

다목적이고 적극적인 빗물관리에 의한 기후변화 적응방안과 국내 사례

Climate Change Adaptation Strategy by Multipurpose, Proactive Rainwater Management and Case Studies in Korea

한무영* · 문정수 · 김충일

Mooyoung Han* · Jungsoo Mun · Tschungil Kim

서울대학교 건설환경공학부

(2009년 1월 19일 접수; 2009년 3월 27일 수정; 2009년 4월 8일 채택)

Abstract

Most urban water management systems are becoming vulnerable to flooding and drought due to the climate change (CC), urbanization and energy shortage. Despite of poor water management circumstances caused by extremely uneven annual rainfall and hilly terrain, traditionally we have made a sound and sustainable life based on our own philosophy and technologies which copes with our rigid environment.

In this study a new paradigm of rainwater management is suggested and multipurpose and creative rainwater harvesting and management (RWHM) systems are introduced providing several case studies such as rainfall storage drainage (RSD) system, rainwater infiltration facilities and star city RWHM system. This new RWHM paradigm leads Seoul Metropolitan Government (SMG) in the Republic of Korea to change regulations and politics for the integrated RWHM. Finally, RWHM is expected to improve the safety, efficiency, energy consumption of urban water infrastructure, to reduce urban heat island phenomenon and, furthermore, to contribute in finding solutions for worldwide water issues and to adapt CC.

Key words : Rainwater harvesting and management (RWHM), urban water management, Climate change adaptation, Storage, Infiltration

주제어 : 빗물관리, 도시 물관리, 기후변화적응, 저류, 침투

1. 서론

21세기 들어 도시의 물관리 시스템의 안전성은 많은 도전에 직면해 있는 것이 현실이다. 사회기반시설인 물관리 시스템의 안전하고 효율적인 운전은 국민의 안전과 행복을 위해 반드시 필요하지만, 최근 물관리 시스템의 안전성이 많은 위험 요인에 노출되고 있다 (그림 1). 이러한 위험 요인에는 이상기후 현상에 따른 홍수, 가뭄, 폭설 등 자연적 요인은

물론, 도시화와 산업화에 의한 상하수량 증대, 시민의 기대 심리 상승 등의 인위적 요인도 존재한다. 그 외에 시설의 노후화, 기후협약에 따른 에너지 사용량 감축필요성, 물순환의 건전성, 경제성 향상 등과 같은 보이지 않는 요인들이 있다.

최근 우리나라 물문제의 가장 큰 특징은 기후변화 등에 의해 최근 들어 본격화된 강우패턴의 변화이다. 기상청의 자료를 사용하여 1975년부터 2004년까지 30년간 서울의

* Corresponding author Tel:+82-2-880-8915, Fax:+82-2-885-7376, E-mail: myhan@snu.ac.kr(Han, M.)

월평균 강수량과 2000년부터 2004년까지 최근 5년간의 월평균 강수량을 비교한 결과 (기상청), 최근 들어 연간 총강수량이 증가한 것은 물론 홍수기 강우집중도 더욱 심화되고 있는 추세를 보였다 (그림 2).

앞으로 이와 같은 강우패턴의 변화가 심화될 경우 도시지역의 경우 기존의 하수도 및 하천의 설계홍수량을 초과하게 되어 도시 내의 홍수피해는 전국의 모든 도시에 예상된다 (한, 2005).

또한, 홍수기 강우집중도의 심화와 함께 가뭄철 비강우기간 동안의 강우량도 더욱 감소하고 있는 추세로써, 가뭄에 의한 피해도 더욱 증가할 것으로 예상된다.

도시화 및 산업화로 인한 불투수층의 증가는 물관리 시스템이 직면한 인위적인 위협요소이다. 불투수층의 증가는 갑자기 많은 양의 빗물이 빨리 흘러 내려가게 되어 하류에서의 홍수 위험을 증가시키고, 비가 온 다음에는 하천의 건천화 및 지하수 수위 저하 등으로 도시내의 건전한 물순환을 왜곡시키는 근본 원인이 된다.

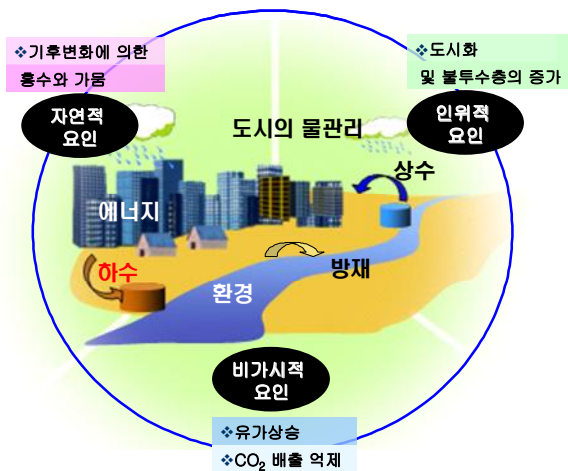


Fig. 1. 도시 물관리 시스템의 안전성 저해 요인

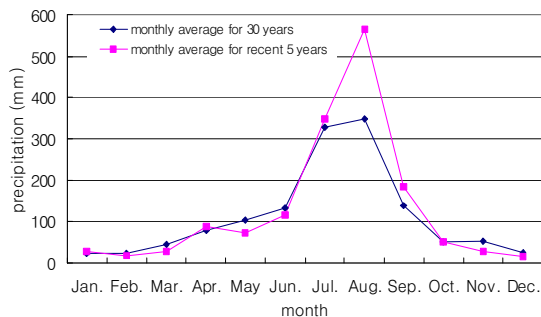


Fig. 2. 우리나라의 최근 강수패턴의 변화

마지막으로 에너지는 사회 모든 분야에 걸쳐 큰 영향을 미치는 요소로써, 안전한 물관리 시스템을 위해 에너지를 적게 사용하도록 하는 것이 매우 중요하다. 에너지를 많이 소모하는 물관리 시스템은 에너지에 대한 대외 의존도가 높은 우리나라와 같은 상황에서 국제유가 및 이를 결정하는 국제정세에 민감하게 반응하여 그 기반 자체가 불안정해지게 된다. 국제유가는 해마다 그 변동폭이 크고 최근 배럴당 \$100 이상에 육박할 정도로 가격이 치솟는 경험을 하였다. 우리나라는 에너지 사용량 및 증가율이 세계적인 수준으로써, 앞으로 이와 같은 비용과 에너지를 많이 사용하는 물관리 설비는 설치만 해놓고 가동조차 할 수 없는 경우가 많아질 것이다. 따라서 안전한 물관리 시스템 구축을 위해서는 저비용 저에너지 시스템을 고려할 필요가 있다.

2. 우리나라의 물문제 해결방안

2.1 우리나라의 물관리 여건

지금까지 우리는 물관리를 하기위한 통계치로서 연평균 강수량만을 이용하여왔다. 그러나 이 수치만으로는 홍수나 가뭄의 심각성을 정량적으로 파악하기에 한계가 있다. 이때 강수량의 분산치를 같이 이용하면 강우의 특성을 더 잘 알 수 있다. 세계 주요나라의 30년간의 연평균강수량과 분산치를 함께 나타내면 그림 3과 같다.

세계 각국의 강수량은 세계기상기구에서 제공하는 1961년부터 1990년까지의 자료를 이용하였다 (세계 기상기구). 우리나라의 연평균 강수량은 1,300mm 정도로서 많은 편에 속하지만, 분산치도 11,675mm로써 세계에서 가장 큰 편에 속한다. 이것은 우리나라의 빗물관리가 세계에서 가장 열악하다는 것을 의미한다.

실상가상으로 전 국토의 70%가 암반으로 이루어진 산악 지형은 우리나라의 빗물 관리에 한층 어려움을 더해주고 있다 (이 등, 2000). 내린 빗물이 땅속에 침투되지 않고 빨리

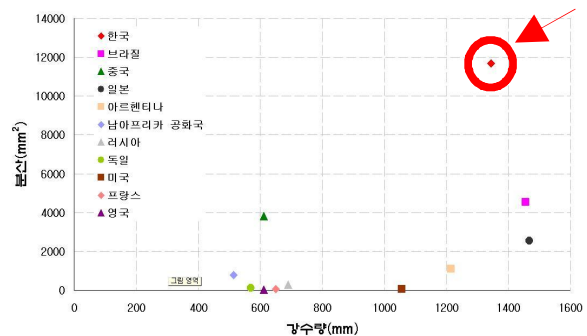


Fig. 3. 세계 주요나라의 강수량 년 평균치와 분산치

내려가 버리기 때문에 빗물을 땅에 모아두기가 매우 어렵기 때문이다.

그럼에도 불구하고 우리는 대대로 유사한 강우 및 지형조건에서 수천 년을 금수강산이라고 부를 정도로 아름다운 국토를 가꾸어 왔다. 그 비결은 무엇일까? 그것은 우리나라 고유의 자연관과 철학을 바탕으로 빗물에 대한 올바른 이해에 근거하여 그에 맞게 창의적으로 개발한 기술과 실천덕분이다 (한, 2006; 조, 2002). 가장 열악한 기후와 지형조건에서 살아남기 위한 최고의 지혜와 기술이 자생적으로 생겨났으며 그것이 금수강산을 유지해온 것으로 검증된 것이다.

2.2 우리나라 물관리 문제의 해결방안

기후변화에 대비하고 사회의 안전성을 확보하기 위해서는 지금까지의 개념과는 다른 새로운 패러다임의 빗물관리가 필요하다 (그림 4). 가장 중요한 것은 빗물이야말로 모든 수자원의 근본이라고 인식하는 것이다. 하천수, 호소수, 지하수 등 모든 수원은 빗물에서부터 시작된다. 또한 홍수, 가뭄 등 물문제의 근본 원인은 강수의 집중과 부족에 의한 것이다. 빗물만 잘 관리하면 이러한 문제점을 해결할 수 있다. 새로운 빗물관리는 지금까지 해온 하천과 제방중심의 선적(線的)인 관리에서 벗어나 면적(面的)으로 빗물을 관리하는 목표를 가지고 있다. 지금과 같이 땅에 떨어진 모든 물을 하천으로 보낸 다음, 하천근처에만 몇 개의 큰 시설을 설치하여 집중적으로 관리할 것이 아니라, 하천으로 가기 전에 전체토지에 걸쳐 소규모의 많은 빗물저류 및 침투시설을 설치하면 분산형으로 쉽게 관리할 수 있다. 빗물이 떨어진 그 자리에서 관리하면 그 양이 적기 때문에 발생원에서부터 수량과 수질오염의 조절이 가능하고 자연적인 재해나 사고시에도 위험도의 분산도 가능하다. 또한 유역공간내의 지역주민들의 물에 대한 의식을 고취하고, 각자 개인적으로 또는 각종 단체 활동을 통해 적극적이고 능동적으로 물관리에 참여할 수 있도록 하는 것이다.

물관리 문제의 해결방안으로 먼저 다목적 빗물관리 방안이



Fig. 4. 빗물관리의 새로운 패러다임

있다 (Han, 2006). 다목적 빗물관리란 하나의 빗물관리 시스템이 다양한 역할을 수행하는 다목적으로 관리하는 것이다 (그림 5).

다음은 창의적 빗물관리로서 다양한 빗물시설을 도입하는 것이다. 최근 빗물관리를 위한 빗물이용 및 침투시설의 설치가 확대되고 있는 추세이며, 이수, 치수 및 생태환경 유지용수 공급 등의 다양한 목적으로 활용하기 위한 연구와 사업이 활성화 되고 있다 (한국공학한림원, 2007).

관악산 자락에 위치한 서울대학교에는 대학원 기숙사와 39동 건물에 그림 6 및 7과 같이 빗물이용시설이 설치되어 있으며, 200~250ton 규모의 저장조에 모인 빗물은 화장실용수, 정원용수 및 소방용수 등으로 활용되고 있다 (문 등, 2007; 한 등, 2004). 또한, 서울대 캠퍼스내 38동 건물에는 2006년 6월부터 소규모 빗물저장, 침투시설인 빗물저금통이 설치 및 운전되고 있으며, 경사면 잔디로 이루어진 버들골에 잔디 집수 시설이 설치되고 빗물연못 및 습지가 조성되어 있다. 이와 함께 서울대 캠퍼스 유역의 산지에서 발생하는 빗물유출수를 관리하기 위해 2007년 10월에 버들골 빗물시설을 설치하였다. 본 빗물시설은 각 20 m² 용량의 저장조 3조 (총 60 m²), 필터시설, 침투시설 및 배관 등으로 구성되어 있으며, 저장된 빗물은 소방용수, 조경용수, 생태연못용수, 침투용수 등으로 사용된다.

마지막으로 적극적 빗물관리가 물관리 문제의 해결방안으로 제시될 수 있다. 적극적인 빗물관리의 사례로 서울시의 빗물관리 사례를 들 수 있다. 서울시에서는 공공기관에 빗물관리시설 설치를 의무화하고 있으며, 개인건물에는 설치비용의 전부 또는 일부를 보조하는 인센티브 제도도 시행하면서 적극적으로 권장하고 있다 (그림 8). 또한, 최근 서울시



Fig. 5. 이상적인 다목적 빗물관리

서는 for all four alls을 빗물관리의 기조로 삼고 적극적 빗물관리의 모범을 보여주고 있다. “four alls”이란 all rainwater, all place, all methods, by all people의 4가지 로써 시민 모두를 위한 모두가 참여하여 적극적인 빗물관리를 시행하는 것을 의미한다 (서울특별시 물관리국, 2008).

우리나라 물관리의 목표는 이 땅에서 무수한 세월을 지내온 조상들의 삶의 방식과 문화를 살펴봄으로써 더욱 확실해진다. 일례로 마을이나 행정구역을 의미하는 한자인 ‘동(洞)’자는 물 ‘수(水)’자와 같을 ‘동(同)’자로 이루어져 있는데, 이는 마을을 구성하는 가장 중요한 요소가 물이라는 것을 의미하며 물을 중심으로 같은 생활권이 구성되고 자연적으로 물관리에 가장 관심을 가졌을 것이라는 것을 알 수 있다. 이를 통해 최근에 대두되는 수자원의 유역관리 개념이 생활의 기본 철학속에 반영되어 있었음을 확인할

수 있다. 또한 마을을 개발하거나 재개발할 때 개발 전후의 물순환에 변화가 없도록 하라는, 즉 생태적으로 동일하게 만들어야 지속가능한 개발을 할 수 있다는 심오한 뜻이 내포되어 있다.

3. 기후변화 적응을 위한 빗물관리 사례

3.1 분산형 빗물저류시설

홍수 방지용 빗물저장조의 설계를 위해 김(2008)은 Rainfall Storage Drainage (RSD) 시스템을 제시하였다. RSD 시스템이란 빗물 저장조를 이용한 지붕면 유출제어 시스템으로써, 건축물 지붕면을 통해 빗물의 집수와 저장조로의 유입이 일어나는 Rainfall process, 지하 빗물 저장조에서의 저류가 일어나는 Storage process, 마지막으로 도시 우수관을 통해 최종 유출이 일어나는 Drainage process 로 구성된다 (그림 9).

그림 10은 RSD 모델을 이용하여 서울시 강우를 대상으로 빗물저장조의 용량을 결정한 사례이다. 지붕면적 100m²당 7.9m³용량의 저장조를 설치할 경우 10년빈도로 설계된 하수관거가 100년빈도의 강우시까지도 안전하게 유지될 수 있음을 보여준다.

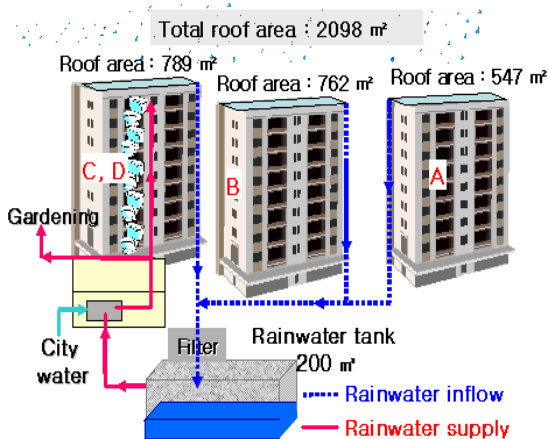


Fig. 6. 서울대 기숙사 빗물이용시설

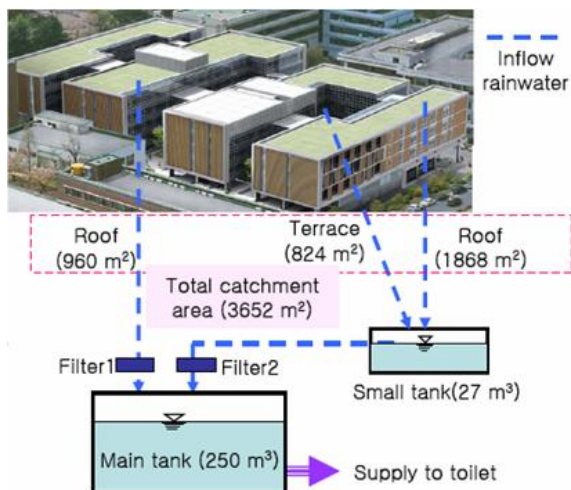


Fig. 7. 서울대 39동 빗물이용시설

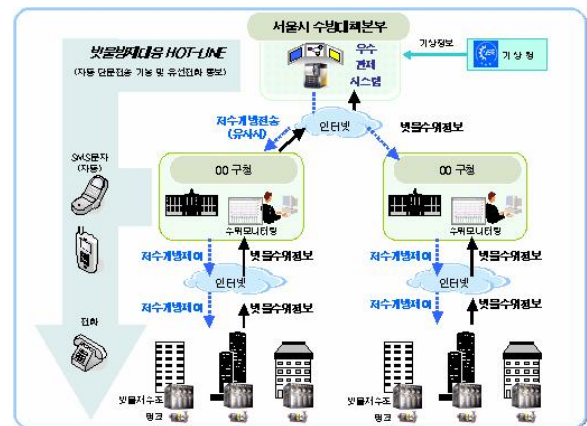


Fig. 8. 서울시 빗물저장조 통합관리 시스템

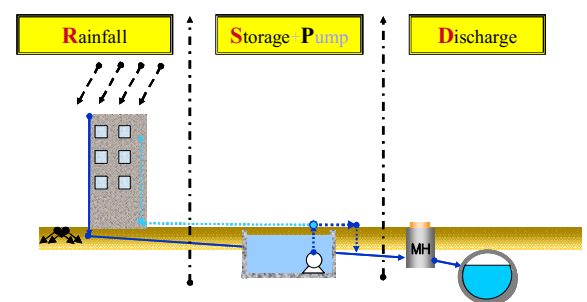


Fig. 9. 건축물 지붕면 유출제어를 위한 RSD 시스템의 개략도

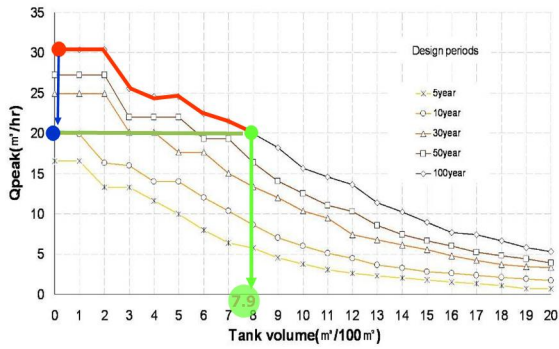


Fig. 10. RSD 모델을 이용한 빗물저장조의 용량 결정

3.2 침투시설

2007년 10월에 완공된 서울대학교 버들골 빗물관리시설

은 저장시설과 침투시설이 설치되어 관악산 계곡에서 흘러나와 버려지고 있는 빗물을 저류 및 침투시키고 있다 (그림 11). 저장조 유출수 일부는 연못과 습지에 공급되고 다른 일부는 도로를 관통하여 잔디로 이루어진 아랫버들골 침투 시설로 유입된다. 아랫버들골에는 침투 시트로 감싼 박스형 침투시설을 토양 표면으로부터 30 cm 깊이에 매설하였다. 침투시설 상부는 잔디 부분과 자갈 포설부를 혼합한 형태로 시공하여 경사면으로 유출되는 빗물이 침투시설 내부로 원활히 유입되도록 하였다 (그림 12).

3.3 스타시티 빗물이용시설

스타시티는 서울시 광진구에 위치하고 있는 대규모 주상 복합단지로서, 35~58층에 이르는 건물 4개 동으로 구성되어 있다. 단지 내에는 실개천, 분수, 잔디 및 수목 등을 포함한 조경시설이 조성되어 있으며 2007년 3월에 완공되었다.

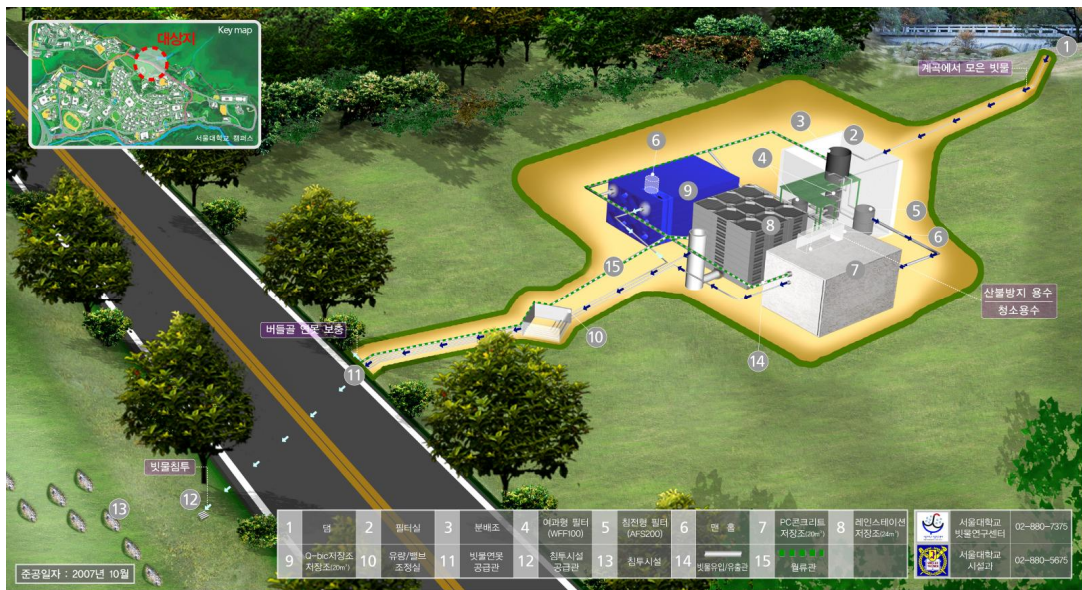


Fig. 11. 버들골 유역 빗물관리 시설 전체 개요도



Fig. 12. 침투 박스와 침투 시트

스타시티에서는 단지 안에 내린 강우를 100mm까지 저장하여 주위의 하수도에 영향을 주지 않도록 설계 하였으며, 저장된 빗물을 조경용수나 화장실용수로 사용하고 있다(그림 13). 집수면의 면적은 약 50,000m²이며, 집수면은 지붕면과 조경지역을 포함하는 대지면으로 구성되어 있다. 빗물을 저장하기 위해 B 동의 지하 3층에 1000톤 용량의 저장탱크 세 개로 이루어진 3,000톤 규모의 빗물저장탱크를 설치하였다. 첫 번째 저장조는 지붕면에서 모아진 빗물을 저장하고, 두 번째 저장조는 단지 내 대지면에서 모아진 빗물을 저장하여 침수예방 및 상수 절약 용도로 사용하고 있다. 특히, 조경용수로 사용된 빗물이 비포장면에서 침투를 통해 다시 저장조로 들어오는 순환이용 시스템을 구축하여 빗물의 이용율을 높였다. 세 번째 저장조는 단수와 같은 비상시 물 공급을 위해 상수를 저장하는 기능을 한다. 저장조의 수질관리를 위해 일정시간이 지나면 저장된 상수중의 절반을 다른 빗물저장조로 옮긴 후 다시 깨끗한 상수로 채우고 있다. 스타시티 빗물이용시설은 다목적, 적극적 그리고 상생적(win-win) 빗물이용이 가능하도록 설계하였다. 먼저 다목적 빗물관리를 위해 수질에 따라 저장조를 구분하고 각각의 물탱크에 홍수방지, 물 절약, 비상용의 기능을 부여하였다. 다음으로 적극적 빗물관리를 위해 저장조의 수위 및 수량을 원격모니터링 하여 저류된 빗물의 양을 파악하고, 이를 통해 물 공급과 지역적인 침수문제 등을 적극적으로 관리할 수 있도록 하였다. 마지막으로 개발사업자에게 빗물이용시설

설치 시 3%의 추가 용적을 인센티브를 주어 감독기관에서는 추가적인 비용의 집행이 없고, 사업자에게는 사업으로 인한 이익을 보존해주는 상생적 빗물관리가 가능하도록 하였다.

2007년 6월~11월까지 약 반년동안의 빗물이용시설 운전 자료를 바탕으로 스타시티에서 빗물 이용량을 분석한 결과 2007년 1년간 단지 내에 내린 강우 중의 67%에 달하는 약 40,000톤의 물을 사용할 수 있는 것으로 추산되었다.

스타시티 빗물이용시설의 저장조는 조경면을 포함하는 대지로부터 유입되는 빗물을 저장하는 대지빗물저장조, 옥상유출수를 저장하는 옥상빗물저장조 그리고 비상시 사용을 위해 수돗물을 저장하는 비상용수 저장조 이렇게 3개로 구성되어 있다. 3개의 저장조 수질에 있어서 비교적 오염도가 높을 것으로 예상되는 대지빗물저장조의 수질을 2007년 6월부터 연속 측정하였으며, 옥상빗물저장조와 공급탱크의 빗물수질도 측정하였다. 저장조내 빗물의 pH는 6~8.4의 범위를 나타내어 중성범위를 나타냄을 확인하였으며 탁도의 경우도 2NTU 이하의 값을 보였다. 다음으로 옥상저장조와 공급탱크의 저장조를 포함한 수질을 표 1에 나타내었다(황오주, 2007).

아직까지 빗물이용시 수질기준이 정해져 있지 않으므로 추후 보완이 필요하지만 중수도 수질기준을 적용한 결과 3개 저장조 모두에서 대장균군수 항목을 제외하고 기준을 만족하였다.

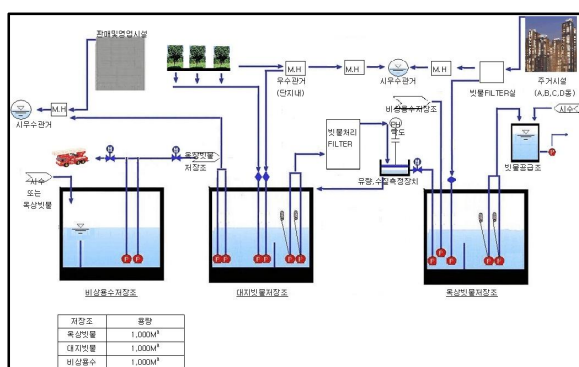


Fig. 13. 스타시티 빗물이용시설 개요도

3.4 유출이 없는 단지

일본에서는 택지개발과 관련한 배수계획에 있어 개발지구로부터의 유출량을 계산하고 계획강우 및 하류 하천의 유하능력에 의한 허용방류량 이상일 경우 조정연못을 설치하게 된다(千葉県, 2005). 치바현 빗물배수계획의 원칙은 먼저 빗물 배수계획에 사용할 설계강우는 지역마다 설정한 확률강우강도(50년 빈도)를 이용하고 설계강우분포는 후방 집중형, 강우지속시간은 24시간으로 작성하는 것이다. 다음으로 개발 지구로부터의 허용 방류량은 하류 하천의 유하능력에 대응하여 설정하는 것을 원칙으로 하며 최소 0.025 m³/s/ha로 한다.

따라서 50년 확률강우시 개발지구로부터 0.025 m³/s/ha

Table 1. 스타시티 빗물저장조 빗물의 수질

구분	대장균군	외관	탁도	BOD	냄새	PH	색도	COD
수질기준 (중수도적용)	불검출	적합	2NTU 이하	10 mg/l	적합	5.8 ~8.5	20도 이하	20 mg/l
대지빗물저장조	검출	적합	1.10	0.4	적합	7.9	4	4.8
옥상빗물저장조	검출	적합	1.26	0.7	적합	7.6	4	4.6
공급탱크	검출	적합	0.85	0.7	적합	7.9	3	4.6

이상의 유량이 발생을 할 경우 조정연못을 설치하거나, 유출을 저감 할 수 있는 빗물저장시설 및 빗물침투시설의 설치가 요구된다. 침투시설의 도입으로 조정연못의 용량을 축소할 수 있어 활용 가능한 부지가 늘어나게 되고 토지의 효율적인 활용이 가능하다.

치바현 야치요시 택지개발지구(면적 2,904m²)의 16개 구획(區劃)에 조정연못 설치를 대신하여 빗물저장조(세대당 7.0m³)를 설치하고 저장조 용량 이상의 강우시에는 월류되어 침투 되도록 저장조와 침투시설을 연계하여 설치하였다. 저장된 빗물은 화장실 세정용수와 조경용수로 사용하도록 계획하였으며, 도로주차장 등의 아스팔트 포장면에서 유입되는 빗물은 간단한 처리와 함께 침투될 수 있도록 계획하였다. 빗물관리시설 설치 지역에는 강우량, 유입량, 저장량, 침투량을 24시간 지속적으로 자동 계측 하도록 하였다. 그 결과 개발에 의해 토지의 대부분이 포장되었음에도 불구하고 부지 밖으로 유출되는 빗물이 전혀 없었다. 전체 강우량 중 약 70%정도가 침투되었으며 나머지 30%는 화장실용수로 이용되어 절수에도 큰 효과가 있었다. 최적의 시스템을 위해 저장조 용량과 침투시설의 적정 규모의 배치가 중요한 요인이다. 택지개발지구의 16개 구획(區劃)중 1개 구획에서의 강우측정 자료를 통한 유출저감 효과를 표 2에 나타내었다. 전체 면적이 2,904m², 16구획의 분양지에서 계측을 실시한 결과 단순계산으로(95.37m³×16구획) 1년간 1,525.92m³의 빗물을 부지 밖으로 유출시키지 않았다. 즉, 빗물이용시스템과 침투시설의 설치를 통해 이 기간 동안의 최대 강우강도인 50mm/hr 강우시에도 유출이 없는 단지를 조성 하였다.

3.5 기타 빗물관리 방안

빗물관리를 위해 다양한 기술과 관리방안들이 적용될 수 있다. 도시 표면의 많은 부분을 차지하는 옥상면에 녹화를 함으로써 도시생태계를 복원하고 유출을 줄이며 미기후를 조절하여 냉난방에너지를 절감할 수 있는 효과도 이끌어낼 수 있다. 또한, 도로에 물을 뿌려주는 클린로드 사업을 통해 미세먼지를 줄이고 도시의 열섬현상을 저감시키는 효과를 볼 수도 있다. 마지막으로 빗물이외에도 저농도 하수를 재활용하여 삭막한 도시내에 다양한 비오톱을 조성하는 방안도

강구해 볼 수 있다.

4. 결론 및 제언

전 세계적으로 기후변화와 도시화 그리고 에너지 자원의 고갈에 의하여 도시의 물관리시스템은 많은 도전에 직면해 있다. 이러한 도전을 극복하고 해결책을 도출하기 위해서는 많은 시간과 비용이 소요되므로 최근의 물관리에 있어서 가장 중요한 새로운 화두인 분산형의 물관리 시설의 확대를 위해 자발적 참여가 가능하도록 제도적, 기술적인 뒷받침이 필요하다. 새로운 도시의 물관리를 위해서는 안전성 확보, 효율성 증대, 에너지 절감, 비산먼지 저감, 열섬현상에 대한 대책 등이 고려되어야 하며, 이를 위해 가이드라인이나 지침을 제정하고 실행을 위한 인센티브 제도가 도입되어야 한다.

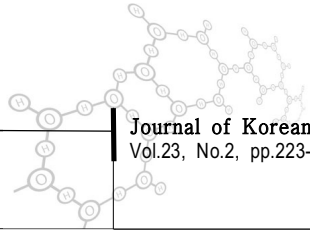
우리나라는 세계에서 가장 어려운 자연조건하에서도 우리 선조들의 창의적인 빗물관리 기술과 철학에 의해 조화롭게 국토를 가꾸면서 살아온 검증된 역사를 가지고 있다. 우리나라가 세계에서 물관리의 선두주자가 되기 위해서는 우리나라의 경험을 바탕으로 이론적인 근거를 만들고, 우리의 기후와 지형조건에 맞는 기술을 개발하여야 한다. 가장 어려운 곳에서 개발된 우리의 기술은 전 세계의 어느 물 문제라도 해결해 줄 수 있다.

우리의 검증된 역사적 사실을 근거로 하여 새로운 패러다임의 빗물관리는 다음과 같은 원대한 비전을 담고 있다. 즉, 우리는 세계 최초로 다목적 물관리 시스템을 성공적으로 채택하고 다양한 기술들을 개발해 왔다는 것이다. 이러한 자부심을 바탕으로 창의력과 최선의 기술을 접목시켜 우리나라의 물관리 기술이 “세계 최고 수준”에 이르도록 하는 것이다 (From the first user, to the best user).

이에 그치지 않고, 이러한 새로운 패러다임에 의한 물관리 시스템의 장점과 우수성을 외국에도 전하여 남과 나, 그리고 우리 즉, 전 세계 인류를 위하는 홍익인간의 정신을 바탕으로 세계적인 물문제를 해결하는데 큰 역할을 담당하여야 할 것이다.

Table 2. 강우측정 및 유출저감 효과 -1개 區劃 (한무영, 2006)

일시	강우량 (mm)	강우지속시간 (hr)	강우발생량 (m ³)	외부유출량 (m ³)	저감효과 (%)
2001.11.10	122	18	15.13	0	100
2003.08.14	156	47	12.86	0	100
2003년(1년)	1,156		95.37	0	100



감사의 글

본 연구는 서울대학교 공학연구소와 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(06건설핵심B02)에 의해 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 기상청, <http://www.kma.go.kr>.
2. 김영진 (2008) 건축물 지붕면의 유출제어를 위한 빗물저장조의 용량결정 기법, pp.2-3, 101-102, 서울대학교 박사학위 논문.
3. 문정수, 유형근, 한무영 (2007) 빗물저장조에서 입자의 제거특성 및 운전과 설계시 고려사항, *상하수도학회지*, **21**(1), pp.131-138.
4. 세계기상기구. <http://www.worldweather.org>.
5. 이금삼, 조화룡 (2000) DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석, *한국지리정보학회지* **3**(1), pp.35-43.
6. 조범중 (2002) 우리나라 빗물이용의 역사와 문화, 제 1 회 빗물 모으기 국제워크샵 논문집, pp.142-154.
7. 한국공학한림원 (2007) 분산형 빗물관리기술, 2006년 분야별 과학기술 및 산업성과 자료집, pp.79-85.
8. 한명실 (2005) 하수관거 침수 방지를 위한 빗물 저류조 용량 설계, pp.1-3, 서울대학교 석사학위 논문.
9. 한무영 (2006) 우리나라 빗물관리의 비전 : 최악의 자연조건으로부터 최고의 기술을, *대한토목학회 학회지*, **54**(12), pp.1-6.
10. 한무영, 김상래 (2006) 빗물이 유출되지 않는 주택단지 - 구상 및 사례, 제 6 회 빗물모으기 국제워크샵 논문집, pp.71-79.
11. 한무영, 김영완 (2004) 서울대학교 대학원 기숙사 빗물이용시설의 개요와 경제성 평가, *상하수도학회지*, **18**(5), pp.547-557.
12. 황오주 (2007) 서울시의 빗물관리 추진현황, 제2회 빗물관리 실무자 교육 프로그램 자료집, pp.1-12.
13. Han M.Y. (2006) Proactive multipurpose rainwater management in Korea, IWA World Water Congress, the 2nd Rainwater Harvesting and Management Workshop Proceedings, Beijing, China, pp.55-62.
14. 千葉県, 千葉における宅地開等に伴う雨水排水貯留浸透計策定の手引の解, 2005.