

저탄소 녹색도시의 주요 계획기법과 적용실태 비교분석

전우선¹, 이응현², 오덕성^{3*}

¹충남대학교 건축공학과, ²충남대학교 건축연구소, ³충남대학교 건축학과

The Comparative Analysis on Critical Planning Methods and Application Condition of Low-carbon Green City

Woo-Seon Jeon¹, Eunghyun Lee² and Deog-Seong Oh^{3*}

¹Department of Architecture Engineering, Chungnam University

²Institute of Architecture, Chungnam University

³Department of Architecture, Chungnam University

요약 본 연구는 저탄소 녹색도시의 조성을 위해 주요 계획부문과 계획기법을 살펴보고, 그 적용실태를 파악해 봄으로서 저탄소 녹색도시 구현에 요구되는 계획적 주안점이 무엇인지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 저탄소 녹색도시 및 유사 개념에 대한 문헌 및 선행연구 고찰을 통해 주요 계획부문 및 계획요소를 정리하고, 전문가 FGI 분석을 통해 적합성을 검증하여 계획기법을 도출하였다. 또한, 전문가 설문조사와 AHP 분석을 통해 계획기법의 중요도를 파악해 봄으로서 저탄소 녹색도시 계획의 주요 특성을 파악해 보았다. 이와 함께 국내외 사례를 선정하여 도출한 계획기법의 적용실태를 분석하여 계획기법의 중요도와 비교해 봄으로서 계획과 실제의 차이를 살펴보고자 하였다. 주요 계획기법으로는 5개 부문, 15개의 계획기법을 도출할 수 있었다. 또한, 이에 대한 중요도 분석과 사례분석을 종합해 보면, 분산집중형 압축개발, 보행친화적 교통체계, 신재생 에너지 적극 활용, 폐기물의 재활용 시스템 구축이 저탄소 녹색도시 계획의 주요한 요소로 파악되었다.

Abstract The main objective of this study is to find out the main fields and methods to create a low carbon green city. Through the findings, we hope to figure out the matters that must be focused on in order to realize a low carbon green city. In order to accomplish this, we organized the main fields and methods of fulfilling this accomplishment by taking a look at recorded documents and past studies related to the creation of low carbon green cities and related concepts. Then a FGI analysis was performed in order to examine suitability and deduct a planning technique. Also, through professional surveys and AHP analysis, we figured out the importance of planning techniques to understand the main characteristics of planning a low carbon green city. We also selected domestic and foreign cases, analysed the actual conditions of applying the deducted planning techniques, and compared the importance of planning techniques in order to see the difference between our plans and real results. 15 planning techniques were deducted and divided into 5 groups. The importance analysis and case analysis showed the following to be the main elements in planning the creation of a low carbon green city: compact high-density development, a traffic system revolving around pedestrians, active utilization of new and renewable energy, and establishment of a recycling system for waste.

Key Words : Low-carbon Green City, Planning Method, Application Condition, AHP analysis

본 논문은 2013년도 대한민국 정부(교육부)의 재원으로 시행하는 한국연구재단 일반연구지원사업의 지원으로 수행된 연구결과임(과제번호: NRF-2013R1A1A4A01012669).

*Corresponding Author : Deog-Seong Oh(Chungnam Univ.)

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

Received March 5, 2014

Revised April 9, 2014

Accepted April 10, 2014

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

산업화와 도시화로 인한 문제는 단순히 한 지역만의 문제가 아닌 세계적인 과제로 확대되고 있으며, 이 가운데 전 세계적으로 나타나고 있는 기후변화와 에너지의 문제는 에너지 절약의 차원을 넘어 근본적으로 우리 도시의 체질을 개선해야 한다는 요구로 확대되어 가고 있다. 이러한 기후변화와 에너지 문제에 대한 근본적인 개선을 위해서는 기존의 에너지 공급 및 관리체계는 물론, 도시 공간 구조를 변화에 맞추어 재편하는 것이 급선무라 하겠다. 우리나라도 이러한 요구에 따라 최근 친환경 저에너지 소비형 도시계획과 관련된 다양한 계획을 수립하고 있으며, 이를 실현하기 위한 다양한 계획기법이나 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 정부차원의 노력은 물론, 각 자치단체를 중심으로 녹색도시 구현을 목표로 생태도시, 녹색도시, 저탄소 도시 등 탄소배출 저감을 위한 친환경 도시모델에서 제시하고 있는 다양한 전략과 계획기법을 바탕으로 신도시 개발의 억제, 도시공간의 압축적 개발, 도시 재생 등 기존 도시공간을 효율적으로 이용하려는 노력을 기울이고 있다. 특히, 일부 계획이나 개발 사례에서는 우수한 도시환경의 조성 과 도시개발로 인한 탄소발자국(footprint)을 최소화하기 위해 초기 도시개발을 위한 기본구상 단계에서부터 탄소배출저감과 친환경 도시공간 조성을 기본 과제로 설정하고 이를 구현하기 위한 다양한 계획을 수립, 추진하고 있다. 따라서 환경친화적인 도시공간의 조성 과 탄소배출 저감형 도시를 구현하기 위해 주요한 도시계획기법은 무엇이며, 이러한 계획기법들의 적용실태를 주요한 사례를 통해 살펴봄으로서 녹색도시 구현을 위한 계획적 노력을 점검해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 저탄소 녹색도시 조성에 반드시 요구되는 주요한 계획기법을 도출하고, 녹색도시 사례 분석을 통해 계획기법의 적용 실태를 파악해 봄으로서 계획 과 실제의 차이점을 살펴보고, 국내 도시의 저탄소 녹색 도시 구현을 위한 시사점을 도출하고자 한다.

1.2 연구의 흐름 및 방법

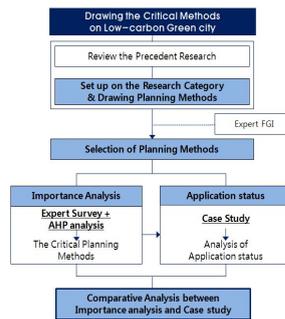
저탄소 녹색도시 조성에 있어 주요한 계획기법을 도출하기 위해 관련 계획모델에서 제시하고 있는 계획 부문별 계획기법들을 종합·정리하고, 이에 대한 중요도

및 적용실태를 파악해 보고자 한다. 이를 위해 3단계의 연구 과정을 설정할 수 있다.

일차적으로 문헌 및 선행연구를 바탕으로 저탄소 녹색도시 계획부문을 설정하고 부문별 계획기법들을 정리해 볼 수 있다. 또한, 전문가 FGI 분석을 통해 계획기법의 적절적성을 검토해봄으로서 저탄소 녹색도시 계획부 문 및 계획기법을 선정할 수 있다. 이에 대해 전문가 설 문조사 와 AHP 분석을 통해 주요 계획기법을 도출하고, 녹색도시 계획사례 분석을 통해 계획기법의 적용실태를 파악해 봄으로서 주요 계획요소를 최종도출하며, 저탄소 녹색도시 구현을 위한 시사점을 도출할 수 있다.

2. 선행연구 고찰

2.1 저탄소 녹색도시 관련 개념



[Fig. 1] the flow of research

최근 기후변화가 이 슈화 되면서 환경에 미치는 악영향을 줄이고, 이에 대응하기 위한 방안으로 많은 용어와 함께 개념들이 등장하고 있다.

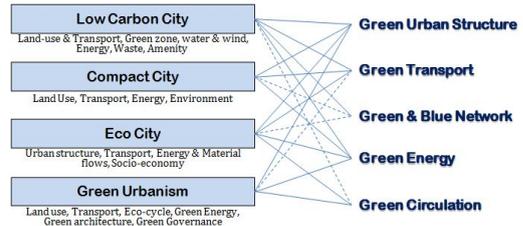
기존의 지속가능한 개발에서 환경적인 측면이 부각된 환경 친화적인 도시의 개념에서 벗어나 화석 에너지의 효율적인 활용과 신재생에너지의 적극적인 사용을 통해 에너지를 절약하고, 이를 통해 탄소배출을 제로(Zero)화하는 단계에 이른 것이다.

녹색도시는 도시 환경 용량을 고려하여 도시에서 배출되는 탄소 및 오염원 배출을 최소화하고 지속가능한 도시환경을 구현하는 것을 목표로 하는 도시계획 개념이라 할 수 있다.

이런 맥락에서 볼 때, 녹색都市는 기존 개발과 확산 위주의 토지이용에서 벗어나 압축복합적인 토지활용이 요구되며, 대중교통 중심의 도시공간구조와 보행친화적인 환경을 구축하고, 이와 연계한 녹지 및 공원 등 오픈스페이스의 확충을 통해 도시 허용량 이하로 탄소 및 오염물질의 배출을 저감하는 계획적 노력이 요구된다.

2.2 선행연구 고찰

본 연구에서는 저탄소 녹색도시 개념에 대한 계획부문을 설정하고 계획기법을 도출하기 위해 유사한 개념 모델인 그린어바니즘, 압축도시, 생태도시, 저탄소도시 등에 관한 선행연구들(권성실 외, 2004 ; 변병설, 2009 ; 이성희 외, 2013 ; 이시철, 2013 ; 오덕성 외, 2013 ; 충북 개발연구원, 2010 ; 한국토지주택공사 토지주택연구원, 2010 ; 경기개발연구원, 2009 ; 서울시정개발연구원, 2009)을 살펴보고, 이러한 연구에서 제시하고 있는 계획 부문 및 각 기법들을 토대로 계획부문을 설정하고 일차적으로 계획기법들을 도출하였다. 본 연구에서는 녹색도시의 주요 계획부문을 '5G'로 설정하고(Fig.2), 세부적으로 도시구조(Green Urban Structure), 교통체계(Green Transport), 생태 및 수 체계(Green & Blue Network), 에너지(Green Energy), 순환체계(Green Circulation)로 설정하고, 계획 부문별 계획기법들을 정리하여 5개 부문 27개 계획기법을 도출하였다[Table 1]



[Fig. 2] Setting up the 5G category of research frame

3. 주요 계획기법 도출

3.1 주요 계획기법의 도출

일차적으로 선정한 5개 부문, 27개 계획기법에 대해 적합성을 검증해 보고자 도시 및 건축계획 분야에서 10년 이상 다양한 연구경험을 보유한 교수, 연구원, 엔지니어로 구성된 전문가 5인을 선정하여 심층적으로 FGI(Focus Group Interview)를 실시하였다.

[Table 1] Low-Carbon Green City Planning Methods

Category	① Planning Methods	② FGI	③ Revised Planning Methods
Green Urban Structure	Mix-Used Development	O → U2	U1. Compact Development
	Sustainable Land Use	SC → U2	
	Transit Oriented Development,	SC → U3	U2. Mix-Used Development
	Development of Appropriate Density	SC → U1	
	Geotechnical Recycling	E	
Composition Wind Way	SC → U1	U3. Enhance public transport accessibility	
Green Transport	Public transport System	O → T1	T1. Public transport system
	Transit Mall Construction	SC → T1	T2. Bicycle, pedestrian oriented transportation system
	New Transportation	SC → T3	
	Pedestrian Zone	I → T2	T3. Introduction of eco-friendly transport
	Bicycle Zone	I → T2	
Green & Blue Network	Biotope	I → GB2	GB1. Composition of green space & network
	Hydrophilic Space	I → GB2	
	Create Corridors	I → GB3	GB2. Composition of blue space & network
	Carbon Sequestration Parks	SC → GB1	
	Green Space	I → GB1	GB3. Connection of Wind way & Green Blue Network
Three-Dimensional Planting	SC → GB3		
Green Energy	Photovoltaic Power Generation	I → E1	E1. Renewable Energy Systems
	Solar Energy	SC → E1	
	Combined Heat and Power	SC → E2	E2. Energy efficiency plan and equipment
	Geothermal Energy	SC → E1	E3. Smart Grid System (A: Added)
	Bio Energy	I → E1	
Green Circulation	Eco-Friendly Materials	E	C1. Waste Recycling System
	Waste Recycling	I → C1	C2. Waste fuel facility System
	Waste Heat Recovery System	I → C2	
	Food Waste Composting	SC → C2	C3. Resource recycling system
	Rainwater Reuse	I → C3	

SC: Semantic Change, I: Integrated, E: Elimination, O: Original, A: Added

[Table 2] Characteristics of a Respondent

	Separation	Specimen	Percentage
Gender	Male	18	47.37
	Female	20	52.63
Education (Degree)	Bachelor	3	7.90
	Master	20	52.63
	Ph.D	15	39.47
Job	Research Institute	7	18.42
	University	21	55.26
	Engineering	10	26.32
Major	Architecture	16	42.11
	Urban	22	57.89
Total		38	100

계획부문을 설정하는데 있어 의미가 중복되는 Green이라는 용어는 삭제하는 것으로 하였으며, 부문 중 생태 및 수 체계 부문은 의미 전달에 있어서 필요하다고 판단되어 그대로 사용하였다. 계획기법은 의미가 중복되거나 비슷한 것은 통합하였으며, 본 연구에서 제시한 목적에는 부합하나 일부 용어와 의미가 다른 기법에 대해서는 용어를 수정하였다.

또한 전문가들이 판단하였을 때, 각 부문을 대표할 수 있는 용어로서 부적절하다고 판단되는 항목과 해당 부문의 연관성이 떨어지는 항목에 대해서는 삭제 또는 새로운 항목을 도출하여 5개 부문, 15개 계획기법을 도출하였다(Table 1 참조).

3.2 중요도 분석 : AHP

1) 조사 개요

전문가 FGI 분석을 통해 도출한 녹색도시 부문별 계획기법에 대해 주요 계획기법을 찾아내고, 관련 분야의 전문가 설문조사로 AHP 분석을 통해 계획부문 및 기법별 중요도를 파악해 보았다.

설문조사의 신뢰도를 높이기 위해 관련 도시계획 및 설계분야의 실무자, 연구원, 대학생을 대상으로 목적표본 추출(Purposive Sampling) 실시하였다. 조사기간은 2013년 8월 20일부터 30일까지 이루어졌으며, 총 50매 중 38매를 회수하여 회수율 76%를 나타내었다.

쌍대비교에 사용된 척도는 1~5까지의 정수 및 역수를 사용하였으며, 본 연구의 설문응답자의 CR지수는 0.0098에서 0.0631까지의 분포를 보였다.

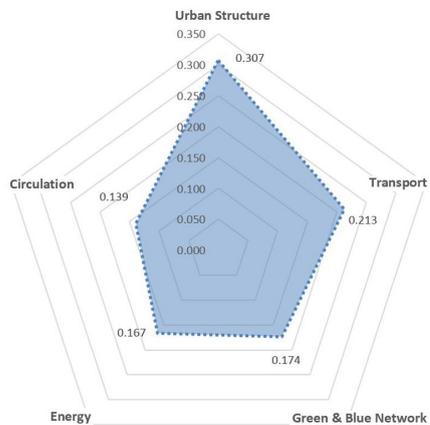
2) 부문별 중요도

부문별 중요도와 세부요소들 간 상대적 중요도를 살

펴보면, 저탄소 녹색도시 계획을 추진함에 있어서 무엇보다도 중요하다고 판단되는 부분은 도시공간구조(0.307)와 교통체계(0.213)에 대한 고려가 가장 먼저 고려되어야 함을 알 수 있었다[Table 3][Fig 3]. 이는 결국 도시를 계획함에 있어서 세부적인 기법의 적용보다는 도시 자체를 기본적으로 저탄소 녹색도시에 적합한 환경을 조성해야 한다는 것을 보여주는 것이라고 하겠다. 세부적으로 각 부문별로 대표적인 계획기법을 살펴보면, 압축고밀개발(0.364), 대중교통시스템 구축(0.383), 녹지 및 수공간과 연계된 바람길 조성(0.366), 신재생에너지 시스템 구축(0.352), 폐기물 재활용 시스템 구축(0.373)을 주요 계획기법으로 나타났다. 이는 고밀도 도시의 장점을 고려한 압축도시 계획으로 전체적으로 효율성을 높이는 것이 중요함을 보여주는 결과라 할 수 있다.

[Table 3] Importance & Prioritize of Sector

Category	Sector of Prioritize		Total Importance		
	Value	Rank		Value	Rank
Urban Structure	0.307	1	U1	0.364	1
			U2	0.351	2
			U3	0.285	3
Transport	0.213	2	T1	0.383	1
			T2	0.358	2
			T3	0.259	3
Green & Blue Network	0.174	3	GB1	0.322	2
			GB2	0.312	3
			GB3	0.366	1
Energy	0.167	4	E1	0.352	1
			E2	0.344	2
			E3	0.304	3
Circulation	0.139	5	C1	0.373	1
			C2	0.301	3
			C3	0.326	2



[Fig. 3] Importance & Prioritize of category

3) 계획기법별 중요도

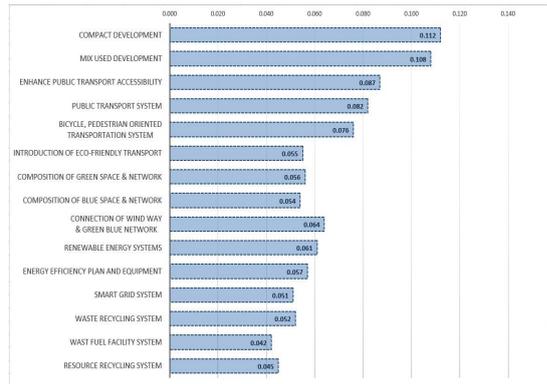
앞에서 부문별 중요도에 이어 세부 계획기법들의 상대적 중요도를 살펴보면 다음과 같다[Table 4].

계획기법의 중요도를 살펴보면, ‘압축고밀개발’, ‘복합용도개발’, ‘대중교통 접근성 강화’, ‘대중교통시스템 구축’, ‘자전거·보행중심 교통체계 구축’의 순으로 중요도가 높은 것으로 분석되었다. 이는 저탄소 녹색도시 계획의 수립에 있어 압축적이고 복합용도가 적용된 적절한 밀도의 개발이 신기술의 적용이나 기술적 특성을 가진 계획보다 우선되어야 함을 의미하는 것이라 볼 수 있다. 저탄소형 녹색도시 조성과 관련하여 탄소저감을 위한 적극적 방법으로 ‘신재생에너지 시스템 구축’, ‘에너지 고효율 계획 및 설비’, ‘녹지조성 및 연계’ 기법 등 신재생 에너지 및 녹지공간 확대에 대한 관심이 큰 반면, 중요도 분석의 결과에서는 공간구조 재편을 통한 도시 시스템 변화보다 그 중요도가 낮게 분석되었다.

중요도 결과가 낮게 조사된 항목들의 경우, 전문가들이 국내 현황을 고려하여 평가한 것으로 판단된다. 시스템 구축 또는 최신 기술이 적용된 항목들이 주를 이루고 있었는데, 국내의 기술 현황, 초기 투자비용 과다, 유지관리의 어려움 등 아직은 낮은 효율성이 조사에 반영된 것으로 판단된다.

[Table 4] Importance & Prioritize of Planning Methods

Category	Total Importance		
	Planning Method	Value	Rank
Urban Structure	Compact Development	0.112	1
	Mix Used Development	0.108	2
	Enhance public transport accessibility	0.087	3
Transport	Public transport system	0.082	4
	Bicycle, pedestrian oriented transportation system	0.076	5
	Introduction of eco-friendly transport	0.055	10
Green & Blue Network	Composition of green space & network	0.056	9
	Composition of blue space & network	0.054	11
	Connection of Wind way & Green Blue Network	0.064	6
Energy	Renewable Energy Systems	0.061	7
	Energy efficiency plan and equipment	0.057	8
	Smart Grid System	0.051	13
Circulation	Waste Recycling System	0.052	12
	Wast fuel facility System	0.042	15
	Resource recycling system	0.045	14



[Fig. 4] Importance & Prioritize of Planning Methods

4. 적용실태 분석

4.1 사례선정 및 개요

1) 사례선정

본 연구에서는 사례를 선정함에 있어 저탄소 녹색도시 개념 및 기본조건을 충족하고 있으며, 일반적으로 계획 및 사업추진에 있어 우수하다고 판단되는 사례들을 대상으로 선정하였다. 이에 조성계획에서부터 조성단계, 조성 후 관리계획까지 모든 단계에 걸쳐 우수한 사례들을 중점적으로 살펴보았으며, 유럽 및 최근 조성계획을 수립한 사례들을 대상으로 하였다. 또한 거주민들과 지속적인 소통을 통해 도시에서의 지속가능성은 무엇인지 보여주는 모범적인 사례들을 살펴보고자 하였다.

사례분석은 크게 세 가지 방법으로 분석을 실시하였는데, 가장 먼저 단지계획도면을 확보하였으며, 관련문헌, 선행연구 및 연구보고서를 통한 자료수집, 인터넷을 활용하여 실제 적용여부(해당 관공서 자료 및 Google Earth Map 등을 활용한 실사 확인)로 분석하였다. 또한, 본 연구에서는 계획기법의 적용여부를 판단함에 있어 계획기법의 유사성은 배제한 채 참고자료에서 명확하게 제시된 항목에 대해서만 적용된 것으로 판단하였다.

국내사례의 경우 최근 조성 중인 신도시를 중심으로 내용을 살펴보았다. 최종적으로 스웨덴 함마르비, U.A.E 마스다르, 독일 림, 한국의 검단신도시, 동탄신도시(2)를 사례대상지로 선정하였다.

2) 사례개요

함마르비(Sweden, Hamarby)는 유럽의 중세 골목이

주는 낭만적인 분위기의 단지를 조성한다는 개발 콘셉트로 친환경에너지 및 재생에너지 사용과 수변공간(Waterfront)의 장점을 극대화하며, 녹색교통수단 중심의 도시를 형성하는 개발을 하였다. 또한 도시전체를 하나의 유기체로 보고 순환체계를 적극적으로 활용한 계획을 실시하고 있다.

마스다르(UAE, Masdar)는 여의도의 약 2/3정도로 세계최초의 무탄소도시를 지향하고 건축에 전통 아랍양식을 통해 에너지 효율화와 신개념 교통수단 제안을 통한 탄소가스 발생 억제, 에너지 사용 최소화를 위한 목표를 수립하고 있다.

림(Germany, Riems)은 기존에 공항이던 곳을 주거를 높은 밀도로 계획하고, 풍부한 녹지면적으로 주거와 노동, 여가의 기능이 충족되는 압축도시(Compact City)구조로 개발된 미래지향적, 생태적, 사회적 복합도시를 목표로 개발되었다.

검탄신도시는 균형발전을 목표로 에너지 절감 도시를 조성하기 위하여 도보 및 자전거로 대중교통중심에 도달할 수 있는 시스템을 구축하고 도시 미기후를 고려한 도시조성을 실시하였다.

동탄신도시(2)는 탄소중립형 도시구조를 적극 도입하고자 에너지 절약을 위한 구체적인 계획을 도입하고 있다. 또한 녹색교통의 활성화를 위해 U-City 첨단기술과 접목된 ITS형 교통체계 등의 프로그램을 마련해 대중교통과의 연계를 강화하였다.

탄소배출 저감을 위한 사례별, 부문별 적용실태를 분석하고자 한다.

함마르비는 단지 내 주거지역과 자연환경, 업무시설을 밀접하게 연계하였다. 또한 거리의 폭은 18m, 블록의 크기는 70*100m로 설정, 녹지와 연계하여 도심부를 압축적인 구조와 생태적으로 쾌적한 공간을 조성하고 있다. 이를 통해 볼 때, 현재 이상적인 모델로 인정받고 있는 압축, 고밀개발, 혼합도지이용 등의 특성을 보이고 있으며, 도시의 기능을 적절하게 활용하고 있는 것으로 판단된다(Urban Task Force, 1999, 김영환 외 2002).

마스다르에서는 저탄소 녹색도시에서 추구하는 기본적인 개념을 그대로 재현하려는 시도를 하고 있었다. 탄소제로 실현을 위해 저탄소형 대중교통 중심 도시구조를 목표로 대중교통체계와 긴밀하게 연계한 고밀도 개발을 주요 전략으로 설정하고 있다. 분산적 집중(Decentralized Concentration)의 도시 형태로 최소한의 이동이 발생하도록 하였으며, 특히 친환경교통수단을 개발하고, 개인 승용차의 통행수요를 최소화 하였다. 이는 지속적으로 도시구조를 대중교통에 중점을 두고 개발을 실시한 것이다. 도시구조를 도로의 형태에 맞추고, 이 축을 따라서 성장하는 개발방식을 채용하고 있었다. 이러한 내용을 통해 볼 때 도시형태 특성에서 압축개발 및 분산집중형 개발에서 추구하는 목적에 합당하다는 내용을 다룬(김영환 외 2003)과 일치한다.

압축·복합개발 관점에서 본 림은 압축개발 개념을 적극적으로 수용하고 있었는데 업무, 주거, 오픈스페이스를 각각 1/3 비율로 조성하여 토지의 효율적 이용과 이동거리를 최소화 등 탄소배출을 연간 3,000~3,500ton(이성희 외, 2013)감축하기 위한 최적의 공간구조를 구성하고 있다. 또한 단지 내 남향배치를 하였으며, 일조의 영향을 받지 않는 서비스는 북측으로 배치하는 등 건물의 배치와 시설물 배치를 통해 에너지 손실과 탄소배출을 적극적으로 차단하는 계획을 실시하였다. 이는 한국토지공사 토지주택연구원(2010)에서 추구하는 다기능의 복합으로 편리한 공간 조성, 지형조건을 고려한 에너지 절감 방안 마련 등의 내용을 충족하고 있다.

검탄신도시에서는 전체 도시구조를 10분 내 도보와 자전거로 대중교통중심지에 도달할 수 있는 스마트교통 시스템을 구축하고 있다. 이는 단순히 수송에너지 소비량을 절감하는 것에서 그치는 것이 아닌 도시구조 및 토지이용 형태, 교통체계를 하나로 묶음으로써 ‘거리단축’

[Table 5] Foreign and domestic case outline of Low-Carbon Green City

Case	Outline			Main Sector
	Location	Area	Population	
Hammarby	Sweden	2km ²	17,500	Circulation
Masdar	U.A.E	6km ²	50,000	Transport
Riem	Germany	5.56km ²	16,000	Urban Structure
Geomdan	Korea	11,239km ²	177,000	Green&Blue Network
Dongtan(2)	Korea	23,900km ²	282,000	Energy

4.2 부문별 적용 실태

1) 도시구조

본 연구에서는 저탄소 녹색도시의 개념에서 추구하는 압축·복합적인 토지활용, 대중교통 중심의 공간구조, 보행친화적인 환경, 녹지 및 수자원 연계 등을 중점적으로

을 위한 고밀개발을 역세권에 집중적으로 개발함으로써 탄소배출 저감에 큰 기여를 한다고 할 수 있다.(이승일, 2000; Echenique, 2001) 또한, 바람길·물길 등 도시미기 후를 고려한 공원·녹지 조성과 신재생에너지를 활용한 건축물 설치를 통해 냉난방 에너지 절감을 유도하였다.

동탄신도시(2)도 대중교통중심 개발(TOD, Transit Oriented Development)로 개발하고 배후생활권 형성을 위하여 역세권과 연계된 커뮤니티회관을 형성하였다. 이는 도시활동 간 거리를 단축시킴으로써 승용차 통행거리와 이용감소를 유도하는 압축개발을 지향하는 방식으로 볼 수 있다. 결국 회관을 중심으로 주변지역의 자연생태계 훼손을 막음으로써 탄소흡수량을 제고하는 효과도 거둘 수 있다.(충남발전연구원, 2009) 또한 커뮤니티 회관을 중심으로 보차공존 생활가로를 조성하여 도시전역을 연결하는 보행네트워크 구축, 지하철역, BRT(Bus Rapid Transit) 정류장과 연계된 자전거 도로 등 친환경교통체계를 구축하였다. 이는 동탄신도시(2)가 국내의 다수 연구(국토연구원, 2006; 대한주택공사 주택도시연구원, 2008)에서 검증된 내용을 토대로 계획 된 것에서 기인한 것으로 판단된다.

2) 교통체계

함마르비는 경전철(4개의 경전철 정거장), 버스, 수상교통(페리호로 10-15분 간격 운행) 등 대중교통수단을 이용하는데 제도적으로 다양한 우선권 부여하여 2010년 주민전체의 80%가 대중교통을 이용하고 있다. 카풀을 적극적으로 이용하고 이 중 75%가 바이오가스를 이용한다. 보행과 자전거의 적극적 이용을 위해 추가적으로 단지 및 건물 간 데크로 연결하여 이용에 용이하도록 하였다. 단지 내부를 이와 같이 하나의 시스템으로 통합 적용 및 관리하여 유기적인 교통체계를 구축하고 있다.

마스다르는 LRT역과 연계하여 대중교통주변에 호텔, 대학, 컨벤션 센터 등이 밀집하여 접근성이 용이하도록 보행권 내 배치하였다. 또한 '세그웨이'라고 불리는 친환경 대중교통을 기반의 보행권 내 연결(door to door) 가능한 도시로 조성하기 위하여 반경 200m 내에서 전기버스를 이용할 수 있도록 하였다. 이는 녹색교통 이용에 합리적인 환경을 구축에 필수적이라 할 수 있는 주거지와 생활권 중심을 연결구간에 생활권과 생활권, 생활권과 주변 지역을 연결하는 등 필요한 계획을 모두 실시하고 있다고 할 수 있다.(토지주택공사 토지주택연구원, 2010)

림에서는 주거단지 내 도로 사용 규제와 주차시설은 외곽에 배치하였으며, 내부에는 보행 및 자전거 도로만 통행할 수 있도록 계획하였다. 대중교통으로의 접근을 지하철은 600m, 버스는 300m로 계획하였다.

이는 대중교통중심의 도시 공간 및 교통 환경으로 고밀도의 지역중심이나 도시철도 역세권과 같이 여러 대중교통 노선의 결절점 지역에 보행 및 자전거와 대중교통수단에 통행우선권을 부여하는 대중교통 전용지구를 계획하는 기본적인 틀에 부합한다.

검단신도시에서는 교통계획의 기본방향은 보차공존·보행자전용도로·자전거 도로 등 환경 쾌적성이 보장된 에너지절감형 스마트녹색교통체계를 구축하도록 계획하였다. 스마트교통체계를 구축하여 도보, 자전거로 10분 내에 대중교통망에 도달할 수 있도록 하였다. 또한 보행동선이 단절되지 않도록 공원·녹지·하천·공공공지 등 녹지공간과 연계하여 보행동선 체계를 네트워크화 하였으며, 자전거도로는 공원, 녹지, 학교 등 주요시설물과 연결하고 통근, 통학, 산책, 구매 등의 일상생활을 위하여 각 생활권간의 자전거 네트워크를 구성하였다.

동탄신도시(2)의 경우 편리한 대중교통체계, 차량동선과 분리된 녹색교통망 구축, 생태보전 축을 고려한 자연순형형 도로 건설을 기본계획 하였다. 도시 내 주요지역 및 시설을 연결하는 도로변에 자전거도로를 설치하여 단거리교통 및 대중교통 연계수단으로 활용하였다. 또한 대상지를 순환하는 공원 축 내에 차도와 분리된 안전한 녹도교통축을 형성하였다. 이는 많은 연구(충북개발연구원, 2010; 이성희, 2013; 한국토지주택공사 토지주택연구원, 2010; 변병설, 2009)에서 언급하고 있는 대중교통중심의 도로계획에 있어 필수적인 요소에 부합된다고 할 수 있다.

3) 그린·블루 네트워크

함마르비는 지구 중심의 호수를 중심으로 오픈스페이스와 주거단지와의 조화에 노력을 기울여 녹색코리더를 형성하였다. 또한 단지 내 공원과 공공공간의 연계하고, 비오톱 조성과 다양하고 단지에 적합한 수종을 식재하는 계획을 통해 쾌적성을 확보하고 있다. 다만, 녹지와 수공간이 연계되는 지역에 대한 세부적인 설계의 적용은 시에서 규제하고 있는 기준만을 만족한 채 자연스러운 상태로 계획하였다. 이를 통해 볼 때, 단지의 기존의 환경을 보존하고, 탄소배출은 자연스럽게 저감되는 방식을 채용

하는 계획이 필요함을 알 수 있었다.

마스다르에서는 우수를 지하에 저장하여 지구 내 다양한 용도로 재활용을 한다. 또한 녹지를 조성하고 우수를 조경용수로 활용하는 등 도심 내 오픈스페이스의 적극적인 계획으로 도시의 온도를 낮추고자 하였다. 다만 단순 계획의 수립만 이루어진 채 세부적인 적용은 이루어지지 않아서 실제적인 효과는 미비한 것으로 나타났다.

림의 경우 전체개발면적의 약 50%를 녹지로 조성할 만큼 녹지계획에 중점을 두고 있었다. 이를 위해 생태녹지, 비오톱을 조성하고 적극적으로 연계하고 있으며, 녹지를 건물에까지 도입하여 도시의 미기후를 활용하였다. 단지 중앙의 바람 길과 여가시설을 연계하고 2.6ha에 달하는 인공호수를 조성하는 등 단지 내 쾌적한 환경을 조성함에 있어서 다양한 노력을 기울이고 있었다. 이러한 노력으로 도시 내에 1년간 배출되는 탄소량을 약 8ton 가량 저감하는 획기적인 결과를 보였다.

검단신도시의 공원·녹지시설용지는 지구 내 3개의 그린순환녹지 및 블루연결녹지와 연결되는 내부 녹지축상에 환경요소 등을 고려하여 생활권별로 공원계획을 수립하였다. 또한 주변의 자연환경을 연계하는 그린 네트워크를 구축하고, 중앙호수공원 및 생활권 단위를 고려한 공원을 계획하였다. 이러한 계획으로 내부의 40%이상의 생태면적률을 확보하였다.

동탄신도시(2)에서는 공원·녹지체계는 거점녹지(중앙공원, 하천)의 유기적 연계를 위한 그린 매트릭스를 형성하고 기존 저수지와 연계된 함양지를 확보하여 도시전체의 생태·물 순환체계를 구축하였다. 이렇듯 현재 국내에서는 녹지분야의 탄소저감 및 흡수효과에 대한 자료는 연구차원에서 발표된 사례는 있으나, 아직은 일반화 또는 정량화하기에는 많은 연구와 통계분석 등이 개발되어야 하는데 아직 동탄신도시(2)의 경우 이를 정확하게 반영하지 않아 부족한 것으로 판단된다.(토지주택공사 토지주택연구원, 2010)

4) 에너지

함마르비에서는 바이오 가스 등 신재생 에너지를 통한 에너지 순환 시스템 적용하고 폐수 및 폐기물로부터 재생가능 에너지를 추출하고, 식물의 비료 역시 유기폐기물에서 생산되는 등 에너지 공급 및 활용을 위한 신기술 적용 및 시험을 지속적으로 실시하고 있다.

림에서는 일조와 바람길을 고려한 단지배치, 신재생에

너지의 이용(지열, 태양에너지, 폐열 등)을 통해 획득된 에너지가 폐열로 손실되지 않도록 분산식 열병합시스템 구축하였다. 또한 패시브 Solar 에너지 이용(단지 및 건축배치)을 통해 건축디자인 및 단지배치 공기순환 시설 등에 대한 가이드라인 제시하였다.

마스다르는 탄소가스를 배출하는 화석에너지 대신 태양광, 태양열, 지열, 풍력 등 재생에너지를 자체적으로 생산하여 사용하고 대부분의 전력은 태양광으로 공급, 일부는 쓰레기가 연료로 전환된 전환에너지 및 풍력으로 공급하였다. 또한 도시에서 발생하는 쓰레기를 이용한 전환에너지 사용하였으며, 냉방에는 기존 압축기 대신 태양열로 돌아가는 흡수냉각기 사용하고 있었다.

검단신도시는 도시전체를 고단열, 고기밀, 고효율 창호를 활용하여 에너지 소비를 최소화하고, 에너지 제로 하우스 시범단지를 시작으로 신재생에너지를 적극적으로 활용하고 있다. 시범단지에 한정된 사항이나 스마트그리드 시스템이 일부 적용되어 향후 국내의 저탄소 녹색도시 계획에 바가 크다고 할 수 있겠다.

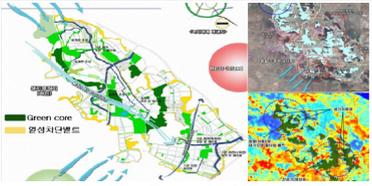
동탄신도시(2)는 단독 및 공동주택에 태양열을 활용하여 에너지를 공급한다. 또한 단독주택, 학교, 커뮤니티센터에 100% 신재생에너지를 사용하여 에너지를 공급하고 있다. 건축물에는 고효율의 설비를 통해 에너지 소비를 최소화하였으며, 검단의 사례와 비슷하게 일부이나 스마트그리드 시스템을 적용하고자 하였다.

5) 순환체계

함마르비의 경우 쓰레기 자동처리 효율화 시스템(practical automated waste disposal system), 재처리 된 폐열 회수 시스템을 도입하여 지구난방 및 냉방에 활용하는 등 성공적인 자원순환 시스템으로 구축하고 있었다. 또한 해당 주호에서 필요한 연간 난방 에너지의 50%를 생산하는 것을 목표로, 건물 내에 Solar Cell, Fuel Cell, Solar Panel 등을 벽이나 지붕 등에 적용하여 적극적으로 활용하고 있었다.

마스다르에서는 물 사용량 50%절감 및 물 재순환 80%를 목표로 도시의 식수와 용수를 최소로 유지하도록 하고 담수화 작업을 통해 도시 전체 물 순환을 계획하고 있다. 또한 빗물과 오·하수에서 정화된 물을 화장실과 옥상정원에 재활용 하였다. 쓰레기 배출을 줄이기 위해 통합적인 관리 시스템을 통해 퇴비나 에너지 연료로 재활용하고 2%이하만을 매립하여 처리하였다.

[Table 6] Case Studies Summary and Importance of Planning Methods

Category	Planning Methods	Case					Value (Rank)	Main Condition
		H	M	R	G	D		
Urban Structure	Compact Development	●	●	●	●	●	0.112 (1)	 <p>Riem Urban Structure</p>
	Mix Used Development	◎	●	●	◎	◎	0.108 (2)	
	Enhance public transport accessibility	●	●	●	●	●	0.087 (3)	
Transport	Public transport system	●	●	●	◎	●	0.082 (4)	 <p>Masdar Transportation (LRT, PRT)</p>
	Bicycle, pedestrian oriented transportation system	●	●	●	●	●	0.076 (5)	
	Introduction of eco-friendly transport	●	●	○	◎	●	0.055 (10)	
Green & Blue Network	Composition of green space & network	●	◎	●	●	●	0.056 (9)	 <p>Geomdan Green & Blue Network</p>
	Composition of blue space & network	●	○	●	◎	●	0.054 (11)	
	Connection of Wind way & Green Blue Network	○	◎	●	●	●	0.064 (6)	
Energy	Renewable Energy Systems	●	●	●	◎	●	0.061 (7)	 <p>Dongtan(2) Green Building system</p>
	Energy efficiency plan and equipment	○	●	●	○	●	0.057 (8)	
	Smart Grid System	○	◎	○	◎	◎	0.051 (13)	
Circulation	Waste Recycling System	●	●	●	◎	○	0.052 (12)	 <p>Hammarby waste collection system</p>
	Wast fuel facility System	●	●	○	●	◎	0.042 (15)	
	Resource recycling system	●	◎	●	●	●	0.045 (14)	

H: Hammarby, M: Masdar, R: Riem, G: Geomdan, D: Dongtan(2) ●: Strong ◎: Normal ○: Weakness

립에서는 정원용수와 세탁용수로 재활용하는 계획을 포함하여 수자원 절약을 위해 주민홍보를 실시하고 수자원을 절약할 수 있는 생활습관 유도하는 등 폐기물 발생방지와 폐기물 재이용을 통한 총 폐기물 양 감소 목표로 수립하였다.

검단신도시는 투수성 포장 및 침수통 설치로 빗물을 활용할 수 있도록 하여 생태면적율 40%이상을 확보한다. 또한 분산형 빗물관리도 우수활용 및 물 순환체계를 조성하는 계획을 포함하고 있다. 하지만 계획으로만 수립되고 있을 뿐 아직 계획의 적용 전 단계이다.

동탄신도시(2)에서는 생활폐기물 및 하수처리장 슬러지 등을 열병합발전소와 연계하여 냉·난방의 열원으로

활용하는 계획을 실시하고 있다. 다만 그 적용정도에서 낮은 것으로 나타났는데, 전체적인 계획은 수립되어 있으나 현재 조성 중인 데에서 이와 같은 결과가 나온 것으로 보인다.

4.3 분석의 종합

사례조사 결과 저탄소 녹색도시 사례별로 큰 차이는 보이고 있지는 않았으나 개발방식이나 도시유형에 따라 근소한 차이를 보였으며, 해외와 국내사례에서 실제조성과 계획사례로서의 차이는 일부 나타나고 있음을 확인할 수 있었다.

계획의 수립에 있어 해외사례의 경우 주변현황의 분석을 통해 계획기법을 적용했을 뿐만 아니라 타 계획기법과의 연계를 통해 시너지를 얻고 있었다. 이에 반해 국내 사례의 경우 신도시를 대상으로 계획기법들의 선별적인 수용방식이 아닌 모든 계획기법에 중점을 둔 적극적인 추진형태를 보인다고 할 수 있다. 평면적 토지이용계획으로 개발된 기존 도시계획체계의 혁신적 변화를 모색하고 있었으며, 토지, 녹지, 물, 바람 등 도시 내 자연환경과 녹색교통의 연계 강화와 탄소저감·에너지절감 도시환경 실현을 위한 부문별 기술개발 및 적용하고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 친환경건축기술은 물론 에너지관리시스템, 녹색교통수단 등 일정 분야에 한정되지 않고 건축, 교통, 에너지, 공원녹지 등 도시를 하나의 유기체로 보고 전반적으로 모든 계획 및 요소들이 동시다발적으로 이루어지고 있었다.

세부적으로 도시구조부문이 가장 많은 사례에서 많은 기법들이 적용된 것을 확인하였다. 입체적인 공간구조의 계획과 함께 복합용도와 같은 효율적인 측면을 중시하고 있었다. 이는 앞서 도출한 계획기법의 중요도에서도 같은 결과가 도출된 것으로 전문가들이 생각하는 기법들이 사례에서도 높은 적용을 보이고 있는 것이다. 또한 해외 사례에서 뿐만 아니라 국내에서도 비슷한 경향을 보이고 있어 국내의 저탄소 녹색도시의 계획도 상당한 수준에 있는 것으로 판단된다. 교통체계측면에서도 비슷한 경향을 보였는데, 도시의 공간구조와 연계한 교통계획으로 친환경적인 교통네트워크와 TOD개념이 적용된 보행네트워크, 친환경교통수단 등이 적극적으로 활용하는 계획을 적용하고 있었다.

그린·블루네트워크부문의 경우 미기후를 적극적으로 고려한 녹지공간 계획 및 네트워크를 형성하고, 이를 보행동선과 연계하여 쾌적한 환경을 조성하고 있었다. 계획기법의 중요도에서도 비교적 높은 순위를 보이는 기법인 바람길 조성과 같은 요소는 비교적 적용이 두드러지지 않고 있음을 확인할 수 있었다.

에너지부문은 신재생에너지나 고효율 설비 등을 적극적으로 도입하려는 계획이 대체적으로 반영되어 있었으나, 효율성을 높이려는 계획은 다소 미흡한 것으로 나타나고 있었다.

순환체계부문에서는 국내 사례인 동탄신도시(2)서 일부 적용이 미흡한 것으로 나타났는데, 이는 국내의 기술수준 및 거주민들의 생활수준에 비해 높은 투자비용이

발생되기 때문인 것으로 판단된다.

5. 종합 및 결론

본 연구는 최근 다양한 변화에 의해 많은 문제들이 발생하고 있는 도시 내에서 탄소저감 및 도시환경 개선의 문제 해결방안으로 저탄소 녹색도시 구현을 위한 주요한 계획기법을 도출하고, 사례분석을 통해 계획기법의 적용 실태를 파악해 봄으로써 저탄소 녹색도시 조성을 위한 핵심전략은 무엇인지 파악해 보고자 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

첫째, 저탄소 녹색도시 조성을 위해서는 분산집중형 도시공간구조 구축이 매우 중요하며, 토지이용 및 교통체계는 공간구조 계획과 함께 고려되어야 하는 부문임을 확인할 수 있었다.

둘째, 대중교통 환승점을 중심으로 고밀 압축개발을 통한 대중교통시스템과 복합토지이용의 연계는 도시계획에서 선행되어야 하는 전략적 계획 방안으로 토지의 효율적 이용과 교통량 저감을 통한 저탄소 계획의 핵심 전략이라 할 수 있다. 이러한 점에서 볼 때 도시의 설계 단계에서부터 도입이 가능한 신도시의 경우에는 가장 우선적으로 고려되어야 하는 전략으로 적용될 필요성이 크다고 볼 수 있다.

셋째, 단순히 계획기법의 적용뿐만 아니라 기법 간 연계를 통해 적용 및 관리의 효율성을 극대화하여야 하며, 에너지저감 및 탄소저감과 같은 구체적인 결과를 얻을 수 있는 기술개발과 적용이 이루어지고 있었다.

넷째, 화석연료의 의존도를 줄이면서도 안정적인 생활환경 조성을 위해 재생가능한 신재생에너지 적용을 확대하고 있으나, 이에 대한 효율성을 극대화 시킬 수 있는 방안이 미흡하여 스마트 그리드 등과 같은 에너지 효율적 이용을 위한 시스템 구축이 보완되어야 할 것임을 확인할 수 있었다.

본 연구는 저탄소 녹색도시계획의 주요 계획기법을 도출하고, 이를 사례를 통해 적용실태를 확인해 봄으로써 녹색도시 구현을 위해 도시계획이 나아가야 하는 방향과 보완사항은 무엇인지 살펴본 점에서 의미가 있다고 할 수 있다. 하지만, 적용실태를 계획기법이 실제 조성계획에서 채택되었는지를 통해 파악해 봄으로써 이론적 차원에 치우친 점은 한계라 할 수 있으며, 사례로 선정된 도시에 대해 계획, 조성과정, 도시환경 등을 파악하기 위

한 현장조사가 뒤따르지 못한 점은 연구의 한계라고 할 수 있다.

References

- [1] Sung Hee Lee, Jong Kon Kim, A Study on the Direction of Urban Planning for Coping with Climate Change focusing on Urban Metabolism. Climate Change Research Vol.4, No.3, 2013, pp.279-290
- [2] Deog-Seong Oh, Seo Jeong Lee, Jae Wook Sung, A Study on the Evaluation Indicators in accordance with the Planning Stage of Low-Carbon City in relevance with the stage of urban planning establishment, design and operation of urban structure, management and maintenance. The Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol.14, No.9, 2013, pp.4560-4571.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.9.4560>
- [3] Lee Shi Chul. Green Urbanism's Implications for Korean Cities, Korean Urban Management Association, Vol.26, No.4, 2013.
- [4] Seong Sil Kwon, Deog-Seong Oh. A Study on the Possibility that Compact City can be a Model of Sustainable Urban Form, Urban Institute of Korea Vol.5, No.4, 2004.
- [5] Byun Byung Seol, Carbon Neutral Urban Development, Composition of low-carbon green city seminar, 2009.
- [6] Korea Land & Housing Institute, Development of a "Low Carbon, Green City" Model and Its Application to Pilot Project 2010.
- [7] Chungbuk Research Institute. A Plan on a Land use Model for Carbon-reduced New City; 2010.
- [8] Gyeonggi Research Institute. Environmentally friendly Spatial Planning for Carbon Reduction; 2009.
- [9] Seoul Development Institute. Making the Carbon Neutral City in Newtown-in-town Areas; 2009.
- [10] Young Hwan Kim, Ki Young Baek, Deog-Seong Oh, The Characteristics of Urban Regeneration in England : Case of Sheffield, Urban Design Institute of Korea, 2003.
- [11] Young Hwan Kim, Jung Woo Choi, Deog-Seong Oh, A Study on the Strategies and Element of Growth Management-typed City Center Regeneration, Korea Planners Association, Vol.38, No.3, 2003, pp.85.
- [12] Seung Il Lee, A Study on Sustainable Urban Forms for Enhancing Traffic Avoidance -The Case of the Kwangu Metropolitan Area, The Journal of Korea Planner Association, Vol.35, No.6, 2000, pp.21-33.
- [13] Echenique, M., 2001, Mobility and Space in Metropolitan Areas, in Echenique, M. and Saint, A. (eds.) Cities for the New Millennium, London: Spon Press.
- [14] Oh Yong Joon, Lee Seung Il, Byun Byung Seol, Lee Jae Joon, Hong Kyoung Koo, Low-carbon, energy-efficient urban planning policy issues and implementation strategies, Chungnam Development Institute, 2009
- [15] Korea Research Institute For Human Settlements, Environmentally friendly technologies applied to urban plan for the construction of ecological city, 2006.
- [16] Land & Housing Institute, Development of Energy System for a Future Oriented Housing and City, 2008.
- [17] Masdar City Project Development Overview, Abu Dhabi Future Energy Company
- [18] www.messestadt-riem.com
- [19] <http://maps.google.co.kr/maps?hl=ko&tab=wl>
- [20] Freiburg green city, City of Freiburg im Breisgau, 2009
- [21] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Guidelines for low-carbon green city planning, 2009.

전 우 선(Woo-Seon Jeon)

[정회원]



- 2009년 2월 : 우송대학교 건축공학과 졸업 (공학사)
- 2011년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2014년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 (박사수료)

<관심분야>

그린시티, 압축도시, 대중교통중심도시

이 응 현(Eunghyun Lee)

[정회원]



- 2005년 2월 : 충남대학교 건축공학과 졸업 (공학사)
- 2007년 8월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 2012년 10월 ~ 현재 : 충남대학교 건축연구소

<관심분야>

도시재생, 그린시티, 과학도시

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>

스마트그린시티, 도시재생, 과학도시