

## 한국 환경오염 취약지역 주민 건강영향조사 문헌고찰(1997~2021)

최경화<sup>1</sup> , 김수정<sup>1</sup> , 장현아<sup>1</sup> , 한다희<sup>2</sup> , 권호장<sup>1</sup> , 조용민<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 의과대학 예방의학교실, <sup>2</sup>서경대학교 환경보건연구소

### Literature Review on Health Effect Surveys of Residents in Environmentally Contaminated Areas in South Korea from 1997 to 2021

Kyung-Hwa Choi<sup>1</sup>, Sujung Kim<sup>1</sup>, Hyun A Jang<sup>1</sup>, Dahee Han<sup>2</sup>, Ho-Jang Kwon<sup>1</sup>, and Yong Min Cho<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine, <sup>2</sup>Institute for Environmental Health, SeoKyeong University

#### ABSTRACT

**Background:** The conducting of health effect surveys (HESs) in environmentally contaminated vulnerable areas (ECVAs) by the central and local governments has been increasing apace with the increase in demand for HESs since the Environmental Health Act was enacted in South Korea in 2008.

**Objectives:** This study aimed to review the HESs of residents in ECVAs conducted in South Korea.

**Methods:** An analysis was performed on 125 reports obtained from the Environment Digital Library, PRISM, and local government websites after selecting from 803 projects obtained as ECVAs from the Korea ON-Line E-Procurement System (1997~2021), National Institute Environment Research (2000~2021), and Korea Environmental Industry and Technology Institute (2009~2021). The reports were classified by background (residents' demand, HES, and more), research design (cross-sectional study, cohort, ecological study, and panel), pollution source (abandoned metal mine (AMM), industrial complex (IC), and more), and assessment method of exposure and health effects. The survey area was converted into administrative district codes for geographical mapping.

**Results:** There were 37, 34, 18, and 10 cases associated with AMM, IC, waste incinerators, and coal-fired power plants, respectively. Most of the studies conducted were cross-sectional studies and ecological studies. The proportion of epidemiological investigations by residents' demand showed an increase from 0.0% to 8.9% for the central government while decreasing from 16.7% to 14.3% for local governments after 2008 compared to before 2008. HESs increased at both the central and local government levels since 2014. For the evaluation method, 365 environmental hazards, 319 health outcomes, and 302 biological markers were investigated, with the most commonly investigated items being metals, cancer, and blood metals.

**Conclusions:** HESs of residents in ECVAs in South Korea have been continuously developed both quantitatively and qualitatively. Future improvements are expected, and systematic review and classification of the HESs is warranted.

**Key words:** Environmentally contaminated vulnerable areas, health effect survey, literature review

Received May 16, 2023

Revised June 1, 2023

Accepted June 1, 2023

#### Highlights:

- Health effect surveys in environmentally contaminated vulnerable areas have been conducted.
- The most commonly investigated disease was cancer.
- The most commonly investigated pollution sources were abandoned mines, industrial complexes, waste incinerators, and coal-fired power plants.

#### \*Corresponding author:

Institute for Environmental Health, SeoKyeong University, 124 Seogyong-ro, Seongsbuk-gu, Seoul 02713, Republic of Korea

Tel: +82-2-940-2928

Fax: +82-2-940-7616

E-mail: ymin2001@gmail.com

본 논문은 환경부 연구과제 "환경오염 취약지역 건강영향조사 개선방안 및 추진전략 마련연구"와 한국환경산업기술원의 "환경보건 취약지역의 환경노출과 건강영향 생물학적 노출지표 도출을 위한 근거기반 연구"의 결과를 활용하여 작성하였으며, 보고서의 일부를 발췌하여 그 내용을 수정·보완하였다.

## I. 서 론

환경오염 취약지역 주민에 대한 환경보건법상의 정의는, 제6조 '산업단지, 폐광지역, 교통밀집지역, 폐기물처리시설 등의 인근 주민 등 환경오염에 취약한 지역 주민'과 제15조 '환경유해인자로 인한 건강영향의 우려가 큰 지역에 거주하는 주민' 및 '환경유해인자가 환경기준을 초과하는 등 환경오염이 현저하거나 현저할 우려가 있는 지역에 거주하는 주민', 그리고, '환경성 질환의 발생 또는 환경유해인자로 인한 건강피해가 우려되거나 의심되는 지역 주민이다.

건강영향조사는 동법 제15조에서 '환경유해인자가 건강에 미치는 영향에 대한 조사', 역학조사는 동법 제2조4항에서 '환경유해인자와 건강피해의 관련성을 파악할 목적으로 수행하는 조사', 환경보건감시는 동법 제15조에서 제시한 조사로 Kwon 등<sup>1)</sup> 연구에서 감염병예방법 제2조16항을 차용하여 '환경오염 피해와 관련된 자료 즉, 배출량자료, 환경오염자료, 질병발생자료 등을 체계적으로 수집, 분석 및 해석하여 환경오염 피해 예방 및 관리에 사용하도록 하는 일체의 과정'이라고 정의하고 있으며, 피해조사는 환경오염피해 배상책임 및 구제에 관한 법률(약칭: 환경오염피해구제법) 제24조2항에 의거하여 '환경오염 피해구제법에 따른 환경오염 피해자를 선정하기 위해 수행하는 조사'로 정의하였다.<sup>1)</sup> 또한, Kwon 등<sup>1)</sup>의 연구에서는 건강영향조사는 '역학조사, 감시, 피해조사 등을 포함한 모든 조사', 역학조사는 '집단에서의 일반 인과관계 규명을 목적으로 청원 등에 의해 시행되는 조사', 피해조사는 '역학조사 이후, 개별 인과관계 규명을 목적으로 하는 조사'라고 정의하였다.

한국에서 환경보건법이 제정된 2008년 이후, 환경 관련 건강피해의 건강영향조사 등에 관한 조항(환경보건법 제15조) 및 건강영향조사의 청원에 관한 조항(환경보건법 제17조)에 근거한 환경오염 취약지역 건강영향조사 및 역학조사에 대한 요구와 2014년 제정된 환경오염피해구제법에 의한 피해구제 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 환경부, 국립환경과학원과 지자체의 환경보건 관련 조사 수행도 증가하고 있다.<sup>1)</sup>

다른 국가에서도 환경오염 취약지역 주민 건강영향조사를 수행하였는데, 산업화를 최우선 국책과업으로 수행했던 국가에서 산업화 결과 환경오염이 발생하게 되고, 그로 인한 주민들의 건강영향조사는 필연적으로 수행되어야 하는 일종의 절차이다.<sup>1)</sup> 건강피해가 발생하여 그 원인을 조사한 경우는 미국의 웨스트 버지니아 화학물질 누출사고(West Virginia Chemical Spill),<sup>2)</sup> 듀폰 사의 테프론 사건(Du Pont Teflon),<sup>3-5)</sup> 미시간 플린트 수질오염 사건(Flint drinking water crisis),<sup>6)</sup> 캘리포니아 힝클리 지하수 오염 사건(Hinkley groundwater contamination),<sup>7,8)</sup> 러브커널 사건(Love Canal),<sup>9)</sup> 매사추세츠 워번 지하수 오염 소송(Anderson vs. Cryovac Inc.)과 일본의 동경 대기오염 소송(Tokyo pollution lawsuit) 사례 등이 있다.<sup>10-12)</sup>

위의 사례 중 미국의 웨스트 버지니아 화학물질 누출사고와 듀폰 사의 테프론 사건을 요약하면 다음과 같다. 미국의 웨스트 버지니아 화학물질 누출사고는 2014년 1월 미국의 West Virginia 엘크 강에 있는 화학물질 저장 탱크에서 4-methylcyclohexane-methanol (MCHM) 약 1만 갤런과 소량의 dipropylene glycol phenyl ether (DiPPH), propylene glycol phenyl ether (PPH) 등이 누출된 사고로, 주민들이 강에서 나는 냄새에 대해 EPA (미연방환경보호청)에 청원을 제기하면서 알려졌다.<sup>2)</sup> 이 물질들은 Charleston의 식수 취수구에서 불과 1.5마일 상류에 있는 강으로 유출되어 Kanawha Valley로 통칭되는 9개 카운티의 식수를 오염시켰으며, 누출 사건이 발생한 뒤 2주 동안 약 600명 이상이 응급실을 방문하였고, 30만 명의 식수 공급이 중단되었다.<sup>2)</sup> 이에 따라 영향권에서 유출 기간 출생한 아동의 저체중 발생률을 분석하는 연구를 수행하였다. 이 사건 이후 원수 보호 계획, 비상 대응 계획 마련, 해당 지역 주민에 대한 장기 의료 모니터링을 포함하는 Spill bill (senate 373) 법안이 통과되었다.<sup>2)</sup> 듀폰은 미국의 화학 관련 기업으로, 1961년부터 테플론 합성 시 사용되는 화학물질인 PFOA (C8)가 인체에 유해하다는 것을 알고도 이를 은폐하고 오하이오 강으로 무단 배출하였으며, 1984년에 화학물질이 지역 급수에 존재하며 공장 굴뚝에서 먼지로 방출되고 있다는 것을 알고 있었지만, 근로자 및 주변 주민들에게 공개하지 않았다.<sup>3-5)</sup> 1998년 듀폰 공장 주변 주민들은 듀폰을 상대로 소송을 시작하였다. 2005년 우드 카운티 순회 법원의 판결에 의해 PFOA와 건강영향 사이에 관련성이 있는지 평가하기 위한 연구를 수행하기 위한 독립 회사인 Brookmar Inc.가 설립되었고, C8 Science Panel이라는 연구원 그룹을 구축하여 먼저 C8 Health Project라는 연간 조사(2005년 8월~2006년 7월, 인터뷰와 설문조사 및 약 69,000명의 혈액 시료 수집)를 수행하였으며, 2005년부터 2012년까지 혈중 PFCs 등의 모니터링과 설문조사를 통해 전향적으로 건강영향을 평가하였다.<sup>3-5)</sup> 건강영향조사 결과 고콜레스테롤, 신장암, 고환암, 임신성 고혈압과 자간전증, 궤양성 대장염, 갑상선 질환은 C8과 유의한 연관성을 나타냈다. EPA는 2013년부터 PFOA Stewardship Program을 시작하였고, 이에 따라 듀폰은 2013년부터 PFOA 사용을 제한하였으며, 2016년 5월 EPA는 식수에 함유된 PFOA와 PFOS, PFOA의 합산 농도 참고치를 0.07 µg/L로 제시하였다.<sup>3-5)</sup>

건강영향조사 뿐 아니라, 도시재건사업까지 진행한 나라(노출원-노출물질)들은 핀란드(주물공장-납), 미국(소각장-납; 광산-납; 크롬제조 및 정제-크롬; 가정 페인트-납; 광산 및 주물공장-납, 비소; 산업체 쓰레기-PCBs), 캐나다(납 재활용공장-납; 납 아연 주물공장-납), 호주(납 광산-납), 나이지리아(금광-납), 칠레(폐쓰레기 매립지-납, 비소, 카드뮴, 구리), 이탈리아(철광, 탄광, 산업단지-카드뮴, 크롬, 구리, 망간, 납, 아연) 등이다.<sup>13)</sup>

한국에서는 그동안 수행된 건강영향조사 및 역학조사의 조사방법론에 대한 개선과 관련하여 환경부 및 환경담당기관에서 여러 연구들을 수행해 왔다: 2015년 「건강영향조사제도 개선방안 연구」,<sup>14)</sup> 2016년 「환경역학조사 선진화 방안 연구」<sup>15)</sup>와 한국환경연구원(KEI)<sup>16)</sup>의 2019년 「환경불평등 해소를 위한 수용체 중심 위해관리 기반연구」. 또한, 환경부에서는 건강영향조사를 지역 기반으로 적절히 수행할 수 있도록 전문가를 육성하기 위해 2019년 「건강영향조사 수행 역량 강화를 위한 교육과정 개발」 연구를 수행하였으며,<sup>17)</sup> 2021년부터 기존 조사방안을 개선하여 「환경오염 취약지역 환경노출 및 주민건강영향조사 사업」을 수행하고 있다.<sup>18)</sup> 이러한 노력에도 불구하고, 환경오염 취약지역의 건강영향조사에 대한 인적·지리적·시간적 범위 등을 체계적이고 효율적으로 설정하고 조사방법론에 대한 개선 등이 필요하다는 요구가 지속적으로 제기되고 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 한국에서 그동안 수행한 환경오염 취약지역의 건강영향조사를 시기 및 방법에 따라 분류하고 정리하여 이를 검토하는 것이다.

## II. 재료 및 방법

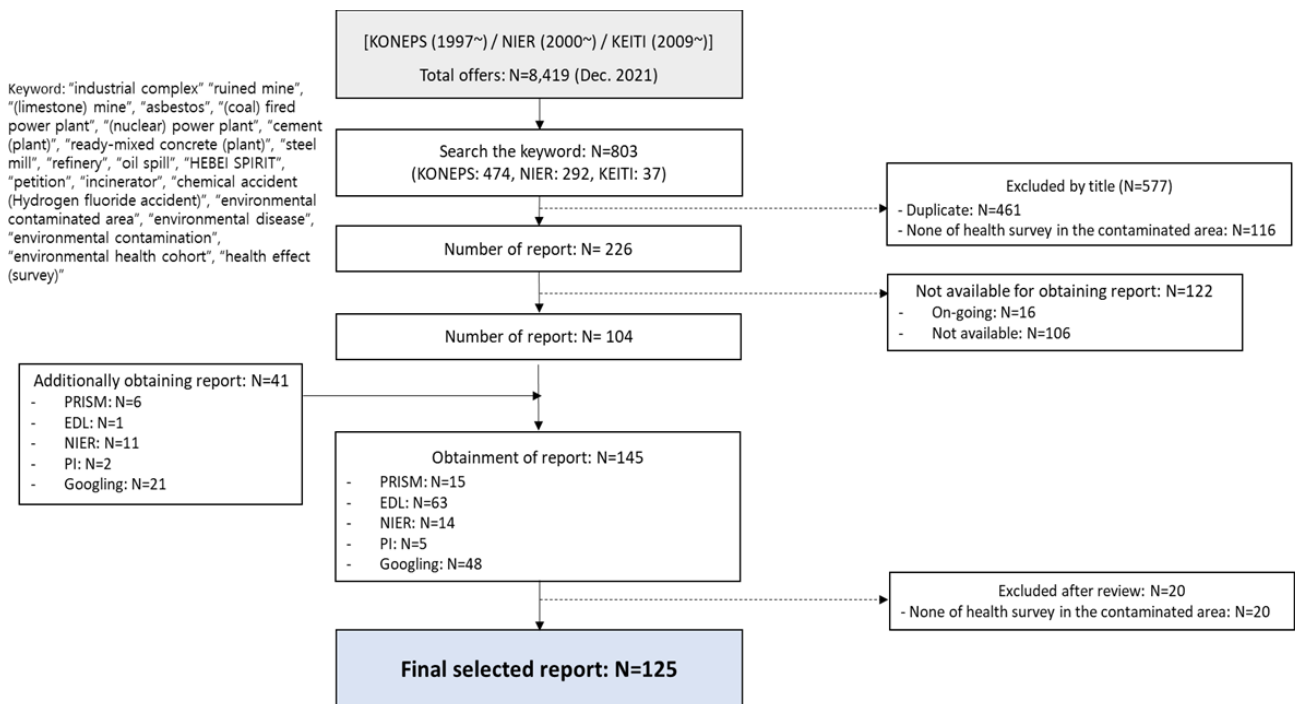
### 1. 대상 및 문헌 선정

본 연구에서 수집된 문헌은 국가나 지자체 등에서 발주하

여 공식적으로 발간되고 공개된 보고서이다. 연구원 1인이 환경오염 취약지역 대상 주민 건강영향조사 연구보고서를 다음과 같은 방식으로 검색하였다. 나라장터,<sup>19)</sup> 국립환경과학원,<sup>20)</sup> 한국환경산업기술원에서 각각 1997년, 2000년, 2009년부터 2021년까지(검색 가능한 모든 기간) 사업발주 목록을 확보한 뒤,<sup>21)</sup> 관련 검색어를 포함하는 사업 803건을 선정하였다. 이후 보건학박사 1인이 제목을 검토하여 취약지역 건강영향조사가 아닌 것으로 판단되는 116건, 중복으로 검색된 461건을 제외한 226건을 대상 보고서로 선정하였다. 보고서는 PRISM(행정안전부 정책연구관리시스템),<sup>22)</sup> 환경디지털도서관 등의 공식 채널을 통해 먼저 확보하였으며,<sup>23)</sup> 국립환경과학원 또는 해당 사업에 참여한 연구진 등을 통해 추가로 확보하였다. 총 226건의 보고서 중 122건은 현재 수행 중이거나 공개하지 않아 보고서를 확보할 수 없어 104건의 보고서를 확보한 후, 국립환경과학원 등의 경로로 41건의 과제보고서를 추가로 확보하여 총 145건의 보고서가 확보되었다. 이 중 20건은 취약지역 건강영향조사에 해당되지 않는 것으로 판단되어 이를 제외한 후, 최종적으로 125건의 보고서에 대하여 데이터베이스를 구축하였다(Fig. 1).

### 2. 정리 및 분류

조사 데이터베이스는 3명 이상의 연구진이 주요 연구사례별



**Fig. 1.** Selection process of health survey report for environmental contaminated area in Korea, 1997~2021. KONEPS: Korea ON-Line E-Procurement System, NIER: National Institute of Environmental Research, KEITI: Korea Environmental Industry & Technology Institute, PRISM: Policy Research Information & Management, EDL: Environment Digital Library, PI: Principal Investigator

로 입찰 정보, 보고서 정보, 연구분류, 연구개요, 대상 유해인자, 발생원, 매체, 대상군, 대조군, 건강영향, 연구에 적용된 방법론(노출), 연구에 적용된 방법론(건강영향), 보고서 발행연도 등을 교차 검증하여 작성하였으며 최종적으로 박사급 연구원 1인이 확정하였다. 연구분류는 추진 배경과 연구디자인으로 분류하였다. 추진배경은 주민요청, 건강영향조사, 기타로 구분하였는데, 주민요청에는 청원, 사후관리 및 피해조사가 포함되며, 인과관계 규명, 권고기준 마련 등의 대책수립, 실태조사 등이 "기타"에 포함되었다. 연구디자인은 동일조사에서도 여러 디자인이 적용된 사례의 경우 적용된 모든 디자인을 기입하였고, 단면연구, 코호트, 생태학적연구, 패널로 구분하였다. 연구개요는 연구목적과 제한점을 기입하고 주민요청에 의한 과제의 경우 민원내용과 대책 제안을 검토하여 정리하였다. 또한, 환경보

건 취약성 파악을 위해 대상자의 연령을 기입하고 어린이, 노령인구, 임신부 등 민감·취약집단을 대상으로 한 경우는 추가로 표시하였다. 발생원은 폐금속광산, 산업단지 등 각 보고서에서 오염물질의 주 배출원으로 지목된 시설을 기준으로 작성하였고, 매체는 건강영향조사 시 환경 중 유해인자를 실측한 경우 해당 매체를 기입하였다. 조사군(노출군)과 대조군은 해당 선정 지역에 따라 작성하였으며, 공간적인 분포를 지도로 표현하기 위해 조사군에 해당하는 지역은 행정구역(읍면동 단위, 리 정보가 있는 경우 리 단위까지)에 따라 코드화하였다. GPS 기본 좌표계인 WGS84 경위도 좌표계를 적용하였으며 지도 작업을 수행하기 위해 R Package "mapproj",<sup>24)</sup> "rgdal"을 사용하였다.<sup>25)</sup> 건강영향은 계통 단위로 구분하여 작성하였으며, 중재(사후관리) 여부를 "예"와 "아니오"로 작성하였다. 노출평가 방

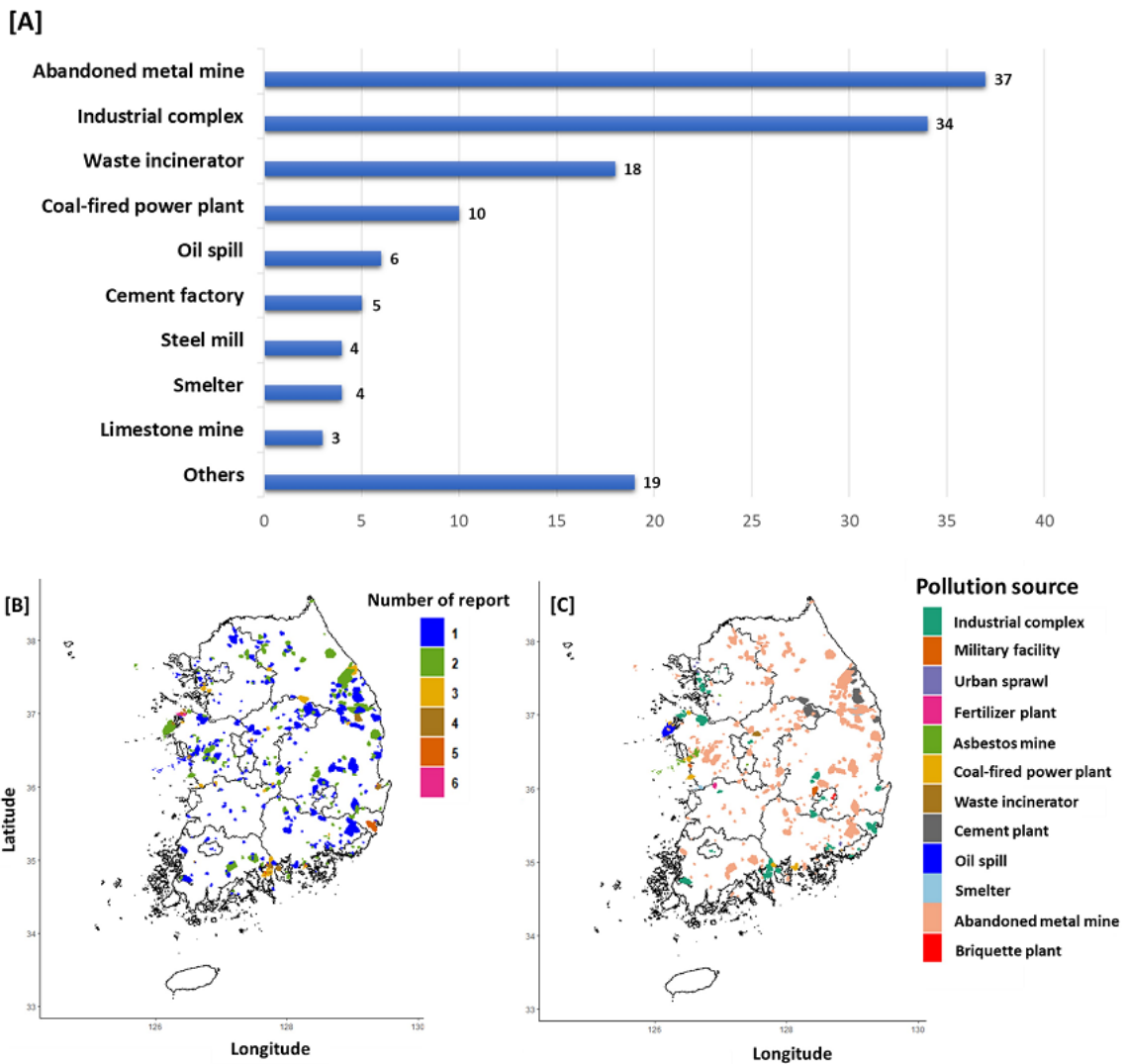


Fig. 2. Distribution for health survey for environmental contaminated area by pollution source in Korea, 1997~2021. (A) Number of reports, (B) Spatial distribution for number of reports, (C) Spatial distribution for survey by pollution source

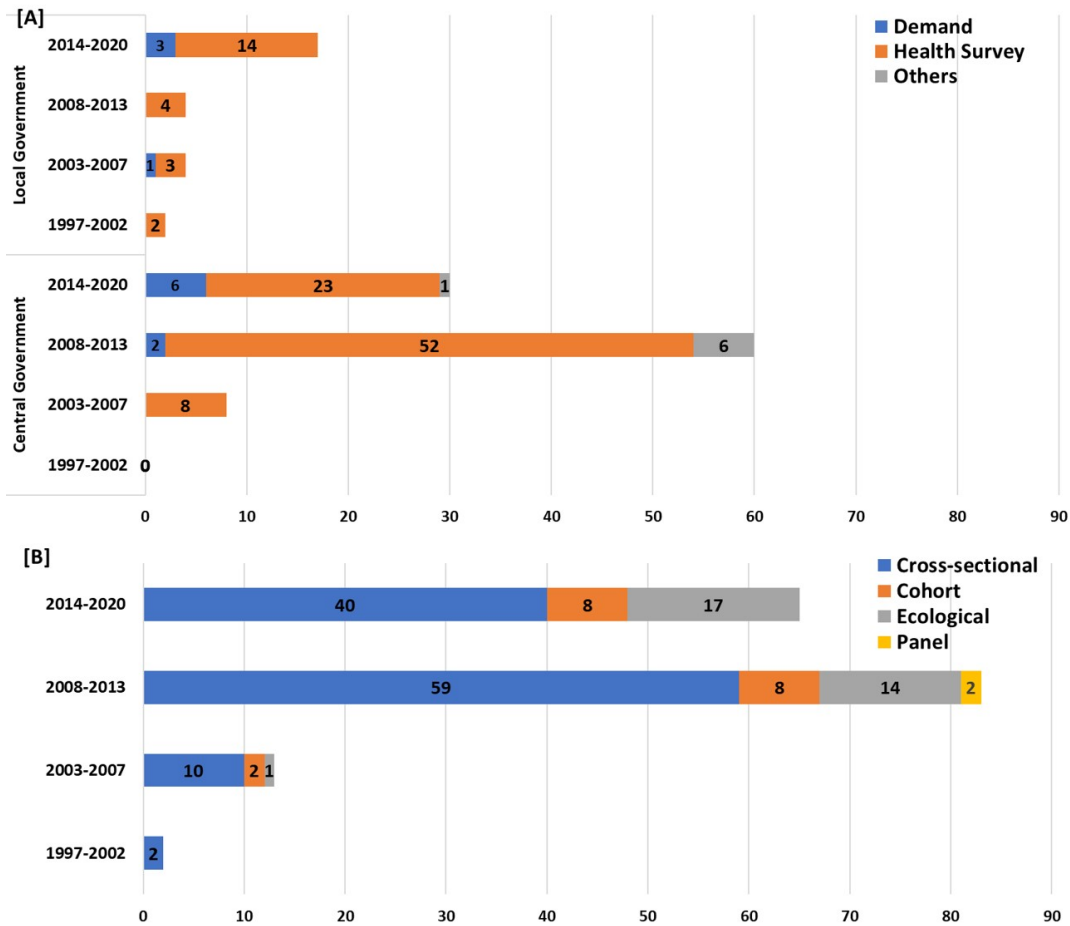
법론은 바이오 모니터링의 경우에만 시료 종류와 대상 물질 군을 구분하고 그 외에는 설문조사, 개인노출측정, 모델링, 2차 자료 분석 중 해당되는 방법으로 작성하였다. 각 보고서에서 연구된 주요 유해인자는 단일 물질이 아닌 물질군으로 분류했으며, 입자상물질(PM, Particulate matter)의 경우 크기에 따라 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 등을 구별하였다. 국가 측정망 등의 2차 자료원을 통해 조사한 경우에는 해당 물질과 건강영향 간의 관련성을 확인한 경우에만 포함되었다. 보고서 발행연도는 크게 4개의 기간인 1997~2002년, 2003~2007년, 2008~2013년, 2014~2020년으로 구분하였는데, 이는 환경보건법이 제정된 2008년과 환경오염피해구제법이 제정된 2014년을 그 기준으로 하였다.

본 연구는 기존에 작성된 보고서의 내용만을 분석하였으므로 동의서는 필요하지 않은 연구이다. 본 연구과정은 단국대학교 연구윤리위원회의 심의를 받아 그에 따라 진행되었다(DKU 2022-07-041-001).

### III. 결 과

수행된 조사 보고서 중 폐광이 37건, 산업단지가 34건, 소각장이 18건, 석탄화력발전소 10건 순으로 취약지역 조사 중 많은 부분을 차지하였다(Fig. 2A). 보고서에 대상 지역이 구체적으로 명시된 95건에 대하여 행정구역 코드를 이용한 취약지역을 지도에 표시하였다(Fig. 2). 과제 수에 따른 취약지역 지도상 서해안 지역에 빨간색으로 표시된 곳은 제일 많은 연구가 수행된 지역으로, 6건의 보고서가 해당되었다. 또한 가장 많이 표시된 파란색의 점들은 1건의 과제에서만 연구된 지역으로 주로 폐광 지역이었다(Fig. 2B). 우리나라는 산지 지형으로 폐광이 다수 존재하며, 발생원 분류에 따른 취약지역 지도상 표시된 살구색 점을 통해 국내에 폐광이 넓은 지역에 걸쳐 분포함을 파악할 수 있다(Fig. 2C).

Fig. 3은 건강영향조사의 수행 시기별 추진 배경 및 연구설계의 분포를 나타낸 것이다. 중앙정부(환경부, 국립환경과학



**Fig. 3.** Classification for health survey for environmental contaminated area by calendar year in Korea, 1997~2021. (A) Background by government type, (B) Study design, duplicate case may be existed in one study. Year of 2008: Enactment of the Environmental Health Act, Year of 2014: Enactment of the Act On Liability For Environmental Damage And Relief Thereof

원, 질병관리청)와 지자체의 보고서들의 추진배경 중 주민요청에 의한 역학조사의 비율을 환경보건법이 제정된 2008년을 기준으로 살펴본다면, 지자체에서는 1997~2007년 16.7%에서 2008~2020년 14.3%로 감소하는 경향을 보였으며, 중앙정부에서는 2007년까지 역학조사가 수행되지 않았으나, 2008년 이후 8.9%로 대폭 증가됨을 파악할 수 있었다. 이를 환경오염피해구제법이 제정된 2014년을 기준으로 살펴보면, 지자체와 중앙정부 모두 2013년 이전에 비해 2014년 이후 큰 폭으로 상승함을 파악할 수 있었다(지자체 10.0%에서 21.4%, 중앙정부 2.9%에서 20.0%). 건강영향조사는 중앙정부에서는 상대적으로 감소하는 추세를 보였으나, 지자체에서는 오히려 증가하였다(Fig. 3A). 연구설계에 따라 분류했을 때, 국내에서 진행된 대부분의 연구가 단면연구였고 환경보건법이 제정된 2008년 이후 생태학적 연구 또한 다수 수행되고 있음을 파악할 수 있었다(Fig. 3B).

125건의 보고서 중 가장 많이 평가된 유해인자는 금속(109건)이었으며, 휘발성유기화합물(VOCs, Volatile organic

compounds)이 55건, 입자상물질(PM, Particulate matter)이 52건으로 많았다(Table 1). 발생원에 따라 조사된 유해인자를 분류한 결과,공단/산단 주변지역에서는 가스상 물질, 금속류를 포함하여 7가지의 유해인자가 각각 15건 이상 조사되었다. 폐금속광산 주변지역에서는 금속류 37건, 폐기물 소각장 주변지역에서는 금속류, 미세먼지, 잔류성유기오염물질, 휘발성유기화합물이 각각 15건 이상 조사되었다.

발생원에 따라 조사된 건강영향을 분류한 결과, 다양한 발생원에서 가장 많이 조사된 건강영향은 암이었다(Table 2). 산단/공단 주변지역에서 가장 다양한 건강영향이 조사되었고, 폐금속광산 주변지역에서는 골다공증 및 신장질환이, 폐기물소각장 주변지역에서는 임상전단계지표 및 삶의 질이 각각 10건 이상 조사되었다.

발생원에 따라 조사된 생물학적 노출지표를 분류한 결과, 가장 많이 조사된 생물학적 노출지표는 혈중 금속(96건) 및 요중 금속(77건)이었다(Table 3). 산단/공단 주변지역(138건) 및 폐금속광산 주변지역(80건)에서 생물학적 노출지표가 가장 많이

**Table 1.** Distribution of environmental hazards by pollution source in health survey for environmental contaminated area in Korea, 1997~2021

	Total	Pollution source													
		IC	MF	US	AP	FP	AM	CPP	CP	BP	OS	ETT	Sm	AMM	WI
Environmental hazards	365	168	4	19	1	3	2	18	21	3	8	1	8	39	76
Gas*	17	11	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	1
Metals†	109	33	1	4		1		5	6	1			4	37	17
EDs‡	21	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAHs§	38	24	-	4	-	1	-	3	3	-	2	-	-	-	1
Physical	6	-	1	1	-	-	-	2	1	-	-	1	-	-	-
Biological¶	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asbestos	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
PM**	52	18		4	1	-	-	5	5	1	-	-	1	-	17
POPs††	18	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
ETS‡‡	25	24	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VOCs§§	55	31	1	4	-	-	-	-	1	-	2	-	1	-	15
Others	20	2	-	1	-	-	-	1	5	1	-	-	-	2	8

IC: Industrial complex, MF: Military facility, US: Urban sprawl, AP: Air pollution, FP: Fertilizer plant, AM: Asbestos mine, CPP: Coal-fired power plant, CP: Cement plant, BP: Briquette plant, OS: Oil spill, ETT: Electrical transmission tower, Sm: Smelter, AMM: Abandoned metal mine, WI: Waste incinerator.

\*NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>.

†Pb, Cd, Hg, As, and so on.

‡Endocrine disruptors: environmental phenols or phthalates.

§Polycyclic aromatic hydrocarbons.

||Physical factors: noise, vibration, or radio frequency radiation.

¶Biological factors: total culturable microorganisms.

\*\*Particulate matters: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1.0</sub>, or total suspended particles.

††Persistent organic pollutants: polychlorinated biphenyls, pesticides or dioxins.

‡‡Environmental tobacco smoke.

§§Volatile Organic Compounds: benzene, toluene, styrene, xylene, or formaldehyde.

|||Black carbon, radon, SiO<sub>2</sub>, and so on.

**Table 2.** Distribution of health outcomes by pollution source in health survey for environmental contaminated area in Korea, 1997~2021

	Total	Pollution source													
		IC	MF	US	AP	FP	AM	CPP	CP	BP	OS	ETT	Sm	AMM	WI
Health outcomes	319	123	5	15	1	1	4	20	20	3	19	1	12	63	32
Osteoporosis	45	2	1	3	-	-	-	-	4	-	1	-	3	31	-
Endocrine disease	10	7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-
Metabolic syndrome	9	8	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Reproductive disease	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pre-clinical marker*	24	2	-	1	-	-	-	3	-	-	1	-	-	4	13
Quality of life	19	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	16
Nervous	10	5	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	1	-
Kidney	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	22	-
Cardiovascular	24	15	1	1	-	-	-	3	2	-	1	-	1	-	-
Allergy	39	25	-	2	-	-	-	2	2	1	6	-	-	-	1
Cancer	50	23	2	4	1	1	2	5	3	1	1	-	3	3	1
Respiratory	54	30	1	3	-	-	2	2	6	1	6	-	2	-	1
Others <sup>†</sup>	9	4	-	1	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-

IC: Industrial complex, MF: Military facility, US: Urban sprawl, AP: Air pollution, FP: Fertilizer plant, AM: Asbestos mine, CPP: Coal-fired power plant, CP: Cement plant, BP: Briquette plant, OS: Oil spill, ETT: Electrical transmission tower, Sm: Smelter, AMM: Abandoned metal mine, WI: Waste incinerator.

\*Urinary oxidative stress marker, hs-CRP, and cancer marker.

<sup>†</sup>Skin disease, ophthalmology disease, and so on.

분석되었다. 대기오염, 석면, 연탄단지, 송전선 연구에서는 생물학적 노출지표 분석이 수행되지 않았다. 요증 휘발성유기화합물 대사체(21건/총23건), 프탈레이트 대사체(20건/총20건) 및 환경성페놀류 대사체(1건/총1건)와 혈중 PAH대사체(1건/총1건)는 주로 산단/공단 주변지역에서 분석되었다. 또한, 혈중 다이옥신 대사체(17건)는 군사시설(1건)과 소각장(16건)에서 분석되었다.

Table 4는 본 연구에 포함된 보고서 중 주요 건강영향조사만을 요약하여 정리한 것이다. 2007년부터 꾸준히 조사가 수행되었으며, 총 12건 중 지자체에 의한 조사는 4건, 환경부 및 국립환경과학원에 의한 조사는 8건이었다. 오염원별로 살펴보면, 주물공장 2건, 난개발지역 3건, 시멘트공장 2건, 쓰레기소각장 2건, 연탄공장 1건, 비료공장 1건, 군사시설 1건이었다. 군사시설 및 한 건의 쓰레기소각장 조사를 제외하고 모든 곳에서 생물학적 노출지표가 조사 분석되었고, 6건의 보고서에서 표준화 사망비, 5건의 보고서에서 암 발생에 대한 조사(암 발생률 그리고/또는 표준화 발생비), 6건의 보고서에서 국민건강보험공단자료분석을 수행하였다.

#### IV. 고 찰

본 연구에서 한국의 환경오염 취약지역 건강영향조사가 꾸준히 증가하고 있으며, 주민요청에 의한 조사도 과거보다 증가

하고 있다. 특히, 2008년 환경보건법 제정과 2014년 환경오염피해구제법 제정 이후, 중앙 및 지자체에서도 선제적으로 대응하려는 움직임이 많아졌다. 또한, 일부 지역에서 한정된 발생원에 의한 문제가 아니라 전국적으로 다양한 발생원에 의한 건강영향조사가 이루어졌음을 파악하였다. 연구 디자인이나 방법론에서도 점차 발전된 형태의 조사가 이루어졌음을 파악할 수 있었다.

한국의 환경오염 취약지역 건강영향조사의 수는 2000년대 이후로 상당한 증가가 있었다. 중앙정부에 의한 건강영향조사에서는 2008년 환경보건법 제정 이후, 주민요청으로 인한 조사의 비율이 증가하는 추세이나, 선제적 대응인 건강영향조사는 오히려 줄어드는 것처럼 보였다. 이는 지역별 과제가 운영되었던 폐광에 관한 조사가 통합하여 진행되었고, 산단과제의 경우에도 경기와 충청이 분리되어 진행되었다가 통합해서 진행되는 등의 과제 수의 변화가 이러한 현상을 보여준 원인 중 하나로 판단된다. 또한, 2022년 현재 2016~2020년 사이 수행된 건강영향조사 보고서들이 종합평가 등을 거쳐 발행되는 등 확보하는데 시일이 걸리므로 지속적인 확보와 검토가 필요하다. 반면, 지자체에서는 2014년 환경오염피해구제법 제정 이후, 주민요청으로 인한 조사도 증가하였으며 선제적 대응인 건강영향조사도 증가하고 있음을 파악할 수 있었다. 다만, 본 연구에서는 지자체에서 수행된 많은 과제와 보고서를 확보하기 어려웠다. 왜냐하면, 중앙정부에서 나라장터나 환경부 및 산하기관에

**Table 3.** Distribution of biomarkers by pollution source in health survey for environmental contaminated area in Korea, 1997~2021

	Total	Pollution source													
		IC	MF	US	AP	FP	AM	CPP	CP	BP	OS	ETT	Sm	AMM	WI
Biomarkers	302	138	5	8	-	2	-	15	7	-	5	-	7	80	35
Hair metals	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Urinary metabolites															
PAHs*	25	20	-	-	-	-	-	3	1	-	1	-	-	-	-
VOCs <sup>†</sup>	23	21	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Oxidative stress <sup>‡</sup>	13	2	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	5	3
Metals	77	23	-	3	-	1	-	5	3	-	1	-	4	37	-
Cotinine	26	24	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Phthalates	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Environmental phenols	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blood metabolites															
OCPs <sup>§</sup>	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAHs <sup>  </sup>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VOCs <sup>¶</sup>	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioxins <sup>**</sup>	17	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
Metals	96	26	1	3	-	1	-	4	3	-	1	-	3	38	16

IC: Industrial complex, MF: Military facility, US: Urban sprawl, AP: Air pollution, FP: Fertilizer plant, AM: Asbestos mine, CPP: Coal-fired power plant, CP: Cement plant, BP: Briquette plant, OS: Oil spill, ETT: Electrical transmission tower, Sm: Smelter, AMM: Abandoned metal mine, WI: Waste incinerator.

\*Polycyclic aromatic hydrocarbons: 1-hydroxypyrene (1-OHP), 2-naphthol (2-NAP), 1-hydroxyphenanthrene (1-PHE), 2-hydroxy fluorene (2-FLU).

<sup>†</sup>Volatile Organic Compounds: phenyl-glyoxylic acid (PGA), trans, trans muconic acid (t,t-MA), hippuric acid (HA), mandelic acid (MA), (o-,p-,m-) methylhippuric acid (o-MHA, p-MHA, m-MHA), N-Acetyl-S-(benzyl)-L-cystein (benzylmercapturic acid, BMA); Non-metabolites: benzene, toluene, ethylbenzene, o,p,m-xylene, or styrene.

<sup>‡</sup>Dioxyguanosine (8-OHdG) or malondialdehyde (MDA).

<sup>§</sup>Organochlorine pesticide: HCH, HCB, Heptachlor, Aldrin, Endrin, Dieldrin, Oxychlordane, Chlordane, Nonachlor, DDE, DDD, DDT, Mirex.

<sup>||</sup>Polycyclic aromatic hydrocarbons: acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluornathene, naphthalene, pyrene, benzo(a)pyrene, chrysene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, dibenz(a,h)anthracene, or benzo(g,h,i)perylene.

<sup>¶</sup>Volatile Organic Compounds: trichloroethylene, perchloroethylene, or trichloroethanol.

\*\*Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), 2,3,7,8-tetrachloro dibenzo-p-dioxin (TCDD), 1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofuran (HxCDF), or Octachlorodibenzodioxin (OCDD).

서 발주한 과제 및 보고서와 그 정보를 해당 웹페이지에서 쉽게 확보할 수 있었으나, 지자체의 경우 담당자의 잦은 교체로 인한 환경보건 업무의 파악에 대한 어려움 및 과제 관리 시스템의 부재 등이 그 이유로 파악된다. 따라서, 본 연구에서는 환경부의 지역단위의 건강영향조사 지향, 지역환경보건위원회 설립 및 지역환경조례 제정, 권역형 환경보건센터 운영 등 정책에 맞추어 건강영향조사 관리 시스템 구축을 기대한다.

본 연구에서 한국의 환경오염 취약지역 건강영향조사가 전국적으로 다양한 발생원에 의해 수행되고 있음을 파악하였다. 건강영향조사의 대상 지역은 국가산단 등을 제외하면 주로 읍면동 단위의 농촌 지역이 다수를 차지하고 있다. 특히, 한 지역에서 여러 오염원에 대한 조사가 수행되기도 하였다. 이는 오염원에 대한 피해 우려 또는 주민의 요청에 의해 그때 그때마다

사안을 처리하기 위해 건강영향조사가 수행되었기 때문이다. Kwon 등<sup>1)</sup>의 연구에서는 지역단위로 오염원과 주민의 건강을 통합적으로 상시 감시하고 관리하여 피해가 발생하기 전에 선제적으로 대응하는 단계별 방안을 제안하였다. 1단계는 현황을 파악하는 것으로 전국단위로 지역별 빅데이터 분석을 수행하고, 광역단위로 환경관련 민원을 파악함은 물론 기존 청원지역에서의 보건의료 빅데이터 코호트를 구축하는 것이다. 2단계는 위험요소를 진단하는 것인데, 1단계의 조사 결과를 활용하여 환경 및 건강 취약지역 및 환경 및 건강 취약성 증가지역을 발굴하는 것이다. 3단계는 환경보건 감시로 2단계 결과 발굴된 지역을 대상으로 환경오염 측정, 생물학적지표 분석, 건강영향평가를 수행하는 것이다. 마지막 4단계는 3단계 결과 상관성 규명이 필요한 지역에서 환경 및 건강피해 규모를 파악하고 상



**Table 4.** Summary of resident's demand survey among health survey for environmental contaminated area by calendar year in Korea, 1997~2021

Year	Pollution source	Funding	Study design	Demand	Exposure period	Exposure	Study subjects	Outcome		
								Survey and health exam	Source	Indicator
2007	Smelter	Local	Cross-sectional ecological	Investigation of environmental and health damage caused by antimony smelter plant and demand of solution	1978~2007	Waste of antimony smelter plant	Exposed (n=50) Non-exposed (n=65) Worker (n=16, average of working duration: 14.4 years)	Blood and urinary level (Sb, As, Cd, and Pb) Blood level (Cr)	Medical service data of NHIS Death cause database of Statistics Korea	Proportion (cardiovascular, respiratory, and skin disease) SMR vs. Whole Korea Proportion of specific cause among total cause of death
2008	Smelter	ME	Cross-sectional	Investigation of heavy metal exposure caused by Cu smelter	1936~2006	Heavy metal exposure from Cu smelter plant	Exposed (n=572) Non-exposed (n=413)	Cancer and respiratory disease Chest PA, lung function test, bone mineral density, neurologic exam, eGFR Blood Pb, Hg, and Cd Serum Zn, Ni, and Cu Kidney (β2-MG and NAG) Urinary Cd, As, and Hg		
2013	Cement plant	ME	Cross-sectional/ecological	Investigation of damage caused by dust and vibration and factory relocation	Cement plant and mine: 1962~2012 Waste incinerator: 2008~2012	The biggest cement kiln of Korea was built in 1973 (incinerates waste tire and waste plastic): Clinker 0.65 million meter-ton, cement 1.6 million meter-ton	Residents survey (≥40 years of age): Exposed (n=1,115), Non-exposed (n=382)	1st exam: Chest PA, lung function test 2nd exam: exposed (n=216, 19.4%), non-exposed (n=39, 10.2%) Biomarker (exposed: 487, non-exposed: 165): heavy metals (blood Pb, urinary Cd, Hg, Cr; and As), PAHs (urinary 1-OHP and 2-NAP), and Kidney (β2-MG and NAG)	Cancer registry - regional cancer center and NCI Cause of death in Statistics Korea	Cancer incidence (ASR) Cancer mortality (SMR)
							Children's survey (exposed: 123, non-exposed: 132)	Lung function test, heavy metals (blood Pb, urinary Cd, Hg, Cr, As), PAHs (urinary 1-OHP, 2-NAP), Kidney (β2-MG, NAG), allergic skin prick test (20 types)		

Table 4. Continued 1

Year	Pollution source	Funding	Study design	Demand	Exposure period	Exposure	Study subjects	Outcome		
								Survey and health exam	Source	Secondary data
2014	Briquette plant	ME	Cross-sectional/ecological	Investigation of health effects caused by briquette plant, cement, and ready-mixed concrete plant	1971~2013	1971: 6 Briquette, 1 cement 2013: 3 Briquette (0.1 million ton) 3 ready-mixed concrete and ascon plant	2,980 residents older than 40 years living longer than 20 years Lung function test: 658 residents	Respiratory disease (COPD and Pneumoconiosis) Cancer Lung function test and CT among only suspected after chest X-ray	Cancer registry of NCI Cause of death - Statistics Korea Medical service data - NHIS	SIR SMR Proportion
2014	Urban sprawl	Local	Cross-sectional/ecological	Investigation of cancer incidence due to environmental pollutants emitted from foundries and paint factories	1995~2013	A total of 322 workplaces: furniture, wood, and pulp (34 factories with 250 workers), rubber, chemicals, and plastics (61 factories with 473 workers), metal and machinery (144 factories with 1,388 workers), textile and printing (11 factories with 117 workers), electricity and electronics (25 factories with 280 workers), and food and others (47 factories with 470 workers)	39 residents	Blood Pb and Mn Urinary Ni, Cr, and Co	Cause of death - Statistics Korea SMR vs. Whole Korea	

Table 4. Continued 2

Year	Pollution source	Funding	Study design	Demand	Exposure period	Exposure	Study subjects	Outcome		
								Survey and health exam	Source	Secondary data
2016	Cement plant	ME	Cross-sectional/ecological	Investigation of air pollution and health effects caused by ports, sulfuric acid storage facilities, soil Zn, Cd levels exceeded, and limestone transportation emissions	1979~2015	The 5th biggest port in Korea since 1979 (storage and transport of cement, limestone, Zn, Mn, and coal) Sulfuric acid storage facility since 2005 transporting limestone since 2012	Exposed: 716 residents older than 40 years living longer than 10 years; Non-exposed: 161	Lung function test/ chest x-ray/CT among suspected Mn, Ni, and Zn; urinary Mn and Zn	Cancer registry of NCI Cause of death - Statistics Korea Medical service use using NHIS	SIR SMR Proportion (respiratory disease and Parkinson's disease)
2018	Fertilizer plant	ME	Cohort/ecological	Investigation of environmental pollution and residents' cancers caused by odors and discharges from an organic fertilizer factory	2001~2017	Incineration of tobacco meal in the fertilizer factory	Exposed (n=49), Non-exposed (n=51)	Focus group interview: demand survey in regional society (residents, regional officer, NGO, specialist, policy maker, and businessman) Skin disease and dementia Lung function test/chest x-ray/total IgE Environmental PM, VOCs, TSNAs	Cancer registry of NCI Retrospective cancer cohort using NHIS Medical service use using NHIS	SIR HR Proportion

Table 4. Continued 3

Year	Pollution source	Funding	Study design	Demand	Exposure period	Exposure	Study subjects	Outcome			
								Survey and health exam	Secondary data		
2018	Urban sprawl	ME	Cross-sectional/ecological	Investigation of health damage due to dust from construction waste disposal and manufacturers, heavy metal contamination, and odor from dog and earthworm breeding grounds	Landfills in the metropolitan area: 1992~2018 Manufacturing sites: 2000~2018	A total of 153 workplaces - 112 manufacturing, 17 wholesale and retail, 11 waste-related companies 72 hazardous businesses - 49 weldings, 7 adhesives, and 5 printings Surrounding roads: Average daily traffic of 12,000 vehicles (over 25 tons of large trucks); within the village: 700 units per day (1-ton truck)	Total of 124 residents Older than 20 years old: 114	Blood Pb, Cd, and Ni; urinary Mn, Cd, Cr, inorganic As, and Hg; urinary t-MA, BMA, MHA, MA, PGA, 1-OHP, 2-NAP, 1-PHE, 2-FLU Residential environment suitability: multiply by factory impact, external noise, sector index average of fine particulate, and risk exposure time, considering resident vulnerability according to age group	Source	Indicator	
2019	Urban sprawl	ME	Cross-sectional/ecological								
2018	Military facility	Local	Cross-sectional/ecological	Investigation of environmental pollution including vibration and noise in the shooting range	1962~2017	1962~1980: US anti-aircraft artillery range 1981~1990: Korean Army 1991~Present: Air Force Air Defense Artillery Command Soil, oil pollution for groundwater, shooting noise, and cartridge case marine pollution	Exposed (n=400)	Experience prevalence of cancer Resident Awareness	Death: court documents		

Table 4. Continued 4

Year	Pollution source	Funding	Study design	Demand	Exposure period	Exposure	Study subjects	Outcome		
								Survey and health exam	Source	Indicator
2020	Waste incinerator	ME	Cohort/ecological/cross-sectional	Complain of living inconveniences such as noise, odor, dust, and emission of environmental pollutants such as dioxin	1999~2019	1st (2001~2019): general (352.8 tons/day, 3 combustion chambers) 2nd (1999~2019): general (99.84 tons/day, 2 combustion chambers), expansion promotion 3rd (2010~2019): designated + general (91 tons/day)	Residents: exposed (n=1,224), non-exposed (n=232) Elementary school student in exposed: 69	Lung function test Blood Pb, Hg, Cd, urinary Cd, total As, 1-OHP, 1-OHPH, 2-OHF, 2-NAP, and 8-OHdG Serum dioxin	Cancer registry - NCI Cause of death - Statistics Korea Cancer retrospective cohort - NHIS Death retrospective cohort - Link of NHIS and cause of death DB from Statistics Korea	SIR, ASR SMR HR HR

ME: Ministry of Environment, NCI: National Cancer Institute, NHIS: National Health Insurance System, SIR: standardized incidence rate, ASR: age-standardized rate, SMR: standardized mortality rate, HR, hazard ratio.

Every health survey had investigated history of all kinds of disease.

Every health survey funded by ME had performed with National Institute of Environmental Research.

관성 규명을 위한 역학조사를 수행하는 것이다.<sup>1)</sup>

본 연구에서 한국의 환경오염 취약지역 건강영향조사가 연구 디자인이나 방법론에서도 점차 발전된 형태의 조사가 이루어졌음을 파악하였다. 연구 디자인은 역학조사나 건강영향조사의 성격상 짧은 시간에 수행되었기 때문에 주로 단면연구 형태인데, 2차 자료의 경우 초기에는 생태학적 연구로 수행되었으나, 2018년 이후 국민건강보험공단의 자료의 적극적인 활용으로 암질환에 대한 후향적 코호트 분석이 수행되었으며, 2020년 국민건강보험공단의 사망자료에 통계청의 사망원인자료를 연계하는 것이 가능해지면서 사망원인에 대한 후향적 코호트 분석도 수행될 수 있었다(Table 4). 상당수의 연구에서 환경유해물질의 생물학적 노출지표 분석이 수행되었고 이는 환경노출 수준을 예측하는 데 활용되었다. 환경유해물질의 노출평가는 환경 매체 측정 결과와 생물학적 노출지표 간의 관련성 분석이 주로 수행되고 있으며 최근에는 과거의 노출을 평가하기 위한 모델링 방법을 활용하고 있다. 생물학적 노출지표 분석 방법에서도 변화가 있었는데, 초기에는 휘발성유기화합물의 원물질을 소변에서 분석하거나 혈중 다환방향족탄화수소를 분석한 경우도 있었으나, 이후 각각 요중 대사체를 분석하는 방법으로 표준화되었다(Table 3). 환경오염 취약지역의 건강영향은 호흡기질환, 암, 알레르기질환, 심혈관질환이 주로 고려되어 왔으며, 건강영향평가는 2차 자료 분석을 통한 유병률, 발생률 등의 정보가 활용된다. 이는 노출-대조군 비교 및 생태학적 연구의 해석에 주로 활용된다. 임상진단 검사 항목은 혈액 및 소변의 이화학적, 생화학적 검사, 신장기능 검사, 폐기능 검사, 알레르기 민감성 검사, 골밀도 검사, 영상 검사 등이 수행되어 왔다. 이러한 항목들은 환경오염 취약지역에서 주로 문제가 되는 환경유해물질과 관련한 환경성질환을 진단하거나 위험을 예측하기 위하여 선정된 것들이다. 임상검사 항목은 진단에 대한 충분한 근거를 가지고 조사방법이 표준화된 동시에 현장에서 조사가 가능한 경제효율적인 기법만 채택하여야 하므로 쉽게 조사항목을 선정, 채택하기 어려운 제한점이 있었을 것으로 판단된다. 환경오염 취약지역에서 평가가 필요한 환경성건강피해 양상이 다양해지므로 이에 맞는 다양한 조사기법의 개발과 제안이 필요하다. 특히 환경노출부터 건강영향까지 이어지는 관계를 규명하기 위해서는 보다 다양한 조사 방법의 마련 및 건강영향조사를 위한 기술개발과 더불어 표준화 시스템이 필요할 것으로 판단된다.

건강피해가 나타나 사후에 그에 대한 환경적 원인을 조사하기 위해 수행된 건강영향조사의 경우, 인명피해가 컸으며 조사기간이 오래 걸리고 여러가지 사회적으로 많은 비용이 들어간다.<sup>2,3,6,7,9-12)</sup> 이에, 선제적으로 대응하는 정책을 시행하는 것이 바람직하는데, 현재 환경오염원을 중심으로 한국에서 수행하고 있는 환경보건 모니터링이 그 좋은 예이다.<sup>1)</sup> 하지만, 지역 주민의 입장에서는 주요 오염원 중심으로 건강영향조사를 수행하

기보다는 지역 내에 여러 오염원이 복합적으로 지역 환경 및 주민의 건강에 영향을 미칠 수 있으므로, 지역 및 주민을 중심으로 체계적이면서 종합적인 상시 모니터링이 필요하다.<sup>26)</sup> 또한, 환경피해가 발생하거나 우려되는 지역에서 환경피해조사와 건강영향조사만으로 그치지 말고, 도시 환경 재건사업으로 연결시켜 지역주민이 안전한 환경에서 안심하고 생활할 수 있도록 지자체를 중심으로 정부가 체계적으로 지원하는 환경정책을 펼쳐 나가는 것이 필요하다.<sup>13)</sup>

한국에서 수행된 이전의 환경오염 취약지역 건강영향조사에서 주로 연구자 주도로 이루어진 조사가 주를 이루었으나, 현재는 많은 조사들이 민관합동협의회를 중심으로 수행되고 있다. 결국 주민이 살아가는 환경과 주민의 건강영향을 조사하는 것이므로, 민관합동협의회를 통해 단기간에 이분법적인 결정을 내는 무리한 조사가 아닌 좀더 다양한 목소리를 담아낼 수 있기 때문에, 환경정의의 측면에서 바람직하며 주민에게 더 이익이 될 수 있는 조사라고 판단된다.<sup>27)</sup>

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 선택 비뮴립이다. 검색원이 나라장터, 국립환경과학원 및 환경산업기술원으로 중앙정부의 조사 위주로 검색이 되어 지자체의 건강영향조사 및 그 보고서는 대상에 포함되기 어려웠다. 또한, 과업이 종료된 이후 보고서가 발간 또는 공개될 때까지 시일이 걸려 대상 문헌에서 제외되는 경우가 적지 않았다. 둘째, 정보 비뮴립이다. 여러 명의 연구원이 데이터베이스 구축에 참여하였고, 이를 박사급 연구자가 검토하였으나 보고서의 내용이 방대하여 누락, 오분류, 또는 오폭기 되었을 수 있다.

## V. 결 론

한국의 환경오염 취약지역 건강영향조사는 계속 발전되어 왔으며, 앞으로도 더 나은 방향으로 발전할 것을 기대한다. 이를 위해 그동안 수행된 조사들을 체계적으로 검토하고 정리하는 작업을 꾸준히 수행하는 것이 필요하다.

## 감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 환경성질환 예방관리 핵심 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(2021003320003). 또한, 환경부 환경성질환예방 및 사후관리사업(2204-302-260-01)의 지원을 받아 연구되었습니다.

## Conflict of Interest

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

## References

1. Kwon H, Kim H, Bae S, Eom S, Lee S, Cho YM, et al. A study developing improvement and the plan of strategies for the survey on exposure to environmental pollutants and health effects in environmentally vulnerable areas. Sejong: Ministry of Environment; 2022.
2. National Toxicology Program. West Virginia chemical spill. Available: <https://ntp.niehs.nih.gov/whatweststudy/topics/wvspill> [accessed 14 April 2023].
3. U.S. Environmental Protection Agency. Fact sheet: 2010/2015 PFOA stewardship program. Available: <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/fact-sheet-20102015-pfoa-stewardship-program#what> [accessed 14 June 2022].
4. Fletcher T, Savitz D, Steenland K. C8 science panel. Available: <http://www.c8sciencepanel.org/index.html> [accessed 14 June 2022].
5. Business & Human Rights Resource Centre. DuPont lawsuits (re PFOA pollution in USA). Available: <https://www.business-human-rights.org/en/latest-news/duPont-lawsuits-re-pfoa-pollution-in-usa/> [accessed 14 June 2022].
6. Hanna-Attisha M, LaChance J, Sadler RC, Champney Schnepf A. Elevated blood lead levels in children associated with the flint drinking water crisis: a spatial analysis of risk and public health response. *Am J Public Health*. 2016; 106(2): 283-290.
7. Maiellano J. Ethical case study: PG&E and Hinkley, CA. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/ethical-case-study-pge-hinkley-ca-joe-maiellano> [accessed 14 June 2022].
8. Amarelo M. California announces maximum contaminant level for 'Brockovich' carcinogen in drinking water. Available: <https://www.ewg.org/news-insights/news-release/2022/03/california-announces-maximum-contaminant-level-brockovich> [accessed 14 June 2022].
9. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Love Canal follow-up health study. Available: [https://www.health.ny.gov/environmental/investigations/love\\_canal/fall\\_2006.htm](https://www.health.ny.gov/environmental/investigations/love_canal/fall_2006.htm) [accessed 30 April 2022].
10. Bair P, Svitana K, Science Education Resource Center at Carleton College. A civil action - the Woburn toxic trial. Available: <https://serc.carleton.edu/woburn/index.html> [accessed 14 April 2023].
11. Environmental Restoration and Conservation Agency. According to the record, air pollution and trials ter. Available: <https://www.erca.go.jp/yobou/saiban/tokyo> [accessed 14 June 2022].
12. Yorifuji T, Kashima S, Suryadhi MAH, Abudureyimu K. Acute exposure to sulfur dioxide and mortality: historical data from Yokkaichi, Japan. *Arch Environ Occup Health*. 2019; 74(5): 271-278.
13. World Health Organization (WHO). Urban redevelopment of contaminated sites: a review of scientific evidence and practical knowledge on environmental and health issues. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2021.
14. Bae H, Shin Y, Suh Y, Park J, Lee J, Lim Y, et al. A study developing improvement for the health effect assessment. Sejong: Ministry of Environment; 2015.
15. Woo K, Ye BJ, Jang TW, Lee YI, Jong MJ, Chae HJ, et al. A study on the advancement of environmental epidemiological survey. Sejong: Ministry of Environment; 2016.
16. Jung D, Yun S, Kim S, Kim S. A basic study on implementing receptor-oriented risk management to overcome environmental inequality. Sejong: Korea Environment Institute (KEI); 2019 Mar. Report No.: KEI Working Paper 2019-01.
17. Hong Y, Kwon H, Kim H, Jung KS, Kim HC, Yoon J, et al. Development of curriculum to strengthen the capacity of health effect assessment. Sejong: Ministry of Environment; 2019.
18. Kim H, Jeon J, Yoo K, Kim Y, Eom S, Kwon H, et al. Pilot study of monitoring of health effects among residents living near area with potentially severe environmental pollution. Sejong: Ministry of Environment; 2021.
19. Public Procurement Service. Korea On-line E-Procurement System. Available: <https://www.g2b.go.kr/index.jsp> [accessed 30 April 2022].
20. National Institute of Environmental Research. Available: <https://www.nier.go.kr/NIER/kor/index.do> [accessed 30 April 2022].
21. Korea Environmental Industry & Technology Institute. Available: <https://www.keiti.re.kr/site/keiti/main.do> [accessed 30 April 2022].
22. Ministry of the Interior and Safety. Policy Research Information Service & Management. Available: <https://www.prism.go.kr/homepage/main/retrieveHomepageMain.do> [accessed 1 February 2022].
23. Ministry of Environment. Environment Digital Library. Available: <https://library.me.go.kr> [accessed 1 May 2022].
24. Bivand R, Lewin-Koh N. maptools: tools for handling spatial objects. Available: <http://maptools.r-forge.r-project.org> [accessed 30 April 2022].
25. Bivand R, Keitt T, Rowlingson B. rgdal: bindings for the 'geospatial' data abstraction library. Available: <http://rgdal.r-forge.r-project.org/> [accessed 30 April 2022].
26. Ministry of Environment. Realization of a safe and healthy environment for the public. Available: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156491373> [accessed 19 April 2023].
27. Korea Environmental Education Center. Dictionary of environmental education. Available: <https://www.keep.go.kr/portal/145?action=read&action-value=a78e30ac816fe68d078b7008d0d9467b&page=3> [accessed 15 March 2023].

### 〈저자정보〉

최경화(교수), 김수정(연구원), 장현아(연구원), 한다희(박사과정), 권호장(교수), 조용민(교수)