

저탄소 도시계획의 단계별 평가지표 설정 및 적용 연구 -도시계획 수립, 설계 및 운영, 유지·관리 단계를 중심으로-

오덕성¹, 성재욱^{2*}, 이서정²
¹충남대학교 건축학과, ²충남대학교 건축공학과

The application and development of the Evaluation Indicators in accordance with the Planning Stages of Low-Carbon City -in relevance with the stage of urban planning establishment, design and operation of urban structure, management and maintenance-

Deog-Seong Oh¹, Jae-Wook Sung^{2*} and Seo-Jeong Lee²

¹Department of Architecture, Chungnam University

²Department of Architecture Engineering, Chungnam University

요 약 현재 전 세계적으로 도시에서 발생하는 다량의 온실가스로 인한 기후변화 문제가 증가하고 있다. 이러한 기후변화 문제를 해결하기 위해서는 궁극적으로 도시가 저탄소 구조로 변화되어야 하며 계획을 수립하는 초기 단계부터 도시구조의 설계 및 운영, 유지·관리단계로 이어지는 도시계획의 전 과정이 통합적으로 고려되어야만 한다. 이에 본 연구는 저탄소 도시계획을 수립하는 초기 단계에서 유지관리의 전 과정을 평가할 수 있는 방안을 모색하였으며 이를 적용한 사례분석을 통하여 평가결과를 도출하고자 하였다. 이를 위해 단계를 3단계로 구분하고 단계별로 8개 부문, 30개의 세부평가지표를 도출하였으며 이를 바탕으로 국·내외의 선진사례의 적용 실태분석과 관련 전문가들의 설문을 통한 평가결과를 도출하였다. 그 결과 국내의 저탄소 도시계획 수준을 향상시키기 위해서는 도시계획 수립단계에서 정책 및 제도적 장치가 마련되어 지역적 특색에 맞는 계획의 도입이 이루어져야 한다. 또한 설계 및 운영 단계에서는 이를 구체화 시켜 실행할 수 있는 다양한 접근방법이 필요하며, 유지·관리단계에서는 다양한 이해관계자들의 참여와 관리방안이 요구됨을 알 수 있었다.

Abstract Current global issue of climate change is growing and greenhouse gases occur in most cities. To solve the problem of climate change, the city should be changed to low-carbon structure. Low-carbon city planning is a step-by-step plan from the initial establishment, from design and operation of urban structure, to maintenance and management should be considered as an integrated whole process. Under this background, this study evaluated the whole process of low-carbon urban planning ways. For this step, divided into three steps and eight divisions, 30 sub-indicators are derived. Through domestic and foreign cases analysis studies and survey of the relevant experts, results were derived. In order to improve these points, in the initial planning establishment stage, planning of urban policy and institutional steps should be made and the plan should be appropriate to the local characteristics. In the design and operation of urban structure stage, detailed and feasible approach is needed and maintenance and management stage, participation of various stakeholders, including establishing governance and management practices could see the need.

Key Words : Low-Carbon City, Urban planning, Index of evaluation,

이 논문은 2012년도 대한민국 정부(교육과학기술부)의 재원으로 시행하는 한국연구재단 국제협력사업의 지원으로 수행된 연구결과임(과제번호: NRF-2012K1A3A1A04034880).

*Corresponding Author : Jae-Wook Sung(Chungnam Univ.)

Tel: +82-42-821-7734 email: kswise@cnu.ac.kr

Received August 1, 2013

Revised September 5, 2013

Accepted September 6, 2013

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 기후변화 문제가 날로 심각해짐에 따라 에너지 소비효율 증대 필요성 등과 탄소 배출에 대한 규제 및 정책 강화가 요구되고 있다. 이에 에너지소비가 집중된 도시단위의 에너지 절약 및 탄소배출 저감 대책이 마련되고 있는 실정이다. 이러한 대책의 일환으로 국제사회는 인류의 지속가능한 발전을 달성하기 위한 구체적인 행동과 정책을 제시하는 개념으로 저탄소 도시계획을 내세우고 있다.

우리나라도 국가적인 차원에서 종합적인 공간계획 수립을 위한 2009년 ‘녹색성장 국가전략 및 5개년 계획’과 ‘녹색도시조성을 위한 도시계획수립 지침’ 등 정책마련을 위해 노력하고 있는 실정이다. 이와 함께 탄소배출 감축을 위해 저탄소 녹색성장이란 개념 하에 녹색기술을 개발하고, 이를 적극 활용하여 도시계획에 반영하고자 노력을 기울이고 있는 것이다.

도시단위에서 탄소배출 저감을 위해서는 관련제도, 적용기술, 설계기법 및 관리방안 등이 상호 유기적으로 이루어져야 가능하다. 그러나 지금까지의 도시차원에서 탄소저감을 위한 도시계획의 방식은 단순 개발위주이거나 도시계획 및 설계측면, 유지 및 관리가 각각 분리되어 진행되어 왔다. 또한 연구분야에 있어서도 이러한 것이 반영된 통합적인 연구보다 각 단계별로 구분되어 단순히 계획하거나 설계하는 방안을 모색하는 것에 치우쳐져 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 기존의 계획 및 설계를 평가하는 방식에서 벗어나 도시계획을 수립하는 초기 계획 단계에서부터 설계-운영, 유지-관리 단계에 이르는 전 과정에 걸쳐 통합적으로 평가가 이루어져야 한다고 판단하였다. 이를 위하여, 각 단계별로 저탄소 도시계획을 평가할 수 있는 지표를 설정하고 이를 바탕으로 국내·외 대표적인 저탄소 도시계획에 적용하여 국내 저탄소 도시계획의 단계별 접근방법을 모색하고 시사점을 도출하는데 연구의 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에는 다음과 같은 방법에 의해 연구를 진행하였다. 먼저 저탄소 도시계획의 선행연구를 고찰하여 기존 연구와의 차별성을 살펴보았다. 이를 토대로 저탄소 도시계획의 개념과 기본방향, 계획단계를 구분하였다. 다음으로 선행연구와 관련 문헌 고찰을 통해 저탄소 도시계획을 평가할 수 있는 요소를 도출하고 전문가를 중심으로

FGI(Focus Group Interview)를 통해 최종적으로 저탄소 도시계획을 평가할 수 있는 평가요소를 도출하였다. 이를 바탕으로 저탄소계획을 중심으로 계획되거나 최근 국내에서 계획을 수립하고 있는 사례를 중심으로 문헌자료와 선행연구 등을 통하여 해당 도시에 대한 자료를 확보를 통해 평가를 실시하였다. 평가 후 도시계획 관련 전문가들을 대상으로 사례대상지에 대하여 설명 후 심층 인터뷰 설문을 통한 2차 평가를 실시하였다. 평가 결과(1차, 2차)를 바탕으로 저탄소 도시계획의 단계별 차이를 비교·분석하여 향후 국내 저탄소 도시계획의 시사점을 도출하고자 한다.

2. 이론고찰

2.1 선행연구 검토 및 연구의 차별성

저탄소 도시계획과 관련된 주요 선행연구는 한국의 도시계획지침과 저탄소 도시계획과 관련된 국내외 관련 연구로 나누어 확인할 수 있었다.

최근 발표된 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 지침(2009.7)을 살펴보면, 기존 도시계획수립 지침의 부문인 도시공간구조, 수 환경, 에너지, 대기환경 등의 내용과 같은 물리적 도시구조설계의 내용이 주를 이루고 있었다. 또한 온실가스감축목표제시와 같은 내용을 포함하고 있어 도시계획 수립단계에서부터 목표설정과 온실가스감축계획 구체화를 실현하고자 함을 알 수 있었다.

선행연구를 살펴보면 미국의 Philline Gaffron 외(2005)에서는 도시구조, 교통, 에너지 자원 부문을 중심으로 도시의 지속가능성을 다루었다. 일본의 경우 Takashi Onishi 외(2010)에서 제안하고 있는 일본 지역기후정책과 조치의 항목을 기초로 하여 평가지표를 도출하였다. Takashi Onishi는 일본 지역기후정책과 조치의 항목으로 목표·계획, 교통, 에너지, 폐기물 4개 부문으로 나누어 세부항목을 도출하였다.

국내의 저탄소 도시계획의 연구들은 물리적 도시구조설계에 초점을 맞춘 연구가 진행되고 있었으며,(왕광익 외1, 2009 ; 김세용, 2009 ; 한국토지공사 토지주택연구원, 2011) 일부 연구에서 시민 거버넌스 및 사회경제 부문의 저탄소 도시의 지속적인 유지를 위한 지원체계를 다루고 있음을 확인할 수 있었다. (이재준 외, 2009 ; 변병설, 2009 ; 국토연구원, 2011)

이상 살펴본 바와 같이 기존 저탄소도시 계획에 관한 선행연구는 저탄소 도시계획의 물리적 도시계획 설계의 내용에 주로 제시하고 있는 경우가 주를 이루고 있었다.

또한 저탄소 도시계획의 수립 단계와 유지 관리를 포함하는 전반적인 과정에 대한 평가에 대한 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이다.

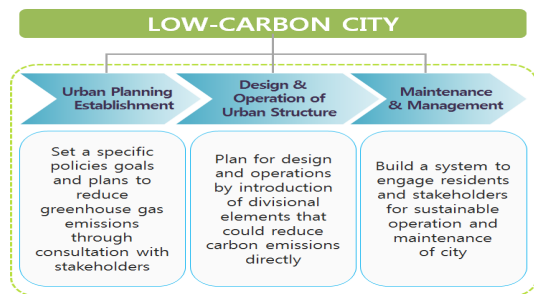
따라서 본 연구는 저탄소 도시계획을 계획단계에서부터 설계 및 운영, 유지·관리의 단계까지 통합적으로 고려하고, 각 단계별 상황에 맞는 평가지표를 설정한다는 측면에서 기존의 연구와 차별성을 갖는다고 할 수 있다.

2.2 저탄소 도시계획의 개념과 계획

기존의 연구를 살펴보면 온실가스 배출에 따른 기후변화에 대한 도시의 해결방안으로 제시된 것은 저탄소 도시로 이는 기후변화에 직접적인 원인이 되는 탄소배출을 저감하고, 발생한 탄소를 최대한 흡수하는 개념이다. 또한 화석에너지를 사용하는 도시에서 신재생에너지를 적극 사용하는 도시로의 변화와 환경문제를 해결하고, 환경보전과 환경과파괴를 억제하며, 인간과 자연이 공존할 수 있는 환경 친화적인 도시를 조성하는 것을 의미한다.

이에 본 연구에서는 저탄소 도시계획이란 환경 친화적이고 지속가능한 도시를 추구하며, 탄소배출을 원천적으로 줄이며, 배출된 탄소는 최대한 흡수하여 도시 자체가 저탄소 상태인 도시를 계획하는 것이다. 또한 도시계획 수립의 초기단계에서부터 설계 및 운영, 유지관리까지 전 과정 걸쳐 적합한 저탄소 요소의 도입으로 체계적으로 탄소배출량을 줄일 수 있고 도시 경쟁력을 높일 수 있는 도시를 계획하는 것이라고 정의하고자 한다.

저탄소 도시 조성을 위한 기본 방향으로 첫째, 도시계획 수립단계에서의 이해관계자들과의 협의를 통한 온실가스 감축을 위한 구체적인 정책 목표 및 계획을 설정한다. 둘째, 탄소배출을 직접적으로 줄일 수 있는 요소 도입을 통한 설계 및 운영방안을 계획하고 실시한다. 셋째, 도시의 지속적 운영 및 유지를 위한 노력으로 시민 및 이해 관계자의 참여를 유도하는 체계를 구축해야 함을 제안하고자 한다.



[Fig. 1] Concept and cardinal direction of Low-carbon city

3. 저탄소 도시계획 평가지표 설정

3.1 평가지표 도출

저탄소 도시계획의 주요 선행연구인 Takashi Onishi 외(2010)에서 제안하고 있는 일본 지역기후정책과 조치의 항목을 기초로 하여 평가지표를 도출하였다. Takashi Onishi는 일본 지역기후정책과 조치의 항목으로 목표/계획, 교통, 에너지, 폐기물 4개 부문으로 나누어 세부항목을 도출하였다.

본 연구에서는 저탄소 도시계획의 개념과 기본방향과의 적합성을 고려하여 추가로 선행연구를 통하여 유지·관리 측면의 내용을 보완하고, 분류체계를 재구성하였다. 이를 통해 1차적으로 도시계획 수립, 도시구조 설계 및 운영, 유지·관리의 3단계를 설정하고, 목표, 계획, 교통, 에너지 폐기물, 거버넌스, 지원체계의 7개 부문, 29개의 평가지표를 도출하였다.

3.2 평가지표 검증 : 전문가 FGI기법 활용

저탄소 도시계획 관련 선행연구를 통하여 앞서 도출된 1차 평가지표들을 토대로 관련 분야인 도시계획 및 설계 분야의 지식을 갖춘 박사 이상의 전문가를 대상으로 FGI(Focus Group Interview)를 실시하였다.

FGI는 저탄소 도시계획 정의와 기본방향과 적합성, 탄소저감 효과를 위주로 실시되었으며, 이를 통해 의미를 통합해야 할 항목과 부문의 수정에 대한 수정사항이 요구되어 Table 2와 같이 수정 및 보완을 실시하였다.

[Table 1] General aspects of FGI respondents

	Age	Gender	Degree	Major	Job	Career
A	48	male	Ph.D	Urban planning	Engineer	20
B	46	female	Ph.D	Urban planning	Professor	20
C	38	male	Ph.D	Urban planning	Researcher	10

[Table 2] Revised contents of evaluation Index through FGI

	Main contents
meaning alteration item	- 'Waste' sector was changed to 'Resource Recycling' sector and 'Water circulation' is added to 'Resource Recycling' sector.
integrated item	- 'Promote Climate change and climate policy' of Plan Sector and 'Promote energy saving to resident' of Energy sector is integrated to 'Establish the institutional support program like education, promote and incentive' of Support system in maintenance & management Phase
Added item	- Add evaluation Indicators of 'Land use' sector in Design and operation of urban structure Phase

세부적으로 수립단계에서는 도시계획의 목표설정, 계획의 구체화와 결정 등의 관점에서 평가지표를 도출하였다. 설계 및 운영 단계에서는 탄소 배출량을 적극적으로 줄일 수 있는 토지이용, 교통, 에너지, 자원순환의 관점의 체계를 구체화하였다.

유지·관리 단계는 지속가능한 운영을 위해 적극적인 시민참여를 위한 거버넌스와 의식전환을 위한 제도적 지원체계에 대한 내용을 포함한다. 이를 통해 최종적으로 Table 3과 같이 3단계, 8개 부문, 30개 평가지표를 설정하였다.

[Table 3] Evaluation Index of Low-carbon City

Phase	Sector	Evaluation Indicator
Urban Planning Establishment	Targets (T)	T1. Set a specific carbon reduction goals
		T2. Continuous monitoring of greenhouse gas emissions
		T3. Establishing departments responsible for climate policy
		T4. Participation of local stakeholders
		T5. Collaboration with neighboring local governments
	Plans (P)	P1. Formulating carbon reduction plan
		P2. Carbon neutralization (offsetting emissions)
		P3. Provides detailed guidelines for the reduction of greenhouse gas
Design & operation of urban structure	Land Use (L)	L1. Creating compact cities
		L2. Supporting MXD development
	Mobility (M)	M1. Reducing transport demand through land use planning
		M2. Increasing the proportion of Carbon-free transport
		M3. Providing convenient public transport
		M4. Limiting traffic volume through management of parking space
		M5. Automobile usage schemes for carbon reduction
	Energy (E)	E1. Improving efficiency of public facility energy use
		E2. Giving employees motives and economic incentives for saving energy
		E3. Providing sustainable energy
		E4. Improving energy efficiency as a basic policy for urban planning
		E5. Improving existing buildings
		E6. Supporting the introduction of cogeneration and district heating
	Resource Recycling (W)	W1. Waste management system for reduction CO ₂ emissions
		W2. Creation of water circulation network
	Maintenance & management	Governance (G)
G2. Cooperation with small-to medium-sized companies		
G3. Collaboration with large energy consumers		
G4. Collaboration with businesses to supply energy		
Support System (S)		S1. Encourage green civic activity for energy-saving and green consumption
		S2. Activation of Green business
		S3. Establish the institutional support program like education, promote and incentive

4. 사례적용 : 저탄소 도시의 계획단계별 평가

4.1 사례선정 및 사례도시 개요

국내외 저탄소 도시계획 사례는 정부차원에서 탄소저감을 위한 목표를 수립한 도시들로 저탄소 도시의 개념과 특성을 가진 도시계획 사례들을 선정하였다. 특히 탄소저감에 대한 단계별 계획시스템이 갖추어져 있는지를 고려하여 국외사례로는 독일의 프라이부르크, 일본의 나고야를 중심으로 살펴보고, 국내사례의 경우 대전시와 아산시를 살펴보고자 한다.

독일의 환경수도 프라이부르크(Freiburg)는 환경친화적 도시 재건 이후 시민의 자발적인 환경운동에 힘입어 현재 유럽연합(EU) 등으로부터 지속가능한 도시개발과 환경관리 등의 분야에서 모범도시로 선정되었다.

일본 나고야의 경우 2050년까지 1990년 수준에서 75%까지 CO₂ 배출을 줄이는 로드맵을 설정하고 저탄소 도시 및 환경적인 측면에서 지속가능한 도시로의 전환을 위해 노력하고 있다.

대전시에서는 그린시티 정책을 수립하고 2007년 초 '3천만 그루 나무심기' 운동부터 시작되어 최근 저탄소 녹색성장을 지향하는 대전의 도시계획체계의 재정립 방향을 제시하는 등 다양한 노력을 하고 있다.

아산시는 "아산시 저탄소 녹색도시 종합계획(2011)"을 통해 아산시만의 특성과 여건을 고려한 아산시형 저탄소 녹색도시 모델을 구축하고 저탄소 도시계획체계를 수립하였다.

4.2 계획단계별 사례분석

4.2.1 도시계획수립 단계

프라이부르크는 CO₂ 저감 목표를 구체적으로 설정하고 이를 위한 교통/에너지 분야, 열병합발전 분야 등의 실제적인 성과를 통해 목표를 달성하였다.





나고야는 2050년까지 CO₂ 배출을 줄이기 위한 로드맵을 설정하고 저탄소 독립형 기술, 저탄소 기술 시스템 및 저탄소 지역 시스템의 혼합을 통해 이룩하고자 한다. 또한 이 로드맵의 나고야 지역 에너지 관련 기업체에 소개되었으며 그들의 평가를 받아 적합성과 효과를 평가받았다.

대전시는 녹색도시의 친환경적인 통합계획체계와 환경용량을 고려한 녹색인프라 조성 기술이 결합된 새로운 도시비전과 이를 바탕으로 녹색압축도시 실현, 녹색커뮤니티 형성, 녹색비즈니스 창출의 3가지 차원의 주요 목표를 설정하였다. 또한 도시계획적 접근에 의해 실현 가능한 온실가스 감축목표를 설정하고 도시계획 부문별로 감축량을 구체적으로 제시하였다.

아산시는 '살고싶은', '지능적 자산형', '생태적' 도시라는 세 가지의 비전을 설정하고 지속가능한 개발의 세 가지측면인 물리·환경적, 경제적, 사회·문화적 측면을 모두 고려하여 기본구상과 계획방향을 제안하였다. 그리고 아산시의 각 부문별 온실가스 배출 현황 분석을 통하여 구체적인 부문별 온실가스 감축목표를 설정하였다.

이상의 내용을 종합하면 도시계획수립 단계에서 해외 사례의 경우 지속적인 온실가스 배출량 모니터링을 통하여 구체적인 감축 목표설정과 분야별 전략을 세우고, 다양한 이해관계자의 정책 참여의 기회 제공해주어 장기적

[Table 4] Foreign and domestic case outline of Low-carbon City

Case	Outline			Main Features
	Location	Area	Population	
	Freiburg, Germany	153.06 ^{km²}	217,547 person	<ul style="list-style-type: none"> • Enhance regional economic using solar energy • Security and management of urban afforestation • Research agency network related green industries
	Nagoya, Japan	326.45 ^{km²}	2,258,767 person	<ul style="list-style-type: none"> • Setting Road map scenario for CO₂ reduction • Compact land use plan • New Renewable Energy Dissemination
	Daejeon, Korea	539.86 ^{km²}	1,538,000 person	<ul style="list-style-type: none"> • Encourage eco-friendly/energy saving transport • Integrated transport network focused on public transit • Reorganization plan to EIP(Eco-Industrial Park)
	Asan, Korea	739.46 ^{km²}	148,697 person	<ul style="list-style-type: none"> • Increasing and maintenance of Green field • Waste resource utilization system • Green Business support and development

인 안목으로 도시계획을 수립함을 알 수 있었다. 이에 반해 국내 사례의 경우 온실가스 감축에 대한 구체적인 목표 설정은 되어 있으나, 정책결정에 참여함을 일부단체에 대해서만 제한적으로 허용하는 것으로 나타났다.

4.2.2 도시구조설계 및 운영 단계

프라이부르크는 교통 수요 억제를 위해 주요 교통노선들을 축으로 한 압축적이고 복합적인 도시공간구조 및 토지이용을 계획한다. 친환경적인 이동수단(도보, 자전거 등)을 장려하며 주차 공간 관리와 도로망 확충을 계획하였다. 태양열을 비롯한 신재생에너지 개발과 활용을 적극적으로 하여, 건물 외벽에 태양전지를 설치하여 에너지 자체 생산을 하고 시민투자로 조성된 분데스리가 솔라 축구경기장은 태양열 시설을 이용하여 온수 및 난방을 한다. 도시 조림의 확보와 관리를 통해 산림은 생태적 그리고 경제적 관리, 경영이 서로 연계함으로써 보존과 지속적인 발전을 한다.

나고야는 특히 환경적인 측면에서 지속가능한 도시구조로의 전환을 위해 콤팩트 시티의 형태 개발의 방향설정을 하였다. 이를 통해 교통과 화물량을 감소시키고, 특히 탄소 배출량 감소에 적극적인 대책으로 신재생에너지 계획을 구체적으로 하였는데 천연 가스와 도시 가스, 재활용 폐플라스틱을 이용한 대체연료로의 전환과 도시 기능이 집중된 약 20개의 지역에 열 병합 발전소와 지역난방으로 대체하였다. 도시 가스로서 폐 바이오 메탄에서 얻은 가스 사용하고 전기 기구 및 자동차를 에너지와 연료 수요를 줄이는 최선의 수행으로 전환하였다. 태양열 에너지 발전 도입 및 태양열 온수 시스템 도입 등을 계획하였다.

대전시는 집중적 혼합형 토지이용 계획을 위해 교통중심지 주변에 고밀도 집중개발 유도하고 이에 따른 여유공간의 녹지, 오픈스페이스 등 조성을 계획한다. 대중교통중심의 교통네트워크 통합화를 모색하고 자전거, 보행의 통합강화와 저탄소 교통수단의 활성화를 통해 탄소배출을 억제하였다. 또한 저탄소 녹색성장을 위한 친환경·에너지절감형 교통수단 활성화와 이를 위한 문화, 홍보, 교육, 제도 개선도 병행하였다. 이산화탄소 저감을 위한 녹지계획, 도시기후 및 물 순환을 위한 도시계획, 다양한 녹지공간의 네트워크 구축을 목표로 하였으며 대전시 주거지역을 Brown Field와 Green Field로 구분하고 주거유형별로 탄소저감 및 흡수 전략으로 구분하여 통합적으로 주거단지 재생을 실현을 모색하였다.

아산시 는 토지이용측면에서는 혼합형 토지이용과 기능집약형 공간구조 방안을 구축하고, 블루네트워크와 연계 및 탄소흡수 방안을 고려한 그린필드 보존방향계획을

통합적으로 하고 있다. 교통 분야는 주로 화석에너지 의존도를 낮출 수 있는 녹색교통의 적용을 계획하고 있으며 건축분야에서는 유형별, 용도별 건축물이 탄소발생에 미치는 영향을 분석하여 탄소저감을 위한 건축방향을 구상하였다. 독립형 건물에서는 사회적 지속가능성을 위한 그린커뮤니티 단지를 확대하고, 단지·건축물의 신재생에너지 생산을 확대한다. 신재생에너지 시스템 구축을 위해 폐자원 이용 시스템 확대, 폐열의 효율적인 활용 외에 아산시가 신재생에너지와 관련한 신산업을 발굴과 지속적인 지원을 계획하였다.

도시구조 설계 및 운영 단계에서는 대부분의 사례들이 교통과 에너지 분야에서 두드러진 노력이 있음을 확인할 수 있었으며, 특히 프라이부르크의 경우 정책적, 실천적 측면에서 모두 혁신적이고 구체적인 실현을 하고 있었다. 에너지 분야도 모든 조성사례에서 신재생 에너지 개발이 이루어지고 있었으나 나고야의 경우 바이오매스나 폐자재를 이용한 대체 에너지 등과 같은 새로운 신재생에너지의 개발과 활용이 이루어지고 있다.

4.2.3 유지관리 단계

프라이부르크는 도시는 그린비즈니스 활성화 및 녹색경제를 주도하기 위한 경영체계를 갖추기 위한 목표를 지향하고 있다. 지역경제의 주요 성장 동력 및 전략산업 분야를 태양열에너지 공학으로 선정하여, 현재 태양열 산업으로 5만개의 일자리 창출하였다. 이 외에도 각종 친환경기술을 지원하며 관련 기초 학문분야와 응용과학분야에 이르기까지 R&D활성화를 하고 있다. 한편 녹색시민활동으로 민간과 공동이 함께 환경교육시설을 지원, 삼림교육에 관한 행사, 관광, 견학을 주관을 통해 시민들의 환경의식을 고취시키고 시민들의 동참을 유도한다.

나고야는 에너지 효율성을 높이기 위해 가정 내 고효율 전기제품과 고효율 자동차로 전환을 유도하고 온수급과 난방에너지는 폐열발전을 통해 공급한다. 콤팩트 시티 내 교통 운송에 지하레일을 사용하며 태양열 전기 자동차의 이용을 증대시키려는 노력을 하고 있다.

대전시의 경우 그린에너지 기술 및 산업의 확산, 기존 산업단지의 생태산업단지로 재편, 신재생에너지 시범단지 조성, 창조적 인프라를 활용한 창조문화사업 발굴 등을 위해 전략들을 도출하고, 기존 산업단지 재생 및 친환경 녹색산업단지 조성을 위한 시범사업들을 제안하였다.

아산시는 자족적 거점도시로 아산시는 공공기관과 민간 기업 유치와 그린비즈니스 클러스터를 구축, 신재생에너지 전문기업 및 인력 육성, 아산시 생태산업단지 조성 등을 통해 도시 내 일자리 창출과 경제성장을 도모하고자 한다.

유지관리 단계의 경우 모든 조성사례에서 공통적으로 녹색 R&D구축, 그린비즈니스 창출을 통한 일자리 제공에 주력하여 경제적 지속가능성을 이룩하고자 노력하고 있었다. 그러나 국내 사례의 경우 프라이부르크에 비해

상대적으로 녹색시민참여 활성화를 위한 조치와 제도적 지원이 부족함을 알 수 있었다.

[Table 5] Analysis of case studies -1

Evaluation Index		Freiburg	Nagoya	Daejeon	Asan		
Urban Planning Establishment	TARGETS	T1	Setting CO ₂ reduction goals by period or sector from 2010 to 2030	Setting a road map to reduce CO ₂ compared to 75% in 1990 by 2050	Present multidimensional goals for the reduction of carbon emissions Setting a goal to reduce CO ₂ compared to 37% in 2005 by 2020	Setting a Asan city vision for the reduction of carbon emissions Setting a goal for CO ₂ emission reduction	
		T2	Monitoring the performance achieved by measuring the carbon dioxide emissions	Continuous monitoring of greenhouse gas emissions and documented	Plan for Continuous measurement of greenhouse gas emissions to achieve greenhouse gas targets	Setting appropriate reduction targets by measuring Asan existing greenhouse gas emission	
		T3	The government established the Environmental Agency : Manage climate protection policy with a focus on Energy	Establish a climate policy department	Establishing a temporary Department or some existing departments responsible for climate policy	Establishing a temporary Department or some existing departments responsible for climate policy	
		T4	Decide the key inside urban policy through discussions with civil society	Assessment of road map about suitability by Nogoya government and power generation companies	Limited participation of local stakeholders when established low-carbon city plan	Plan for participatory urban development system for residents	
		T5	Plan for low-carbon city with neighbor local government	Plan for cooperation with neighbor local government	Development plans linked with Sejong city and Chungnam province	Development plans linked with Naepo new town	
	PLANS	P1	Formulation of plans	Setting a plan	Suggest a plan	Suggest a need for plan	
		P2	Setting and execution of carbon neutralization plan	Trial of a carbon neutralization plan	Plan for carbon neutralization and passive action	Plan for carbon neutralization	
		P3	Specific classified strategies and planning elements	Parted planning elements for carbon reduction	Specific planning elements for five sectors	Planning elements for six sectors	
	Design & of Urban Structure	LAND USE	L1	Get large green space through the development of compact city	Promote development in a form of a compact city	Intensive / mixed land use by compact & high-density development	Conservation objectives of a green field through compact land use
			L2	High-density and mixed land-use complex	Promote mixed-use development in the center of the station	Function-intensive spatial structure plan Plan for transit node oriented mixed-use development	Mixed land use (MXD, TOD) plan for control development density
MOBILITY		M1	Transit oriented urban development Priority in the development of major public transport node	Transportation of cargo volume reduction plan through compact development	Plan for integrated transport system focused on proximity	Establish Traffic-induced smallest / TOD development Pedestrian-oriented urban structure formation	
		M2	Bicycle and tram is responsible for 40% or more of all traffic	Using the underground rail as transportation	Enable low-carbon transportation (Eco-friendly and energy-saving etc.)	Continuous introduction of natural gas buses Introduction of new transportation	
		M3	Policy to encourage environmentally friendly public transport Increasing the rate of public transportation	Induce proper utilization of city center car traffic	Integrated public transportation network system ITS system(app, transportation information system etc.)	Expand Transportation System Management of public transit Establish a linked transfer system in transit	
		M4	Parking space management in the city center : open only vehicle for business	Traffic restrictions through the management of parking spaces	Policy to control the use of automobiles		
		M5	Automobiles control policy Encourage eco-friendly transport	Introduction of electric car charging stations Plan for switching to energy-saving cars	Plans to introduce low-carbon/energy-efficient cars Expanding the introduction of low-carbon transportation (CNG Bus etc.)	Introduction of renewable energy transportation	

[Table 6] Analysis of case studies -2

Evaluation Index		Freiburg	Nagoya	Daejeon	Asan		
Design & Operation of Urban Structure	ENERGY	E1	Introduction of energy efficiency through Efficient heating and cooling systems Energy solar panels installation of public facilities	Efforts to improve the efficiency of energy use in public facilities	Efforts to improve the efficiency of energy use by strengthening the green building standards	Plans to expand the renewable energy plant installation of public buildings	
		E2	Grant aid to the residents about using insulation at their house	Enforcement incentives about saving energy	Plan for incentives about saving energy	Plan for incentives about saving energy	
		E3	Energy industry about renewable energy source (Solar, wind, hydro etc) Energy plan for using renewable energy up to 10% of the total energy at Freiburg by 2010	Using natural gas and city gas as an alternative to fossil fuels The development and introduction of fuel using waste plastic	Plan for low-carbon & low-energy pilot eco housing Introduction of some eco-friendly energy sources	Low-carbon city development plan through utilizing Energy, waste resources, solid, heavy water	
		E4	Proposed energy efficiency as basic policy of city planning Setting energy efficiency standard and effort to achieve in the public building	Suggest policy and method for energy efficiency improvement in road map (switching to high-efficiency appliances, cars, etc.)	Proposing energy efficiency plan in city vision-dimensional	Support green technology and energy-efficient products using planning for promoting energy efficiency	
		E5	Installations of solar cells at roof and wall of building Rotating Solar Home "Heliotrop" finished	PV installation In homes and other buildings	Supporting low-carbon remodeling at apartment and existing buildings	Materializing plan for renewable Energy application method by building type	
		E6	Realizing a Clean the city through Public-private joint combined heat and power	Replaced with combined heat power plants and district heating using gas in the urban function concentrated area	Expand district heating Plan for using cogeneration facility	Building to maximize energy efficiency strategy through a district heating	
	RESOURCE	WATER	W1	Introduction of regulations on recycling : each community agencies and organizations participate The abolition of the landfill Energy production through waste incineration (bio, BKF etc.)	Use waste plastic as alternative fuel of coal Using Methane from garbage, sludge and waste biomass as city gas energy	Household waste recycling RDF(Refuse Plastic Fuel) system Energy Conversion using organic waste, biogas etc.	Household waste recycling Waste-to-energy plan resources Biogas utilization system
			W2	Build a circulation waterway inside the city Plan for water circulation each housing to reuse excellent and reclaimed water	Provide a long-term strategy for biodiversity and water circulation	Ground water and reclaimed water reuse plan in public institutions Excellent recycled water use plan and branding strategy	Efficient utilization plan of excellent and reclaimed water and some trial plan
	Maintenance & Management	GOVERNANCE	G1	Realizing job creation in sector of sustainable transport planning	Citizen participation in the transportation planning and induction	Engage citizens in transportation planning	Engage citizens in transportation planning
			G2	investment to support small-to medium-sized companies in solar energy industry Association between basic research and small and medium businesses in environmental industry	Cooperation with existing small and medium businesses for low-carbon city planning	Research collaboration with local research park for low-carbon urban planning	Green business cluster formation plan combined existing industry, related industries and sub-industries
			G3	collaboration system with resident, enterprise and a public institution	Collaboration with resident, enterprise and a public institution	Collaboration with resident and a public institution	Collaboration with resident and a public institution
			G4	Continuous research support and cooperation with energy supplier company	Participation of local energy suppliers In the determination of policy and road-map	Planning and some promotion	
SUPPORT SYSTEM		S1	S1	Support environmental education facility with private and public Organization of events and tourism on forest education	Organization of green local government PPS	Residents participation and plan for community facilities to green site planning and management	Plan for regional exchange activation for green city and energy saving
			S2	Achievement of economic self-sufficiency and job creation in solar (PV) energy engineering industry	Plan for creation of Green business	Development support of Carbon trading, green R&D Plan for New industries (cultural, creative, green industry) support and creating Green business	Create green business community Plan for Professional manpower in green business
		S3	S3	Policies for environmental awareness of citizens realize Encourage participation of citizens through the operating carbon reduction programs	Build and run the support program for education and promotion	Activation-derived of green transport by citizenship reform and policy improvements	Plan to strengthen the program (Culture, promotion, training, system improvements, etc.) for carbon reduction type transport system

4.3 사례 도시별 평가 분석

4.3.1 1차 평가

사례분석의 내용을 토대로 계획단계의 평가지표별로 저탄소 도시계획의 적정성을 평가해보고자 한다. 이를 위해 먼저 기본적으로 '0점: 실행하지 않음, 1점: 계획이 있음, 2점: 구체적인 목표·전략을 설정함, 3점: 실행 중에 있음, 4점: 실행 후 유지, 관리까지 이루어지고 있음'의 5점 척도로 평가를 실시하되 항목별로 평가 척도 및 현황을 살펴보면 아래와 같다.

계획수립단계에서는 해당항목에 대한 내용이 관련 연구 및 보고서에 언급여부와 언급되었을 경우 계획 내용의 구체화 정도, 활동사업의 내용, 정책추진의 주체 등을 통합적으로 고려하여 평가하였다.

설계 및 운영 단계에선 각 평가요소에 해당하는 세부 계획의 적용 유무와 적용정도를 고려하여 평가하였다.

유지관리단계는 거버넌스 프로그램 활성화를 위한 정부의 정책 및 사업 계획, 운영 현황, 다양한 주체의 협력 등을 고려하여 평가하였다.

이러한 기준을 바탕으로 이미 선정한 4개 도시의 저탄소 도시계획 적정성은 1차적으로 도출하였다.

1차 평가 결과 사례 중 프라이부르크는 대부분의 항목에서 3점 이상을 평가 받아 저탄소 도시계획으로서 혁신적인 사례임을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 프라이부르크의 경우 계획의 수립단계부터 시민이 직접 계획에 참여하여 구체적인 목표수립과 함께 정책입안이 함께 이루어진 것으로 보아 높은 평가를 받은 것으로 판단된다.

다음으로 나고야의 경우에는 계획과 지원체계 부문의 평가가 낮게 나타났지만, 다른 부문에 관해서는 주로 2-3 점대로 평가 되었다. 이는 계획의 수립과 추진에 있어서는 시와 시민들 간의 대화를 통해 운영하였으나 이를 뒷받침 할 수 있는 정책적인 지원이 부족한 것에서 기인한 것으로 판단된다.

대전시에서는 목표수립과 토지이용, 교통, 자원순환과 같은 물리적인 부분이 높게 평가되었다. 이는 대전시는 아직 저탄소 도시계획 측면에서 물리적인 환경을 개선하는 것을 목표로 하여 연구 및 정책수립이 진행되고 있는 시점으로 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다.

아산시도 대전시와 비슷한 경향을 보이고 있었는데, 이는 앞서 기술한 것과 마찬가지로 현재 국내의 저탄소 도시계획은 전체적으로 수립의 단계로 목표 및 물리적인 환경개선에 초점이 맞춰져 있음을 알 수 있었다. 다만 아산의 경우 비교적 도시의 규모와 인구의 수가 적어 지원 체계에 대한 부분은 높은 점수로 평가되었다.

내용을 종합하면, 해외사례의 경우 비교적 모든 항목

에 걸쳐 높은 평가를 받았는데, 나고야의 지원체계에 대한 부문은 취약한 것으로 나타났다. 국내의 대전시와 아산시의 경우 해외사례와 비교하여 전체적으로 낮은 평가를 받았으나 아산시는 나고야와 비교할 때 목표와 거버넌스 부문이 비교적 높게 평가 되었다.

4.2.2 2차 평가: 전문가 설문

앞서 실시한 1차 평가에 대한 적정성을 점검하기 위해 전문가와 심층 인터뷰방식의 설문을 통한 2차 평가를 실시하였다.

설문조사의 대상자는 국내 사례 대상지를 방문한 경험과 저탄소 도시계획과 관련된 연구의 경험이 있는가를 고려하여 건축·도시계획 및 설계에 관련한 전문가 20인을 선정하였다. 또한 본 연구에서 제시하고 있는 평가요소에 대한 이해도가 높은 사람을 위주로 연구원, 교수, 공무원, 학생 등을 선정하여 실시하였다.

설문조사 대상자들에게는 사전에 연구의 목적과 조사 내용 등을 설명하고, 사례 대상지의 개발계획과 개요에 대한 자료를 토대로 설명해 주었다. 각 평가항목에 대하여 1차 평가와 동일한 평가기준을 사용하였으나, 추가적으로 설문조사 대상자들의 각 사례 도시에 대한 정보를 바탕으로 평가요소에 해당하는 세부 계획(지원시설, 개발, 이용 비율 등)의 적용 유무 및 실태 등을 고려하여 5점 척도로 평가를 실시하도록 하였다. 또한 전체 저탄소 도시계획 평가지표항목에 대한 설문조사 대상자들의 평가 결과에 대한 평균값을 도출하여 평가결과를 확인하였다.

4.2.3 소결: 평가의 종합 및 분석

평가 결과 사례분석의 1차 평가와 2차 평가의 결과는 거의 유사한 결과를 나타내고 있음을 파악할 수 있다. 그러나 아산시의 S1항목과 T1항목의 경우 1차 평가 점수(S1=4점, T1=3점)와 2차 평가점수(S1=1.4점, T1=1.2점)의 차이를 보였는데 그 이유는 아산시의 계획 내용 자체는 다른 사례도시와 수준과 대등하지만, 전문가들의 아산시 계획의 반영정도에 대한 배경 지식이 점수 차이의 요인으로 작용하였을 것으로 파악된다.

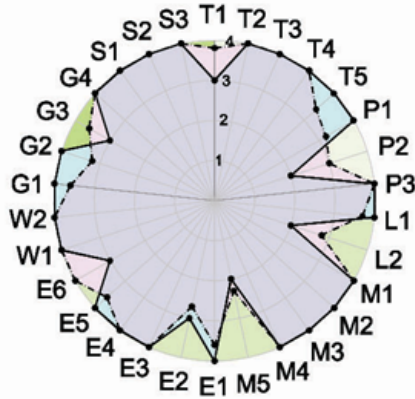
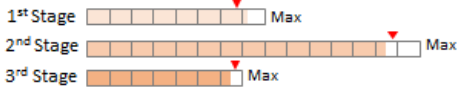
범례를 기준으로 차트를 살펴보면, 붉은색은 전문가의 평가점수가 높게 나온 부분이며 파란색은 1차 평가가 높게 나온 부분이다. 이러한 평가결과의 차이는 연구자와 전문가의 사례에 대한 이해도가 다른 관점에 나온 결과이며 전체적으로 비교해 보았을 때는 유사한 결과로 판단되어진다.

도시별 1차 평가와 2차 평가를 종합하여 살펴보면 독일의 경우 1·2차 평가에서 모두 높은 점수를 보이고 있으며 다른 저탄소 도시사례의 점수와 비교하였을 때도 우

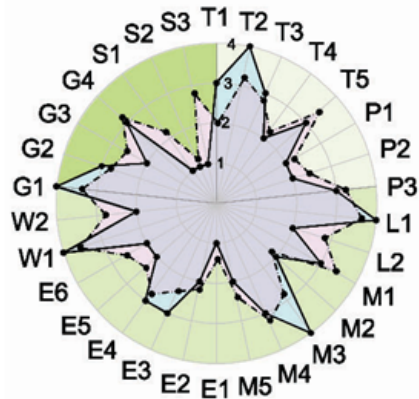
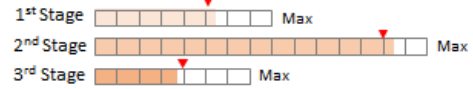
수한 평가를 받고 있음을 확인할 수 있다. 이는 독일의 경우 저탄소 도시를 실현하기 위한 계획 수립에서 실행 및 운영, 유지관리에 이르는 통합적인 과정이 장기간의 시행과정을 거치면서 그 체계가 확립되어진 결과로 판단 되어진다. 나고야의 경우 독일에 비하면 평가가 낮은 편

이며 특히 유지·관리의 단계에서 낮은 평가를 받은 것을 확인할 수 있었다. 하지만 저탄소 도시로 변화를 위한 국가와 지자체의 적극적인 추진에 힘입어 구체적 계획과 시행이 이루어 졌다는 점을 고려하면 비슷한 여건의 국내 사례에 비교할 때 상대적으로 높은 평가를 받은 것으

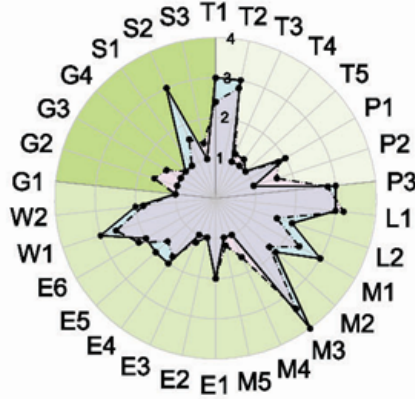
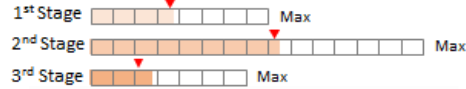
Freiburg, Germany



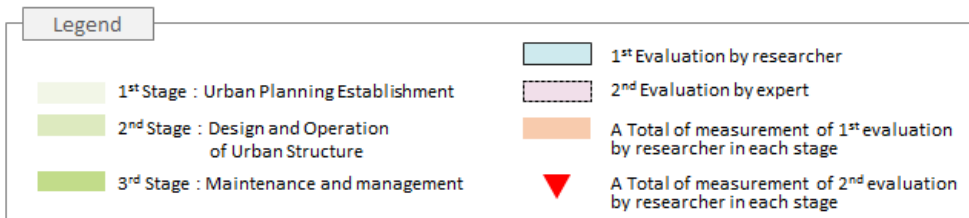
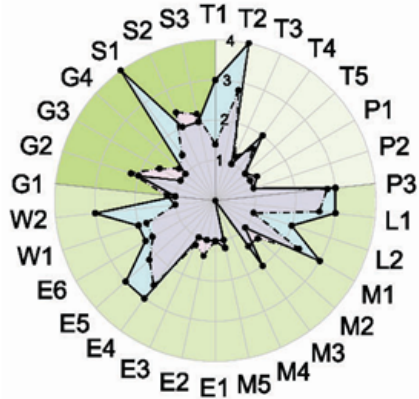
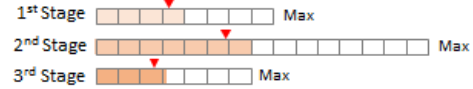
Nagoya, Japan



Daejeon, Korea



Asan, Korea



[Fig. 2] Radar Chart showing levels of measure evaluation index

로 볼 수 있을 것이다. 국내 사례의 경우 계획의 수립단계에서 특히 높은 평가를 받은 것을 확인할 수 있었는데 이는 국내 사례가 지자체 별로 수립단계에서의 노력은 잘 이루어지나 이를 구체화시켜 실현하고 관리와 유지하는데 있어 여러 어려움이 있는 것으로 판단되어진다.

또한 차트 위에 표시된 선형그래프를 통하여 사례에 대한 평가점수를 단계별로 확인할 수 있으며 이를 통해 각 도시별로 평가결과가 부족한 단계에 대하여 그 원인을 분석하여 대처할 수 있는 검토가 이루어져야 한다.

5. 결론

본 연구는 저탄소 도시계획을 수립하는 초기 단계에서 유지·관리의 전 과정을 평가할 수 있는 방안을 모색하였다. 이를 위해 선행연구 고찰과 전문가 FGI를 통하여 도시계획의 목표설정과 계획의 구체화의 내용을 포함하는 수립단계, 탄소 배출량을 적극적으로 줄일 수 있는 토지이용, 교통, 에너지, 자원순환 관점의 설계 및 운영 단계 그리고 거버넌스와 제도적 지원체계에 대한 내용을 포함하는 유지·관리 단계로 구성된 3단계, 8개 부문, 30개의 평가지표를 도출하였다.

이를 토대로 저탄소 도시계획을 목표로 하는 국내의 선진사례 중 4곳을 선정하여 문헌연구를 바탕으로 항목별로 평가를 실시하였다. 이 후 전문가들의 설문을 통한 도시별 평가를 실시하였다. 그 결과 일부 항목별 점수의 차이가 나타났지만 이는 전문가들의 사례에 대한 이해도가 조금씩 다른 결과로 볼 수 있으며 전반적으로는 첫 번째 결과와 비슷한 경향으로 파악되어 연구의 결과로써 적합하다고 판단할 수 있다. 그 결과 전체적으로 계획단계와 설계 및 운영단계가 유지·관리단계보다는 높은 평가를 받은 것으로 나타났다. 이는 많은 국가에서 시민들의 참여를 통한 계획의 수립과 설계·운영을 지향하고는 있지만 현실적으로는 어려움이 있는 것으로 보인다. 특히 국내사례와 나고야에서 취약하게 나타났는데, 유럽국가의 정부는 이러한 계획의 수립에 있어 정부와 지자체의 적극적인 추진과 시민들의 높은 의식수준과 참여에 기인된 것으로 판단된다. 이와 다르게 일본 나고야와 국내사례의 경우 최근에서야 저탄소 도시계획으로 변화를 모색하고 있으나 나고야의 경우 변화의 흐름에 빠르게 대응하여 계획과 추진이 이루어져 국내사례보다 상대적으로 높은 평가를 받은 것으로 판단된다.

최종적으로 국내의 저탄소 도시계획 수준은 해외사례에 비해 전반적으로 취약함을 알 수 있었으며, 이를 개선하기 위해서는 도시계획의 수립단계에서는 정책 및 제도

적 장치가 마련되어 지역적 특색에 맞는 계획의 도입이 이루어져야 하며, 설계 및 운영 단계에서는 이를 구체화시켜 실행할 수 있는 다양한 접근방법이 필요하며, 유지·관리단계에서는 거버넌스 수립 등 다양한 이해관계자들의 참여와 관리방안이 필요함을 알 수 있었다. 향후 이러한 부분을 보완한다면 저탄소 도시계획측면에서 높은 평가를 받을 것으로 기대된다.

본 연구를 통하여 저탄소 도시계획의 단계별 평가지표를 설정하고 이를 적용하여 사례를 평가 하였으나 평가내용의 대부분은 정성적 기준으로 이루어졌으며 평가지표 항목 간 상대적 중요도의 설정 없이 동일한 수준으로 평가가 이루어진 점이 본 연구의 한계라고 볼 수 있다. 또한 사례 평가의 객관성을 담보하기 위하여 일부 전문가들의 의견에 의존한 점도 향후 보완해야할 부분으로 판단된다. 이에, 본 연구 내용을 발전시키기 위해서 정량적 지표가 추가되어야 하며 평가지표 항목 간 상대적 중요도를 파악하여 가중치를 설정하고 이를 평가하는 주체를 전문가를 비롯한 현지 공무원과 주민 등 다양한 주체로 확대하여 보다 객관화된 연구로 발전시킬 필요가 있다.

References

- [1] Guidelines for low-carbon green city planning, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2009.
- [2] Philine Gaffron, Ecocity, European Commission, 2005.
- [3] Takashi Onishi and Hikaru Kobayashi, Low carbon cities, pp. 148-151, Gakugei Shuppan-Sha, 2011.
- [4] K.I. Wang, S.C. Yoo, Urban Planning Guidance for Low Carbon, Green City in Korea, Korea Research Institute for Human Settlements, Vol.29, No.87, pp.65-88, 2009.
- [5] S.Y. Kim, Low & Zero Carbon Energy Town, Seminar of Urban/Architecture progress direction for Low carbon green growth era, Urban Design Institute of Korea, 2009.
- [6] J.K. Kim, et al. Development of a "Low Carbon, Green City" Model and Its Application to a Pilot Project, Land & Housing Institute, 2011
- [7] J.J. Lee, S.H. Choi, A Study on the Development of the Planning Indicator for Carbon Neutral on the District Unit Plan, Korea Planners Association, Vol.44, No.4, pp119-131, 2009
- [8] B.S. Byeon, Analysis on foreign case and strategy of Energy-efficient Low-carbon City, Seminar of Energy-efficient Low-carbon City, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2009

- [9] I.S. Yeom, Development and Application of Evaluation Model for Planning System of Low-Carbon Green City on Climate Change, Chungnam National University, a Doctor's Thesis, 2011.
- [10] J.C. Park, J.Y. Kim, Urban Planning Measurements in Pursuit of a Low-carbon Green City, The Korean Regional Development Association, Vol.22, No.1, pp.17-52, 2010.
- [11] K.I. Wang, A study on policy and Domestic and Overseas Case study of Low-carbon green city, Seminar of Urban/Architecture progress direction for Low carbon green growth era, Urban Design Institute of Korea, 2009.
- [12] Beatley, Green Urbanism, Island Press, 2000
- [13] Freiburg green city, City of Freiburg im Breisgau, 2009
- [14] The 2050 Nagoya Strategy for Low-carbon City, City of Nagoya, 2009
- [15] A Plan on the Strategies for Green City Daejeon, Daejeon Metropolitan City, 2009
- [16] Low carbon green city plan of Asan city, Asan city, 2010

오 덕 성(Deog-Seong Oh)

[정회원]



- 1977년 2월 : 한양대학교 건축공학과 (공학사)
- 1979년 2월 : 서울대학교 대학원 도시계획 (공학석사)
- 1989년 1월 : Hannover Univ. Urban Planning (공학박사)
- 1981년 10월 ~ 현재 : 충남대학교 건축학과 정교수

<관심분야>

저탄소도시계획, 도시재생, 과학도시

성 재 욱(Jae-Wook Sung)

[정회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 건축공학과 졸업 (공학사)
- 2005년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 건축계획전공 (박사 수료)

<관심분야>

도시계획, 건축계획

이 서 정(Seo-Jeong Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 : 충남대학교 건축학과 졸업 (공학사)
- 2012년 3월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 입학 (공학석사과정)

<관심분야>

도시계획, 그린시티