

ORIGINAL ARTICLE

제주도의 고도를 고려한 확률강우량 산정

고재욱 · 양성기* · 정우열 · 양세창

제주대학교 토목공학과

Estimation of Probable Precipitation considering Altitude in the Jeju Islands

Jae-Wook Ko, Sung-Kee Yang*, Woo-Yul Jung, Se-Chang Yang

Department of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract

Jeju Island, a volcanic island, is the region that shows the biggest rainfall and has a big elevation-specific deviation of precipitation, but Jeju Island River Maintenance Plan doesn't reflect the characteristics of Jeju Island as it only calculates probable precipitation from four weather stations with elevation less than 100m. Therefore, this study uses AWS observational data in four Jeju Island weather stations and other regions to calculate location-specific probable precipitation, review the elevation-probable precipitation correlation in southern and northern regions, and create a probable precipitation map for all regions of Jeju Island, in order to produce better outcomes. This study is expected to be the most basic data to establish a safe Jeju island from flood disaster in preparation for the future climate changes and widely used for Jejudo Basin Dimension Planning, River Maintenance Plan, Pre-Disaster Impact Review, etc.

Key words : Probable precipitation, Jeju island, Elevation-probable precipitation correlation

1. 서론

최근 전 지구적인 이상기후의 영향으로 과거의 강우기록을 갱신하는 초대형 태풍과 돌발적인 집중호우로 인한 재산 및 인명 피해가 증가하고 있으며, 이러한 재해를 예방하기 위하여 많은 예산과 인력이 투입되고 있는 실정이다(Yang과 Yang, 2013). 우리나라도 지난 2012년에는 제 7호 태풍 “카눈”을 시작으로 제 16호 태풍 “산바” 까지 50년 만에 총 4개의 태풍이 상륙하였으며, 기상 관측사상 최초로 3개 태풍(14호~16호)가 연달아 상륙하여 많은 재산 및 인명피해를 입었다(CICC, 2012).

사면이 바다로 둘러싸인 제주도는 우리나라로 상륙하는 태풍의 길목에 위치하여 집중호우로 인한 피해에 매우 많은 영향을 받는 지역이다(Ko 등, 2013). 제주도는 기후변화로 인한 집중호우 및 태풍의 발생 빈도가 지속적으로 증가하고 있는 추세이며 지난 2007년에는 일 최고 563.5 mm의 강우가 발생한 제 11호 태풍 “나리”로 인해 14명의 인명 피해와 약 1600억여 원의 재산 피해가 발생하였다(Jeju special self-governing province, 2007). 태풍 “나리” 뿐만 아니라 2011년 태풍 “무이파”, 2012년 태풍 “볼라벤”, “덴빈”, “산바” 등으로 많은 홍수유출이 발생하여 재산 및 인명 피해가 있었다(National Typhoon center).

Received 9 December, 2013; Revised 3 March, 2014;

Accepted 3 April, 2014

*Corresponding author : Sung-Kee Yang, Department of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Phone: +82-64-754-3451

E-mail: skyang@jejunu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이와 같은 홍수 피해를 저감하기 위해서는 유역종합치수계획 및 하천정비기본계획 등에서 도서지역인 제주도의 특성을 반영한 확률강우량을 산정하여 설계홍수량을 결정하여야 한다. 제주도는 연강우량의 약 60%가 홍수기인 여름철(6월~9월)에 집중되는 특성을 보이며, 고도에 따른 강수량 편차가 매우 큰 지역이다. EL.100 m 이하에 설치되어 있는 4개 기상관서의 30년간 연평균 강수량은 제주 1,497.6 mm, 서귀포 1,923.0 mm, 성산 1,966.8 mm, 고산 1,142.8 mm 이지만, EL.1000 m 이상에 설치되어 있는 지점의 관측기간 동안 연평균 강수량은 천백고지 2,619 mm, 성판약 3,874 mm, 한라산 4,141 mm 으로 4개 기상관서의 2~3배의 강우량을 보이고 있다(Jeju special self-governing province, 2013).

제주특별자치도(2013)에서는 1992년부터 2009년까지 관측소별 연평균 강수량과 관측소 표고와의 관계를 분석하였다. 표고별 연강수량은 표고 100 m당 북부유역이 약 153 mm, 남부유역이 약 69 mm의 증가 추세를 보이는 결과를 도출하였으며, 표고별 연강수량 선형추세 상관성은 북부유역이 $R^2=0.9197$ 로 가장 높고 남부유역은 $R^2=0.289$ 로 다소 낮다는 결과를 보였다. Kim 등(2012)은 제주도의 미세측 강수량 자료를 생성하여 공간강수량을 산정한 결과 고도별 연평균 강수량의 차이가 최대 37.4% 증가하는 결과를 도출하였다.

제주도는 4개 기상관서를 제외하면 30년 이상의 관측 자료가 존재하지 않기 때문에 유역종합치수계획 및 하천정비기본계획에서는 4개 기상관서를 대상으로 확률강우량을 산정하여 설계홍수량을 산정하고 있는 실정이다. 향후 기후변화에 의한 강수량 및 강우강도의 증가로 인해 집중호우가 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있어 제주도 고도에 따른 강수량의 편차를 고려한 확률강우량을 산정하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 제주도내 4개 기상관서의 관측 자료와 2000년 이후 설치된 제주도 전지역의 AWS(Automatic Weather Station, 자동기상관측소) 관측 자료를 이용하여 각 지점의 지속시간 및 재현기간별 확률강우량을 산정, 제주도 남·북부지역의 고도-확률강우량 관계 도출, 지속시간 및 재현기간별 확률강우량도 작성 및 적용하여 제주도의 고도를 고려한 확률강우량을 산정하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 연구방법

고도를 고려한 제주도의 확률강우량을 산정하기 위하여 기상청에서 관측하고 있는 4개 기상관서와 AWS 관측지점의 지속시간별 연최대강우량 관측 자료를 구축하였다. AWS 관측지점 중에서 10년 이하의 관측 자료가 구축되어 있는 지점은 제외하였으며, 강우의 공간적인 분포 및 고도 분포를 고려하여 고정시간 강우자료를 구축하였다. 국토교통부에서 제시하는 고정시간-임의시간 환산계수 회귀곡선을 사용하여 고정시간 자료를 임의 지속시간 자료로 환산하였다.

강우자료의 예비적인 해석을 지점별로 수행하고 수문자료 빈도해석에 사용되는 NOR(Normal), GAM2(Gamma-II), GEV(General Extreme Value), GUM(Gumbel), LGU2(Log-Gumbel-II), LN2(Lognormal-II), WBU2(Weibull-II) 등 확률분포형을 적용하였다. 각 분포형의 매개변수 추정은 확률가중모멘트법을 사용하였으며, χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer von mises 검정, PCCC(Probability Polt Correlation Coefficient) 검정을 수행하여 적합도를 검정하였다. 최적 분포형을 산정하여 각 지점별 빈도별 지속시간별 확률강우량을 산정하고, 제주도의 확률강우량도를 작성하였다. 작성된 확률강우량도를 이용하여 제주도 한천유역의 빈도별 지속시간별 확률강우량을 산정하였으며, 기존 하천정비기본계획(한천)의 확률강우량값과 비교·분석하였다.

2.2. 연구대상지역

본 연구의 대상지역인 제주도는 총 면적 1,848 km²이며 동경 126° 08' 38" ~ 126° 58' 22", 북위 33° 06' 36" ~ 34° 00' 46" 에 위치한다. 섬 중앙의 표고 1,950 m인 한라산 백록담을 정점으로 완만한 구릉 모양을 이루는 원추형의 순상화산(shield volcano)의 특성을 보이고 있는 지역이다(Fig. 1). 지형고도에 따라 표고 200 m 이하를 해안 저지대로 구분하고, 표고 200 ~ 600 m 간을 중산간 지대, 표고 600 m 이상을 산악지대로 구분한다. 해안 저지대의 면적은 1,004.9 km²으로 전체 면적 대비 54.6%를 차지하며, 대부분의 주거지 및 농경지가 분포하고 있다. 중산간 지대의 면적은 589.0 km²으로 전체 면적 대비 32.0%를 차지하며, 농

경지, 목초지, 관광 위락시설 등이 분포하며, 산악 지대의 면적은 246.1 km²으로 전체 면적 대비 13.4%를 차지하며, 주로 산림지대로 구성되어 있다(Fig. 2).

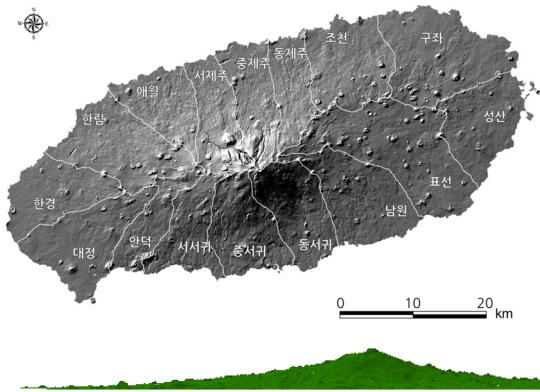


Fig. 1. Shade fluctuation in Jeju (Jeju special self-governing province, 2013).

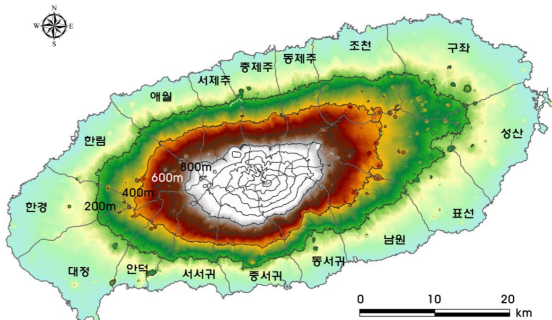


Fig. 2. Topography elevation distribution status in Jeju (Jeju special self-governing province, 2013).

2.3. 지점별 강우량 자료 구축

확률강우량도를 작성하기 위하여 기상청 AWS 관측지점 자료를 관측시작년도부터 2012년까지 구축하였다. 제주도에서는 기상청 관할 AWS 관측지점 24개소가 운영되고 있으며, 기상관서 4지점과 AWS 20지점을 강우관측소로 선정하였다. 그러나 제주남부지역에 위치한 태풍센터 관측소의 경우 관측시작일이 2008년으로 10년 미만의 자료를 구축하고 있어 확률강우량을 산정하는데 제외하였으며, 관측지점별 자료 보유년수는 Table 1과 같다. 선정된 23개소의 시강우량 자료를 수집하여 연도별 지속시간별(60분, 120분, 180분, 240분, 300분, 360분, 720분, 1080분, 1440분) 연최대강우량(임의시간)을 구축하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 관측지점별 확률강우량 산정

FARD 2006 모델을 이용하여 수문자료의 빈도해석에 사용되는 확률분포형을 적용하였다. 모멘트법은 관측년수가 짧아 자료수가 충분하지 못하므로 이상치에 지나치게 민감한 문제점을 지니고 있으며, 최우도법은 수렴 문제와 자료수가 충분하지 못한 경우 효율성이 낮은 문제점을 지니고 있어(Jung과 Yoon, 2008) 매개변수 추정방법에는 확률가중모멘트법을 채택하였다.

확률분포형에 따른 확률가중모멘트법에 의한 매개변수 적합성 검토 결과 NOR, GAM2, GEV, GUM, LGU2, LN2, WBU2 분포형 등 7개의 확률분포형이 적합성을 만족하는 것으로 분석되었다.

AWS 각 지점에서 관측한 강우량자료가 적합성을

Table 1. Data periods of weather station

Station	Data periods (Years)	Station	Data periods (Years)	Station	Data periods (Years)
Jeju	52	Seonheul	16	Pyoseon	14
Seogwipo	52	Seongpanak	15	Hanrim	16
Gosan	25	Eorimok	14	Gapado	11
Seongsan	40	Woodo	16	Moseulpo	14
Gujwa	16	Witsaoreum	10	Ara	11
Namwon	16	Jindalraebat	10	Joongmoon	11
Marado	12	Yusuam	16	Hoisoo	11
Seogwang	16	Chooja	16	-	-

만족하는 7개의 이론 확률분포형과 적합하다는 것을 검정하기 위하여 확률분포형의 적합도 검정을 실시하고 이를 토대로 최적 확률 분포형을 선정하여야 한다. FARD 2006 프로그램을 이용하여 적합성을 만족한 7개 이론 확률분포형에 대해 x^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer Von Mises 검정, PPCC(Probability Plot Correlation Coefficient) 검정 등을 추가로 적용하여 매개변수 적합도 검정을 수행하였다. 4개의 적합도 검정방법을 적용한 결과 NOR 분포 기각수 73, GAM2 분포 기각수 38, GEV 분포 기각수 89, GUM 분포 기각수 4, LGU2 분포 기각수 78, LN2 분포 기각수 56, WBU2 분포 기각수 56으로 각각 나타났으며, GUM 분포형이 다른 분포형에 비하여 가장 적합한 것으로 분석되었다(Table 2).

실제 23개의 관측소별 또는 강우지속기간별 적합도 검정 결과에서 최적 확률분포형이 다르게 나타나

는 경우 최적 확률분포형을 각각 달리 채택하는 것도 가능하나 가급적 일치시키는 것이 합리적이다(Jung 과 Yoon, 2008). 따라서 본 연구에서는 성판악과 회수 관측소에서 최적확률분포형이 다르게 나타났으나, GUM 분포형으로 통일시켜 적용하였다.

AWS 관측지점을 산간, 북부, 남부, 동부, 서부로 구분하여 고도에 따른 재현기간별 지속시간 1시간 및 24시간에 대한 확률강우량을 산정한 결과는 Table 3 과 같다. 모든 관측소가 El. 100 m 이하에 존재하는 동부지역과 서부지역에서는 고도에 의한 영향보다 위치에 따른 영향으로 동부지역의 확률강우량이 크게 산정되었으며, 산간지역과 남·북부지역에서는 고도에 따른 확률강우량의 증가경향이 뚜렷하게 나타났으며, 이러한 결과는 제주도의 연강우량이 한라산 정상부와 남·동부지역에서 강우량이 높게 나타내는 특징(Jeju special self-governing province, 2013)과 일치한다.

Table 2. Distribution-specific frequency of rejection after parameter

Station	Probability Distribution						
	NOR	GAM2	GEV	GUM	LGU2	LN2	WBU2
Gapado	2	1	4	0	4	2	0
Gosan	0	0	0	0	1	0	0
Gujwa	10	6	9	1	1	7	10
Namwon	8	0	6	0	0	4	4
Marado	0	0	0	0	3	0	0
Moseulpo	4	2	6	0	0	5	4
Seogwang	0	1	1	0	4	1	0
Seoqwipo	13	1	3	0	0	9	6
Seonheul	2	1	4	0	2	2	3
Seongsan	3	2	1	0	8	1	3
Seongpanak	0	0	0	1	5	3	2
Ara	0	2	3	0	8	0	0
Eorimok	0	6	3	0	9	0	0
Woodo	1	4	7	0	9	1	1
Witsaoreum	0	7	9	0	9	0	1
Yusuam	0	0	0	0	4	0	0
Jeju	10	0	3	0	3	6	0
Joongmoon	0	0	0	0	0	0	0
Jindalraebat	0	0	0	0	0	0	0
Chooja	0	3	5	0	6	0	0
Pyoseon	12	2	12	1	1	9	12
Hanrim	3	0	6	0	0	2	2
Hoiso	5	0	7	1	1	4	8
Total	73	38	89	4	78	56	56

Table 3. The regional quantile by GUM distribution

Region	Station	El.m	Regional quantile							
			1hr				24hr			
			10yr	50yr	100yr	200yr	10yr	50yr	100yr	200yr
Mountain	Witsaoreum	1,673	137.6	184.2	204.0	223.6	875.7	1195.3	1330.5	1465.1
	Jindalraebat	1,490	109.0	143.1	157.5	171.8	706.2	969.7	1081.1	1192.2
	Eorimok	972	84.0	106.0	115.4	124.6	630.8	912.4	1031.5	1150.1
	Seongpanak	763	95.6	122.9	134.4	145.9	549.7	777.2	873.3	969.1
North	Yusuam	422	81.3	107.6	118.8	129.9	362.9	519.2	585.3	651.2
	Ara	379	84.5	108.4	118.5	128.6	577.6	824.4	928.7	1032.7
	Seonheul	341	64.1	85.3	94.3	103.2	322.1	460.4	518.9	577.1
	Jeju	20	66.5	88.9	98.3	107.8	290.3	403.2	451.0	498.5
	Chooja	18	64.5	84.6	93.0	101.5	238.9	319.9	354.2	388.3
South	Hoisoo	226	90.5	121.4	134.5	147.5	386.6	525.2	583.9	642.3
	Seogwang	139	63.0	83.6	92.3	100.9	245.3	332.9	370.0	406.9
	Joongmoon	63	76.7	100.6	110.8	120.9	255.2	347.3	386.2	425.0
	Seoqwipo	50	68.3	87.8	96.1	104.3	268.8	359.5	397.8	436.0
	Namwon	19	82.5	110.7	122.7	134.6	264.3	346.2	380.8	415.3
East	Pyoseon	74	106.5	147.5	164.8	182.1	366.7	517.9	581.8	645.5
	Woodo	39	88.1	119.9	133.3	146.7	245.5	331.8	368.3	404.6
	Gujwa	25	87.2	118.2	131.3	144.3	266.6	353.7	390.5	427.1
	Seongsan	18	96.5	129.6	143.5	157.4	272.6	361.6	399.3	436.7
West	Gosan	71	55.3	70.3	76.7	83.0	209.8	287.3	320.1	352.8
	Gapado	36	56.4	71.3	77.6	83.9	184.9	246.9	273.1	299.3
	Marado	36	83.4	116.9	131.0	145.1	249.3	346.8	388.0	429.1
	Hanrim	22	58.2	77.4	85.5	93.6	230.0	321.4	360.0	398.6
	Moseulpo	12	59.1	74.7	81.3	87.9	235.6	326.0	364.3	402.4

3.2. 제주도 남·북부지역의 고도-확률강우량 상관관계 분석

제주도의 하천은 한라산을 중심으로 남·북사면으로 발달해 있으므로 4개 기상대(제주, 서귀포, 고산, 성산)의 티센유역망을 작성하고 각 지역범위에 포함되는 관측소를 선정하여 남·북부지역의 고도-확률강우량 상관관계를 검토하였다.

3.2.1. 북부지역

제주도 북부지역에는 제주, 아라, 유수암, 어리목, 성판악, 윗세오름, 진달래밭 관측소를 대상으로 지속시간 60분과 1440분에 대하여 고도-확률강우량 상관관계를 분석하였다. 지속시간 60분의 확률강우량은 66.5 mm(제주 10년 빈도) ~ 223.6 mm(윗세오름 200

년 빈도)로 산정되었으며, 고도-확률강우량을 분석한 결과 R^2 (R squared, coefficient of determination)는 0.78~0.83 범위로 나타났다. 재현기간이 짧을수록 R^2 가 높았으며, 고도가 100 m 증가할수록 확률강우량이 4~6% 증가하는 것으로 분석되었다(Fig. 3(a)). 지속시간 1440분의 확률강우량은 290.3 mm(제주 10년 빈도) ~ 1,465.1 mm(윗세오름 200년 빈도), 고도-확률강우량을 분석한 결과 R^2 가 0.81~0.84 범위로 나타났으며, 고도가 100 m 증가할수록 확률강우량이 7~9% 증가하였다(Fig. 3(b)). 제주도 북부지역은 고도에 따라 확률강우량이 증가하는 경향이 나타났으며, 향후 하천정비기본계획 및 사전재해영향성검토 등에서 이를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

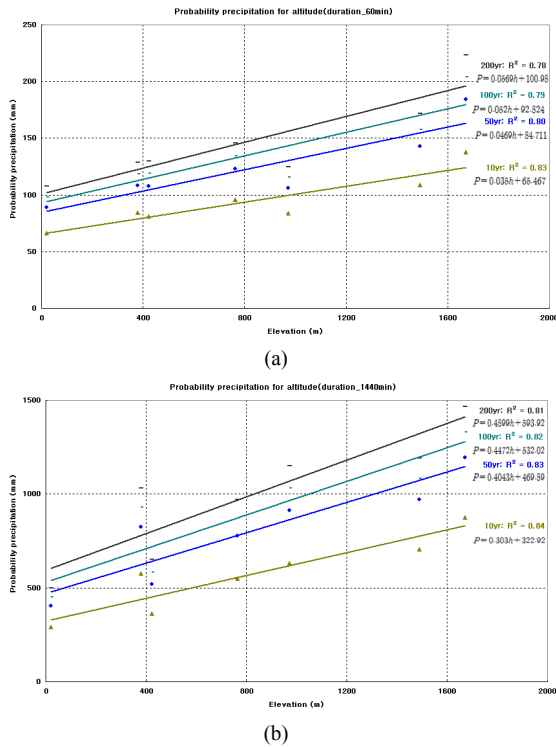


Fig. 3. Return period-specific elevation-probable precipitation: (a) Northern duration time 60 min; (b) Northern duration time 1440 min.

3.2.2. 남부지역

제주도 북부지역에는 서귀포, 회수, 중문, 남원, 윗세오름, 진달래밭 관측소를 대상으로 지속시간 60분과 1440분에 대하여 고도-확률강우량 상관관계를 분석하였다. 지속시간 60분의 확률강우량을 분석한 결과 68.3 mm(서귀포 10년 빈도) ~ 223.6 mm(윗세오름 200년 빈도)로 산정되었다. 고도-확률강우량의 R^2 는 0.81~0.86 범위로 나타났으며, 고도가 100 m 증가할수록 확률강우량이 3~4% 증가하였다(Fig. 4(a)). 지속시간 1440분의 확률강우량은 255.2 mm(중문 10년 빈도) ~ 1,465.1 mm(윗세오름 200년 빈도), 고도-확률강우량을 분석한 결과 R^2 가 0.94~0.96 범위, 고도가 100 m 증가할수록 확률강우량은 1~2% 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 4(b)). 그러나 남부지역의 경우 제주 산간지역을 제외하면 고도별로 강우량관측소가 분포되지 않고 대부분 E1. 200 m 이하에 위치하여

있다. 본 연구에서는 고도 250 m ~ 1,400 m 지역 관측자료 없이 고도-확률강우량 상관관계를 검토하였으나 향후에는 이러한 부분도 고려하여 보다 많은 관측 자료를 확보하여 분석하여야 할 것으로 판단된다.

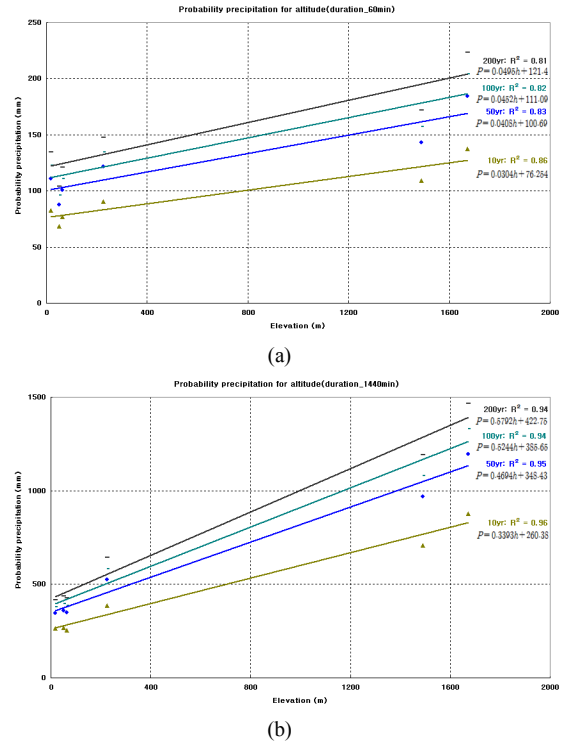


Fig. 4. Return period-specific elevation-probable precipitation: (a) Southern duration time 60 min; (b) Southern duration time 1440 min.

3.3. 제주도 확률강우량도 작성

AWS 관측지점별 확률강우량 산정 결과를 이용하여 제주도 남·북부 지역의 고도-확률강우량 상관관계를 검토한 결과 지속시간 60분과 1440분의 모든 재현기간에서 고도에 따른 확률강우량 증가경향이 나타났다. 지점별 확률강우량을 이용하여 확률강우량도를 작성하였으며, 제주도 전역의 확률강우량은 확률강우량도를 이용하여 산정할 수 있다. 확률강우량은 각 구역별로 활용되므로 본 연구에서는 제주도 전역에 대한 대표적 확률강우량도를 Fig. 5에서 제시하였다.

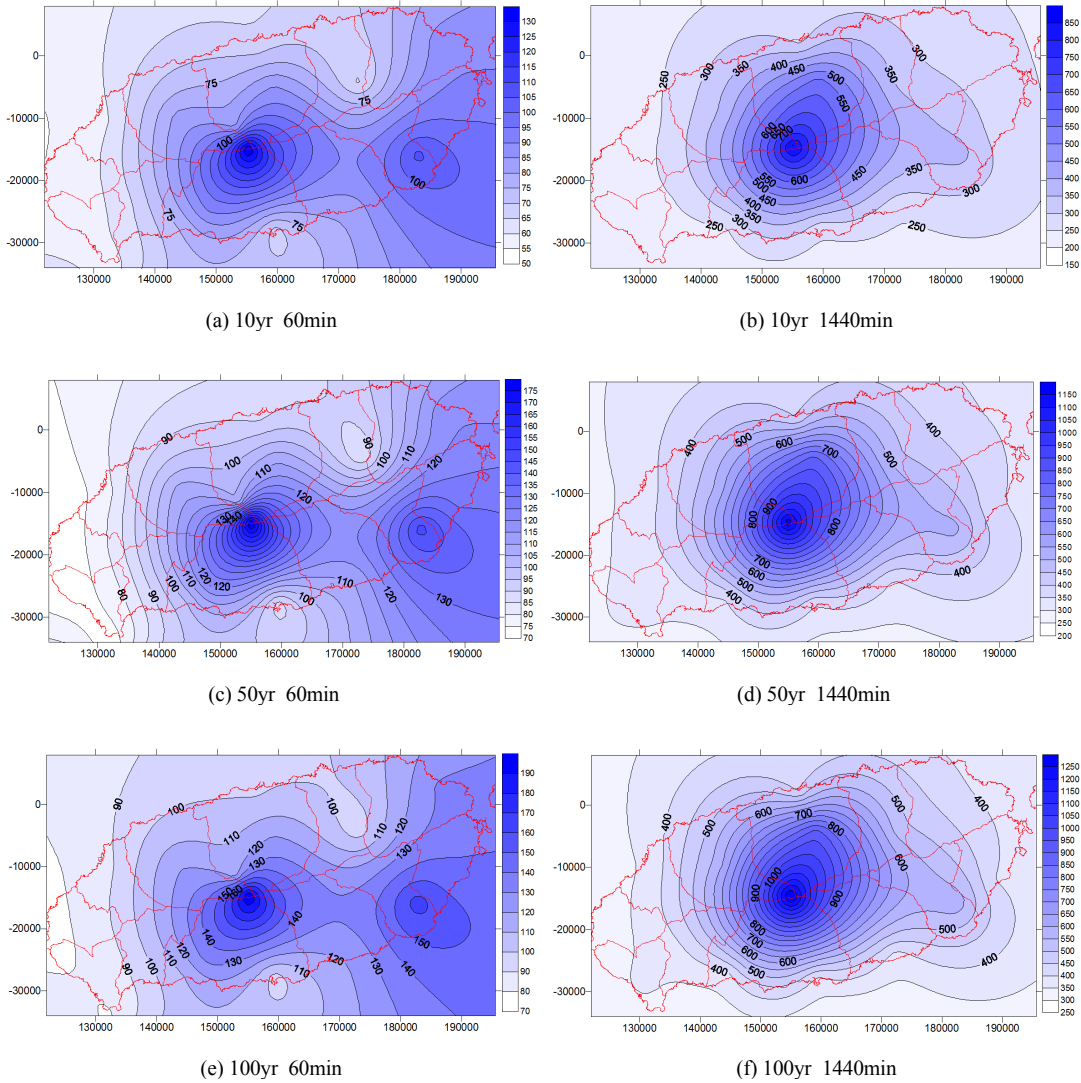


Fig. 5. Probable precipitation map of Jeju Island.

3.4. 기존 확률강우량과 비교분석

본 연구에서 구축된 확률강우량도를 이용한 유역 평균 확률강우량과 기존 하천정비기본계획에서 산정된 확률강우량을 비교·검토하기 위하여 제주도 한천 유역에 적용하였다. 한천유역의 하천정비기본계획은 1997년과 2001년에 각각 수립되었으며, 2005년(변경)과 2009년(설계빈도 상향 변경)에 변경 수립되었다. 1997년에 수립된 기본계획에서는 제주기상대 자

료를 이용하여 확률강우량을 산정하고 유역에 적용하였으며, 2001년에는 제주기상대 자료로 확률강우량을 산정하고 고도에 따른 보정(고도증가계수 1.44-1.75)을 수행하여 유역에 적용하였다. 2005년과 2009년에 수립된 기본계획에서는 제주기상대 자료로 확률강우량을 산정하고 면적감소계수(ARF, Areal Reduction Factor)를 적용하여 소유역별 고도에 따른 분포를 보정하였다.

Table 4. Probable precipitation comparison_Han stream watershed

Return period (yr)	Duration time-specific probable precipitation(mm)								
	60min			120min			180min		
	2001	This study	variations	2001	This study	variations	2001	This study	variations
30	97.6	106.7	▲9.3%	153.6	176.8	▲15.1%	188.8	233.2	▲23.5%
50	106.8	114.8	▲7.5%	167.2	191.6	▲14.6%	206.2	249.1	▲20.8%
80	115.4	122.3	▲6.0%	179.6	205.4	▲14.4%	222.6	271.5	▲22.0%
100	119.6	125.9	▲5.3%	185.5	211.2	▲13.9%	230.4	280.3	▲21.6%

Return period (yr)	Duration time-specific probable precipitation(mm)								
	360min			720min			1440min		
	2001	This study	variations	2001	This study	variations	2001	This study	variations
30	270.7	394.4	▲45.7%	353.8	598.1	▲69.0%	478.7	757.3	▲58.2%
50	294.5	431.5	▲46.5%	384.3	666.9	▲73.5%	523.3	834.1	▲59.4%
80	316.2	465.7	▲47.3%	412.4	711.6	▲72.6%	564.0	904.6	▲60.4%
100	326.6	481.8	▲47.5%	425.7	736.7	▲73.1%	583.3	937.9	▲60.8%

한천유역 전체를 대상으로 확률강우량을 산정하고 고도에 따른 보정을 수행한 2001년 기본계획의 확률강우량을 대상으로 본 연구결과와 비교·분석하였으며, 재현기간은 30년, 50년, 80년, 100년, 지속시간은 60분, 120분, 180분, 360분, 720분, 1440분으로 적용하였다(Table 4).

2001년 한천 기본계획의 확률강우량과 비교·분석한 결과 지속시간 60분 5.3% ~ 9.3%, 120분 13.9% ~ 15.1%, 180분 20.8% ~ 23.5%, 360분 45.7% ~ 47.5%, 720분 69.0% ~ 73.1%, 1440분 58.2% ~ 60.8%로 각각 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과가 2001년의 확률강우량보다 증가한 이유로 2001년 기본계획에서는 2000년 이전 관측 자료를 사용하였으며, 본 연구에서는 2012년까지의 관측 자료를 사용했기 때문이다. 2000년대 이후 제주도의 연강우량은 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 최근 들어 일 강우량 극값이 200 mm 이상인 해가 빈번하게 발생하였다(Jeju special self-governing province, 2013). 최근 관측 자료(2012년)를 사용한 본 연구의 확률강우량은 2000년대 이후 제주도의 강우변동 특성을 반영하고 있다.

또한 2001년 한천기본계획에서 고도증가계수는 제주(20 m), 제동목장(390 m), 월평(460 m), 어승생(600

m) 관측소를 이용하여 고도증가계수를 산정하였으나 고도범위(제주 20 m ~ 어승생 600 m)가 작으므로 고도 증가에 따른 강우량 증가 경향을 반영할 수 없었다. 본 연구에서는 20 m ~ 1,673 m까지의 고도범위에 따른 강우량 자료를 확보하여 적용하였기 때문에 2001년 기본계획보다 확률강우량이 증가한 것으로 판단된다.

4. 결론

제주도내 4개 기상대를 제외하면 30년 이상의 관측 자료가 존재하지 않기 때문에 하천정비기본계획에서는 고도 100 m 이하의 4개 기상대를 대상으로 확률강우량을 산정하여 설계홍수량을 산정하고 있어 고도에 따른 강우량의 편차를 고려하지 못하고 있다. 본 연구에서는 4개 기상대 및 제주도 전 지역의 AWS 관측 자료를 사용하여 각 지점별 확률강우량 산정하였으며, 남·북부지역 고도-확률강우량 상관관계를 검토하여 제주도 지역은 고도에 따라 확률강우량이 증가하는 경향을 도출하였다. 제주도 전 지역의 확률강우량도를 구축한 결과 한라산 정상부와 남·동부지역에서 강우량이 높게 나타나는 제주도의 특징과 일치하는 것으로 나타났으며, 확률강우량도를 한천유역의 적용하여 2001년 하천정비기본계획과 비교·분석한 결과

5.3% ~ 73.5%의 확률강우량이 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 본 연구 결과가 2000년대 이후 제주도 강우변동 특성을 반영하고 고지대의 강우 자료를 확보하여 적용하였기 때문에 확률강우량이 증가한 것으로 판단된다.

제주도의 고도를 고려한 확률강우량 산정 및 확률강우량도 구축 결과는 전반적으로 우수한 결과를 보이고 있다. 이와 같은 연구결과는 향후 기후변화에 대비하여 홍수재해로부터 안전한 제주도를 구축하는데 가장 기초적인 연구이며, 제주도의 제주도의 유역종합치수계획, 하천정비기본계획, 사전재해영향성검토 등에서 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 보다 정밀한 확률강우량을 산정하기 위해서는 장기간 동안의 관측 자료를 확보하여 확률강우량도를 지속적으로 구축하고, 이를 활용하여 하천유역 및 소유역별 고도-강우량 회귀식 개발 및 동·서부지역 고도-강우량 검증 등의 다양한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업 “제주형 물순환 해석 및 수자원 관리 기반 구축 연구(10지역기술혁신B02)”의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Climate change information center, 2012, The abnormal climate report.
- Chung, J., H., Yoon, Y., N., 2008, practical water resources engineering.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2013, Water Resources Management Master plan, 23-30.
- Jeju special self-governing province, 2007, paper of storm and flood damage.
- Jeju Special Self-Governing Province, 1997, Basin plan for river maintenance_Han river.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2001, Basin plan for river maintenance_Han river.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2005, Basin plan for river maintenance(Establishing the change)_Han river.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2007, Basin plan for river maintenance(Establishing the change)_Han river.
- Ko, J. W., Yang, S. K., Yang, W. S., Jung, W. Y., Park, C. S., 2013, Estimation of soil erosion and sediment yield in mountainous stream, 2013, Journal of the Environmental Science, 22(5), 599-608.
- Kim, N. W., Um, M. J., Chung, I. M., Heo, J. H., 2012, Estimating the total precipitation amount with simulated precipitation for ungauged stations in Jeju Island, Journal of Korea water resources association, 45(9), 875-885.
- National Typhoon center, 2013, <http://typ.kma.go.kr>.
- Yang, W. S., Yang, S. K., 2013, Stream flow analysis of dry stream on flood runoff in Islands, Journal of the Environmental Science, 22(5), 571-580.