

환경친화적 산업단지 조성을 위한 계획요소의 중요도 분석

이은엽 · 김정곤 · 이현주

한국토지주택공사 토지주택연구원

An Importance Analysis of Planning Factors for Constructing Environmental-Friendly Industrial Estate

Lee, Eun Yeob · Kim, Jung Kon and Lee, Hyun Ju

Dept. of Planning & Design Reserach, Land & Housing Institute.

ABSTRACT

This study prepared the list of planning components required for constructing environment-friendly industrial complex and grasped major environment-friendly planning components by measuring the importance per each planning component via the survey for specialists. As a result of measuring the importance of planning component according to each field for constructing environment-friendly industrial complex, it is indicated that important planning components in natural environment field are establishing complex location plan considering its configuration and slope, excluding projects for steep slope-land, establishing countermeasures for reducing contaminants per its source, and separated location of contamination industry around living space. In living environment field, proposed planning components having relatively high importance are separated location of pollution causing industry, establishing energy saving land use plan, linking with green way, circulation network plan, lowering noise level at roadside, plan for separating between pedestrian and vehicle, securing parking space, extending green park and proper location, installing green buffer zone, conserving and forming landscapes, land use for raising energy efficiency, and expansion of energy source. In case of ecological environment, core planning components such as conserving upper class of ecological naturality degree,

First author : Lee, Eun Yeob, Dept of Planning & Design Research, Land & Housing Institute, Daejeon 305-731, Korea,

Tel : +82-42-866-8469, E-mail : ecoyeob@hanmail.net

Corresponding author : Lee, Eun Yeob, Dept of Planning & Design Research, Land & Housing Institute, Daejeon 305-731, Korea,

Tel : +82-42-866-8469, E-mail : ecoyeob@hanmail.net

Received : 14 September, 2011. **Revised** : 12 October, 2011. **Accepted** : 2 July, 2012.

conserving main habitat, and biotope forming plan are suggested. This study is limited to find out planning components for constructing environment-friendly physical environment of industrial complex which is a part of non-production process. The approach to solve environmental problem by linking spatially production process and non-production process. There is a need to conduct follow-up study to constructing technique for environment-friendly industrial complex considering production & non-production process afterward.

Key Words : *Environmental-Friendly Industrial Estate, Planning Index, Planning Factors, Analysis of Importance.*

I. 서 론

1990년대 중반이후 환경의 중요성에 대한 국민들의 인식이 제고됨에 따라 산업단지가 지역사회에 미치는 부정적 영향에 대한 관심이 급격히 증가하기 시작하였다. 여기에는 기존의 산업단지 주변지역의 환경문제 심화가 원인중의 하나로 작용하고 있다. 조성 당시에는 도시 교외지역에 입지했던 산업단지가 도시화가 진전됨에 따라 대부분 도시내의 주거지역 등과 연결하게 되는 상황으로 변하게 되었다. 이에 따라 주민들은 대기오염 및 악취, 소음문제 등에 노출되는 현상이 발생하게 되었다(국토연구원, 2004). 특히 최근 들어 복합산업단지(공장과 주거 및 상업시설을 복합적으로 배치) 개발이 증가하면서 산업단지가 생활환경에 미치는 영향이 더욱 증대하고 있다.

산업단지가 환경에 미치는 영향은 두가지 단계에서 발생하게 된다. 첫째는 산업단지 계획단계에서의 이유로 인하여 발생하는 문제이며, 둘째는 일상적인 운영단계에서 발생하는 영향이다(UNEP, 1997). 계획단계에서의 문제점은 입지선정 및 토지이용계획시 환경에 대한 영향고려가 미흡하여 자연환경에 피해를 발생시킨다. 운영단계에서의 문제점으로는 산업단지내 입주기업들이 생산활동을 하면서 토양, 수질, 소음 및 악취 등의 환경문제를 발생시키는 것이다. 이와 같이 산업단지 개발로 인해 물리적 환경, 생활환경, 생태환경 부분에 환경적으로 부정적인 영향을 미칠

수 있게 된다. 이러한 일반적 논의에도 불구하고 산업단지가 주변지역에 미치는 환경적 영향을 물리적환경, 생활환경, 생태환경 전반에 걸쳐 종합적으로 검토하고 분석한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있다. 지금까지 산업단지가 환경에 미치는 영향과 관련된 연구를 살펴보면 사업대상지별로 유해물질 배출현황과 특성 분석(최우진, 2004; 변상훈 등, 2009; 나운성과 김득수, 2009; 조경두, 2009; 김모근, 2010; 강병욱 등, 2011; Banerjee, T, 2010)을 통해 산업단지가 주변지역에 비해 오염농도가 높으며 오염저감 방법으로 오염배출량 자료 공개, 조사대상 확대, 배출 기준 설정 및 제도개선 방안 등을 제안하였다.

박찬진(2009)은 인천지역 산업단지의 악취관리지역의 운영방안에 대한 연구를 통해 지역 및 시간대별로 다양한 악취가 발생하고 있는 것을 밝히고 있으며, 최정석(2009)은 국내 산업단지의 환경시설을 관리하는데 있어서의 문제점과 개선방안을 제안하였다. 한편, 이들 방법외에도 생태학적 접근을 통해 환경영향을 저감시키기 위한 대안도 모색되고 있다. 해외 생태산업단지 추진 사례 분석과 시사점을 도출하고(반영운, 2009), 생태산업단지의 개발전략과 정책 방향을 제안하였으며(김좌관, 2000; 이재준 등, 2003), 지속가능하고 친환경적인 생태산업단지 구축방안(Garner & Keoleian, 1995; 최정석, 2002; 한종훈, 2006; 반영운, 2008) 등에 대한 연구가 수행되었다. Singhal S(2002)는 생태학적으로 균형 잡힌 산업

시스템의 형성은 다양한 환경 및 경제적 이익을 초래할 수 있다는 연구를 통해 환경과 경제의 공생적 시각을 견지하는 연구도 수행하였다.

산업단지의 환경성과 생태적 효율성을 평가한 연구도 수행되었는데, 환경친화적 산업단지 조성을 위한 환경성 평가 지표 개발에 대한 연구(구분학과 이은엽, 2000)와 산업단지의 제품가치와 환경부하 발생량간 비교평가를 통해 산업단지의 생태적 효율성을 제시하기도 하였다(김정인 등, 2010; Charmondusit, K 등, 2011).

산업단지와 환경간의 관계에 대한 연구는 대부분 산업단지의 오염매체별 오염영향 정도, 환경관리 체계 등에 관한 연구나 생태학적 개념을 적용한 이념적 모델과 이론적 논의에 그치고 있다.

산업단지가 주변에 미치는 환경적 영향을 검토하고 환경문제를 해결하기 위한 방안을 산업단지 조성 이후 또는 관리 및 운영단계에서 주로 모색하고 있음을 알 수 있다. 산업단지의 계획 및 조성단계에서 발생될 환경적 영향정도와 주변에 미치는 환경문제를 저감하기 위한 연구 접근은 상대적으로 미흡한 실정이다.

산업단지 개발시 환경에 미치는 부정적 영향이 입지선정 및 토지이용계획 등 공간적 측면과 밀접하게 관련되므로(조경두, 2002) 개발계획 및 토지이용계획 단계의 공간계획적 측면에서 환경친화적 계획방안을 모색해 볼 필요성이 높다.

이에 본 연구에서는 환경친화적 산업단지를 조성하기 위해 요구되는 공간계획요소를 도출하고 계획요소별로 중요도를 분석하여 환경친화적 산업단지를 조성하기 위해 적용이 필요한 중요 계획요소들을 제안하는데 목적을 두고 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구범위

1) 환경친화적 산업단지의 개념

최근 산업단지의 환경친화적 개발에 대한 관심이 증가하면서 이와 관련된 다양한 용어가 사

용되고 있다. 지속가능한 산업단지, 생태산업단지, 친환경 산업단지, 환경친화적 산업단지 등을 들 수 있다. 지속가능한 산업단지는 내부적 물질순환과 외부적 환경친화를 통한 물리적 지속가능성 및 삶의 질, 문화형성을 통한 사회적 지속가능성이 보장되는 산업단지(한승호, 2003)로 정의내리고 있다. 지속가능한 산업단지는 자연환경 외에 사회적 지속가능성도 포함하고 있는 개념이라 할 수 있다. 생태산업단지는 서로 다른 산업체나 조직간 물자와 에너지의 재활용 및 재순환을 가장 중요한 원칙으로 하는 개념(환경부, 2002)으로 환경과 경제를 아우르는 포괄적 개념으로 볼 수 있다. 친환경 산업단지는 산업단지를 둘러싼 주변 환경과의 조화 또는 환경의 보존 등을 중시하며, 산업단지 주변의 환경용량 파악, 생물다양성 확보, 천연자원의 보전 등을 고려하여 개발되고 관리되는 산업단지(조혜영 외, 2002)로 정의할 수 있다. 친환경이라는 용어는 환경에 해를 끼치지 않는다는 의미로 지속가능성 개념의 하나로 볼 수 있어 비공간적 대상까지 포괄하는 개념이라 할 수 있다. 환경친화적 산업단지는 녹지, 지형 등의 물리적 환경과 동식물 및 서식지와 관련된 생태환경, 그리고 경관 등 삶의 질과 연관된 생활환경을 향상시키기 위해 계획되고 조성된 단지로 정의할 수 있다. 본 연구는 청정생산 등의 생산공정은 제외하고 비생산공정에 해당하는 토지이용 및 공간계획 차원에서 환경 영향정도를 저감하기 위한 대안을 마련하는데 있으므로 환경친화적 산업단지라는 개념을 적용하고자 한다.

2) 연구분석 범위

일반적으로 산업단지 조성을 위해서는 입지선정, 지구계 설정, 개발계획, 실시계획, 조성단계를 거치게 된다. 환경친화적 산업단지 조성을 위해서는 각 단계별로 주요하게 고려해야 할 계획적 검토 사항이 있다. 본 연구는 산업단지로 지정된 대상지를 계획적 차원에서 환경친화적으로 조성하기 위한 계획 방안을 제안하는데 있다. 이러

한 점에서 산업단지의 조성절차 중 개발계획 단계에 국한시켜 환경친화적 산업단지 조성을 위해 요구되는 공간계획요소를 도출하는 것을 연구범주로 하였다.

2. 연구수행절차

본 연구는 환경친화적 산업단지의 환경적 문제를 해결하고 환경친화적 개발방식이라는 사회적 패러다임에 부응하기 위한 환경친화적 산업단지 개발방안을 모색하기 위해 수행하였다. 환경친화적 산업단지 조성을 위해 개발계획 수립시 요구되는 중요 계획요소를 검토해 봄으로써 단지 환경을 환경친화적으로 계획하기 위한 방법들을 파악하고자 하였다. 1차 문헌조사를 통해서 환경친화적 산업단지의 개념을 설정하고 단지 외부공간을 계획적 차원에서 환경친화적으로 조성하기 위해 요구되는 계획항목 및 요소들을 도출하고자 하였다. 친환경 산업단지 관련 기존 연구, 환경친화적 산업단지조성과 관련된 각종 개발계획 보고서, 그리고 산업단지 개발계획에 대한 사전환경성검토서 등을 토대로 물리적 공간을 환경친화적으로 계획하기 위한 계획항목과 계획요소를 도출하였다.

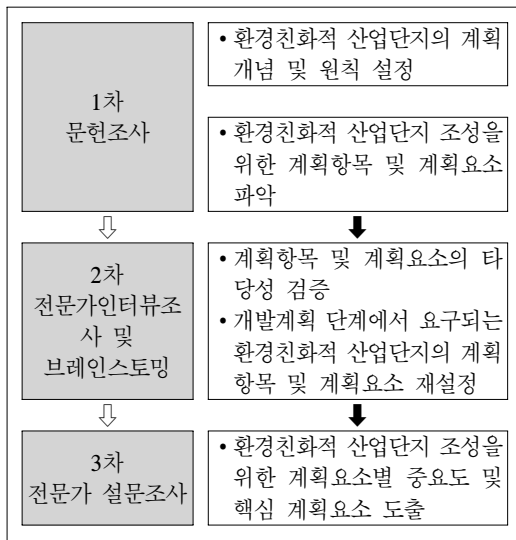


그림 1. 환경친화적 계획요소 중요도 항목 선정과정.

2차 전문가 인터뷰조사 및 브레인스토밍에서는 1차 문헌조사에서 도출된 계획항목 및 요소들의 적합성을 검증하고 개발계획 단계에서 적용을 요하는 계획항목과 요소들을 도출하였다. 3차 전문가 설문조사에서는 앞서 2차 전문가 인터뷰조사 및 브레인스토밍을 통해 선정된 계획항목과 요소들에 대한 중요도를 파악하여 환경친화적 산업단지 조성을 위해 필요한 핵심 계획요소들을 파악하고자 하였다.

3. 설문의 구성

설문지는 환경친화적 산업단지 조성을 위해 요구되는 중요 계획요소 도출을 위해 크게 물리적 환경, 생활환경, 생태환경 분야로 구분하고 각 부문별로 계획항목과 계획요소를 설정하였다. 1차적으로 문헌조사를 통해서는 부문별로 12개 계획항목, 68개 계획요소가 도출되었으며, 연구진 브레인스토밍 및 전문가 인터뷰 조사를 통한 재조정 과정을 거치면서 최종적으로 11개 계획항목, 31개 계획요소를 선정하고 설문조사 하였다(표 1).

4. 설문조사

설문은 산업단지 관련 분야에서 계획 및 설계, 운영, 평가 업무를 담당하는 연구원, 교수, 엔지니어링 업체, 공무원들을 대상으로 하였다. 대상자들의 전문분야 경험은 5년 이상으로 상당기간 경험을 가지고 있는 전문가로 구성하였다. 설문은 관련 분야 전문가 150여명을 대상으로 2010년 8월 4일부터 8월 24일까지 약 20일 동안에 걸쳐 실시하였다.

설문조사 방법은 이메일 통해 이루어졌으며, 응답된 설문지중 응답내용이 일부 누락된 것을 제외한 총 74부의 설문지를 최종 통계 처리하였다. 중요도 설문척도는 5점 척도를 사용하였으며, 매우 중요하다(5점), 중요하다(4점), 보통이다(3점), 중요도가 낮다(2점), 중요도가 매우 낮다(1점)로 점수를 부여한 뒤 각 항목 변수가 얻은 점

표 1. 환경친화적 산업단지 조성을 위한 계획항목 및 계획요소.

구분	계획항목	계획요소	
		환경친화적 계획요소 예비목록	조정된 환경친화적 계획요소
물리적 환경	지형 및 토양	급경사지 보전지역 설정, 고지대 보전지역 설정, 지형변동의 최소화 및 경사지 활용, 절성도의 최소화 유도, 오폐수 방류구 부근의 토양오염 방지대책 수립, 토양 및 지하수 오염대책 수립, 투수성 포장면의 확대	급경사지 보전지역 설정, 지형변동의 최소화 및 경사지 활용, 오폐수 방류구 부근의 토양오염 방지대책 수립, 투수성 포장면의 확대
	수질	오폐수 방류수계에 미치는 수질영향 최소화를 위해 점·비점오염원 저감대책 수립, 발생오염원별 오폐수 처리대책 수립, 침출수 처리 및 차수대책 수립, 사업수행에 따른 수질예측 및 보전대책 수립, 초기우수 및 토사유실에 의한 처리 계획 수립	점·비점오염원 저감대책 수립, 발생오염원별 오폐수 처리대책 수립, 침출수 처리 및 차수대책 수립
	대기	오염물질 이동경로를 고려하여 풍향·풍속 영향을 계획에 반영, 배출원별 오염물질 특성을 고려한 저감대책 수립, 주거지·학교 등의 방향으로 대기오염 및 악취배출원종 설치 지양, 주거지·학교 등이 인접했을 경우 저감효율이 우수한 저감시설 설치	오염물질 이동경로를 고려하여 풍향·풍속 영향을 계획에 반영, 생활공간 주변 대기오염 및 악취배출원종 설치 지양
생활 환경	토지이용	공해유발 업종의 분리 배치, 자원 절약형 토지이용계획 수립, 복합적 토지이용계획 적용, 기존 지형을 최대한 활용한 시설배치, 물순환 공간체계 구축, 산자락에 대규모 산단 조성시 바람길 확보, 산업시설과 주거시설의 적정이격, 변전소·송전선로가 계획된 경우 전파장해 영향 및 저감계획 수립, 유사 업종간 배치 유도, 단지내 주요시설간 유기적 연계배치, 일조량·풍향 등을 고려한 시설배치, 산업시설의 환경친화적 블록 규모 및 배치, 건강영향평가 항목을 반영한 토지이용계획 수립	공해유발 업종의 분리 배치, 자원 절약형 토지이용계획 수립, 물순환 공간체계 구축, 일조량·풍향 등을 고려한 시설배치
	교통	산업시설과 주거시설간 교통소통에 지장이 없도록 연결도로 확보, 도로변 소음저감, 도로에 의한 녹지축 단절 대책, 대중교통수단의 도입, 보차분리 계획, 충분한 폭원 확보, 충분한 주차공간의 확보, 외곽지역에 주차시설 설치와 단지내부와 연계교통 체계 마련	도로변 소음저감, 도로에 의한 녹지축 단절 대책, 대중교통수단의 도입, 보차분리 계획, 충분한 주차공간의 확보
	공원녹지	공원유형별 적정면적 및 유치거리 확보(근로자 이용 활성화), 존치된 원형녹지의 보전, 주거지와 공장용지 사이의 충분한 녹지확보, 도로 외곽의 완충녹지대 설치, 하천변 완충녹지대 설치, 오픈스페이스의 체계 확보, 녹지 요소간 연계성 확보	공원유형별 적정면적 및 유치거리 확보, 완충녹지 및 차폐녹지대 설치, 오픈스페이스의 체계 확보, 녹지 요소간 연계성 확보
	경관	자연 및 역사문화경관의 보전, 경관축 확보를 위한 배치계획	자연 및 역사문화경관의 보전, 경관축 확보를 위한 배치계획
	에너지	에너지 자원 절약형 단지 배치 계획, 온실가스 저감을 위한 에너지 사용계획 마련, 대체에너지의 활용량 증대, 에너지원의 병용 확대, 에너지 효율을 높이기 위한 토지이용 및 구조물 배치, 대상지 여건과 환경을 고려하여 일조와 통기 조건의 최대 확보	에너지원의 병용 확대, 에너지 효율을 높이기 위한 토지이용 및 구조물 배치

표 1. 계속

구분	계획항목	계획요소	
		환경친화적 계획요소 예비목록	조정된 환경친화적 계획요소
생활 환경	폐기물	현장폐기물의 최소화 유도, 적정 폐기물 처리시설의 설치계획(폐기물 재처리 계획), 자동집하시설의 설치 권장, 사료화 및 퇴비화 할 수 있는 시설 설치, 쓰레기 수집과 선별 체계 마련, 독성물질의 별도 수거 방법 수립	
생태 환경	자연 생태계	생태계 평가결과의 계획 반영, 녹지자연도 상위등급의 보전, 생태자연도 상위등급의 보전, 생태연결로 확보, 중요 동식물종 및 집단서식처 보호, 비오톱 조성지 확보	생태자연도 상위등급의 보전, 중요 동식물종 및 집단서식처 보호, 비오톱 조성지 확보
	수생태계	기존 수체계의 보전과 하천조성, 실개천의 보전과 조성, 수경관을 이용한 친수공간 확보, 저류지 확보	기존 수체계의 보전과 하천조성, 저류지 확보

수를 평균하여 중요도 평균값을 계산하였다.

5. 설문통계분석

설문분석은 SPSS 12.0을 사용하였으며, 계획요소별 중요도를 분석하기 위하여 신뢰성 분석과 분산분석(ANOVA)으로 분석의 신뢰도를 평가하였다. 또한 다변량 통계분석에서 요구하는 자료들의 중요도 특성을 분석하기 위하여 독립변수들에 대한 기술적 통계방법으로 평균값, 표준편차, 최소값, 최대값 분석을 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 응답자의 속성

설문의 신뢰도분석결과 크론바하 알파값은 0.78로 나타나 설문문항에 대한 신뢰도가 있는 것으로 나타났다. 설문 응답자의 인구통계학적 특징은 전체 74명의 응답자 중 남자 52명(83.8%), 여자 12명(16.25)로 남자가 다수이고, 전공분야로는 토목 11명(14.8%), 건축 9명(12.2%), 조경 16명(21.6%), 환경생태 28명(37.8%), 산업 10명(13.6%)으로 환경생태 전문가가 상대적으로 많은 것으로 나타났다. 직업의 경우 연구원 23명(31.1%), 교수 22명(29.7%), 회사원 20명(27.0%), 공무원 9명(12.2%)으로 공무원수가 상대적으로 낮았다. 전문분야 중사년수별로는 11~20년이

표 2. 응답자의 인구통계학적 분석.

구분	응답자수(명)	빈도(%)	
성별	여자	12	16.2
	남자	52	83.8
전공분야	토목	11	14.8
	건축	9	12.2
	조경	16	21.6
	환경생태	28	37.8
	산업	10	13.6
직업	연구원	23	31.1
	교수	22	29.7
	회사원	20	27.0
	공무원	9	12.2
전문분야 중사년수	5~10년	17	22.9
	11~20년	33	44.6
	21년 이상	24	32.5

33명(44.6%)으로 가장 많고 다음이 21년 이상 24명(32.5%)으로 11년 이상이 전체의 77.1%를 차지하며, 5~10년이 17명(22.9%)을 차지하고 있다.

2. 물리적 환경 부문의 중요 계획요소 도출

지형 및 토양부문에서 환경친화적 산업단지 조성을 위해 중요하게 고려해야 할 계획요소들을 분석한 결과(표 3), 지형변동 최소화 및 경사지 활용(4.25)이 상대적으로 중요도가 높았다. 다음으로 급경사지 보전지역 설정(4.22), 토양오염 방

표 3. 자연환경 부문의 계획요소별 중요도.

계획항목	계획요소	Mean	Std. Deviation	Min.	Max.
지형 및 토양	급경사지 보전지역 설정	4.22	.745	3	5
	지형변동의 최소화 및 경사지 활용	4.25	.563	3	5
	오폐수 방류구 부근의 토양오염 방지대책 수립	4.19	.774	2	5
	투수성 포장면의 확대	3.88	.655	3	5
수질	점·비점오염원 저감대책 수립	4.41	.495	4	5
	발생오염원별 오폐수 처리대책 수립	4.41	.610	3	5
	침출수 처리 및 차수대책 수립	4.28	.576	3	5
대기	오염물질 이동경로를 고려하여 풍향, 풍속 영향을 계획에 반영	3.97	.925	2	5
	생활공간 주변 대기오염 및 악취배출업종 설치 지양	4.31	.814	2	5

지대책 수립(4.19), 투수성 포장면의 확대(3.88) 등의 순으로 중요도가 높게 나타났다. 지형 및 토양 부문에서 환경친화적 산업단지 조성을 위해서는 지형변동을 최소화하고 급경사지를 가급적으로 배제하는 계획접근이 필요하다는 것을 시사해주는 것으로 해석해 볼 수 있다.

수질부문은 점·비점오염원 저감 대책 수립(4.41), 오염원별 오폐수처리계획 수립(4.41), 침출수 처리 및 차수대책 수립(4.2) 등 전 항목모두 4점 이상의 높은 측정값을 보여주고 있었다.

산업단지의 환경친화성을 제고시키기 위해서는 점 및 비점오염원의 저감대책 수립과 발생오염원별로 오폐수 처리대책 마련, 침출수 처리 및 차수대책 수립 등을 우선해서 고려할 필요가 있다.

대기 부분의 중요 계획요소를 측정한 결과 생활공간 등의 방향으로 대기오염 및 악취 배출업종 설치를 지양(4.31)하고, 오염물질 이동경로를 고려하여 풍향 및 풍속 영향을 계획에 반영(3.97) 등이 중요 요소로 나타났다. 산업단지의 경우 악취가 중요 환경문제로 나타날 수 있어 계획단계에서 바람 영향을 고려한 토지이용 계획 등을 수립하는 것이 중요하게 고려될 필요가 있다는 의미로 해석할 수 있다.

3. 생활환경 부문의 중요 계획요소 도출

환경친화적 산업단지 조성을 위해 생활환경

부문에서 고려해야 할 중요 계획요소를 측정한 결과는 표 4와 같다. 토지이용계획 부문의 중요도 분석결과 자원 절약형 토지이용계획 수립(4.34)에서 점수가 매우 높게 나타났으며, 공해유발 업종의 분리배치(4.03), 물순환 공간체계구축(4.00), 일조량 및 풍향 등을 고려한 시설배치(3.84)등의 순으로 중요도 측정결과가 나타났다. 이러한 점에서 전문가들은 에너지를 저감하고 물순환 체계를 구축하며 공해유발 업종을 분리·배치하여 쾌적한 단지 환경을 창출하는 토지이용계획 수립을 중요하게 인식하는 것으로 추론할 수 있다.

교통부문의 환경친화적 계획요소에 대한 중요도 분석결과, 도로에 의한 녹지축 단절 대책 마련(4.16)이 상대적으로 중요도 값이 높은 계획요소로 나타났다. 다음으로 도로변 소음저감(3.91), 보차분리 계획(3.88), 대중교통 수단의 도입(3.75), 충분한 주차공간 확보(3.63) 등의 순으로 중요도가 높게 나타났다. 응답한 전문가 대부분은 환경친화적 교통시스템 마련을 위해서 도로에 의한 생태환경의 단절을 미연에 방지하고 도로변에서 발생하는 각종 소음에 적절히 대응할 수 있어야 한다고 인식하고 있는 것을 알 수 있다. 또한, 혼잡스러운 내부 교통체계를 고려하여 충분한 주차공간을 설치하고 대중교통망과 연계한 단지내 교통시스템을 마련하는 것을 중요하게 인지하고 있

표 4. 생활환경 부문의 계획요소별 중요도.

계획항목	계획요소	Mean	Std. Deviation	Min.	Max.
토지이용	공해유발 업종의 분리 배치	4.03	.776	3	5
	자원 절약형 토지이용계획 수립	4.34	.695	3	5
	물순환 공간체계 구축	4.00	.756	2	5
	일조량, 풍향 등을 고려한 시설배치	3.84	.840	2	5
교통	도로변 소음저감	3.91	.729	3	5
	도로에 의한 녹지축 단절 대책	4.16	.840	2	5
	대중교통수단의 도입	3.75	.873	2	5
	보차분리 계획	3.88	.787	2	5
	충분한 주차공간의 확보	3.63	1.120	1	5
공원녹지	공원유형별 적정면적 및 유치거리 확보	3.78	.967	1	5
	완충녹지 및 차폐녹지대 설치	3.88	.745	2	5
	오픈스페이스의 체계 확보	3.94	.941	1	5
	녹지 요소간 연계성 확보	3.91	.849	2	5
경관	자연 및 역사문화경관의 보전	4.19	.687	3	5
	경관축 확보를 위한 배치계획	4.16	.761	3	5
에너지	에너지원의 병용 확대	3.97	.854	2	5
	에너지 효율을 높이기 위한 토지이용 및 구조물 배치	4.38	.604	3	5

음을 알 수 있다.

공원녹지 부문에서 중요하게 반영해야 할 계획요소를 분석한 결과, 오픈스페이스 체계 확보(3.94), 녹지요소간 연계성 확보(3.91) 완충녹지 및 차폐녹지 설치(3.88), 공원유형별 적정면적 및 유치거리 확보(3.78) 등의 순으로 중요도 값이 측정되었다. 전문가 대부분은 단지내 공원녹지 요소들이 단절되지 않고 연계될 수 있도록 계획을 수립하고 생산공간과 생활공간을 적정하게 분리시켜 줄 완충녹지와 차폐녹지의 설치를 중요하게 고려하고 있음을 알 수 있다. 아울러, 공원녹지가 환경문제를 저감하고 이용접근성도 높여 줄 수 있도록 적정한 규모와 배치도 중요하게 고려해야 할 계획요소로 인식하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

경관계획 부문의 중요도를 분석한 결과 계획요소 모두 4.0점 이상으로 높은 점수를 나타냈다. 환경친화적 산업단지를 조성하기 위해서는 물리

적 환경에 대한 환경적 영향을 고려하고 환경친화적인 개발 이외에도 대상지내 경관을 보전하고 주변과 조화되는 경관을 형성하는 것이 중요하게 고려되어야 함을 확인해 볼 수 있다.

에너지 부문의 계획항목을 분석한 결과 에너지 효율을 높이기 위한 토지이용계획(4.38)과 에너지원 병용 확대(3.97) 모두 중요도가 높은 계획요소로 측정되었다. 설문결과를 통해 환경친화적 산업단지 조성을 위해서는 에너지 효율성 증대를 위한 공간조성과 대체에너지원 등 다양한 환경친화적 에너지원의 병용확대를 통해 화석연료의 사용을 줄일 수 있는 계획안 마련을 중요하게 인지하고 있음을 알 수 있다.

4. 생태환경 부문의 중요 계획요소 도출

생태환경 부문에서의 환경친화적 계획요소를 도출하기 위해서 자연생태계, 수생태계 부문으로 구분하여 각 부문별 주요 계획요소를 분석하도록

표 5. 생태환경 부문의 계획요소별 중요도.

계획부문	계획요소	Mean	Std. Deviation	Min.	Max.
자연생태계	생태자연도 상위등급의 보전	4.44	.614	3	5
	중요 동식물종 및 집단서식처 보호	4.47	.563	3	5
	비오톱 조성지 확보	4.03	.689	2	5
수생태계	기존 수체계의 보전과 하천조성	4.34	.597	3	5
	저류지 확보	3.81	.732	2	5

하였다(표 5). 자연생태계 부문의 경우는 중요 동식물종 및 집단서식처 보호(4.47), 생태자연도 상위등급의 보전(4.44), 비오톱 조성지 확보(4.03) 등의 순으로 중요도 값이 측정되었다. 환경친화적 산업단지 조성을 위한 생태환경 부문에서는 중요한 생태공간을 보전하기 위한 계획기법 적용이 우선적으로 적용될 필요가 있다는 점을 확인할 수 있었다.

수생태계 부문의 중요도를 측정한 결과, 기존 수체계의 보전과 하천조성(4.34)에서 중요도 값이 높게 나타났으며, 저류지 확보(3.81)도 평균값 이상의 중요 계획요소로 나타났다. 이를 통해 수생태계 부문에서 환경친화적 산업단지 조성을 위해서는 수체계 보전과 하천 조성을 중요한 계획요소로 고려할 필요가 있다는 점을 확인해 볼 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

환경친화적 산업단지 조성을 위해 요구되는 계획요소 목록을 작성하고 전문가 설문조사를 통해 계획요소별로 중요도를 측정하여 주요 환경친화적 계획요소들을 파악하였다.

측정결과, 대부분의 계획항목과 계획요소가 평균값 이상의 점수를 나타내 중요도가 높은 것으로 나타났다. 이는 환경친화적 계획요소 예비목록들을 전문가 인터뷰 및 연구진 브레인스토밍을 통해 재조정 하면서 선별된 계획요소들을 대상으로 설문분석한 것에서 원인을 찾을 수 있다. 또한, 설문에 응한 전문가들은 산업단지가 안고 있

는 환경적 문제를 인식하고 있어 이를 해결하기 위해서는 환경친화적 계획요소들의 적용이 중요하다고 인지하고 있었던 것도 작용했다고 볼 수 있다.

환경친화적 산업단지 조성을 위한 부문별 계획요소의 중요도 측정결과, 물리적 환경 부문에서는 지형과 경사를 고려한 단지배치계획 수립, 급경사지 사업 제외, 발생 오염원별 오염 저감대책 수립, 생활공간 주변의 오염원별 이격 배치 등이 중요한 계획요소로 나타났다. 생활환경 부문에서는 공해유발 업종의 분리배치와 이격, 자원절약형 토지이용계획 수립, 녹지축 연계, 수순환망 계획, 도로변 소음저감, 보차분리계획, 주차공간 확보, 공원녹지 확충 및 적정 배치, 완충녹지 및 차폐녹지 설치, 경관보전 및 경관형성, 그리고 에너지 효율을 높이기 위한 토지이용과 에너지원 병용확대 등이 상대적으로 중요도가 높은 계획요소로 제안되었다. 생태환경 부문의 경우는 생태자연도 상위등급의 보전, 중요 서식처 보전 및 비오톱 조성계획 등이 핵심적 계획요소로 제시되었다.

환경친화적 산업단지를 조성하기 위해서는 산업단지가 입지해 있는 대상지역의 물리적 환경을 환경친화적으로 개발하는 것이 선행되어야 함은 주지의 사실이다. 그러나 여기에 더해 산업생산 공정에서 발생하는 폐기물 및 에너지를 재활용하거나 공유하는 산업공정시스템 분야에서 단지 내 물질생산과 교환을 효율적으로 도모하는 것도 중요하다. 이러한 점에서 본 연구는 비생산공정 부분인 산업단지의 물리적 환경을 환경친화적으로 조성하기 위한 계획요소 발굴에 국한되어

생산공정과 비생산공정 부분을 통합적으로 통찰해 보고 이 두 부문을 공간적으로 해결하기 위한 접근 방법은 부족했다고 할 수 있다. 추후 생산공정과 비생산공정 두 부문 모두를 고려한 환경친화적 산업단지 조성 기법에 대한 후속 연구가 진행될 필요가 있다.

산업단지는 지형적 특성, 입지 및 산업유형 등에 따라 환경영향 정도가 다르고 그에 따른 계획적 대응도 달라질 필요가 있다. 그러나 본 연구는 산업단지를 환경친화적으로 계획하기 위한 일반적인 계획요소 도출이라는 점에서 한계를 지니고 있다.

향후 연구결과의 현실화를 위해서는 산업단지의 지형조건, 입지특성 및 산업유형 등 단지 특성별로 차등화된 계획요소를 발굴하는 것이 필요하다. 또한, 사례 적용 대상지를 선정하고 도출된 계획요소들을 적용하여 검증해 봄으로써 보다 구체적이고 실현 가능한 기법들을 도출하는 과정이 필요하다고 사료된다.

인 용 문 헌

- 강병욱 · 정만호 · 전준민 · 이학성. 2011. 광양산업단지 인근지역 대기 중 미세먼지와 산성오염물질 특성. 한국대기환경학회지 27(1) : 16-29.
- 구분학 · 이은엽. 2000. 환경친화적 산업단지 조성을 위한 환경성 평가지표 개발에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 3(4) : 22-32.
- 국토연구원. 2004. 환경친화적 산업입지를 위한 제도개선방안. pp.2-3.
- 권영호 · 박성순 · 양고수. 2002. 전주·익산지역 산업단지 악취 및 유해대기오염물질 발생원 조사. 전북대학교 공학연구.
- 김모근 · 신승호 · 조완근. 2010. 산업도시의 산업단지 부근의 주거지역의 대기 중 호흡성 분진과 구성 미량 원소의 특성. 환경독성학회지 25(1) : 27-40.
- 김정인 · 윤창한 · 윤형선. 2010. 여수산업단지의 생태효율성지표개발에 관한 연구. 청청기술 16(3) : 229-237.
- 김좌관. 2000. 생태산업단지 개발을 위한 우리나라의 산업. 환경정책의 개선방안. 도시행정학보 9(2) : 177-183.
- 나운성 · 김득수. 2009. 군장산업단지 인근 지역의 주요 대기오염물질 농도 경향 분석. 한국대기환경학회 2009년도 추계학술대회 논문집. pp.352-353.
- 박찬진. 2009. 인천지역 산업단지의 악취관리지역 운영방안에 대한 연구. 한국냄새환경학회지 8(2) : 71-77.
- 반영운. 2008. 친환경 생태산업단지 구축방안. 산업입지 32호. pp.20-30.
- 반영운. 2009. 해외 생태산업단지 추진사례 분석 및 시사점. 산업입지 33호. pp.17-27.
- 변상훈 · 이정근 · 김정근. 2009. 시화산업단지의 블록별 악취유발물질 특성. 대한환경공학회지 31(12) : 1161-1168.
- 이재준 · 최정석 · 이상문. 2003. 생태산업단지 개발전략 및 정책방향에 관한 연구. 대한국토도시계획학회지 38(3) : 203-220.
- 이태용. 2006. 여수생태산업단지 구축 현황과 전망. 산업입지 21호. pp.8-15.
- 조경두. 2009. 산업단지의 환경실태 및 개선방안. 산업입지 33호. pp.11-16.
- 조혜영 · 이영호 · 조영석. 2002. 환경친화적 산업단지 구축방안. 한국산업단지공단. pp.14-24.
- 최우건 · 배상호 · 박덕신. 2004. 구미산업단지 대기중 휘발성 유기화합물의 농도특성. 한국환경과학회지 13(3) : 205-214.
- 최정석. 2002. 생태산업단지 개발을 위한 우리나라의 산업·환경정책의 개선방안. 한국도시행정학회 15(1). p.92.
- 최정석. 2009. 산업단지 환경시설관리의 문제와 개선방안. 한국도시행정학회 22(1) : 117-144.

- 한승호. 2003. 지속가능한 측면에서의 산업단지 연구사례. 제 1회 국제산업생태학 및 생태산업단지(EIP) conference 발표논문.
- 한중훈. 2006. 지속가능한 산업발전을 위한 생태 산업단지 구축. NICE 24(4) : 349-350.
- 환경부. 2002. 지속가능한 개발을 위한 생태산업 단지 구축방안. pp.14-20.
- Banerjee, T., and Barman, S.C., and Srivastava, R.K. 2010. Application of air pollution dispersion modeling for source-contribution assessment and model performance evaluation at intergrated industrial estate-Pantnagar, Environmental Pollution Volume 159, Issue 4, pp.865-875.
- Garner, A., and Keoleian, G.A. 1995. Industrial Ecology : An Introduction. National Pollution Prevention Centre for Higher Education, University of Michigan.
- Charmondusit, K., and Keartpakpra, K. 2011. Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand, Journal of Cleaner Production, Volume 19, Issue 2-3, pp.241-252.
- Singhal, S. 2002. Industrial estate Planning and Management in India-an Integrated approach towards Industrial Ecology, Journal of Environmental Management 66(1) : 19-29.
- UNEP, 1997. Environmental Managment of Industrial estates, UNEP Technical Report, No.39.