

기후변화대응 탄소저감형 도시재생 계획 요소 및 체계에 관한 연구

최정은¹, 최준성¹, 오덕성^{1*}
¹충남대학교 건축학과

A Study on the Low-carbon Urban Regeneration Planning Elements and System in Climate Change Era.

Joung-eun Choi¹, Joon-Sung Choi¹, Deog-Seong Oh^{1*}

¹Department of Architecture, Chungnam National University

요약 본 연구의 목적은 ‘탄소저감형 도시재생’ 개념의 정립과 계획 요소 도출, 계획 체계의 구축에 있다. 탄소저감형 도시재생 계획요소 도출을 위해 ‘도시재생’ 계획요소와 ‘저탄소도시’ 계획요소 간의 상호연관성 분석(Matrix Analysis)과 전문가 집단면접(FGI)을 실시했고, 이를 통해 도출된 요소들을 재구조화시켜 계획 체계를 구축했다. 또한, 도출된 탄소저감형 도시재생 계획 요소 및 체계의 적절성 및 그 효과를 검증하기 위해 심층사례분석을 실시했다. 분석 결과, 탄소저감형 도시재생 계획 요소는 총 5개 분야 37개의 요소로 설정되었고 검증단계를 통해 분석해 본 결과, 계획 체계 및 요소들은 선진 사례에서도 매우 핵심적으로 적용되어 있었으며 도시재생 및 탄소저감에 기여하는 효과도 매우 적극적인 것으로 나타났다. 또한 이들은 탄소저감 뿐만 아니라 기후변화의 적응과 완화(억제)의 측면에서도 매우 긍정적으로 작용했다. 재생 측면에 적극적 효과를 보이는 요소들은 주로 공간구조 및 교통, 제도 및 프로그램에 관한 것들이었고 탄소저감 효과가 큰 요소들은 교통, 녹지 및 수자원, 에너지 및 자원 분야에 속해있었다. 또한, 현재와 같은 추세의 기후변화 및 화석에너지 고갈이 계속될수록 도시재생 사업에서의 탄소감축은 지속가능한 개발의 ‘환경적’측면 뿐만 아니라 ‘경제적’측면에도 매우 중요한 역할을 감당하게 된다는 것을 분석할 수 있었다.

Abstract This study aims to clarify the concept of ‘Low-carbon urban regeneration’, to extract planning elements according to it, and to establish the planning system. In order to extract the elements, matrix analysis was conducted between planning elements of urban regeneration and Low-carbon cities, and the focus group interview(FGI) was used. Derived elements from this process were restructured for the new planning system. In addition, in-depth case analysis was performed to verify the suitability and effects of planning elements and system. The result showed that planning element of Low-carbon urban regeneration can be sorted in 37 elements in 5 categories. In-depth analysis indicated that established planning elements were importantly dealt in cases and played a significant role in urban regeneration and carbon reduction. Also, it showed that those elements had a significant relationship with adaptation and mitigation, the two responding strategies to the climate change. Elements highly contributing to urban regeneration were Urban Structure, Transportation, Policy while elements affecting carbon reduction were Transportation, Green & Blue space, Energy & Material field.

Keywords : Low-carbon Urban Regeneration, Urban Regeneration, Low-carbon City, Green City, Climate Change

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

심각한 범지구적 기후변화 및 에너지 시대를 맞이하여 전 세계는 사회·경제·문화 등 다양한 분야에서 새로운 패러다임의 실천적 접근을 위해 부단히 노력해오고 있

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

Tel: +82-10-5434-9096 E-mail: ds_oh@cnu.ac.kr

Received July 28, 2015

Revised September 2, 2015

Accepted September 11, 2015

Published September 30, 2015

다. 특히, 기후변화의 가장 큰 원인으로 ‘도시’에서의 ‘인간 활동’이 주목되면서 건축 및 도시계획 분야의 시급하고 면밀한 대응이 요구되어져 왔다. 국내에서도 2008년 ‘저탄소 녹색성장(Low Carbon Green Growth)’이 국가 발전 패러다임으로 제시되면서 탄소발생을 감축시키기 위한 국가 및 도시, 지역적 차원의 연구개발이 활발하게 진행되고 있으며 도시계획 분야에서도 다양한 차원과 측면의 심도 있는 연구 및 시범사례 건설이 이루어지고 있다.

그러나, 이러한 연구의 대부분은 신도시 및 신시가지를 대상으로 한 내용에 국한되어있고, 정작 탄소발생에 취약한 기성시가지 및 도시낙후지역을 대상으로 하는 연구는 거의 전무한 실정이다. 또한, 도시의 낙후지역의 물리환경적·경제적·사회문화적 지속가능성을 회복시켜야 하는 ‘도시재생(Urban Regeneration)’사업 역시 탄소저감 및 에너지 측면을 적극적으로 수용하고 있지 못한 실정이다. 탄소감축이 도시 환경의 질적 향상 및 경제적 자립도에 직접적으로 영향을 주는 현 시대에서 도시 및 지역의 지속가능성을 회복시키는 도시재생사업은 다른 어떤 도시개발사업 보다 더 깊이 있고 체계적인 탄소감축 계획기법 및 방안이 요구된다. 이러한 배경에서 본 연구는, 기후변화 및 에너지 시대에 대응하여 도시 ‘재생’과 동시에 ‘탄소저감’의 목표를 달성할 수 있는 ‘탄소저감형 도시재생’의 개념을 정의하고 이것의 계획 요소 및 체계를 도출하여 검증하고 심층 효과를 분석함에 목적을 두고 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

이를 위해 본 연구는 3단계로 구성된다. 첫째, 연구의 목적에 부합하도록 기존의 ‘도시재생’ 개념과 ‘저탄소’ 혹은 ‘탄소저감형’ 도시 개념을 토대로 ‘탄소저감형 도시재생’의 개념을 정의하고 기존 관련 개념들과 비교·분석한다. 둘째, 문헌고찰과 국내외 관련사례 검토를 통해 도시재생 요소와 저탄소 도시의 계획요소를 각각 추출하고 그 두 요소집단의 매트릭스 분석을 통해 탄소저감형 도시재생의 요소를 도출한다. 탄소저감형 도시재생의 개념 및 목표를 토대로 측면과 전략을 재구조화하고 도출된 계획요소를 재분류하여 탄소저감형 도시재생의 계획 요소 및 체계를 정립한다. 셋째, 앞서 계획 요소 및 체계가 적절하게 도출되었는지를 검증하기 위해 관련사례를 중심으로 계획요소의 실현성 및 발생효과, 효과에 대한

각각 요소의 기여도 등을 분석한다.

2. 이론적 고찰

2.1 기후변화대응 탄소저감형 도시재생의 개념

국내외 주요 연구를 종합하여 저탄소도시의 개념을 정의해보면 저탄소도시란, 1차적으로 도시 자체의 화석에너지 의존도를 낮추고 2차적으로 화석에너지의 사용으로 인한 탄소발생을 자연적 요소, 재생에너지 이용 등을 통해 상쇄시키는 도시를 의미한다. 이것은 탄소 감축 목표량에 따라 ‘저탄소도시’, ‘탄소중립도시’, ‘무탄소도시’ 등의 유사한 용어로 구분할 수 있다. 이렇듯 도시계획차원에서 정주지 내 탄소발생의 잠재력을 최소화하고 발생된 탄소를 최대한 흡수하는 개발전략을 취하는 저탄소도시 및 탄소중립도시 계획은 기후변화시대에 가장 적극적으로 대응하는 도시모델이라 할 수 있다. 또한, 도시재생(Urban Regeneration)이란, 대도시 지역의 무분별한 외부 확산을 억제하고 도심부 쇠퇴현상을 방지함으로써 도심지역에서의 인구 및 산업의 회귀를 촉진하고 재활성화를 모색하기 위해 등장한 것으로 쇠퇴지역의 문제를 종합적인 시각에서 해결하려는 접근으로 해당 지역의 경제적·사회적·환경적 상태를 지속적으로 개선함으로 기성시가지의 재활성화를 도모하고자 하는 것이다[1,2].

기존 연구에서 정의된 탄소저감형 도시재생을 종합해보면 대부분 기존 도시재생의 개념과 저탄소도시의 개념이 결합된 내용을 갖는다. 본 연구에서 정의하고자 하는 탄소저감형 도시재생이란, ‘기후변화에 대응한 도시계획의 일환으로 쇠퇴 및 낙후된 지역의 물리환경적·경제적·사회적 지속가능성을 회복시키고 동시에 도시재생과 밀접한 관계성을 갖는 탄소감축요소를 적극적으로 도입하여 근본적인 탄소발행 취약성을 극복하는’를 말한다. 이는 김영환 외 1인(2014)에서 정의된 내용과 유사하나 기존도시에 적용할 수 있는 계획적 요소를 고려하여 적용하는 것이 아니라 도시재생 요소와 저탄소도시 계획요소 간의 관련성을 분석하여 도출된 ‘밀접한 관계성이 검증된’ 필수 요소를 적용함에 있어 그 개념적 차이를 보인다고 할 수 있다.

2.2 관련연구 동향 및 연구의 차별성

국외에서는 1900년대 후반부터 쇠퇴하거나 낙후된

도시의 일정 지역에 저탄소 계획기법을 적용해 그 지속 가능성을 확보하는 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 환경의식이 높은 유럽국가 즉, 독일, 스웨덴, 영국 등은 탄소저감형 도시재생의 실현을 위해 새로운 시도와 다양한 유형개발에 힘쓰고 있다. 그 대표적 성공 사례는 독일 프라이부르크의 보봉(Vauban)이나 리젤펠트(Rieselfeld), 루르(Ruhr) 공업지역의 이바 엠서 프로젝트(IBA-Emscher) 등이 있고 스웨덴에는 스톡홀름의 함마르비(Hammarby)와 말뫼 Bo01 사례 등이 있다. 이 사례들은 대부분 과거 산업도시들로 경제 침체 및 산업 구조 변화 등을 통해 낙후되고 쇠퇴한 지역을 생태적 혹은 탄소저감형 기법을 적용해 지속가능한 도시로 탈바꿈된 성격의 사례들이다.

국내에서도 최근 몇 년 간 탄소저감형 도시재생 관련 연구들이 본격적으로 진행되었는데, 서승연 외 1인 (2013)은 문헌 및 사례고찰을 통해 탄소저감 설계요소를 도출하여 그 중 도시재생 과정에서 적용할 수 있는 요소를 정리해 실제 대상지에 탄소저감 기법으로 설계를 시도하여 탄소저감 효과를 예측하였고, 김영환 외 1인 (2014)은 기존 문헌고찰을 통해 저탄소 녹색 도시재생 계획요소를 수집하여 및 분석(적용성 평가)하여 최종 13 개의 저탄소 도시재생요소를 도출하고 사례를 대상으로 전면재개발 방식과 저탄소형 재생 방식의 탄소감축량을 예측하여 비교했다[3,4].

이상에서 살펴본 선행연구들은 주로 기존 저탄소도시의 계획요소를 수집하고 그 중 기존도시 혹은 도시재생 사업에서 적용할 수 있는 요소를 분석하여 그것을 저탄소 도시재생의 계획요소로 삼았다. 반면 본 연구에서는 도시재생요소와 저탄소도시 계획요소집단을 따로 설정해 그 요소집단의 상호연관성을 각각 개별적으로 분석하여 추출하고 전문가집단면담을 통해 그 적합성을 검증함으로써 설정된 요소를 탄소저감형 도시재생 요소로 삼은 것에 그 가장 큰 차별성이 있다.

3. 탄소저감형 도시재생의 계획 요소 및 체계 정립

3.1 계획요소 도출방법

앞서 개념정립에서 언급한 것처럼 탄소저감형 도시재생의 계획요소 도출과 체계 정립을 위해서는 도시재생

계획요소와 탄소저감형 도시재생 계획요소 각각의 상호 연관성을 분석하고 그 분류체계를 재구조화하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 2단계의 과정을 거쳐 탄소저감형 도시재생 계획요소를 도출한다.

첫째, 기존연구 문헌고찰을 통해 도시재생과 저탄소 도시 각각의 계획요소들을 수집하여 정리하고 실제 사례들에서 이러한 요소들이 적용되어있는지를 검토한다. 둘째, 정리된 두 요소집단 간의 매트릭스 분석을 실시한다. 이는 두 분야에 속한 계획요소들 간의 관계성(상호연관성)을 분석하는 과정으로 이 단계를 통해 도출된 계획요소들은 도시재생과 저탄소도시 계획에 동시에 작용하는 요소로 본 논문에서는 이 계획요소 집단을 ‘탄소저감형 도시재생 계획요소’로 선정한다.

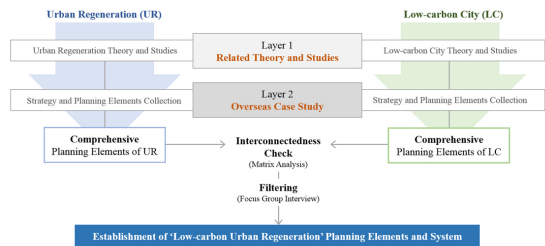


Fig. 1. Establishment Process of Low-carbon Urban Regeneration Planning Element and System

3.2 도시재생 및 저탄소도시 계획요소 수집 및 검토

우선, 도시재생 및 저탄소도시의 계획요소 수집을 위해 각각 4개의 기존연구를 검토하였다. 4개의 연구에서 수집된 도시재생 계획요소는 총 142개, 저탄소도시 계획요소는 총 245개였다. 각 계획요소들의 내용을 자세히 검토하여 유사한 내용의 요소들은 묶고 전체 요소들의 위계가 비교적 고르게 유지되도록 정리하는 과정을 거쳐 도시재생 분야는 총 2개 측면에 속하는 56개의 계획요소를, 저탄소도시 분야는 총 7개 측면, 70개의 계획요소를 수집할 수 있었다.

도시재생 분야에서 정리된 요소들은 크게 「물리환경적」 측면과 「사회경제적」 측면의 요소로 나뉘는데 물리환경적 측면에는 주로 압축적이고 복합적인 공간구조, 노후건축물의 적응적 재이용, 자연과 인간이 공존하는 생태환경, 자원 및 에너지 효율의 극대화에 관련한 내용들이 주를 이룬다. 사회경제적 측면에는 도시 경제기반

Table 1. Related Studies and Planning Elements

| | Author | Planning fields and Element Number | |
|--------------------|-----------------------|--|-----|
| Urban Regeneration | Y.H.Kim (2003) | 3 Aspects Physical and Environmental, Social and Economic, Policy and Management | 29 |
| | I.H.Lee et al. (2011) | 5 Aspects City Environment, Transport, Social and Cultural, Economy, Resource and Energy Efficient | 25 |
| | K.I.Lee et al. (2010) | 3 Aspects Social, Economic, Environmental | 38 |
| | J.K.Ann et al. (2014) | 5 Aspects Physical, Cultural, Environmental, Social and Economic, Institutional and Political | 50 |
| Low-carbon City | J.K.Kim et al. (2009) | 6 Aspects Landuse, Green transport, Passive Architecture and Renewable Energy, Resource Circulation, Greenspace, Water Resource and Circulation | 44 |
| | J.J.Lee (2009) | 4 Aspects Energy-saving, Material-saving, Greenspace, Water Resource | 30 |
| | Y.M.Kim (2013) | 7 Aspects Green Land, Green Ecology, Green Energy, Green Resource, Green Transport, Green Institution, Green Living | 51 |
| | H.S.Park (2010) | 7 Aspects Environmental-friendly Landuse, Green Transport, Nature Ecology, Renewable Energy, Energy-saving Architecture, Resource Circulation, Rainwater Management System | 120 |

의 구축과 관련한 내용 및 도시민의 삶의 질적 향상, 재생을 위한 체계적인 도시정책 및 제도, 주민참여에 관한 내용들이 대부분이었다. 저탄소도시 계획과 관련한 요소

는 크게 7개의 측면 즉, 「토지이용」, 「녹색교통」, 「패시브건축 및 신재생에너지」, 「자원순환」, 「녹지」, 「수자원」, 「녹색 생활 및 제도」로 구분된다. 토지이용에서는 기존 지형의 보존 및 밀도에 관련한 요소들이, 녹색교통에서는 대중교통을 중심으로 한 친환경적 교통수단 및 신재생에너지가 적용된 신 교통수단 등에 관한 요소가 대부분이었고, 패시브건축 및 신재생에너지에는 건축물에 적용할 수 있는 고효율 설비 및 신재생에너지 시스템과 관련된 내용들이 포함되었다. 자원순환 측면에는 폐기물의 처리 및 에너지화에 관한 내용이 있었고 녹지 측면에는 주로 도시 내 다양한 녹지 네트워크와 입체적 도시 녹화에 관련한 내용이 주를 이루었다. 수자원 측면에는 우수 및 중수의 재이용이나 수자원으로 생산할 수 있는 신재생에너지에 관련한 내용이, 녹색 생활 및 제도 측면에는 주로 저탄소도시와 관련한 도시 정책 및 제도나 도시민의 녹색소비, 교육 및 참여에 관한 요소들이 대부분이었다.

이어서, 계획요소들이 실제적이고 포괄적이며 정확하게 정리되었는지를 확인하기 위해 수집된 계획요소들의 사례 검토를 실시했다. 검토 사례는 가능한 범위 내에서 실제 건설된 사례들 중 다양한 유형과 기능, 규모와 내용이 포함되도록 선정했다. 검토한 사례들의 개요는 다음 표 Table 2와 같다.

Table 2. Overseas Cases Outline









| | R1 | R2 | R3 | R4 |
|----------|---|---|--|---|
| Case | Ballymun | IBA-Emscherpark | Canal City | Channel Hamburg |
| Picture |  |  |  |  |
| Location | Dublin, Ireland | Essen, Germany | Fukuoka, Japan | Hamburg, Germany |
| Type | Residence | Urban Infrastructure | Complex Facility | Complex Facility |
| | L1 | L2 | L3 | L4 |
| Case | Messestadt Riem | SolarCity Linz | BedZed | Hammarby Sjostad |
| Picture |  |  |  |  |
| Location | Munich, Germany | Linz, Austria | Wallington, England | Stockholm, Sweden |
| Type | Residence(Fairground) | Residence | Residence | Residence(Complex Facility) |

Table 3. Planning elements of urban regeneration and case study investigation

| | Main strategy | Planning elements of urban regeneration (56) | R1 | R2 | R3 | R4 | |
|---|---|--|----|----|----|----|--|
| Physical and environmental | ·Reorganization into multi-core and compact urban structure ·Construction and supplement of connection system for transit oriented green transport ·Transport system reorganization through adoption of smart system | Construction of multi-core and compact urban structure | ● | ● | | ● | |
| | | Landuse advancement through mixed-use development activation | ● | | ● | ● | |
| | | Determination of the proper density and Strengthening of management | ● | | ● | | |
| | | Maintenance of urban poor settlements | ● | ● | | ● | |
| | | Ensuring of urban residence and diversification of housing types | ● | ● | | ● | |
| | | Accessibility improvement of urban main facilities | ● | | ● | ● | |
| | | Traffic nodule part intensive development | ● | ● | | ● | |
| | | Build a variety of transport links around the public transport system | ● | ● | ● | ● | |
| | | Build a environment-friendly transport system (Pedestrian zone, Bicycle path, Green traffic network etc.) | ● | ● | ● | | |
| | ITS extension through biquitous communication system application | | | | | | |
| | ·Preservation and improvement of existing urban ecology ·Strengthening the intensive network of green spaces and water cut off | Setting and management of the development space considered with balance between environment protect and construction | | ● | | | |
| | | Preparing a countermeasure of effective regional environmental management prepare a countermeasure | ● | ● | | | |
| | | Consideration of the urban landscape | ● | ● | ● | ● | |
| | | Establish open space connecting systems | ● | ● | ● | ● | |
| | | Improve the quality of open spaces (ecology, amenity etc.) | ● | ● | ● | ● | |
| | Intensive(three-dimensional) urban greening | | ● | ● | | | |
| | ·Adaptive reuse of urban unused facilities ·Maintenance and development of urban design reflects the local identity | Adaptive reuse of old buildings | ● | ● | ● | ● | |
| | | Creating ecological and cultural space through using appropriate utilization of unused space | | ● | ● | ● | |
| Reflecting local characteristic to urban design | | ● | | ● | ● | | |
| Restoration and utilization of historical and cultural resources (traditional architecture, cultural heritage etc.) | | | ● | | ● | | |
| ·Expansion and application of renewable energy sources that optimized on existing locate cation | Design for energy efficiency and the reuse | ● | | | | | |
| | Actively utilize renewable energy(solar heat, photovoltaic, windpower etc.) | ● | ● | | | | |
| | Prevention of heat island effect and recovery of ventilation path | ● | ● | | | | |
| | Establish efficient waste reprocessing and reduction measures | ● | ● | | | | |
| | Architecture that consider building's life cycle | | | | | ● | |
| Social and economic | ·Systematic and progressive city maintenance and expansion ·Amplification of infrastructure and ensuring of concurrency | Enhanced predictability of development | | ● | ● | | |
| | | Maintenance and utilization of the existing infrastructure | ● | ● | ● | ● | |
| | | Expansion of infrastructure utilizing private sector vitality | ● | | ● | | |
| | | Using unused land for enhancing the program | | ● | | ● | |
| | ·Preparing a plan for urban economic revitalization that considering the local identity ·Protect and utilization existing local business and commercial communities ·Reactivate local economies through attraction of business | Maintenance of existing local businesses | | | ● | ● | |
| | | Activation of retail and traditional markets | ● | | ● | | |
| | | Creating a new jobs | ● | ● | ● | ● | |
| | | Urban marketing | ● | | ● | ● | |
| | | Promoting of urban high-tech industries and developing a specialized business | | ● | | ● | |
| | | Designating enterprise zone and expanding incentive program | ● | ● | | ● | |
| | ·Expansion of high quality urban service ·Quantitative and qualitative complement of urban infrastructure | Leisure and sports facilities attract | ● | ● | ● | ● | |
| | | Quantitative and qualitative expansion of infrastructure supply | ● | ● | ● | ● | |
| | | Medical and welfare facilities expansion | ● | | | ● | |
| | ·Ensuring safety and reaction system corresponding to climate change | Public and educational facilities expansion | ● | ● | | ● | |
| | | Improving urban crime prevention and safety | ● | | ● | | |
| | ·Establishing organization for urban regeneration and constructing cooperation system ·Construction and utilization of flexible legal system | Raise ability of disaster prevention and disaster recovery | | ● | | | |
| | | Establishment promotion system and foundation of organization of urban regeneration | ● | ● | | | |
| | | Organize cooperative promotion organization for urban regeneration | ● | ● | | ● | |
| | | Consider financial support plan of urban regeneration | ● | ● | | ● | |
| | | Enhancing the autonomy of local governments | | ● | | ● | |
| | | Flexible utilization of regulation standard and guideline | | ● | | | |
| | | Enhancing connectivity between related plans | ● | ● | ● | ● | |
| | | Establish policy and planning for urban regeneration | ● | ● | | ● | |
| | ·Securing resettlement opportunities and Given the diversity of choice for low-income and vulnerable groups ·Local community reinforce through activating of citizen participation ·Raising of residents awareness about urban regeneration and maintaining | Prepare support system for vulnerable groups | ● | | | | |
| | | Move and resettlement measure for low-income groups | ● | ● | | | |
| | | Expansion of housing supply for low-income groups(rental housing etc.) | ● | ● | | | |
| | | Local community facility introduce and revitalize | ● | ● | ● | ● | |
| Residents participation organization diversification and systematization | | ● | ● | | ● | | |
| Neighborhood-making program activation | | ● | | | ● | | |
| Urban regeneration training program introduction and promotion | | ● | ● | ● | ● | | |
| Business startup training program and vocational education | | ● | ● | | | | |

Table 4. Planning elements of low-carbon city and case study investigation

| | Main strategy | Planning elements of low-carbon city (70) | C1 | C2 | C3 | C4 |
|--|--|---|----|----|----|----|
| Landuse | ·Energy-saving urban structure and existing terrain utilization ·Resources saving through utilizing proper density and management | Distributed and centralized urban spatial structure | ● | ● | ● | ● |
| | | Considering sunshine and wind direction to building arrangement | ● | ● | ● | ● |
| | | Considering original topography to arrangement | ● | ● | ● | ● |
| | | Development and management considering density | ● | ● | ● | ● |
| | | Mixed-use and three-dimensional land use planning | ● | ● | ● | ● |
| Green transport | ·Construction of infrastructure for environment-friendly transport and program application ·Securing of transit-oriented environment-friendly transport networking ·The introduction of transportation used for renewable energy technology | Pedestrian zone and bicycle path, systemic networking | ● | ● | ● | ● |
| | | Speed limit zone | ● | ● | ● | ● |
| | | Car-free zone | ● | ● | ● | ● |
| | | Car&ike Sharing | | | ● | ● |
| | | Solar bike & solar station | | | ● | ● |
| | | Introducing new energy-saving(eco) transport | | ● | ● | ● |
| | | Green transit : hybrids, electric car etc. | | ● | ● | ● |
| | | Adapting transit-oriented development and public transportation only district | ● | ● | ● | ● |
| | | Park&Ride system | ● | ● | ● | ● |
| | | Considering each transportation accessibility | ● | ● | ● | ● |
| Passive architecture and renewable energy | ·Energy demand reduction through application of high efficiency equipment and active use of natural energy ·Introducing of smart building and EMS ·Renewable energy application reflecting locational condition ·Maximizing the potential of renewable energy and circulation | Optimizing of transport II system | ● | ● | ● | ● |
| | | Natural lighting | ● | ● | ● | ● |
| | | Long-lifespan architecture structure | ● | ● | ● | ● |
| | | Using the material of high insulation and high air tightness | ● | ● | ● | ● |
| | | High-efficiency ventilation systems | ● | ● | ● | ● |
| | | High-performance windows | ● | ● | ● | ● |
| | | High-efficiency equipment : LED etc. | | | ● | ● |
| | | High-efficiency heat source systems | | ● | ● | ● |
| | | BEMS(Building Energy Management System) | ● | ● | ● | ● |
| | | Smart-grid system | | | ● | ● |
| | | Solar power system | | ● | ● | ● |
| | | Solar Hot Water Systems | ● | ● | ● | ● |
| | | Geothermal heating and cooling system | ● | ● | ● | ● |
| | | Wind Power System | | | ● | ● |
| | | Bio energy | ● | ● | ● | ● |
| Fuel Cell | | | ● | ● | | |
| Combined heat and power (district heating and cooling) | ● | ● | ● | ● | | |
| Heat Recovery Systems | ● | ● | ● | ● | | |
| Resource circulation | ·Making a energy through Automation of waste collecting and reprocessing ·Reducing and reusing resources in the whole development process | Automatically collecting domestic waste system (squeeze pumping pipe) | | | ● | ● |
| | | Bio-gasification and composting of food waste | ● | | ● | ● |
| | | Bio fuel system of combustible waste | | ● | ● | ● |
| | | Construction waste reduction and utilization | | | ● | ● |
| | | Reduction and utilization of industrial and domestic waste | | | ● | ● |
| Green sappe | ·Recovery of green space networking and utilization of micro-climate through with path securing ·Securing of urban green space for collaborative relationship between human and nature | Wind corridor | ● | ● | ● | ● |
| | | Green space network | ● | ● | ● | ● |
| | | Networking between Green and blue space | ● | ● | ● | ● |
| | | Conservative development for ecological valuable space | ● | ● | ● | ● |
| | | Planting a woody plant for carbon absorption | ● | ● | ● | ● |
| | | Creating a green space and biotope considering of species diversity | ● | ● | ● | ● |
| | | Ratio of Green Area on Natural Ground for Ecological Environment | ● | ● | ● | ● |
| | | Kleine garten(permaculture) | ● | ● | ● | ● |
| | | Biological Corridor | ● | ● | ● | ● |
| | | Green roof, green wall | ● | ● | ● | ● |
| | | Green Scenery | ● | ● | ● | ● |
| Ecological park | ● | ● | ● | ● | | |
| Experience of ecological culture and contents | ● | ● | ● | ● | | |
| Water resource | ·Securing of water resources in a natural way and to-energy system ·Securing of water resource management system | Reuse of greywater and reclaimed wastewater | ● | ● | ● | ● |
| | | Groundwater use | ● | ● | ● | ● |
| | | Decentral rain water management | ● | ● | ● | ● |
| | | Water-saving equipment and systems | ● | ● | ● | ● |
| | | Natural purification facilities : constructed wetlands, bio-retention etc. | ● | ● | ● | ● |
| | | Permeable paving | ● | ● | ● | ● |
| | | Composition of brooklet and ecological pond | ● | ● | ● | ● |
| | | Management and control of water consumption | ● | ● | ● | ● |
| | | Small Hydropower | | | ● | ● |
| | | Use of biogas and hydrothermal sources, sewage water as heat source | | | ● | ● |
| Green living and system | ·Mandatory and preparing of building guidelines for carbon reduction ·Citizen participation program for education of carbon reduction in local community ·Continuous monitoring and management system | Mandatory and practice of low-energy building system | ● | ● | ● | ● |
| | | Management by objectives for greenhouse gases reduction and establishment of a strategy | ● | ● | ● | ● |
| | | Climate Action, Disaster and Safety Plan | | | ● | ● |
| | | Carbon reduction pilot project in local area | | | ● | ● |
| | | Establishment of creative plan for low carbon city and implement | | ● | ● | ● |
| | | Integrated Management Operating System and Maintenance Manual operation | | ● | ● | ● |
| | | Green consumption practices | | ● | ● | ● |
| | | Encouraging to education and participation | | | ● | ● |
| | | Incentives program | | | ● | ● |

사례를 통해 도시재생 계획요소를 검토해 본 결과, 도시재생 사례들에서는 유형 특성에 맞는 계획요소가 고르게 잘 적용되어 있었다. 물리환경적 측면 요소들 중 공간구조와 관련된 요소들은 모든 유형에 거의 대부분 적용되어 있었으나 유비쿼터스 기술 등 최신 시스템 요소는 아직 적용되지 않고 있었다. 또한, 사회경제적 측면에서는 취약계층을 위한 제도 및 프로그램, 주민참여에 관한 내용의 적용도가 높았다. 사례별로는 주거집중형인 벨리문(R1) 사례는 공간구조, 자원절약형 신재생에너지 측면의 요소가 거의 모두 적용되어 있었고 저소득 취약계층 및 주민참여 등의 재생 프로그램 및 운영에 있어서는 모든 요소가 적용되어 있었다. 기반시설 위주의 엠스파크(R2) 사례는 여러 지자체가 협력하여 재생이 진행된 특성 때문에 사회경제적 측면, 특히 재생관련 조직 및 주민참여에 대한 적용이 높게 나타났다. 일본 사례인 캐널시티(R3)는 다른 사례들에 비해 그 규모가 작고 상업시설을 위주로 한 복합개발 형태이므로 4개의 사례 도시재생 사례 중 요소적용이 가장 미비하게 나타났다. 채널 합부르크(R4)의 경우에는 기존 건물들의 적응적 재이용 및 지역 정체성을 고려한 경제 활성화 측면이 특히 집중적으로 적용되어 있었으며 이는 기존 지역이 가지고 있던 그 모습을 유지하려 했던 프로젝트의 목표와 연관이 있는 것으로 분석된다.

저탄소도시 계획요소들 중, 도시재생과 마찬가지로 유비쿼터스 혹은 스마트 기술이 적용되어 운영되는 요소 즉, 태양에너지 자전거 및 충전소(Solar Bike & Station)나 교통IT 시스템, 스마트그리드 시스템 등의 요소는 모든 사례에서 매우 미비한 적용성을 나타냈다. 이는, 저탄소도시 계획에서 매우 중요한 요소로 여겨지고 있으나 그 관련 기술의 개발이나 단지 및 도시로의 적용이 용이하지 않기 때문으로 판단된다. 저탄소도시 계획요소들 중, 토지이용 및 친환경 교통수단과 관련된 요소는 그 적용성이 매우 뛰어났으며 고효율 설비 시스템 역시 그 설치에 비해 나타나는 효과가 매우 크므로 다수의 사례에서 적용되고 있었다. 신재생에너지와 관련하여 태양광 및 태양열 에너지는 거의 모든 사례들에서 기본적으로 활용되었을 뿐만 아니라 녹지와 관련된 계획요소들도 그 적용성이 매우 큰 것으로 나타났다. 녹지 분야의 요소들은 도시의 생태성 회복 뿐만 아니라 거주자의 만족도, 에너지수요 저감 및 탄소 흡수 등의 복합적 효과를 발생시킴으로 그 적용의 우선순위가 매우 높은 것으로 분석되

었다. 또한, 수자원 관리에 있어서도 빗물 재이용을 위한 분산형 우수관리 시스템 혹은 그와 관련한 투수성 포장의 요소들이 대부분 모든 사례들에서 적용되어 있었으며 이는 수자원의 재이용 뿐만 아니라 단지 내 곳곳에서 온습도를 조절하는 도시미기후 조절에도 탁월한 효과가 있기 때문으로 판단된다. 사례별 검토결과를 보면, 박람회 도시 립(L1)의 경우 토지이용 및 녹지, 수자원 관련 요소들의 적용성은 매우 높으나 녹색 생활 및 제도 측면의 요소는 매우 적용성이 낮았다.

이는, 이전 공항적지에 새로운 주거와 박람회 공간을 재창출했으나 개발방식이 거의 신규개발과 유사했던 이유로 분석된다. 솔라시티 립즈(L2)와 베드제드(L3)는 거의 모든 측면의 요소를 고르게 적용하고 있었고 함마르비(L4)의 사례는 저탄소도시 계획의 이상적인 모델로 평가될 정도로 그 요소의 반영이 매우 탁월하게 나타났다.

3.3 탄소저감형 도시재생 계획 요소 및 체계 설정

두 개념에 공통으로 작용하는 계획요소를 추출하기 위해 앞서 수집 및 정리된 도시재생 계획요소집단(표4)과 저탄소도시 계획요소집단(표5,6)간의 상호연관성분석(매트릭스 분석)을 실시한다. X축과 Y축에 저탄소도시요소와 도시재생요소를 나열하고 1:1 분석을 통해 연관성이 있는 요소의 교차점을 체크하고 그 위치의 요소를 원래의 두 요소의 내용을 반영하여 새로운 요소로 정리한다. 또한, 이러한 분석과정을 거쳐 도출된 요소를 수집하여 그 정확성과 객관성을 높이기 위해 전문가집단면접(FGI)을 실시했다. 매트릭스분석과 FGI분석을 거쳐 최종적으로 결정된 ‘탄소저감형 도시계획 요소’는 총 37개이며 이들 요소 중 성격이 같은 것을 하나의 분야로 모으고 그 요소가 원래 갖던 의미와 세부 내용을 정리하여 요소들이 갖는 공통의 목표(전략)를 도출했다. 결과, 탄소저감형 도시재생의 분야는 총 다섯 가지로 「공간구조」, 「교통」, 「녹지 및 수자원」, 「에너지 및 자원」, 「제도 및 프로그램」 나타났다. 분야별 주요전략 및 계획요소, 관련 세부항목은 다음 Table 5와 같다.

최종으로 선정된 탄소저감형 도시재생의 계획요소를 분야별로 살펴보면 공간구조 분야는 주로 주변도시와의 기능적 연계와 토지이용의 효율성에 관련된 성격의 요소들이다. 교통 분야에는 대중교통 중심형 네트워크를 구축하되 광역적 도시 교통시스템과 연결된 시스템의 구축

Table 5. Low-carbon urban regeneration planning element and system (Final Selection)

| Planning elements | |
|---|--|
| Urban structure | Multi-core distributed and centralized urban spatial structure |
| | Mixed-use development and landuse advancement |
| | Application of proper density and management |
| | Development take account of original topography and natural condition |
| | Accessibility improvement of urban main facilities |
| Transport | Traffic nodule part intensive development |
| | Build a variety of transportation links around the public transport system |
| | Environment-friendly transport system |
| | Introducing new energy-saving(eco) transport |
| | Speed limit and pedestrian-only zone |
| | Car & bike Sharing |
| | ITS(Intelligent Transport System) |
| Considering each transportation accessibility | |
| Green space and water resource | Open space networking |
| | Improve the quality of open spaces |
| | Intensive(three-dimensional) urban greening |
| | Green Scenery |
| | Planting a woody plant for carbon absorption |
| | Prevention of heat island effect and recovery of ventilation path |
| | Ecological recreation space |
| Quantitative and qualitative improvement of the existing ecological infrastructure through ecological valuation | |
| Energy and resource | Water treatment facilities associated with urban disaster |
| | Expansion of permeable paving |
| | Extension of coverage for renewable energy |
| | Active utilization of high-insulation, high-efficiency, high-performance equipment |
| | BEMS |
| | Long-lifespan architecture structure |
| System and program | Adaptive reuse of old buildings |
| | Creating ecological and cultural space through using appropriate utilization of unused space |
| | Reduction and utilization of industrial and construction waste |
| | Energization of waste |
| | Enhancing the autonomy suitable for local characteristics |
| System and program | Establishment of plan mandatory and practice |
| | Incentive program |
| | Residents participation organization diversification and systematization |
| | Continuous citizen education and promotion |
| | Establish guidelines and safety climate action plan |

과 친환경 교통수단의 도입, 특히 기존도시에 적용하기 용이한 보행 및 자전거가 그 주를 이뤘다. 녹지 및 수자원에는 단절되었던 녹지네트워크의 확보 및 주변의 광역적 녹지와 유기적으로 연결하는 내용이 주를 이뤘으며 자원절감과 동시에 지역 정체성 형성에도 영향을 주는 이전적지 활용 생태공간창출이 특징적이었다. 또한, 녹지가 단순히 거주자에게 생태적 편의성만 제공하는 것이 아닌 기후변화에 적극적으로 대응하는 중요한 요소로 작용하기도 한다. 에너지 및 자원 분야에는 주로 신재생에너지의 적극적 이용과 관리, 폐기물의 에너지화에 관련

한 자원저감형 순환체계에 관한 내용이 주를 이뤘다. 제도 및 프로그램에서는 탄소저감형 도시재생과 관련한 자율적 추진체계 및 주민참여와 지속적인 교육을 통한 주민 정체성의 확보가 중요한 요소로 추출되었다.

4. 심층사례분석 : 탄소저감형 도시재생 계획요소 및 체계의 검증

4.1 사례분석의 개요

앞서 설정된 탄소저감형 도시재생 계획 요소 및 체계의 검증을 위해 국외 우수 사례의 심층분석을 실시했다. 사례분석 대상은 탄소저감형 도시재생의 개념에 입각하여 계획되어 건설된 서로 다른 규모의 두 사례인 독일 프라이부르크의 보봉(Vauban) 주거지 재생사례와 스웨덴 함마르비(Hammarby) 사례이다. 사례분석은 앞서 설정된 다섯 가지 분야로 진행했고 요소의 반영 정도와 발생효과를 중점적으로 분석했다.

4.2 사례분석

4.2.1 보봉(Vauban) 주거지 재생, 독일

독일의 환경수도라 불리는 프라이부르크(Freiburg)의 남쪽, 도심으로부터 3km정도 떨어진 곳에 위치한 보봉 생태단지는 과거에 프랑스 군이 주둔하던 지역이었으나 1989년 말, 베를린 장벽의 붕괴를 기점으로 서독과 동독이 통일되었고 1992년 프랑스연합군의 철수가 결정되면서 이 지역은 새로운 기회를 맞이하게 되었다. 1980년대 이후 프라이부르크 시는 주택난 해소를 위해 해결방법을 찾던 중 옛 프랑스 군 주둔지였던 이 대지에 주거지를 개발하기로 결정하고 연방정부 소유지였던 군사지역을 매입하였다. 시 정부가 직접 토지를 구매하여 프로젝트를 주관하고 주 정부 산하의 개발신탁회사(LEG, Landesentwicklungsgesellschaft)가 단지개발 프로젝트 및 분양업무를 담당했기 때문에 다른 군사지역 재개발 모델과는 다르게 계획 전의 복잡한 절차가 생략되어 개발의 용이성을 확보할 수 있었다.

보봉 지구의 개발규모는 총 개발면적이 약 41ha(410,000m²/약 124,000평)이고 2006년까지 주거 약 2,500세대 약 5,500명의 인구를 수용하며 600개의 새로운 일자리 창출을 목표로 삼았다. 인구 밀도는 134.9명/ha이고 차량은 1,000개의 주호 당 172대의 밀도를 유

Table 6. Synthesis of case study

| | Planning elements | Vauban | Hammarby |
|---|---|--------|----------|
| Urban structure | Multi-core distributed and centralized urban spatial structure | ● | ● |
| | Mixed-use development and landuse advancement | ● | ● |
| | Application of proper density and management | ● | ● |
| | Development take account of original topography and natural condition | ● | ● |
| | Accessibility improvement of urban main facilities | ● | ● |
| Transport | Traffic nodule part intensive development | ● | ● |
| | Build a variety of transportation links around the public transport system | ● | ● |
| | Environment-friendly transport system | ● | ● |
| | Introducing new energy-saving(eco) transport | ● | ● |
| | Speed limit and pedestrian-only zone | ● | ● |
| | Car & bike Sharing | ● | ● |
| | ITS(Intelligent Transport System) | ● | ● |
| Considering each transportation accessibility | ● | ● | |
| Green space and water resource | Open space networking | ● | ● |
| | Improve the quality of open spaces | ● | ● |
| | Intensive(three-dimensional) urban greening | ● | ● |
| | Green Scenery | ● | ● |
| | Planting a woody plant for carbon absorption | ● | ● |
| | Prevention of heat island effect and recovery of ventilation path | ● | ● |
| | Ecological recreation space | ● | ● |
| | Quantitative and qualitative improvement of the existing ecological infrastructure through ecological valuation | ● | ● |
| | Water treatment facilities associated with urban disaster | ● | ● |
| | Expansion of permeable paving | ● | ● |
| Energy and resource | Extension of coverage for renewable energy | ● | ● |
| | Active utilization of high-insulation, high-efficiency, high-performance equipment | ● | ● |
| | BEMS | ● | ● |
| | Long-lifespan architecture structure | ● | ● |
| | Adaptive reuse of old buildings | ● | ● |
| | Creating ecological and cultural space through using appropriate utilization of unused space | ● | ● |
| | Reduction and utilization of industrial and construction waste | ● | ● |
| Energyization of waste | ● | ● | |
| System and program | Enhancing the autonomy suitable for local characteristics | ● | ● |
| | Establishment of plan mandatory and practice | ● | ● |
| | Incentive program | ● | ● |
| | Residents participation organization diversification and systematization | ● | ● |
| | Continuous citizen education and promotion | ● | ● |
| | Establish guidelines and safety climate action plan | ● | ● |

지하도록 했다. 개발은 기존 군사시설에 대한 리모델링으로 조성된 1개의 지구와 민간업체가 개발한 태양열 주거단지 구성된 2개의 지구로 나뉘어 진행되었으며 1997년부터 2006년까지 총 3단계로 조성되었다.

보봉 주거지 재생사례는 체계적이고 적극적인 주민참여를 이끌기 위해 ‘배우는 계획(Learning Planning)’의 원칙을 적용한 대표적인 모델로 지난 2002년에는 유엔(Dubai Award)으로부터 대표적인 지속가능한 도시발전 모델(World Best Practice)로 선정되기도 했다. 주거지 전체는 일률적이고 단조로운 건물들의 집합이 아닌, 질적으로 우수한 삶의 터전을 제공하는 방향으로 계획되었다. 이것은 단순한 건물의 다양성만을 추구하는 것이 아닌 175개의 건축 및 설계업체가 참여할 만큼 주택의 유형 및 형태, 디자인, 기능 등 또한 그 다양성을 확보했고 이는 사회적으로 다양한 계층이 어우러져 살 수 있는 노

력의 일환이었다. 이 주거지는 에너지 및 토지이용의 절감, 재생에너지의 이용, 가족중심의 주거단지 개발 등을 개발의 목표로 삼고 국제 건축 및 조경 공모전을 실시하여 창의적인 아이디어를 얻어 지구단위계획을 수립했다. 오랫동안 군사시설로 이용되었던 대지 특성을 감안하여 토지이용계획 수립 시에 토지오염에 대한 조사와 오염토양 제거 계획을 별도로 추진하기도 했다. 그리고 기존 건축물 중 보존가치를 평가하여 적응적 재이용을 통해 주민 공동시설 등으로 활용하는 자원절약형 방식도 채택했다.

1) 공간구조

보봉 주거단지는 앞서 설명했듯이 프라이부르크 도심에서 3km정도 떨어진 지역에 입지하고 있어 상호간의 긴밀한 공간구조 및 기능적인 연관성을 가진다. 거주자

를 위한 기본적인 편의시설은 지구를 동서로 가로지르는 중심 축에 집중해서 위치하고 있고 상업시설, 식당, 카페, 게스트하우스, 회의실 등이 주를 이룬다. 상업시설은 주로 지역의 북동쪽 비젠타 도로(Wiesental Straße)에 면한 부분에 위치하고 있고 상업시설 이용객을 위해 그 우측으로 주차시설을 확보하고 있다. 보봉 지구에서 프라이부르크 도심 지역까지는 지구 내를 순환하여 이동하는 트램(tram)이나 버스를 이용해 손쉽게 이동 할 수 있고 각 주호에서 대중교통까지의 접근성도 고려하여 계획되었다. 자동차 이용의 최소화를 목표로 계획된 이곳은 건물간의 간격을 짧게 하여 이동으로 인한 불편함과 소요 시간을 최소화했고 이는 교통소음 절감과 태양에너지 이용을 극대화하는 효과도 가져왔다. 건축물의 밀도도 환경부하를 최소화함과 동시에 오픈스페이스를 적정기준 이상 확보할 수 있는 정도로 산정하여 계획에 반영했다. 기존의 지형 및 풍향(남풍)을 고려하여 남서측으로 열린 세 개의 바람길을 확보하였고 이는 단지 내 열섬현상 및 오염물질이 항상 자연적으로 조절되도록 작용한다.

2) 교통

프라이부르크 도심까지의 편리한 연결을 위해 단지의 동서 중앙을 관통하는 중심 축으로 트램(Tram)과 4개의 도시버스 노선이 연계되고 트램역은 지구 내 어디서든 15분 내에 접근할 수 있는 곳에 계획되었다. 단지 외곽 도로인 메르츠하우저 도로(Merzhauser Straße)의 제한속도만 50km로 허용되고 단지 내부의 속도는 모두 30km로 제한되어 교통소음과 오염, 거주자의 안전을 확보했다. 일부 거주지역만 개인 차량 이용이 및 주차가 가능하고 차량도로(Verkehrsstraße), 교통진정 도로(Verkehrsberuhigte Wohnstraße), 보행자 전용도로(Fußgängerzone), 자전거·보행자 도로(Radweg und/oder Fußweg) 개인도로(Privatstraße) 등 다양한 위계의 도로를 두어 생태성, 안전성, 효율성을 확보했다. 개인차량의 이용은 제한되지만 거주자를 대상으로 회원제로 운영되는 카셰어링 프로그램은 저렴한 가격에 편리한 이동을 할 수 있어 만족도가 높다. 방문자 및 외부인의 주차는 단지 앞 공용주차장을 이용할 수 있고 이는 단지로 접근하는 메인 도로 변에 위치시켜 그 편의를 증진했다. 따라서 주민들의 자동차 보유 차량은 10명당 2.5대인 반면 자전거 보유는 1명 당 1대의 수치를 갖는다. 단지 내부의 모든 도로는 철저히 보행전용도로 및 자전거 전용도

로 위주로 계획했고 오픈스페이스 및 어린이 시설, 커뮤니티 시설 등의 위치 또한 녹색도로와 긴밀히 연결되도록 계획하여 접근성을 높였다.

3) 녹지 및 수자원

보봉 주거지는 환경수도라 불리는 프라이부르크에서도 가장 생태적으로 지속가능한 단지로 평가받을 만큼 그 생태성의 질적 완성도가 높다. 인간의 활동을 위한 개발이 기존 지역의 생태성을 최대한 존중하며 양질의 녹지공간 안에서 거주자는 건강하고 만족한 삶을 사는 보봉의 환경적 목표는 진정한 환경적 지속가능성을 위한 것이라 할 수 있다. 기존 풍향을 고려한 세 개의 바람길은 지역 전체에 항상 신선한 공기 질의 상태를 유지토록 하고 동시에 거주민을 위한 휴식 및 여가 활동의 장소로도 이용된다. 주민들이 계획 및 설계에 직접 참여한 5개의 어린이 친화적 녹지광장은 개인 주호의 작은 녹지와 긴밀히 연결되고 전체의 녹지는 주민의 참여 하에 공동으로 관리되고 있다. 녹지축 내에는 거주자 의견이 반영된 창의적인 이벤트들과 조경 건축물, 다양한 식재 등이 이루어지고 있고 전체 단지의 녹색조경을 더욱 아름답게 이루어나간다. 단지의 남측의 작은 실개천을 따라 다양한 생물들을 위한 비오톱(Biotop)이 그 네트워크를 이루고 이것이 바람길 및 남북축으로 이어지는 녹지를 따라 단지 전체에 영향을 미친다. 녹지 축에 접한 건물들에는 지붕녹화, 벽면녹화, 생물타리 등과 같은 입체적 녹화를 적용시켜 탄소저감형 기능 및 경관을 잇고 있다.

보봉은 우수 및 중수 관리에 있어서도 우수한 평가를 받고 있는데, 주거지에서 발생하는 수요는 가능한 모두 단지 내에서 해결하고자 단지 전체에 분산형 빗물시스템을 적용시켰다. 단지 동서측으로 나 있는 보봉엘리(Vaubanallee)를 따라서 간선배수로를 설치했고 단지 단위로 지선배수로를 설치해 연결시킴으로서 우수 시스템을 확보했다. 건물단위에서 주변 하천에 이르기까지 체계적으로 잘 연결된 수자원 네트워크는 수자원 재이용을 용이하게 할 뿐만 아니라 계절적 영향으로 인한 건기 혹은 우기에도 우수의 배출 및 단지 내 유지를 원활하게 유지해 도시미기후 형성에 매우 효과적으로 작용한다. 또한, 옥상녹화 및 투수성포장을 통해 각 단지에서 분산형으로 집수된 우수들은 저장장치나 단지 주변의 배수로를 흐르며 자연적 침전으로 정화가 되고 처리된 용수는 주로 정원 및 화장실에서 재이용 되고 있다.

4) 에너지 및 자원

보봉의 주택은 에너지 저감형 건축방식을 채택하고 있는데 대부분은 패시브주택이 주를 이루고 이중 남측에 주거단지는 태양열 주거단지로 건설되었다. 주택 뿐만 아니라 유치원, 학교 등의 공공건물 또한 연간 65kWh/m^2 이하(이용면적 m^2 당 6.5리터의 유류사용 정도, 당시 일반가정의 에너지 수요의 1/3 수준) 에너지 기준을 설정하여 적용하였고 현재 에너지 비용이 일반주택의 15%밖에 소비되지 않는다.

단지 난방 및 전기 에너지 공급의 80%는 열병합 발전소에서 이루어지는데 천연가스와 주변 지역에서 발생하는 목재재, 재생연료가 주된 발전원이고 나머지 20%는 지하가스에서 공급받는다. 이와 더불어 에너지저 감주택 및 신재생에너지 이용 등으로 이산화탄소 발생을 약 60% 정도 감축시켰다. 보봉에서 유명한 또 하나의 시설은 바로 ‘썬 쉽(Sun Ship)’이라 불리는 세계 최초의 플러스에너지 상업 건물이다. 이는 보봉단지 입구 맞은편에 단독적으로 배치되어 있는데 주거와 업무, 상업이 한 곳에 위치한 복합용도건물의 탁월한 컨셉 사례로 평가되고 있다. 도로에 면한 부분은 주거를 제외한 시설들이 배치되어 있고 프라이버시 확보를 위해 그 안쪽으로 주거가 배치되어 있다. 안쪽에 배치된 주거지는 세계 최초의 테라스가 있는 플러스에너지 하우스 커뮤니티로 잘 알려졌는데 이는 기본적으로 주거에서 사용되는 에너지를 태양에너지를 통해 감당하는 것을 넘어 그 이상의 에너지를 생산하고 전력회사에 그것을 되팔아 경제적 이익까지 얻고 있다. 단지 폐기물은 모두 분리수거를 원칙으로 하고 있으며 퇴비 및 목재 찌꺼기의 자원화를 실행하고 있다. 또한, 지역의 정체성 확보 및 자원 저감을 위해 프랑스 군 주둔시대에 사용하던 군대 막사를 개조하여 커뮤니티 시설 및 기숙사로 전환하였고 저렴한 가격에 제공되고 있다.

5) 정책 및 제도

보봉 프로젝트에서 가장 중요한 정부의 지원과 개입은 지역 분양 및 개발 운영을 위한 시 의회의 결정이었다. 프로젝트의 성공을 위해 마스터플랜 계획에서부터 이후의 모든 과정을 보증하고 명확한 비전을 유지하며 이끌어갔다. 다양한 주체들의 다양한 참여와 개입이 있었던 만큼 그 전체적 운영이 쉽지 않았지만 명확한 비전 아래 시 의회가 주체적으로 계획에 참여하고 관리하며

모든 문제들을 해결해나갔다. 그 명확한 목표 하에 친환경 경적 계획들이 수립되었고 계획은 건물 특성을 적용시킨 블록별 지침으로 정해졌다. 지속가능한 개발의 결과 뿐만 아니라 과정도 중요시하게 여겨졌던 이 프로젝트는 다양한 소득계층 및 유형의 사람들이 환경적 목표를 인식하고 관리하며 어울려 살아갈 수 있도록 지속적으로 교육하고 홍보해왔다.

4.2.1 함마르비 허스타드(Hammarby Sjostad), 스웨덴

스웨덴의 수도인 스톡홀름 시에서 진행된 가장 큰 규모의 도시재생 프로젝트이며 새로운 환경생태지구 모델로 제시되고 있는 이 사례는 과거 산업단지 및 항만지역으로 사용되던 지구 일대를 환경생태지구로 전환한 성공적 사례로 평가받고 있다.

제1차 세계대전 이후 이 지역은 급속한 산업화의 중심지로 발전하면서 많은 산업항구와 고속도로가 건설되고 GM 및 LUMA조명 등의 공장 및 물류 저장창고들이 즐비하게 들어섰다. 그러나 제조업이 쇠퇴하고 지역 일대의 관련 설비들도 낙후되었다. 일자리는 줄어들고 지역경제 또한 계속적으로 쇠퇴하면서 빈민들은 늘어났고 지역 폐기물 매립장을 중심으로 토양 및 환경은 매우 심각하게 오염되었다. 그 후, 1992년 스웨덴이 경제호황을 맞이하며 수도인 스톡홀름이 급성장하게 되었고 도시 주거수요가 급증하게 되었다. 이에 스톡홀름시 도시계획국과 환경국은 부족한 주택수요를 충족시키고 동시에 이곳의 심각한 환경문제를 해결하기 위해 이곳을 함마르비호수를 중심으로 한 자원순환형 생태친화적 계획도시로 탈바꿈시키기로 결정했다.

특히, 함마르비 모델(Hammarby Model)이라고 불리는 독특한 생태적 순환체계는 이곳의 주거, 업무 및 다른 상업적 활동에서의 에너지(Energy), 폐기물(Waste), 수자원 및 하수(Water and Sewage)를 다루는 것으로 함마르비 뿐만 아니라 이와 유사한 기술적 시스템을 적용하는 큰 도시들의 롤 모델이 되도록 계획되었다.

이 프로젝트는 1990년에 시작되어 2015년까지 총 6 단계로 구분하여 진행되고 있으며 구체적인 계획은 스톡홀름시 도시계획부 소속 건축가 Jan Inge-Hagstrom에 의해 수립된 전략적 마스터플랜 이후에 구체화되었다. 그 개발규모는 총 11,000세대 약 25,000명의 새로운 인구를 수용할 수 있는 주거를 공급하는 것으로 건설이 완

공되면 총 35,000명의 인구가 이곳에서 거주하거나 일하게 될 것이고 단계별로 2015년까지 확대 개발될 예정이다. 개발은 민관협력의 형태로 지자체와 개발업체, 건축가들이 참여하였고 도시계획은 총 12개의 계획구역으로 분할하여 수립했다.

1) 공간구조

함마르비 토지이용의 기본 목표는 과거의 공장지대 및 산업항구지역을 적응적 재이용 및 일부의 변형을 통해 쾌적하고 깨끗한 도시공간으로 재개발하는 것에 있다. 호수를 중심으로 워터프론트 재생기법이 적용되었고 수변공간의 맥락에 따라 기존의 도시구조와 새로운 건축양식을 적절히 결합시켰으며 스톡홀름의 도심 블록단위(70*100m), 거리 폭(18m), 밀도기준 등을 준수하여 다양한 기능의 복합을 위한 블록 디자인과 유연한 공간구조를 설정했다. 또한, 스톡홀름 전체 도시계획 차원의 일관성을 수용하기 위해 함마르비 호수를 중심으로 근린주구 개발원칙을 준수하여 12개의 세부 구역별 마스터플랜 및 지구단위계획을 수립했고 이를 통해 공간구조 및 토지이용에 관한 질적 밀도조절이 가능하도록 했다. 스톡홀름 도심지역과의 상호 영향성을 고려하여 편의시설, 학교, 도서관, 병원, 헬스센터 등의 다양한 기능을 복합적으로 개발했고 주변지역과의 다양한 기능의 연계, 오픈 스페이스의 연결, 교통의 효율성 강화 등을 통한 기본구조적 연계방안 등을 마스터플랜에 반영하고 있다. 또한, 민관협력의 주도로 각 계획구역별로 별도의 계획지침(Design Code)을 수립하여 시 정부와 개발주체가 합의하는 개발의 질적 기준안을 마련하기도 했다.

2) 교통

함마르비는 개인차량 이용의 최소화와 접근성 강화를 기본원칙으로 정하고 2010년까지 주민전체의 대중교통 및 보행, 자전거 등의 친환경교통 이용비율을 80%까지 달성하는 것을 목표로 한 에너지 절약형 교통체계를 구축하고 있다. 지구 내로는 4개의 경전철(Tram) 역이 위치하고 경전철은 지구 중앙부를 관통하여 주요 광역교통수단과 긴밀히 연결되어 있다. 또한, 호수의 이점을 최대한 활용한 페리(Ferry)는 산업항구를 재이용한 이동수단으로 지구 중앙부를 가로질러 도심지역과 연결시키는 이동수단으로 활용될 뿐만 아니라 지구 내 관광객 유치에 크게 기여하고 있다. 자전거 도로는 건물 간, 혹은 지구

및 지역 전체에 잘 연결되어 있고 호수 변 경관도로, 단지 내 보행도로, 주변 차량 도로 등과 분리시켜 전용 도로 혹은 데크(Deck)를 설치하여 편의성과 쾌적성, 안전성, 접근성을 높이고 있다. 이와 함께 지구 내 거주민 혹은 근로자들을 대상으로 카풀(Carpool) 프로그램이 실행되고 있는데, 전체 가구 중 10%가 이 프로그램에 가입되어 있고 25~35대의 카풀 차량이 한 지구 내에 주차되어 있으며 그 수는 수요에 따라 조금씩 차이가 있다. 카풀 차량의 75%는 바이퓨엘(Bifuel) 차량이며 2010년까지 최소 거주자의 15%, 근로자의 5% 이상이 카풀 프로그램에 동참하는 것을 목표로 확대해왔다.

3) 녹지 및 수자원

함마르비 프로젝트의 환경목표는 주변 신개발지보다 생태환경을 2배 더 실현하는 것이었고 지구 내 환경을 보존하고 새로운 녹색공간을 창출하기 위해 1990년대 초반을 기준으로 개발로 인한 환경부하를 1/2로 감축시킬 것을 선언했다. 이러한 목표를 도시계획에 적용시키기 위해 첫째, 토지이용 차원의 새로운 오픈스페이스 기준을 적용하였고 그 내용은 지구 내 공원녹지의 면적, 오픈스페이스의 일조시간, 생물학적 다양성을 위한 비오톱의 특성과 면적, 자연보존가치지역의 설정 및 유지 등이었다. 둘째, 함마르비의 남쪽지역을 따라 녹색통로(Green Corridor)를 구축하여 주변 보존지구 및 보존 숲의 경계 역할을 수행함과 동시에 주변 생태공원과 기존 녹지축을 긴밀히 연결시키는 역할을 감당케 했다. 또한, 지구 내에 다양한 유형의 생태공간을 창출했는데 이는 주민들을 위한 공원, 동식물의 보호와 유지를 위해 통제된 공원 및 비오톱 등이 있고 기존 초목군 보호를 위해 지역기후에 적합한 수종을 선택해 심는 등의 노력을 기울였다.

한편, 지구 내의 우수는 모두 분산적(지역적)으로 관리되는데, 지역 내 곳곳에 설치되어있는 관로, 투수성포장 혹은 옥상녹화 등의 설비로 유입되어 수로를 따라 지구 내를 흐르며 정온화(Equalizer) 시키거나 분산형 빗물 저장시설에서 퇴적과정을 거치게 하여 자연형으로 정화하여 함마르비 호수를 거쳐 바다로 흐른다. 관로, 투수성포장, 옥상녹화 등의 우수 집수 시설은 단순히 우수를 확보하기 위한 목적뿐만 아니라 빗물이 호수를 통해 바다에 이르기까지의 시간을 지연시켜 홍수를 방지하고 지역 내 이곳저곳을 흐르며 온습도를 안정적으로 유지하기도

하며 녹색경관 창출에도 효과를 보이는 등의 복합적 역할을 수행한다.

4) 에너지 및 자원

함마르비의 에너지 목표는 건물에서의 효율적 에너지 소비와 관련한 재생연료, 바이오가스의 생산, 폐열의 재이용에 있다. 함마르비 모델의 에너지 측면에서 확인 할 수 있듯 지역 전체 에너지 효율을 높이기 위해 지역 난방·냉방 시스템을 구축하였다. 지역 내 하그달렌(Hogdalen) 열병합발전소는 가연성 폐기물 및 주변 녹지에서 생성되는 부산물을 재처리해 열원으로 활용하여 에너지를 생산시켜 다시 지구의 난방 및 전력으로 보내진다. 또한, 함마르비 화력발전소에서는 주변 오픈스페이스에서 발생하는 부산물과 지역 오페수 시설에서 정화된 폐수를 활용해 에너지를 생산하고 이는 다시 지구의 난방 및 냉방 에너지원으로 사용하도록 하는 순환체계를 갖추고 있다. 지역난방의 34%는 정화된 폐수에서, 47%는 주거에서 발생한 가연성 폐기물에서, 16%는 바이오연료에서 얻고 있다. 건물단위에서도 태양광 전지판과 태양열 집열판 등을 설치해 건물 에너지 수요의 절반 생산을 목표로 삼았고, 건물 자체에 고단열·고기밀 친환경 건축재료를 사용하거나 지붕녹화 및 벽면녹화 등을 통하여 건물의 에너지 수요 자체를 감축시켰다. 태양전지(Solar cell) 1m² 모듈에서는 거의 100kWh/year의 전력이 생산되고 이것은 3m²의 주거 면적의 요구량에 상당하는 양이며, Viken블록의 건물 지붕위에 설치된 남쪽을 향하는 390m²의 태양전지판(Solar panel)들은 태양의 따뜻한 광선을 모아 건물에서 사용되는 온수를 가열하는데 사용된다. 또한, 지역 환경정보센터(GlashusEtt)에 위치한 연료전지를 통해서도 전기와 열이 생산되어 지구 내에서 소비된다. 수자원 절약을 위해서는 지구 내 물소비량을 절반으로 줄이고 지역에서 발생한 오페수는 오페수 처리시설을 통해 정화시켜 발전시설의 용수로 사용하거나 처리과정에서 발생한 슬러지는 바이오가스로 추출되어 지역과 지역 내 교통수단에 제공되는데 오페수 처리 시설 또한 첨단 기술을 도입하여 오염물질은 최소화하고 처리효율은 극대화 할 수 있는 설비를 갖추고 있다.

5) 정책 및 제도

지구 남측에 위치한 GlashusEtt은 함마르비의 환경정보센터로 함마르비 재생 프로젝트의 환경적 이슈 혹은

현존하는 그린 테크놀로지 즉, 태양광전지(Solar cells), 연료전지(Fuel cells), 옥상녹화(Sedum roofs) 등의 정보를 얻을 수 있는 곳이다. GlashusEtt 건물은 컨퍼런스의 공간으로도 활용되는데 다양한 사람들의 환경적, 도시계획적, 공공적 미팅이나 정치가, 고객들의 만남의 장소로 활용된다. 또한 이 건물은 새로운 생태적 기술들을 효율적으로 적용시켜 저에너지 건축의 롤 모델로 작동하고 있다. 이것은 건물의 에너지 수요의 감축과 실내 기후의 질적 만족 목표를 달성했는데, 같은 규모의 다른 일반 건물에 비해 냉난방 수요가 현저히 낮고 그 수요 또한 자연형 에너지로 감당하는 수준이다.

4.3 사례분석의 종합

두 사례 모두 「공간구조」와 「녹지 및 수자원」분야의 계획요소가 매우 적극적으로 도입되어 있었다. 공간구조의 요소들은 한 도시의 일부로서 모(母)도시의 공간구조와 긴밀한 연계성을 갖으면서 분산적 집중 구조를 재생사례로 가져오는 것이 그 핵심내용으로 분석되었다. 이는, 도시 내 활동의 효율성과 관련된 내용들로 공간구조의 요소들은 교통, 녹지, 에너지 등의 타 분야의 요소에 근본적으로 영향을 미치는 것들이므로 중요하게 고려되고 있었다. 녹지 및 수자원은 도시재생 사업 시 에너지 수요 감축 및 탄소 흡수의 역할을 감당할 뿐만 아니라 이용자들의 사회적 지속가능성에도 매우 중요한 요소로 작용함으로 지속가능한 개발을 목표로 하는 탄소저감형 도시재생에서는 우선시 분야로 분석되었다. 「교통」분야에서는 ‘연계성’을 중요시한 환경친화적 교통수단의 적용이 가장 우선적으로 적용되었다. 대중교통중심형 친보행환경 조성이 매우 중요시 여겨지고 있었으며 이는 근본적인 개인차량 수요 감축을 통한 화석에너지 저감에 큰 효과를 보였고, 관련 기술의 개발로 청정에너지를 에너지원으로 하는 친환경 교통수단의 도입도 탄소저감형 도시재생에서 매우 중요시 여겨졌다. 「에너지 및 자원」측면에서는 신재생에너지(주로 태양열, 태양광)와 관련한 요소와 기존 노후 건물 및 공간을 활용해 생태공간을 창조하는 요소들이 주로 활용되었다. 「제도 및 프로그램」분야에서는 탄소저감형 도시재생의 특성상 기존 주민들의 참여 및 지속적인 기후변화 대응, 탄소저감에 관한 인식·교육 등이 중요하게 여겨지고 있었다.

5. 결론

독일, 스웨덴, 영국을 중심으로 한 유럽 국가들은 기후변화의 도시계획적 대응으로 다양한 도시재생 및 저탄소도시 개발을 추진 해 오고 있다. 특히, 탄소감축이 도시의 경쟁력이자 경제력으로 작용하는 현 시대에서 도시의 지속가능성 증진을 목표로 하는 도시재생 사업의 경우 탄소감축 계획요소의 적용은 필수가 되었다. 따라서, 본 연구는 단순히 저탄소도시의 계획요소 중 기존도시에 적용할 수 있는 계획요소를 선별해 도시재생 시 포함하는 것에서 벗어나 체계적인 분석과정을 통해 ‘탄소저감형 도시재생’ 계획요소를 도출하고 그 분류체계와 성격을 재구조화하여 새로운 계획체계 구축을 시도하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, ‘탄소저감형 도시재생’이란, 지속가능한 개발을 공 동의 목표로 하는 두 개의 도시계획 방식의 결합으로 ‘기후변화에 대응한 도시계획의 일환으로 쇠퇴 혹은 낙후된 지역의 물리환경적·경제적·사회적 지속가능성을 회복시키고 동시에 도시재생과 밀접한 관계성을 갖는 탄소감축요소를 적극적으로 도입하여 근본적인 탄소발행 취약성을 극복하는 도시’라고 정의할 수 있다.

둘째, 탄소감축형 도시재생은 공간구조 측면에서 모 도시와 연관된 분산집중형 구조를 취하고 대상지의 환경용량 및 기능에 적합한 개발밀도를 산정·적용하고, 교통 측면에서는 기존의 대중교통시스템과 긴밀히 연결된 친환경 교통수단의 네트워크를 구축하고 ITS(Intelligent Transport System)을 적용해 그 효율성과 신뢰도를 높여야 한다. 녹지 및 수자원 측면에서는 단절되고 파편화되었던 녹지들을 유기적으로 연결해 그 생태성을 증진시키고 기후변화에 대응한 전략적 시스템 구축해야 한다. 에너지 및 자원 측면에서는 입지 특성의 분석을 통한 신재생에너지 적용의 확대와 자원절감을 위한 도시기반시설의 적응적 재이용과 자원 및 폐기물의 에너지화 시스템을 구축해야 한다. 또한, 이 모든 전략들이 계획에 잘 반영되어 실현될 수 있도록 제도 및 프로그램 측면에서 자율적이고 창의적 활동이 가능한 기구가 마련되어야 하며 대상지역 거주자들의 참여 확대와 관련내용의 지속적인 교육이 수반되어야 한다.

이러한 주요전략을 갖는 탄소저감형 도시재생 계획체계는 공간구조, 교통, 녹지 및 수자원, 에너지 및 자원, 제도 및 프로그램의 다섯 가지 분야 37개의 계획요소로

정리할 수 있다.

셋째, 탄소저감형 도시재생사례의 심층사례를 통해 계획 요소 및 체계를 검증해본 결과, 모든 분야의 계획요소들이 사례에 적용되어 도시재생 및 탄소저감 효과에 크게 기여하고 있었고 특히, 타 분야 요소들과의 연관성이 높아 물리환경, 경제, 사회 측면에 복합적인 효과를 보이는 공간구조, 녹지 및 수자원 분야의 계획요소들은 그 적용성과 우선순위가 매우 높았다. 단지, 사례건설의 시기와 관련하여 최신 유퍼쿼터스 시스템의 적용은 매우 미비한 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 도출된 탄소저감형 도시재생 계획요소 및 체계 Table 5는 기후변화에 대응하기 위해 국내 도시재생 방향이 나아가야 할 방향과 전략을 제시함에 의의가 있고, 또한, 탄소감축 목표를 동시에 달성해야 하는 도시재생 사업에서 우선적으로 적용할 수 있는 요소들을 체계적인 분석을 통해 분야별로 제시하였으므로 실제 도시재생 사업 시 활용할 가치가 있다고 사료된다.

References

- [1] J. E. Choi, J. K. Kim, D. S. Oh, Characteristics and case study of Low Carbon Green City planning from the perspective of Urban Metabolism, Journal of the Korea institute of ecological architecture and environment, Vol. 11, No.5, pp.3-12, 2011
- [2] Peter Roberts, Hugh Sykes, Urban Regeneration : A Handbook, SAGE Publications, 2000
- [3] S. Y. Seo, K. H. Lee, Establishment of Urban Regeneration Model for Carbon Reduction and Analysis on the Application Effect, The Architectural Institute of Korea, Vol.29, No.9, pp.169-176, 2013
- [4] Y. H. Kim, S. J. Park, Low-Carbon Green Planning Elements and Carbon Reduction Effect in Urban Regeneration Project, Journal of the Urban Design Institute of Korea, Vol.15, No.1, pp.167-182, 2013

최 정 은(Joung-Eun, Choi)

[정회원]



- 2006년 2월 : 충남대학교 건축공학
교육과 (공학사)
- 2008년 2월 : 충대학교 대학원 건
축공학과 (공학석사)
- 2015년 2월 : 충남대학교 대학원
건축공학과 (공학박사)

<관심분야>

도시계획, 저탄소녹색도시, 도시재생

최 준 성(Joon-Sung Choi)

[정회원]



- 1994년 2월 : 단국대학교 건축공학
과 (건축공학학사)
- 1996년 5월 : 펜실베이니아 대학교
건축학과 (건축학석사)
- 2013년 2월 : 서울대학교 도시설계
학 (박사과정수료)
- 2005년 8월 ~ 현재 : 충남대학교
건축학과 교수

<관심분야>

건축설계, 도시설계, 지속가능성

오 덕 성(Deog-Seong Oh)

[정회원]



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

<관심분야>

도시계획, 도시재생, 과학도시