

## 수자원 고갈에 따른 빗물의 효율적 이용 방안 <2>



**이성호** | 환경공학박사  
경기도환경기술인협회의회장  
세명대학교 환경공학과 교수

<지난호에 이어>

### 4. 빗물이용의 시스템 및 빗물이용을 위한 기술

#### 4.1 빗물이용의 효과

오늘날 사람이 생활에 사용하고 있는 모든 물의 원천은 빗물이다. 빗물은 인간생활과 직접 연결되어 있으며 어떻게 활용하느냐에 따라 우리생활을 운택하게 해주기도 하고 그 반대로 황폐하게 만들어 주기도 한다.

도시의 인구집중과 산업화로 인하여 용수수요는 급격하게 증가되었고 이와 함께 수자원은 지역적으로 점점 심하게 편중되고 있다. 또한 도시화가 진행됨에 따라 대부분의 지표면이 콘크리트와 아스팔트 등으로 포장되어 땅속으로 스며들어야 할 빗물이 일시에 지표면이나 하천으로 방류되어 도시형침수나 홍수가 빈번하게 발생하고 있다. 더욱이 빗물의 지하 침투량이 감소함에 따라 도시 물순환이 단절되고 지하생태계가 파괴되어 주요한 자연공간인 하천은 건천화되는 것과 함께 시민들의 휴식공간은 점점 사라지면서 사회적 문제로 대두되고 있다.

20세기는 영토분쟁의 시기이지만 21세기는 지역간 물분쟁, 인간과 자연환경과의 물분쟁의 시기가 될 것이라고 전망하고 있으며 이를 나타내기도 하는 듯 오늘날 인류와 자연환경은 심각한 물부족의 위기를 겪고 있다. 이에 선진국에서는 이미 십수년부터 도시형 홍수를 예방하고 부족한 수자원을 해결하기 위해 빗물을 새로운 수자원으로 인식하여 대체 수자원으로서의 빗물이용의 효율적 활용을 추진해 오고 있다. 과거에는 이용가치가 없다고 여겼던 빗물을 저류하여 생활용수, 비상용수, 환경용수 등으로 활용하고 또한 이용할 수 없는 빗물은 하수도에 방류하지 않고 되도록 땅속에 침투시켜 지하수 부존량을 증대시키고 지하생태계를 회복시키는 동시에 지표면으로 유출되는 빗물을 저감시켜 치수피해를 예방하며 나아가 치수, 이수 및 환경보전을 고려한 도시계획을 추진하고 있다.

이와 같은 빗물을 이용함으로써 얻을 수 있는 효과는 3가지로 정리된다.

- ① 도시의 자기수원 확보
- ② 물순환시스템의 회복으로 인한 하천·지하 생태계

보전 등의 효과

③ 홍수예방

### 4.2 빗물이용시스템 이해

#### 4.2.1. 빗물이용시스템의 분류

##### (1) 이용방식

빗물이용의 방식은 크게 개별이용방식과 공동이용방식 2종류가 있다.

##### 1) 개별이용

개인주택의 지붕 또는 부지에 내린 비를 한곳으로 모아 서 모래, 부유물질을 제거하여 멸균처리를 행한 후 저류조에 저류시켜 그 용수를 수세식화장실용수, 살수, 세차 등에 이용하는 방식이다. 일반적으로 많이 적용되고 있는 방식이다.

##### 2) 공동이용

비교적 집중된 지역으로써 예를 들면 단지규모의 지역에서 이용하는 방식이다. 집수장소는 지붕 또는 토사 등의 오염물질이 적고 면적이 넓은 노명 등이 선택되며 집수장소에 쌓여져 있는 모래, 부유물질을 제거한 후 일정한 용기에 저류시켜 수세식화장실용수, 세차용수, 살수용수 등 상수대체용수로 이용하는 방식이다. 빗물은 이용한 후에는 오수로서 공공하수도에 방류된다.

##### (2) 이용시스템의 분류

빗물이용시스템은 초기빗물의 배제와 침투시설의 설치 여부에 따라 아래와 같이 나눌 수 있다.

##### 1) 전량이용형 시스템

전량이용시스템을 말하며 가장 간단한 방식이다. 지붕에서 집수된 빗물을 여재 혹은 체(screen)를 거쳐 저류조에 전량을 모은 후 화장실 용수 등으로 이용한다. 이 방식은 빗물이 저류조에 완전히 채워진 상태에서 원류하게 하는 시스템이다.

##### 2) 초기빗물 배제시스템

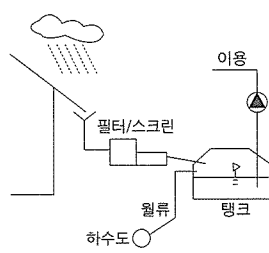
초기빗물 배제시스템으로 우회형으로 초기강우에 포함되어 있는 미세입자나 고형물 등을 하수관거로 배제시킨 후 양질의 빗물만을 저류조에 집수하는 방식이다. 이 방식은 강우강도가 높을 경우에도 하수관거로 배제하게 된다.

##### 3) 저류·조절형 빗물이용 시스템

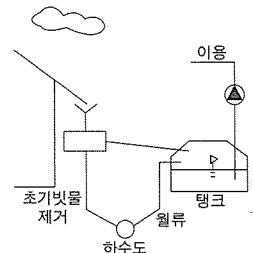
전량이용시스템을 변형한 방식으로 저류조의 용량을 증가시킨 시스템이다. 이 시스템에서는 조절판을 이용해 저류용량을 조절할 수 있다.

##### 4) 이용·침투형 빗물이용시스템

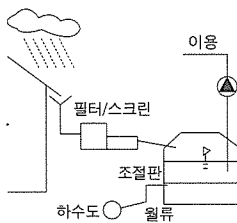
침투병용시스템으로서 빗물이용시설과 함께 침투시설을 설치하여 이용하지 않은 빗물땅속으로 침투시키는 방식이다. 빗물이용과 더불어 지역내 물순환을 고려한 것이다.



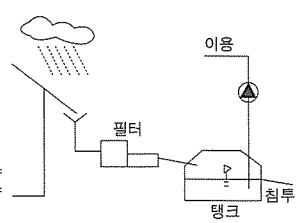
〈그림4-1〉 빗물전량 이용형 시스템



〈그림4-2〉 초기빗물 배제형 시스템



〈그림4-3〉 빗물저류 및 조절형시스템



〈그림4-4〉 빗물이용 및 침투형 시스템

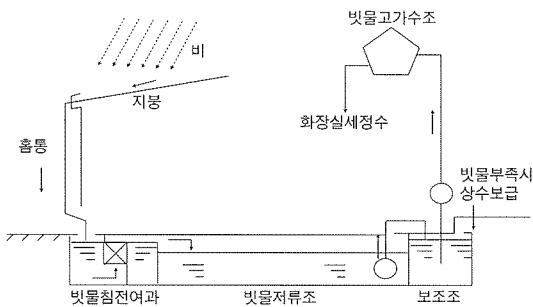
#### 4.2.2. 빗물이용시설의 구성

빗물이용시스템은 지붕으로부터의 집수, 빗물저류조, 양수파이프, 잡용수고가수조, 지붕배관으로 구성되어 있으며 비교적 다른 하·폐수재이용시스템에 비하여 단순

### ⅢⅢⅢ 환경논문 〈지난호에 이어〉

하다. 그 외에 저류조가 반수가 되었을 때 하수관으로의 by-pass시스템이 필요하다.

또한 음용수로 이용하지 않기 때문에 정수처리의 수준까지 처리할 필요가 없지만 빗물에 포함되어 있는 협잡물을 제거하기 위하여 침전조나 여과조를 설치하는 경우가 많다. 일반적인 빗물이용시스템의 구조에 대해 나타내면 〈그림 4-5〉와 같다.



〈그림 4-5〉 빗물이용시스템의 개념도

빗물을 단독으로 이용하는 경우는 원칙적으로 지붕이나 옥상과 같이 양호한 수질을 얻을 수 있는 장소로서 되도록 이용할 목적인 용수의 수질에 적합한 빗물을 모을 수 있는 집수면을 선정하여야 한다. 일반적으로 오염도가 심한 집수면에서 모아진 빗물은 오염된 물을 정화하기 위하여 복잡한 처리설비가 필요할 뿐만 아니라 처리비용이 상승하는 요인으로 작용한다. 그러므로 처리에 전문적인 지식이 없는 일반인도 쉽게 다룰 수 있는 간단한 처리 시설로 구성되도록 오염되지 않은 물을 집수하는 것이 바람직하다.

또한 빗물이용에 대한 계획을 수립하는 경우에는 기존 건축물에 대하여 빗물받이 등의 배수계통, 옥상이나 지붕면에 구조적으로 크게 변경되지 않도록 고려하여야 한다.

#### 4.2.3. 빗물의 수질특성

빗물은 집수장소(표면상태)에 따라 수질과 유출량이 다르다. 도시지역의 경우에는 빗물의 집수대상은 크게 옥

상·지붕, 공원, 주차장, 도로, 인공지반으로 구분된다. 이 중에서 옥상·지붕, 공원의 잔디면, 주차대수가 적은 주차장노면 및 인공지반면에서는 양호한 수질의 빗물을 집수할 수 있다.

빗물은 그 자체로 대기 오염상태의 영향을 받아서 산성을 나타내는 경향이 있으며, 초기 빗물 중에는 수십~수천개/ml의 일반세균도 포함되는 경우도 있지만 간이처리로서 수세식 화장실 세정용수, 살수용수 또는 친수시설의 유지용수로 이용하는데는 큰 문제는 없다고 알려져 있다.

이에 대해 도로면에 떨어진 빗물은 오염물질의 농도가 높고 중금속을 포함한 불특정 다수의 유해물질이 포함될 가능성이 높기 때문에 간이 처리하여 이용할 수 없다. 특히 빗물을 이용하는 경우에는 산성비의 영향, 초기강우의 오염상태에 유의할 필요가 있다. 산성비 및 금속의 부식 등이 발생되기 때문에 수조 및 배관 등을 정기적으로 점검하여야 한다. 또한 초기강우의 오염은 옥상·지붕면에서는 먼지나 동물의 배설물 등의 표면퇴적물이 유입될 우려가 있고, 공원의 녹지면에서는 토양의 유출과 비료성분이 혼입될 가능성이 높기 때문에 초기 빗물을 배제시킬 수 있는 시설의 설치가 필요하다.

또한 집수장소로부터의 얻어지는 표면유출량은 도시지역의 강우에 고층화에 따른 용적률 증가로 인하여 집수면인 옥상·지붕면전이 작기 때문에 상대적으로 빗물의 집수량이 적어지게 된다. 또한 공원과 같이 투수성 지반인 경우는 빗물이 토양으로 침투되기 때문에 집수량이 적은 편이다. 이에 반해 콘크리트나 아스팔트로 조성된 주차장, 도로 및 인공지반에서는 유출계수가 높고, 집수면적에 비례해서 집수량도 많아진다.

#### (1) 직접 채수한 빗물

직접 채수한 빗물의 표준적인 수질범위를 나타내면 〈표 5-1〉과 같다.

pH항목을 제외한 나머지 항목들은 빗물이 떨어지는 지속시간이 길어짐에 따라 농도가 낮아지고 점진적으로

최저치에 접근해가며, 직접 채수된 빗물의 표준적 수질범위로서 SS 10mg/l, COD 1~4mg/l 정도를 제시하고 있다.

#### (2) 옥상·지붕(콘크리트면)

옥상·지붕에 떨어진 빗물을 저류조에서 채수하여 측정한 수질자료를 살펴보면, 침전여과과정을 거친 저류조의 빗물은 일반세균 항목을 제외하고는 대체로 음용수수질기준에 적합한 수질상태를 보인다. 단 바람이나 옥상·지붕에 쌓인 퇴적물의 상태에 따라 수질은 다소 변동될 수도 있다.

#### (3) 도로

하루 운행되는 차량 대수와 6m 폭의 도로에 수돗물을 살수하고, 이를 채수해서 측정한 수질자료를 보면 5mm이상의 강우량 조건에서 BOD는 10mg/l 이하가 얻어진 반면 초기오염도는 상당히 높다.

#### (4) 주차장(아스팔트)

세균수가 다소 많지만 옥상·지붕면에서 집수한 빗물의 수질농도와 유사하며 비교적 양호한 수질상태를 보인다.

#### (5) 공원(녹지)

공원의 녹지면에 인공적으로 수돗물을 살수하고 이를 채수해서 측정한 수질자료를 보면 강우강도 20~120mm/hr, 살수시간 10~21분의 살수조건에서 유출수의 BOD는 10~30mg/l 의 범위이다. 또한 유출개시 직후의 타도는 현저히 증가된 것으로 보고되고 있다.

#### (6) 인공지반

도로를 제외한 정원, 식재된 건물공간과 같은 인공지반에서 빗물을 이용하는 경우는 표류수를 이용하는 방법과 빗물을 침투·여과시켜서 이용하는 방법으로 구분된다.

인공지반에서 채수한 빗물을 침투·여과시켜 측정한 수질농도는 표4-1과 같다.

빗물을 침투·여과시켜서 채수한 빗물의 pH는 9.1로서 이는 저류조 콘크리트조에 기인하는 것이며 기타 다른 수질항목은 양호한 상태를 보인다. 인공지반에서 채수된 빗물의 수질은 옥상·지붕면에서 채수된 빗물의 수질과 거의 유사하다.

#### 4.2.4. 빗물이용 목표수질

빗물을 이용하는데 발생할 수 있는 문제점으로서 인체의 위생적 측면과 기기에 대한 장애이다. 인체에 대한 피해는 전염병 및 사용자의 불쾌감 등이 되며, 기기에 대한 장애는 기기, 배관내부의 부식, Scale, Slime 등이 있다. 또한 이용목적의 시설에 물을 보내기 위해서는 배관을 사용하여 통수를 하기 때문에 부식, Scale, Slime에 대한 장애는 피할 수 없다. 그러므로 빗물이용을 계획할 경우에는 인체에 해가 없고 기기에 주는 장애를 최대한 줄일 수 있도록 소독제의 잔류와 Scale, Slime을 발생시키는 물질이 포함되지 않도록 고려하여야 한다.

빗물이용의 목표수질은 각각의 적용분야에서 요구되는 수질이 다르지만 기본적으로 검토하여야 하는 사항은 다음과 같다.

- ① 위생상 문제가 없을 것
- ② 이용상 불쾌감을 주지 않을 것
- ③ 시설구조상 문제가 없을 것
- ④ 시설의 유지관리상 지장이 없을 것

### 4.3 빗물이용을 위한 기술

빗물이용기술은 크게 빗물집수, 빗물저류 및 빗물 침투로 구분할 수 있다. 이 중에서 수자원의 유효이용과 외부공간을 대상으로 하는 녹지공간 및 친수공간의 창출과 밀접한 관련이 있는 부분은 빗물집수 및 빗물저류부이며 홍수유출량 저감 및 지하수함양은 빗물 침투부분과 직접적으로 관련이 있다.

물의 유효이용측면에서 빗물이용은 빗물과 오수를 분

리하는 것에서부터 시작한다. 강수로 내린 빗물은 일부는 집수되어 상수대채용수로 이용하고 집수되지 않은 빗물은 땅속으로 직접 침투시킴으로서 하수도로 방류되는 빗물의 양을 줄여 나감으로서 가능한 하수도는 오수와 폐수만을 처리하도록 한다. 이러한 원칙에 의하여 건물의 용수급배수시설과 처리시설을 다루는 기술이 빗물이용을 위한 기술이 된다.

- ① 집수기술 : 지붕면 등 집수면에서 빗물을 집수하기 위한 기술
- ② 저류기술 : 저류조와 탱크에 저장해 놓기 위한 기술
- ③ 처리기술 : 수질정화 및 초기빗물을 차단하기 위한 기술
- ④ 급수기술 : 빗물 및 수돗물을 급수하기 위한 기술
- ⑤ 지하 침투기술 : 집중호우시의 다량으로 발생하는 빗물을 되도록 땅속으로 침투시켜 지표면으로 유출되는 빗물량을 줄이기 위한 기술
- ⑥ 유지관리기술 : 빗물이용 시설의 유지관리 기술

빗물이용시스템을 계획할 때에는 위의 기술을 조합시켜서 건물의 상태와 시설의 규모, 빗물의 이용용도 등에 적합한 시스템으로 구성하여야 한다. 이 경우 스스로 창조적인 발상으로 독자적 개발이 중요하다. 빗물이용의 보급과 함께 필요한 기술도 개발하고 있지만 아직 불충분하며 개량의 여지는 많이 남아 있다.

다음은 주로 단독주택, 연립주택, 소규모 사무빌딩, 공공시설 등에서의 빗물을 이용하는 경우에 각 부분에서 고려하여야 하는 요소와 기술적인 내용에 대해 설명한다.

#### 4.3.1. 빗물집수기술

##### (1) 집수장소

빗물을 회수하는 방법에는 아래 3가지가 있다.

- ① 건축물의 지붕, 옥상 등을 대상으로 집수하는 방법
- ② 부지전체를 대상으로 집수하는 방법
- ③ 지리적 조건을 고려하여 부분적으로 집수하는 방법

빗물의 집수장소를 지붕, 옥상 등을 대상으로 하는 방법은 빗물의 유출률이 좋고 동선에 회수한 빗물의 수질이 양호하기 때문에 염소멸균 정도의 간단한 처리로 용수로서 이용할 수 있고 처리비용도 저렴하다. 그러나 건폐율 등에 의하여 면적이 제한되어 강우량의 일부밖에 회수할 수 없으므로 충분한 수량을 얻을 수 없다. 부지전체를 집수하는 방법은 많은 수량을 얻을 수는 있지만 회수한 빗물이 노면을 흐르면서 다량의 오염물질을 포함하여 수질이 나빠지게 되므로 처리비용이 높아진다.

그러므로 실제로 계획을 세울 때는 필요수량이나 처리비용의 경제성 측면을 검토하여 집수장소 등 회수방법을 결정하여야 한다.

<다음호에 계속>

## 「월간 '환경기술인」

- 구독방법 : 무통장 입금 기본(차후 지로용지 납부 가능)
- 구독료 : 6만원(1년)
- 구입문의 : (02)852-2291(연합회 사무국)