

농업용 빗물 저류조 용량 결정 과정 및 적용 사례



맹 승 진
충북대학교 지역건설공학과
/ 교수
maeng@cbnu.ac.kr



황 주 하
충북대학교 지역건설공학과
/ 박사과정
ultras3@naver.com



이 승 욱
충북연구원 / 전문연구원
swlee@cri.re.kr

1. 머리말

최근 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 국가에서 지구 온난화와 기상 이변의 이유로 홍수 및 이상 가뭄이 빈발하게 발생하고 있다. 특히 우리나라에서는 게릴라성 호우가 빈번히 발생하여 저지대 및 많은 지역에서 홍수가 발생하고 있으며, 연평균 총 강우량은 매년 비슷하나 게릴라성 호우와 같은 폭우의 빈도가 증가되고 있어 상대적으로 과거에 비해 가뭄의 발생기간도 길어지는 실정이다.

기상변화에 의한 물순환의 변동은 미래 가용수자원량을 변화시키고, 미래의 극심한 홍수 및 가뭄을 야기할 뿐만 아니라 수자원 환경에 큰 영향을 미칠 것이다. 이러한 수자원 관리를 위해 도심지역 뿐만 아니라 농촌지역에서도 관심이 증대되고 있으며, 관개기에 필요한 물을 효율적으로 저장하고 사용할 수 있는 저류조 시설물에 대한 필요성이 높아지고 있다.

본 고에서는 빗물저류조의 적정 용량을 산정하기 위해 보은군 회인면 오동리의 기상 및 수문특성 조사를 실시하였고, 보은기상관측소의 지속기간별 강우 자료를 수집하여 확률분포를 선정, 매개변수를 산정하였다. 이에 따른 적합도 검정 결과 최적 확률분포형을 산정하였다.

분석한 결과를 통해 경작 면적에 대한 면적확률강우량과 빗물 저류조에 유입되는 지붕면적에 대한 강우량 그리고 빗물 저류조의 용량과의 관계를 비교 분석하여 빗물저류조의 적정 용량을 산정하였다.

향후 농업용 빗물 저류조 설치시 그 지역적 특성을 분석하고, 강우설계 및 분석을 통한 저류조 용량 산정을 실시한다면 보다 적은 비용으로 저류조를 설치할 수 있을 것으로 판단되며 지하수 함양 증대와 용수를 공급하는데 있어 효율적으로 운영 되어질 것으로 사료된다.

2. 기상관측소의 선정

본 사업지구의 기상특성을 파악하기 위해서 유역 인근의 보은 기상관측소의 관측 자료 보유년도는 1973년부터이며 강우분석에 필요한 월강우량 자료를 보유하고 있는 기간은 44개년(1973년~2016년)이다. 보은기상관측소의 현황 및 사업지구와 인근 기상관측소의 티센망도는 그림 1, 표 1과 같다.



그림 1. 사업지구 인근 기상관측소의 티센망도

3. 갈수 빈도분석

갈수 빈도분석을 위해 보은관측소에서 관측된 월별 강우량을 대상으로 농번기인 4월부터 10월까지의 강우량을 순차적으로 누가하여 자료를 구성하였다. 구성된 각 누가월별 강우량을 대상으로 전절에서 적용한 11개의 분포를 적용하였다. 각 분포의 매개변수는 확률가중모멘트법의 선형조합인 L-모멘트법에 의해 산정하였다. 적합도 검정을 K-S Test에 의해 실시한 결과 대체적으로 GEV 분포가 적절한 것으로 판정되었다.

표 2는 누가기간별 GEV분포의 적합도 검정 결과와 매개변수 추정 결과를 나타내었다.

표 3은 산정된 GEV 분포의 매개변수를 적용하여 누가기간에 따른 빈도별 확률강우량을 산정한 것이다.

그림 2는 표 3을 확률지에 빈도별 관측된 누가강우량과 GEV 분포에 의한 누가강우량 도시하여 비교한 것이다.

4. 발용수량 산정

밭은 논과 달리 그 재배작물이 여러 종류이고 지역에 따라 적정작물이 다르다. 또한 밭작물은 대부분

관측 소명	관측 종별	위치			해발고 (EL.m)	관측 개시일	관리청
		주소	동경	북위			
보은	T/M	충북 보은군 보은읍 성주리 61번지	127°44'10"	36°29'05"	174.1	1971. 06. 16	기상청

표 1. 기상관측소 현황

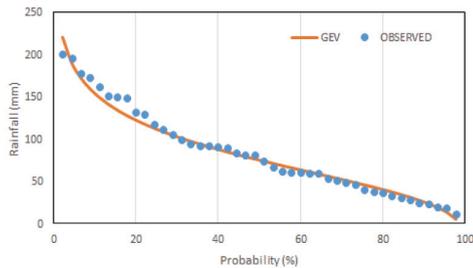
[자료 : 국가 수자원관리종합정보시스템(www.WAMIS.go.kr)]

누가기간	RMSE	KS-test		매개변수
		D_n	test	
4월	0.03	0.07	○	$\xi = 60.22, \alpha = 41.96, k = 0.0008$
4월-5월	0.03	1.00	○	$\xi = 144.45, \alpha = 73.68, k = 0.13$
4월-6월	0.03	0.96	○	$\xi = 276.25, \alpha = 108.23, k = 0.02$
4월-7월	0.03	0.85	○	$\xi = 539.51, \alpha = 195.37, k = 0.07$
4월-8월	0.04	0.98	○	$\xi = 767.58, \alpha = 201.17, k = -0.10$
4월-9월	0.03	0.95	○	$\xi = 893.80, \alpha = 256.44, k = 5.02$
4월-10월	0.02	0.99	○	$\xi = 945.66, \alpha = 250.50, k = -0.01$

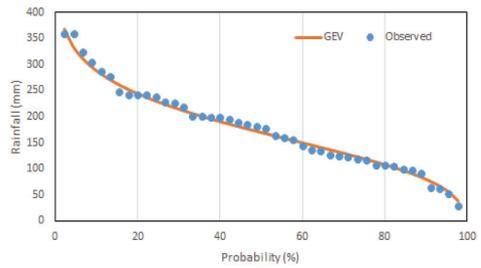
표 2. GEV분포에 따른 적합도 검정 및 매개변수 산정

누가기간	재현기간(년)					
	2	5	10	20	50	100
4월	75.23	40.44	25.76	15.02	4.16	0.00
4월-5월	169.73	108.00	79.92	58.55	36.22	22.23
4월-6월	314.69	223.62	184.65	155.90	126.67	108.76
4월-7월	607.87	442.85	370.26	315.97	260.08	225.50
4월-8월	84,204	670.23	601.71	553.00	504.97	476.28
4월-9월	985.41	767.14	674.47	606.43	537.47	495.34
4월-10월	1,035.64	821.69	731.68	665.91	599.52	559.09

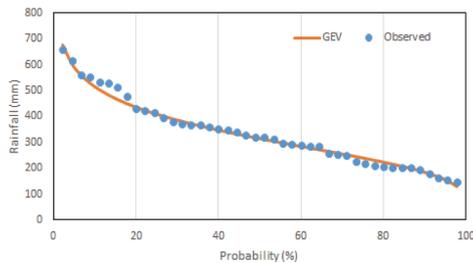
표 3. 재현기간에 따른 확률강우량



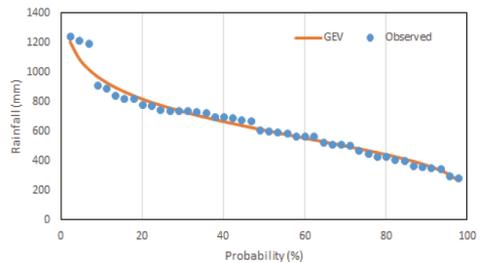
4월



5월



6월



7월

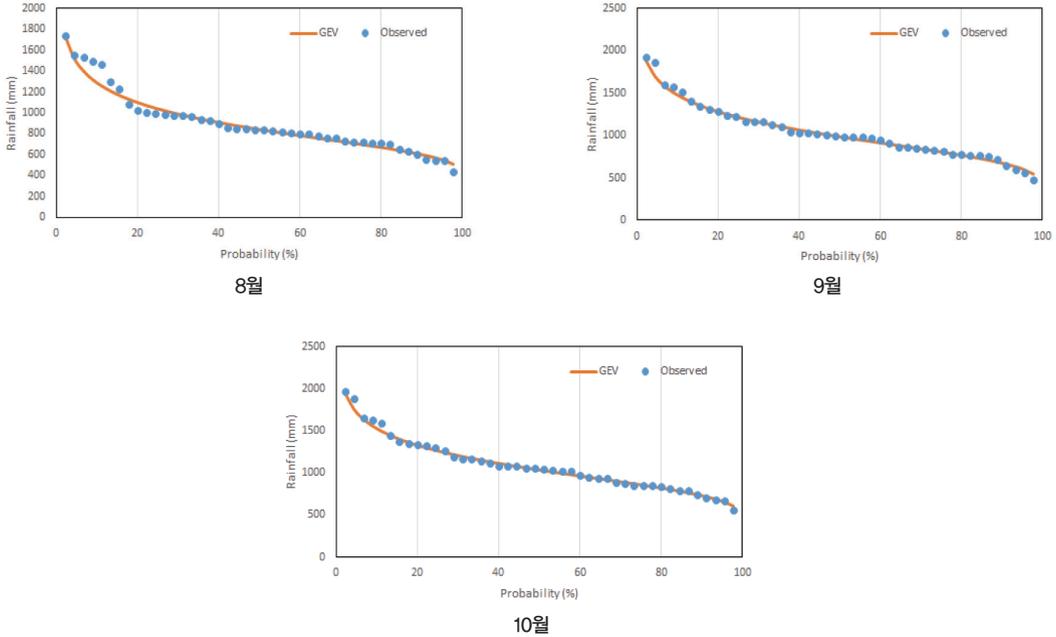


그림 2. 빈도별 관측된 누기강우량과 GEV 분포에 의한 누기강우량 비교

분 연작에 의하여 수확량과 품질이 저하되기 때문에 윤작이 행하여져 작물의 종류가 많게 된다.

4.1 단위용수량

발용수 원단위는 유효수량 미포함 및 포함한 경우로 나누어 산정하였고, 산정인자는 증발산량, 다목적용수량, 유효수량, 관개효율 등이 있으며, 증발산량은 작물계수와 잠재증발산량의 값으로 산정된다. 다목적용수량은 작물이 생리적으로 요구하는 수분보급량 이외의 필요수량으로 구분 「농업생산기반정비사업계획설계기준(관개편)(1998, 농림부)」되며, 재배관리용수량과 기상재해방지용수량 및 관리작업의 생력화용수량으로 구분된다.

또한, 유효수량은 TRAM(Total Readily Available Moisture)을 이용한 일별 토양수분추적법에 의해 산

정하였으며, 관개효율은 1에서 손실율을 제하여 산정하며, 적용된 손실율은 한국농어촌공사에서 제공된 용수·도시구역별로 제공된 자료를 활용하였다.

4.2 작물의 물사용량 분석

본 고의 테스트베드(T/B)인 보은군 회인면 오송리의 작물에 대한 물 사용량을 산정하기 위해 대상지역의 경작작물의 종류 및 재배면적을 확인하였고, 표 4와 같다.

작물명	재배면적(㎡)
옥수수	661.16

표 4. 경작작물의 종류 및 재배면적

옥수수는 4월 초순에 경작을 시작하여 9월 초순까지 경작을 마치며, 경작시작일부터 경작종료일까지의 작물에 대한 작물계수는 표 5와 같다.

구분	작물계수											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상순	0	0	0	0.5	0.72	0.9	1.05	0.8	0.8	0	0	0
중순	0	0	0	0.5	0.72	0.9	1.05	0.8	0	0	0	0
하순	0	0	0	0.5	0.72	0.9	1.05	0.8	0	0	0	0

표 5. 작물에 대한 작물계수

옥수수의 작물계수를 이용하여 대상지역의 물 사용량을 산정하였으며, 산정한 결과 2016년 4월에는 충분한 강수량으로 인하여 물 사용량이 발생하지 않았으며, 5월부터 19.4m³이 발생하였고, 6월에 최대로 73.6m³이 발생하였다. 작물에 대한 강수량은 각각에 대한 월별 강수량의 누가강수량을 적용하기 때문에 물 사용량도 누가 물 사용량을 적용하여 비교 분석하였다.

구분	물 사용량(m ³)	누가 물 사용량(m ³)
5월	19.4	19.4
6월	73.6	92.9
7월	32.0	124.9
8월	61.3	186.2

표 6. 작물의 물 사용량

5. 저류조 용량 결정

5.1 공급부족량 산정

상위에서 분석된 확률강우량을 이용하여 경지면적이 661.16m²에 대한 공급부족량(이하 부족량이라 칭함)을 산정하였다. 산정기간(월)은 옥수수를 재배하는 기간인 4월부터 9월까지이며, 월별 빈도별 부족량은 표 7과 같다.

이상의 결과에서 6월의 50년 빈도에서 9.4m³, 100년 빈도에서는 21.2m³이 부족한 것으로 산정되었다.

5.2 집수면적 용량 산정

대상지역의 집수되는 면적에 내리는 유출량을 산정하였으며, 집수되는 유형은 지붕으로서 그에 대한 면적은 120.0m²로 측정되었다.

집수되는 면적의 유출량을 산정하기 위한 유출계수는 표 8과 같다.

본 대상지역은 지붕에 대한 유출계수로서 0.9의 값을 적용하였으며, 적용한 값은 표 9와 같다.

이상의 결과와 같이 지붕에서 집수되는 유출량의 값을 산정하였으며, 6월의 50년 빈도에서 부족한 9.4m³은 집수된 유출량으로 보충할 수 있는 것으로 판단된다.

따라서 50년 빈도에서 10m³을 저류할 빗물은 저류조에서 30%의 여유율을 두어 13m³으로 저류조를 설계하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

6. 시사점

대상지역에 적용된 작물의 물 사용량과 월별 빈도별 부족량의 분석 결과를 바탕으로 본 고의 저류조 설계시 적정용량을 산정하는 것으로써 빗물 저류조를 이용하여 빗물을 경작에 필요한 용수로

월	수량	빈도					
		2년	5년	10년	20년	50년	100년
5월	강우량 대비 가용수량	112.0	71.3	52.7	38.6	23.9	14.7
	옥수수 적용 용수량	92.6	51.9	33.4	19.3	4.5	-4.7
6월	강우량 대비 가용수량	207.7	147.6	121.9	102.9	83.6	71.8
	옥수수 적용 용수량	114.7	54.6	28.9	9.9	-9.4	-21.2
7월	강우량 대비 가용수량	401.2	292.3	244.4	208.5	171.7	148.8
	옥수수 적용 용수량	276.3	167.3	119.4	83.6	46.7	23.9
8월	강우량 대비 가용수량	555.7	442.4	397.1	365.0	333.3	314.3
	옥수수 적용 용수량	369.5	256.1	210.9	178.7	147.0	128.1

표 7. 월별 빈도별 부족량 산정결과 [(-)는 부족한 용량을 나타낸 값임(단위 : m³)]

공종별	유출계수	공종별	유출계수
지붕	0.85~0.95	공지	0.10~0.30
도로	0.80~0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05~0.25
기타 불투수면	0.75~0.85	경사가 완만한 산지	0.20~0.40
수면	1.00	경사가 급한 산지	0.40~0.60

표 8. 토지이용별 기초유출계수의 범위 (출처 : 2015, 하수도 시설 기준)

월	빈도					
	2년	5년	10년	20년	50년	100년
5월	10.2	7.3	5.8	4.7	3.5	2.4
6월	15.7	12.5	11.3	10.5	9.8	9.3
7월	31.7	23.7	20.0	17.3	14.4	12.6
8월	25.3	24.6	25.0	25.6	26.4	27.1

표 9. 지붕의 유출량 산정결과 (단위 : m³)

활용하는 방안을 제시하였다.

보은기상관측소의 관측 자료 보유년도는 1973년부터이며 강우분석에 필요한 월강우량 자료를 보유하고 있는 기간은 44개년(1973년~2016년)이다. 이는 갈수빈도분석을 수행하기 위한 강우량 자료 최소보유연수의 기준으로 제시되고 있는 30개년을 상회하므로 기본적인 강우량 자료의 보유연수에 대한 신뢰도를 확보하기에 충분하다.

대상지역에서 생산되는 대표 작물을 통해 발용수량을 산정하기 위해서 옥수수의 작물계수를 이용하여 대상지역의 물 사용량을 산정하였으며, 산정한 결과 2016년 4월에는 충분한 강수량으로 인하여 물 사용량이 발생하지 않았으며, 5월부터 19.4m³이 발생하였고, 6월에 최대로 73.6m³이 발생하였다.

분석된 확률강우량을 이용하여 경지면적이 661.16 m²에 대한 부족량을 산정하였으며, 산정기간(월)은 옥수수를 재배하는 기간인 5월부터 9월까지이며, 6월의 50년 빈도에서 9.4m³, 100년 빈도에서는

21.2m³이 부족한 것으로 산정되었다.

대상지역의 집수되는 면적에 내리는 유출량을 산정하였으며, 집수되는 유형은 지붕으로서 그에 대한 면적은 120.0m²로 측정되었으며, 지붕에 대한 유출계수로서 0.9의 값을 적용하였다. 지붕에서 집수되는 유출량의 값을 산정하였으며, 6월의 50년 빈도에서 부족한 9.4m³은 집수된 유출량으로 보충할 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 50년 빈도의 10m³을 저류할 빗물은 저류조에서 30%의 여유율을 두어 13m³으로 저류조를 설계하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 국토교통부, 1998. 수자원관리기법 개발 연구조사
2. 국토교통부, 2011. 확률강우량도 개선 및 보완연구
3. 국토교통부, 2012. 설계홍수량 산정요령
4. 농림축산식품부, 1998. 농업생산기반정비사업계획 설계기준(관개편)
5. 정하우 외, 2006. 관개배수공학, 동명사
6. 환경부, 2015. 하수도 시설 기준
7. www.wamis.go.kr 국가수자원관리종합정보시스템
8. www.kmag.go.kr 기상청, 기상연보, 2007년~2016년
9. Greenwood J. A., J. M. Landwehr, N. C. Matalas, and J. R. Wallis. 1979. Probability Moments : Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressed in Inverse Form. *Water Resources Research* 15(5), 1049–1064
10. Sturges H.A. 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association* 21, 65–66.
11. Thompson, W.E., and Springer, M.D., 1966. The distribution of products of independent random variables. *SIAM J. Appl. Math.* 14, 511–526