

수자원 고갈에 따른 빗물의 효율적 이용 방안 <4>



이성호 | 환경공학박사
경기도환경기술인협회의회장
세명대학교 환경공학과 교수

<지난호에 이어>

(3) 빗물저류조의 설치

빗물저류조의 설치장소는 지상형 및 지하형의 2가지로 크게 나누어진다. 지하설치형에는 월류하여 자연비수가 가능한 타입과 불가능한 타입으로 나눌 수 있다. 대규모인 건물에서는 건설비용, 공간의 제약 등으로 지하설치형이 일반적이다. 어느 쪽이던지 건물형태에 합당한 설치장소의 검토가 필요하다. 대규모의 시설에서 지하에 매설하기도 하고, 최저층의 지층위에 조립하는 것이 일반적이다. 지하에 설치하는 경우는 월류된 물을 자연유하로 배출하기가 어렵기 때문에 동력기기(펌프)로 양수하여 배출시켜야 한다.

단독주택 등은 운반이 가능한 빗물저류조(빗물탱크)를 옥상과 지상에 설치하는 것이 보통이지만 그 중에서 철근콘크리트에서 상자형의 기초를 구축하여 빗물저류조를 겸하여 하기도 하고 현관의 1층테라스, 차고 등의 지하에 빗물 저류조를 매설하기도 하며 계단 밑 등의 사용하지 않은 장소(dead space)에 빗물저류조를 설치하는

예도 있다.

2층의 단독주택에서는 2층의 지붕에서 빗물을 집수하고 2층의 발코니와 지붕테라스에 설치한 빗물 탱크에 저장하는 경우에는 자연유하로 1층의 화장실에 급수가 가능하지만 지상층의 테라스와 정원에 설치한다. 지하에 매설하는 경우는 양수펌프로 급수해야 한다. 설비비는 유지관리면에서 2층에 빗물탱크를 설치하는 것이 가장 좋고 다음이 지상이다. 단 2층에 설치하는 경우에는 탱크의 크기가 제약된다. 너무 많은 용량이 큰 것을 설치하면 건물의 구조에 영향을 미치는 비용을 증가시키게 된다. 빗물을 저장해서 급수하는 것만 생각하면, 최상층의 지붕의 바로 밑 즉, 2층의 건물이라면 2층의 지붕밑에 빗물저류조를 설치하는 것이 합리적이지만 그러기 위해서는 대들보, 기둥, 토대 등을 단단하게 만들어야 한다.

4.3.3. 빗물처리기술

지붕에서 집수된 빗물을 수세식 화장실 용수 등의 생활 용수로 활용하기 위해서는 강우과정이나 집수과정에서 유입되는 오염물질의 특성과 이용용도의 목표수질에 따

라 적절한 처리시설이 요구된다.

(1) 표준처리과정

빗물의 표준처리과정은 빗물집수량, 이용용도 및 건축물의 용도·특성을 종합적으로 고려하여 결정한다.

빗물처리는 주로 부유물질을 제거하는 것으로서 비용해성의 무기성물질과 유기성물질을 제거하는 시설이 중심이 된다. 빗물처리시설은 기능면에서는 주로 처리시설, 저류시설 및 후처리시설로 분류된다.

빗물의 수질은 강우시 대기오염도와 집수면의 오염상태에 따라 좌우된다. 수질오염도는 시설의 주변환경에 의해 차이가 있기 때문에 이 점도 고려하면서 빗물의 이용용도에 따라 처리하는 정도와 방법을 검토한다. 예를 들어, 주변에 식물이 있으면 낙엽이 혼입되기 쉽기 때문에 그물바구니나 스크린 등의 설치가 반드시 필요하고 모래가 많은 땅이나 나대지가 있는 경우에는 토사가 다량 혼입하기 때문에 침사지 및 침전처리와 여과처리가 필요하다. 단, 음료용과 목욕용 및 세탁용 등 인체에 직접 접촉하는 용도일 경우에는 별도의 처리가 필요하며 빗물의 이용용도가 살수나 세차 등과 같은 잡용수라면 그물바구니 등으로 쓰레기를 사전에 제거하고 침전분리처리로 토사를 제거하는 등의 물리적 처리만으로 충분하다. 그러나 처리방법이 너무 복잡하면 설비비가 증가하고 유지관리도 어렵기 때문에 대규모의 빗물이용설비 이외는 되도록 단순한 처리방법을 채택하는 것이 좋다.

그물바구니에 걸려진 낙엽 등이 수중에서 부패하는 것을 막기 위하여 설치시에 수면 위에서 혼입물을 제거할 수 있는 구조로 해야 한다. 이러한 방법은 매우 단순한 구조이기 때문에 보수가 쉽고 정기적으로 점검하여 쓰레기 등이 쌓여 있으면 제거할 수 있다. 빗물에 혼입되어 있는 토사를 제거하기 위해서 침사지와 침전지를 빗물저류조에 설치할 수 있다. 집수한 빗물을 수직 빗물배수관을 통해 유하시켜 빗물에 섞여 있는 토사류를 침사조에 자연유하시키고 부유물질은 침전조에서 침전제거하여 상정수만

을 이용할 수 있도록 계획한다.

침사조는 침전조의 바로 앞에 설치하여 유입된 빗물을 30~60초정도 체류시키면 체류시간동안 토사가 바다에 침전되어 제거된다. 침사조를 거친 빗물은 침전조에서 2~3초간 체류시켜 부유물질을 천천히 자연 침강 시킨다. 체류시간은 침전시키고 싶은 부유물질의 종류에 의해 결정된다. 침사조 및 침전조는 바다에 흠을 만들고 경사를 두어 퇴적하기 쉽게 만든다.

빗물저류조의 앞에 별도의 침전조를 설치하면 보다 효과적이지만 일반적으로 빗물저류조를 침사조, 침전조, 저류조로 나누는 것으로도 충분히 효과적이다. 빗물저류조의 용량이 10m³ 이상인 경우에는 침사조를 설치하는 것은 드물며 침전조만 설치한다. 일반 가정용으로는 침사·침전조 대신에 빗물 저류조에 금속 필터와 층을짜서 여과 처리하는 경우도 실시되고 있다.

(2) 주요 처리설비

주요 처리로는 스크린, 침사, 침전이 있다. 수질적 측면에서 이 단계의 처리에서 수세식 화장실 세정수의 용도로 적합하다.

1) 스크린

빗물 중의 쓰레기, 휴지, 낙엽, 조약돌 등의 비교적 큰 협잡물을 제거하기 위해서, 그리고 이어지는 처리장치의 기능유지를 위해서 필요하다. 단순히 금속제 및 수지제의 망을 사용하는 단순한 것을 시작으로 협잡물을 자동적으로 제거하는 것까지 광범위하게 걸쳐있다.

2) 침사조

빗물 중에 포함된 토사 및 큰 부유물을 자연침전에 의해 제거하기 위해서, 침전조 및 저류조의 앞에 설치한다. 침전조와 병행한 사례도 있지만, 침사조에서 침전물이 많기 때문에 유지관리상 구별하는 것이 바람직하다. 체류시간은 수분간(1~2분)이다.

ⅢⅢⅢ 환경논문 〈지난호에 이어〉

3) 침전조

빗물 중에 포함된 미세한 모래 및 유기성부유물을 자연 침전으로 제거한다. 원리적으로는 침사조와 동일하지만 조내의 유속 및 체류시간이 다르다. 체류시간은 1~3시간이다. 집수면에서 유하시킨 빗물은 대기 중에 부유하고 있는 극히 미세한 것에서부터 집수면과 지붕 물받이 등에서 떨어진 돌조각 정도의 크기까지 다양한 크기와 중량을 가지고 있으므로 이들을 자연침강시켜 제거하는 설비가 침전조이다.

침전조는 빗물저류조로 유입되는 부유물질을 저감시켜 주기 때문에 빗물저류조의 청소주기를 길게 해 준다. 또한 침전조 부분만을 단독으로 청소할 수 있는 구조로 하면 청소관리가 쉬워진다. 지상에 침전조를 설치하는 경우에 하부에 배수밸브를 설치하면 별도의 동력이 없이도 침전에 쌓여있는 침전물을 제거할 수 있으므로 빗물에 혼입물이 많이 유입되는 지역에서는 매우 편리하다.

또한 빗물의 유입압력을 낮추기 위해 빗물 유입구의 바로 밑에 완충판을 설치할 필요가 있으며 완충판의 표면을 인공잔디로 만들면 완충작용이 커질 뿐만 아니라 여과의 효과도 기대할 수 있다.

침전조내에서 빗물이 체류하고 있는 시간이 길수록 보다 미세한 것까지 제거할 수 있기 때문에 침전조의 용량을 클수록 효과적이다. 또한 겨우 침전시킨 경우에도 호우 등으로 일시에 대량의 빗물이 유입되었을 경우에도 침전조에서 침전되어 있던 부유물이 재차 부유할 수 있기 때문에 이중삼중으로 침전기능을 설치해 두는 것이 효과적이다. 그러나 대규모인 빗물이용시설이 아니라면 비용 측면에서 경제성이 없고, 유지관리도 힘들다. 또한 침전조의 일부에서는 파쇄여과조나 필터를 설치하는 경우도 있다. 침전효율을 증가시키기 위하여 침전조를 다중으로 설치하는 방법도 있다.

4) 여과조

빗물과 함께 유입되는 토사와 먼지 중에는 비중이 비교적 작은 입자가 너무 미세해서 침전조에서는 제거가 어

려운 것이 있다. 이때 침전조 옆에 여과조를 설치해 여과 처리를 하면 더욱 효과적이다.

여과장치는 모래, 안스라사이트(Anthracite) 등의 여재를 이용하고 빗물 중의 미세한 부유물질을 제거하기 위한 것으로 침전조의 다음에 설치하고 처리수질의 향상을 도모하는 시설이다. 급속모래여과장치는 본래 약품침전처리후의 물을 기계적인 걸름(체)작용과 물리적인 흡착작용에 의하여 여층 중에 포착하여 제거하기 때문에 응집플록이 모래입자표면에 흡착되거나 이미 흡착된 플록의 흡착작용 등에 의하여 처리효과가 높아진다. 이에 빗물처리에서는 응집침전처리하지 않고 자연침전수를 직접 여과하는 것이므로 주로 모래입자간격에 의한 걸름작용에 의하여 제거되고 탁도의 제거율은 작다(탁도제거율은 50%정도). 빗물처리에서 여과장치의 역할은 침전처리된 수질을 더욱 깨끗하게 하는 것이지만 침전처리수의 수질을 크게 향상시키는 것은 아니다.

여과장치의 계획수량은 침전처리수의 전량을 처리하는 것보다는 이용용도에 필요한 수량만 처리하는 것이 경제적이다. 빗물처리장치의 여과장치의 처리수량을 기껏해야 시간당 수 m^3 ~수십 m^3 으로 적고 설치장소도 건물지하로서 부지면적도 작아 설치에 제한을 받는 경우가 많다. 여과처리방법은 다양한 것이 있지만 개방된 수조를 이용하여 중력으로 여과하는 중력식과 밀폐된 여과장치를 이용한 펌프로 가압하는 압력식이 있다. 보통 간단한 빗물 이용에 적합한 것으로는 쇠석층이나 필터를 이용한 간이 여과법이 있으며 여과장치를 설치하는 데에 부지확보의 어려움 등 제한조건이 있는 건물에는 압력식이 주로 적용되고 있다.

4.3.4. 빗물급수기술

빗물을 실내·외에서 사용하기 위해서 빗물급수관을 설치할 수 있지만, 이 빗물급수관은 수도관과는 별개로 배관해야 한다. 상수도의 급수관과 빗물의 배관을 직접 접촉하지 말아야 한다. 빗물급수관과 상수도관이 접촉되

어 있으면 교차연결(cross connection)이 되어 빗물이 수도관에 흘러 들어가 상수도가 오염될 우려가 있다. 따라서 빗물급수관은 식별이 가능하도록 도장 등을 해 두는 것이 바람직하다. 특히 신축 또는 증·개축을 하여 급수관의 배관공사를 할 때에는 공사가 끝나는 시점에서 상수도관과 빗물의 배관이 오접합되어 있는지를 확인해야 한다.

4.3.5. 빗물침투기술

빗물이용은 지붕으로부터 집수관에 모아 사용하는 동시에 월류수 및 지표면에 내린 빗물을 침투트렌치 등 침투시설에 의해 땅속으로 침투시켜 지하수에 환원시키는 방법도 있다. 이는 단지 치수상의 효과뿐만 아니라 지역 물순환의 재생에도 도움이 된다. 도시에서는 빗물을 지하로 침투시킴으로써 고갈되어가고 있는 지하수를 다시 함양시키고 지반침하를 막으며 식물을 성장하게 하고 대기를 정화시키는 효과가 있다.

빗물을 땅속으로 침투시키는 시설에는 침투트렌치, 침투통, 침투측구, 투수성포장 등이 있다. 일반 개인주택에서 설치할 수 있는 장치로는 침투트렌치, 침투통, 투수성포장 등이 있다.

5. 우리나라 빗물이용 활용사례 분석

현재 우리나라의 경우 빗물은 도서 및 산간 지방 등 상수도를 공급받을 수 없는 경우에만 일부 사용되고 있는 실정이지만 독일, 일본, 호주와 같은 선진국 등에서는 빗물이용을 모든 물 관리 방법 중에 가장 먼저 생각하는 방안의 하나로 집중적으로 연구하고 실행에 옮기고 있는 실정이다. 따라서 이미 빗물을 훌륭한 수자원으로 사용하고 있다.

5.1 빗물이용 적용사례

최근 개정된 국내 수도법(2000. 3. 28)에서는 빗물

이용시설의 설치의무대상을 지붕면적이 2,400㎡이상이고, 좌석수가 1,400석이상인 종합운동장·실내체육관 등 체육시설로 확정하였다(시행령안 제 15조의 3). 즉, 앞으로 종합운동장, 실내체육관 등 대통령령이 정하는 시설물을 신축하는 경우 빗물이용시설을 반드시 설치하여야 한다. 또한 이러한 빗물이용시설에는 집수시설, 송·배수시설, 빗물저류조 등을 반드시 갖추도록 하고 연2회 이상의 점검과 청소 등의 관리의무도 부여하였다(시행규칙안 제4조의 3).

(1) 도서지역의 소규모 빗물 이용시스템

현재 우리나라의 해안 지역의 섬에서는 적절한 물 공급시스템이 갖추어져 있지 않으므로 빗물을 이용하거나 지하수를 취하여 식수와 생활용수로써 사용하고 있다. 제주도과 같은 큰 섬에서는 최근에 자체 정수시설을 갖추어 물을 공급하고 있고 과수원 등에서나 허드렛물로 빗물을 이용하고 있다. 그러나 빗물을 이용하고 있는 소규모의 많은 섬들(울릉도, 사도, 우도, 마라도 등)은 물 부족으로 고생하고 있고 이를 위한 해결책으로써 지하수, 중수도, 해수의 담수화 및 인공강우의 사용 등이 제시되고 있다. 지하수를 과다 사용하게 되면 지하수의 고갈이나 염수의 침입 등의 무제가 발생하고, 중수도나 해수의 담수화 및 인공강우 등은 많은 설치비 및 운영비를 필요로 하여 지속가능한 해결책은 아니다.

따라서 이러한 도서 지역에서는 개인 차원의 빗물 저류시설뿐만 아니라 적정 규모의 공동 지하 빗물 저장조를 설치하여 강우기에 빗물을 모아두었다가 사용하는 방법을 위한 행정적인 지원이 요구된다.

(2) 2002년 월드컵 경기장의 빗물 이용 시스템

최근에는 정부에서도 빗물이용의 필요성을 인식하여 법을 개정해 2001년부터 빗물이용시설의 설치를 의무화 하도록 하였다. 수도법 제 11조 3항에 따르면 종합운동

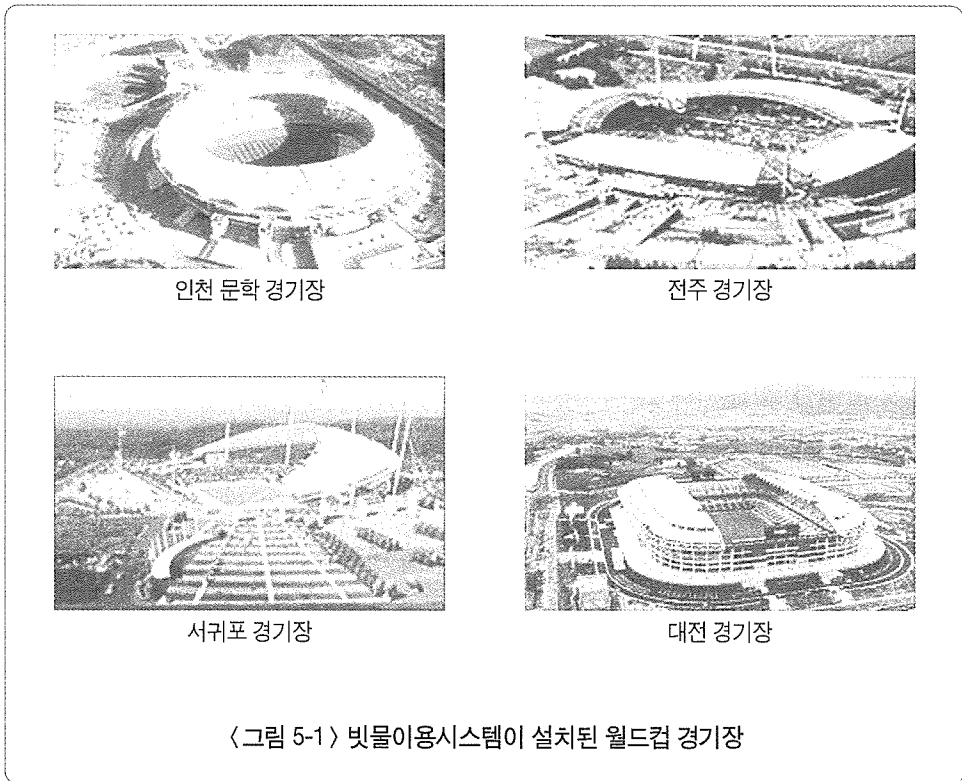
ⅢⅢⅢ 환경논문 <지난호에 이어>

장·실내체육관 등과 같이 넓은 지붕면적을 차지하는 시설물 중에서 대통령령이 정하는 시설물을 서립하고자 하는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하도록 규정하고 있다. 그리고 빗물이용시설의 시설기준, 유지관리 기타 필요한 사항은 환경부령으로 정하도록 하였다.

월드컵 경기장은 수도법이 개정되기 이전에 설계와 시공이 이루어져서 10개의 월드컵경기장 중 빗물이용시설은 인천 문학 경기장, 대전 경기장, 전주 경기장, 제주 서귀포 경기장에 설치되어 있다<그림 5-1>. 서울 경기장과 광주 경기장은 수영장과 수익시설에서 배출되는 배수를 수처리하여 화장실 세정수와 잔디살수용수로 재이용

하는 중수시설을 설치하고 있으며 중수 처리시설은 빗물 처리시설로도 사용할 수 있으므로 빗물과 연계하여 활용하면 더욱 효과적인 수자원 절약시설이 될 수 있을 것이다. 수원 경기장의 경우, 홍수 방어를 목적으로 저류조를 설치하였고 부지면에서 집수된 빗물이 저류조를 통해 하천으로 방류하도록 되어 있다.

빗물은 지붕면 또는 지표면을 이용하여 집수되어 저장되고 조경용수, 잔디살수용수, 소방용수, 화장실 세정수고 사용되고 있다. <표 5-1>은 각 경기장의 집수 방법과 미처리 빗물의 배제 방식을 <표 5-2>는 저류조 용량을 보여주고 있다.



〈표 5-1〉 월드컵 경기장 빗물 집수방법 및 배제방식

경기장명	집수방법	수처리시설	활용용도	비이용 빗물 배제방식
인천	경기장 지붕	×	잔디살수용수	하수처리장 방류
대전	보조 경기장 바닥	×	잔디살수용수	하천방류(반석천)
전주	경기장 지붕	○	잔디살수용수 조경용수 소방용수	하천방류(조춘천)
서귀포	경기장 지붕	○	잔디살수용수 조경용수 화장실세정수	바다방류
수원	부지면 전체	×	홍수방지	하천방류(장다리천)

〈표 5-2〉 월드컵 경기장의 저류조 용량

경기장명	집수면적	대지면적	저류조 용량
인천	17,500㎡(지붕면적)	441,628㎡	600㎡
대전	7,140㎡	172,378㎡	200㎡
전주	23,810㎡(지붕면적)	480,326㎡	710㎡(500㎡+210㎡)
서귀포	14,200㎡(지붕면적)	134,122㎡	500㎡
수원	425,500㎡(부지면적)	425,500㎡	24,500㎡

전주와 서귀포 경기장은 여과와 소독 공정을 포함한 빗물처리 시설을 갖추고 있다. 전주 경기장의 일일 처리 용량은 288㎡이며 지붕면에 의해 집수된 빗물은 스트레이너를 거친 후 모래여과, 활성탄 여과 공정을 거치게 되고 마지막으로 소독 공정을 거치게 되도록 설계되어 있다.

서귀포 경기장은 모래여과와 염소소독 공정을 거쳐 조경용수, 잔디살수용수, 화장실 세정용수로 사용된다. 인천 문학경기장과 대전 경기장은 수처리 시설을 갖추지 않았는데 저장된 빗물은 잔디 살수용수로 사용되고 있다.

〈다음호에 계속〉

「월간 ‘환경기술인」

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