

# 공동주택 건물의 상수도 절감량에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 저감효과에 관한 연구

조수현\*, 강혜진\*\*, 이언구\*\*\*

\*중앙대학교 대학원 건축학과(virtuesky@hotmail.com),  
\*\*미국 미시간대 박사후연구원, 공학박사(haejinkang@wm.cau.ac.kr),  
\*\*\*중앙대학교 공과대학 건축학부 교수, 건축학박사(ekrhee@cau.ac.kr)

## A Study on the CO<sub>2</sub> Emission Reduction Effect relating to the Water Usage Reduction in Multi-family Residential Building

Cho, Su-Hyun\* Kang, Hae-Jin\*\* Rhee, Eon-Ku\*\*\*

\*Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(virtuesky@hotmail.com),  
\*\*College of Architecture and Urban Planning, University of Michigan(haejinkang@wm.cau.ac.kr),  
\*\*\*Dept. of Architecture, Chung-Ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

### Abstract

The current worldwide interest in environmental issues has moved from energy conservation to CO<sub>2</sub> emission reduction. Recently, according to the increase in demand for water resources, insufficient potable water circumstance is supposed, unless there are corresponding increase in water conservation and water recycling.

This study has attempted to analyze CO<sub>2</sub> emission reduction by water saving strategies like installation water saving devices, rain water harvesting and grey water system. To do this, this research investigates applicable water conservative strategies by literature review and calculated total water saving.

The results show that (1) firstly, the water usage and CO<sub>2</sub> emission could be reduced up to 44%, (2) CO<sub>2</sub> emission reduction by water saving devices and rainwater harvesting system is about 47.7%, and (3) water usage and CO<sub>2</sub> emission reduction by grey water system is about 66%.

In the future, this paper will be utilized for water management from the early design stage to maintenance stage of water glutton building.

Keywords : 공동주택(Multi-family Residential Building), 상수도(Water Supply), 친환경건축물인증제도(GBCC), LEED, 수자원 효율(Water Efficiency), 절수기기(Water Saving Devices), 우수(Rainwater Harvesting), 중수도(Gray Water System), CO<sub>2</sub> 배출저감(CO<sub>2</sub> Emission Reduction)

## 1. 서 론

전 세계적으로 지구 온난화로 인한 기후변화의 문제와 온실가스 감축에 대한 노력이 활발히 진행되고 있다. 우리나라의 경우, 건물부문에서 배출하고 있는 CO<sub>2</sub> 배출량이 국가 전체 부문의 약 30~40%를 차지하고 있어 건물부문에서 에너지 절약 및 CO<sub>2</sub> 배출량 저감이 절실하다.<sup>1)</sup>

이와 더불어 세계 인구증가에 따른 물 사용량의 급증으로 인한 물 부족 문제가 큰 화두가 되고 있다. UN의 국제인구행동연구소(PAI)에 따르면, 한국은 2000년 기준으로 1인당 물이용 가능량이 1,452m<sup>3</sup>로 나타나 물 부족 국가에 해당하는 것으로 조사되었다.<sup>2)</sup> 우리나라의 물 사용량을 분석하면, 2006년 총 사용량 337억 톤 중 생활용수가 49%, 그 중 상수도 사용량의 62%가 가정용으로 사용<sup>3)</sup>되고 있어 주거건물에서 수자원 절약은 국가 전체 수자원 관리에 있어 중요하다고 볼 수 있다.

또한, 건물부문에서 궁극적으로 실현하고자 하는 Zero Emission Building의 의미는, 건물의 운영·유지관리단계에서 CO<sub>2</sub> 배출을 최소화하는 것 외에 건물이 환경에 영향을 미치는 기타 오염물질을 방출하지 않는 것을 포함한다. 즉, 수자원의 경우, 물 사용량을 최대한 줄이고, 하수 및 폐수를 건물 밖으로 내보내지 않는 행위라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 건물의 실내에서 물 사용으로 인해 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출을 줄이기 위한 목적으로, 건물의 예상 물 사용량을 계산하고 이를 절감할 수 있는 기법을 적용한 후, 수자원 절감량에 따른 CO<sub>2</sub> 배출 감소량을 산정해 보았다.

## 2. 건물의 급수량 및 용도별 물 사용량

### 2.1 공동주택 건물의 급수량 산정

공동주택의 수자원 사용량을 계산하기 위

- 1) 환경부, 건축물 부문의 기후변화 대응방안 연구, 2009
- 2) 한국수자원공사, K·water TechZine, 2010년 하반기호
- 3) 건설교통부, 지하수조사연보, 2006

하여 건물의 용도별 사용수량을 결정하는 방법을 이용하였다. 보통, 용도별 물 사용량에 이용인원수를 곱하여 산정하며<sup>4)</sup> 건물종류별 1인당 급수량은 아래 표 1에 나와 있다.<sup>5)</sup>

표 1 건물 종류별 1인당 급수량과 유효면적

건축물 종류	1일 1인당 사용수량 (ℓ/d·c)	사용자	유효면적당 인원	유효면적(%) 연면적
공동주택	160~250	거주자 1인마다	0.16인/㎡	42~45

### 2.2 공동주택의 용도별 물 사용량

공동주택의 실내에서 사용하는 물의 용도를 조사한 결과, 주방용수가 20%, 세탁기에서 사용되는 세탁용수가 21%, 변기용수로 사용되는 화장실 용수가 27%, 욕조용수가 17%, 세면용수가 11%로 나타났다.<sup>6)</sup>

## 3. 국내·외 친환경건축물인증제도의 수자원 평가항목 특성

### 3.1 국내의 친환경건축물인증제도<sup>7)</sup>

#### (1) GBCC 개요

2002년 시행된 공동주택 친환경건축물인증제도를 시작으로 2003년 업무용 및 주거복합 건물, 2005년 학교, 2006년 판매 및 숙박시설을 대상으로 하여 친환경 건축물 인증이 시행되고 있다. 2010년 5월 17일 개정된 '친환경건축물의 인증에 관한 규칙'에서는 모든 용도의 신축건물에 시행토록 하였으며 공동주택의 인증심사기준은 다음 표 2와 같다.

- 4) 한국건설기술연구원 우수저류활용연구센터, 건축물 우수저류침투시설 지침(안), 2010
- 5) 환경부, 물 순환 이용체계 개선에 관한연구, 2006
- 6) 환경부, 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축, 2007
- 7) 친환경건축물 인증기준, 국토해양부고시 제2010-301호, 환경부고시 제2010-52호, 2010년 7월 1일 시행

표 2. 2010년 공동주택 인증심사기준

구분	배점
1. 토지이용	12(11%)
2. 교통	6(5%)
3. 에너지	15(13%)
4. 재료 및 지원	15(13%)
5. 수자원	13(12%)
6. 환경오염방지	6(5%)
7. 유지관리	4(4%)
8. 생태환경	18(16%)
9. 실내환경	24(21%)
Total	113
필수항목 개수	7

(2) GBCC의 수자원 평가항목의 특성

GBCC는 개정을 거치면서 수자원 항목 및 점수에도 변화가 있었다.

2006년에는 “2. 에너지 자원 및 환경부하”<sup>8)</sup> 부문에 수자원 항목이 포함되어 있었고, 배점도 총 8점이었다. 2008년에는 “5. 수자원”<sup>9)</sup> 부문으로 이전보다 큰 범주에서 수자원 부분을 평가하였고, 배점 또한 13점으로 높아졌다. 2010년 개정된 인증심사기준<sup>10)</sup>을 살펴보면, 2008년도 인증심사기준과 비교했을 때, 평가항목에는 큰 차이는 없으나 우수이용에 대한 배점이 1점 향상되고, 중수도 설치에 대한 배점은 1점 하향한 것을 알 수 있다.

표 3. 공동주택 인증심사기준(안) (2010년 개정)

부문	범 주	평 가 항 목	구분	배점
5. 수 자원 (13)	5.1 수순환 체계 구축	5.1.1 우수부하절감 대책의 타당성	평가 항목	3
		5.2.1 생활용상수절감 대책의 타당성	필수 항목	4
	5.2 수자원 절약	5.2.2 우수이용	평가 항목	3
		5.2.3 중수도설치	평가 항목	3

8) 환경부건설교통부, 친환경건축물인증제도 세부시행지침 (2001. 12. 03 (건설교통부·환경부 공동)제정, 2006. 08.24 개정), 2006. 8. 24, 17-19면. 국내외의 친환경건축물 인증기준의 평가항목의 비교분석에 대한 연구는 이승민·박상동·신기식·최무혁  
9) 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 2008.6  
10) 국토해양부고시 제2010-301호, 환경부고시 제 2010-52호, 친환경건축물 인증기준, 2010년 7월 1일 시행

표 3에 정리된 우리나라의 GBCC의 수자원 평가항목의 특성을 살펴보면, 평가항목 5.1.1의 경우, 투수성 포장재를 사용함으로써 하수의 부하를 줄이고 지하수의 수량을 확보할 수 있도록 한 항목이다. 평가항목 5.2.1은 거주자의 상수 사용에 대하여 절감을 유도하기 위한 항목으로써 절수형 수도꼭지·샤워헤드·양변기의 설치에 해당하며 대체적으로 적용되고 있는 항목이다. 평가항목 5.2.2는 우수를 재활용함으로써 우수 유출억제 및 관리비의 절감을 가져올 수 있는 항목이다. 마지막으로 평가항목 5.2.3은 사용한 상수를 재사용하기 위한 중수도시설 설치 항목이다.<sup>11)</sup>

3.2 미국의 LEED 인증제도

(1) LEED의 개요

LEED는 1993년부터 미국 그린빌딩 위원회의 주도로 시행되고 있는 친환경건축물 평가기준이다. 1999년 이후, 수정 및 보완 작업을 거쳐 현재는 LEED 2009(v3)가 사용된다.

LEED는 LEED NC, LEED EB를 주축으로 하여, 용도별 특성에 맞는 평가 시스템을 개발(LEED CS, LEED School, LEED Retail, LEED CI, LEED Home), 시행하고 있다. 또한 단지개발을 위한 LEED ND도 도입하였다. 현재 적용되는 LEED 2009의 평가항목 및 점수 배분은 다음 표 4에 정리하였다.

표 4. LEED 2009 환경 평가 분야별 점수 배분

환경 평가 분야	LEED NC 2009
Sustainable Sites	26(24%)
Water Efficiency	10(9%)
Energy and Atmosphere	35(32%)
Materials and Resources	14(13%)
Indoor Environmental Quality	15(14%)
Innovation in Design	6(5%)
Regional Priority	4(3%)
Total	110
필수항목 개수	8

11) 박명규, 친환경공동주택인증평가항목 분석 및 중요도 조사에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사학위논문, 2008

(2) LEED 2009 수자원 평가항목의 특성  
아래 표 5의 LEED 2009(v3) 수자원 효율성의 평가항목은 LEED v2.2버전에 비해 비중이 2%가 증가하였다.

표 5. LEED 2009 Water Efficiency(WE, 수자원 효율성)

LEED 2009 Checklist		LEED 2009	NC 2.2
Water Efficiency		10점	5점
필수 항목	Water Use Reduction : 20% Reduction	필수 (신규추가)	-
평가 항목1	Water Efficient Landscaping : Reduce by 50%	2 (배점변화)	1
	Water Efficient Landscaping : No Potable Use or No Irrigation	2 (배점변화)	1
평가 항목2	Innovative Wastewater Technologies	2 (배점변화)	1
평가 항목3	Water Use Reduction : 30% Reduction	2 (배점변화, 기준강화 20%→30%)	1
	Water Use Reduction : 35% Reduction	1 (신규추가)	-
	Water Use Reduction : 40% Reduction	1 (배점변화, 기준강화 30%→40%)	1

각 평가항목별 특성을 살펴보면, 필수항목의 경우, 필수기준인 20%보다 더 많은 절감을 목표로 하여 절수형 위생기구 적용을 전제로 하는 신규항목이다. 평가항목1은 중수 및 우수처리시설 의무인 경우 이를 우선 계획한 후, 설정된 조경용수 절감량 목표치를 달성할 수 있도록 계획하는 항목이다. 평가항목2는 건물에서 발생하는 오배수 배출부하 50% 절감을 달성할 수 있는 절수형 대소변기 적용범위와 중수 및 우수처리시설 운용방안을 계획하는 항목이다. 마지막으로, 평가항목3은 미국에서는 1992 Energy Policy Act의 설비성능기준을 만족하는 건물의 표준 물 사용량에서 단계별로 30%, 35%, 40%씩 절감시키도록 한 항목이다.

#### 4. 수자원 효율성 평가요소 도출과 수자원 절감량 및 CO<sub>2</sub> 배출 저감량 산정

##### 4.1 수자원 효율성 평가요소 도출

국내의 친환경건축물인증제도를 통하여 수자원 효율성을 평가하는 요소를 도출해보면, 절수기기의 적용, 우수 및 중수의 이용을 들 수 있다.

##### (1) 절수기기의 적용

건물의 실내 수자원 사용 용도별로 수전에 적용할 수 있는 절수기기로는 수도꼭지, 샤워헤드, 절수형 양변기 등이 있으며 각 기기의 특징은 다음 표 6과 같이 조사되었다.

표 6. 절수기기의 종류와 특징

구분	절수 기기	특징	최대 효과
수도꼭지	절수형	- 20~50% 절수 - 주방용, 세면기용, 샤워기용 수도꼭지 내 특수 제작된 디스크를 삽입하여 수압변화 없이 도출량을 줄임	50%
	전자 감지식	- 전자논의 일정거리(약15cm) 내 물체 감지	50%
	포말식	- 40~50% 절수 - 수도꼭지 내부의 촘촘한 그물을 통과한 물이 거품을 일으키며 도출	50%
샤워기	절수형	- 40% 절수 - 샤워 시 물의 세기를 줄이지 안후, 40% 정도의 물이 절약	40%
변기	절수형 양변기	- 대소변을 구분 사용하여 40% 절수 - 대소변을 구분하여 2단 레벨로 도출량 조절	40%

##### (2) 우수의 이용

우수를 집수하여 생활용수로 사용할 경우, 오용시 염려가 적고 물 사용량이 많은 변기세정으로 주로 사용하게 된다.<sup>12)</sup>

대부분의 우수 집수는 지붕 및 옥상에서 이

12) 여운기, 전인배, 지흥기, 우수이용 시스템의 개발, 토지와 기술 제 16권 제3호 통권 제60호, 2003.12

루어지며 아래의 식(1)을 사용하여 집수량을 계산한다.

$$\begin{aligned} & \text{우수 집수량(m}^3\text{/yr)} \\ & = \text{집수면적(m}^2\text{)} \times \text{강수량(m/yr)} \\ & \times \text{유출계수} \end{aligned} \quad \text{식(1)}$$

집수면적은 공동주택 4호 조합 한 개동의 지붕면적을 기준으로 하였으며, 유출계수<sup>13)</sup>는 집수 장소에서의 증발, 침투의 영향을 고려하여 지붕면은 0.85~0.95로 잡는데, 보통 약 10%의 집수손실에 의한 0.9를 채택한다.

(3) 중수도의 이용<sup>14)</sup>

중수도란 쓰고 버리는 물을 재활용할 수 있도록 설치하는 일종의 수처리·재사용 시설로써 공동주택의 경우에는 인체와 접촉이 없는 화장실의 변기용수(27%)로 사용되는 것이 일반적이다.<sup>15)</sup>

일반적인 중수 대체 가능량은 상수 사용량에 중수도대체 가능비율로 산정되며, 화장실의 변기 세정용수로 사용할 수 있는 중수 대체 가능량 산정식은 다음 식(2)와 같다.<sup>16)</sup>

$$\begin{aligned} & \text{중수 대체 가능량} \\ & = \text{상수 사용량} \times \text{오수화율(90\%)} \\ & \times \text{중수 대체 가능비율(27\%)} \\ & \times \text{오니발생을 제외한 수량(80\%)} \end{aligned} \quad \text{식(2)}$$

4.2 공동주택 실내 수자원 절감량에 따른 CO<sub>2</sub> 배출 저감량 산정

우리나라의 표준 공동주택을 33평형 15층 4호 조합으로 설정하고, 한 동에서 요구하는

13) 빗물이용연구회 한무영 번역, 「빗물이용 지구사랑」의 산정방식, 대한상수도학회  
 14) 이용화, 그린빌딩과 중수도 이용, 그린빌딩(한국그린빌딩협회지), v.6 n.4, 2005.12  
 15) 이철근, 공동주택의 중수도 적용성 검토에 관한 연구, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 2006  
 16) 정해란, 우수이용시설의 적정 저유조 용량산정에 관한 연구, 수원대학교 대학원 석사학위논문, 2004

급수부하를 간략하게 계산하였다. 그리고 난 후, 절수기기 및 재활용수를 상수도 대신 사용하였을 때 그 절감량을 계산한 후, 문헌조사를 참고로 하여 상수도 대체 재활용수를 사용하였을 때 CO<sub>2</sub> 발생량을 산정해보았다.

(1) 공동주택 실내 수자원 사용량 산정  
 앞의 표 1로부터 공동주택 건물의 1일 1세대(4인)를 기준으로 급수량을 최대 약 1000ℓ로 계산할 수 있고, 한 개동(60세대)일 경우, 60,000ℓ의 상수도를 사용함을 알 수 있다. 이를 용도별 사용수량 비율로 계산하면 다음 표 7과 같다.

표 7. 공동주택의 급수의 용도별 사용수량(ℓ) 산정

용도별 구분	1일 1세대(4인) 용도별 사용수량(ℓ)	1일 1개동(60세대) 용도별 사용수량(ℓ)
주방용수	1000 × 0.20 = 200	200 × 60 = 12,000
세탁용수	1000 × 0.21 = 210	210 × 60 = 12,600
변기 세정용수	1000 × 0.27 = 270	270 × 60 = 16,200
욕조용수	1000 × 0.17 = 170	170 × 60 = 10,200
세면용수	1000 × 0.11 = 110	110 × 60 = 6,600

(2) 절수전략을 통한 수자원 절감량 산정  
 가. 절수기기의 적용  
 실내 수자원 사용량을 줄이기 위한 전략으로 가장 먼저 절수기기를 이용한다. 용도별 사용수량에 각 기기별 최대효과를 적용한 후, 전체 급수량에서 각 기기별 절감량을 제외한 양(ℓ)은 다음 표 8과 같다.

표 8. 용도별 수전의 절수기기 적용 시 사용수량 산정

용도	용도별 급수량 (ℓ/day)	절수기기 최대효과 (%)	절수 후, 사용수량(ℓ)
부엌	200	50	100
샤워기	170	40	102
세면기	110	50	55
변기	270	40	162
절수기기를 적용한 1일 1세대(4인)의 절수기기 적용 후, 상수 사용량(ℓ)			419

공동주택의 1일 1세대 약 1,000ℓ의 급수부하 중에서 잡용수(세탁용수)를 제외한 750ℓ의 상수를 기준으로, 용도별 수전에 절수기기의 최대효과를 적용하였을 때, 419ℓ의 사용량을 보여 대략 44%의 절수효과를 보이는 것으로 나타났다.

공동주택에서 용도별로 수전의 개수가 많을 경우, 수전별로 절수기기 적용여부를 고려하여 아래 표 9와 같이 산정할 수 있다.

표 9. 수전별 절수기기 적용여부 고려 시 사용수량 산정

용도	용도별 급수량 (ℓ/day)	절수기기 적용비율	절수기기 최대효과 (%)	절수 후, 사용수량 (ℓ)
부엌	200	1/2	50	150
샤워기	170	2/2	40	102
세면기	110	1/3	50	91.67
변기	270	2/2	40	162
용도별 수전에 절수기기 적용비율에 따른 1일 1세대의 상수 사용량(ℓ)				505.67

위 표 9에서 계산한 것과 같이 1일 1세대 예상 급수량 750ℓ에서 505.67ℓ를 사용함으로써 32.58%의 절수효과를 얻을 수 있는데, 이는 LEED인증제도의 수자원 효율 항목 Credit 3에서 2점을 획득할 수 있다.

나. 우수 및 중수 이용

각 용도별 수전에 절수기기를 적용하였지만 여전히 상수를 필요로 한다. 이 중, 변기의 세정용수를 우수 및 중수로 대체하여 사용할 수 있다.

우수 이용 가능량은 표준 공동주택의 옥상면적을 이용하여 연간강수량 1.245m<sup>17</sup>, 유출계수 0.9를 사용하여 계산하였다. 중수 이용 가능량은 중수 대체 가능량 산정식을 사용하여 상수 사용량은 표 1의 1일 1인당 사용수량(최대 250ℓ/d·c)을, 중수 대체 가능비율은 화장실 변기 세정용수 비율인 27%를 적용하여 계산한다.

표 10. 우수 및 중수의 상수 대체 가능량 산정

	우수 이용 가능량	중수 이용 가능량
재활용 가능량 산정식	우수 집수량 (m <sup>3</sup> /yr) = 집수면적 (m <sup>2</sup> ) × 강수량 (m/yr) × 유출계수	중수 대체 가능량 = 상수 사용량 × 오수화율 (90%) × 중수 대체가능비율 (27%) × 오니발생을 제외한 수량 (80%)
공동주택 적용 산정량	= (46×11.5) × 1.245 × 0.9 = 592.7445 (m <sup>3</sup> /yr) = 1623.96 (ℓ/day)	= (250ℓ × 1세대 4 (인)) × 0.9 × 0.27 × 0.8 = 194.4 ℓ
	※ 1세대 당 약 27ℓ/day	

위의 표 10을 보면, 절수형 양변기를 설치하지 않는 세대(270ℓ/day)의 경우에 우수와 중수의 이용만으로 최대 82%의 절수효과를 볼 수 있다. 절수형 양변기를 모두 설치한 세대의 경우는 필요 상수 급수량 162ℓ의 변기 세정용수에서 우수를 통해 27ℓ를, 중수를 통해 나머지 세정용수를 감당하게 되어 결국엔 정수 처리된 상수를 사용하지 않게 된다.

(3) 수자원 절감량에 따른 CO<sub>2</sub> 배출 저감량 산정

물 1m<sup>3</sup> 생산·공급 시 에너지 소비량(kWh)은 1.8kWh/ton으로 우수 및 중수를 이용할 때보다 많은 것으로 조사됐다.<sup>18)</sup> 상수도 대신 우수와 중수를 활용한다면 상수 사용으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄일 수 있다.

상수를 사용하는 데 발생하는 에너지의 탄소배출량을 계산하기 위한 전기의 탄소배출계수 0.424를 사용하여 연간 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하면 다음 표 11과 같다.

먼저, 공동주택 건물의 1일 1세대의 상수 급수량(표 11-[1])은 750ℓ이고, 이는 연간 273.75ton에 해당하는 양이다. 이때, 연간 상수를 생산·공급하는 데 208.93kg-CO<sub>2</sub>의 CO<sub>2</sub>를 배출

17) 한국수자원공사, 물과 미래, 2008

18) 한무영, 적극적인 빗물관리에 의한 기후변화 적응방안, 2008

하게 된다.

표 11. 수자원 절감량에 따른 CO<sub>2</sub> 배출 저감량 산정

	1일 1세대 상수 급수량 (ℓ/day)	연간 상수 사용량 (ton/yr)	물 생산· 공급시 전기 에너지 (kWh/ton)	전기 탄소 배출 계수	연간 CO <sub>2</sub> 배출량 (kgCO <sub>2</sub> )	
[1]	750	273.75	1.8	0.424	208.93	
[2]	①	419	152.94	1.8	0.424	116.72
	②	505.67	184.57	1.8	0.424	140.86
	③	392	143.1	1.8	0.424	109.21
	④	257	93.81	1.8	0.424	71.6
	⑤	257	93.81	1.8	0.424	71.6

상수도 절약의 첫 번째 방법(표 11-[2]-①)으로 절수기기의 최대효과를 이용하여 전체 예상 급수량의 약 44%의 절수효과를 얻을 수 있고, CO<sub>2</sub> 배출량도 208.926 kg-CO<sub>2</sub> 에서 116.72 kg-CO<sub>2</sub> 로 약 44%의 저감효과를 보였다.

둘째(표 11-[2]-②)로 각 용도별로 수전의 개수가 많을 경우, 수전별 절수기기 적용여부를 고려하여 244.33ℓ를 절약하였고 CO<sub>2</sub> 배출량도 마찬가지로 32.58% 줄일 수 있었다.

셋째(표 11-[2]-③)로, 옥내 모든 수전에 절수기기를 설치한 상태에서 변기의 세정용수를 우수로 대체할 경우, 전체 사용수량이 392ℓ로 절감되고 CO<sub>2</sub> 배출량도 109.2 kg-CO<sub>2</sub> 가 되어 약 47.7% 저감효과가 있다.

넷째(표 11-[2]-④)로, [2]-③과 더불어 중수를 더 사용하게 되면 변기의 세정용수로 사용되는 상수는 없어지게 되어, 전체적으로 상수는 257ℓ만 사용하게 되고 CO<sub>2</sub> 배출량도 71.6 kg-CO<sub>2</sub> 만 배출하게 되어 약 65.73%의 CO<sub>2</sub> 배출 저감효과를 가져오게 된다.

특히, 중수만 사용하게 될 경우(표 11-[2]-⑤), 중수 대체 가능량(194.4ℓ)이 변기 세정용수의 상수 필요량(162ℓ)을 상회하여 상수를 사용하지 않게 되므로 상수 절감량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 모두 약 65.73%를 줄일 수 있다.

따라서 공동주택 실내에서 발생하는 급수 부하 즉, 상수 사용량을 줄이기 위해 절수기기의 최대효과로 40%, 여기에 변기 세정용수로 사용할 수 있는 우수 및 중수를 재이용하였을 경우에는 최대 65.73%의 절수효과 및 CO<sub>2</sub> 배출 저감효과를 볼 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 “Zero Emission Building”을 구현하기 위하여 수자원 효율성에 초점을 맞추어 공동주택 건물의 수자원 절감 및 그에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 저감효과에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

- (1) 국내·외 친환경건축물인증제도에서 수자원 평가항목을 조사하면서 최근에 개정되는 인증심사기준들에서 수자원 항목의 배점(8점→13점)이 높아졌고, 배점 비율도 약 2%~4% 증가했음을 볼 수 있었다.
- (2) 옥내 모든 용도별 수전에 절수기기를 적용할 경우, 750ℓ에서 419ℓ의 상수를 사용하게 됨으로써 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량도 208.926 kg-CO<sub>2</sub> 에서 116.72 kg-CO<sub>2</sub> 로 약 44% 감소한다.
- (3) 각 용도별 수전의 개수가 많을 경우, 본 연구에서 가정된 수전별 절수기기 적용여부를 참조하여 상수도 절감량을 산정하면, 예상 급수량 750ℓ/day에서 244.33ℓ/day의 상수를 절약할 수 있었다. CO<sub>2</sub> 배출량도 연간 68.06 kg-CO<sub>2</sub> 줄여 32.58%의 CO<sub>2</sub> 배출량 저감효과를 얻을 수 있다.
- (4) 공동주택의 모든 수전에 절수기기를 설치한 상태에서 변기 세정용수를 우수로만 대체 사용할 경우, 필요 상수량이 우수 27ℓ만큼 더 절약할 수 있고, CO<sub>2</sub> 배출량도 109.2 kg-CO<sub>2</sub> 가 되어 약 47.7%의 CO<sub>2</sub>

배출 저감효과가 있다.

- (5) 공동주택의 모든 수전에 절수기기를 설치한 상태에서 변기 세정용수를 중수로만 대체할 경우, 중수 대체 가능량(194.4ℓ)이 변기 세정용수의 상수 필요량(162ℓ)을 상회하여 상수를 사용하지 않게 된다. 이때 전체적으로 변기 세정용수를 제외한 257ℓ의 상수만 사용하게 되어 CO<sub>2</sub> 배출량도 208.926 kg-CO<sub>2</sub> 에서 71.6 kg-CO<sub>2</sub> 정도 배출하게 되어 약 65.73%의 CO<sub>2</sub> 배출 저감효과를 볼 수 있다.

그러나 본 연구에서는 문헌조사에 의한 간단한 계수를 사용하여 상수도 사용량과 전력 사용량으로 인한 CO<sub>2</sub> 발생량을 계산할 수 있었지만, 실제로 상수도 사용량을 줄인 만큼 상수를 생산·공급하는 전력량이 같은 비율로 감소하는 것은 아니므로 상수를 공급하는 펌프 효율 등의 제반사항에 대해 고려하여야 좀 더 정확한 계산결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

앞으로 공동주택뿐만 아니라 물 다소비 건물에 이와 같은 방법을 사용하여 건물의 설계 초기단계에서 건물 정보를 이용한 건물 내에서의 발생하는 상수 사용량을 줄이고, 그에 따른 CO<sub>2</sub> 발생 저감량을 계산해 봄으로써 건물을 설계, 시공, 운영·유지단계에서의 수자원 관리에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 한국연구재단의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : 2011-0000368)

## 참 고 문 헌

1. 환경부, 건축물 부문의 기후변화 대응방안 연구, 2009
2. 환경부, 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축, 2007
3. 환경부, 물 순환 이용체계 개선에 관한 연구, 2006
4. 건설교통부, 지하수조사연보, 2006
5. 한국수자원공사, K·water TechZine, 2010년 하반기호
6. 한국건설기술연구원 우수저류활용연구센터, 건축물 우수저류침투시설 지침(안), 2010
7. 이용화, 「그린빌딩과 중수도 이용」, 그린빌딩(한국그린빌딩협회의회지), v.6, n.4, 2005
8. 여운기 외, 「우수이용 시스템의 개발」, 토지와 기술, 제 16권, 제3호, 통권 제60호, 2003
9. 최근배, 친환경 건축물의 인센티브에 따른 경제성 분석 : 공동주택을 중심으로, 중앙대학교 건설대학원 석사학위논문, 2011
10. 박명규, 친환경공동주택인증평가항목 분석 및 중요도조사에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사학위논문, 2008
11. 김동진, 공동주택 단지 내 빗물처리시스템 계획에 관한 연구, 연세대학교 공학대학원 석사학위논문, 2007
12. 이철근, 공동주택의 중수도 적용성 검토에 관한 연구, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 2006