

Technical Article

주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 확대와 사례분석

김은채* · 하종식* · 탁종석**
한국환경연구원*, (주)선일이앤씨**

A Case Study of Expanding the Health Impact Assessment on the Residential Development Projects

Eunchae Kim* · Jongsik Ha* · Jongseok Tak**

Korea Environment Institute*
Sunil Engineering & Consultant Co., Ltd**

요약: 현행 환경영향평가 체계 내 건강영향평가 대상사업은 「환경보건법」 시행령 제12조(건강영향 항목의 추가·평가 대상)에 따라 일부 대상사업으로 한정되어 있으나, 대상사업이 아닌 다양한 환경영향평가 대상 사업들에 대해서도 협의과정에서 건강영향 관련 사항들이 추가로 평가·검토되고 있다. 특히 주거지 관련 개발계획에 있어 개발부지가 오염원 주변에 계획될 경우 건강영향 측면에서의 입지 타당성 확보 여부를 평가·검토하게 되는데, 개발부지에서 주요 유해대기오염물질들의 현황농도 조사를 통한 위험도 기준 만족 여부를 확인하여 사후관리 방안을 마련하는 수준에 그치고 있다.

본 논문에서는 주거지 개발계획에 있어 개발하고자 하는 주거지역에 대한 입지의 타당성을 확인하는 정량적 방법을 마련하고 환경영향평가 절차 내에서 건강영향평가 대상사업의 확대 방안을 제안하고자 하였다. 환경영향평가 체계의 스크리닝 및 스코핑 절차를 검토하여 세부 방법론을 제안하였으며, 방법론 검증을 위해 과거 협의된 도시개발계획에 대한 사례분석을 진행하였다.

주요어: 주거지 개발, 도시개발계획, 수용체, 건강영향평가, 환경영향평가

Abstract: The development projects subject to health impact assessment (HIA) in the current environmental impact assessment (EIA) system are limited to some projects under Article 12 of the Enforcement Decree of the Environmental Health Act (Additional Assessment Objects Subject to Health Impact Assessment Items), but health impact-related matters are being evaluated and reviewed during consultation. In particular, when a development site is planned around some pollutant sources in a residential development plan, it is evaluated and reviewed whether the site meets the risk criteria through a current concentration survey of major hazardous air pollutants.

This study prepared a quantitative method to confirm the validity of the location of the residential area to be developed in the residential development plan and proposed a plan to expand the project

First Author: Eunchae Kim, Tel: +82-44-415-7431, E-mail: eckim@kei.re.kr, ORCID: 0000-0003-1137-7316

Corresponding Author: Jongsik Ha, Tel: +82-44-415-7754, E-mail: jsha@kei.re.kr, ORCID: 0000-0001-9473-5603

Co-Author: Jongseok Tak, Tel: +82-31-382-8385, E-mail: upupt@hanmail.net, ORCID: 0000-0002-9312-9932

Received: 31 May, 2022. Revised: 19 July, 2022. Accepted: 1 August, 2022.

subject to HIA within the EIA procedure. A detailed methodology was proposed by reviewing the screening and scoping procedures of the EIA system, and a case analysis of the urban development plan discussed in the past was conducted to verify the methodology.

Keywords : Residential development, Urban development projects, Receptors, Health impact assessment, Environmental impact assessment

I. 서론

현행 법적 국내 건강영향평가(Health Impact Assessment)는 「환경보전법」 시행령 제12조(건강영향 항목의 추가·평가 대상)에 따라 대상사업을 산업단지, 화력발전소, 폐기물처리시설 등 오염물질을 배출하는 사업들에 한정하고 있다. 하지만 제시된 건강영향평가 대상사업 이외에도 다양한 환경영향평가 대상사업들에 대해서 건강영향 관련한 사항들이 추가되어 평가·검토되고 있다. 특히 주거지를 포함하는 개발계획에 있어 주거지 개발이 기존 오염원 주변에서 계획될 경우 건강영향 측면에서의 입지 타당성 확보 여부를 평가·검토하게 된다. 주거지 개발계획들은 대부분 대단지 주거지를 개발함에 따라 다수의 인구가 거주하게 되는데, 기존 오염원이 인근에 존재하는 경우에는 향후 민원 및 건강상의 문제 발생 소지가 있다. 더불어 최근 주거지 개발계획은 개발의 경제적 논리에 따라 기존에 환경적 여건이 양호하지 못한 오염원 주변으로 입지하려는 경향이 있다. 이러한 상황에도 불구하고 주거지 개발계획들에 있어 환경영향평가 협의 시 건강영향 관련한 주요 검토내용을 보면, 주거지 개발부지에서 주요 유해대기오염물질들에 대한 현황농도 조사를 통해 위해도 기준(일반적으로 발암물질의 경우에 10^{-5}) 만족 여부만을 확인한다. 나아가 해당 기준을 만족하지 못할 경우에 사후관리 방안을 마련하는 정도에서 협의가 이루어지고 있다.

「환경보전법」 제4조(기본이념)에서는 4대 원칙으로 사전예방의 원칙, 수용체 중심의 접근 원칙, 환경정의 구현의 원칙, 참여와 알권리 보장의 원칙을 제시하고 있다. 여기서 두 번째 원칙인 수용체 중심의 접근 원칙은 수용체 보호의 관점에서 환경매체별 계획과 시책을 통합·조정하여야 한다는 것이다. 주거지

개발계획 등에 대한 건강영향평가도 해당 원칙에 따라 수행할 필요가 있다. 지금까지의 「환경보전법」 제13조에 따른 건강영향평가가 오염원 개발에 따른 주변 수용체의 건강영향을 사전에 예측·평가하고 필요 시 저감방안을 마련하였다면, 앞으로의 건강영향평가는 수용체의 주거지 개발 시에 주변 오염원의 영향을 사전에 예측·평가하고 필요 시 입지에 대한 타당성을 포함하여 향후 어떠한 개선계획이 필요한지를 확인하고 저감방안을 마련할 필요가 있겠다.

European Environment Agency(2018)에서 발간한 보고서에 따르면 건강영향(Impact on health)은 환경보건유해성(Environmental health hazard), 노출(Exposure), 그리고 사회적 취약성(Social vulnerability)에 의해 결정되며, 일반적으로 노출 정도에 따라 사회적 취약성 정도가 결정되는 것으로 설명하고 있다. 주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 수행은 입지하고자 하는 지역 주변의 오염원에 대한 정의, 오염원에서의 배출물질, 그리고 이들 오염물질로 인해 주거지역에서의 영향정도(기여도)를 평가하여, 환경보건 유해성에 대한 노출을 줄이는 것뿐만 아니라 나아가 제도적 측면에서 사회적 취약성으로 인한 노출의 불평등을 파악하고 이를 고려한 저감방안의 선제적 마련이 이루어지도록 해야 할 것이다.

이러한 수용체 중심의 접근을 위해서는 주거지 개발계획 주변 오염원에 대한 수용체의 노출농도예측과 기여도 분석을 통한 입지 타당성을 검토하는 것이 우선시 되어야 한다. 신문식 등(2020)은 국내 실제 주거지 개발계획 사례분석을 통해 주거지 계획대상지 주변의 배출원에서 발생하는 오염물질이 수용체인 향후 입주민들에게 미치는 영향을 검토하기 위해 발암성물질에 대한 주변 현지조사 및 국가측정망 자료를 이용한 예측과 AERMOD 모델적용에 따른 노출을

예상할 수 있는 농도에측, 오염원별 기여도를 분석하였다. 하지만 해당 연구는 평가물질을 건강영향평가 매뉴얼의 산업단지 발암성 물질로 한정하여 수행하였다는 한계가 있다. 개발계획 자료입수를 통한 배출량 산정 문제 등에 따른 수행 여부 및 제도적 적용 타당성에 대한 추가적인 검토 및 연구가 필요하다.

본 논문에서는 환경영향평가 제도 내에서 주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 수행의 확대방안을 제시하고자 현행 협의되는 주거지 관련 개발계획을 검토하여 정량적 방법론을 재정립하고 사례분석을 통해 주거지 주변의 배출원에서 발생하는 오염물질의 영향을 검토해 보았다.

II. 연구방법

1. 건강영향평가의 확대방안 마련

1) 건강영향평가 수행의 확대 근거를 위한 문헌고찰

주거지 주변 환경위험시설과 오염물질 발생에 따른 거주민 건강영향 사이의 인과관계를 파악하고 주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 수행의 확대 근거를 마련하기 위해 학술문헌을 고찰하였다.

2) 주거지 개발 관련 건강영향평가 대상계획 선정

제도적 측면에서 건강영향평가는 환경영향평가 제도 내에서 운영되고 있는 점을 고려하여, 본 논문에서 다루는 건강영향평가 대상사업의 확대는 현행 환경영향평가 대상사업에 한정하여 주거지 개발계획에 대한 세부계획을 확인하였다. 「환경영향평가법」 시행령 별표2[전략환경영향평가 대상계획 및 협의 요청 시기](개정 2021.8.10.)에서는 정책계획 9개 분야(33개 계획), 개발기본계획 16개 분야(83개 계획)의 세부계획 명칭 관련하여 ‘개발기본계획’-‘가.도시의 개발’ 내 주거지 관련 11개 세부계획을 확인할 수 있다. 이들 11개 세부계획에 있어 과거 5년(2016~2020년) 주거지 개발계획에 대한 실제 환경영향평가 내용(개발계획의 개념 및 내용) 및 협의사항을 검토하였다. 나아가 협의된 개발계획에서 신규 주거지 포함여부

및 면적 등을 확인하여 향후 건강영향평가의 대상계획으로 포함 필요성을 확인하였다.

3) 평가방법의 스코핑

환경부(2020)는 주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 대상사업을 추가·확대 시 고려해야 할 사항으로 방법론적 측면에서 오염원의 영향범위와 평가 대상물질 지표 및 기준에 대한 정량적 분석 관련 사항들을 제시하고 있다. 본 논문에서는 과거 주거지 개발계획의 환경영향평가 협의내용 분석을 바탕으로 건강영향평가 수행의 주요 방법론을 설정하고자 정량적 평가 방법론 적용을 위해 검토해야 할 사항을 정리하고, 협의기관 및 검토기관, 평가대행사, 학계 등 관련 전문가의 의견수렴을 통해 건강영향평가의 정량적 수행범위에 대하여 스코핑하였다.

4) 저감방안으로서 대안 평가

주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 확대를 위해서는 시행 근거 및 평가 방법론적 측면에서 구체적인 사항을 제시할 필요가 있다. 평가 대상계획의 수립 및 협의절차를 고려한 입지 타당성 검토를 위하여 입지 타당성 확보 차원의 대안 설정 및 평가, 나아가 저감방안 수립에 대해 제시하고자 하였다.

2. 사례분석

과거 협의된 개발계획의 주거지 개발계획 중 신규 주거용지를 포함하는 도시개발계획에 대한 실제 환경영향평가 협의사례를 선정하여 본 논문에서 제안된 방법론의 주변 오염원에 대한 기여도 분석을 시범적으로 적용하였다.

확산모델은 AERMOD 모델을 대상으로 하고, 최근 개정된 미국 Environmental Protection Agency (2017)의 가이드라인에 준해 모든 풍속을 적용하였으며, 복잡지형과 500m 해상도, 토지피복 등을 고려하였다. 공간격자체계는 20m, 100m, 1,000m의 가변격자로 구성하여 20km까지 범위를 설정하여 모델링 시 적용하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 건강영향평가의 확대방안 마련

1) 건강영향평가 수행의 확대 근거

주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 수행의 필요성은 다양한 학술논문에서 근거를 찾아볼 수 있다. Embase, Web of science, Pubmed에서 검색어 ‘thermal power plant’, ‘incineration’, ‘landfill’, ‘cement factory’, ‘case control study’, ‘case study’, ‘cohort study’, ‘cross-sectional study’,

‘longitudinal study’, ‘epidemiology’를 사용, 검색 기간은 2000~2020년까지로 설정하여 논문 검색한 결과, Embase에서 76개, Web of science에서 473개, Pubmed 891개의 연구결과가 해당 검색어로 검색되었다. 그중 중복된 연구, 인간을 대상으로 하는 건강영향 관련 연구가 아닌 것은 제외하고 50개의 연구를 선정하여 최종 문헌정리에 활용하였다(Figure 1).

환경위험시설과 건강영향에 대한 50개의 대상연구를 검토한 결과, 건강영향 분석에 보정된 변수 정보를 알 수 있는 연구는 43개, 그중에서 그 변수의 통계

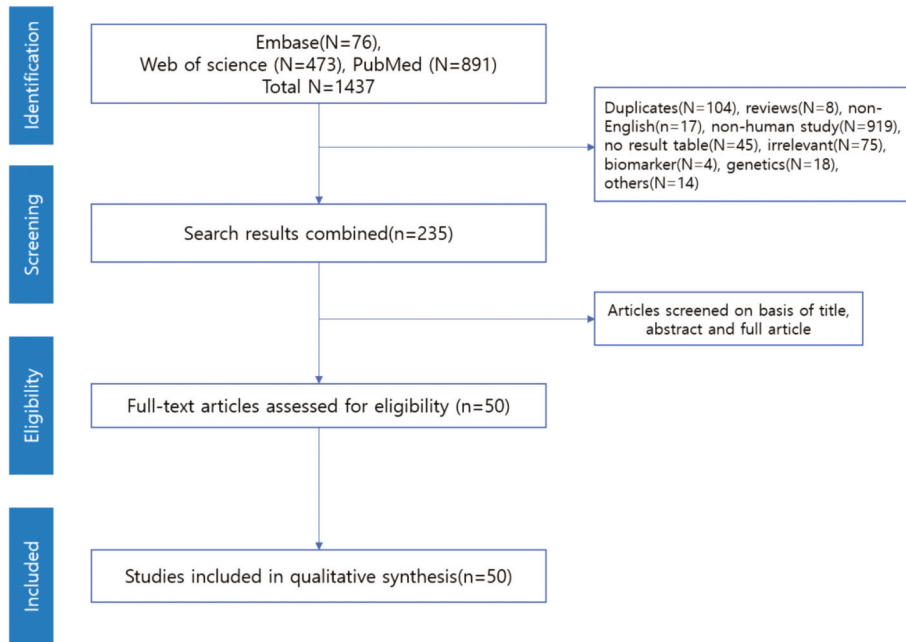


Figure 1. Flow chart of selection of articles

Table 1. Major results of health impact articles on the separation distance by hazardous facilities

Hazardous facilities	Major results	References
Industrial facility (Cement factory etc.)	- Several epidemiological studies have been conducted on industrial facility workers or nearby residents <ul style="list-style-type: none"> • Associated with respiratory symptoms, emphysema, decreased lung function and respiratory mortality due to exposure to dust, asbestos, cement powder, etc • The incidence of mesothelioma increased for residents near cement plant - Soil pollution near industrial facilities can cause human poisoning through dietary exposure	Mwaiselage et al. (2005), Respiratory symptoms and chronic obstructive pulmonary disease among cement factory workers Ballal et al. (2004), Pulmonary effects of occupational exposure to Portland cement: a study from eastern Saudi Arabia Poornajaf et al. (2010), The effect of cement dust on the lung function in a cement factory, Iran Maule et al. (2007), Modeling mesothelioma risk associated with environmental asbestos exposure Schuhmacher et al. (2003), Pollutants emitted by a cement plant: health risks for the population living in the neighborhood

Table 1. Continued

Hazardous facilities	Major results	References
Landfill facility	<ul style="list-style-type: none"> - Residents near landfills are exposed to a number of pollutants through various exposure pathways, including soil, water, and air, requiring a comprehensive health and ecological risk assessment of health risks - Landfills that have passed the construction time or for low-lying floodplains pose a specific risk of contamination to the surrounding communities - Water contaminated from landfills causes cancer, acute toxicity, and genetic toxicity depending on leachate composition and degree of exposure - Due to complex interactions between heavy metals and the environment, investigation into landfill soil contamination is essential, and non-official landfills can increase metal levels in soil, air and groundwater 	<p>Krčmar et al. (2018), Preremedial assessment of the municipal landfill pollution impact on soil and shallow groundwater in Subtica, Serbia</p> <p>Mukherjee et al. (2014), Contemporary environmental issues of landfill leachate: Assessment and remedies</p> <p>Vaverkova et al. (2018), Environmental risk assessment and consequences of municipal solid waste disposal</p> <p>Adelopo et al. (2018), Multivariate analysis of the effects of age, particle size and landfill depth on heavy metals pollution content of closed and active landfill precursors</p> <p>Schiopu and Gavrilesco (2010), Options for the treatment and management of municipal landfill leachate: Common and specific issues</p> <p>Brand et al. (2017), Potential pollution risks of historic landfills on low-lying coasts and estuaries</p> <p>Barbadoro et al. (2015), Application of space-time disease clustering by administrative databases in Italy: Adverse Reproductive Outcomes (AROs) and residential exposure</p>
Incineration facility	<ul style="list-style-type: none"> - Populations living near incinerators are potentially exposed to contaminated air inhalation, ingestion of contaminated food and water, or skin contact with contaminated soil - Several adverse studies have been conducted in recent years to investigate the health effects of urban waste and other types of incinerators <ul style="list-style-type: none"> • Several health effects including cancer, respiratory disease, cardiovascular disease, and pregnancy outcomes were investigated, and blood levels of chemicals were also measured • The number of asthma-related hospitalizations increased from 2009 to 2011 for residents within a 2km radius of incineration facilities in Seoul 	<p>Enviros Consulting Ltd et al. (2004), Review of environmental and health effects of waste management: Municipal solid waste and similar wastes</p> <p>Mattiello et al. (2013), Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review</p> <p>WHO (2007), Population health and waste management: scientific data and policy options</p> <p>Candela et al. (2015), Exposure to emissions from municipal solid waste incinerators and miscarriages: A multisite study of the MONITER project</p> <p>Bae et al. (2020), Assessment of relative asthma risk in populations living near incineration facilities in Seoul, Korea</p>

적 유의미함을 알 수 있는 연구는 17개로 나타났다 (Table 1). 해당 사례들은 오염물질을 배출하는 환경 위험시설로부터 이격거리(Separation distance)가 짧을수록 발생 가능한 건강영향의 위험이 증가할 수 있다는 결과를 보여준다.

2) 주거지 개발 관련 건강영향평가 대상계획

전략환경영향평가 대상계획 중 11개 주거지 개발 계획에 대해 실제 환경영향평가 내용(개발계획의 내용 및 검토사항) 및 협의 사항을 정리하여 6개의 세부계획을 확인하였다. 2016년부터 협의된 바 없는 「택지개발촉진법」과 4건의 협의가 이루어진 「도시 및 주거환경정비법」을 제외한 「공공주택건설 등에 관한

특별법」, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「도시개발법」, 「민간임대주택에 관한 특별법」 4개의 개발계획에 대하여 공동주택 등 주거지 면적 및 실제 개발 계획 내 신규 주거지 개발내용을 포함하는 정도를 분석하였다.

건강영향평가 대상계획으로 선정된 4개의 세부 계획별 과거 5년간의 환경영향평가 협의 현황을 살펴 보면, 「공공주택건설 등에 관한 특별법」은 51개, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」은 1,035개, 「도시개발법」은 50개, 「민간임대주택에 관한 특별법」은 40개로 총 1,176개의 개발계획이 협의되었다. 그 중 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 도시관리계획은 주거지 개발 관련 용도지역 변경뿐만 아니라 다양

Table 2. Status of residential area in the environmental impact assessment (EIA) on the residential development plan for the past 5 years (2016-2020)

Classification	Status of consultation (=A)					Status of residential area (public housing etc.) in land use plan (=B)					Rate of residential development comparison with the consultation subject $(=(B)/(A)*100)$	
	2016	2017	2018	2019	2020	Total	~50,000m ²	~100,000m ²	~500,000m ²	500,000m ² ~		Total
	Special act on public housing 「공공주택건설 등에 관한 특별법」	1	8	19	15	8	51	12	6	24		8
National land planning and utilization act 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」	303	254	158	147	173	1,035	63	45	28	4	140	14%
Urban development act 「도시개발법」	8	4	14	7	17	50	3	5	30	3	41	82%
Special act on private rental housing 「민간임대주택에 관한 특별법」	1	17	7	8	7	40	10	16	12	0	38	95%
Total	313	283	198	177	205	1,176	88	72	94	15	269	23%

Source: EIASS (<https://www.eiass.go.kr/>)

한 용도지역 결정 등이 포함되어 있어 협의 현황이 다수인 것을 확인할 수 있었다(Table 2). 협의대상 대비 실제 개발계획 내 신규 주거지 개발내용을 포함하는 경우, 「공공주택건설 등에 관한 특별법」에 따른 공공주택지구 지정, 「도시개발법」에 따른 도시개발구역 지정 관련하여 주거지 개발 면적이 상대적으로 크게 나타났다(Table 2).

환경부 예규(제696호) 「환경영향평가등에 관한 협의업무 처리규정」 제17조(협의내용의 결정)에 따라 주거지 개발계획 관련 협의된 269개의 개발계획을 검토한 결과, 재검토 5개, 조건부 동의 263개, 그리고 동의가 1개였다. 재검토 계획 중 공공주택지구의 지정 및 도시개발구역 지정이 각각 1건으로 확인되었다. 확인된 5개 재검토 개발계획의 사유를 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)을 통해 확인하였다. 이 중 2개 개발계획은 공공주택지구 지정 관련 부지 주변으로 산업단지가 연접하고 부지 경계로부터 500m 이내에 소각시설이 운영 중인 경우와 비공원시설 계획부지와 인접하여 공장 밀집지역이 분포하고 있는 경우였으며, 건강영향 관련하여 주변 오염원에 의한 건강영향이 심각할 것으로 예상하여 ‘재검토’로 협의되었다. 나머지 3개 개발은 항공기 소음으로 인한 주거지로서의 입지 부적정, 공공하수처리시설 증설계획 미비, 그리고 자연환경 측면에서의 과도한 훼손이 주된 사유로 ‘재검토’ 협의되었다. ‘조건부 동의’로 협의된 개발계획은 건강영향 관련하여 대부분 주변 오염원에 대한 개선조치를 우선 마련하도록 협의되었다. 이러한 건강영향 관련 전반적인 협의상황을 고려할 때 주거지 개발 관련 건강영향평가 대상계획은 Table 3과 같이 제안하였다.

3) 평가방법

주거지 개발계획 관련 과거 협의내용 및 정량적인 검토사항을 정리해보면, 개발·적용하고자 하는 건강영향평가 방법론으로서 구체적으로 확인되어야 할 사항은 크게 4가지이다. 첫째 고려되어야 할 개발계획 주변 주요 오염원과 영향범위, 둘째 건강영향평가 수행 시 평가 대상물질, 셋째 개발계획 부지에서의 평가 대상물질별 비교 대상이 되는 현황농도와 예측농

Table 3. Health impact assessment (HIA) subject plans for the residential development

Classification	
HIA subject plans for the residential development	Plan as an urban or Gun management plan under article 2-4 of the National land planning and utilization act, including the development of new residential areas, such as apartment houses in land utilization plans 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조 제4호에 따른 도시·군관리계획으로서 토지이용계획상 공동주택 등 신규 주거지 개발을 포함하는 계획
	Plan for designation of urban development zones and development plans(plans over a EIA standard) under article 3, 4 of the Urban development act, including the development of new residential areas, such as apartment houses in land utilization plans 「도시개발법」 제3조 및 제4조에 따른 도시개발구역의 지정 및 개발계획(환경영향평가 대상규모이상인 경우)로서 토지이용계획상 공동주택 등 신규 주거지 개발을 포함하는 계획
	Designation of public housing zones under article 6 of the Special act on public housing 「공공주택건설 등에 관한 특별법」 제6조에 따른 공공주택지구의 지정
	Designation of promotion districts under article 22 of the Special act on private rental housing 「민간임대주택에 관한 특별법」 제22조에 따른 기업형임대주택 공급촉진지구의 지정

도 관련한 배출량 산정, 마지막으로 예측농도 관련한 기여도 분석 방법론이다. 각각의 사항에 대해 세부적으로 정리해보면 아래와 같다.

첫째, 건강영향평가 대상사업 이외 주거지 개발계획의 현황농도에 대한 기여되는 오염원을 파악하고 주거지 개발 계획부지에 영향을 주는 기존 오염원을 고려하기 위해서는 특정한 기준이 필요하다. 환경부 국토환경평가과(2013), 「환경영향평가 평가범위 설정 가이드라인」에서는 평가범위를 산업단지 2km, 발전소 10km, 폐기물 처리시설 5km로 규정하고 있다. 다만 택지개발의 경우 0.5km로 규정하고 있는데 이는 개발계획 시 주변 영향을 고려하지 못하는 문제가 있는 것으로 판단된다. 본 논문에서는 기존 건강영향평가 수행 현황 등을 고려하여 건강영향평가 대상사업 이외 주거지 개발계획의 현황농도에 대한 기여되는 오염원 파악 차원에서 주거지 개발부지를 경계로 10km 이내에 존재하는 화력발전시설, 5km 이내에 존재하는 폐기물 처리시설(소각시설, 매립시설), 2km 이내에 존재하는 산업단지, 가축분뇨처리시설을 기본 영향범위로 설정하도록 하였다.

둘째, 평가 대상물질은 주거지 개발 계획부지 주변의 오염원을 고려하여 선정할 필요가 있다. 평가 대상이 되는 주변 오염원에서 배출 가능하며 해당 오염원을 공통적으로 평가할 수 있는 물질들을 선정함으로써 주거지 개발부지 주변의 다양한 오염원을 일정한 기준에 의해 비교·평가 가능할 것이다. 현행 건강영향평가 대상사업별 평가물질 모두를 고려하는 것은

시간적·경제적 측면에서 어려울 수 있으므로, 최소 3가지 이상의 개발사업 유형을 포함하는 평가 대상 물질을 고려해볼 수 있다. 대기중금속 4종(니켈, 카드뮴, 비소, 6가크롬) 및 악취 4종(스티렌, 황화수소, 암모니아, 아세트알데히드)을 기본으로 하며 주변 오염원 특성을 고려하여 필요 시 물질을 추가할 수 있도록 제안하였다. 향후 대상물질에 대해 필요 시 독성가중치를 활용한 개별물질들의 누적위해성 평가 또한 고려될 수 있도록 제안하였다(Kim & Ha 2021).

셋째, 배출량 자료에 따라 예측되는 확산농도에 차이가 있어 이에 대한 해석이 필요한데, 예측농도 산정을 위한 주거지 개발부지 주변 오염원의 유해대기 오염물질 배출량은 현지조사 등을 통한 배출량 조사와 문헌 등을 통한 조사, 그리고 예측 배출량으로 구분해 볼 수 있다. 개발부지 주변에 계획 또는 공사 중인 산업단지 등 오염원이 입지하는 경우에는 EIASS에 공개되어 있는 환경영향평가서, 환경보전계획 보고서, 사후환경영향조사보고서를 활용할 수 있다. 운영 중인 경우에 화학물질 배출이동량 정보(PRTR)에서 공장별로 유해대기 오염물질 배출량을 조사하거나 대기배출원관리시스템(SEMS) 또는 업체가 자체적으로 수행하고 있는 자가측정 결과를 이용하여 오염물질 배출량을 산정할 수 있다. 이러한 배출량 자료 활용 시, 우선순위에 근거하여 조사 배출량인 SEMS 배출량이 예측 배출량인 PRTR 배출량에 우선시 되도록 제안하였다.

마지막으로, 거주지 계획부지에 대한 주변 오염원

Table 4. Results of the health impact assessment (HIA) methodology scoping for the residential development plans

Classification 구분	Content 내용	Specification 세부사항
Sources of pollution and scope of impact 주거지 개발사업 주변의 특정화 가능한 기존 오염원	<p>Projects subject to HIA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industrial complex - Thermal power plant - Waste incineration plant, landfill site - livestock excreta treatment plant <p>현행 건강영향평가 대상사업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 산업단지(국가산업단지, 일반산업단지, 도시첨단산업단지) - 화력발전시설 - 폐기물처리시설(소각시설, 매립시설) - 가축분뇨처리시설 	<p>Scope of impact around residential development project</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industrial complex: within a radius of 2km from the boundary - Thermal power plant: within a radius of 10km from the boundary - Waste incineration plant, landfill site: within a radius of 5km from the boundary - livestock excreta treatment plant: within a radius of 2km from the boundary <p>주거지 개발사업 주변 오염원 영향범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - 산업단지: 경계로부터 반경 2km 이내 - 화력발전시설: 경계로부터 반경 10km - 폐기물처리시설(소각시설, 매립시설): 경계로부터 반경 5km - 가축분뇨처리시설: 경계로부터 반경 2km
Assessment substance 평가물질	<p>Selected as a common evaluation item in the current HIA projects</p> <p>현행 건강영향평가 대상사업에서 공통적인 평가 항목으로 선정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Heavy metals in the ambient air: Nickel, Cadmium, Arsenic, Chromium VI - Malodor substance: Styrene, Hydrogen sulfide, Ammonia, Acetaldehyde <p>- 대기중금속 4종: 니켈, 카드뮴, 비소, 6가크롬</p> <p>- 악취 4종: 스티렌, 황화수소, 암모니아, 아세트알데히드</p>
Emissions calculation 배출량 산정	<p>Data sources for application</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigated emission: emission information of Stack emission management system (SEMS), Pollutant release and transfer register (PRTR) - Estimated emission : emission information of environmental impact assessment system (EIASS) <p>운영 시 활용 가능한 자료</p> <ul style="list-style-type: none"> - 조사 배출량 : 대기배출원관리시스템 (SEMS) 등, 화학물질 배출·이동량 정보 (PRTR) 등 - 예측 배출량 : 환경영향평가정보지원시스템(EIASS) 배출량 등 	<p>Utilize emissions data based on priorities</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigated emissions take precedence over estimated emissions (SEMS > PRTR) <p>우선순위에 근거한 배출량 자료 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 조사 배출량이 예측 배출량에 우선 (대기오염배출원자료가 PRTR 배출량에 우선)
Assessment methods and standards 평가 방법 및 기준	<p>Estimate the diffusion concentration at the development site of the residential area according to the emission of the pollutant and calculate the contribution of each pollutant to the measured current concentration</p> <p>오염원 배출에 따른 주거지 개발부지에서의 확산농도 예측하여 측정된 현황농도에 대한 오염원별 기여도 산출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calculation of predicted concentration by applying the air diffusion model for each pollutant evaluation item - Calculation of an explainable contribution to the measurement of the current concentration for each evaluation item based on the predicted concentration <p>- 오염원별 평가항목별 대기확산모델 적용하여 예측 농도 산출</p> <p>- 예측농도로 평가항목별 현황농도 측정값에 대한 설명 가능한 기여도 산출</p>
Application to Environmental Impact Assessment 환경평가에 활용	<p>Use for location feasibility review in conducting Strategic environmental impact assessment</p> <p>전략환경영향평가 수행 시 입지 타당성 검토에 활용</p>	<p>Identify and present sources of pollution for the currently identified concentration and review location feasibility through alternative evaluation</p> <p>현재 확인된 현황농도에 대해 오염원을 파악·제시하고 대안평가를 통해 입지 타당성 검토</p>

기여도는 오염원별 배출량에 근거한 대기확산모델의 예측농도로 평가항목별 현황농도 측정값에 대한 설명이 가능한 부분과 설명 불가능한 부분으로 구분하여 평가하도록 제안하였다. 이를 통해 주변 오염원의 기여도를 보다 면밀히 파악하여 다양한 저감 및 관리방안 제시가 가능할 것이다. 이러한 평가 방법은 주변 오염원에 의해 설명 가능한 현황농도에 대해 오염원을 파악·제시하고, 저감 관련 대안의 설정 및 평가를 통해 주거지의 입지 타당성을 확보하는데 검토될 수 있도록 하였다.

주거지 개발계획 관련 과거 협의내용 및 정량적 방법론 검토사항을 바탕으로, 주거지 개발계획에 대한 건강영향평가의 정량적 수행범위는 아래와 같이 제안하였다(Table 4).

4) 저감방안으로서 대안 평가

현행 건강영향평가는 「환경보전법」 제13조에 근거하여 전략환경영향평가 또는 환경영향평가 대상 일부에 대해서 건강영향 관련 항목을 추가하여 평가·검토하도록 하고 있다. 한편 전략환경영향평가는 환경적 측면에서 해당 계획의 적정성 및 입지의 타당성을 검토하는 데 목적이 있으며, 이에 건강영향 측면에서는 입지 타당성에 대해 추가로 평가·검토하여야 함을 제안하였다. 나아가 입지 타당성에 대한 검토와 더불어 다양한 대안의 설정 및 검토를 통해 해당 주거지의 입지로 인해 발생 가능한 건강영향을 최소화하는 방안을 마련하고자 하였다.

주거지 계획부지의 입지 타당성은 주변 오염원에

서의 배출 가능한 오염물질, 주변으로의 확산과 수용체에의 노출 가능성을 고려하여 대기 매체에 중점을 두었다. 우선 주거지 계획부지에서의 대기 중 오염물질 현황농도를 측정하여 노출 시 야기될 수 있는 위험도 등을 산정하여 위험도 기준(발암성물질의 경우 발암위해도 10^{-5} , 비발암성물질의 경우 위험도 지수 1)에의 만족 여부를 확인하도록 하였다. 더불어 주거지 계획부지에서의 현황농도 측정 결과에 대한 주변 오염원의 기여도를 확인하여 측정된 현황농도에 대해 설명이 가능한 부분과 설명 불가능한 부분으로 나누어 검토하도록 하였다(Table 5).

주거지 개발계획에서의 현황농도가 위험도 기준을 초과하고 기여도 분석을 통해 특정한 주변 오염원이 원인으로 확인될 경우, 다양한 대안 설정·검토를 통해 보다 다양하고 친환경적인 계획을 수립하는 저감방안을 제안할 수 있도록 하였다. 개발계획 부지에서 측정된 현황농도가 위해성 기준을 초과 시 입지 대안을 우선 검토하되, 건강영향 측면 외 지속가능한 발전 차원에서 제안된 입지에서의 개발이 필요하다고 판단될 경우, 저감과 관련한 모든 합리적 대안으로서 계획부지 경계, 토지이용계획, 시기, 기타 저감방안 등의 여러 가지 대안을 설정하도록 하는 것이다 (Table 6, Table 7). 이러한 입지 타당성 관련 대안 설정 및 검토는 계획지역의 특성을 파악하고 현안에 대한 대응방안을 미리 계획에 반영하여, 향후 발생할 수 있는 논란을 방지할 뿐만 아니라 효율적 검토를 위해 고려할 대상 범위를 결정토록 하여 사전예방적 방안을 제시할 수 있을 것이다.

Table 5. Contribution analysis to the development site of residential areas in the ○○ urban development project

Assessment substance 평가물질	Measurement result of current status concentration 현황농도 측정 결과	Contribution to the predicted concentration and current status concentration 주변 오염원의 예측농도 및 현황농도 대비 기여도			Remark 비고
		○○ industrial complex ○○ 산업단지	○○ thermal power plant ○○ 화력발전소	...	
Cadmium 카드뮴					
Arsenic 비소					
...					

Table 6. Composition and standard of scenario by individual alternative

Alternative 대안		Composition of scenario 시나리오 구성	Content of scenario 시나리오 내용	Standard of content 검토기준과 내용
Location 입지				
Reduction plan 저감 관련	Planned site boundary 계획부지 경계			
	Land use plan 토지이용계획			
	Period 시기			
	Other reduction plan 기타 저감방안			

Table 7. Alternative and scenario to ensure location feasibility related to health prevention

Alternative and scenario 대안 및 시나리오		Content of scenario 시나리오 내용	Goal and feasibility 목표 및 실현가능성	Pros and cons 장단점
Location 입지				
Example 1) land use plan + period 예시 1) 토지이용계획 + 시기	Scenario 1 시나리오 1			
	Scenario 2 시나리오 2			
	Scenario 3 시나리오 3			
	...			

2. 사례분석 수행 및 해석

1) 주변 오염원과 오염원의 배출량

사례분석 대상계획은 「도시개발법」 제3조에 의한 ○○ 도시개발계획을 선정하였다. 해당 개발계획과 인접한 영향범위 내 오염원 발생원으로는 1개의 열병합발전소 및 3~6km 이내에 6개의 산업단지가 계획되어 있었다(Figure 2). 본 논문에서는 평가 대상물질 중의 하나인 니켈(Ni)을 대상으로 하였으며, 각 개발계획 주변의 주거지 개발계획 부지 내 니켈의 예측농도와 주변 오염원에서의 기여도를 산정하였다. 니켈 배출량은 산업단지 ①면오염원 7.08×10^{-3} , ②면오염원 3.67×10^{-3} , ④면오염원 3.96×10^{-4} , ⑤면오염원 6.60×10^{-3} 이었으며, 열병합발전소 ⑦점오염원 9.38×10^{-4} 으로 확인되었다.

본 논문에서 해당 오염원별 배출량은 EIASS의 각

개발사업별 환경영향평가서 본안에서 제시한 값을 활용하였다. 하지만 기존의 환경영향평가서에서 제시된 배출량의 경우, 입주 예정 업체가 모두 유해대기 오염물질을 배출한다고 가정하거나 최대 배출 원단위를 적용함으로써 실제 배출량보다 오염물질 배출량을 과다하게 산정할 우려가 있다. 만일 해당 오염원별 배출량을 SEMS 자료 또는 자가측정 결과에 근거한 배출량 자료를 활용하여 적용 시 본 논문에서 제시한 결과보다는 보다 보수적인 결과가 도출될 수 있겠다.

2) 오염원의 기여도

주거지에서의 주변 오염원으로 인한 영향 평가는 개별 오염원별로 수행하고, 주변 오염원별 연간 예측치를 총합하여 평가하였다. Figure 2는 각 오염원별로 예측된 연간 니켈 농도를 바탕으로 등농도 곡선을 도식화한 것이다. 니켈 관련 주변 오염원으로 고려된

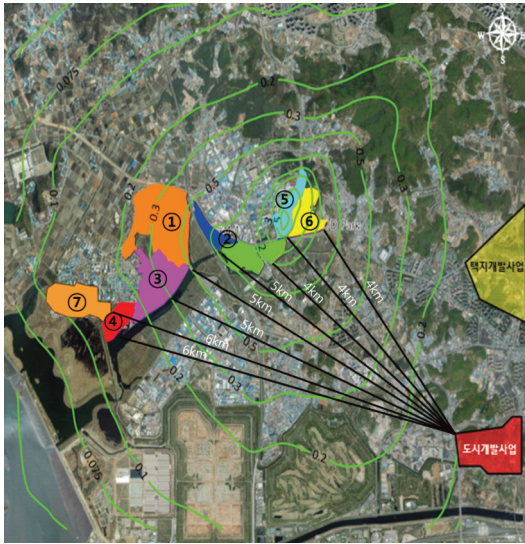


Figure 2. Equipotent concentration curve of Nickel around the ○○ urban development project

5개 개발계획으로 인한 예측농도는 오염원으로부터 멀어질수록 오염물질의 확산·침적 등에 의해 농도가 낮아지는 것을 확인할 수 있고, 오염원으로 인한 도시개발계획 부지에서의 전체 농도는 약 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 나타났다.

주변 오염원별 도시개발계획 부지에서의 예측농도와 전체 농도 대비 기여 정도를 비교하였다(Table 8). ○○ 도시개발계획 부지의 니켈 노출농도는 ①, ②, ⑤ 면오염원에 의해서 전체의 약 95% 이상 기여하는 것을 확인할 수 있다. 개별 오염원에 의한 도시개발계획 부지에서의 니켈 노출농도는 일반적인 발암위해도 기준인 10^{-5} 를 초과하지 않았지만, 주변에 확인 가

능한 오염원 전체를 고려할 경우에 위해도 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

개발부지 주변에 확인 가능한 전체 오염원의 발암위해도가 2.36×10^{-5} 이므로, 이를 1.0×10^{-5} 이하로 낮추기 위해서는 선형(linear) 관계식에 따라 약 40% 수준으로 저감시킬 필요가 있다. 하지만 추가 분석을 통해 주변 오염원과의 이격거리, 지형 등을 고려하여 예측농도에 기여하는 배출량 저감정도를 고려하여 기여율이 높은 개발계획에 대해 우선적인 저감방안 수립이 필요하겠다. 예를 들어 ①면오염원의 예측농도가 가장 높은 기여도를 보이나, ○○ 도시개발계획 부지로부터 이격거리가 상당하고 지형적인 차폐에도 불구하고 상대적으로 높은 배출량에 의해 나타난 결과라면 예측농도 기여도는 다소 낮으나 이격거리가 짧고 지형적으로 차폐되지 않아 낮은 배출량에 의해 나타나는 오염원의 저감·관리 방안 마련이 더 효과적일 수 있겠다.

3. 주거지 개발부지 내 현황농도 측정과 해석

사례분석된 결과는 현황농도와의 비교가 이루어지지 않았으므로, 향후 주거지 개발부지에 대한 현황농도 측정과 그에 대한 추가적인 비교가 이루어져야 한다. 하지만 전문가 의견수렴 과정에서 주거지 개발부지에서의 평가 대상물질에 대한 현황농도 조사 관련 검출 한계에 대한 개선의 필요성이 제시되었다. 주변 오염원에서의 기여분석과 더불어 측정된 현황농도를 비교·분석하기 위해서는 현황농도 측정값에 대한 활용 적정성을 확인하는 것이 우선 시 될 필요가 있다.

Table 8. Level of contribution on predicted concentration and carcinogenic risk in each of development projects around the ○○ urban development project

Classification		Predicted concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Carcinogenic risk	Within/Excess (Hazard standard: 10^{-5})	Rate of contribution (%)
①	Area source	3.92×10^{-2}	9.41×10^{-6}	Within	39.89%
②	Area source	2.03×10^{-2}	4.88×10^{-6}	Within	20.68%
③	Area source	-	-	Within	-
④	Area source	2.19×10^{-3}	5.26×10^{-7}	Within	2.23%
⑤	Area source	3.65×10^{-2}	8.77×10^{-6}	Within	37.19%
⑥	Area source	-	-	Within	-
⑦	Point source	4.11×10^{-6}	9.86×10^{-10}	Within	0.004%
Total source		9.83×10^{-2}	2.36×10^{-5}	Excess	100.0%

현행 현황농도 조사는 최소 2계절 이상, 계절별 3일 이상 조사를 원칙으로 하고, 시료 채취 및 시험방법은 국립환경과학원고시(제2020-30호) 「대기오염공정시험기준」 등에 따라 평가 대상 물질별 적정 기준을 선정하여 측정하도록 하고 있다. 하지만 현행 건강영향평가 대상물질인 6가크롬, 바롬, 염화비닐, 수은, 다이옥신 등 현행 기준에 명시되지 않은 물질이 포함되어 있는 점과 정량범위(또는 검출한계)가 높아 대기 중에 포함되어 있어도 실험결과가 불검출(Not Detected)로 표시되는 등의 문제점이 있다. 불검출은 낮은 농도에서 건강영향이 있음에도 불구하고 불검출로 인한 건강영향이 없는 것으로 오해를 야기할 수 있다. 즉 주거지 개발부지 주변의 오염원에 의한 기여 정도를 확인하는 데 있어, 현황농도 수준을 파악·해석하는데 혼란을 야기할 수 있다. 특히 현행 대기오염공정시험기준에 언급되고 있는 측정기관에 대한 정도관리와 관련하여 평가 대상물질별 방법검출한계에 대한 합격 기준으로 제시되는 수준은 평가 대상물질별 위해성 평가 기준(발암성물질의 경우 10^{-5})에 못 미치는 실정이다.

국립환경과학원(2011)의 환경시험·검사 QA/QC 핸드북에서는 낮은 수준의 정량값과 관련하여 실험실의 방법검출한계에 대해서 현황농도 측정결과물과 함께 보고되어야 함을 제안하고 있다. 특히 방법검출한계 농도 근처에서는 통계적으로 시료에 존재하는 오염물질의 50%가 불검출될 수 있으며, 방법검출한계의 2~3배 낮은 수준의 오염물질 농도는 보고하지 않은 것을 제안하고 있다. 또한 해당 핸드북에서는 방법검출한계가 환경기준, 시험방법의 정량한계보다 더 엄격한 정량한계 또는 더 낮은 방법검출한계에 도달할 수 있도록 노력해야 함을 제안하고 있다.

정리하면, 국내 대기오염공정시험법에서의 법적관리 현황과 방법검출한계 관련한 개별 측정기관의 노력, 그리고 현행 건강영향평가 대상물질의 위해성 평가에서 평가기준 등을 고려할 때, 방법검출한계를 최대한 낮추도록 노력하여야 할 것이다. 이에 우선적으로 국내 대기오염공정시험법의 개선이 필요하다는 제안을 해 볼 수 있겠다. 더불어 국내 대기오염공정시험법의 개선에 앞서 현행 건강영향평가에서의 현황농도 측정

에서는 방법검출한계에 대한 선제적인 관리·적용을 통해 위해성 평가에의 활용 적정성을 검토하고, 위해성 평가에의 활용에 적정하지 않은 경우에는 불검출 값에 대해서 방법검출한계의 절반값(50%)을 적용함으로써 사전 예방적으로 접근하는 것이 필요하겠다. 향후 추가적인 연구를 통해 제안된 내용을 검토하고 보다 적합한 방법론을 수립하기 위해 국외의 건강영향평가 매뉴얼 및 선진사례를 비교해 볼 필요가 있겠다.

IV. 요약 및 결론

수용체 중심의 평가를 위한 주거지 개발계획 등에 대한 건강영향평가 수행의 개선을 위해 법적인 개선 등 다양한 제안이 제기되어 왔다. 하지만 법적 개정을 위해서는 다양한 절차 및 환경영향평가 관련 기관들과의 협의가 선행되어야 한다. 본 논문에서는 환경영향평가 제도 내에서 주거지 개발계획에 대한 건강영향평가 수행의 확대 방안을 제안하였다. 내용적 측면에서 수행의 필요성, 평가 대상사업 현황 등을 고려한 방법론적 적용을 검토하고 현행 건강영향평가 방법론에 제시되는 위해성 평가 방법을 차용하여 도시개발계획 관련하여 적용할 수 있는 정량적 방법론을 제시하였다.

과거 협의된 도시개발계획에 대하여 대기확산모델을 이용한 오염물질의 노출농도 예측 및 기여도 분석을 시행한 결과, 개별 오염원에 의한 부지 내 노출농도는 7개 오염원 모두 발암위해도(1.0×10^{-5})를 만족하는 것으로 나타났지만 주변에서 확인 가능한 오염원 전체를 고려할 경우 기준을 초과하였으며, 3개의 오염원(①, ②, ⑤ 면오염원)이 전체 기여율의 약 95% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이를 근거로 저감방안 수립 시에는 기여율과 주변 오염원과의 이격거리, 지형 등을 고려하여 예측농도에 기여하는 배출량 저감정도를 고려한 저감계획 수립이 가능함을 제안해 볼 수 있었다.

본 논문은 도시개발계획에 대한 건강영향평가의 수행으로써 측정된 현황농도 및 설명 가능한 예측농도의 위해성 평가를 바탕으로 우선 입지 대안 설정 및

검토를 수행하고, 개발 시행 시에 입지 타당성 확보를 위해 계획부지의 경계, 토지이용계획, 저감시설 설치 및 운영 등 각종 저감방안의 대안 설정 및 검토를 수행하도록 하는 일련의 절차를 제시했다는 것에 의의가 있다. 하지만 설정된 대안과 시나리오에 대해서는 특정 도시개발계획 자체의 목표와 실현 가능성(계획 수립의 주체 등) 등을 고려하여 최종적으로 선정하고 그 사유를 명확히 하는 것이 뒤따라야 할 것이다.

정리하면, 주거지 개발계획에서 건강영향 측면의 입지 타당성을 검토하는 것은 건강영향을 유발하는 요인이 아닌 건강영향의 결과인 수용체 입장에서 접근하는 것이다. 수용체 중심에서 주변 오염원에 대한 배출량 조사 및 예측 모델링을 통한 노출농도 예측, 그리고 실제 측정된 현황농도에의 기여도 분석은 주거지로서 입지 타당성을 확인 및 나아가 입지 타당성을 확보해 나가는 데 있어 기초 자료로 활용하는 데 매우 중요하다. 지금까지의 건강영향평가가 위해성 평가 결과에 근거한 오염원 위주의 저감방안을 제시했다면, 앞으로는 주거지의 계획을 사전에 검토하여 정주 환경(settlement environment)에 대한 건강영향평가가 이루어질 필요가 있겠다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 환경보건 디지털 조사 기반 구축 개발사업(과제번호: 2021003330006)의 지원을 받아 2022년 한국환경연구원에서 수행한 「환경유해인자 노출에 의한 공간의 환경보건상태 평가 기술개발(2022-010(R))」 사업 및 환경부의 지원을 받아 2021년 한국환경연구원에서 수행한 「건강영향평가 방법 고도화 및 사후 검토체계 마련 연구(2021-065)」 사업의 연구결과 일부를 바탕으로 작성되었습니다.

References

Adelophe A, Haris P, Alo B, Huddersman K, Jenkins R. 2018. Multivariate analysis of

the effects of age, particle size and landfill depth on heavy metals pollution content of closed and active landfill precursors. *Waste Management* 78: 227-237. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.040>

Bae H, Kang J, Lim Y. 2020. Assessment of relative asthma risk in populations living near incineration facilities in Seoul, Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(20): 7448. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207448>

Ballal S, Ahmed H, Ali B, Albar A, Alhasan A. 2004. Pulmonary effects of occupational exposure to Portland cement: a study from eastern Saudi Arabia. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 10(3): 272-277. <https://doi.org/10.1179/oeh.2004.10.3.272>

Barbadoro P, Agostini M, D'Errico M, Stanislao F, Filippetti F, Giuliani S, Prospero E. 2015. Application of space-time disease clustering by administrative databases in Italy: Adverse Reproductive Outcomes (AROs) and residential exposure. *Population Health Metrics* 13: 36-45. <https://doi.org/10.1186/s12963-015-0070-0>

Brand J, Spencer K, O'shea F, Lindsay J. 2017. Potential pollution risks of historic landfills on low-lying coasts and estuaries. *WIREs Water* 5(1): e1264. <https://doi.org/10.1002/wat2.1264>

Candela S, Bonvicini L, Ranzi A, Baldacchini F, Broccoli S, Cordioli M, Carretta E, Luberto F, Angelini P, Evangelista A, Marzaroli P, Rossi P, Forastiere F. 2015. Exposure to emissions from municipal solid waste incinerators and miscarriages: a multisite study of the MONITER Project. *Environment International* 78: 51-60. <https://doi.org/>

- 10.1016/j.envint.2014.12.008
- Environmental Protection Agency. 2017. Revisions to the guideline on air quality models.
- European Environment Agency. 2018. Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe.
- Kim E, Ha J. 2021. Methodological improvement of the cumulative risk assessment of health impact assessment in environmental impact assessment: Focused on the industrial complex development projects in the last decade. *Journal of Environmental Impact Assessment* 30(6): 413-424. <https://doi.org/10.14249/eia.2021.30.6.413> [Korean Literature]
- Krčmar D, Tenodi S, Gaba N, Kerkez K, Waston M, Rončević S, Dalmacija B. 2017. Preremedial assessment of the municipal landfill pollution impact on soil and shallow groundwater in Subotica, Serbia. *The Science of the Total Environment* 615: 1341-1354. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.283>
- Mattiello A, Chiodini P, Bianco E, Forgiione N, Flammia I, Gallo C, Pizzuti R, Panico S. 2013. Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review. *International Journal of Public Health* 58(5): 725-735. <https://doi.org/10.1007/s00038-013-0496-8>
- Maule M, Magnani C, Dalmasso P, Mirabelli D, Merletti F, Biggeri A. 2007. Modeling mesothelioma risk associated with environmental asbestos exposure. *Environmental Health Perspectives* 115(7): 1066-1071. <https://doi.org/10.1289/ehp.9900>
- Ministry of Environment, Korea. 2013. Guidelines for setting the scope of environmental impact assessment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment, Korea. 2020. A study on the improvement of health impact assessment for consumers (II). [Korean Literature]
- Mukherjee S, Mukhopadhyay S, Hashim M, Gupta B. 2014. Contemporary environmental issues of landfill leachate: Assessment and remedies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45(5): 472-590. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.876524>
- Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Mashalla Y. 2005. Respiratory symptoms and chronic obstructive pulmonary disease among cement factory workers. *Scandinavian Journal of Work, Environmental & Health* 31(4): 316-323. <https://doi.org/10.5271/sjweh.888>
- National Institute of Environmental Research. 2011. QA/QC Handbook for the environmental pollutant analysis and sampling techniques. [Korean Literature]
- Poornajaf A, Kakooei H, Hosseini M, Ferasati F, Kakaei H. 2008. The effect of cement dust on the lung function in a cement factory, Iran. *International Journal of Occupational Hygiene* 2(2): 74-78.
- Schuhmacher M, Domingo J, Garreta J. 2003. Pollutants emitted by a cement plant: health risks for the population living in the neighborhood. *Environmental Research* 95(2): 198-206. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2003.08.011>
- Schiopu A, Gavrilescu M. 2010. Options for the treatment and management of municipal landfill leachate: Common and specific issues. *CLEAN Soil Air Water* 38(12): 1101-1110. <https://doi.org/10.1002/clean.200900184>
- Shin M, Dong J, Ha J. 2020. A case study on the health impact assessment of residential

- development projects. *Journal of Environmental Impact Assessment* 29(5): 391-402. <https://doi.org/10.14249/eia.2020.29.5.391> [Korean Literature]
- Vaverková M, Elbl J, Radziemska M, Adamcová D, Kintl A. 2018. Environmental risk assessment and consequences of municipal solid waste disposal. *Chemosphere* 208: 569-578. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.026>
- World Health Organization. 2007. Population health and waste management: scientific data and policy options.