

Research Paper

수용체 지향의 건강영향평가를 위한 잠재노출 인구수의 산정·활용 가능성 연구

하 종 식

한국환경정책·평가연구원

A Study on the Application of Potential Exposed Population for a Receptor-oriented Health Impact Assessment

Jongsik Ha

Korea Environment Institute

요약 : 국내 법적인 건강영향평가로서 환경영향평가 내 위생·공중보건 항목의 평가는 특정 개발 사업에서 배출되는 유해대기오염물질 배출량 및 주변 주요 지점의 노출농도 산정, 이를 활용한 위해성 평가로 진행되고 있다. 하지만 개발 사업부지 주변의 노출 가능한 인구집단 규모를 고려하지 못하는 등 개발 사업부지 주변의 수용체 특성은 해당 위해성 평가에서 제대로 반영되지 못하고 있다. 본 논문의 목적은 개발 사업부지 주변의 노출 가능한 인구수를 산정·반영한 위해성 평가를 위해 잠재노출 인구수의 산정 및 이를 실제 위생·공중보건 항목 작성 시 활용하는 방안을 제안하는 것이다. 개발 사업부지 주변의 인구수 산정 관련한 국내 자료 현황을 파악하고 이를 고려한 잠재노출 인구수 산정 알고리즘을 제안하였다. 나아가 산업단지 개발 시 유해대기오염물질 배출을 가정한 사례 분석을 수행하였다. 잠재노출 인구수를 활용한 위해성 평가는 인구집단 위해도 개념이 적용되어야 함을 제시하였으며, 향후 연구로 평가결과에 대한 건강영향 여부의 판단기준 설정이 요구됨을 제안하였다. 또한 본 논문의 잠재노출 인구수 산정방법을 통해 개발사업의 입지제한 도구로의 활용가능성을 제안하였다. 이번 논문은 위생·공중보건 항목 작성 시 개발 사업부지 주변의 수용체 특성을 반영한 위해성 평가를 수행하는 방안을 제시했다는 것에 의미가 있다.

주요어 : 위생·공중보건 항목, 위해성 평가, 수용체, 잠재노출 인구수, 인구집단 위해도

Abstract : Health impact assessment in South Korea is carried out within the framework of Environmental Impact Assessment (EIA). And, public health and hygiene items in EIA as an evaluation of health impact items were designed to calculate the emission level of hazardous air pollutants from specific development projects, and the exposure concentration at major sites, and to assess the health risk associated with these projects. But, the assessment of the receptor characteristics around the development project is limitedly considered. The purpose of this study is to propose the method of calculation of potential exposed population and the use of it for public

health and hygiene items in EIA. The data for the calculation of potential exposed population in South Korea were identified. And the calculation algorithm based on them was proposed. After that, in a development of industrial complex, a case analysis was carried out assuming the release of hazardous air pollutants. This study suggested that the concept of population risk should be applied in risk assessment utilizing the potential exposed population and as a future study, a standard of assessment of health effects for population risk should be established. Finally, the possibility of using this study as a location-limiting tool for the development project was presented through the method of calculating the potential exposed population. It is meaningful that this study presented a method for performing risk assessment from the perspective of receptors around a development project.

Keywords : Public health and hygiene items, Risk assessment, Receptor, Potential exposed population, Population risk

I. 서론

일반적인 건강영향평가(Health Impact Assessment)의 목적은 대상사업 시행이 야기하는 건강결정요인의 변화로 인한 특정 인구집단의 건강에 미치는 잠재적인 영향을 확인하고, 건강에 미치는 긍정적 영향의 최대화 및 부정적 영향과 건강불평등의 최소화를 위한 대상사업의 계획 조정 및 방안을 마련하도록 관련 의사결정자에게 해당 정보를 제공하는 것이다(Ministry of Environment 2011). 특히 국내 법적인 건강영향평가는 환경영향평가제도 내에서 위생·공중보건 항목의 평가로 수행되고 있는데, 환경부예규 제589호 「건강영향 항목의 검토 및 평가에 관한 업무처리지침」에서 건강영향 항목의 평가 매뉴얼을 제공하고 있다. 위생·공중보건 항목 평가에서는 정량적 평가를 통해 설정된 기준을 초과할 경우에 개발 사업으로 인한 건강영향이 발생할 것으로 예상하여 적정 저감방안을 마련토록 하고 있다. 덧붙여 현행 평가에서는 개발 사업으로 인한 환경 유해요인의 노출경로 등을 고려하여 유해대기오염물질의 호흡 노출 관련한 위해성 평가만이 정량적으로 수행되고 있다.

위해성 평가는 수용체가 어떤 유해(Hazard) 요인에 노출(Exposure)되어 나타나는 위해(Risk)의 정도를 정량적으로 평가하는 방법으로 정의되는데, 그 단계는 유해성 확인(Hazard identification), 용량-반응 평가(Dose-response assessment), 노출평가(Exposure assessment), 위해도 결정(Risk characterization)

로 구분된다(National Research Council 1983). 특히 노출평가는 수용체에 대한 오염물질의 노출 정도를 정량적으로 평가하는 단계로서, 세부적으로는 배출원 특성, 소멸 및 이동경로, 노출집단 특성, 노출량, 그리고 모니터링 기술에 대해 고려해야 한다(Ministry of Environment 1997). 여기에서 노출집단 특성은 오염원으로부터 노출 가능한 인구집단 특성과 관계된다. 이는 오염물질의 노출량이 노출 가능한 범위 내 인구학적 특성인 수용체 나이, 성별, 체중 등에 의해서 결정될 수 있으며, 수용체 이동 등 생활 패턴 그리고 주거지역이 오염원으로부터 얼마나 이격되어 있느냐에 따라서 결정되기 때문이다(Ministry of Environment 1997).

하지만 현행 위생·공중보건 항목 작성에 활용되는 위해성 평가는 유해요인 배출량과 노출농도 산정, 이를 활용한 위해도 산정으로 수행되고 있어, 개발 사업부지 주변의 주거 및 활동 인구를 파악하고 이를 고려한 적정 건강영향의 저감방안을 마련하는데 한계가 있다. 위해성 평가에 있어 노출 가능한 인구집단의 크기를 고려하지 않는 것은 위해성 평가결과를 해석할 시 문제가 될 수 있음은 비교적 명확하다. 이는 특정 위험요인으로 인한 영향은 개인의 위해도 뿐만 아니라 노출되는 집단의 규모(인구수)에 따라서 달라질 수 있기 때문이다. 예를 들어, 특정 산업단지에서 배출되는 유해대기오염물질의 위해성은 주변에 1,000명이 주거하는 지역사회보다 주변에 1만 명이

주거하는 지역사회에서 더 많은 사망자 발생을 야기할 수 있다.

본 논문의 목적은 수용체 지향의 건강영향평가를 위해 잠재노출 인구수의 산정 및 실제 평가 시 활용하는 방안을 제안하는 것이다. 이를 위해 노출 인구 관련 국내 자료조사, 노출인구 산정 알고리즘 제안, 실제 산업단지 개발 시 잠재노출 인구수 산정, 마지막으로 현행 국내 위생·공중보건 항목 작성에의 활용 가능성에 대해 고찰하였다.

II. 연구방법

1. 잠재노출 인구수 산정 알고리즘

본 논문에서 잠재노출 인구수는 개발 사업 시 유해대기오염물질에 노출 가능한 인구집단의 규모로 정의하였다. 일반적으로 개발 사업 시 유해대기오염물질에 노출 가능한 인구집단은 개발 사업부지 주변에서 주거 및 생활하는 인구집단으로서 정의할 수 있다. 이는 국립환경과학원의 2017년 보고서가 일반적인 개발 사업으로 언급되는 산업단지의 주변지역이 그렇지 않은 지역보다 유해대기오염물질에 더 노출되고 일부 건강영향이 더 높게 나타남을 보고한 것과(National Institute of Environmental Research 2017), 통계청의 2014년 보고서가 국민의 생활시간 중에서 약 절반정도가 수면, 가사노동, 식사 및 간식 등 주거지 및 주변에서 보내는 것에서 근거를 찾을 수 있다(Statistics Korea 2014).

개발 사업부지 주변에 주거 또는 생활하는 인구집단의 파악은 해당 인구의 위치정보를 통해 수행될 수 있다. 하지만 특정한 인구에 대한 위치정보는 개인정보로서 이를 확보하거나 구축하는데 제약이 있다. 예를 들어 통계청의 인구주택총조사 또는 주민등록인구자료를 통해 개발 사업부지 인근의 주거 인구수를 확인할 수 있다. 하지만 이들 정보는 특정 지역(예를 들어 읍면동 등)에 대한 인구정보를 제공하고 있어, 개발 사업부지 반경 1~3km 내의 명확한 인구수를 확인하기에는 공간적으로 해상도가 낮다. 이에 본 논문에서는 해당 인구의 위치를 확인할 수 있는 주거시

설의 위치정보를 이용하여 보완하고자 하였다. 즉 지역별 인구통계 자료를 지역별 주거시설 위치정보에 할당함으로써 주거인구의 분포정보를 확인하고자 하였다.

개발 사업부지 인근의 인구집단은 통계청의 인구주택총조사 자료를 활용하여 확인하고자 하였다. 인구주택총조사는 매 5년마다 수행되고 있으며, 최근 조사는 2015년에 수행되었다(Statistics Korea 2015). 인구주택총조사에서 조사의 해상도가 가장 낮은 단위는 집계구(Output Area)이다. 집계구는 집계구의 인구, 집계구 내 사회·경제적 동질성, 집계구의 형태를 고려하여 획정한 통계집계 공표구역을 의미한다. 현 집계구 설정 기준은 2006년 국가 GIS 지원연구에서 제안된 것이며(Ministry of Construction and Transportation 2007), 2015년 인구주택총조사의 전체 집계구 수는 10만 2,219개였다(Statistics Korea 2015).

집계구별 인구수는 다양한 정보를 활용하여 주거하는 위치에 할당할 수 있으나, 본 논문에서는 비교적 접근 및 활용이 용이한 단독주택 및 공동주택의 위치정보를 이용하여 특정 위치에 할당하고자 하였다. 본 논문에서는 주택 위치정보로서 국가공간정보포털(<http://www.nsdi.go.kr>)에서 제공하는 2017년 3월 시점의 GIS건물일반집합정보와 2017년 4월 시점의 GIS건물통합정보를 이용하였다. 먼저 단독주택의 경우 1세대가 주거하는 것으로 가정하였다. 반면에 공동주택의 경우 동일 공동주택단지 내 건축물별 층수 정보를 이용하여 공동주택단지 내 각 건축물의 층에는 동일한 수의 세대가 주거하는 것으로 가정하여, 공동주택단지의 총 세대수를 층수에 비례하여 배분함으로써 공동주택의 건축물별 세대수를 할당하였다. 여기에서 공동주택별 총 세대수는 국토교통부의 공동주택관리정보시스템(www.k-apr.go.kr)에서 확인하였다. 최종적으로 특정 집계구 내 세대별 평균 인원수는 집계구별 전체 인구수를 전체 세대수로 나누어 산정하였으며, 이를 해당되는 집계구의 단독주택 및 공동주택의 건축물별 세대수에 곱하여 건축물별 주거하는 인원을 할당하였다. 아래의 산출 공식은 공동주택의 건축물별 세대수 및 건축물별 인구수를 산정하는 방식이다.

$$\begin{aligned} \text{공동주택단지 특정 건축물 세대수} &= \\ &\text{공동주택단지 총 세대수} \times \\ &\text{공동주택단지 건축물 총 층수} \times \\ &\text{공동주택단지 특정 건축물 층수} \\ \\ \text{특정 건축물 인구수} &= \\ &\text{집계구 총 인구수} \times \\ &\text{집계구 총 세대수} \times \text{특정 건축물 세대수} \end{aligned}$$

본 논문에서 개발 사업부지 경계선 반경 거리별 잠재노출 인구수는 사업부지 경계선 반경 거리 내 속한 단독주택 및 공동주택의 건축물을 확인함으로써 산정하였다. 개발 사업부지 경계선으로부터 노출 가능한 인구집단의 영향범위는 환경영향평가서 내 대기질 및 악취 항목의 평가범위 설정 가이드라인을 참조하여, 반경 1km, 2km 또는 3km으로 설정하였다 (Ministry of Environment 2015). 여기에서 평가범위는 과거 환경영향평가 시 해당 항목의 영향 가능범위를 고려하여 정의한 것으로서, 환경영향평가 시 지역주민의 의견수렴 범위와 관련되며 개발 사업부지 주변의 지역주민이 허용할 수 있는 영향범위의 수준으로써 준용될 수 있다.

2. 잠재노출 인구수의 산정 및 활용 사례

개발 사업부지 주변의 잠재노출 인구수 산정의 사례 분석은 강릉시에 위치한 가상의 “○○ 일반산업단지” 개발 사업을 대상으로 하였다. 이를 위해 통계청 통계지리정보(<https://sgis.kostat.go.kr/view/index>)에서 인구주택총조사의 시군구 및 집계구 경계 공간

정보 파일을 다운로드 받았으며, “○○ 일반산업단지”의 주변을 포함하는 강릉시, 동해시, 정선군의 행정구역을 추출하였다. 이후 주택 유형별 건축물과의 연결을 위해 강릉시, 동해시, 정선군에 대해 GIS건물일반집합정보 및 GIS건물통합정보를 추출하여 중첩시켰다. 본 논문에서 자료의 가공 및 분석은 오픈소스 지리정보시스템인 Q-GIS(<http://www.qgis.org/ko/site/index.html>)를 활용하였다.

잠재노출 인구수 산정 결과를 활용하여 위해성 평가를 시범적으로 수행하였다. 위해성 평가 시에 활용된 배출량은 사례분석의 결과물을 유의미하게 제시하기 위해 적절한 수준에서 임의로 결정하였다. 본 논문에서는 대기확산모델로 환경영향평가에서 활용도가 높은 AERMOD을 활용하였으며(Environmental Protection Agency 2004; Ministry of Environment 2009), 평가대상 물질로는 대기 중 카드뮴(Cadmium)을 사례로 하였다. 대기확산모델링 결과로 도출되는 공간정보 자료를 활용하여 발암위해도 수준별(10^{-6} , 10^{-5}) 등위해도 곡선을 도식화하고, 이를 이용하여 해당 등위해도 곡선 내에 포함된 주택 및 인구 현황을 파악하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 잠재노출 인구수 산정 사례

Figure 1은 개발 산업단지 주변의 잠재노출 가능

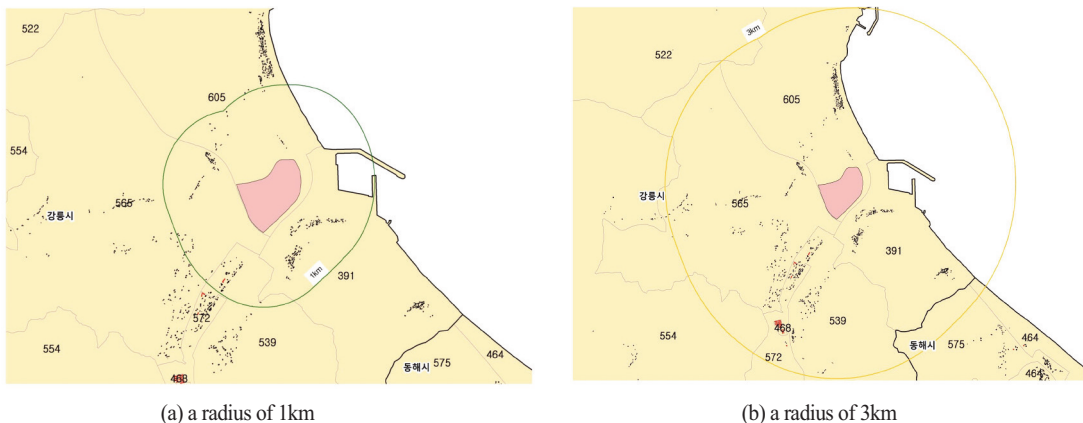


Figure 1. Houses distribution within a radius of 1km and 3km around “○○ general industrial complex.”

Table 1. Statistics on the distribution of population within a radius of 1~3km around the “○○ general industrial complex”

Statistics		Radial distance from the boundary		
		within 1km	within 2km	within 3km
Output area		4	5	10
Detached houses		296	792	953
Apartment houses		2	5	18
Potential exposed population		650	1,728	2,527
Density of potential exposed population	Area (km ²)	6.49	18.74	37.27
	Density (per 1km ²)	100.2	92.2	67.8

인구가 경계선 반경 거리별로 집계구 내 주택(단독주택: 검정색, 공동주택: 붉은색)의 위치에 따라서 결정될 수 있음을 보여준다. “○○ 일반산업단지”의 경계로부터 반경 1km 이내 지역은 4개의 집계구와 중첩되어 있고, 경계 반경 3km 까지는 더 많은 수의 집계구가 중첩되는 것을 확인할 수 있다. 최종적으로 집계구 내 주택의 유형 및 위치에 따라서 산업단지 개발부지 경계선 반경 거리 내 잠재노출 인구수가 결정될 수 있음을 짐작할 수 있다.

Table 1은 “○○ 일반산업단지”의 개발부지 반경 거리별 중첩되는 집계구, 주택별 건축물수, 인구수, 면적, 그리고 이를 활용한 인구밀도의 통계를 보여준다. 개발부지 경계선 반경 1km 이내에는 650명이 주거하는 것으로 확인되었다. 산업단지 개발로 인한 유해대기오염물질의 일반적인 최대 영향권인 반경 3km 이내에는 2,527명이 주거하는 것으로 확인되었다. 1km² 당 인구수인 인구밀도는 개발 사업부지 경계선으로부터 멀어질수록 그 값이 급격히 감소하는 것으로 나타나 해당 산업단지는 주거지 주변에 개발됨을 짐작할 수 있었다.

본 논문의 개발부지 경계선 반경 거리 내 잠재노출 인구수 산정방법은 분석의 경제성 측면에서 장점이 있다. 개발부지 경계선 반경 거리 내 인구수는 각 주택의 전수조사를 통해서 산정할 수도 있다. 하지만 기초지방자치단체의 주택별 인구수 자료 취득이 어렵고, 현장방문을 통한 전수조사는 많은 비용이 소요된다. 본 논문의 잠재노출 인구수 산정방법은 국가에서 제공하는 공식적인 통계자료를 활용하여 통일된 방식으로 정량화된 값을 산출할 수 있다는 장점이 있다.

반면에 본 논문에서 제시된 잠재노출 인구수 산정

방법은 인구주택총조사의 집계구별 인구수를 주택에 할당하는 과정에서 크게 2가지의 한계를 가지고 있다. 첫 번째는 사람이 주거할 수 있는 주택을 단독주택과 공동주택으로만 한정된 것이다. 「주택법」 제2조(정의)에 의하면 주거시설로 이용할 수 있는 시설은 크게 단독주택과 공동주택으로 구분되며, 주택 이외에 주거시설로 이용할 수 있는 준주택이 존재한다. 또한 「주택법」 시행령 제4조(준주택의 종류와 범위)에 의하면 준주택에 해당되는 시설로는 다중생활시설(고시원 등), 노인복지시설 그리고 오피스텔이 있다. 만일 특정 집계구 내 준주택에 주거하는 인구가 존재할 경우, 주거 가능한 시설을 단독주택 및 공동주택으로만 한정함으로써 잠재노출 인구수 산정 시 경우에 따라서 과대 또는 과소 추정되는 불확실성을 야기할 수 있다.

두 번째는 단독주택 및 공동주택의 건축물별 세대수를 각각 1개 세대 및 층별 1개 세대가 주거하는 것으로 가정한 것이다. 단독주택 세대수 산정의 경우, 단독주택의 유형에는 다가구주택, 다중주택 등이 포함되어 1세대 이상이 주거할 수도 있다. 하지만 분석에 활용된 공간자료로는 단독주택의 유형을 세부적으로 식별하기 어렵기 때문에 1개 세대만이 주거하는 것으로 가정하였다. 공동주택 세대수 산정의 경우, 공동주택의 유형에는 아파트, 연립주택, 다세대주택 등이 포함되어 공동주택의 건축물 내 다수의 세대가 주거할 수 있다. 특히 동일한 공동주택단지 내에서도 건축물 유형별로 해당 층에 주거하는 세대수가 달라질 수 있다. 본 논문에서는 분석에 활용한 공간자료 및 추가로 취득 가능한 자료의 한계로 공동주택단지 내 건축물의 세대수는 해당 건축물의 층수에 비례하고,

각 층의 세대수는 동일한 것으로 가정하여 총 세대수를 건축물의 층수 비율로 배분하였다. 만일 공동주택 단지 내 건축물별 유형이 다르다면 잠재노출 인구수 산정 시 해당 유형의 건축물 위치에 따라서 과대 또는 과소 추정되는 불확실성을 야기할 수 있다.

2. 잠재노출 인구수 산정을 활용한 위해성 평가 사례

Figure 2는 단독주택 및 공동주택의 위치를 활용한 인구분포와 “○○ 일반산업단지” 및 주변 개발 중인 오염원에서의 카드뮴 배출 관련한 대기확산모델링 결과를 중첩시킨 것이다. Figure 2(a)는 “○○ 일반산업단지”에서의 카드뮴 배출 관련한 호흡노출 발암위해도의 등위해도 곡선(붉은색 선: 10^{-5} , 파란색 선: 10^{-6})을 보여주며, Figure 2(b)는 “○○ 일반산업단지”에 주변 개발 사업에서의 카드뮴 배출이 가중된 호흡노출 발암위해도의 등위해도 곡선을 보여준다. “○○ 일반산업단지”를 중심으로 높은 호흡노출 발암

위해도의 등위해도 곡선과 개발부지 경계로부터 멀어질수록 낮은 호흡노출 발암위해도 등위해도 곡선을 확인할 수 있다. 또한 “○○ 일반산업단지”에서의 배출과 함께 주변 개발 사업에서의 배출이 가중되면서 호흡노출 발암위해도의 등위해도 곡선이 가중되어 확장됨을 확인할 수 있다.

Table 2는 “○○ 일반산업단지” 및 주변 개발 사업에서 카드뮴 배출 관련한 호흡노출 발암위해도의 등위해도 곡선 내에 위치하는 단독주택 및 공동주택, 그리고 이를 활용한 노출 인구수 산정 결과이다. 호흡노출 발암위해도 10^{-5} 및 10^{-6} 를 기준으로 각각 58명 및 614명이 노출되는 것으로 예측되었다. 이중 “○○ 일반산업단지”의 영향으로 각각 42명 및 584명으로 예측되어, 주변 개발 사업으로 인해 가중되는 영향은 미미한 것으로 판단할 수 있다.

본 논문의 노출 인구수를 활용하는 위해성 평가는 기존의 위해성 평가와 비교하여 활용의 필요성이 언

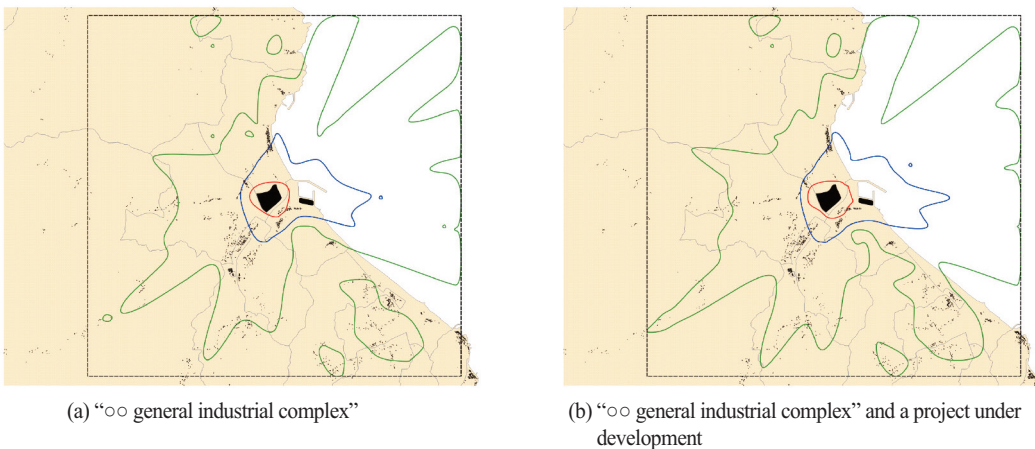


Figure 2. Overlapping maps of population distribution and atmospheric diffusion modeling results.

Table 2. Statistics on the distribution of exposed population exceeding cancer risk criteria

Statistics	Cancer risk criteria					
	“○○ general industrial complex”		A project under development		“○○ general industrial complex” and a project under development	
	$\geq 10^{-5}$	$\geq 10^{-6}$	$\geq 10^{-5}$	$\geq 10^{-6}$	$\geq 10^{-5}$	$\geq 10^{-6}$
Output area	3	4	–	1	3	4
Detached houses	21	292	–	14	29	307
Apartment houses	0	0	–	0	0	0
Exposed population	42	584	–	28	58	614

급된 바 있으며, 실제 정책적으로도 활용되고 있다. Adler MD의 2005년 논문에서는 일반적인 위해성 평가에서 제시되는 개인 위해도(Individual Risk)가 가지는 정보의 한계를 언급하면서, 정부 정책의 수립 또는 특정 규제 선정에 있어 특정 사람의 위험도 기준이 아닌 인구집단의 위험 또는 노출되는 인구의 규모에 의해서 결정되어야 함을 제시한 바 있다 (Adler MD 2005). 국내에는 유해요인에의 노출 가능한 인구집단 크기를 토대로 위해도를 산정하고 이를 정책적으로 활용하는 사례가 있다. 장외영향평가(Off-Site Risk Assessment)는 유해화학물질 취급 시설을 설치·운영하고자 하는 사업장의 화학사고 발생 시 위험도를 평가하는 것인데, 실제로 화학사고 시나리오별 사업장 주변의 영향범위 내 주거하는 주민의 수를 산정하고 이를 활용하여 사업장 주변 지역의 영향을 평가하고 있다(National Institute of Chemical Safety 2014).

다른 한편으로 위해성 평가에의 방법론적 활용은 유의미한 건강영향 여부에 대한 판단기준을 필요로 한다(Ministry of Environment 2008). 본 논문에서 발암위해도 기준을 초과하여 노출되는 인구수 산정 및 이를 활용한 위해성 평가는 인구집단 위해도(Population Risk) 개념이 적용된 것이다. 미국 환경보호청 1992년 보고서는 노출평가에 대한 가이드라인으로 개인 위해도와 인구집단 위해도로 구분하여 정리하고 있다(Environmental Protection Agency 1992). 개인 위해도는 일반적인 위해성 평가에서 다루는 위해도 값을 의미한다. 반면 인구집단 위해도는 각 개인의 노출여부를 활용하여 이를 인구집단의 산술평균 위해도로 설명하고 있다. 즉 인구집단 내 개 개인은 인구집단의 대표적인 개인 노출량으로 동일하게 노출된다고 가정하며, 이러한 가정 하에 인구집단 위해도는 개인 위해도에 인구집단의 크기(인구수)를 곱해서 산출하게 된다(Environmental Protection Agency 1992). 따라서 본 논문에서 제안하는 인구집단 위해도를 국내 법적인 건강영향평가에서 위해성 평가로 활용하고자 할 경우에는 개인 위해도 판단기준과는 별도의 적정 판단기준을 필요로 한다.

본 논문에서 제안하는 인구집단 위해도의 판단기

준은 일반대중들이 허용할 수 있다고 용인하는 위해도 수준에서 설정해 볼 수 있다. 정명규는 2001년에 위해도 기준을 저감이 필요한 수준의 위해도, 허용할 수 없는 수준의 위해도 등으로 구분한 바 있으며 (Chung MK 2001), 세계보건기구의 2001년 보고서는 허용할 수 없는 수준의 위해도 기준 설정 방법으로서 견딜 수 있고 받아들일 수 있는 수준으로의 접근, 질병부담에 따른 접근, 비용편익 분석을 통한 경제적 접근, 위해도의 대중적 허용정도, 허용 위해 수준에 대한 정치적 해결로 설명한 바 있다(World Health Organization 2001). 현행 위생·공중보건 항목 작성의 위해도 기준은 10^{-5} 로 설정되어 있는데, 이는 해당 사회 전 분야에서 발생하는 다양한 유해요인들의 위해도 수준을 근거로 비교하는 한 것에서 설정 기준을 찾아볼 수 있다(Korea Environment Institute 2016). 동일한 관점에서, 본 논문에서 제시한 인구집단 위해도 기준도 관련한 이해관계자(사업자, 평가대행자, 협의권자, 지역주민, 민간 전문가 등)들과 논의를 통해 위해도 기준 설정방법 및 그에 따른 위해도의 유의미한 건강영향 여부 판단수준을 설정해 볼 수 있겠다.

3. 위생·공중보건 항목 작성에의 적용 가능성

인구집단 위해도의 위생·공중보건 항목 작성에의 활용방안 제안은 위해성 평가결과에 대한 판단기준 설정, 그리고 기존 개인 위해도의 판단기준 및 이에 근거한 저감방안 수립 과정을 고려할 필요가 있다. 먼저 위생·공중보건 항목의 위해성 평가결과에 대한 판단기준은 발암위해도 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 로 설정되어 있다(Ministry of Environment 2011). 특히 발암성물질에 대한 발암위해도 기준은 원칙적으로 10^{-6} 을 기준으로 하는데, 이를 초과할 시 개발 사업 시행 시 적정 저감방안을 마련하도록 하고 있으며, 국내 최적방지시설(Best Available Techniques)을 마련한 경우에 한하여 10^{-5} 수준으로 기준을 완화하여 적용하고 있다. 만일 국내 최적방지시설을 적용한 저감방안에도 불구하고 발암위해도 기준 10^{-5} 를 초과할 경우에는 사업규모 축소, 해당 오염원 입지 제한 등의 강화된 저감방안을 마련토록 하고 있다(Ministry of Environment 2011).

본 논문에서 인구집단 위해도의 국내 법적인 건강 영향평가에의 활용은 개인 위해도 기준 적용을 우선으로 하고, 개인 위해도 기준 만족 시 인구집단 위해도 기준을 추가로 적용하는 것을 제안한다. 이는 인구집단 위해도 기준 설정의 배경 및 한계점을 고려한 것이다. 먼저 인구집단 위해도 적용으로서 발암성물질의 발암위해도가 특정한 예측지점에서 10^{-5} 를 초과하지 않더라도 10^{-6} 을 초과하는 인원수가 적정수를 넘어선다면 10^{-5} 에 상응하는 저감방안을 마련토록 하는 것이다. 인구집단 위해도의 적용은 비록 개발 사업으로 인한 개인 위해도가 모든 지점에서 10^{-5} 를 초과하지 않더라도 다수의 사람이 노출되고 있다면 그에 적합한 저감방안이 필요함을 제안하기 위함이다. 다른 측면에서 개인 위해도 기준을 제외한 인구집단 위해도만을 적용할 경우, 개발 사업으로 인한 주변 반경 이내의 인구집단 위해도 기준을 만족하더라도 특정 개인에게 나타날 수 있는 높은 개인 위해도에 대해서는 적절히 관리해 주지 못하기 때문이다.

인구집단 위해도 판단기준을 활용한 추가 저감방안 마련은 필요 시 개발 사업의 입지제한 도구로 활용될 수 있겠다. 우리나라와 같이 국토면적이 작아 인구밀도가 높은 상황에서는 건강영향평가 시 입지 적정성에 대한 평가가 매우 중요하다. 현행 국내법에서 유해대기오염물질 노출과 관련한 개발 사업의 입지제한은 「대기환경보전법 시행령」 제12조(배출시설 설치의 제한) 1호에서 찾아볼 수 있다. 하지만 해당 법에서는 배출시설 설치 지점으로부터 반경 1km 안의 상주인구가 2만 명 이상인 지역으로 한정하고 있어, 실제 지역사회의 특성을 고려할 경우에 현실성이 떨어진다고 할 수 있다. 이는 반경 1km 안의 상주 인구가 2만 명 이상인 지역이 면적 1km² 당 약 6,369 명에 해당되며 지역사회는 대구 수성구 수준이기 때문이다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2016). 입지 적정성 평가 관련한 평가 방법은 다양한 기준으로 설정될 수 있다. 기존 개발·운영 중인 오염원의 존재여부 및 주거지역의 분포 등과 함께 인구집단 위해도는 추가적인 연구를 통해 개발 사업의 입지 적정성을 평가하는 주요한 지표로 활용될 수 있겠다.

IV. 요약 및 결론

본 논문은 수용체 지향의 건강영향평가를 위한 방안으로서 개발 사업부지 주변의 수용체 특성을 반영하지 못하는 기존 평가방법의 한계를 해결하기 위해 잠재노출 인구수의 산정 및 활용 가능성을 제안하였다. 특히 개발 사업 이행 시 노출 가능한 인원수 산정의 방법 및 활용자료를 제시하였으며, 가상의 산업단지 개발 시 예측되는 노출 인원수를 사례로 분석하여 제시하였다. 또한 위해성 평가 시 노출 인구를 산정·활용하는 개념으로서 인구집단 위해도를 소개하였다. 하지만 인구집단 위해도를 위생·공중보건 항목 작성에 적용하기 위해서는 기존의 개인 위해도 평가와는 별도로 새로운 평가 기준 및 적용방안이 요구됨을 언급하였다.

수용체 지향의 건강영향평가는 건강영향을 유발하는 요인이 아닌 건강영향의 결과인 수용체 입장에서 접근하는 것이다. 지금까지의 국내 법적인 건강영향평가가 개발 사업인 오염원의 배출 및 이로 인한 위해성에 중점을 두었다면, 앞으로는 개발 사업부지 주변에 생활하는 지역주민에의 노출로 인한 지역사회 위해성에 중점을 두어야 할 것이다. 이러한 관점에서 본 논문에서 다루는 잠재노출 인구수의 산정·활용 가능성은 수용체 지향의 건강영향평가를 위한 첫 단계라고 할 수 있다. 향후 실제 평가에 활용하기 위한 기준과 적용방법에 대해서 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이며, 이를 다양한 이해관계자들과 논의를 통하여 법적인 절차로 수용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

사 사

본 논문은 한국환경정책·평가연구원의 「환경영향평가서 위생·공중보건 항목의 위해성 평가 개선 연구」 연구결과 일부를 정리한 것입니다.

References

Adler MD. 2005. Against 'Individual Risk': A Sympathetic Critique of Risk Assessment.

- University of Pennsylvania Law Review
153: 1121-1250.
- Chung MK. 2001. Environmental Risk Assessment.
DongHwa Technology Publishing. [Korean
Literature]
- Environmental Protection Agency. 1992. Guidelines
for Exposure Assessment.
- Environmental Protection Agency. 2004. AERMOD:
Description of Model Formulation.
- Korea Environment Institute. 2016. Development
of Risk Table for Risk Communication
in Health Impact Assessment. [Korean
Literature]
- Ministry of Construction and Transportation. 2007.
A Study on the National GIS Support
for 2006(A study on the definition and
management of GIS-based small area
statistical compilation area). [Korean
Literature]
- Ministry of Environment. 1997. Environmental
Risk Assessment and Management
Technology - Risk Assessment and
Management Technology for Air
Pollutants. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2008. A Study on the
Establishment of Risk Standards. [Korean
Literature]
- Ministry of Environment. 2009. Environmental
impact forecasting model user guide.
[Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2011. Manual for
Assessment of Health Impact Items. [Korean
Literature]
- Ministry of Environment. 2015. Regulations on
Environmental Impact Assessment. [Korean
Literature]
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
2016. Cadastral Statistics Year Book. [Korean
Literature]
- National Institute of Chemical Safety. 2014.
The Reporting Manual for Off-Site Risk
Assessment. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research. 2017.
Comprehensive Evaluation on the Result of
four years (2012~2015) Monitoring of
Exposure to Environmental Pollutants and
Health Effects among Residents Living near
Industrial Complex. [Korean Literature]
- National Research Council. 1983. Risk Assessment
in the Federal Government: Managing the
Process.
- Statistics Korea. 2014. Motion and Time Study.
[Korean Literature]
- Statistics Korea. 2015. Population and Housing
Census. [Korean Literature]
- World Health Organization. 2001. Water Quality:
Guidelines, Standards and Health. Ch10.
Acceptable risk.