approaches. *Environ Health Prev Med*. 2019; 24: 57.
22. World Health Organization. Protecting Health from Climate Change: Global Research Priorities. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241598187> [accessed 31 August 2022].
23. World Health Organization. Overview of the Environment and Health in Europe in the 1990s. Geneva: World Health Organization; 1999.
24. Wieringa K. Environment in the European Union 1995 - Report for the Review of the Fifth Environmental Action Plan. Copenhagen: European Environment Agency; 1995.
25. European Environment Agency. The European Environment - State and Outlook 2020: Knowledge for Transition to a Sustainable Europe. Available: <https://www.eea.europa.eu/soer/2020> [accessed 31 August 2022].
26. Haines A, McMichael AJ, Smith KR, Roberts I, Woodcock J, Markandya A, et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *Lancet*. 2009; 374(9707): 2104-2114.
27. Huss A, Peters A, Zhao T, Barouki R, Kogevinas M, Vermeulen R, et al. Setting the European environment and health research agenda - under-researched areas and solution-oriented research. *Environ Int*. 2022; 163: 107202.
28. European Union. European Commission - The European Green Deal. Brussels: European Commission; 2019.
29. Sorek-Hamer M, Chatfield R, Liu Y. Review: strategies for using

- satellite-based products in modeling PM<sub>2.5</sub> and short-term pollution episodes. *Environ Int.* 2020; 144: 106057.
30. Chalmers I, Glasziou P. Avoidable waste in the production and reporting of research evidence. *Lancet.* 2009; 374(9683): 86-89.
31. Simonato L. Workshop on priorities for epidemiologic studies on occupational cancer. *Scand J Work Environ Health.* 1987; 13(1): 74-75.
32. International Risk Governance Council. Risk Governance: Towards an Integrative Approach. Geneva: International Risk Governance Council; 2006.
33. Park J, Ryu H, Kim E, Choe Y, Heo J, Lee J, et al. Assessment of PM<sub>2.5</sub> population exposure of a community using sensor-based air monitoring instruments and similar time-activity groups. *Atmos Pollut Res.* 2020; 11(11): 1971-1981.
34. Yang W, Park J, Cho M, Lee C, Lee J, Lee C. Environmental health surveillance system for a population using advanced exposure assessment. *Toxics.* 2020; 8(3): 74.
35. Song M, Choi W, Chun H, Lee K. Management Plan of Volatile Organic Compounds emitted from Small-scale Painting Facility. Seoul: Seoul Institute of Technology; 2021.

#### 〈저자정보〉

신지훈(연구원), 나진성(수석연구원), 김기태(교수),  
이종대(교수), 양원호(교수)