

# 엑셀 기반의 저류시설 용량 계획선도 개발 및 적용

## The Planning Graph for Estimating Capacity of Rainwater Utilization Cisterns

김이호\*, 김영민\*\*, 이상호\*\*\*  
Reeho Kim, Youngmin Kim, Sangho Lee

### 요 지

물 부족에 대비한 대체수자원 개발과 함께 최근 들어 환경성과 생태계를 고려한 녹색도시 조성이 부각되면서 빗물이용을 통한 용수확보가 지속적으로 추진되고 있다. 녹색도시 조성은 조경시설 및 수경시설에서의 용수 사용량을 증가시키므로 용수확보에 대한 부담을 경감시키고 대상 사업의 환경성을 강조하기 위한 것으로 판단된다.

그러나 최근의 빗물이용시설의 도입 현황을 살펴보면 설계 시 집수면적이나 대지면적의 일정비율 이상을 설치하는 간편식이 주로 이용하고 있다. 간편식을 이용한 방법은 집수면의 토지이용 특성, 물 사용량을 고려할 수 없기 때문에 시설이 설치된 후 운영효율 저하가 우려된다.

본 연구에서는 간편식 법의 문제점 개선과 함께 시설 설계 시 편리하게 활용할 수 있도록 엑셀기반의 저류용량 계획선도를 개발하였다. 본 계획선도는 대상지역의 강우량과 토지이용 특성을 입력한 후 용수 공급 패턴(매일 일정량 활용, 무강우 시 일정량 활용, 하절기에 중점적으로 활용)에 따라 빗물이용시설 용량을 결정할 수 있다. 인터넷을 통해 기상청 등의 강우자료 서비스가 진행 중이므로 공간적인 제약 없이 전국적으로 활용도가 높을 것으로 기대된다.

**핵심용어 : 빗물 이용, 저류용량, 간편식, 용량 계획선도**

### 1. 서론

분산식 빗물관리기술은 가능한 강우 발생지역에서 제어·관리하는 것으로서, 관로와 연결된 불투수면(Direct Connected Impervious Area, DCIA)을 최소화하는 것을 시작으로, 적정 규모의 저류 및 침투 시설을 설치하여 총 유출량을 관리하고 이를 통해 수질 및 도시 홍수 관리, 수자원 확보와 생태적인 도시 물 순환을 유도할 수 있다<sup>3)</sup>.

최근 저탄소 녹색성장의 정책 기조 하에 학교, 공공시설물 및 공동주택을 중심으로 빗물관리시설이 확대 보급되고 있다. 2008년 12월 현재 약 370여개의 빗물이용시설 및 저류시설이 도입되었으나, 시설의 도입 현황을 살펴보면 설계 시 집수면적이나 대지면적의 일정비율 이상을 설치하는 간편식이 주로 이용하고 있다. 간편식을 이용한 방법은 집수면의 토지이용 특성, 물 사용량을 고려할 수 없기 때문에 시설이 설치된 후 운영효율 저하가 우려된다.

본 연구에서는 간편식 법의 문제점 개선과 함께 시설 설계 시 편리하게 활용할 수 있도록 엑셀기반의 저류용량 계획선도를 개발하였다. 본 계획선도는 대상지역의 강우량과 토지이용 특성을 입력한 후 용수 공급 패턴(매일 일정량 활용, 무강우 시 일정량 활용, 하절기에 중점적으로 활용)에 따라 빗물이용시설 용량을 결정할 수 있다.

\* 한국건설기술연구원 연구위원 E-mail : rhkim@kict.re.kr

\*\* 한국건설기술연구원 전임연구원 E-mail : forme4u@kict.re.kr

\*\*\* 한국건설기술연구원 연구위원 E-mail : s-lee@kict.re.kr

## 2. 용량 계획선도

용량 계획선도는 집수면적, 빗물이용률, 사용수량 간의 관계를 시뮬레이션 기법으로 기 모의하여 해당 지역 별로 도표화한 그래프이다. 연간 사용량이 다양한 경우 복잡한 시뮬레이션 과정 없이 간편하게 저류용량 및 집수면적을 결정할 수 있다. 또한 대상지에 대하여 기 모의한 결과이므로 추가적인 경우자료가 불필요하며, 간단한 계산으로 저류용량을 결정할 수 있어 개략설계 시 유용하다. 용량 계획선도는 시뮬레이션을 통해 작성하며 모의에 필요한 입력 자료는 아래 표와 같다.

표 1. 용량 계획선도 도출을 위한 입력자료

일 강우량 r (mm/day)	대상지역 인근의 관측자료 중 최근 10년 이상의 자료 혹은 평균 강우량에 가장 가까운 연도의 데이터
집수면 종류, 면적 $S_n(m^2)$	집수면의 수직 투영면적 ① 지붕 및 옥상면 ② 도로/보도, 주차장 ③ 녹지 등 투수가능 집수면
집수면 유출량 $Q_n(m^3/day)$	$Q_n = \sum S_n \times \frac{r - a_n}{1,000} b_n \quad (r - a_n < 0, Q_n = 0)$
필요수량 $q_i(m^3/day)$	용도별 1일 사용수량
수요 패턴	수요량의 기후, 계절변동을 고려하여 설정
기저 용량	상시 저류조에 확보하는 수량(1일 최대 사용수량 이상)
보급상한 용량	저류조 수위가 기저용량 이하인 경우 보급수 최대량
상수 보급	상수 보급 방법 ① 상수보급수의 대체 수원으로 빗물 저류량 변동에 맞게 보급 ② 매일 일정수량을 저류조에 보급

자료 : 일본 주택도시정비공단(1999), 주택단지에서의 물이용 계획·설계 매뉴얼(안)

용량 계획선도 도출을 위한 시뮬레이션은 일 강우량 자료를 이용하며, 대상지역과 가까운 지점의 10년 정도의 데이터를 이용하여 풍수년과 갈수년의 특성을 파악하는 것이 이상적이다. 또는 과거 10년 동안의 연평균 강수량에 가장 가까운 해의 자료를 대표로 모의할 수도 있다. 엑셀의 테이블 기능을 이용하여 집수면적, 저류조 용량 및 필요 수량 등을 변화시키면서 다음 식과 같이 빗물이용률, 상수대체율, 부족수량률을 계산한다. 계산된 결과를 이용하여 저류용량 및 집수면적의 변화에 따라 빗물이용률, 상수대체율을 산정하여 그래프로 도시하면 용량 계획선도가 된다. 그래프의 X축은  $\frac{\text{빗물저류조 용량}(m^3)}{\text{집수면적}(m^2)}$ 이며, 사용수량은

$\frac{\text{1일 사용수량}(m^3)}{\text{집수면적}(m^2)}$  이 된다.

$$\text{빗물이용률}(\%) = \text{빗물 급수량}(m^3) / \text{빗물 집수가능량}(m^3)$$

$$\text{상수대체율}(\%) = \text{빗물 급수량}(m^3) / \text{필요 수량}(m^3)$$

$$\text{부족수량률}(\%) = \text{상수 공급량}(m^3) / \text{필요 수량}(m^3)$$

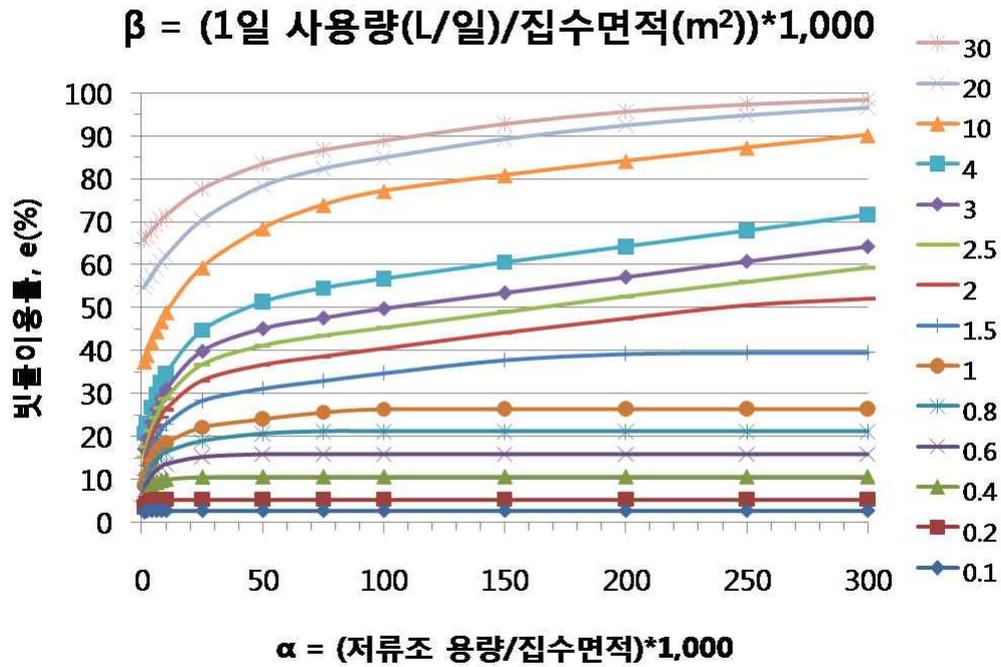


그림 1. 용량 계획선도 예

### 3. 용량 계획선도의 적용

서울지역을 대상으로 1999년부터 2008년까지의 일강우량을 사용하여 용량 계획선도를 도시하였다. 빗물 저류조에서의 물 이용패턴은 화장실 세정용수와 같이 매일 일정량을 사용할 경우, 살수용수 등 무강우 시 일정량을 이용하는 경우, 비강우 시 일정량을 이용하고 수경시설 용수 등을 여름철을 중심으로 한 4~11월에 추가 사용하는 경우 등 세 가지 경우에 대하여 모의하였다. 빗물의 집수조건으로서 집수면적 1,000m<sup>2</sup>, 유출계수 0.95를 적용하였다. 아래 그림은 세가지 물 이용 패턴에 따른 서울지역의 용량 계획선도를 나타낸다.

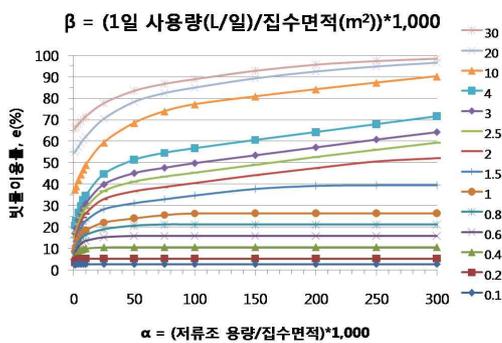


그림 2. 용량 계획선도\_빗물이용률(%) - 매일 일정량 이용

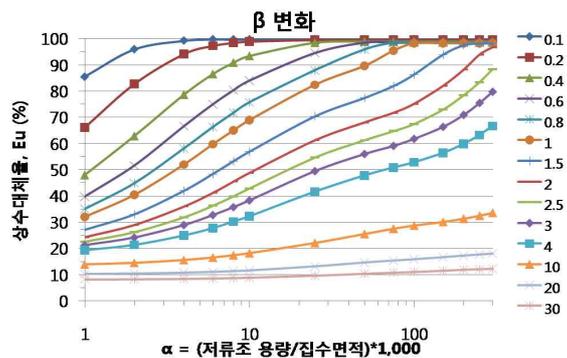


그림 3. 용량계획선도\_상수대체율(%) - 매일 일정량 이용

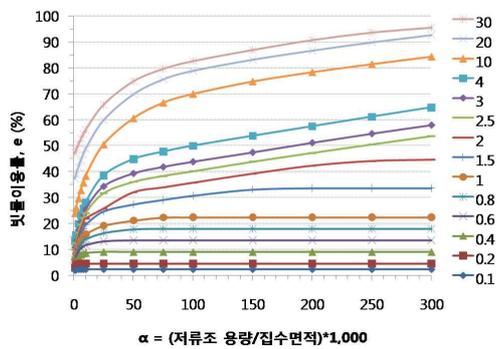


그림 4. 용량 계획선도\_빗물이용률(%) - 무강우 시 일정량 이용

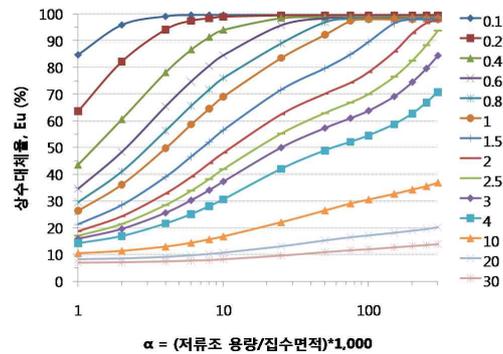


그림 5. 용량 계획선도\_상수대체율(%) - 무강우 시 일정량 이용

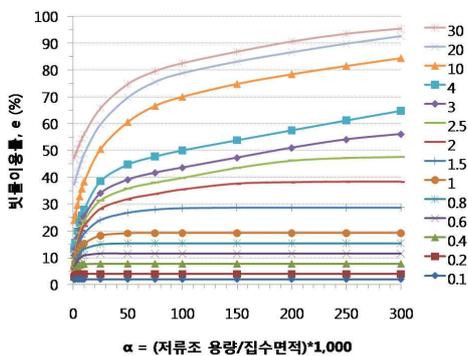


그림 6. 용량 계획선도\_빗물이용률(%) - 무 강우시 일정량, 여름철을 중심으로 이용(4~11월)

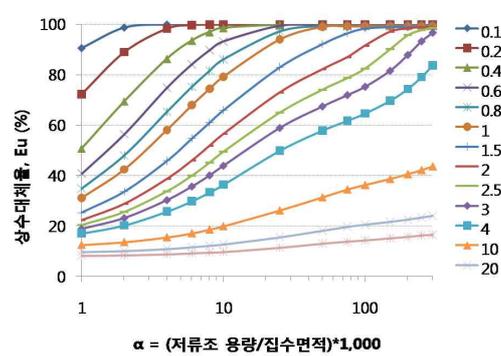


그림 7. 용량 계획선도\_상수대체율(%) - 무 강우시 일정량, 여름철을 중심으로 이용(4~11월)

#### 4. 결론

위의 그림에서 볼 수 있듯이 집수면적이 크고 저류조 용량이 클수록 빗물 집수량 및 저류량은 커지고 빗물이용률, 상수 대체율은 높아지는데 어느 점까지 증가하면 저류조 용량의 증가량에 비해 효율의 증가가 멈추고 임의 값에 점근(漸近)한다.

빗물이용률과 상수대체율을 확보하면서 설비를 경감하기 위해서는 집수면적을 크게 하고 저류조 용량을 작게 하는데, 대체율이 높을수록 그 효율이 향상된다. 이와 같이 상수대체율, 집수면적, 저류조 용량은 서로 관련되어 있고 시설 개별 조건에 따라 적절히 계획할 필요가 있다.

한편, 일반적으로 물 비용 중 가장 규모가 큰 것은 빗물 저류조 건설비이므로 저류조 용량을 과대하게 설정하지 않고 균형이 맞는 시설로 높은 상수대체율이 얻어지도록 계획한다. 또, 집수면적이 클수록 상수 대체율은 상승하지만 그와 수반하여 시설 건설비가 늘어나는 것도 고려된다. 따라서 시설계획에 있어서는 각각의 설정을 바꿔 검토를 한 후에 비교하는 것이 중요하다.

인터넷을 통해 기상청 등의 강우자료 서비스가 진행 중이므로 공간적인 제약 없이 전국적으로 활용도가 높을 것으로 기대된다.

## 감 사 의 글

상기 논문은 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적인 확보기술개발사업단의 우수 저류 및 활용 시스템 적용(과제번호 : 4-3-3)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 과학기술부(2007), 우수 저류 및 활용 시스템 적용 2단계 최종보고서
2. 교육과학기술부(2009), 우수 저류 및 활용 시스템 적용 3단계 2차년도 요약보고서
3. 김이호(2010), 도시 빗물관리 동향과 적용 방안, 2010 경남물포럼, p 57-71
4. 일본 주택도시정비공단(1999), 주택단지에서의 물이용 계획·설계 매뉴얼(안)