

생태주거단지의 지속가능성제고를 위한  
계획요소-제어요소-평가지표 연계시스템  
(에너지 계획분야를 중심으로)

The Connection System through Environmental Analysing  
Factor-Plan Element-Control Element-Valuation Index to  
Improve the Sustainability in Ecological Housing Estate

서동구\*, 오덕성\*\*  
Dong-Koo Seo\*, Deog-Seong Oh\*\*

<Abstract>

This study aims to identify the structure and system to make close relationship among planning elements, legal regulation and evaluation index toward sustainable development in the ecological housing estate. Through these close relationships the ecological housing estate could get more sustainability. With this consideration, this study consists of following three parts. First, we review the key issues of sustainability in ecological housing which are focused on the energy-efficient planning. Second, we extract the planning elements, legal regulation and evaluation index using the qualitative system dynamics that is found out all phenomenons from viewpoint of closed loop thinking and circular feedback system. Third, we analyse the correlation among them in terms of energy efficient planning in the ecological housing estate. Finally, we summarize the findings toward sustainability in ecological housing estate through these analysis.

**Keywords :** Ecological housing, Sustainability, system dynamics, Energy, Planning elements

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1972년 유엔 인간 환경회의에서 '하나뿐인 지구'라는 주제 아래 지구환경 보전을 세계의 공통과제로 인식하고 '유엔 인간환경선언'을 채택한 이후 1987년에 제출된 "우리의 공동 미래" 보고서에서 지속가능한 발전<sup>1)</sup>을 성취하기 위한 장기적 환경전략을 제시하였으며 1997년 교토

에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국총회에 서 채택된 교토의정서가 2005년 2월 16일에 전 세계적으로 공식 발효되면서 환경문제에 대한 시각이 높아져 가고 있다. 국내에서도 지구온난화의 주요원인인 대기중 이산화탄소의 증가에 대한 대응으로 화석에너지사용을 축소하려는 노력이 주거단지에도 나타나고 있다. 그러나 최근 주거단지의 건설과정을 살펴보면 외국의 생태적 에너지계획기법이 국내에 많이 소개되었

\* 정회원, 충남대학교 공과대학 건축학부, 겸임교수,  
\*\*교신저자, 충남대학교 공과대학 건축학부, 교수, 工博  
E-mail : ds\_oh@cnu.ac.kr

\* Professor. Dept. of Architecture Chung Nam University.  
\*\*Corresponding Author, Professor, Dept. of Architecture  
Chung Nam University.

으나 적용은 미미한 상황이며 평가지표에 대한 연구와 정책 및 제도와 관련된 복잡한 구조 속에서 주거단지의 정주환경을 회복하기 위한 에너지문제의 종합적이고 체계적인 대응이 매우 시급하다고 할 수 있다

따라서 본 연구는 생태주거단지내의 에너지계획요소에 대한 시스템사고를 통해 단계별 수립과정에서 단계별 문제에만 집중하는 개별적인 접근이 아니라 전체적인 시스템의 관점에서 접근해야 한다는 점을 밝히고 생태계획이 건물의 계획프로세스에 따라 체계적으로 적용되고 시스템의 순환을 통해 지속가능성을 제고를 위한 연계시스템을 통해 정책방향 및 시급한 범지구적 환경문제에 대응하는 전략을 수립하기 위한 연구이다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

국내에 도입되기 시작한 생태주거단지의 지속가능성을 제고 하기위한 방안으로 Fig. 1에서와 같이 연구의 체계는 계획 및 시공을 포함하는 주거단지건설의 전과정에 대한 실무적 차원에서의 핵심과정에 대한 이해를 토대로 하여 질적시스템 다이내믹스에 의한 모델을 구축한다. 에너지계획분야의 모델구축은 체계적으로 분류된 계획요소와의 인과관계를 중심으로 제어요소와 평가지표를 연계하는 시스템을 구축하였다. 이에 대한 검증으로 국내의 사례 15개 주거단지의 사례를 분석하였다. 분석방법은 시스템구축과정에서 생태주거단지에 영향을 미치는 계획요소에 따라 3등급으로 나누고 15개의

사례를 통해 연계시스템과의 상관관계를 규명하였다.

## 2. 개념적 고찰

### 2.1 생태주거단지개념과 에너지

생태주거단지는 도시를 하나의 유기체로 보고 도시의 다양한 활동과 구조를 자연의 생태계가 지니고 있는 속성에 가깝도록 설계 시공하여 도시환경문제가 없는 인간과 환경이 공존하는 Eco-System 개념에 의하여 건설되는 도시에 생태적 보존의 원리를 주거에 도입하여 자연훼손을 최소화하고 자연을 효율적으로 활용하여 주거단지를 계획하는 단계에서 환경친화적 기술을 최대한으로 이용하여 생태계 및 주거가 유기적인 관계를 지속적으로 유지하는 주거단지를 의미한다<sup>2)</sup>. 따라서 생태주거단지의 지속가능성을 제고하기 위한 에너지 계획측면에서 보면 화석 에너지 의존형이 아닌 신재생 및 청정에너지 이용하고 자연자원과 에너지의 효율적인 연계를 통해 에너지소비를 절감하고 이용효율을 증대하는 주거단지를 의미한다.

### 2.2 지속가능성의 개념과 에너지

지속가능한 개발은 1979년 UN 심포지움에서 주제로 선정되면서 국제적인 관심사로 등장하였으며, 1992년 브라질 리우환경회의에서 채택한 '의제 21(Agenda21)'과 1996년 터키 이스탄불에서 개최된 제2차 유엔인간정주회의(Habitat II Conference)'에서 채택된 'Habitat Agenda'

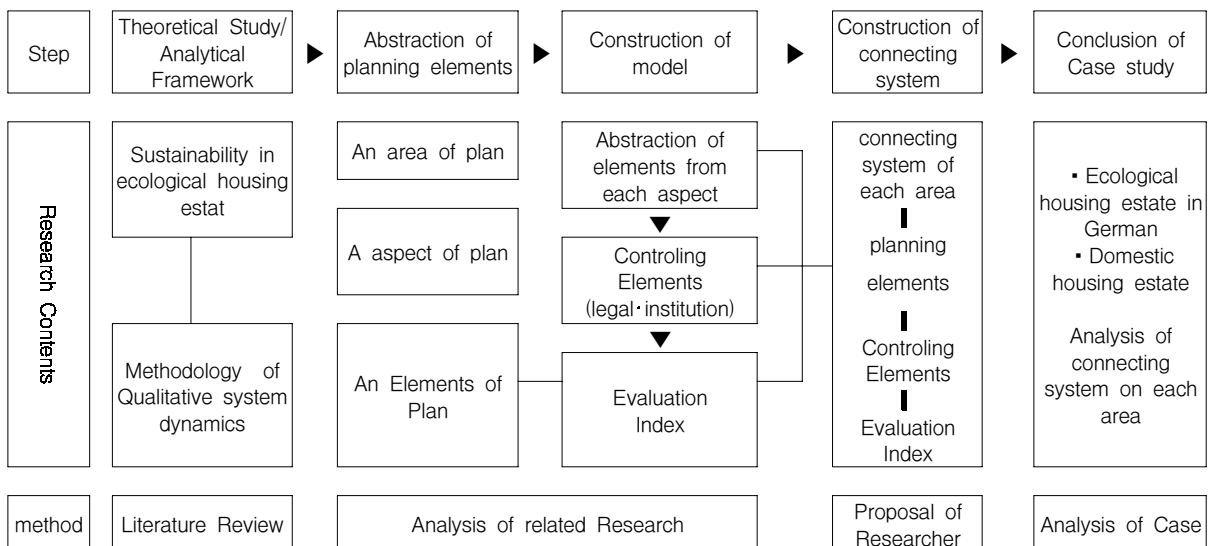


Fig.1. The system of study.

에 의해 국제적으로 목표수립과 행동강령을 통해 추진되고 있다. 이에 따라 우리나라에서도 해비타트 국가위원회를 설치하는 등 다각적인 노력을 기울이고 있는 상황이다<sup>3)</sup>. 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD, Environmentally Sound and Sustainable Development)의 개념은 일반적으로 미래의 후손들이 자신들의 욕구를 충족시킬 수 있도록 그 능력과 여건을 저해하지 않으면서도 현세대의 요구를 충족시키는 개발로 정의된다(WCED, 1987). 에너지 측면에서 생태주거단지의 지속성을 제고하기 위해서는 환경자원의 적절한 이용을 통해서 개발과 보호의 통합을 이루는 것을 의미한다. 즉, 그 지역의 환경자산을 그 지역에 맞는 방법으로 활용, 생태적 공급력에 맞추어 수요를 고려하고 장기적인 생산성의 유지와 향상을 우선시 하게 된다.

**Table 1. The meaning of sustainability from an aspect of energy**

Positive meaning	Passive meaning
Effort for the expansion of environmental capacity by the conservation and the expansion of ecosystem, forest and green field by renewable energy	The harmony between conservation and development by increase the concern about environment like increase of the energy efficiency , less consumption, recycle etc.
'Creation of environment' that intend to the expansion of environmental capacity at present	Delay the rate of environmental disruption and an exhaustion of resources

### 3. 분석의 틀

#### 3.1 질적 시스템다이내믹스의 정의

시스템다이내믹스(System Dynamics)라는 용어는 체제분석(system analysis)에서 파생된 용어가 아니라 컴퓨터 모의실험, 전략적 의사결정, 그리고 피드백사고에서 출발한 것이다. 사회과학에 있어서 논쟁을 특징짓는 기본가정들은 Table 2와 같다. 분석의 대상과 범위에 있어서 질적분석은 양적분석에 비하여 분석의 범위가 넓고 과정 중심의 연구에 적합하며 분석의 범위를 설정하는데 있어서 풍부한 상황적인 요소와 과정에 대한 고려에 유용하다<sup>4)</sup>.

#### 3.2 시스템다이내믹스의 특징

이 접근방법의 특징은 첫째, 연구하고자 하는 특정 변수가 시간의 변화에 따라 어떻게 동태적으로 변화해 나가느냐에 기본적인 관심을 둔

다. 둘째, 모든 현상은 내부순환적 환류체계(closed loop thinking, circular feedback system)의 관점에서 이해한다는 것이다. 즉, 셋째, 시스템다이내믹스는 사실적 사고(operational thinking)에 초점을 둔다. 사실적 사고란 변화가 실제적으로 어떻게 해서 일어나고 있는지 변화의 과정에 연구의 초점을 맞추는 사고이다. 즉 시스템 작동의 메커니즘을 파악하고자 하는 사고이다<sup>5)</sup>.

**Table 2. Comparison of System Dynamics Analysis' trait**

	Quantitative analysis	Qualitative analysis
Logic	deductive method	inductive method
Subject	Suitable to the research that centre on result	Wide analysis extent and Suitable to the research that centre on process
Extent	Establishment of analysis extent with delicacy as possible as and separation with other category in detail and observation, verification	· Recognize special problem under whole context and situation · Consideration about process and element in abundant situation
Focus	The examination of lucid relationship in the definite analysis extent	· Form(pattern) of relation between analysis target · It is strong to examination of a causal relationship that complicated, abundant and not limited.
Result	Result of inspection of statistics by quantitative analysis, table, chart etc.	Narrative form

#### 3.3 질적 다이내믹스 시스템 구축방법론

질적 시스템다이내믹스는 복잡한 인과지도의 구조를 한두개의 핵심적인 피드백 구조로 압축하여 문제의 핵심을 진단하고 처방을 제시하는 연구로 생태주거단지의 생성과정을 총 5가지의 단계로 압축하였다.

에너지 계획요소에 대한 시스템 구축을 통해 설계자의 인식변화를 유도하고 디자인 과정에서 적용 가능한 구체적인 에너지계획방향을 모색할 수 있도록 생태개념에 대한 전체적인 흐름에 따른 단계별 시스템사고를 통해 단계별 흐름을 이해하고 생태단지 구현을 위한 정책 및 인센티브의 확대하고 평가지표의 모니터링을 체계화하여 설계자와 시공자로 하여금 정확한 지표를 근거로 중요한 생태적 계획요소를 지속적으로 발전시켜나가기 위함이다.

따라서 생태주거단지의 계획에 나타나는 과정적 인과관계를 규명하고자 한다. 시스템다이

내믹스의 모델구축과정은 Fig. 2와 같이 설계 및 시공단계별 프로세스의 순환적 인과관계를 바탕으로 계획지표 설정-대상지분석을 통한 환경요소-계획요소-제어요소-평가지표로 구축하고 본 연구에서는 계획요소와 제어요소 그리고 평가지표와의 연관관계를 통해 생태주거단지의 에너지계획요소가 정량적인 근거를 통해 지속적인 순환발전의 틀을 제안하고자 하였다.

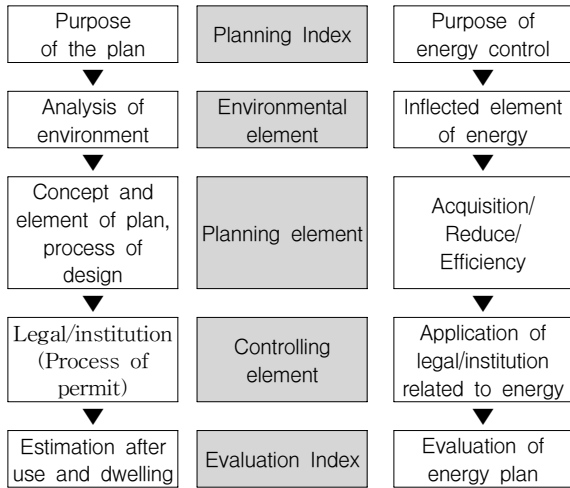


Fig. 2. The model of qualitative system dynamics about the energy plan.

#### 4. 에너지분야의 연계시스템 구축

##### 4.1 시스템모델 구축

###### 1) 계획요소의 추출

본 연구에서는 생태주거단지를 구현하기 위한 계획요소를 추출하기 위해 1996년 채택된 'Habitat Agenda'에 이후부터 현재까지 보고된 국가·공공기관의 연구보고서중 생태, 에코, 친환경, 환경친화, 그린 등 생태주거단지(도시)계획과 관련이 있는 22개의 연구보고서를 선정 [Table 3]하여 계획요소를 추출하였다.

국내의 관련 연구에서 다루어진 관련계획내용을 분석해본 결과 표5에서와 같이 에너지 분야의 계획요소는 크게 3가지 측면으로 구분되는데, 추출된 계획요소는 총 23개로 에너지 취득측면에 관한 요소가 12개로 가장 많았으며 에너지절감측면에 6개, 이용효율의 증대측면은 5개로 추출되었다. 기존연구에서 다루어진 계획요소의 빈도를 요소의 중요도로 평가하였으며 평가지표와 사례 빈도수와의 논리적 분석을 위해 5점 척도로 환산하여 표기 하였다. [Table 10 참조]

###### 2) 제어요소의 추출

제어요소는 계획요소와의 밀접한 인과관계를 가지고 있는데 규제법과 인센티브로 구분할 수 있다. 에너지의 취득과 관련된 제어요소는 태양열주택의 건축면적(건축법시행규칙43조)과 주택의 발코니 또는 부착온실에 대한 완화규정(건축법시행령119조)이 있으며 대체 및 신재생에너지의 보급을 촉진(법12조) 하기 위한 법령이 있다. 에너지절감을 위해서는 기존 건축물인허가시 건축물 단열기준(건축법91조) 및 에너지절약계획서제출 규정을 두고 있는데 최근 CO<sub>2</sub> 발생억제를 위해 건축물의 에너지 소비량과 CO<sub>2</sub>배출량을 연계하려는 연구가 진행 중이다. 에너지의 이용효율증대와 관련된 제어요소로는 폐열이용과 관련된 조항이 있다.

###### 3) 평가지표의 추출

평가지표는 계획요소에 대한 정량적 검증을 통해 에너지 효율 및 경제성제고를 통해 생태주거단지의 계획요소가 지속적으로 발전될 수 있는 핵심적인 피드백구조의 한 축으로 에너지 취득관련 지표로는 건축물의 친환경인증제도(건축법58조)에 의한 태양 및 신재생에너지 설치에 대한 평가지표가 있으나 배점이 낮아 적용이 미미한 상태이며 에너지절감 및 이용효율에 대한 평가지표로는 단열성능, 건물녹화율이 있으나 매우 부족한 것으로 파악되었다. 이는 생태주거단지를 실현하기 위한 계획요소의 적극적인 적용을 위해서는 평가지표의 피드백을 통한 계획요소의 적용타당성을 입증 필요하다.

##### 4.2 연계시스템 구축

지금까지 생태주거단지의 건축계획 요소 중 에너지와 관련된 측면을 중점적으로 계획 - 설계 - 시공 - 사용 - 평가의 총체적인 관점에서의 연관관계를 질적 시스템다이내믹스에 의한 방법론에 입각하여 계획요소를 제어하는 관계 법령 및 제도와 평가지표간의 요소별 연계시스템을 구축하였다. 문헌고찰을 통해 시스템다이내믹스 모델은 총 5단계인 계획지표설정-대상지분석을 통한 환경요소-계획요소-제어요소-평가지표로 압축된 순환적 인과구조를 구축하였고 생태주거단지의 지속가능성을 제고할 수 있는 계획요소-제어요소-평가지표에 대한 상관관계를 분석하였다. 문헌고찰에 의한 중요도를 5

점 척도로 표기하여 상관성을 분석하였으며 주요한 연계시스템으로는 그림3와 같이 에너지취득측면에서는 계획요소 중 태양전지와 태양열 집열기 설치가 중요한 계획요소로 판단되었고 제어요소와 평가지표의 연계시스템이 양호한 것으로 나타났으며, 풍력발전의 경우 중요한 계획요소로 제시하고 있으나 제어요소와 평가지표의 연계가 부족한 것으로 나타났다[Table 10 참조].

에너지절감측면에서는 고단열기법과 건축녹화가 계획요소로 중요하게 제시되었으나 제어요소와 평가지표의 중요도는 낮게 나타났다. 에너지 이용효율증대에 대한 연계시스템이 취약한 것으로 나타났으며 향후 생태주거단지의 지속가능성 제고를 위해 에너지이용효율에 대한 보다 적극적인 연계시스템구축이 필요한 것으로 판단된다.

## 5. 사례분석 : 연계시스템 적용여부

### 5.1 사례 분석

분석대상 주거단지는 Table 6에서와 같이 단지규모와 설계시기를 중심으로 총 15개의 단지를 선정하였다. 해외사례는 독일을 중심으로의 생태주거단지는 개발이 완료된 주거단지를 10개 선정하였으며 규모에 따라 적용되는 요소들의 수준이 다르기 때문에 중규모, 대규모, 신도시규모로 골고루 선정하여 계획요소의 적용 여부를 분석하였다. 국내의 사례는 2005년 친환경인증 주거단지 5개를 선정하였다[Table 7].

이는 생태건축을 일찍부터 시작한 독일의 다양한 계획기법에 대한 국내적용가능성을 고려한 것으로 추후 단계별 흐름에 대한 연관관계의 분석을 통해 생태주거단지의 지속가능성을 제고하기 위한 종합적이고 체계적인 방안의 수립이 하기 위함이다. 표8에서 보면 독일의 10개 사례를 분석한 결과 에너지 취득 측면에서는 태양전지, 패시브솔라 시스템, 태양열 집열기 등 태양에너지를 활용하는 건축계획요소가 적극적으로 사용되었다. 주요단지의 계획요소별 특징을 보면 Bis -marck Solar주거단지는 태양에너지의 취득을 위해 남향배치를 하였고 60% 이상을 태양에너지로 충당하였으며, 에너지절약형 주거단지를 위한 계획지표를 수립하고 형태적으로는 외피면적을 최소화하도록 계획하였다. 또한 고단열기법과 함께 난방에너지도 법적으로

로 규정된 최소 에너지건축규정을 준수하도록 하였다. (난방은 35-45%를 초과할 수 없음) Culmenborg시의 EVA-Lanxmeer 주거단지는 고단열기법으로 30%의 에너지사용량을 절감하였고 창문을 통해 들어오는 자연빛을 이용한 벽난방설비로 에너지 이용효율을 증대시켰다. Messestadt Riem 주거단지는 단지 동부에 있는 지역발전소와 열병합시스템을 통해 에너지 효율을 극대화 하였으며 옥상녹화와 함께 에너지 절감형 건축을 실행하였으며 태양광전지로 태양에너지를 취득하였다. Auf dem Staig 주거단지는 지붕녹화 및 고기밀 벽체와 창호시스템 등 에너지 절감시설 등을 적극적으로 설치함으로써 에너지 절감효과를 극대화 시키고, 열기밀도를 올리는 건축방식과 목재를 사용한 태양열 시스템을 이용하여 벽체 난방효과를 이루었다. 국내 사례의 경우 태양에너지의 간접취득을 위한 남향배치는 적극 적용되고 있으며, 건물녹화의 제어요소 및 평가지표가 체계적으로 구축되어 국내의 주거단지계획시 적용빈도가 높은 것으로 평가된다.

### 5.2 연계시스템과 계획적용의 상관관계분석

Table 9에서 종합한 결과 계획요소(3점이상)-제어요소(유)-평가지표(2점이상)으로 연계된 시스템이 중요한 것으로 판단되었으며 측면별 내용으로는 에너지취득 측면에서는 태양광전지와 태양열집열기 관련 연계시스템이 중요한 것으로 나타났고 사례분석에서도 독일의 경우 10개의 사례에서 7개 이상 적용된 것으로 나타났다. 이를 토대로 볼 때 우리나라도 일조량이 풍부하므로 에너지 취득 측면에서는 태양에너지의 취득을 위한 태양전지, 태양열의 연계시스템 구축을 요구되는바 태양에너지에 대한 계획요소에 대한 연구에 비하여 제어요소 매우 부족한 실정이므로 인센티브 방안 등 제어요소의 도입이 필요하다고 판단되었으며, 에너지 절감 측면은 건물녹화에 대한 연계시스템이 중요한 것으로 나타났으며 독일 및 국내 사례빈도수도 4.8(5점기준)로 가장 높게 나타났다. 그러나 전반적으로 연계시스템이 느슨하였고 보다 적극적으로 에너지소비를 최소화할 수 있는 제어요소와 평가하는 지표의 개발 방안이 필요함을 알 수 있었다. 에너지 이용효율 증대 측면에서는 중요한 연계시스템이 없는 것으로

**Table 3. The contents of paper after HABITAT II**

	Research title	Researcher	Research institution	Year	Plan	Control	Index
1	A service business for the basic plan of eco city	Korea Development Institute for Envr. & Tech.	Min. of environment	96	○	▪	▪
2	A study on the development of model for environmentally friend housing estate	Lee Gyu-in etc.	Korea National housing Co.	96	○	▪	▪
3	A study on the Development of Green Town, I	Kim Hyun-su, An Tae-gyung etc.	Korea Research institute for construction	96	○	○	○
4	Study II on system and policy for Sustainable settlement development	Park Won-gyu, Kim Gui-gon etc.	Min. of Construction & Transportation	98	○	▪	○
5	Development of ecological index for sustainable development (2)	Yang Byung-i	Ministry of environment	99	○	▪	○
6	A study on element of ecological architecture and housign development	Kim Young-ran	Seoul Development Institute	00	○	○	○
7	Policy Improvements of Ecological Housing Estate	-	Seoul Development Institute	00	▪	▪	▪
8	Study III on system and policy for Sustainable settlement development	Lee Gyu-in, Oh Su-ho etc.	Min. of Construction & Transportation	00	○	▪	○
9	A study of environmentally friend urban plan	Lee Sang-mun, Lee Jaee-joon etc.	Min. of Construction & Transportation	00	▪	○	▪
10	The Policy Improvements on principal element of ecological housing estate	Kim Hong-sic, Lee Gyu-in	Korea National housing Co.	01	○	▪	▪
11	A study on the Renewal of District Unit Plan in Seoul	Urban Design Institute of Korea	Government of Seoul	02	▪	○	○
12	Model Planning for Environmentally Friendly Housing Estate	Choi Il-hong, Oh Su-ho etc.	Korea National housing Co.	03	○	○	▪
13	A study on Policy Improvements of Ecological Housing Estate and application case of Hanam-Pungsan District	Kim Gui-gon, Seoul Nation Univ. etc.	Korea Land Corporation	03	▪	▪	○
14	Policy Improvements of new administrative capital as ecological city	Lee Jaee-joon etc.	Korea Research Institute for Human Settlements	04	○	▪	▪
15	Plan of ecological housing in new administrative capital	Kim Gui-gon, Seoul Nation Univ. etc.	Korea National housing Co.	04	○	▪	○
16	National Assembly public forum for legislation of environmental-eco plan	Han Bong-ho, Kim Hyun-su etc.	Lee Ho-eung	05	▪	○	▪
17	Manual management and related policy for diffusion promotion of renewable energy	Kim Han-su etc.	Min. of Knowledge and Economy	06	▪	○	▪
18	Construction of envitonmental circulation system for the Resource-efficient Urban Environment	Choi Ji-yong, Lee Byung-gook etc.	Min. of Construction & Transportation	06	○	○	▪
19	A study of application and environmentally friend index	Lee Sang-eun, Park Ji-eun	Gyunggi Develop-ment Institute	06	▪	○	○
20	Details enforcement guide of Green Building Certification System	-	Min. of Construction & Transportation	06	▪	○	○
21	A study on the development of model for Eco City and the application of case	Lee Dong-guen, Kim Nam-chun etc.	Ministry of envir.	07	○	○	○
22	A study on a method of the performance for the 1st ecological housign estate	-	Korea National housing Co.	08	○	▪	▪

**Table 4. Evaluating the importance of each aspect**

aspect \ year		96	96	96	99	99	00	00	02	03	03	04	04	06	07	08	Frequency
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	13	14	15	18	21	22	
Acquisition	Solar Energy	○	○	○	▪	▪	○	○	▪	○	○	○	○	○	○	○	12
	Natural Energy(water,wind etc.)	○	○	▪	○	▪	▪	▪	▪	▪	▪	○	▪	○	○	○	7
	Renewable Energy	○	○	○	▪	▪	○	○	○	○	○	○	○	▪	▪	○	11
Reduce	energy-saving	▪	▪	○	▪	▪	○	○	▪	▪	▪	▪	▪	○	▪	○	5
Efficiency	energy efficiency	▪	○	▪	○	▪	○	▪	▪	▪	▪	○	○	▪	▪	▪	5

Table 5. Evaluating the importance of each planning elements

aspect	year	96	96	96	99	99	00	00	01	03	03	04	04	06	07	08	Sum
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	13	14	15	18	21	22	
Acquisition	Use of solar Cells	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	Installing of solar collector	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	Lighting equipment by Solar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3
	Passive solar system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9
	Atrium	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
	Arrangement facing south for sunshine and solar heat	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
	Screen attached double glazing	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3
	Wind energy	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
	Use of Clean Energy (LPG, LNG etc.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4
	Use of local renewable energy (geothermal energy etc.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8
	Use of waste heat of garbage's burning	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8
	Renewable Energy (river, seawater etc.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
Reduce	Architectural plan for energy-saving	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2
	Green wall/roof system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9
	High airtight and insulation	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9
	Use of louver/plant for interception of Heat	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
	Use of materials for energy saving in carriage	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2
	GHS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
Efficiency	Extension of local heating facility	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4
	Co-generation system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2
	Piping facility without rust	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
	Ceiling Heating System	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2

Table 6. Evaluating The Importance of each evaluation index: comparison by convert to 5 point

Planning Element	Evaluation Index	3	4	5	6	8	13	15	19	20	21	Sum
Acquisition	Solar cells	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.5
	Installing of solar collector	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.0
	Lighting equipment by Solar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.5
	Passive solar system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.0
	Atrium	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.5
	Arrangement facing south for sunshine and solar heat	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3.0
	Screen attached double glazing	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
	Wind energy	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3.5
	Use of Clean Energy (LPG, LNG etc.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.5
	Use of local renewable energy (geothermal energy etc.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3.5
	Use of waste heat of garbage's burning	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.5
	Renewable Energy (river, seawater etc.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
Reduce	Architectural plan for energy-saving	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.0
	Green wall/roof system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.0
	High airtight and insulation	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.5
	Use of louver/plant for interception of Heat	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
	Materials & Structure for energy saving	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
	Use of materials for energy saving in carriage	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
Efficiency	Extension of local heating facility	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.5
	GHS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
	Co-generation system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.5
	Piping facility without rust	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0
	Ceiling Heating System	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.0

**Table 7. Case by size**

Small sized Complex (under 100,000m <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf dem Staig</li> <li>• Duinpark Den Helder</li> <li>• ISERLOHN Droscheder Feld</li> <li>• Bismarck Solarsiedlung</li> <li>• Hyundai I'PARK</li> <li>• Ulsan Jung-gu Yaksa-dong</li> <li>• Sinsung Misozium</li> </ul>
Small sized Complex (100,000 - more 300,000m <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVA-Lanxmeer Culmenborg</li> <li>• Yongin Singal new Millenium GreenVill</li> </ul>
대규모 단지 및 도시형 (more 300,000m <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kronsberg</li> <li>• Kirchsteigfeld</li> <li>• Nachhaltige Siedlung Vauban</li> <li>• Messestadt Riem</li> <li>• Nachhaltige Siedlung Rieselfeld</li> <li>• worldcup Apt.(Sangam 3 Dist.)</li> </ul>

조사되었고 이를 개선할 방향으로서는 열병합발전을 도입하고 냉난방효율을 높이기 위한 열차단기법등 계획요소의 다양한 도입과 이를 연계하는 시스템구축이 필요하다고 사료된다.

이는 에너지공급위주의 정책으로 인해 에너지 효율증대를 위한 연계시스템구축이 상대적으로 매우 취약한 것으로 파악되며 생태주거단지를 계획함에 있어 에너지 효율을 증대하기 위한 정부 및 지자체별 전략이 매우 필요하다고 판단하였다. 또한 자연 및 재생에너지에 대한 개발을 위한 지원제도는 매우 양호하나 건축계획의 세부적인 범위에서 실질적인 인센티브가 부족한 실정이다.

**Table 8. Outline of Case**


Case in German					
	Kirchsteigfeld Housing Complex	Messestadt Riem New Town	Küppersbusch Housing Complex	Auf dem Staig Housing Complex	“EVA-Lanxmeer” Culmenborg Housing Complex
Present condition					
year	1991-1993	1994-2012	1995-1997	1996-2002	1996-2002
	Vauban Housing Complex	Kronsberg Housing Complex	Bismarck Solarsiedlung Housing Complex	Smiley west Housing Complex	Duinpark Den Helder Housing Complex
Present condition					
year	1997~2006	1998-	1999-2001	2001-2004	2003-
Case in Korea					
	Yongin Singal new Millenium GreenVill	worldcup Apt.(Sangam 3 Dist.)	Hyundai I' PARK	Yaksa 2nd Samsung Raemian Apt.	Sinsung Misozium Apt.
Present condition					
year	2001-2004	2002-2005	2004	2004	2005



Table 9. Application's analysis of planning element on the case in German and Korea

○ : applied    ▪ : not applied

case	German										Korea					Sum		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	sum	11	12	13	14		15	
Acquisition	Use of solar Cells	▪	○	▪	○	○	○	○	○	▪	○	7	▪	▪	▪	▪	▪	7
	Installing of solar collector	○	○	▪	○	○	○	○	○	▪	▪	7	▪	○	▪	▪	▪	8
	Lighting equipment by Solar	○	○	○	○	○	○	○	▪	▪	○	8	▪	○	▪	▪	▪	9
	Passive solar system	○	▪	▪	▪	▪	○	○	▪	▪	▪	3	▪	○	▪	▪	▪	4
	Atrium	▪	○	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	1	▪	▪	▪	▪	▪	1
	Arrangement facing south for sunshine and solar heat	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	○	▪	2	○	○	▪	▪	5
	Screen attached double glazing	▪	○	▪	○	○	○	▪	○	▪	○	6	▪	▪	▪	▪	▪	6
	Wind energy	▪	▪	▪	○	○	○	○	▪	▪	○	5	▪	▪	▪	▪	▪	5
	Use of Clean Energy (LPG, LNG etc.)	▪	○	▪	▪	○	○	▪	○	○	○	6	▪	▪	▪	▪	▪	6
	Use of local renewable energy (geothermal energy etc.)	▪	▪	▪	○	▪	▪	▪	▪	▪	○	2	▪	▪	▪	▪	▪	2
Use of waste heat of garbage's burning	▪	▪	▪	▪	▪	○	○	▪	▪	▪	2	▪	▪	▪	▪	▪	2	
Renewable Energy (river, seawater etc.)	▪	○	▪	○	○	○	▪	▪	▪	○	5	▪	▪	▪	▪	▪	5	
Reduce	Architectural plan for energy-saving	▪	▪	▪	○	○	○	▪	▪	▪	3	▪	▪	▪	▪	▪	3	
	Green wall/roof system	○	○	○	○	○	○	○	○	▪	9	○	○	○	○	○	14	
	High airtight and insulation	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10	▪	○	▪	▪	▪	11	
	High airtight and insulation	▪	▪	▪	▪	▪	▪	○	▪	▪	▪	1	▪	▪	○	○	3	
	Materials & Structure for energy saving	▪	▪	▪	○	○	○	▪	▪	▪	▪	4	▪	▪	▪	▪	4	
Use of materials for energy saving	▪	○	▪	▪	○	○	▪	○	▪	○	5	▪	▪	▪	▪	▪	5	
Efficiency	Extension of local heating facility	▪	○	▪	○	○	○	▪	○	▪	6	○	○	▪	▪	▪	8	
	GHS	▪	○	▪	○	○	○	▪	○	○	7	▪	▪	▪	▪	▪	7	
	Co-generation system	▪	▪	▪	▪	▪	○	○	▪	▪	2	▪	▪	▪	▪	▪	2	
	Piping facility without rust	▪	○	▪	▪	▪	○	○	▪	○	4	▪	▪	▪	▪	▪	4	
Ceiling Heating System	▪	○	▪	○	○	○	▪	○	▪	○	6	▪	▪	▪	▪	▪	6	

Table10. Synthesis analysis table : planning element-controlling element-evaluation index-case : comparison by convert to 5 point

Planning Element	5	Controlling Element	○/▪	Evaluation Index	5	case
Use of solar Cells	4.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Article 7 Law of Energy</li> <li>Rationalization of energy using</li> <li>Law of diffusion and promotion for the using and development of alternative energy</li> <li>Law about territory's plan/use</li> <li>Article 43 Architecture act</li> <li>Article 2 Use of renewable energy required by law</li> <li>Renewable energy equipment</li> </ul>	○	Installing Solar cells	1.5	2.3
Installing of solar collector	4.0		○	all amount of CO2 (reducing rate)	1.0	2.8
Lighting equipment by Solar	0.7		○	Change on all amount of using energy	2.5	1.2
Passive solar system	3.0		○	Using rate of solar heat	2	3.0
Atrium	1.3		○	the amount of consumption in energy	2.5	0.4
Arrangement facing south for sunshine and solar heat	1.7		○	Installing of solar collector	3.0	1.8
Screen attached double glazing	1.0		○	none	0.0	2.0
Wind energy	3.3		▪	Installing of alternative energy facility	3.5	1.8
Use of Clean Energy (LPG, LNG etc.)	1.3		○	Number of house using LNG, LPG etc.	0.5	2
Use of local renewable energy (geothermal energy etc.)	2.7		○	Installing of alternative energy facility	3.5	0.8
Use of waste heat of garbage's burning	2.7	○	Number of house using waste heat	1.5	0.8	
Renewable Energy (river, seawater etc.)	1.7	○	Rate on installing of energy-saving system	0.0	1.8	
Reduce	Architectural plan for energy-saving	0.7	○	Rate of arrangement facing south, using sum of cooling /heating energy	2.0	1.0
	Green wall/roof system	3.0	○	Area of green system	2.0	4.8
	High airtight and insulation	3.0	○	U-Value , Sum of CO2	0.5	1.0
	Use of louver/plant for interception of Heat	1.7	▪	none	0.0	3.8
	Materials & Structure for energy saving	0.3	○	none	0.0	1.4
Use of materials for energy saving in carriage	0.7	▪	none	0.0	1.8	
Efficiency	Extension of local heating facility	1.3	○	Sum of CO2 in complex	1.0	2.8
	GHS	1.7	▪	Installing of local heating facility	0.5	2.4
	Co-generation system	0.7	○	U-Value	0.5	0.8
	Piping facility without rust	1.7	▪	none	0.0	1.4
Ceiling Heating System	0.7	▪	none	0.0	2.0	

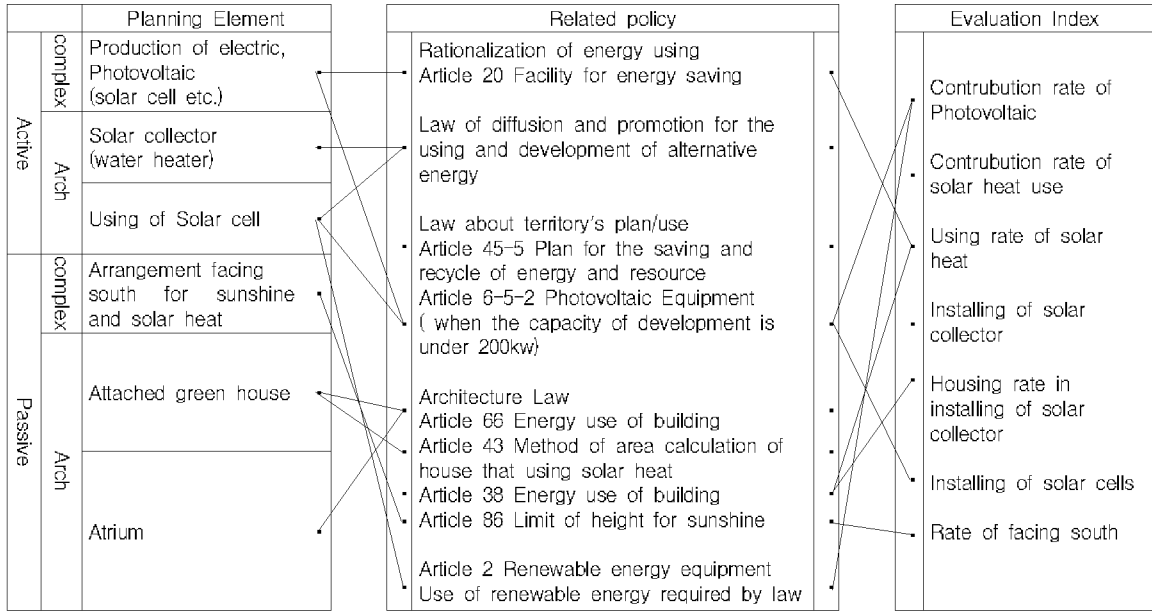


Fig. 3. Connection system on aspect of Energy Acquisition (Solar energy).

## 6. 결론

생태주거단지의 지속가능성을 제고하고 생태주거단지 및 도시를 실현하기 위한 전체적이고 시스템적인 사고를 통해 도시 주거공간에 적용되는 에너지계획요소의 계획단계별 연관관계를 규명하여 연계시스템을 구축하였으며 사례적용빈도수를 평가한 결과 중요한 연계시스템이 생태주거단지를 계획에 있어서도 많이 반영됨을 알 수 있었다.

본 연구는 생태주거단지의 에너지분야에서 주요한 계획요소가 태양전지, 태양열집열기설치(4.0), 풍력발전(3.3)을 통한 에너지 취득과 고기밀,고단열기법(3.0)과 건물녹화(3.0)에 의한 에너지절감임을 알 수 있었다. 연계시스템에 의한 사례분석을 통해 고찰한 결과 건물녹화요소가 계획요소(3.0)-제어요소(o)-평가지표(2.0)가 고르게 연계되면서 적극적으로 적용(4.8)되고 있었다. 따라서 태양전지와 태양열집열기, 풍력발전 계획요소의 적극적인 도입을 위한 인센티브 즉 시설차금지원 및 전력매입법 등의 필요하다고 판단되며 건물에너지 절감을 위한 고기밀, 고단열에 대한 시공기술개발과 더불어 법적 제어요소 및 평가지표의 연계방안이 필요함을 알 수 있었다. 구체적인 연계시스템은 그림3과 같이 에너지 분야의 다양한 인과관계를 연결하여 표현하였다. 따라서

계획요소에 대한 종합적이고 체계적인 이해를 통해 생태주거단지의 지속가능성을 합리적으로 발전시킬 수 있는 연계체계를 제안 하였다.

결론적으로 본 연구는 중요한 계획요소에 대한 연계시스템 구축을 통해 체계적이고 전체적인 관점에서 생태주거단지의 지속가능한 순환 발전을 이루는 기초연구를 제공하데 의의가 있으며 향후 자연환경요소인 토지, 물, 식생분야의 연계시스템을 규명하고 각 분야별 계획요소의 국내 적용가능성을 높일 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- 1) 세계환경발전위원회, 우리 공동의 미래 '지구'의 지속가능한 발전을 향하여', 39, (2005)
- 2) 신규환, 자연친화적 주거단지 계획기준 개발에 관한 연구, 세명대학교 대학원 박사학위논문, 20, (2004)
- 3) 이규인외, 지속가능한 정주지 개발을 위한 정책 및 제도 연구(III), 건설교통부, 7, (2000)
- 4) 문태훈외, 시스템사고로 본 지속가능한 도시, 집문당, 57, (2007)
- 5) 문태훈외, 시스템사고로 본 지속가능한 도시, 집문당, 58, (2007)

(2008년 1월 22일 접수, 2008년 5월 23일 채택)