



지속가능한 도시개발을 위한 빗물이용 활성화 방안

Rainwater Utilization in Urban Area How to Initiate and Spread

1. 서론

도시개발이 광역화되고 재개발이 빈번하게 진행되면서 불투수면적과 빗물 유출량이 지속적으로 증가하여, 도시지역은 과거에 비해 점차 물 순환의 왜곡이 심각해지고 있다. 이러한 물 순환의 왜곡은 도시의 열섬현상 발생, 지하수 고갈, 하천 건천화, 녹지감소 및 지하 생태계 파괴를 유발하는 원인이 된다. 또한 일시적인 강우의 유출은 도시형 홍수를 발생시키는가 하면 처리되지 않은 유해오염물질의 유출로 인해 하천 생태계에 심각한 문제를 불러일으킨다.

반면에 인구가 도시지역으로 집중됨으로 인하여 도시지역에서의 안정적인 용수공급 방안 마련이 절실히 요구되고 있다. 특히 이러한 물 공급 문제는 가뭄이나 수도관련 문제가 발생했을 때 더욱 심각하게 나타나고 있다. 또한 생활수준과 의식수준의 향상이 만들어 낸 친수공간에

대한 욕구 때문에 주거단지는 물이 있는 친수 및 녹지 공간으로 바뀌어 가고 있으며 이로 인해 추가적인 조정용수와 친수용수가 필요하게 되었다. 전 세계적인 “환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD)” 개념의 도입과 더불어 국민 의식수준의 향상에 따라 보다 쾌적한 주거환경 및 친수공간에 대한 요구도가 나날이 증가하고 있는 시점에서 기존의 마을이나 마을의 집합체인 도시는 빈번하게 발생하는 홍수 및 가뭄으로부터 보다 안전하고 아름다운 형태로의 전환이 필요하게 되었다.

도시에서의 빗물 저류·침투는 이러한 도시에서의 물 문제를 해결하여 도시 안전성을 향상시키고 쾌적한 도시환경을 창조함으로써 방재도시, 친환경도시의 실현하는 것으로 목적으로 한다. 즉, 빗물을 저류하고 침투하며 침수에 안전한 도시 건설을 건설하고, 갈수 및 재해에 대비한 도시를 조성하며, 대체수자원으로 활용함으로써 물이 풍부하고 쾌적한 도시 환경을 창조하는 것이다. 본 고에서는 지속가능한 도시개발을 달성하기 위한 빗물 저류 침투 및 활용 활성화 방안에 대하여 다루고자 한다. 이를 위하여 여기서는 국내외 기술동향 분석을 통해 우수저류침투기술 개발방향을 제시하며 적용대상 및 적용사례를 분석하고 도입 활성화를 지원하기 위한 필요기술들에 대하여 설명하고자 한다.

2. 도시에서의 빗물이용 · 침투 방법

도시에서의 빗물 저류 · 침투는 도시 안전성을 향상시키고 쾌적한 도시환경을 창조함으로써 방재도시, 친환경도시의 실현하는 것으로 목적으로 한다. 즉, 빗물을 저류하고 침투하며 침수에 안전한 도시 건설을 건설하고, 갈수 및 재해에 대비한 도시를 조성하며, 대체수자원으로 활용함으로써 물이 풍부하고 쾌적한 도시 환경을 창조하는 것이다.

도시에서의 빗물 저류 · 침투의 적용범위는 크게 구역단위, 주거단지단위, 기타 공원 및 도로, 그리고 개별 건축물 단위로 나누어진다. 구역 단위 빗물저류 · 침투의 경우 구역 하류에서 빗물을 집수, 저류, 억제하는 시설로서 우수지, 방재조절지 등 전용조정지 설치하는 방법이 있다. 또한 구역 내 하천과 인접하여 간식저류지, 습지, 생태연못 등을 조성하여 빗물 유출 및 오염물질의 유출을 저감하여 수환경 개선하는 것도 구역 단위의 빗물이용 방법의 한가지이다. 주거단지 단위 빗물 저류 · 침투의 경우 건물 사이나 주차장, 공원, 운동장 등지에 사용빈도, 이용자수 등의 이용 특성에 따라 적정 저류수심 선정하여 빗물을 저류하는 것을 그 예로 들 수 있다. 또한 투수성 블록, 침투통, 침투트렌치, 침투 측구 등의 침투시설을 주택가나 아파트 단지에 설치하여 빗물이 지하로 빠르게 침투되도록 함으로써 빗물의 유출을 저감시키는 것도 주거단지에서의 대표적인 빗물이용방법이 될 수 있다. 또한 기타 공원 및 도로에서의 빗물 저류 · 침투는 공원이거나 도로에서 빗물을 집수하고 지하에서 저류하여 빗물유출을 저감시키고, 조경용수, 살수용수 등으로 활용하며 침투시설을 연계하여 지하수를 함양하는 것 등이 있다. 그리고 개별 건축물 단위 빗물 저류 · 침투의 경우에는 건축물 옥상면을 이용하여 빗물을 집수하고 지하에서 저류하여

표 1. 도시에서의 빗물 저류 · 침투 시설 예상효과

예상효과 목적	저류시설			침투시설		
	적용시설	대상지역	예상효과	적용시설	대상지역	예상효과
차수	우수지	구역단위	◎	투수성블록	주거단지 및 도로	◎
	방재조절지		◎			
	간식저류지		◎	침투통		○
	습지		○			
	건축물저류	개별건축물	○	침투트렌치		○
	운동장저류	주거단지	◎			
	주차장저류		○			
공원 및 도로 지하저류	◎		침투측구	◎		
이수	건축물저류	개별건축물	◎	투수성블록	주거단지	△
	운동장저류	주거단지	◎	침투통		△
	주차장저류		○	침투트렌치		△
	공원저류		○	침투측구		△
환경 보호	습지	구역단위	◎	투수성블록	주거단지	○
	생태연못	개별건축물	◎	침투통		△
	건축물저류		○			
	운동장저류	주거단지	○	침투트렌치		△
	주차장저류		◎			
	공원 및 도로 지하저류		○	침투측구		○

◎ : 예상효과가 매우 큼, ○ : 예상효과가 큼, △ : 예상효과가 작음

화장실 세정용수, 건물 주변 조경용수 등 이수목적으로 활용하고 저류시설과 침투시설을 연계하여 적용함으로써 지하수 함양 및 빗물 유출을 저감시키는 방안 등이 있다. 표 1은 도시에서의 빗물 저류 · 침투시설 및 그 효과에 대하여 정리하여 보여주고 있다.

3. 국내외 기술동향

국의 빗물이용기술 및 시설 설치현황을 살펴보면 우선 독일의 경우 기업주도형으로 100여개의 업체가 빗물이용기술을 개발하였으며 빗물이용은 학교, 세차장, 또는 산업용으로 범위가 확대되고 있다. 도입사례로는 뮌헨 레오폴츠 거리, 베를린의 소니센터, 하노버의 엑스포 호수 (전시장 지표면에서 유출된 빗물을 처리해서 저류하고 화장실 용수 및 조경용수로 사용, 박람회 기간동안 5000톤의 수돗물 절약), 코블렌츠의 기술대학 (100톤 규모 저류조 설치, 화장실 용수, 조경용수, 소방용수로 사용) 등이 있다.

일본의 경우 용수의 공급과 빗물유출 제어를 위해 1985년 도쿄돔에 빗물이용시설을 건설한 후 빗물이용시설이 전국적으로 확산되고 있으며, 특히 도심지역의 빗물이용에 주력하고 있다. 시설 도입사례로는 도쿄돔과 스미다구 구청 (5000 m²의 집수면적과 1000m³의 지하저류조 보유, 화장실용수의 43.7%를 빗물로 대체), 스모경기장인 코쿠기칸(8400 m²의 집수

면적과 1000m³의 저장조 보유. 화장실용수나 건물 냉각수로 빗물활용) 등이 있다.

미국의 시카고에서는 낮은 지세로 인한 침수피해를 방지하기 위해서 1972년에 TARP (Tunnel and Reservoir Plan: 터널과 저류지 계획)을 실시하여 대규모 지하 저류조를 조성하였으며 시설 설치로 연간 방류 부하량이 약 15%로 감소되었으며 시카고 지구의 침수피해는 거의 해소된 것으로 보고되었다. 이 시설 운영에 의하여 시카고 주민은 총 60억 달러의 이익을 본 것으로 평가되고 있다.

호주의 경우 시드니 올림픽 경기때 수자원을 최대한 활용하기 위해 이중급수시설을 설치하였으며 홈부쉬베이에서 유출되는 빗물이나 하수를 현장에서 처리하여 공원이나 과수원등에서 관개용으로 재사용하고 있다. 이로 인하여 매년 전체 물 수요량의 50%인 500,000m³ 정도의 상수도 절감효과를 거두고 있다.

만면에 국내에서의 빗물이용은 아직 시작 단계이며 그 적용범위가 아직 제한적이다. 운동장 및 대형시설물 설치사례로서 인천 (600 m³), 대전 (200 m³), 전주 (710 m³), 제주 (500 m³) 등 4 개 월드컵 경기장 등이 있으며 여기서 집수된 빗물은 주로 잔디살수용수로 사용되며, 화장실용수, 조경용수 및 소방용수 등으로 사용되고 있다. 그리고 건축물이나 학교에 적용된 사례로서는 경기도 의왕시 갈피중학교와 왕곡초등학교, 그리고 한국건설기술연구원 수자원환경연구동과 경기도 고양시 주엽초등학교 빗물이용시설 등이 있다. 다행히 최근에는 국내에서도 빗물이용에 대한 관심이 높아지고 있어 이의 도입사례가 증가하는 추세이다.

4. 도입사례 분석

가. 한국건설기술연구원 빗물이용시설

경기도 고양시 소재 한국건설기술연구원

수자원환경연구동 건물에는 2003년 5월 빗물 이용시설이 설치되어 시범적으로 운영되고 있다. 이 건물은 사무실 용도로 사용되는 지상 3층의 건물로서 총 건물면적은 932.42m² (282.06평)이고 상주인원은 약 166명 (2003년 5 월 현재)이다. 건물 내에서 사용되고 있는 물은, 음용수나 세수, 샤워용수 등을 제외하면 나머지는 주로 화장실 세정용이나 조경용, 청소 용 등으로 사용되고 있으며 이러한 용도의 물에 대하여 기존의 상수를 사용하는 대신에 빗물을 사용할 계획으로 시설을 설치하였다. 빗물 이용 시설의 사용수량은 일평균 급수량은 약 1.5 m³이었다. 빗물의 집수를 위해서는 전체 건물 옥상 면적의 46% 정도인 427 m²의 집수면을 이용하여 집수하고자 하였으며 이 경우 집수 가능량은 유출계수 0.9를 가정하였을 때 연간 약 476.89 m³으로 추정되었다. 이에 따라서 시뮬레이션에 의해 저류조 용량을 산정하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

설치된 빗물이용설비는 크게 집수시설, 저류시설, 침투시설, 처리시설, 활용시설로 나눌 수 있다. 먼저 강우된 빗물은 집수면에서 모아지며 집수홈통을 거쳐서 저류조로 유입된다. 이때 저류된 빗물 중에 일부는 매립형 침투장치를 통해 지하로 침투되며 나머지는 용도에 따라서 적절한

그림 1. 한국건설기술연구원 빗물이용시설 시스템 공정도

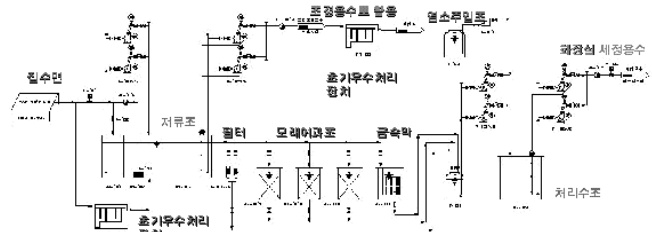
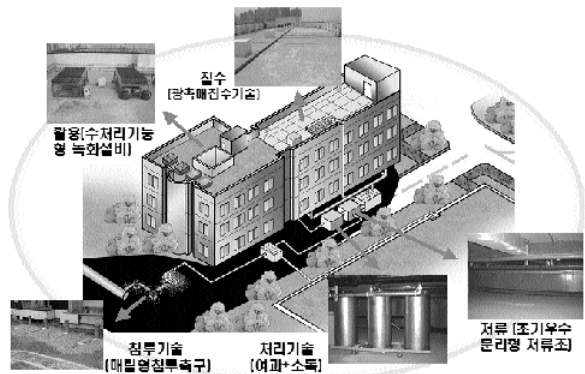


그림 2. 한국건설기술연구원 빗물이용시설 개념도



처리를 거쳐 급수된다. 건축물 내에서 빗물의 주된 활용 용도는 화장실 세정용수, 조경용수, 청소용수, 소방용수 및 잡용수로서 각 경우에 있어서 처리된 빗물은 중수도 수질기준을 만족하는 것으로 나타났다. 그림 1은 빗물이용설비의 시스템 공정도를 보여주고 있으며 그림 2는 전체 시스템 개념을 보여주고 있다.

본 빗물이용설비에서는 기존에 사용되는 빗물이용기술 뿐 아니라 국내에서 발생하는 빗물이용 관련 문제들을 해결하기 위해 개발된 다양한 한국형 빗물이용 요소기술의 적용성을 평가하고 있다.

나. 주엽초등학교 빗물이용시설

2004년 5월에는 경기도 고양시에 위치한 주엽초등학교에 실규모 우수이용시설이 설치되어 현재까지 운영되고 있다. 그림 3과 4는 주엽초등학교에 설치된 학교 빗물저류침투시설의 개념

표 2. 한국건설기술연구원 소재 빗물이용시설 저류조 용량 및 용도

용도	저류조 용량	결정 사유
이수용량	30 m ³	상수도제uel, 빗물이용률 증가폭이 감소하는 시점의 용량을 최적용량으로 결정. 그 이상의 용량은 용량대비 급수 효율이 낮음.
차수용량	10 m ³	유출저감용량으로 10 m ³ 을 추가. 저류용량 40 m ³ 일 경우 월류량은 13.15 m ³ /년으로 급감함.
합 계	40 m ³	

도를 나타내고 있다. 전체시설은 빗물을 집수하기 위한 집수면, 1차 침전조, 초기빗물처리장치, 저류조, 패키지형 빗물처리장치를 포함한 처리시설, 그리고 침투시설과 급수시설로 구성되어 있다. 집수된 빗물은 침전 후 조경용수, 살수용수 및 비상용수로 사용되며 처리 후에는 조경용수와 화장실 세정용수로 사용된다. 저류조 용량 산정 및 기타 설계인자 도출을 위하여 시뮬레이션 소프트웨어를 개발하여 사용하였으며 그 결과 전체 집수면적은 332 m²이며 저류용량은 60 m³,

처리수조의 용량은 10 m³으로 설계되었다. 특히 주엽초등학교 빗물이용 시설에서는 웹기반 계측 장비 및 서버를 이용하여 저류조 수위와 저류된 빗물의 전도도 및 침투량 등이 실시간으로 모니터링 되고 있으며 현재 시설을 원격제어하기 위한 설비를 설치하여 시험가동 중에 있다.

5. 빗물이용 활성화 방안

가. 한국형 빗물이용기술 및 소재 확보

그림 3. 한국건설기술연구원 빗물이용시설 시스템 공정도

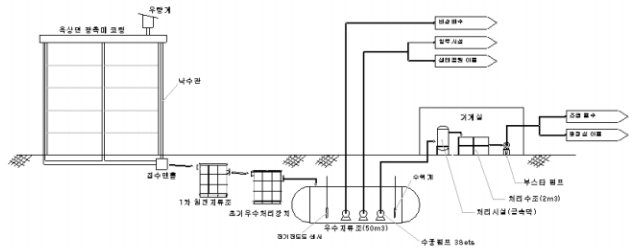
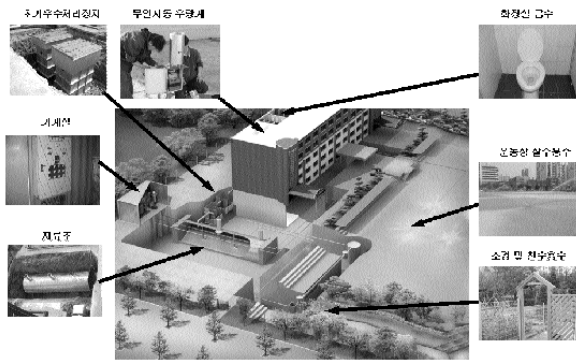


그림 4. 한국건설기술연구원 빗물이용시설 개념도



빗물이용시설의 도입 및 확산을 가로막는 가장 큰 장애요인 중 한 가지는 빗물이용을 위한 요소기술 및 실용화기술이 확보되어 있지 않다는 점이다. 즉, 빗물이용의 역사가 비교적 긴 독일이나 일본의 경우 그동안의 연구에 의하여 어느 정도 국가별 기후특성이나 강우특성, 도시특성 등에 적합한 빗물이용기술을 확립한 반면에 우리나라에서는 아직 국내 현실에 맞는 빗물이용기술의 개발이 미비한 실정이다. 따라서 우리나라에서 빗물이용을 확산시키기 위해서는 우리나라의 실정에 적합한 한국형 빗물이용 기술들이 먼저 확보되어야 한다. 표 3는 빗물이용과 관련된 국내의 문제

점과 이를 해결하기 위한 개발기술에 대하여 요약하여 보여주고 있다.

빗물이용을 위한 국산소재의 부재도 활성화를 가로막는 주요 장애요인으로 작용하고 있다. 이는 지금까지의 관련연구개발이 주로 시설의 도입에만 치중해왔기 때문에 이러한 시설 및 기술의 기초가 될 수 있는 소재기술이 같이 개발되지 못했기 때문이다. 다행히 2005년부터 빗물이용 및 도시 물순환 정상화를 위한 환경소재개발에 관한 연구가 한국건설기술연구원 건설환경연구부에서 추진될 예정이며, 여기서 빗물 저류형 도로포장재, 비점오염 방지를 위한 처리 및 침투소재, 환경부하저감형 녹화소재 등의 핵심소재들이 국산기술로서 개발될 것으로 기대된다.

나. 빗물이용시설 계획·설계 기술 확보

지금까지 국내에서는 빗물이용시설에 대한 연구가 미비하였으므로 체계적인 계획·설계기술이 확보되지 못하였으며 이는 빗물이용의 확산을 가로막는 걸림돌 역할을 하고 있다. 빗물이용시설의 계획 및 설계를 위해서는 기후, 강우특성, 집수면의 유출특성, 활용용도 및 특징 등 다양한 사항을 고려하여야 하며 빗물 유출을 저감과 물순환 체계의 회복, 빗물이용을 최적화 및 경제성·사회성·환경성 등 여러 가지 효과를 감안하여야 한다.

일반적으로 이수 측면에서 빗물 활용 시설의 설계 시에는 강우량과 이용률을 고려한 최적 저류용량의 산정이 필요하게 된다. 건축물 빗물 이용시설에 있어 빗물 저류조 용량을 결정하는 방법으로는 간편식법, 시뮬레이션 방법 등이 있다. 간편식법은 초기 빗물이용계획 수립 시나 연중 사용량이 일정한 소형 건축물에서 시설규모를 대략 검토할 경우 집수면적에 일정값을 곱하여 산정하며, 시뮬레이션 방법은 강수량에 따른 집수면 유출량, 저류량, 사용수량 간의 관계로부터

표 3. 빗물이용 관련 국내의 문제점 및 이의 해결을 위한 요소기술

	우리나라의 문제점	문제해결을 위해 개발된 요소기술
집수	황사로 인하여 집수면이 분진 및 미량유기물로 오염됨	광촉매를 이용한 저오염 집수 초기빗물 처리기술
저류	강우특성으로 인하여 빗물을 장기간 저류하여야 효율적으로 이용할 수 있음	태양광과 광촉매를 이용한 장기저류기술
	용도별, 지역별로 요구되는 저류조의 특성이 다양함	파형강판/강판 빗물저류조 조성기술 지하수 연계형 저류조 기술
처리	경제적이고 유지관리가 간편하며 높은 효율을 보이는 빗물처리기술이 필요	금속막을 이용한 빗물처리
활용	녹화면으로부터 오염물이 유출되어 비점오염원으로 작용함	수처리 기능형 녹화장치

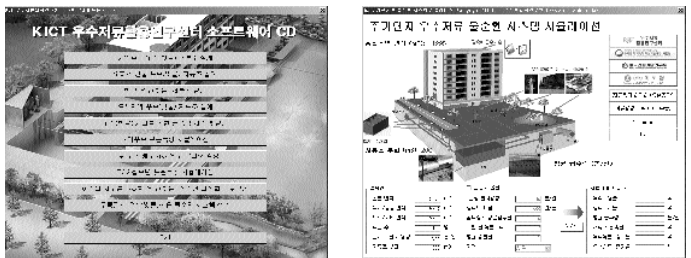
가장 효율적인 빗물이용률과 상수대체율을 제공하는 저류조 용량을 결정하는 방법이다. 지금까지 한국건설기술연구원 우수저류활용연구센터에서는 빗물이용의 대중화 및 보급을 위해서 용도별로 다양한 빗물이용 계획·설계 소프트웨어를 개발하여 배포하고 있다(그림 5). 이 소프트웨어는 초보자들도 쉽게 접할 수 있는 인터페이스를 갖추고 있기 때문에 이를 이용하면 실제 빗물이용시설을 시공하는 업체에서뿐만 아니라 관련 연구자, 학생 및 일반인들까지 가상적으로 빗물이용시설을 설계해 볼 수 있다.

그러나 이러한 소프트웨어들은 이수용 측면만 고려한 것들로서 빗물이용의 치수, 환경보전 및 물순환 관리의 측면까지 고려한 계획 및 설계 소프트웨어가 필요한 실정이다. 이를 위하여 최근 한국건설기술연구원에서는 독일 베를린 공대와 국제공동연구를 수행하여 공동주택단지 빗물이용 시설의 치수 및 도시물순환 측면에서의 계획·설계·배치 소프트웨어의 개발에 착수하였다. 앞으로도 관련 연구가 여러 가지 방향에서 지속적으로 수행되어 빗물이용시설의 도입 및 확산을 지원하여야 할 것이다.

다. 지속적 시범사업

빗물이용 시범사업은 빗물이용 요소기술의 실용화를 앞당기고 시설

그림 5. 빗물이용시설 계획·설계 소프트웨어 (한국건설기술연구원 우수활용연구센터 제작)





을 보급하며 빗물이용에 대한 정부, 지자체, 국민의 인식을 전환시킬 수 있기 때문에 빗물이용의 활성화를 촉진하기 위한 중요한 수단이 된다. 따라서 지속적 시범사업의 추진은 한국형 요소기술의 개발과 더불어 빗물이용 활성화 및 지속가능한 도시 건설을 가능하게 할 것이다.

한국건설기술연구원 우수저류활용연구센터에서는 2001년부터 과학기술부와 건설교통부가 공동으로 지원하는 “수자원의 지속적 확보 기술 개발사업”의 일환으로 “우수 저류 및 활용 기술 개발” 연구용역을 수행하고 있다. 이러한 결과들을 바탕으로 개발된 빗물이용기술을 보급하고 실용화를 앞당기고자 앞서 설명한 한국건설기술연구원 수자원 환경연구동과 주엽 초

등학교에 각각 빗물 저류침투 시범 사업을 추진하였다. 이러한 시범사업의 성과로서 건축물에서의 빗물이용의 한국형 표준모델을 제시하였으며 설계와 시공기술 뿐만 아니라 유지관리 기술까지 확보할 수 있게 되었다. 또한 학교 빗물이용 시범사업의 경우 빗물 저류 및 활용 시설을 우선적으로 학교에 적용하여 학생들에게 물의 소중함을 인식시키고, 경험하도록 하는 공간을 마련했다는 점에서 또 다른 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다.

그러나 빗물이용의 효과를 높이기 위해서는 개별 건축물 뿐 아니라 공동주택이나 공원 등에도 빗물이용시설을 확대하여 적용하여야만 한다. 이러한 이유에서 한국건설기술연구원 우수저류활용연구센터에서는 경기도 파주시에 신설되는 교하지구 세계의 공원에 빗물이용시설을 도입하는 시범사업을 추진하고 있다. 또한 2005년부터 서울시 은평 뉴타운과 경기도 부천시 등의 공동주택에 빗물이용 시범사업을 추진할 계획에 있다. 본 시설들을 통해 우리나라 실정에 맞는 건축물, 공동주택, 공원 및 도로에서의 빗물이용기술을 개발하고 시설을 확대 적용한다면, 개발 지역의 물 순환 체계 건전화는 물론 방재 및 환경보전 기능을 갖는 도시 건설이 가능하게 될 것으로 전망한다.

라. 직결급수방식과 빗물이용의 결합

빗물저류시설을 기존 건축물에 설치하고자 가장 큰 장애요인 중 한 가지는 저류조를 설치할 위치를 확보하는 것이다. 즉, 기존건물의 경우 여유공간이 없는 경우가 많기 때문에 빗물이용시설, 특히 저류조 설치에 제한을 받게 된다. 직결급수방식과 빗물이용의 결합은 이러한 문제를 해결하고 빗물이용을 활성화할수 있는 한가지 방법이 된다.

수돗물의 급수방식을 크게 나누어보면 저수조 방식과 직결급수방식으로 구분할 수 있다. 저수조 방식은 간단하게 말하면 공급받은 수돗물을 일단 건축물 내 저수조에 모아놓은 후 급수하는 방식이며 직결급수는 이러한 저수조를 사용하지 않고 공급받은 수돗물을 바로 급수하는 방식이다. 사실 저수조 방식은 과거 상수도의 공급이 불안정한 시기에 안정된 급수를 위하여 주로 적용되었던 방법이라 할 수 있다. 1960년대부터 시작된 급격한 산업발전으로 인한 대도시로의 인구 집중은 배수지를 비롯한 상수도 용량의 한계를 가져왔으며 이에 따라서 시간제 급수와 급수지역의 제한이 불가피한 상황이 되었으며 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 하나로써 대단위 주거시설에는 급수보조시설로서 저수조를 설치하도록 하였다. 그러나 1990년대 들어서 수도권 광역상수도 건설사업을 비롯하여, 금강 광역상수도 건설사업 등이 단계별로 완성됨에 따라 서울시를 비롯한

도시지역의 정수용량이 증대되고 배수지 등 급수시설 용량이 확충됨에 따라 지하저수조에 대한 의존도가 크게 저하되고 있다.

또한 이러한 저수조는 공급되는 수돗물의 수질 저하 및 2차 오염을 발생시킬 수 있다. 이는 지하 저수조의 부적절한 구조나 용량에 의해 저수조 내에 저수된 물이 오랫동안 정체되는 문제가 발생하기 때문이다. 즉, 저수조는 이제 유지관리의 부실과 저수조 시설의 노후 및 구조적 부실 등으로 인하여 수질오염을 유발시킬 가능성까지 있는 위생상 취약시설이 되어가고 있는 실정이다. 또한 저수조 방식은 에너지 효율 측면에서도 문제점을 안고 있다.

반면에 직결수도방식을 사용하게 되면 저수조에서의 수질오염의 우려가 없어서 깨끗한 수돗물을 공급할 수 있으며 배수관의 관압 에너지를 이용함으로써 에너지 절감을 기대할 수 있다. 또한 저수조의 설치공간이 절약되므로 토지 및 건물의 이용률을 높일 수 있으며 저수조의 청소 등 관리비용이 필요 없게 된다.

이와 같이 기존의 건축물에서 저수조 방식의 급수를 직결급수방식으로 전환하게 되면 수돗물의 2차오염 가능성을 줄여서 좀 더 양질의 수돗물을 공급할 수 있게 된다. 또한 에너지 활용 측면이나 시설의 운전 및 유지관리 측면에서 이점을 가져올 수 있다. 또한 건축물에 빗물이용시설을 도입하게 되면 사용하는 상수의 사용량을 절감하고 비상용수를 확보할 수 있을 뿐 아니라 도시형 홍수와 같은 재해방지에도 도움이 되며, 도시 물순환 정상화 및 환경보호 등의 다양한 효과를 얻을 수 있다. 따라서 직결급수와 빗물이용은 앞으로의 건축물 개발에서 중요하게 고려되어야 할 개념임을 알 수 있다.

실제로 저수조 방식을 직결급수 방식으로 전환하게 되면 기존의 저수조를 철거하거나 폐기하여야 하는데 이러한 사용하지 않는 저수조



표 4. 직결식 급수와 빗물 저류의 결합 방식의 장단점

구분	기존 저수조방식 급수	직결식 급수로 전환	직결식 급수 + 빗물저류
비교	수원으로부터의 급수를 일시적으로 저수조에 저류한 후 급수 펌프와 밀폐압력수조에 의해 급수	수도 본관 (혹은 추가적인 증압펌프)의 압력에 의해 급수하는 방식	상수도의 경우 직결식으로 급수. 화장실 용수와 조경용수 등을 빗물로 공급
기존시설을 개선할 경우		저수조 폐기, 배관 변경 필요	저수조를 빗물 저류조로 활용, 배관 변경 필요
급수되는 물의 수질	저수조로 인한 상수의 수질 악화	저수조가 없어서 상수 수질 양호	저수조가 없어서 상수 수질 양호
단수시	저수조의 용량만큼 급수가능	단수	화장실 용수 및 잡용수는 빗물로서 공급가능.
비상시	저수조의 용량만큼 급수가능	단수	화장실 용수 및 잡용수는 빗물로서 공급가능. 비상시에는 빗물을 음용수로로도 활용가능
유지관리	주기적인 저수조의 청소 필요	저수조 관련 유지관리 불필요 (저수조 없음)	빗물 저류조의 유지관리는 상수 저수조에 비해 용이
기타 효과			빗물활용을 통한 수도요금 절감. 도시형 홍수 방지

를 빗물 저류조로 전환하게 되면 간단하게 빗물이용을 할 수 있게 된다. 빗물이용시설을 기존 건축물에 도입하는데 가장 장애가 되는 요인 중 한 가지가 빗물 저류조 설치공간의 확보라는 점을 고려한다면 이는 일석이조의 효과를 얻을 수 있는 방법이라 할 수 있다.

표 3은 직결식 급수와 빗물이용을 결합한 경우에 예상되는 장점과 단점을 정리하여 보여주고 있다. 이러한 방식은 직결식 급수는 수돗물에 대하여 적용되고 빗물이용은 화장실 세정용수나 잡용수, 조경용수에 적용됨으로써 용도별로 적합한 수질을 확보한다는 측면을 가지고 있다. 또한

빗물이 비상용으로 사용됨으로서 단수시에도 일 단 화장실용수나 잡용수는 공급이 가능하고 비상시에는 추가적인 처리를 거쳐서 음용수로도 사용할 수 있다. 그 외에도 이 방법은 수자원 절감, 방재 및 환경보호 효과까지 가져올 수 있다.

이러한 여러 가지 장점에도 불구하고 직결 수도방식과 빗물이용을 결합하기 위해서는 먼저 해결되어야 할 문제점들이 있다. 우선 기존의 수도관로를 변경해서 수도물과 빗물이 각각 다른 경로로 공급되고 사용될 수 있도록 하여야 한다. 이를 위해서 고려될 수 있는 방법이 다중관로로서 용도별로 상수관로, 중수(빗물)관로, 및 하수관로를 각각 설치해서 건물 내에서 별도로 운영될 수 있도록 하는 방법이 검토되어야 한다. 법적 인 지원방안 역시 현 시점에서 검토되어야 할 사항 중 한 가지이다. 기존의 저수조를 빗물저류조로 전환하는 것을 촉진하기 위한 규정 마련이나 인센티브 제도는 기술 및 시설 확산에 도움을 줄 것이며 이에 대한 사회경제적 효과를 감안한 연구가 필요하다고 생각한다.

6. 결론

도시침수를 방어하기 위해 하수관거의 관경을 늘리거나 용수확보를 위하여 추가적인 댐을 건설하는 것은 막대한 예산이 요구된다. 따라서 빗물 저류활용 시설이야말로 도시침수를 방어하기 위한 좋은 해결책이라고 할 수 있다. 빗물저류활용시설의 보급으로 도시지역은 점적인 방어에서 면적인 방어로 변화할 수 있으며, 저류되어있는 빗물은 도시 내 유용한 수자원으로서 도시용수의 중요한 역할을 하게 될 것이다.

국내 현실을 보면 보급이 시급한 실정이지만 빗물저류침투시설에 관한 연구를 시작한 지 불과 3-5년 정도에 불과하다. 이로 인해 국내 고유의 관련 기술지침은 없으며, 외국 자료에 의존

하고 있다. 또한 시장형성이 아직 되어 있지 않아 기업에서도 이에 대한 계획, 설계 및 시공기술을 확보하지 못하고 있는 상황이다. 따라서 이러한 한계점들을 극복하고 빗물이용을 활성화하기 위한 한국형 요소기술의 개발과 시설 설치 및 확대, 설계 및 운영지침의 작성, 그리고 정부정책으로의 반영 등 다양한 노력이 필요하다. 또한 이러한 노력이 결실을 맺기 위해서는 연구개발의 수행뿐만 아니라 정부부처, 지자체, 기업, 시민단체 및 개인에 이르기까지 협력과 참여가 중요할 것이다.

참고문헌

- Kim, Ree-Ho et. al.(2002), Water Quality and Utilization of Groundwater from the Subway in Urban Area, Proceedings of the 12th KKNN International Symposium on Environmental Engineering, pp.417~429, National Taiwan University.
- Kim, Ree-Ho et. al.(2003), Advanced Treatment of Rainwater Using Metal Membrane Combined with Ozonation, 11th IRCSA Conference, MEXICO.
- Kim, Ree-Ho et. al.(2003), Development of Rainwater Utilization System in Korea, 11th IRCSA Conference, MEXICO.
- Kim, Ree-Ho et. al.(2003), Rainwater Treatment Process for Building Drainage Using Fiber Filter Media, 11th IRCSA Conference, MEXICO.
- Kim, Ree-Ho et. al.(2004), Effect of Catchment Surface Properties on Contaminant Runoff in Rainwater, 4th IWA World Water Congress and Exhibition, MARRAKECH.
- Kim, Ree-Ho et. al.(2004), Rainwater Storage Tank Coupled with Metal Membrane Filtration, 4th IWA World Water Congress and Exhibition, MARRAKECH.
- Kim, Ree-Ho et. al.(2004), Rainwater Treatment/Infiltration System in Buildings Using Fiber Filter Media, 4th IWA World Water Congress and Exhibition, MARRAKECH.
- 구자용, 주충남, 최재호, 김신걸 (1999) 수질개선을 위한 효율적인 급수시설 관리방안 연구, 서울시립대학교 산업기술연구소 논문집, 7집, 153-159.
- 광주광역시(2000), 월드컵축구경기장과 영주수영장을 연계한 물 재활용 방안.
- 김영호 (2001) 급수관로에서의 역류발생 원인과 방지대책, 설비저널, 30(3), 43-51.
 - 김이호 (2001), 도심지 유출지하수 및 우수 활용 방안, 2001 지반환경, 217-241
 - 김이호 (2001), 우수 이용기술의 개발방향, 건설기술정보지, 통권 211호, 23-28.
 - 김이호 (2002), 가뭄극복을 위한 우수저류 및 활용방안, 2002 가뭄방제 학술심포지움, 125-147.
 - 김이호 (2002), 빗물 이용과 건축물 지붕의 기능적 변화, 건설기술정보지, 통권 220호, 13-19.
 - 김이호 (2002), 새로운 패러다임의 도시건설을 위한 빗물이용, 대한상하수도학회-한국물환경학회 공동 추계학술발표회 논문집, F 41-44
 - 김이호 (2002), Utilization of groundwater from the subway in Urban Area, 일본 수환경학회 학술발표회 논문집, pp.474, 일본 수환경학회
 - 김갑수, 김영란 (2002) 중수도 · 빗물 처리기술 및 적용, 환경관리연구소.
 - 국무총리 국무조정실 수해방지대책기획단, 2003, 『수해방지대책 백서』
 - 김이호, 이미정 (2002), 가뭄극복과 침수방지를 위한 우수이용 시설의 활용, 방재 연구, 제4권 제2호 43-51, 국립방재연구소
 - 김이호, 최옥임 (2002), 빗물이용과 건축물 지붕의 기능적 변화, 건설기술정보, 통권220호 13-19, 한국건설기술연구원
 - 김이호, 최태명, 이미정, 홍영진 (2002), 지하철 유출지하수의 수질과 활용방안, 대한환경공학회 춘계발표회 논문집, 185-186, 대한환경공학회
 - 김이호 (2003), 우수 저류시설과 운영의 외국사례, 방재정보, 제4호, Vol. 5 No. 2 46-53, 한국방재협회
 - 김이호 (2004), 그린빌딩을 위한 건축물 빗물이용 기술 개발, 한국그린빌딩협의회 협의회지 5권 1호.