

An Analysis of Variation in Design Drought Rainfall Based on Climate Change

Seung Wook Lee^{1#}, Seung Jin Maeng¹⁺, Hyung San Kim², Dong Joo Kim³

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

²Korea Water Resources Corporation, 125, Yuseong-daero 1689beon-gil, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

³Korea Rural Community Corporation, 1053, Isunhwan-ro, Seowon-gu, Cheongju, Korea

Abstract

South Korea has experienced an increased number of flood disasters following the increased frequency of local rainfall occurrence. With an increasing frequency of floods, drought frequency and duration of drought have also increased. The rainfall and meteorological analysis showed that droughts occurred every 5 years, including the worst drought in 2015. Although Chungbuk province has an annual average rainfall of 1,212.7mm, it had 650.3mm in 2015 which was only 53.8% of normal year rainfall. In this study, the L-moment parameters were determined by applying an appropriate probability distribution to the annual minimum series data according to climate change scenarios at 5 rainfall stations in Chungbuk province. The frequency of drought rainfalls was computed for each continuing time by utilizing the appropriate probability distribution in the L-moment method. The drought rainfall computed in this paper can be used as fundamental data for designing drought measures and estimating regional drought rainfall.

Key words: frequency of occurrence, probability distribution, L-moment, drought rainfall

1. 서론

최근 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 국가에서 지구온난화와 기상이변의 이유로 홍수 및 가뭄이 빈발하고 있다. 특히 우리나라에서는 국지성 호우의 발생빈도가 높아짐에 따라 기존의 하천유역능력을 초과해 저지대를 비롯한 많은 지역에서 홍수가 발생하고 있으며, 연평균 총강우량의 변화량은 적으나 폭우의 빈도가 증가하고 있어 상대적으로 가뭄의 발생기간이 길어지고 있다 (Kwon, 2013).

가뭄이라는 재해는 기존의 수문학적 재해에 비해 서

서히 장기간에 걸쳐 피해를 유발하고 있는데 미국해양기상청(NOAA)에서 선정한 20세기 최대의 자연재해 중 상위 5위 안에 4개의 가뭄이 기록될 정도로 그 피해가 심각한 것으로 나타나고 있다(Jo, 2013). 가뭄의 발생 주기 또한 점점 짧아지고 있는 것으로 나타나고 있는데 국내에서도 1906년의 기상관측 이후 1998년까지 93년간 강우주기를 분석한 결과 약 5년 주기로 가뭄이 발생하고 있어 이러한 결과를 뒷받침하고 있다.

지금까지는 홍수재해에 보다 많은 비중을 두어 국가차원에서의 대책마련이 잘 되어 있었으나 가뭄에 대한 연구와 그에 따른 대책은 미비한 실정이었다.

The 1st author: Seung Wook Lee, Tel. +82-43-220-1150, e-mail, swlee4796@hanmail.net

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

가뭄에 대한 재해대책이 부족한 상황에서는 가뭄 자체의 위험성보다 가뭄에 대한 대처를 어떻게 하는지가 더 중요하다. 가뭄은 진행속도가 느려 대처할 여유가 많지만 그 피해는 즉각적으로 나타나지 않는 특징을 보이고 있다. 이러한 특징은 사전예방 및 피해 완화 차원의 대처 미흡으로 이어지고 있으며 정부의 대책 또한 가뭄이 상당히 진행된 후의 응급복구대책에 국한되어 있다. 가뭄을 최대한 초기에 모니터링하고 한반도의 과거 가뭄 자료를 분석하여 가뭄이 자주 발생했던 가뭄우심지역을 평가할 수 있다면 유역 특성에 적합한 가뭄대책을 수립할 수 있으며, 가뭄우심지역에 대한 정보를 수자원 전문가 및 물 공급 담당 관리자, 일반인들에게 알려줄 수 있다면 가뭄에 대한 신속한 대처와 피해경감효과로 가뭄피해를 최소화 할 수 있을 것이라 판단된다(Jo, 2013).

가뭄과 같은 기후변화에 대한 영향을 바탕으로 기후변화 적응을 위한 국내 연구가 활성화 되고 있으며, 이로 인하여 기후변화 시나리오에 대한 요구가 급격히 증대되었다. 여기서 기후변화 시나리오란 온실가스, 에어로졸, 강우 등의 변화와 같이 인간 활동에 인위적인 원인에 의해 발생하는 기후변화를 예측하기 위해 기후변화 예측모델을 이용하여 계산한 후 미래기후(기온, 강수, 습도 등)에 대한 예측정보를 말한다. 본 연구에서도 기후변화 시나리오를 통한 가뭄우량을 예측하여 수자원 재해에 대한 대책과 그에 대한 피해를 최소화하기 위함이다.

따라서 본 연구에서는 충북의 5개 강우관측소에서 기후변화 시나리오를 적용한 강우량을 확보하여 빈도별 가뭄우량을 제시하고자 한다. 이를 토대로 향후 가뭄대책 수립 및 수자원 시설의 효과적인 운영방안의 근간으로 활용될 것이라 사료된다.

II. 기후변화 시나리오 및 확률가중모멘트와 L-모멘트의 이론적 분석

1. 기후변화 시나리오

전 세계적으로 나타나고 있는 지구 온난화의 영향으로 기후변화가 점차 심화되어 지고, 기후변화 대응 정

책을 효율적으로 지원하기 위해 과학적 근거에 기반을 둔 국가차원의 미래 기후전망 자료를 사용함은 물론 이를 토대로 분야별 기후변화 영향을 점검하고 선제적인 대응이 필요하게 되었다. 이중 RCP(Representative Concentration Pathways: 대표농도경로) 시나리오는 IPCC 5차 평가보고서에서 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정의하였다. 복사강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 Representative(대표)라는 표현을 사용하며, 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 Pathways(경로)라는 의미를 포함한다.

RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5, RCP 2.6 총 4개의 시나리오로 구분되며, RCP 시나리오의 숫자는 복사강제력 즉, 온실가스 등 에너지의 평형을 변화시키는 영향력의 정도를 양으로 나타낸 것이다. RCP 8.5는 3.6%, RCP 6.0은 2.5%, RCP 4.5는 1.9%, RCP 2.6은 1.1%에 해당한다. 본 연구에서는 기후변화를 고려한 가뭄우량의 빈도별 변화를 모의하기 위해 RCP 4.5와 RCP 8.5를 적용하였다(Lee, 2016).

2. 확률가중모멘트와 L-모멘트의 이론적 분석

본 연구에서 지속기간에 따른 빈도별 가뭄우량 추정을 위해 적용한 확률분포형은 Gumbel(GUM), 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, *et al.*, 1979; Hosking, 1990)와 L-모멘트의 관계는 Hosking(1986; 1996), Lee, *et al.*(2003), Maidment(1992)에 의해 언급되었고, 확률분포별 L-모멘트에 의한 매개변수 추정방법은 Hosking, *et al.*(1986; 1997) 및 Maidment(1992)에 의해 언급되었다.

또한, 확률가중모멘트의 선형조합인 L-모멘트 방법에 의한 모집단의 추정량과 L-모멘트비인 L-변동계수, L-왜곡도 및 L-첨예도는 Lee, *et al.*(2001)에 의해 언급되었다.

III. 강우자료 및 분석방법

1. 강우자료

L-모멘트법에 의한 빈도분석을 수행하기 위해 자기 강우관측자료를 토대로 신뢰도가 높은 충북의 기상관측소(이하 강우관측지점이라 한다) 강우자료를 선정하였다. 이는 기상청 산하 충북의 5개 강우관측소(충주, 청주, 추풍령, 제천, 보은)이며, 관측된 일강우량 자료는 기상청의 강우 DB로부터 수집하였다. 관측소에서 관측된 강우자료를 기반으로 기후변화 시나리오를 통해 구성된 2100년까지의 일강우량자료를 추출한다. 이 상에서 수집한 강우자료를 사용하여 가뭄분석을 실시할 경우에는 총우량계열의 분석에서와 달리 지속기간이 대단히 중요하므로 관측소별 가뭄지속기간별 부분기간치 계열을 작성하여야 한다. 부분 기간치 계열을 작성하기 위해서는 각 기상관측소의 분석기간 동안의 일강우량 자료를 사용하여 강우지속기간별로 이동누가우량계열을 작성하고 시작 일에 관계없이 제일 작은 값부터 크기 역순위로 자료계열을 구성한다.

2. 분석방법

본 연구에서 적용될 확률분포형은 강우관측지점에 대한 지속기간별 실측가뭄우량의 적정 분포형을 선정하기 위해 적용된 GUM, GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 확률분포형을 대상으로 한다. 각 기상관측소의 관측된 강우자료를 토대로 기후변화 시나리오를 이용한 강우량을 추출하고, 추출된 일강우량을 기준으로 월강우량을 구성한다.

구성된 강우자료를 사용하여 가뭄분석을 실시할 경우에는 총우량계열의 분석에서와 달리 지속기간이 매

우 중요하므로 관측소별 가뭄지속 기간인 6, 9, 12, 24 및 36개월에 따른 부분기간치 계열을 작성하여야 한다.

구성된 자료 계열을 토대로 가뭄우량자료의 적정 분포를 선정하기 위한 확률분포형은 국내외적으로 근자에 제시된 GUM, GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 확률분포형을 대상으로 하며, 지속기간별 강우량 자료에 적용된 확률분포형들의 L-모멘트비를 산정한다. 그리고 본 분석에서 적용된 확률분포형들을 대상으로 L-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검정에 의해 적절한 확률분포형을 선정하고, 선정된 확률분포의 매개변수를 강우관측지점별로 L-모멘트법에 의해 산정한다.

마지막으로 L-모멘트법에 따른 적정 확률분포형에 의한 빈도별 가뭄우량 비교 분석하여 최종적으로 적절한 매개변수 추정법과 빈도분석법에 의한 빈도별 가뭄우량을 제시한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 수문자료의 기본통계치 분석

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

강우관측지점 전반에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 1,103.01~1,327.61 및 264.47~364.88의 범위를 나타내었으며 왜곡도계수와 변동계수는 각각 0.175~

Table 1. Basic statistics

Station	Duration of observed data (years)	Mean(\bar{x}) (mm/year)	Standard deviation (S)	Coefficient of skewness (C_s)	Coefficient of variation (C_v)	Coefficient of kurtosis (C_k)
Chungju	1973~2014	1,183.09	302.08	0.794	0.256	3.362
Cheongju	1967~2014	1,178.29	264.93	0.175	0.225	2.131
Chupungreong	1961~2014	1,103.01	264.47	0.401	0.240	2.638
Jecheon	1973~2014	1,327.61	364.88	0.298	0.275	2.731
Boeun	1973~2014	1,252.48	343.11	0.686	0.274	2.768

0.794 및 0.225~0.275의 범위를 그리고 첨예도는 2.131~3.362의 범위를 나타내었다.

2. 적정 확률분포형의 선정

본 분석에서는 강우관측지점들의 지점별 지속기간별 가뭄우량의 적정 확률분포형을 선정하기 위해 도식적 방법인 L-모멘트비도와 비매개변수적 방법인 K-S 검정을 수행하였다.

1) L-모멘트비도에 의한 적정 확률분포형의 선정
5개 강우관측지점들의 지속기간별 가뭄우량에 대한 적정 확률분포형의 선정은 L-모멘트비의 산정과 함께 L-모멘트비도를 도시함으로써 이루어질 수 있다.

따라서 본 분석에서 사용된 GUM, GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포형의 L-왜곡도와 L-첨예도의 관계인 L-모멘트비도를 도시하고, 각 지점별 지속기간별 가뭄우량의 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하여 L-모멘트비도를 작성함으로써 이를 근거로 적정한 확률분포형을 선정하였다(Durrans, 1996).

지속기간별 대상지점에 대한 가뭄우량의 L-모멘트비인 L-왜곡도, L-첨예도를 구하여 L-모멘트비도를

작성한 결과는 <Figure 1>과 같다.

<Figure 1>에 나타난 바와 같이 지점별 지속기간별 가뭄우량 계열의 L-왜곡도와 L-첨예도의 무차원 L-모멘트 플로팅 포지션점이 GEV 확률분포곡선을 중심으로 상하로 고루 산재해 있고 L-왜곡도를 평균한 값이 -0.159로서 타 확률분포형의 L-모멘트비 곡선보다 GEV 분포의 L-모멘트비 곡선에 보다 근접되어 있음을 볼 수 있다.

결과적으로 지점별 지속기간별 가뭄우량계열에 L-모멘트법을 적용하여 L-모멘트비를 플로팅한 결과 적용된 6개 확률분포형 중 GEV 분포형이 타 확률분포형에 비해 보다 적정한 확률분포형으로 나타났다.

2) K-S 검정에 의한 적정 확률분포형의 선정
강우관측지점들의 지속기간별 가뭄우량에 대한 적정 확률분포형을 선정하기 위해 적용된 6개의 확률분포형의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 산정한 후 K-S 검정을 실시하였다. 그 결과 강우관측지점별 지속기간별 가뭄우량은 6개 적용 확률분포형 모두가 적정 확률분포형으로 판정되었다. 표본 예로 K-S 검정 결과에 대한 충주 강우관측지점의 RCP 8.5 시나리오 결과는

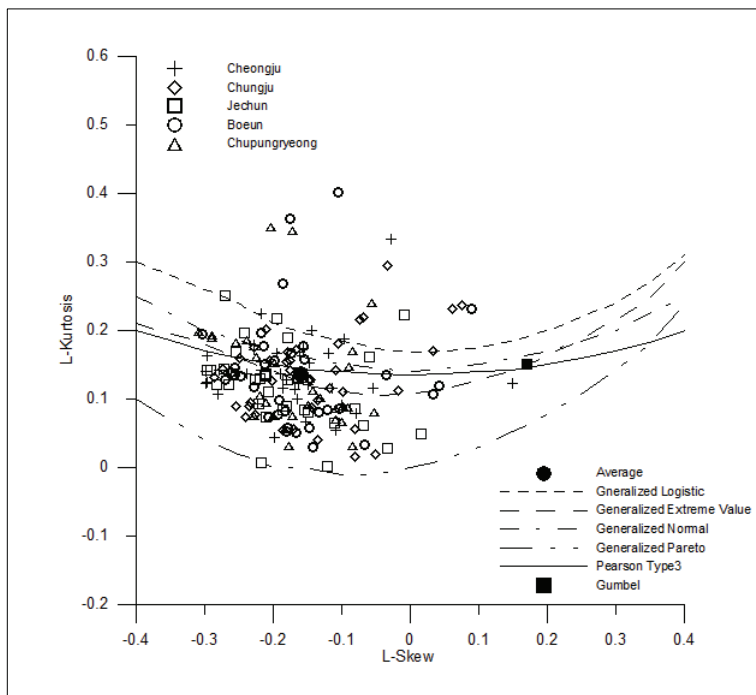


Figure 1. Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis

Table 2. K-S calibration result using RCP 8.5 scenario

Station	Duration using data(years)	Duration (month)	K-S Test					$D_{0.05}$	
			GUM	GEV	GLO	GPA	GNO		PT3
Chungju	1973-2014	6	0.1958	0.1139	0.1050	0.0830	0.1068	0.1098	0.2099
		9	0.1772	0.0761	0.0758	0.1085	0.0746	0.0748	0.2089
		12	0.1838	0.1550	0.1273	0.2045	0.1391	0.1475	0.1971
		24	0.1668	0.1956	0.1669	0.2525	0.1816	0.1856	0.1824
		36	0.1742	0.1248	0.1175	0.1620	0.1211	0.1211	0.1920
	1973-2040	6	0.2204	0.0771	0.0826	0.1400	0.0760	0.0755	0.2649
		9	0.1324	0.0671	0.0702	0.0970	0.0677	0.0675	0.2048
		12	0.1658	0.1045	0.1055	0.1353	0.0925	0.0974	0.1806
		24	0.2081	0.1501	0.1294	0.1914	0.1378	0.1432	0.2204
		36	0.1564	0.1726	0.1482	0.2188	0.1608	0.1632	0.1685
	1973-2070	6	0.2220	0.0423	0.0691	0.1217	0.0586	0.0425	0.2374
		9	0.1538	0.0516	0.0612	0.0897	0.0562	0.0548	0.2386
		12	0.1511	0.0852	0.0822	0.0747	0.0812	0.0827	0.1785
		24	0.2077	0.1244	0.1090	0.1656	0.1139	0.1198	0.2201
		36	0.1502	0.1557	0.1338	0.1941	0.1437	0.1474	0.1654
	1973-2100	6	0.2039	0.0361	0.0612	0.1066	0.0500	0.0388	0.2202
		9	0.1643	0.0451	0.0520	0.1016	0.0438	0.0398	0.2184
		12	0.1465	0.0681	0.0705	0.0651	0.0673	0.0667	0.1591
		24	0.2304	0.0987	0.0951	0.1293	0.0952	0.0972	0.2493
		36	0.1958	0.1537	0.1321	0.1843	0.1405	0.1474	0.2234

〈Table 2〉와 같다.

〈Table 2〉에서 나타난 바와 같이 5% 유의수준에서 강우계열 구성기간별 자료가 GUM, GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포를 따르는 것으로 인정되었다. 이러한 결과는 RCP 4.5 시나리오 및 다른 4개(청주, 추풍령, 제천, 보은)의 강우관측지점에서도 동일한 결과를 나타내었다.

3) L-모멘트비와 K-S 검정 결과에 의한 적정 확률분포형의 선정

L-모멘트비도에 의한 검정에서는 적용된 6개 확률분포형 중 GEV 분포형이 타 확률분포형에 비해 적정한 것으로 검정되었고, K-S 검정에서는 전술한 바와 같이 적용된 6개 확률분포형이 모두 적절한 것으로 검정되었다. 이와 같은 사실에 비추어 양 방법에서 유일하게 적정 확률분포형으로 판정된 GEV 확률분포형을 최종적으로 선정하였다.

3. 적정 확률분포형의 매개변수 추정

적정 확률분포형으로 선정된 GEV 확률분포형의 매개변수인 척도매개변수 α , 위치매개변수 ξ 및 형상매

개변수 β 를 지속기간별, 지점별로 L-모멘트법에 의하여 산정하였다(Naghavi, 1995; Schaefer, 1990).

표본 예로 충주 강우관측지점의 RCP 8.5를 적용한 결과는 〈Table 3〉과 같다.

4. 지속기간별 가뭄우량 추정

충북의 지점별 지속기간에 따른 빈도별 적정한 가뭄우량의 유도는 L-모멘트법에 의한 지점별 지속기간 및 빈도별 가뭄우량을 산정하였다. 표본 예로 충주 관측지점의 RCP 8.5 시나리오인 지속기간 6개월, 9개월, 12개월, 24개월 및 36개월에 따른 지점별 가뭄우량을 도시한 결과는 〈Figure 2〉와 같다.

5개 강우관측지점에 대하여 RCP 8.5 시나리오의 지속기간에 따른 빈도별 가뭄우량 결과를 서술하면 다음과 같다.

RCP 8.5 시나리오일 때의 각 강우관측소의 분석기간별 지속기간 6개월일 때 가뭄우량은 충주관측소에서 10년 빈도 38.11~78.55mm, 30년 빈도는 0.00~34.49mm, 50년 빈도는 0.00~14.78mm 범위를 나타내었다. 청주 관측소의 10년 빈도는 25.88~65.97mm, 30년 빈도는 0.00~19.25mm, 50년 빈도는 0.00mm를 나타내었다.

Table 3. Parameters for GEV distribution using RCP 8.5 scenario

Station	Duration of observed data(year)	Duration (month)	Parameters for GEV distribution		
			ξ	α	β
Chungju	1973-2014	6	97.2131	52.7740	0.6753
		9	320.5544	79.2349	0.5692
		12	729.7153	89.6465	0.7194
		24	1,668.6877	110.8065	0.5616
		36	2,618.0414	138.4004	0.3356
	1973-2040	6	111.0780	45.3778	0.8684
		9	309.9106	62.2407	0.5962
		12	580.3005	71.3167	0.3826
		24	1,355.2481	98.4368	0.4638
		36	2,126.9483	170.3359	0.4701
	1973-2070	6	122.6237	43.1765	0.9106
		9	327.8289	69.4469	0.5726
		12	617.2639	87.0042	0.4893
		24	1,399.6942	114.6135	0.4991
		36	2,209.2426	196.4384	0.5783
	1973-2100	6	121.2395	43.5008	0.9036
		9	314.1416	76.0527	0.6057
		12	587.5603	124.1811	0.7688
		24	1,381.4740	120.6453	0.4286
		36	2,254.7883	186.0903	0.7314

추풍령 관측소의 10년 빈도는 28.92~64.12mm, 30년 빈도 2.04~19.62mm, 50년 빈도는 0.00~0.50mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 28.92~64.12mm, 30년 빈도는 2.23~44.45mm, 50년 빈도는 0.00~23.15mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 53.57~94.10mm, 30년 빈도는 15.06~49.21mm, 50년 빈도는 0.00~29.21mm 범위를 나타내었다.

또한, 분석기간별 지속기간이 9개월일 때 가뭄우량은 충주관측소에서 10년 빈도 235.98~263.76mm, 30년 빈도는 180.29~201.50mm, 50년 빈도는 157.18~175.06mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 232.31~262.34mm, 30년 빈도는 175.94~202.11mm, 50년 빈도는 153.02~177.16mm를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 242.64~293.26mm, 30년 빈도 170.26~234.16mm, 50년 빈도는 137.66~208.95mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 281.68~322.96mm, 30년 빈도는 217.00~248.37mm, 50년 빈도는 189.58~216.32mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 276.53~303.29mm, 30년 빈도는 222.36~235.51mm, 50년 빈

도는 200.19~206.42mm 범위를 나타내었다.

분석기간별 지속기간이 12개월일 때 가뭄우량은 충주 관측소에서 10년 빈도 627.27~636.12mm, 30년 빈도는 553.64~578.58mm, 50년 빈도는 521.87~554.42mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 640.14~675.31mm, 30년 빈도는 606.96~635.33mm, 50년 빈도는 564.03~619.36mm를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 630.65~670.11mm, 30년 빈도 590.67~616.81mm, 50년 빈도는 573.56~595.14mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 635.14~733.94mm, 30년 빈도는 561.36~636.62mm, 50년 빈도는 530.22~594.77mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 688.70~737.91mm, 30년 빈도는 636.99~691.28mm, 50년 빈도는 615.08~671.85mm 범위를 나타내었다.

분석기간별 지속기간이 24개월일 때 가뭄우량은 충주 관측소에서 10년 빈도 1,550.81~1,622.64mm, 30년 빈도는 1,473.56~1,545.94mm, 50년 빈도는 1,441.54~1,512.65mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 1,591.72~1,627.45mm, 30년 빈도는 1,544.14~1,556.28mm, 50년 빈도는 1,525.11~1,533.27mm를

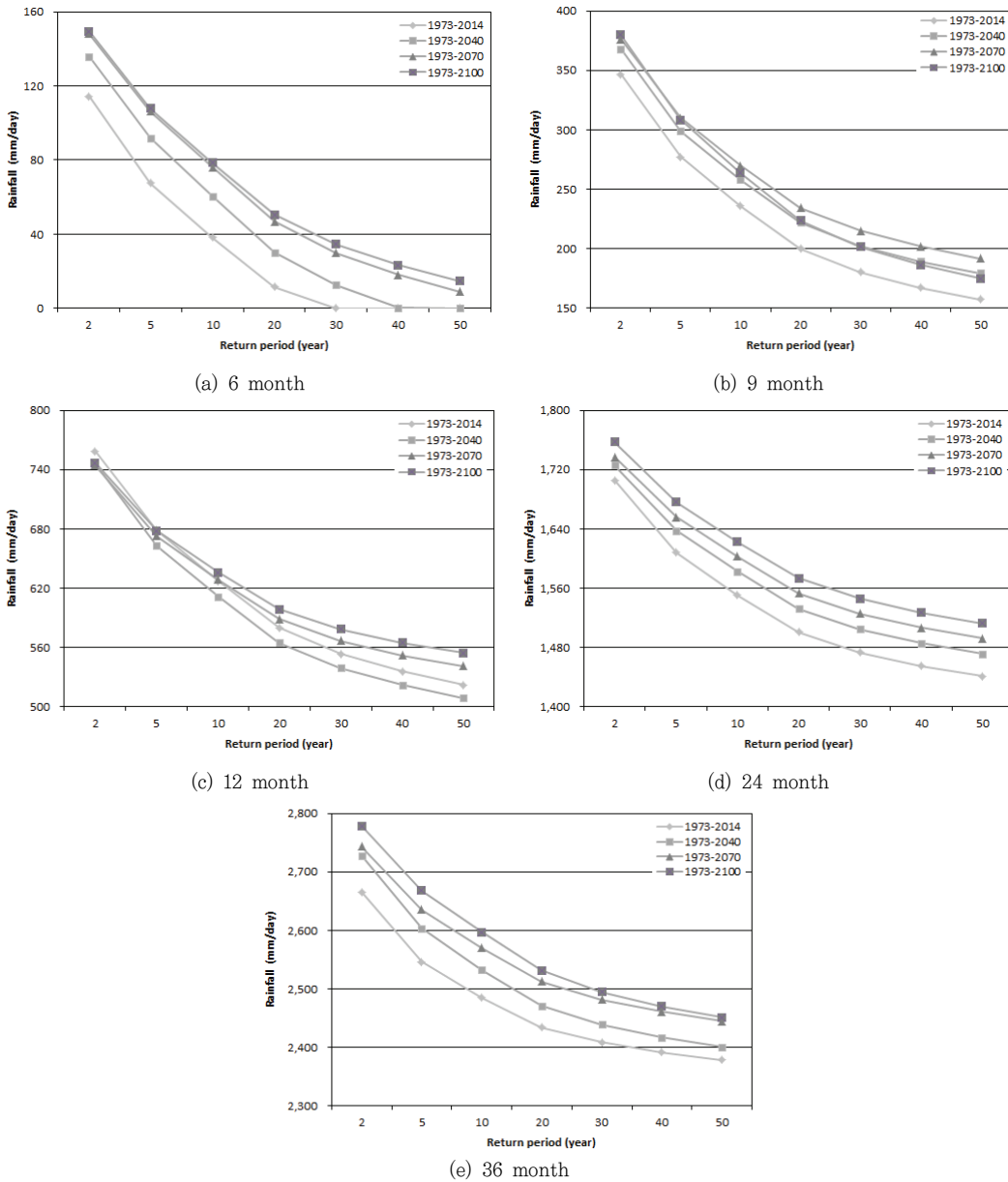


Figure 2. Estimation of drought rainfall according to return period using RCP 8.5 scenario

나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 1,369.74~1,466.46mm, 30년 빈도 1,298.76~1,350.64mm, 50년 빈도는 1,262.44~1,303.01mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 1,515.11~1,672.94mm, 30년 빈도는 1,418.10~1,490.61mm, 50년 빈도는 1,379.44~1,414.87mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 1,535.74~1,670.19mm, 30년 빈도는 1,459.72~1,542.28mm, 50년 빈도는 1,421.62~1,487.67mm 범위를 나타내었다.

분석기간별 지속기간이 36개월일 때 가뭄우량은 충주

관측소에서 10년 빈도 2,484.84~2,596.89mm, 30년 빈도는 2,408.47~2,495.11mm, 50년 빈도는 2,378.63~2,451.19mm 범위를 나타내었다. 청주관측소의 10년 빈도는 2,567.88~2,653.99mm, 30년 빈도는 2,500.14~2,550.32mm, 50년 빈도는 2,473.62~2,516.58mm를 나타내었다. 추풍령 관측소의 10년 빈도는 2,244.88~2,351.40mm, 30년 빈도 2,160.36~2,222.69mm, 30년 빈도는 2,126.89~2,169.29mm 범위를 나타내었다. 제천 관측소는 10년 빈도 2,494.56~2,649.26mm, 30년 빈도는 2,406.35~2,383.93mm, 30년 빈도는 2,275.31

~2,373.85mm 범위를 나타내었다. 보은 관측소의 10년 빈도는 2,518.35~2,640.08mm, 30년 빈도는 2,436.87~2,456.26mm, 50년 빈도는 2,380.20~2,432.30mm 범위를 나타내었다.

이상의 결과에서 5개 강우관측소에 대한 RCP 8.5 시나리오의 강우 지속기간별 가뭄우량은 지속기간이 길수록 가뭄우량의 값은 증가하는 경향을 나타냈으며, 빈도년이 커지고, 분석기간이 장기간일수록 대체적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 마찬가지로 분석된 RCP 4.5 시나리오의 경향 또한 RCP 8.5 시나리오와 같은 양상을 나타내었다.

V. 결론

본 연구는 비교적 장기간 관측되고 관측 정밀도가 높은 충북의 5개 강우관측지점에서 신뢰도 높은 지속기간별 연최소치 계열을 구성하고 적정 확률분포형을 선정하여 L-모멘트법에 의해 매개변수를 추정하였다. 이에 적정 확률분포형별로 L-모멘트법에 의해 지속기간에 따른 빈도별 가뭄우량을 산정하였다.

강우관측지점에 대한 지속기간별 연최소강우량의 적정 확률분포형을 선정하기 위해 GUM, GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3의 6개 분포형을 대상으로 L-모멘트비도 및 K-S 검정 결과 최종적으로 GEV 확률분포가 적정 확률분포형으로 선정되었다. 다음으로 지점별 지속기간에 따른 가뭄우량에 적합한 확률분포형인 GEV 확률분포형의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 산정하였으며, 이상에서 적절한 방법으로 판정된 GEV 확률분포형과 L-모멘트법에 의거한 5개 강우관측지점의 지속기간별 및 빈도별 가뭄우량을 유도하였다.

본 연구 결과, 가뭄우량은 지속기간이 길어질수록 증가하는 경향을 나타내고 있기 때문에 우리나라의 물 수급에 지장이 없는 범위 내에서 불편함 없이 물 공급이 가능하도록 장기적인 대책을 수립하여야 할 것이다. 또한, 기후변화로 인하여 매년 발생하는 가뭄의 극한 기상현상이 예상할 수 없을 정도로 변화하기 때문에 이에

대한 추가 연구의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료되며, 향후 전국적으로 가뭄우량에 대한 지표기준을 제시할 필요성이 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2014학년도 충북대학교 학술연구비 지원 사업에 의하여 연구되었음.

References

- Durrans, S. R. and S. Tonic. 1996. Regional of Low-Flow Frequency Estimates: an Alabama Case Study. *Water Resources Bulletin*. 32(1): 23-37.
- Greenwood, J. A., J. M. Landwehr, N. C. Matalas, and J. R. Wallis. 1979. Probability Weighted Moments: 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. 1990. L-moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combination of Order Statistics. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*. 52(2): 105-124.
- 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 CB21RP, United Kingdom : Cambridge University Press.
- Jo, Kyung Jun. 2013. Development of Potential Drought Hazard Map of Korean Peninsula Using Drought Frequency Analysis. Ph.D. Dissertation. Kyunghee University.
- Kwon, Jin Joo. 2013. Improvement of the Classification Standard of Drought Index for the Korean Peninsula. Master's thesis. Seokyeong University.
- Lee, Soon Hyuk, et. al. 2001. Estimation of Design Rainfall by the Regional Frequency Analysis Using Higher Probability

- Weighted Moments and GIS Techniques(II). *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 43(5): 70-82.
- Lee, Soon Hyuk, et. al. 2003. Estimation of Drought Rainfall by Regional Frequency Analysis Using L and LH-Moments (I)- On the method of L-moments. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 45(5): 97-109.
- Lee, Yoon Joo. 2016. An Implementation of the Rainfall Forecasting System According to Climate Change Scenario. Master's thesis. Incheon University.
- Maidment, D. R. 1992. *Handbook of Hydrology*. McGraw-hill, Inc.
- Naghavi, B. and F. X. Yu. 1995. Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Louisiana. *Journal of Hydraulic Engineering*. 121(11): 819-827.
- Schaefer, M. G. 1990. Regional Analysis of Precipitation Annual Maxima in Washington State. *Water Resources Research*. 26(1): 119-131.
- Korean References Translated from the English*
- 권진주. 2013. 국내 가뭄지수 분류기준의 개선방안 제시. 서경대학교 대학원 석사학위논문.
- 이순혁, 박종화, 류경식, 지호근, 신용희. 2001. 고차확률가중모멘트법에 의한 지역화빈도분석과 GIS기법에 의한 설계강수량추정(II). *한국농공학회지*. 43(5): 70-82.
- 이순혁, 윤성수, 맹승진, 류경식, 주호길. 2003. L 및 LH-모멘트법과 지역빈도분석에 의한 가뭄우량의 추정(I) - L-모멘트법을 중심으로 . *한국농공학회지*. 45(5): 97-109.
- 이윤주. 2016. 기후변화 시나리오에 따른 강수량 예측시스템구현. 인천대학교 대학원 석사학위논문.
- 조경준. 2013. 가뭄빈도해석을 통한 한반도의 가뭄우심지역 평가. 경희대학교 대학원 박사학위논문.

Received: Aug. 8, 2016 / Revised: Aug. 29, 2016 / Accepted: Sep. 1, 2016

기후변화에 따른 설계가뭄우량 변화 분석

국문초록 우리나라는 국지성 호우의 발생빈도가 높아짐에 따라 그에 따른 홍수재해의 빈도수가 점차 증가하고 있다. 홍수의 빈도가 증가되면서 상대적으로 가뭄의 발생빈도 또한 잦아지고, 발생기간도 길어지고 있다. 기상관측 이래 강우주기를 분석한 결과 약 5년 주기로 가뭄이 발생하고 있으며 2015년에는 중부지방에서 역대 최악의 가뭄이 발생하였다. 충북지역은 평년 1,212.7mm의 강우 대비 2015년에 650.3mm의 강우를 기록함으로써 평년비 53.8%의 강우에 불과하였다. 이에 본 연구에서는 충북의 5개 강우관측지점을 선정하여 기후변화 시나리오별 지속기간에 따른 연최소치 계열을 구성하고 적정 확률분포형을 선정하여 L-모멘트법에 의해 매개변수를 추정하였다. 이에 적정 확률분포별로 L-모멘트법에 의해 지속기간에 따른 빈도별 가뭄우량을 산정하였다. 산정된 가뭄우량은 향후 가뭄대책을 수립하거나 지역별 가뭄우량을 추정하는 데 있어 연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 발생빈도, 확률분포형, L-모멘트, 가뭄우량

Profiles **Seung Wook Lee** : He is 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 Chungbuk Research Institute(swlee4796@hanmail.net).

Seung Jin Maeng : He is 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).

Hyung San Kim : He is 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).

Dong Joo Kim : He is obtained a master of agriculture degree in "Derivation of Design Flood by L-Moments and LH-Moments in GEV Distributiion" (August, 2000) from Chungbuk National University, currently he is working as a researcher at the Korea Rural Community Corporation(cop7042@ekr.or.kr).