

第 116 回 碩士學位論文

指導教授 李 彦 求

공동주택의 수자원 절약 방법에 관한 연구

A Study on the Methodology of Water Saving
in Multi-Family Residential Buildings

中央大學校 大學院

建築學科 建築環境 및 設備專攻

趙 守 賢

2012年 2月

공동주택의 수자원 절약 방법에 관한 연구

A Study on the Methodology of Water Saving
in Multi-Family Residential Buildings

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함.

2012年 2月

中央大學校 大學院

建築學科 建築環境 및 設備專攻

趙 守 賢

趙守賢의 碩士學位論文으로 認定함.

審査委員長 _____ ①

審査委員 _____ ①

審査委員 _____ ①

中央大學校 大學院

2012年 2月

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	3
1.3 용어 정리	5
제 2 장 수자원 전망 및 수자원 절약에 대한 고찰	6
2.1 수자원 전망에 대한 고찰	6
2.1.1 자연환경의 변화	6
2.1.2 사회여건의 변화	8
2.2 주거건물의 물이용 현황	9
2.2.1 가정용수의 이용 현황	9
2.2.2 물 소비량의 산정	12
2.3 주거건물의 수자원 절약 방법	15
2.3.1 절수형 설비 및 절수기기의 이용	15
2.3.2 재활용수의 이용	19
2.4 친환경건축물의 수자원 절약 사례	24
2.4.1 국내 친환경건축물 사례	24
2.4.2 미국의 친환경건축물 사례	25
2.4.3 영국의 친환경건축물 사례	26
2.4.4 일본의 친환경건축물 사례	26
2.4.5 친환경건축물 사례에 적용된 수자원 절약 관련 기술	27
2.5 소결	27
제 3 장 친환경건축물인증제도의 수자원 부문 평가 방법 비교 연구	29
3.1 국내 친환경건축물인증제도의 수자원 부문 평가 방법	29
3.1.1 GBCC의 수자원 부문 평가 방법	29

3.2	외국의 친환경건축물인증제도	33
3.2.1	미국 LEED의 수자원 부문 평가 방법	33
3.2.2	영국 BREEAM의 수자원 부문 평가 방법	35
3.2.3	일본 CASBEE의 수자원 부문 평가 방법	37
3.3	국내외 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법 비교	40
3.3.1	국내외 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법 비교	40
3.3.2	국내 수자원 항목 평가 방법의 한계 및 개선방향	41
3.4	소결	42
제 4 장 공동주택의 물 소비량 절감을 위한 평가 방법의 제안		44
4.1	평가 범위	44
4.2	평가 방법	45
4.2.1	절수설비 및 절수기기를 이용한 수자원 사용량 및 절감량 산정 방법	45
4.2.2	재활용수를 이용한 수자원 사용 절감량 산정 방법	48
4.2.3	수자원 사용 절감량에 따른 CO ₂ 배출 저감량 산정 방법	49
4.3	물 소비량 평가 프로그램 제안	49
4.3.1	프로그램의 구성 및 알고리즘	49
4.4	공동주택의 수자원 사용량 평가 프로그램을 이용한 모델링	58
4.4.1	대상 건물의 개요	58
4.4.2	수자원 사용량 계산을 위한 입력데이터	58
4.4.3	프로그램을 이용한 수자원 사용량 및 절감량의 계산	62
4.4.4	수자원 사용 절감량에 따른 CO ₂ 배출 저감량 계산	65
4.5	소결	66
제 5 장 결 론		68
참 고 문 헌		71
국 문 초 록		74
ABSTRACT		76

표 목 차

<표 2.1> 하천 취수율에 따른 물 스트레스 구분	8
<표 2.2> 용도별 수돗물 사용량	9
<표 2.3> 사용 목적별 가정용수 이용 현황	10
<표 2.4> 가정 내 수도설비 등 보유현황	11
<표 2.5> 1일 4인기준 공동주택 수전별 물 사용량	12
<표 2.6> 주거건물의 1인 1일 사용 급수량	13
<표 2.7> 각종 위생기구 및 수전의 사용유량	14
<표 2.8> 전용면적에 대한 세대별 실측데이터	15
<표 2.9> 절수기기의 종류와 특징	16
<표 2.10> 절수형 수전의 최대 토수유량	16
<표 2.11> 샤워헤드의 최대 토수유량	17
<표 2.12> 절수형 양변기의 기준	17
<표 2.13> 「수도법」 기준 적용대상 절수설비 물 사용량 조사결과	18
<표 2.14> 환경마크의 절수설비 인증기준	19
<표 2.15> 빗물이용의 용도	20
<표 2.16> 토지이용도별 기초유출계수의 표준값	21
<표 2.17> 구성두께에 따른 옥상녹화의 연평균 유출계수	21
<표 2.18> 중수도의 원수별 수질의 특성	22
<표 2.19> 공동주택의 용도별 물 사용 구성비	23
<표 2.20> 중수도의 개념 및 효과	23
<표 2.21> IPARK 삼성동의 건축개요 및 수자원 관련 기술	25
<표 2.22> Gish Family Apartments의 건축개요 및 수자원 관련 기술	25
<표 2.23> 영국 그리니치 밀레니엄 빌리지의 개요 및 수자원 관련 기술	26
<표 2.24> 마테르아노우의 개요 및 수자원 관련 기술	27
<표 3.1> GBCC의 평가항목 및 배점(공동주택)	30
<표 3.2> 개정에 따른 수자원 평가항목 인증심사기준 변화(2006년~2010년)	31
<표 3.2.1> 2006년도 수자원 평가항목 인증심사기준	31
<표 3.2.2> 2008년도 수자원 평가항목 인증심사기준	31
<표 3.2.3> 2010년도 수자원 평가항목 인증심사기준	31

<표 3.3> LEED의 평가항목 및 배점	33
<표 3.4> LEED 2009 Water Efficiency의 변동사항	34
<표 3.5> BREEAM의 평가항목 및 가중치	35
<표 3.6> BREEAM의 수자원 평가항목의 변동사항	36
<표 3.7> CASBEE의 평가항목 및 내용	38
<표 3.8> CASBEE의 ‘건축물의 환경부하 저감성’ 부문	39
<표 3.9> ‘절수’ 항목의 판단 기준	39
<표 3.10> ‘우수이용’ 항목의 판단 기준	39
<표 3.11> ‘중수이용’ 항목의 판단 기준	40
<표 3.12> GBCC, LEED, BREEAM, CASBEE의 수자원항목 비교	41
<표 4.1> 가정용수별 수자원 사용량 산정식	46
<표 4.2> 공동주택의 실내 수자원 사용량 및 절감량 산정식	47
<표 4.2.1> 가정용수별 이용비율을 적용한 수자원 사용수량 산정	47
<표 4.2.2> 절수기기의 종류 및 효율	47
<표 4.2.3> 절수기기 사용에 따른 용도별 절수량 산정식	47
<표 4.3> 간편법을 이용한 우수집수가능량 및 중수도대체가능량 산정식	49
<표 4.4> 건물 정보의 입력사항	59
<표 4.5> 우수집수량 산정을 위한 입력값	61
<표 4.6> 중수도 사용량 산정을 위한 입력값	61
<표 4.7> 기존 방식에 의한 급수량 계산	62
<표 4.8> 재활용수 이용가능량의 계산	62
<표 4.9> 프로그램을 이용한 상수 사용량 및 절감량 계산 결과	63
<표 4.10> 기존 방식과 프로그램을 이용하는 방식의 계산과정 비교	65

그림 목차

(그림 1.1) 연구 흐름도	4
(그림 2.1) 지구온난화로 예고되는 환경재앙(IPCC)	6
(그림 2.2) 우리나라 연평균 강수량의 변화(1905~2007)	7
(그림 2.3) 출생률 및 인구성장률	8
(그림 2.4) 전용면적에 따른 세대별 급수량 상관관계	15
(그림 2.5) I'PARK삼성동	25
(그림 2.6) Gish Family Apartments	25
(그림 2.7) 그리니치 밀레니엄 빌리지	26
(그림 2.8) 마테르아노우	27
(그림 4.1) 유효지붕면적	48
(그림 4.2) 프로그램의 단계별 평가내용	50
(그림 4.3) 수자원 사용량 평가 프로그램의 예시	51
(그림 4.4) 수자원 사용량 평가 프로그램의 알고리즘	53
(그림 4.5) 평가 프로그램의 [건물정보의 입력]단계	54
(그림 4.6) 평가 프로그램의 [절수설비 및 절수기기의 이용] 단계	55
(그림 4.7) 평가 프로그램의 [재활용수의 이용] 단계	56
(그림 4.8) 평가 프로그램의 [수자원 사용량 계산 결과] 단계	57
(그림 4.9) 대상 공동주택의 평면	58
(그림 4.10) 서울지역의 30년간(1981년~2010년) 평균 강수량	60
(그림 4.11) 대상 공동주택의 옥상 집수면	60

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 지구 온난화로 인한 기후변화와 더불어 세계인구증가에 따른 물 사용량의 급증으로 수자원 부족에 대한 관심이 지구환경문제의 새로운 화두가 되고 있다. 뉴욕타임스와 포춘(Fortune)지도 21세기는 물 산업이 최고의 성장산업이 될 것이라고 예상한 바 있으며, 물 부족 정도를 평가하는 UN의 국제인구행동연구소(PAI·Population Action International)에 따르면, 현재와 같은 물 소비행태가 바뀌지 않는 한 2025년에는 세계인구의 44%가 물 부족 문제에 직면할 것으로 추정하고 있다. 우리나라의 경우, 이미 2000년도에 1인당 연간 물이용 가능량이 1,452m³로 물 부족 국가로 분류되었고, 높은 인구밀도 때문에 1인당 강수량은 세계 평균의 12%에 지나지 않아 기상 이변 등으로 인한 강수량 변화가 있을 경우 심각한 물 부족 문제가 야기될 수도 있다고 전문가들은 경고하고 있다. 이는 가용수자원을 더욱 적극적인 자세로 늘릴 방법을 마련해야 하는 시대에 들어섰음을 의미한다. 특히 우리나라 상수도 사용량의 66%가 가정용수로 사용되고 있어 주거건물 중 가장 많은 비중을 차지하는 공동주택에서의 수자원 절약 및 수자원 확보가 국가 전체의 수자원 관리에 매우 효과적일 것으로 보인다.

또한, 지속 가능한 개발을 위한 친환경 건축의 궁극적인 목표인, “Zero Emission Building”¹⁾의 정의에는 건물의 운영·유지관리단계에서 CO₂ 배출을 최소화하는 것 외에 오염물질, 쓰레기, 폐수 등 건물이 환경에 영향을 미치는 기타 오염물질을 방출하지 않는 것을 포함하고 있다. 수자원의 경우, 건물에서의 물 사용에서 폐수를 방출하지 않는 것, 즉 수자원의 사용량을

1) 강수연(Zero Emission Building의 디자인 프로세스에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2007.12)에 따르면, “Zero Emission” 개념은 1994년 일본의 국제연합대학(United Nation University)에서 Gunter Pauli에 의해 처음 제창되었으며, 폐기물, 방출물을 뜻하는 “Emission”에서 유래한 것으로 폐기물 배출을 최소화하고 궁극적으로 폐기물을 “0(zero)”로 만드는 것이라고 정의하였다.

최소한으로 줄이고, 건물에서 발생한 하수를 건물 밖으로 내보내지 않고 재이용하여 폐수를 줄임으로써 건물로부터의 환경부하를 경감시키는 행위를 포함한다고 볼 수 있다.

이러한 친환경건축물의 환경성능을 평가하는 각국의 친환경건축물인증제도의 평가항목 및 평가방법의 고찰을 통해서 국내 친환경건축물인증제도의 수자원부문 평가 방법에 있어 한계가 있다는 것을 발견하였다. 즉, 수자원 절약 항목에서 절수기기의 적용 여부에 따라 배점된 대로 점수를 부여하는 등 수자원항목을 평가할 때 평가항목 및 세부평가기준에서 구체성이 떨어진다는 것이다. 이를 보완하기 위해 국외의 친환경건축물인증제도에서 수자원 효율성 평가를 위해 채택한 방법을 살펴보고 이를 응용하여 객관적인 수자원 절감량 평가에 활용하고자하였다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 건물을 대상으로 실내의 물 사용으로 인해 발생하는 환경부하를 줄이기 위하여 주거건물에서의 물 소비패턴과 물 소비량을 절약하는 방법에 대해 조사하였다. 또한, 친환경건축물의 사례와 국내외 친환경건축물인증제도의 수자원 평가방법을 통하여 실제로 건물에 어떻게 수자원 절약요소가 적용되고, 인증 시에는 어떠한 방법으로 수자원 효율성이 평가되고 있는지를 조사하였다. 조사한 내용을 바탕으로 국내 친환경건축물인증제도의 한계점을 개선할 방안을 모색하여 좀 더 객관적으로 수자원항목을 평가하는 방법을 제안해보고, 적용 사례를 통해 물 소비량 절감의 가능성을 검증해보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국내외 친환경건축물 사례 조사와 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법의 고찰을 통해 건물에서의 수자원 절약방법을 도출하고, 이를 활용해 물 사용량 및 절감량을 보다 정확히 계산할 수 있는 프로그램을 제안하고자 한다.

본 연구의 범위와 방법을 요약하면 다음과 같다.

(1) 수자원 및 수자원 절약에 대한 이론고찰

주거건물(공동주택)에서의 가정용수 이용 현황 및 물 사용행태를 분석하고 물을 절약하는 방법을 통해 실내 수자원 사용을 절감하고 재활용수를 활용하여 가용수자원을 확보하는 방법에 대한 이론고찰을 한다.

(2) 국내외 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법의 비교

국내의 친환경건축물인증제도(GBCC), 미국의 LEED, 영국의 BREEAM, 일본의 CASBEE의 수자원 평가항목 및 평가방법을 통해 각국의 ‘수자원 효율성’ 부문에 대한 평가 방법을 비교 조사한다.

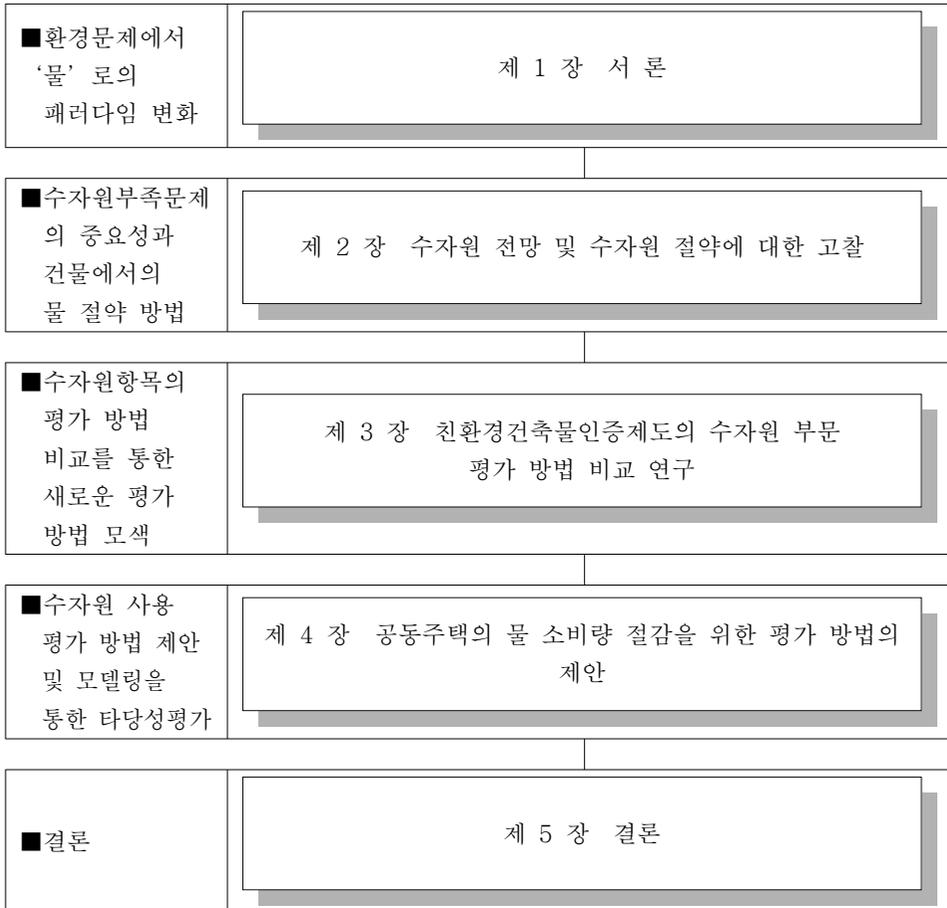
(3) 공동주택의 수자원 사용에 대한 평가 프로그램 제안

이론고찰을 통해 파악한 수자원 절약방법을 토대로 수자원 절약요소(예상 급수량, 우수 및 중수의 이용, 절수기구 사용 등)를 종합적으로 고려한 공동주택에서의 수자원 절감량 평가와 CO₂ 배출 저감량을 산정할 수 있는 새로운 프로그램을 제안한다.

(4) 제안한 수자원 사용 평가 프로그램의 모델링을 통한 타당성 평가

모델링 대상 공동주택을 선정하여 제안한 프로그램을 통해 사용자의 자발적인 수자원 활용에 대한 타당성을 검증하고자 한다.

본 연구의 흐름은 (그림 1.1)과 같다.



(그림 1.1) 연구 흐름도

1.3 용어 정리

본 논문에 사용된 용어의 정의는 다음과 같다.

1. 수(水)자원 : 인간생활에서 다양한 용도로 쓰이는 자연 상태의 물 중에서 자원(인간 생활 및 경제 생산에 이용되는 원료나 기술)으로써 이용가능한 물. 본 논문에서는 공동주택(주거용 건물)에서 물 사용에 대해 한정함.
2. 절수설비 : 별도의 부속이나 기기를 추가로 장착하지 않고도 일반제품에 비하여 물을 적게 사용하도록 생산된 수전 및 변기(수도법 제15조).
3. 절수기기 : 물 사용량을 줄이기 위하여 수도꼭지 또는 변기에 추가로 장착하는 부속이나 기기로서 절수형 샤워헤드를 포함(수도법 제15조)한다.
4. 수전(水栓) : 수도꼭지(수돗물을 나오게 하거나 막는 장치)
5. 즉시지수 : 밸브 스위치 등 조작부의 작동 등에 의하여 토수된 후, 꼭지나 조작부로부터 손을 떼거나 하면 지수를 위하여 조작부를 작동하지 않아도 자동적으로 지수(止水)되는 방식. 즉시지수방식으로는 전자감응식, 풋밸브(foot valve)부착방식 등이 있음.
6. 자폐식 : 레버·핸들 등 조작부를 작동시키면 일정 시간 물이 배출된 후 자동으로 배출이 중지되는 방식
7. 세척밸브 : 물탱크가 없는 양변기에 설치하는 수세밸브
8. 물 재이용(물 再利用) : 인간생활에서 다양한 용도로 사용한 물을 별도의 수처리 없이 혹은 일정한 수처리 후 같은 용도 또는 다른 용도로 다시 사용함.
9. 빗물이용시설(빗물利用施設) : 빗물을 일시적 또는 장기적으로 저류시켜 이용하고, 유출을 저감시키는 시설
10. 중수도시설(中水道施設) : 중수란 한번 사용한 물을 어떠한 형태로든 한 번 혹은 반복적으로 사용하는 물을 말하며 중수는 중수를 사용하기 위하여 높은 청정도를 필요로 하지 않는 용도에 대하여 쓰고 버린 물을 다시 정화하여 사용하도록 하는 공급체계를 갖춘 시설.

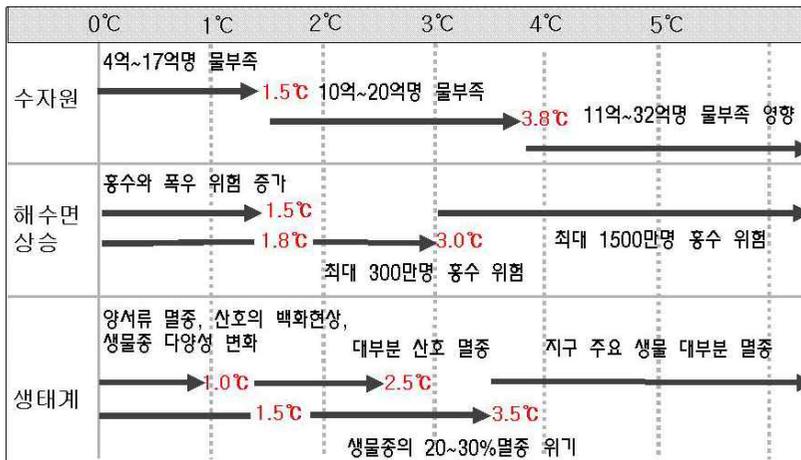
제 2 장 수자원 전망 및 수자원 절약에 대한 고찰

2.1 수자원 전망에 대한 고찰

2.1.1 자연환경의 변화

(1) 20세기 지구온난화 추세 및 우리나라의 기후변화²⁾

지구 표면기온은 지난 20세기에 약 0.6(±0.2℃) 상승하였으며, 지구온난화의 영향으로 2050년에는 세계인구 20억 명이 물 부족으로 고통당할 것으로 예상된다. (그림 2.1)은 지구온난화로 인해 물 부족인구가 점차 증가될 것으로 예상한 IPCC에서 발표한 자료이다.



(그림 2.1) 지구온난화로 예고되는 환경재앙(IPCC)

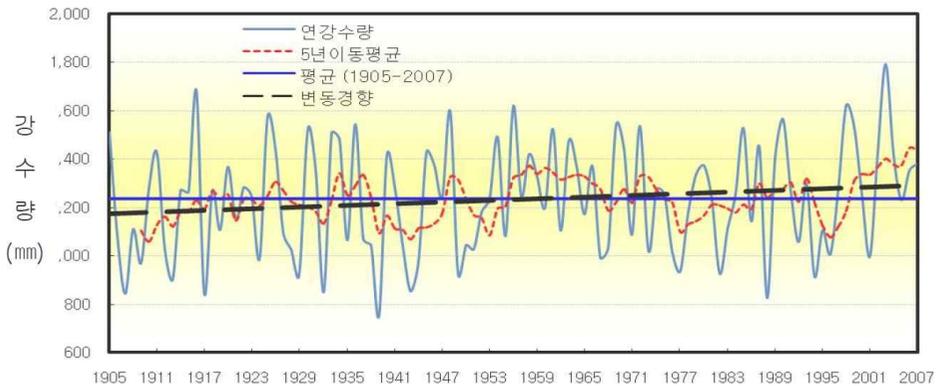
특히 우리나라의 기후변화 진행속도는 세계평균을 상회하며 우리나라의 평균기온은 2050년에 2000년 대비 2℃ 상승할 전망이다.

2) 관계부처합동, 저탄소 녹색성장 기본법 시행에 따른 국가 기후변화 적응대책, 2010

(2) 기후변화에 따른 수자원부족문제

가) 강수량의 변화³⁾

우리나라의 연평균강수량은 1,341mm로 세계 연평균강수량(880mm)의 1.5 배에 해당하는 양이지만, 인구밀도가 높기 때문에 1인당 강수총량은 약 2,591m³로 세계의 1인당 강수총량(19,635m³)의 약 1/8 수준에 불과한 실정이며 연강수량의 2/3가 여름철 홍수기인 6월부터 9월에 집중되고, 갈수기인 11월부터 익년 4월까지 6개월간의 강수량은 연강수량의 1/5에 그치고 있다.



(그림 2.2) 우리나라 연평균 강수량의 변화(1905~2007)

지난 100년(그림 2.2)간 강수량 변화 추세를 보면, 연간 강수량은 대체로 증가추세에 있으며 1960년대 이후 가뭄과 홍수가 증가하고 있을 뿐만 아니라 1990년대에 들어서는 대홍수와 극심한 가뭄이 빈발하고 있어 기존 수자원 시설물의 용수 공급과 홍수 방어능력이 취약한 상황이다.⁴⁾

향후 2050년에는 2000년 대비 15%, 2100년에는 17% 정도로 강수량이 증가할 것으로 예상된다.

나) 기후변화에 따른 수자원부족문제의 대두

기후변화로 인해 1990년 대비 가을철에는 12%, 겨울철에는 8%의 강수

3) 환경부, 물 재이용 기본계획(2011~2020), 2011

4) 환경부·한국환경공단, 생명을 위한 물, 2011

량이 감소하였고 가뭄빈발과 수질오염으로 사용가능한 깨끗한 물이 줄어들면서 향후 물 부족 문제는 심화될 것으로 예상된다. 지난 2008년 UN은 세계 물 부족 인구가 현재 7억 명에서 2025년에는 30억 명에 이를 것이라고 전망하였다. <표 2.1>에 분류된 것과 같이 우리나라는 특히 하천 취수율이 36%로 물에 관한 스트레스가 높은 국가군에 속하여 가뭄 시 물 공급이 취약할 것으로 예상된다.

<표 2.1> 하천 취수율에 따른 물 스트레스 구분

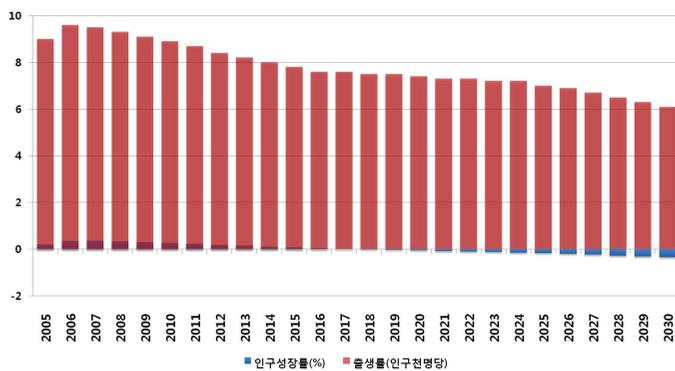
하천 취수율	물 스트레스 구분	국가
10% 이상	低	뉴질랜드, 캐나다, 러시아 등
10~20%	中	중국, 일본, 미국, 영국, 프랑스 등
20~40%	中~高	한국, 인도, 이탈리아, 남아공 등
40% 이상	高	이라크, 이집트 등

출처: UN Economic and Social Council, 1997

2.1.2 사회여건의 변화

(1) 인구전망에 따른 물수요 전망

우리나라의 인구성장률은 2000년 이후 출생률이 급격히 감소하여 (그림 2.3)에서 보는 것과 같이 2017년 이후 감소추세로 돌아설 것으로 전망된다⁵⁾.



(그림 2.3) 출생률 및 인구성장률

인구의 지속적인 감소 및 빠른 고령화 사회 진입은 물 수요 전망에 중요

5) 통계청, 인구통계연보, 2009

한 영향을 미칠 것으로 보인다. 또한 인구 저밀도 지역급증으로 인해 과도한 공공하수도 투자비의 비효율성 발생도 우려된다.

(2) 물 환경 여건 변화

21세기 들어 경제발전과 함께 환경보전을 중요시하는 의식이 높아져 안전하고 깨끗한 물과 건강한 수생태계에 대한 국민의 욕구와 수질오염총량제 시행에 따른 지역별 수질개선을 위한 요구가 증대되고 있다.

2.2 주거건물의 물이용 현황

2.2.1 가정용수의 이용 현황

(1) 가정용수의 사용량 현황

2010년 기준 용도별 물 사용량 분석에 따르면, 가정용이 3,113백만m³/yr(65.9%)로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. <표 2.2>를 보면, 우리나라 인구 1인당 물 사용량은 268 ℓ/day로 나타났다.

<표 2.2> 용도별 수도물 사용량 (단위: 백만m³/yr, ℓ/day)

용도별	2005	2006	2007	2008	2009	2010
합 계	4,420	4,483	4,529	4,529	4,602	4,726
가정용	2,906	2,939	2,970	2,964	3,040	3,113
업무용	731	612	572	631	544	478
영업용	676	826	879	837	926	1,045
욕탕용	107	106	107	97	92	90
1인당 물 사용량 (ℓ/day)	272	271	269	265	266	268

출처: 환경부, 2010 상수도 통계, 2011

주거건물⁶⁾ 중 가장 많은 비중을 차지하는 공동주택⁷⁾에서의 수자원 절약

6) 국가통계포털(2010년 기준)의 ‘국내 용도별 건축물 현황’에 따르면, 주거건물의 동수가 전체의 67.2%를 차지한다.

7) 통계청 조사 관리국은 2010년 인구주택총조사 가구명부 입력 자료를 기준으로 집계한 데이터를 근거로, 주택유형별로 단독주택 27.9%, 아파트 58.3%, 연립다세대 12.7%인 것으로 알려졌다. 한편 공동주택비율이 전국에서 가장 높은 광역시는 인천광역시로 85.3%로 확인됐으며 서

은 국가 전체 수자원 효율적 사용 및 관리에 있어서 중요하다고 볼 수 있다.

(2) 용도별 물 소비패턴

공동주택 실내에서 사용하는 물 사용처를 조사해 본 결과, 부엌에서 음용 및 취사의 주방용수, 다용도실의 세탁용수, 화장실의 세면기 및 변기의 세정용수, 샤워용수 등으로 나타났다.

가) 가정용수의 이용 현황⁸⁾

사용 목적별 가정용수의 이용 현황을 살펴보면, 조사기관에 따라 다소 차이가 있지만, <표 2.3>와 같이 거의 유사한 수준을 보인다. 가정에서 사용하는 용도로 변기 세정용수가 가장 많고, 설거지 등 부엌에서 사용하는 물과 세탁용 물의 양이 비슷하고, 그 다음으로 목욕, 세면용 순으로 나타났다.

<표 2.3> 사용 목적별 가정용수 이용 현황

구분	화장실	싱크대	세탁	목욕	세면	기타
한국수자원공사 (2006) ⁹⁾	25% (38.5)*	19% (29.7)*	20% (30.8)*	16% (23.8)*	11% (16.3)*	7% (13.5)*
토목학회 (2008) ¹⁰⁾	25% (38.5)*	19% (28.4)	20% (30.8)	16% (24.7)	10% (15.4)	9% (13.5)
환경부 (2007)¹¹⁾¹²⁾	27%	20%	21%	17%	11%	4%

* ()는 1일 평균 물 사용량(ℓ/day)

나) 가정 내 용도별 수도설비 보유현황

가계부문 물 소비패턴 조사결과¹³⁾에 따르면, 가정 내 용도별 수도설비 보유현황은 평균 8.3개 이며, 각 수도설비별 보유현황은 <표 2.4>와 같다. 특히, 수도설비 이외에 가정에서 많이 사용하고 있는 세탁기는 모든 가정에서 보유하고 있는 것으로 조사되었다.

울 82.8%, 경기 82.9%등도 높은 공동주택 점유율을 나타내었다.

8) 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010, pp.58~64

9) 한국수자원공사, 가정용수의 수요량 예측모델개발연구, 2006

10) 대한토목학회, 가정용수 용도별 사용 원단위 분석, 2008

11) 환경부, 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축, 2007

12) 김주환, 김화수, 이두진, 김기형, 가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 물 수요 특성분석, 대한환경공학회지 Vol.29 No.8, 2007

13) 환경부, '가계부문 물 소비패턴 시범조사', 2003

<표 2.4> 가정 내 수도설비 등 보유현황

구 분	화장실 수도꼭지	변기	샤워기	욕조	주방 수도꼭지	기타 수도꼭지
개 수	1.34	1.26	1.2	0.88	1.01	2.62

*출처: 환경부, 가계부문 물 소비패턴 시범조사, 2003

다) 용도별 수전의 사용량 조사¹⁴⁾

문헌조사를 바탕으로 공동주택 수자원 수전종류를 조사하고, 각 수전종류에 따른 사용량을 조사하여 실제 사용량과 비교하였다. 공동주택에서 사용되는 주요수전은 부엌수전, 다용도실 수전, 화장실 수전의 샤워, 세면기, 용변기로 나눌 수 있고, 수전별 사용횟수 및 사용량은 다음과 같다.

① 부엌 수전

부엌수전의 사용용도는 취사이다¹⁵⁾. 조사에 따르면, 1인 1일 음용 및 취사에 45.1 l의 물을 사용하는 것으로 조사되었다¹⁶⁾.

② 다용도실 수전

다용도실 수전의 경우 주로 세탁기 용수로 사용되며, 우리나라 4인 가족의 하루 평균 세탁물 배출량은 3kg수준이다. 일반세탁기 10kg에서 사용하는 물 사용량은 약 104.3 l/대·일 인 것으로 조사되었다¹⁷⁾.

③ 화장실 수전

화장실에 배치된 수전은 세면기, 샤워기, 변기로 나뉜다. 각 수전에 따른 1일 1인 사용횟수 및 물 사용량을 살펴보면, 세면기수전에서 손을 씻는 횟수는 7.4회로 조사되었으며 이 횟수는 외부활동을 포함한 수치로써 외부활동시간을 제외한 주거활동시간 중 평균 사용횟수를 4회로 볼 수 있다¹⁸⁾. 세수의 경우, 2.1회, 매 회당 4.5분을 사용하는 것으로 조사되었다. 양치질의 경우, 일반적인 주거활동시간을 고려할 때 2회, 약 0.6 l/회의 물을 소비

14) 조수현, 공동주택의 절수전략 적용에 따른 수자원 사용에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술 발표대회 논문집, 2010

15) 김화수 외, 가정용수의 용도별 사용 원단위 분석, 2008

16) 환경부, 가계부문 물 소비패턴 시범조사, 2003

17) 연세대학교, 물 재이용 및 절약 정책개발, 2002

18) 환경부, 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축, 2007

하는 것으로 조사되었다¹⁹⁾. 샤워의 경우는 1회, 13.6분/회로 조사되었으며, 일반적인 수전사용시간은 약 7분으로 산정할 수 있을 것으로 판단된다. 변기수전은 7회 사용하는 것으로 조사되었으며 일반적인 주거생활패턴을 고려하여 주거 내 변기 사용횟수는 3회일 것으로 사료된다.

④ 수자원 사용량 비교

1일 4인 기준으로 공동주택 수자원 수전종류에 따른 전체 상수도 예상 사용량을 <표 2.5>와 같이 정리할 수 있다. 예상 사용량은 약 1,239.5 ℓ/day로서 한국수자원공사가 제공하는 1일 4인(1인기준 346 ℓ) 1384 ℓ에 비해 144.5 ℓ 정도 적고, 환경부 상수도통계자료에 따른 1일 4인(1인기준 268 ℓ) 1072 ℓ에 비해 167.5 ℓ 정도 많은 양이다. 이는 각 활동에 따른 수전사용량의 차이 및 생활패턴의 차이에 의한 것으로 판단된다.

<표 2.5> 1일 4인기준 공동주택 수전별 물 사용량

수전종류	사용용도	횟수	시간(분)	용량 (ℓ/회)	1인기준 (ℓ/day)	4인기준 (ℓ/day)
부엌	취사	-			45.1	180.4
다용도실	세탁기	-				104.3
세면기	손 씻기	4	0.5	10	20	80
	세수	2.1	4.5	10	94.5	378
	양치질	2	-	0.6	1.2	4.8
샤워		1	7	12	84	336
변기		3	-	13	39	156
1일 4인 물 사용량(ℓ)						1,239.5

2.2.2 물 소비량의 산정

(1) 건물 사용 인원으로 산정하는 방법

건축물의 종류별로 1인이 1일 동안 사용하는 급수량을 산정하는 방법으로서 사용인원 수를 파악하여 그 건물에서 1일에 사용되는 급수량을 구할 수 있다. 주거건물의 일반적인 일례를 <표 2.6>에 나타냈으며 건축물 종류별 급수량 산정식은 (식 2.1)와 같다.

19) 이용화, 건축물 내에서의 물 절약, 2003

<표 2.6> 주거건물의 1인 1일 사용 급수량

건물종류	1일 평균 사용수량(ℓ)	1일평균 사용시간	사용자	유효면적당 인원(인/㎡)	연면적에대한 유효면적비(%)
주택	160~200	8~10	거주자 1인당	0.16	50~53
아파트	160~250	8~10	거주자 1인당	0.16	45~50

$$Q_d = Q \times N \quad (\text{식 2.1})$$

여기서, Q_d : 그 건물에서 사용되는 1일 급수량(ℓ/day)

Q : 1일 평균 사용수량(ℓ/d/c)

N : 급수인원(인)

(2) 건물의 유효면적으로 산정하는 방법

건물에 거주하는 인원수를 알 수 없는 경우 또는 건물의 규모를 기준으로 급수량을 산정하는 경우에는 건물의 유효면적 즉, 사람이 거주하지 않는 부분(화장실, 복도, 계단 기계실, 전기실, 창고 등)을 제외한 유효면적을 바탕으로 추정하며, 이는 (식 2.2)과 같다.

$$\begin{aligned} A' &= A \times K / 100 & (\text{식 2.2}) \\ N &= A' \times a \\ Q_d &= Q \times N \end{aligned}$$

여기서, A' : 건물유효면적(㎡)

A : 건물연면적(㎡)

K : 건물 연면적에 대한 건물 유효면적의 비율(%)

a : 유효면적당의 인원(인/㎡)

N : 급수인원(인)

Q : 1일 평균 사용수량(ℓ/day)

(3) 기구수로 산정하는 방법

건물에 시설된 위생 기구를 기준으로 산정하는 식은 (식 2.3)과 같다.

$$Q_d = Q' \times F \times b \quad (\text{식 2.3})$$

여기서, Q_d : 1회당의 사용수량(l /회)

F : 1시간당의 사용횟수(회/h)

b : 건물 사용 시간수

아래 <표 2.7>는 각 위생기구 및 수전별 1회당 사용량 및 건물에서의 1회당 사용횟수에 대한 내용을 나타내고 있다.

<표 2.7> 각종 위생기구 및 수전의 사용유량

기구 종류	1회당 사용량(l)	1시간당 사용횟수(회)	순간최대유량(l/min)	비고
대변기(세정밸브)	13.5~16.5	6~12	110~180	평균 15 l /회/10s
대변기(세정탱크)	15	6~12	10	
소변기(세정밸브)	4~6	12~20	30~60	평균 5 l /회/6s
소변기(세정탱크)	9~8	12	8	2~4인용 기구 1개씩 4.5 l
소변기(세정탱크)	22.5~31.5	12	10	5~7인용 기구 1개씩 4.5 l
수 세 기	3	12~20	8	
세 면 기	10	6~12	10	
싱크(13mm수전)	15	6~12	15	
싱크(15mm수전)	25	6~12	15~20	
욕 조	125	6~12	25~30	
샤 위	24~60	3	12~20	
다용도실 수전	15	6~12		

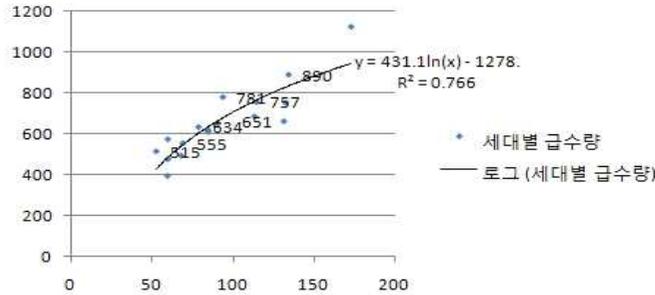
(4) 세대별 전용면적(m^2)을 이용한 급수량 산정식의 도출

일반적으로 이용되는 급수량 산정하는 방법은 설계용량이 실제 물 사용량보다 과대하게 설정되어있어 실정에 맞는 데이터를 바탕으로 급수량 산정이 필요하다고 판단하여 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 각 세대의 전용면적별 급수량 실측데이터²⁰⁾인 <표 2.8>를 바탕으로 전용면적에 대한

20) 김석중, 공동주택의 적정 급수·급탕량 산정법에 관한 연구, 중앙대학교 건설대학원 석사학위논문

급수량의 상관관계에 따른 회귀식 (식2.4)을 산출하였다.²¹⁾

<표 2.8> 전용면적에 대한 세대별 실측데이터



전용면적 (m²)	세대별급수량 (ℓ/d·세대)
52.567	515
59.6	395
59.8	574
59.84	477
68.13	494
69.127	555
78.9	634
84.76	617
84.87	610
84.96	617
90.91	651
94.05	781
113.67	685
114.89	757
131.88	662
132.96	753
134.803	890
73.58	1124

(그림 2.4) 전용면적에 따른 세대별 급수량 상관관계

$$y = 431.1 \ln(x) - 1278 \quad (\text{식 2.4})$$

여기서, y : 한 세대의 급수량

x : 한 세대의 전용면적 (m²)

2.3 주거건물의 수자원 절약 방법

2.3.1 절수형 설비 및 절수기기의 이용

(1) 절수설비 및 절수기기의 종류와 특징

문헌조사를 통해 일반적인 절수기기의 종류와 각각의 특징을 조사한 내용을 <표 2.9>로 정리하였다. 절수기기는 크게 수도꼭지(수전)와 샤워기, 변기, 세탁기로 나눌 수 있다. 절수기기별 최대 절수효과는 수전에서 최대 50%, 샤워기(샤워헤드)에서 40%, 절수형 양변기의 사용에서 40%, 절수형

문, 2001

21) 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 저에너지 친환경공동주택 기술개발 제5차년도 통합연구 결과보고서, 2011

세탁기를 사용함으로써 최대 50% 절수효과를 볼 수 있다.

<표 2.9> 절수기기의 종류와 특징

구분	절수기구	특징	절수효과	최대 절수효과
수도꼭지 (수전)	절수형	수도꼭지에 절수형 디스크 및 패킹 내장	20~50% 절수	50%
	원터치식	냉·온개폐장치가 한번에 작동, 개폐 용이	개폐시간 단축(2초→0.5초) 4~4.7% 절수	4.7%
	전자감지식	전자눈의 감지로 밸브가 자동개폐	· 개폐시간단축(2초→0.3초) 4~5.3% 절수 · 비누칠 동안 40~50% 절수	· 5.3% · 50%
	포말식	일반 수전에 포말전 부착	40~50% 절수	50%
샤워기	절수형 샤워헤드	12ℓ → 7ℓ/min로 교체	40%	40%
변기	절수형 2단양변기	대소변을 구분하여 2개 레버로 배출량 조절	대소변을 구분 사용하여 40% 절수	40%
세탁기	절수형	강한 세척력, 자동수위 조절기능	30~50% 절수	50%

*출처: 연세대학교, 물 재이용 및 절약 정책개발, 2002

(2) 절수설비 및 물 사용기기의 절수방식

가) 절수형 수전

생활용 상수의 절감을 위하여 절수형 수전은 사용압력 7.5kgf/cm²{735 kPa} 이하의 급수·급탕에 사용하는 세면·세척용이나 물받이용 수도꼭지로써 수도관 말단에 설치하여 물 절약 효과를 나타내는 절수형 수도꼭지와 즉시지수·자폐·정량지수 기능을 통하여 물 절약 효과를 나타내는 밸브를 대상으로 한다. <표 2.10>은 절수형 수전의 용도별 최대 토수유량을 나타낸다.

<표 2.10> 절수형 수전의 최대 토수유량

용도	최대 토수유량 [ℓ/min]	적용 수도꼭지(참고)
주방용	9.0 이하	절수부속 부착·내장형, 즉시지수형
세면용	7.5 이하	절수부속 부착·내장형, 즉시지수형
샤워용, 샤워·욕조용	9.5 이하	절수부속 부착·내장형
기타	9.5 이하	절수부속 부착·내장형, 즉시지수형

*주) 샤워·욕조용의 경우 욕조용 꼭지의 최대 토수유량은 제외한다.

*출처: 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010

나) 샤워헤드

샤워헤드는 사용압력 7.5kgf/cm²{735kPa} 이하의 수도꼭지를 구성하는 부속 중 샤워용, 샤워·욕조용, 세면·샤워용 샤워헤드(샤워호스 또는 파이프가 결합된 샤워헤드를 포함한다)와 수도꼭지에 설치하여 토수유량을 줄임으로써 물 절약 효과를 나타내는 절수부속을 대상으로 한다. 절수기기의 종류 및 부속에 따라 밸브부착형, 개폐방식형, 즉시지수방식형, 기타 절수용 샤워헤드로 분류할 수 있다. <표 2.11>는 샤워헤드의 최대 토수유량을 나타낸다.

<표 2.11> 샤워헤드의 최대 토수유량

구분	최대 토수유량 [ℓ/min]
샤워헤드	수압 1.0kgf/cm ² {98kPa}에서 9.5 이하
절수부속을 수도꼭지에 설치하였을 때	수압 1.0kgf/cm ² {98kPa}에서 설치 전의 50% 이상 80% 미만
	수압 3.0kgf/cm ² {294kPa}에서 최대 토수유량은 수압 1.0kgf/cm ² {98kPa}에서 최대 토수유량의 140% 이하

*출처: 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010

다) 절수형 양변기

절수형 양변기는 절수형 양변기와 양변기용 부속으로 분류할 수 있다.

① 절수형 양변기

로탱크(Low tank) 또는 세척밸브를 부착하여 사용하는 양변기 중 절수형 양변기를 대상으로 한다. 사용수량은 양변기의 종류별로 <표 2.12> 절수형 양변기의 기준에 적합하여야 한다.

<표 2.12> 절수형 양변기의 기준

로탱크를 부착하여 사용하는 변기	세척밸브를 부착하여 사용하는 변기		
	대변용	대소변 구별형	
		대변용	소변용
6ℓ 이하	6ℓ 이하	9ℓ 이하	5ℓ 이하

*출처: 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010

② 양변기용 부속

양변기의 로탱크 내부에 설치하여 물을 절약할 수 있는 부속과 물탱크가

없는 양변기의 절수형 세척밸브, 재사용수를 공급하는 양변기 부속에 대하여 적용한다.

(3) 절수형 수도설비 및 물 사용기기의 절수기준

가) 수도법상의 절수설비 기준

수도법 제15조에 따라 건축물 및 시설을 건축하려는 경우, 수도물의 절약과 효율적 이용을 위한 절수설비를 의무적으로 설치하도록 하고 있다. <표 2.13>은 수도법 기준 적용대상 절수설비의 일반형 및 절수형의 물 사용량을 조사한 결과이다.

2009년 기준 환경표지인증제품 중에서 절수형 수도꼭지(주방용, 세면용, 욕조용)의 토수량은 4 l~7.7 l/min 사이로 나타났고, 평균 토수량은 6.1 l/min로 나타났다. 샤워용, 샤워·욕조용의 토수량은 3.9 l~8.3 l/min 사이이며, 평균 토수량은 6.6 l/min로 나타났다. 로탱크형 양변기의 평균 총 사용수량은 7.5 l (4.8~9 l)이며, 2008년도 일반형 양변기의 총 사용수량 13 l 대비 73% 절수효율이 향상된 것으로 나타났다.

<표 2.13> 「수도법」 기준 적용대상 절수설비 물 사용량 조사결과

구 분		수도법상의 절수설비 기준	일반형	절수형
			2008	2009
수 도 꼭 지	샤워용· 샤워·욕조형	최대 토수량 9.5 l/min 이하	14.6	3.8~8.3
	세면용	최대 토수량 7.5 l/min 이하	12.4	3.9~7.3
	주방용	최대 토수량 9.0 l/min 이하	11.4	4.1~7.7
	세면·샤워용	토수구 : 7.5 l/min 이하 샤워헤드 : 9.5 l/min 이하	14 12	3.9~7.2 6.9~8.1
변 기	양변기 (로탱크형)	소변기 따로 설치 시 1회 최대 사용수량 9 l 이하 (따로 설치하지 않은 경우 6 l 이하/대소변 구분 시 대변 9 l, 소변 70% 이하)	6.4~13 (보충수 포함)	7.5(4.8~9 l) (보충수 포함)
	양변기 (세척밸브 부착형)	소변기 따로 설치 시 1회 사용수량 15 l 이하 (따로 설치 하지 않은 경우 9 l 이하/대소변 구 분 시 대변 15 l, 소변 9 l 이하)	7.7~10	4.8~8.8
	소변기	물을 사용하지 않거나 4 l/회 이하	4	0~2

1. 일반형 수도꼭지 조사치('03)/일반형 양변기('08, 제품환경성 시험검사방법, 환경부)
2. 절수형 수도꼭지 변기 조사치는 '09.12월말 현재 환경마크 인증제품 현황을 토대로 정리한 자료

*출처: 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010

수자원의 사용량을 전략적으로 관리하기 위해서는 절수형 설비 및 기기의 종류 및 용도에 따른 사용수량을 통일하거나 명확한 물 사용량 기준을 정립할 필요가 있을 것으로 사료된다.

수도꼭지의 종류는 특별한 구분 없이 하나로 통일하고, 사용용도에 따라 수도꼭지(세면용, 주방용, 욕조용)는 6.0L/min이하, 샤워헤드는 7.5L/min이하로 개정하는 것이 필요하다.

변기 종류 또한 특별한 구분 없이 하나로 통일하고 사용 용도에 따라 대변용 전용과 대·소변용 겸용으로만 구분하여 기준을 설정할 필요가 있다. 모든 대변기는 사용수량을 7ℓ로 하고 대소변 구별형인 경우, 소변용으로 사용할 때는 5ℓ로 개정하고 향후, 외국제품과 경쟁력 강화를 위해서라도 사용수량을 점차 6ℓ로 강화하는 것이 필요하다고 판단된다.

나) 환경표지제도의 절수설비 인증기준

정부는 1992년부터 동일 용도의 제품 가운데 친환경제품을 선별해 인증을 부여하는 환경표지(마크)제도를 시행하고 있으며, 수도법 기준 적용 대상인 절수형 수도꼭지, 양변기, 소변기의 절수기준은 <표 2.14>과 같다.

<표 2.14> 환경마크의 절수설비 인증기준

종류		절수설비 기준
수도꼭지	샤워용	최대 토수유량 9.5 ℓ/min 이하
	세면용	최대 토수유량 7.5 ℓ/min 이하
	주방용	최대 토수유량 9.0 ℓ/min 이하
	기타	최대 토수유량 9.5 ℓ/min 이하
변기	양변기 (로탱크형)	총 사용수량 9ℓ 이하
	양변기 (세척밸브부착형)	총 사용수량 6ℓ 이하 (대소변 구분형 대변 9ℓ, 소변 5ℓ이하)
	소변기	물을 사용하지 않거나 1회 사용수량 2ℓ 이하

*출처: 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010

2.3.2 재활용수의 이용

주거건물에서 수자원 절약은 수전별 절수설비 및 기기의 적용뿐만 아니라 빗물이나 중수도를 통해 재활용수를 생활용수로 대체하여 활용함으로써

상수 사용량을 절감할 뿐만 아니라 가용수량을 늘리는 역할을 할 수 있다. 본 절에서는 빗물이용시설과 중수도설비에 대해 조사하였다.

(1) 빗물이용시설

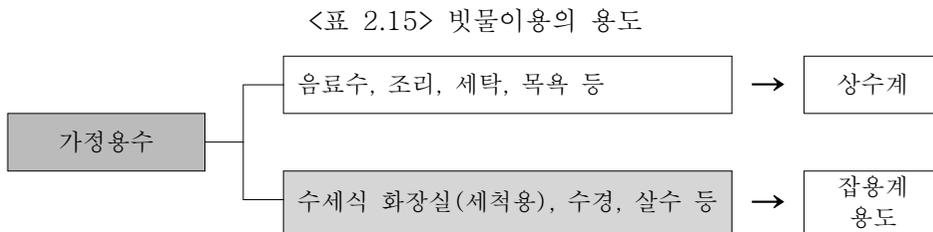
가) 빗물이용시설의 정의

빗물이용시설이란 빗물을 옥상이나 지붕, 바닥으로 통해 집수하여 생활용수, 조경용수, 공업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설을 말한다²²⁾.

나) 빗물이용의 용도 및 효과

① 빗물이용의 용도

빗물은 <표 2.15>에서 잡용수 용도로 나타낸 수세식 화장실의 세척수, 조경용수, 세차 등에 사용하거나 재해 등의 비상시에 방화용수 등과 같이 수돗물과 비교하여 낮은 레벨의 수질의 물을 사용하는 곳에 이용한다.



② 빗물이용의 효과

공동주택에서 빗물이용의 효과로는 수돗물의 사용량 감소와 수자원 가용량의 확보, 절수의식의 향상 등 한정된 수자원을 유효하게 활용하며, 강수의 손실량을 감소시켜 집중호우로 인한 홍수피해도 저감시키는 효과가 있다²³⁾.

다) 빗물저류량 산정 방법

건물의 옥상, 지붕표면, 녹지, 포장면 등 강우를 집수하는 데 이용하는

22) 수도법 제3조의 16

23) 이종성, 공동주택에서의 수자원 활용, 한국수자원학회지 「물과 미래」 vol.43 no.4 pp.89~92
ISSN 1738-9488, 2010

표면으로 침수되는 빗물의 양은 (식 2.5)에 의하여 계산할 수 있으며 침수면의 종류에 따른 유출계수는 <표 2.16>와 같다.

$$\text{빗물침수량(m}^3\text{)} = \text{침수면적(m}^2\text{)} \times \text{강우량(m/년)} \times \text{유출계수} \quad (\text{식 2.5})$$

<표 2.16> 토지이용도별 기초유출계수의 표준값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지붕	0.85 ~ 0.95	공지	0.10 ~ 0.30
도로	0.80 ~ 0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05 ~ 0.25
기타 불투수면	0.75 ~ 0.85		0.20 ~ 0.40
수면	1.00		0.40 ~ 0.60

자료: 한국상하수도협회(2011), 하수도시설기준

침수면의 유출계수는 기후, 지세, 지질, 지표상황, 강우강도, 강우지속시간, 배수면적, 배수시설 및 주거형태, 표면 형태뿐 아니라 표면 경사, 녹화 여부, 포장면의 종류, 배수 시설과의 연결 등 다양한 인자에 따라 영향을 받는다. 옥상녹화면의 유출특성을 파악하는 데 활용되는 녹화 유형 및 구성 두께에 따른 연평균 유출계수는 <표 2.17>와 같다.

<표 2.17> 구성두께에 따른 옥상녹화의 연평균 유출계수

녹화유형	구성두께(cm)	연평균 유출계수
단순관리 경량형 녹화 (초본류와 화본류 식재)	2 ~ 4	0.6
	4 ~ 6 이상	0.55
	6 ~ 10 이상	0.5
	10 ~ 15 이상	0.45
	15 ~ 20 이상	0.4
관리 중량형 녹화 (관목이나 교목류 조성)	15 ~ 25	0.4
	25 ~ 50 이상	0.1 ~ 0.3

자료: 독일공업규격 DIN 4045

(2) 중수도(中水道) 설비

빗물이용뿐만 아니라 대체 수자원으로 중수도 역시 주목받고 있다. 중수도란 한번 사용한 물을 재활용하거나 정화 과정을 거쳐 물의 순도와 용도에 따라 사용을 효율적으로 분배해 수자원의 고갈 속도를 늦추고, 이미 사용한 물을 재사용함으로써 지속가능한 물의 순환을 이끌어낼 수 있다²⁴⁾.

가) 중수도의 정의

중수도란 사용한 수돗물을 생활용수·공업용수 등으로 재활용할 수 있도록 다시 처리하는 시설을 말한다.²⁵⁾ 다시 말하면, 우수→하천→취수→1회 사용→배출→하천→해양의 현재의 물순환체계에서 인공적으로 물순환을 가속시키는 방법으로 배출단계전에 처리→재사용의 단계를 추가하여 수자원의 합리적인 이용을 도모하는 것이 중수도의 개념이다.

나) 중수도의 원수

중수도(Wastewater reclamation and reusing system)의 원수²⁶⁾는 빌딩 등에 있어서 잡배수, 수세식변소배수, 냉동·냉각배수, 하수처리수, 오락하천수, 감조수영수, 우수, 지하수, 해수 등을 들 수 있다. 중수도의 원수별 수질의 특성을 <표 2.18>로 정리하였다.

<표 2.18> 중수도의 원수별 수질의 특성

중수도 원수	특성
세면배수	전체 배수량은 적으나 비교적 오염도가 낮기 때문에 대상 원수 선정 시 최우선적으로 고려됨.
목욕배수	공동주택 및 호텔, 여관 등 숙박시설을 갖춘 빌딩에서 발생하는 목욕배수는 수량 및 수질 측면에서 중수도의 대상원수로 설정하기에 적합하며, 물리·화학적 처리만으로 재이용이 가능.
냉각수	냉각수는 유기물성분이 거의 없으나 용존염류가 높음. 전체 배수량 중에서 차지하는 비중이 높지 않고, 여름철에만 한시적으로 이용되기 때문에 연중 운전이 불가능한 것이 제약조건.
주방배수	공동주택의 주방 및 식당, 카페, 레스토랑을 갖춘 빌딩에서 배출되는 주방배수인 경우, 유기 성분의 오염도가 높고 유지류 및 계면활성제의 농도가 높기 때문에 수질적인 측면에서 신중한 검토가 필요.
수세식 화장실배수	수세식 화장실배수는 세정량에 따라 배수량이 달라질 수 있는데, 일반적으로 수세식 화장실배수는 배설물이 포함되어 있는 관계로 오염도가 높고 용존염류의 농도가 높음. 특히 주의가 필요한 부분은 각종 바이러스가 존재할 가능성이 있다는 점.
공동주택 및 빌딩배수 혼합배수	양질의 잡배수(세면배수, 목욕배수, 냉각수)와 주방배수가 섞인 혼합배수의 수질은 단위원수의 혼합 비율에 따라 상당히 달라짐. 이들 혼합배수의 수질 중 주방 배수가 미치는 영향은 상당히 큰데 재이용을 위해서는 상당한 수준의 처리가 요구됨.

24) 임만택, 친환경건축, 보문당, 2011

25) 수도법 제3조(정의) 제14호

26) 임만택, 건축설비계획, 보문당, 2009

다) 중수도의 용도 및 효과

① 중수도의 용도

중수의 용도는 인체와 재생수와의 접촉가능성이 어느 정도인가에 따라 그 안정성이 좌우되는데, 피부와의 접촉, 심리적 문제점과 세균 혹은 바이러스 등의 공중 위생상 안전성 때문에 공동주택에서 사용할 수 있는 중수의 용도는 수세식화장실 세정용수로 한정한다²⁷⁾. 공동주택의 용도별 물 사용 구성비는 <표 2.19>와 같으며, 물 사용량을 보면 수세식 화장실 세정용수가 가장 많은 비중(27%)을 차지할 뿐만 아니라 수질 특성상 고도의 정수 처리된 상수를 필요로 하지 않기 때문에 중수도의 주요 활용처가 된다.

<표 2.19> 공동주택의 용도별 물 사용 구성비

용도	물 사용 구성비	용도	물 사용 구성비
음용 및 취사용수	20%	청소용수	5%
목욕용수	14%	수세식화장실 세정용수	27%
세면 및 세수용수	10%	세차용수	2%
세탁용수	20%	살수용수	2%

*출처: 임만택, 건축설비계획, 보문당, 2009

② 중수도의 효과

한 번 사용한 물을 간단하게 처리하여 생활용수 중 반드시 음료수와 똑같은 정도의 정화를 필요로 하지 않는 용도에 공급함으로써 얻을 수 있는 중수도의 효과를 요약하면 <표 2.20>와 같다.

<표 2.20> 중수도의 개념 및 효과

한번 사용한 수돗물	→	화장실 세정용수, 청소용수, 세차용수, 소방용수, 조경용수, 살수용수, 잡용수	→	· 수돗물 소비량 줄임 · 하수발생량 감소 · 수돗물 공급량 줄임	→	· 수질오염 방지효과 · 절수효과 · 댐, 정수장, 종말처리장 건설수요 감소
------------	---	---	---	--	---	--

- 물 부족에 대응할 수 있다. 점차 수자원의 확보가 어려워지고, 물 사용량의 증가 추세에 대한 대비책으로 활용한다.
- 중수의 사용량만큼 하수 발생량이 감소하여 하천 오염부하가 경감되며, 댐의 여유수량 증대는 하천 유지용수의 양을 증가시켜 하천 수질 개선 및 수질오염 방지의 효과가 있다.
- 일반적으로 건물에서의 중수도 설치에 따른 절수 효과는 약 20%정도 이다.

27) 임만택, 건축설비계획, 보문당, 2009

라) 중수대체가능량 산정 방법

중수도 이용을 확대보급하기 위해서 사용용수 중에서 어느 정도를 중수로 대체할 수 있는지를 추정하여 계산하는 것이 중요하다. 중수의 원수 조합(목욕 및 세면용수를 중수 원수로 사용하는 경우 또는 목욕, 세면용수 및 세탁용수를 중수 원수로 사용하는 경우)에 따라 중수대체 가능비율은 달라진다. 공동주택에서 이용 가능한 중수대체 가능비율은 수세식 화장실의 변기 세정용수의 비율인 27% 정도가 된다.

일반적인 중수대체 가능량은 상수 사용량에 중수도 대체 가능비율로 산정되며, 상수의 오수화율은 90%로 산정하고, 배출수 수량의 20% 정도는 오니발생으로 수량이 감소되기 때문에 (식 2.6)를 이용하여 계산한다.

$$\text{중수대체가능량} = \text{상수사용량} \times \text{오수화율}(90\%) \times \text{중수대체가능비율} \\ \times \text{오니발생을제한수량}(80\%)$$

(식 2.6)

여기서 상수사용량은 건물에서 상수를 사용하고 발생하는 오수의 양이고, 오수화율은 증발 또는 누수 등으로 인한 손실을 10~20%를 말한다. 중수대체가능비율은 중수가 사용가능한 용수의 량을 말하며 오니는 슬러지(sludge), 즉, 하수 및 정수처리과정에서 생긴 침전물이다.

2.4 친환경건축물의 수자원 절약 사례

2.4.1 국내 친환경건축물 사례 : I'PARK 삼성동²⁸⁾

'I'PARK 삼성동'은 2004년 “최우수 친환경건축물” 본 인증을 받은 공동주택 단지로서 <표 2.21>을 보면 수자원 관련 기술로 중수도에 의해 사용한 물을 실개천 용수로 활용하여 수자원을 절감하고 공공수역에서의 오염부하 저감 및 오수 처리시설 비용의 감소효과를 유도하였으며, 생활용 상수 절감을 위해 초절수형 양변기를 채택하였다.

28) 인터넷자료, 토지주택연구원 친환경건축물인증 <http://huri.lh.or.kr/ecohouse/index.asp>

<표 2.21> I'PARK 삼성동의 건축개요 및 수자원 관련 기술

건축물명	I'PARK 삼성동	
위치	서울시 강남구 삼성동 87	
대지면적	32,259㎡	
건축면적	2,960.50㎡	
연면적	146,482.92㎡	
세대수	449세대	
수자원 관련 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 생활용 상수 절감 (초절수형 양변기) • 중수도 설치 (실개천 용수 활용) 	



(그림 2.5) I'PARK삼성동

2.4.2 미국의 친환경건축물 사례 : Gish Family Apartments²⁹⁾³⁰⁾

Gish 아파트는 LEED for Homes와 LEED for New Construction에서 모두 Gold 점수를 획득한 첫 다세대주택 개발 사례로서, 수자원관련 인증으로 ‘Water Efficiency’ 평가항목에서 관개 시스템을 통해 기존 건물보다 62%의 상수의 사용을 줄였다. 또한, 초절수형 싱크, 샤워기 및 고효율 변기를 사용하여 실내 수자원의 36%의 물을 절약하였다.

<표 2.22> Gish Family Apartments의 건축개요 및 수자원 관련 기술

건축물명	Gish Family Apartments	
위치	San Jose, CA, U.S.	
건물 형태	Special needs housing, Multi-unit residential, Retail	
건물 규모	4-story building, 75,200 ft ²	
수자원	인증등급	Water Efficiency, 5점 중 3점 획득 • WE Credit 1.1, Water Efficient Landscaping, 50% • WE Credit 3.1, Water Use Reduction, 20% • WE Credit 3.2, Water Use Reduction, 30%
	관련기술	관개시스템, 초절수형 싱크, 샤워기, 고효율 변기



(그림 2.6) Gish Family Apartments

29) <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1721#homes>

30) <http://www.aiatopten.org/hpb/site.cfm?ProjectID=1140>

2.4.3 영국의 친환경건축물 사례 : 그리니치 밀레니엄 빌리지³¹⁾

그리니치 밀레니엄 빌리지에서는 <표 2.23>에서 보는 것과 같이 수자원 관련기술로 빗물집수 및 재활용, 중수활용, 절수형변기, 스프레이형 수도꼭지를 설치함으로써 수자원을 절약하였다.

<표 2.23> 영국 그리니치 밀레니엄 빌리지의 개요 및 수자원 관련 기술

건축물명	그리니치 밀레니엄 빌리지	
위치	영국 런던시 도크랜드에 그리니치	
규모	14 ha(1,377호, 공동주택1,079호, 단독주택298호)	
수자원 관련기술	빗물집수 및 재활용, 중수활용, 절수형변기, 스프레이형 수전설치	(그림 2.7) 그리니치 밀레니엄 빌리지

2.4.4 일본의 친환경건축물 사례 : 마테르아노우(Materre Anou)(키타큐슈, 후쿠오카)

마테르아노우 단지의 수자원 관련기술을 살펴보면, <표 2.24>에 요약한 것처럼 녹지의 상부에는 우수를 저장하여 이용하고 부지 내에는 우수가 지하에 침투하기 쉬운 자재로 도로를 포장하여 녹지를 조성하였다. 또한, 화장실에는 절수형 변기를 채용하여 1회당 4ℓ를 절수하였으며 절수형 샤워기를 설치하였다. 우수활용방법은 건물이나 부지에 내린 비는 일단 지하의 우수 저장 탱크로 저장하고 녹지의 관수용으로 사용한다³²⁾.

31) 대한전문건설협회, http://green.kosca.or.kr/greengrowth/greengrowth_17.asp?gbn=1

32) 대한주택공사 주택연구소, 환경친화형 주거단지 모델개발에 관한 연구, 1996

<표 2.24> 마테르아노우의 개요 및 수자원 관련 기술

건축물명		마테르아노우(제1기)	
소재지		일본 후쿠오카 현 기타큐슈	
대지면적		7,410㎡	
연면적	주택동	16,024㎡	
	주차장	1,307㎡	
	전체	7,522㎡	
건축면적		3,012㎡	
세대수		173세대	
수자원 관련기술		절수형 변기, 스톱 부착 샤워기, 빗물 저수조, 중수 재이용	



(그림 2.8) 마테르아노우

2.4.5 친환경건축물 사례에 적용된 수자원 절약 관련 기술

국내외 친환경건축물 사례를 통해 건물에 적용한 수자원 관련기술을 살펴본 결과, 실내 수자원에서 싱크, 샤워기, 화장실의 변기에서 절수설비 및 기기를 사용하여 실내 수자원 사용량을 절약하고, 건물이나 부지에서 집수한 우수와 중수의 처리를 통해 재활용함으로써 실내 수자원에서의 상수 사용을 줄이고, 가용 수자원을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

2.5 소결

본 장은 주거건물에서의 물 소비패턴과 물 절약 방법 및 국내외의 친환경건축물 사례조사를 통해 실생활에서 물 절약을 실천하고, 가용수량을 늘릴 수 있는 방법에 대해 분석하였다.

일반적으로 물 절약 방법과 가용수량을 늘릴 방법은 절수설비 및 절수기기를 이용하거나 우수 및 중수 등의 재활용수를 이용하는 방법이 있다. 가정에 설치된 수전 용도에 따라 절수형 설비 및 절수기기를 이용하여 직접적으로 상수의 사용을 줄이는 방법과 외부로부터 빗물이나 중수도를 도입하여 생활용수로 재활용함으로써 상수 급수량의 수요를 줄임과 동시에 가용수량을 확보하는 방법이다.

이러한 방법을 수자원 전략으로 사용하기 위해서는 가정에서 필요로 하

는 급수량을 산정한 후, 생활용수의 용도별 물 구성비를 조사하여 이를 바탕으로 각 수전별로 알맞은 절수기기를 적용하여야 한다.

중수는 인체의 유해성을 고려하여 실내에서는 화장실 세정용수로 한정하여 사용가능하나, 우수는 세정용수뿐만 아니라 세탁용수로도 활용가능하여 보다 많은 가용수량을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 장에서는 공동주택의 수자원 절감량과 가용수량을 정량적으로 확보하기 위한 급수량 산정식 및 우수집수가능량과 중수대체가능량 산정식을 정리하였다. 또한, 가정용수 사용량 및 절감량을 평가할 수 있는 기초자료를 제시하였다.

제3에서는 국내외 친환경건축물인증제도의 수자원 평가항목에서 물 사용과 관련된 절수기구 및 물 재이용 설비를 이용하여 수자원 효율성 평가방법에 대해 보고자 한다.

제 3 장 친환경건축물인증제도의 수자원 부문 평가 방법 비교 연구

세계 각국은 건축물의 에너지 사용을 감소시키기 위해 주택의 에너지 소비를 줄이거나 제로(zero)화하고 건물의 에너지 소비를 줄이는 것을 의무화하는 정책들을 확대 적용하고 있다. 영국, 미국 등의 선진국을 위하여 세계 각국은 건물의 친환경성을 다양한 측면에서 평가하는 친환경건축물인증제도를 운영하고 있다. 이 가운데 수자원 효율에 관련한 부문은 친환경건축물을 평가하기 위한 모든 인증제도에서 주요 항목으로 포함되어 있다.

본 장에서는 국내의 친환경건축물인증제도(GBCC)와 국외의 LEED(미국), BREEAM(영국), CASBEE(일본)의 수자원 평가항목의 특성과 평가 방법을 살펴보고, 수자원의 효율적인 관리를 위한 평가 방법을 알아보고자 한다³³⁾.

3.1 국내 친환경건축물인증제도의 수자원 부문 평가 방법

3.1.1 GBCC의 수자원 부문 평가 방법

(1) GBCC(Green Building Certification Criteria)의 개요

GBCC는 국토해양부와 환경부가 공동으로 운영하고 있으며, 친환경건축물의 인증과 보급을 평가목적으로 하고 있다. 2010년에 개정된 ‘친환경건축물의 인증에 관한 규칙’에 따르면, 모든 용도의 건축물에 대해 4개의 전문분야와 9개 부문 44개의 평가항목으로 평가하며, 기본배점에 대한 총 획득점수에 따라 최우수, 우수, 우량, 일반의 4가지 인증등급을 부여한다.

GBCC의 평가항목에 대해 정리하면 <표 3.1>과 같다.

33)

<http://www.mfe.govt.nz/publications/sus-dev/green-building-assessment-tool-project-jun06/html/page5.html#table41>

<표 3.1> GBCC의 평가항목 및 배점(공동주택)

평가 항목	평가 내용	배점
토지이용	생태적 가치, 토지 이용, 인접대지 영향	12(11%)
교통	교통부하 저감	6(5%)
에너지	에너지 소비, 에너지 절약, 대체에너지 사용	15(13%)
재료·자원	자원 절약, 자원 재활용	15(13%)
수자원	수순환체계 구축, 수자원 절약	13(12%)
환경오염	CO2 방출로 인한 지구온난화, 오존층 파괴	6(5%)
유지관리	체제적인 현장관리, 효율적인 운영, 시스템 변경의 용이성	4(4%)
생태환경	대지 내 녹지공간 조성, 생물 서식공간 조성	18(16%)
실내환경	공기환경, 온열환경, 음환경, 쾌적한 실내환경 조성, 노약자에 대한 배려	24(21%)
Total		113
필수항목 개수		7

(2) GBCC 개정 추이에 따른 수자원 평가항목의 변화 특성

GBCC의 수자원 부문은 2개의 범주에 4개 평가항목(평가항목 3개, 가산항목 1개)으로 이루어져 있다. 수자원 평가항목의 비중 향상과 점수 배점은 <표 3.2>와 같이 2006년도³⁴⁾, 2008년도³⁵⁾, 2010년도 인증심사기준³⁶⁾의 개정을 거치면서 변화가 있었음을 알 수 있다. 2006년도에는 “2. 에너지 자원 및 환경부하” 부문에 포함되어 있었고 배점도 8점이었던 수자원 평가항목이, 2008년도에는 “5. 수자원” 부문으로 보다 큰 범주에서 수자원부문을 평가하는 방향으로 발전하였고, 배점 또한 13점으로 높아졌다. 생활용 상수 절감대책의 타당성 항목은 배점이 1점 씩 높아졌고, 최근에는 필수항목으로 지정되었다. 또한, 사용한 수돗물을 처리하여 다시 사용하는 중수의 활용 시설 설치 여부를 평가하는 항목도 다른 항목보다 비교적 비중이 높은 것으로 나타났다.

34) 환경부건설교통부, 친환경건축물인증제도 세부시행지침 (2001. 12. 03 (건설교통부환경부 공동)제정, 2006. 08.24 개정)

35) 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 2008.6

36) 국토해양부고시 제2010-301호, 환경부고시 제 2010-52호, 친환경건축물 인증기준, 2010년 7월 1일 시행

<표 3.2> 개정에 따른 수자원 평가항목 인증심사기준 변화(2006년~2010년)

연도별	공동주택 인증심사기준				
2006년도	<표 3.2.1> 2006년도 수자원 평가항목 인증심사기준				
	부문	범주	통합기준	세부평가기준	배점
	2. 에너지 자원 및 환경부하	2-4 수자원 (8점)	R3-1 생활용상수 절감대책의 타당성	기준건물대비 심사대상건물의 일일 1인당 상수 사용량 절감율	3
			R3-2 우수이용	우수를 이용한 살수용수, 조경용수 등으로 이용하는 시설의 설치 여부에 따라 평가	2
L3-1 우수부하 절감대책의 타당성			투수성 포장을 한 포장면적 비율과 지상주차장 둘레, 도로변, 산책로변 길이에 우수 침투시설을 한 비율	3	
2008년도	<표 3.2.2> 2008년도 수자원 평가항목 인증심사기준				
	부문	범주	평가항목	세부평가기준	구분 배점
	5. 수자원 (13점)	5.1 수순환 체계 구축	5.1.1 우수부하 절감대책의 타당성	우수침투를 위한 투수성 포장면 설치비율에 따라 평가	평가 3
				환경표지 인증을 얻은 제품의 적용 여부에 따라 평가	평가 4
		5.2 수자원 절약	5.2.1 생활용상수 절감대책의 타당성	우수를 중수도시설기준에 의한 살수용수, 조경용수 등으로 이용하는 시설의 설치여부에 따라 평가	평가 2
5.2.2 우수이용				사용한 수도물을 처리하는 중수도의 설치로 생산한 중수의 살수용수, 조경 용수 등으로의 활용 시설 설치 여부를 평가	가산 4
2010년도(현)	<표 3.2.3> 2010년도 수자원 평가항목 인증심사기준				
	부문	범주	평가항목	세부평가기준	구분 배점
	5. 수자원 (13점)	5.1 수순환 체계 구축	5.1.1 우수부하 절감대책의 타당성	우수유출 저감시설로의 연계면적의 비율로 평가	평가 3
				환경표지인증을 받은 제품 적용 여부에 따라 평가	필수 4
5.2 수자원 절약		5.2.1 생활용상수 절감대책의 타당성	우수를 빗물이용시설의 시설기준 및 중수도 수질기준에 의한 살수용수, 조경용수 등으로 이용하는 시설의 설치여부에 따라 평가	평가 3	
			5.2.2 우수이용	사용한 수돗물을 처리하는 중수도 시설로 생산한 중수의 살수용수, 조경용수 등으로의 사용률을 평가	평가 3
5.2 수자원 절약	5.2.3 중수도설치	우수를 빗물이용시설의 시설기준 및 중수도 수질기준에 의한 살수용수, 조경용수 등으로 이용하는 시설의 설치여부에 따라 평가	평가 3		
		5.2.2 우수이용	사용한 수돗물을 처리하는 중수도 시설로 생산한 중수의 살수용수, 조경용수 등으로의 사용률을 평가	평가 3	

2010년 개정된 인증심사기준(현행)을 살펴보면, 이전(2008년)과 비교했을 때 평가항목에는 큰 차이는 없으나, “5.2.1 생활용 상수 절감대책의 타당성” 항목이 필수항목이 되었고, 우수이용에 대한 배점이 1점 향상되었으며, 중수도 설치에 대한 배점은 1점 하향한 것을 알 수 있다.

(3) 수자원부문의 각 항목별 평가 방법

현행 친환경건축물인증기준의 수자원항목 평가방법을 살펴보면, 우수부하 절감대책의 타당성 항목의 경우, 충분한 흠 깊이의 확보와 투수성 포장재의 사용으로 집중호우나 홍수 시 지반으로 흡수되어 하수의 부하를 줄이고 지하수의 수량을 확보할 수 있도록 계획한 항목으로서 우수침투를 위한 투수성 포장설치비용 및 우수처리시설 등의 설치 여부에 따라 평가를 하게 된다. 총 배점은 3점으로 투수성포장면적율과 우수처리시설사용 항목으로 나누어 각각 2점과 1점으로 채점하게 되며 정량적인 기준으로 사용된다.

생활용 상수 절감 대책의 타당성 항목은 거주자의 상수 소비의 절감을 유도하기 위한 항목으로써 환경표지인증을 받은 제품의 적용 여부에 따라 평가되며, 시공사가 공사 후 인테리어 시 적용하는 것으로 대체로 적용되고 있다.

우수이용항목은 우수를 살수용수, 조경용수 등으로 이용하는 시설의 설치 여부에 따라 평가하는 항목으로서 최근 들어 우수 저류조 설치가 쉬워져 대체로 적용되는 계획요소이다.

중수도 설치항목은 사용한 상수를 재사용하기 위한 중수도 시설로 생산한 중수의 살수용수, 조경용수 등의 사용율을 평가하며 수자원을 절감하고, 공공수역의 오염부하 저감 및 오수 처리시설 비용의 감소를 기대하는 평가항목이다.

3.2 외국의 친환경건축물인증제도

3.2.1 미국 LEED의 수자원 부문 평가 방법

(1) LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)의 개요

LEED는 미국 그린빌딩위원회(U.S. GBC)가 시행하고 있는 친환경건축물 평가기준으로써³⁷⁾ 현재는 LEED 2009 v.3이 사용 중이다. 건물의 생애주기에 따른 평가 시스템 (LEED NC, LEED EB)을 주축으로, 운영주체 및 운영방식이 특징적인 건물을 분리하여 용도별 평가 시스템을 개발 (LEED CS, LEED School, LEED Retail, LEED CI, LEED Home, LEED ND), 시행하고 있으며, 총 7개의 평가부문에서 총점 110점의 총점에 대한 취득 점수로 등급을 평가하며 인증레벨은 Certified(40~49점), Silver(50~59점), Gold(60~79점), Platinum(80점 이상)으로 구성된다. LEED 2009의 평가항목 및 점수 배분 대한 내용은 <표 3.3>에 정리하였다.

<표 3.3> LEED의 평가항목 및 배점

평가 항목	평가 내용	배점
Sustainable Sites	부지선택, 도시 재개발, 기존 사용 부지의 재개발, 대중교통의 이용, 부지내 영향 최소화, 범람 관리, 열섬효과를 감소시키기 위한 조경 및 외부 디자인, 빗공해 감소	26(24%)
Water Efficiency	조경용수 효율적 사용, 혁신적인 폐수처리 기술, 절수대책	10(9%)
Energy and Atmosphere	에너지 성능의 최적화, 재생에너지의 사용, 부가적인 커미셔닝, 오존고갈, 실제 성능에 대한 측정 및 검증	35(32%)
Materials and Resources	건물의 재사용, 공사폐기물 관리, 자원의 재사용, 재활용, 지역내 자원의 사비, 재활용 가능한 재료의 사용여부, 산림 관리구역에서의 목재사용 여부	14(13%)
Indoor Environmental Quality	CO2 모니터링, 환기효율, 시공단계에서의 실내공기질 관리여부, 오염물질 저방출자재, 실내 화학물질 및 오염물질 근원 억제, 시스템의 제어가능성, 열적 쾌적, 자연채광 및 시야확보	15(14%)
Innovation in Design	디자인의 혁신성, LEED 전문성	6(5%)
Regional Priority	해당 지역에 맞는 환경적인 디자인 고려	4(3%)
Total		110 점
필수항목 개수		8 개

37) Charles J. Kibert, Sustainable Construction, John Wiley & Sons, Inc., 2005

(2) LEED의 수자원 평가항목의 특성 및 평가 방법

LEED 2009(v.3)의 수자원 효율성 평가항목을 살펴보면, <표 3.4>에 나타난 것과 같이 이전의 버전(v2.2)에 비해 배점이 5점에서 10점으로, 비중이 2% 증가하였고 필수항목이 새롭게 추가되었다.

<표 3.4> LEED 2009 Water Efficiency의 변동사항

LEED 2009 Checklist		LEED 2009	v 2.2	비고
Water Efficiency		10 Points	5 Points	
Prereq 1	Water Use Reduction : 20% Reduction	Required	N/A	필수항목, 신규추가
Credit 1 : Water Efficiency Landscaping	Reduce by 50%	2	1	배점변화
	No Potable Use or No Irrigation	2	1	배점변화
Credit 2	Innovative Wastewater Technologies	2	1	배점변화
Credit 3 : Water Use Reduction	30% Reduction	2	1	배점변화, 기준강화: 20%→30%
	35% Reduction	1	N/A	신규추가
	40% Reduction	1	1	기준강화: 30%→40%

Water Efficiency(이하 WE)의 Prerequisite 1의 경우, 물 사용 절감은 필수기준인 20%보다 더 많은 절감을 목표로 절수형 위생기구를 적용하는 것을 전제로 한다. 거주자의 수자원 사용량과 수세식 변기, 세면대, 샤워 및 부엌 싱크대 등의 개략 용수량을 산정하고 우수·중수처리시설 설치 가능한 공간계획을 반영하여 물 소비를 감소하도록 유도한다. 이전 2.2버전에는 없던 신규항목이다.

WE의 Credit 1의 경우, 우수·중수처리시설 의무인 경우 이를 우선 계획한 후 설정된 조경용수 절감량 목표치를 달성할 수 있는 물 재이용 처리시설 운용방안을 계획하는 것이다. 조경용수 절감량 목표치를 달성할 수 있도록 우수·중수처리시설을 설계하는 항목이다.

WE의 Credit 2의 경우, 건물에서 발생하는 오·배수 배출부하 50% 절감을 달성할 수 있는 절수형 대·소변기 적용범위 및 우수·중수처리시설 운용방안을 계획하는 것으로써 절약형 위생기구와 우수·중수 등을 통해 건물 하수처리에 필요한 상수의 양을 50% 감소시켜야 점수를 획득할 수 있다.

WE의 Credit 3의 경우, 미국에서는 1992 Energy Poicy Act의 설비 성능 기준을 만족하는 건물의 기준 물 사용량에서 30%, 35%, 40% 감소하도록 계획하는 것으로써 입주자의 사용량의 추정치와 수세식 변기, 세면대, 샤워 및 부엌 싱크대 등을 고려하여 계산한다.

3.2.2 영국 BREEAM의 수자원 부문 평가 방법

(1) BREEAM(Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)의 개요

영국의 BREEAM은 세계 최초의 건축물 환경영향평가 시스템으로서 업무용, 소매건물, 교육건물, 감옥, 법원, 의료건물, 산업건물, 에코홈, 복합건물을 대상으로 평가하며 건물의 환경적 부하저감을 평가목적으로 한다. 총점은 100점으로 평가지표별로 서로 다른 배점을 부여하여 백분율로 환산한 점수이다. 최신 기준은 2011년 개정된 것으로서 9개의 평가분야, 67개의 세부평가항목을 기준으로 건물을 평가한 후, 평가등급을 Outstanding(≥ 85 점), Excellent(≥ 70 점), Very Good(≥ 55 점), Good(≥ 45 점), Pass(≥ 30 점), Unclassified(< 30)으로 인증하고 있다.³⁸⁾ <표 3.5>은 평가항목 및 가중치를 정리한 것이다.

<표 3.5> BREEAM의 평가항목 및 가중치

평가 항목	평가 내용	가중치
Management	커미셔닝, 건설사선택, 건물 및 대지의 가치에 대한 건설팅, 보안	12
Health & Wellbeing	환기, 유해물질, 일조확보, 적정온도, 소음	15
Energy	에너지 소비 및 성능, 고효율 장비의 제공,	19
Transport	대중교통의 근접성과 자전거 이용	8
Water	수자원 절약	6
Materials	자재의 재사용	12.5
Waste	건설현장 폐기물관리	7.5
Land Use & Ecology	대지의 재사용과 오염된 대지이용, 대지생태강화, 생태영향방지	10
Pollution	난방 시 질소산화물 배출과 냉매제 유출방지	10
Total		100
	Innovation (additional)	10

38) BREEAM, New Construction Technical Guide ISSUE, 2011

(2) BREEAM 2011의 수자원 평가항목의 특성 및 평가 방법

BREEAM 2008에서는 Water consumption에 대한 항목이 주로 비주거 형태(사무소, 산업, 학교)에 대해 다루었지만, BREEAM 2011에서는 모든 건물을 대상으로 확대되었다. BREEAM 2008에서 ‘Water monitoring’ 항목은 BREEAM 2011에서 배점 1점의 주 항목으로 상향되었다. BREEAM 2011에서는 BREEAM 2008의 ‘Water 3’ 과 ‘Water 4’ 항목이 통합되어 ‘Water 3’ 이 추가되었고, BREEAM 2008의 ‘Water 5 Water recycling’ 과 ‘Water 6 Irrigation systems’ 가 통합되어 ‘Water 6’ 이 추가 되었다. 아래 <표 3.6>은 BREEAM의 개정에 따른 수자원 평가항목의 변동사항을 정리한 것이다.

<표 3.6> BREEAM의 수자원 평가항목의 변동사항

BREEAM UK 2008 ver. ³⁹⁾				BREEAM N.C UK 2011 ver. ⁴⁰⁾			
Issue ID	평가항목	배점	최소 기준 적용	Issue ID	평가항목	배점	최소 기준 적용
Water 1	Water consumption	4	Y	Water 1	Water consumption	5	Y
Water 2	Water meter	1	Y	Water 2	Water monitoring	1	Y (조건부)
Water 3	Major leak detection	1	N	Water 3	Water leak detection and prevention	2	N
Water 4	Sanitary supply shut off	N/A	N				
Water 5	Water recycling	1	N	Water 4	Water efficient equipment	1	N
Water 6	Irrigation systems	1	N				

BREEAM프로그램에서는 예상 사용량을 정해놓고 절수하는 비용을 평가하여 소비를 줄이도록 하고 있다.⁴¹⁾

Water 1 Water consumption은, 고효율 위생기구와 물 재사용 시스템을 사용하여 potable water의 소비의 감소량을 평가하는 항목이고, Water

39) BREEAM Multi-Residential 2008

40) BREEAM 2011 New Construction Technical Guide

41) 박진철, 진봉구, 이동주, 친환경 건축물 인증제도 비교분석 연구, 한국친환경설비학회논문집 3권 3호, 2009

2인 Water monitoring은 수자원의 소비 형태를 모니터링 하여 물 소비량의 감소를 권장할 수 있도록 관리하는 평가항목이다. Water 3의 Water leak detection and prevention은 누수를 미리 예방하고, 발생한 누수를 탐지하여, 그로 인한 영향을 감소하도록 하는 항목이며, Water 4의 Water efficient equipment는 권장사양의 절수형 위생기구를 이용해 불규칙적인 물 소비를 줄이도록 하는 항목이다.

3.2.3 일본 CASBEE의 수자원 부문 평가 방법

(1) CASBEE(Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)의 개요

일본은 환경공생주택 인증제도와 GBTool을 기반으로 개발된 CASBEE로 평가한다. 평가는 주거건물 및 비주거 건물로 나누어지며, 설계건물, 신축건물, 기존건물, 재건축건물, 열섬, 도심개발, 단독주택을 대상으로 CASBEE-PD, CASBEE-NC, CASBEE-EB, CASBEE-RN으로 구분하여 평가한다.

평가항목은 <표 3.7>에 정리한 것처럼 2개 부문과 6개의 세부부문으로 이루어져 있으며, 세부평가항목은 61개이다. 평가항목의 가중치가 설정되어 있고, 2개 부문의 점수를 이용하여 계산한 BEE(Building Environmental Efficiency)로 건물의 환경성능을 평가한다. BEE의 개념은 건물의 환경적 부하(L, 에너지 자원, 재료, 부지 외의 환경이 포함)에 대한 건물의 친환경 성능(Q, 실내 환경, 서비스 환경, 부지 내 환경을 포함)비율로 나타낸다.⁴²⁾

42) 무라카미 슈조 저, 손원득 외 역, 『실제로 배우는 지속가능한 친환경 건축』, 기문당, 2010

<표 3.7> CASBEE의 평가항목 및 내용

평가항목	내용
Q-1 Indoor Environment	설계와 준공단계에서 열 환경, 빛 환경, 음 환경 등과 같은 실내환경 성능을 평가 하는 항목. 이러한 성능들의 가동, 관리, 모니터링을 위한 시스템들은 환경 성능의 개선을 위한 노력으로 평가.
Q-2 Quality of Service	건물의 사용자를 위한 서비스 성능 평가는 건물 안 사용자의 활동에 영향을 미치는 기능적인 부분과 건물을 장기간 최적의 상태로 유지하기 위한 평가. 기능성, 내용성, 신뢰성, 대응성과 갱신성 등의 세부평가항목으로 구분.
Q-3 Outdoor Environment on site	부지 내의 실외 환경과 부지 주위의 옥외 환경의 품질 성능을 평가. 생물환경의 보전과 창출, 경관의 배려, 지역성과 쾌적성의 배려 등의 세부항목으로 구분.
LR-1 Energy	건물의 운영으로 야기되는 에너지 부하의 감소를 목적으로 하는 평가. 건물부하, 에너지사용, 설비시스템의 효율, 효율적 운영으로 구분.
LR-2 Resource and Materials	건물의 라이프 사이클에서 재료와 자원의 소비를 줄이고, 건물 내의 자원소비로 인해야기되는 환경부하를 평가. 물 자원(Water Resources), 낮은 환경부하 재료(Materials of Low Environmental Load) 등의 세부항목으로 구분.
LR-3 Off-site Environment	부지 밖의 환경과 주변 지역의 건축물에 미치는 환경부하 감소를 목적으로 하는 평가 또한, 도시에서 문제가 되는 열섬 효과를 줄이는 방법과 도심지에 간접적인 환경 부하를 일으키는 지역 기반시설 (빛을 흐름 제한, 폐수처리, 교통, 쓰레기장 등)의 부하를 줄이는 것까지 포함.

평가방법은 아래 식을 이용하여 S(Excellent (BEE≥3)), A(Very Good (3>BEE≥1.5)), B+(Good (1.5>BEE≥1.0)), B-(Fairly Poor (1.0>BEE≥0.5)), C(Poor (0.5<BEE)) 5개의 등급으로 평가한다.

$$BEE = \frac{\text{건축물의 환경품질 성능}(Q)}{\text{건축물의 외부환경부하}(L)} = \frac{25 \times (SQ - 1)}{25 \times (5 - SLR)} \quad (\text{식 3.1})$$

(2) CASBEE의 수자원 평가항목의 특성 및 평가 방법

CASBEE의 수자원 평가항목이 속해 있는 L(건축물의 환경부하 저감성) 부분의 체크리스트는 <표 3.8>와 같다.

<표 3.8> CASBEE의 ‘건축물의 환경부하 저감성’ 부문

LR. 건축물의 환경부하 저감성 (Reduction of Building Environmental Loading)	
LR-2 자원·자재(Resource and Materials)	
1. 수자원 보호	
1.1 절수	
1.2 우수이용, 잡배수 재이용	
1.2.1 우수이용시스템 도입의 유무	
1.2.2 잡배수 재이용 시스템 도입유무	

수자원부문은 ‘절수’, ‘우수이용’, ‘중수이용’에 대해 평가하고 있다. ‘절수’ 항목에서는 건물에 설치된 물 공급설비의 절약방법에 대해 평가한다. CASBEE도 우리나라와 마찬가지로 평가항목수가 적고 일반적인 사항만을 평가하고 있어 지표수 관리, 활용계획 등에 구체적 이용에 관한 항목이 부족한 것으로 사료된다. ‘절수’ 항목에서 단계를 결정짓는 사항은 <표 3.9>에 정리하였다.

<표 3.9> ‘절수’ 항목의 판단 기준

건물 형태	오피스, 학교, 상점, 레스토랑, 홀, 병원, 호텔, 아파트, 공장
Level 1	절수 시스템 없음
Level 2	(해당 사항 없음)
Level 3	주요 수도에 절수밸브 설치
Level 4	절수밸브와 함께 절수기기 설치
Level 5	(해당 사항 없음)

‘우수이용’ 항목은 우수사용 정도에 따라 아래 <표 3.10>에 따라 평가한다.

<표 3.10> ‘우수이용’ 항목의 판단 기준

건물 형태	오피스, 학교, 상점, 레스토랑, 홀, 병원, 호텔, 아파트, 공장
Level 1	(해당 사항 없음)
Level 2	(해당 사항 없음)
Level 3	우수사용 시스템 없음
Level 4	우수를 사용함
Level 5	우수사용 빈도를 적어도 20%이상 사용

‘중수이용’ 항목의 경우, 중수사용정도에 따라 아래 <표 3.11>에 따라 평가한다. 만약, 중수를 사용하면서 하수를 재활용하는 설비가 설치된 경우, 그 건물은 Level5로 평가된다.

<표 3.11> ‘중수이용’ 항목의 판단 기준

건물 형태	오피스, 학교, 상점, 레스토랑, 홀, 병원, 호텔, 아파트, 공장
Level 1	(해당 사항 없음)
Level 2	(해당 사항 없음)
Level 3	Greywater사용 시스템 없음
Level 4	Greywater를 사용함
Level 5	Greywater를 사용하면서, 폐수 재활용 장비가 있음.

3.3 국내외 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법 비교

3.3.1 국내외 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법 비교

국내외 친환경건축물인증제도인 국내의 2010년도 친환경건축물인증제도 (GBCC), 미국의 LEED 2009, 영국의 BREEAM 2011, 일본의 CASBEE 2008 인증기준에 따라 평가항목 중에서 수자원부문의 평가방법을 비교해본 결과, 각국의 세부평가항목 개수는 비슷하지만 총점에 대한 비율은 국내 인증제도가 다소 높은 것을 알 수 있다. 외국의 경우에도 국내 인증기준에 따라 ‘우수부하 절감’, ‘생활용 상수절감 대책’, ‘우수 이용’, ‘중수도 설치’ 항목이 공통으로 포함되어있으나, 국내 인증기준과 CASBEE에서는 우수이용과 우수부하 절감대책에 대한 항목 및 중수이용 항목을 별도로 구분하여 비중 있게 다루고 있다. LEED에서는 조경용수와 관개용수를 위한 우수나 중수의 이용 여부를 매우 비중 있게 다루고 있는데, 이는 LEED 2009 v3.에서 새롭게 추가된 것이다. 국내외 친환경건축물 인증제도 수자원항목을 비교하여 정리하면 <표 3.12>와 같다.

<표 3.12> GBCC, LEED, BREEAM, CASBEE의 수자원항목 비교

GBCC	LEED	BREEAM	CASBEE
<ul style="list-style-type: none"> 우수부하 절감대책의타당성 	<ul style="list-style-type: none"> Stormwater관리 (우수계획) 	<ul style="list-style-type: none"> 수로 등을 확보하여 범람이나 오염 등을 감소 건축물에 대한 홍수 위험 방지 	<ul style="list-style-type: none"> 지역기반시설의 부하 억제
<ul style="list-style-type: none"> 생활용 상수 절감 대책 	<ul style="list-style-type: none"> 물 사용량 절감 	<ul style="list-style-type: none"> 가정에서의 수자원 절감 	<ul style="list-style-type: none"> 절수
<ul style="list-style-type: none"> 우수이용 	<ul style="list-style-type: none"> 조경용수를 위한 효율적인 물이용 	<ul style="list-style-type: none"> 우수를 조경, 정원에 급수함으로써 수자원 절감 	<ul style="list-style-type: none"> 우수이용시스템 도입
<ul style="list-style-type: none"> 중수도 설치 			<ul style="list-style-type: none"> 잡배수재이용 시스템 도입
	<ul style="list-style-type: none"> 혁신적인 폐수처리기술 		

국내의 GBCC와 CASBEE에서는 절수기구와 우수와 중수에 대해 평가하고 있다. 국내의 GBCC에서는 물 사용량을 절감하기 위한 방안으로 장비설치 측면에서 장려를 하고 있는 평가항목이 있다. LEED에서는 우수저장시설, 물의 재사용등의 시설과 개선된 폐수처리시설을 사용하여 상수도 사용량을 저감 할 수 있는 평가항목을 두고 있다. BREEAM에서는 수도계량기 및 누수감지기 설치 등 사용량 계측과 모니터링에 대한 항목, 건축물에 의한 홍수 위험 방지, 우수에 의한 환경오염 방지 그리고 우수를 조경용수로 이용하여 수자원을 절감하는 항목이 평가범위에 들어있다.

3.3.2 국내 수자원 항목 평가 방법의 한계 및 개선방향

우리나라의 수자원 평가항목 중 ‘절수’ 항목에서 일본의 CASBEE와 마찬가지로 절수설비 및 절수기기를 설치하기만 하면 점수를 부여하는 방식으로 인증이 이뤄지고 있음을 알 수 있었다. 반면, LEED나 BREEAM의 경우는 절감량을 설정하고 그에 대한 계획안을 증빙서류로 제출해야 하거나 상수 사용량을 모니터링하면서 상수 사용을 절감하는 방법을 사용하고 있다.

또한, ‘우수’ 및 ‘중수도’ 항목에서도 우리나라의 GBCC는 우수 및 중수도설비 설치 여부나 설치면적에 대한 용량을 산정하는 정도로 해당점수

를 부여하게 되어 있지만, CASBEE나 LEED 혹은 BREEAM과 같이 절수기구 및 우수·중수의 재활용수를 상수 사용을 줄이는 구체적인 방안에 따라 단계적으로 점수를 부여하는 방법으로 인증기준을 강화할 필요가 있다고 판단된다. 무엇보다 앞으로 우리나라의 수자원부족문제를 해결하기 위해서는 실제로 물을 쓰는 거주자의 인식 전환과 함께 이러한 필요에 의해서 거주자가 사용하기 쉽게 물 사용량 및 절감량을 계산할 수 있는 프로그램과 이를 이용한 평가 방법이 필요하다고 판단된다.

3.4 소결

국내외 친환경건축물인증제도의 수자원항목 평가 방법을 살펴본 결과, 대체로 최근의 버전일수록 수자원 평가항목에 대한 비중이 높아졌음을 알 수 있었다. 이는 환경문제와 물 부족 현상이 세계적인 문제로 부각됨에 따라서 각 국가별로 수자원을 효율적으로 사용하기 위한 방법들을 모색하고 있는 것으로 사료된다. 단순한 수자원 절약에서 벗어나 수자원을 통합적이고 친환경적으로 이용하는 데 초점을 맞추고 있다.

친환경건축물 인증제도에서 수자원 항목의 설정 목적은 수자원의 절약 및 효율적인 물 순환을 도모하는 것으로서 ①수자원 절약을 위한 절수설비 및 절수기기의 이용, ②우수 이용, ③중수도 설치가 있었다.

국내외 친환경건축물인증제도의 수자원 평가방법을 비교해본 결과, 국내의 GBCC는 외국의 것과는 달리 모호한 기준으로 수자원항목을 평가하여 배점을 부여하고 있다는 한계점을 발견하였다. 환경표지인증을 받은 제품의 적용여부에 따라 평가하는 방식으로 설치여부만으로 점수를 획득할 수 있다는 것이다. 이는 절수형 기기의 효율 및 절수기기의 설치 여부에 따른 절감량에 대한 명확한 기준이 제시되지 않은 상태에서 인증점수가 부여됨에 따라 절수형 기기를 권장하고 있지만, 그에 대한 정량적인 평가에 대해서는 간과하고 있는 것이다.

물 부족국가의 수자원부족문제를 해결하기 위해서는, 수자원 절약에 대해 좀 더 적극적인 자세를 취해야 한다. 효율적인 설비도 물론 중요하지만,

실제 건물에 거주하는 사람들이 수자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 동기를 부여해야한다. 절수전략의 적용 여부만 고려하여 점수를 부여하는 방식이 아닌, 실제 거주자가 수자원 사용량 및 절감량을 간단한 방법으로 계산해 볼 수 있게 하고, 이를 이용하여 좀 더 능동적으로 절수전략을 세워 환경부하에의 영향을 정확한 수치로 산정해보는 시각적인 교육 및 평가 방법을 통한 인식의 변화가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 LEED의 경우처럼 절감 목표 설정에 따른 달성여부나 구체적인 계획안의 제출 등에 따라 인증점수를 부여하는 평가 방법의 도입이 좀 더 구체적으로 실생활에서 수자원 절약의 동기를 부여할 것으로 판단되어 이러한 점을 개선하기 위한 수자원 사용에 대한 보다 정량화된 프로그램이 필요하다고 판단된다.

제4장에서는 주거건물에서 사용자가 건물의 간단한 정보를 통해 절수기구의 이용, 우수의 이용, 중수의 이용으로 인한 물 사용량 및 절감량, 환경부하를 간략히 계산해 보는 수자원 사용 절감량 계산 프로그램을 제안하고자 한다.

제 4 장 공동주택의 물 소비량 절감을 위한 평가 방법의 제안

제3장을 통해 친환경건축에 대한 관심과 함께 각국의 친환경인증제도에 서도 수자원 평가항목에 대한 비중이 높아지고 있음을 알 수 있었다. 미래의 물 부족의 문제 해결을 위해서는 국가차원의 수자원 관리뿐만 아니라 사용자의 자발적인 참여를 이끌어 내어 수자원의 효율적 이용을 장려하는 것이 필요하다.

따라서 본 장에서는 건물의 운영단계에서 거주자가 직접 사용하여 수자원 사용량을 정량적으로 평가하는 방법을 제안하고자 한다.

4.1 평가 범위

공동주택의 수자원 사용에 대해 평가하기 위해서 시간적인 범주와 공간적인 범주로 나누어 평가의 범위를 설정하였다.

일반적으로 건물에 투입되는 수자원 사용량을 산정하고 평가할 때에는 건물의 전생애주기에 따라 수자원을 사용용도에 적합하도록 처리하는 생산과정과 공사단계에서 직접적으로 투입되는 사용수량, 건물의 운영단계에서 사용되는 사용수량과 해체단계에 투입되는 모두 평가하는 것이 바람직하다. 그러나 수자원의 생산 및 공사단계, 해체단계에서의 투입되는 사용수량을 정량적으로 산출해 내는 데 어려움이 있으므로, 본 연구의 시간적인 평가범주는 운영단계에 한하여 수자원 사용량을 평가한다.

수자원 사용량 평가의 공간적 범주는 크게 건물의 실내와 실외로 구분할 수 있다. 실내 수자원 사용량의 경우 설치된 수전을 대상으로 사용수량을 계산하게 되며 실외로부터 우수를 도입하거나 사용한 상수를 재활용하여 사용함으로써 건물 내에서 발생하는 상수 사용량을 절약할 수 있다.

4.2 평가 방법

공동주택의 실내에서 사용하는 물 사용량을 추정하기 위하여 이론고찰을 통해 조사한 수자원 절약방법을 바탕으로 도출한 표준 급수량 산정식을 이용하였다. 평가 과정은 다음과 같다.

- 1) 건물의 규모를 통해 표준 급수량을 구한다.
- 2) 실내에서 사용하는 각 수전별 상수 사용량 및 절수기기 적용 시 상수 절감량을 계산한다.
- 3) 우수 및 중수 이용에 따른 추가적인 상수 절감량을 계산한다.
- 5) 표준 급수량 대비 절수기기 및 우수, 중수를 이용한 상수 절감량을 제외한 물 사용량의 절감율을 평가한다.

4.2.1 절수설비 및 절수기기를 이용한 수자원 사용량 및 절감량 산정 방법

(1) 단위세대의 표준 급수량 산정

급수량 산정 방법에는 건축물 종류별 급수량 산정방법, 건물사용인원에 의한 급수량 산정방법, 건물 유효면적에 의한 방법과 기구 수에 의한 급수량 산정방법 등이 있다.

일반적으로 세대당 1일 급수량으로 산정⁴³⁾하나 이는 설계용량이 실제 물 사용량보다 과대하게 산정되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 급수량 실측데이터를 바탕으로 도출한 (식 2.4)를 이용하여 대상건물의 수자원 사용량을 산정하였다.

43) 이용화 외, 공동주택의 물 사용량과 급수부하, 대한설비공학회, 2001

(2) 용도별 물 사용량 산정

실내 수자원 사용량을 평가하기 위해서 단위세대에 필요한 급수량을 구한 뒤, 이를 용도별로 다시 구분한다.

공동주택의 용도별 물 사용 구성비를 살펴보면, 식사·음용수로 사용되는 주방용수가 20%, 세탁기에서 사용되는 세탁용수가 21%, 변기 세정용수로 사용되는 화장실용수가 27%, 욕조용수가 17%, 세면용수가 11%, 잡용수가 4%로 나타났다.⁴⁴⁾ 여기에서 잡용수는 용도의 모호함과 전체 급수량의 4%의 비교적 낮은 비중을 차지하므로 물 사용량 평가에서는 제외하였다. 가정용수의 용도별 수자원 사용량은 고찰부분에서 파악한 용도별 가중치를 적용하여 “단위세대 급수량 × 용도별 가중치” 구분할 수 있으며, 이를 정리하면 <표 4.1>와 같다.

<표 4.1> 가정용수별 수자원 사용량 산정식

가정용수별 수자원 사용수량 산정식	
주방용수	단위세대 급수량×0.20
세탁용수	단위세대 급수량×0.21
샤워용수	단위세대 급수량×0.17
세면용수	단위세대 급수량×0.11
화장실 변기의 세정용수	단위세대 급수량×0.27

(3) 수전종류별 수자원 사용량 및 절수기구에 의한 절수 가능량 산정

건물의 실내 각 수전별 물 사용량은 건물의 전체 수자원 사용량을 구한 후, 용도별 물 사용량에 대한 이용비율(<표 2.3 사용 목적별 가정용수 이용현황>)을 곱하여 구할 수 있다. 여기에 각 수전별로 절수기구를 적용하여 절수기구별 절수 가능량을 산정하였다. 절수기구의 절수율은 고찰 내용의 <표 2.9 절수기구의 종류와 특징>을 참고로 하여 최대치를 적용하였다.

44) 김주환 외3인, 가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 물 수요 특성 분석, 2007

(4) 절수기구를 이용한 수자원 사용량 및 절감량 계산 방법

용도별 사용량에 사용 가능한 절수기구의 적용 개수 및 절수율을 적용하여 실내 수자원 사용량과 절약량을 아래 <표 4.2>와 같은 과정을 거쳐 계산하게 된다.

<표 4.2> 공동주택의 실내 수자원 사용량 및 절감량 산정식

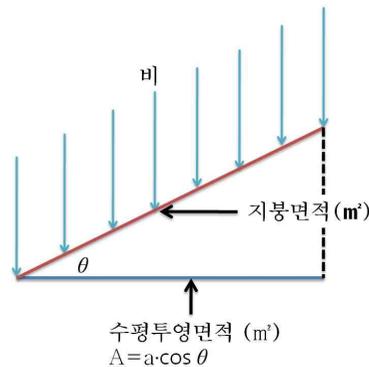
분류	내용																	
급수량 산정식 ⁴⁵⁾	$y = 431.1 \ln(x) - 1278$																	
↓																		
용도별 수자원 사용량 산정식	<표 4.2.1> 가정용수별 이용비율을 적용한 수자원 사용수량 산정																	
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">가정용수별 수자원 사용수량 산정방식</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">주방용수</td> <td style="text-align: center;">산정된 급수량×0.20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">세탁용수</td> <td style="text-align: center;">산정된 급수량×0.21</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">샤워용수</td> <td style="text-align: center;">산정된 급수량×0.17</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">세면용수</td> <td style="text-align: center;">산정된 급수량×0.11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">화장실 변기의 세정용수</td> <td style="text-align: center;">산정된 급수량×0.27</td> </tr> </table>		가정용수별 수자원 사용수량 산정방식		주방용수	산정된 급수량×0.20	세탁용수	산정된 급수량×0.21	샤워용수	산정된 급수량×0.17	세면용수	산정된 급수량×0.11	화장실 변기의 세정용수	산정된 급수량×0.27				
	가정용수별 수자원 사용수량 산정방식																	
	주방용수	산정된 급수량×0.20																
	세탁용수	산정된 급수량×0.21																
샤워용수	산정된 급수량×0.17																	
세면용수	산정된 급수량×0.11																	
화장실 변기의 세정용수	산정된 급수량×0.27																	
↓																		
용도별 수자원 사용 절수기기 종류 및 효율	<표 4.2.2> 절수기구의 종류 및 효율																	
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">구분</th> <th style="text-align: center;">절수용수</th> <th style="text-align: center;">최대 절수효과</th> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">수도꼭지</td> <td style="text-align: center;">절수형</td> <td style="text-align: center;">50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">전자감지식</td> <td style="text-align: center;">50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">포말식</td> <td style="text-align: center;">50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">샤워기</td> <td style="text-align: center;">절수형</td> <td style="text-align: center;">40%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">변기</td> <td style="text-align: center;">절수형 2단양변기</td> <td style="text-align: center;">40%</td> </tr> </table>		구분	절수용수	최대 절수효과	수도꼭지	절수형	50%	전자감지식	50%	포말식	50%	샤워기	절수형	40%	변기	절수형 2단양변기	40%
	구분	절수용수	최대 절수효과															
	수도꼭지	절수형	50%															
		전자감지식	50%															
포말식		50%																
샤워기	절수형	40%																
변기	절수형 2단양변기	40%																
↓																		
용도별 수자원 절감량 산정식	<표 4.2.3> 절수기기 사용에 따른 용도별 절수량 산정식																	
	부엌	급수량×0.2×(절수기구적용개수/전체부엌수전개수)×0.5(절수율)																
	세탁기	급수량×0.21×(절수기구적용개수/전체부엌수전개수)×0.5(절수율)																
	샤워	급수량×0.17×(절수기구적용개수/전체샤워수전개수)×0.4(절수율)																
	세면	급수량×0.11×(절수기구적용개수/전체세면수전개수)×0.5(절수율)																
	변기	급수량×0.27×(절수기구적용개수/전체변기수전개수)×0.4(절수율)																

45) 일반적으로 이용되는 급수량 산정방식은 설계용량이 실제 물 사용량보다 과대하게 설정되어있어 실정에 맞는 데이터를 바탕으로 급수량 산정이 필요하다고 판단하여 본 연구에서는 전용면적(m²)별 급수량 실측데이터를 바탕으로 공동주택의 전용면적을 고려한 세대별 급수량 산정식을 결정하였다.

4.2.2 재활용수를 이용한 수자원 사용 절감량 산정 방법

우수집수가능량은 우수이용 계획수립 초기에 시설물 규모를 대략 검토하는 간편법에 의한 우수 저류 용량을 산정식⁴⁶⁾을 통하여 산정한다. 대부분의 우수 집수(집수면)는 지붕 및 옥상에서 이루어지며 앞선 제2장의 (식 2.5)을 이용하여 집수량을 계산한다.

우수의 집수면적은 공동주택 한 개 동의 지붕면적을 기준으로 하며, (그림지붕평면의 투영 수평지붕평면으로서 우수를 모을 수 있는 유효지붕의 면을 합산하여 계산한다.



(그림 4.1) 유효지붕면적 (m²)

강수량은 해당지역의 연평균강수량(mm/yr)을 적용하고, 유출계수⁴⁷⁾는 집수 장소에서의 증발, 침투의 영향을 고려하여 지붕면은 0.85~0.95로 잡는데, 보통 약 10%의 집수손실에 의한 0.9⁴⁸⁾ 채택한다.

중수 대체 가능량은 상수 사용량에 중수도 대체 가능비율로 산정되며, 상수의 오수화율은 90%로 산정하고, 배출수 수량의 20% 정도는 오니발생으로 수량이 감소되기 때문에 화장실 변기의 세정용수(27%)로 사용하는 중수 대체 가능량 산정식 (식2.6)을 이용하여 계산한다.

우수 및 중수의 재활용수를 이용하기 위한 산정식은 <표 4.3>과 같다.

46) 김동진, 공동주택 단지 내 빗물처리 시스템 계획에 관한 연구, 연세대학교, 2007, p.75, 102

47) 빗물이용연구회 한무영 번역, 「빗물이용 지구사랑」의 산정방식, 대한상수도학회

48) 정해란, 우수이용시설의 적정 저유조 용량산정에 관한 연구, 석사학위논문, 2004

<표 4.3> 간편법을 이용한 우수집수가능량 및 중수도대체가능량 산정식

분류	내용
우수집수가능량	빗물집수량(m ³ /yr) = 집수면적(m ²) × 강우량(m/yr) × 유출계수
중수도대체가능량	중수 대체 가능량 = 상수 사용량 × 오수화율(90%) × 중수 대체 가능비율(27%) × 오니발생을 제외한 수량(80%)

4.2.3 수자원 사용 절감량에 따른 CO₂ 배출 저감량 산정 방법

절수설비 및 절수기기를 이용하여 수자원 사용량을 줄이고, 빗물이용과 중수도를 활용한다면 절감량 만큼 상수 사용으로 인한 CO₂ 배출량도 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 연간 CO₂ 배출 저감량 추정식은 (식 4.6)과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{연간 CO}_2 \text{ 배출 저감량 (kg-CO}_2 \text{ /yr)} \\ & = \text{상수 절감량 (ℓ/yr)} \times \text{상수 1kg 사용 시 CO}_2 \text{ 발생량} \end{aligned}$$

(식 4.6)

4.3 물 소비량 평가 프로그램 제안

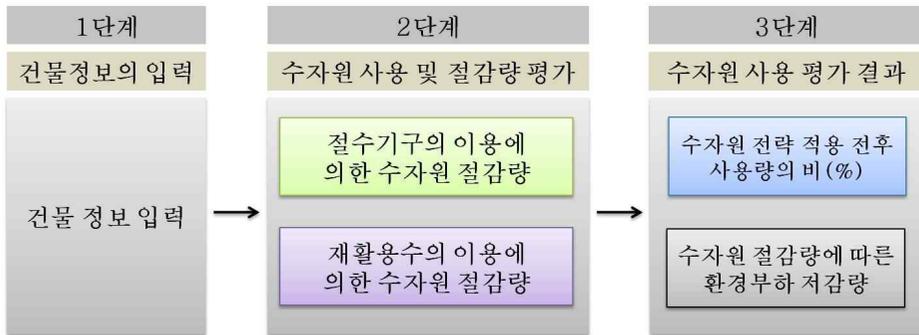
계산 프로그램은 사용자의 접근성과 이용의 편리성을 고려하여 엑셀을 기반으로 만들어졌으며, 간단한 알고리즘을 통해 사용자가 ‘사용자 입력 칸’에 건물에 대한 간단한 정보를 입력하기만 하면 프로그램은 실행되어 물 사용량 및 절감량에 대한 정보를 제공하게 된다.

4.3.1 프로그램의 구성 및 알고리즘

(1) 프로그램의 구성

수자원 사용 절감량 계산은 크게 세 부분으로 나뉘어 진행된다. 건물정

보의 입력단계, 수자원 사용량 및 절감량의 계산단계이며, 마지막으로 계산된 수자원 사용량 및 절감량 결과의 출력단계로 구성된다(그림 4.2 참고).



(그림 4.2) 프로그램의 단계별 평가내용

1단계는 건물정보의 입력 단계이다. 사용자가 ‘사용자 입력칸’에 공동주택의 층수, 각 층의 세대수, 각 세대의 전용면적을 입력하게 되면, 연간 건물에서 사용하는 수자원 량이 계산된다.

2단계는 건물의 운영단계에서의 수자원 사용량을 간단한 알고리즘을 통해 계산하는 단계로서, 우선 실내 수전에 절수기를 적용하는 방법을 사용하여 수자원을 절감하게 된다. 이때, 사용자는 거주하는 세대의 일반수전의 개수와 절수수전의 개수를 입력하게 되어 절수기구에 의한 수자원 절감량 및 사용량을 계산하게 된다.

마지막으로 3단계에서는 건물에 수자원 절감요소(절수기구 및 재활용수)를 적용하기 전의 수자원 사용량 대비 적용 후의 수자원 사용량의 비교를 통해서 수자원 사용 절감량에 대한 정량적인 계산과 절감율(%)을 그래프를 통해 사용자가 이해하기 쉽도록 제시한다. 또한, 수자원 사용량 절감에 의한 건물의 환경부하 발생정도를 CO₂ 배출 저감량으로 산정해 볼 수 있도록 구성되어 있다.

다음 (그림 4.3)은 수자원 사용량 평가 프로그램의 모습이다. 흰색으로 구분된 ‘사용자 입력칸’만 활성화 되어있고, 사용자 입력값에 따라 수자원 사용량 및 절감량이 자동으로 계산된다.

Water Calculator : 효율적인 수자원 사용을 위한 공동주택 건물의 상수도 사용량 계산

건물정보 입력

구분	사용자 입력값
입수(일)	35
각 층의 계층수(층)	4
세탁기 전용연기(대)	33

물수질별 및 물수기(물수기구)의 이용

수전의 적용구수 입력	사용자 입력값		물수기구 적용에 따른 수자의 절감량(%)	물수기구 적용 후, 건물과 수자의 사용량(%)	물수기구 적용 전, 건물과 수자의 사용량(%)
	전용수전계수	물수전계수			
주방	설비대	2	1	897,784	13,237,507
	사취제	2			
화장실	세면대	2	1	353,770	13,934,779
	변기	2			
다용도실	세탁기	1	1	1,465,935	3,952,936
	샤워기	1			
소 계					13,953,770

재활용수의 이용

재활용수의 이용	사용량(%)
화장실의 변기 재사용량(%)	2,280,734
다용도실의 세척용량(%)	1,465,935
재활용수의 이용 가능량(%)	390,984

우수 집수 및 중수도의 재활용수당 산정

우수 집수당(%)	사용자 입력값
우수 집수당(%)	50
중수당(%)	1400
표준입찰률 적용계수	0.9
기준인 우수 집수당(%)	652,500

중수도 사용당 산정	수전별 사용수당 중, 재활용 비율(%)		재활용수로 사용하지 못한 수자의 절감량(%)
	주방	화장실	
주방	20	20	413,835
화장실	20	20	294,655
다용도실	20	20	290,262
다용도실	20	20	293,081
중수도 재활용 비율(%)			27
건물의 중수도재활용량(%)			235,484

수자원 사용량 계산 결과

	수자원 절감요소 적용 후, 건물의 수자원 사용량(%)	수자원 절감요소 적용 전, 건물과 수자의 사용량(%)
물수기구 이용	3,952,936	13,953,770
중수도의 재활용	390,984	
소 계	3,061,942	13,953,770

수전별 적용 절감율(%)	건물의 수자원 절감율
42.23	%

CO ₂ 배출량 산정(kg-CO ₂ /yr)	수자원 절감에 따른 연 CO ₂ 절감량
1956.78	kg-CO ₂ /yr



(그림 4.3) 수자원 사용량 평가 프로그램의 예시

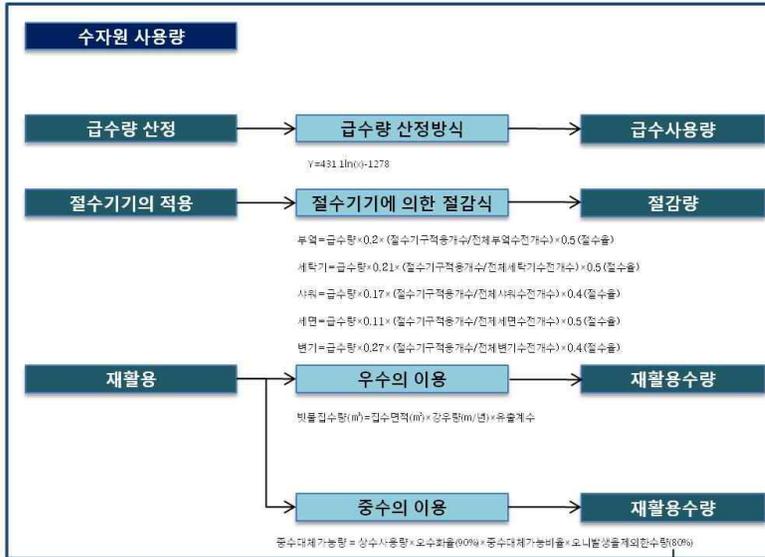
(2) 프로그램의 알고리즘

수자원 사용량 평가 프로그램의 알고리즘은은 다음 페이지의 (그림 4.4)와 같다.

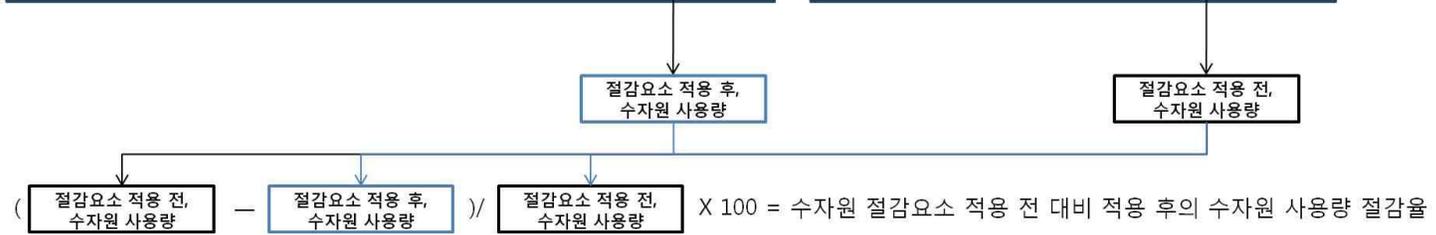
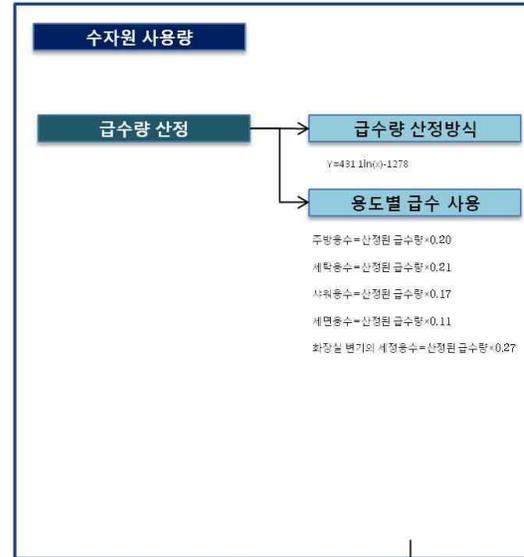
사용자가 입력한 건물의 정보를 통해 공동주택 건물의 연간 표준 수자원 사용량이 산정되고, 각 수전별 물 이용비율에 따라 수전별로 전체 수자원량에 대한 용수의 사용량이 산정된다. 이 수자원 사용량을 절감할 수 있는 요소로 각 수전마다 절수기구와 재활용수를 활용할 수 있으며, 전체 수전의 개수에 대한 절수기구 적용에 따른 절감량과 재활용수를 이용한 수자원 절감량으로 건물 전체의 새로운 수자원 사용량을 절감할 수 있게 된다.

결과적으로 수자원 절감요소에 의한 절감량을 제외한 수자원 사용량이 계산되며, 절수기구 및 재활용수를 적용하기 전의 건물의 표준 수자원 사용량에 대한 절감비율과 수자원 절감량에 따른 환경부하에 대한 정량적인 값이 결과 값으로 출력된다.

수자원 절감요소를 이용한 물 사용량 및 절감량 계산



건물의 운영단계의 수자원 사용량



(그림 4.4) 수자원 사용량 평가 프로그램의 알고리즘

(3) 프로그램 사용방법

가) 건물정보의 입력단계

사용자가 (그림 4.5)와 같이 ‘사용자 입력칸’에 공동주택의 층수, 각 층의 세대수(호)와 한 세대의 전용면적을 입력하면 급수량 산정 방법 결정에 의하여 공동주택 한 개 동의 연간 표준 수자원 사용량(ℓ/yr)이 계산된다.

건물정보의 입력	
구분	사용자 입력칸
층수(층)	15
각 층의 세대수(호)	4
세대의 전용면적(m^2)	85

(그림 4.5) 평가 프로그램의 [건물정보의 입력]단계

나) 수자원 사용 평가단계

건물 내의 수자원 사용에 대한 평가는 크게 두 단계로 나누어 계산된다. 거주자의 세대별 절수수전의 개수에 따른 가정용수 사용수량이 계산되며, 절수기구를 적용하여 여전히 필요로 하는 수자원에 대해서 우수 및 중수를 사용하여 추가적인 수자원 절감을 계획하게 된다.

① 절수설비 및 절수기구의 이용에 의한 수자원 사용량 산정

절수기구에 의한 수자원 절감량의 경우에는 기준 건물의 급수량에서 절수기구의 절수량 만큼을 감소시키도록 되어 있다. (그림 4.6)과 같이 사용자는 현재 사용하고 있는 한 세대의 수전 수와 적용된 절수기구의 수를 각 용도별로 입력하게 되면 전체 급수량에 따른 용도별 비율에 따라 절감량이 자동 계산되며 기존 물 사용량에서 절수량이 제외된 절감량에 따른 수자원 사용량이 엑셀에 자동 입력된다. 엑셀시트에서는 부엌의 싱크대, 다용도실의 세탁기, 화장실의 세면대 수전, 샤워기(샤워헤드), 변기만을 다루고 있으며, 각 수전별 물이용 비율에 대해 일반수전의 개수와 그 중에서 절수기구의 개수를 나누어 입력하면 절수율의 최대효과가 적용되어 수자원 절감량과 사용

량이 계산된다.

절수설비 및 절수기(절수기구)의 이용

수전의 적용개수 입력		사용자 입력칸		절수기구 적용에 따른 수자원 절감량(ℓ)	절수기구 적용 후, 건물의 수자원 사용량(ℓ)	절수기구 적용 전 표준 수자원 사용량(L/yr)
수전의 종류		전체수전개수	절수수전개수			
부엌	싱크대	2	1	697,764	13,257,507	13,955,270
	사워헤드	2	2	948,958	12,308,548	
화장실	세면대	2	1	383,770	11,924,779	
	변기	2	2	1,507,169	10,417,609	
다용도실	세탁기	1	1	1,465,303	8,952,306	
	소 계			5,002,964	8,952,306	

(그림 4.6) 평가 프로그램의 [절수설비 및 절수기구(절수기구)의 이용] 단계

② 재활용수 이용에 의한 수자원 사용 절감량 산정 및 가용수자원 확보

재활용수의 이용은 우수집수량과 중수대체가능량으로 나누어 산정한다. (그림 4.7)에서와 같이 우수의 경우에는 집수면적인 공동주택의 옥상 면적과 집수면의 표면형태별 유출계수, 해당지역의 연평균 강수량을 입력하게 된다. 유출계수의 경우, 건물의 옥상면에 적용되는 값이 자동적으로 적용되게 되어있고, 연평균강수량의 경우 기상청 자료를 참고하여 해당 지역의 값을 입력하면 된다.

중수의 경우, 건물에서 사용한 배수 중에서 원수의 종류와 양을 설정함으로써 상수 사용량이 결정된다. 사용자가 중수로 활용될 상수도 사용량을 수전별 사용수량에서 사용비율(%)로 입력하면 각 재활용할 수 있는 중수대체가능량이 자동으로 계산된다.

③ 각 수전별 물 사용량에 대한 수자원 절감 계획

수전별 물 사용비율 및 사용량에 따른 절수기구의 개수를 조정하거나 재활용수를 활용할 때에도 비교적 설치가 쉬운 빗물을 먼저 적용하되, 중수의 경우는 변기의 세정용수로, 빗물의 경우는 변기의 세정용수뿐만 아니라 세탁용수로도 일부 사용하도록 설정할 수 있도록 계획한다.

재활용수의 이용	
재활용수의 이용	
화장실의 변기 세정용수(l/yr)	2,260,754
다용도실의 세탁용수(l/yr)	1,465,303
재활용수의 이용 가능량(l/yr)	890,964

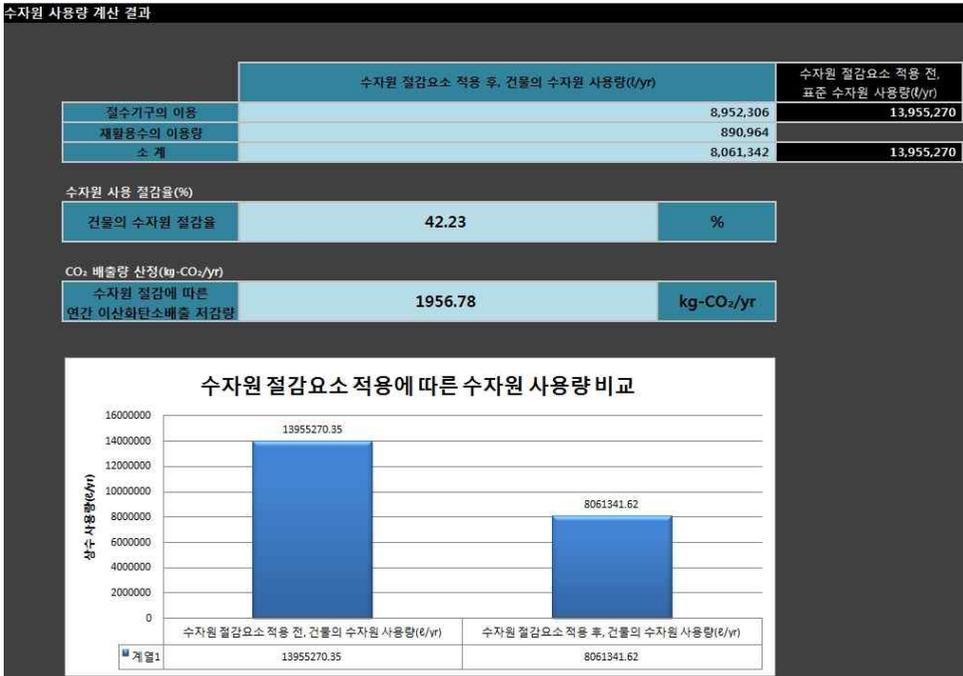
우수 집수 및 중수도의 재활용수량 산정	
우수 집수량(l/yr) 산정	사용자 입력값
집수면적(m)	500
강수량(mm/yr)	1450
표면형태별 유출계수	0.9
건물의 우수 집수량(l/yr)	652,500

중수도 사용량 산정		수전별 사용수량 중, 재사용 비율(%)	재활용수로 사용하기 위한 수전별 중수대체가능량(l/yr)
부엌	싱크대	20	418,658
화장실	샤워헤드	20	284,688
	세면대	20	230,262
다용도실	세탁기	20	293,061
중수 대체 가능 비율(%)			27
건물의 중수대체가능량(l/yr)			238,464

(그림 4.7) 평가 프로그램의 [재활용수의 이용] 단계

다) 수자원 사용량 계산 결과의 출력단계

절수기구의 이용과 우수 및 중수의 재활용수 이용에 의한 수자원 사용 절감량에 대해 사용자가 이해하기 쉽도록 제시하였다. 수자원 절감요소를 적용하기 전 건물의 수자원 사용량을 기준으로, 각 단계별로 수자원 절감량 및 사용량이 자동 계산되며 절수기구 및 재활용수의 수자원 절감요소 적용 후의 건물에서 수자원 사용량에 대한 절감비율(%)을 나타낸다. (그림 4.8) 과 같이 기준 건물의 수자원 사용량과 절수전략과 재활용수로 인해 절감된 건물의 수자원 사용량을 절감율(%) 및 그래프로 정량적으로 나타내게 된다. 또한, 수자원 사용 절감량에 따른 환경부하 저감에 대한 영향을 에너지 환산치(CO₂ 배출량)의 간단한 계산을 통해 제시한다.



(그림 4.8) 평가 프로그램의 [수자원 사용량 계산 결과] 단계

환경부하에 대한 정보는 국가 LCI 데이터베이스정보망⁴⁹⁾의 탄소배출계수에 상수 1kg사용 시 발생하는 CO₂ 발생량(3.32×10^{-4} kg-CO₂ /kg)을 적용해 결과 값에 적용하여 계산되도록 한다. 정량적인 수치와 그래프로 수자원 사용량 및 절감량(ℓ/yr), 절감율(%) 계산뿐만 아니라 CO₂ 발생량의 환경부하량까지 보여줌으로써 수자원 절감량에 대한 객관적인 지표가 될 것으로 사료된다.

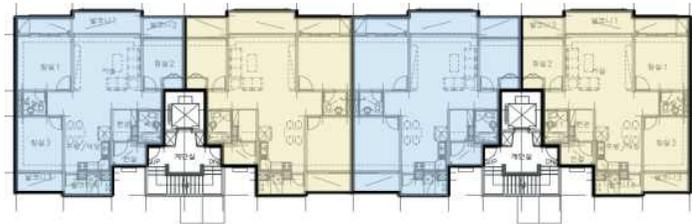
49) 국가 LCI 데이터베이스정보망, <http://www.edp.or.kr/lcidb/co2db/co2db01.asp>

4.4 공동주택의 수자원 사용량 평가 프로그램을 이용한 모델링

4.4.1 대상 건물의 개요

앞의 제4장에서 제안한 공동주택에서의 수자원 사용량 및 절감량을 평가하는 방법을 이용하여 서울 소재의 공동주택 건물을 대상으로 수자원 사용량 및 절감량을 평가하도록 한다.

대상건물은 서울시 소재의 32평형 15층의 규모의 판상형 4호 조합 공동주택을 표준공동주택으로 설정하였다(그림 4.9 참고).⁵⁰⁾



(그림 4.9) 대상 공동주택의 평면

4.4.2 수자원 사용량 계산을 위한 입력데이터

(1) 건물 정보

대상 공동주택 한 동의 연간 수자원 사용량을 계산하기 위해, 공동주택의 층수, 각 층의 세대수, 그리고 세대의 전용면적(m^2)⁵¹⁾을 다음 <표 4.4>와 같이 입력하게 되면, 일반적으로 공동주택 한 동에서 사용하는 연간 수

50) 국가통계포털(KOSIS)의 아파트 주거환경통계에 따르면, 30~34평형대가 28.5%로 가장 많은 비율을 차지하며 층수는 15층~20층미만이 전체 43.5%로 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

51) 아파트 등의 공동주택에서 방이나 거실, 주방, 화장실 등을 모두 포함한 넓이로서 공용면적을 제외한 나머지 바닥의 면적을 뜻한다. 발코니는 서비스 면적이므로 전용면적에 포함되지 않는다.

자원 사용량이 계산된다. 15층 4호 조합 공동주택 대상이며 일반적으로 32평형의 전용면적은 85㎡이다.

<표 4.4> 건물 정보의 입력사항

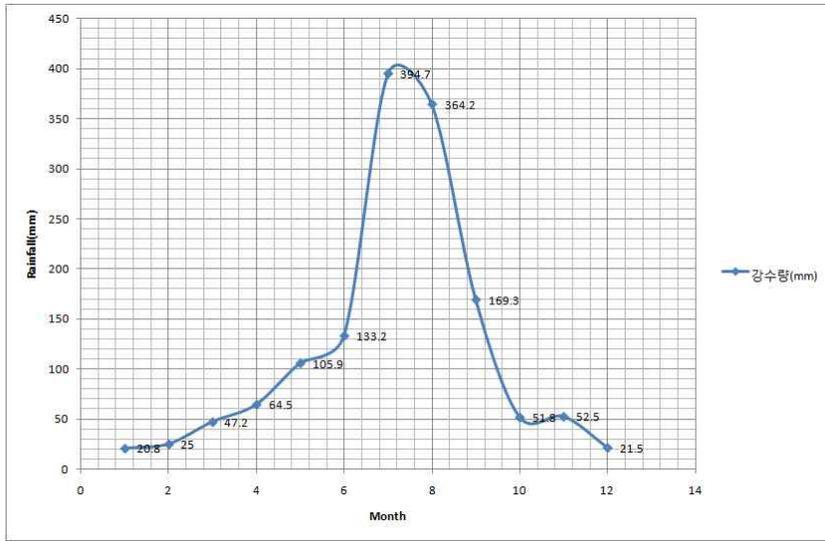
구분	사용자 입력값
층수	15
각 층의 세대수(호)	4
세대의 전용면적(㎡)	85

(2) 서울지역의 기상데이터⁵²⁾

서울지역의 30년간 강수량 변화를 살펴보면, 우기인 7월 강수량은 30년 전 336.2mm에서 최근 10년 433.3mm로 증가하였으나, 건기인 12월 강수량은 30년 전 26.9mm에서 최근 10년 7.5mm로 감소하여 우기와 건기의 차이가 커짐에 따라 물 관리의 어려움을 겪고 있다.

서울시의 지난 1981년부터 2010년의 30년 연강수량의 평년값은 1450.6mm이며, 1월이 20.8mm로 가장 적고 7월이 394.7mm로 가장 많다. 여름철(7,8월) 강수량 합은 758.9mm로 연강수량의 52.3%를 차지하는 반면, 겨울철(12월, 1월, 2월) 강수량 합은 67.3mm로 연강수량의 4.6%에 불과하다(그림 4.10 참고).

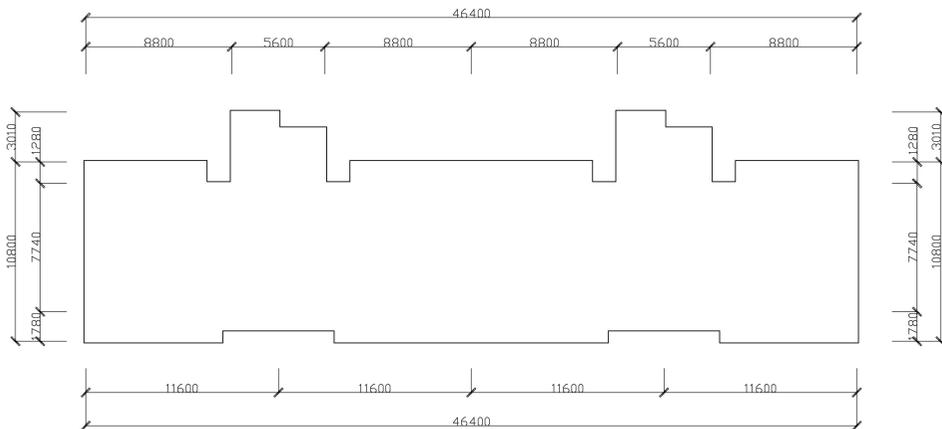
52) 기상청 국내기후자료,
http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_30years.jsp?yy_st=2011&stn=108&norm=M&obs=0&mm=11&dd=29&x=29&y=10



(그림 4.10) 서울지역의 30년간(1981년~2010년) 평균 강수량(mm)
(출처: 기상청 기후자료)

(3) 우수집수가능량을 산정하기 위한 입력값

공동주택 옥상의 지붕면에 우수를 집수한다고 가정하여 (그림 4.11)과 같이 집수면을 나타낼 수 있다. 집수면적은 옥상면적($46\text{m} \times 11.5\text{m} = 529\text{m}^2$)으로서 대략 500m^2 로 산정하였다.



(그림 4.11) 대상 공동주택의 옥상 집수면

또한, 연평균강수량은 서울지역 데이터를 이용하여 1450mm/yr, 유출계수는 지붕의 유출계수 0.9를 이용하였다.

<표 4.5> 우수집수량 산정을 위한 입력값

구분	사용자 입력값
집수면적(m ²)	500
강수량(mm/yr)	1450
표면형태별 유출계수	0.9

(4) 중수대체가능량을 산정하기위한 입력값

공동주택에서 사용한 용도별 사용수량 중에서 사용자가 중수처리하여 재활용수로 사용할 양을 중수대체가능비율로 설정하고 원수를 배합하여 중수도를 사용할 수 있는 가능량을 계산하도록 하였다. 중수 대체 가능비율은 보통 화장실 변기 세정용수 비율인 27%를 적용하여 계산한다.

<표 4.6> 중수도 사용량 산정을 위한 입력값

구분		사용자 입력값
		수전별 사용량 중, 재사용 비율(%)
부엌	싱크대	20
화장실	샤워헤드	20
	세면대	20
다용도실	세탁기	20
중수대체가능비율(%)		27

4.4.3 프로그램을 이용한 수자원 사용량 및 절감량의 계산

(1) 기존 방식을 이용한 수자원 사용량 계산

일반적으로 건물의 급수량을 산정할 때 “건물 사용 인원으로 산정하는 방법”을 이용하여 계산한다. <표 2.6>에 따라 아파트에서 생활하는 1인이 1일 동안 사용하는 급수량을 160~250 ℓ로 보고, 한 세대(4인 기준)가 하루 동안 사용하는 상수 사용량을 640~1000 ℓ로 계산하였다. 이를 바탕으로 연간 공동주택 한 동의 연간 상수 사용량을 14,016,000 ℓ~21,900,000 ℓ로 산정할 수 있다.

<표 4.7> 기존 방식에 의한 급수량 계산

구분	사용자 입력값
건축물 종류별 1인 1일 급수량	160~250 ℓ
단위세대(4인 기준)의 1일 급수량	640~1000 ℓ
연간 공동주택 한 동의 급수량	14,016,000~21,900,000 ℓ

또한, 재활용수를 사용하기 위해 고찰내용 중 (식 2.5)와 (식 2.6)을 이용하여 우수집수가능량과 중수도대체가능량을 <표 4.8>과 같이 계산한 결과, 우수는 652,500 ℓ, 중수도는 2,724,710.4 ℓ로 나타났다.

<표 4.8> 재활용수 이용가능량의 계산

구분	재활용수 이용가능량 계산 내용
우수집수가능량	빗물집수량(m ³ /yr) = 집수면적(m ²) × 강우량(m/yr) × 유출계수
	=500 × 1.45 × 0.9
	=652.5(m ³ /yr) =652,500(ℓ/yr)
중수도대체가능량	중수 대체 가능량 = 상수 사용량 × 오수화율(90%) × 중수 대체 가능비율(27%) × 오니발생을 제외한 수량(80%)
	=14,016,000(ℓ/yr) × 0.9 × 0.27 × 0.8
	=2,724,710.4(ℓ/yr)

(2) 프로그램을 이용한 수자원 사용량 및 절감량 계산

본 연구에서 제안한 프로그램을 이용하여 수자원 사용량 및 절감량을 계산할 경우, <표 4.9>와 같이 단계별로 수자원 사용량 및 절감량이 계산되어 출력된다. 건물의 정보(층수, 세대수, 전용면적)와 집수면적, 연평균강수량, 유출계수, 중수 재사용 비율 및 중수대체가능비율을 입력해 보니, 표준 수자원 사용량 13,955,270 ℓ에서 8,061,342 ℓ로 수자원 절약을 할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 4.9> 프로그램을 이용한 상수 사용량 및 절감량 계산 결과

단계별 구분	계산 결과(ℓ/yr)
1. 대상 공동주택의 절수기구 적용 전, 표준 수자원 사용량	13,955,270
↓	
2. 절수기구 적용 후, 건물의 수자원 사용량	8,952,306
절수설비 및 절수기구를 이용한 상수 절감량	5,002,964
↓	
3. 재활용수 이용 후, 건물의 수자원 사용량	8,061,342
우수집수가능량을 이용한 상수 절감량	652,500
중수대체가능량을 이용한 상수 절감량	238,464
↓	
4. 수자원 사용량 계산 결과	8,061,342
절수기구 적용 전, 표준 수자원 사용량(ℓ/yr)	13,955,270
절수기구 적용 후, 건물의 수자원 사용량(ℓ/yr)	8,952,306
재활용수 이용 후, 건물의 수자원 사용량(ℓ/yr)	8,061,342
↓	
건물의 수자원 사용 절감율(%)	42.23
수자원 사용 절감에 따른 CO₂ 배출 저감량(kg-CO₂ /yr)	1956.78

(3) 기존 방식과 프로그램 이용에 의한 계산 방법의 비교

앞서 제시한 건물의 정보 및 사용자 입력값을 기존의 계산 방식과 프로그램을 이용한 계산과정에 입력하였더니 <표 4.9>와 같이 그 방법을 비교할 수 있었다.

기존의 방식으로 수자원 사용량을 계산할 경우, 사용자가 직접 상수 사용량(급수량)과 우수집수가능량 및 중수대체가능량을 계산해야했다. 즉, 사용자가 이용가능하고 신뢰할만한 도서 등의 자료를 통해 산정식을 찾고, 직접 손으로 수자원 사용량 및 절감량을 계산해야하기 때문에 번거로울 뿐만 아니라 계산과정에서 사용자에게 의한 실수가 있을 수 있다. 특히 계산하는 사용자의 선택 범위에 따라 수자원 사용량과 절수기구를 적용한 수자원 사용량, 우수 및 중수 이용량이 계산되므로 정량적인 수학적식을 이용한다하더라도 신뢰할 수 있는 데이터가 될 수 없다.

반면, 프로그램을 이용하게 되면, 엑셀기반으로 구성되어있어 사용자의 인터페이스가 용이하고, 간단한 건물 정보의 입력만으로 대상 건물의 수자원 사용량을 기존 방식보다 정확하게 계산할 수 있다. 또한, 절수기구의 성능을 적용한 알고리즘을 통하여 수전의 개수 입력만으로 간편하게 수자원 절감량을 계산할 수 있다.

무엇보다 프로그램의 이용은 수자원 절약요소별 절감량과 수자원 절감에 따른 CO₂ 배출 저감량 표시 및 그래프를 명확하게 제시함으로써 사용자에게 시각적인 교육의 효과를 줄 것으로 판단된다.

<표 4.10> 기존 방식과 프로그램을 이용하는 방식의 계산과정 비교

기존 방식을 이용한 수자원 사용량 및 절감량 계산 (수기로 작성)		프로그램을 이용한 수자원 사용량 및 절감량 계산	
1. 표준 수자원 사용량 계산(ℓ/yr)			
14,016,000~21,900,000		13,955,270	
2. 절수설비 및 절수기기를 이용한 수자원 절감량 계산(ℓ)			
수전별 물 사용량과 절수효율을 사용자가 임의로 선택하여 계산함. (프로그램 방식과 같다고 가정함.)		수전별 최대절수효율이 적용되어 있으므로 사용자는 수전의 개수만 입력함.	
		5,002,964	
3. 재활용수를 이용한 수자원 절감량 계산(ℓ/yr)			
우수집수가능량	중수대체가능량	우수집수가능량	중수대체가능량
652,500	2,724,710.4	652,500	238,464
4. 수자원 사용량 계산 결과(ℓ/yr)			
= 14,016,000 - 5,002,964 - 652,500 - 2,724,710.4		8,061,342	
= 5,635,825.6			

4.4.4 수자원 사용 절감량에 따른 CO₂ 배출 저감량 계산

대상 공동주택 한 개 동에서 사용하는 수자원 량(ℓ/yr)을 산정한 후, 절수기기 및 재활용수를 이용하여 상수도 사용 절감량을 계산하였다. 또한, 상수도 사용량을 줄이고 우수와 중수를 활용한다면 상수 사용으로 인한 CO₂ 배출량을 줄일 수 있을 것으로 판단하여 계산된 연간 상수도 절감량에 상수 1kg 사용 시 CO₂ 발생량(3.32×10⁻⁴ kg-CO₂ /yr)을 곱하여(식 4.6) 연간 CO₂ 발생량(kg-CO₂ /yr)을 계산하였다.

그 결과, 절수설비 및 기기의 최대절수효과를 적용한 경우에는 연간 상수도 절감량이 5,002,964 ℓ가 되어 약 1,661kg-CO₂의 온실가스 배출이 감소되고, 우수를 이용할 경우에는 652,500 ℓ의 우수를 활용할 수 있게 되어 상수도 사용량이 같은 양 만큼 줄어들게 되므로 연간 216.63kg-CO₂의 온실가스 배출을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 여기에 중수도를 생활용수로 활용한다면, 연간 238,464 ℓ의 수자원이 절감되고 온실가스는

79.17kg-CO₂ 만큼 저감시키게 되므로 재활용수를 사용하는 것만으로도 연간 308.34kg-CO₂ 의 온실가스 배출을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 가정 내 절수기구 이용 및 재활용수 이용에 의한 수자원 절감량으로 인한 온실가스 저감량은 연간 1,956.78kg-CO₂로 나타났다.

산림청 자료에 의하면, 연간 가정에서 1t-CO₂ 를 배출할 경우에 소나무 식재 360그루에, 산림조성면적이 1,200㎡(농구코트 28m×15m, 410㎡, 약 3면의 크기)이 필요하다.⁵³⁾⁵⁴⁾ 이는, 승용차를 사용하는 가정의 경우, 중형 승용차를 소형으로 바꾸었을 때, 나무심기 효과로 산림조성면적 1,040㎡와 312그루의 소나무를 심는 효과보다 높은 값이다.

사용자는 절약한 수자원 사용량을 CO₂ 배출량과 비교해보고, 수자원 사용 절감량이 환경부하에 얼마큼 영향을 끼치고 있는지 가늠해 볼 수 있는 자료로 활용할 것을 기대해 볼 수 있다.

그러나 상수도를 생산하고 사용하는 과정에서 사용되는 설비시스템이나 펌프 등의 제반시설에 관하여는 정확한 측정이 어렵기 때문에 본 프로그램에서 계산한 CO₂ 배출 저감량은 탄소배출계수에 의한 단순 계산이며, 정확한 배출량 및 저감량을 산출하기 위해서는 실제로 적용한 설비에 대한 용량 등이 고려되어야 할 것으로 사료된다.

4.5 소결

본 장에서는 앞선 이론고찰을 통해 수자원절감요소인 절수기구의 이용, 우수 및 중수의 재활용수를 이용하여 공동주택 실내 수자원의 사용량 및 절감량을 간편하게 계산할 수 있는 프로그램을 구축하였다.

사용자가 거주하고 있는 공동주택의 규모를 입력하게 되면 연간 표준 수자원 사용량이 자동으로 계산되어 이를 기준으로 절수설비 및 기기와 재활

53) 산림청 기후변화와 산림,

http://carbon.forest.go.kr/foahome/user.tdf?a=common.HtmlApp&c=1004&page=/html/weather/issue/program_010.html&mc=WEATHER_CARBN_010

54) 산림탄소상쇄센터, <http://carbon.kgpa.or.kr/>

용수의 이용에 따른 수자원 사용량의 절감율을 계산하도록 구성되어 있다.

먼저, 공동주택 한 개 동의 연간 표준 수자원 사용량을 기준으로 가정용수의 용도별 물 사용비율에 따른 용도별 수전에 적용된 절수수전의 개수를 입력하게 되면 수전별 절수기구의 최대 효율이 적용된 절감량이 차례로 차감되어 계산되게 되며, 마지막 셀(소계)에서는 절수기구가 적용되어 절감된 한 동의 연간 수자원 사용량이 계산된다.

다음으로 우수 및 중수도를 이용한 상수 사용량에 대한 절감량을 계산하는 부분으로서 빗물의 경우 집수면적과 집수면의 표면형태에 따른 유출계수, 해당지역의 연평균강수량을 입력하면 자동으로 계산되며 이는 사용자의 선택에 따라 세탁기의 세탁용수나 화장실 변기의 세정용수로 주로 사용된다. 중수의 경우에는 수전별 사용수량에서의 중수 원수배합 사용비율에 따라 중수 대체가능량이 계산된다.

마지막으로 수자원 사용량 계산 결과의 출력단계로서, 공동주택 건물 한 개 동의 전체 수자원 사용량에 대한 절수기구의 이용 및 재활용수에 의한 상수 사용량의 절감량과 절감율을 정량적인 수치와 그래프로 보여준다. 또한, 환경부하에 미치는 영향을 에너지환산치인 CO₂ 배출량으로 계산되도록 하여 사용자가 결과물을 이용하여 수자원 절약 전략을 세우고 환경부하에 대해 정량적인 영향도를 볼 수 있도록 하였다.

우리나라의 표준 공동주택을 모델링하여 수자원 절감량 및 온실가스(CO₂) 배출 저감량을 계산한 결과, 절수설비 및 기기의 최대절수효과를 적용한 경우에는 연간 상수도 절감량이 8,952,306 ℓ, 35.85%의 절감율을 보여 연간 1,661kg-CO₂의 온실가스 배출량이 감소되고, 우수를 이용할 경우에는 652,500 ℓ의 우수를 활용할 수 있게 되어 연간 216.63kg-CO₂의 온실가스 배출량을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 여기에 중수도를 생활용수로 활용한다면, 연간 238,464 ℓ의 수자원이 절감되고 온실가스는 79.17kg-CO₂ 만큼 저감시키게 되므로 재활용수를 사용하는 것만으로도 연간 308.34kg-CO₂의 온실가스 배출을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

따라서 가정 내 절수기구 이용 및 재활용수 이용에 의한 수자원 절감량으로 인한 온실가스 저감량은 연간 1,956.78kg-CO₂로 나타났다.

제 5 장 결 론

최근 지구온난화로 인한 기후변화와 인구 증가에 따른 물 소비패턴의 변화로 전 세계적인 관심은 수자원부족문제에 집중되고 있다. 우리나라의 경우, 이미 물 부족국가로 분류되었으며 물 소비가 큰 것으로 나타난 주거 건물에서의 수자원 절약 및 가용수자원의 확보가 곧 국가전체적인 물 부족문제해결로 직결됨에 따라 거주자의 의식변화와 자발적인 수자원 절약 참여가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 건물을 대상으로 실내의 물 사용으로 인해 발생하는 환경부하를 줄이기 위해 주거건물에서 물 소비패턴 및 물 절약 방법에 대해 조사하였다. 또한, 친환경건축물의 사례와 국내외 친환경건축물 인증제도에서 수자원 평가방법의 이론고찰을 통하여 실제로 건물에 어떻게 수자원 절약요소가 적용되고, 인증 시에는 어떠한 방법으로 수자원 효율성이 평가되고 있는지를 조사하였다. 이를 통해 국내 친환경건축물인증제도의 한계점을 개선할 방안을 모색해 본 후, 좀 더 객관적이고 정량적인 방법으로 수자원항목을 평가하는 계산 프로그램을 제안하였다. 제안된 방법으로 사례 공동주택 건물에 시범 적용해보고, 건물의 예상 급수량의 산정과 절수 기구로 인한 절감량을 미리 계산해 봄으로써 사용자가 건물 설계 초기 단계 및 운영단계에서 수자원의 절감효과를 미리 산정함과 동시에 수자원 정보를 활용하여 효율적으로 수자원을 관리할 수 있도록 도움을 주고자 하였다.

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 일반적으로 이용되는 급수량 산정방식은 설계용량이 실제 물 사용량보다 과대하게 설정되어있어 실정에 맞는 데이터를 바탕으로 급수량 산정이 필요하다고 판단하여 문헌조사내용에 따라 전용면적(m^2)별 급수량 실측데이터를 이용한 급수량 산정식($y = 431.1 \ln(x) - 1278$)을 도출하였다.

(2) 국내외 친환경건축물인증제도에서 수자원항목의 평가방법을 살펴본 결과, 절수설비 및 절수기기의 이용, 우수 이용, 중수도 설치의 3가지 항목을 공통적으로 평가하고 있었다. 그러나 국내의 수자원 평가항목 중에서 절수기구의 적용에 대한 생활용 상수 절감 대책의 타당성 항목의 인증기준이 객관적이고 정량적으로 물 사용량을 평가할 수 없다는 한계를 가지고 있었다.

(3) 문헌조사를 바탕으로 결정된 수자원 절감요소의 산정식을 바탕으로 건물에서의 수자원 사용량 및 절감량, 환경부하에의 영향 정도를 간단히 평가할 수 있는 프로그램을 제안하였다. 이를 이용하여 사례 모델에 적용해봄으로써 수자원 절약 유도의 타당성을 검증하였다.

(4) 우리나라의 표준 공동주택을 설정하고 이를 모델링하여 수자원 절감량 및 온실가스(CO_2) 배출 저감량을 계산한 결과, 절수설비 및 기기의 최대 절수효과를 적용한 경우에는 연간 상수도 절감량이 8,952,306 l로 35.85%의 절감율을 보여 연간 1,661kg- CO_2 의 온실가스 배출량이 감소되는 것으로 나타났다. 우수 및 중수를 활용한다면, 연간 890,964 l의 수자원이 절감되고 308.34kg- CO_2 의 온실가스 배출을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 수자원 절약방법에 의한 온실가스 저감량은 연간 1,956.78kg- CO_2 로 나타났다.

본 연구의 한계점 및 추후 과제는 다음과 같다.

(1) 제안한 물 사용량 계산 프로그램의 절수기구를 이용한 절감량 계산단계에서 이용한 각 수전의 절수효율은 문헌고찰을 통해 나온 데이터 중에서 최대치를 적용한 것이다. 따라서 실제로는 수자원 사용 절감율이 좀 더 낮아질 수 있다.

(2) 절수기구의 용량 및 효율의 정확한 데이터를 기반으로 사용자가 직접 물 소비 패턴을 기입하여 한 세대의 물 사용량을 정확히 계산해 주는 것으로의 프로그램 개선 및 확장이 필요하다. 이를 위하여 현재 우리나라의 제각기 용량 및 효율이 다른 절수기구 제품의 표준화 및 등급제의 체계적인 관리가 현실화 되어야 할 것으로 사료된다. 현재 절수기구를 이용한 절감량 계산은 수전별 용수의 사용비율의 통계 값을 이용하여 계산되지만, 수전별 일반형 및 절수형, 절수형의 등급제 등을 이용한 체계적이고 정확한 물 소비패턴 및 물 사용량을 계산해 낼 수 있을 것이다.

(3) 재활용수의 계산에서, 공동주택에 실제로 적용되는 우수정화시스템 및 중수처리시스템의 설비에 대한 자료가 충분히 갖춰진다면, 공동주택 규모에 따른 우수 이용 가능량 및 중수 이용 가능량을 좀 더 정확히 산정할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 우수 및 중수 시스템의 선정과 정수과정, 펌프 등의 설비관련 정보를 선택할 수 있도록 한다면, 물을 정화하는데 발생하는 환경 부하까지도 고려하여 보다 정확한 계산을 할 수 있을 것으로 판단된다.

(4) 결과 단계의 CO₂ 배출 저감량에 대한 정보는 설비시스템의 제반사항이 고려되지 않고 탄소배출계수를 이용하여 단순 계산한 것이므로 건물로부터 나오는 환경부하의 영향에 대한 참고자료 정도로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[국내문헌]

1. 환경부, 물 재이용 기본계획(2011~2020), 2011
2. 국토해양부, 국토의 계획 및 이용에 관한 연차 보고서, 2009
3. 국토해양부, 4대강 살리기 마스터플랜, 2009
4. 환경부·한국환경공단, 생명을 위한 물, 2011
5. 환경부, 절수형 기기 보급 확대방안 마련 연구, 2010
6. 한국수자원공사, 가정용수의 수요량 예측모델개발연구, 2006
7. 대한토목학회, 가정용수 용도별 사용 원단위 분석, 2008
8. 환경부, 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축, 2007
9. 통계청, 인구통태통계연보, 2009
10. 김화수 외, 가정용수의 용도별 사용 원단위 분석, 2008
11. 환경부, 가계부문 물 소비패턴 시범조사, 2003
12. 연세대학교, 물 재이용 및 절약 정책개발, 2002
13. 김영란, 물부족에 대응한 물수요관리 도입계획, 2010
14. 임만택, 친환경건축, 보문당, 2011
15. 임만택, 건축설비계획, 보문당, 2009
16. 무라카미 슈조 저, 손원득 외 역, 실례로 배우는 지속가능한 친환경 건축, 기문당, 2010
17. 대한주택공사 주택연구소, 환경친화형 주거단지 모델개발에 관한 연구, 1996
18. 박진철, 전봉구, 이동주, 친환경 건축물 인증제도 비교분석 연구, 한국 건축친환경설비학회논문집 3권 3호 pp.104-115, 2009
19. 이용화 외, 공동주택의 물 사용량과 급수부하, 대한설비공학회, 2001
20. 김주환 외, 가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 물 수요 특성 분석, 2007
21. 여운기 외, 우수이용 시스템의 개발, 토지와 기술 제 16권 제3호 통권 제60호, 2003.12
22. 김동진, 공동주택 단지 내 빗물처리 시스템 계획에 관한 연구, 연세대학교, 2007

23. 빗물이용연구회 한무영 번역, 「빗물이용 지구사랑」의 산정방식, 대한상수도학회
24. 정해란, 우수이용시설의 적정 저유조 용량산정에 관한 연구, 석사학위논문, 2004
25. 이철근, 공동주택의 중수도 적용성 검토에 관한 연구, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 2006
26. 김석중, 공동주택의 적정 급수·급탕량 산정법에 관한 연구, 2000
27. 홍봉재, 중수설비를 가진 사무소용 건물의 사용수량 해석, 대한건축학회 논문집 계획계 16권 10호(통권144호), 2000
28. 조수현, 공동주택의 절수전략 적용에 따른 수자원 사용에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 2010
29. 환경부건설교통부, 친환경건축물인증제도 세부시행지침 (2001. 12. 03 (건설교통부·환경부 공동)제정, 2006. 08.24 개정)
30. 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 2008.6
31. 국토해양부고시 제2010-301호, 환경부고시 제 2010-52호, 친환경건축물 인증기준, 2010년 7월 1일 시행

[국외문헌]

1. BRE, BREEAM New Construction Technical Guide, 2011
2. BRE, BREEAM Multi-Residential, 2008
3. U.S.Green Building Council, LEED Reference Guide for Green Building and Construction, Edition 2009
4. U.S.Green Building Council, LEED for Homes Rating System, 2008
5. IBEC(Institute for Building Environment and Energy Conservation) CASBEE for New Construction Technical Manual, 2008
6. Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas, ECOHOUSE : A Design Guide third edition, 2008

[Web Site]

1. 토지주택연구원 친환경건축물인증,
<http://huri.lh.or.kr/ecohouse/index.asp>
2. USGBC: Project Profiles,
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1721#homes>
3. The American Institute of Architects,
<http://www.aiaopten.org/hpb/site.cfm?ProjectID=1140>
4. 대한전문건설협회,
http://green.kosca.or.kr/greengrowth/greengrowth_17.asp?gbn=1
5. the Ministry for the Environment, a central agency of the New Zealand Government,
<http://www.mfe.govt.nz/publications/sus-dev/green-building-assessment-tool-project-jun06/html/page5.html#table41>
6. 국가 LCI 데이터베이스정보망,
<http://www.edp.or.kr/lcidb/co2db/co2db01.asp>
7. 기상청 국내기후자료,
http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_30years.jsp?yy_st=2011&stn=108&norm=M&obs=0&mm=11&dd=29&x=29&y=10
8. 산림청 기후변화와 산림,
http://carbon.forest.go.kr/foahome/user.tdf?a=common.HtmlApp&c=1004&page=/html/weather/issue/program_010.html&mc=WEATHER_CARBRON_010
9. 산림탄소상쇄센터,
<http://carbon.kgpa.or.kr/>

국 문 초 록

공동주택의 수자원 절약 방법에 관한 연구

조 수 현

건축학과 건축환경 및 설비전공

중앙대학교 대학원

최근 지구온난화로 인한 기후변화와 인구 증가에 따른 물 소비패턴의 변화로 인해 전 세계적 관심은 수자원부족문제에 집중되고 있다. 우리나라의 경우, 이미 물 부족국가로 분류되었으며 물 소비가 큰 것으로 나타난 주거건물에서의 수자원 절약 및 가용수자원의 확보가 곧 국가전체적인 물 부족문제해결로 직결됨에 따라 거주자의 의식변화와 자발적인 수자원 절약 참여가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 건물을 대상으로 실내의 물 사용으로 인해 발생하는 환경부하를 줄이기 위해 국내외 친환경건축물인증제도의 이론고찰을 통하여 실제로 건물에 어떻게 수자원 절약요소가 적용되고, 인증 시에는 어떠한 방법으로 수자원 효율성이 평가되고 있는지를 살펴보았다. 이를 통해 국내 친환경건축물인증제도의 수자원 평가 방법의 한계점을 개선할 방안을 모색한 후, 보다 객관적이고 정량적인 방법으로 수자원항목을 평가하는 계산 프로그램을 제안하였다.

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 일반적으로 이용되는 급수량 산정방식은 설계용량이 실제 물 사용량보다 과대하게 설정되어있어 실정에 맞는 데이터를 바탕으로 급수량 산정이 필요하다고 판단하여 문헌조사내용에 따라 전용면적(m^2)별 급수량 실측데이터를 이

핵심어 : 공동주택, 수자원 절약, 물 사용량 계산, 상수도, 우수, 중수

용한 표준 수자원 사용량 산정식($y = 431.1 \ln(x) - 1278$)을 도출하였다.

(2) 국내외 친환경건축물인증제도에서 수자원항목의 평가방법을 비교해본 결과, 국내 친환경건축물인증제도(GBCC)에서 수자원 평가항목의 인증기준이 모호하여 객관적으로 물 사용량을 평가할 수 없다는 한계가 있었다.

(3) 본 연구에서는 건물에서의 수자원 사용량 및 절감량, 환경부하에의 영향 정도를 간단히 평가할 수 있는 프로그램을 제안하였고, 이를 이용하여 모델링한 표준 공동주택의 수자원 절감량 및 온실가스(CO_2) 배출 저감량을 계산한 결과, 절수설비 및 기기의 최대절수효과를 적용한 경우에는 연간 상수도 절감량이 8,952,306 l로 35.85%의 절감율을 보여 연간 1,661kg- CO_2 의 온실가스 배출량이 감소되는 것으로 나타났다. 우수 및 중수를 활용한다면, 연간 890,964 l의 수자원이 절감되고 308.34kg- CO_2 의 온실가스 배출을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 수자원 절약방법에 의한 온실가스 저감량은 연간 1,956.78kg- CO_2 로 나타났다.

(4) 프로그램에서 CO_2 배출 저감량에 대한 정보는 설비시스템의 제반사항이 고려되지 않고 탄소배출계수를 이용한 단순 계산이므로 건물로부터 발생하는 환경부하의 영향에 대한 참고자료 정도로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 미래의 수자원부족문제에 대처하기 위해 실생활에서 사용하는 물 사용량을 정량적으로 계산하고, 수자원 절약방법을 사용하여 수자원을 효율적으로 관리할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 수자원 사용량 계산 프로그램을 제안하였다. 제안한 프로그램의 보완사항으로, 입력데이터의 정확성을 높이기 위해 현재 절수기구의 용량 및 효율의 표준화 및 등급제를 통한 체계적인 관리가 요구된다. 이를 활용하여 사용자의 물 소비패턴을 충분히 고려한 프로그램으로의 확장이 필요하다. 또한, 건물의 수(水)처리 설비에 대한 자료가 충분히 갖춰진다면, 건물 규모에 따른 재활용수 이용가능량 및 환경부하의 영향까지도 정확하게 계산할 수 있게 될 것이다.

향후, 공동주택뿐만 아니라 다른 용도의 건물에서의 수자원 사용량을 계산하는 프로그램으로 확장이 가능할 것이라 사료된다.

<ABSTRACT>

A Study on the Methodology of Water Saving in Multi-Family Residential Buildings

Cho, Su Hyun

Major in Architectural Environment & System

Department of Architecture

The graduate school of Chung-Ang University

Recently, climate change caused by global warming and change of water consumption pattern following population growth bring world attention to the problem of water shortages. In South Korea which has already been classified as a water shortage country, saving water resources and securing usable water in residential buildings known for using a great quantity of water are directly linked with tackling the nationwide water shortage issue. Therefore, it is essential for residents to change their perception of the problem and voluntarily participate in saving water resources.

Accordingly, in this research I examined how the saving factors for water resources are applied to multi-family residential buildings in practice and in which way water resources efficiency is evaluated when obtaining the certification, through theoretical analysis on the domestic and overseas Green Building Certification Criteria(GBCC), based on multi-family residential buildings in a bid to reduce the

Keywords : Multi-family Residential Buildings, Water Saving, Water Use Calculation, Water Supply, Rainwater Harvesting, Gray Water

environmental load caused by indoor water use. As a result of seeking ways to improve the limitation of water resources evaluation in the domestic GBCC, I suggested a calculation program which evaluates the items of water resources in more objective and quantitative way.

The results of this study are summarized like below.

(1) In the case of the calculation method of water supply which is typically used, the design capacity has been set larger than the amount of practical water use. Due to the fact, I decided that the calculation of water supply is required, based on the data adequate for the real circumstances and devised the formula for the standard amount of water use: $y = 431.1 \ln(x) - 1278$, which uses actual measurement data of water supply according to the dwelling exclusive area(m²), based on documentary survey.

(2) As a result of comparing the evaluation methods of water resources items in the domestic and overseas GBCC, the certification criterion of water resources evaluation items in the domestic one were not clear. At this point, I found that there was the limitation that it cannot objectively calculate the amount of water use.

(3) In this study, I proposed a program which is able to simply evaluate the amount of water use and saving, the effect on the environmental load in buildings. By using the program, as a result of calculating the amount of water saving and CO₂ emission reduction in a standard modelling apartment building, annual water usage reduction was 8,952,306 ℓ, or 35.85%, which means that annual greenhouse gas emission reduction was 1,661kg-CO₂ in the case of applying the maximum water saving effect of water saving facilities and devices. When using rain and gray water, we can decrease 890,964 ℓ of water

resources per year and 308.34kg-CO₂ of greenhouse gas emissions. The amount of greenhouse gas reduction by using the water saving method has proved to be 1,956.78kg-CO₂ on a yearly basis.

(4) Since the data on CO₂ emission reduction in the program are a simple calculation using CO₂ emission factor, without consideration of all relevant matters in facility systems, we can use them just as reference materials on the effect of the environmental load arising from buildings.

In this study, in order to handle the problem of water shortages in the future, I proposed the calculation program of the amount of water use, which quantitatively calculates the amount of water used in real life and contributes to effectively managing water resources, by using the water saving method.

As a complementary measure to this program, we need to systematically manage the program through standardization and ranking system of the current water saving devices' amount and efficiency, in a bid to improve the accuracy of input data. By using the measure, we also need to expand the program toward sufficiently considering users' water consumption patterns. Additionally, if there are enough data on water treatment equipment in buildings, we can precisely calculate the usable amount of used recycling water and the effect of the environmental load according to the building size.

Finally, I hope that afterwards the program will develop to calculate the amount of water use in not only multi-family residential buildings, but also others.