환경친화적 공업단지 모형개발

김 상 현*, 전 원 표**

<요 약>

본 연구에서는 에너지소비의 주요 결정요인이 큰 공업단지를 중심으로 에너지이용 효율화 및 환경영향의 최소화라는 목적이 동시에 달성될 수 있도록 기존 토지이용계획에 에너지/환경 요인이 고려된 공업단지 모형에 대하여 검토·분석하였다. 특히 에너지/환경 통합계획의 기본개념 및 외국의 사례를 분석하고, 공업단지의 에너지/환경 통합모형의 기본틀, 계획수립방법 및 기존 공단을 대상으로 효율적인 배치모형의 대안을 제시하였다.

Ⅰ. 서 론

오늘날 대부분의 高에너지 도시들은 에너지사용에 따른 환경영향과 에너지·자원의 지속성 문제등 두가지 주요 현안에 당면하고 있다. 즉, 에너지는 점점 더 얻기 어려워지고 있으며, 또한 에너지변환 및 소비과정은 환경에 영향을 미치고 그 중 일부는 매우 심각하다. 이처럼 경제와 생태에 영향을 미치는 에너지의 사용은 물리적 구조물(도시구성요소)에 나타날 장래의 변화와 관련하여 여러 상황에 직·간접적으로 영향을 미치고 있다.

따라서 토지이용계획(물리적 계획) 과정상에서 미리 에너지와 환경영향 측면을 고려한다는 것은 결국 특정지역 또는 국가의 장기적인 에너지 및 환경보존 전략의 기본적 토대가 되기 때문에 우리 나라와 같이 에너지 부존자원이 빈약하고 급속한 산업발전에 따른 환경문제가 크게 사회 문제화 되고 있는 현 실정에서 지역 또는 국가차원에서 이루어지는 모든 토지이용계획에 에너지/환경 문제가 고려된 통합모형의 개발은 시급하다고 할 수 있다.

* 한국에너지기술연구소 연구기획부(E-mail : kisang@kier.re.kr)
** 한국에너지기술연구소 에너지효율연구부(E-mail : wpchun@kier.re.kr)

그간 세계 주요 선진국들은 지역(도시)개발에 있어서 에너지 및 환경이 지역의 경제·사회에 미치는 영향 등을 고려한 환경친화적 계획인 Clean Enertopia 개념의 도시건설에 주력한 반면에 우리나라는 에너지 및 환경문제가 전혀 고려되지 않은 일반적인 토지이용계획에 의한 지역개발사업이 이루어짐으로써 비효율과 과소비현상, 폐기물처리 등에 있어서의 지역이기주의인 님비현상이 나타나고 있는 실정이다. 이에 따라 정부는 에너지수급체계에 불균형을 초래할 수 있는 대규모 공공사업에 대해 우선적으로 사업시행 전단계에서 『에너지사용계획협의』, 『지역에너지계획 수립』 및 『환경영향평가』 등을 통해 에너지 및 환경문제가 검토될 수 있는 제도적 장치가 마련되어 다행스러운 일이지만 아직은 시행초기 단계에 있다.

본 연구에서는 에너지소비의 주요 결정요인이 큰 공업단지를 중심으로 에너지이용 효율화 및 환경영향의 최소화라는 목적이 동시에 달성될 수 있도록 기존 토지이용계획에 에너지/환경 요인이 고려된 환경친화적 공업단지 모형개발에 대하여 소개하고자 한다.

Ⅱ. 에너지/환경계획의 개념 및 적용사례

1. 시대별 도시형태의 변화

도시개발(Urban Development)은 항상 에너지상황과 과학기술에 발맞춰 발전되어 왔으며, 산업혁명이후에는 공업의 발달에 따라 에너지수요가 급격히 증가함으로써 도시개발 형태도 에너지 및 환경영향에 따라 다양하게 변화되었다. 최근의 도시개발은 그 계획에 있어서 에너지사용에 따른 환경충격을 최소화 하려는 환경친화적 도시개발계획이 점차 고려되고 있다.

<표 1> 시대별 도시형태의 변화

구 분		종 래	현 재	미 래(2000년대이후)
시대적 여건		- 경제개발 무선	- 경제사회 균형발전	- 환경적으로 건전하고 지속 가능한 발전
도시주요환경	주 거	- 주택난 해소 정책	- 주거에너지 편의성 - 주거에너지 편의성	- 에너지이용 기술의 다양화 및 자연에너지 최대 활용
	공업단지	- 공업단지 확충 및 생산능력 향상에 치중	- 공장 하·폐수처리 관심 및 폐열이용 기초연구	- 공업단지와 주거지역이 연계된 종합에너지시스템
	교통시설	- 도로건설에 중점투자 (산업 및 고속도로건설)	- 육·해·공로 상의 물류 최적화	- 저공해 차량 등장
주요 에너지원		석유 및 석탄	가스 및 원자력	자연에너지 및 신에너지
효 과		- 산업화, 도시화 및 경제성장 촉진	- 일반 계획화 도시 건설	- Clean Enertopia 및 Eco-polis 도시건설

2. 에너지/환경 통합계획의 개념

지역에너지계획(Regional Energy Planning)은 지역단위의 기후환경, 지리적 조건, 인구 및 주거, 산업, 교통등 제반 여건에 부합되는 환경친화적 에너지수급체계를 구축함으로써, 경제·사회의 질적 효율을 향상시킬 수 있는 지방정부 차원의 에너지정책이다. 또한 지역에너지계획은 글로발(Global) 개념에서의 도시전체를 대상으로한 계획과 더 세분화된 지역내의 주거단지, 공업단지등 단위지역(Sub-area)을 대상으로한 계획으로 구분할 수 있다.

지역개발에 있어서의 에너지통합계획(Energy Integrated Planning)은 기존의 토지이용계획에 시스템적 관점의 에너지 및 환경관리를 통합한 개념으로써, 에너지/환경계획은 하나의 계획으로 환경문제는 에너지계획을 위한 중심적 목표중의 하나로서 고려해야 한다는 것을 의미한다.

따라서 에너지통합계획은 도시기본계획과 에너지 및 환경계획이 서로 그 독특한 특성을 가지면서 통합되어져야 하며 에너지소비와 배출물로 인한 환경영향을 도시생활의 모든측면에서 비교·분석하여 계획을 수립하여야 한다.

특히 리우 환경개발회의이후 UN행동계획인『지방의제 21계획(Local Agenda 21 Plan)』에 따른 지방정부 차원의 도시와 지속가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development : ESSD)의 관점에서 선진국의 일부 지방정부를 중심으로 도시계획에 있어서 에너지 및 환경계획을 포함하는 통합계획 수립에 관심을 갖고 지방정부, 의회 및 에너지 관련기관 등이 참여하는 에너지통합계획을 수립·시행하고 있다.

3. 외국의 에너지/환경계획의 적용사례

1) 영 국

영국은 만체스타시, 브리스톨시 등을 중심으로 지방정부 차원에서의 에너지/환경 기본계획 및 실행계획을 수립·시행하고 있다. 특히 브리스톨시는 지방정부, 의회, 에너지공급회사 및 에너지센타등 관련기관, 단체들이 연계하여 브리스톨시의 에너지/환경계획을 수립하였으며 지역자원 관련 Data Base 구축, 지역 에너지계획 수립(건물에너지 관리계획, 에너지공급 시설계획, 에너지효율 평가프로그램, 환경개선 대책등), 구체적인 이행계획 수립 및 지원대책등 주요 사업을 추진하고 있다.

또한 밀톤케인즈의 신도시 페닐랜드 개발은 에너지통합계획을 적용하여 단지계획 과정에서 에너지 및 환경영향을 다른 토지이용계획 인자와 동시에 고려하여 설계된 시범도시를 건설하였다. 이 계획에는 에너지절약 측면을 고려한 태양열 이용방안,

단지의 입지형태와 등고선, 수목, 토지이용밀도 등을 고려한 토지이용계획, 에너지 수요를 줄이기 위한 보도와 자전차도로를 강조한 동선망 구성, 인접지역과의 관련성을 고려한 단지 기본계획 등을 포함하고 있다.

2) 북부유럽

덴마크의 에너지계획은 도시계획과 사회정책을 수행하는 일환으로 시작되었다. 1979년 열공급사업법(Heat Supply Act) 및 전기공급사업법(Electricity Supply Act)이 제정되어 중앙정부는 전국을 대상으로 체계적인 열공급계획을 수립(지역난방 보급지역과 천연가스 보급지역으로 구분)하였며, 지방정부는 지역난방 및 천연가스 사업과 같은 대규모 투자시스템에 대해 에너지계획을 수립·시행하고 있다.

최근에는 순수 에너지계획에서 도시계획에 에너지 및 환경계획을 포함하는 에너지통합계획이 시도되었다. 특히 본호름(Bornholm)지역 에너지/환경통합계획은 EEC (DG17) 및 덴마크 에너지부 등의 재정지원하에 본호름 지방정부 및 에너지위원회를 중심으로 에너지와 환경문제를 서로 조화시켜 새로운 해결방안을 마련하였다. 이 계획은 에너지/환경계획 실행방안을 제공하고 있으며, 또한 다른 지방정부 및 중앙 에너지 행정기관들이 이용할수 있도록 하였다. 그 주요 실행계획을 요약하면 다음과 같다.

o 지역적 에너지원 및 에너지계획을 기초로한 열공급 및 전기공급 방식의 개선
  - 대체에너지(밀집, 목재, 바이오가스등)이용 열병합발전 도입 확대
  - Photovoltaic Plant 설치
  - 8MW급 풍력 터빈발전기 보급
o 90%이상의 지역난방시스템 이용 확대·보급
o 에너지절약, 건물단열 강화 및 지역에너지 활용 극대화를 위한 홍보실시
o 공공기관의 재정지원 계획수립
o 지역 에너지회사의 이행계획수립

한편 노르웨이의 경우 오슬로 오페가드시를 에너지통합계획 사례연구 대상지역으로 하여 주민, 기후, 에너지원에 대한 다각적인 조사·분석을 통해 주택의 입지별 에너지소비량 추정 및 입지여건을 분석하여 에너지측면에서의 최적 주거지 조건을 제시하고 있다.

특히 도시의 물리적 구조와 에너지흐름과의 관계를 매개하는 지역내의 국지기후, 에너지시스템, 교통시스템등 관련 매개변수들을 고려하여 에너지측면에서 가장 합리적인 물리적 구조물을 계획하는 기법이다.

3) 일 본

일본의 지역에너지계획는 석유 대체에너지개발의 일환책으로서 미활용 에너지 및 대체에너지등 지역적 에너지원을 각 지역의 특성에 알맞게 적극적으로 개발·이용하기 위하여 시행되고 있다. 특히 일부 지역사회를 중심으로 지역에너지 이용체계를 구축하고자 에너지 수요와 공급이 밀접하게 연계되어 있는 소규모·분산형 에너지 이용사업을 적극 추진하고 있다.

지역적 에너지원으로 태양열, 지열, 중·소수력, 풍력, 바이오매스등 자연에너지와 폐열 및 폐기물에너지 등의 활용을 극대화하기 위해 관련제도 정비, 시험연구 및 기술개발 등을 추진하고 있으며, 지역에너지 개발의 사업화 가능성 조사 및 모델작성 사업에 대한 지원과 동시에 지역에너지 이용사업에 대한 저금리융자제도를 정비하는등 지역에너지 개발 및 이용에 대한 사업화 추진에 노력하고 있다.

특히 록코아일랜드는 고베시 개발국, 중앙정부, 고베 항만개발공사 등의 지원에 의해 현재 건설중에 있는 첨단 복합도시로서 이 인공섬 개발의 목적은 새로운 항만시설 뿐만아니라 주택, 업무, 문화 및 위락시설 등의 다양한 기능을 부여하고, 에너지/환경측면을 고려한 생태도시(Ecopolis) 개념으로 추진되고 있는 대표적 사례이다.

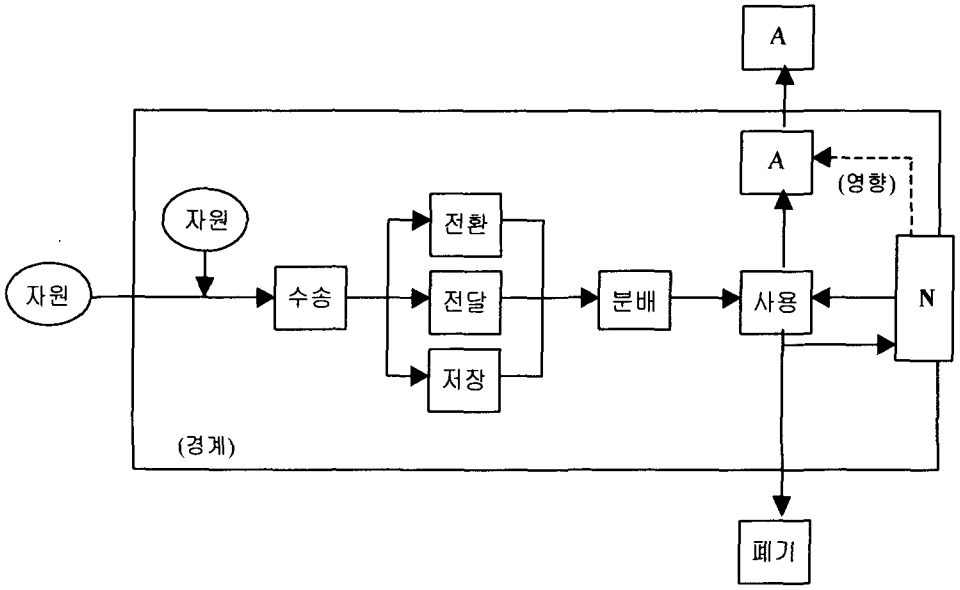
Ⅲ. 에너지/환경측면을 고려한 공업단지 모형

1. 물리적 계획과정

물리적 계획(도시기본계획) 과정에 있어서 에너지 및 환경측면을 고려하기 위해서는 인간행위를 기초로 발생하게 되는 에너지시스템의 기본개념을 이해하여야 한다. <그림 1>의 지역 에너지시스템의 기본요소들에 있어서 인간의 행위(A)는 지역에너지시스템의 경계(Regional Area) 내·외부에서 발생될 수 있다. 또한 지역에너지시스템은 인간행위에 적절한 에너지형태로 변환하여 사용되며 수송, 저장, 전환, 전달 및 분배과정에서 부수적인 단계로 손실이 발생하게 되고, 에너지의 일부는 그 지역내에서 소모되며 나머지는 인간행위 뿐만아니라 에너지사용에 따른 자연환경(N)에 영향을 미친다.

이러한 지역 에너지시스템과 관련된 에너지소비 개념은 인간의 행위 및 지역 구성요소와 그 행위간의 관계에 의해 발생되는 에너지소비량과 질을 나타내며, 물리적 구성요소의 지리적 위치와 관련이 있다. 즉, 에너지소비는 오직 물리적 요소(에너지이용설비)에 의해 발생되기 때문에 지역 구성요소의 배치에 관한 결정요인으로

반드시 고려해야 할 것이다. 따라서 지역 에너지시스템에 적합한 물리적 계획은 에너지와 물리적 구조물이 서로 상관성을 갖기 때문에 일정한 제약조건하에서 에너지 및 환경 관련기준에 적합한 구조물의 선택이 가능하며, 결국 에너지시스템의 최적화 과정이 곧 물리적 계획이라는 것을 의미한다.



<그림 1> 지역에너지시스템 기본요소의 흐름도

공업단지 배치에 있어서의 토지이용계획 기본방향은 국가산업정책, 공업단지 기본계획 등을 토대로 하여 지역적 여건에 따라 설정하게 되지만 공업단지 에너지통합계획을 효과적으로 수립하기 위해서는 토지이용계획 단계에서부터 에너지/환경측면이 고려되어야 하며 공업단지 배치기준으로 다음과 같은 기본 사항들이 고려되어야 할 것이다.

(1) 토지자원의 효율성을 고려한 공간배분계획을 수립하고 공단의 지역적 특성을 고려하여 주변지역 공단과의 기능적 조화를 최대한 제고시킬 수 있는 토지이용체계를 확립한다.

(2) 유치업종의 업종별 특성을 고려하여 유사업종별로 집단화함으로써 업체간 협업화 및 연계화, 공동 제품출하, 시장개척, 정보교환, 원료의 매입 등이 원활하게 이루어지도록 한다.

(3) 통근교통의 혼잡 완화, 공공수송기관의 효율적 운영 및 지리적 조건이나 경관도 용지선정의 중요한 조건중의 하나이다. 따라서 과도한 집중과 공해의 발생을 막기 위해 주거지 인근 공업의 업종을 신중히 선택해야 한다. 장소적인 편리함이나 통근의 편리 등을 생각하면 부지면적당 종업원의 밀도가 높은 업종을 주거단지 인근에 적극적으로 유치하는 것이 효과적이다.

(4) 에너지 이용효율의 극대화를 고려한 토지이용체계를 확립하고, 에너지관련 기간시설(에너지공급시설, 용수시설 및 폐기물처리시설등)의 효율적 배치계획을 수립한다.

(5) 공공시설 및 지원시설 등의 배치는 공단에 입주해 있는 전 공장 종사자들이 편리하게 이용할 수 있도록 단지의 중심부쪽에 배치하며, 충분한 녹지공간을 확보하여 종업원의 휴식공간 및 환경보전 차원에서의 고려가 있어야 할 것이다.

2. 에너지/환경 통합모형의 기본틀

에너지 및 환경측면을 고려한 에너지통합계획은 미래의 환경 질이 요구되고 사회·경제적, 물리적 활동 등에 관련되며 더 나아가 에너지시스템의 통합이 요구된다. 또한 환경 질의 요구는 에너지시스템에 있어서의 대기오염 감소에 중점을 두어야 하며 이것은 에너지관리 목표로 생각해야 할 것이다. 환경영향을 감소시키기 위해서는 최종 에너지수요(화석연료)를 줄이거나 좀더 효율적인 에너지시스템의 도입 및 대체에너지 이용확대 등을 통해 가능할 것이다. 특히 에너지/환경 측면을 고려한 통합모형에 있어서 환경부담을 최소화 하면서도 최종 에너지소비를 감소시키기 위해서는 에너지시스템의 효율향상과 대체(청정)연료의 다원화에 따른 1차에너지 소비형태의 변화가 중요한 요소로 고려되어야 할 것이다.

이러한 관점에서 에너지시스템에 대한 기술선정 및 구조선택과 시스템의 결합을 통해 환경 질 및 에너지관리에 대한 기본계획의 체계를 정리 할 수 있다. 물론 이렇게 제안된 계획상의 요구(에너지 및 환경목표)들은 첫 시도에서 완전하게 이루어지는 것은 아니지만 모든 요구들이 효과적으로 이루어질때까지 에너지시스템을 최적화 시킴으로서 계획의 목표를 달성할 수 있을 것이다. 여기서 에너지시스템이 계획된 목표를 실현할 수 있도록 그 가능성들을 분석하기 위해서는 전체적인 시스템의 에너지 유효이용, 환경 질 및 에너지절약 투자비용 등을 종합적으로 고려하여야 할 것이다. 이상과 같은 에너지통합계획 과정의 분석을 토대로 하여 공업단지 에너지/환경 통합모형의 기본틀을 <그림 2>와 같이 구성하였다.

특히 공업단지 에너지·환경 통합계획 과정의 기본적인 흐름을 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 정책적인 주요 쟁점이나 실행가능한 미래조건 또는 가정, 개발지역의 기후 및 지형과 같은 자연조건등 "외인성인자 ①"과 국내외적 또는 해당지역의 사회·경제활동 등의 "영향요인 ②"를 분석한다.

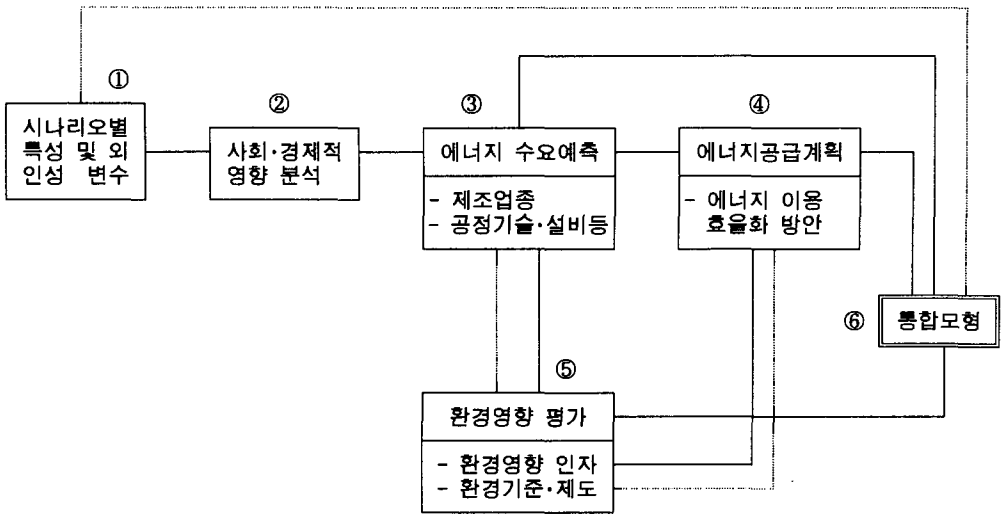
(2) "에너지수요예측 ③"은 ①과 ②의 제공된 입력변수를 기본데이타로 하여 업종

별 공정, 설비 및 기술수준, 단위 경제활동에 대한 에너지원단위를 기초로 수립할 수 있다. 이때 최종소비 에너지수요는 유치업종별 제품생산량이나 부가가치, 단위제품비율 등에 기초하여 계산되어진다. 그러나 유치 예상업종에 대한 구체적인 정보(생산규모등)가 제시되지 않은 상태의 개발계획 수립단계에서는 업종별 "면적원단위"(업종별 최종에너지사용량/부지면적) 개념을 이용하여 계산할 수 있다.

(3) 에너지수요예측의 출력 결과는 "에너지공급계획 ④"의 입력변수로서 이용되며, 이는 1차에너지 요구량, 에너지전환 및 수송, 분배 시설계획 등을 포함하여 공급시스템의 비용 등을 계산하기 위해 사용된다. 여기서 두가지 접근법이 동시 또는 개별적으로 이용될 수 있는데 첫째, 최종 소비수요에 요구되는 개별 에너지원에 대해 1차에너지 요구량을 계산하는데 적용되는 에너지수요/공급 수지(Balance) 접근법은 전력 및 지역난방부문에서 공장 열효율을 포함하여 에너지수송, 저장, 분배 및 손실 등을 고려하여 계산하는 방식이다. 둘째, 유효에너지원으로써 연료간 상호 경쟁과 자원공급 전략들의 조사·검토를 목적으로 어느정도 제한된 범위에서 사용되고 있는 자원 최적화 방식이 있다.

(4) 에너지공급 시스템과 최종 에너지소비내의 에너지흐름들은 "환경영향 평가 ⑤"의 입력변수로 이용되며, 에너지시스템에 의한 인체 건강과 안전에 미치는 영향을 포함하여 대기 및 수질오염 등에 관해 설정된 시나리오의 제한(기준) 요소에 의해 결정된다. 여기서 에너지전달 즉, 1차에너지의 추출로 부터 최종소비처까지의 에너지전달 시스템에서 환경영향 요소들을 평가한다.

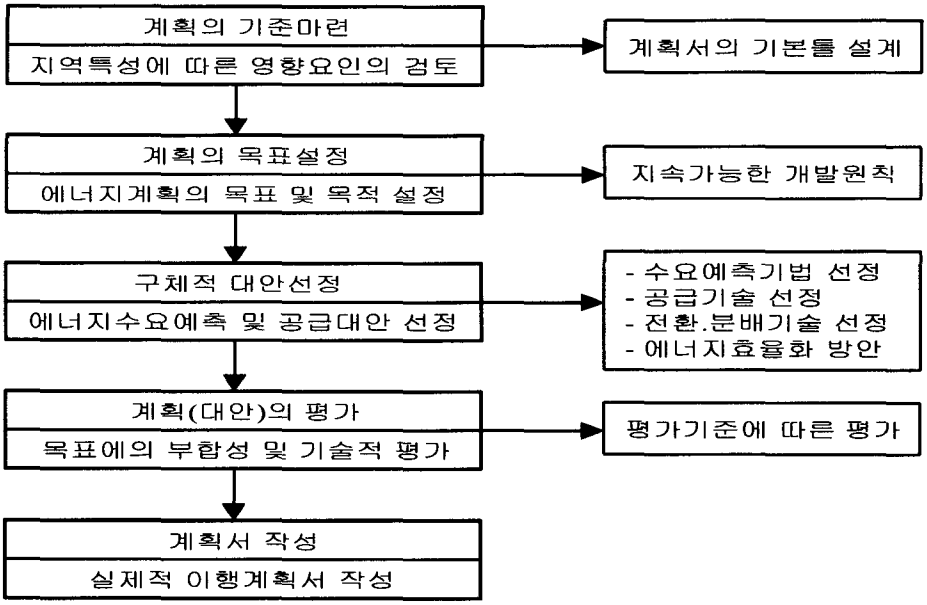
(5) 전술한 각 단계의 출력결과를 토대로 의사결정자로 하여금 대안적 에너지/환경전략을 평가하여 최종안을 확정한다.



<그림 2> 공업단지 에너지·환경계획의 기본 개념도

3. 계획수립 방법

에너지/환경통합계획 수립은 정책입안자와 실행계획자 그리고 에너지공급 및 수요자간의 충분한 토의과정을 거쳐 계획을 수립하여야 한다. 특히 대상개발 사업지역에 적용하기 위한 에너지/환경 통합계획의 수립과정은 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 첫째, 사업지의 에너지수급 영향요인을 조사·분석하여 계획의 기준을 마련하고 둘째, 계획의 목표를 설정하며 셋째, 목표를 달성하기 위한 가능한 실행방안을 옵션으로 분리한다. 그리고 옵션이 만들어지면 이들 옵션의 선택을 통해 구체적인 대안을 작성한다. 옵션의 선택은 각 옵션간의 상충성과 대상지의 현황을 고려하여 가장 적절한 것이 선택되어져야 한다. 여기서 구체적 대안을 선정하기 위한 기법으로 크게 토지의 효율적 이용, 물리적 구조물 배치의 적정화, 에너지이용 효율화, 환경영향 등의 범주로 분리하여, 이들 계획지침에 따라 각각의 세부 기법을 옵션으로 분리하여 적합한 대안을 작성한다. 넷째, 대안의 평가는 평가기준에 의거하여 평가하고, 다섯째 선정된 대안으로 최종적인 기본계획을 작성한다.



<그림 3> 에너지·환경계획 수립과정

4. 사례연구

1) 에너지/환경측면의 검토

에너지/환경측면을 고려한 공업단지의 배치방법으로 다음과 같은 기본항목들을 검토한다.

① 효율적인 토지이용계획

- 지원시설 및 공공시설의 편리성과 업무효율화를 위한 공단 중심부 배치
- 자전거 도로의 설치 의무화
- 충분한 녹지공간 및 주차장 확보

② 에너지관련 기간시설의 적정성 및 효율적 배치

- 지역난방 및 열병합발전 시스템의 타당성 검토 및 배치계획
- 전력 및 용수시설의 적정화 및 배치계획
- 폐기물 및 폐수처리시설 확보 및 배치계획

③ 업종별 배치형태 및 에너지다단계 이용시스템 구축

- 공업단지 기본계획 및 지역의 경제·사회적 여건을 고려한 유치업종의 선정
- 생산공정 및 에너지사용 형태(Utility별, 에너지 Level 및 밀도별)에 따른 유사업종 집단화 및 계열화 배치기준
- 에너지흐름도에 따른 에너지의 다단계이용, 폐열 및 폐기물 재이용 방안
- 주변여건을 고려한 입주 업종별 부지선정 기준(교통, 환경영향등)

④ 녹지체계

- 녹지공원을 공단 중심부에 조성하여 종업원의 휴식공간으로 이용하고, 공단 주변지역의 환경개선 및 주민복지차원에서 공업단지와 주거단지의 경계지역에 가능한 시민 녹지공원 조성
- 건물주변 식재는 여름철 기온을 낮추고 겨울철 북서풍을 완화할 수 있도록 남쪽은 활엽수, 북쪽은 상록수를 식재

⑤ 공장배치 형태

- 건물 향은 가급적 남향으로 배치, 공장배치는 건물의 향에 따라 일자형배치
- 태양에너지를 최대한 활용할 수 있는 건물의 향은 정남에서 15도이내의 각도로 배치

2) 대상공업단지의 에너지소비 현황

사례연구의 대상지역으로 기존의 K지방공업단지를 선정하였다. 대상공업단지는 총면적 5,356,263m^{2}로서 공업용지 3,233,290m^2(60.4%), 공공용지 1,252,073m^2(23.4%), 녹지 및 기타 153,105m^2(2.8%), 임항지구 717,795m^2(13.4%)로 구성된 임해공업단지로서 전국 170여개 공단의 평균규모를 약간 상회하는 수준이다. 특히 대상공단의 입주업체는 지원시설 및 공공시설 업체를 포함하여 60개업체가 입주하고 있으며 가동업체수 48개업체를 대상으로 하였다.

일반적으로 제조업부문에 있어서 에너지 사용설비는 세부업종의 다양성과 제품생

산공정에 따라 기기 및 설비의 종류, 규모, 형식 등에 많은 차이를 보이고 있으며 대상공단 입주업체의 경우 대부분 도시형 경공업 제품을 생산하는 업종으로서 에너지소비 현황 및 주요 설비의 운전현황은 <표 2>와 같이 조사되었다.

<표 2> 업종별 에너지소비 및 주요설비 운전현황

구 분	입주업체	에너지소비구성비(%)		운전현황(℃)		주요설비
	구성비(%)	연 료	전 기	가열온도	폐열온도	
식 품 업 종	25.0	19.8	24.1	160~200	60~95	보일러, 농축기, 살균기
섬 유 업 종	4.2	0.7	0.5	180	50	보일러, 염색기
제지·목재업종	8.2	7.6	9.5	160~200	65~110	보일러, 건조기
화 학 업 종	27.1	12.3	33.0	200~500	100~230	보일러, 증류탑, 반응기
비금속 업종	18.8	48.7	28.0	180~250	150~190	보일러, 건조기, 혼합기
1차금속업종	4.2	2.5	1.6	170	100	보일러, 용선로
조립금속업종	12.5	8.4	3.3	200	60	가열로, 열처리로

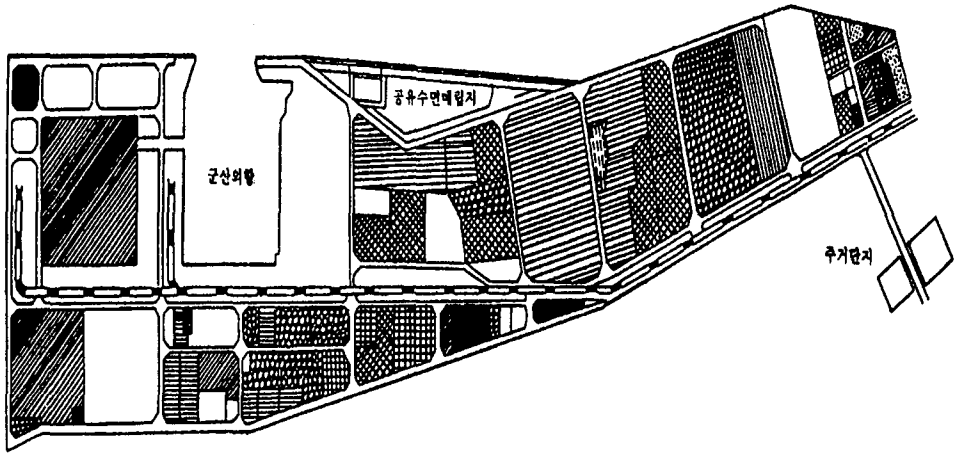
3) 대안의 선정

대안의 개발과정은 입주업종을 중심으로 지역사회 여건, 업종별 토지이용현황, 에너지소비현황, 에너지관련 시설현황, 환경영향, 전력 및 용수계획 등의 조사자료를 토대로 하여 ① 유치업종의 선정, ② 업종별 배치기준, ③ 공장배치 형태, ④ 에너지사용 형태, ⑤ 지원시설 배치형태 등의 옵션을 종합 분석·평가하여 에너지이용 효율화 및 환경개선 측면에서 <그림 4>와 같이 새로운 단지모형의 대안을 제시하였다.

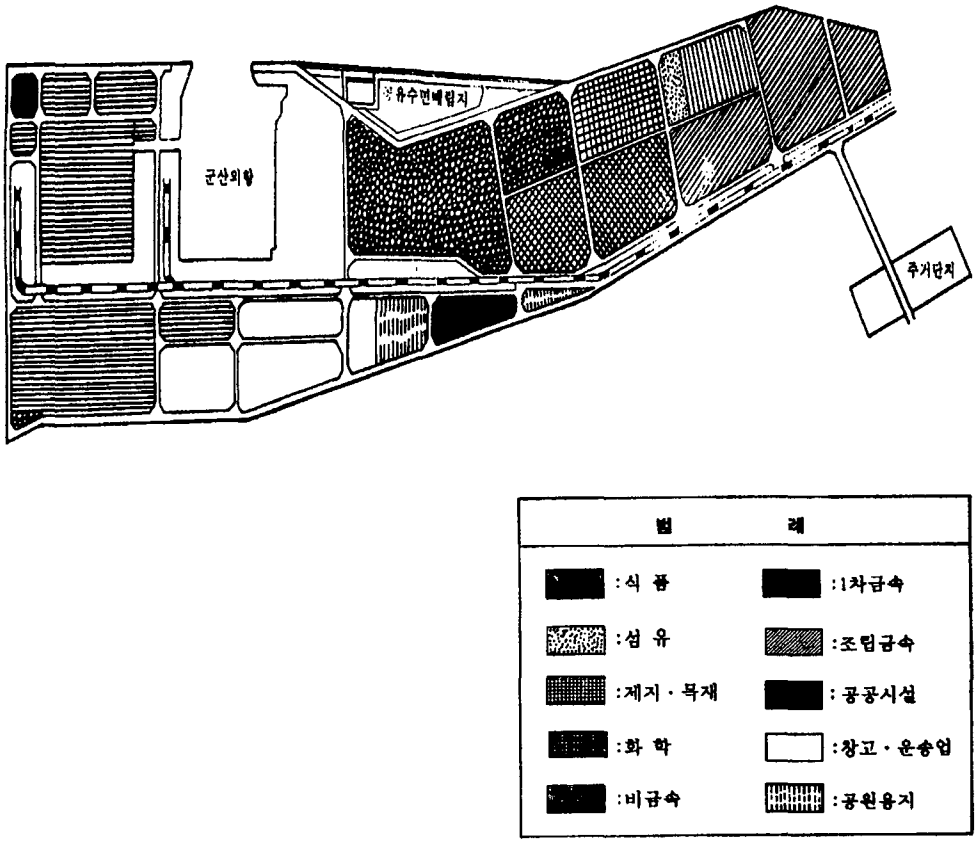
대안의 선정은 에너지흐름도에 따른 각 입주 업종별 열발생 설비 및 공정이용 설비의 효율화, 에너지다단계 이용시스템을 검토하였으며, 에너지사용 측면에서의 각 업종별 배치는 주요 생산공정의 사용에너지 종류 및 온도에 따라 집단화 및 계열화 하였다. 특히 증기를 주로 이용하는 화학업종, 식품업종, 섬유업종 및 제지·목재업종 등을 주요 생산공정 및 사용온도에 따라 집단화 및 계열화 하였으며, 또한 제조공정상 요·로설비를 주로 이용하는 비금속(요업) 및 1차금속업종을 집단화 하였다. 조립금속, 기계 및 장비제조업종은 전기를 주로 이용하고 공해배출이 비교적 적은 업종으로서 주거단지와 가까운 공단 입구쪽에 배치하였다.

본 사례연구에서 제시하는 대안은 기존공단의 최적한 개선방안을 제시하였다기보다는 동 단지규모와 유사한 공업단지 개발계획에 있어서 에너지/환경 측면을 고려한 배치모형의 기본틀 및 일반적인 지침으로서 의미를 지닌다.

기존 공업단지 토지이용계획



에너지/환경 측면을 고려한 대안



<그림 4> 에너지/환경 측면을 고려한 대안의 선정

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 에너지/환경측면을 고려한 에너지통합계획의 기본적인 개념 및 외국의 사례를 살펴보고 공업단지를 중심으로 환경부담을 최소화 시키면서도 에너지 효율을 제고시킬 수 있는 에너지/환경 통합모형의 기본틀, 계획수립 방안 및 효율적인 공업단지 배치모형을 제시하였다.

특히 공업단지 개발에 있어서의 에너지/환경측면을 고려하는 주요 핵심사항으로 토지이용 측면에서의 물리적 구조물의 효율적 배치(토지이용계획)와 지역적 에너지 여건 및 유치 업종에 따른 합리적인 에너지 수요예측 및 공급대안을 마련하는 것이 중요하다.

향후 에너지이용 효율화 및 환경친화적 공업단지 개발을 종합적이고 체계적으로 추진하고자 할 때에는 에너지측면을 토지이용 및 환경측면과 연계시키는 통합모형을 이용해야 하며, 공업단지에 적합한 에너지/환경 통합모델의 개발이 시급하다.

참 고 문 헌

1. 에너지적합형 지역개발사업 모델개발 연구, 한국에너지기술연구소, 1994.
2. 에너지 절약형 도시계획, 대한주택공사, 1987.
3. 공업단지 집단에너지공급 기본계획수립, 한국산업개발연구원, 1993.
4. 省エネルギーセンター, Eco-省エネルギーシステム, 1997.
5. Haughton, G., Sustainability and Urban Development, Leeds Metropolitan University, 1993.
6. Bristol Energy & Environmental Plan, Bristol Energy Center, 1991.
7. E. Hille, N.H. Vander Linden, Task Force on Integrated Energy and Environment Planning, Netherlands Energy Research Foundation ECN
8. Michael Kvetny, Energy Integrated Planning in City, COWI consult Inc.
9. Integrated Energy and Environmental Planning for Bornholm, County of Bornholm Department for Technics and Environment.
10. Foel, W.K. , J.W. Pappas, and J.W. Mitchell, The Wisconsin Regional Model : A Systems Approach to Regional Energy Analysis Report No. 56. University of Wisconsin-Madison : Institute for Environmental Studies