

# 제주도 지역의 우수저류 및 비상용수로의 이용방안 검토

정광옥\*, 지홍기\*\*, 정인배\*\*\*

## 1. 서 론

제주도지역은 연평균 강우량이 대략 1,800mm로서 우리나라 연평균 강수량 1,274mm 보다 약 1.5배, 지구상의 연평균 강수량 970mm 보다 약 1.9배가 많은 우리나라에서 다우지역으로 분류할 수 있다. 그러나 제주도지역의 강우발생특성을 살펴보면 지역별, 고도별 강우량의 편차가 크게 나타나고 있으며, 특히 서부지역의 경우 연평균 1,031mm의 강우량이 발생하는 것으로 파악되었다. 우리나라의 다른 지역과 달리 제주지역은 현무암 및 조면암의 지질특성을 가지고 있어 대부분의 하천이 건천임으로 지표수의 안정적 이용이 매우 불리한 조건이다. 따라서 서부지역은 주기적으로 가뭄이 발생하고 있고 용천수등 상대적으로 물이용이 불리한 중산간지역에서도 이러한 어려움을 겪고 있다.

제주도의 개발대상 수자원은 지하수(관정), 용천수, 지표수로 크게 나눌 수 있다. 지하수는 착정기를 사용하여 심정을 굴착해 채수하는 관정방식으로 개발되고 있고, 용천수는 해안변이나 고지대에서 자연히 솟아나는 용천수를 보(洑) 또는 집수정을 시설하여 채수하는 방식으로 이루어지고 있다. 또한, 지표수의 경우는 '60년대 농업용 저수지로 6개소가 건설되었으나 이들 중 현재까지 남아 있는 것은 3개소(용수, 광령, 수산)이며, 추자도와 우도에는 상수원용 저수지가 5개소 건설되어 있다. 따라서 제주도의 수자원은 지하수에 높은 의존성을 가지고 있으며, 2001년 현재 제주도의 지하수 개발량은 적정 개발량의 83%인 1일 1402천톤이 개발되어 있다. 그러나 지하수개발량은 최근 2~3년 사이에 급격히 증가하고 있으며, 일부지역의 경우 그 적정 개발범위를 초과함으로 심각한 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 이러한 지하수개발의 한계를 극복하기 위한 제주도지역을 대상으로 우수저류 및 우수를 이용한 비상용수로의 활용 가능성을 검토하였다.

## 2. 우수저류 시스템의 구성

우수이용 시스템을 강우를 집수하는 집수 시스템(catchment system), 집수된 우수를 저장하는 저류 시스템(storage system) 그리고 저류된 우수를 가정으로 보내주는 공급 시스템(supply system)으로 구분하였다.

---

\* 탐라대학교 건설도시공학부

\*\* 영남대학교 토목도시환경공학부

\*\*\*한국건설기술연구원

그림 1의 우수이용 시스템은 주탱크와 부탱크로 구분하고 우수를 각 가정의 지붕을 이용하여 집수한 유출수는 저류탱크에 저류하여 가정용수로 활용할 수 있게 만든 시스템이다. 그러나 초기 강우가 지붕을 통하여 유입될 때 발생하는 대기 및 집수면의 오염물을 분리·저류시키기 위하여 부탱크(sub tank)를 설치하여 잡용수로 이용할 수 있게 하였으며, 저류 시스템에서 공급 시스템으로 용수를 공급하기 전에는 여과기(Filter)를 설치하여 용수사용목적과 용수수질기준에 근거한 양질의 용수를 공급할 수 있게 구성하였다.

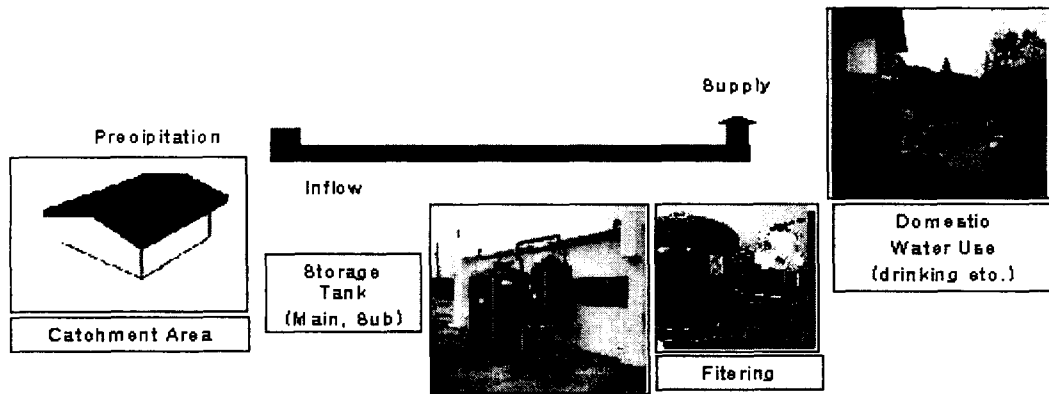


그림 1 우수저류 시스템

### 2.1 우수집수 시스템

집수면에 의해 집수된 우수의 양은 집수면의 크기나 재료의 재질에 의해 변화하게 된다. 매끄럽고 깨끗하고 불투수성인 집수면을 통하여 우수를 집수할 수 있다. 집수면적  $A$ 는 집수면이 바닥에 투영된 면적으로 나타낸다.

여기서, 집수면( $A$ )으로부터 임의의  $t$ 월에 얻어지는 유입량  $Q_t(m^3/month)$ 는 강우에 의해서 집수면으로부터 저류탱크로 임의의  $t$ 월에 유입할 수 있는 유출량을 나타내고 있으며, 이 때 집수면적  $A(m^2)$ ,  $t$ 월의 강우량  $P_t(mm/month)$  및 유출계수  $C$ 를 곱해서 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_t = KCAP_t \quad (1)$$

여기서,  $K$ 는 단위 환산계수이고  $C$ 는 우수가 집수면의 재질, 증발 등에 의해서 발생하는 손실을 고려한 유출계수로서 지붕은 일반적으로 0.75을 사용하고 있다.

### 2.2 우수저류 시스템

우수이용 시스템의 설계에서 저류탱크의 크기는 용수공급 능력에 가장 큰 영향을 미친다. 결국 이 시스템의 효율을 극대화시키기 위해서는 저류탱크에 대한 최적의 크기 그리고 배치장소를 선정해야 한다. 효율을 최대화할 수 있는 배치장소는 유입지점과 공급지점에서 가장 가까운 곳에 위치해야 하고 높은 위치에 설치하여 펌프 등의 이용을 최소화해야 한다.

만약 탱크의 크기  $V$ 가 일정하고 원통형 저류탱크의 설계에서 최적의 규격을 만들기 위하여 표면적을  $A$ , 탱크의 높이를  $H$ , 탱크의 직경을  $D$ 라고 한다면 탱크의 크기를 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H \quad (2)$$

위의 식(2)를  $D$ 에 대하여  $A$ 를 미분하고  $H$ 에 관한 식으로 치환하면  $H = D$ 라는 결과가 산정된다. 그러므로 원통형 저류 시스템에서 저류탱크의 구조가 최적의 규격이 될 수 있는 경우는 직경과 높이가 동일한 경우이다.

### 2.3 우수공급 시스템

우수공급 시스템은 저류된 우수를 가정에서 생활용수로 활용할 수 있게 공급하는 시스템이다. 우수집수탱크에서 저류량의 시간에 따른 변화를 파악하기 위해 집수면(A)으로부터 임의의  $t$ 월에 얻어지는 유입량  $Q_t$  ( $m^3/month$ )와  $t$ 월의 최초 저류량  $S_{t-1}$  ( $m^3$ )를 합하여  $t$ 월에 유입된 총유입량을 구하고  $t$ 월 30일 동안의 용수 수요량  $D_t$  ( $m^3/month$ )의 차를 구함으로써  $t$ 월말에 남은 탱크의 저류량  $S_t$  ( $m^3$ )를 식(3)과 같이 간단히 나타낼 수 있다.

$$S_t = \min [ \max [ (S_{t-1} + Q_t - D_t), 0 ], T ] \quad (3)$$

## 3. 비상용수로 이용 가능성 검토

### 3.1 강우량의 빈도분석

기왕의 강우자료를 이용하여 제주도지역의 가뭄 발생특성을 파악하고 이로부터 비상시 우수의 활용성을 검토토록 하였다. 본 연구에서는 갈수 우량자료의 빈도분석을 실시하기 위해서 강우자료를 사용하여 가뭄지속기간(1, 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30개월)별로 부분기간치 계열을 작성하고 수문자료의 확률분석에 많이 이용되는 확률분포형인 Pearson Type-III(PE3), Generalized Logistic(GLO), Type-III Extreme(EX3) 분포형 등을 대상으로 빈도분석을 실시하여 적정 확률분포형을 선정하였다.

빈도별 갈수강우량은 강우의 지속기간별 갈수강우량 자료계열을 각 확률분포형에 따라 빈도분석을 실시하였으며, 적정 확률분포형은 변동계수(coefficient of variation), 왜곡계수(coefficient of skewness) 그리고 첨도계수(kurtosis coefficient)를 비교하여 선정하였다.

### 3.2 강우발생 양상을 고려한 우수의 활용성 검토

제주도 지하수의 적정개발 이용 가능량 즉, 지하수자원의 보전·관리와 지역별 균형개발, 해수침투 및 지하수위의 과도한 하강 등 지하수의 장애 없이 이용 가능한 적정 개발 가능량(sustainable yield)은 연간 지하수 함양량 1,494백만  $m^3$ 의 41%에 해당하는 616백만  $m^3$ 인 것으로 파악되고 있다. 그러나 지하수개발량은 최근 2~3년 사이에 급격히 증가하고 있으며, 일부지역의 경우 그 적정 개발범위를 초과함으로 심각한 문제로 대두되고 있다. 특히, 제주도의 경우 지표수의 이용이 불리함으로 지하수의 의존도가 매우 높은 실정이다. 따라서 이러한 지하수개발의 한계를 극복하기 위한 우수의 이용은 대체수자원으로서 필요성 및 그 효용성을 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

제주도는 대륙과 격리된 지리적 특수성으로 인하여 섬내에서 발생하는 용수수요를 자체적으로 해결하지 않으면 안될 뿐만 아니라, 지속적으로 이용 가능한 수자원도 지하수에 한정되어 있다. 따라서 지하수의 효율적인 관리와 함께 우수의 이용방안은 매우 중요한 문제라 할 수 있다. 특히, 제주도의 경우 연간 발생하는 강수량은 많은 편이나 계절적, 지역적 편중이 심하여 주기적으로 물 부족을 겪고 있는 실정이다. 따라서 보다 적극적인 우수활용 방안의 수립 및 우수이용시설의 표준화를 통하여 수자원의 양적인 문제를 해결할 수 있는 효율성이 있음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1) 전인배, 송시훈, 지홍기, 이순탁 (2001), “우수이용 시스템의 설계와 운영”, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), 한국수자원학회, pp. 315~320
- 2) 경기개발연구원(2002. 7.), “경기도 지역을 중심으로 한 가뭄의 재현 및 지속특성 분석”
- 3) 제주도(2001~2002), “제주도 수문지질 및 지하 수자원 종합 조사 (I), (II)” .
- 4) 제주도(1997), “제주도 중산간지역 종합조사”
- 5) N. P. Saxena(2002), “Management of Agricultural Drought” ,
- 6) Milne, M.(1979), “Residential water re-use”, Rep. No. 46, California Water Resources Center, University of California at Davis.
- 7) Chow, V.T.(1951), A General Formula for Hydrologic Frequency Analysis, Trans.
- 8) Selenhasic, E., and Salvai, A.(1987), “A method of Streamflow Drought Analysis, Water Resources Research, Vol. 23, No. 1.
- 9) Medha J. Dixit, Subhash M.Patil : “Rainwater harvesting”, 22nd WEDC Conference