

서울시 빗물이용시설의 운영 및 유지관리 방안

1. 빗물이용시설 설치 및 관리의 필요성
2. 빗물이용 활성화의 제한요소
3. 사례분석: 서울숲 빗물이용시설의 경제성 평가 및 관리 개선사항
4. 빗물이용시설의 운영 및 유지관리 방안

1. 빗물이용시설 설치 및 관리의 필요성

○ 치수적 측면에서의 필요성

- 최근 이상기후, 불투수면 증가로 인한 도시홍수 및 가뭄의 빈번한 발생으로 한번의 돌발성 강우에도 막대한 피해가 초래되고 있음. 특히 서울 등 대도시 지역의 경우 불투수 면적의 비율이 점차 증가하고 있어, 빗물관리시설¹⁾을 이용한 유출률 저감 등 근본적인 집중강우 대책이 요구됨.
- 제방확대나 빗물펌프장의 설치는 한계에 도달한 상태이며 또한 지역적 넘비현상으로 설치가 어려움.

○ 이수적 측면에서의 필요성

- 생활수준의 향상과 도시화 및 산업화로 용수수요가 증가하고 있음.
- 지역주민의 반대로 지표 수자원 개발에 어려움이 있어 대체 수자원 개발과 보전이 필요한 실정임. 계절적으로 물 부족 기간이 심화되는 것에 대비하고, 미래의 물 부족에도 대비할 수 있도록 빗물활용 여건을 조성하는 것이 필요함.
- 자연형 하천을 조성하여 시민에게 휴식공간을 제공하고자 하더라도 하천의 유지용수가 부족한 실정임. 또한 녹지가 증가함에 따라 상수대신 빗물을 조경용수로 활용할 필요성이 증대되고 있음.

1) 빗물관리시설은 빗물을 모아 생활용수·조경용수·공업용수로 이용할 수 있는 협의의 빗물이용시설과 집중강우 시 빗물을 일시 저류하여 하천의 범람과 침수피해를 방지하는 빗물저류시설, 지하수의 충전을 위한 빗물침투시설 등으로 나눌 수 있음.

2. 빗물이용 활성화의 제한요소

○ 저렴한 수돗물 값으로 인한 빗물이용시설의 설치 기피

- OECD 국가별 수돗물 가격을 비교해 보면 우리나라 수돗물 값은 OECD 국가 중에서도 최하위로 너무 낮아 국민들의 효율적인 빗물 이용을 기대하기 힘든 형편이며(<표 1> 참조), 빗물이용시설의 설치, 절수용품 등 다른 절수장치의 도입과 정착이 지연되는 결과를 초래하고 있음.
- 우리나라의 수돗물 값은 생산원가의 86.5% 수준으로 저렴하여 물의 낭비를 유발하고 있는 실정임. 서울시의 물 소비 실태를 보면 1인당 수돗물 사용량이 367ℓ로 독일(132ℓ)보다 3배나 많고, 덴마크(246ℓ), 프랑스(281ℓ)등 선진국을 능가하고 있음.

<표 1> OECD 국가별 수돗물 가격 비교

구 분		한 국	미 국	일 본	프랑스	영 국	네덜란드	덴마크
수도요금 (가정용)	US\$/m ³	0.31	0.58	1.20	1.58	1.43	1.41	1.34
	원/m ³	369.2	696	1,439	1,902	1,717	1,692	1,608
	기준년도	2002	1997	1995	1996	1998	1998	1995
비교(배)		1	1.9	3.9	5.2	4.7	4.6	4.4

자료 : OECD, 2003, 「국가별 물 자원 이용현황」.

○ 강우의 계절적 편중으로 빗물이용시설 운영이 어려움.

- 서울의 월별 평균강우량을 살펴보면 여름철인 6월과 7월, 8월 강우량이 952mm로 전체의 64%를 차지하여 계절별로 편중현상이 높음. 즉 연간 20mm 이상 되는 강우일수가 20일 내외로서 사실상 빗물이용시설의 활용을 어렵게 하고 있음.

○ 빗물관리시설의 설치 및 관리기준이 미흡함.

- 빗물과 지하수, 하수처리수 이용 등 대체 수자원에 대한 관심은 증가하고 있으나 관련 시설물의 설치 및 운영, 관리기준 등의 제도는 매우 미약한 실정임.
- 빗물을 화장실 용수 등으로 활용할 수 있는 제도적 여건도 미흡하고, 이런 환경사업을 공공 부문에서조차 경제적 시각으로만 접근하려 하고 있어 빗물이용이 활성화되지 않고 있음.

3. 사례분석: 서울숲 빗물이용시설의 경제성 평가 및 관리 개선사항

1) 서울숲 빗물이용시설 현황

○ 빗물이용시설 운영

- 서울숲 공원은 수돗물의 저장시설을 설치·운영하고 있는데, 비가 오면 조경용수로 사용하기 위하여 빗물을 저류하는 빗물이용시설로 운영하고 있음. 즉 이 시설은 우리나라 강우의 계절적인 특성으로 인해 빗물을 지속적으로 집수할 수 없어 상수를 저장하는 시설로 이용하다가 강우가 있을 경우 빗물저장시설로 사용하고 있음.
- 서울숲의 빗물저류탱크의 용량은 270m³/일로 실제 조경용수로 필요한 1일 필요량인 400~530m³/일의 약 2/3~1/2의 양을 저류할 수 있는 규모임. 서울숲의 용수 사용량과 비교할 때 빗물이용시설 규모로는 적은 양임. 그러나 서울숲의 빗물이용시설은 빗물을 전량 조경용수로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 잘 운영되면 좋은 빗물이용시설 사례가 될 수 있을 것임.

○ 서울숲 빗물이용시설 현황

- 서울숲 빗물이용시설의 빗물 담수용량은 <표 2>와 같음.

<표 2> 서울숲 빗물저류조의 설계조건

구분	설계기준	비고
설계빈도	10년	
유출량	$Q = C \cdot I \cdot A \times 1/360$ A : 유역면적 - 녹지: 0.543ha - 포장 : 0.4ha C : 유출계수 - 잔디/녹지: 0.2 - 포장구간 : 0.6 I : 강우강도 -서울시 평균 강우량 : 75mm/hr	
빗물저류조 담수용량	$V1(\text{빗물저류조 탱크}) = 9 \times 12 \times 2.5 = 270 \text{ m}^3$ $V2(\text{침전지}) = 3 \times 3 \times 2.5 = 22.5 \text{ m}^3$ $V = V1 + V2 = 292.5 \text{ m}^3$	

- 서울숲 빗물이용시설의 빗물받이와 저류조 모양은 (그림 1)과 같음.



[그림 1] 서울숲 빗물저류시설 현장 사진

2) 서울숲 빗물이용시설의 경제성 평가

○ 빗물이용 시 편익

- 서울숲 공원의 빗물이용시설을 활용하여 빗물을 저류하였다가 조경용수로 사용할 경우 상하수도 요금을 절감할 수 있음.
- 서울숲의 경우 빗물저류시설의 유효용량은 저류용량의 80% 정도이므로 빗물을 받아 사용할 경우 1일 상하수도 사용요금의 총 절감분은 273,295원임.
- 상수도 사용량 : $270\text{m}^3 \times 80\% = \text{약 } 220\text{m}^3$

- 상수도 요금절약 : $(50\text{m}^3 \times 470\text{원} + 250\text{m}^3 \times 600\text{원} + 6,410\text{m}^3 \times 680\text{원}) \times 2 \div 61$
 $= (23,500\text{원} + 150,000\text{원} + 4,358,800\text{원}) \times 2 \div 61 = 148,600\text{원}$
- 하수도 요금절약 : $(50\text{m}^3 \times 260\text{원} + 250\text{m}^3 \times 390\text{원} + 6,410\text{m}^3 \times 440\text{원}) \times 2 \div 61$
 $= (13,000\text{원} + 97,500\text{원} + 2,820,400\text{원}) \times 2 \div 61 = 96,095\text{원}$
- 물이용 부담금 절약 : $13,420\text{m}^3 \times 130\text{원} \div 61 = 28,600\text{원}$
- 총 절감분 : 273,295원

- 1년 중 강우강도가 20mm/일 이상인 강우일에는 빗물을 저장하였다가 사용할 수 있다고 가정하면, 2004년 1년 중(2004년 5월~2005년 4월) 20mm 이상 강우일수가 16일이므로 1년 동안의 상하수도 요금 절감액은 <표 3>과 같이 4,372,720원으로 분석됨.

<표 3> 1년 동안 상하수도 요금 절감액

구분	상수도요금	하수도요금	물이용부담금	1일 절감액	1년 절감액
업무용 (현재는 임시용)	148,600	96,095	28,600	273,295	4,372,720

주) 1년 동안 16회 빗물을 이용할 수 있다고 봄.

○ 빗물이용시설의 관련 총 비용

① 빗물이용시설의 설치비용

- 현재 설치된 빗물이용시설이 거의 대부분 수돗물을 저류하는 시설이고, 1년 중 일정 이상의 강우가 있는 경우 빗물저류시설로 활용하고 있으므로 총 건설비의 10%를 빗물이용시설(집수시설, 침전시설, 여과시설 포함)의 설치비용으로 판단하여 계산하였음.
- 빗물이용시설의 설치비는 총 건설비인 190,168천원의 10%인 19,017천원으로 분석되었음 (<표 4 참조>).

<표 4> 빗물이용시설 설치비용(선진설계감리단 자료)

(단위 : 원)

저류조용량(m ³)		저류조 설치비	조절장치 설치비용	배관공사비 (공사비의 10%)	총건설비*	m ³ 당 설치비
실용량	월이용량					
270	224	78,290,828	100,000,000	11,000,000	190,167,932	552,813.76

* 총건설비의 10%를 순수한 빗물이용시설 설치비용으로 봄.

② 빗물이용시설의 유지관리 비용

- 유지관리비용에는 펌프 등의 사용을 위한 전력비, 인건비, 보수비, 수처리비 등이 포함됨. 전력비는 연간 빗물사용량과 하루 펌프가동시간을 고려하여 월 전력량 및 연간 전력비용을 계산하였음. 전력비, 인건비, 보수비(총 건설비의 10%로 봄)는 1년 중 20mm 이상 강우가 내린 날이 20일 미만이므로 연간 비용 중 5%로 산정하였음.
- 순수 빗물이용시설의 연간 유지관리비는 전력비용이 21,167원, 인건비 942,000원, 보수비 950,840원으로 총 1,914,007원임(<표 5> 참조).

<표 5> 빗물이용시설의 연간 유지관리비

(단위 : 원)

용량(㎡)	전력비 월전력량1)	연간 전력비용2)	연간 인건비3) (순수인건비)	보수비	연간 유지관리비
270	2,340	423,345 (21,167)4)	18,840,000 (942,000)4)	19,016,793 (950,840)4)	1,914,007

- 1) 전력량: 13KWh×2회(아침, 저녁)×3(3시간/일)×30(day)=2,340KWh
- 2) 연간 전력사용량: 2,340×12=28,080(연간 전력사용량을 가지고 전력비용 산정)
- 3) 연간 인건비: 보통인부(주5일, 월25일) 157만원/월×12월=18,840,000원
- 4) 연간 전력비, 인건비, 보수비 중 5%를 순수 빗물이용시설의 연간 비용으로 산정함.

③ 빗물이용시설의 총비용

- 총 비용은 설치비용과 유지관리 비용의 합으로 <표 6>과 같음.

<표 6> 빗물이용시설의 비용 내역

(단위 : 원)

저류조용량(㎡)		유지관리비 (연간)	건설비 (설치비용)*
용량	월이용량		
270	224	1,914,007	19,016,793

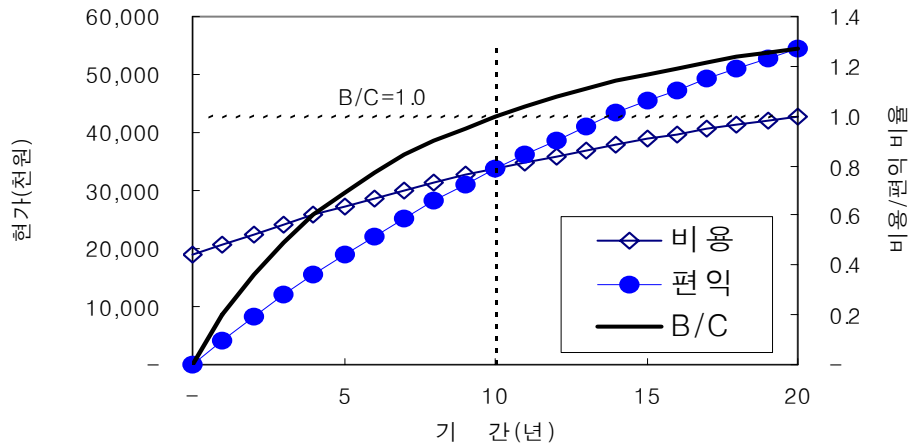
○ 빗물 이용시 비용편익비율(B/C Ratio)

- 할인율 0.05%의 경우, 서울숲 빗물이용시설의 비용편익비율(B/C Ratio)은 1.271이며, 비용의 현재가치는 42,870천원이고, 편익의 현재가치는 54,494천원으로 분석됨(<표 7> 참조).

<표 7> 빗물이용시 비용편익 비율

편익 현재가치	비용 현재 가치	NPV (순현재가치)	B/C ratio
54,494천원	42,870천원	11,624 천원	1.271

- 또한 비용편익 분석 결과 10년의 B/C 비율이 0.999로 분석되어 10년동안 운영하면 비용과 편익이 같아지는 것으로 나타났음(그림 2) 참조).



[그림 2] 빗물이용시설의 비용 편익 분석결과

- 서울숲 빗물이용시설의 비용편익을 계량 가능한 항목을 위주로 계산하였지만 하수처리 비용의 절감, 주변지역의 빗물 유출을 저감, 환경교육의 활용가치 등 사회환경적 편익을 고려할 경우 빗물이용시설의 편익효과는 훨씬 높게 나타날 것임.
- 또한 서울숲 빗물이용시설의 경우 빗물이용 여건이 좋아 비교적 높은 B/C 비율을 보이지만 민간 건축물에 설치한 지하 빗물이용시설의 경우 B/C 비율은 크게 달라질 수 있음.

3) 서울숲 빗물이용시설의 개선사항

- 서울숲 빗물이용시설은 개장된 지 얼마 지나지 않아²⁾ 설계상의 문제점 위주로 개선사항을 지적하면 <표 8>과 같음.

<표 8> 서울 숲의 빗물이용시설 개선사항

	문제점	개선책 및 유지보수
저류조 탱크용량	저류조 용량이 270 ^m ³/일로 저류용량이 비교적 작음.	저류용량은 가능한 크면 좋으나 서울숲의 부지 활용 등과 연계되어 있으므로 이를 고려하여 개선하는 방향으로 나아가야 함.
침사시설 등 기능	저류전 침사지는 있으나 노면수나 토사가 침전시키는 기능이 현저히 떨어짐. 또한 스크린 시설이 미설치됨.	저류조 내로 유입 전에 침사지 기능을 할 수 있는 방법을 고려해야 함. 스크린 장치(스치로폴, 비닐 등) 시설이 필요함.
설계상의 문제	전기적 운영 패널이 지하에 있어 비가 올 시 조작이 불가능함. 저류조 내로 내려갈 때 사다리를 이용하여 시설을 관리하여야 하므로 시설관리가 어려움.	전기패널을 지상으로 이동함. 시설관리가 용이하게 구조를 개선함.
청소상의 문제	침사지내로 인부가 들어가 바닥에 있는 토사를 긁어내야 하므로 청소하기가 쉽지 않음.	흡입 기계장치 등으로 토사를 준설하는 방안 등을 모색해야 함.
유지관리	아직 보수공사중이라 시험가동으로 유지관리가 미흡함.	구체적이고 체계적인 유지관리체계 수립이 필요함.

2) 본 연구가 진행될 때 서울숲 빗물이용시설은 시험 가동중이었음.

4. 빗물이용시설의 운영 및 유지관리 방안

○ 미 운영시 이행강제금 부과 및 운영시 보조금 지급

- 빗물이용시설은 강우를 일시 저류하여 조경용수나 수경용수 등으로 사용하는 것이 일반적임. 그러나 건축물에 빗물이용시설을 설치한 후 이용하지 않고 방치하는 경우가 종종 있음. 단지개발이나 건축물 허가과정에서 빗물이용시설의 배치에 따른 긍정적 효과(허가나 영향평가협의 등)가 있으므로 빗물시설이 설치 용도대로 운영되어야 함.
- 빗물이용시설을 설치한 건물이 시설을 운영하지 않을 경우 이행강제금을 부과할 수 있도록 함. 특히 건축물 지하 빗물이용시설은 건축물 건축시 시설물 용도대로 이용되어야 함. 건축허가과정에서 시설물의 배치에 따른 효과가 있으므로 이행강제금을 부과할 수 있도록 하는 것이 타당함.
- 빗물이용시설을 설치 운영하는 자는 상수도요금 감면 등을 요구할 수 있거나 운영비 보조금을 신청할 수 있도록 함. 빗물이용시설을 빗물저류시설로 전환 이용한 실적이 있는 경우에도 예산이 허용하는 범위내에서 운영비 보조금을 지급하도록 함.

○ 빗물저류시설로 전환 운영

- 빗물이용시설이 필요한 시기는 주로 갈수기인 봄철, 가을철, 겨울철임. 그 중 겨울철에는 비가 오지 않는 계절이므로 주로 봄, 가을철에 이용할 수 있음. 따라서 여름철 특히 집중강우기(7월~9월)에는 빗물저류시설로 전환 이용하는 것이 바람직함.
- 기상예보에 따라 집중강우를 대비하여 빗물저류시설로 이용하기 위해 상시 비워두는 것이 필요함. 즉 태풍과 연계된 집중강우와 연속강우를 대비하기 위해 이용시설내의 저류된 강우를 3일내에 비워 두는 것이 필요함.

○ 빗물이용시설의 수질관리

- 빗물이용시설의 수질은 저류된 강우를 얼마동안 저장하느냐에 따라 크게 좌우됨. 또한 이용시설의 용량과 강우의 수질특성에 따라 크게 달라질 수 있음.
- 빗물이용시설의 운영초기에는 빗물저장기간에 따른 보건위생상(장기 저장에 따른 다량세균번식, 모기·파리 유충번식 등)의 문제가 발생하지 않는 한 크게 제한하지 않는 것이 바람직 할 것임. 여기에는 빗물이용시설의 운영을 활성화하려는 목적도 있음.
- 봄철 초기강우는 수질이 나쁘기 때문에 저장조로 유입시키지 않고 배제하도록 함.

○ 청소 등 유지관리

- 평시 유지관리의 기본은 일반점검 및 청소이고, 최소 연 2회 이상 점검 및 청소를 실시함.
- 구조물과 기기의 손상, 퇴적토사, 누수 및 기타 설비는 점검 내용 및 주기를 결정하여 관리하고, 강우시 퇴적토사가 계획토사위에 미치지 않도록 적절한 시기에 제거해야 함.
- 빗물이용 건축물 내에서는 수도관과 혼동해 음용수로 사용하지 않게 표시하고 또한 다른 설비계통과 오·접속을 방지할 수 있도록 색깔 표시를 함.
- 빗물이용시설의 상시 관리자가 없는 경우가 많기 때문에 빗물이용시설의 대장 등 기록은 가능한 간략히 하도록 함. 특히 일반적 점검 및 청소 사항, 빗물을 저장할 때와 빗물유입 시간, 저장시간, 유출시간 등 수문상황, 구조물과 설비와 손상부문 보수 등의 유지관리 사항은 상황에 맞춰 그때마다 작성하여 보관하도록 함.

조용모 | 서울시정개발연구원 연구위원
02-2149-1154
choym@sdi.re.kr