

Research Paper

건강영향을 고려한 산업단지 개발의 계획 적정성 평가방법론 연구

신문식* · 이영수** · 하종식**

서울시립대학교 일반대학원 환경공학과, (주)도화엔지니어링*, 한국환경정책·평가연구원**

A Study on a Plan Adequacy Evaluation for Industrial Complex Development Considering Health Impact

Moonshik Shin* · Youngsoo Lee** · Jongsik Ha**

University of Seoul, Dohwa Engineering CO.,LTD.*
Korea Environment Institute**

요약: 현행 국내 건강영향평가는 환경영향평가제도 내 특정 개발사업에 한해서 수행된다. 하지만 건강영향평가가 개발사업의 시행 단계에서 수행됨에 따라 심각한 건강 악영향이 예상됨에도 불구하고 적절한 조치를 취하지 못하는 경우가 있다. 특히 산업단지 개발사업의 경우에 운영으로 인한 건강 악영향 예상 및 개발단계에서의 건강영향평가로 인해 환경갈등이 자주 발생하고 있다. 이 연구는 산업단지 개발에 있어 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법을 제안하고 이를 실제 개발사업들에 적용하고자 하였다.

이 연구는 US EPA의 CalEnviroScreen 3.0 및 US ATSDR의 Public Health Assessment를 참조해서 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법을 제안하였다. 평가 방법으로는 지역사회 특성, 배경노출, 그리고 개발부담으로 구분한 지표 사용을 제안하였다. 문헌조사 등을 통해 지역사회 특성 지표 5개, 배경노출 지표 3개, 개발부담 지표 7개를 선정하였으며, 건강영향평가 관련 전문가들에게 계층적 의사결정법 설문조사를 통해 각 지표의 가중치를 산출하였다. 과거 국가 주도의 3개 국가산업단지 개발사업에 대해 시범 적용하였으며, 이를 통해 각 지표들에 대한 활용자료 및 평가값을 세분화하여 평가 방법을 구체화하였다. 건강영향을 고려한 계획 적정성 기준은 산업단지 개발에 대한 정부의 정책방향과 연계하여 첫째 총점기준, 둘째 총점 및 지역사회 특성기준, 그리고 개발부담 지표에 예외를 둔 총점 및 지역사회 특성기준으로 제안하였다.

주요어: 건강영향평가, 계획 적정성 평가, 지역사회 특성 지표, 배경노출 지표, 개발부담 지표

Abstract: Health Impact Assessment (HIA) in Korea is conducted for specific development projects within Environmental Impact Assessment (EIA) system. However, as HIA is being carried out in the implementation stage of the development project, it sometimes has failed to take proper actions despite the significant adverse health impact. Considering an environment conflict regarding adverse health impact in developing industrial complex and the current application of HIA in EIA

system, it is necessary to come up with an adequacy evaluation in the industrial complex development considering health impact. This study proposes an adequacy evaluation method considering health impact for the industrial complex development and embodies the method by applying it to actual cases.

Referring to methodologies of US EPA's CalEnviroScreen 3.0 and US ATSDR's Public Health Assessment, this study proposed using indicators divided by community characteristic, background exposure and development burden as an adequacy evaluation method to consider health impact. Five indicators for community characteristic, three indicators for background exposure and seven indicators for development burden were selected through literature survey, and the weights for each indicator were calculated through Analytic Hierarchy Process's survey of experts related to HIA. Through a pilot application in the three government-led industrial complex development projects, the method was further elaborated by clarifying the evaluation data and subdividing the evaluation criteria for each indicator. Adequacy criteria of plan considering health impact could be presented in three ways to be linked to the government's policy stance on the industrial complex development criteria of total score, criteria of total score and community characteristic score, and criteria of total score and community characteristic allowed by development burden.

Keywords : Health Impact Assessment, Plan Adequacy Evaluation, community characteristic indicators, background exposure indicators, development burden indicators

I. 서론

현행 환경영향평가(Environmental Impact Assessment) 체계 내 건강영향의 고려는 위생·공중보건 항목에서 건강영향평가(Health Impact Assessment)로 수행되고 있다. 법적 근거로서 「환경보건법」 제13조는 개발사업(산업단지, 화력발전소, 폐기물처리시설 등)에 대한 환경영향평가 수행 시 잠재적인 건강영향 파악 및 건강 악영향이 예상될 경우에 저감방안을 수립하도록 하고 있다. 예를 들어 개발사업으로 인해 배출되는 유해대기오염물질의 노출농도 위험도가 기준(발암위해도) 초과 시 적정 저감방안을 마련한 후 해당 개발사업을 시행하도록 하고 있다(Ministry of Environment 2011).

하지만 2011년 건강영향평가의 법적 시행 시부터 건강영향 저감에 대한 실효성 문제가 제기되어왔다(Ministry of Environment 2018). 이는 건강영향평가가 개발사업 시행을 전제로 하는 환경영향평가 단계에서 수행됨으로써 개발사업으로 인한 상당한 건강 악영향이 예상되어 바람직하지 않음에도 불구하고 개발사업의 회피 자체가 불가능한 것과 관련 있다. 실제

로 현행 건강영향평가의 저감방안은 대부분이 사업계획 조정, 건강영향 감소 등에 치우쳐 있다(Ministry of Environment 2017b).

이러한 상황에서 환경갈등을 초래한 사례로써 2017년 경기도 동탄2신도시 인근의 산업단지 개발계획에 대한 환경영향평가에서는 북측으로 동탄2신도시가 존재하고 동시에 남측으로 기 계획된 산업단지가 입지하는 것과 관련하여 논란이 있었다(Ministry of Environment 2018). 주요 환경갈등의 사항으로 산업단지가 추가 입지될 경우 개발부지 경계와 인접하여 위치하고 있는 신도시 입주민들의 장·단기적 유해대기오염물질에 노출에 의한 인체 위해성과 해당 산업단지 내 입주민의 생활환경 및 정주여건의 안전성 보장을 담보할 수 없는 상황 등이었다(Ministry of Environment 2018).

한편 산업단지 개발은 계획 적정성 또는 입지 타당성에 대한 검토가 다른 개발사업에 비해 충분히 이루어지지 못하는 것으로 언급되고 있다. 이는 산업단지 조성의 경우에 「산업단지 인·허가 절차 간소화를 위한 특례법」에 의해 개발면적에 따라 전략환경영향평

가(면적 15만m² 미만) 또는 환경영향평가(면적 15만 m² 이상) 절차를 1회만 거치게 되기 때문이다. 만일 산업단지 개발 시에 규모가 15만m² 이상일 경우에는 환경영향평가 절차를 따르게 되며, 환경영향평가 단계의 평가서 작성 및 개발을 전제로 하는 저감방안 마련에 중점 검토를 하게 된다. 앞서 언급한 동탄2신도시 인근의 산업단지 개발 시 야기된 환경갈등 발생이유를 여기에서도 일부 찾아볼 수 있겠다(Ministry of Environment 2018).

환경부는 환경부예규 제620호 「환경영향평가 등에 관한 협의업무 처리규정」에서 평가 협의 시 전략환경영향평가 과정을 거치지 않아 계획 적정성 및 입지 타당성이 검토되지 않은 것에 대해서는 부동의가 가능하도록 하고 있다. 개발계획에 대한 계획 적정성 검토는 상위 및 관련 계획과의 연계성, 대안 설정 및 분석의 적정성, 당해 계획의 특성 등을 종합적으로 고려하여 당해 계획의 추진여부, 추진 시기 및 규모 등을 결정한다. 하지만 개발을 전제로 하는 환경영향평가 단계에서 평가서 구성 및 내용을 바탕으로 계획 적정성 및 입지 타당성에 대한 검토는 용이하지 않다. 특히 대안 설정 및 분석에서 계획수립 유무, 수단·방법 대안, 수요·공급 대안, 입지 대안, 시기·순서 대안 등의 사항을 검토하는데 최근 환경갈등의 주요 요인이 되는 건강 악영향 관련 사항은 구체적으로 제시되어 있지 않다(Ministry of Environment 2018).

요약하면 현행 환경영향평가 체계 내 건강영향평가 적용 및 최근 산업단지 개발 과정에서의 건강 악영향 관련한 환경갈등, 그리고 산업단지 개발의 환경영향평가 과정의 특수성 등을 고려할 때, 산업단지 개발 시 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방안 마련이 요구된다. 세부적으로 건강영향을 반영할 수 있는 계획 적정성의 평가 방법과 기준 그리고 산업단지 개발 시 환경영향평가의 특수성을 고려한 적용 방법과 해석 방안을 구체화할 필요가 있다.

이 연구의 목적은 산업단지 개발 시 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법으로 관련 평가와 적용 방안을 제안하는 것이다. 이를 위해 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가의 방법 제안 및 실제 산업단지 개발 시 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 수행 그리고

해당 계획 적정성 평가의 적용 및 해석 방안에 대해서 고찰하였다.

II. 연구방법

1. 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가방법론 도출

건강영향을 고려한 계획 적정성 평가는 미국 캘리포니아 환경보호청(California Environmental Protection Agency)의 CalEnviroScreen 3.0과 미국 독성물질질병등록청(Agency for Toxic Substances and Disease Registry)의 환경보건평가(Public Health Assessment)를 참조하였다. CalEnviroScreen 3.0은 다양한 오염원으로부터 배출되는 환경오염물질로부터 부담이 크고 영향이 상대적으로 더 취약한 캘리포니아 내 소규모 지역사회를 확인하는 도구이다(California Environmental Protection Agency 2017). 해당 도구는 오염부담(pollution burden)과 인구특성(population characteristics) 요인의 누적영향(cumulative impact) 관점에서 접근하고 있는데, 오염부담으로 인한 노출(exposure)과 환경적 영향(environmental effect)에 대해 인구특성으로서 민감집단(sensitive population)과 사회경제적 요소(socioeconomic factors)를 고려하고 있다. 특히 2개 요인인 오염부담과 인구특성은 상호작용 효과(interaction effect)를 가지는 것으로 가정하여 각 요인점수의 곱셈을 적용하여 상대적인 취약지역을 도출한다.

환경보건평가는 과거부터 현재, 미래 인구집단의 건강영향을 평가하고 환경보건상의 규정 또는 권고 사항을 마련, 유해한 건강영향을 예방 및 저감하기 위한 조치(action) 또는 조사(study)를 마련하기 위해 관련 자료 및 정보를 평가하는 것이다(Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2005). 해당 평가는 폐기물 처리지역, 산업단지 등 환경오염이 의심되는 지역을 대상으로 오염특성 및 범위(nature and extent of contamination), 인구통계(demographics), 인체로의 노출경로(pathways of human exposure), 건강 및 질병 영향(health effects

and disease-related data)의 4가지 항목을 고려한다. 이를 통해 대상지역에 대한 환경보건상 필요한 조치를 5가지 등급으로 구분하여 평가·제안한다.

이 연구에서는 지표를 활용하여 지역단위별 상대적인 잠재 위해(potential risk)를 선별하는 CalEnviro Screen 3.0의 특성과 특정 지역의 환경오염 현황을 파악하여 필요 조치를 선정·제안하는 환경보건평가의 특성을 참조하였다. 이에 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가는 산업단지 개발 지역에 대한 지역사회 특성(community characteristic), 배경노출(background exposure), 개발부담(development burden)으로 구분한 지표 활용의 계획 적정성 평가 형태로 제안하였다. 각각의 요인들과 관련하여 지역사회 특성 요인은 산업단지 개발부지 주변 노출인구 규모 등 해당 지역의 수용체 현황(receptor status) 특성을 반영하는 지표들로, 배경노출 요인은 기존 환경오염 현황 등 해당 지역의 오염 현황(pollution status) 특성을 반영하는 지표들로, 그리고 개발부담 요인은 산업단지 개발로 인한 추가적인 환경오염 등 해당 지역의 오염 가중(pollution aggravation) 특성을 반영하는 지표들로 구성되도록 하였다. 더불어 각 요인의 효과는 적정성 점수의 산출 용이성, 직관적인 이해 등을 반영하여 단순 누적 공식을 적용하였다(Gordis 2008). 아래는 산업단지 개발계획의 적정성 여부를 판단하는 점수의 산출 공식이며, 해당 점수가 일정 수준을 초과하게 되면 건강영향 측면에서 개발계획이 적정하지 않다는 것을 의미한다.

적정성 점수 =

$$100 \times (\text{지역사회특성 가중치} \times \sum_{i=1}^I (\text{지역사회특성 지표}_i \times \text{지역사회특성지표 가중치}_i + \text{배경노출 가중치} \times \sum_{j=1}^J (\text{배경노출지표}_j \times \text{배경노출지표 가중치}_j) + \text{개발부담 가중치} \times \sum_{k=1}^K (\text{개발부담지표}_k \times \text{개발부담지표 가중치}_k))$$

$i = 1, 2, \dots, I$
 $j = 1, 2, \dots, J$
 $k = 1, 2, \dots, K$

각 요인별 지표는 요인을 대표할 수 있는 지표들을 우선적으로 조사·정리하고, 이를 지표들과 관련한 국내 환경영향평가 및 건강영향평가 전문가 검토와 국내 평가자료 현황파악을 통해 이를 보완하고 구체화하였다. 첫 번째 단계로서 지역사회 특성, 배경노출, 개발부담 관련한 지표들에 대해서는 산업단지 개발·운영 관련한 학술문헌, 산업단지 개발 관련한 법·제도적인 기준, 그리고 환경영향평가 과정 내 건강영향평가를 수행하는 환경건강영향평가(Environmental Health Impact Assessment) 형태의 해외사례 조사를 통해 정리하였다. 두 번째 단계로서 조사·정리된 지표들에 대해서 산업단지 개발 관련한 환경영향평가서 작성 및 검토 현황에 근거하여 수정하였다.

적정성 점수를 결정하는 요인 및 요인 내 지표들의 가중치는 최종 선정된 지표들을 이용하여 전문가 의견에 의한 가중치 산출방법인 계층적 의사결정법(Analytic Hierarchy Process; AHP)을 이용해 산출하였다(Sasty 1990). 설문조사는 국내 현행 건강영향평가 관련 전문가 25인을 대상으로 하였는데 이해관계자별로 구분하여 협의 및 검토기관, 평가대행자, 그리고 시민단체 및 학계로 구분하여 각각 8인, 8인, 9인에 대해 설문지의 이메일 송부 및 회신으로 진행하였다. 회수된 설문지 각각에 대해서는 설문에 대한 일관성 지수(consistency index)를 산출하여, 일관성에 상당한 문제가 있을 경우에 재차 설문을 요구하였다.

2. 개발계획에의 사례 적용

현행 산업단지 조성 관련한 환경영향평가 내 건강영향평가는 매년 약 30여건 수행되고 있다(Korea Environment Institute 2017). 이 연구에서는 정부 주도하에 동일한 목적의 산업단지 개발 및 동일한 절차에 의한 건강영향평가 수행 사례를 바탕으로 계획 적정성 평가를 적용해보고자 하였다. 2018년 6월을 시점으로 환경영향평가가 완료된 사업들을 중심으로 동일한 목적 및 동일한 평가기관에서 수행한 개발사업을 조사하였으며, 2014년 정부에서 추진한 '지역특화 산업단지 개발' 관련한 사업들을 사례로 선정하였다. 이들 국가산업단지들은 국가 경쟁력 강화 및

지역경제 활성화 유도를 목표로, 각각 경상남도 밀양시, 경상남도 사천시, 그리고 전라북도 전주에서 개발되는 것으로 계획되었다. 이 연구에서 활용된 각각의 국가산업단지 개발계획 관련 정보는 환경영향평가정보시스템(www.eiass.go.kr)에서 공개되는 환경영향평가서 초안서 내용을 바탕으로 하였다.

사례 적용은 앞서 제시한 3개 국가산업단지 개발 사업에 대하여 지역사회 특성, 배경노출, 그리고 개발부담 지표 관련한 사항을 환경영향평가 초안서의 사업개요, 지역개황, 토지이용계획, 건강영향평가 영향예측, 저감방안 등의 내용을 확인함으로써 진행하였다. 개발부담 지표들의 대부분은 평가서(초안) 내 건강영향평가 내용을 바탕으로 모두 확인이 가능한 사항이었다. 부득이하게 현행 환경영향평가서에서 확인이 불가능한 지표들에 대해서는 추가적인 분석을 하였다. 특히 지역사회 특성 지표 관련한 산업단지 부지 반경 2km내 거주인구수, 민감인구 이용시설 현황 등은 공개프로그램인 QGIS 프로그램(<https://www.qgis.org>)을 활용하여 파악하였다. 또한 배경노출 지표 관련한 사항들은 환경부 환경통계포털(<http://stat.me.go.kr>)에서 관련 자료를 조사·정리하여 적절한 자료를 분석하였다.

이 연구에서는 계획 적정성 평가 방법을 실제 개발 사업에 적용하여 각 지표들을 더욱 상세화 하였다. 특히 환경영향평가 단계에서 활용 가능한 자료의 해상도와 각 지표별 평가 대상사업에서의 분포 현황을 고려하여 지표 점수를 세분화하고자 하였다. 또한 해외 문헌에 대한 산업시설 이격거리별 건강영향 관련한 조사를 통해 지표 점수에 대한 근거를 보완하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법

1) 지표의 선정

건강영향을 고려한 계획 적정성 평가의 요인별 지표는 산업단지 개발·운영으로 인한 건강영향의 학술 문헌, 산업단지 개발 관련한 법제도적 기준, 그리고 해외 산업단지 관련한 환경건강영향평가 방법론 사례

를 조사·정리하여 선정하였다. 조사·정리한 자료의 내용 특성상 산업단지 개발·운영으로 인한 건강영향 학술문헌들은 대부분 과거 노출로 인한 건강영향의 평가결과였으며, 산업단지 개발부지 인근의 인구 등 지역사회 현황에 따른 건강영향 사항들을 포함하고 있어 주로 지역사회 특성 요인의 세부지표들에 대한 선정근거가 되었다. 반면에 산업단지 개발 관련한 법제도적 기준들은 산업단지 개발 시 건강상의 부담으로 작용할 수 있는 사항들에 대한 제한 사항들을 포함하고 있어 주로 개발부담 요인의 세부지표들에 대한 선정근거가 되었다. 마지막으로 해외 산업단지 관련한 환경건강영향평가 사례들은 환경위험요인의 배출과 이로 인한 주변 지역사회의 건강영향 정도에 대한 사항을 중점적으로 포함하고 있어 개발부담 요인 관련한 지표 및 개발부지 주변의 배경농도 등 기존 오염 현황 관련한 지표의 선정근거가 되었다.

산업단지 개발·운영으로 인한 건강영향 학술문헌들은 산업단지 운영과 인근의 거주자 사이에 건강영향 관련성을 평가·제시한 것들에 대해서 국문 연구(보고서 및 논문) 및 영문 연구(논문)로 구분하여 조사하였다. 학술문헌은 출판시점이 2000년 이후부터 2017년까지를 대상으로 출판된 학술문헌 제목에 특정 용어를 포함하는 것을 1차 선정하여 초록을 바탕으로 2차 선정하여 본문 내용을 분석하였다. 국문 보고서는 정책연구관리시스템(<http://www.prism.go.kr>), 국문 논문은 한국학술정보(<http://kiss.kstudy.com>), 그리고 영문 논문은 PubMed(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)를 대상으로 검색하였다. 검색용어는 산업단지와 건강영향으로 구분하여 산업단지 관련 용어는 국문 '산업단지, 산단, 공장' 및 영문 'industrial estate', 'industrial park', 'industrial complex', 'industrial area', 'factory'로 정의하고, 건강영향 관련 용어는 국문 '건강, 사망, 질환, 질병, 정신' 및 영문 'health, death, disease, illness, psychiatric, mental'로 정의하였다. 검색 시에 용어 구분 간에는 'AND' 및 구분 내에는 'OR' 조건으로 검색하였다.

국문 연구로서 보고서 및 논문을 검색한 결과, 운영 중인 산업단지 주변의 건강영향조사(health impact

survey) 등과 관련한 다수의 보고서를 찾을 수 있었다. 일부 국문 논문을 확인하였으나 앞서 출판된 국문 보고서와 동일한 내용이었다. 또한 국문의 다수 보고서들은 환경부의 2017년 종합분석 보고서를 통해 요약·정리되어 있었는데 산업단지 운영으로 인한 주변 지역사회 환경유해오염물질 노출 개연성 및 일부 건강 악영향이 존재함을 언급하고 있었다(Ministry of Environment 2017a). 「환경보건법」에서 건강영향조사는 세부적으로 국민환경보건 기초조사 관련한 정밀조사, 역학조사, 그리고 청원에 의한 영향조사로 구분해 볼 수 있는데 모두 지역사회의 공동도 환경유해요인 등으로 인한 건강 우려로 진행된다. 이를 근거로 계획 적정성 평가의 지역사회 특성 요인 지표로서 산업단지 개발부지 주변의 건강영향조사 실시여부를 지표로 설정하였다. 이와는 별도로 한국환경정책·평가연구원의 2017년 보고서는 산업단지 주변 지역사회 인구노출 규모 및 주변 민감집단 이용시설 존재유무에 따른 건강영향 발생 크기의 관련성에 대해 정리·제시하고 있다(Korea Environment Institute 2017, Environmental Protection Agency 2009). 이를 근거로 산업단지 개발부지 주변 반경 2km 이내 거주 인구 8,661명 이상 유무 및 민감집단 이용시설(병원, 보육시설, 요양원 등)의 존재 유무를 지표로 설정하였다(Table 1).

여기에서 산업단지 개발부지 주변 반경 2km는 현행 산업단지 개발에서의 환경영향평가 대기질 및 악취 항목의 평가 대상지역을 준용한 것이다(Korea Environment Institute 2017, Ha 2018). 과거 산업단지 개발 관련한 환경영향평가 과정에서 대기질 및 악취 항목에 대한 평가 대상지역 범위는 부지경계로부터 1km, 2km, 3km로 설정하고 있으며, 많은 경우에 2km로 설정하고 있다(Ministry of Environment, 2015). 이에 이 연구에서는 환경영향평가의 타 항목과 연계성 및 환경영향평가 시 주민의견 수렴범위 등을 고려하여, 각각의 지표에 대해서 개발부지로부터의 이격거리를 일반적인 2km로 한정하여 설정하였다.

영문 논문은 1차 제목 용어 검색을 통한 114개 논문, 2차 초록 분석을 통해 27개 논문을 선택하고, 본문 내용을 역학연구의 3대 요소인 지역(place), 기간

(period), 대상자(person) 구분 그리고 오염물질, 노출특성, 건강영향으로 재정리하였다(Gordis 2008). 이 중 Shi 등의 2018년 논문 및 Singkaew 등의 2013년 논문은 산업단지 주변 지역주민의 톨루엔, 자일렌에의 영향, 휘발성 유기화합물에의 영향을 언급하였으며(Shi et al. 2018, Singkaew et al. 2013), Karakis 등의 2009년 논문은 산업단지 주변의 악취발생 신고와 만성호흡기 질환 유병률에 대한 양(positive)의 관련성에 대해서 언급하였다(Karakis et al. 2009). Li 등의 2014년 논문 및 Kumar 등의 2017년 논문 등은 중국과 인도에서의 산업단지 주변 지하수 음용으로 중금속 노출 및 이로 인한 지역주민의 위해도 기준 초과에 대해 언급하였다(Li et al. 2014, Kumar et al. 2017). 이를 근거로 계획 적정성 평가의 지역사회 특성 요인 지표로서 각각 산업단지 개발부지 반경 2km 이내 주변의 악취 민원 존재 여부 및 지하수 이용시설의 존재여부를 지표로 설정하였다. 이와는 별도로 Lopez-Navarro 등의 2013년 논문은 산업단지 주변에서의 지역주민들은 심리적인 불안 및 스트레스가 상대적으로 높고 나아가 이는 건강 위해도와의 관련성이 높을 수 있음에 대해 언급하였다(Lopez-Navarro et al. 2013). 이를 근거로 산업단지 개발부지 주변 반경 4km 이내 기 운영 중인 산업단지, 화력발전소 등 오염원의 존재 유무를 배경농도 요인 지표로 설정하였다(Table 1).

산업단지 개발 관련한 법제도적 기준은 「산업입지 및 개발에 관한 법률」, 「산업단지 인허가 절차 간소를 위한 특례법」 그리고 「환경영향평가법」과 관련한 각종 고시 등을 통해 조사·정리하였다. 이 연구에서는 현행 건강영향평가 매뉴얼 관련한 환경부예규 제589호 「건강영향 항목의 검토 및 평가에 관한 업무처리 지침」을 기본으로 환경부고시 제2016-64호 「산업입지의 개발에 관한 통합지침」, 제2016-238호 「농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합지침」, 국토교통부공고 제2017-982호 「산업단지계획 통합기준」에서의 개발 시 제한 사항들에 대해 분석하였다.

「건강영향 항목의 검토 평가에 관한 업무처리지침」에서는 산업단지 개발 시에 유해대기오염물질, 유해수질오염물질, 그리고 소음 관련하여 저감방안을 사

Table 1. Indicators and weight of indicators for plan adequacy assessment considering health impact

Factor	Indicators in factor	Evidence of selection	Weight by AHP	
			factor (=A)	indicator (=B)
Community characteristics	Whether or not the number of people living within a 2km radius of the industrial complex site is 8,661 or more.	- Scientific literature: Korea Environment Institute (2017)	0.268	0.086
	Whether or not sensitive population facilities are available within a 2km radius of the industrial complex site.	- Scientific literature: Korea Environment Institute (2017), Environmental Protection Agency (2009)	0.314	0.101
	Whether or not underground water facilities are available within a 2km radius of the industrial complex site.	- Scientific literature: Li et al. (2014), Kumar et al. (2017)	0.320	0.025
	Whether or not at least a health impact survey conducted within a 2km radius of the industrial complex site.	- Scientific literature: Ministry of Environment (2017a)	0.165	0.053
	Whether or not a foul odor complaint occurred within a 2km radius of the industrial complex site.	- Scientific literature: Shi et al. (2018), Singkaew et al. (2013), Karakis et al. (2009)	0.174	0.056
	Whether or not national environment standards exceeded in the past three years within a 2km radius of the industrial complex site.	- Added by expert opinions (Ministry of Environment (2015))	0.368	0.090
Background exposure	Whether or not at least a leakage accident of harmful chemicals occurred in the past three years within a 2km radius of the industrial complex site.	- Abroad HIA cases: Health Canada (2004)	0.245	0.067
	Whether or not at least a source of pollution (air pollution, etc) exists within a 4km radius of the industrial complex site.	- Scientific literatures: Lopez-Navarro et al. (2013)	0.357	0.087
	Whether or not the discharge of pollutants related to HIA allowed in the planned industrial complex.	- Guidelines in law: Ministry of Land, Infrastructure and Environment (2017), Ministry of Environment (2011, 2016a)	0.224	0.098
	Whether or not the risk reflecting the impact of industrial complex exceeded the criteria (i.e. carcinogenic substance 10-5) of HIA.	- Guidelines in law: Ministry of Environment (2011)	0.296	0.129
Development burden	Whether or not companies in industrial complex are allowed the entry of odor-free discharge facilities.	- Guidelines in law: Ministry of Environment (2011)	0.110	0.048
	Whether or not companies in industrial complex are allowed the entry of hazardous chemical treatment facilities (above a small standard).	- Abroad HIA case: Health Canada (2004)	0.435	0.075
	Whether or not at least a residential facility exist within the minimum distance of noise impact from the boundary of the industrial complex site.	- Guidelines in law: Ministry of Environment (2011)	0.067	0.029
	Whether or not at least an underground water service facility exist within a 1km from the landfill development site due to the industrial complex.	- Guidelines in law: Ministry of Environment (2016b)	0.069	0.030
	Whether or not at least a residential facility exist within the minimum distance of magnetic field impact due to transmission line in the industrial complex.	- Added by expert opinions (World Health Organization (2007), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2000))	0.062	0.027

전에 마련하도록 하고 있다(Ministry of Environment 2011). 「산업단지계획 통합기준」과 「산업입지의 개발에 관한 통합지침」에서는 일정 규모 이상의 상주 인구 또는 기존의 집단취락지구가 존재하는 지역에서의 대기오염배출시설 또는 산업단지의 입지를 제한하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Environment 2017, Ministry of Environment 2016a). 「농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합지침」에서는 지하수를 상수원으로 취수하는 경우로 취수시설로부터 1km 이내에 농공단지의 입지를 제한하고 있다(Ministry of Environment 2016b). 이를 근거로 계획 적정성 평가의 개발부담 요인 지표로서 산업단지 개발 시 유해대기오염물질 또는 악취 배출시설의 설치여부, 유해대기오염물질 노출로 인한 지역사회의 예측 위해성 기준 초과여부, 소음 발생시설의 설치여부, 그리고 산업단지 주변 지하수 취수시설의 유무를 지표로 설정하였다. 여기에서 산업단지 주변 지하수 취수시설의 유무는 구체적인 오염원의 존재여부를 고려하기 위해 산업단지 내 매립장의 시설설치 계획을 전제로 하였다(Table 1).

해외 산업단지 관련한 환경건강영향평가 사례들은 세계보건기구(World Health Organization)의 건강영향평가 웹사이트(<https://www.who.int/hia/en/>)를 통해 조사·정리하였다. 일반적으로 건강영향평가는 크게 역학과 독성학 분야에 근거를 둔 환경건강영향평가와 사회과학에 기반을 둔 정책분석의 건강영향평가로 구분되는데(John et al., 2004), 여기에서는 산업단지 등 특정 개발사업으로 인한 환경건강영향평가 형태의 캐나다 건강영향평가 사례를 중심으로 분석하였다.

캐나다 연방정부 보건국에서는 개발사업을 수립·시행할 때 잠재적 건강영향을 고려하기 위한 가이드라인을 발간하였다(Health Canada 2004). 해당 가이드라인에는 국내 산업단지 개발계획과 유사한 알루미늄 산업과 제지 산업에 대한 주요 환경영향요인과 이로 인한 건강영향 관련한 노출인구, 발생가능성, 그리고 참고문헌을 제시하고 있다. 주요한 환경영향요인으로 알루미늄 산업의 경우에 화재, 폭발 등의 재난, 유해대기오염물질, 유해수질오염물질, 그리고

소음을 언급하였으며, 제지 산업의 경우에 알루미늄 산업의 환경영향요인에 악취 요인을 추가로 언급하였다. 이를 근거로 산업단지 개발부지 주변 반경 2km 이내 과거 3년간 유해화학물질 배출사고 유무를 배경농도 요인 지표로 설정하였으며, 산업단지 개발 시 유해화학물질 배출시설의 허용여부를 개발부담 요인 지표로 설정하였다(Table 1). 덧붙여 해당 가이드라인에서 제시된 환경영향요인들은 앞서 언급한 계획 적정성 평가 지표들에 대한 추가적인 선정 근거로도 활용될 수 있었다.

이 연구의 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 지표에 저자들의 경험을 바탕으로 2개의 지표를 추가하였다. 첫 번째 지표는 배경노출 요인 관련한 산업단지 개발부지 주변 반경 2km 이내 국가 환경기준의 초과 여부이다(Table 1). 「환경정책기본법」에 따르면 환경기준은 생태계 또는 인간의 건강에 미치는 영향을 고려하여 설정하며 「환경영향평가법」에 따르면 환경기준 등을 활용하여 환경보전목표를 설정하고 이를 목표로 평가를 실시한다(Ministry of Environment 2015). 정리하면 산업단지 개발부지 주변에서 환경기준에의 기 초과는 해당 지역이 건강영향 측면에서 적정하지 않음을 시사한다고 할 수 있다. 두 번째 지표는 개발부담 요인 관련한 산업단지 개발 시 고압송전선로의 신규 이설 및 이로 인한 극저주파(extremely low frequency) 노출 범위 내 주거지의 존재여부이다(Table 1). 일부 산업단지의 경우에 개발 시 대규모 전력공급의 필요성으로 신규 고압송전선로를 이설하게 된다. 세계보건기구 등에서는 고압송전선로 이설로 인한 극저주파에 대한 낮은 수준(보통 4~10mG)에서의 장기노출(long-term exposure)이 건강영향을 야기, 이에 대한 사전 예방적 방안 마련을 제안하고 있다(World Health Organization 2007, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 2000). 정리하면 산업단지 개발 시 고압송전선로를 이설하고 이로 인해 낮은 수준에서의 장기노출이 가능한 범위 내에 주거지가 존재하는 경우에는 해당 개발계획이 건강영향 측면에서 적정하지 않음을 시사한다고 할 수 있다.

2) 지표의 가중치

국내 건강영향평가 전문가 25인의 지표별 가중치는 지역사회 특성, 배경노출, 개발부담 요인별 순서로 각각 0.320, 0.245, 0.435의 크기로 나타났다(Table 1). 지역사회 특성 요인의 5개 지표들에 있어서는 산업단지 개발부지 반경 2km 이내 거주인구 8,661명 이상 유무 및 민감인구의 이용시설 유무가 각각 0.268, 0.314로서 해당 요인의 절반 이상인 약 58% 가중치를 보였다. 배경노출 요인의 3개 지표들에서 있어서는 산업단지 부지 반경 2km 이내 과거 3년 국가 환경기준 초과 여부 및 산업단지 부지 반경 4km 이내 기존 오염원(대기오염 등) 존재여부 지표가 다소 높은 각각 0.368, 0.357로 나타났다. 마지막으로 개발부담 요인의 7개 지표들에 대해서는 산업단지 입주업체의 영향을 반영한 위해도 기준 초과 여부, 산업단지 입주업체에 건강영향평가 대상물질 배출허용 여부 지표가 각각 0.296, 0.224로서 해당 요인의 절반 이상인 약 52% 가중치를 보였다.

요인 가중치와 요인별 세부지표 가중치를 함께 고려한 15개 지표의 최종 가중치는 각 요인별 2개 지표, 전체 6개 지표에 의해서 약 60%를 차지하는 것으로 산정되었다(Table 1). 개발부담 요인의 산업단지 입주업체의 영향을 반영한 위해도 기준 초과 여부, 산업단지 입주업체의 건강영향평가 대상물질 배출허용 여부는 각각 0.129, 0.098의 가중치로 나타났다. 지역사회 특성 요인의 산업단지 부지 반경 2km 이내 민감인구 이용시설 유무, 산업단지 부지 반경 2km 내

거주인구 8,661명 이상 유무는 각각 0.101, 0.086의 가중치로 나타났다. 그리고 배경노출 요인의 산업단지 부지 반경 2km 내 과거 3년 국가 환경기준 초과 여부, 산업단지 부지 반경 4km 내 기존 오염원(대기오염 등) 존재여부는 각각 0.090, 0.087의 가중치로 나타났다.

건강영향평가 이해관계자에 따른 요인별 가중치는 전문가 25인 전체의 요인별 가중치와는 다른 경향을 보였다. Figure 1은 요인별 가중치에 대해서 협의 및 검토기관(reviewer), 대학 및 시민단체(academia), 그리고 평가대행자(agent)로 구분하여 도식화한 것이다. 전문가 25인 전체의 요인별 가중치는 개발부담 요인이 타 요인의 가중치에 비해 높게 나타났으나 절반 이상을 차지하지는 않았다. 하지만 평가대행자의 경우에 개발부담 요인의 가중치가 절반 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이와 함께 협의 및 검토기관의 경우에 지역사회 특성 요인의 가중치가 타 요인의 가중치에 비해 더 높은 것으로 나타났다.

2. 개발계획에의 사례 적용

1) 세부 지표의 제약 및 척도화

이 연구에서는 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가방법론을 실제 개발계획에 적용하여 해당 평가방법을 보다 정교화 시켰다. 산업단지 개발·운영에 따른 미래 건강영향의 예측·평가 차원에서 개발부담 요인 지표들에 한하여 개발계획의 불확실성을 고려한 지표 점수의 제약(constraint), 지역사회 특성 및 배경노

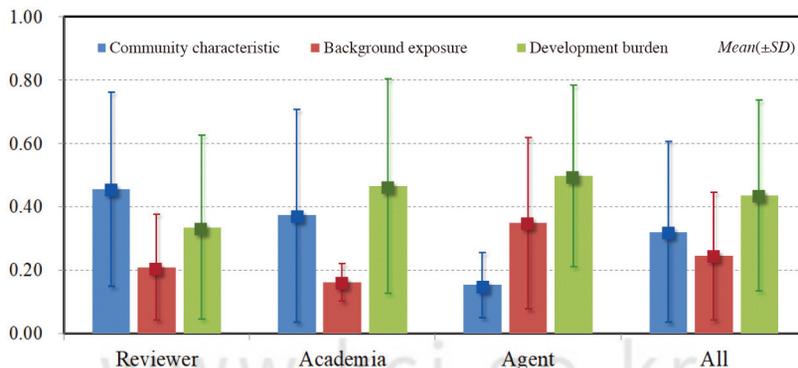


Figure 1. Difference of weight by reviewer, academia, and agent.

출 요인 지표들에 한하여 각 지표들에 적용 가능한 평가 자료 및 점수의 구체화(clarification)를 제안할 수 있었다.

개발계획의 불확실성을 고려한 지표 점수의 제약으로써 개발부담 요인 지표들에 대해서 평가 자료를 확보하지 못해 지표 평가가 불가능할 경우에는 해당 지표에 일정한 점수를 할당하도록 하였다. 일반적으로 개발부담 요인 지표들은 개발계획의 세부사항으로 결정되며, 산업단지 입주 업종 등 개발계획의 세부사항이 변경됨에 따라서 그 값이 수정될 수 있다. 또한 일정부분 평가 단계에서 해당 지표 관련한 사항을 확인 또는 확정할 수 없는 경우도 존재한다. 이를 고려해 개발계획에서의 평가자료 미확보에 따른 지표 점수를 할당할 필요가 있다. 이 연구에서는 평가자의 고의적인 평가자료 미확보 등을 방지하기 위해 개별 지표의 평균으로서 3.0점을 할당하도록 제약을 두었다(Table 2).

개발계획 입지 지역의 주변 특성을 보다 세분화한 평가로서 지역사회 특성 및 배경노출 요인 지표들에 대해서 지표별 수준 및 정도를 고려하여 등급화한 점수를 할당함으로써 보다 구체화하였다. 계획 적정성 평가에서 지역사회 특성 및 배경노출 요인 지표들은 개발계획이 입지하는 지역 및 주변에 대한 특성으로 인한 영향을 나타내는 것으로써 개발계획의 부지가 확정된 경우에는 지표 점수도 확정된다. 하지만 향후 산업단지 개발·운영으로 인한 건강영향은 개발계획 부지로부터 이격된 거리에 따라서 그 정도가 달라질 수 있다. 산업단지와의 구체적인 이격거리가 제시되지는 않았지만 연구 대상지역별 산업단지 인근에 거주하는 인구집단이 그렇지 않는 인구집단보다 대기질(Kim and Roh 2016, Alwahaibi and Zeka 2016, Karakis et al. 2009), 심리적 불안 및 스트레스(Lopez-Navarro et al. 2013), 석면(Tarres et al. 2009)으로 인한 건강영향이 더 심각한 것으로 보고한 바 있다.

산업단지 개발부지로부터 이격된 거리별 건강영향 정도를 정량적인 값으로 제시한 연구는 극소수에 불과한 것으로 확인되었다. 일부 해외 보고서에서 특정 산업시설의 사례를 들어 이격하여야 할 최소 거리를

제시하고 있다(Environmental Protection Agency 2015). 해당 보고서에서는 세부 산업시설별로 대기오염물질(가스상, 입자상), 악취, 소음 등으로 구분하여 그 정도에 따라 최소 이격거리로 0.1km, 0.3km, 0.5km, 1.0km, 0.5~1.0km, 0.5~2.0km, 2.0~3.0km 등으로 제시하고 있다. 하지만 이격거리는 산업시설의 규모에 따라서 그 정도가 달라질 수 있음을 명시하고 있다. 이에 이 연구에서는 지역사회 특성 및 배경노출 요인 지표들에 대한 기본적인 영향범위를 2km로 하였는데, 이를 0.5km 이내, 0.5~1.0km, 그리고 1.0~2.0km로 보다 세분화하고, 기본적으로 2km 이내일 경우에는 각 지표의 평균 이상인 각각 5점, 4점, 3점을 단계별로 할당하였다(Table 2).

개발부담 요인으로 고려되어야 하는 산업단지 개발계획으로 인해 추가되는 주거시설 및 민감인구 이용시설에 대해서는 지역사회 특성 요인의 지표에서 고려되도록 하였다. 일부 산업단지 개발계획에 산업단지 개발부지 내 대규모 주거시설 또는 교육시설 등을 포함하기도 한다. 이 경우에 해당 산업단지 개발로 추가되는 주거인구 및 민감인구 이용시설은 현 개발부지 주변의 주거인구 및 민감인구 이용시설 현황에 추가하여 반영토록 하였다(Table 2).

지역사회 특성 및 배경노출 요인 지표들에 대한 평가 자료는 각 지표들의 의미 및 선정근거를 참조하여(Table 1), 각 지표별 등급화한 점수가 할당 가능하도록 적절한 국내 자료를 제안하였다. 특히 지역사회 특성 및 배경노출 요인의 각 지표별 평가 자료는 기본적으로 산업단지 개발부지로부터의 이격거리에 바탕을 둔 등급화된 점수가 할당되므로 이격거리별 산정방법(Ha 2018) 또는 정보시스템 내에서 직접 확인 가능한 자료들을 제시하였다(Table 2). 개발부담 요인 지표들에 대한 평가 자료는 산업단지 개발계획의 세부사항에 따라서 변경되므로 추가적인 국내 자료를 제안하지 않았다. 하지만 앞서 언급한 개발부담 지표 관련한 평가 자료의 미확보 및 이로 인한 평가의 불가능에 대비하여 지표에 대한 제약을 두었다(Table 2).

2) 평가 결과

국가산업단지 A, B, C에 각 지표별 자료 및 세분화

Table 2. Constraint and clarification for allocation of indicator values

Factor (number of indicators)	Indicators in factor	Constraint and clarification		
		Clarification (Data for assessment)	Clarification (Measurement of indicators in interval scales)	Constraint
Community characteristics (5)	Whether or not the number of people living within a 2km radius of the industrial complex site is 8,661 or more.	Census data, Spatial data of buildings such as house, welfare facilities (Korea Environment Institute (2017), Ha J (2018))	5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not exceeded (with including the planning of residential facilities in the development plan)	Not constrained
	Whether or not sensitive population facilities are available within a 2km radius of the industrial complex site.		5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not existed (with including the planning of sensitive population facilities in the development plan)	
	Whether or not underground water facilities are available within a 2km radius of the industrial complex site.	National Ground water Information Center (http://www.gims.go.kr/)	5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not existed	
	Whether or not at least a health impact survey conducted within a 2km radius of the industrial complex site.	Policy Research Information Service and Management (http://www.prisim.go.kr)	5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not conducted	
	Whether or not a foul odor complaint occurred within a 2km radius of the industrial complex site.	Contact to local government about a foul odor complaint (related to the development site)	5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not occurred	
Background exposure (3)	Whether or not national environment standards exceeded in the past three years within a 2km radius of the industrial complex site.	Air: Air Korea (http://www.airkorea.or.kr), Underground water: National Ground water Information Center (http://www.gims.go.kr/), Noise: National Noise Information Center (http://www.noiseinfo.or.kr)	5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not exceeded	Not constrained
	Whether or not at least a leakage accident of harmful chemicals occurred in the past three years within a 2km radius of the industrial complex site.	Chemistry Safety Clearing-house (https://csc.me.go.kr)	5 points within 0.5km, 4 points within 1.0km, 3 points within 2.0km, 1 point if not occurred	
	Whether or not at least a source of pollution (air pollution, etc) exists within a 4km radius of the industrial complex site.	Industrial complex: Korea Industrial Complex Corporation (https://www.kicox.or.kr), Waste disposal facility: Korea Environment Corporation (www.keco.or.kr), Thermal power plant (https://epsis.kpx.or.kr)	5 points within 1.0km, 4 points within 2.0km, 1 point if not existed	

Table 2. Continued

Factor (number of indicators)	Indicators in factor	Constraint and clarification		
		Clarification (Data for assessment)	Clarification (Measurement of indicators in interval scales)	Constraint
Development burden (7)	Whether or not the discharge of pollutants related to HIA allowed in the planned industrial complex.	Development Plan of Industrial Complex	5 points where allowed, 1 point if not allowed, 3 points if not available of obtaining assessment data	Constrained (only, the reason for not obtaining assessment data from the development plan of industrial complex)
	Whether or not the risk reflecting the impact of industrial complex exceeded the criteria (i.e. carcinogenic substance 10-5) of HIA.		5 points where exceeded, 1 point if not exceeded, 3 points if not available of obtaining assessment data	
	Whether or not companies in industrial complex are allowed the entry of odor-free discharge facilities.		5 points where allowed, 1 point if not allowed, 3 points if not available of obtaining assessment data	
	Whether or not companies in industrial complex are allowed the entry of hazardous chemical treatment facilities (above a small standard).		5 points where allowed, 1 point if not allowed, 3 points if not available of obtaining assessment data	
	Whether or not at least a residential facility exist within the minimum separation distance of noise impact from the boundary of the industrial complex site.		5 points where existed, 1 point if not existed, 3 points if not available of obtaining assessment data (minimum separation distance is according to the standards (MoE (2015)))	
	Whether or not at least an underground water service facility exist within a 1km from the landfill development site due to the industrial complex.		5 points where existed, 1 point if not existed, 3 points if not available of obtaining assessment data	
	Whether or not at least a residential facility exist within the minimum separation distance of magnetic field impact due to transmission line in the industrial complex.		5 points where existed, 1 point if not existed, 3 points if not available of obtaining assessment data (minimum separation distance is 5.5m if 154kV, 90m if 345kV, 180m if 765kV)	

된 점수(Table 2)를 적용한 결과는 아래 Table 3과 같다. 개별 지표별 실제 점수 및 가중치를 고려한 점수, 그리고 요인별 점수(100점 환산점수)와 전체 점수를 제시하였다. 또한 개발부담 요인 지표에 한하여 지표별 자료 미확보 시 3점 할당에 대한 최고점(5점) 및 최저점(1점)을 할당하여 불확실성도 제시하였다. 지표별 총점기준은 A사업 67.5점, B사업 63.6점, C사업 70.5점으로 분석되었다. C사업이 상대적으로 높은 점수를 보인 이유는 지역사회 특성 지표의 '산업단지부지 반경 2km 이내 거주인구수 8,661명 이상 유무'와 개발부담 지표의 '산업단지 내 유해화학물질 취급시설(소량기준 이상) 입주허용 여부'에 의한 것으로 확인되었다(Table 3).

'산업단지부지 반경 2km 내 거주인구수 8,661명 이상 유무' 지표와 관련하여 C사업 및 A사업이 B사업에 비하여 상대적으로 높은 점수를 보였다. 이는 C사업 및 A사업의 부지가 주거지에 인접하여 위치하고 B사업의 부지가 상대적으로 주거지에서 떨어진 것에서 원인을 찾을 수 있었다. '산업단지 내 유해화학물질 취급시설(소량기준이상) 입주허용 여부' 지표와 관련하여 B사업 및 C사업이 A사업에 비하여 상대적으로 높은 점수를 보였다. 이는 B사업 및 C사업 계획에서는 산업단지 내 유해화학물질 취급시설의 입지를 제한하지 않는 반면에 A사업의 계획에서는 산업단지 내 유해화학물질 취급시설의 입지를 제한하는 것에서 원인을 찾을 수 있었다(Table 3).

일반적으로 산업단지의 입지를 변경하지 않는 경우에 지역사회 특성 지표 및 배경노출 지표의 평가값은 변경되기 어렵다. 하지만 개발부담 지표들의 평가값들은 사업계획 내용을 보다 구체적으로 확인함으로써 변경될 수 있다. 이에 개발계획에서 입지를 제외한 산업단지 개발계획의 세부사항 구체화에 따른 계획 적정성의 점수 변화 가능성에 대해 확인하였다. A사업은 개발부담 지표 중 '산업단지 입주업체에 악취 배출시설 허용 여부' 지표와 관련하여 악취시설 입주를 제한하는 경우에 점수 하향을 가져올 수 있었으며, B사업 및 C사업은 '산업단지 입주업체에 악취 배출시설 허용 여부', '산업단지 내 유해화학물질 취급시설(소량기준 이상) 입주허용 여부' 관련한 시설을 입주

를 제한하는 경우에 점수 하향을 가져올 수 있는 것으로 확인되었다(Table 3).

국가산업단지 A, B, C 계획의 건강영향을 고려한 적정성은 지표의 전체 점수뿐만 아니라 개별 요인인 지역사회 특성 요인 점수, 배경노출 요인 점수, 그리고 개발부담 요인 점수를 통해 평가해볼 수 있다. 우선 전체 점수를 보면 C사업과 A사업이 B사업에 비하여 상대적으로 건강영향을 고려한 계획 적정성이 낮은 것으로 평가된다. 이는 C사업 및 A사업의 평가점수가 B사업에 비해 평가점수가 높아 상대적으로 건강상 적절하지 않은 입지조건을 가진 것으로 해석해볼 수 있다.

그럼에도 불구하고 C사업 및 A사업은 친환경적 개발계획을 통해 개발부담 요인의 점수를 낮추고, 이를 통해 계획 적정성을 향상시킬 수 있을 것이다. 사례 분석된 A, B, C 계획의 경우에 개발부담 지표 관련한 자료 미확보에 대한 것을 구체화하여 점수 하향을 유도하는 것뿐만 아니라 현행 건강영향평가 대상물질 배출시설의 전면적인 입주 제한 및 소음 배출시설의 입주 제한 등은 개발부담 요인의 점수를 상당부분 낮출 수 있을 것으로 판단된다. 이를 통해 C사업 및 A사업이 산업단지 부지로는 상대적으로 적절하지 않지만 개발계획 내용의 친환경성 강화 등 수정·보완을 통해 건강영향을 고려한 계획 적정성을 향상시킬 수 있다.

3. 환경영향평가 과정에의 적용

1) 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가의 적용

이 연구에서 제안한 산업단지 개발계획에 대한 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가를 적용하기 위해서는 환경영향평가의 과정을 고려할 필요가 있다. 현 국내 건강영향평가는 환경영향평가의 위생·공중보건 항목으로 수행되고 있다. 또한 산업단지, 화력발전소, 소각시설, 매립장 등의 개발에 한해 배출 가능한 유해오염물질의 추정된 위해성에 근거하여 저감방안 마련을 목적으로 실시되고 있다(Ministry of Environment 2011). 다른 한편으로 국가는 산업단지 개발절차를 간소화하여 국가경제 발전과 국가경쟁

Table 3. Case A, B, C study's results of plan adequacy assessment considering health impact

Factor (number of indicators)	Indicators in factor	Case (a). "A national industrial complex"				Case (b). "B national industrial complex"				Case (c). "B national industrial complex"			
		Real value	Score	Uncertainty		Real value	Score	Uncertainty		Real value	Score	Uncertainty	
				Min	Max			Min	Max			Min	Max
Community characteristic (5)	Whether or not the number of people living within a 2km radius of the industrial complex site is 8,661 or more.	5	8.6			1	1.7			5	8.6		
	Whether or not sensitive population facilities are available within a 2km radius of the industrial complex site.	5	9.9			5	9.9			5	9.9		
	Whether or not underground water facilities are available within a 2km radius of the industrial complex site.	5	2.6			5	2.6			5	2.6		
	Whether or not at least a health impact survey conducted within a 2km radius of the industrial complex site.	1	1.1	-	-	1	1.1			1	1.1		
	Whether or not a foul odor complaint occurred within a 2km radius of the industrial complex site.	5	5.4			5	5.4			5	5.4		
	Sum of all indicators in Community characteristic	-	27.6 (86.3)			-	20.7 (64.8)			-	27.6 (86.3)		
Background exposure (3)	Whether or not national environment standards exceeded in the past three years within a 2km radius of the industrial complex site.	5	9.1			5	9.1			5	9.1		
	Whether or not at least a leakage accident of harmful chemicals occurred in the past three years within a 2km radius of the industrial complex site.	1	1.3	-	-	1	1.3			1	1.3		
	Whether or not at least a source of pollution (air pollution, etc) exists within a 4km radius of the industrial complex site.	5	8.8			5	8.8			5	8.8		
	Sum of all indicators in Background exposure	-	19.2 (78.4)			-	19.2 (78.4)			-	19.2 (78.4)		
Development burden (7)	Whether or not the discharge of pollutants related to HIA allowed in the planned industrial complex.	5	9.6	9.6	9.6	5	9.6	9.6	9.6	5	9.6	9.6	9.6
	Whether or not the risk reflecting the impact of industrial complex exceeded the criteria (i.e. carcinogenic substance 10-5) of HIA.	1	2.6	2.6	2.6	1	2.6	2.6	2.6	1	2.6	2.6	2.6
	Whether or not companies in industrial complex are allowed the entry of odor-free discharge facilities.	3	2.9	1.0	4.8	3	2.9	1.0	4.8	3	2.9	1.0	4.8
	Whether or not companies in industrial complex are allowed the entry of hazardous chemical treatment facilities (above a small standard).	1	1.5	1.5	1.5	3	4.4	1.5	7.4	3	4.4	1.5	7.4

Table 3. Continued

Factor (number of indicators)	Indicators in factor	Case (a). “A national industrial complex”				Case (b). “B national industrial complex”				Case (c). “B national industrial complex”			
		Real value	Score	Uncertainty		Real value	Score	Uncertainty		Real value	Score	Uncertainty	
				Min	Max			Min	Max			Min	Max
Development burden (7)	Whether or not at least a residential facility exist within the minimum distance of noise impact from the boundary of the industrial complex site.	5	3.0	3.0	3.0	5	3.0	3.0	3.0	5	3.0	3.0	3.0
	Whether or not at least an underground water service facility exist within a 1km from the landfill development site due to the industrial complex.	1	0.6	0.6	0.6	1	0.6	0.6	0.6	1	0.6	0.6	0.6
	Whether or not at least a residential facility exist within the minimum distance of magnetic field impact due to transmission line in the industrial complex.	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5
Sum of all indicators in Development burden		-	20.7 (47.6)	18.8 (43.2)	22.6 (52.0)	-	23.7 (54.4)	18.8 (43.2)	28.5 (65.6)	-	23.7 (54.4)	18.8 (43.2)	28.5 (65.6)
Sum of all indicators		-	67.5	65.6	69.4	-	63.6	58.7	68.5	-	70.5	65.6	75.4

력 강화에 이바지하고자 2008년 「산업단지 인·허가 절차 간소화를 위한 특례법」을 제정하였다. 정리하면 현재의 건강영향평가 방법론에 이 연구의 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가를 일괄적으로 적용하는 것은 특례법 취지와는 상반될 수 있음을 의미한다.

환경영향평가에서는 평가의 선택과 집중(selection and concentration)을 위해서 환경영향평가협의회를 거치도록 하고 있다(Korea Environment Institute 2015). 이에 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법은 현행 환경영향평가협의회를 통해 필요 시 적용할 수 있을 것이다. 현행 건강영향평가 대상사업인 산업단지 조성에 대한 환경영향평가협의회는 건강영향평가 관련 전문가를 1인 이상 포함하여야 한다. 환경영향평가가 다양한 항목에 대해서 수행되는데 이들 항목들에 대한 평가 방법 및 절차가 해당 협의회에서 일정부분 결정되는 것과 같이 이 연구에서 제안하는 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가의 방법 및 절차가 협의회에서 결정되는 것과 같다고 하겠다. 일반적으로 산업단지 개발이 이루어지는 주변 지역의 거주 인구가 상당한 것으로 예측되는 경우에는 건강영향 측면에서의 계획 적정성에 대한 검토가 요구되므로 해당 방법론을 적용해 볼 필요가 있겠다.

이 연구에서의 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가는 전략환경영향평가 단계의 계획 적정성과 관련하여 대안의 설정 및 분석을 검토할 수 있도록 제안되었으나 현행 국내 건강영향평가 방법론의 하나로 제안해 볼 수도 있겠다. 즉 현행 15만m² 이상 규모의 산업단지 개발계획에 대한 환경영향평가 수행 시 건강영향평가는 위생·공중보건 항목 작성을 통해 위해성에 근거한 조정 또는 감소의 저감방안을 마련토록 하고 있는데(Ministry of Environment 2011) 위해성 평가에 앞서 계획 적정성 평가를 함으로써 입지결정시회의 저감방안 마련에 활용할 수 있겠다. 이는 향후 국가 차원의 에너지 수급계획, 지역사회 개발기본계획 등 국내 건강영향평가 대상계획을 확대·적용하는 경우, 그에 적합한 평가방법론을 마련하여 적용하는 하나의 사례가 될 수 있겠다.

2) 지표별 가중치 수정

이 연구에서 제안된 최종 지표별 가중치는 절대적인 값이 아니다. 여기에서는 건강영향평가 관련 이해관계자를 고려하여 구성된 25인의 국내 전문가들이 제시한 지표별 가중치라 하겠다. 산업단지 개발에 있어 계획의 세부사항, 시기, 주변 지역은 달라질 수 있기 때문에 그에 적합한 가중치가 적용되는 것이 합당할 것이다. 특히 개발로 인한 환경갈등이 예상될 경우에는 이 연구에서 제안된 전문가들의 가중치와는 상당히 달라질 수도 있다.

환경부는 환경부예규 제620호 「환경영향평가서등에 관한 협의업무 처리규정」을 통해 개발계획으로 인해 집단민원 발생이 예상되는 등 환경적으로 중대한 영향을 미칠 것으로 예상되는 사업에 대해 중점평가 대상사업으로 설정, 이를 면밀히 검토하도록 하고 있다. 이들 사업에 대해서 협의기관은 환경영향갈등조정협의회를 구성·운영할 수 있으며, 이를 통해 환경영향평가 협의방향 등의 갈등조정을 하고 있다. 이 연구에서 제안된 지표별 최종 가중치는 일반적인 상황에서는 제안된 가중치를 그대로 적용하되, 환경갈등이 예상되는 등 중점평가 대상사업에 한하여 갈등조정협의회의 구성원들을 대상으로 추가적인 가중치 설문조사를 통해 수정·적용하는 것을 제안해 볼 수 있겠다.

3) 계획 적정성 여부 판단 기준

건강영향을 고려한 계획 적정성 평가의 점수는 해당 개발계획으로 인해 주변 지역에 건강상의 문제를 심각하게 야기할 가능성을 나타낸다. 이 연구에서 제시한 계획 적정성 평가 점수는 최소 20점(모든 지표점수 1점)에서 최대 100점(모든 지표점수 5점)의 값으로 평가된다. 높은 점수는 건강영향을 고려할 때 해당 개발계획이 적정하지 않음을 의미하며, 이는 개발계획에 대한 대안 마련을 통해 재검토하는 것이 필요함을 의미한다. 하지만 개발계획이 적정하지 않다고 하여 개발의 필요성이 사라지는 것은 아니다.

건강영향을 고려한 계획의 적정성 기준은 이 연구에서 제안된 계획 적정성 점수의 총점 또는 요인별 점

수를 활용하여 설정해 볼 수 있다. 나아가 기준의 적용 방식에 따라서 개발계획에 대한 적정성을 판단하는 정책적 경향을 반영해 줄 수 있다. 첫 번째 안은 계획 적정성 점수의 총점을 활용한 일반적인 기준이다. 이는 총점이 일정 점수 이상인 경우에 개발계획이 적정하지 않다는 기준으로서 개발계획과 관련한 전체적인 특성을 반영하는 것으로 해석할 수 있다. 두 번째 안은 총점 기준과 함께 지역사회 특성 요인 점수 기준을 함께 활용하는 것이다. 이는 총점 또는 지역사회 특성 요인 점수가 일정점수 이상인 경우에 개발계획이 적정하지 않다는 기준이다. 개발계획을 결정함에 있어 개발 예정지의 지역사회 건강수준 등을 고려한 보전 위주의 정책적 경향을 반영한다고 볼 수 있겠다. 마지막 안은 첫 번째 또는 두 번째 안에 따른 개발계획 적정성 재검토에도 불구하고 개발부담 요인을 검토하여 계획 적정성을 허용하는 기준이다. 이는 첫 번째 또는 두 번째 안으로 개발계획이 적정하지 않음에도 불구하고 개발부담 요인의 점수가 일정점수 미만일 경우에는 개발계획의 재검토가 불필요하다는 기준이다. 개발계획을 결정함에 있어 개발되는 산업단지로 인한 추가적인 부담이 적을 경우에는 개발이 가능하다는 개발위주의 정책적 경향을 반영한다고 볼 수 있겠다.

건강영향을 고려한 계획 적정성의 기준 설정방식 및 방식별 점수는 다수의 사례분석을 통해 적정한 수준에서 제안될 필요가 있다. 2011년 이후 국내 건강영향평가가 실시된 개발계획들에 대해서 이 연구에서 제안된 방법들을 적용하여 지표별 점수, 요인별 점수, 그리고 총점을 산정·분석하고, 실제 개발계획의 시행 이후 상황 등을 조사·정리함으로써 개발계획의 적정성 수준을 설정해 볼 수 있겠다. 나아가 이를 현행 건강영향평가 이해관계자인 사업자, 평가대행자, 협의기관 및 검토기관, 학계 및 시민단체 등과 논의하여 사회적 공감대를 형성하는 것이 필요하다.

IV. 요약 및 결론

이 연구에서는 산업단지 개발계획에 대한 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법 제안 및 실제 적

용을 통해 세부적인 사항을 구체화하였다. 산업단지 개발부지 주변의 지역사회 특성, 기존 오염물질 등의 노출 현황 그리고 개발로 인한 오염물질에의 추가적인 노출을 종합적으로 고려할 수 있는 가중치를 반영한 지표 평가를 제안하였다. 현행 환경영향평가 과정에서 획득 가능한 자료 및 추가적인 정량적 분석을 통해 각 지표에 대한 평가가 가능하도록 하였으며, 실제 개발사업에 적용해 봄으로서 각 지표별 평가값의 수준을 설정하였다. 하지만 이 연구에서 제안된 방법론은 건강영향평가의 개념적 측면, 제안된 방법론의 태생적 한계성이 있어 추가적인 보완이 필요하다.

일반적으로 건강영향평가는 건강영향을 고려한 의사결정의 절차, 방법과 도구의 조합으로 정의된다. 나아가 건강영향평가는 건강영향평가의 대상 및 목적, 건강영향평가의 수행자 등에 따라서 그 세부적인 방법이 달라진다(John et al, 2008). 개발사업의 계획에 사용된 건강영향평가는 정책 계획 등에 사용된 건강영향평가와는 그 목적 차원에서 보다 정량적인 방법을 사용하는 경향이 있으며, 역학자들이 수행하는 건강영향평가는 사회학자 또는 지역사회 개발자들에 의해 수행되는 건강영향평가 보다 역학적인 방법론이 더 많이 사용되는 경향이 있다(John et al, 2008). 하지만 활용된 건강영향평가 방법론이 다른 방법론보다 더 우수하다고 하는 논쟁은 불필요하며 각각의 방법론에 대한 장점과 단점을 파악하고 어떤 방법론이 해당 목적에 가장 적합한지가 더 중요하다(John et al, 2008). 이 연구의 산업단지 개발계획에 있어 건강영향을 고려한 계획 적정성 평가 방법은 현행 국내 환경영향평가 내 건강영향평가 수행 절차 및 방법의 한계를 고려하여 제안한 것이다. 제안된 방법론은 다양한 건강영향평가 방법론의 하나이며, 만일 산업단지 개발계획이 아닌 화력발전소 개발계획 등 평가대상이 달라지거나, 계획 적정성이 아닌 저감방안 마련 등 평가목적이 달라지면 적용되어야 할 방법론이 수정 또는 변경되어야 할 것이다.

제안된 방법론의 세부지표는 계획 적정성에 대한 고려사항으로 무엇을 강조할 것인지에 대해서도 달라질 수 있다. 일반적으로 건강영향은 물리적 요인, 신체적 요인, 사회경제적 요인 등에 따라서 달라질 수

있는데 이들 모두를 고려하는 것은 원천적으로 불가능하다. 평가에 있어 특히 강조하여야 할 사항만을 고려하는 것이 제한된 정보 등을 감안할 때 환경영향평가 과정 상 적용에 있어서는 더 효율적인 평가일 것이다. 이 연구에서는 산업단지 개발로 인한 노출요인 및 수용체에 중점을 두어 지표를 선정하였다. 만일 산업단지 개발부지 주변의 공중보건 기반시설에 중점을 둘 경우에 해당 지역사회 의료서비스, 유병상태, 환경서비스 등의 역량에 대한 지표들도 계획 적정성 평가의 요인으로 추가할 수 있을 것이다.

마지막으로 제안된 지표 활용 평가방법론은 개발 지표들에 대한 세부적인 평가값 및 계획 적정성의 수준 설정에 있어 추가적인 분석이 요구된다. 비록 이 연구에서는 실제 개발사업의 사례를 적용함으로써 각 지표별 평가값을 제안하였지만 일부 지표에 있어서는 계획 적정성 평가 지표로의 활용성이 떨어질 수도 있다. 또한 건강영향을 고려한 계획 적정성 수준에 대한 설정도 필요할 것이다. 일정기간 다수의 산업단지 개발 계획에 있어 해당 방법론을 적용해보고 이를 이해관계자들과 공유하여 적정수준에서의 평가 기준을 마련해 나가는 것이 필요하겠다.

사 사

본 논문은 2018년 한국환경정책·평가연구원에서 수행한 환경부의 「수요자 측면에서의 건강영향평가 제도개선 방안 연구」 연구결과 일부를 바탕으로 한 것입니다.

References

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2005. Public Health Assessment Guidance Manual.
- Alwahaibi A and Zeka A. 2016. Respiratory and allergic health effects in a young population in proximity of a major industrial park in Oman, J Epidemiol Community Health,

- 70(2): 174-180.
- California Environmental Protection Agency. 2017. CalEnviroScreen 3.0.
- Environmental Protection Agency. 2009. Sociodemographic data used for identifying potentially highly exposed population, US EPA, Washington, DC, 20460.
- Environmental Protection Agency. 2015. Guidance for the Assessment of Environmental Factors – Separation Distances between Industrial and Sensitive Land Uses.
- Gordis L. 2008. Epidemiology, 4th ed.
- Ha J. 2018. A study on the Application of Potential Exposed Population for a Receptor-oriented Health Impact Assessment, J Environ Impact Assess, 27(2): 194-202. [Korean Literature]
- Health Canada. 2004. Canadian Handbook on Health Impact Assessment.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. 2000. Guideline for limiting exposure to time-varying electric magnetic fields (1Hz to 100kHz), Health Physics, 99(6): 818-836.
- John K, Jayne p, Stephen P. 2008. Health Impact Assessment: Concepts, theory, techniques, and applications, Oxford University Press.
- Isabella K, Ella K, Tally L et al. 2009. Life prevalence of upper respiratory tract diseases and asthma among children residing in rural area near a regional industrial park: cross-sectional study. Rural Remote Health, 1092.
- Kim H and Roh S. 2016. Relationship between residential district and heat-related quality of life in Chungnam industrial complex area, Environmental Health and Toxicology, 31.
- Korea Environment Institute. 2015. 2015 Environment Assessment – Basic teaching materials for education programs. [Korean Literature]
- Korea Environment Institute. 2017. Improvement of Risk Assessment in Health Impact Assessment. [Korean Literature]
- Manoj K, AL·R, Ritu T et al. 2017. A study of trace element contamination using multivariate statistical techniques and health risk assessment in groundwater of Chhaprola Industrial Area, Gautam Buddha Nagar, Uttar Pradesh, India, Chemosphere, 166: 135-145.
- Peiyue L, Jianhua W, Hui Q et al. 2014. Origin and assessment of groundwater pollution and associated health risk: a case study in an industrial park, northwest China, Environmental geochemistry and health, 36(4): 693-712.
- Miguel A Lopez-N, Jaume L et al. 2013. The effect of social trust on citizen's health risk perception in the context of a petrochemical industrial complex. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(1): 399-416.
- 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 Environment. 2016a. Integrated Guidelines for Development and Location of Industrial Complexes. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2016b. Integrated Guidelines for Development and Operation of Farming Industrial Complexes. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2017a. Comprehensive Evaluation of Environmental Pollution Exposure and Health Impact Monitoring Projects for Local Residents in the Country's

- Mountain Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2017b. A Study on the Improvement of Health Impact Assessment Method. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2018. A Study on the Improvement of Health Impact Assessment System on the receptor's demand. [Korean Literature]
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2017. Integration standard of industrial complex planning. [Korean Literature]
- Sasty TL. 1990. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 48: 9-26.
- Jingang S, Mingbo Z, Dong L et al. 2018. A method to determine the protection zone of chemical industrial park considering air quality, health risk and environmental risk: a case study. *Environmental geochemistry and health*, 40(2): 915-922.
- Pannawadee S, Pornpimol k, Witaya Y et al. 2013. Health risk assessment of Volatile Organic Compounds in a high risk group surrounding Map Ta Phut industrial estate, Rayoung Provice, *J Med Asso Thail*, 96: S73-S81.
- Josep T, Rafael A, Constanca A et al. 2009. Asbestos-related diseases in a population near a fibrous cement factory. *Archivos de Bronconeumologia*, 45(9): 429-434.
- World Health Organization. 2007. Electromagnetic fields and public health: Exposure to extremely low frequency fields (WHO fact sheets, No.322).