

# 공공건축물의 저탄소 계획요소의 활용 및 탄소감축 효과분석 -충북 청주시 사례를 중심으로-

김영환<sup>1\*</sup>, 어상진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>청주대학교 도시계획학과, <sup>2</sup>청주대학교 도시부동산지역학과

## A study on the low-carbon planning element and carbon reduction effect in public buildings -Focused on Cheongju city-

Young-Hwan Kim<sup>1\*</sup> and Sang-Jin Eo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Urban Planning, Cheongju University

<sup>2</sup>Dept. of Urban Real Estate & Land Management, Cheongju University

**요 약** 지구온난화에 따라 이상기후 현상이 빈번해지면서 세계 모든 국가들은 온실가스 감축을 위해 다양한 분야에서 기후변화대응 정책들을 제시하고 있는 중이다. 특히 최근에는 도시 건축물과 관련하여 건축물에서 발생하는 온실가스를 줄여야 한다는 인식이 고조되고 있는데, 이는 건축물이 국가 온실가스 배출의 25%를 차지하고 도시 내에서도 절반 이상의 비율을 점유하고 있기 때문이라 할 수 있다. 이에 따라 정부는 공공부문에서 저탄소 녹색 정책 및 추진전략을 선도적으로 실천할 필요성이 있다고 보고, 공공건축물의 저탄소 녹색화를 통해 대내·외적인 이미지를 고양시키고 민간부문의 온실가스 감축을 촉진시키고자 하고 있다. 이와 같은 배경에서 본 연구는 청주시를 사례로 공공건축물의 저탄소 녹색화를 위한 계획요소의 활용 특성을 고찰하고 그에 따른 탄소감축량 산정 및 경제성 분석을 통해 탄소감축 효과를 분석함으로써 공공건축물의 저탄소 녹색화를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

**Abstract** As abnormal climate phenomena frequently happen due to the after-effect of the global warming, all nations suggest climate change response policies in many different fields to prevent global warming by reducing greenhouse gas. Especially, these days, the realization that the greenhouse gas from city buildings should be decreased is growing, and it is because that buildings are accounted for a quarter of national greenhouse gas emission and it is more than half the percentage of emissions within the city. Accordingly, Korean government sees the need to take an initiating role to fulfill low-carbon green policies and promotion strategies in the public sector, and wants to facilitate greenhouse gas reduction in the private sector as well. In this background, this study tries to examine the low-carbon planning element in public buildings and figure out the amount of carbon reduction and economic analysis centering Cheongju city as case study. Lastly, we propose some suggestion for low-carbon and greening of public buildings.

**Key Words** : Carbon reduction, Cheongju city, Low-carbon, Planning element, Public building

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

2011년 7월에 개최된 'Green Design SEOUL'에서는

2008년도 서울시 온실가스 배출량이 1990년과 비교해 5,400 KtonCO<sub>2</sub> 증가한 50,383 KtonCO<sub>2</sub> 이며, 그 중 건축물 부문이 30,924 KtonCO<sub>2</sub> 으로 총 배출량의 61.4%를 차지하는 것으로 발표되었다[1]. 이는 현재 각 국가들이

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행되었음 (2012R1A1A4A01014705).

\*Corresponding Author : Young-Hwan Kim(Cheongju Univ.)

Tel: +82-43-229-8276 email: [youngkim@cju.ac.kr](mailto:youngkim@cju.ac.kr)

Received February 8, 2013 Revised (1st April 23, 2013, 2nd May 22, 2013, 3rd June 5, 2013) Accepted June 7, 2013

지구온난화에 따른 기후변화에 대응하기 위해 다양한 정책들을 제시하고 있는 가운데, 특히 건축물 분야에서의 에너지 절약을 통한 온실가스 감축의 필요성을 시사하고 있다. 이에 우리 정부는 공공측면에서 에너지 절약을 통한 녹색 건축물 활성화를 꾀하고자 단계적 목표 및 세부 대책을 세워 적극적인 공공건축물 녹색화를 실현하고자 하고 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구의 목적은 공공건축물에서 저탄소 계획요소의 활용 특성을 파악하고, 탄소감축량 산정 및 경제성 분석을 통해 탄소감축 효과를 분석함으로써 향후 공공건축물의 녹색화를 위한 방안을 제시하고자 하는 데에 있다.

### 1.2 연구의 방법

이를 위해 본 연구는 먼저 이론적 고찰을 통해 공공건축물의 개념과 유형에 대해 살펴보고 공공건축물에 저탄소 계획요소 도입의 필요성에 대해 살펴보았다. 이어서 청주시 공공건축물을 사례로 저탄소 계획요소의 활용 특성을 고찰하고 탄소감축량을 산정하였다. 마지막으로 저탄소 계획요소 도입에 따른 경제성 분석을 통해 초기 사업비에 따른 투자비 회수기간을 산출하였으며, 향후 저탄소 공공건축물의 확대를 위한 정책적 시사점을 제시하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 공공건축물의 개념 및 유형

[Table 1] Classification of public buildings\*

classification	contents
administration /public	public office, dong office, police station, constabulary, policing center, fire department, 119 safety center, post office, telephone company, tourist information
welfare	child care facilities, welfare facilities for the elderly/women/disabled person, youth training facilities
education/ research	elementary school, middle school, high school, public library
culture/ community	arts center, community center, exhibition halls, theaters, museum of art, museum
environment/ sanitation	resource recovery facilities, recycling center, public toilet
medical	hospital, health center
others	co-housing by public agencies, complex building

\*Seoul-city, "Guideline of public buildings", 2008.

### 2.2 저탄소 계획

공공건축물은 시민의 세금으로 건설되고 운영될 뿐 아니라 저탄소 계획요소의 도입을 공공부문이 선도적으로 실천함으로써 민간부문의 온실가스 감축 활동을 촉진시킬 수 있다는 점에서 공공건축물의 저탄소 녹색화는 반드시 필요하다고 할 수 있다.

최근 여러 분야에서 폭넓게 활용되고 있는 저탄소 계획 또는 녹색 계획은 탄소배출량을 저감시키기 위한 다양한 계획요소들을 포함하고 있다. 이에 따라 관련 문헌을 통해 다양한 저탄소 계획요소를 도출하고 건축물에 적용 가능한 계획요소들을 따로 검토하여 [Table 2]와 같이 건축물 입면, 재료/설비, 형태, 배치, 기타의 측면으로 분류하였다. 이 중 본 연구는 사례 공공건축물의 구체적인 저탄소 계획 내용을 파악하기 힘들었으며 또한 경제성 분석을 위해 정량적인 성격의 계획요소를 활용하고자 재료/설비 부문에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

[Table 2] Low-carbon planning element according to building component

separation	low-carbon planning element
facade	wall greening, outdoor advertisements maintenance, facade color and pattern, awning facilities and louvers, solar canopy
materials/ equipment	low-carbon wall, solar/photovoltaic power, waste disposal facilities, LED lighting, high insulation/confidential materials, high efficiency windows, heat recovery systems, cogeneration systems, rainwater storage facilities, geothermal energy
form	pilotis, rooftop greening, passive/active solar, water space, vegetable garden
arrangement	building alignment plan, wall surface line plan, plan to open area or corridor plan in the land, plan to composite wall and joint wall, natural lighting and ventilation, a joint development, parking regulation easing
others	energy efficiency rating system



[Fig. 1] Necessity of greening in public buildings

### 3. 저탄소 공공건축물의 사례분석

#### 3.1 저탄소 공공건축물의 사례

##### 3.1.1 분석 대상 공공건축물의 선정

2005년부터 2011년까지 청주시는 공공건축물의 저탄소 녹색화를 위해 총 64억원의 사업비를 투입하여 총 23,089kw급의 25개 저탄소 시설을 보급하여 운영하고 있다. 이에 따라 본 연구는 해당 시설이 적용된 25개의 건축물 중 자료 취득이 가능한 15개 공공건축물을 분석 대상으로 선정하였다.

선정된 공공건축물의 시설 설치비, 규모, 연간 에너지 생산량 등의 사항은 관련 기관에 자료 요청을 통해 확보하였으며, 특히 청주에서 제공한 ‘연도별 신재생에너지 보급 및 개발투자 실적’을 활용하였다[5].

[Table 3] Selection of analysis target public buildings

type	target
public offices	Chungbuk province office, Heungdeok-gu office, Chungbuk district police agency
community center	Topdaesung-dong community center, Youngun-dong community center, Bunpyeong-dong community center, Naedeok2-dong community center
environmental facilities	Cheongju wide area incinerator, Cheongju environmental office
welfare facilities	Gageong welfare facilities, Woro welfare facilities, Naedeok welfare facilities
gym	Cheongju badminton taekwondo gym
library	Cheongju information library
hospital	Cheongju senior citizen's hospital

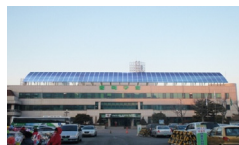
##### 3.1.2 청주시 저탄소 공공건축물의 유형별 사례

###### 1) 공공청사

충북도청, 흥덕구청, 충북지방경찰청의 건물 옥상부에는 각 3억 3천만원, 6억 1천만원, 2억 3천만원의 사업비를 투자하여 32kW, 86kW, 25kW 규모의 태양광 시설을 설치하였다.



(a) Chungbuk province office



(b) Heungdeok-gu office

[Fig. 2] Foreground in public offices

[Table 4] Current status of public offices

separation	Chungbuk province office	Heungdeok-gu office	Chungbuk district police agency
low-carbon planning element	photovoltaic power	photovoltaic power	photovoltaic power
scale of facilities	32kW	86kW	25kW
total cost (1,000won)	330,000	611,100	231,000
amount of energy in annual	46Mwh	139.1Mwh	40.5Mwh

\*Source: Each public office, Inner document, 2011.

###### 2) 동 주민센터

청주시는 시설이 노후하고 협소한 동 주민센터를 대상으로 신축·증축 사업을 하였다. 각 센터마다 사업비 1억 원씩을 들여 연간 16.2Mwh의 전력을 생산할 수 있는 태양광 시설을 설치하였다.

[Table 5] Current status of community center

separation	Topdaesung-g-dong	Youngun-dong	Bunpyeon-g-dong	Naedeok2-dong
low-carbon planning element	photovoltaic power	photovoltaic power	photovoltaic power	photovoltaic power
scale of facilities	10kW	10kW	10kW	10kW
total cost (1,000won)	100,000	100,000	100,000	100,000
amount of energy in annual	16.2Mwh	16.2Mwh	16.2Mwh	16.2Mwh

\*Source: Cheongju-city, Inner document, 2011.

###### 3) 자원회수 및 환경시설

휴암동 일대에 위치한 청주권 광역소각장은 폐기물 소각 처리 과정에서 나오는 여열과 폐열을 이용한 수처리 시설을 통해 온수판매사업, 전력판매사업 등을 실시하고 소각장 주변에 푸르미 환경공원과 스포츠센터를 조성하여 학습 환경의 장과 동시에 지역주민들에게 쾌적한 여가공간을 제공하고 있다. 청주시 환경사업소에서는 폐수 처리 후 방류수를 활용한 소수력발전과 태양광 발전 설비를 통해 전력을 생산하고 있다.



(a) Cheongju wide area incinerator (b) Purmi sports center

[Fig. 3] Foreground in environmental facilities

[Table 6] Current status of environmental facilities

separation	wide area incinerator		environmental office	
	remaining heat recovery	wasting heat recovery	small hydro	photovoltaic power
low-carbon planning element	290 Gcal/day	22,000 kWh/day	150kW	50kW
scale of facilities	700,000	700,000	740,000	358,000
total cost (1,000won)	134.8Mwh	8,030.0 Mwh	1,143.4 Mwh	80.9Mwh
amount of energy in annual				

\*Source: Cheongju-city, Inner document, 2011.

#### 4) 복지시설

가경동과 월오동의 복지 시설은 ‘BIPV(Building Integrated Photovoltaic) 친환경 시스템’을 도입하여 복합적 기능을 갖춘 녹색 건축물로 조성하였으며. 내딴 노인 복지시설은 태양열을 활용해 에너지 절약에 힘쓰고 있다.

[Table 7] Current status of welfare facilities

separation	Gageong welfare facilities	Woro welfare facilities	Naedeok welfare facilities
	photovoltaic power	photovoltaic power	solar power
low-carbon planning element	10kW	30kW	110m <sup>2</sup>
scale of facilities	92,000	319,000	113,671
total cost (1,000won)	16.2Mwh	48.5Mwh	31.2Mwh
amount of energy in annual			

\*Source: Cheongju-city, Inner document, 2011.

#### 5) 체육·교육·의료 시설

체육시설, 교육시설, 의료시설 모두 태양광 발전시설을 설치하였는데, 특히 노인전문병원은 저층부를 필로티 처리하여 바람길을 고려한 계획과 함께 자연적인 배치를 고려해 채광과 통풍이 잘 되도록 조성하였다.



(a) badminton taekwondo gym (b) Cheongju-si information library

[Fig. 4] Foreground in gym and library

[Table 8] Current status of gym, library and hospital

separation	badminton taekwondo gym	Cheongju-si information library	senior citizen's hospital
	photovoltaic power	photovoltaic power	photovoltaic power
low-carbon planning element	20kW	6kW	30kW
scale of facilities	163,000	17,520	300,000
total cost (1,000won)	32.4Mwh	8.1Mwh	48.5Mwh
amount of energy in annual			

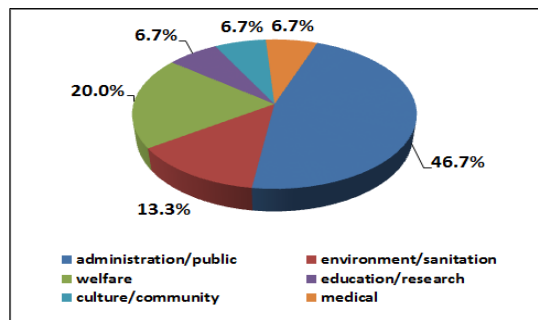
\*Source: Cheongju-city, Inner document, 2011.

### 3.2 사례 분석 및 탄소감축량 산정

#### 3.2.1 저탄소 공공건축물 적용 유형

청주시에서 보급한 저탄소 공공건축물을 공공건축물 유형에 따라 분류한 결과, 전체 건축물 중 행정 및 공공 관련시설이 46.7%로 가장 많았으며, 이어서 복지 관련 건축물이 20.0%로 나타났다.

한편 기존건축물의 활용 여부는 신축 건축물이 12개소, 기존 건축물이 5개소로 나타나, 노후화 된 기존 건물을 리모델링하거나 증축, 개축하여 사용하기보다는 신축 건물에 저탄소 계획을 적용하고 있는 것으로 분석되었다.



[Fig. 5] Type of low-carbon public buildings in Cheongju city

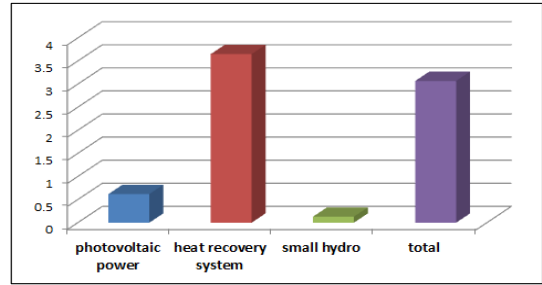
### 3.2.2 적용 계획요소

저탄소 공공건축물에 적용된 저탄소 계획요소는 태양광 발전시설이 13개소로 가장 많이 활용되고 있으며, 이외에는 열회수 시스템 2개소, 소수력발전 1개소, 태양열 발전 1개소이다.

태양열 발전을 제외한 계획요소의 총 시설 규모는 30,282kw로 이중 98.4%를 차지하는 열회수 시스템이 규모면에서 가장 큰 시설이다. 이에 단위 변환을 통해 1kw 당 연간 에너지 생산량을 계산해 본 결과, 열회수 시스템이 3.65kwh, 태양광 발전이 0.62kwh, 소수력발전이 0.13kwh으로, 열회수시스템이 단위 규모 당 가장 많은 연간 에너지를 생산하고 있는 것으로 나타났다.

[Table 9] Applied low-carbon planning element

separation	number of facilities	scale	amount of energy in annual	amount of energy in annual/kwh
photovoltaic power	13	329kw	525Mwh	0.62kwh
heat recovery system	2	29,803kw	8,165Mwh	3.65kwh
small hydro	1	150kw	1,143Mwh	0.13kwh
total	16	30,282kw	9,833Mwh	3.07kwh



[Fig. 6] Comparison chart of low-carbon planning element

[Table 10] Synthesis of analysis

separation	low-carbon planning element			buildings component					building utilizing	
	application facilities	scale (kw)	amount of energy in annual(Mwh)	facade	materials/equipment	form	arrangement	others	existing	new
administration/public	Chungbuk province office	photovoltaic power	32	46		●○			○	
	Heungdeok-gu office	photovoltaic power	86	139.1		●			○	
	Chungbuk district police	photovoltaic power	25	40.5		●				○
	Topdaesung-dong community center	photovoltaic power	10	16.2		●				○
	Youngun-dong community center	photovoltaic power	10	16.2		●				○
	Bunpyeong-dong community center	photovoltaic power	10	16.2		●				○
	Naedeok2-dong community center	photovoltaic power	10	16.2		●				○
environment/sanitation	Cheongju wide area incinerator	remaining heat recovery	27,970	134.8		●	○			○
		wasting heat recovery	1,833	8,030.0		●	○			○
	Cheongju environmental office	small hydro	150	1,143.4		●				○
		photovoltaic power	50	80.9		●				○
welfare	Gagyeong welfare facilities	photovoltaic power	10	16.2	○	●○				○
	Woro welfare facilities	photovoltaic power	30	48.5	○	●				○
	Naedeok welfare facilities	solar power	-	-		●				○
culture/community	Cheongju badminton taekwondo gym	photovoltaic power	20	32.4		●				○
education/research	Cheongju information library	photovoltaic power	6	8.1		●				○
medical	Cheongju senior citizen's hospital	photovoltaic power	30	48.5		●	○	○		○
total			30,282	9,833.2					5	12
note		● main low-carbon planning element ○ sub low-carbon planning element : Insulation construction, complement with windows and sticking insulating film, LED lighting, high-efficiency boilers and pumps, geothermal energy ,BIPV system, Piloti, natural placement utilizing								

### 3.2.3 저탄소 공공건축물의 탄소감축량 산정

탄소감축량 분석은 에너지관리공단에서 제시하고 있는 가이드라인(2006)에 근거하여 연간 전력생산량(Mwh)에 이산화탄소 배출계수(tCO<sub>2</sub> /Mwh)를 적용하여 계산하였다. 사례대상인 15개 청주시 공공건축물에 적용된 저탄소 계획요소에 의한 총 탄소감축량은 4,169.1tCO<sub>2</sub>으로, 열회수 시스템 3,461.9tCO<sub>2</sub>, 소수력발전 484.6tCO<sub>2</sub>, 태양광 발전시설 222.6tCO<sub>2</sub>으로 나타났다.

[Table 11] Ouput of carbon reduction

separation	amount of energy in annual	carbon emission factor*	amount of reductions
photovoltaic power	525Mwh	0.424 tCO <sub>2</sub> /Mwh	222.6tCO <sub>2</sub>
heat recovery system	8,165Mwh	0.424 tCO <sub>2</sub> /Mwh	3,461.9tCO <sub>2</sub>
small hydro	1,143Mwh	0.424 tCO <sub>2</sub> /Mwh	484.6tCO <sub>2</sub>
total	9,833Mwh		4,169.1tCO <sub>2</sub>

\*Korea Energy Management Corporation, 2006

### 3.3 경제성 분석

#### 3.3.1 개요

경제성 분석은 비용과 편익을 사회적 입장에서 측정해 경제적 수익률을 계산하여 그 타당성의 여부를 결정하는 분석방식이라 할 수 있으며 대표적인 분석 방법으로 비용편익 분석(CBA), LCC분석, LCA분석 등을 들 수 있다.

그러나 본 연구에서는 관련 자료의 한계로 단순계산식에 의해 분석하였다. 즉, 청주시에서 투입한 저탄소 시설 투자비 회수기간을 산출하기 위해 전력 요금을 활용하여 분석하였다. 이를 위해 기존과 신축건물별로 각 5개씩의 건축물을 대상으로 연간 전력생산량에 전력요금 유형별 기준단가를 곱하여 연간 전력요금을 구하였다. 여기에서 전력요금의 유형별 기준단가는 한국전력에서 적용요금 기준으로 활용하는 일반용(갑)과 교육용의 기준단가를 적용하였다.

#### 3.3.2 투자비 회수기간의 산정

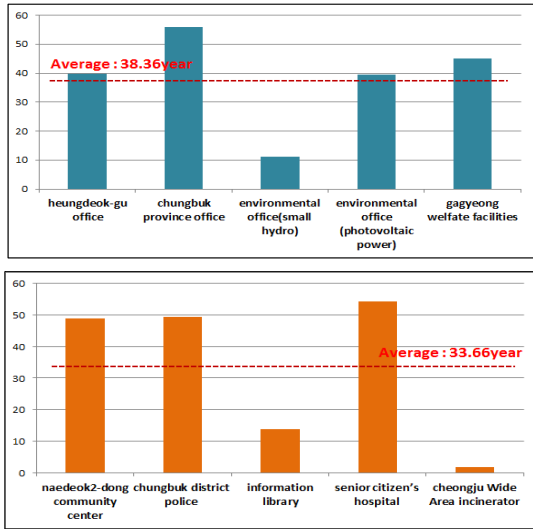
전력생산과 총 사업비 간의 비교를 통해 도출된 결과는 기존 건축물의 경우, 투자비 회수기간이 평균38.36년으로 산출되었다. 청주시 환경사업소의 소수력 발전시설이 11.2년으로 가장 빠르게 투자비를 회수 할 수 있는데 비해, 충북 도청은 56.1년으로 가장 긴 기간에 걸쳐 투자

[Table 12] Payback period due to electricity prices

separations	public buildings	scale*	formula	standard prices	① electricity prices(won)	② total cost (won)*	payback period(yr) ②÷①
existing	Heungdeok-gu office	86kw	86kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	15,325,620	611,100,000	39.9
	Chungbuk province office	32kw	32kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	5,887,600	330,000,000	56.1
	environmental office (small hydro)	150kw	150kw*15h*30days*12month	nomal(gap)	65,836,980	740,000,000	11.2
	environmental office (photovoltaic power)	50kw	50kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	9,033,620	358,000,000	39.6
	Gagyeong welfare facilities	10kw	10kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	2,042,440	92,000,000	45.0
new	Naedeok2-dong community center	10kw	10kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	2,042,440	100,000,000	49.0
	Chungbuk district police	25kw	25kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	46,620,60	231,000,000	49.5
	information library	6kw	6kw*6h*30days*12month	education	1,263,080	17,520,000	13.9
	senior citizen's hospital	30kw	30kw*6h*30days*12month	nomal(gap)	5,537,980	300,000,000	54.2
	Cheongju wide area incinerator	22,000 kwh/day	917kw*15h*30days*12month	nomal(gap)	400,976,900	700,000,000	1.7
note	<calculation of electricity charge> ①basic fare: 5,400(won/kw)-nomal 5,160(won/kw)-education ②usage fare: 94.50(won/kw)-7-8month 58.90(won/kw)-3-6month /9-10month 77.90(won/kw)-11-12month ③electricity fare: ①+②-D.C of welfare ④VAT: ③×0.1% ⑤power industry based funds: ③×3.7% ⑥total billed charges: ③+④+⑤		-based on low-voltage power and electric charges are calculated conditions in select sectors, based on the contract power / rates apply all the power 4kW. -The 'h' of calculation is hours of sunshine daily, or facility uptime. -The Cheongju wide area incinerator adjust to unit.				

\*Cheongju-city, "Investment in renewable energy development and dissemination", 2011.

비를 회수할 수 있는 것으로 분석되었다.



[Fig. 7] Comparison chart of the investment costs payback period

[Table 13] Investment costs per carbon reduction

public buildings	investment cost (won)	amount of reductions	①÷②	
			(won)	
existing	Heungdeok-gu office	611,100,000	58.9tCO <sub>2</sub>	10,375,212
	Chungbuk province office	330,000,000	19.5tCO <sub>2</sub>	16,923,077
	environmental office (small hydro)	740,000,000	484.8tCO <sub>2</sub>	1,526,403
	environmental office (photovoltaic power)	358,000,000	34.3tCO <sub>2</sub>	10,437,318
	Gagyeong welfare facilities	92,000,000	6.8tCO <sub>2</sub>	13,529,412
	sub total	2,131,100,000	604.3tCO <sub>2</sub>	3,526,560
new	Naedeok2-dong community center	100,000,000	6.8tCO <sub>2</sub>	14,705,882
	Chungbuk district police	231,000,000	17.1tCO <sub>2</sub>	13,508,772
	information library	17,520,000	3.4tCO <sub>2</sub>	5,152,941
	senior citizen's hospital	300,000,000	20.5tCO <sub>2</sub>	14,634,146
	Cheongju wide area incinerator	700,000,000	604.3tCO <sub>2</sub>	1,158,365
	sub total	2,779,620,000	652.1tCO <sub>2</sub>	4,262,567
total	4,910,720,000	1,256tCO <sub>2</sub>	3,909,808	

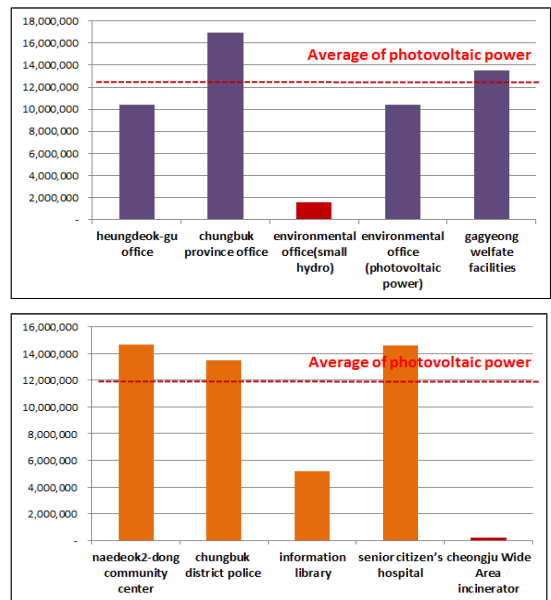
신축 건축물의 경우는 평균 33.66년으로 기존 건축물 보다 다소 작은 값을 보였으며, 청주시 광역소각장의 폐열회수시설이 1.7년으로 가장 빨리 투자비 회수가 가능한 것으로 분석되었다. 청주 노인전문병원은 54.2년으로 신축건축물 중에서 가장 회수 기간이 긴 것으로 나타났다.

### 3.3.3 탄소감축량 대비 투자비용 분석

저탄소 계획요소 투자비용 대비 탄소감축 효과를 분석하기 위해 저탄소 공공건축물별로 투입된 비용을 탄소감축량으로 나누어 탄소감축 1톤 당 소요된 비용을 산출해 보았다.

기존 건축물의 경우, 탄소 1톤을 감축하기 위해 평균 3,526,560원이 투자된 것으로 분석되었다. 청주시 환경사업소의 소수력 발전시설이 탄소 1톤을 감축하기 위해 1,526,403원이 소요되어 가장 저렴한 것으로 분석되는데 비해, 태양광 발전시설은 평균 12,816,255원으로 투자효율성이 가장 낮은 것으로 나타났다.

신축 건축물의 경우는, 탄소 1톤을 감축하기 위해서는 평균 4,262,567원으로 기존 건축물에 비해 다소 많은 비용 투자가 필요한 것으로 분석되었다. 청주광역시 쓰레기 처리장이 1,158,365원으로 탄소감축 대비 투자효율성이 높은 것으로 나타났으며, 태양광 발전 시설의 탄소감축 1톤 당 소요비용은 기존 건축물과 유사한 평균 12,000,435원으로 나타났다.



[Fig. 8] Comparison chart of investment cost per carbon reduction

#### 4. 결론

본 연구는 충북 청주시의 공공건축물을 대상으로 저탄소 계획요소의 적용 특성을 고찰한 후 시설별 탄소감축량을 산정하였다. 또한 저탄소 계획요소 도입에 관한 경제성 분석을 통해 사업비에 따른 투자비 회수기간을 산출하고, 탄소감축량 대비 투자비용 분석을 통해 저탄소 계획요소별 탄소저감 효과를 분석하고자 하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 저탄소 계획요소의 적용대상을 공공건축물 유형에 따라 분류해 본 결과, 행정 및 공공 관련시설이 46.7%, 복지 관련시설이 20.0%로 전체의 65% 이상을 차지하고 있으며, 기존 건축물보다는 신축건물에 적용하는 경우가 2.5배 정도로 많이 나타나고 있다.

둘째, 저탄소 공공건축물에 적용된 저탄소 계획요소는 태양광 발전시설이 전체의 76.5%로 가장 많은 비중을 차지하고 있고 기타 열회수 시스템, 소수력발전, 태양열발전 등이 일부 적용되고 있어 저탄소 계획요소의 다변화가 필요한 것으로 분석되었다.

셋째, 사례 대상 15개 청주시 공공건축물에 적용된 저탄소 계획요소에 의한 총 탄소감축량은 4,169.1tCO<sub>2</sub>으로, 적용 계획요소는 태양광 발전시설이 가장 많았으나 탄소감축량은 미미한데 비해, 열회수 시스템은 적용사례는 적으나 탄소감축에의 기여도는 가장 높은 것으로 나타났다.

넷째, 전력생산에 따른 수익과 총 사업비 간의 비교분석에 의하면 투자비 회수기간은 기존 건축물이 평균 38.36년인 반면, 신축건축물은 평균 33.66년으로 기존 건축물보다 다소 짧은 것으로 나타났다.

다섯째, 탄소감축 1톤당 소요비용은 평균 3,909,808원으로, 소수력발전이나 폐열회수 시스템에 비해 태양광발전이 8~10배 비용이 많이 들어 탄소저감 효과는 낮은 것으로 나타났으며, 신축 건축물이 기존 건축물에 비해 다소 많은 비용이 소요되는 것으로 분석되었다.

이상의 연구결과를 바탕으로 공공건축물의 저탄소 녹색화를 촉진하기 위한 정책적 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 저탄소 공공건축물을 조성하기 위해서 무엇보다 기존 건축물에 대한 구체적인 저탄소 녹색화 정비 방법이 제시되어야 할 것이다. 또한 고효율 단열재, 고효율 창호, LED조명 등 공공건축물의 저탄소 녹색화를 특화하여 적용할 수 있는 다양한 저탄소 계획요소의 검토가 필요할 것으로 보인다.

둘째, 시설 보급의 측면에서 건축물의 연면적, 규모 등의 환경여건을 잘 고려하여 단위 당 탄소감축률이 높은

계획요소를 적용해야 할 것이다. 또한 비용 대비 효과가 큰 순으로 우선순위를 정하여 이를 통해 실질적으로 탄소배출이 저감되는 효과를 얻을 수 있도록 해야 한다.

셋째, 민간으로의 저탄소 건축물 확대를 위해 건축물과 관련한 녹색 계획요소마다 탄소저감 효과성, 민간의 적용가능성, 경제성 등과 같은 항목을 제시하고 목록화하여 민간부문에 하역금 녹색 건축물을 조성하는데 원활한 의사결정이 되도록 지원이 필요하다.

한편 본 연구는 경제성 분석에 있어서 감가상각비나 내부수익률 등의 다른 제약 사항들을 전혀 고려하지 않은 채, 단순 계산식을 사용하여 투자비 회수기간을 산정하였다는 점에서 연구의 한계가 있다고 할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 충분한 자료를 바탕으로 비용편익 분석이나, 건축물 생애주기에 따른 LCC분석 등을 통해 탄소저감 효과를 보다 정교하게 분석하도록 해야 할 것이다.

#### References

- [1] Y. S. Choi, "Cases of Climate Change & Eco-Friendly Policies", Presented kit at the international seminar, pp. 4-5, July, 2011.
- [2] S. H. Kim, et al, "Study on the direction of the design of a public building", April, 2004.
- [3] S. H. Kim, et al, "Research on the development of quality indicators for improving the design of public architecture design", Auri, 2009.
- [4] Seoul-si, "Design seoul, public buildings guideline", 2008.
- [5] Cheongju-si, "Investment in renewable energy development and dissemination", 2011.
- [6] National Institute of Environmental Research, "Analysis of CO<sub>2</sub> reduction effect according to the air quality improvement measures promoting in metropolitan", 2006.
- [7] Y. H. Jin, et al, "The study on the calculate carbon emissions of cultural infrastructure and manage savings goals", Korea Culture and Tourism Institute, 2010.
- [8] H. M. Jo, "Special column-the public buildings energy-saving efforts increase growth engines in future", ESCO, energy service company, pp. 28-33, 2010.
- [9] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Public institutions leading green building measures", 2011.



[10] Korea Institute of Registered Architects, "Competition-Cheongju Geriatric Hospital", pp. 70-71, 2007.

**김 영 환(Young-Hwan Kim)**

[정회원]



- 1988년 2월 : 서울대학교 환경대학원 환경조경학과 (조경학석사)
- 1997년 2월 : 서울대학교 대학원 협동과정 조경학 박사과정 (공학 박사)
- 1990년 5월 ~ 1995년 2월 : 국토연구원 연구원

- 1995년 3월 ~ 2007년 8월 : 영동대학교 도시공학과 교수
- 2007년 9월 ~ 현재 : 청주대학교 도시계획학과 교수

<관심분야>

도시설계, 도시재생

**어 상 진(Sang-Jin Eo)**

[정회원]



- 2011년 2월 : 청주대학교 행정도시계획학부 도시계획학과 (행정학사)
- 2013년 2월 : 청주대학교 일반대학원 도시계획학과 (도시계획학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 일반대학원 도시부동산지적학과 박사과정

<관심분야>

도시설계, 도시재생