



Analysis of Probability Rainfall Using Climate Change Scenarios

Hyung San Kim, Seung Jin Maeng[†], Seung Wook Lee, Hyun Soo Choi

Department of Agricultural & Rural Engineering, Chungbuk National University, 1 Deanong-ro, Seowon-gu, Cheongju, Korea

Abstract

Hydraulic structures such as dams or levees are facilities that store or discharge water for agricultural use and protect the lives, properties and agricultural lands of people in downstream city during flood and drought conditions. Although it is critical to evaluate maximum daily rainfall data over time for hydrological design, the limited evaluation of the rainfall data has caused repeated flood damage in Korea. In this study, a series of annual maximum daily precipitation were computed on the five selected rainfall stations where reliable long-term rainfall data were available. Then, the L-moment method was used to compute the values of the parameters in the probability distribution which was selected based on the 3-parameter probability distributions. The stochastic rainfall data were then estimated for each frequency and tested by reliability analyses with predetermined probability distribution.

Key words: hydrological data designing, probability distribution, method of L-moment, rainfall designing, reliability analysis

1. 서론

우리나라는 연강우량 중 2/3 이상이 6월부터 9월 사이에 집중되어 내리는 특성을 가지고 있으며, 이 기간 동안에 태풍, 집중호우 등 다양한 원인에 의한 재해가 발생하고 있다. 최근 들어 이상기후에 의한 돌발홍수의 크기와 발생빈도가 증가하는 추세에 있으며, 도시화로 인한 불투수지표면의 증가로 유출량의 크기가 증가하고, 토지이용도 증가 및 국민 생활수준 향상으로 인한 피해액의 규모도 매년 증가하는 추세이다.

과거 우리나라의 홍수피해 사례를 살펴보면, 1996년 7월 경기도 북부 지역에 집중호우로 인해 댐 제방의 붕

괴와 범람으로 대규모 침수피해가 발생하여 수명의 인명과 막대한 재산상의 손실을 입었다. 1998년 7월 지리산 계곡에 집중호우가 발생하여 급격한 수위 상승으로 인해 이 지역 야영객의 대부분이 실종 또는 사망하는 사고가 발생했을 뿐만 아니라 인명상의 피해와 수리구조물, 교량, 도로 및 가옥이 붕괴되고 침수되는 재산상의 피해도 발생하였다(KICT, 1998). 특히 2002년 8월 우리나라를 통과한 태풍 루사의 영향으로 강릉지역에 24시간 최고 870.5 mm의 강우가 쏟아져 가능최대강우량(Probability Maximum Precipitation, PMP) 수준의 강우량을 기록하였다. 또한, 2010년 9월 21일 13시부터 17시까지 및 2011년 7월 27일 2시부터 9시까지 2

[†] Corresponding author: Seung Jin Maeng, Tel. +82-43-261-2576, e-mail, maeng@chungbuk.ac.kr

년에 걸쳐 단 몇 시간 만에 유례없는 집중호우로 인해 우리나라 수도 서울의 심장부인 광화문 광장이 침수되는 등 도심시까지 침수 피해가 극심하였다. 2011년 7월 우면산과 춘천 천전지구 산사태, 밀양 양지마을 산사태 등으로 많은 인명피해가 발생하였다. 이러한 호우로 인해 발생하는 피해는 지구온난화에 따른 기상이변의 일부로 받아들여지고 있으며, 앞으로 이와 같은 호우는 빈번히 발생될 것으로 예상되고 있다.

이러한 피해는 앞으로 증가할 것으로 예상되며 피해를 줄이기 위해 근본적으로 선행되어야 할 것은 용수공급을 위한 각종 댐 및 수리구조물인 즉, 치수목적으로 설계되어 홍수피해경감의 역할을 할 수 있는 구조물의 설계지침인 적정 확률홍수량을 유도하는데 있다. 특히 향후 기후변화 시나리오에 따른 확률강우량의 변화를 파악하여 적용 할 수 있다면 더욱 홍수예방에 대비할 수 있을 것으로 판단된다.

앞으로 발생할 수 있는 홍수로 인한 피해에 대처하기 위해서는 장차 계획하고 있는 수공구조물의 설계시 적용되는 확률강우량의 신뢰성 확보가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 충북의 5개 강우관측소에서 기후변화 시나리오를 적용한 확률일강우량의 변화에 대해 분석하고자 한다. 연구의 결과는 기존 수공구조물의 기후변화로 인해 발생하는 피해규모를 파악하거나 수리시설물의 안정성 확보에 활용될 것이다.

II. 이론적 특성분석

1. 자료의 통계분석을 위한 검정

기후 변화는 우리의 삶과 밀접한 관계를 맺고 있으며 기후가 변화함에 따라 폭염, 홍수, 가뭄 및 폭설과 같은 극한 기후현상이 발생하게 된다. 이에 기후변화 대응 및 적응정책을 지원하기 위해 과학적 근거에 기반을 둔 국가적 차원의 획일적인 미래 기후전망 자료를 필요로 하게 되었다. 이에 본 연구에서도 기후변화 시나리오를 통해 적용된 구역의 분석기간별 일최대우량 계열의 통

계학적 분석 여부를 판단하기 위해 독립성 및 동질성 검정을 각각 Wald-Wolfowitz 및 Mann-Whitney 검정을 통하여 수행하였다.

또한 구성된 일최대우량의 통계학적 분석을 위해 상한과 하한의 극치자료가 포함되었는지를 판단하는 이상치 검정 방법인 Grubbs-Beck Test를 수행하였다.

독립성 검정은 모집단의 독립성을 검정하는 비모수적 검정중의 하나인 Wald-Wolfowitz 검정 (Wald & Wolfowitz, 1940)을 수행하였으며, Mann-Whitney의 동질성 검정은 Wilcoxon(1945)이 처음으로 제안한 것을 Mann & Whitney(1947)가 자료수가 다른 경우에도 적용할 수 있도록 변형시킨 방법이다.

이상치 검정은 수문자료의 일반적인 균형분포의 상태에서 훨씬 위쪽으로는 또는 아래쪽으로 나타나는 Data의 경우 부적절한 통계학적 매개변수의 유도로서 설계수문량의 제시에 불확실성을 초래하게 된다. 따라서 기후변화 시나리오가 적용된 구역의 분석기간별 일최대우량 계열의 수문자료를 Grubbs-Beck에 의한 검정법을 사용하여 이상치 유무를 검정하였다. 독립성, 동질성 및 이상치에 대한 검정은 Kwon(2011), Kim(2015)에 의해 언급되었다.

2. L-모멘트법에 의한 확률분포별 매개변수 추정이론

본 연구에서 신빙성 있는 설계강우량 추정을 위해 적용한 확률분포는 Generalized Extreme Value(GEV), Generalized Logistic(GLO), Generalized Pareto(GPA), Generalized Normal(GNO) 및 Pearson Type 3(PT3)이다. 이들 3변수 확률분포의 매개변수 추정방법인 확률가중모멘트(Greenwood 등, 1797)와 L-모멘트의 관계는 Hosking(1986; 1996), Maeng, *et. al.*(2003), Maidment(1992) 및 WMO(1989)에 의해 언급되었고, 확률분포별 L-모멘트에 의한 매개변수 추정방법은 Hosking, *et. al.*(1986; 1997) 및 Maidment(1992)에 의해 언급되었다.

III. 강우자료 및 분석방법

우리나라의 강우자료에 대한 빈도분석을 시도하기 위해서는 강우자료의 신빙성이 무엇보다도 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상관측소(이하 강우관측지점이라 한다.)의 강우자료를 선정하였다. 선정된 강우관측지점은 총북의 5개 강우관측소(충주, 청주, 추풍령, 제천, 보은)이며, 관측된 일강우량 자료는 기상청의 강우DB로부터 수집하였다.

이상에서 수집한 강우자료를 사용하여 신빙성 있는 설계강우량을 산정하는 절차는 다음과 같다.

우선적으로 선정된 5개의 강우관측지점의 연최대일강우량 시계열 자료를 구성하고, 기 관측된 일최대일강우량 계열을 기준으로 2040년부터 2100년까지의 30년씩 추가된 기후변화 시나리오에 의한 일최대일강우량 자료를 구성한 후 수문자료의 통계적 분석가능여부를 검정한다. 그 다음은 강우관측지점별 연최대일강우량 자료의 독립성 및 동질성, 이상치를 검정하여 Outlier검정을 실시함으로써 자료 분석 여부를 판정한다.

자료 분석 여부를 판정한 후 연최대일강우량 자료의 적정 분포를 선정하기 위한 확률분포는 국내외적으로 근자에 제시된 GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 확률분포를 대상으로 하며, 연최대일강우량 자료에 적용된 확률분포들의 L-모멘트비를 산정한다. 그리고 본 분석에서 적용된 확률분포들을 대상으로 L-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검정에 의해 적절한 확률분포를 선정하고, 선정된 확률분포의 매개변수를 강우관측지점별로 L-모멘트법에 의해 산정한다.

마지막으로 L-모멘트법에 따른 적정 확률분포에 의

한 실측치의 빈도별 설계강우량을 유도하고, 이상의 분석 결과에 의해 신빙성 있는 확률일강우량 변화를 분석한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 수문자료의 기본통계치 분석

우리나라에서 비교적 강우관측자료의 관리가 잘 되어 있는 기상청 관할 강우관측지점을 대상으로 하였으며, 이들 강우관측소별로 기록된 원시자료의 연속성과 결측치의 유무를 고려하여 총북지역 5개의 강우관측지점을 선정하였다. 강우관측지점별 연최대일강우량 자료에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 첨예도의 기본 통계치를 각 강우관측지점별로 구한 결과는 <Table 1>과 같다.

강우관측지점 전반에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 103.50~133.56 및 36.16~54.94의 범위를 왜곡도계수와 변동계수는 각각 0.863~1.752 및 0.333~0.428의 범위를 그리고 첨예도 3.157~5.933의 범위를 나타내었다.

2. 일강우자료의 적정성 검정

본 분석에서는 연최대일강우량 자료의 분석 여부결정을 위해 강우관측지점별 연최대일강우량의 독립성과 동질성 검정을 각각 Wald-Wolfowitz Test, Mann-Whitney Test 및 Grubbs-Beck Test에 의해 검정하였고 동시에 Outlier 검정을 실시하였다. 관측개시일부터 2014년까지의 5개 강우관측지점을 대상으로 연최대일강우량 자료의 통계학적 분석 가능 여부를 확인하기 위한 적정성 검정 결과는 <Table 2>와 같다.

Table 1. Basic statistics

Station	Duration of observed data (yrs)	Mean(\bar{x}) (mm/day)	Standard deviation (S)	Coefficient of skewness(C_s)	Coefficient of variation(C_v)	Coefficient of kurtosis(C_k)
Chungju	1973~2014	118.64	48.50	1.252	0.409	3.809
Cheongju	1967~2014	115.51	38.51	1.119	0.333	3.609
Chupung-reong	1961~2014	103.50	36.16	1.060	0.349	3.898
Jecheon	1973~2014	133.56	54.94	0.863	0.411	3.157
Boeun	1973~2014	118.20	50.58	1.752	0.428	5.933

Table 2. Test for independence, homogeneity and outliers of observed annual maximum daily rainfalls

Station	Wald-Wolfowitz's test for Independence			Mann-Whitney's test for Homogeneity			Grubbs and beck test			
	u	$u_{\alpha/2}$	Test	Z	$Z_{\alpha/2}$	Test	K_N	X_L	X_H	Test
Chungju	1,194	1.96	○	-1.17	1.96	○	2,700	39.8	305.8	◎
Cheongju	-1,257		○	-2.23		○	2,752	44.1	285.4	◎
Chupung-reong	0,543		○	-1.19		○	2,797	36.0	276.6	◎
Jecheon	1,846		○	-1.66		○	2,700	40.1	378.1	◎
Boeun	1,087		○	-1.13		○	2,700	36.2	354.4	◎

u : W-W test statistic

Z : M-W test statistic

$u_{\alpha/2}, Z_{\alpha/2}$: Standardized normal deviate corresponding to a probability of exceedance $\alpha/2$

○ : Accept at a 5% level of significance

◎ : Accept at a 10% level of significance

〈Table 2〉의 결과에서 강우관측지점별 연최대일강우량 자료는 독립성과 동질성이 인정되었고, Outlier가 없음이 검정되었다. 타 분석 기간, 즉 관측개시일로부터 30년 단위인 2040년, 2070년, 2100년까지 분석한 결과도 타당성이 인정되었으며, 5개 강우관측지점별 연최대일강우량 자료에서도 동일한 결과를 나타내었다.

3. 적정 확률분포의 선정

본 분석에서는 강우관측지점별 연최대강우량의 확률분포를 선정하기 위해 도식적 방법으로서 L-모멘트비도와 비매개변수적 방법인 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다.

L-모멘트비도에 의한 강우관측지점들의 연최대일강우량에 대한 적정 확률분포의 선정은 L-모멘트비의 산정과 함께 L-모멘트비도(Hosking, *et. al.* 1997)를 도시함으로써 이루어 질 수 있다.

본 분석에서 사용된 GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포의 L-왜곡도(L-skewness)와 L-첨예도(L-kurtosis)의 관계인 L-모멘트비도를 〈Figure 1〉에 도시하고, 각 강우관측지점별 연최대일강우량의 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하여 L-모멘트비도를 작성함으로써 이를 근거로 적절한 확률분포를 선정한다. 강우관측지점에 대한 연최대일강우량의 L-모멘트비인 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하였으며, 강우관측지점별로 구해진 L-모멘트비와 L-모멘트비의 평균값을 L-모멘트비도에 도시한 결과는 〈Figure 1〉과 같다.

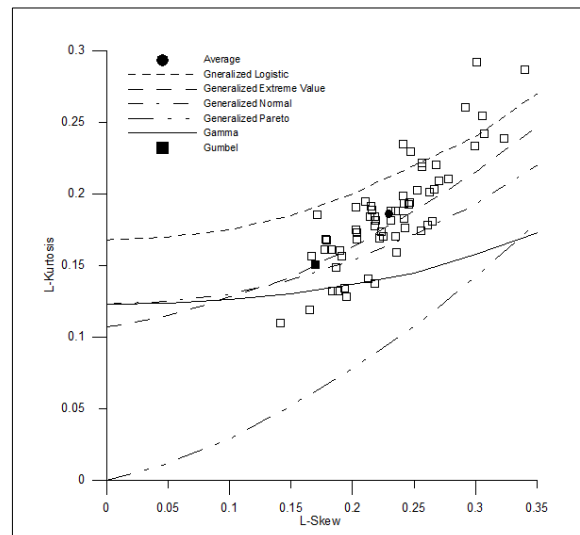


Figure 1. Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis

〈Figure 1〉에 나타난 바와 같이 강우관측지점별 연최대일강우량 계열인 5개의 L-왜곡도와 L-첨예도의 무차원 L-모멘트 플로팅 포지션점이 GEV 분포의 곡선에 고루 산재해 있고, L-왜곡도와 L-첨예도를 평균한 값은 각각 0.23와 0.18로서 GEV 분포의 L-모멘트비 곡선에 접근하여 플로팅 되어 있음을 볼 수 있다.

따라서, 강우관측지점별 연최대일강우량에 L-모멘트법을 적용하여 L-모멘트비를 플로팅한 결과는 GEV가 GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포에 비해 적절한 확률분포로 나타났다.

또한, 강우관측지점별 적정 확률분포의 선정을 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였으며, 이에 의한 검정결과는 L-모멘트법을 이용한 5개 분포의 K-S

Table 3. Parameters for GEV distribution using RCP 8.5 scenario

Station	Duration of observed data	Parameters for GEV distribution		
		ξ	α	β
Chungju	1973-2014	94.5268	32.4639	-0.1447
	1973-2040	91.6483	35.9427	-0.0797
	1973-2070	88.4634	32.2524	-0.0685
	1973-2100	86.9784	32.5605	-0.0503
Cheongju	1967-2014	96.5047	27.7386	-0.0991
	1967-2040	91.3129	30.4663	-0.0382
	1967-2070	86.5674	26.7990	-0.0999
	1967-2100	85.2409	28.9268	-0.1372
Chupung-reong	1961-2014	86.7886	28.8258	-0.0024
	1961-2040	82.2259	33.0964	-0.1938
	1961-2070	80.7054	32.9871	-0.1306
	1961-2100	78.7905	30.1935	-0.2024
Jecheon	1973-2014	107.3103	42.9755	-0.0328
	1973-2040	102.3654	41.7770	-0.0049
	1973-2070	94.4501	36.0967	-0.0541
	1973-2100	91.4018	35.2153	-0.1401
Boeun	1973-2014	93.4930	30.0713	-0.2003
	1973-2040	87.3892	31.9783	-0.1078
	1973-2070	83.7856	29.6255	-0.1170
	1973-2100	81.7155	29.6846	-0.1307

한계치가 5% 유의 수준치보다 작게 나타남으로써 5개 분포 모두가 적정 분포로 판정되었다.

이상의 2개의 적합도 검정인 L-모멘트비도에 의한 검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정을 수행한 결과 적용된 5개 확률분포 중 GEV 분포가 보다 적절한 것으로 검정되어 적정 확률분포로 GEV 분포를 선정하였다.

4. 적정 확률분포의 매개변수 추정

본 분석에서는 적정 확률분포로 선정된 GEV 분포에 대한 강우관측지점별 연최대일강우량의 설계강우량을 유도하기 위해 GEV 분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정하였다.

표본 예로 5개 강우관측지점의 RCP 8.5를 적용한 결과는 <Table 3>과 같다.

5. 시나리오별 확률일강우량의 변화

본 분석에서는 L-모멘트법에 의해 추정된 GEV 분포의 매개변수를 이용하여 강우관측지점별로 확률강우량을 유도하였으며, 5개 강우관측지점에 대한 적정 확률분포별 L-모멘트법에 의한 시나리오에 따른 빈도별 확률강우량을 도출하였고, 표본 예로 청주 관측지점에

대해 도시한 것은 <Figure 2>와 같다.

5개 강우관측지점에 대하여 시나리오별 결과를 서술하면 다음과 같다.

RCP 2.5 시나리오일 때의 각 강우관측소별 설계강우량은 충주관측소에서 10년 빈도 162.60~180.88mm, 50년 빈도는 212.39~264.75mm, 100년 빈도는 229.89~264.75mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 154.89~166.43mm, 50년 빈도는 199.71~212.21mm, 100년 빈도는 215.47~228.64mm 범위를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 141.63~151.83mm, 50년 빈도 176.18~187.85mm, 100년 빈도는 199.80~209.28mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 185.29~207.68mm, 50년 빈도는 237.64~266.29mm, 100년 빈도는 255.37~286.21mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 165.38~178.99mm, 50년 빈도는 218.29~245.49mm, 100년 빈도는 237.41~271.38mm 범위를 나타내었다.

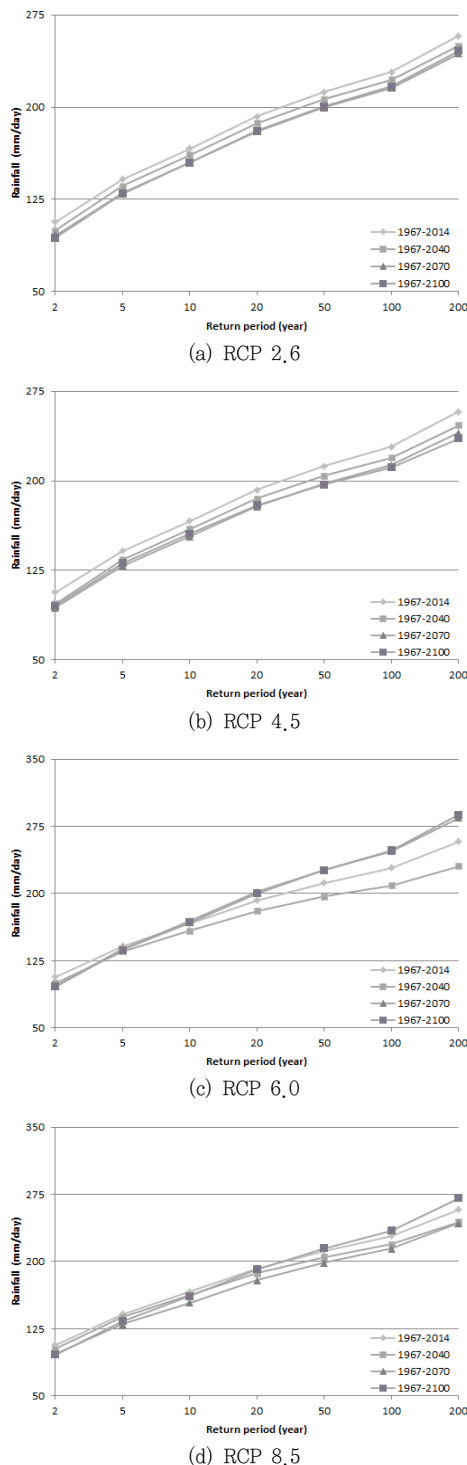


Figure 2. Probability rainfall change by scenario of Chungju station

RCP 4.5 시나리오일 때의 각 강우관측소별 설계강우량은 충주관측소에서 10년 빈도 162.98~180.88mm, 50년 빈도는 223.06~255.01mm, 100년 빈도는 246.11~286.82mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈

도는 153.50~166.43mm, 50년 빈도는 199.04~212.21mm, 100년 빈도는 211.13~228.64mm 범위를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 144.10~151.83mm, 50년 빈도 180.53~187.85mm, 100년 빈도는 192.69~200.71mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 173.67~207.68mm, 50년 빈도는 222.91~266.29mm, 100년 빈도는 239.74~286.21mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 164.12~178.99mm, 50년 빈도는 223.35~245.49mm, 100년 빈도는 245.71~271.38mm 범위를 나타내었다.

RCP 6.0 시나리오일 때의 각 강우관측소별 설계강우량을 보면 충주관측소에서 10년 빈도 163.07~180.88mm, 50년 빈도는 216.14~258.56mm, 100년 빈도는 233.84~249.27mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 158.39~166.43mm, 50년 빈도는 196.52~226.43mm, 100년 빈도는 209.09~248.05mm 범위를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 147.77~152.22mm, 50년 빈도 185.98~193.83mm, 100년 빈도는 198.83~207.89mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 187.93~207.68mm, 50년 빈도는 240.94~266.29mm, 100년 빈도는 257.85~286.21mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 166.59~178.99mm, 50년 빈도는 225.42~245.49mm, 100년 빈도는 247.29~271.38mm 범위를 나타내었다.

RCP 8.5 시나리오일 때의 각 강우관측소별 설계강우량을 보면 충주관측소에서 10년 빈도 164.56~180.88mm, 50년 빈도는 211.26~241.99mm, 100년 빈도는 227.36~264.75mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 154.19~166.43mm, 50년 빈도는 198.53~214.81mm, 100년 빈도는 214.45~234.53mm 범위를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 151.83~175.59mm, 50년 빈도 187.85~247.42mm, 100년 빈도는 199.80~275.25mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 180.83~207.68mm, 50년 빈도는 233.16~266.29mm, 100년 빈도는 251.26~286.21mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈

도는 159.38~178.99mm, 50년 빈도는 211.54~245.49mm, 100년 빈도는 230.29~271.38mm 범위를 나타내었다.

이상의 결과에서 5개 강우관측소에 대한 시나리오별 확률일강수량은 RCP 2.6 보다 RCP 4.5가, RCP 4.5 보다 RCP 6.0이, RCP 6.0 보다 RCP 8.5에 의한 확률 일강수량이 동일 빈도년에서 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 분석기간별 확률일강수량은 분석기간이 장기간일수록 대체적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

V. 결론

본 연구는 충북의 주요 5개 강우관측지점에서 신빙성 있는 연최대일강우 관측 자료를 선정하여 연최대일강우량 시계열을 구성하고 적정 확률분포를 선정하여 L-모멘트법에 의해 매개변수를 추정하였다. 이에 적정 확률 분포별로 L-모멘트법에 의해 빈도별 확률 일강수량을 산정하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

우선 강우관측지점별 연최대일강우량 자료에 대한 Wald-Wolfowitz의 독립성 검정과 Mann-Whitney의 동질성 검정 및 Grubbs-Beck의 Outlier 검정을 수행한 결과 강우관측지점별 연최대일강우량 자료의 분석 타당성이 인정되었다.

또한, 연최대일강우량 자료의 적정 분포를 선정하기 위해 적용한 확률분포는 GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포이다. L-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov 검정에 의해 연최대일강우량 자료의 적합도 검정을 실시한 결과 적용된 5개 확률분포 중 GEV 분포가 타 분포에 비해 적절한 것으로 검증되었으며, 마지막으로 강우관측지점별 연최대일강우량 자료를 이용하여 GEV 분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정하여 강우관측지점별 확률일강수량을 산정하였다.

본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 기후변화에 따라 확률일강수량이 전반적으로 증가하게 될 것으로 예측되는 바 향후 기후변화에 대비한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료되며, 수리구조물의 규모 결정 및 설계에

있어 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2014학년도 충북대학교 연구년제 지원에 의하여 연구되었음.

References

- Greenwood, J. A., J. M. Landwehr, N. C. Matalas and J. R. Wallis. 1979. Probability Weighted Moment: Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressed in Inverse Form. *Water Resources Research* 15(5): 1049-1064.
- Hosking, J. R. M. 1986. *The Theory of Probability Weighted Moment*. 3-16. RC12210. IBM Research Center: Yorktown Heights.
- Hosking, J. R. M. 1996. *Fortran Routines for Use with the Method of L-moments*. 1-43. RC2025. IBM Research Center: Yorktown Height.
- Hosking, J. R. M. and J. R. Wallis. 1997. *Regional Frequency Analysis*. Cambridge University Press.
- KICT. 1998. Analysis of the 1998 Flash flood in the Mt. Jiri.
- Kim, H. S. 2015. Estimating Probable Annual Maximum Daily Streamflow on Climate Change. Cuungbuk National University, Thesis for the Degree of Doctor.
- Kwon, S. J. 2011. A Study on Estimation of Probable Precipitation in Urban Area under Climate Change. University of Seoul, Thesis for the Degree of Master.
- Lee, S. H., B. J. Kim, S. J. Maeng and K. S. Ryoo. 2004. Frequency Analysis of Extreme Rainfall Using 3 Parameter Probability Distributions. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 46(3): 31-42.
- Maeng, S. J. and S. H. Lee. 2002. Estimation of Design Flood by Determination of Best Fitting Order of LH-Moments(I). *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 44(6): 49-60.
- Maeng, S. J. and S. H. Lee. 2003. Estimation of Design Flood by Determination of Best Fitting Order of LH-Moments(II). *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*.

45(1): 33-44.

Maidment, D. R. 1992. *Handbook of hydrology*. McGraw-hill, Inc.

Mann, H. B. and D. R. Whitney. 1947. On a Test of Whether One of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *Annals of Math Statistics*. 18(1): 50-60.

Wald, A. and J. Wolfowitz. 1940. On a Test Whether Two Samples are from the Same Population. *Annals of Math Statistics*. 11(2): 147-162

Wilcoxon, F. 1945. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*. 1(6): 80-83

World Meteorological Organization. 1989. Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis. *Operational Hydrology Report* No.33. Secretariat of the World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland; A4.1-A4.14

Korean References Translated from the English

권석주. 2014. 기후변화에 따른 도시지역의 확률강수량 산정에 관한 연구. 서울시립대학교 석사학위논문.

김형산. 2015. 기후변화에 따른 확률 일최대유량 산정. 충북대학교 박사학위논문.

맹승진, 이순혁. 2002. LH-모멘트의 적정 차수 결정에 의한 설계홍수량 추정(I). *한국농공학회지*. 44(6): 49-60.

맹승진, 이순혁. 2003. LH-모멘트의 적정 차수 결정에 의한 설계홍수량 추정(II). *한국농공학회지*. 45(1): 33-44.

이순혁, 김병준, 맹승진, 류경식. 2004. 3변수 확률분포형에 의한 극치강우의 빈도분석. *한국농공학회논문집*. 46(3): 31-42.

한국건설기술연구원. 1998, 1998년 7월 31일 발생 지리산 돌발홍수 분석. 한국건설기술연구원.

Received: Jan. 13, 2015 / Revised: Jan. 26, 2015 / Accepted: Feb. 1, 2015

기후변화 시나리오에 의한 확률일강수량 변화

국문초록 우리나라는 집중호우로 인한 수해를 빈번하게 겪었다. 이러한 호우로 인해 발생하는 피해는 지구온난화에 따른 기상이변의 일부로 받아들여지고 있으며, 앞으로 이와 같은 호우는 빈번히 발생될 것으로 예상되고 있다. 댐이나 제방 등의 수리구조물은 홍수나 가뭄시 물을 저류하거나 하류로 방류하여 농업용수의 공급은 물론 홍수 및 가뭄으로부터 인명과 재산 그리고 농경지 및 하류의 도시들을 보호해주는 시설이다. 이와 같은 수리구조물의 설계, 운영, 관리 및 개·보수를 위해서는 신빙성 있는 설계수문량의 제시가 매우 중요하다. 본 연구에서는 장기간 신빙성 있는 강우관측자료를 보유한 충북의 5개 강우관측지점을 선정하여 연최대일강수량 계열을 구성하고 3변수 확률분포를 대상으로 적정 확률분포를 선정 후 선정된 확률분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정하였다. 선정된 확률분포에 의해 확률강우량을 산정하고 신뢰도 분석을 실시하여 빈도별 적정 확률강우량을 제시함으로써, 댐이나 하천제방과 같은 각종 수리시설물의 수해예방 대책을 수립하는데 활용될 것으로 사료된다.

주제어 : 설계수문량, 확률분포, L-모멘트법, 설계강우량, 신뢰도 분석

Profiles

Hyung San Kim : Obtained a doctor of engineering degree in “Estimating probable annual maximum daily streamflow on climate change” (February, 2015) from Chungbuk National University, currently he is working as a researcher at the Korea Water Resources Corporation. (kamakim486@naver.com).

Seung Jin Maeng : Obtained a doctor of agriculture degree in “Estimation of design flood by the determination of best fitting order of LH-Moments” (February, 2002) from Chungbuk National University, currently he is working as professor in Chungbuk National University. The main areas of research are statistical hydrology, development of rainfall-runoff model, and area of hydrological data measurement, current activities include director society of agricultural engineering, the editorial board member in Journal Korea Water Resources Association. (maeng@chungbuk.ac.kr).

Seung Wook Lee : Obtained a master of engineering degree in “Analysis of hydraulic characteristics by stream control frame at Geumdang Vally in Pyeongchang River” (February, 2012), from Chungbuk National University, currently he is working as a researcher at the Ministry of Land, Infrastructure and Transport Chungcheong regional technology resource center. (swlee4796@hanmail.net).

Hyun Soo Choi : Obtained a master of engineering degree in “Flood analysis of downstream area according to reservoir failure using DAMBRK model” (August, 2008) from Chungbuk National University. Currently working in regional headquarters Korea Rural Community Corporation, Chungbuk water management. (jhskr@hanmail.net).