

스마트 그린 복합단지 계획요소 도출 및 평가에 관한 연구

박천보^{1*}

¹국립한밭대학교 도시공학과

A Study on Suggestion and Evaluation of Planning Element in Smart Green Multi Complex

Cheon-Bo Park^{1*}

¹Department of Urban Engineering, Hanbat National University

요 약 본 연구는 저탄소 녹색성장을 주도하기 위한 스마트 그린 복합단지 계획요소를 도출하고 이를 국내외 기준을 토대로 평가함으로써 탄소배출 완화에 기초한 스마트 그린 복합단지 계획요소의 개발방향을 제시하는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 먼저 스마트 그린 복합단지의 관련개념을 고찰하고, 계획요소를 도출하기 위한 기본전제로서 탄소완화 방안을 탄소흡수 및 탄소저감 등 두 가지 요소로 구분하였다. 이어서 기존의 생태환경과 관련된 국내연구를 중심으로 저탄소 녹색성장을 주도하기 위한 스마트 그린 복합단지 계획요소를 도출하였다. 또한 계획요소의 평가를 위해 영향성, 용이성, 경제성을 중심으로 스마트 그린 효과를 검토 한 후 계획요소별 적용 우선순위를 설정하였으며, 이상의 평가결과를 토대로 탄소완화방안에 기초한 스마트 그린 복합단지의 개발방향을 제시하였다.

Abstract The purpose of the study is to find out a development direction of planning element for smart green multi complexes through suggestion and evaluation focused on carbon mitigation and adaptation. For the research, the concept and characteristics are reviewed as a theoretical study and planning elements are surveyed based on the former research regarding low carbon green growth. The effects of individual planning elements are evaluated focused on its impact, easiness, cost and the development directions based on priority of planning element for smart green multi complexes are suggested. This study will provide the basic frame for the practical ways of the multi complex construction and the systematic formulations of its operation and management focused on smart green.

Key Words : Green Growth, Low Carbon, Multi Complex, Planning Element, Smart Green

1. 서론

1.1 연구의 목적

도시를 구성하는 생활권의 주요단위인 주거 및 산업기능을 포함한 복합단지는 인구와 건물의 밀집으로 인하여 이산화탄소 배출을 증가시키는 주요한 원인이 되고 있다.

온실가스 저감을 목표로 하는 국가발전의 기초와 세계적인 추세에 부응하기 위해서는 복합단지의 저탄소 녹색성장형 발전전략을 마련하여야 하며, 특히 탄소배출을 저

감하는 탄소배출 저감형 스마트 그린(Smart Green)복합단지의 개발여건이 조성되어야 한다.

독일과 영국 등 환경 선진국은 온실가스 저감에 대한 사회적 공감대가 형성되어 있으며, 생태환경 도시 및 지역개발을 위해 축적한 저탄소 및 저에너지 기술을 스마트 그린 단지계획에 적용함으로써 긍정적 효과를 나타내고 있다. 국내에서는 그동안 생태단지조성을 위해 개발요소에 대한 연구들이 진행되었고 단지계획에 친환경요소가 적용되고 있다. 또한 일부단지에서 스마트 그린형

본 논문은 2011년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (과제번호: 2011-0023769)

*Corresponding Author : Cheon-Bo Park(Hanbat National Univ.)

Tel: +82-42-821-1190 email: cbpark@hanbat.ac.kr

Received May 22, 2013

Revised June 11, 2013

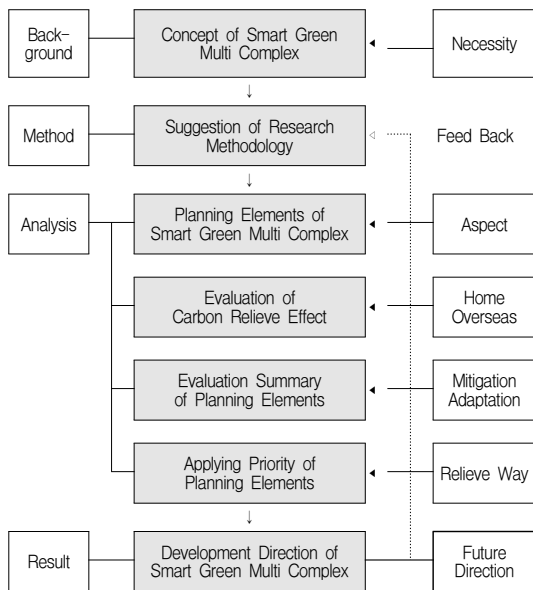
Accepted August 7, 2013

계획이 수립되고 기술개발이 진행 중이지만 스마트 그린형 계획요소의 정립이 부족하고 실제 복합단지 적용 사례가 부족하여 그 결과를 평가하기에 이른 실정이다. 따라서 스마트 그린 복합단지의 특성과 함께 계획요소를 도출하고 이를 평가하는 것은 향후 스마트 그린 복합단지의 개발을 위해 필수적인 과정이라고 할 수 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구는 저탄소 녹색성장을 주도하기 위한 스마트 그린 복합단지 계획요소를 도출하고 이를 국내의 기준을 토대로 평가함으로써 탄소배출 완화에 기초한 스마트 그린 복합단지 계획요소의 개발방향을 제시하는데 목적을 두고 있다.

1.2 연구의 방법

스마트 그린 복합단지의 계획요소를 도출하고 평가하기 위한 연구의 방법은 다음과 같이 설정된다. 먼저 스마트 그린 복합단지의 건립배경을 중심으로 복합단지의 관련개념을 고찰하고, 계획요소를 도출하기 위한 기본전제로서 탄소완화 방안을 탄소흡수 및 탄소저감 등 두 가지 요소로 구분한다. 이를 토대로 하여 본 고에서 도출할 계획요소를 계획측면별로 구분하고 세부요소를 제시한다. 계획요소의 평가를 위해서는 각 세부요소별로 스마트 그린 즉, 탄소완화 효과를 도출하고 이를 종합하여 복합단지 개발을 위한 요소별 우선순위를 검토한다. 끝으로 탄소완화방안에 기초하여 스마트 그린 복합단지의 개발방향을 계획요소의 적용 우선순위를 중심으로 제시하도록 한다.



[Fig. 1] Research Flow

2. 스마트 그린 복합단지 관련개념

2008년에 국가비전으로 제시한 저탄소 녹색성장을 국가 아젠다(Agenda)로 추진하기 위해 구성된 녹색성장위원회에서는 2020년 국가 온실가스의 감축목표를 배출전망(BAU)대비 30%로 설정하였다. 이러한 목표치를 달성하기 위해서는 경제성이 확보된 녹색도시 기술이 개발되어야 하며, 탄소저감형 미래 도시 및 단지계획이 수립되어야 한다.

이에 대한 국내외의 연구가 활발한 가운데 국내에서는 탄소배출 저감과 관련된 도시개념으로 녹색도시(Green City), 탄소제로도시(Zero Emission City), 탄소중립도시(Carbon Neutral City), 혹은 스마트 그린 도시(Smart Green City) 등의 용어가 사용되고 있다. 여기서 녹색도시는 녹색환경이 결합된 저탄소 도시로서 녹지와 오픈스페이스의 확보 하에 직주근접 지향적 혼합토지이용을 추구하고 공공교통과 보행자교통을 중시하며, 도심 재활성화와 근린주구단위의 복합개발을 목표로 한다.

탄소제로도시란 과밀화된 도시의 생활에서 탄소발생을 Zero화하는 것이지만 이를 완전히 실현하기는 거의 불가능한 만큼 상징적인 의미로 해석될 수 있으며, 탄소중립도시란 도시에서 발생하는 온실가스의 저감방안을 실현한 온실가스 배출 완화도시를 일컫는다. 또한 스마트 그린 도시 첨단인 탄소중립 지향형 도시의 의미로서 탄소중립형 도시계획 및 설계, 녹색교통계획, 순환형 도시 에너지 공급체계 등 환경에너지 기술을 접목한 기후변화 대응형 도시를 의미하고 있다[1].

한편 도시를 구성하는 생활권의 주요단위인 주거 및 산업단지는 인구 혹은 건물의 밀집으로 인하여 탄소배출량 증가의 주요한 원인으로 지목받고 있다. 따라서 21세기 환경정책에 부응하기 위해서는 주거 및 산업단지를 포함한 복합기능 단지의 저탄소 녹색성장형 발전전략을 마련하여야 하며, 특히 탄소배출을 저감하는 스마트 그린형 복합산업 단지개발의 미래적 개발여건이 조성되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 스마트 그린 복합단지를 “탄소중립 지향형도시의 실현을 위해 계획 혹은 조성되며 탄소배출 저감을 위한 첨단인 환경에너지기술을 접목한 주거와 산업기능 등이 복합된 단지”로 정의하도록 한다.

3. 스마트 그린 복합단지 계획요소 도출

3.1 계획요소도출 전제

본 연구에서 도출하려는 스마트 그린 복합단지의 계획

요소는 중국적으로 저탄소 녹색성장에 기여해야 한다는 전제를 지녀야 한다. 따라서 저탄소와 관련된 계획요소들은 탄소저감(Mitigation) 혹은 탄소흡수(Adaptation)의 기 능중 하나를 수행하는 요소들이 될 수 있다[2].

탄소배출량을 억제하는 탄소저감 효과는 광의적으로는 녹색성장형 도시계획 및 토지이용계획을 통해 달성될 수 있으며, 협의로는 에너지 및 환경기술을 통해 탄소배출 저감효과를 가져온다. 따라서 도시의 탄소배출 저감을 위해서는 기존 도시계획체계를 스마트 그린 녹색성장형으로 변경하고, 탄소배출의 주요원인인 산업단지 및 건축물에 탄소배출 억제기술이 적극적으로 적용되어야 한다.

구체적으로 보면 토지이용계획시기 점유지(Brown Field)의 재생, 분산집중의 압축적 토지이용, 이동거리 단축과 접근성 강화가 요구되며, 냉난방부하 감소를 위한 건물성능 강화, 생태환경 및 신재생에너지 개발, 자원순환 및 폐기물 활용 등이 도시 및 단지계획에 적용되어야 한다. 또한 원도심 및 신도시, 도시산업단지 등 기존의 점유지는 탄소배출 저감기술이 적극적으로 적용되어야 하는 지역이다.

한편 탄소배출량을 감소시키는 탄소흡수 효과는 탄소배출량을 줄이기 위하여 자연에 순응하도록 하는 생태적 도시환경을 조성하는 것을 의미한다. 이를 달성하기 위해서는 주로 녹지, 수공간, 바람길 등에 의한 탄소흡수량을 극대화시키고, 녹지대, 도심숲, 생태공원 등을 상호 네트워크화 하는 접근이 요구된다.

탄소흡수 방안은 도시하천, 주변 녹지, 도시공원, 호수 주변 등 도시 오픈스페이스가 대상이 되며, 단지녹화, 입체녹화, 그린네트워크, 바람길, 물순환 제어기술 등이 적용된다[3]. 그러나 탄소배출 저감의 효과가 나타나기 위해서는 장기간의 투자와 관리가 요구되는 만큼 태양열, 풍력, 지열, 바이오 등을 활용한 대체에너지와 건축물의 단열 및 친환경 생태 조성기법 등이 병용되어야 할 것이다.

[Table 1] Field of Carbon Relieve Way

Field	Mitigation	Adaptation
Planning Policy	<ul style="list-style-type: none"> Land-use planning Energy saving technology Protection of environment 	<ul style="list-style-type: none"> Green city planning CO₂ absorption policy Urban open space
Applying Area	<ul style="list-style-type: none"> Downtown renewal area New-town area Urban industrial site 	<ul style="list-style-type: none"> Urban park & stream Region around city lake Region around arterial road
Applying Technic	<ul style="list-style-type: none"> Condensed land-use Shorting travel range Building energy capacity Energy & resource recycling 	<ul style="list-style-type: none"> Urban green & waterfront Wind path in urban area Forest in urban suburbs Technology for eco-park

3.2 계획요소 도출 : 선행연구 고찰

본 논문에서는 스마트 그린 복합단지의 계획요소를 도출하고자 이론측면에서는 기후변화 및 탄소배출 저감과 관련된 국내의 주요 선행연구를 분석하였으며, 실행측면에서는 국토해양부와 환경부의 계획지침중 관련내용을 종합하였다.

먼저 이론측면의 연구논문중 이재준은 “기후변화 대응을 위한 지구단위계획 차원에서 탄소완화 계획요소 개발에 관한 연구”에서 탄소완화 계획부문을 교통, 신재생에너지, 에너지 저감건축, 자원순환, 녹지 및 생태 그리고 수자원의 6개로 설정하고 다시 26개의 세부요소를 도출하였다[4].

김재황은 “저탄소 녹색주거 단지계획”에서 탄소배출 저감 관련요소를 탄소회피, 탄소저감, 탄소상쇄로 대분류하고 신재생에너지, 녹색교통, 교통억제계획, 옥상 및 벽면녹화, 주택외피시스템, 물재활용, 조경계획, 바람길 조성, 시설녹지의 9개 부문을 세 분류 한 바 있다[5]. 박현신의 “기후변화에 대비한 저탄소 신도시 계획지표 개발 연구”에서는 신도시 계획지표의 항목을 자연생태, 친환경 토지이용, 에너지절약형 건축물, 신재생에너지, 자원순환, 녹색교통의 6개 부문을 설정하고 43개의 세부요소를 제안하고 있다[6].

또한 김강민의 “기후변화 대응 에너지 자립형 도시계획체계 연구”에서는 선행연구를 통해 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획측면을 토지이용, 녹색교통, 그린·블루 네트워크, 폐기물, 그린커뮤니티, 자원순환, 에너지, 그린빌딩으로 도출하였다[7]. 이밖에도 한국토지공사 주택도시연구원의 “저탄소 녹색도시 모델구상”에서는 녹색도시의 계획요소를 토지이용, 녹색교통, 폐시브건축 및 신재생에너지, 자원순환, 녹지, 수자원 및 물 순환의 6개 부문을 설정하고 총 45개의 세부요소를 제시하였다[8].

한편 국토해양부는 기후변화에 대비하여 온실가스 감축을 통한 종합적인 도시계획 방향을 제시한 「저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침」을 제정·고시한 바 있다. 본 지침에서는 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획별로 저탄소 녹색성장 수립기준을 제시하고 있다. 특히 도시계획 수립 시에 온실가스 배출현황과의 상관성을 파악하여 온실가스 감축요인을 분석하고, 토지이용, 녹지, 환경보존, 교통물류, 광역시설, 신·재생 에너지계획 수립 시에 온실가스 감축전략을 제시하도록 하였다[9].

또한 환경정책평가원의 “도시환경개선사업 환경성 진단평가 연구”에서는 현재 진행되고 있는 도시정비사업의 환경성 진단 및 평가를 위한 지표선정과 적용방안을 제시하였다. 특히 본 연구는 도시정비사업에서 고려해야 하

는 친환경적 계획요소의 중요성을 제시하고, 에너지 절약 적 개발사업을 구현하기 위해 사업지구의 위치에 따라 차별적인 계획요소가 적용되어야 함을 강조하고 있다[10].

스마트 그린 복합단지의 계획요소를 도출하기 위하여 상기에서 제시한 국내논문 및 정부부처의 지침 중 계획 요소와 관련된 항목을 발췌하고 공통항목을 중심으로 재 정리하면 생태토지이용(Ecological Land-use), 녹색교통 (Green Traffic), 녹지체계(Green Network), 수원활용 (Water Usage), 대체에너지(Renewable Energy) 및 자원순환(Resource Recycling)의 6가지로 대분류 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 상기 6대 계획측면의 주요정책을 검토하고 [Table 2], 이를 토대로 20개의 관련분야를 세분 하며 분야별 계획요소를 제시하여 4장에서 계획요소를 평가하는 준거로 삼기로 한다.

[Table 2] Categorization of Planning Element

Category		Main Policies
Ecological Land-use	Urban Planning	Dispersed multi-core urban structure Proper high-density development
	Urban Facilities	Climate change response facilities Mixed-use development for CBD
Green Traffic	Traffic Technology	Pedestrian friendly green growth Introduction of new-transport system
	Traffic Policy	Green transport and human policy Traffic policies for public transport
Green Network	Urban Green	Maintenance of urban green field Urban forest for carbon adaption
	Ecology	Maintenance of ecological habitat
Water Usage	Waterfront Resource	Carbon reduction purifying facility
		Rain and underground water system
		Creation of natural ecology stream
Renewable Energy	System Arrangement	System for high efficiency energy Technology for alternative energy
	New Energy	Solar heat and solar light technology Geothermal and water heat system
Resource Recycling	Resource Recycling	Resource recycling of urban waste Municipal wastes separate collection
	Material Recycling	Usage of natural friendly material Recycling of architectural material

4. 스마트 그린 복합단지 계획요소 평가

4.1 평가의 지표검토

본 장에서는 스마트 그린 복합단지의 계획요소를 평가 하기 위하여 그동안 국내외에서 시행되어온 에너지 및 탄소저감과 관련된 제도에서 제시된 평가지표를 종합하였다. 또한 평가지표는 국토·도시 및 단지·건축적 지표로 구분하고 지표별로 도시계획, 단지건축 그리고 환경

자원적 관련성을 검토하였다.

4.1.1 국토·도시적 지표

국내에서는 국토도시적 측면의 지표로서 지속가능한 신도시 계획기준, 녹색도시개발계획 수립기준, 녹색인증 제도가 있으며, 각각의 계획기준 및 평가항목을 제시하는 등 친환경 성능평가를 선도하고 있다. 이중 지속가능한 신도시 계획기준은 도시계획과 관련성이 깊은 도시적 항목을 지표로 삼고 있으며, 녹색도시개발계획 수립기준은 단지건축 및 환경자원 그리고 녹색인증제도는 단지건축 과 밀접한 내용적 연계성을 갖고 있는 것으로 판단된다 [11-13].

[Table 3] Evaluation Criteria of Smart Green (Urban Aspect)

Field	Evaluation Criteria		Relation			
			Urban Plan	Site Plan	Environ Material	
H o m e	A	Socio cultural-, economical-, environmental sustainability, Urban landscape, Prevention of urban crime & natural disasters	●	○		
	B	Ratio of park & green, Eco & green space, Job-housing proximity, Green transport, Eco-buildings, Renewable energy, Rain water and heavy water system	○	●	●	
	C	Renewable energy, Carbon reduction, Green IT, High-tech green housing, New material, Clean production, Nature friendly agrifood		○	●	
O v e r s e a s	C o 2	C o 2 emission quantity per GDP		●	○	
		C o 2 emission quantity per capita		●	○	
	E n e r g y	Energy consumption per GDP		●	○	
		Efficient energy policy		●	○	
	L a n d - u s e	Green density per capita, Population density, Environmental land-use policy		●	○	
		Traffic	Public transport, Ratio of bike & pedestrian, Average commuter time	○	●	
	B u i l d i n g	Building	Number of LEED certification buildings		●	○
			Number of energy efficiency buildings		●	○
		Water	Water consumption per capita, Leakage quantity, Water quality	○		●
		Air	NO2, Floating matter, Clean air policy	○		●
P o l i c y	Policy	Green business, Public participation	●		○	
	Urban Waste	Solid waste management Policy of urban waste reduction	○		●	
	Public Health	Increase of public health population Quantity of waste water	○		●	
Le-gend	A : Sustainable New-town Planning Criteria B : Low Carbon Green City Planning Criteria C : Green Standard for Energy and Environmental Design D : Green City Index					

국외의 경우 Green City Index(GCI)에서는 전 세계도시를 US&Canada, Europe, Latin America, Asia 등 4개 대륙별로 구분하여 탄소저감을 위해 지켜야 할 미래적 방향과 기준을 설정하였으며, 에너지, 이산화탄소, 공중위생, 건물, 토지이용, 쓰레기, 교통, 물, 대기질, 환경관리 등 10개 항목의 탄소저감 노력을 평가하는 계획기준을

수립하였다[14]. 이중 온실가스 관련제도는 도시계획 및 정책과 밀접하며, 도시개발은 도시계획 및 단지건축 그리고 도시환경 및 도시위생은 환경 자원분야와 관련성이 매우 깊은 것으로 나타났다.

4.1.2 단지·건축적 지표

국내에서는 친환경 건축물 인증제도를 도입하여 토지 이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경부하, 생태환경 및 실내환경 분야로 구분하고 이를 다시 토지이용, 교통, 에너지, 수자원, 재료 및 자원, 대기오염, 유지관리, 생태환경, 실내환경 등 9개로 세분하여 건축물 친환경 성능을 정량 평가하고 있다[15]. 또한 건축물 에너지효율 등급제도를 통해 신축공동주택은 총에너지 절감율 그리고 신축업무용 건축물은 단위면적당 에너지 소요량을 기준으로 에너지 성능평가를 실행하고 있다[16].

한편 국외에서는 국가와 도시의 기후변화 대응 정책에 부합하기 위하여 국가별로 친환경 건축물 평가제도를 구체적으로 제시함으로써 탄소발생 억제를 소단위 건축물로 부터 실현하려는 정책을 추진하고 있다. 대표적인 제도로는 미국의 LEED, 영국의 BREEAM, 일본의 CASBEE 그리고 캐나다의 SBTool을 들 수 있으며, 제도별로 평가 항목을 결정하고 이에 점수를 부여하는 방식으로 단지 및 건축과 밀접하게 관련된 평가를 진행하고 있다[17].

[Table 4] Evaluation Criteria of Smart Green (Site and Architecture Aspect)

Field	Evaluation Criteria	Relation		
		Urban Plan	Site Plan	Environ. Material
Home	A: Land-use, Traffic, Energy, Ecology, Resource, Interior & exterior environment	○	●	○
	B: Reduction ratio of energy consumptions, Energy demand quantity per capitol		●	○
Overseas	C: Sustainable land, Water resource, Energy, Air, Material, Innovative design Interior environment	○	●	●
	D: Ratio of energy consumption, Green, Easiness of public transport, Waste, Water&air pollution, Environmental material	○	●	●
Assess	E: Indoor & site environment, Energy, Service performance, Resource & material		●	●
	F: Ratio of energy consumption, Economy, Socio-culture, Indoor environment, Service		●	○

L A : Green Building Certification Criteria
 B : Building and Energy Rating System
 C : LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)
 D : BREEAM(Building Research Established Environmental Assessment Method)
 E : CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)
 F : SBTool(Internatl. Initiative for a Sustainable Built Environment)

이상의 국내와 국외의 단지건축적 평가지표는 건물의

친환경 혹은 에너지 절약 성능을 평가하기 위한 것으로 단지건축은 물론이고 환경자원과도 밀접한 상호 관련성을 지니고 있다.

4.2 평가수단 설정

스마트 그린 복합단지 계획요소를 평가하기 위해서는 전장에서 검토한 계획요소의 평가지표를 토대로 하여 요소별로 스마트 그린의 효과성을 분석하고, 이에 기초한 발전방향을 제시하여야 한다. 스마트 그린의 효과성은 계획요소들이 실현되기 위하여 요구되는 정책 혹은 계획수단을 통하여 도출 될 수 있는데 본 연구에서는 도시정책, 관련계획 그리고 기술시설로 구분하여 살펴보기로 한다.

먼저 도시정책으로는 저탄소 녹색성장, 스마트 그린 도시, 에너지 절약 정책, 광역도시 구상정책, 녹색도시 관련제도가 해당되는데 이는 스마트 단지의 계획기초와 정책의 기본방향을 광역적으로 제시하지만 실현에 장기간이 소요 될 수도 있다.

관련계획은 도시기본계획, 도시교통계획, 공원녹지계획, 지구단위계획, 녹색건축물 계획 등이 포함되는데 이는 사업의 기본계획 수립과 집행에 필수적이며 이를 실현하기 위해서는 관련제도의 적용이 수반되어야 한다.

끝으로 기술시설은 녹색도시 인프라, 대체에너지 확보, 폐기물 재활용, 처리, 우수·중수·하천활용, 신교통수단 도입 등을 포함하며, 현 도시계획과의 조화 및 기술수준 확보여부 및 시설설치 비용의 적정성 등의 분석이 우선되어야 한다.

이상을 종합해 볼 때 도시정책, 관련계획 및 기술수준과 관련된 계획요소의 평가수단들은 중국적으로 개발사업에 대한 영향성, 용이성 및 경제성 등 세 가지로 구분할 수 있다. 따라서 다음절에서는 이에 기초하여 스마트 그린 복합단지 계획요소의 발전방향을 평가하기로 한다.

[Table 5] Evaluation Way for Development Element for Smart Green Multi Complex



4.3 스마트 그린 복합단지 계획요소 평가

본 절에서는 스마트 그린 복합단지 계획요소를 평가하기 위하여 요소를 계획측면별로 세분하고 상기에서 제시한 영향성, 용이성, 경제성을 토대로 개별요소의 스마트

그린 효과를 평가하며, 탄소완화 방안에 기초하여 우선순위에 기초한 개발방향을 제시하기로 한다.

Ecological Land-use 측면에서의 계획요소들은 전체적으로 탄소저감을 중심으로 한 탄소완화 방안으로 분석되

[Table 6] Evaluation of Smart Green Effect of Development Element in Smart Green Multi Complex

Planning Aspect	Related Field	Planning Elements	Evaluation of Smart Green Effect				CO ₂ Relieve Way	Development Direction
			Impact	Easiness	Cost	Applying Priority		
Ecological Land-use	Spatial Structure	Functional connection of urban space	■	○	■	2	Mitigation	→ CO ₂ -mitigation preferred application CO ₂ -mitigation subsequent application CO ₂ -mitigation preferred application CO ₂ -mitigation subsequent application
		Dispersed multi-core urban structure	■	○	■	2	Mitigation	
	Density Management	Maintenance of proper high-density	■	■	■	1	Mitigation	
		Land-use for green-field prevention	■	■	■	1	Mitigation	
	Land-use	Control of environmental friendly density	■	■	■	2	Mitigation	
		Mixed-use development for pedestrians	■	■	■	1	Mitigation	
		Minimizing existing topography change	■	■	■	1	Mitigation	
	Urban Facilities	Maintenance of Infrastructure capacity	○	■	○	3	Mitigation	
Human focused urban Infrastructure		○	■	○	2	Mitigation		
Green Transport	Pedestrian Street	Green zone for vehicle speed limitation	○	■	■	1	Mitigation	→ CO ₂ -mitigation preferred application CO ₂ -mitigation subsequent application
		Expansion of pedestrian road networking	■	■	■	1	Mitigation	
	Public Green Transport	Expansion of bike lane networking	■	■	■	1	Mitigation	
		New transport system for energy saving	■	○	○	2	Mitigation	
	Traffic Policy	Public transport zone in downtown	■	■	■	2	Mitigation	
		Restricted area for individual parking	○	■	■	2	Mitigation	
Green Network	Urban Green Space	Control policy for individual transport	■	○	■	2	Mitigation	
		Expansion of green in multi-complex	■	■	■	1	Adaptation	
		Green way networking in urban area	■	○	■	1	Adaptation	
		Maintenance of green belt in urban area	■	■	■	1	Adaptation	
	Green Planting	Institution for Green building expansion	○	■	■	2	Adaptation	
		Small-size individual green park	■	■	■	2	Adaptation	
		Urban green field & roadside planting	■	■	■	1	Adaptation	
	Ecological Space	Urban forest for carbon adaptation	■	■	○	1	Adaptation	
		Ecological habitat for animal and plant	○	■	■	2	Adaptation	
		Buildings for nature friendly Biotope	■	■	■	2	Adaptation	
Water Usage	Purify Facilities	Connection of natural waterway system	■	○	■	1	Adaptation	→ CO ₂ -adaptation preferred application CO ₂ -mitigation subsequent application CO ₂ -adaptation preferred application CO ₂ -adaptation subsequent application
		Construction of natural purifying pond	■	■	■	1	Adaptation	
	Water Facilities	Recycling facility system of groundwater	■	○	○	3	Mitigation	
		Storage of rain water and heavy water	■	■	○	2	Mitigation	
		Application system of sewage heat	■	○	○	2	Mitigation	
	Eco Stream	Creation of streamlet & natural stream	■	■	■	1	Adaptation	
Porous pavement for water procuration		■	■	■	1	Adaptation		
Renewable Energy	High Efficiency System	High-efficiency energy managing system	■	○	○	2	Mitigation	→ CO ₂ -mitigation preferred application CO ₂ -mitigation subsequent application CO ₂ -mitigation subsequent application
		High-efficiency heating resource system	■	○	○	3	Mitigation	
		Ventilation system for multi complex	○	■	■	2	Mitigation	
	Solar Heat Solar Light	Construction of passive solar system	■	■	■	1	Mitigation	
		Supply system for solar electric light	■	○	○	2	Mitigation	
	Water Heat Ground Heat	Hot water system through solar heat	■	■	○	2	Mitigation	
		Stream & underground water system	■	■	■	2	Mitigation	
		Facilities for geothermal heating	■	○	○	3	Mitigation	
	Alternative Energy	Bio-energy through Bio-mass technic	■	○	■	2	Mitigation	
		Construction of wind power plant facility	■	■	■	2	Mitigation	
Resource Recycling	Waste Disposal	Construction of thermal power plant	■	○	○	2	Mitigation	
		Recycling of urban & residential wastes	■	■	■	1	Mitigation	
		Separate collection of Municipal waste	○	■	○	2	Mitigation	
	Material Recycling	Natural composting of food garbage	○	■	○	3	Mitigation	
		Reuse of natural friendly material	■	■	■	1	Mitigation	
Recycling of architectural material	■	■	■	1	Mitigation			
Legend		Smart Green Effect	■ strong	■ medium	○ weak			

었는데, 이는 도시밀도와 인프라 등 물리적측면의 도시계획과 밀접한 관련이 있기 때문으로 풀이된다.

생태적 토지이용 분야의 계획요소들은 대부분 영향력이 매우 강하였으며, 특히 개발밀도 관리와 토지이용 분야의 계획요소들이 스마트 그린 효과가 보다 강하여 우선개발이 추진되어야 할 것으로 판단된다.

이중 개발밀도관리의 지역 적정 고밀도 유지와 미점유지(Green Field)보존형 토지이용이 영향력과 경제성이 강한 것으로 나타났고, 복합토지이용과 지형의 변형 최소화 개발 등 토지이용 분야도 영향력이 강한 것으로 분석되었다.

그러나 도시기능의 연계체계 구축과 분산집중형 도시구조가 중심이 되는 도시공간구조 분야는 영향력이 크지만 장기간이 소요되고 상위 도시관련 계획에 반영해야 하므로 스마트 그린 계획요소의 효과가 약한 것으로 평가되었다. 이밖에도 도시기반시설의 용량 유지 및 인간중심의 인프라 구축 등 시설분야는 용이성은 존재하나 시비 혹은 구비가 우선 투여되어야 하므로 경제성이 낮아 계획요소의 효과가 저평가 되었다.

Green Traffic 측면을 보면 생태적 토지이용과 동일하게 전체 계획요소가 탄소저감을 기본으로 하는 도시교통의 계획요소로 분석되었다. 이중 차량속도가 제한된 Green Zone 설치와 보행자 전용 네트워크 조성 등 보행도로 분야의 요소들은 용이성과 영향력이 강해 스마트 그린 복합단지개발에 우선 적용이 요구되며, 녹색 대중교통의 자전거 전용도로 네트워크도 영향성과 용이성이 강한 것으로 평가되었다. 그러나 에너지 절감형 신교통수단의 도입은 영향력에 비해 경제성이 문제가 되었고, 개인 차량의 도심부 진입억제 등 교통정책 분야는 영향력이 미미하여 저감형 차후개발을 필요로 하는 계획요소로 평가되었다. 이를 통해 볼 때 녹색교통 측면에서는 단기적으로 보행 네트워크 형성과 자전거망 구성에 집중하고 중장기적으로는 대중교통중심의 교통정책을 추진하는 것이 스마트 그린 복합단지 조성을 위해 필요하다는 것을 알 수 있다.

Green Network 측면을 보면 전체적인 계획요소가 탄소를 흡수하여 온실가스를 저감하고 있음을 알 수 있다. 이 중 식재 등을 통한 도시녹지확보 분야의 계획요소는 영향성과 경제성이 강하여 우선개발이 요구되는 것으로 나타났다. 특히 복합단지 Green space 확충, Green way 중심 도시네트워크 구성, 도시시설녹지 선형유지 등의 요소는 영향성과 경제성이 우수했으며, 녹색인공지반 및 식재, 도시 흡수림 조성은 영향성과 용이성이 매우 우수한 것으로 판단되었다.

동식물 생태서식처 보존 유지, 단지내 생태순환형 Biotope 설치 등 생태공간 분야의 경우는 생태서식지 및

녹지를 확보에 도움이 되지만 영향성이 크지 않아 스마트 그린 복합단지의 차후 계획요소로 평가되었다.

또한 단지내 개인 소공원 조성, 옥상녹화, 벽면녹화 등 도시 내 단순한 녹지공간을 확보하는 것 보다는 녹지 상호간을 연계한 그린 네트워크를 구성하거나 도시시설 녹지를 도시계획 차원에서 확충하는 방안이 스마트 그린 효과가 보다 강한 것으로 나타났다.

Water Usage 측면은 탄소흡수와 탄소저감을 통해 온실가스 감축에 기여하는 혼합요소들로 구성되어 있다. 이중 자연형 생태인공수로 조성 및 자연정화 연못조성 등의 수질정화 분야는 영향성과 경제성이 우수하였으며, 단지 실개천 조성과 투수성포장을 통한 생태수원 분야도 경제성과 영향력이 상대적으로 우수하여 우선적 적용이 요구되는 것으로 평가되었다.

그러나 단지내 지하수와 우수 재활용 그리고 중수 및 하수열원 시스템 도입 등 탄소저감을 통한 수원설비는 비용문제와 중장기의 시간 소요로 사업 용이성이 약해 스마트 그린의 영향성이 낮은 차후개발 요소로 분석되었다.

Renewal Energy 측면에서는 태양열, 지열, 수열 등 대체 에너지를 기계적 설비에 의해 재생하는 관계로 탄소저감을 통해 온실가스를 완화시키는 것으로 조사되었다.

이중 태양열과 태양광 분야는 수동형(Passive)일 경우 사업의 용이성과 경제성이 뛰어나 우선개발이 요구되었으며, 스마트 그린을 위한 영향성도 강한 것으로 분석되었다. 그러나 고효율 에너지 관리, 태양광 및 태양열 발전 시스템, 수열 및 지열활용 분야는 영향성이 크지만 설비에 따른 경제성 약화와 이로 인한 사업의 난점으로 인하여 저감형 차후 개발이 요구되는 개발 요소로 평가되었다. 또한 바이오 에너지(Bio-energy) 추출, 단지내 풍력발전 및 열병합발전 설비를 중심으로 하는 대체에너지 분야는 영향성이 강하지만 경제성과 용이성이 낮아 적용순위가 낮은 것으로 평가되었다.

끝으로 Resource Recycling 측면은 전체적으로 탄소저감을 통한 온실가스 완화를 실현하는 계획요소로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이중 폐기물처리 분야의 단지내 폐기물 리사이클링과 자원재생분야의 천연 건축자재 재생 및 건축자재 리사이클링은 영향성, 용이성, 경제성이 균등하게 분포하고 있어 스마트 그린 복합단지 조성에 우선적으로 활용 될 수 있는 탄소저감형 계획요소로 평가 되었다.

그러나 생활 쓰레기 분리 자동화 설비와 음식물 쓰레기 천연 퇴비화 설비는 비용문제로 경제성이 크게 저하되고 영향력도 크지 않아 스마트 그린 효과가 낮은 것으로 평가되었다.

5. 결론

본 연구에서는 탄소배출 완화에 기초한 스마트 그린 복합단지 계획요소의 개발방향을 제시하기 위해 계획요소를 도출하고 이를 국내의 기준을 토대로 평가하였는데, 이상의 연구를 통해 도출된 내용을 종합하면 다음과 같이 정리된다.

첫째, 스마트 그린 복합단지 개발시 저탄소 배출형 토지이용계획에 중점을 둔 도시 및 단지차원의 밀도관리가 중요하며, 생태적 도시공간 구조의 개편을 위한 도시기본계획의 변경이 중장기적으로 요구된다.

둘째, 보행자 및 자전거 네트워크를 중심으로 한 교통계획이 적극적으로 수립되어야 하며 신교통수단 개발을 위한 중장기적 계획이 요구되고, 도심부 개인차량 진입억제와 주차관리를 목표로 하는 교통정책의 지속적 홍보가 필요하다.

셋째, 도시 내 소규모 공공 및 개인 녹지를 확보하는 것도 탄소 흡수를 위해 필요하지만 도로 및 하천변 녹화, 단지녹지 연계 등 도시의 Green way를 회복하고 도시 숲을 조성하는 것이 스마트 그린형 도시를 위해 요구되며, 선형의 도시 완충녹지 확보를 위한 도시녹지 관련계획이 수립되어야 한다.

넷째, 복합단지내 생태연못, 실개천, 저습지조성, 투수성 포장 등을 통한 수원정화 요소가 스마트 그린 복합단지에서 요구되는 효과 있는 온실가스저감 방안이며, 비용관계로 경제성이 낮기는 하지만 수원의 활용설비도 중장기적 측면에서 접근되어야 하는 스마트 그린 전략이다.

다섯째, 태양열과 태양광을 활용하는 수동형 재생에너지는 효과가 가장 큰 스마트 그린 전략이므로 적극적인 보급 확대가 필요하며, 고효율 에너지 및 대체 에너지생산과 관련된 요소들은 영향성이 강한데 반해 경제성이 문제가 되므로 정부차원의 차별화된 지원이 지속적으로 요구되고 있다.

여섯째, 스마트 그린 복합단지 내 폐기물 및 건축자재 리사이클링 등도 자원재생을 통한 온실가스 완화에 크게 기여할 수 있는 요소이므로 단지 및 건축계획에서 적용될 수 있도록 인센티브를 부여하는 등 관련제도의 정비가 적극적으로 추진되어야 한다.

이상의 통해 볼 때 국내 스마트 그린 복합단지의 개발은 대부분 토지이용 및 교통 등 물리환경적인 측면에서 요구되는 탄소저감 방안에 기초하고 있으나, 향후 개발에는 녹지확충과 수원활용 등 효과를 보기 위해서는 장시간이 소요되나 보다 지속가능한 탄소흡수 방안도 적극적으로 수용되어야 할 것이다.

References

- [1] J. K. Kim, The Land and Housing Institute, "Low Carbon, Green City Model and Its Application to a Pilot Project", pp. 49-50, 2010
- [2] S. Rahmstorf and H. J. Schellnhuber, "Der Klimawandel", 2007
- [3] J. K. Kim, The Land and Housing Institute, "Low Carbon, Green City Model and Its Application to a Pilot Project", p. 6, 2010
- [4] J. J. Lee, "Study on the Development of the Planning Indicator for Carbon Neutral on the District Unit Plan", Journal of Korea Planners Association, v.44 n.4, 2009
- [5] J. H. Kim, "A Site Plan for Low Carbon Green Residential Complex Development", Graduate School of Hyupsung University, 2010
- [6] H. S. Park, "A study on the Planning Indicators of Low Carbon New Town for Climate Change", Graduate School of Inha University, 2010
- [7] K. M. Kim, "Urban Planning System and Climate Change : in terms of energy self-sufficiency", Graduate School of CNU, pp. 36-41, 2012.
- [8] The Land and Housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, "Low Carbon Green City Model", 2009
- [9] Ministry of Land, Transport and Maritime, "Low Carbon Green City Planning Criteria", 2010
- [10] Korea Environment Institute, "A Study on Environmental Evaluation of Urban Environment Improvement Project", pp. 146-153, 2008
- [11] Ministry of Land, Transport and Maritime, "Sustainable New-town Planning Criteria", 2010
- [12] Ministry of Land, Transport and Maritime, "Low Carbon Green City Planning Criteria", 2011
- [13] KIAT(The Korea Institute for Advancement of Technology), "G-SEED(Green Standard for Energy and Environmental Design)", 2012
- [14] EIU(Economist Intelligence Unit), "Green City Index", Siemens AG, 2011
- [15] Ministry of Land, Transport and Maritime, "GBCC (Green Building Certification Criteria)", 2012
- [16] Ministry of Knowledge Economy, "Building and Energy Rating System", 2013
- [17] W. S. Jeon, "A Study on the Evaluation of Low carbon Emission Housing Estate through SBtool", Graduate School of CNU, pp. 24-27, 2011

박 천 보(Cheon-Bo Park)

[정회원]



- 1995년 1월 : 독일 Hannover 대학교 건축학과 졸업(공학박사)
- 1995년 2월 ~ 2001년 2월 : 대전산업대학교 도시공학과 조교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 국립 한밭대학교 도시공학과 교수
- 도시계획기술사

<관심분야>

도시재생, 저탄소 녹색성장, 스마트 그린 시티